

自來水設施維護管理之研究

王隆昌¹ 許志浩²

壹、前言

自來水建設不僅為國家社會之基礎建設，亦為維繫人民生命與健康所不可或缺的維生系統，因此如何藉由完善的維護管理，以確保供應充裕且合於衛生之用水，實為自來水建設刻不容緩的重要課題。由於自來水事業屬營利事業單位，除了提供民眾用水的需求以外，尚需自負盈虧並將定額盈餘繳庫，因此自來水的建設必須透過經營管理的手段達成預期之經濟效益，其先決條件取決於規劃、設計、施工及驗收等作業之良窳，而後續營運管理機制是否健全，則決定了自來水設施產能之高低及永續經營之成敗。行政院公共工程委員會在「新世紀國家公共建設會議」其中心議題之一即是建立公共建設永續經營之理念，再次印證公共建設維護管理之重要性。

以大台北地區為例，水資源已十分貧乏，但其居住人口卻持續成長與密集，欲再尋覓良好水源地闢建新水庫，已如緣木求魚般的困難，因此長久以來這種採取高成本、大量開發水資源的傳統方式解決供水問題，將逐漸面臨不可行的困境。鑑此，本文提出以經營管理策略，達到強化及延壽設施功能的新思維，研擬可行方案，期有助於解決供水設施維護管理的問題。

本文蒐集有關自來水事業維護管理及國內、外之相關維護管理文獻及資料，透過整理與分析，以獲取有價值的參考，同時考量自來水的特性，以人員、制度及經費為主要影響因子，建立起符合自來水永續經營管理的架構，並據此研擬最適策略。

貳、自來水設施現況之探討

自來水工程設施可分為水源、輸水、加壓站、淨水、配水等五大項，茲將各項設施

¹ 國立台北科技大學土木工程研究所 副教授，台北市忠孝東路三段一號，TEL：27712171ext2668，lcwang@ntut.edu.tw

² 臺北自來水事業處 幫工程司，台北市長興街一三一號，TEL：2888-2126，FAX：2888-2114，hsu0130@twtd.gov.tw

使用現況探討如下【1, 15】：

2.1 水源工程

翡翠水庫從民國七十六開始運轉供水後，大台北地區即未曾因枯旱而有大规模之停限水措施。直至民國九十一年五月，由於氣候改變，久旱不雨，翡翠水庫集水區雨量相當稀少，以致大台北地區，首次因枯旱進行分區供水。然由於事前即宣導節約用水，加以市民之配合，終於安然度過限水危機。在這段停水與限水期間，更凸顯出水資源及管線維護管理之重要性。

2.2 輸水工程

輸水工程可概分成「原水輸水」與「清水輸水」兩類。原水輸水係指自水源至淨水場；清水輸水則指自淨水場至配水系統。輸水管渠依水力性質可分為重力式與壓力式兩類，例如明渠，一定要有坡度以藉重力流下；壓力式管渠則需藉壓力輸送，不一定要有坡度。

2.2.1 原水輸水系統

以自來水處供水系統為例，由新店溪水源之直潭壩及青潭堰取水口取得之原水分送至各淨水場，既有二條主要之原水輸水系統，分述如下：一為自直潭壩取水口輸送至直潭淨水場之直潭原水輸水路，另一為由青潭堰取水口輸送原水至長興及公館二淨水場之青潭原水輸水路。

由於青潭堰取水口原水輸水系統所取之原水，已較長興及公館二淨水場供水區於民國一一九年前之最大日需水量為高，故無需擴建亦較難以擴建。然直潭壩取水口原水輸水系統所引取之原水現有容量為二百七十萬日立方公尺，依據規劃此容量於日後將不敷使用，故必需另闢一取水口及增設第二原水輸水幹線。如此即可增加取水量亦不致影響現有取水口之正常運轉，且可於原有之原水輸水幹線維修時輸送原水，可收一舉兩得之效。

2.2.2 清水輸水系統

現有清水輸水幹線之重力輸水能力僅能達到 1,927,000 日立方公尺（設計輸水容

量為2,316,000日立方公尺)，因此需另闢第二條清水輸水幹線以滿足供水之需求。第二條清水輸水幹線供水範圍包括東分區、北分區、士林北投分區、內湖分區、三重分區、中和永和分區、新店分區及安康分區等八個供水分區，並可藉由公館、長興支線補充公館淨水場及長興淨水場之清水而間接供給西分區、南分區及南港分區等三個供水分區。其容量之設計除補充第一條清水輸水系統不足之水量外，並於第一條清水輸水系統歲修時，肩負起供水之需求。

第二條清水輸水路除主幹線外，另有六條支線與現有清水輸水幹線系統連通，分別為安康支線、中和支線、公館支線、長興支線、民生支線及信義支線。第二條清水輸水幹線主幹線部份已於九十一年完工通水；支線部份除信義支線需配合共同管道及捷運信義線施設外，餘俱已竣工。二清幹線完成後總輸水能量可達248萬噸，同時各加壓站可雙向供水，增加供水安全性，並可與第一清水輸水幹線相互調配水量，除增加供水彈性外，亦可進行輸水幹管歲修，提高管線壽命。

2.3 加壓站工程

加壓站工程主要包括抽水站及抽水機兩大項，而加壓站更是將相關之土木、建築及機電等分項技術納入，做綜合檢討進行規劃，其要點包括抽水量、抽水高度、動力需要及動力來源、抽水站之設立、抽水機型式之選擇等。

自來水處現有加壓站包括大同、三重、中和、安康、安康 II 座、雙溪、松山、內湖、新店、直潭里配水池暨加壓站、十二張、雙城、公館、大同（市區線）、台北橋等加壓站。俟各加壓站配水池工程陸續完成後，可平衡調配供水區水壓及水量，再配合設置小型加壓站，可大幅提高管線末端地區供水水壓均勻穩定，進而達成本處分區計量政策。

2.4 淨水工程

淨水工程應依原水水質及自來水水質標準之要求，設置必要之淨水設備，並將各項處理單元配合設計為一完整之淨水程序。原水水質應有長期之檢驗資料，並考慮將來可能惡化之情況作為選用淨水設備之依據。淨水設備應以處理效果安全可靠為原則，考慮

淨化程度、設備規模、操作維護難易、用地地形以及建設、操作費之綜合效益等，選用最合適之設備與程序。

自來水處目前目前共有長興、公館、直潭、雙溪及陽明等五座淨水場，目前每日出水量約為每日 270 萬立方尺。其中以新店溪為水源之長興、公館及直潭淨水場，出水量佔總出水量之 97%；雙溪及陽明淨水場出水量則僅佔 3%，然因位處陽明山、北投高地區，水源分散山區，故對於高地供水更是功不可沒。以大台北地區而言，由於用地取得不易及居民住家品質要求較高，似乎較難增建或擴建現有之淨水場。

2.5 給配水工程

目前用戶給水管線之材質由早期的鉛管(LP)、鍍鋅白鐵管(GIP)、塑膠管(PVCP)、聚丁烯管(PB)，逐漸轉換為不鏽鋼管(SSP)，由於早期管線之耐震、抗壓或耐蝕能力不足，易產生漏水現象，為近幾年自來水管線漏水之主因。主要輸配水管部分，其總長度約 3,600 公里，早期採用普通鑄鐵管，無論白口接頭(CIP)或機械接頭(MJP)，其水密性、強度、韌性、抗壓能力略嫌不足，倘超過使用年限，亦容易產生漏水現象。一般而言，老舊社區由於管線埋設年代久遠，當時使用之材質欠佳，較易產生漏水現象，為未來優先汰換老舊管線之區域。

例如防火巷老舊管線部分因用戶搭設違建，維修困難又無法汰換，形成漏水或竊水問題之盲點，如能說服民眾將水表改裝至屋前，並將防火巷老舊管線廢棄，以澈底解決防火巷管線漏水之問題。此時給配水管線的維護則需搭配行政手段才能達到維護管理的目的。

經由本節敘述可知，目前主要之自來水工程設施無論是水源、輸水、加壓站、淨水等工程設施皆已臻完善或受地理環境之限制而無太多之改善條件。然對給配水工程而言，由於部份管線老舊、車輛超載、施工挖損等各種不利因素之影響，導致部分給配水管產生漏水之現象。自來水處為有效降低漏水率，將於九十二年，實施為期四年之「供水管網中程改善計畫」，為有效降低漏水率，預計於四年內投入二十五·二億元，其中以十四·三億元之經費，汰換二二〇公里之管線，因此管線工程為自來水設施維護管理

之重要課題。

參、設施維護管理理論之探討

3.1 維護之定義

一、所謂「維護 (Maintenance)」，是指一退化或失效之可維護系統，使其保持或恢復妥善運作狀態所實施之作業【2】，而設施維護管理之最重要目的乃是在設施生命週期使用年限內，以最經濟合理的預算經費，透過管理手段與制度運作，使其達到最佳使用與運轉狀態，並消除其潛在之危險因子，讓使用者在安全、舒適、健康的環境下操作與使用。

二、日本 JIS Z8115 定義：運用全部必須的處置與機能，去維持一個項目在可用及可運轉之條件，或者去除故障、失效且恢復它，亦稱為維護【3】。

三、按英國 BS3811 定義：維護是運用全部技術和行政行動組合，也包括督導，試圖維持或恢復一個項目，可以發揮其需求之功能的狀態【3】。

在談論維護觀點時，首先應瞭解設施生命週期成本概念，所謂「設施生命週期成本」係指建物或設施從規劃、設計、施工、監造、使用終至拆除為止，於期間所投注之建造、維護與拆除花費總和。設施於施工完成後，開始移交給使用單位後，即進入漫長的營運使用階段，由於隨著營運使用時間的增加，相關設施與設備將逐漸磨損與老化，如未能確實進行維護工作，所帶來的後果，將會是故障不斷發生、能源損耗提高，及潛在著不可預知的危險因子【4】。因此，適時做好各項維護工作，使設施充分獲得維護與保養，將可延長其使用壽限，降低使用花費，並減少危險發生機率。

3.1.1 設施維護的種類

從維護管理之觀點而言，設施維護工作不應僅從使用階段才開始進行，必須涵蓋整個生命週期的每個過程，從規劃、設計、施工、監造至移交使用，每個階段都應建立維護管理之觀念，無論對機能效率提升或設施壽限之延長，均有相當的助益。就維護管理方式而言，可分為事後維護、預防維護、修正維護、維護預防等四類【3，10】，茲分別說明如后：

一、事後維護（故障修理）（Breakdown Maintenance, BM）

此類維護也稱「運轉歇止損壞的修理或使用到故障後的修理」。在設施發生故障或損壞後所實施之修繕、維護作業，此種維護通常是臨時性或緊急性的，由於無法在產生故障前即進行維護，故對系統的運作有不良之影響，應盡量避免產生。當設施或設備使用到故障後才去修理，這是最保守的維護方式，雖然此種方式將造成使用者短暫之不便，但對於維護花費成本而言，仍然有其存在之價值，因為投入維護成本後，並不能確保其產能的輸出，因此對於產值較低或影響性較小之設施或設備，採取事後維護方式，可節省事前投入之各項維護準備工作，以達節省人力與物力之效。

二、預防維護（預防保養）（Preventive Maintenance, PM）

預防保養制度在1925年發源於美國，此制度重點在於設備未發生故障前即進行檢查與保養的工作，可大幅減少故障之發生機率，事先做好各項維護保養工作，將使無法預期的損失降到最低點。使用階段開始，即對各種設施、設備實施檢查與維護，使能維持在正常狀態下運作並避免故障發生，此項工作最大的效用是消除潛在故障，或當故障正處於輕微階段時即予以去除、調整、修補、更換，使之不致影響設施功能正常運作。預防維護之做法通常包括日常維護檢查、定期維護檢查、不定期維護檢查等。預防維護可分為用時間週期所做之維護，或運轉使用的狀態所做之維護，所謂時間週期維護即按一定時間間隔或每隔一定的運轉時間，所進行的維護保養；而運轉使用維護即設施（備）為達到一定程度的不順利運轉狀態時，即進行維護保養。有關預防維護分類如圖2.1.所示，由於預防維護制度必須投入相當大的成本，預防維護推展的執行面越廣，其維護費用就會越大，故以控制維護成本的立場評估，應以影響層面較大之設施做為預防維護保養之對象，其獲得較大的經濟效益層面。

三、修正維護（Corrective Maintenance, CM）

改良設施之體質以延長其使用壽命，透過此種維護管理方式，將使設施的故障率減低，大幅提高設施使用效率並延長使用壽限，且可大量降低事後維護之費用。改良維護主要是將設施可靠度與維護度提高，一但設施出現故障時，不僅只是單純的完成局部修

復問題，而必須進一步做整體之體質改善，以提高系統之使用效能。按英國BS3811 定義：在有故障認知下要採取維護行動，並試圖將此項目帶到可以達到發揮其預期功能的狀態。依照日本JIS Z8115 定義：採取所有行動將一個失效的項目，恢復到可運轉的條件下。

四、維護預防 (Maintenance Prevention , MP) :

設施於設計、規劃或施工階段過程中，即考量爾後使用時之經濟性與維護性，並以維護需求最少、維護成本最低及維護效益最高為最佳選擇方案。維護工作並不僅是保持設施或設備能有效使用，可更進一步作為有效使用設施的手段與方法。理論上設施能在設計或施工、製造完成後，最好不需要維護或減少維護花費，甚者即使發生故障或損壞，亦能在花費最少的情形下，進行維護之工作。故維護預防是導入維護工作成功的重要步驟，如能在規劃設計與施工製造階段，就能將維護預防之觀念融入，將可使爾後之維護工作與花費降到最低，並提升設施之可靠度與維護度。若僅考慮現階段，而不考量爾後維護問題，則可能產生成本與效益不平衡之狀況【16】，其相互間關係如圖2.2.所示。

從以上四種維護管理方式之觀點來看，設施維護除了要以最少的花費以達延長使用壽命目的外，最重要的乃是讓設施於使用過程中，能有效的發揮與運作，並避免發生故障或產生危安事故。

3.1.2 英國設施維護之種類

英國建築特許機構 (The Chartered Institute of Building, CIOB) 將建築設施維護管理工作分為三項，分別為回應式維護、計畫式維護及更新改善【17】。

一、回應式維護

係指緊急的維護及日常的維護工作，這些維護對於指出破壞性的趨勢及其可能的週期是有幫助的。

二、計畫式維護

(一) 預防性維護：又稱為情況相依性的工作，其工作時間乃事前決定的，主要的目的是讓建築物機能滑落到需求水準以下的機率降至最小，工作包括建築設施的檢測、

評估工作需求及排定工作順序等項目。

(二) 週期性維護：又稱為情況獨立性工作，包含循環性及其他必須實現的工作，這些工作是與現況無關的，例如安全的維護及相關的法令規定。

三、更新改善

(一) 設施更新：因自然耗損或人為使用不當而必須予以更新。

(二) 拆除改建：因結構機能衰敗或使用效益低落須拆除重建。

3.2 管理之定義

所謂「管理」乃是運用人力、物力、財力，透過規劃(Planning)、組織(Organizing)、協調(Coordinating)、推動(Motivating)和控制(Controlling)等五大階段過程，以達成目標的一種程序【5】。設施維護管理制度之目的，乃是透過計畫、管制、改善等程序，使設施效能獲得發揮、功能獲得改善、使用壽限獲得延長、維護花費能夠減少、危安事件得以避免，所採取一連串的積極手段與作為。有關設施維護管理方式與運用時機如圖 2.3.所示。

3.3 設施損耗之原因及種類

由於社會、經濟及自然環境的變化，再加上使用時間的延續，設施受到上述外力的影響，將造成機能性、物理性、功能性之損耗，如能探討其成因並運用管理方式，透過計畫、管制、改善等程序，減緩或改善設施的損耗程度，將可使設施發揮原有機能並延長使用壽限。有關設施損耗的原因及種類如下【6】如圖 2.4.所示：

一、物理性減耗：經過長時間自然力所產生的老化、破損，以及長期使用所產生之磨耗、破損、污染等人為耗損，和事故所造成的偶發性損傷等。其原因如下：

(一) 軟弱地盤及設計不良所產生柱、樑龜裂耗損。

(二) 風吹雨淋造成建材破損、腐朽、銹蝕、剝離等現象。

(三) 人為使用或機械設備運轉所造成結構體磨耗破損。

(四) 地震、風害、水災造成之損耗。

二、機能性減耗：建築物因不能適應外部環境變化所產生之減耗，故無論物理性減耗程

度有否嚴重，其已造成使用機能上之障礙。其發生原因如下：

- (一) 設施使用面積過小，無法符合人員與設備之增加。
- (二) 設施配置不當，造成居住環境不良。
- (三) 使用型態及方式改變，已不符現代生活需求。
- (四) 衛生保健、環保意識抬頭，原設施已不符法令要求。

三、社會性減耗：社會性減耗和建築物周圍的環境息息相關，由於社會環境與經濟環境的交互影響，加速設施使用效率的減低。探其原因如下：

- (一) 環境條件惡化，如廢氣、噪音、振動所產生之破壞。
- (二) 生活水準的提昇，造成設備使用增加。

四、二次性物理損耗：設施在進行維護或改良過程中，如未能針對原有構造特性或使用需求進行維護工作，將造成設施之嚴重損耗。探其原因主要有：

- (一) 荷重增加超出設計承載力。
- (二) 隔間或結構變更處置不當。
- (三) 設備容量增大或新增設備造成損傷。
- (四) 鄰近建物開挖不當所造成設施龜裂、傾斜之損害。

3.4 設施維護管理與損耗之關係

設施經過經年累月的使用，隨著使用頻率與時間增長，即發生損耗情況並進而導致故障，如果不能適時予以維護保養，不僅嚴重影響原有使用機能，更可能減少使用壽限而終至毀損。若能在適當時間進行維護行為，不僅可減少損耗率，更能延長設施之使用年限。從圖 2.5. 可知損耗率與維護之關係【7】。損耗係從 0 點開始，經常年使用後逐漸增加，而達到 T 時即毀壞，從 O-T 曲線係表示建築物之耗損狀態，所以稱為損耗曲線。在此曲線上，與 T 年相對應的 P 處進行維護，並促使設施之使用功能回復至當初的效能水準，O-S 係為設施最初之功能水準線，如 T 年維護後其功能恢復至 P'，但 P' 經長年使用後亦將逐漸損耗，於是在適當時機亦得做同樣的修復工作。不過，雖然經過如此反覆的維護工作，仍然難免最後的毀滅，圖中 T' 就是使用最高的年限，O-T' 曲線亦叫做

「經修繕後之損耗曲線」，亦即表示建築物經過數次的修復後，其使用年限即由 T 延長至 T' ，依維護方法之不同，在 $O-T'$ 線上之維護可達到 P_1 點（較原來功能略差），有時可達到 P_0 點（與原來功能略同），甚至可能達到 P_2 點（超過原來之功能水準）。此時 P_0 - P_2 部份即屬於功能之改善部分，與恢復功能的維護修繕在性質上有所區別。

肆、自來水設施維護管理機制之建立

4.1 維護管理所面臨之問題

自來水工程於興建完成移交使用管理單位後，由於缺乏專責專職的人員與組織，相關設施之使用、維護與管理之相關作業程序及規定等，較無明確的規範，其使用、維護管理及經費編列與分配等方面，未能滿足維護管理的需求，導致設施在維護管理上，產生許多窒礙難行問題。也因此，造成長期對設施維護管理之忽視，及欠缺完善管理制度的情形下，導致管理單位在設施維護執行上，產生許多使用操作維護及使用管理上之瑕疵，如維護預算之編列未考量適時適地的合理性，且對於既有之維護經費也因缺乏整體規劃而未能合理分配及有效運用，同時欠缺專責單位及專職之設施維護人員等，這些因素往往造成自來水設施無法有效操作，除導致效能減低及壽限減短外，也勢必影響供水之效率與品質。

4.2 維護管理機制之建立

維護管理機制包含人員之素質、技術之專精，組織之編配，制度之建立，經費之分配等，均是影響管理維護制度執行成效之重要關鍵因素。

4.2.1 維護人員與組織

一、培養專業設施維護人才

設施維護管理是一持續及常態性之工作，而設施本體及各其相關設備工作，隨著時間與操作方法，將會有所改變。故維護人員除應將作業模式制度化，將相關技術與資訊傳承外，更應積極建立新的維護管理觀念與做法，以專業服務的精神建立維護管理的模式。而為使原有專長更加精進，單位應儘量提供進修管道並施以再教育訓練，讓設施維護人員之技術與經驗能更加成熟與精練。

二、建立專責設施維護管理單位

設施維護管理工作常涉及不同專業領域，如欲達到經驗傳承與技術保留之目標，則維護管理組織應設常態性的功能編組，避免人員因調動造成維護工作中斷與執行上之困擾，並以專人、專責、專業來執行單位之設施維護管理工作，以使維護工作能有效並順利的執行。

4.2.2 維護經費

一、生命週期成本 (LIFE CYCLE COST, LCC) 之觀念

早年公共工程之耐久性並未受到重視，因此大都藉由修補來延長期壽命，有些結構的維修費用竟為原先建造費用的數倍。此外國內外文獻的記載，顯示出維護管的費用有逐年增加甚至凌駕新建費用的趨勢，據瑞士Schneider之研究指出，未來先進國家將有一半以上之工程費必須用於現有工程之維護【8】。而日本經濟企劃廳總合計劃局於1998年曾提出，「日本未來花費於維持的費用，2000年預計為4.6兆元日幣，2001年預計超過6兆元日幣，相當於十年前（1990年）的兩倍」【9】。生命週期成本如圖2.6.所示。

Flangan及Marsh於1994對建築生命週期成本提出一份研究報告指出：假設建築物其使用壽限為四十年，在正常使用狀況下，一般建築物所花費總成本中，70%為完工後之營運及使用維護管理費用，而30%為工程建造初期所投入之規劃、設計及施工成本。另在日本經過長期進行建築能源及建築設備使用管理計畫之研究分析，提出有關建築物之各項支出項目與費用，如表2.1.所示，從前項研究可知建築物完工營運使用之維護成本將超過初期之投資興建費用。故從設施花費的現象觀察得知，設施維護管理在整個建築生命過程有其不可忽視的地位，亦是影響設施使用機能與壽限的重要因素。

二、維護經費之評估

興建的成本不應只是施工成本，應以整個生命週期的總成本來衡量，包括規劃設計成本、施工成本及營運維護成本等。應用系統分析的觀念對往年設施維護經費之執行項目及金額，做科學之統計與量化分析，依經驗法則及專家調查法探討維護經費合理的分配模式，使各單位之設施維護經費能透過公平合宜的方式獲得，避免造成單位經費運用

不當或經費不足之現象【10】。現行經濟可行性分析較為普遍的方案評價方式有「現值法」、「等額年金值法」與「報酬率法」等三種【11】，為求計算簡潔與方便，採用「等額年金值法」(Equivalent Uniform Worth, EUAW)來計算該延壽工程計畫的所有成本轉換成等值之金額以評估各延壽替代方案之財務效率【12】。一般以EUAW之值為最低者為採行方案【13】，說明如下：

P 為主要成本，包含先期設計規劃成本、設計成本、用地取得及拆遷成本、工程建造成本及其他成本，SV 為殘值。

(一) 年金現值求年金金額【14】

PV_A ：年金之現值

A：年金

i：每期利率

n：期數

PV_{IFA} ：年金現值之利息因子

$$PV_{IFA} = \frac{1 - (1 + i)^{-n}}{i}$$

$$A_P = PV_A / PV_{IFA}$$

(二) 年金本利和求年金金額

FV_A ：年金之本利和

A：年金

i：每期利率

n：期數

FV_{IFA} ：年金本利和之利息因子

$$FV_{IFA} = \frac{(1 + i)^n - 1}{i}$$

$$A_F = FV_A / FV_{IFA}$$

(三) $EUAW = P(A/P, i\%, n) - SV(A/F, i\%, n)$

計算步驟：

1. 將主要成本 (P) 用 A/P 因子分攤至該設施的壽命年限 (n)。
2. 將殘值 (SV) 用 A/F 因子分攤至該設施的壽命年限 (n)。
3. 將已分攤至壽命年限之主要成本減去已分攤至壽命年限之殘值。
4. 再加上年營運成本至步驟 3。
5. 若有其他成本則將其轉換成年金後再加上步驟 4。

4.2.3 維護制度

一、設施文件保存制度之建立

當設施於完工驗收正式使用時，其接收使用單位之人員可能非當年參與設施進行階段之作業人員，如果接受新建設施之人員，沒有獲得設施及設備之完整資料，則爾後之使用與維護，將造成相當的困擾。當設施完工交付使用之前，設計、發包與監造單位應將相關圖說、文件及發包契約文件等相關資料加以整理、保存及移交，以為日後設施使用維護管理之參考依據。而使用單位對相關設施資料，更應妥善保管與歸檔，並做好防火與防水之相關安全措施。

二、設施使用與維護手冊之編訂

從設計規劃理念、設計方法與條件，各項設備系統之設計內容，結合完成之結構體、水電設備、空調設備、消防設備、機械設備等，從施工過程、安裝情形、使用與維護要領及注意事項，以各項設施之使用、維護重點為基礎，編製使用維護手冊與自主檢查表，當設施完成驗收，移交使用時，作為維護管理工作之重要參考依據。

三、設施維護資訊系統之建立

將設施維護管理工作資訊化，以達資源分享、資料整合之功效，使設施維護工作更有效率。另重要設施之電子檔案資料，應製作備份資料。

四、設施維護資料之回饋

設施在實際使用過程中，會因人為操作、自然環境等不同因素，使得設施無法達到其原有之使用機能，為使設施能正常的運作，則必須進行定期或不定期之檢查與維護。從維護與檢查過程中，為使維護工作達到經濟合理之目標，應根據維護檢查的結果，就

其缺失、損耗等方面資料，利用統計的手法加以分析，並將資料回饋給設計與施工者，使能在設計、興建過程做為參考依據，避免類似情形再度發生，而使用者更能用於檢討維護管理模式，有效運用維護經費，達到設施使用安全與延長設施之壽期。

伍、結論與建議

從先進國家公共工程的發展軌跡得知，因早期缺乏維護理念，所付出慘痛代價的經驗，更凸顯維護管理的重要性。本文針對自來水設施之維護管理問題探討結果提出以下結論建議：在人員方面必須儘速培養專業設施維護人力，並建立專責設施維護管理單位；在經費方面，處於通貨緊縮的年代，不可能再有以往活絡的資源投入建設，因此必須將有限資源運用於既有設施來維持生產力，並且建立公平合理之經費分配模式；在制度方面必須從編訂設施使用與維護手冊、建立設施之維護標準及資料之保存並將設施維護資訊化及資料回饋。

設施維護管理是一項長久性、持續性的工作，雖然無法如新建工程般呈現立即具體成效，但完善的維護管理作業，長期而言不僅可降低供水成本，增加供水效能、提昇供水品質及大幅增長設施壽期等多項效益外，更有助於減少發生嚴重供水問題的風險。因此本文建議事業主管單位，未來自來水建設的策略，宜從傳統上多著重在新建、擴建設施的思維導向，轉變為應同時加強設施完成後之使用、維護與管理等各項工作的投資與努力，各項維護管理之機制亦應儘早啟動，以使自來水設施能維持正常運作發揮應有機能並延長其使用之壽限。

參考文獻

中文：

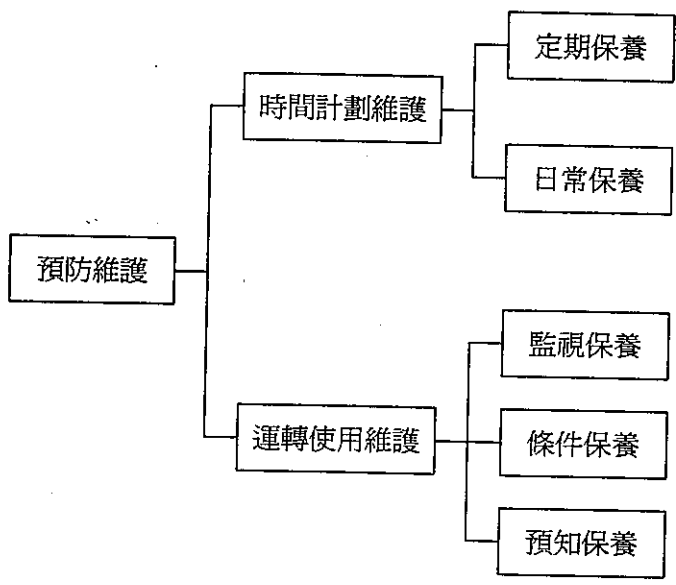
- 【1】中華民國自來水協會，自來水設施操作維護手冊，1993。
- 【2】蔡明三，由維護性談機械可靠性設計，機械月刊，1982。
- 【3】鄭達才，設備維護與管理（現在與未來），中國生產力中心，2000。
- 【4】楊冠雄，建築物設備使用管理計畫與節能效益調查調查研究，內政部建研所籌備處研究報告，1994。
- 【5】劉福勳，營建管理概論，漢天下工程管理顧問有限公司，2001。
- 【6】林耀煌，建築物維護管理之探討，現代營建，1987。
- 【7】黃世孟，大樓的管理技術，三久出版社，1995。
- 【8】陳振川、葉啓輝，台灣地區安全策略與管理，橋梁安全維護與管理研討會，1999。
- 【9】日本經濟企劃廳總合計劃局，日本的社會資本，1998。
- 【10】郭忠正，國軍軍事設施維護管理制度之研究，國防大學中正理工學院軍事工程研究所碩士論文，2000。
- 【11】鄭豐聰，工程經濟—投資分析，國彰出版社，1989。
- 【12】賴士葆，工程經濟—資金分配理論，華泰出版社，1995
- 【13】Ira H. Kleinfeld 原著，陳帶金、黃明官、廖宜誠譯，Engineering economics : analysis for evaluation of alternatives，高立出版社，1995。
- 【14】Block And Hirt 原著，許是祥譯，FOUNDATIONS OF FINANCIAL MANAGEMENT，前程企業管理公司，1998。
- 【15】鄭錦澤、蔡亦強、張世勳，自來水供水工程工料分析及合理單價機制之探討，臺北市政府九十一年度員工計畫自行研究報告，2002。

外文：

- 【16】Rodney D. Stewart，Maintainability，John Wiley & Sons Inc.，1995。
- 【17】Alan Spedding，CIOB Handbook of Facilities Management，2nd Edition，

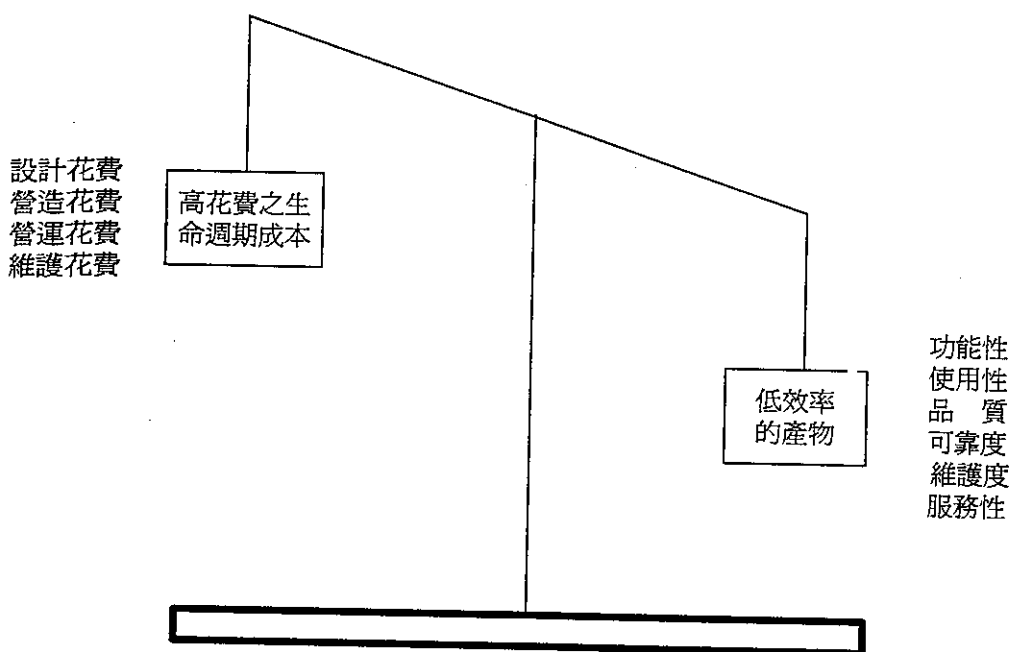
1995。

圖 2.1. 預防維護之分類



資料來源：鄭達才，【3】

圖2.2. 成本與效益天秤



資料來源：「系統生命週期之維護度」，1995

圖2.3. 設施維護管理方式與運用時機

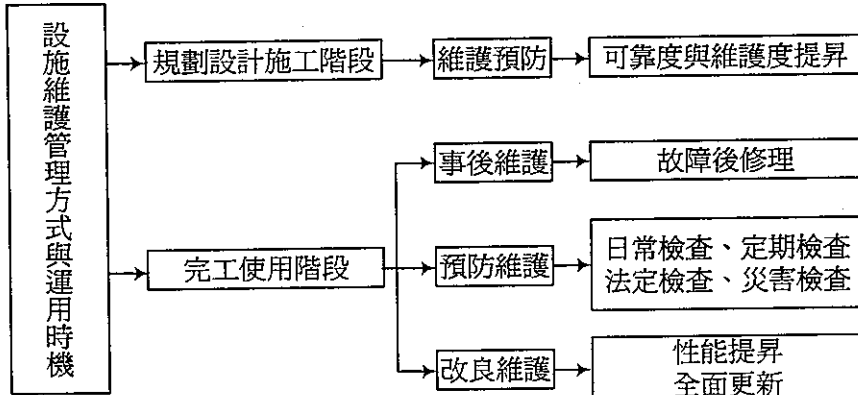
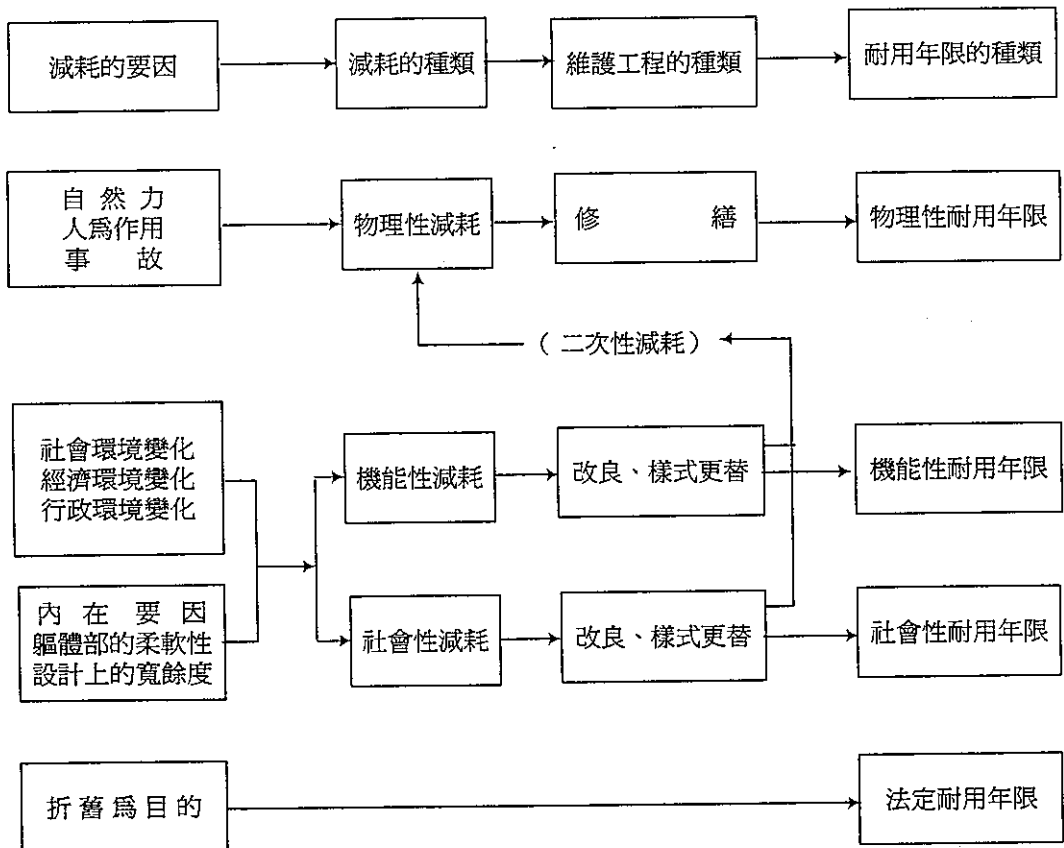


圖2.4. 減耗要因關係圖



資料來源：林耀煌，1987

圖2.5.損耗率與維護之關係

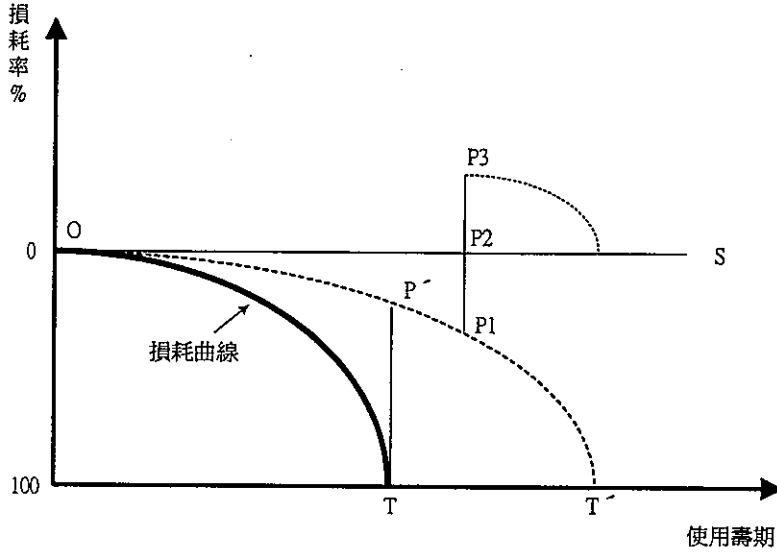
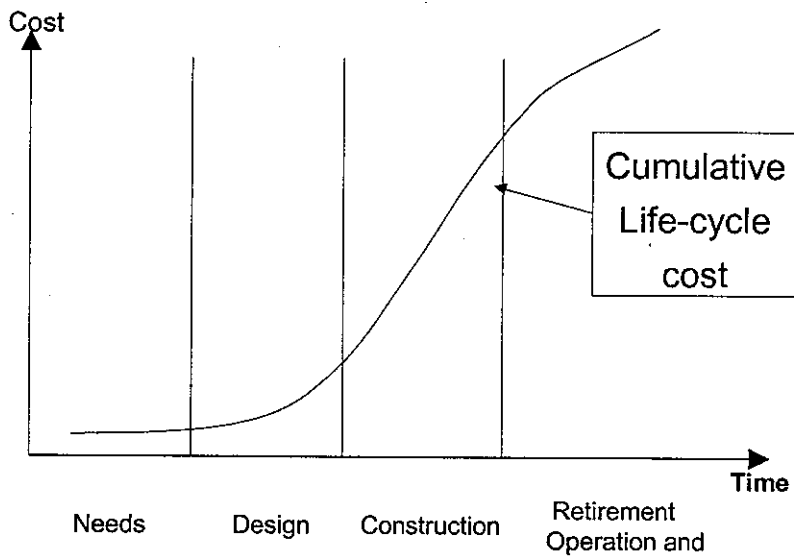


圖 2.6.生命週期

Life-Cycle Cost



資料來源：林正平，2003

表2.1.設施生命週期各項費用分佈表

項目	內容	費用百分比(%)
設計費	建設企劃費、現地調查費、鑽探費、設計費	0.4
建造費	工程施工費用(建物、附屬設施、設備、工程管理費、環境保護費)	15.8
維護管理費	建物管理、設備管理、環境衛生管理、修繕更新管理	51.1
營運費	油料費、瓦斯費、電費、水費、污水費、資產稅等	32.7