

下水道工程技術研發計畫(Ⅲ)

成果報告書

執行單位：國立台灣大學

委託單位：內政部營建署

中華民國 九十八 年 十二 月

下水道工程技術研發計畫(Ⅲ)

成果報告書

計畫主持人：謝尚賢教授

協同主持人：呂守陞教授、楊明德教授、

謝佑明教授、陳立憲教授

顧問：徐松圻教授、林旭信教授

執行單位：國立台灣大學

中華民國 九十八 年 十二 月

目錄

目錄	I
圖目錄	V
表目錄	XII
一、緒論 1	
1.1.計畫緣起	1
1.2.計畫目的	2
1.3.九十八年度工作範圍與項目	4
1.4.整體計畫架構與前期成果回顧摘要	6
二、污水下水道推進工程施工技術之建立	19
2.1.前言	19
2.2.計畫架構與前期成果回顧	20
2.3.本期工作內容	26
2.4.研發機頭切削技術，建立高效率推進工法之開挖模式	32
2.4.1. 以凝聚性土壤為主之地質文獻之資蒐	32
2.4.2. 以凝聚性土壤為主之推進工法之現調	39
2.4.3. 以機械型態為主進行切削技術之實驗數值驗證	51
2.5.建立推進工程現地資料自動化收集及分析與預測系統	67
2.5.1. 建立工程現地資料自動化收集系統	67
2.5.2. 下水道資料庫加值應用	73
2.5.3. 建立下水道推進工程分析與預測系統	76
2.6.編撰下水道推進施工技術參考手冊	84
2.7.下水道推進工法施工技術輔導機制	92
2.8.選擇配合工區落實成果	98
2.9.小結	111
三、污水下水道管線檢測維修技術之建立	113
3.1.前言	113

3.2.計畫架構與前期成果回顧	119
3.2.1. 計畫架構	119
3.2.2. 前期成果回顧	120
3.3.本期工作內容	123
3.4.管線檢測模式與修繕規劃	124
3.4.1. 管線缺失診斷系統操作介面開發	124
3.4.2. 最佳化污水下水道線修優選系統開發	136
3.5.管線檢視維修流程執行績效評估	141
3.5.1. 管線檢視	141
3.5.2. 建立評估方法	144
3.5.3. 台中市政府示範帶分析成果	157
3.6.高效率之管線檢測維修流程建立	166
3.6.1. 修繕架構	166
3.6.2. 修繕流程	166
3.7.賡續輔導縣市政府及廠商進行管線檢視維修系統操作	173
3.7.1. 輔導辦法對象說明	173
3.7.2. 市政府及廠商輔導內容	178
3.7.3. 下水道教育研習	183
3.8.小結	184
四、都市雨水下水道暴雨管理技術之建立	186
4.1.前言	186
4.2.計畫架構與前期成果回顧	187
4.3.本期工作內容	190
4.4.都市暴雨模擬分析系統相關技術規範草案之研擬	191
4.4.1. 都市暴雨模擬分析系統技術手冊之編撰	191
4.4.2. 都市暴雨防災應變操作程序及其相關技術規範(草案) 之研擬座談會	206
4.4.3. 都市暴雨防災應變操作程序及其相關技術規範(草案) 之研擬	209

4.5.抽水站規劃、設計及操作之合理性分析探討	221
4.5.1. 抽水站規劃、設計及操作之合理性分析探討座談會	224
4.5.2. 抽水站合理性探討	227
4.5.3. 抽水站案例探討	247
4.6.小結	289
五、教育推廣	291
5.1.研討會與成果發表會之舉辦	291
5.2.問卷統計	298
5.3.小結	301
六、績效指標	302
七、結論與建議	308
7.1.前言	308
7.2.污水下水道推進工程施工技術	309
7.3.污水下水道管線檢測維修技術	310
7.4.雨水下水道暴雨管理技術	312
參考文獻	315
附錄 一、97 年度期末審查意見及回覆辦理情形	327
附錄 二、98 年度期初審查會議記錄	336
附錄 三、98 年度摘要說書審查意見及回覆辦理情形	341
附錄 四、98 年度綱要計畫書審查意見及回覆辦理情形	342
附錄 五、98 年度期中審查意見及回覆辦理情形	346
附錄 六、下水道 GIS 資料庫-(以台中市 9 期重劃區 G 系統為例).	351
附錄 七、管線內部結構狀況調查表(派浦歲洱公司提供)	356
附錄 八、管線內部結構狀況評分表及結構性能評估分級表	357
附錄 九、維修方案評選表	358
附錄 十、污水下水道管線檢測維修技術專家諮詢會議記錄	359
附錄 十一、「都市暴雨防災應變操作程序及其相關技術規範(草案)」 專家座談會紀錄	361
附錄 十二、「雨水下水道暴雨管理技術研發」專家座談會紀錄	398

附錄 十三、都市暴雨致災應變作業程序（草案）	406
附錄 十四、台北縣雨水下水道屬性資料	417
附錄 十五、臺北市政府工務局水利工程處防汛值日值勤規定事項	424
附錄 十六、臺北市政府工務局水利工程處防汛搶險作業要點	428
附錄 十七、臺北市政府工務局水利工程處抽水機動隊標準作業程序	434
附錄 十八、臺北市政府工務局水利工程處抽水機動隊作業細則 ..	437
附錄 十九、臺北市洪水災害預警措施及緊急通報疏散作業規定 ..	441
附錄 二十、國外防救體系之介紹	443
附錄 二十一、台北縣市各抽水站基本資料表	449
附錄 二十二、台北市下水道工程設施標準	454
附錄 二十三、台北市抽水站運轉紀錄格式	479
附錄 二十四、都市生態保水設計	480
附錄 二十五、納莉颱風後台北市雨水抽水站自我防護高程之訂定原則	487
附錄 二十六、「抽水站規劃、設計及操作之合理性分析探討」專家座談會紀錄	488
附錄 二十七 98 年度期末審查意見及回覆辦理情形	509

圖目錄

圖 1-1 98 年度計畫架構圖	7
圖 2-1 本研究計畫整體研究團隊核心架構圖	21
圖 2-2 下水道推進工程施工技術研發內容與步驟架構圖	21
圖 2-3 利用 PFC 3D 數值工具進行單一刀刃對卵礫石層地質掘削之	27
圖 2-4 推進與黏土層中停滯時間與增加推進力之關係圖	32
圖 2-5 台北盆地工程地質分區圖（黃鎮臺，1987）	34
圖 2-6 推進工法文獻資蒐：鑽孔資料(式新工程顧問，2006)	37
圖 2-7 推進工法文獻資蒐：鑽孔資料(式新工程顧問，2006)	38
圖 2-8 工作井地質調查柱狀圖（整理自官良民等人，2008）	40
圖 2-9 工作井開挖後之地下管線情況（官良民等人，2008）	40
圖 2-10 案例調查：泥水加壓式掘進機（官良民等人，2008）	41
圖 2-11 案例調查：泥水加壓式掘進切削面盤（直徑：1500 mm）	41
圖 2-12 案例調查：掘進排(出)碴之流木（官良民等人，2008）	44
圖 2-13 案例調查：施工設計規劃與鑽探孔數示意圖	44
圖 2-14 案例調查：推進記錄管理示意圖（整理自官良民等人，2008）	45
圖 2-15 案例調查：推進記錄管理示意圖（整理自官良民等人，2008）	45
圖 2-16 二維式轉動楔刀示意圖	53
圖 2-17 模擬配置雙刀間距之影響	53
圖 2-18 不同相對刀距 S_r 之相對能量比關係圖	54
圖 2-19 各相對刀距之裂縫位置圖（ $S_r = 0.25 \sim S_r = 1.5$ ）	56
圖 2-20 各相對刀距之裂縫位置圖（ $S_r = 2.0 \sim S_r = 7.5$ ）	57
圖 2-21 微觀光學干涉 ESPI 實驗影像,於 $S_r = 0.88$,彈塑性區域及裂縫 生、衍成果,水泥砂漿,刀口角度 90°	58

圖 2-22	Sr = 0.75 彈塑性區之裂縫與其界面外之裂縫叢聚區展示圖	58
圖 2-23	群刀效應之示意圖	59
圖 2-24	切削刀具有磨耗效應之應力場示意圖	59
圖 2-25	岩石具磨耗效應有無之貫切理論模型	60
圖 2-26	楔尖磨耗寬度 $2a_0$ 之相對能量比關係圖	62
圖 2-27	楔刀尖端磨耗寬度 5mm 於無圍壓貫切破壞之貫切力曲線及其累積粒間微裂分佈	65
圖 2-28	楔刀尖端磨耗寬度 5mm 於無圍壓貫切破壞之初裂前貫切力曲線及其累積之粒間微裂分佈	66
圖 2-29	下水道工程鑽掘機具之特性要因圖	68
圖 2-30	鑽掘機具推進力分析之特性要因圖	68
圖 2-31	推進工法自動化收集：控制台	70
圖 2-32	推進工法自動化收集：監控面板	70
圖 2-33	推進工法自動化收集：觸控面板	71
圖 2-34	推進工法自動化收集：掘削面盤	71
圖 2-35	推進工法自動化收集：出碴的監控	72
圖 2-36	推進工法自動化收集：出碴狀況	72
圖 2-37	下水道資訊網首頁	73
圖 2-38	推進施工資料庫	74
圖 2-39	地質資料庫所有之地質資料	75
圖 2-40	示範頁面	75
圖 2-41	研究流程圖	76
圖 2-42	混合式模型類神經-自迴歸馬可夫模型	78
圖 2-43	施作流程圖	79
圖 2-44	台北縣中和市	80
圖 2-45	模型結果	81
圖 2-46	地質輪廓描繪	82
圖 2-47	技術手冊撰寫流程	85

圖 2-48 下水道推進作業生命週期.....	96
圖 2-49 研究方法關係圖	99
圖 2-50 卵礫石層土壓式工法日進量比較圖	99
圖 2-51 下水道施工作業流程圖	101
圖 2-52 管材下井準備作業 CYCLONE 模型圖	101
圖 2-53 安裝推進準備作業 CYCLONE 模型圖	102
圖 2-54 推進主作業 CYCLONE 模型圖	102
圖 2-55 出土作業 CYCLONE 模型圖	102
圖 2-56 土壓式工法推進作業施工流程 CYCLONE 模型圖	103
圖 2-57 出土方式改變照片	106
圖 2-58 改造後推進作業施工流程 CYCLONE 模型圖	107
圖 3-1 污水下水道修繕流程	115
圖 3-2 下水道維修方案優選系統.....	116
圖 3-3 最佳維修成本效益權衡曲線.....	117
圖 3-4 基因演算法交配率分析測試.....	117
圖 3-5 倒傳遞類神經網路管線缺失診斷訓練.....	118
圖 3-6 污水下水道檢視維修系統教學網頁	118
圖 3-7 污水下水道管線檢測維修技術研發計畫架構圖.....	119
圖 3-8 倒傳遞類神經網路學習率及 LMS 變化 (實驗 I)；	127
圖 3-9 倒傳遞類神經網路學習率及 LMS 變化 (實驗 II)；	128
圖 3-10 下水道影像匯入.....	134
圖 3-11 影像灰階處理	135
圖 3-12 灰階影像 Open Operation 處理	135
圖 3-13 管線缺失擷取結果	136
圖 3-14 污水管網子系統 G 管網圖	137
圖 3-15 初始世代演算結果	137
圖 3-16 最終世代演算結果	138
圖 3-17 不同交配率所獲得之最佳權衡解.....	138
圖 3-18 台中市九期重劃區污水管網子系統維修工法優選結果展示	

.....	139
圖 3-19 台中市九期重劃區污水管網子系統置換管材優選結果展示	140
圖 3-20 較佳拍攝影像	142
圖 3-21 影像處理後缺失型態有效	142
圖 3-22 光源投射不恰當之拍攝影像	142
圖 3-23 影像處理後缺失型態無法有效擷取	142
圖 3-24 較佳之「崩塌」拍攝影像	143
圖 3-25 「崩塌」缺失型態	143
圖 3-26 較佳之「裂縫」拍攝影像	143
圖 3-27 「裂縫」缺失型態	143
圖 3-28 較佳之「異物入侵」拍攝影像	143
圖 3-29 「異物入侵」缺失型態	143
圖 3-30 較佳之「接頭脫開」拍攝影像	143
圖 3-31 「接頭脫開」缺失型態	143
圖 3-32 檢視影像品質量化研究流程	147
圖 3-33 範例影像(英國水研究中心提供)	149
圖 3-34 待評估影像與範例影像之光源及對比分析	152
圖 3-35 (a) VCP 管內部影像; (b) PVC 管內部影像	153
圖 3-36 VCP 管內部裂縫 (a)攝影機靜止狀態下拍攝; (b)攝影機旋轉狀態下拍攝	153
圖 3-37 對比增揚敏感度分析 (a) VCP 影像; (b) PVC 影像	155
圖 3-38 31 標各影像對比和光源相似度散佈圖	160
圖 3-39 32 標各影像對比和光源相似度散佈圖	160
圖 3-40 31 標及 32 標檢視影像	161
圖 3-41 30 標各影帶與標準影像差異	161
圖 3-42 31 標各影帶與標準影像差異	162
圖 3-43 32 標各影帶與標準影像差異	162
圖 3-44 34 標各影帶與標準影像差異	163

圖 3-45 各標案品質評估圖	163
圖 3-46 污水下水道檢視作業流程	171
圖 3-47 台中市下水道修繕工程計畫	174
圖 3-48 參與台中市政府下水道維護修繕工程施工前說明會	180
圖 3-49 『污水下水道管線檢測維修技術』專家諮詢會議	180
圖 4-1 系統架構分析與元件框架設計	192
圖 4-2 結合資料庫與即時水理模擬	194
圖 4-3 Web GIS 子系統展示台北市行政區	195
圖 4-4 此圖為放大 2 倍的結果	196
圖 4-5 此圖為縮小 2 倍的結果	196
圖 4-6 圖層功能	197
圖 4-7 中港抽水站集水分區	198
圖 4-8 實踐保儀抽水站集水分區	198
圖 4-9 六館抽水站集水分區	199
圖 4-10 圖例表	199
圖 4-11 歷史雨量查詢系統畫面	200
圖 4-12 水文氣象資料查詢子系統之樹狀選單	201
圖 4-13 湖田國小逐時雨量資料查詢	201
圖 4-14 逐時雨量查詢結果	202
圖 4-15 逐時水位計資料查詢	202
圖 4-16 逐時水位計資料查詢結果	203
圖 4-17 逐時內水位資料查詢（以萬芳測站為例）	203
圖 4-18 逐時內水位查詢結果	204
圖 4-19 內水位資料以水位值查詢測站	204
圖 4-20 內水位資料以水位值查詢結果	205
圖 4-21 都市暴雨致災應變操作程序	210
圖 4-22 搶險隊架構圖	214
圖 4-23 應變值日、動態監視及研析小組、抽水機動隊、搶險隊建議 成立流程圖	216

圖 4-24 抽水站規劃設計研究流程圖	223
圖 4-25 抽水站規劃、設計及操作合理性探討之架構圖	223
圖 4-26 台北市各站集水面積與總抽水量關係圖	229
圖 4-27 台北市各站集水面積與總抽水量關係圖(修正玉成、康寧後)	229
圖 4-28 台北市各站集水面積與總抽水量關係圖(集水面積小於 700 公頃).....	229
圖 4-29 台北縣各站集水面積與總抽水量關係圖	230
圖 4-30 台北縣各站集水面積與總抽水量關係圖(集水面積小於 700 公頃).....	230
圖 4-31 台北市各站最大抽水時間	235
圖 4-32 台北縣各站最大抽水時間	236
圖 4-33 台北市各站總抽水量與抽水機台數關係	242
圖 4-34 台北縣各站總抽水量與抽水機台數關係	243
圖 4-35 建議之使用抽水機台數與台北市各站之關係	243
圖 4-36 豎軸式抽水機操作程序流程圖	245
圖 4-37 感潮段抽水站閘門操作程序流程圖	246
圖 4-38 長元系統集水區(台北縣政府, 2009)	252
圖 4-39 艾莉颱風造成新莊地區淹水範圍(台北縣政府)	256
圖 4-40 塔寮坑溪排水量分配圖(水規所, 1999)	256
圖 4-41 塔寮坑溪排水系統圖(水規所 1999)	257
圖 4-42 塔寮坑溪流域圖(十河局、台北縣政府, 2008)	258
圖 4-43 綜合治水架構圖(水利署, 2009)	262
圖 4-44 塔寮坑溪修正計畫流量分配圖(河局、台北縣政府, 2008)	265
圖 4-45 巨型化、集中化的防洪系統具有高風險性(左圖); 分散化 的治水有降低風險的作用(右圖)(林憲德, 2005)。	266
圖 4-46 納莉颱風動態路徑圖	267
圖 4-47 納莉颱風淹水高度	272

圖 4-48 納利颱風導致散熱系統及機電設備癱瘓	273
圖 4-49 納莉及象神颱風淹水高度	273
圖 4-50 玉成抽水站架高冷卻系統	276
圖 4-51 南港抽水站架高機電設備、散熱系統、貯油槽等設施	276
圖 4-52 南港抽水站架高內部控制設備	277
圖 4-53 玉成抽水站於站體本身加水密門	277
圖 4-54 南港抽水站站體外加水密門（含窗戶）	277
圖 4-55 大窠坑溪集水區 25 年重現期現況洪峰流量分配圖（經濟部水利署，2008）	279
圖 4-56 中港大排集水區 5 年短延時降雨之現況洪峰流量分配（經濟部水利署，2008）	279
圖 4-57 中港抽水站操作規則（經濟部水利署，2008）	280
圖 4-58 中港東站水路層平面配置（台北縣政府，2003）	282
圖 4-59 中港東站縱剖面（台北縣政府，2003）	283
圖 4-60 中港東站地下一層配置（台北縣政府，2003）	284
圖 4-61 中港東站地面層平面配置（台北縣政府，2003）	285
圖 4-62 中港東站二、三層面配置（台北縣政府，2003）	286
圖 4-63 中港東站四層及屋頂層平面配置(台北縣政府，2003)	287

表目錄

表 1-1 計畫成果摘要表	11
表 2-1 臺北盆地凝聚性土層資料之調查(整理自吳偉特，1979).....	35
表 2-2 臺北盆地凝聚性土層資料之調查(整理自吳偉特，1979).....	36
表 2-3 台北縣中和地區汙水下水道系統新建工程概述.....	39
表 2-4 推進工程施工過程遭遇之困難整理（官良民等人，2008）.	42
表 2-5 切削刀盤切刀種類、配置及功能	42
表 2-6 推進工法開挖效率現地調查表	46
表 2-7 依地質區域區分卵礫石層於推進工法之特性調查表.....	50
表 2-8 岩土與機械刀口接觸之界面關係.....	51
表 2-9 雙刀效應之影響對貫切破壞之結果	54
表 2-10 磨耗效應對貫切破壞之結果	61
表 2-11 磨耗效應於貫切破壞之彈塑性介面之影響	63
表 2-12 地質分類和推進生產力表	77
表 2-13 鑽探資料表	81
表 2-14 模型比較表	82
表 2-15 敏感度分析	83
表 2-16 下水道推進技術研發專家座談會與會廠商列表	92
表 2-17 輔導團成員與輔導交流照片	93
表 2-18 短時效率調查記錄表	100
表 2-19 作業需時驗證表	104
表 2-20 原始流程模擬結果	104
表 2-21 敏感度分析	105
表 2-22 工班配置模擬表	108
表 2-23 工地資源成本表（單位：新台幣）.....	108
表 2-24 改造模式工班成本比較表	109

表 2-25 改造模式工班生產力比較表	109
表 2-26 綜合生產力比較表	109
表 3-1 倒傳遞類神經網路診斷誤差矩陣(實驗 I).....	126
表 3-2 倒傳遞類神經網路診斷誤差矩陣(實驗 II)	127
表 3-3 徑向基網路診斷測試誤差矩陣(實驗 I).....	129
表 3-4 徑向基網路診斷測試誤差矩陣(實驗 II).....	130
表 3-5 支持向量機採高斯核函數之診斷測試誤差矩陣(實驗 I).....	131
表 3-6 支持向量機採多項式核函數之診斷測試誤差矩陣(實驗 I).....	132
表 3-7 支持向量機採高斯核函數之診斷測試誤差矩陣(實驗 II)	132
表 3-8 支持向量機採多項式核函數之診斷測試誤差矩陣(實驗 II)	133
表 3-9 英國水研究中心範例影像內部影像品質評估	154
表 3-10 待評估影像品質評估結果	154
表 3-11 VCP 及 PVC 管影像對比增揚之影像品質改善敏感度分析	156
表 3-12 30 標各影帶影像品質評估表	157
表 3-13 31 標各影帶影像品質評估表	158
表 3-14 32 標各影帶影像品質評估表	158
表 3-15 34 標各影帶影像品質評估表	158
表 3-16 31 標影帶 1 品質評估表	164
表 3-17 31 標影帶 2 品質評估表	164
表 3-18 31 標影帶 3 品質評估表	164
表 3-19 31 標影帶 4 品質評估表	165
表 3-20 32 標影帶 1 品質評估表	165
表 3-21 32 標影帶 2 品質評估表	165
表 3-22 台中市執行黎明路及朝馬三街地區污水下水道檢視作業狀 況	172
表 3-23 台中市下水道工程年度主要工作項目及施工範圍	175
表 3-24 縣市政府及廠商訪談記錄表	178
表 3-25 市政府及廠商輔導工作照片	182

表 4-1 搶險隊各組之其相關任務	215
表 4-2 災情監控之權責單位與其相關任務	217
表 4-3 災害搶救之權責單位與其相關任務	218
表 4-4 相關防汛設施檢查及環境復原之權責單位與其相關任務...	219
表 4-5 災害調查及補償統計之權責單位與其相關任務	220
表 4-6 致災原因檢討之權責單位與其相關任務	220
表 4-7 玉成、康寧擴建，新舊抽水量比較表	230
表 4-8 台北市去除集水面積大於 700 ^{ha} 抽水站列表	230
表 4-9 三重地區抽水站壓減率列表（省住都局，1996）	232
表 4-10 最長抽水時間對於操作彈性上之定義	234
表 4-11 台北市各站最大抽水時間之計算列表	237
表 4-12 台北縣各站最大抽水時間之計算列表	239
表 4-13 日本下水道協會與台北市下水道工程設施表準建議抽水機 使用台數比較表	242
表 4-14 建議公式之總抽水量與抽水機台數之計算值列表	242
表 4-15 長元抽水站基本資料	248
表 4-16 台北縣長元抽水站抽水量評估表（台北縣政府，2009） .	254
表 4-17 塔寮坑抽水站基本資料	259
表 4-18 玉成、南港抽水站基本資料	268
表 4-19 中港抽水站基本資料	279
表 4-20 台北市綜合治水對策綱領	288
表 5-1 污水下水道推進工程施工與檢測維修技術研討會議程表(宜蘭)	292
表 5-2 污水下水道推進工程施工與檢測維修技術研討會(宜蘭)照片	293
表 5-3 污水下水道推進工程施工與檢測維修技術研討會議程表(台中)	294
表 5-4 污水下水道推進工程施工與檢測維修技術研討會(台中)照片	295

表 5-5 九十八年度下水道工程技術研發計畫成果發表暨研討會議程 表	296
表 5-6 九十八年度下水道工程技術研發計畫成果發表暨研討會照片	297
表 5-7 九十八年度 6 月 19 日研討會問卷統計分析結果.....	298
表 5-8 九十八年度 7 月 22 日研討會問卷統計分析結果.....	299
表 5-9 九十八年度 11 月 23 日成果發表會問卷統計分析結果.....	300

一、緒論

1.1. 計畫緣起

我國之污水下水道建設起步較晚，截至 92 年底止用戶接管普及率僅 10.87%，遠落後於歐美先進國家，經政府積極推動污水下水道建設，過去幾年來每年投入超過百億元之經費並逐年增加，政府積極推動「挑戰 2008：國家發展重點計畫-污水下水道建設計畫」，至 97 年底全國用戶接管普及率已達 19.50%，用戶接管總戶數達到 1,123,169 戶，其中用戶接管普及率以臺北市 91.04%居冠，其次為福建省連江縣 66.17%及高雄市 53.73%。98 年度內政部營建署正推動中之「污水下水道第四期建設計畫」，預計於 98 年至 103 年完成，均以加速污水下水道建設，提升用戶接管普及率為目標，估計 6 年內政府及民間將投入 2,047 億元經費，為我國推動污水下水道工作以來，無論經費或規模，最為龐大的建設計畫，並已列為國家重大政策「愛台 12 建設」重點執行項目之一。

如何運用先進工法與技術，提昇下水道建造、維修、監測及操作最佳化之工程技術，降低下水道系統所需之興建、營運及維修成本，並降低對環境污染之負荷及人民生命財產的損失，以改善都市居住環境，提昇工程品質，進而達到優質化與永續發展之目標，實為當前重要發展課題之一。

鑑此，早期營建署於 92 至 94 年間，即針對下水道系統自動化監測、操作及維修系統等項目，進行 3 年期之研究計畫補助案，完成雨水下水道最佳操作模式及污水下水道管線最佳監測、維修模式研發與建置，以及雨水下水道逕流污染控制系統自動化規劃等工作。並於 95 年完成下水道自動化管理技術研究計畫及高效率下水道推進工法

評估與推廣，完成雨水下水道最佳化操作模式系統化流程及友善的使用操作介面、評估最佳操作模式整合地表淹水模式之可行性、建置污水下水道管線維修九大缺失類別影像特徵、雨水下水道自動監測系統建置之最佳規劃方式、建立下水道工法適用性評核機制及推進工法選擇之決策支援效益評估與探討等重要成果。

為符合「挑戰 2008：國家發展重點計畫-污水下水道建設計畫」及國家重大政策「愛台 12 建設」之總體目標，即秉持綠色矽島規劃的基本理念，體現以人為本、永續發展的核心價值，發揮國家有限資源最大的效益，維繫世代國民的生存與福祉之目的，本團隊乃執行營建署所提出為期三年的下水道工程技術研究計畫，延續前期成果、進一步發展各項技術及工法，以有效提升下水道工程技術、改善人民生活與環境品質、降低災害損失，以達優質化與永續發展之目標。

1.2. 計畫目的

下水道是現代都市重要公共設施之一，以功能可分為污水下水道和雨水下水道，而下水道工程則包括規劃、建造、操作、維護和營運等方面，為提昇下水道工程規劃、施工、維修、監測及操作最佳化之工程技術，本計畫由三個子計畫所組成，包含了污水下水道推進施工技術、污水下水道管線檢測維修技術及雨水下水道暴雨管理技術，工作內容有暴雨模擬程式開發，利用人工智慧發展管線缺失診斷系統，建立下水道工法資料庫及開挖模式研究，定期舉辦教育訓練與專家座談會推廣下水道工程技術，培養相關技術人員，並架設教學網站供民眾學習查詢，用以加速下水道工程發展，讓台灣真正落實永續發展。各子計畫目標逐一敘述如下：

（一）污水下水道推進工程施工技術研發

為落實營建署推動「擴大公共建設—污水下水道建設計畫」並提供後續執行之建議，本計畫以下水道系統為研究對象，分析下水道工法之特性，建立下水道推進施工技術參考手冊。研析施工方法效能指標、架構下水道施工資料庫及下水道開挖性評估模式，來提昇本土下水道施工效率。

（二）污水下水道管線檢測維修技術研發

本計畫藉由輔導縣市政府及廠商，了解目前下水道檢視維修作業執行方式與流程，並與縣市政府及廠商進行三方面研究成果與經驗分享。目的除了提升污水下水道檢視維修效能，同時可作為系統化污水下水道檢視維修標準作業流程擬定之依據。因此，計畫架構包含：賡續輔導縣市政府及廠商進行管線檢視維修系統操作、評估管線檢視維修流程執行績效、以及建立高效率之管線檢測維修流程等三大工作項目。整理檢視維修引進現代化的下水道管線缺失診斷方法，強化國內下水道檢視技術，以配合各縣市政府下水道維修計畫的進行與推廣，使未來下水道系統之檢視及維護更具效益。另外，藉由管線缺失影像品質診斷程式開發以量化指標判定廠商所提送之 CCTV 影像品質，並提昇整體下水道檢視維修效能。

（三）雨水下水道暴雨管理技術研發

當暴雨來臨時，為避免都市淹水，都市暴雨模擬分析與管理技術（例如：即時模擬並且預測水位和流量，還有抽水站之操作管理），對於支援決策和防災預警而言，是極為重要的。以台北市為例，目前是以即時監測資料，經由人工經驗判斷是否有淹水情形發生，尚無法進行即時水理模擬以預測水位和流量作為預警之用，而各抽水站之規劃設計與操作合理性，也需要進一步檢討評估，還有對暴雨災害的應

變管理，也尚缺一套較完整的應變操作程序及其相關技術規範。因此本計畫擬研發都市暴雨模擬分析與管理技術，包含：(1)都市水文模式(降雨逕流模式、雨水下水道模式)之整合技術；(2)即時水理模擬技術；(3)探討分析抽水站之規劃設計及操作合理性分析技術，研擬都市暴雨災害與平時之應變操作程序及其相關技術規範（草案），以利降低都市淹水及提高防災之功效與品質。還以都市暴雨防災為主軸，推廣應用都市暴雨模擬分析與管理技術及相關作業與技術規範至政府與業界單位，以利提昇都市防災能力，降低都市暴雨災害。

1.3. 九十八年度工作範圍與項目

本年度延續 96 年度及 97 年度之成果，後續工作範圍及項目分述如下：

98 年度

(一) 污水下水道推進工程施工技術研發（III）

1. 研發機頭切削技術，建立高效率推進工法之開挖模式

為克服地質互層、軟弱地層及卵礫石層施工瓶頸，建立相關開挖性指標。配合學理及實務交流驗校，據以分析切削刀頭及機頭面板的配置，並考量輔助工法的使用，建立高效率推進工法之開挖模式，以協助施工廠商提升施工效率，加強下水道工程之成本、進度與安全規劃與管控。另外，有鑒於國內下水道推進施工尚無一參考標準，因此於將藉由蒐集國內外文獻資料與台灣地區施工案例，編撰下水道推進施工技術參考手冊，搭配施工效能指標與開挖性指標，提供給予下水道推進從業人員做為推進作業之參考。

2. 建立推進工程現地資料自動化收集及分析與預測系統

結合地質鑽探、施工效能與施工特性等資料，利用資料探勘技

術研發預測系統，以減少施工之誤判，有利現地施工人員及早進行對策。針對下水道推進工法資料庫所需資料內容，研發自動化資料收集技術，迅速收集施工效能相關資料，以即時評估施工現地績效。另將以 97 年度所成立之資料庫為主軸，成立資訊交流平台，提供給予下水道從業人員與業界先進進行意見交流與知識傳遞。

（二）污水下水道管線檢視維修技術研發（III）

1. 廣續輔導縣市政府及廠商進行管線檢視維修系統操作

為落實污水下水道管線檢視維修系統研發成果，推廣相關研發技術予各縣市政府及廠商，藉由辦理講習會之方式，強化其對計畫執行成果與研發技術之了解，並輔導其熟知污水下水道管線檢視維修系統之操作，以提升計畫執行成效。

2. 評估管線檢視維修流程執行績效

由前期 CCTV 影像自動化缺失診斷研究結果發現，縣市政府進行下水道檢視所拍攝之影像，其大多數影像品質並無法提供自動化缺失診斷系統穩定地擷取管線缺失特徵。因此，下水道 CCTV 影像拍攝流程標準化，除了可提供縣市政府一定品質之檢視影像外，並有利於後續自動化管線缺失診斷系統之分析，以強化管線檢測維修流程之執行績效。

3. 建立高效率之管線檢測維修流程

下水道檢測維修流程包括：管線檢視、缺失評估、管線缺失評分與分級、以及最佳維修方式評估等，透過一系列標準化與系統化之管線檢測維修流程之建立、研發技術之移轉、技術服務與管線檢測維修人才之培育，以提升下水道管線缺失檢測維修效率。

（三）雨水下水道暴雨管理技術研發（III）

1. 研擬都市暴雨模擬分析系統相關技術規範（草案）

本團隊將於本年度(98)實作完成都市暴雨模擬分析系統雛型以及編寫系統操作技術手冊。另外，將研擬災害與平時之應變操作程序及其相關規範，以提供給業務人員作參考，有效提高災害來臨時之應變效率。

2. 以各抽水站為實際案例，進行規劃、設計及操作等合理性之分析探討，並完成實際案例之建立。(II)

針對抽水站設計參數合理性進行分析及檢討，蒐集各抽水站基本資料（例如台北市與台北縣）並以防災的角度檢視分析抽水站相關設計參數是否合理，針對抽水站系統失效之原因，提出改善建議方案，並據以建立實際案例研究資料。

（四）辦理宣導推廣、教育訓練活動

針對縣市政府單位及一般業界工程顧問公司工程技術人員，舉辦推廣宣導研討會、講習班或教育訓練等活動，本年度需完成舉辦3場次，250人次以上參與之推廣效益。

1.4. 整體計畫架構與前期成果回顧摘要

本計畫由謝尚賢教授擔任主持人，結合相關之研究人員，分別就污水下水道推進施工技術、污水下水道管線檢測維修技術和雨水下水道暴雨管理技術三個主題進行研究，計畫結合了呂守陞教授、陳立憲教授和謝佑明教授組成團隊、楊明德教授團隊與林旭信教授團隊，蒐集國內外相關之下水道工程施工技術、檢測維修及管理監控方法之資料，發展適用的模式，並針對國內需求提出解決方法，以建構完整之下水道自動化檢測維修、操作及施工模式和，98年度計畫架構圖如圖 1-1。

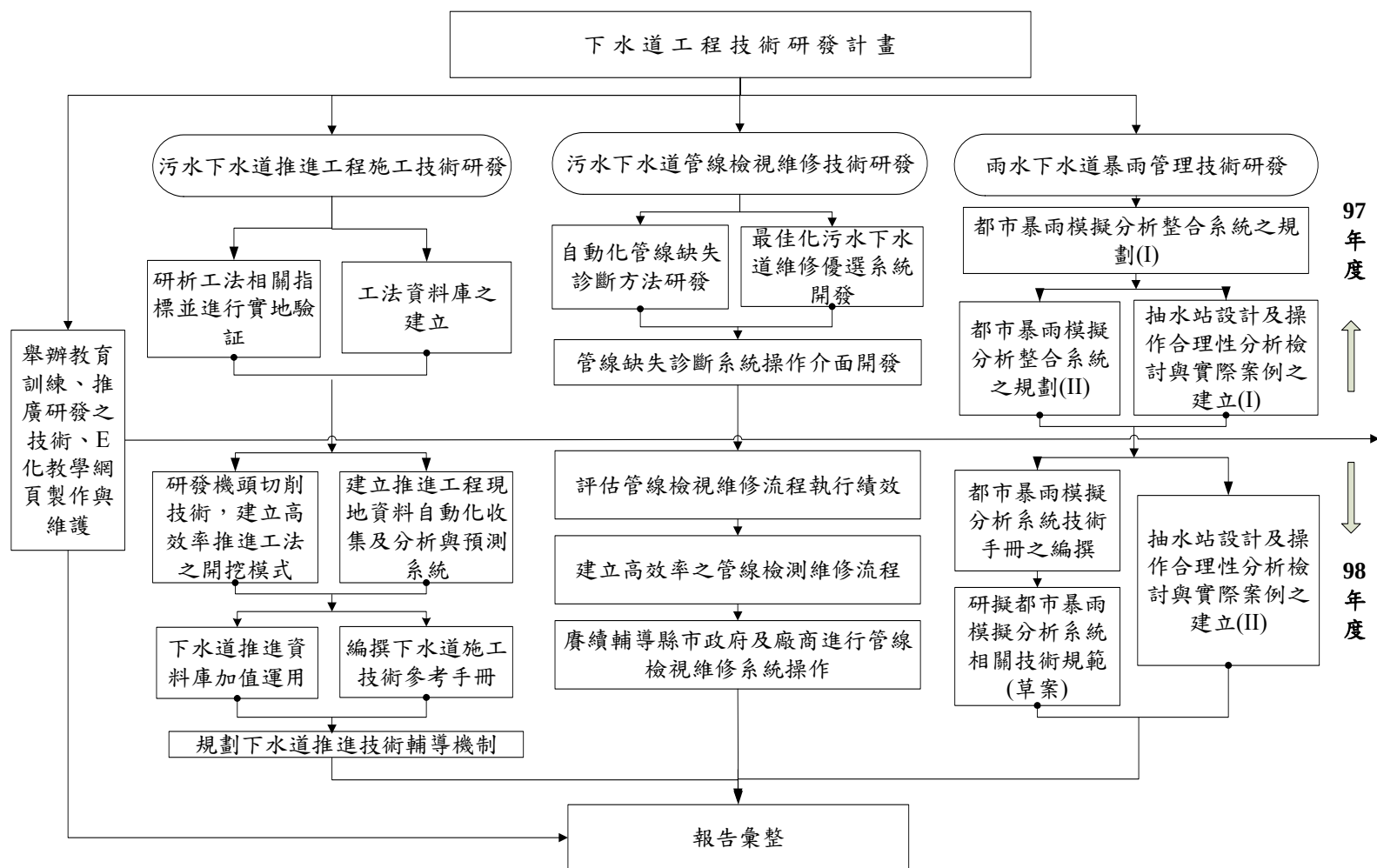


圖 1-1 98 年度計畫架構圖

本計畫全程為 96 年至 98 年，為期三年，96 年度與 97 年度各子題簡述其成果摘要如下：

(一) 子題一：污水下水道推進施工技術

藉由擴大蒐集生產力資料，羅列分析出生產力影響因子，進行下水道績效指標研擬，依管徑分類計算出各資料屬性之平均值及標準差，利用皮爾森相關分析，得到下水道工程自變數相互間及各自變數與依變數之相關程度，提出下水道推進生產力經驗公式，針對中小管徑下水道施工工班進行短時估計法評估下水道推進工程工作效率，透過 EZ STROBOSCOPE(State and Resource Based simulation of Construction Process)模擬軟體建立下水道推進作業模型，將模擬結果與原方案進行比較，得到最佳推進流程再造方案。藉由推進工法延滯困難要項之調查與質文獻資蒐提出適宜之現場調查表，輔以數值軟體 PFC^{3D} 模擬與實驗驗證出可挖性指標如類岩材料脆性破壞分量與延性(塑性)破壞分量之比值 $U_f : U_p = 1 : 8$ ，暨得知卵礫石層開挖選用二維式楔刀較省能，而能量消耗皆隨著刀具 β 之增加而減少。將上述所陳述相關資訊建立起下水道推進資料庫分析、規劃及設計，並建立其相對應的關係，以方便之後資料輸入之一致性，為了可以方便的將一般資料表直接放進資料庫之中，也加以開發了自動化 Excel VBA 轉置程式開發，以快速將統一格式之下水道相關施工資料進行轉化並保存至規劃設計出之資料庫中。

(二) 子題二：污水下水道管線維修檢測技術

96 年度時，建立 CCTV 檢視影像資料庫，收納數百幅包括：管線破損、接頭脫開、異物入侵、管體崩塌等四種管線缺失 CCTV 檢視影像，利用影像處理技術及電腦視覺方法進行初步管線缺失診斷，同時完成下水道修繕方案優化模式開發工作。97 年度時，完成管線缺失自動診斷系統開發，並傳授政府單位該項技術開發理念及說明未來輔助檢視作業之可行性，同時相關計畫成果亦製成線上教學教材，提供

相關單位自行瀏覽學習。

(三) 子題三：雨水下水道暴雨管理技術

主要研發『都市暴雨模擬分析系統』，該系統整合由本團隊自行研發之『都市水文模式整合技術』與『即時水理模擬技術』，並加上『Web GIS 空間資訊展示技術』，可有效提升系統的決策品質。其次提供單機型式的輔助模擬分析軟體 S4 網路下載方式，推廣至各相關單位，讓使用者可有一親和性較高之操作介面。對於工程手段的都市防洪決策部份，本計畫藉由工程技術相關的文獻回顧，建立雨水滯留措施的功能表格，配合雨水滯留措施之配置方式，作為改善都市淹水問題之參考。為了使抽水站系統操作之參數與規範更有效，並舉辦學者專家座談會，藉由抽水站系統之合理性及相關規範，進行意見交流討論，以降低都市淹水之可能。在經濟效益方面，主要利用本團隊研發之開發都市水文模式整合技術、即時水理模擬技術，並整合相關技術至都市暴雨模擬分析系統，利用研發之新技術，縮短水理模擬時間，結合空間地理資訊，以提高防災功效。其次針對抽水站合理性，本計畫初步進行分析與探討，配合相關模擬，以檢視抽水站相關之設計參數，達到降低淹水總量之可能，並建立實際案例。另外，提供前期相關計劃成果和 S4 系統相關資訊文件下載，使一般民眾也可參與及了解計劃內容，以達到全民推廣之目的。其次為了提升雨水下水道暴雨管理技術及發展，特別舉辦推廣研習會，以期增加技術交流機會。並撰寫『都市暴雨防災教戰手冊』，以宣導並給予適當之暴雨防災觀念與資訊，以達到全民防災之目的。

(四) 總計畫：成果推廣與教育訓練

96 年度與 97 年度共辦理 6 場教育訓練，人數總計 510 人次之技術研討會或技術推廣說明會，推廣本計畫各項研發之成果，使政府機關內及業界的相關人員了解、熟悉研發程式之操作流程及各項技術，提升專業人力之技術水準與產值，有助提升下水道技術精進及發展。

在資訊服務方面，建立下水道工程技術資訊網頁，使一般民眾也可參與及了解計劃內容，以達到全民推廣之目的。另外，更提供國內外下水道企業之基本資訊，以增進各產業之技術支援及產業交流，藉此提升國內學術競爭力及營造廠的競爭力，發展本國特有的下水道技術。

(五) 計畫成果摘要匯整表

本計畫累積目前之成果，分別就總計畫、子題一污水下水道推進技術、子題二污水下水道管線技術研發計畫及子題三雨水下水道都市暴雨管理技術分別以條列量化的方式摘要簡述如下表：

表 1-1 計畫成果摘要表

子題	計畫成果	產出	效益	完成日期
總計畫	本計畫整體績效指標之建立與督導達成	1 件	使計畫之成果於各方面的績效有較為明確的稽核方式。	97 年
	架設及經營維護計畫網站	1 個	使用者可透過網站了解計畫組織、相關資訊及近期動態活動，網站上提供計畫研發成果、教材與相關程式，供使用者下載，使計畫成果有固定的平台向各界推廣。	97 年
	下水道工程推動策略座談會	1 場	邀請業界企業領袖、學界相關領域專業師資及政府部門等各方代表，就研究內容主題「下水道推進工程技術輔導、人才供需與培訓」、「下水道檢測技術研發與應用」及「暴雨管理技術研發與應用」進行意見交流討論，配合計畫之滾動式修正原則，使計畫成果可以真正落實各項技術於實際工程上。	96 年
	辦理 96 年度教育訓練	2 場	活動參與人員共 153 人次	96 年
	辦理 97 年度教育訓練	4 場	活動參與人員共 350 人次	97 年
	辦理 98 年度教育訓練	3 場	活動參與人員共 338 人次	98 年

子題	計畫成果	產出	效益	完成日期
子題一	編撰下水道推進施工技術參考手冊	1 冊	完成推進施工技術參考手冊提供給予下水道從業人員做為施工參考暨相關產業界規劃、設計與施工之借鏡	98 年
	研析推進工法施工效能指標，透過個案分析，進行推進工法施工效能指標之實證探討:開挖性指標實證分析、生產力及管理指標工地實證	3 件	針對三家協力廠商之現地施工績效診斷方式，進行下水道推進工程效能指標之實證探討，改善現有施工流程降低工班無效作業與空閒等待時間，提高工班施作效率與整合、管理及分析之效率並可減少人工錯誤發生可能性。	98 年
	規劃下水道推進工法施工技術輔導機制	1 式	舉辦下水道工程技術研習會（同總計畫場次）、專家座談會（總計兩場）與現地績效診斷討論會（總計三家），助提升產業專業人力之技術水準與產值，並與產業界簽訂合作備忘錄（總計七家）。	98 年
	開發與建置下水道推進工法資料庫，並進行相關資料收集與登錄:資料庫分析與設計→建置資料庫→開發自動作資料轉化程式→設計查詢以產出所需之摘要報表→持續收集案例資料→進行網頁式資訊系統之初步系統→資料庫加值運用	1 個	建立資訊交流平台，藉由平台以達到知識傳遞之目標。另會藉由現地參訪方式，進行成果宣導與推廣，提高成果能見度，使國內從事下水道規劃設計及施工之人員，在進行其工作時能有其依據並提升效率，目前已收集全台共計五個縣市之相關推進施工資料及中央地質調查所全台北中南東縣市各一代表區域鑽探資料。 資料庫網址： http://140.118.105.192/joomla/index.php	98 年
	研發機頭切削技術，建立高效率推進工法之開挖模式	1 式	完成推進工法之開挖模式之研析並探討推進機頭刀盤切削與地質材料施工之交互影響。以不同刀頭幾何形狀與地質材料進行系列數值模擬，輔以實驗與理論驗證，研析合宜之雙楔刀頭間距配置。	98 年

子題	計畫成果	產出	效益	完成日期
	建立推進工程現地資料自動化收集及分析與預測系統:鑽掘機具之特性要因與推進力歸類建檔、自動化之「應變式」鑽掘機具系統建置、建立地質分佈機率圖、建立下水道地質預測系統、建立下水道工程分析系統	1 式	對推進工程各項生產力與推進數據進行預測，輔助規劃人員分析與推測推進路徑地質情況，避免選用不當工法所額外增加之施工成本與工期，降低其不確定因素，提升現場即時之作業反應。	98 年
	論文發表	4 篇	國內研討會論文發表 1 篇、國際研討會論文發表 1 篇、國際 SCI 級期刊論文發表 2 篇。	98 年
子題二	下水道檢視維修作業項目彙整及流程化	1 式	蒐集國內外污水下水道現有檢視維修技術，並進行檢視維修流程之系統化分析，製作流程圖及各項工作內容。	96 年
	CCTV 檢視影像資料庫建立	1 式	調查國內地下管線地理資料庫建置格式與概況，並建置管線基本圖資與 CCTV 檢視影像資料庫。	96 年
	下水道修繕方案優化模式開發	1 式	利用基因演算技術所發展之維修方案優選模式，考慮維修成本、管材成本、社會成本、開挖成本，並以高雄市 15 期重劃區污水管網、台中市 9 期重劃區污水管網進行模擬測試，模擬結果與實際維修案例比較。	97 年

子題	計畫成果	產出	效益	完成日期
	發展自動化之管線缺失診斷技術	1 式	利用影像處理技術，包括小波轉換及共生矩陣計算進行管線缺失之特徵處理、主成分分析、以類神經技術建立初步之管線缺失診斷模式、利用徑向基網路與支持向量機網路技術、形態學中之 opening operation 及 Otsu's technique 之影像處理技術進行管線缺失診斷系統開發與測試。	98 年
	管線缺失診斷系統	1 式	下水道缺失診斷系統的相關子程式，均利用 Matlab 7.0 進行撰寫，為方便使用者執行診斷系統中的各項子程式，亦利用 Matlab GUI 進行操作介面開發。下水道缺失診斷系統將包含兩大操作模式，一為下水道缺失型態特徵擷取操作模式，另一個為類神經缺失分類操作模式。	97 年
	CCTV 影像拍攝之標準化流程	1 份	研擬 CCTV 拍攝細部操作標準作業程序，對各工作項目包括：管線清洗、CCTV 自走車校正、自走車安置入管及系統設定、自走車操作進行管內拍攝、自走車拍攝狀況檢查等，以便於執行系統性下水道管線檢視作業。	98 年
	CCTV 檢測影像品質評估程式	1 式	對於 CCTV 影像提出一檢視影像品質評估方法，以量化評分鑑定下水道檢測廠商提出之 CCTV 影像之品質。	98 年
	標準化與系統化之管線檢測維修程式	1 式	於 excel 中建構下水道檢測維修流程包括：管線檢視、缺失評估、管線缺失評分與分級、以及最佳維修方式評估等標準化之維修檢測流程表格，以供水道檢測維修使用。	98 年

子題	計畫成果	產出	效益	完成日期
	輔導縣市政府及廠商進行管線檢視維修系統操作	1 式	利用開發之技術與程式，輔導台中市政府進行污水下水道分支管網暨用戶接管工程，對於下水道檢測廠商提出之 CCTV 影像之品質量化評分鑑定。	98 年
	論文發表	13 篇	國內研討會論文發表 6 篇、國際研討會論文發表 3 篇、國際 SCI 級期刊論文發表 4 篇	98 年
	製作 e 化教學網頁	1 式	使用者可透過網站了解下水道管線缺失診斷與維修技術內容，提供使用者下載開發之程式、已發表之論文，使計畫成果有固定的平台向各界推廣，以及國內管線缺失診斷與維修技相關顧問公司及營造廠商資料，使相關業者有交流機會。	97 年
	污水下水道管線檢測維修技術專家座談會	3 場	推廣相關研發技術予各縣市政府及廠商，發展評估管線檢視維修方法及建立高效率之管線檢測維修流程。	98 年
子題三	都市暴雨模擬分析整合系統之規劃(I)-本系統需提供都市水文問題規劃設計分析、實際案例診斷分析與決策及防災之即時控制模擬等功能	1 式	考慮到如何將雨水下水道模擬功能，提供給暴雨防災預警決策支援系統所使用，因此規劃設計出都市暴雨模擬分析系統框架，主要整合高階軟體元件技術，並實作出即時模擬與防災預警功能之系統，以達到都市暴雨防災之目的。	96 年
	都會區抽水站規劃設計合理性探討	1 式	以降低都市淹水總量為目標，完成台北市第一到第四分區之抽水站及區域排水系統相關文獻之回顧，包括詳細之規劃與設計檢視，並作為後續研究之參考資料。	96 年
	論文發表	5 篇	國內研討會論文發表 4 篇、國際 SCI 級期刊論文發表 1 篇	97 年

子題	計畫成果	產出	效益	完成日期
	都市暴雨模擬分析整合系統之規劃(II)- 進行系統實際案例之建立	1 式	完成都市暴雨模擬分析系統規劃與建立都市暴雨模擬分析系統，並開發「都市水文模式整合技術」與「即時水理模擬技術」；整合「都市水文模式技術」與「即時水理模擬技術」至都市暴雨模擬分析系統，並實際測試中港排水系統案例，測試結果確實可縮短模擬時間，進而提高都市暴雨防災決策品質。	97 年
	以各抽水站為實際案例，進行規劃、設計及操作等合理性之分析探討，並完成實際案例之建立(I)	1 式	完成台北市第四分區抽水站(中港、實踐、保儀木新抽水站系統)之實際案例測試，測試結果可作為抽水站合理性之探討，以期改善抽水站之操作，達到降低淹水總量之可能。	97 年
	雨水下水道工程技術回顧	1 式	針對雨水下水道工程技術進行相關文獻回顧，以供縣市政府改善都市淹水問題之參考；透過地表改良措施說明，並建立能減少逕流體積、降低尖峰流量、增加入滲功能之雨水滯留措施的功能表格，搭配雨水滯留措施之配置方式，以提供有別於非工程手段的都市防洪決策，作為改善都市淹水問題之參考。	97 年
	都市暴雨防災相關宣導推廣工作：文獻彙整及教戰手冊編製、研習會、座談會、業務訪談及需求分析	1 式	藉由都市暴雨防災相關宣導推廣工作，以利提昇產業專業人力之技術水準與產值，並有助提升下水道技術精進及發展。	97 年
	都市暴雨防災教戰手冊	1 冊	教戰手冊將針對各不同層級之人員(如中央、實務、學術、全民)、給予適當之暴雨防災資訊，以達到全民防災之目的。	97 年

子題	計畫成果	產出	效益	完成日期
	都市暴雨模擬分析系統技術手冊	1 冊	協助實務人員操作系統，並可作為後續教育訓練與經驗傳承之教材文件	98 年
	都市淹水與雨水下水道暴雨管理技術專家座談會	1 場	為將前期研究成果所研發之雨水下水道模擬系統(S4)與目前營建署之下水道工程技術研究計劃之子計劃三「雨水下水道暴雨管理技術之建立」所欲研發之都市雨水下水道資訊系統(USIS)作承接之相關工作與技術層面交流，遂邀請雨水下水道暴雨管理技術相關之各領域專家與學者參與此次座談會，以專家座談之型式，給予本計劃團隊建議與指教。	97 年
	辦理都市暴雨防災應變操作程序及其相關技術規範(草案)座談會	5 場	工作團隊與邀請專家共 41 人次，研擬研擬都市暴雨致災應變操作程序（草案）。	98 年
	辦理抽水站規劃、設計及操作之合理性分析探討座談會	5 場	工作團隊與邀請專家共 50 人次，探討抽水站規劃、設計及操作之各項合理性探討。	98 年
	辦理都市暴雨防災應變操作程序及其相關技術規範(草案)擴大座談會	1 場	工作團隊與邀請各縣市代表共 26 人，一同討論都市暴雨致災應變操作程序(草案)之可行性與適用性，使條文對於各縣市政府使用上更具備彈性。	98 年
	辦理抽水站規劃、設計及操作之合理性分析探討擴大座談會	1 場	工作團隊與邀請各縣市代表共 26 人，使縣市政府抽水站從業人員與台北市政府抽水站管理一科程科長討論抽水站實際運作及實務上之問題交流。	98 年

子題	計畫成果	產出	效益	完成日期
	都市暴雨致災應變操作程序（草案）	1 式	擬定之條文提供縣市政府於暴雨時之因應，分為 3 個作業程序，內含條文 22 條，並依不同情況及規模而做出組織上之應變。	98 年
	抽水站案例建立	1 式	建立抽水站案例探討模式，可提供抽水站案例建檔，以簡潔之方式陳述問題，有助於瞭解各抽水站所遭遇之不同問題及解決方案，有助於水利從業人員增加對於抽水站經驗之廣度。	98 年
	抽水站合理性探討	1 節	蒐集台北市 63 座抽水站及台北縣 69 座抽水站基本料，並做資料統整，做合理性探討，其討論的方法可提供參考。	98 年
	抽水站操作程序及感潮段閘門啟閉流程	2 流程	透過專家座談建議豎軸式抽水站之操作流程及感潮式抽水站閘門啟閉流程，以供抽水站從業人員參考。	98 年

二、污水下水道推進工程施工技術之建立

2.1. 前言

隨著台灣都市化程度愈來愈高，為了都市的環境景觀與避免造成用路人之不便，保持交通順暢、減少噪音及降低生活品質等，許多地區明挖式工法以漸漸不被使用，取而代之的是各種免開挖式（Trenchless）工法，然因現今都市地下管線錯綜複雜，使得施工技術及難度亦日趨升高，早期引進使用之潛盾工法及直線推進工法已不敷使用，所以近年來更有效率且創新的推進工法技術不斷被引進國內，以滿足長距離、曲線推進之需求，且其施工時，能將對社會的衝擊及影響降至最低，並擁有諸多優點被業界廣為認同。

推進工法的種類繁多，依照掘削面平衡的方式可以大致將它分為土壓平衡式、泥水式及泥濃式推進工法，前兩種方式已在國內大量使用，而泥濃式工法目前正逐步開始引進台灣。為克服下水道工程所帶來負面的衝擊，在人口密集的都市中，下水道產業界將面臨更高度複雜且困難的工程環境。若不能具體提升下水道業者的技術和管理方面的能力，對於下水道建設與施工勢必有著不利的影響。

目前施工的地質越來越困難，傳統的機頭已漸漸無法應付，尤其是在卵礫石層進行施工時，礙於口徑大小，很難將卵石直接取出，使得機頭對卵礫石鑽掘效率成為急需提升的項目。除此之外，下水道推進的速度目前已達到瓶頸，如何提升機頭的開挖效率將成為目前最有價值的課題，機頭開挖效率的提升不只能加快推進速度，也可以減少機器磨耗，減少施工成本。

另外下水道產業界的資訊化程度普遍較低，並少有資料保存的習慣，致使施工經驗很難做有效率有系統的傳承。資料短少的結果，也使相關學術研究難以拓展，減緩了整體下水道產業技術提升的速度。

目前業界在進行下水道施工時，普遍使用施工日報表作為施工紀錄依據，並進行相關管理動作。然而，由施工管理的角度來看，施工日報表的記錄項目已漸不敷使用。工地也需有相關的績效管理指標，使得業主或是監造單位得以有效、及時的管理工區進度，發揮工地工班跟機具的最大產能。

2.2. 計畫架構與前期成果回顧

本研究團對將從民國 96 年到 98 年止，集合營建管理、資訊科技、以及地質與開挖機制等專業，分別由宏觀營建管理、施工資訊整合、以及微觀之土壤與機械互制等角度建立起本研究團隊之核心架構如圖 2-1 所示，循序漸進的進行為期 3 年之研究計畫，分別就下水道推進工法技術參考準則的編寫、下水道推進工法資料庫及下水道推進機頭開挖模式的研究，希冀從管理面及技術面提高整體下水道推進產業的效能及競爭力，以加快國家下水道建設的腳步，並減少政府單位的工程花費，詳如圖 2-2。其中，營建管理層面由宏觀之營建工程管理的角度評估及探討整體下水道推進工程(法)之相關事項；地質與開挖機械層面由微觀力學觀點以嚴謹的學理鑽研土壤與開挖機械之互制行為；而資訊科技層面則由資訊整合的角度，整合及處理下水道工程相關之資料，以支援其它研究所需之相關資訊，並期能在未來能將各專業施工廠商之經驗加以累積與傳承。

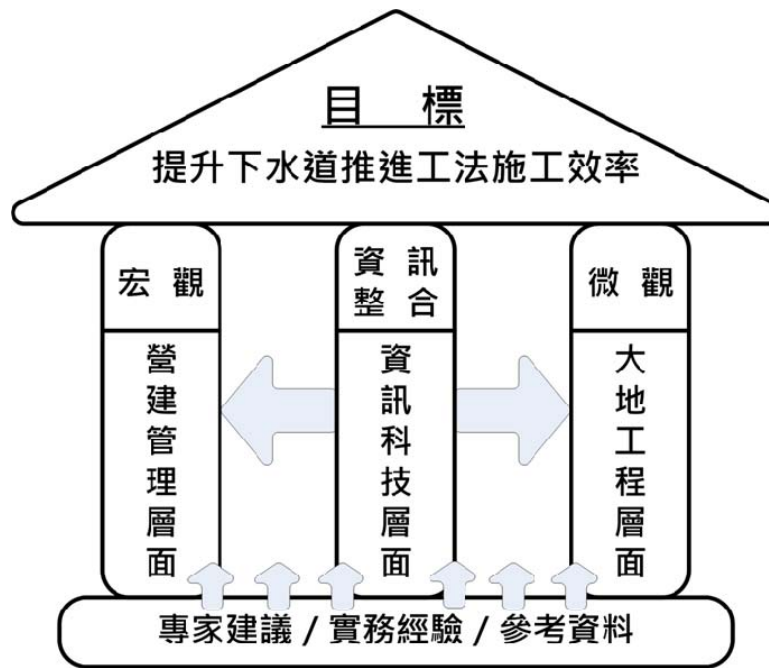


圖 2-1 本研究計畫整體研究團隊核心架構圖

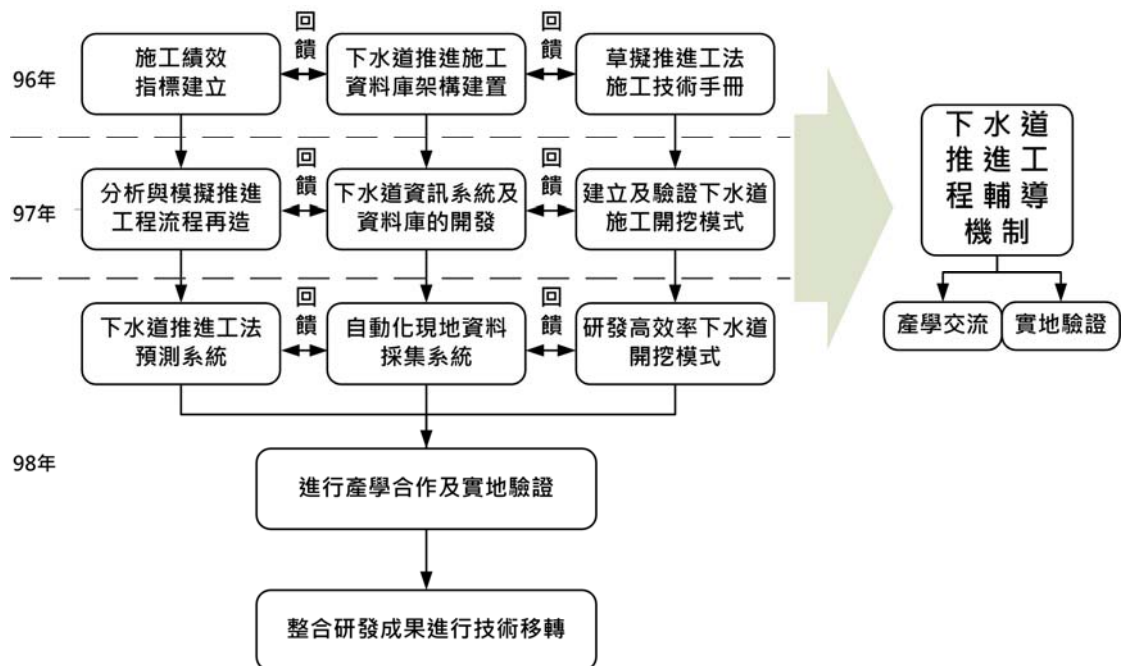


圖 2-2 下水道推進工程施工技術研發內容與步驟架構圖

本計畫進行為期三年之下水道推進工程施工技術研發工作，以下將分別就技術創新、經濟效益與社會影響三方面為主之成果，加以敘述。

一、 技術創新

1. 下水道推進工程分析與預測系統:

(1) 蒐集污水下水道推進工程施工記錄累積達 1113 筆:

蒐集污水下水道推進工程施工記錄表，並從歷史資料與正在推動標案之施工日報表、地質鑽探報告與施工計畫書中，依照文獻資料與專家建議於施工記錄中擷取影響因子，並進行基本統計，以評估本土下水道推進生產力現況。截止民國 98 年 10 月底止，已累積普通土層資料 943 筆，卵礫石層資料 170 筆，總累積筆數已達 1113 筆。以蒐集之數據作為基礎，對下水道推進工程之各項生產力及績效數據的進行預測，以提早決定適用的推進工法與作業方式，降低因施工方法與土質間之工法不當造成之時間花費，達到成本降低之可能性。

(2) 定義下水道推進施工效能指標及掘進工法延滯困難要項並歸納影響因子及確認關聯性，定義生產力為效能指標，且依據文獻資料瞭解影響下水道生產力之主要因子，並進行基本統計分析，求出平均值及標準差。爾後，再以皮爾森相關分析，了解其對生產力之相關程度，以便確認各影響因素與生產力之相關性。

(3) 數值軟體 PFC^{3D} 模擬卵礫石層開挖行為得知選用二維式楔刀較省能(刀角範圍於 15°~45°內)。卵礫石層之數值模擬，針對主體材料：卵礫石與客體機具：單刀之角度變化與不同幾何形狀進行系列模擬，得知於能量消耗方面不論何種的機械配置，能量消耗皆隨著刀角 β 之增加(即越鈍)而減少。隨著主

體材料粒徑的漸增，所消耗之能量易隨之增加。

- (4) 研析下水道可挖性指數(cuttability indices)： $U_f/U_p = 12.5\%$ 。

就單一刀頭之幾何形狀(90° 、 120° 、 150°)變化於類岩材料進行彈性力學、塑性力學至破壞力學之耦合分析，由數值模擬與實驗驗證定量求出：脆性破壞分量與延性(塑性)破壞分量之比值 $U_f : U_p = 1 : 8$ ，說明塑性能於岩石破壞貢獻甚小，該比值可用於評估貫切對類岩材料可挖性的影響，並可參考本指數用於描述切削刀頭設計於類岩材料破壞的最佳化分析。

- (5) 數值軟體 PFC^{2D} 模擬與內業試驗驗證配置切削盤之雙刀臨界間距 $S_r = 2 \sim 3$ 較合宜。由巨觀能量消耗及開裂情形有助於提升開挖效率，因此建議掘進機之切削盤依此刀頭間距配置，有助於現場施工之效益。

2. 改善下水道推進工程現有流程缺失，並提出流程改造方案

- (1) 經現地調查與文獻回顧結果，決定下水道推進施工流程改善重點，並利用 EZ STROBOSCOPE 系統進行電腦模擬，將模擬結果進行分析，提出 10 項流程改造方案。
- (2) 建製推進工法開挖效率現地調查表，並找出掘削進度延宕之特徵要因，進行學理上之初步分析，再以 PFC^{3D}，建立推進過程中之模型，進行基本數值分析。改善下水道推進施工現有流程缺失提出流程改造方案

3. 建立下水道推進工程知識庫：

建立下水道相關資訊網站，以供國內廠商可以更加了解相關資訊，將下水道施工知識整理保存，以利提升國內營造廠的競爭力，創造經濟效益。規劃及設計出合適於下水道推進工程相關之資料庫，妥善保存下水道推進施工資訊，以作為合理日進量之訂定、工法優選模式、下水道推進工法排程系統之基礎。針對各蒐集之下水道推進工程相關資料進行分析與探討，並進行資料庫正規化 (Normalization) 之動作，以避免發生資料重複性(duplicate data)和不一致性 (data inconsistency) 之問題。此

外，亦以實際蒐集之資料進行轉化保存至資料庫的方式，針對規劃設計出之資料庫架構進行驗證，以確保資料庫之可行性。

4. 下水道技術輔導團工作項目定位：

扮演下水道推進工程產、官及學界之溝通橋樑，提供技術諮詢及移轉之功能，輔導新進廠商，提供在推進工法上遭遇困難之廠商解決的平台。

5. 輔導協助國內專業廠商、克服進施工困難，提升廠商的競爭力及工程效率與品質。本研究團隊於98年6月3日(星期三)、98年7月16日(星期四)與98年8月6日(星期四)，由協同主持人呂守陞教授、陳立憲教授及謝佑明教授帶領研究團隊，前往鉅工實業股份有限公司、加興營造工程股份有限公司及扶裕有限公司進行施工技術輔導與交流，瞭解目前國內下水道推進工程機具施作情況、推進工法技術之興革與推進所遇之困難，協助提升廠商的競爭力及工程執行效率與品質。

二、 經濟效益

1. 提昇污水下水道推進施工效率與工程品質

(1) 開發自動化 Excel VBA 轉置程式：

自動化 ETL (Extraction, Transformation, and Load) 功能開發，以快速將統一格式之下水道相關施工資料進行轉化並保存至規劃設計出之資料庫中。使用 Microsoft Office 中提供之 VBA (Visual Basic for Applications) 的功能進行特定轉化程式的開發，爾後可透過程式化的方式自動地由既有的施工資料根據正規化後的資料庫設計，將不同資料表所需的資料篩選、轉化、並倒入，可有效降低建置資料所花費之時間成本及減少人工轉化之人為錯誤發生率。

(2) 規劃暨實作下水道推進施工資訊系統功能：

網頁式資訊系統之初步系統分析並開發完成基本功能。

依據資料庫系統之內容，初步規劃網頁式資訊系統前端可能所需之功能，並根據系統分析與設計之結果，初步地開發實現網頁式資訊系統之基本功能，以方便國內各方有興報之人士能查詢資料庫之內容。且透過資料庫有效率且統一之方式進行施工資料的管理，能有效降低人力整合及管理之成本。

(3) 下水道推進作業流程改造方案：

探討下水道推進作業流程改造方案，定義下水道推進作業項、詳細工作內容，共計 10 項流程改造方案，利用 EZ Stroboscope 進行工作流程重現，並根據分析結果進行流程缺失檢視。

(4) 延續 96 年度的生產力資料分析成果與 97 年度的推進流程再造成果，定義地質分類和推進生產力表，藉由混合式類神經-自迴歸馬可夫模型的自動地質預測系統，在下水道推進業者動工前先行預測欲推進段地質分布情況，選用適當的施工機具和推進工法，減少因地質因素造成的推進延宕。

三、 社會影響

編撰下水道推進施工技術參考手冊:考鄰近國家-日本之【日本下水道管推協會，2006 年，推進工法用設計積算要領】及【超流泥濃推進協會，2006 年，泥濃式推進工法積算要領】與其他國內下水道工程書籍和專家座談會之意見交流結果，並依照 95 年度研究案所完成之泥濃式推進工法技術參考準則之格式加入土壓式及泥水式工法，撰寫出下水道推進施工技術參考手冊初稿，可作為施工設計或施作人員之參考依據。

2.3. 本期工作內容

本年度工作項目將承續去年研究成果，延續 97 年的研究成果：施工效能指標、可挖性指標及下水道資料庫架構為基礎，並持續開發與建置下水道資料庫系統，並且擴大蒐集下水道工程案例資料及相關資訊如負面施工失敗案例檢討、地質鑽探資訊等，以做為下水道工法排程系統之參考依據。並會依照學理及實務兩方面，就下水道可挖性指標做實證分析與參考應用。並會召募合作廠商，就效能指標進行工程實證分析，達成技術交流與建立輔導平台機制。在累積了豐富的生產力及現地資料之後，本年度的重點在下水道推進工法機頭開挖學理的研究，並研發下水道推進工法現地資訊自動蒐集及工程預測系統與現有資料庫進行整合。分別就 98 年度工作項目所述如下：

(一) 建立高效率下水道推進工法之開挖模式

本年度針對高效率下水道推進工法之開挖模式，進行以下執行內容與步驟：

1. 單一刀頭與地質互制行為之學理研究

首先就單一刀頭之幾何形狀與地質適用性作一學理研究。執行內容包含不同之單一地層及複合地質之互層（如黏土、粉土、砂土、卵礫石於不同之相對密度、飽和度、含水量、覆土厚度等因素）進行不同幾何形狀（如三維式錐頭與二維式楔刀）之單一刀頭的多變量分析，以求其土（壤）—機（械）界面互制行為之最適性研探。

2. 刀具磨耗效應之考量探討

群刀效應之考量作一探討，以符合工程施作實況。並依其工法選用之不同，其開挖過程中，土—機界面之於可挖性(cuttability)之影響(如泥濃式推進工法之機身潤滑效果於開挖進度的估計評核)。

3. 數值模擬之研析

本計畫並著眼於數值分析模擬研究部分，藉由合適之功能軟體進行實境演練以探求工程開挖效率與安全性並重之施作策略。圖 2-3 為選擇合適之數值工具如三維之PFC^{3D}，初步針對掘進互制課題之數值模擬示例。

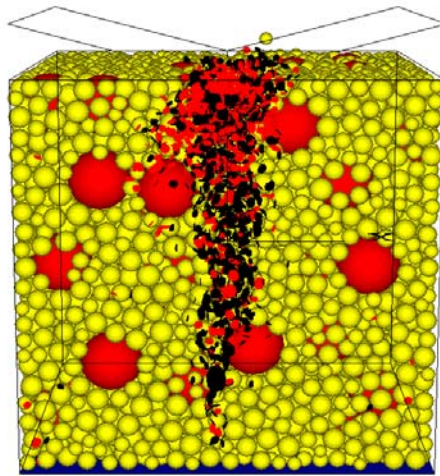


圖 2-3 利用 PFC^{3D} 數值工具進行單一刀刀對卵礫石層地質掘削之初步模擬

(二) 建立工程現地資料自動化收集系統

因為現地受前方地質多變之影響造成開挖進度管控與工程成本之不確定因素提高，現場即時之作業反應亟為重要。因此就因地制宜之自動化、資訊化、與客製化之考量，進行鑽掘機具整合系統之於長推進之管推環境應有其利基。本年度針對工程現地資料自動化收集系統之執行內容與步驟分述如下：

1. 下水道工程鑽掘機具之特性要因歸類建檔

建議調查合適之作業操作面板之設計，作為輔助開挖進度與前方地質偵查之依據，並可將此資料納入本計畫目標中之資訊整合平

台與知識庫之建檔。就鑽掘機具規模與應用言，都有其獨立的理論基礎與原理。因此本團隊嘗試建立下水道工程鑽掘機具之特性要因圖（cause and effect diagram），作為日後設計之參考。

2. 鑽掘機具推進力分析的特性要因之歸類建檔

除了機具本身的設計條件外，鑽掘機具的抵抗力量大多來自於土壤條件，因此如何有效的評估土壤對推進力的影響，即為鑽掘機具系統之主要課題。本團隊參考日本下水道協會、日本水道鋼管協會以及國內相關研究論文之資料，並試建立鑽掘機具推進力分析的特性要因圖（cause and effect diagram）。

3. 自動化之「應變式」鑽掘機具系統建置

本研究團隊將透過鑽掘推進分析，嘗試建立系統運轉模式之對照資料庫，以製成「應變式」鑽掘機具系統。透過應變式的運轉，將可使運轉效率提升進而降低成本、能源浪費與環境保護等之耗損。並可建立因地制宜之自動化、資訊化、與客製化之考量，進行鑽掘機具整合系統於推進工程之建置與應用。

(三) 下水道推進資料庫加值運用

本年度的主要工作目的為完成施工資料庫之網頁式資訊系統開發，並開發本施工資料庫之加值應用，以及持續豐富施工資料庫之內容。以下分項說明之。

1. 召開專家諮詢會議

邀請國內產、學界有意願使用本施工資料庫內容之專家學者作為諮詢委員，並召開專家座談以廣泛收集各方之需求（requirement），使本資訊系統開發完成後能滿足大部份人士之需求。並討論可能的加值應用，如應用地質鑽探資料、施工效能、與施工特性等資料進行預測。

2. 進行網頁式資訊系統之系統分析

根據專家諮詢會議之結果，進一步進行系統之分析與設計，以期能完備資訊系統之功能。

3. 完成資訊系統之開發

根據前一年度之系統分析與設計，並匯整教育推廣活動時各方人士之回饋，持續地進行資訊系統功能之開發與設計。

4. 持續地收集施工資料

持續地與國內各施工廠商接洽並收集施工資料並加入施工資料庫的內容，以期大量累積國內施工資料，並能成為其它加值應用的重要資料庫。

5. 加值應用的開發

根據施工資料庫的內容進行加值應用的程式開發，例如應用資料探勘與迴歸分析等技巧，探討地層狀況與施工進度的關係、地層狀況與施工技術搭配之建議、施工監測資料與工程安全性等關係。以期能提升台灣地區推管工法之施工技術、安全性、與效率。

(四) 建立下水道推進工程分析與預測系統

本研究累積了相當的下水道推進工法資料。為了強化下水道施工早期預警能力，以資料庫中的數據為基礎，對下水道推進工程之各項生產力及績效數據的預測進行研究，其工作項目如下：

1. 建立下水道推進工程地質分佈機率圖：

本研究以馬可夫鏈為理論基礎，搭配地質地圖與現地之地質報告資訊，不斷對前後未開挖之地層進行預測，繪製整個推進段落之

地層分佈機率圖表。如此便可在尚未到達該開挖面，可具體掌握推進段落之地質概況，以決定適用的推進工法與作業。

2. 建立下水道地質預測系統

在下水道推進作業開始時，隨時觀察出土狀況，並從出土狀況以電腦或人力判斷前方挖掘的地質資訊，再利用貝氏理論，更新機率地層分佈機率圖，以更準確的預測前方地層概況，提早進行相關準備工作。

3. 實例驗證

為了證實地質預測模型實用性，以台灣台北中和市的一個下水道鑽挖工程為案例，結果指出混合式類神經-自迴歸馬可夫模型 (Hybrid Neural-Autoregressive Hidden Markov Model) 其精準度達 93.75%，可供下水道推進業者於施工前參考。

(五) 編撰下水道施工技術參考手冊

有鑒於國內下水道推進施工尚無一參考標準，因此於將藉由蒐集國內外文獻資料與台灣地區施工案例，編撰下水道推進施工技術參考手冊，提供給予下水道推進新進人員做為推進作業之參考。

有鑒於國內下水道推進施工尚無一參考標準，因此於將藉由蒐集國內外文獻資料與台灣地區施工案例，編撰下水道推進施工技術參考手冊，提供給予下水道推進新進人員做為推進作業之參考。

1. 召開專家座談會議

本研究將邀集台灣推進工程業界及學術界人士，就本土性之推進工程技術參考手冊提供專業建議，與技術交流。執行期間，並不時與台灣推進工法社群，如台灣下水道協會與地下管道協會等交換意見，以達知識匯流之目的。

2. 編撰技術手冊

經由專家座談會議，蒐集業界人士對於參考手冊之意見，並參考國內外相關推進施工文獻，加入本研究之相關研究成果，編撰下水道推進施工技術參考手冊。

(六) 規劃下水道推進技術輔導機制

利用現地參訪，瞭解下水道推進施工現況，並將相關研究成果推廣至現地，具體落實研究成果。另建置一資訊交流平台，透過平台進行使用心得之收集，另外提供下水道工程相關問題與回答之管道，在成員方面，亦將邀請各學界、產界或下水道相關協會等人員共同協助經營平台，並藉由此平台並予以幫助解決資訊交流平台上之問題。

2.4. 研發機頭切削技術，建立高效率推進工法之開挖模式

延續過去兩年的研究，經由下水道推進工法延滯困難要項之現場調查並研擬掘削進度延宕之特徵要因得知，目前下水道施工業界，對於凝聚性土壤(一般土層)推進工程掌握度較佳，但所面臨之開挖問題已非切削刀盤破碎地質材料之效益，因為該凝聚性土壤材料特性，而造成切削刀盤開口阻塞、機頭包泥等問題，皆為造成土石料不易出碴之原因，故本階段首先釐清其成因乃歸類由後方之排出土碴控制其開挖效率。

2.4.1. 以凝聚性土壤為主之地質文獻之資蒐

由 Pellet-Beaucour 與 Kastner (2002) 提出於黏土層中，推進停滯為影響施工進度的因素。因其造成推進力增加，由停滯時間 (T) $T < 1.5$ 小時、 $1.5 \text{ 小時} < T < 3$ 小時、 $14 \text{ 小時} < T < 20$ 小時及 $T = 64$ 小時四部分加以分析。所得結論如圖 2-4 所示，於停滯時間超過 14 小時，所增加之推進力呈現數倍之上升。

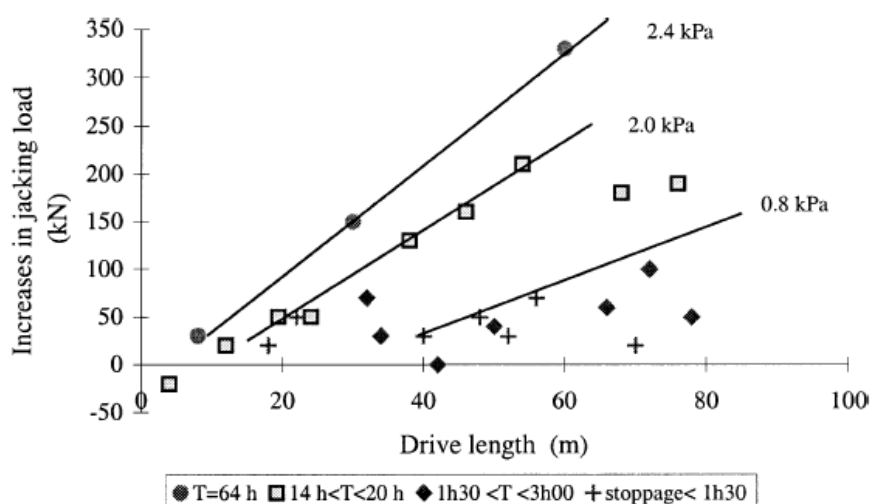


圖 2-4 推進與黏土層中停滯時間與增加推進力之關係圖
(Pellet-Beaucour & Kastner, 2002)

研析其原因有兩項可能：

1. 推進時停滯因地質材料性質不同，而造成應力緊縮(Tightening)，故地質材料因開挖解壓將機身與管材圍束住。
2. 一般於推進運動中只需克服動摩擦力，但因停滯後再行前進時所面臨之摩擦力則為耗費能量較大之靜摩擦力。

本研究主要蒐集台北盆地內進行基礎工程或其他大地工程所遭遇之凝聚性土壤。由過去文獻資料或其他鑽探報告顯示，盆地內土層並非均勻土層，可能由沉泥質砂與沉泥質黏土夾雜組成之互層結構，亦可能為一均勻深厚之軟弱黏性土壤組成。盆地內部份區域如基二區高塑性區黏性土壤，觀察其土層剖面發現黏性土壤連續沉積，形成深厚之軟弱土層，該區黏性土壤液性指數(Liquid Index, LI)大於等於1.0(亦即土壤自然含水量大於等於液性限度)，具此特性之土壤，其不排水剪力強度甚低，屬極軟弱土層。就工程設計與施工觀點而言，盆地內地工主要面對之問題為此類軟弱黏土。

以台北盆地為例，由黃鎮臺(1987)對此分為三個主要流域沖積區，如圖 2-5 所示。並整理吳偉特(1979)之基隆河區之地質特性如表 2-1、表 2-2，並輔以施工鑽探資料如圖 2-6、圖 2-7 建立研究底層資料，作為後續資料庫網站之建立。

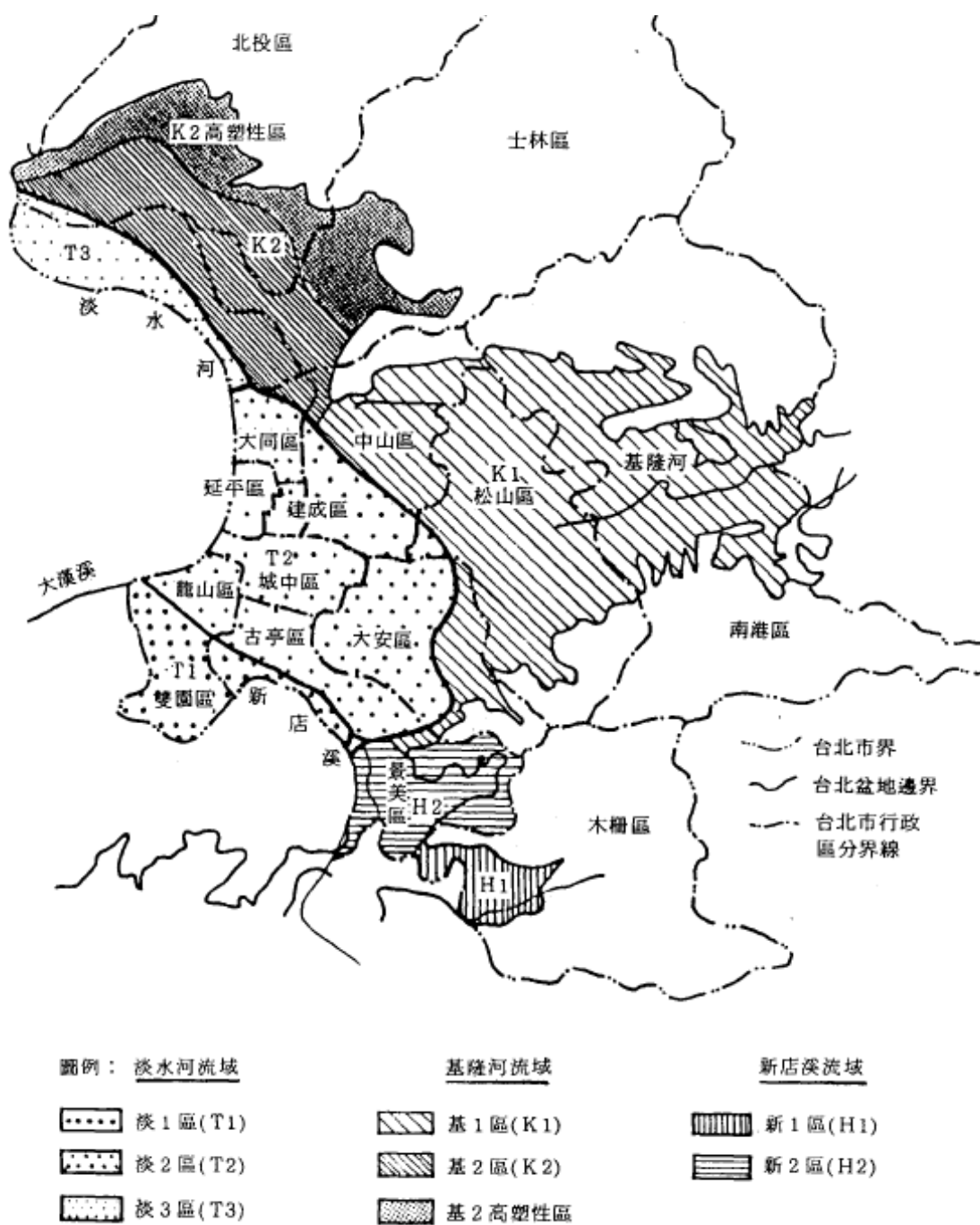


圖 2-5 台北盆地工程地質分區圖 (黃鎮臺, 1987)

表 2-1 臺北盆地凝聚性土層資料之調查(整理自吳偉特，1979)

分區	次層	厚度 (m)	累積通過百分比(%)				地質材料參數					統一土壤分類法(USCS) 及地下水位	區域 地質
			礫石	砂土	粉土	黏土	單位重 t/m ³	含水量 %	比重	液限 %	塑限 %		
基隆 河域 基 1 區 (k1)	六	4.3	0	11	61	29	1.87	32.0	2.71	34.0	11.0	CL 或 ML 地下水位(N.A).	粉泥質 黏土
	五	6.6	2	73	18	6	2.04	20.0	2.68	-	NP	SP 或 ML 地下水位(N.A).	粉泥質 砂土
	四	20.0	0	4	61	35	1.85	35.0	2.72	35.0	13.0	CL 或 ML 地下水位(N.A).	粉泥質 黏土
	三	3.6	0	54	36	11	1.98	24.0	2.69	-	NP	SP 或 ML 地下水位(N.A).	粉泥質 砂土
	二	9.0	0	12	54	35	1.94	28.0	2.71	33.0	12.0	CL 或 ML 地下水位(N.A).	粉泥質 黏土
	一	4.7	0	59	32	9	2.03	21.0	2.68	-	NP	GW-GM 地下水位(N.A).	粉泥質砂土 夾帶礫石

表 2-2 臺北盆地凝聚性土層資料之調查(整理自吳偉特，1979)

分區	次層	厚度 (m)	累積通過百分比(%)				地質材料參數					統一土壤分類法(USCS) 及地下水位	區域 地質
			礫石	砂土	粉土	黏土	單位重 t/m ³	含水量 %	比重	液限 %	塑限 %		
基隆 河域 基 2 區 (k2)	六	4.8	0	3	53	44	1.78	41.0	2.73	39.0	16.0	CL 或 ML 地下水位(N.A).	粉泥質 黏土
	五	4.9	1	76	19	5	1.86	33.0	2.67	-	NP	SP 或 ML 地下水位(N.A).	粉泥質 砂土
	四	26.9	0	3	53	45	1.79	41.0	2.73	39.0	16.0	CL 或 ML 地下水位(N.A).	粉泥質 黏土
	三	4.2	3	60	26	10	1.96	26.0	2.69	-	NP	SP 或 ML 地下水位(N.A).	粉泥質 砂土
	二	7.4	0	9	58	33	1.88	31.0	2.70	34.0	12.0	CL 或 ML 地下水位(N.A).	粉泥質 黏土
	一	3.9	4	68	18	9	2.02	21.0	2.70	-	NP	GW-GM 地下水位(N.A).	粉泥質砂土 夾帶礫石

土壤試樣	深度 (M)	N 值	柱狀圖	地質說明	土壤分類	顆粒分析				含水量 w (%)	比重 Gs	當地密度 ρ_t (T/M ³)	空隙比 e	液性限度 L.L. (%)	塑性限度 P.L. (%)	塑性指數 P.I. (%)
						礫石 (%)	砂土 (%)	粉土 (%)	黏土 (%)							
	1			回填層												
S-1	2	5			SP-SM	1.1	91.0	7.9	0.0	19.8	2.71	1.93	0.68	-	-	NP
S-2	4	6			SP-SM	1.4	92.0	6.6	0.0	20.3	2.73	2.05	0.60	-	-	NP
S-3	6	7		灰色粉土質 細砂夾薄層 粘土	SP-SM	0.0	92.9	7.1	0.0	21.6	2.73	1.93	0.72	-	-	NP
S-4	8	9			SP-SM	0.7	92.1	7.2	0.0	20.5	2.73	1.97	0.67	-	-	NP
S-5	10	11			SP-SM	0.2	92.1	7.7	0.0	20.5	2.74	1.91	0.73	-	-	NP

圖 2-6 推進工法文獻資蒐：鑽孔資料(式新工程顧問，2006)

土壤試樣	深度 (M)	N 值	柱狀圖	地質說明	土壤分類	顆粒分析				含水量 w (%)	比重 Gs	當地密度 rt (T/M ³)	空隙比 e	液性 限度 L.L. (%)	塑性 限度 P.L. (%)	塑性 指數 P.I. (%)
						礫石 (%)	砂土 (%)	粉土 (%)	黏土 (%)							
T-1	11															
S-6	10				SP-SM	0.5	92.1	7.4	0.0	19.8	2.73	1.86	0.76	-	-	NP
	12															
	13															
S-7	14				SP	0.1	95.5	4.4	0.0	24.2	2.73	1.91	0.77	-	-	NP
	15															
S-8	15			15.00 END	SP-SM	0.5	92.2	7.3	0.0	19.1	2.73	2.00	0.63	-	-	NP
	16															
	17															
	18															
	19															
	20															

圖 2-7 推進工法文獻資蒐：鑽孔資料(式新工程顧問，2006)

2.4.2. 以凝聚性土壤為主之推進工法之現調

延續 96 至 98 年度研究計畫目標，並透過個案分析，進行推進工法可挖性指標之實證探討。本期以凝聚性土壤為主，輔以台北盆地之凝聚性土壤地質之研究底層資料，再佐助外業現場調查及內業實驗數值分析驗證，建立高效率下水道推進工法之開挖模式。

本階段以『台北縣中和地區汙水下水道系統新建工程』作為本期報告的現場實例討論。將該工程概述整理統合，

表 2-3 台北縣中和地區汙水下水道系統新建工程概述

台北縣中和地區汙水下水道系統新建工程第二標			
推進距離 (m)	704	採用工法	泥水加壓式
PE 次幹管管徑 (mm)	1500	掘進機型	RASA RCM<BT>
地質概況	推進高程位於地面下 14.64 m 至 15.04 m 範圍內，經過灰色粉土質細砂、灰色粉土質黏土、灰色砂質粉土夾黏土、灰色粉土質黏土含腐木等地層，N 值介於 9 至 17 屬於較軟弱地層，詳如圖 2-8 所示。統一土壤分類為 CL-ML、SC-SM		
地下水位	地表下方 1.9 m 至 4.3 m		

(一) 推進工程施工過程困難調查

本案例遭遇目前汙水下水道系統建設常必須面臨之原有地下管線遷移問題如圖 2-9 所示，先後配合管遷作業暨沉箱工作井施作，使原有施工時間縮短，諸如此類問題為地下掘進進度考量之行政方面課題，暨為地下開挖之不確定性，雖此部分非本研究範圍，未來可供探討解決。

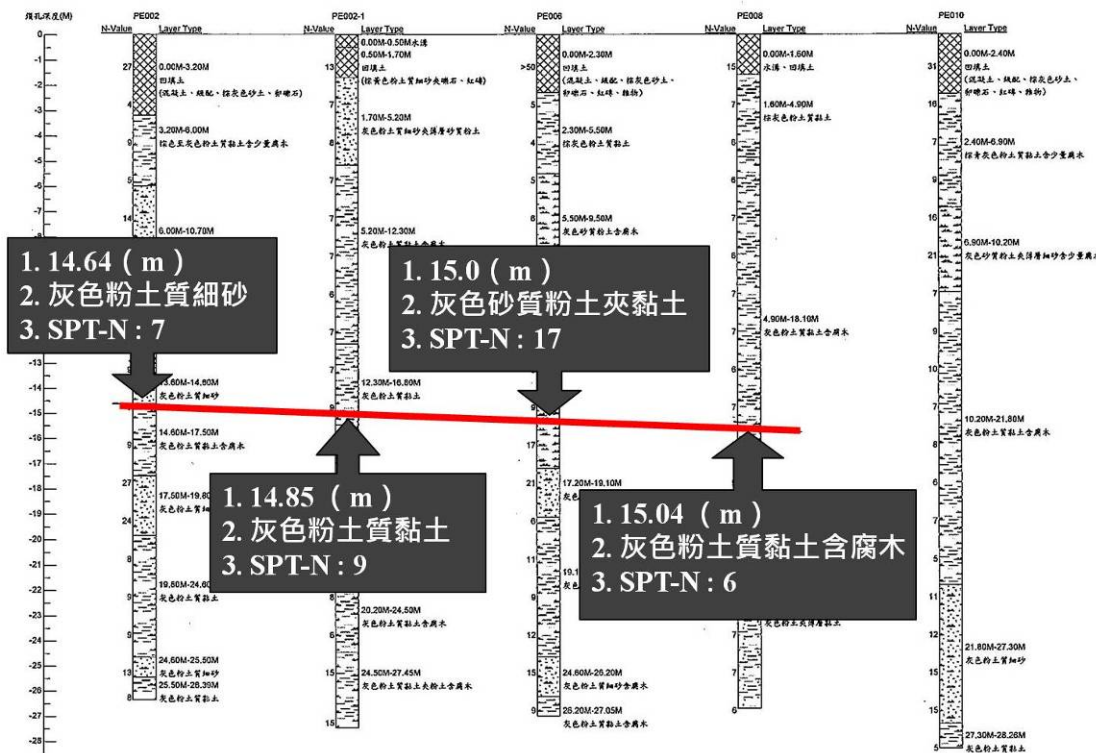


圖 2-8 工作井地質調查柱狀圖（整理自官良民等人，2008）

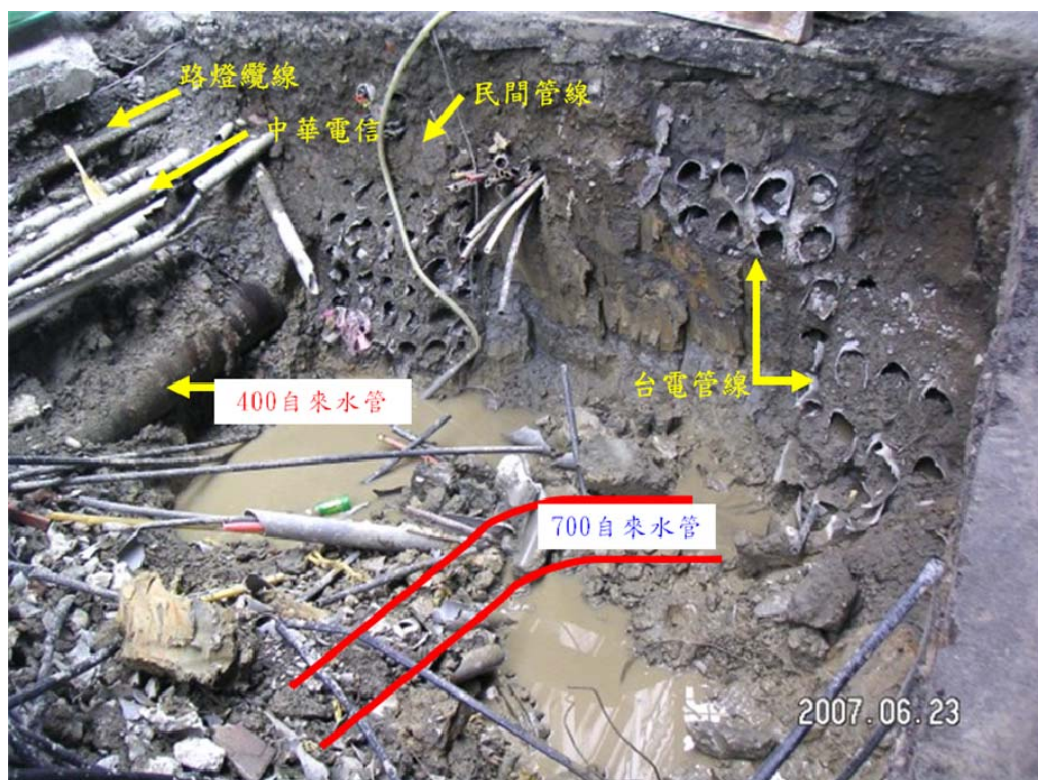


圖 2-9 工作井開挖後之地下管線情況（官良民等人，2008）

本次推進工法案例調查所使用之掘進機頭如圖 2-10、圖 2-11 所示。面盤採用一般土層之開挖型式，多採擠壓、剝除之土壤與機具之互制行為，各切削刀頭功能整理詳如表 2-5，編號參考圖 2-11。施工工法及路線規劃，位於主要幹道上，減少與節省工作井之設置來避免影響交通與既有路線，最終考量整體情形，運用快速排土之長距離泥水加壓工法。因為長距離推進所以排(出)碴設配能量、整體推進力之評估上需加以計算考量，並在添加材(作泥材與滑材)配比選擇以解決鬆軟且地質多變之台北沉積層，由台北縣中和地區汙水下水道系統新建工程推進案例整理出凝聚性土壤遭遇的問題，詳如表 2-4 所示。



圖 2-10 案例調查：泥水加壓式掘進機（官良民等人，2008）

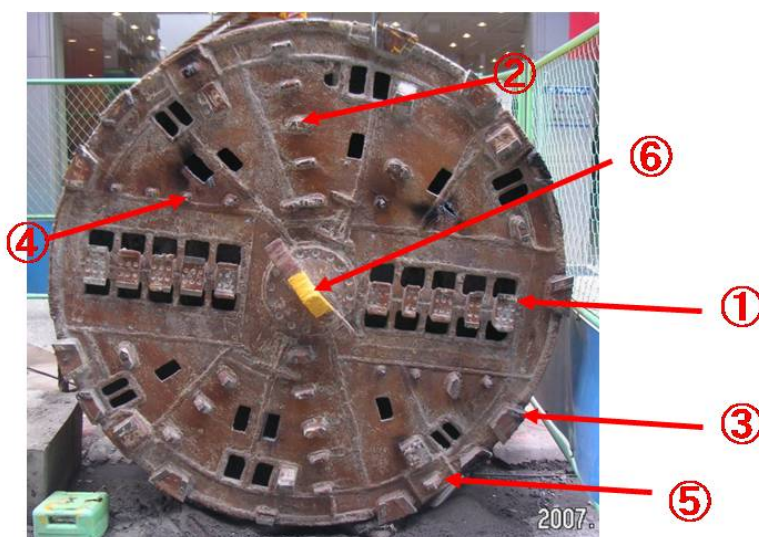


圖 2-11 案例調查：泥水加壓式掘進切削面盤（直徑：1500 mm）
（整理自官良民等人，2008）

表 2-4 推進工程施工過程遭遇之困難整理（官良民等人，2008）

	遭 遇 困 難
1	推進過程由於沉積層地質變化大，推進的經驗及相關資訊不足，易導致於推進的過程中，遭遇較多不可預期之風險。於粗砂層發生超抽現象，衍生路面局部塌陷。
2	排泥幫浦中繼站轉盤遭流木阻塞，至無法持續進行推進作業，由於中繼站深遠，增加處理作業時間，影響推進進度，如圖 2-12。
3	掘進機頭排泥球閥故障無法關閉，機頭掘削面土、砂流入淹沒機頭，導致路面沉陷。
4	機頭入坑時因地下水壓過高，將完成推進之管材向後位移，影響推進工率。

表 2-5 切削刀盤切刀種類、配置及功能

No	刀頭名稱	數量、位置	功能、考量
1	刮削切刀 Scraper Teeth	10；分配於 2 支輪幅中央	刮削開挖面地盤土石經面盤開口帶入土艙內。
2	先行切刀 Face Bits	16；交錯分配於輪幅外圍	切削及挖鬆開挖面中心以外之部分地盤。
3	周邊切刀 Peripheral Face Bits	16；平均分配於最外圍	切削開挖面最外圍部分，確保開挖外徑。
4	圓柱形切刀 Face Bits	9；交錯分配於輪幅外圍	切削及挖鬆開挖面中心以外之部分地盤。
5	楔形切刀 Face Bits	6；交錯分配於輪幅外圍	切削及挖鬆開挖面中心以外之部分地盤。
6	中央切刀齒 Center Bits	1；刀盤中央	掘進剖面中心部之先行掘進。

本執行團隊利用現場調查如表 2-6 為例，進行分析，加以綜整研擬其推進工法施工特性如表 2-7。持續檢核蒐集相關案例並進行問題彙整，並由記錄找出解決建議方案。經由實際現場調查後，以本中和長距離推進為例，推進總長度 704 m，俾因此工法為線性施工並無法於施工規劃階段增加鑽孔數，進而掌握並降低該推進路段地質變異性，其施工設計規劃與鑽探孔數示意圖詳如圖 2-13，可由圖 2-13 中看出於主要道路下為減少工作井施作採取之長距離推進，其地質鑽探兩孔間距最長達 324 m，於此距離間之地質材料變異性，則影響推進工法施工效益甚大，再由官良民等人(2008)推進施工記錄表得知，遭遇施工延宕位置幾乎於地質變異性較大之段面，如圖 2-14、圖 2-15 註記部分所示，因此造成開挖進度管控與工程成本之不確定性提高，現場即時之作業反應與異況排除能力亟為重要，再者別於一般山岳隧道開挖(TBM)及都會區地下開挖之潛盾工法(Shield Tunnel)，推進工法相對於上述二者工法開挖尺寸面積較小，相對之機械開挖總能量較低，面臨地質材料變異性大狀況下，容易產生尺寸效應(Size effect)。此一特色於遭遇粒徑較大之地質材料(如卵礫石層)時，更為之顯著。

延續推進工法延滯困難要項之現場調查，提出主體之地質分佈造成之施工特色，輔以客體之機具、工法及現地施工數據加以分析，建立下水道可挖性指標，以期能輔助業者即時精確的進行開挖評估。



圖 2-12 案例調查：掘進排(出)渣之流木（官良民等人，2008）

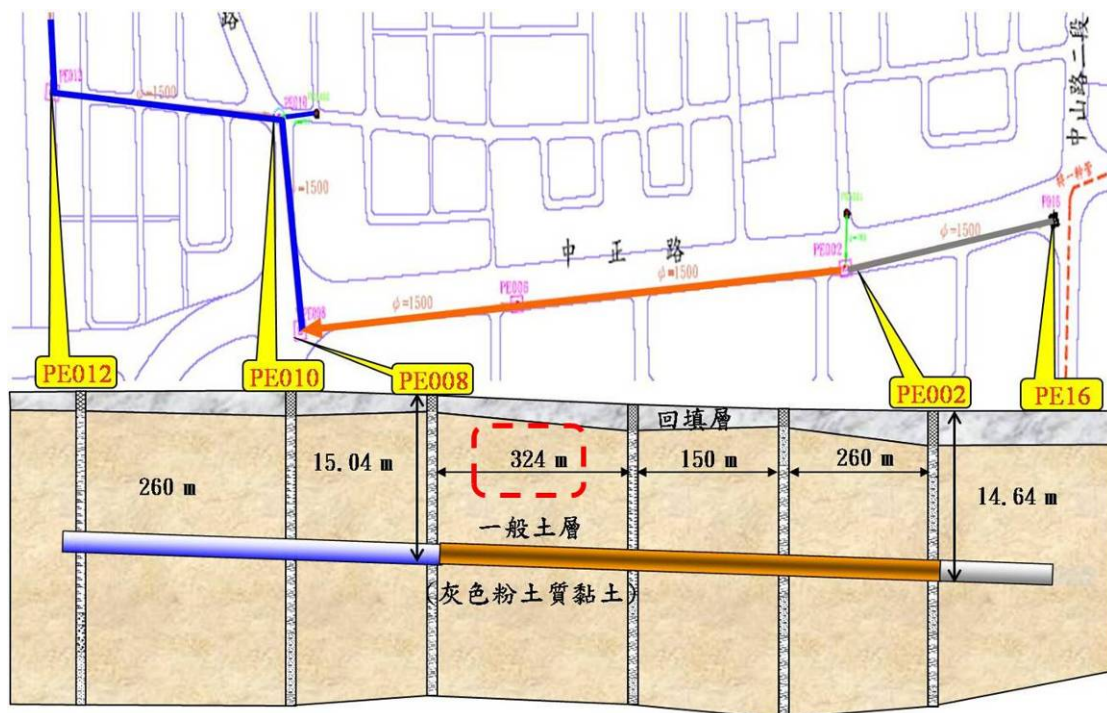


圖 2-13 案例調查：施工設計規劃與鑽探孔數示意圖
（官良民等人，2008）

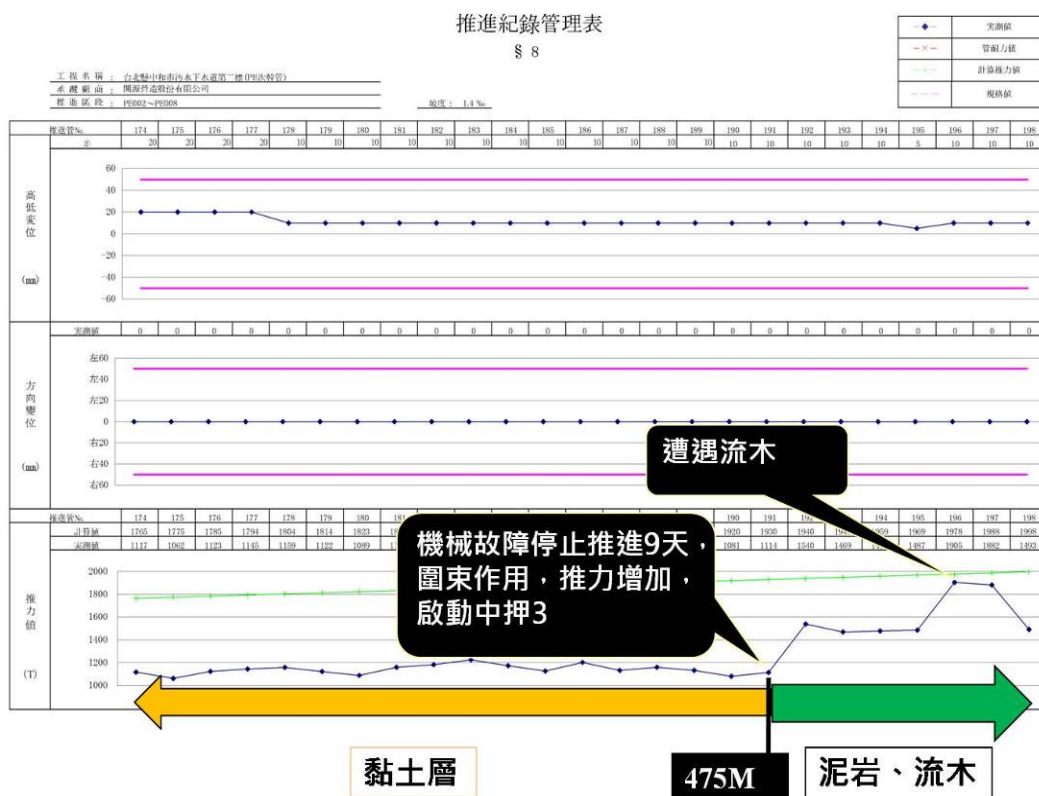


圖 2-14 案例調查：推進紀錄管理示意圖 (整理自官良民等人, 2008)

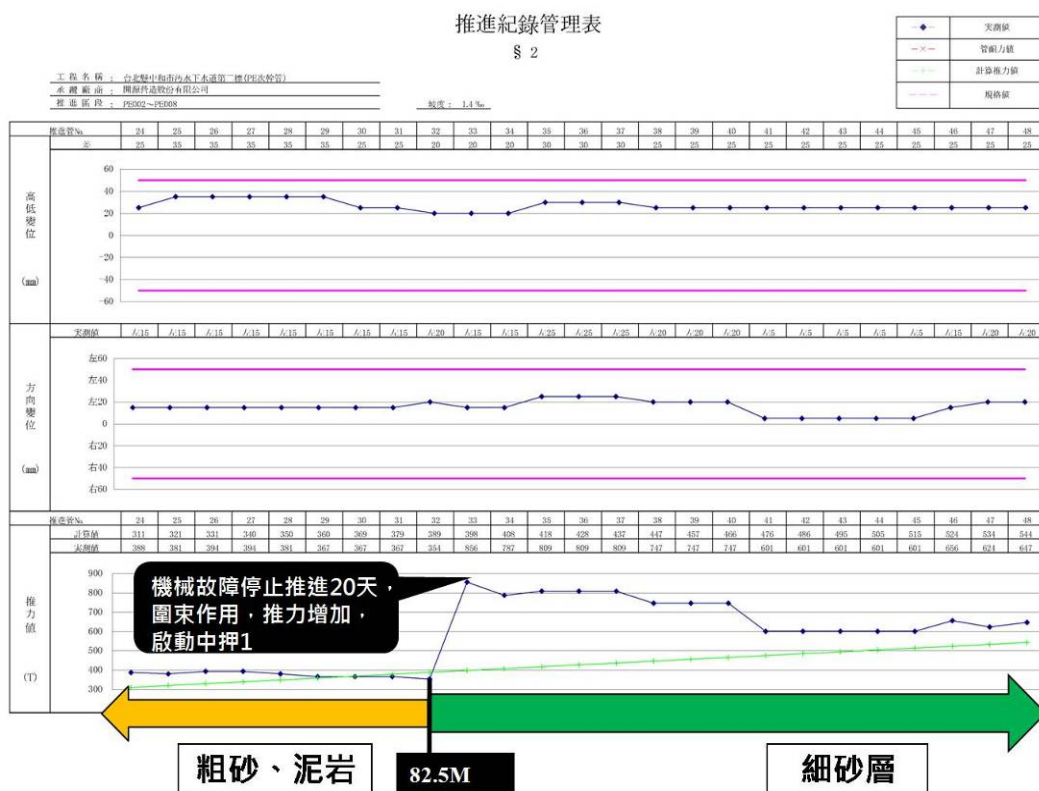


圖 2-15 案例調查：推進紀錄管理示意圖 (整理自官良民等人, 2008)

表 2-6 推進工法開挖效率現地調查表

記錄員： 楊喆巽 日期： 98 /8/20 File Name：

一、工程概況	1. 工程名稱： 台北縣新店地區 汙水下水道系統 新建工程第一標		2. 業主：內政部營建署 監造單位：中央工程顧問 有限公司 承包商：加興營造股份有 限公司	
	3. 總進度： 6,344 (M)		4.目前進度： 已完工 (M)	
	5. 開工日期：93 年 10 月 7 日 預計完工日期：97 年 12 月 30 日(展延)			
二、工程幾何形狀	推 進	6. 推進總長度(M)：AVE. 80 m/段 7-a. 推進斷面積 (M ²)： 2.09 ² × π/4 = 3.43 2.59 ² × π/4 = 5.27 3.59 ² × π/4 = 10.12 7-b. 推進初始高程(M ²)： GL 3 ~ 10 8. 推進時坡度(1/s)： 1/1000 9. 覆土深度(M)： GL 2 ~ 9		
	工 作 井	10. 採用之工作井形式：圓形鋼環工作井 11. 工作井編號：HBg 2101(出發)－HBg 2102 (到達) 12. 工作井尺寸(mm)：ψ2090、ψ2590、ψ3590 13. 開挖深度(M)： GL 3 ~ 11		

三、 機 械 資 訊	14. 製造商：Cobra		
	15. 元押千斤頂推力(kN)：165.6 × 3 = 496.8		
	16. 面盤扭力(kN-m)：7.7 ~ 57.2		
	17. 面盤開口率：N.A.		
四、 地 質 狀 況	18. 地下水位(-M)：N.A		
	19. 一般土壤： ☐ 普通土層 (N<50，最大粒徑 20mm 以下) ☐ 硬質土壤 (N>50)		
	20. 特殊土壤： ☐ 黏土 ☐ 礫石 (最大粒徑 400mm 以下，礫石含有率 20~30%) ☒ 卵礫石 (粒徑超過 300mm 有 47%、礫石含有率 50~60%) ☐ 其他 <u>細粒料含量 40 ~ 50 %</u>		
	21-a 土壤	USCS 分類	ML
	22-b 岩石	RMR 分類	N.A.
		Q system 分類	N.A
	23-c 地 工 材 料	土壤剪力強度 (kg/ cm2)：N.A N 值：N.A	
		岩石單壓強度 (kg/ cm ²)：2200 岩石拉力強度 (kg/ cm2)：N.A. (☐ 直接 / ☐ 間接) 硬度：N.A (硬度儀名稱：N.A)	
	24. 弱面調查： ☐ 預測判斷 / ☒ 現場判斷 弱面敘述：無		
	25. 地質鑽探資料：N.A.		

五、 施 工 工 法 掘 進 施 工	26. 掘進機具 (尺寸、規格、 型號、鑽刀形 式) ■照片	掘進機管外徑(mm)： 430 ~ 1,220 推進型號： TRH-300 ~ 1000 扭力： 7.7 ~ 57.2 最大切削外徑(mm)： 465 ~ 1485 推進設備： ☐ 中押、 ☒ 元押、 ☐ 兩者皆有	
	21.工法種類	☒ 泥水式 ☐ 土壓式 ☐ 泥濃式 ☐ 其他_____	施工圖說： ☒ 有 ☐ 無
	22.RCP 管	尺寸(mm)：300 ~1000 外壓強度(kN/m)：100 分級：四級管	照片： ☒ 有 ☐ 無
六、 出 渣 狀 況	23. 出渣機具型式、尺寸、規模、出渣效率： 排泥幫浦(m^3/min)： 0.5 ~ 2.0 處理能力(t/h)： 3 ~ 12 送、排泥管尺寸(mm)：1,003 、 $\psi = 300 \sim 600$		
	24. 渣料	粒徑分佈曲線： ☐ 有 / ☒ 無 大小尺寸： $\leq 30 \text{ mm}$ 單點壓力強度：N.A. ☐ 樣品照片 ☐ 現場照片	

七、 相關 監測 項目 與 數據	監測資料：☒ 有 / ☐ 無 推進速率： AVE. 3.2 m/day 排土速率： 3 ~ 12 (t/h) 鄰近開挖面沉陷量：無 掘進機前方非破壞檢測：無 掘進刀頭之應力感測：無 施工噪音：良好 施工振動：良好 環境污染：良好 儀表板狀況：電子觸控式
八、 施工 困難 或 災變 處置	☐ 急曲線施工 ☐ 長距離推進 ☒ 土質互層 ☒ 土層中包含障礙物（如：流木、連續壁、基樁） ☒ 工期延宕日數(days)：N.A. ☐ 工程災害：_____，處理方式：_____。
九、 備 註	☒ 施工日報表 ☐ 地質鑽探報告 工班人員調配：☐ 專業分班 / ☒ 時段分班 （人數：3~4 人） 儀控面版設計（監測與操作）： 操作與監測分開 機具使用年度（限）： 0 ~ 2 年

表 2-7 依地質區域區分卵礫石層於推進工法之特性調查表

分區	施工名稱	地質狀況	推進技術工法	遭遇的問題
北區	台北縣中和地區污水下水道系統新建工程中正路段	一、地下水位：<u>GL-14.64 ~ -15.04 m</u> 二、SPT-N 值：<u>17 ~ 9</u> 三、鑽探資料： ☒ 有；☐ 沒有 四、USCS 分類：<u>CL-ML SC-SM</u> 五、礫料： 粒徑分佈曲線：☐ 有；☒ 沒有 六、地工材料： 土壤剪力強度 (kg/cm²): N 值：17~	一、推進機尺寸： 照片：☒ 有；☐ 沒有 二、施工工法： ☒ 泥水加壓式 ☒ 長距離 三、總推力 (kN)：2850 四、排泥幫浦功率 (kw)： 五、管材： 尺寸 (mm)：1500 抗壓強度 (kg/cm²): 六、油壓系統之設置： <u>元押 + 6 個中押站</u>	■ 地質資料與實際開挖差異大 ■ 停滯後機頭圍束導致推力增加 ■ 初期地下水壓大管材後移 ■ 中押千斤頂漏油 ■ 切削面盤扭力過大導致方向不易控制 ■ 開挖面無凝聚力易坍塌 ■ 地下水滲流夾帶土砂致路面沉陷 ☐ 出礫設備能量不足 ■ 泥漿泵損壞頻率高影響推進進度 ☐ 其它

2.4.3. 以機械型態為主進行切削技術之實驗數值驗證

(一) 探討雙楔刀間距配置對工程開挖效率之考量

執行團隊於 96 至 97 年之計畫研究中，分別針對單一楔形刀口接觸類岩材料（含岩盤、孤石、改良後土質與混凝土）暨復合土層之卵礫石地質進行數值模擬，並將所求得之模擬結果與理論解析解進行比較，得到良好一致性，持續驗證此模擬方式之可行與適確性。本團隊將於本期之計畫執行根據表 2-8 所示，乃承接過往之研究計畫之初步系列模擬，本部分將探討類岩材料(列於表左欄)與雙刀-間距影響(列於表右欄)利用實驗與數值之驗證提出刀頭配置間距與地下開挖能量之關係，因掘進機之切削盤為多切刀型設計，惟前人之研究多為單刀型式研究，完成單一刀頭與地質之互制行為之研探後，以期接近實際掘進現況，進而初步探討雙楔刀頭間距之設置與地質材料互制之特徵。

希冀經由本研究計畫，針對各式開挖接觸質材與開挖刀具間之相互作用，進而檢視現場刀具配置位置是否合宜並嘗試比對現地監控儀表與數值模擬輸出之相互驗證。

表 2-8 岩土與機械刀口接觸之界面關係

開挖接觸質材類別	機械型態
1.類岩 (Brittle)：岩盤、孤石、混凝土、改良後土質	1.單刀-不同幾何形狀（如三維式錐頭與二維式楔刀）、刀具磨耗、刀頭作用方式（固定與非固定）
2.複合土壤 (Compound)：紅土、卵礫石、橫、縱向夾層	2.雙刀-間距影響
3.一般土壤 (Ductile)：黏性與砂性土壤	3.群刀-整體影響
4.其他：流木	4.刀口接觸角度（如：正向、斜向）

本期研究初步模擬二維轉動式楔刀 (Roller Cutter) 如圖 2-16 所示，並以其二維楔形刀口角度 150° 下進行模擬，開挖刀頭配置間距變數示意如圖 2-17，由林郁修 (2007) 研究得知此於類岩材料之單一楔刀貫切模擬之臨界-彈塑性區半徑 (r^*) 為 10.0 mm，而雙楔刀之配置間距可由單刀之影響範圍來評估，並由前人 Chen (2002) 之研究提及，其受力產生之塑性區直徑與試驗用試體寬度比須大於 1:6，則不致產生尺寸效應且不受自由邊界之影響。此各種地質條件下之臨界-彈塑性區半徑 (r^*) 後，依此上述準則可定出 $S_r = S/2r^* \leq 6$ 之判定準則，其中臨界彈-塑性區半徑為 r^* 、雙刀間距為 S (cm)，其對應之相對 S_r (relative space between indenters) 則為其無因次化之相對刀距，本研究方法可針對不同地質條件下，模擬出合宜開挖刀頭間距，並應用於推進工法中，切削面盤各刀頭最佳化配置間距，提升開挖進度並研析建立推進工法高效率之開挖模式。

故本期研究之模擬採用進行模擬兩楔刀之間距 $S_r = 0.5 \sim 7.5$ ，當 $S_r = 0$ 時視為單刀行為。由表 2-9 可知當相對刀距增加時，其相對之初裂貫切力 (F_{ini}) 亦會隨之提升，但於 $S_r = 1.5$ 之後便開始下降，而臨界貫入深度會隨之提高至相對刀距 1.5 後慢慢降低。由能量之觀點進行探討，可知於 $S_r = 0.75$ 時之相對能量比最高，當相對刀距漸漸縮小時，其能量亦隨之減少，由圖 2-18 經由數值耦合與 PFC^{2D} 之相對能量比之關係圖可知，於 $S_r < 3.0$ 時其相對能量比皆有增加之趨勢，因此可初估臨界相對刀距 (critical relative-space between indenters, $S_{r,c}$) 約位於 2.0~3.0 之間。

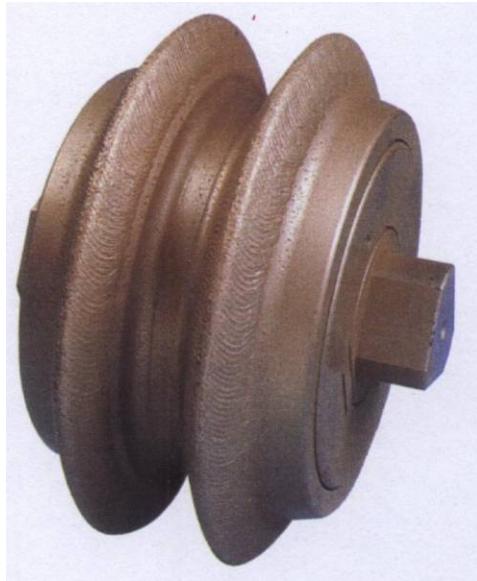
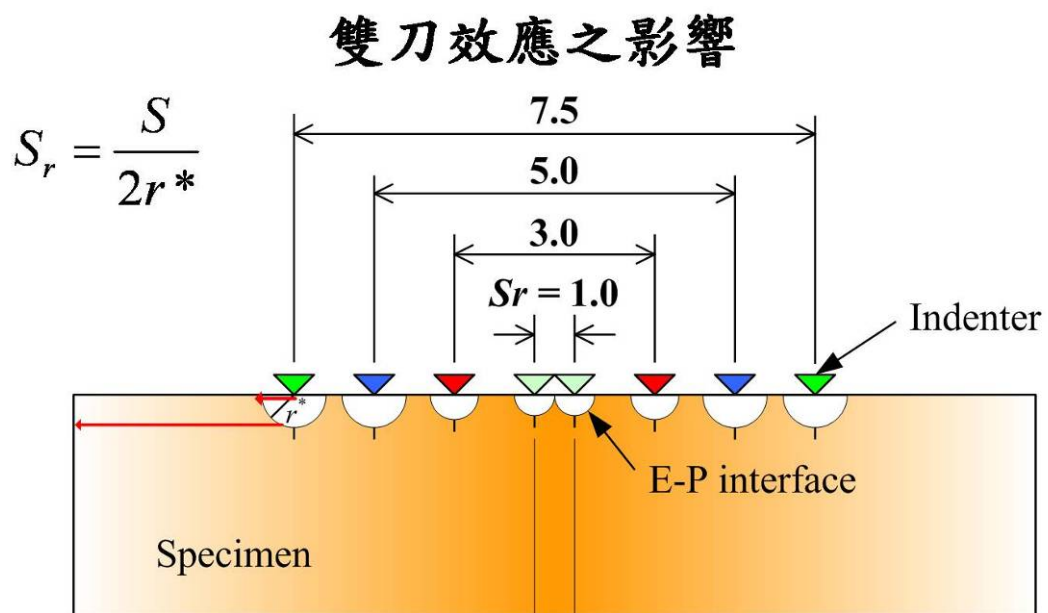


圖 2-16 二維式轉動楔刀示意圖



塑性區直徑與試驗用試體寬度比須大於1：6，
則不致產生尺寸效應且不受自由邊界之影響

圖 2-17 模擬配置雙刀間距之影響

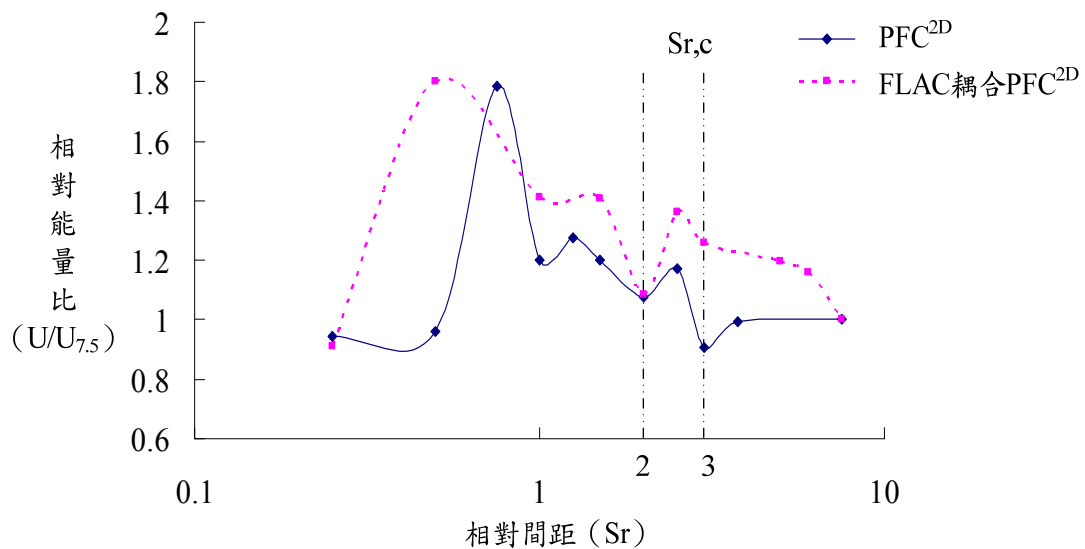


圖 2-18 不同相對刀距 S_r 之相對能量比關係圖

表 2-9 雙刀效應之影響對貫切破壞之結果

S (cm)	S_r	F_{ini} (kN/m)	d^* (mm)	U (N)	相對能量比
15	7.5	2333	0.22	256.63	1
7.5	3.75	2548	0.2	254.8	0.992869
6	3	2328.7	0.2	232.87	0.907415
5	2.5	2508.1	0.24	300.97	1.172778
4	2	2206.3	0.25	275.79	1.07466
3	1.5	2461.4	0.25	307.68	1.198925
2.5	1.25	2620	0.25	327.5	1.276156
2	1	2676	0.23	307.74	1.199158
1.5	0.75	3523	0.26	457.99	1.784632
1	0.5	2342.2	0.21	234.22	0.912676
0.5	0.25	2305.6	0.21	150.32	0.585746

S = 雙刀之間距

$$S_r = \text{相對間距} \left(S_r = \frac{S}{2r^*} \right)$$

F_{ini} = 初裂貫切力

d^* = 臨界貫入深度

$$\text{能量 } U = \frac{F_{ini} \times d^*}{2}$$

$$\text{相對能量比} = U_{S_r} / U_{S_r=7.5}$$

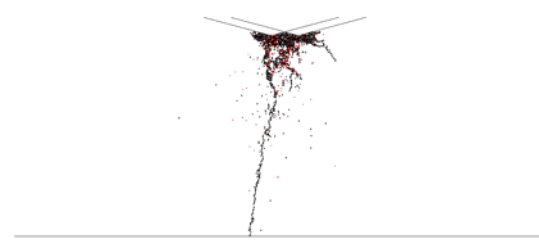
圖 2-19、圖 2-20 為相對刀距增加後之完整裂縫位置圖，可觀察其裂縫生、衍模式之相異處，當 $S_r = 0.25$ 時，其產生單一裂縫，而 r^* 內應力重疊部分極大，因此裂衍模式與同為 150° 之單刀貫切類同，及至 $S_r = 1.25$ 時，始出現兩巨觀破壞裂縫，而於 $S_r = 1.5$ ，可由巨觀裂縫觀察出兩刀頭下之塑性區已漸漸分離為各自獨立之塑性區，當 $S_r = 2$ 與 $S_r = 2.5$ 時，其互制效應已減低，各自塑性區間只餘一水平張力裂縫相互影響，經由觀察 $S_r = 3.0 \sim S_r = 7.5$ ，其明顯呈現為獨立之兩巨觀裂縫，且各自之彈-塑性區無影響之裂縫生、衍行為發生，已無雙刀之互制效應，可視為單刀之行為。

本研究經電子點紋干涉術 (ESPI) 之微觀光學結果比對，可知於相對刀距較近時，雙刀之間將造成應力場之互制效應，刀頭下方之脆性破壞前之塑性區將出現不規則之發展，如圖 2-21 所示，而圖 2-22 為 PFC^{2D} 模擬之 $S_r = 0.75$ 粒間微裂圖，可知其與 ESPI 影像所得之趨勢相近。

由巨觀能量消耗及彈-塑性界面與裂衍趨勢可知，我們可定義 $S_r = 3$ 時為雙刀效應之開端。此外，當 S_r 小於 0.25 時將趨於單刀行為，而 S_r 為 0.5 時，所消耗之能量為最大。綜合兩類探討，當 S_r 為 3 時，能量之消耗增加不多，且開裂情形有助於提升開挖效率，因此若將掘進機之切削盤上之刀距依此設定，或許可有助於現場施工之效益。如圖 2-23。



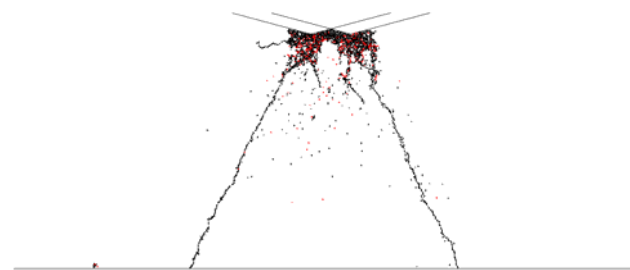
相對刀距 $Sr = 0.25$ 時之裂縫圖



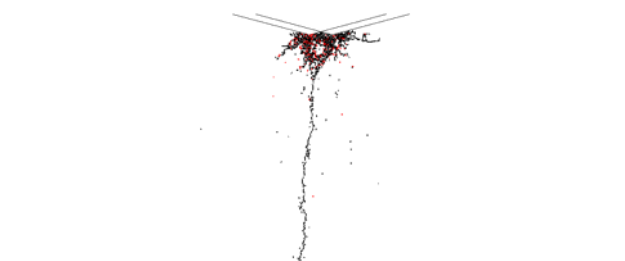
相對刀距 $Sr = 1.0$ 時之裂縫圖



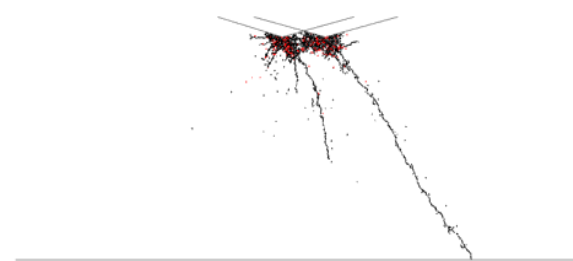
相對刀距 $Sr = 0.5$ 時之裂縫圖



相對刀距 $Sr = 1.25$ 時之裂縫圖

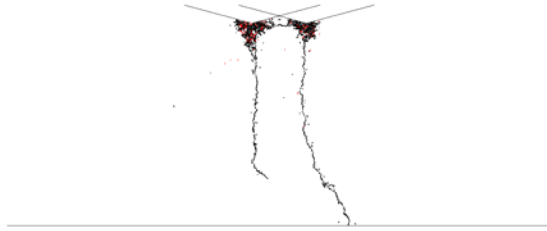


相對刀距 $Sr = 0.75$ 時之裂縫圖



相對刀距 $Sr = 1.5$ 時之裂縫圖

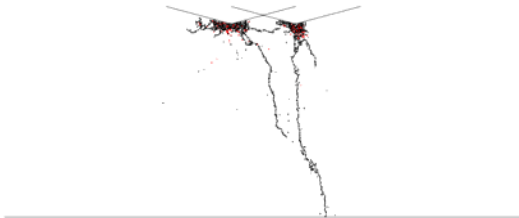
圖 2-19 各相對刀距之裂縫位置圖 ($Sr = 0.25 \sim Sr = 1.5$)



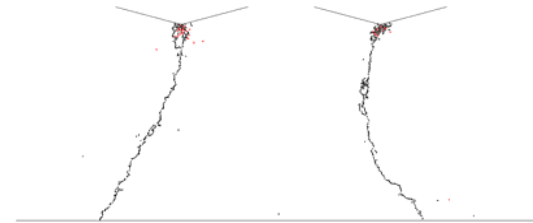
相對刀距 $S_r = 2.0$ 時之裂縫圖



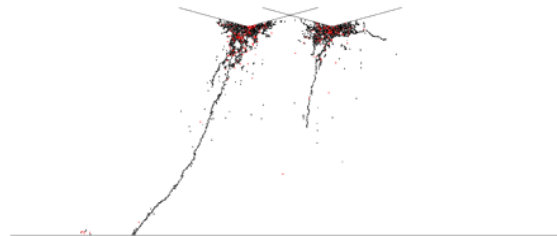
相對刀距 $S_r = 3.75$ 時之裂縫圖



相對刀距 $S_r = 2.5$ 時之裂縫圖



相對刀距 $S_r = 7.5$ 時之裂縫圖



相對刀距 $S_r = 3$ 時之裂縫圖

圖 2-20 各相對刀距之裂縫位置圖 ($S_r = 2.0 \sim S_r = 7.5$)

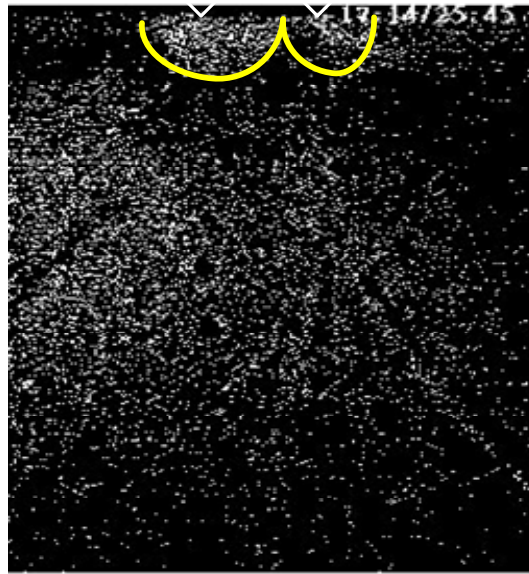


圖 2-21 微觀光學干涉 ESPI 實驗影像,於 $Sr = 0.88$,彈塑性區域及裂縫
生、衍成果,水泥砂漿, 刃口角度 90°

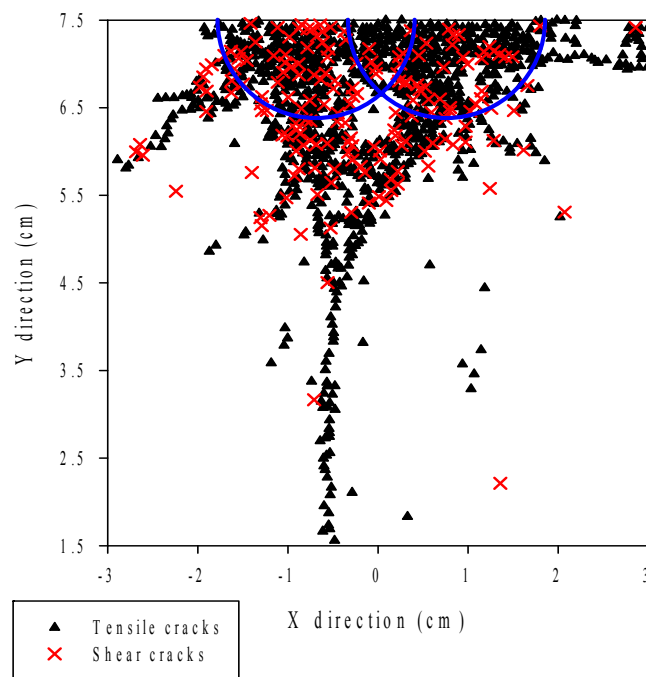


圖 2-22 $Sr = 0.75$ 彈塑性區之裂縫與其界面外之裂縫叢聚區展示圖
花崗岩,Lac du Bonnet Granite, 刃口角度 150°
(黑：粒間張力微裂，紅：粒間剪力微裂)

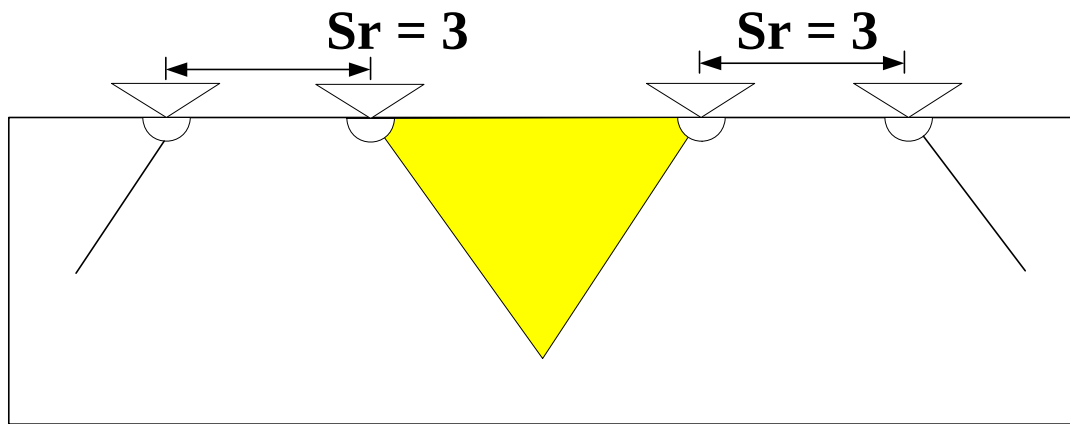


圖 2-23 群刀效應之示意圖
(黃色部分可被挖除)

(二) 探討開挖楔刀磨耗對工程開挖效率的考量

本團隊將於本期之計畫執行根據上表 2-8 所示，承接單一刀頭、雙刀間距配置研究計畫之初步系列模擬，本部分將探討類岩材料(列於表左欄)與刀具磨耗影響(列於表右欄)，並利用實驗與數值之驗證提出刀具磨耗對切削刀頭開挖效率及能量的關係，Chen (2001) 指出楔刀尖端磨耗是影響刀具貫切能量因素之一，當刀頭磨耗程度高時，所需之破壞地質材料之能量相對提高，其地質材料正向貫切破壞刀頭有磨耗效應之應力場示意圖，詳如所示圖 2-24。

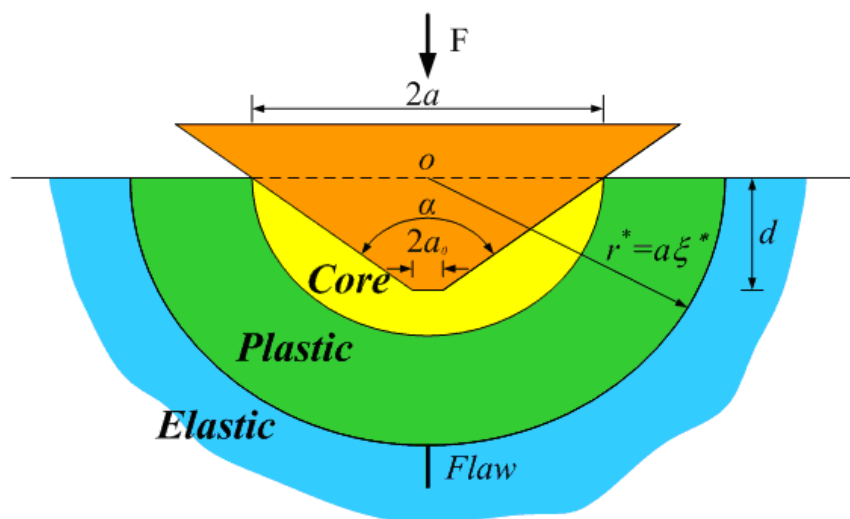
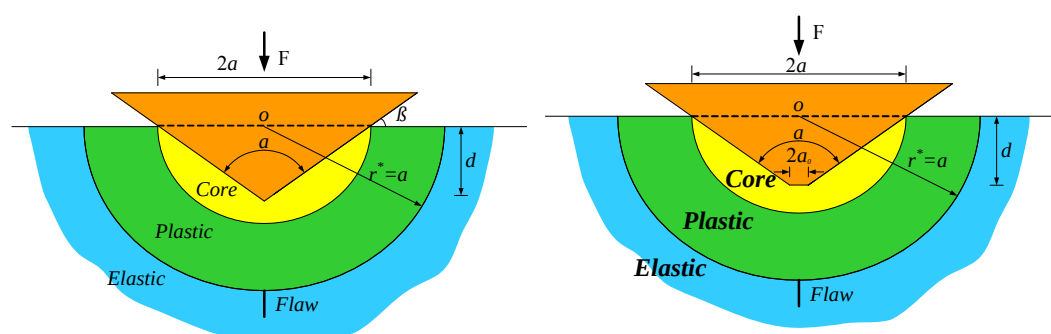


圖 2-24 切削刀具有磨耗效應之應力場示意圖

開挖進行中，若設計之機械開挖刀具不適合現地地質狀況，或不適當之配置，將於開挖過程中發生開挖刀具之磨耗問題，導致開挖效率降低，而本研究之磨耗效應，並未將磨耗之演化過程納入探討，主要著眼處在於機械刀具與地質材料之接觸行為，由點接觸變化為面接觸，如圖 2-25 所示，此微小平面之接觸尺寸定義為楔尖磨耗寬度 $2a_0$ ，為了簡化分析，將磨耗寬度 $2a_0$ 視為一平面，並且只考慮正向貫切所造成之磨耗，並不將扭轉的磨耗納入模擬中。本階段研究將經由不同之楔尖磨耗寬度對楔刀貫切破壞之影響進行模擬，如圖 2-25 所示，經由不同磨耗寬度表示楔形刀口之磨耗程度，並進一步探求其貫切力、貫入深度、裂衍行為等貫切特徵以模擬推進工法切削刀頭之使用情況，符合現場施工。



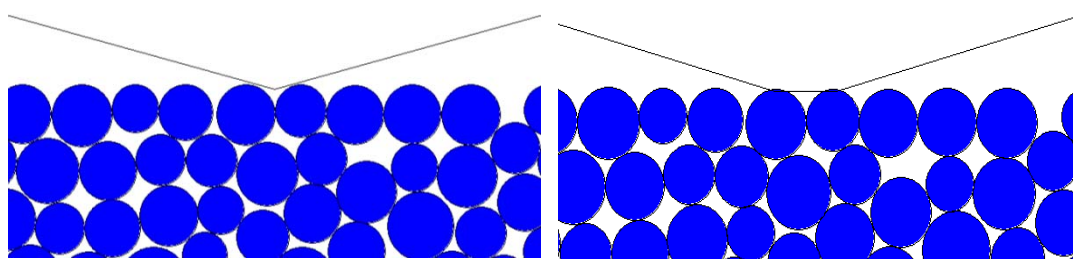
無磨耗效應之單一楔刀之

磨耗效應 ($2a_0$) 之單一楔刀之

貫切應力場分佈

貫切應力場分佈

圖 2-25 岩石具磨耗效應有無之貫切理論模型



(a) 無磨耗之貫切模型示意圖

(b) 磨耗 ($2a_0 = 1.00\text{mm}$) 之

貫切模型示意圖

Chen (2001) 指出，當楔刀尖端磨耗寬度 ($2a_0$) 愈高時，所需之臨界貫入深度及最大貫切力亦會隨之增加。蘇億峰 (2008) 亦指出當刀具磨耗寬度越大時，最大貫切力會隨之上升，即相對能量比也會相對上升，本階段研究採用 0.75mm 進行楔尖磨耗寬度之影響探討。由表 2-10 可得知，當楔刀尖端磨耗寬度增加時，其臨界貫入深度(d^*) 亦會微幅增加，再經由開挖能量觀點進行探討，當楔刀尖端磨耗寬度增加 (0.75 mm~5.0 mm) 時，其開挖耗費之相對能量比亦會提高 (約 3.7 倍) 如圖 2-26 楔尖磨耗寬度 $2a_0$ 之相對能量比關係圖，亦即欲使材料達到脆性破壞之能量提高 3.7 倍，驗證楔刀尖端磨耗寬度確實對於推進工法開挖破壞效率與功率有相當之影響，當楔刀尖端磨耗寬度愈高時，所需消耗之開挖破壞能量亦會提高。

表 2-10 磨耗效應對貫切破壞之結果

楔尖磨耗寬度 $2a_0$ (mm)	初裂貫切力 F_{ini} (kN/m)	臨界貫入深度 d^* (mm)	能量 U (N)	相對能量比
0.75	1439.30	0.11	79.16	1.00
1.0	1678.10	0.12	100.69	1.27
2.0	1728.70	0.12	103.72	1.31
3.0	2326.70	0.16	189.63	2.40
4.0	2954.90	0.16	242.30	3.06
5.0	3106.50	0.19	292.01	3.69

$$\text{能量 } U = \frac{F_{ini} \times d^*}{2}$$

$$\text{相對能量比} = U_{2a_0} / U_{2a_0=0.75}$$

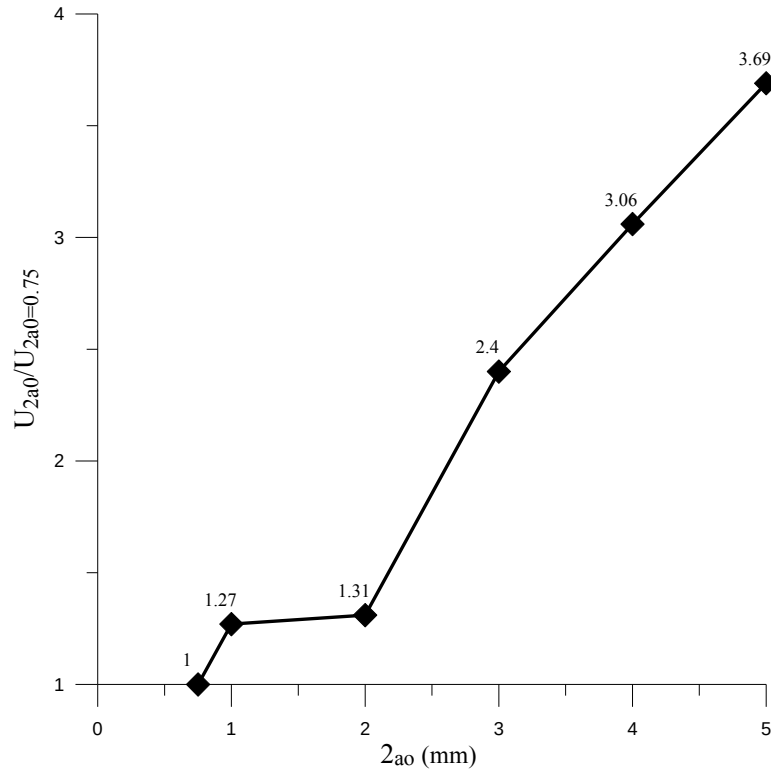


圖 2-26 楔尖磨耗寬度 $2a_0$ 之相對能量比關係圖

經由不同之楔刀尖端寬度作為變數，進一步探討當推進工法開挖機具遭遇磨耗效應問題時，其所反映之巨觀破壞行為之影響，經由數值模擬資料之彙整於表 2-11 可得知，當楔刀尖端寬度增加時，其所造成臨界彈-塑性區半徑 (r^*) 亦會增加，即為材料可吸收之貫切能量提高，此為機械開挖時所不樂見之狀況，而無因次化之彈-塑性區半徑 ξ^* 與臨界彈-塑性區半徑 r^* 及接觸長度之半 a 有連帶之關係，當楔尖磨耗寬度 ($2a_0$) 增加時， r^* 由於能量消耗之關係因而提升，則 ξ^* 會反之降低。經由理論解廣義孔洞擴展模式可得知， p/q 與 ξ^* 互為相依之函數，無因次化貫切壓力 (p/q) 隨 $2a_0$ 降低，而 ξ^* 亦如此，此結果與理論解相互對應。

表 2-11 磨耗效應於貫切破壞之彈塑性介面之影響

$2a_0$ (mm)	F_{ini} (kN)	d^* (mm)	δ	a (mm)	r^* (mm)	ξ^*	p/q_u
0.75	1439.3	0.11	0.146	0.786	10.2	12.9	4.48
1.0	1678.1	0.12	0.12	0.948	10.9	11.5	4.33
2.0	1728.7	0.12	0.06	1.44	11.5	8.0	2.94
3.0	2326.7	0.163	0.054	2.11	11.7	5.5	2.7
4.0	2954.9	0.164	0.041	2.61	11.8	4.5	2.71
5.0	3106.5	0.178	0.0356	3.2	12.4	3.9	2.37

$2a_0$ ：楔尖磨耗寬度

F_{ini} ：初裂時之貫切力

d^* ：臨界貫入深度

δ ：臨界貫入深度除以楔尖磨耗寬度

a ：接觸長度之半，為 $a_0 + d/\tan\beta$

r^* ：臨界彈-塑性區半徑

ξ^* ：無因次化之臨界彈塑性區半徑

p/q_u ：無因次化之標稱貫切壓力， p 為 $F_l/2a$ ， q_u 為單壓強度

圖 2-27 表示楔刀尖端磨耗寬度 5mm 時之貫切力曲線及其對應之裂縫衍生位置及數量，可知剪力裂縫之叢聚現象發生於貫入深度 0.3mm 之前，因此將就此區段加以分析，以釐清其初裂之破壞時機及其對應之初裂貫切力，而由左下方之貫切力曲線可發現較無磨耗 ($2a_0=0$) 狀態之貫切力曲線較為平整，此因楔型刀刃之牆面元素與試體之顆粒元素接觸面積增加所致。

圖 2-28 可知於當貫入歷程增加時之裂縫生、衍模式，初始之剪力裂縫與張力裂縫之比例差異無幾，而其臨界貫入深度較之於無磨耗狀態高出許多，此為當刀口磨耗後其需貫入較深才可引致材料破壞，而此臨界貫入深度 (d^*) 隨楔尖磨耗寬度提高而增加，由 AB-4 區段可知初裂貫切力 (F_{ini}) 約為 3106.5 kN/m，較之於無磨耗之刀刃高出許多，表示欲使材料產生脆性破壞之貫切力增加，而 AB-5 顯示其塑性區之剪力裂縫發展不再增加，而改以張力裂縫向試體下方開裂，由此可初估其臨界彈塑性區半徑 (r^*) 約為 12.4mm， r^* 與楔刀尖端磨耗寬度亦呈現相依之趨勢，當楔刀尖端磨耗愈甚時，其臨界彈塑性區半徑亦增加許多，此為欲使材料發生脆性破壞之影響半徑增加，為推進工法開挖工程不樂見之情形，應當避免此情況產生。

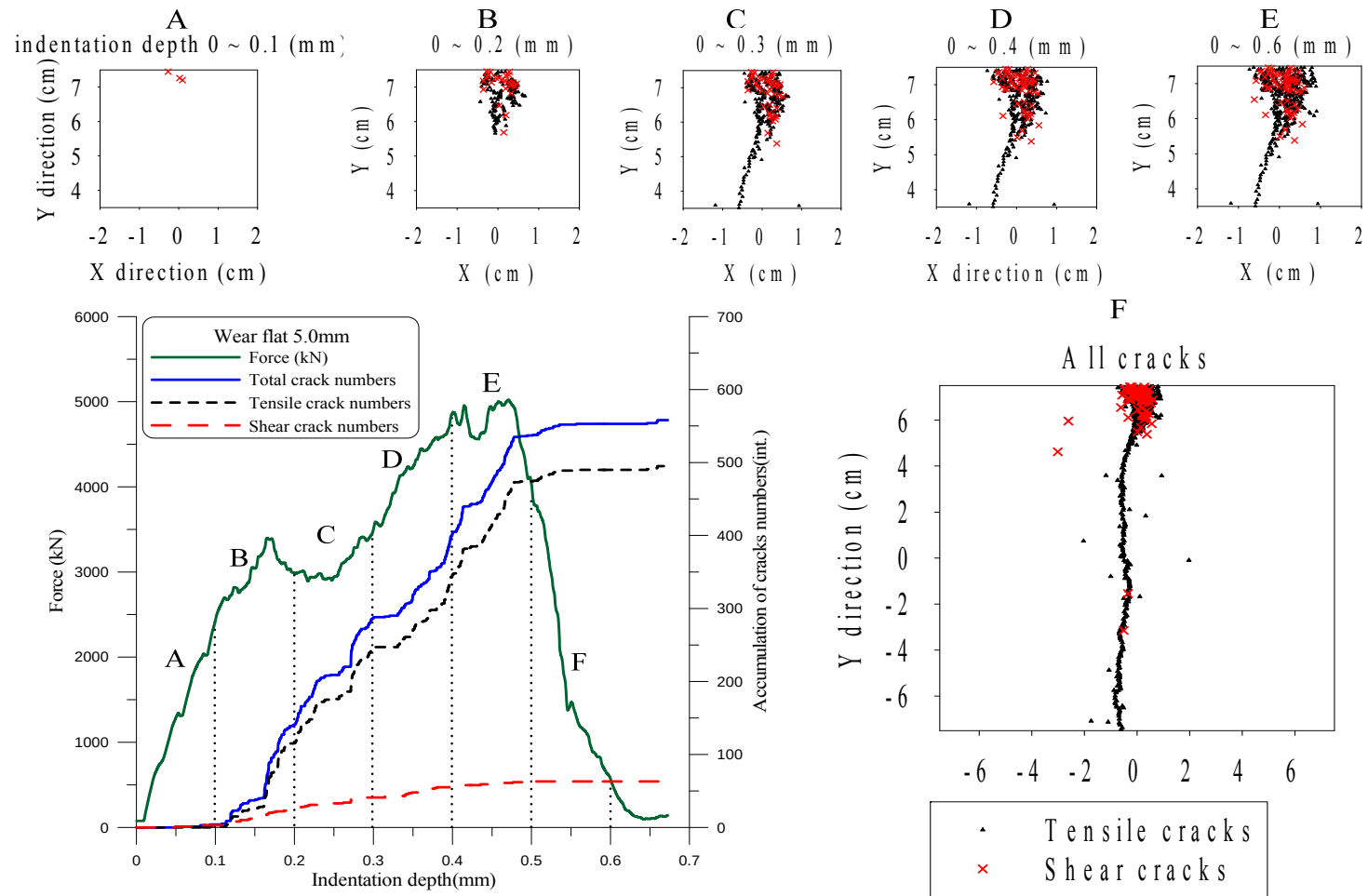


圖 2-27 楔刀尖端磨耗寬度 5mm 於無圍壓貫切破壞之貫切力曲線及其累積粒間微裂分佈

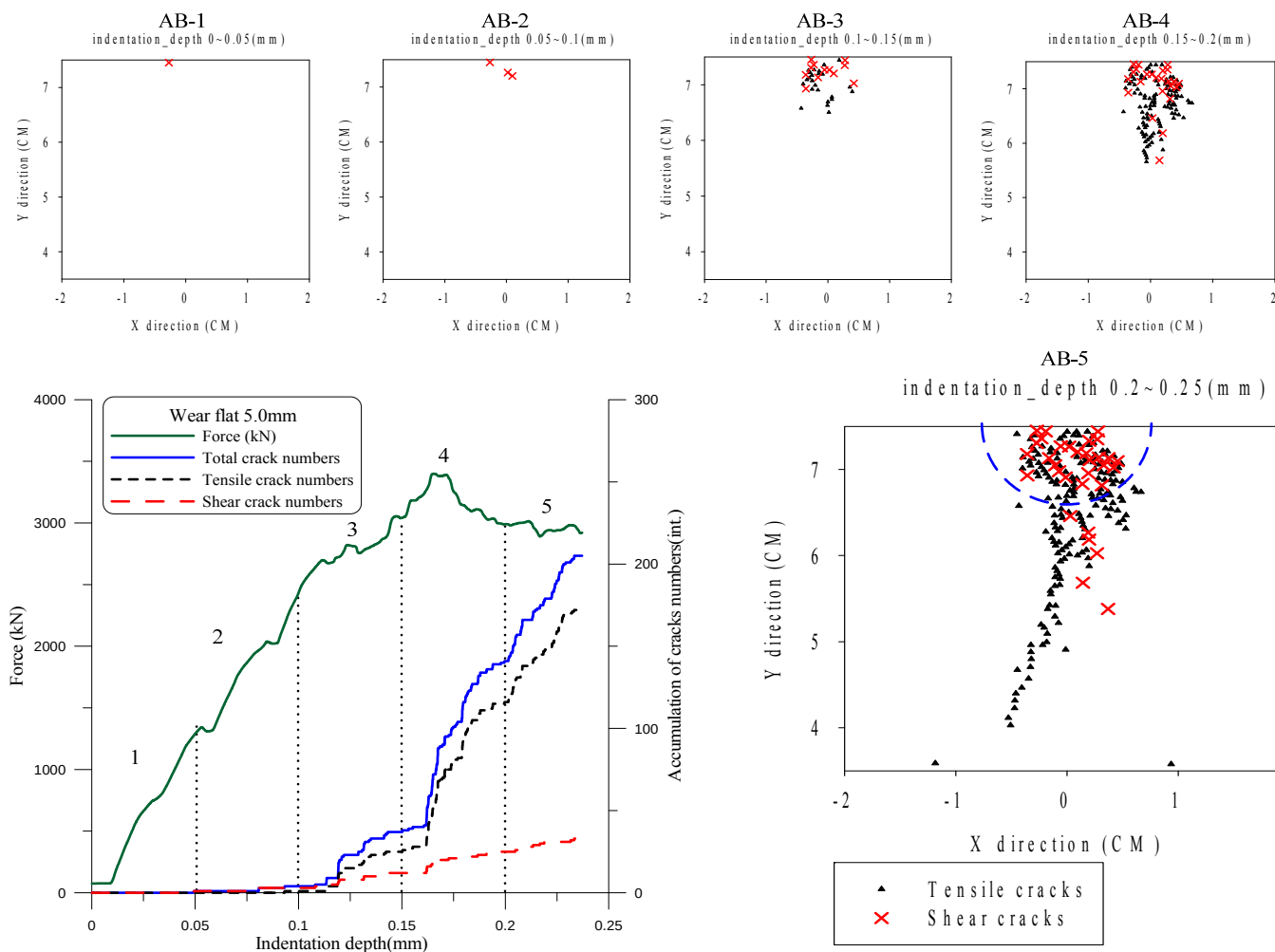


圖 2-28 楔刀尖端磨耗寬度 5mm 於無圍壓貫切破壞之初裂前貫切力曲線及其累積之粒間微裂分佈

2.5. 建立推進工程現地資料自動化收集及分析與預測系統

因為推進工法之施工特色屬於線性作業，加上目前採用建築法之基地面積決定地質鑽探孔數，導致於現地受前方地質變異性大之影響，造成開挖進度管控與工程成本之不確定性提高，現場即時之作業反應與早期預警能力亟為重要。因此就因地制宜之自動化、資訊化、與客製化之考量，進行鑽掘機具整合系統與各項生產力及績效數據的預測之於長推進之管推環境應有其利基。

2.5.1. 建立工程現地資料自動化收集系統

現地資料自動化收集系統，可改善現今分析下水道推進工程作業，實為促進接管率提升之俾助。本研究團隊參酌目前較成熟推進機具廠商，將其資料收集系統如操作儀表板數據等，進行調查。而本期就鑽掘機具規模與應用作一初步研探，得知於完整推進作業中鑽掘機具之整合考量包括機具模組、應變式機電整合系統、訊號測量與監測、及人機介面。並建立下水道工程鑽掘機具之特性要因圖(cause and effect diagram)詳如圖 2-29 所示。

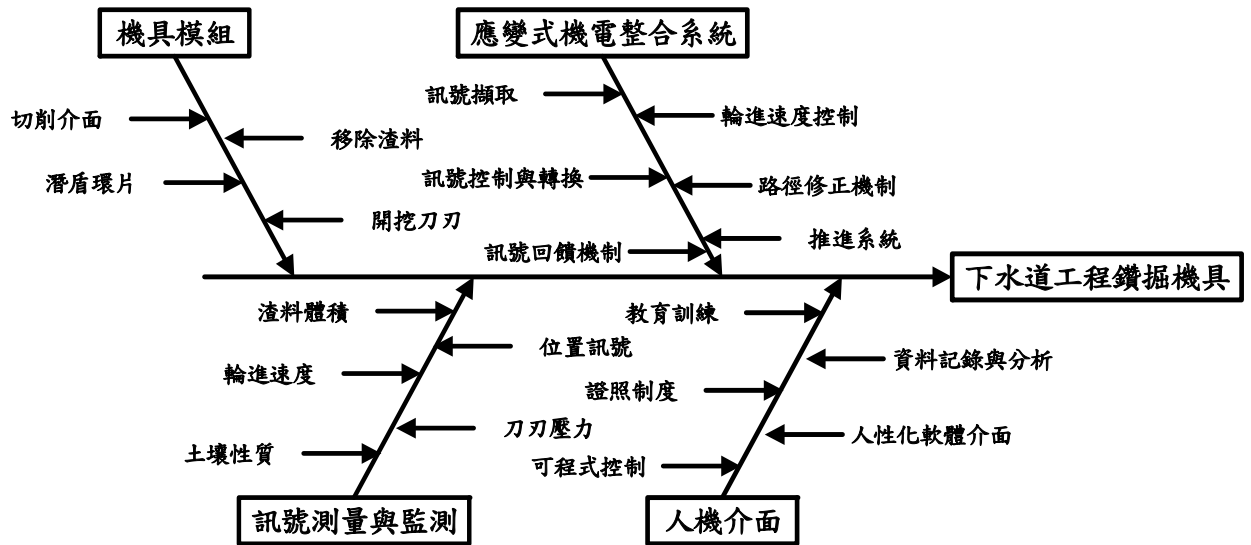


圖 2-29 下水道工程鑽掘機具之特性要因圖

除了機具本身的設計條件外，鑽掘機具的抵抗力量大多來自於土壤條件，因此如何有效的評估土壤對推進力的影響，即為鑽掘機具系統之主要課題。本團隊參考日本下水道協會、日本水道鋼管協會以及國內相關研究論文之資料，試建立鑽掘機具推進力分析的特性要因圖如圖 2-30 所示。

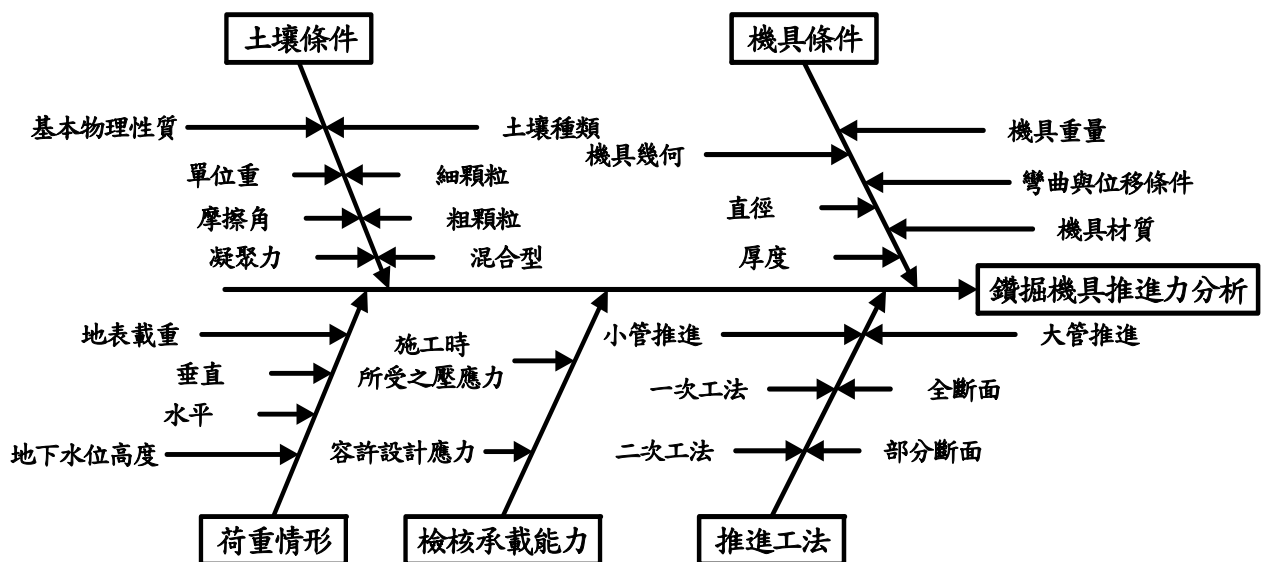


圖 2-30 鑽掘機具推進力分析之特性要因圖

本研究團隊透過實地現場調查推進掘進機操控儀表板與成熟推進機具廠商的資料蒐集，探討其操作控制盤之自動化監測與記讀，別於目前本土推進工程中，只使用施工日報表記錄，在效率與成本管控上成效不彰，因此人機介面之研發建置，是為後續推進工法之改善方針。

以下就新店地區汙水下水道新建工程第一標案之案例調查，呈現自動化蒐集系統及時反應推進開挖前方狀況與後方出碴之掌握。利用遠端控制原理，將設於地面之控制台進行推進工法掘進操作及相關監測如井內工作狀況與後方出碴之辨識，如圖 2-31、圖 2-32。相關運轉資訊，以及運轉前的初期設定、推進資料、推進管長的增刪及電磁閥的檢查，都可以直接觸控面板進行操作如圖 2-33 所示。依照圖 2-33 上標示其各項連結依序為（1）切削面盤扭力（2）開挖面水壓、傾斜角度（Pitching）、旋轉角度（Rolling）（3）方向修正千斤頂（4）推進壓力、速度、推進距離（5）送、排泥流量計（6）機內旁通閥。

自動化蒐集系統能及時反應推進開挖前方開挖切削狀況如圖 2-34 面對地質材料所反應出的數值，經由現場操作手的判讀分析，更能做出妥善的處置，增其開挖效率與降低異況的發生。配合後方出碴之狀況如圖 2-35、圖 2-36，於操作時瞻前顧後的判斷施工品質。由此電子化的數值記讀作後續學理分析益處頗大，因此傳統只使用施工日報表記錄，在效率與成本管控上成效不彰，因此人機介面之研發建置加上自動化記讀與監測，是為後續推進工法效率提升與成本管控之改善方針。





圖 2-33 推進工法自動化收集：觸控面板



圖 2-34 推進工法自動化收集：掘削面盤



圖 2-35 推進工法自動化收集：出碴的監控



圖 2-36 推進工法自動化收集：出碴狀況

2.5.2. 下水道資料庫加值應用

在本計劃成果，以實際網站做為呈現如圖 2-37。在網頁呈現上，收集各地方實際工程案例之下水道推工程日報表、施工計畫書、地質資料，對使用者有用的資料之整理與呈現 如不同地區、土層、機具之平均日進量、不同地層工程狀況之統計，在經過整理後，透過學理分析與資料統計整理為知識，根據管徑、地層狀況等客觀因素建議、適用機具、刀頭配置。

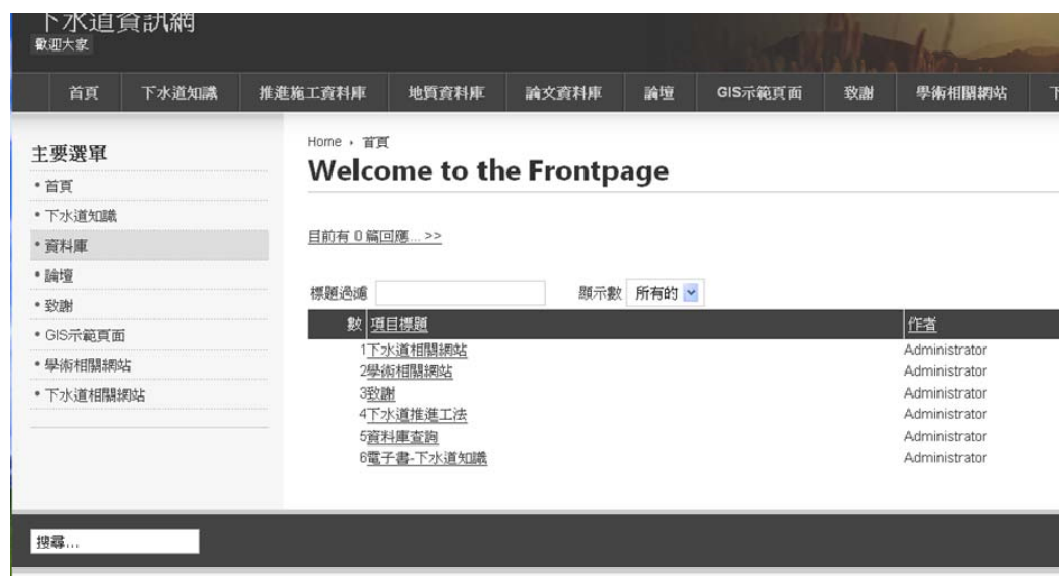


圖 2-37 下水道資訊網首頁

而在地理資訊系統上，由於每個使用者需要資訊不競相同，依照各個使用不同的需求給予不同的資訊，也依不同使用者的需求建造了不同使用者較關心的資料圖層。如施工單位、設計單位、發包單位、系統管理員，在施工單位需要的是地質之資料，所以在資料庫設計時，有將其地質資料記錄下來，所以在圖層的呈現上，較屬於地質資料的呈現，可以很快的從圖面上，知道各個地方的地質資料。在發包單位的話，可以依造呈現出來的資料中可以去訂定大概的施工期限，來訂定合理的施工日期。系統管理需求可能是在收集資料來提供施工單位或是發包單位使

用，所以可以在圖面上呈現，是否有哪些區域沒有收集到資料，可以讓系統管理員在繼續去進行蒐集的動作。

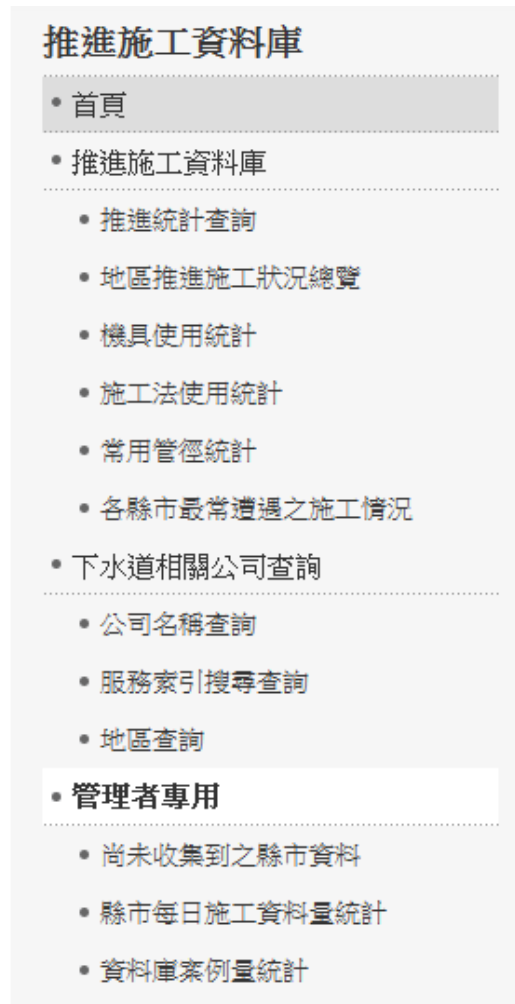


圖 2-38 推進施工資料庫

在資料庫的使用上也對於不同的使用者也提供不同之服務。而資料庫資料使用可以看到分為兩種，為推進施工資料庫跟地質資料庫。在圖 2-39 可以看到的是推進施工資料庫，也依不同的使用者給予不同類型的服務，在推進施工資料庫中可以看到不同的地區使用的不同的施工法，可以給予設計單位有一個初步的設計方向，在下水道相關公司搜尋方面，可以讓發包單位可以去得到有相關服務公司的資訊，也可以去找到地區內最近的公司等等。而在網站管理這也可以在此資料庫查詢，如圖 2-39 可以了解到收集到哪些地區的資料。

台灣各縣市地質統計表

縣市	平均N值 (打擊次數)	平均礫石含量 (百分比)	平均砂石含量 (百分比)	平均粉土含量 (百分比)	平均黏土含量 (百分比)	平均含水量 (百分比)
台北縣	6.03	0.12	36.13	30.92	15.04	28.51
宜蘭縣	9.12	1.98	64.4	26.53	6.93	24.4
屏東縣	11.44	6.82	63.55	0	0	19.76
新竹縣	24.5	14.24	42.7	22.22	20.84	18.21

圖 2-39 地質資料庫所有之地質資料

在地理資訊系統上可以更快速的看到清楚的資訊，由於地理資訊系統結合了地圖跟資料，在圖面可以快速得到想要的訊息。我們也對於不同的使用設計其所需之功能。如 GIS 頁面可以看到已蒐集地區的各種地質資訊，如 N 值、含水量、礫石含量、砂石含量、粉土含量、黏土含量等等。可以讓設計人員進行初步的設計。也在不同的地區也會常遭遇不同的施工狀況，可以使管理者預防。對於網站管理者也可以快速的知道，哪些地區已經收集了資料，對於之後蒐集資料的方向可以更確定。

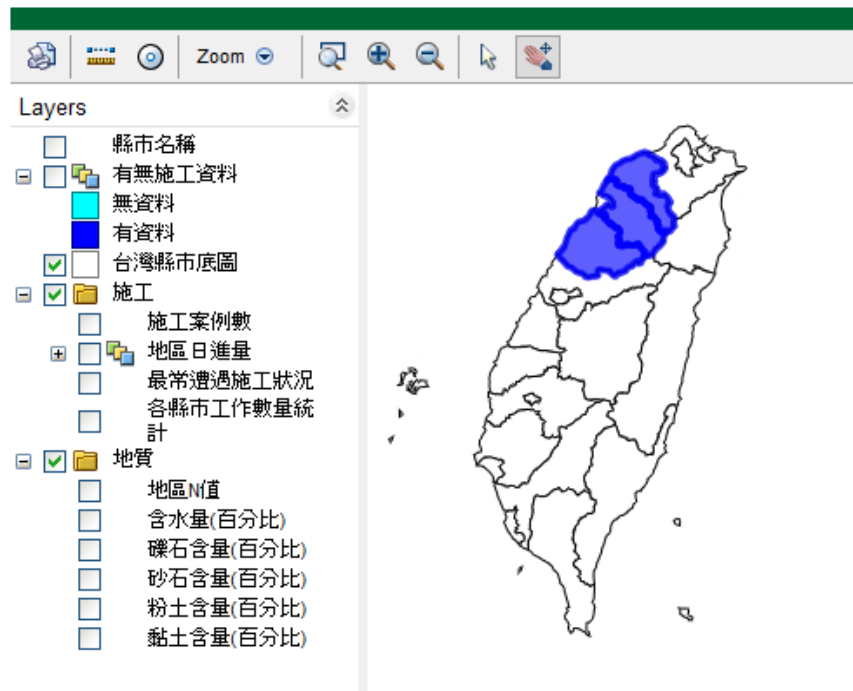


圖 2-40 示範頁面

2.5.3. 建立下水道推進工程分析與預測系統

發展一套地質分析與預測模型，如同規劃管線路徑和施作工法般重要，需要精準及有效率的決策。混合式類神經-自迴歸馬可夫模型的目標是建立地質預測過程自動化，構建地質描述系統，反應不確定的地質訊息，預測和更新其後的狀態機率，此功能亦可提供其他決策系統可用之訊息。為了證實模型實用性，本研究以台灣地區台北縣中和市的一個下水道推進工程為案例，透過混合式類神經-自迴歸馬可夫模型建立的地質預測模型，比較本模型預測結果和實際案例地質分佈型態。本年度研究內容架構如圖 2-41。

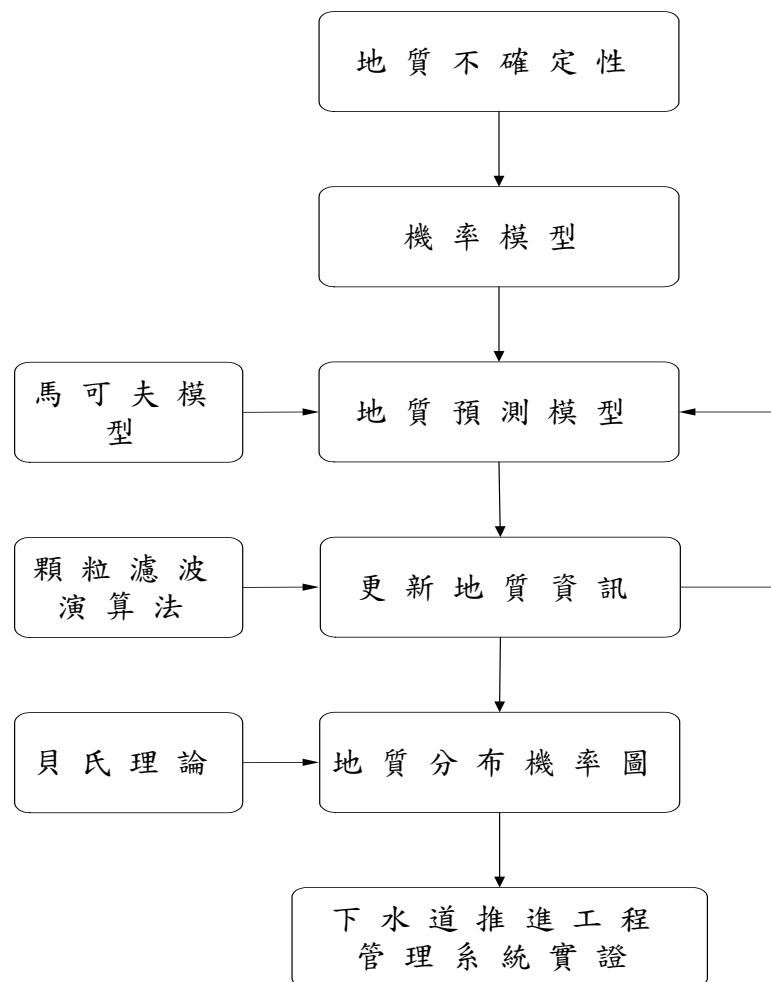


圖 2-41 研究流程圖

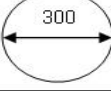
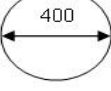
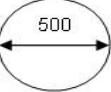
(一) 前言

下水道推進工程地質分析與預測系統，可協助分析與推測推進路徑地質情況，降低不當工法選用率，避免選用不當工法所額外增加之施工成本與工期。本年度計畫於上半年，以馬可夫鏈模型(Markov Chain)為基礎，結合倒傳遞類神經網絡(Back Propagation Neural Network)、顆粒濾波演算法(Particle Filter Algorithm)，發展一套下水道工程地質預測與分析系統模型，並運用貝氏理論(Bayesian theory)自動更新地質機率分佈圖，系統模型名稱為混合式類神經-自迴歸馬可夫模型(Hybrid Neural-Autoregressive Hidden Markov Model)。

(二) 下水道推進生產力機率模型

本研究在 96 年度報告中提出下水道推進生產力機率預測模型的建立，包含資料收集、資料多元迴歸分析、資料群集分析、資料區別分析、生產力機率分佈判別後，定義以日進量做為下水道推進工法生產力，即生產力=推管距離(M)/天數，經由資料多元迴歸分析後，在包括平均日進量、推進長度、施工管徑、覆土深度、含砂率、黏土含率、軟礫石含率、土壤N質、員工素質及施工氣候等11項變數中，發現黏土含率(clay%)及土壤參數(N值)為影響推進生產力的重要因素，因此本研究定義地質分類和推進生產力如表 2-12：

表 2-12 地質分類和推進生產力表

Pile Diameter (mm)	Pile Length (m)	Ground Class (GC)			
		GC1	GC2	GC3	GC4
	60	(52.89 ; 1.75)	(62.61 ; 13.78)	(62.28 ; 1.71)	(58.59 ; 5.23)
	40	(36.12 ; 1.76)	(45.79 ; 13.82)	(45.50 ; 1.71)	(41.72 ; 5.23)
	10	(20.98 ; 1.79)	(30.94 ; 13.87)	(30.68 ; 1.75)	(26.80 ; 5.23)
	60	(45.85 ; 1.79)	(55.49 ; 13.92)	(55.25 ; 1.76)	(51.31 ; 5.24)
	40	(29.07 ; 1.81)	(38.67 ; 13.97)	(38.46 ; 1.77)	(34.42 ; 5.23)
	10	(14.25 ; 1.83)	(23.79 ; 14.00)	(23.63 ; 1.80)	(19.48 ; 5.23)
	60	(38.92 ; 1.84)	(48.47 ; 14.06)	(48.32 ; 1.81)	(44.12 ; 5.24)
	40	(22.13 ; 1.86)	(31.64 ; 14.11)	(31.52 ; 1.83)	(27.21 ; 5.24)
	10	(7.29 ; 1.87)	(18.09 ; 12.15)	(16.67 ; 1.85)	(12.26 ; 5.23)

Note : (mean ; Std deviation)

(三) 地質預測模型方法論

1. 自迴歸隱藏式馬可夫模型(Autoregressive Hidden Markov Model)：

為馬可夫模型的延伸，每個觀測值是由若干個未經觀測的狀態，在隨機過程下得到的結果，由自迴歸時間序列和隱藏式馬可夫鏈結合而成，當隱藏式馬可夫鏈能得到潛在狀態間轉變的機率特徵時，自迴歸架構允許存在的自迴歸時間序列觀測值彼此依賴。本研究提出的混合式模型類神經-自迴歸馬可夫模型描述在圖 2-42。

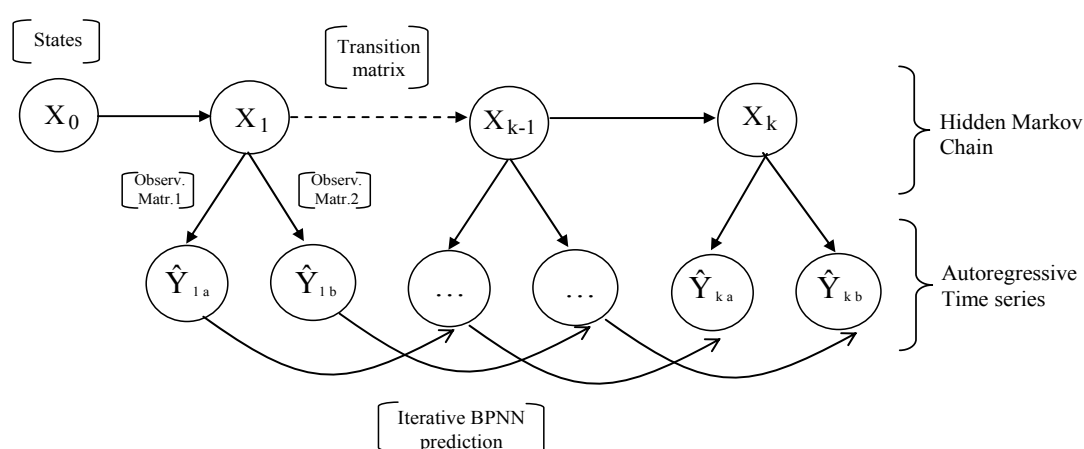


圖 2-42 混合式模型類神經-自迴歸馬可夫模型

自迴歸時間序列模型，預測地質觀測參數，由重複倒傳遞類神經網絡方法來表示。使用類神經網絡來預測地質參數的理由是因為地質輪廓通常有非線性的型態和趨勢，並且符合類神經網絡的特性。這個模型的優點是能計算其後的狀態機率，不僅僅來自先前狀態的機率分佈函數，還能經由反覆的預測讓觀測值資料更新，產生更精確的預測結果。

2. 倒傳遞類神經網絡(Back Propagation Neural Network)

本研究發展和執行一個有 4 個輸入節點的網路，15 個節點的隱藏層和 1 個輸出節點，以先一步預測。如圖 2-43。

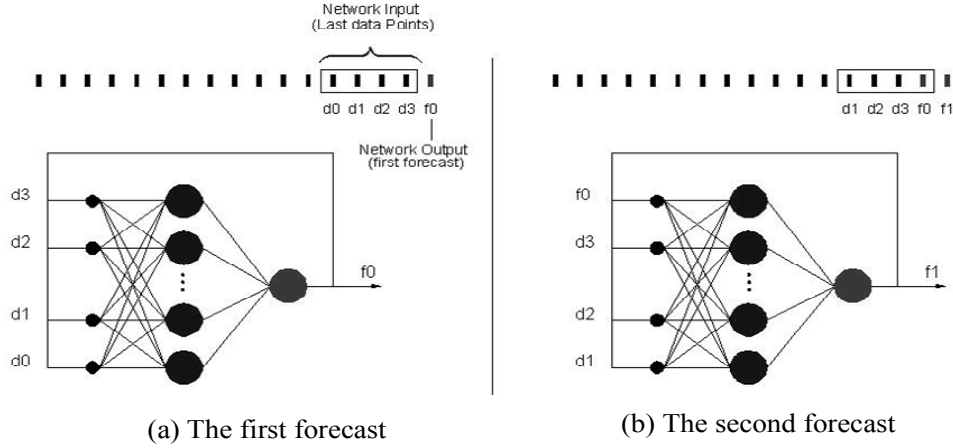


圖 2-43 施作流程圖

當完成了預測，可以指定一個預測水平點，此預測點須大於或等於 1，此模型稱為迭代預測，經由網絡先一步預測，再使用這個預測點進一步去預測下一個點，以此類推。

3. 顆粒濾波演算法(Particle Filter Algorithm)

- (1) 首先令 $\{\hat{x}_{1:k-1}^i : i=1, \dots, N\}$ 作為 $f(x_{1:k-1} | \hat{y}_{1:k-1})$ 的樣本分佈。
- (2) 正因為樣本 $\{\bar{x}_{1:k}^i : i=1, \dots, N\}$ ，其分布為 $q(x_{1:k})$ ，換言之樣本 $\bar{x}_{1:k}^i$ 可被

近似為 $\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \delta(x_{1:k-1} - \hat{x}_{1:k-1}^i)$ 樣本 $\bar{x}_{1:k-1}^i$ 由 $q_0(x_k | \bar{x}_{1:k-1}, \hat{y}_k)$ 得到，執行 $i=1, \dots, N$ 。

- (3) 計算重要的常態權重：

$$w^{(i)} \equiv \frac{f(\hat{y}_k | \bar{x}_k^i) f(\bar{x}_k^i | \bar{x}_{k-1}^i)}{q_0(\bar{x}_k^i | \bar{x}_{k-1}^i, \hat{y}_k)} \bigg/ \sum_{j=1}^N \frac{f(\hat{y}_k | \bar{x}_k^j) f(\bar{x}_k^j | \bar{x}_{k-1}^j)}{q_0(\bar{x}_k^j | \bar{x}_{k-1}^j, \hat{y}_k)}$$

- (4) 重新取樣，令 $\hat{x}_{1:k}^j = \bar{x}_{1:k}^j$ 和 機率 $w^{(j)}$ 從 $j=1, \dots, N$ ，然後 $\{\hat{x}_{1:k}^j : j=1, \dots, N\}$ 的分佈大致就會近似 $f(x_{1:k} | \hat{y}_{1:k})$ 。

4. 貝氏理論(Bayesian theory)

目標是評估每個時間 k 下狀態 kx 的條件機率 $p(x_k | y_k^{\wedge})$ ，但只使用前一個階段完成後所產生的資訊和現階段觀測值的資訊。更新 $p(x_{k-1} | y_{k-1}^{\wedge})$ 到 $p(x_k | y_k^{\wedge})$ 的基本方程式是從貝氏定理而來。

$$\begin{aligned}
p(x_k | y_k) &= \frac{p(x_k | y_{k-1})p(y_k | x_k, y_{k-1})}{p(y_k | y_{k-1})} \\
&= p(x_{k-1} | y_{k-1}) \cdot \frac{p(x_k | x_{k-1}, y_{k-1})p(y_k | x_k, y_{k-1})}{p(y_k | y_{k-1})} \\
&= p(x_{k-1} | y_{k-1}) \cdot \frac{p(y_k | x_k)p(x_k | x_{k-1})}{p(y_k | y_{k-1})}
\end{aligned}$$

評估迴歸方程式 Eq.1，我們得到

$$\begin{aligned}
p(x_k | y_k) &= p(x_0) \cdot \prod_{m=1}^k \frac{p(y_m | x_m)p(x_m | x_{m-1})}{p(y_m | y_{m-1})} \\
&= \frac{p(x_0)}{p(y_k)} \cdot \prod_{m=1}^k p(y_m | x_m)p(x_m | x_{m-1})
\end{aligned}$$

貝式理論預測非線性系統，主要的挑戰是這些基本的方程式不能輕易的計算得到 $p(x_k | y_k)$ ，因為它涉及高維度的集合。解決這個問題的一個近似推論技術，顆粒濾波演算法(Particle Filter Algorithm)，常被使用在隨機模擬過程中的條件機率樣本描述。

(四) 案例分析

這個階段要將我們提出的地質預測模型應用在一個實際案例下水道管線工程，地點在台灣台北縣中和市，如圖 2-44。

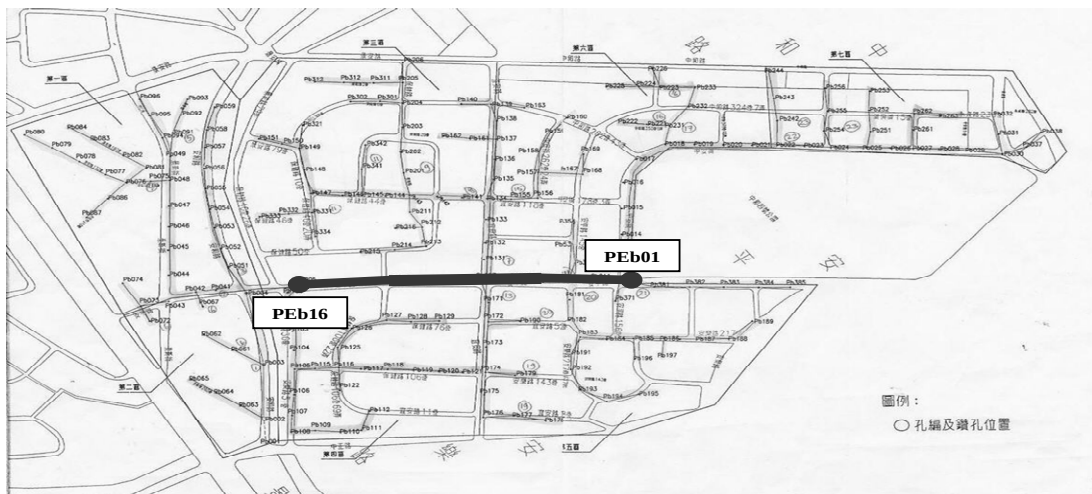


圖 2-44 台北縣中和市

這段管線 PEb16 到 PEb01 的試鑽孔資料如表 2-13

表 2-13 鑽探資料表

Borehole #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Original data																
N state	2	2	1	2	2	2	3	2	1	1	2	3	2	2	2	2
C State	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
GC type	3	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3
Known/Unknown		●		●		●		●		●		●		●		●

Note: ● Assume un-known information

1. 模型預測結果

圖 2-45 顯示模型的結果，例如(下面標示處)指出從隧道入口 98 米處，地質分類為 1 的機率為 33.3%， $P(GC=2)=2.90\%$ ， $P(GC=3)=63.8\%$ 及 $P(GC=4)=0.0\%$

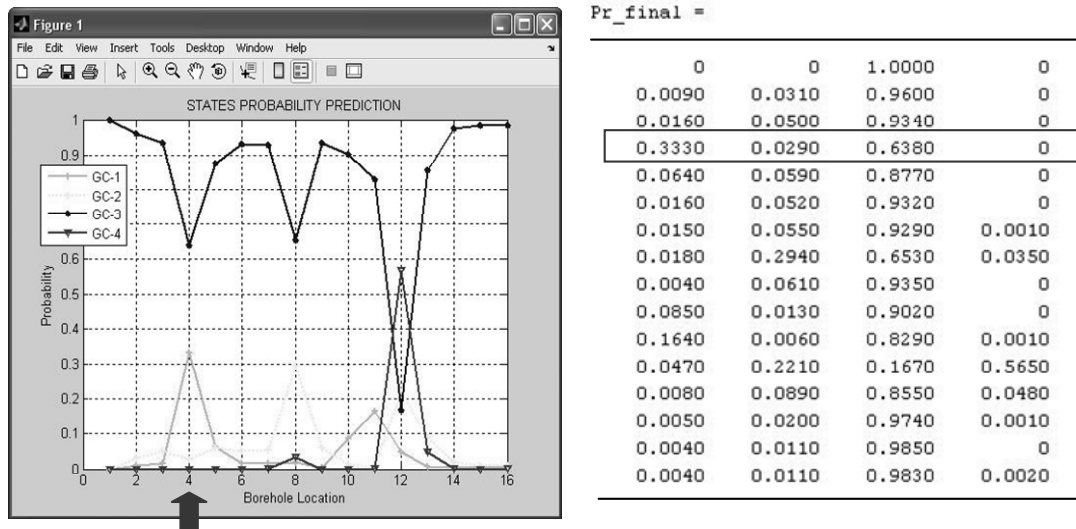


圖 2-45 模型結果

基於這資訊，可以沿著隧道描繪出地質輪廓，如圖 2-46 的地質輪廓描繪。這輪廓描繪同時可直接使用作為其他決策支援系統的輸入值(如表 2-13)，就如同計畫決策支援系統。

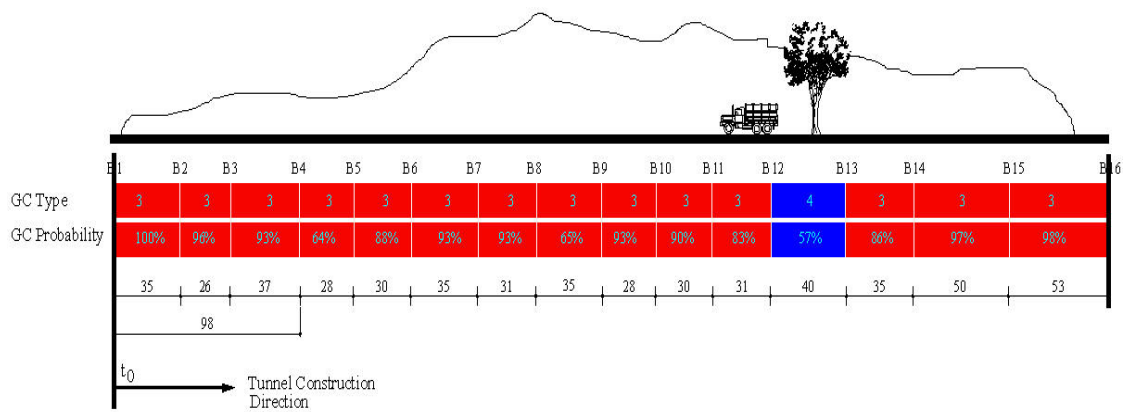


圖 2-46 地質輪廓描繪

2. 模型驗證

為了驗證此預測模型，我們以台北縣中和市下水道管線工程的真實現地數據及先前研究和模型預測結果做比較(見表 2-14)，預測準確度的衡量方式使用簡單的”比對法”。比對結果可發現自迴歸隱藏式馬可夫模型(Autoregressive Hidden Markov Model)的精準度達 93.75%。

表 2-14 模型比較表

Borehole #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Original data																
N state	2	2	1	2	2	2	3	2	1	1	2	3	2	2	2	2
C State	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
GC type	3	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3
% error																
Iterative Bayesian Updating Approach [8]																
N state	2	1	1	2	2	2	3	1	1	2	2	2	2	2	2	2
C State	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
GC type	3	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
% error	2/16 = 12.5%															
Real Time Bayesian Analysis [8]																
N state	2	2	1	1	2	2	3	3	1	1	2	2	2	2	2	2
C State	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
GC type	3	3	1	1	3	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3
% error	3/16 = 18.75%															
Neural-ARHMM																
GC type	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3
% error	1/16 = 6.25%															

Note: ○ = Un-match data

我們也透過敏感度分析，於 2 個鑽探位置間增加預測點的數量和改變預測點的距離，去證明提出模型的實用性。誤差平均百本比和標準差是經過 10 次演算並紀錄其誤差百分比。敏感度分析的結果如下表 2-15。

表 2-15 敏感度分析

No	Number of prediction points Between 2 boreholes	% Error Prediction (Mean)	Standard Deviation
1	1 Point	8.75 %	3.23%
2	2 Points	14.38 %	3.02%
3	3 Points	18.13 %	5.47%

由此可見，鑽探位置間預測點的數量會影響模型的精準度。解釋如下：增加預測點的數量會影響倒傳遞類神經網絡模型，因為反覆計算的過程會使一些錯誤的訓練數據越來越大。另一方面，改變鑽探位置間的預測點數量和距離會自動改變和影響機率轉置矩陣。

(五)小結

如台北縣中和市之案例說明，自迴歸隱藏式馬可夫模型 (Autoregressive Hidden Markov Model) 的成功加快了預測過程，此模型可以更精準預測不確定性的地質。因為計算之後的機率，不僅僅來自先前狀態的機率分佈函數，還能由反覆的預測觀測值資料更新。然而，最終影響精準度結果的原因是鑽探位置間的預測點數量。

混合式類神經-自迴歸馬可夫模型的地質預測結果和地質分類機率簡介形式，可以直接做為決策支援系統的輸入，如下水道推進工程施工計畫和營建決策支援系統等，下水道推進業者動工前，可透過決策支援系統先行預測欲推進段地質分布情況，選用適當的施工機具和推進工法，將可減少因地質因素造成的推進延宕。

2.6. 編撰下水道推進施工技術參考手冊

依據年度報告計畫工作項目，完成編撰下水道推進施工技術參考手冊。藉由收集彙整國內下水道施工資料、實際經驗、座談會，研討會，並參考【日本下水道管推協會，2006 年，推進工法用設計積算要領】及【超流泥濃推進協會，2006 年，泥濃式推進工法積算要領】與其他國內下水道工程書籍，編撰下水道推進施工技術參考手冊，作為後續欲投入下水道工程廠商之參考。

(一)技術手冊撰寫原則與流程

1. 收集下水道施工資料

走訪台灣下水道工程施工區，收集施工日報表及其他記錄表單，並網羅國內下水道施工困難實務現況，瓶頸與未來改善重點以做為下水道施工技術參考準則撰寫之重點項目。

2. 彙整業界相關實績

透過訪蒐相關業界資料，彙整各推進工法在不同地質分佈及工程狀況下之完整施工紀錄，尋找業界施工標竿，以作為下水道推進技術參考準則撰寫之參考。

3. 召開專家座談會議

邀訪國內推進工法學術界及工程界人士，就本土性技術參考準則提供專業意見，藉以撰寫符合本土需求技術規範，以加速下水道推進工法的習得與落實。

4. 建立台灣下水道施工技術手冊

依據國外相關技術規範，配合本土化施工特性，建立適合台灣地區的施工技術參考手冊。並將其推廣至參與技術轉移的廠商。

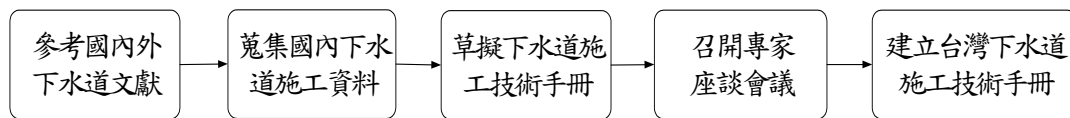


圖 2-47 技術手冊撰寫流程

(二)專家座談會

依據 97 年 11 月 16 日召開的下水道領袖座談會及 97 年 12 月 1 日的下水道期末專家座談會內容，針對施工技術手冊與多位業界代表進行討論，首先業界對於下水道施工技術手冊的編撰表示肯定，面對目前政府大量推動下水道推進工程培育人才和制定標準作業流程是首要之急，一本適合台灣地區下水道施工技術手冊的推出，對施工品質和推進效率是一大助益。專家座談會中對技術手冊建議與指教整理如下：

1. 台灣某些地區因地層狀況差異極大，導致機頭推進常發生推進障礙，造成機頭倒拉或需開井取出，增加施工成本，建議技術手冊能增加此類特殊案的分析與解決方式給予廠商做為參考。
2. 下水道推進工程其技術門檻較高，現行技術傳承是以口正相承為主，故常有遺漏與錯誤，建議手冊推進施工流程能針對現行台灣三種施作工法，定義標準作業流程。
3. 現行台灣施工地質分類不甚明確，造成日進量認知之爭議，建議應明確定義出施工地質分類、推進生產力計算方式，提供下水道工程推進廠商選擇推進機具之依據。
4. 下水道推進工班作業模式受到工地領班影響甚鉅，對工作內容的認知與管理技術，皆會影響下水道推進工班施工效率，建議在施工管理部分能以挖面穩定控制、推進力控制、地盤下陷控制、長距離推進控制等給予工地領班參考，提升工地領班素質與專業能力。
5. 下水道推進資料庫呈現方式，建議可以比照勞檢所事故資料庫累積資料方式增加推進資料累積的功能。

(三)技術手冊內容

本施工技術參考手冊架構分為三大部分，第一部分為國內推進工法基本介紹、地質調查與工法適應性、工作井種類、推進工法流程，第二部分為下水道工程推進生產力參考值、施工管理和推進異常狀況之克服，第三部分為國內特殊案例分析。附錄以推進力檢討、滑材計算和日本推進日進量參考值呈現。

目前下水道推進施工技術參考手冊已趨完成，技術手冊內容大綱如下：

第一章 前言

第二章 推進工法基本介紹

2.1 泥濃式推進工法

2.2 土壓式推進工法

2.3 泥水式推進工法

第三章 地質調查與工法適應性

3.1 地質現況

3.2 泥濃式工法適應性

3.3 土壓式工法適應性

3.4 泥水式工法適應性

第四章 工作井種類

4.1 工作井種類

4.2 工作井設計

第五章 推進施工流程

5.1 泥濃式推進工法

5.2 土壓式推進工法

5.3 泥水式推進工法

第六章 推進生產力參考值

6.1 施工地質分類

6.2 推進生產力參考值

第七章 施工管理

7.1 挖面穩定

7.2 推進力控制

7.3 地盤下陷控制

7.4 長距離推進控制

7.5 曲線推進控制

第八章 推進異常狀況之克服與案例研析

8.1 管線無發推進狀況

8.2 管線蛇行狀況

8.3 其他狀況

8.4 案例研析

以下概述章節內容：

1. 推進工法基本介紹：

(1) 泥濃式推進工法：

利用掘進機頭噴出之高比重及高黏性之濃度泥漿，以穩定掘削面之土壓力及減少掘削面之摩擦力，工法中使用的高濃度泥漿性質介於泥水加壓式工法及泥土壓式推進工法之注射材之間，不只較土壓式工法擁有較高之塑性，由於是高比重之泥漿，因此也不易產生卵礫石碎片沉積在排出口而無法排出的情況，間接增加掘削開挖面之穩定性。

(2) 土壓式推進工法：

土壓式推進工法可分為土壓平衡與泥土壓平衡兩種，兩者的差別在於是否需要添加作泥材，當地盤之土質不具塑性，使得土渣不易排出，又或是地下水位過高，有湧水之虞時，則需添加作泥材，即為泥土壓平衡式工法，若否，則為土壓式平衡工法。

(3) 泥水式推進工法：

泥水加壓平衡式推進工法是穩定液（泥水加作泥材）以送泥泵輸送至掘進機前端以隔版分割之密封泥水室，藉由加壓之泥水

(濃度在 1.05~1.2 之間)所產生之流體力學及土壤力學之安定力，在開挖面形成一不透水泥膜，且穩定液經切刀盤滲透至掘削面之土壤，會產生抑制地盤之水壓及土壓之凝聚力，以達切削面穩定之效果，再利用掘進機之機頭切削盤，切削開挖面之地盤。

2. 地質調查與工法適應性：

下水道推進施工對於不同地質特性、不同的推進距離及不同的工程特性，其選擇施工方法之考量就會有所不同，針對不同的工法特性及地質條件，選擇最符合自己需求之工法，將會是影響下水道工程成敗與否之關鍵。因此，本章先就台灣地質現況與地質鑽探相關規定作一概略說明，再依地質與不同工法如泥濃、土壓平衡及泥水平衡三種工法之適應性分述。

3. 工作井種類：

推進工法之工作井，可分為出發工作井及到達工作井，出發工作井之主要設置目的是做為人員、材料、機具及廢土之進出口，而到達工作井主要為機具撤場之取出口，若排土系統特殊，亦可能做為排土之出口，於工程施作完畢時，工作井通常不會回填，而是予以保留做為人孔設施以做為往後人員進出維修檢測之用。

4. 推進施工流程：

將分別闡述泥濃式、土壓平衡式與泥水加壓式推進工法之施工流程。一般而言，無論採用何種工法，其基本推進裝置一般皆由（1）工作井（2）反力牆（3）發進台（4）千斤頂（5）推環（6）推墊（7）墊塊（8）推進管（9）刃口等組成，以小管推進而言，會以 4~6 人組成一工作小組進行施工。

5. 推進生產力參考值：

提供三種推進工法在各施工情況下之生產力值，以提供施工管理者作為工期規劃之參考，其定義單位為：

推進生產力定義=每小時推進量=output/input=推進量(量位:m)/推進時間(單位:hr)。

6. 施工管理

(1)挖面穩定：

無論是開放型（人挖、機械挖或壓氣工法）或密閉型（泥水加壓式或土壓平衡式與泥濃式工法）之推進施工，其最基本原則為保持開挖面土壤之穩定，亦即土壤必須在穩定狀態下推進，而維持開挖面穩定之最基本方法是保持平衡。

(2)推進力控制

推力施工之基本原則為控制推力，使推力不致於超過推管之耐壓強度以及反力座之強度，防止推管破裂及反力座破裂後退。

(3)地盤下陷控制

推進工法在施工進行及完成時，最怕遇到地盤下陷之情況，這將會使得推進造成誤差或是影響到地面結構物之安全，所以為了防止地盤下陷，以免造成施工災害或是社會影響。推進施工中除了要保持開挖面穩定原則之要求，以防止推進中，超挖、抽心、噴發等原因所造成之地盤之下陷外，須注意防止下述原因造成之下陷。

(4)長距離推進控制

長距離推進之定義至今未明，目前工程業界習實為小口徑推進時當推進距離超過100 公尺時，通常稱為長距離推進，而中大口徑時，推進距離超過250 倍管徑則視為長距離推進。相較於一般推進而言，長距離推進需克服的最大難題為推進力之增加。通常泥濃式工法於長距離推進時都是採用尾端擴幅滑材再注入系統（TRS 系統）的輔助來降低阻力，而土壓式及泥水式工法則可藉由中押裝置之輔助來增加推進力。

(5)曲線推進控制

曲線推進與直線推進比較，其推管之方向控制較為困難，所以曲

線設定時，需充分檢討施工技術，要有安全確實之施工計畫。曲線設定計畫時，須先確認管接縫止水性與施工性，是否在容許曲線半徑與曲線長之範圍內，因此需對各種工法之容許曲線半徑做一檢討，且曲線推進時，推進力與直線推進亦有所不同，故在進行曲線推進時也需對其推進力做一檢討。

7. 推進異常狀況之克服與案例研析

在進行推進施工時常發生各種突發狀況，導致施工無法順利進行，此時有賴施工者能因地制宜，利用本身專業知識及對機具的了解克服施工困難。雖然如此，大部分推進突發狀況之發生乃是因為之前調查及設計規劃未盡完善，導致施工時不如預期，因此確實執行施工管理中所提到之施工規範才能將突發狀況發生率降至最低。本章主要將推進時遭遇之突發狀況與以描述及分類，並闡述其發生原因及因應對策以提供各位工程先進參考

(四)邀請下水道業界專家審閱技術手冊

完成撰寫下水道推進施工技術參考手冊後，邀請從事下水道推進工程相關領域的專家協助審閱手冊內容，針對內容給予指正和建議。業界專家分別為：鉅工實業股份有限公司陳清南協理、華喜營造有限公司郭民俊董事長、建豐營造股份有限公司陳鵬舟董事長、勝揚營造有限公司張永宜董事長、嘉興營造工程股份有限公司推進事業部林玉清副部長，共計五位專家。根據多年從事下水道推進工程的角度來審閱技術手冊內容，探討是否符合台灣本土下水道推進作業施作要領。

(五)小結

本技術手冊從國內推進工法基本介紹、地質調查、工法適應性、工作井種類、推進工法流程、下水道工程推進生產力參考值、施工管理、推進異常狀況之克服和國內特殊案例分析，將下水道推進作業分層解析，運用淺顯易懂的文字敘述搭配圖片的輔佐解說，讓閱讀者能清楚了解下水道推進作業。

土壓平衡式、泥水加壓式為台灣常使用之下水道推進工法，下水道工程之實質成效乃於安全考量下提高工程效能，以期如期完成及節省成本。

依照 95 年度計劃案所完成之泥濃式推進工法技術參考準則之格式，撰寫出土壓平衡及泥水加壓式下水道施工技術參考準則，給予工程業界及學術界之專業人士參考，希望藉由國外相關之技術規範，並配合本土化特性，建立適合國內施工環境之施工技術參考準則。

執行期間，本研究亦不時與台灣推進工法社群，如台灣下水道協會或是下水道推進工區現場工程師，進行意見交流和手冊內容探討，以達知識匯流與增加技術手冊實用性。

在完成技術手冊撰寫後，本研究委請下水道業界專家針對手冊內容進行審稿，專家普遍認同本土化下水道施工技術手冊的編撰，但也希望在推廣執行上能更具效果，如何實質提升整體下水道施工技術水平和減少作業風險是目前業界最關心的話題。

隨著下水道施工技術參考手冊編定和審定，國內有意投入此產業的廠商不再僅藉由工地經驗來培養人才，亦可透過手冊內容的建議和特殊案例的分析來輔助人才培訓。

2.7. 下水道推進工法施工技術輔導機制

(一) 前言

下水道工程技術輔導團之成立，其初步定位在於扮演業界與官、學界之溝通橋樑，使三方面之溝通能更為順暢。業界普遍是希望能有輔導團之存在，並擁有下水道工程諮詢及技術移轉之功能，故本研究目前將下水道工程技術輔導團之工作項目定為技術諮詢、技術移轉輔導及政策宣傳上。

本研究團隊已於民國 97 年 12 月 1 日(星期一)邀請諸位業界先進，假台灣科技大學營建工程系會議室舉行『下水道推進技術研發專家座談會議』，就 97 年度研究成果包含流程再造方案、現地推進實務、機頭開挖模式，推進資料庫與知識庫知識保存等議題，和業界先進進行相關意見交流，並於專家座談會議中，初步討論技術移轉事宜，並和與會業界代表簽署合作備忘錄。與會廠商如下表 2-16 所示。

表 2-16 下水道推進技術研發專家座談會與會廠商列表

廠商名稱	廠商名稱
一字工程有限公司	台北榮民技術勞務中心
柏郁工程有限公司	建豐工程有限公司
翔益營造有限公司	鉅工實業股份有限公司
薪豐工程有限公司	

(依筆書排序)

(二)輔導團執行狀況

98年度本研究團隊於98年6月3日(星期三)、98年7月16日(星期四)、98年8月6日(星期四)、98年9月23日(星期三)，由協同主持人呂守陞教授、陳立憲教授、謝佑明教授帶領研究團隊，前往鉅工實業股份有限公司、加興營造工程股份有限公司及扶裕股份有限公司進行施工技術輔導

與交流，訪談內容為目前國內下水道推進機具研發技術、流程再造方案之可行性與建立經驗交流資訊平台。輔導團照片如下表2-17。

表 2-17 輔導團成員與輔導交流照片



本研究團隊在執行輔導團工作模式是以上中下游方式，逐步拜訪機具、材料、施作等廠商，完整輔導下水道工程生產作業線，藉由循序漸進的輔導機制，累積輔導團實戰經驗，提供欲進入下水道推進工程領域的業者一個有經驗、有技術、有保障、有效率的輔導團隊。

(三) 輔導團訪談內容

本研究團隊在98年度持續對下水道推進工程技術創新進行研究，透過輔導團機會與機具廠商和產業相關人員進行交流，以下為輔導內容簡介：

1. 下水道推進資料庫分析、規劃及設計：

建構下水道推進工程相關之資料庫，蒐集彙整日報表和下水道技術，提供平台供技術人員交流。

2. 利用數值軟體PFC^{3D}針對地質材料與機具進行系列模擬：

能量消耗隨著刀具角度 β 之增加而減少，地質材料粒徑的漸增，所消耗之能量亦隨之增加。

3. 自動化 Excel VBA轉置程式開發：

自動化 ETL (Extraction, Transformation, and Load) 功能開發，快速將統一格式之下水道相關施工資料進行轉化並保存至規劃設計之資料庫中。

4. 蒐集下水道施工記錄表：

蒐集下水道推進現地資料，並利用資料採礦 (Data Mining) 方式，瞭解現行推進工程現況。

5. 問卷訪談調查下水道相關流程及工作內容：

透過現地調查方式，記錄工班工作流程，並以短時效率調查法分析工作工作效率。

6. 改善現有流程缺失提出流程改造方案：

以電腦模擬系統 EZ Stroboscope系統，將流程改造成果帶入模擬，進行作業流程重現與改造工作，並根據分析結果進行流程缺失檢視。

7. 下水道推進施工資訊系統功能規劃暨實作：

初步地開發實現網頁式資訊系統之基本功能，以方便國內各方有興趣之人士能查詢資料庫之內容。

(四) 輔導團之產學合作備忘

1. 願意提供相關正面營造與負面破壞案例，其施工經驗之記錄與傳承。
2. 協助專家資訊平台與資料庫系統之建立。
3. 提供產學合作研擬，如經濟部小型企業創新研發計畫 Small Business Innovation Research (SBIR) 及創新育成中心等資源取得。
4. 未來配合營建署計畫，推動種子教師、教材審核及相關推進技術士證照之可能性。
5. 利用工讀機會，培訓相關專業下水道施作人材。
6. 學術團隊提供相關試驗如：岩石強度、滲透性、變形試驗等，可運用詳細區分推進施作困難度。

(五) 業界看法

下水道推進工程業界對於輔導團的執行方式給予許多的建議，因下水道推進作業包含不同專業領域，凡舉土木、機械、電機、化學等各專業領域皆有關聯，因此業界人士希望輔導團能廣納各路人才，增加輔導團的施力點，針對下水道推進作業從規劃、設計、施工、維護整體生命週期皆能以產學合作方式得到最佳的效果。

圖2-48為本研究整理之下水道推進作業生命週期中，本輔導團能持續切入和興革之處，本輔導團將整合各專業領域知識做為後盾，增加輔導團的執行面和技術面，期待能服務更多下水道推進廠商。



圖 2-48 下水道推進作業生命週期。

(六) 輔導團執行檢討

輔導團在協同主持人呂守陞教授、陳立憲教授、謝佑明教授的帶領下，多次造訪下水道業界廠商，除提供學校專業領域研究成果外，也傾聽下水道廠商於執行面上的困難，業界認為施工技術的提升和人才培養最為困難，加上國內預算的不足和惡性競爭，導致施工品質和效率無法追上歐美、日本等先進國家。雖然國內下水道工程預算仍有高達4500億的執行預算，但缺乏下水道專業技術工證照、下水道投標廠商限制等明確法律配套措施，無法有效推動下水道技術整體成長。

因此本輔導團傳達此訊息予政府相關單位，願意協助執行相關配套措施，一同為象徵國家競爭力的下水道施工盡一份力。

(七) 小結

下水道技術輔導團成立的目的是在於整合產、教、學三方面技術知識，輔導新進廠商或在推進工法上遭遇困難之廠商解決的平台，本輔導團經過三年的洗鍊和經驗累積，整合各方資源，加強輔導執行能力，多次參訪下水道推進廠商均獲得支持與認同，本研究團隊蒐集與更新下水道工程技術資訊，提供廠商最新下水道工程知識與失敗案例經驗分享，讓技術輔導團發揮效果，達到產學雙贏的局面。。

本輔導團已完成下水道工程機具廠商與營造廠商訪談，並且簽訂產學合作備忘錄，期待經由產業界的現場經驗知識，提供下水道技術輔導團多元化能力，在廣納輔導團智庫匯流下水道工程各領域知識與經驗後，本輔導團可提供日後新進廠商諮詢與技術服務資源。

感謝業界對下水道輔導團的支持與鼓勵，下水道推進作業在國內仍有許多努力空間，下水道施工技術輔導團在下水道工程技術研發計畫的支持下，逐漸與產業界建立溝通與互惠平台，期許透過本輔導團成員的努力，能為下水道推進產業盡份心力。

2.8. 選擇配合工區落實成果

(一) 前言

本研究經過96~98年三年下水道推進技術研發計畫的洗練後，今年度將整合研究成果運用於下水道推進作業工區以落實研究成果，本團隊選擇位於台北縣新店地區的下水道推進作業工區進行現地績效驗證。

從96年度的施工績效指標建立、基本資料庫建構，97年度的分析與模擬推進工程流程再造、建立與驗證下水道施工開挖模式，到今年98年度的下水道推進工法預測系統、研發高效率下水道開挖模式等研究，中間過程不斷和產業界保持密切合作交流。

今年度本團隊和施工地點位於台北縣新店地區的加興營造股份有限公司、華喜營造有限公司、一字營造有限公司的接觸下，三間營造廠願意提供相關地質資料與開放下水道推進作業工區供本團隊進行實驗和驗證，本團隊以目前國內常見的土壓平衡工法和泥水加壓工法為目標，針對推進工程流程再造、切削刀盤與開挖面互制行為兩議題進行工區成果績效驗證。

(二) 推進工程流程再造

本團隊以一字營造有限公司於台北縣新店地區汙水下水道系統新建工程為研究對象，該施工團隊採土壓平衡施工法，地質條件為卵礫石和黏土層，藉由研究團隊在現地的觀察、短時效率法的評估、建立作業流程模型、評估再造模型並再造新流程，最後再針對推進作業流程進行績效評估與回饋，藉此提出推進作業流程再造方案，以簡化工班工作程序，提昇工班效率，減低不良工時比例。圖 2-49為研究方法關係圖：

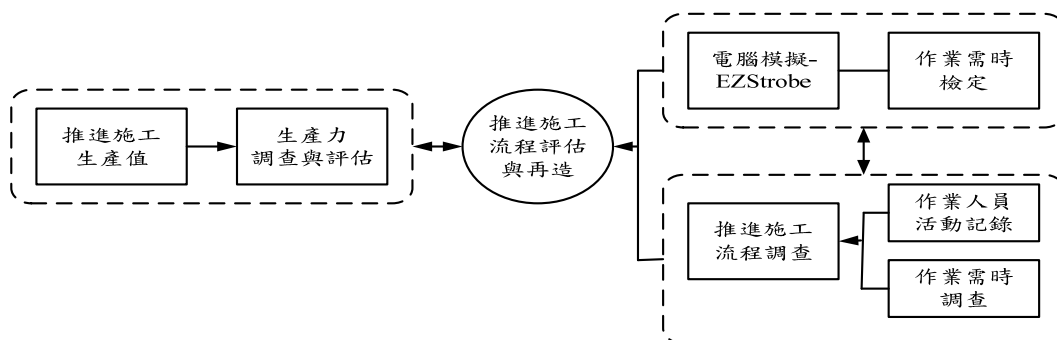


圖 2-49 研究方法關係圖

1. 日進量分析：

透過一字營造有限公司已完成與進行中標案之施工日報表與地質鑽探報告，擷取地質資料與施工時程，進行日進量分析，以現地地質卵礫石層切入探討，蒐集日本相關日進量資料，進行正規化比較如圖2-50。

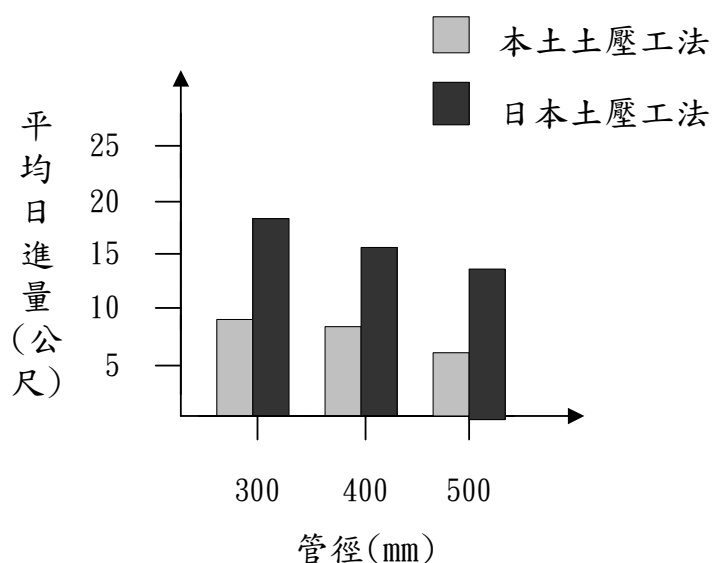


圖 2-50 卵礫石層土壓式工法日進量比較圖

本土地區雖以採用推進工法進行管線鋪設工程多年，亦累積相當之施工經驗，但日進量產出仍未達到日本相關協會所提出之基本建議值，仍有可進步之空間。

2. 工班效率分析

透過現地調查方式，以工班為分類，記錄工班工作流程，並以短時

效率調查法分析工作工作效率，並評估其工班人力配置是否恰當。藉由表 2-18短時效率調查紀錄表，在現地蒐集16筆紀錄。

表 2-18 短時效率調查紀錄表

短時效率記錄表							
使用工法：		施工管徑：		施工天氣：			
記錄日期：		記錄編號：					
觀測對象 觀測時間	機具 操作	井上 作業 (1)	井上 作業 (2)	井下 作業 (1)	井下 作業 (2)	作業 項目	備註
總人力：		有效人力：		有效比：			

經16筆資料統計顯示，該工班效率平均有效比為62.6%，總體而言，現行工班作業未達70%有效工作效率。表示現行工班於流程中有無充份工作可以施工、人員派遣過多及作業程序錯誤等現象，下水道工班流程尚有其可進步之空間。

3. 作業流程重現與改造

本研究將以電腦模擬方式，以EZ STROBOSCOPE(State and Resource Based simulation of Construction Process)軟體，圖形化方式，建立施工作業流程模型，並代入相關參數，以進行模擬評估，進行流程重現與再造工作。

經由現地調查，土壓式工法推進施工作業主要分為四大部份，分別為管材下井準備作業，安裝推進準備作業、推進主作業與出土作業等四項，其施工細部步驟如圖 2-51。

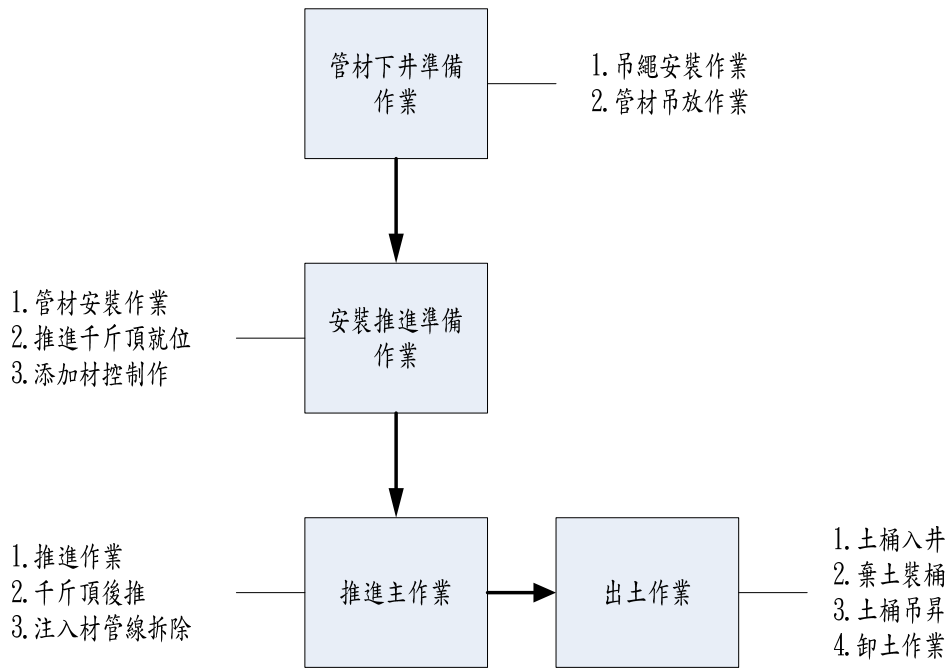


圖 2-51 下水道施工作業流程圖

在確立下水道推進作業後，本研究就上圖所述之四大部份，分別利用 EZ STROBOSCOOPE 模擬符號分別就建立下水道推進作業模型，本模型以單管推進作業做為單位而建立，其各流程圖如圖 2-52 至圖 2-55 所示。

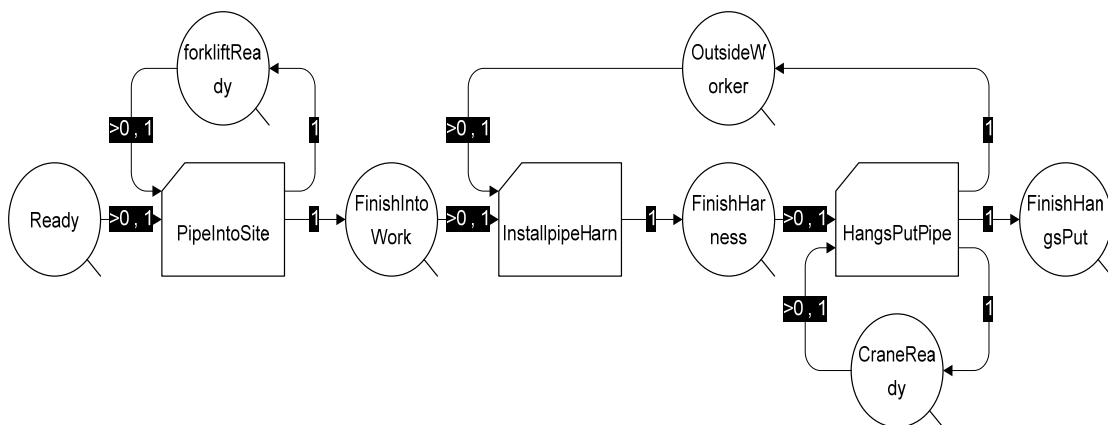


圖 2-52 管材下井準備作業 CYCLONE 模型圖

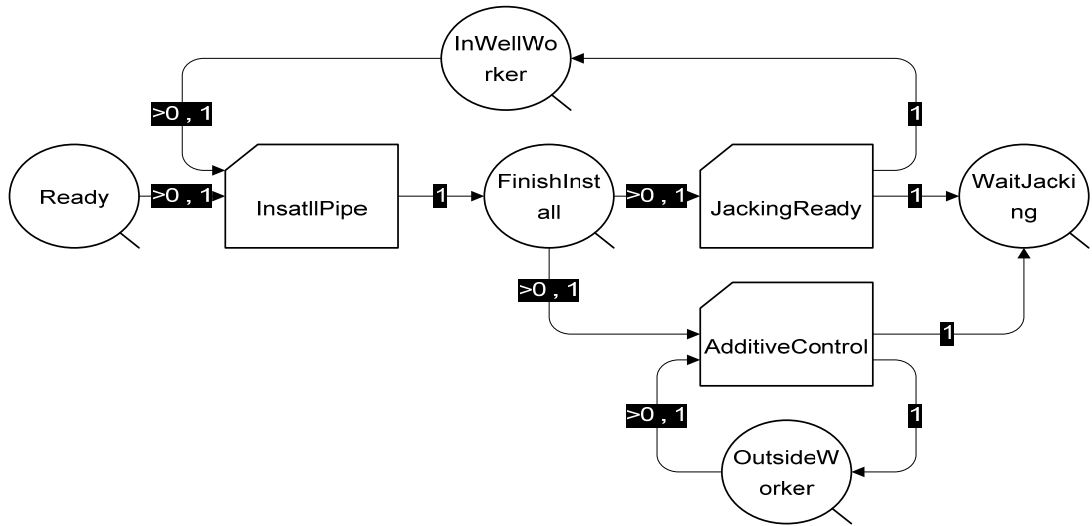


圖 2-53 安裝推進準備作業 CYCLONE 模型圖

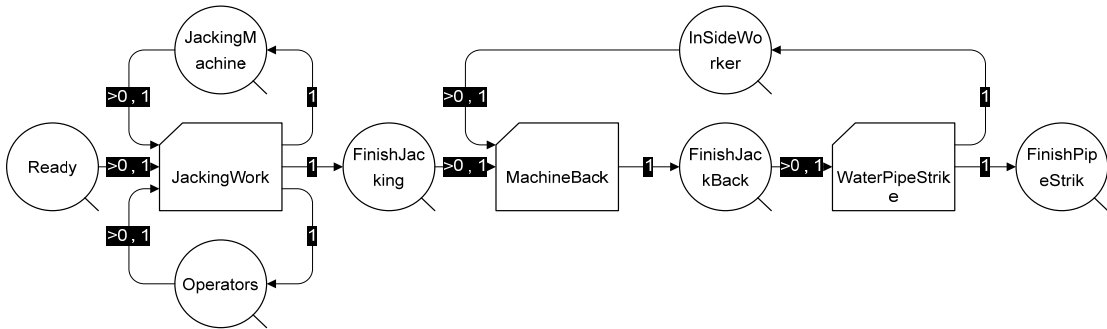


圖 2-54 推進主作業 CYCLONE 模型圖

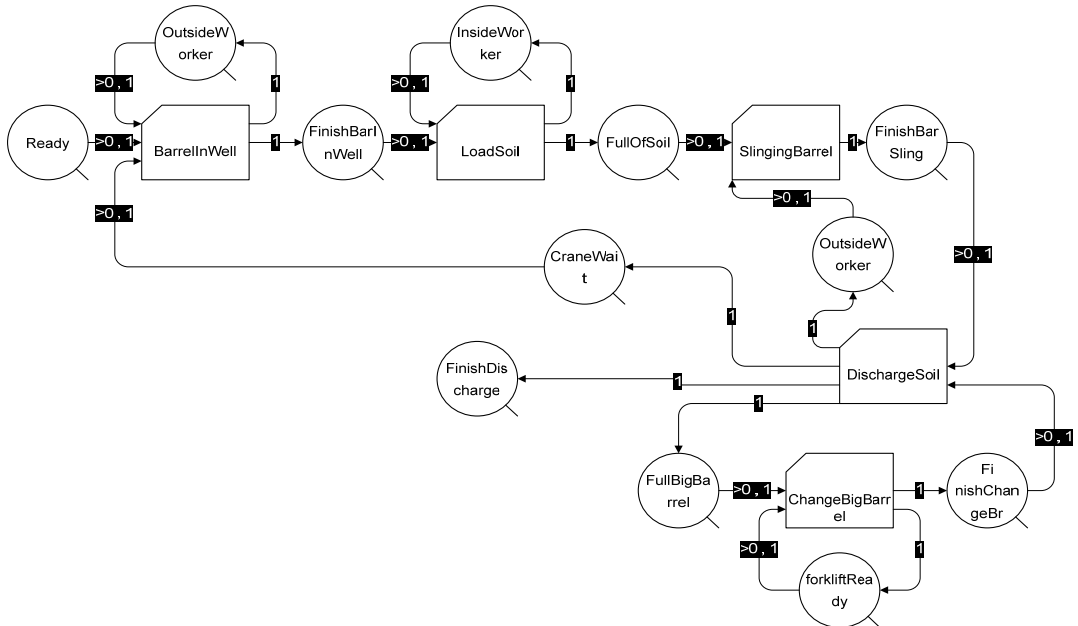


圖 2-55 出土作業 CYCLONE 模型圖

依據現地記錄結果，分別就推進作業依功能分解為四大流程區塊，並建立 CYCLONE 模型如上，最後，將四大區塊整合，即為一完整之下水道推進施工作業流程，完整之施工作業流程 CYCLONE 模型圖如圖 2-56 所示。

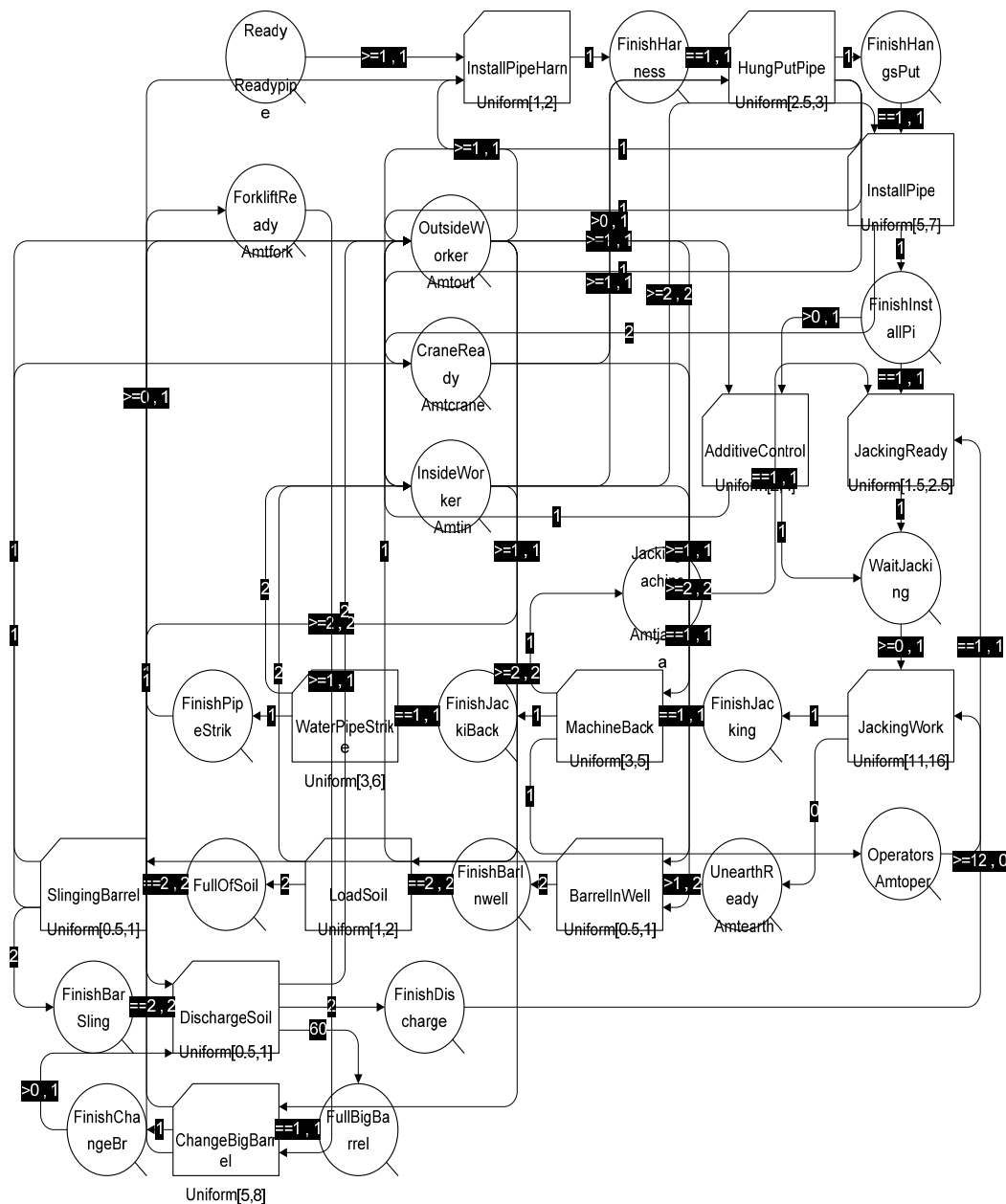


圖 2-56 土壓式工法推進作業施工流程 CYCLONE 模型圖

4. 模型驗證

建立施工流程模型後，首先以單管進行模擬，驗證模型正確性。總計進行十次模擬，並將模擬輸出結果之總施工需時與記錄時之需時相比對，結果顯示模擬需時均落於記錄需時範圍內。此表示此模型可以描述現行施工流程。

表 2-19 作業需時驗證表

	最大值	最小值	平均數
現場紀錄資料	49.78min	45.50 min	47.25 min
模擬輸出資料	49.77 min	45.32 min	47.55 min

5. 原始流程模擬結果分析

以單管驗證模型之正確性後，發現因模擬系統是於作業參數範圍區間內隨機選取作業參數代入模型，故會產生結果差異。不過由於單管推進其施工總時程僅約40多分鐘，若發生此現象可能導致無法判斷結果因改造亦或是時間參數選取不同所造成，故以30管為單位進行模擬。

表 2-20 原始流程模擬結果

原始流程模擬結果整理						
資源資訊	名稱	天車	坑內工	坑外工	操作手	推進機
	數量	1	2	2	1	1
	流動次數	241	482	452	91	91
	等待時間(min)	4.19	3.47	9.59	10.14	10.14
模擬時間(min)		1420.39				

6. 敏感度分析

利用敏感度分析(sensitivity analyses)確認各項作業對於總工時之敏感程度，並從敏感程度分析結果中，從最大之影響項目逐項進行檢討，並提出改善方案，以達到對症下藥之效果。

敏感度分析之方法，是將逐項將各作業需時放大，並重新進行模擬，以輸出結果中之總施工需時，判斷其影響程度。

表 2-21 敏感度分析

排序	作業名稱	工時增長百分比
1	推進	1.26
2	土桶入坑	1.16
3	出土裝桶	1.15
4	棄土	1.12
5	推進管安裝	1.11
6	土桶出坑	1.09
7	管材吊放	1.09
8	注入管材拆除	1.07
9	千斤頂倒推	1.05
10	千斤頂預備	1.04
11	吊繩安裝	1.03

依據上表 2-21結果可發現，影響程度最大之作業為推進作業，但因其影響因素為機具操作手之技術與經驗，無法靠合併與精簡動作進行改進。排序2、3、4之作業皆為出土區塊中之作業，因此如欲改造可以出土區塊為首要改造目標。

7. 提出再造方案

在建立推進施工作業模型後與確立各資源屬性與作業需時後，便可著手進行流程再造工作，施工作業流程再造一般可從兩方面進行，其一為改變現行施工作業項目或施工作業順序，創造新工作流程，其二為改變工班與作業間之配置關係，以改善空閒等待時間或加快工作速度

在確立敏感程度後，首先便決定以出土區塊為改善目標。經由現地觀察結果發現，原始流程中其出土作業是以單掛鉤一次吊掛兩土桶入坑裝土之方式，進行出土，約需循環四次方能完成，但如以雙掛鉤方式，一次吊掛四土桶，則此作業僅需兩次循環即可完成，如此便可縮減相關之作業次數，達到精簡目標。如下圖2-57所示：



圖 2-57 出土方式改變照片

經改善後，其推進作業施工流程 CYCLONE 模型圖如下

圖2-58:

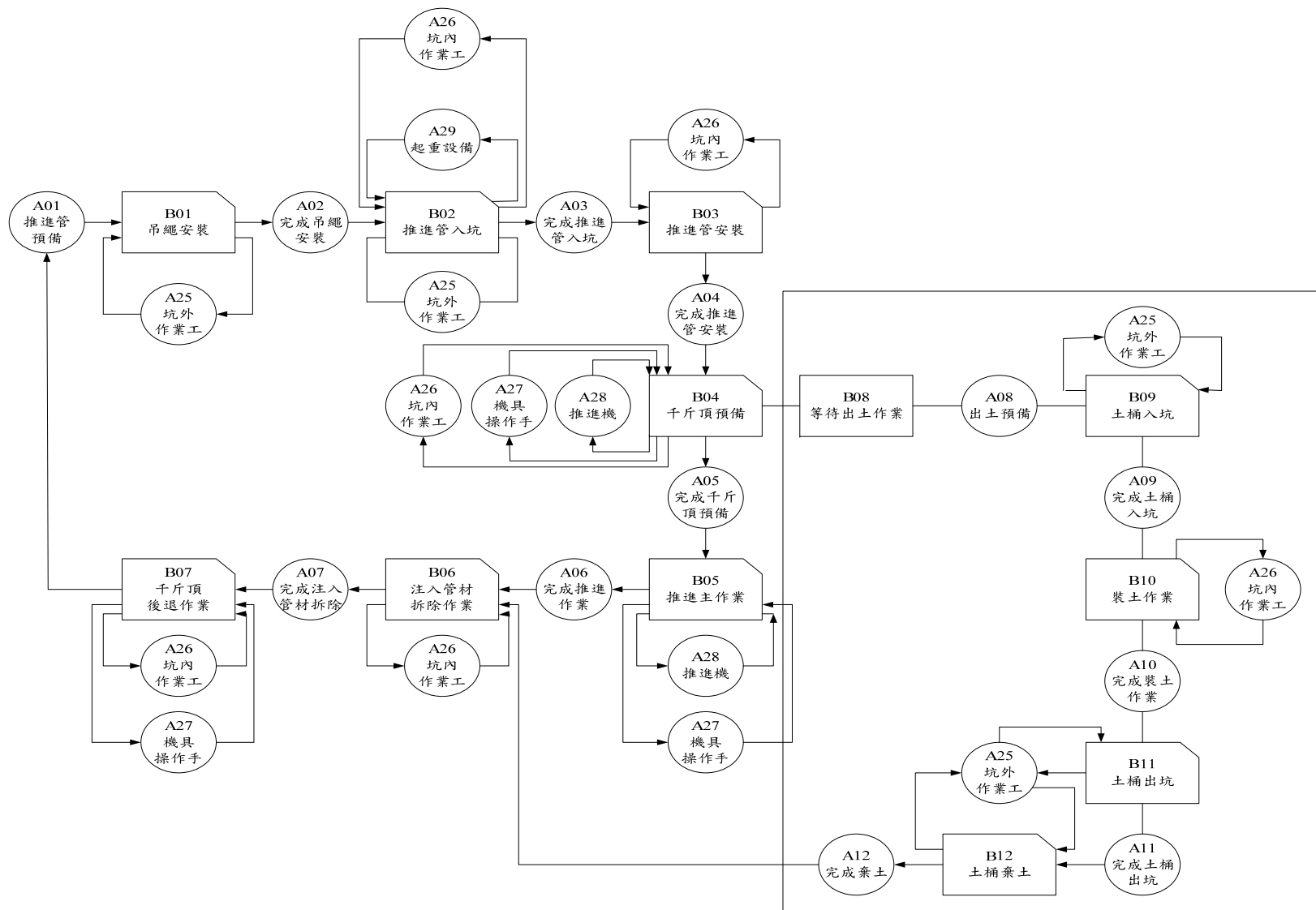


圖 2-58 改造後推進作業施工流程 CYCLONE 模型圖

以EZStrobe進行模擬後，結果如下，於上表中因坑外作業工有待工時間過長之現象，顯示其可能有無充分工作可做或人力配置不當，因此將坑外作業工縮減一人，以四人工班重新進行模擬。

表 2-22 工班配置模擬表

1.改變土桶吊昇型式(五人工班)						
資源 資訊	名稱	天車	坑內工	坑外工	操作手	推進機
	數量	1	2	2	1	1
	流動次數	181	362	242	91	91
	等待時間(min)	4.97	3.62	9.24	8.27	8.27
模擬時間(min)		1247.93				
2.改變土桶吊昇型式(四人工班)						
資源 資訊	名稱	天車	坑內工	坑外工	操作手	推進機
	數量	1	2	1	1	1
	流動次數	181	362	241	91	91
	等待時間(min)	5.00	3.69	4.13	8.25	8.25
模擬時間(min)		1257.69				

8. 績效評估-

(1) 施工成本

於工班成本種類上，可分為工地領班、一級作業工與二級作業工三種，若代入下水道推進工班組成工種，工地領班屬井上作業工之一員，機具操作手為一級作業工，其餘歸類為二級作業工。

表 2-23 工地資源成本表 (單位：新台幣)

工種	單位	單價
工地領班	時	316
一級作業工	時	295
二級作業工	時	265

由於模擬輸出之總施工需時單位為分鐘，故需先行轉換為以小時為單位，再依下式計算出工班成本。

工班成本=Σ工種人數×總施工需時(小時)×工種單價

表 2-24 改造模式工班成本比較表

編號	模式名稱	領班+一級工+ 二級工	總施工需時 (Hour)	工班成本 (仟元)
1	改變土桶吊昇型式	1+1+3	20.80	29.24
2	改變土桶吊昇型式	1+1+2	20.96	23.92

(2) 日進量分析

於進行日進量分析時，需將其進行正規化轉換，並以一天工作八小時進行評估。另外，如以原始流程日進量為生產力評比基準，各模式生產力增長如下：

表 2-25 改造模式工班生產力比較表

編號	模式名稱	推進長度 (m)	總施工需時 (Hour)	日進量 (m)	生產力
1	改變土桶吊昇	30	20.80	11.54	1.13
2	改變土桶吊昇	30	20.96	11.45	1.13

將改善後成果與先前所蒐進之日進量資料相比較，生產力最佳模式日進量已趨近於日本日進量。於表中原始施工流程模擬輸出結果之日進量資料較蒐集之本土日進量為高，其原因為蒐進之日進量資料為平均值，但模擬結果落於資料樣本群中6.0公尺與13.3公尺間，故屬合理範圍。

表 2-26 綜合生產力比較表

	日本建議	現行台灣	原始流程	模式1	模式2
日進量	14.7	8.9	10.2	11.5	11.5

9. 結論與建議

採用改良資源模式進行30管推進作業時，施工作業總需時為原施工模式之88%。工班成本亦為原模式之70%。整體而言，如以原模式之生產力為比較基準，採用改良資源模式進行下水道推進施工時，施工生產力約為現行施工作業流程之1.13倍。

目前小口徑推進工程使用工法主要有土壓平衡與泥水加壓兩類，礙研究時程因素，目前僅針對土壓平衡式工法進行再造工作，建議後續研究可以泥水加壓工法為目標，進行相關探討。

因廠商施工流程並不完全相同，故無一標準作業程序。本研究僅以受調工區之流程為基礎，提出較為全面性之再造模式，以便通用於各工區，建議後續研究可擴大受調工區範圍，總結歸納出各工區之共通浪費行為，提出更進一步之再造方案。

2.9. 小結

- (一)施工掘削理論是下水道推進工程機頭開挖效率的基礎，結合理論基礎配合內業數值模擬與試驗之驗證，再佐以現場調查符合工程實況，研析出下水道推進工法之開挖模式。
- (二)延續 96 至 97 年度研究計畫目標，並透過個案分析與地質資蒐，進行下水道推進工法高效率之開挖模式研擬。本期改變機械形態如表 2-8 所示，探討群刀效應及楔刀尖端磨耗效應以符合工程施作實況並探求工程開挖效率與安全性並重之施作策略。
- (三)探討雙刀間距及楔刀尖端磨耗對工程開挖效率之考量。利用連體與非連體數值模擬出雙刀臨界刀距 $S_r = 3$ 時，能量之消耗增加不多，且開裂情形有助於提升開挖效率，因此若將掘進機之切削盤上之刀距依此設定，或許可有助於現場施工之效益，隨磨耗寬度增加初裂貫切力因之增加，臨界貫入深度則微增之趨勢，相對能量比增加 3.7 倍。
- (四)混合式類神經-自迴歸馬可夫模型的地質預測結果和地質分類機率簡介形式，可以直接做為決策支援系統的輸入，如下水道推進工程施工計畫和營建決策支援系統等，下水道推進業者動工前，可透過決策支援系統先行預測欲推進段地質分布情況，選用適當的施工機具和推進工法，將可減少因地質因素造成的推進延宕。
- (五)依本技術手冊從國內推進工法基本介紹、地質調查、工法適應性、工作井種類、推進工法流程、下水道工程推進生產力參考值、施工管理、推進異常狀況之克服和國內特殊案例分析，將下水道推進作業分層解析，運用淺顯易懂的文字敘述搭配圖片的輔佐解說，讓閱讀者能清楚了解下水道推進作業。完成撰寫下水道推進施工技術參考手冊後，邀請從事下水道推進工程相關領域的專家協助審閱手冊內容，針對內容給予指正和建議。
- (六)本輔導團已完成下水道工程機具廠商與營造廠商訪談，並且簽訂產

學合作備忘錄，期待經由產業界的現場經驗知識，提供下水道技術輔導團多元化能力。政府目前大量釋放下水道推進工程案件，造成工程案量大增，從業人員嚴重不足，本輔導團以協助業者進入產業的角色在廣納輔導團智庫匯流下水道工程各領域知識與經驗後，期望能提供下水道工程建設足夠之諮詢管道與技術交流，以配合政府建設下水道之良政。

三、污水下水道管線檢測維修技術之建立

3.1. 前言

目前國內各大都市在興建污水下水道同時，部分早期已埋設之污水下水道系統因後續用戶接管工程之進行，需辦理下水道檢測維修作業。本前期計畫中，已依據污水下水道管線檢測維修規劃四項主要工作，包括：管線內部 CCTV 檢視影像拍攝、管線缺失診斷、管線損壞等級評估、以及最佳成本效益維修方案研擬等建立一模式架構(見圖 3-1)。其中，最佳成本效益維修方案研擬技術係以基因演算法為優選基礎，對每一破損管段研擬最具成本效益之維修工法與置換管材，並於高雄及台中兩都市各選擇一污水下水道系統進行測試。圖 3-2 所示為下水道維修方案優選系統執行畫面，比較基因演算初始與最終世代之演算果發現，最終世代之族群已移往維修成本低及服務年限高之區域。設定 0.5、0.6、0.7、0.8 等四種交配率進行最佳成本效益維修方案研擬，得知不同交配率所獲得之成本效益權衡曲線均相當接近(見圖 3-2)，證明其最佳化表現相當穩定。依據圖 3-2 之測試結果過濾出最外圍之權衡解，得到圖 3-3 所示之最佳維修成本效益權衡曲線，決策者可依據圖 3-4 之結果，估計在預期服務年限下，所需投入之維修成本。

此外，利用影像處理之小波轉換 (Wavelet transformation) 與共生矩陣計算 (computation of co-occurrence matrices) 技術，分析管線缺失於 CCTV 影像中之紋理特徵。利用人工智慧技術發展管線缺失診斷系統，輸入分析出的紋理特徵於診斷系統中，系統則依據其經過訓練後的內部權重，判別該幅 CCTV 影像所顯示之管線缺失。圖 3-5 為以倒傳遞類神經網路技術為基礎之診斷系統訓練，發現經過 7000 次學習後，診斷系統之內部權重值已調整穩定，以供後續進行管線缺失診斷。利用三種類

神經所建立之自動化管線缺失診斷系統之準確率約可達七成，並可減少六成之人工判釋所需耗費之人力。

前期研究中，更進一步利用形態學原理，即透過 opening operation 及 Otsu's technique 之影像處理技術有效率除 CCTV 影像中所含文字雜訊，以提高整理自動化判釋系統準確率。其研究成果顯示，利用形態學原理進行 CCTV 缺失影像形態切割後，再經由徑向機網路學習後所得之判釋成果，相較於 96 年利用小波轉換及共生矩陣萃取其缺失特徵再經由類神經網路訓練進行判斷，其整體準確度可由原有的七成提高至九成，有效解決判釋準確度不佳之情況。另外，為落實下水道技術推廣，除持續辦理教育研習講座外，e 化教學網頁將提供原有之下水道基本常識及工法介紹，更新增留言討論空間，以提供互動式資訊交流(見圖 3-6)。另外，新增下水道企業相關資訊，此資訊將可提供一般民眾、政府機關及各營造產業之查詢及各項技術支援之用。

本計畫除了發展自動化之管線缺失診斷技術並使該技術之適用性趨於成熟外，對於污水下水道管線檢測維修系統將具體落實於縣市政府之檢視維修工作上。落實方式以辦理講習會，及製作 e 化教學網頁等方式，對縣市政府相關人員進行技術轉移，使其瞭解並熟知模式操作流程。最後，依據縣市政府人員之操作經驗，透過量化分析之方式對模式進行執行績效評估，以了解落實成效。98 年計畫除了持續輔導縣市政府進行系統操作測試外，對於系統測試項目之使用滿意度，亦制定評分標準及權重分析架構，透過量化分析方法進行系統執行績效評估。依據評估結果提供後續研究計畫進行系統改善，以符合實際下水道檢視維修作業流程，提升國內污水下水道管線檢視維修效率。

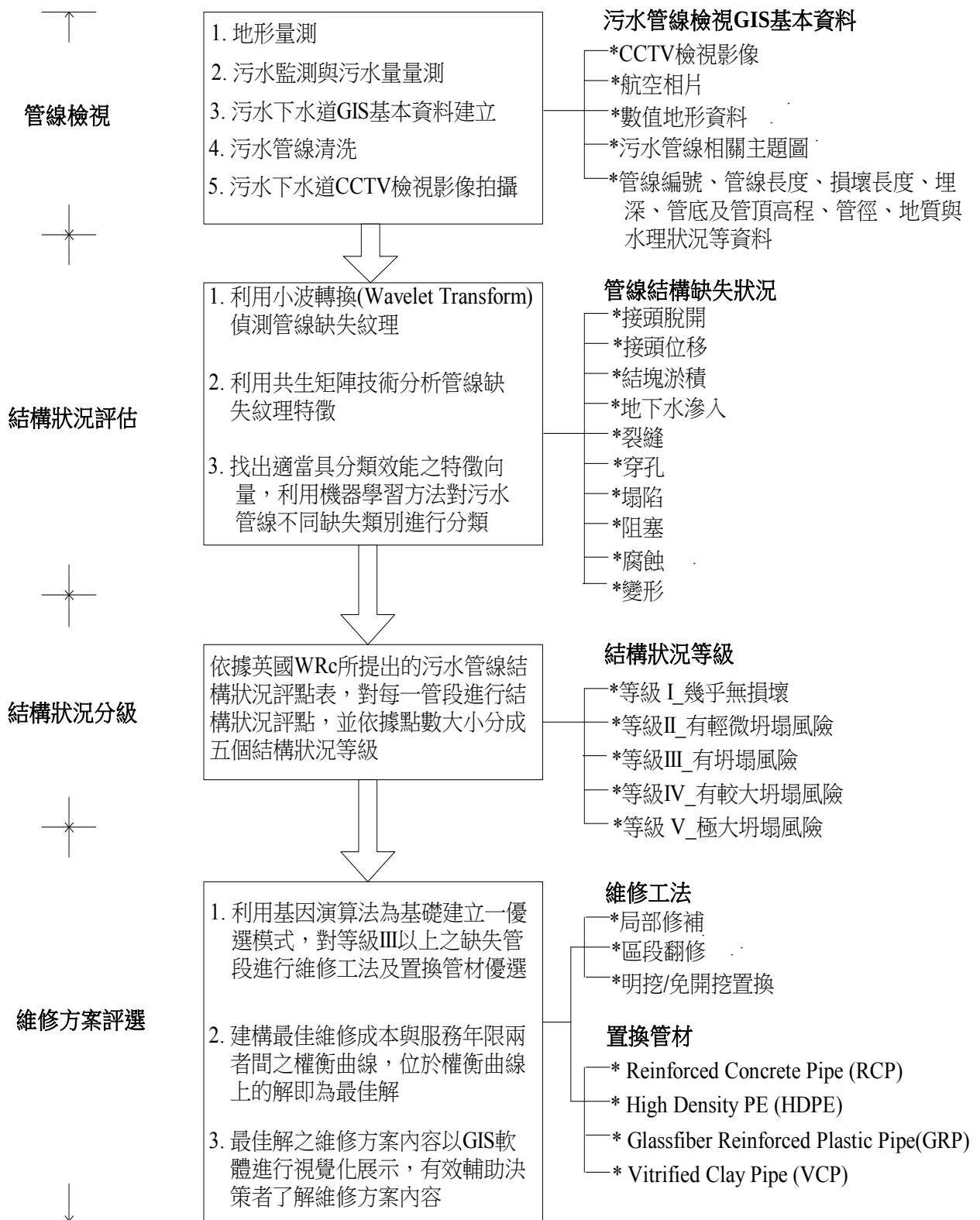
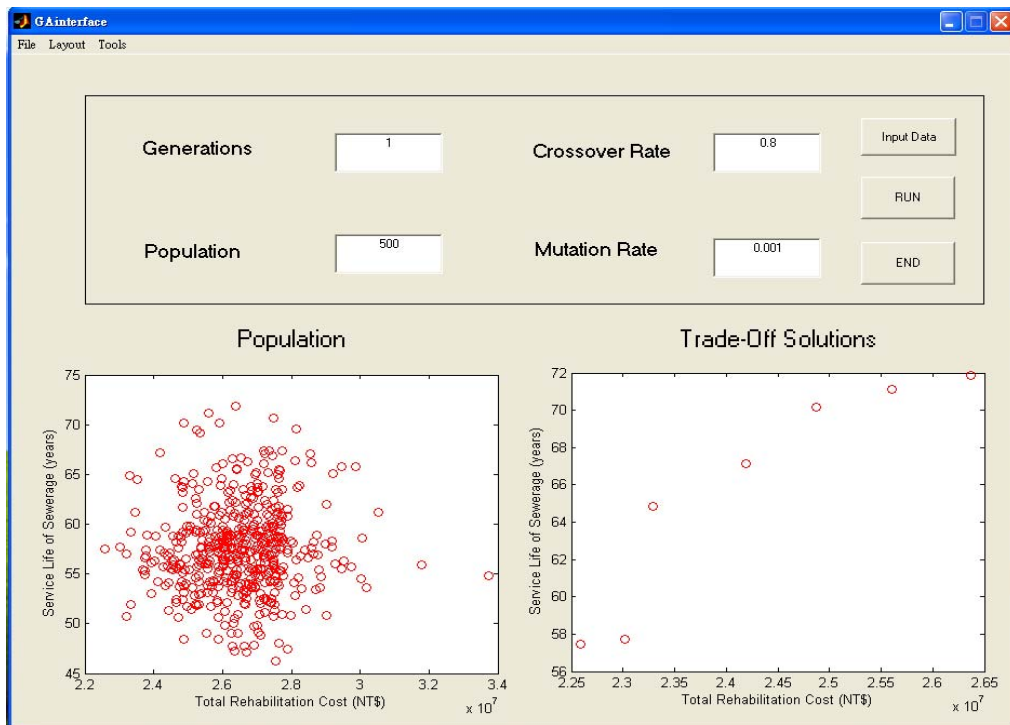


圖 3-1 污水下水道修繕流程



(a) 基因演算初始世代



(b) 基因演算最終世代

圖 3-2 下水道維修方案優選系統

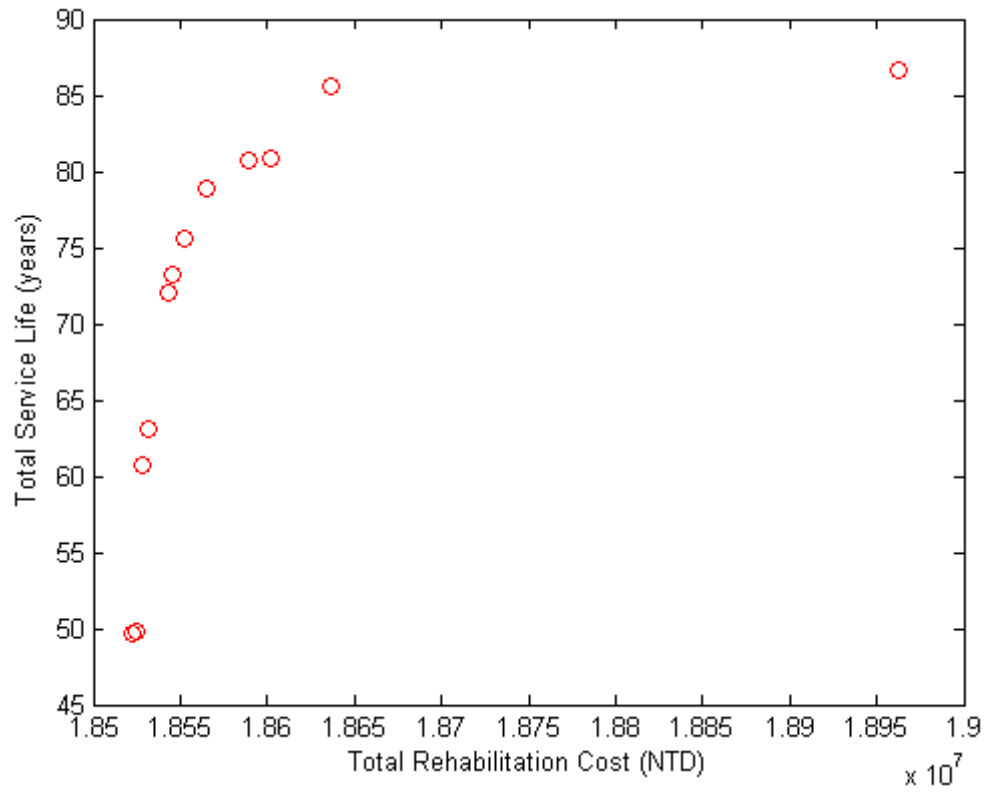
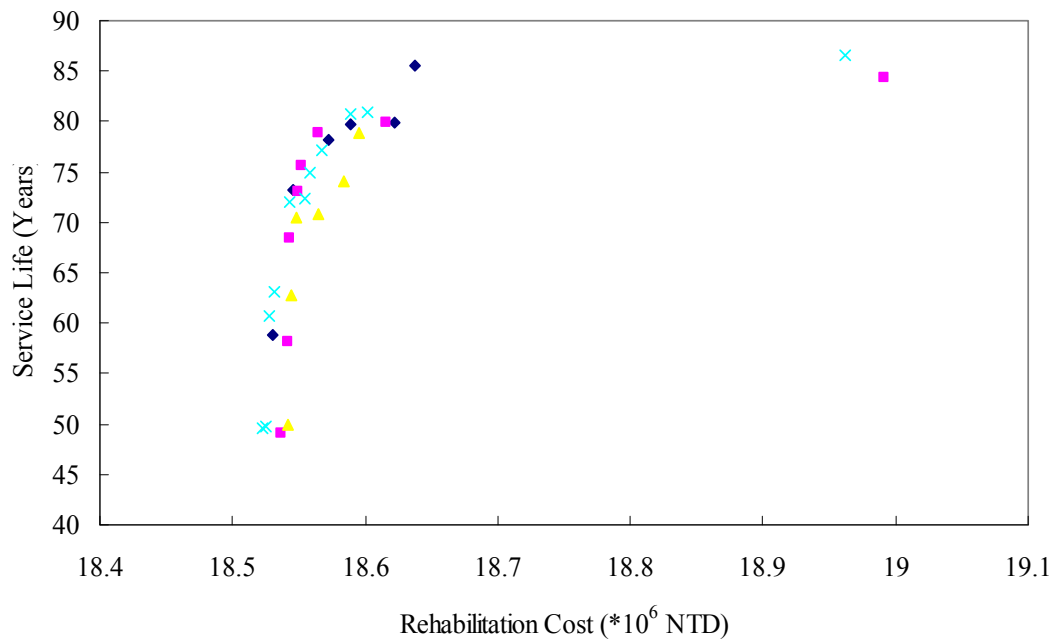


圖 3-3 最佳維修成本效益權衡曲線



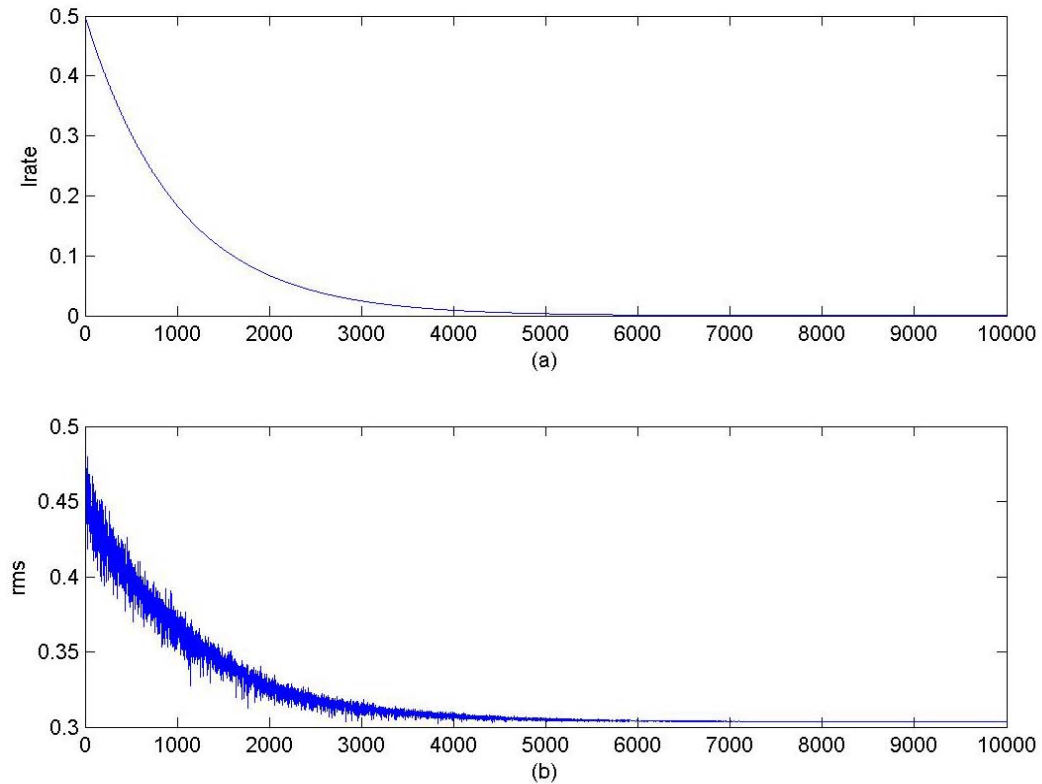


圖 3-5 倒傳遞類神經網路管線缺失診斷訓練

Figure 3-6 is a slide titled "下水道工程技術研發計畫" (Sewerage Engineering Technology Research Project). It includes a logo for the National Environmental Protection Agency (環保署) and a diagram illustrating the research process, from data collection to model development and validation.

The slide lists the following research results (計畫研究成果):

- 管線檢視及自動判釋 (Pipe Inspection and Automatic Interpretation)
- 檢視結果建立管線基本資料庫 (Building a basic database of pipe inspection results)
- 國內 CCTV 檢視影像管理問題 (CCTV inspection image management issues in Taiwan)
- 研究區域 CCTV 檢視結果 (CCTV inspection results in the study area)
- 自動化判釋技術 (Automatic interpretation technology)
- 污水下水道維修分析 (Sewerage repair analysis)
- 水理分析 (Hydraulic analysis)
- 社會成本分析 (Social cost analysis)
- 最佳維修方案選擇 (Selection of the best repair plan)
- 目的及方法 (Objectives and methods)
- 自動化診斷缺失 (Automatic diagnosis of pipe missing)
- 結果分析 (Result analysis)
- 下水道維修檢測工法 (Sewerage repair and detection methods)
- 台灣地區下水管興建概況 (Overview of sewerage construction in Taiwan)
- 美國下水管維修策略與問題 (Sewerage repair strategies and issues in the US)
- 本研究維修策略 (Repair strategy of this study)
- 研究流程 (Research process)
- 研究區域 (Study area)

The slide also lists the following research topics (研究主題):

- 管線檢測與維修技術研發 (Pipe inspection and repair technology research)
- 污水下水道推進工程技術研發 (Sewerage advancement engineering technology research)
- 污水下水道管線檢測維修技術研發 (Sewerage pipe inspection and repair technology research)
- 雨水下水道暴雨管理技術研發 (Rainwater sewerage flood management technology research)

圖 3-6 污水下水道檢視維修系統教學網頁

3.2. 計畫架構與前期成果回顧

3.2.1. 計畫架構

污水下水道管線檢測維修技術研發 96 年計畫主要工作包括:下水道檢視維修作業項目彙整及流程化、CCTV 檢視影像資料庫建立、以及下水道修繕方案優化模式開發等，以台中市 9 期重劃區為研究區域，將廠商相關檢視資料及維修作業項目進行彙整，並執行修繕方案優化模擬，提供台中市政府進行下水道維修決策之參考。96 年計畫成果提供 97 年執行工作包括:下水道檢視維修線上教學教材製作、下水道管線缺失診斷系統開發、以及輔導縣市政府進行下水道檢測維修操作等，各項計畫成果除了彼此回饋外，亦回饋至前期研究成果。98 年計畫工作項目包括:下水道檢視維修資料紀錄系統化、CCTV 檢視標準作業流程擬定、以及 CCTV 檢視影像品質評估模式開發等，最後計畫成果與市府及廠商進行三方討論及辦理技術輔導。

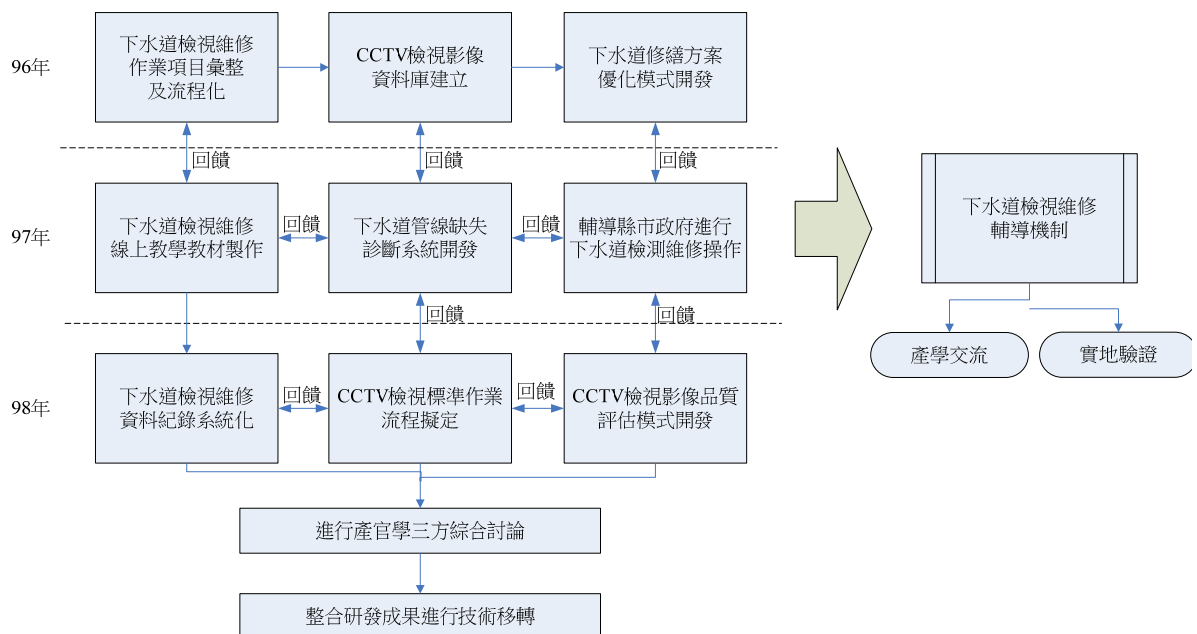


圖 3-7 污水下水道管線檢測維修技術研發計畫架構圖

3.2.2. 前期成果回顧

本研究目前成果以技術創新、經濟效益與社會影響三方面為主加以敘述。

一、 技術創新

1. 污水下水道最佳化維修模式之建立:

- (1) 已考量免開挖與明挖工法工程費用與社會成本之差異，進行下水道維修成本分析。
- (2) 已考量管網系統中關鍵性與非關鍵性管段輸水效能，進行下水道管網維修效益分析。
- (3) 水理檢測納入維修方案優選模式，使優選方案符合原設計之水理效能。
- (4) 分析明挖與免開挖工法之社會成本，包括：商業損失、交通延遲、工區環境清潔費、空污費、以及路面修復費用等，使維修方案優選系統對於維修工法之抉擇更符合實際工程現況。
- (5) 以基因演算技術為基礎，設計初步之維修方案優選模式，並以高雄市 15 期重劃區污水管網為研究區域，進行優選模式測試。
- (6) 利用基因演算技術所發展之維修方案優選模式對台中市 9 期重劃區污水管網進行模擬測試，模擬結果與實際維修案例比較發現，約可節省 7.5% 之工程經費。

2. 建立自動化管線缺失診斷系統，系統軟體之運用可大幅縮短傳統藉由人力判釋效率不佳等缺失，大幅提升整體檢測效率。

- (1) 利用小波轉換及共生矩陣計算，進行管線缺失之特徵處理，紋理特徵包括：熵、同質度、不相似度、相關性、對比、角二次矩、以及群聚傾向度。
- (2) 歸納管線缺失型態及紋理特徵分析結果，提出利用小波轉換及共生矩陣計算，可使紋理特徵萃取流程自動化。
- (3) 對上述七種紋理特徵進行主成分分析，將原本 7 個維度之紋理特徵轉換成 4 個維度之變數。由於轉換後的變數具有正交性，

因此變數值間具有最大區別性，有利於管線缺失診斷系統進行管線缺失診斷。

- (4) 以類神經技術建立初步之管線缺失診斷模式，輸入管線缺失紋理特徵進行測試。
 - (5) 倒傳遞類神經技術為基礎進行管線缺失診斷系統開發，其整體診斷準確度為 60%，部份管線缺失如管體崩塌及管體破損，各提供 71%與 88%之使用者診斷準確度。
 - (6) 利用徑向基網路與支持向量機網路技術進行管線缺失診斷系統開發與測試。
 - (7) 進行管線缺失特徵分析，包括：型態特徵及紋理特徵，並歸納影響特徵萃取之因素，包括：影像光源、拍攝角度、以及外在其他環境因素等。
 - (8) 利用形態學中之 opening operation 及 Otsu's technique 之影像處理技術，進行 CCTV 影像雜訊率除作業。並透過徑向基網路類神經系統訓練，其整體判釋準確度提高至 9 成。
 - (9) 發展 CCTV 檢視影像品質評估技術，提供檢視廠商依據評估數據現場調整拍攝方式，以獲得較佳品質之檢視影像，同時縣市政府亦可利用該技術檢驗廠商提送之檢視影像，作為驗收依據。
3. 本計畫對於CCTV影像提出一檢視影像品質評估方法。已於97年輔導台中市政府進行污水下水道分支管網暨用戶接管工程時，市府下水道科提出下水道檢視影像品質良窳關係到後續管線缺失判釋與缺失數目統計，因此對檢視影像品質有其評估必要。由於所提出的下水道檢視影像品質評估方法為首創，可視為本計畫技術創新之貢獻，且該方法原理簡易，可易於進行後續影像品質評估教育訓練。

二、 經濟效益

提升污水下水道管線整體檢測效率與影像拍攝品質:藉由對縣市政府及廠商進行檢測維修技術輔導，並提供相關建議與服務。以檢視影像品質評估為例，本計畫輔導台中市政府進行檢視影像品質評估，並提供一簡易且系統性之操作方法，便於市府後續自行評估檢視影像品質。此外，該方法未來若能與 CCTV 檢視硬體設備進行整合，亦可達到即時拍攝，即時評估影像品質之目標。對廠商而言，能節省因拍攝品質不佳，而需重新進行檢視之人力與成本。

三、 社會影響

制定下水道檢測維修標準化流程:

- (1) 蒐集國內外污水下水道現有檢視維修技術，並進行檢視維修流程之系統化分析。
- (2) 調查國內各主要都市地下管線地理資料庫建置概況，並建置管線基本圖資於自動化監測、操作及維修系統中。
- (3) 蒐集高雄市 15 期重劃區與台中市 9 期重劃區污水管網檢視工程之 CCTV 影像，進行影像資料庫建置及影像預處理。

建構污水下水道檢測維修標準化流程，可減少多餘施工浪費以加速檢測維修作業之效益。

3.3. 本期工作內容

(一)廣續輔導縣市政府及廠商進行管線檢視維修系統操作

由於國內下水道維修檢測作業尚處於萌芽階段，一般下水道檢視維修辦理方式可分成統包及工項發包，統包即下水道檢視修繕計畫擬定及維修工程施作，委由同一廠商辦理；工項發包則下水道檢視修繕委由顧問公司規劃，維修工程施作委由工程公司進行。另外，縣市政府進行下水道修繕工程發包時多以價格標方式執行，而低價標的結果對於工程品質影響甚大。目前從事檢測維護之國內廠商規模較小，其管線檢測維護之技術尚未發展成熟仍有待加強。本研究期望透過與台中市政府下水道科之合作，解決其檢視影像無法量化評估其拍攝成果品質之問題，並與國內下水道檢測維修之工程顧問公司合作，以協助台中市政府下水道修繕工程之執行。另外，將利用本研究所發展完成之下水道檢測維修技術輔導台中市下水道修繕計畫得標之廠商，作為其實施檢測維修之參考。

(二)評估管線檢視維修流程執行績效

由前期 CCTV 影像自動化缺失診斷研究結果發現，縣市政府進行下水道檢視所拍攝之影像，其大多數影像品質並無法提供自動化缺失診斷系統穩定地擷取管線缺失特徵。因此，下水道 CCTV 影像拍攝流程標準化，除了可提供縣市政府一定品質之檢視影像外，並有利於後續自動化管線缺失診斷系統之分析，以強化管線檢測維修流程之執行績效。

(三)建立高效率之管線檢測維修流程

下水道檢測維修流程包括：管線檢視、缺失評估、管線缺失評分與分級、以及最佳維修方式評估等，透過一系列標準化與系統化之管線檢測維修流程之建立、研發技術之移轉、技術服務與管線檢測維修人才之培育，以提升下水道管線缺失檢測維修效率。

3.4. 管線檢測模式與修繕規劃

3.4.1. 管線缺失診斷系統操作介面開發

對 CCTV 影像進行管線缺失診斷測試，須決定網路內之相關參數值，以獲得最佳之診斷成果。倒傳遞類神經網路方面，相關參數包括：隱藏層感知器數目、學習次數、學習率、以及抑制因子。一般隱藏層感知器數目設定為輸入層與輸出層感知器數目總和一半；學習次數則視最小均方值之變異情形而定；學習率主要控制每次學習之網路鏈結權重值之改正量，學習率越高改正量越大；抑制因子主要在控制學習末期之學習率，降低末期之學習率使得網路學習成果較為穩定。徑向基網路方面，由於其隱藏層數目依據群集分析結果決定，因此其網路訓練方式具自動化之特點。最後，支持向量機中 kernel function 相關參數之設定，目前尚無系統性之方法予以決定，主要還是依賴測試時對參數進行試誤測試，以獲得最佳參數值（Seo, 2007）。

一、倒傳遞類神經網路管線缺失診斷測試

倒傳遞類神經網路之參數包括：輸入層、隱藏層與輸出層感知器數目、學習次數、學習率與抑制學習率等。紋理特徵經 PCA 轉換後，取 98% 代表資訊之主成分，將原本 7 個維度之紋理特徵轉換成 4 個維度之輸入向量。因此，於輸入層中給定 4 個感知器數目，輸出層中亦設定 4 個感知器數目以判別上述四類管線缺失，隱藏層感知器數目則取輸入層與輸出層感知器數目之均值，故該層感知器數目亦為 4。以下分別說明實驗 I 與實驗 II 之診斷測試結果。

1. 實驗 I 診斷測試結果

從 239 幅 CCTV 檢視影像中，隨機選取 40 幅作為訓練樣本進行倒傳遞類神經網路診斷測試。接頭脫開、管體破損、管體崩塌、樹根入侵等分別給定 15、13、3、及 9 幅 CCTV 影像作為訓練樣本進行診斷測試。

所發展之診斷系統利用監督式學習方式進行訓練，訓練完成後之診斷系統方以用來診斷整個污水下水道系統 G 所獲得的 239 幅 CCTV 檢視影像。本研究設定 10,000 次學習次數，於倒傳遞類神經網路訓練過程中，藉由觀察其最小均方(Least-mean-square, LMS)之變化，決定其訓練終止時機。圖 3-8 為倒傳遞類神經網路學習過程之學習率與 LMS 變化，學習率由原先 0.5 經 10,000 次學習後，降至趨近於 0；LMS 則由初始學習之 0.4 至 0.5 間，經過大約 5000 次學習後，LMS 之表現已趨於穩定並減低趨近於 0.25。

於 Pentium IV 1.3G 個人電腦下進行診斷測試，約需 500 秒的時間輸入 40 個訓練樣本對類神經網路作訓練，所獲得的訓練準確度為 83%。之後以訓練完成之神經網路對 239 幅 CCTV 檢視影像作訓練，其診斷測試結果之誤差矩陣如表 3-1 所示，測試之整體準確度為 39.3%。

表 3-1 亦列出生產者與使用者準確度，生產者準確度指在已知參考資料下所評估之準確度，使用者準確度指在未知參考資料下，依據分類結果所評估之準確度。觀察其生產者準確度發現，提供 3 個管體崩塌訓練樣本予診斷系統作訓練，並無法有效診斷出該類缺失。相對而言，雖然管體崩塌之使用者準確度為 100%，卻無法提供檢視人員屬於該類缺失之 CCTV 影像。此外，管體破損之診斷測試結果與管體崩塌類似，其大部分影像被誤判為接頭脫開。四類管線缺失僅接頭脫開之生產者準確度較高，達到 82.6%。

2. 實驗 II 診斷測試結果

本研究從 239 幅 CCTV 檢視影像中，隨機選取 100 幅作為訓練樣本進行倒傳遞類神經網路診斷測試，即接頭脫開、管體破損、管體崩塌、樹根入侵等分別給定 38、33、7、及 22 幅 CCTV 影像作為訓練樣本進行診斷測試。圖 3-9 為倒傳遞類神經網路學習過程之學習率與 LMS 變化，學習率由原先 0.5 經 10,000 次學習後，降至趨近於 0；LMS 則由初

始學習之 0.45 至 0.5 間，經過大約 7000 次學習後，LMS 之表現已趨於穩定並減低趨近於 0.3。

於 Pentium IV 1.3G 個人電腦下進行診斷測試，約需 500 秒的時間輸入 100 個訓練樣本對類神經網路作訓練，所獲得的訓練準確度為 68%，測試之整體準確度為 59.0%。觀察表 3-2 之誤差矩陣發現，大多數的 CCTV 檢視影像被診斷為接頭脫開，其中 92 幅接頭脫開的參考影像中，有 82 幅被診斷出，其生產者準確度為 89.1%。此外，樹根入侵 52 幅參考影像中，有高達 40 幅影像被歸類為接頭脫開，故得知診斷系統並無法有效區別樹根入侵與接頭脫開之紋理特徵，從兩者之 CCTV 影像上發現，樹根入侵影像上除了多了侵入之樹枝外，其影像顯示之內容與接頭脫開極為相似。由使用者準確度發現，管體崩塌與管體破損之使用者準確度分別為 71.4%與 88.2%，表示其相較於樹根入侵與接頭脫開而言，由系統所提供管體崩塌與管體破損之診斷結果較可被採信。

表 3-1 倒傳遞類神經網路診斷誤差矩陣(實驗 I)

	參考資料				
診斷資料	B	C	F	O	小計
B	0	0	0	0	0
C	0	2	0	0	2
F	9	5	16	16	46
O	7	72	36	76	191
小計	16	79	52	92	239
生產者準確度			使用者準確度		
B = 0.0% (0/16)			B = 100.0% (0/0)		
C = 2.5% (2/79)			C = 100.0% (2/2)		
F = 30.8% (16/52)			F = 34.8% (16/46)		
O = 82.6% (76/92)			O = 39.8% (76/191)		
整體準確度 = 39.3%					

註：B、C、F、O 分別代表管體崩塌、管體破損、樹根入侵、接頭脫開。

表 3-2 倒傳遞類神經網路診斷誤差矩陣(實驗 II)

	參考資料				
診斷資料	B	C	F	O	小計
B	5	1	1	0	7
C	0	45	2	4	51
F	5	12	9	6	32
O	6	21	40	82	149
小計	16	79	52	92	239
生產者準確度			使用者準確度		
B = 31.3% (5/16)			B = 71.4% (5/7)		
C = 57.0% (45/79)			C = 88.2% (45/51)		
F = 17.3% (9/52)			F = 28.1% (9/32)		
O = 89.1% (82/92)			O = 55.0% (82/149)		
整體準確度 = 59.0%					

註：B、C、F、O 分別代表管體崩塌、管體破損、樹根入侵、接頭脫開。

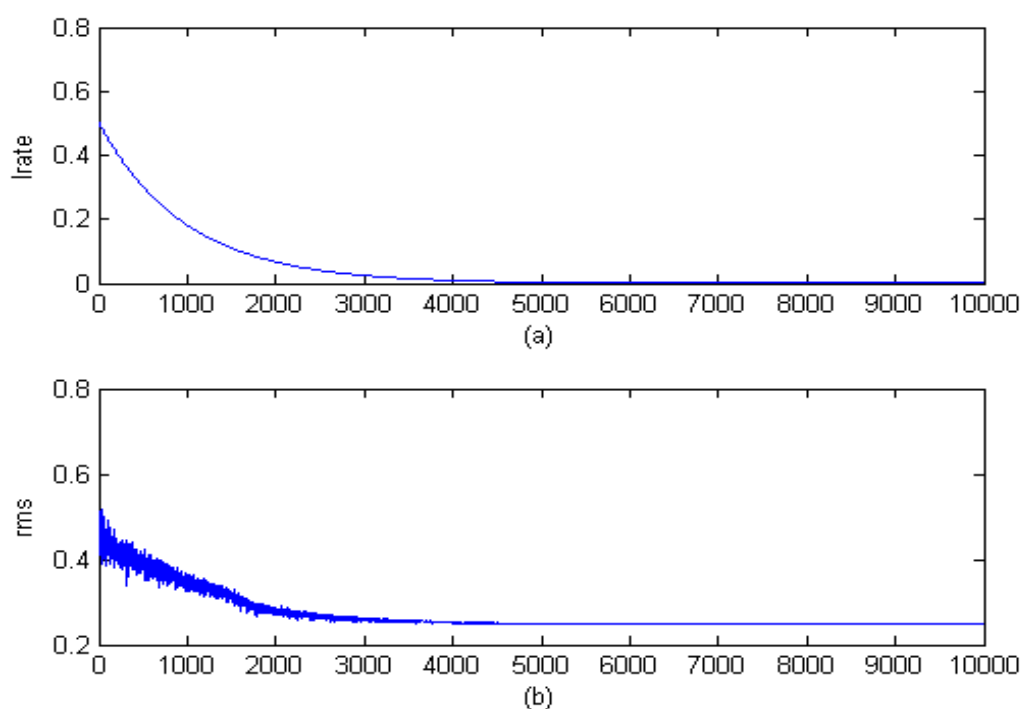


圖 3-8 倒傳遞類神經網路學習率及 LMS 變化 (實驗 I)；

(a) 學習率, (b) LMS

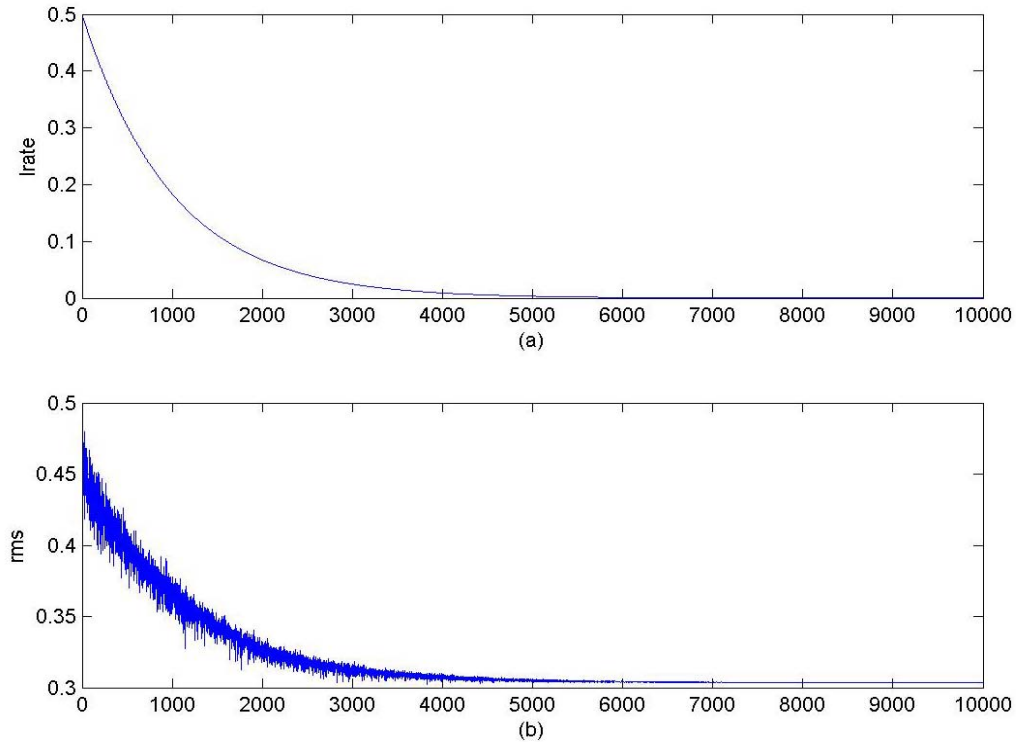


圖 3-9 倒傳遞類神經網路學習率及 LMS 變化 (實驗 II)；

(a) 學習率, (b) LMS

二、徑向基網路管線缺失診斷測試

徑向基網路之學習方式可分為兩項步驟，第一步驟為非監督式學習，透過群集分析方式將輸入資料進行分類，所決定的分類數即為徑向基網路中隱藏層的感知器數目；第二步驟為監督式學習，透過輸出層的實際輸出值與期望輸出值間的差值進行最佳化求解，以求得隱藏層與輸出層間之最佳權重值。以下分別說明實驗 I 與實驗 II 之診斷測試結果。

1. 實驗 I 診斷測試結果

表 3-3 列出生產者、使用者、與整體診斷準確度，其中整體準確度為 52.7%，四種管線缺失之生產者準確度大多介於 40.0%至 50.0%之間。使用者準確度方面，除了樹根入侵僅達 39.7%的使用者準確度外，其他三類管線缺失其使用者準確度高於 55.0%。

2. 實驗 II 診斷測試結果

表 3-4 所示之整體準確度為 67.8%，且四種管線缺失所獲得之生產者準確度大多達到 65% 以上。至於使用者準確度方面，除了樹根入侵僅達 53.9% 的使用者準確度外，管體崩塌(68.8%)、管體破損(78.1%)、以及接頭脫開(69.4%)，均可達將近 70% 甚至將近 80% 的使用者準確度。表示利用徑向基網路對 CCTV 影像作管線缺失診斷，對於管體崩塌、管體破損、以及接頭脫開等三類管線缺失，管線檢視人員可採信其 70% 至 80% 之診斷結果。

表 3-3 徑向基網路診斷測試誤差矩陣(實驗 I)

	參考資料				
診斷資料	B	C	F	O	小計
B	7	1	1	3	12
C	4	43	17	8	72
F	1	7	25	30	63
O	4	28	9	51	92
小計	16	79	52	92	239
生產者準確度			使用者準確度		
B = 43.8% (7/16)			B = 58.3% (7/12)		
C = 54.4% (43/79)			C = 59.7% (43/72)		
F = 48.0% (25/52)			F = 39.7% (25/63)		
O = 55.4% (51/92)			O = 55.4% (51/92)		
整體準確度 = 52.7%					

註：B、C、F、O 分別代表管體崩塌、管體破損、樹根入侵、接頭脫開

表 3-4 徑向基網路診斷測試誤差矩陣(實驗 II)

	參考資料				
診斷資料	B	C	F	O	小計
B	11	0	1	4	16
C	2	57	4	10	73
F	1	10	35	19	65
O	2	12	12	59	85
小計	16	79	52	92	239
生產者準確度			使用者準確度		
B = 68.8% (11/16)			B = 68.8% (11/16)		
C = 72.2% (57/79)			C = 78.1% (57/73)		
F = 67.3% (35/52)			F = 53.9% (35/65)		
O = 64.1% (59/92)			O = 69.4% (59/85)		
整體準確度 = 67.8%					

註：B、C、F、O 分別代表管體崩塌、管體破損、樹根入侵、接頭脫開

三、支持向量機管線缺失診斷測試

支持向量機進行管線缺失診斷，其方式為利用訓練樣本決定各缺失類別間的最佳分界面，其餘未診斷樣本則依據支持向量所決定之分界面，判定其所屬管線缺失類別。本研究利用高斯及多項式核函數進行樣本資料轉換，以下說明實驗 I 與實驗 II 之測試結果。

1. 實驗 I 診斷測試結果

表 3-5 為支持向量機利用高斯核函數之診斷測試結果，該函數之最佳演算參數 σ 為 0.1，所獲得之整體準確度為 54.4%。生產者準確度方面，以管體破損 60.8% 為最佳，其使用者準確度 70.6% 亦高於其他三類管線缺失。表 3-6 為支持向量機利用多項式核函數之診斷測試結果，該函數之最佳演算參數 (d, δ) 為 (4, 0.8)，所獲得之整體準確度為 54.0%。其生產者準確度與利用高斯核函數所獲得之生產者準確度差異不大，以接頭脫開 59.8% 為最佳；然而在使用者準確度方面，以管體破損 69.8% 為最佳。

2. 實驗 II 診斷測試結果

表 3-7 為支持向量機利用高斯核函數之診斷測試結果，該函數之最佳演算參數 σ 為 1.4，所獲得之整體準確度為 68.6%。生產者準確度方面，以管體破損 77.2% 為最佳，其使用者準確度 74.4% 亦高於其他三類管線缺失類別。表 3-8 為支持向量機利用多項式核函數之診斷測試結果，該函數之最佳演算參數 (d, δ) 為 (8, 2.3)，所獲得之整體準確度為 53.6%。其生產者準確度與利用高斯核函數所獲得之生產者準確度比較發現，接頭脫開 31.5% 遠低於高斯核函數所獲得的 66.3%，導致其整體準確度相對於高斯核函數所獲得的 68.6% 低許多。在使用者準確度方面，除了管體破損 88.5% 較為可靠外，其於缺失類別之診斷結果並無法提供檢視人員至少 60.0% 的信賴度。說明利用多項式核函數進行資料轉換，轉換後的資料對診斷系統而言，其區別度不佳。

表 3-5 支持向量機採高斯核函數之診斷測試誤差矩陣(實驗 I)

	參考資料				
診斷資料	B	C	F	O	小計
B	6	0	0	4	10
C	3	48	10	7	68
F	1	9	24	29	63
O	6	22	18	52	98
小計	16	79	52	92	239
生產者準確度			使用者準確度		
B = 37.5% (6/16)			B = 60.0% (6/10)		
C = 60.8% (48/79)			C = 70.6% (48/68)		
F = 46.2% (24/52)			F = 38.1% (24/68)		
O = 56.5% (52/92)			O = 53.1% (52/98)		
整體準確度 = 54.4%					

註：B、C、F、O 分別代表管體崩塌、管體破損、樹根入侵、接頭脫開

表 3-6 支持向量機採多項式核函數之診斷測試誤差矩陣(實驗 I)

	參考資料				
診斷資料	B	C	F	O	小計
B	6	0	2	5	13
C	4	44	10	5	63
F	3	10	24	27	64
O	3	25	16	55	99
小計	16	79	52	92	239
生產者準確度			使用者準確度		
B = 37.5% (6/16)			B = 46.2% (6/13)		
C = 55.7% (44/79)			C = 69.8% (44/63)		
F = 46.2% (24/52)			F = 37.5% (24/64)		
O = 59.8% (55/92)			O = 55.6% (55/99)		
整體準確度 = 54.0%					

註：B、C、F、O 分別代表管體崩塌、管體破損、樹根入侵、接頭脫開

表 3-7 支持向量機採高斯核函數之診斷測試誤差矩陣(實驗 II)

	參考資料				
診斷資料	B	C	F	O	小計
B	9	0	1	3	13
C	5	61	6	10	82
F	0	6	33	18	57
O	2	12	12	61	87
小計	16	79	52	92	239
生產者準確度			使用者準確度		
B = 56.3% (9/16)			B = 69.2% (9/13)		
C = 77.2% (61/79)			C = 74.4% (61/82)		
F = 63.5% (33/52)			F = 57.9% (33/57)		
O = 66.3% (61/92)			O = 70.1% (61/87)		
整體準確度 = 68.6%					

註：B、C、F、O 分別代表管體崩塌、管體破損、樹根入侵、接頭脫開

表 3-8 支持向量機採多項式核函數之診斷測試誤差矩陣(實驗 II)

	參考資料				
診斷資料	B	C	F	O	小計
B	9	0	0	22	31
C	0	54	3	4	61
F	5	16	36	37	94
O	2	9	13	29	53
小計	16	79	52	92	239
生產者準確度			使用者準確度		
B = 56.3% (9/16)			B = 29.0% (9/31)		
C = 68.4% (54/79)			C = 88.5% (54/61)		
F = 69.2% (36/52)			F = 38.3% (36/94)		
O = 31.5% (29/92)			O = 54.7% (29/53)		
整體準確度 = 53.6%					

註：B、C、F、O 分別代表管體崩塌、管體破損、樹根入侵、接頭脫開

四、診斷測試結果討論

本研究設計兩組不同訓練樣本數進行診斷測試實驗，實驗 I 由 40 個訓練樣本組成，實驗 II 由 100 個訓練樣本組成，並利用三種類神經網路，倒傳遞網路、徑向基網路、支持向量機，測試其診斷準確度。就事前專家診斷人力需求而言，因實驗 I 與實驗 II 之訓練樣本配置方式不同，實驗 I 相對於實驗 II 可減少一半以上之人力需求；然而就整體準確度而言，實驗結果顯示實驗 II 之整體準確度明顯優於實驗 I，大約相差 15%-20%，故採用較多的訓練樣本進行診斷系統訓練，可獲得較佳的診斷結果。於實驗 II 中，100 幅 CCTV 影像經專家診斷，其餘 139 幅 CCTV 影像藉由訓練完成之診斷系統進行管線缺失診斷，可節省約六成專家診斷人力。

就訓練時間而言，倒傳遞網路所需訓練時間最久，約 500 秒(Pentium IV 1.3G 個人電腦)作 10,000 次倒傳遞實際輸出與期望輸出之差值回網路進行權重修正。徑向基網路及支持向量機因其訓練方式與倒傳遞網路完全不同，其藉由求解最佳解之方式決定網路權重，故訓練時間僅需時 1 至 2 秒。再者，倒傳遞網路相對於徑向基網路及支持向量機，其所獲得整體準確度較低，大約低了 10%-15%；因此，無論在訓練時間與整體準

確度方面，徑向基網路及支持向量機之效能均遠優於倒傳遞網路。

五、缺失診斷系統介面開發

下水道缺失診斷系統所包含的相關子程式，利用 Matlab 7.0 進行撰寫，為方便使用者執行診斷系統中的各項子程式，亦利用 Matlab GUI 進行操作介面開發。下水道缺失診斷系統將包含兩大操作模式，一為下水道缺失型態特徵擷取操作模式，另一為類神經缺失分類操作模式。今年度已完成下水道缺失型態特徵擷取操作模式，圖 3-10 下水道影像匯入為操作介面。圖 3-10 所示為將一下水道影像匯入系統中，勾選”Transfer to gray scale image”將彩色影像轉換至灰階(見圖 3-11)，以進行後續影像處理。利用影像處理技術”Open Operation”突顯管線缺失型態並將其他雜訊模糊化，如圖 3-12 灰階影像 Open Operation 處理所示。最後執行”Segmentation”，由系統自行決定最佳門檻值，將影像突顯出的部份進行擷取，圖 3-13 管線缺失擷取結果為管線缺失型態擷取結果。

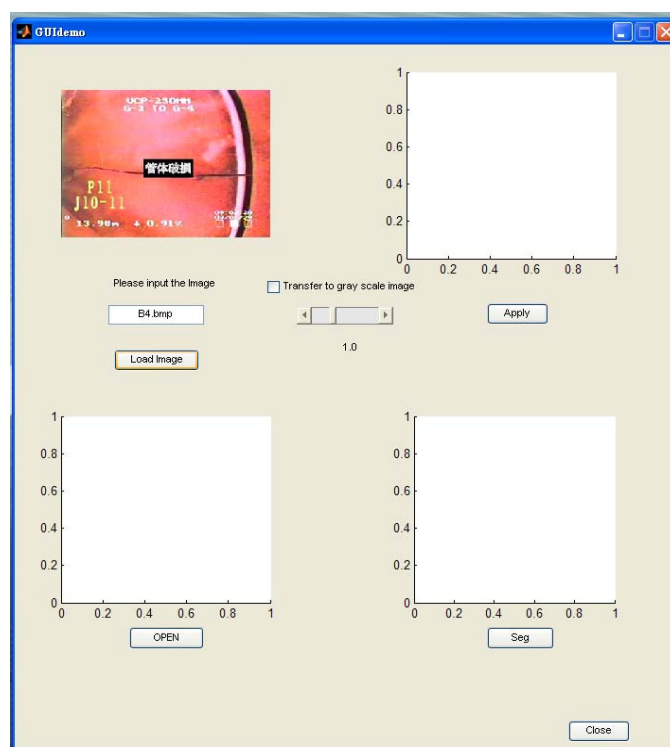


圖 3-10 下水道影像匯入

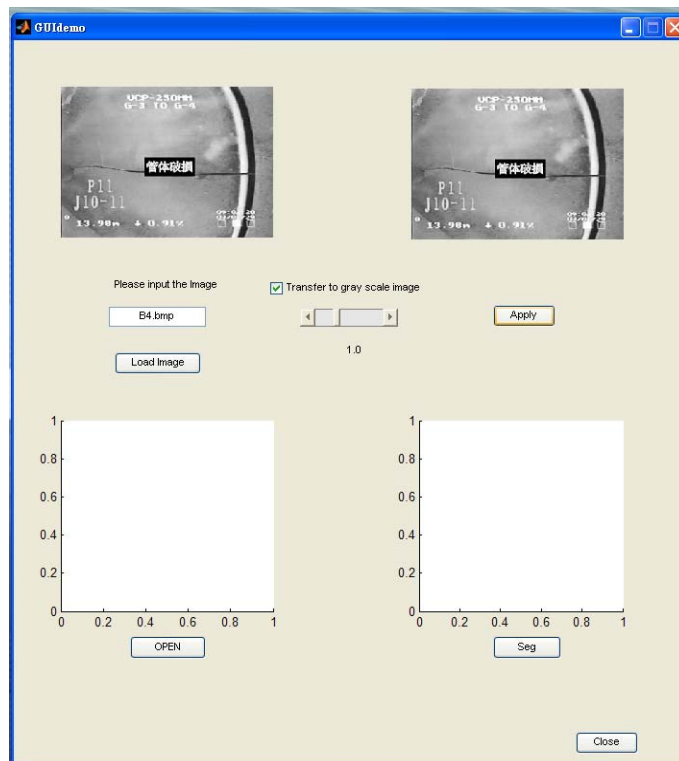


圖 3-11 影像灰階處理

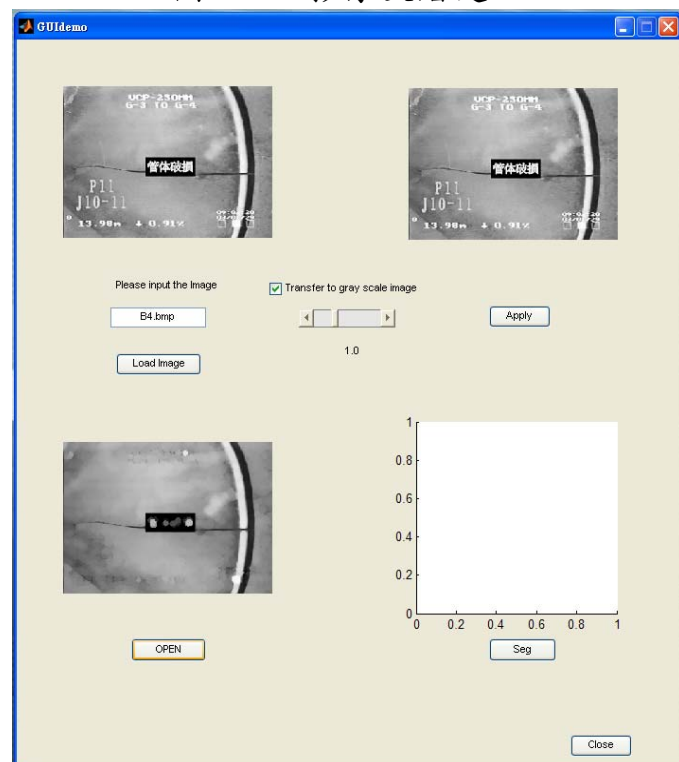


圖 3-12 灰階影像 Open Operation 處理

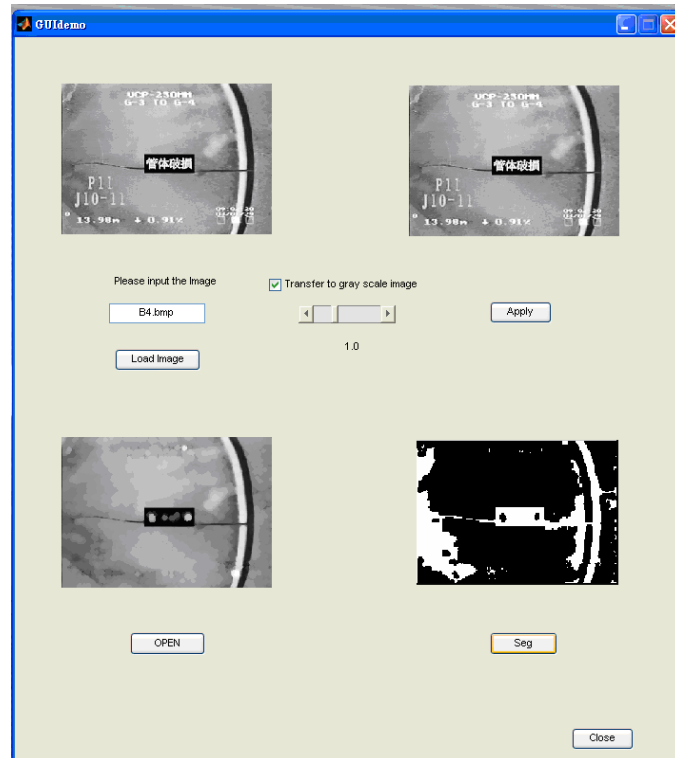


圖 3-13 管線缺失擷取結果

3.4.2.最佳化污水下水道線修優選系統開發

依據先前所建立之社會成本資料庫為基礎，配合先前發展的基因演算優選模式，針對台中市九期重劃區 G 系統(如圖 3-14)於民國 92 年檢視所發現之 47 個破損管段，進行維修工法及置換管材優選，同時分析各管段之社會成本。圖 3-15 所示為初始基因字串族群分佈情形，其分佈情況為一常態分佈。經 400 世代之演進其分佈情形如圖 3-16 所示，基因字串族群已集中至左半部維修成本較低且服務年限較高之區域。比圖 3-15 及圖 3-16 之演算結果，發現圖 3-15 所示之維修成本大多集中在新台幣 2.25 千萬左右，服務年限範圍落在 45 至 75 年之間；而圖 3-16 中所示之維修成本大多集中在新台幣 1.22 千萬左右，服務年限範圍落在 40 至 90 年之間。證明基因演算法有效驅使基因字串族群，隨著每一世代之演進不斷改良，且大概演算至 400 世代時，基因字串族群便不再往較低維修成本及較高服務年限之區域逼近。



圖 3-14 污水管網子系統 G 管網圖

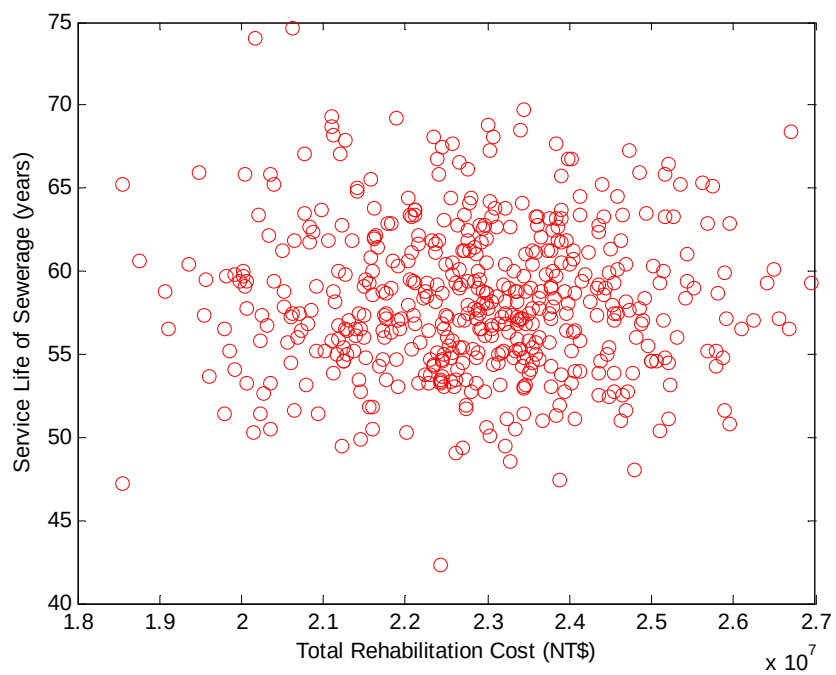


圖 3-15 初始世代演算結果

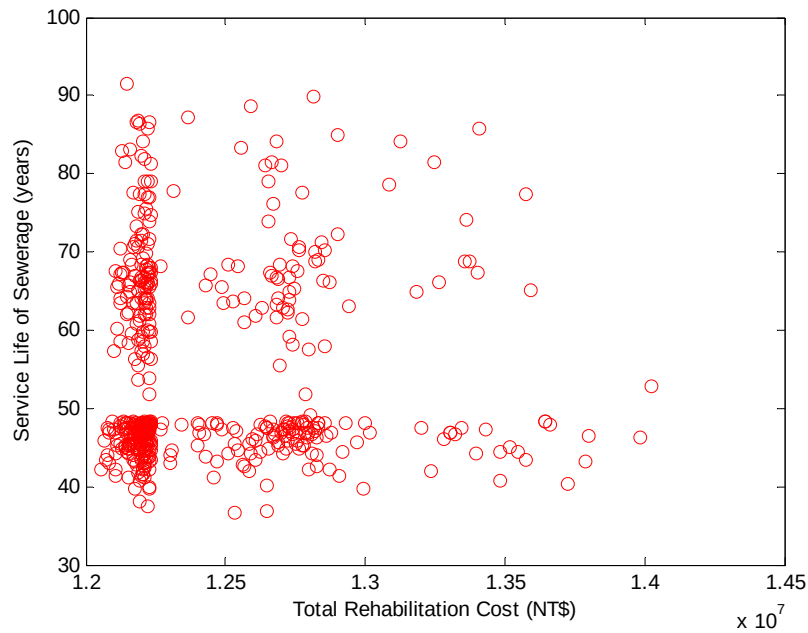


圖 3-16 最終世代演算結果

圖 3-17 所示為基因演算法以 0.5、0.6、0.7 以及 0.8 等四項交配率進行 400 世代之最佳權衡曲線搜尋結果，圖中發現利用 0.5、0.6、0.7 以及 0.8 等四種交配率均可獲得接近之權衡曲線，足以證明本研究所發展之基因演算優選模式具備強大全域最佳解搜尋能力。將最佳維修優選方案匯入地理資訊系統作視覺化展示(圖 3-18 及圖 3-19 所示)，可便於管線單位實行下水道修繕管理。

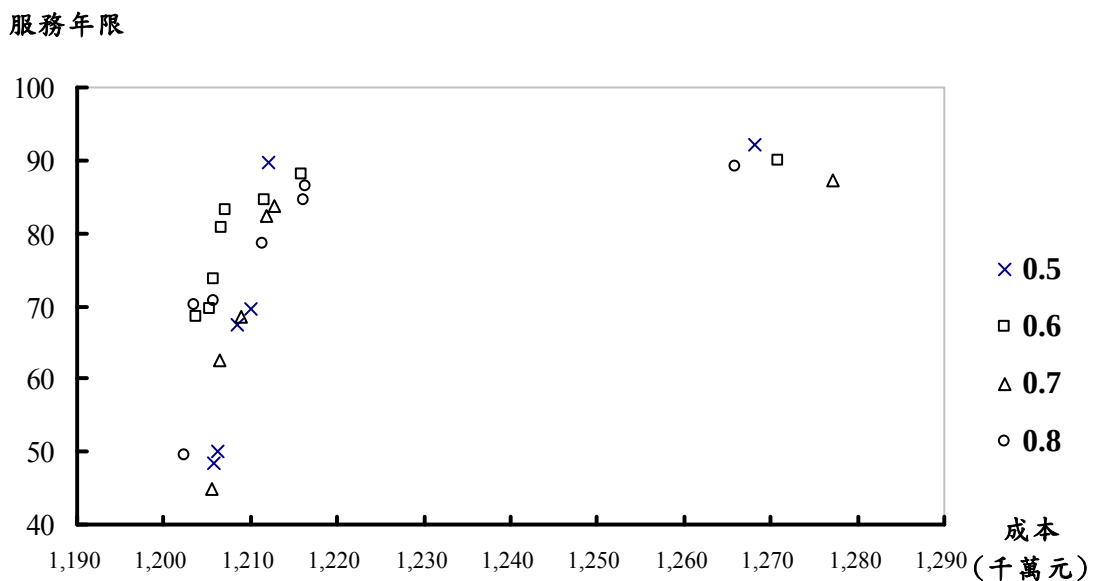


圖 3-17 不同交配率所獲得之最佳權衡解

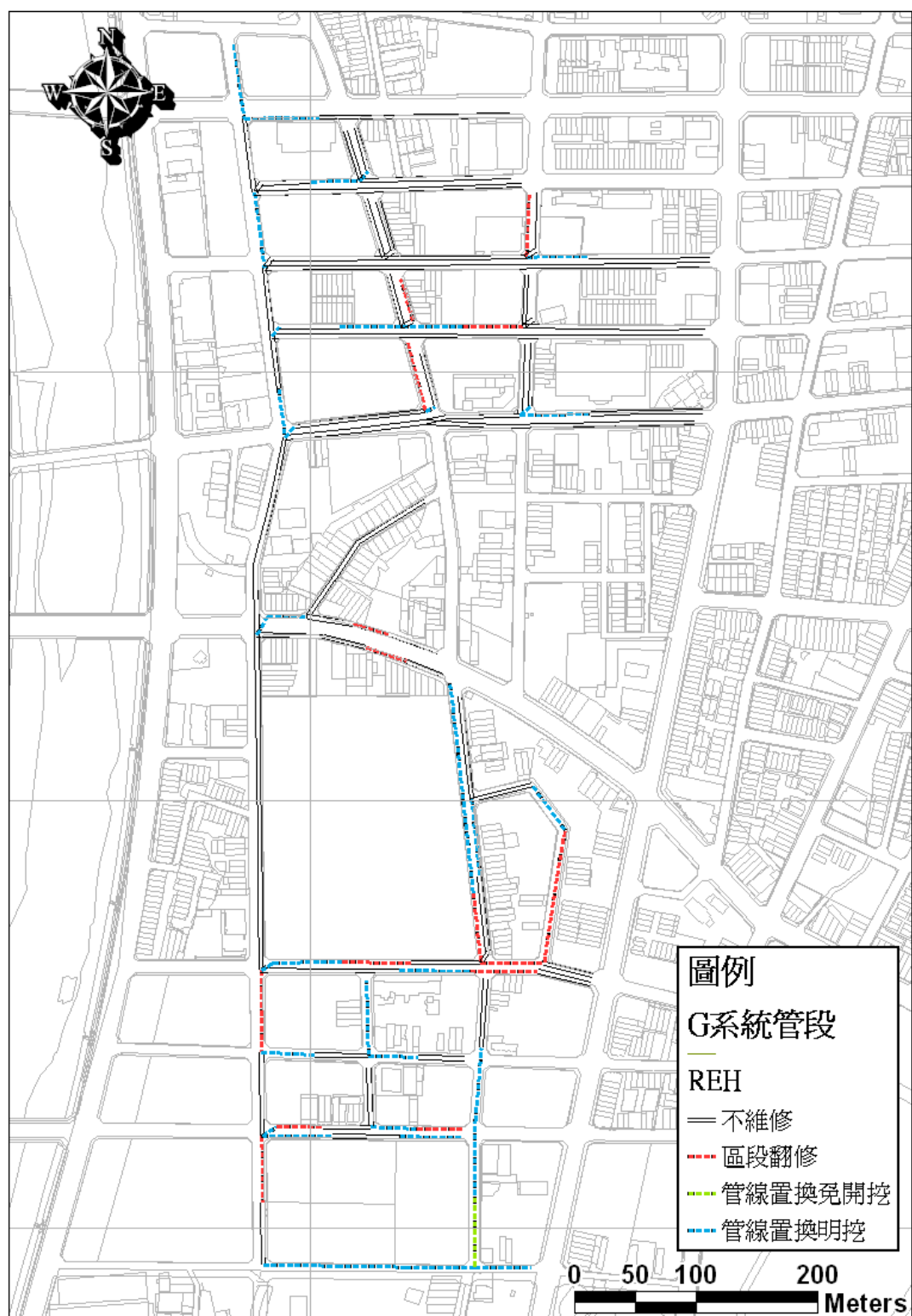


圖 3-18 台中市九期重劃區污水管網子系統維修工法優選結果展示

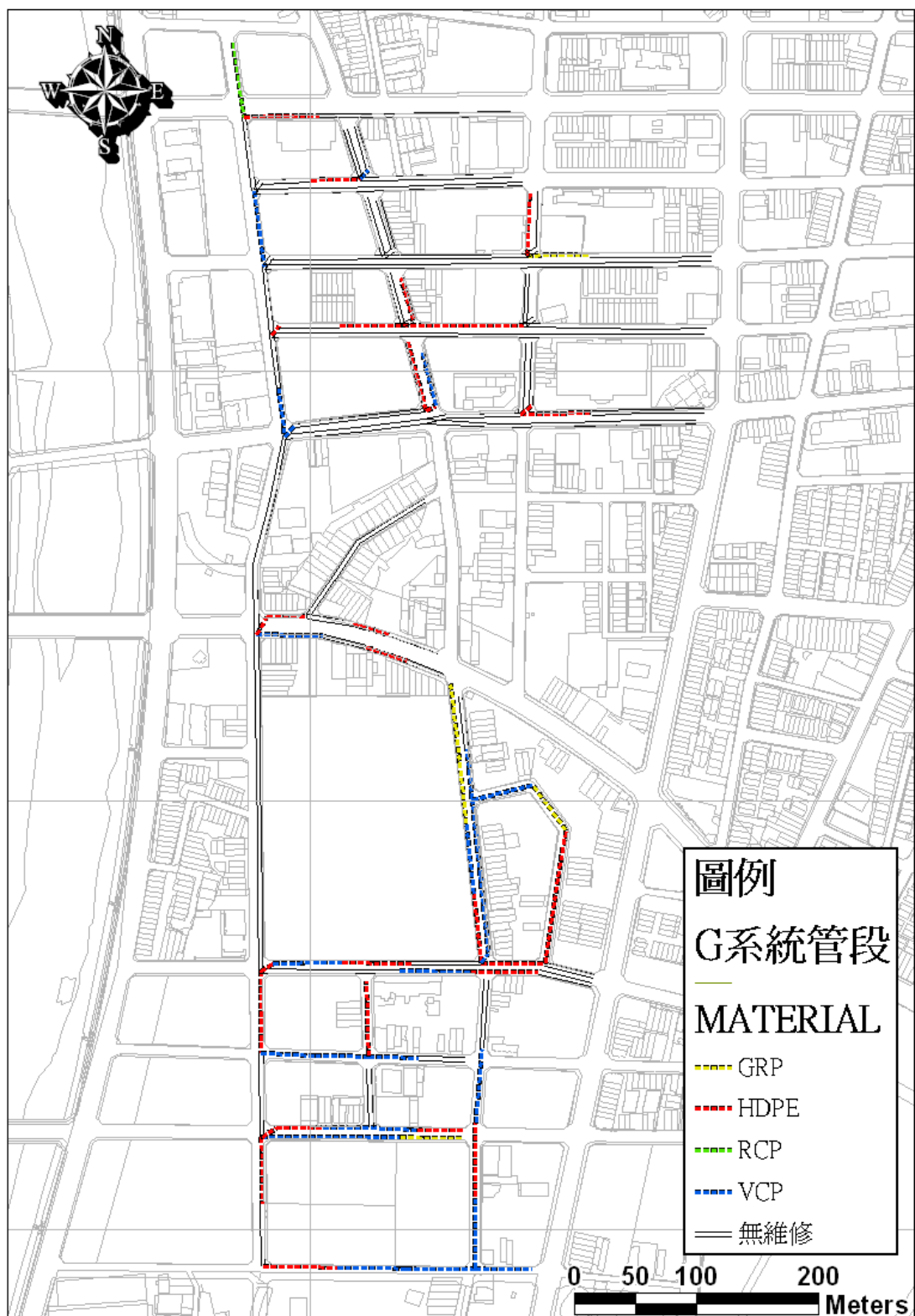
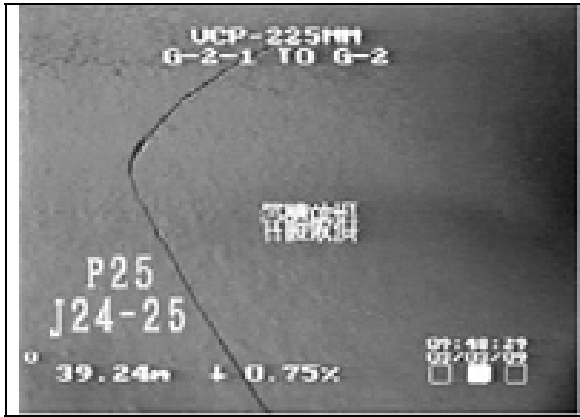
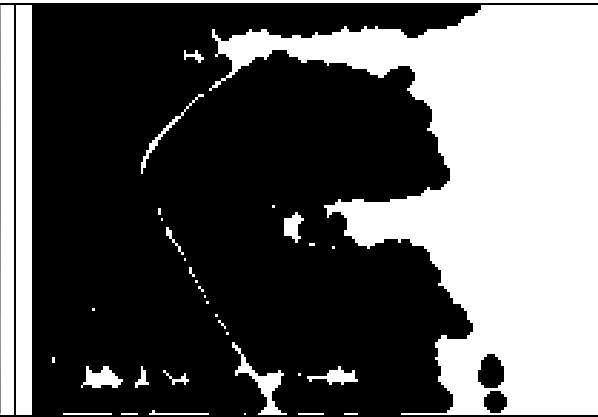
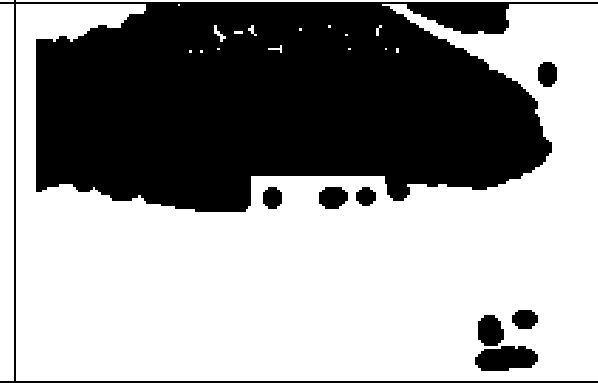


圖 3-19 台中市九期重劃區污水管網子系統置換管材優選結果展示

3.5. 管線檢視維修流程執行績效評估

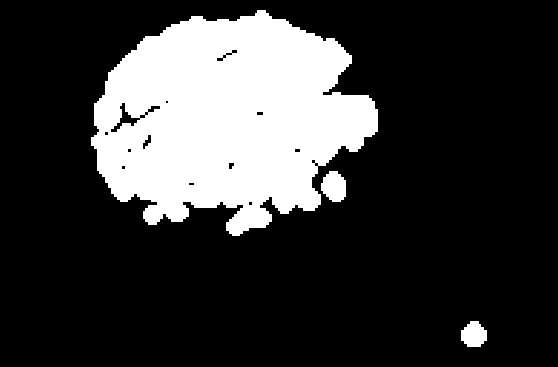
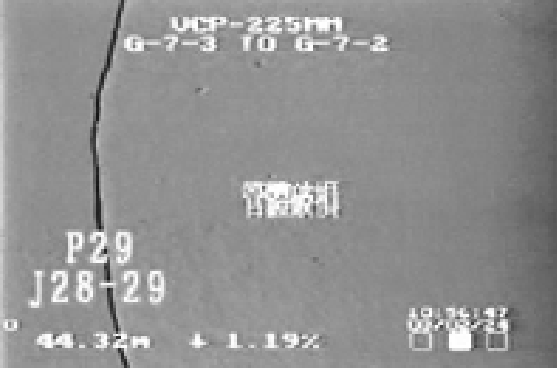
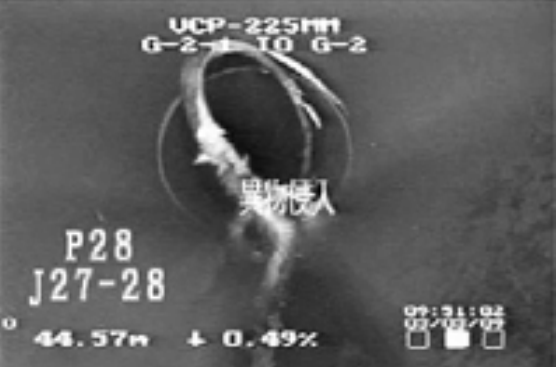
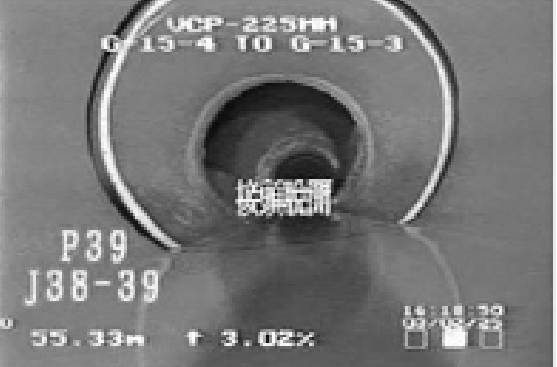
3.5.1. 管線檢視

由前期研究結果發現，以影像處理技術為基礎所發展的管線缺失診斷系統，是否能有效從 CCTV 影像上擷取管線缺失型態特徵，則與 CCTV 影像拍攝條件有極大關係。CCTV 影像拍攝條件包括：相機自身解析能力、鏡頭的拍攝角度、姿態及輔助光源投射等。98 年研究探討之管線缺失主要分為：管線崩塌、裂縫、異物入侵及接頭脫開四項主要缺失。圖 3-20 及圖 3-22 皆為人工判釋為裂縫之影像，兩影像經由形態分割擷取其缺失特徵所獲得之結果分別為圖 3-21 及圖 3-23 所示，由圖中可清楚的辨識出該缺失之形態特徵為裂縫。但圖 3-23 顯示，因拍攝時自走車上輔助光源照射位置不恰當，導致影像經處理後，並無法有效找出裂縫的型態。

	
圖 3-20 較佳拍攝影像	圖 3-21 影像處理後缺失型態有效擷取
	
圖 3-22 光源投射不恰當之拍攝影像	圖 3-23 影像處理後缺失型態無法有效擷取

因此，CCTV 影像拍攝條件對影像缺失特徵擷取及形態分割成果將造成極大之影響。整合過去研究成果，本研究認為理想化之各項缺失拍攝影像其二元化形態分割成果，如下圖 3-24 至圖 3-31 所示。

此外，透過企業領袖座談會及專家座談會之方式，並與台中市政府進行業務訪談後，了解現行 CCTV 影像拍攝過程並未制定相關準則，導致影像拍攝品質良莠不齊，而目前現行政府機關並未有相關人才可進行此一缺點之改進，故本研究期望透過與國內從事下水道檢測維修之工程顧問公司合作，研擬一下水道影像拍攝品質檢視技術，透過檢視技術以評估檢核其影像拍攝品質是否合乎檢驗單位之要求。

	
圖 3-24 較佳之「崩塌」拍攝影像	圖 3-25 「崩塌」缺失型態
	
圖 3-26 較佳之「裂縫」拍攝影像	圖 3-27 「裂縫」缺失型態
	
圖 3-28 較佳之「異物入侵」拍攝影像	圖 3-29 「異物入侵」缺失型態
	
圖 3-30 較佳之「接頭脫開」拍攝影像	圖 3-31 「接頭脫開」缺失型態

3.5.2. 建立評估方法

經由輔導縣市政府及廠商進行管線檢視過程中發現，承辦人員對於廠商所提送的 CCTV 檢視影帶無法客觀檢視影像品質，導致承辦人員有時無法從影帶中得知拍攝內容。此外，較差的 CCTV 檢視影像品質亦會影響現地檢視人員對管線缺失的判釋，因而造成後續維修決策之錯誤。故本研究建立一 CCTV 影像品質評估方法，藉由影像品質量化方式便於承辦人員評估管線檢視維修績效。相關方法及執行步驟說明如下：

A. CCTV 影像取得

台中市政府近年來為進行用戶接管工程，積極對早期所埋設的主、次幹管進行檢視。台中地區汙水下水道大多以 vitrified clay pipe (VCP) 以及 polyvinyl chloride (PVC) 管埋設，依據所蒐集的 CCTV 檢視影帶發現，現地檢視人員評估主要的缺失類別為裂縫及接頭脫開。此外，裂縫取像方式為 CCTV 視準軸近似垂直管壁拍攝，而接頭脫開取像方式為 CCTV 視準軸與汙水管線軸心平行方向拍攝。

一卷 CCTV 檢視影帶通常包含數千甚至上萬幅 CCTV 檢視影像。之中少數幾幅檢視影像已經由現地檢視人員判視並標註影像上所顯示的缺失類別，然而大多數的檢視影像於現地拍攝時仍未經過判視。對於建立此一下水道檢視影像品質檢測方法之先期研究，本研究利用一影帶處理軟體_VirtualDub (SourceForge.net, 2009) 擷取出 60 幅 CCTV 檢視影像進行測試，其中 30 幅已經過現地檢視人員判視缺失類別，另外 30 幅則尚未判視。

B. CCTV 檢視影像品質評估

影像經由壓縮、拍攝時不適當的光源能量及對比、以及拍攝器材本身的系統雜訊均可能產生較差的影像品質 (Pappas & Safranek, 2000)。目

前，Mean Squared Error (MSE), Peak Signal to Noise Ratio (PSNR), Root Mean Squared Error (RMSE), Mean Absolute Error (MAE), and Signal-to-Noise Ratio (SNR)等方法，由於其公式簡單易於計算處理且具有明確的物理意義，已廣泛應用於量測影像品質之相關研究 (Wang & Bovik, 2002; Wang et al., 2004a)。然而，上述量化方法之評估結果並無法適切地表達人眼視覺系統所認知的影像品質，因此亦有部分文獻採取 Human Visual System (HVS)其符合人眼視覺系統之優點進行影像品質評估 (Wang et al., 2004a)。基於 HVS，Wang and Bovik (2002) 提出一影像品質評估方法，該方法所考慮的三種影響因子包括：光源畸變、對比畸變、以及物體結構性等。

由於任兩幅下水道檢視影像所顯示的物體結構性有很大差異，因此本研究所提出的影像品質評估方法僅考慮光源及對比畸變，換句話說，即比較下水道檢視影像與品質理想影像之光源及對比差異。研究流程如圖 3-32 所示。首先，建立一參考影像資料庫提供數幅理想影像做為檢視影像品質評估之基礎。理想影像可搜集自相關具公信力單位所公佈的檢視範例影像。為確保所蒐集的範例影像具穩定之影像品質水準。本研究對範例影像進行內部一對一影像品質指標(Q)計算，因此每一範例影像均會獲得一 Q 值，設定某一門檻值，若其 Q 值大於該門檻值，則該幅範例影像評定為理想影像，否則捨棄之。之後，每一幅檢視影像與理想影像依據上述方法進行外部一對一影像品質指標計算，計算所得到之 Q 值即代表該幅檢視影像之品質。

C. 影像品質指標

設 $\mathbf{X}$ 和 $\mathbf{Y}$ 分別表示理想影像及待評估檢視影像，且 $x = \{x_i \mid i = 1, 2, \dots, N\}$ 及 $y = \{y_i \mid i = 1, 2, \dots, N\}$ 表介於 0 至 255 之影像灰階值， N 表影像像元數目。本研究考慮光源及對比畸變所提出的影像品質評估指標計算如下：

$$Q = L \cdot C \quad (1)$$

其中

$$L = \frac{2\overline{xy}}{(\overline{x})^2 + (\overline{y})^2} \quad (2)$$

$$C = \frac{2\sigma_x \sigma_y}{\sigma_x^2 + \sigma_y^2} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \overline{x} &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i & \overline{y} &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i \\ \sigma_x^2 &= \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \overline{x})^2 & \sigma_y^2 &= \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (y_i - \overline{y})^2 \end{aligned}$$

L 值介於 0 到 1 之間，L 之參數包括理想影像及待評估檢視影像之灰階值平均，由於影像灰階值通常可視為影像所顯示物體光源之變化，因此 L 可表示理想影像及待評估檢視影像兩者間之光源差異 (Strasburger et al., 2002; Wang et al., 2004b; Zhang et al., 2005)。同樣 C 值亦介於 0 到 1 之間，C 之參數包括理想影像及待評估檢視影像灰階值之標準偏差，因此 C 值可視為兩幅影像 X 和 Y 之對比相似度 (Franti, 1998; Wang & Bovik, 2002; Wang et al., 2004b)。由於 L 及 C 值均介於 0 到 1 之間，故 Q 值亦介於 0 到 1 之間，若待評估檢視影像之 Q 值越接近 1，則表示其影像品質越佳；反之則越差。本研究所有的待評估檢視影像均會與每一幅理想影像計算其 L 與 C 值，若有 M 幅理想影像，則每一幅待評估檢視影像之 Q 值計算如下：

$$Q = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M \frac{4\overline{(x)}_j \overline{y}(\sigma_x)_j \sigma_y}{[(\sigma_x^2)_j + \sigma_y^2][(\overline{(x)}_j)^2 + (\overline{y})^2]} \quad (4)$$

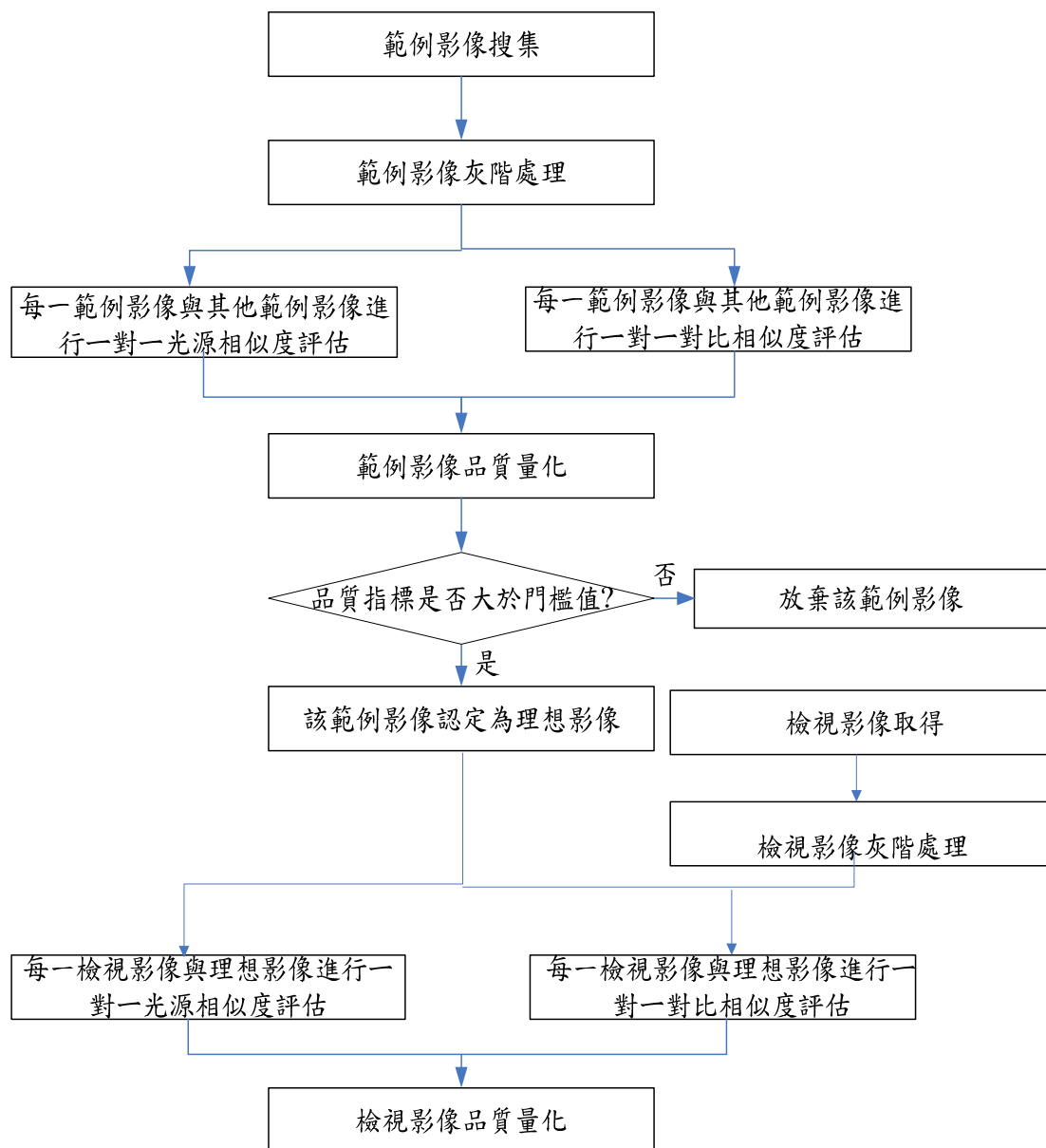


圖 3-32 檢視影像品質量化研究流程

D. 理想影像確認

本研究蒐集 8 幅公佈自英國水研究中心(Water Research Centre, WRC)所出版的下水道缺失分類手冊(the manual of sewer condition classification)的檢視範例影像 (UK water industry engineering and operations committee, 1994)，作為理想影像之候選圖 3-33 所示)。8 幅檢視範例影像分別顯示『Fractures multiple』、『Debris』、『Hole』、『Spalling large』、『Collapse』、『Open joint』、『Broken』、『Deformed sewer』等 8 種管線缺失類別，表 3-9 為 8 幅候選影像之內部影像品質評估結果。在表 3-9，每一候選影像除了其本身之外，均與其他 7 幅候選影像作 Q 值計算，因此表 3-9 中的 Q 值即為每一候選影像之平均 Q 值，同時其結果以一對稱矩陣表示(表 3-9)。從表 3-9 中看出，『Debris』與『Spalling large』兩者之 Q 值低於所設定的門檻值 0.9，且兩者彼此間所計算的 Q 值 0.6372 明顯偏低，其中 L 值為 0.865，C 值為 0.7367。因此，本研究剔除『Debris』與『Spalling large』之範例影像，保留其餘 6 幅範例影像作為理想影像。



(a) Fractures multiple



(b) Debris



(c) Hole



(d) Spalling large



(e) Collapse



(f) Open joint



(g) Broken



(h) Deformed sewer

圖 3-33 範例影像(英國水研究中心提供)

E. 影像品質分析

本研究分析 60 幅待評估影像之影像品質，影像品質由光源及對比決定，因此 60 幅待評估影像與 6 幅理想影像之光源與對比相似度分析如圖 22 所示。圖 3-34 所顯示的散佈圖，散佈點越接近右上角，則待評估影像與理想影像之光源與對比越相近。比較圖 3-34 中的 6 幅散佈圖發現(b)中大多數的散佈點比其他任一散佈圖中的散佈點更接近該幅散佈圖之右上角。換句話說，60 幅待評估影像之光源及對比與『Hole』之理想影像之光源及對比極為相近。除此之外，對比相對於光源有較廣的值域分佈範圍，因此影像品質主要受制於影像對比之影響。由圖 3-34 發現，對比之所以其值域分佈範圍較廣的原因在於 PVC 管內所拍攝的檢視影像，其 C 值(與理想影像對比相似)較低，大多低於 0.85。以『Open joint』為例，顯示該缺失在 VCP 及 PVC 管內所拍攝的影像情景，兩幅影像之 L(與理想影像光源相似)，C，以及 Q 值分別為 0.9757, 0.8971, 0.8754 以及 0.9853, 0.7317, 0.7209。很明顯地，PVC 影像之 C 值偏低導致其影像品質較差。

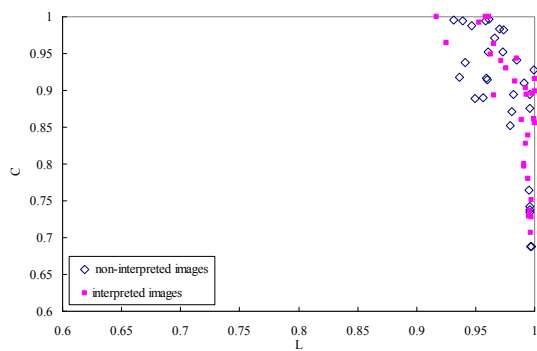
從 CCTV 檢視帶發現，有時為了取得細節的缺失部位影像，現地檢視人員會旋轉攝影機的角度進行取景。圖 3-36 分別顯示 VCP 管中的裂縫在攝影機靜態及旋轉狀態所拍攝的情景，圖 3-35(b)明顯看出攝影機在旋轉狀態下所拍攝的畫面看起來較模糊。比較圖 3-36(a)及圖 3-36(b)發現，攝影機旋轉時雖然對光源的畸變影響較小(攝影機靜態及旋轉時拍攝時，L 值分別為 0.984 及 0.9823)；然而對對比畸變影響較大(攝影機靜態及旋轉時拍攝時，C 值分別為 0.909 及 0.8752)。因此，攝影機旋轉時將降低影像對比，進而降低影像品質。

依據圖 3-34 的結果，60 幅待評估影像對 6 幅理想影像之 L，C，以及 Q 值分別之平均值及標準偏差列於表 3-10 所示。由表 3-10 發現，經現地檢視人員判視缺失類別的影像其影像品質卻比未經判視的影像

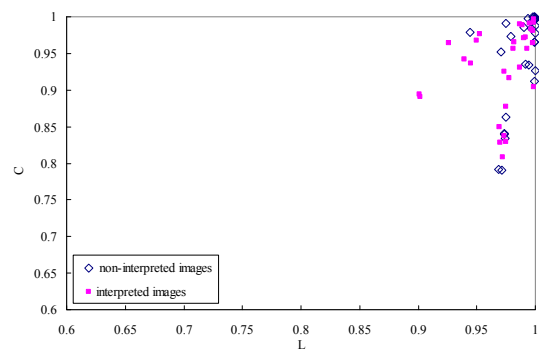
之影像品質稍差，此結果與原先本研究未進行影像品質評估前的預想結果恰巧相反。說明在目前檢視設備未提供量化數據予現地檢視人員了解影像品質之情況下，檢視人員單憑目視所認定之影像品質不見得是最佳。因此，本研究所提出的影像品質評估指標，若整合入現有下水道檢視設備，將可提供影像品質量化數據予現地檢視人員，指導其進行影像光源及對比調整，以獲得品質較佳之檢視影像。表 3-10 亦發現，60 幅待評估影像與每一幅理想影像間的 L 值之標準偏差明顯小於 C 值之標準偏差；換句話說，對比相對於光源作增揚，預期對影像品質有較佳改善效果。因此，以下對影像對比增揚作敏感度分析，以觀察影像品質改善程度。

F. 對比增揚對影像品質改善之敏感度分析

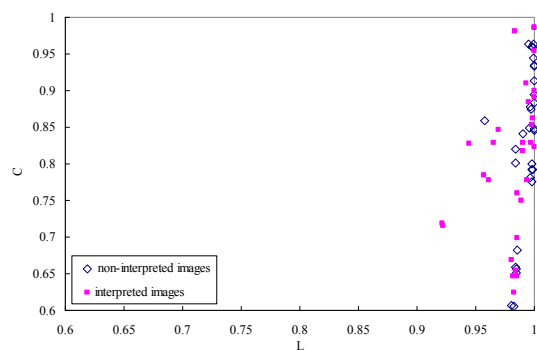
對比增揚敏感度分析以圖 3-35 中的 CCTV 影像作測試，觀察其影像品質改善情況。依據影像直方圖，圖 3-35 中的兩幅影像其對比各由 0% 增揚至 100%，且每 10% 作為增揚強度間隔。圖 3-37 為對比增揚的敏感度分析結果，從結果看出對比增揚可降低對比畸變卻惡化光源畸變，然而整體影像品質是提升的。特別是對於 PVC 影像，其影像品質的提升明顯依賴對比增揚的效果(見圖 3-37 (b))。圖 3-37 顯示對比增揚對影像品質改善效果，會隨所拍攝的管線材質因對光源反射特性之不同而有所差異。從敏感度分析結果發現，同時對 PVC 影像及 VCP 影像作對比增顯，PVC 影像之影像品質改善程度優於 VCP 影像。表 3-11 列出圖 3-37 相對應的相關數據，可以看出 VCP 及 PVC 影像經由 0% 至 100% 之對比增揚後，其影像品質改善程度分別為 5% 及 12%。藉由此敏感度分析得知，適當的對比調整將有助於改善 CCTV 檢視影像之影像品質。



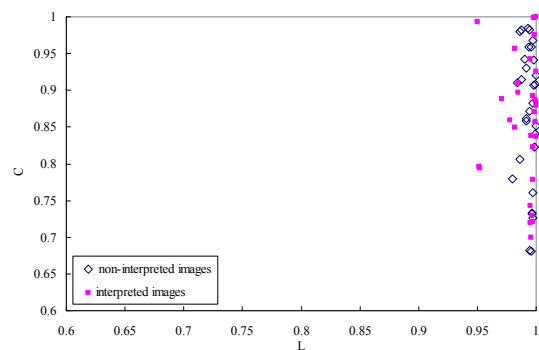
(a) Fractures multiple



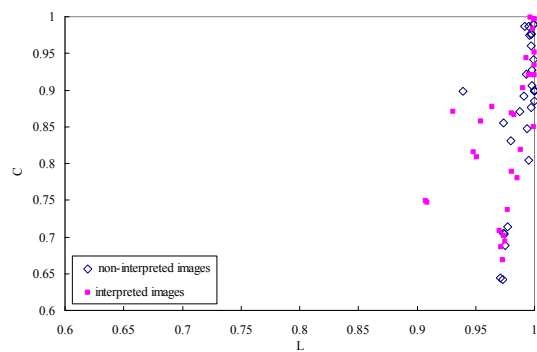
(b) Hole



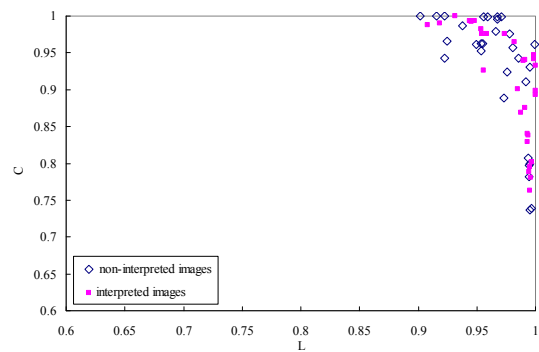
(c) Collapse



(d) Open joint

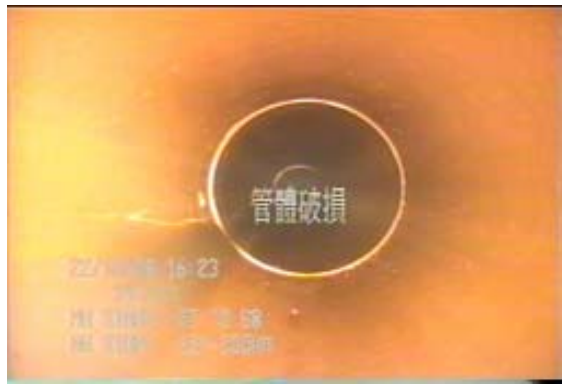


(e) Broken

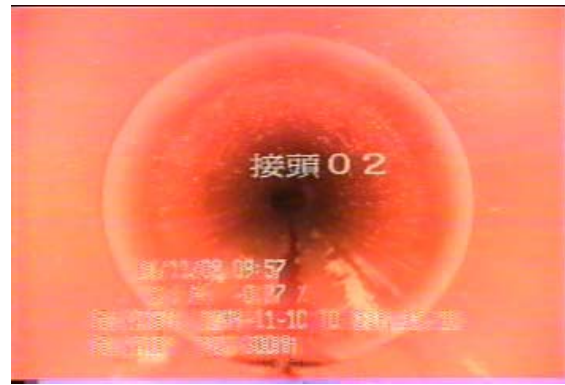


(f) Deformed sewer

圖 3-34 待評估影像與範例影像之光源及對比分析



(a)



(b)

圖 3-35 (a) VCP 管內部影像; (b) PVC 管內部影像



(a)



(b)

圖 3-36 VCP 管內部裂縫 (a)攝影機靜止狀態下拍攝; (b)攝影機旋轉狀態下拍攝

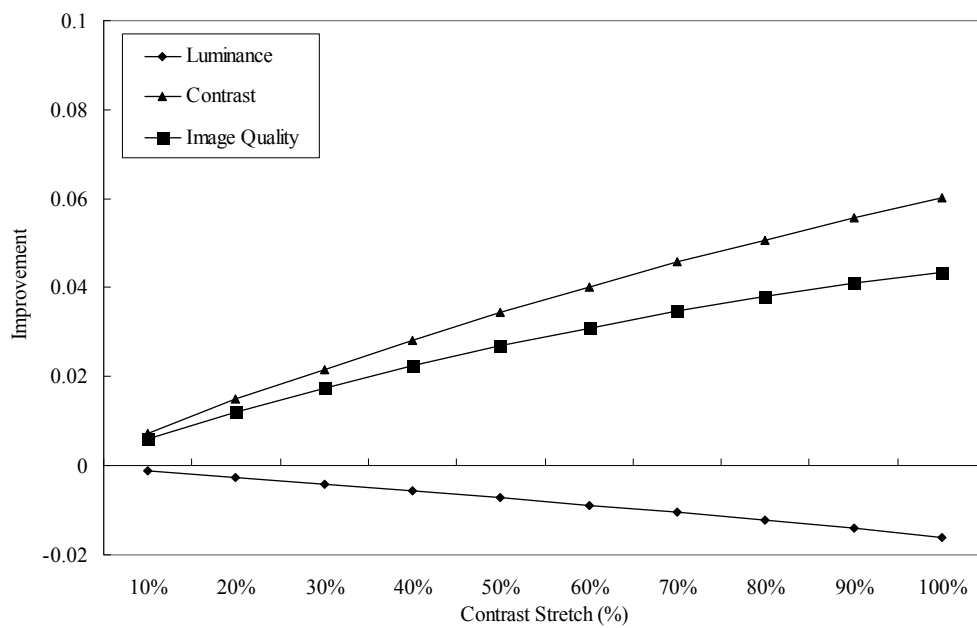
表 3-9 英國水研究中心範例影像內部影像品質評估

管線 缺失	FM	D	H	SL	C	OJ	B	DS	Q
FM	1	0.8047	0.9383	0.9436	0.9503	0.9825	0.9556	0.9957	0.9387
D	0.8047	1	0.9173	0.6372	0.7603	0.8172	0.7939	0.8232	0.7934
H	0.9383	0.9173	1	0.7918	0.9402	0.9636	0.9605	0.9385	0.9215
SL	0.9436	0.6372	0.7918	1	0.8652	0.9084	0.8851	0.9393	0.8530
C	0.9503	0.7603	0.9402	0.8652	1	0.9886	0.9962	0.9299	0.9187
OJ	0.9825	0.8172	0.9636	0.9084	0.9886	1	0.9949	0.9763	0.9474
B	0.9556	0.7939	0.9605	0.8851	0.9962	0.9949	1	0.9268	0.9304
DS	0.9957	0.8232	0.9385	0.9393	0.9299	0.9763	0.9268	1	0.9328

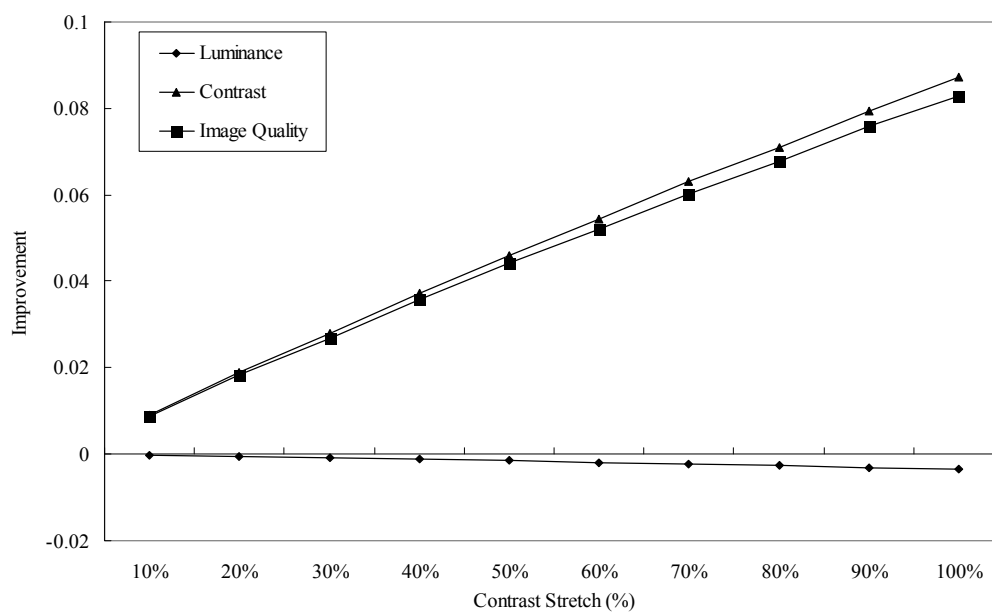
備註：『FM』，『D』，『H』，『SL』，『C』，『OJ』，『B』，和『DS』分別表示『Fractures multiple』，『Debris』，『Hole』，『Spalling large』，『Collapse』，『Open joint』，『Broken』，和『Deformed sewer』

表 3-10 待評估影像品質評估結果

理想 影像	30 幅經現地檢視影像						30 幅未經現地檢視影像					
	L		C		Q		L		C		Q	
	Mean	Std.	Mean	Std.	Mean	Std.	Mean	Std.	Mean	Std.	Mean	Std.
FM	0.9813	0.0219	0.8755	0.0890	0.8578	0.0755	0.9722	0.0214	0.8931	0.0952	0.8670	0.0822
H	0.9729	0.0272	0.9330	0.0567	0.9081	0.0674	0.9888	0.0143	0.9469	0.0667	0.9368	0.0737
C	0.9818	0.0216	0.8079	0.1051	0.7941	0.1114	0.9929	0.0094	0.8256	0.1093	0.8202	0.1125
OJ	0.9897	0.0150	0.8649	0.0890	0.8560	0.089	0.9938	0.0052	0.8693	0.0941	0.8638	0.0930
B	0.9765	0.0258	0.8455	0.1018	0.8270	0.1127	0.9888	0.0139	0.8697	0.1075	0.8607	0.1131
DS	0.9757	0.0268	0.9111	0.0756	0.8876	0.0600	0.9658	0.0278	0.9286	0.0831	0.8954	0.0688



(a)



(b)

圖 3-37 對比增揚敏感度分析 (a) VCP 影像; (b) PVC 影像

表 3-11 VCP 及 PVC 管影像對比增揚之影像品質改善敏感度分析

影像	對比增揚	L		C		Q	
		數值	改善	數值	改善	數值	改善
VCP 管	0%	0.9757	-	0.8971	-	0.8754	-
	+10%	0.9745	-0.0012	0.9043	0.0072	0.8814	0.0060
	+20%	0.9731	-0.0026	0.9120	0.0149	0.8875	0.0121
	+30%	0.9716	-0.0041	0.9187	0.0216	0.8927	0.0173
	+40%	0.9701	-0.0056	0.9253	0.0282	0.8978	0.0224
	+50%	0.9685	-0.0072	0.9315	0.0344	0.9023	0.0269
	+60%	0.9669	-0.0088	0.9372	0.0401	0.9064	0.0310
	+70%	0.9652	-0.0105	0.9428	0.0457	0.9101	0.0347
	+80%	0.9635	-0.0122	0.9478	0.0507	0.9134	0.0380
	+90%	0.9616	-0.0141	0.9528	0.0557	0.9164	0.0410
	+100%	0.9597	-0.0160	0.9572	0.0601	0.9189	0.0435
PVC 管	0%	0.9853	-	0.7317	-	0.7209	-
	+10%	0.9850	-0.0003	0.7409	0.0092	0.7298	0.0089
	+20%	0.9848	-0.0005	0.7507	0.0190	0.7392	0.0183
	+30%	0.9844	-0.0009	0.7596	0.0279	0.7478	0.0269
	+40%	0.9841	-0.0012	0.7688	0.0371	0.7566	0.0357
	+50%	0.9838	-0.0015	0.7776	0.0459	0.7650	0.0441
	+60%	0.9834	-0.0019	0.7861	0.0544	0.7730	0.0521
	+70%	0.9830	-0.0023	0.7947	0.0630	0.7812	0.0603
	+80%	0.9826	-0.0027	0.8026	0.0709	0.7886	0.0677
	+90%	0.9822	-0.0031	0.8111	0.0794	0.7967	0.0758
	+100%	0.9818	-0.0035	0.8188	0.0871	0.8039	0.0830

3.5.3. 台中市政府示範帶分析成果

本研究將台中市政府所提供的廠商的下水道檢視影像做影像評估(33 標及 35 標因故未能取得)，以 VirtualDub 軟體將檢視帶中註明"開始檢視"及"檢視完成"之間的影像序列擷取出來(部份無註明則自行挑選拍攝於下水道之間的影像)，由於每卷影帶長度不大相同，擷取出的影像少則數千張，多則數萬張，評估程式每秒約可處理 20 張影像，處理時間則視影帶長度而定。以評估程式將影像逐一與每一張標準影像計算其評估值，並計算評估值之平均值和標準差，分析成果如表 3-12~表 3-15 所示。

表 3-12 30 標各影帶影像品質評估表

		WRc_1	WRc_2	WRc_3	WRc_4	WRc_5	WRc_6	平均
012	AVG_Q	0.8784	0.8856	0.7816	0.8474	0.8102	0.9136	0.8528
	STD_Q	0.1055	0.1064	0.1204	0.1118	0.1219	0.1007	
079	AVG_Q	0.8550	0.8650	0.7492	0.8179	0.7796	0.8940	0.8268
	STD_Q	0.0860	0.0850	0.1119	0.0898	0.1197	0.0780	
102	AVG_Q	0.8882	0.8865	0.7847	0.8483	0.8188	0.9267	0.8589
	STD_Q	0.0689	0.0654	0.0946	0.0771	0.0970	0.0564	

註：WRc_1- WRc_6 為英國水研究中心提供的標準影像，分別表示『Fractures multiple』、『Hole』、『Collapse』、『Open joint』、『Broken』、『Deformed sewer』缺失。

表 3-13 31 標各影帶影像品質評估表

		WRc_1	WRc_2	WRc_3	WRc_4	WRc_5	WRc_6	平均
CB04 11-1C~11-1B	AVG_Q	0.7289	0.7647	0.6131	0.6999	0.6418	0.7811	0.7049
	STD_Q	0.0766	0.0706	0.0763	0.0755	0.0782	0.0737	
CB04 11-1C~11-1D	AVG_Q	0.7197	0.7615	0.6071	0.6952	0.6330	0.7692	0.6976
	STD_Q	0.0782	0.0752	0.0765	0.0793	0.0763	0.0747	
Cc12-3B~Cc12-3C	AVG_Q	0.7507	0.7844	0.6398	0.7258	0.6635	0.7933	0.7262
	STD_Q	0.0782	0.0731	0.1000	0.0852	0.1027	0.0692	
D1-1-F~D1-1-C	AVG_Q	0.8504	0.8947	0.7649	0.8282	0.7974	0.8949	0.8384
	STD_Q	0.0741	0.0513	0.0793	0.0746	0.0747	0.0649	

表 3-14 32 標各影帶影像品質評估表

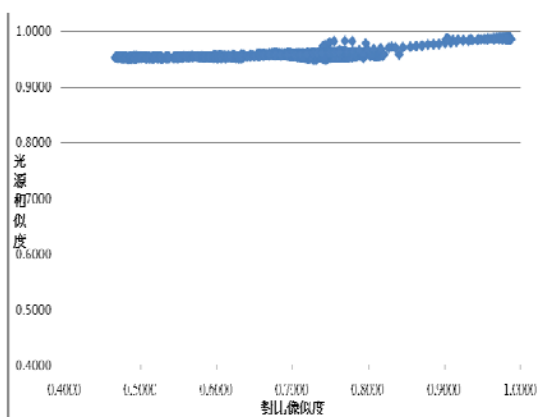
		WRc_1	WRc_2	WRc_3	WRc_4	WRc_5	WRc_6	平均
A6R-1~A6	AVG_Q	0.8754	0.8858	0.7937	0.8532	0.8327	0.9194	0.8601
	STD_Q	0.1184	0.0910	0.1248	0.1170	0.1114	0.0970	
VTS_02_1	AVG_Q	0.8775	0.8690	0.7609	0.8376	0.7980	0.9390	0.8470
	STD_Q	0.0499	0.0315	0.0575	0.0477	0.0549	0.0379	

表 3-15 34 標各影帶影像品質評估表

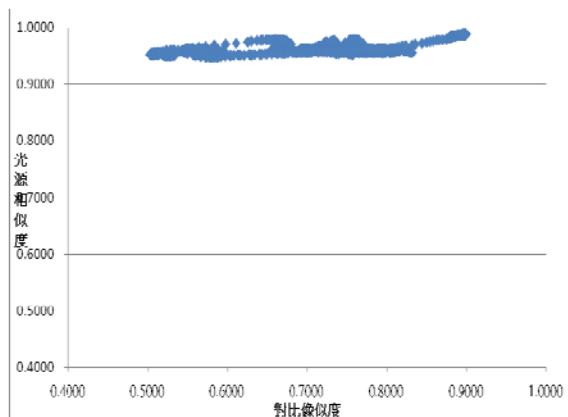
		WRc_1	WRc_2	WRc_3	WRc_4	WRc_5	WRc_6	平均
015	AVG_Q	0.8781	0.8843	0.7810	0.8425	0.8140	0.9155	0.8526
	STD_Q	0.0806	0.0761	0.1121	0.0922	0.1129	0.0665	
076	AVG_Q	0.8741	0.8739	0.7645	0.8398	0.7877	0.9098	0.8416
	STD_Q	0.0646	0.0626	0.0902	0.0752	0.0915	0.0549	
081	AVG_Q	0.8619	0.8637	0.7502	0.8254	0.7758	0.9000	0.8295
	STD_Q	0.0676	0.0648	0.0919	0.0753	0.0950	0.0575	
092	AVG_Q	0.8497	0.8656	0.7468	0.8169	0.7781	0.8930	0.8250
	STD_Q	0.0773	0.0736	0.1036	0.0883	0.1021	0.0634	

表格中 AVG_Q 為該影帶各像幅與某一標準影像評估值之平均值，STD_Q 為評估值之標準差，每卷影帶亦對其影像品質計算整體平均值。比較表 3-12 至表 3-15 發現，所獲得的 CCTV 檢視影帶(除 31 標外)，影像品質整體平均值大多大於 0.8。所評估的 13 卷 CCTV 檢視影帶中，有 4 卷影像品質整體平均值高於 0.85，有 6 卷影像品質整體平均值介於 0.85 至 0.80 之間，其餘 3 卷影像品質整體平均值低於 0.80。因此，本研究大致上對污水下水道 CCTV 檢視影像品質分為三級，0.80 以上為優良，0.80-0.70 為中等，0.70 以下為待改善，需要考慮進行重新拍攝，由圖 3-41 至圖 3-45 各影帶與標準影像差異發現，各影帶在 WRc_3 和 WRc_5 這兩張標準影像的相似度不高，表示檢視帶影像與標準影像"崩塌"和標準影像"破損"差異性大於其他影像，在被檢視的下水道影像中亦較不可能出現此兩種缺失。

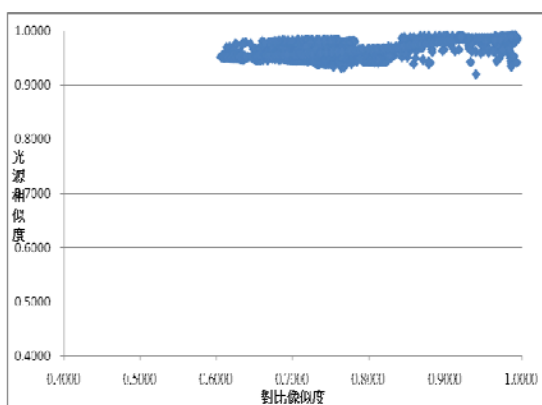
表 3-12 所示，30 標所獲得的檢視影像，其影像品質量化結果數值皆大於 0.8，且影帶編號 102 之 STD_Q 較影帶編號 012 及 079 小，故其拍攝品質最穩定。比較表 3-12 至表 3-15 發現，31 標 CCTV 影帶品質偏低，32 標 CCTV 影帶品質較好，表 3-16 至表 3-21 分別為針對 31 標及 32 標之 CCTV 檢視帶之影像品質評估中列出了光源相似度和對比相似度，AVG_L、STD_L、AVG_C、STD_C、AVG_Q、STD_Q 分別表示光源相似度的平均值和標準差、對比相似度的平均值和標準差與評估值之平均值和標準差，在同樣是 PVC 管的條件下，發現 31 標 CCTV 檢視影像之對比強度較 32 標為低(圖 3-38 及圖 3-39)，導致 31 標 CCTV 檢視影像品質較差；且由圖 3-38 至圖 3-39 亦發現，CCTV 影像對比變異較光源變異大，故本研究證明現有 CCTV 檢視器材、污水下水道檢視方式、以及檢視技術對於對比強度控制較光源強度控制不易。圖 3-40 所示為 31 標及 32 標的檢視影像，由肉眼檢視即可發現 32 標 CCTV 檢視影像畫質較 31 標細膩清楚，證實本研究所發展之 CCTV 檢視影像品質評估方式，可有效正確輔助影像品質檢驗。



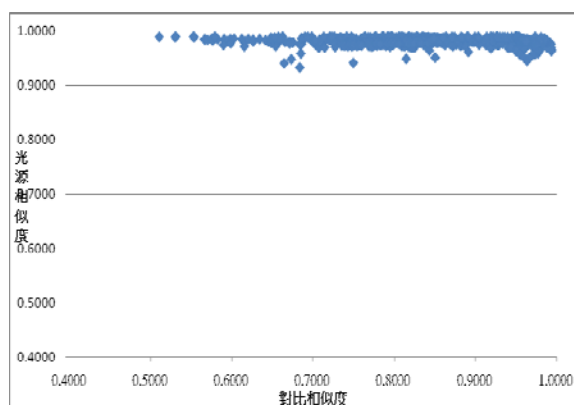
(a)CB04-11-1C~CB04-11-1B



(b)CB04-11-1C~CB04-11-1D

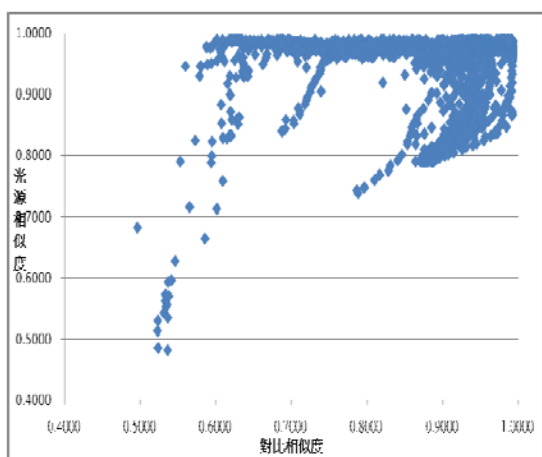


(c)Cc12-3B~Cc12-3C

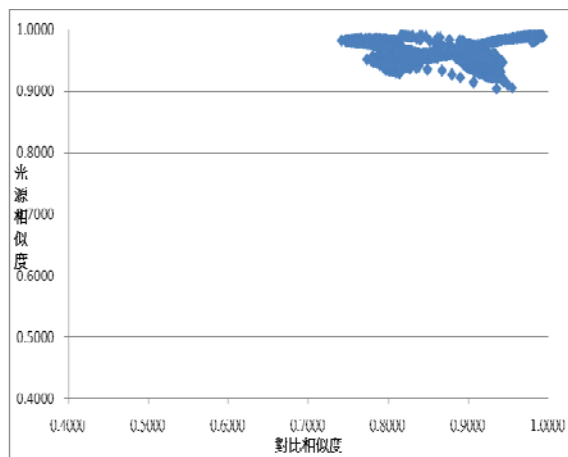


(d)D1-1-F~D1-1-C

圖 3-38 31 標各影像對比和光源相似度散佈圖



(a) A6R-1A6



(b) VTS_02_1

圖 3-39 32 標各影像對比和光源相似度散佈圖

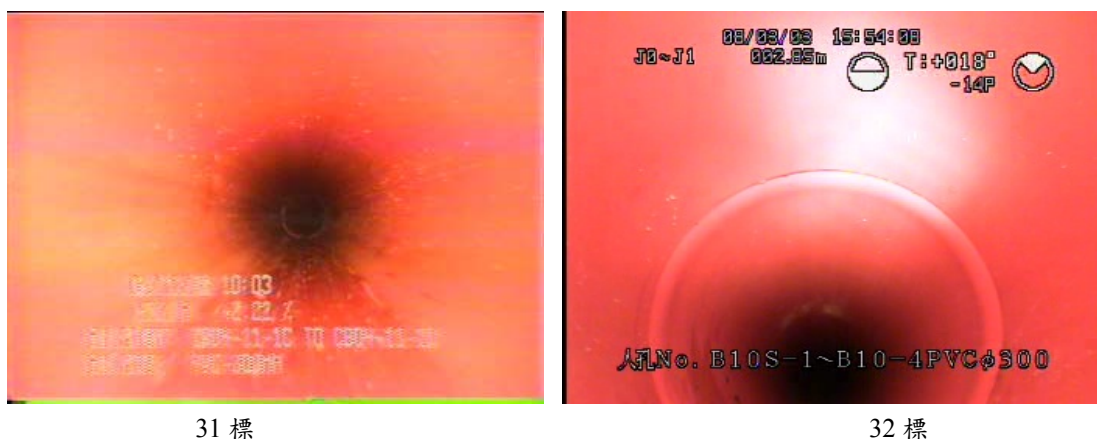


圖 3-40 31 標及 32 標檢視影像

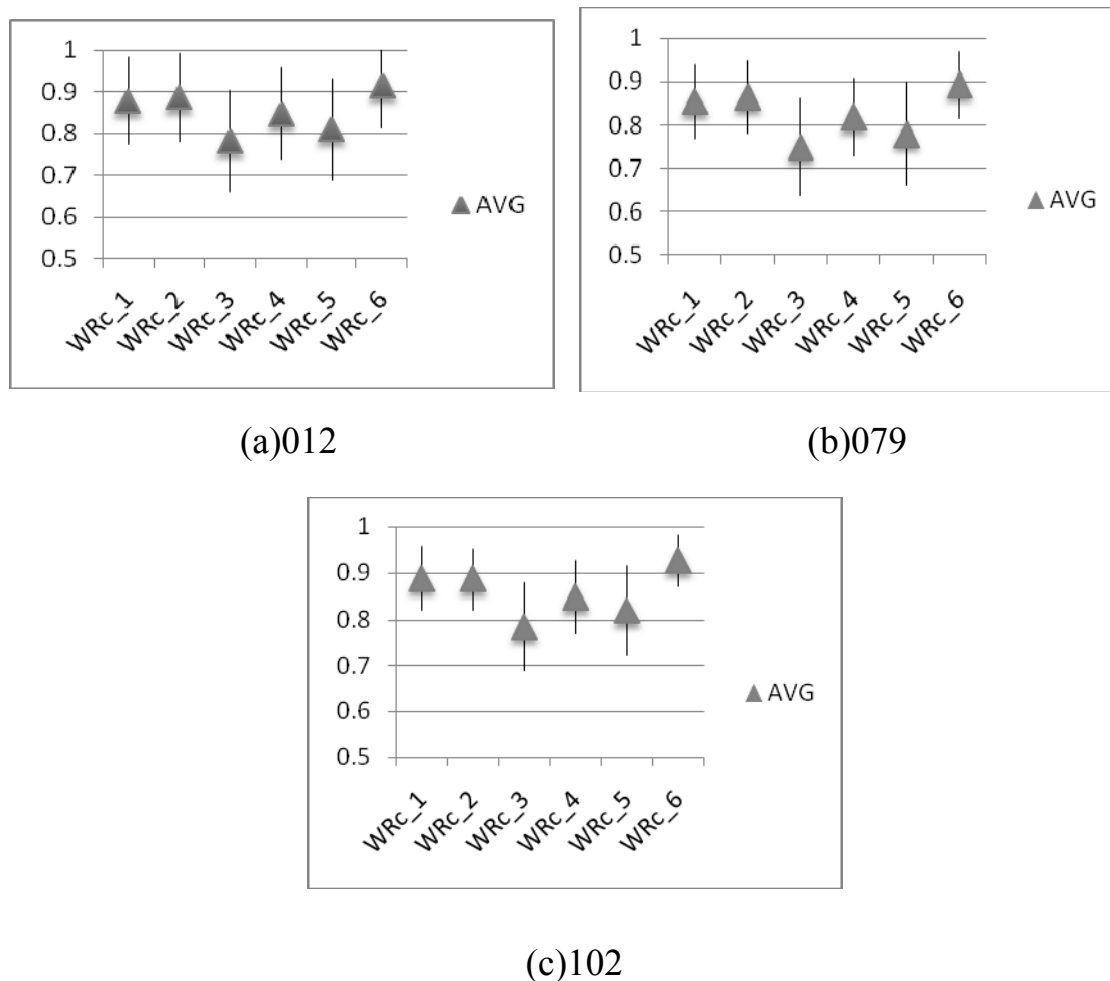
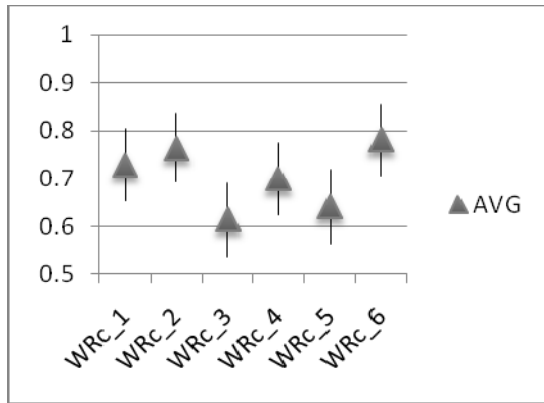
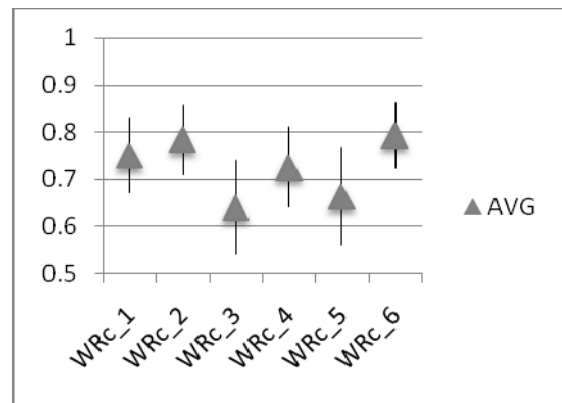


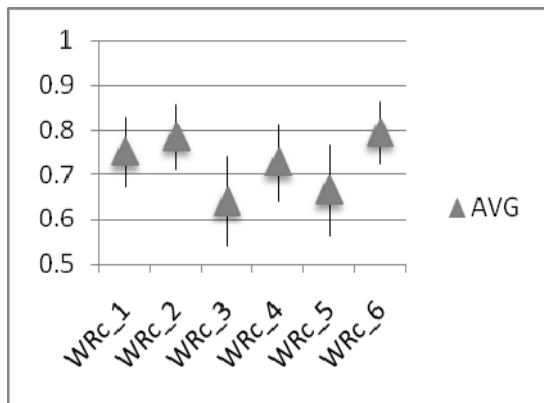
圖 3-41 30 標各影帶與標準影像差異



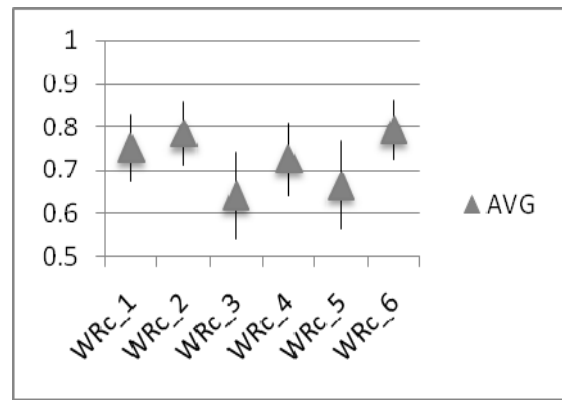
(a) CB04 11-1C~11-1B



(b) CB04 11-1C~11-1D

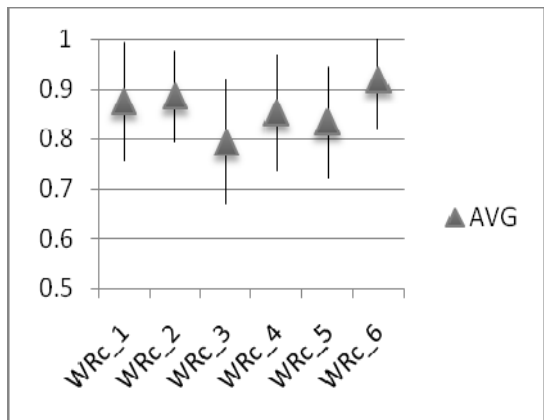


(c) Cc12-3B~Cc12-3C

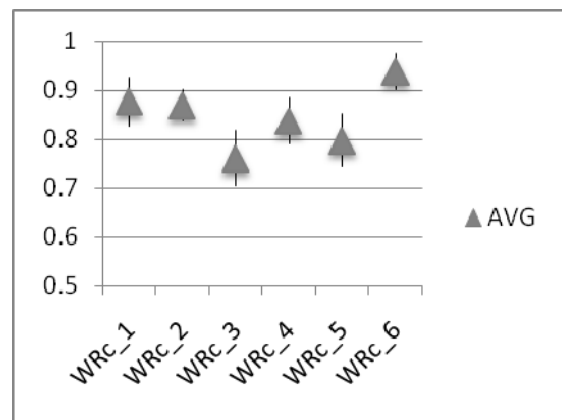


(d) D1-1-F~D1-1-C

圖 3-42 31 標各影帶與標準影像差異



(a) A6R-1~A6



(b) VTS_02_1

圖 3-43 32 標各影帶與標準影像差異

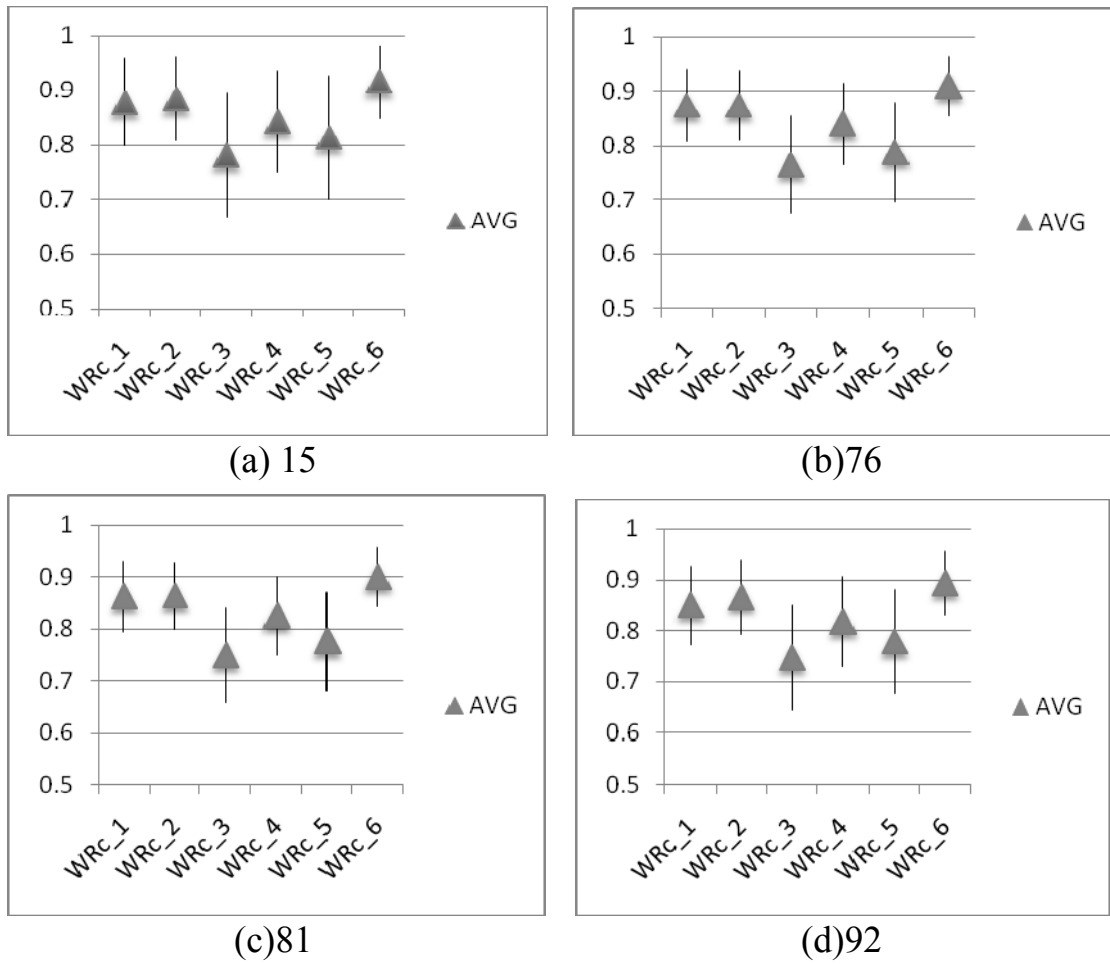


圖 3-44 34 標各影帶與標準影像差異

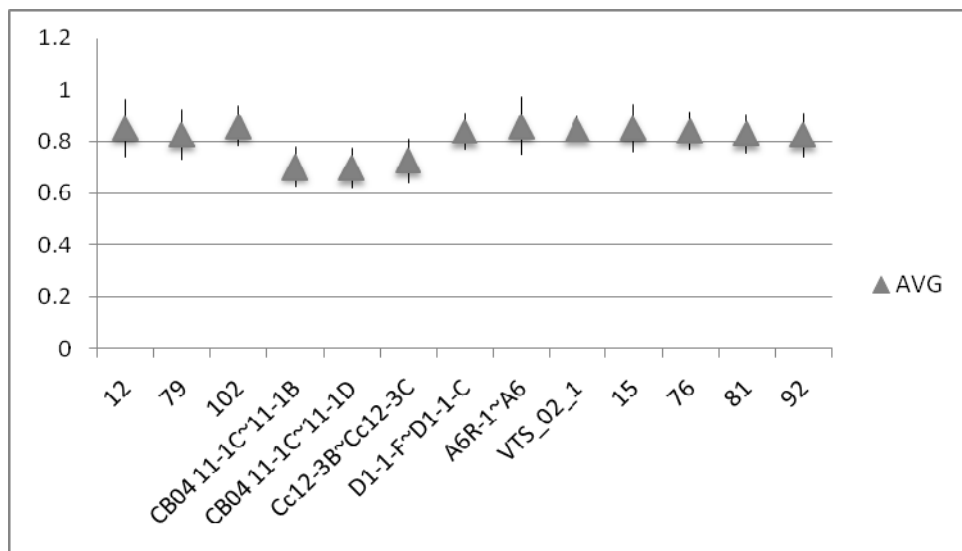


圖 3-45 各標案品質評估圖

表 3-16 31 標影帶 1 品質評估表

CB04-11-1C~CB04-11-1B						
	AVG_L	STD_L	AVG_C	STD_C	AVG_Q	STD_Q
WRc_1	0.9965	0.0011	0.7315	0.0769	0.7289	0.0766
WRc_2	0.9235	0.0091	0.8277	0.0714	0.7647	0.0706
WRc_3	0.9417	0.0083	0.6506	0.0762	0.6131	0.0763
WRc_4	0.9682	0.0052	0.7226	0.0751	0.6999	0.0755
WRc_5	0.9263	0.0110	0.6923	0.0776	0.6481	0.0782
WRc_6	0.9971	0.0024	0.7834	0.0747	0.7811	0.0737
平均值	0.9589	0.0062	0.7347	0.0753	0.7049	0.0751

表 3-17 31 標影帶 2 品質評估表

CB04-11-1C~CB04-11-1D						
	AVG_L	STD_L	AVG_C	STD_C	AVG_Q	STD_Q
WRc_1	0.9970	0.0017	0.7219	0.0787	0.7197	0.0782
WRc_2	0.9276	0.0132	0.8204	0.0754	0.7615	0.0752
WRc_3	0.9456	0.0115	0.6416	0.0766	0.6071	0.0765
WRc_4	0.9705	0.0078	0.7161	0.0789	0.6952	0.0793
WRc_5	0.9315	0.0138	0.6790	0.0760	0.6330	0.0763
WRc_6	0.9977	0.0025	0.7710	0.0756	0.7692	0.0747
平均值	0.9616	0.0084	0.7250	0.0769	0.6976	0.0767

表 3-18 31 標影帶 3 品質評估表

Cc12-3B~Cc12-3C						
	AVG_L	STD_L	AVG_C	STD_C	AVG_Q	STD_Q
WRc_1	0.9932	0.0092	0.7561	0.0824	0.7507	0.0782
WRc_2	0.9237	0.0249	0.8482	0.0613	0.7844	0.0731
WRc_3	0.9422	0.0211	0.6777	0.0919	0.6398	0.1000
WRc_4	0.9658	0.0142	0.7508	0.0803	0.7258	0.0852
WRc_5	0.9299	0.0251	0.7117	0.0915	0.6635	0.1027
WRc_6	0.9935	0.0132	0.7990	0.0754	0.7933	0.0692
平均值	0.9581	0.0180	0.7573	0.0805	0.7262	0.0847

表 3-19 31 標影帶 4 品質評估表

D1-1-F~D1-1-C						
	AVG_L	STD_L	AVG_C	STD_C	AVG_Q	STD_Q
WRc_1	0.9961	0.0082	0.8537	0.0729	0.8504	0.0741
WRc_2	0.9674	0.0105	0.9250	0.0541	0.8947	0.0513
WRc_3	0.9790	0.0078	0.7815	0.0821	0.7649	0.0793
WRc_4	0.9933	0.0064	0.8339	0.0755	0.8282	0.0746
WRc_5	0.9693	0.0098	0.8229	0.0781	0.7974	0.0747
WRc_6	0.9950	0.0089	0.8992	0.0633	0.8949	0.0649
平均值	0.9581	0.0180	0.7573	0.0805	0.7262	0.0847

表 3-20 32 標影帶 1 品質評估表

A6R-1A6						
	AVG_L	STD_L	AVG_C	STD_C	AVG_Q	STD_Q
WRc_1	0.9777	0.0550	0.8936	0.1029	0.8754	0.1184
WRc_2	0.9387	0.0622	0.9438	0.0776	0.8858	0.0910
WRc_3	0.9532	0.0590	0.8321	0.1177	0.7937	0.1248
WRc_4	0.9667	0.0547	0.8820	0.1076	0.8532	0.1170
WRc_5	0.9480	0.0612	0.8780	0.1014	0.8327	0.1114
WRc_6	0.9759	0.0553	0.9403	0.0754	0.9194	0.0970
平均值	0.9600	0.0579	0.8950	0.0971	0.8601	0.1099

表 3-21 32 標影帶 2 品質評估表

VTS_02_1						
	AVG_L	STD_L	AVG_C	STD_C	AVG_Q	STD_Q
WRc_1	0.9920	0.0056	0.8847	0.0524	0.8775	0.0499
WRc_2	0.9128	0.0233	0.9524	0.0375	0.8690	0.0315
WRc_3	0.9329	0.0205	0.8160	0.0617	0.7609	0.0575
WRc_4	0.9580	0.0153	0.8747	0.0534	0.0575	0.0477
WRc_5	0.9204	0.0242	0.8671	0.0554	0.0477	0.0549
WRc_6	0.9947	0.0059	0.9441	0.0388	0.0549	0.0379
平均值	0.9518	0.0158	0.8899	0.0499	0.8470	0.0465

3.6. 高效率之管線檢測維修流程建立

3.6.1. 修繕架構

下水道檢測維修流程包括：管線檢視、缺失評估、管線缺失評分與分級、以及最佳維修方式評估等四大主要項目，此一標準化之維修檢測流程已於過去研究中建構完成。「管線檢視」為下水道維修檢測之首要步驟，此一項目將影響整體維修檢測之成果及修繕效率，而 CCTV 影像之拍攝則為管線檢視最為重要之作業，但現行之 CCTV 影像拍攝流程並未有相關規定限制，造成其拍攝品質不一，進而影響整體檢測維修之效率。本期主要目標即期望透過制定 CCTV 影像拍攝之標準化流程，並配合已建構完成之修繕架構(圖 3-1 所示)，整合一高效率之下水道維修檢測流程。透過一系列標準化與系統化之管線檢測維修流程之建立、研發技術之移轉、技術服務與管線檢測維修人才之培育，以提升下水道管線缺失檢測維修效率。

3.6.2. 修繕流程

依據圖 3-1 所示的下水道修繕流程，分成分管線檢視、結構狀況評估、結構狀況分級以及維修方案評選等四項。本計畫分別對此四大工項進行操作檢視，並蒐集相關操作填寫報表，以建立高效率管線檢測維修標準作業流程。相關說明如下：

A. 管線檢視

在進行管線檢視工作前，必須進行地面地形測量、污水監測、污水量量測、管線基本資料量測(如高程及座標位置)與建立以及水理分析等工作，以建立航空相片、數值地形、土地使用等圖資，以及紀錄管線長度、管徑、埋深、坡度、高程等管線基本資料[3,4]。污水管線

檢視一般包括管線內部結構狀況檢視與管線外部基礎狀況檢視。內部結構狀況檢視主要在調查由暴雨沖蝕、樹根入侵、黏土收縮以及其他不穩定因素所造成管內壁缺失狀況，如：裂縫、穿孔、變形、塌陷、接頭位移、表面沖蝕、滲入、阻塞、結垢等，以提供維修人員研擬適當維修計畫之依據。

- 下水道 GIS 資料庫

管線 GIS 資料庫製作方式為工區基本資料與施工條件調查、蒐集、評估，調查內容：計畫範圍、地質與土壤、地形與地勢、河川與地下水、氣候、交通特性、其他地下管線及構造物。其中既設污水管線現況調查為管線資料表之重點，必須進行：既設污水管數量彙整、人孔及管線高程複核檢測、污水量推估及水理分析。基於上述調查及分析成果，進行管線檢視 GIS 基本資料建立(見附錄 六)

- 下水道 CCTV 檢視影像拍攝

進入管線拍攝前應以白板填寫註明工程名稱、工程項目、所施工人孔之圖號、人孔編號、管徑、施工地點、日期等工程概述一起拍攝，攝影時應同時以監視器監看拍攝效果。CCTV 開始進行拍攝時，管內雜物應已全部清除，清理完成後進行錄影存證時，管線流水不得超過管徑百分之五(管線沉陷部份及漏水等除外)。拍攝過程中，不良處之位置、管材、管徑、接頭號數、檢查日期及不良情形(中文表示)等資料必須輸入電腦螢幕並記錄於錄影帶上，且管線缺失應拍照存憑。

CCTV 自走車操作作業程序包括：

- (1) 將閉錄電視攝影車停至適當位置，打開警示燈及擺放交通錐。
- (2) 啟動發電機，發動約五分鐘讓電流、電壓平穩，再行開啟各項設備開關。
- (3) 依序開啟電源總開關。
- (4) 穩壓器儀表設定至 100V。
- (5) 開啟錄放影機電源(以錄影方式可將管道內部檢查結果記錄下

來，作為日後年度工程維護或抽換更新之依據。

- (6) 開啟控制盤及監視器開關(控制盤:可控制閉錄電視攝影機前進、後退，調整鏡頭光圈、焦距、即直視、側視(360 度)，監視器:可同步顯示管內狀況，鍵盤:可輸入各項資訊，記錄於影帶中)。

B. 結構狀況評估

下水道管路設施受原設計、施工、材料、構造等不同考量，及通水後因使用狀況不確定因素影響，其輸水能力及結構狀況受物理性、化學性、及生物化學性等影響，導致結構狀況受損因而降低使用年限。影響管線結構最嚴重因素大多為道路陷落事故，其次管路破損、裂縫、地下水由連接處滲入、管周遭土砂流入等因素皆產生地盤掏空導致道路陷落事故。

一般污水下水道管徑大多小於 1,200mm，因此管渠內結構狀況評估須藉由 CCTV 自走車進行結構狀況檢視。經由 CCTV 自走車所拍攝的影像，提供檢視人員便於進行管線內部結構狀況評估。然而，有鑒於人工評估管線結構缺失狀況易產生判別主觀性與效率不佳之缺點，相關研究已藉由影像處理與機器學習技術，發展電腦自動化管線結構狀況診斷系統，以增進管線結構狀況診斷效率並降低人為誤判風險。該診斷系統之運作係由 CCTV 影像分析管線缺失之紋理或型態特徵，經由分類法學習運算，使系統具備管線結構狀況診斷能力。

- 管線內部結構狀況調查表(見附錄 七)
- 管線內部結構狀況評分表(見附錄附錄 八)

C. 結構狀況分級

管渠完成結構狀況評估後，依據英國水研究中心污水下水道維修手冊之管線結構缺失狀況分級表，對每一管段進行結構狀況分級。結構狀況共分為五級。級數越高，代表損壞狀況越嚴重。

- 管線內部結構性能評估分級表(見附錄 八)

D. 維修方案評選

修繕工法評估與選用，關係下水道修繕計畫之成效，有關修繕工法評選考慮因子分述如下：

(1) 管線置換：

- I. 採用明挖施工易造成環境衝擊，使社會成本增加。
- II. 埋深較深管段，採與既設管線設施平行管時，應注意因新舊管線高程相近，且鄰近可能有地下管線抵觸問題。
- III. 若系統可重新檢討時，可考慮採用於既設人孔位置設施工作井(移除既設人孔)，在安全距離足夠下採用既設管線下方推進平行管。
- IV. 採用線上置換之裂管工法，在破壞既設管線同時，對於鄰近其他地下管線之影響性與風險應予評估。因此在管線修繕工作中，建議將埋深大於 3.0 公尺，其他公共管線較少部份，採用線上置換工法與推進工法併列使用。
- V. 廢棄管段應予灌漿填滿，以防止未來路面掏空沉陷之風險。

(2) 局部修補工法：

局部修補工法通常在修復數量少且細小之裂縫，其驗收依據通常採用封閉局部修補段之上下游管線進行空氣試壓；但並無法確認修繕後全部管段(人孔至人孔間)之試水或試壓能通過檢驗。此外，在局部修補後亦無法確保結構性缺陷(例如縱向裂痕)是否會在修補後擴大，因此在修繕後管線功能要求較高之條件下，局部修補工法可能無法達到預期效果。

(3) 區段翻修工法：

- I. 區段翻修工法種類很多，通常採現場固化工法(CIPP)、旋轉/旋轉擴大工法及內套新管法併列使用，然而內套新管法需開挖輔助坑，因此限制在可連續上下游有人孔置換時採用。
- II. 區段翻修工法所使用之材料、施工方式多有差異，且多有專利等問題。

- 維修方案評選表(見附錄 九)

由上述檢視結果得知，下水道 CCTV 檢視影像拍攝缺乏系統化操作程序，然而管線檢視為下水道維修首要工作，對於下水道維修成效良窳具決定性影響。現今閉路攝影機(closed circuit television, CCTV)及下水道掃描評估技術(sewer scanner evaluation technology, SSET)為兩項常被使用於管線檢視之工具。兩者均以自走車為載具，由現場檢視人員操作對管線內部進行拍攝以取得管線內部影像 (Iyer & Sinha, 2005; Sinha & Fieguth, 2006)。雖然 SSET 主要為進行下水道內部拍攝所研發出的工具，然而 CCTV 因其人員操作訓練、設備維護、以及相關設定成本上較低，且拍攝成效與 SSET 相當，故 CCTV 仍為目前國內外進行管線檢視的主要工具。

經由現地輔導廠商執行下水道管線檢視作業，本計畫歸納初步檢視作業工作項目與流程如圖 3-46 所示，包括：管線清洗、CCTV 自走車校正、自走車安置入管及系統設定、自走車操作進行管內拍攝、自走車拍攝狀況檢查等主要作業項目。後續將針對各工作項目研擬細部操作標準作業程序，以便於後續執行系統性下水道管線檢視作業。表 3-22 為今年台中市執行黎明路及朝馬三街地區之污水下水道檢視作業狀況。依據現地下水道檢視訪視結果得知，目前縣市政府委託專業顧問公司執行下水道檢視計畫，雖在管線清洗、CCTV 自走車校正、自走車安置入管及系統設定、自走車操作進行管內拍攝以及自走車拍攝狀況檢查等具一定水準之專業能力；然而在管線缺失之判釋，仍需仰賴現地檢視人員之經驗，以人工方式直接對 CCTV 檢視影像做管線缺失判視，因此常有誤判及主觀認定之缺點(Iyer & Sinha, 2005; Yang & Su, 2008; Yang & Su 2009)。

為解決上述人工判視缺點，國內外目前已發展幾套污水下水道管線缺失自動化診斷系統，以輔助現地技術人員進行管線缺失診斷 (Wirahadikusumah et al., 1998; Xu, et al., 1998; McKim & Sinha, 1999; Gokhale & Graham, 2004; Iyer & Sinha, 2005; Shehab & Moselhi, 2005;

Sinha & Fieguth, 2006; Yang & Su, 2008; Yang & Su 2009)。Xu et al. (1998) 指出其所發展的管線缺失自動化診斷系統，對於較差品質的 CCTV 檢視影像，該系統並無法完整擷取出管線接頭的缺失型態。Wirahadikusumah et al. (1998) 利用不同的檢視設備，包括：CCTV、熱紅外線檢視、聲納探測、透地雷達、以及 SSET 等，診斷管線內部的結構狀況，指器材設備本身的設計規格以及現地檢視人員的專業技能操作，兩者均會影響檢視影像品質的好壞。歸納上述相關研究，好的檢視影像品質對於準確的管線缺失判視及診斷是必要的。因此，本研究利用影像處理技術對 CCTV 檢視影像進行分析並建立影像品質評估指標，目的在於管線缺失診斷前，經由影像品質評估指標對檢視影像進行品質量化評估，並對 CCTV 影像品質予以分級。研究成果可提供縣市政府下水道管理單位，一項有效之下水道檢視影像品質檢測方法，以作為要求承包商對於品質不合格之檢視影像進行重新拍攝之依據。

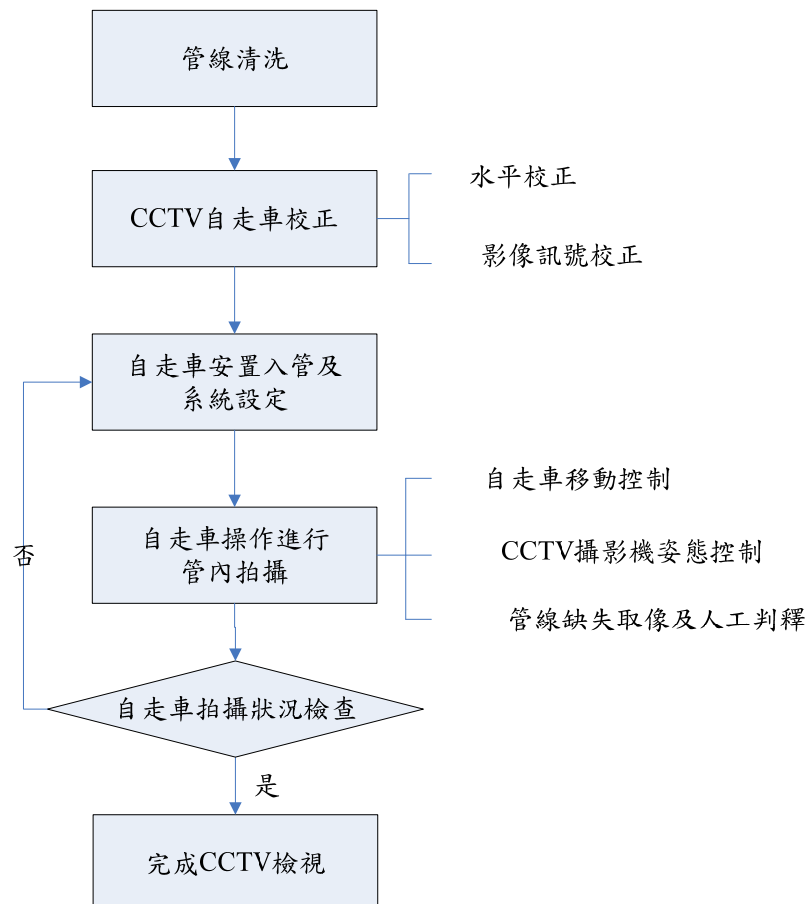


圖 3-46 污水下水道檢視作業流程

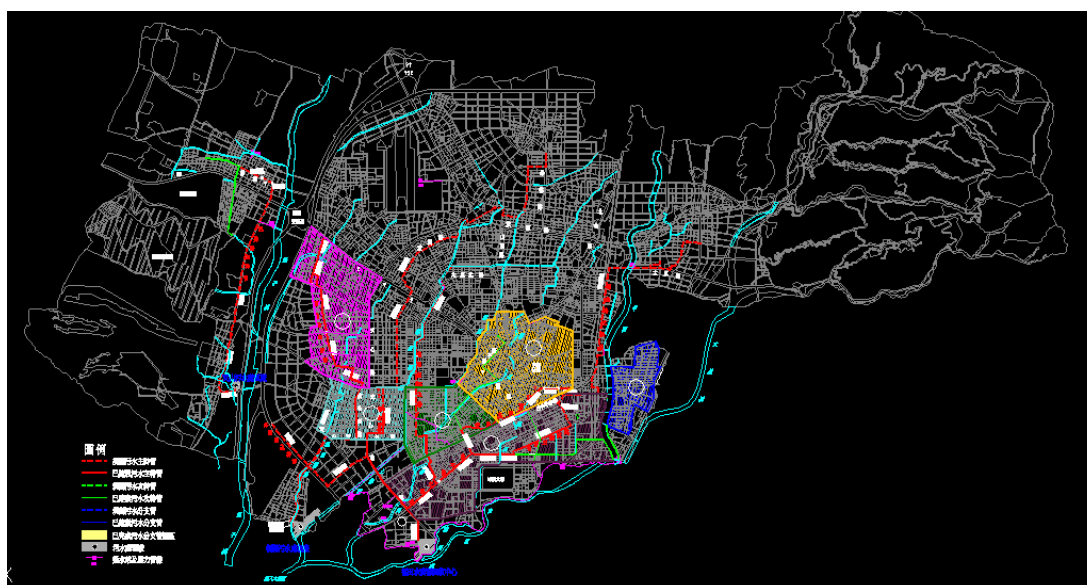
表 3-22 台中市執行黎明路及朝馬三街地區污水下水道檢視作業狀況

	
環保工程車於管線檢視前進行管線內部清洗。	管線檢視前自走車進行水平校正及影像訊號校正。
	
自走車安置入管及相關系統設定。	自走車檢視過程，遇臨時狀況須移出管外，由現地工程師進行檢查。
	
自走車經由檢視車內設備進行遙控操作，檢視人員透過檢視畫面進行管線缺失取像及判釋。	CCTV 自走車上攝影設備，可提供360。旋轉拍攝，以獲取細節部份之管線缺失。

3.7. 賡續輔導縣市政府及廠商進行管線檢視維修系統操作

3.7.1. 輔導辦法對象說明

由於國內下水道維修檢測作業尚處於萌芽階段，而現行下水道工程主要乃由政府機關發包，委託工程顧問公司執行，而顧問公司再分包給各施工廠商。另外，縣市政府進行下水道修繕工程發包時多以價格標方式執行，而低價標的結果對於工程品質影響甚大。目前從事檢測維護之國內廠商規模較小，其管線檢測維護之技術尚未發展成熟仍有待加強。本研究透過與台中市政府下水道科合作，解決其檢視影像無法量化評估其拍攝成果品質之問題，並與國內下水道檢測維修之工程顧問公司合作，以協助台中市政府下水道修繕工程之執行。另外，利用本研究所發展完成之下水道檢測維修技術輔導台中市下水道修繕計畫得標之廠商，作為其實施檢測維修之參考。於 97 年下至 98 年間台中市下水道科現行規劃之修繕工程，其主要工作項目及施工範圍如圖 3-47 及表 3-23 所示，台中市政府下水道科本年度規劃之主要檢測維修施工重點為：採用明挖或推進方式施工，以契約單價派工方式埋設污水下水道次幹管（ $\phi 450\text{mm}$ 以上之耐酸鹼鋼筋混凝土污水管四級管）；並於次幹管工程完成後，採用明挖方式施工，進行分支管、巷道連接管（ $\phi 200\sim 400\text{mm}$ 之耐酸鹼鋼筋混凝土污水管四級管、塑化類管或 DIP 管）之佈設及銜接用戶接管之工程（ $\phi 50\sim 150\text{mm}$ 塑化類管），損壞管線開挖更換等。此外，藉由辦理講習會之方式，強化縣市政府及廠商對計畫執行成果與研發技術之了解，並輔導其熟知污水下水道管線檢視維修系統之操作，以提升計畫執行成效。



(a)台中市下水道修繕工程示意圖

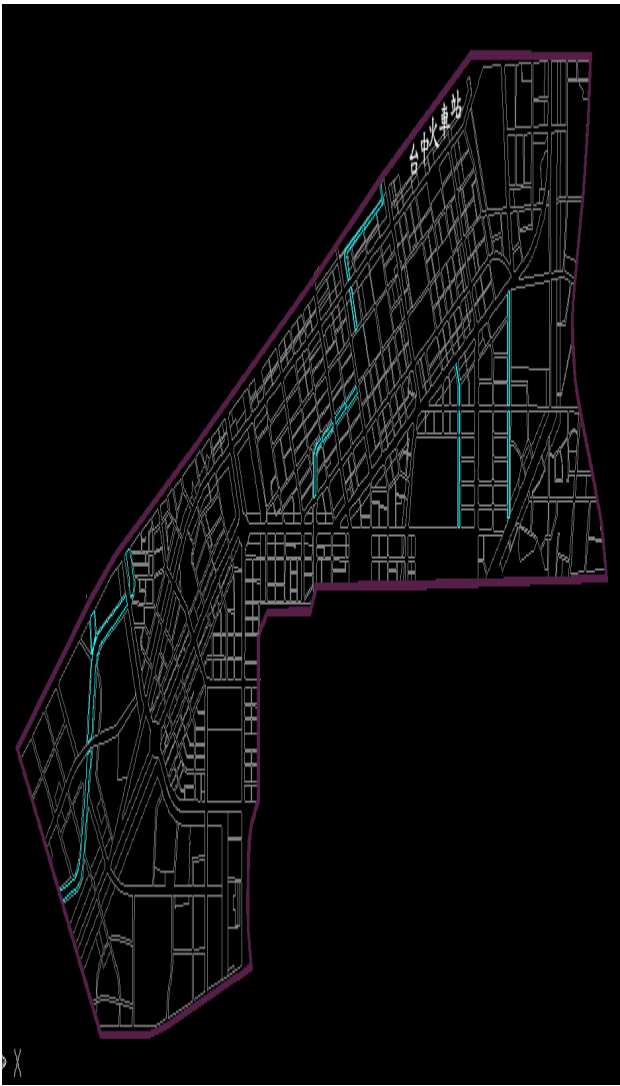
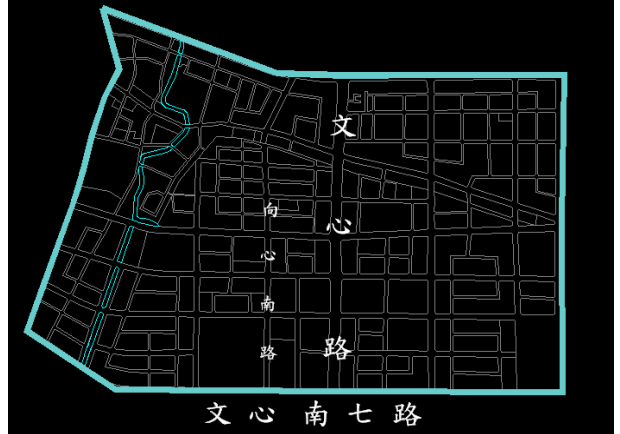
圖塊	標案名稱及區域
	臺中市污水下水道分支管網暨用戶接管開口契約(30) -第一期範圍及鄰近區域
	臺中市污水下水道分支管網暨用戶接管開口契約(31) -精誠南路、五權西路、林森路、建國北路、所圍範圍及鄰近區域
	臺中市污水下水道分支管網暨用戶接管開口契約(32) -文心南路、建國南路、建國路、樂業路、旱溪西路、興大路、綠川及高工路所圍範圍及鄰近區域
	臺中市污水下水道分支管網暨用戶接管開口契約(33) -五權西路以南、八期重劃區及鄰近區域
	臺中市污水下水道分支管網暨用戶接管開口契約(34) -七期重劃區及鄰近區域
	臺中市污水下水道分支管網暨用戶接管開口契約(35) -九期重劃區及鄰近區域

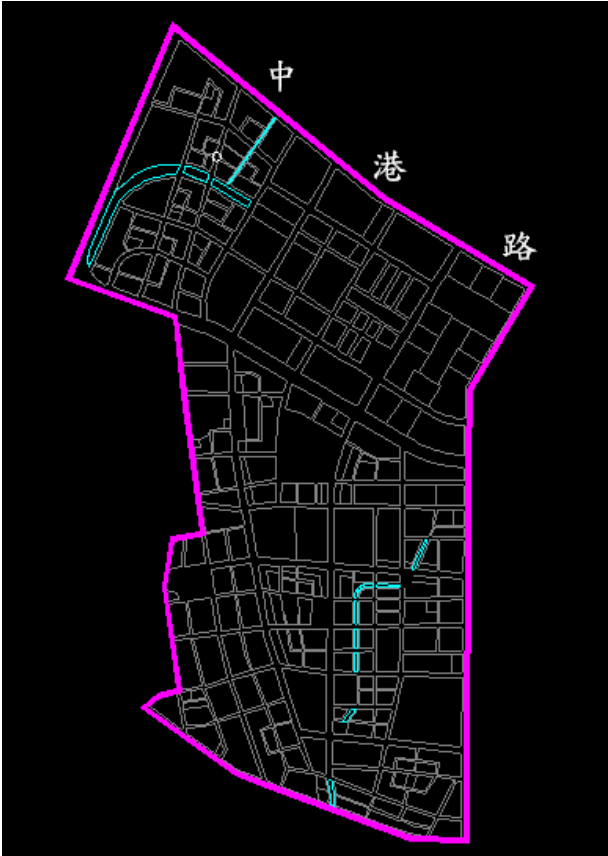
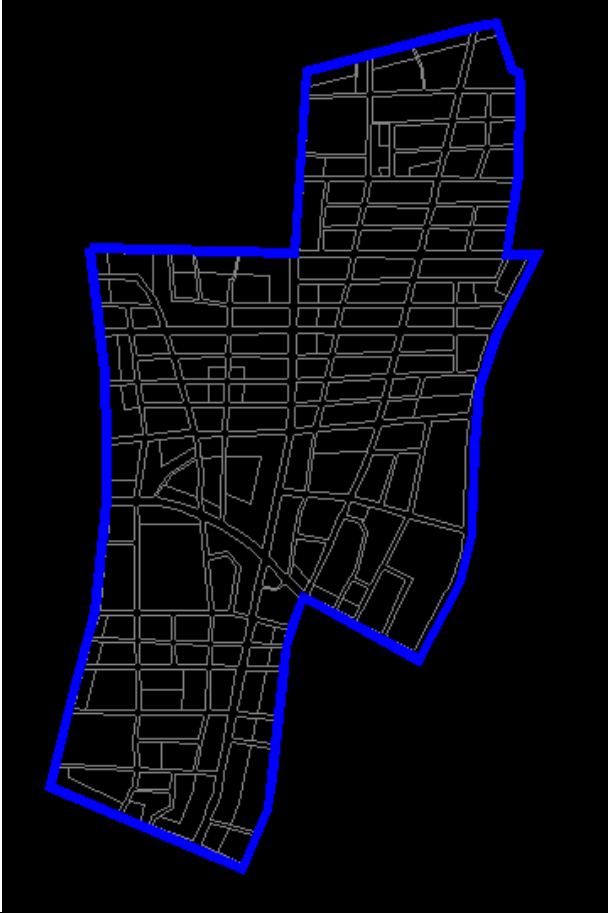
(b)修繕工程之標案名稱及範圍

圖 3-47 台中市下水道修繕工程計畫

表 3-23 台中市下水道工程年度主要工作項目及施工範圍

工程範圍	施工範圍示意圖
臺中市污水下水道分支管網 暨用戶接管開口契約(30) -第一期範圍及鄰近區域	
臺中市污水下水道分支管網 暨用戶接管開口契約(31) -精誠南路、五權西路、林森路、建國北路、所圍範圍及 鄰近區域	

工程範圍	施工範圍示意圖
臺中市污水下水道分支管網暨用戶接管開口契約(32) -文心南路、建國南路、建國路、樂業路、旱溪西路、興大路、綠川及高工路所圍範圍及鄰近區域	
臺中市污水下水道分支管網暨用戶接管開口契約(33) -五權西路以南、八期重劃區及鄰近區域	

工程範圍	施工範圍示意圖
臺中市污水下水道分支管網 暨用戶接管開口契約(34) -七期重劃區及鄰近區域	
臺中市污水下水道分支管網 暨用戶接管開口契約(35) -九期重劃區及鄰近區域	

3.7.2. 市政府及廠商輔導內容

國內下水道系統的全國普及率近年已攀升至 20%，但大多數比例多集中於台北及高雄兩大直轄市。近年來國人逐漸重視生活品質，故政府單位亦大力提倡下水道系統之建設。本團隊長期與台中市政府下水道科合作，期望透過實務及學術之運用，打造更符合人民居住的理想城市。本團隊經多次拜訪台中市政府下水道科，了解其於未來及目前之工程內容，其訪談內容如下

表 3-24 所示。在過去幾年間，台中市政府已陸續完成各區域之下水道檢測工作，並規劃於本年度陸續進行修繕工程，本團隊希望將現有之研究成果藉由舉辦研習會等方式輔導縣市政府合作及得標廠商，以提升整體下水道工程產業技術。

表 3-24 縣市政府及廠商訪談記錄表

日期	聯絡方式/討論地點	訪談內容
97.05	電話訪談及E-mail	1. 提供計畫舉辦之「污水下水道推進工程施工與檢測維修技術」講習會相關內容資訊予台中市政府下水道科，並邀請其參與本次會議。 2. 了解台中市政府之下水道工程規劃。 敲定6/13訪談時間。
97.06	至台中市政府下水道科訪談	與台中市政府下水道科人員葉筱萍技士，討論投稿「第十二屆營建工程與管理學術研討會」之論文內容及簡報。
97.06	電話訪談及E-mail	與台中市政府下水道科人員葉筱萍技士，討論投稿「第十二屆營建工程與管理學術研討會」之論文內容及簡報。
97.08	E-mail	追蹤台中市政府下水道科現有工程規劃進度，並詢問工程施工等各項規劃時間。
97.09	至台中市福田水資源回收中心	參與台中市政府下水道科之下水道施工說明會，如下圖3-40所示。
97.10	電話訪談及E-mail	持續追蹤台中市政府下水道工程檢測維修規劃進度，並取得本年度規劃之檢測修繕主要區域及修繕項目。

日期	聯絡方式/討論地點	訪談內容
97.10	至台中市政府下水道科訪談	承諾輔導CCTV影像拍攝品質鑑定。
98.02	輔導31標工地現場施工及完工品質評核	31標用戶接管管線、接管人孔、接管接頭等工程事項評核。
98.03	至台中市政府下水道科訪談	說明CCTV影像拍攝品質檢測實施計畫。
98.04	至台中市政府下水道科訪談	取得CCTV影像檢視示範帶並說明檢測方式及原理。
98.05	輔導34標工地現場施工及完工品質評核	34標分支管內部、機具設定等工程事項檢視及評核。
98.06	至派浦歲洱有限公司訪談	CCTV檢視設備參觀及檢視作業參訪
98.06	電話訪談及E-mail	說明檢示範帶測結果，其結果係依照發展出的CCTV檢視方法及程式之執行成果。
98.07	至台中市政府下水道科訪談	取得部份實際拍攝之下水道檢視影像供測試。
98.08	於中興大學召開『污水下水道管線檢測維修技術』專家諮詢會議	邀集朝陽科技大學營建工程系徐主任松圻、台中市政府下水道科陳科長政良、葉技士筱萍、派浦歲洱股份有限公司上官經理兆祥、順捷營造有限公司吳工程師祥維等針對污水下水道管線檢視維修系統研發成果，推廣相關研發技術予各縣市政府及廠商，發展評估管線檢視維修方法及建立高效率之管線檢測維修流程，召開專家諮詢會議。如圖 3-48 參與台中市政府下水道維護修繕工程施工前說明會圖 3-48
98.08	至派浦歲洱有限公司訪談	討論CCTV標準作業流程修訂內容及補充資料收集。
98.09	至台中市政府下水道科訪談	與葉筱萍技士討論CCTV檢視執行狀況，並取得34標完整之CCTV檢視影帶。
98.10	至台中市政府下水道科訪談	說明台中市政府主辦之污水下水道分支管網暨用戶接管工程CCTV影像品質檢視執行結果



圖 3-48 參與台中市政府下水道維護修繕工程施工前說明會



圖 3-49 『污水下水道管線檢測維修技術』專家諮詢會議

專家諮詢會議中針對下水道檢測維修及 CCTV 影像品質評估方法做討論，討論結果列舉如下：

- a. 檢測維修中的明確需求包括 1.考慮現地因素，如地下水、交通條件等來擬定修繕工法選用及維修管材選擇之準則。2.羅列各項工法優缺點，如經濟性或社會成本支出等供工程施做參考。3.修繕後之效益評估方式。
- b. CCTV 檢視在管線內的影像完全仰賴器材本身，因此有影像亮度不足問題，管材亦會造成影像光源之差異，塑膠類管相對於釉陶管或混凝土管對光線反射較強，影像亮度較高，但是可能會造成影像對比過低，後續檢視此類管材時應考慮如何調整器材光源。而目前有些塑膠類管材質為暗色，影像視覺效果較差，導致該類別之 CCTV 檢視影像可能較難判定其影像品質。
- c. 針對 CCTV 影像所發展的影像品質評估模式，可提供廠商於提送檢

視成果前自行檢驗所拍攝的 CCTV 影像品質，但前提為需對同一套檢視設備做評估。

今年輔導台中市政府主辦之污水下水道分支管網暨用戶接管工程，工程名稱分別為：臺中市污水下水道分支管網暨用戶接管工程開口契約(30 標)、(31 標)、(32 標)、(33 標)、(34 標)以及(35 標)。由於各標工程內容相似，本計畫選擇位於台中市精華地區的 31 及 34 兩個標案進行實地檢視維修工程輔導，以下為兩個標案工程概要說明：

A. 臺中市污水下水道分支管網暨用戶接管工程開口契約(31)

1. 採單價發包辦理，執行金額不超過 32,200,000 元
2. 採用明挖或推進方式施工，以契約單價派工方式埋設污水下水道次幹管 (ϕ 600mm 以上之耐酸鹼鋼筋混凝土污水管四級管)；並於次幹管工程完成後，採用明挖方式施工，進行分支管、巷道連接管(ϕ 200~400mm 之耐酸鹼鋼筋混凝土污水管四級管、塑化類管或 DIP 管)之佈設及銜接用戶接管之工程(ϕ 50~150mm 塑化類管)。
3. 預計完成用戶接管約 1000 戶。

B. 臺中市污水下水道分支管網暨用戶接管工程開口契約(34)

1. 本工程採單價發包辦理，執行金額不超過 32,200,000 元
2. 採用明挖方式施工，以契約單價方式施作污水下水道分支管網埋設、巷道連接管之佈設，用戶接管及既有污水管線損壞段開挖更換。
3. 預計完成用戶接管約 1350 戶。

於施工期間，輔導現地施工人員進行 CCTV 檢視影像拍攝，提供目前計畫相關研究成果予工程人員參考，諸如：CCTV 影像品質評估、管線缺失自動化判釋、系統化維修方法研擬及成本效益評估等，並討論後續實際應用之可行性。目前兩項工程案接近最後驗收階段，相關輔導工作如表 3-25 所示。

表 3-25 市政府及廠商輔導工作照片



3.7.3. 下水道教育研習

本計劃為有效推動下水道技術發展及輔導縣市政府相關工程技術，已於97年7月26日和98年7月22日完成「污水下水道推進工程施工與檢測維修技術」講習會，97年教育訓練內容包括以下各項：

1. 對於下水道推進工法施工流程進行績效評估，針對三項主要層面進行探討：管理層面生產力調查、機具層面—可挖性指標研擬及、資料系統層面—資料環境、施工資料剖析及系統功能應用。透過各層面的分析模擬，完成推進施工知識庫建置。
2. 主要針對中部科學園區污水放流管線第一標案進行相關簡報，其內容除介紹相關管線所使用之管材、強度及漏水性質外，尚有各不同開挖工法所需進行之檢測及防水措施。並介紹不同管材之接合方式及完工後之 TV 檢視作業應如何進行。
3. 中部科學園區台中基地污水放流管線第四標之報告主要內容著重於該標工程所面臨之施工問題及問題排除方法。
4. 中部科學園區台中園區放流管線之報告內容為該標案施行推進施工工法之概況，並介紹相關推進機具之規格及其開挖後機具之鑽頭破壞情況。

98 年教育訓練內容包括以下各項：

1. 中科放流管管線工程概述與經驗分享。
2. 污水下水道之檢測維修-中科放流管管線檢測。
3. 中科后里放流管管線工程之工程概述。
4. 前往中科后里放流管管線工程參觀，瞭解實際工地的操作與施工情形。

3.8. 小結

- 1 以往下水道現地檢視人員並未關心檢視影像之影像品質，甚至不知有哪些方法可有效評估影像品質。本研究考慮影像光源及對比之影響制定影像品質評估指標，該指標已成功應用於台中市某一用戶接管管線檢視工程所拍攝之檢視影像。利用 6 幅理想影像建立一影像資料庫，待評估影像則一一比對其與理想影像對比及光源之相似度，以評估其影像品質。
- 2 本研究從 CCTV 檢視帶中，取得 30 幅經過現地檢視人員判視管線缺失及 30 幅未經判視之檢視影像，共 60 幅作為待評估影像。意外發現經判視之檢視影像，其影像品質並未優於未經判視之檢視影像，說明傳統下水道 CCTV 檢視工作並未能有效認定檢視影像品質，因此突顯本研究之重要性與研究價值。
- 3 從影像品質分析結果發現，對比相對於光源對影像品質之影響較大，且下水道拍攝環境差異，如管線材質及攝影機操作方式，亦會造成影像對比較大之差異。同時從對比增強的敏感度分析結果發現，對比增強雖然會惡化光源畸變，但整體上仍可有效改善影像品質。
- 4 本研究利用 MATLAB 撰寫程式進行影像品質評估，在 4 核 2.5GHz CPU 個人電腦環境下執行影像評估程式，只需花費 0.1 秒即可完成。未來該程式可寫入現有下水道檢視設備，提供即時的檢視影像品質評估，以輔助現地檢視人員取得較佳品質之檢視影像進行缺失判視。
- 5 本研究對台中市政府所提供的六個污水下水道用戶接管工程標案(30-35 標)之 CCTV 檢視帶，進行影像品質分析。發現 31 標之 CCTV 影像品質較其他標案差，而 32 標之 CCTV 影像品質較佳；比較 31 標與 32 標之 CCTV 影像品質評估結果發現，31 標之 CCTV 影像因其影像對比強度較弱，故降低其影像品質。此結果說明進行污水下

水道檢視時，現有 CCTV 器材於管線內所拍攝的 CCTV 影像，普遍對於對比強度之控制無法像光源強度控制穩定。

- 6 在技術創新部份，本計畫對於 CCTV 影像提出一檢視影像品質評估方法。雖然目前國內外下水道檢視作業，並未將下水道檢視影像品質評估納入檢視作業內，然而於今年輔導台中市政府進行污水下水道分支管網暨用戶接管工程時，市府下水道科提出下水道檢視影像品質良窳關係到後續管線缺失判釋與缺失數目統計，因此對檢視影像品質有其評估必要。由於所提出的下水道檢視影像品質評估方法為首創，可視為本計畫技術創新之貢獻，且該方法原理簡易，可易於進行後續影像品質評估教育訓練。
- 7 在經濟效益部份，藉由對縣市政府及廠商進行檢測維修技術輔導，並提供相關建議與服務。以檢視影像品質評估為例，本計畫輔導台中市政府進行檢視影像品質評估，並提供一簡易且系統性之操作方法，便於市府後續自行評估檢視影像品質。此外，該方法未來若能與 CCTV 檢視硬體設備進行整合，亦可達到即時拍攝，即時評估影像品質之目標。對廠商而言，能節省因拍攝品質不佳，而需重新進行檢視之人力與成本。
- 8 在社會影響方面，目前本計畫對下水道檢視已提出相關研究成果，若未來與現有下水道檢視硬體設備製造商進行產學合作，除了可培育相關技術研發人員，亦能提升國內在電子設備、資訊、以及營建工程之技術水準。所研發之產品由於功能增進，故未來下水道檢視作業無論在品質與效率，均可大幅提升。
- 9 本研究發展污水下水道 CCTV 檢視影像品質評估方法，並利用該方法有效量化影像品質並予以分級。未來可針對不同影像品質等級之 CCTV 影像，進行管線缺失型態萃取及特徵分析，透過型態萃取及分析結果比較，以了解影像品質良窳對管線缺失型態萃取之影響。

四、都市雨水下水道暴雨管理技術之建立

4.1. 前言

台灣四面環海，地處亞熱帶季風區，海洋島嶼型之氣候特性明顯。就氣候特性而言，春季時受大陸冷高壓之影響較大，但由於南方系統的漸次加強，會有綿綿之春雨，屬於較弱之鋒面型降水，而春夏相交之間，則有持續之滯留鋒降水即著名之梅雨期。夏季受西南風與副熱帶高壓勢力範圍之影響，一般天氣型太多潮溼而悶熱，午後雷雨與颱風是台灣區夏季最常看到的現象。

目前地球暖化現象造成全球氣候變遷，颶風、暴風雨等劇烈天氣也會增加，而台灣近年來氣候變異的程度也愈來愈大。國內學者發現，全台各地的年雨日明顯減少，而台灣的連續不下雨日數，也有逐漸變長的趨勢，但年降雨量卻無明顯減緩的趨勢。以上兩種情況，均會造成高降雨強度的降雨。加上近年來，人口有朝都市化集中的現象，一般來說人口增加會伴隨著道路面積增加、建築大樓增加、農地綠地減少，土地利用因子改變均會造成集水區入滲量減少，逕流係數增加，導致逕流量增大。這情況又尤其以人口密度高的都市明顯，例如：台北市。

綜合上述氣候條件的變遷與都市化導致環境的改變，舊有的雨水下水道與抽水站的設計，是否足以應付因為氣候與都市的變遷而增加的排水量；颱風、午後雷暴雨造成高強度的降雨，是否會超過雨水下水道與抽水站的設計而造成災害；抽水站的操作方式，下水道的災前檢查，是否應該因應氣候地理條件因子的改變而有所修正，這些都為值得也應該探討的問題。

本團隊於 96、97 年度的研究中，主要成果為利用軟體工程技術，以物件導向及樣式導向的技術，擴充與改寫雨水下水道系統最佳操作技術及模擬系統 (Real-Time Control Feasibility Tool，簡稱 RTCFT)，使

RTCFT 轉為以輔助分析設計模擬為導向軟體(Storm Sewer Simulation System, 簡稱 S4), 並提供更簡易的使用介面, 讓一般工程師使用。另外為使 S4 能即時提供防災相關單位必要的資訊, 本團隊另外已開發都市雨水下水道資訊系統(Urban Sewer Information System, 簡稱 USIS), 以軟體角度出發, 結合即時監控、模擬與資訊展示, 提供防災單位必備決策資訊, 達到即時應變操作之目的。

本團隊在本年度之研究主要專注於都市暴雨之相關應變程序, 透果分層級規模方式成立應變組織, 擬定明確的流程, 提升都市暴雨防災應之效率, 達到都市暴雨減災的目的。另外, 對於現有抽水站以統計分析的觀點做合理性探討, 提供抽水站規劃設計時合理性之檢核, 並且藉由實際案例探討, 挑選各種不同案例以介紹各種抽水站遇到不同情況時解決之方法, 以提供實際抽水站設計時之參考。

4.2. 計畫架構與前期成果回顧

「雨水下水道暴雨管理技術之建立」的研究中, 其主要目標為建立一套暴雨模擬分析系統, 提供決策者判斷以及設計的資訊, 其工作內容架構分別分配於3年中。96年度整合現行各類水文水理模式, 考量目前所採用之暴雨型態與暴雨頻率加以分析比較, 進行都市暴雨模擬系統分析、評估與整合之規劃工作, 建立雨水下水道系統最佳操作技術及模擬系統(RTCFT); 97年度利用軟體工程技術的方式, 改善優化 RTCFT 成為 S4, 並配合 USIS 提升資訊傳達之速率; 本年度研究中, 考慮接收監測資訊後所需執行之步驟, 災害應變須注意事項, 平時防災所須落實之檢測, 期望達成災害發生時之應變速率, 減低災害造成之損失。另外 97、98 年度均以舉辦座談會、研習會的方式, 推廣都市暴雨防災相關教育宣導工作。

本研究目前成果效益與應用, 以技術創新、經濟效益與社會影響三方面為主加以敘述。

一、 技術創新

1. 開發都市水文模式整合技術與即時水理模擬技術:

研發都市暴雨模擬分析系統。都市水文模式整合技術，主要是利用SWMM模式，透過地表逕流模式(RUNOFF)與雨水下水道模式(EXTRAN)之整合模擬，能有效表現出物理量交換機制；即時水理模擬技術是以SWMM模擬系統為核心，修改及擴充其部份功能後，開發出新的水理模擬核心(IRES)，並可做接續分段之演算技術。整合上述之都市水文模式整合技術與即時水理模擬技術至上述系統中，使模擬時間縮短，提高決策品質。

2. 將S4軟體推廣至政府與業界相關單位使用：

使用網路免費下載方式，推廣S4軟體至各相關單位，讓使用者可有一親和性較高之操作介面，以方便使用。S4軟體之使用次數可作為主要績效指標之一。

3. 進行工程技術相關文獻回顧，以供縣市政府改善都市淹水問題之參考：

透過地表改良措施說明，並建立能減少逕流體積、降低尖峰流量、增加入滲功能之雨水滯留措施的功能表格，搭配雨水滯留措施之配置方式，以提供有別於非工程手段的都市防洪決策，作為改善都市淹水問題之參考。

二、 經濟效益

1. 縮短都市暴雨管理決策時間與提高決策品質:

開發都市水文模式整合技術、即時水理模擬技術以及GIS與水理模式整合技術，利用都市暴雨模擬分析系統相關之研發新技術，縮短水理模擬時間，實作案例則以台北市第四分區中的中港排水系統，做人孔編號的隨機挑選，取出人孔編號4335-04、4335-508、4335-818、4434-32、4536-04進行比對，並將數據資料整理成表。將模擬結果結

合空間地理資訊，可使防災人員可清楚得知哪些地區可能發生災害，可提高防災之功效與品質。

2. 改善抽水站系統之操作:

初步針對抽水站合理性進行分析及檢討，分析抽水站相關設計參數是否合理，如啟抽水位、操作曲線等之調整，實際案例係針對台北市第四分區之中港、實踐與保儀木新抽水站系統，以台北市之24小時設計雨型，進行抽水站系統模擬及分析。配合相關模擬，以檢視抽水站設計及相關設計參數，模擬過程中調整之合理參數將有機會達到降低淹水總量之可能。

三、 社會影響

將計劃相關成果整理並撰寫成『都市暴雨防災教戰手冊』，宣導暴雨防災之觀念。教戰手冊將針對各不同層級之人員(如中央、實務、學術、全民)，給予適當之暴雨防災資訊，以達到全民防災之目的。

4.3. 本期工作內容

在本期都市雨水下水道暴雨管理技術之建立研究中，主要的工作內容分為兩部分，其一為「研擬都市暴雨模擬分析系統相關技術規範（草案）」、其二為「以各抽水站為實際案例，進行規劃、設計及操作等合理性之分析探討，並完成實際案例之建立」，各主要工作內容分別如下所述：

（一）研擬都市暴雨模擬分析系統相關技術規範（草案）

都市暴雨防災應變操作程序及其相關技術規範草案，及延續彙整都市暴雨模擬分析系統相關操作技術手冊。工作重點如下：

1. 都市暴雨模擬分析系統技術手冊之編撰

延續彙整都市暴雨模擬分析系統技術手冊，供相關單位參考。

2. 都市暴雨防災應變操作程序及其相關技術規範(草案)之研擬

彙整政府對都市暴雨防災工作之平時整備與災害應變措施及檢討相關規範，對於災害發生時之通報程序、各單位所需之相關資訊，建立標準化、表格化之通報方式，使能迅速傳達防災操作人員，以提高災害來臨時之應變效率。研究團隊已邀請國內都市防災、雨水下水道技術、暴雨模擬分析及管理、抽水站及排水系統操作、都市水文水理等相關領域之專家學者組成規範研擬工作小組，對防災應變操作程序之影響，並透過以台北縣市為例，探討相關建議。

（二）以各抽水站為實際案例，進行規劃、設計及操作等合理性之分析探討，並完成實際案例之建立。

將以案例探討的方式，討論各抽水站所遇到之問題，以各案例解決問題的方式為例子，希望對於將來抽水站所遇到之問題提供解決方案，也提供讀者增加抽水站之廣度。除了案例探討，亦做統計分析的探討，運用台北縣市之資料，用統計的觀點來討論集水面積與抽水量、前池與抽水量、抽水量與抽水機組的關係，並且還提供有關操作程序上之參考。

4.4. 都市暴雨模擬分析系統相關技術規範草案之研擬

4.4.1. 都市暴雨模擬分析系統技術手冊之編撰

本團隊在編撰「都市暴雨模擬分析系統操作手冊」時，考慮到手冊架構之完整性，預計規劃分為四個章節，分項說明如下：

(一)第一章『緒論』

此章節將分為三個子節來說明，分項說明如下：

1.1 「前言」

說明台灣都市地區的水文地理環境與城鄉發展的關係，與都市化結果所帶來之衝擊影響；並針對都市暴雨防災，所必須具備相關的背景技術加以闡述。

1.2 「都市暴雨模擬分析系統框架概述」

本研究擬研發都市暴雨模擬分析整合系統框架，以服務導向為架構（Service-Oriented Architecture，簡稱 SOA）之基礎所研發。將系統框架研擬為三層。如圖 4-1 所示。

● Service Layer(計算服務層)

主要是做為暴雨模擬分析之計算服務。

● Simulation / Analysis Layer(模擬/分析層)

都市地區的暴雨模擬由此層所完成，包括了一連串都市水文歷程模擬（降雨逕流、下水道水理模擬）。

● Front Tier Layer(前端展示層)

用來管理及展示模擬分析結果。

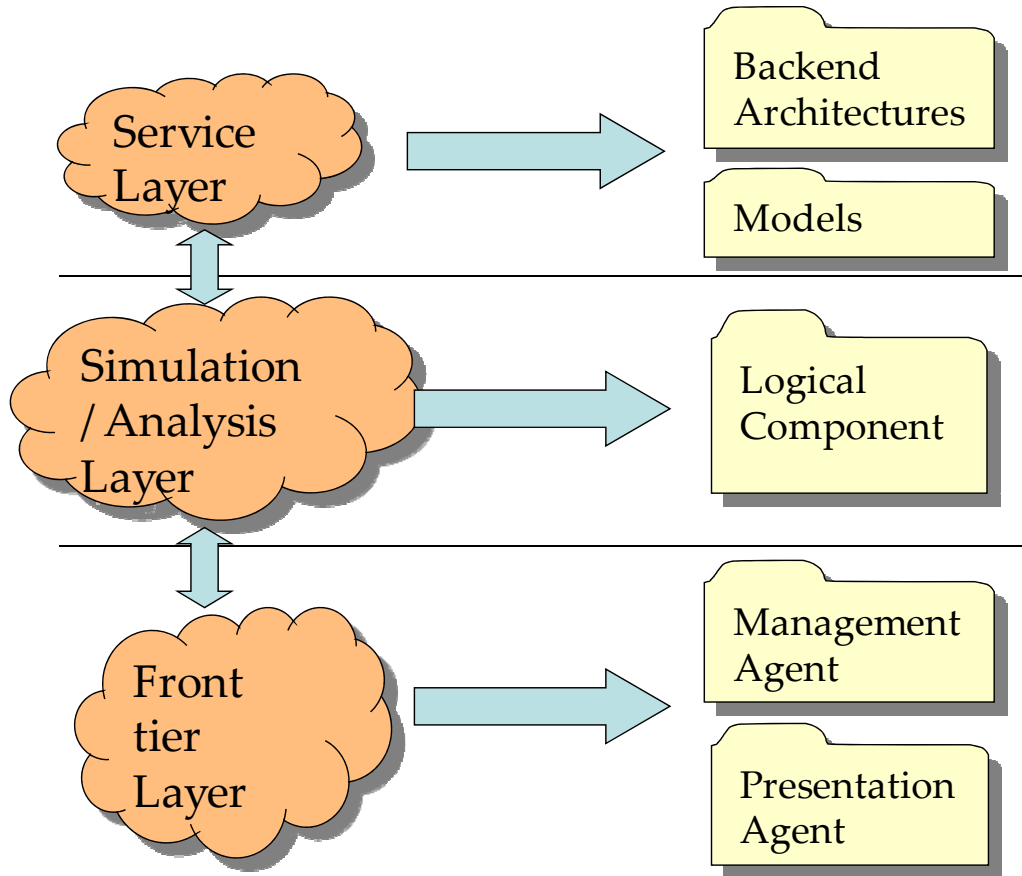


圖 4-1 系統架構分析與元件框架設計

針對上述系統架構分析與元件框架設計，陳述其概念，使研讀手冊之讀者能進一步了解都市暴雨模擬分析系統。

1.3 「都市暴雨模擬分析系統功能」

本團隊開發之都市暴雨模擬分析系統，結合相關資訊技術(如 Web GIS 展示技術、資料庫應用、網路服務等)與模擬分析(雨水下水道即時水理模擬)，系統主要有以下四種功能，並以台北市為研究對象協助完成都市防災預警及提供即時線上模擬服務。

- (1) 資料分析查詢：由於要模擬整個台北市區的水理狀況，需要用到許多相關資料，包含歷史和即時觀測降雨量、歷史和即時下水道水位觀測資料、歷史河川水位資料，GIS 相關圖層資料等。另外，還有

預測降雨資料和各項模擬完畢之預測水理資料，都將納入其系統資料庫，加以整合應用。

- (2) 空間資訊展示：為使模擬結果，可以清楚以空間方式展示於系統上，將使用 GIS Map 之功能，包括人孔及管線分佈，以及地理資料圖層，並將各項水理資訊放至 GIS 圖層上，可讓使用者清楚得知哪些人孔將有溢流狀況發生，並可直接由 GIS 圖上得知各管線和人孔之詳細資料。
- (3) 防洪預警：為達到防洪預警的功效，將利用即時模擬之技術，以爭取預警時間，而模擬結果也會即時展現於系統上。當有颱風來臨時，即可於線上系統作查詢功能以得知預測水理狀況，而系統也將列出警戒地點，供操作人員，甚至到一般民眾都可以事先預防洪水來臨所造成之災害。
- (4) 輔助分析設計：系統將以其模擬核心，另外再獨立出一雨水下水道線上作業模擬功能，可輔助工程師等，經由網際網路於線上作雨水下水道之模擬分析和設計。

(二)第二章『都市暴雨模擬分析系統分析與設計』

此章節將分為三個子節來說明，分項說明如下：

2.1「系統分析與設計」

以台北市的現況需求，本團隊將都市暴雨模擬分析系統分為三大架構如圖 4-2 所示。每一層透過網際網路溝通訊息。第一層為系統資料底庫層，此層是做為存取資料和整合其他資料庫之用；第二層為模擬分析層(水理模擬子系統)，主要是做為都市暴雨即時模擬分析之計算服務，包括了一連串都市水文歷程模擬（降雨逕流、下水道水理模擬）；第三層為互動與展示層，使用者可利用此層之使用者介面與系統互動，並可以作模擬分析結果之展示和歷史水文資訊之查詢。再依據系統需要用到

的理論分析做說明，如使用者案例圖(Use Case Diagram)、系統循序圖(System Sequence Diagram)、領域模型(Domain Model)。

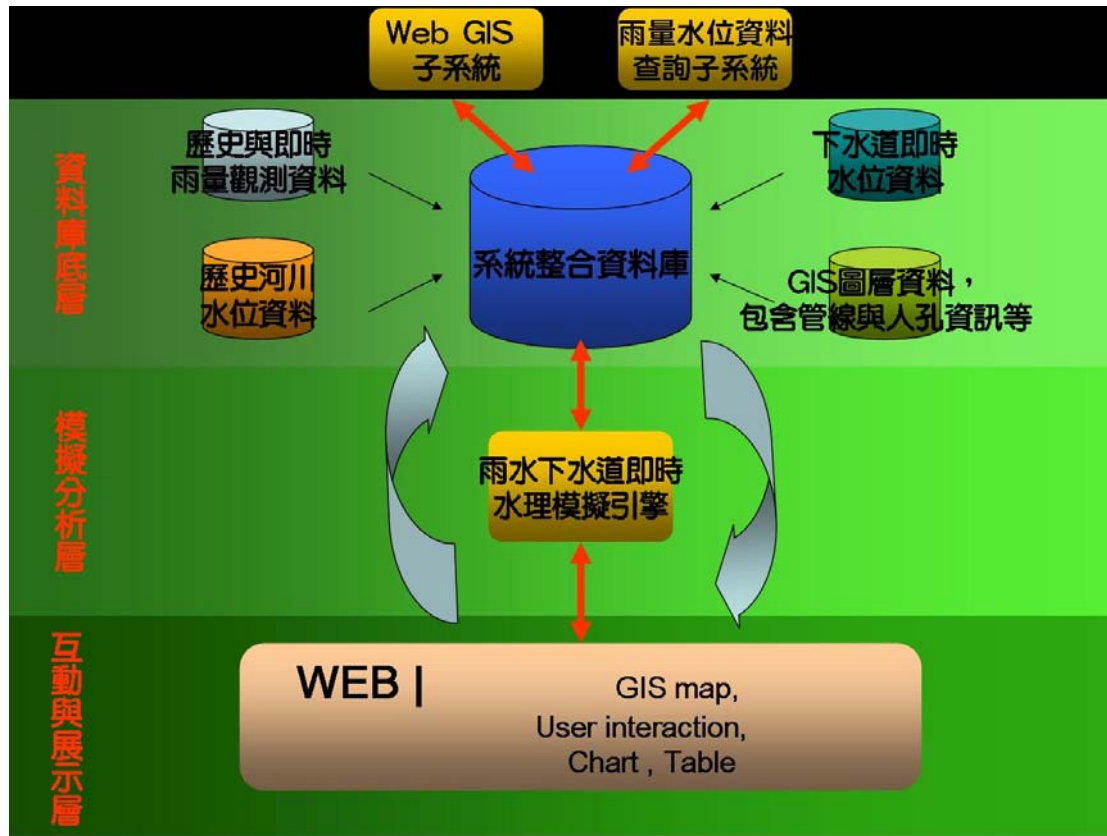


圖 4-2 結合資料庫與即時水理模擬

2.2 「相關理論」

根據都市暴雨模擬分析系統架構，經由系統分析後，在水理模擬子系統開發工作中需包含即時水理模擬技術與都市水文模式整合技術，並敘述其理論。

2.3 「系統實作」

對於本團隊所開發之都市暴雨模擬分析系統需包含之必要元件如 MySQL 資料庫系統、Apache Web Sserver 網路伺服器、Web GIS Map Server 地圖伺服器、即時水理運算模組，並說明本團隊是如何利用上述元件，實作出系統架構，並敘述其方法步驟。

(三) 第三章『都市暴雨模擬分析系統使用說明』

此章節將分為四個子節來說明，針對系統介面，以案例方式展示系統操作，分項概述如下：

3.1 「Web GIS 子展示」

使模擬結果，可以清楚以空間方式展示於系統上，並說明如何判別哪些人孔將有溢流狀況發生，並讀取各管線和人孔的詳細資料，以下為測試圖例，如點選 GIS 地圖系統可見如圖 4-3 之畫面，頁面大致分為兩欄，左側為地圖顯示區，右側為功能區；功能區上方小地圖為參考圖，圖中會以紅框顯示目前所瀏覽地圖之區域；而功能區下方為地圖縮放功能與圖層顯示設定，而地圖縮放可於 size 前的小方框自行輸入縮放倍率（整數），選擇放大或縮小後點選更新按鈕或以滑鼠點左側地圖即可產生新的地圖畫面如圖 4-4、圖 4-5，而滑鼠在地圖上所點的位置，會成為新地圖的中心點。

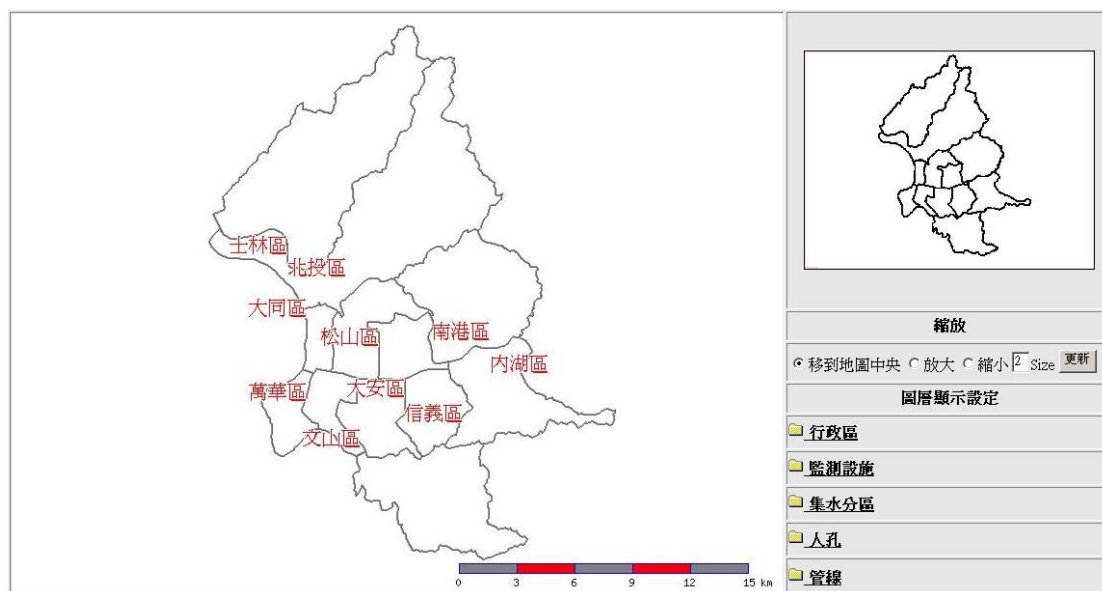


圖 4-3 Web GIS 子系統展示台北市行政區



圖 4-4 此圖為放大 2 倍的結果

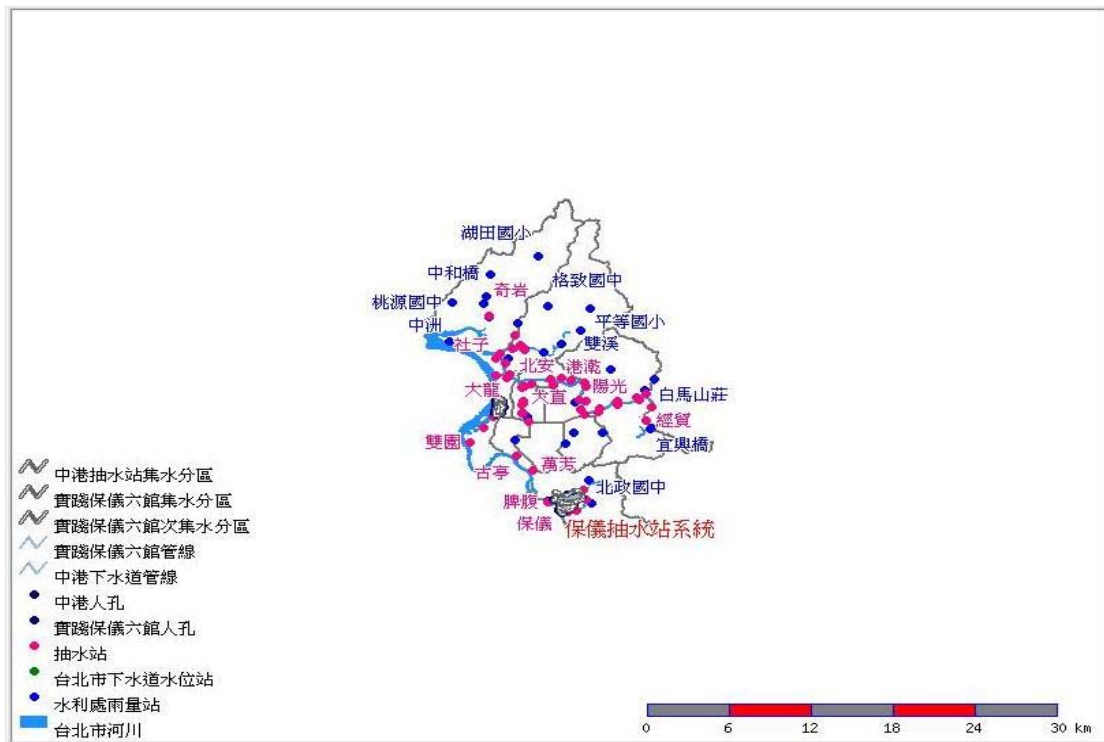


圖 4-5 此圖為縮小 2 倍的結果

圖層顯示設定部份，為樹狀選單如圖 4-6，在選單中選取欲觀看之資料後點更新，並適當的移動跟縮放地圖，即可觀看所選取之資料如圖 4-7、圖 4-8、圖 4-9 分別為中港抽水站集水分區、實踐保儀抽水站集水分區和六館抽水站集水分區。而地圖左下方之圖例會隨所選圖層而變動如圖 4-10，比例尺亦會隨圖縮放而更動。



圖 4-6 圖層功能

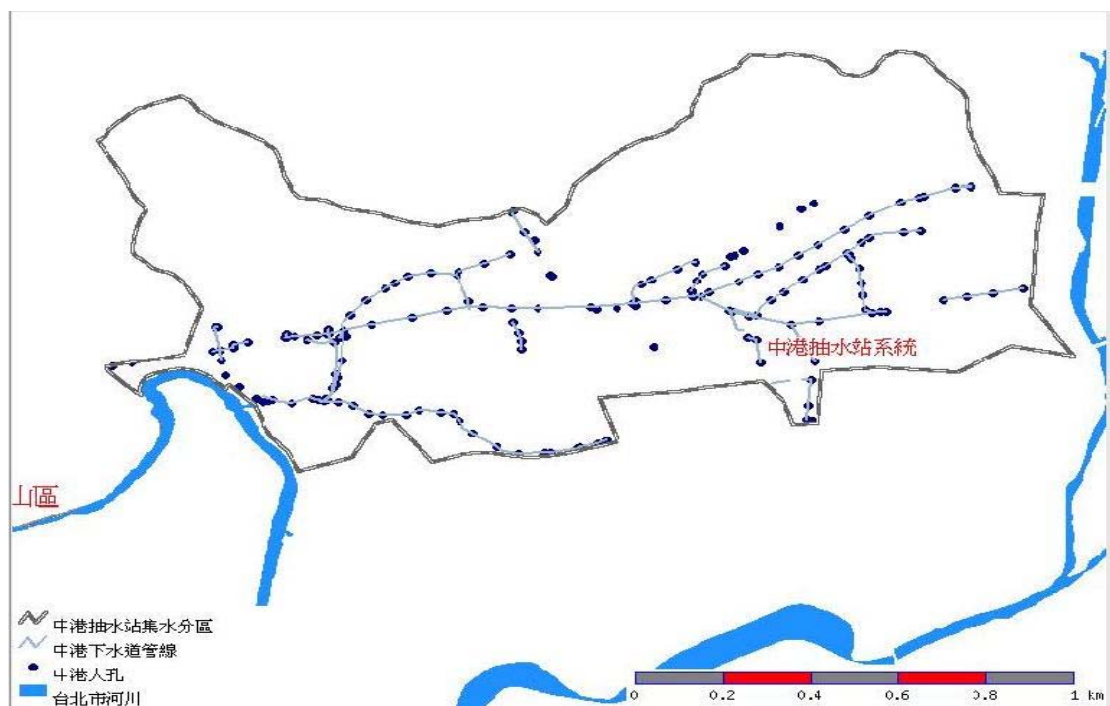


圖 4-7 中港抽水站集水分區



圖 4-8 實踐保儀抽水站集水分區



圖 4-9 六館抽水站集水分區



圖 4-10 圖例表

3.2 「水文氣象資料查詢子系統展示」

此子系統主要分為雨量、水位兩種查詢功能，再依時間分為逐時與逐日查詢，共有七種查詢功能，以及繪製雨量組體圖與水位歷線圖功能，目前水文氣象資料查詢子系統與 Web GIS 子系統已完成初步整合，點選歷史雨量查詢或歷史水位查詢即可看到如圖 4-11 之畫面，左側為水文氣象資料查詢子系統的樹狀選單如圖 4-12，右側為 Web GIS 子系統。

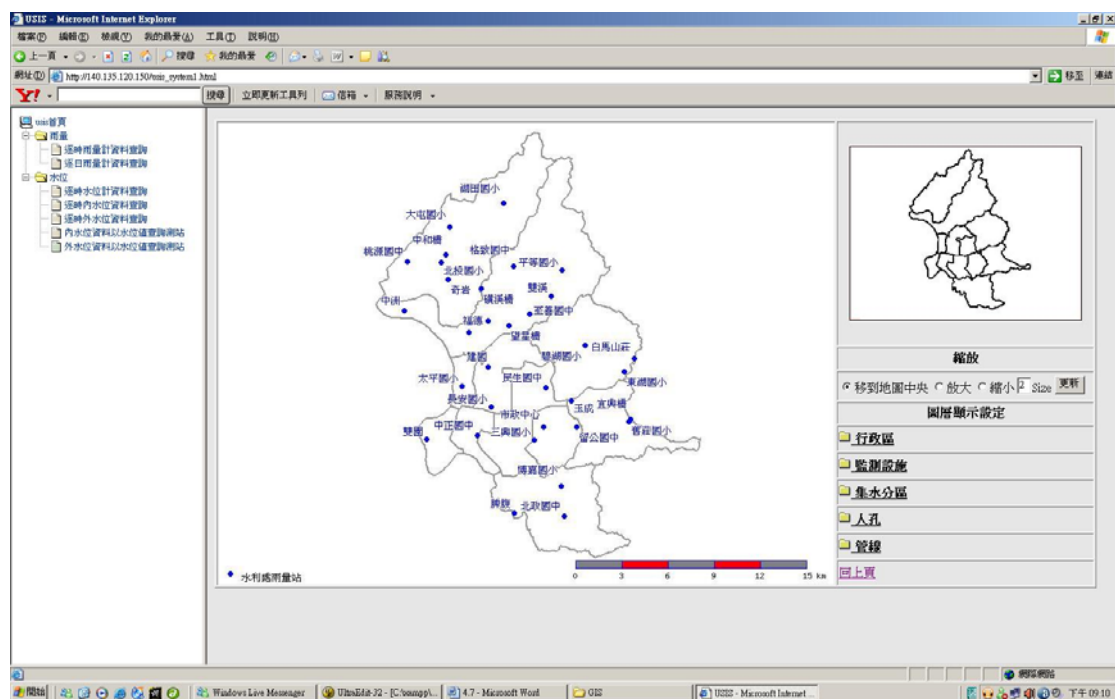


圖 4-11 歷史雨量查詢系統畫面

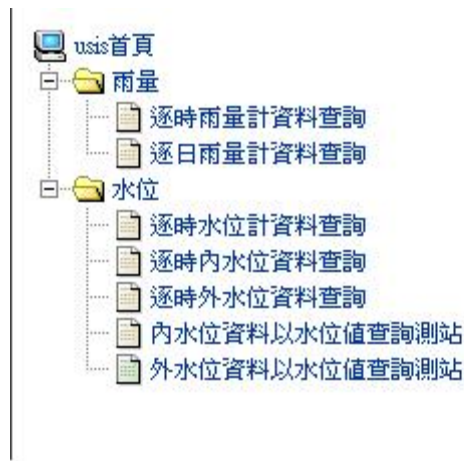


圖 4-12 水文氣象資料查詢子系統之樹狀選單

另外，以逐時、日雨量計查詢為例，使用者可以選擇時間與測站，查詢時間內範圍的雨量如圖 4-13，可以選擇雨量站，並設定查詢起迄時間，選好後按送出即可得查詢結果如，可以知道雨量和圖 4-14 該雨量所發生的事件名稱（如颱風），並有繪製雨量組體圖，縱軸為雨量單位（mm），橫軸為時間，若資料量過大可按下一頁觀看後續資料，但雨量組體圖部分需自行按下重新繪圖才能同步更新資訊。

圖 4-13 湖田國小逐時雨量資料查詢

2005-06-03 14:00:00	0.5	noevent
2005-06-03 15:00:00	0	noevent
2005-06-03 16:00:00	0	noevent
2005-06-11 12:25:00	0	noevent
2005-06-11 13:28:00	0	noevent
2005-06-11 14:00:00	0	noevent

[下一頁](#) [最後一頁](#)
 記錄 1 到 10 共 120
[重新繪圖](#)

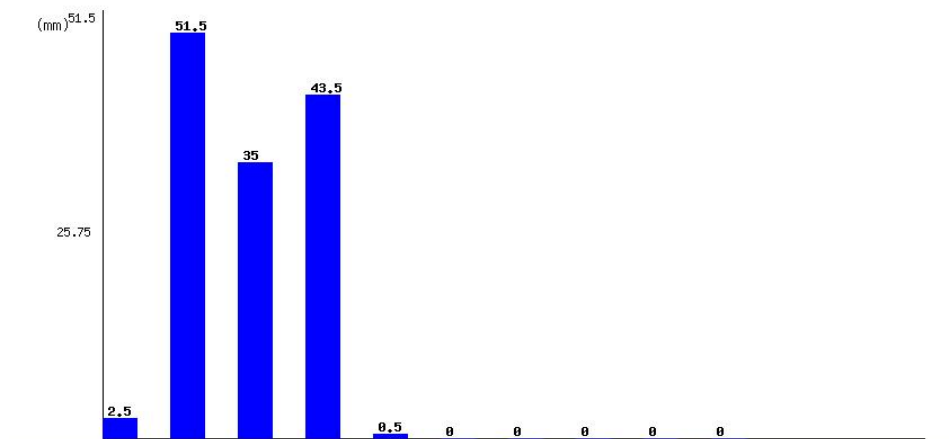


圖 4-14 逐時雨量查詢結果

另外，以逐時水位計資料查詢為例，水位計資料查詢（如圖 4-15、圖 4-16）可以查詢測站水位計在某時間範圍內的變化，並以繪圖之方式以水位歷線圖表示水位變動的趨勢。

逐時水位計資料查詢

測站	U0001-A1
查詢起始時間	西元 2005 年 1 月 1 日 0 時 0 分
查詢結束時間	西元 2006 年 1 月 1 日 0 時 0 分

圖 4-15 逐時水位計資料查詢

2005-07-17 05:39:00	4.12	海棠颱風
2005-07-17 06:00:00	4.12	海棠颱風
2005-07-17 07:31:00	4.12	海棠颱風
2005-07-17 08:00:00	4.12	海棠颱風

[下一頁](#)

[最後一頁](#)

記錄 1 到 20 共 120

[重新繪圖](#)

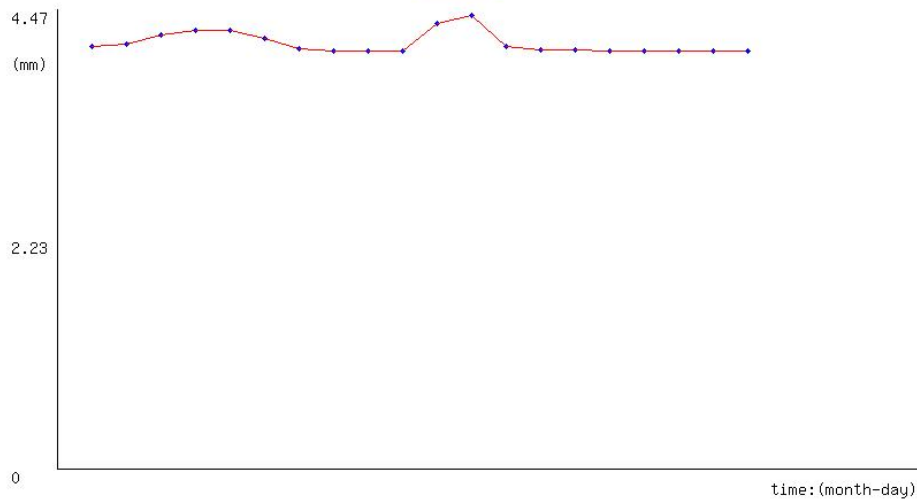


圖 4-16 逐時水位計資料查詢結果

另外，以逐時內、外水位資料查詢為例，每一個測站有分為外水位與內水位，此查詢功能可以查詢時間範圍內的水位計變化，如圖 4-17、圖 4-18。

圖 4-17 逐時內水位資料查詢（以萬芳測站為例）

萬芳逐時內水位資料

查詢時間：2002/1/1至2007/1/1

紀錄時間	水位(mm)
2002-01-01 00:20:51	13.19
2002-01-01 02:00:50	13.19
2002-01-01 03:01:17	13.19
2002-01-01 04:02:05	13.18
2002-01-01 05:00:51	13.17

圖 4-18 逐時內水位查詢結果

另外，以內、外水位資料以水位值查詢測站為例，在此功能裡面，可以水位值來查詢測站，可以選定時間和水位值來查詢資料，水位設定部份可選擇大於、等於、小於所選定的水位高，如圖 4-19、圖 4-20；

The screenshot shows a Microsoft Internet Explorer window titled "逐時內水位資料查詢 - Microsoft Internet Explorer". The address bar displays the URL "http://140.135.120.150/mjump/mjump/new_uss/watertestin_other.php". The main content area contains a form titled "逐時內水位資料查詢". The form has three rows: "水位" (Water Level) with a dropdown menu set to "13.19", "查詢起始時間" (Query Start Time) with dropdowns for "西元" (Year) set to "2002", "年" (Month) set to "1", and "月" (Day) set to "1"; and "查詢結束時間" (Query End Time) with dropdowns for "西元" (Year) set to "2007", "年" (Month) set to "1", and "月" (Day) set to "1". Below the form is a "送出" (Submit) button. The browser's status bar at the bottom shows "完成" (Complete) and "網際網路" (Internet).

圖 4-19 內水位資料以水位值查詢測站

逐時內水位資料

查詢時間：2002/1/1至2007/1/1

查詢水位大於13.19

紀錄時間	測站名	內水位(mm)
2002-01-01 00:00:00	道南	13.78
2002-01-01 00:10:22	道南	13.76
2002-01-01 00:20:50	道南	13.76
2002-01-01 00:21:52	道南	13.76
2002-01-01 00:30:37	道南	13.76
2002-01-01 00:40:30	道南	13.76

圖 4-20 內水位資料以水位值查詢結果

3.3 「都市雨水下水道即時預警子系統之即時模擬展示」

輸入一組降雨資料，以本團隊依 SWMM 模擬核心所修改及擴充的即時水理運算模組作演算，提供更即時且準確的預測資料。

3.4 「都市雨水下水道即時預警子系統之即時預警資訊展示」

結合 Web GIS 子系統與都市雨水下水道即時預警子系統之即時模擬，把模擬結果即時展現於系統上，並說明如何使用此子系統，當暴雨或颱洪發生時，於線上系統作查詢功能並得知預測水理狀況，列出警戒地點。

(四)第四章『結語』

針對本團隊開發之都市暴雨模擬分析系統作討論並提出建議。

4.4.2. 都市暴雨防災應變操作程序及其相關技術規範（草案）之研擬座談會

座談會之主要目的為彙整政府對於都市暴雨防救災工作之平時整備與災害應變措施及檢討相關規範，對於災害發生前、災害發生時之通報程序及各單位所需之相關資訊提供作業流程，建立標準化之作業程序，使能迅速傳達防災操作人員，以提高災害來臨時之應變效率。

工作小組邀請學術單位、政府單位及顧問公司專家學者組成，第一次座談會於 98 年 4 月 29 日舉行，邀請名單有：台灣大學土木系李天浩教授、海洋大學河海工程學系李光敦教授、台北市政府水利工程處河川工程科張凱堯科長、台北縣政府雨水下水道科黃茂松技正、台灣世曦顧問股份有限公司水環部張仁德經理，並由內政部營建署公共工程組派員指導。由於邀請的專家領域及專長各有不同，經過此次會議後，依專家的專長領域另劃分出為抽水站規劃、設計及操作之合理性分析探討座談會委員，而台灣大學水工試驗所賴進松博士、台北市政府水利工程處河川工程科張凱堯科長和台灣大學水工試驗所潘宗毅博士則繼續擔任「都市暴雨防災應變操作程序及其相關技術規範之研擬座談會」之委員，會議由台灣大學土木工程學系謝尚賢教授、台灣大學水工試驗所賴進松博士共同主持。

本團隊已於 98 年 4 月 29 日、98 年 6 月 1 日、98 年 7 月 21 日、98 年 8 月 20 日、98 年 9 月 17 日、98 年 10 月 1 日舉行六次座談會。其中 98 年 10 月 1 日舉行之座談會為擴大座談，邀請各縣市政府水利單位從業人員對於本團隊所擬定之規範進行雙向溝通，所擬定之條文為「都市暴雨致災應變作業程序（草案）」，詳見附錄 十三，並感謝邀請專家台北市政府水利處河工科張凱堯科長、台大水工所潘博士之審稿，下節為關於條文之詳細說明。各項會議記錄如附錄 十一、附錄 十二。

都市暴雨防在應變操作程序及其相關技術規範(草案)之座談會 1/2

98 年 4 月 29 日星期三

出席人員：吳冰科長、趙啟宏編審、林昆賢工程司、謝尚賢教授、李天浩教授、李光敦教授、張仁德經理、張凱堯科長、黃茂松技正、陳怡如助理、朱哲均助理



98 年 6 月 1 日星期一

出席人員：謝尚賢教授、賴進松博士、張凱堯科長、潘宗毅博士、陳怡如助理、朱哲均助理



98 年 7 月 21 日星期二

出席人員：趙啟宏編審、林昆賢工程司、謝尚賢教授、賴進松博士、張凱堯科長、潘宗毅博士、陳怡如助理、朱哲均助理、粟群超助理

都市暴雨防在應變操作程序及其相關技術規範(草案)之座談會 2/2

98 年 8 月 20 日星期四

出席人員：謝尚賢教授、賴進松博士、張凱堯科長、潘宗毅博士、陳怡如助理、粟群超助理



98 年 9 月 17 日星期四

出席人員：林昆賢工程司、謝尚賢教授、賴進松博士、潘宗毅博士、陳怡如助理、粟群超助理



98 年 10 月 1 日星期四

出席人員：吳冰科長、趙啟宏編審、林昆賢工程司、謝尚賢教授、張凱堯科長、陳怡如助理、粟群超助理、各縣市代表計 19 員



4.4.3. 都市暴雨防災應變操作程序及其相關技術規範(草案)之研擬

台灣因地理與地形的關係，降雨往往來的又大又急，一般夏季午後雷暴雨和大豪雨的應變時間短，與颱風來臨前有所差別，再加上都市土地利用方式，不透水面積增加，導致逕流係數高，所以都市區往往需要在短時間內排除大量的雨水。目前國內針對都市暴雨事件的檢討與相關防災程序討論不多，有鑑於此，本團隊彙整國內有關防災操作程序的資料，從中擷取符合都市暴雨防災特性的操作規範，擬定一套針對都市暴雨事件的防災注意事項，再搭配事件來規劃防災操作程序，本團隊所擬定之都市暴雨致災應變操作程序如附錄 十三。

在此規範中，需要先明定名詞解釋及單位權責以利各縣市政府在執行或擬定時之依據，如下：

名詞解釋：

- 1.水情資訊：水情資訊指雨量、河川水位、下水道水位、抽水站操作、中央氣象局預報等，可協助防災應變決策支援之資訊。
- 2.一級警戒值：水情達該縣市可能致災之標準，由各縣市政府訂定之。
- 3.二級警戒值：水情需加強警戒時，由各縣市政府訂定之。

單位權責：

本操作程序中之應變值日、動態監視小組、抽水機動隊、搶險隊等編組，得由各縣市依照其組織之任務職掌及功能予以編組。

作業程序

作業程序分為三個階段，災前整備、災中應變和災後復原，每個階段所需注意的事項也因應對的災害有所不同，所需動用的規模也有所差異。以下為針對都市暴雨防救災各階段所需注意之相關事項(圖 4-21)：

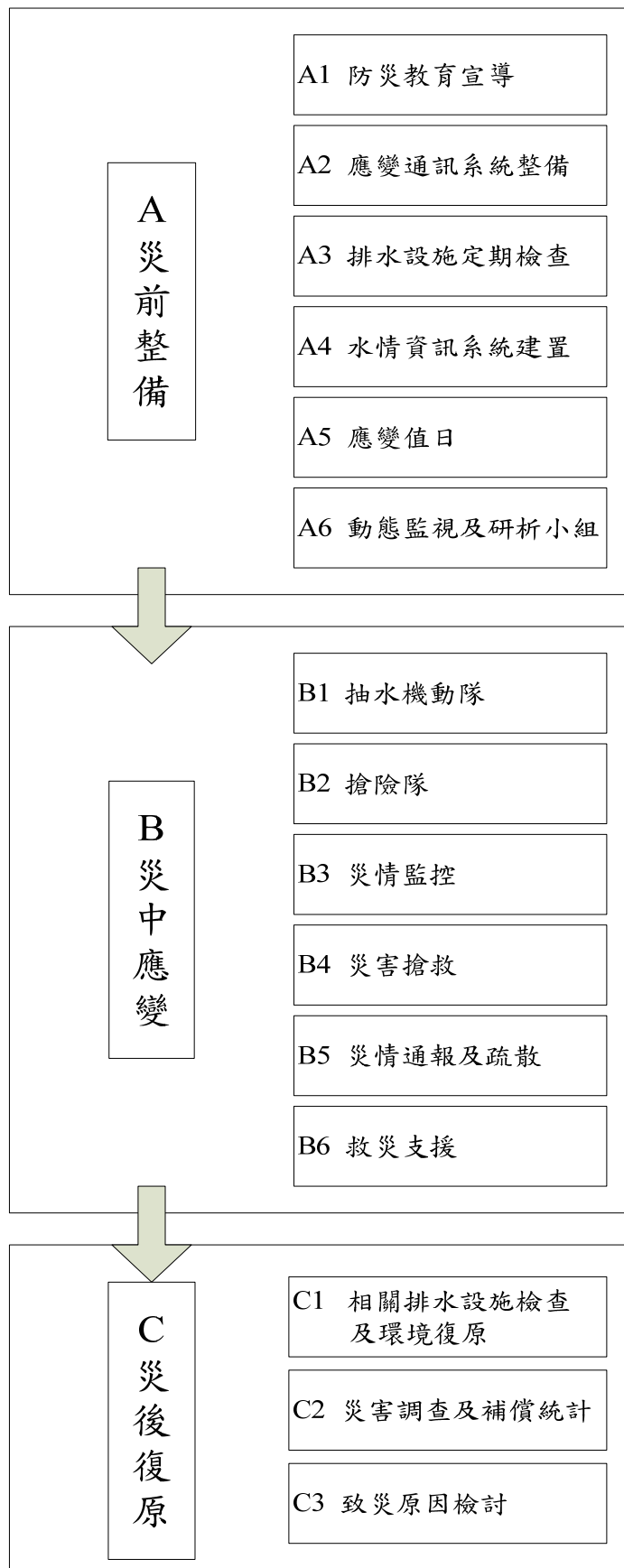


圖 4-21 都市暴雨致災應變操作程序

一、災前整備

相較於颱風所帶來的水災，都市午後雷陣雨所需預警的時間與持續發生的時間，都顯得比較短。因此，短延時暴雨的災前整備，就顯得格外重要，其主要規劃事項為：

A1 防災教育宣導

各縣市政府應於平常落實防災宣導，利用媒體、文宣、學校教育訓練或明訂各地方鄰里長需做好防災宣導；利用社區大樓、商辦大樓平日張貼防災注意與準備事項。

A2 應變通訊系統整備

災害發生時，最重要的就是災害應變的時間，因此，在災害中各項訊息的傳達上不能因為硬體設備失效而耽誤救災的時間。所以平時必須定期檢查通訊設施。因此各縣市政府及鄉(鎮、市、區)公所平日應定期清點各項有線、無線、衛星通訊器材，並定期測試確保其功能。

A3 排水設施定期檢查

水利署的水災災害標準作業程序中，有訂定相關的水利建造物、排水設施檢查項目，檢查的設施主要是防範外水，對於都市內水問題較不符合。都市暴雨主要的排水設施為雨水下水道、抽水站，由於都市暴雨的特性，雨水下水道需要短時間內承受大量雨水，因此，下水道及區域排水系統平日的清淤與檢修就極為重要，另外抽水站平日也應定期試車，確保機具運作順暢。除了硬體之外，平日也應進行人員訓練及定期實施演練。關於下水道檢查可參考台北縣雨水下水道屬性資料(附錄 十四)。

A4 水情資訊系統建置

由於水災發生前與發生時，最重要的莫過於監視水情的部份，所以平日應將各項水情資訊建置在一系統內。所以，各縣市政府將可協助防

災應變決策支援之水情資訊整合至一系統內，以供水情資訊之監測。建議可以包含中央氣象局之預報、水利局之河川水位、中央氣象局劇烈天氣監測系統(QPESUMS)之雨量預報、水利署防災資訊服務網之水情GIS、水利署災害緊急作業應變系統、各縣市內抽水站之操作紀錄及下水道之水位監測等水情資訊。

A5 應變值日

各縣市政府之水利單位或水災權責單位，得於每年5月1日至11月30日(簡稱汛期)派員排班輪值，或由縣市政府依據氣象資訊及氣象預報成立應變值日，其工作內容負責水情監視及狀況通報等工作；於汛期外，各縣市政府得訂定配合中央氣象局之預報，成立應變值日。應變值日的用意為在汛期時，監控各項水情資訊，以利當水情達到警戒時通報或成立較大之應變機制。

通報運作之程序建議為，當水情資訊達二級警戒值之時，應變值日人員通報水利單位之二級主管，由二級主管視情況報請一級主管成立動態監視小組。當水情資訊達一級警戒值時，應變值日人員通報水利單位之二級主管，由二級主管視情況報請一級主管成立搶險隊。當成立動態監視及研析小組或搶險隊之後，應變值日人員即可卸下其職務。相關資料請參考台北市政府工務局水利工程處防汛值日規定事項(附錄 十五)及台北市政府工務局水利工程處防汛搶險作業要點(附錄 十六)。

A6 動態監視及研析小組

當成立動態監視小組及研析時，相關權責單位派員組成隨時監控水情資訊。由相關權責單位派員監控的用意是在於提高警戒，且由各單位之專業人員判斷是否可能會致災，以利應變。通報運作之程序建議為，當水情資訊達一級警戒值時，由動態監視及研析小組報請二級主管，由二級主管視情況報請一級主管成立搶險隊。當成立搶險隊之後，動態監視及研析小組即合併至搶險隊下運作。相關資料請參考台北市政府工務局水利工程處防汛搶險作業要點(附錄 十六)。

二、災中應變

在災害發生時，最重要的莫過於災中如何應變、災情的監控及災害的搶救，甚至是災害無法控制請求支援及疏散等，都攸關到人民的生命財產安全，其主要規劃事項為：

B1 抽水機動隊

各縣市應成立抽水機動隊，應分配移動式抽水機之數量及分佈，以利在災害來臨時應變。其動員時機可由應變值日或動態監視及研析小組呈報二級主管，二級主管呈報一級主管後待命或配合搶險隊待命之。各鄉（鎮、市、區）公所之災害應變中心得請求縣市政府之水利單位派遣抽水機動隊協助排除積淹水。相關資料請參考台北市政府工務局水利工程處抽水機動隊標準作業程序（附錄 十七）及作業細則（附錄 十八）。

B2 搶險隊

搶險隊之用意為整合水利單位下各單位之資源，在災害較重大時運用水搶險隊之用意為整合水利單位下各單位之資源，在災害較重大時運用水利單位的力量達到排除水患之目的，汛搶險隊成立於各縣市政府之水利單位下，其主要任務為配合縣（市）級災害應變中心成立進行排水設施搶救，或縣（市）級災害應變中心尚未成立時先行成立以達搶救排水設施及災害排除之目的。搶險隊之建議組織架構如圖 4-22。搶險隊各組之建議任務職掌如表 4-1。應變值日、動態監視及研析小組、抽水機動隊和搶險隊成立流程圖如圖 4-23。相關資料請參考台北市政府工務局水利工程處防汛搶險作業要點（附錄 十六）。

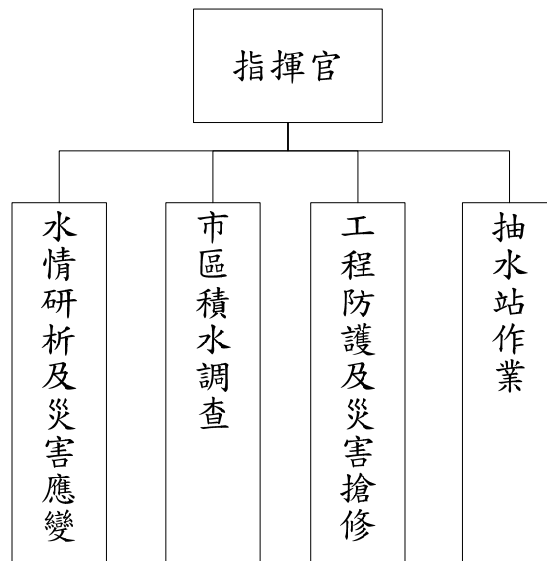


圖 4-22 搶險隊架構圖

表 4-1 搶險隊各組之其相關任務

職務/組別	任 務
指揮官	綜理搶險隊相關事務。
水情研析及 災害應變組	一、 蒐集易淹水地區及雨水下水道設施應行注意地點資料，列為監視重點。 二、 監視雨量、水位狀況，若達警戒值，適時提供資訊供決策。 三、 監視各抽水站、水位站及雨量站資料蒐集。 四、 接聽電話，於接獲災情時，填報災情紀錄，送權責單位派員處理。 五、 提供監視資料供報告撰寫。
市區積水調查組	一、 督導調派調查小組成員進行市區積水地點調查任務，並分析積水成因及改善對策適時陳報。 二、 接獲市民查報災害傳遞系統通報，積水地點的調查工作，並適時反應回報指揮中心。 三、 聯繫里長、登錄災情。
工程防護及 災害搶修組	一、 聯繫外租機械開口合約廠商搶險作業，並確認機具就定位時間。 二、 通知外租機械督導單位至外租機械待命地點查證，並拍照存證。 三、 指揮官下達機具撤離時，通知外租機械機具撤離，並通知外租機械督導單位解散。 四、 排水設施硬體搶修。 五、 協助排除積淹水地區。
抽水站作業	一、 抽水及閘門操作作業。 二、 抽水機組搶修。

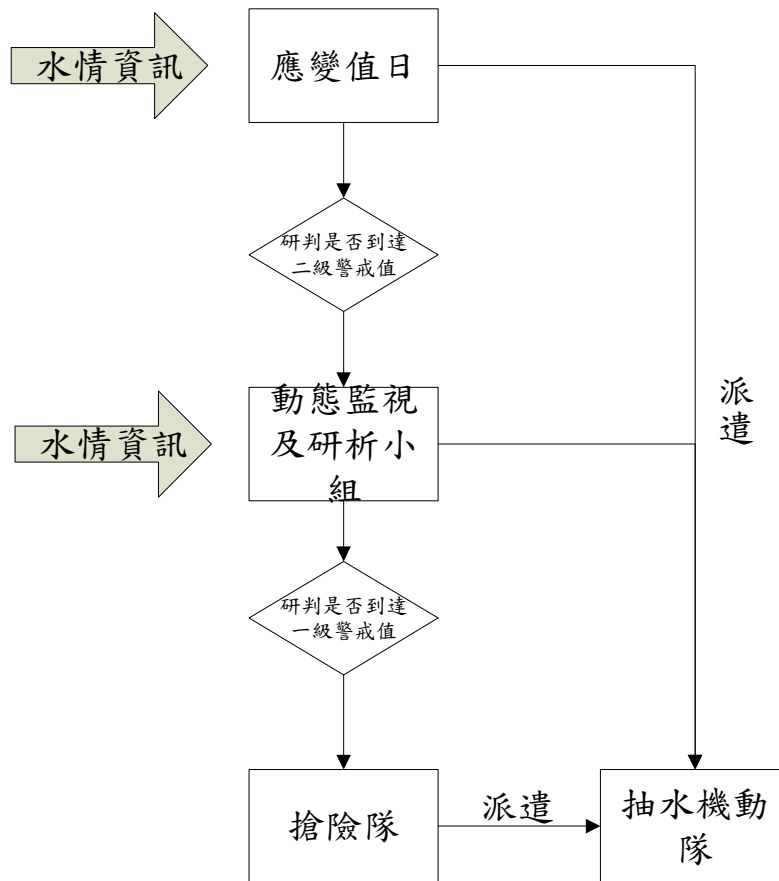


圖 4-23 應變值日、動態監視及研析小組、抽水機動隊、搶險隊建議成立流程圖

B3 災情監控

災情監控之目的為，在災害發生時追蹤各地災情以及搶修程度，並通報搶救與決策單位。在動態監視及研析小組成立時，應彙整水情資訊，其中消防、警察單位接獲民眾報案之水情資訊亦應傳遞至動態監視小組，動態監視及研析小組亦有傳遞水情資訊給消防和警察單位之必要，以供其必要時出勤；在搶險隊成立時亦同，相關權責單位如表 4-2。

表 4-2 災情監控之權責單位與其相關任務

權責單位	任 務
鄉（鎮、市、區）公所	一、督導鄉（鎮、市、區）公所勘查統計民間資料。 二、辦理鄉（鎮、市、區）級災害應變中心請求支援事項。
消防單位	一、災害防救會報之召開及決議之執行事項。 二、災情傳遞彙整及災情指示等聯絡事項。 三、災情統計事項。 四、通報各有關單位內部成立緊急應變小組事項。 五、民眾電話傳真報案事項。
警察單位	一、災情查報事項。 二、民眾電話報案事項。
水利單位	水位觀察及查報事項。

B4 災害搶救

都市暴雨造成的災害為較小規模，主要為區域性淹水，應以疏通排水降低積淹水時間為主要任務。因此在動態監視及研析小組成立時，若有災害發生時通知消防單位救災及警察單位交通管制，水災發生時通知抽水機動隊出動；若有較大之災害交通單位應配合各項機具之調度；在災害發生前，亦可要求抽水機動隊待命。在搶險隊成立時亦同，相關的權責單位如表 4-3。

表 4-3 災害搶救之權責單位與其相關任務

權責單位	任 務
水利單位	一、下水道、抽水站、水門及其他有關排水設施之管理操作事項。 二、排水設施之結構損壞修復，其他公共設施之搶修、搶險事項。 三、低窪地區積水之抽洩及疏導事項。 四、工程災害搶救、搶險事項及協調聯繫事項。 五、災害搶救所需工程機具、人員調配事項。
交通單位	一、災民疏導之接運事項。 二、救災人員、器材、物資之運輸事項。 三、災區交通運輸之維護事項。 四、緊急道路救援及臨時停車場之規劃事項。 五、交通管制設施及停車廠災害搶救、搶修事項。 六、協調重大交通事故搶救機具調度。
消防單位	一、機動配合各區災害應變中心與救生任務。 二、災害現場消防搶救、人命救助及緊急救護事宜。 三、救災器材儲備供應事項。
警察單位	交通管制事項

B5 災情通報及疏散

如排水設施超出排洪量等情況發生，導致積淹水情形無法排除而災害擴大時，水利單位下之組織（搶險隊或動態監視小組），呈報一級主管，由一級主管決定後，轉知該地區責任里幹事或負責人員，透過廣播傳達訊息，預先通知將可能淹水之區域警戒或撤離，以降低損失。相關資料請參考台北市政府洪水災害及緊急通報疏散作業規定（附錄 十九）。

B6 救災支援

如無法控制災情的擴大，視情況請求中央或軍方支援。另外當災害發生時，其條件已達到重大災害開設時機，直接轉移至縣市政府之災害應變中心。

三、災後復原

C1 相關排水設施檢查及環境復原

害結束後，在硬體方面，對於有發生災情的地區，應檢查相關的工程設施是否有因此受損，並評估需維修改善事項。除了硬體方面，並對於環境做清潔及消毒的動作。相關權責單位表 4-4。

表 4-4 相關防汛設施檢查及環境復原之權責單位與其相關任務

權責單位	任 務
水利單位	一、下水道、抽水站、水門及其他有關排水設施之維護事項。 二、排水設施之結構損壞修復及其他公共設施之復原事項。
環保單位	垃圾清除、環境復原及消毒。

C2 災害調查及補償統計

災害發生之後，社會單位需對於積淹水地區之居民在生活上實施救濟或收容，民政單位需統計受災戶之受災狀況，並呈報主計單位以供相關之財務調度，相關權責單位如表 4-5。

表 4-5 災害調查及補償統計之權責單位與其相關任務

權責單位	任 務
社會單位	受災損害之救濟事項。
民政單位	一、督導鄉（鎮、市、區）公所勘查統計民間災情事項。 二、協助社會單位辦理救濟事項。
主計單位	辦理救災財務調度支援及統籌經費動支核撥事宜。

C3 致災原因檢討

統計都市暴雨相關資料，討論積淹水地區之致災原因並檢討排水系統的維護設計或規劃是否合宜，補強或增加因地區特性不同的設計規範，並檢視致災應變操作程序，以供下次災害發生時之應變。相關權責單位如表 4-6。

表 4-6 致災原因檢討之權責單位與其相關任務

權責單位	任 務
水利單位	一、抽排水設施維護及設計改善事項。 二、水利單位災害應變程序之檢討及改善事項。
營建署	雨水下水道系統設計檢討改善事項。

以上為本團隊所建議之都市暴雨來臨時之作業程序，希望能對於各縣市政府因應都市暴雨來臨時發揮功用，提供各縣市政府參考。在防救災的角度，也應參酌各先進國家作法，可參考附錄 二十對於歐、美、日防救災體系之作法，雖然多為中央單位執行時之介紹，但其體制由上而下整合、經過多年漫長修正等精神仍有許多可以借鏡之處。

4.5. 抽水站規劃、設計及操作之合理性分析探討

抽水站主要任務為抽水、排水，其位於都市雨水下水道系統之末端，抽水站在災中扮演的角色，往往是左右是否會造成積淹水的主要因素。抽水站的功能為當河川水位(外水位)較低時，抽水站閘門開啟，集水區降雨逕流(內水)由雨水下水道用重力排水方式排出；當抽水站前池內水位高於外水位時，將閘門關閉，由抽水機抽水將水排出。兩者功能其一失效時，往往會造成大區域的災害，如：納莉颱風玉成抽水站失效，造成台北市區、台北捷運淹水等重大災害。除上述之硬體功能外，軟體的部分也必須考慮完善，軟體部分係指抽水機組的操作程序，屬於人為控制的部分，操作是否符合標準程序，也是影響抽水站能否有效排水的一項重要因素。

目前臺北市共劃分為 55 個排水分區，63 座永久雨水抽水站，且為解決未開發地區如關渡、社子島等地的排水問題，另外還設置 21 座臨時雨水抽水站，總計共 84 座雨水抽水站，384 台抽水機組，總抽水量達每秒 1,960 立方公尺。隨著時間的推進，舊有的抽水站為因應實際的變化會做些改善，但全球的氣候變遷，災害發生的時間與災害強度越來越難以預測，有鑑於此，往後勢必需要對防災的硬體(排水設施)以及軟體(應變操作守則、抽排水設施設計規範)做更完善規劃與考量，並研訂更有效率的應變操作程序。

本章節將用統計的觀點，分析統計台北縣市各抽水站之基本資料，分析其集水面積與總抽水量、前池有效容量與總抽水量和總抽水量與抽水機台數的關係，以供將來在規劃設計時參考。另外，還挑選台北縣市數個抽水站作為案例，有：玉成、南港、塔寮坑、長元、中港東等站。玉成、南港抽水站為遭遇納利颱風淹水而失效，並且在此之後台北市政府訂定「自我保護標準」，作為改善之依據，其情況屬於雨量超過保護標準下之案例；而塔寮坑、長元、中港東則屬於雨量在保護標準下，但以塔寮坑現行之抽水量尚未符合水利署規劃之十年重現期洪水量，而塔

寮坑之特色為面積廣大、山區逕流多，且流域包涵低地排水，因此，山區逕流常造成低地淹水，以現行之規劃進行高低分流之整治計畫，降低下游之風險，屬於山區逕流之案例；長元抽水站則地處三重低窪地區，且受到感潮之影響，屬於感潮段之抽水站；最後，介紹中港東抽水站，為新式抽水站，將介紹抽水站機組之配置，以符合在降水範圍由大至小之抽水需求，可增加抽水機組之壽命。因為各站所遇到的問題不同，也用不同的方法解決其問題，因此，用這些案例進行分析，可供將來抽水站規劃設計時之參考，圖 4-24 為本研究之設計流程圖，圖 4-25 為本章節之架構圖。

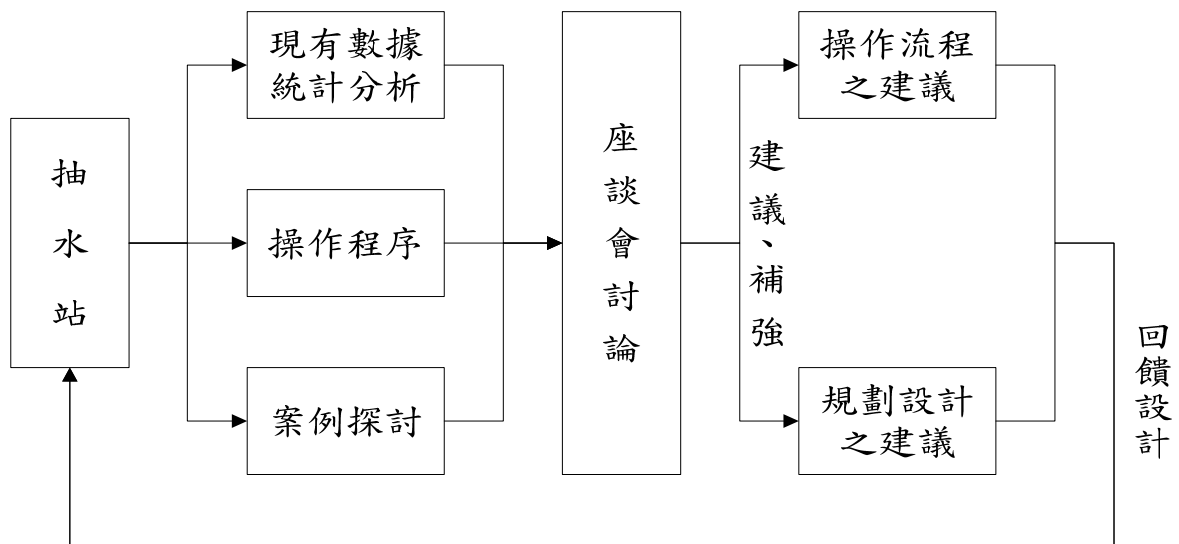


圖 4-24 抽水站規劃設計研究流程圖

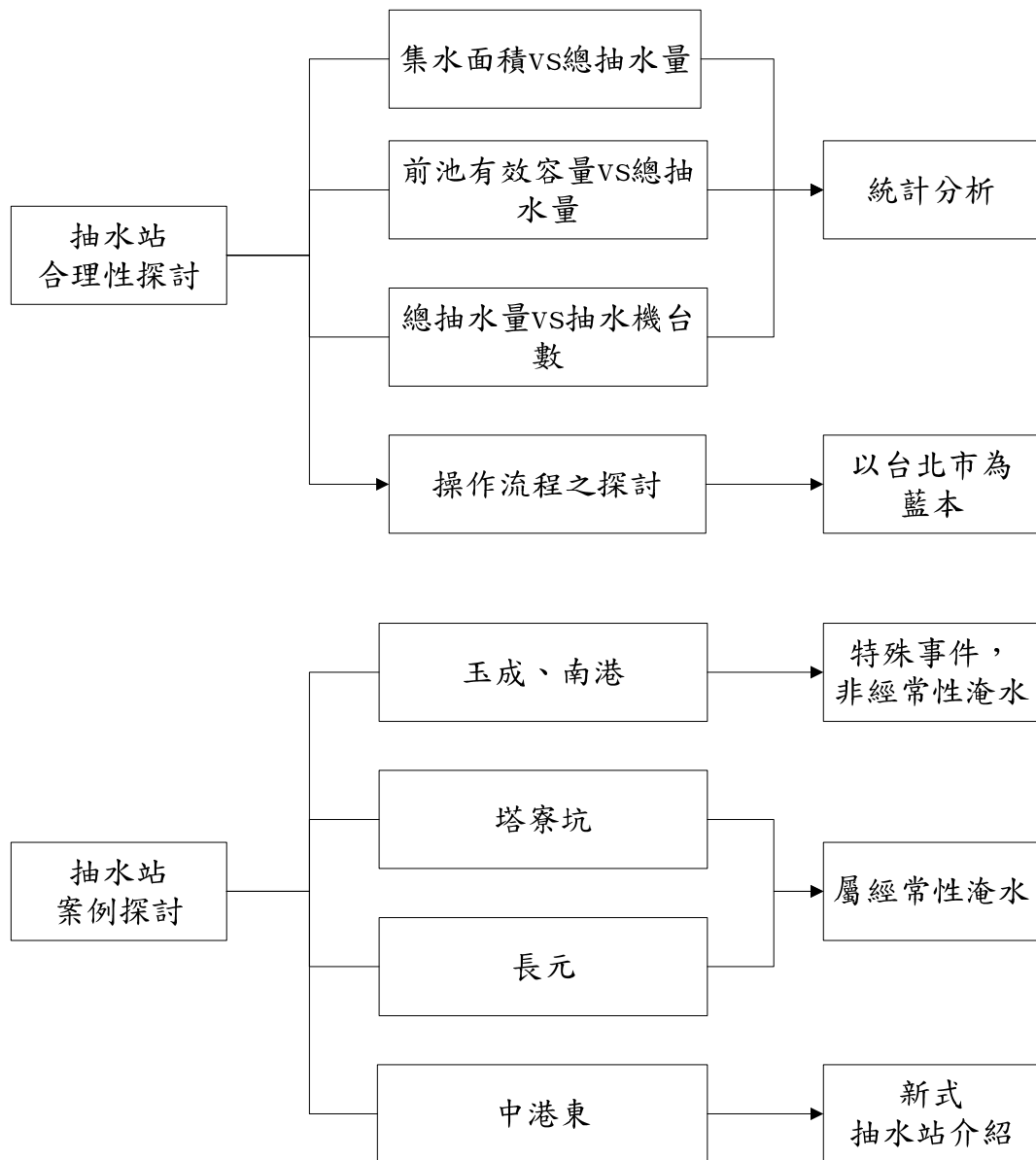


圖 4-25 抽水站規劃、設計及操作合理性探討之架構圖

4.5.1. 抽水站規劃、設計及操作之合理性分析探討座談會

此座談會之目的，為考量抽水站規劃、設計及操作之合理性探討，藉由台北縣市各現有抽水站之資料進行分析，以討論其規劃設計之合理性，並且藉由挑選不同案例，為抽水站所遇到各種的問題及解決方案做介紹，作為將來抽水站規劃設計之參考。工作小組邀請學術單位、政府單位以及顧問公司專家學者組成，邀請名單為：台灣大學土木系李天浩教授、海洋大學河海工程學系李光敦教授、台北市政府水利工程處河川工程科張凱堯科長、台北市政府水利工程處抽水站管理一科程培嘉科長、台北縣政府水利局雨水下水道科黃茂松技正和台灣世曦顧問股份有限公司水環部張仁德經理，並由內政部營建署公共工程組派員指導。會議由台灣大學土木工程學系謝尚賢教授、台灣大學土木系李天浩教授共同主持。

本團隊已於 98 年 4 月 29 日、98 年 6 月 10 日、98 年 7 月 21 日、98 年 8 月 20 日、98 年 9 月 17 日、98 年 10 月 1 日舉行六次座談會。其中 98 年 10 月 1 日舉行之座談會為擴大座談，邀請各縣市政府水利單位從業人員實際參訪玉成抽水站，並對抽水站之實際操作進行討論，各項會議記錄如附錄 二十六。感謝台北市政府水利工程處抽水站管理一科程科長對於實際抽水站操作之建議與審稿和台北市政府水利工程河工科張凱堯科長之審稿。

抽水站規劃、設計及操作之合理性分析探討座談會 1/2	
98 年 4 月 29 日 星期三	
出席人員：吳冰科長、趙啟宏編審、林昆賢工程司、謝尚賢教授、李天浩教授、李光敦教授、張仁德經理、張凱堯科長、黃茂松技正、陳怡如助理、朱哲均助理	
98 年 6 月 10 日 星期三	
出席人員：趙啟宏編審、林昆賢工程司、謝尚賢教授、李天浩教授、李光敦教授、張仁德經理、張凱堯科長、黃茂松技正、程培嘉科長、朱哲均助理	
98 年 7 月 21 日 星期二	
出席人員：趙啟宏編審、林昆賢工程司、謝尚賢教授、李天浩教授、李光敦教授、張凱堯科長、程培嘉科長、黃茂松技正、張仁德經理	

抽水站規劃、設計及操作之合理性分析探討座談會 2/2

98 年 8 月 20 日星期四

出席人員：謝尚賢教授、李光敦教授、張凱堯科長、程培嘉科長、黃茂松技正、張仁德經理、陳怡如助理、粟群超助理

98 年 9 月 17 日星期四

出席人員：林昆賢工程
司、謝尚賢教授、李天浩
教授、張凱堯科長、程培
嘉科長、黃茂松技正、陳
怡如助理、粟群超助理



98 年 10 月 1 日星期四

出席人員：吳冰科長、趙
啟宏編審、林昆賢工程
司、謝尚賢教授、張凱堯
科長、陳怡如助理、粟群
超助理、各縣市代表計 19
員



4.5.2. 抽水站合理性探討

本節將討論抽水站規劃、設計及操作之合理性，主要依集水面積與總抽水量、前池與總抽水量、總抽水量與抽水機台數及操作程序等四項來做探討，其中前三項是屬於抽水站在規劃設計時應考慮的項目，而本研究整合台北縣市的資料，並依其集水面積、前池有效容量、抽水量和抽水機台數這四者的關係來做討論，而最後有關抽水站之操作程序則依台北市的經驗為基礎經過討論後提供有關操作程序上之建議，有關統計資料以台北縣市各抽水站基本資料為主，如附錄 二十一。

一、 集水面積與總抽水量之探討

一般設計抽水站之總抽水量可分為使用數值計算與不使用數值計算，若不使用數值計算，基本上會使用合理化公式 $Q = CIA$ 來計算尖峰逕流量，用尖峰逕流量來設計抽水站之總抽水量。另一種方式使用數值計算則較為複雜，先設計降雨強度，接著再設計雨型，使用數值計算目前大部分使用暴雨逕流模式（Storm Water Management Model, SWMM）計算，由降雨計算逕流歷線，再將逕流歷線導入管網系統計算雨水進到排水系統時之水理情況，也因此可以得到最後降雨逕流經排水系統到達抽水站時應該有的流量分析，如此一來，設計抽水站之總抽水量就有了依據。

本小節原則不討論使用數值計算模擬總抽水量，取而代之透過現有操作中抽水站設備建造資料之統計分析與規劃，並使用台北縣市各抽水站的總抽水量和集水面積等資料來做探討，以此來討論台北縣市各抽水站之各項統計數據之關係。

合理化公式 $Q = CIA$ ， C 為逕流係數、 I 為設計降雨強度 (mm/hr)、 A 為集水區面積大小 (ha)、 Q 為最大逕流量 (cms)，在此我們討論集水面積 A 與總抽水量 Q 之關係。以台北市為例，若將各抽水站之集水面積 A 與總抽水量 Q 分別對應 x 軸和 y 軸，進行點繪，從圖 4-26 可以看到台北市各站集水面積與總抽水量之關係基本上呈一線性關係，也就是說對於抽水站

之總抽水量基本上可以用「比流量」之關係來描述，即集水面積越大則抽水站之總抽水量也越大，且兩者呈線性關係，而其總抽水量(cms)與集水面積(ha)之比值約為 0.13。以台北市抽水站設計時會區分暴雨及颱風雨，五年重現期暴雨所用之降雨公式為 $I = 8605/(t + 49.14)$ (t 為集流時間，單位為 min ； I 降雨強度，單位 mm/hr)，五年颱風雨重現期所用之降雨公式為 $I = 4867/(t + 48.3)$ ，而在颱風雨所選用之逕流係數為 0.95，暴雨所使用之逕流係數大約為 0.79，雖然暴雨所用之設計降雨明顯大於颱風雨，但由於暴雨所使用之逕流係數小於颱風雨所使用之逕流係數，導致在結果上並無因為設計條件不同而有所差別，所呈現之結果，綜合來看呈線性關係。圖 4-26 距離回歸線比較遠的站有兩個分別為玉成及康寧，而目前這兩站正在擴建當中，(擴建後抽水量如表 4-7) 若我們把兩個站擴建後的抽水量列入考慮在重新畫集水面積與總抽水量關係圖，如圖 4-27，發現擴建後更靠近回歸線，所有的點相對於回歸線也更密集，而修正後的回歸線斜率則增加為 0.15。

由從圖 4-27 觀察，在集水面積在 700 公頃以下的抽水站，散佈點較密集，無法從圖上看出趨勢及分佈情況，所以重新繪製集水面積小於 700 公頃以下之集水面積與總抽水量之關係 (去除集水面積大於 700 公頃之抽水站如表 4-8)，如圖 4-28，由分佈狀況我們可以看到集水面積小於 700 公頃的抽水站，其總抽水量與集水面積比值則為 0.17，高於圖 4-27 的 0.15，這也代表小集水面積抽水站對於單一面積所使用的抽水量大於大集水面積抽水站的單一面積所使用的抽水量，從圖 4-27 也可看出來散佈點在小集水面積的點大部份都在回歸線以上，在大集水面積的點趨勢微微偏緩。從這樣的關係可以看出來，對於集水面積大之流域，而集流時間也較長，所需要的抽水量也不見得需要那麼大。

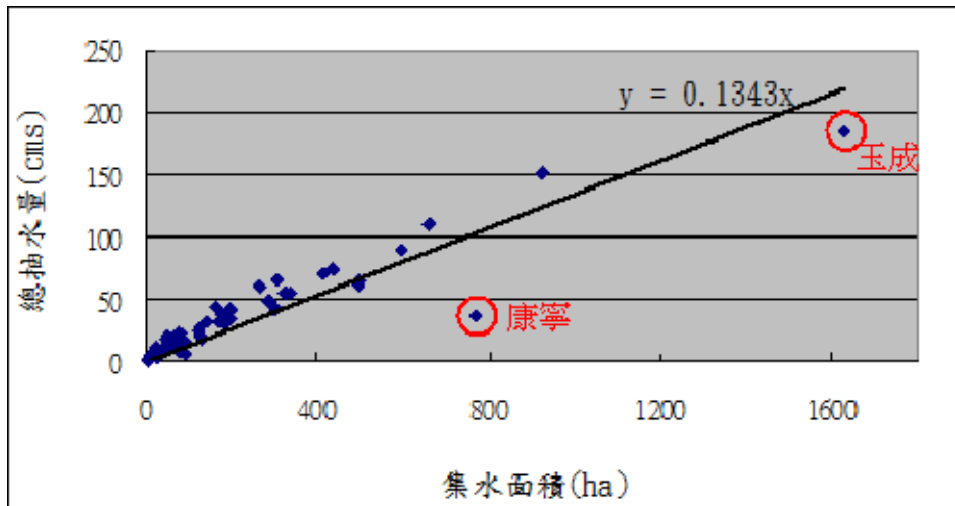


圖 4-26 台北市各站集水面積與總抽水量關係圖

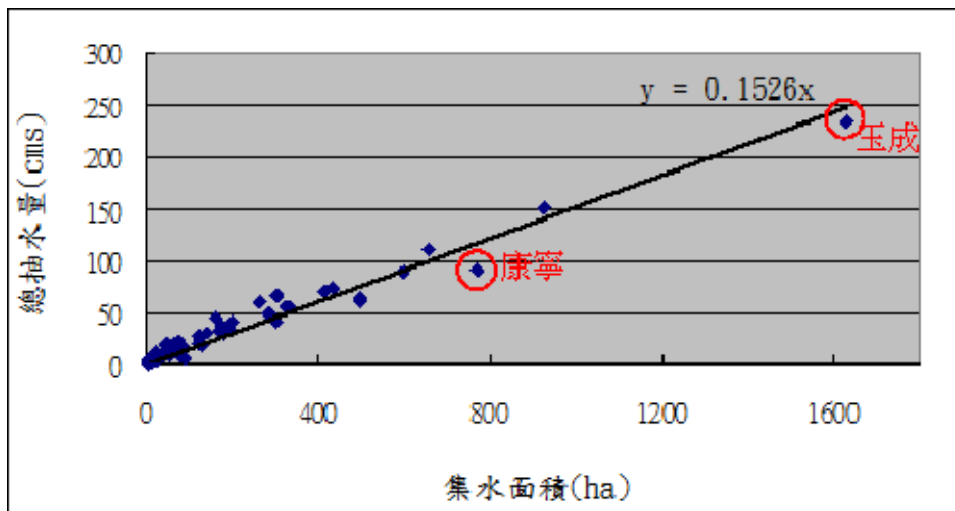


圖 4-27 台北市各站集水面積與總抽水量關係圖（修正玉成、康寧後）

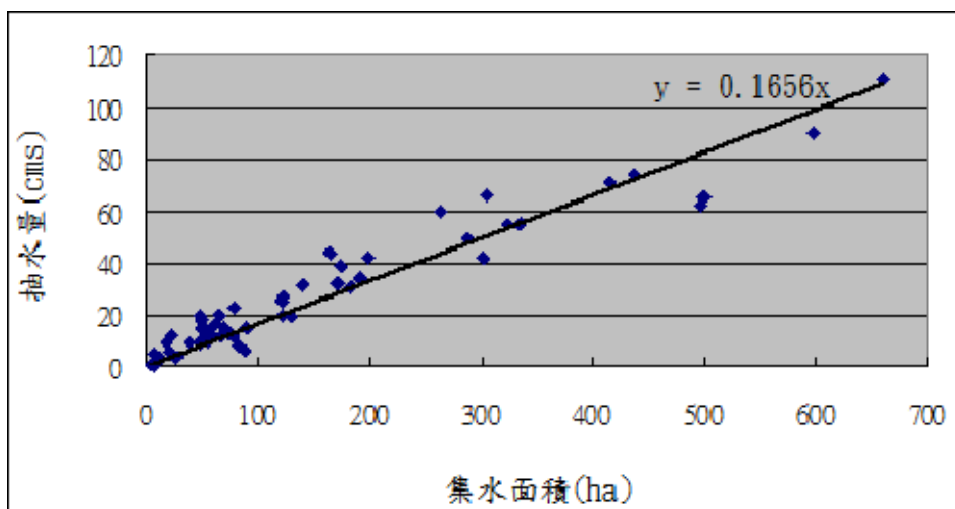


圖 4-28 台北市各站集水面積與總抽水量關係圖(集水面積小於 700 公頃)

表 4-7 玉成、康寧擴建，新舊抽水量比較表

站名	集水面積(ha)	原總抽水量(cms)	新總抽水量(cms)
玉成	1627.4	184.1	234.1
康寧	768	37.8	91.3

表 4-8 台北市去除集水面積大於 700ha 抽水站列表

站名	集水面積(ha)	總抽水量(cms)
新生(本站)、新生擴建站、 特一號幹線左岸、特一號幹 線右岸	926	151.2
玉成	1627.4	234.1 (擴建中)
康寧	768	91.3 (擴建中)

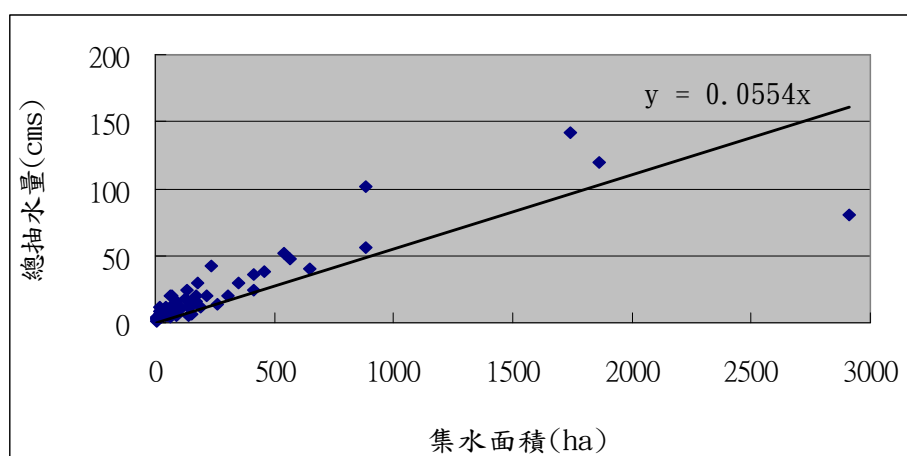


圖 4-29 台北縣各站集水面積與總抽水量關係圖

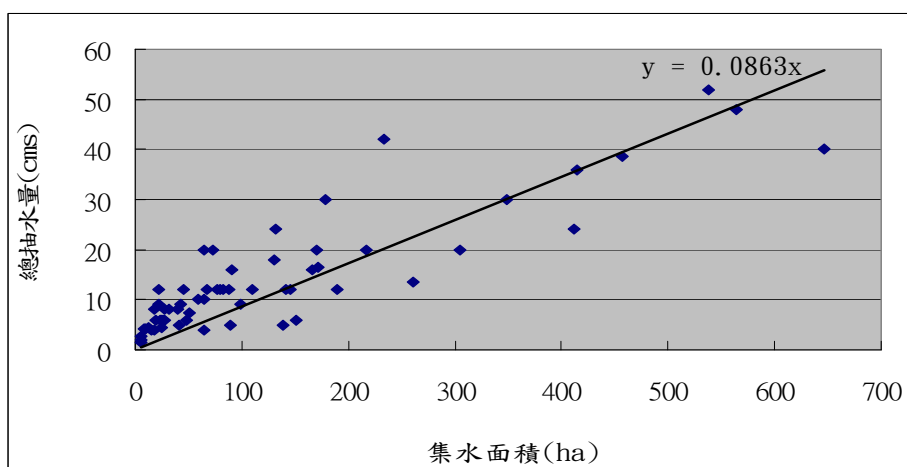


圖 4-30 台北縣各站集水面積與總抽水量關係圖(集水面積小於 700 公頃)

台北縣的部份，各抽水站集水面積與總抽水量的關係圖如圖 4-29，可以看出其回歸線斜率為 0.06，小於台北市的 0.13，而且其分佈情況不如台北市的密集。探討其原因，台北縣早期之設計規劃大部份都依照三年暴雨或五年颱風雨之雨量設計，相較於台北市使用五年暴雨或五年颱風雨之雨量設計，相對顯得較小；且以往台北縣在設計抽水站時，通常按照早期台灣省住宅及都市發展局所提出的壓減公式來設計抽水量，壓減的意義在於假設下水道系統有蓄洪之功能，因為管渠在設計時均按照尖峰流量設計，而實際尖峰流量僅為瞬時流量，管渠水流大部分時間均較尖峰流量小，故管渠有貯蓄部份水流的功能，其貯水量 V 及對尖峰流量之調節壓減率為 x ，根據板蒼公式，可以表示如下：

$$V = \left(c \times a \frac{A}{6} \right) \times \left[1 - \left(\frac{b}{t_c} \right) \times \ln \left(\frac{t_c + b}{b} \right) - \frac{t_c}{2(t_c + b)} \right], x = \frac{V}{(t_c + Q)^{1/2}}$$

式中

V = 管渠貯水容量 (m^3)

x = 尖峰流量壓減率

c = 逕流係數

A = 集水面積 (ha)

t_c = 集流時間 (min)

Q = 尖峰流量 (m^3/min)

a 、 b = 各暴雨與公式中之常數，

以三重地區抽水站抽水量估計所採用的降雨率為例，依照前省住都局之建議，公式分為下列兩種：

(1) 台北地區三年一次暴雨公式

$$I = \frac{7920}{t + 44.98}$$

(2) 台北地區五年一次颱風雨公式

$$I = \frac{4867}{t + 48.3}$$

利用板蒼公式計算之壓減率如表 4-9：

表 4-9 三重地區抽水站壓減率列表（省住都局，1996）

站別	降雨強度 (mm/hr)	逕流 係數	集水 面積 (ha)	集流 時間 (min)	尖峰 流量 (m^3/s)	a	b	貯水 容量 (m^3)	壓減 係數	抽水 容量 (cms)
同安	44.9	0.95	82.3	35.8	9.75	4867	48.3	2470	0.34	6.44
重陽	44.9	0.95	143.6	37.8	17.01	4867	48.3	4529	0.35	11.06
溪美	44.9	0.95	145.8	36.2	17.28	4867	48.3	4441	0.34	11.4
頂崁	44.9	0.95	104.5	41.2	23.02	4867	48.3	6991	0.35	14.96
長元	44.9	0.95	75.3	34.5	8.92	4867	48.3	2151	0.34	3.89

由表 4-9 可以看出基本上壓減率可達到 0.35 以上，因此由圖 4-29 所顯示台北縣抽水站之抽水量相對於台北市（圖 4-27）而言相對較小。相同地，將集水面積大的抽水站去除後如圖 4-30，其斜率為 0.09 仍小於台北市之圖 4-28 的 0.17，且台北縣各站集水面積與總抽水量之散佈點相較於台北市亦較分散、離回歸線較遠，應是由於各站壓減關係及部份設計之標準較台北市低，且台北市所呈現的圖較密集，是因為抽水站之規劃大都遵守其五年暴雨或颱風雨之設計（詳細請參考附錄 二十二、台北市下水道工程設施標準）。

在工程實務上之應用，圖 4-26 可以看到，回歸線的斜率大約是 0.13，這與台北市抽水站在規劃時粗略的經驗檢核值相同，一般以總抽水量(cms)除以集水面積(ha)之值為 0.13 當作粗略檢核的標準，此為比流量觀念之運用。而從台北市與台北縣的差異中，我們可以看到由於設計規範訂定的不同，也導致抽水量在設計時的不一樣。對於不同地區，其都市開發的程度、土地利用情形、透水面積和容忍積淹水的程度都不同，因此鄰近地區土地利用相近之抽水站設計，可以用此方法「集水面積與抽水量的之比流量」，來確定抽水站設計之抽水量是否偏離其

單位面積比流量太多，以台北市為例，原本康寧、玉成在擴建前的關係圖 4-26，而擴建後新的關係較靠近回歸線圖 4-27，就是一個從低於比流量之下的設計修正到接近比流量的例子；相反地，若是新設計的抽水站，在此比流量以上，則代表相對有較高之保護標準。

二、 前池與抽水量之探討

三、 抽水站用地主要作為沈砂池及抽水井使用，抽水站用地規劃設計時可參考（式 1）與（式 2）（林秋裕，1984）：

$$A = 14.8Q^{0.7} \quad (\text{式一})$$

$$A = 3.038Q^{0.446} \quad (\text{式二})$$

式中， A 為用地面積[公頃]， Q 為抽水量[cms]。將（式一）與（式二）帶入台北縣、市抽水站之資料後，由（式一）所得之用地面積明顯大於目前抽水站之實際面積，故建議使用（式二）較符合現況。且實務上抽水站在設計時，因為常常受限於都市計畫用地及現有國土規劃，所以造成抽水站用地面積不足，導致前池面積過小的問題，因此，建議未來在都市計畫中應考慮抽水站適當之使用面積，保留公有地以利將來設站時之需求。關於面積估算，可以運用上述討論集水面積與總抽水量關係之比流量的觀念，劃定集水區後運用所繪製之集水面積與總抽水量圖（比流量圖）來概估所需之抽水量，亦可使用 $Q = CIA$ 來概估，有了總抽水量後用（式二）來概估抽水站之使用面積，可以考慮在都市計畫中預留較大之公有地以利將來設站之用。

抽水站前池具有滯洪及提供操作緩衝時間的功用，所以原則上前池的大小是越大越好，可是因都會區用地取得困難，以致前池大小也受到限制。較大的前池除了滯洪之外，也可提供操作時較多的緩衝時間，因為假定同一逕流量下，過小的前池可能會因抽水機的抽水量相對於前池的比例過大，以致當開機運轉沒多久後，水位就急遽降低而需關機，因當前池的水位低於抽水機最低浸沒水深時，機組若仍繼續運轉，容易造成抽水機異常振動，加上頻繁的開關，容易增加抽水機的損耗及降低機組使用壽命。

抽水站之設計通常是以五年暴雨或颱風雨為基準作設計，但在抽水機組的配置上，若用地條件許可，建議搭配一台抽水量較小之抽水機為宜，用以應付較小之降雨，如此可減少抽水機之開關頻率及增加抽水機之操作彈性，有關抽水機組在設計上可參考案例探討：中港東站之配置模式。

因此，在此比較台北縣、市各抽水站之前池容量與較小機組抽水量之關係，以看出在操作上之彈性。在此定義前池有效容量為前池面積乘上最高容許水位與停機水位之高差，運用前池有效容量除以較小機組之抽水量得到最大抽水時間，用最大抽水時間來定義前池大小對於抽水機操作上使用之彈性，圖 4-31 與圖 4-32 為台北縣市各抽水站之最大抽水時間由小至大排列（計算列表請參考表 4-11 與

表 4-12），可以分為三個區塊，第一個區塊較小、較密集，斜率也最小，時間上大約是 0~120sec；第二個區塊稍微大一點、也稍微稀疏，斜率稍微增加，時間上大約是 120~300sec；第三個區塊最大、最稀疏，斜率最大，時間為 300sec 以上。配合抽水站實際操作經驗，以操作而言，若有五分鐘之緩衝時間，在操作上屬於較充足，而對於五分鐘以下則屬於在操作上較無彈性，而在五分鐘以內又劃分出兩分鐘以下與兩分鐘到五分鐘兩個區塊，為大約之區隔，並非嚴格之定義，旨在說明當最長抽水時間越小則對操作彈性及緩衝時間上限制越大，也越容易造成機組啟閉頻繁。

表 4-10 最長抽水時間對於操作彈性上之定義

區間	最長抽水時間	操作彈性
區間一	0~120sec	操作彈性不佳 (可能導致機組啟閉頻繁)
區間二	120~300sec	操作彈性不佳
區間三	300sec 以上	操作上具有彈性

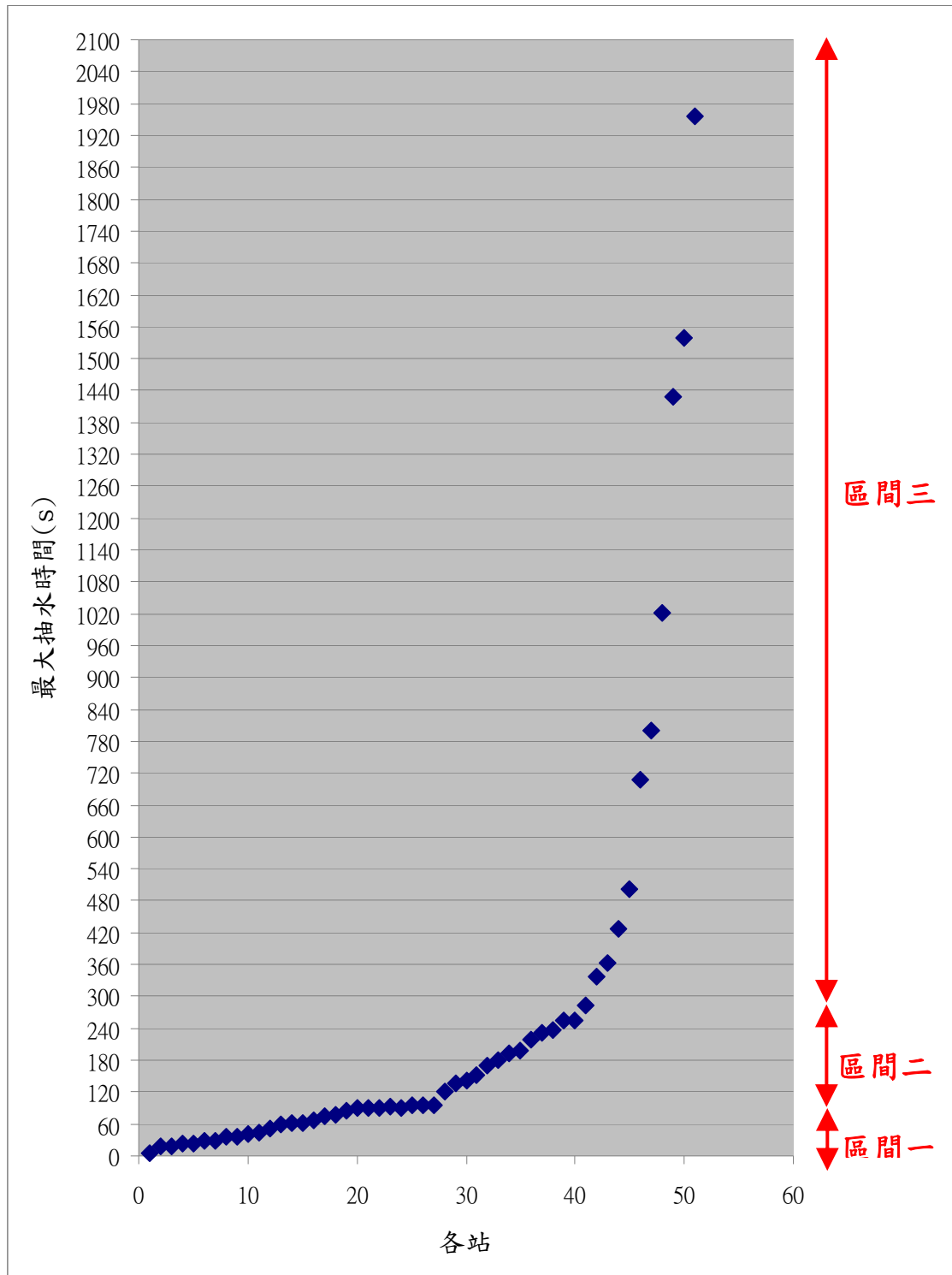


圖 4-31 台北市各站最大抽水時間

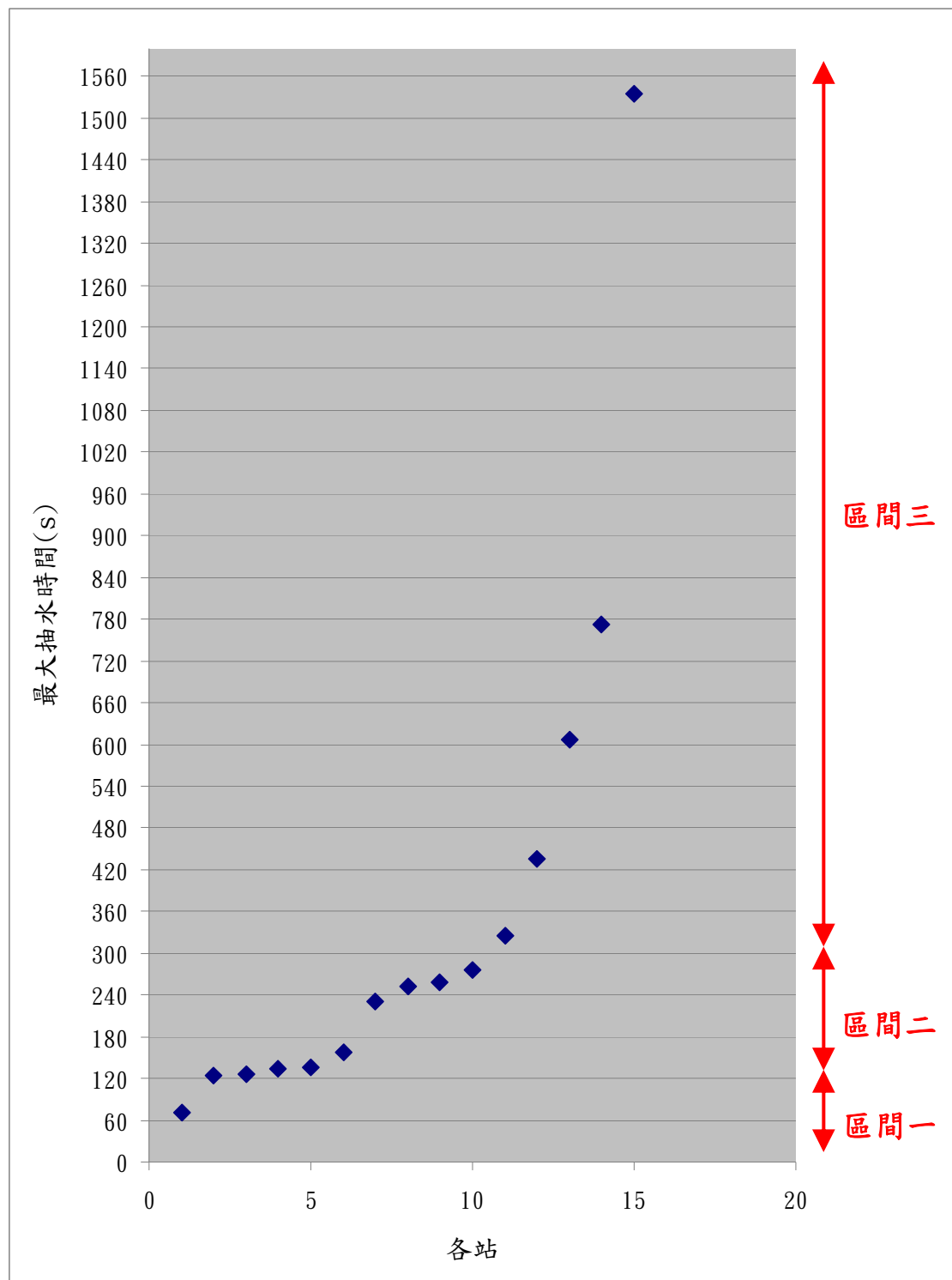


圖 4-32 台北縣各站最大抽水時間

表 4-11 台北市各站最大抽水時間之計算列表

編號	站名	單機 抽水量 (cms)	假定停 機水位 (EL.m)	假定最高容 許水位 (EL.m)	前池面積 (m ²)	前池有效 容量 (m ³)	最大抽水 時間 (sec)
1	民生	3.00	0.80	1.10	50.00	15.00	5.00
2	大業東	1.50	1.00	2.09	24.00	26.16	17.44
3	六館	4.00	1.00	1.75	93.40	70.05	17.51
4	迪化	4.00	0.25	0.34	992.00	89.28	22.32
		4.00					
5	民權	4.00	1.20	2.80	60.00	96.00	24.00
6	貴陽	4.00	1.80	4.49	42.00	112.98	28.25
7	大龍	4.00	0.70	1.00	392.00	117.60	29.40
8	大坑左	0.45	7.50	9.08	10.00	15.80	35.11
9	實踐	3.00	12.70	14.68	56.00	110.88	36.96
		3.00					
10	南京	5.00	3.20	4.56	150.00	204.00	40.80
11	大南	1.00	0.10	0.50	108.80	43.52	43.52
12	保儀	2.00	13.50	15.81	45.00	103.95	51.98
13	文昌	4.00	1.30	3.03	135.60	234.59	58.65
		4.50					
14	社子	2.00	0.50	1.52	119.00	121.38	60.69
		3.00					
		2.00					
15	長安	5.00	0.80	1.90	280.00	308.00	61.60
16	芝山	4.00	2.30	3.62	202.40	267.17	66.79
		4.00					
17	建國	14.80	1.00	1.50	2220.00	1110.00	75.00
	建國擴建站	7.25	1.00				
18	中港	5.00	11.80	13.36	244.50	381.42	76.28
		5.00					
		12.00					
19	誠正	1.75	6.20	9.13	50.00	146.50	83.71
20	福林	5.25	2.30	2.95	722.40	469.56	89.44
		5.00					
21	林森	7.00	1.30	3.00	370.00	629.00	89.86
22	東華	4.50	3.30	4.30	405.00	405.00	90.00
23	奇岩	3.00	2.30	3.02	382.50	275.40	91.80
24	圓山	4.34	0.70	1.00	1320.00	396.00	91.24
		4.34					
25	大坑右	0.45	7.40	9.52	20.00	42.40	94.22

編號	站名	單機 抽水量 (cms)	假定停 機水位 (EL.m)	假定最高容 許水位 (EL.m)	前池面積 (m^2)	前池有效 容量 (m^3)	最大抽水 時間 (sec)
26	福德	2.00	1.75	2.70	198.40	188.48	94.24
		2.00					
27	長春	0.50	1.80	2.60	60.00	48.00	96.00
28	埤腹	4.00	10.35	12.55	221.00	486.20	121.55
29	成功	8.00	3.10	4.64	710.00	1093.40	136.68
30	長壽	8.00	3.80	6.96	360.00	1137.60	142.20
		5.00					
31	南港	5.00	4.70	8.18	220.00	765.60	153.12
32	南深右	1.10	7.99	9.32	140.00	186.20	169.27
33	成美	5.00	3.80	5.36	580.00	904.80	180.96
34	萬芳	5.00	14.00	18.18	230.00	961.40	192.28
35	錦州	0.50	1.00	2.10	90.00	99.00	198.00
		2.00					
36	大直	4.00	1.50	2.50	870.00	870.00	217.50
		4.00					
		4.20					
37	港墘	8.00	3.00	5.10	880.00	1848.00	231.00
		5.00					
38	景美	4.00	6.30	8.90	364.00	946.40	236.60
		4.00					
		8.00	6.00				
		5.00					
39	南深左	0.45	7.20	8.24	110.00	114.40	254.22
40	劍潭	4.00	-0.25	0.70	1077.00	1023.15	255.79
		4.50					
		3.00					
41	中山	8.50	1.30	2.87	1530.00	2402.10	282.60
		5.00					
		8.00					
42	勤力	0.90	9.52	10.32	380.00	304.00	337.78
43	濱江	4.00	0.40	2.45	710.00	1455.50	363.88
		6.00					
44	撫遠	5.00	1.70	2.70	2140.00	2140.00	428.00
45	玉成	26.30	1.90	5.48	3690.00	13210.20	502.29
46	環山	8.00	1.92	5.48	1590.00	5660.40	707.55
		5.00					
		5.00					
47	北安	8.00	1.81	4.77	2160.00	6393.60	799.20
		5.00					
48	道南	4.50	13.70	16.24	1809.90	4597.15	1021.59

編號	站名	單機 抽水量 (cms)	假定停 機水位 (EL.m)	假定最高容 許水位 (EL.m)	前池面積 (m ²)	前池有效 容量 (m ³)	最大抽水 時間 (sec)
		6.00					
49	新民權	8.00	1.40	4.52	3660.00	11419.20	1427.40
		5.00					
50	雙園	3.00	1.20	3.27	2226.00	4616.72	1538.91
		3.00					
		18.00					
51	陽光	8.00	2.30	7.43	3050.00	15646.50	1955.81
		5.00					

表 4-12 台北縣各站最大抽水時間之計算列表

項次	抽水站名稱	單台抽 水量	停機水 位	最高容 許水位	前池及抽 水井面積	有效容量	最大抽水 時間
		(cms)	(m)	(m)	(m ²)	(m ³)	s
1	北港	3.00	6.50	8.50	105.00	210.00	70.00
3	江北	6.00	6.00	7.80	414.00	745.20	124.20
2	拱北	2.00	7.30	10.20	87.00	252.30	126.15
5	社后	5.00	6.80	9.87	218.00	669.26	133.85
6	下寮	5.00	6.70	9.20	273.00	682.50	136.50
4	水尾灣	3.00	7.50	10.00	190.00	475.00	158.33
8	中興	3.00	6.30	9.85	194.00	688.70	229.57
9	草濫溪	6.00	4.80	8.91	369.00	1516.59	252.77
7	禮門	4.00	6.60	9.60	344.00	1032.00	258.00
10	寶高	2.50	13.50	16.90	203.00	690.20	276.08
11	八連二	0.75	8.80	12.00	76.00	243.20	324.27
12	汐萬	2.00	6.30	9.80	249.00	871.50	435.75
13	金龍	3.00	5.50	10.20	387.00	1818.90	606.30
14	洲子洋	4.00	0.50	3.00	1235.00	3087.50	771.88
15	五股	5.00	1.00	5.50	1705.00	7672.50	1534.50

無最高容許水位者用滿載水位
+0.5m 代替

四、 總抽水量與抽水機台數之探討

一般抽水站的設計程序，在規劃確定該抽水站所需要之抽水量後，接著是抽水機組的選定，目前防洪排水使用之抽水機型式係為低揚程大流量之抽水機組，一般可區分為沉水式與豎軸式兩種。沉水式為電動馬達驅動，馬達與抽水機整體組裝後，設置於抽水井中，因為受限於線圈散熱問題，故容量會受到限制，所以一般而言，沉水式抽水機的抽水量會較豎軸式來得小，抽水量約從 0.25 cms ~5cms。豎軸式抽水機大部份是使用柴油引擎驅動，所以只要空間許可，可以設計到達數千馬力，且可外接散熱系統，所以抽水量較沉水式抽水機大，且豎軸式抽水機為柴油引擎驅動，故可藉由引擎之調速機構改變轉速，用以調節抽水量，通常豎軸式抽水機抽水量之選擇範圍較寬，可由約 2cms~26cms，但 10cms 以上即屬大容量的機組，以台北市玉成抽水站而言，單機的抽水量可達到 26.3cms，但以機組操作維護的觀點而言，日後並不建議再使用單機抽水量如此大之抽水機，除避免增加設置成本外亦可簡化操作維護之難度。

有時因為抽水站用地的限制或周邊市民對機組運轉噪音的要求，會採用沉水式抽水機，因為沉水式抽水機相對所需之空間較小，且可以由台電直接供電，進而降低柴油引擎運轉時所產生之噪音，另其啟動較快，在操作上較豎軸式來得簡易，所以在操作及空間配置上有其優點，但缺點是維修較困難，因沉水式抽水機與馬達系組裝於抽水井內，平常浸於水中，若遇故障時需整組吊起檢修較費時日。而未來抽水機組的選用與設計，應朝向系統簡化、穩定及可靠的目標，盡量避免使用特殊規格產品，以台北市於 98 年完工之玉成擴建站為例，就將 50cms 之總抽水量，分配成四台 12.5cms 的抽水機，設計使用電瓶即可啟動，較簡易可靠、所需零組件也較少，相較於舊站需要使用空壓機才能啟動的部份是簡化許多。

在抽水站在抽水機組的配置上，若用地條件許可，建議搭配一台抽水量較小之沉水式抽水機作為先期抽水之用，以增加抽水機之操作彈

性，並將該小型抽水機之起抽水位設定較大型抽水機為低，於颱風豪雨初期，可先行啟動抽水降低抽水站前池水位，進而可增加進水渠道的排水容量，對防汛安全頗有助益。

在此統計台北縣、市各站使用抽水機之數量，選定的方法是挑選該抽水站內使用同一種抽水量之機組，來尋找各抽水站總抽水量與使用機組台數之關係。以台北市為例，先剔除抽水站內混用兩種以上不同抽水量機組之抽水站，留下使用單一容量抽水機組之抽水站，另由於沉水式抽水機之抽水量較小（通常不超過 5cms），與豎軸式有一段差距，所以資料考量上僅考慮豎軸式抽水機部份。

圖 4-33 顯示台北市抽水站使用豎軸式，且各站抽水機組為單一種抽水量，將各站之總抽水量與抽水機台數關係繪圖，其回歸線為 $y = 1.442 \ln(x) - 0.127$ ， x 為抽水量， y 為抽水機台數。圖 4-34 為台北縣使用單一機組之抽水站資料，由於資料來源並無法分別是豎軸式或沉水式，所以圖 4-34 所回歸之回歸線並不列入參考。表 4-13 為日本下水道協會（日本下水道協會，1984）（台灣大學水工試驗所，1989）與台北市下水道工程設施標準（附錄 二十二）所建議之抽水站抽水量與抽水機建議使用台數，在此以台北市下水道工程設施標準為基礎，利用台北市之回歸線 $y = 1.442 \ln(x) - 0.127$ 為基礎，稍微調整建議在台數選定上可以使用

$$\text{抽水機台數} = 1.45 \ln(\text{總抽水量}) + 0.16$$

上式可以作為當決定設計之總抽水量後，所建議抽水站使用之抽水機台數，建議總抽水量之適用範圍為 $3\text{cms} \leq \text{總抽水量} \leq 100\text{cms}$ ，由表 4-14 可以看出使用該公式計算之抽水機使用台數基本上符合台北市下水道工程設計標準，圖 4-35 顯示建議公式與原本回歸線之差異。

表 4-13 日本下水道協會與台北市下水道工程設施表準建議抽水機使用
台數比較表

日本		台北	
抽水量 (cms)	抽水機台數	抽水量 (cms)	抽水機台數
0~3	2~3	0~3	2(1 備用)
3~5	3~4	3~10	2~3(1 備用)
5~10	4~6	10~20	3~5(1 備用)

表 4-14 建議公式之總抽水量與抽水機台數之計算值列表

總抽水量 (cms)	3	5	10	20	50	70	100
抽水機台數	1.75	2.49	3.50	4.50	5.83	6.32	6.84

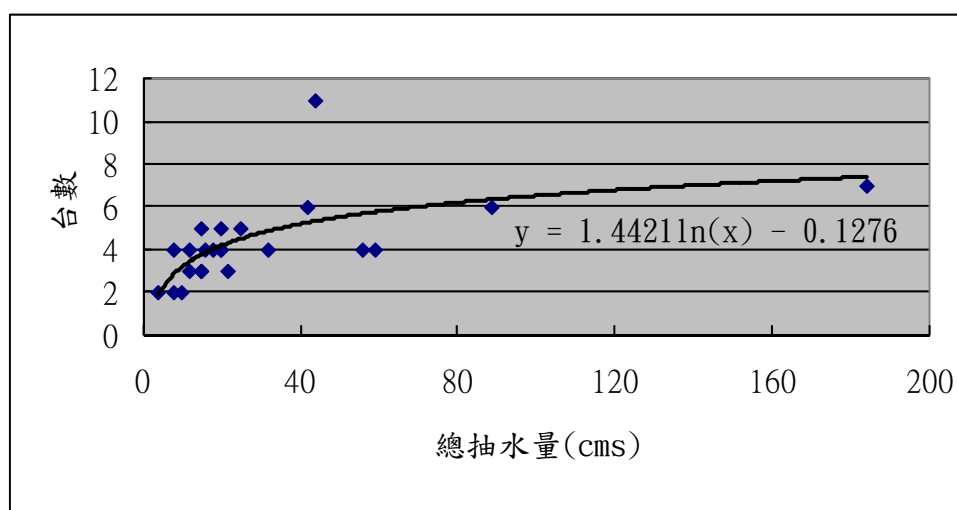


圖 4-33 台北市各站總抽水量與抽水機台數關係

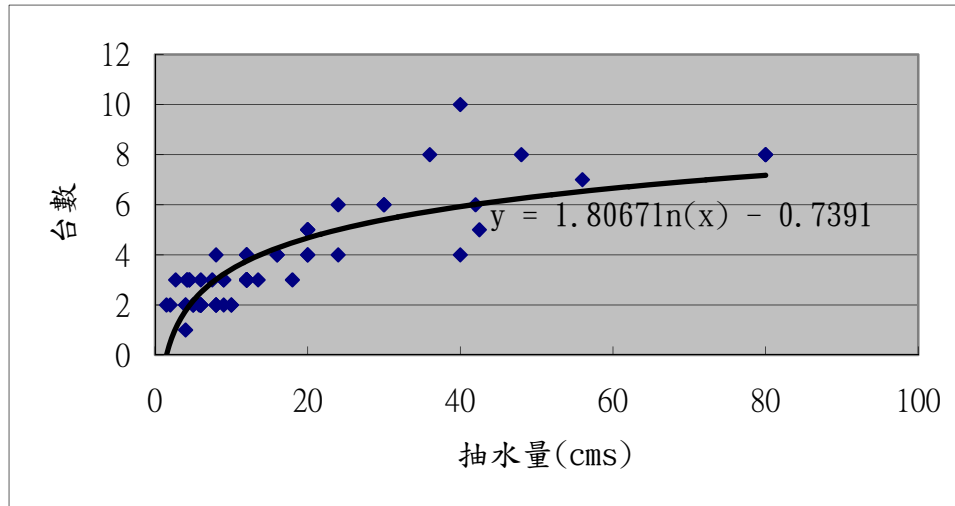


圖 4-34 台北縣各站總抽水量與抽水機台數關係

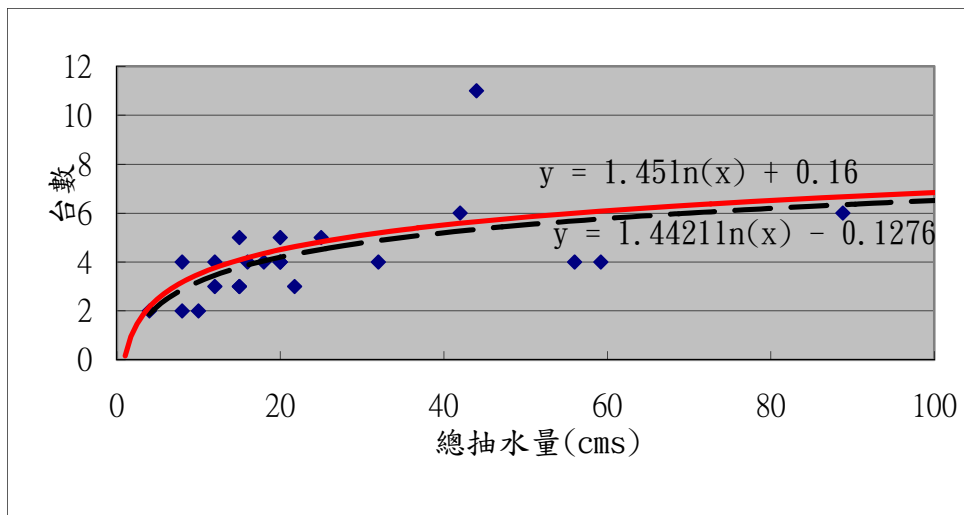


圖 4-35 建議之使用抽水機台數與台北市各站之關係

五、 操作流程之探討

抽水機之類型，可區分為豎軸式與沉水式兩種，一般來說豎軸式之抽水量較大，且可以改變轉速因此亦能調節抽水量；而沉水式的抽水量較小，且轉數固定無法改變轉速(除非另裝設變頻設備)。但豎軸式抽水機的附屬系統較沉水式複雜，例如冷卻、供油及啟動系統等，且抽水前需先有引擎熱機之準備作業。一般在抽水站抽水機型式選用上，會考慮不同的因素如：場地大小、抽水量的限制、操作上的許可以及噪音的防制等等。

抽水站的操作模式，除了有關機械設備的操作程序之外，另外抽水機起動抽水的時機訂定，也是抽水站能否充分發揮功能的重要因素，因正確的起抽時機可提早控制水位，並能避免該地區發生積淹水情形及延長機械的壽命，由此可知抽水機組操作的正確性，對防汛安全是非常重要的。因此以台北市抽水站(豎軸式抽水機)為藍本，經過檢討修訂後，建議豎軸式抽水站的操作流程如圖 4-36，其他縣市大部份抽水站應可以此為藍本檢討修訂，並依各地區抽水站機械和電氣設備特性而略做調整，另關於閘門之操作，亦應配合當地之水文情況調整，以符合實際需求。

抽水站運作是否成功，除了機組的定期保養、維護與正確操作之外，抽水站閘門操作的時機也關係著抽水站對於該集水區是否運作成功的重要關鍵，因為台灣地處島國，各河川難免受到海洋潮汐的影響，甚至是水庫洩洪的影響亦在所難免，因此對於感潮段抽水站閘門的啟閉時機需特別注意，如果在錯誤的時機開啟閘門則可能造成河水入侵，或在錯誤的時機將閘門關閉，則又容易導致抽水站抽水不及而使該地區發生積淹水情形。圖 4-37 為感潮段抽水站閘門的操作流程，主要為觀測外水位並搭配內水位來決定閘門啟閉的時機，以確保市區之防汛安全。

由於目前只有台北市的抽水站設有資訊監測系統，以電腦自動連線紀錄抽水站操作的情形，但在台北縣以及其他縣市尚未有抽水站的操作紀錄，因此如有發生積淹水情形時，將無法從紀錄上檢討抽水站的操作時機是否適宜，且容易造成市民誤解。因此，以台北市為例，在 90 年納莉颱風侵襲期間，台北市有部分抽水站因遭溢堤河水淹沒而失去抽排水功能，當時遭到莫大質疑與調查，但是台北市抽水站因保有運轉電腦紀錄，故用此證明在遭河水淹沒失效前，抽水站確實仍依規定程序持續運轉，相關操作人員並無瀆職而免於起訴，因此抽水站的電腦紀錄，不僅可以用於檢討市區積淹水原因及抽水的時機適合性，也是抽水站佐證正常運轉與避免市民懷疑，成為確保操作運轉正常化之管理機制，建議可以參考附錄 二十三、台北市抽水站運轉紀錄格式。

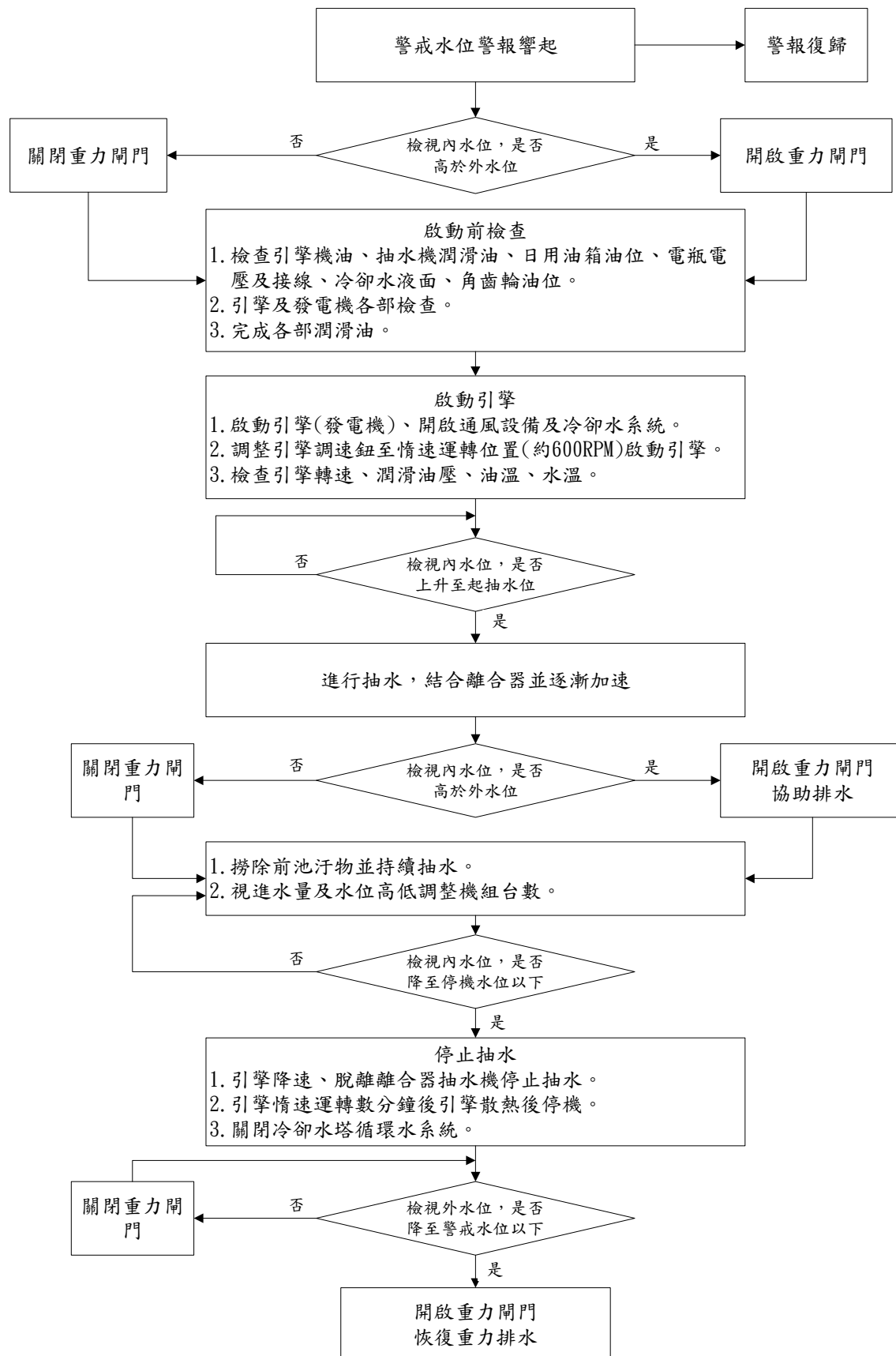


圖 4-36 豎軸式抽水機操作程序流程圖

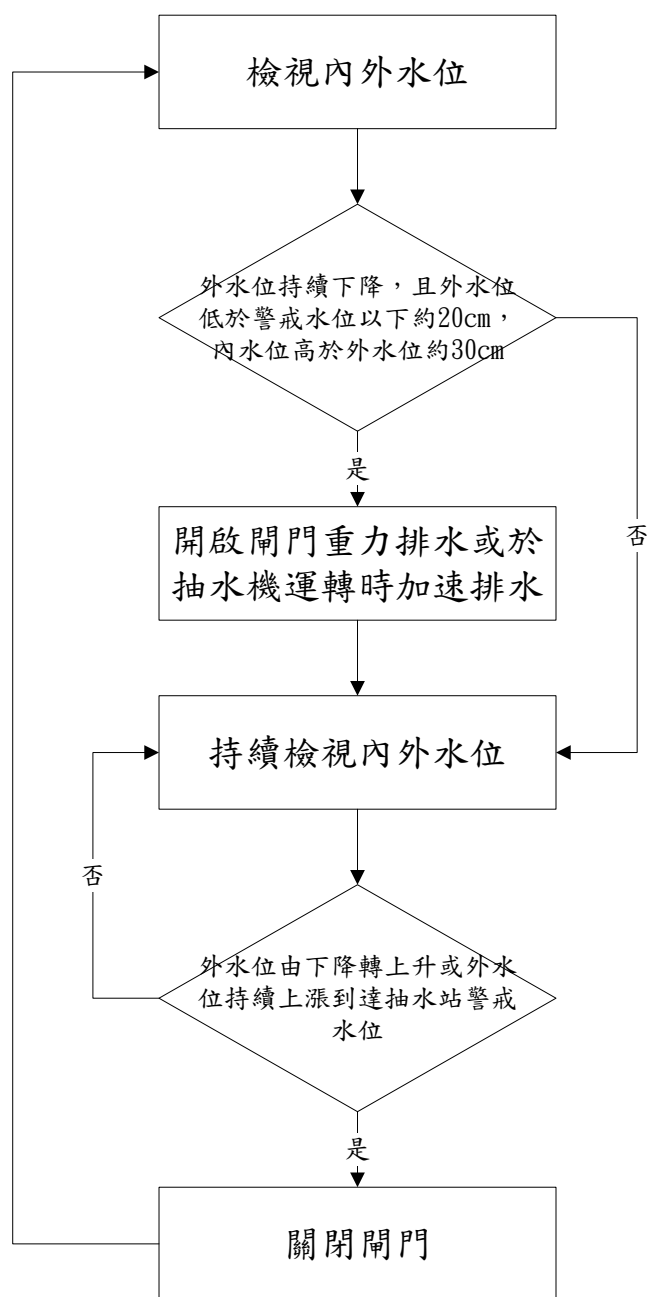


圖 4-37 感潮段抽水站閘門操作程序流程圖

4.5.3. 抽水站案例探討

本節將以現有抽水站設計及操作之案例探討方式，討論各案例所遭遇之情況，以及後續之改善或規劃設計措施，作為將來抽水站設計時，遇到類似問題之參考。此次挑選之案例為玉成、南港、長元、塔寮坑、中港東，其中長元站之集水區為易淹水地區，且為一般抽水站設計時，較常考慮抽水量對集水面積之關係而建站或擴建的例子，其抽水容量與4.5.2節所介紹台北縣抽水站經過壓減有關，與該節互相呼應；塔寮坑站亦為易淹水地區，目前正在整治中，整治方法為綜合治水之理念，以及使用高低地分流方式減少下游抽水站之負擔及風險；玉成、南港為特殊事件，因為納莉颱風溢堤而導致抽水站失效，使得該地區嚴重淹水，所以主要討論其抽水站如何改善其硬體，增加自我保護之能力，使其在淹水時不致當機，且持續提供抽效力；最後，介紹台北縣由中港大排匯入大窠坑溪的中港東站，介紹其抽水機組之搭配，為將來抽水站抽水機配置提供參考，並與4.5.2節所探討之抽水機組相呼應。希望透過案例探討的方式，使讀者能夠瞭解因應不同情況所做之應變作為，目的在使讀者對於有關抽水站相關規劃設計及操作有更寬廣的認知，以供將來遭遇相關問題時之參考。有關抽水站之詳細設計，如：抽水機組設備、水文、水理計算等仍需在規劃時詳加考慮與參考相關規劃報告。

一、 案例探討：長元

(一) 問題

長元抽水站，當初是為輔助重陽抽水站而設立。長元抽水站集水區主要的問題是，正義北路一帶經常在豪大雨後隨即造成積淹水，經實際訪談積淹水的深度約 30 cm~40cm，而積水時間通常約在一個小時到兩個小時之間，快者半小時。由於正義北路位於都市內的商業區，所以常造成當地居民的不便，以歷史事件來說，在 2007 年 8 月 4 日，降雨強度達到 75mm/hr，造成三重市區正義北路、自強街涵洞淹水。

(二) 現況

1. 抽水站基本資料

目前長元抽水站配有兩台 3cms 抽水機，其詳細資料如表 4-15。

表 4-15 長元抽水站基本資料

站名	抽水機類別	總台數	台數	單台抽水量 (cms)	總抽水量 (cms)	警戒水位 (m)	起抽水水位 (m)	停機水位 (m)	最高容許水位 (m)	前池面積 (m ²)	集水區內最低地盤高程 (m)	集流時間 (min)	集水面積 (ha)
長元	豎	2	2	3	6		0.3	-0.75	1.8		1.8		150

長元抽水站概況(1/2)

地址：三重市環河北路 56 號

電話：02-29782844

集水面積：150.74ha

總抽水量：6cms

抽水機組：3cms@2

抽水機類型：豎軸式

起抽水位：0.3m

集水區內最低點：1.8m



前池



位置



前池及撈污機



冷卻系統



調壓井



出水口

長元抽水站概況(2/2)



油槽



內部儲油設施



抽水機組及發電機組（正面）



抽水機組及發電機組（背面）



內外水位監控設施



內外水位監控設施

2. 設計降雨

早期台北縣三重市雨水下水道系統，於民國 62 年由前台灣省政府建設廳公共工程局，依據民國 60 年公佈實施之三重市擴大都市計畫區域為計畫範圍進行辦理統籌規劃，考慮三重市發展及地方財政情況，採用台北地區三年重現期距降雨強度公式 $I = 8172 / (t + 50.7)$ 作為雨水下水道系統之設計依據（五年重現期距降雨強度公式 $I = 8598 / (t + 48.3)$ ）。

另外，前台灣省住宅及都市發展局於民國 69 年也辦理「台北縣蘆洲鄉雨水下水道系統規劃報告」之統籌規劃，依據民國 59 年公佈實施之都市計畫範圍，其下水道管渠設計採用台北地區三年重現期距暴雨公式 $I = 7453 / (t + 44.76)$ 為設計標準。

民國 85 年前台灣省住宅及都市發展局則再次辦理「三重市（重新檢討）雨水下水道系統規劃報告」，係以民國 80 年「變更三重都市計畫（通盤檢討）」之都市計畫區為範圍，採用台北地區三年重現期距暴雨公式 $I = 7920 / (t + 44.87)$ （中正橋雨量站，民國 67~82 年）進行下水道設計檢討依據，五年重現期距暴雨公式 $I = 8336 / (t + 41.37)$ 。

3. 集水區範圍

依據三重市公所 94 年管線調查資料，配合縣政府水利局 97 年管線縱走調查成果和此計畫 97 年邊溝流向調查量測資料，所劃分之集水範圍如圖 4-38，集水區東鄰淡水河、西和北鄰重陽抽水站系統、南鄰同安抽水站系統，集水面積約 150 公頃。

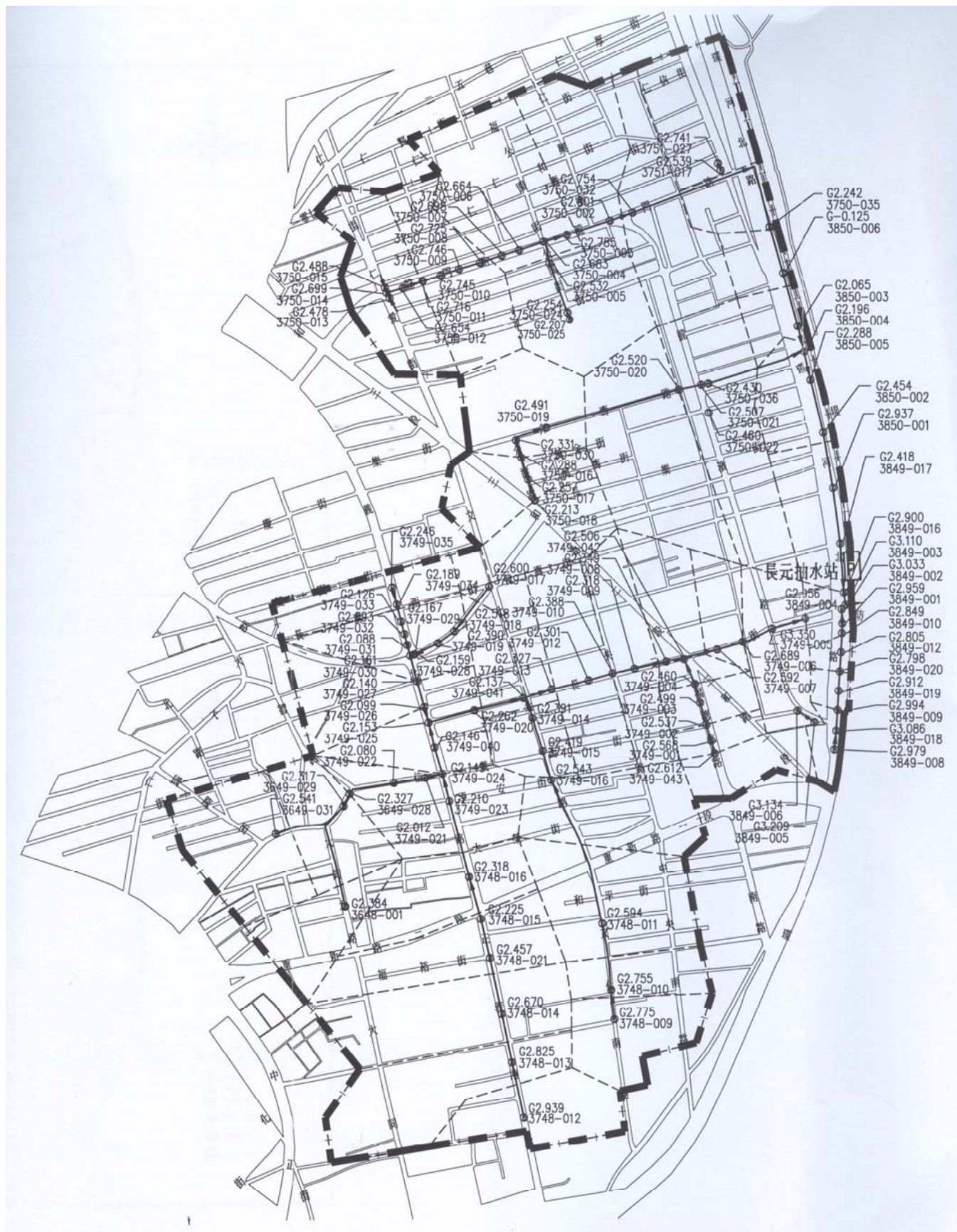


圖 4-38 長元系統集水區（台北縣政府，2009）

(三) 探討

早期抽水站容量設計因避免經費過於龐大，所以設計上常考慮五年重現期颱風雨逕流量，並且考慮排水系統內之容量而壓減，經過壓減後，壓減的幅度大約 30%~50%不等。後來因為都市發展的關係，許多農業區的地表型態已大幅改變，以往屬於農業區的地表滯洪及滲透空間大幅消失，且早期興建之排水路因受限集水區的地勢低窪及地層下陷，而導致排水路之出口渠底高程較低，常受到感潮的影響。

基本上，抽水站排水系統如果有充分的蓄洪空間，則抽水站之抽水量理論上可以進行減壓，抽水站進流量是否減壓仍視下列之限制條件決定：

- 1.排水幹線出口水位高程高於大潮平均高潮位者，並且排水幹線具有水量調節之空間，其容積符合減壓需求者。
- 2.排水系統集水區範圍內有滯洪池，其容量足夠供減壓者，但尚須考慮滯洪池失效或潰堤所帶來之風險。

因為三重地區地勢低窪，集水區內現況土地多為住商混合區，現況地表利用已多有建築物，因此集水區可供蓄洪調節的區域相當有限，考量歷年積淹水地區多分佈於地勢低窪地區，且近年來異常氣候造成之大雨已成常態，所以在評估抽水量時應不考慮壓減之效應。

目前台北縣政府正對於三重地區之排水系統做一檢討，正評估分兩階段擴充抽水機之抽水量，降雨度公式如下：

1.台北地區三年重現期暴雨公式
$$I = \frac{7920}{t + 44.98}$$

2.台北地區五年重現期暴雨公式
$$I = \frac{8336}{t + 41.37}$$

3.台北地區五年重現期颱風雨公式
$$I = \frac{4867}{t + 48.3}$$

以台北地區三年重現期暴雨、五年重現期暴雨、五年重現期颱風雨所計算之抽水站容量如表 4-16：

表 4-16 台北縣長元抽水站抽水量評估表（台北縣政府，2009）

站名	抽水量 (cms)	集流面積 (ha)	集流時間 (min)	抽水類型	三年暴雨計算之容量 (cms)	五年暴雨計算之容量(cms)	五年颱風雨計算之容量(cms)
長元	6	150	21.9	暴雨	38.3	42.6	28.4

（四）檢討與建議

抽水站的設立，常隨著時間及都市計畫區發展，當地地貌改變，而減少了原本可以滯洪之空間，也增加了逕流量，連帶也增加抽水站之負擔，又因許多低窪地區在大潮的時段常要關閉閘門靠抽水站之抽水。因此，現在抽水站的設計上，並不建議仍以板蒼（4.5.2 節）的壓減公式來考慮，一來是因為可以避免因為都市發展增加抽水站之負擔，二來是因為近年來極端氣候的事件常發生，所以在設計抽水站時應該考量較大之抽水量，且應在腹地預留空間給下次抽水站擴站時使用，也可先預留較大或較深之前池，以達到滯洪及預留的空間利用，亦可提供抽水站擴站時之前池用地。與前池功能相同的是另外設計滯洪池，因為正義北路旁正好緊鄰正義國小，剛好為公有地，亦可評估在正義國小地下室設置滯洪池，紓解正義北路短延時降雨之流量。

本研究團隊亦實地訪問抽水站站務人員，以下為站務人員之意見僅供參考：

- i. 由於為解決正義北路之淹水問題，長元抽水站設立時，從正義北路接一箱涵至長元抽水站，希望藉由分流的方式解決淹水問題，但箱涵之坡度是否足夠、分流的量是否充足，建議可以數值模擬或現場試驗，用染劑或漂浮物來追蹤水流之方向，確認淹水地區水流之流向，以利將來規劃設計之參考。
- ii. 可評估在正義北路旁之正義國小地下室，設置滯洪池以紓解正義北路淹水之問題。
- iii. 抽水站並不是唯一解決低地排水的方法，應考慮綜合治水。

二、 案例探討：塔寮坑

（一）問題

1. 問題概況

塔寮坑流域下游地勢低窪，土地開發密度高，所以洪水導排空間受限，故在颱風豪雨時常因降雨強度過大、排水不良或抽排不及，造成洪水溢淹的情況。依據台北縣政府消防局之評估，新莊地區易淹水地區為瓊林路、中山路、新泰路、四維路、後港一路、化成路底、中港路底和泰山塔寮坑溪等。

依據民國 88 年「台北縣塔寮坑溪排水能力檢討及改善建議規劃報告」，計畫範圍內歷年淹水情況，大部份集中於流域下游新莊市內，如：新泰路、瓊林路、瓊泰路和中正路。另依據十河局「塔寮坑溪區域排水整治及環境營造計畫」，塔寮坑溪流域通洪斷面不足，亦常造成淹水，其支流潭底溝上游之樹林工業區因地勢低窪常淹水，其與中正路交會處之光武橋上下游河段，仍為通洪之瓶頸段，亦有漫淹之情況。艾莉颱風侵襲時，總降雨量到達 341mm，24 小時最大降雨量 234mm，當時艾莉颱風造成新店之災情分佈如圖 4-39。

2. 淹水原因

1. 塔寮坑溪現有堤防高度不足

現有塔寮坑溪堤防高度未達 10 年重現期之保護標準，而大漢溪外水水位較高，故於颱風暴雨期間易受大漢溪外水影響，出口閘門必須關閉，重力排水不易。

2. 塔寮坑溪流域下游地勢低窪

新莊市地表高程介於 EL5.0m~EL10.0m 之間，颱風暴雨期間各排水支線所匯集之內水，無法完全排入主要排水幹線中，導致積水成災。

3. 排水出口抽水設施未達保護標準

根據水規所在民國 88 年所研擬之「台北縣塔寮坑溪排水能力檢討及改善規劃報告」，塔寮坑溪出口 10 年重現期之洪水量為 280cms（圖

4-40)，在流域匯集之水量無法完全經由塔寮坑溪以重力排流出，水量積蓄於下游，導致下游成災，塔寮坑溪排水系統圖如圖 4-41。而目前之塔寮坑抽水站其抽水量僅為 80cms，與 10 重現期保護標準 280cms 有極大差距。



圖 4-39 艾莉颱風造成新莊地區淹水範圍（台北縣政府）

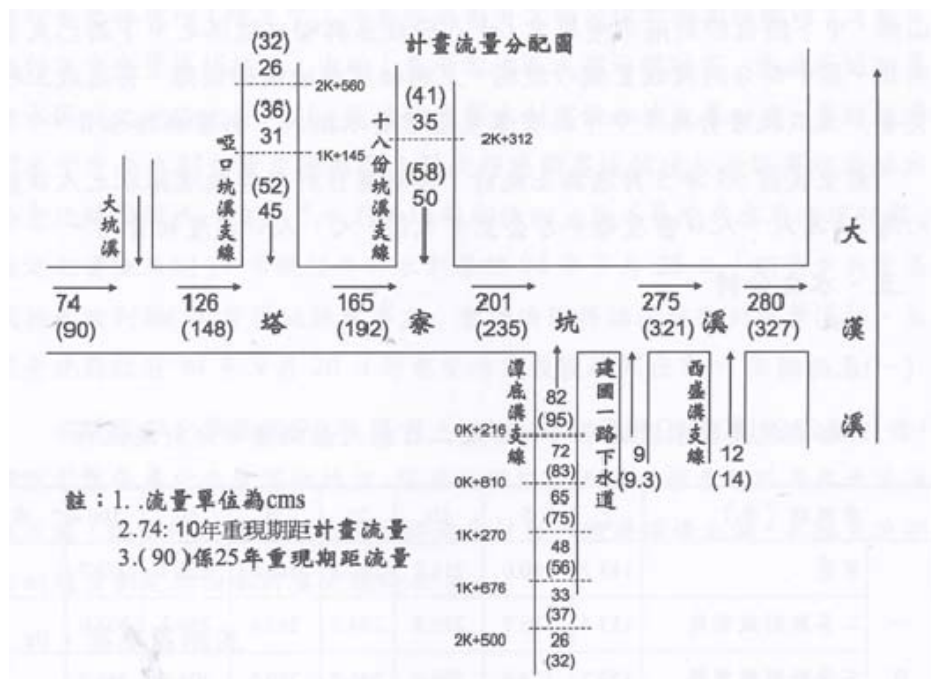


圖 4-40 塔寮坑溪排水量分配圖（水規所，1999）

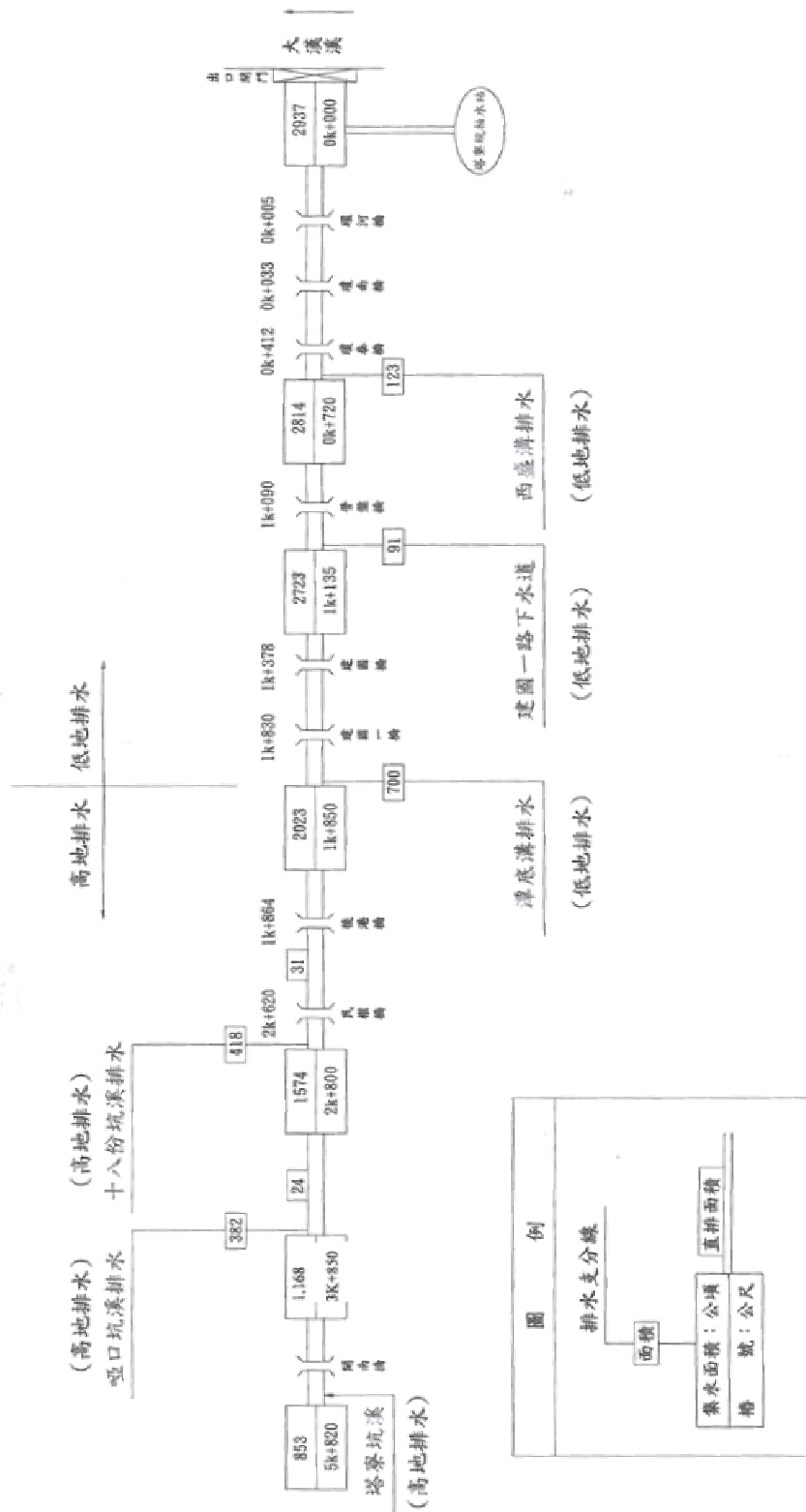


圖 4-41 塔寮坑溪排水系統圖 (水規所 1999)

（二）現況

1. 流域現況

塔寮坑溪流域位於臺北盆地西南方，屬於大漢溪支流，流域面積包含台北縣新莊市、樹林市、桃園縣龜山鄉等，流域面積約 2908 公頃，全長 11.6 公里。上游區域主要為桃園縣龜山鄉、中下游區域屬於台北縣，台北縣主要流域範圍為新莊市，以及部份流經樹林市，其流域如圖 4-42。



圖 4-42 塔寮坑溪流域圖（十河局、台北縣政府，2008）

集水區上游山坡地高程約為 10~200 公尺，屬於高地排水，面積約佔流域之 60%，近年來因為開發關係使得地表逕流增加，且下游流經都市計畫區，高程約為 5~10 公尺，屬於低地排水，流路兩岸建物密集，造成排水瓶頸，且排水口低於大漢溪 10 年重現期之洪水水位 EL7.01 公尺，故在汛期暴雨時更加不易。除了洪水外，因為地處大漢溪，更受到上游石門水庫的影響，而需考慮到閘門的操作，如果在水庫洩洪期間更增加低地排水的困難。

塔寮坑溪排水出口目前已有大型抽水站及自動防水閘門，而因目前塔寮坑抽水站之抽水量只有 80cms，無法滿足原本規劃流域之 10 年重現期尖峰流量 280cms，以致近年賀伯、象神、納莉和艾莉等颱風均造成本流域下游嚴重淹水。

2. 抽水站現況

塔寮坑抽水站現有豎軸式抽水機共 8 台，每台為 10cms，抽水量總計 80cms，所負擔之集水面積將近三千公頃，由此可見塔寮坑抽水站負荷之重，表 4-17 為塔寮坑抽水站之基本資料。

表 4-17 塔寮坑抽水站基本資料

站名	抽水機類別	總台數	台數	單台抽水量 (cms)	總抽水量 (cms)	警戒水位 (m)	起抽水位 (m)	停機水位 (m)	最高容許水位 (m)	前池面積 (m ²)	集水區內最低地盤高程 (m)	集流時間 (min)	集水面積 (ha)
塔寮坑	豎	8	8	10	80	1.8	4	2					2908

塔寮坑抽水站概況(1/2)

地址：新莊市環河路 379 號

電話：02-22069611

集水面積：2908.22ha

總抽水量：80cms

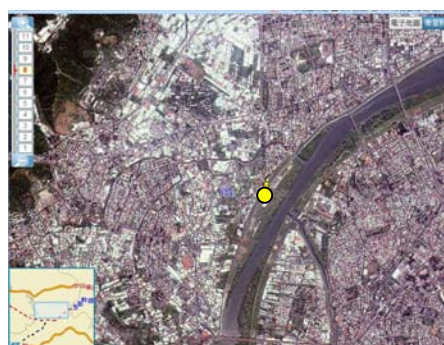
抽水機組：10cms@8

抽水機類型：豎軸式

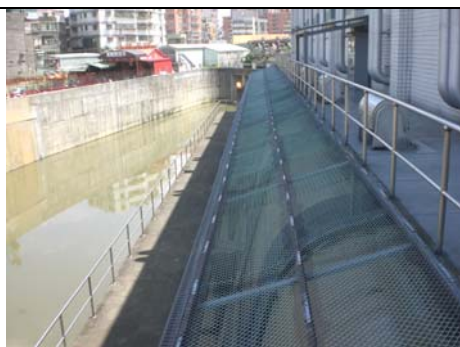
起抽水位：4m



前池



位置



撈污機（遠看）



撈污機（側邊）



除油槽



冷卻系統

塔寮坑抽水站概況(2/2)



抽水機組



水位監控設備



電力系統



出水閘門（側面）



出水閘門（從上游看）



出水閘門（從下游看）

(三) 討論

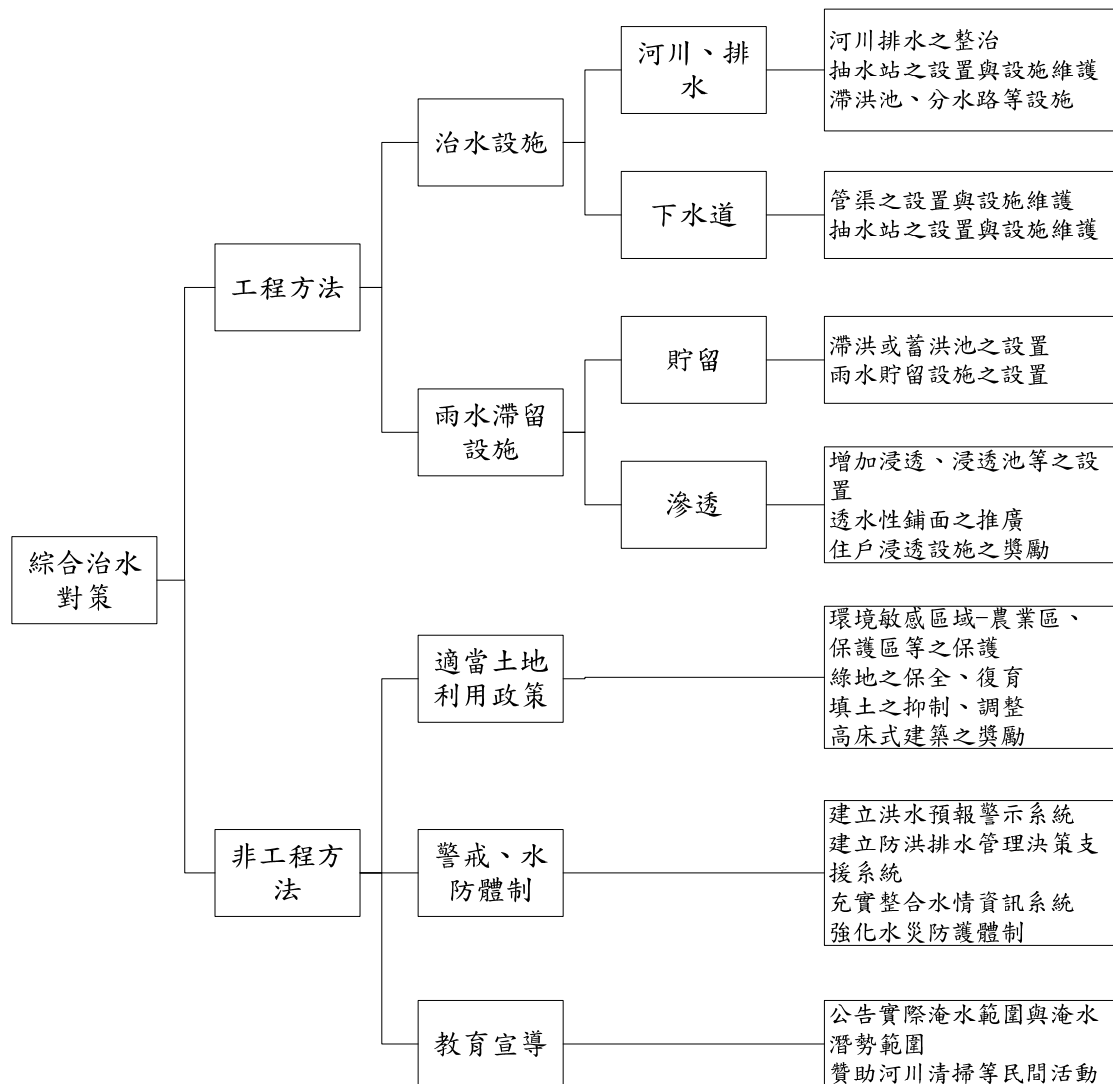


圖 4-43 綜合治水架構圖（水利署，2009）

目前經濟部水利署正辦理「易淹水地區水患治理計畫」，其計畫內容之一為檢討塔寮坑溪排水系統。由於在早期水規所之設計為塔寮坑下游之洪峰流量為 280cms，與現有之 80cms 相差甚遠。且流域面積將近 3000 公頃，涵蓋台北縣與桃園縣，從山坡到低地皆涵蓋在集水範圍內。由於涵蓋面積廣泛、高程變化大、河川支流多，所以在規劃上較複雜，如果將以往設計之 280cms 流量皆最終流至下游處，恐增加抽水站之負擔，且如果當抽水站設計到 280cms 滿足十年重現期之暴雨，對抽水站而言並沒有備用之抽水容量來應付更大之暴雨，尤其是氣候異常的今

日，更增加抽水站及流域居民之風險。因此，採用「高低分流」之方式來分散水量及風險，並且透過滯洪池來降低洪峰，以及利用各種非工程方法來教導居民防洪之概念，運用各種防洪之手段，從硬體及軟體下手，更新工程設施及居民概念來達到綜合治水之目的（圖 4-43）。

塔寮坑溪排水系統設計流量以縣（市）管區域排水 10 年重現期為洪水設計，25 年重現期不溢堤為原則，且所有整治之工程與非工程方法皆應考慮地區發展以對於環境及生態衝擊最小為標的。因此，目前塔寮坑溪排水之綜合治水措施方案研擬如下：

採用高、低地排水分離治理，其中高地排水採用分洪及坡地保育等方式處理，低地排水採用支流排水和抽水站排水等方法，配合排水幹線工程及主河道整治工程及其他配合措施，達到治理之目的。

1. 高地排水

將高地總逕流量 201cms，將 70cm 採用分洪的方式（十八份坑溪及啞口坑溪分洪工程）排入大漢溪。剩餘 131cms 於塔寮坑溪下游出口設置抽水站方式（塔寮坑抽水站及擴建站）排入大漢溪，分洪流量如圖 4-44。

2. 主河道整治

塔寮坑溪主流約 3 公里堤岸需加高，未來預計堤頂高程較現況約增加 0.21~0.62 公尺左右，其配合工程有防汛道路、橋樑改建及橋樑封閉等工程，其中橋樑封閉工程採用防洪陸閘方式，避免河水由橋樑缺口倒灌進入市區，以及支流出口閘門改建。

塔寮坑溪上游龜山鄉 10 年重現期洪水量約為 74cms，由於上游部份河道縮窄，計畫建議搭配河川疏濬及全真橋至龍壽國小上游 300 公尺處預計約 1150 公尺河道拓寬，拓寬以 12 公尺以上較佳。

3. 低地排水及抽水站建立

低地排水改善方案有增建塔寮坑溪兩岸之堤後引水幹線工程，將塔寮坑溪沿岸低地排水量導引至抽水站。增加分流箱涵 34cms 將潭底溝上游排水量分流至西盛抽水站，並設置潭底溝 40cms、建國 12cms、西盛

溝 5cms 臨時抽水站，排除下游流量。塔寮坑溪出口閘門改善、特二號道路分流箱涵工程及現有抽水站擴建。

4.集水區保育

塔寮坑溪上游（桃園縣境內）、塔寮坑溪支流十八份坑溪與啞口坑流域均存在多條水保局公告之土石流潛勢溪流，多屬於中至低危險程度。依據台北縣政府「十八份坑溪及啞口坑溪坡地保育暨十八份坑溪（水源地）新設護岸工程」初步規劃，考慮十八份坑溪水源地至桃園縣，包含水源一橋及水源三橋間二處崩塌地及水源二橋旁支流邊坡復育，另啞口坑溪二支流之邊坡復育工程及河道治理工程，工程範圍涵蓋台北縣新莊市與桃園縣龜山鄉。

5.搭配環境營造設置滯洪池

塔寮坑溪主流規劃一處滯洪池，利用滯洪調蓄洪峰流量，兼做生態景觀與綠美化空間。

6.非工程措施

塔寮坑溪排水流域下游涵蓋新莊市之都市計畫精華區及工業區，保全對象人口密集，故在計畫未完成前搭配非工程手段，才可確保本地防洪保護標準，計畫中之非工程措施如：

- a.適當土地利用規劃：目前研擬將主流沿線截彎取直之舊河道規劃為自然綠地，獎勵植生、造林，可以鼓勵民眾參與綠地植栽認養。
- b.洪水預警及防範措施：於可能淹水範圍，鼓勵住戶設置擋水閘板，減少民眾之損失，並對易淹水地區規劃建議避難疏散路線。
- c.教育宣導：鼓勵民眾參與洪水防範相關活動，藉以教導防洪之概念與方法，提高民眾防災意識。

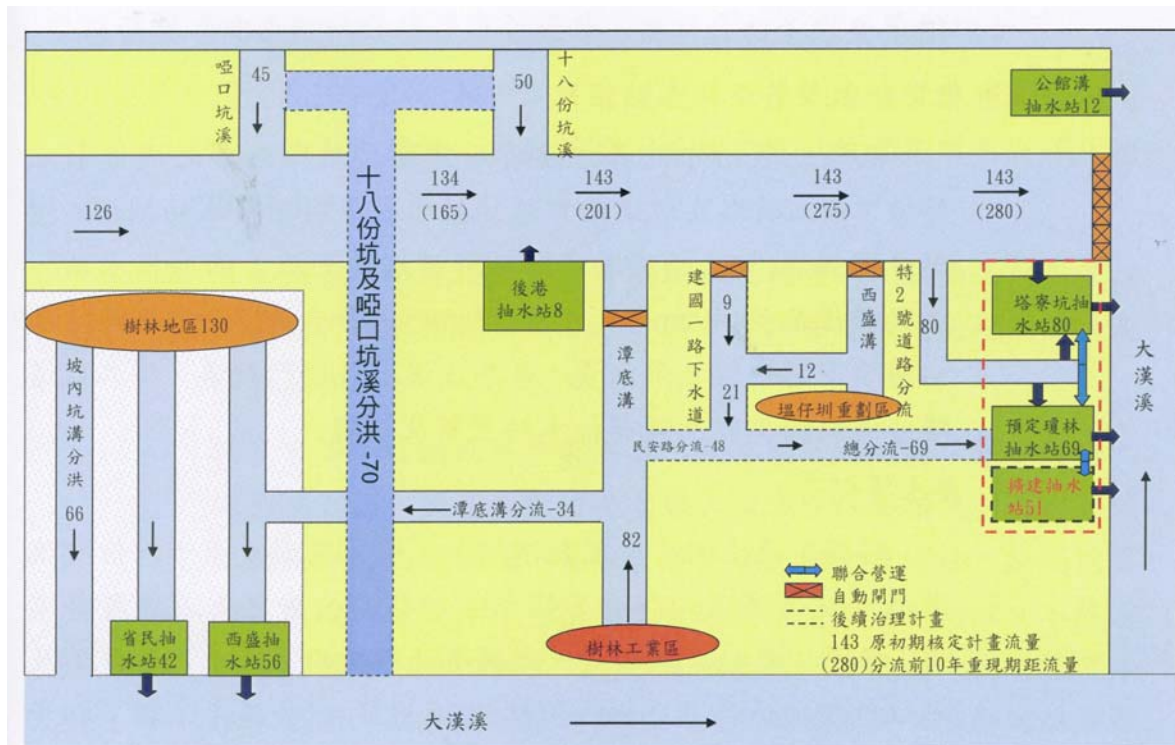


圖 4-44 塔寮坑溪修正計畫流量分配圖(河局、台北縣政府，2008)

(四) 檢討與建議

塔寮坑溪因為集水區的特色為集水面積廣大、高程分佈從山坡到低地、受支流匯入，且各支流匯入塔寮坑溪，最後再從低地排出，從這個觀點看來塔寮坑溪下游所需負擔的流量太大（280cms），也因此計畫上會採用上下游分流的方式，將一部分的水由上游的十八份坑溪與啞口坑溪分流直接導入大漢溪，降低塔寮坑溪之負擔。同樣的道理，為了減輕與分擔下游的風險，在下游的潭底溝部份分流到西盛抽水站直接導入大漢溪，這種搭配上下由分流並藉由其他抽水站以減少單一抽水站或單一河川之流量與風險，是此次計畫的最大特色。此次綜合治水之觀念為擺脫舊有的單一、集中化和大量化的治水方式，用分洪與分散的方式來降低整體系統之風險，如圖 4-45 巨型化和集中化的防洪系統具有高風險性，則分散化的系統具有分擔與降低風險的特色（詳細資料請參考附錄 二十四、都市生態保水設計。

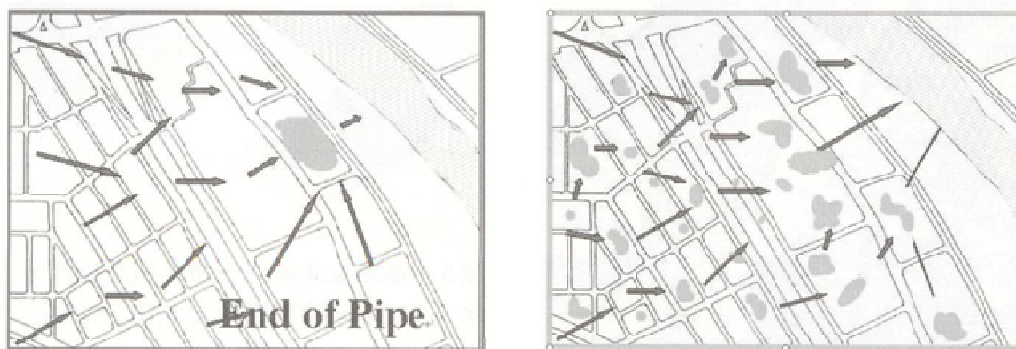


圖 4-45 巨型化、集中化的防洪系統具有高風險性（左圖）；分散化的治水有降低風險的作用（右圖）（林憲德，2005）。

綜合治水之特色，在工程上除了運用傳統的治水設施，如：河川治理、下水道系統、抽水站設施之外，更考慮到各河川之間的分流來降低下游的風險，同時也利用分散化、在地化的滯洪空間以及在地化的滲透方式來降低洪峰與增加土地的保水能力都具有達到分散風險的功用。除了工程方面，漸漸地也引入非工程方面，透過法規政策確實執行水土保持與集水區的保護，並且建立防災與預警的系統來維護居民的安全，平時更增加教育宣導讓民眾懂得如何因應洪水，讓民眾參與治水、防災的相關活動，使民眾對於保護集水區、防災與風險有更深刻的概念，不是單純的依賴政府做好一切設施就沒事，將防災的區塊也導入綜合治水的範疇中。

本研究團隊實地訪查抽水站，以下為站長之建議：

- 甲、抽水站設計應考慮集水面積大小、地形和防洪保護標準等因素。
- 乙、集水區禁止設置砂石場，以避免過多淤泥進入抽水站，減少機組壽命。
- 丙、抽水站之位置應在最下游處，避免與重力排水閘門距離過遠。
- 丁、污水下水道與雨水下水道應分開，避免過多垃圾進入抽水站，減少機組壽命。
- 戊、抽水機組之維修合約應為專業合約，且約期應長久以避免維修人員頻繁更換。

以上為站長之建議以供參考，其中部份建議，目前已包涵在正在執行的整治計畫中。

三、 案例探討：玉成、南港

(一) 問題

事件背景

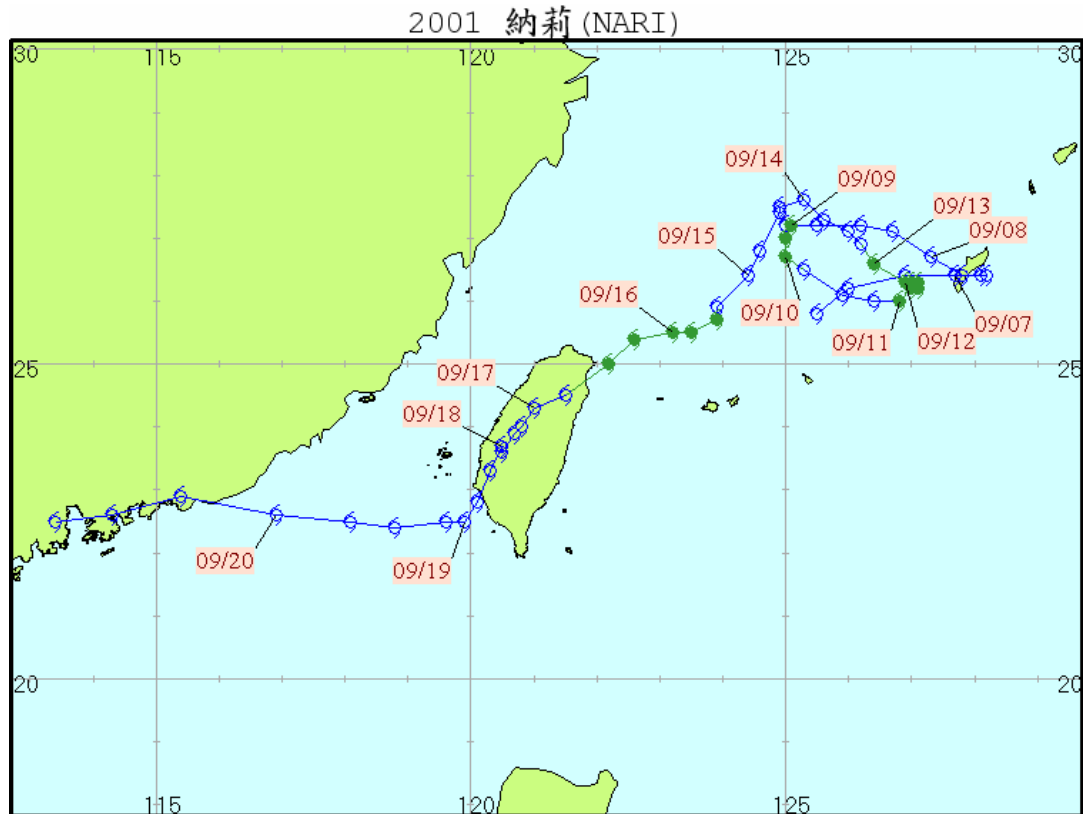


圖 4-46 納莉颱風動態路徑圖

中央氣象局於民 90 年 9 月 14 日 17 時 30 分發布第 16 號納莉海上颱風警報，中心位置在台北東北方約 440 公里之海面上，以每小時 8 公里速度，向西南西進行。9 月 15 日 2 點 40 分北部地區進入警戒範圍，氣象局預報，受颱風外圍環流影響，臺灣地區北部、東北部及中部地區將有局部豪雨發生，山區應嚴防坍方、落石、土石流及山洪爆發，河川下游應防河水暴漲，16 日適逢大潮，宜蘭、基隆北海岸、桃園及新竹沿海地區應慎防潮位暴漲。15 日上午 11 時山區開始下雨，16 日 23 時雨勢遽增，瞬間雨量極大，其中 17 日單日降雨量更打破臺北氣象站創立 105 年來的單日降雨量紀錄，其颱風路徑古怪難以預測，且停留時間過久，曾發布兩次路上颱風警報，路徑及動態見圖 4-46。

(二) 現況

台北市雨水下水道規劃，雨水排水幹線均以五年一次暴雨量為設計標準，抽水站以五年一次暴雨或颱風雨降雨量為設計標準。為玉成、南港抽水站之基本資料。

表 4-18 為玉成、南港抽水站之基本資料。

表 4-18 玉成、南港抽水站基本資料

站名	抽水機類別	總台數	台數	單台抽水量(cms)	總抽水量(cms)	警戒水位(m)	起抽水位(m)	停機水位(m)	最高容許水位(m)	前池面積(m ²)	集水區內最低地盤高程(m)	集流時間(min)	集水面積(ha)
玉成	豎	7	7	26.3	184.1	1.8	2.4	1.9	5.48	3690	5.98	72.5	1627.4
南港	沉	5	5	5	25	4.5	5.2	4.7	8.18	220	8.68	23.6	121.7

玉成抽水站概況(1/2)

地址：南港路三段 268 號之 1

電話：02-27832957

集水面積：1627.4ha

前池面積：3690m²

總抽水量：184.1cms

抽水機組：26.3cms@7

抽水機類型：豎軸式

起抽水位：2.4m

集水區內最低點：5.98m



抽水站外觀



位置



前池



撈污機



冷卻系統



油槽

玉成抽水站概況(2/2)



抽水機



發電機



控制台



監控設施



監控設施

(三) 討論

1. 水患成因

(1)降雨狀況：市區降雨強度大、降雨時間集中

納莉颱風自 9 月 15 日 11 時起，即開始持續性降雨，並於 17 日清晨達降雨高峰，依監測所得資料顯示，17 日 0 時至 1 時大直氣象站之降雨量達 93.5 公厘，4 時至 5 時更高達 127.5 公厘，內湖氣象站 24 時至 1 時降雨量達 109.5 公厘，4 時至 5 時更高達 148.5 公厘，基隆河上游五堵氣象站最大降雨強度達 120 公厘，根據經濟部水利署初步分析認為，其發生機率已遠大於 200 年重現期，而基隆河流域之累積雨量粗估到達約 755 公厘。

(2)河川水位：河川流量大、超越重現期

基隆河系大直橋監測站之最高水位發生在 9 月 17 日 2 時，為 7.65 公尺（警戒水位 3.1 公尺）。由於基隆河流域雨量大，導致基隆河流量特大，超過 200 年重現期洪水，南湖大橋上游水位超過防洪保護程度而造成溢堤、上游由於持續之豪大雨，使得基隆河於台北市大坑溪最高水位約達高程 13 公尺，大於基隆河南湖大橋上游至省市界段 200 年重現期之堤防計畫高程。

2. 抽水站失效探討

納莉颱風期間，因市區短時間內降雨強度過大，其雨量強度超出抽水站及下水道設計標準，且適逢大潮期間，河川水位高漲，無法利用河邊閘閥門以重力排水方式排除市區積水，故雖經各抽水站之駐站人員全力操作，最後不幸仍因市區積水過高，使玉成、大直、濱江及洲美二等四座抽水站之抽水機組或其附屬設備遭洪水淹沒，而喪失其排水功能。另萬芳、南港、南湖及成功等四座抽水站，則因景美溪及基隆河河水溢堤結果，同遭洪水淹沒，而無法運轉。各停機抽水站之基本資料及停機情形，分述如下：

(1)玉成抽水站

a.失效原因：

玉成抽水站集水區面積 1627.4 公頃，目前設置有七部抽水機組，抽水量 184CMS，設計起抽水位為 2.4M，納莉颱風來襲期間內水位接近起抽水位時，即啟動機組開始抽水，以玉成抽水站集水區之三興國小雨量站所記錄雨量，從 17 日 8 時至 9 時，其降雨強度為 82.5 公厘，至 17 日 12 時止之累計雨量達到 811.5 公厘，超過玉成抽水站機組設計每小時 42.4 公厘之容量，因降雨時間過長，雨量過大，且受基隆河於大坑溪溢流，導致堤內積水水位增高，而進流量持續增大，經啟動全部機組全載運轉，最後因堤內積水已溢過附屬設施控制房之保護抽水機組之設備，致抽水機組之冷卻系統及潤滑系統均遭水淹沒，致抽水機自動停機。

b.受損情形：

納莉颱風導致地下室積水，位於一樓之潤滑系統和室外冷卻系統遭水淹，而控制系統故障，圖 4-47 可看到淹水至抽水站站體之階梯高度，圖 4-48 可看到納莉淹水室外的高度，當時淹水將冷卻系統及控制系統癱瘓。



圖 4-47 納莉颱風淹水高度

(2)南港抽水站

a.失效原因:

南港抽水站集水面積 65 公頃，目前設置有四部抽水機組，抽水量 20CMS，設計起抽水位為 5.2M，納莉颱風來襲期間內水位達警戒水位時即啟動機組開始抽水，配合進水量之增加而陸續增加啟動機組數，於 9 月 16 日下午，因降雨時間過長，雨量過大，且受基隆河於南港段溢流，致堤內積水水位增高，啟動四部抽水機組全載運轉，惟至 9 月 17 日上午，因堤內積水水位增高淹至抽水機站房內之發電機，致抽水機組無法運轉停機。

b.受損情形:

納莉颱風導致站房和地下室積水淤積，抽水機組四部和發電機四部遭水淹沒、附屬設備控制系統故障，圖 4-49 顯示納莉及象神颱風導致抽水站內部淹水的高度。



圖 4-48 納利颱風導致散熱系統及
機電設備癱瘓

(原地為放置散熱系統及機電設備)



圖 4-49 納莉及象神颱風淹水高度

（四）檢討與建議

此節將對於抽水站設計標準、異常氣候趨勢、抽水站設施配置等討論，最後提出檢討改進之建議。

1.抽水站設計標準：

目前台北市下水道規劃，雨水排水幹線均以五年一次暴雨量為設計標準，抽水站以五年一次颱風雨降雨量為設計標準，但特別低窪地區，則視地盤高度情況提高為以暴雨量作設計標準。

2.異常氣候趨勢：

89 年 11 月象神颱風來襲，帶來 150 年頻率的洪水，而 90 年 9 月納莉颱風帶來超過二百年頻率的洪水。雨量方面，納莉 17 日所帶來的單日降雨量更打破台北氣象站創立 105 年來的單日降雨量紀錄，遠超過台北市五年暴雨頻率設施設計標準。在相距不到一年的時間內，在年總雨量並無重大改變的情況下，卻頻頻出現歷史新高的雨量，可見過去認為「異常」的暴雨，似已逐漸「常態化」，如果如此，則以往我們賴以訂定河堤高度、抽水站容量、下水道容量的種種假設與數據，都面臨挑戰。亦即這種異常的暴雨在現在的降雨而言已經算是常態化了，尤其在此次八八水災所帶來的降雨也逼近世界紀錄的同時，以往認為不常出現的巨型暴雨災害，出現的機率也可能將越來越頻繁。

3.抽水站設施配置：

檢視抽水站之配置，許多抽水站在當初建造時僅考慮抽水站本身水理上之計算，並未考量洪水來臨時會淹沒抽水站之情況，也因此抽水站之冷卻系統、電力系統、控制系統、抽水機組和發電機組等常配置於地面且無其他防水設施保護，導致當積淹水之情況發生時，抽水站本身容易當機停擺，並且喪失抽水功能，只能待洪水退去時再做事後的處理，但對於洪水來臨時，抽水站卻無法發揮，只能消極的任由等待洪水消退。

4.檢討改進之建議：

因應異常氣候的頻繁發生，應徹底檢討水利設施，如：下水道系統、抽水站和堤防等之設計標準，並提高其設計強度。目前之設計標準距離此種暴雨型態仍有很大距離，若以此為設計標準，在工程上經費需要大幅度

的增加，也需花很多時間改善，且設計標準要如何訂定才能有效因應平時降雨及特殊暴雨等兩種差距極大之狀況亦是一個難題。在新的設計標準尚未訂定，以及新的工程也尚未完工之前，在抽水站本身，先行確保其在暴雨災害時能正常運作，以此作為不可或缺的方法之一，因此，應該要檢視抽水站之機電設施裝設位置，並於抽水站週邊設置較高之防禦設施，以免抽水站因市區內水位過高，而發生損壞情形。檢視玉成抽水站之設施，為了增加其機組之自保能力，架高其冷卻系統設施(圖 4-50)；而南港抽水站亦架高其冷卻系統、電力設施、儲油槽等設施(圖 4-51)，室內部份亦將控制機組架高(圖 4-52)，對於無法架高之站體本身，因含有抽水機組，因此亦加有水密門等防水措施，如圖 4-53 及圖 4-54。

對於異常且逐漸常態化的暴雨趨勢，雖然目前無法迅速擬定新的水利設施之設計標準，或是短時間內完成新的工程建設，但可先確保抽水站在淹水時能正常運作，在易淹水地區舊有的抽水站可架高其機電等設施以及配合其他防水設施，如：架設水密門和配置移動式抽水機。而新設立的抽水站雖然排水路及抽水量在設計標準之下是安全的，但應該考量到特殊暴雨的無常，在低地之抽水站應該架高其機電設備以及站體應有其他防水設施，以確保在淹水時抽水站能夠繼續運作。

以台北市為例，在納莉颱風之後，增加了自我防護高程的訂定，自我保護標準的用意，即在預防抽水站遇到淹水時，能夠繼續運，訂定之高程為希望透過架高或是水密門等各種防水措施，確保淹水在此高程以下，抽水站都能正常運作，訂定的原則如下：

- (1) 基本假設為不考慮潰堤現象。
- (2) 颱風期間抽水站仍可運轉，但抽水量以百分之八十估算。
- (3) 以 200 年重現期與納莉颱風之洪水位取大值，並加上 50cm 作為抽水站之自我保護高程，採提升設備高程、增加水密門窗和高壓供電雙迴路系統等方案。

運用自我保護標準的訂定，確保抽水站在該地區淹水時能正常運作，因此，將與抽水機運轉有關之設備加以保護為其用意，詳細資料如附錄 二十五。



圖 4-50 玉成抽水站架高冷卻系統



圖 4-51 南港抽水站架高機電設備、散熱系統、貯油槽等設施



圖 4-52 南港抽水站架高內部控制設備



圖 4-53 玉成抽水站於站體本身加水密門



圖 4-54 南港抽水站站體外加水密門（含窗戶）

四、 案例探討：中港東

（一）問題

以往抽水站在設計時常常會使用單一抽水量機組之抽水機，因為抽水站設計時，是以五年暴雨或颱風雨為基準，相較於較小之降水時，抽水機之抽水量就顯得比較大，容易將前池的水抽完，當水位過低時容易造成水位振動及抽水機振動的問題，會減輕抽水機之壽命。

（二）現況

中港大排屬於大窠坑溪之集水區，中港大排注入大窠坑溪，最後再由大窠坑溪注入二重疏洪道。中港大排及貴子坑溪為新莊泰山地區雨水下水道排放出口，中港大排 5 年短延時重現期洪峰流量為 242cms，貴子坑溪出口之 5 年短延時重現期洪峰流量為 159cms（台北縣政府，2006）。另外，中港大排 25 年重現期長延時之洪峰流量為 182cms（水規所，2006）。

貴子坑溪與中港大排匯流後進入中港抽水站，中港抽水站於民國 96 年 5 月 12 日正式完成擴建機組之啟用，除將西站原有 8 部機組共 64cms 抽水量，擴建為 10 部共 82cms 抽水量，另增設東站 6 部機組共 60cms 抽水量加入運轉。操作之規則如圖 4-57 所示，操作時依照運轉水位啟動抽水機組，而水位下降至下一個啟動水位時，則停止該機組，表 4-19 為中港抽水站基本資料表。

表 4-19 中港抽水站基本資料

站名	抽水機類別	總台數	台數	單台抽水量 (cms)	總抽水量 (cms)	警戒水位 (m)	起抽水位 (m)	停機水位 (m)	最高容許水位 (m)	前面池面積 (m^2)	集水區內最低盤高程 (m)	集流時間 (min)	集水面積 (ha)
中港西	豎	10	8	8	82	0.3	1.3	0.3	1.1		1.3		1739
	豎		2	9									
中港東	沉	6	2	4	60	-0.5	-0.4	-0.4					
	豎		4	13		-2.4	-0.25	-0.4					

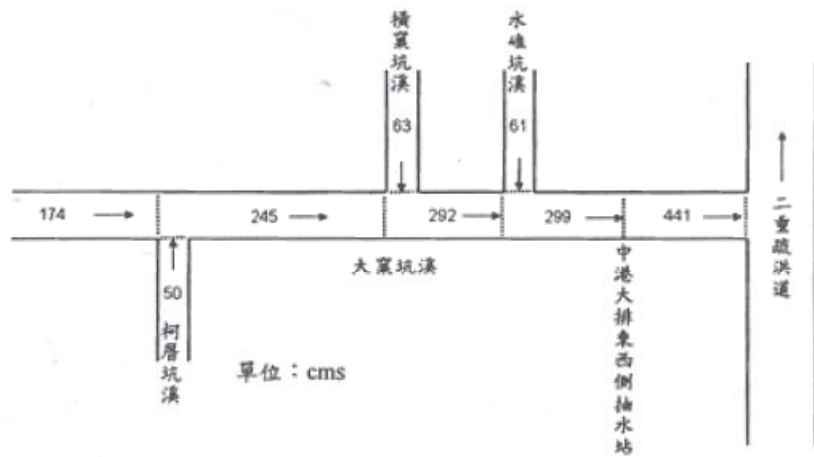


圖 4-55 大窠坑溪集水區 25 年重現期現況洪峰流量分配圖 (經濟部水利署, 2008)

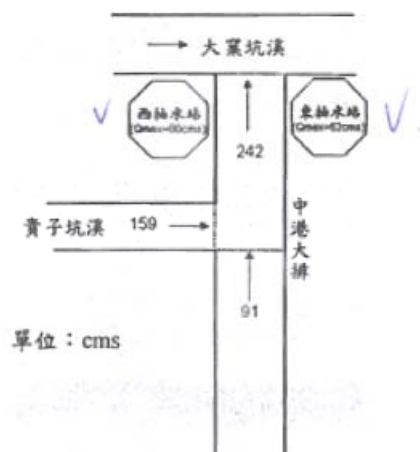


圖 4-56 中港大排水集水區 5 年短延時降雨之現況洪峰流量分配 (經濟部水利署, 2008)

(三) 討論

中港東抽水站之設計為新式之設計概念，相較於以往抽水站，在站體的設計上有較多著墨之地方，在此列舉其設計構想以供參考：

1.前池及排放上：

在西站之引水路至前池時需轉彎（塔寮坑站亦同），且西站之抽水機排放鋼管直接穿堤排放；東站改用前池抽水井引水路平順的方式，抽水機排放鋼管先匯入調壓井之後，減壓後再以壓力排放箱涵穿過堤防排放。

2.閘門及撈污機跨距：

引水閘門和粗細之撈污機皆以大跨徑 6.6 公尺的寬度來配置，目的是減少墩座阻水效應以及簡化系統之控制。

3.抽水機組之抽水量互相搭配選用：

抽水機組之抽水量，為四台 13cms 之大抽水量抽水機，並在左右兩側配置兩台 4cms 之沉水式電動抽水機。可以在抽水量小的時候僅使用 4cms 的抽水機，以避免使用大流量抽水機在雨水量小的時候容易開關的困擾。

西站抽水機編號及抽水量 (cms) (註 4)										運轉水位	東站抽水機編號及抽水量 (cms)						用途	總抽水量 (cms)
9 (註三) (新建機組)	10 (註三) (新建機組)	1	2	3	4	5	6	7	8		1	2	3	4	5	6	平時協助疏濬清淤	
										EL-2.2~6m (註一)	4					4		8
										EL+0.1m (註二)	4			13		4		21
										EL+0.4m	4		13	13		4		34
										EL+0.7m	4		13	13	13	4		47
				8	8					EL+1.0m	4	13	13	13	13	4	防洪用途	60+16
9	9			8	8					EL+1.3m								60+34
9	9			8	8			8	8	EL+1.6m								60+50
9	9			8	8	8	8	8	8	EL+1.9m								60+66
9	9	8	8	8	8	8	8	8	8	EL+2.2m								60+82

註一：東站 4cms 沉水式抽水機之停機水位為 EL-2.4m，以下水位切勿啟動抽水機組，以免設備受損。

註二：東站 13cms 豎軸式抽水機之停機水位為 EL-0.4m，以下水位切勿啟動抽水機組，以免設備受損。

註三：西站所設機組最低停機水位為 EL0.15m（相當於前池 1.65m），以水位以下切勿啟動抽水機組，以免設備受損，停機時需待達 500RPM 下運轉五分鐘以上，離合器才脫離，以避免水鉅作用傷及機組。

註四：有關西站既設機組之起抽順序乃依水工模型試驗結果提出建議，至於操作水位則延用計有經驗操作。

註五：■ 特定水位加入運轉機組；■ 已於較低水位啟動並持續運轉機組

圖 4-57 中港抽水站操作規則（經濟部水利署，2008）

4.抽水機組空間利用：

在四台 13cms 大容量之抽水井兩側的管理房地下空間，裝置兩台 4cms 沉水式電動抽水機，可以充分運用一、二樓空間，並可當作抽水機組主要設備運轉裝卸及維修之空間，二樓機房外（東側）可以裝置兩台 4cms 沉水式電動抽水機之電源發電機。

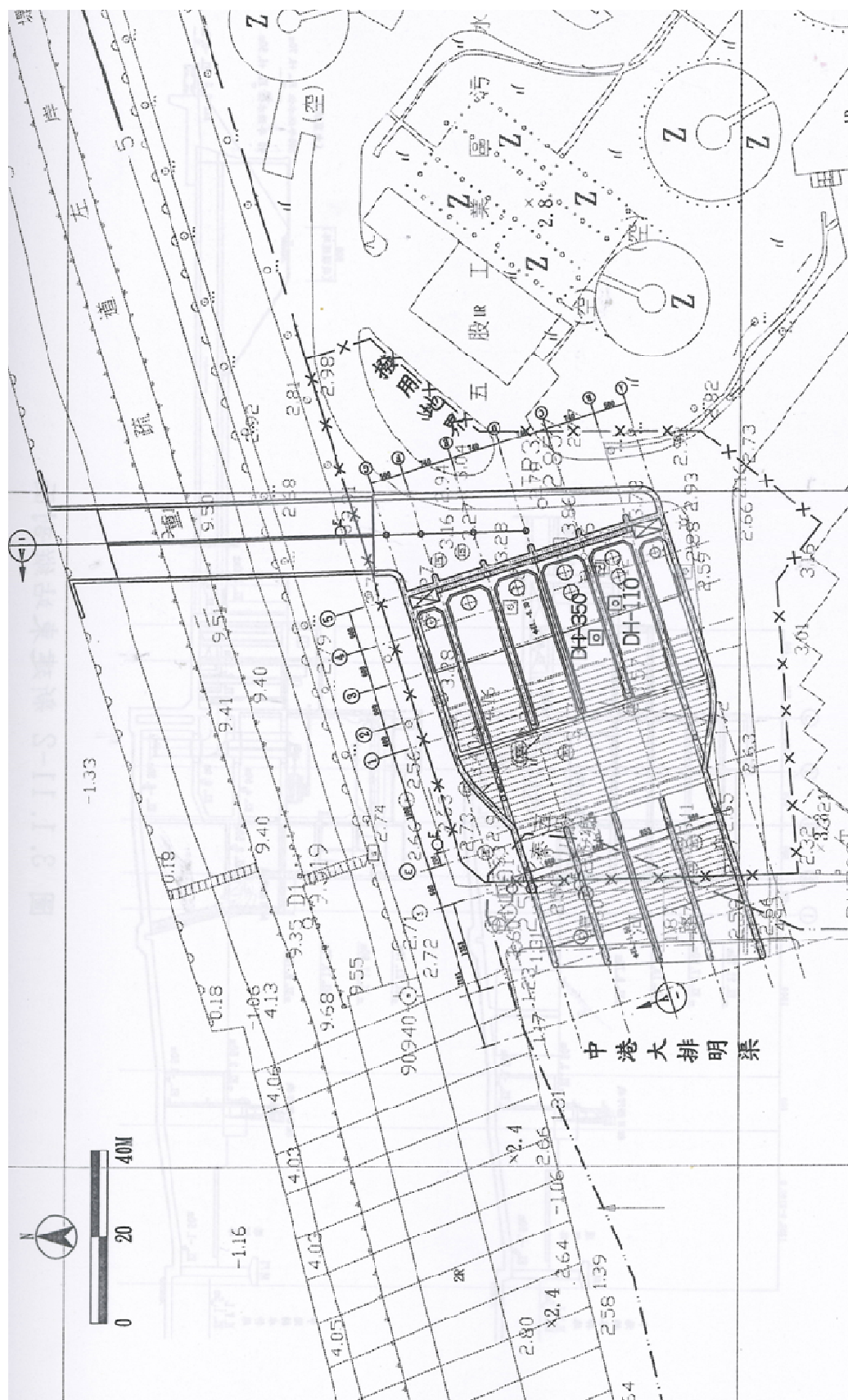
5.豎軸式抽水機之變速機構：

因為四台 13cms 大容量抽水機受到可用地空間的影響，裝置有靈活之變速機構，可以使引擎轉速於 50%~100%之機運轉，符合較低揚程、較小抽水量發生率高之需求。

6.抽水機引擎轉速選定與空間配置：

四台 13cms 抽水機所選用之柴油引擎為中速機型，可以降低噪音頻率，並且對機房之防震有益。將分離式水箱散熱系統裝置在機房外透空的廊道，可以減少機房之熱源、噪音，且因為屬於封閉式之冷卻系統無須大量冷卻水的補助。

分離式水箱散熱器還可以規劃柴油引擎、離合器和角齒輪等冷卻水之需求，惟其必須於各設備冷卻管分路前裝置平衡閥，以管控冷卻水之適當分配，若經費許可，可調壓槽外圍裝置隔音搶，防止噪音影響鄰近地區。



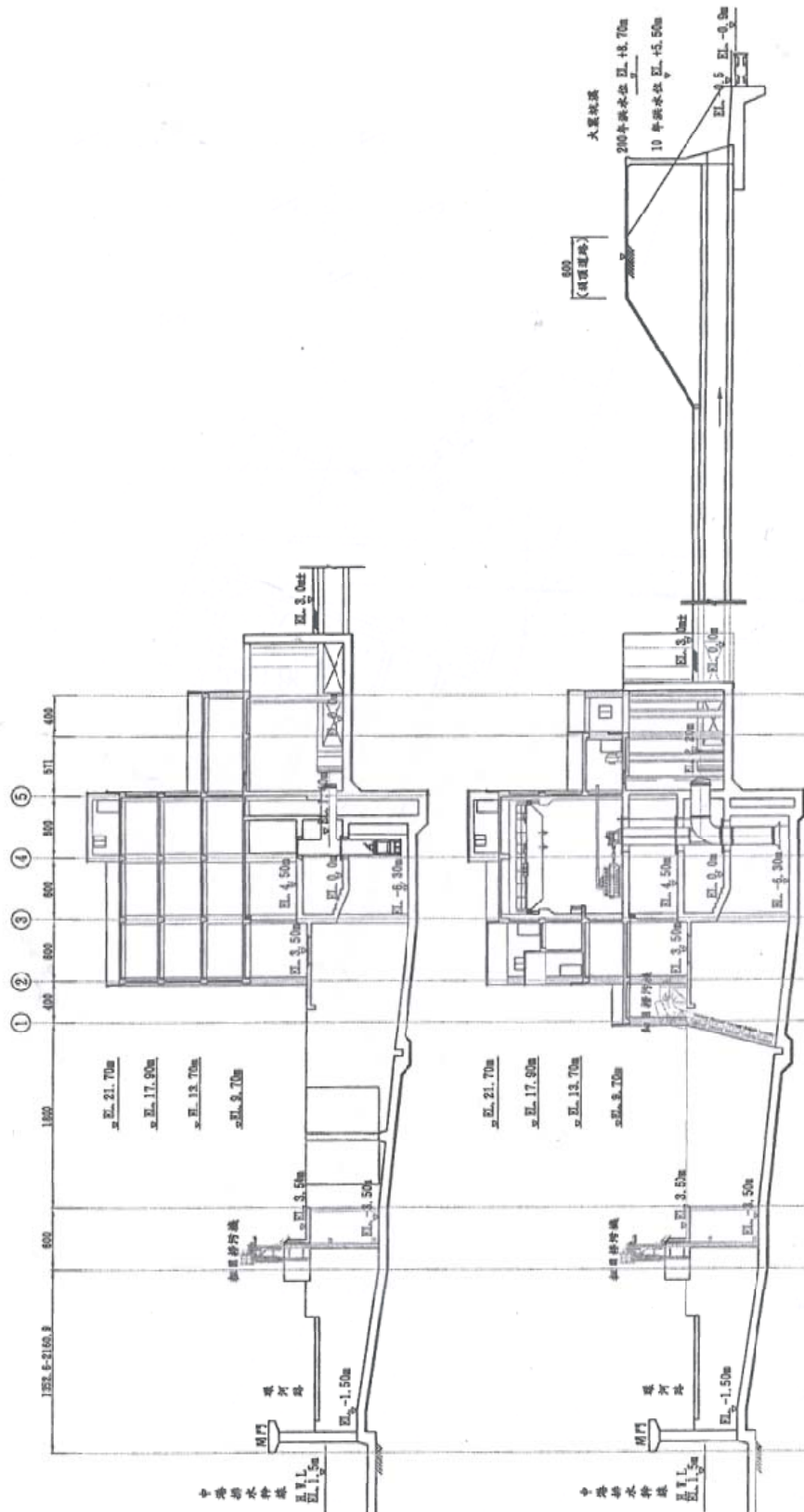


圖 4-59 中港東站縱剖面 (台北縣政府, 2003)

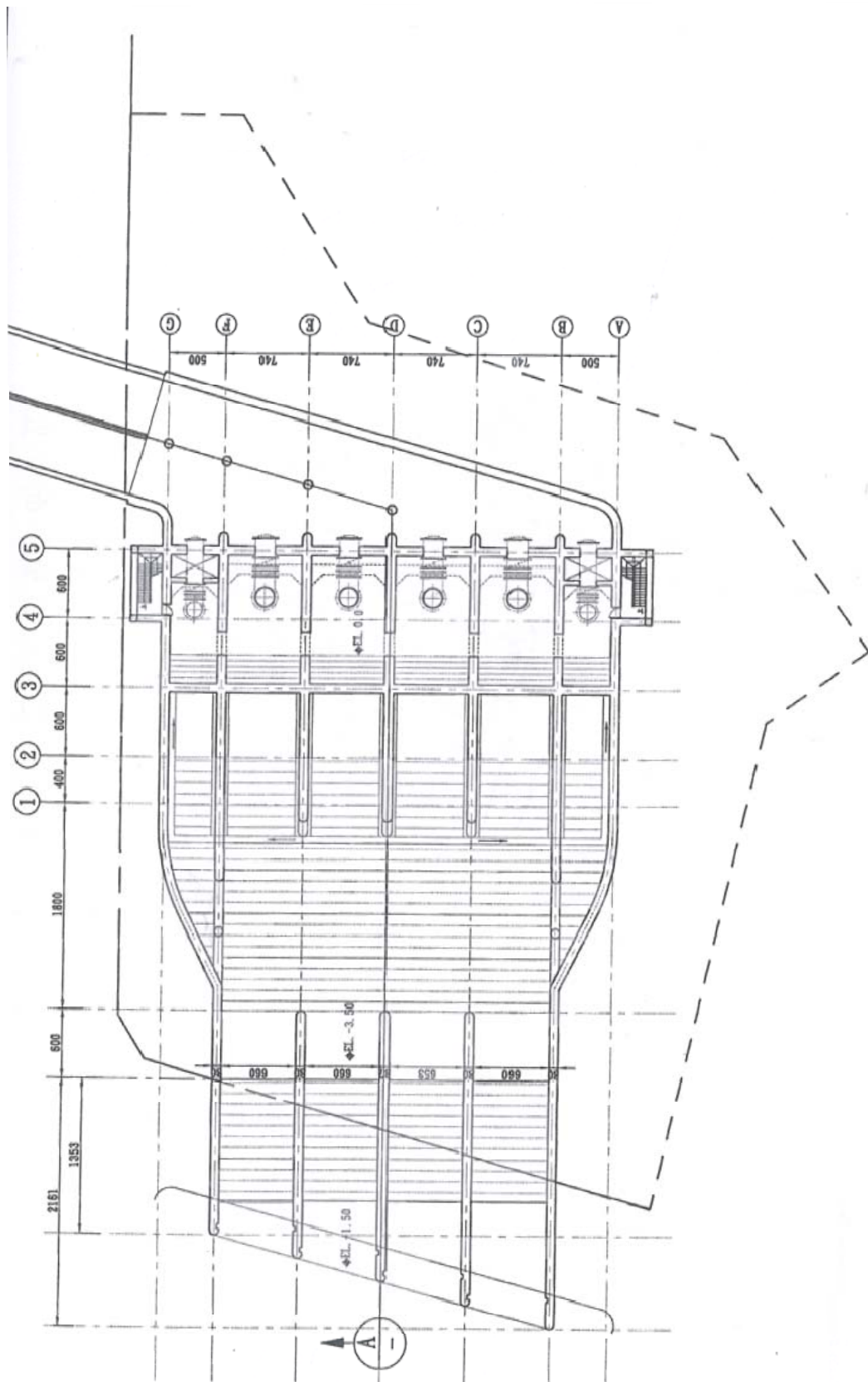


圖 4-60 中港東站地下一層配置 (台北縣政府, 2003)

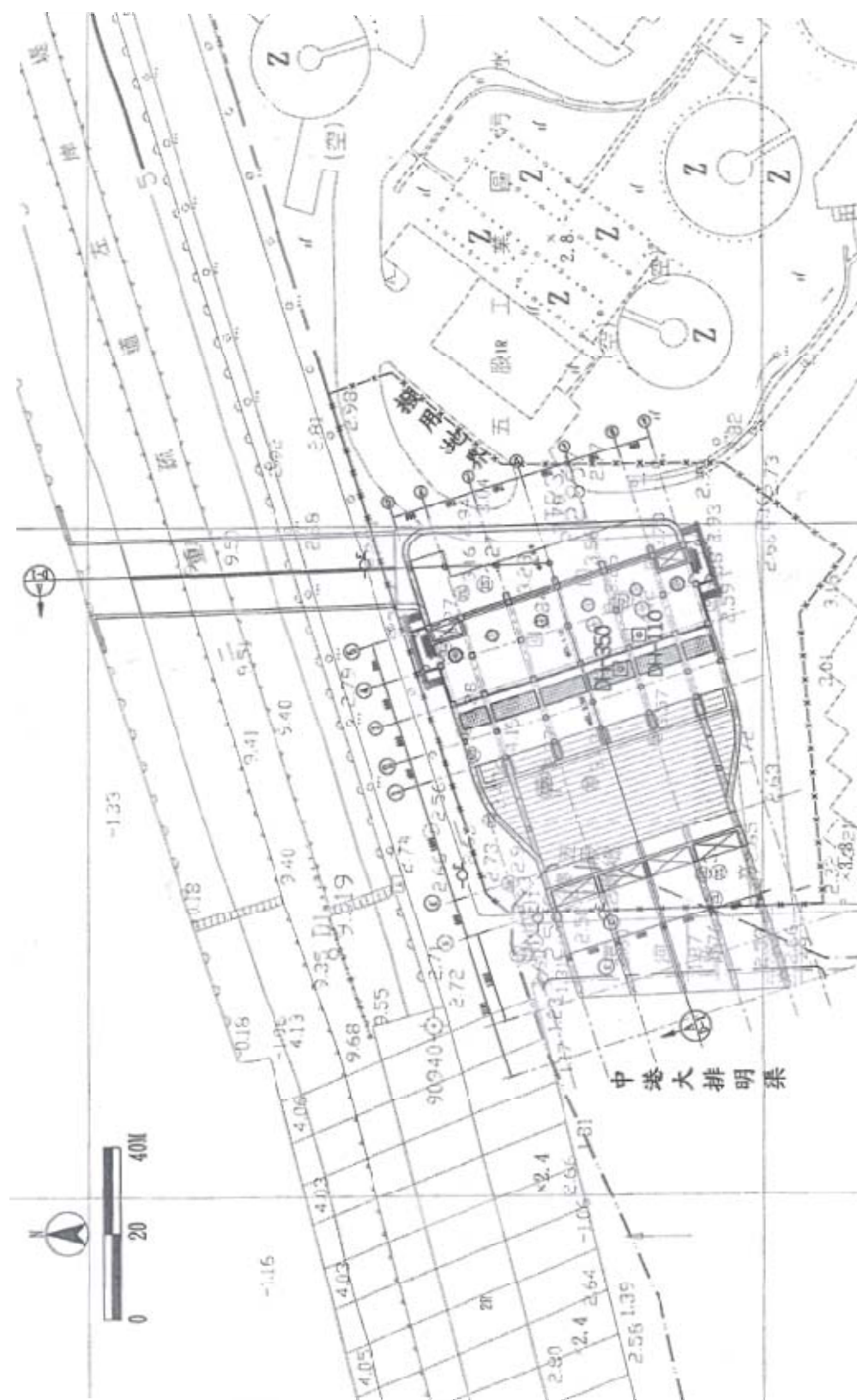


圖 4-61 中港東站地面層平面配置 (台北縣政府, 2003)

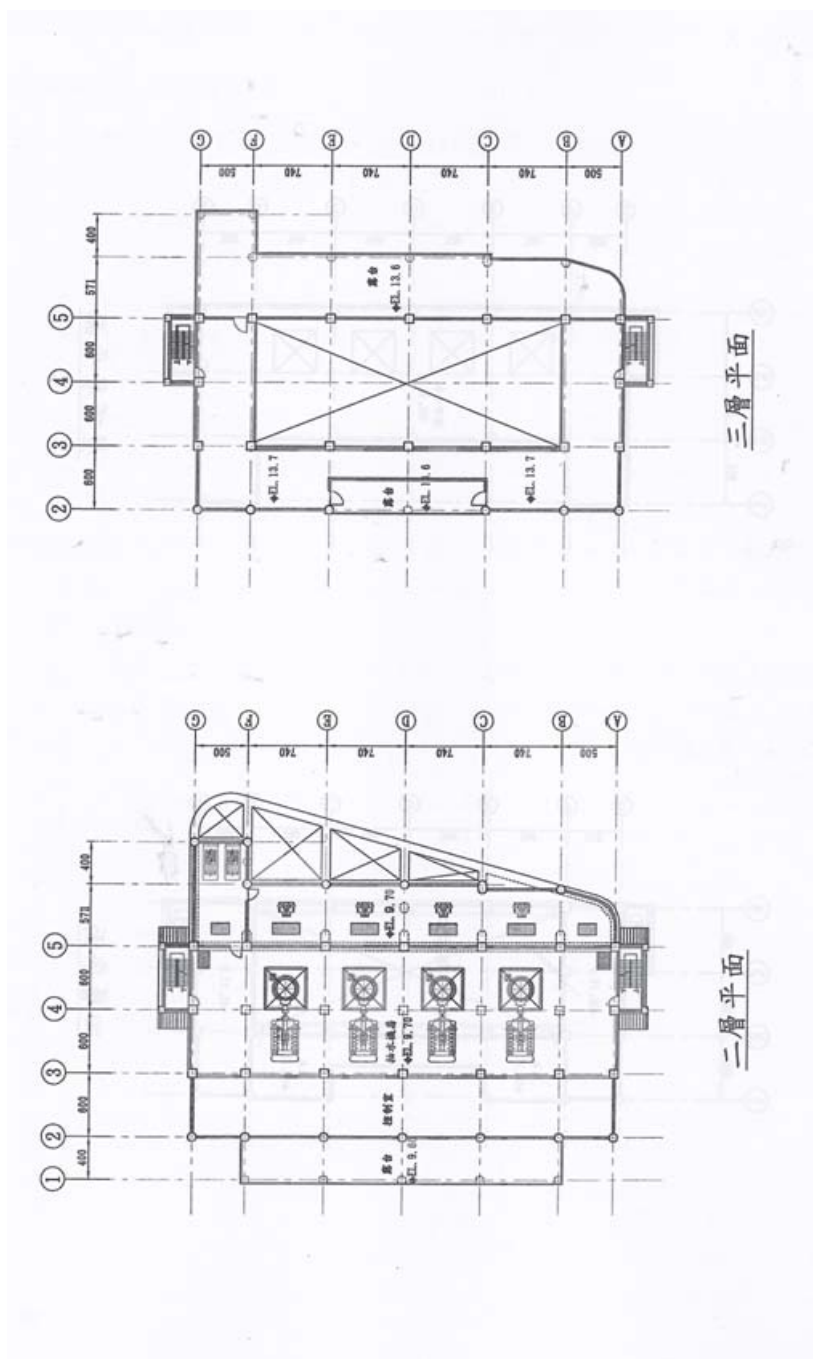


圖 4-62 中港東站二、三層面配置 (台北縣政府, 2003)

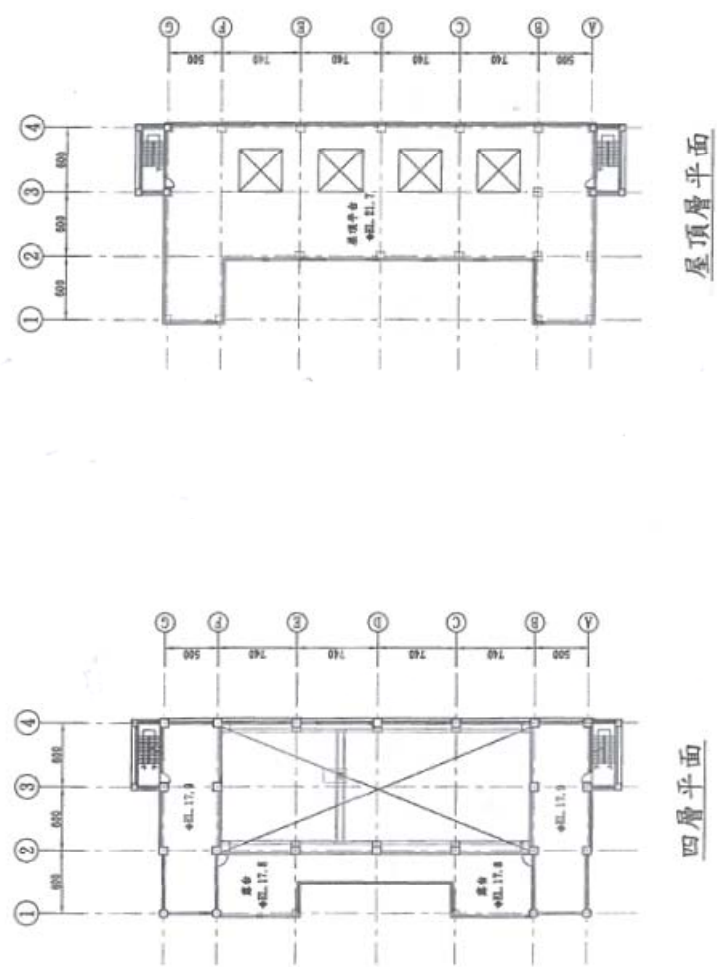


圖 4-63 中港東站四層及屋頂層平面配置(台北縣政府，2003)

（四）檢討與建議

抽水機組之選定，盡量避免使用單一抽水量且抽水量大之抽水機，應採取交互運用的方式來配置抽水量，當降雨小的時候，使用小抽水量之機組，降雨大的時候，再搭配抽水量大之機組使用，本案例與 4.6.1 節所討論抽水量與抽水機台數之探討相呼應。

在日本的東京就有這樣的例子，原理是利用一台抽水機的抽水井設置的較低、抽水量較小，如果雨量比較小或是水位比較低時，就用此機組來啟動抽水，這樣可以將水位先壓低，亦達到節能的效果，且這種屬於前期抽水之設計，因為沉水式引擎啟動快、操作簡便，可以配置沉水式引擎來操作。

除了機組之搭配外，亦可在前池的部份做設計，可以在前池中再設計一個較小且較深之前池，提供小容量抽水機做前期抽水之使用，以因應較小水位變化之降雨。運用較深之前池設計，在現在都市開發度高和用地取得困難的地區，亦為另一種選擇。

綜合以上所述，運用抽水機組抽水量彈性配置與前池的設計，一來可以增加抽水機操作之彈性和減少機組頻於開關的現象，也可增加機組之壽命。

4.6. 小結

災害的發生，一定會對財產造成損失，嚴重還會威脅人命的安危。本章之目的為針對都市暴雨來臨時在政府組織應變上，提供操作程序以利防災和救災之規劃。從防汛值日、動態監視小組、搶險隊等一系列之組織架構，並且著重災前整備與水情資訊的整合，目的都是希望縣市政府在因應都市暴雨時能夠更快做出反應。

1. 除了從制度著手，我們也從抽水站部份探討，探討抽水站的規劃、設計及操作之合理性，從集水面積與總抽水量、前池與抽水量、總抽水量與抽水機台數三方面一系列來討論，並且以實際案例部份探討，增加讀者對於不同問題時之參考。從抽水站的探討我們大約可得以下成果：從集水面積與總抽水量來建立比流量的關係，可以對抽水站之抽水量作一簡單檢核。
2. 從抽水量與前池容量的關係，可以得到當抽水站內單一機組之抽水量相對於前池容量應有足夠之抽水時間，可供機組操作之緩衝時間，亦避免抽水機在雨水量小的時候頻繁開關。
3. 由台北市之經驗建立抽水機組之操作程序與感潮段閘門啟閉之程序，亦建議抽水站設立操作紀錄的系統。
4. 案例探討方面，由目前正在檢討之長元抽水站，探討因為都市更新、地表逕流改變而導致抽水量需增大之情況，為常見之基本案例。
5. 塔寮坑抽水站則探討其整治之方式，由上下游分洪的方式，來減低下游之負擔，已達到綜合治水與分散風險之目的。
6. 玉成、南港抽水站則介紹由於納莉颱風導致抽水站淹水失效的實際例子，介紹台北市如何改善，並且訂定抽水站之自我保護標準，維護抽水站在遇到周遭環境積淹水下之保護，為目前極端氣候下所作之因應。
7. 最後，介紹中港東抽水站，介紹其抽水機組之設計搭配，已達到抽水機組在因應不同雨量時能有更彈性之操作空間。

在防災軟體上，提供都市暴雨模擬分析系統，以利在規劃設計或實際都市暴雨發生時，利用系統模擬提供規劃設計或即時應變之參考。96 年度和 97 年度所研發之都市暴雨模擬分析系統之水理模擬技術，結合相關資訊技術整合應用，發展出都市暴雨模擬分析系統技術，並完成都市暴雨模擬分析系統技術手冊，以協助實際人員操作，並可作為後續教育訓練與經驗傳承之教材文件。

綜合以結論，本章無論從軟體（系統、規範）或是硬體（抽水站）都做一系列討論並提供建議，希望能夠對於都市暴雨之應變及因應上提供可循之依據以供參考。

五、教育推廣

教育推廣之目的，是為分享研究成果及確認研究方向能符合目前下水道工程的實際需求，並提供下水道工程相關人員之培訓與技術水準提昇的機會。本研究團隊透過研討會、座談會、成果發表會等方式，邀請業界企業領袖、學界相關領域專業師資及政府部門等各方代表，就研究內容主題「下水道推進施工技術研發」、「下水道檢測維修技術研發」及「雨水下水道暴雨管理技術研發」舉辦專業演講，並進行成果發表與意見交流討論，配合計畫之滾動式修正原則，使各項技術成果能真正落實於實際工程上之應用，近一步加速國內下水道工程之施工進度、降低下水道管線之維修成本及減少暴雨災害對國人造成的危害及損失。

5.1. 研討會與成果發表會之舉辦

為使政、商、學界相關人員熟悉下水道工程技術及推廣本計畫研究之成果，遂舉辦理研討會與成果發表會，以利提昇產業專業人力之技術水準與產值，透過參與研討會的方式有效推廣下水道工程產業，並相互討論現行各項工程缺失及改進措施，有助提升下水道技術精進及發展。另外，利用案例參觀的方式，加強學員對實際工地的操作與施工情形了解，提供從事下水道工程相關業者以及從業人員一個技術交流的機會。

本年度計畫團隊將舉辦三場研討會，已於 98 年 6 月 19 日在國立宜蘭大學與 98 年 7 月 22 日在國立中興大學共完成 2 場研討會，並已規劃 98 年 11 月 23 日在國立臺灣科技大學辦理成果發表暨研討會，會議內容分別說明如下：

(一)「污水下水道推進工程施工與檢測維修技術研討會」-宜蘭場

98 年 6 月 19 日在國立宜蘭大學所舉辦的「污水下水道推進工程施工與檢測維修技術研討會」，研討會上午課程就下水道工程技術研發計畫做詳盡的解說與深入的剖析，並邀請工程師做工程案例介紹與經驗的分享，下午則利用案例參觀的方式，加強學員對實際工地的操作與施工情形的了解，本次研討會規劃參觀宜蘭縣羅東地區污水下水道系統興建營運移轉計畫中的分支管工程與污水處理廠，研討會課程內容與活動照片如表 5-1 與表 5-2。

表 5-1 污水下水道推進工程施工與檢測維修技術研討會議程表(宜蘭)

-	時間	課程名稱	主講人	主持人
-	8:30-9:00	報 到		
-	9:00-9:10	貴賓致辭		
1	9:10-10:10 (60min)	下水道推進工程現況與展望--開挖機制、營建管理與資訊平台之整合型建置	國立台北 科技大學 陳立憲教授	謝尚賢 教授
	10:10-10:20	問題討論		
-	10:20-10:35	休 息		
2	10:35-10:55 (20min)	宜蘭縣羅東地區污水下水道系統興建營運移轉計畫-分支管及用戶接管介紹	東山林開發事業 股份有限公司 郭順華 工程師	
-	10:55-11:05	休 息		
3	11:05-12:05 (60min)	污水下水道檢測維修技術	國立中興大學 楊明德教授	楊明德 教授
	12:05-12:15	問題討論		
-	12:15-13:00	午 餐		
-	13:00-13:20	搭車前往工地(備有遊覽車)		
4	13:20-14:10 (50min)	工地參觀-宜蘭縣羅東地區污水下水道系統興建營運移轉計畫 2-A 標分支管網工程	東山林開發事業 股份有限公司 陳文杰工地主任	
-	14:10-14:30	搭車前往工地(備有遊覽車)		楊明德 教授
5	14:30-15:30 (60min)	工地參觀-宜蘭縣羅東地區污水下水道系統興建營運移轉計畫污水處理廠工程	東山林開發事業 股份有限公司 陳煥升工地主任	
-	15:30-16:30	回 程		

表 5-2 污水下水道推進工程施工與檢測維修技術研討會(宜蘭場)照片

	
報到情形	上課情形
	
問題討論	工程參觀(下水道分支管工程)
	
工程參觀(下水道分支管工程)	工程參觀(污水處理場)

(二)「污水下水道推進工程施工與檢測維修技術研討會」-台中場

98 年 7 月 22 日與中部科學工業園區管理局合作於中興大學舉辦的「污水下水道推進工程施工與檢測維修技術研討會」，研討會上午課程邀請台灣世曦工程顧問股份有限公司之專業工程師與主任進行實務案例介紹與分享，下午進行中科放流管管線工程案例參觀。研討會課程內容與活動照片如表 5-3 與表 5-4。

表 5-3 污水下水道推進工程施工與檢測維修技術研討會議程表(台中)

--	時間	課程名稱	主講人	主持人	
--	8:30-9:00	報 到			
--	9:00-9:10	貴賓致辭			
1	9:10-10:10 (60min)	中科放流管管線工程概述與經驗分享	台灣世曦 藍啟榮 主任	謝尚賢 教授	
	10:10-10:15	問題討論			
--	10:15-10:30	休 息			
2	10:30-11:10 (40min)	污水下水道之檢測維修-中科放流管管線檢測	台灣世曦 蘇大展 工程師		
	11:10-11:15	問題討論			
3	11:15-12:05 (50min)	中科后里放流管管線工程工程概述	台灣世曦 林有儀工程師		
	12:05-12:10	問題討論			
--	12:10-13:00	午 餐			
--	13:10-14:10	搭車前往工地(備有遊覽車)			
4	14:10-16:00 (110min)	工地參觀-中科后里放流管管線工程	偉盟工業股份有限公司 謝武祥協理	楊明德 教授	
	16:00-17:00	回程			

表 5-4 污水下水道推進工程施工與檢測維修技術研討會(台中)照片

	
報到情形	上課情形
	
問題討論	工程參觀
	
工程參觀	工程參觀

(三)98 年度下水道工程技術研發計畫成果發表暨研討會

98 年度 11 月 23 日於國立台灣科技大學舉辦「98 年度下水道工程技術研發計畫成果發表暨研討會」，演講內容以各子計畫成果為主題，發表推廣計畫成果，並安排問題討論時間，提供與會人員一個經驗分享與交流的機會，參與人次達 92 人，成果發表會課程內容如表 5-5:

表 5-5 九十八年度下水道工程技術研發計畫成果發表暨研討會議程表

--	時間	課程名稱	主講人	主持人
--	8:30-9:00	報 到		
--	9:00-9:10	貴賓致辭		
1	9:10-10:00 (50min)	都市暴雨模擬分析系統開發與操作	中原大學土木系 林旭信教授	謝尚賢 教授
	10:00-10:20	問題討論		
--	10:20-10:40	休 息		
2	10:40-11:30 (50min)	下水道推進工程現況--開挖機制、營建管理與資訊平台之整合型建置	台北科技大學土木系陳立憲教授	
	11:30-11:50	問題討論		
--	11:50-13:10	午 餐		
3	13:10-14:00 (50min)	污水下水道管線檢測技術與維修技術	中興大學土木系 楊明德教授	謝尚賢 教授
	14:00-14:20	問題討論		
--	14:20-14:30	休 息		
4	14:30-15:20 (50min)	都市暴雨防救災作業規範草案及抽水站案例探討	臺灣大學土木系 謝尚賢教授	
	15:20-15:40	問題討論		
	15:40-	回程		

表 5-6 九十八年度下水道工程技術研發計畫成果發表暨研討會照片

	
報到情形	營建署長官致辭
	
上課情形	上課情形
	
上課情形	問題討論

5.2. 問卷統計

為了解研討會舉辦成效，評估課程內容是否符合參加人員預期，以及提供與會人士對於研討會內容與計畫成果提出建議的管道，於報到時一併將問卷發出，並請來賓於離場時繳回，統計得到的資料如表 5-7、表 5-8。

表 5-7 九十八年度 6 月 19 日研討會問卷統計分析結果

題目	統計分析結果
一、請問您是以何種方式參加本次訓練或研習？	主動報名參加：74% 被指定參加：26%
二、請問您認為本項訓練或研習之授課時數是否適當？	應予增加：10% 適當：87% 應予減少：2%
三、請問您是否滿意本次訓練或研習之講授內容？	非常滿意：9% 滿意：79% 沒意見：12% 不滿意：0% 非常不滿意：0%
四、請問您認為本次訓練或研習之講授方式如何？	非常滿意：31% 滿意：54% 沒意見：15% 不滿意：0% 非常不滿意：0%
五、請問您認為本次訓練或研習之教材如何？	非常滿意：30% 滿意：51% 沒意見：16% 不滿意：3% 非常不滿意：0%
六、請問您認為本次訓練或研習之場地設備如何？	非常滿意：58% 滿意：24% 沒意見：15% 不滿意：3% 非常不滿意：0%
七、請問本次研習會，對於您目前執行業務或將來個人發展，是否有所助益？	很有助益：42% 略有助益：51% 沒意見：6% 無助益：1% 極無助益：0%
八、請問在參加完本次活動後，若有機會您是否會推薦他人參加？	非常推薦：13% 推薦：76% 沒意見：12% 不推薦：0% 極不推薦：0%
九、請問您對本訓練研習的綜合評價為何？	非常滿意：17% 滿意：73% 沒意見：10% 不滿意：0% 非常不滿意：0%

表 5-8 九十八年度 7 月 22 日研討會問卷統計分析結果

題目	統計分析結果
一、請問您是以何種方式參加本次訓練或研習？	主動報名參加：77% 被指定參加：23%
二、請問您認為本項訓練或研習之授課時數是否適當？	應予增加：8% 適當：92% 應予減少：0%
三、請問您是否滿意本次訓練或研習之講授內容？	非常滿意：0% 滿意：92% 沒意見：8% 不滿意:0% 非常不滿意:0%
四、請問您認為本次訓練或研習之講授方式如何？	非常滿意：15% 滿意：85% 沒意見：0% 不滿意: 0% 非常不滿意: 0%
五、請問您認為本次訓練或研習之教材如何？	非常滿意：38% 滿意：62% 沒意見：0% 不滿意:0% 非常不滿意:0%
六、請問您認為本次訓練或研習之場地設備如何？	非常滿意：8% 滿意：54% 沒意見：38% 不滿意: 0% 非常不滿意:0%
七、請問本次研習會，對於您目前執行業務或將來個人發展，是否有所助益？	很有助益：15% 略有助益：85% 沒意見：0% 無助益：0% 極無助益：0%
八、請問在參加完本次活動後，若有機會您是否會推薦他人參加？	非常推薦：15% 推薦：77% 沒意見：8% 不推薦：0% 極不推薦:0%
九、請問您對本訓練研習的綜合評價為何？	非常滿意：8% 滿意：92% 沒意見：0% 不滿意:0% 非常不滿意:0%

表 5-9 九十八年度 11 月 23 日成果發表會問卷統計分析結果

題目	統計分析結果
一、請問您是以何種方式參加本次訓練或研習？	主動報名參加：70% 被指定參加：30%
二、請問您認為本項訓練或研習之授課時數是否適當？	應予增加：13% 適當：87% 應予減少：0%
三、請問您是否滿意本次訓練或研習之講授內容？	非常滿意：10% 滿意：73% 沒意見：15% 不滿意：2% 非常不滿意：0%
四、請問您認為本次訓練或研習之講授方式如何？	非常滿意：32% 滿意：53% 沒意見：13% 不滿意：2% 非常不滿意：0%
五、請問您認為本次訓練或研習之教材如何？	非常滿意：27% 滿意：63% 沒意見：10% 不滿意：0% 非常不滿意：0%
六、請問您認為本次訓練或研習之場地設備如何？	非常滿意：52% 滿意：38% 沒意見：8% 不滿意：2% 非常不滿意：0%
七、請問本次研習會，對於您目前執行業務或將來個人發展，是否有所助益？	很有助益：45% 略有助益：48% 沒意見：7% 無助益：2% 極無助益：0%
八、請問在參加完本次活動後，若有機會您是否會推薦他人參加？	非常推薦：20% 推薦：58% 沒意見：20% 不推薦：2% 極不推薦：0%
九、請問您對本訓練研習的綜合評價為何？	非常滿意：17% 滿意：72% 沒意見：11% 不滿意：0% 非常不滿意：0%

5.3. 小結

本年度計畫團隊已舉辦 2 場「污水下水道推進工程施工與檢測維修技術研討會」和 1 場成果發表會，共計 338 人次參加，研討會與成果發表會的辦理，除了落實本計畫將研發成果推廣至業界的任務，同時也收到相當多的意見回饋，不論是研究計畫內容及演講議題是否符合實際使用需求等等問題，對團隊而言都是寶貴的建議。本計畫所辦理的研討會，為因應學員要求希望多增加關於實務經驗分享的意見，今年度本計畫也同樣安排下水道工程專家演說與工程實務參觀，學員參與情形相當踴躍，整體而言，接近八成的與會人員對於研討會感到滿意，參與研討會的來賓對於演說內容大部分皆給予正面評價，各主題精心準備之內容皆相當豐富，部分學員甚至私下來信詢問索取教學用簡報，教材的質與量皆能獲得學員的認同，各主題及研究概念對於參加人員是有啟發、有正面幫助的。

六、績效指標

表 6-1 為 97 年度所訂定之 KPI 指標，內容依技術創新、經濟效益及社會影響三部分說明下水道工程技術研發計畫預期成果與效益。

表 6-1 績效指標

	績效指標	預期成果	預期效益
技術創新	A1.技術產出 A1-1.推進工程技術 A1-2. 建立污水下水道最佳化維修模式與自動化管線缺失診斷系統 A1-3.開發都市水文模式整合技術與即時水理模擬技術	A1-1. a.建立下水道推進工程分析與預測系統 b.改善現有流程缺失，並提出流程改造方案 c.完成推進工程施工技術報告。 A1-2. a. 建立污水下水道最佳化維修模式 b. 發展自動化管線缺失判釋系統。 c.研發下水道影像拍攝品質檢視技術。 A1-3. a. 研發都市暴雨模擬分析系統	A1-1 於施工方面，強化下水道施工早期預警能力，以蒐集之數據作為基礎，對下水道推進工程之各項生產力及績效數據的進行預測，以提早決定適用的推進工法與作業方式，降低因施工方法與土質間之工法不當造成之時間花費，達到成本降低之可能性。於作業方面，透過流程模擬方式找出合適之改造方案，以改善不良工時之狀況，進而產生最大工作效率。此外，推進工程施工技術報告可作為未來施工者於施工時的重要依據，找出其合適之施工法或問題解決之道。 A1-2 a.利用基因演算技術所發展之維修方案優選模式對台中市 9 期重劃區污水管網進行模擬測試，模擬結果與實際維修案例比較發現，約可節省 7.5% 之工程經費。 b.自動化管線缺失系統軟體之運用可大幅縮短傳統藉由人力判釋效率不佳等缺失，大幅提升整體檢測效率。 c.下水道影像拍攝品質檢視系統之建立可望提升影像拍攝品質，方便監驗單位進行查核並方便後續影像自動化判釋

	績效指標	預期成果	預期效益
			之用。 A1-3 整合都市水文模式與即時水理模擬技術至都市暴雨模擬分析系統，可使模擬時間縮短，提高決策品質。
技術創新	A2.技術服務	1、將施工流程再造方案推廣至現地，輔導廠商進行流程再造工作。 2、建置下水道地質預測系統，供工程規劃人員進行分析與施工規畫參考。 3、建製推進工法開挖效率現地調查表，針對各影響施工要徑之困難要因進行現場調查與歸納。 4、完成推進工法之開挖模式之研析，並探討推進機頭切削與地質及工法之交互影響。 5、輔導協助國內專業廠商、克服進施工困難。 6、協助台中市政府下水道科執行下水道管線修繕業務。共同討論擬訂 CCTV 影像拍攝準則，並輔導得標廠商進行檢測維修作業。 7、與國內工程顧問公司合作，共同	1. 利用現地資料自動化收集與資料探勘技術建立分析與預測系統，提供給予推進工程施工規劃之分析模擬與施工之參考。 2. 透過流程再造工作，提昇下水道工班工作效率，以加快下水道建設速度。 3. 建製推進工法開挖效率現地調查表，並找出掘削進度延宕之特徵要因，進行學理上之初步分析，再以 PFC3D，建立推進過程中之模型，進行基本數值分析。 4. 配合下水道工區，測試推進工法開挖模式及輔助工法的實用性。 5. 輔導協助國內專業廠商，執行各項修繕作業，提升廠商的競爭力及工程效率與品質。而土壤與機具間之界面狀況及工法選擇是下水道推進施工重要的一環，透過輔導協助之方式給予國內專業廠商學理上之建議，期望得以提升國內專業廠商施工之品質及技術。 6. 輔導縣市政府及廠商，協助制定各項準則，以提升下水道檢測維護之工程品質。 7. 透過產學合作模式，促成廠商投資，共創技術研發與經濟效益之雙贏。 8. 使用網路免費下載方式，推廣 S4 軟體至各相關單位，讓使用

	績效指標	預期成果	預期效益
		研發下水道影像拍攝品質檢視系統。 8、將 S4 軟體推廣至政府與業界相關單位使用。 9、進行工程技術相關文獻回顧，以供縣市政府改善都市淹水問題之參考。 10、建立下水道檢視維修知識庫及下水道推進工程資料庫，供使用者瀏覽。 11、計畫成立了下水道推進施工技術、下水道管線檢測維修技術及雨水下水道暴雨管理技術專家研究團隊。	者可有一親和性較高之操作介面，以方便使用。S4 軟體之使用次數可作為主要績效指標之一。 9. 透過地表改良措施說明，並建立能減少逕流體積、降低尖峰流量、增加入滲功能之雨水滯留措施的功能表格，搭配雨水滯留措施之配置方式，以提供有別於非工程手段的都市防洪決策，作為改善都市淹水問題之參考。 10. 將下水道維修案例、最佳維修策略知識與下水道施工知識整理保存，以利提升國內營造廠的競爭力，創造經濟效益。 11. 計畫團隊可提供下水道計畫相關問題諮詢。
技術創新	A3.技術活動	1、定期舉辦「下水道工程技術研發計畫座談會」，廣邀產、官、學各界意見領袖共同研討下水道工程推動策略，凝聚社會各界共識，共同推動全國下水道工程之整體發展。 2、利用工地實地參訪與交流，進行下水道推進施工技術輔導工作。 3、與台中市政府、顧問公司、營造廠商進行管線	1. 透過座談會的方式有效推廣下水道工程產業，並相互討論現行各項工程缺失及改進措施，有助提升下水道技術精進及發展。 2. 透過下水道推進施工現地參訪，與業界進行交流，並結合產、官、學界相關人士進行成果輔導與宣導工作。 3. 透過訪談與座談會了解現行下水道 CCTV 影像拍攝情況，以有效提升影像拍攝品質並提高後續檢測維修效率。 4. 藉由抽水站系統之合理性及相關規範之研討，能使抽水站系統操作之參數與規範更有效，以降低都市淹水。

	績效指標	預期成果	預期效益
		檢測訪談。 4、舉行暴雨管理專家座談研討都市雨水下水道系統之合理性與相關規範。	
經濟效益	B1.提昇污水下水道推進施工效率與工程品質	B1.1 建立下水道推進工程分析與預測系統 B1.2 下水道推進工程資料庫暨系統	B1.1 強化下水道施工早期預警能力，以蒐集之數據作為基礎，對下水道推進工程之各項生產力及績效數據的進行預測，以提早決定適用的推進工法與作業方式，降低因施工方法與土質間之工法不當造成之時間花費，達到成本降低之可能性。 B1.2 透過資料庫有效率且統一之方式進行施工資料的管理，能有效降低人力整合及管理之成本。
	B2.提升污水下水道管線整體檢測效率與影像拍攝品質	協助台中市政府制定污水下水道檢測影像拍攝準則並與國內污水下水道工程顧問公司合作研發一污水下水道影像品質檢測系統。	透過準則之制定並配合影像品質檢測系統之建立，提供監驗單位一影像品質審核基準，並促進施工單位技術精進。
	B3.1 縮短都市暴雨管理決策時間與提高決策品質 B3.2 改善抽水站系統之操作	B3.1 開發都市水文模式整合技術、即時水理模擬技術以及GIS 與水理模式整合技術 B3.2 初步針對抽水站合理性進行分析及檢討，分析抽水站相關設計參數是否合理，如啟抽水位、操作曲線等之調整。	B3.1 利用都市暴雨模擬分析系統相關之研發新技術，可縮短水理模擬時間。將模擬結果結合空間地理資訊，可使防災人員可清楚得知哪些地區可能發生災害，可提高防災之功效與品質。 B3.2 配合相關模擬，以檢視抽水站設計及相關設計參數，模擬過程中調整之合理參數將有機會達到降低淹水總量之可能。

	績效指標	預期成果	預期效益
社會影響	C1.技術推廣	完成成果發表會、研討會與教育訓練活動 9 場，並達 841 人次參加之績效	舉辦下水道工程技術研討會與教育訓練活動，以利提昇產業專業人力之技術水準與產值。透過參與研習會方式有效推廣下水道工程產業，並相互討論現行各項工程缺失及改進措施，有助提升下水道技術精進及發展。
	C2.資訊服務	1、設立與維護下水道工程技術資訊與資源網站，提供計畫相關資料、教學資料、軟體下載，提供了技術服務與推廣服務。 2、提供相關維修檢測案例說明及最佳維修策略之測試成果學習和 S4 系統相關資訊文件資料下載。	網路平台有助於社會各階層民眾更了解下水道系統之主要目的及各項優點，有助於下水道工程產業之推廣。網站內容除提供下水道工程之基本相關知識外，更將相關經驗、知識保存，增加國內學術競爭力，配合文字、圖片、影片或 3D 動畫之展示，加速使用者對下水道產業之了解。另外，留言討論區之設立目的，乃希望透過不同使用者之經驗分享及提問，激盪出更多創意解答及研究方向，藉此提升國內學術競爭力及營造廠的競爭力，發展本國特有的下水道技術。

	績效指標	預期成果	預期效益
	C3.手冊/規範 制訂	1. 編撰「下水道推進施工技術參考手冊」。 2. 編撰「污水下水道修繕計畫擬定標準作業手冊」。 3. 撰寫「都市暴雨模擬分析系統手冊」。 4. 將計劃相關成果整理並撰寫成『都市暴雨防災教戰手冊』，宣導暴雨防災之觀念。 5. 研擬災害與平時之應變操作程序及其相關技術規範(草案)。	1. 國內雖以對於下水道工程施工多年，但仍無一適合之技術參考準則供施工人員及設計規劃人員做為參考，希望透過藉由國外相關之技術規範，並配合本土化特性，建立適合國內施工環境之施工技術參考準則，以有效提升國內下水道施工之效率。 2. 制定標準化下水道 CCTV 操作技術參考準則可有效提升影像拍攝品質並提高後續檢測維修效率。 3. 系統手冊可以協助實務人員操作系統，並可作為後續教育訓練與經驗傳承之教材文件。 4. 教戰手冊將針對各不同層級之人員(如中央、實務、學術、全民)，給予適當之暴雨防災資訊，以達到全民防災之目的。 5. 相關技術規範草案，以標準化、表格化之方式，給予防災操人員作參考，以提高災害來臨時之應變效率。

七、結論與建議

7.1. 前言

本計畫為符合「挑戰 2008：國家發展重點計畫-污水下水道建設計畫」及國家重大政策「愛台 12 建設」之總體目標，進一步發展各項技術及工法，以有效提升下水道工程技術，分別就污水下水道推進施工技術、污水下水道管線檢測維修計技與雨水下水道都市暴雨管理技術做研發。在下水道推進技術部分，蒐集推進工法延滯困難要項調查案例，分析切削刀頭及機頭面板的配置，並考量輔助工法的使用，建立高效率推進工法之開挖模式，以協助施工廠商提升施工效率，加強下水道工程之成本、進度與安全規劃與管控。且輔導有意合作之廠商，簽署合作備忘錄，積極推廣研究成果，並利用現地績效診斷方式，與產界進行交流，協助缺失檢測與成果落實。下水道檢測維修部分，蒐集國內外污水下水道現有檢視維修技術，進行檢視維修流程之系統化分析，製作流程圖及各項工作內容，並建置管線基本圖資與 CCTV 檢視影像資料庫，發展自動化之管線缺失診斷技術與管線缺失診斷系統，並以高雄市 15 期重劃區污水管網、台中市 9 期重劃區污水管網進行模擬測試。雨水下水道都市暴雨管理部份，完成都市暴雨模擬分析系統規劃與建立都市暴雨模擬分析系統，並開發「都市水文模式整合技術」與「即時水理模擬技術」；整合「都市水文模式技術」與「即時水理模擬技術」至都市暴雨模擬分析系統，並實際測試中港排水系統案例，測試結果確實可縮短模擬時間，進而提高都市暴雨防災決策品質，另外完成文獻彙整及教戰手冊編製，並與台北市政府合作研擬都市暴雨致災應變操作程序(草案)，亦以實際抽水站的案例去檢討抽水站相關設計與操作，以期有效提升政府防災效能。另外，辦理教育訓練活動與座談會，將各項成果推廣至各相關單位。本計畫在內政部營建署密集控管和各審查委員指導下，各工作項目得以順利完成，並按進度達成預期目標。以下為各子題之辦理執行

成果與評估所得歸納出如下幾點結論與建議。

7.2. 污水下水道推進工程施工技術

一、結論

- (一)台灣分區之地質文獻資蒐建立研究底層資料，輔以地調所鑽探資料並針對現場調查加以分析，提出各地質特性下之開挖特色，與內業數值模擬與實驗驗證進行比對分析。
- (二)推進工法延滯困難要項，針對不同地質材料之延滯困難要項進行調查，統整切削面盤刀口配置位置及功能性，配合內業數值模擬以推估可行之開挖模式。
- (三)數值模擬與實驗驗證。以單一刀頭之幾何形狀與地質適用性作一系列學理研究，求其互制行為之最適確性研探，輔以雙刀間具支配置暨楔刀尖端磨耗寬度之模擬分析，使探求推進工法開挖效率與安全性並重之施作，以符合工程施作實況。
- (四)資訊庫網站進度，已大致上完成。目前已收集得資料有台北縣、宜蘭縣、屏東縣、新竹市、新竹縣等。
- (五)本研究實例驗證方式，蒐集台灣各地區地質分佈資料，透過混合式類神經-自迴歸馬可夫模型進行模擬預測，驗證模型準確性與可用性，比較現有地質預測模型，擇優汰劣、去蕪存菁，優化本研究模型，期許未來能應運在工程實例上，協助施工廠商選用適當的施工機具和推進工法，減少因地質因素造成的損失和延宕。
- (六)建立下水道工程分析系統，利用下水道推進資料庫中的生產力資料及相關績效數據，納入推進工法成本資料，搭配下水道地質預測系統產生之地質預測資訊，於施工前或是施工中，預測分析前端推進段落或是剩餘施工段落所需之成本及工期，達到地質預測帶來的效果。參考國內外推進施工參考文獻，搭配工程分析預測系統，提供給予工程從業人員做為施工規畫之依據。

(七)下水道技術輔導團成立的目的是在於整合產、官、學三方面技術知識，輔導新進廠商或在推進工法上遭遇困難之廠商解決的平台。

二、建議

- (一)由本研究提出之相關學理分析如理論解析、數值模擬及實驗驗證進行比對分析後，如能進一步比對現場實務，更能提升本方法之適確性。
- (二)資訊庫網站的維護，仍需繼續蒐集資料使其供查詢之有效訊息可以更加完備並充足。
- (三)下水道管推工程屬重複性作業，經由本研究報告中以影響因子及皮爾森相關係數進行生產力分析調查，未來可配合「學習曲線效應」引入生產力做更精闢的研究分析。
- (四)本研究完成撰寫下水道推進施工技術參考手冊後，建議持續蒐集下水道經驗案例，增加技術參考手冊案例參考價值與實用性，並定期增修技術手冊內容與發行，納入新型工法與專家評論，作為國內下水道推進工程技術人員參考之依據。
- (五)未來能繼續由產、官、學界專家執行輔導團工作，持續蒐集與更新下水道工程技術資訊，提供廠商最新下水道工程知識與經驗分享，讓技術輔導團成為下水道推進作業專業團隊，在下水道推進業界佔一席之地。

7.3. 污水下水道管線檢測維修技術

一、結論

- (一)本計畫除了發展自動化之管線缺失診斷技術並使該技術之適用性趨於成熟外，對於污水下水道管線檢測維修系統將具體落實於縣市政府之檢視維修工作上。
- (二)本計畫首先對下水道管線檢測維修對一完整國內外文獻回顧，制定出污水下水道管線檢測維修之四大主要工作，包括：管線檢測、管線結構評估、管線結構分級、管線維修方法與管材選擇。將此一維修檢測流程之標準化與系統化，並於研究中建構完整連結表格以供紀錄與分析。而其

中「管線檢視」為下水道維修檢測之首要步驟，此一項目將影響整體維修檢測之成果及修繕效率，而 CCTV 影像之拍攝則為管線檢視最為重要之作業，但現行之 CCTV 影像拍攝流程並未有相關規定限制，造成其拍攝品質不一，進而影響整體檢測維修之效率。本計畫透過制定 CCTV 影像拍攝之標準化流程與影像處理技術(包括小波轉換及共生矩陣計算進行管線缺失之特徵處理、主成分分析、以類神經技術建立初步之管線缺失診斷模式、利用徑向基網路與支持向量機網路技術、形態學中之 opening operation 及 Otsu's technique 之影像處理技術進行管線缺失診斷系統開發與測試)。最後結合下水道修繕方案優化模式開發等污水下水道最佳化維修模式，考慮水理檢測、免開挖與明挖工法工程費用與社會成本之差異，管網系統中關鍵性與非關鍵性管段輸水效能，以基因演算技術為基礎，設計維修方案優選模式進行下水道管網維修效益分析。並配合已建構完成之修繕架構，整合一高效率之下水道維修檢測流程。

(三)在下水道管線檢測維修技術落實方面以辦理講習會，及製作 e 化教學網頁等方式，對縣市政府相關人員進行技術轉移，使其瞭解並熟知模式操作流程。計畫中除了持續輔導縣市政府進行檢測維修系統操作測試外，依據縣市政府人員之執行經驗，對確認 CCTV 檢測影像品質有迫切需求，本計畫透過量化分析之方式對 CCTV 檢測影像品質進行執行評估，以了解 CCTV 檢測影像拍攝成效。另依據縣市政府委託執行顧問公司與營造廠商之操作經驗，制定 CCTV 影像拍攝之標準化流程，以提供入門業者操作參考並符合實際下水道檢視維修作業流程，提升國內污水下水道管線檢視維修效率。同時也修正提供一系列標準化與系統化之管線檢測維修流程透過，透過與系統化之管線檢測維修流程之建立、研發技術之移轉、技術服務與管線檢測維修人才之培育，以提升下水道管線缺失檢測維修效率。

(四)正值政府大力推動全國下水道系統的普及建設之際，可預期未來下水道管線檢測維修的工作將巨幅增長，但大多數的縣市政府、顧問公司、營造廠商大比例多集中於下水道新建工程，如何繼續研發、推廣下水道管線檢測維修技術將是營建署推動全國下水道系統的普及率之後百年工

作，除了學術機關、顧問公司、營造廠商加強研發本土化之檢測維修技術外，目前中央政府已針對管線圖籍管理有相當程度之重視並已制定統一格式，其他檢測技術應用制度面或行政面相關配合措施則還需中央及縣市政府一同制定，期待未來在產官學全面合作下對本土的下水道管線檢測維修的工作能量有近一步的提升。

二、建議

- (一)目前已針對現有管線來訂定檢測的施工標準手冊，而新建工程尚無可依循的標準，建議未來可以參考手冊來新增或修改，建立新建工程的標準與規範。
- (二)目前污水管線缺失狀況大部分還是以人工判釋，誤判機率仍然很高，建議日後可建立規範，使用自動化判釋方法來辨別管線缺失狀況，降低誤判機率。
- (三)台灣地區從事 CCTV 業者僅寥寥數家廠商，而未來污水下水道普及率將持續上升，檢測及維修工作量也逐漸增加，建議營建署及各縣市政府可提撥經費於下水道相關單位，提高下水道相關工作的需求，吸引更多業者投入。學術單位亦可藉此發展相關研究，未來可望研發國產 CCTV 檢視設備及提昇下水道技術。

7.4. 雨水下水道暴雨管理技術

一、結論

- (一)都市暴雨模擬分析整合系統之規劃(I)：

提出以都市暴雨即時模擬與防洪預警功能為概念之系統，針對使用者之需求分析，考慮到如何將雨水下水道模擬功能，提供給暴雨防災預警決策支援系統所使用，因此規劃設計出都市暴雨模擬分析系統框架，後續之工作重點主要為整合高階軟體元件技術，並實作出即時模擬與防災預警功能之系統，以達到都市暴雨防災之目的。

- (二)都市暴雨模擬分析整合系統之規劃(II)：

完成都市暴雨模擬分析系統規劃與建立都市暴雨模擬分析系統，並開發

「都市水文模式整合技術」與「即時水理模擬技術」；整合「都市水文模式技術」與「即時水理模擬技術」至都市暴雨模擬分析系統，並實際測試中港排水系統案例，測試結果確實可縮短模擬時間，進而提高都市暴雨防災決策品質。

(三)雨水下水道工程技術回顧：

針對雨水下水道工程技術進行相關文獻回顧，以供縣市政府改善都市淹水問題之參考；透過地表改良措施說明，並建立能減少逕流體積、降低尖峰流量、增加入滲功能之雨水滯留措施的功能表格，搭配雨水滯留措施之配置方式，以提供有別於非工程手段的都市防洪決策，作為改善都市淹水問題之參考。

(四)都會區抽水站規劃設計合理性探討：

完成台北市第一到第四分區之抽水站及區域排水系統相關文獻之回顧，包括詳細之規劃與設計檢視，並作為後續研究之參考資料。

(五)以各抽水站為實際案例，進行規劃、設計及操作等合理性之分析探討，並完成實際案例之建立：

完成台北市第四分區抽水站(中港、實踐、保儀木新抽水站系統)之實際案例測試，測試結果可作為抽水站合理性之探討，以期改善抽水站之操作，達到降低淹水總量之可能。

(六)都市暴雨防災相關宣導推廣工作：

舉辦研習會、專家學者座談會，以提供從事下水道工程相關業者以及從業人員一個技術交流的機會。並與台北市與高雄市政府下水道相關單位進行業務訪談，以了解防災人員實地操作狀況以及暴雨來臨時之應對方法等。透過都市暴雨防災之相關文獻彙整，並編製『都市暴雨防災教戰手冊』，針對不同層級單位，提供適當之暴雨防災資訊。維護及推廣都市暴雨模擬分析系統與 S4 軟體。藉由上述都市暴雨防災相關宣導推廣工作重點，將可有助提升下水道技術精進及發展。

(七)都市暴雨模擬分析系統技術手冊

撰寫完成「都市暴雨模擬分析系統操作手冊」，此手冊可以協助實務人員了解都市暴雨模擬分析系統之開發過程與系統操作流程，並作為後續

教育訓練與經驗傳承之教材文件。

- (八)計畫關於都市暴雨防災應變操作程序及其相關技術規範（草案）之擬定，透過邀請專家座談會與邀請各縣市政府代表座談之方式已擬定「都市暴雨致災應變操作程序（草案）」，目的是希望提供縣市政府水利單位，建立完整之機制以因應暴雨，希望能提供各縣市政府作為參考。
- (九)抽水站規劃、設計及操作合理性探討分析，透過蒐集台北縣市各項資料，並整合成表格，希望各縣市以此表格建立抽水站之基本資料，達到統一性。並就資料予以分析，探討集水面積與總抽水量、前池與抽水量、總抽水量與抽水機台數關係，並且對於抽水機配置、台數、抽水量評估、操作程序、感潮段閘門操作等予以建議。除此之外，並建立四個案例，用案例探討的方式，討論各抽水站所遭遇之問題及解決之方案，希望以此增加抽水站相關從業人員對於抽水站、都市排水所遭遇問題之廣度。

二、建議

- (一)計畫關於都市暴雨防災應變操作程序及其相關技術規範（草案），後續應對於本操作程序持續與各縣市意見進行交換，並且實際推動至縣市政府，由縣市政府所遭遇之問題來對於本操作程序進行修正，以期本操作程序在都市暴雨時能發揮保障人民生命財產安全之正面效果，並且符合各縣市政府之運作。
- (二)抽水站規劃、設計及操作合理性探討分析，將來可將本計畫所建議之相關抽水站操作程序等原則推廣至各縣市政府，以利各縣市政府水利從業人員，在實際操作時有參考之依據，並且規劃設計合理性探討部份之統計分析可增加水利從業人員對於抽水站基本設計之知識，以利將來在規劃設計時之參考。抽水站案例探討部份，仍應持續進行案例蒐集，建置案例資料庫，提供抽水站在遭遇不同情況時之解決方案，以供參考。

參考文獻

1. 王進源(2005)，影響輸水潛盾隧道施工生產力因子之探討與改善對策—以大台北地區為例。國立台灣大學土木工程研究所碩士論文。
2. 徐朝權(1996)，企業生產力衡量與分析之研究。國立政治大學企業管理研究所博士論文。
3. 張紹勳、張紹平、林秀娟(2000)，SPSS For Windows 統計分析—初等統計與高等統計(上)(下)冊(4版)。台北市：松崗電腦圖書資訊股份有限公司。
4. 陳順宇(2004)，多變量分析(3版)。台北：華泰。
5. 陳清南(2006)，營建機具設備維護策略之探討—以機具租賃業為對象。國立台灣科技大學營建工程系碩士論文。
6. 劉福勳，營建生產力之量度及其效益。營造天下月刊，102，17~21，2004。
7. 林惠玲、陳正倉(2006)，應用統計學(3版)。台北市：雙葉書廊圖書有限公司。
8. 黃俊英(2000)，多變量分析(6版)。台北市：中國經濟企業研究所，1998。
9. 徐坤榮，建築工程營建生產力之研究—以預鑄工法為例。國立台灣大學土木工程研究所碩士論文。
10. 蔣緯鳴(2005)，下水道短管推進力分析。國立中央大學土木工程學系碩士論文。
11. 張嘉倫(2006)，污水下水道用戶接管點生產力模型之研究。國立高雄第一科技大學營建工程系碩士論文。
12. 羅勝全(2002)，污水下水道推進施工管理對策與管線維護之探討。國立海洋大學何海工程系碩士論文。
13. 劉福勳、周勁言(2005)，短時效率評估法之量測與應用。營造天下月刊，111，44~49。
14. 劉福勳、李昌明(2005)，營建業生產力之評估與改善對策。營造天下月刊，109，18~25。

15. 傅和彥(1988)，工廠管理。台北市:前程企業管理公司。
16. 工廠管理編輯委員會(1982)，工廠管理。中壢市:和昌出版。
17. 陳文哲、楊銘賢(1996)，工廠管理。台北市:中興管理。
18. 林清河(1995)，工作研究。台北市:華泰文化。
19. 簡德金(1997)，工作研究。台北市:育有出版。
20. 王麗琴(2001)，「Excel 2002/VBA程式設計」，松崗電腦圖書資料股份有限公司。
21. 王文祥(1996)，礫石層之沉積特徵及量化描述方法嘗試，「地工技術」，第55期，pp. 25-34。
22. 林炳森、褚炳麟、林銘煌、張翔年、曲先慎(1988)，“林口臺地紅土礫石層之力學特性研究”，「防災科技研究報告」，75-60號，行政院國家科學委員會。
23. 林炳森、褚炳麟、林銘煌、曲先慎(1986)，“夯實紅土礫石之力學特性研究”，「防災科技研究報告」，74-58號，行政院國家科學委員會。
24. 竺文彥、李宗坤、鍾仁金、盧之偉(2005)，曲線推進工法規劃設計與施工，「地工技術」，第106期，pp. 5-14。
25. 洪如江、詹勳山、楊彰文、何鏗釗、魏烈舫、陳振才、鄭在仁、馬炤津、陳煌銘(1986)，“複合土工程性質之初步研究”，「國立台灣大學工程學刊」，第23期。
26. 張曉瑞(2002)，排列方式及試驗方式對顆粒材料剪力強度之影響，「碩士論文」，朝陽科技大學，台中。
27. 張吉佐、陳逸駿、嚴世傑、蔡宜璋(1996)，台灣地區中北部卵礫石層工程性質及施工探討，「地工技術」，第55期，pp. 35-46。
28. 許海龍、陳中原(1990)，“粗顆粒卵礫石之剪力強度力學特性之研究”，「十四屆全國力學會議」，第一卷，pp. 823-831。
29. 董家均、黃安斌(1996)，礫石土材料之力學試驗，「地工技術」，第55期，pp. 59-70。
30. 褚炳麟、孫漢豪、許金龍(2005)，推進工法在卵礫石地層中之案例研究，「地工技術」，第106期，pp. 15-24。

31. 褚炳麟、潘進明、張國雄(1996)，台灣西部卵礫石層現地之大地工程性質，「地工技術」，第55期，pp. 47-58。
32. 顏君行(2006)，管推進工程管線與土壤互制行為之分析研究，「碩士論文」，國立中興大學，台中。
33. 鄧屬予(1996)，台灣卵礫石層的地質背景，「地工技術」，第55期，pp. 5-24。
34. 鄭文隆(1986)，“以室內試驗方法對夯實紅土礫石材料力學性質之研究”，「國立臺灣工業技術學院營建系大地工程報告書」。
35. 周斯畏、陸雅璟、張春霞、簡杏玟(2002)，「物件導向系統分析與設計—使用UML與C++」，全華科技圖書股份有限公司。
36. 高煥堂(2007)，「Use Case 入門與實例」，廣悅文化事業有限公司。
37. 張紹勳、張紹平、林秀娟(2000)，「SPSS For Windows統計分析—初等統計與高等統計（上）（下）冊」，松崗電腦圖書資訊股份有限公司。
38. 郭振泰、謝尚賢、陳彥璋、林旭信、廖英博、汪立本(2005)，台灣大學土木工程學系：「雨水下水道模擬系統—技術手冊」。
39. 郭振泰、謝尚賢、楊明德(2003)，台灣大學水工試驗所：「下水道系統自動化監測、操作及維修系統之研究」，內政部營建署成果報告。
40. 郭振泰、謝尚賢、楊明德(2004)，台灣大學水工試驗所：「下水道系統自動化監測、操作及維修系統之研究」，內政部營建署成果報告。
41. 郭振泰、謝尚賢、楊明德、林正芳(2005)，台灣大學水工試驗所：「下水道系統自動化監測、操作及維修系統之研究」，內政部營建署成果報告。
42. 趙光正(2008)，「UML 與樣式徹底研究」，培生教育出版集團。
43. 鄧慰先(2004)，國立聯合大學災害防救科技研究中心：「水災境況模擬與降雨資訊展示系統之建置與應用」，台北市政府消防局期中成果報告。
44. 顏清連、李天浩、王如意、楊德良、許銘熙(1998)，台灣大學水工試驗所：「淡水河整體洪水預報系統模式之研發—子題一：降雨觀測及預報模式」總報告。
45. 歐陽嶠暉，「下水道管渠管理維護與修繕」，詹氏書局。
46. 台北市政府(民96)，台北市各級災害應變中心作業要點。
47. 經濟部水利署(民96)，水災災害防救業務計畫。

48. 行政院公共工程委員會(2003),「施工階段」 G2B 工程進度管制 XML 資料及 BPS 流程標準建置指引,台北。
49. 藍啟榮、顏君行、李英彰、唐其巍(2008),長距離推進在台中卵礫石層中之案例研究,「地工技術」,第115期,pp. 83-90。
50. 官良民等人(2008),台北縣中和地區汙水下水道系統新建工程第二標,台灣世曦工程顧問有限公司,內政部營建署。
51. 經濟部水利署(2008修正),水利法。
52. 經濟部水利署(2004修正),水利法實行細則。
53. 經濟部水利署(2007),水災災害防救業務計畫。
54. 前經濟部水利處、財團法人維謙基金會(2001),颱風豪雨防災手冊。
55. 內政部消防署(2009修正),災害防救法。
56. 台北市政府(2007),台北市各級災害應變中心作業要點。
57. 前台灣省住宅及都市發展局(1996),三重市(重新檢討)雨水下水道系統規劃報告。
58. 台北縣政府水利局(2009),台北縣三重市、蘆洲市雨水下水道系統重新檢討期中報告。
59. 台北縣政府(2006),台北縣中港大排污染改善暨河廊環境營造規劃。
60. 經濟部水利署(2009),「易淹水地區水患治理計畫」中央管區域排水塔寮坑溪排水系統規劃報告。
61. 經濟部水利署(2008),「易淹水地區水患治理計畫第一階段實施計畫」縣(市)管區排大窠坑溪排水系統規劃報告。
62. 經濟部水利署第十河川局、台北縣政府(2008),塔寮坑溪排水改善實施計畫(初期)修正計畫。台北縣塔寮坑溪排水能力檢討及改善規劃報告。
63. 經濟部水利規劃試驗所(1999),台北縣塔寮坑溪排水能力檢討及改善規劃報告。
64. 經濟部水利規劃試驗所(2006),區域排水整治及環境營造規劃參考手冊。
65. 林憲德(2005),綠色建築,詹氏書局。
66. 林憲德(2006),城鄉生態,詹氏書局。
67. 台北市綜合治水對策規劃綱,

http://www.taipei.gov.tw/cgi-bin/SM_theme?page=45c84abe

68. 歐陽橋暉 (1980), 下水道工程學, 長松出版社。
69. 林秋裕 (1984), 下水道工程, 茂昌圖書有限公司。
70. 日本の下水道協会 (1984), 下水道施設設計計指針と解説, 信陽堂印刷株式会社。
71. 台灣大學水工試驗所 (1989), 台北市雨水下水道規劃手冊。
72. Arditi, D., Krishna M. (2000). Trends in productivity improvement in the US construction industry. *Construction Management & Economics*, 18(1), 15-27.
73. Fayyad, U., Uthurusamy, R. (1996). Data mining and knowledge discovery in databases. *Communications of the ACM*, 39(11), 24-26.
74. Drewin, F. J.(1982). *Construction productivity :measurement and improvement through work study*. New York: Elsevie.
75. Thomas, R. H. (1986). *An analysis of the methods for measuring construction productivity*. Austin TX: University of Texas at Austin.
76. Alfeld, L. R. (1988). *Construction productivity :on-site measurement and management*. New York: McGraw-Hill.
77. Sink, D. S. (1985). *Productivity management :planning, measurement and evaluation, control, and improvement*. New York: Wiley.
78. Lockyer, K. G.(1974). *Factory and production management*. London: Pitman.
79. Slack, N., Chambers S., Johnston R. (2007). *Operations management*. Harlow, England: Prentice Hall.
80. Fabrycky, W. J. (1966). *Operations economy :industrial applications of operations research*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
81. Holtz, W. G., and Gibbs, H. J. (1956), "Triaxial Shear Tests on Pervious Gravely Soils", *J. Soil Mech. And Found. Engng. Div.*, 82, pp. 1-22.
82. Marsal, R.J., Ramirez de Arellano, L., and Nunez, A. (1967)."Plane Strain Testing of Rockfill Materials", *Proc., 3rd. Pan-Am. Conf. On Soil Mech.* 1,pp. 249-271.
83. Marachi, N. D., Chen, C. K., and Seed, H. B., "Evaluation of Properties of

- Rockfill Materials”, J. Soil Mech. and Found. Engng. Div., 98 pp. 95-114, 1972.
84. Fenner, R. A. (2000). Approaches to sewer maintenance: a review. *Urban Water*, 2(4), 343-3
 85. Yang, M. D., & Su, T. C. (2006). An automation model of sewerage rehabilitation planning. *Water Science and Technology*, 54(11-12), 225-232.
 86. Makar, J. M. (1999). Diagnostic techniques for sewer systems. *Journal of Infrastructure Systems*, 5(2), 69-78.
 87. Franks, S. W. (1999), “Disaggregation of Environmental Factors Affecting Sewer Pipe Failures,” *Journal of Infrastructure Systems*, ASCE, Vol. 5, No. 4, pp. 150-158.
 88. Water Research Centre (1994), *Sewerage Rehabilitation Manual*, 3rd Ed., WRC, Swindon, U.K., Vol. 2, pp. 109-134.
 89. Ouellette, H. and Schrock, B. J. (1981), “Rehabilitation of Sanitary Sewer Pipes,” *Proceedings of the American Society of Civil Engineers*, Vol. 107, No. TE4, pp. 479-513.
 90. Moselhi, O., & Shehab-Eldeen, T. (2000). Classification of defects in sewer pipes using neural network. *Journal of Infrastructure Systems*, 6(3), 97-104.
 91. Shehab, T., & Moselhi, O. (2005). Automated detection and classification of infiltration in sewer pipes. *Journal of Infrastructure Systems*, 11(3), 165-171.
 92. Iyer, S., & Sinha, S. K. (2005). A robust approach for automatic detection and segmentation of cracks in underground pipeline images. *Image and Vision Computing*, 23(10), 921-933.
 93. Mckim, R. A., & Sinha, S. K. (1999). Condition assessment of underground sewer pipes using a modified digital image processing paradigm. *Tunneling and Underground Space Technology*, 14(2), 29-37.
 94. Parker, J. R. (1997). *Algorithms for Image Processing and Computer Vision*. John Wiley & Sons, Inc., New York.
 95. Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (2002). *Digital Image Processing*. 2nd ed.

Prentice Hall, New Jersey.

96. Sinha, S. K., & Fieguth, P. W. (2006). Segmentation of buried concrete pipe images. *Automation in Construction*, 15(1), 47-57.
97. Lillesand, T. M., & Kiefer, R. W. (2000). *Remote Sensing and Image Interpretation*. 4th ed. New York: Wiley.
98. Widodo, A., Yang, B. S., & Han, T. (2007). Combination of independent component analysis and support vector machines for intelligent faults diagnosis of induction motors. *Expert Systems with Applications*, 32(2), 299-312.
99. Polat, K., & Güneş, S. (2007). Automatic determination of diseases related to lymph system from lymphography data using principles component analysis (PCA), fuzzy weighting pre-processing and ANFIS. *Expert Systems with Applications*, 33(3), 636-641.
100. Seo, K. K. (2007). An application of one-class support vector machines in content-based image retrieval. *Expert Systems with Applications*, 33(2), 491-498.
101. Yang, M. D., & Su, T. C. (2007a). An optimization model of sewage rehabilitation. *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, 30(4), 651-659.
102. Yang, M. D., & Su, T. C. (2007b). Automated diagnosis of sewer pipe defects based on machine learning approaches. *Expert Systems with Applications*, doi: 10.1016/j.eswa.2007.08.013. in press.
103. Zhang, C., Jiang, J., & Kamel, M. (2005). Intrusion detection using hierarchical neural networks. *Pattern Recognition Letters*, 26(6), 779-791.
104. Hwang, Y. S., & Bang, S. Y. (1997). Recognition of unconstrained handwritten numerals by a radial basis function neural network classifier. *Pattern Recognition Letters*, 18(7), 657-664.
105. Jang, B. K., & Chin, R. T. (1998). Morphological scale space for 2D shape smoothing. *Computer Vision and Image Understanding*, 70(2), 121-141.

106. Cassar, A. and Hans-Reinhard Verworn (1999), "Modifications of Rainfall Runoff and Decision Finding Models for On-Line Simulation in Real Time Control," *Water Science Technology*, Vol. 39, No. 9, pp. 201-207.
107. De Roo, A., Gouweleeuw, B., Thielen, J., Bartholmes, J., Bongioannini-Cerlini, P., Todini, E., Bates, P., Horritt, M., Hunter, N., Beven, K., Pappenberger, F., Heise, E., Rivin, G., Hills, M., Hollingsworth, A., Holst, B. Kwadijk, J., Reggiani, P., van Dijk, M., Sattler, K., and Sprokkereef, E. (2003), "Development of a European flood forecasting system," *International Journal of River Basin Manage*, Vol. 1, No. 1, pp. 49–59.
108. Huber, W. C., Dickinson, R. E., Roesner, L. A. and Aldrich, J. A. (1988), *Stormwater Management Model User's Guide*, Vol. 2, Canada.
109. Li, X. Y., Chau, K. W., Cheng, C. T., and Li, Y. S. (2006), "A Web-based flood forecasting system for Shuangpai region," *Advances in Engineering Software*, Vol. 37, pp. 146-158.
110. Linaza, M. T., A. Salterain, E. Ayesa (2002), "Real Time Control Modules for Sewer Simulations," *Water Intelligence Online* (<http://www.iwapublishing.com/>).
111. Maker, J. M. (1999), "Diagnostic Techniques for Sewer Systems," *Journal of Infrastructure Systems*, Vol. 5, No. 2, pp. 69-78.
112. Nelen, F. (1993), "On The Potential of Real Time Control of Urban Drainage Systems," *Water Science and Technology*, Vol. 27, No. 5-6, pp. 111-122
113. Neugebauer, K., W. Schilling and J. Weiss (1991), "A Network Algorithm for the Optimum Operation of Urban Drainage Systems," *Water Science and Technology*, Vol. 24, No. 6, pp. 209-216.
114. Sample, D. J., James P. Heaney, Leonard T. Wright, and Richard Koustas (2001), "Geographic Information Systems, Decision Support Systems, and Urban Storm-Water Management," *Journal of Water Resources Planning*

- and Management, Vol. 127, No. 3, pp. 155-161.
115. Liao, Y., Fang, S. C., & Nuttle, H. L. W. (2004). A neural network model with bounded-weights for pattern classification. *Computers and Operations Research*, 31(9), 1411-1426.
 116. Moselhi, O., & Shehab-Eldeen, T. (1999). Automated detection of surface defects in water and sewer pipes. *Automation in Construction*, 8(5), 581-588.
 117. Franti, P. (1998). Blockwise distortion measure for statistical and structural errors in digital images. *Signal Processing: Image Communication*, 13(2), 89-98.
 118. Gokhale, S., & Graham, J. A. (2004). A new development in locating leaks in sanitary sewers. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 19(1), 85-96.
 119. Ostojic-Skomrlj, N., & Margeta, J. (1995). Long term investment planning for coastal pollution control infrastructure. *Water Science and Technology*, 32(9-10), 273-282.
 120. Pappas, T. N., & Safranek, R. J. (2000). Perceptual criteria for image quality evaluation, In A. L. Bovik (Ed.), in *Handbook of Image and Video Processing*, New York: Academic.
 121. SourceForge.net (2009). VirtualDub download [WWW page]. URL <http://virtualdub.sourceforge.net/>
 122. Strasburger, H., Wüstenberg, T., & Jäncke, L. (2002). Calibrated LCD/TFT stimulus presentation for visual psychophysics in fMRI. *Journal of Neuroscience Methods*, 121(1), 103-110.
 123. UK water industry engineering and operations committee. (1994). *Sewerage Rehabilitation Manual*. (3rd ed.). Water Research Centre/Water Authorities Association, Swindon, UK.
 124. Wang, Z., & Bovik, A. C. (2002). A universal image quality index. *IEEE Signal Processing Letters*, 9(3), 81-84.

125. Wang, Z., Bovik, A. C., Sheikh, H. R., & Simoncelli, E. P. (2004a). Image quality assessment: From error visibility to structural similarity. *IEEE Transactions on Image Processing*, 13(4), 600-612.
126. Wang, Z., Lu, L., & Bovik, A. C. (2004b). Video quality assessment based on structural distortion measurement. *Signal Processing: Image Communication*, 19(2), 121-132.
127. Wirahadikusumah R., Abraham D. M., Iseley T., & Prasanth R. K. (1998). Assessment technologies for sewer system rehabilitation. *Automation in Construction*, 7(4), 259-270.
128. Xu, K., Luxmoore, A. R., & Davies, T. (1998). Sewer pipe deformation assessment by image analysis of video surveys. *Pattern Recognition*, 31(2), 169-180.
129. Yang, M. D., Su, T. C., & Chen, Y. P. (2005). Priority evaluation of sewerage rehabilitation by AHP. In C. Vipulanandan, & R. Ortega (Eds.) *In Optimizing Pipeline Design, Operations, and Maintenance in Today's Economy* (pp. 523-537). American Society of Civil Engineers (ASCE). Virginia, USA.
130. Yang, M. D., & Su, T. C. (2006). Automation model of sewerage rehabilitation planning. *Water Science and Technology*, 54(11-12), 225-232.
131. Yang, M. D., & Su, T. C. (2008) , Automated diagnosis of sewer pipe defects based on machine learning approaches. *Expert Systems with Applications*, 35(3), 1327-1337.
132. Yang, M. D., & Su, T. C. Segmenting ideal morphologies of sewer pipe defects on CCTV images for automated diagnosis. *Expert Systems with Applications*, 36, 3562-3573, (2009).
133. Zhang, X. H., Lin, W. S., & Xue, P. (2005), Improved estimation for just-noticeable visual distortion. *Signal Processing*, 85(4), 795-808.
134. Kramer, S. R. (1992), *An introduction to trenchless technology*, W.J Mac

- Donald and J.C Thompson, eds., Chapman and Hall, New York,.
135. Woodroffe, N. J. A. and Ariaratnam, S. T. (2008) , “Cost and Risk Evaluation for horizontal Directional Drilling versus Open Cut in an urban Environment”, Practice and periodical on structural design and construction, Vol. 13, No. 2.
 136. Baecher, G. B (1972) . “Site Exploration: A Probabilistic Approach”, Ph.D. Thesis, Department of Civil Engineering, Massachusetts Institute of Technology.
 137. Hwang, J. H and Lu, C.C., “A Semi-analytical method for Analyzing the Tunnel Water Inflow”, Journal of Tunneling and Underground Space Technology, 2007; Vol. 22, No. 1, pp. 39-46.
 138. Chan, M. H. C. (1981). “A Geological Prediction and Updating Model in Tunneling”, Master Thesis, Department of Civil Engineering, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts. Ioannou P.G., “Geologic Prediction Model for Tunneling” , Journal of Construction Engineering and management, 1987; Vol. 113 no 4.
 139. Hu, Q.F and Huang, H.W. (2007). “Risk Analysis of soil transition in tunnel works”, Proceedings of the 33rd ITA-AITES World Tunnel Congress - Underground Space - The 4th Dimension of Metropolises, p 209-215.
 140. Sutanto, A. (2008). “Geologic Prediction Model with real time Bayesian series analysis”, Master Thesis National Taiwan University of Science and Technology, Taipei Taiwan-R.O.C.
 141. Alimoradi, A., Moradzadeh A., Reza N, Mojtaba Z. S. and fshin E., “Prediction of geology hazardous zones in front of a tunnel face using TSP-203 and artificial neural network”, Tunnelling and Underground Space Technology Volume 23, Issue 6, November 2008; Pages 711-717.
 142. Santos Jr., and Tarcísio B. C. (2008), “Artificial neural networks analysis of São Paulo subway tunnel settlement data”, Tunneling and Underground

- Space Technology 23 481–491.
143. Adi, T.J W. and Leu S. S., “Geologic Prediction Model for Pipe-Jacking Tunneling”, Proceeding of 5th National Conference in Civil Engineering, ITS Surabaya-Indonesia.
 144. Leu, S. S., and Ou Y. W. (2007), “Study of Productivities of Pipe jacking Construction”, Master Thesis, Department of Construction Engineering, National Taiwan University of Science and Technology, Taipei, Taiwan,.
 145. Xuan, T. (2004), “Auto-regression Hidden Markov Model with application in an El-nino study”, Master Thesis, Department of Mathematics and statistics university of Saskatchewan, Saskatoon.

附錄 一、97 年度期末審查意見及回覆辦理情形

謝慧民教授	
審查意見	回覆辦理情形
子題一:污水下水道推進施工技術研發	
1. 本研究為何觀測單位時間，請說明不採用原「短時效率評估法」的 5 分鐘，而採用 3 分鐘(以 5 分鐘為記錄單位較容易)原因。	感謝委員指教。短時效率調查法中，五分鐘所指每一觀測總量度時間不得低於 5 分鐘。而本研究選用 3 分鐘為量測單位，其考量為下水道小管推進工區特性，其工區通常位於鬧區故導致面積狹小，且現地機具密佈，為避免觀測時間過長造成因人員移動而導致調查對象被機具設備等遮蔽而造成無效觀測現象發生機率，本研究因而採用 3 分鐘為一調查單位。
2. P44 圖 2-25 看不懂開始及結束，表示方式太複雜，能否用類似系統分析方式將各功能塊分解出來;專案管理工時計算的流程(如網路圖)EZ STROBSCOPE 是否也是一種專案管理分析工時的相關軟體。	感謝委員指教。本研究將會在期末報告中將推進施工流程以作業系統分類，分解相關作業流程模型，以明確說明下水道推進施工作業流程。 EZ Stroboscope 其可視為一專案作業流程模擬系統，並可找出作業與資源之空間等待時間，雖有部份功能重疊(如資源分派)，但其仍缺乏找出要徑與作業浮時...等相關功能，故其並非專案管軟體。
3. 網頁式資訊系統使用什麼網路程式設計語言開發及簡單的查詢統計功能何時要做，請補充說明。	感謝委員的指教。整體系統開發環境及系統查詢功能將會於期末報告中加以補充說明。
子題二:污水下水道管線檢測技術研發	
1. 管線缺失診斷系統開發介面，只有擷取結果的黑白影像展示，數據轉到類神經網路資料檔未提供，也缺少類神經網路方法推估破壞情形分類的操作介面，建議在 98 年度繼續完成，以利從業人員應用。	目前其主要介面乃進行形態分割，其類神經網路介面期望透過獲取更多影像案例之學習，以強化整體判釋系統，本計畫將朝向此一方面努力以求介面化成果更具實用價值。

2. E-Learning 平台只有提供一些教材文件下載，並沒有教師、學生、管理者等三種不同功能，本建議改為「學習教材資源網站」。	感謝委員的建議。本計畫所建構之學習平台最初以全民學習為基本概念，並未思考較廣之層面及針對不同之學習對象設計不同教材，本團隊將採納委員之意見對此成果進行相關修正。
子題三:雨水下水道暴雨管理技術研發	
1. SWMM 模式在各時距演算是否有提供預測功能，報告提到 IRES 是自己修改後的功能或是 SWMM 提供，交待清楚 SWMM 在做預測是不是重算，請補充之，並註明所用版本。	SWMM 模式無法提供預測功能，主要是因為無法分段動態輸入雨量，因此如果有新的雨量進入系統則必需重頭計算，IRES 以 SWMM 4.4 版為基礎擴充即時模擬功能，使得動態加入雨量不需重頭演算，確保預測功能之可行性。
2. USIS 之 Web 系統使用 XOOPS 架構(圖 4-36)，請於報告中說明。	感謝委員建議，由於目前 USIS 網站需要會員登入制及討論區等功能，所以使用 XOOPS 架構以架設網站，本團隊也會於期末報告中加以說明。
3. 請說明 IRES 未來將透過什麼機制將模擬成果轉給 MySQL 資料庫提供查詢，將來是可以瀏覽網頁方式在伺服器背景執行此程式以即時將成果加入資料庫。	感謝委員建議，資料傳遞機制目前仍在研究規劃中，而未來 IRES 將分為兩部份於線上作業，其一：獨立 IRES 線上模擬，主要使用對象為工程師，介面包含執行模擬、相關模擬參數、時間等設定，當使用者確認執行後，系統會將這些設定傳送至伺服器做運算模擬，再將輸出結果傳回給使用者。另外一部份是作為 USIS 系統之模擬核心，當資料庫接受即時雨量資料後，資料庫會將即時雨量傳送至 IRES 作批次模擬(如每小時一次)，然後模擬結果再會傳至資料庫儲存，再由 Web GIS 取出資料，展示模擬結果於空間資訊。
整體計畫	
1. 教育訓練問卷統計建議再加入圓餅圖來表示。	感謝委員建議。已於期末報告教育訓練問卷統計中增加圓餅圖，讓分析統計更清楚顯示其結果。
2. 免費的數位學習平台 MOODLE 可以快速建立所有計畫的成果，建議在 98 年度最後成果的展現。	感謝委員建議。本團隊會評估 MOODLE 數位學習平台的適用性，並研討計畫成果建立於 MOODLE 之可行性。

3. 本案 98 年度後續工作的重點應納入資訊整合、教育訓練、系統轉移及使用手冊等。	感謝委員建議。本研究計劃於 98 年度研究中會多方考量系統移轉或知識傳遞等事項，並撰寫相關使用手冊以供使用者參考，以落實研究成果。

張仁德經理	
審查意見	回覆辦理情形
子題二:污水下水道管線檢測技術研發	
1. 是否能增加缺失通水斷面的影響程度，以了解污水下水道通水功能是否受影響。	有關通水斷面之考量。可透過搖測技術之運用，利用衛星影像配合管線埋設位置圖之套疊或分析，可清楚了解其管線埋設位置周遭之環境特徵，透過環境因素之分析可推估管線破壞可能造成之原因，如：管線位於植被茂密區，其樹根入侵而造成管線破損進而影響通水斷面。本計劃將納入委員建議，以修正未來之研究方向。
2. 有關下水道檢測缺失位置定位是否能結合影像研判，以確保廠商有實際施作。	下水道 CCTV 檢測之影像中大多鑲有相關拍攝文字資訊，可透過文字資訊了解拍攝過程自走車行進之距離及位置，但為避免拿取其他地區拍攝影片替代實際拍攝成果，建議監督單位應派員到場監督以防止類似情形發生。
子題三:雨水下水道暴雨管理技術研發	
1. P139 頁固定雨型做為下水道容量設計之用，建議修正為做下水道容量檢討之用。	感謝委員建議，本團隊已於期末報告作修改。
2. P141 目前沒有標準的次集水區劃分，只把每個雨量站最接近人孔做為對應的匯流點，似乎難以理解解，目前已經有邊溝流向調查，可提供劃定次集水區。	感謝委員寶貴建議，人孔入流量因為難以驗證，目前模擬過程從降雨逕流 RUNOFF 模式接入下水道 EXTRAN 模式執行，RUNOFF 模式輸入檔中已有考量子集水區之劃分，本團隊於後續之研究將依循此方向進行檢修正。
3. 開發水文氣象資料查詢並沒有包括其他氣象資料，只有水位雨量，建議名稱修正「雨量水位查詢系統」。	感謝委員建議，本團隊已於期末報告中修正。
4. 有關 IRES 的測試，只有	IRES 目前的分段動態模擬，可於固定時距加

EXTRAN 的部份，未看見有 RUNOFF 部份，因為 RUNOFF 也具有其複雜性，除了水文部分亦包括邊溝水理的部分，請說明中港抽水站系統是否有邊溝資料與是否分段測試過。	入雨量資訊，在計算時已經先執行 RUNOFF 模式，計算人孔入流歷線，以作為 EXTRAN 模式之入流量，因此目前 IRES 模式已結合 RUNOFF 與 SWMM 模式。
5. 有關於表 4-8 測試時間既比較，似乎意義不大，因為 SWMM 所模擬的時間遠比 IRES 來的長，請加強說明 IRES 整合的效率為何？同樣的模擬時間，IRES 增加了讀寫及 RUNOFF 演算時間為多少，是否有加速的可能，如寫到硬碟或是直接寫到記憶體中的差別，可以評估最佳模擬時距。	基本上目前 IRES 的 I/O latency 是非常低的，因為所有的資料都是透過二進位檔存取，並且 RUNOFF 及 EXTRAN 模組的串接都是 in process 完成。
6. 建議多增加實測的例子，因為 RUNOFF 參數相當多，建議配合台北市資料對 RUNOFF 參數一併做檢討，可利用不同的 RAINFALL RUNOFF 模式進行比較。	感謝委員意見，本團隊於後續研究中將利用現有之下水道觀測水位資料即著手 RUNOFF-EXTRAN 整體參數的率定與檢討工作。
7. 思考如何運用台北市降雨之空與 RUNOFF 結合，討論 IRES 如何與即時降雨結合，找到最佳的結合時間與演算時間與接收時間的匹配。	感謝委員意見，由於本團隊所使用之資料庫伺服器為 MySQL Server，所以未來傳遞資料變數等將使用 PHP 程式語言來結合 IRES 作運算，演算時間和接收時間也將在進行系統整合時進行測試。
整體計畫	
1. 本計畫在技術、資訊及教育宣導均有良好的成果。	感謝委員的肯定，本團隊將持續努力。
2. 宜再與工程實務單位及未來可能使用對象，加強溝通，使得本計畫成果發揮最大功能。	感謝委員建議，本團隊將再透過如專家座談或現地訪查等方式加強落實方案。子計畫二與台中市政府下水道科保持密切聯繫，除輔導得標廠商進行下水道修繕計畫之進行，亦與市府下水道科共同討論現有實務迫切解決之問題，以輔助建立各項下水道修繕流程制

	度及技術。子計畫三也將持續與相關單位及人員進行溝通，以深入了解其對於 USIS 系統之需求。
3. 各計畫所建置或發展出的資料庫，其後續維護管理宜建立一套流程，以供後續資料之更新修正。	感謝委員建議，本團隊目前已有訓練新進成員以管理資料庫，另外本團隊也將參考委員建議，未來也將針對內部作業建立一套流程以管理資料庫。

林金德	
審查意見	回覆辦理情形
子題一:污水下水道推進施工技術研發	
1. 效能指標及開發性指標建議可以檢核表進行案例試填，並經分析驗證後進行回饋修訂，以增進其實用性。	感謝委員的建議，本計畫已制定表格進行案例調查，經由分析驗證後再回饋修訂檢核表，會持續實施於下年度的開挖性指標分析中，並呈現簡潔明瞭之方式詳細說明，再進一步驗證以達到實用性之目的。
2. 業界對於特殊地質環境條件一般感到困擾，建議加強此方面之技術研發，如卵礫石、岩層、地質變化(軟硬岩交接)及流木等。	感謝委員之提醒，在特殊地質環境條件之技術研發已經列於未來工作項目之一，本年度主要解析單一複合材料卵礫石並持續研發不同地質對應不同開挖機械型態，並在下年度的報告中給予適當之介紹與說明。
3. 建議可建立推進技術之重要因子及參數，考慮製推進實務施工影響，並增加實作觀摩之教育訓練。	感謝委員指教，本研究於後續工作中，將會納入考量範圍，適時修正研究方向。另本研究於主辦之研討會與教育訓練課程中，已安排工地參訪課程，期能藉由工程實務參訪，增加學員學習興趣與達到理論與實務整合之目標。
4. 資訊化系統建議實用化，如重要因子參數範圍，判讀方式、查核及預警措施。	感謝委員的建議。本研究計劃會在日後研究中更加考量實用化之部份，並在接下來的研究過程中，加以適時修正方向，使資訊化系統能落實化。
子題二:污水下水道管線檢測技術研發	
1. 自動化管線缺失診斷技術建議可以實際案例試行，以利驗證分析及回饋修訂。	本計畫所採用之範例影像為台中市九期重劃區 G 系統之缺失影像，透過形態分割擷取可利用之影像進行類神經網路之訓練，再進行整體 G 系統 291 幅影像之判釋。未來將配合台中市政府下水道科之修繕作業，持續收集

	相關 CCTV 檢測影像，增進整體自動化判釋系統之學習及判釋能力。
2. 建議由管線材料及其對應容易發生之缺失進行探討，以了解其主要原因，並據以提出具體可行之防範措施。	感謝委員建議。本研究將採納委員所提供之建議，並收集相關文獻資料以作為研究方向之參考。
3. 建議妥善彙整國內外相關資料，並依國情需求建立本土化之技術手冊，提供標準化作業程序，係提昇作業效率。	本研究已於 96 年研究報告中參考國內外相關下水道文獻及法規，制訂一標準化修繕維修架構，其主要作業流程可分為四大工作項目：管線檢視、結構狀況評估、結構狀況分級及維修方案之評選，本研究期望透過標準化程序之建立提升整體檢測維修之效率。此一相關成果可參考 96 年成果報告書。
子題三:雨水下水道暴雨管理技術研發	
1. 即時降雨資料做分散式運算防洪困難性相當高，請說明提供整體可行性分析，並說明可行的話應該具備哪些需求。	感謝委員建議，由於先前許多委員之建議，本團隊已於上年度期末之後修正研究方向，將不會著重於分散式運算架構之研究，而目前先以功能面考量，以基本技術建立起符合功能需求之軟體系統為主。
2. 建議將暴雨管理應行之技術與措施加強宣導，並研究納入規範之可行性，如 CA 值的改變容許值。	感謝委員寶貴建議，本團隊於後續之研究將依循此方向進行修正。
3. USIS 系統目前以台北市為應用區，建議考量到其它縣市也可使用，介面和參數也要考慮，供其它縣市參考。	感謝委員建議，本團隊目前先以資料較為齊全之台北市為研究案例。當系統完成後，將先應用於台北市進行系統測試，而本團隊也會保留 USIS 系統之彈性，以因應其他縣市之應用。
4. 建議 USIS 系統可建立網路平台，以供各界討論交流及操作試用，以供意見回饋，並與實務結合。	感謝委員建議，目前 USIS 系統是建立在 USIS 計劃網站之下，所以也包含了討論區，前期研究成果下載等功能，以提供使用者一個提供及交換意見之網路討論平台。
整體計畫	

1. 建議學術研究之外，可加強與實務之結合，並使研究成果更為具體務實。建議(a)研究方向與產業界結合，可招開與業界之座談會，事先規劃填寫問卷，再作研討分析及歸納。(b)建議經由需求分析後，可由研究團隊自提具體務實之企劃書，經審定後據以執行。	感謝委員的建議，本團隊 98 年度將加強與實務之結合，將著重於技術輔導與教育推廣上，並尋求有意願之業界單位進行技術合作與輔導工作。
2. 本計畫子題範圍過大，可考慮單純化，並列出可行之目標，或列出無法達成之項目，讓業主知悉其可行性及推展所需之設備、經費、時程及尚須研發之項目內容。	感謝委員的建議，本團隊會檢視工作內容，並於 98 年度工作計畫書中提出可行之目標，而無法達成之項目將會提出與業主研商。

胡兆康理事長	
審查意見	回覆辦理情形
子題一:污水下水道推進施工技術研發	
1. 推進工程到目前效率不彰，管理上亦有很多不良，希望能加強訓練推動証明制度，才能提高推進工程的效率。 2. 實務訓練要選分受訓對象，政府單位、設計人員、管理人員及施工的人員，因所需的訓練內容均不同，希望能建立各種不同的訓練課程。 3. 要有系統的宣導污水下水道，讓全國人民眾了解什麼是污水下水道及如何使用、維護與管理。	1. 感謝委員指教。本計畫研究內容將會分別從巨觀(管理)與微觀(技術)面分別進行調查與探討。以改善下水道推進效率不彰現象，但人員訓練與認證制度，並不包含於本研究工作範圍，其相關推動措施，仍以營建署相關政策為主。 2. 感謝委員指教。本研究已針對下 水道從業人員培訓與認證制度從旁協助營建署舉辦『下水道推進技術士訓練座談會』，並初步規畫下水道人才培訓計畫流程，並實際落實仍以營建署政策為主。
子題二:污水下水道管線檢測技術研發	
1. 檢測的 CCTV 方式無法顯現及落實的事項，有什麼更好的方式來了解小管徑施工成果是優良的。	由國內外文獻中整合出目前尚有其他檢測技術，如：聲吶系統、透地雷達及紅外線雷射掃描系統等。但此相關系統可能須配合特定開發之軟體及硬體，故其成本相對於國內普

2. 管線維修技術在台灣污水下水道領域建設才開始全面動，全國普及率才 30%左右，但最早完成的系統也有 20 幾年了，正要進入維修與更新的週期，因此管線系統之檢測與維修更是要投入本土的技術研發。	遍使用之 CCTV 方式差距甚遠。本計畫主要乃期望發展一便宜、簡單並快速之自動化檢測系統，以解決傳統浪費人力及時間之工程缺失。
整體計畫	
本計畫太大，推進機械的研發及產業的轉移實在不必，因推進機具在日本與德國已有很好發展，目前國內全面推動污水下水道，其是施工設備使用維修的技術人員不足，加強地方政府對下水道的設計、施工、維修等及管理教育、講習、參觀及座談等。	感謝委員的建議。推進機之發展在國際上確實已有相當良好之機具，而施工人員之素質與技術則應是國內提升施工速度、品質等重要的因子，本研究計劃在未來將會再進行探討透過如教育講習或座談會等資訊傳遞之方式以落實加強下水道推進等知識。

台北市政府	
審查意見	回覆辦理情形
子題二:污水下水道管線檢測技術研發	
管線檢測驗收有很多盲點，可多收集文獻，建立查核驗收標準。	感謝委員之建議。本研究將持續收集國內外相關文獻並配合輔導縣市政府及施工廠商之作業，找尋現有下水道管線檢驗之各項缺失，並與監驗單位共同思考如何建立各項標準化之檢驗流程，以提昇整體下水道檢測管理品質。
子題三:雨水下水道暴雨管理技術研發	
Kernel 分段可以節省時間，90 秒至 30 秒，節省時間 1 分鐘，也與系統大小有關，SWMM 分段固然節省時間，但讀取和操控之時間和測溝也要考慮評估。	感謝委員意見，關於讀取和操控時間之評估，本團隊將於系統整合完成後，再進行一次系統由接收資料、運算至展示資料所花費之時間測試。
對早期預警(early warning)如何納入雨量，2D 淹水一起考量。	目前之實作以考量降雨逕流模式及下水道模式為主，暫不考量其它的模式，於未來的研究中將持續再做評估考量。

公共工程組	
審查意見	回覆辦理情形
子題三:雨水下水道暴雨管理技術研發	
研究單位擬開發之都市雨水下水道資訊系統，若要達成暴雨時期下水道即時操作與技援決策工能，勢必需要考慮到集水區集流時間過短的問題，以期末報告所模擬之中港抽水站為例，其集流時間為 23 分鐘，由雨量站接收即時訊息並作演算，依內容所示之流程勢必無法達到即時操作與支援決策的功能，請說明。	於設計檢討部份，兩種設計兩型皆會考慮。於將來應用本系統時，將直接輸入即時降雨。反應時間方面，將持續努力系統之效能及準確度，但目前以先著重實作功能面以滿足基本需求為主。另外在提供資料查詢功能方面，主要是滿足未來能於線上連結模式時取用之需求，由模式向資料庫索取所需輸入資料，目前展示查詢之功能主要為輔助說明目前資料庫建置之現況而已。
整體計畫	
1. 有關國科會建議的績效指標(KPI)，請確實檢討參採並應加強效益(outcome)及產業輔導。另請擇日召開工作會議，討論本計畫 98 年度工作計畫及退場機制。	本團隊將重新檢視及回顧相關工作項目及內容，並落實完成其工作，並已於 97 年 12 月 8 日召開工作會議討論本計畫退場機制與 98 年工作內容。
2. 97 年度意見審查記錄有分被刪減，請將資料補列上，	感謝委員的意見，附錄中 97 期中報告審查遺漏了營建署公共工程組的意見，已補上，並於附錄中增加內部工作會議記錄。

附錄 二、98 年度期初審查會議記錄

「下水道工程技術研發計畫委託專業服務案」

期初報告審查會議

一、開會時間:98 年 3 月 4 日(星期三)下午 2 點 30 分

二、開會地點:營建署 B1 第三會議室

三、主持人:陳主任秘書肇琦

記錄:江春霞

四、出(列)席單位及人員:(略)

五、發言摘要：

李天浩教授

(一) 雨水下水道暴雨管理技術部分：

1. 本計畫為實際應用上問題，做到什麼程度、模式不是很清楚。如 97 年卡玫基颱風在台中造成的淹水，如何透過本計畫技術，可以提供什麼樣的減災效益。
2. 都市積淹水「早期」預警（early warning 指的是 3hr 以上的預警時間）是不可能做到，建議本計畫從科學可行性和減災作業時間需求兩方面檢討，最後提出可能提供給減災措施的合理預警時間。
3. 最近研究分析 1961-2005 年資料顯示，台北盆地因為都市熱島效應顯著，造成夏季午後雷陣雨量顯著增加，尤其是盆地中線以南。以台北盆地低海拔、坡度平緩排水不易，未來暴雨造成雨水下水道滿管、積淹至路面的發生機率會逐年增加。基於下水道改建不易，個人提供三個可能發揮減災效益的思考方向，分別是：a.即時模擬達到最佳化操作抽水站的 Real-Time Control (RTC)目標；b.預警通知積淹水潛勢區域民眾利用檔水板減少建築物 and 地下空間進水量；c.容許道路表面短暫積水，配合修改建築法規，提高建物樓底板高程和地下空間入口防範進水功能等規範。本計畫若能就這些議題邀請專家座談探討，提出具體建議，對於未來減少都市積淹水損失的調適工作應能有很大貢獻。

張仁德經理

（一）整體建議

本計畫分三子計畫，相對每一計畫分配到的資源有限，建議能明確定義出工作內容與項目，以利期末審查。

（二）雨水下水道暴雨管理技術部分：

1. 都市暴雨防災的觀念近年來已演變成都市綜合治水的觀念，透過入滲、儲留雨水再利用等技術來減災。
2. 暴雨模擬分析之相關技術題目很大，其內容宜明確化。
3. 暴雨模擬分析應用參數的多寡將會影響評估合理性的說法，抽水站規劃設計考慮參數為何？合理性的評估基準如何決定？僅用一抽水站系統做分析是否具有代表性，宜進一步釐清。

林金德經理

（一）整體建議

1. 建議加強與工程實務結合，以明確計畫的定位與目標，
2. 本計畫所研發的系統或操作模式，建議考慮加以驗證，以期獲得回饋作為修訂的基礎及未來的推廣。
3. 建議第二章宜補充實施方法的具體說明。

（二）污水下水道推進工程施工技術部分：

1. 建議切削刀頭及機具面板可加以分類，並提出相關供應的廠商，同時針對不同環境條件採取其適用性。
2. 建議可納入失敗案例的探討，針對推進工程遇到流木、軟弱地層、大型卵礫石及其他特殊地質的處理方式以及擋土工法的研究等。

（三）污水下水道管線檢測維修技術部分：

1. 建議提出實務操作的可行程序及模式，針對大、小管線(人員可進入的基準來區分)分別考量，同時提出具體的修繕原則或考量。
2. 建議管線檢測相關程序及 CCTV 影像品質的評定可納入實務的應用，如納為操作規範。

（四）雨水下水道暴雨管理技術部分：

1. 建議手冊與模式中的參數及運用應明確說明，以界定其應用範圍，避

免誤用的情形發生。

2. 建議引入新的都市暴雨防災的觀念與作法。

李錦地教授

1. 有關 97 年度期中審查意見回覆辦理情形 P32 頁，本人意見是對「報告整理的方式」，而回覆辦理情形：「本研究亦將採委之建議，...修正本研究之未來研究方向」似未了解本人意思。
2. 本年度應將三年之研究結果反應到實務上，應就設計施工及維修等規範提出具體建議，例如雨水下水道降雨逕流模式與都市雨水下水道水理模式，就現有的設計規範參數提供修正建議。
3. 建議雨水下水道降雨逕流模式與都市雨水下水道水理模式與其他報告做比較。
4. 有關高效率管線檢視維修技術研發成果，應對管線維護主管機關現行招標文件，要求做什麼樣的修改。
5. 本年度為最後一年，成果報告應做最後歸納，包括使用參數與設計基準的說明，提出具體建議，並應在報告書前頁整理一份摘要，以利了解三年度報告書的內容。

胡兆康理事長

(一) 污水下水道推進工程施工技術部分：

1. 推進工程地質分析與預測系統如何掌撐握前端地質應建立地質資訊系統，都市發展地質應建築物與公共建設整合一地質平台供污水下水道推進施工前選擇適當機具之依據以爭時效
2. 針對不同地質不同機具之操作多訓練培育技術人才，對工法亦多分析編製手冊。

(二) 污水下水道管線檢測維修技術部分：

如何提升下水道影像品質是很基本的，要使檢驗判斷更有成果，有很好的檢測成果才能做更為妥善的維修與引進研討出更好的維修技術，再進而訓練人員。

(三) 雨水下水道暴雨管理技術部分：

建議定義淹水與積水的名詞，對淹水的容忍度與忍受時間來區分，如淹

水時馬上就退水了，就稱積水，超過為淹水，就要加強管理與改善，這樣的話就可做出實務而經濟有效果的管理方法與發展管理技術。

台北市政府

- (一) 雨水下水道暴雨管理技術部分，是否有與台北市政府聯繫，並實際的去了解。
- (二) 建議污水下水道管線檢測維修技術部分，在實地驗證上可就不同的施工方式做比較。
- (三) 水利署有補助民間做一些簡易防水閘門，雨水下水道暴雨管理技術部分，在規範制訂上可將架設的時間列入預警時間做參考。

台中市政府

- (一) 編撰下水道推進施工技術參考手冊，提供下水道推進從業人員做為推進作業之參考，希望有國內的實際案例分析。
- (二) 本市提供 97 年度用戶接管工程 TV 檢視光碟，冀能對污水下水道管線檢測技術有幫助，研訂出 CCTV 影像解析度及光線明亮度等作業標準。
- (三) 維修工法眾多，如何選用，希望本計畫能研議比較。

營建署水工處

子題二污水下水道管線檢測維修技術部分，但工作計畫書中並無提到維修的部份。

營建署公共工程組

- (一) 本年度為期程最後一年，請加強工作會議的品質與效果，必要時由工程組作業邀集。
- (二) 本研究採用設計雨型，但設計雨型淹水的程度不大，建議應針對不同的淹水模式去考慮，建議考慮以下幾種淹水模式：
 1. 超過水利設施保護標準—人孔或幹渠溢流及迴流現象。
 2. 水利設施保護標準之訂定不符現況水文模式—五年回歸周期之颱風雨，平地與山區的降雨量不同，故集水區若有山區逕流，下游水利設施要達到保護標準須提高排水容量。
 3. 設計邊界條件不同之狀況—短延時暴雨發生時假設抽水站可重力排

水，但其實感潮段之抽水站另需配合潮汐狀況。

4. 上游與下游水利設施失效狀況—滯洪池(大湖公園)、抽水站(納利水災東區大淹水)。

(三) 計畫團隊在抽水站的探討應與台北市政府做聯繫與訪談，並去了解台北市政府目前的研究程度與已完成的成果為何，再探討計畫對實務上有何幫助。

(四) 建議計畫團隊與台北市政府及台中市政府的訪談均應做成紀錄備查參考。

六、主席結論：

(一) 本案係委辦案件，本署於 96 依政府採購法辦理公開招標，採限制性招標，辦理一次招標，並得視得標廠商執行成效，分年與原得標廠商續約 2 年，其分年工作項目均明定於相關招標文件內，希望執行團隊了解，年底結案報告須符合上開文件要求。

(二) 為利工作進行順利，召開本年度工作計畫書審查會，請研究單位參考與會專家學者及機關代表所提意見納入修正，並將修正後之 98 年度工作計畫書於文到五日內送署，循行政程序辦理後續議價簽約相關事宜。

七、散會：下午 5 時 5 分。

附錄 三、98 年度摘要說書審查意見及回覆辦理情形

序 號	審 查 意 見	部 會 署 說 明
一	符合全國科學技術會議國家科學技術發展計畫遠景與重要措施第五項促進科技民生應用，主要之重點在進行下水道施工之自動化、機頭開挖效率的研究，並將各項研究成果整合，符合政策需求。	感謝委員之寶貴意見，本研究案將續依審查意見所提示重點研究方向加強辦理，期使各項成果能符合政策實際需求。
二	1.宜納入現代化檢測技術、維修系統、環化科技及施工流程等項目。 2.過去兩年成果宜加強評估其成效，作為今年執行參考。	感謝委員之寶貴意見，未來計畫執行時擬加入過去兩年之成效評估章節，以加強說明；關於現代化檢測技術、維修系統、環化科技及施工流程等項目之使用，將配合計畫研究之需求加入相關應用，並於計畫成果報告書中加強說明。

附錄 四、98 年度綱要計畫書審查意見及回覆辦理情形

審查意見	部會署說明
一、計畫內容是否已對摘要審階段之審查意見作合理回復並反映於計畫書內？	
本計畫之研究範疇為污水下水道部分，主要之重點在進行下水道施工之自動化、機頭開挖效率的研究。然而對於預期成果部分不夠明確，因此似乎未能適切回應摘要審查階段，宜加強評估其成效，作為今年執行參考。	感謝委員之寶貴意見。 1. 污水下水道推進工程施工技術研發部分，預期針對下水道施工之自動化與機頭開挖鑽掘效能之研究進行探討，藉以提高現行施工技術的鑽掘效率，並運用馬可夫鏈建立工程地質分佈機率圖，對下水道施工前及施工後之地層進行預測，以具體掌握推進工段之地質概況，並連結前期研究之生產力資料，以模擬並決定適用的推進工法與作業。 2. 在下水道檢測維修部分，主要係建立一高效率之管線檢測維修流程，透過目前本研究所建立之自動化管線缺失診斷系統及管線缺失維修方案之優選模式，整合建立一高效率之管線檢測維修流程，並擬透過提供縣(市)政府及檢測廠商之技術輔導，評估驗證本研究所建立之管線檢測維修流程執行績效，並藉以修正各項模式參數設定，期更符合實際所需。 3. 研究團隊擬就委員指教事項，依上述規劃原則加強評估成效，期更符合實際所需。
二、評述計畫架構與內容之合理性與可行性	
基本上計畫已涵蓋下水道工程科技之重點工作要項，故計畫架構尚稱完整，內容亦具有一定程度之可行性。	
三、本計畫內容如與其他計畫有重複，重複之處為何？修正之建議	
對國內外相關研究之回顧不夠，不足以突顯本計畫之重要性。	感謝委員提供寶貴意見，針對相關研究與文獻回顧加強探討如下： 1. 在污水下水道推進工程施工技術部分，已進一步蒐集、參考及比較國內外與污水下水道相關之研究。

	2. 在下水道檢測維修部分，已加強並持續收集國內外下水道檢測維修之研究成果及文獻，考量現有國內維修檢測技術之優劣，並歸納於 97 年度之研究報告書，以促進國內下水道維修檢視作業之發展。 3. 在雨水下水道暴雨管理部分，研究團隊已開始進行雨水下水道暴雨管理相關實務技術和工法，以及雨水管理技術相關文獻蒐集與整理(例如 IWA 研討會文獻)，並將持續進行文蒐與研究回顧。
四、本計畫應與其他計畫作上、中、下游整合或橫向連結之建議	
無	
五、評估本計畫可達成的預期效益與績效，並請說明是否合理	
本計畫績效指標都有加以量化，惟本年度為本計畫最後年度，如何評估是否有達成技術移轉和促成廠商投資，將有其難度。另外技術發展方面之較重要績效指標只有發展兩套軟體，此等產出似不合理。	感謝委員提供意見。 (一)有關技術移轉部分說明如下： 1. 雨水下水道資訊系統其終端使用者為地方政府機關，故擬於開發完成後，先以台北市雨水下水道系統之應用為首要目標，現階段並與該府密切合作，取得系統所需相關資料。 2. 污水下水道推進工程施工技術部分，業利用所建立之「高效率推進工法開挖模式」與「現地資料自動化收集及分析與預測系統」，輔導廠商提升施工技術，以達到技術移轉並促成廠商投資。另藉由下水道技術輔導團進行技術推廣，移轉所建立下水道地質預測系統予合作廠商，協助其進行工程規劃與評估之工作。 3. 在下水道檢測維修部分，將規劃相關研發技術移轉予台中市政府，目前已完成台中市下水道系統部分 CCTV 之檢測，並將逐步規劃修繕工程與施工，提供技術輔導其相關修繕作業流程及修繕方案優選等。 (二)有關計畫預期效益之合理性說明如下： 1. 軟體研發部分，雖然雨水下水道暴雨管理實質產出為一個線上即時模擬軟體系統，但系統內部運用之技術卻為研發重點，包括分散式計算、歐盟 Framework 水理模式動態銜接標準 OpenMI 於台灣下水道系統之首次實作及運用、以舊有 SWMM 水

	理模式為基底研發之新模式核心及新的多行程整合技術等，統合產出為一套軟體。因此這些水理及資訊應用之突破成果較難於現行國科會規定之 KPI 指標內反應出來，將於其他地方加強說明。 2. 在下水道檢測維修部分，利用層級分析模式定出各因子之權重，同時制定評點準則以量化管段之影響因子，最後將效益評點除以成本評點即可求得污水系統之益本比作為維修之排序，其成果提供地方政府在有限的維修經費下，進行適當的維修策略。藉由此流程之確立可大幅提升整體維修檢測效率。另外，利用各種影像處理技術：小波轉換、共生矩陣及紋理特徵描述子運算、形態學影像特徵分割等，並配合類神經電腦網路學習，對 CCTV 影像進行自動化影像缺失判釋之研究。將有效輔助傳統人工判釋影像所造成之人力效率不佳等效益。
六、本計畫若有前期或相關計畫，請評述過去之執行績效，並建議有效評估本計畫之主要績效指標（KPI）	
計畫書所述之近三年績效說明，未能顯現具體之經濟效益和技術創新貢獻，本年度尤其應落實計畫書所提到之技術移轉和促成廠商投資。	感謝委員意見，將確實要求落實計畫之績效指標。 1. 台中市 9 期重劃區之下水道系統 G 已完成 CCTV 之檢測，目前正逐步規劃修繕工程，研究團隊規劃將現有之下水道研究成果—維修檢測流程之建立、維修檢測方案優選等技術，輔導修繕廠商進行相關修繕作業，未來將整合輔導成果於報告書中呈現。 2. 雨水下水道暴雨管理部分，計畫所研發之系統也保留許多彈性空間，以期將計畫成果落實應用並技術移轉予更多縣(市)政府，期提升防災防洪功效。 3. 污水下水道推進工程施工技術方面，已自 97 年度開始成立下水道施工技術輔導團進行相關成果推廣與技術移轉。
七、對計畫執行之建議及綜合意見	

本計畫涵蓋污水與雨水兩種下水道，污水下水道包含「污水下水道推進工程施工技術研發」和「污水下水道管線檢測維修技術研發」兩項工作，而雨水下水道則在進行「雨水下水道暴雨管理技術」工作。本計畫為第三年度，除「污水下水道推進工程施工技術研發」工作，其餘兩項工作在科技研發方面的量宜再提高。	感謝委員意見，有關研發量方面： 1. 在污水下水道管線檢測維修技術之自動化管線缺失診斷系統，將提升各式影像處理技術，如：小波轉換、特徵萃取、共生矩陣運算及型態特徵萃取等，並配合類神經電腦網路學習，進行一系列的研發作業。 2. 在雨水下水道暴雨管理線上即時模擬軟體系統，將再提高系統內部運用之技術，例如本系統運用(1)新的資訊科技技術，如新式分散式運算技術及多行程整合技術，(2)以標準物件導向軟體工程程序研發，確保軟體品質及彈性。水理模式方面，(1)以舊有 SWMM 水理模式為基底研發之新模式核心及新的多行程整合方法，(2) 歐盟 Framework 水理模式動態銜接標準 OpenMI 之實作及運用。
八、評述本計畫資源投入之合理性	
計畫書無法顯現具體產業效益，科技關聯性程度亦不高。與本計畫相關之污水與雨水下水道研究已經很多，本計畫宜突顯科技創新性。	1. 感謝委員提供意見，加強產業效益，污水下水道推進工程施工技術地下管線推進機具研發成果，可改善整體機具施工狀況，進而提升現地施工效率及機具商之開發意願。而自動化資料蒐集研發成果，可改善傳統資料匯整之方式，提供較佳且統一的資料管理模式，進而提升業主、施工或監工單位進行施工會議、驗證或品質檢討時更有效率地獲取資料。 2. 就科技創新性部分，污水下水道推進工程施工技術整合宏觀施工管理層面與微觀開挖互制行為，並配合推進工法資料庫之建立，提供施工廠商得以迅速收集施工效能相關資料，以即時評估施工現地效益。都市暴雨防災預警系統及下水道維修檢測技術發展適合國內環境操作應用，對國內下水道產業之科技創新將有顯著幫助。
可暫緩執行或不執行之項目及建議刪減經費理由說明	
由計畫書審閱可知其餘兩項工作在科技研發方面的量和層次皆不高。	

附錄 五、98 年度期中審查意見及回覆辦理情形

林金德經理	
審查意見	回覆辦理情形
子題一:污水下水道推進施工技術研發	
建議推進鑽頭之研究，如單刀、群刀效應和地質互制行為等，宜展現多樣之研究成果，必要時可採用圖示方式以輔助實務之應用。	感謝委員建議，本計畫將會於期末報告中做相關開挖機具配置輔以圖說方式呈現輔助實務之應用。
子題二:污水下水道管線檢測技術研發	
1. 建議有關污水下水道管線檢測維修技術之研究成果能於報告中充份展現，以期瞭解其內涵及關鍵技術。	關於污水下水道管線檢測維修技術之研究成果，包括：下水道修繕計畫標準作業手冊擬定、CCTV 檢視影像品質評估、以及系統化 Excel 檢視維修資料紀錄表設計等，於期末報告詳加說明。
2. 期中報告書中第 77 頁 3.3 節第 78 頁 3.4 節內容與實務不相符合，即「現行下水道工程主要乃由政府機關發包，委託工程顧問公司執行，而顧問公司再分包給各施工廠商」，建議修訂。	感謝委員的建議，已修正期中報告書，內容即為「一般下水道檢視維修辦理方式可分成統包及工項發包，統包即下水道檢視修繕計畫擬定及維修工程施工，委由同一廠商辦理；工項發包則下水道檢視修繕委由顧問公司規劃，維修工程施工委由工程公司進行。台中市汙水下水道分支管網際用戶接管工程採單價發包辦理，市府依標案別委託工程公司進行用戶接管工程，其中下水道檢視修繕規劃由得標工程公司自行委託顧問公司辦理。」
子題三:雨水下水道暴雨管理技術研發	
1. 建議都市水文模式整合技術與即時水理模擬技術中，介紹轉入(input)及轉出(output)之內涵與成果，同時針對轉入因子之考量及差異加以說明，並對轉出成果之可應用性及精準性予以介紹。	感謝委員建議，關於輸出(output)資料，主要是模擬出下水道人孔水位資訊，並配合 Web GIS 展示技術，讓未來即將溢流之人孔可即時展示於電子地圖(GIS map)上，以提升都市內水預警之成效。本計畫會於期末報告中做詳

	細說明與介紹。
2. 建議未來都市暴雨模擬分析系統技術可採用漸進方式推動，並參考各項關鍵參數之取得與可信度，階段性(如誤差由高而低及不同)試辦，以加速本系統之穩定，俾供實務應用，期達成預警及防災功能。	感謝委員提供意見，模擬系統之推展確實應該採用漸進方式，以瞭解系統本身之準確性也與實際資料取得配合，將來如有計畫需求將系統推廣方面，必定會朝此方向進行以求符合於現實情況。
整體計畫	
1. 建議報告書呈現的內容包含資料蒐集、文獻回顧、學理及具體成果展現以及實務應用的說明，以增進其可讀性。	感謝委員的建議，本計畫將會於期末報告中加強學理與具體成果的展現及相關實務施工上面的應用說明，。
2. 建議加速整合儘早提出下水道推進施工技術參考手冊初稿及都市暴雨模擬分析系統技術手冊初稿，以供研討。	感謝委員的建議，本計畫會於10月初向營建署提下水道推進施工技術參考手冊及都市暴雨模擬分析系統技術手冊初稿，以供討論修正。
3. 建議明確列出總成果報告之種類及內涵，如技術手冊和規範等，另建議未來總成果報告宜整合三年之成果完整展現。	感謝委員的建議，本計畫會於成果報告中列出本計畫之三年總成果績效，其中會包括手冊和規範的產出。報告的內容章節也會調整，讓報告可以展現三年的成果。
4. 建議研究單位宜將本年度時程與工作內容以圖示表現，以作為進度管控。另建議研究單位宜逐項檢核契約要求工作項目與實際執行內容，以確認是否符合要求。	感謝委員的建議，本計畫會依照簽約時之工作計畫書中本年度時程與工作內容甘梯圖作為進度管控的依據。

李錦地教授	
審查意見	回覆辦理情形
子題一:污水下水道推進施工技術研發	
1. 為累積及瞭解推進工程技術之研發，並且於施工現場發生各項困難時可供應用，建議加強收集國內已有之施工案例。	藉由現地觀察累積工程技術經驗，並持續收集國內施工案例，以供推進施工技術研發。
2. 為累積有益經驗，建議要求比較主要的工程提供竣工報告，工作施作記錄。	透過縣市政府合作，已取得部分竣工報告和工作施作紀錄。
子題二:污水下水道管線檢測技術研發	

1. 建議管線選擇台中市文心路兩旁之四期、五期重劃區，因為四期、五期為較早期開發，土層尚未紮實，因管線坡度所致，常見於接頭部份有漏水的問題。	台中市為配合分支管網用戶接管工程進行，尚未對舊有埋設管線進行水理分析與坡度檢測。
2. 建議維修管線應建立圖籍並加以整理，管線竣工圖等相關圖籍應適當保存與銜接，並將維修紀錄做妥善保存。	感謝委員意見，於期末報告將強調管線圖籍管理之重要性，以供縣市政府參考。
3. 污水下水道維修除技術研發外，應配合檢測技術應用的制度面或行政面的配合措施。	感謝委員意見，於期末報告將強調檢測技術應用制度面或行政面相關配合措施之重要性，以供縣市政府參考。
子題三:雨水下水道暴雨管理技術研發	
1. 建議都市暴雨管理宜就管理措施及工程設施上的配合提出建議事項，並建議未來可採納綜合治水計畫與永續的觀念。	感謝委員的建議，目前都市暴雨部份，主要由計畫中之暴雨防災應變操作程序對於暴雨的來臨做應變措施，其中將包涵在災前平日的硬體及工程設施的管理，以及行政程序上的管理，在災後亦會對於工程設施進行檢討。
整體計畫	
1. 本計畫今年是第三年，期末報告應做歷年的總結。	感謝委員的建議，於期末報告中，會修改章節內容以顯現三年的成果。
2. 建議於期末報告總結時，應提出三年成果於實務方面有何應用，可否提供營建署日後實際應用與探討。	感謝委員的建議，本計畫隊會加強成果於實務應用方面的說明。
3. 建議可多參考日本等國外下水道資料文獻，	感謝委員的建議，本計畫會多參考各國下水道工程相關文獻，以溫故知新方式，創新改善下水道工程技術研發工作。

台北市政府	
審查意見	回覆辦理情形
子題一:污水下水道推進施工技術研發	
1. 請研究單位說明內容所提相對刀距與地質是否有關聯性。另研究提及之較佳相對刀距與現行承包商大部份所採用間距之間的關連性有哪	感謝委員意見，此部分已於期中報告p.39 做修改。

些？請說明。	
2. 研究單位所提出的較佳相對刀距可將能量充分發揮，但如以此相對刀距去生產鑽頭，總體成本考量(包含能量的縮減)結果為何，是否有相關研究，請說明。	感謝委員建議，實際地下開挖之土-機間互制行為複雜，本計畫先以簡化為單一刀頭針對不同地質條件進行數值模擬、實驗佐證與理論解析，輔以該基礎進行後續研究。未來參考委員寶貴建議，作該相關之研究。
子題三:雨水下水道暴雨管理技術研發	
研究團隊有關抽水站規劃設計是以現行抽水站做分析，建議可考量以某一集水區與抽水站之間在暴雨發生時的關連性。	目前統計分析方面，正對於抽水站與集水區之相關性做分析，感謝委員建議。

內政部營建署	
審查意見	回覆辦理情形
子題一:污水下水道推進施工技術研發	
1. 依 98 年度工作範圍，研發機頭切削技術與建立高效率推進工法之開挖模式，是為克服地質互層、軟弱地層及卵礫石層等施工瓶頸，並建立相關開挖性指標，但報告中僅選擇凝聚性土壤，建議說明考慮之原因。	感謝委員意見，於期中報告 p36 ~p39 中，說明本三年期研究模擬地質材料之選擇，依序為脆性、複合到本期之凝聚性土壤，做一序列研究。
2. 下水道推進工法施工技術輔導機制及專家座談會，邀請廠商以營造商為主，推進機具商僅 1 家，建議可增加邀集的廠商並擴大領域，例如顧問公司、管材廠商等。	目前已完成下水道工程機具廠商與營造廠商訪談，陸續將規劃與顧問公司、管材製造商等下水道相關領域進行參訪交流。
子題三:雨水下水道暴雨管理技術研發	
1. 進報告中都市暴雨應變相關程序及規範皆以台北市的資料為主，建議後續能擴展到全國性的都市角度來研擬。	目前初步成果的確以台北市的條文參考，方向方面會考慮到各縣市政府組織不同，以及縣方面會有鄉、鎮、市的功能。
2. 期中報告中第 137 頁中所提到的全國雨水下水道維護管理權責應為鄉鎮公所，建議相關權責需釐清。	感謝委員的建議，內容為誤植，應為「雨水下水道設計檢討改善事項」，其權責單位為營建署。

營建署公共工程組	
審查意見	回覆辦理情形
整體計畫	
1. 期中報告書之章節是為配合邀標書工作內容而有所對應，建議期末簡報時，應加入國科會意見審查與回覆情形以資對照。	感謝委員的建議，會於期末簡報時做修正。
2. 建議期末簡報時應針對 KPI 成果效益說明，並以量化或圖表來表達。	感謝委員的建議，於期末簡報時，會加入成果效益說明及量化來表達。

附錄 六、下水道 GIS 資料庫-(以台中市 9 期重劃區 G 系統為例)

Manholes ID		D (mm)	L (m)	H (m)		S (%)	Sewer Velocity (m/sec)	Higher Risk of Collapse
Up Edge	Down Edge			Up Edge	Down Edge			
G-1	G-2	225	60.82	2.25	3.31	0.90	0.3~0.6	*
G-2	G-3	250	61.42	3.55	1.91	0.98	0.3~0.6	
G-3	G-4	250	61.89	2.31	2.10	0.99	OK	*
G-4	G-5	300	56.09	2.16	2.22	0.78	OK	
G-5	G-6	350	43.55	2.27	2.55	0.76	OK	
G-6	G-7	350	39.90	2.58	2.83	0.80	OK	*
G-7	G-8	350	52.85	2.82	3.02	0.57	OK	
G-8	G-9	350	53.94	3.03	3.10	0.59	OK	
G-9	G-10	350	57.14	3.10	2.80	0.70	OK	
G-10	G-11	350	57.22	2.83	2.58	0.93	OK	
G-11	G-12	350	53.73	2.59	2.49	0.99	OK	
G-12	G-13	350	54.54	2.48	2.17	0.97	OK	
G-13	G-14	350	54.98	2.21	2.16	0.96	OK	
G-14	G-15	350	53.98	2.18	2.25	1.04	OK	
G-15	G-16	450	66.94	2.30	2.50	0.49	OK	*
G-16	G-17	450	68.65	2.52	2.74	0.58	OK	
G-17	G-18	450	54.52	2.75	2.69	0.59	OK	*
G-18	DbG-19	450	50.59	2.69	2.96	0.61	OK	
G-2-4	G-2-3	225	54.65	2.05	1.96	2.40	0.3~0.6	
G-2-3	G-2-2	225	49.68	1.97	1.90	1.69	0.3~0.6	
G-2-2	G-2-1	225	52.36	1.90	2.68	0.86	0.3~0.6	
G-2-1	G-2	225	61.74	2.72	3.54	0.73	0.3~0.6	*
G-3-9	G-3-8	225	62.98	2.13	2.08	1.71	0.3~0.6	
G-3-8	G-3-7	225	60.73	2.00	2.63	2.63	OK	
G-3-7	G-3-6	225	40.35	2.65	2.38	0.79	0.3~0.6	*
G-3-6	G-3-5	225	41.26	2.45	2.24	0.48	0.3~0.6	
G-3-5	G-3	225	9.72	2.21	2.22	0.93	0.3~0.6	
G-3-11	G-3-10	225	36.76	2.07	2.14	1.93	0.3~0.6	
G-3-10	G-3-7	225	9.94	2.16	2.65	0.91	OK	*
G-3-12	G-3-7	225	41.62	1.91	2.49	1.92	OK	

Manholes ID		D (mm)	L (m)	H (m)		S (%)	Sewer Velocity (m/sec)	Higher Risk of Collapse
Up Edge	Down Edge			Up Edge	Down Edge			
G-3-4	G-3-3	225	51.33	2.17	2.23	2.03	0.3~0.6	
G-3-3	G-3-2	225	55.96	2.22	2.02	1.86	0.3~0.6	
G-3-2	G-3-1	225	55.92	2.68	2.43	0.39	0.3~0.6	
G-3-1	G-3	225	56.47	2.48	2.31	0.76	0.3~0.6	
G-4-14	G-4-13	225	49.66	2.04	2.01	0.44	0.3~0.6	
G-4-13	G-4-12	225	49.45	2.00	2.11	0.42	0.3~0.6	
G-4-12	G-4-11	225	51.50	2.11	2.43	0.41	0.3~0.6	*
G-4-11	G-4-10	225	58.21	2.42	2.20	1.96	OK	
G-4-10	G-4-9	225	58.82	2.20	2.47	1.97	OK	
G-4-9	G-4-8	225	43.31	2.47	2.30	0.65	OK	
G-4-8	G-4-7	225	48.61	2.33	2.30	0.58	OK	
G-4-7	G-4	225	9.49	2.18	2.08	6.54	<0.3	
G-4-17	G-4-16	225	46.48	1.96	1.98	1.89	0.3~0.6	
G-4-16	G-4-11	225	10.69	1.98	2.41	0.84	OK	
G-4-15	G-4-11	225	51.09	1.99	2.03	1.96	0.3~0.6	*
G-4-20	G-4-19	225	41.57	2.03	1.96	1.15	0.3~0.6	
G-4-19	G-4-9	225	9.75	2.00	2.41	1.03	OK	
G-4-18	G-4-9	225	49.99	2.09	2.42	1.44	OK	
G-4-6	G-4-5	225	56.05	1.93	2.13	0.46	0.3~0.6	
G-4-5	G-4-4	225	63.07	2.12	2.24	0.41	0.3~0.6	
G-4-4	G-4-3	225	62.55	2.24	2.23	1.15	0.3~0.6	
G-4-3	G-4-2	225	62.42	2.22	2.47	1.92	0.3~0.6	
G-4-2	G-4-1	225	60.08	2.49	2.21	0.33	<0.3	
G-4-1	G-4	225	61.38	2.22	2.17	0.49	0.3~0.6	
G-5-14	G-5-13	225	43.22	2.19	2.13	0.58	0.3~0.6	
G-5-13	G-5-12	225	52.63	2.13	2.09	0.47	0.3~0.6	
G-5-12	G-5-11	225	52.76	2.08	2.18	0.47	0.3~0.6	
G-5-11	G-5-10	225	49.88	2.19	2.25	1.94	OK	*
G-5-10	G-5-9	225	49.63	2.25	2.75	2.01	OK	*
G-5-9	G-5-8	225	51.45	2.70	2.41	0.39	0.3~0.6	*
G-5-8	G-5-7	225	49.40	2.37	2.34	0.69	OK	
G-5-7	G-5	225	9.95	2.32	2.17	0.80	<0.3	*
G-5-17	G-5-16	225	34.94	1.97	2.18	1.95	OK	
G-5-16	G-5-11	225	10.12	2.21	2.09	1.78	0.3~0.6	
G-5-15	G-5-11	225	41.51	2.06	2.13	1.93	0.3~0.6	

Manholes ID		D (mm)	L (m)	H (m)		S (%)	Sewer Velocity (m/sec)	Higher Risk of Collapse
Up Edge	Down Edge			Up Edge	Down Edge			
G-5-20	G-5-19	225	35.54	1.95	2.06	0.76	0.3~0.6	*
G-5-19	G-5-9	225	9.45	2.10	2.68	0.63	OK	
G-5-18	G-5-9	225	43.74	2.07	2.48	0.96	OK	
G-5-6	G-5-5	225	49.94	1.98	2.25	0.64	0.3~0.6	
G-5-5	G-5-4	225	57.71	2.25	2.29	0.55	0.3~0.6	
G-5-4	G-5-3	225	63.02	2.34	2.14	0.70	0.3~0.6	
G-5-3	G-5-2	225	62.09	2.26	1.98	1.55	0.3~0.6	
G-5-2	G-5-1	225	59.16	2.81	2.33	0.34	<0.3	
G-5-1	G-5	225	61.91	2.35	2.19	0.34	<0.3	
G-7-18	G-7-17	225	57.87	2.05	2.15	0.67	0.3~0.6	*
G-7-17	G-7-16	225	51.74	3.23	2.93	0.52	0.3~0.6	
G-7-16	G-7-15	225	55.70	2.94	2.71	0.48	0.3~0.6	
G-7-15	G-7	225	12.51	2.76	2.74	0.80	<0.3	*
G-7-20	G-7-19	225	44.81	1.94	2.33	1.16	0.3~0.6	
G-7-19	G-7-17	225	9.33	2.38	3.23	1.18	OK	*
G-7-11	G-7-10	225	49.30	1.97	1.95	0.43	0.3~0.6	
G-7-10	G-7-9	225	43.25	1.97	2.11	0.51	0.3~0.6	
G-7-9	G-7-8	225	58.15	2.14	2.35	0.38	0.3~0.6	*
G-7-8	G-7-7	225	59.19	2.33	2.11	1.00	OK	
G-7-7	G-7-2	225	19.64	2.13	2.37	0.92	OK	
G-7-14	G-7-13	225	51.76	2.16	2.03	1.93	0.3~0.6	
G-7-13	G-7-8	225	11.03	2.06	2.27	0.82	OK	*
G-7-12	G-7-8	225	57.79	1.94	1.99	1.73	0.3~0.6	
G-7-6	G-7-5	225	44.98	1.81	2.14	0.56	OK	
G-7-5	G-7-4	225	57.75	2.13	2.14	0.43	OK	
G-7-4	G-7-3	225	56.23	2.14	2.23	0.80	OK	
G-7-3	G-7-2	225	57.95	2.24	2.42	0.97	OK	
G-7-2	G-7-1	225	54.53	2.45	2.62	2.04	OK	
G-7-1	G-7	225	58.80	2.62	2.84	0.95	OK	
G-10-9	G-10-8	225	40.08	1.94	1.82	0.85	0.3~0.6	
G-10-8	G-10-7	225	33.27	1.77	1.80	1.08	OK	*
G-10-7	G-10-6	225	37.51	1.79	1.88	0.96	OK	
G-10-6	G-10-5	225	32.95	1.86	2.20	0.97	OK	*
G-10-5	G-10	225	17.53	2.24	2.66	0.91	OK	*
G-10-13	G-10-12	225	31.52	2.36	2.33	1.02	OK	

Manholes ID		D (mm)	L (m)	H (m)		S (%)	Sewer Velocity (m/sec)	Higher Risk of Collapse
Up Edge	Down Edge			Up Edge	Down Edge			
G-10-12	G-10-11	225	32.99	2.30	2.29	1.12	OK	
G-10-11	G-10-10	225	38.15	2.28	2.33	1.05	OK	
G-10-10	G-10-6	225	35.89	2.31	1.84	1.14	OK	
G-10-4	G-10-3	225	31.95	2.04	1.92	1.06	0.3~0.6	
G-10-3	G-10-2	225	35.28	1.90	1.92	0.96	0.3~0.6	*
G-10-2	G-10-1	225	35.91	1.89	2.10	0.95	0.3~0.6	
G-10-1	G-10	225	54.93	2.10	2.63	0.87	0.3~0.6	
G-15-11	G-15-10	225	40.78	1.86	2.54	0.42	0.3~0.6	
G-15-10	G-15-9	225	52.01	2.52	2.48	0.58	0.3~0.6	
G-15-9	G-15-8	250	56.75	2.48	2.43	0.79	OK	
G-15-8	G-15-7	250	57.03	2.43	2.44	0.79	OK	
G-15-7	G-15-6	250	56.05	2.46	2.35	0.82	OK	*
G-15-6	G-15	250	12.27	2.28	2.22	0.73	<0.3	*
G-15-23	G-15-18	225	51.04	1.86	2.47	0.43	0.3~0.6	
G-15-23	G-15-22	225	45.82	1.85	1.85	0.68	0.3~0.6	*
G-15-22	G-15-21	225	51.73	1.85	2.24	0.73	0.3~0.6	
G-15-21	G-15-10	225	58.72	2.26	2.51	0.65	0.3~0.6	*
G-15-20	G-15-19	225	43.29	1.95	2.06	1.46	OK	
G-15-19	G-15-18	225	41.75	2.07	2.49	1.51	OK	
G-15-18	G-15-17	225	62.93	2.46	2.39	0.79	OK	*
G-15-17	G-15-16	225	62.08	2.39	2.31	0.92	OK	
G-15-16	G-15-9	225	10.34	2.29	2.47	0.77	OK	
G-15-15	G-15-14	225	57.80	2.34	2.07	1.45	0.3~0.6	*
G-15-14	G-15-13	225	57.90	2.07	2.05	1.45	OK	*
G-15-13	G-15-12	225	57.30	2.05	2.27	0.98	OK	*
G-15-12	G-15-9	225	56.50	2.28	2.45	0.99	0.3~0.6	*
G-15-5	G-15-4	225	44.29	1.89	2.25	0.50	<0.3	
G-15-4	G-15-3	225	55.66	2.26	2.28	0.50	0.3~0.6	*
G-15-3	G-15-2	225	57.73	2.29	2.15	0.59	0.3~0.6	*
G-15-2	G-15-1	225	55.78	2.15	2.19	0.88	0.3~0.6	
G-15-1	G-15	225	58.08	2.18	2.23	0.86	0.3~0.6	
G-16-4	G-16-3	225	38.39	2.02	2.09	0.81	0.3~0.6	
G-16-3	G-16-2	225	40.99	2.06	2.14	0.78	0.3~0.6	*
G-16-2	G-16-1	225	43.24	2.15	2.15	1.25	OK	
G-16-1	G-16	225	44.52	2.14	2.50	0.76	OK	*

Manholes ID		D (mm)	L (m)	H (m)		S (%)	Sewer Velocity (m/sec)	Higher Risk of Collapse
Up Edge	Down Edge			Up Edge	Down Edge			
G-16-5	G-16-2	225	61.64	2.02	2.14	0.88	Ok	*
G-17-8	G-17-7	225	38.36	1.86	1.89	0.90	0.3~0.6	
G-17-7	G-17-6	225	37.93	1.91	2.07	0.90	0.3~0.6	
G-17-6	G-17-5	225	39.44	2.10	2.17	0.89	OK	
G-17-5	G-17-4	225	38.10	2.19	2.26	0.84	OK	
G-17-4	G-17	225	14.04	2.19	2.66	0.57	OK	*
G-17-9	G-17-6	225	48.46	1.95	2.06	0.83	OK	
G-17-3	G-17-2	225	52.19	1.97	1.97	0.80	0.3~0.6	*
G-17-2	G-17-1	225	54.71	1.97	2.09	0.79	0.3~0.6	
G-17-1	G-17	225	58.48	2.09	2.68	0.74	0.3~0.6	*
G-19-4	G-19-3	225	46.45	1.96	2.25	0.45	0.3~0.6	
G-19-3	G-19-2	225	56.42	2.27	2.24	0.50	0.3~0.6	*
G-19-2	G-19-1	225	56.13	2.22	2.24	0.50	OK	*
G-19-1	G-19	225	60.69	2.25	2.90	0.56	OK	*
G-19-8	G-19-7	225	56.12	2.26	2.09	0.89	0.3~0.6	
G-19-7	G-19-6	225	60.91	2.11	2.08	0.95	0.3~0.6	*
G-19-6	G-19-5	225	60.73	2.06	2.06	0.96	0.3~0.6	*
G-19-5	G-19-3	225	58.21	2.09	2.20	1.00	0.3~0.6	*

附錄 七、管線內部結構狀況調查表(派浦歲洱公司提供)

[illegible]

附錄 八、管線內部結構狀況評分表及結構性能評估分級表

(英國水研究中心提供)

接頭鬆脫 (Open Joint)	輕微 (<3cm)	1
	中 度	1.5
	嚴重 (>6cm)	2
接頭移位	破 裂	2
	上下移位	2
管身裂痕 (Cracked)	圓 週	10
	單一縱向	10
	多 縱 向	40
	多 重	40
管身破損 (Fractured)	圓 週	40
	單一縱向	40
	多 縱 向	80
	多 重	80
管身	斷裂 (Broken)	80
管身穿孔 (Hole)	半徑<1/4	80
	半徑>1/4	165
管身	坍 塌	165
管身破碎 (Spalling)	輕 度	5
	中 度	20
	嚴 重	120
管壁磨損 (Wear)	輕 度	5
	中 度	20
	嚴 重	120
管身變形 (Deformation)	0-5	20
	6-10	80
	>10	165

評估等級	分級標準
1	<10
2	10-39
3	40-79
4	80-164
5	165 以上

附錄 九、維修方案評選表

Method	Approaches	Pipe materials
Renewal	● Chemical grouting	➤ Acrylamide ➤ Acrylate ➤ Polyurethane
	● Cement grouting	➤ Portland cement
Renovation	● Pipe linings ◆ CIPP ◆ Closed-fit-lining ◆ Spiral wound pipe	➤ PE ➤ PB ➤ GRP ➤ PVC ➤ Ductile iron pipe
	● Segmental linings	➤ Glass reinforced cement ➤ Resin concrete ➤ Precast gunite
	● Coatings	➤ Cement mortar ➤ Reinforced gunite ➤ Resin
Replacement	● Pipe jacking ● Directional drilling ● Earth piercing	➤ RCP ➤ GRP ➤ VCP ➤ Cast-iron-pipe
	● Pipe bursting ● Pipe splitting	➤ No limitations

附錄 十、污水下水道管線檢測維修技術專家諮詢會議記錄

會議時間：中華民國 98 年 8 月 19 日下午 三 時

會議地點：中興大學混凝土科技研究中心 302 室

主 持 人：楊明德教授

出席人員：楊明德教授、徐松圻主任(請假)、陳政良科長、葉筱萍技士、上官兆祥經理、吳祥維工程師、蘇東青研究員

討論事項：

議題一：臺中市污水下水道分支管網暨用戶接管工程”中檢測維修執行過程說明。

陳政良科長_根據這次臺中市污水下水道分支管網暨經驗，目前明確需求包括：

- 1 考慮現地因素，如：地下水、交通條件等，擬定修繕工法選用及維修管材選擇之依據準則；
2. 羅列各項工法優缺點，如：經濟性或社會成本支出等，以供工程施做參考；
3. 修繕後效益評估方式。未來將相關內容納入污水下水道修繕計畫擬定標準作業手冊，以利後續辦理下水道檢視修繕工作之依據。

葉筱萍技士_對於廠商提送的檢視成果報告，目前是否能測試其真實性？有效防止報告內容作假之方法？例如：如何確保坡度量測資料之可靠性。

上官兆祥經理_關於坡度量測資料之可靠性，若管徑大於 600mm，允許坡度有 5%的誤差，若管徑小於 600mm，則允許坡度有 3cm 的誤差。

議題二：CCTV 影像品質評估方法及初步檢測結果說明

上官兆祥經理_

1. CCTV 檢視器材在吊放入管前所拍攝的影像，因地面自然光源強，影像亮度無不足問題。然而，吊放入管後，影像光源完全仰賴器材本身，因此有影像亮度不足問題。此外，管材材質也會造成影像光源之差異，塑膠類管相對於釉陶管或混凝土管對光線反射較強，造成影像亮度較高。
2. 目前有些塑膠類管材質為暗色，影像視覺效果較差，這類 CCTV

檢視影像可能較難判定其影像品質。

楊明德教授_所發展的影像品質評估模式，可提供廠商於提送檢視成果前，亦能自行檢驗所拍攝的 CCTV 影像品質。不過，評估模式之使用前提為須對同一部器材作評估。

陳政良科長_塑膠類管因光線反射較強，導致影像亮度太亮，例如：PVC 管的 CCTV 影像因反射光線過強，反而造成對比過低。後續檢視 PVC 管時，應考慮如何調整器材光源。

吳祥維工程師_目前本公司採用 CCTV 檢視器材使為自動交攝影機，且可自動調整光源。

議題三：CCTV 檢視標準作業流程討論

上官兆祥經理_對於管線缺失診斷，國外有建置一 CCTV 影像資料庫，診斷方式採人工比對進行管線缺失判讀。

蘇東青博士_現階段中興大學已擬一份『污水下水道修繕計畫擬定標準作業手冊』初稿，後續請台中市政府、派浦崑洱公司及順捷營造幫忙檢視這份資料。同時，需要施作廠商提供實務檢視維修規劃照片或文字說明，使該份手冊內容更臻完善。

吳祥維工程師_目前除了 CCTV 檢視器材使用外，可嘗試利用敲擊試驗對管線結構狀況進行非破壞檢測。

議題四：下水道檢視維修操作系統化資料紀錄說明

蘇東青博士_依據下水道檢視維修流程，已利用 Excel 設計一套系統化『污水下水道修繕操作紀錄表』，提供包括：管線資料表、結構狀況評分表、結構狀況調查表、修繕方式評選表等四項子表單，方便修繕規劃作業紀錄及報表製作。『污水下水道修繕操作紀錄表』之填寫方式已說明於『污水下水道修繕計畫擬定標準作業手冊』，請台中市政府、派浦崑洱公司及順捷營造幫忙檢視四項子表單在格式、資料連結、以及資料統計等方面，是否需修正與調整。

附錄 十一、「都市暴雨防災應變操作程序及其相關技術規範(草案)」專家座談會紀錄

時間:98 年 6 月 1 日中午 11:00~下午 1:00

地點:台灣大學土木系 3 樓會議室(318B 室)

參加人員:

地方政府:台北市政府水利處工程河川工程張科長凱堯

學 界:台灣大學水工試驗所賴博士進松、台灣大學水工試驗所潘博士宗毅

研究團隊:台灣大學土木系謝教授尚賢

主持人:謝尚賢教授、賴進松博士

紀錄:朱哲均

發言摘要:

謝尚賢 教授

報告本專家座談會的目的，說明第一次座談會所結論出的方向，以及本次座談會預定討論的目標。

賴進松 博士

1. 水利署防救災害程序比較屬於大區域的範圍，體制為縣、市級的概念或是河川局的觀念，比較屬於內外水。而都市暴雨基本上主要是屬於內水問題，再搭配外水水位監測，判斷閘門什麼時候關起來啟動抽水機抽水，所以可以提供一些抽水站的簡單操作或是如何建造的建議，讓這研究成果能較符合實務上的應用。而台北市已經有做相關類似的研究，應該符合這研究所需要的資料，可以參考。
2. 這計畫的研究成果是否可以成為一般縣市政府內部在災害應變小組成立時可以參考的應變的流程，將工作上、職務上、業務上所需負責事項做些彙整，再來配合災防會搭配執行，這樣也許是比較可行也有效益的方式。

張凱堯 科長

1. 水利署所管理的範疇為河川，在防汛的部分已經有一套相關的操作流程，所以這研究應該與之有所區隔。都市暴雨比較著重雨水下水道，以台北市來說比較欠缺的是下水道的整備，如：災情整備、災前檢查等等。例如水利署在災前水利建造物的整備檢查是比較完整的，而在下水道的部份以及抽水站是沒有一套檢查的機制，這部份或許是可以切入討論的議題。
2. 這研究主要是針對都市區來做防災的規劃，在台北市政府的災防中心有許多針對台北市的架構來規劃的防災應變資料，是可以參考的。
3. 台北市政府在各層級的災害應變中心，整個架構是還滿完整的，整理之後再去了解哪一個層級是可以套用到縣政府是可行的。
4. 災害前整備部份，都市雨水下水道沒有類似水利署災前水利建造物檢查的規範，而雨水下水道災前定期性的檢查是有一定的重要性與必要性，這部份是可以提出一些比較前瞻性的建議。災中應變的階段，對於抽水機運作的部份，除了預佈的大型抽水機之外，用來緊急應變的小型抽水機的應變程序，在台北市政府水利處有關於抽水機動隊的操作準則是可以參考的。這部份對於災害應變是有很實質的幫助，但其他縣市政府比較欠缺這部分的資訊，所以這是很值得研究的議題與方向。
5. 水災造成的原因大多為颱風暴雨或豪雨所造成，這部分配合動態監視小組或是搶險隊，目前有比較完善的應變措施。但對於都市暴雨、豪大雨特報、午後雷暴雨等等，這部分比較少有相關研究，這些相關的議題也是值得探討的，也有別於水利署的相關規範，例如應變中心開設的條件等等。
6. 如果需要用案例去討論相關操作應變機制，除了玉成抽水站的案例外，近期淹水的案例，如中央南路系統、興隆路系統這兩次淹水為典型的午後暴雨內水無法排出，這兩個案例可作為例子去思考應變程序該如何架構。

潘宗毅 博士

1. 這研究案的實務面應該是比較屬於抽水站整備的部份，以及雨水下水道汛期前整備的動作，例如：清淤。這些災前整備的動作一般縣市政府都有要

求。但對於災害應變的部份，台北縣、市會有比較完善的雨水下水道系統以及抽水站，以這兩個縣市政府當參考比較能歸納、彙整一套相關的應變操作流程。

2. 抽水機分配的部份，水利署目前的運作方式為先預佈移動式抽水機在可能淹水的地方，由地方政府視情況調度，如無法應付淹水量，再由水利署調度河川局的抽水機支援。如果以都市暴雨的標準災害應變操作程序來看，可以分為兩個層面，一為還未淹水前，此部份可視為抽水站的操作。另一個層面為假如抽水站已經啟動但還是無法阻止淹水擴大，那就可視為災害應變程序，可能就需要調度平常防災整備的資源，把這兩部份分開是一個可以思考的方向。
3. 這研究案應該要先確定使用的層級，水利署的水災災害防救標準應變程序有包含許多災前、災中、災後所需應變細項，其中的災害應變程序，比較偏向於資料的彙整以及應變分工。關於這部分是否能一體適用於縣市政府的區域排水應變的部份，本人認為是不需要動用到這麼大的資源。目前應該先確定縣市政府所能操作的資源有多少，以及平常負責相關的業務，才能確定災害所能調動的單位以及分配相關的業務及分組、分工。所以，假設未來是以台北市為例子，那在災害應變時單位業務的分工就可能需要先了解，再進一步了解細分應變的程序是需要如何規劃。
4. 台北縣政府目前有持續在做雨水下水道的考評，或許能索取些資料了解其中考評或檢查項目為何，這些也許都能納入防災操作程序中。
5. 目前台灣災害發生時，成立的程序是由中央先成立災害應變中心後，才要求地方必須成立同樣層級的應變中心，但成立的程序應該是相反。用這思維來考慮都市暴雨成立的程序，較能明確的與水利署所訂定的標準作業程序所區隔。
6. 氣象預報與防災應變的銜接，目前還有許多問題要克服，這課題是還滿先期的規劃，在研究中是否也能提出類似的想法與觀念，是可以考慮的。
7. 這研究對象主要為都市暴雨防災，是否需要針對不同雨水下水道布置的都市去研擬不同的操作程序，這部分是需要思考的。

結論摘要：

1. 以台北縣市的防災業務、組織做為參考藍本，從中了解相關權責單位、負

責事項、業務分工，選擇適合都市暴雨特性的處理方式及程序，再將其重新組織歸納為大架構的方向及流程，以供其他符合條件的地區參考。

2. 都市暴雨防災的操作程序，必須要與水利署所制定的操作程序有所區隔。應變中心的成立方式及機制、雨水下水道的檢查、抽水站的操作以及調動程序，這些比較針對都市暴雨問題的操作事項，都必須列入討論。

待辦工作方向：

1. 收集台北縣政府雨水下水道考評的資料、台北市政府災防中心相關操作程序、台北市政府抽水機動隊操作準則，中央南路以及興隆路淹水的歷史資料。
2. 預先訂出都市暴雨防災之災前、災中、災後所需注意事項，如：應變中心成立機制、雨水下水道建造物檢察、抽水站作業、移動式抽水機操作方式等等。

時間:98 年 7 月 21 日下午 3:00~下午 4:30

地點:台灣大學土木系 3 樓會議室(318A 室)

參加人員:

營建署:趙編審啟宏、林工程司昆賢

地方政府:台北市政府水利處工程河川工程張科長凱堯

學 界:台灣大學水工試驗所賴博士進松、台灣大學水工試驗所潘博士宗毅

研究團隊:台灣大學土木系謝教授尚賢

主持人:謝尚賢教授、賴進松博士

紀錄:朱哲均

發言摘要:

謝尚賢 教授

報告本專家座談會的目的，說明第二次座談會所結論出的方向，以及本次座談會預定討論的目標。

賴進松 博士

1. 針對都市暴雨防災，是否先定義暴雨的範圍是介於哪部分，以午後短延時的雷陣雨來說，目前草擬防災應變的規模似乎太大，應該比較適合豪雨、或應變中心三級警戒時的情況，其中各階段的區分以及成立的時機，是需要考慮的。
2. 依照不同規模的暴雨情況、水情分類，選擇適當的案例，說明相關執行事項與牽涉的單位，再搭配擬定的防災流程，這樣較能清楚的釐清不同層級啟動機制與處理方式。
3. 水情研判的技術中，目前降雨的預報能力只能預測未來 3 小時的雨量，目前降雨時間、空間的分布無法做到準確的預測，這部份屬於技術層面，這類問題能在災前整備中建議未來可能需要研發哪方面的技術，以利往後水情監測、研判、監控的部分。

張凱堯 科長

1. 災前整備項目應納入水情資訊的整合、建置相關項目，此部份為防災應變所需之重要資訊，在災前整備階段應加以考量。
2. 災前整備除防汛設施檢查部分，應包括搶災設備的整備，例如：搶災機具、搶救災資源等。災前各單位需掌握其救災量能，當災中應變時方得進行較佳之相關救災設備與支援調配。
3. 災中救援目前規劃部分，對於都市暴雨防災來說規模太大，進駐單位仍然不少，而這些單位是否通用於其他各縣市政府，是需要考慮的。而小規模災害的處理方式，例如：局部積淹水的排除等等，可以參考台北市制定防災流程中，處級的處理方式，其相關的組織架構都滿完備的。
4. 在台北市的組織分工中，颱風事件部份，應變中心開設主政單位為消防局，暴雨事件，應變中心開設主政單位為工務局。颱風事件之各級應變中心開設機制較單純，依照中央氣象局之颱風預報狀況進行成立及運作；而都市暴雨各級防災中心成立的機制，是有相關分級的制度，各層級的開設之情況與考慮條件，除了中央氣象局之降雨預報外，還包括了實際情況降雨監測與人為研判，因此相對於颱風事件，暴雨各級防災中心之成立機制是比較複雜、機動性高、有地域性，考慮相關因素建議由各縣市政府自行訂定較佳。
5. 在災前整備中成立應變中心機制的部份，各縣市政府的特性都不同，可以以建議在設定應變中心啟動條件時，需納入哪些判斷的事項方式建議各縣市政府，例如：過往積淹水的歷史紀錄等。
6. 在災後復原權責單位中，都發局中相關任務應比較屬於震災的部分，於暴雨防災較不相關，另外災後復原應該納入環保單位，其任務是執行相關消毒、環境復原等事項，這部分是需要考慮的。

潘宗毅 博士

1. 中央水利署成立應變中心是等到發布豪雨特報後才開設，有別於都市暴雨防災，針對短延時都市暴雨的應變，其監視水情這項工作來講是相對的重要，就如同張凱堯科長所提到動態監視小組的機制。除監視水情外，警戒雨量的訂定，也為需要討論的事項。
2. 由於這應變操作程序的部分是根據台北市制定，如其他各縣市政府執行

時，是否有救災資源上限的考量，如何向中央申請支援，這部份是需要考慮的，提供參考。

謝尚賢 教授

1. 各階段的工作項目事項為主要的重點，由於不同縣市政府組織都不盡相同，因此確定工作項目後，各縣市政府自行調整執行的單位，是為比較好的建議方式。
2. 在災害前整備水情監測的部分，以都市暴雨防災特性來說，需要以較動態即時的方式監控，因此以台北市的組織來說，動態監視小組的監測方式就為一個在災前需要執行的重點事項。
3. 在各縣市政府中，造成災害的條件並不一致，因此無法明定應變中心成立的條件為何，另外各縣市政府對於負責地區較了解該地區災害風險高的區域，因此應變中心成立的條件能先以一個縣市為例子，提供給其他縣市參考其考慮事項是較為可能的方式。
4. 將應變注意事項、操作流程擬定出來後，套用實際案例來說明防災的流程，較能表達清楚，也較能檢驗是否能滿足實務上的需求。

林昆賢 工程司

1. 災害應變程序中，能標準化的部分其分工就能確定，不能標準化的部分應為重點事項，例如：水情研判的部分、災害發布的啟動點、災害搶救的啟動時機等。這類啟動的時機應為災害應變的核心，這部份是需要考慮的重點事項。
2. 救災規模大小不一定只是考慮災害規模的大小，災害損失多寡也為另一個考慮的方向，同樣規模的災害在不同地區造成的損失可能差距很大，因此小規模造成大損失的災害是必須要動用大規模的救災資源，因此救災規模的大小也是能以損失多寡來區分。

趙啟宏 編審

1. 災害啟動機制如果訂定不夠明確，在地方災害執行時會有困難的，但啟動機制所需考慮的因素太多，決策者可能因此無法即時研判情況，這部份是不容易訂定的。水利署防災應變中，有將此部分納入考慮，建議能參考其相關資訊，較能有些依據。
2. 在這防災組織架構中，因台北市的組織較為完整，因此以台北市為例子是

沒有太大的問題，但外縣市的組織就無完整的架構，建議能參考台北市以外的縣市，取一些指標性的縣市來當作指標，例如：台北縣、新竹市、高雄縣、台中市，參考其組織架構在討論執行單位較為恰當。另外也能以團隊所提到，以任務為主，執行單位以建議的方式討論，例如：消防單位、警察單位等等，再由各縣市政府分工旗下負責單位的方式，也為一個不錯的方式。

結論摘要：

1. 災前整備編組裡需納入水情研析、水情研判的事項，例如：動態監視小組(台北市)；防汛設施的檢查應包含搶救設備的整備，例如：救災機具、救災資源。災後復原納入衛生單位，任務為環境維護事項。
2. 災害啟動機制的訂定，以建議考慮事項的方式較為恰當，其考慮事項能參考水利署制定的相關啟動機制。
3. 各縣市政府其組織架構不同，參考指標性的都市將其彙整，或以執行任務為主、執行單位以建議的方式，讓各縣市政府有較大調整的空間與彈性。

待辦工作方向：

1. 將組織架構與執行任務調整為更符合都市特性之編組。
2. 收集相關災害啟動機制資料，擬定建議事項。
3. 收集實際案例資料，將應變流程套用至實際案例檢視合理性。

時間:98 年 8 月 20 日下午 2:00~下午 3:30

地點:台灣大學水工所 2 樓會議室(204b 室)

參加人員:

地方政府:台北市政府水利處工程河川工程張科長凱堯

學 界:台灣大學水工試驗所賴博士進松、台灣大學水工試驗所潘博士宗毅

研究團隊:台灣大學土木系謝教授尚賢

主持人:謝尚賢教授、賴進松博士

紀錄:粟群超

發言摘要:

謝尚賢 教授

報告本專家座談會的目的，說明第三次座談會所結論出的方向，以及本次座談會預定討論的目標。

賴進松 博士

1. 台北縣部份，主要是由抽管科來監看水情資料。
2. 台北縣原本四汴頭有要成立四汴頭管理中心，雨量、抽水站的水位等各種水情中心都會匯集在此，可能有災防會來統籌監控這些資訊，由抽管科在管理。
3. 關於應變中心，這個名詞不可以任意使用，只能用小組為名稱。
4. 對於暴雨部份應該先給予定義。排除颱風之外，其他部份屬於局部性的，縣市政府不會開設應變中心，不用定的太細。
5. 對於這次板橋永和午後陣雨，消防局和警察會有通報系統，在通報之後，警察就去交管，消防車也先過去，水利局就派抽水機去抽，這個部份應該就屬於比較典型的都市暴雨處理方式。

張凱堯 科長

1. 建議在文中科長、處（局）長部份，可改為水利單位之二級主管、一級主管。

2. 台北市在防汛值日方面，平常日為夜間值班，假日則是全天值班。台北市在處本部裡面本身有防汛值日室，由一防汛值日官負責，不只是負責抽水站、市區排水等，他需要對於水情監視、狀況處理、緊急狀況的反應做一個統籌，例如：將這些資料傳遞給二級主管（科長），由科長對於資料上的研判向一級主管（處長）請示成立動態監視小組。
3. 對於縣市政府部份，防汛值日是否只由水利單位負責，亦可考慮由消防單位負責，因為消防單位本身就是 24 小時在值勤，目前中央正考慮成立災害防救署，而地方也必須配合成立，所以將來有可能水情監控的部份會交由災防單位來監控。
4. 關於四汴頭的部份，比較像是抽水站管理中心，這個單位台北市也有，用來監看目前台北市各抽水站的操作狀況及人員運作狀況。
5. 在這些組織當中最難的就是他的啟動機制，以動態監視小組而言，防汛值日通知水情狀況，由二級主管研判，再提報一級主管，所以二級主管本身是有其壓力和責任。在訂定啟動機制基本上可以依循兩個條件，一個是氣象局的預報，如：發布大豪雨預報就成立動態監視小組；第二個條件是當降雨到達一定程度時，要稍微考慮一下緩衝時間，不會剛好是臨界時才成立，如：當累積降雨已到每小時 40mm，而離致災每小時 70mm 還有一段時間，而此時要成立動態監視小組，規定人員一定時間內進駐，在進駐的過中亦可用電話聯絡來處理事情，訂定這些標準雖然不見得一定會發生災害，但對大家而言也有個依循的規則，盡可能將研判的部份壓縮。
6. 縣市政府在訂定啟動條件時，可建議參考中央氣象局的降雨預報、各地區積淹水的情況來訂定。以台北市政府為說明，一是依照以往的積水經驗，二是依照中央氣象局的預報，用這個例子來說明。
7. 台北市本身就有應變中心並分三級，處理風災、水災、震災等等。
8. 防汛值日、動態監視小組、防汛搶險隊是屬於水利單位的一、二、三級；應變中心應該屬於縣市政府內的一、二、三級。
9. 都市暴雨的部份，民政局進行住戶淹水狀況調查、社會局做補助的發放、環保單位做環境的整理及下水道的清理，警消做淹水現場管制。以台北

市而言，午後雷暴雨積水第一個出動的就是警察單位和消防隊，而這些單位進來，不一定是成立市應變中心。

10. 以台北市政府水利處而言，動態監視小組對應到府級的二級，防汛搶險隊對應到府級的一級。也會有府級還沒到一級，防汛搶險隊就已經開設的情況，因為府級對於午後雷暴雨的反應都比較慢，但水利單位可以馬上動員先做救災的動作。參考每個縣市政府的應變中心，應該都有對於不同災害開立不同層級的標準。抽水機動隊屬於配合的機制。
11. 對於水利處而言，在處理雷暴雨跟颱風一樣，都是處理水災；市府在應變中心成立上，是依颱風警報的發布而成立，若有颱風警報，則依風災機制成立。若無颱風警報，依照降雨的量或是氣象局的降雨預報，則依水災機制成立。
12. 對於縣市政府，在台北市可能資源都整合在市府由府來動員。縣的部份都有鄉，鄉的部份應該都有多一點的動員的能量，而縣的部份幅員也較大，用縣府的資源來救災可能會有時效性，所以在鄉鎮裡也應有簡易的應變。
13. 對於區或鄉鎮級成立應變中心，不一定要縣市級成立才成立，也可思考配合動態監視小組通知成立。
14. 對於雨量門檻、警戒值的訂定，可以透過下水道的檢討來做決定，這是屬於技術規範的部份。關於水情資訊的部份，也應該討論有哪些水情資訊應該整合進來，如：中央氣象局的預報、河川局水位的監測、QPEsums等，可以建議將這些資訊整合起來成為水情資訊系統。另應變通訊，像是單位間的有線、無線、衛星等通訊管道均應定期測試。

潘宗毅 博士

1. 關於謝老師提到的災防權責單位，一般講到防災較廣，會包括火災、震災、風災等，或許可以改為水災權責單位。
2. 在動態監視小組中裡面提到各派一員組成，而防汛值日只提到派員組成，應考慮是否要把人數定下來或是保留彈性空間，因為也跟各縣市之人力有關，建議寫各派員組成。
3. 防汛值日當發現水位繼續上升且到達警戒水位，此時才成立動態監視小組，動態監視小組在一定時間內進駐完畢，但若此時水位又上升到某一程

度，當動態監視小組成立後又發現需要成立三級開設，在這過程中可能時效性就已經消失。

4. 水利署而言，就純粹依照中央氣象局的警報單，當氣象局發布，水利署就依程序成立，不考量現在的天氣如何，藉此以表示在權責上已經做到應盡的部份。所以在撰寫內容時也應盡量避免由人為主觀的判斷，其實是比较好的，把客觀的資訊作為輔助的判斷條件會節省許多權責上的問題。
5. 可以跟水利署的應變防災中心拿水利署緊急應變小組值勤手冊，這是應變時的執行手冊，很多流程、規範，很容易閱讀。可以分為兩本，一本是說明，可供平常閱讀；在應變時可以用流程簡易的版本提供實際應變。
6. 應將暴雨定義清楚，才可將中央的應變區分。以水利署而言，氣象局發大雨特報，就會有替代役在監視雨量，當雨量超過警戒值就會發通報單或警示單，有關警戒值如何訂定可以參考今年水利工程研討會，游保杉教授有些一篇鄉鎮降雨門檻值的探討，在水利署吳東昇工程師完成降雨淹水的預報系統，是依照過去的經驗，找出降雨的門檻，游教授探討的是找出更合適的門檻。

謝尚賢 教授

1. 以台北市在防汛值日方面制度應較完善、資源也較充足，若考量到各縣市政府立場及人力，可能會有窒礙難行的部份，應留意。
2. 在災前整備中，為考量各縣市之不同情況，可在條文中先提到災防權責單位或暴雨防災單位等，讓各縣市政府有彈性來指定此權責單位。利如：水利單位或水災防救權責單位來表示，才不會只包括水利單位而較有彈性。
3. 我們在條文中應表示某些東西應由各縣市政府依其狀況訂定之，如：研判成立的機制。而如何訂定則在報告內有個說明，比較像是條文的解說。
4. 將我們的組織內容納入縣市政府的應變中心裡面，水利組織按照架構上縣市政府的一二三級來對應，將我們所訂定的應變中心去除。在災前整備的部份，談到防汛值日、動態監視小組，災中應變裡面有防汛搶險隊的成立。
5. 對於市裡面的區、縣裡面的鄉，也應考慮進來一同配合。在文字方面可用得，來建議單位內可以這樣配合。
6. 當規範（草案）寫成條文時，不會有建議的字眼，建議只有在報告書內使用。

結論摘要：

1. 將我們的組織內容納入縣市政府的應變中心裡面，水利組織按照架構上縣市政府的一二三級來對應，將我們所訂定的應變中心去除配合市級。在災前整備的部份，談到防汛值日、動態監視小組，災中應變裡面有防汛搶險隊的成立。
2. 對於市裡面的區、縣裡面的鄉，也應考慮進來一同配合。在文字方面可用得，來建議單位內可以這樣配合。
3. 應將暴雨定義清楚，才可將中央的應變區分。
4. 水情資訊的部份，將水情資訊應該整合進來，如：中央氣象局的預報、河川局水位的監測、QPEsums 等，可以建議將這些資訊整合起來成為水情資訊系統

待辦工作方向：

1. 更改應變中心的部份，讓水利單位能夠搭配縣市政府的應變中心，且考慮單獨水利單位內部組織的動員。
2. 蒐集水情資訊系統的資訊，提供縣市政府在防救災時可以監控的資訊。

時間:98 年 9 月 17 日下午 3:00~下午 4:30

地點:台灣大學土木系 2 樓會議室(203 室)

參加人員:

營建署:林工程司昆賢

地方政府:台北市政府水利處工程河川工程張科長凱堯

學 界:台灣大學水工試驗所賴博士進松、台灣大學水工試驗所潘博士宗毅

研究團隊:台灣大學土木系謝教授尚賢

主持人:謝尚賢教授、賴進松博士

紀錄:栗群超

發言摘要:

謝尚賢 教授

報告本專家座談會的目的，說明第四次座談會所結論出的方向，以及本次座談會預定討論的目標。

林昆賢 工程司

1. 建議定義「都市暴雨」不是「暴雨」，都市暴雨就把解釋的範圍涵蓋住，不是一般的暴雨。
2. 關於水情資訊，每個縣市政府的水文地文特性不一樣，所需要去監測的東西也不一樣，所以這部份依照其特性來訂定。
3. 附註的第二點，實際的狀況是一部分有開口合約廠商有抽水機的，另一部分是河川局，可以跟河川局調，所以實際在做的比這邊寫得還細，所以可以刪除。縣政府的組織和市政府的組織有點不一樣，因為鄉鎮市是民選的，所以他的功能性比區的功能性還要強，甚至主要的應變是以公所為主，不是以縣政府為主。

賴進松 博士

1. 我們是限定在某個範圍，但是大家也不見得會去用，但至少定義可能還是不要太廣泛，以免到時候應用起來會有一些問題。
2. 題目是訂防災應變操作程序，操作程序好像比較像是抽水站操作程序，一

般是說應變作業。合約內容有「都市暴雨防災」，所以這幾個字還是留著，「應變操作程序」要不要做一些調整，例如「作業規範」或是其他的。名稱可以用「都市暴雨防災作業規範」，應變拿掉，因為應變只是一個程序而已，防災有三個階段分為：災前、災中、災後。

3. 以前我們說都市暴雨大多是指下水道設計，比較短延時的。
4. 以颱風來區隔是很好的處理，要不然梅雨有時候也是下很大的。以豪大雨來分又很難分，因為是屬於事後才知道有沒有到豪大雨的程度。像水災的事情，基本上很少到縣長的部份，通常都局處內部的事情，但這個定義應該是一個層級的作業。如過把層級設定在縣市政府下，就像台北市把他建構起來，就算颱風雨來的時候也可以依這樣的組織來運作，只是啟動的機制不一樣。

張凱堯 科長

1. 災防法裡面有定市級的應變中心、區有區級的應變中心，我們在補強有關暴雨來的時候，有沒有比較有彈性的或是沒那麼大的應變機制，這是我們的切入點。
2. 不同單位訂定法規的方式也不同，以台北市政府為例台北市並不會分章節就一二三四五依序把條文列出來，中央單位的話是分章節。
3. 以台北市為例，地區有沒有進入颱風暴雨警戒，如果那個地區的降雨沒有在颱風範圍內，那他的降雨就屬於地形等因素的暴雨，分類的方法是這樣。
4. 把暴雨定義成超過雨水下水道保護標準也涵蓋到颱風的部份。
5. 如果在當下縣市政府的颱風應變中心還沒有解除，所造成的災害都還算是颱風的。如果說因應風災所成立的應變中心已經解除了，那就屬於暴雨的，就要有另外因應暴雨的機制進來，要不然颱風的應變中心就要一直持續。這樣要做切割比較清楚，配合中央氣象局以及當時為何而成立。
6. 都市暴雨的時候相對來講比颱風的致災規模稍微小一點，所以我把他侷限在水利單位根相關配合的單位；如果是風災，是把這些單位再擴編更大、位階更高，但還是涵蓋都市暴雨這一塊，不是兩個組織，是互相搭配。

7. 二級警戒值應該是說水情狀況達到需要加強警戒，一級警戒應該是說可能致災。要把本文這兩個字改成本規範。本文所提到之相關單位改成本規範所謂相關單位。
8. 後面防汛值日、動態監視小組，看到的人就會看到其功能來界定了，不用特別強調是水利單位下的一級或二級成立。
9. 把單位權責裡面一級警戒值、二級警戒值須明確訂定之，放在名詞解釋，一級警戒值、二級警戒值後面的說明後面。
10. 「水情資訊系統」應稱為「水情資訊系統建置」，不需要說指定哪些部份，依照他們的需求來建置，不用寫得太細。

潘宗毅 博士

1. 名稱方面「應變操作程序」，可以考慮用「準則」。標準作業程序就是 SOP，SOP 的寫法我覺得比較不一樣、比較細，SOP 的意思就是當什麼情況下就做什麼事的程序。現在寫的比較像是一個概念。
2. 如果把暴雨定義成超過雨水下水道的保護標準稱之為暴雨。以中央氣象局有大雨、豪雨，而我們目前在定的是比大雨還低的程度。
3. 一開始討論的時候有提到都市是指都市計畫區的範圍，然後暴雨又是怎樣的定義，操作程序主要是針對雨水下水道有易淹的情況所做的應變，剛剛討論到的這些重點要反應在目的這邊，在目的裡面要寫清楚我的作業程序或是作業規範，是針對都市計畫區遭逢暴雨的時候，當雨水下水道超過其排洪容量所造成的淹水情況，針對這樣情況所做的應變組織，文字再潤飾一下把這樣的精神寫在這裡面會比較好。
4. 把水情資訊寫成可協助進行研判的相關水情，如：雨量、水位、下水道水位等。

謝尚賢 教授

1. 現在考慮的是用都市兩個字，是否大家的認知都是在都市計畫區範圍內。
2. 關於依據的部份，應該是災防法。只是我們在引用的時候該引用法規名稱或是裡面的第幾條，不過看起來應很難訂出引用第幾條。
3. 在災害防救法，裡面有災害分類，有風災、水災等，而我們在討論的應該屬於水災，八八水災應該屬於風災的部份。像台北市，風災有風災的一套標準，水災有水災的一套標準，水災就是由暴雨所造成的，在串連上要屬

於災害防救法的水災。

4. 文字的部份要把水災、風災的概念說明清楚。
5. 基本上我們所訂定的是希望能整合原來各縣市已在運作的組織，只是因為都市暴雨的情況會很頻繁而不是像颱風一樣，不能夠因為每次暴雨都用一個很大的架構去因應，所以應該算是一個比較小的編組，所以整個層級算是比較輕薄短小，而基本上仍然還是在大架構下，大概還是由同一批人做這些事情，這樣才不會變成兩套。
6. 二級警戒值應該是說水情達到需加強警戒，一級警戒值是可能致災。
7. 把一、二條合在一起，本規範防汛值日、動態監視小組、抽水機動隊、防汛搶險隊等，得由各縣市依照其組織之任務職掌及功能予以編組。
8. 水情資訊定義成指雨量、河川水位、下水道水位、抽水站操作、中央氣象局預報等，可協助防災應變決策支援之資訊。
9. 一級警戒值這個部份，主要是說這個東西應該是由各縣市訂定，不要問中央，由縣市政府依各地水文特性自行訂定之，也不用特地強調要明確。
10. 配合標題已經改成作業規範，第五項的大標題改成作業程序。

結論摘要：

1. 將名稱改為「都市暴雨防災作業規範」，並在目的裡面加入都市暴雨之解釋，讓各縣市之瞭解規範所劃分之範圍。
2. 依委員們意見修改條文。包括修改附註部份，將有關鄉鎮市區公所部份剔除。

待辦工作方向：

1. 依座談會委員之建議，修改條文內容。
2. 收集台北市相關之表格，提供技術方面之參考。

時間:98 年 10 月 1 日上午 9:00~上午 10:40

地點:台灣大學土木系 2 樓會議室(203 室)

參加人員:

營建署:

吳科長冰、趙編審啟宏、林工程司昆賢

工作團隊與邀請專家:

台灣大學土木系謝教授尚賢

台北市政府水利處工程河川工程張科長凱堯

台灣大學土木系陳怡如助理

台灣大學土木系粟群超助理

各縣市政府與中心代表:

國家災害防救科技中心葉助理研究員森海

內政部營建署水工處杜課長鐵生

經濟部水利署水利防災中心楊副工程司其錚

花蓮縣政府工務處下水道科林技佐祥煌

宜蘭縣政府工務處游技士國裕

台北市政府工務局水利工程處戴股長巨勇

台北縣政府水利局張河川巡防員蔭華

新竹市政府工務局蔡技佐銘鴻

新竹縣政府工務局宋先生瓊豪

台中縣政府下水道科李技士宛叡

台中市政府建設處養護科林技士川瑜

南投縣政府工務處顏技佐佑學

彰化縣政府水利資原處李技士東興

雲林縣政府水利處劉先生可欣

嘉義縣政府水利局下工科劉技士時宏

嘉義市政府工務處黃先生保欽

台南縣政府水利處許副處長永聖

高雄縣政府水利處周技士鴻潔、蔡工程員佑賢

主持人：謝尚賢教授

紀錄：粟群超助理

發言摘要：

台灣大學土木系 謝尚賢教授

1. 此次座談會之目的為邀請各縣市政府之水利從業人員，就作業規範討論其適用性，以八八水災為例，可以知道全球氣候的變遷，極端氣候影響越來越多，關於颱風暴雨水利署有一套機制因應，但於都市內水部份仍有一部分缺口，這也是今年度本計畫承接營建署的一個計案之中的一個工作項目，為針對都市暴雨防災能設計初一套簡單，且適合大家執行的作業規範，因此今天邀請各位長官專家來此指導，現在先請營建署的吳科長為大家說幾句話。
2. （回覆營建署杜課長）關於條文中需新增一個對照表的問題，整個規範的格式會根據比較標準的方式做修訂，條文方面會另外新增一個說明。關於都市暴雨討論的部份，以下水道及抽水站為主要的設施，堤防部份是不是也該納入考量？等一下請張科長幫我們說明一下（台北市張科長回覆）。關於防汛值日部份，各縣市是否會有窒礙難行的部份或是在條文上如何讓各縣市政府更有彈性之建議，待會請各縣市代表給予意見。關於警戒值要不要數據化，這部份在專家座談會的部份也討論好幾次，最主要是因為各縣市政府本身的情況不一樣，所以目前在規範裡面很難給一個固定值，如果給一個固定值到時候可能又會變成各縣市政府窒礙難行，這部份是希望由各縣市政府考量本身的情況來訂定明確的數值，這部份也請張科長補充一下（台北市張科長回覆）。
3. （回應台中縣李技士）當初在討論的是因為各地區水文、地文條件必一樣，必須根據排水設施的狀況、降雨、地形的不同，可能比較難有統一的標準值，因此要訂範圍可能會有困難，不過或許可以用另外一個方式來做說明，如：多大的面積淹水達到一定程度就算是達到警戒值，至於什麼狀況之下會達到剛剛所述之情況，這些水情的部份仍然要由各縣市政府研判。（營建署杜課長回覆）
4. （回覆嘉義縣劉技士）關於抽水機動隊除了請求縣市政府的水利單位外，是不是能從其他縣市這個問題，剛剛有高雄縣的代表提到都市暴雨的部份，會

有遠水就不了近火的情況，其實暴雨通常也不像風災一樣持續好幾天，對於都市暴雨比較嚴重的情形就是由抽水機動隊來協助，理論上暴雨都是在幾小時或一天就消散，和風災比較不一樣，所以當初並未考慮到從其他縣市調度。

5. （回應新竹縣宋先生）誠如剛剛張科長所說，我們在討論的時候認為還是分權的原則，應該還是由各縣市政府來訂定比較細部的部份，或許在規範中可以適當地加入說明，再由各縣市政府去訂定細則。
6. （回應高雄市張科長）目前學術上也在討論有關回歸的問題，昨天剛好請顏清漣教授演講也提到，過去四十年極端氣候降雨的事件，前三十年發生 2 次，最近十年發生 12 次，所以頻率上明顯差異很大，那是不是要重新做回歸？重新做完回歸之後的後果又由誰來收拾？重新回歸後，可能得到現有設施標準只有五年或二十年的結論，那接下來要怎麼做是另一個問題。我個人很同意在跟民眾溝通用回歸的數據對民眾來說是不清楚的，可能講容量多少會比較直接。關於提到上游容量來做貯水，在本計畫之前是有做聯合操作的研究，也有軟體系統開發研究相關問題，也的確遇到閘門的設計以及將來責任的問題，這部份我們還是持續看將來能不能繼續來應用。

營建署公共工程組 吳冰科長

1. 今天營建署的科專計畫委託台大土木系執行，計畫主持人為謝尚賢教授，在本計畫的開始時我們與研究團隊商討後，決定以座談會的方式邀請目前地方政府實際在執行者及專家學者共同參與這個計畫，經驗非常豐富的台北市水利工程處的張科長就是邀請的專家之一，今天還有本署水工處的杜課長，非常感謝杜科長的蒞臨。今天請各地方政府代表來參與，最主要是希望能夠給予我們計畫寶貴的意見，非常感謝各位的蒞臨促使今天的座談會。
2. 防汛搶險隊，以台北市為例是否有其不同之地方？或是將來要如何參考？（台北市張科長回覆）
3. 防汛搶險隊的名稱跟現在台北市政府的組織架構一樣，是否思考需要做一個區別？（台北市張科長回覆）
4. 災防法中有分風、震、火、爆災害等，規範如果說還是沿用現有的，在此是否仍要沿用或是改成暴雨搶險隊之類的名稱，而張科長剛剛所提到不要再有疊床架屋的組織，名稱上是否要像風、震、火、爆一樣有不同的災害，這也需做一個思考。

- 5.（回應新竹縣宋先生）新竹縣政府代表對於實務上的意見很寶貴，所謂的低窪地方遇到暴雨且此地又是都市發展的使用地，很容易來不及搶救，像這樣的問題，可能要在報告中先定位釐清，像這樣的問題要在我們的報告中定位清楚，有些問題靠這樣架構或職權是解決不了，此規範的立意很好，利用台北市現有的搶險隊，防汛本身的發生是颱風衍生的外水問題，暴雨是都市氣候的變遷短時間有累積大量的降雨但也很快消退，像產生的原因不同，但卻用同樣的機制，會不會產生像剛剛新竹縣的問題，或許在這邊應該就先定位功能，用這樣的方法來解決什麼問題是不行的，所以應該由各地方政府的都市規劃單位來檢討這類的問題。另外，建議組織架構中，職權可能也需要明確定義，除了考量有無重疊，也要考量有無區隔。

台北市政府水利工程處 張凱堯科長

- 1.（回覆營建署吳科長）訂定本規範之目的並不希望疊床架屋，也就是說依照水利法相關規範，各縣市本來在必要的時候就要有防汛搶險隊，因此在訂定都市暴雨的應變機制裡面，以防汛搶險隊的需求之下來往下延伸，以台北市為例，其本來就有防汛搶險隊的機制，此機制中很多本來是配合風災的要求而成立，而現在也轉型成當豪暴雨的災情到一定程度，需要把層級拉高到一個救災支援的整合而成立防汛搶險隊，所以不只是因應風災，即使是在大豪雨或超大豪雨的狀況下我們也會成立防汛搶險隊。如果在都市內比較小規模的積淹水，基本上是不需要動用到防汛搶險隊，所以我們才會建議在還不需要用到防汛搶險隊這麼大規模的時候，先成立動態監視小組，對於緊急狀況時先做一個處理，剛才在我們訂定的規範裡面，台北市政府大約也依循此模式在操作，運作的也都還蠻順利的，在此跟吳科長做個報告。
- 2.（回覆營建署吳科長）基本上名稱上是可以有所區隔，建議如果縣市政府已經有此架構，那就應該一致，不用為了配合都市暴雨而弄一個新的機制出來，因為當水災發生到一個程度之後，不管是風災或暴雨，造成差異不會太大。當然因應都市暴雨的部份，搶險隊的名稱可以有些不同，我們的建議是裡面的架構還是讓它一致，如此一來大家在實際的處理上才不會讓風災時有一套機制、水災時又一套機制，這邊主要是強調搶險隊的部份，是規模大到一個程度的時候。
- 3.（回覆台大謝教授、營建署杜課長）在此補充說明，訂定這規範還是主要聚

焦在內水的部份，有關於堤防的檢查，其實在風災裡面相關的作業就會涵蓋到堤防的檢查，此規範主要是針對比較沒有預警的前提下發生的暴雨，因此在時間上是比較緊迫的，我們也避免跟風災有重疊性的工作，所以我們基本上還是把焦點放在市區排水的部份。所針對市區即時暴雨所造成積淹水的處理，基本上規模是屬於比較小的積淹水，當然做到這程度是希望政府給民眾的觀感是我們在處理水災這方面細緻的做法，當然這也會加重各縣市政府的工作量，但是我們在如何在各縣市政府可以承受的範圍內提昇對於水災應變的質跟量，是我們在規範所專注的部份。關於防汛值日的部份，台北市政府在水利單位裡面，只要是汛期（5月到11月）幾乎每天都有防汛值日，各縣市政府可能在人力資源上沒那麼豐富，是不是有可能透過警察單位或消防單位來做監視的工作這都可以討論，誠如剛剛主席所報告，或許在此可以比較有彈性，不見得要水利單位來做此事，這部份補充說明到此。有關於一級警戒值、二級警戒值的部份，在此說明台北市政府的經驗，台北市政府有參考歷年來造成積淹水的狀況，我們對此有做分析，警戒值的部份大概可以從幾個面向來看，第一，比較單純的就依照中央氣象局所發布的豪雨特報、大豪雨特報、超大豪雨特報來決定要一級成立或二級成立，但氣象局的特報都算是預先且不一定會發生，在這過程中我們會斟酌實際現場的降雨狀況，像我們對於易積淹水地區有統計一個結果，例如當每小時累積降雨量到達40mm就認為可能有潛在淹水的可能性，那時候大約就會成立二級警戒所謂的動態監視小組來加強監視，當降雨量累積到每小時70或80mm，台北市一般的下水道保護標準是每小時78.8mm，這部份可能超過設計量，可能致災，這部份我們也會考慮到規模多大，例如三個行政區有達到此標準那就成立一級，如果只是一個行政區達到，那可能在動態監視小組的狀態下就有足夠的量能來處理積淹水狀態，也不見得要一級成立搶險隊。此過程也必須透過研判跟上級請示才能成立，因此這裡面含有研判的工作在裡面，所以這部份我們是建議各個縣市政府依照自己的狀況來決定，因為每個地方的降雨都有地區性，排水的保護標準各個地方也不同，因此這部份建議要依照各縣市政府在操作過程所累積的經驗來做研訂。

4. （回覆新竹縣宋先生）抽水機動隊到達現場能不能處理像莫拉克那樣規模的淹水，答案當然是否定的，如果在下大雨的時候，管線流量大，移動式抽水

機是不可能抽完的，更何況有時候是進水口堵住或是管線設計不足，除非是在堤防旁邊才可以抽出去，要不然怎麼抽都是內水，剛剛新竹縣代表的發言是一個事實，對於一個政府單位而言，有一定的作為除了解決問題外，也有安撫民心的作用。另外，有關抽水機具向包商調不到的情況，台北市政府也有這樣的問題，但台北市自有 4 英吋的抽水機大約有 40 台，這部份可以跑第一線先出去，不夠的時候有外租機械，外租機械在訂定契約的時候就有要求在通知後一定時間內到達現場，在台北市政府有專門的標案是針對外租機械，包含抽水機或是搶災需要的機械，在標案中就有限定機械的量以及在限定時間內到達支援，這是台北市處理的方式，在此提供做參考。細則部份，我個人是傾向縣市政府在自有的組織架構跟分工來調配，因為營建署這個位階去訂細則的話，擔心到達地方單位會有很多干戈，因為每個縣市政府的分工都不太一樣，所以在訂定規範的時候是以寬鬆、目標為導向為原則，至於實際執行的部份由各個縣市政府再去訂定。（台大謝教授回應）

營建署水工處 杜鐵生課長

1. 剛才針對致災原因檢討權責單位，雨水下水道設計檢討的部份，其實設計標準在規劃的時候已經決定承受的能力，對於這部份營建署也有補助一些規劃請縣市政府來重新檢討這部份，這部份是不是要有一個配套措施，否則針對雨水下水道來檢討沒辦法解決這麼大的一個暴雨，建議是在任務的部份可以擴充一下。另外，針對規範部份，內容都很詳盡，建議可以做對照表，左邊是條文準則，右邊是說明。如：都市暴雨是不是只有下水道？堤防的準備是不是要放進來？因為都市不只包括下水道，下游段的一些設施是不是在災前整備的時候放進來？在此提供參考。另外，防汛值日對於各縣市政府可能有其難度，目前只要不是颱風豪雨來的時候都是由消防署成立三級在輪值，這部份要做到這麼精細可能有其難度。另外有關警戒值的部份，能不能數據化？或是用什麼方式來表達？（台大謝教授回覆）
2. （回覆台大謝教授）我建議可以由各鄉鎮市的責任風險計畫區操作雨水下水道規劃，這個值其實是可以算出來的，但各縣市政府有的雨水下水道設施全部施測完成，這地方建議還是可以就雨水下水道規劃來訂定一級或二級警戒值的部份。另外，雨水下水道清淤規範，淤積多深該清是有訂定，可以跟台北市確認，內政部營建署網站上有，且有行文給各縣市政府。災前整備的部

份，動態監視小組其實有研析的動做，名稱上用動態監視及研析小組，這樣會更完整。

營建署公共工程組 林昆賢工程司

（回應新竹縣宋先生）因為我有在南部的縣市服務過，就我對於南部縣市的瞭解，抽水機動隊而言可能沒有自己的抽水機，而是以開口契約的方式，按照區域來劃分，當積淹水到一定情況就請廠商去抽水，因為是開口契約基本上廠商就是要配合來執行。另外關於反應時間的問題，就我所知好幾個縣市對於水情監視系統都有在發標案，目的就是為了避免已經致災才去搶救的問題，因此很多縣市政府正在做的包括上游的雨量監視系統、水位監視系統將這些連結到縣市政府監視的部份，去判斷當雨量到達多少導致下游有可能會致災來做出反應，絕對不是說下游管線末端開始淹水才來處理，這部份應該不是只有台北市政府做這些，只是台北市政府早在七、八年前就已經完成，這幾年有的地方縣市政府正在做，可能還沒有完備，規範裡面有提到水情監視，只是水情監視要如何和我們的下游端的災情反應來做結合，這樣才能爭取到更多時間，這裡面探討的不只是致災時縣市政府要怎麼反應，因為移動式的抽水機基本上不可能取代抽水站，且實際正在淹水的流量都很大，抽水機能做的是已經停止下雨把靜態的淹水抽掉。

營建署公共工程組 趙啟宏編審

（回應新竹縣宋先生）今天我們的案子是屬於科專計畫，有關都市暴雨過去也累積很多技術上的經驗，今年會提出這樣的東西，是希望對於歷年都市暴雨在技術上的經驗與成果能夠回饋到裡面，看是否對於行政上有所幫助，所以當初的提出一個都市暴雨防災機制的用意，是為了讓縣市政府遇到都市暴雨的時候可以有所反應，所以說不管是規範、規範也好，其實在這個機制當初討論出來是參考台北市的作業機制，我覺得也是蠻有參考的價值，但是今天要怎樣回饋到縣市政府的組織架構，當然同一套東西不太可能全部的縣市可以用，這規範可能如同新竹縣宋先生所說的要考慮鄉鎮的部份，這規範定出來是希望給大家做個參考，如果大家覺得這規範具有參考價值的話，可以根據本身的職權來做加值，如：警戒值的訂定，每個縣市因地制宜。另外，規範部份第一點寫依據災防法，這樣寫是不太妥當的，因為災害防救法裡面規定的災害其實相當的嚴謹，例如：風災、震災、火災、爆炸災害，

這部份有屬於內政部的系統在處理，所以內政部根據風、震、火、爆這幾個災害來訂定相關的法規命令，如土石流災害規定就是農委會的權責，農委會就根據災害防救法的授權，水災很明顯就是經濟部的權責，所以規範依照災害防救法去訂是有需要斟酌的地方，而且目前法規的體制是法律、法規命令、行政規則等層級，這是行政程序法所規定的，另外有一部分是中央法規與標準法規職權的訂定，就是每個機關依照職權來訂定，因此法規命令或行政規則也好他的最後法律效果是不太一樣的，如果今天是以規範來看的話，他其實是行政規則，行政規則以台北市舉例，如果台北市今天訂一個行政規則，那就只能規範到台北市下面的單位，如果今天訂法規命令，如：標準，那樣的東西就是全國一體適用，所以這東西就會很嚴謹。剛剛很多縣市代表提到細則的部份，這個東西應該是更細的，所以這樣的東西也不太可能中央訂一套給各縣縣市政府來用，以上是對於法規部份做一個補充。

高雄縣政府水利處 蔡佑賢工程員

有關抽水機動隊的部份，高雄縣的幅員比較廣闊，如果時短時間的暴雨所造成的淹水，當縣政府派出抽水機動隊，水都可能已經消退，這部份由鄉鎮市來成立的話可能比較適合。另外，有關淹水的原因可能很複雜，也不限都市內或外，因此我們縣政府都不會限制於都市計畫內。

台中縣政府下水道科 李宛叡技士

第三章災中應變的災情通報及疏散，還是希望中央能夠訂出數值，那個值可能不是固定的，但可以是一個範圍，可以由中央整體規劃出來，讓我們依據規範來做調整，由縣市府來訂的話，可能在技術上與營建署比起來會有一個落差，所以這樣做會比較減輕各縣市政府的負擔。如果這沒有明確訂出，在實行的時候可能還是會亂成一團。（台大謝教授回覆）

嘉義縣政府水利局下工科 劉時宏技士

抽水機動隊的部份，以這次八八水災而言，本科調度所有抽水機也抽了一個禮拜，規範中能不能加入當水災發時生其他各縣市可提供資源，例如抽水機的部份，如果災情比較嚴重能不能由其他縣市支援抽水機。（台大謝教授回覆）

新竹縣政府水利處 宋瓊豪先生

看到這規範感觸很深，在今年六月四號竹北市在短短的一天降雨量到達

1100mm，本處下水道科就有實際參與搶救的動作，實際上並沒有擴大到所謂的防汛，這規範後面不知是否會有細則出來？因為直轄市、各縣市的單位其實都不一樣，連帶人力編組的組織架構也不一樣，甚至各縣市政府看到此規範各級主管的思維方向可能也不同。像台北市政府剛剛提到很重要的一點，我們辦這個規範會不會疊床架屋？這可能都會有衝突。關於目的部份提到雨水下水道超過其排洪量等字眼，在此我想要提出的是，以前我們參考幾百年的降雨量，其實在現在都市計畫區可能都不適用了。現在專家學者提出來的觀念是 20 分鐘、半小時、五十分鐘所降下來的驟雨會造成都市積淹水。以竹北市來說，六月四日造成的淹水地區發生在管線最末端，防洪的話觀念上會認為是外水，外水跟內水的界線就是會造成積淹水的地方，內水可能都發生在管線末端淹水，這個機制的適用性，災害應變通訊系統的部份，各地方鄉鎮市公所的人員發現到無法承受才通知，那會來不及。莫拉克颱風要來的當天，我們調派機具，從機具到達現場，原本水位在腳掌的高度，等到機具到來要抽的時候水已經快到膝蓋，因此對於訂機制方面是立意良好，但是能在短短幾分鐘內解決問題嗎？並且以此規範在執行方面，以地方政府而言仍是未知數。以我們的經驗，抽水機的包商會因為臨時要求他們出勤，他們會拒絕出勤，水利署在去年有架設不少移動式抽水機，六月四日我們用水利署頒發的移動式抽水機去抽水，坦白說淹水量與抽水機不成比例。在莫拉克颱風的時候，用兩台 12 吋的抽水機，可是抽到最後水會排不出去。都市暴雨很明顯的是屬於下水道系統，防汛大家就可能在認知上會是水利的，縣市政府有的水利和下水道會在同一個處、有些不是，會變成在執行上配合的問題，建議能不能律訂哪個單位該做什麼事。（台北市張科長、台大謝教授、營建署林工程司回覆、營建署吳科長回覆、營建署趙編審回覆）

高雄市政府工務局 張世傑科長

都市雨水下水道設計有一定的容量，以回歸分析大約三年或五年去設計的，今天我們所謂的都市暴雨是怎樣的定義？是超過雨水下水道標準定義為暴雨嗎？如果遇到這樣的問題，只要是超過設計的暴雨，下水道一定都無法負荷，像這幾年高雄市都超過一百年回歸的頻率，所以不應該說雨水下水道標準是以什麼頻率設計，而應該說量是多少，可以負荷的量就是這麼大，如果超過這樣的量就是沒辦法。剛剛大家一直在思考災中的應變，去年卡玫基

颱風的時候，就有監察委員說為什麼水利單位不把抽水機調到現場，災害發生當中，抽水機是有用的嗎？大家有思考過嗎？為什麼大家都強調抽水機要去動員，如果動員有用的話，應該常設的抽水機就擺在現場，而不是永遠去搶險。在此我提供高雄市案例，暴雨就是短時間短延時的，高雄市設計的標準是 70.9mm/hr，曾經遇過半小時下 60mm 的雨，但是一個小時只有 65mm，這樣仍然會致災，但是考量民眾接受的程度，依照補助辦法淹水 50cm 才有補助，可是有些民眾當淹水 10 公分就認為有問題，如果都市雨水下水道做到百分之百，能保證以後都市不會淹水嗎？所以，今天大家以保證不會積淹水的方式來思考，可能做不到。像今天暴雨應變來說，應該是可以適用各縣市，只是各縣市還必須將權責做適合的分配，都市暴雨到底要怎麼定義，可能仍要請執行單位來定義會更明確一點。如果是超過設計標準，那像剛剛舉的例並沒有超過設計標準，只是在短延時裡面致災，在長延時的部份，降雨超過回歸分析幾百年的情況那種應該不屬於暴雨，應該屬於豪大雨的部份，應該把這規範定位在短延時大的降雨量。（台大謝教授回應）

國家災害防救科技中心 葉森海助理研究員

都市暴雨防災作業規範，從規範來看還包括「救」的部份，名稱建議可以用都市暴雨防救災規範。

水利署水利防災中心 楊其錚副工程司

營建署規劃推動本規範，強化縣市政府於汛期的運作機制，補足颱風豪雨外的可能積淹水災情之處理流程，此執行方向值得肯定。惟從規範看起來，是一個縣市政府層級的規範，鄉鎮市公所就不包括在裡面，如何有效掌握各地區可能之災情，其作業方式應予考量；另外，關於人力的部份，汛期輪班的部份相當於三級開設，各縣市政府是否有足夠人力輪值，請予評估。

花蓮縣政府工務處下水道科 林祥煌技佐

針對防汛值日，這個部份可能不能在縣市政府下執行，消防局是較為可能的執行單位。另外，各縣市政府的工程人員幾乎都在外面，而且中央氣象局能夠知道豪大雨來臨，中央氣象局一通電話我們縣政府就會注意這件事情，不該是讓人員二十四小時留守，如果中央氣象局可以用電話通知就好了。

宜蘭縣政府工務處 游國裕技士

目的有提到運用小規模之組織，可是搶險隊的架構可能有些不是在排除

積淹水的部份，有一些學理的部份在裡面，組織架構已經超過排水之目的，是不是把他縮限在應變小組之下，層級不用這麼大，因為目的是淹水排除。

主席結論：

目前只是一個開始，並不是今天開會後這規範就定案，基本上仍然還算是在研發或研究的階段，今天初稿是先蒐集大家的意見，給予編規範的專家小組做參考，修訂後再給大家看有無問題需討論，今天不管是現場或回去之後有任何意見，歡迎大家反應，會把新的版本寄給大家。

都市暴雨致災應變操作程序(草案)座談會意見回覆

各縣市政府、中心單位意見表內容彙整如下：

經濟水利署水利防災中心 楊其錚 副工程司

	意見	回覆
1	條文災前整備部份:是否納入防汛演習(練)?抽水機動隊與防汛搶險隊之設施(備)或搶險器材是否納入檢查?防汛值日是否有足夠人力執行。	本規範中雖未明定防汛演習(練)的部份,但對於防汛設施定期檢查的部份,有規定應做定期人員訓練及實施演練,且亦納入裝備檢查工作。關於防汛值日的人力部份,條文部份尚未規定由水利單位負責,得由各縣市政府依人力及職掌,由水利單位或消防單位負責。以台北市為例,上班日並無防汛值日,防汛值日是於下班日及假日進行,所造成之負擔並非全日,可參考台北市政府工務局水利工程處防汛值日值勤規定事項和台北市政府工務局水利工程處防汛搶險作業規範。
2	條文災中應變部份:抽水機動隊與防汛搶險隊是否應有其作業程序?任務範圍是否訂定?疏散撤離為警察單位執行。	本規範之層級為適用於各縣市政府,規範之架構為建立各縣市政府適用之流程,細則部份仍待訂定或由地方政府訂定,所以並未訂定抽水機動隊及搶險隊之作業程序,原條文只有搶險隊之組織架構,目前條文修正搶險隊之組別使其更符合暴雨之需求,且新增搶險隊各組之任務職掌,希望提供執行之依據。抽水機動隊之作業任務,基本上為接獲水利單位通知時,動員抽水機組抽水,並無其他需要決策之事項。相關資料可參考台北市政府工務局水利工程處防汛值日值勤規定事項和台北市政府工務局水利工程處防汛搶險作業要點。
3	何種情況為二級警戒?單一雨量站達到某雨量或數個量站之水情?午後雷陣雨達成道路積水或下水道積水是屬二級或一級?	二級警戒值的意義為已達到需嚴密監控水情資訊的地步,但其距離致災仍有一段距離,一級警戒值的意義則為達到可能致災或已致災之狀況。由於各縣市不

	意見	回覆
		同區域的狀況皆不同，因此建議警戒值應由各縣市政府依各地區防災警戒之現況與需求來訂定之。
4	動態監視小組：一般應變組織是以一級開設、二級開設與三級開設，此動態監視小組是某層級開設，或是否層級開設下之一種作業編組？	條文中並無明定一、二、三級開設，但就組織而言，防汛值日、動態監視小組及搶險隊得類似一、二、三級開設來看待。
5	本規範倘係針對非颱風之淹水，則應有所區隔，否則只看條文名稱容易讓人誤會。	關於條文的名稱，因提送給營建署的計畫書中已明定，暫時無法做大幅度更改，將建議營建署對於條文名稱的部份再檢討調整。
6	抽水機動隊是否應有組織架構？	抽水機隊之目的為分配移動式抽水機數量與負責區域，在需要抽排水時，負責運用移動式抽水機或通知開口合約廠商抽水。故抽水機動隊為單一之組織，就抽水機動隊而言，並無層級上或不同任務編組之區分，所以無組織架構。若需要詳作業表準程序與細則，可參考台北市政府工務局水利工程處抽水機動隊標準作業程序和台北市政府工務局水利工程處抽水機動隊作業細則。
7	社會單位之工作，是否將災民臨時收容納入？	感謝楊副工程司之建議，社會單位之權責將納入收容部份。
8	本條文係屬縣市政府層級？或屬鄉鎮市公所層級？倘若為縣市政府層級，鄉鎮市公所應如何配合？	本條文屬於縣市政府層級，所以並未訂定關於鄉（鎮、市、區）公所之任務，目前條文在各項組織任務中亦加入反應時應考慮鄉（鎮、市、區）公所之事項，使縣市政府在使用時納入考慮。
9	如果災情持續擴大，應變作業如何接著提昇？其銜接方式為何？	在條文中救災支援部份，已納入當災情擴大時，應併入縣市政府災害應變中心或請求中央、地方支援部份。
10	各縣市已編組災情通報人員，災情查證人員是否已納入？	條文部份已新增搶險隊各組相關任務，在市區積水調查組中，包涵積水調查任務，即屬於災情查證部份。
11	縣市政府相關之水利單位通常只有下水道科，是否有人力及經費執行？	目前各縣市政府之組織亦有再造，許多縣市之水利單位亦升格為水利局（處），且條文中縣市政府得訂定相關權責單

	意見	回覆
		位，若為單一的一科時，各縣市政府得考慮由公務局（處）執行或與其他相關單位共同執行，以減輕單位人力與經費不足的問題。本研究亦會建請營建署注意人力與經費問題。
12	當下水道系統或道路淹水時，抽水機如何排水？即把水排到何處？若說淹水地點周邊通常已無其他排水功能？	關於移動式抽水機之實際作業技術部份，並不在本規範討論的範圍。

國家災害防救科技中心 葉森海 助理研究員

	意見	回覆
1	台北市目前有完備之下水道監測系統，且其水利設施亦完整，但其他縣市無此條件，建議是否分別設計操作流程。	本規範並未要求各縣市政府建立下水道監測系統，且各縣市政府所需監測之水情因地制宜，所以並未強制規定所需監測之事項，條文中建議為水情資訊部份得參考下水道水位。
2	水情資訊之整合系統，是否各縣市自行開發？其資料來源是否一致？其使用標準是否相同？建議應建立一套準則。	本規範並未規定水情資訊之整合系統應由誰開發，但因部份縣市已有自行開發之系統，且各縣市之監測設備不一，資料來源與標準很難一致，故應還是各縣市自行開發較為可行。至於準則之建立，會建請營建署於後續研究中擬定。
3	水情資訊之研判，建議各縣市應納入氣象專業人員，以提早研判雨量情況。 建議改名為「都市暴雨防救災作業規範」。	關於納入氣象人員部份，因考量各縣市政府在水情研判之需求不同，及納入氣象人員恐造成縣市政府在人力及經費上之負荷，所以保留條文中動態監視小組之成員，得由各縣市政府訂定之權力，但將在條文說明方面增加此部份，以供縣市政府參考。名稱部份則依建議，更改為「都市暴雨防救災作業規範」。

高雄市政府工務局 張世傑 科長

	意見	回覆
1	暴雨防災應變操作流程須由各縣市政府依地區屬性修改調整後較符合所需。	關於作業流程方面，目前分為三大部份：災前整備、災中應變、災後復原，所以張科長所提之流程部份應指流程下各單位

	意見	回覆
		組織之架構及權責。在條文總則部份，亦說明相關之組織得由各縣市依照其組織之任務職掌及功能予以編組，保留縣市政府調整之權力。
2	組織架構運用於各縣市內部之組織，理論上應為可行，惟須依各縣市內部組織架構作調整。	感謝寶貴意見，條文中是有保留各縣市修正其組織架構之空間。
3	應參考水災災害應變中心作業要點。	感謝張科長之建議，目前條文之訂定，已盡可能參閱各地方政府相關之災害應變中心作業要點與水災應變相關條文，本規範與各縣市地方政府已訂定相關規範或要點之不同點，為著重在水利單位下對於暴雨之運作，並包涵與其他局（處）之聯繫，與各縣市政府現存之相關規範或要點著重各局（處）權責不同，規範之目的為希望運用水情資訊系統、警戒值訂定、防汛值日、動態監視小組、搶險隊等組織及水情資訊，提供縣市政府下之水利單位對於暴雨之因應，且在顧及各地方政府人力和權責不同之考量，亦保留得由各縣市政府分配人力、權責之權力。
4	條文名稱建議改為「都市暴雨防救災作業規範」。	名稱部份依建議更改為「都市暴雨防救災作業規範」。

高雄縣政府水利處 蔡佑賢 工程員

	意見	回覆
1	抽水機動隊是否包含抽水機調派權責及執行能力。	抽水機動隊為分區配置之概念，具有抽水之執行能力，而調派支援之權責應由現場指揮官報請水利單位二級主管，由二級主管報請一級主管後獲得支援，相關資料可參考台北市政府工務局水利工程處抽水機動隊標準作業程序及台北市政府工務局水利工程處抽水機動隊作業細則。
2	防汛搶險隊規模及人數應為多大？成立時機及條件請明定。	搶險隊之規模，基本上應視縣市政府水利單位之規模與暴雨情況而給予編組，條文部份亦新增搶險隊之編組與任務，其他相關規定可參考台北市政府防汛搶險作業

	意見	回覆
		要點。
3	因本縣易淹水地區分佈度大，人員機具如果統一調派，恐怕無法及時支援，建議由鄉鎮市公所統籌調派為佳。	本規範係適用於各縣市政府，尚未強制及統一規定條文中組織之運作細則，詳細運作之方式或細則得由各縣市政府訂定，條文提部份，僅訂定各縣市政府得設立抽水機動隊，分配移動式抽水機之分佈及數量，所以抽水機動隊之部份，為希望各縣市考量易積淹水地區，分配移動式抽水機之數量及分佈，以符合其需求，故抽水機動隊亦可配置於於鄉（鄉、鎮、市）公所，並非僅在水利單位下。

高雄縣政府水利處 周鴻潔 技士

	意見	回覆
1	抽水機動隊因縣轄幅員較廣，暴雨發生應變往往因路程，使淹水時無法前往現場即時救災，建議由鄉鎮市調度較為合理。	本規範係適用於各縣市政府，尚未強制及統一規定條文中組織之運作細則，詳細運作之方式或細則得由各縣市政府訂定，條文提部份，僅訂定各縣市政府得設立抽水機動隊，分配移動式抽水機之分佈及數量，所以抽水機動隊之部份，為希望各縣市考量易積淹水地區，分配移動式抽水機之數量及分佈，以符合其需求，故抽水機動隊亦可配置於於鄉（鄉、鎮、市）公所，並非僅在水利單位下。
2	除直轄市外，本縣人員除輪值災害應變中心再分出值日人員、抽水機動隊、防汛搶險隊，人員恐有不足情形。	可考慮將防汛值日部份由消防單位執行，搶險隊為運用原本水利單位之救災資源在搶險時予以編組，並非增加新組織，所以應無增加人員之需求。條文已新增說明，防汛值日得由消防單位執行。
3	建議整合水利署消防署相關救災系統，以利地方綜合執行水災整備。	感謝建議，將建請營建署於後續研究中來進行。

	意見	回覆
1	權責是否於災害防救中心重疊？	本規範之目的為補足災害應變中心於非颱風時應變之不足，或災害應變中心尚未成立時所需執行之應變，一旦災害應變中心成立，則水利單位下之搶險隊得納入縣市政府災害應變中心，應可解決重疊問題。
2	建議流程是否先於易成災區試辦成效。	感謝建議，將建請營建署試辦。
3	組織架構應因地制宜為妥，非一體適用。	條文中已規定各縣市政府得依其組織之任務職掌及功能予以編組，亦即可以依各縣市政府之需求予以修正。
4	還需要人員疏散機制準則。	人員疏散機制準則目前不在本規範討論之範圍，但目前水利署已有頒訂相關疏散計畫，相關資料亦可參考台北市洪水災害預警及緊急通報疏散作業。
5	防汛值日是否依中央氣象局預估雨量訂定輪值標準，而非常態性輪值。	條文中並未強制要求常態性值班，且關於值班之人力依縣市政府之人力可定由水利單位或消防單位負責。以台北市為例，防汛值日在上班日並無人輪值，是於下班及假日輪值，可參考台北市政府工務局水利工程處防汛值日值勤規定事項、台北市政府工務局水利工程處防汛搶險作業要點。
6	暴雨成災之地區集中於下游與地勢低窪處，救災人力資源是否集中於易成災地區為妥。	暴雨成災之地區集中於下游與地勢低窪處，縣市政府得依該地區情況分配抽水機動隊之數量及位置於易積淹水地區，以符合搶險需求。
7	易成災地區是否以人員疏散機制為重，排水改善為輔，若地形地勢為成災主因，是否另行訂定法規，禁止開發或宣導說明使民眾了解。	本規範中有相關疏散部份，排水與疏散之衡量，需由各縣市政府依真實情況斟酌執行。
8	程序與辦法是否簡化，利用現有機制辦理改善。	目前在條文部份，將搶險隊之組織架構作一縮減，使其組織各符合暴雨之需，且搶險隊基本上亦為水利單位因應風災應變所作之簡化而來，本規範之立意為盡量利用現有機制，補足其不足之處，且保留縣

	意見	回覆
		市政府調整條文種所提及各項編組之權力。

新竹市政府工務局 宋瓊豪 先生

	意見	回覆
1	本草案既稱都市暴雨，其暴雨定義為何？原建置之下水道系統容量比較分析？暴雨災中應變的撤離機制及權責為何？	因暴雨之定義以傳統之觀念難以區分，本規範基本上以機制區分，以機制而言，本規範之用意為因應非風災所造成之降水。且在規範中亦提到「係針對都市計畫區遭逢暴雨時，降雨逕流超過雨水下水道排水容量，以縣市政府之水利單位針對非風災警報期間暴雨所造成之淹水為基礎做出應變」。在本規範定義之暴雨災中，其應變的撤離機制及權責由各縣市政府訂定之。
2	防汛值日 5 月 1 日至 11 月 30 日全天候輪值，其經費和人力是否統一由中央專款，依各縣市狀況補助較妥適。	本規範並未要求全天候輪值，防汛值日在上班日並不需人輪值，主要是於下班及假日期間有暴雨警戒需求時，因此所需經費和人力應有限。至於是否統一由中央專款，依各縣市狀況補助，將建請營建署進行評估。

台中縣政府下水道科 李宛叡 技士

	意見	回覆
1	建議中央統一制訂本規範相關施行細則，地方政府一般基於人力及專業度仍不及中央政府，另可提供各縣市相關參考細則範本始得有所依循。	關於細則部份，因各縣市政府之組織架構、人力、水文、地文條件及所遭遇之問題不同，故還是建議由各縣市政府自行訂定為佳。目前台北市已訂有相關條文可供參考（如：台北市政府工務局水利工程處防汛值日值勤規定事項、台北市政府工務局水利工程處防汛搶險作業要點、台北市政府工務局水利工程處抽水機動隊標準作業程序、台北市政府工務局水利工程處抽水機動隊作業細則等）。
2	災情通報及疏散需由各縣市政	關於警戒值部份，因各地之水文、地文條

	意見	回覆
	府視其積(淹)水情形無法排除時，通知消防單位救災，惟相關警戒值或積(淹)水深度尚無明確規範，建議得以提供數值範圍供各縣市有所依循，或另以較有彈性之敘述方式或法則提供參考。	件不同，實際易淹水地區也不同，所以警戒值仍建議由縣市政府訂定。各縣市政府可參考以往易積淹水地區之紀錄而訂定之。台北市政府已訂有該市之警戒值，其訂定過程及方法可參供考(請參見台北市政府工務局水利工程處防汛值日值勤規定事項、台北市政府工務局水利工程處防汛搶險作業要點)。

彰化縣政府水利資源處 李東興 技士

	意見	回覆
1	本縣雨水下水道規劃系統，於二、三十年前編製，現在已不合時宜，對於設計斷面，請考量人員或小型機具進入清淤疏濬，俾利維護管理。	本歸案對於防汛設施定期檢查部份有規定下水道於汛期前清淤及檢查。將建請營建署檢討雨水下水道斷面設計之相關規範。
2	目前各縣市政府及公路局進行轄區道路人手孔下地及減量設計，對於雨水下水道清淤工作造成影響，是否有配套措施。	感謝建議，將建請營建署注意此問題，並研擬配套措施。

宜蘭縣政府工務局 游國裕 技士

	意見	回覆
1	所擬暴雨防災應變操作流程比颱風侵襲時成立之災害應變中心規模還大，對本案運用小規模之組織對於淹水做出應變，以達迅速排水之目的，有相違之處，建請針對暴雨，如發生小區域淹水情形，所需應變操作流程研擬。	本規範之精神為依情況分層級設立，雖動用之人力亦由小而大，但並非颱風時期災害應變中心之規模。且條文中亦留有各縣市自行界定規模之彈性空間。我們已在條文中更清楚地說明以上精神。
2	都市暴雨所造成淹水情形，大部分屬於小區域街廓或村里，而且各鄉鎮市公所依災害防救法相關規定，依災害潛勢特性訂有各鄉鎮市「地區防救計畫」，針對都市暴雨防災應變本應納入該計畫中辦理，是請考量組織架構上，應	各鄉鎮市有地區防救計畫，與本規範所針對之各縣市政府部份，並無衝突之處。條文已新增讓各縣市政府可納入鄉(鎮、市、區)公所之彈性空間。

	意見	回覆
	將鄉鎮市公所納入，並考量其主導位階。	
3	內政部營建署為都市暴雨應變主管機關，其委託貴單位就相關資訊研擬「都市暴雨防災作業規範」，其內文中如涉及名詞解釋、數值資料等部分，承辦單位本應訂定統一參考值，雖然不一定適用各縣市地區，但其有參考性，不應該以各縣市標準不一將問題又丟給縣市政府，是請本案如須訂定統一標準或準則，仍請訂定。	有關警戒值之訂定，就其數值之意義已有統一之精神與說明，但因各縣市地區情況差異頗大，統一參考值實難訂定，且易產生誤導，因此建議各縣市可參考以往易積淹水地區之紀錄而訂定。目前台北市已訂有市內各區域之警戒值，因此若需參考資料，可參閱台北市政府工務局水利工程處防汛值日值勤規定事項，及台北市政府工務局水利工程處防汛搶險作業要點。
4	目前操作流程作業比颱風災害應變組織還大，建請回歸處理「都市暴雨防災應變」上思考，並將鄉鎮市公所應擔負的角色一併考量，以符合本案旨在運用小規模之組織對於淹水做出應變，以達迅速排水之目的。	如前已述，本規範之操作作業流程並未比颱風災害應變組織還大，且條文已新增可納入鄉（鎮、市、區）公所之彈性空間。
5	請將「都市暴雨」的定義納入名詞解釋中辦理，並比照交通部中央氣象局對「大雨」及「豪雨」定義方式辦理，防汛值日與暴雨值日是否區隔規定？因為防汛期過後，都市仍有可能發生暴雨，內文中諸多程序好像比照防汛災害應變措施，好像忘了本案係針對都市暴雨防災應變，所有的作業應該針對暴雨，不應該又把防汛災害應變那一塊又搬過來，那重疊之處很多，組織架構也小不起來。本規範啟動時點、機制、建請規劃單位應予規定，以利本規範進行。另鄉鎮市公所於處理「地區防救計畫」有其重要性角色，建請本案日後相關會議，能請各鄉鎮市公所一併參加討論。	因暴雨之定義以傳統之觀念難以區分，實際上當一場降雨發生，是大雨或豪雨是事後才知道，且易積淹水地區之淹水成因與該地之特性有關，所以應該因地制宜。就大雨、豪雨定義仍有其涵蓋不足之部份，所以，本規範乃以因應非風災所造成之暴量降水為目的。因此在規範中說明「係針對都市計畫區遭逢暴雨時，降雨逕流超過雨水下水道排水容量，以縣市政府之水利單位針對非風災警報期間暴雨所造成之積淹水為基礎做出應變」。防汛期過後，仍有可能發生暴雨，條文部份將對於防汛值日之值班，不限於防汛期，得配合中央氣象局之氣象預報成立防汛值日。條文部份，亦已修改搶險隊之組織及職掌，以更符合本規範之精神；亦新增讓縣市政府可納入鄉（鎮、市、區）公所於應變作業中之彈性空間。

附錄 十二、「雨水下水道暴雨管理技術研發」專家座談會 紀錄

時間:98 年 4 月 29 日下午 2:30~5:00

地點:台灣大學土木系 2 樓會議室(203 室)

參加人員:

營建署:吳科長冰、趙編審啟宏、林工程司昆賢

地方政府:台北市政府水利處工程河川工程張科長凱堯、台北縣政府水利局下水道工程黃技正茂松

業界:台灣世曦工程股份有限公司張經理仁德

學界:台灣海洋大學河海工程系李教授光敦、台灣大學土木系李教授天浩

研究團隊:台灣大學土木系謝教授尚賢

主持人:謝尚賢教授、李天浩教授

紀錄:朱哲均

發言摘要:

謝尚賢 教授

報告說明本專家座談會的緣起與目的(包括本研究案過去幾年之成果及今年的工作重點),及座談討論之重點。

李天浩 教授

1. 搜尋是否有國外相關規範、經濟部內水外水相關規範以供參考,規範內容的架構,本人提出些看法以供參考(詳附件)。
2. 台大綜合災害研究中心有做許多相關防災議題的研究,賴進松博士在這方面有許多防災的相關經驗,在防災操作程序這部份考慮請賴博士協助。另外經濟部水利署水利防災中心范敏彥工程師有提供水利署已有水旱災防災應變程序,是否能以此作為一個基準,轉移成為符合都市內水防災的需求。
3. 台大綜合災害中心近幾年有幫台北市政府、台北縣政府、宜蘭縣政府審查

市級、縣級的防災作業程序是否符合災害防護法裡要求的精神，而綜災中心裡的陳明仁博士今年到明年預計將台北市做到區級，台北縣預計做到市、鎮級，所以這方面應該會有足夠的人力去釐清中央該做什麼，主管機關該負責什麼。

4. 應變機制是建立在資料、模擬與預報等相關資料，所以是需要先考慮現在技術能支援的程度，再考慮規範所需擬定的架構。
5. 假設考慮外水入侵的部份，規模會很大，很多相關事項需要更長時間的思考。今年如果能做出些成果，建議內水的部份是可以先弄清楚，將來可能再與水利署『水旱災防災機制』相互配合。
6. 建議可以在本文討論外水入侵以及水文分析基礎規範。至於『暴雨防災操作程序規範(草案)』、『雨水下水道，抽水站規劃設計、檢討、操作合理性等』可以當作附件，這樣課題比較能夠區分。
7. 以卡翠那颱風，納利颱風的事後檢討報告來當做外水入侵的案例，去彙整有哪些原則與問題，將來可以列出來作為銜接水利署應變工作的思考。

張凱堯 科長

1. 應變操作程序主要是運用在中央或是縣市政府?因直轄市、縣市政府的單位體系都不一樣，如果操作應變程序需要明列各單位的分工，這樣會因此很複雜。所以應先確定應變操作程序是針對城市的部份去擬定，還是通盤的去檢討。
2. 應變操作程序的啟動點是建構在模擬的結果上還是建立在是監測上?如果是模擬的部分，在台北市就比較適用在保全計畫，屬於比較靜態的例如:長期規劃、疏散、機具部設等；在應變的部份就比較屬於是雨量監測，水位監測，河川水位監測，這些是需要做一些區隔。
3. 應變操作程序上有滿多檢核表，也有很多作業程序要寫，建議等有架構出來之後，再來配合需要什麼檢核表會比較好。水利設施方面，颱風前、防汛期，定期性、非定期性的檢查，都是可以探討的。水利署在防洪設施檢查是比較完整，但在市區下水道的部份是比較草創，所以我認為這是一個很好的開端，有許多方面的檢查，是否可以一起考慮進來，例如:水利設施的運作機制、調配，縣市政府都會有需要這方面的操作機制，建議可以以提供一個整體架構的方式去考慮。

4. 除了上述第 1、2、3 點外，應變操作程序也可以用另一個思維去考慮。
例如:不要管操作程序，利用其他方式，以降雨，或其他監測，去判斷抽水機應如何操作、防災人員該如何應變等等的方式，另一種不談大型架構方式去考慮，提供參考。
5. 建議現階段不要擴張的太大，因為外水進來牽涉到不單純只是城市的問題。但是這案子裡應該就有考慮外水的部份，像是水位高漲是靠抽水站抽水的部份就是考慮到外水的影響，本人認為這案子做這樣的探討就足夠了。這案子如果先專注在下水道業務的部份先做處理，等效果彰顯出來之後再與水利署做連結會有比較好的效果。
6. 建議可以參考水利署所做相關議題的研究之後，再與本案的目標方向去連接。

吳冰科長

1. 如果不考慮外水的部份，這部份是需要討論考慮的。
2. 以都市排水的情況考慮問題，其他問題(溢堤，外水入侵等)，可另外做一些連結探討的方式。
3. 參考國內現行相關規範，經由本計畫進行實際操作，將資訊回饋到都市下水道、抽水站相關規範研提建議。

趙啟宏 編審

1. 這案子雖然為科技計畫，但研究的結果希望能與實務面結合。
2. 水利署已有相關防災應變程序，但營建署主要是針對縣市政府為主，本案的防災操作程序將是以中央的角度來看，還是未來以縣市政府角度來看，不太一樣，這需要釐清。
3. 擬訂一套應變操作程序的基礎來遵循的立意很好，如操作程序未來是以中央角度來擬定，是否也能將此轉換為地方縣市政府也能使用。

林昆賢 工程司

1. 水利署有本案相關的議題，不過是比較偏向外水的部份。原則上以規劃的程序來說，需要先確定水文模式，不同水文模式會有不同的特性，例如:山區逕流、感潮段等等，所以是否應該先確定水文模式再去分析，再作防災應變程序的考量。
2. 本案前置的依據是否應以不同水文模式來做，例如針對南北不同水文模式

來做，可能會比較聚焦對於抽水站，防災等問題。

3. 探討內水的部份的時候，外水是屬於邊界條件，所以不探討外水的問題並不是設定在外水並沒有任何問題。外水部份的探討，可能還是要探討到邊界條件的問題方面，例如感潮段的抽水站，外水在什麼樣的條件下需要怎樣的操作。在內外水接軌的這部份，是否要考慮外水在什麼樣的狀況下，去改變操作程序。

張仁德 經理

1. 內水的機制現在很少人討論。現在的淹水，以台北市來說主要以雨水下水道為主，台北市以外多為區域性淹水，但多為外水進入所造成。如果要擬定操作程序規範，是否要針對雨水下水道本身防護應變機制與外水做些區隔，再相互連接。
2. 如需要長遠考慮而加入外水入侵的影響，那可能就是水利署的範疇，所以尺度上的拿捏要考慮。內水外水系統兩個一起考慮很複雜，所以先考慮需要專注再哪一部份會比較好思量，否則範圍會太大。
3. 除了上述第2點的尺度拿捏外，基於權責分擔的問題，內水部份的權責單位為營建署，外水部份的權責為水利署，建議能以分區管理再相互連結的方式考慮。如果範圍要擴大的話，那可能會達到國家層級的大範圍，這部份是需要考慮清楚。
4. 在防災機制使用單位的對象上，例如：縣市政府下水道的主管機關，這些防災機制在各單位使用於主管業務的範疇上是否合宜，是需要考慮的。
5. 防災操作應變從開始到啟動的機制，不管是內水外水都有存在的必要，如何合宜的訂定內水的啟動機制是重要的，提供參考。
6. 下水道設施標準是否需要重新訂定、或是政府在政策上有一個宣示，在這計畫中是否可以一並納入考慮。

黃茂松 技正

1. 塔寮坑溪與中港大排的案例太過複雜，如果用這些抽水站的案例去套用到一般抽水站的案例，是不是會比較不妥當。可以建議找一些比較簡單的案例去探討抽水站的問題，例如三蘆地區比較易受淡水河的感潮，或是抽水站容量有達到設施標準，像這樣類型的抽水站，是不是比較符合這計畫的目標。以案例探討的方式來討論抽水站，找一些比較典型的案例探討，可用性會比較高。
2. 十河局有做一些相關的研究，有一些報告有提到相關議題的狀況，可以收集資料來參考。
3. 在檢討規劃設計時，所回應的主軸為下水道設施標準，所以對於這部份是否要有些著墨。這部份是不是可以做些建議或是有些闕漏的部份可以補強，讓之後有需要相關資料的單位可以有些依循。

李光敦 教授

1. 在美國佛羅里達地區應該會有這計畫所需要的相關規範，參考相關規範在考慮台灣現在的情況，才能比較有效的確定出明確的目標。
2. 建議需要先考慮現在降雨預報的技術層級，再去考慮如何規劃規範，這樣草擬出來的規範比較不會被質疑。
3. 如果抽水站用模擬的方式去討論，就本案可用的時間來說難度較高，是否可以書面的方式討論可行性比較高。
4. 應變操作程序可以先不用考慮未來將要執行的單位，可以先從系統的角度去思考，例如從下水道+水門+抽水站方向來考量。之後這系統是需要由縣市政府、鄉鎮或中央來執行，可以等有系統之後在討論。如一開始還要一並考慮不同層級的執行單位，這可能有困難。
5. 如需考慮外水入侵的部份，或許可以用簡單的方式考量，以淹水的程度去討論，例如：集水區淹水 10%時的應變機制，50%時的應變機制去討論。

結論摘要：

1. 搜尋國外相關規範與案例，整理國外相關規範與案例中的原則與精神，研究是否能將國外規範轉移為適用於台灣地理特性之規範(草案)。
2. 利用國內其他單位已完成之類似或相關研究，以接續、補強的方式去延伸討論出本案所需擬定的項目。

3. 應變操作程序擬定的方式可為下述模式:
 - 根據監測資料、歷史資料、考慮內水外水相互影響的程度以及範圍、規範使用單位與層級去檢討及研擬操作程序的步驟與架構。
 - 利用案例檢討的方式去研擬須如何改善現有的規範，並提出建議。
4. 在外水的部份，不需要考慮太複雜的問題，例如:外水入侵等或假設性的問題，例如:溢堤等。主要還是以都市內水為主。
5. 抽水站案例的選擇上，塔寮坑溪與中港大排的情況太過複雜，屬於較特別的案例，選擇典型的例子討論較佳，也較能套用到一般性的抽水站，例如:三蘆地區。
6. 抽水站的應變操作程序，如以模擬的方式討論擬定，就本案可用時間來說可行性不高，以案例探討、書面討論的方式較能彰顯效果。

『雨水下水道暴雨管理技術研發』專家座談會之建議

李天浩教授

◎ 會議主旨

- 一、 邀請國內都市淹水、防災相關領域之專家學者、機關負責同仁，以台北縣市為例，探討不同淹水情境對都市防災應變操作程序之影響，提出技術規範相關建議。
- 二、 彙整政府對都市暴雨防災工作之平時整備與災害應變措施，檢討相關規範，對於災害發生時之通報程序、各單位所需之相關資訊，建立標準化、表格化之通報方式，使能迅速傳達減災應變操作人員，提高防災效率。
- 三、 預期產出：
 1. 都市暴雨模擬分析系統相關技術規範（草案）
 - 都市暴雨防災應變操作程序（及其相關技術）規範(草案)
 - 都市暴雨模擬分析系統技術手冊（非本座談會討論內容）
 2. 選擇台北縣市雨水下水道系統、抽水站和水門案例，檢討規劃、設計或操作合理性之技術報告
 - 考量不同淹水型態對系統排水的影響，例如集水區含高地排水、感潮段、水利設施失效等，挑選案例檢討分析；
 - 從防災角度檢視分析颱風時期水門、抽水站作業方式的合理性，例如水情監測、閘門操作、啟抽水位、操作曲線和積淹水預警等，針對抽水站系統失效實際案例之原因，提出可能改善之建議方案。

◎ 會議時間

原則每月召開一次工作小組會議。首次會議訂於 4/29 星期三，下午 2 點 30 分，台大土木系 203 會議室。

◎ 4/29 會議議程

一、計畫工作和座談會達成目標說明（謝尚賢教授）

二、討論事項：（謝尚賢教授與李天浩教授）

1. 都市暴雨防災應變操作程序（及其相關技術）規範(草案)內容

- 汛期前防災準備檢核表
- 地下空間積淹水防災檢查表
- 颱洪事件前防災準備檢核表
- （都市親水環境之）水位監測、預報和警報系統
- 都市積淹水警報發布程序
- 積淹水期間地下空間災前、災中、災後作業程序
- 淹水災情通報和調查機制
- 災中應變操作動員程序和檢查表
- 災後復原檢查表
- 請求支援選項表
- 災情通報和追蹤機制

2. 雨水下水道系統、抽水站和水門案例，規劃、設計或操作合理性檢討

- 台北市基隆路—玉成抽水站系統
- 臺北市文山區興隆排水系統
- 臺北縣新莊塔寮坑溪系統
- 臺北縣新莊中港大排系統

附錄 十三、都市暴雨致災應變作業程序（草案）

條文	說明
第一章：總則 一、目的： 暴雨之發生較急促且難以事先預測，為保障民眾生命、財產安全，確保在暴雨致災發生前及災害發生時，能夠緊急應變提早做好準備、及早因應。平時在暴雨發生前預先準備且持續觀測，災害發生時各單位發揮其救災功能、降低災害損失，災害發生後應檢討並改善以因應下次暴雨的來臨。 本操作程序組織架構係針對都市計畫區遭逢暴雨時，降雨逕流超過雨水下水道排水容量，以縣市政府之水利單位針對非風災警報期間暴雨所造成之淹水為基礎做出應變，旨在對於不同災情狀況運用相對應之組織架構運作，以達運用較小規模之人力組織應變都市暴雨致災之目的。 二、名詞解釋： 1. 水情資訊：水情資訊指雨量、河川水位、下水道水位、抽水站操作、中央氣象局預報等，可協助防災應變決策支援之資訊。 2. 一級警戒值：水情達該縣市可能致災之標準，由各縣市政府訂定之。 3. 二級警戒值：水情需加強警戒時，由各縣市政府訂定之。 三、單位權責：本操作程序中之應變值日、動態監視及研析小組、抽水機動隊、搶險隊等編組，得由各縣市依照其組織之任務職掌及功能予以編組。 四、操作程序：都市暴雨致災操作程序分為災前整備、災中應變、災後復原，流程圖請參考附件圖 1。	總則： 總則部份說明條文相關之通則。 目的： 本操作程序之目的不考慮風災、外水致災之應變程序，為補足都市計畫區因暴雨致災之應變。 名詞解釋： 定義條文所需之專有名詞。 一級警戒值： 即水情達到預先設定之門檻值時，對於該縣市可能致災，可以參考以往之致災紀錄訂定，並需預留反應之空間。由於各地水文、地文條件及排水系統保護強度不同，得由各縣市政府依照以往積淹水地區之紀錄及排水之設計標準，並依地區易積淹水之歷史條件訂定相關之警戒值。如：當某地雨量達多少時則該地易發生淹水，依此而訂定。 二級警戒值： 即水文在某條件時，有可能繼續升高，而加強警戒者，亦得由各縣市政府訂定之。 單位權責： 因各縣市政府之組織架構不一，且對於暴雨所造成之災害處理權責亦不一，據此條文中之各項組織，由各縣市政府依各單位人力、屬性予以分配職掌，並可依其對災害因應所需之規模大小而予以調整。

條文	說明
第二章：災前整備 一、主要劃分為：防災教育宣導、應變通訊系統整備、排水設施定期檢查、水情資訊系統建置、應變值日、動態監視及研析小組。 二、防災教育宣導：各縣市政府應於平常落實防災宣導，利用媒體、文宣、學校教育訓練或明訂各地方鄰里長需做好防災宣導；利用社區大樓、商辦大樓平日張貼防災注意與準備事項。 三、應變通訊系統整備：各縣市政府及鄉（鎮、市、區）公所平日應定期清點各項有線、無線、衛星通訊器材，並定期測試確保其功能。 四、排水設施定期檢查：下水道於汛期前派人清淤及檢查、抽水站定期試車、災害搶救設備整備、人員訓練及定期實施演練。 五、水情資訊系統建置：各縣市政府將可協助防災應變決策支援之水情資訊整合至一系統內，以供水情資訊之監測。 應變值日：各縣市政府之水利單位或水災權責單位，得於每年5月1日至11月30日（簡稱汛期）派員排班輪值，或由縣市政府依據氣象資訊及氣象預報成立應變值日，其工作內容負責水情監視及狀況通報等工作；於汛期外，各縣政府得訂定配合中央氣象局之預報，成立應變值日。當水情資訊達二級警戒值之時，應變值日人員通報水利單位之二級主管，由二級主管視情況報請一級主管成立動態監視及研析小組。當水情資訊達一級警戒值時，應變值日人員通報水利單位之二級主管，由二級主管視情況報請一級主管成立搶險隊。當成立動態監視及研析小組或搶險隊之後，應變值日人員即可卸下其職務。	災前整備： 平日執行相關災前整備，利於災害發生時因應。 防災教育宣導： 透過教育宣導，使民眾平日對於暴雨致災之因應做好準備。 應變通訊系統整備： 平日確保通訊系統之正常，以便防救災應變通聯之需。 排水設施定期檢查： 定期檢查相關排水設施，確保排水功能正常。 水情資訊系統建置： 透過建置水情資訊系統，以方便觀察、紀錄水情資訊，可供水情研析。 應變值日： 各縣市政府之編組及人力不同，應變值日之值勤工作應由各縣市政府率定，可由水利單位或消防單位執行；對於人力不足之縣市政府，應變值日執行之方式，得依據氣象資訊及氣象預報成立應變值日。汛期外，各縣市政府得依據中央氣象局之豪雨、豪大雨預報，成立應變值日。

條文	說明
六、動態監視及研析小組：動態監視及研析小組成員，由相關權責單位派員組成隨時監控水情資訊。當水情資訊達一級警戒值時，由動態監視及研析小組報請二級主管，由二級主管視情況報請一級主管成立搶險隊。當成立搶險隊之後，動態監視及研析小組即合併至搶險隊下運作。	動態監視及研析小組： 由相關單位派員組成，隨時監控相關之水情資訊，以利研判。如：河川工程類科(或相關單位)派員監視河川水位、下水道工程科(或相關單位)派員監視雨量與下水道水位、工務科(或相關單位)派員確認外租機具及可調度搶險機具事宜等。除上述之相關各科外，各縣市政府亦得將氣象專業人員納入動態監視及研析小組，以提早研判雨量情況。
第三章：災中應變 一、主要劃分為：抽水機動隊、搶險隊、災情監控、災害搶救、災情通報及疏散、救災支援。 二、抽水機動隊：各縣市政府得設立抽水機動隊，分配移動式抽水機之分佈及數量，以利災害來臨時應變，其動員時機可由應變值日或動態監視及研析小組呈報二級主管，二級主管呈報一級主管後待命或配合搶險隊待命之。各鄉（鎮、市、區）公所之災害應變中心得請求縣市政府之水利單位派遣抽水機動隊協助清除積淹水。 三、搶險隊：搶險隊成立於各縣市政府之水利單位下，其主要任務為配合縣（市）級災害應變中心成立進行排水設施搶救，或縣（市）級災害應變中心尚未成立時先行成立以達搶救排水設施及災害排除之目的。搶險隊之建議組織架構請參考附件圖 2，應變值日、動態監視及研析小組、抽水機動隊、搶險隊之建議成立流程圖請參考附件圖 3。搶險隊各組之建議任務職掌請參考附件表 1。	災中應變： 於災害發生時之救災應變，提昇作業速度，避免災害擴大。 抽水機動隊： 依以往致災發生狀況規劃配置移動式抽水機數量與地點，以便於積淹水地區進行排抽水調度。 搶險隊： 暴雨致災之規模通常較小時間亦較短，成立搶險隊之目的為災害規模較大時運用整體水利單位之力量，來排除積淹水。搶險隊由因應颱風及市級應變中心時所成立之搶險隊而來，經調整其內容及負責項目，使其較符合因應暴雨致災應變。

條文	說明
四、災情監控：在動態監視及研析小組成立時，應彙整水情資訊，其中消防、警察單位接獲民眾報案之水情資訊應傳遞至動態監視及研析小組，動態監視及研析小組亦應提供水情資予消防、警察單位之必要，以供其必要時出勤，且將重要水情資訊傳遞至鄉（鎮、市、區）公所，使其提早準備；在搶險隊成立時亦同，相關權責單位請參考附件表 2。	災情監控： 水利單位下之組織應將重要水情資訊傳遞置消防單位、警察單位及鄉（鎮、市、區）公所，以供其出勤或應變之參考。
五、災害搶救：在動態監視及研析小組成立時，若有災害發生時通知消防單位救災及警察單位交通管制，並通知抽水機動隊出勤，若有較大之災害，交通單位應配合各項機具之調度；或在災害發生前要求抽水機動隊待命，並配合鄉（鎮、市、區）公所之請求給予協助；在搶險隊成立時亦同，相關權責單位請參考附件表 3。	災害搶救： 災害發生時消防單位進行救災、警察單位進行交管、水利單位搶救水利設施並配合鄉（鎮、市、區）公所之請求協助積淹水排除。
五、災情通報及疏散：如排水設施超出排洪量等情況發生，導致積淹水情形無法排除而災害擴大時，水利單位下之組織（搶險隊或動態監視及研析小組），呈報一級主管，由一級主管決定後，轉知該地區責任里幹事或負責人員，透過廣播傳達訊息，預先通知將可能淹水之區域警戒或撤離，以降低損失。	災情通報及疏散： 當災情擴大時，將訊息傳遞至地方，通知地方撤離或加強警戒。
六、救災支援：如無法控制災情的擴大，視情況請求中央或軍方支援。另外當災害發生時，其條件已達到重大災害開設時機，直接轉移至縣市政府之災害應變中心。	救災支援： 當災情持續擴大，評估自有救災能量可能無法因應時，縣市政府災害應變中心處理或請求中央、軍方之支援。

條文	說明
第四章：災後復原 一、主要劃分為：相關排水設施檢查及環境復原、災害調查及補償統計、致災原因檢討。 二、相關排水設施檢查及環境復原：災害結束後，在硬體方面，對於災區應檢查相關的工程設施是否有因此受損，並評估需維修改善事項。除了硬體方面，並對於環境做清潔及消毒的動作。相關權責單位請參考附件表 4。 三、災害調查及補償統計：災害發生之後，社會單位需對於受災居民在生活上實施救濟或收容，民政單位需統計受災戶之受災狀況，並呈報主計單位以供相關之財務調度，相關權責單位請參考附件表 5。 四、致災原因檢討：統計都市暴雨相關資料，討論積淹水地區之致災原因並檢討、排水系統的維護與設計或規劃是否合宜，進行排水設施改善，補強或增加因地區特性不同的設計規範，並檢討相關之應變程序，以供下次災害發生時之應變。相關權責單位請參考附件表 6。	災後復原： 災害發生後，加強環境及設施復原、對受災戶進行補償，並檢討致災原因。 相關排水設施檢查及環境復原： 對水利設施之硬體檢查，並對於環境做清潔復原動作。 災害調查及補償統計： 對於受災戶進行補償。 致災原因檢討： 對於硬體、設計規範、應變程序進行檢討，以利下次災害發生時之因應，減少損失。

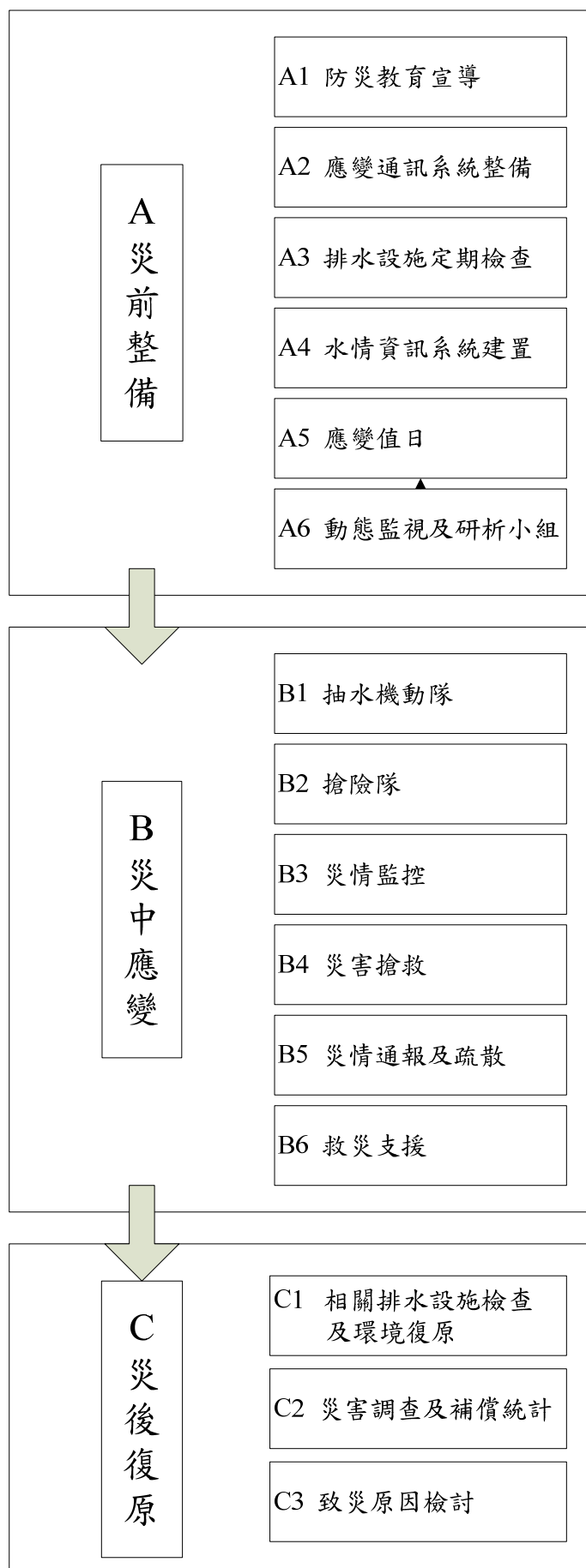


圖 1 都市暴雨致災應變操作程序

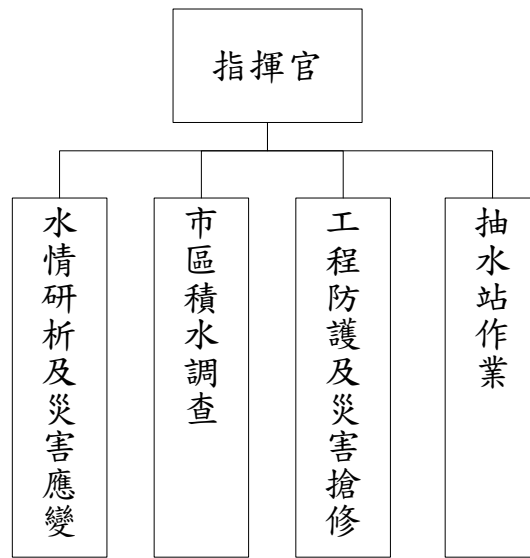


圖 2 搶險隊建議架構圖

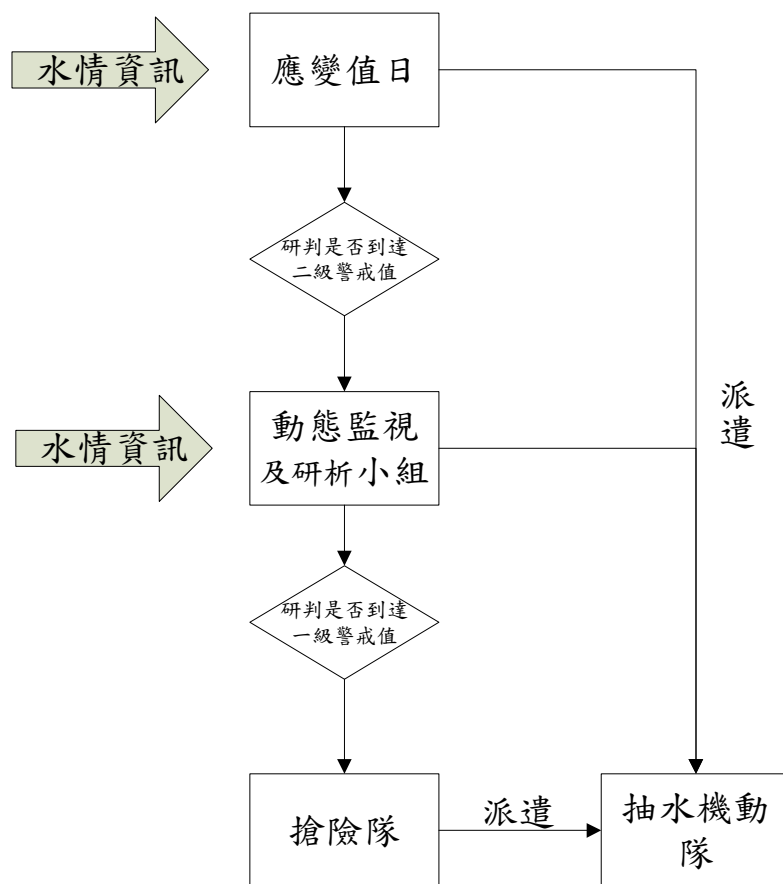


圖 3 應變值日、動態監視及研析小組、抽水機動隊、搶險隊建議成立流程圖（圖更換）

表 1 搶險隊各組之建議相關任務

職務/組別	任 務
指揮官	綜理搶險隊相關事務。
水情研析及 災害應變組	一、蒐集易淹水地區及雨水下水道設施應行注意地點資料，列為監視重點。 二、監視雨量、水位狀況，若達警戒值，適時提供資訊供決策。 三、監視各抽水站、水位站及雨量站資料蒐集。 四、接聽電話，於接獲災情時，填報災情紀錄，送權責單位派員處理。 五、提供監視資料供報告撰寫。
市區積水調查組	一、督導調派調查小組成員進行市區積水地點調查任務，並分析積水成因及改善對策適時陳報。 二、接獲市民查報災害傳遞系統通報，積水地點的調查工作，並適時反應回報指揮中心。 三、聯繫里長、登錄災情。
工程防護及 災害搶修組	一、聯繫外租機械開口合約廠商搶險作業，並確認機具就定位時間。 二、通知外租機械督導單位至外租機械待命地點查證，並拍照存證。 三、指揮官下達機具撤離時，通知外租機械機具撤離，並通知外租機械督導單位解散。 四、排水設施硬體搶修。 五、協助排除積淹水地區。
抽水站作業	一、抽水及閘門操作作業。 二、抽水機組搶修。

表 2 災情監控之權責單位與其相關任務

權責單位	任 務
鄉（鎮、市、區） 公所	一、督導鄉（鎮、市、區）公所勘查統計民間資料。 二、辦理鄉（鎮、市、區）級災害應變中心請求支援事項。
消防單位	一、災害防救會報之召開及決議之執行事項。 二、災情傳遞彙整及災情指示等聯絡事項。 三、災情統計事項。 四、通報各有關單位內部成立緊急應變小組事項。 五、民眾電話傳真報案事項。
警察單位	一、災情查報事項。 二、民眾電話報案事項。
水利單位	水位觀察及查報事項。

表 3 災害搶救之權責單位與其相關任務

權責單位	任 務
水利單位	一、下水道、抽水站、水門及其他有關排水設施之管理操作事項。 二、排水設施之結構損壞修復，其他公共設施之搶修、搶險事項。 三、低窪地區積水之抽洩及疏導事項。 四、工程災害搶救、搶險事項及協調聯繫事項。 五、災害搶救所需工程機具、人員調配事項。
交通單位	一、災民疏導之接運事項。 二、救災人員、器材、物資之運輸事項。 三、災區交通運輸之維護事項。 四、緊急道路救援及臨時停車場之規劃事項。 五、交通管制設施及停車場災害搶救、搶修事項。 六、協調重大交通事故搶救機具調度。
消防單位	一、機動配合各區災害應變中心與救生任務。 二、災害現場消防搶救、人命救助及緊急救護事宜。 三、救災器材儲備供應事項。
警察單位	交通管制事項

表 4 相關排水設施檢查及環境復原之權責單位與其相關任務

權責單位	任 務
水利單位	一、 下水道、抽水站、水門及其他有關排水設施之維護事項。 二、 排水設施之結構損壞修復，其他公共設施之復原事項。
環保單位	垃圾清除、環境復原及消毒。

表 5 災害調查及統計補償之權責單位與其相關任務

權責單位	任 務
社會單位	受災損害之救濟及收容事項。
民政單位	一、 督導鄉（鎮、市、區）公所勘查統計民間災情事項。 二、 協助社會單位辦理救濟事項。
主計單位	辦理救災財務調度支援及統籌經費動支核撥事宜。

表 6 致災原因檢討之權責單位與其相關任務

權責單位	任 務
水利單位	一、抽排水設施維護及設計改善事項。 二、水利單位下，災害應變程序之檢討及改善事項。
營建署	雨水下水道系統設計檢討改善事項。

附錄 十四、台北縣雨水下水道屬性資料

表 1-1、雨水下水道無法縱走資料表

檔案代碼	DRND	檔案名稱	雨水下水道無法縱走紀錄檔
屬 性 欄 位 說 明			
欄位代號	欄 位 名 稱	型 態	備 註
HIDDEN	識別碼	C(8)	
P_NO	雨水下水道編號	C(24)	
CHART_NO	圖號	C(8)	
DISTRICT	行政區	N(4.0)	
MSHED_NO	所屬主集水區編號	N(4.0)	
STMHNO	距離起算人孔編號	C(20)	
DIS_NUM	距離位置	N(7.2)	單位：公尺
STATEMNT	無法縱走原因	C(256)	
INV_DATE	調查時間	D(8)	
PIC	照片儲存位置	C(254)	
INV_GRP	調查單位	C(256)	
CLASS	等級	N(2.0)	
MEMO	其他說明事項	C(256)	
A.主鍵：雨水下水道編號 B. Foreign Key：無 C.等級： 1- 水深無法縱走 2- 土砂淤積無法縱走 3- 人孔覆蓋無法縱走			

表 1-2、雨水下水道淤積屬性資料表

檔案代碼	sediment	檔案名稱	雨水下水道淤積紀錄
屬 性 欄 位 說 明			
欄位代號	欄 位 名 稱	型 態	備 註
HIDDEN	識別碼	C(8)	
P_NO	雨水下水道編號	C(24)	
CHART_NO	圖號	C(8)	
DISTRICT	行政區	N(4.0)	
MSHED_NO	所屬主集水區編號	N(4.0)	
STMHNO	距離起算人孔編號	C(20)	
DIS_NUM	距離起算人孔里程	N(7.2)	單位：公尺
SEDI_D	淤積深	N(4.0)	單位：公分
FD_D	積水深	N(4.0)	單位：公分
INV_DATE	調查時間	D(8)	
PIC	照片儲存位置	C(254)	
INV_GRP	調查單位	C(256)	
CLASS	等級	N(2.0)	
MEMO	其他說明事項	C(256)	
A. 主鍵：雨水下水道編號 B. Foreign Key：無 C. 等級： 1-淤積 20cm 或通水斷面淤積達 10%以下、2-淤積 20cm~40cm 或通水斷面淤積達 10%~30%、3-淤積 40cm~60cm 或通水斷面淤積達 30%~50%、4-淤積 60cm 以上或通水斷面淤積達 50%。			

表 1-3、雨水下水道管線橫越屬性資料表

檔案代碼	CROSS	檔案名稱	雨水下水道管線橫越紀錄
屬 性 欄 位 說 明			
欄位代號	欄 位 名 稱	型 態	備 註
HIDDEN	識別碼	C(8)	
P_NO	雨水下水道編號	C(24)	
CHART_NO	圖號	C(8)	
DISTRICT	行政區	N(4.0)	
MSHED_NO	所屬主集水區編號	N(4.0)	
STMHNO	距離起算人孔編號	C(20)	
DIS_NUM	距離位置	N(7.2)	單位：公尺
DIS_TOP	頂距	N(7.2)	單位：公尺
TYPE	橫越管材	N(2.0)	
STATEMNT	現況說明	C(256)	
PIC	照片儲存位置	C(254)	
INV_DATE	調查時間	D(8)	
INV_GRP	調查單位	C(256)	
CLASS	等級	N(2.0)	
MEMO	其他說明事項	C(256)	
主鍵：雨水下水道編號 Foreign Key：無 C.橫越管材： 1-RCP（鋼筋混凝土管） 2-PVCP（硬質塑膠管） 3-CIP（鑄鐵管） 4-SP（鋼管） 5-其他(請說明) C. 等級： 1- $10\% > N$ 、2- $30\% > N \geq 10\%$ 、3- $60\% > N \geq 30\%$ 、4- $N \geq 60\%$ N=橫越管阻塞投影面積佔通水斷面積比例			

表 1-4、雨水下水道破損屬性資料表

檔案代碼	BROKEN	檔案名稱	雨水下水道破損紀錄
屬 性 欄 位 說 明			
欄 位 代 號	欄 位 名 稱	型 態	備 註
HIDDEN	識別碼	C(8)	
P_NO	雨水下水道編號	C(24)	
CHART_NO	圖號	C(8)	
DISTRICT	行政區	N(4.0)	
MSHED_NO	所屬主集水區編號	N(4.0)	
STMHNO	距離起算人孔編號	C(20)	
DIS_NUM	距離位置	N(7.2)	單位：公尺
STATEMNT	現況說明	C(256)	
INV_DATE	調查時間	D(8)	
INV_GRP	調查單位	C(256)	
DEV_OK	改善與否	Logical	
DEV_DATE	改善時間	D(8)	
DEV_GRP	改善單位	C(256)	
PIC	照片儲存位置	C(254)	
CLASS	等級	N(2.0)	
MEMO	其他說明事項	C(256)	
A. 主鍵：雨水下水道編號 B. Foreign Key：無 C. 等級： 1- 10% > N、2- 30% > N ≥ 10%、3-60% > N ≥ 30%、4-N ≥ 60% N = 側壁或頂（底）版破損面積佔通水斷面積比例			

表 1-5、雨水下水道纜線附掛缺失屬性資料表

檔案代碼	CABLE	檔案名稱	雨水下水道纜線附掛缺失紀錄
屬 性 欄 位 說 明			
欄 位 代 號	欄 位 名 稱	型 態	備 註
HIDDEN	識別碼	C(8)	
P_NO	雨水下水道編號	C(24)	
CHART_NO	圖號	C(8)	
DISTRICT	行政區	N(4.0)	
MSHED_NO	所屬主集水區編號	N(4.0)	
STMHNO	距離起算人孔編號	C(20)	
DIS_NUM	距離位置	N(7.2)	單位：公尺
PIC	照片儲存位置	C(254)	
STATEMNT	現況說明	C(256)	
INV_DATE	調查時間	D(8)	
INV_GRP	調查單位	C(256)	
MEMO	其他說明事項	C(256)	
A. 主鍵：雨水下水道編號			
B. Foreign Key：無			

表 1-6、連接管屬性資料表

檔案代碼	CP	檔案名稱	連接管
屬 性 欄 位 說 明			
欄 位 代 號	欄 位 名 稱	型 態	備 註
HIDDEN	識別碼	C(8)	
CP_NO	連接管編號	C(64)	
CP_W	連接管寬度	N(9,2)	單位：公尺
CP_H	連接管高度	N(9,2)	單位：公尺
CP_L	連接管長度	N(9,2)	單位：公尺
CP_MTERL	連接管材質	C(8)	詳見表4.4-1
UP_PBEL	連接管上游底高程	N(9,2)	單位：公尺
IN_MHNO	接入人孔編號	C(8)	
IN_PNO	接入涵管編號	C(64)	
IN_TDIS	接入點頂距	N(9,2)	單位：公尺
PIC	照片儲存位置	C(254)	
VIDEO	影像儲存位置	C(254)	
TV_OK	已進行 TV 檢視	C(1)	
MEMO	現況說明	C(254)	

表 1-17、集水井屬性資料表

檔案代碼	CW	檔案名稱	集水井
屬 性 欄 位 說 明			
欄 位 代 號	欄 位 名 稱	型 態	備 註
HIDDEN	識別碼	C(8)	
CWNO	集水井編號	C(64)	
X	集水井 X 座標	N(12,2)	
Y	集水井 Y 座標	N(12,2)	
CW_BEL	集水井底高程	N(10,3)	單位：公尺
CW_DEPTH	集水井深度	N(9,2)	單位：公尺
CW_L	集水井長度	N(9,2)	單位：公尺
CW_W	集水井寬度	N(9,2)	單位：公尺
CW_CAP	集水井格柵蓋	C(1)	
IN_CPNO	銜接連街管編號	C(64)	
PIC	照片儲存位置	C(254)	

附錄 十五、臺北市政府工務局水利工程處防汛值日值勤規定事項

- 一、 本處為確保本市整體防洪安全並應防汛業務需要，特於每年5月1日至11月30日止防汛期排定防汛值日，特訂定「臺北市政府工務局水利工程處（以下簡稱本處）防汛值日值勤規定事項（以下簡稱本規定事項）。
- 二、 本處防汛值日設值日官1人，由人事室按月就本處各單位編制內，除單位主管以上人員以外之男性工程職員排定輪值表，並簽奉 處長核定實施。
- 三、 值日時間，平日自當日上午9時起至翌日上午9時止，並以每日上午9時為交接時間。假日分日、夜2班輪值，日、夜班交接時間分別為當日上午9時及下午6時；值日人員於辦公時間內，仍應於原工作崗位辦理原有職務工作，辦公時間外則應於值日室值勤。無論於辦公時間內或辦公時間外值勤，均不得擅離，違者視情節之輕重，予以記過以上之處分。
- 四、 輪值人員，如另奉派公差或奉准給假，應主動通知人事室，並由事先排定之候補人員遞補。
- 五、 值日人員之職責：
 - （一）運用本處「雨量水位資訊系統」監視降雨情形及各河川水位，如達警戒值，即請依「防汛搶險作業手冊」事項通報 處長及相關科室主管。
 - （二）有關急要情況及特殊突發事件之通報與處理。
 - （三）辦公時間外臨時事件之處理及便民案件之受理。
 - （四）處理長官交辦事項。
- 六、 值日人員應注意事項：
 - （一）值日人員接班時，應確實檢查電話等相關設備功能正常，倘有故障應儘速反映修復。
 - （二）值日人員記錄各處理狀況時，應確實記錄處理情形、時間與接洽人員，以有效釐清本處通報與處理職責。
 - （三）值日人員執勤完畢或離開值日室時，應將門窗確實上鎖，以防不肖人士入侵破壞或竊取相關文件及設施。
- 七、 值日人員於職責範圍內應行處理事項，應隨時處理，並記錄於值勤紀錄

簿；非職權所及者，應視事務之性質適時陳報處長或通報有關單位主管處理；如遇發生爆炸、火災及危險爆裂物，勒索、暴力、搶劫、竊盜及設施破壞事件，重大交通、工程及天然災害，與可致媒體擴大報導等各『危安事件』時，除立即會同或通報政風室作必要處理外，並應陳報處長或通報有關單位。

八、 值日人員於值勤後之補休規定如下：

- (一) 星期一至星期五值日人員退值後補休半天。
- (二) 假日之日班值日人員退值後補休 1 天，夜班值日人員則補休半天。
- (三) 值日人員應業務需要，得於退值後 6 個月內補休完畢，逾期即視同放棄，不得要求另行補休或改發加班費。

九、 值日人員，依規定發給值日費：平日發給 300 元，假日之日班發給 200 元、夜班發給 300 元。

十、 依「天然災害停止辦公及上課作業辦法」所稱之「天然災害」包括地震、颱風、與洪水等 3 種，當

- (一) 天然災害之地震發生時，因本處未成立「防汛搶險隊」，爰防汛值日人員不予解散，其值日及補休仍依平日及假日規定辦理。
- (二) 天然災害之颱風、洪水發生時，本處防汛值日人員輪值規定及相關權利如下：
 - 1. 本處成立「防汛搶險隊」後，值日人員即停止值勤，惟如該員係屬「防汛搶險隊」成員，則依規定歸入搶險隊續值勤。
 - 2. 當「防汛搶險隊」解散後，如有接續成立「颱風暴雨動態監視小組」時，相關後續防汛工作，仍由該小組繼續執行。惟當監視小組解散時，依該次搶險隊成立之原因，由雨水下水道工程科〔豪雨特報〕或河川工程科〔颱風警報〕之監視小組成員(1 人)繼續留守至原排定值勤表之值日人員接值(上午 9 時或下午 6 時)止，留守人員應主動通知接值人員接勤。
 - 3. 如搶險隊解散後，並未成立「颱風暴雨動態監視小組」時，則依任務需求由雨水下水道工程科或河川工程科指定 1 人，繼續留守至原排定值勤表之值日人員接值(上午 9 時或下午 6 時)止，留守人員應主動通知接值人員接勤。
 - 4. 本處防汛值日人員遇天然災害颱風、洪水成立「防汛搶險隊」之值日費支領及補休標準如附表 1：

十一、 值日室應具有左列各項設備及資料：

- (一) 值日工作紀錄簿。
- (二) 本處防汛值日人員值勤應注意事項。
- (三) 電話二具及本府各機關電話一覽表。
- (四) 本處處長及單位主管地址與電話一覽表。
- (五) 當月輪值表。
- (六) 寢具與其他必要設備。

十二、 值日工作紀錄簿，應由交值人員交接後於上午 10 時前送人事室轉陳處長核閱(假日於上班時送陳)。

十三、 值日室設備由秘書室妥為準備，經常檢查，並按日派工清掃，保持整潔。

十四、 本處所屬各單位，除業務性質特殊者，得依據本規定事項，參酌業務需要，訂定本處各單位值日規定，陳報處長核定後施行外，其餘均適用本規定。

十五、 本值日規定事項，奉處長核定後實施。

十六、 本規定得視實際情形檢討修正。

附表 1：臺北市政府工務局水利工程處防汛值日人員遇天然災害颱風、洪水成立防汛搶險隊時
值日費支領標準表

一、「防汛搶險隊」成立，值日人員非屬該隊成員，停止值勤時，其值日費暨補休規定如下：

值日費	補休	附註
平日：300 元 假日：日班 200 元 夜班 300 元	平日：補休半天 假日：日班補休 1 天 夜間補休半天	如成立防汛搶險隊時間為正常上班時間，均不予核發值日費，亦不予補休。

二、「防汛搶險隊」成立，值日人員屬該隊成員，則併入搶險隊繼續值勤，其值日費暨補休標準如下：

狀況一：宣布成立(平日及假日夜班)

時間	支領標準	附註
21 時(不含)以前	無	值日時數未滿 4 小時，不核給值日費及補休。
21 時至翌日 8 時(不含)	補休半日	值日時數滿 4 小時以上，未滿 14 小時核給補休半日。
翌日 8 時以後	補休半日+300 元(※防汛搶險隊值勤費自 9 時起算)	值日 14 小時以上，未滿 15 小時，核給補休半日及值日費 300 元。

狀況二：宣布成立(假日)日班

時間	支領標準	附註
13 時(不含)以前	無	假日值日時數未滿 4 小時，不核給值日費及補休。
13 時至 17 時(不含)	補休半日	假日值日時數滿 4 小時，未滿 8 小時，核給補休半日。
17 時(含)以後	補休 1 日+150 元(※防汛搶險隊值勤費自 18 時起算)	假日值日時數滿 8 小時至第 9 小時，核給補休 1 日及值日費 150 元。

附錄 十六、臺北市工務局水利工程處防汛搶險作業要點

中華民國 95 年 8 月 02 日北市工水河字第 09563000400 號函訂頒
中華民國 95 年 8 月 28 日北市工水河字第 09560194300 號函修訂
中華民國 96 年 4 月 17 日北市工水河字第 09660249400 號函修訂
中華民國 97 年 4 月 21 日北市工水河字第 09760248600 號函修訂

- 一、本要點依據河川管理辦法暨臺北市災害防救規則相關規定訂定之。
- 二、為維護臺北市（以下簡稱本市）之防洪建造物及雨水下水道等公共設施，保障民眾生命、財產安全，由臺北市工務局水利工程處（以下簡稱本處）於防汛期間派員值日，並視實際需要，成立「颱風暴雨動態監視小組」（以下簡稱監視小組）或「防汛搶險隊」（以下簡稱搶險隊）等防汛搶險編組。
- 三、防汛搶險編組及職掌：
 - (一)防汛值日：由本處派員於每年 5 月 1 日至 11 月 30 日（簡稱防汛期）排班輪值，負責水情監視及狀況通報等工作。
 - (二)監視小組：由本處河川工程科（以下簡稱河工科）、雨水下水道工程科（以下簡稱下工科）、河川管理科（以下簡稱河管科）、工務科及資訊室等單位各派 1 員組成。小組因颱風原因成立時，由河工科成員擔任小組長；因豪雨原因成立時，由下工科成員擔任小組長。小組長應利用「電話語音通知系統（以下簡稱一呼百應系統）」，將小組成立訊息通報工務局局長、工務局新建工程處處長、本府發言人室、研究發展考核委員會、消防局、民政局、交通局及觀光傳播局等單位。其餘小組成員職掌如下：
 - 1、河工科：監視河川水位狀況。
 - 2、下工科：通知市區易積水地區之里長，請其加強警戒，並監視降雨量及雨水下水道水位狀況。
 - 3、河管科：聯繫疏散門操作人員待命。
 - 4、工務科：通知外租抽水機及救災機具之廠商，請其轉知操作人員待命，並確認各廠商可供調度運用之搶險車輛及機具資料。
 - 5、資訊室：負責資訊通訊設備及監測系統之操作及維護。
 - (三)搶險隊：由本處處長兼任指揮官，綜理隊務；2 位副處長兼任副指揮官，襄理隊務。另搶險隊設以下各組，分掌相關防汛搶險事宜：（搶險隊組織詳附圖）
 - 1、技術組：由本處總工程司兼任組長，副總工程司兼任副組長。負責水

情研析、水利設施巡檢、工程防護、防洪設施災害應變、市區積水調查、資料處理及資訊通訊維護等工作。

- 2、庶務組：由本處主任秘書或專門委員兼任組長。負責行政支援、差勤管理及提供本府工務局（以下簡稱工務局）暨所屬新建工程處、公園路燈工程管理處及衛生下水道工程處等機關派駐人員、工務局主任秘書以上人員及其座車司機之餐飲及費用核銷等工作。
- 3、搶修組：由本處副總工程司兼任組長。負責水利災害搶修及抽水站管理等工作。

四、防汛搶險編組成立時機：

(一)防汛值日：防汛期（每年5月1日至11月30日）常態輪值。

(二)監視小組：

- 1、發生下列情形之一時，由河工科科長報請處長核可後成立：
 - (1)中央氣象局發布海上颱風警報，警戒區域包含北部地區時。
 - (2)臺北市災害應變中心因風災而成立「二級開設」。
 - (3)工務局因風災而成立「搶修組執行中心」，而搶險隊尚未成立時。
 - (4)淡水河臺北橋水位達標高 2.2 公尺或基隆河大直橋水位達標高 3.3 公尺或景美溪寶橋水位達到標高 14.8 公尺或大坑溪誠正水位站水位達標高 7.46 公尺，且經研判水位仍可能持續上升時。
- 2、發生下列情形時，由下工科科長研判實際狀況後，報請處長核可後成立：

中央氣象局發布北部地區豪雨特報，或市轄平地之氣象局及本處雨量站雨量連續 6 個 10 分鐘累積雨量達 40 公厘時或山區累積雨量達 70 公厘時。

(三)搶險隊：

- 1、發生下列情形之一時，由河工科科長報請處長核可後成立：
 - (1)中央氣象局發布海上陸上颱風警報，臺灣北部地區進入警戒範圍時。
 - (2)臺北市災害應變中心因風災而成立一級開設時。
 - (3)接獲臺北市災害應變中心搶修組之指示時。
- 2、發生下列情形之一時，由下工科科長研判實際狀況後，報請處長核可後成立：
 - (1)中央氣象局發布北部地區大豪雨特報，或本市有三個行政區內之氣象局及本處所設置任一雨量站 24 小時累積雨量同時達 200 公厘時。
 - (2)中央氣象局發布北部地區超大豪雨特報，或本市有三個行政區內之氣象局及水利處所設置任一雨量站 24 小時累積雨量同時達 350 公厘時。

(四)前述各項編組得由處長視實際需要指示成立或調整之。

五、防汛搶險編組作業規定：

(一)一般規定：

- 1、中央氣象局發布海上颱風警報，其警戒區域包括臺灣北部或東北部海面時，輪值之編組人員即應待命準備值勤。
- 2、假日或非上班時間，預定接勤之編組人員應隨時注意降雨狀況、氣象預報或新聞媒體報導，並主動與本處防汛值日人員聯絡，查詢監視小組或搶險隊是否已成立。
- 3、上班時間成立「監視小組」時，由提報成立之單位（河工科或下工科，以下均同）負責通知河工科、下工科、工務科、河管科及資訊室等單位主管，請其轉知輪值人員值勤，並通知抽水站管理一科（以下簡稱抽管一科）及抽水站管理二科（以下簡稱抽管二科）科長，請其轉知權管轄區之閘閥門操作人員待命，並監視轄管抽水站之運轉狀況。
- 4、上班時間成立「搶險隊」時，由提報成立之單位負責通知輪值副處長、總工程司、輪值副總工程司、主任秘書或專門委員值勤，並通知河工科、下工科、工務科、河管科、抽管一科、抽管二科、秘書室、資訊室等單位主管，請其轉知輪值人員值勤。
- 5、監視小組或搶險隊成立後，輪值之編組人員應於接獲通知之指定時間內，自行至值勤地點報到值勤。
- 6、編組人員有異動時，其所屬單位應主動遴選替任人員，並報奉處長核可後，再通知河工科更正。
- 7、編組人員應確實按本處防汛搶險作業手冊所附之輪值表值勤，未能依規定到勤者，應先報經所屬單位主管同意，並洽請接班輪值人員代替值勤。另除因任務需求，經報奉處長核准者外，未按表值勤者，不得報領值勤費。
- 8、成立「監視小組」或「搶險隊」後，由提報成立之單位啟動「防汛搶險任務派遣系統」（以下簡稱任務派遣系統），並設定事件名稱。
- 9、值勤人員接獲災情通報時，應立即循序陳報指揮官核可後，通報權責單位處理，並於任務派遣系統登錄處理情形。
- 10、各單位接獲指揮官核示之處理原則後，應立即派員進行搶險工作，並指派專人上網於臺北市政府災情傳遞系統（以下簡稱災情傳遞系統）及任務派遣系統登載案情。搶險工作完成後，搶險單位應立即回報指揮官，並上網登載辦理情形。回報時應詳細說明辦理情形及辦結時間，不得僅以「已處理」或類似籠統詞句回覆；每次回報應以疊加方式記載，修正部分以「◎」記號標示，新增部分以「※」記號標示。
- 11、當處長核定抽水機動隊待命時，由下工科負責通知各機動隊直屬站（股）長，並視降雨量通知工務科連繫開口契約廠商同步待命。當處長核定抽水機動隊出勤時，下工科負責通知地區現場指揮官及各機動隊直

屬站（股）長，並視降雨量通知工務科連繫開口契約廠商到位。

- 12、當「監視小組」或「搶險隊」成立條件之狀況解除時，由提報成立之單位（河工科或下工科）衡酌實際情形，報奉處長核可後，方得解散。

(二)防汛值日：

- 1、「防汛值日室值勤規定事項」由本處人事室訂定之。
- 2、上班時間由下工科負責監視雨量、雨水下水道水位及接聽防汛搶險專線電話，河工科負責監視河川水位。假日或非上班時間則由防汛值日人員負責監看上述水情資訊。
- 3、發生下列情形之一時，防汛值日人員應立即通知河工科科長：
 - (1)淡水河臺北橋水位達標高 2.2 公尺時。
 - (2)基隆河大直橋水位達標高 3.3 公尺時。
 - (3)景美溪寶橋水位達到標高 14.8 公尺時。
 - (4)大坑溪誠正水位站水位達標高 7.46 公尺時。
- 4、當中央氣象局發布北部地區大雨、豪雨、大豪雨、超大豪雨特報相關訊息時，防汛值日人員應立即通知下工科科長。
- 5、假日或非上班時間值日人員應確實監看水情資訊，如已達「監視小組」或「搶險隊」成立時機時，應立即報告河工科科長或下工科科長；另如接獲中央氣象局發布豪雨特報之傳真時，值日人員應立即通知抽管一科、抽管二科及工務科科長，請其分別通知抽水站值勤人員及外租機具之廠商加強戒備。
- 6、假日或非上班時間值日人員接獲河工科科長或下工科科長通知成立「監視小組」時，應立即通知下工科或河工科、工務科、河管科及資訊室等單位主管，請其轉知輪值人員值勤，並通知抽管一科及抽管二科科長，請其轉知權管轄區之閘閥門操作人員待命，並監視轄管抽水站之運轉狀況。
- 7、假日或非上班時間值日人員接獲河工科科長或下工科科長通知成立「搶險隊」時，應立即通知輪值副處長、總工程司、輪值副總工程司、主任秘書或專門委員值勤，並通知河工科、下工科、工務科、河管科、抽管一科、抽管二科、秘書室、資訊室等單位主管，請其轉知輪值人員值勤。
- 8、假日或非上班時間值日人員接獲下工科科長通知抽水機動隊待命時，應立即通知各機動隊直屬站（股）長，並視降雨量通知工務科連繫開口契約廠商同步待命；接獲通知抽水機動隊出勤時，應立即通知地區現場指揮官及各機動隊直屬站（股）長，並視降雨量通知工務科連繫開口契約廠商到位。

(三)監視小組：

- 1、除抽管一科及抽管二科人員各自在其科部辦公室值勤外，其餘單位人

員則在本處防颱中心值勤。上班時間若該處另有用途，則至本處防汛值日室值勤。

- 2、提報成立之單位應負責準備值勤簽到表及紀錄簿；各值勤人員應自行準備手提式電腦。
- 3、因颱風可能來襲而成立「監視小組」時，小組成員應通知其所屬單位檢查堤防、抽水站、疏散門、閘閥門、雨水下水道、工程防護措施及防洪監視系統。
- 4、接收及傳送各項防汛搶險與災情通報資料，並利用任務派遣系統詳細登載實際作業情形。另如接到與工務局轄管各工程處業務權責有關之災情通報資料時，應將通報資料立即傳遞予該處聯絡人員。
- 5、隨時檢視是否有中央氣象局傳真之颱風警報或豪、大雨特報。
- 6、監視狀況如已達搶險隊之成立要件時，小組長應立即通知河工科科長或下工科科長，由其報請處長核定成立搶險隊。
- 7、接獲河工科科長或下工科科長通知成立搶險隊時，由小組長分派組員立即通知輪值副處長、總工程司、輪值副總工程司、主任秘書或專門委員值勤，並通知河工科或下工科、工務科、河管科、抽管一科、抽管二科、秘書室、資訊室等單位主管，請其轉知輪值人員值勤。另小組長應啟動「一呼百應」系統，通報工務局局長及本府研究發展考核委員會、消防局、民政局、交通局、觀光傳播局及工務局水利科、新工處、公園處及衛工處等單位。工務科值勤人員應通知外租抽水機及救災機具之廠商，請其轉知操作人員待命。
- 8、「監視小組」解勤後，小組長應將任務派遣系統內登載之案情列印陳核。

(四)搶險隊：

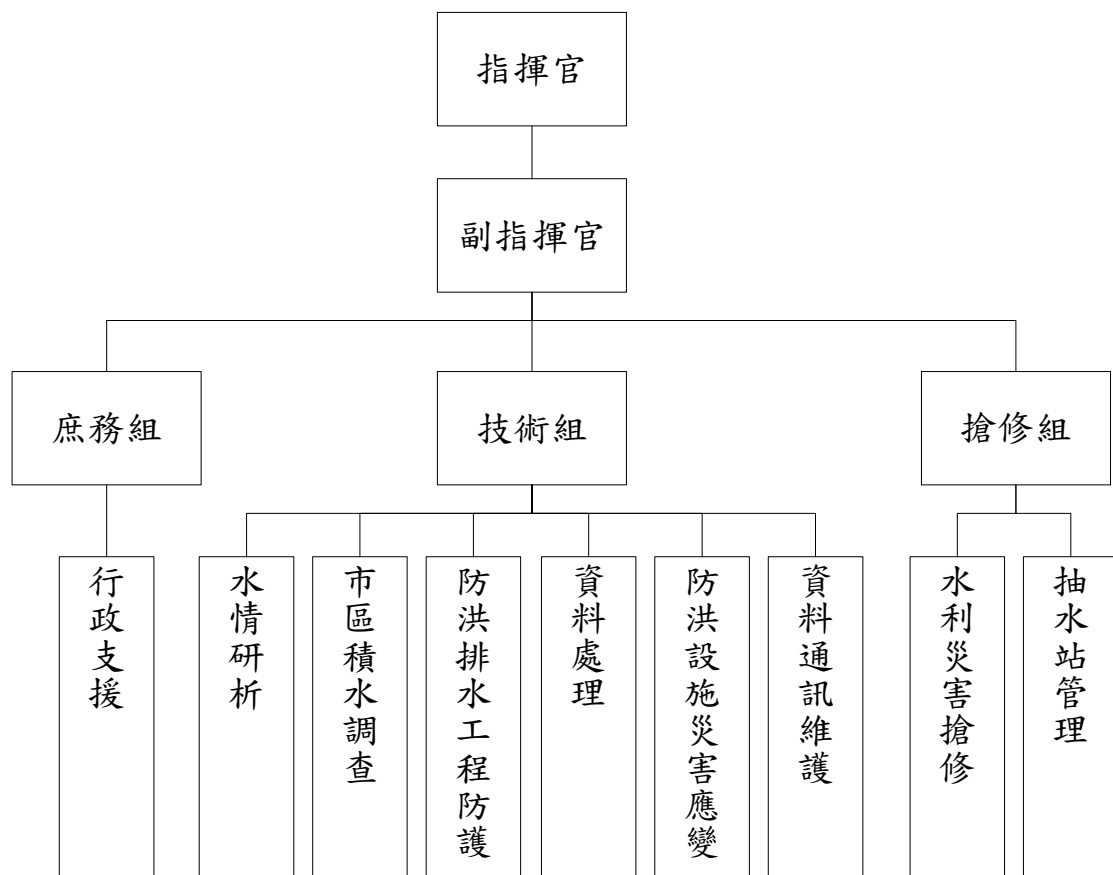
- 1、除抽管一科及抽管二科人員各自在其科部辦公室值勤外，其餘單位人員則在本處防颱中心值勤。
- 2、搶險隊成立後，各組應指派人員至本處防颱中心輪班接聽電話，並記錄之。對於各項災情通報或上級指示事項，應立即循序報請指揮官或副指揮官核示處理原則，並轉交相關單位辦理。
- 3、各組應派員利用任務派遣系統詳細登載各項防汛搶險與災情通報之實際作業情形。
- 4、搶險隊成立期間，由提報成立之單位以每日 0 時為基準，每隔 3 小時向本局各處派駐本處防颱中心之聯絡人員索取災情處理資料，並彙整傳送工務局應變執行中心（以下簡稱執行中心）督考組。
- 5、提報成立之單位應指派專人隨時整理相關防汛搶險工作資料，並妥為編號整理後，交由執行中心督考組彙整陳報。
- 6、指揮官得視災情需要，報請本市災害應變中心依據災害防救法第 34 條

規定，申請中央或國軍支援。

六、本處各相關單位應於每年 3 月底前，將計畫納入編組之分班人員名冊、聯絡電話及其負責任務、搶修車輛及機具資料、負責管理之防洪設施等資料送交河工科彙整編製「臺北市政府工務局水利工程處防汛搶險作業手冊」，並報奉 處長核可後，轉發各編組人員據以執行，且依規定報請工務局備查。

七、本要點未盡事宜，得報經處長同意後修訂之。

「防汛搶險隊」組織系統表



附錄 十七、臺北市政府工務局水利工程處抽水機動隊標準 作業程序

一、抽水機動隊啟動機制：

- (一)當中央氣象局發布北部地區大雨、豪雨、大豪雨、超大豪雨特報，或發布海上陸上颱風警報且其警戒區域含括臺北地區，由下工科或防汛值日官通報下工科科長或代理人陳報處長核可後，通知各抽水機動隊待命，並視降雨量通知工務科連繫開口合約廠商同步待命。
- (二)接獲水情警訊或積水通報需進行抽排水作業時，由下工科或防汛值日官通報下工科科長或代理人陳報處長核可後，通知地區現場指揮官，指揮抽排水作業及動員該積水區抽水機動隊出勤，並視降雨量通知工務科連繫開口合約廠商到位。
- (三)現場指揮官及抽水機動隊於待命狀態接獲出勤通知時應於 10 分鐘出動，1 小時內到達指定地點。
- (四)抽水機動隊人員機具就定位進行抽排水作業後向處長回報。
- (五)需後續支援由現場指揮官連繫下工科科長或代理人，由下工科科長或代理人陳報處長核可後，調度其他地區機動隊、本處開口合約廠商或新工處進場支援抽水。

二、抽水機動隊之配置：

- (一)第 1、第 2 抽水機動隊：配置在本處高灘地北區管理站負責士林、北投等行政區。
- (二)第 3 抽水機動隊：配置在本處高灘地東區管理站，負責中山、大同、內湖、松山等行政區。
- (三)第 4 抽水機動隊：配置在本處高灘地南區管理站，負責中正、萬華、大安等行政區。
- (四)第 5 抽水機動隊：配置在本處雨水下水道工程科，負責信義、南港、文山等行政區。

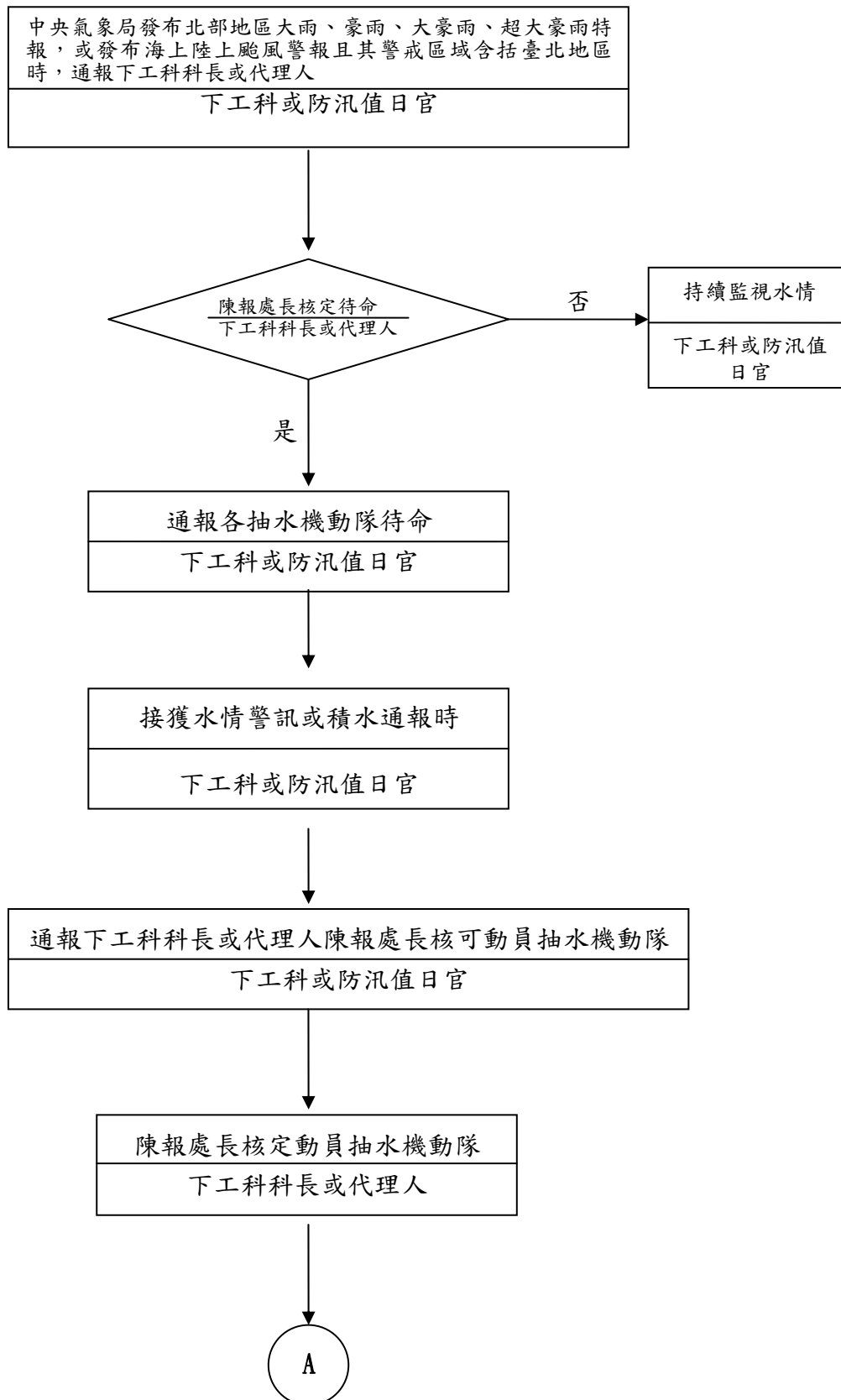
三、抽水機動隊之卸勤：

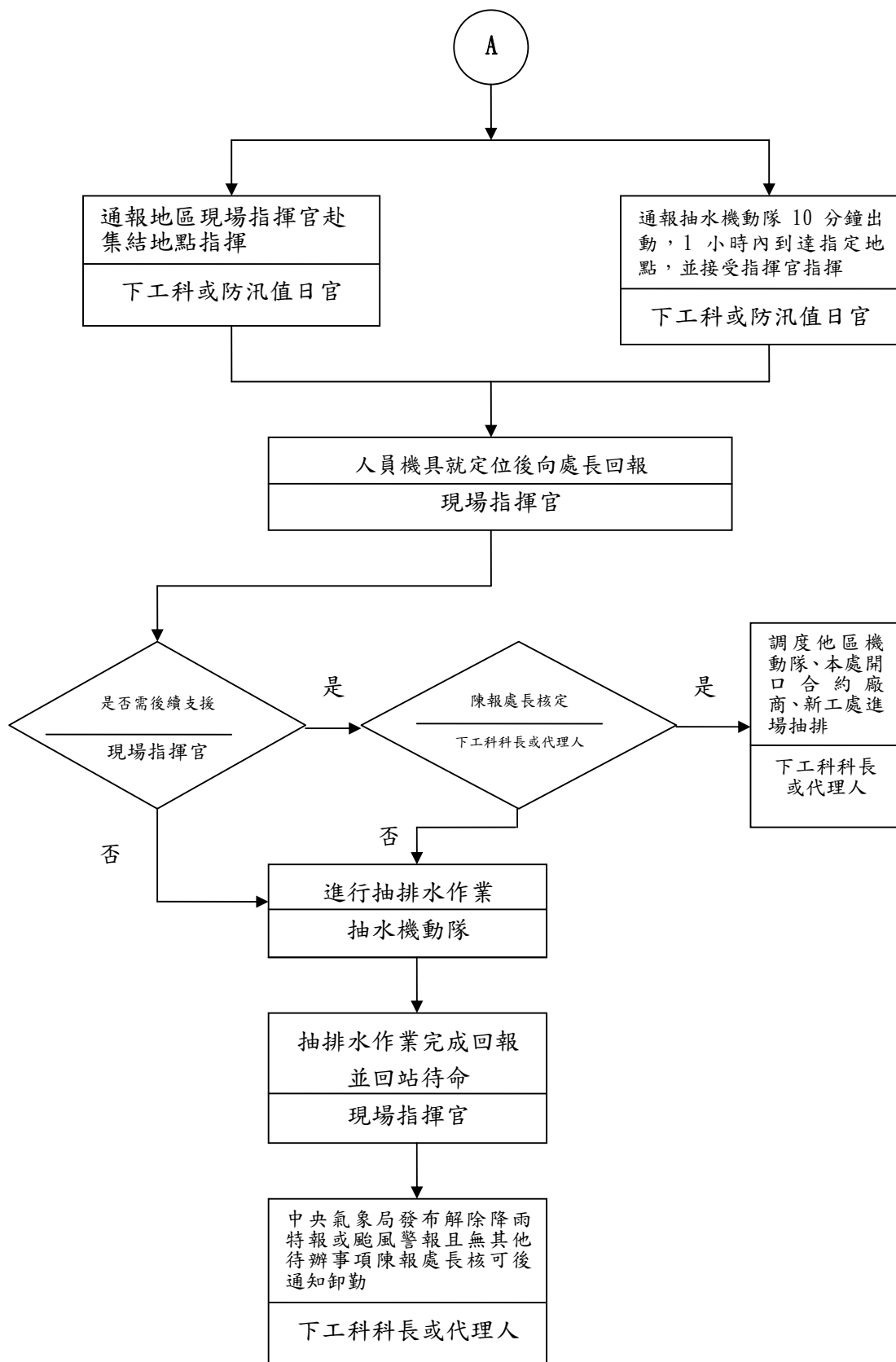
抽排水工作完成後，由現場指揮官向處長回報並回站內待命至降雨特報或颱風警報解除且無其他待辦事項，由下工科科長或代理人陳報處長核可後卸勤。

四、抽水機動隊標準作業程序如附件。

五、本作業程序未盡事宜，得報經處長同意後修訂。

抽水機動隊標準作業程序





附錄 十八、臺北市政府工務局水利工程處抽水機動隊作業

細則

一、雨量監視：

中央氣象局發布北部地區大雨、豪雨、大豪雨、超大豪雨特報，上班及非防汛期間由下工科辦理，防汛期間非上班時間由防汛值日官辦理；發布海上陸上颱風警報且其警戒區域含括臺北地區，本處成立防汛搶險隊時，由搶險隊水情研析組辦理。

二、待命通報：

- (一)接獲中央氣象局發布北部地區大雨、豪雨、大豪雨、超大豪雨特報或發布海上陸上颱風警報且其警戒區域含括臺北地區，透過本處「水情資訊網」自動傳遞簡訊。
- (二)處長核示待命，在上班及非防汛期間由下工科通知，防汛期間非上班時間由防汛值日官通知，並視降雨量狀況由下工科或防汛值日官通報下工科科長或代理人，經下工科科長或代理人陳報處長核可後通知工務科連繫開口合約廠商同步待命。
- (三)以上之通知由各權責人員以電話通知地區現場指揮官及各機動隊直屬站(股)長，再由各站(股)長通知轄下機動隊小隊長，小隊長再通知所屬隊員回站(股)內待命。

三、出勤通報：

- (一)處長核示出勤，上班及非防汛期間由下工科通知，防汛期間非上班時間由防汛值日官通知，並視降雨量狀況由下工科或防汛值日官通報下工科科長或代理人，經下工科科長或代理人陳報處長核可後通知工務科連繫開口合約廠商到位。
- (二)以上之通知由各權責人員以電話通知地區現場指揮官及各機動隊直屬站(股)長，再由各站(股)長通知轄下機動隊小隊長出勤。

四、後續支援通報：

- (一)現場指揮官先行連繫下工科科長或代理人就支援量能及事項進行討論，

擬訂支援方案。

- (二)由下工科科長或代理人將支援方案陳報處長核可後，先行通知支援機動隊進場支援，再通知本處工務科連繫開口合約廠商；如仍有不足再連繫新工處進場支援抽排。

五、卸勤通報：

接獲中央氣象局發布降雨特報或颱風警報解除且無其他待辦事項通報，由下工科科長或代理人陳報處長核可後，電話通知站(股)長或小隊長轉知隊員卸勤，並通知現場指揮官轉知支援單位及人員。

六、整備事項：

- (一)本處「水情資訊網」傳遞系統由資訊室維護正常運轉。
- (二)抽水機具由河管科機電工務所負責管理與維護；車輛部分由秘書室依本處車輛維修及保養合約辦理。
- (三)抽水機動隊待命期間應檢視抽水機、配備、油料是否齊全並進行試運轉後上車待命，接獲通知即出勤。

七、其他規定：

- (一)現場指揮官或代理人及抽水機動隊待命及出勤之膳食費用自行檢據報核。
- (二)抽水機動隊值勤應簽到(退)並填報工作日誌報核存檔。(如附件)
- (三)現場指揮官權責：
 - 1.評估人員機具是否適足及後續支援。
 - 2.指揮抽排水作業。
 - 3.抽排水工作完成後，由現場指揮官向處長回報。
 - 4.卸勤時通知支援單位及人員。
 - 5.現場指揮官負責轄區依報局名冊為依據。

八、本作業細則未盡事宜，得報經處長同意後修訂。

水利工程處第 抽水機動隊值勤簽到表

值勤日期		年 月 日至 年 月 日			
成員 姓名	簽到簽名	簽到 時間	簽退簽名	簽退 時間	備註 (小時加班單價)

利工程處第 抽水機動隊值勤工作日誌

日 期	年 月 日 時至 時	星期		天 候	
一般記事欄					
狀況處理欄					
交接班人員 (簽名)	當班人員		接班人員		
陳核欄					
值勤單位 (河管或下工)	審 核		處 長		

附錄 十九、臺北市洪水災害預警措施及緊急通報疏散作業 規定

壹、為執行臺北市（以下簡稱本市）洪水災害預警及緊急通報疏散作業，以確保市民生命、財產安全，特依本府 91 年 3 月 5 日第 1153 次市政會議 市長指示事項暨本市天然災害緊急疏散及收容安置計畫之內容，制定本作業規定。本作業規定未規定者適用其他相關法令之規定。

貳、預警地區：

可能因颱風、豪雨產生洪水造成危害之地區。

參、洪水災害預警發布時機：

- 一、市災害應變中心或本府相關單位接獲中央有關機關發布洪水災害預警通報時。
- 二、颱風、豪雨來襲，造成本市河川水位暴漲，河水可能溢堤並造成危害時。
- 三、區級災害應變中心指揮官或相關業務單位依轄區警察、消防、里幹事及民眾回報實際雨量情形與參考當時降雨量，研判轄區可能因洪水造成危害時。
- 四、本市抽水站、水閘門、擋水牆、堤防等防洪設施、設備故障，研判可能造成危害時。

肆、緊急疏散通報時機：

- 一、市災害應變中心（或防汛中心），依工務局水利工程處提供之降雨量狀況、疏散建議及區災害應變中心回報情形，必要時通報相關疏散單位或區災害應變中心進行緊急疏散。
- 二、區災害應變中心指揮官，依前述危險狀況，於必要時得要求各疏散機關執行疏散。
- 三、各級災害應變中心尚未成立，而情況特殊急需疏散時，工務局水利工程處防汛中心或消防局 119 救災救護指揮中心應通報相關單位進行緊急疏散，或由區長通報相關單位並下達執行疏散命令，各防救災編組機關應立即配合辦理疏散事宜。
- 四、區災害應變中心或本府相關業務機關，依前述危險狀況進行疏散前，應

預先派員至疏散現場通知市民準備疏散時機。

伍、緊急疏散方式：

- 一、警察局、消防局、工務局等相關單位於接獲市或區災害應變中心或相關機關之疏散請求時，應即派遣巡邏車、消防車至現場鳴放疏散警報訊號，並由警察、消防、工務及各區相關人員適時配合語音廣播（廣播內容如附錄），發言人室通知傳播媒體即時播報，提醒市民緊急疏散。
- 二、產業發展局、工務局、交通局、警察局、消防局及區公所等單位對於車輛裝備不易到達之危害地區，應預先安排救災人力、裝備及必要機具進駐，準備適時疏散居民。
- 三、工務局水利工程處於抽水站、水門等防洪設施故障時，應通知市或區災害應變中心及相關機關派員進行緊急疏散。
- 四、緊急疏散如需交通工具運送災民時，警察局應適當管制私人交通工具進入，避免造成疏散道路阻塞，影響交通動線。
- 五、區災害應變中心疏散災民應聯絡交通局優先調度車輛支援，並由現場指揮官依照事前規劃運送路線，將災民運送至指定之收容安置場所。

陸、疏散警報訊號之內容、樣式如下：

- 一、內容：本疏散警報訊號以直（交）流電子警報器以低頻頻率 650 赫茲至 750 赫茲，高頻頻率 1450 赫茲至 1550 赫茲，由低頻升至高頻時間 1.5 秒，再由高頻降至低頻為 3.5 秒，持續 15 秒後，改以語音廣播疏散內容（含疏散區域、路線方向等）2 次，並視災害範圍大小持續發布之。
- 二、樣式：緊急疏散警報訊號之發布，應以使用電子警報器為原則；若無法使用電子警報器，可依實際狀況改以語音廣播、敲擊警鐘等其他方式為之。

柒、本規定如有未盡事宜，得隨時修正或補充之。

捌、附錄：

緊急疏散警報語音廣播內容：

範例：「我是○○區區長○○○，請各位居住在○○路○段○○巷（○○社區、○○里、○○大樓等）附近的住戶注意！由於○○河川水位暴漲，為恐影響各位鄉親的生命財產，請各位鄉親配合在場工作人員的指示往○○疏散（或往○○高處避難），謝謝大家的合作，謝謝」。

附錄 二十、國外防救體系之介紹

本附件之目的為參考歐、美、日各國防救災體系之架構，希望讀者能各瞭解其立法、組織運用的精神，其精神不外乎「組織由上而下的一致性」與「從災害中學習，不斷學習」，將防救災的精神運用在我國。

他山之石可以錯攻，本文將介紹美國、日本與奧地利的災害防就制度。美國與日本對於災害的防救觀念，已從單一事件的處理演進為災變系列的管理，將災變視為一系列災害的過程，不僅加強防救災處理的技術，也同時研究提昇災變管理的技術。我們從這兩大先進國家對於災變管理的精神中，汲取其精髓，作為改進我國防救災體系之參考。奧地利之水資源管理與山坡地水土保持等工作在其國內有卓越之成效，在本附件中將一併討論，取其優點，使我國防救災體系更加完善。

一、美國防救災體系之介紹

自美國聯邦建立以來，天然災害一直是美國民間與政府最感到困擾的問題。單上世紀以來，為了災害應變所通過的特別立法，救超過 100 次，而各部門的災害應變規劃種類繁多，事權並未統一，因此呼籲以立法方式，促進聯邦機構間緊密合作，並授權總統整合協調防救災體系的意見，在二次戰後陸續被提出，(註，美國台北經濟文化代表科學組，1997)。

1979 年，美國發生震驚全球的三哩島核電廠事件，促使美國總統發布成立美國聯邦緊急管理署 (FEMA; Federal Emergency Management Agency)，將過去分散各處的聯邦保險管理局、國家消防管理局、國家氣象應變計畫、聯邦災害住管理局等單位以及相關計畫予以合併，並將國防部轄下之民防動員準備局予以編納。

整體而言，FEMA 的組織構想乃奠基於災害防救、緊急事件處理與民防動員準備等工作，具備高度相似性與共通性的認知，因此 FEMA 成立後即著手發展整合災變管理體系 (Integrated Emergency Management System, IEMS)，形成全方位、全國性的從小型單一災變至戰爭層級危險的指揮、控制與預警系統。因此，FEMA 的組織任務在 1979 年成立之時，就明白表示：「從災害迂緩、動

員準備、緊急應變、災後重建等方向，提供災變管理指導與支援，建構全面性、以風險管理為基礎的災變管理計畫，以降低國門之財產與生命損失，並保護國家敏幹性之基礎建設免於各種型態之危害」。

自 1997 年起，FEMA 開始建構國家衝擊準備計畫，提供全國性的災變準備、應變與重建所需之支援，並負責主導如何在災害來臨前予以預防與降低風險。FEMA 當前的重點施政計畫，目標在於建構遍布全國的「防災社區」

(disaster-resistant communities)，以降低災害發生之機會，冀能逐年減少聯邦在收拾災害善後的鉅額支出。

基本上，美國防災體系分為聯邦、州及縣市郡三級制，當災難發生時，FEMA 須有充分的設備、補給及人員即時待命。當災難的嚴重性超出第一線防救任務之縣市郡政府的處理能力時，縣市郡政府隨即請求州政府協助，州政府即迅速擔負起救災任務，如果災害規模及強度非州政府救災能力所及，州政府即向總統申請聯邦政府支援，經 FEMA 評估鑑定後，由總統宣佈為重大災難，FEMA 隨即在總部成立指揮中心，同時立即進駐災區成立聯邦災區辦公室 (Federal Coordinating Office, FCO)，並就災情狀況做出決策，編組聯邦救援團隊，協調相關部會，提供救災資源，並隨時通告社會大眾災情變化，在應變救災同時，亦規劃秀正未來防救災方向及策略。

FEMA 平日就防災、減災方面的努力有以下諸項：

1. 強化營建品質規範及品質。
2. 提供資金，以減輕地震、洪水、颶風及其他天災的衝擊。
3. 透過訓練、刊物媒體、座談等，宣導教育百姓應有防災知識。
4. 提供高危險區地圖資料，協助地方社區將洪水平原等納入社區規劃。
5. 協助住戶遷移出高危險區域。
6. 提供地方經費規劃緊急應變，並協助設計成立緊急運作中心。
7. 成立緊急管理研究所，訓練緊急應變專業人員及地方政府官員。
8. 為地方設計相關教材，並透過衛星遠距教學訓練 (Emergency Education Network)。

FEMA，對各種演習資助亦不遺餘力，無論是「紙上談兵」的模擬訓練，或是長達數天、大及數州的全面動員實兵演練，務其使人們能熟悉各種災變狀況，並演練救災的團隊合作。災難發生時，無論是災情蒐集、災情研判及救災指揮，

資訊傳遞往往是決定性的關鍵，災變時往往平日商業通訊系統也告失靈，FEMA 更須負起搭建臨時通訊網路之重責，FEMA 亦與聯勤總部（Joint Chief of Staffs）達成特別協議，成立以全套電子化的波音 747 為空中指揮通訊中心。

災難發生時的個應變團隊，由 FEMA、聯邦部會、州政府、地方郡市、自願義務組織、民間團體及私人企業等所組成，但 FEMA 強調其中最重要的還是全民的參與，面對災難時真正能發揮功能的還是在個人，個人的應變往往決定了那一剎那的生死存亡，也只有個人才知道真正防災的需求、才能將防災的功能發揮到極致。所以 FEMA 特別加強個人對災難的認識，提供基本應變的常識，協助設計家庭應變計畫及購買合適的災難保險（洪水、地震等）。

綜合來說，美國 FEMA 所建構之防救災體系較成熟且具備下列之優點：

1. 中央專責：FEMA 係常設性災害處理專責機構，且位階夠高，足以指揮協調跨部會進行必要性措施，因此救災效率高。
2. 防災計畫完善：為有效率執行災害防救工作，聯邦、州及郡皆訂有區域性防救災計畫，據以推動防救災事宜。
3. 落實災變宣導演練：FEMA 經常舉辦各類型災害之教育宣導及演練，務期使民眾能夠熟悉各種災變狀況，並演練救災的團隊合作。
4. 救災準備金：當總統宣佈災區後，聯邦政府除投入大量人力進行救災外，並針對各項救災的善後復原等所需經費動支撥付程序簡便迅速之救災準備金，提供州政府進行救災。
5. 洪災保險制度：FEMA 目前之防洪政策在防洪技術上提供必要之協助外，同時 FEMA 建立洪災保險計畫（National Flood Insurance Program），將原有對水患災戶之補助，轉為由政府提供相對補助，鼓勵民眾投保防洪保險。
6. 專業救災人員：為提昇地方政府防救災執行能力，由聯邦政府編定預算、研訂教材、聘請師資，統一由專責訓練機構針對地方政府從事救災業務人員，有計劃地進行訓練，藉以加強專業人員之防救災執行能力。

二、日本防救災體系之介紹

同處西太平洋的日本和台灣，在天然地理環境上相當類似，也面臨了許多地震、颱風等破壞性極大的天然災害，加上雙方社會發展極為類似，故日本的

防救災體系實有值得台灣多所借鏡之處。

二次大戰以後的十餘年間，因戰爭破壞後國力尚未復原，在防災方面的投入實在是心有餘而力不足，每年音颱風、地震等天災的罹難者至少皆在千人以上。1959年9月的伊勢灣颱風，死亡人數超過五千人，創下戰後紀錄，也因而催生了1961年（昭和36年）的災害對策基本法（簡稱災對法），災對法乃是由事前的防災、災中應變到災後復建，在周延的體系設計下，全然串成密不可分的一體，推動自中央到地方並包括民間在內的聯合防災體系，而且擬定各級防災計畫與業務，作為全面性防救災工作的指導（日本防災體制考察報告，1997）。

1960年代以來，日本除積極推動各種救災的政策外，並特別強調災害預防的重要，除了各種相關法令規範不斷推出外，「災對法」亦隨時加以修訂，過去1/3世紀以來，平均每一年半即修正災害對策基本法一次，作到從災害中學習與成長的防救災理念。

日本防災體系基本上分成中央、都道府縣及市町村三級制。中央防災會議設於總理府，由內閣總理大臣召集，所指定的25名委員，除各內閣官房長官、總理府長官、專業大臣首長外，上有日本銀行總裁、日本赤十字社社長、日本國有鐵道總裁、日本電信電話株式會社社長及日本放送協會會長。為調查專門事項，設有專門委員，由專家學者及官員組成，目前有「地震防災對策強化地域專門委員會」及「地震防災基本計畫專門委員會」。為處理中央防災會議事務，在內設事務局，局長由國土廳正次兼任。

當廣泛而嚴重的災害發生時，在認定重大災害後，由內閣總理大臣徵詢中央防災會議意見，並經內閣會議通過後，便在總理府國土廳設立臨時的重度災害對策部，針對該重大災害發揮協調統籌的應變指揮調度。在地方上相對應的，局長由國土廳政次兼任。

當廣泛而嚴重的災害發生時，在認定為重大災害後，由內閣總理大臣徵詢中央防災會議意見，並經內閣會議通過後，便在總理府國土廳設立臨時的重度災害對策部，針對該重大災害發揮協調統籌的應變指揮調度。在地方上相對應的，則是都道府縣的防災會議及災害對策本部。

綜合而言，日本防救災體系具有以下之優點：

1. 體系健全完整：各級政府平日除定期召開防災會報推動防災計畫執行

外，於重大災害發生時成立救災組織依災害對策本部，進行各種災害搶

救事宜，各層級相互配合機制完善。

2. 防災計畫周詳：防災計畫包含基本計畫、業務計畫及地區防災計畫，計畫內容從災害預防、災害應變及災後復原重建均有訂定執行事項，同時有關救災時可動員的專家人數、機具數量位置、食品種類數量及避難場所地點等資料，皆詳細納入防災計畫中。
3. 落實防災宣導演習：每年9月1日至3日為防災日，全國同時推動防災演習宣導，各類防災演習考量災害實際狀況，由政府主辦，民眾實際參與演練，效果良好，並能實際應用於各類災害狀況。
4. 災情查報系統完整：日本除建立有線電視網路外，並規劃建立無線電、衛星災情查報通訊網路，使災情資訊掌握確實。
5. 災害補償制度完善：災害對策基本法中，對於災害有關費用之負擔、地方公共設施復原及災民補助等，提列「財政經榮處置措施」專章，詳細規範災害補償救濟相關辦法及措施。
6. 法規執行確實：日本各機關執法認真負責，確實落實各項技術規範及相關法規，如：建築法規、工程法規等。
7. 防災科技研究：日本為確保國土及人民生命財產安全，將救災科技研發列為施政重點，每年投入大量人力及經費進行各項防救災科技研究，研究項目特別加強對災害發生原因的預測、控制及管理，並將研究成果落實於防救災政策及措施上。
8. 充分運用民間力量協調防災事宜：日本有許多民間防災單位，如：交通運輸基金會、檢定協會及防災研究所等，皆本於協助政府執行防災工作之理念，分佈全國各地，並針對本身之專長，指導民眾配合政府推動防災事宜。

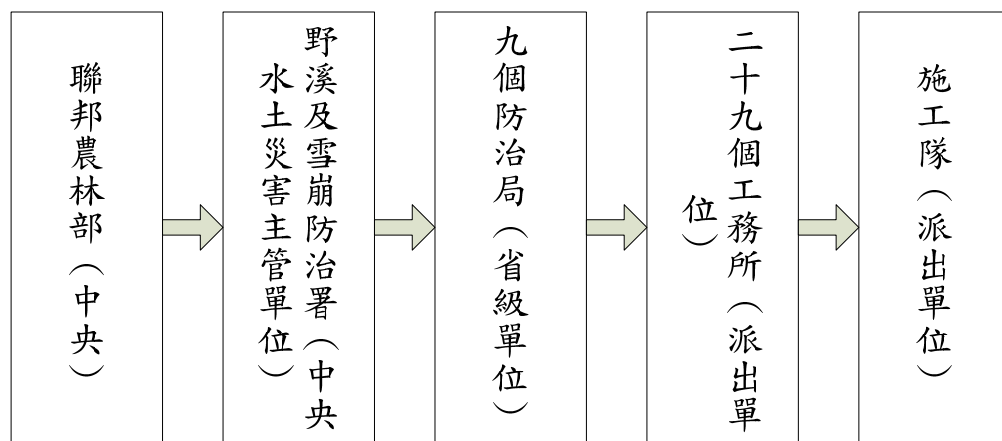
三、奧地利防救災體系之介紹

奧地利之水文、地文環境雖與台灣不同，但是奧地利觀光事業發達，對於國內之山林、水資源之維護管理有卓越之成效，尤其近年來土石流防治工程方面與台灣交流頻繁，其中有許多為我國足以借鏡之處，故探求其優點並找出適合我國情之處，使我國之水土災害防救體系更加完整。

奧地利有水土災害防救體系、架構、法令之相關規定並無一特別法來含括

所有事項，而是包含在森林法（Forest Law）、溪野控制法（Torrent Control Law）及奧地利農林部（Ministry of Agriculture Forestry）之部份法令當中，水土災害之預防、管理之事項主要鑑於環境及水資源管理計畫，其中列舉雪崩、土石流、洪水災害及地滑四大項之天然災害之防治與管理事項。

其中野溪與集水區治理之法律依據為 1884 年公佈實施之奧地利「山區河川防治相關規定」其行政組織是由中央聯邦農林部林業之第五野溪及雪崩防治署（Forest Engineering Service for Torrent and Avalanche Control）辦理負責，並將全國九省劃分成九個地方自治局（Provincial and Regional Headzuerter）及下轄 29 個工務所（District Office）及施工隊以辦理各項水土保持工程之規劃、設計及施工，行政組織可分成四級如下圖所示：



奧地利防救災體系圖

奧地利防救災體系之優點：

流域水土災害防治工作徹底一元化；從經費籌措、政策擬定（聯邦農林部）到流域上、中、下游水土災害對策規劃（野溪及雪崩防治署）乃至細部設計（防治局與工務所）到最後之施工與維護（施工隊），係以一條鞭的方式進行，此乃其最大優點。

附錄 二十一、台北縣市各抽水站基本資料表

台北市

編號	站名	台數			單台抽水量 (c.m.s)	總抽水量 (c.m.s)	警戒 水位(m)	起抽 水位(m)	前池面積 (㎡)	集水區內最低 地盤高程(m)	集流時間 (min)	集水面積 (ha)	備註
1	林森	豎	6	6	7.00	42.00	1.5	1.8	370	3.5	38.3	199.00	
2	長安	豎	4	4	5.00	20.00	1.1	1.3	280	2.4	15.8	49.00	
3	民生	豎	5	5	3.00	15.00	1.1	1.3	50	1.6	22	69.70	
4	長春	沉	2	2	0.50	1.00	2	2.3	60	3.1	20.6	77.00	長春、民權及錦州抽水站系統互相連通
5	民權	沉	1	1	4.00	4.00	1.4	1.7	60	3.3			
6	錦州	沉 豎	5	2 3	0.50 2.00	7.00	1.2	1.5	90	2.6			
7	圓山	豎		6	2 4						4.34 4.34	26.04	1
8	大龍	豎	4	3 1	4.00	16.00	1	1.2	392	1.5			
9	六館	豎	4	4	4.00	16.00	1.4	1.5	93.4	2.25	14.7	62.00	
10	濱江	豎	6	2 4	4.00 6.00	32.00	0.6	0.9	710	2.95	41.57	171.73	
11	中山	豎	9	4 3 2	8.50 5.00 8.00								
12	建國	豎	6	6	14.80	88.80	1.3	1.5	2220	2	62.73	659.56	
	建國擴建站	豎	3	3	7.25	21.75	1.3	1.5					
13	新生 (本站)	豎	4	4	14.80	59.2	2.7	3	2210		65.4	926.00	
	新生擴建站	豎	4	4	14.00	56.00	2.3	2.5					
	特一號幹線左岸	沉	2	2	5.00	10.00	2.7	3					
	特一號幹線右岸	豎	6	4	4.00	26.00	2.7						
14	劍潭	豎		5	1			4.00	19.00	0.1	0.25	1077	1.2
			2		4.50								
			2		3.00								
15	芝山	豎	5	4	4.00	20.00	2.6	2.8	202.4	4.12	27.1	121.56	
				1	4.00								
16	文昌	豎	3	2	4.00	12.50	1.6	1.8	135.6	3.53	23.4	56.90	
				1	4.50								
17	福林	豎	6	4	5.25	31.00	2.6	2.8	722.4	3.45	28.3	183.34	
				2	5.00								
18	士林	豎	12	2	4.50	60.00	-0.2	0	335.5		36.3	263.04	

編號	站名	台數			單台抽水量 (c.m.s)	總抽水量 (c.m.s)	警戒 水位(m)	起抽 水位(m)	前池面積 (㎡)	集水區內最低 地盤高程(m)	集流時間 (min)	集水面積 (ha)	備註			
		沉		10	5.10		0.1	0.3								
19	福德	豎	5	4	2.00	10.00	2	2.25	198.4	3.2	18.5	56.31				
				1	2.00											
20	東華	豎	4	4	4.50	18.00	3.3	3.8	405	4.8	19.12	49.70				
21	奇岩	豎	4	4	3.00	12.00	2.4	2.8	382.5	3.52	14.68	23.03				
22	萬芳	豎	4	4	5.00	20.00	14	14.5	230	18.68	18.2	65.70	集水面積站上舊有資料為 37ha 雨水下水道地理資訊網萬芳抽水站汲水面積為 65.7ha 萬方壓力箱涵集水面積為 131.2ha			
23	埤腹	豎	3	3	4.00	12.00	10.7	10.85	221	13.05	16	56.10				
24	中港	豎	4	1	5.00	27.00	11.8	12.3	244.5	13.86	23	122.40				
				2	5.00											
				1	12.00											
25	實踐	豎	3	1	3.00	9.00	12.7	13.2	56	15.18	18	48.00				
				2	3.00											
26	保儀	豎	2	2	2.00	4.00	13.5	14	45	16.31	18	26.60	集水面積含樟新抽水站			
28	道南	豎	6	3	4.50	31.50	13.85	14.2	1809.9	16.74	24	140.20	集水面積站上舊有資料為 130.4ha			
				3	6.00											
27	松山	豎	3	2	4.00	12.50	3.1	3.4	580		26.8	74.77				
				1	4.50											
29	南京	豎	3	3	5.00	15.00	3.4	3.7	150	5.06	30.14	90.00				
30	撫遠	豎	5	5	5.00	25.00	1.9	2.2	2140	3.2	29.29	122.18				
31	景美	豎	10	1	4.00	62.00	5.8	6.8	364	9.4	40	462.60				
				2	4.00			6.5			30	34.60				
				5	8.00											
		沉		2	5.00											
32	古亭	豎	4	2	2.00	8.00	5.3	5.8	92.8		23.25	82.45	集水面積站上舊有資料為 71ha			
				2	2.00											
33	雙園	沉	10	1	3.00	90.00	1.5	1.7	2226	3.774	41.37	597.52				
		電動		5	3.00											
		豎		4	18.00											
34	貴陽	豎	2	2	4.00	8.00	2	2.3	42	4.99	25.1	305.00	貴陽忠孝與成都抽水站系統互相連通			
35	忠孝	豎	9	2	4.00	58.00	2	2.3	550	3.72 2.94						
				3	10.00											
		沉		4	5.00											
36	迪化	豎	11	6	4.00	44.00	0.5	0.75	992	0.84	39.9	164.70				
				5	4.00											
37	社子	豎	5	1	2.00	12.00	0.7	1	119	2.02	27.8	67.95				
				2	3.00											
				2	2.00											
38	玉成	豎	7	7	26.30	184.10	1.8	2.4	3690	5.98	72.5	1627.40				
39	成美	豎	3	3	5.00	15.00	4	4.3	580	5.86	18.5	50.70				
40	成功	豎	4	4	8.00	32.00	2.8	3.6	710	5.14	29.3	170.60				
41	長壽	豎	4	1	8.00	23.00	3.3	4.3	360	7.46	23.4	78.60				
				3	5.00											

編號	站名	台數			單台抽水量 (c.m.s)	總抽水量 (c.m.s)	警戒 水位(m)	起抽 水位(m)	前池面積 (㎡)	集水區內最低 地盤高程(m)	集流時間 (min)	集水面積 (ha)	備註
42	南湖	沉	3	3	5.00	15.00	5.2	5.5	310		12.5	53.60	287.5
43	大直	豎	12	4	4.00	49.20	1.7	2	870	3	33	287.50	約 41.2 公頃面積流入四海潭(左方已扣除)
				2	4.00								
				6	4.20								
44	新民權	豎	10	8	8.00	74.00	1.6	1.9	3660	5.02	39.72	436.80	
				2	5.00								
45	港墘	豎	8	5	8.00	55.00	3.22	3.5	880	5.6	44	334.40	
				3	5.00								
46	陽光	豎	10	7	8.00	71.00	2.5	2.8	3050	7.93	41.6	415.40	
				3	5.00								
47	環山	豎	6	3	8.00	39.00	2	2.42	1590	5.98	28.2	175.30	
				1	5.00								
		沉		2	5.00								
48	北安	豎	8	5	8.00	55.00	2.01	2.31	2160	5.27	27.1	323.70	
				3	5.00								
49	南港	沉	5	5	5.00	25.00	4.5	5.2	220	8.68	23.6	121.70	
50	大南	沉	2	2	1.00	2.00	0.4	0.6	108.8	1	10	8.60	
51	老泉里	沉	3	3	3.00	9.00	13.6	14	160		29	39.20	雨水下水道地理資訊網老泉里抽水站集水面積為 39.2ha 老泉里壓力箱涵集水面積為 173ha
52	無名溪	沉	3	3	3.00	9.00	14	14.4	160		29	18.80	雨水下水道地理資訊網無名溪抽水站集水面積為 18.8ha 無名溪壓力箱涵集水面積為 136.1ha
53	經貿	沉	2	2	1.50	3.00	7.5	8.23	180		7.5	11.80	
54	誠正	沉	3	3	1.75	5.25	6.2	6.7	50	9.63	15.5	21.83	
55	福山	沉	4	2	2.00	4.00	7.9	7.9	280	9.86	10	6.71	
		沉		2	0.60	1.20							
56	勤力	沉	3	3	0.90	2.70	9.52	10.02	380	10.82	12	11.08	
57	南深左	沉	3	3	0.45	1.35	7.99	7.7	110	8.74	10	5.49	
58	南深右	沉	3	3	1.10	3.30	7.2	8.49	140	9.82	12	13.39	
59	康樂	豎	5	2	5.00	34.00	4.8	5	780		25.00	192.10	
				3	8.00								
60	康寧	豎	3	3	12.60	37.80	7.2	7.6	990		58.3	768.00	大湖山莊街調洪沉砂池可調洪 19cms
61	大坑左	沉	2	2	0.45	0.90	7.5	8	10	9.58	5	7.71	
62	大坑右	沉	2	2	0.45	0.90	7.4	7.9	20	10.02	7	3.70	
63	大業東	沉	4	4	1.50	6.00	0.9	1.5	24	2.59	28.8	88.51	配合磺港溪整治工程新設

台北縣

編號	站名	台數		單台抽水量 (c.m.s)	總抽水量 (c.m.s)	警戒 水位(m)	起抽 水位(m)	停機 水位(m)	最高容許 水位(m)	前池面積 (m ²)	集水區內最低 地盤高程(m)	集水面積 (ha)
1	寶高	2	2	2.5	5	10.9	14	13.5	16.9	203		89.55
2	寶橋	2	2	4	8	14	15.5	14.5	18		14.000	27.07
3	寶元	2	2	2.5	5	11.6	13.2	13	15			41.32
4	永和	5	3	3	16.4	2.5	2.9	2.4	6			170.94
	永和臨時		2	3.7			4.2	3.9	6			
5	瓦瑤	8	8	6	48	2.5	2.7	2.4	7.7			563.73
6	秀朗	3	3	1.5	4.5	7.3	7.5	7.3	10.65		5.650	24.20
7	秀山	4	4	5	20	3.5	3.5	1.5				72.42
8	中原	6	6	4	24	3.2	3.4	3.2	7			411.43
9	中和	8	6	8.5	59	3.6	4.5	3.2	7			885.99
	中和臨時		2	4								
10	中和二	5	5	8.5	42.5		4	2.2	6			
11	光復	3	3	4	12	2.5	3	2	5.9			79.84
12	江子翠	6	6	5	30	2	2.3	2	6			348.52
13	華江	3	3	4	12	2.2	3.5	2.5	5.5			109.26
14	十二埤	3	3	2.5	7.5	0.5	1.5	0.5	6.59			50.68
15	新海	5	5	4	20	1.8	2.4	1.8	4.4			304.18
16	四汴頭	8	8	10	80	1.5	2	1.5	5			1863.56
17	僑中	4	4	10	40	1.7	2	1.7	5			
18	土城	16	8	5.5	52	5	6	5.5	9		3.400	537.69
	土城臨時		8	1								
19	西盛	7	7	8	56	3	4.7	3	7.3		5.700	883.88
20	塔寮坑	8	8	10	80	1.8	4	2				2908.22
21	新莊	2	2	4	8	1.2	2	1.2	2.2		2.2	30.96
22	後港	4	4	2	8	3	3.8	3.6	7		6.36	18.17
23	重新	2	2	2.9	5.8	0.8	2	1	3.4			47.91
24	公館溝	3	3	4	12	2.2	3.2	2.5	5.2			141.02
25	西盛溝臨時	3	2	1	5	4.13	4.45	4.3			4.600	138.23
			1	3							4.600	
26	建國臨時		4	3	12	4.83	5.15	5			5.400	87.25
27	潭底溝臨時	10	10	4	40	4.95	5.05	4.9			5.900	646.14
28	沙崙	6	6	7	42	5.3	6.5	5.5	8.5			232.94
29	同安	3	3	4	12	0.3	1.6	0.4	2			82.30
30	重陽	5	5	4	20	0.2	1.6	0.4	2			169.98
31	溪美	3	3	4	12	-0.2	1	-0.1	1.8			145.80
32	長元	2	2	3	6		0.3	-0.75	1.8		1.800	150.74
33	蘆洲	8	8	4.5	36	-0.53		-0.58	0.3			413.93
34	鴨母港	9	4	4	38.5	-1.3		-1.4	1.3			457.24
			5	4.5		-1.3		-1.45	1.3			

編號	站名	台數		單台抽水量 (c.m.s)	總抽水量 (c.m.s)	警戒 水位(m)	起抽 水位(m)	停機 水位(m)	最高容許 水位(m)	前池面積 (m ²)	集水區內最低 地盤高程(m)	集水面積 (ha)
35	頂炭	3	3	4.5	13.5	0.4	1.5	0.7	2			261.17
36	中港西	10	8	8	82	0.3	1.3	0.3	1.1		1.300	1739.17
	中港西(擴建)		2	9		0.3		0.3				
37	中港東	6	2	4	60	-2.4	-0.4	-0.4				
			4	13		-0.5	-0.25	-0.4				
38	五股	6	6	5	30	0.8	2.5	1		1705		178.36
39	洲子洋	4	4	4	16	0.3	0.9	0.5		1235		165.94
40	工商路	2	2	4	8	1.2	2.8	1.5				40.17
41	二重	4	4	5	20	1.5	2.5	1.8	3.5			217.31
42	五堵	2	2	2	4	9	9.3	6.4				15.41
43	草濫溪	4	4	6	24		5.8	4.8	8.91	369	5.100	131.40
44	社后	2	2	5	10		7.8	6.8	9.87	218	8.900	59.60
45	中興	2	2	3	6		7.3	6.3	9.85	194	10.100	24.10
46	下寮	2	2	5	10	5.8	8.2	6.7	9.2	273	9.200	64.54
47	金龍	4	4	3	12		6.5	5.5	10.2	387	10.600	190.00
48	北港	2	2	3	6	6.5	7.5	6.5	8.5	105	6.000	19.71
49	汐萬	3	3	2	6	5.8	7.8	6.3	9.8	249	9.800	27.07
50	拱北	2	2	2	4	7.5	8	7.3		87	11.000	17.66
51	江北	3	3	6	18	6	7.4	6	7.8	414	7.800	129.98
52	水尾灣	2	2	3	6	8	8.5	7.5		190	8.600	25.77
53	禮門	4	4	4	16	7.5	8.1	6.6		344	5.800	91.03
54	長江	2	2	3	6	8	8.6	7.8			9.800	23.38
55	城中	3	3	4	12	8	8.7	7.8	12.1		10.300	66.63
56	江長	3	3	3	9	8	9	8			9.300	42.67
57	保長	3	3	4	12	8	8.56	7.8			9.600	45.07
58	順安	1	1	4	4	5.3	6.3	5			7.900	64.59
59	東和	3	3	1.4	4.2	42.6	44.5	43.6	47		46.000	10.00
60	爪峰一	3	3	1.4	4.2	48	50.5	49.5	52.9		51.300	8.40
61	爪峰二	3	3	0.9	2.7	46	47.5	47	49.5		49.000	5.70
62	民權	5	5	4	20	4.3	4.8	4.3			7.900	64.59
63	八連一	2	2	4.5	9	7.8	8.9	7.8	10.8		10.800	98.52
64	八連二	2	2	0.75	1.5	8.8	10	8.8	12	76	13.460	5.93
65	武英殿	3	3	4	12	5.25	5.75	5.5				77.25
66	水尾灣左	4	4	3	12	7	7.6	7.3				22.06
67	保長左	3	3	3	9	5.7	6	5.8			8.000	22.49
68	昌平	2	2	1	2	-0.4	0.9	0	2.4			5.80
69	中隆	3	3	1.5	4.5	-0.4	0.9	0	2.4			12.80

附錄 二十二、台北市下水道工程設施標準

(不含第五章污水處理設施)

北市 0 六—0 七—0 0 三

臺北市下水道工程設施標準

中華民國七十九年十月十七日臺北市政府(79)府法三字第七九 0 六二四 0 二號
令發布

第一章 總 則

第 一 條 本標準依下水道法第十條之規定訂定之。

第 二 條 本標準對下水道工程之新建、改建、擴建或更換設備適用之。

第 三 條 本標準用辭定義如左：

- 一 人孔：為檢查或清理下水道使人能出入之設施之總稱。
- 二 下水道設施：管渠、抽水站、處理廠及其他相關設施。
- 三 日間人口：居住人口加上日間來自他區之流動人口數。
- 四 中和設備：使酸性或鹼性之水變為中性，或以消石灰或苛性鈉等使洩露之氯氣變成無害物質之設備。
- 五 外水位：護岸或堤防外側之水位。
- 六 污泥指標：活性污泥之沈澱特性，一般用污泥容量指標（S V I）及污泥密度指標（S D I）表示。
- 七 污泥濃縮：藉重力、淨除或其他方法，以降低污泥之含水率之過程。
- 八 污泥迴流比：在活性污泥處理法中，由沈澱池迴流至曝氣池之污泥量與污水量之比，以百分率表示。
- 九 污泥密度指標（S D I）：曝氣後之混合液靜置三十分鐘，其一百公攝 C.C.）中污泥沉澱物所含活性污泥懸浮物之量，以

公克表示。

- 十 污泥容量指標 (SVI)：曝氣後之混合液靜置三十分鐘，其每公克活性污泥懸浮物所占之容量，以公攝 (C.C.) 表示。
- 十一 安全閥：超過規定氣(水)壓時可自動排氣(水)之氣(水)閥。
- 十二 污水井：為收集污水並導入污水管渠之設施。
- 十三 污染負荷：污染物之濃度乘以水量所得之污染量。
- 十四 每人每日污染量：每人每日排出污水所含致污物質如生化需氧量、懸浮固體物、化學需氧量、總氮、總磷等，以公克表示。
- 十五 沉降效率：沈澱池中污泥沈澱時間與流過時間之比。
- 十六 吸入揚程：抽水機吸水面與抽水機葉輪中心線之垂直距離。
- 十七 好氧性污泥消化槽：利用好氧性微生物分解並穩定污泥之消化槽。
- 十八 含水率：污泥中所含水分以重量百分率表示。
- 十九 放流口：放流水即將進入承受水體之處所。
- 二十 雨水調節池：在雨天時具有適當容量可調節尖峰流量之貯留池。
- 二十一 雨水溢流井：在合流制下水道中，為使雨天時超負荷雨水溢流之設施。
- 二十二 雨水溢流堰：在合流制下水道設施中，為使雨天時超負荷下水能溢流所設之堰。
- 二十三 雨水井、收集雨水並導入雨水管渠之設施。
- 二十四 計畫污水量：污水下水道計畫中，為決定管渠、抽水站及處理廠等之容量所採用之污水量。
- 二十五 計畫下水量：決定下水道設施容量所採用之下水量。
- 二十六 計畫雨水量：雨水下水道計畫中，為決定管渠及抽水站等之容量所採用之雨水逕流量。
- 二十七 重現頻率：某一降雨量或洪水量，依長時間紀錄資料，所推測

之發生週期，以年計。

- 二十八 混合液懸浮固體量 (MLSS)：曝氣池內混合液中之懸浮固體物含量，以公絲／公升表示。
- 二十九 食物微生物比 (BOD／MLSS)：曝氣池之有機負荷以食物 (BOD) 與微生物 (MLSS) 之比值表示。
- 三十 重金屬類：比重在四以上之金屬。
- 三十一 計畫排水區域：計畫下水道管渠可能納入排水之區域。
- 三十二 計畫外水位：排水設施於規劃設計時所採用之外水位。
- 三十三 配水虹吸管：設於滴濾池之自動配水槽中用以進行自動虹吸作用之裝置。
- 三十四 倒虹吸管：橫越河川、運河、鐵路及地下道等障礙物底部凹形壓力管渠。
- 三十五 耗氧量：單位時間微生物所消耗之氧量。
- 三十六 家庭污水：自公私有建築物排出之污水含人畜排洩物及因其他物質、生物或能量介入而致改變其品質之水。
- 三十七 容許污染負荷量：保持水質目標所能承受之污染負荷量。
- 三十八 連接管：污水井或雨水井與下水道管渠或設施連接之管。
- 三十九 硝化：由微生物之作用將氮化合物分解生氨，氧化為亞硝酸鹽、硝酸鹽之現象。
- 四十 堤內容許最高抽水位：不致引起集水區域內最低地盤積水之抽水站前池最高抽水位。
- 四十一 混合液揮發性懸浮固體量 (MLVSS)：曝氣池內混合液懸浮固體中，揮發性固體之含量，以公絲／公升表示之。
- 四十二 堰負荷：單位長度之堰每日所溢流之水量。
- 四十三 表面負荷：沈砂池（或沈澱池）以流入水量除以水表面積，亦稱溢流率。
- 四十四 幹管：下水道系統中之主要管渠。
- 四十五 次幹管：下水系統中之次要管渠。

- 四十六 分支管：在排水系統中，除幹管、次幹管外之管渠。
- 四十七 溢流口：超過計畫水量之溢流設施。
- 四十八 滴濾池水力負荷：滴濾池每日每平方公尺濾床面積所噴灑之污水量。
- 四十九 颱風雨：颱風引起之降雨，降雨範圍大、延時長，但強度較小。
- 五十 滲水量：由埋設於地下之管渠接頭裂隙或人孔等處滲入管內之水量。
- 五十一 暴雨：生成於大氣對流作用之降雨，降雨範圍小、延時短，但強度大。
- 五十二 標準活性污泥法：活性污泥法中其BOD／MLSS負荷在每日0．三公斤至0．五公斤BOD／公斤MLSS之間者。
- 五十三 標準滴濾池：滴濾池中水力負荷為每日每平方公尺一至三立方公尺水。
- 五十四 橫軸迴轉式曝氣池：機械曝氣池之一種，曝氣設備之迴轉軸呈水平裝置者。
- 五十五 餘氯：注入污水中之氯經作用後成為游離或結合狀態之剩餘氯。
- 五十六 總揚程：抽水機之淨揚程、損失水頭與流速水頭之總和。
- 五十七 濾料：滴濾池中為保持生物膜及增加污水之接觸面積所配置於濾床之材料。
- 五十八 繞流管：設於水路、水池之一旁，當停用常用設備時仍可使用之繞水路。

第二章 基本計畫

第四條 下水道系統計畫之基本原則如左：

- 一 規劃下水道系統時，對污水與雨水之處理與排除，應考慮一併解決。

- 二 流域性下水道建設區域內之個別下水道計畫應能配合流域性建設計畫。
- 三 擬定區域性下水道計畫前，應先就現況及相關資料充分調查整理，並與河川灌排管理機構協調，下水道系統以重力流設計為原則。
- 四 下水道系統計畫之目標年，以二十年以上為原則。
- 五 下水道之收集系統原則上應採雨水與污水分流制，但在污水下水道未完成地區，雨水下水道得兼排經初步處理之污水。
- 六 已有水體分類之水區應能達到其水質標準。在未有水體分類之水區，應考慮水質源之利用狀況，依暫定水質標準辦理之。
- 七 放流口之位置及構造物之形式應依放流水域之水位流量、水利利用狀況及河川整治計畫充分調整，不得影響承受水體之用途及結構物之安全。下水道設備之配置、構造及功能之決定，應充分考慮地形、地質等自然條件及放流水域之狀況、周圍環境、設備之分期建設計畫、施工條件、工程費用、維護管理等因素。
- 八 規劃雨水下水道管渠系統及抽水站得依主管機關之指定，設置水文觀測站，其量測設備、地點、所需精度應依事實需要選定之。
- 九 設置管渠、抽水站及處理設備時應考慮污水量及水質之量測問題。

第 五 條 下水道規劃時應調查左列事項：

- 一 地形、地質、水文及氣象等自然條件之調查：包括地形、地勢、地下水位、地盤沈陷情況、計畫區之降雨紀錄、災害情形及其對應之降雨強度、風向、擬放流水域之洪水位、洪水量、潮位、洪水痕跡等項目。
- 二 都市計畫調查：包含都市計畫核定情形、都市計畫使用分區情形、道路寬度及中心樁樁位。
- 三 河川整治計畫之調查：包含計畫流量、計畫水位、計畫河床

高度、計畫縱斷坡度及計畫施工時間等。

四 土地使用狀況、道路現況、地下埋設物及其他現有相關設施之調查：包含道路寬度、道路橫斷面、交通量、各公用事業地下管線種類、尺寸、高程、既有管渠之通水能力及各類人孔、手孔位置尺寸高程等。

五 污染調查：包含自來水供水現況及其將來計畫、工業用水現況及計畫、人口、工業生產量、農林畜產之相關統計資料、主要工廠、農、牧、礦產之排水量及水質資料等負荷量、承受水體涵容能力、水質源利用現況及將來計畫等。

六 其他相關計畫之調查：包含公用事業管線埋設計畫、提升道路服務層次之計畫及新社區開發計畫等。

七 其他既有設施之調查：包含人文文化財產及歷史古蹟等。

第 六 條 污水下水道計畫依左列因素決定：

一 計畫人口：計畫人口數視計畫目標年計畫區域內之發展狀況等因素，根據左列各項決定之：

（一）計畫人口數依計畫區域內單位行政區過去人口增加狀況推測計畫目標人口數。

（二）人口分布預測：計畫區域內人口分布，應參照土地使用計畫之人口密度分配之。

（三）日間人口數：日間人口數流動較大地區應考慮其日間人口數。

二 計畫污水量：計畫污水量包括家庭污水、事業廢水及滲水量，各項水量考慮左列因素決定之：

（一）家庭污水量：每人每日最大污水量以實測紀錄推測，並得參考計畫目標年區域內供水計畫之每人每日最大供水量決定之。

（二）事業廢水量：各事業單位排水量較大者，應考慮其擴建增產，以產品單位用水量或單位用地面積之用水量為估量依

據。

- (三) 滲水量：依每人每日最大污水量百分之十至百分之二十或以集水面積每公頃每日十五立方公尺至二十五立方公尺估計之。

三 計畫污水量之時變遷：

- (一) 計畫最大日污水量以平均日污水量一·二倍至一·四倍為準。
- (二) 計畫最大時污水量以平均日污水量每小時之一·五倍至三倍為準
- (三) 社區計畫污水量以計畫尖峰污水量為準。

四 生活污水水質：生活污水水質按家庭污水及事業廢水分別估計，並依左列因素決定綜合水質：

- (一) 污水水質以生化需氧量BOD及懸浮固體物SS指標表示，必要時得增加其他項目。
- (二) 家庭污水水質依每人每日負荷量及計畫每人每日平均污水量為準。
- (三) 工廠廢水水質以實測資料為準，但中小工廠及將來可能設立之工廠得依工業類別之水質標準值估計之。

五 處理方法以流入下水道之水量、水質負荷、時間變化、承受水體之流量、水資源利用狀況、放流水標準、處理廠用地及維護管理等條件為基礎決定之，原則上以二級處理之活性污泥法、標準滴濾法為準，必要時得考慮三級處理。承受水體水質標準、處理廠規模及公共水域、水質保護等不致發生障礙者，得降低處理標準。

六 污泥處理方法須考慮廢水水質、廢水處理方法、污泥最終處置方式，處理廠用地及維護等條件決定之。

七 管渠系統計畫必須考慮左列因素：

- (一) 分流制污水管渠以計畫尖峰污水量為計畫基準。

- (二) 合流制管渠以計畫雨水量加尖峰計畫污水量為計畫基準。
- (三) 分流制與合流制併用時，宜將兩系統之管渠分開計畫，必須合流時，合流區域之污水管須引至合流區域雨水溢流井之下游接入截流管。
- (四) 管渠以採用暗管（渠）為原則。
- (五) 管渠之配置，應考慮地形、地質、道路寬度及地下埋設物等。
- (六) 管渠斷面形狀及坡度之決定，應確保自淨流速，避免管內發生沉積現象，但流速不可過大。
- (七) 管渠系統應儘量避免採用倒虹吸管。

八 抽水站計畫須考慮左列因素：

- (一) 分流制污水抽水機之計畫抽水量以尖峰污水量計；合流水制抽水機以計畫逕流量加尖峰計畫污水量計。
- (二) 抽水站應儘可能少設，抽水設備不宜浸水。
- (三) 計畫抽水站時應考慮四周環境。

第 七 條 雨水下水道計畫依左列因素決定之：

一 計畫雨水量須考慮左列因素：

- (一) 雨水逕流量應依相關條件估算，並得以合理公式計算之。
- (二) 雨水下水道各項設施之設計重現頻率規定如左表：

區 分	頻 率 年 數
平原地區排水系統	五年
山坡地社區開發排水系統	十年
雨水調節池	二十年
抽水站外水位	十年
車行地下道	二十年

各頻率年數之降雨量強度參考公式如左表：

頻 率 區 分	五 年	十 年	二 十 年
暴 雨	$8606/t+49.14$	0.330 $346.3/t$	0.327 $363.7/t$
颱 風 雨	$4867/t+48.3$	$6649/t+55.4$	0.294 $227/t$

式中 t 為降雨延時以分鐘計，假設與集流時間相同。降雨強度之單位為每小時公厘。

(三) 颱風雨時逕流係數，不分土地使用情況，一律採用 0.9。暴雨時逕流係數，依左表數值，如無特殊情況採用中值計算。

使用分區	逕 流 系 數	
	範 用 值	時值
商業區	0.70~0.93	0.83
車行地下道	0.70~0.93	0.83
混合住宅區	0.66~0.89	0.79
工業區	0.56~0.78	0.67
機關學校	0.50~0.72	0.61
公園、綠地	0.46~0.67	0.56
機場	0.42~0.62	0.52
農業區	0.30~0.50	0.38
山區	0.55~0.75	0.60

(四) 下水道設施之起始集流時間應考慮最小單位排水區之土地表面特性，車行地下道採用五分鐘，U型側溝採用五分至十分鐘，幹、支渠採十分至十五分鐘計算。

(五) 雨水下水道系統涵蓋之集水面積應依據地形，參考現有道路、鐵路、河川、排水溝等，並考慮將來之開發計畫作適

當之劃分。

- 二 管渠系統計畫須考慮可利用之水頭、管渠之斷面形狀及坡度，並參酌覆土深度，維持適當流速。幹渠儘量配置於集水範圍內之最低路徑。
- 三 計畫排水口水位，須高於排入承受水體之計畫高水位或高於排入幹渠之計畫水位。在出口處有堤防及抽水站保護之下水道，其出口水位以不低於感潮河川之平均常水位為原則。
- 四 直角式排水系統之排水口處設置一平行於水域之下水道幹管，截集各系統之污水至處理廠處理，並於各流出口設置雨水溢流設備以排除雨天時多量雨水；晴天污水或初期降雨逕流，須引至處理廠處理。截流管之設計流量為平均日污水量之三倍至五倍。
- 五 抽水站之設計抽水容量應以五年頻率颱風雨時之雨水逕流量計算。但左列情形應以五年頻率暴雨逕流量計算：
 - (一) 抽水站引水幹管集水區域內都市計畫所擬訂之最低地盤高程如低於出口河川平均高潮位或出口擬排入之幹渠計畫水位或河川常水位加上自該最低點至出口所需之水力坡降時。
 - (二) 擬排入河川之洪峰到達該抽水點之時間短於三小時。

第 八 條 下水道設施之設計依左列規定：

- 一 對自重、活載量、水壓、土壓、風壓、地震力及積雪荷重等之作用在結構上須具安全及耐久性。
- 二 應具有水密性耐磨、耐蝕性能，在內空情形下應能抵抗浮力作用。
- 三 管渠水流，以重力流為原則，情況特殊時，得以壓力流計算，但其能量線不得高於流經之地面。

第 九 條 廢水以管線排放於海洋時依左列規定辦理：

- 一 廢水以管線排放於海洋時，應先向中央主管機關申請許可。

變更申請時，亦同。

二 申請前款許可應提出左列文件：

- (一) 申請書。
- (二) 工程計畫書。
- (三) 管線位置平面圖、剖面圖及管線所經地區之環境說明書。
- (四) 廢水排放之海域生態環境調查報告書。

三 排放廢水水質應符合中央主管機關公告之廢水排放標準。

四 岸上應設置明顯警示標誌，並於管線末端及其周圍設置警示浮標。

五 放流擴散管進水端應預留採樣孔。排放時應按日測定排水量及檢驗水質，其紀錄保存期限不得少於三年。

第三章 管渠及其附屬設備

第十條 下水道之計畫下水道、水力計算、流速及坡度應符合左列規定：

一 計畫下水量：

- (一) 以計畫尖峰污水量設計污水管渠。
- (二) 以計畫雨水逕流量設計雨水管渠。
- (三) 以計畫尖峰污水量及計畫雨水逕流量之和設計合流管渠。
- (四) 前三日計畫下水量，得依排水區域，酌增百分之十至百分之二十之餘裕量。

二 管渠之水力計算得採用曼寧公式或庫特公式。

三 流速之限制如左：

- (一) 污水管渠於計畫污水量時之最小流速為每秒0.6公尺，最大流速為每秒三公尺。
- (二) 雨水管渠或合流管渠於計畫流量之最小流速為每秒0.8公尺，最大流速為每秒三公尺。

第十一條 管渠之種類及斷面依左列規定：

一 管渠應為陶管、混凝土管、鋼筋混凝土管、延性鑄鐵管、玻

璃纖維管、硬質塑膠管、預鑄或現場灌注鋼筋混凝土涵渠或其他可適用之管材等。

二 管渠之斷面以採用圓形、矩形或馬蹄型為原則。

三 下水道管渠之最小斷面如左：

（一）公共污水管之最小管徑為二百公厘，雨水管渠之最小管徑為五百公厘。

（二）U型溝寬度不得小於三十公分，深度（含出水高，但不含溝蓋厚度）不得小於四十公分，且原則上不大於一公尺。

（三）箱涵之寬、高以不小於一·五公尺為原則。

四 下水道管渠之出水高如左：

（一）U型道路側溝以設計水深之百分之三十計，且不得小於二十公分。

（二）梯形、U形明溝其設計水深小於一公尺者，以三十公分計，水深大於一公尺者，以水深百分之二十計。

（三）箱涵以設計水深百分之十計。

第 十二 條 管渠埋設位置及深度依左列規定：

一 埋設位置及深度

（一）管渠埋設於公共道路內者，其埋設位置及深度應與道路主管機關協調。

（二）管渠橫越河床時，其埋設位置及深度應與河川主管機關協調。

（三）管渠穿越鐵路時，其埋設位置及深度應與鐵路主管機關協調。

二 最小覆土深度：

（一）圓型土管之最小覆土深度須在七十五公分以上，鋼筋混凝土管須在五十公分以上，但有特殊保護時不在此限。

（二）箱涵無最小覆土限制，但如在道路範圍內時，至少需有十公分之覆土深度。

三 管渠保護：

- (一) 土壓或其他載重超過管渠之外壓強度時，須以混凝土或鋼筋混凝土加強或經由基礎之改良保護之。
- (二) 管渠內面有磨損、腐蝕之虞時，應設適當裡襯。

第十三條 管渠之接合、接頭開挖及基礎應符合左列規定：

一 管渠之接合：

- (一) 管渠之管徑、深度變化或二支以上管渠匯合時，以管渠頂部內緣或流水面相接為原則。
- (二) 地面坡度過大時，應以最大流速限制其埋設坡度，並於適當位置設消能設施或跌水人孔。
- (三) 二支管渠匯合時，其中心交角應儘可能在六十度以內，以曲線匯合時，其曲率半徑應以大於管徑五倍為原則（矩形渠以寬度作為管徑）。
- (四) 梯形明溝及矩形渠寬度有變化時，應有漸變段連接，漸變段側牆線與原渠道側牆線之夾角進口處應小於二十五度。出口處應小於十二·五度。

二 管渠之管溝開挖寬度，應有足夠空間通過回填材料。

三 管渠接頭之材料，應具左列特性：

- (一) 易於施工，施工後即可通水使用。
- (二) 具充分彈性，防止不均勻沈陷發生斷裂。
- (三) 具水密性、防蝕性，不易老化。
- (四) 可配合各種管渠之形狀與尺寸。

四 管渠如採用商業成品，應依外壓荷重、覆土深度、土質狀況等，選擇管底基礎型式及管材品級，管材抗壓強度應具有一·五倍以上之安全係數。

第十四條 下水道管渠穿越鐵路、自來水管、瓦斯管、河川、堤防、電纜及其他難以移設之構造物時，得設置倒虹吸管，並依左列規定辦理：

一 倒虹吸管須傾向下游設適當之坡度，管內流速須大於上游管

渠內流速百分之二十至百分之三十或最小流速須大於每秒
0·九公尺。

二 倒虹吸管進出水井應設閘間或擋水板。

三 附近地形條件許可，應設置二條以上之平行管。

四 倒虹吸管進出口處應考慮設置鐘形漸變段，必要時，應設排水、沈砂等設備。

第 十五 條 人孔之設置依左列規定：

一 下水道管渠為清理需要，及管渠方向、坡度、管徑變化處、管渠匯流點、管渠底部高程驟變或為檢測流量之需要必須設置人孔。

二 人孔以每五十公尺至六十公尺設置一處為原則。如為雙孔以上箱涵時應分別設置並交錯排列。

三 雨水下水道人孔種類及構造依左列規定辦理：

（一）人孔為矩形或圓形，可以場鑄或預鑄。

（二）人孔入口上部應設不影響交通之鑄鐵蓋或鋼筋混凝土蓋，人孔應留設安裝開啟機具之孔口。

（三）人孔入口內徑應在六十公分以上。人孔入口深度大於五十公分時，應將內徑漸變至九十公分。

（四）人孔踏步材質盤不鏽鋼製品，間距為每三十公分設一階，但最上一階得採三十公分至四十五公分設置之。

四 污水下水道人孔得採用預鑄或場鑄，底部依管之狀況，做成槽狀。小管徑無法直接進入管渠內清除者，設機械清除孔清除淤泥。

第 十六 條 雨水溢流井之設置依左列規定：

一 須考慮污水截流管之配置及放流水域之特性選定位置。

二 其設計溢流量等於該放流點處之計畫下水量減去污水截流管之設計流量。

三 污水截流管之設計流量應能承受水體或水區水質條件，一般

為計畫最大污水量之二倍至三倍。

四 雨水溢流管須設置出入口。

第 十七 條 雨水調節池之設置依左列規定：

一 流入雨水調節池之雨水量應依據長時間降雨資料作成之降雨歷程線推算，其容量之決定需考慮左列規定：

（一）山坡地以十年一次之暴雨強度，平原地區以五年一次之暴雨強度計算社區開發後之雨水最大逕流量，並視調節池下游排水設施之排水能力決定調節池之容量。

（二）調節池下游排水設施之排水能力比社區開發前山坡地十年一次或平原地區五年一次之雨水逕流量為大時，須以既設排水設施之排水能力相當之社區開發前降雨量之雨水流出量為準，決定調節池容量。

（三）調節池容量之決定，須考慮開發前後逕流係數之改變、下游下水道之排水能力及設計集流時間等因素。

二 調節池以自然放流方式為原則。

三 調節池得與沈砂池合併設置。分別設置時，調節池應設於沈砂池之下游。

四 調節池餘水溢流口須具有能放流一百年一次降雨量之最大雨水逕流量之一．五倍以上之能力，其最高水位不得超過壩頂高度。

第 十八 條 沈砂池之設置依左列規定辦理之：

一 應設於山區排水溝進入幹支線前或山坡地開發建築之雨水排水系統匯集處。

二 沈砂池淤砂量之多寡依季節、地質及地表狀況而變化，沈砂量以計畫開發面積每公頃二十立方公尺估算。在山坡地開發施工期間，應以計畫開發面積每公頃二十立方公尺至一百五十立方公尺之沈砂量估算設置臨時沈砂池。

三 沈淤粒徑依沈砂池之流速而定，一般採用流速為每秒0．一

五公尺至0·三公尺，計畫沈淤粒徑為二公厘至三厘。

第 十九 條 放流口之設計依左列規定：

- 一 位置及構造，應先與承受水體之主管機關協調後決定。
- 二 放流水流速，以不妨礙航行、引起沖刷及不影響附近構造物為原則。
- 三 底面高度應位於放流水體之高水位及低水位之間。
- 四 放流口之位置及放流水之流向須考慮不使放流之雨水在其附近停滯。
- 五 設置防潮閘門時，應為自動控制之閘門，並應有備用之手動操作裝置。

第 二十 條 集水井及連接管之設置依左列規定：

- 一 集水井：
 - (一) 雨水集水井設置於道路側溝匯流點，並以連接管接入雨水幹支渠。有人行道者，設於人行道之緣石邊；無人行道者，設於臨道路與私有地分界線之道路內為原則。污水井之設置比照辦理。
 - (二) 雨水集水井應為矩形構造物，其井底深應比連接管底低二十公尺以上，其上鋪設鑄鐵格柵蓋板。
 - (三) 污水集水井為圓形或矩形之混凝土、鋼筋混凝土或經管理機關核准之製品，內徑或內面淨寬為三十公分至七十公分，井之深度以七十公分至一百公分為原則，井蓋為鑄鐵或鋼筋混凝土製，污水集水井之底部，須做成半管狀。
- 二 污水連接管埋設或鋪設之方向以與支管成垂直，與支管連接處成六十度角為原則。連接管之坡度應保持百分之一以上為原則，與支管之連接處應在支管之上半部，最小管徑為一百五十公厘，連接處之構造以採用叉管連接為原則。

第二十一條 道路側溝之設置依左列規定：

- 一 U型側溝設置於道路兩側，溝頂以鋪預鑄溝蓋板，底槽採半

圓型為原則，溝底縱坡應使流速符合第十條之規定。

二 進水口應採直接設在蓋板上之格柵直落式，其間距為五公尺至十公尺。

三 道路L型側溝之棋坡最緩為十分之一。

第二十二條 車行地下道之排水設施依左列規定：

一 兩側應設置縱向側溝，地下道之最底處應設置橫向截水溝，並應在地下道引道連接平面道路之豎曲線外端及其他適當地點設置橫向截水溝。側溝或截水溝之容量應在逕流量及地下水滲流量計算值二倍以上，寬度應在三十公分以上，其上鋪設以鋼板或其他堅固耐用之材料製成且開有進水孔洞之蓋板。

二 車行地下道應設置沈水式抽水機，接用臺灣電力股份有限公司（以下簡稱臺電公司）之電源，並應設置可自動切換啟動之發電機，其裝機高程應儘可能提高。

三 車行地下道抽水設施之設計容量，應足以抽除左列水量計算值之總和：

（一）逕流量計算值之一．五倍。

（二）依據工地地質狀況及地下水防水設計條件估算之滲流量。
但每平方公尺與土壤接觸面之滲流量不得小於每日0．0二立方公尺。

（三）抽水機應依設計容量至少分二臺裝設，各抽水機間應有根據進水情況自動交替運轉之切換裝置，抽水機之出水管高程應在計畫排入側溝或幹渠之設計最高水位。

（四）地下道雨水井之內部尺寸，須依選用抽水機之特性需要裝設全部之抽水機，並應具有適當之沈砂空間及容納足以供應抽水機設計臺數中之半數抽水機持續運轉十分鐘之水量。

第四章 抽水設施

第二十三條 計畫抽水量、水位、原動機之選擇依左列規定：

- 一 污水下水道抽水量為計畫尖峰污水量，雨水下水道抽水量為計畫雨水逕流量。
- 二 吸水位應考慮流入管渠之最高及最低水位。
- 三 排水抽水占應依其排水區域決定其出口水位。

第二十四條 沈砂池及攔污柵之設置依左列規定：

- 一 沈砂池及攔污柵以設置於抽水站或處理設施之前為原則。
- 二 沈砂池之形狀為矩形或圓形，池數以二池以上為原則。
- 三 沈砂池應為水密性構造物，其流入口之配置須考慮防止發生短流，池底坡度以百分之0.5至百分之一為原則。
- 四 沈砂池之平均流速以每秒0.3公尺為準，雨水沈砂池之表面負荷以每日每平方公尺三千六百立方公尺為準，污水沈砂池之水面負荷以每日每平方公尺一千八百立方公尺為準，沈砂池之停留時間以三十秒至六十秒為準。
- 五 沈砂池之有效深度應配合流入管渠水深決定，沈底須另加三十公分以上之積砂。
- 六 曝氣沈砂池之形狀及池數依第二款規定，構造依第三條規定，停留時間以一分至二分鐘為準，有效水深以二公尺至三公尺為準，出水高以五十公分為準，每立方公尺污水量之送氣量以一立方公尺至二立方公尺為準，並須設置消泡設施。
- 七 沈砂池之出入口應設置閘門或擋木板，閘門必須裝置電動式或手動式開關，設置電動式開關時須備有緊急手動操作設備。
- 八 雨水用攔污原則上設於沈砂池之後，攔污柵之有效間隔為五十公厘至九十公厘並設自動撈污機，污水用攔污柵原則上設於沈砂池之前，攔污柵之有效間隔為十五公厘至二十五公厘，以機械清理者，傾斜角與水平成十度左右；以人工清理

者，與水平成四十五度至六十度，水流通過攔污柵之流速在計畫流量時以每秒0.45公尺為準。攔污柵之構造須具有承受前後水位差一公尺以上水壓之強度。

九 沈砂池以裝置機械式除砂設備為宜。

十 沈砂及柵除物之貯存、裝運及廢棄，須防止腐臭發生，必要時應設沈砂洗淨裝置及柵除物處理裝置。

十一 沈砂池及攔污柵設備須設保養檢查用通道，作業上危險之處須設置扶手或欄杆，設於室內時須設通風設備。

第二十五條 抽水井之設置應以水密性構造物為原則。抽水井及其流入口之配置，須防止引起亂流或渦流現象。

第二十六條 抽水設備之設置依左列規定：

一 抽水機設置臺數依計畫抽水量之時變化及抽水機之性能而定，以採用同一容量為原則，如計畫抽水量之變化甚大時，得採用不同容量之抽水機。抽水機之設置臺數應參考左表：

污 水 抽 水 機		雨 水 抽 水 機	
計畫抽水量 (每立方公尺)	設置台數	計畫抽水量 (每立方公尺)	設置台數
0.5以下	二台至四台 (一台備用)	三以下	二台 (一台備用)
0.5至	三台至五台	三至一0	二台至三台
一.五以上	四台至六台	一0至二0	三台至五台

二 抽水機吸水管口徑依抽水量及吸水管內之流速決定，吸水管內流速為每秒一.5公尺至三公尺。抽水機出水管口徑，依吸水管口徑、總揚程及比速決定。

三 抽水機總揚程依淨揚程、吸水管與出水管之水頭損失及出水

管末端之速度水頭決定，抽水機之淨揚程依出口水位及放流水位之變動範圍及計畫抽水量、抽水機之特性決定。

四 抽水機之比速及轉速，應考慮使抽水機能發揮最合於計畫條件之特性。

五 有淹水之虞或吸水淨揚程較大時，應採用豎軸式或沈水式抽水機，抽水機應為不阻塞、抗腐蝕、磨損少且容易分解清理之構造。

六 抽水機之原動機出力應為抽水機之軸動力如適當之餘裕。使用電動機時應加以餘裕，為抽水機軸馬力百分之十至百分之二十；使用內燃機時應加之餘裕為抽水機軸馬力百分之十五至百分之三十。

七 抽水機之吸水淨揚程應不使發生穴蝕現象，並依抽水機之型式儘可能減小。

八 抽水管線有發生水錘之虞時，應設防止或減輕措施。

九 抽水機吸水管應符合左列規定：

- (一) 每臺抽水機應設吸水管一支。
- (二) 吸水管應避免水平裝置，無法避免時，應儘可能縮短水平管長，並設向抽水機呈百分之二之上坡坡度。
- (三) 吸管接頭及其管件不得漏氣。
- (四) 吸水管內避免空氣停積，並儘量減少彎曲處所。
- (五) 吸水管管端應為喇叭形，管端在最低水位下之深度與抽水井底面之距離，吸水管相互間之間隔，及與抽水井壁面之間隔均須適當。
- (六) 吸水管宜短，過長時，中間應設固定支架，不得使用比抽水機口徑為小之吸水管。

十 抽水機與原動機之基礎應為一體，以混凝土構造，且符合左列規定：

- (一) 抽水機之基礎應對其荷重具有足夠之支撐強度。

- (二) 抽水機之基礎應有充分之重量以抑制其震動，以電動機帶動時，獨立基礎之重量為機械重量之三倍以上。

十一 抽水機之附屬設備及輔助設備應依左列規定裝設：

- (一) 抽水站內應設吸水水位及出水水位之指示設備。
 (二) 設有大型抽水機之抽水站應裝設吊車為起重之用。
 (三) 必要時應設供給水封、冷卻及潤滑用水之設備。
 (四) 抽水站內應考慮設排水及管渠清理用抽水機。

第二十七條 抽水機之操作控制應符合左列規定：

一 使用自動或遙控設備操作抽水機時，應按抽水機型式及其安裝情形裝設左列設備：

- (一) 滿水檢查設備。
 (二) 水流檢查設備。
 (三) 壓力指示設備。
 (四) 在起動、水封、冷卻及潤滑等用水配管必要地點設置電磁閥。
 (五) 在出水管制水閥設極限開關及安全裝置。

二 抽水量之控制應視實際情形將抽水機之操作臺數、轉速或制水閥開關等各項中之一項或數項同時併用。

三 抽水機應設有適當之保護電驛設備。

第二十八條 電動機之設置依左列規定：

- 一 以採三相感應電動機為準。
 二 型式應依安裝地點及周圍情況以左表為準：

安 裝 地 點 之 情 況	型 式
乾燥而塵埃少	保護型
有水沫之虞	防沫型
有水沖或濕度高	防水型
有氯氣接觸之虞	耐蝕型
有可燃氣體之虞	防爆型
屋外	屋外型

三 採用全電壓起動者，其大小應符合臺電公司屋內線路裝置規則規定，電動機應依左表所列起動設備採最適宜者：

電 動 機 種 類	起 動 設 備
鼠籠型感應電動機	1.Y－Δ減壓起動器 2.自耦變壓起動器 3.限流型起動器
線繞轉子型感應電動機	起動電阻器

四 電動機開關與起動設備間設應防止錯誤操作之聯鎖裝置，並安裝適當之過載及低壓斷路器保護設備。

第二十九條 內燃機之設置依左列規定：

一 抽水機之備用動力或備用發電機之原動機，以採柴油機為準。

二 柴油機應設左列輔助設備：

（一）可貯四十八小時連續運轉所需油料之燃料油箱。

（二）起動設備：空氣起動時設壓縮空氣筒及空氣壓縮機。電力起動時應設蓄電池及充電設備。

（三）冷卻水設備。

（四）潤滑油設備。

第三十條 電力設備之設置依左列規定：

一 依臺電公司有關規定裝設，並考慮操作、維護、管理之便利及防止事故之發生。

二 受電電壓應視該地區之供電方式與臺電公司洽定之。

三 電力設備原則上，應使用專用接戶線。

四 受電設備應符合左列規定：

（一）容量應按所連接之設備容量定之，以不低於設備容量之一。

二五為原則。

(二) 應設有能安全開閉受電電路之開關及能將可能發生之最大短路電流安全切斷之斷路器。

(三) 無論電壓高低，均應設電壓計、電流計、電力計及指示燈，契約容量超過一千瓩時，應加裝功率因素表。

(四) 高壓受電原則上應使用裝甲型或閉鎖型受電盤。

五 變電設備應符合左列規定：

(一) 容量應有百分之十至百分之二十之餘裕，必要時並應有適當之備用容量。

(二) 變電設備內電路，應裝設安全開關及斷路器。

(三) 變壓器之冷卻以浸油自冷式為準。

六 配電設備應符合左列規定：

(一) 由受電設備或變電設備至主要設備之配電線路，應儘量使用電纜。

(二) 無論電壓高低，均應設電壓計、電流計及指示燈。

(三) 配電線路之分歧點，應設分路開關及分路過載保護設備。

(四) 配電設備以使用裝甲型配電盤為原則。

(五) 備用抽水機及其他備用器具電路，必要時應以雙投開關控制其使用。

(六) 電動機線路之開關設備，應依其容量及電壓以左表規定為準：

電壓 (伏)	電動機容量(社)	開關設備
二二〇、四四〇	全部	配線用斷路等或三極開關
	三〇〇以下	配電盤或電箱
三三〇〇、六六〇〇	三〇〇以上	配電盤

七 功率因數改善設備，以左列規定為準：

(一) 低壓電動機線路，應以並聯方式將電動機與電容器直接連接之。

(二) 高壓電動機線路，以採用電容器組分設於高壓幹線上為原則。

(三) 電容器應附裝放電設備，於電路開放後放出殘餘電荷。

八 主要設備應考慮設置自用發電設備及其他備用電力。自用發電設備發電機以旋轉電樞式發電機；原動機以柴油機為準。

九 直流電源設備應以左列規定為準：

(一) 應考慮控制線路之負荷量，指示燈、安全燈及其他直流用電設備之容量而決定其容量。

(二) 蓄電池應為浮動充電式或不斷電裝置。

(三) 線路上應裝設電壓表、電流表及配線用斷路器或開關。

十 電力設備之保護及安全措施，應符合左列規定：

(一) 接戶開關應裝設於靠近進屋點之接戶線上，易於接近之處。

(二) 受電設備如係低壓，應設配線用斷路器；如係高壓或特高壓，應設有避電器接地電驛及過載電驛之保護裝置。高壓或特高壓幹線及其他必要之處，應裝設避電器。高壓配電線路上，應設過電流保護電驛及接地保護電驛。

(三) 特高壓變高壓之變壓器，應設內部故障檢出裝置及溫度測計裝置，在二次側應設對混觸所發生之危險防止裝置，以及接地檢驗裝置。

(四) 電容器線路上，應設斷路器、過電流保護電驛及超電壓保護電驛。但如電容器與電動機直接並聯，且在電動機過載保護設備之負荷側者免談。

(五) 特高壓或高壓電路，應在易見之處，標示相別，並以線路模型及其他方法，標示其接線狀態。

(六) 直流電源及其線路應設檢漏裝置。

(七) 用電器具應按各種設備施以適當之接地工程。

第三十一條 抽水機室及配電室之設置應符合左列規定：

一 抽水機室及配電室之構造：

(一) 抽水機室及配電室應儘可能使用鋼筋混凝土等不燃性構造物。使用易燃性材料時，電力設備之上方天花板及側面，均應以不燃物覆蓋。

(二) 應有良好通風採光，並防止噪音及避免浸水。

(三) 抽水機室之面積應留適當餘地，以便抽水機、管件、制水閥開動設備及其他機械拆裝時放置之用。

(四) 配電室應設在不致有氯氣及其他腐蝕性、可燃性氣體發生或滯留處。

(五) 配電室應有足夠空間、操作及檢查各項機器。

二 主控室之構造應有良好通風採光及防止噪音，並設在易於監視管理抽水機及配電設備之地點。

三 抽水機室、配電室及監視室，應設有充分之照明設備。

四 抽水機、內燃機及電力設備，應按需要加裝適當之隔音設備。

附錄 二十三、台北市抽水站運轉紀錄格式

Item	Time	前池水位	河川水位	pump#1	pump#2	pump#3	pump#4	閘門開啟	閘門開啟
1	2007/03/04 23:15	0.97	1.29	0	0	0	0	0	0
2	2007/03/04 23:16	1.01	1.29	0	0	0	0	0	0
3	2007/03/04 23:17	1.04	1.3	0	0	0	0	0	0
4	2007/03/04 23:18	1.07	1.3	1	0	0	0	0	0
5	2007/03/04 23:19	1.09	1.32	1	0	0	0	0	0
6	2007/03/04 23:20	1.12	1.33	1	0	0	0	0	0
7	2007/03/04 23:21	1.16	1.33	1	0	0	0	0	0
8	2007/03/04 23:22	1.18	1.33	1	0	0	0	0	0
9	2007/03/04 23:23	1.2	1.35	1	0	0	0	0	0
10	2007/03/04 23:24	1.2	1.37	1	0	0	0	0	0
11	2007/03/04 23:25	1.22	1.38	1	0	0	0	0	0
12	2007/03/04 23:26	1.25	1.38	1	0	0	0	0	0
13	2007/03/04 23:27	1.29	1.4	1	0	0	0	0	0
14	2007/03/04 23:28	1.29	1.41	1	0	0	0	0	0
15	2007/03/04 23:29	1.29	1.42	1	0	0	0	0	0
16	2007/03/04 23:30	1.32	1.43	1	0	0	0	0	0
17	2007/03/04 23:31	1.35	1.45	1	1	0	0	0	0
18	2007/03/04 23:32	1.37	1.46	1	1	0	0	0	0
19	2007/03/04 23:33	1.34	1.48	1	1	0	0	0	0
20	2007/03/04 23:34	1.3	1.51	1	1	0	0	0	0
21	2007/03/04 23:35	1.3	1.54	1	1	0	0	0	0
22	2007/03/04 23:36	1.3	1.56	1	1	0	0	0	0

附錄 二十四、都市生態保水設計

近年來由於都市發展關係，使得都市內建築物、道路鋪面的面積大增，也因此原本透水的區域也逐漸減少，取而代之的是利用人工溝渠等排水設施，並將排水路相互連接至抽水站，雖然替地狹人稠的都市解決了排水的問題，但就另一方面也衍生了問題。因為不透水設施的增加也導致了對於溝渠排水的依賴性，近年來更由於異常氣候頻頻發生，也讓我們舊有的排水方式陷入系統化的風險中（圖 1，左）（圖 2）。

因為舊有的方式以圍堵的方式來治水，取代了滲透、截留的功能所待來的缺點，相較於歐美國家使用滲透、截留的透水、保水方式來降低風險，在現在綜合治水裡面為一新的構想，如此也可降低系統性風險，且親水、截留的環境可以保護生態的多樣性，對於都市也有調節氣候的功能（圖 1，右）。因此本文要介紹的是歐、美、日等先進國家對於滲透及截留的方式來介紹。

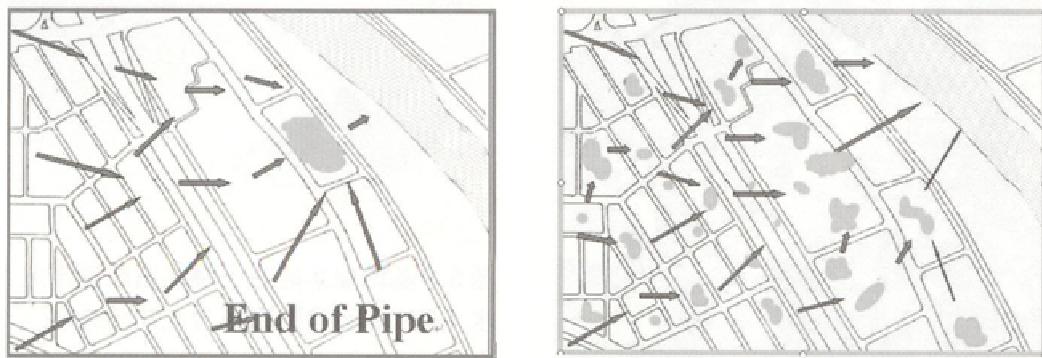


圖 1 巨型化、集中化的防洪系統具有高風險性（圖左）；分散化的透水保水設施可減少防洪風險並有益生態環境（圖右）（林憲德，2005）。



圖 2 台北市遭受納莉颱風淹水情況（摘自東湖國小網頁）



圖 3 德國住家庭園除車軌外全面透水化（左圖）；透水化的草溝排水設計（右圖）（林憲德，2005）。

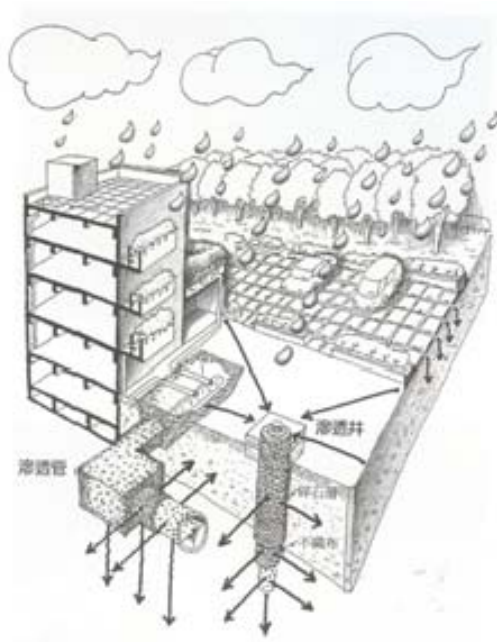


圖 4 滲透管溝、滲透井使用於大樓及周遭環境（林憲德，2006）

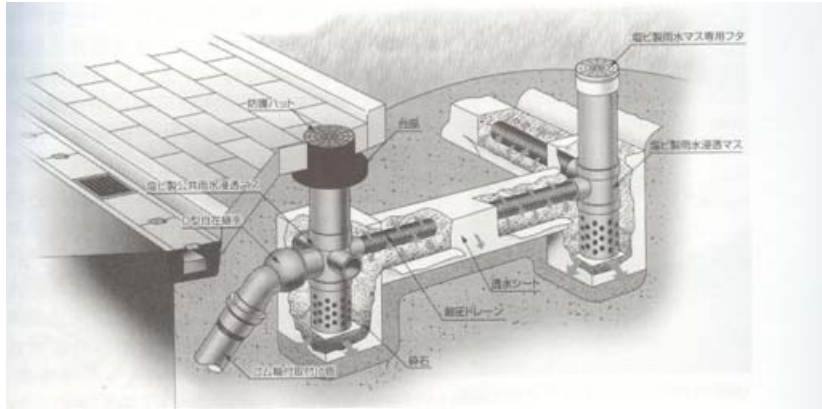


圖 5 商品化的日本受水滲透排水管路（林憲德，2005）。

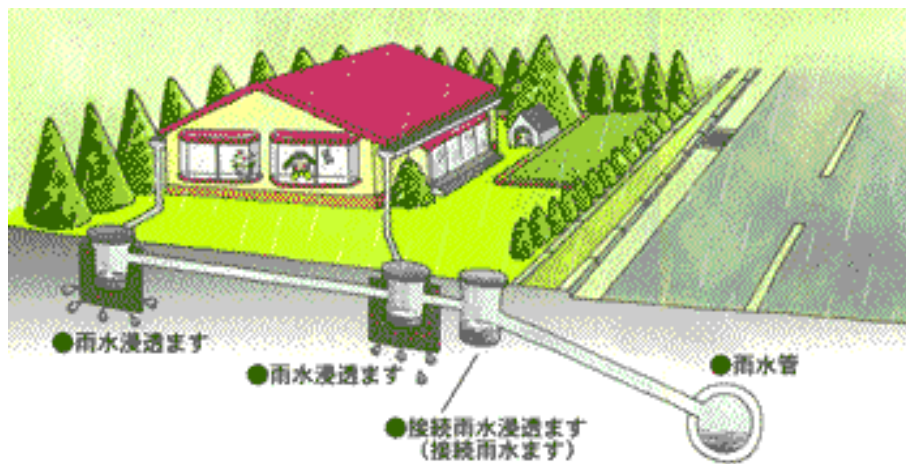


圖 6 家庭使用滲透井並連接至雨水下水道（摘自橫濱市網站）。

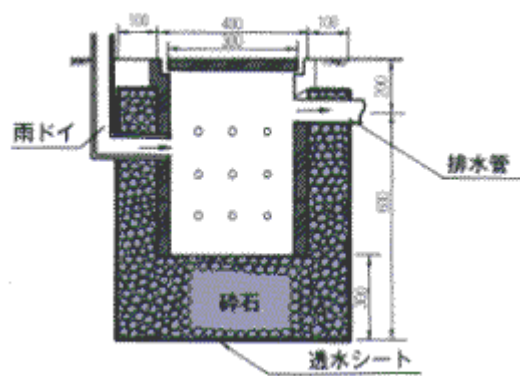


圖 7 滲透井示意圖（摘自橫濱市網站）

以透水性為例，在都市的道路以及空地可以增加透水性材質的使用已達到透水的目的(圖 3，左)。另外，在美國德州的 Woodlands 社區，在生態設計上也是常作為範例，圖 3 右邊顯示該社區建造出符合綠化、透水又兼具排水功能的自然排水系統。降低對於傳統排水系統的依賴，可以增加土地保水的能力，且相較於柏油路面可以降低環境之溫度。

在都市高密度開發地區，往往無法提供足夠的裸露地及透水鋪面來供雨水入滲，此時需要人工設施來加速降水滲透地表面，日本也發展出新式的排水設施，有垂直式的「滲透井」以及水平式的「滲透排水管」。所謂滲透排水管，是將基地降水集中於滲透排水管內後，再慢慢往土壤內滲至地表中，達到輔助入滲的效果。透水管的材料從早期的陶管、瓦管、多孔混凝土、有孔塑膠管進化為蜂巢管、網式滲透管、尼龍沙管、不織布透水管等，部份利用毛細現象將土壤中的水引導入管後再緩緩排除，因為是毛細現象，所以在土壤水分過飽和時，可以將水暫時儲存過多水分，相對地，當土壤水分較少時可以補助到土壤中。「滲透井」與「滲透排水管」都是利用透水涵管來容納土壤中飽和雨水，待土壤中水量降低時再緩緩排除。「滲透井」屬於垂直式的輔助入滲設施，不僅有較佳的貯集滲透效果，亦可作為「滲透排水管」之間的連結，可攔截排水過程中的污泥雜物，以利定期清除來保持排水的通暢。圖 4 至圖 6 為滲透井與滲透管之應用，圖 7 為滲透井之剖面圖。

從截留的觀點看來，在都市中加入分散貯水的設施可以減少系統的集體性風險（圖 1，右），以日本為例，日本的地方政府對於大規模的基地開發（通常在 0.1 至 10 公頃以上的規模規定），均規定必須留設雨水調節池。這些調節池的功能可以用來休閒湖泊，且兼具防洪、景觀、生態的功能，如東京小山田櫻台社區的生態雨水調節池就是典範（圖 8）。在歐洲也常利用生態雨水調節池來調節洪水與環境溫度，甚至是一般住家都有生態雨水調節池（圖 9），其作法請參考圖 10。在美國科羅拉多州 Denver city 許多停車場，就被設計成可以貯數十公分高之雨水的貯留池（圖 11，左）。又如 Denver city 市中心的 Skyline 廣場（圖 11，右）平面就設計比路面還低，以便容納十年一次的大雨，在大雨時可貯存數英吋高的積水，以每小時 2.5cm 的速度排入下水道中。廣場高出設有人行步道，以便廣場積淹水時行走。當然也有利用地下的貯水設施來貯集雨水以供利用及滯洪的功用（圖 12，圖 13）。

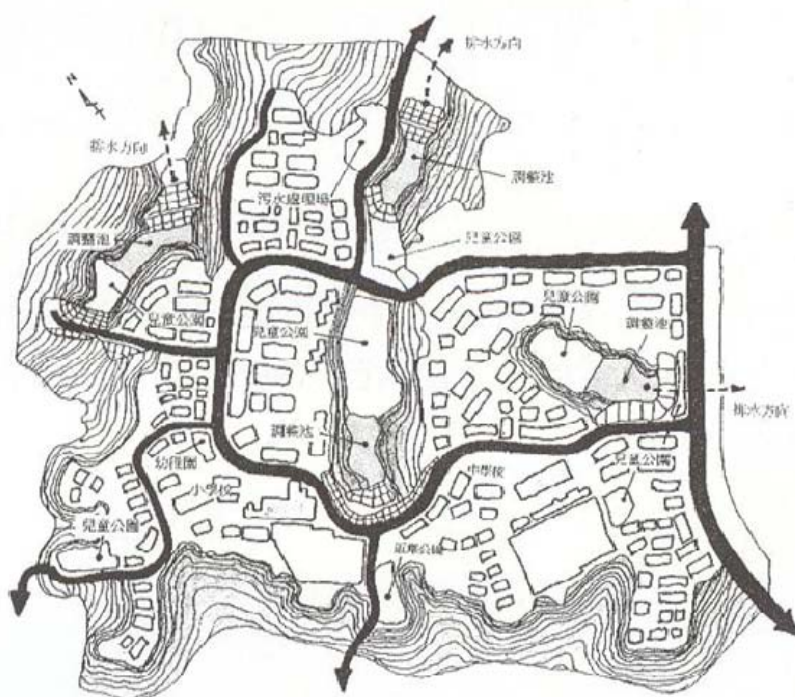


圖 8 小山田櫻台社區依水系分成四個生態雨水調節池
（林憲德，2006）



圖 9 荷蘭辦公大樓生態雨水調節池實例（左圖）；歐洲一般住家也設置生態雨水調節池（右圖）。

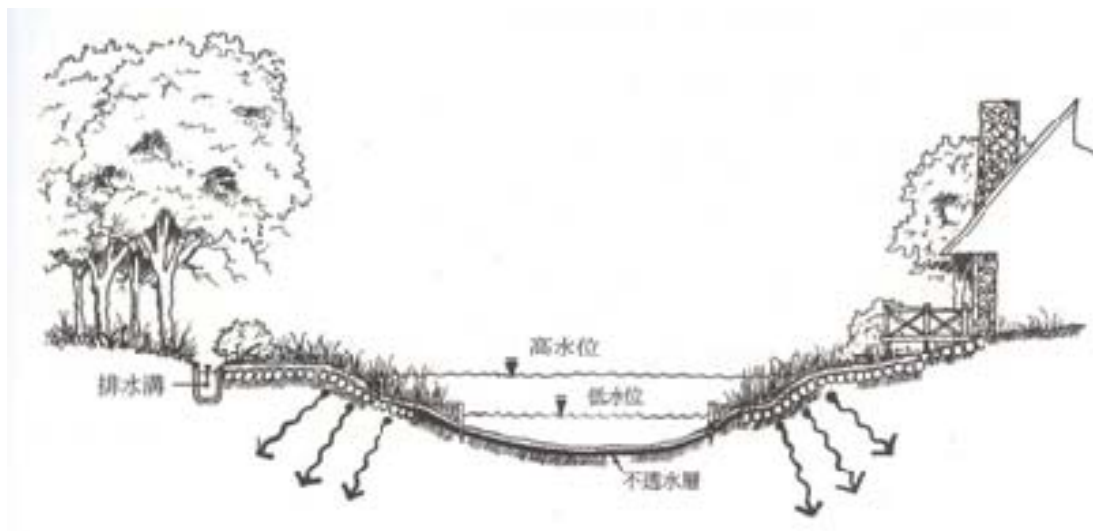


圖 10 景觀滲透水池的作法。



圖 11 Denver city 市中心某停車場設計成蓄洪貯水的功能（左圖）；Denver city Skyline 廣場的雨水貯留設計（右圖）（林憲德，2006）。

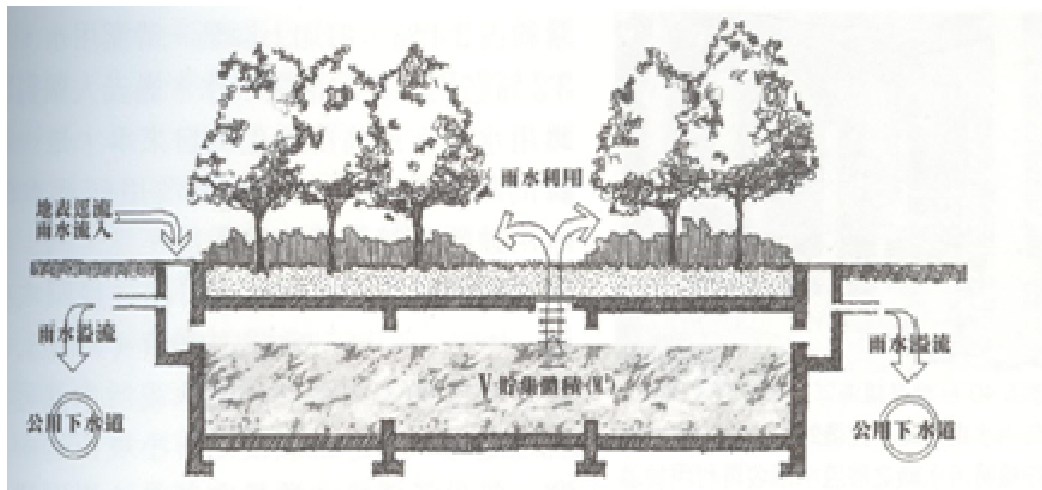


圖 12 地下型雨水貯集利用系統（林憲德，2005）

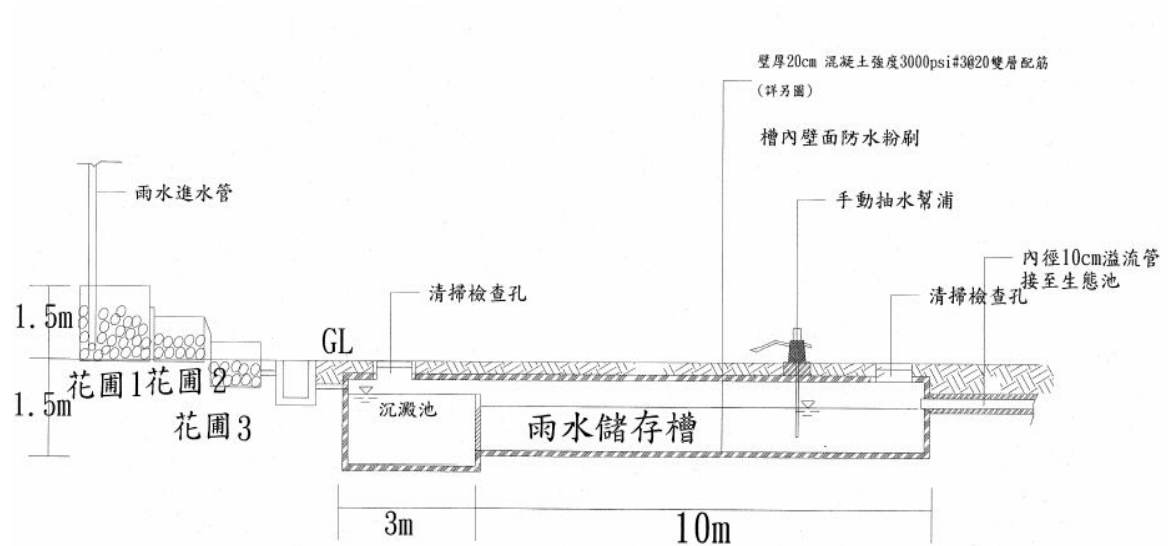


圖 13 汐止秀峰國小雨水貯留設配剖面圖（台北市綜合治水對策規劃網頁）

附錄 二十五、納莉颱風後台北市雨水抽水站自我 防護高程之訂定原則

一、90年9月17日納莉颱風侵襲本市期間，因降雨量過大及受景美溪、基隆河上游(大坑溪未完成堤防高程處)溢堤影響，造成包括萬芳、玉成等8座抽水站淹水而停機，故於納莉颱風災後，為提升抽水站之自我防護能力，在考慮不決堤之前提下，使抽水站於颱風豪雨期間，若進流量超過抽排水量而發生堤內積水情況時，仍可在自我防護標準高程內，繼續運作發揮抽排水功能，92年委託中華顧問工程司訂定合理之抽水站自我防護標準高程，訂定原則如下：

- 1.基本假設為不考慮決堤現象。
2. 颱風期間抽水站仍可持續運轉，但抽水量以百分之八十估算。
- 3.以200年重現期距及納莉颱風之降雨強度，分別估算台北市各抽水分區內之降雨總體積，扣除抽水站抽水量後，得到可能會發生之積淹水體積，依此積淹水體積所對應之積淹水高程，兩者取較高者計算。

二、依上述原則模擬估算之洪水位再加上50cm，作為抽水站合理之自我防護高程，本案共計檢討評估36座永久抽水站，結果詳附表一，其餘16座抽水站因於納莉颱風過後，即已立刻辦理改善，採提升設備高程、增設水密門窗或高壓供電雙迴路系統等方案，其標準皆已高於納莉颱風之淹水高程至少50公分以上。

附錄 二十六、「抽水站規劃、設計及操作之合理性 分析探討」專家座談會紀錄

時間:98年6月10日下午4:00~下午6:00

地點:台灣大學土木系2樓會議室(203室)

參加人員:

營建署:趙編審啟宏、林工程司昆賢

地方政府:台北市政府水利處工程河川工程張科長凱堯、台北市政府水利處抽水站管理一科程科長培嘉、台北縣政府水利局雨水下水道工程黃技正茂松

學界:台灣大學土木系李教授天浩

研究團隊:台灣大學土木系謝教授尚賢

主持人:謝尚賢教授、李天浩教授

紀錄:朱哲均

發言摘要:

謝尚賢 教授

報告本專家座談會的目的,說明第一次座談會所結論出的方向,以及本次座談會預定討論的目標。

李天浩 教授

1. 目前大部分的抽水站,大多為根據內水去設計,但許多淹水事件都是外水入侵,這也許是一個對於抽水站是否會失效的盲點,這問題是值得思考的。
2. 台北市的案例以單純化來說,抽水站雖然都是針對內水來設計,但是抽水站的重要設施都必須以外水入侵來考量。另外,以台灣的特性來說,預知災害即將發生到發生的反應時間很短,在這期間所作的應變很難趕上災害發生的速度,只有預先已有的建築設備才有辦法防止、阻擋,例如捷運的閘門等。

3. 延續黃技正所提到第 3 點的部分，能利用下水道設施標準中抽水站規範的部分，來對應到現有抽水站的設施，討論是否有達到實務上所需要的要求，或是哪部分需要補足。另外台北縣、或其他縣市地區易淹水的地方，其抽水站無法滿足當地排水量的需求，類似這情況是否能以其他工程的方式來輔助排水以達到排水量的需求，例如：增設閘門，利用重力排配合抽水機抽水，來降低抽水站所需投資的標準，也是一個能考慮討論的方向。
4. 依照第一次座談會的討論，山區逕流特性的案例應選塔寮坑溪作為討論的案例。興隆排水系統的案例為系統幹線的問題，與抽水站較無關聯，在這研究中討論較不適合。

張凱堯 科長

1. 目前相當多的抽水站設計以集水區排水需求進行抽水站設置，但往往忽略抽水站設備自身之抗洪能力，以致地區淹水時，抽水站機組亦因泡水而故障，因此將抽水站自保設計納入考量有其必要。台北市政府工務局水利處對於這些比較細部但是需要注意的地方已有諸多檢討，可將這部分資訊加以收集整理及分析並推廣到各縣市。
2. 有關抽水站設計之抽水量檢討時是否應將集水區內規劃之調洪、減洪設施之功能一併納入考量問題。本人認為依總合治水理念，在設計水理檢討上做整體性的考量是沒問題的，但是否所有檢討設置均能配合抽水站一併設置？如相關設施施設有時間差，則在抽水站設計抽水量之檢討時應將此因素納入評估。

程培嘉 科長

1. 實際上許多抽水站的設置條件都不相同，從以前到現在的設備形式或是設計條件都不盡相同，所以要找一個都適用的案例是比較困難的。建議這問題應該從操作實務需求面上去討論，再

回饋到設計面來，這會比較容易推廣這案子。

2. 如果要以操作的合理性來討論，水利處已訂定各抽水站的警戒水位、起抽水水位以及抽水站的標準操作程序，這操作程序適用台北市一般的抽水站，如果以玉成抽水站來討論操作程序的合理性，因機組設備型式較特殊，對於其他抽水站的引用性就比較低。
3. 玉成抽水站於納莉颱風期間失效是因為冷卻水循環馬達被水淹沒，如果只用這一案例來討論，是否對這研究有局限性，建議應該找許多不同問題的抽水站討論，再將其彙整，也許回歸到設計面時會有比較完整的參考價值。
4. 如果目前要針對台北市抽水站的操作程序去檢討改進，這部分也許較無空間，因為水利處早已訂定一些相關完整的操作程序，包括水位警報器響之後該有的作為等等。建議以操作上的需求考量，將不足或該考慮的部分，再回歸到設計面上，讓之後在設計時能讓操作更簡單安全以及完善。例如：南港地區新設置的抽水站，就有探討油槽該抬高多少才安全、機房要設多高才合理，這部分是可以著力的地方。
5. 根據林工程司所提之第 2 點，抽水站本身是抽內水，假如能預期災害可能發生時，那平常就應該做好防災的準備，如果等到災害發生再調度，是有時效上的困難。不過水利處仍有訂定兩種應變計畫，一為抽水站無法控制內水位、一為抽水站無法運轉，其主要的功用為預先通報區公所災害可能會發生，爭取疏散、防災及搶修的時間。
6. 關於操作合理性的案例，因台北市已訂出相關的標準操作程序，目前台北市抽水站都依照這規範操作，亦未曾發生問題，故若需要檢討操作合理性的部分，建議本案可以與台北縣政府抽水站討論哪些部分是需要改進的。另外對於抽水站設計的改善，台北市對於一些舊有的抽水站設施，在近幾年來都有持續

做相關的檢討與改善措施，例如：玉成抽水站、南港站等，這些資料都能提供給團隊參考。如將這兩部分結合納入研究中，應該就能呈現不錯的成果。

7. 山區與平地排水不同之處，山區抽水站比較可能的操作方式為邊抽邊排，靠近河口的部分，因漲退潮因素，可能就只能依賴抽水機抽水。建議一個比較單純的想法，各抽水站當前池水位到達起抽之後的操作流程原則幾乎都一樣，只有細節部分或有差異，這是在實務上的操作經驗，提供給各位參考。
8. 台北市近年因抽水站逐年增加，為提升抽水站之管理維護效能，計畫建置抽水站自動化監控系統，將抽水站分區管理，期能達到降低人力需求及確保防汛安全之目標，目前已完成第一分區管理中心，其位於中山抽水站區內，歡迎各位蒞臨指導，這部分亦可納入參考。

黃茂松 技正

1. 從防災角度去檢討操作的合理性，應該先把抽水站的特性離出來，當初建議三蘆地區的抽水站是因為這地區是感潮段，針對這類型的抽水站，在現在設施標準以及操作程序上是否有更好的操作方式。將常常發生的事件提出來檢討，修改為較合適的操作方式，也許就將常發生的事件消除，這樣這研究的效益應該會比較大。
2. 外水入侵發生的機率較小，建議選擇較常發生的事件，例如午後雷陣雨，挑選集水區內常淹水的地區，而其抽水站也符合設施標準，僅針對討論抽水站操作，局部改善操作方式，應該就能達到實質且實務的效果。
3. 建議先把下水道設施標準中有關抽水站的部分先整理出來，再比對現有的設計是否有不足的地方，例如：抽水站油、電、水設備需抬高設計等等。將其回饋到設計規範中並建議，往後縣市

政府參考規範設計抽水站時就能比較清楚的知道需要一併考慮哪些細節，減少之後因設計不好而需改善的資源。

林昆賢 工程司

1. 關於水利設施失效的問題，在當初設計時就比較少考慮水利以外會造成失效的問題，這類問題很可能是跟有無淹水無關。這方面的問題，不論是否是因為災害因素，應該是需要有系統的去討論，許多其他失效的原因是應該納入討論的。
2. 以防災的角度來看，應該不是將水利設施無限制的往上設計或補強，應該是以調配、調度等等的方式去應變災害發生時，水利設施無法因應災情時的情況，這也算是水利設施失效，並不一定是水利設施本身機具失去功能才算。
3. 許多外縣市地區也許沒有足夠的資源或經費去設計達到標準要求的抽水站，建議能找一些抽水站是有配合其他排水設施的案例去討論，例如：貯留設施、滯洪池，讓有限的資源達到實務上之需求。
4. 在做抽水站相關檢討時，對於會與抽水站操作產生關聯性的因素，應該都需要考慮其因素是否會影響操作程序，如果沒有關聯性，也許就該獨立出來另外討論。對於興隆排水系統的問題，其問題比較偏向幹線系統的議題，對於這研究可能就不具代表性，也許選擇其他案例較佳。

謝尚賢 教授

根據今天的討論，往後的工作方向大致能歸納出幾個規範：彙整台北縣市抽水站操作程序、將台北市已檢討抽水站的案例整理、三重感潮段抽水站的案例收集、營建署下水道設施標準中抽水站的部分的討論，依照委員建議的方式收集討論，應能讓問題更清楚以及讓這研究更有貢獻性。

結論摘要：

1. 目前台北市抽水站的操作程序已訂定滿完整的操作流程，從實

務操作面上，建議以台北縣不同類型的抽水站作案例檢討，是較為可行的。

2. 針對抽水站設計的部分，利用台北市已檢討改善的案例，整理改善的原因與目的，將此部分回饋到設計規範作建議，提供往後如需設計抽水站時參考。
3. 案例挑選上，應選擇具代表性的案例，興隆排水系統為幹線系統問題，在此不適合討論。根據第一次座談會所討論的結果，討論案例為：塔寮坑溪系統、玉成抽水站；以及這次黃技正建議的三重長元抽水站、程科長建議的南港抽水站等，作為本研究討論的案例。

待辦工作方向：

資料收集：

1. 抽水站標準操作程序(台北市政府)。
2. 雨水下水道設計規劃手冊(台大水工所)。
3. 抽水站無法控制內水位、抽水站無法運轉，兩種情況之應變計畫(台北市政府)。
4. 下水道設施標準(營建署)。
5. 納莉颱風事件所檢討改善的抽水站案例。
6. 委員建議之抽水站案例基本資料收集。

彙整方向：

1. 以實際操作面考慮設計時應須注意的細部細節，再回饋到設計規範上去建議。
2. 彙整台北縣市抽水站標準操作程序，討論那部分需要補足或是改善。
3. 挑選台北市已改善的案例，探討改善設計的原因。
4. 挑選台北縣符合設施標準的案例，針對事件檢討操作方式，探討是否能改善淹水事件。

時間:98 年 7 月 21 日下午 4:30~下午 6:00

地點:台灣大學土木系 3 樓會議室(318A 室)

參加人員:

營建署:趙編審啟宏、林工程司昆賢

地方政府:台北市政府水利處工程河川工程張科長凱堯、台北市政府水利處抽水站管理一科程科長培嘉、台北縣政府水利局雨水下水道工程黃技正茂松

業界:台灣世曦工程顧問股份有限公司張經理仁德

學界:台灣大學土木系李教授天浩、海洋大學河海工程系李教授光敦

研究團隊:台灣大學土木系謝教授尚賢

主持人:謝尚賢教授、李天浩教授

紀錄:朱哲均

發言摘要:

謝尚賢 教授

報告本專家座談會的目的,說明第二次座談會所結論出的方向,以及本次座談會預定討論的目標。

李天浩 教授

1. 統計各抽水站的基本資料,以及各項條件的相互關係,例如:前池大小、抽水機容量、集水區面積大小,這些問題應該是將來須要研究的方向,但如果各項都一一去討論問題可能無法收斂,能先了解各抽水站的情況再將有可能遇到的問題給描述出來,點名一些未來須要了解的目標與研究項目。
2. 外水位的訂定,會依照不同流域而會有很大的差異,不同地區所能承受的風險也不一樣,這些問題都是在外水位設定時可能需要一起考慮的項目,建議檢討設計規範時能以表列須要一併考慮的項目,提出未來可能必須思考的事項,規範所提到其他部份,也都以此方式討論,在有效的時間內較能產出具貢獻性

的成果。

張凱堯 科長

1. 在用地受限下，需設計出符合集水區抽水量需求的抽水站，這問題是在實務上很發生，藉由統計的觀點出就現有抽水站為配合環境進行權宜設計進行檢討，點出現行抽水站設計合理性問題，是一個不錯的方式。
2. 抽水站操作應該包括閘門啟閉及抽水機組開停機操作流程。

程培嘉 科長

1. 這研究的產出建議能以表列的方式，條列各項考慮改善的項目，再配合實際的例子去探討，說明原由，例如：抽水站設備架高工程中，為何加高、如何加高、加高多少，提供給往後設計者參考。台北市曾委託世曦顧問公司做台北市各區抽水站的防洪保護標準高程研究，可參考其相關保護標準的設定與改善事項，以此為依據建議抽水站設計標準須考量的額外事項。
2. 台北縣抽水站的操作流程圖有些部分不甚明確，建議能以台北市所提供的操作流程相互比對台北縣抽水站的操作流程與探討，例如先前所提到的長元抽水站，檢討操作流程是否合宜或有需要改善的地方。
3. 「下水道標準設計規範」中，所規定項目繁多且有些不夠明確，有些則太細，地方政府在執行時可能會無法很確信是否有遵照規範準則設計，但本案如將相關規範都檢討一次，這研究範圍會太大，建議將所需要討論的規範項目提出討論與建議，再配合實際案例，這研究應就能有不錯的成果。

張仁德 經理

以合理性來說，應該提出一個參考標準出來，較能有說服力。一般實務設計會分為兩部分；一為功能設計，另一部份為細部機具設計，以水力方面來說，功能設計一般來說主要有幾項重點，例如：設計標準、前池大小、起抽水位高度、抽水容量等等，

這些為設計時都需考慮的原因，建議統計台北縣市各抽水站資料，計算其相關的比值，例如：前池大小-抽水容量的關係、集水區大小-起抽水位高低關係等等，計算統計後，讓往後需要設計時有個判斷的依據。

李光敦 教授

在這研究中就設計部份來說，檢討實際曾經失效的案例，從設計標準中，提出與討論須要改善的項目，表列可能需要改善的事項，應該是較有效果的方式，因為如果需要仔細檢討設計規範，例如：外水位設計高程，所牽涉到的問題太廣及複雜，在有限的時間內是不容易彰顯成果。

黃茂松 技正

檢討所挑選出來的抽水站，將抽水站失效的各種原因、特性提出來檢討，表列建議規範事項，改善事項，應就能達到不錯的成果。

林昆賢 工程司

以考慮暴雨管理的方式，如果將超過保護標準的部分，提出相關檢討，或是提出一些應變的方式去檢討實際案例，對於這研究案應能有效的聚焦以及產出。

趙啟宏 編審

目前國內與下水道有關的工程設施標準，只有營建署所制定的「下水道標準設計規範」，裡面所歸納的內容較為廣泛，建議能將設計規範中，將原則性的規範方向提出，再建議哪些部份是需要詳細制定設計規範，是為一個不錯的方式。

謝尚賢 教授

目前這研究主要是以案例的方式去討論，將挑選之案例所遇到之問題釐清，再回歸到規範討論相關的項目，說明並建議，應就能達到不錯的成果。如程科長所提到北市曾委託世曦顧問公司做相關的檢討報告，建議能參考相關的技術報告，也許能從

中思考檢討的邏輯，以相同的方式檢討目前挑選的案例，應能達到實際案例檢討、建議改善事項的目標。

結論摘要：

1. 以統計的觀點出發，計算台北縣市各抽水站基本資料、相關系數，以此為一種基準判斷抽水站是否落於有可能需要改善的區段。
2. 利用下水道工程設施標準中制定的事項為檢討項目，利用實際案例探討可能需要改善的項目，提出未來需要明定規範數據或細項時，建議需要思考的方向與事項。

待辦工作方向：

1. 收集台北縣市抽水站基本資料，並計算相關系數，例如：前池大小-抽水容量的關係、集水區大小-起抽水位高低關係等等。
2. 利用曾經失效並已改善案例，探討改善的項目，提出建議規範修訂時需要考慮的因素。

時間:98 年 8 月 20 日下午 3:30~下午 5:00

地點:台灣大學水工所 2 樓會議室(204b 室)

參加人員:

地方政府:台北市政府水利處工程河川工程張科長凱堯、台北市
政府水利處抽水站管理一科程科長培嘉、台北縣政府
水利局雨水下水道工程黃技正茂松

業 界:台灣世曦工程顧問股份有限公司張經理仁德

學 界:海洋大學河海工程系李教授光敦

研究團隊:台灣大學土木系謝教授尚賢

主持人:謝尚賢教授

紀錄:粟群超

發言摘要:

謝尚賢 教授

報告本專家座談會的目的,說明第三次座談會所結論出的方向,以及本次座談會預定討論的目標。

張凱堯 科長

1. 很多抽水站用的 42.5mm/hr 和比流量的觀念來設計,固定降雨強度配合集水面積用 $Q=ciA$ 做計算, c 依地區發展有不同逕流係數。在納莉之後,基隆河沿線抽水站設計抽水量提升到 60mm/hr。有些支流的河川,因為暴雨來的時候河川水位上升較快,設定降雨強度較強,奇岩站就有可能,因為它的出口是磺港溪。奇岩是小站,有可能是因為備用機組,多一個備用機組,相對來說他的量就比較大,才有可能在統計上較突出。在台北市設計上又分颱風雨和暴雨,但是結果看起來差不多,有可能逕流係數不一樣,在颱風雨時 $c=0.95$, 暴雨時 $c=0.79/0.81$, 兩者消長的結果讓結果看起來差不多。

2. 抽水站在設計上有規範、標準，可用標準來做計算比較和實際的差異來做探討。
3. 對於前池大小，我們可以考慮前池的容量需要抽水幾分鐘，可能考慮需要三至五分鐘，將那條線標出來與現況比較就可以知道哪些抽水站的前池大小足夠與不足。因為對於低水位來說，啟抽水位比較高，所以可以用停機水位來計算容量。

程培嘉 科長

1. 最近幾年台北市新設置抽水站，因為考量提昇抽水站的保護能力，於設計時會考量增加抽水量或備用機組，例如假設於當初規劃需要 16cms，有可能在設計時採用 20cms 來提升抽水站的抽水容量，或多設一組作為備用機組使用，將來新設立的站應也會考量朝這方面去做。
2. 建議用容許最高水位來計算前池的容量。
3. 雖然以抽水站機組運轉而言前池是越大越好，但考慮到用地取得及民意反應，有時可能沒辦法做到那麼大，所以若標準訂太高可能其他抽水站有無法適用的困難，很難每個站的條件都這麼好，現在盡可能說不一定要越大越好，而是考慮大約要多大是較好的或適合的，例如可以用抽水機組可運轉三到五分鐘的量來評估看看。可以想像的是北市現況可能都低於這個數子，而中南部因用地不若都會區困難，是比較有機會達到。而北市有些抽水站因為前池太小，會發生若抽太快就需停機，這樣對機組也不好。提出這樣的建議，希望對以後在設計上較有幫助。
4. 抽水站機組主要區分為沉水和豎軸式，沉水式的轉速一般為定數，只要一經啟動就是一直定數運轉，直到停機水位時就需停止，否則可能會發生振動情形。而豎軸式因係由引擎驅動，是可以調整轉速，依照進水量情況來配合，中低數運轉的時間可以拉長。所以沉水式的抽水站，基本上希望前池做的比較足夠一點。另也可考慮例如需要 5cms 的水站，不要只設計一台

5cms，而設計兩台 2.5cms 或是五台 1cms，來彈性控制抽水量，雨量小就開一台，才不用一次開一台 5cms，抽沒多久因前池水位太低(沒水)就需停機，而且現在有些大馬力的抽水機電動機，會限制每小時啟動的次數，例如限制啟動六次內，若超過六次電動機就可能過熱而需保護跳脫。故前池較大除了對於機組的操作較安全之外，對於人員的應變亦較有緩衝時間。

5. 目前日本及北縣市有些抽水站有設置先期抽水的機組，原理就是將其中一台抽水機的位置設的比較低、抽水量比較小，如果降雨量比較小或是水位比較低的時候就用這台機器來啟動來抽，這樣也可以將水位先壓低亦較節能。
6. 建議在資料的呈現上要有：站名、集水面積、集流時間、抽水機台數、單台抽水量、總抽水量、警戒水位、啟抽水位、停機水位、最高容許水位、前池面積、集水區最低點、設施日期、抽水機類型等。

張仁德 經理

1. 建議將集水面積的單位改成公頃，因為習慣上用公頃。流量和集水面積的比值在工程上差不多為 0.13，可以將台北縣的數據和台北市數據一同統計。但是台北縣，在設計抽水站的時候有一個壓減率，假設渠道當中還有一些容量，也考慮進去，雨量公式採用的也不一樣。新的抽水站，都不考慮壓減率。
2. 台北縣現在也有一些新做的抽水站，新做的抽水站其流量和集水面積的關係應該在現行的這條線之上才是合理的。
3. 理論上前池越大越好，對於操作的頻繁度可以降低或是待命的時間可以較長，基本上是鼓勵這方面，而當初可能受限於國有地，那要考慮是不是要有一個範圍。
4. 以前池大小看看抽水機全開，抽水時間能不能超過五分鐘。
5. 可以定義抽水時間在一分鐘以下是操作頻繁，兩到三分鐘為正常，三到五分鐘為良好，可以分類目前的現況，這樣之後在設

計上也有幫助。

李光敦 教授

1. 統計抽水量和集水面積關係，應該計算其標準差。
2. 前池較大的抽水站，應該是剛好公有地較多，有多少就用多少的結果。
3. 相對來說，塔寮坑站的單位面積抽水量明顯較小，可能是抽水站的設置受到地形因素限制。因而塔寮坑抽水系統不得不採用如分流與截流等方式，來解決抽水量過小的限制。塔寮坑抽水系統案例，可以提供將來設抽水站時，若因地形受到限制，規劃設計過程可透過其它方法來做改善。
4. 請將塔寮坑站抽水站站長的建議，納入本計畫考慮。

黃茂松 技正

1. 以前營建署的前身省住都局時，當初有一系列規範，都有將壓減率考慮進去，所以在當時所設計的抽水站基本上都有壓減過，台北縣有各抽水站當初設計的標準。
2. 抽水站的土地，常常受限到都市計畫的限制，所以可以建議都市計畫應考慮將抽水站的土地納進來。
3. 中港東就有先期抽水的概念，他有配兩台 4cms 及四台 13cms。

謝尚賢 教授

1. 在統計分析上，計算其標準，有一個帶狀分佈，讓設計人員可以參考，看設計的值是否偏離太多。台北市和台北縣的資料分析結果所呈現的圖有差異，應探討差異的原因。
2. 其它的縣市之統計分析所呈現出來的結果可能不一樣，但是用此研究方法應可提供該縣市自己統計，也提供設計上的檢核。
3. 在前池大小方面，先將五股、洲子洋、寶高等數值偏離平均值較多者去除，因為其前池較大，可能是因為用地得較容易，再來看前池大小與抽水量的關係。
4. 塔寮坑較複雜，目前還配合其它綜合治水項目，不是在原本塔

寮坑抽水站的設計範圍。就目前來看，站長的建議可以納入，這些建議也不只適用於塔寮坑，也可以用在其它地方。塔寮坑要檢討起來複雜度很高，我們可以只談抽水站本身。

結論摘要：

1. 就集水面積與抽水量關係應表示其標準差，讓將來設計有個合理範圍。
2. 前池容量以最高容許水位和停機水位來計算，計算用抽水量大約需要花多久時間抽完前池容量，設定一個標準並將現有的資料分類。
3. 塔寮坑的治理計畫可以提供將來在抽水站設計上其它所需要配合治理的項目，不單獨只是考慮抽水站本身。

待辦工作方向：

1. 搜集台北市各抽水站的其它資料，如：集水區最低點、前池大小等。
2. 合併台北縣市抽水站的資料，相互比較其關係。

時間:98 年 9 月 17 日下午 4:30~下午 6:00

地點:台灣大學土木系 2 樓會議室(203 室)

參加人員:

營建署：林工程司昆賢

地方政府:台北市政府水利處工程河川工程張科長凱堯、台北市
政府水利處抽水站管理一科程科長培嘉、台北縣政府
水利局雨水下水道工程黃技正茂松

學 界:台灣大學土木系李教授天浩

研究團隊:台灣大學土木系謝教授尚賢

主持人：謝尚賢教授

紀錄:粟群超

發言摘要:

謝尚賢 教授

報告本專家座談會的目的，說明第四次座談會所結論出的方向，以及本次座談會預定討論的目標。

林昆賢 工程司

從防災的角度來看，在以往會發生當一個事件發生超過保護標準就停機了，我們能不能思考當超過保護標準的時候如何來維持抽水站的運作，雖然超過保護標準會成災，但是目標是不要超過保護標準機組就完全停止了，因為這樣子的災害是好幾倍了，這樣的道理有點像堤防，如果超過保護標準就跨了，那災害可能是沒有超過保護標準的好幾倍。

張凱堯 科長

1. 集水面積與抽水量關係，以台北市來說，看起來是蠻線性的，因為在設計的時候抽水量是有一標準。在討論的時候，要分開

把台北縣市的標準說明一下。關於設計標準的部份，要把他提出來回饋到營建署提供有關設計部份的標準。

2. 玉成、南港在經過風災事件之後，就有訂自我保護標準，抽水站在多少高程是他合理的保護標準，大約是用 200 年的降雨量跟納莉的降雨量來取大值，看這樣會淹多高然後再加 50cm 上去，以此高程訂為抽水站需保護自己的標準，超過這標準的時候就是通報看是否要疏散，把重要設備撤到二樓。
3. 如果是溢堤進來，抽水站繼續運作可以降低積水的時間。最近台北市內部，有分析假設莫拉克降雨在台北市，抽水佔有沒有正常運作差異很大，有局部淹水，抽水機當掉的話淹水會很高，可是如果抽水機持續運作淹水就沒那麼大。

程培嘉 科長

1. 康寧抽水站因分兩期施作，第二期完工後總抽水量會到達 91.3cms，而玉成擴建部份完成後會增加 50cms，所以玉成總抽水量會到 234.1cms，故需將此考慮進去。
2. 在日本東京都部分的抽水站，設計時會考量將一台抽水量較小的機組設置在比較低的位置，在颱風豪雨初期雨量較小時，就優先使用抽水。另前池有效容量除以總抽水量部分，建議可以改為除以單機的抽水量會比較合理，因為抽水站機組全開的機率是比較低的，對台北市抽水站而言，遇到一般降雨情況時，只要開其中一到二台就可以控制水位，除非降雨量很大時，較少用到全部機組全開的狀況，而且抽水站內的機組也包含了備用機組，故這部分應該納入考量，惟如果用單一機組來計算後，時間仍然很短的話，那表示這個站確實需要詳細檢討，而且建議此狀況並不適合採用沉水式的抽水機，建議可採用傳統式抽水機組，可以視現場實際狀況調整引擎轉速，避免機組啟閉頻繁。
3. 關於考量集水區內下水道系統部份，這也牽涉到進水渠道流入

抽水站的方向，如果是直接而平順地銜接進抽水站的前池，就較具有前池延伸的儲水功能，但若有些進水方向較不佳的，就比較沒有儲水的功能，所以若算到有些抽水時間很短的站，有可能設計時將其進水渠道當作前池的延伸部分，這樣就不見得代表那個站就有問題，只是他的條件比較差。以玉成站而言，整個大排都具有前池延伸的儲水功能。

4. 在抽水量與抽水機台數的關係，迪化站的抽水量為 50cms，而抽水機組用了 11 台，是因為他有新舊站的區別，因為不同時期擴建才會有那麼多機組。另外附表顯示總抽水量 184cms 之情況，卻只選用 7 台機組，這樣每台單機容量高達 20 幾 cms，會造成單機容量過大，在操作及維護上比較複雜，所以並不建議如此設計。一般單一機組容量以 14~16cms 就算是很大的，玉成 180cms 用 7 台是因為當初用地取得的問題，一台 20 幾 cms 建造起來需很高的成本，且像啟動引擎就需要另外一套空壓機啟動系統，較為複雜，現在的設計都盡量朝向讓操作系統簡單、穩定及可靠最好，例如改採用電瓶啟動即可。所以玉成擴建時就選用四台 12.5cms 共 50cms，用電瓶就可以直接啟動，除了比較不容易損壞外，其可能故障的零件也比較少，在操作上也比原有一台 20 幾 cms 來的有彈性。
5. 在抽水量與抽水機組的回歸線，可以考慮定一個範圍，大部分抽水站大的話約到 100cms 左右，一百多以上比較極端的都可以排除。另外，沉水式的抽水量都比較小，5cms 就算大的，是因為馬達線圈繞線的問題，抽水量大的話就不容易散熱，所以沉水式不適合用來這邊的回歸，因為沉水式不可能作到一台 10 幾 cms，他可以用來做前期抽水的部份，因為啟動比較快、操作比較容易，日本東京都就有這樣的例子。
6. 台北市所有的抽水站目前都設有水情傳輸系統，將抽水站的水位及操作情形以電腦紀錄到秒位，並傳回市府防颱中心，可作

為颱風豪雨或積淹水原因之檢核使用，如果沒有電腦紀錄就很難確實檢討。

7. 感潮河段因閘門啟閉頻繁，需非常注意閘門啟閉時機，如果沒有控制好閘門及抽水機，較容易發生積淹水情形。台北市已設有感潮段抽水站閘門的操作 SOP，而且皆有電腦紀錄可供查考。

李天浩 教授

1. 把剛剛提到塔寮坑這些沒有完成或是還要改進的站要把他特別指出來、把他拿掉，按照原因做一些說明，關於一些面積比較大的要特別找出來，如果離開這條線太遠，可以針對這些部份來做討論，報告裡面，規則當然是一個很重要的東西，例外的部份及其原因也蠻值得去探討的。
2. 關於有效容量與抽水量的部份，問題可能不是這樣探討，因為在前池的前面還有很長的下水道，那些東西要如何考慮進來這也是另外一個問題。像呈現出來有的才一秒中就被總抽水量抽完的話，也可能不見得是這樣，因為後面還有很大的下水道接到前池。另外用總抽水量是一個看法，但是在操作上實際會有好幾台，假設有一台最小的，如果只開這台的話也是另外一個參考。另外有關新的設計，最小抽水量的機組下面還有一個更深的小池，這樣在調節上也比較容易，這個方法以都市來說在土地非常受限下增加一個彈性空間的方法，可以建議在土地取得受限的狀況下建議採用這方式，成為一個設計的走向。
3. 關於前池容量部份，其實還有一部分是前面有多少水在下水道，但這部份太困難，另外，我在考慮的是有沒有辦法用集水區的集流時間來考慮。如果這個集水區的集流時間比較久，代表要抽到他乾也比較困難，有一大堆水在系統裡面，所以用前池來做說明，但可能有其他因素，探討一下主要因素以及其他可能相關的因素，看看集流時間進來有沒有輔助的作用。以台

北市的資料上有集流時間，可以用這個資料來做複回歸看看，如果集流時間越小，前池就可以設計的比較小，因為他反應的時間越慢，所以前池的重要性會比較小，看看是不是集流時間大到一定的程度之後，前池就變得不是那麼重要。

4. 從水文事件來看抽水機組，流量與降雨量都是一個分佈，所謂五年重現期也比較少發生，大部份都是比較小的事件小的抽水量，從一台小的開始啟動然後再啟動第二台，這樣比較合理，如果每次就啟動一台大的很快就抽乾了也很麻煩。
5. 關於抽水量與抽水機組的回歸，先用原來資料回歸一次，然後把不適合的如：玉成、擴建的部份先拿掉，然後再回歸一次。用這個回歸來檢討台北縣，如果離這條線太遠的站，來檢討一下原因，如：受限於土地、經費、保護標準較低、壓減、等原因，來解釋其原因。
6. 在報告裡面應該呈現，不同形式的抽水機應該在什麼時候使用、限制是什麼、操作的程序，如果把這些邏輯記錄下來會是很好的一个方針。
7. 建議把中港東設計的想法及配置，當作是一個設計上的範例。
8. 塔寮坑站從山上下來平原，又受到回水的影響，閘門一關後面每一個抽水站都會影響，所以進入大漢溪的閘門如何操作也是個問題，因為他受到石門水庫洩洪影響。

黃茂松 技正

1. 以集水面積和抽水量關係，台北縣因為都有壓減所以抽水量看起來會比較偏小，另外像塔寮坑也沒有完全達到足量，所以看起來離回歸線就比較遠，這方面在資料解讀需要解釋一下。台北縣目前正在設計的都沒有考慮壓減，有蘆洲、鴨母港、頂崁等。
2. 前池內部含有比較小容量的凹槽設計，目前有中港東，最小最低的地方好像是清污砦，再往上大約 0.5m 是有小抽水機組，

抽水量最大的機組是擺在中水位的時候，所以可以拿中港東的資料來參考，所以中港東的設計比較符合日本的設計。

3. 長元抽水站淹水的部份主要是淹正義北路與長元街交叉口的地方。而長元站是趕潮段，所以沒辦法重力排，一定要用抽水站抽。

謝尚賢 教授

1. 以集水面積和抽水站關係來看，台北縣市因為當初設計考量不同，所以把台北縣市放在一起討論比較沒有意義，個別探討即可。可以把台北縣新的沒有做壓減的站放到台北市的圖上，看看有沒有與台北市的部份一致。
2. 對於抽水量與抽水機組而言，應要拿掉比較特殊如：擴建的與玉成，然後再重新做一次回歸看看。
3. 整個塔寮坑是會牽涉到抽水站聯合操作的議題，也就是說資訊應該要互通，哪些抽水站做什麼事則其他抽水站也要做什麼反應。

結論摘要：

1. 以中港東設計的設計及配置，當作是一個設計及寫作上的範例。
2. 重新計算前池有效容量與抽水量關係，抽水量以單一機組之抽水量計算。
3. 塔寮坑寫作方向以高低分流、綜合治水為原則。

待辦工作方向：

1. 收集台北市抽水站保護標準、閘門操作流程、抽水站操作紀錄等資料。
2. 收集中港東設計時之資料

附錄 二十七 98 年度期末審查意見及回覆辦理情形

胡兆康理事長	
審查意見	回覆辦理情形
子題一:污水下水道推進施工技術研發	
國內推進工程的生產力與日本比較有很大差別，其原因如地質差異與可使用的機具不足等，但人員不足與技術不夠，所浪費很多的人力與財力是很大影響因素，因此人員訓練是當務之急。有關訓練的方式，建議政府工程人員與業界從業人員應分別訓練，以滿足不同需求。	感謝委員建議，本計畫於 97 年度報告中探討下水道生產力影響因子，包括地質、機具、人員素質等，可供國內產官學界做參考。97(II)期末報告書 p.18~37 執行技術輔導團工作時，業界普遍贊成訓練課程採分級方式，本計畫將建議政府單位調整辦理方式。
子題二:污水下水道管線檢測技術研發	
1. 台灣地區 90%以上為 PVC (小管徑) 與 RCP 管材，CCTV 影像品質對 RCP 較清楚，而 PVC 的成效較差，建議能深入改善。	感謝委員意見，PVC 影像品質可透過影像增揚的方式來提昇，報告中 P.151 說明同時對 PVC 影像及 VCP 影像做對比增揚，PVC 影像的品質改善程度優於 VCP，因此可透過影像增揚來改善 PVC 影像品質，提昇 PVC 影像的辨識度。
2. 目前台灣地區從事 CCTV 行業不足，經常造成業界困擾，宜編列預算經費，吸引業者投入。	目前因為下水道檢視維修工作尚未有一套系統及標準可依循，且 CCTV 檢視設備國內尚無廠商生產，需要業者投入經費由國外引進，建議營建署及各縣市政府可制定相關規範，提撥經費於下水道單位，吸引業者投入，學術單位亦可藉此發展相關研究，未來可望研發國產 CCTV 檢視設備及提昇下水道技術。
子題三:雨水下水道暴雨管理技術研發	
關於淹水與抽水站部分，各地方政府應累積了相多經驗與資料，如政府單位可提供給研究單位分析探討，應會	感謝建議，目前本子計畫抽水站案例探討，皆以台北縣市政府各報告書為參考資料，詳見報告書中第 4.5.2 節~4.5.3

有很大的幫助。	節)，將來在相關實務方面撰寫，將繼續參考各縣市政府之報告，吸取經驗以豐富各項計畫之成果。

林金德經理	
審查意見	回覆辦理情形
子題一:污水下水道推進施工技術研發	
1. 手冊中地箭式壓密工法於第 2.4 節簡略說明，後續章節並未提及，建議可補充較詳細之資料，以供參考。	感謝委員指導訂正，本計畫將針對委員意見做下水道施工技術手冊章節內容修改。(已補充於手冊 p.23~24)
2. 手冊中第二、三章之內容，建議可補充各工法之適用條件與不適用條件(或限制條件)以供參考。	感謝委員指導訂正，本計畫將針對委員意見做下水道施工技術手冊章節內容修改。(已補充於手冊 p.8~34)
3. 建議手冊中表 6-2 可補充岩盤地層之對照，另第 6.2 節及附錄三建議可補充卵礫石層及岩盤地層之相關參數，以提高其實用性。	感謝委員建議，本計畫在三年中蒐集普通土層、硬質土層、礫石土層等現地資料，調查分析日進量及生產力後收錄於手冊中，因區域及案例因素，蒐集岩盤地層及卵礫石層資料不足，未來研究計劃可納入上述兩地層做進一步探討。
4. 建議手冊中第 7.5 節可補充曲線推進施工之實務細節及主要控制因子，並可以圖表方式呈現(如緩衝材、管接頭容許角度等)。	感謝委員建議，長距離和曲線推進逐漸被下水道單位重視，但目前台灣曲線推進施工案例仍不多，本手冊僅初步介紹與探討，未來研究計畫可深入探討。
子題二:污水下水道管線檢測技術研發	
1. 依照目前執行作業需求，建議手冊中有關「錄影帶」製作部分宜全部修正為數位影像檔(檔案格式可視需求設定，如 MPG、AVI、WMV 等)，以利儲存及傳輸。	感謝委員意見，目前 CCTV 影像之儲存方式視不同設備而定，如有以 VHS 錄影帶儲存之影像亦會要求廠商提供數位檔以利電腦處理，會建議 CCTV 檢視廠商改為以數位格式來儲存影像。
2. 手冊 P.3，並未說明大於 $\varphi 1200\text{mm}$ 管徑之檢視作業方式，建議可加以補充(目前係以人員攜帶錄影設備進行縱走檢視，並於各接頭處進行環攝，以確認管線狀況)。	本手冊所制定的 CCTV 檢視標準作業，現階段以 1000mm 以下之管徑為主，即人員無法進入，需藉由 CCTV 自走車進行作業，委員建議補充 1200mm 以上之檢視方式已在手冊中 P.4 加註相關說明。
3. 手冊 P.4，有關 CCTV 影帶製作部	感謝委員意見，業者目前在進行拍攝時

分，建議白板上可補充加註管材種類，另建議可補充其注意事項，即攝錄時需將人孔週邊背景予以納入並進行連續攝錄至設備安置於施作管口處，以至於完成整個檢視過程為止。	一般都會在白板上加註管材種類，影片中亦會加註，而委員建議之將人孔週邊環境一併拍攝等已補充於手冊中 P.5。
4. 手冊 P.5，有關穩壓器儀表設定至 100V 係早期多採用日式設備之故，建議可改為設定至「額定電壓」(日式設備採 100V，台式設備多為 110 V 或 115 V)。	感謝委員意見，相關建議已補充於手冊之中 P.6。
5. 手冊第二章污水下水道修繕操作紀錄表，相關損壞層級係以處為單位，唯每處之受損長度、寬度未見其他說明，建議可予以補充，以利進行評分。	以處表示管線受損長度、寬度之損壞規模通常較小，依據英國 WRc 管線內部結構狀況調查表，管線結構異常大多屬於接頭鬆脫、接頭移位以及管身裂痕等三項。上述三種管線結構異常狀況於評分表中均各自有輕、中、重三種等級。損壞等級為輕者，以『處』作為修繕數目統計。
子題三:雨水下水道暴雨管理技術研發	
1. 手冊中都市暴雨模擬係利用運動波法(Kinematic Wave Approximation)計算，建議可補充 SWMM 如何將降雨轉換成地表逕流的過程及方法，並補充說明如何決定本模式之降雨集流時間與基期設定(第 2.2.2 節)。	感謝委員建議，關於 SWMM 如何將降雨轉換成地表逕流的過程及方法，可參考手冊，第 2.2.2 節(1)降雨逕流模式(SWMM-RUNOFF Model)之內容說明。降雨集流時間，SWMM 程式內部是以其他參數型式作運算；而基期設定是依據模擬時間而定，使用者可自行更改，所以並無一定準則。
2. 建議可補充 SWMM 對於抽水站之操作模擬說明，以利操作者可對不同抽水站之效能進行評估(第 2.2.3 節)。	感謝委員建議，本手冊主要定位於「開發」與「操作」，主要概述本團隊如何應用資訊軟體元件，結合研發之新技術(都市水文模式整合技術與即時水理模擬技術)，開發「都市暴雨模擬分析系統」，並以案例方式說明如何操作本系統之功能。基於手冊之定位，重複性細節之案例操作模擬部份，即不在此作敘

	述，而相關案例操作模擬，可參考『下水道工程技術研發計畫(II)成果報告書』中，第4.2.5.2節之說明；相關抽水站之細節操作說明，則可參考SWMM使用手冊。
3. 建議於Web GIS展示技術中，可補充增加集水面積不同土地使用分區示意圖(可以不同顏色展示商業區、住宅區、工業區、機關學校、公園綠地及農業區等)，以利操作者瞭解及評估各集水區逕流狀況(第2.2.4節)。	感謝委員建議，Web GIS子系統所使用之圖層資料主要是由台北市水利處所提供，內容包含台北市行政區分界、台北市河川、台北市抽水站與雨量站位置、台北市第四排水分區之中港、保儀、實踐、六館抽水站系統集水區與下水道管線與人孔配置。基於上述資料取得不易與研究目的所需，因此開發出現行之Web GIS子系統；假若後續之研究中若能取得更多的圖層資料(如土地使用分區示意圖)，必定更能清楚且完整呈現展示之結果，以提供操作者作決策或應用。
4. 參考水資源局之水文設計應用手冊，為提供工程師可進行本模式之模擬，建議可將雨量站歷史雨量資料之時間範圍增加為至少20年(第2.3節，本手冊係為2002~2006年之歷史雨量資料)。	感謝委員建議，水文氣象查詢子系統之歷史雨量資料主要是由台北市水利處所提供，因為2002~2006年之歷史雨量紀錄較為完整，降雨量是以每分鐘累積雨量(mm)紀錄，所以資料可紀錄至每分鐘一筆。基於上述原因，本團隊希望水文氣象查詢子系統能提供一記錄較完整之資料，使操作者能利用完整且連續之歷史降雨資料，作為案例研究或資料分析之用；假若後續之研究中，若考慮氣候變遷方面之巨觀研究或評估，不可缺少的將是較大時間範圍之歷史降雨資料或較大尺度之水文資料。
整體計畫	
1. 建議章節名稱內容與98年度之工作範圍項目(如P.3計畫架構圖)可調整一致或相互呼應。	感謝委員的建議，已修改報告書中計畫架構圖P.7與98年度工作項目一致。
2. 建議第七章「結論與建議」可針對	感謝委員的建議，已依委員建議修改於

「結論」與「建議」分別編撰，於「結論」中建議可註明本計畫之重要成果或研究結論，於「建議」中則建議可提出未竟事項及未來尚待努力之方向或內容(如後續研究建議)。	報告書中 P.310~P.315。
3. 建議本計畫蒐集之寶貴資料及發表演論文等可置於網路平台或以光碟片附於報告書贈送給產官學界等單位，以發揮加值效益，並可提供持續研討與精進之學習管道。	本計畫之研究成果等資料將會置於計畫網頁上供下載參考。

台北市政府衛工處	
審查意見	回覆辦理情形
子題二:污水下水道管線檢測技術研發	
污水下水道修繕計畫擬定標準作業手冊第 9 頁所列之修繕工法評選，提及的是比較大要的方式，是否可更深入說明與補充。	感謝委員意見，已針對修繕工法部份補充於手冊中第 2.5 節 P.11~P.16。

台北市政府水利處	
審查意見	回覆辦理情形
子題二:污水下水道管線檢測技術研發	
請說明污水下水道管線檢測是否可運用到雨水下水道箱涵。	污水下水道管線檢測方式可應用在雨水下水道箱涵，不過雨水下水道多為明渠，在檢測方式上不需以 CCTV 來執行，可降低成本，且污水下水道排放物的腐蝕性較雨水高，雨水下水道亦不需經常執行檢測維修。
子題三:雨水下水道暴雨管理技術研發	
雨水下水道淹水模式模擬時，道路人孔溢流之後是否有再模擬，考慮到退水回流的部份。	目前本團隊以 SWMM 模式為水理模擬核心所開發之「都市暴雨模擬分析系統」中，SWMM-EXTRAN 模組只考慮到人孔溢流問題，並無考慮到退水回流之部份；假若後續之研究若能加入淹水模式

	之退水回流問題，考慮更真實的現實情況，透過水理模擬得到暴雨或颱風期間之道路人孔狀況，便能使防災決策者作出更正確之判斷或改善方案。

台北縣政府	
審查意見	回覆辦理情形
子題一:污水下水道推進施工技術研發	
輔導團的機制很好，這與一般督導不同，因為督導時廠商與部門常會拿出好的而隱藏不良的地方，無法看到真正需要改善的地方，所以輔導時應讓廠商拿出不良與不會的部分予以建議改善。	感謝委員建議，本計畫輔導團參訪下水道廠商模式為： 1. 簡報學術研究成果供業界參考。 2. 雙方會談(業界需求、合作可能性)。 3. 產學合作備忘錄(資源共享平台)。 以產學互惠合作方式，達到輔導成效。
子題二:污水下水道管線檢測技術研發	
1. 污水下水道修繕與檢測在未來將會更加重視，雖然現在的 CCTV 還在初期，量並不多，建議除了針對舊有的管線訂定施工驗收標準，也可針對新建工程建立可依循的標準。	感謝委員意見，誠如委員所述，目前本手冊為對現有管線來訂定施工標準，未來可參考本手冊來新增或修改來建立新建工程的標準與規範。
2. 路平專案有可能會把一些人孔蓋埋掉，建議 CCTV 應配合衛星定位，將管線的座標建立在資料庫中，以利後續維修管理。	人孔在初完工時已有其座標，在建立管線資料庫時亦有對人孔做量測，人孔的座標位置皆為已知，如有路平專案將人孔掩埋，可依照管線資料庫的人孔座標來做後續的維修管理。

台中市政府	
審查意見	回覆辦理情形
子題二:污水下水道管線檢測技術研發	
污水管線缺失狀況大部分還是以人工判釋，所以誤判的機率很高，建議日後由營建署主導將人工判釋的部份進階到自動化判釋，應可降低誤判情況，並有標準可依循。	感謝委員意見，目前所發展的自動化判釋方法的確可改善人工誤判的情形，期許未來營建署可推廣使用，並建立規範使用自動化判釋方法來辨別管線缺失狀況。

高雄市政府工務局下水道工程處	
審查意見	回覆辦理情形
子題一:污水下水道推進施工技術研發	
1. 本計畫成果對未來相關下水道計畫執行推展應有助益，建議營建署或研究團隊未來可針對生產力做一些標準與建議，以供執行單位作為工期設計之依據。	感謝委員建議，本計畫於 97 年度報告中探討下水道生產力定義、下水道生產力影響因子、現地資料蒐集結果統計分析，可供產官學界參考應用。 本計畫 97 年度報告中蒐集本土泥水加壓、土壓平衡工法於普通土層、卵礫石層之平均日進量資料，可供執行單位參考。97(II)期末報告書 p.18~37
2. 建議研究團隊應將「學習曲線效應」引入生產力論述，應可得較佳生產力值。	感謝委員建議，下水道推進工程屬重複性作業，本計畫於 97 年度報告中以影響因子及皮爾森相關係數進行生產力分析，未來研究計畫可將「學習曲線效應」引入生產力做更精闢的研究分析。
子題二:污水下水道管線檢測技術研發	
1. CCTV 檢測應用模糊理論做管線內部情形判斷，目前看來是用單一畫面影像截取，模糊理論在結構破壞斷面的檢測應用很多，且有連續性的，所以是否可有連續性的方式與機器判讀，建議營建署或研究團隊未來持續研究與推動，將理論的成果應用於實務上，對地方政府人力不足問題將有幫助。	感謝委員意見，本計畫目前採用截取連續性影像之單一畫面影像來做管線內部情形判斷，在未來的進階研究計畫中能可對連續性影像之應用做更深入的研究與探討。
2. 作業手冊 P.20 中”彈性管”與慣用的”撓性管”or”柔性管”不符，建議修正。	感謝委員意見，已在手冊中 P.26 修正。

本署下水道工程處	
審查意見	回覆辦理情形
子題一:污水下水道推進施工技術研發	
1. 推進施工手冊 P.6 依分類細分有泥水式、土壓式、泥濃式、壓密式和螺旋出土式等，但與後續章節內容略有出入，請再補充說明。	感謝委員指導訂正，本計畫已針對委員意見做下水道施工技術手冊章節內容修改。(已修改如 p.7)
2. 手冊推進方式適用性只提到三種方法，建議補強。另外 P.30 土壓工法說明黏土可適用，但於表 3.3 中未提及，且 3.3 節與 3.4 節適應性的說明顯未如 3.2 節詳細，請補強。	感謝委員指導訂正，本計畫已針對委員意見做下水道施工技術手冊章節內容修改。(已修正於 p.25 ~ 34)
3. 手冊 P.35 工作井設計，請加以說明，如鋼套環工法，有尺寸的限制，並非完全可依公式計算。	感謝委員指導訂正，本計畫已針對委員意見做下水道施工技術手冊章節內容修改。(已修正如 p.35)
4. 手冊表 8-2 建議增加一些標案，如中、南區標案，另”對策頁數”一欄用途為何?如無用途請刪除。	感謝委員指導訂正，本計畫將已針對委員意見做下水道施工技術手冊章節內容修改。(已修正如 p.96 ~ 97)
子題二:污水下水道管線檢測技術研發	
建議不同管材 CCTV 影像品質分析之差異，請再納入考量。	不同管材於影像品質分析上雖然會造成影響，但可透過影像增揚方式來提昇辨識度較差的影像，報告中 P.151 對 PVC 及 VCP 管做影像增揚，發現 PVC 影像品質改善幅度優於 VCP 影像，因此雖然有不同管材的影像，仍可以同一影像品質分析方法來處理，亦可維持單一標準。

本署公共工程組	
審查意見	回覆辦理情形
子題一:污水下水道推進施工技術研發	
推進生產力請再補充說明。	感謝委員建議，本計畫於 97 年度報告中探討下水道生產力定義、下水道生產力

	影響因子、累積 1113 筆現地資料蒐集結果進行生產力統計分析。(可參考 97(II) 期末報告書 p.18~37)
子題三:雨水下水道暴雨管理技術研發	
1. 關於都市暴雨防救災作業規範(草案)與災防法應有所區隔,都市排水與淹水的”災”與災防法中所提到”災”是不同,所以如果參照台北市政府的規範是否就不只是都市排水的問題,因防洪體系是水利署主管,名稱上為防災規範,恐會讓各縣市政府誤解,另外創立一套防災規範,所以建議將”防災”刪除,另外檢討修正。	感謝建議,為避免題目遭到誤解,已把題目名稱防救災部份拿掉,題目名稱將改為「都市暴雨致災應變操作程序」。
2. 都市暴雨防救災作業規範(草案)於成果報告繳交時,建議與手冊一樣另外印製以方便技術的推廣與閱讀。	目前題目更名為「都市暴雨致災應變操作程序」,將會印製手冊形式以利推廣及閱讀。
3. 都市暴雨防救災作業規範(草案)名稱上提到防災的部分,是有些不太恰當,在 98 年 10 月 1 日的座談會有提到這方面的問題,可參考期末報告附錄中的會議記錄 P.379 所提到之建議,此部份之後看如何呈現才不會讓別人有所誤解,將與研究單位再進一步討論。	本條文名稱將更名為「都市暴雨致災應變操作程序」,以避免與水利署或災防法之權責混淆。且依據各縣市政府之意見,已縮小搶險隊之架構,以避免造成各縣市政府之負擔。關於防汛值日方面,已更名為應變值日,避免與防汛作業混淆,且各縣市政府若人力不足,得依氣象資訊及氣象預報成立應變值日,不強制規定於汛期間值日。詳見附錄十三。
4. 暴雨準則中所提及的防汛值日與動態監視小組等架構,於 98 年 10 月 1 日座談會有縣市政府提到使用上有困難的地方,建議需再做考量。	目前已將防汛值日名稱改為應變值日,且得依氣象資訊及氣象預報成立應變值日,不再強制規定於汛期間值日,以避免人力部份造成各縣市政府過大之負擔。詳見附錄十三。
整體計畫	
計畫網頁後續該如何交接,建議比照住宅整建關鍵技術研發計畫辦理。	計畫網頁之交接事宜,將會遵照營建署之作業方法辦理

