

下水道短(小)管直線推進技術手冊編制

及虛擬實境模擬訓練系統研發

期中報告

目錄

	頁次
第一章 緒論	1
1.1 前言	1
第二章 蒐集主要推進技術與設備等相關資料	3
2.1 推進工法介紹	3
2.2 短(小)管直線推進介紹	6
2.3 依管徑及工作井分類	13
2.3.1 依管徑分類	13
2.3.2 依工作井擋土設施分類	15
2.3.3 人孔施築	24
2.4 推進工程之地質調查	26
2.4.1 地質鑽探之相關規範	26
2.4.2 推進工程之地質鑽探建議	27
2.4.3 統一土壤分類法	27
2.4.4 施工地質分類	29
2.4.5 各式工法對應地質的適應性	30
2.4.6 國內短(小)管徑推進工法主要設備	33
2.5 不同推進方式之分析	46
2.6 蒐集各類推進技術於不同地質結構中之數據	54
2.7 現地推進前方土質預測之重要性與資訊判識	59
2.7.1 泥水式推進工法前方土質預判	59
2.7.2 土壓式推進工法前方土質預判	60
2.8 前瞻新創觀念之建立	61
第三章 推進工法概述	63

3.1 泥水式推進工法概要.....	63
3.1.1 蒐集各類推進技術於不同地質結構中之數據.....	64
3.1.2 前方土質預測之重要性與資訊判識.....	65
3.2 泥水式推進工法施工要領.....	66
3.3 土壓式推進工法.....	71
3.3.1 不同地質之適用性.....	71
3.3.2 前方土質預測之重要性與資訊判識.....	73
3.4 土壓推進工法施工要領.....	74
第四章 推進工程的施工管理	79
4.1 施工管理.....	79
4.1.1 前言	79
4.1.2 工程管理.....	79
4.1.3 機具及材料的品質管理.....	80
4.1.4 施工設備檢查.....	89
4.1.5 推進作業.....	92
4.1.6 發進	99
4.1.7 注入作業.....	105
4.1.8 施工管理.....	105
4.2 工作井施工.....	107
4.3 地下結構物保護及輔助工法.....	107
4.3.1 地盤保護.....	107
4.3.2 搬運工作.....	108
4.3.3 測量	114
4.3.4 整理	116
4.3.5 人孔施築.....	116
4.3.6 障礙和對策.....	117
第五章 職業安全衛生設備	125
5.1 設備簡介.....	125
5.1.1 職業安全衛生設備簡介.....	125

第六章 虛擬實境模擬訓練系統	136
6.1 虛擬實境模擬訓練系統簡介.....	136
6.1.1 發進井工作人員功能.....	138
6.1.2 控制台工作人員.....	138
6.1.3 系統管理人員.....	138
6.2 VR 模擬訓練系統規劃方法.....	138
6.3 模擬訓練系統硬體介接方法.....	139
6.4 模擬訓練系統場景及模型說明.....	140
6.4.1 推進機動畫.....	140
6.4.2 掘進機頭動畫.....	141
6.4.3 發進井場景.....	142
6.4.4 靜態模型.....	142
6.5 模擬訓練系統腳本說明.....	143
6.5.1 設備檢查及測試運轉.....	145
6.5.2 職安作業.....	145
6.5.3 吊管材作業.....	146
6.5.4 輸送系統作業.....	146

圖目錄

	頁次
圖 1.1-1 整體污水下水道系統示意圖.....	1
圖 2.1-1 日本推進工法分類圖(參考日本分類模式).....	4
圖 2.1-2 國內推進工法分類圖.....	5
圖 2.2-1 短(小)管推進工法施工技術作業流程圖.....	8
圖 2.2-2 施工步驟示意圖.....	13
圖 2.3-1 3S 接頭(鋼筋混凝土管).....	14
圖 2.3-2 E 型接頭(鋼筋混凝土管).....	14
圖 2.3-3 J 型接頭 (PRCP)	15
圖 2.3-4 304 不銹鋼套環(PVC 管)	15
圖 2.3-5 鋼板樁擋土施工示意圖.....	17
圖 2.3-6 鋼襯板擋土施工示意圖.....	18
圖 2.3-7 沈箱擋土施工示意圖.....	19
圖 2.3-8 鋼套環擋土施工示意圖.....	20
圖 2.3-9 工作井鋼套環壓入工法之施工順序.....	21
圖 2.3-10 推進施工佈場示意圖.....	21
圖 2.3-11 立坑機施工示意圖.....	21
圖 2.3-12 工作井鋼套環壓入工法施工流程.....	22
圖 2.3-13 人孔施築要領與流程圖.....	25
圖 2.4-1 統一土壤分類流程圖及柱狀圖.....	28
圖 2.4-1 統一土壤分類流程圖及柱狀圖 (續)	29
圖 2.4-2 ISKEI TCZ-M 系列推進機示意圖.....	33
圖 2.4-3 ISKEI 短(小)管徑 TCZ-M 系列組立示意圖.....	34
圖 2.4-4 KOMATSU TP 系列推進機示意圖.....	37
圖 2.4-5 KOMATSU TP 系列組立示意圖.....	37
圖 2.4-6 RASA DH-FS 系列推進機示意圖.....	39
圖 2.4-7 三合(SANWA) SH-716 系列推進機示意圖.....	40

圖 2.4-8 三合(SANWA) SH-716 系列推進機示意圖	41
圖 2.4-9 德國海瑞克 AVN 系列推進機示意圖	42
圖 2.4-10 安竣 MARS 系列推進機頭示意圖	43
圖 2.4-11 安竣 MARS 系列推進面盤示意圖	44
圖 2.4-12 安竣 MARS 系列切削倉示意圖	44
圖 2.4-13 鑽程推進機示意圖	45
圖 2.4-14 鑽程推進面盤示意圖	45
圖 2.4-15 鑽程推推進裝置示意圖	46
圖 2.5-1 土壓式面盤示意圖	47
圖 2.5-2 土壓平衡推進機示意圖	47
圖 2.5-3 土壓式工法示意圖	48
圖 2.5-4 泥水式推進工法面盤破碎示意圖	50
圖 2.5-5 泥水式推進工法機頭示意圖	50
圖 2.5-6 泥水式推進工法示意圖	51
圖 2.6-1 國內推進施工之管徑分佈圖	56
圖 2.6-2 推進機廠牌分佈圖	57
圖 3.1-1 泥水式推進工法示意圖	63
圖 3.2-1 推進工法施工要領作業流程圖	66
圖 3.2-2 推進工法施工單位施工流程及檢驗要點	67
圖 3.3-1 土壓推進工程示意圖	71
圖 3.4-1 推進工法施工要領作業流程圖	74
圖 3.4-2 推進工法施工單位施工流程及檢驗要點	75
圖 4.1-1 退避設施示意圖	92
圖 4.1-2 平面式鏡面工安裝步驟圖	102
圖 4.1-3 平面式鏡面工外觀圖	102
圖 4.1-4 嵌入式鏡面工外觀圖	103
圖 4.1-5 嵌入式鏡面工安裝步驟圖	103
圖 4.3-1 管材吊掛示意圖	110

圖 4.3-2 管材堆放示意圖	111
圖 4.3-3 塑膠管堆放示意圖	112
圖 4.3-4 SUS 接頭示意圖	113
圖 4.3-5 管材遭遇孤石示意圖	121
圖 5.1-1 退避設施示意圖	125
圖 5.1-2 工作井坑周欄杆及腳趾板示意圖	125
圖 5.1-3 工作井爬梯示意圖	126
圖 5.1-4 防墜網示意圖	126
圖 5.1-5 捲揚式防墜器防墜器示意圖	126
圖 5.1-6 安全帽示意圖	127
圖 5.1-7 反光背心示意圖	127
圖 5.1-8 背負式安全帶示意圖	127
圖 5.1-9 氣體偵測器示意圖	128
圖 5.1-10 攜帶式氣體偵測器與警報器示意圖	128
圖 5.1-11 對講機示意圖	128
圖 5.1-12 漏電斷路器示意圖	129
圖 5.1-13 滅火器示意圖	129
圖 5.1-14 抽水機示意圖	129
圖 5.1-15 安全鞋示意圖	130
圖 5.1-16 接地銅棒示意圖	130
圖 5.1-17 蜂鳴器示意圖	130
圖 5.1-18 氣體鋼瓶固定示意圖	131
圖 5.1-19 空氣鋼瓶及面罩示意圖	131
圖 5.1-20 防回火裝置示意圖	132
圖 5.1-21 天車吊重標示示意圖	132
圖 5.1-22 通風設備示意圖	132
圖 5.1-23 生命警報器	133
圖 5.1-24 局限空間作業場所注意事項公告示意圖	133

圖 5.1-25 局限空間作業人員管制表示意圖	134
圖 6.1-1 虛擬實境模擬訓練系統功能，依使用者類別區分	137
圖 6.2-1 虛擬實境模擬訓練軟硬體及 3D 場景示意圖	139
圖 6.3-1 模擬控制台架構示意圖	139
圖 6.3-2 硬體介接方法與資料流程圖	140
圖 6.4-1 3D 場景及模型規劃圖	140
圖 6.4-2 掘進機頭動畫規劃圖	141
圖 6.4-3 發進井場景模型規劃圖	142
圖 6.4-4 靜態模型規劃	142
圖 6.5-1 訓練腳本流程規劃	143
圖 6.5-2 Model-based 推論引擎架構圖	144
圖 6.5-3 VR 模擬訓練腳本示意圖	144
圖 6.5-4 設備檢查及測試運轉/推進機檢查示意圖	145
圖 6.5-5 職安作業圖	146
圖 6.5-6 吊管作業/管材放置作業圖	146
圖 6.5-7 輸送系統作業圖	146

表目錄

	頁次
表 2.3-1 圓型工作井品質管理要領表.....	23
表 2.4-1 日本推進工法施工土質分類.....	29
表 2.4-2 本手冊施工土質分類和表 2.4-1 施工土質分類之關係	30
表 2.4-3 泥濃式工法之適用地質及地下狀況.....	30
表 2.4-4 推進工法適應地質表.....	32
表 2.4-5 ISKEI 短(小)管徑 TCZ-M 系列推進機各項參數.....	34
表 2.4-6 ISKEI 元押裝置參數.....	35
表 2.4-7 ISKEI 油壓裝置參數.....	36
表 2.4-8 KOMATSU 推進裝置參數.....	37
表 2.4-9 RASA 推進機參數.....	39
表 2.4-10 RASA 元押及油壓裝置參數.....	39
表 2.4-11 三合(SANWA)推進裝置裝置參數	41
表 2.4-12 德國海瑞克 AVN 系列推進裝置裝置參數	42
表 2.5-1 土壓式推進工法適應地質表	49
表 2.5-2 泥水式推進工法適應地質表	52
表 2.5-3 地中箭式推進工法適應地質表	53
表 2.6-1 污水推進工程標案概要表.....	54
表 2.6-2 各地區使用之推進技術分佈比例.....	56
表 2.6-3 各地區使用之推進技術分佈比例.....	58
表 2.7-1 遭遇不同地質電流顯示變化示意圖(資料來源：安竣機 械)	60
表 2.7-2 遭遇不同地質扭距顯示變化示意圖(資料來源：東鑫龍 營造公司)	61
表 3.1-1 切削盤適用土層表.....	64
表 3.1-2 遭遇不同地質參數變化示意圖(由鑽程提供).....	65

表 3.2-1 推進施工管理標準及檢查頻率表.....	68
表 3.2-1 推進施工管理標準及檢查頻率表(續).....	69
表 3.2-1 推進施工管理標準及檢查頻率表(續).....	70
表 3.3-1 切削盤適用土層表.....	72
表 3.3-2 遭遇不同地質扭距顯示變化示意圖(由 komatsu 提供)..	73
表 4.3-1 刃口型推進管理項目表.....	94
表 4.3-2 刃口型推進管理項目(共同)表.....	95
表 4.3-3 泥水式推進管理項目表.....	96
表 4.3-4 土壓式挖掘土量發生狀況及原因表.....	96
表 4.3-5 土壓式推進管理項目表.....	97

第一章 緒論

1.1 前言

我國自民國 80 年起全國逐年全面性推動都市污水下水道建設，為降低對道路交通之衝擊及減少管推挖損其它地下管線之風險，污水下水道建設多半採用推進工法施工。近年來因工程標案大量釋出，市場可承作之廠商業界推進工程技術人力顯有不足，主因係目前國內管線推進之廠商現地工班皆以專業工班為主，非隸屬於推進廠商，故推進廠商鮮少自行大量訓練推進工班，多為專業工班之工頭以師徒制少量訓練，如此易衍生工地工班管理問題，及推進工班於工程標案大量釋出時人力不足之情形。

為提升下水道工程品質，加速培育推進施工專業人才，內政部營建署擬將推進工法之教育訓練結合虛擬實境及擴充實境科技，研發「下水道推進技術虛擬實境模擬訓練系統」，使參訓人員透過推進施工之虛擬實境科技，即時體驗現場程序與設備操作要領，快速建立其專業能力，投入下水道建設之行列。

本手冊目標主要為建立短(小)管直線推進技術手冊(以下簡稱「技術手冊」)及建立一套「下水道短(小)管直線推進虛擬實境模擬訓練系統」(以下簡稱「模擬訓練系統」)，其中技術手冊主要內容包含短(小)管推進介紹、地質適用性、土壓式與泥水式工法之介紹、施工管理等；模擬訓練系統主要進行泥水式推進設備模擬、在不同地質推進的操作策略及遭遇障礙的因應方案等。

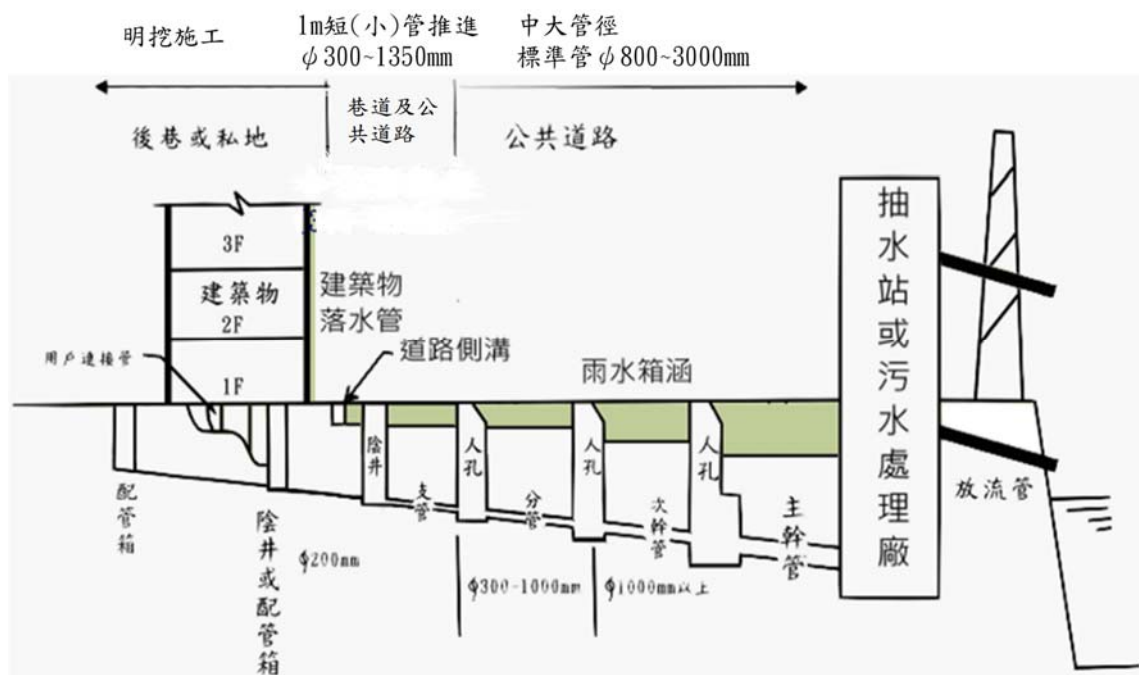


圖 1.1-1 整體污水下水道系統示意圖

承上，內政部營建署進行公告徵選廠商，經評選程序，遂委託社團法人台灣下水道協會(以下簡稱本協會)進行相關手冊的編撰及系統的開發。整體污水下水道系統通常包含污水處理廠、中大管徑推進、短(小)管徑推進、明挖施工及用戶接管工程等，如下圖所示，無論污水系統為大系統或小系統，短(小)管徑推進都是佔整個系統的較大比例，故本手冊模擬將以短(小)管徑推進為主。依據技服契約第七條第(一)項第三款第 2 目之規定於簽約日次日起 210 日內提送期中報告初稿供機關審查。

第二章 蒐集主要推進技術與設備等相關資料

2.1 推進工法介紹

依據日本下水道管渠技術推進協會一般推進工法大致上依推進管口徑區分為中大管徑($\phi 800\text{mm} \sim 3,000\text{mm}$)推進工法、小口徑管($\phi 300\text{mm} \sim 700\text{mm}$)推進工法與取付管推進工法等三種。此外，為因應都市化既有管涵年久破損、逆坡、通水斷面不足或外力(地震、地下水上浮力等)造成接頭鬆脫等，所發展出改築推進工法(免開挖推進工法)，其可依此區分為四大分類推進工法，如 2.1-1 圖所示。

其中國內中大管徑推進工法區分為開放型與密閉型兩種，開放型一般係指刀口式推進工法，密閉型則又按施工作業流程之差異，區分為泥水式、土壓式(泥土壓式)及泥濃式等三種推進工法，分類模式與日本下水道管渠技術推進協會方式相近。

一、依推進施工分類

一般推進(口徑)分類—以推進坑的千斤頂機組(元押設備)執行推進施工作業，使用一般滑材及測量技術(雷射及經緯儀)。

(一) 短(小)管徑推進工法— $\phi 200\text{mm} \sim \phi 1350\text{mm}$ ，國內目前推進施工工法可分為(一次推進工法)泥水式工法、土壓式工法及(二次推進工法)地中箭工法等。

(二) 中大管徑推進工法— $\phi 800\text{mm} \sim \phi 3,000\text{mm}$ ，國內目前推進施工工法可分為泥水式工法、土壓式工法、泥濃式工法及刀口式工法等。

二、特殊推進

以推進坑的千斤頂機組(元押設備)及推進管設置一組以上中押設備執行推進施工作業，使用特殊滑材及特殊測量技術(全自動光波測量系統及陀螺儀測量系統)，國內目前推進施工工法可分為泥水式工法、泥濃式工法等。

其中，為了因應都市化地下管線及埋設物繁多，施工時易造成施工區域附近居民及交通之不便，因此，經考量交通維護、施工安全、減少工作井(人孔)數量等，原一般推進衍變為長距離或超長距離推進及曲線推進施工，相關定義如下：

(一) 長距離及超長距離推進—一次推進距離大於標稱管徑 250 倍或 500 公尺以上者；超長距離為管外徑的 500 倍(500 D) 以上。

長距離及超長距離推進適用於中大管徑推進，中大管與小管推進均由地面操作台控制，其差別在於小管徑推進時，人員無法進入，故無法設置中押系統(中押系統係於推進管與推進管之間裝設中押千斤頂)分擔元押千斤頂推力，因此，中大管因可安裝中押系統分擔推力，可採用較長距離推進。

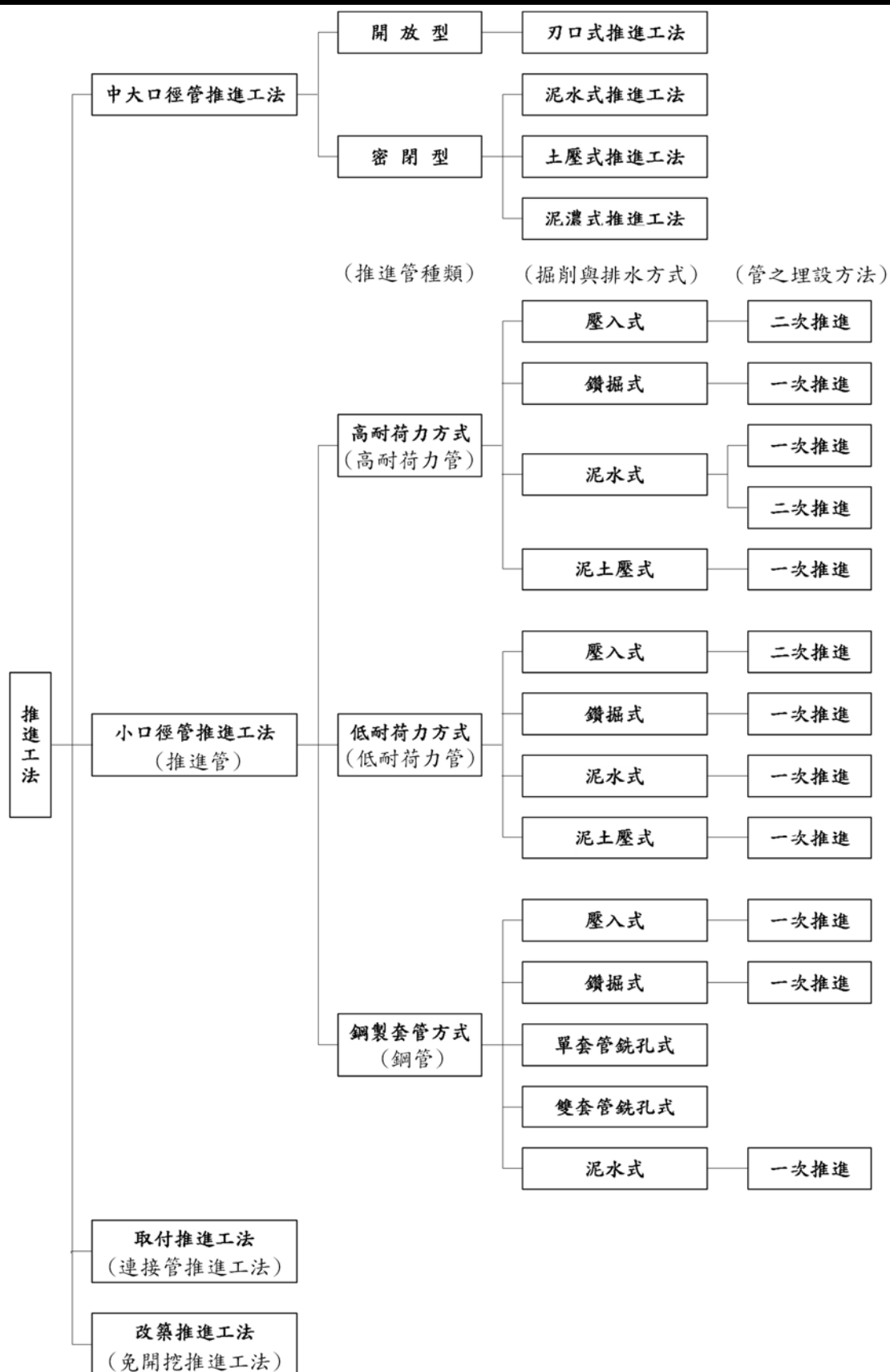


圖 2.1-1 日本推進工法分類圖(參考日本分類模式)

(二) 曲線推進-兩工作井間含非直線段之推進施工方法，較大曲率為曲率半徑在標稱管徑 80 倍以下，較小曲率為曲率半徑超過標稱管徑 80 倍。

曲線推進工法與直線推進比較，其推管之方向控制、偏心壓力及測量方法均有所不同；曲線推進工法係利用推進機依設計路線掘進，推力來源仍以推進井後方之元押千斤頂為主，將推進機及鋼筋混凝土管同時往到達井方向推進；遇到需進行曲線推進時，則於面盤後方配置可單獨出力之千斤頂來調整方向。

曲線段是由管材開口差累積成型，管材間產生開口方式為二管材間置入緩衝材，左右彎時，緩衝材置於管材對接處上方與下方，使左右二側產生間隙，於曲線段時，一側產生開口另一側產生閉合，累積開口長度即產生曲線。

三、依使用管材性質分類

由於國內環境因素及工程需求，目前短管徑(1m 管長)推進工法則依使用推進管材如鋼管(SP)、鋼筋混凝土管(RCP)、聚脂樹酯混凝土管(PRCP)及塑膠管(PVCP、ABSP)等種類，其依使用推進設備區分為高耐荷力方式(RCP、PRCP)、低耐荷力方式(PVCP、ABSP)及鋼製套管方式，其中高耐荷力方式與低耐荷力方式又依掘削與排土方式，區分為壓入式(地中箭)、泥水式與泥土壓式等工法，如 2.1-2 圖所示。



圖 2.1-2 國內推進工法分類圖

三、標準管與短管之比較

依 CNS 3905 下水道用鋼筋混凝土管（推進施工法用）之規定，3S 型接頭混凝土管有效長度可分為標準管 2.4 公尺及短管 1.0 公尺，以下針對標準管及短管進行比較分析：

（一）工作井大小及施工區域

標準管因長度較長，於推進施工時需要較大空間進行推進，故工作井之尺寸會比短管推進大，且管材放置區域也需較大之空間，相較之下，短管推進施工區域所佔面積較小。

（二）水密性

標準管 2.4 公尺與短管 1.0 公尺相比，短管之接頭比標準管多，故以水密性而言，標準管因接頭較少，水密性比短管來得高。

（三）工率

標準管 2.4 公尺與短管 1.0 公尺相比，標準管所需吊裝及安裝管材次數較少，故工率較快。

2.2 短(小)管直線推進介紹

道路空間是都市線性系統公共建設之大本營，道路上各式車輛及行人穿梭來往，上方尚有各類電線交織吊掛，路面下又有種類繁多大小不同錯綜複雜之管道，欲以開挖道路埋設管線設施有實質困難，故選擇道路淨空的點空間施作工作井，以推進工法將管材掘進至目的地，沿線免開挖而達到埋設管道需求，已成為都市管道工程施工趨勢。

以推進井為工作基地，使用掘進機組貫穿道路底層，避免沿線開挖地面，將管材埋置於設計方向與高程位置。

一、推進工法的基本架構：

（一）工作井組—推進井、到達井、反力座、鏡面框、工作平台。

（二）推進機組—千斤頂、油壓設備、推進台、導軌、座墊、經緯儀（雷射儀）。

（三）掘進機組—切削盤、方向千斤頂、驅動馬達、螺旋輸送機（泥水式）或壓力輸送泵（土壓式或地中箭）。

（四）搬運設備—台車（土壓式或地中箭）或壓力管及泥漿處理設備（泥水式）、吊車、卡車。

二、依施工作業程序分類：

因推進作業是否以先導管先行推進方式，為一次推進工法如泥水式及土壓式，先將先導管由發進井直接推進貫通至到達井。以及二次推進工法如壓入式（地中箭），是小口徑推進特有的工法，以先導管做為導體，從推進井貫通至到達井再利用擴大切削頭擴管，將管材推進至到達井（如圖 2.2-1 短管推進工法施工技術作業流程圖及圖 2.2-2 施工步驟示意圖）。

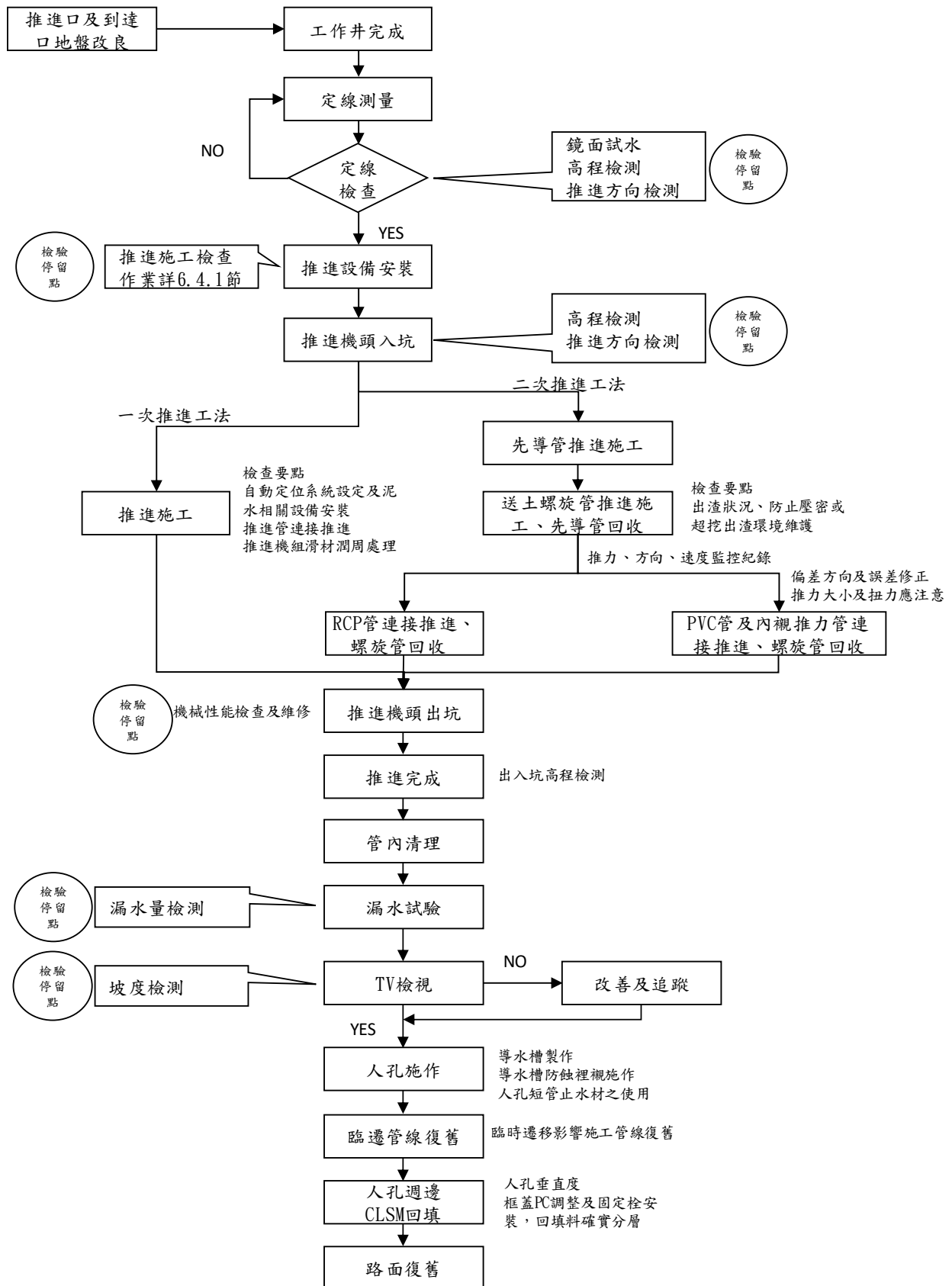
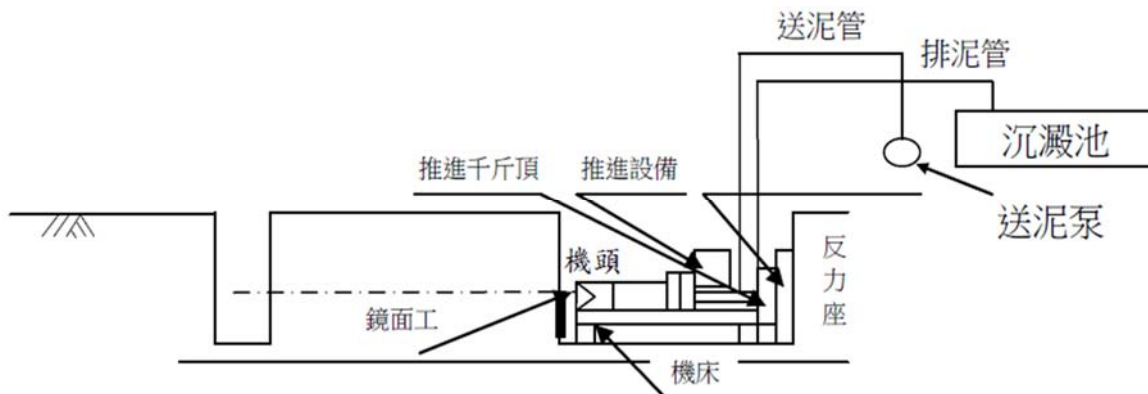


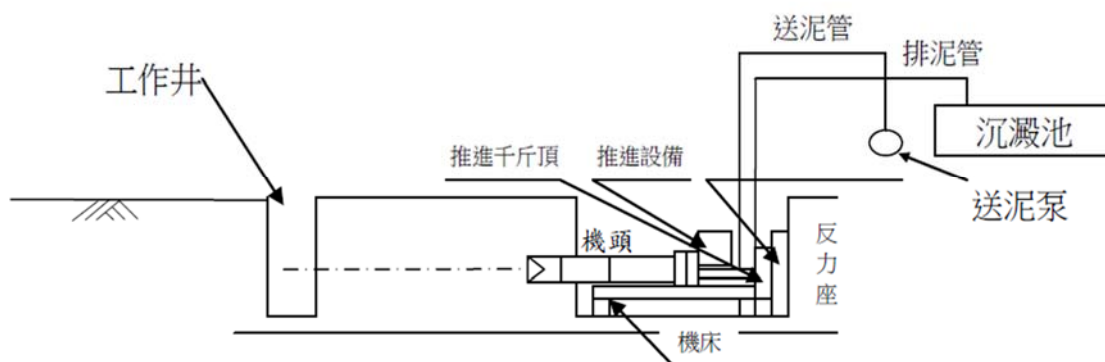
圖 2.2-1 短(小)管推進工法施工技術作業流程圖

(一) 一次推進工法施工步驟

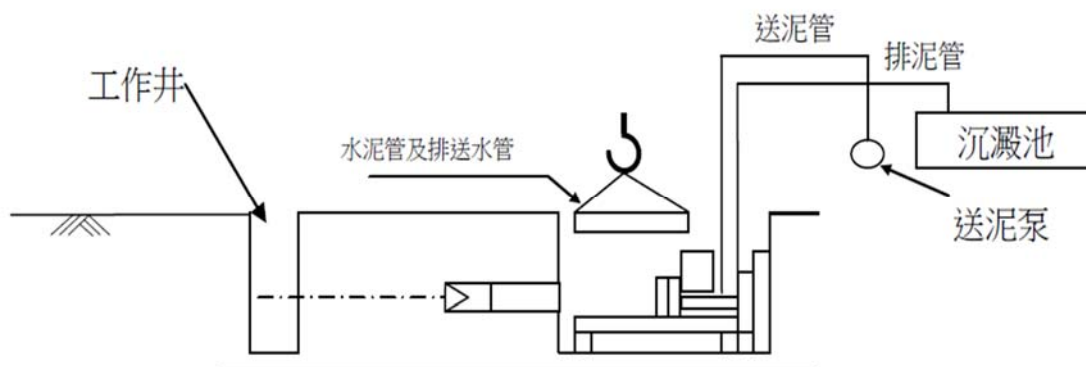
1. 在推進工作井內安裝推進機本體泥水設備及雷射測量儀器等，測完高程及方向後，即將機頭向前推入土中。



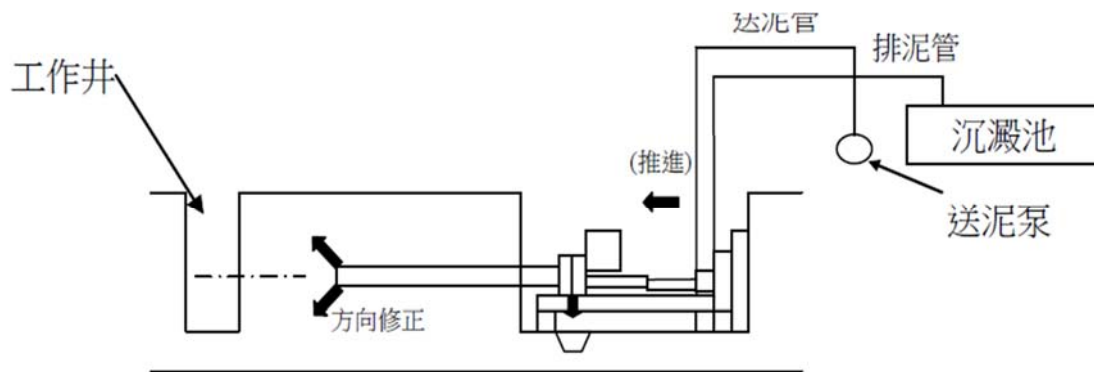
2. 在地面上先將排泥管及送水管裝入 RC 管內，再吊入井內與機頭連接。



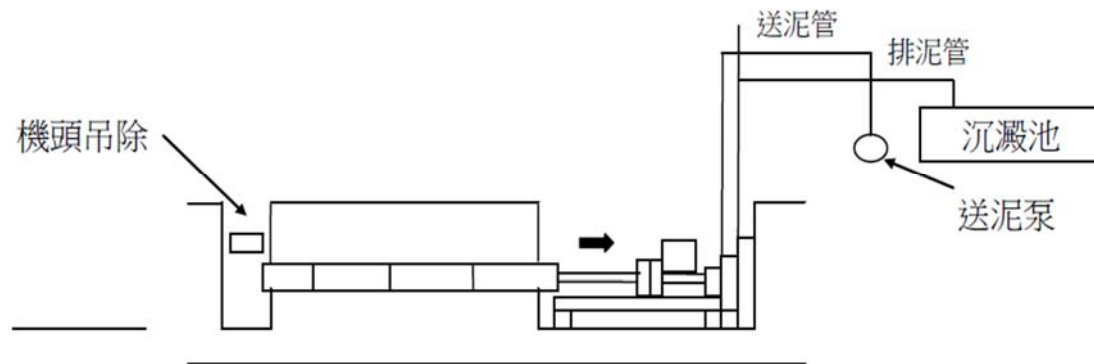
3. 當推進作業進行時，在機頭攪拌之泥水借由抽泥機排出坑外，同時利用裝在機頭之雷射規通測量方向，如有偏差時，機頭裝有千斤頂可隨時調整方向。



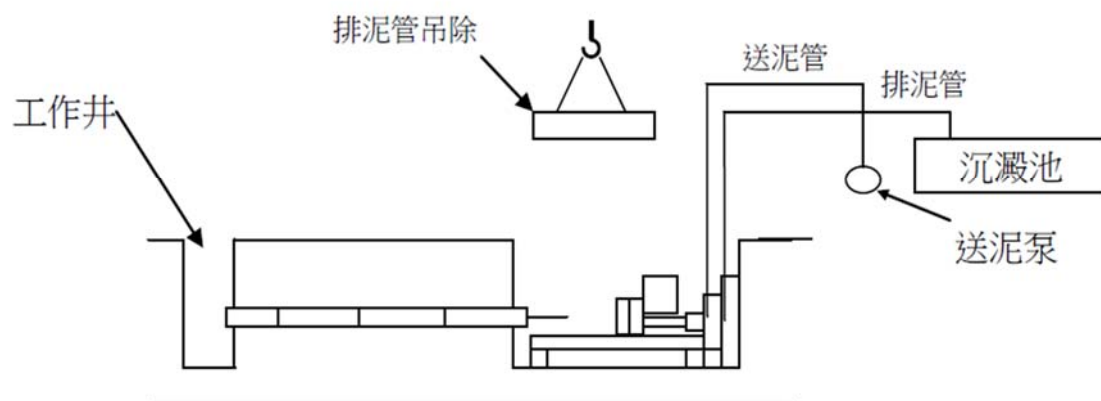
4. 重複 3 之動作，使機頭推進至到達井



5. 到達後由到達井收回機頭，排泥管及送水管及油壓管則由工作井收回。

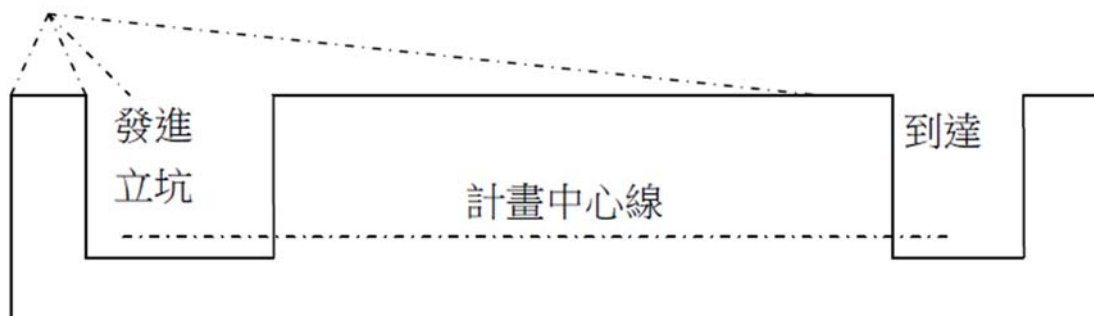


6. 拆除雷射排泥管、送水管、排泥泵浦，築造人孔，並修復路面及整理四周環境，即完成本段管線之推進。

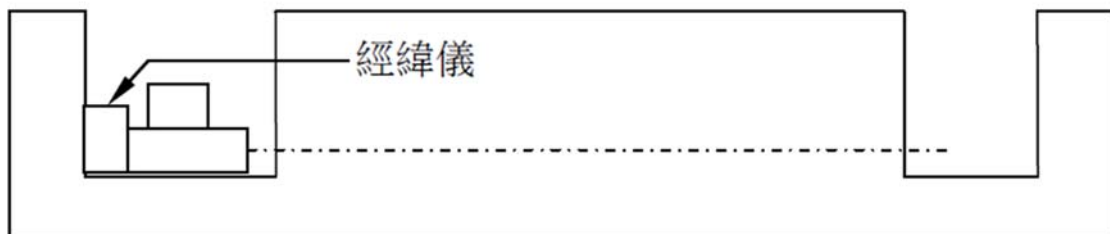


(二) 二次推進工法施工步驟

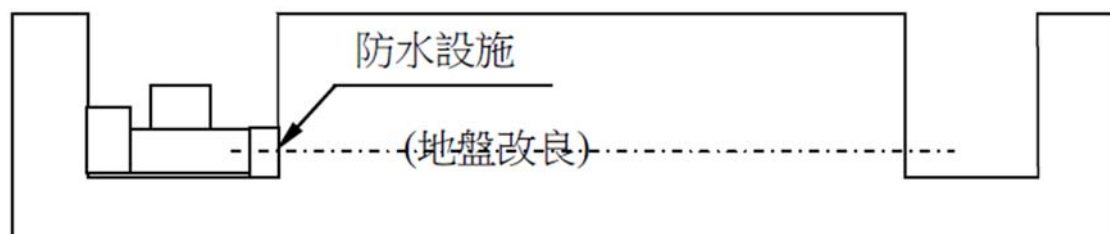
1. 定線測量



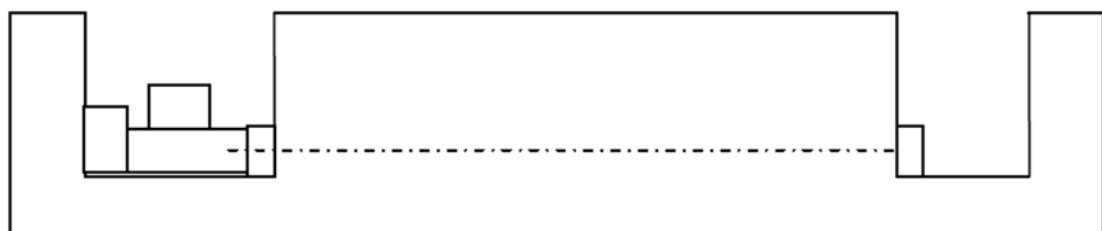
2. 機械安裝：將推進機和經緯儀對準設計路線安裝。



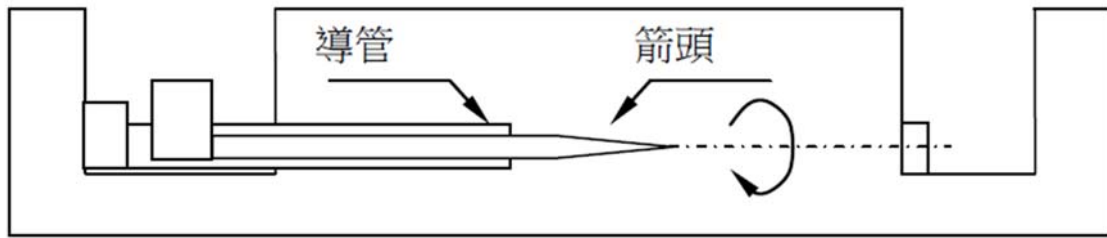
3. 推進口防水設施



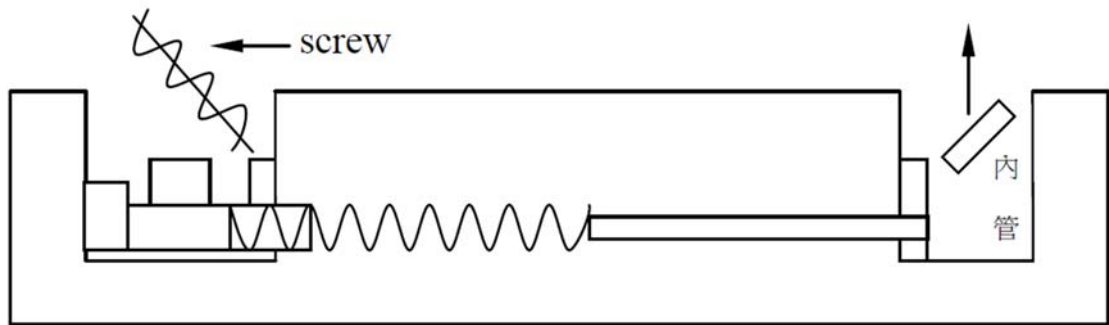
4. 到達口防水設施



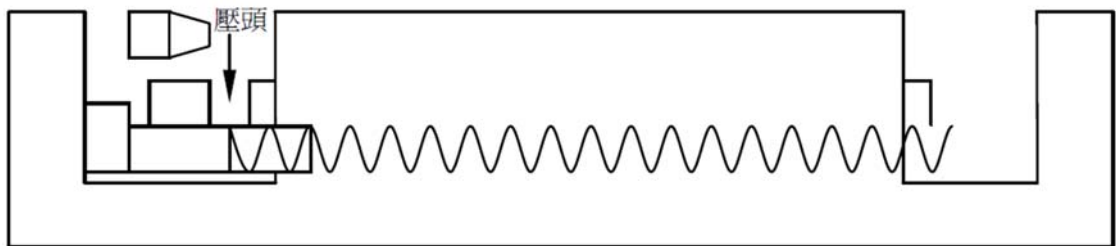
5. 導管推進



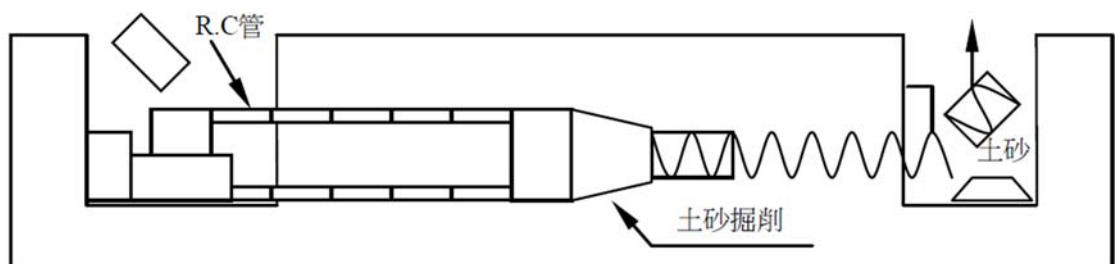
6. 抽換螺旋輸送管-將螺旋輸送管插入導管內，然後抽出一內導管。



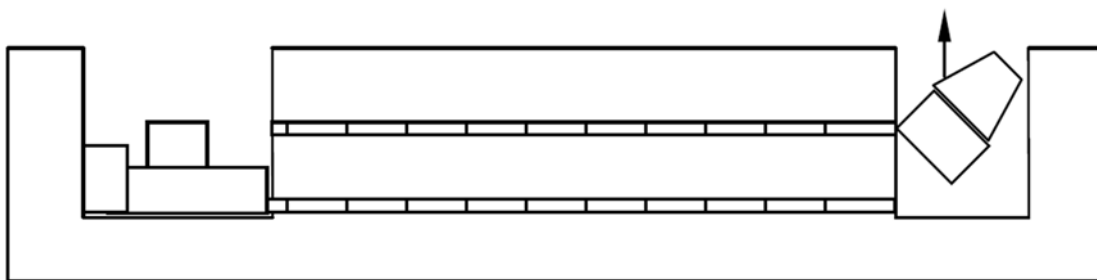
7. 壓削頭安裝-將壓削頭安裝在螺旋輸送管及外導管。



8. 混凝土管推進施工-將混凝土管跟隨壓削頭推進，泥沙經由壓削頭往到達坑排出。



9. 取出壓削頭-混凝土管推進完後取出壓削頭。



10. 機械撤除-分解推進機後撤除。

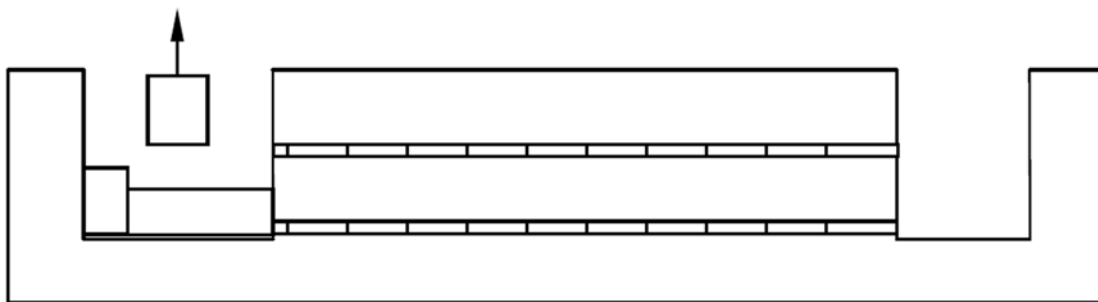


圖 2.2-2 施工步驟示意圖

2.3 依管徑及工作井分類

2.3.1 依管徑分類

若依使用管徑分類 $\phi 200\text{mm} \sim \phi 1350\text{mm}$ ，其中 RC 管尺寸為 $\phi 250\text{mm} \sim \phi 1350\text{mm}$ ，PRCP 尺寸為 $\phi 200\text{mm} \sim \phi 800\text{mm}$ ，另塑膠管推進管徑 $\phi 200\text{mm}$ 、 $\phi 300\text{mm}$ 、 $\phi 400\text{mm}$ ($\phi 200\text{mm}$ RCP 使用於北港地區， $\phi 250\text{mm}$ PRCP 使用於雲林溪等地區)。

一、3S 接頭(鋼筋混凝土管)

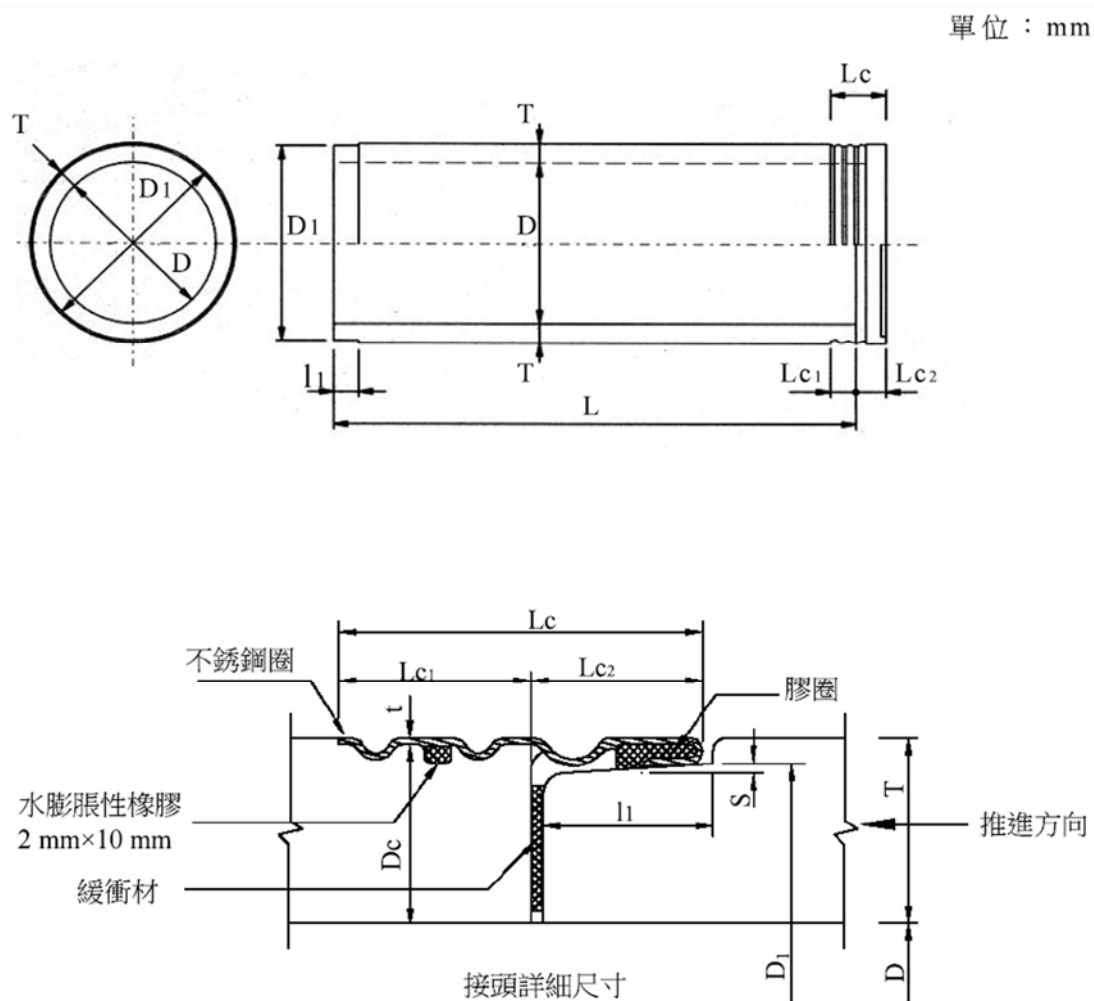


圖 2.3-1 3S 接頭(鋼筋混凝土管)

二、E 型接頭(鋼筋混凝土管)

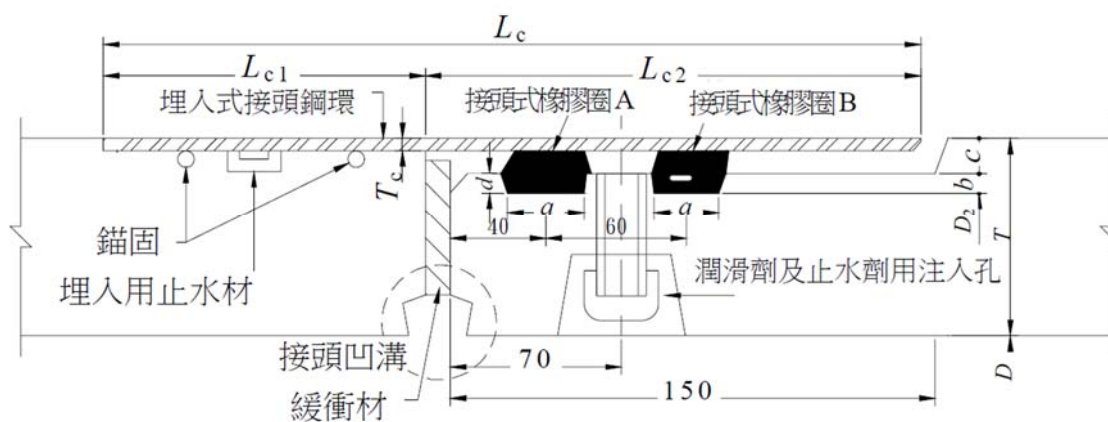


圖 2.3-2 E 型接頭(鋼筋混凝土管)

三、J 型接頭

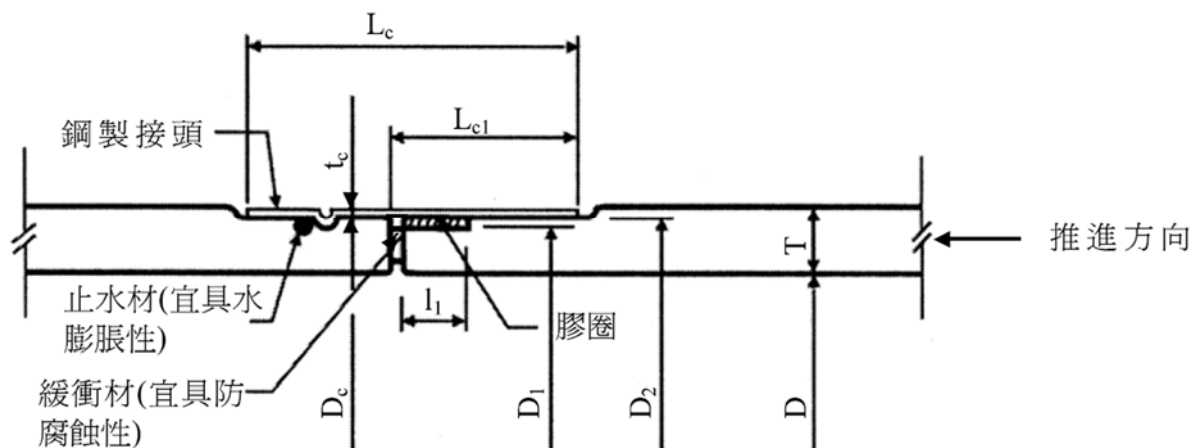


圖 2.3-3 J 型接頭 (PRCP)

四、PVC 管接頭

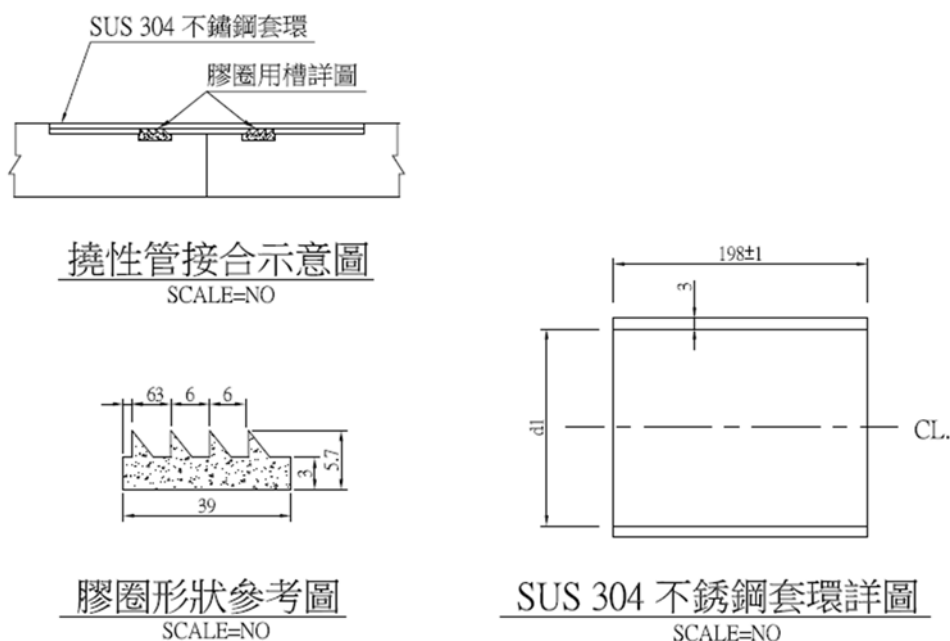


圖 2.3-4 304 不銹鋼套環(PVC 管)

2.3.2 依工作井擋土設施分類

推進工法之工作井，以型式分為圓形、矩形及橢圓形等，依功能分為推進工作井及到達工作井，推進工作井主要設置目的是做為人員、材料、機具及廢土之進出口，而到達井主要為機具撤廠之取出口，若排土系統特殊，亦可能作為排土功能，於工程施作完成時，一般不會回填，做為設置 RC 預鑄人孔設施，作為爾後人員或維護工具進出管線

維護之用。工作井是推進施工埋設管線的主要施工項目之一，可視為推進工程開始進行與結束的指標，故工作井的位置與垂直度，對於推進工程產生極大之影響，不可不重視。介紹國內常用工作井種類及尺寸，其使用之工作井均為圓形，尺寸分為推進井 $\phi 3590\text{mm}$ 、 $\phi 3090\text{mm}$ 、 $\phi 2590\text{mm}$ 、 $\phi 2090\text{mm}$ 及 $\phi 1890\text{mm}$ 等五種及到達井為 $\phi 3590\text{mm}$ 、 $\phi 3090\text{mm}$ 、 $\phi 2590\text{mm}$ 、 $\phi 2090\text{mm}$ 及 $\phi 1890\text{mm}$ 及 $\phi 1590\text{mm}$ 等六種，期望提供設計人員做為設計參考。

工作井通常會視地質情況、施工工法、工作井設置環境等因素而選擇不同之工法，目前國內較常使用的工作井擋土設施有鋼板樁、鋼襯板、沈箱及鋼套環等工法，以下將會各別介紹各工法之概要。

一、工作井種類

(一) 鋼板樁工法

為使用 U 型、H 型等鋼板利用錘擊或者反作用力方式將鋼垂直打入地層中之工法，市區施工一般採用靜壓式工法，以減少影響周邊市民生活。但由於是由錘擊或反作用力之外力將其壓入地層內，故在硬質土層或岩層施工較為困難，適用於普通土層。

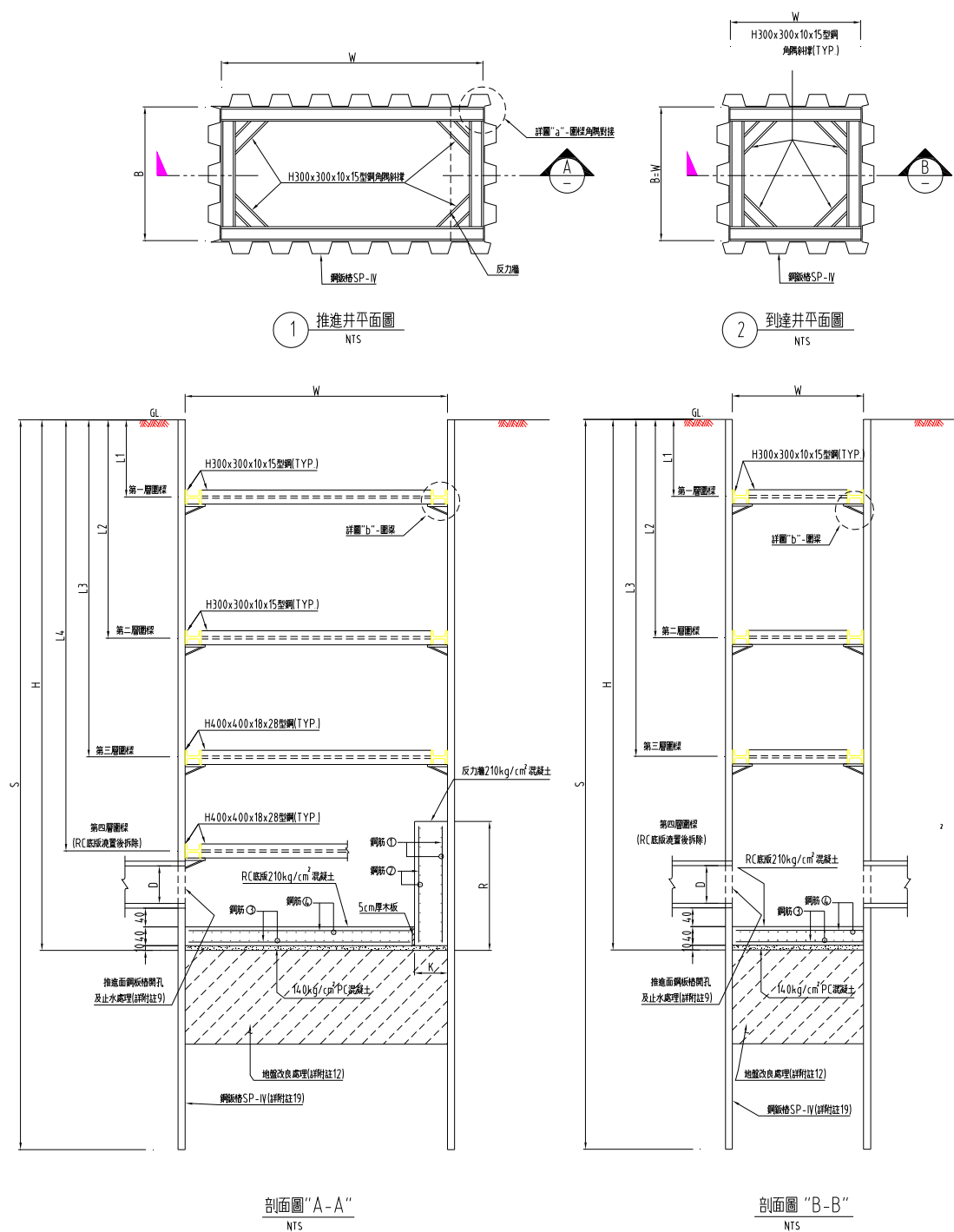
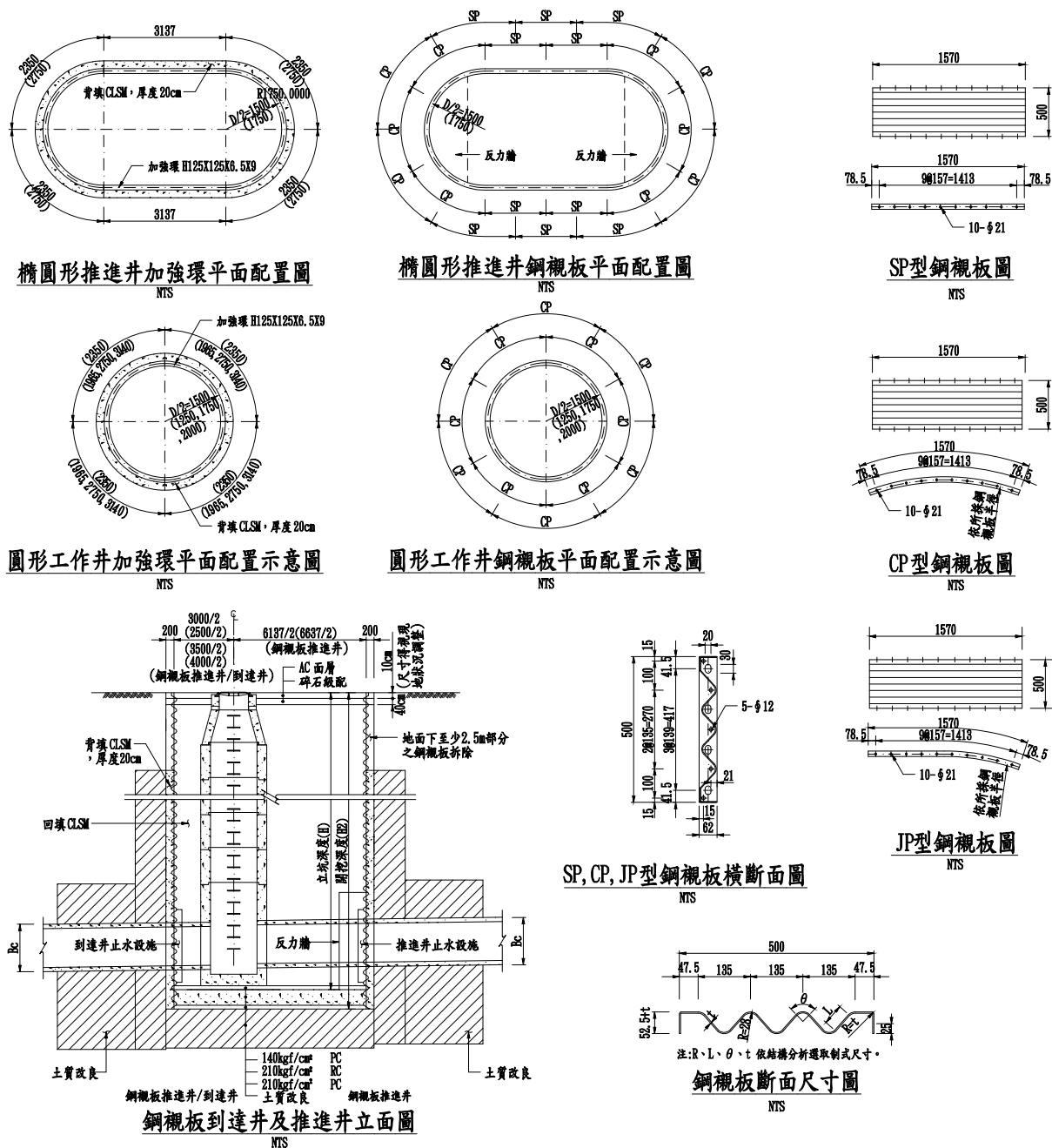


圖 2.3-5 鋼板樁擋土施工示意圖

(二) 鋼襯板工法

屬於逆打工法之一種，先進行工作井開挖，再施以鋼板安裝，最後再灌注混凝土完成工作井。由於開挖時僅限局部支撐設施且止水效果不佳，故不適用於自立性低或高水位之土層。其工法特色為開挖施工方便性及精度高，故較適用於硬質土層及卵礫石層。



使用矩形或圓形預鑄混凝土沈箱，應用 RC 結構體自重或施以外力，使其向下沈設為工作井的工法。但由於是預鑄構件，須考量到搬運及運輸成本問題，且外周尺寸較大，開挖面積增加，不利於地下管線遷移的配合作業，較少使用於交通繁雜市區，此工法適用於卵礫石層。

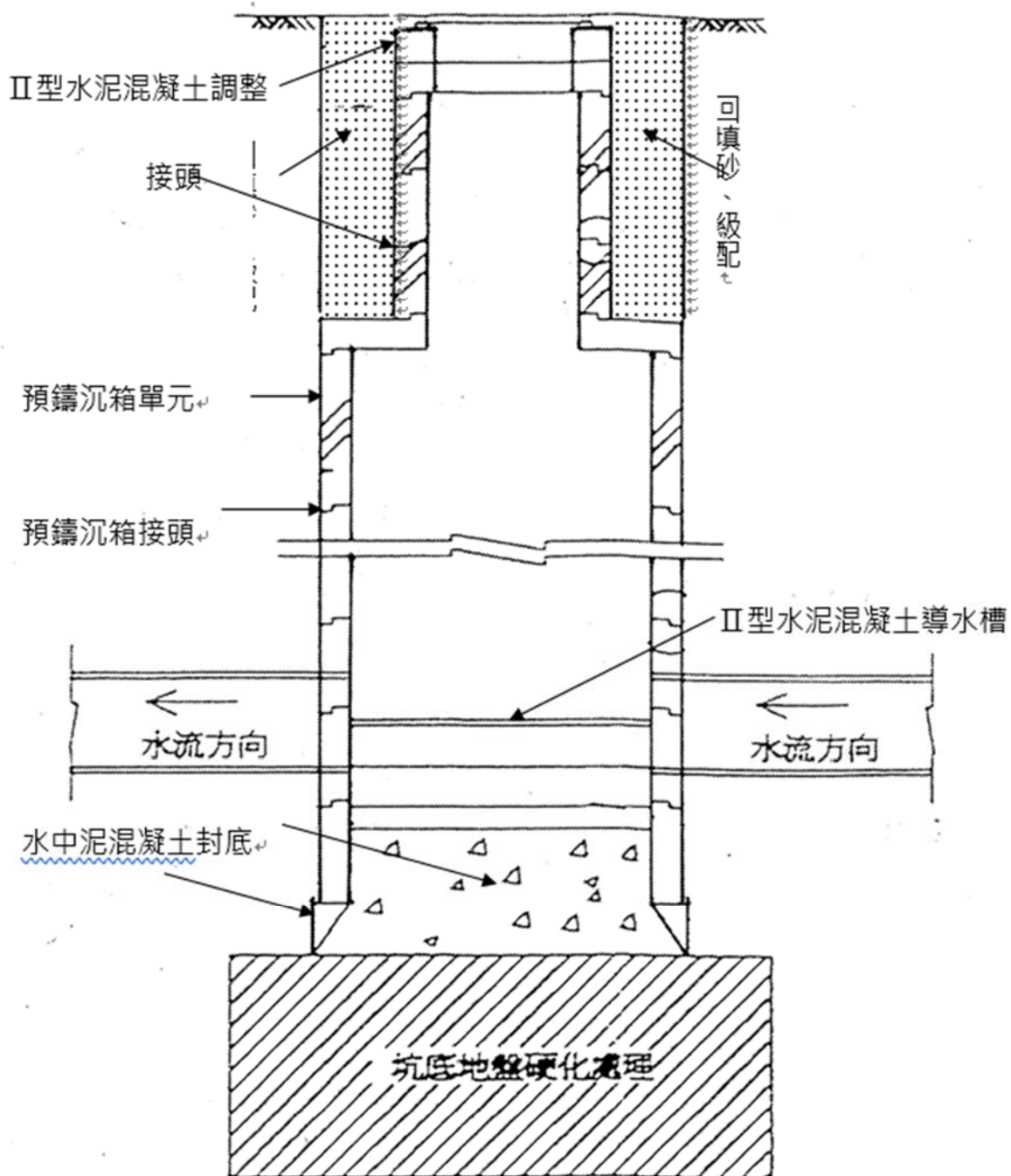


圖 2.3-7 沈箱擋土施工示意圖

(四) 鋼套環工法

利用搖管機將底環刀口向下搖轉壓入土層中，以挖土機挖掘坑內泥土，若遭遇地下水層可進行水中開挖，需銜接第二節鋼套環，需施以焊接，以此搖壓、挖掘、逐環銜接施工到預定深度後再以特密管澆置混凝土。此工法因開挖斷面較小，適用於短(小)管推進，為目前國內推進施工最常使用的工作井工法。

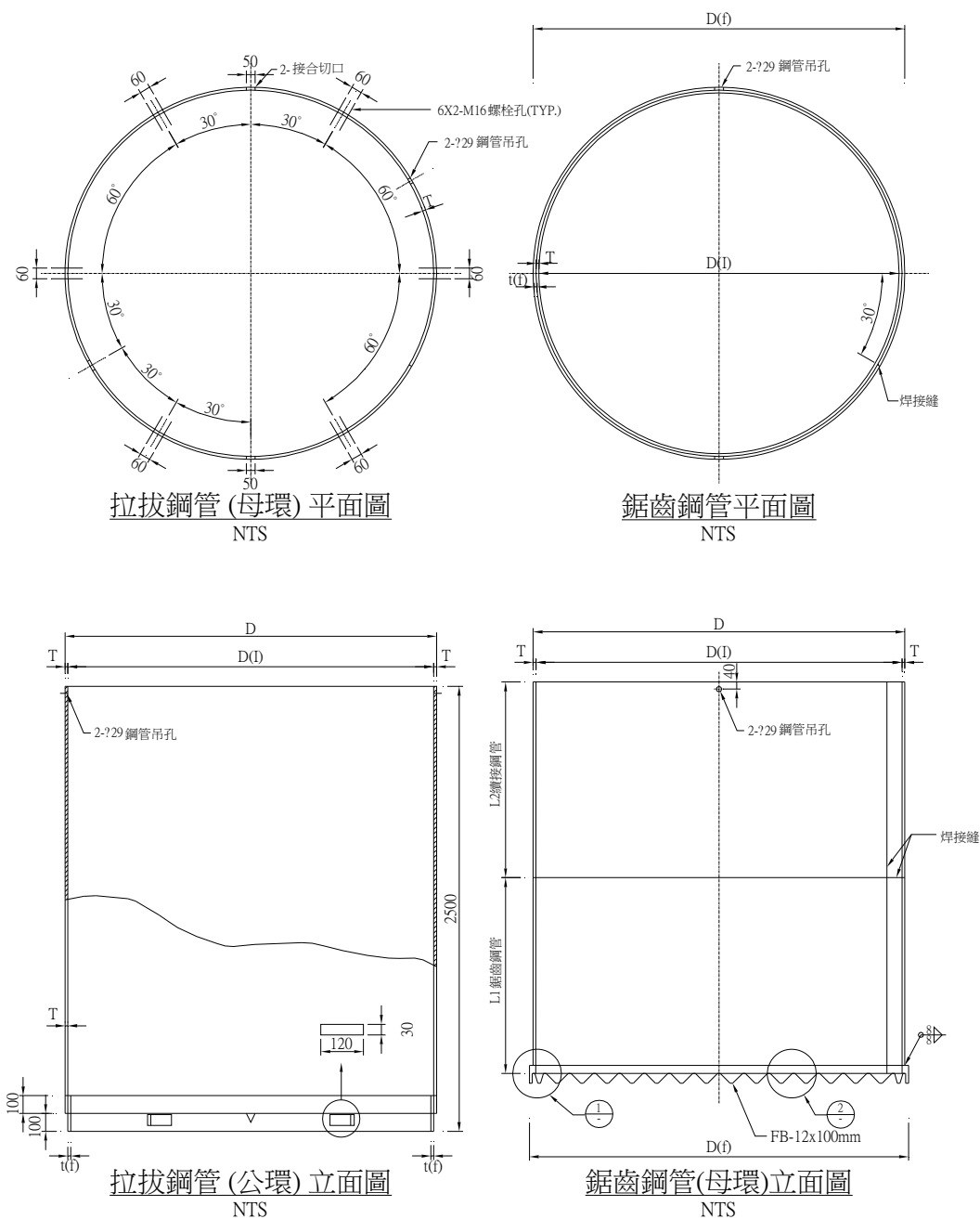


圖 2.3-8 鋼套環擋土施工示意圖

鋼套環施工作業，如下圖 1.4-5 所示。

2. 工作井—鋼環壓入工法施工順序

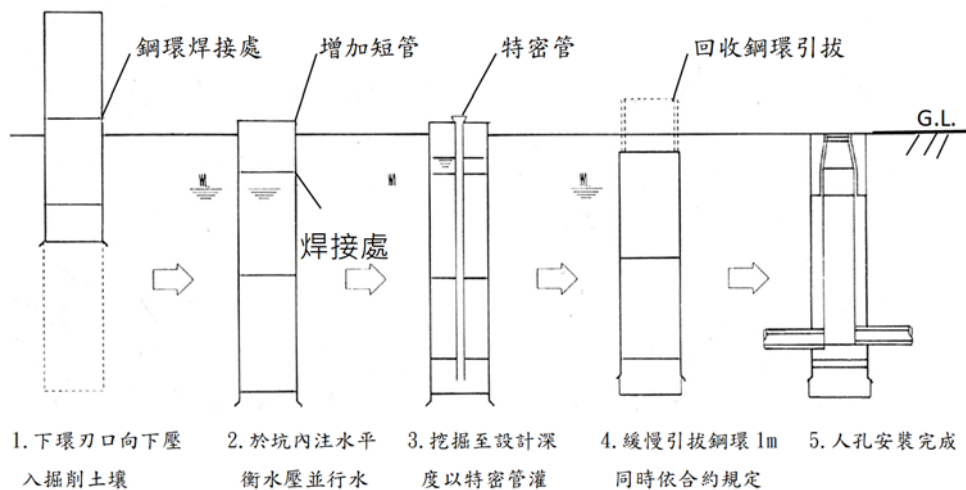


圖 2.3-9 工作井鋼套環壓入工法之施工順序

1. 進行佈場，使得施工空間做最大之應用，佈場配置可參考下圖。

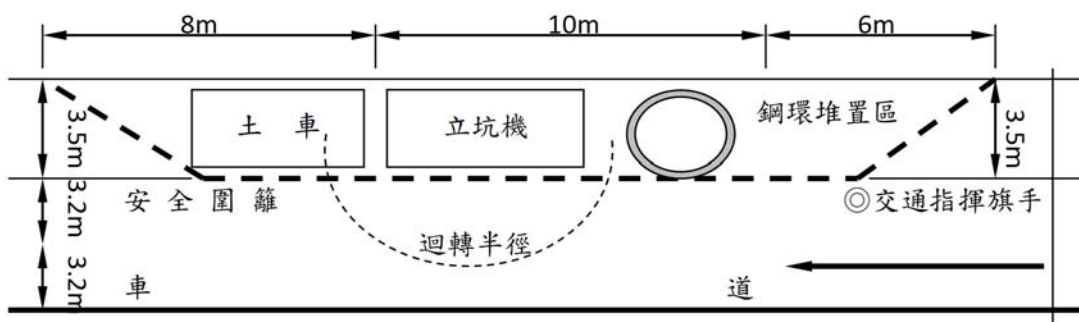


圖 2.3-10 推進施工佈場示意圖

2. 利用立坑機將下環刃口向下壓入掘削土壤。

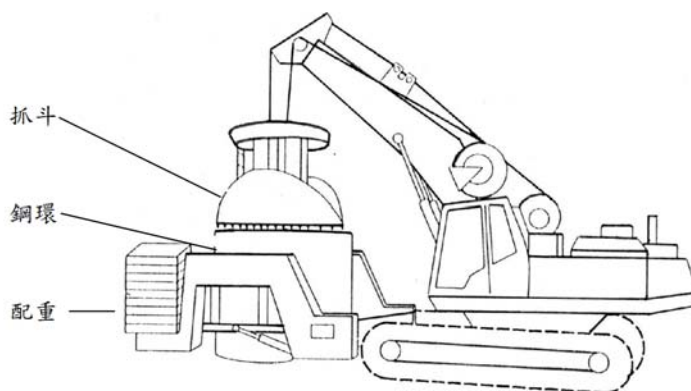


圖 2.3-11 立坑機施工示意圖

3. 於坑內注水平衡地下水壓並進行水中開挖。

4. 增加鋼套環並焊接。

5. 反覆增加鋼套環至開挖預定深度。

6. 挖掘至設計深度以特密管灌注水中混凝土。

二、施工要領與流程

短(小)管推進工法之工作井多應用鋼套環壓入工法，其主要原因在於短(小)管推進為因應狹窄巷道施工，工作井尺寸受限，且鋼套環壓入工法施工迅速。圖 3.4-1 為鋼套環壓入工法之施工流程。

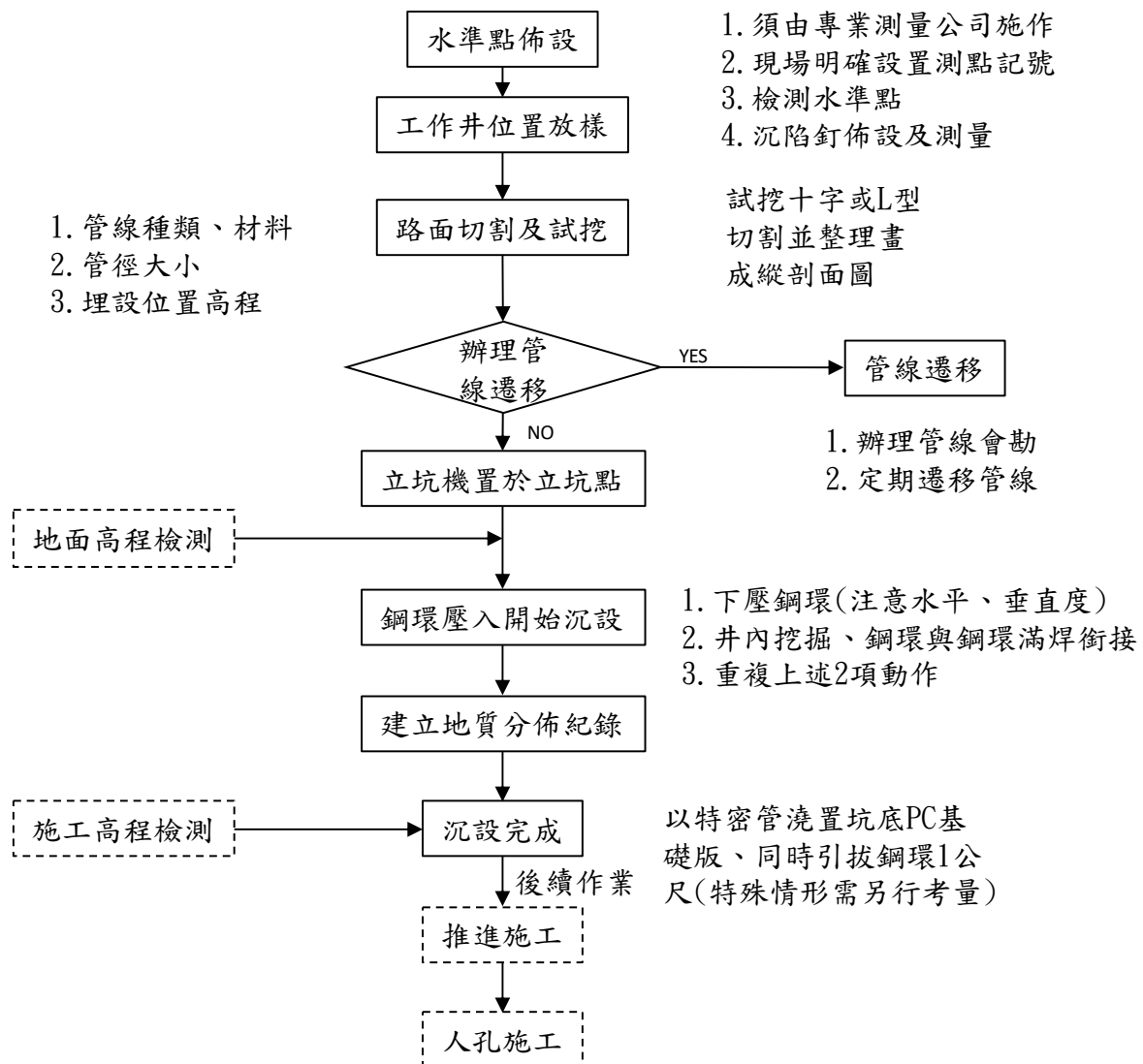


圖 2.3-12 工作井鋼套環壓入工法施工流程

表 2.3-1 圓型工作井品質管理要領表

圓型工作井品質管理									
工程項目		管理要領							
		管理項目	管理標準	檢查時期	檢查方法	檢查時機	不合格之處置方法	管理記錄	備註
計畫階段	瞭解工程設計圖說	掌握設計圖說之內容	確認施工要點	計畫製作前	審閱	施工前	修正	備忘錄	
	控制點測量	檢測鄰近建築物及地下物之安全	沉陷及位移量檢測與複核	施工前、中及後	測量	施工中	補強研討對策重測	測量記錄	
		推管高程控制點	水準點量測、閉合差量測	檢測中	測量	施工中	修正	測量記錄	
	提送施工計畫書	施工計畫之製作	依合約規定提送	計畫製作後	業主審核	製作後及施工中	修正	備忘錄	
施工階段	工作井擋土措施	工作井之內徑	依設計圖說規定	施工前	量測	施工中	修正	自主檢查表	
		工作井之外徑	依設計圖說規定	施工前	量測	施工中	修正	自主檢查表	
		擋土設施施打	垂直度正確，不可傾斜	施工中	錘球量測	施工中	修正	自主檢查表	
		接縫焊接組裝	鋼環需滿焊	施工中	目視	各焊接處	修正	自主檢查表	
		漏水檢查	不可漏水	施工中	目視	各焊接處	修正	自主檢查表	
		覆蓋版	依設計圖說規定	施工前	量測	施工中	更換	自主檢查表	
		開挖作業	依序循進 刃口底座短管沉設	開挖進行中	量測	每處工作井	修正	自主檢查表	
		高程	依設計高程	開挖進行中	量測	每處工作井	修正	自主檢查表	
	基礎版	混凝土強度	依設計圖說規定	澆置28日後	試驗	依契約規範	修正	自主檢查表	

2.3.3 人孔施築

一、人孔底座吊放安裝

- (一) 預留孔須與管入口齊平 $\pm 1\text{cm}$ 。
- (二) 垂直度檢測 $\pm 1\%$ 。

二、底座與管接管處理

- (一) 接頭部份清洗。
- (二) 以鋼套環之短管相接。
- (三) 鋼環與人孔間之空隙須以 CLSM 回填。

三、人孔預鑄短管與大小頭安裝

- (一) 接合面清洗。
- (二) 止水帶安裝，整條不得斷裂且接合處大於 10cm 。
- (三) 防水砂漿補空隙並抹平。
- (四) 人孔踏步對齊間距為 30cm 。

四、人孔蓋安裝

- (一) 少於 30cm 以 PC 調高度，且不得以磚塊調整。
- (二) 人孔框蓋需與路面平齊 $< \pm 1\text{mm}$ 。
- (三) 框蓋之固定螺栓需與大小頭座鎖緊。
- (四) 最上層踏步間距為 $30\text{cm}\sim 45\text{cm}$ 。

五、導水槽施工

- (一) 高度需依設計圖之規定。
- (二) 洩水坡度為 $2\%\sim 5\%$ 。
- (三) 流水面須平整。
- (四) 與接管之管線管底平齊。

六、路面復舊

- (一) 引拔鋼環長度大於 1.5m (特殊情形需另行考量)。

(二) 回填 CLSM。

(三) AC 鋪設厚度需依路權機關之規定。

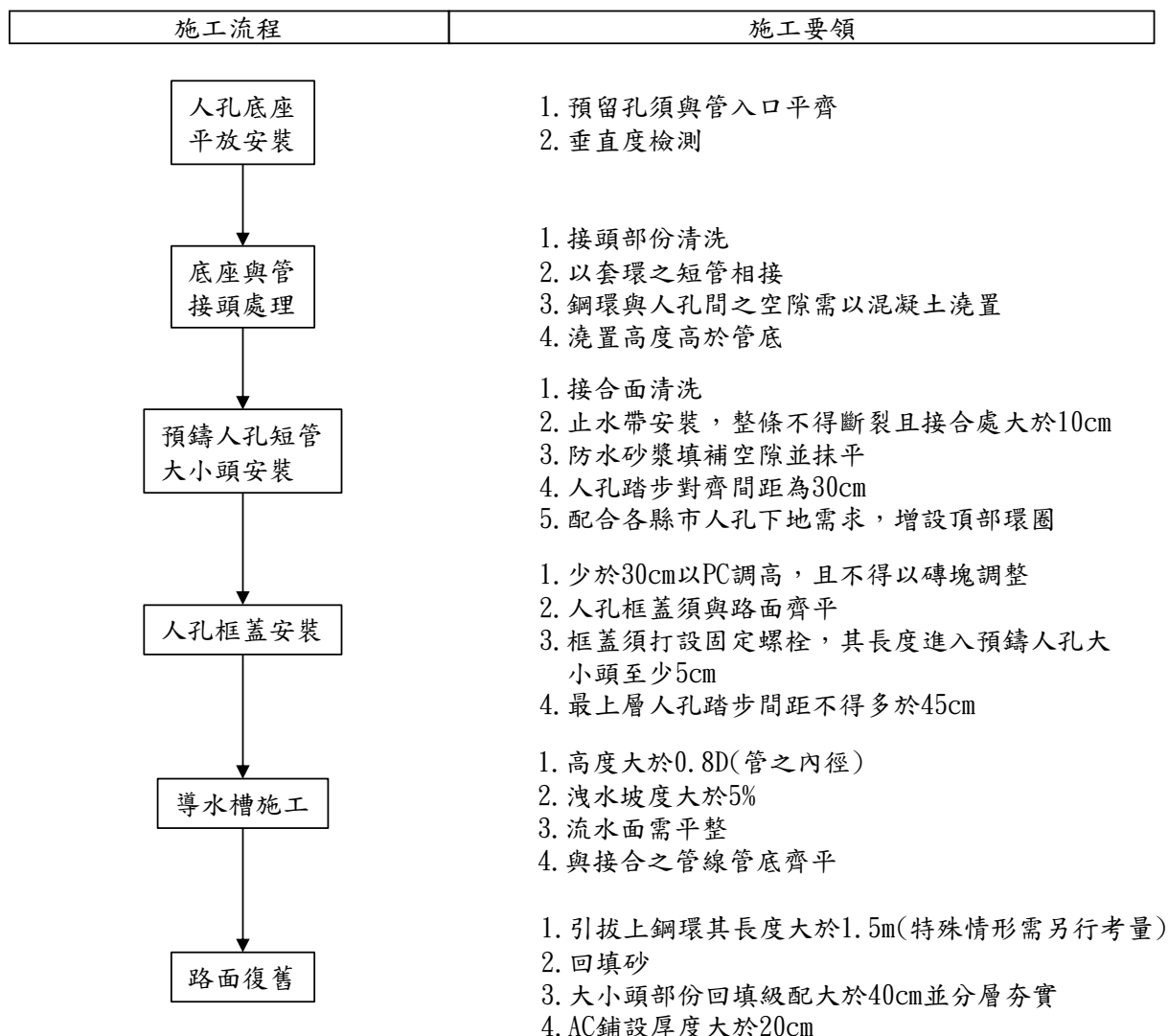


圖 2.3-13 人孔施築要領與流程圖

2.4 推進工程之地質調查

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會有所不同，針對不同的工法特性及地質條件，選擇最符合工地現場需求之工法，將是影響下水道推進工程成敗與否的關鍵。因為複雜的地質對於污水下水道推進工程產生許多工程問題導致工程進度的延宕，因此宜應參佐既有之相關法規及地質資料庫(如中央地調所)，再審度推進工程線型之特徵及地質複雜程度，制定合適之地質探測與工料分析，冀能有效提升推進工程開挖績效，俾使工程進度、品質與成本合於預期。

鑽探作業其目的及其呈現的意義經歸納後有以下三點：(1) 利用取樣、試驗等直接或間接方法，以獲得工址地質資料與設計所需參數，(2) 掌握地層分佈概況、各地層之性質、土層、岩層及岩層介面瞭解地層強度及其特性，並作為驗證地質模式的相關依據等，(3) 提供設計者及施工所需之基本資料，俾釐清大地工程疑點，避免工程災害，完成安全且經濟之地工分析設計。

2.4.1 地質鑽探之相關規範

本小節依據中華民國大地工程學會於民國九十年十月二日頒布之『建築物基礎構造設計規範』，提出此規範與下水道推進工程相關之法規，將列舉明細如下：

一、調查範圍

調查範圍至少應蓋建築物基地之面積，及其四周可影響本基地工程安全性之範圍。

二、調查點數

原則上，基地面積每六百平方公尺或建築物基礎所涵蓋面積每三百平方公尺者，應設一處調查點，每一基地至少二處；對於大面積之基地，基地面積超過六千平方公尺或建築物基礎所涵蓋面積超過三千平方公尺之部份則視基地之情況而定。

三、調查深度

至少應達到可據以確認基地之地層狀況、基礎設計與施工安全所需要之深度，可採下列原則：

- (一) 淺基礎基腳之調查深度應達基腳底面以下至少四倍基腳寬度之深度，或達可確認之承載層深度。
- (二) 樁基礎之調查深度應達樁基礎底面以下至少四倍基樁直徑之深度，或達可確認之承載層深度。

- (三) 沉箱基礎之調查深度應達沉箱基礎底面以下至少三倍沉箱直徑或寬度之深度，或達可確認之承載層深度。
- (四) 對於浮筏基礎或其他各類基礎座落於可能發生壓密沉陷之軟弱地層上時，調查深度至少應達因建築物載重所產生之垂直應力增量小於百分之十之地層有效覆土壓力值之深度，或達低壓縮性之堅實地層。
- (五) 對於深開挖工程，調查深度應視地層性質、軟硬程度及地下水文條件而定，至少應達 1.5~2.5 倍開挖深度之範圍，或達可確認之承載層或不透水層深度。

惟以上所述，乃針對一般基地面積之建物基礎而設定，對線型工程如推進工法適用性尚難周全，可於工程契約或工程保險制定較公平之風險分攤及彈性之設計、施工策略，以彌補目前未臻周全之地下工程開發等相關法令規範。

2.4.2 推進工程之地質鑽探建議

由於推進工法屬於線型推進，如遇複雜地層時，只以上述法規執行鑽探可能會造成資料不足，宜注意工程標案之不同推進長度與地質變化程度作為合理鑽探點數與孔徑大小之推估；使能適切用於推進工法、機具選擇與工料計算。也可利用試坑的數據或既有之地質資料庫(如中央地調所目前所建置者)作為地質資料的收集，在鑽探數不足的情況下，提供較多參考依據以利於管推之進行。例如在卵礫石層中，管徑與粒徑之比值確會影響推進效率，建議保守估計其開挖之工法、機具選擇與工料分析，避免因地質鑽探與現地變異過大而引致之損失，或對複雜或不明之地質狀況可採行較大尺度之試坑行之。與此同時，工作井之開挖應更適確呈現地質調查及現地資料蒐集的規範、並建立地質簽證與審查制度、強化地質資料管理機制。

目前推進工程施工設計單位均有鑽探紀錄報告為鑽探作業最終的紙本呈現，故對於填寫之專有名詞之定義(土壤、礫石、卵石、軟岩、硬岩)須有瞭解，國內土壤分類係依照一般工程性質如粒徑分佈、液性限度及塑性限度而將土壤分成若干組和次組，使用之兩種主要分類系統是：(1)AASHTO(美國州公路和運輸官員協會)，主要用於道路系統；(2)統一土壤分類係用於土木工程。

2.4.3 統一土壤分類法

統一土壤分類法其分類依據包括(1)粒徑分佈曲線(主要作為粗粒土壤的分類依據)(2)阿太堡限度與指數(主要作為細粒土壤的分類標準)，統一土壤分類之重點說明如下：

- 一、土壤以 200 號篩過篩，若通過 200 號篩之重量(乾重)大於 50%，則此土壤整體而言為細粒土壤，反之，若留在 200 號篩以上的重量大於 50%，則此土壤整體而言為粗粒土壤。

二、粗粒土壤再以 4 號篩來劃分，此土壤是以礫石為主，或是以砂為主。其方法是將此土壤粗料部分（200 號篩以上者）以 4 號篩過篩，若粗料部分（不含 200 號篩以下之土壤）通過 4 號篩大於 50%時，則此土壤整體而言以砂為主，若殘留在 4 號篩以上較多者（大於 50%）則為礫石。

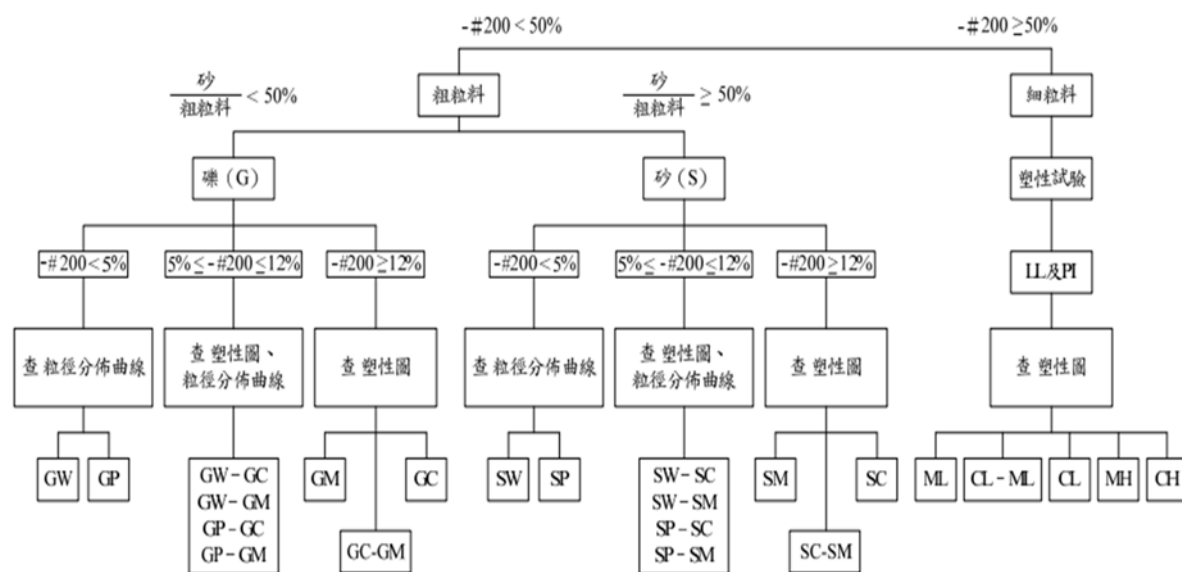
三、粗粒土壤，無論是礫石或砂，再以 200 號篩細分：

（一）200 號篩以下之含量小於 5%，表示細料含量極少，無法填滿中粗顆粒之孔隙，對土壤工程性質影響甚微，主要左右工程性質者，為粗粒土壤之級配優良與否，關係其緊密性。

（二）200 號篩以下含量大於 12%（必定小於 50%），表示該土壤雖為粗粒土壤，但粗料間之空隙有不少為細料填充，甚至粗顆粒被細料所隔開，填充物質是黏土或是粉土對其工程性質均有顯著的不同，區分如下：

1. 細料在塑性圖 A 線下方或 $PI < 4$ 者，為粉土質。

2. 細料在塑性圖 $PI > 7$ 且 A 線上方者，為黏土質。



註：-#200表示通過200號篩

圖 2.4-1 統一土壤分類流程圖及柱狀圖

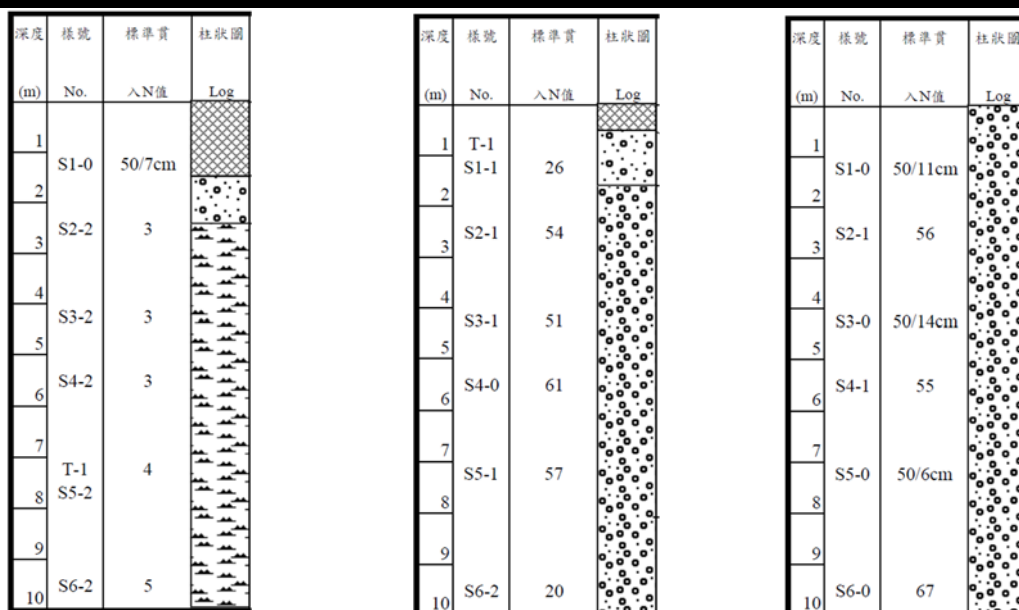


圖 2.4-1 統一土壤分類流程圖及柱狀圖（續）

2.4.4 施工地質分類

推進工法在推進時，不同的地質條件會直接影響到機頭切削盤的運轉效率及推進工法相關機械的可靠度，進而影響推進工法之生產力。在討論推進工法的生產力時，必須考慮的就是施工地質條件，不同推進工法之生產力在相近地質條件下比較才具有意義。

表 2.4-1 日本推進工法施工土質分類

記號	土質	說明
C-1	砂礫層	礫率30%以上45%以下N 值20 以上30 以下
C-2		礫率46%以上60%以下N 值31 以上40 以下
C-3		礫率61%以上90%以下N 值41 以上50/5 以下
A	土層標準土質 (普通土)	黏性土N 值未滿10，砂質土N 值未滿30，砂礫土礫率未滿30%N 值未滿30 的普通土質
B	土層砂質土	土層砂質土 N 值30 以上未滿50，最大礫徑未滿20mm 礫率未滿30%
D-1	土層黏性土、固結土	N 值10 以上未滿20
D-2		N 值20 以上未滿30
D-3		N 值30 以上未滿50，N 值50 以上使用固結黏土層
G-1	土層固結硬質土	N 值50 以上50/5 程度 單軸壓縮強度10MPa (MN/m ²)
G-2	土層巨礫、玉石層	取入型掘進機無法取入的卵礫石、包含管徑的100%程度以下的礫石地質
G-3	土層岩盤	單軸壓縮強度10MPa (MN/m ²) 以上150MPa (MN/m ²)

(資料來源：內政部營建署 下水道推進施工技術參考手冊)

表 2.4-1 中的土壤分類雖細，但是礙於資料之蒐集及國內業界之施工習慣，在對國內下水道施工業者及專家進行訪談及參考日本相關文獻之後，本手冊將其進行轉換成下表，以符合本土化施工習慣。

表 2.4-2 本手冊施工土質分類和表 2.4-1 施工土質分類之關係

台北市衛工處施工 規範地質分類	營建署署頒訂之「污水下水 道管線預算書範本」	日本土壤分類
砂質土 黏質土	普通土	A、B、D土層
礫質土	礫質土	G-1土層
卵礫石層		C土層、G-2土層
岩盤	岩盤	G-3土層

註：1. 有關 G-2 土層本表暫定分類在礫質土(卵礫石層)施工及計價，建議仍依現地地質狀況調整施工及計價方式。

2. G-3 土層建議仍依現地地質狀況調整施工及計價方式

2.4.5 各式工法對應地質的適應性

一、泥濃式工法適應性

泥濃式工法在地質上的適應性相當廣泛，以下分別敘述泥濃式推進工法在不同土質施工環境下的適應性，適用地質整理如表 2.4-3，另泥濃式工法非屬契約範圍內，後續章節不再予以論述。

表 2.4-3 泥濃式工法之適用地質及地下狀況

土質條件	適應性能
標準土質 (A 土質)	施工完全無問題
砂質土層 (B 土層)	施工上完全適應，但是若是遭遇回填之砂土層需另外進行檢討。
巨石砂礫層 (C 土質)	最大排土粒徑為排土管徑之40%，其限制為每推進1公尺排除約4個30%管徑之礫石，大於此限制需使用破碎型掘進機。
砂礫層 (C 土質)	礫石含量：<90%、N 值：>50%(標準機)、 透水係數：<10-1cm/s 大於以上條件需使用破碎型掘進機>
黏性土層 (D 土質)	從固結黏性土層到軟弱黏土層均無問題，但若黏土容易附著於刀刃上，則必須添加高分子聚合劑(polyma)。

泥岩、頁岩、 風化砂岩、 固結粉砂層 (G-1 土質)	單軌抗壓強度10MPa 以下，若使用破碎型掘進機， 則可達到150MPa 左右。
--------------------------------------	---

(資料來源：內政部營建署 下水道推進施工技術參考手冊)

二、泥濃式工法之適用條件

- (一) 街廓道路狹窄(8~15 米)，工作井施作不易，需長距離推進。
- (二) 交通主幹線、公車路線、來往車輛頻繁，工作井施做不易，需長距離推進。
- (三) 函箱地下管線眾多，不易遷移拆除處，需曲線推進處。
- (四) 地質堅硬地盤，對機頭破壞能力要求高之處。
- (五) 分支管網眾多，需方向控制精準推進。
- (六) 因設備費用昂貴，適用預算寬裕者。

三、土壓式工法適應性

土壓式推進工法適用地質廣泛，無論是普通土層、黏土、礫石土層、硬質土皆可適用，尤其是礫石土及硬質土地盤，且對於地下水位高之土層亦可使用此工法。土壓式工法適用地質整理如表 2.4-4。

四、土壓式工法之適用條件

- (一) 街廓道路狹窄，施工區腹地狹小，設備擺放受限之地點。
- (二) 緊鄰民房、重要交通設施處，因排土量易控制，不易造成地面下陷或因切削倉傳遞推力與掘削面壓力平衡，適合地下水位低之地盤。
- (三) 無完善之脫泥及廢棄泥水處理設備者。

五、泥水式工法適應性

泥水式推進工法其適用地質範圍亦廣泛，如地下水壓高或土質變化大之地層皆可適用此工法，尤其是湧水多之軟弱地盤。但泥水式推進工法遇流木或既有構造物等地層則會有作業困難的問題，所以宜先將地層狀況調查完整。泥水式工法適用地質整理如表 2.4-4。

六、泥水式工法之適用條件

- (一) 街廓道路寬闊，施工區腹地大，設備擺放不受限制之地點。

- (二) 因遠端控制能力高，棄土處理方便，坑內環境乾淨、安全，適合預算條件寬裕，注重工區品質之業者。
- (三) 採泥水壓力與掘削面壓力平衡，適用地下水位較高之地層。
- (四) 推進效率高、適用地質範圍廣泛，適合趕工者。
- (五) 費用高於土壓式及地中箭式，低於泥濃式。

七、地中箭式壓密工法適應性

地中箭式壓密推進工法其適用地質為鬆軟的地盤，如遇堅硬或非均勻地盤，常導致方向偏移或地面擠壓隆起。地中箭式壓密工法適用地質整理如表 2.4-4。

八、地中箭式壓密工法之適用條件

- (一) 設備費用最低廉，設備維護成本低。
- (二) 遇軟弱地質，推進速率最快。

表 2.4-4 推進工法適應地質表

土層	說明	土壓式 工法	泥水式 工法	地中箭式 工法
普通土層	1. 砂質土壤 N 值小於50 2. 礫石最大粒徑小於20mm、礫石含有率小於30% 3. 黏土及沉泥含有率在30%以上之軟弱黏土 4. 黏土 N 值小於10	●	●	● (適用1、3、4)
礫石土層	1. 最大粒徑20mm 以上400mm 之下 2. 依排泥管徑大小不同，最大粒徑<50mm 3. 礫石含有率30%以上未滿80%	●	●	
硬質土	1. N 值在10 以上但單軸壓縮強度在5MN/m ² 以下 2. 黏土N 值大於10	●	●	
軟弱土、砂質沈泥、沉泥	軟弱土、砂質沈泥、沉泥，N 值介於0~5			●
普通土、砂質沈泥、沉泥	普通土、砂質沈泥、沉泥，N 值介於5~10	●	●	●

(參考資料：內政部營建署 下水道推進施工技術參考手冊 (日本下水道管渠推進技術協會))

2.4.6 國內短(小)管徑推進工法主要設備

本手冊主要係針對短(小)管推進系統進行技術手冊編訂，故主要蒐集之設備以短(小)管徑推進工法之設備為主，如 ISEKI、KOMATSU、RASA、三合(SANWA)、德國海瑞克、安竣及鑽程等小口徑推進設備進行介紹，上述推進設備為國內較常使用之推進設備，其中安竣及鑽程為國內廠商自行開發。

一、ISEKI

ISEKI 之推進機係佔總體推進機械之使用率最高之品牌，推進機頭可在不同地質條件下使用對應之機頭進行推進，以下針對 TCZ-M 系列進行說明，推進對應管徑可由 $\phi 300\text{mm}$ ~ $\phi 700\text{mm}$ ，其推進機之特點如下所述：

- (一) 推進機頭可分割組合，使推進空間縮小，並可採較小之工作井。
- (二) 因推進機頭可分割組合，故推進完成後可由既設人孔直接取出，無需增設中間工作井。
- (三) 對應之地質廣泛，可更換面盤後於粘土、砂質土、砂礫石、岩層混砂礫層及軟岩等地層進行推進。



圖 2.4-2 ISEKI TCZ-M 系列推進機示意圖

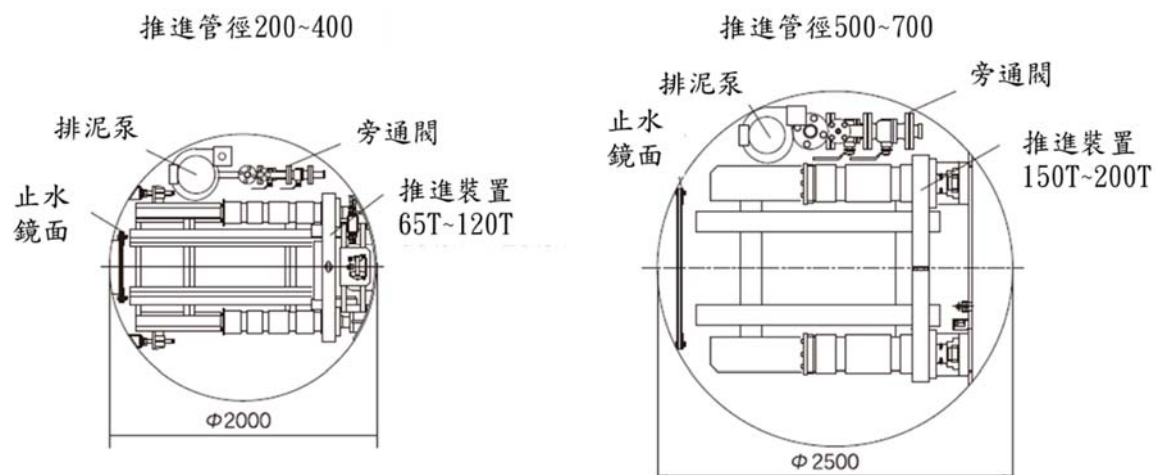


圖 2.4-3 ISKEI 短(小)管徑 TCZ-M 系列組立示意圖

表 2.4-5 ISKEI 短(小)管徑 TCZ-M 系列推進機各項參數

推進管徑		300	400	500	600	700
推進機外徑(mm)		432	545	660	780	900
推進機全長(mm)		2215	1988	1871	2250	2370
推進機重量(t)		0. 85	1. 14	1. 66	2. 8	3. 9
電動機(kw)		2. 2	3. 7	5. 5	7. 5	11
旋轉扭 矩(kN- m)	50Hz	4. 8	8. 4	12	28. 2	50. 6
	60Hz	4. 0	7. 0	10	23. 9	41. 4
油壓轉 速(rpm)	50Hz	3. 8	3. 6	3. 7	2. 2	1. 8
	60Hz	4. 5	4. 3	4. 4	2. 6	2. 2
破碎方式		破碎倉破碎				
破碎最大粒徑(φmm)		130	180	210	250	280
破碎處理後粒徑(φmm)		20以下			30以下	
卵石最大軸向強度 (MN/m2)		200				
容許對抗土壓(kN/m2)		200				
控制方式		雷射			平衡棒式指示針	
千斤頂推力(kN*支數)		83*2	116*2	170*2	310*2	
可傾斜角度(度)		上下各2.0 左右各1.2	上下各1.2 左右各2. 0		上下各1.7 左右各1. 2	
電動機(kw)		0. 2	0. 4		0. 75	
額定壓力(MPa)		1. 4				
泵排出量(l*min)		1. 0			2. 2	
泵型式		齒輪				
送排泥管(φmm)		50			80	
電源		200/200V*50/60HZ			400/400V*50/60HZ	

表 2.4-6 ISKEI 元押裝置參數

型式		MM-65T-104	MC-80T-108	MC-120T-124	MM-150T-125	MM-200T-125
工作井大小((φ m)		2.0	2.0	2.0	2.5	2.5
適用管徑		200-300	300	400	500	600、700
架台	全長(mm)	1800	1906	1850	2210	1950
	全幅(mm)	1010	1265	1100	1300	1630
	全高(mm)	820	800	825	1100	1200
	全質量(mm)	1050	1200	1200	2000	3000
	管架高	450	410	431	600	586/665
千斤頂	總行程長度(mm)	1040	1085	1245	1250	1255
	推力(kN/MPa)	650/30	800/30	1200/30	1500/30	2000/35

表 2.4-7 ISKEI 油壓裝置參數

型式	MP-M5.5K-300	MP-M5.5K-300	MP-M7.5K-300	MP-M7.5K-300	MP-11K-350
動力(200V)	5.5KW*4P-1台	5.5KW*4P-1台	7.5KW*4P-1台	7.5KW*4P-1台	11KW*4P-1台
油量	200	200	315	315	600
重量	520	520	700	700	1200

二、KOMATSU(資料來源：東鑫龍營造有限公司)

KOMATSU 之推進機係佔總體推進機械之使用率第二高之品牌，推進機頭可在不同地質條件下使用對應之機頭進行推進，以下針對 TP 系列進行說明，推進對應管徑可由 $\phi 300\text{mm}$ ~ $\phi 700\text{mm}$ ，其推進機之特點如下所述：

- (一) 推進機頭可分割組合，使推進空間縮小，並可採較小之工作井。
- (二) 針對卵礫石及岩盤有強大的破碎能力
- (三) 使用半管即可進行長距離推進。
- (四) 推進數據可集中管理。
- (五) 施工空間較小。





表 2.4-8 KOMATSU 推進裝置參數

管徑		300	400	500	600	700
機型		TP60SCLT-1/TP65SCLT-1		TP90SCLT-1/TP95SCLT-1		
先導管	工作井內驅動扭力(KNm)	9.8	13	16.5		
	重量(kg)	1225	1180	2160	2560	2800
	直徑mm*長度mm	460*3089	555*3415	687*2800	789*2800	895*2800
	到達井最小尺寸(φ mm)	1200	1560	1860	2060	2060
	先導體驅動扭力(KNm)	9.8	19.6	34.3		
	重量(kg)	1985	2320	3750	4400	4900
	直徑mm*長度mm	460*3989	555*3415	687*3319	789*3431	895*3431
	排土螺旋軸扭力(KNm)	9.8	9.8	11.8		
	到達井最小尺寸(φ mm)	1200	1560	1860	2060	
推進裝置	工作井尺寸(mm)	2060	2060	2560		
	最大推進力(KN/T)	784/80	980/100	1960/200		
	重量(kg)	1290	1800	4000		
	長度mm*寬度mm*高度mm	1850*993/1257	2001*1160*1594	2411*1720*1800		
油壓單元	動力方式	引擎驅動				
	額定功率kw	24	60			
	噪音(db)	96	93			
	重量(kg)	1040	2200			
	長度mm*寬度mm*高度mm	1700*910*1640	2800*1100*1803			

三、RASA

RASA 之推進機係佔總體推進機械之使用率第三高之品牌，推進機頭可在不同地質條件下使用對應之機頭進行推進，以下針對 DH-FS 系列進行說明，推進對應管徑可由 φ 300mm~ φ 700mm，其推進機之特點如下所述：

此系列有 φ 300mm~ φ 700mm 的系列產品，適用於巨卵石、軟岩、安山岩、火山岩，通過更換切削面盤，也能適用於普通土、硬質土、含卵石砂礫土層等。

推進機本身具有二次破碎能力，首先由安裝在切削面盤上的滾刀對礫石進行第一次破碎，然後通過機內的圓錐破碎倉進行二次破碎。DH-FS 型的獨特性為從由小工作井內推進施工；機器可分割成四部份，從現有人孔內回收。

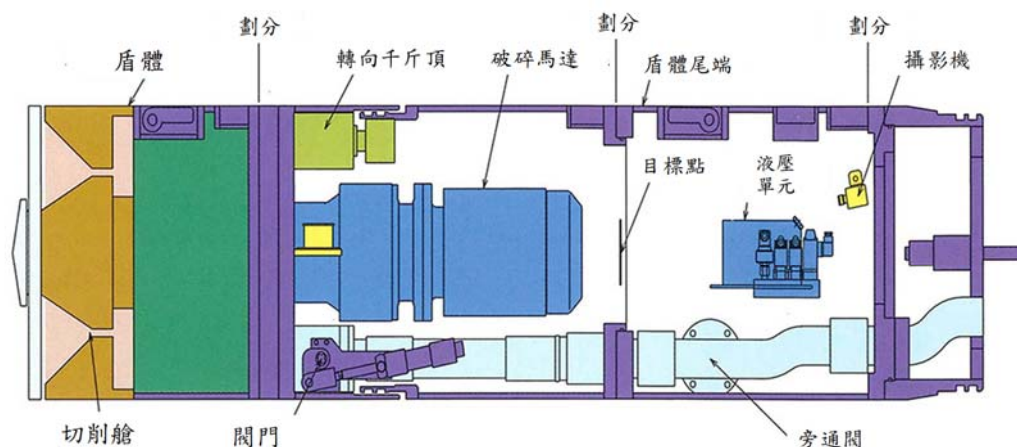


圖 2.4-6 RASA DH-FS 系列推進機示意圖

表 2.4-9 RASA 推進機參數

內徑	外型尺寸 $\phi D \times L$ (mm)	重量(T)	動力(KW*台)	扭力(KN-m)	轉速(min)	機內配管	發進井	到達井
$\phi 300$	440*2380	1.3	油壓式30KW	11	0~15	2B	$\phi 2.0$	$\phi 1.6$
$\phi 400$	560*2500	1.9	油壓式30KW	15	0~15	2.5B	$\phi 2.0$	$\phi 1.6$
$\phi 500$	690*2705	2.8	油壓式30KW	24	0~10	3B	$\phi 2.5$	$\phi 2.0$
$\phi 600$	800*2670	3.5	油壓式30KW	35	0~7.5	3B	$\phi 2.5$	$\phi 2.0$
$\phi 700$	920*2670	4.2	油壓式30KW	35	0~7.5	3B	$\phi 2.5$	$\phi 2.0$

表 2.4-10 RASA 元押及油壓裝置參數

內徑	300	400	500	600	700
發進井尺寸(m)	2.0	2.0	2.5	2.5	2.5
推力(KN)	350KN*2	500KN*2	750KN*2	900KN*2	1000KN*2
推進行程(mm)	675	675	665	800	800
寬(mm)	1090	1090	1270	1434	1434
長(mm)	1816	1816	1880	2225	2225
管心高(mm)	431	431	510	525	525
重量(kg)	950	1000	1200	2100	2500
油壓設備	30KW+7.5KW	30KW+7.5KW	30KW+7.5KW	30KW+7.5KW	30KW+7.5KW

四、三合(SANWA)

三合(SANWA)之推進機係佔總體推進機械之使用率第四高之品牌，推進機頭可在不同地質條件下使用對應之機頭進行推進，以下針對 SH-716 系列進行說明，推進對應管徑可由 $\phi 300\text{mm}$ ~ $\phi 700\text{mm}$ ，其推進機之特點如下所述：

- (一) 有強大的推進力。
- (二) 針對卵礫石及岩盤有強大的破碎能力
- (三) 更強的面盤回轉速，有強大的排土能力。
- (四) 測量精度提升。



圖 2.4-7 三合(SANWA) SH-716 系列推進機示意圖

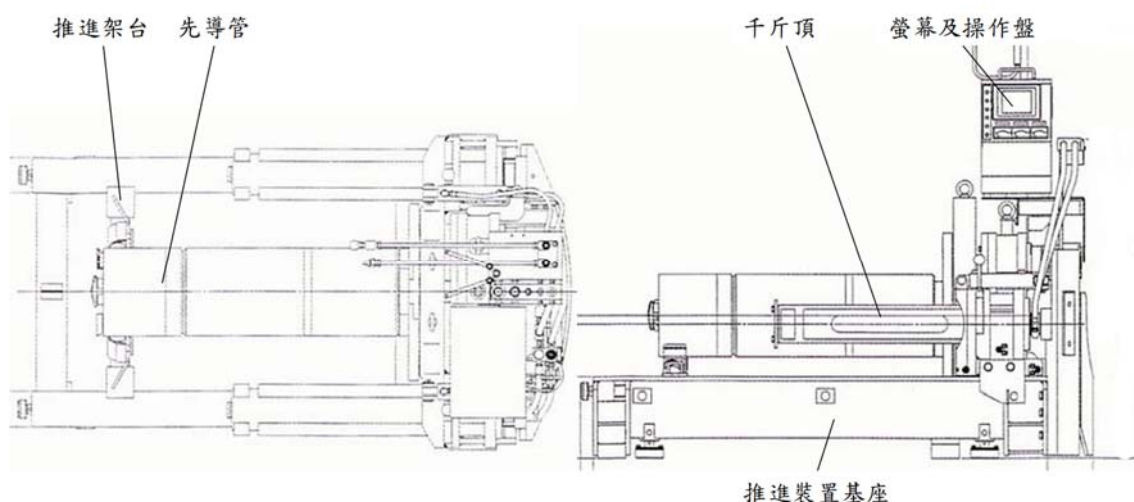


圖 2.4-8 三合(SANWA) SH-716 系列推進機示意圖

表 2.4-11 三合(SANWA)推進裝置裝置參數

機型		SH-716
長度mm*寬度mm*高度mm		4490*1280*1500
重量(t)		4.55
推進回轉速		0~30rpm
輸出扭矩		Max 10.8KN-m
推進油缸	推力	1568KN
	拉力	451KN
	行程	600mm
調整油缸	行程	200mm
油壓裝置	尺寸	1300*1250*1200
	重量	1.15t

五、德國海瑞克

德國海瑞克之推進機係佔總體推進機械之使用率第五高之品牌，推進機頭可在不同地質條件下使用對應之機頭進行推進，以下針對 AVN 系列進行說明，推進對應管徑可由 $\phi 300\text{mm}$ ~ $\phi 700\text{mm}$ ，其推進機之特點如下所述：

AVN 小型推進設備設有液壓泥水迴路，可配備與地質條件相匹配的面盤挖掘土壤。因此，此種機型可以適用於幾乎全部地質條件。對於軟質土壤或混合地質狀況，可使用標準或混合地質刀盤；對於穩定周圍岩層的隧道掘進，則使用配有滾刀的硬岩刀盤。在掘進和前行的同時，由破碎倉內的一台錐形破碎器將石塊和其

它大體積障礙物破碎到可由輸送系統輸送的粒徑。然後，渣土在排漿管入口前要通過類似篩檢程式的開口，最後通過泥水迴路連同懸浮液一併排出。

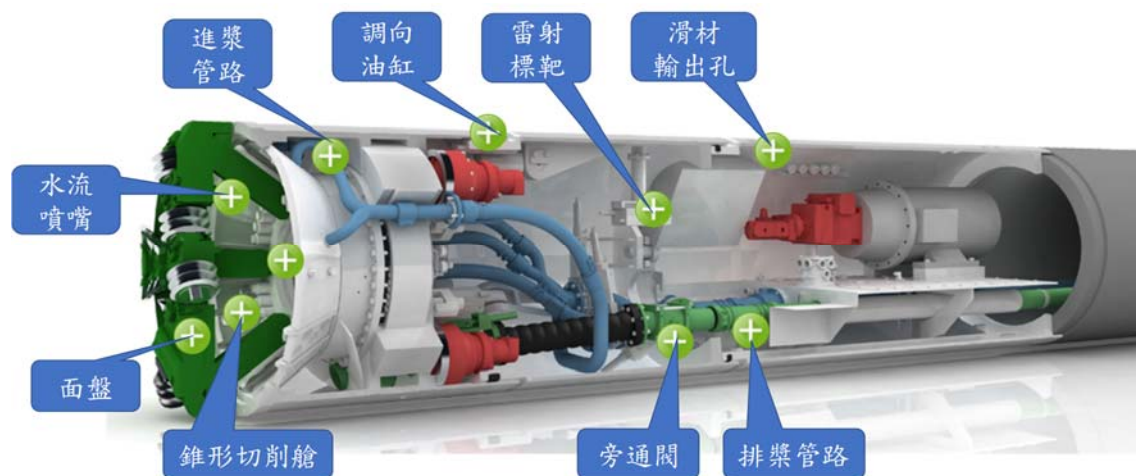


圖 2.4-9 德國海瑞克 AVN 系列推進機示意圖

表 2.4-12 德國海瑞克 AVN 系列推進裝置裝置參數

技術資料	AVN300XC	AVN400XC	AVN500XC	AVN600XC	AVN700XC
	標準/擴充	標準/擴充	標準/擴充	標準/擴充	標準/擴充
推進機					
面盤外徑 mm	410/565	565/665	665/780	780/875	875/975
推進管外徑 mm	400/550	550/650	650/760	760/860	860/960
推進管內徑 mm	300/400	400/500	500/600	600/700	700/800
主驅動器					
最大扭矩KN m	9.4	13.4	22.2	33.5	40.1
轉速 rpm	0~27	0~19	0~15	0~13	0~11
額定功率 KW	45	45	45	45	55
滾動校正	●	●	●	●	●
方向控制					
轉向油缸	3	3	3	3	3
每缸壓力/油壓 KN/bar	245/500	245/500	311/500	311/500	383/500
每缸行程	15	15	25	25	30
控制器					
數據記錄系統	●	●	●	●	●
模糊控制(自動轉向)	選擇	選擇	選擇	選擇	選擇
完全可視化的過程控制	●	●	●	●	●
主動側傾保護	●	●	●	●	●
機器裝置					
潤滑系統	●	●	●	●	●
一般信息					
推進機	●	●	●	●	●
推進長度 M	100	100	120	140	140
防水性 bar	3	3	3	3	3
排泥管徑	55	80	100	100	100
高壓水系統	●	●	●	●	●

六、安竣機械有限公司

安竣機械(興亞迪歐股份有限公司)之推進機為國內廠商自行研發之推進機，以下針對 MARS 系列進行說明，推進對應管徑可由 $\phi 400\text{mm}$ ~ $\phi 700\text{mm}$ ，其推進機之特點如下所述(詳細資訊可詳第二章)：

- (一) 有強大的推進力。
- (二) 針對卵礫石及岩盤有強大的破碎能力
- (三) 推進單元可進行分割，使到達井最小化。
- (四) 對應對同地質可更換不同的對應面盤。

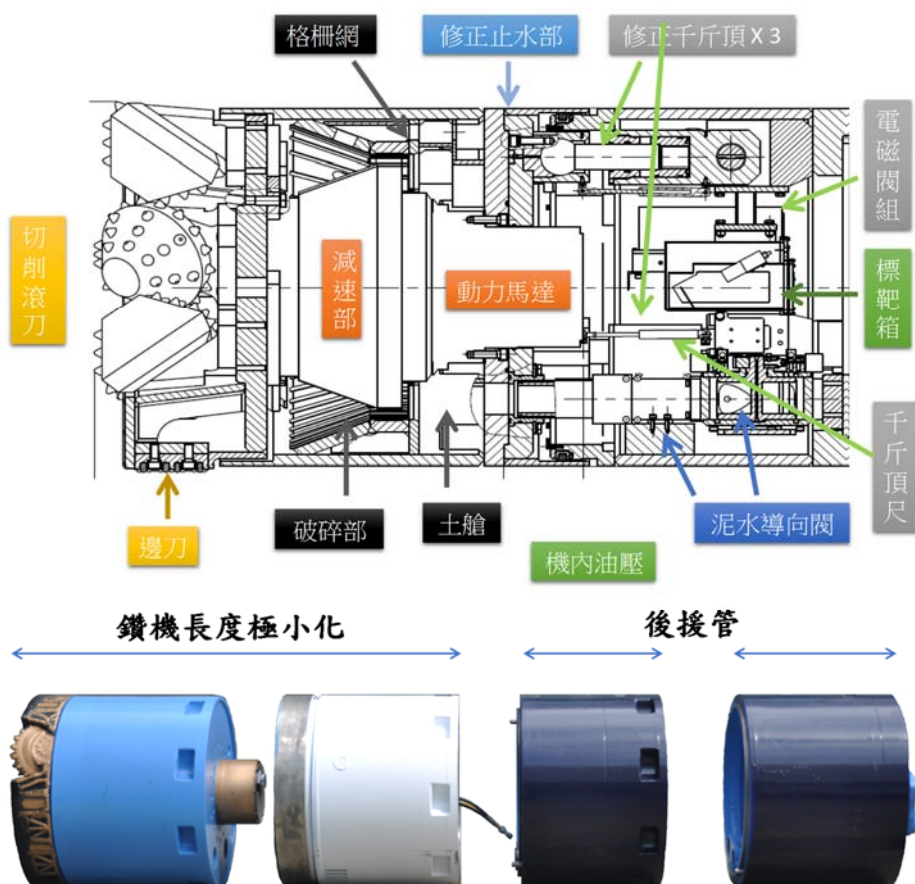


圖 2.4-10 安竣 MARS 系列推進機頭示意圖

可更換式面盤對應不同地質



圖 2.4-11 安竣 MARS 系列推進面盤示意圖

使用國產馬達及擺線針輪RV減速機
為同等級推進機保有
最大之破碎能力及最小之體積



圖 2.4-12 安竣 MARS 系列切削倉示意圖

七、鑽程工程股份有限公司

鑽程公司為國內推進機製造及污水下水道工程施作之廠商，推進機之推進對應管徑可由 $\phi 400\text{mm}$ ~ $\phi 700\text{mm}$ ，其推進機之特點如下所述：

- (一) 有強大的推進力。
- (二) 針對卵礫石及岩盤有強大的破碎能力。

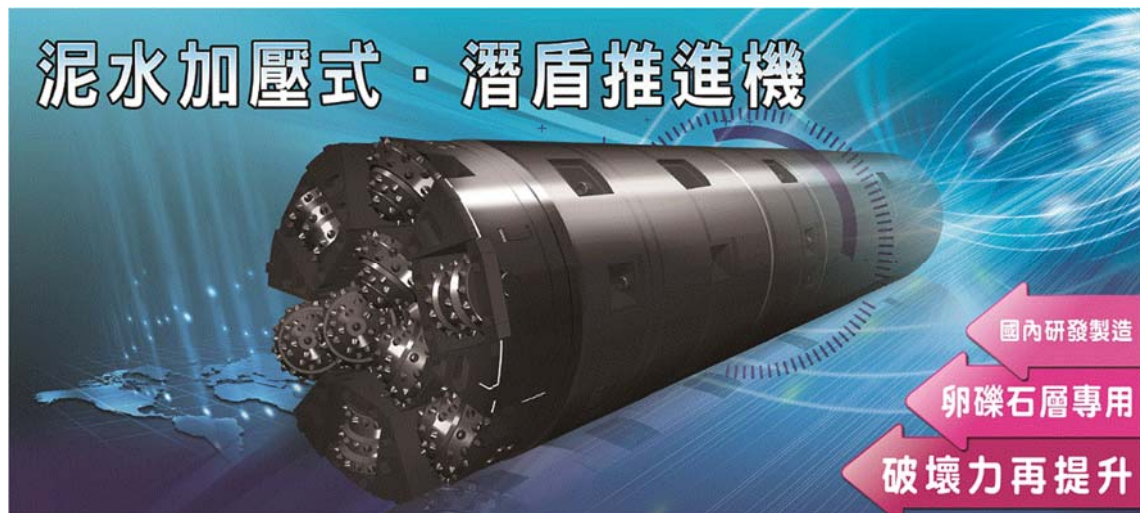


圖 2.4-13 鑽程推進機示意圖

切削盤。		適用土層。
		砂質土 粘質土。
		礫質土。
		卵礫石層。
		岩盤。

圖 2.4-14 鑽程推進面盤示意圖

項目	規格
頂進行程	670 mm / 800mm
總體寬度	1245 mm / 1875mm
總體長度	1895 mm / 2428mm
設備重量	2.1 t / 5.9 t

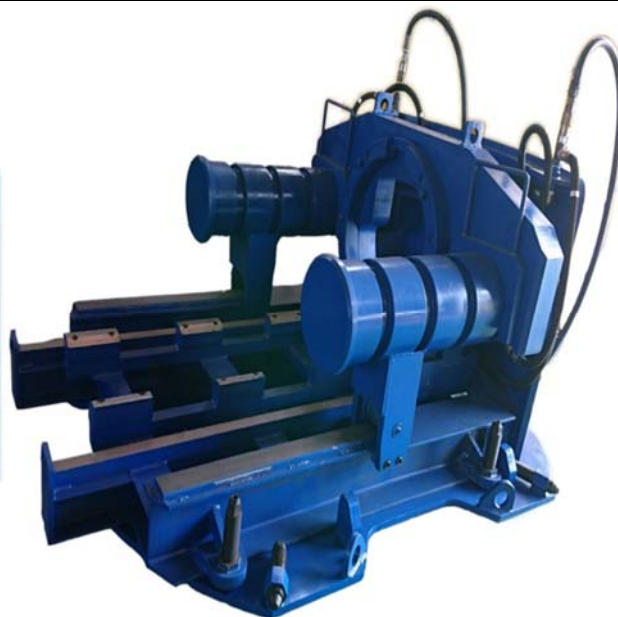


圖 2.4-15 鑽程推推進裝置示意圖

2.5 不同推進方式之分析

國內目前最常見之短(小)管行推進工法主要為土壓式推進工法、泥水式推進工法及地中箭式推進工法，各推進工法各有不同的排土方式及優缺點，經參考營建署下水道推進施工技術參考手冊分述如下：

一、土壓式推進工法

(一) 土壓式推進工法概述

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，使得土碴不易排出，又或是地下水位過高，有湧水之虞時，則需添加作泥材，即為土壓平衡式工法，若否，則為泥土壓式平衡工法。土壓平衡式工法其推進方式是利用掘進機頭的切削盤，以旋轉方式切割土壤，再將掘鬆之土壤送入螺旋輸送排出，利用排土速度及元押千斤頂的推力，平衡掘削面地盤之主動土壓力，由於切刀不是全面封閉，而是有開口的平面，為了保持切刀盤的推擠力可以平均作用在掘削面，切削倉及螺旋輸送管內的土壓力必須保持在某一數值，當切削倉內的土壓力超過該數值時，施工人員才可開啟螺旋輸送管末端的匣口出碴。在掘進的過程中，為了促進土壤之塑性流動化，可從機頭注射作泥材，使地層的土壤產生較高的塑性，並且控制土碴排量與摩擦力，也可以更方便的將土壤排出。此不僅可以減少切削盤切刀刃的磨耗，也可以更方便的將土壤排出。

切削倉後接螺旋輸送管，可以經由排碴閘門連續排土至輸送帶，再送至運土台車，最後送至出發井，由門型吊車吊運到地面棄土坑。土壓式工法排土方式以固體輸送方式為主。

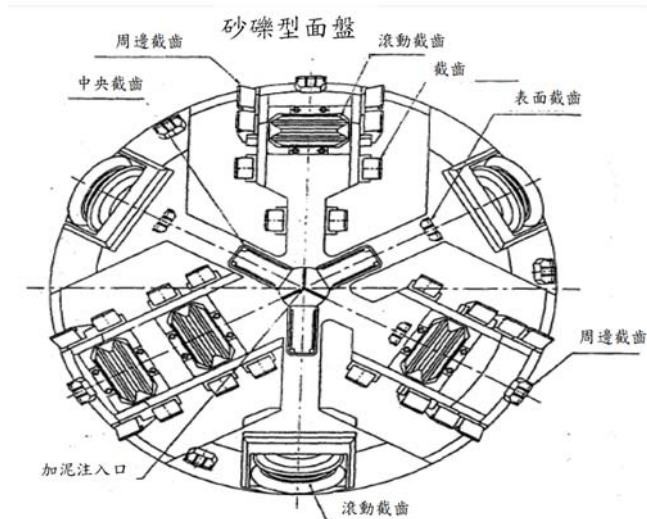


圖 2.5-1 土壓式面盤示意圖

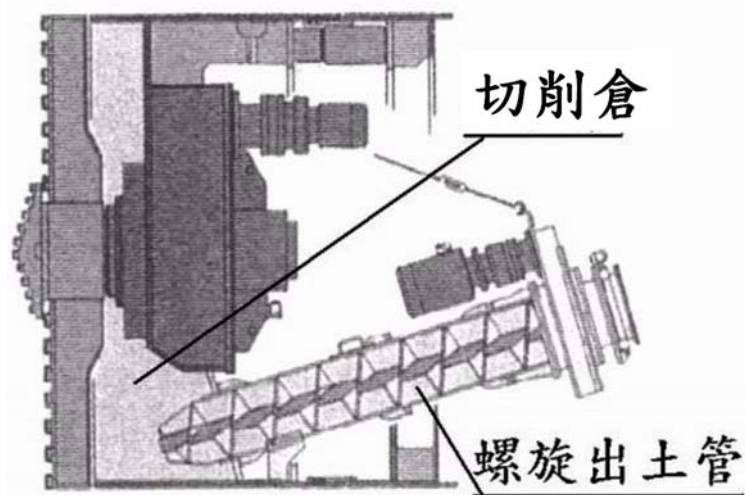


圖 2.5-2 土壓平衡推進機示意圖

(二) 土壓式推進工法排碴方式

切削倉後接螺旋輸送管，可以經由排碴閘門連續排土至輸送帶，再送至運土台車，最後送至出發井，由門型吊車吊運到地面棄土坑。土壓式工法排土方式以固體輸送方式為主。

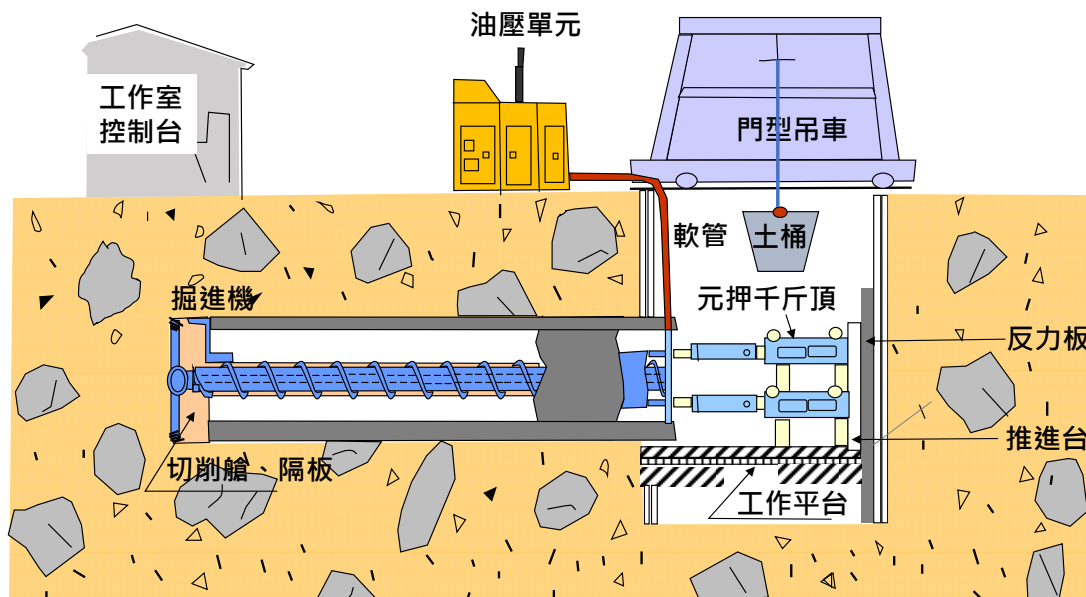


圖 2.5-3 土壓式工法示意圖

(三) 土壓式推進工法優缺點

1. 土壓式工法優點：

- (1) 可適應廣泛土質施工。
- (2) 混合土層及土質變異性較大者皆適用。
- (3) 不需要大規模之廢土處理設備，施工佔用空間少。
- (4) 機頭結構簡單，可靠度提高。
- (5) 開挖面密閉，因此開挖面，土層崩塌之危險性小。
- (6) 減少棄土處理設備，成本降低。

2. 土壓式工法缺點：

- (1) 土壓式工法無穩定液減少側壓力，若管材周圍無滑材注入，須使用較多中壓設備，方能順利進行推進。
- (2) 出土於井內操作，棄土處理速度較慢，坑內工作環境差，安全性低。
- (3) 不適合於地下水過高的地盤施工。

(四) 土壓式推進工法地質適應性

土壓式推進工法適用地質廣泛，無論是普通土層、黏土、礫石土層、硬質土皆可適用，尤其是礫石土及硬質土地盤，且對於地下水位高之土層亦可使用此

工法。

表 2.5-1 土壓式推進工法適應地質表

台北市衛工處施工規範地質分類	營建署署頒訂之「污水下水道管線預算書範本」	土層	詳細說明
砂質土	普通土	普通土層	1. 砂質土壤 N 值小於 50 2. 礫石最大粒徑小於 20mm、礫石含有率小於 30%
黏質土		黏土	1. 黏土及沉泥含有率在 30%以上之軟弱黏土 2. N 值為 10 以下
礫質土	礫質土	礫石土層	1. 最大粒徑 20mm 以上 400mm 之下 2. 礫石含有率 30%以上未滿 80%
		硬質土	N 值在 10 以上但單軸壓縮強度在 5MN/m ² 以下

(五) 土壓式推進工法適用條件

1. 街廓道路狹窄，施工區腹地狹小，設備擺放受限之地點。
2. 緊鄰民房、重要交通設施處，因排土量易控制，不易造成地面下陷或鄰房損害。
3. 因切削倉傳遞推力與掘削面壓力平衡，適合地下水位低之地盤。
4. 無完善之脫泥及廢棄泥水處理設備者。

二、泥水式推進工法

(一) 泥水式推進工法概述

泥水加壓平衡式推進工法是作泥材(一般以皂土做為穩定液母材)，以送泥泵輸送至掘進機前端之開挖面，藉由加壓之泥水(比重在 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。泥水式工法於卵石及堅硬地層施工時，可以採用具二次破碎機頭，第一次破碎利用切削刀盤上圓型切削盤將粒徑較大之卵礫石或岩石破碎，經一次破碎使土體可以經由切削刀盤開口進入二次破碎艙，再以掘進機內之圓錐破碎鼓進行第二次破碎。

泥水式推進工法的泥水循環是屬於強制循環的方式，機頭開始運作後，管內之泥水就一直處於流動狀態，但仍需經由操作手視機頭內掘土量來決定是否開啟送排泥閥門，掘削後的碎石及廢土會隨著穩定液經排泥泵送到地面上之泥渣分離機進行脫泥處理。經由排泥泵抽出之殘渣，送至泥渣分機器處理後，作泥材再

送入機頭內循環使用，殘渣匯集後運棄。

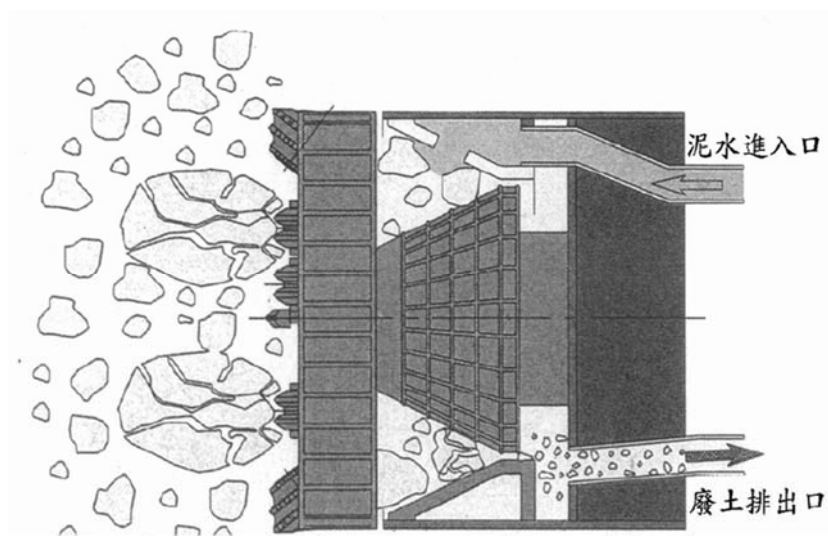


圖 2.5-4 泥水式推進工法面盤破碎示意圖

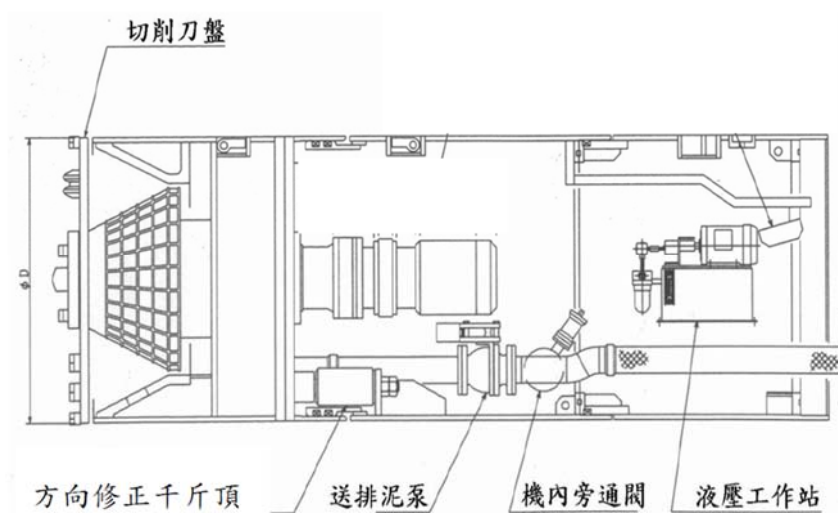


圖 2.5-5 泥水式推進工法機頭示意圖

(二) 泥水式推進工法排渣方式

泥水式推進工法的泥水循環是屬於強制循環的方式，機頭開始運作後，管內之泥水就一直處於流動狀態，但仍需經由操作手視機頭內掘土量來決定是否開啟送排泥閥門，掘削後的碎石及廢土會隨著穩定液經排泥泵送到地面上之泥渣分離機進行脫泥處理。經由排泥泵抽出之殘渣，送至泥渣分離機器處理後，作泥材再送入機頭內循環使用，殘渣匯集後運棄。

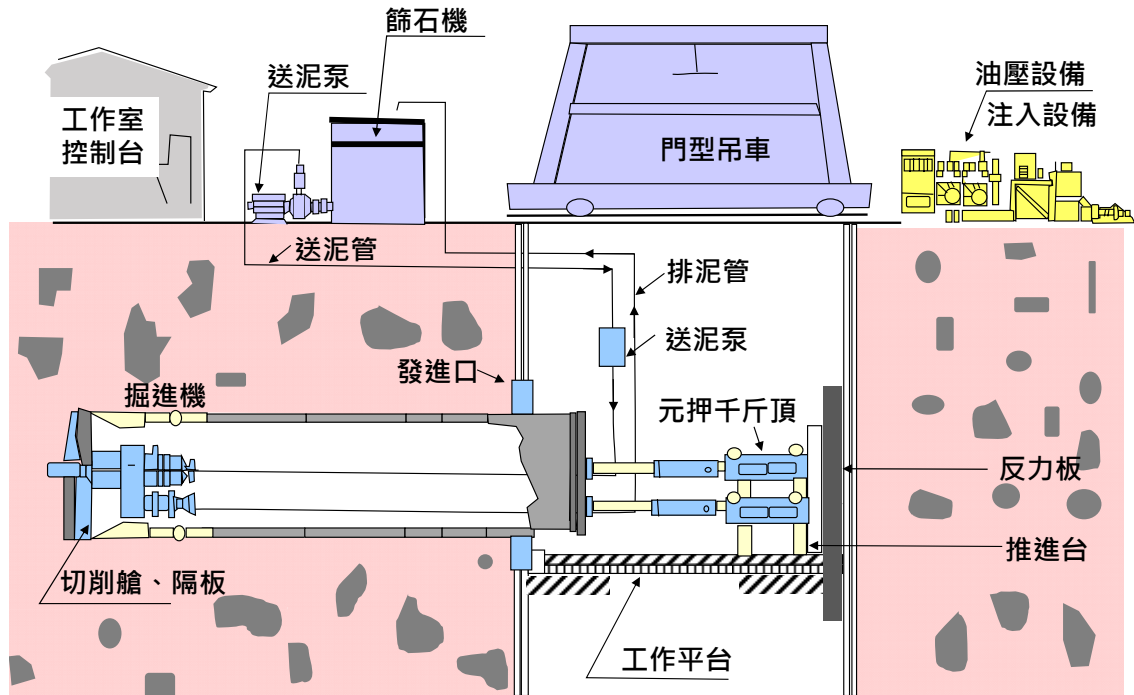


圖 2.5-6 泥水式推進工法示意圖

(三) 泥水式推進工法優缺點

1. 優點：

- (1) 功率較高。
- (2) 開挖面保持穩定，地盤下陷所產生之不良影響少。
- (3) 可適用於特殊地質，如在卵礫石或岩盤地質推進速度較快。
- (4) 坑內作業環境良好，作業安全性高；開挖面崩塌之事故少，掘土以流體輸送，完全隔絕機頭前後之空間因此坑內運搬作業之危險性少，使用操作台進行遠端控制，推進管線內不須有長駐工作人員，在大氣壓下作業不用擔心有缺氧、潛水病、藥害發生。
- (5) 開挖、排土採一系列自動化流程，推進速度快，工期縮短。

2. 缺點：

- (1) 使用穩定液，排出之泥水若無完善之脫泥處理容易造成環境破壞。
- (2) 若送泥及排泥不當，會造成超挖現象而造成地面下陷或鄰房損害。
- (3) 受限於排泥管之尺寸及排泥泵能量，通過土碴尺寸過大，排泥管易造成阻塞。
- (4) 泥水工法需設置泥水處理設備，需較大之工作空間，且處理設備操作運轉易

造成噪音及震動，影響鄰房甚鉅。

(四) 泥水式推進工法地質適應性

泥水式推進工法其適用地質範圍亦廣泛，如地下水壓高或土質變化大之地層皆可適用此工法，尤其是湧水多之軟弱地盤。但泥水式推進工法遇流木或既有構造物等地層則會有作業困難的問題，所以宜先將地層狀況調查完整。

表 2.5-2 泥水式推進工法適應地質表

台北市衛工處施工規範地質分類	營建署署頒訂之「污水下水道管線預算書範本」	土層	詳細說明
砂質土 黏質土	普通土	普通土層	1. 砂質土壤 N 值小於 50 2. 礫石最大粒徑小於 20mm、礫石含有率小於 30% 3. 黏土 N 值小於 10
礫質土	礫質土	礫石土層	1. 最大粒徑 20mm 以上 400mm 之下 2. 依排泥管近大小不同，最大粒徑 <50mm 3. 礫石含有率 30% 以上未滿 80%
礫質土 黏質土		硬質土	1. N 值在 10 以上但單軸壓縮強度在 5MN/m ² 以下 2. 黏土 N 值大於 10

(五) 泥水式推進工法適用條件

1. 街廓道路寬闊，施工區腹地大，設備擺放不受限制之地點。
2. 因遠端控制能力高，棄土處理方便，坑內環境乾淨、安全，適合預算條件寬裕，注重工區品質之業者。
3. 採泥水壓力與掘削面壓力平衡，適用地下水位較高之地層。
4. 推進效率高、適用地質範圍廣泛，適合趕工者。
5. 費用高於土壓式及地中箭式，低於泥濃式。

三、地中箭式推進工法

(一) 地中箭式推進工法概述

地中箭式壓密工法採用二次推進施工法施工(俗稱二次工法)，以導管設備先行推進至設計高程後，再加裝擴孔機機頭延續推進管材至到達井。地中箭式工法特色為利用前導管先行貫通計劃路徑，但是低勁度的前導管若遇到較堅硬或非

均勻地盤，容易造成方向偏移或挫屈，且後方管擴大後容易造成地盤擠壓隆起，對整個推進工程影響甚鉅，因此，地中箭式工法較適合於鬆軟的地盤進行推進施工。

地中箭式壓密工法排碴方式有出發井或到達井排土兩種，若由到達井排土，螺旋輸送管則銜接於擴大切削頭前方，土碴經由擴大切削頭轉入前方螺旋輸送管由到達井排出；反之，螺旋輸送管裝置於擴大切削頭後方，土碴經由擴大切削頭後方螺旋管排出至出發井。出發井因放置機具設備，較無出土多餘空間，故多採用到達井排碴。

(二) 地中箭式推進工法排碴方式

地中箭式壓密工法排碴方式有出發井或到達井排土兩種，若由到達井排土，螺旋輸送管則銜接於擴大切削頭前方，土碴經由擴大切削頭轉入前方螺旋輸送管由到達井排出；反之，螺旋輸送管裝置於擴大切削頭後方，土碴經由擴大切削頭後方螺旋管排出至出發井。出發井因放置機具設備，較無出土多餘空間，故多採用到達井排碴。

(三) 地中箭式推進工法優缺點

1. 優點：

- (1) 可適應軟弱地質 N 值 10 以下地質。
- (2) 機頭結構簡單，施工效率高。
- (3) 第二次採壓密推進不必出土，減少處理廢土，可降低成本。
- (4) 施工後土壤 N 值提高，可穩定推進管線。
- (5) 成本低、工期短。

2. 缺點：

- (1) 不具備方向控制裝置，施工精度不良。
- (2) 管徑過大，擠壓土壤過多，會造成地面隆起。
- (3) 土壤密度過大，能擠壓體積有限，會造成地面隆起。
- (4) 土壤強度過大或含有卵礫石，則無法貫穿。

(四) 地中箭式推進工法地質適應性

地中箭式壓密推進工法其適用地質為鬆軟的地盤，如遇堅硬或非均勻地盤，常導致方向偏移或地面擠壓隆起。

表 2.5-3 地中箭式推進工法適應地質表

台北市衛工處施工規範 地質分類	營建署頒訂之 「污水下水道管 線預算書範本」	土層	詳細說明
砂質土 黏質土	普通土	軟弱土、砂質沈泥、沉泥	軟弱土、砂質沈泥、沉泥，N 值介於 0~5
		普通土、砂質沈泥、沉泥	普通土、砂質沈泥、沉泥，N 值介於 5~10

(五) 地中箭式推進工法適用條件

1. 設備費用最低廉，設備維護成本低。
2. 遇軟弱地質，推進速率最快。

2.6 蒐集各類推進技術於不同地質結構中之數據

本協會為建置資料庫需先選定模擬管徑與地質結構，故整理民國 106~107 年度各標案，列出北中南 10 件標案，如表 2.6-1 所示，並參考「推進工班及機頭資料普查報告，內政部營建署」（以下簡稱參考報告）中，國內推進之施工管徑尺寸分佈，如圖 2.6-1 所示，一般多使用推進管徑為 $\phi 300\text{mm} \sim \phi 600\text{mm}$ 且地質多為砂土、卵礫石、砂、黏質土等，故選擇模擬管徑 $\phi 400\text{mm}$ ，收集各種地質狀況模擬適用之掘進機應對地質結構特性。

表 2.6-1 污水推進工程標案概要表

	工程名稱	推進管徑 (mm)	推進 長度 (m)	地質	得標廠商
北部	新北市土城地區污水下水道系統 新建工程第六標(分支管及用戶 接管)(後續工程)	$\phi 300 \sim \phi 400$	910	複合地 質	東億營造有限 公司
	新北市中和地區污水下水道系統 第二期工程第七標(分支管及用 戶接管)後續工程	$\phi 300 \sim \phi 600$	1,359	砂、黏 質土	昌諭營造有限 公司
	新北市板橋地區污水下水道系統 第二期工程第十標(支(分)管及 用戶接管)	$\phi 300 \sim \phi 500$	7690	砂土	廣記營造股份 有限公司
中部	臺中市太平區西新光污水管線及 用戶接管工程第二分標(振福路 旱溪東路二段等區域)	$\phi 400 \sim \phi 500$	1445	卵礫石	翔富裕營造股 份有限公司

	臺中市污水下水道分支管網暨用戶接管工程(9-2)東光路及興進路等鄰近區域	$\phi 400 \sim \phi 500$	1224	卵礫石	冠城營造有限公司
	臺中市污水下水道分支管網暨用戶接管工程(9-3)東光路及東山路等鄰近區域	$\phi 400 \sim \phi 600$	2312	卵礫石	建堡營造有限公司
南部	台南市仁德區污水下水道系統用戶接管工程第三標	$\phi 300 \sim \phi 600$	3681	砂、黏質土	大邦工程有限公司
	旗美污水下水道系統第二期計畫第一標工程(IV)	$\phi 300 \sim \phi 600$	2495	砂、黏質土	振農水泥製品股份有限公司
	屏東縣東港鎮污水下水道系統主次幹管工程(第二標)	$\phi 300 \sim \phi 600$	7217	砂土	譽霖工程有限公司
	屏東縣東港鎮污水下水道系統主次幹管工程(第三標)	$\phi 300 \sim \phi 400$	6830	砂土	實做企業股份有限公司
東部	花蓮縣花蓮市鐵路以西暨上美崙地區污水下水道系統新建工程第五標	$\phi 400$	1440	複合地質	鴻祥營造股份有限公司
	臺東市污水下水道系統第一期工程-第一標(D、E 主次幹管)	$\phi 400 \sim \phi 600$	6595	卵礫石層	高輝營造工程股份有限公司
	臺東縣知本鐵路車站附近地區污水下水道系統管線工程(第一標)	$\phi 300 \sim \phi 500$	8480	卵礫石層	高輝營造工程股份有限公司
	臺東縣知本鐵路車站附近地區污水下水道系統管線工程(第二標)	$\phi 400$	1996	卵礫石層	振勝營造有限公司
離島	澎湖縣馬公地區污水下水道系統第一期工程-主次幹管工程第一標	$\phi 300 \sim \phi 400$	4596	岩盤	東億營造有限公司

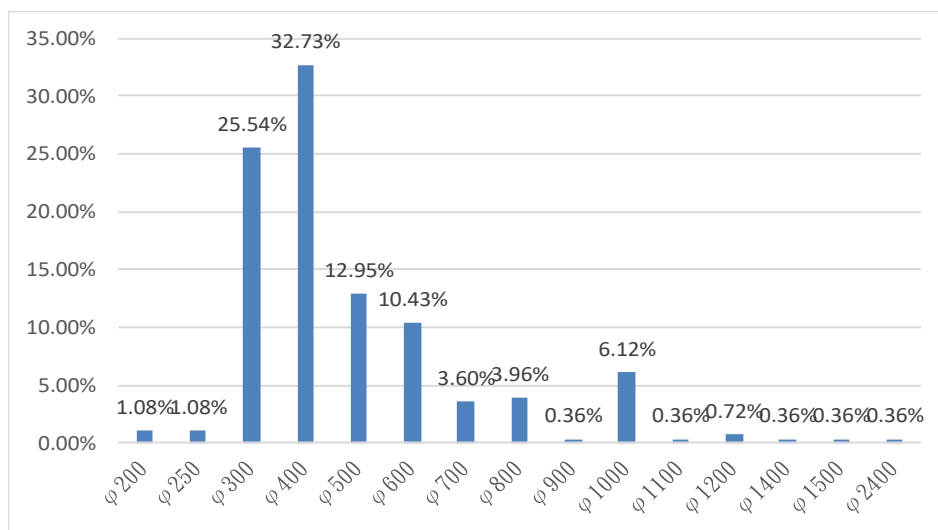
一、各地區使用之推進技術

一般而言，於短(小)管徑推進工法大多使用土壓式推進工法、泥水式推進工法及地中箭式推進工法等三種，但因地質不同所使用之推進技術也會有所差異，如花蓮縣、苗栗縣、南投縣及臺中市等地質堅硬(如卵礫石、岩盤等)之地區大多採用泥水式推進工法，而其他一般土層及複合地質等地區則三種工法皆會使用，如表 2.6-1 所示。

表 2.6-2 各地區使用之推進技術分佈比例

縣市 \ 工法	土壓式推進工法	泥水式推進工法	地中箭式推進工法
基隆市	27%	73%	
臺北市	33%	20%	47%
新北市	27%	27%	46%
桃園市	50%	50%	
花蓮縣		100%	
宜蘭縣		47%	53%
新竹市	48%	44%	8%
苗栗縣		100%	
南投縣		100%	
臺中市		100%	
彰化縣	25%	75%	
雲林縣	22%	67%	11%
屏東縣	14%	86%	
嘉義縣	33%	67%	
臺南市	58%	42%	
高雄市	39%	57%	4%

資料來源：「污水下水道第四期建設計畫總顧問委託專業服務」推進工班及機頭資料普查報告，102 年 11 月，內政部營建署

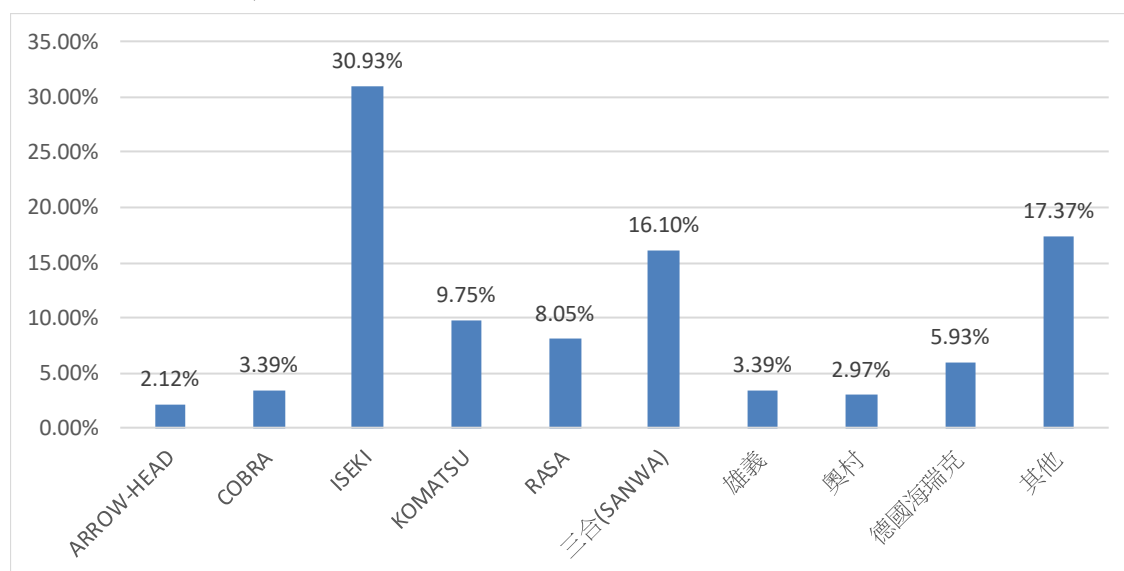


資料來源：「污水下水道第四期建設計畫總顧問委託專業服務」推進工班及機頭資料普查報告，102 年 11 月，內政部營建署

圖 2.6-1 國內推進施工之管徑分佈圖

二、推進機具之品牌

依據推進機廠牌進行區分，共計可分為「ARROW-HEAD」、「COBRA」、「ISEKI」、「HANSHIN」、「KOMATSU」、「RASA」、「TRH」、「三合(SANWA)」、「日本工業株式會社」、「雄義」、「奧村」、「德國海瑞克」等廠牌及「其他廠牌」共計 10 類，其中以採用「ISEKI」佔總體 30.93% 為最高使用廠牌，其次為「三合(SANWA)」佔總體 16.10%，第三則是佔 17.37% 的「其他廠牌」，若排除「其他廠牌」之項目，則為「KOMATSU」佔總體 9.75%。統計結果如圖 1.4-1 所示。



資料來源：「污水下水道第四期建設計畫總顧問委託專業服務」推進工班及機頭資料普查報告，102 年 11 月，內政部營建署

圖 2.6-2 推進機廠牌分佈圖

施工時，不同的地質條件會直接影響到機頭切削盤的運轉效率，進而影響推進工法的效能。故在討論推進工法時，首先必須考慮的就是施工地質條件，不同推進工法在相近地質條件下來進行比較，首先參考日本推進工法的地質分類如表 2.6-3 所示，其地質條件分類與台灣參考上述的日本土壤分類，針對台灣現有標案的所在區域地質，並依圖 1.4-1 所示，市佔率較高(超過 5%)之推進機具品牌如 ISEKI、KOMATSU、RASA、三合(SANWA)及德國海瑞克等，另各類推進技術於不同地質結構的分佈比例如表 2.6-5 所示。

表 2.6-3 各地區使用之推進技術分佈比例

地質	區域	廠牌	工法	日推進量 (M/天)
卵礫石層	台中	RASA	泥水式	0.7~3.6
卵礫石層(最大粒徑>100, 含粒率>70%)	台中	鑽程	泥水式	3.0
卵礫石層(最大粒徑 81~100, 含粒率 98%)	台中	德國海瑞克	泥水式	1.3~1.6
卵礫石層(最大粒徑 81~100, 含粒率 60~90%)	台中	德國海瑞克	泥水式	0.8~2.1
	台中	RASA	泥水式	3.4~3.7
卵礫石層(最大粒徑 31~60, 含粒率 70~90%)	花蓮	ISEKI	泥水式	6.0
	新北	RASA	泥水式	5.5
	苗栗	MARS	泥水式	9.0~12.8
	台中	KOMATSU	泥水式	4.1
	台中	RASA	泥水式	3.3~5.3
卵礫石層(最大粒徑<30, 含粒率 60%)	台中	德國海瑞克	泥水式	2.4~2.8
岩盤地質	基隆	KOMATSU	土壓式	3.6
	基隆	RASA	泥水式	5.1
砂土層	花蓮	RASA	泥水式	2.8
	高雄	ISEKI	泥水式	6.9~9.8
	台南	三合(SANWA)	土壓式	6.1~25
砂土層(N 值 1-10)	花蓮	德國海瑞克	泥水式	5.8~7.0
	新北	RASA	泥水式	1.9~4.2
	高雄	ISEKI	泥水式	3.9~7.1
	台南	三合(SANWA)	土壓式	12.5
砂土層(N 值 11-20)	台南	ISEKI	泥水式	5.7
砂土層(N 值 21-30)	花蓮	ISEKI	泥水式	7.4~8.0
	台南	三合(SANWA)	土壓式	11.1~16.5
砂礫石層	花蓮	ISEKI	泥水式	4.6
	新北	KOMATSU	土壓式	3.1~4.6
	桃園	RASA	泥水式	3.8
	桃園	ISEKI	泥水式	2.8~4.3
砂礫石層(N 值 1-10)	屏東	ISEKI	泥水式	4.5
砂礫石層(N 值 11-20)	新竹	ISEKI	泥水式	3.1
	高雄	ISEKI	泥水式	8.9
	屏東	ISEKI	泥水式	3.8~4.7
砂礫石層(N 值 21-30)	屏東	ISEKI	泥水式	8.4
砂礫石層(N 值 45)	花蓮	德國海瑞克	泥水式	2.6

地質	區域	廠牌	工法	日推進量 (M/天)
複合地層	花蓮	ISEKI	泥水式	5.3~6.0
	新北	ISEKI	泥水式	2.4
	新北	MARS	泥水式	9.4
	新北	KOMATSU	土壓式	5.2~5.4
	新北	RASA	泥水式	1.3
	苗栗	MARS	泥水式	4.5~4.6
	高雄	ISEKI	泥水式	4.2
	屏東	ISEKI	泥水式	5.5
	台南	RASA	泥水式	10.7
黏土層	高雄	ISEKI	泥水式	6.1
黏土層(N 值 1-5)	新北	ISEKI	泥水式	6.3~9.7
	高雄	ISEKI	泥水式	8.7~12.1
	高雄	三合(SANWA)	土壓式	13.3
黏土層(N 值 6-10)	高雄	ISEKI	泥水式	4.4~5.7

資料來源：「污水下水道第四期建設計畫總顧問委託專業服務」下水道技術專題-下水道推進工法工率檢討分析，105年3月，內政部營建署

從上表可得知目前國內推進施工工法大多使用泥水式推進工法，土壓式推進工法僅於少數地區使用，黏土層僅於高雄地區使用一處，複合地質僅於新北地區使用一處，砂礫石層僅於新北地區使用一處，砂土層於台南地區使用二處，岩盤僅於基隆地區使用一處，而卵礫石層則全數使用泥水式推進工法，可見國內施工廠商大多以泥水式推進工法為主。

2.7 現地推進前方土質預測之重要性與資訊判識

2.7.1 泥水式推進工法前方土質預判

除了依據地質鑽探及設計圖資料，施工人員在現場實際施工時推進機會有電腦數據產生，可藉由電壓值來判斷地質狀況與預期是否相符，或是在遭遇與預期地質不同的狀況下可進行應變，除了模擬的參數外，在推進過程中由於會遭遇不同的地質，特別是在複合式的地質環境裡，為了讓模擬更擬真，故必須依據不同的地質以及使用的掘進機頭，來制定合適的推進油壓轉數、推進速度以及在轉換地質時造成的電流變化。

如下表所示：左上角代表使用的掘進機頭，第一個欄位代表的是目前挖掘的地質，而後面的欄位代表的是遭遇到的地質，例如以砂質刀盤對應砂質土層推進時，其電流範圍則為28~30A，正常油壓轉速可設定為1800轉，推進速度為200mm/minutes，而當遭遇礫質土，則電流會升高至35~45，此時判斷前方遭遇較堅硬之地質，故油壓轉速需減至700

轉，推進速度則降為 60mm/minutes，若遭遇卵礫石層或岩盤時，則會因電流超過容許範圍而關機。

礫質土刀盤對應礫質土層推進時，其電流範圍則為 33~45A，正常油壓轉速可設定為 1000 轉，推進速度為 100mm/minutes，而當遭遇砂質土，則電流會降至 28~30A，此時判斷前方遭遇較軟弱之地質，油壓轉速可上升至 1800 轉，推進速度可上升為 200mm/minutes，若遭遇岩盤時，則會因電流超過容許範圍而關機。

卵礫石刀盤對應卵礫石層推進時，其電流範圍則為 45~60A，正常油壓轉速可設定為 400 轉，推進速度為 30mm/minutes，而當遭遇砂質土，則電流會降至 28~30A，而油壓轉速可上升至 1800 轉，推進速度則上升為 200mm/minutes。

岩盤刀盤對應岩盤地質推進時，其電流範圍則為 40~42A，正常油壓轉速可設定為 200 轉，推進速度為 10mm/minutes，而當遭遇砂質土，則電流會降至 28~30A，而油壓轉速則上升至 1800 轉，推進速度則上升為 200mm/minutes。

表 2.7-1 遭遇不同地質電流顯示變化示意圖(資料來源：安竣機械)

以砂質、粘質土刀盤	正常推進		地質變化				
	油壓轉速	推進速度	砂質土	粘質土	礫質土	卵礫石層	岩盤
砂質土	1800	200	電流:28~30	電流:28~30	電流:35~45	over->shutdown	over->shutdown
粘質土	1800	150	電流:28~30	電流:28~30	電流:35~45	over->shutdown	over->shutdown
礫質土	700	60	電流:28~30	電流:28~30	電流:35~45	over->shutdown	over->shutdown
卵礫石層	400	0	over->shutdown	over->shutdown	over->shutdown	over->shutdown	over->shutdown
岩盤	200	0	over->shutdown	over->shutdown	over->shutdown	over->shutdown	over->shutdown
以礫質土刀盤	正常推進		地質變化				
	油壓轉速	推進速度	砂質土	粘質土	礫質土	卵礫石層	岩盤
砂質土	1800	200	電流:28~30	電流:28~30	電流:35~45	電流:45~60(電流不穩定)	over->shutdown
粘質土	1000	100	電流:28~30	電流:28~30	電流:35~45	電流:45~60(電流不穩定)	over->shutdown
礫質土	1000	100	電流:28~30	電流:28~30	電流:35~45	電流:45~60(電流不穩定)	over->shutdown
卵礫石層	600	50	電流:28~30	電流:28~30	電流:35~45	電流:45~60(電流不穩定)	over->shutdown
岩盤	200	5	電流:28~30	電流:28~30	電流:35~45	電流:45~60(電流不穩定)	over->shutdown
以卵礫石層刀盤	正常推進		地質變化				
	油壓轉速	推進速度	砂質土	粘質土	礫質土	卵礫石層	岩盤
砂質土	1800	200	電流:28~30	電流:30~32(穩定慢慢上升)	電流:35~38	電流:45~60(極不穩定)	over->shutdown
				推進壓力快速上升50	推進壓力緩慢上升30	推進壓力急速增加100	
粘質土	1000	10	28~30	30~32	35~38	45~60	over->shutdown
礫質土	700	60	28~30	30~32	35~38	45~60	over->shutdown
卵礫石層	400	30	28~30	30~32	35~38	45~60	70~80
岩盤	200	10	28~30	30~32	35~38	40~42	40~42
以岩盤刀盤	正常推進		地質變化				
	油壓轉速	推進速度	砂質土	粘質土	礫質土	卵礫石層	岩盤
砂質土	1800	200	電流:28~30	電流:30~32(穩定慢慢上升)	電流:35~38	電流:45~60(極不穩定)	over->shutdown
				推進壓力快速上升50	推進壓力緩慢上升30	推進壓力急速增加100	
粘質土	1000	10	28~30	30~32	35~38	45~60	over->shutdown
礫質土	700	60	28~30	30~32	35~38	45~60	over->shutdown
卵礫石層	400	30	28~30	30~32	35~38	45~60	70~80
岩盤	200	10	28~30	30~32	35~38	40~42	40~42

2.7.2 土壓式推進工法前方土質預判

除了依據地質鑽探及設計圖資料，施工人員在現場實際施工時推進機會有電腦數據產生，土壓式推進工法可藉由扭距來判斷地質狀況與預期是否相符，或是在遭遇與預期

地質不同的狀況下可進行應變，施工人員可藉由不同的數據來判斷推進前方土質及進行相關之操作。

以砂質土刀盤為例，對應砂質土層推進時正常扭距為 5~8(kN)，但在遭遇礫質土或卵礫石層時，扭距會上升至 8~16(kN)或無法推進，而在遭遇岩盤時則會因地質太硬無法推進。

黏質土刀盤對應黏質土層推進時正常扭距為 7~12(kN)，但在遭遇礫質土或卵礫石層時，扭距會上升至 8~16(kN)或無法推進，而在遭遇岩盤時則會因地質太硬無法推進。

礫質土或卵礫石層刀盤對應礫質土或卵礫石層推進時正常扭距為 5~16(kN)，但在遭遇黏質土時，扭距會上升至 7~16(kN)或無法推進，而在遭遇岩盤時扭距會上升至 8~12(kN)。

岩盤刀盤對應岩盤地質推進時正常扭距為 7~12(kN)，但在遭遇黏質土時，扭距會上升至 7~16(kN)或無法推進，而在遭遇砂質土時扭距會下降至 5~8(kN)。

表 2.7-2 遭遇不同地質扭距顯示變化示意圖(資料來源：東鑫龍營造公司)

面盤型式：砂質、黏質土刀盤			Komatsu 400mm			
地質	正常推進			地質變化		
	油壓轉速(RPM)	推進速度	砂質土-扭距(KN)	黏質土-扭距(KN)	礫質土或卵礫石層-扭距(KN)	岩盤-扭距(KN)
砂質土	2200	50%~100%	5~8	7~12	8~16或無法推進	無法推進
面盤型式：砂質、黏質土刀盤						
地質	正常推進			地質變化		
	油壓轉速(RPM)	推進速度	黏質土-扭距(KN)	砂質土-扭距(KN)	礫質土或卵礫石層-扭距(KN)	岩盤-扭距(KN)
黏質土	2200	40%~70%	7~12	5~8	8~16或無法推進	無法推進
面盤型式：礫質土或卵礫石層						
地質	正常推進			地質變化		
	油壓轉速(RPM)	推進速度	礫質土或卵礫石層-扭距(KN)	黏質土-扭距(KN)	砂質土-扭距(KN)	岩盤-扭距(KN)
礫質土或卵礫石層	2200	5%~70%	5~16	7~16或無法推進	5~8	8~12
面盤型式：岩盤						
地質	正常推進			地質變化		
	油壓轉速(RPM)	推進速度	岩盤-扭距(KN)	黏質土-扭距(KN)	礫質土或卵礫石層-扭距(KN)	砂質土-扭距(KN)
岩盤	2200	10%~50%	7~12	7~16或無法推進	5~16	5~8

2.8 前瞻新創觀念之建立

此計畫目標將可培訓污水下水道專業推進技術人員，除經一般上課模式教授學員技術外，更可配合模擬訓練系統使學員能對施工操作更加熟悉，減少障礙之發生，並可建立施工 SOP 流程及推進技術證照考試(比照技術士證照)，增進施工品質。

以往在推進施工時，時有因操作手經驗不足或土質之因素需進行障礙排除作業，這些作業往往會花費額外的人力及物力，在處理障礙的過程中，會因額外的機具使用及人員施工作業，也變相的增加碳排放及消耗額外的水資源，但藉由虛擬實境模擬訓練系統進行訓練後，可增進推進技術人員之經驗及判斷能力，減少推進施工時因操作問題造成額外的人力與物力(碳排放及水資源)。

建議機關建立推進資料庫，並於規範訂定推進機械設備於施工過程時，必須有電腦自動記錄及回傳資料之功能(如機內油壓、水壓、推進壓力及油壓轉數等)，以建立推進紀錄之大數據，據以判斷推進異常之功能，以利後續工程進行順暢及障礙排除，減少施工成本及對環境的破壞。

第三章 推進工法概述

3.1 泥水式推進工法概要

一、基本概念

前端為隔板密閉的泥水式掘進機，主要係以隔板密閉掘進機構體，僅切削盤露出構體前端，當推進井元押千斤頂挺進時，於切削盤轉動將前端土壤切削與泥水混合成泥漿，進入切削盤內側，使切削盤內注滿泥漿，以維持切削盤與切削盤外土壓、水壓的平衡，穩定切削盤旋轉掘削作業功能，並使挖掘較粗顆粒的土壤與泥水攪拌成細粒泥漿，以壓力管輸送坑外，泥漿經處理設備分離為泥土與泥水，泥水可再循環使用，泥土以卡車運棄。

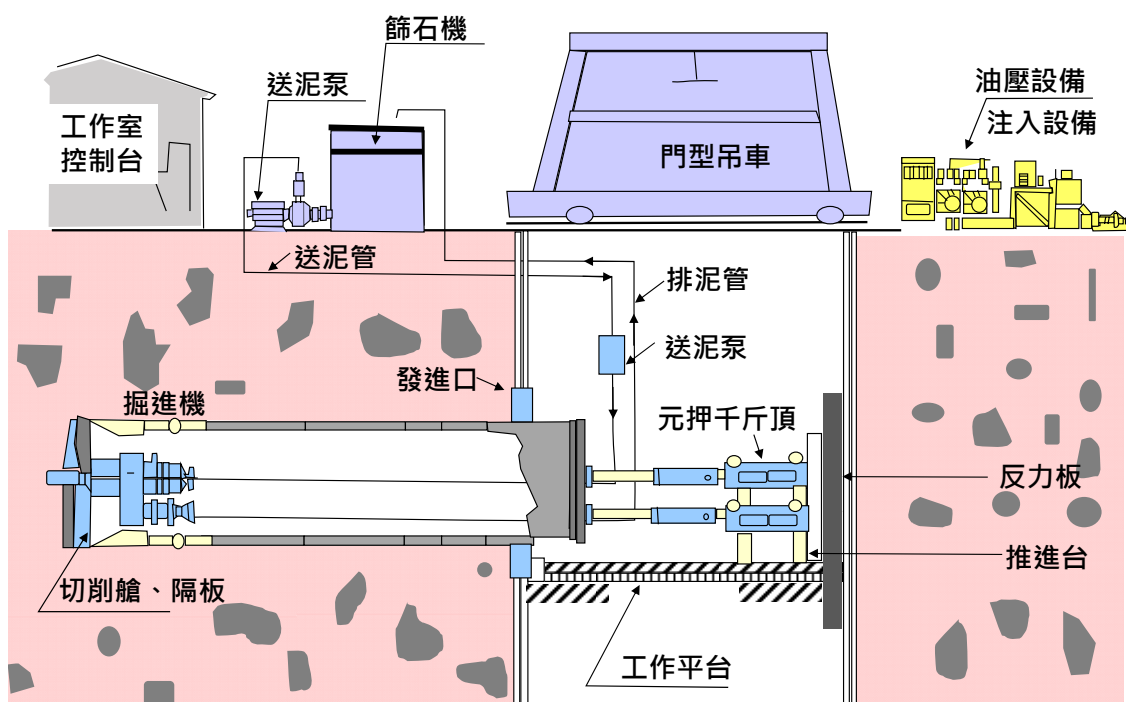


圖 3.1-1 泥水式推進工法示意圖

二、工法特性(本案係針對 $\phi 300\text{mm} \sim \phi 600\text{mm}$ 管徑說明)

1. 掘削面穩定性高，地質適用範圍廣；
2. 可迅速灌注泥水及輸出泥漿，做較長距離的推進施工；
3. 機械挖掘輸送泥漿速度較土壓式工法螺旋輸送時間快，工期較短；
4. 密封型挖掘作業，施工安全性高；
5. 挖掘之土壤攪拌泥漿以壓力管輸送，坑內作業環境安全良好。

3.1.1 蒐集各類推進技術於不同地質結構中之數據

一、地質適用性

泥水式推進工法其適用地質範圍廣泛，如地下水壓高或土質變化大之地層皆可適用此工法，尤其是湧水多之軟弱地盤。但泥水式推進工法遭遇流木或既有構造物等地層則會有作業困難的問題，所以宜先將地層狀況調查完整。

二、掘進機頭選擇

依據各地區不同地質之條件，掘(切)削刀盤之選用，於一般土壤時主要是以挖掘土壤為主，於卵礫石層及岩盤時需將卵礫石及岩盤進行破碎，各地質合適的切削刀盤如下所示。

三、地質分類

施工廠商應就設計圖說選擇適合的切削面盤，通常以地質來進行分類，並參考土壤的 N 值，就施工技術概念參考台北市衛工處施工規範地質分類，區分如下：

1. 砂質土或粘質土(礫石含有率未滿 30%、N 值 30 以下)
2. 礫質土(礫石含有率大於 30%小於 60%、N 值 50 以下)
3. 卵礫石層(卵石加礫石含有率超過 60%)
4. 岩盤(N 值超過 50)

表 3.1-1 切削盤適用土層表

切 削 盤	適 用 土 層
	砂質土 粘質土
	礫質土
	卵礫石層
	岩盤

就估驗計價方式參照營建署署頒訂之「污水下水道管線預算書範本」，區分如下：

1. 普通土
2. 礫質土
3. 岩盤

3.1.2 前方土質預測之重要性與資訊判識

除了依據地質鑽探及設計圖資料，施工人員在現場實際施工時推進機會有電腦數據產生，可藉由電壓值來判斷地質狀況與預期是否相符，或是在遭遇與預期地質不同的狀況下可進行應變，除了模擬的參數外，在推進過程中由於會遭遇不同的地質，特別是在複合式的地質環境裡，為了讓模擬更擬真，故必須依據不同的地質以及使用的掘進機頭，來制定合適的推進油壓轉數、推進速度以及在轉換地質時造成的各項參數變化。

一般而言，當推進機遭遇較硬的地質時，所需要的扭力及推力愈大，推進速度相對會愈慢，以 $\phi 400$ 推進為例，在砂質土及黏質土時所需扭力為0.587~0.763(KN.m)推進速度為7~8(cm/min)，而在岩盤地質時，所需扭力上升至0.763~0.8223(KN.m)推進速度下降至2~2.5(cm/min)。

表 3.1-2 遭遇不同地質參數變化示意圖(由鑽程提供)

機器規格	推進施作參數	砂質土 粘質土	礫質土層	卵礫石層	岩盤地層
$\phi 400$	OMV- 油壓轉速 (rpm)	315	315	315	315
	元押推進速度 (cm/min)	7~8	7~8	3.5~4	2~2.5
	元押推進錶壓力 (kg/cm ²)	50~100	40~80	20~50	20~50
	掘進扭力 (KN.m)	0.587~0.763	0.470~0.587	0.470~0.881	0.763~0.822
	掘進錶壓力 (kg/cm ²)	100~130	80~100	80~150	130~140
$\phi 500$	OMV- 油壓轉速 (rpm)	253	253	253	253
	元押推進速度 (cm/min)	6~7	6~7	2.5~3.5	1~1.8
	元押推進錶壓力 (kg/cm ²)	50~100	40~80	20~50	20~50
	掘進扭力 (KN.m)	0.732~0.951	0.586~0.732	0.586~1.098	0.951~1.025
	掘進錶壓力 (kg/cm ²)	100~130	80~100	80~150	130~140

3.2 泥水式推進工法施工要領

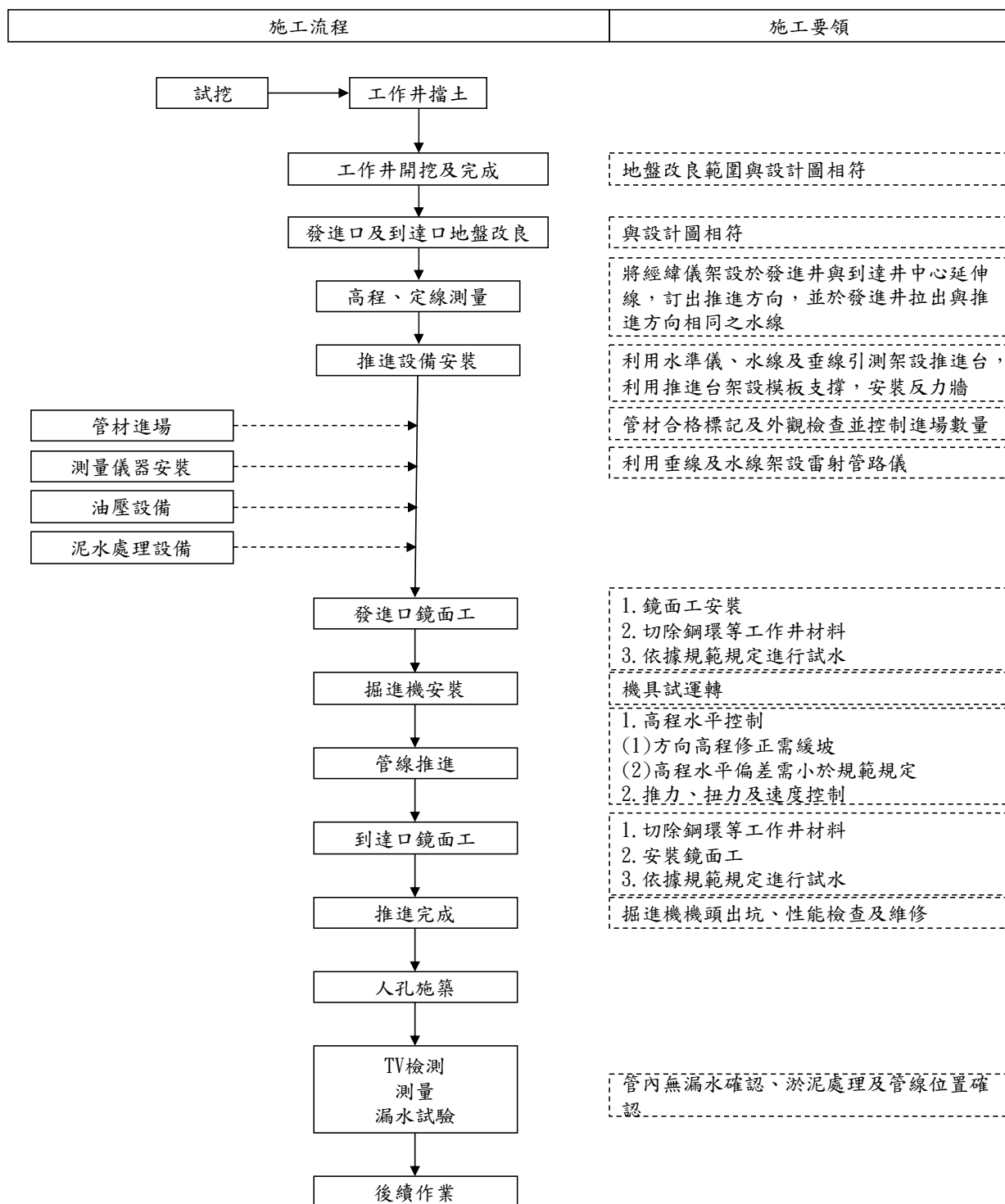


圖 3.2-1 推進工法施工要領作業流程圖

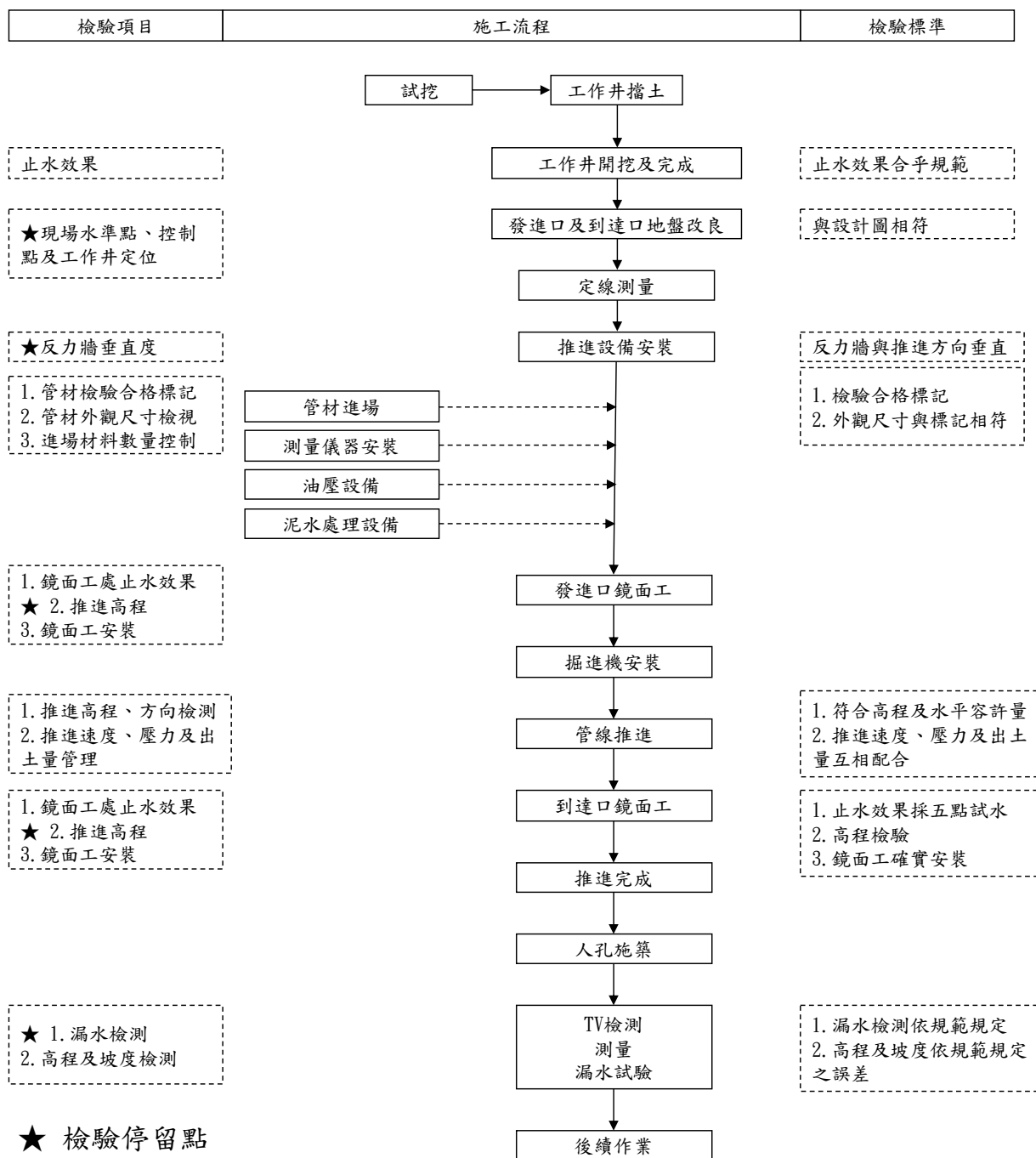


圖 3.2-2 推進工法施工單位施工流程及檢驗要點

表 3.2-1 推進施工管理標準及檢查頻率表

製程或作業說明		管理項目	管理標準	檢查時期	檢查方法	檢查頻率	不合格之處理	管理記錄	備註
推進前階段	工作井定位測量	1. 現場水準點 2. 各工作井控制點 3. 工作井定位	符合規範圖說及相關規定	推進前與後	測量	會同施工廠商抽測	重測	測量紀錄 自主檢查表	
	工作井施築	擋土措施	符合規範圖說及相關規定	推進前、中及後	查核施作作業抽驗混凝土品質	每階段	修正	施工日報表	
		開挖支撐							
		坑底PC基礎版	符合規範圖說、鋼筋混凝土檢驗辦法及其它相關規定	推進中				混凝土澆置紀錄 施工照片	
	發進口及到達口地盤改良	注藥之位置及深度	符合規範圖說及相關規定	注藥中	量測	不定期抽查	修正	注藥日報表	
		灌注壓力	符合相關規定	注藥中	量測	不定期抽查	修正	同上	
	反力牆架設	垂直度	1. 與推進方向保持垂直面 2. 反力牆安裝	施作完成	測量	每處工作井	改正	自主檢查表	
	管材	管材	符合材料品質管理標準、運抵現場查驗檢驗標記及外觀	材料進場	檢視 1. 管材檢驗合格標記 2. 管材外觀尺寸檢視 3. 進場材料數量控制	每批材料	退貨	自主檢查表 材料管制表	

表 3.2-1 推進施工管理標準及檢查頻率表(續)

製程或作業說明		管理項目	管理標準	檢查時期	檢查方法	檢查頻率	不合格之處理	管理記錄	備註
同上	發進口鏡面工試水	止水效果	鏡面無滲漏現象	施作完成	測量	每處發進口	改正	自主檢查表	
推進中階段	發進作業	管線推進 高程與方向	符合規範圖說及相關規定	施工前	1. 會同施工廠商人員複測 2. 審查施工廠商自主檢查表	每一工作井	重作	測量紀錄 自主檢查表	
	RCP 推進作業	推進施工	1. 高程與方向檢測，依設計高程容許誤差 2. 推進速度、壓力、出土量、異常管理	施工中	1. 測量 2. 審查施工廠商自主檢查表	不定期檢測	修正	自主檢查表 推進日報表 測量紀錄	
		災害與障礙處置	遭遇湧水、湧砂或特殊地質、流木等障礙物，則停止推進	施工中	會同施工廠商人員勘查	每次	研討處理方案	同上	
	到達口鏡面工試水	止水效果	鏡面無滲漏現象	施作完成	測量	每處到達口	改正	自主檢查表	

表 3.2-1 推進施工管理標準及檢查頻率表(續)

製程或作業說明		管理項目	管理標準	檢查時期	檢查方法	檢查頻率	不合格之處理	管理記錄	備註
推進後階段	推進完成之後續作業	管線方向與高程	符合規範規定完成高程容許誤差	推進後	測量	不定期檢測	依規範規定	測量紀錄 自主檢查表	
		管線內部檢查	符合規範規定	推進後	TV檢測	每一段	依規範規定	管線內部檢查表	
	人孔施築	人孔材料	符合材料品質管理標準及運抵現場再查對檢驗標記與外觀	材料進場 施工中	檢視審查施工廠商自主檢查表(含材料及施工)	每批材料 隨機檢視人孔	退貨改善	自主檢查表	
	回填作業	CLSM回填	符合規範規定	施工後	1. 審查施工廠商自主檢查表 2. 會同施工廠商人員檢測	依規範頻率	依規範規定	試驗報告 自主檢查表	
	復舊階段	人孔框蓋材質	符合材料品質管理標準及運抵現場再查驗檢驗標記與外觀	施工前	檢視審查施工廠商自主檢查表	每批	退貨	自主檢查表	
		人孔、路面高程與平整度及AC完成品質	符合規範規定 人孔框蓋放置後平穩	施工後	1. 審查施工廠商自主檢查表 2. 會同施工廠商複測高程、檢視人孔蓋	每處	修正或重作	測量紀錄 自主檢查表	

3.3 土壓式推進工法

一、基本概念

主要係以隔板密閉掘進機構體，僅切削盤露出構體前端，當推進井元押千斤頂挺進時，於切削盤轉動將前端土壤，切削後之土壤進入切削盤內側，使切削腔充滿土壤形成的壓力，保持切削盤與地下土、水壓之壓力平衡，以穩定切掘削作業，切削腔內較粗顆粒土壤，經攪拌成細土壤由螺旋輸送機輸出，同時操作千斤頂推力之大小，將影響出土量之多寡。

土壓式推進工法依設置添加材分為有添加材及無設置添加材的土壓式推進工法及泥土式推進工法等兩種，注入添加材對於一般粉土、粘土質及礫質土(含礫率 30 %以下者)，促進掘削土壤的塑性流動化之作用。

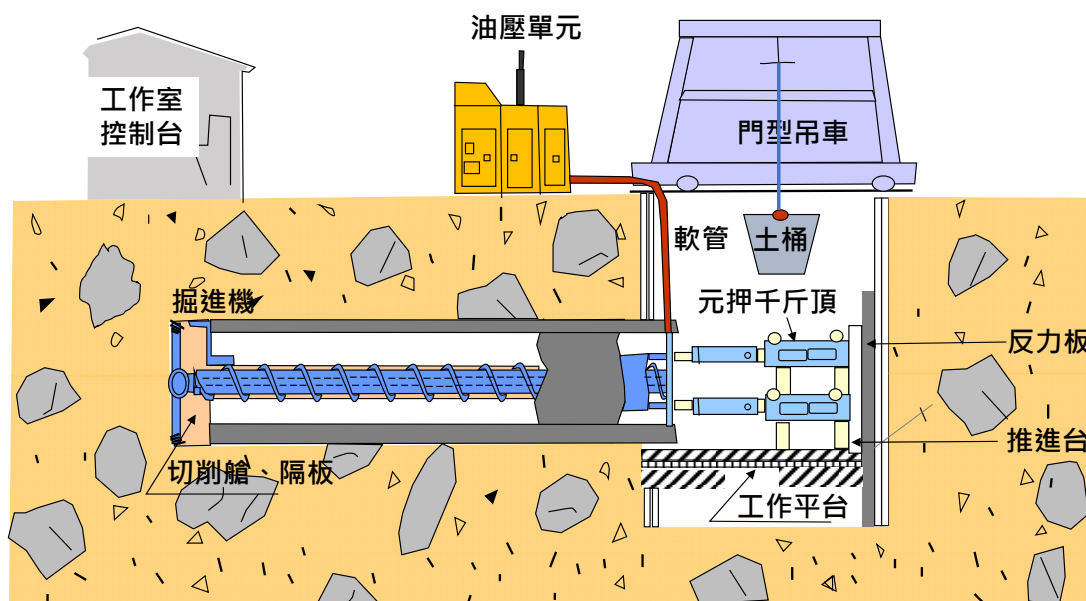


圖 3.3-1 土壓推進工程示意圖

二、工法特性(本案係針對 $\phi 300\text{mm} \sim \phi 600\text{mm}$ 管徑說明)

1. 與泥水式比較：不需要大型泥水處理設備，狹隘的作業基地亦可施工
2. 掘削面穩定性高，地質適用範圍廣
3. 密封型挖掘作業，施工安全性高
4. 挖掘之土壤以螺旋管輸送至坑內以土桶裝置後再吊裝至地面，坑內作業環境安全較弱

3.3.1 不同地質之適用性

一、地質適用性

土壓式推進工法適用地質廣泛，無論是普通土層、黏土、礫石土層、硬質土皆可適用，尤其是礫石土及硬質土地盤，且對於地下水位高之土層亦可使用此工法。

二、掘進機頭選擇

依據各地區不同地質之條件，切削刀盤之選用不同，於一般土壤時主要是以挖掘土壤為主，於卵礫石層及岩盤時需將卵礫石及岩盤進行破碎，各地質合適的切削刀盤如下所示。

表 3.3-1 切削盤適用土層表

切 削 盤	適 用 土 層
	砂質土 粘質土
	礫質土
	卵礫石層
	岩盤

三、地質分類

就施工技術概念參考台北市衛工處施工規範地質分類，區分如下：

1. 砂質土或粘質土(礫石含有率未滿 30%、N 值 30 以下)
2. 礫質土(礫石含有率大於 30%小於 60%、N 值 50 以下)
3. 卵礫石層(卵石加礫石含有率超過 60%)
4. 岩盤(N 值超過 50)

就估驗計價方式參照營建署頒訂之「污水下水道管線預算書範本」，區分如下：

1. 普通土
2. 礫質土
3. 岩盤

3.3.2 前方土質預測之重要性與資訊判識

除了依據地質鑽探及設計圖資料，施工人員在現場實際施工時推進機會有電腦數據產生，土壓式推進工法可藉由扭距來判斷地質狀況與預期是否相符，或是在遭遇與預期地質不同的狀況下可進行應變，以砂質、黏質土刀盤為例，於砂質土推進時正常扭距為5~8(kN)，但在遭遇礫質土或卵礫石層時，扭距會上升至8~16(kN)或無法推進，而在遭遇岩盤石則會因地質太硬無法推進，施工人員可藉由不同的數據來判斷推進前方土質及進行相關之操作。

表 3.3-2 遭遇不同地質扭距顯示變化示意圖(由 komatsu 提供)

面盤型式：砂質、黏質土刀盤			Komatsu 400mm			
地質	正常推進			地質變化		
	油壓轉速(RPM)	推進速度	砂質土-扭距(KN)	黏質土-扭距(KN)	礫質土或卵礫石層-扭距(KN)	岩盤-扭距(KN)
砂質土	2200	50%~100%	5~8	7~12	8~16或無法推進	無法推進
面盤型式：砂質、黏質土刀盤						
地質	正常推進			地質變化		
	油壓轉速(RPM)	推進速度	黏質土-扭距(KN)	砂質土-扭距(KN)	礫質土或卵礫石層-扭距(KN)	岩盤-扭距(KN)
黏質土	2200	40%~70%	7~12	5~8	8~16或無法推進	無法推進
面盤型式：礫質土或卵礫石層						
地質	正常推進			地質變化		
	油壓轉速(RPM)	推進速度	礫質土或卵礫石層-扭距(KN)	黏質土-扭距(KN)	砂質土-扭距(KN)	岩盤-扭距(KN)
礫質土或卵礫石層	2200	5%~70%	5~16	7~16或無法推進	5~8	8~12
面盤型式：岩盤						
地質	正常推進			地質變化		
	油壓轉速(RPM)	推進速度	岩盤-扭距(KN)	黏質土-扭距(KN)	礫質土或卵礫石層-扭距(KN)	砂質土-扭距(KN)
岩盤	2200	10%~50%	7~12	7~16或無法推進	5~16	5~8

3.4 土壓推進工法施工要領

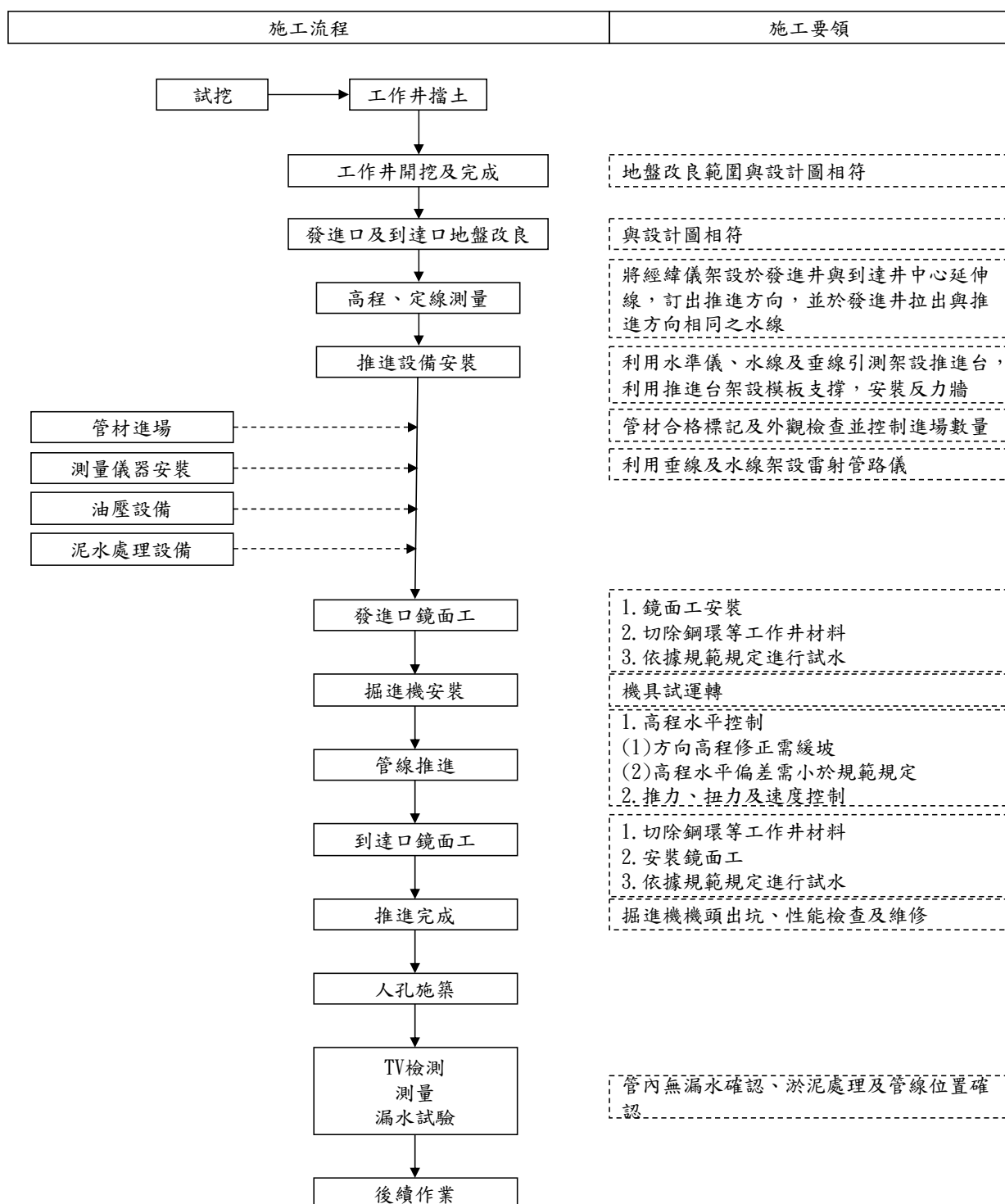


圖 3.4-1 推進工法施工要領作業流程圖

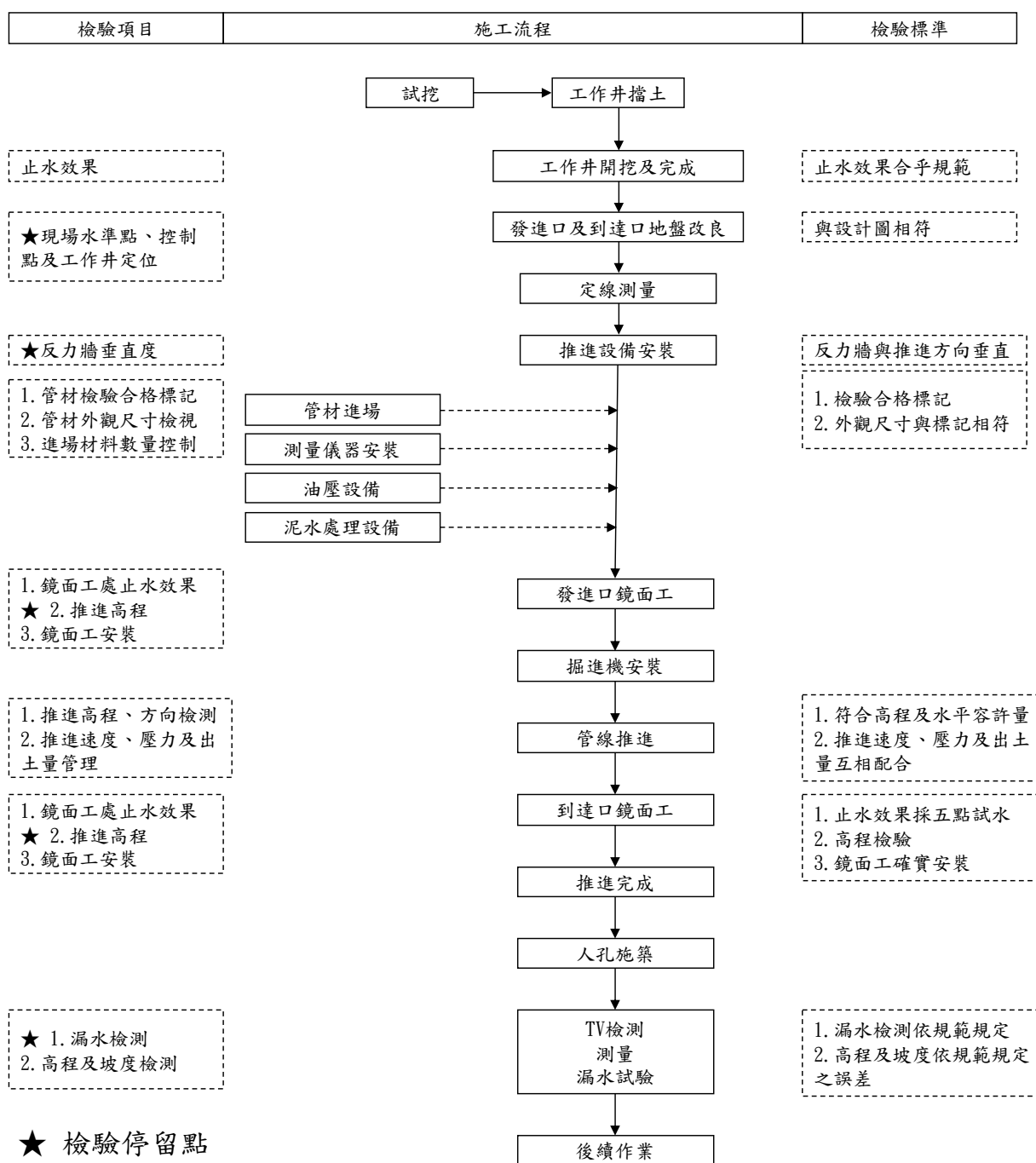


圖 3.4-2 推進工法施工單位施工流程及檢驗要點

表 3.4-1 推進施工管理標準及檢查頻率表

製程或作業說明		管理項目	管理標準	檢查時期	檢查方法	檢查頻率	不合格之處理	管理記錄	備註
推進前階段	工作井定位測量	1. 現場水準點 2. 各工作井控制點 3. 工作井定位	符合規範圖說及相關規定	推進前與後	測量	會同施工廠商抽測	重測	測量紀錄 自主檢查表	
	工作井施築	擋土措施	符合規範圖說及相關規定	推進前、中及後	查核施作作業 抽驗混凝土品質	每階段	修正	施工日報表	
		開挖支撐							
		坑底PC基礎版	符合規範圖說、鋼筋混凝土檢驗辦法及其它相關規定	推進中				混凝土澆置紀錄 施工照片	
	發進口及到達口地盤改良	注藥之位置及深度	符合規範圖說及相關規定	注藥中	量測	不定期抽查	修正	注藥日報表	
		灌注壓力	符合相關規定	注藥中	量測	不定期抽查	修正	同上	
	反力牆架設	垂直度	1. 與推進方向保持垂直面 2. 反力牆安裝	施作完成	測量	每處工作井	改正	自主檢查表	
	管材	管材	符合材料品質管理標準、運抵現場查驗檢驗標記及外觀	材料進場	檢視 1. 管材檢驗合格標記 2. 管材外觀尺寸檢視 3. 進場材料數量控制	每批材料	退貨	自主檢查表 材料管制表	

表 3.4-1 推進施工管理標準及檢查頻率表(續)

製程或作業說明		管理項目	管理標準	檢查時期	檢查方法	檢查頻率	不合格之處理	管理記錄	備註
同上	發進口鏡面工試水	止水效果	鏡面無滲漏現象	施作完成	測量	每處發進口	改正	自主檢查表	
推進中階段	發進作業	管線推進 高程與方向	符合規範圖說及相關規定	施工前	1. 會同施工廠商人員複測 2. 審查施工廠商自主檢查表	每一工作井	重作	測量紀錄 自主檢查表	
	RCP 推進作業	推進施工	1. 高程與方向檢測，依設計高程容許誤差 2. 推進速度、壓力、出土量、異常管理	施工中	1. 測量 2. 審查施工廠商自主檢查表	不定期檢測	修正	自主檢查表 推進日報表 測量紀錄	
		災害與障礙處置	遭遇湧水、湧砂或特殊地質、流木等障礙物，則停止推進	施工中	會同施工廠商人員勘查	每次	研討處理方案	同上	
	到達口鏡面工試水	止水效果	鏡面無滲漏現象	施作完成	測量	每處到達口	改正	自主檢查表	

表 3.4-1 推進施工管理標準及檢查頻率表(續)

製程或作業說明		管理項目	管理標準	檢查時期	檢查方法	檢查頻率	不合格之處理	管理記錄	備註
推進後階段	推進完成之後續作業	管線方向與高程	符合規範規定完成高程容許誤差	推進後	測量	不定期檢測	依規範規定	測量紀錄 自主檢查表	
		管線內部檢查	符合規範規定	推進後	TV檢測	每一段	依規範規定	管線內部檢查表	
	人孔施築	人孔材料	符合材料品質管理標準及運抵現場再查對檢驗標記與外觀	材料進場 施工中	檢視審查施工廠商自主檢查表(含材料及施工)	每批材料 隨機檢視人孔	退貨改善	自主檢查表	
	回填作業	CLSM回填	符合規範規定	施工後	1. 審查施工廠商自主檢查表 2. 會同施工廠商人員檢測	依規範頻率	依規範規定	試驗報告 自主檢查表	
	復舊階段	人孔框蓋材質	符合材料品質管理標準及運抵現場再查驗檢驗標記與外觀	施工前	檢視審查施工廠商自主檢查表	每批	退貨	自主檢查表	
		人孔、路面高程與平整度及AC完成品質	符合規範規定 人孔框蓋放置後平穩	施工後	1. 審查施工廠商自主檢查表 2. 會同施工廠商複測高程、檢視人孔蓋	每處	修正或重作	測量紀錄 自主檢查表	

第四章 推進工程的施工管理

4.1 施工管理

4.1.1 前言

所謂的工程品質管理的順序是 P(計畫)、D(實施)、C(檢討)、A(處理)的循環來重複的執行，工程為了如期如質達到目標需制定施工計畫，依計畫期程與設計圖說如期施工，並根據監造計畫、施工流程及品管計畫等進行管控，工程進行期間若發現施工與計畫有差異時，需檢討並即時改善及採取適當的措施應對。

施工廠商作業時之工程管理是依據施工作業流程、自主檢查表及進度網狀圖等執行；品質管理是依據品質管理標準訂定的施工流程、管理項目、管理標準、檢查時機、檢查方法、檢查頻率、不合格處置及管理紀錄等項目執行，故工程管理及品質管理兩者為施工廠商於施工過程中不可或缺之作業手段。

近年來推進工法的技術是日新月異，新工法和新材料也被開發出來的同時施工管理上也要求機具設備能有更高的性能來因應工程體系的複雜化。

4.1.2 工程管理

工程管理是依據施工計畫，將各施工作業流程及進度做確認，使預定的工期能如期完成，工程相關人員需了解施工計畫及熟悉機械性能操作，而且要作適當合理的配置。

工程管理內容分類如下：

- (一) 前置作業(計畫送審、路證申請及管線會勘)
- (二) 主體工程(工作井沉設及推進施工)
- (三) 場地整理(側溝疏通、人行道與路面修復及道路清理)
- (四) 竣工驗收(初驗及正驗)

另依工程作業內容分類如下所述：

- (一) 地質鑽探、地下管線調查、工作井、推進工法選用及自主檢查表的作成
- (二) 器材含人員配置計畫
- (三) 協調及會勘
- (四) 假設工程施工

(五) 主體工程施工

(六) 輔助工法施工

(七) 各項施工前、後的會勘與確認，以及遭遇施工異常需變更工法時的工程修正。

(八) 針對工程管理檢查等，備齊圖說及文書資料。

推進工法為土木工程施工較精密之工法，施工方式受制於地質及地下水等不確定因素影響，必須進行事前調查及因應方案以減少異常施工發生的機率，對於影響工程的因素需事先作好對策及方案。

影響工程的因素如下：

(一) 沉設工作井施築

(二) 輔助工法

(三) 安衛設施及作業

(四) 機具設備整備及放置定位

(五) 推進管材現場堆置

(六) 推進作業施工

(七) 各項施工作業的自主檢查及確認(當有施工異常時，需依程序辦理工法變更)。

(八) 每日進度

以上各項工作要點，為工程管理的重點自主管理稽核項目；另需重視對外的工程事務協調，在必須變更施工方案時，需事先擬好充分因應方案及連絡相關單位，必要時向附近居民詳加說明及耐心協調。

在推進施工過程中的管理及報告是不可缺少的作業項目，並以電腦作業事前準備相關表報資料。

4.1.3 機具及材料的品質管理

推進工法使用的製品和材料需執行相關檢(試)驗，依據相關規範或型錄所訂之尺寸、強度、材質等進行品質檢驗，另於施工時必須注意材料有無破損、變質等情形。

檢(試)驗主要項目如下：

一、掘進機(刃口、先導管)

掘進機的尺寸誤差、歪斜等將造成推進時蛇行、推進阻力增加、沉陷等異常狀況的原因，所以掘進機的形狀、尺寸、構造等需考量地質等施工條件選用適用之掘

進機，另掘進機除了在工廠檢查也需於搬運至現場時於每一推進段施工前再進行檢查一次。

二、推進管材

管材的形狀尺寸和強度須依相關規範標準進行製造，除於材料製造廠進行檢查外，搬運至工地現場時也需再進行檢查一次，因管材的尺寸是否正確、管接頭有無漏水，皆對管材推進力傳達有直接的影響，並也可能造成蛇行及地盤沉陷。

三、滑材

為了減輕土壤和管材的摩擦阻力，需以選用流動性品質良好的滑材，且需於現場做試驗及檢查。

另外為了做好機具及材料的品質管理，須於推進施工前做好推進之元押推進力、容許推進力、中押容許推進力及相關滑材之計算，詳列如下：

(一) 土壓式推進工法元押推進力計算式

1. 元押推進力之計算式

$$F = F_0 + f_0 \times L$$

$$F_0 = (P_w + P_e) \times \pi \times \left(\frac{B_s}{2}\right)^2$$

$$f_0 = \beta \{ (\pi \times B_c \times q + W) \mu' + \pi \times B_c \times c' \}$$

F：總推進力(kN)

F₀：期初阻力(kN)

f₀：管周面抵抗值(kN/m)

L：推進延長(m)

P_w：掘進土壓(kN)

砂質土 P_w=主動土壓+地下水壓+△P

(△P=20~50kN/m²)

黏土 P_w=靜止土壓力

P_e：開挖面切削抵抗力

P_e=N 值×10.0 (kN/m²)

N<15 時，取 P_e=150 (kN/m²)

$N > 50$ 時，取 $P_e = 500$ (kN/m²)

BS：掘進機外徑 (m)

BC：管外徑 (m)

q ：管外承受之均佈荷重 (kN/m²)

W ：管的單位重量

μ' ：管與土壤間之摩擦係數

$\mu' = \tan(\phi/2)$ ϕ ：內部摩擦角

c' ：管與土壤間之附著力 (kN/m²)

黏性土 ($N < 10$)： $c' = 8$

固結土 ($N \geq 10$)： $c' = 5$

β ：推進力減低係數

土壓式工法土質別的 β 標準值

土質	推進力減低係數 β
普通土層	0.45
礫石層	0.6
硬質土	0.35

2. 元押容許推進距離計算式

$$L_a = \frac{(F_{ma} - F_0)}{f_0}$$

L_a ：元押容許推進延長 (m)

F_{ma} ：元押推進力 (kN)

F_0 ：期初阻力 (kN)

F_0 ：管周面抵抗值 (kN/m)

3. 中押容許推進距離計算式

(1) 先頭中押容許推進距離計算式：

$$L_{an_1} = \frac{F_{na} - F_0}{F_0}$$

L_{an_1} ：先頭中押容許推進距離 (m)

F_{na} ：中押推進力 (kN)

F_0 ：期初阻力 (kN)

F_0 ：管周面抵抗值 (kN/m)

(2) 第二段以後之中押推進距離計算式：

$$Lan_2 = \frac{F_{na}}{F_0}$$

Lan_2 ：中間中押容許推進距離

(二) 泥水式推進工法元押推進力計算式

1. 元押推進力之計算式

$$F = F_0 + \pi \times B_c \times \tau_a \times L$$

$$\tau_a = C_a + \sigma' + \mu'$$

$$\sigma' = \alpha \times q + \frac{2 \times W}{\pi^2 (B_c - t)}$$

$$\mu' = \tan \delta$$

F ：總推力

$$F_0：初期阻力 = (P_e + P_w) \times \left(\frac{B_c}{2}\right)^2 \times \pi$$

P_e ：開挖面單位面積推力 (kN/m²)

P_w ：泥水壓 (kN/m²)

C_a ：推進管與土之黏著力 (kN/m²)

B_c ：推進管外徑 (m)

L ：推進距離 (m)

τ_a ：推進管與土壤間之剪應力 (kN/m²)

t ：管厚 (m)

α ：作用於推進管之法線方向壓力係數

W ：推進管自重

2. 元押容許推進距離計算式

$$L_a = \frac{(F_{ma} - F_0)}{f_0}$$

L_a : 元押容許推進延長 (m)

F_{ma} : 元押推進力 (kN)

F_0 : 初期阻力 (kN)

f_0 : 管周面抵抗值 (kN/m)

3. 中押容許推進距離計算式

(1) 先頭中押容許推進距離計算式：

$$L_{an_1} = \frac{F_{na} - F_0}{F_0}$$

L_{an_1} : 先頭中押容許推進距離 (m)

F_{na} : 中押推進力 (kN)

F_0 : 期初阻力 (kN)

f_0 : 管周面抵抗值 (kN/m)

(2) 第二段以後之中押推進距離計算式：

$$L_{an_2} = \frac{F_{na}}{F_0}$$

L_{an_2} : 中間中押容許推進距離

(三) 土壓式推進工法灌注入液

1. 土壓式工法所需灌注入液之種類

灌注入液種類	功用
作泥材	掘削時灌入土壓室內，使土壓室內保持壓力，且使開挖之土層具有塑性流動性及不透水性。
固結型滑材	是在管線推進時，包覆在管周邊，在管壁外形成一圈凝膠狀保護膜，使推進管壁不會直接接觸地層。
固結型滑材二次注入	進行長距離推進時，附著於管壁上的滑材會流失及裂化。因此必須進行二次注入，利用推進管上之注入孔，重新於管壁外添加滑材，以大幅降低管外周之摩擦力
背填灌漿材	在推進段落完成時，為了防止推進管及土壤間的空隙而產生沉陷問題的發生，必須由推進管之注入孔灌注水泥砂漿之類的填充材，預防沉陷之發生。

2. 作泥材灌注量

(1) 作泥材濃度計算式：

$$\text{濃度}(D) = a(30 - P_{0.075}) \times \alpha + (40 - P_{0.25}) \times \beta + (60 - P_{2.0}) \times \gamma$$

A：均等係數之係數

均等係數 $U \geq 4$ $a=1.0$

$4 > U \geq 3$ $a=1.1$

$3 > U > 1$ $a=1.2$

$P_{0.075}$ ：0.075mm 粒徑通過百分率 30%以上時 30

$P_{0.25}$ ：0.25mm 粒徑通過百分率 40%以上時 40

$P_{2.0}$ ：2.0mm 粒徑通過百分率 60%以上時 60

α ：2.0

β ：0.5

γ ：0.2

$$\text{濃度}(D) = \frac{\text{作泥材材料重量}}{\text{水之重量}} \times 100\%$$

(2) 作泥材使用量計算：

$$\text{使用量}(Q) = 6 \times D \text{ (1/m}^3\text{)}$$

Q：開挖面掘土量 1.0m³ 之作泥材量

D：濃度(%)

3. 固結型滑材灌注量

固結型滑材一次注入量計算式

$$\text{灌注量}(Q) = \alpha(0.5B \times \pi - 0.5B_c \times \pi) \times 10^3$$

Q：滑材一次注入量(L/m)

B：掘削外徑

B_c：推進管外徑

α：土質注入係數

普通土層、硬質土層 α=1.0~1.2 (參考值)

礫石層 α=1.5~1.8 (參考值)

卵礫石層 α=1.8~2.0 (參考值)

滑材二次注入計算

$$\text{灌入量}(Q_L) = (1 + \beta) \times Q$$

Q_L：滑材二次注入量

β：距離補足率 β=0.1~0.3 (參考值)

Q：滑材一次注入量

4. 背填灌漿灌注量

管徑	800	900	1000	1100	1200	1350	1500	1650
注入量	92	103	109	123	135	150	168	183
管徑	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3000	
注入量	204	220	242	263	284	305	326	

(四) 土壓式推進工法灌注入液

1. 泥水式工法所需灌注入液之種類

灌注入液種類	功用
泥水材	開挖時壓開挖面形成一不透水泥膜，並且作泥材滲入地層內後可以抑制地盤之水壓及土壓，穩定開挖面。
固結型滑材	於管壁外形成一圈凝膠狀保護膜，使推進管壁不會直接接觸地層，大大降低推進時的磨擦力並保護推進管不會被礫石碎屑磨破。
固結型滑材二次注入	進行長距離推進時，附著於管壁上的滑材會流失及裂化。此時所補充之滑材。
安定液	地盤由於開挖掘削時會失去土壓平衡，而安定液則可利用物理性質使掘削壁面免於崩壞。
背填灌漿材	在推進段落完成時，為了防止推進管及土壤間的空隙而產生沉陷問題的發生，所補充之填充材。

2. 泥水材灌注量

	土層	砂質土層	砂礫土層、礫石土層
成分含量			
黏土、沉泥		≒15%	15%以下時
作泥量		掘土量之 25%	掘土量之 35%

3. 滑材注入灌注量

(1) 固結型滑材一次注入量計算式：

$$\text{灌入量}(Q) = \alpha \times (0.2B \times \pi - 0.2D \times \pi) \times 10^3$$

Q：滑材一次注入量 (L/m)

α ：土質注入係數

普通土層、硬質土層 $\alpha=1.0\sim1.2$ (參考值)

礫石層 $\alpha=1.5\sim1.8$ (參考值)

卵礫石層 $\alpha=1.8\sim2.0$ (參考值)

B：掘削外徑

D：推進管外徑

(2) 滑材二次注入量計算：

$$\text{灌注量}(Q_L) = (1 + \beta) \times Q$$

Q_L ：滑材二次注入量

β ：距離補足率 $\beta = 0.13 \sim 0.3$ (參考值)

Q ：滑材一次注入量 (1/m)

(3) 泥水式安定液配比表 (砂質土)

泥水式安定液配比表 (砂質土)

材料	配合組成		比重 SG	漏斗黏度 (FV) (秒)	降伏黏產 值 (YV)	黏土含有 率 (%)
	比率 (%)	1.0m ³ 的場合 (kgf)				
黏土 #200	13~25	126~250	1.10 ~ 1.20	25	5~13	17
皂土 #250	4~8	42~83		~		~
增黏材	0.1~0.15	1~1.5		35		33
清水		933~867L				

(4) 泥水式安定液配比表 (砂礫、礫混合土)

材料	配合組成		比重 SG	漏斗黏度 (FV) (秒)	降伏黏產 值 (YV)	黏土含有 率 (%)
	比率 (%)	1.0m ³ 的場合 (kgf)				
黏土 #200	25~38	250~375	1.20 ~ 1.30	35 ~ 60	13~17	17 ~ 33
皂土 #250	8~13	83~125				
增黏材	0.1	1.0				
逸泥防材	0.5	5.0				
清水		867~800L				

(5) 泥水式背填灌漿灌注量

管徑	800	900	1000	1100	1200	1350	1500	1650
注入量	92	103	109	123	135	150	168	183
管徑	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3000	
注入量	204	220	242	263	284	305	326	

4.1.4 施工設備檢查

施工設備必須經常進行保養檢查，以保持良好的狀態，充分發揮其功能。

一、刀口或掘進機

(一) 刀口

刀口必須檢查結構、尺寸、有無變形及是否牢固，若在製作時或前次使用時發生了變形(扭曲)的情況，而不修理繼續使用時，可能會造成推進時產生蛇行的情形，並需確認方向千斤頂油壓動作。

(二) 掘進機和先導管

掘進機和先導管使用前必須充分檢查，故需要進行尺寸量測、有無變形的確認和試運轉。

1. 掘進機和先導管的檢查項目如下：

- (1) 形狀、尺寸（掘進機、先導管本體）。
- (2) 切(掘)削面盤傳動裝置。
- (3) 切削面牢固裝置。
- (4) 方向千斤頂裝置。
- (5) 油壓單元。
- (6) 附屬裝置（操縱裝置、排土裝置及其他）。

2. 掘進機及先導管檢查的注意事項如下所示：

在工廠需依據型錄進行形狀確認、尺寸量測、有無變形（扭曲）等，並試運轉確認性能，且推進完成後出坑，該設備再使用時須再次確認；現場搬運時應注意設備有無受損，特別是配線、配管和閥類等。

推進施工時若發生機械故障或推進障礙很難處理，可考量設立中間工作井處理或推進管逐支拉出將故障處理復原或於到達坑反向推進鋼套環銜接至掘進機外側等，繼續完成後續推進作業，但有距離限制，所以必須謹慎的檢查。

二、推進設備系統

推進設備系統是對推進工程影響最大的部分，所以必須經常進行檢查維修來保持良好的狀態。各種設備的檢查要注意如下：

(一) 推進用油壓機器

推進用油壓機器性能需足夠，並注意雜質不要進入液壓油中，若雜質混入工作油中要迅速更換，以防故障。

(二) 推環及推墊

推環及推墊等需於工作前檢查有無變形和焊接處有無裂痕等。

(三) 推進台

推進台雖然安裝穩固後，在推進中仍可能產生位移，所以必須要定時的檢查。

(四) 推進驅動裝置

推進驅動裝置會依據施工方式、機型有所不同，但主要仍由推進台及千斤頂構成；泥土壓方式（推進坑內驅動方式）中附有旋轉驅動裝置，而泥水壓方式（推進坑內驅動方式）是以元押千斤頂設備為主的方式。

(五) 反力板

反力板(鋼製)需謹慎裝設，若推進過程中隨著推進力的增加，造成反力板的位移時，必須立即進行滑材注入、反力板的背面做地盤改良處理等措施。

反力板的結構係依據推進方式、機種而有所不同，但需確保於推進中不會發生變形及破損等情形。(因本報告系以短(小)管推進為主，故以鋼製反力板為例)

(六) 止水鏡面框

止水鏡面框在推進開始的破鏡及推進施工中可防止地下水、滑材及泥水等流入，而在推進到達時，鏡面框是防止坑外土砂及水流入到達坑內的設備，所以需依推進方式、土質、地下水位、輔助工法及施工長度等因素，選擇具耐久性的止水鏡面框。

三、搬運設備

搬運設備的各種機器須定時進行檢查避免發生故障。

(一) 坑內土砂搬運設備

在坑道內掘進土砂的運送有使用土桶的場合必須檢查沒有運行上的障礙；若使用流體輸送、泵壓送及吸泥引輸送等設備應進行檢查。

(二) 坑外土砂搬運設備、天車

由於坑外土砂搬運設備和天車設備，若不進行設備檢查可能引起嚴重的災害，在這些設備的設置和作業時必須符合職業安全衛生的相關法令來確保安全。

四、滑材注入設備

滑材注入設備係用於注入壓力和注入量管理，在使用前進行壓力計等的檢查，使用後要確認完全沒有附著注入材料。

五、電力設備

電力設備必須根據相關規定，進行使用和維護管理，各設備必須安全的運行，

同時要防止作業上發生事故。

推進工程大多數的施工場合，是在高濕度和狹窄的空間內，且放置很多電氣設備的惡劣條件下施工，故須確實的管理及檢查要點如下：

- (一) 電力設備需具備有專業技能的技術人員操作，其它人請勿擅自觸摸。
- (二) 坑內的電力設備大多是潮濕或被泥巴汙染弄髒，容易觸電，所以需有防止觸電的措施，電力設備須使用防水、耐水型的型式。
- (三) 電線須使用符合規定之電纜線，若電線須延長而造成的電壓下降仍應在容許範圍內。為避免坑內吊裝作業影響，電纜線要安裝整齊，並經常檢查有無損壞，。在工地現場施工期短，電力來源為發電機設備，應注意移動、安裝、運轉檢查等作業。
- (四) 使用的發電機的容量需考慮到被連接設備的額定負荷和負荷的啟動容量等，發電機須有一定的容量，若發電機容量較小，馬達啟動時會有較大的啟動電流，發電機的電壓會瞬間下降，同時造成其他設備負荷不正常，電磁開關及繼電器類也會動作不良，其他電動機也會減速和停止，造成照明燈閃爍和水銀燈熄滅等的故障情形。
- (五) 引擎油和冷卻水等在運轉前一定要檢查，避免在作業中造成發電機的中斷。
- (六) 發電機和燃料保管場，要防止管理人員以外的人進入。
- (七) 必要時需採用防噪音型發電機。

六、安衛設備

(一) 通風設備

係以確保坑內工作人員符合安全規定的風量、含氧量及有害氣體的濃度，氣體濃度需達到 CO(一氧化碳)低於 35ppm、H₂S(硫化氫)低於 10ppm、GAS(可燃性氣體)低於 30%(LEL)、O₂(氧氣)介於 18~23%(VOL)等警戒值，人員始可進入作業，且人員在工作井內工作期間，仍應持續進行工作井氣體偵測及通風作業。

(二) 照明設備

需確認工作井內和工作井外的照明是否正常。

(三) 聯絡通信設備

確認各作業人員之間的聯絡通信設備功能是否正常。

(四) 退避設施

可於吊放管材時供井內人員退避遮擋，確保安全。(如右圖所示)



圖 4.1-1 退避設施示意圖

(五) 交通安全設備

1. 活動式工程告示牌、安全圍籬(含路證)、面板、警示燈、交通錐(含連桿)、電動旗手及照明燈等需依交維計畫配置，並經常進行設施位置及警示燈檢查。
2. 工區要經常清潔整理。
3. 為保障用路人的安全，需配置適當的交通維持人員。
4. 需注意交通標誌、號誌、街道燈等周邊設備的安全。
4. 確認行人使用的通道是否符合規定。
6. 確認工程排水順暢。
7. 其它設備

在工作場所，確認是否具備四用氣體偵測器、氧氣筒與呼吸用面罩以及個人安全防護設備(如安全帽、背負式安全帶及反光式背心等)；在工作井內的配管、纜線的吊具等突出部的保護和標示，確認工作井內退避設施及上下用之爬梯的檢查，確保工作井內的安全。

4.1.5 推進作業

一、切削的穩定

在推進工程中切削面的崩潰不僅影響了掘削工作，也會導致切削面上方的地盤鬆散，甚至會導致塌陷，因此必須以適當的方法來穩定切削面的穩定。

二、掘削

原則上先期掘削、少量掘削或是土砂挖掘取入等都不可超挖。

(一) 刃口型(鋼套環推進)和開放型先導管

掘削中為了防止地盤的鬆弛及沉陷，原則上若以刃口和開放型先導管將地

盤進行貫穿掘進，當遭遇堅硬(卵礫石)地盤時，若採強制性推進貫穿恐會產生刃口變形，故需以刃口前端先行挖掘的方式，但須注意防止地盤塌陷。

(二) 掘進機和先導管

屬軟弱地質或地下水充沛之地盤，因擋土與止水較為困難，需使用密閉型的掘進機推進，推進施工時以穩定掘削配合排土量的控制，以不影響地盤為原則。

三、地盤變動防止對策

地盤變動對周邊有很大的影響，所以要做好監測作業，在推進工法中，根據土質條件在掘削、擋土、推進及背填注入等的各項工作需加強管理，以適當方法來防止地盤的變動。

(一) 地盤的變動

1. 避免掘進機前端地面下陷或隆起

推進施工進行切削時，應避免掘進機和先導管的前端產生沉陷；相反的，推進時在前方的地表上也可能產生隆起現象。

2. 避免掘進機後端地面下陷

在掘進機和先導管挖掘完成之後，在軟弱的地盤和自立性較弱的地盤，即使將管材推入同時注入滑材的背填後，地面仍可能發生沉陷的狀況。另刃口推進產生蛇行的超挖修正及等也是沉陷的原因。

3. 地下水位下降導致的脫水壓密沉陷：

若採用點井降低地下水位，長時間抽水後由於地盤孔隙的壓密，將導致地盤下陷，當產生沉陷之情形可採取回水或低壓灌漿措施。

(二) 位移的量測(安全監測)

在推進路線上和兩側的適當範圍內進行設定水準測量，特別是在掘進機和先導管通過之前及之後，都必須進行測量，其測量方法可藉由傾斜計及沉陷釘進行，傾斜計係設置於開挖深度 1.5 倍範圍內之建築物，觀測頻率為工作井施工中每天一次，平時每週一次至工作井回填完成後一個月，沉陷釘係設置於工作井週邊(推進路線上)，觀測頻率同傾斜計(設置原則及觀測頻率係為建議值，可需依工程性質進行調整)。另外，在管通過後的一段時間內仍需進行測量，避免位移。

(三) 防止對策

切削土砂需要適當的切削來避免地盤的變化，因此需採用對應土質的刃口型(鋼套環推進)擋土、掘進機和先導管，而在推進的同時要注入滑材，通過控制切削壓力、泥水壓和添加材的注入產生對抗壓力。在管徑 $\phi 600\text{mm}$ 以上推進完成後要迅速地進行背填灌漿的注入，一般以壓力或吐出量來管理(小於 1 公升/min)。

由於注入量的不足也是地盤變動的原因，所以需進行注入管理；且掘進機和

先導管的製作必須將其外徑和推進管外徑之間的差異降到最低限度。

當鄰近結構物施工時，需通過適當的輔助工法來消除其影響，避免產生地質變動。

四、推進工作

推進作業是對應地層的土質，為了切削、推進管及反力承受等的穩定，一邊進行保護，一邊要配置適當推進力的千斤頂，必須將管正確地向規定的方向、坡度和高度前進。

推進作業時注意要點如下：

(一) 推進設備的管理

推進設備是將千斤頂、配置及油壓單元等，經常保持良好的狀態和管理。

(二) 防止推進管和反力壁的破損

在推進過程中，要考慮推進管的強度，在管的全斷面加上推進力，以剛性高的押輪來推進，使推進管和反力壁都不能受損。

根據土質的狀態等，在推進過程中預測推進阻力會增大的情況下，需要進行滑材注入等以降低推進阻力。

(三) 防止蛇行

在推進時，必須要充分進行測量，保持正確的方向和坡度。發生蛇行的話推進抵抗會增大，超過預測的推進阻力可能是無法推進的原因。

五、推進管理

(一) 刀口型(鋼套環推進)

1. 切削狀況的確認

刀口型(鋼套環推進)推進工法，有關挖掘的土質及地下水等的狀況雖有能夠目視的優點，但若發生挖掘面崩壞的話，不僅會造成坑內作業人員的危險，有時也有波及到地上。故需在推進作業時，經常監視和掌握挖掘面的自立狀況及地下水的出水狀況，若判斷會有危險，應儘快進行擋土，採取讓挖掘面穩定的方法。

2. 推進管理項目

有關刀口型(鋼套環推進)推進工法的推進管理及測量項目如下所示：

表 4.3-1 刀口型推進管理項目表

項目	設備及裝置	測量項目	測量單位
掘進管理	方向控制千斤頂	行程(上、下、左、右)	mm
	測量	X 軸(水平)	mm

		Y 軸(垂直)	mm
	元押千斤頂	推進力 推進速度	kN mm/min
滑材管理	滑材、背填	滑材注入壓力	Mpa
	注入設備	滑材注入量	L/min

(二) 掘進機及先導管共同事項

1. 切削穩定管理

因為切削面崩壞會給地上交通帶來很大的影響，所以切削穩定管理是最重要的管理項目之一，密閉型推進無法觀察切削面，所以要監視掘進機和先導管的扭力等數據，監視扭力數據是否是符合土質和掘進機規格設定的目標值。為了評估設定值是否合適，需對挖掘土量的量測和地表的沉陷量等的數據進行對照判斷。

2. 推進管理項目（共同）

關於掘進機和先導管的推進管理和測量項目如下所示：

表 4.3-2 刃口型推進管理項目（共同）表

項目	設備及裝置	測量項目	測量單位
掘進管理	掘進機	切削面盤扭力	mm
		方向控制千斤頂行程(上、下、左、右)	mm mm
		水平	mm
		垂直	mm
		傾斜	度
		左右偏移角	度
		機身旋轉	度
	元押千斤頂	推進力 推進速度	kN mm/min
滑材管理	滑材、背填	滑材注入壓力	Mpa
	注入設備	滑材注入量	L/min

(三) 泥水式固有的管理項目

1. 挖掘土量的量測

泥水式推進工法是運送泥水、排泥水的循環迴路，無法直接確認掘削土砂的狀況，因此需進行挖掘土量的量測。量測挖掘土量的方法是通過比較掘進機和先導管挖掘土量理論值與泥水循環排出土量進行比較。

切削是否穩定的方法是由送泥管和排泥管上的流量計和密度計來計測。

流量和密度經由管路通過的土質來計算，從排泥側到送泥側的差異，得出挖掘土量(如下列公式)，但是由於檢測值是以瞬間通過的泥土量情況來計算，其計

算結果會不斷的變動。還有切削面的逸泥等也會產生一些誤差。故以推進5~10支管來量測排土量，並觀察測量值的變化進行評估。

$$V = \frac{1}{\gamma_0 - 1} \int_0^1 \{ (\gamma_2 - 1) Q_2 - (\gamma_1 - 1) Q_1 \} dt$$

V：挖土量 (m³)

t：掘削時間 (min)

Q1：送泥流量 (m³/min)

Q2：排泥流量 (m³/min)

ro：地盤密度 (kg/m³)

r1：運送泥密度 (kg/m³)

r2：排泥密度 (kg/m³)

2. 推進管理項目

泥水式固有的管理測量項目如下所示：

表 4.3-3 泥水式推進管理項目表

項目	設備及裝置	測量項目	測量單位
泥水管理	循環裝置	切削壓力	kN/m ³
		送水壓力	kN/m ³
		送排泥濃度	%(重量濃度)
		送排泥流量	m ³ /min
	泥水設備	泥水比重	--
		泥水黏性	S(最終黏性)
		濾水量	M ³
		砂質濃度	%(體積濃度)

(四) 土壓式(泥土壓式)固有的管理項目

1. 挖掘土量的量測

土壓式(泥土壓式)推進工法，將掘進土砂(泥土)充滿切削艙內，一邊管理這些泥土的壓力一邊推進。為了判斷掘進管理土壓是否正常，除了排出土狀況確認之外，還需要通過經緯儀(雷射儀)測量來確認對地表面有無影響。地表面變狀的發生狀況和原因如下所示：

表 4.3-4 土壓式挖掘土量發生狀況及原因表

發生狀況	原因
掘進機	● 挖掘管理的土壓力太高。

前端隆起	● 添加劑的注入量過多。 ● 掘削土砂的取入量太少。
掘進機 前端下陷	● 挖掘管理土壓太低。 ● 切削艙內充滿了太軟的泥土還有多量的水，切削面崩壞。 ● 掘削土砂的取入量太多。
掘進機 後方隆起	● 前端隆起的影響仍然殘留著。 ● 滑材的注入量太多。
掘進機 後方下沉	● 前端下沉的影響仍然殘留著。 ● 對掘進機的超挖所形成空間，填充的滑材注入量太少。

2. 推進管理項目

將土壓式（泥土壓式）固有的管理項目如下所示：

表 4.3-5 土壓式推進管理項目表

項目	設備及裝置	測量項目	測量單位
土壓管理	排土裝置	螺旋輸送機扭力	KN. m
		螺旋輸送機回轉數	rpm
		排出量	m ³ /min
	掘進管理土壓		KN/m ²
	添加材	添加材注入壓	Mpa
	注入設備	添加材注入量	L/min

（五）土質預測之重要性及不同地質結構中之掘進機施作要領

1. 卵礫石地盤

於卵礫石地盤中挖掘時，需注意容易發生切削面的崩壞，並且在掘進機和先導管中很容易發生故障，而主要的對策有防止崩壞的輔助工法和礫石處理方法，作為防止崩壞的輔助工法，有藥液注入工法；在礫石處理方法中，有活動（盤式）切削刃的（首次）破碎及進入切削艙內的（二次）攪碎及分離方法。

在泥水加壓方式上，為了防止因礫石形成排泥管路的閉塞，需要加大管內流速及泥水黏性。

在土壓式（泥土壓式）中，活動（盤式）切削刃的首次破碎及進入切削艙內的攪碎及分離方法之外。除了上述方式之外，針對卵礫石地盤也可使用切削面盤與螺旋輸送分開驅動方式，以增加扭力。

2. 透水性高的地質

對於泥水式，在透水性高的鬆散地盤上，泥水容易流散，造成切削面泥水的效果不佳。此時容易發生切削面的崩壞，相關對策如下所示：

（1）根據情況提高泥水的比重、高黏性，並使用防止流散的材料。

(2) 採用從輸送泥管的流量計和密度計量測挖掘土量的監測方法。

(3) 同時一邊檢查掘進機的負荷狀態一邊進行挖掘。

3. 不透水性的黏土地盤

在堅硬的不溶解性的黏土地盤中，黏土會附著在掘進機和先導管的切削齒和切削面盤上造成無法挖掘。因此需要將掘進機面盤開口率提高、固定切削刀的形狀、黏土難以附著的配置等的結構配置。

還有，在泥水式中，有必要在泥水中加入分散材料(第三磷酸蘇打)等措施。

4. 泥土的性質

泥土太硬的話會損害流動性，造成管路阻塞不能推進，而太軟的話，切削艙內的壓力又無法充分保持。因此，經常保持適當的泥土狀態是有必要的。泥土的狀態在土壓式(及泥土壓式)是由螺旋送機排出的，並經由目視和直接用手觸摸來做判斷。

除此之外，也可用切削扭力和螺旋輸送機的扭力大小來判斷泥土的狀態，泥土狀態的調整是可以經由添加材料的注入量和添加材料的配比改變來進行。

4. 防止切削艙內的阻塞

運轉操作的錯誤或崩壞性非常高的土質，會使攪拌室內被泥沙阻塞以致不能挖掘前進或變得不能掘進。

切削艙內的阻塞很少瞬間發生，大多是拱起現象而逐漸擴大。另外，發生前多伴隨著如下的現象：

- (1) 排土量極端減少，土砂因摩擦而發熱。
- (2) 切削扭矩上升。
- (3) 切削艙內土壓上升
- (4) 推力上升
- (5) 如果發生了以上的現象，可稍增多添加材料注入。但阻塞現象仍持續的時候，就需要用到高壓噴水和壓縮空氣等方式。

6. 障礙物對策

所謂挖掘中的障礙物，就是在切削時，遭遇有流木、木樁、混凝土基樁及巨石等。

大部分的障礙物，在事前調查中是無法預測的。如果遭遇上述障礙物而判斷不能掘進的話，將會採取掘進機前面開挖去除障礙的方法，若無法上方開挖則採用套管方式取出障礙物。

7. 小口徑管推進工法的情況（壓入式、螺旋式，鑽掘式）的相關注意事項

（1）壓入方式

在一次推進中，以不排土方式將土擠到推進管周圍進行壓密，一般適用於軟弱地盤。故在確認適用地質時，推進路線周遭的既設構造物時也須同時確認是否會造成影響。

在先導管推進的過程中，依據地質的不同，管周圍可能會因時間造成土壤壓密，使推力上升而造成無法推進，所以在推進的中途盡量不要中斷直到完成為止。

在二次推進的推進管推進時，為避免在鬆軟的砂質地盤上因地下水位高，可能停止切削盤旋轉後，土砂也會由面盤開口流入，造成取入土量過多的情況，因此須根據土質及地下水位來調整面盤的開口率。

（2）螺旋方式

由於螺旋方式，因為沒有與高地下水壓對抗的裝置，必須特別注意地下水位以下的砂質地盤入土量，在取入土量過多時，需要採用輔助工法來應對。

黏土質地盤，推進中的先導管頭部若附著土，前端阻力會有急劇增加的情況。因為主要的原因是前端部的阻塞，對策是注水讓切削面的土變軟，同時需要調整面盤開口率。

（3）鑽掘方式

因為鑽掘方式先導管前面開放的，對於地下水位以下的砂質地盤，需以輔助工法來進行地盤的穩定處理，而採取輔助工法時可能會有掘土過多的情況，所以必須特別注意出土量。

4.1.6 發進

一、反力板

反力板的功用是承受推進力，用鋼板與推進台一體構築。反力板需有足夠的強度承受發生地質變化和推進蛇行等因素增加之推進力，且不會發生破壞和變形。

反力板千斤頂的面要與推進方向成直角而且必須是平面，如果地質鬆軟的地盤，必須採用輔助工法來作地盤改良。

二、推進台（包括推進驅動裝置）的安裝

推進台必須在工作井內的基礎上施作，而基礎(大底)需依設計圖說確實的施作，在安裝推進台時注意要點如下：

- （一）推進架台設置於測量完成之工作平台上，推進管中心高程須對準鏡面框中心點為基準，因為管材尺寸規格是固定的，須與管材承受之導軌保持平行。推進台也是推進管的乘載架台，必須要安裝堅固且穩定性良好，確保掘進機推進時的方向。

- (二) 掘進機和先導管依土質狀況擇定機種，並於工作井內安裝及試車完成，且掘進機推出鏡面框前，需注意地層的擾動問題，可能發生掘進機沉降的情形，所以掘進機安裝時可稍微上仰，若遭遇砂礫和卵礫石層時，也可能造成推進往上提升，故掘進機安裝時可稍微向下，所以需依據現場推進操作手的判斷來決定。
- (三) 在掘進機和先導管推進施工初期階段時，可能因地質的狀態而向前傾斜造成方向的變化，故需和前項一樣的注意。

三、管材的接合

管材的接合是推進工程中重要的一環必須依照以下順序作業。

(一) 止水橡膠的檢查

檢查止水橡膠有無變形、斷裂及劣化等。

(二) 接合用潤滑劑的塗布

先將推進管的連接部清潔後，以潤滑劑塗布在止水橡膠上。

(三) 吊下推進管

起重機的吊重能力要足夠，需由具有吊掛證照人員操作起重機進行吊掛工作，吊具和鋼索需定期保養檢查。

(四) 電纜、配管等的交替連接

在吊下推進管前，進行照明、動力線、控制線、送排泥管、送排氣管、油壓軟管、土砂搬運設備等交替連接。特別是小口徑管推進工法中，如果管內電纜線等發生故障問題，可考量推進管逐支拉出將故障處理復原或於到達坑反向推進鋼套環銜接至掘進機外側等，繼續完成後續推進作業，所以特別要注意下列事項：

1. 接管時要確認控制電纜、油壓軟管、注入滑材軟管等接合是否正常。
2. 注意先導管、誘導管、推進管的接頭處不要漏水。
3. 推進管接合時，線纜、軟管等要特別注意不能夾在推進管上。
4. 軟管及電纜等要固定好不可妨礙測量。

(五) 兩推進管銜接處避免膠圈及鋼製接頭損壞

為避免止水用橡膠圈捲起及鋼製接頭的破損，推進施工階段，吊放下來的新管材方向與前端推進管之銜接必須平順架設在推進台上。

(六) 推進千斤頂和管材的接合

推進管的安裝完成後，推進千斤頂開始推進作業前需注意鋼圈的平整度，而止水用橡膠要注意膠圈和鋼製接頭的接合情況，如果止水橡膠圈有翻起的情況，

要暫時停止推進工作，將高度和方向的調整完全接合後再開始。

四、掘進機和先導管的試運轉

掘進機和先導管有各種型式，因為操作運轉會有些微的不同，所以必須熟悉對機械功能的操作，以利進行穩定施工。故施工現場與工廠的試車環境不同(濕氣高的環境中使用)，所以推進前必須詳細試車檢查。

掘進機和先導管的共同檢查點如下所述：

- (一) 切削面盤旋轉的確認：正、逆旋轉的確認以及無負荷狀況下旋轉時的馬達電流值(安培)確認。
- (二) 旋轉軸承：有無異音、潤滑油泵浦的運轉狀況、送油系統的確認。
- (三) 計器儀表：正常顯示狀況的確認。
- (四) 千斤頂操作確認：各千斤頂動作的確認。
- (五) 其他：油壓系統動作狀況的確認，配管線有無露出的確認。

除此之外，在泥水加壓式環流管路的檢查、機內旁通閥的作動確認；土壓式(泥土壓式)螺旋輸送機裝置和螺旋輸送閘門裝置的操作確認以及添加材注入口的通水確認。

五、工作井的地盤穩定和鏡面框安裝及破除(破鏡)

在確認切削面的地盤穩定之後(必要時可以鑽孔方式確認地盤改良止水性)，進行入坑鏡面框安裝，安裝完成後需確認鏡面框有無滲漏之情形，而鏡面框之安裝區分為平面式及嵌入式。

- (一) 平面式(資料來源：臺灣公路工程第35卷第12期)：

施工步驟

1. 切除鋼筋混凝土或鋼環等工作井材料
2. 鏡面工安裝需與推進方向垂
3. 地質改良
4. 鏡面工安裝

Step 1 首先將含公端螺絲之鐵製內框，焊接於工作井內預定發進面中心。

Step 2 完成後，於內框上螺絲套上橡皮膠圈。

Step 3 再以鐵製外框將橡皮膠圈套上夾住，並以螺帽固定

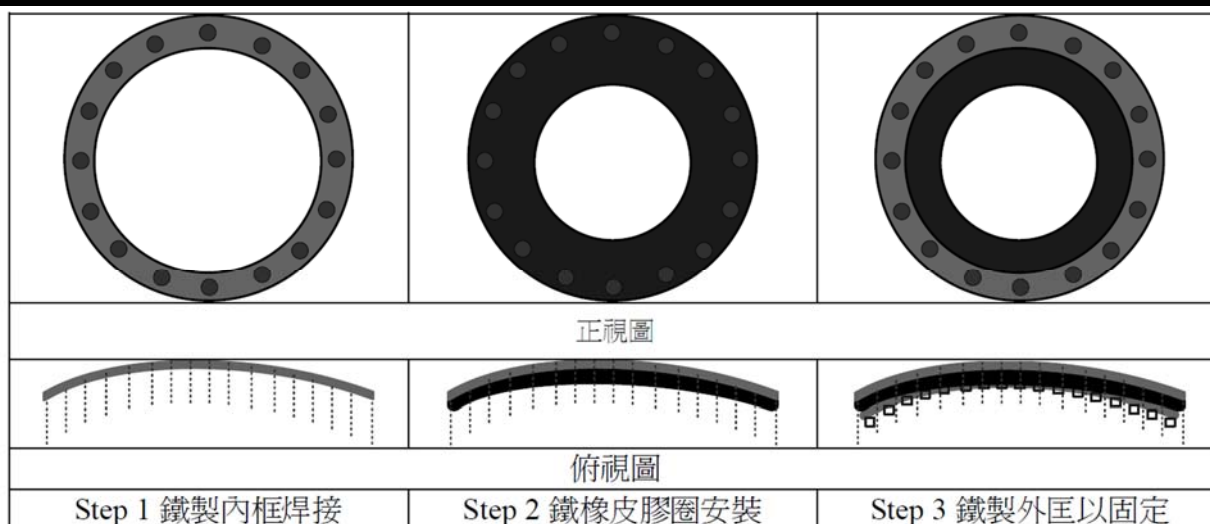


圖 4.1-2 平面式鏡面工安裝步驟圖



圖 4.1-3 平面式鏡面工外觀圖

(二) 嵌入式 (資料來源：臺灣公路工程第 35 卷第 12 期)：

若受限於工作井大小，無法將掘進機驅動部置入工作井內，可安裝嵌入式鏡面框，如圖 4.1-4 示，必要時，可減少圓形工作井所需使用直徑，其施工步驟同平面式 1、2、3。



圖 4.1-4 嵌入式鏡面工外觀圖

4. 鏡面工安裝

Step 1 由於受限工作井尺寸，使掘進機驅動部無法全段置入，可使用嵌入式鏡面。

Step 2 將鏡面範圍鋼環切開略大於鏡面寬度，再將嵌入鏡面深度處地改範圍土壤挖除。

Step 3 焊接固定嵌入式鏡面，利用手動式吊車，使掘進機以傾斜方式置入嵌入式鏡面。

Step 4 安裝完成後，開始進行推進。

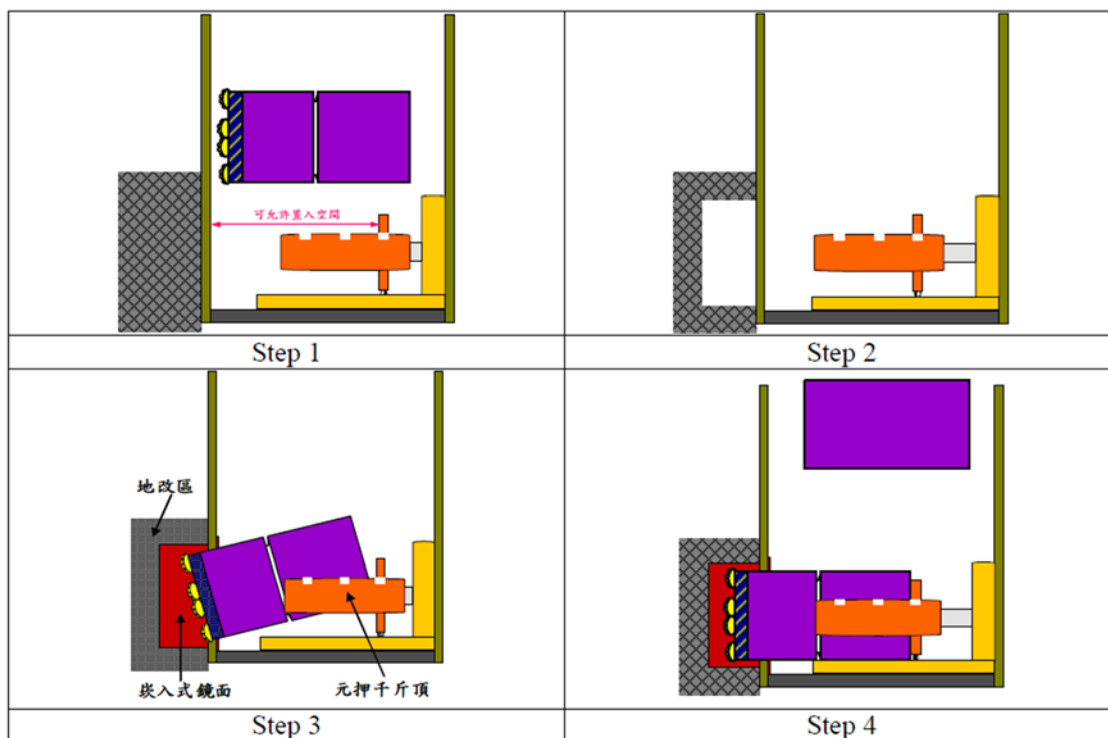


圖 4.1-5 嵌入式鏡面工安裝步驟圖

工作井周邊的地盤在工作井沉設時強度會下降，有時也會形成水路，另外由於無法完全把握正確的地質狀況，所以在鏡面框破除前，再次確認鏡面框有無滲漏之情形。

在鏡面框破除時，要充分確認刃口、掘進機和先導管不會遭遇留置土中未拔鋼板樁等，此時掘進機和先導管的情況要注意鏡面框及鋼環的鐵片不要掉入切削攪拌室內，還有為因應鏡面發生崩潰的狀況，要把刃口、掘進機和先導管頂到鏡面上隨時準備貫入。

短管推進工法都是從圓型推進井至圓型到達井的工法，由於作業空間狹窄，作業性不佳，或切削面的地盤不穩定可能因崩塌導致重大事故，所以在圓型工作井的鏡面框破除時，為了因應地盤的土質和地下水的狀態，要特別慎重的進行輔助工法效果的確認。

六、初期推進階段

當掘進機破鏡進入掘進施工初期，很容易發生掘進機和先導管前端部的下沉和旋轉，所以必須小心的控制速度和運轉操作，且推進架台的結構必須很堅固，才可在推進台設置插銷來作為防止旋轉的措施。

在推進施工初期階段，元押千斤頂復位時形成的空格，必須要注意工作井外的土壓和水壓可能使掘進機和先導管後退，導致地盤沉陷事故。特別是在覆土深度大及地下水壓高的情況下，必須從工作井的壁板作防退支撐後才取下插銷，以防止掘進機及先導管和推進管在千斤頂後退時被退出。

在土壓式（泥土壓式）推進工法中，掘進施工初期，在切削艙內注入添加材並與進入切削艙內的土壤攪拌產生塑性流動化。

在土壓式（泥土壓式）中，採取如下的方法：

- （一）切削盤旋轉時，於掘削的同時徐徐注入添加材，使兩者相互攪拌，形成塑性流動的泥土，充滿切削艙和螺旋輸送機內。

七、當推進停止時切削面的維持穩定

時機：休息日及推進管的安裝時，必須要量測切削面的穩定。

- （一）刃口型（鋼套環推進）

以擋土千斤頂、半月型擋土千斤頂來臨時抑制切削面，除此之外，還有在切削面堆積土的方法、設計放在刃口的角落等。

- （二）泥水式

保持切削面水壓（泥水壓），阻止土砂和地下水自行流入攪拌室內，使切削面水壓等於土砂和地下水產生之壓力，實際壓力值應視現場狀況調整。

(三) 土壓式(泥土壓式)

在攪拌室內和螺旋輸送機內充滿挖掘土砂，阻止土砂和地下水流入攪拌室內，在大型鬆緊閥內注入空氣，利用其壓力，讓土砂的排出通道變窄，維持切削面的穩定。

4.1.7 注入作業

一、滑材注入工

(一) 在注入滑材的時候，必須注意以下事項。

1. 土質條件。
2. 注入工的配置。
3. 注入壓力及注入量。
4. 滑材的流出。

推進管注入工的配置必須考慮到滑材注入處及注入孔朝向，在管周圍均勻地注入滑材。特別是，在周面阻力大的土質中，需在在先導管上設定注入孔，一邊觀察推進力一邊注入定量滑材。

另雖然注入是在推進中進行，但是在一天以上的長時間停止推進的情況下，要注意進行滑材注入時，需避免滑材在接頭部和地盤內逸出或者從工作井鏡面框等處流出。

(二) 滑材

滑材需使用適合地層土質的材料，滑材品質對注入效果有很大程度的影響，如果滑材選定錯誤的話，反而會導致管周面抵抗變大導致反效果。

(三) 注入的方法

滑材要用適當的注入壓力分布到管全周，滑材注入的好壞不僅僅是左右推進速度，且對地盤是否沉陷、土壓是否增大及推進是否蛇行等影響很大，在注入的時候，必須要充分考量滑材的種類、配比、注入壓、注入量等，在土質變化的時候要做適當地選用。

通常，將灌漿泵設置 1.5 吋軟管或者 2 吋軟管壓送，灌漿機、攪拌機、攪拌器、軟管等都要進充分檢查以保持良好狀態，另外注入孔要安裝逆止閥。

滑材的注入量會依土壤的不同而變動，在達到規定的注入壓時，保持其設定的注入壓力。而注入壓也會根據滑材的性質（特別是黏性）也不同，不過一般是注入孔使用 0.1MPa 程度。因注入管容易阻塞，注入用的壓力表需要時常確認。

4.1.8 施工管理

施工中需依切削面土質、地下水的狀況，確認推進管中心線的偏移量，並需依切削面水壓、土壓、排土量、地表面的變動狀況來做適當的調整。

切削狀況及推進管的接頭狀況需與監視同時並做紀錄，在有變動的時候要探明原因並記錄對應方法，以用於後續相同狀況的對應方法。

施工管理的項目如下所述：

一、切削面管理

推進中的切削面穩定管理是最重要的，管理項目如下：

- (一) 依據地質調查結果與挖掘排土做確認比較
- (二) 依據切削面穩定狀況作掘削排土確認
- (三) 湧水量確認
- (四) 測量地表的位移量

推進施工中遭遇下列狀況時，要做地質調查並輔以輔助工法進行施工，必要時需暫時停止施工採取處理對策。

- (一) 地質急遽變化，遭遇與事前地質調查資料不同的地質或碰到高壓地下水。
- (二) 遭遇被埋設(廢棄)的舊河川、舊池塘、古井或者從周邊通過的情形時。
- (三) 遭遇既設下水道、自來水管等漏水或是積水，而造成局部性地盤鬆動且湧水量增加的情形時。

二、推進管理

推進管理重點如下：

- (一) 是否照預定的日進度。
- (二) 推進力是否適當。
- (三) 反力壁的狀況有無異常。
- (四) 管材有無發生異常。
- (五) 推進管位移有無在容許範圍內。
- (六) 各設備狀況有無異常。
- (七) 出土量與掘進速度是否合理。

三、推進管接頭管理

為了防止推進管蛇行、偏壓等造成管端破損、漏水等，需經常檢查管接頭情況，因小口徑工法是有空間侷限性，故需於工作井內確認接頭狀況。

四、滑材注入管理

滑材注入的好壞，不只影響著推進力，且會影響地表面的位移、偏土壓、推進管蛇行等，所以必須做好滑材種類的選用、配比、注入壓力、注入量、注入位置等，另也需在注入滑材時確認推力變化。

五、出坑作業管理

推進管段接近到達井前，需先檢視到達口的鏡面框是否有滲漏情形，當推進機頭推進入坑後，機頭的拆解及吊起需程序施作，另推進管須預留足夠的長度，以供後續人孔底座組裝銜接時使用。

4.2 工作井施工

一、遭遇地下管線的處理

當遭遇地下管線障礙及架空電線時，需與管線單位會勘協調進行遷移或是做防護，地下管線埋設位置和設計圖多少會有些不同，所以施工前必須要做試挖進行確認，且管線遷移可能需要很長時間，可能會影響預定完工日期，所以必須盡早辦理管遷程序。另需依管線單位指示進行遷移、吊掛或是做防護，做好安全措施。

二、工作井的沉設

工作井的選用是依據地質、周邊狀況、使用目的和維持的時間來做考量，一般工作井的沉設是使用圓形鋼環、鋼襯板及沉箱等進行擋土並掘削，且須依地質使用輔助工法，確保施工時不會影響鄰近建築物及地下管線。

工作井因使用時間較長，尤其是推進工作井要反覆承受千斤頂的力量，因此工作井構體要堅固，每節銜接處須全周銲接，且要注意土壤穩定及豪大雨時淹水的情形。

4.3 地下結構物保護及輔助工法

4.3.1 地盤保護

地盤保護是依據各種調查資料，並事先與相關單位進行協商後，建立適當的施工計畫。

一、管道防護

(一) 地盤改良

根據土質調查，選擇適當的注入材料。特別是考慮到車輛的重量、振動等，需要在地盤灌漿(注入材料)，一般來說灌漿是從路基進行，但是如果灌漿不足或從無法從地面上灌漿的情況下，就必須在推進之前進行水平灌漿，且為避免灌漿時地面隆起現象，需注意灌漿時的壓力。

(二) 軌道防護

為避免推進時對軌道產生不好的影響，需在軌道下設置鋼墊板，必要時鋼墊板用鋼管樁來支撐。

二、河川護岸防護

河川的地層一般會有較大的變化，可能有卵礫石，流木及舊護岸等造成無法推進的情況。因這些障礙物的出現造成切削面崩塌的話，可能導致堤防、河床的下沉，因此要考慮到河床的地質條件採取以下措施。

(一) 採用輔助工法使地盤固化和增加地盤的支撐力。

(二) 部分河床的穩定方法。

(三) 與權管單位會勘並提相關保護計畫。

三、橋墩、橋台等保護

在選擇保護方法時，需要對上部結構和下部結構進行調查。橋墩和橋台的防護方法如下：

(一) 鋼管樁打設

用鋼材強化、加深基礎及架設鋼樑等方式來支撐橋樑、橋墩、橋台。

(二) 藥液注入工法

四、地下管線的防護

在施工之前，需與管線單位會勘，確認地下管線埋設的位置及深度等，並進行試挖後，利用吊掛或支撐保護地下結構，或藥液注入工法進行地盤改良等方式進行防護。

在推進工程中需進行監測，如果沉陷量超過安全值，應立即停止推進工作，並採取防護措施。另需注意藥液注入的材料、滑材和背填($\geq \phi 600\text{mm}$)時可能侵入既設管線造成管線閉塞。

4.3.2 搬運工作

一、坑道內搬運作業，為了確保工作人員的安全，需於進行土砂搬運時，時常檢查坑內土砂搬運設備。

坑道內搬運作業是在視線不良的場所內進行的，所以選用的設備必須確保工作人員的安全，且經常進行檢查。

土桶台車或是台車上放置土桶進行土砂搬運的情況下，管內通路的土砂去除和車輪的整備需經常進行保養。另土桶台車和土桶附著的手扶轉倒部份的插銷損壞是造成嚴重的災害的原因，每天至少進行檢查 2 次以上以確認安全，即使稍微有變形也必須進行維修。

採用軌道的情況下，要設置防逸走裝置和行走時的警報裝置，若軌道間的連接不完全，會因為土桶台車脫軌而引起危害，因此需經常進行檢查。

在坑內使用活動的可攜式皮帶輸送機時，從傳送帶中溢出的土砂堆積會使皮帶受損，所以要經常清理土砂，使其保持順暢。另輸送機必須設置緊急停止裝置，且為避免觸電必須有接地裝置和專用的漏電斷電開關。

通過管道的流體運輸，需要保持極限流速。尤其是在石塊多的地層和固結度高的土層、黏土層等容易形成的土質中，需選用較大管徑排泥管徑，另也有必要考量裝設將固結物等破碎或去除的裝置。螺旋送機在使用前需進行檢查是否有變形、焊接處有無裂紋、螺絲牙是否損壞等。

二、坑外搬運作業

在坑外土砂搬出、管的小搬運或吊上下推墊等工作及吊車起重等，需經常進行設備檢查，並需由專業人員進行以確保安全。

土砂搬運設備至坑外的能力，必須滿足運輸挖掘土量。

在小口直徑管推進工法中，因為出土量較少，可以用簡易的旋轉吊車或吊卡車吊起，直接裝入卡車。

在排出土砂量大的情況下，有用吊車直接將土桶吊起裝入卡車的方式及從立坑內直接用抓斗吊起裝載方法等；使用抓土斗的話，其載運出土量是較多的，在吊管下坑、上下推墊安裝等需要有另外的起重機。

因為起重機等結構比較複雜，所以必須製定檢查標準，每天準時進行檢查採取萬全的安全對策，特別是布繩的磨損、起重機吊車的鋼索的表皮有無損傷等也需要注意，特別注意在吊車作業時，工作人員不可在吊重物下方走動。

三、推進管的安裝（水泥管）

（一）搬運和保管

關於搬入的管材，要確認種類、數量及製造日等，並確認管體和鋼環有無損傷、止水橡膠圈的狀態、緩衝材料的規格等。

管材的搬運注意不要產生管體的損傷及鋼環的變形，搬運的時候用鋼索等

確實固定，如果在不固定的狀態下搬運就會導致管材的損傷，並可能會導致危害。

保管時，在平坦的地面上墊上木角材後於上方放置管材。為避免鋼環變形，不能把鋼環直接碰撞到角材。在最下層的管材，要以擋塊固定好防止塌下，並在管材在吊下工作井前再次做同樣的檢查。

（二）卸下管材

管徑 300mm～700mm 的情況下，需準備 2 根吊帶，在管的外周進行二點吊掛。

管徑 800mm 以上的的情況下，如下圖(a)所示以專用定具經由管材 2 個灌漿孔來吊掛，若以鋼索在管中穿過來吊掛的方法下圖(b)所示，會給管材和接頭造成損傷。

水泥管在吊下發進工作井時，必須小心的進行作業，在吊掛放下的途中，推進管旋轉是非常危險的，所以在管端要安裝引導繩且人員需躲至退避設施或已完成之推進管內。

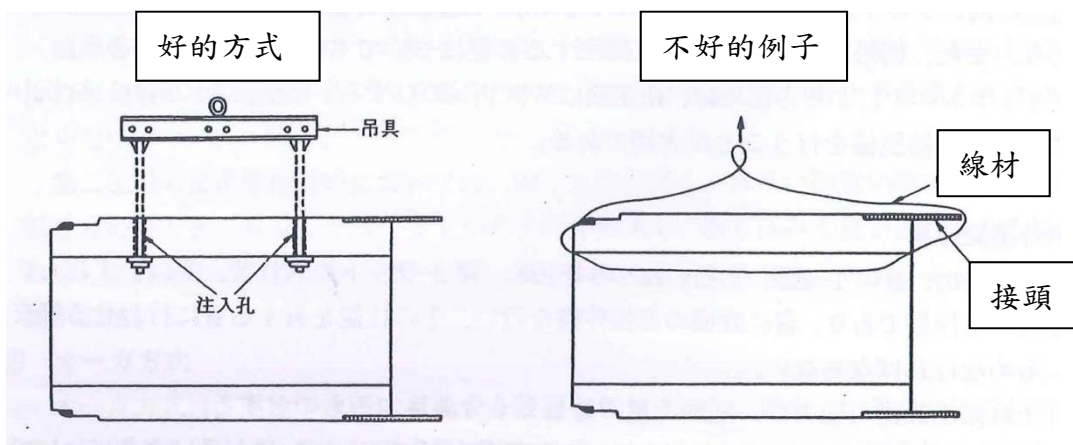


圖 4.3-1 管材吊掛示意圖

（三）管材的接合

向推進的方向，把鋼製接頭放在後側，在推進架台卸下水泥管，通過押環以元押千斤頂向前頂進來裝入接合。

在接合之前需檢查及清掃管材，接頭部充分塗上專用的潤滑劑，在接合的時候，觀察止水橡膠的狀態，並確認在鋼製接頭規定的位置；，需注意如果止水橡膠出現異常會在推進中造成漏水。

四、推進管的安裝（PVC 及 ABS 管）

（一）搬運和保管

1. 搬運

推進工法用 PVC 及 ABS 管（以下稱為塑膠管）時，雖然很輕容易操作使用，但在吊放管材的時候不得把塑膠管直接扔下去。

小搬運的時候不可拖拉塑膠管也不可把直管扛在肩上搬運，如果把塑膠管裝在架台上堆積的時候，要用繩子適當地固定，不要直接碰到架台的角，並以緩衝材料保護，此時需注意繩子的鬆緊和管材的偏離，為了預防手接觸管端的受傷，搬運時請戴上手套。

2. 保管

- (1) 塑膠管的保管場所原則是室內，不得已在室外保管的時候，放在簡單的屋簷下並以塑膠布覆蓋，避免日光直射同時保持著通風良好的狀態或是設定罩棚或不透明覆蓋布，避免陽光直射，另外，選擇平坦的地方，以 10cm 角的枕木約 1m 的間隔錯開堆置，堆積的數量在口徑 150~300 為 5 層以下，直徑 350 以上為 4 層以下（如下圖），在最下層的管材要以擋塊固定防止崩塌造成事故。

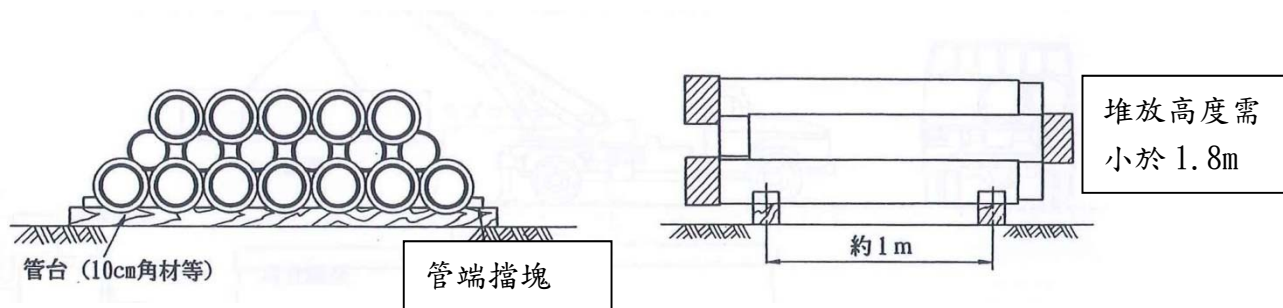


圖 4.3-2 管材堆放示意圖

- (2) 黏合劑及接合劑的保管及操作使用需遵守容器與包裝材料等記載的注意事項。
- (3) 承接口接頭、SUS 接頭、人孔接頭及止水橡膠等零件在室內保管為原則，不得已在室外保管的時候，需以不透明塑膠布覆蓋防止變形和污垢。

3. 管材的切斷和倒角

先頭管的調整和接入人孔的管上端以水泥粉光，需要將管材切斷和倒角的情形，在這種情況下，需按照開削工法的截斷面倒角正確地進行。

(二) 推進用治具的安裝

如果鋼管和送土螺旋管在直管內安裝時，注意不要撞到管端部，並不要直接觸摸到直管內的鋼管和螺旋槳的銳利部分，在管端中有硬的重量物的話，其端面加工部會有有害的碎屑和裂痕，導致不能推進及施工後的漏水原因。另外，鋼管和送土螺旋管要注意鋒利的部分接觸到管內壁的話，會產生裂痕，可能會導致管材強度下降。

(三) 塑膠管的吊放

在確認直管沒有損壞的情況下，依照以下的順序進行吊放。

1. 在塑膠管主體外周上的吊帶採用不會給直管造成損傷的材質（尼龍或布製等），吊帶不能穿過塑膠管內及接頭部分吊掛。且要注意接頭部分，若有髒汙或變形會影響到連接工作和水密性。
2. 如果推進設備需在塑膠管內放入鋼管和送土螺旋管，為了避免滑出，需用繩子固定在直管上。
3. 塑膠管的吊放一般是用吊車或固定式天車進行的，需以水平將直管緩慢地吊起來，根據指揮人員指示移動到工作井上方，一邊注意工作井內的安全一邊緩慢地放下，此時管端面和鋼製接頭不要碰到鋼板和樑（如下圖）。另必須設置安全退避設施，管材吊放時人員需躲至退避設施或已完成之推進管內。

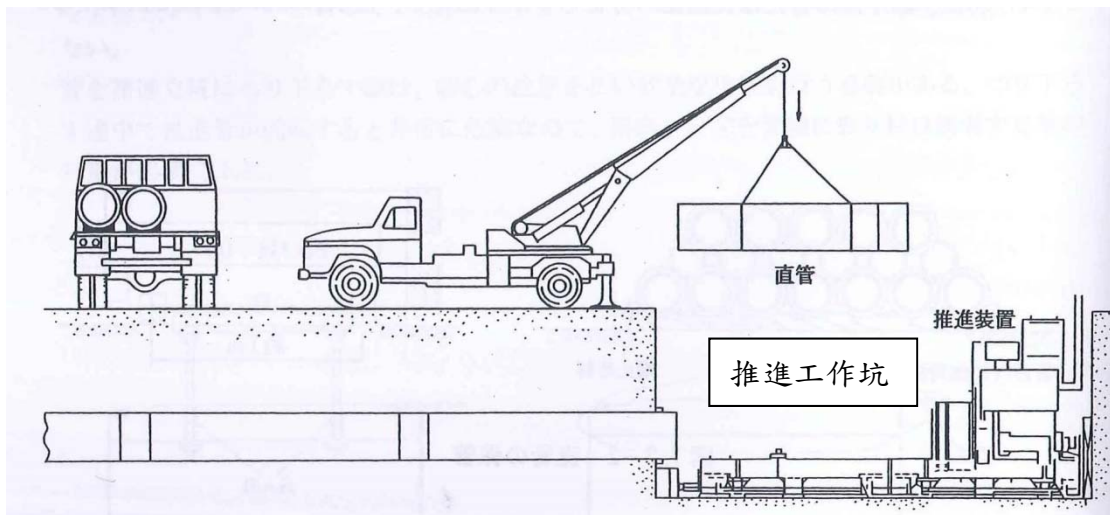


圖 4.3-3 塑膠管堆放示意圖

（四）直管的接合

1. SUS 接頭塑膠管

（a）接合部的清掃

橡膠圈溝和 SUS 接頭的內面潮濕的擦拭並將油、水、砂及泥等清掃。

（b）橡膠圈的確認

橡膠圈接合的機能、橡膠和裝著溝槽、橡膠和 SUS 接頭間的沙土、垃圾等異物會影響水密性。

（c）橡膠圈安裝

橡膠圈是有方向性的，故安裝時要確認

（d）潤滑劑的塗布

在橡膠圈表面和 SUS 接頭內均勻地用刷子塗上潤滑劑。

(e) 塑膠管的插入

將管軸配合承口由後方插入到底。(如下圖)

接合時，接頭表面的 SUS 鋼環和塑膠管之間產生縫隙，屬公差範圍內對功能沒有影響。

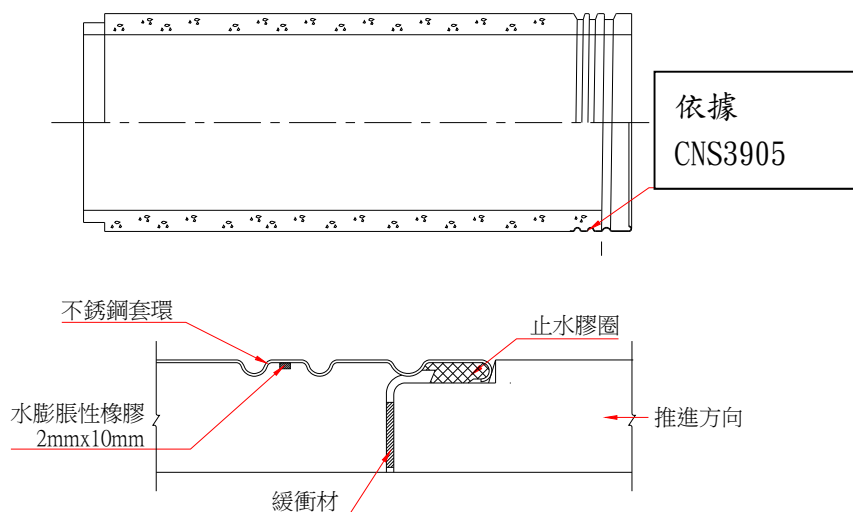


圖 4.3-4 SUS 接頭示意圖

五、推進管的安裝（鋼管）

(一) 搬運和保管

管材的搬運注意不要發生鋼管的損傷及端部的變形，搬運的時候用鋼索確實固定，在不固定的狀態下搬運的話不僅會導致管材的損傷，而且有可能發生危害。

保管的場合原則是在平坦的地上墊上角材，然後放上鋼管。在最下層的管材以擋塊固定管外側，防止崩落。需用防水膠布覆蓋避免雨淋生銹。

(二) 管材的吊放

吊放管材時需用 2 根鋼索，掛在管材的外周，在管材中穿過來吊掛的方法會使鋼繩損傷，也可能發生危害。

把管材吊下發進工作井時必須要小心注意，在吊放管材的過程中，鋼管旋轉會非常危險，所以需將引導繩安裝在管端上引導且人員需躲至退避設施或已完成之推進管內。

(三) 管材的接合

對推進方向以開頭位置為前面，在推進台上吊下後檢查管材，觀察連接頭的接合狀態並清掃。

(四) 佈設鋼管時的注意點

在推進完成後，檢查每一根鋼管的精度(依設計坡度的固定調整墊塊)調整高度，同時佈設主管。

在佈設完成後，將背填材料注入到保護鋼管(先推鋼管再置入塑膠管的場合)和塑膠管(主管)之間的空隙，將鋼管和塑膠管固結在一起。

4.3.3 測量

一、測量的目的

測量的目的是使推進管維持在規定的方向、坡度和高度，並使管渠的功能不被受損。隨著推進經由不斷測量來確保地表位移、道路交通及地下埋設物等不要被影響。

二、測量的種類和其方法

作為測量，有以下幾點：

- (一) 關於地面上的路線和水準測量
- (二) 工作井內的測量

工作井內的路線測量與地面上的路線測量的方法大致上是相同的。

1. 方向的基準點和水準法線的設定

工作井內測量的基準點是在發進工作井的基準面上。因工作井的有效長度短，以這麼短的長度作為水準法線拉長超過1段的長度，所以工作井基準點往下測量的精度很重要。一般是用經緯儀進行，並依據場合使用鋼琴線等垂降測量。還有，水準法線也在立坑內的壁面和基準面上設置。

2. 推進管的中心線和水準測量

推進管的中心測量，原則上每推進一支管至少要測量一次，另外，水準測量是使用經緯儀(雷射儀)，在推進1支管的時候，沿著掘進機的約10m左右的各管兩端部進行測量，尤其是推進10m~20m左右，要全管測量線形和坡度避免發生誤差。

在推進施工初期階段，中心線的測量和水準測量要經常進行，盡早把握掘進機及先導管的特性和土質的性質，現多使用雷射儀進行量測

3. 掘進機和先導管的角度測定

每一支管根據適當的測量儀器來測量掘進機的角度，小口徑管推進工法一般推進速度快，所以在短時間內容易產生計畫線的偏差。由於方向修正的時間點延遲的話蛇行量會增大，所以建議操作手經常使用雷射經緯儀方式掌握先導管在螢幕上的位置，並執行方向修正，所以量測數據的紀錄頻率是如前所述，建議是一支推進管進行一次。

在推進距離長的情況下，在坑道內安裝測量儀器，測距較短的方法精度會較高，另外，由於光學測量儀器的測量方法，在推進中隨時可以得到測量數據，所以在稍有偏差的時候，可以盡早發現並進行方向修正可以確保掘進速度。

在小口徑管推進的情況下，如果使用合適的機型的機種，可在工作井內安裝的雷射經緯儀進行測量。

三、測量作業管理上的注意事項

(一) 使用誤差符合規定的測量儀器

1. 測量前校正測量儀器。
2. 確認工作人員的標尺有無伸出、歪曲以及插入端位置。

(二) 測量儀器是否正確的固定

1. 三腳架需確實固定。
2. 架設位置須於堅固地面。
3. 確認引用正確的基準點。
4. 測量儀器與基準點是否正確。

(三) 由複數的測量者進行核對

1. 單人進行量測時，會有主觀或是先入為主的看法。因此重要的測量，對於基本的測量或多次來回測量中的一部分，可由不同的人去測量核對。
2. 不同的人使用不同的測量儀器進行測量來檢查。

(四) 推進途中的檢查

1. 推進途中進行包括中間點的中心檢查。
2. 長距離的情況下進行多次測量。

(五) 測量距離區間有無溫度差

1. 量測區間有溫度差的話會產生測量值誤差。

四、測量結果的整理、討論、報告及解決方案

伴隨著推進的量測結果，必須每次整理、討論、逐次向工地主任報告。當工地主任認為異常時，必須立即查明原因並討論解決方案。

推進工法常因地下的土質的變化及遭遇障礙物等產生蛇行，所以必須儘早發現並採取對策。因此要儘量頻繁地進行量測，並將其結果立即整理並記錄。在記錄中發現異常的情況，如蛇行和發生其他狀況，必須儘快向工地主任報告並討論解

決方案。關於這種原因和對策需要高度的專業技術，所以工地主任查明原因並和監造單位協商採取方法及對策。

4.3.4 整理

一、工作現場的整理

工程完成時，施工現場必須充分地處理並恢復原狀。整理的內容有下面的數項要注意。

- (一) 工作井挖掘時或在推進中放流到排水溝的水需經沉澱避免直接排放至排水溝，前於施工完成後要清理。
- (二) 懸掛的工程告示牌及工程標誌要撤除。
- (三) 剩餘材料撤出。
- (四) 施工場地需原貌恢復。
- (五) 路面的清掃。

二、鄰近建築物等的調查確認

因在進行推進工程時，周邊的房屋、圍牆及道路等建築物會受到影響，可能造成損傷，所以在工程施工前、中、後需確認施工範圍內的鄰近建築物有無受到影響，如果調查的結果確認建築物有因施工受損的話，必須儘早修理復原。

施工完成撤場後，若所有者發現因工程的原因造成損傷也會造成紛爭，為了避免此情形，完工時與主辦機關進行會勘之後，須委由技師公會進行建築物的調查，請所有者確認異常的位置，如果認為是工程影響有異常而需要確認，則提出施工前拍攝的照片作為依據，在確認後迅速與所有者協商後進行修復。

4.3.5 人孔施築

一、人孔與推進管的接合

推進管是在推進到達工作井進入內壁時推進停止，發進口端是切斷至可接短管及粉光的情況，在切管時要注意不要使管材造成損傷。另外在接短管及粉光的時候要將管材完全地接入押入接頭裡，避免造成漏水。

人孔和管渠的接合部分需注意不要漏水，使用膨脹性止水橡膠圈可以提高止水效果。

接合部管渠的基礎大底是避免地盤沉陷採取的灌漿對策，且為了與管材順接，人孔底部需再進行混凝土澆置。

二、避免人孔和管渠的不對等沉陷

在地面強度較低的地基上，由於人孔的重量和回填土的活荷重，會有人孔和管渠不對等地沉陷的原因，可採取以下提高地耐力的方法：

- (一) 基礎樁的打設。
- (二) 釘木梯狀網基礎工。
- (三) 攪拌混合工法的底盤改良。
- (四) 藥液注入工法的底盤改良。

4.3.6 障礙和對策

一、障礙

推進工法施工時遭遇障礙的主要原因多為調查、設計、地層及施工管理等引起的，大部分遭遇障礙是因為遭遇了意外的土質，主要多為地質調查不足及工法選擇錯誤等。

此時的障礙處理方法是使用注藥地質改良等輔助工法的併用、變更工法、再掘進及中間工作井的增設等。

障礙多半不會僅發生一處而會連鎖發生，為了避免障礙，調查（特別是土質調查）、設計（選擇工法）及施工管理等是很重要的。

(一) 關於推進工程中遭遇的主要障礙如下：

- 1. 無法推進。
- 2. 蛇行。
- 3. 地面變化、塌陷。
- 4. 突然的出水、瓦斯氣的噴出。
- 4. 通電、通信故障。

(二) 發生障礙主要原因如下：

- 1. 調查、設計引起的

因地質調查不足而引起的設計、工法的選定等問題。

- 2. 地層、地下水造成

意外的地層、遭遇障礙物、地下水壓力等。

3. 颱風，豪雨等引起

因淹水、工作井淹水而直接危害機械、電力箱等相關事故。

4. 施工管理等引起

未確實進行蛇行管理、推進力管理、切削面穩定管理。

4. 推進設備等引起

掘進機及先導管的規格不合適、元押設備、滑材注入設備、泥水處理設備故障等。

二、不能推進的情況

不能推進的主要原因和對策如下：

(一) 調查不足

在施工計畫中，調查必須確實地進行，特別是在複合地質的調查，在砂礫石及卵礫石層中必須進行含礫率、最大卵礫石粒徑及透水係數等的調查。對策為增加現場的地質鑽探調查，並藉由開挖工作井時，紀錄地層的變化。

(二) 工法選定的錯誤

在選擇工法的時候，必須根據施工方法選定的土質調查結果來進行，尤其是砂礫石和岩層更需注意工法的選用。

(三) 掘進機和先導管、推進驅動裝置的效能不足或故障

1. 對應土質的機種選擇錯誤。
2. 關於推進中途關於地層的變化(意外的地層、遭遇障礙物)。
3. 切削盤無法旋轉。
4. 切削盤、切削齒的破損與磨耗。
4. 切削艙內阻塞。

(四) 推進能力不足

推進設備必須設置有充分能力的元押推進設備，如果蛇行變大或超過預計的推力阻力會造成無法推進的情況。對策為增加推進施工期間人員的檢查，有蛇行的跡象及早因應。

(五) 推進管強度不足

若推進途中管材破損，要進行補修、補充、更換等是非常困難的，所以必須施工前確認管材的強度。對策為施工前需請技師依據現地土壤性質進行計算，評估可推進長度，以避免產生推進管強度不足情形。

(六) 反力壁的支撐反力不足

若反力壁背面的地質產生鬆動，會造成反力壁移動、產生裂縫、無法承載反力等情形，尤其是立坑較深又是採用螺旋管併用押入時，需要加強反力板背面地質的補強。

(七) 無法進行排土

在鋼環內土砂處於充滿的狀態，土壓平衡的送土螺旋會造成無法旋轉的狀態，必須要注意。對策為必要時須採用注入劑，增加土壤間的潤滑度。

(八) 遭遇障礙物

地下埋埋物、地下結構物、基樁、舊護岸等被埋沒的殘餘結構物及遭遇未拔除的鋼板樁等皆會造成無法推進的情形，所以必須要進行事前調查。對策為施工前與既有管線辦理會勘確認。

(九) 施工管理問題

三、蛇行的情況

推進管發生蛇行的原因有很多，且常有多種原因同時發生，若蛇行變大的話方向修正會變得困難，故需時常確認來防止，推進管蛇行的原因和對策如下：

(一) 掘進機和先導管的特性

在推進施工初期階段要盡早熟悉掘進機（先導管）的蛇行傾向，在之後的推進工作中，必須經常注意這種傾向；另外掘進機（先導管）的駕駛操作需要相當的熟練度。

(二) 切削面周遭的地盤崩壞

發生蛇行的大原因之一就是地盤崩壞，由於地質、地下水壓力的突變、切削面的不穩定（泥水等的管理不足）、接近地下埋埋物、結構物等發生地盤崩壞，在這種情形下必須慎重地以藥液注入工法、地下水位下降工法等輔助工法。

(三) 土質不均勻

在推進中土質發生變化的情況下，必須透過鑽探方法了解土質並採用對應的方式防止管的位移。例如在複合地質中，管會往較軟的土質位移，所以在遇到複合地質時，透過適當的方向控制、掘進速度的管理或地盤改良等可以避免管的位移，另需特別注意在小口徑管推進工法常因土質不均勻容易產生蛇行。

(四) 先行挖掘（刃口型推進工法）

需注意如果土質是全部或部分非常硬的情況，不得已採用刃口型（鋼套環推進）挖掘的場合，掘進時容易造成蛇行。

(五) 元押裝置、推進驅動裝置的安裝和操作錯誤

元押和小口徑管後部有推進驅動裝置，安裝位置有偏差的話，管的軸方向會有偏心荷重作用並造成管蛇行，雖然推了幾支後就會因偏心荷重降低而蛇行也會變少，因此在剛開始推進時推進設備需要注意操作。

(六) 反力壁

反力壁的加壓面和推進方向不成直角的話，管就會產生偏壓，且不只是會造成蛇行還會造成推進管端面的破損。

(七) 測量誤差

施工時儘量多進行測量，因為測量的頻率越高越早發現誤差。

四、蛇行修正

蛇行的修正必須儘快且適當地修正，其方式如下：

(一) 刀口型(鋼套環推進)

利用在刀口上的修正千斤頂裝置來改變刀口的角度，或利用先行挖掘使地盤反力起作用來進行修正。

(二) 掘進機和先導管

改變掘進機和先導管的角度是最廣泛使用的方法，這是使掘進機和先導管對著修正的方向，使掘進機和先導管作用於地盤產生的反力來修正。

在(一)和(二)中地盤反力不足的情況下，需要合併使用藥液注入等的輔助工法，另急劇的方向修正和推進管上的偏壓力加大是導致推進管破損的原因。

推進施工初期階段的蛇行修正和藥液注入等的輔助工法併用，或者採用臨時性的拉回掘進機與先導管後推進管再行掘進的方法或於到達坑反向推進鋼套環銜接至掘進機外側。

五、施工中的推進管損壞的情況

推進管在施工中破損，有如下的主要原因：

(一) 外壓所造成的

1. 土壓荷重

在推進作業管理的場合，管材對地盤的有效支撐角是考慮120度左右，但實際施工時，由於對蛇行修正的先行挖掘及超挖等的影響，此支撐角會變小，當外壓超過管材的耐壓強度會產生管材的裂痕或破損。

另土質的變化及掘削的方法，也會對管材有過大的土壓作用並在管材上產生破損。

2. 覆土載重

在覆土淺的情況下，由於重車輛的通過和重物臨時放置管材在上方地面等，有可能導致增加管材的受壓增加而產生破損。

3. 土質（孤石等）

當遇到孤石和結構物的殘餘及遭遇板樁等會造成管的破損（如下圖），故推進路線需事先進行土質調查和地下結構物的調查。

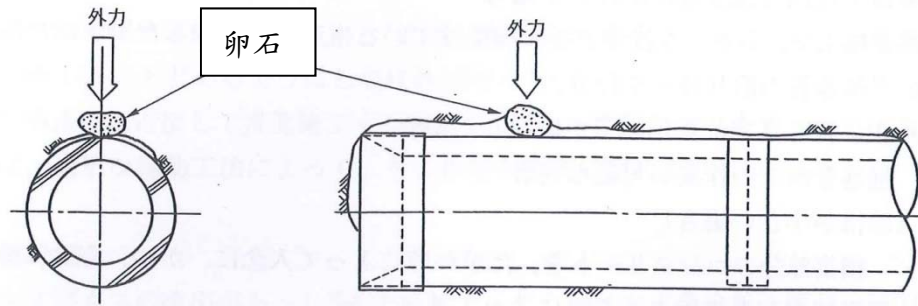


圖 4.3-5 管材遭遇孤石示意圖

（二）推進力造成

1. 加壓方法

在推進時推進力超過推進管的耐壓強度、單支的千斤頂進行點加壓、推進管和押輪沒有平滑地接觸、或者押環的剛性不足的情況下加入推進管端的負荷不平均，在推進管端會產生彎折伴隨著墊環的離散，另外，推進力的方向偏離會變成偏壓力，同樣也是推進管破損的原因。

2. 方向修正

若方向急劇的修正會使推進管接頭部彎曲，推進管與管的接觸面積變小，壓力會集中在這個地方產生破損，所以在方向修正時必須避免急劇的修正，特別是在小口徑管推進工法中，要注意推進管（推進工法主要是用鋼筋混凝土管）的管體產生破損。

3. 先導管的變形（小口徑管推進工法）

在推進施工中先導管受到外壓引起的變形，當先導管變形和推進管受到異常的土壓時會使推進管破損。

4. 其他

在同一推進工作井中的兩向推進，一端推進完成，反向推進時若反力板押在推進管上，既設管可能會有破損，所以要採取充分的防護。

（三）推進管的取用

在推進施工前需再次進行推進管的外觀檢查，避免將推進管搬入現場或在

現場臨時放置時造成推進管損壞的情況。

使用塑膠管時需注意，在低溫時管材會變硬，若在此時受到衝擊的話會在推進時造成管材破損，另管材受到日光直射時，局部積熱會產生變形。

另需注意當鋼管和螺旋送土管安裝在直管內時，在管的內部有鋒利的部分，推進中碰觸會產生割傷。

六、對推進管破損的措施

根據推進管的損壞程度、破損位置進行修補的主要方法如下：

(一) 發進工作井內推進管破損的情況

在推進施工中千斤頂推進力直接造成推進管破損時，不論損壞的程度推進管必須進行更換。

(二) 在推進中被擠進的推進管破損的情況

1. 在推進管內作業的可能情形

在推進管的損壞的地方構築中間工作井及於到達坑反向推進鋼套環銜接至掘進機外側，與新的推進管交換後繼續進行推進施工。

2. 推進管內作業困難的情況

(如果破損小的情況)：在還可以進行推進施工時，經由充分的滑材注入來減少推進力後，進行推進施工在推進完成後，將損壞的推進管推到到達坑，與新的推進管進行更換；或在可以拉出推進管的情況下，合併使用地盤改良方式將掘進機(先導管)拉出。

(破損大的情況)：在推進管的損壞的地方構築中間工作井，與新的推進管交換後，繼續進行推進施工；或變更從到達工作井進行刃口型(鋼套環推進)推進工法，鋼管鑽掘等工法做套管施工。

七、地面變化的情況

為避免地盤變動及塌陷需經常監視地面的變化，如果發生變動需在調查原因的同時檢查挖掘土和排土量，地表面變化不僅影響推進工程的施工精度，而且對道路交通、沿線房屋等帶來損害影響很大。

地表變化的主要原因是如下所示：

(一) 切削面的崩壞。

(二) 過度的挖掘。

(三) 挖土量和排土量未平衡。

(四) 地下水位下降還有脫水壓密沉陷。

(五) 滑材、背填材料的注入量不足或過多。

(六) 其它

1. 對於地盤變動在切削土砂要適當的切削，因此必須要注意挖土量和排土量和泥水情形。且在推進施工的同時需進行滑材注入，但是需注意注入量的過與不足也是地盤變動的原因。
2. 於掘進機和先導管的製作時，機體外徑和推進管外徑的間隙要盡可能的變小，必須把間隙放在最小限度。
3. 在既有結構物周遭進行推進施工時，可能會造成地盤會鬆軟的現象，故要以適當的補助工法除去影響。

八、突發的湧水與瓦斯氣體洩漏

如果有突發的湧水和瓦斯氣體洩漏，應立即進行緊急應變措施並查明原因，然後採取適當的防範措施。

特別是在橫越河川、湖泊等地區進行施工時，必須預先訂定湧水對策，另如果預估可能會有污水的流出和氣體噴出的話也先須訂定應變對策。

為了應對突發的湧水、工業廢水的流出、煤氣的洩漏，在做土質、水脈的調查時，可在科技工廠附近進行水質檢查、有無瓦斯管線等基本調查，在挖掘時也需要特別注意。

另外發生工安意外時，可能會導致嚴重的事故，所以需為工作人員做好避難的方法和措施。

突發的湧水、瓦斯氣體洩漏及工業廢水流出等產生原因如下：

(一) 湧水

1. 由於地層的急劇變化遇到了地下水壓力。
2. 舊河川地遭遇地下水脈的情況。
3. 在靠近河川、水路可能會有地層鬆軟的情形。
4. 在堤坊、橋墩、橋台等構造物的基礎礫石可能會與河川相通形成水路。
4. 由於大豪雨導致工作井被水入侵的情況。

(二) 工業廢水流出、瓦斯氣體洩漏

1. 工業廢水滲透到地下水中混合，因其強鹼性、弱酸性流到切削面
2. 遭遇瓦斯管線導致瓦斯氣體洩漏。

3. 遭遇古井時因其充滿瓦斯氣體，因掘進機和先導管的掘削接近造成地層鬆軟，而從切削面進入及洩漏。
4. 早期池塘填埋後由於池塘底部的泥土腐敗，因掘進機攪拌擾動造成氣體流出。

突發的湧水、瓦斯氣體洩漏及工業廢水流出的對策如下：

（一）湧水對策

1. 土砂的流出，把出水控制在最小限度。
2. 在湧水多的情況時，為了防止土砂的崩塌，在緊急時於推進管內灌水撐住。
3. 將速硬性的材料注入地盤內，使地盤內水的流動能減少。

（二）工業廢水流出及瓦斯氣洩漏的對策

根據基本調查的結果，在可能有工業廢水流出的情況下需事前進行地盤改良。

關於瓦斯氣洩漏時必須要通過送風來排除，如果擔心有爆炸性氣體（甲烷）噴出的情況下，掘進機、照明器具等必須採防爆式，並配備自動檢測器、緊急通報裝置、電氣設備等做萬全的對策來進行施工。

萬一在施工中發生工業廢水湧出或瓦斯氣噴出的情況，因會危害職業安全，所以避難為第一考量，然後迅速地做流出水的中和作業、再次的地盤改良，或者用送風機的將噴出氣體排除等緊急措施。

第五章 職業安全衛生設備

5.1 設備簡介

5.1.1 職業安全衛生設備簡介

一、退避設施

下管時供井內人員退避遮擋。



圖 5.1-1 退避設施示意圖

二、工作井坑周欄杆及腳趾板

防止工作井開口處人員摔落；防止物及物品於開口處掉落。



雜

圖 5.1-2 工作井坑周欄杆及腳趾板示意圖

三、工作井爬梯

提供作業人員上下工作井之用。



圖 5.1-3 工作井爬梯示意圖

四、防墜網

防止作業人員由開口處墜落。



圖 5.1-4 防墜網示意圖

五、捲揚式防墜器

使用於高空作業且具有墜落之虞的作業場所，當作業人員從高處墜落時，防墜器內部的制動器能卡住棘輪裝置，阻止救生索進一步伸出，使作業人員瞬間停住於半空中，等待救援。



圖 5.1-5 捲揚式防墜器防墜器示意圖

六、安全帽

保護作業人員的頭部。



圖 5.1-6 安全帽示意圖

七、反光背心

於夜晚或視線不佳時，可明確辨識作業人員之位置。



圖 5.1-7 反光背心示意圖

八、背負式安全帶

背負式安全帶常與捲揚式防墜器一起搭配使用，使用於高空作業且具有墜落之虞的作業場所，當作業人員從高處墜落時，背負式安全帶能有效分散墜落衝擊力量，減少內臟傷害且能使救援容易。



圖 5.1-8 背負式安全帶示意圖

九、氣體偵測器

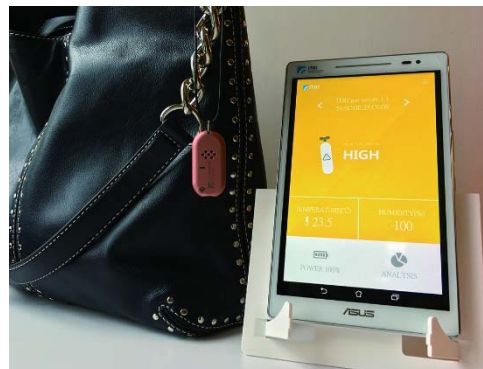
偵測工作井內之可燃性氣體、有毒氣體及氧氣濃度是否符合規定。



圖 5.1-9 氣體偵測器示意圖

十、攜帶式氣體偵測器與警報器

供人員隨身配帶，偵測工作井內可燃性氣體、有毒氣體及氧氣濃度是否符合規定。



照片來源：國研院

圖 5.1-10 攜帶式氣體偵測器與警報器示意圖

十一、對講機

提供局限空間內外或距離較遠之作業人員溝通聯繫。



圖 5.1-11 對講機示意圖

十二、 漏電斷路器

是保護電器設備發生微小的漏電或過載時，能夠瞬間將電源自動跳脫斷電，來防止人員受到電擊，或設備燒毀，造成火災的一種電器安全裝置。



圖 5.1-12 漏電斷路器示意圖

十三、 滅火器

一種可携式滅火工具，滅火器內藏化學物品，用以救滅火警。



圖 5.1-13 滅火器示意圖

十四、 抽水機

用來預防突發性湧水。



圖 5.1-14 抽水機示意圖

十五、安全鞋

個人安全設備，可以保護腳趾及腳底板避免受傷。



圖 5.1-15 安全鞋示意圖

十六、接地銅棒

可以將電源引接大地，才不會造成作業人員有觸電的虞慮。



圖 5.1-16 接地銅棒示意圖

十七、蜂鳴器

產生聲音的信號裝置，確保天車在操作時作業人員能知悉，避免位於吊掛物品下方。



圖 5.1-17 蜂鳴器示意圖

十八、 氣體鋼瓶固定架及遮陽裝置

使氣體鋼瓶固定避免氣體鋼瓶傾倒
產生危險及避免太陽直射造成鋼瓶發熱
產生危險。



圖 5.1-18 氣體鋼瓶固定示意圖

十九、 空氣鋼瓶及面罩

提供災害發生時，進入局限空間救難
人員配戴。



圖 5.1-19 空氣鋼瓶及面罩示意圖

二十、 防回火裝置

防回火裝置的核心元件就是用球形不銹鋼粉燒結成的不銹鋼止火管，此元件相當一金屬海棉材料的管狀物，當在焊接過程中發生回火時，火焰通過火焰熄滅器時會自然熄滅，從而達到防止回火的目的。



圖 5.1-20 防回火裝置示意圖

二十一、 天車吊重標示

避免天車吊掛過重之物品，造成物品掉落產生危險。

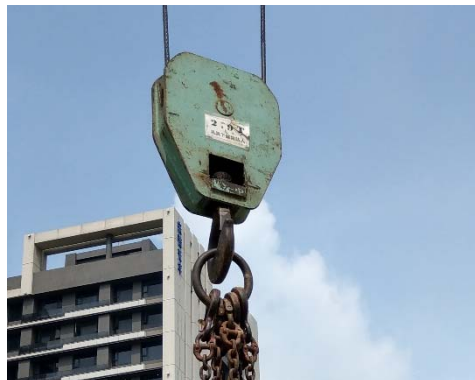


圖 5.1-21 天車吊重標示示意圖

二十二、 通風設備

用來進行工作井或人孔內之通風用，工作人員在進入工作井或人孔內前需進行通風作業，使有害氣體降低及提升氧氣濃度。



圖 5.1-22 通風設備示意圖

二十三、 個人生命警報器

可偵測使用者是否動作，若一定時間內無動作則發出預警警報，再過一定時間未動作則發出高分貝警報，並可即時回報至地面上之主管，立即進行搶救。



資料來源：<https://www.ceachain.com.tw>

圖 5.1-23 生命警報器

二十四、 局限空間作業場所注意事項公告

局限空間作業場所注意事項公告				
工程名稱				
施工單位		聯絡		
監造單位		電話		
作業項目				
施 工 須 知	缺氧中毒虞	1. 氧氣含量不足 2. 含有危害氣體		
	應採取之安全措施	1. 氣體測定、紀錄 2. 通風換氣(15分鐘以上) 3. 氣體再測定、紀錄 4. 安全護欄 5. 嚴禁任何火種 6. 安全上下設備 7. 通訊設施 8. 交通管制 9. 作業人員退出管制		
	緊急應變措施及聯絡電話	1. 現場急救 2. 迅速送醫 3. 人員送醫至安全場所 4. 禁止非救援人員進入 5. 消防局：119 6. 警察局：110 7. 醫院 電話：		
	安全護具設置處所	1. 空氣呼吸器、救急套、救生用三腳架、滅火器、急救箱等，置於作業場所旁。 2. 降落傘式安全帶、安全帽(鞋)、氣體測定器、對講機等，作業人員隨身配戴。		
	缺氧作業主管姓名及電話	急救人員姓名及電話		
備 註	有害氣體種類及濃度標準	氧氣 18% 以上	一氧化碳 35PPM 以下	硫化氫 10PPM 以下
	每日測定值			
	1. 嚴禁非從事作業相關人員擅自進入本場所。 2. 作業人員應依規定配戴安全防護具，始得從事相關作業。 3. 本公告係依據勞工安全衛生法規「缺氧症預防規則第十八條」之規定辦理。			

圖 5.1-24 局限空間作業場所注意事項公告示意圖

二十五、 局限空間作業人員管制表

管制局限空間進出人
員。

局限空間作業人員進出管制表

施作場所：施作廠商：日期： 年 月 日

施作廠商現場負責人：缺氧作業主管：安全衛生管理人員：

姓 名	進入時間	離開時間	進入時間	離開時間	進入時間	離開時間	進入時間	離開時間	進入時間	離開時間

1. 人員進出須確實填寫時間
2. 施工完請交回存查

圖 5.1-25 局限空間作業人員管制表示意圖

第六章 虛擬實境模擬訓練系統

6.1 虛擬實境模擬訓練系統簡介

本虛擬實境模擬訓練系統以泥水推進模式為主要訓練內容，分為 VR 模擬訓練以及模擬控制台訓練兩種模式。第一種 VR 模擬訓練，學員透過配戴 VR 頭戴顯示器，進行設備檢查及試運轉、職安作業以及體驗發進井工作訓練如管材之搬運移動、吊管、下溝、管線處理等工作井內的推進作業內容，藉由虛擬實境的方式讓學員體會下水道推進的工序，以加速了解整個作業的流程。

除了在發進井的 VR 訓練模式外，還有操作手的模擬控制台訓練，學員透過操作實體模擬控制台，學習如何控制推進速度、油壓轉數及送排泥管旁通等操作，並體會數種不同推進障礙如遭遇流木、孤石等狀況去熟悉如何進行推進控制以及障礙排除。兩種不同身份的學員可同步進行訓練，並依據不同的地質條件以及推進障礙，學習如何用操作控制台以及 VR 虛擬實境的方式來因應各種狀況。本系統之主要功能如下圖所示，整個模擬系統共包括發進井工作人員、控制台工作人員以及系統管理人員三種主要角色，並各自有不同的功能項目：

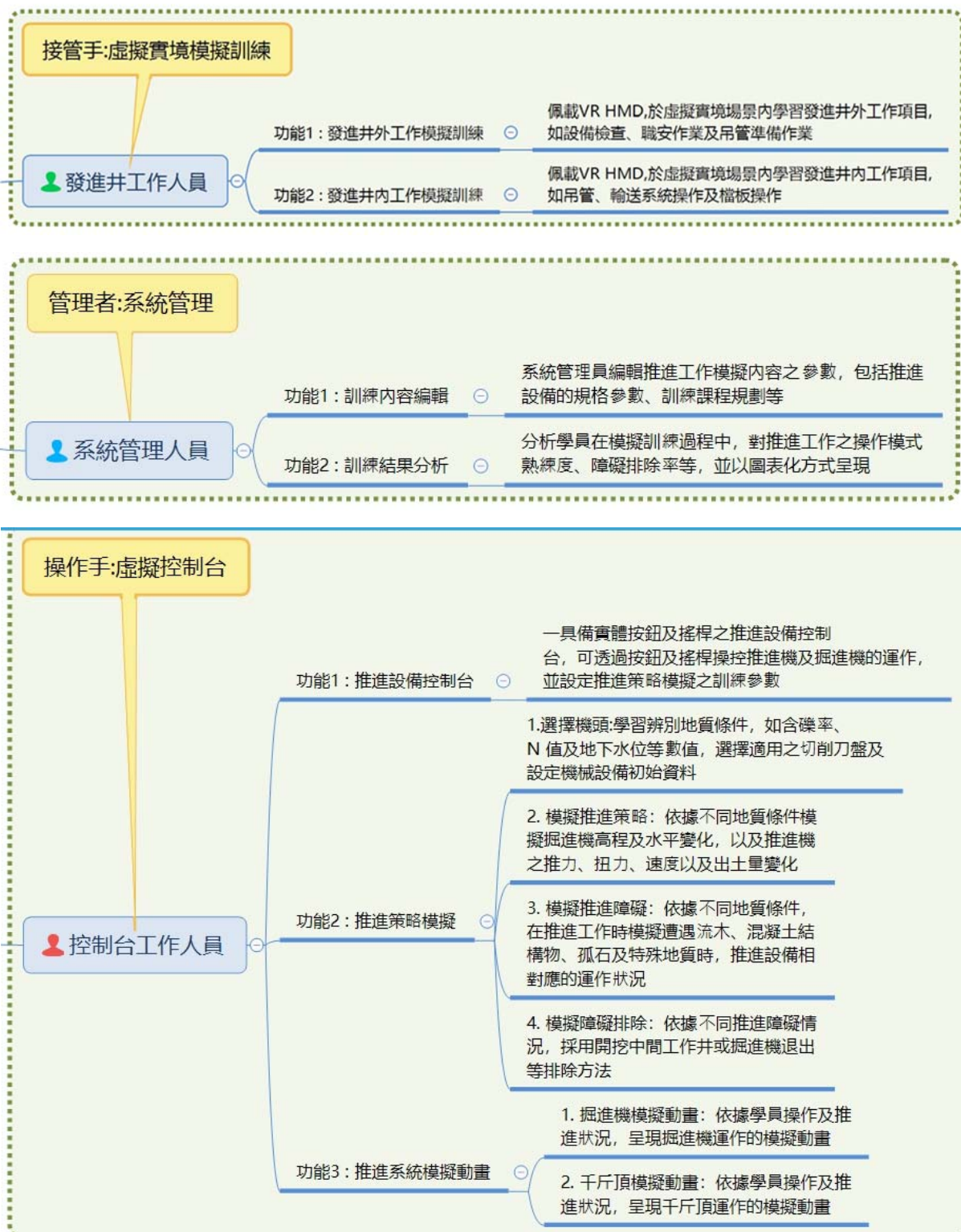


圖 6.1-1 虛擬實境模擬訓練系統功能，依使用者類別區分

6.1.1 發進井工作人員功能

- 一、功能一：地質分析模擬訓練，佩戴 VR HMD，學習辨別地質條件，如含礫率、N 值及地下水位等數值，選擇適用之切削刀盤。
- 二、功能二：發進井內工作模擬訓練，佩戴 VR HMD，於虛擬實境場景內學習發進井內工作項目，如管材之搬運移動、吊管、定位、接軌及出土。

6.1.2 控制台工作人員

- 一、功能一：推進設備控制台，一具備實體按鈕及搖桿之推進設備控制台，可透過按鈕及搖桿操控推進機及掘進機的運作，並設定推進策略模擬之訓練參數
- 二、功能二：推進策略模擬
 - (一)模擬推進策略：依據不同地質條件模擬掘進機高程及水平變化，以及推進機之推力、扭力、速度以及出土量變化。
 - (二)模擬推進障礙：依據不同地質條件，在推進工作時模擬遭遇流木、混凝土結構物、孤石及特殊地質時，推進設備相對應的運作狀況。
- 三、功能三：推進機具模擬動畫
 - (一)掘進機模擬動畫：依據學員操作及推進狀況，呈現掘進機運作的模擬動畫。
 - (二)推進系統模擬動畫：依據學員操作及推進狀況，呈現推進系統運作的模擬動畫。

6.1.3 系統管理人員

- 一、功能一：訓練內容編輯，系統管理員編輯推進工作模擬內容之參數，包括推進設備的規格參數、訓練課程規劃等。
- 二、功能二：訓練結果分析，分析學員在模擬訓練過程中，對推進工作之操作模式熟練度、障礙排除率等，並以圖表化方式呈現。

6.2 VR 模擬訓練系統規劃方法

本 VR 虛擬實境模擬訓練系統主要是以工作人員在發進井的作業為主，因此現場作業的實際情況便非常重要，系統的前期作業將會以實地場堪再加上專家訪談的方式，匯集實地的作業方式及相關設備。在匯集了實地的作業工序以及專家意見之後，便會開始著手進行模擬系統的開發規劃。本模擬系統將採用國產 HTC VIVE 頭戴顯示器，結合 Unity3D 開發工具，結合 3DsMax 的 3D 模型打造擬真的下水道推進場景。由於發進井分為井上以及井下的作業模式，加上需要雙手進行細部的操作，因此本虛擬實境的模擬系統的訓練模式將改變傳統使用手把的方法，而採用釋放雙手的方式進行，讓學員可以感受擬真的

操作感。



圖 6.2-1 虛擬實境模擬訓練軟硬體及 3D 場景示意圖

6.3 模擬訓練系統硬體介接方法

本模擬訓練系統總共包含了 VR 模擬訓練以及控制台訓練兩種模式，主要的器具包括 HTC Vive、Leap Motion、模擬控制台(包含 PC 以及 3 台螢幕)，為了實現此兩種模式的訓練，必須將模擬內容以及控制台的操控訊息串接起來，主要的設備連結方法如下圖所示，其中控制台的控制面盤以 Ethernet 與控制台主機 PC 連結，2 台 LCD 螢幕以 Display port 連結，觸控螢幕則以 HDMI 連結。VR 模擬則採用背包式電腦，並經由 Local Network 連接(可以為 2.4G/5.8G 或 60G Hz)無線傳輸，VR 頭盔則以 Display port 與背包式電腦連結，應用手勢辨識的 Leap Motion 則透過 USB 與背包式電腦連結。

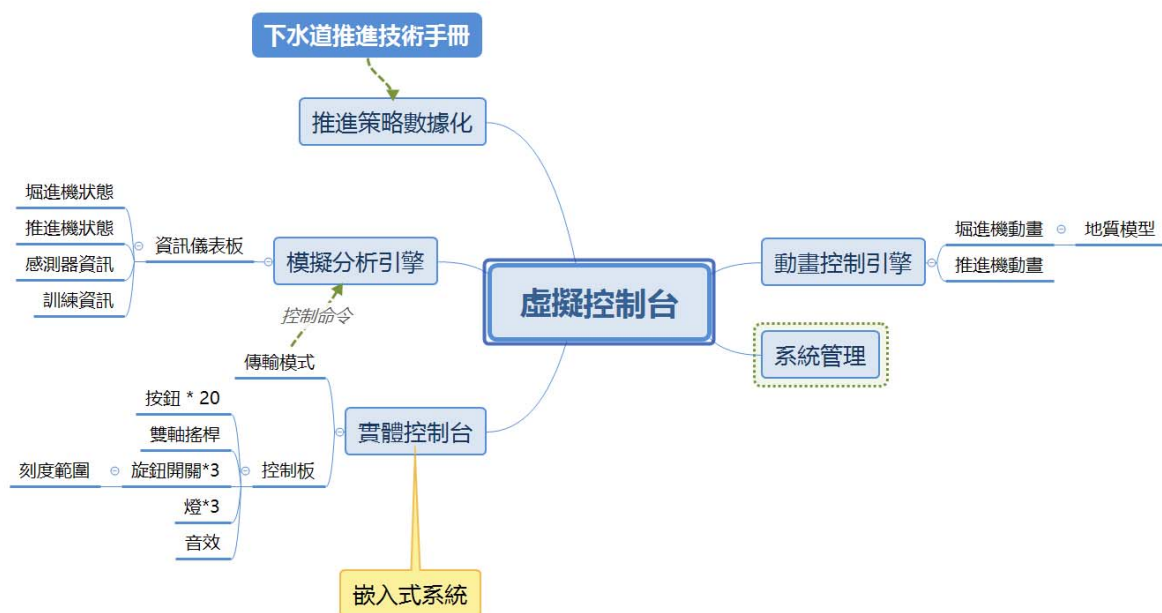


圖 6.3-1 模擬控制台架構示意圖

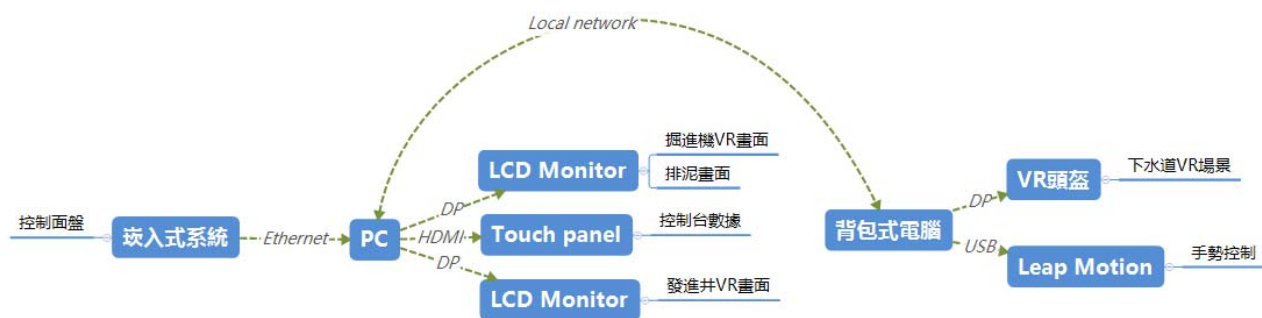


圖 6.3-2 硬體介接方法與資料流程圖

6.4 模擬訓練系統場景及模型說明

模擬系統的 3D 場景及模型共分成四個部份，分別為推進機動畫、掘進機頭動畫、發進井場景以及靜態模型。

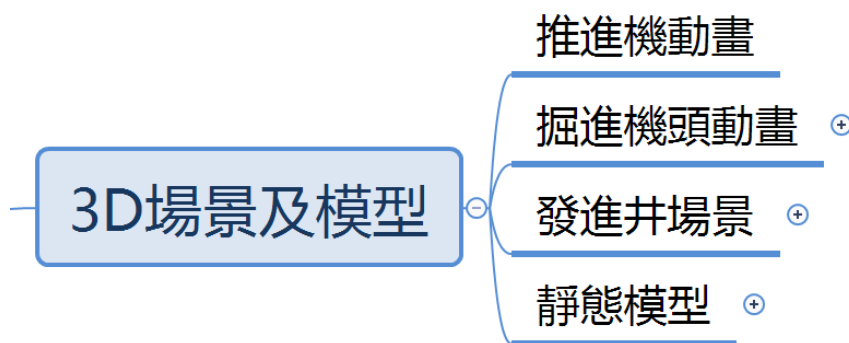


圖 6.4-1 3D 場景及模型規劃圖

6.4.1 推進機動畫

推進機動畫主要呈現推進機在前進以及後退時的動畫內容，同時配合 Stopper 的位置，來實現不同位置的推進距離。

6.4.2 掘進機頭動畫

掘進機頭動畫主要呈現掘進機頭在面對不同地質的動畫內容，系統共計四種不同的切削面盤，分別為砂質土或粘質土面盤、礫質土面盤、卵礫石層面盤以及岩盤面盤。另外地質則區分為一般地質以及特殊地質如流木、孤石或混凝土結構物等。

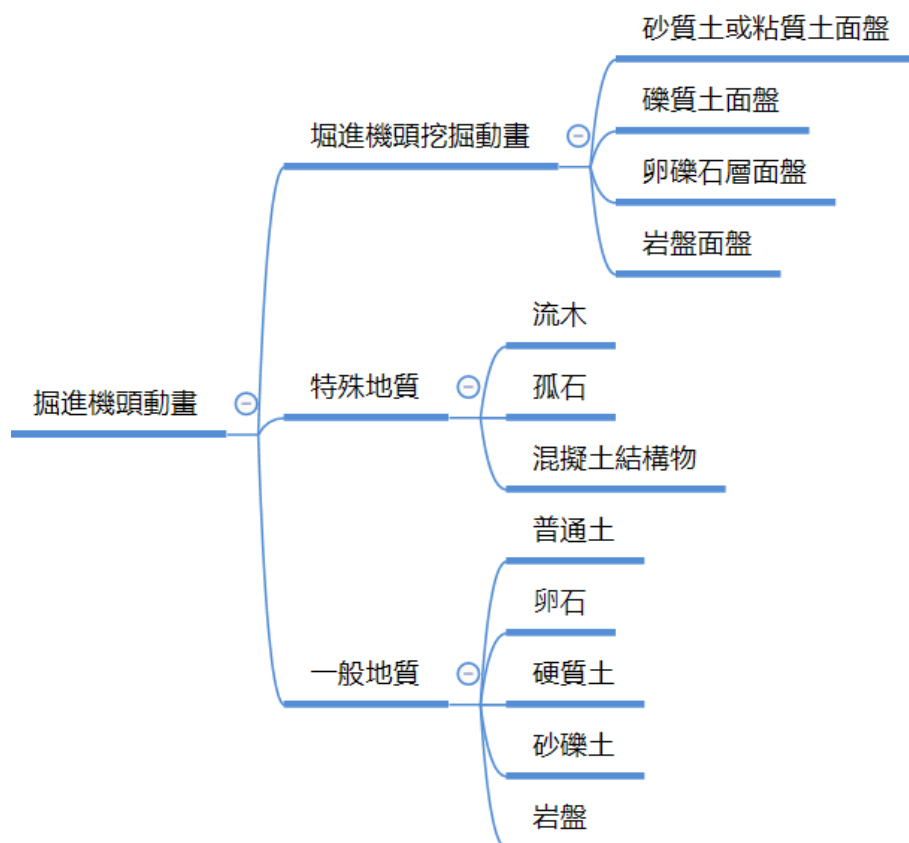


圖 6.4-2 掘進機頭動畫規劃圖

6.4.3 發進井場景

發進井是主要的 VR 模擬場景，其中包括推進機外還包括了保護網、管材、反力牆、出土物等物品，以及相關的音效包括機器運作聲及環境聲。

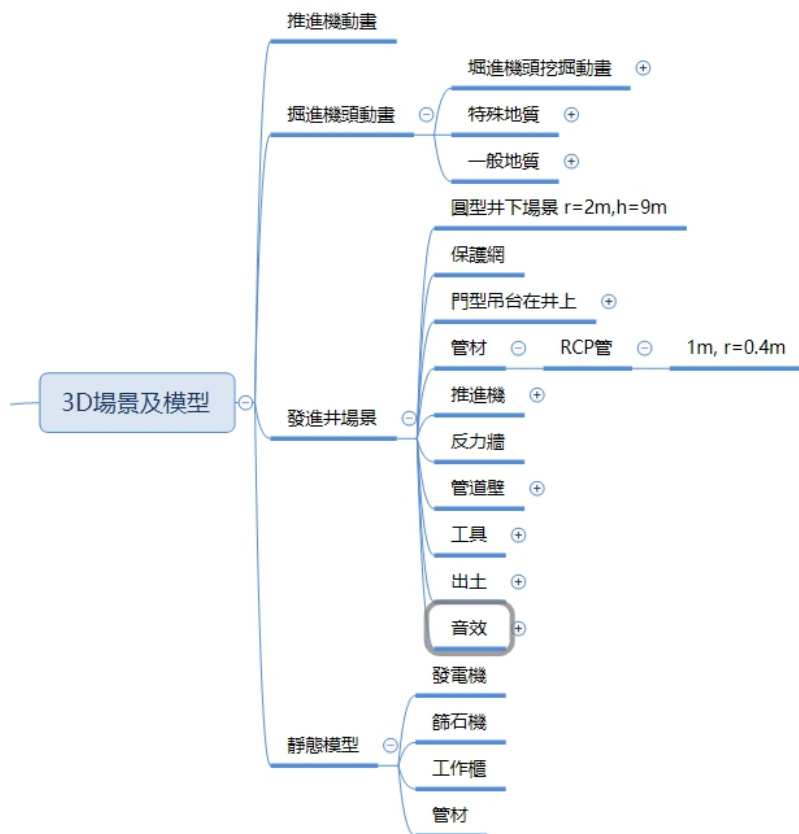


圖 6.4-3 發進井場景模型規劃圖

6.4.4 靜態模型

靜態模型主要包括在發進井外的一些設備及材料，主要的有發電機、篩石機、工作櫃以及備用管材等。

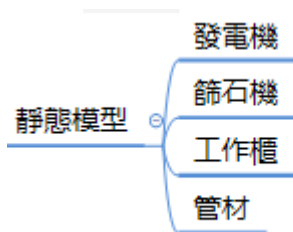


圖 6.4-4 靜態模型規劃

6.5 模擬訓練系統腳本說明

本系統的訓練學員分為接管手以及操作手，在管理者設定好訓練參數後，便會依據參數產生訓練腳本參數，並個別傳送給 VR 以及模擬控制台。接管手在配戴 VR 頭顯裝置前，先確認 VR 裝置以及畫面訊息是否正確後便可開始模擬訓練。而操作手則檢查操作面盤以及螢幕內容是否正確後進入模擬訓練，一開始為正常推進，再依據訓練腳本產生推進障礙的狀況，透過提示及引導方式由學員排除後計算模擬結果。

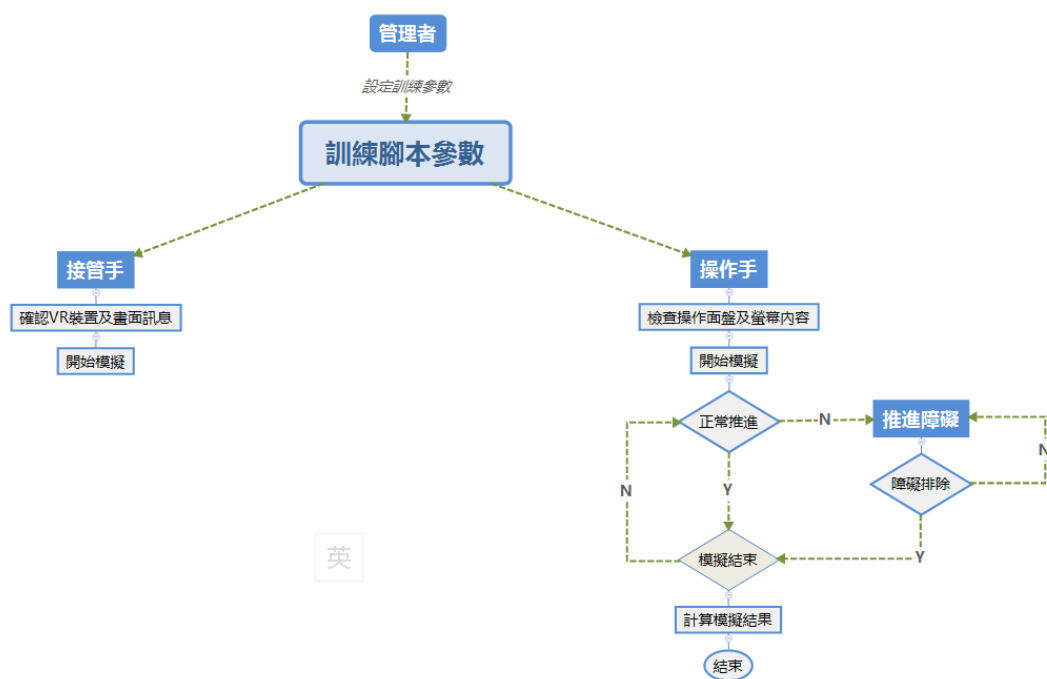


圖 6.5-1 訓練腳本流程規劃

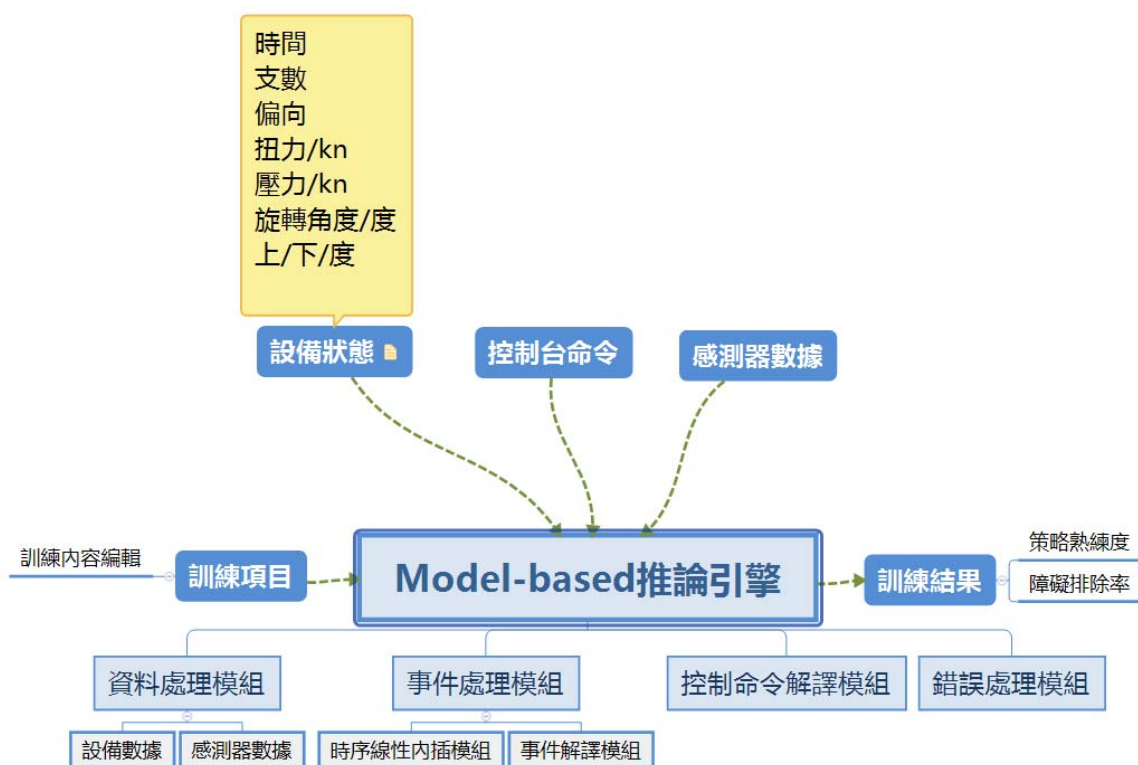


圖 6.5-2 Model-based 推論引擎架構圖

VR 模擬訓練腳本總共有掘進機型式選擇、設備檢查及測試運轉、職安作業、吊管作業以及輸送系統作業。

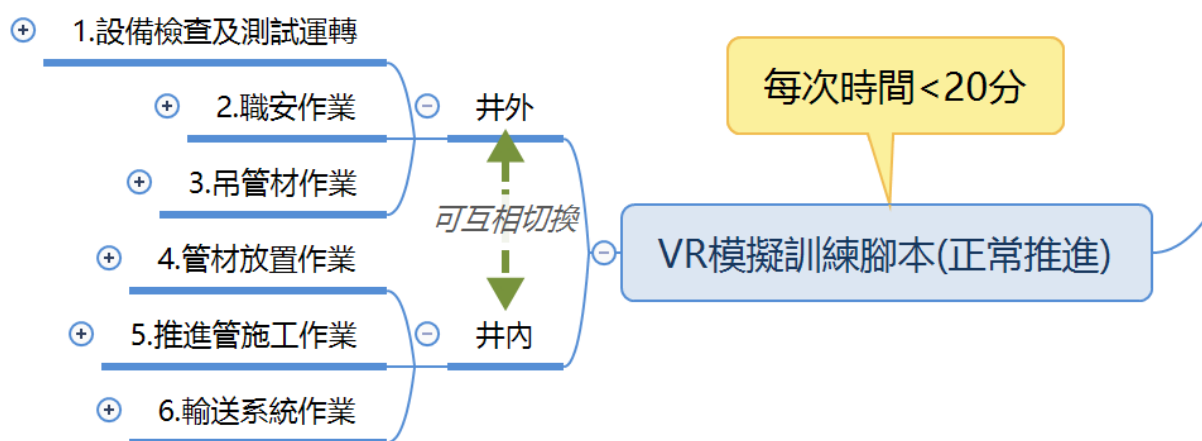


圖 6.5-3 VR 模擬訓練腳本示意圖

6.5.1 設備檢查及測試運轉

設備檢查是推進工作的重要工作，特別是掘進機、油壓機及送排泥裝置的檢查，另外天車的操作悠關人員的安全，更是要詳細檢查的部份。

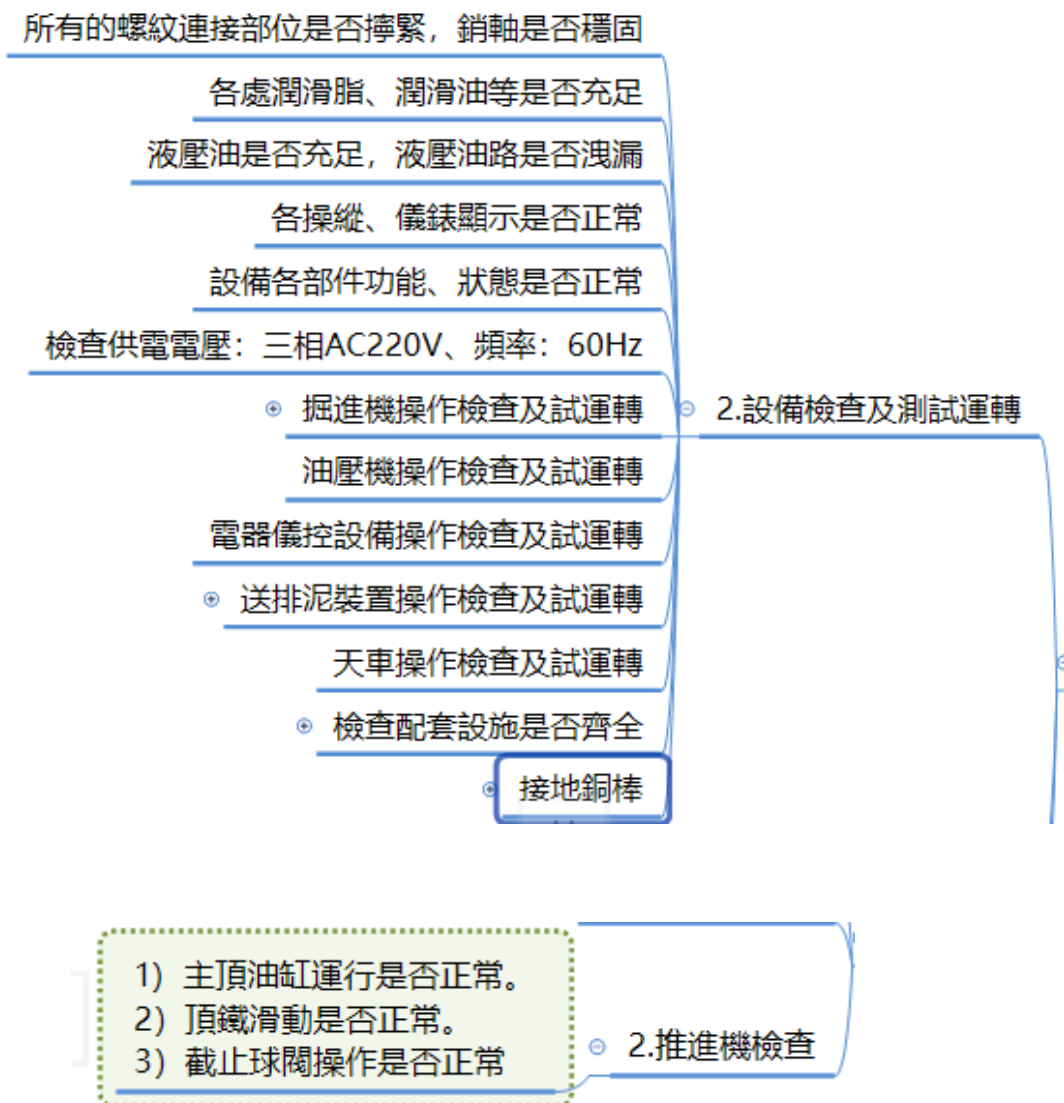


圖 6.5-4 設備檢查及測試運轉/推進機檢查示意圖

6.5.2 職安作業

推進工作現場的主要安全裝置，包括氣體偵測器、消防設備、安全吊索以及安全帽都是需要確認的項目。

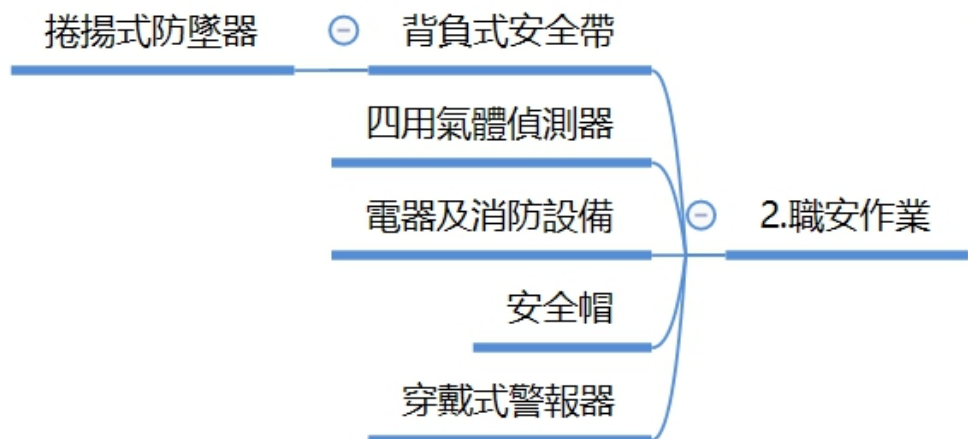


圖 6.5-5 職安作業圖

6.5.3 吊管材作業

吊管作業分為發進井上面的吊勾作業以及發進井內的接管作業，在進行勾管的時候必須先確認布繩的狀況的，以避免布繩斷裂造成危險。在井內的接管手在等待管材吊下來時，必須進到躲至退避設施內側或已完成推進管內以確保安全，並在管材吊到定點後調整方向並做好下溝定位的作業。

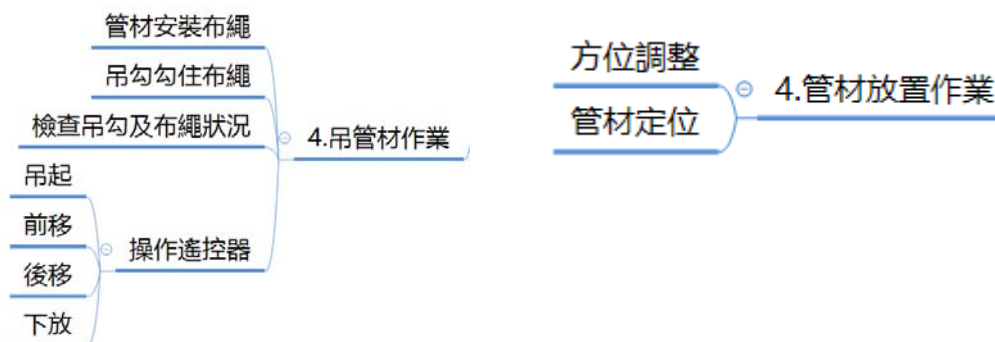


圖 6.5-6 吊管作業/管材放置作業圖

6.5.4 輸送系統作業

在管材置放後，必須進行輸送管線的快速拆裝，包括輸送管線、控制管線、訊息管線等，逐條穿越管材內側並安裝至正確的位置，在完成作業之後進行管線維護及清潔的工作。

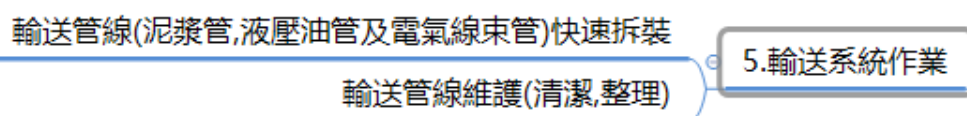


圖 6.5-7 輸送系統作業圖