

# 論述臺北市污水下水道系統延壽計畫

Discuss the life extension plan of the sewage and  
sewer system in Taipei City

江黎明、程培嘉

## 摘要

污水下水道延壽係藉由有效的營運管理，維持設施的機能，延長使用壽命，確保污水下水道做為維生系統的安全性，本內容針對污水處理廠的健全度以及下水道系統管材生命週期、管網水理資訊、管線清疏服務、兩污混接調查四個面向來探討管理模式，提供決策之參考。

## 壹、前言

污水下水道系統建設費龐大，後續更新不易且費用更高，如何有效的營運管理，維持設施機能，延長使用壽命，確保使用安全，避免災害發生，達到生命週期最適化的成本支出，是經營者重要的課題，本協會執行臺北市污水下水道系統延壽計畫總顧問工作，其下水道系統由污水處理及收集系統所組成，自 61 年計畫建造至今已 50 年，經營重心已從新建工程移轉到營運管理及系統延壽。

污水下水道包含處理設施與管線輸送系統，處理設施由連續之處理單元所組成，輸送系統是由管線及人孔組成，負責將家戶所產生之

污水收集輸送至污水處理廠，處理廠各式設備之運轉可靠度與安全性，維繫於健全的維護工作體系，因此需要依據設備的特徵、異常案例及人、時、事、地、物等實況逐一盤點與判斷，訂定相關查檢項目，確實引導第一線的巡檢作業以落實維護工作。

## 貳、污水處理廠

污水處理廠設備健全度評價分級制度是將設備運行良窳現狀進行分類，依不同的異常狀況進行分類及分級，並訂定在不同健全度下之維修及處理方式，以臺北市迪化污水處理廠為例，該廠為全國最大二級處理廠，污水處理流程為進流、攔污、初沉、曝氣、二沉、消毒、放流，污泥處理流程濃縮、消化、脫水、乾燥，主要設備包含進流泵、污泥迴流泵、細攔污柵、初沉及二沉刮泥機、離心式鼓風機、曝氣攪拌機、污泥濃縮機、污泥脫水機等設備；藉由處理機制進行預防性處置，以恢復設備功能或減緩劣化速度，讓設備能夠發揮最大效率，及故障發生率降至最低。因部分設備與土木建築有相互影響關係，土木建築設施異常也會間接降低設備之生命週期，需要把土木建築設施納入健全度評價內一併分級及處理。

設備健全度評估通常會藉由對設施之種類、構造、機件及部位等特性進行調查，以掌握設備劣化位置；調查方法有以視覺、聽覺、嗅

覺、味覺及觸覺等五感之定性調查與測量裝置之定量調查，考量設備種類與構造等特性，以及負責調查者之技術能力、檢測儀器之準確度及成本，選擇最合適之調查方法。

迪化污水處理廠每項機械設備建有獨立之健全度資料檔，記錄未來每年評鑑分級評分及相對應之處置方式，隨著操作時間的增加及累積，各年度之處置方式也不盡相同。經由機械設備、土木建築異常狀況及判斷成果，建立各項機械設備及土木建築設施之設備健全度分級後，將資料進行全廠設備之分類及分級彙整，藉以評判各項設施進行維護、維修(分日常簡單維修或年度維修)程度、頻率或作為設備更新之評估基礎及編列預算之依據。各項設備異常狀況及判斷、設備健全度評價分級表均在「設備健全度工作執行計畫」構建完成。

依營建署設備健全度分級制度及考量營運狀況，將5級評價列為A、B、C、D 4個分級，表1，在操作契約的執行併入評鑑後擴的機制(擴充3+3+3)，採用O+R概念(Operate-Rehabilitate)在設備評量後的更新也可擬定出短中長期的延壽計畫之更新年限，表2。

表 1 健全度分級表

評價	分級	處置方法
4~5	D	維持例行一般及預防保養工作
3~4	C	辦理大保養或歲修工作
2~3	B	可安排納入更新
2 以下	A	立即辦理停用或納入更新

資料來源：台灣下水道協會，污水下水道系統設備健全度檢討策略整

合報告，2021 年 11 月，28 頁。

表 2 更新年限表

廠站	建議更新年限		
	~112 年	~115 年	~118 年
迪化廠	機械式細柵欄 SP-0201A~E	初沉刮泥機 SP- 0301A~ D→SP- 0312A~ D	水中攪拌機 SP- 0403A~ F→ SP- 0405A~ F
	單段離心式鼓風 機 SP- 0401A/ B	初沉污泥泵 SP1~24	二沉刮泥機 SP-0501A~D→SP-0524A~D
	濃縮污泥進料泵 P- 0801A~ C	水中曝氣攪拌機 SP- 0406A~F→SP-04017A~F	放流抽水泵 P- 0606A~ D
	脫水污泥進料泵 P- 0807A~ C	迴流污泥泵 P- 0501A~ D	污泥濃縮機。 SP- 0804A/ E
	污泥循環泵 P- 0901A~ E	消化進料泵 P- 0805A~ C	污泥脫水機。 SP- 0805A/E
	脫水後污泥進料 泵 PMP-1/20	回收水加壓泵 P- 0703A~ C	厭氧消化鍋爐 SP- 0905A~ C
			砂濾進流泵 P- 0701A~ D

資料來源：台灣下水道協會，污水下水道系統設備健全度檢討策略整

合報告，2021 年 11 月，53 頁。

評鑑後擴機制應用了採購法後續擴充的規定，契約擬定 3 年 1 階

段，共 4 階段 12 年之長期委託操作維護契約，期間為避免承攬廠商履約不符需求，則於各階段辦理履約績效評鑑，評鑑作業依小組成員區分為外部評鑑及內部評鑑，外部評鑑小組委員皆為外聘專家、學者，並由內政部營建署列席與會，內部評鑑小組委員由衛工處內部遴派，針對目前承攬廠商執行能力進行評估，承攬廠商履約績效評鑑分數需達合格分數 85 分，方得辦理續約。

建立設備健全度評價，也訂定在不同健全度下之維修及處理方式，藉由處理機制進行預防性處置，循環滾動調整以恢復設備功能或減緩劣化速度，讓設備發揮最大效率，達到延壽之目的。

### 參、污水下水道收集系統

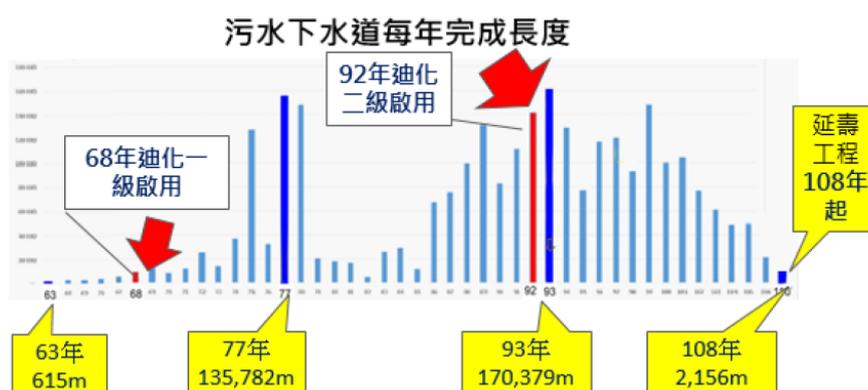
收集系統包含了污水管渠、人孔及揚水站等所構成，由住戶端的用戶排水設備到下游端的幹管宛如大樹結構，在臺北市接管率已達 80% 以上，管徑由  $\phi 100\text{mm}$  到  $\phi 3600\text{mm}$  不等，為能夠維持下水道輸送系統健全的使用功能，管線延壽之計畫必需執行，但在預算與需求的競合下選擇最適合的延壽順序是目前重要的課題，故整理研議出管線延壽之管材生命週期、管網水理資訊、管線清疏服務與雨污混接調查的四個面向供決策者參考。

#### 一、管材生命週期

主要在建立管線及設施，新建及維護等管理數據，每段管線及設施屬性；污水下水道建設從規劃設計施工到維護，管線由成熟期邁到衰退期，損壞的情形可能來自施工品質的影響，也有可能來自管材的壽命的影響，當然還有更多的影響來自外力造成，如地震、交通車輛、施工挖損、不明水浸入等原因，另外埋在地下的管線損壞會造成馬路產生不預警的坑洞及坍塌，影響人車安全。

為了建立管線生命週期的資料，了解各階段管線的健康狀況，就必須建立一套完整的資訊管理系統，不論是GIS系統或是營運管理系統，不管是規劃階段就開始產出或是竣工後才開始建立，管線開始使用的時間是最基本的資料，以後在做延壽的探討或更新的計畫時，它總是第一個被拿出來探討的，圖1。

圖1 管線建設時間



管線工程完成後，隨及進入使用、老化及更新等生命週期。逐年建設繼續擴增，系統交錯連結便形成管網，而做好維護營管的要件，在掌握管線定位及管內資訊，以管材生命週期、管網水理資訊、管線清疏服務及雨污混接調查等,做好維護營管業務。

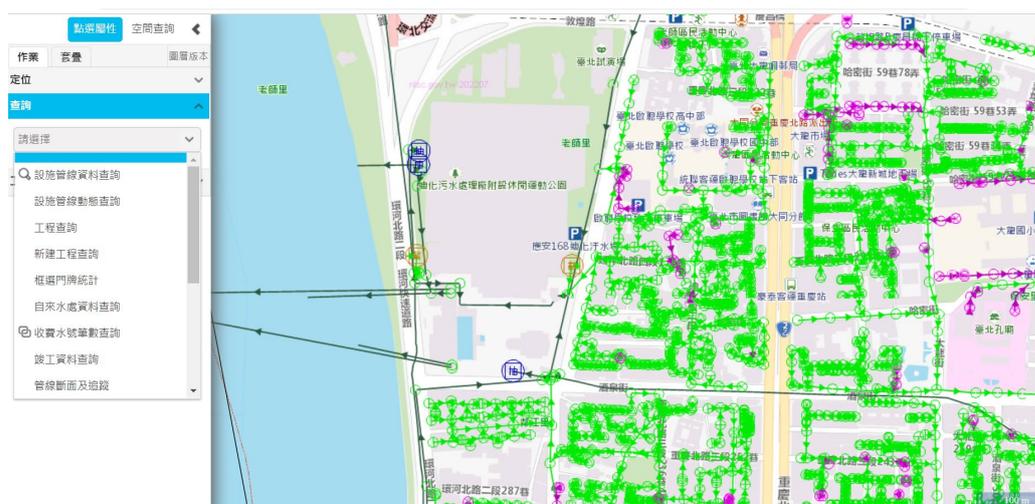
累計總長度約為 272萬3,073公尺(統計至110年12月)。

資料來源：臺北市政府工務局衛生下水道工程處(台灣下水道協會整理)

在臺北市大量的污水管道被埋在地下，至 110 年底埋設之長度已達 2723 公里，無論是檢查評估條件還是更新都需要很長時間。因此，重要的是收集和整合訊息，制定綜合計畫，然後採取有效措施延長管線老化，並預防道路塌方的發生。

臺北市污水下水道為分流式下水道，管線的屬性從建設之初的紙本記載到後來的電腦建檔，都被進行分類整理保存著，在管線建設、維護及營管階段這些數據就不斷地建置在系統內，這些污水管線大數據反映了日新月異的污水管線狀況，在臺北市建置了污水下水道 MIS 及 GIS 管理系統，圖 2，員工可以依照權限檢索和利用各種數據。

圖 2 MIS 管理系統



資料來源：臺北市政府工務局衛生下水道工程處污水下水道 GIS

管理系統包含每條污水管道的基本訊息，如位置、深度、管道類型（含管材管徑）、建造年份等，近年來不斷的提升也加入了管線履歷等訊息如維護更新的訊息，另外在管線檢視所發現的異常或是道路坍塌、冒水、氣沖等現象在後續也將陸續被建置，污水管道分區檢查就可以根據這些訊息來分年執行。

## 二、管網水理資訊

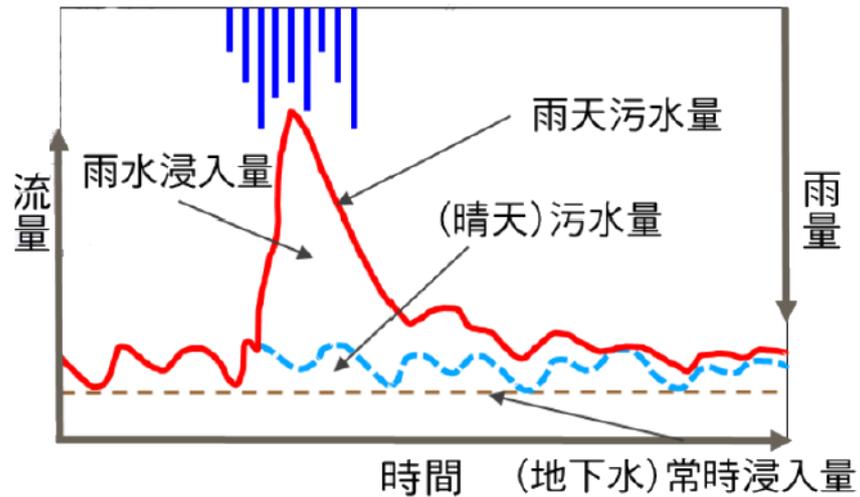
主要在建構管網系統及更新屬性體制，篩選節點獲取即時資訊，提供防災及維護更新之參考數據；污水下水道的水文特性，是一個不間斷的水流系統，正常流量可以把污水順利帶到污水處理廠，異常時就有可能從各地中某設施冒出影響到民眾，所以在下水道系統內建制監測系統，就可以了解管內平常的水流狀況以及發現不明水流入達到預警功效。

當污水下水道系統內有超額入流和入滲的不明水量發生時，便為系統增加了原來不需處理的水量，無形中增加了系統輸送的負荷。這些不明水多半原屬於雨水或地下水，非屬污水下水道系統內的水體。在臺灣下水道規劃為分流式，市區排水系統之雨水下水道原設計是將雨水收集輸送至河川。雨水渠道通常也比污水下水道系統大得多，因

為它們設計是用於輸送較多的降雨。當這些雨水浸入污水下水道系統後，便成了不明水，也需依污水一樣進行輸送和處理，最終使污水下水道系統超過原負荷，一旦污水下水道系統容量超載，污水的流量就會高於正常水平，就會造成污水由人孔溢出，如果用戶衛生排水設施低於這個水位，污水將經由污水管道回淹到用戶地下室造成冒水。

如不明水影響的範圍在下游低窪地區，將使得上游用戶接管的進度推遲甚至無法接入，連帶影響用戶接管率，當過多的不明水進入污水系統，也導致污水處理成本增加。因此，如何減少不明水的入流和入滲，降低營管成本，是當前系統維護管理的重要課題；在偵測不明水監測設備位置的選擇上以及運用監測的技術來找出不明水，甚至做到改善減少不明水的浸入；監測的項目依檢測的內容可分為流量監測、水位監測以及電導度監測，流量監測是針對下水道的特性監測，在晴天時下水道管內的水量為平均污水量及常時水量（基流量），污水量會隨著用水尖離峰變化，基流量則維持一定的水量，以這個為基數，就可以分析下雨天進流水產生的流量變化，如圖 3

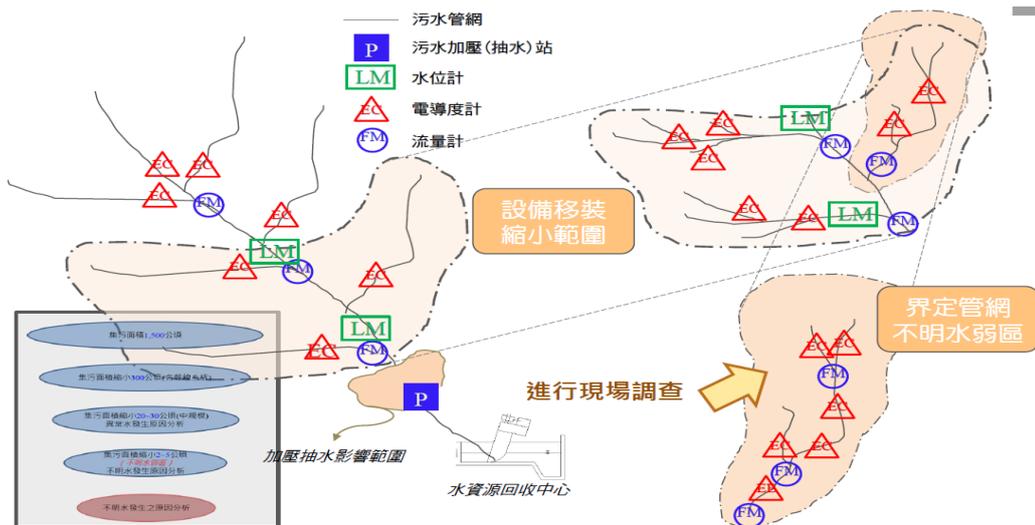
圖 3 流量變化圖(花蓮下水道案例)



資料來源：台灣下水道協會，「污水下水道系統管渠延壽檢討策略整合報告」期末報告，2022年7月，11頁。

另外在水理的分析模式下，可以由流量的變化來調整監測器的位置，找出雨污混接嚴重的地區，以平常量測的值來比對下雨天量測的值，推估該區域雨污混接的雨水量，另當監測範圍內的測點反映出流量高低差異時，對於差異量大的點利用流量計、水位計及電導度計位置調整或縮小調查區域來找出管線系統異常、雨污混接等熱區，污水管線各類的監測點分別設置或組合設置，所得數據經收集分析後，即可作成後續得評估或改善，圖4。

圖4 監測設施佈設示意圖



資料來源：台灣下水道協會，「污水下水道系統管渠延壽檢討策略整合報告」期中報告，2022 年 1 月，18 頁。

當監測擴展至管網系統，即可從整體下水道管網，獲取即時資訊，提供防災、維修及延壽等作業依據，在規劃時建議如下：

- (一) 固定節點監測：在系統關鍵處設置固定式監測點，長時間控管水位、流速、水質(pH 值)、水溫等不同時間數據變化，有助於建立即時防災體系。
- (二) 移動式監測：對查察異常水位管段或辦理修繕作業時，即需有計畫的檢查或監測水位，以協助找出問題點及適宜的施工時段等。

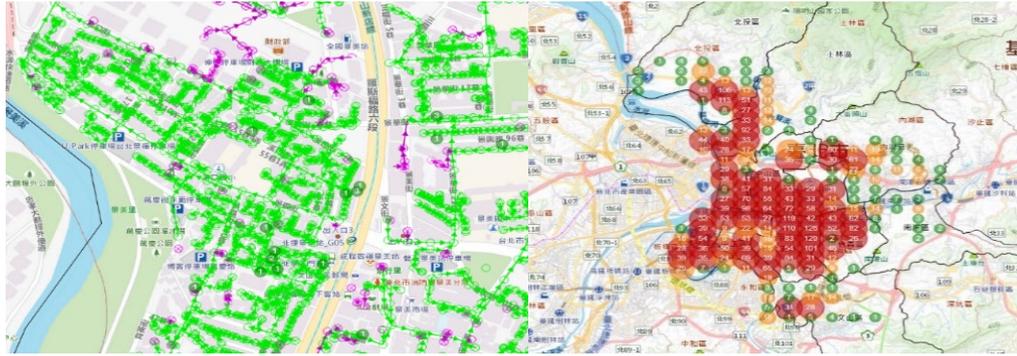
### 三、管線清疏服務

主要在於管網系統及管線及設施屬性，結合每日清疏服務及維護

工程等資訊，健全資料庫；用戶在使用下水道產生之問題最常見的就是油脂堵塞、排水不良或管線損壞，我們可以整理這些處理案件，把資料收集起來，對於之後管線的檢查、預防性維護、計畫性修繕就會有所依循，在清疏時將完成後的原因做成紀錄，在資料累積到一定程度的時候我們也可以進行管線熱區的建立。

目前用在個案判斷及預防清疏上，利用電腦大數據的管理就可以很清楚的將重點呈現出來，如圖 5 所示，藉由泡泡主題圖的呈現，可以清楚的看出常發生堵塞的地區，甚至可以鎖定造成堵塞的大戶；在歷年的統計資料中我們發現餐飲業集中的地方，污水管線的堵塞機率偏高，很明顯的現象是油脂排入污水下水道所造成的，尤其清潔劑使用也很容易產生皂化現象形成堅硬的油塊，造成清疏上的困難，另外我們也常常發現住宅排水管線高程相對較低地下室住戶（陽光樓），都是下大雨時通報清疏的常客，待雨退去問題就解決了，這就是典型的雨天不明水流入污水下水道的例子。

圖 5 熱區示意圖



資料來源：台灣下水道協會，「污水下水道系統管渠延壽檢討策略整合報告」期中報告，2022年1月，11頁。

#### 四、雨污混接調查

主要是對不明水調查，配合管網水理資訊建立，可據以將管網異常水位循序排查，避免雨污混接，對於早期已完成五層樓以下的建築物，因受限於當時施工技術、接管方式、管線老舊等種種原因，造成用戶屋頂雨水雨各層樓雜排水直接排入房屋周邊雨水溝，使得原已完成污水下水道接管區域之生活廢污水，因此下雨時污水下水道系統流入處理廠水量倍增。故應針對已完成污水下水道接管使用之地區，依據施工接管使用年度、污水下水道公告使用地區接管戶及預計辦理管線更新地區等，辦理清查作業，並將清查結果配合年度預算工程辦理修繕、接管，徹底阻斷污水流入雨水下水道系統，也同時加強對民眾進行宣導及處置，以期減少污水流入河川所造成之污染。

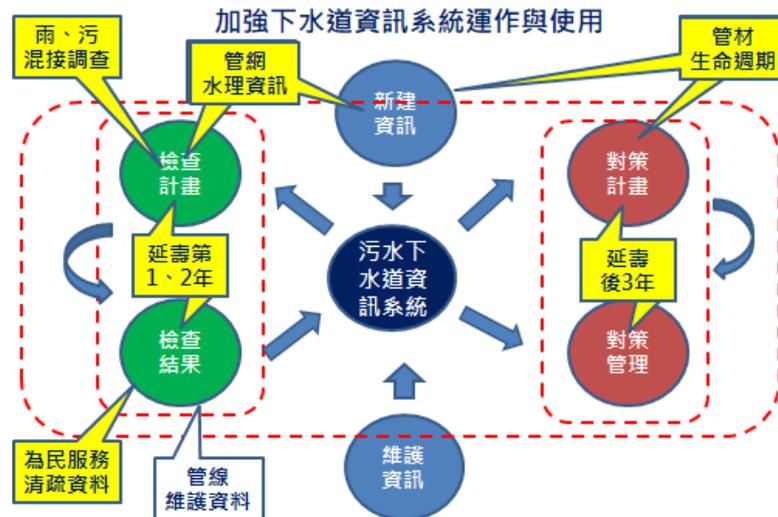
用戶端不明水的主要來源為有雨水、地下水，而雨水浸入污水下

水道系統大多由用戶端雨污混接所造成，目前國內調查方式以染料試驗調查為主，染料試驗調查為包括染料追蹤或浸入水現象，並能準確地確定可能入流的來源，如區域排水溝混接到下水道系統，亦或是降雨引起的入滲/入流的來源，並可間接地由人孔處入流掌握到管線損壞位置。染料試驗通常用於可能發生不明水之區域，搭配調查區域下游處之人孔位置進行影像監測，以確認外部水源(例如落水管等)中注入的染料水是否進入下水道系統，於調查過程中，所有的測試結果應作適當記錄。染料測試結果須明確給定染料傳遞方向，並依經驗透過觀察到的染料量來量化不明水浸入之成果。

#### **肆、延壽工作之進行**

管材生命週期、管網水理資訊、管線清疏服務及雨、污混接調查等分析，其中管材生命週期為主觀判別，另三項屬較客觀性資料佐證，加強下水道資訊系統運作與使用，將現有資訊體系連結整合，俾利妥善分析檢查結果並據以制定熱區，對管網問題的對策，將各類資訊循環運用，圖 6。參考新加坡及日本東京都等相關文獻，亦以服務年資作為管內檢查的排序，將管網水理狀況及清疏服務資訊分析管線現況，再判別異常管段的整建工法。

圖 6 資訊系統運作與使用圖



資料來源：台灣下水道協會，「污水下水道系統管渠延壽檢討策略整合報告」期末報告，2022年7月，61頁。

臺北市污水下水道係屬市府財產，建議參考內政部「都市危險及老舊建築物加速重建條例」達到服務年資的管網進行結構評估，由於整體作業所需經費、及人、物力，分年分期辦理管內檢查及異常管段修繕作業，在成本考量上可根據過去的建設和維護成本記錄，通過適當的維護延長管線壽命，算出最低的年平均生命週期成本，在有限的資源下達大最大的經濟效益。

故對於年度預算需有二種編列方式；一為編列以年度經常型管線維護修繕費用，二為管線系統延壽專案；經常型費用可參考往年編列模式及費用；但管線延壽案需中、長期計畫的目標管網及執行效力為依歸，酌予執行管內檢查、異常狀況分析、判別修繕方式及擬定工法費用等，並以

每年 1.2~1.4 倍預算成長費年度經常性管線維護修繕預算，下列再細述二項預算之定義為：

一、年度經常性管線維護修繕預算：

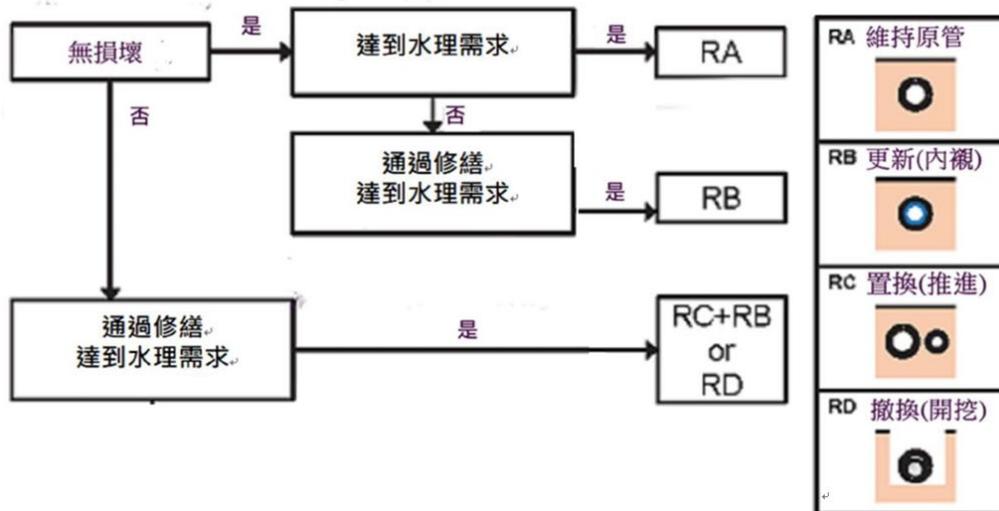
(一) 維持費：維持管網系統輸送功能順暢，必要的清理、檢查及調查等。

(二) 修繕費：為維持管線系統的功能性，進行必要的修繕，如突發異常狀況之緊急搶修。

二、管線系統延壽專案預算：因管線老化因素，將影響系統功能及造成道路坍塌、人車等交通災害事件發生，故管線服務年資到達期限，必須事前檢查修繕，防止事件發生。

考量臺北市系統龐大，可依服務年資及客觀條件通盤檢視，管渠如無損壞且達到水理需求時，可維持原管 (RA) 並加強檢視頻率；如管渠內部有損壞現象，但水理可正常使用，則以內襯修復 (RB)。當管線損壞時即需辦理修繕，但水理不正常時，依判斷採取置換或撤換等整建模式 (在原管段旁以推進工法置換 (RC) 管段，或以明挖工法撤換 (RD) 管段)，確定整建類型的流程圖如圖 7 所示。

圖 7 確定整建類型的流程圖



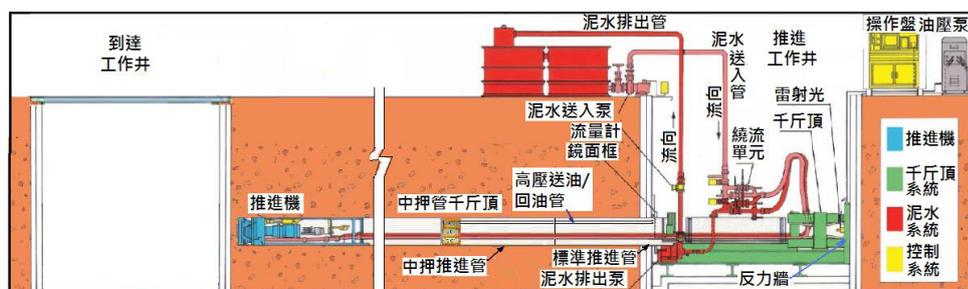
資料來源：台灣下水道協會，「污水下水道系統管渠延壽檢討策略整合報告」期末報告，2022年7月，64頁。

另在臺北市都會區常因道路管線密佈造成開挖困難，也須配合現有的條件來選擇適合之工法進行管線整建，目前常見的工法有：

### 一、 置換、撤換(RC、RD)

推進工法，於道路淨空的位置施作工作井，以推進工法由發進井直接推進機貫通至到達井，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，如圖8。

圖8 推進施工示意圖



資料來源：台灣下水道協會，推進工程實務手冊，2020年12月，31頁。

(二) 明挖工法，採直接管溝開挖配合擋土作業之埋管工法，一般開挖深度以不超過3公尺為宜，用於整建時利於新舊管線之更換。

## 二、更新內襯(RB)

(一) 螺旋內襯(含擴大)工法，適用於重力流管，管內積水小於管徑30%時仍可適用，內襯管以螺旋捲之板帶組成，材質以聚氯乙烯(PVC)或聚乙烯(PE)為主，捲製完成後之新管與既有管線之間以水泥砂漿灌漿，擴大工法則當板帶捲製完成定位後，將板帶鋼絲抽出而造成擴大管徑之效果形成緊靠於管壁之內襯。

(二) 反轉內襯工法，施工前應先進行管內擋水，將內襯軟管浸漬專用樹脂後利用氣壓或水壓將軟管以反轉方式送入管內，最後通入熱蒸氣或熱水養治，使樹脂硬化成型。

(三) 拉鋪內襯工法，施工前應先進行管內擋水，將複合材料內襯軟管，以拉鋪方式送入整建管段內，利用氣壓，使其貼附於既有管壁，再應用紫外線光源或蒸氣使樹脂固化，形成堅固光滑內襯管。

## 三、局部修繕

(一) 注藥補漏工法，適用於接頭或局部裂縫產生漏水現象者，適用管徑  $\phi$  150~800mm。

(二) 膠膜內襯補漏工法，適用於樹根或止水膠圈切除處、接頭滲水處、局部裂縫滲水處等，適用管徑  $\phi$  200~600mm。

(三) 不銹鋼片內襯工法，適用於樹根或止水膠圈切除處、接頭滲水處、局部裂縫滲水處等，適用管徑  $\phi$  600~2000mm。

管渠延壽面對的挑戰，主要來自財務預算有限，且為年度編列、管網系統不斷擴增及老化與延壽作業與日常維護配合及資料交換等等，皆需中、長期的觀點來統籌管理，為了謀求永續營運，要制定明確目標，客觀掌握和評估龐大的資訊，預測長期設施的狀態，有計畫的進行下水道設施的管理。

#### 伍、參考文獻

1. 台灣下水道協會，「臺北市政府工務局衛生下水道工程處-污水下水道系統管渠延壽檢討策略整合報告」，台北，111年5月。
2. 台灣下水道協會，「臺北市政府工務局衛生下水道工程處-污水下水道系統設備健全度檢討策略整合報告」台北，110年11月。
3. 內政部營建署，「污水下水道系統不明水原因調查及對應策略期末報告書」台北，108年7月

4. 台灣下水道協會，「污水下水道系統遭遇不明水侵入研究成果報告(以花蓮污水下水道系統為例)」花蓮，108 年 8 月
5. 台灣下水道協會，「推進工程實務手冊」台北，109 年 10 月
6. 營建署下水道工程專用技術規範(02531-02536)， 108 年 7 月
  - A. 第 02531 章 污水管線施工
  - B. 第 02532 章 污水管線附屬工作
  - C. 第 02533 章 污水管管材
  - D. 第 02534 章 污水下水道用戶接管工程埋設施工
  - E. 第 02535 章 下水道用戶接管附屬設施
  - F. 第 02536 章 下水道閉路電視檢視
  - G. 第 02537 章 下水道人孔整建施工
  - H. 第 02538 章 下水道管線整建免開挖施工
7. 國外相關案例
  - A. 日本
    - I. 日本東京都下水道局技術調查年報-2018-Vol. 42\_東京都防止污水管老化的措施
    - II. 日本國土交通省水災管理局下水道課下水道事業部事業管理推進室「關於庫存管理」

B. 新加坡

I. 新加坡下水道修復 (Sewer Rehabilitation in Singapore)

II. 新加坡公共下水道康復計劃 (PUB Public Sewer Rehabilitation Programme\_2022)