



第八章 管網工程基本設計

8.1 設計準則

8.1.1 計畫目標年

竹南頭份地區污水下水道系統採用「促進民間參與公共建設法」之規定引進民間資金、先進技術、財務管理等企業活力於污水下水道系統建設，預計民間機構營運特許期限設定為 35 年(含興建及營運期)。本計畫之推行除可改善當地環境衛生、提升居住品質及健全都市發展外，更可加速提昇苗栗地區污水下水道用戶接管普及率、競爭力，並帶動污水下水道相關產業蓬勃發展。此外，亦可促使結合水資源回收中心用地多目標使用、污水回收再利用之規劃，以提高公共設施使用效率，提昇水資源再利用之價值。

8.1.2 污水量推估

本計畫區污水來源以家庭污水(含住宅區、商業區、文教區及機關等)、事業廢水及地下入滲水為主。依據本計畫先期計畫書並參考內政部營建署民國 93 年「污水下水道設計指南」及民國 94 年「污水下水道管線設計手冊」建議值，初步擬訂本計畫之污水管線集污量推估基準分述如下：

一、 污水量推估

(一) 家庭污水量

1. 每人每日污水量分析

目前政府正積極推動節約用水政策，按經濟部水資局「推動節約用水措施實施計畫」，以民國 95 年每人每日用水量 300 公升為目標，而「全國國土及水資源會議」之結論則以民國 100 年每人每日用水量減至 250 公升為節水目標。經查經濟部水利署「93 年度生活用水量報告」及民國 94 年 7 月台灣省自來水事業統計年報自來水公司「台灣省自來水事業統計年報」及經濟部水利署「生活用水量報告」竹南頭份地區之統計資料顯示，目前竹南頭份地區每人每日用水量約為 258 公升，依據本計畫興建營運基本需求書規定以每人每日污水量為 260 公升推估。

2. 住宅區及商業區單位面積集污量推估

依據「興建營運基本需求書」中要求，每人平均日污水量 260 公升，配合竹南都市計畫區之人口粗密度，並考量未來人口成長，依民國 87 年 4 月 7 日發布實施之「變更竹南頭份都市計畫(第二次通盤檢討)」本計畫住宅區及商業區單位面積污水量約為 $360(\text{人/公頃}) \times 0.26(\text{LPCD}) = 93.6(\text{CMD/公頃})$ 估算。

(二) 工業區單位面積集污量推估

依據「污水下水道設計指南」、「污水下水道管線設計手冊」及先期計畫



書，都市計畫區內零星工業用地所產生之事業廢水量以 10 CMD/ha 估算。

(三) 機關、學校單位面積集污量推估

依據「污水下水道設計指南」、「污水下水道管線設計手冊」及先期計畫書，都市計畫區內機關、學校之污水量以 50 CMD/ha 估算。

(四) 公園單位面積集污量推估

依據「污水下水道設計指南」、「污水下水道管線設計手冊」及先期計畫書，都市計畫區內公園之污水量以 10 CMD/ha 估算。

(五) 地下水入滲量

一般地下水入滲量之推估方法有按污水量比例估計、按管線長度估計及按污水收集面積估計等三種。依據營建署函示(營署環字第 0922907539 號)之污水管線規劃設計參數探討結論，建議入滲量以每人每日平均污水量之 12~21% 估算；本計畫依興建營運基本需求書，規定地下水入滲量修正採家庭平均日污水量的 15% 估算，並可符合營建署建議值之範圍。

8.1.3 污水管線系統設計準則

依據「興建營運基本需求書」，並參考營建署「下水道工程設施標準」、「污水下水道系統規劃要點」、「污水下水道相關標準技術手冊彙編」、「污水下水道設計指南」及「污水下水道管線設計手冊」等相關文獻資料進行檢討。

一、埋設位置檢討

污水管線埋設於都市計畫道路時，埋設位置係依「市區道路地下管線埋設物設置位置」（內政部 64.9.20 頒行）規定辦理，若埋設於非都市計畫區道路時，則依「公路使用規則」（交通部 62.6.15 修正公布）規定辦理。依設計及水理計算原則，確認本計畫範圍內之佈管路線、埋管深度、人孔位置及用戶接管實際可施作之範圍檢討。調查並瞭解本計畫範圍內道路開闢狀況及地形變化。其他單位管線位置、管徑、設施及高程。接入既有管線人孔位置、結構型式及管線高程。考量距離及高程，以較短之距離埋設接入既有人孔內，其接入人孔之高程依管渠之接合方式辦理，其坡度依污水量估算辦理；屬既設管網銜接則參考修繕方案配合修訂。管線埋設位置除非必要進行既有管線遷改外，儘量以不抵觸已埋設之地下管線、雨水下水道及道路交通建設為原則，如佈管路線高程遇有其他單位管線如屬重要幹管時，則評判污水管線可否以提高（或降低）高程，或以改變佈管路線、水流方向等方式解決。除上述檢討方式外，另需考量管理單位配合遷管方式辦理。

二、覆土深度

原規劃訂定於一般支管、分管之最小覆土深度在 1.0m 以上，幹線 1.5m 以上為原則。為確保用戶接管能順利接入公共污水管，並考慮污水管線與雨水下水道、自來水管及其他地下管線之立體交叉配置，用戶排水設施之承接等因素，依據內政部營建署「污水下水道設計指南」建議公共污水管線分支管網應依用戶接管需求修正埋設最小覆土深度增加為 2~2.5m，並以上游用戶能順利銜接為原則。

三、最小管徑

依本計畫興建營運基本需求書最小管徑建議明挖採用 $\phi 200$ mm，推進採用 $\phi 400$ mm 為原則。考量現地為卵礫石層之粒徑推進最小採 $\phi 400$ mm~ $\phi 1200$ mm 為原則；另依產生之污水量推估最大管徑為 $\phi 1200$ mm。

四、流速限制

污水管線設計流速在最小值時，應足以防止管內有污物沈積且可防止硫化物形成，在最大值時則應避免因流速過大而有沖刷管壁造成管線使用年限縮短之問題，依據興建營運基本需求書 3.2.1 節第 11 點規定設計水深下流量



之流速須介於 0.6~3.0 m/sec。

五、水力計算公式

1. 重力流採用曼寧公式

$$V = \frac{1}{n} S^{1/2} R^{2/3}$$

$$Q = 86400 \times AV$$

其中 V：平均流速，m/sec。

n：粗糙係數，採用 0.012

R：水力半徑，m。

S：水力坡度，假設與管底坡度一致。

2. 壓力流採用 Hazen-Williams 公式

$$Q = 0.85 \times CR^{0.63} S^{0.54} A$$

式中 V：平均流速，m/sec。

C：摩擦係數，依管材而定，鋼筋混凝土管採 140。

R：水力半徑，m。

S：水力坡度。

六、最小坡度與最大坡度

為使污水管線之流速於滿流時仍能保持於 0.6 (m/sec) 至 3 (m/sec) 之間，乃參考曼寧公式計算於粗糙係數 n 為 0.012 時可滿足前述流速限制之各類管徑最小坡度與最大坡度，如表 8.1-1。

表 8.1-1 污水下水道各管徑之最小坡度

管徑 (mm)	最小坡度	最大坡度	管徑 (mm)	最小坡度	最大坡度
200	0.0044	0.1099	600	0.00085	0.0254
300	0.0026	0.064	800	0.00056	0.0173
400	0.0017	0.0436	1000	0.00041	0.0129
500	0.0013	0.0324	1200	0.00033	0.0101

七、管渠接合方式

管接合方式可分為水面、管頂、管中心及管底接合等，本計畫建議主要採用管頂接合方式為原則，如現場施工時遇障礙物，視需要採流水面接合。

八、設計水深比

依據「興建營運基本需求書」，於管徑小於或等於 $\phi 500$ mm 者，設計水深比採 $d/D \leq 0.5$ ；管徑大於或等於 $\phi 600$ mm 者，設計水深比採 $d/D \leq 0.7$ 。



九、人孔間距

設置人孔之目的在於便利工作人員進入檢查、清理污水管渠，且亦為管內通風、換氣及接合之必要設施。一般在變換管徑、坡度、方向及銜接處，均應設置人孔；於污水管線佈設屬直線且過長路段，其間應設置人孔以便於人員進入檢查與清理。

依據內政部營建署「污水下水道設計指南」及「污水下水道管線設計手冊」，本計畫原則上各管徑人孔最大間距如表 8.1-2 所示。考量目前管線檢查、維修技術均有提升，應不至影響未來之管線維護；其餘各管徑之污水人孔最大間距如因現地狀況確有必要，亦將於細部設計時酌予延長人孔間距。

表 8.1-2 各管徑人孔之最大間距

管內徑(mm)	最大間距(m)
ϕ 600mm(含)以下	100
超過 ϕ 600mm、 ϕ 1200mm(含)以下	120
ϕ 1200mm以上	150

十、粗糙係數

曼寧公式之粗糙係數其值視各種不同材料而異，參考內政部營建署「污水下水道設計指南」及「污水下水道管線設計手冊」，整理如下表 8.1-3。本計畫污水管線之水力分析採 $n = 0.012$ ：

表 8.1-3 本計畫使用管材之 n 值表

管材	管渠內面				本計畫建議值
	最佳	良好	普通	劣	
聚氯乙烯塑膠硬質管(簡稱PVC管)	0.01	0.01	0.011	0.012	0.012
聚酯混凝土管(簡稱PRCP)	0.01	0.011	0.012	0.015	0.012
塑膠裡襯鋼筋混凝土管(簡稱PVC-RCP)	0.009		0.01		0.012

十一、污水下水道納管標準

目前苗栗縣政府對於納管標準係於「苗栗縣下水道管理自治條例」第二十三條明文訂定，污水下水道可容納排入之下水水質標準如下，未來配合主管機關頒定之最新納管標準執行。

- 水溫：攝氏四十五度（於污水排放口以下）。
- 氫離子濃度指數：pH值五～九。
- 硫化物(以 S-2 計算)：九十毫克／公升。



- d. 生化需氧量(五天攝氏二十度)：四百毫克／公升。
- e. 化學需氧量：六百毫克／公升。
- f. 懸浮固體：四百毫克／公升。
- g. 油脂：礦物：十毫克／公升。動植物：三十毫克／公升。
- h. 酚類：三毫克／公升。
- i. 氰化物：一毫克／公升。
- j. 總汞：0.0一毫克／公升。
- k. 總磷：十毫克／公升。
- l. 鎘：0.五毫克／公升。
- m. 鉛：一毫克／公升。
- n. 總鉻：二毫克／公升。
- o. 鉻(六價)：0.六毫克／公升。
- p. 砷：0.六毫克／公升。
- q. 銅：五毫克／公升。
- r. 鋅：五毫克／公升。
- s. 鐵(溶解性)：十毫克／公升。
- t. 錳(溶解性)：十毫克／公升。
- u. 鎳：一毫克／公升。
- v. 銀：0.五毫克／公升。
- w. 陰離子界面活性劑：十毫克／公升。
- x. 硼：一毫克／公升。
- y. 硒：0.五毫克／公升。
- z. 氟鹽：一百五十毫克／公升。

8.1.4 管線編號系統整理

本計畫管網系統之編碼原則是系統下游往上游依序編碼。本系統之主幹管係以大寫英文字母 A 後接 2 位數字並以流水號方式依序編碼(例：A01、A02、A03…)；次幹管則視接入主幹管之順序，由下游往上游依序編碼。至於分支管網則以接入主、次幹管之位置，由下游往上游依序予以分區編碼：

一、主幹管編碼原則

依上述管線編碼原則，本計畫區污水主幹管之人孔編碼方式係以一英文大寫字母 A 後接 2 位數字並以流水號方式由下游往上游依序編碼，管線編碼則採上游人孔編碼，其編碼長度共三碼(例如：A01、A02、A03…)。

二、次幹管編碼原則

污水次幹管之編碼方式係以該系統的英文大寫字母(C、D、E、F、G)依序編碼。



而其人孔之編碼方式與主幹管系統之人孔編碼方式相仿，係採該系統英文大寫字母後接 2 位數字並以流水號方式由下游往上游依序編碼，管線編碼則採上游人孔編碼，其編號長度共三碼(例如：C01、C02、C03...)。

三、分支管網編碼原則

1. 分支管網之編碼方式係以各集污分區污水管線接入主、次幹管來區別。分支管網係接入主幹管系統，則其分區編碼原則即以主幹管系統編碼之英文大寫字母後接 2 位數字以流水號的方式下游依序編碼(例如：A0101、A0102、A0103...)來區分，其人孔之編碼方式即跟隨下游分支管線的編號。
2. 若分支管網係接入次幹管，則其分區編碼原則即以次幹管系統編碼之英文大寫字母後接 2 位數字以流水號的方式下游依序編碼來區分(例如：C0101、C0102、C0103...)，其人孔之編碼方式即跟隨下游分支管線的編碼。

四、下水道 GIS 資料建置系統

編碼方式將參考內政部營建署「下水道資料庫及維護管理系統建置計畫」之規定，以能夠涵蓋全台灣的圖幅編號為 1/5000 地形圖，故人孔編碼所稱之地形圖號，即指此一比例尺之地形圖圖幅編號；一設施一碼，二人孔間之管線無論管線長短，視為一設施。本計畫人孔之流水號原則由下游向上游遞增，以人孔編碼作為主流水號且不可重複。另為配合本公司實際營運維護之需求，下水道 GIS 資料之建置日後將視操作情形予以調整。

8.1.5 管材選用

由於本計劃區明挖工法所選用管材管徑為 200~300mm(含)，依興建營運基本需求書使用聚氯乙烯塑膠硬質管(簡稱 PVC 管)，因小管徑 PVC 管為最常用於污水管，再加上價格便宜、施工容易、漏水率低以及抗蝕性佳；剛性管材部份，400~700mm(含)建議使用聚酯混凝土管(簡稱 PRCP 管)，因耐久性、外壓強度優，防蝕效果佳，惟其價格較高；另外，管徑 800mm(含)以上的推進管，採用塑膠裡襯鋼筋混凝土管(簡稱 PVC-RCP 管)，提高其防蝕性。綜合上述，整理不同管徑適用之範圍如表 8.1-4 所示及本工程管材部分之選用原則如下：

- (一) 本計畫公共污水重力管線採用之管材，在標稱管徑 400mm(含)以上採用剛性管；管徑 300mm(含)以下則剛性管與撓性管並列。
- (二) 撓性管材系列以聚氯乙烯塑膠硬質管為主；剛性管材系列則以聚酯混凝土管及塑膠裡襯鋼筋混凝土管並列採用為原則。
- (三) 本計畫匯入主幹管之同一次幹管收集系統內之相同管徑應採用同一種管材，以利後續維護管理。

表 8.1-4 本計畫使用管材之相關特性

管材	工程實例	防腐蝕性	適用本計畫管徑(ϕ)	價格	抗外壓強度	使用年限(年)
聚氯乙烯塑膠硬質管 (簡稱PVC管)	多	佳	ϕ 200mm~ ϕ 300(含)mm 明挖	低	佳	30~40
聚酯混凝土管 (簡稱PRCP)	少	佳	ϕ 400mm~ ϕ 700(含)mm 推進	高	優	40~50
塑膠裡襯鋼筋混凝土管 (簡稱PVC-RCP)	多	佳	ϕ 800(含)mm以上 推進	低	佳	30~40

8.1.6 開挖擋土形式

污水收集管擋土工法係利用擋土壁承受地盤開挖所產生之土壓力及水壓力，並將此等壓力傳遞到支撐系統，防止開挖時可能造成周圍地盤移動或變形，以期安全順利地建造地下結構物。本計畫中相關之開挖工作，包括水資源回收中心建築物及管線埋設及地下穿越鐵路、道路下方所需之工作井等。

依現有地質資料顯示，計畫區域係屬沖積地層，因地層分佈深度及地下水位等均影響工法之選定，故本工程開挖擋土工法之選擇，將根據地質鑽探結果，考量現場地層狀況、地下水分佈、開挖深度及結構體配置等因素選擇適合本工程之施工方法，選用工法之考量原則包括：

- 1.採用低噪音、低震動、低污染之工法，以減少對環境之衝擊。
 - 2.施工技術具有相當之普遍性，且工期易於掌握。
 - 3.施工方法具有妥適之安全性，可有效維護工區公共設施及鄰近產業之安全。
 - 4.工程經費在可接受之合理範圍內。
- 各工法之優缺點比較及適用性詳表 8.1-5：

表 8.1-5 本計畫預計選用之工作井擋土方式比較表

型式	優點	缺點	適用性
主樁橫板條 擋土工法	1. 成本低廉，主樁可重覆使用。 2. 施工簡單、迅速。 3. 拔樁後地面沉陷較小。 4. 樁位調整容易。	1. 水密性極差，須另行考慮止水或降水工法。 2. 垂直度差。 3. 背填作業不完善時，易導致地盤變形。	僅適用於距結構物較遠，容許地下水位下降之淺開挖。於建築物密集之都會區並不適宜。
鋼板樁 擋土工法	1. 水密性高。 2. 鋼板係工廠製品，其強度、品質可靠性高。 3. 鋼板樁可重覆使用。	1. 施工中造成噪音、震動。 2. 背填作業不完善時，易導致地盤變形。	配合採用低震動油壓方式施工，適合較大工作井開挖之擋土措施。
圓形鋼管或 混凝土沉箱	1. 所需施工空間小、成本較低、低噪音、無震動。 2. 開挖皆在鋼管或混凝土沉箱內施作，不抽地下水，並於水中打設混凝土底板，施工安全性高。 3. 用地小、工期短。 4. 工作井為圓形，具有全方位(360°)推進之功能。	1. 軟弱地層及地下水位高地層，易造成週邊沉陷。 2. 僅適合小尺寸工作井。	適用於狹窄巷弄道路施工。配合止水地盤改良或導水降水措施，可適用於軟弱地盤。除推進作業進行期間，平時均採覆蓋板覆蓋，可維持人、車通行，減少施工區域交通之衝擊。



8.1.7 施工方式

一般污水下水道管線之施工，主要分為明挖工法(Trench)及非明挖工法(Trenchless)兩大類。施工方式可大致分為下列幾項：

1. 不擋土開挖。
2. 擋土開挖。
3. 明挖覆蓋法。
4. 非明挖工法
5. 推進工法。

無論採用何種施工方法，在施工設計上皆應顧及施工環境與安全，並做適當之施工安排與控制。尤其在交通要道中，對於地面沉陷之防制、鄰近地上及地下結構物之保護、管線功能及交通之維持、噪音及公害之防止，乃至於現場景觀之維護等，皆需做充分之比較分析。

(一) 明挖工法

明挖工法乃在現有之道路按工程所需之寬度開挖，達計畫深度後將管線鋪設於溝底，完成後再覆土並恢復原有之道路狀態。

本工法一般標準施工步驟為（如圖 8.1-2 所示）：

1. 依據地質調查結果，考慮擋土措施。
2. 擋土設施：當管線埋設深度(開挖深度)為 1.5~2.0m，擋土類別為簡易擋土設施；管線埋深為 3.0~4.0m，擋土類以鋼軌樁為原則。
3. 埋管及相關設備，並構築完成相當長度後，即開始順序回填。回填至路面時，夯實路基。
4. 拔除擋土結構物，經相當時間後，俟路床、路基穩定後再鋪設路面、復舊，工程完成。

本施工法較為簡易，但其對交通及環境之影響甚大，加上開挖深度及擋土措施均為全線性，開挖寬度又與開挖深度及管徑大小有關，因此通常開挖深度低於 4 公尺以內才考慮使用。

因受路面既有雨水箱涵、電信、電力、自來水及瓦斯等管線之影響，分支管線之佈設必須配合避開，但由於地下管線資料並非絕對，無法確保污水管線之佈置完全避開地下管線，如以非明挖工法施工，為避免和地下管線相抵觸，須對地下管線作進一步實地探勘，使風險降至最低，且為減少對環境及民眾生活品質的影響，將於細設時對明挖工法作出適切規範。另於用戶接管工程部分，基於經濟考慮及功能需求，巷道連接管需與用戶接管連接，目前國內技術亦以明挖方式施工之。

在管線埋設施工時，宜規範承包廠商儘量以當天施工當天回填之方式施工，選用之擋土措施宜採用油壓式或無震動式打樁機打設貫入，使打樁產生之噪音及震動減至最小，且每日在未完成段於收工時以鋼板覆蓋，以達降低對周遭環境之衝擊及對交通之影響。

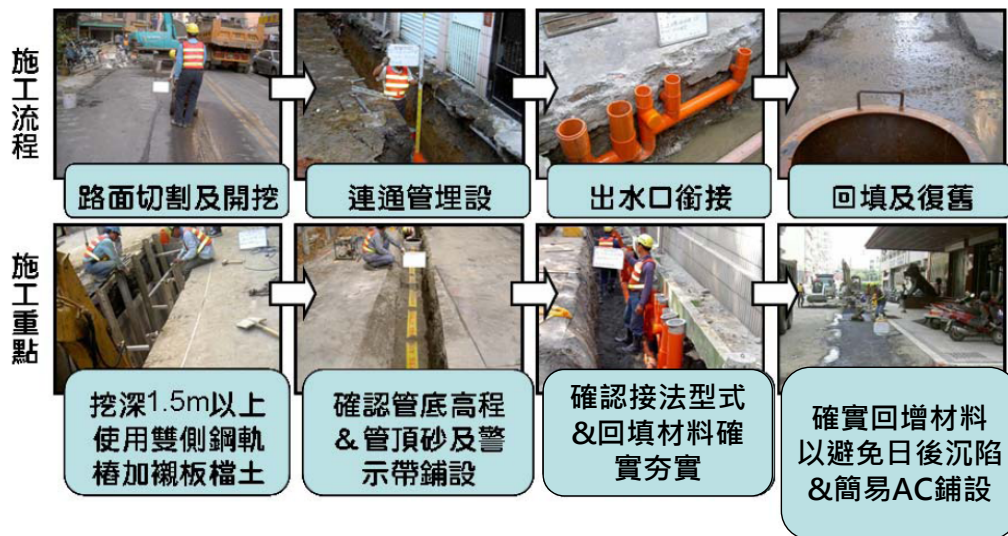


圖 8.1-1 明挖施工法流程圖

本計畫建議管線開挖埋設深度原則以小於 4m 時，採用明挖工法施工，惟明挖施工對交通影響、鄰近住家之環境及相關社經活動等衝擊性較高，日後本公司將依現場狀況於細部設計或施工時予以調整施工方式，以免滋生擾民問題；另開挖後之路面復舊則依興建營運基本需求書規定辦理。

(二)非明挖工法

非明挖工法為推進工法等，其施工流程見下圖 8.1-3；另外，其優缺點比較詳如表 8.1-6，其中在應用上之考量如下：

1. 明挖工法施工困難之場所。
 - (1) 交通量大或地下管線複雜的道路。
 - (2) 橫越道路、鐵路或河川。
2. 管渠埋設太深，以明挖工法施工不經濟之場所

表 8.1-6 推進施工法之優缺點

工法	優點	缺點
推進工法	<ul style="list-style-type: none"> ●交通影響相對較小 ●挖方、棄土少，無回填土沉陷之問題 ●管節長度較長、管道接頭少 ●機械或人工開挖皆可 ●適合低水位之土層施工 ●費用較潛盾工法低 ●工作人員可在井內或井外的控制室操控 	<ul style="list-style-type: none"> ●適於直線進行，曲線管道較不宜 ●接縫處易因管前進之偏差而有縫隙、漏水等現象 ●地下水位高、土壤鬆軟時，開挖面易崩塌，湧水而導致路面塌陷，需佐以輔助工法穩定之 ●環狀管節體積較大，儲運不便 ●受推進反力限制，工作井較多，視管徑大小、口徑、工法及土層狀況而定 ●管徑一般介於$\phi 300\text{mm}$~$\phi 2000\text{mm}$之間

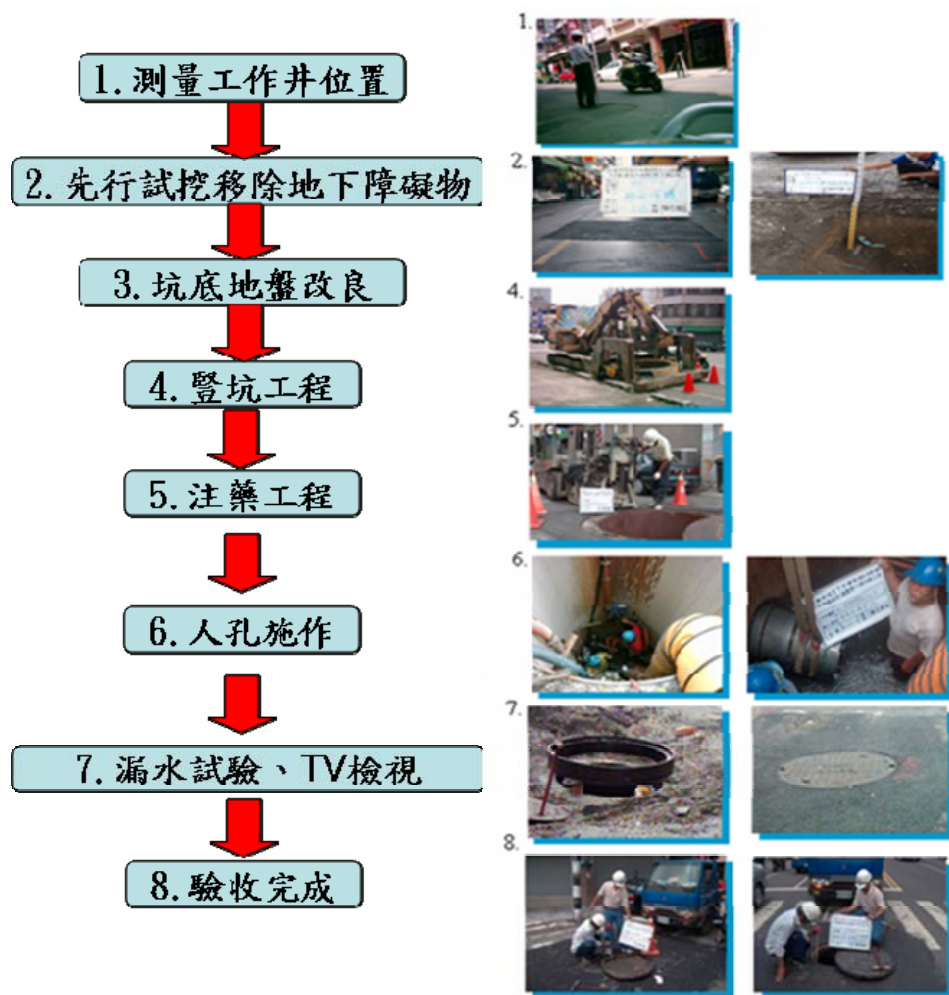


圖 8.1-2 推進工法施工流程圖

國內典型之污水管線推進工法之施作方式為於管線之兩端，構築與埋管深度相同之推進及到達工作井，並於推進工作井後壁構築反力牆，再於推管之前端裝置前導體，用設置於反力牆處之油壓千斤頂，在管後端一面將埋管

向前推進土層內，一面將管內之廢土以人力或機械方式挖掘、清除於工作井外。本計劃區推進工法，管徑 $\phi 400\text{mm} \sim \phi 800(\text{含})\text{mm}$ 原則選用圓形工作井；管徑 $\geq \phi 1000\text{mm}$ 採連動式推進工法，原則選用矩形工作井。

短管推進工法為採用有效長度約 1m 之短管，依內徑不同分為 $\phi 1890\text{mm}$ 、 $\phi 2090\text{mm}$ 、 $\phi 2590\text{mm}$ 、 $\phi 3290\text{mm}$ 、 $\phi 3590\text{mm}$ 等五種尺寸之圓形豎坑式工作井進行管線推進之工作，此工法可大幅降低工作井之面積，減少對交通之影響，採用預鑄人孔作為人孔結構亦可縮短工作期程，並減少噪音、振動問題，短管推進之施工流程詳圖 8.1-4。



圖 8.1-3 短管推進工法施工流程圖

土壤挖除後需採用水中混凝土封閉底部，以防止地下水入滲及方便預鑄人孔設置。經完成工作井後即可設置推進設備及進行推進作業經完成短管推進後，推進井及到達井即可吊放預鑄人孔底座、短管、大小頭等預鑄人孔結構物，並依路權單位要求之回填材回填管溝及預鑄人孔外牆間之空隙，以完成人孔施工。

短管推進工作井施設流程圖如圖 8.1-5 所示，其特點概述如下：

1. 使用圓形鋼環片擋土，開挖面積小可減少管線拆遷，每個工作井須三個工作天即可完成，完成後可維持人、車通行，減少交通影響及縮短工期。
2. 全部作業皆採用油壓式，故無震動、低噪音。
3. 壓入鋼環片及挖掘係使用同一部機械，工作效率較高。
4. 工作井開挖時工作人員不用進入井內，所以開挖工程對人員安全無虞。
5. 開挖時鋼環片內所儲存的水高於地下水，可穩定地盤，防止流動及砂湧現象，對周遭構造物影響能減低至最少程度。
6. 工作井是圓形鋼環片，可由任一方向進行推進，可減少轉折工作井。
7. 不需施作反力牆及支撐，因其係藉圓形鋼管及土壓力而達到平衡，故其推進距離受到限制，但對於小管徑推進而言，應該已足夠。
8. 推進完成後，工作井之圓形鋼環下部與人孔結為一體，鋼環片不抽出，故不會造成附近地盤鬆弛，結構物沉陷變位的現象。
9. 推進方向檢測係使用雷射，可由操作盤上顯示，準確度高。

傳統小管徑推進中遭遇不明障礙物（如大石塊）時，可於中間加作特殊工作井，並於取出障礙物後（推進機頭於障礙處理時可後退 1m，使不損傷機頭），回填砂石繼續推進。短管推進工法有以上之優點，故目前國內管徑 800mm（含）以下之推進施工，均採用短管推進工法。

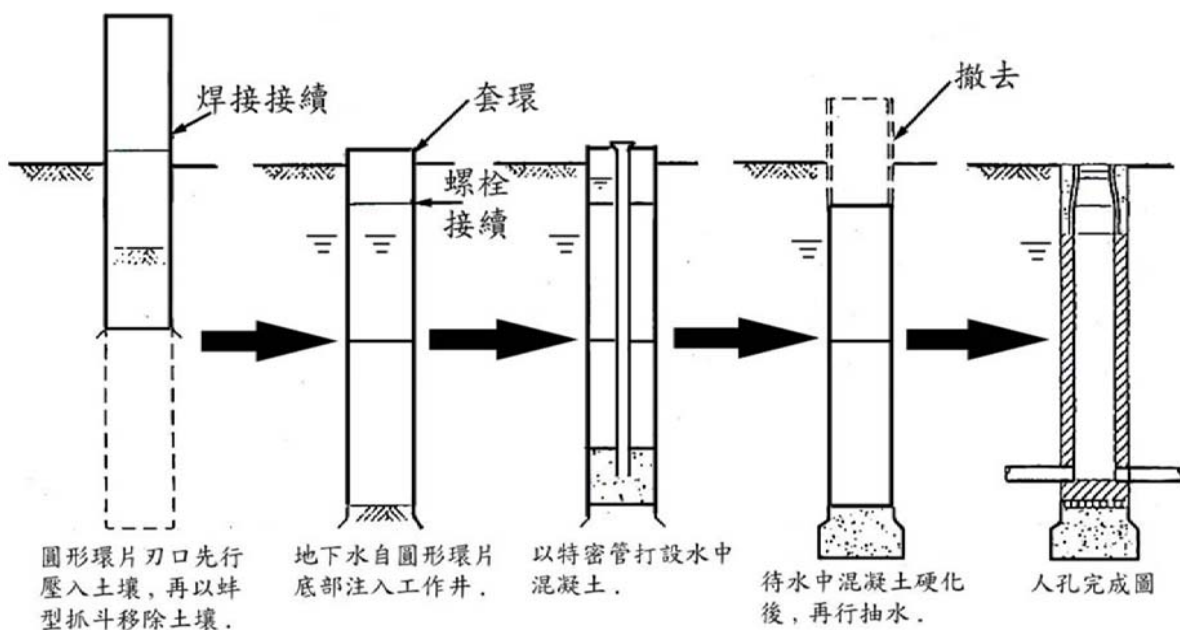


圖 8.1-4 短管推進工作井施設流程圖

本地下管線埋設時，其工法之選擇應考慮之因素包括有：

1. 埋設管線內徑之大小。
2. 施工總長度。

3. 土壤性質及地下水位高度。
4. 埋設路線狀況。
5. 施工範圍。
6. 地下埋設物及其他管線狀況。
7. 施工期間。

由於各工法適用之狀況有所不同，因此在選擇時應就實際考慮之。一般而言，明挖工法較適用於交通流量小且挖掘深度較淺的管線，而非明挖工法可於交通流量較大的地區施工，且較適用於埋置較深的管線。這些工法選擇決定以施工性、經濟性做為考量，施工方法選擇之依據如表 8.1-7 所示。

表 8.1-7 施工方法之選擇依據

施工方法	明挖施工	推進施工
覆 土	比較淺，可藉擋土防止砂土崩壞者，如有巷道連接管者最大覆土以4.0公尺為原則	最小埋設深度為4.0公尺
地下埋設物及防護	可移設或迴繞者	不能移設或迴繞者
道路狀況	交通量少	交通量多，繞道不易者
緊接住宅，有噪音及振動之影響	大	小

一般而言，若當地居民居住密度不高、交通流量不大、管線埋設較淺，適宜採用明挖施工法，在本計畫區明挖覆土深度不超過 4m 為原則，若超過此深度必須有擋土支撐之防護措施時，其所需之工程經費並不比推進工法低（註：營造安全衛生設施標準(民國 96 年 10 月 02 日修正)第 71 條規定，挖深在 1.5m 以上需實施擋土）。推進施工法則適用於人口居住密度較高，及為避免因明挖施工而影響交通、產生噪音等以及建築物之安全，或為橫越鐵路、河川等之施工方法。

工法之選定除對本工程外，須考量必要之輔助工法，含有地下埋設物遷移費用之經濟性、道路條件、掘削寬度、掘削深度及土質等施工性，又須檢討施工區之總長度、線形、必要管徑、土質狀況、施工環境等諸條件，選定能最安全確實施工，以及經濟的施工方法。但不論採用何種方法，在施工規劃上皆應顧及施工環境與安全，並做好適當之施工安排與控制。尤其在鬧區中，對於地面沉陷之防制、鄰近地上及地下結構物之保護、管線功能及交通之維持、噪音及公害之防止、乃至於現場景觀之維護等，皆需做充分之比較分析。

8.1.8 管線障礙排除與管理

管線工程進行時，常因地下既設管線阻礙或其他因素，導致管線工程受阻。因此，施工前擬定適當的障礙排除程序，並於施工時妥善的加以管理各施工介面，靈

活因應各種突發障礙物，方可避免工程施做時因障礙排除而影響整體工程的順利進行。

一、地下管線之遷移

分管網工程設計前雖已經過詳細之地下既有管線調查及會勘，但由於部分地下民生管線建構時期久遠、資料繁雜，加上履經修改工程未必都有建檔而 GIS 資料庫尚未完成，資料誤謬不實之處尚屬難免。分管網工程施做時方發現與既有地下管線衝突，即需辦理管遷、變更設計等因應對策加以處理。根據於其它縣市回饋之經驗，就地下影響施工管線遭遇之問題與對策概述如下：

(一) 依管遷辦理難易選擇適當施工方式及工作井位置，並確實紀錄於竣工圖一般常與污水分管網衝突之既有地下管線有雨水箱涵、自來水管、台電管線、電信管線、瓦斯管線、及光纖電纜等。其中雨水箱涵較為巨大，不太可能辦理管遷，故在設計階段均會特別注意儘量將其避開，而選擇於箱涵兩側（如有）佈設工作井及人孔。

當試挖發現分管佈設與既有地下管線衝突，無法稍做挪移工作井來克服時，正常施工考量應儘量維持設計人孔位置，並申請管遷，避免後續之支管銜接造成問題。但由於上述地下管線管遷難易度不同，自來水管、電信管及瓦斯管因其每年度均編有臨時配合管遷及修復之開口契約廠商，故如有須配合管遷作業期程較快；反之電信光纖及台電管線，前者管遷作業困難；後者台電作業程序較複雜。故分管施工時為講求時效，會優先考慮申請較易管遷之線路。如此一來，往往佈設人孔位置與設計位置不同。若更改位置未經充分考量，新設人孔可能造成後續支管無法接入。此在辦理用戶接管標工程時，屢有所見。故如遇管遷因素需變更管線路線或調整工作井位置，應邀集相關單位妥為研處，並詳加考量後續工程(含後巷支管工程)銜接問題，方可辦理變更設計，且須於竣工圖中標註。兼具管線及用戶接管經驗，能做全盤之因應考量。

(二) 積極協調辦理管遷事宜，以免延宕工期

目前國內在進行之分管網工程及用戶排水設備接管施工時，工區大多位於巷弄間，故於施工時常會因部分巷道狹小、地下管線眾多，致使其他管線單位常以無足夠空間為由，無法配合辦理。且如遭遇主要幹管，因拆遷困難及影響過大，管線單位亦常拒絕辦理管遷。因此管遷因素常嚴重影響工程進行，承商並因此提出工期檢討，故應嚴格審查試挖資料並積極主動協調管線單位儘速配合管遷或變更設計，以免延宕工期。

二、其他障礙

(一) 河川

本計畫區內有多條河川及排水圳，因此，本計畫之管線工程遭遇河川或圳道需穿越時，需進一步確認該區域是否有基樁基礎，以確保施工時之安全，解決方案詳圖 8.1-6 說明。

(二) 流木及建築廢料

依據過去執行類似本案工程之經驗，影響管線施工之障礙物除地下管線外，管線施工採推進工法時，遭遇流木、建築廢料等情況發生時，在工地現場條件允許下應以中間工作井方式開挖確認障礙物，詳如圖 8.1-7；現場條件不允許情形下，得採明挖擋土方式排除障礙。

(三) 施工潛在危機

本計畫管線皆位於既設道路下，部分需穿越住宅稠密地區，該區域內部分房舍已老舊，建築結構較為脆弱，且因本工程施工時，需開挖路面，雖於施工時加強對建物之保護，但其仍有潛在危機。為使工程進行順利，綜合過去國內所發生類似情況，並研擬其處理對策，如圖 8.1-8 所示，以降低實際遭遇類似情況時之阻礙，使工程順利進行。

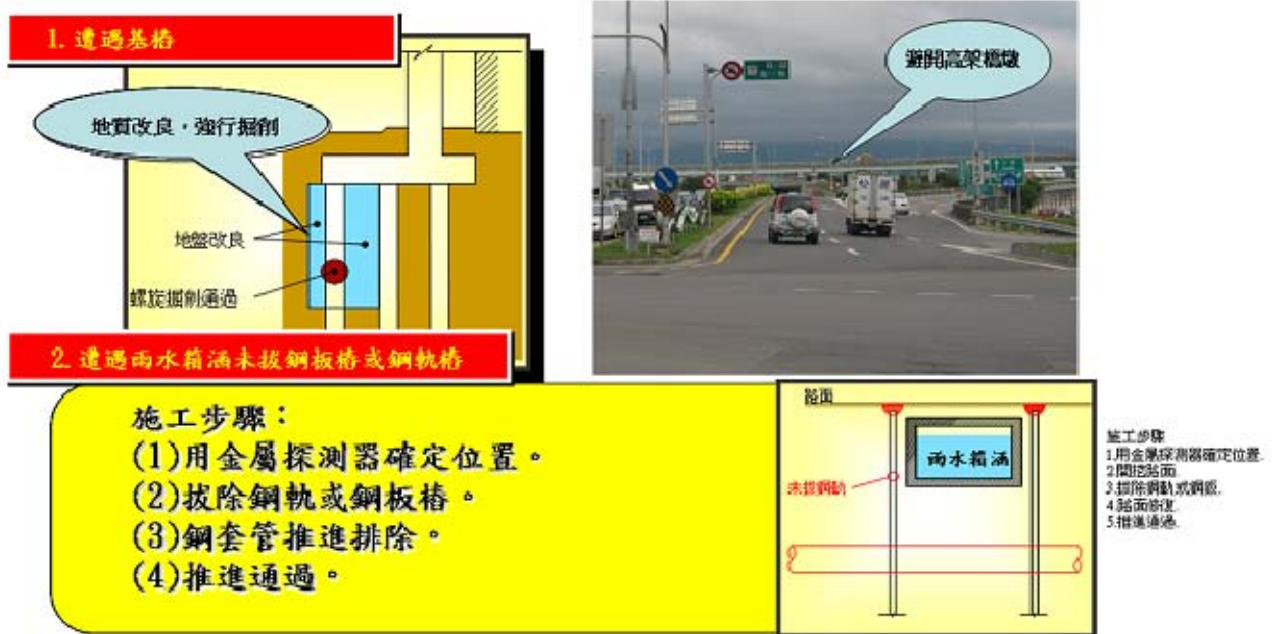


圖 8.1-5 遭遇基樁基礎之解決方法

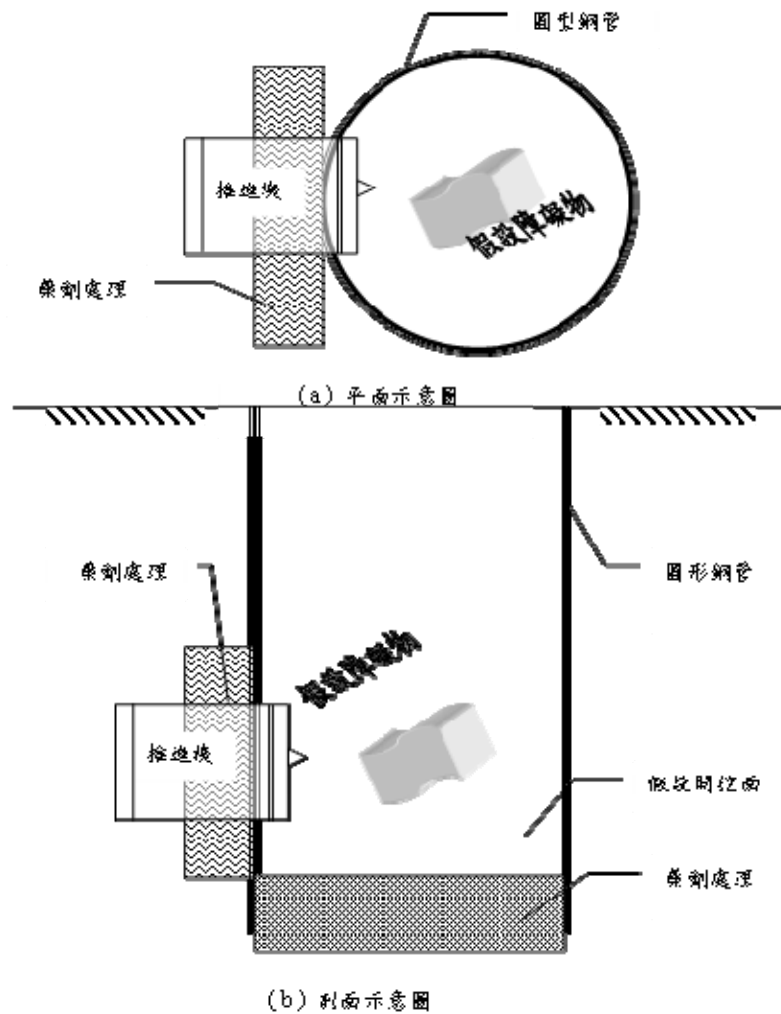


圖 8.1-6 障礙物處理說明

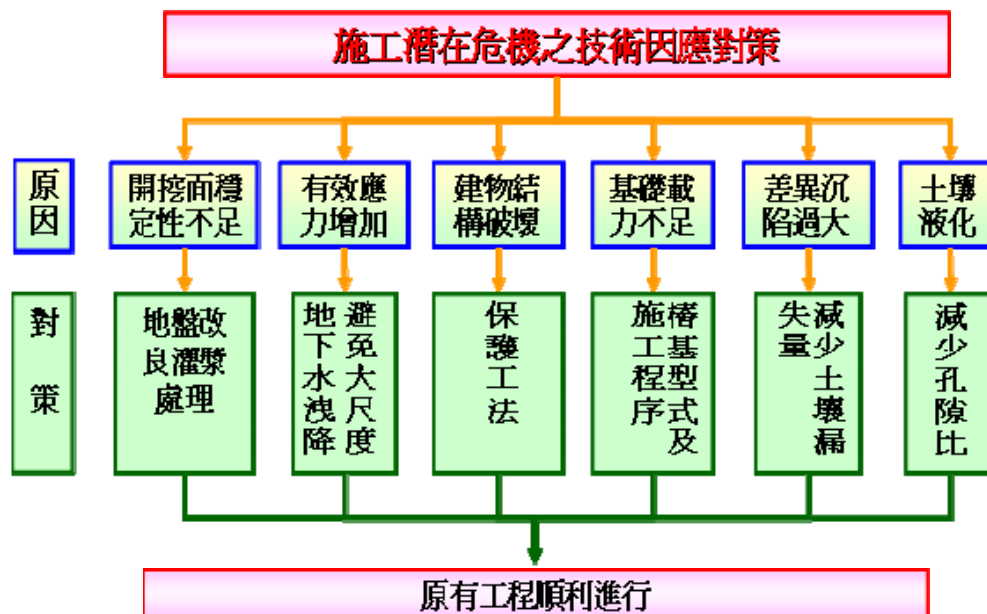


圖 8.1-7 施工潛在危機之因應對策

8.1.9 流量監測設施

依據興建營運基本需求書規定，本計畫於竹南頭份 BOT 污水下水道系統

設置 20 處(至少 20 處)流量監測設施，一般在選擇監測儀器時，必須針對目標區域的測量位址、狀況選擇最適合之設備才能得到最合理且可信之數據以供分析使用。本系統之主幹管段(管徑超過(含)600mm)，每 1000m 至少設置 1 處；於管徑大於 400mm 最下游端及各集污接入主幹管前至少設置 1 處。

其附屬設施包含傳訊器、流速感測器、液位感測器等模組器具，其各項模組器具建議需滿足下列規格要求：

A. 傳訊器

配合複合式流速液位感測器，適合各種狀況之流量測量。需符合 64 KB 以上記憶體，RS 232 連結介面，4-20 mA 輸出。

B. 流速感測器

利用都卜勒原理測量流速。其規格需滿足，測量範圍為-3 m/s~+3 m/s，具有 IP68 防水等級，準確度為 $\pm 1\%$ 流速。

C. 液位感測器

液位感測器分為超音波式及壓力式兩種液位感測器，本計畫進行監測站選址評估後，將依選定之適宜點位選用適當種類之液位感測器。其規格需滿足，測量範圍為 0~6 m，具有 IP68 防水等級，耐溫-40~100。

其中，所使用之流量計一般上有輪葉式、渦輪式、雷達波流量計等數種不同型式。若為求測量結果之客觀性及準確性，以採用自動長期監測紀錄的設備為最佳，以下詳述各式流量計優缺點：

A. 電磁感應流量計

原理為利用超音波或水壓差來量測流量及水位，有一體成型及分離式兩種，構造簡單安裝容易，維修保養簡易且精準度良好，但若於水位變動較大之測點容易影響測值，精準度容易受水中氣泡、黏滯性、密度等影響，且儀器設備單價較高，並需要額外電力設備支援量測。

B. 超音波流量計

計有對射式及反射式兩種，感應器直接固定於下水道管壁維修保養容易，以超音波或水壓差量測水位，反射式安裝較為容易，適用於中小型管線，精準度良好，惟設備單價費用較高。對射式安裝較為複雜適用於中大型管線，精準度高(1%以內)，缺點則為當水位變動大時會影響測值，週邊資訊設備配件龐大，其購置及安裝費用高。

C. 雷達波流量計

此種流量計感應器直接固定於下水道管壁，維修保養容易，以超音



波量測水位，流速與水位感應器有一體成型與分離式兩種，安裝更為簡便容易，但精度較低。

D. 量水堰

原理為利用水流超過堰口水頭高度計算流量，相當簡便且常用，設置費用低廉，但若在污水當中含有固體物時會影響其精準度，且流量太小時亦無法正確判斷數值。

為評估未來各主次系統分區、次幹管系統完成後所收集污水對本污水下水道系統之影響，並瞭解及掌握未來污水分佈情形。本團隊依據上述設置原則規劃本系統之流量監測設施，相關設置位置詳見附冊設計圖說，惟實際設置數量及位置得視現地條件於細部設計及施工時再行調整。

A. 一期主次幹管系統

A08、A18、A28、A39、A52、A2101、C01、D01、E01、F01、G01。

B. 二期主次幹管系統

P01、P12、P23、P34、P46、P2210、P3201、P3601、P4101、P4501。

C. 三期主次幹管系統

O14、O22、O34、O47、T01、T14、T28、T44、S13、O3501。

表 8.1-8 各期流量計數量總表

	流量監測設施(組)
第一期	11
第二期	10
第三期	10
合計	31

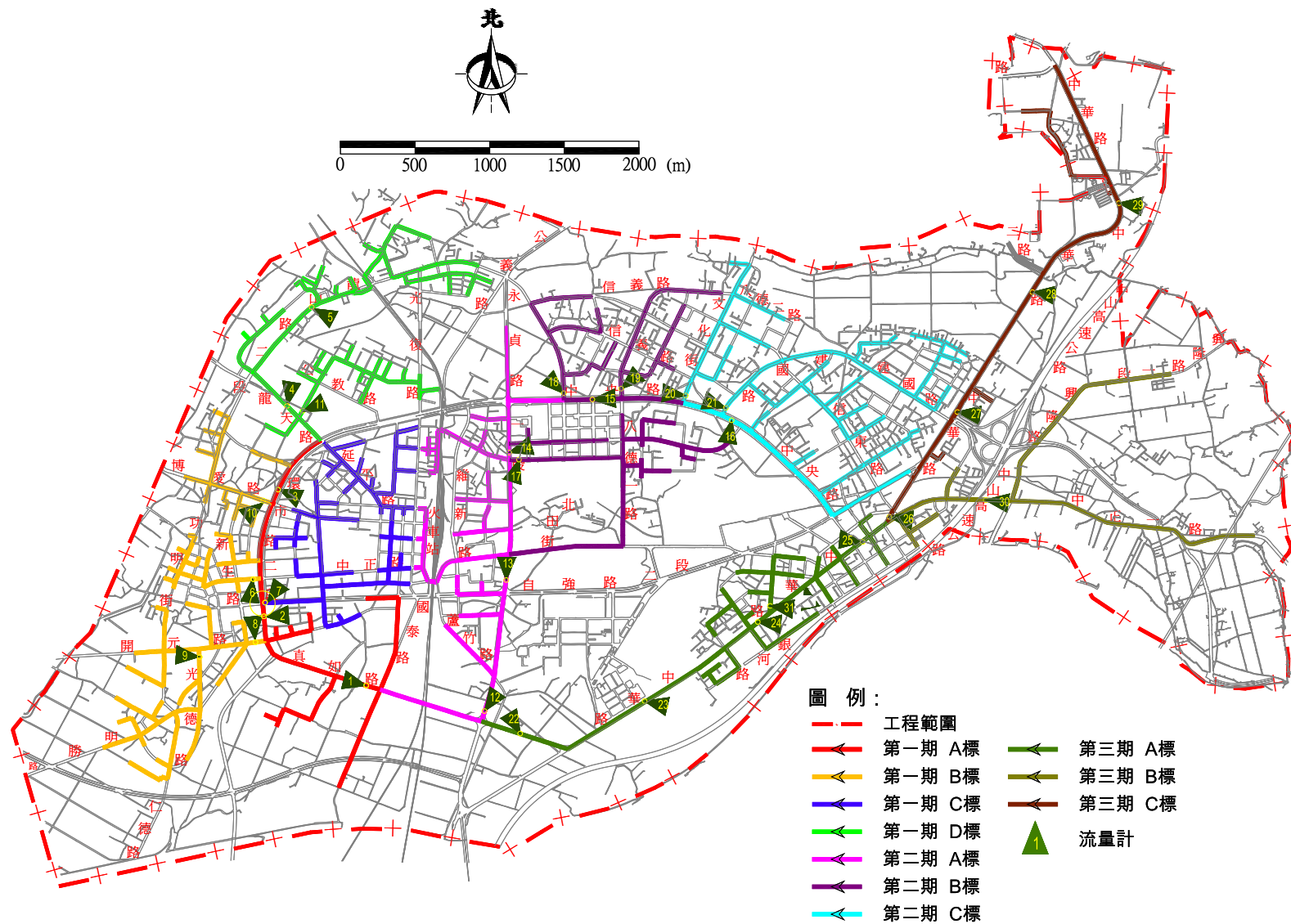


圖 8.1-8 流量監測儀器設置圖

8.2 興建執行計畫書基本設計與投資執行計畫書設計之差異說明

因計畫區內有相當多的河川渠道，以及南北走向之縱貫鐵路穿越本計畫之污水系統，故針對與投資執行計畫書規劃不同處，以課題說明之方式說明處理對策。

課題一：管線配置問題探討

原規劃 A 主幹管自四維街口起沿光復路佈設，其中 A 幹管段必須穿越龍鳳大排及縱貫鐵路等包括高架橋及地下道等障礙物，由於其結構體及基樁等均成為佈管障礙，且地形高程落差甚大(約 8.5m)，如圖 8.2-1 所示。致使佈管困難而無法與下游順利銜接，由於光復路該路段地下管線眾多，經現場勘查及套繪既設管線表示該路段無多餘空間設置工作井。有鑑於此，將 C 次幹管系統經光復路以東路段，採小區域污水收集，以短管推進方式穿越鐵路段，並併入二期管線範圍，順利避開既有地下管線。

此外，針對管線穿越龍山路橋段部份，經檢核相關資料及進行現場實地勘查後，建議將原 A 主幹管上游及各分支管依地勢改沿龍山路向西佈設，主分管直接穿越鐵路後銜接至 A62 人孔，並配合調整管線埋深，沿龍山路納入 A 主幹管(參見圖 8.2-2)；亦即將 A 管段原規劃由環市路之路線上游分支管集污區之污水改納入 G 次幹管系統，收集匯入 A37 人孔，如圖 8.2-2 所示。

課題二：管線穿越鐵路段之問題探討

(一) 施工方式研擬

A 幹線在龍山路遭遇縱貫鐵路(屬龍山路橋)段，為使管線能順利通過鐵路，經修正路線後，研擬施工方式說明如下：管線推進遇到橋樑基礎或基樁，而形成障礙之地點，將採用繞道穿越的方式，管線繞由橋下兩側迴轉道路底部穿越，並在施工時可採調整管線路徑或增加工作井數目的方式來避開橋樑基礎。

(二) 穿越鐵路之沉陷問題

地下管線鋪設時，工作井開挖或是管線推進均會造成土層應力的變化及地盤變位的產生，而本計畫區內 A 幹線鋪設將會經由龍山路繞道，由龍山路橋北側穿越縱貫鐵路段，因上、下游地勢高差過大，故在上游 A63 人孔加深覆土深度，以順利往下游匯集，如圖 8.2-3 所示，若無即時控制其變化，將造成鐵路沉陷或鄰近結構物傾斜下陷等工安事件，危害行車或住戶之安全。

在管線推進施工中，根據開挖面的穩定性及推力大小，均可能造成地層沉陷或隆起。在設計階段必須考慮補救措施及製定施工規範以維持行車及鄰近結構物之安全，於推進完畢後，管與土壤間之空隙需加以灌漿，以減少土壤損失率及地表沉陷量，避免地面下陷以及可使土壓均勻分布。在施工監測階段，施工前須進行軌道沉陷程度之量測，在路面設置地表沉陷觀測點以掌握地表沉陷量。

原則上，穿越重要結構物推進時之覆土厚宜有 2~2.5 倍以上隧道直徑之安

全間距，較無安全虞慮。污水管初步規劃至少需於地表下深度約 5~8 公尺處穿越鐵路或重要結構物，因此必須針對各階段產生之危害因子，擬定適宜之建物保護措施，且再行詳細分析設計後，進行地盤強化改良以及施工輔助工法配合，可確保鐵路軌道或重要結構物不會產生下陷情況。推進施工向前掘進時，視需要以地盤改良等輔助工法配合，防止地盤因受擾動而隆起或下陷，並確保地面及鄰近結構之安全。若經評估或經現地監測儀器檢測結果，若有超過容許值之可能時，並即對結構物進行保護工作；此施工法可為本計畫穿越鐵路或其它重要結構物時首要考量之施工法。上述各管段細部設計完成後，將成果提送台灣鐵路局並配合進行必要之會勘，並依據鐵路局建議進行施工期間之安全監測及防護措施。



圖 8.2-1 光復路橋現況

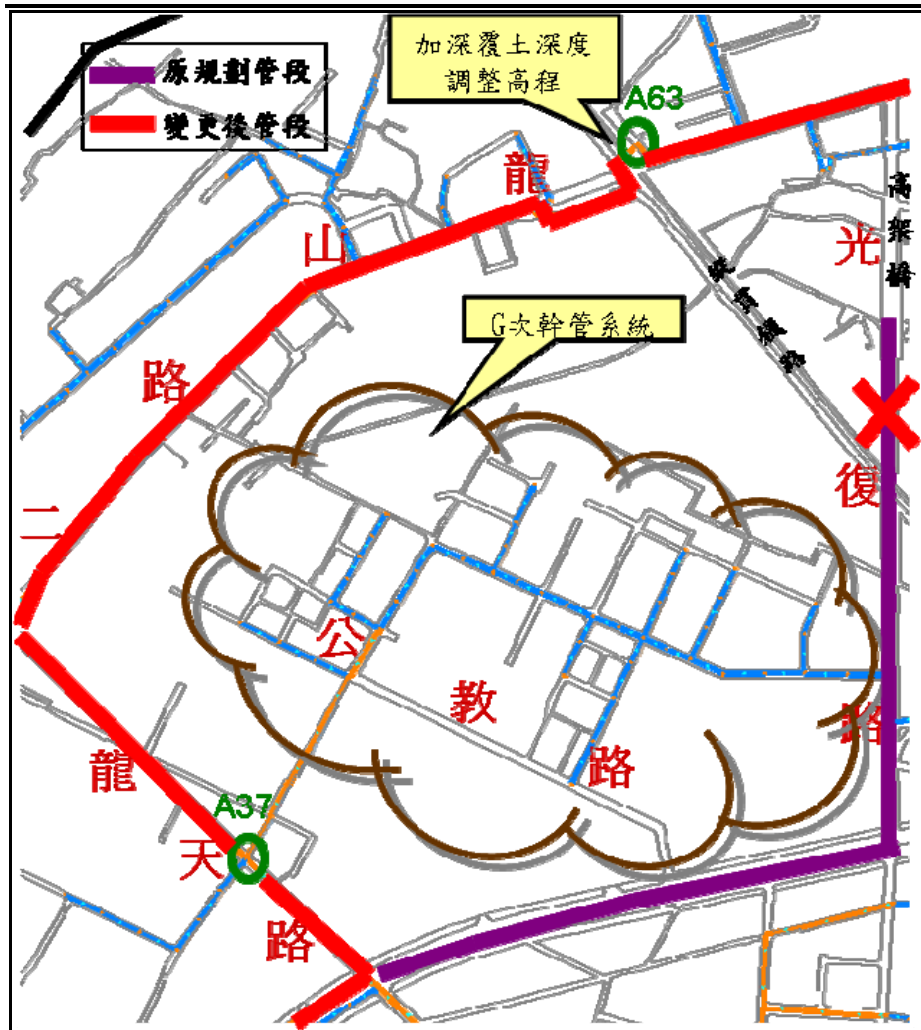
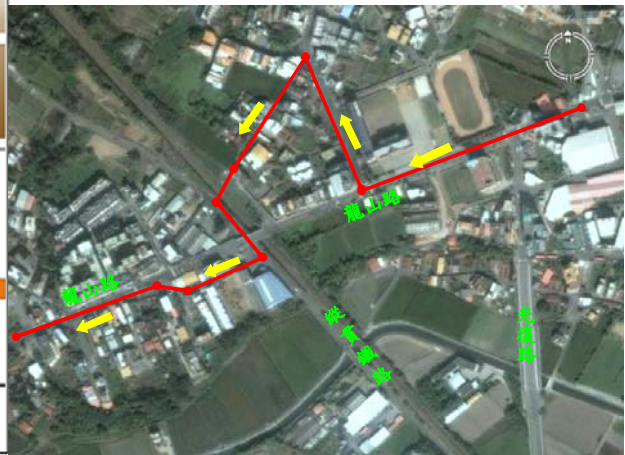
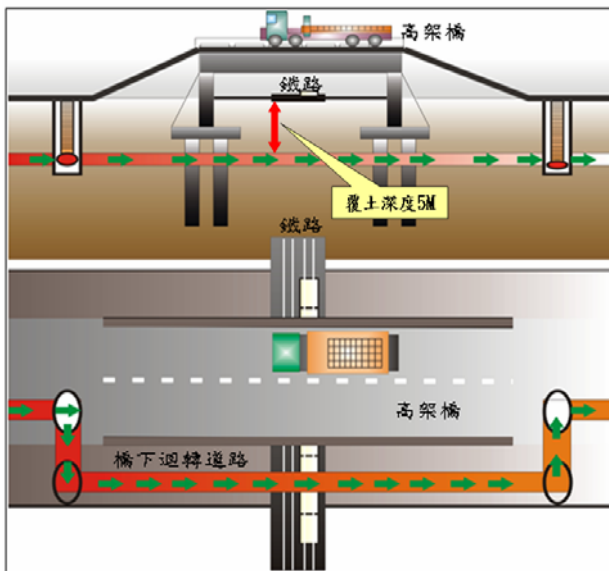


圖 8.2-2 幹線修正路線圖



(A) 穿越鐵路構想示意

(B) 本計畫 A 幹線穿越鐵路段



(C) 龍山陸橋過鐵路段現況

圖 8.2-3 龍山陸橋現況圖

(三) 過龍山路橋段

由於本計畫區一期竹南頭份地區地勢上游至下游由高漸低，但少部份路段高程仍有由高至低的逆坡情形(如山佳地區)，造成該部份管段覆土深過深，另考量管線佈設之實質效益，原規劃光復路路線沿路約 1600m 沿路皆無住戶銜接，管線施做所得之效益不彰，有鑑於此，改由龍山路佈設於山佳里 A63 推進管線通過龍山鐵路段後；原環市路三段北側公教路段，考量住戶排水出口位置方向，原主幹管所經路段是繞經學校、公園周圍佈設，經評估後不符經濟成本效益，故改佈 G 次幹管系統，以收集福聖里區域所產生之生活污水匯入主幹管

A37 人孔(圖 8.2-2)。

(四) 光復路以東計畫區檢討

光復路以東路段區域在原定計劃範圍原屬於一期管線佈設範圍，但由於各管線單位既設管線眾多，於光復路段已無多餘空間施作空間，如圖 8.2-4，基於管線發揮最大效益的原則，故以火車站為分界，採上、下兩個小區域收集污水後，以短管推進的方式($\phi 400\text{mm}$)，穿越鐵路路段併入二期分標計算，詳圖 8.2-5。



圖 8.2-4 光復路地下管線現況



圖 8.2-5 光復路段施工示意圖

課題三：現況土地使用與都市計畫土地使用差異之檢討

依據都市計畫土地使用劃分之下，原舊有規劃為工業區的區域，經過現場調查的結果，部份工業區範圍已開發為住宅區，故水理分析計算時，將原工業區 10 CMD/ha 單位面積污水量改為住宅區的 97.8 CMD/ha，以符合現況。如本計畫區竹南鎮龍天路南側，與龍山二段東側所包含的範圍，原規劃為工業區現今多處已興建為集合式住宅，如圖 8.2-6 所示。



本計畫區內由縱貫鐵路貫穿全區，原規劃 O 幹線經由竹南聯絡道轉至國泰路接到水資源中心之路線，勢必將穿越縱貫鐵路，經本團隊現地勘察後，竹南聯絡道穿越鐵路段為一地下道，如圖 8.2-7 所示。由於該地下道之路線並非直線且長約 130M，因此本團隊建議將 O 幹線改由繞真如路接國泰路再匯流回水資源中心如圖 8.2-8 所示。



圖 8.2-7 穿越地下道示意圖



圖 8.2-8 O 幹線佈設示意圖

課題五：管線通過河川渠道之施工方式研擬

本計畫污水管線處需穿越河川渠道，對其穿越方式應特別注意，一般穿越河道方式依管線埋深及現場條件，可採行之對策彙整如圖 8.2-9 所示，並說明如下：

- 一、 管線埋深低於河床，且橋台基礎基樁可直接穿越，並對穿越處周圍區域施以地盤改良。
- 二、 橋樑基礎或基樁形成障礙之地點：管線繞由橋側河床底部穿越，施工時可採調整管線路徑或增加工作井數目的方式來避開橋樑基礎。
- 三、 管線埋深高於河床，且橋台側邊可供管線懸掛之地點：管線吊掛於橋樑側邊，並設置抽水站。

經地勘查後，對穿越河道之施工方式建議儘量採直接穿越橋台基礎設計，惟將來應詳細調查橋台基礎之型式，若無法直接穿越橋台基礎時，則可採避開橋台基礎之施工方式，以繞道方式由河床底部直接穿越。配合前述建議需求，在維持幹管水理功能之原則下，亦調整原規劃幹管配置，使各過河段之管徑與河床底部淨距達管徑 1.5 倍以上之安全範圍。

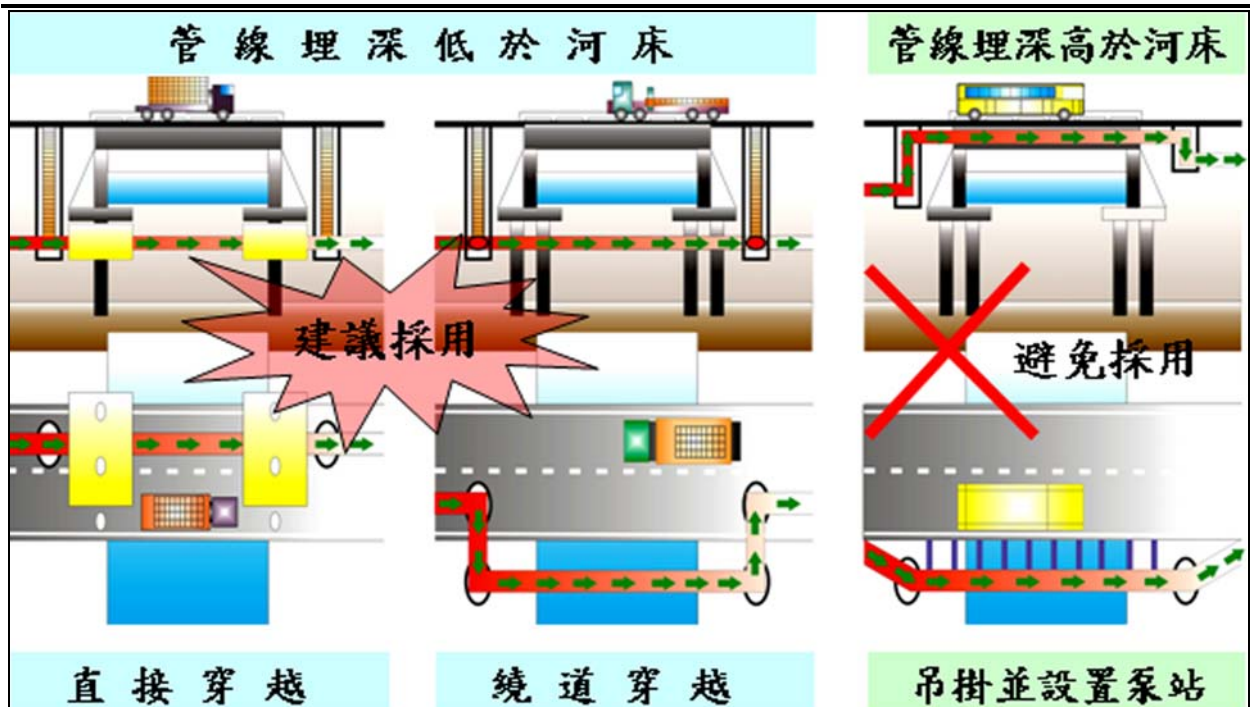


圖 8.2-9 管線通過河川渠道施工方式構想示意圖

課題六：計畫區中未開闢道路之路網配置檢討

先期計畫書之管網佈設主要參考都市計畫圖為主，但區域內計畫道路有部分都市計畫道路尚未開闢，經與相關都計單位聯繫後，了解此區域內近期暫無開通道路計畫，如依照其所佈設之分支管網，則該管段將無法施工，影響管線佈設及用戶接管工程。

針對都市計畫道路未開闢路段，建議採以下三種方案因應：

- 一、計畫道路未開闢路段，污水管線仍予以規劃配合道路開闢現況再於細設決定是否興建該區管線，以避免日後施工需減作及辦理變更設計之困擾，待未來道路開闢後，針對道路開闢狀況再依據規劃成果及現況檢討後一併設計。
- 二、鄰近地區若有既成道路(路寬：5m)，改由既成道路收集污水。
- 三、若無適合既成道路，則計畫配合用戶接管工程需要，於既成巷道內規劃埋設巷道連接管(管徑 ϕ 200mm)收集污水。

為順利管線接管，以完成整個計畫區之污水系統，故依據現況調整分支管網之配置方式示意圖，如圖 8.2-10 所示。

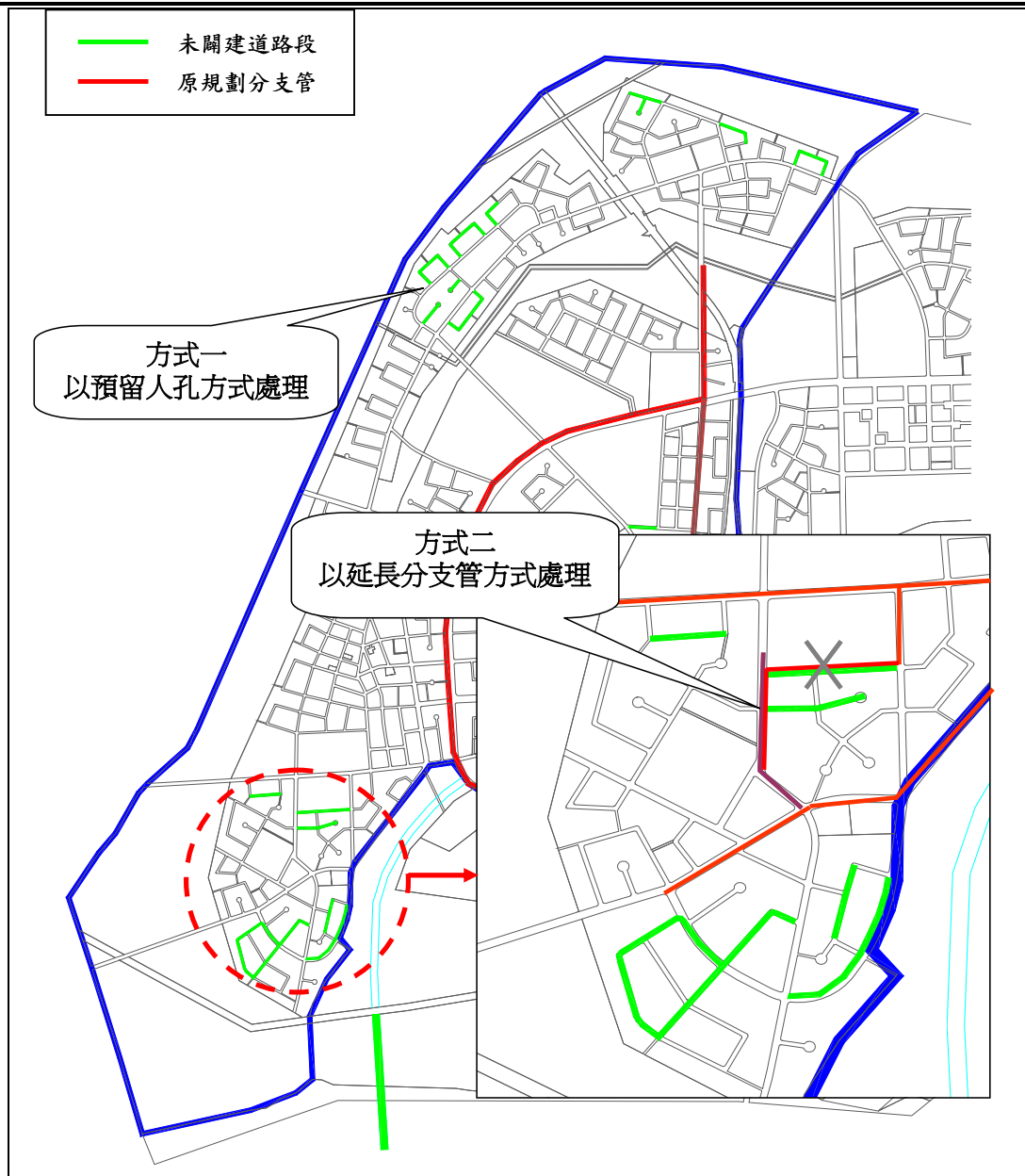


圖 8.2-10 未開闢道路位置及處理方式示意圖

課題七：人潮集中及道路要衝路段之處理對策

本計畫部份管段於交通頻繁或人口集中處(如環市路、永貞路)之道路上施工，施工期間對道路交通難免造成影響，為能確保交通安全，保持車流順暢，減少對環境之衝擊，樹立政府工務單位之良好形象，必須訂定相關的交通管制計畫及因應對策，並徹底執行。

依據本團隊以往施工監造經驗，施工時對道路可能產生的影響有兩種，其一為工作井推進施工時，佔用道路空間縮減有效行車寬度，因而降低市區道路服務水準；其二施工機具、材料運送及土方運棄時，造成道路擁塞。為有效解決交通衝擊，本公司研擬以下對策：

一、設計時避免於交通流量大之路口施作推進井



在人口密集、交通繁忙的都市施工採明挖施工，造成的衝擊與社會成本較大，所以推進施工近年已成為人口密集、交通繁忙都市污水管線施工之主流。

二、車流疏導動線規劃

交通擁塞及路寬狹窄路段，可藉由鄰近道路或另闢便道作為替代道路，並配合相關交通管制設施，疏導車流以減少對交通影響。

三、選擇離峰期間施工

依據本團隊現勘調查計劃區內交通流量，發現上下班尖峰時間及假日時段，車流量均非常大，因此規劃工期時，考慮安排離峰時間為主要施工時段，以減少對車流的影響。