

第一章 總則

第一條 本標準依自來水法第四十二條第一項規定訂定之。

【解說】

自來水法為配合台灣省政府功能業務與組織調整，及其後自來水中央主管機關辦理事項由內政部改由經濟部辦理，於九十一年十二月十八日完成修正後公布，涉及自來水事業自來水工程設施標準，亦配合修正，將五十五年十一月公布之自來水法第四十二條第一項規定「自來水事業之工程設施標準，由省（市）主管機關訂定之」，修正為「自來水事業之工程設施標準，分別由中央及直轄市主管機關訂定之」

在中央部分，經濟部（水利署）依前條之規定，訂定『自來水工程設施標準』，並於中華民國九十二年十二月三日經濟部經水字第○九二○四六一三四一○號令發布後實施，以供自來水事業辦理自來水設施時之依循，依水利署於其網站www.wra.gov.tw所公布的自來水工程設施標準總說明所述，自來水工程設施標準，計一百零五條文。條文訂定重點分述如下：

- 一、自來水工程設施地點選定應調查之事項。（第二條）
- 二、自來水工程設施全盤配置應考量之事項。（第三條）
- 三、自來水工程設施之構造規定。（第四條）
- 四、取水及貯水設施標準：
 - （一）自來水源之水量、水質須符合之條件及標準，並規定計畫取水量之計算方法及原則。（第五條及第六條）
 - （二）河川表流水預定取水地點應調查之事項、其安全出水量之估算方式、選定取水地點應考慮之事項及取水設備之構造應具備之條件，供規劃設計之參考依據。（第七條至第十條）
 - （三）湖泊及水庫之水位、貯水量、水權、水質等事項應進行長期調查，以充分掌握水源狀況；另若需興建水庫以取得充足水源，亦規定應預先長期調查之事項，其他如水庫有效貯水量之推算，計畫取水量之推算、取水地點選定應考慮之事項及取水設備之構造應具備之條件等亦明確加以規定，供規劃設計之參考依據。（第十一條至第十六條）
 - （四）地下水調查之項目、方法、及選定地下水取水地點時應先行調查之事項。（第十七條及第十八條）
 - （五）水壩位置之選取應考慮之條件、壩高之設計原則及選擇壩型與種類應考量之事項。（第十九條至第二十一條）
 - （六）引水壩（堰）及防潮堰之位置、高度及護床與上下游河床等，應符合之

條件及應行注意事項，並規定引水壩（堰）及防潮堰應有之附屬設備。
（第二十二條至第二十八條）

- （七）取水門、攔污柵、取水口、集水暗渠等構造之設計原則及設置之應行注意事項。（第二十九條至第三十七條）
- （八）聯絡井、淺井、深井之佈置及大小之考量原則及應有之附屬設備，另亦規定深井安全抽水量之推算方式，應有之備用設備及每年應舉行一次抽水試驗。（第三十八條至第四十四條）
- （九）沉砂池設置地點及池數之原則及其應行注意事項。（第四十五條及第四十六條）

五、導水及送水設施標準：

- （一）設計導（送）水量之決定方式及原則，並規定送水方式以使用壓力水路為原則。（第四十七條及第四十八條）
- （二）導水渠構造應具備之條件及相關防護措施，並規定導水渠流速範圍之原則；另對於導水渠路線之規劃原則、導水渠伸縮縫之設置地點原則、及需要之附屬設備，亦加以明確規定。（第四十九條至第五十四條）
- （三）隧道結構應具備之條件及應有之保護措施。（第五十五條）
- （四）水路橋設置地點之原則及其結構應考慮之事項，並規定其應有之附屬設備。（第五十六條）
- （五）導（送）水管管種之選用原則及水管應有之保護措施，另針對管線之路線選定、所需附屬設備、及其他應行注意事項亦加以明確規定。（第五十七條至第六十一條）
- （六）水管橋及過橋管之路線選定原則、所需之附屬設備及其他應行注意事項。（第六十二條）

六、淨水設施標準：

- （一）淨水方法之選定原則，淨水設備之設計容量估算原則及淨水設備之位置、配置及構造之應行注意事項。（第六十三條至第六十五條）
- （二）淨水廠應設置適當之量水設備。（第六十六條）
- （三）淨水流程及所使用藥品及其加藥率之選定原則，並規定加藥設備、混合設備、膠羽池、沉澱池、高速膠凝沉澱池、快濾池、清水池之佈置、構造原則及應有之附屬設備。（第六十七條至第七十五條）
- （四）加氯消毒之設計原則及應行訂定標準作業程序與氯氣外洩之緊急應變計畫，並定期演練。（第七十六條）
- （五）鐵錳、二氧化碳，硫化氫及臭味等處理方式之選定原則，並規定自來水軟化方法之選用原則。（第七十七條至第七十九條）
- （六）處理場內一般配管原則、應行注意事項及應設有效之排水系統。（第八十條及第八十一條）

七、配水設施標準：

- (一) 設計配水量之估算原則及規劃配水管容量時，應考慮消防用水之情況。(第八十二條及第八十三條)
- (二) 配水方式之規劃設計原則及應考量之因素，並規定配水池、配水塔、高架配水池等佈置及構造之規劃設計原則與應行注意事項。(第八十四條至第八十八條)
- (三) 配水管及制水閘、減壓閘、安全閘、流量計及水壓計等相關附屬設備之佈置原則及其應行注意事項。(第八十九條至第九十二條)
- (四) 配水管防止污染之相關規定。(第九十三條)

八、機電設施標準：

- (一) 抽水機口徑、流速及總揚程之決定原則，並規定抽水機應有備用設置及防止或減輕水錘發生之裝置。(第九十四條至第九十六條)
- (二) 電動機必須安裝適當之保護設備及防止誤操作之聯鎖裝置。(第九十七條)

九、儀表控制設施標準：

- (一) 儀表控制之基本原則及設置管理室時應考量之原則。(第九十八條及第九十九條)
- (二) 儀表配備之儀器及其計測、控制信號之種類須符合之原則。(第一百條)
- (三) 設施管理所必要之各種物理量及化學量應按其重要性予以監控，並規定其監控結果之處理原則。(第一百零一條)
- (四) 加藥設備、過濾設備之儀器控制設置原則及操作、構造之應行注意事項，並規定各項設備之儀表控制應通盤考量之原則。(第一百零二條至第一百零四條)

在直轄市部分，高雄市供水區因屬台灣省自來水公司所經營，自當適用中央所訂之自來水工程設施標準，至於另一直轄市臺北市，其自來水事業為台北自來水事業處，其供水範圍除臺北市行政區外，尚包含台北縣的中和、永和、新店、三重以及汐止的北山、福山、忠山、宜興、橫科、東勢、環河等七個里，前曾於民國 65 年 04 月 12 日修正發布之「臺北市自來水事業工程設施標準」迄今，該標準共分八章計 237 條（如附錄一），其中部分條文之解說，可參閱中華民國自來水協會民國八十四年出版之「自來水設備工程設施標準解說」（如附光碟片）。

第二條 自來水工程設施所在地點，應調查下列事項後選定：

- 一、具有第五條所定作為水源之條件。
- 二、自來水工程設施之建設及管理均安全而容易。
- 三、自來水工程設施之建設費及維持管理費便宜。
- 四、水量、水質、水權及用地等有利於將來之擴建。

【解說】

自來水工程設施地點的選擇，其規劃設計應以提供供水範圍內所有用水戶足夠的水量、安全良好的水質以及適合的水壓，這也是自來水事業經營的基本目標，因此對供水系統建置以及興辦各項設施的計劃應有周延的規劃，從水源的調查、水權的取得以及取水、貯水、導水、送水、淨水、配水等設施以及相關的機電設施的規劃、設計、施工和日後的操作維護，均要作整體考量，並依據供水範圍的人口成長、社會、經濟的發展，都市計劃以及工商業的發展需求等等，擬定長遠的建設計劃，分期分年推動執行，逐步建構完善的自來水供水系統。

關於一：具有第五條所定作為水源之條件。

自來水水源為建構自來水供水系統的根本，水源的選擇關係者後續取水、貯水、導水、送水、淨水、配水等設施的配置以及相關的機電設施的規劃、設計、施工和日後的操作維護，依自來水工程設施標準第五條：

自來水取水設施之水源必須水量充足、水質良好，除能經常確保計畫取水量外，並應考慮將來發展之需要，其經過淨水處理後，應符合自來水法第十條規定之水質標準。

就水量充足方面，作為水源地點除能經常確保計畫取水量外，並能滿足未來供水區的發展及用水需求，為此，有計畫地開發新水源及儲蓄水設施，並加以有效地維護管理，才能確保水量之供應。

就水質良好而言，依飲用水管理條例第三條：

本條例所稱飲用水，指供人飲用之水；其種類如下：

- 一、自來水：指依自來水法以水管及其他設施導引供應合於衛生之公共給水。
- 二、社區自設公共給水設備供應之水。
- 三、經連續供水固定設備處理後供應之水。
- 四、其他經中央主管機關指定之水。

飲用水之水源如下：

- 一、地面水體：指存在於河川、湖潭、水庫、池塘或其他體系內全部或部分之水。
- 二、地下水體：指存在於地下水層之水。
- 三、其他經中央主管機關指定之水體。

又依飲用水管理條例第六條：

第三條第二項各款所定水體符合飲用水水源水質標準者，始得作為飲用水之水源。但提出飲用水水源水質或淨水處理改善計畫，向中央主管機關申請核准者，不在此限；其申請提出改善計畫之資格、計畫內容、應檢附之書件、程序、監測、應變措施、核准條件、駁回、補正及其他應遵行事項之準則，由中央主管機關定之。

前項飲用水水源之水質標準，由中央主管機關定之。

行政院環境保護署環署於民國八十六年九月二十四日毒字第五六〇七五號令訂定發布飲用水水源水質標準，其第五條、第六條、第七條規定如下：

第五條 地面水體或地下水體作為自來水及簡易自來水之飲用水水源者，其水質應符合下列規定：

項 目	最 大 限 值	單 位
大腸桿菌群密度	20,000 (具備消毒單元者) 50 (未具備消毒單元者)	MPN / 一〇〇毫升或 CFU / 一〇〇毫升
氨氮 (以 NH ₃ -N 表示)	一	毫克 / 公升
化學需氧量 (以 COD 表示)	二五	毫克 / 公升
總有機碳 (以 TOC 表示)	四	毫克 / 公升
砷 (以 As 表示)	〇・〇五	毫克 / 公升
鉛 (以 Pb 表示)	〇・〇五	毫克 / 公升
鎘 (以 Cd 表示)	〇・〇一	毫克 / 公升
鉻 (以 Cr 表示)	〇・〇五	毫克 / 公升
汞 (以 Hg 表示)	〇・〇〇二	毫克 / 公升
硒 (以 Se 表示)	〇・〇五	毫克 / 公升

第六條 地面水體或地下水體作為社區自設公共給水、包裝水、盛裝水及公私場所供公眾飲用之連續供水固定設備之飲用水水源者，其單一水樣水質應符合下列規定：

項 目	最 大 限 值	單 位
大腸桿菌群密度	六 (作為盛裝水水源及公私場所供公眾飲用之連續供水固定設備水源者) 五〇 (作為社區自設公共給水、包裝水之水源者)	MPN / 一〇〇毫升 或 CFU / 一〇〇毫升
濁度	四	NTU 單位
色度	十五	鉑鈷單位
臭度	三	初嗅數
鉛 (以 Pb 表示)	〇・〇五	毫克 / 公升

鉻 (以 Cr 表示)	〇・〇五	毫克/公升
鎘 (以 Cd 表示)	〇・〇〇五	毫克/公升
鋇 (以 Ba 表示)	二・〇	毫克/公升
銻 (以 Sb 表示)	〇・〇一	毫克/公升
鎳 (以 Ni 表示)	〇・一	毫克/公升
銀 (以 Ag 表示)	〇・〇五	毫克/公升
鐵 (以 Fe 表示)	〇・三	毫克/公升
錳 (以 Mn 表示)	〇・〇五	毫克/公升
銅 (以 Cu 表示)	一・〇	毫克/公升
鋅 (以 Zn 表示)	五・〇	毫克/公升
硒 (以 Se 表示)	〇・〇一	毫克/公升
砷 (以 As 表示)	〇・〇五	毫克/公升
汞 (以 Hg 表示)	〇・〇〇二	毫克/公升
氰鹽 (以 CN ⁻ 表示)	〇・〇五	毫克/公升
氟鹽 (以 F ⁻ 表示)	〇・八	毫克/公升
硝酸鹽氮 (NO ₃ -N)	一〇・〇	毫克/公升
亞硝酸鹽氮 (NO ₂ -N)	〇・一	毫克/公升
氨氮 (以 NH ₃ -N 表示)	〇・一	毫克/公升
氯鹽 (以 Cl ⁻ 表示)	二五〇	毫克/公升
硫酸鹽 (以 SO ₄ ²⁻ 表示)	二五〇	毫克/公升
酚類 (以酚表示)	〇・〇〇一	毫克/公升
總溶解固體量	五〇〇	毫克/公升
陰離子界面活性劑 (以 MBAS 表示)	〇・五	毫克/公升
總三鹵甲烷	〇・一	毫克/公升
三氯乙烯	〇・〇〇五	毫克/公升
四氯化碳	〇・〇〇五	毫克/公升
1,1,1-三氯乙烷	〇・二	毫克/公升
1,2-二氯乙烷	〇・〇〇五	毫克/公升
氯乙烯	〇・〇〇二	毫克/公升
苯	〇・〇〇五	毫克/公升
對-二氯苯	〇・〇七五	毫克/公升
1,1-二氯乙烯	〇・〇〇七	毫克/公升
安殺番	〇・〇〇三	毫克/公升
靈丹	〇・〇〇四	毫克/公升
丁基拉草	〇・〇二	毫克/公升
2,4-地	〇・一	毫克/公升
巴拉刈	〇・〇一	毫克/公升

納乃得	○・○一	毫克／公升
加保扶	○・○二	毫克／公升
滅必蝨	○・○二	毫克／公升
達馬松	○・○二	毫克／公升
大利松	○・○二	毫克／公升
巴拉松	○・○二	毫克／公升
一品松	○・○〇五	毫克／公升
亞素靈	○・○一	毫克／公升

第七條 地面水體或地下水體作為自來水及簡易自來水之飲用水水源者，經檢驗其水質任一項目超過第五條最大限值時，主管機關應針對該項目每十五日至二十五日檢驗一次，並持續檢驗五次。依前項檢驗之六次算術平均值超過第五條所定最大限值時，即認定該水源水質不符合本標準之規定。

但因部分水源或因管理不當，或因水源地區土地的不當開發利用，人為的污染，颱風暴雨或地震等天災地變等均可能造成水質的惡化，此時淨水設備應能應變處理，雖然原水可能無法符合水源水質之要求，但經過淨水處理之後之自來水水質仍應符合自來水法第十條及飲用水管理條例第十一條規定之飲用水水質標準。

自來水法第十條：

自來水事業所供應之自來水水質，應以清澈、無色、無臭、無味、酸鹼度適當，不含有超過容許量之化合物、微生物、礦物質及放射性物質為準；其水質標準，由中央主管機關會商中央環境保護及衛生主管機關定之。

飲用水管理條例第十一條規定：

飲用水水質，應符合飲用水水質標準。

前項飲用水水質標準，由中央主管機關定之。

據此，依行政院環境保護署九十四年五月三十日環署毒字第 0940039894 號令修正發布第三條、第四條、第五條規定如下：

第三條 本標準規定如下：

一、細菌性標準：(總菌落數採樣地點限於有消毒系統之水廠配水管網)

項 目	最大限值	單 位
1. 大腸桿菌群(Coliform Group)	六(多管發酵法)	MPN／一〇〇毫升
	六(濾膜法)	CFU／一〇〇毫升
2. 總菌落數 (Total Bacterial Count)	一〇〇	CFU／毫升

二、物理性標準：

項 目	最大限值	單 位
1. 臭度(Odour)	三	初嗅數
2. 濁度(Turbidity)	二	NTU

3. 色度(Colour)	五	鉑鈷單位
---------------	---	------

三、化學性標準：

(一) 影響健康物質：

項	目	最大限值	單位	
1.	砷(Arsenic)	〇・〇一	毫克/公升	
2.	鉛(Lead)	〇・〇五	毫克/公升	
3.	硒(Selenium)	〇・〇一	毫克/公升	
4.	鉻(總鉻)(Total Chromium)	〇・〇五	毫克/公升	
5.	鎘(Cadmium)	〇・〇〇五	毫克/公升	
6.	鋇(Barium)	二・〇	毫克/公升	
7.	銻(Antimony)	〇・〇一	毫克/公升	
8.	鎳(Nickel)	〇・一	毫克/公升	
9.	汞(Mercury)	〇・〇〇二	毫克/公升	
10.	氰鹽(以CN計)(Cyanide)	〇・〇五	毫克/公升	
11.	亞硝酸鹽氮(以氮計)(Nitrite-Nitrogen)	〇・一	毫克/公升	
項	目	最大限值	施行日期	單位
12.	總三鹵甲烷 (Total Trihalomethanes)	〇・一〇	自發布日施行	毫克/公升
		〇・〇八	自中華民國九十五年七月一日起施行	
13.	溴酸鹽(Bromate)(僅限加臭氣消毒之供水系統)	〇・〇一	自中華民國九十五年七月一日起施行	毫克/公升
揮發性有機物	項	目	最大限值	單位
	14.	三氯乙烯(Trichloroethene)	〇・〇〇五	毫克/公升
	15.	四氯化碳(Carbon tetrachloride)	〇・〇〇五	毫克/公升
	16.	1,1,1-三氯乙烷(1,1,1-Trichloroethane)	〇・二〇	毫克/公升
	17.	1,2-二氯乙烷(1,2-Dichloroethane)	〇・〇〇五	毫克/公升
	18.	氯乙烯(Vinyl chloride)	〇・〇〇二	毫克/公升
	19.	苯(Benzene)	〇・〇〇五	毫克/公升
	20.	對-二氯苯(1,4-Dichlorobenzene)	〇・〇七五	毫克/公升
	21.	1,1-二氯乙烯(1,1-Dichloroethene)	〇・〇〇七	毫克/公升
藥農	22.	安殺番(Endosulfan)	〇・〇〇三	毫克/公升
	23.	靈丹(Lindane)	〇・〇〇〇二	毫克/公升
	24.	丁基拉草(Butachlor)	〇・〇二	毫克/公升
	25.	2,4-地(2,4-D)	〇・〇七	毫克/公升
	26.	巴拉刈(Paraquat)	〇・〇一	毫克/公升
	27.	納乃得(Methomyl)	〇・〇一	毫克/公升

28. 加保扶(Carbofuran)	○·○二	毫克/公升
29. 滅必蟲(Isoprocarb)	○·○二	毫克/公升
30. 達馬松(Methamidophos)	○·○二	毫克/公升
31. 大利松(Diazinon)	○·○○五	毫克/公升
32. 巴拉松(Parathion)	○·○二	毫克/公升
33. 一品松(EPN)	○·○○五	毫克/公升
34. 亞素靈(Monocrotophos)	○·○○三	毫克/公升

(二)可能影響健康物質：

項 目	最大限值	單 位
1. 氟鹽(以F計)(Fluoride)	○·八	毫克/公升
2. 硝酸鹽氮(以氮計)(Nitrate-Nitrogen)	—○·○	毫克/公升
3. 銀(Silver)	○·○五	毫克/公升

(三)影響適飲性物質：

項 目	最大限值	單 位
1. 鐵(Iron)	○·三	毫克/公升
2. 錳(Manganese)	○·○五	毫克/公升
3. 銅(Copper)	—·○	毫克/公升
4. 鋅(Zinc)	五·○	毫克/公升
5. 硫酸鹽(以SO ₄ ²⁻ 計)(sulfate)	二五○	毫克/公升
6. 酚類(以酚計)(Phenols)	○·○○一	毫克/公升
7. 陰離子界面活性劑(MBAS)	○·五	毫克/公升
8. 氯鹽(以Cl計)(Chloride)	二五○	毫克/公升
9. 氨氮(以氮計)(Ammonia-Nitrogen)	○·一	毫克/公升
10. 總硬度(以CaCO ₃ 計)(Total Hardness as CaCO ₃)	三○○	毫克/公升
11. 總溶解固體量(Total Dissolved Solids)	五○○	毫克/公升

(四)有效餘氯限值範圍(僅限加氯消毒之供水系統)：

項 目	限 值 範 圍	單 位
自由有效餘氯(Free Residual Chlorine)	○·二 ~ 一·○	毫克/公升

(五)氫離子濃度指數(公私場所供公眾飲用之連續供水固定設備處理後之水,不在此限)限值範圍：

項 目	限 值 範 圍	單 位
氫離子濃度指數(pH值)	六·○ ~ 八·五	無單位

第四條 自來水、簡易自來水、社區自設公共給水因暴雨或其他天然災害致飲用水水源濁度超過二○○NTU時,其飲用水水質濁度得適用下列水質標準：

項 目	最 大 限 值	單 位
濁度 (Turbidity)	四(水源濁度在五○○NTU以下時)	NTU
	十(水源濁度超過五○○NTU,而在一五○○NTU以下時)	

	三十(水源濁度超過一五〇〇NTU 時)	
--	---------------------	--

前項飲用水水源濁度檢測數據，由自來水事業、簡易自來水管理單位或社區自設公共給水管理單位提供。

第一項處理後之飲用水，其濁度採樣地點應於淨水場或淨水設施處理後，進入配水管線前採樣。

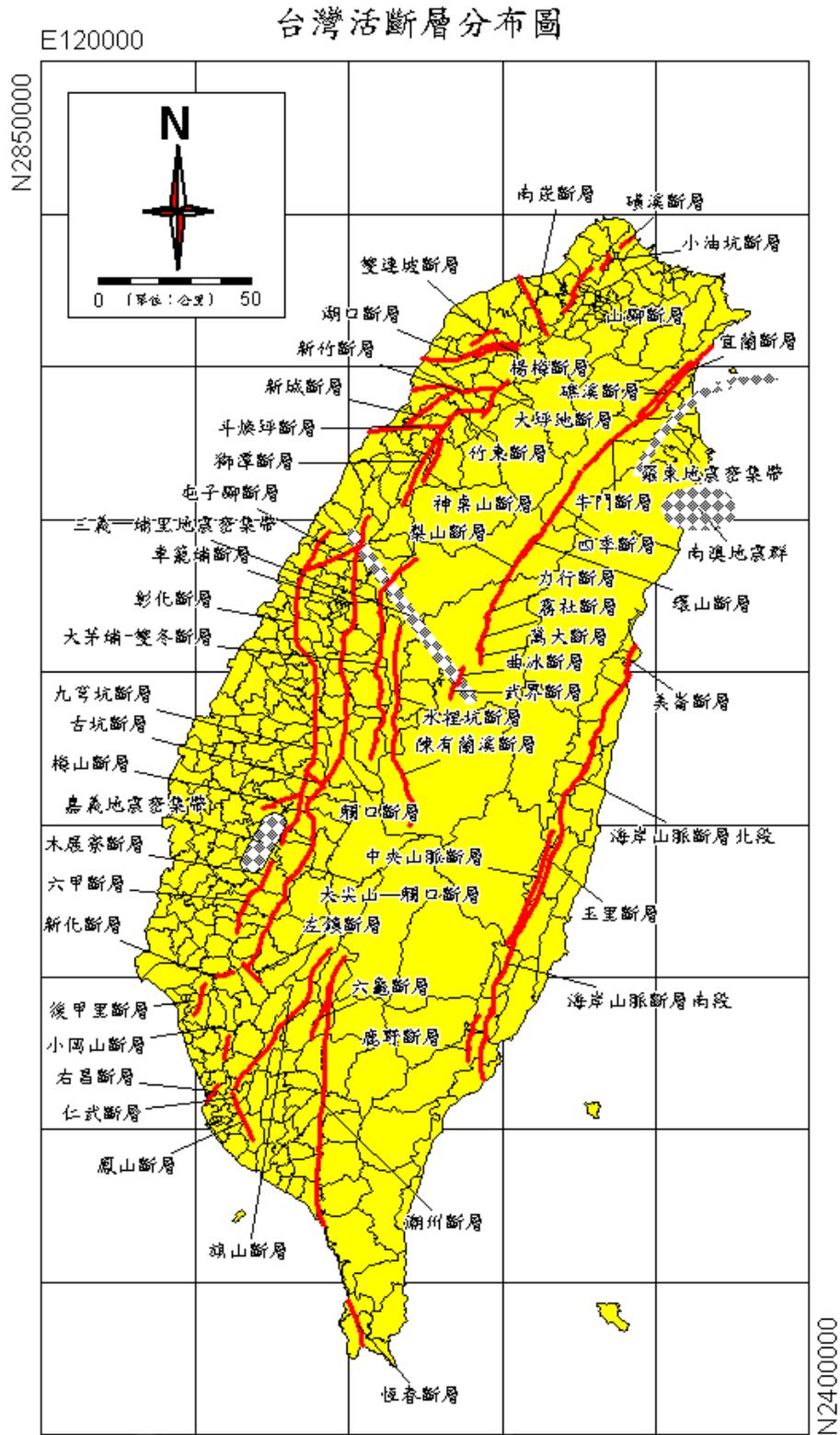
第五條 自來水、簡易自來水、社區自設公共給水因暴雨或其他天然災害致飲用水水源濁度超過五〇〇NTU時，其飲用水水質自由有效餘氯（僅限加氯消毒之供水系統）得適用下列水質標準：

項目	限 值 範 圍	單 位
自由有效餘氯(Free Residual Chlorine)	〇·二 ~ 二·〇	毫克/公升

關於二：自來水工程設施之建設及管理均安全而容易。

自來水工程設施地點的選擇應考慮其建設及管理均安全容易，因此自水源的開發利用，淨水設備及輸配水系統等自來水工程設施建設地點的選定，事前應有充分的調查，儘量避開活動斷及地質不穩定之地區，以中央大學應用地質研究所整理的台灣地區的斷層圖（如圖 1-1）所示，於規劃設計新的自來水工程設施應加以避開，如果因為工程的需要無法避開時，應作適當的處置，如適度加強結構的耐震能力並裝設可撓另件等設施，以降低損害，或破壞後易於快速搶修，將供水中斷影響降到最低。在管理上，自來水工程設施應選擇車輛可容易到達且可獨立封閉的地區設置，容易管制人員進出而使在安全上易於管理，

自來水之供應講究安全性，因此所有設備、器材及材料之設置及使用均應具有安全性，不會容易故障發生問題而影響使用效果，更不得發生危害操作管理人員以及環境之情事，相關的設備都要長年不停使用，因此其器材及材料之具有良好的品質，一定的強度及長期操作的耐用性。不論可能與原水或清水接觸之設備，其器材及材料均應在衛生上有安全性，不會在任何情況下，尤其在高溫或低PH時，因與水一時或長時之接觸而有不良之溶出物，影響水質。



國立中央大學應用地質研究所
工程地質與防災科技研究室整理
(台灣省教育廳經費補助)

圖 1-1: 臺灣活動斷層分布圖

關於三：自來水工程設施之建設費及維持管理費便宜。

自來水工程設施之建設費包含土地費及工程費，工程包含土木、機電、儀控、管線等，其規劃設計施作及日後的維持管理維護，均應考慮地點所在特性作出能確保安全又經濟的考量，不同設備與材料適用不同的環境，例如埋設於地下者應留意不良地質及地下水之問題；在水中者則應考慮對水之耐腐蝕要求；又在沿海地區或受工業污染之處所，則應考量塩化腐蝕及可能發生污染的問題。因此，使用環境也為選用器材及材料時應重視的因素之一，唯有在各種環境下能長期耐用，易於管理維護，才是合適之設備及材料。

不同設備之器材及材料有不同的購置費用，但由於各種設備材料的耐用性、安全性、維護性等不同，其操作維護管理費也可能不同。由於設備器材經過一定時間之使用，難免因故障或定期維修，需要換裝部分零件，其零件之供應以及換修作業的容易與否，亦應列入考量的重要因素，否則設備之操作將因零件之不齊而停擺。因此，選擇自來水工程設施之相關設備材料，應選擇損壞換裝之機會少，換修不難且零件取得容易，供應商對售後之服務良好等。

自來水事業為經營績效，往往需精簡用人，尤其在用人成本愈來愈高的情況下，如何節省人力為營運管理上最基本之要求，而自來水設備之操作大都連續不停，靠人力之負擔重且操作之狀況時時有所變化，不易以人力連續應付。因此各項設備宜儘量採用自動操作之方式，除節省操作人力，減輕管理上之人力費用外，並藉以謀求操作上之確實可靠性。另外設置地點距離供水區及管理中心的遠近，亦涉及各項運費的多或少與現場管理的不便等，均會影響建設費及管理費的支出。

因此，在自來水工程設施的配置與位置的選擇方案比較上，應同時將設備與器材的購置安裝等費用與日後所需操作維護管理費用，以年費或現值之方式合併比較，做為選用方案之依據。

關於四：水量、水質、水權及用地等有利於將來之擴建。

就水量而言，自來水之水源依各地不同狀況，可取於河流、湖泊等地面水，或深淺不等之地下水。在地下水為水源方面，無論就出水量及水質言，均屬穩定之水源，但因不易集中大量開發，因此僅適合於中小型系統。

台灣的高屏溪、濁水溪等流域，以及台中、台北等盆地原均屬地下水蘊藏豐富之地區，其中台北盆地地區，因限制地下水的開發利用，地下水位已逐步回升，可供緊急或長年乾旱時救急之用，其他地區幾乎都已開發過度，甚至已引致地盤下陷等弊病故難再利用。加以各地近年來普遍興起地域觀念，強烈反對鑿井取用，故今後自來水之取用地下水為水源，其可能性將更受限制，因此，以地下水為水源時，應以地下水的安全出水量為取水量來規劃設計，並應考量加強地下水的補注，以增加地下水的儲存與利用。

就地面水為水源方面，台灣地區的湖泊小而有限，地面水以河流為主，但河流

流量受流域大小及降雨強度及延時影響頗大，由於流域狹小，地形徒峻，加以降雨之時間短且分布不均，因此變化幅度甚大，常是一雨成災，過後流量銳減，久而乾旱，在水質方面，雨大則濁度高，流量少時水質也難維持，因此水源開發以調蓄水量如水庫或人工儲水設施的規劃設置是必須的，且其前提要能維持穩定之供應，以滿足現在及未來需求。

由於符合要求之天然水源愈形不易，不少自來水計畫之水源均需依靠人為的開發不可，此等當然須依各供水區的需求，與其所在地區的水文、流域特性及地理環境等考量，就可能可以開發的水源，儘量克服困難加以開發，規模較大之系統則有可能拼用不同之水源，或構建不同流域的原水取水系統相互的支援利用；對於離島或臨海地區，可以考量海水淡化等；而平地區的雨水再利用，污水經過處理後的再利用，建物或社區設置中水道系統加強水的回收利用，以降低水源的消耗與需求，均是可行的方法。

就水質而言，地下水中伏流於淺層地下者，其性質接近於河流水，水位及流量之季節性變化大，水質亦較易受到污染，其存在以及利用於自來水之可能性愈形減少。深層地下水原係降雨經長時間之滲入被貯存於地下水庫中者，較不直接受降雨季節性變化之影響。地面水欲維持水源穩定之量及安全之質，除天然環境外，要依靠水源區之涵養。水源區內任何人為開發，包括林木之砍伐，以及耕作、建物等之進行，均會導致水源涵養能力之減退，有損穩定流量之維持。人類生活、工商及農牧活動均有可能產生對水體之污染，使水源的水質惡化。因此，對水源地區畫定水源水量水質保護區，禁止或限制人為的開發利用，並設立專責機關予以管理維護，有其必要，加強對水源之量及質作澈底之管制防範，並應設置相關的監測設備，以監測水量與水質的變化情形，並預測日後之可能變化，未雨綢繆，擬具防範及改善計畫，推動執行，以確保維持穩定供應量以及安全水質。

就水權而言，水權是水源利用之權限，自來水系統的水源開發應先申請符合需求的水權，對已開發的水源，亦應依法取得可分配的水權，台灣農田灌溉建設早，已開發的地面水大部分為農業用水，水權均屬相關的農田水利會，後續因都市發展所需的水源，常須向農業用水的水權購買或撥用，尤其缺水時期，必須以休耕的方式，以滿足民生用水的需求，而自來水事業為此常需付出巨額的補償費却又無法轉價於用戶水費中，造成自來水事業體的經營困難，此尚有待水權主管機關妥善依供水的優先順序及國家工商業發展策略，作出合理而有效地重新分配合乎各種用水標地所需的水權，而有關水權費的研擬開徵，對所有用水標地合理的收費，以使用者付費的原則，對未來水權的分配與使用，應有相當的助益。

就用地而言，水源開發往往以供水目標年為需求辦理相關的開發建設，但仍須研擬同一流域或相臨流域未來可能開發水源的地點，以供備載或因應未來需求超出預估時的開發需要。而就取水、送水、淨水、輸配水等相關的廠站及設施，往往會依供水需求，分期分年投資興建，則對土地的規劃取得，均要有長遠考量，以供未來擴建的須要。因此除在設備之配置上，應在平面及立面留設日後擴建所

需空間之外，凡可能與新設備相連或相鄰之設備，均應事先妥善考慮日後之做法，預留所需之施作空間及預設相關的設備以供未來擴建時，可以順利接續建設。以供應台北供水區的直潭淨水場用地取得，是以民國 119 年為目標年的供水需求來規劃，於民國七十年以市地重劃方式，一次取得約 40 餘公頃的工程用地，計畫興建六座淨水設施及相關配合的淤泥處理設施（如圖 1-2、圖 1-3），並自民國七十年開始，依供水需求分期興建，其一次取得未來擴建用地，解決了日後擴建用地取得的困難，顯示當時之規劃與主其事者的眼光及遠見。

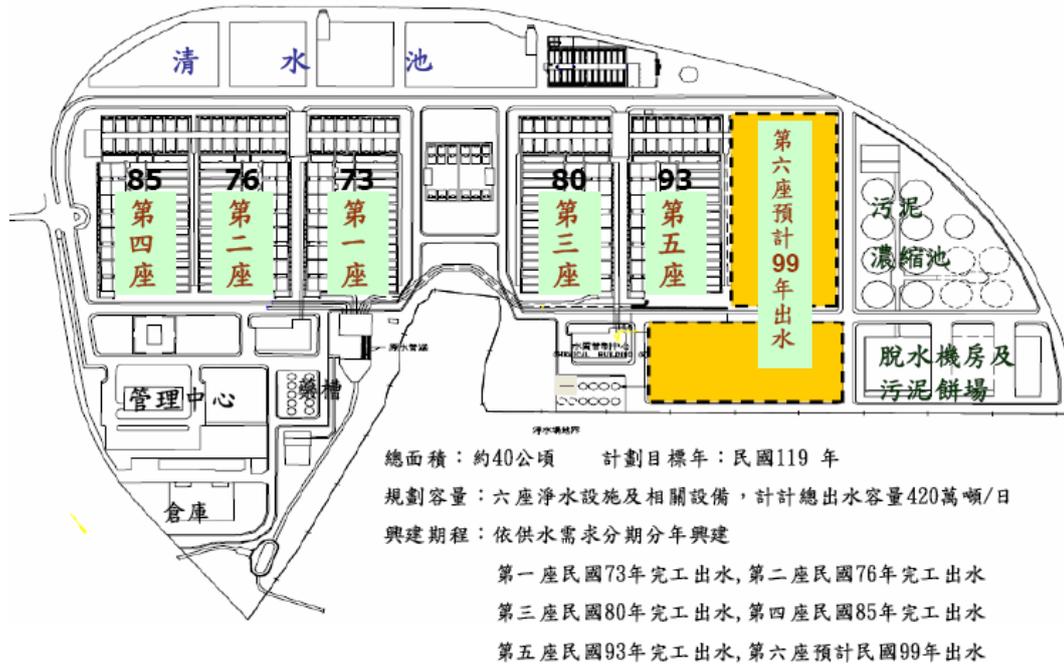


圖 1-2 直潭淨水場用地規劃圖



圖 1-3 直潭淨水場現況圖(95 年 5 月)

第三條 自來水工程設施之配置，應就下列事項檢討比較後選定最佳方案：

- 一、適合地勢。
- 二、建設及管理均安全而容易。
- 三、建設費及維持管理費便宜。
- 四、有利於都市將來之發展，並與都市計畫相配合。
- 五、取水、淨水、配水等各項設備之位置，須適合於發揮各該設備之機能。
- 六、對地震、颱風、洪水等災害具有高度之安全性。
- 七、與原有設備能相互配合。

【解說】

自來水工程設施的配置，自水源開發、淨水場的建設、送(輸)配水系統的配置及相關的配水池加壓站的位置的選定等等，均需依供水區地形地勢、地理環境、都市發展計劃等來擬定各種可行方案，再由各方案的依下列各種面向來評估其優缺點，以選定最佳方案。

關於一、適合地勢。

自來水系統由水源取水送至淨水場處理後，經輸配水系統配至用戶使用，其間之輸送需靠水頭，最後並應維持一定之水壓，整個輸送過程中均應維持在正壓力，以確保其輸送過程中的安全性，如能配合地勢妥善配置，利用高程之差異達到重力配送的目的，最為經濟，如無法全靠重力供應，亦應對供水的分區需求，妥善配置，以使用最少的動力達到滿足用戶供水需求為原則。適當之壓力有利於系統之操作以及防止污染確保安全性，但如壓力過高，除設備之耐壓要求提高增加成本外，亦將增加供水風險及操作維護的困難度，因此，一方面要避免系統內過高之水壓，另一方面又需儘量保留輸送所需的水頭，設置持壓或減壓設施在高壓力地區是必須的，如以動力操作，亦應考量整體的供水需求，配合地勢於合適的地點設置加壓設備，選擇適當的操作壓力，在確保供水的需求與壓力需求，採取符合經濟之設計，以節省能源。

另外淨水場的規劃設計，在整個處理流程各項處理單元的構造物，甚至管線之安排，亦應儘量利用地形作妥善的規劃設計，在利用自然水頭下，減少挖填之需要，減輕地下水之影響，以及節省動力的消耗。又配水池如能利用在適當的高程土地上興設，採用重力流供水，不但可以節省相當之工程費與動力費，亦會降低配水系統的維護管理費用與風險，對長年之配水業務執行有相當的益處。

關於二、建設及管理均安全而容易。

自來水系統的建設及管理均應以能供應充足而安全的自來水為目標，任何設備

或器材之故障將會損及整體之功能，而無法維持正常之供水，因此所有器材及材料的選擇與設置，在使用上均應具有安全性，不會容易故障，容易操作管理及維護，更不得發生危害操作管理人員以及環境之情事。

在淨水設備方面，不同的處理程序及設備，有不同配置及維護管理，在同一淨水場內採用不同的處理設備，往往增加管理維護的困難，亦讓淨水場減少相互支援的機能，為此，在規劃設計淨水場之處理設備時，應充分了解水源水質變化的特性，尋求簡單易於操作維護管理的程序及設備，使淨水場的建設及管理能安全而容易。

在管線系統建設方面，太多不同的管種及口徑級距，將大幅增加倉儲備料以及施工與管理的複雜度，因此，尋求優良單一管材及簡化口徑級距，對建設及維護管理應較為安全及容易，以台北自來水事業處為例，管線工程在輸配水管以採用延性球狀石墨鑄鐵管(DIP)，用戶給水管採用 SUS316 不銹鋼管(SSP)為原則，特殊情況要採用其他管種時，應妥善分析其特性及日後的維護管理的利弊得失，專案簽報核准，方可採用，DIP 無法鑄造的大口徑水管，再採用預力鋼襯混凝土管(PCCP)或其他管種。

關於三、建設費及維持管理費便宜。

自來水事業採企業化之經營，應自負贏虧及負擔財務之責任，自須要求其建設費及維持管理費的便宜，設備材質優良者，相對的其初設費亦高，但其使用年限較長及日後的維持管理費可能較低，尤其自來水設備包含許多機電及儀控設備與一般土木工程設備相較，更應重視維護操作上相關要求，因此，在設備或器材之選擇，應求其統一性以易日後的操作及維護；耐用性要高，不易受損；以及構造簡單，易於操作及保養維護等等要件。

另外自來水設施除了直接的建設費及考量日後的維修費外，亦應考慮其他工程或非工程因素，如管線工程應考慮日後抽換所需的道路補修費及有無抽換空間，機電儀控工程應考慮日後維修零件的生產及供水停止對民眾的影響等，故在系統的配置及與設備與器材的購置以及日後的營運維護管理，均應考慮各種可能的因素，對不同之可行規畫方案加以比較及經濟分析，選用對自來水事業最有利且經濟便宜的方案。

關於四、有利於都市將來之發展，並與都市計畫相配合。

人口向都市集中是全世界的趨勢，都市供水的主要計畫應以長期之需要為標的來進行研擬。研擬時對相關因素自應儘量深加推敲，以謀可靠之推測結果，惟長時間內社會之發展不一定會一直遵照所預估之模式，且隨時都有受無法預估或不易控制的關連因素影響之可能，因此在研擬之後，自應隨時加以評估其與實際相符之程度，並依結果做必要之修正，使計畫經常維持符合實際之狀況。

在進行研擬工作之前應先進行相關之調查作業。其主要者如下：

1. 供水區域相關資料，包括行政區劃、自然條件、社會環境、經濟情況，以及

土地利用等之現狀以及計畫將來性。

2. 供水量相關資料，包括本系統以及鄰近相似系統以往營運之紀錄，用以分析各種需水量。對較特殊之用水均應各自分開收錄分析處理。如有較明顯特殊之變動，均應查明其原因及對供水量的影響。
3. 對於目前較具規模之自設取水設備亦應加以調查，並探討改接自來水之可能性。凡與對自來水需要相關連之計畫，包括區域計畫、都市計畫、住宅與建計畫、工商業區之開發計畫等等，均應仔細調查。
4. 有關自來水設備位置及構造選定上所需自然及社會性資料，包括地形，地質、地下水、災害紀錄、氣候、道路交通、排水設備、供電系統、土地之所有性質、鄰近住宅、住民意識等等。
5. 鄰近自來水類似系統之調查，藉以明瞭其水源、設備、運用情形等，以作研擬計畫時之參考。
6. 調查水資源相關資料，地表水部分應有水文資料，可以研判可靠之流量；水權資料，應查明可利用之幅度；以往的水質資料，可以明瞭其合用性及採用何種處理程序；流域環境調查資料，可以預測日後對水量水質之影響。地下水部分應調查附近現有井之分布，地層、抽水試驗、水質以及環境等，以利水量、水質以及開發計畫研擬之作業。
7. 現有自來水工程設施設備資料，對現有各項設備實際可利用能力以及所需改善之評估。

由於都市必須隨人口的增加而擬定都市發展計畫，其中包括道路規劃，使用分區的規劃，公園綠地的規劃等等，自來水的供應自以滿足都市發展的用水需求為依歸，因此在規劃設計時，應有利於都市將來的發展，其工程設施之配置與建設並能與都市計畫相配合，例如管線系統配合道路系統埋設，善用公園綠地多目標使用的相關法規，配置建設配水池加壓站等等，亦即自來水供水系統之擴建計畫係以計畫供水區之整體需要著眼，但實施計畫則應考慮各分區當地發展之需要安排，俾能配合興建，發揮最大功效。

關於五、取水、淨水、配水等各項設備之位置，須適合於發揮各該設備之機能。

自來水系統的建設配置，必須配合當地的地理環境特性，將取水、淨水、配水等各項設備之位置的選擇，應能適合於發揮各項設備之機能，依各別設備探討如下：

1. 取水設備

取水設備的位置應設置於可以順利有效的取用水資源，並盡可能考慮複數取水設備，並配以原水之連絡設備。連絡設備之容量可根據過去缺水及事故之經驗，推測運用之水量決定之。導水設備如能備有原水調節池，使原水之水量及水質雙方面均能有所調整，除了對平時原水之供應都會有利外，尤其在異常時對供水之穩定性更能有所貢獻。

除在選擇水源時應特別注意其水質變化及污染問題，藉以防範於未然之外，事後則只能依靠對流域確實之管制，盡可能避免或減輕各種影響原水水質之污染行為。此種保護水源之管制作業除自來水事業本身之努力外，大都要依靠相關單位(尤其是水利主管機關)有力的管理與配合。

在選擇取水地點及取水設備位置時，其配設應考慮目前及將來可能之變化，取最適當而有利於取得較佳水質者。除此之外，並應考慮附設防止油脂及浮游物等流進，並設置監測及檢查水質所需設備，隨時監控之。

2. 淨水設備

淨水設備的位置可依供水區的水源特性及水源位置，妥為規劃設計淨水場，其應具有高度可靠性，為免輕易影響供水之安全穩定性，為此除將系統之淨水設備加以分散成多數場之外，每場亦應盡可能分成兩個以上系統以應事故及擴建改善時之需要。淨水設備應考慮備用能力，其容量一般以各系統之25%為原則，但仍應依各供水系統之條件以及對安定供水之要求來決定備載能力。多數淨水場間應配設必要之原水或淨水相互連絡輸送之設備，以應彈性運用水量之需要及緊急時的相互支援。

水源之選擇，當以一般淨水設備所能處理之水質為最基本之要求，惟在不得已時，唯有依原水水質之要求，在淨水場內考量配設必要之淨水設備。即使目前尚無此需要，但對日後可能惡化的水源，最好在淨水流程中，預留日後增設是項處理步驟之設備，包括其所需用地以及流程所需高差。

加藥設備位置則應儘量考慮可能之原水水質變化以及處理調整上之需要，對於機種、容量、台數以及加注點等之選擇賦予彈性。為防備油脂或化學物流入等事故，則宜加設適當之祛除以及相關的處理設備。

3. 配水設備

擔當輸配清水至用戶任務之配水設備，最能左右影響供水之安定性。因此，為確保用戶供水的穩定及安全，配水系統相關設備的規劃配置，應考量配水能滿足每一用戶的用水需求外，亦應能使水量彈性運用及不同供水分區間的相互支援，包括送配水系統之互相連絡，配水設備之適當整備等，以及具備足夠容量以應平時所需且能應付異常狀況之調節池及配水池。在不同淨水場之輸送幹管及不同供水分區之配水系統間，應有能強化互相支援所需連絡設備。其容量可根據以往供水資料，以及對將來可能發生的災害或事故之規模，或為系統設備需要擴建改良時，既有設備停止運作時所需的水量來推估。另為利配水系統的管理操作及水量調配，須於適當地點設置必要之各項控制用制水閥、壓力計、流量計等，前述設備宜儘可能裝置可以遠距離能自動監控之設備，以利配水之操控與水量調配。

配水池之功能在於供水之有效貯存及調配，發生事故時更是擔當應急供水之基地。因此應儘量分散在整個配水系統內。至於其位置及容量則端視應付事故以及擴

建改善時水量調配運用之需要決定。配水池容量應滿足本標準第八十五條第五款之規定，但如用地及經費許可，應儘量提高，以加強供水之安全與穩定及提高緊急狀況時的應變能力。但配水池容量增大後，應考量餘氯可能降低問題，對於餘氯應有檢測控制及補充之適當管理措施。

水中餘氯之存在，對維持清水水質之衛生安全，餘氯在送配中途可能消滅，尤其在較大規模系統。此時，除了淨水場之外，應依需要在送配水中途補設加氯設備。

維持送配水系統相當之水壓，對水質安全之確保甚是重要，如送配水系統能維持足夠水壓，可增加直接供水之範圍，減少間接供水所需貯水加壓時受污染之機會。如水壓不足，應於適當地點設置加壓設備，避免系統中負壓的產生。

4. 其他

對所有設備均應充分留意清水受外界污染之防範措施，除與污染源儘量遠離外，所有清水均應設法隔絕避免外物進入或與其接觸。淨水場及配水池等宜設圍籬加強對外界入侵之防範。

關於六、對地震、颱風、洪水等災害具有高度之安全性。

在地震方面，台灣位處歐亞大陸板塊而與菲律賓海板塊之碰撞帶上，菲律賓海板塊每年以約 7 公分之速率向西北方向擠壓與歐亞大陸產生碰撞，碰撞擠壓的結果，使得台灣本島之岩層由東向西產生一系列之褶皺與斷層，同時造成台灣本島之抬升也造成台灣地區頻繁的地震活動。依以往台灣地區地震活動分佈之特性顯示，花東地區的地震活動最為頻繁，但震源之深度較深，所以對地表造成之損害，較台灣西部地區之淺層地震造成的損害小。台灣西部地區在丘陵與平原之交界地帶，為目前台灣造山變形之前緣，此處之岩體是目前台灣地區變形、褶曲與斷裂最為發達之區域，亦為最可能發生較大地震的地區。由於地震之震源深度通常在 35 公里以內，因此往往造成重大之人員傷亡以及財物損失。

如民國八十八年九月二十一日中部地區發生因車籠埔斷層變動而造成的集集大地震，災區的範圍很大，北至台北，南達嘉義，可說是台灣有史以來損失最嚴重、災區最大的一次天然災害，此次地震及其餘震造成了超過 2440 人的死亡、8700 多人的輕重傷、及超過 10000 間房子的全倒或半倒，使得十萬多人無家可歸，自來水設施方面，包含水源取水設施、淨水場、輸配水管線系統及至用戶的給水管及用水設備，均遭至重大的損壞（如圖 1-4、圖 1-5、圖 1-6、圖 1-7），費時數月才修復。

因此，自來水工程設施的配置在地震安全性的考量，應就可能斷層通過的影響，地震力受地盤放大效應增大的影響，設施在地震中發生共振的影響等三方面詳細評估考量，對各項設施位置作適當的安排，並在結構設計上充分考量上述影響，以降低地震對自來水設施的破壞及影響。



圖 1-4 台中石崗壩的損害情形



圖 1-5 豐原淨水場的損壞情形



圖 1-6 2000MM 送(輸)水鋼管損壞情形



圖 1-7 台中大樓倒塌情形

在颱風方面，台灣位處北太平洋西部發生之颱風路徑上，根據國際氣象組織規定，於北太平洋西部及南中國海發生的熱帶氣旋，分為熱帶低氣壓、熱帶風暴、強烈熱帶風暴及颱風以下為台灣及美國氣象機構使用的分級方法：

名稱	中心持續風力	台灣	美國 聯合颱風警報中心
熱帶低氣壓 Tropical Depression(TD)	8 級以下，即 ≤ 17.1 米/秒	熱帶性 低氣壓	熱帶低壓
熱帶風暴 Tropical Storm(TS)	8 至 9 級，即 17.2 至 24.4 米/秒	輕度颱風	熱帶風暴
強烈熱帶風暴 Severe Tropical Storm(STS)	10 至 11 級，即 24.5 至 32.6 米/秒		
颱風 Typhoon(TY)	12 級以上，即 ≥ 32.7 米/秒	中度颱風	颱風
	12 級至 15 級，即 32.7 至 50.9 米/秒		
	16 級以上，51 米/秒以上	強烈颱風	超級颱風 Super-Typhoons(STY)
	每小時 130 海里以上 ¹		

依美軍聯合颱風警報中心在 1959 年至 2004 年間統計西太平洋及中國南海海域的颱風發生個數與月份，平均每年有 17.7 個颱風生成，出現最多颱風的月份是八月，其次是九月和十月。但對台灣影響大小，端視當時的氣象狀況，颱風進行路線，風速及帶來的雨量大小而定，發生重大災患者，常為強風帶來電力的中斷以及大雨量所引起的山崩、洪水等造自來水設施的損害及原水高濁度，導致供水的中斷（如圖 1-8、圖 1-9、圖 1-10）。

因此，自來水工程設施的配置，應考量颱風所可能引起的山崩，應設置於地質穩定地區，對取水口的配置，應考量水流的流向與防止沖刷的可能，取水口前應作必要的攔污柵以防止取水口被樹枝垃圾等堵塞。



圖 1-8 七二水災德基水庫取水口



圖 1-9 七二水災豐原取水口



圖 1-10 艾莉風災石門水庫高濁度之情況

在洪水方面(如圖 1-11)，台灣由於地形陡峭，河川坡度大，河川上游的集水區地質脆弱，表土沖蝕量顯著，因此河川之泥砂運移量十分可觀，容易造成河道及水庫淤積，不利於洪水之宣洩。再加上台灣每年的梅雨及颱風雨不但雨量强度高，而且總雨量往往十分驚人，河道陡急，水流移動速度快，洪水挾帶大量泥砂往河川下游快速移動，自然容易造成洪災。此外，台灣的人口密集，山區過度開墾，使集水區遭受破壞，遇雨則濁度大增，甚至形成土石流，造成災害。在河川下游的城鎮及城市，也因為人口增加而大興土木，積極開發外圍及鄰近的山坡地，砍伐森林破壞植被，建構設施同時鋪上柏油路面，結果減少了雨水入滲的機會，大量增加地面逕流，也大大增加了洪患機會，洪水往往造成水質污染，影響民眾用水，而機電設施因泡水而損壞，小則造成間接用水戶的停水，重則甚至造成加壓站停罷而影響廣大區域的用戶用水。

因此，自來水工程設施的配置，規劃位置高程必須高於洪水位，尤其是機電設施，如於洪水可能淹沒區設置自來水工程設施，必須有適當的防洪設備，並將機電設施設於高樓層或架高於洪水位上。



圖 1-11 納莉颱風水災造成台北地區淹水情形(圖片來源 udn.com)

由於台灣地區易受前述地震、颱風、洪水等災害影響供水的穩定及安全，因此，除前述所言外，自來水工程設施的規劃設置，在平時應能維持安定之供水之外，在枯水、地震等災難發生時，也應能無缺供應住戶生活上所需飲用水量。為此自來水整體之設施應均衡且有寬裕性，包括原水及淨水之水量貯存與調節機能，綜合運用之高度機能，以及各種備用的能力等。具體言之，則有水源之多系統化，原水調節池之設置，淨水設備備用能力之配設，配水池容量之增設及適當配置，管路之網狀

回路化及複數系統化，送配水幹管之互相連接，不同事業體間互相支援用連絡設施之配設等等策略。

關於七、與原有設備能相互配合。

自來水工程設施，會依供水區的人口成長，區域及都市開發以及經濟及社會的發展等供水需求，分期分年加以擴建或更新舊有設備，在規劃設計時，應充分了解既有設備的配置及各種預留位置，同時選擇各項設備時，應考慮與原有設備能相互的配合運作。

由於自來水系統係由各項單元設備組合而成，因此除各該單元設備應各具其基本功能外，更重要者應為所有單元設備均能互相有效合理之配合，使得各自機能充分發揮，且互相調和，創成完整之綜合成效。實際作業上除對各單元設備之功能應充分了解而據以做正確之選用外，在流程上更應注意其前後位置之妥善安排，以及在操作上互動控制之配備等等。

第四條 自來水工程設施之構造規定如下：

- 一、在結構耐力上對於自重、載重、水壓、土壓、風壓及地震力等均安全。
- 二、具有高度之水密性，不得有水污染或漏水之虞。
- 三、築造在地下水位較高處之構造物，在施工中及完成後應注意地下水浮力對構造物之安全。
- 四、水池牆體之構造應注意內滿外空及其他各種可能危險狀態時之安全。

【解說】

關於一、在結構耐力上對於自重、載重、水壓、土壓、風壓及地震力等均安全。

自來水工程設施之構造為結構上之安全，結構分析上應同時考慮之負荷包括自重、外加之載重、所承受之水壓、土壓及風壓等，以及地震時之橫向力。較大混凝土構造物，例如大型水池，則應充分考慮溫差所需伸縮。上述各種負荷之中，可能同時存在者，例如水壓及土壓，應就各種可能之不同情況加以分析，並選擇最不利情況下之複合效應做為設計之依據，以確保在任何情況下，構造物均能具有絕對之安全性。除了結構上之安全性外，由於自來水之永續性本質，有關之設備，在構造上均應符合長久耐用之要求。

建築物構造須依業經公認通用之設計方法，予以合理分析，並依所規定之需要強度設計之。建築物構造各構材之強度，須能承受靜載重與活載重，並使各部構材之有效強度，不低於所規定之設計需要強度。

建築物構造除垂直載重外，須設計能以承受風力或地震力或其他橫力。風力與地震力不必同時計入；但需比較兩者，擇其較大者應用之。

靜載重為建築物本身各部份之重量及固定於建築物構造上各物之重量，如牆壁、隔牆、樑柱、樓版及屋頂等，可移動隔牆不作為靜載重。活載重包括建築物室內人員、傢俱、設備、貯藏物品、活動隔間、機器設備及堆置材料、搬運車輛及吊裝設備等。如為積雪地區則應包括雪載重。

在水壓方面，在分析構造物之結構時，對其可能承受之荷重，均應逐一計列。其中水壓均依比重為 1.0 求算外，其餘自重、輪重以及衝擊力等可依內政部所頒建築技術規則之規定，或參考中國土木技術學會所編中國工程師手冊設定。惟情形特殊者，例如裝設重型設備之構造，其重量及衝擊力均應依實估算。基礎開挖深度在地下水位以下時，應檢討地下水位控制方法，避免引起周圍設施及鄰房之損害。

在土壓方面，承受土壓之構造物，如擋土牆及池牆等，以及管線暗渠，應先經

地質鑽探了解地質之後，參照土壤力學之原理，依據一般公認較普遍之公式，求算土壓荷重，做為結構分析之基礎。常被引用之公式在擋土牆之側方土壓方面有 Rankine、Coulomb 及 Terzaghi 等，在管溝方面則有 Marston·Spangler 或 Hansen 等，均照依構造物之性質、環境條件、受壓情況等正確選擇較適用者。計算所需土壤單位重、內摩擦力、粘著力等，最好就當地取樣分析求算，或參照過去的資料，依土壤分類，利用依經驗所認定之值。

在風壓方面，風壓力為建築物構造立向投影全面積所受風之壓力，風壓力隨建築物高度增加而增大，台灣位於北緯 25 度左右，且為海島，每年總有三次或四次以上之颱風，而以七、八、九月份居多，依台灣地區風力分級區圖(圖 1-12)，各風力區及各級高度所受風壓力(公斤/平方公尺)如表 1-1：

表 1-1 風力區及各級高度(公尺)所受風壓力(公斤/平方公尺)表

高度 風力區	9 以下	9 以上至 15	15 以上至 30	30 以上至 150	150 以上 至 360	360 以上
100 級	70	100	130	160	190	220
150 級	110	150	190	230	270	310
200 級	150	200	250	300	350	400
250 級	250	250	310	370	430	490

分區說明：

100 級區：中央山脈西側山脊與山腳沿線關西、竹東、獅潭、大湖、卓蘭、東勢、霧峰、草屯、名間、竹山、梅山、中埔、關子嶺、甲仙、山地門之間地區。

150 級區：中央山脈西側海岸與沿富貴角、淡水、臺北、板橋、桃園、中壢、楊梅、新竹、竹南、苗栗、豐原、臺中、彰化、員林、斗南、嘉義、新營、台南之間地區；新化、關廟、屏東、萬丹、旗山、玉井之間地區；澎湖列島。

200 級區：中央山脈東側山脊與東海岸沿線金山、基隆、鼻頭、大里、宜蘭、南方澳、花蓮、鳳林、瑞穗、玉里、新港、台東、大武、南方鵝鑾鼻之間地區；恆春、枋寮、東港、鳳山、高雄、岡山、安平沿海地區。

250 級區：澎佳嶼、蘭嶼、綠島、七星島、龜山島。

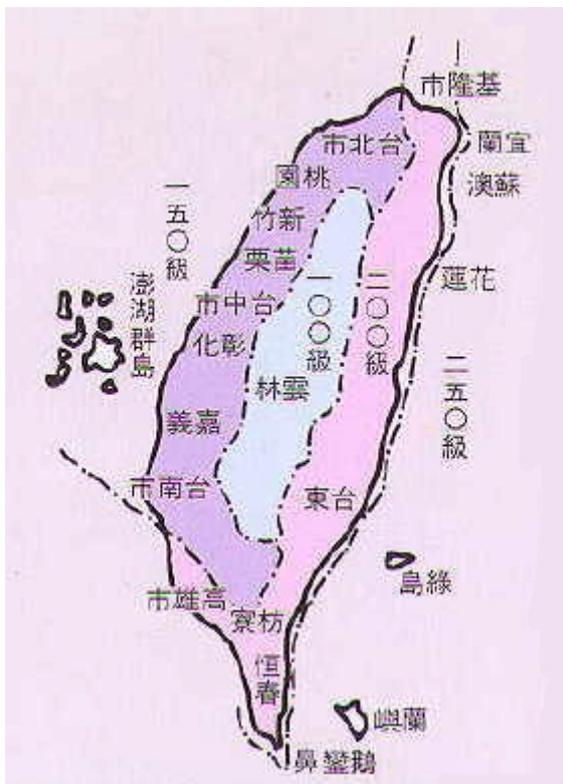


圖 1-12 台灣地區風力分級區圖

颱風風力等級、風速與風壓關係如表 1-2

表 1-2 颱風風力等級、風速與風壓關係

颱風名稱	颱風風力等級	風速(公尺/秒)	風壓(公斤/平方公尺)
輕度颱風	8	17.2~20.7	26.8
	9	20.8~24.4	37.2
	10	24.5~28.4	50.4
	11	28.5~32.6	66.4
中度颱風	12	32.7~36.9	85.1
	13	37.0~41.4	107.1
	14	41.5~46.1	132.8
	15	46.2~50.9	161.9
強烈颱風	16	51.5~56.0	196.1
	17	56.1~61.2	234.1

資料來源：<http://www.wb.com.tw/2/2.html>

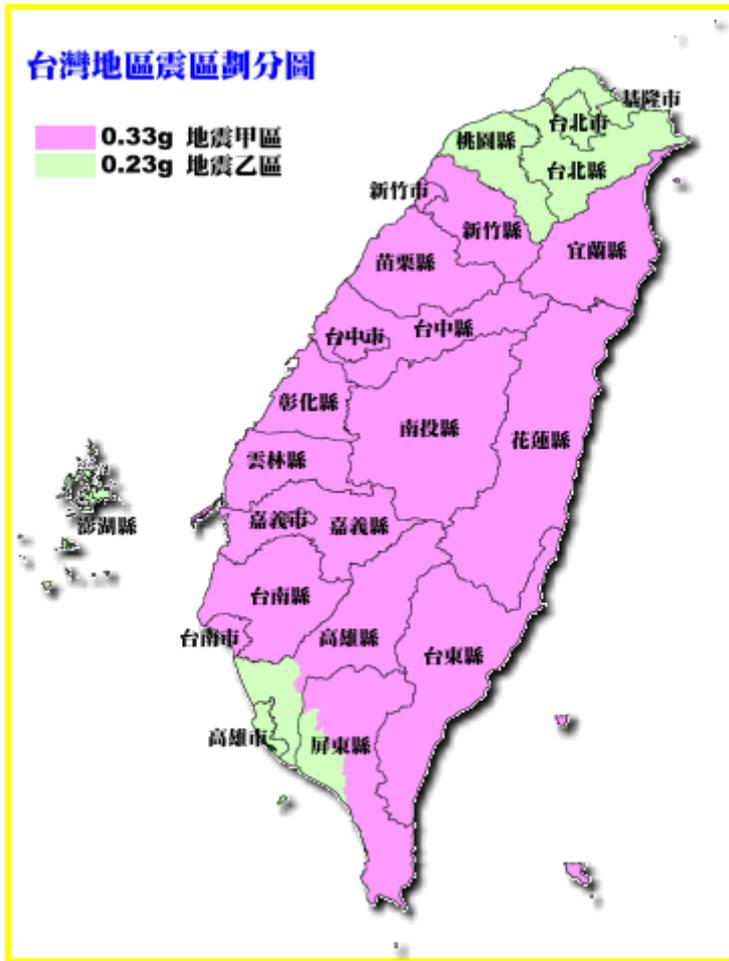
高聳建築物如水塔、高樓等其風壓力得乘以左列形狀因數(表 1-3)予以修正。

表 1-3 風壓形狀因數表

橫 斷 面 形 狀	形狀因數
方形或長方形	1.0
六角形或八角形	0.8
圓形或橢圓形	0.6

如將風力或地震力與垂直載重合併計算時，得增加三分之一。但所得設計結果不得小於僅計算垂直載重之所得值。

在地震方面，建築物耐震設計之震區劃分，由中央主管建築機關公告之。民國八十八年九月二十一日集集大地震後，內政部營建署依最新強地動資料於民國八十八年十二月修正台灣地區建築技術規則耐震設計(內政部台八八內營自第八八七八四七三號文)，依震區水平加速度係數劃分為地震甲區及地震乙區，其對應之加速度係數分別為 0.33g 及 0.23g。各震區包括之直轄市、縣(市)及鄉(鎮、市)如圖 1-12 所列：



地震甲區：	
宜蘭縣、新竹市、新竹縣、苗栗縣、台中市、台中縣、彰化縣、南投縣、雲林縣、嘉義市、嘉義縣、台南市、台南縣、花蓮縣、台東縣。	
高雄縣	旗山鎮、三民鄉、六龜鄉、內門鄉、甲仙鄉、杉林鄉、美濃鄉、桃源鄉、茂林鄉。
屏東縣	恆春鎮、九如鄉、內埔鄉、里港鄉、車城鄉、牡丹鄉、長治鄉、來義鄉、泰武鄉、高樹鄉、春日鄉、獅子鄉、瑪家鄉、萬巒鄉、滿洲鄉、霧台鄉、鹽埔鄉、麟洛鄉、三地門鄉。
地震乙區：	
基隆市、台北市、台北縣、桃園縣、高雄市、澎湖縣。	
高雄縣	鳳山市、岡山鎮、大社鄉、大寮鄉、大樹鄉、仁武鄉、田寮鄉、永安鄉、阿蓮鄉、林園鄉、梓官鄉、鳥松鄉、茄萣鄉、路竹鄉、湖內鄉、燕巢鄉、橋頭鄉、彌陀鄉。
屏東縣	屏東市、東港鎮、竹田鄉、林邊鄉、佳冬鄉、枋山鄉、枋寮鄉、南州鄉、崁頂鄉、琉球鄉、新埤鄉、新園鄉、萬丹鄉、潮州鄉。

圖 1-12 台灣地區震區劃分圖

金門與馬祖不屬上述任一震區。但其水平加速度係數可取地震乙區。

內政部所頒建築技術規則對一般建築物地震力之求算有尚稱詳盡之規定。在台灣尚無自來水專用之防震有關規定之前，自來水設備對地震力影響之考慮，除根據

構造物之性質與使用情形，以及當地地層資料依建築技術規則之規定外，當也可參考日本相關資料，該國水道協會頒有「水道施設耐震工法指針・解說」一書。該書已由自來水協會翻譯成冊，如有需要，可向協會洽購。

按目前一般所用耐震設計有震度法、修正震度法、應答變位法以及活動解析法等。震度法主要用於剛性較大，固有周期短之構造物；修正震度法主要用於剛性較小，固有周期長之構造物；應答變位法則多用於埋設地下線狀構造物。至於活動解析法較特殊，僅在由於構造物之重要性，基礎或構造之特殊性等需要更詳細分析其封地震之反應舉動時採用。至於耐震設計上通常應考慮之影響因素包括：地震時地基之便位或變形，構造物自重以及起因於積載活重之慣性力、地震時之土壓、地震時之重水壓，以及水面之搖動等

建築物構造之耐震設計、地震力及結構系統，應依建築技術規則之規定：

- 一． 耐震設計之基本原則，係使建築物結構體在中小度地震時保持在彈性限度內，設計地震時得容許產生塑性變形，其韌性需求不得超過容許韌性容量，最大考量地震時使用之韌性可以達其韌性容量。
- 二． 建築物結構體、非結構構材與設備及非建築結構物，應設計、建造使其能抵禦任何方向之地震力。
- 三． 地震力應假設橫向作用於基面以上各層樓板及屋頂。
- 四． 建築物應進行韌性設計，構材之韌性設計依本編各章相關規定辦理。
- 五． 風力或其他載重之載重組合大於地震力之載重組合時，建築物之構材應按風力或其他載重組合產生之內力設計，其耐震之韌性設計依規範規定。
- 六． 抵抗地震力之結構系統分左列六種：
 - (一) 承重牆系統：結構系統無完整承受垂直載重立體構架，承重牆或斜撐系統須承受全部或大部分垂直載重，並以剪力牆或斜撐構架抵禦地震力者。
 - (二) 構架系統：具承受垂直載重完整立體構架，以剪力牆或斜撐構架抵禦地震力者。
 - (三) 抗彎矩構架系統：具承受垂直載重完整立體構架，以抗彎矩構架抵禦地震力者。
 - (四) 二元系統：具有左列特性者：
 1. 完整立體構架以承受垂直載重。

2. 以剪力牆、斜撐構架及韌性抗彎矩構架或混凝土部分韌性抗彎矩構架抵禦地震水平力，其中抗彎矩構架應設計能單獨抵禦百分之二十五以上的總橫力。
3. 抗彎矩構架與剪力牆或抗彎矩構架與斜撐構架應設計使其能抵禦依相對勁度所分配之地震力。

(五) 未定義之結構系統：不屬於前四目之建築結構系統者。

(六) 非建築結構物系統：建築物以外自行承擔垂直載重與地震力之結構物系統者。

七、建築物之耐震分析可採用靜力分析方法或動力分析方法，其適用範圍由規範規定之。

前項第三款規定之基面係指地震輸入於建築物構造之水平面，或可使其上方之構造視為振動體之水平面。

建築基地亦應評估發生地震時，土壤產生液化之可能性，對中小度地震會發生土壤液化之基地，應進行土質改良等措施，使土壤液化不致產生。對設計地震及最大考量地震下會發生土壤液化之基地，應設置適當基礎，並以折減後之土壤參數檢核建築物液化後之安全性。

關於二、具有高度之水密性，不得有水污染或漏水之虞。

自來水之衛生安全最重要，因此一切裝用清水之設備均應對任何可能受到外界污染之機會加以注意並做有效之防範。凡盛水之設備均不得有漏水情形。尤以混凝土構造更應注意確保其水密性，除應採用較低水灰比之混凝土，並經細心之搗築以增其稠密性之外，所有施工上或伸縮用之接頭應有良好之防水設計及施工方式，以免日後可能有漏水之虞。任何漏水除水之耗損外並有其他後遺弊病，例如破壞路面，有損觀瞻等，故應儘量防範。

在地下者應採用水密性良好之構造，並儘量遠離可能之污染源，例如化糞池或污水管，以免被滲透受污。開孔於空氣中者，例如人孔，應有防止動物或外物入侵，以及雨污水漫入之措施。連接於其他水體者，例如排水口，應有防止倒流之設施。

管線在輸送自來水過程中，亦應防止其漏水或任何可能的污染物進入管體造成污染，除應採用強固耐用不易破壞的管材外，接頭的水密性更要注意，管線施工完成後，應辦理管線壓力試驗及漏水試驗，以台北自來水事業處工程合約規定之管線試壓標準如下：

A. 壓力試驗：

除另有規定外，管線施工完後，應辦理試壓至每平方公分七公斤，歷時

半小時，無漏水現象為合格。

B. 漏水試驗：

辦理壓力試驗合格後，應再辦理漏水試驗，將管線水壓降至每平方公分五公斤，維持一小時，漏水量不超過下式計算值為合格

$$L \leq (S \cdot D \cdot \sqrt{P}) / 7152$$

L—每小時容許漏水量以公升計

S—試壓管線長以公尺計

D—水管直徑以公分計

P—試驗壓力以平方公分公斤計

不合格之水管與接頭應予換裝或改善至合格為止。試壓後，水管內之存水由乙方妥覓適當地點排放之。

關於三、築造在地下水位較高處之構造物，在施工中及完成後應注意地下水浮力對構造物之安全。

水池等常會埋設於地下。當地下水位上升，且池中水少時，水池所受浮力可能大於水池之自重及水重，因而浮動。是故埋入地下水位高處之構造物，應特別注意分析其在可能之最高水位下，在向下荷重最輕時對所承受浮力之安全性。浮力效應也常發生於施工中。例如水池的池牆完成後，如遇雨水集於牆外挖開之狹小空間，使水位急速上升時，就會使水池承受浮力而浮動。此種情形甚至可能於晚間，短時間內發生，因此特別要留意防範。

同樣情形也可能發生於軟弱地質地下水位高的地點在尚未回填之管溝內，埋置後的空管易受浮力（如表 3-5）影響浮起，因此管線施工時，管溝應做好抽排水，埋置後儘快回填，並部份回填（留接頭以供試水壓），其最小覆土深度亦如表 3-5。

表 3-5 管線防止浮起之最少覆土深表

管徑 (mm) DN	管外徑 (m) D ₂	浮力(kgf/m) W _p	管重(kgf/m) F	W _p -F (kgf/m)	最少覆土深 H
80	0.098	7.5	15.6	-8.1	-
100	0.118	10.9	19.5	-8.5	-
150	0.170	22.7	29.0	-6.3	-
200	0.222	38.7	39.2	-0.5	-
250	0.274	59.0	51.1	7.9	4
300	0.326	83.5	67.5	16.0	6
350	0.378	112.2	83.3	28.9	10
400	0.429	144.5	98.3	46.2	13
450	0.480	181.0	115.8	65.1	17
500	0.532	222.3	133.5	88.8	21
600	0.635	316.7	172.7	144.0	28
700	0.738	427.8	228.2	199.6	34
800	0.842	556.8	278.2	278.7	41
900	0.945	701.4	332.5	368.9	49
1000	1.048	862.6	407.5	455.1	54
1100	1.152	1042.3	474.0	568.3	62
1200	1.255	1237.0	544.0	693.0	69
1400	1.462	1678.7	723.0	955.7	82
1500	1.565	1923.6	808.2	1115.4	89
1600	1.668	2185.2	938.0	1247.7	93
1800	1.875	2761.2	1141.5	1619.7	108
2000	2.082	3404.5	1346.8	2039.6	122

計算公式：

- (1) 管重—依 ISO 2531 or CNS4772 標準
- (2) 浸水土壤 $r = 1.8 - 1.0 = 0.8$ (假設土壤比重 1.8)
- (3) 浮力 $F = 1000\text{kg}/\text{M}^3 \times \pi D_2^2 / 4$
- (4) 回填土重 $W_f = r \cdot H \cdot D$
- (5) 最少覆土深 $H = (W_p - F) / r \cdot D$

關於四、水池牆體之構造應注意內滿外空及其他各種可能危險狀態時之安全。

水池蓄水水位會依供水範圍的用水情形而上下變動，其對水池牆體的受力易有不同，尤其在水池滿水位之受力為最大，因此在結構設計時應會考量內滿外空時水池牆體結構之安全，另外，水池在構築時，在結構體強度尚未達設計強度時，不應蓄滿水位或逕行回填，以免造成牆體的破壞，而地震時，水池內水的擺動，會衝撞水池牆體，因此牆體的結構亦應考量此等外力的影響，設置導流板等設施以降低水體的波動衝擊，確保在各種可能危險狀態發生時，能安全不受損壞。

參考資料：

1. 日本水道協會，「水道施設設計指針」，平成 12 年(2000)3 月。
2. 日本水道協會，「水道施設設計指針・解説」，平成 2 年(1990)12 月。
3. 東京都水道局，「東京水道新世紀構想 STEP21」，平成 9 年 5 月
4. 神戸水道局，「阪神淡路大震災水道復舊記録」，平成 8 年 2 月。
5. 中華民國自來協會，「自來水設備工程設施標準解說」，民 84 年 12 月。
6. 中華民國自來協會，「自來水管線工程設計、施工標準提升之檢討」，民 92 年 11 月。
7. 中華民國自來協會，「自來水災害事故防救措施之探討」，民 92 年 11 月。
8. 中華民國自來協會，「21 世紀自來水事業發展目標與策略研究期中報告書」，民 94 年 7 月。
9. 經濟部水利處水利規劃試驗所，「新店水源利用引水工程可行性規劃—環境影響評估替代方案調查規劃報告」，89 年 6 月。
10. 台北自來水事業處，「台北的自來水」，94 年 12 月。
11. 台北自來水事業處，「抗旱四月實錄」，92 年 4 月。
12. 台北自來水事業處，「台北區自來水第五期建設給水工程後續計畫」，95 年 12 月。
13. 台北自來水事業處，「台北自來水供水管網改善計畫」，93 年 12 月。
14. 台北自來水事業處，「台北區自來水第五期建設給水工程計畫規劃報告」，民 79.
15. 台北自來水事業處，「第二條清水輸水幹線工程規劃報告」，民 78.
16. 台北自來水事業處，「台北區自來水第四期建設給水工程計畫」規劃報告，民 72.
17. Including Surge Control Devices」，University of Kentucky，1988.
18. AWWA Research Foundation，「Distribution Infrastructure Management: Answers to common Questions」，2001.
19. AWWA Research Foundation，「Decision Support System for Distribution System Piping Renewal」，2002.
20. G. S. Allen 等，「Water Distribution Operator Training Handbook」，AWWA，U. S. A，1977.

第二章 取水及蓄水設施

第五條 自來水取水設施之水源必須水量充足、水質優良，除能經常確保計畫取水量外，並應考慮將來發展之需要，其經過淨水處理後，應符合自來水法第十條規定之水質標準。

【解說】

自來水工程之取水設施不論在最大洪水時或最枯旱時，均應能確實引入計畫取水量之構造物。在取地表水時，依取水地點及環境條件，取水設備有取水堰、取水門、取水塔、取水管渠等不同構造物，設計時必須先考慮最大洪水位時之有關問題，例如擋水板及閘門之操作安全；流木、土石流、浮冰等流下物對結構物之衝擊；垃圾等漂浮物堵塞進水口、攔污柵；以及水壓與沖刷淘空問題。在寒冷地帶，尚須注意冬季流冰之膏狀冰對取水設備所引起之取水困難問題。在取地下水時，不但須在最枯旱時能抽到計畫取水量，尚須慮及干擾及海水入侵問題。

取水設備之設置地點必須具有優良水質，其水質應符合飲用水水源水質標準，將來無受污染之虞處，因此取水設施設置處應避開下水道或其他污水之流入地點附近。另亦必須設置於無海水感潮之地點。因此在設置取水設備之處，必須做工廠、污水處理廠、水肥處理廠、廢棄物處理場、養豬場等污染源之調查，應詳細研討分析目前及將來環境之變化情形。並為能夠及時迅速發現水質事故，應有必要設置相關者間之連絡通報系統。

取水設備應為維護管理安全且容易，又具有經常可穩定取水之機能者。即使在洪水期間之惡劣情況下也必須使其管理維護能夠安全且容易。並且應事先考慮工程擴建所需用地之預留及構造物之充分擴建彈性。

由前項取水設備取得的水量，經過淨水處理後，應符合自來水法第十條規定之自來水水質標準及飲用水管理條例第十一條規定之飲用水水質標準。自來水法第十條規定：自來水事業所供應之自來水水質，應以清澈、無色、無臭、無味、酸鹼度適當，不含有超過容許量之微生物、礦物質及放射性物質為準。

自來水事業對水源之保護，得視事實需要，申請主管機關，劃定公布水質水量保護區，禁止在該區域內一切貽害水質與水量之行為(自來水法第十一條)。在水質水量保護區內，原有建築物及土地使用，經主管機關會商有關機關認為有貽害水質水量者，得通知所有權人或使用人於一定時間內拆除，改善或改變使用。其所受之損失，由自來水事業補償(自來水法第十二條)。

在自來水水質水量保護區內，不得有妨害水量之涵養流通或污染水質之行為，自來水法第十一條規定：自來水水質水量保護區禁止下列行為(1)濫伐林木或濫墾土地，(2)變更河道而影響水之自淨能力，(3)土石挖取或採礦、或採礦致污染水源，

(4)排放超過規定標準之工礦廢水或家庭污水，(5)污染性工廠，(6)設置垃圾掩埋場或焚化爐、傾倒、施放或棄置垃圾、灰渣、污泥、糞尿、廢油、廢化學品、動物屍骸或其他足以污染水源水質物品。(7)在環境保護主管機關指定公告之重要取水口以上集水區養豬，(8)其他以營利為目的，飼養家畜、家禽，(9)高爾夫球場之興建與擴建，(10)核能或其他能源開發、放射性廢棄物儲存或處理所之興建，(11)其他足以貽害水質、水量，經中央主管機關會商目的主管機關公告之行為。以上諸行為一律禁止，如經制止而不理者，依飲用水管理條例第十六條規定處一年以下有期徒刑、拘役，得併科新臺幣六萬元以下罰金。

第六條 計畫取水量

自來水設施計畫取水量以計畫最大日需水量為準，並視需要另加處理廠內之處理用水量及原水輸送之損失水量。

【解說】

計畫取水量以系統之計畫最大日供水量為準，並視需要另加作業用水量。原水自取水設施引入，經導水設施送至淨水場處理後，再配送至給水末端，在此一系列過程中，作業上有相當大之水量損失，其中送配水系統之損失水量，已包括在計畫最大日供水量中。但取水設備至淨水設備間之導水損失水量以及淨水場處理過程中損耗水量，設計時一般以計畫最大日供水量之 10% 計之。如淨水場設有廢水再利用設施時，此項作業用水量之比例，可以酌減；又如水源為地下水時，僅經消毒即可供飲用，則無需作業水量，導水損失也幾乎可不計者也頗多案例，在此種情況下，則計畫取水量等於計畫最大日供水量。

第七條 自來水設施以河川表流水為取水水源者，應先就下列事項作長期之調查，並利用過去之流量與氣象資料以估計水源之安全出水量：

- 一、水量及水位。
 - (一)每年最低枯水量、枯水位。
 - (二)水量、水位變化情形。
 - (三)每年最高洪水位。
- 二、水權。
- 三、水質。
 - (一)勘查影響水質之天然與人為因素。
 - (二)降雨與濁度之關係。
 - (三)整年之水質變化。

【解說】

自來水設施以河川表流水為取水水源者，對於預定取水地點，應進行下列各項調查，其中水文資料之記錄越長越佳，河川沿岸之調查宜深入而廣泛。

關於一：水量與水位

(一)每年最低枯水量、枯水位

1. 枯水量、枯水位：指一年中 355 天不低於該水量與水位。
2. 最枯流量、最枯水位：將歷年枯水量、枯水位排比，查出共最枯流量及最枯水位，此水量水位與自來水工程之計畫取水量與取水水位關係最密切。
3. 生態基流量：為考慮河川生態之棲息所需保留之流量，目前並無詳細規定，通常以歷年統計分析之發生機率 95% 之日流量。

(二)水量、水位變化情形：

由於水文有分佈不均特性，會造成取水設施引取水量之可靠度及風險問題，管理者須顧慮該引水地點下游用水者的權利及維持河川機能之河川基流量，故並非河川的流量都能引用。河川可取水量的分析，可透過河川流量資料、用水狀況、水權、法規等資料之綜合分析，推估不影響其他用水單位之前提下，取水地點所剩餘可資引取之水量。可取水量的分析可採用流量歷時曲線法來計算大於或等於某時間百分率之流量，重現期距通常採用二十年(亦即超越機率大於或等於 95%)之流量。

流量歷時曲線計算某段時間內等於或大於某流量之日數或時間百分率，以此時間百分率為橫座標，流量為縱座標所點繪之曲線，如圖 2-1。由此曲線可看出流量之分配情形，惟其缺點無法得知某一流量的連續期間發生或分散在一段期間。

(三)每年最高洪水位

1. 洪水量、洪水位：指各年中最大洪水量與最大洪水位。
2. 最大洪水量、最高洪水位：將歷年洪水量、洪水位排比，查出最大洪水量及最高水位，作為取水設備安全設計之參考。
3. 計畫(設計)洪水量、計畫(設計)洪水位：依照設計洪水量，可求出設計洪水位，作為水庫、壩、溢洪道及取水設備等之重要設計數據。

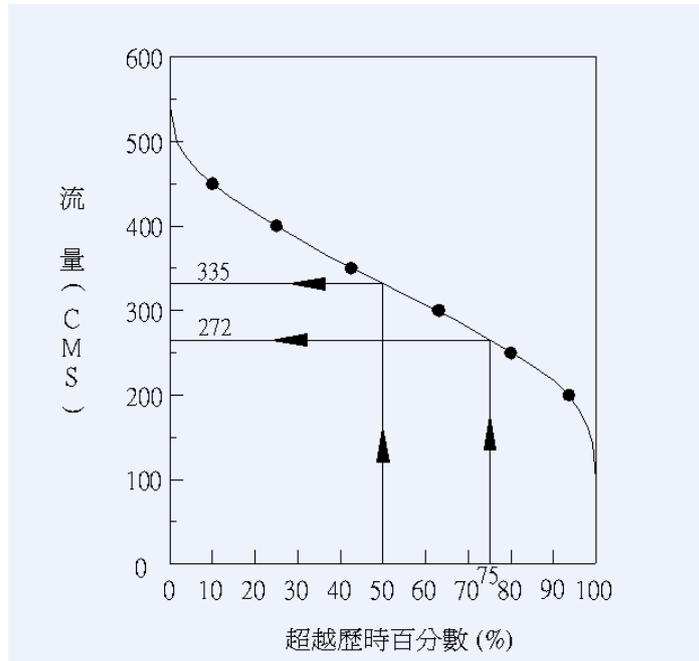


圖 2-1 流量歷時曲線圖

河川管理者應基於河川法之規定，致力於所規定之河川工程實施基本事項所需工程實施基本計畫之掌握。惟如工程實施基本計畫尚未經訂定時，為配合現正進行之河川工程所做之修整計畫事項中所規定之計畫流量、計畫高水位、計畫橫斷面及河川變更工程之年度計畫等項亦應加予詳細調查。

為選定取水地點，配置取水設施，及擬定施工計畫等需要，首先可依據有關地圖及現場踏勘等，以掌握取水預定地點及其周邊地形之特徵、土地使用狀況等之概要。繼而進行必要範圍之測量工作，同時也必須調查河川計畫用之水準點標高與道路計畫用之水準點標高是否一致，更重要者為選定可以自然流下式取水之地點。地質調查，為取水設施之基礎及構造之決定所必需，故地質狀況與其他等資料之蒐集確屬必要。因此，如在附近有既有構造物時，除取得其基礎形式，施工時之狀況等有關資料外，也對現有水井鑽鑿當時所獲得之地層資料加予收集及整理。由所取得資料決定各種構造物所適應之調查方向，即實施鑽探或載重試驗等工作，以進行地盤基礎支持力、土壓、間隙水壓等詳細之地質了解。

取水設備之設置，應對魚類、鳥類、植物等之生態，以及景觀等之周遭環境充分調查，並加強自然環境之保護。由於取水堰之構造一般規模多較大，必要時應依規定辦理環境影響評估作業。

關於二：水權

依據水利法規定引用地面水或地下水應取得水權登記。因此對於現有上下游各水源利用標的之水權登記紀錄，包括標的、引水地點、水權量、有效期限、及其他等資料，均應調查清楚。如有分水協定或其他水權協議書，亦應一一調查並予以研究。除水權設定以外，尚應注意取水時是否影響該地段河川之有關漁業既定權益，必要時應事先予以協調或予適當之補救。

新設取水計畫原則上不得侵犯既存之水權，以免引起補償糾紛。但由於都市擴張或工業區建立以及交通道路等公共設施之建設，使原有灌溉面積逐年減少，致原有核定之水權量會有剩餘現象。

水利法第十八條規定用水標的之順序：一、家庭及公共給水，二、農業用水，三、水力用水，四、工業用水，五、水運，六、其他用途。異常枯旱時，各標的水量之需求以及枯水流量如何調整等有關之基本與演算資料或過去之分水紀錄，最為重要。可依水利法第十九條規定：水源之水量不敷公共給水，並無法另得水源時，主管機關得停止或撤銷前條第一項第一款以外之水權，或加使用上之限制。前項水權之停止、撤銷或限制，致使原用水人有重大損害時，由主管機關按損害情形核定補償，責由公共給水機構負擔之。

關於三：水質

(一) 勘查影響水質之天然與人為因素

取水地點上游段，如有河道整治工程、採砂工程或築壩工程，於洪水後濁度常較一般狀況為高，且將延續較長時期。河道整治工程完竣後，濁度自然減少；但採砂石工程所引起之河川濁度問題，歷時較久。壩址上游如多崩坍地且其土質粒徑非常微細，洪水期之濁水將長時間徐徐之流入。多目標水庫含有發電目標者，其水庫水位高而取水口高程常甚低，在洪水後，水庫內蓄水之濁度分布有二種型式，①水庫濁水呈帶狀停滯；②濁水在水庫內呈上下全面分佈，與洪水大小、水庫內水溫分布特性及密度有關。水庫水溫之垂直分布隨季節而異，春秋之間水溫分布約分三層，滿水位以下十公尺間為第一層，水溫約降 $5^{\circ}\text{C}\sim 7^{\circ}\text{C}$ ；其下至發電取水口高程間為第二層，水溫約降 $2^{\circ}\text{C}\sim 3^{\circ}\text{C}$ ；第二層以下至庫底，水溫降低較速。規模不大之洪水，常使水庫濁水呈帶狀停滯，上層部份濁水在短期間逐日澄清，取水口裝有表層水選擇進水設施，如多孔式，或多段式者可改善此問題，如圖 2-2 表層水選擇之取水設備所示。秋季大洪水時，使水庫第二層水溫度受到沖擊而向深層產生對流作用，濁度呈全層分布，此種混濁情況可能長達數月，影響淨水場操作較長。在積雪地區，初春融雪，河川流量增加，水溫低、濁度高且歷時較長，增加淨水處理困擾，故此種現象及時間變化，必須充分調查。

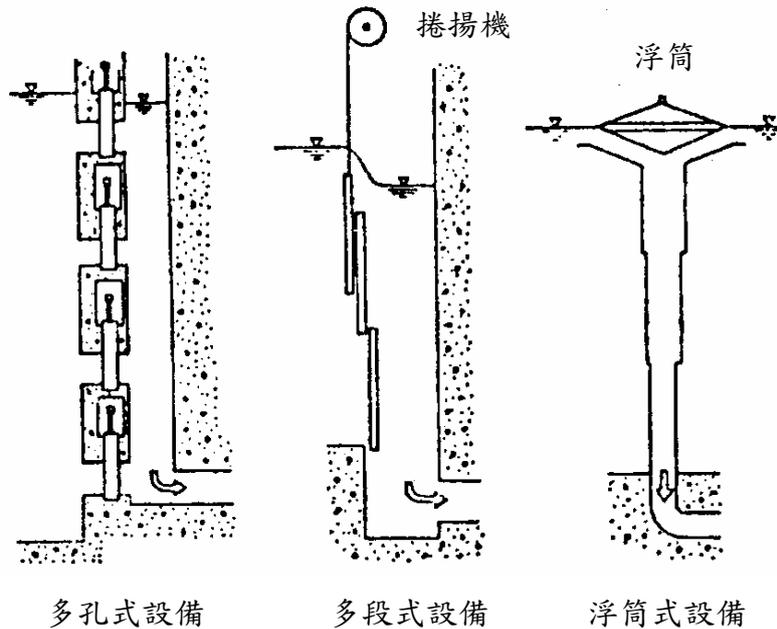


圖 2-2 表層水選擇取水設備示意圖

(二) 降雨與濁度之關係

對於降雨或其他人為因素與濁度間之關係，應充分調查研究。降雨期間，河川流量與其濁度均大量增加，其時間變化以及濁度成分常不同，洪水時之最高濁度及其持續時間以及全年之濁度變化，均宜有紀錄。濁度資料例如最高濁度、持續時間、年平均濁度等，為淨水處理之沉澱、施藥設備、過濾以及排水等設施之基本設計資料。

(三) 整年之水質變化

為瞭解全年間之水質變化情形，可在主要流量觀測地點，每月至少採樣化驗一次，並至少有連續一年以上之資料，方能研判。此項水質調查資料，應送主管機關存錄彙成年報，供各界參用。根據此項資料，可進一步整理流量與水質之相互關係、河川平均水質、水質變動最大之時間季節以及其趨勢等資料。

水質檢驗之項目應包括政府所規定的飲用水水源水質標準之全部項目。此外如生化需氧量、鹼度、酸度(游離碳酸)、水溫及生物等以及其上游工廠等廢水有影響之物質等，均須充分調查。水源有污染現象時，水質調查及檢驗次數應增多。對有機污染之水源，更應加測有機碳總量。河川中如有衛生下水道處理水排入時，更應注意其所含之營養鹽類。

第八條 前條河川表流水之安全出水量，應以重現期距為二十年之枯水流量為準。但小規模自來水設施以小溪流為水源而無長期流量紀錄可供分析時，得斟酌情形推定其安全出水量。

【解說】

計劃引水地點若有長期的流量紀錄，可利用流量歷時曲線法或頻率分析法，且選用重現期距為二十年的枯水流量為河川表流水的安全出水量。

計劃引水地點無長期的流量紀錄，可供第 8 條分析時，可採用下列方法推估取水地點的安全出水量：

1. 計劃地點無長期實測流量紀錄，但計劃地點的上游或下游有完整的流量紀錄，可利用測站的控制面積比例進形推補(如圖2-3)，並表示為：

$$Q_2 = \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^n Q_1$$

式中 Q_1 與 Q_2 分別為 A_1 與 A_2 面積上的觀測及推補流量， n 為待定係數，若在流域中氣候、地形、地質及植物被覆頗為一致時，則可假設流域中所有測站之降雨與流量關係大致相同，而取 $n=1$ 。

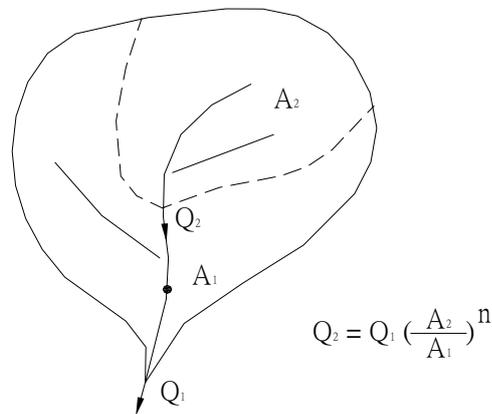


圖 2-3 流量與面積之關係示意圖

2. 區域內並無流量紀錄，但有滿意的降雨量紀錄時，可利用下述方法予以分析推補：
 - (1) 合理化公式法係利用降雨與逕流的關係，由降雨量直接換算為逕流量，其表示如：

$$Q=CIA$$

- (2) SCS法係美國水土保持局(SCS)分析小集水區之累積降雨紀錄與累積超滲降雨

的關係，其形成逕流量Q表示如：

$$P_e = \frac{[P - I_a]^2}{[(P - I_a) + S]}$$

$$Q = P_e \times A$$

式中 P_e 為實際超滲降雨，P為總降雨量，S為潛在最大滯流量，可由土壤覆蓋條件決定，SCS法將土壤分成A、B、C及D四類，將土壤覆蓋依不同土地利用、耕作方式或狀況、水文條件及土壤種類來分類並以曲線號碼(CN)來表示，如圖2-4及表2-1，其中：

$$S = \frac{1000}{CN} - 10$$

I_a 為降雨初期扣除值，依經驗在小集水區 I_a 假設為 $0.2S$ 。

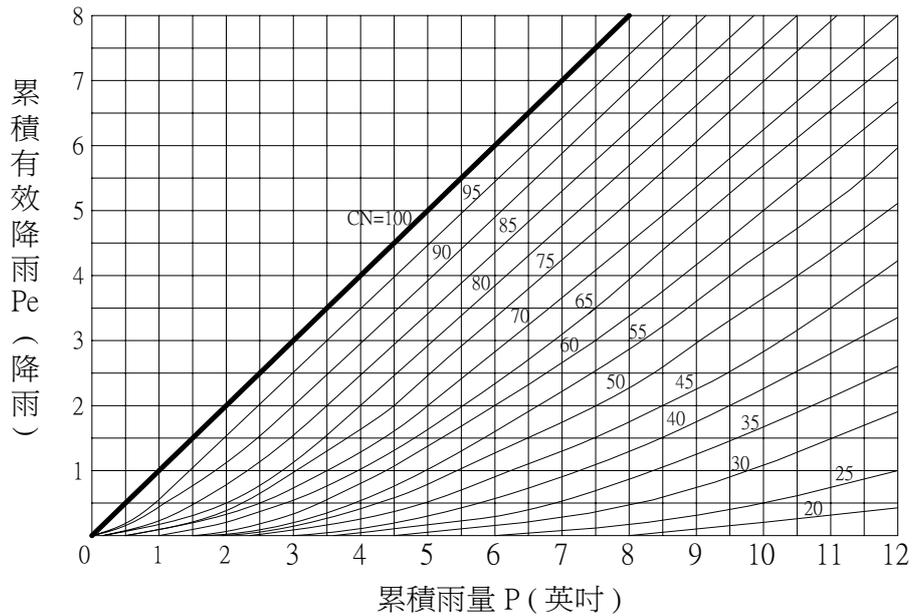


圖 2-4 SCS 曲線圖

表 2-1 SCS 逕流估算之曲線號碼

土地利用	耕作方式或狀況	水文條件	土壤分類			
			A	B	C	D
休耕地	直行	—	77	86	91	94
耕地、栽培地	直行	不良	72	81	88	91
	直行	良好	67	78	85	89
	等高耕	不良	70	79	84	88
	等高耕	良好	65	75	82	86
	等高耕及台地	不良	66	74	80	82
	等高耕及台地	良好	62	71	78	81
牧地或牧野地		不良	68	79	86	89
		中等	49	69	79	84
		良好	39	61	74	80
		不良	47	67	81	88
		中等	25	59	75	83
		良好	6	35	70	79
草地或牧草地		良好	30	58	71	78
森林		不良	45	66	77	83
		中等	36	60	73	79
		良好	25	55	70	77
農場		—	59	74	82	86
開放空地、公園 高爾夫球場、墓園	草地覆蓋 75% 以上	良好	39	61	74	80
	草地覆蓋 50%~75%	中等	49	69	79	84
商業區	不透水率 85%	—	89	92	94	95
工業區	不透水率 72%	—	81	82	91	93
住宅區	建地 $\leq 500 \text{ m}^2$ ，不透水率 65%	—	77	85	90	92
	1000 m^2 ，不透水率 38%	—	61	75	83	87
	1350 m^2 ，不透水率 30%	—	57	72	81	86
	2000 m^2 ，不透水率 25%	—	54	70	80	85
	4000 m^2 ，不透水率 20%	—	51	68	79	84
停車場、屋頂、車道	—	—	98	98	98	98
街道、馬路	有路沿及雨水下水道		98	98	98	98
	礫石		76	85	89	91
	泥地		72	82	87	89

3. 流量歷時曲線延長法

根據長、短兩流量站紀錄，分別繪製兩站的流量歷時曲線，利用兩站相對應的歷時流量，求得其相關曲線，然後利用長站的流量紀錄，經由相關曲線(如圖 2-5)予以轉換推補短站的長期流量歷時曲線，惟兩站線性迴歸的相關係數須大於 0.9 以上。

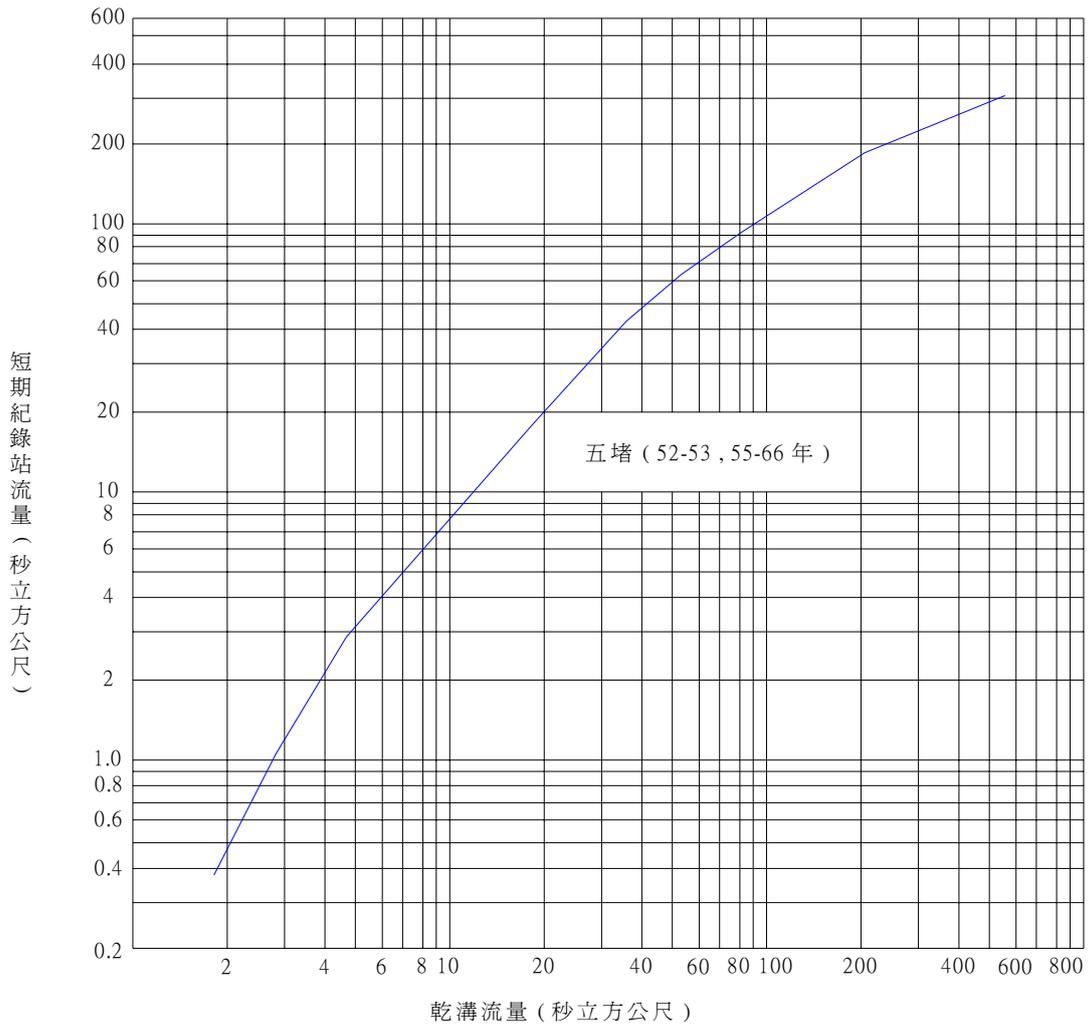


圖 2-5 流量相關曲線圖

第九條 地點選擇原則

以河川表流水為水源之取水地點之選定規定如下：

- 一、流速和緩將來流心不致變遷，或河床上升、降低之地點。
- 二、取水地點及其附近應為地質良好，且不致因沖刷而破壞之地點。
- 三、避免污水流進之處所及有潮汐可到達之地點。
- 四、與防洪及其他水位設施及計畫相配合。

【解說】

關於一：流速和緩將來流心不致變遷，或河床上升、降低之地點

取水地點應選擇在枯水期仍可取得計畫水量之地點，亦即該處之水位變化不大流量和緩而將來不致有流心變化或河床沖淤之處。洪水時流心易變遷，取水口在彎道上極易招致流砂堆積封閉。上游山地開發濫伐濫墾而無適當經營管理時，易引起水土流失，使下游河床逐年淤昇。如上游建壩蓄水，砂石會被攔阻；如有採砂石場，則其下游河床有刷深降低之可能。故遴選取水地點，除現狀條件良好外，尚須考慮其未來上游開發量是否將造成其對下游河床沖淤或流心變化之可能。如河床已有變化，應研究設置護岸固床工以安定河床，使其不再繼續變化。在寒冷地帶，應注意其受結冰之影響。

關於二：取水地點及其附近應為地質良好，且不致因沖刷而破壞之地點

取水地點附近或其背後，應屬地質良好而無崩坍或遭洪流沖潰之虞，河川上游段之取水地點，其岸後高處往往有斷崖，豪雨地震時有崩坍之可能，河川下游段之取水地點，在最大洪水時，河岸堤防有沖刷決潰流失可能，故對取水地點背後之地形地質，須先充分調查研究，並估計所需之防護工程及其費用。

取水堰應設在滲透性低而良好之地基上，構造安定，工程費亦較廉，如在軟弱地基上築護堰，應研討河床之支承力，基礎工程應加強；為防止河床淘刷，須設固床工，為減少上舉力，宜設護坡及止水牆。

關於三：避免污水流進之處所及有潮汐可到達之地點

應避免設在上游或附近有污水流入之地點，及颱風或季節風期間有漂浮物容易漂進或湖底沉澱物有翻亂影響之處；目前或將來水質能維持良好狀態之處最佳；選擇遠離航路之處，以免受其污油之影響；避免有漂浮物容易漂進之地點；及避免設於有海水倒灌及感潮之處，以確保將來良好之水質，使操作維護工作容易。

關於四：與防洪及其他水位設施及計畫相配合

調查規劃期間，聽取河川主管機關對選定取水地點之意見，取水地點應對未來治河工程之實施影響最少。由於取水設備之設置使河狀變化，以致有附近其他

設施遭受影響之可能，故應儘量遠離而設置之。築堰地點之滿水位以及洪水時迴水對其上游之水利設施、護坡以及橋樑等影響越小越佳。

選施工容易且安全之處，故對河底地質、地形必須充分調查，避免不穩定地點，致使建設施工困難複雜。遠離波浪、鬆土、坍方及土砂流入之處，以免使水之濁度提高。

第十條 以河川表流水為水源之取水設備之構造，應於取水地點所預期之水位及水量變化範圍內能取得設計取水量，必要時應考慮由不同水深取水，並應有防護沖刷、流水、流砂及漂流物等之必要設備。

【解說】

取水設備應考慮設置可局部擋水之設施，以方便維修作業而無影響正常取水功能，或設可供暫時取水之應急設施，或相當容量之預備設施等，俾避免停水之情事產生。如取水管渠設於河川地，一旦遭受洪水沖刷損壞，短期間內難以修復，而該自來水系統亦無其他替代水源時，應考慮埋設雙管，以策安全。

- 第十一條 以水庫為水源之取水設施應依下列事項作長期之調查：
- 一、每年實際最高與最低水位，水位及貯水量實際變化之情形。
 - 二、水權
 - 三、水質
 - (一) 勘查影響之水質之天然與人為因素。
 - (二) 湖岸之狀況、風向、風速、降雨與濁度之關係。
 - (三) 整年之水質變化：在不同水深內微生物之季節性繁殖及分佈狀況。

【解說】

關於一：每年實際最高與最低水位，水位及貯水量實際變化之情形

水庫在不同時期和各種水文情況，為達成允許或控制的不同水位有：(1)常水位為正常操作情況下，水庫可蓄水的最高水位；(2)呆水位為在正常操作情況下，水庫可洩降的最低水位，呆水位的推定，除依取水口最低水位決定外，尚須考慮淤砂的程度，亦即水庫在使用壽命，淤砂不會超過呆水位；(3)超蓄水位為水庫可存蓄洪水的上限水位。呆水位以下的容量稱為呆容量，常水位與呆水位之間的容量稱為有效蓄容量。而超蓄水位與常水位間暫時攔蓄的洪水容量稱為超蓄容量。

關於二：水權

現有上下游各水資源利用標的之水權登記紀錄，包括標的、引水地點、水權量、有效期限、及其他資料，均應調查清楚。如有分水協定或其他水權協議書，亦應調查並予研究。

新設取水計畫原則上不得侵犯既存之水權，或依水利法第二十一條規定：主管機關根據水文測驗，認為該管區域內某水源之水量，在一定時期內，除供給各水權人之水權標的需要外，尚有剩餘時，得准其他人民在此定期內，取得臨時水權，如水源水量忽感不足，臨時使用權得予停止。水利法第二十二條規定：主管機關根據科學技術，認為該管區域內某水源之水量可以節約使用，得令已取得水權之原水權人，改善取水、用水方法或設備，因此剩餘之水量，並得令行分配使用，但取得剩餘水量之水權人，應負擔原水權人改善之費用。

關於三：水質

(一) 勘查影響之水質之天然與人為因素

流入湖泊之河川水質與湖泊水質以及其中微生物之季節變化，包括水質與污染物質之消長，如氮、磷之流入負荷量與由降雨或農地、山林區地下水之流入負荷量，須予調查明瞭。在湖泊水質調查方面， NO_3^{-3} 硝酸鹽及磷酸鹽等營養鹽等以

及透明度、化學需氧量、溶解氧等之確定，均為必需，湖泊季節性之微生物情況，對湖水產生色度及臭味問題。尤其是甚深之湖泊或蓄水庫水質，隨季節性而有成層現象，故每一季節微生物之種類與數量、水溫、營養鹽類、pH、溶氧、化學需氧量以及濁度等之垂直分布資料，均應調查。

(二)湖岸之狀況、風向、風速、降雨與濁度之關係

調查湖岸之狀況以及風向及風速，例如污染源、水量、水深以及船舶的浮油等，均受風向風速的影響；又沿岸之遊樂基地觀光客等所可能產生之污染等，均須調查比較，以供確定取水地點之參考。

降雨期間，河川流量與其濁度均大量增加，其時間變化以及濁度成分常不同，洪水時之最高濁度及其持續時間以及全年之濁度變化，均宜有紀錄。濁度資料例如最高濁度、持續時間、年平均濁度等，為淨水處理之沉澱、施藥設備、過濾以及排水等設施之基本設計資料。

(三)整年之水質變化：在不同水深內微生物之季節性繁殖及分佈狀況

河川將碳、氮、磷等高能量有機質或低能量化合物帶入湖泊中，經湖泊藻類與浮游植物之攝取以及經日光能源之供應，製成高能量化合物，再經動物性浮游生物與魚類吞食，因死亡或提淨而提供溶解性有機碳，經細菌產生二氧化碳再供藻類所用，完成湖泊中生化反應(參閱圖 2-6)，如河川帶入過量之碳、磷、氮，則刺激藻類無限生長，好氧菌在分解有機碳時，將使用所有可採取之溶解氧，而產生厭氣狀態，湖泊頂層藻類愈多，同時湖底細菌使用氧氣也愈多，於是湖泊中間層帶變成厭氣性。所有好氧的生物活動多集中在湖泊上面頂層(約 2~3 公尺)，此種生物活動導致水質混濁，透光性也隨之減少，進而限制表面層藻類活動性，終使湖泊頂層也呈厭氣性狀況，所有好氧性水生物均無，藻類因光之進入有限，乃在湖泊表面集中，形成大片藻群如綠氈狀，最後藻類也將死亡，堵塞湖泊，產生泥煤田，此種全部過程稱為“富營養作用”或“優養作用”。在自然狀況下，此程序可能需數以千年計；但人類活動促使營養劑之加速，此程序可縮至數十年內完成。

磷可視為藻類生長之化學限制劑，估計流入湖泊中總磷量，約 1/2 來自農耕流失，1/4 來自清潔劑，其餘 1/4 來自其他所有來源。磷濃度在 0.01 至 0.1mg/l 之間，便足以加速優養作用。

湖泊於夏季成層期之下層厭氣狀態以及底質之鐵，錳、氨氮、磷酸鹽等之可能溶出，應予研究；同時浮游生物類之增殖現象、白晝與夜間之 pH 顯著差異，均影響淨水處理，可由 pH 之垂直分布，研選最適當之取水水深。

水質如受藻類影響產生臭味，宜設活性碳處理及臭氧處理之實驗設備，試驗除臭方法，並檢訂注入除藻藥劑與加裝細格攔污柵或微篩設施之可行性。

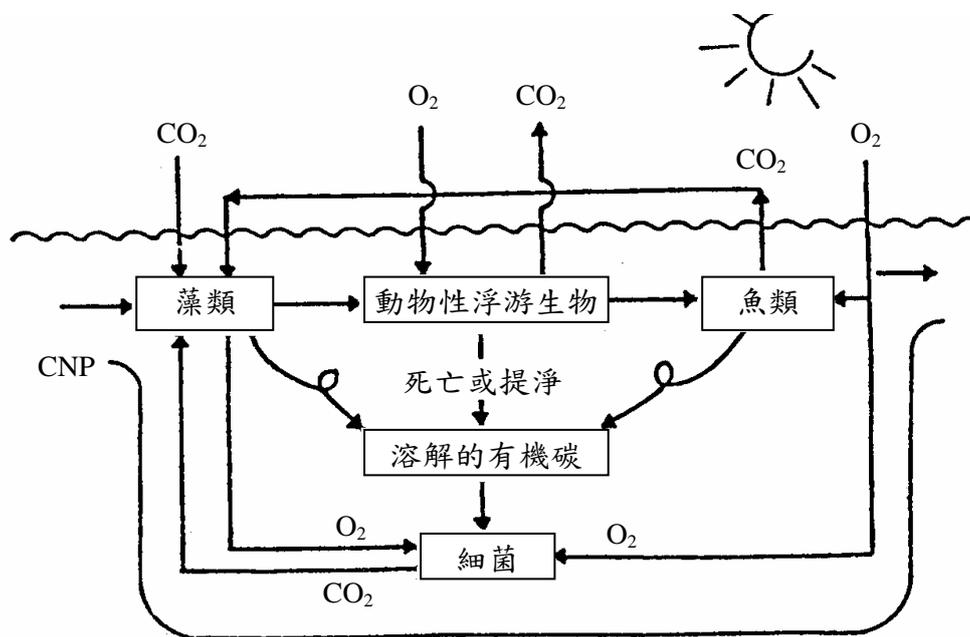


圖 2-6 湖泊中生化反應示意圖

第十二條 興建水庫作為自來水水源設施時，除利用過去所有可供分析之流量與氣象等資料，以估計水庫應有之貯水量外，並應預先就下列事項作長期之調查：

- 一、壩址上游集水區內之情況。
- 二、水庫上游集水區之降雨量及其與進水河流量間之關係。
- 三、水庫淹沒區蒸發量。
- 四、水庫淤積量。
- 五、洪水量。
- 六、地質與滲透性。
- 七、河流進水之水質。
- 八、水權。

【解說】

興建水庫作為自來水水源設施時，除利用過去所有可供分析之流量與氣象等資料，以估計水庫應有之貯水量外，並應預先就下列事項作長期之調查：

關於一：壩址上游集水區內之情況

水庫通常設於河道上，築壩蓄存其集水面積水源流量，調節盈枯以供使用，此種型式之水庫，稱為在槽水庫。天然湖泊或盆地，如其出口處有良好壩址，淹沒及補償問題不嚴重時，即可築壩興建水庫貯存其自然集水面積水源流量。有時支流上有良好庫址，但其本身集水面積不大，水源流量不足以充滿水庫，須開隧道或渠道或以抽水方式自主流引取大量水量補充，以滿足需求，此種型式之水庫，稱為離槽水庫。離槽水庫與在槽水庫由他水系或另支流引水為其水源，屬越域引水；不同水系之越域引水利用，為水資源開發由流域走向區域化之具體表現。

庫址有開闊平坦腹地，可大量蓄水者為最佳；如可能淹沒地區之土地已高度開發利用，則補償費高，影響水庫計畫之經濟可行性，並增加實施時之阻撓力。就庫址地形言，具有許多支流匯集，集水面積大、谷底平坦，庫址腹地成 U 形、蓄水容積大，四周山岳急峙，兩側山脊厚，沿流水方向呈狹長帶狀者，為上乘之庫址。就壩址言，在庫址之下游出口端，兩岸峭陡，有岩石突出之峽谷為最佳，其壩體建造費較少。壩址附近山脊必須有足夠厚度，俾抬高壩體及水位時，無漏水之虞；若厚度不足，則須灌漿固結補強防漏。

庫址及上游集水區域之地表覆蓋情形、土地利用、森林植生狀態、崩坍侵蝕趨勢、未來開發計畫、礦產開採、降雨積雪融雪，以及集水區經營情況等，均須詳細調查，此均影響庫址及其規模之選擇。如為越域引水，該間接引水流域之集水區狀況，亦應一併詳加調查，引水隧道(渠道)之位置及維護問題，須附帶討論。

用地取得與地上地下物補償事項乃為工程能不能順利執行之關鍵項目，故在

計畫實現之先應儘量予以辦妥，由於用地費與補償費除佔計畫經費之比率頗有分量之外，也隨時間而增加，故在計畫時就應詳予調查估計，妥予計算必要之費用。

關於二：水庫上游集水區之降雨量及其與進水河流量間之關係

水庫計畫必須水文條件適合，亦即要有可靠而充沛之水源，不但能滿庫，更須增加枯水期可用流量，提高水庫利用率，於某些時期亦有餘水供排砂之用。是以庫址附近應有長期而可靠之水文氣象資料，包括雨量、降雪、蒸發量、日照、風、濕度、氣溫、結冰、水位、流量等重要項目。水文站之紀錄須至少連續十年以上，如為自記紀錄則更佳。如壩址上下游附近無水文站，最好庫址上游若干地點立即增設新站或臨時水文站，其中必須有自記者，其記錄可與過去其他水文站對照比較，而提高水文分析值之準確性。縱使水庫計畫暫時不實施，其紀錄仍可移用於其他用途。如庫址附近完全無可用水文資料，則此新設測站之資料，更具重要性。雖設計施工前，觀測記錄尚短，終較憑空推估或自他域推算者可靠，該觀測紀錄亦可用以校核調查規劃時所假定之數據。

關於三：水庫淹沒區蒸發量

興建水庫後，因改變河道天然狀態、庫內水力關係所引起的水庫額外損失。水庫水量損失包括蒸發損失、滲漏損失等。蒸發損失為水庫建成後，庫區原有的陸地變為水面部份所增加的蒸發損失。目前估計蒸發損失量，通常以蒸發皿所觀測的蒸發深度，乘以經驗性的折算係數求得蒸發水量損失，如下式，

$$W_L = E_s \times A \times f$$

式中 W_L 為蒸發水量， E_s 為蒸發皿的蒸發量， A 為集水面積， f 為蒸發皿的折算係數，蒸發皿的折算係數大約介於0.6~0.81之間，一般採用0.7。

關於四：水庫淤積量

水庫在興建運轉後，上游逕流所挾帶之泥沙將落於水庫內，水庫泥沙淤積不僅造成容積的損失，同時也可能影響取水口之正常運轉，影響水庫壽命及其經濟效益甚至，因堵塞洩流設施而危及水庫之安全。除非水庫採取特別之庫容維護措施，否則淤沙之累積幾乎無法避免，水庫最終將被淤滿而失去其功能。

通常興建土石壩很少考慮排砂設備，致淤積問題相當嚴重。混凝土壩雖設排砂閘門，排砂時需大量水量，而沖刷影響範圍有限、排砂效果亦不顯。故選擇壩址時，應對泥砂來源，預為估計，並事先採取治本之法，預防泥砂大量進入水庫。河流之泥砂來源，不外乎受雨水侵蝕、河川淘刷、邊坡崩坍、土地超限利用，以及伐林開礦闢路等營建活動所導致，故預防之道亦須由此著手。如本流庫址已有濫墾砍伐及崩坍累累侵蝕嚴重現象，不妨在其附近支流另選庫址代替，以離槽水庫方式開發。如水庫容量不大而洪水期流量大者，可在水庫上游適當地點築側流水道，在洪水期洩洪排砂，以減少泥砂入庫，而最根本之道，應將集水區土地利用預為合理規劃，限制濫墾砍伐以及超限使用，加強水土保持，實施集水區經營。

水庫水位以上二十公尺周圍地區劃為水庫保護帶，限制使用，加強水土保持及邊坡穩定措施，使邊坡土壤不受水庫水位洩降而滑動崩坍。

當水流進水庫，流速降低，貼近河床沿河床移動的沈澱(sediment)稱為推移載(Bed load)，懸浮在水中顆粒較大的沈澱稱為懸移載(Suspended load)。大部份的推移載沈澱在水庫的前端，形成三角洲；懸移載由於顆粒稍為小則懸浮或沈澱在水庫邊。懸移載的計算單位通常以 ppm(part per million)表示，亦即水樣中泥砂的乾重與水樣重之比，以百萬分比表示。因為土的比重約 2.65，懸移載易於沈澱在渠底，惟亂流的上升流動與重力沈澱的作用剛好相反而影響沈澱，為探求懸移載或推移載與流量的關係，通常利用懸移載及推移載率定曲線，再配合河川的流量延時曲線，可推估水庫年輸砂量。

水庫淤沙的防治方法有：一、減少或阻隔泥沙進入水庫；二、防止已經進庫的泥沙不在庫區沉積；三、已經在庫內的淤泥之清除。因而具體的辦法有：一、水土保持設施；二、風蝕的控制；三、淤積分佈的控制；四、迴水淤沙的控制；五、攔沙壩及蓄沙池；六、排除泥沙及七、濃度的控制。

水庫清淤措施包括水利排沙及機械清淤等措施。水力排沙利用水流自身之力量將泥沙排出水庫。依其運轉特性，水力排沙又可分為洩降排沙、洩洪排沙、空庫排沙等。洩降排沙利用水庫之洩降水流將淤泥沖刷出庫。為了提高洩降排沙之沖刷效果，水庫須具有充份洩流能力之底孔或排沙道；同時，也需要適當地形，以束縮流場，使底層維持較高之沖刷流速。洩洪排沙為在洪水時段，開洩流設施，降低水位，使來洪在低壅水之情況下，維持高流速，將所挾帶之泥沙穿過水庫牌入下游河到。此種排沙方式，也能將部份庫內前期淤積沖刷出庫。空庫排沙為將水庫洩空後，以逕流沖刷排出底床淤泥。空庫排沙之效果包括洩空水庫過程中之排沙量與空庫後之逕流排沙量。

機械清淤係在工作船上配製抽泥或挖泥設備，以清除庫底淤泥之一種清淤方式，其特點為具有機動性及不影響水庫之正常運轉。依運轉機理及動力來源，浚漂船清淤可分為水力抽泥、機械挖泥、氣力抽泥及虹吸抽泥等四種。陸面機械開挖為利用挖土、裝土、運土之機具以清除露出水庫水面淤沙之一種清淤方式。使用機具通常包括挖土機、裝載機、推土機及傾卸卡車。

關於五：洪水量

建造水庫的主要目的係貯存所有流入的水，但在壩址集水區發生超逾水庫容量洪水，或在緊急情況下(如壩體龜裂或損壞)，將使水壩有發生破壞或崩潰的虞慮，為使危險減少至最小，必須將水庫的水位緊急降至某一水位，通常在水壩設置宣泄流量的孔道，使水庫能安全不致漫壩，且下泄的水流能妥善消能，不致危害壩體安全或影響下游安全的結構物。

根據國際大壩委員會統計資料得知，潰壩的原因有 31%是因為溢洪道的設計不

當或溢洪道設計容量不足而導致，因此溢洪道的設計洪水量，應妥慎選定。通常依蓄水庫的大小等級、災害潛勢等級兩項判斷標準加以研判，由於可能最大洪水的洪峰及泄洪量遠較設計洪水大，但其出現機率都很小，為保證工程安全，又節約投資。採用『蓄水庫安全評估規範』的研判準則如表 2-2 與表 2-3，選定蓄水庫設計洪水。

表2-2：水庫災害潛勢標準表

災害潛勢等級	潰壩淹水地區居住人數P	潰壩淹水地區經濟損失
重度	$0 < P < 10^3$	輕微之經濟損失
中度	$10^3 \leq P < 10^4$	可觀之經濟損失
輕度	$P \geq 10^4$	極度之經濟損失

表2-3：水庫設計洪水標準表

災害潛勢等級	水庫大小等級	設計洪水
重度	大	最大可能洪水(PMF)
	中	最大可能洪水(PMF)
	小	1/2最大可能洪水(PMF)~最大可能洪水(PMF)
中度	大	最大可能洪水(PMF)
	中	1/2最大可能洪水(PMF)~最大可能洪水(PMF)
	小	200年重現期洪水或1/2最大可能洪水(PMF)
輕度	大	最大可能洪水(PMF)
	中	200年重現期洪水或1/2最大可能洪水(PMF)
	小	200年重現期洪水或200年重現期洪水

關於六：地質與滲透性

庫址地質常影響壩址之適與否，詳細之地質探查試驗為不可免，所需費用雖不少，但與水庫興建之總工程費相較，仍佔少數，故調查規劃階段，地質探查費絕不能省。地球物理探查法應與鑽探、橫坑、豎井、試坑相互配合，分階段實施，以免浪費。庫址地質以不透水不滲漏之地盤為原則，避免選在斷層谷、活動斷層、破碎帶、坍方地區或地質構造不佳以及易溶解或多孔性或透水性之岩質礦床上。地層向下游傾斜者易漏水滑動；河谷兩岸有砂礫層或山脊太薄，均將限制壩高，影響蓄水容量。區域地質、庫址地質以及壩址地質均應有探查試驗研究分析報告，說明岩盤深度、種類、特性、分布、結構、透水性、軟弱性、可溶性、斷層、破碎帶、風化程度、滑動性、承载力、滲漏、地下水、壩高限制以及防漏補強辦法，以利設計。

庫址調查時，應調查地下水之地域特性，例如河道地表水與地下水互補關係，

山脊之地下水位、走向、含水層厚度、地下水脈之存在以及改變自然地下水環境後可能遭致之影響。如發現將來蓄水有滲流至他處成為地下水之虞者，則宜放棄。

另外通過壩體(含附屬水工結構物)、壩基及兩翼壩座、庫底或庫邊的滲水層的滲漏損失，此損失不僅造成水庫的水量損失，而且水庫之滲漏有下列的缺點：(1)大量漏水影響水庫效益，(2)降低軟弱結構面強度，(3)使某些岩土或斷裂帶充填物產生滲漏變形，嚴重時可能影響壩基穩定，(4)使上揚壓力增加，(5)引起壩肩、下游的滑坡或崩滑體復活，(6)使地下洞室圍岩不穩定及(7)造成下游農田的鹽化等。要達到水庫滴水不漏是不可能的，所能辦到的理想是，漏入大於漏出或漏出微少而可忽略不計。以臺灣地區的鳳山水庫為例，其左山脊的基岩為泥岩及珊瑚礁，透水性較大，造成水庫的大量漏水。

關於七：河流進水之水質

本流或越域引水流域之水質、水溫、降雨與水質濁度關係，以及其一年各季之變化，須予調查研究。

為防止水庫蓄水後水質受到污染，因此水庫蓄水前應清除庫區的建築物、林木砍伐後的殘餘物、以及污染源。此外集水區帶來的浮流物，會造成水庫的污染，所以必須打撈水面漂浮的垃圾及浮木。

水庫上游集水區倘若遭人為破壞及超限利用，不僅表土大量沖蝕，泥砂淤積水庫，由於農業開墾之施肥、噴灑農藥及觀光遊憩活動、高爾夫球場設立使用殺蟲劑、除草劑等行為，亦為嚴重威脅水源之水質安全。

關於八：水權

主支流之水資源使用情況，未來可能之開發計畫、現有水權及水量供求分配等，應調查清楚，不得影響既得水權或流域水量分配，必要時須協調有關當局重新評定以期公平合理。越域引水計畫，其關聯因素較複雜，更應注意此問題。

第十三條 水庫有效貯水量基準枯水年之決定應以重現期距為二十年之枯水年為準。

【解說】

為決定水庫之有效蓄水量，須先選定基準枯水年，選過去長期以來之最枯水年故然理想，但所需之蓄水量亦最大，並非最經濟。一般以選枯旱程度較最枯年為低之枯年，但其流量須能滿足其所必需之水量，故發生枯旱之重現周期較最枯年為短，通常以重現期二十年一次之枯水年為基準。

倘若供應重要都會區的水庫，可以更高的缺水標準來決定有效貯水量，以大臺北都會區的供水為例，以除民國元年至 61 年的流量記錄(含推估值)，除民國 52 年水文情況外，均可由翡翠水庫充份供應，其推算頻率約為 122 年發生一次。

第十四條 水庫有效貯水量應依前條基準枯水年，以水庫進水量與水庫計畫取水量之差額累加決定。
前項計畫取水量，除水庫計畫之取水量外，應加上必要損失水量及下游既有水權水量。

【解說】

水庫建造之主要目的既然為滿足各標的之用水量、水質及水位位能。因此水庫規劃設計時應決定之最基本事項為水庫容量及出水量。一般而言，其步驟主要可區分為以下二類：(1)簡化分析法及(2)詳細依序分析法。簡化分析法用於初步或可行性規畫，詳細依序分析法則用於可行性規劃或詳細設計階段。水庫的功能除蓄水之外，還要供應用水之需，水庫的出水量為在特定的時段間，水庫的供輸水量。水庫容量及其可供水量，可利用流量累積曲線(圖 2-7)或次峰運算法則(圖 2-8)來初步規劃後，再以歷年的水文條件，經由模擬演算，由進流量扣除蒸發量及滲漏量，環保基流量(一般以日流量歷時曲線大於或等於 95%之日流量)等，求得水庫的出水量，如圖 2-9 及下式所示：

$$S_{t+1} = S_t + I_t - E_t - O_t - Q_t$$

式中： S_{t+1} 為下一時段水庫之蓄水量， S_t 為該時段水庫之蓄水量， I_t 為該時段水庫的入流量， E_t 為該時段水庫的蒸發量， O_t 為該時段水庫的溢流量， Q_t 為該時段水庫的放水量。對於每一時段，其缺水量ST定義如下：

$$ST = |R_t - D_t| \text{ 當 } R_t < D_t$$

式中 R_t 為t時段的供水量， D_t 為t時段的需水量。

在任何枯旱均不缺水的水庫出水量稱為安全出水量。另在豐水期，水庫可超出安全出水量的供應量稱為二次出水量。若採用安全出水量當作供水量，雖可使需水量得到安全之滿足，但將造成水源開發經費大幅提高，較不符經濟原則，因此水庫供水規劃時，通常需要一可容忍的缺水程度，以應相對應之出水量。在臺灣的水資源開發，前水利局習慣使用缺水指數 $SI=1$ ，前水資會則使用缺水頻率十年一缺。缺水指數的 SI 的定義如下：

$$SI = \frac{100}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{ST_i}{R_i} \right)^2$$

式中： N 為模擬演算的總年份， ST_i 為t年份的缺水量， R_i 為年計劃供水量。

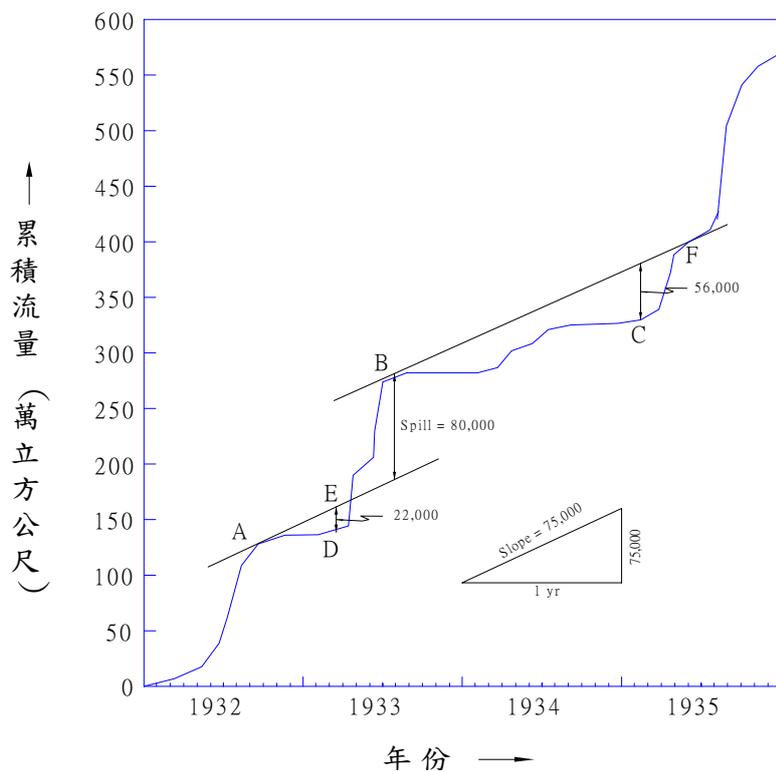


圖 2-7 流量累積曲線圖

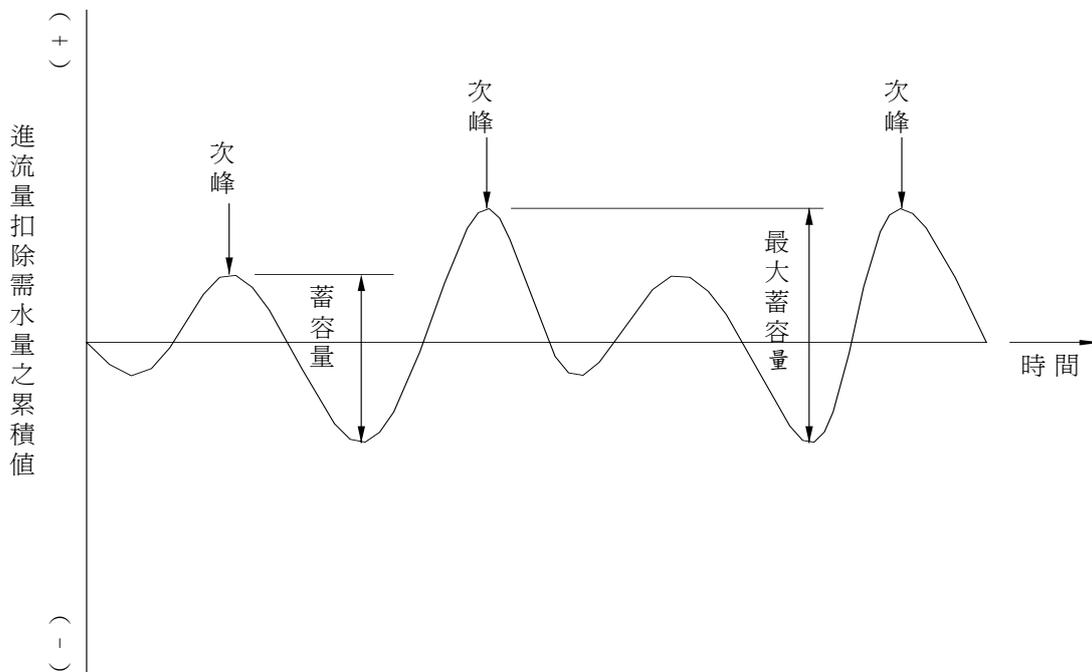


圖 2-8 次峰運算準則圖

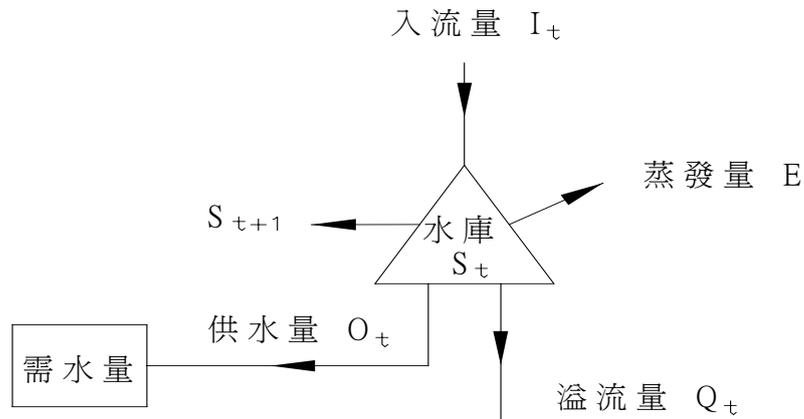


圖 2-9 單一水庫系統示意圖

蓄水庫之供水量受供水規劃準則影響很大，且缺水情形依各水資源設施特性、用水量及水文條件有極大的差異。若供水規劃準則標準高如 $SI=0.5$ ，則可提供的水量較少，但缺水機率較低且遇枯旱時之缺水程度較緩和；反之若供水規劃準則標準低如 $SI=0.5$ ，則平時可提供的水量較高，但可能常遭遇枯旱且枯旱時之缺水程度較嚴重。

依據計畫所需之有效貯(蓄)水量，即為水庫之總貯(蓄)水容量(如圖 2-10)。由水庫水位容量關係曲線，即可求得所需要之壩高或溢洪道頂之高程。此高程如受地形或地質條件限制，即表示該水庫計畫滿水位必須降低至安全高程之下，水庫容量當較需要者為小，用水配水計畫亦需另行修正。

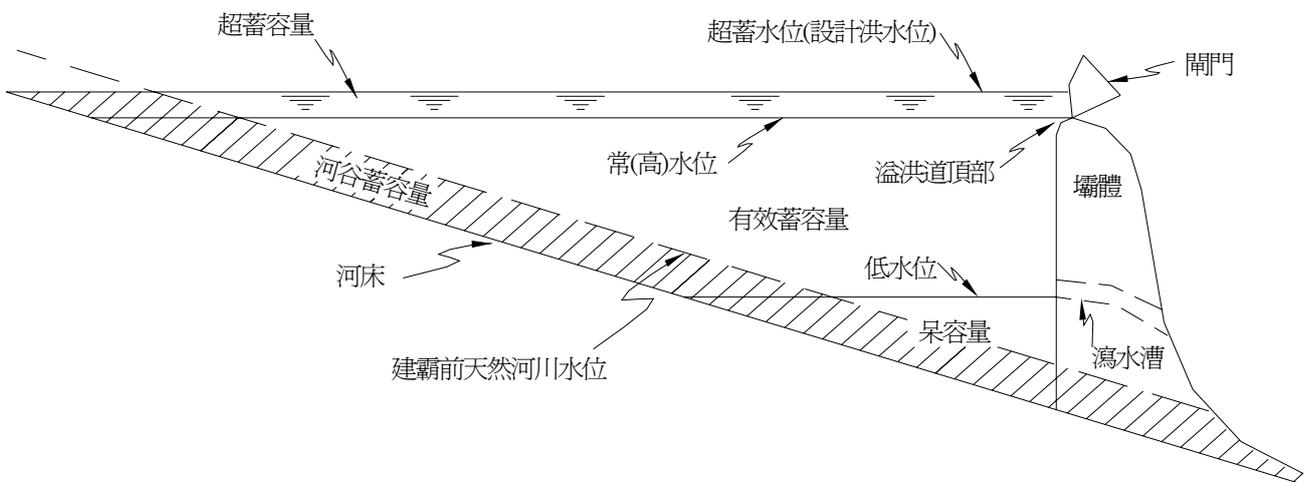


圖 2-10 水庫水位與蓄容量示意圖

呆水位之推定，除依取水口最低水位決定外，尚須考慮淤砂程度。如水庫為雙目標或多目標時，就灌溉目標者，應考慮灌溉進水口所需之高程及其可灌溉面積與其遞增益本關係；就水力發電目標者，則應比較不同呆水位所獲之平均水頭與平均電力，選其大者。

對防洪標的或溢洪道言，水庫容量愈大，大壩建造費亦愈高，但溢洪道之建造費(或下游堤防建造費加洪災損失)則愈小。水庫容量不同，其大壩之建造費與溢洪道之建造費(或下游堤防建造費加洪災損失)亦異，二者之和最低點即為水庫之經濟容量點，參閱圖 2-11。

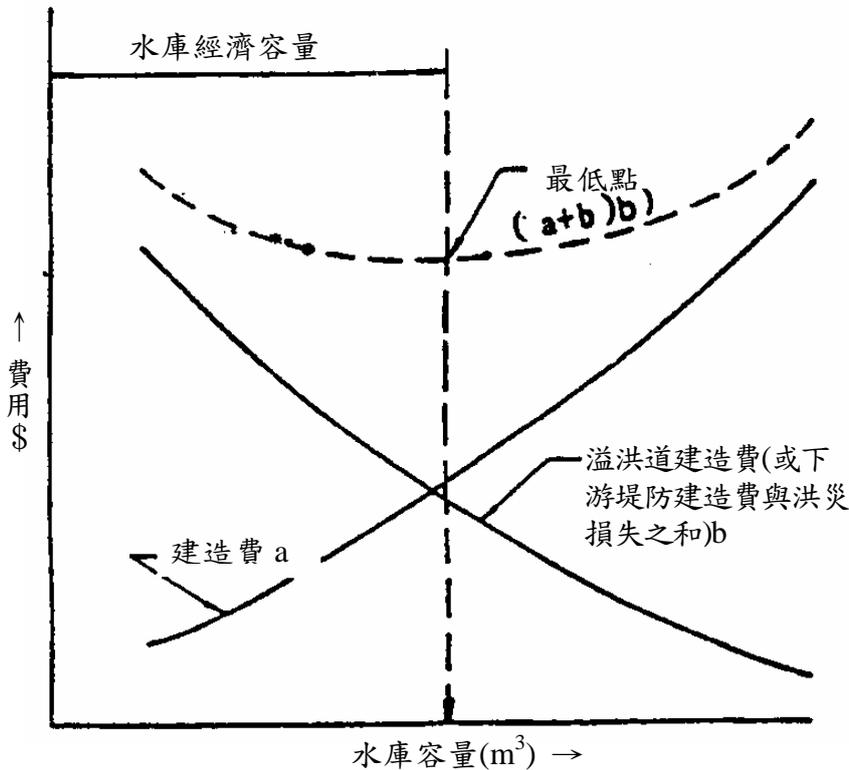


圖 2-11 水庫經濟容量圖

超過經濟容量點，水庫容量愈大，其建造費遞增率亦隨之增大，所獲效益隨容量而增加之變化率則較小，水庫規模不同，成本及效益亦不同，其關係如圖 2-12 所示。當國家財政充裕，可選淨效益最大時之水庫容量予以開發；否則可選益本比最大時亦即遞增效益與遞增成本比 $\Delta B/\Delta C$ 等於 1 時之水庫容量為其開發尺度。

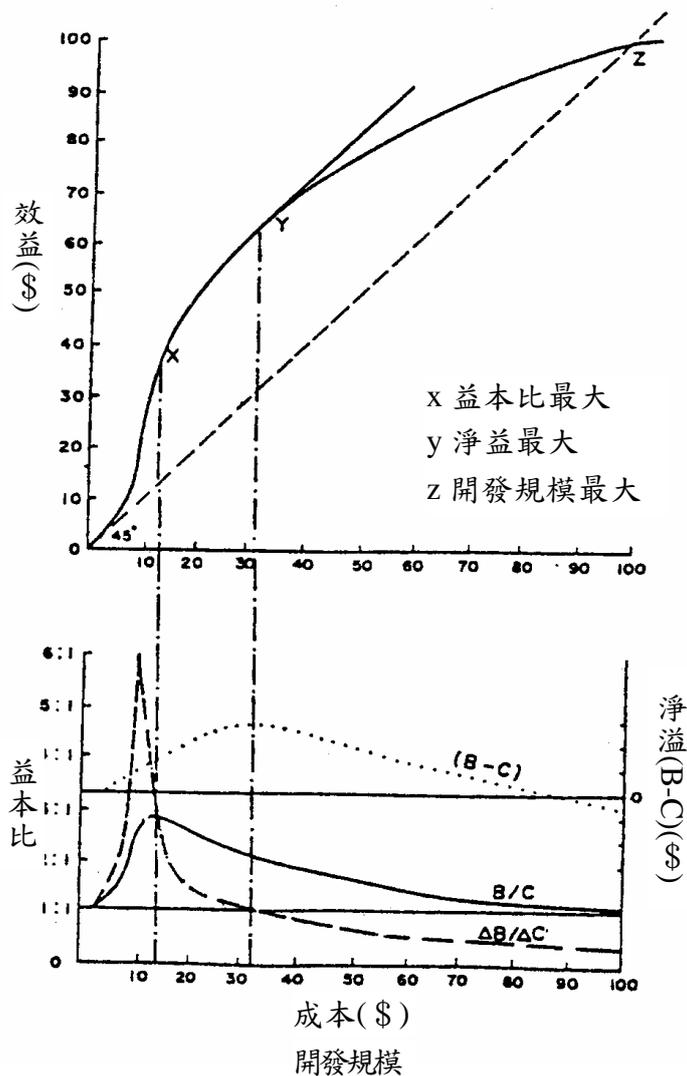


圖 2-12 經濟開發規模圖

第十五條 以水庫為水源之取水地點之選定規定如下：

- 一、避免因波浪、鬆土、坍方等致水濁度增高之地點。
 - 二、避免污水之流進處所、接近航道之處所及因湖底、水庫底泥沉澱物之攪亂而容易引起水污染之地點。
 - 三、避免有漂流物漂進之地點。
 - 四、取水設備能安全築造之地點。
- 多目標水庫應由各用水標的之主辦單位依前項各款規定，於互相協調後選定其位置。

【解說】

水庫規劃用途為兩種標的以上者為多目標水庫。多目標水庫工程，在經濟價值上言，優點很多，惟在實際運用時，各標的需求在基本上常有衝突之處。

例如水庫以防洪目標為主，在洪水期前保持庫內空虛，以大量蓄納洪水，並在某種情況下，令庫內蓄水儘速排出放空，以為防洪之用，其他如灌溉發電標的，能否受此長期之損失，頗成問題。水庫如以自來水或灌溉標的為主，則希望豐水儘量存在庫內，以滿水永不空庫為第一要義，在乾燥地帶甚至希望保持一、二年以上，配合季節變化及用水需要由水庫放水，故洪水初至，即需使庫蓄滿，續至之洪水，不論其流量多大，若為水庫不能容，即需儘量洩洪，以保持壩之安全。在此種情形之下，第一次洪水存蓄於庫內，次期洪水則儘量宣洩，不特對下游之減洪無益，甚因主支流漲水時間之更易或潮汐倒灌影響，反而在下游人口密集之處，造成如無水庫之洪災，甚或損失更大。如為發電目標，亦希望水庫儘可能保持滿水，提高水頭，依照電力系統之需求放水。如水庫以魚殖或保護與繁殖野生動物或觀光遊憩為目標，則希望水庫水位穩定，常保持滿水不希有放空之日。

因此在規劃多目標水庫計畫時，所有標的可能之用途間之需求與衝突必須加以協調，其水量分配依據各標的確實之直接效益與間接效益或衍生效益等，在水庫運用上予以確切實現。

關於一：避免因波浪、鬆土、坍方等致水濁度增高之地點

在湖泊水庫之取水設施應選在施工容易且安全之處，對湖底地質、地形必須充分調查，避免不穩定地點。遠離波浪、鬆土、坍方及土砂流入之處，以免使水之濁度提高。

關於二：避免污水之流進處所、接近航道之處所及因湖底、水庫底泥沉澱物之攪亂而容易引起水污染之地點

應避免設在上游或附近有污水流入之地點及颱風或季節風期間湖底沉澱物有翻亂影響之處。目前或將來水質能維持良好狀態之處最佳，選擇遠離航路之處，以免受其油污之影響。及避免有漂浮物容易漂進之地點。及避免設於有海水倒灌

之處及感潮之處，以確保將來良好之水質。

關於三：避免有漂流物漂進之地點

選施工容易且安全之處，故對湖底地質、地形必須充分調查，避免不穩定地點，致使建設施工困難複雜。遠離波浪、鬆土、坍方及土砂流入之處，及選遠離航路之處，以免受其油污之影響，以免使水之濁度提高。避免有漂浮物容易漂進之地點，致使操作維護工作困難。

關於四：取水設備能安全築造之地點

在湖泊水庫之取水設施應選在施工容易且安全之處，對湖底地質、地形必須充分調查，避免不穩定地點。遠離波浪、鬆土、坍方及土砂流入之處，以免使水之濁度提高。

取水地點附近或其背後，應屬地質良好而無崩坍或遭洪流沖潰之處，河川上游段之取水地點，其岸後高處往往有斷崖，豪雨地震時有崩坍之可能，河川下游段之取水地點，在最大洪水時，河岸堤防有沖刷決潰流失可能，故對取水地點背後之地形地質，須先充分調查研究，並估計所需之防護工程及其費用。

第十六條 以水庫為水源之取水設備之構造，應在水庫所預期之水位變化範圍內能取得設計取水量。
取水口之構造應依微生物、濁度或鐵錳等含量之分布，調節其取水高度。

【解說】

水庫為水源之取水地點應選在枯水期仍可取得計畫水量之地點，亦即該處之水位變化不大。在寒冷地帶，應注意其受結冰之影響。選擇流量和緩而將來不致有流心變化或河床沖淤之處。洪水時流心易變遷，取水口在彎道上極易招致流砂堆積封閉。上游山地開發濫伐濫墾而無適當經營管理時，易引起水土流失，使下游河床逐年淤昇。如上游建壩蓄水，砂石會被攔阻；如有採砂石場，則其下游河床有刷深降低之可能。故遴選取水地點，除現狀條件良好外，尚須考慮其未來上游開發量是否將造成其對下游河床沖淤或流心變化之可能。如河床已有變化，應研究設置護岸固床工以安定河床，使其不再繼續變化。

取水堰應設在滲透性低而良好之地基上，構造安定，工程費亦較廉，如在軟弱地基上築護堰，應研討河床之支承力，基礎工程應加強；為防止河床淘刷，須設固床工，為減少上舉力，宜設護坡及止水牆。

調查規劃期間，聽取河川主管機關對選定取水地點之意見，取水地點應對未來治河工程之實施影響最少。

由於取水設備之設置使河狀變化，以致有附近其他設施遭受影響之可能，故應儘量遠離而設置之。築堰地點之滿水位以及洪水時迴水對其上游之水利設施、護坡以及橋樑等影響越小越佳。

取水設備應考慮設置可局部擋水之設施，以方便維修作業而無影響正常取水功能，或設可供暫時取水之應急設施，或相當容量之預備設施等，俾避免停水之情事產生。如取水管渠設於河川地，一旦遭受洪水沖刷損壞，短期間內難以修復，而該自來水系統亦無其他替代水源時，應考慮埋設雙管，以策安全。

第十七條 地下水調查，應蒐集附近地質構造，與已開發地下水源取水設備之構造及其出水量、水井、井距與水質之資料。

地下水水源之調查事項如下：

- 一、自由地下水及受限地下水應以試鑿及必要之電阻驗層法決定合適之取水層，在枯水期作抽水試驗以調查水量與水位，並採樣檢驗水質。但如水量、水位及水質可由附近已設水井之調查而確定時不在此限。
- 二、伏流水，應就下列事項調查：
 - (一)河川表流水或湖泊水與預定取水地點伏流水間之關係，及枯水期伏流水水位與水量。
 - (二)在預定地點加以試挖調查地下構造，並作抽水試驗調查枯水時及洪水時之水量與水質。
- 三、湧泉應調查其水量與水質整年之變化。
- 四、取水地點接近污染源時，應以試探井作長期水質試驗而確定無污染影響。

【解說】

關於一：自由地下水及受限地下水應以試鑿及必要之電阻驗層法決定合適之取水層，在枯水期作抽水試驗以調查水量與水位，並採樣檢驗水質。但如水量、水位及水質可由附近已設水井之調查而確定時不在此限。

地盤下能容許水流在孔隙流動並可以經濟方式抽取之容水地質結構稱為含水層(Aquifer)。地下水面之上無一不透水層，其地下水面即為地下水位，其水理特性有如明渠水流，這種含水層稱為自由含水層(Unconfined aquifer or Free aquifer)。含水層上下均以不透水層覆蓋，地下水充滿兩不透水層間，其水理特性有如管流，這種含水層稱為拘限含水層或受壓含水層(Confined aquifer)，如圖 2-13。

含水層具有儲存及傳導兩種功能。含水層的儲水性(Storativity)為由單位方柱含水層變動一單位水頭可抽取(或注入)的水量，通常以儲水係數(Storage coefficient) S_c 表示，單位為 ft^3/ft^3 或 m^3/m^3 。含水層的傳導性(Conductivity)為單位水頭流過單位面積含水層的水量，通常以滲透係數(Permeability) K 表示，單位為 m/sec 或 ft/sec 。滲透係數乘以含水層厚度($T=Kb$)，稱為傳導係數(Transmissibility)，單位為 m^2/sec 。

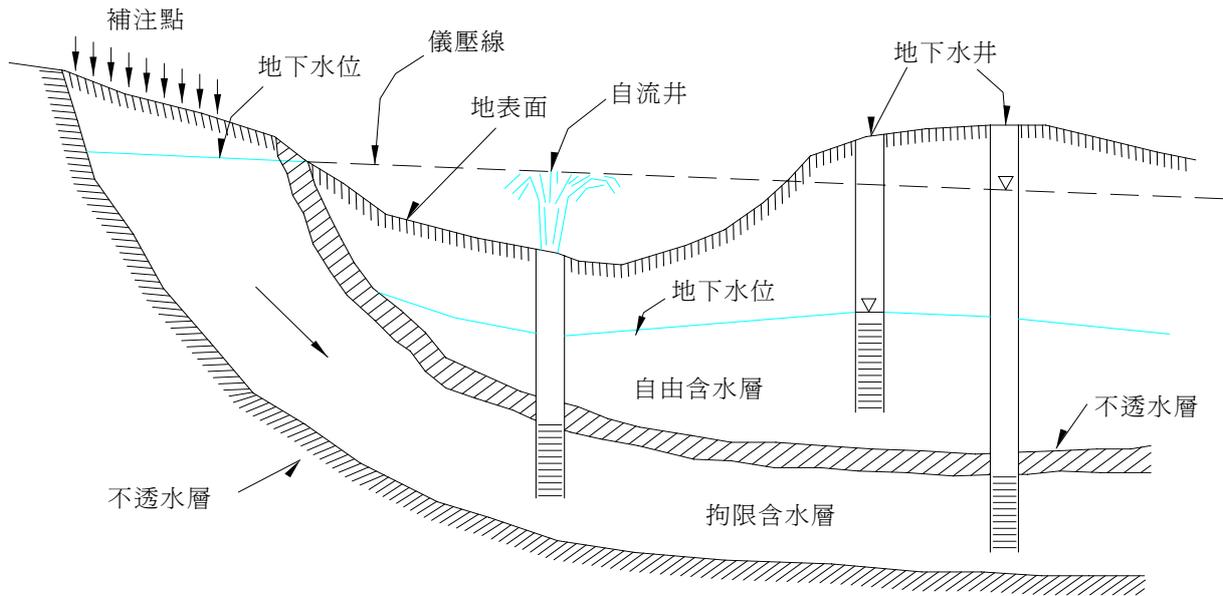


圖 2-13 地下含水層剖面圖

首先進行地層資料的研判，瞭解其地質特性及含水層可取水量。先鑿取各地層土樣約 500 公克，檢驗其顆粒大小、形狀、顏色等，並繪製成井之地層圖，由該圖決定取水層。鑿井進行至透水層時，井孔中之泥漿水會因其透水性而降落消滅，故泥漿水有顯著變化之地層即為透水性良好之含水層。

井之地層之準確度，視鑿井方法及鑿井者之技術與經驗而定，為求正確之含水層厚度及深度，以電阻驗層法施測。係於井孔中吊下電極，於地上兩電極之間通入電流，測定地層之自然電位，於地上兩電極之間通入電流，測定地層之自然電位與比電阻，再將其與地層深度之關係繪製成圖，由各地層電阻值之不同，可正確測得含水層之深度、厚度、有鹽份等，並據此決定井之濾管位置及長度。含水層之電阻在礫石層一般為 $200\sim 500\Omega\cdot m$ ，砂礫層為 $150\sim 300\Omega\cdot m$ ，砂為 $100\sim 150\Omega\cdot m$ ，第一含水電阻值在 $1000\Omega\cdot m$ 以上時，大都為無水地層。砂礫或砂層之電阻值在 $100\Omega\cdot m$ 以下時，表示該含水層之水質受鹽份、鐵份或污水之影響，不應取水，測定時有二極法、三極法及四極法等，一般採用二極法及四極法，二極法為測定井孔內兩電流電位分別與井附近地層間之自然電位及比電阻之方法，四極法為測定井孔內兩電流電位及兩電位電極間之自然電位及比電阻之方法，如圖 2-14 電阻驗層圖。

除上述電阻驗測法之外，對含水層之探測法尚有電氣探勘法、震測探勘錶及試探井法等。

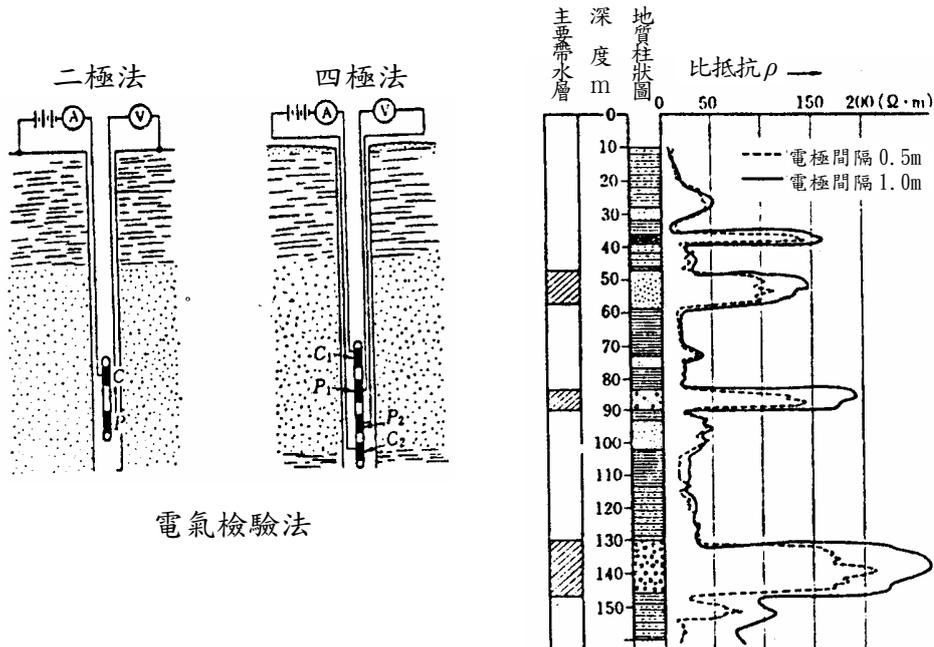


圖 2-14 電阻驗層圖

電氣探勘法主要原理為通電流於地中，不同深度之地層因結構、材質、淡水或鹽水之不同而產生不同之電阻，故由各地層測得之電阻可以研判解釋其地層狀況，以電阻法探勘地下水雖屬簡接方法，但經濟有效且能獲得廣泛地區含水層之情況、厚度、深度及淡水或鹽水之判定，在條件良好之情況下，可探測至地面下約 300 公尺以上。

震測探勘法主要原理為利用炸藥或落錘產生震波，由於深淺各地層因結構及材質之不同，其震波之傳遞速度亦不相同，因而得以研判解析地層層及地下水狀況，一般利用於探勘基層深度較淺之裂隙地下水。

試探井法主要係在計畫鑿井地點，先鑿較小口徑之試探井，鑿地測定其地質含水層厚度與性質，地下水位洩降及抽水量等，藉以研判是否適合鑿井，如再輔以電阻驗層，則便能確定含水層之深度及厚度。

1. 水井的設計

水井的出水量與含水層之儲存量及導水性有關，非人力所及，因此水井的設計僅能慎密考量水井井管的管徑。水井的設計應考量水井的深度、水井的口徑、濾水管長度及濾水管的進水面積之決定

(1) 水井的深度

水井的深度係依含水層位置及厚度而定，可參考附近已鑿水井之地層紀錄或開鑿小口徑試探水井求得該項資料，水井通常開鑿至含水層之底部，水

質不佳者除外。

(2)水井口徑的決定

井管的作用為防止地層崩塌，井管口徑的大小，須能容納豎軸或浸水抽水機，及為便於量測井內水位，須於安裝抽水機之同時裝入空氣管，故井管應有適當之空間，大略最小 2.5 公分。

(3)濾水管長度之決定

濾水管為地下水的進水口，引導地下水進入水井的最重要的部份，於所建水井之優劣影響甚巨，其管徑越大則進水面積隨之增加，可符合水力學上滿足之論，如管徑太長則費用過鉅，太短又無法達到所需要之出水量。

(4)濾水管的進水面積

濾水管的進水面積愈大愈佳，如能達最大限度，則可減低水流進入水井的阻力，而減少進水損失水頭，經研究各種型式濾水管之水力特性及常期使用結果，證明進水流速最大界限為每秒 0.0305 公尺，又為水井設計最佳之流速，其原因乃在穩定水井四周之地層組織，同時地下水內含有 CO_2 ，水井四周之地下水位如降落過烈，則地下水中之 CO_2 將成氣體逸出，使原與 CO_2 合成之化學物析出，而沉澱於濾水管四周，變成阻礙其進水面積，逐漸減低水井的出水量。由水井濾水管的進水流速，即可設計進水面積及其所需長度。井管口徑 D 可由下式求得：

$$D = \frac{Q}{lVPN\pi}$$

式中 Q 為計劃水量， l 為濾水管的長度， D 為井管口徑， N 為濾水管的開孔率， P 為含水層的孔隙率， V 為水井濾水管的進水流速，其最適進水流速列如表 2-4 所示。

表2-4 含水層的滲透係數與濾管最適進水流速關係表

含水層的滲透係數K(公尺/日)	濾管最適進水流速V(公尺/分)
> 250	3.7
250	3.4
200	3.0
160	2.7
120	2.4
100	2.1
80	1.8
60	1.5
40	1.2
20	0.9
< 20	0.6

2. 深井的施工程序

(1) 開鑿井孔

開鑿井孔的工法有：(1)衝擊法-用鑽頭在井孔內上下運動，衝碎地層鑿井至適當深度，鑽頭改換泥漿筒(Bailer)放井孔底，將鑽屑吊汲地面，清除後再換鑽頭繼續衝擊，如此循環直達計劃深度為止；(2)迴轉法-鑽頭在鐵桿之最下部，利用鑽頭之迴轉使地層磨鑿成碎層，同時利用高壓力抽水機自泥漿水池吸抽泥水送入壓力管至鑽頭，其泥水離開鑽頭時以巨大壓力射出，同時泥漿水與鑽屑混合而沿井孔壁與鑽桿之間上昇浮游地面而流入泥漿沉澱池，使鑽屑沉澱，餘泥漿水再循環流入泥漿池；(3)反循環迴轉法-其機械工法與迴轉法相同，惟泥水循環相反，先以泥水由泥漿水池灌入井孔內，並充滿井內，然後以抽水機將井底之鑽屑與泥漿混合抽出，如此循環開鑿。

(2) 裝井管(包括設濾水管)

深井鑽孔到達設計深度後，接著是導入鋼管(Casing Pipe)檢查井孔的垂直度，如有彎曲須修正或擴大井孔；然後決定濾水管裝設位置，濾水管的主要作用為自含水層集水，其次為防止含水層之坍塌與細砂的流出。濾水管的長度及進水面積將影響需要的出水量。

(3) 放填礫石

井孔與鋼管間的空洞需填放礫石，礫石圈主要防止含水層崩塌，防止含水層顆粒的流出(出砂)。礫石圈的厚度依據經驗及各種文獻顯示，實際上不宜少於 70 公分，如圖 2-15。

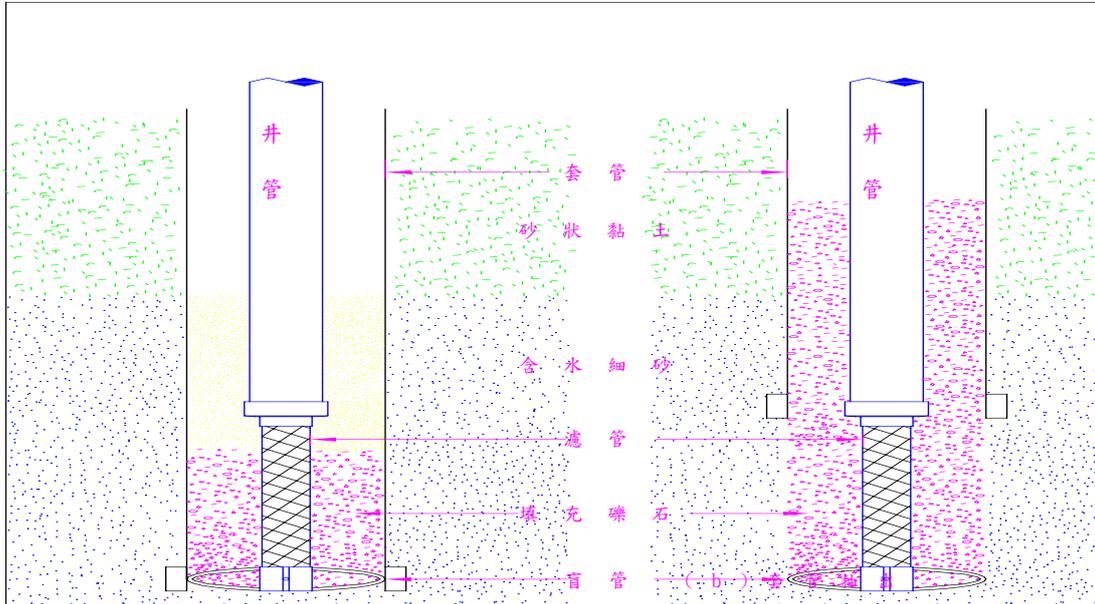


圖 2-15 井孔放填礫石示意圖

(4)洗井及擴水

放填礫石完成後，緊接著洗井，鑿井的過程中，因含水層之孔隙常受泥漿或外來物質封閉，必須將其洗除後水井方能出水。洗井及擴水為鑿井工程中誘導地下水集中的重要工作。鑿井技術重點在此，可影響水井出水量、抽水機壽命、甚至水井的壽命。洗井用工具之一吊泥筒，可自井底取出泥漿水與沉澱物，吊泥筒每吊放一次，自水層中流出地下水進入井內，如此在井中產生流動，流動之水可含鑽屑。吊泥筒迅速放降，可形成逆流迫使水井內水向外流，又可震盪作用的強度；尚有一種活塞盤，可使井管四周含水層之地下水發生震動，此兩項先後使用洗井至井水澄清為止。而洗井則是除去井壁泥漿的作業。不論使用如何優良的濾網或礫石填充，若洗井效果不佳，井之功能則無法發揮。

(5)抽水試驗

水井開鑿完成後，為測定水井性能及含水層特性，以判別水井效率、建井之洗井與擴水是否達到最高效率，進而決定水井最大之安全出水量。以避免超抽導致縮短水井壽命破壞含水層組織，造成地盤下陷。

抽水試驗分為兩種，一為分級抽水試驗，另一為定量抽水試驗。分級抽水試驗的目的為測定深井的水理性能，判別水井效率及核對新井之洗井擴水

是否達到最高效率。

一般進行分階段抽水試驗，分為若干階段(一般分為五階段)之不同抽水量，在某一階段內持續某時間之抽水，俟洩降穩定後，再增加抽水量進入下個階段，將此工作反覆數次，並將每次的抽水量與水位洩降之關係點繪對數紙上，如圖 2-16。一般而言，圖上的彎曲點之抽水量即為臨界抽水量，以其 70% 以下的抽水量當作安全抽水量。

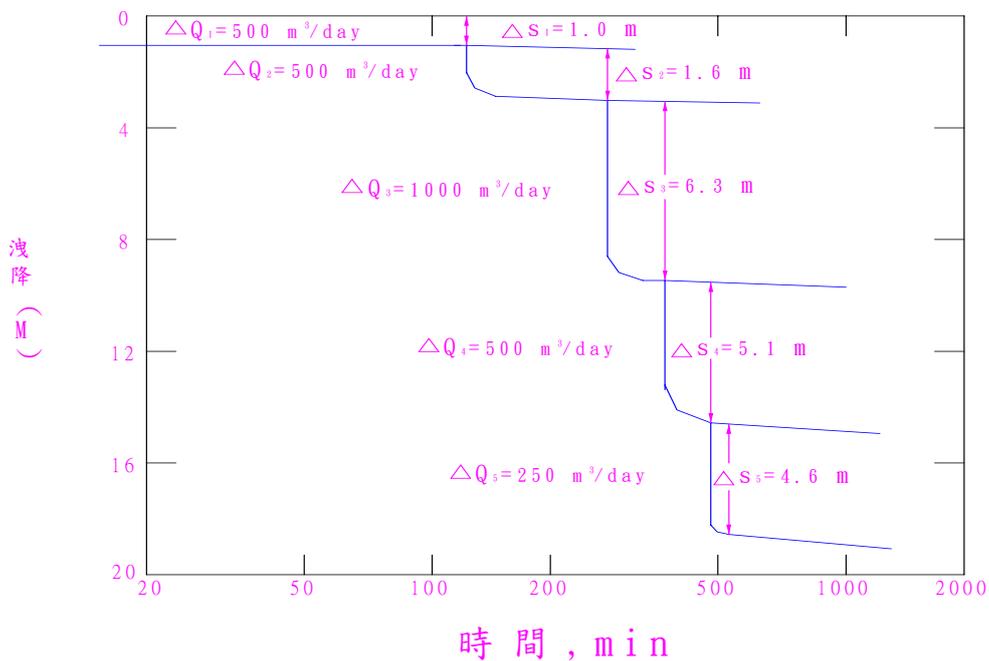
水井抽水後隨即產生水位洩降，水位洩降主要有兩個因素：一為含水層之損失水頭，另一為水井損失水頭(包括進入濾水管之損失等)，通常含水層的損失水頭大於水井損失水頭。依據雅各氏推導，水位洩降可表示為下式：

$$S_w = BQ + CQ^2$$

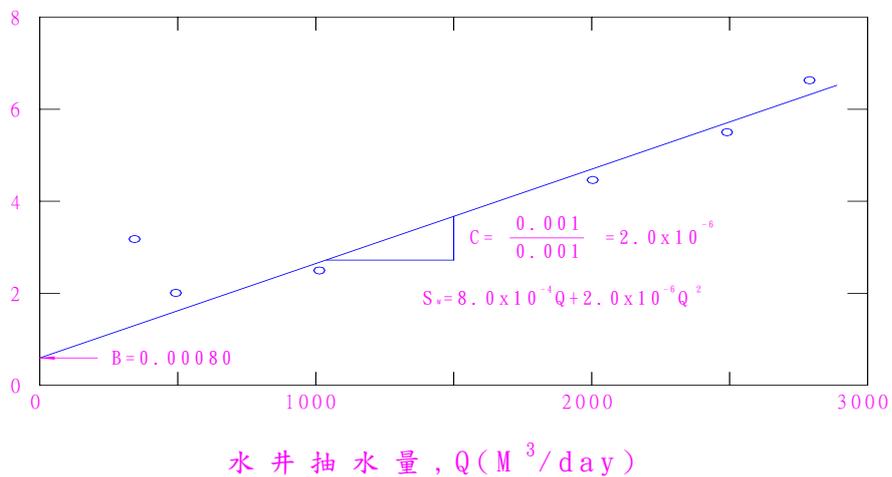
式中 S_w 為水位洩降(m or ft)， Q 為抽水量(cms or cfs)， BQ 為含水層之損失水頭， C 為水井損失係數， CQ^2 為水井損失水頭。可改寫為：

$$\frac{S_w}{Q} = B + CQ$$

以抽水量 Q 為橫座標，以 S_w/Q 為縱座標，可求得直線的斜率為 C ，直線與縱座標的交點值為 B 係數。



(a)



(b)

圖 2-16 抽水量與水位洩降之關係圖

另一為定量抽水回復(recovery)試驗，試驗時需觀測兩項資料，一為抽水期間及停抽後之回昇期。停抽後之回昇期可視為仍繼續抽水，並以相當於定量抽水之出水量補充入水井，如圖 2-17。由泰師公式知，其殘餘水位洩降 s' (residual drawdown)，可表示為：

$$s' = \frac{Q}{4\pi T} [W(u) - W(u)']$$

$$s' = \frac{2.3Q}{4\pi T} \log \frac{t}{t'}$$

以探求含水層的導水係數 T ，如圖 2-17。

$$T = \frac{2.3Q}{4\pi \Delta s'}$$

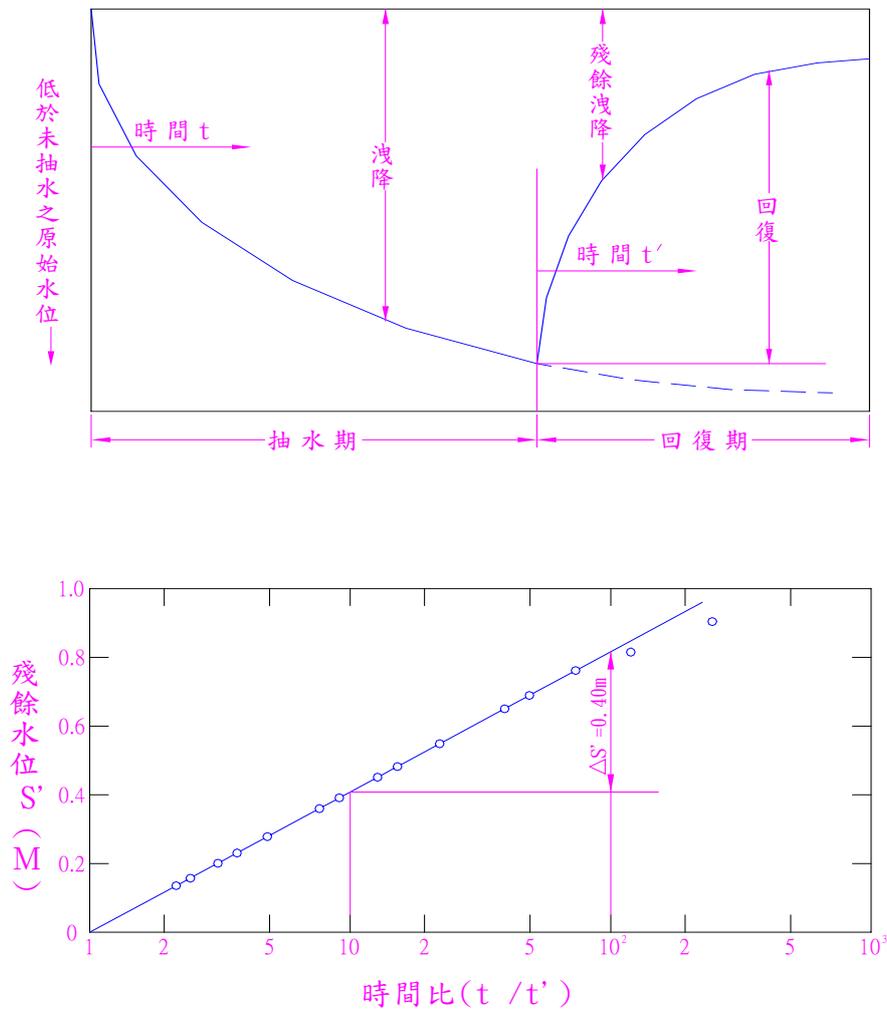


圖 2-17 抽水洩降與導水係數圖

(6)安裝抽水機及裝設電力設備

由抽水試驗得到含水層安全抽水量，據此選用適當的抽水機與配電設施，即可操作。

關於二：伏流水調查

以伏流水為水源時，應調查河川或湖泊與計畫取水地點伏流水間之關係，枯水期及豐水期伏流水之水位、水量及水質。並應鑿試探井以勘測含水層深度，並做抽水試驗其其透水係數。

關於三：湧泉應調查其水量與水質整年之變化。

以湧泉為水源時，應長期調查湧泉在枯水期及豐水期的水量及水質。

關於四：取水地點接近污染源時，應以試探井作長期水質試驗而確定無污染影響。

取水地點接近污染源時，應鑿試探井長期監測水質，以確定所取水源不受污染影響。

第十八條 地下水取水地點之選定，應調查附近可能之污染來源，各項建築物及目前與將來土地利用情形，並考慮最高洪水位及侵水高度與所選定地表高度間之關係。

【解說】

地下水的水質受到區域之地質、水源、人口活動、抽汲水量及海水入侵等因素而發生變化，非僅由平面之變化，且與儲水層的深度亦有密切之關係。

在整個含水層趨向一致，地下水並不像地表水會受到污染物直接污染的疑慮，地下水的水質的改變是很緩慢。大部份的地下水遭受污染，除了海水入侵遭受海水鹽化外、其它大部份是受到不良的鑿井、廢棄流體灌入深井、或者是含水層上的土地遭受不良的廢棄物的棄置，如圖 2-18。地下水的污染來源有未經處理的家庭廢水及工業廢水的滲入、農業污染（NO₃⁻、Cl⁻、殺虫劑等）、降水（酸雨、空氣污染等）、垃圾場（家庭及危險廢物）。地下水的污染的後果有污染地下水流、擴散等。

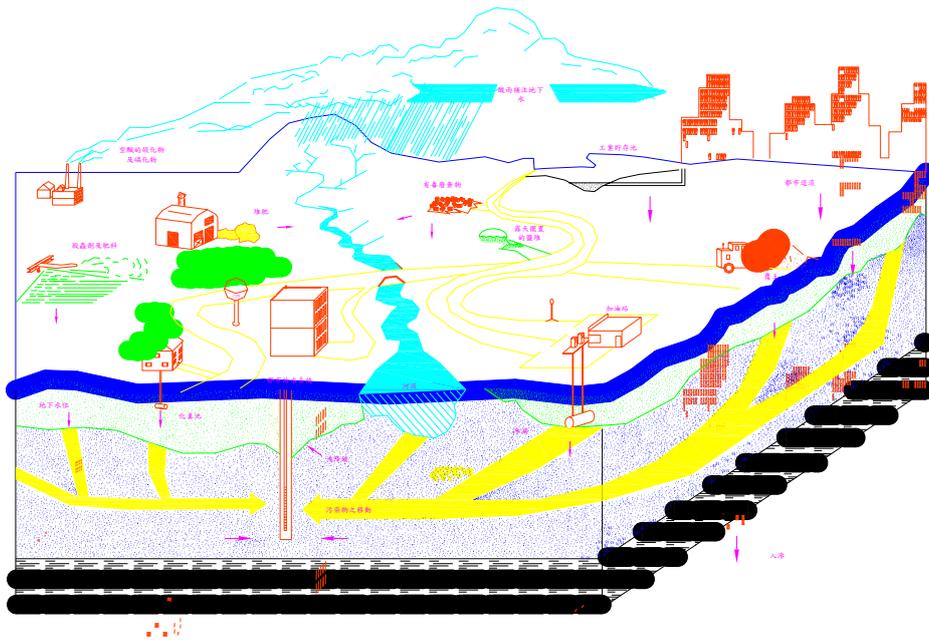


圖 2-18 地下水污染示意圖

海岸地區地下水係由陸地向海流出，地下水與海水之間由其比重的關係，依葛林-赫芝伯格(Green-Herzberg)法則，淡水與海水之間保持一自然平衡，如圖 2-19，在平衡線上任一點，其壓力平衡可表示為：

$$\rho_s g h_s = \rho_f g (z + y)$$

式中 ρ_s 為海水的單位重， ρ_f 為淡水的單位重， g 為重力加速度， y 為地下水位與海

平面之高程差。將海水的單位重 ρ_s 為 1.025g/cm^3 ，淡水的單位重 ρ_f 為 1.0g/cm^3 代入，
 可得知：

$$z = 40y$$

地下水位下降，海水-淡水平衡面即往淡水方向移動，當海水-淡水平衡面接近地下水井的底部，就發生海水入侵(seawater intrusion)。以臺灣地區為例，地下水的補注量每年約 40 億立方公尺，而年抽水量約 71.39 億立方公尺，超抽約 31.39 餘億立方公尺，形成沿海地帶海水侵入地下含水層或河口地帶因海水倒灌，使感潮影響段擴大的現象，海水入侵使地面水或地下水含鹽量增大，導致水質惡化，水井報廢及耕地鹽化。

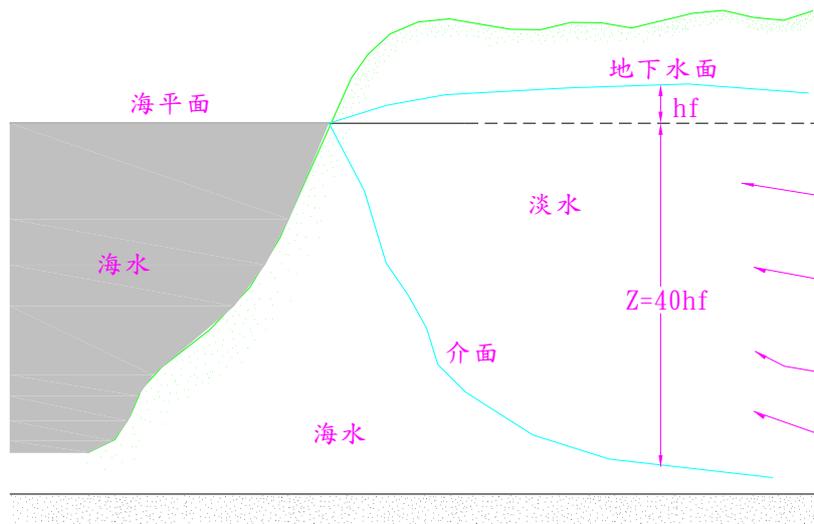


圖 2-19 海水淡水平衡示意圖

第十九條 水壩位置應就不同地點調查研究比較，選取符合下列事項之地點：

- 一、以最經濟之水壩獲得所需要之貯水量。
- 二、壩址及水庫地質良好。
- 三、水庫興建成本低。
- 四、集水區大與水土保持及水源涵養良好。
- 五、築造用材料容易取得。

【解說】

由於壩體本身及其基礎必須承受蓄水及砂受龐大的力量，故其穩定性攸關壩址下游人民生命財產之安全。因此，壩址與壩型及其附屬設備(溢洪道及取水工等)的選擇必須考慮各種條件予以妥善的選定。在某一河系選擇幾處適當之壩址，然後根據工程計畫選擇最適當之壩址。壩址的選擇通常需考量其築壩計畫目的與功能、地形及地質來考量。

關於一：以最經濟之水壩獲得所需要之貯水量

築壩的目的為為防洪或用水的供應，則應確保穩定之效果，壩址應考慮在距離開發區附近的河流段，選擇接近計劃受益地點，亦即河流的中下游段為宜；若築壩的目的為攔砂或防洪，則需在河流的中下游段尋找壩址。因為壩址若設在上游區，則其集水區小而無法達到防洪的目的。而攔砂壩則應在崩山帶之下游方能達到目的。若築壩目的若築壩的目的為發電，以上游落差較大之處為宜。

壩址之河谷愈窄愈好，因所需壩體之材料愈少。壩址的地形條件通常均採弦高比(Chord-Height Ratio)來加以評估。建水庫的目的主要是蓄水，若河川流量不成問題，一般而言，理想的壩址常位於河谷地形呈喇叭型的頸口部份，若壩址兩岸狹窄，所施設的壩體體積較小，工程造價可降低；若河谷的縱向比降較為平緩，可蓄存水容量較大。

關於二：壩址及水庫地質良好

壩址地質應可安全支撐作用在壩體的荷重，且將來沒有劣化之虞。壩址須具有不透水性、止水處理容易且工程材料取得容易。壩體完工後，因蓄水使河谷水位大幅上升，水庫地區兩岸之地層構造與相鄰河谷間之地形關係均能造成漏水現象。水庫地區之邊坡穩定，除了與壩體以及下游之安全有關外，對於水庫之淤積及水庫之壽命亦有關係。壩址工程地質調查不足致發生義大利瓦衣昂(Vajoint)水庫及法國瑪爾帕塞特壩(Malpasset)的失敗，因此需注意。

關於三：水庫興建成本低

水庫的興建成本以壩體及溢洪道的建造費用占大部份。此外用地的取得與地上與地下物的補償費占相當大的比例，因此水庫的開發成本，應考兩加總費廢較低者為宜。

關於四：集水區大與水土保持及水源涵養良好

水庫上游集水區倘若遭人為破壞及超限利用，不僅表土大量沖蝕，泥砂淤積水庫，由於農業開墾之施肥、噴灑農藥及觀光遊憩活動、高爾夫球場設立使用殺蟲劑、除草劑等行為，亦為嚴重威脅水源之水質安全。因此集水區的土地應限制超限利用，降限利用的土地宜獎勵造林，對非農業用地應合理管制其利用，並加強水土保持措施俾減少災害發生。在集水區造林是最有效的水源涵養方法，因樹冠可減少直接流到地面之降水量，延遲其到達時間並減少地表蒸發量，樹枝及樹根則可降低地表逕流的尖峰流量並抑制土壤的沖蝕。因此森林對水源的涵養功能不僅可調節季節性的流量，增加水源的利用率並可淨化水質，降低土壤侵蝕，減少崩塌及水庫的淤積而增加水庫之壽命。

關於五：築造用材料容易取得

壩體之材料與築壩成本關係密切，為壩型選擇重要考慮因素之一。壩體材料供應之便利性亦為壩型選擇之因素之一。混凝土所須之骨材或堤壩所需之土石料以及壩心不透水黏土與濾材等均可能影響建壩之工程成本。築壩材料之產量、土石砂礫之來源及特性、挖掘範圍、採取費用、運距及運費等，均須詳加調查試驗，研究其可利用程度。最經濟壩型常為在合理距離內可充分取得所需材料者。

第二十條 壩高高應為儲蓄水庫計畫取水量所需要之基本高度加必要出水高度。

【解說】

壩高為壩之地基至壩頂之高度。壩高之決定，視地形地質上之可能以及所需要之蓄水容量，求得其基本高度，再加上必要之出水高度。出水高度需考慮水庫高水位受風或地震所引起之異常波浪，不致漫溢壩頂而產生災害。

1.風浪高

由於水庫的集水面積廣大，所以當強風吹襲時，會在水庫的現有水面引發波浪，同時風的持續時間(duration)及吹襲的方向、時間均為影響波高的重要因素，由於風速引發的浪高通常與風速 V 及對岸的距離 F 有關，有甚多公式，其中以 SMB 法為最實用，如圖 2-20，並表示為下式：

$$H_w = 0.00086V^{1.1}F^{0.45}$$

式中 H_w 為風浪高(M)、V為風速(M/sec)採實測最大10分鐘的平均風速，陸地風速應調整為庫面風速、F為垂直壩軸至對岸的最大直線距離(M)。

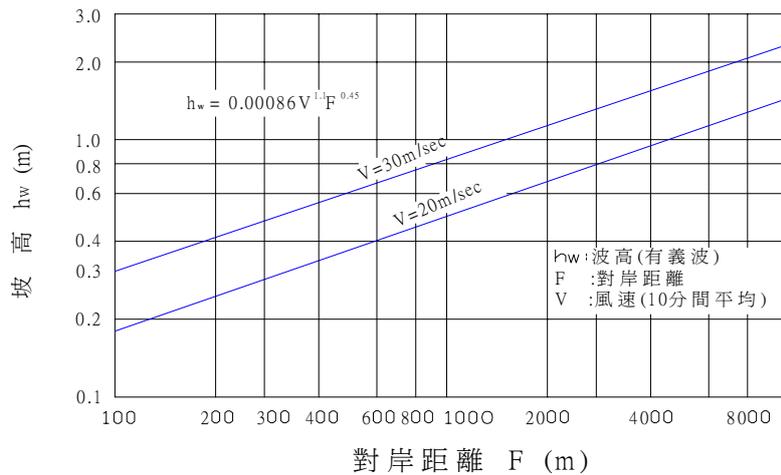


圖 2-20 S. M. B. 法水庫波高圖

2.風浪堆高

另外風力會造成局部水位堆高，此堆高稱為風浪堆高(Wind Tide or Set-up)，通常可用 Zuider Zee 公式計算，並表示為：

$$S = \frac{V^2 F}{63,200D}$$

式中S為風浪堆高(M)及V為風速(Km/Hr)，D為壩體前水深(M)，F為垂直壩軸至對岸的最大直線距離(公里)。一般庫面風速的調整如下表。

對岸距離(公里)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
庫面風速/陸地風速	1.09	1.15	1.20	1.24	1.26	1.28	1.29	1.30	1.31	1.32

美國土木工程師學會浪高之建議經驗公式

離距(哩)	風速(哩每小時)	浪高度(呎)
1	50	2.7
1	75	3.0
2.5	50	3.2
2.5	75	3.6
2.5	100	3.9
5	50	3.7
5	75	4.3
5	100	4.8
10	50	4.5
10	75	5.4
10	100	6.1

3. 波浪爬高

當壩體的上游面為傾斜面，吹襲的波浪則會在傾斜面爬升，如此引發的爬升最大垂直距離稱為波浪爬高(Wave Run-up)，波浪爬高一般與風速、對岸距離、壩體的斜面坡度、壩體的斜面構造及波浪特性有關。混凝土壩之壩體上游無斜面坡度，因此波浪爬高可不計；土石壩及堆石壩可依 SMC 法之波浪爬高-波浪陡高-斜面坡度關係圖，如圖 2-21，圖中 R 為波浪爬高， H_0 為波浪高度即前式之風浪高 H_w ， L_0 為波浪長度，可利用下式計算：

$$L_0 = 16.84t_w^2$$

其中 t_w 為波浪週期，可由下式求得：

$$t_w = 0.10V^{0.44}F^{0.28}$$

由波浪陡度 H_0/L_0 ，查圖 2-21，求得 R/H_0 值，以此 R/H_0 值乘上 H_0 (H_w)，即可求得波浪爬高。

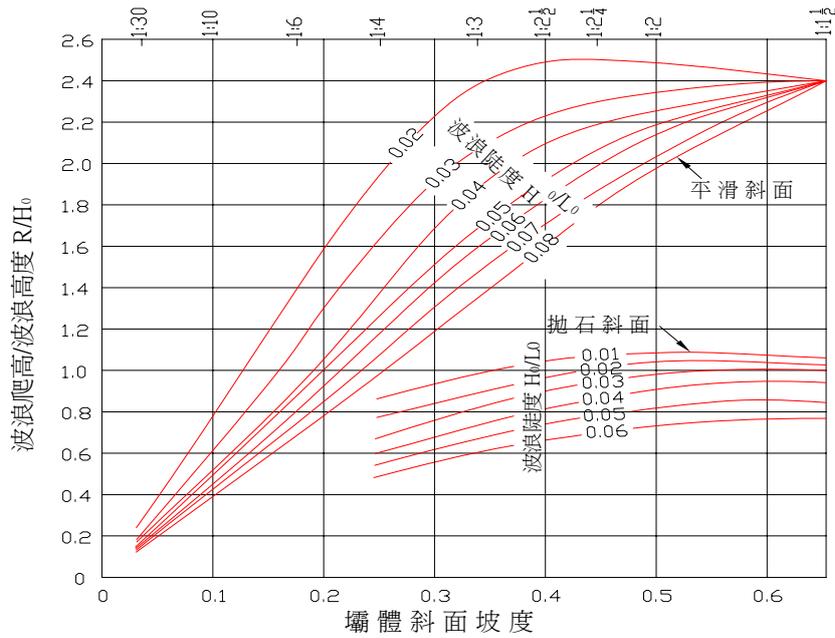


圖 2-21 S.M.C. 法之波浪爬高—波浪陡高—斜面坡度關係圖

4. 地震波高

因地震之週期性震動所造成之波浪高，一般依地震週期、地震水平震度及蓄水深度計算之。常用的佐藤清一公式，如下式：

$$H_e = 0.5\alpha \frac{T}{\pi} \sqrt{gH_0}$$

式中 H_e 為壩前水面地震波高(m)， α 為水平震度， T 為地震週期秒， H_0 為水庫深度。因此水庫需考慮能容納這四種高度的出水高度以利土石壩在高水位時，波浪無法越過而造成壩頂的危險。

5. 出水高度

出水高度(Freeboard)為壩頂與設計最高水位間的高程差。壩體的出水高度應包括風浪堆高、風浪高、波浪爬高及因壩體材質不同而額外增加之出水高度。不同材質壩體承受溢頂之能力不同，故應依壩體材質而增加不同之額外出水高度，如下表：

壩體材質	額外增加出水高度
土石壩	1公尺
堆石壩	0.5公尺
混凝土壩	0

混凝土之出水高度不低於 1 公尺，土石壩之出水高度不低於 2.5 公尺，堆石壩之出水高度介於 1 公尺與 2.5 公尺之間。

第二十一條 壩型及種類應研究比較下列事項選取符合建造目的、安全且最經濟者：

- 一、壩址之地形及地質。
- 二、水力條件。
- 三、築造材料取得之難易。
- 四、氣象條件。
- 五、交通。
- 六、維護管理之難易。
- 七、其他。

【解說】

最理想之壩址，必須集水面積大，壩址河谷狹窄，俾獲僅建造小規模之壩體，即可獲得較大之蓄水容量。又壩型之選擇及溢洪道之配置，必須有良好之水力條件並與壩址之自然環境相調和，且周遭環境對水土保持及水源涵養有利，鞍部及壩墩附近均須作適當之保護工程，凡有潛在崩坍之虞者，一律予以適當處理及保護，以免一旦滑坍入庫，激起湧浪沖毀壩身。

壩越高，蓄水量越大，水壓也越大，因此壩基及壩墩之支承力必須甚強，否則安全堪慮。故即使有適當形勢之庫址，而若無良好壩址，仍無法成為可行之水資源開發計畫。壩址之優劣對壩型、壩高以及壩之安全性、經濟性、效率性以及附近地區加強保固防漏問題，均有相當之影響，故須充分慎重調查研選。

對於預定壩址，究竟適合那種類型或那種類型最適當，在決定最妥當壩型之前，必須針對各種壩型的選擇，就基地條件、水理因素、氣候效應及交通因素來考量，並透過工程投資和工程效益等重大影響來進行可行性研究。

關於一：壩址之地形及地質

1. 壩址之地形

根據弦高比河谷概可分為四類：峽谷(Gorge)，其弦高比小於3；狹谷(Narrow Valley)，其弦高比為3~6；寬谷(Wide Valley)，其弦高比大於6；以及平緩河道(Flat Country)等。一般而言，弦高比小於3之峽谷較適合拱壩。對於弦高比為3至6之間之狹谷，多採用重力式混凝土壩或重力式拱壩。對於弦高比大於6之寬谷，除可考慮混凝土重力壩或支墩壩外，堤壩亦可加以考慮。

壩型與壩體體積受地形的影響甚大，其主要影響因素為，河谷之橫斷面形狀與平面所見兩岸等高線分佈狀況，前者主要與經濟性有關，後者主要與安全性有關。

河谷的寬窄，常被用來選定壩型。一般以河谷的寬高比來選定壩型。狹窄

深峻之河谷，適宜建混凝土壩。重力壩則幾乎可興建於任何形狀之河谷。至於拱壩，河谷之平面形狀，必須能安全承受拱推力。岩質適宜地勢狹窄而對稱之狹谷，利於築拱壩。兩岸和河床的岩石堅固完整時，可興建薄拱壩；當河谷寬高稍大峽谷，可興建厚拱壩或重力拱壩；當河谷寬高較的寬谷，可興建土石壩或混凝土支撐壩。堆填壩，則適合於大型機械可有效作業的較寬廣河谷。

2. 壩址之地質

一般而言，壩址基礎之岩體強度，除非屬於膠結不良之頁岩及泥岩外，任何基礎均可建堤壩，甚至在河床堆積層上亦無問題。但對於混凝土壩，則其基礎必須座落在堅實之岩盤上，基本上岩盤基礎之強度愈高愈適合拱壩或支墩壩。但岩體強度之均勻性與變形性則與壩型選擇具有密切關係。

壩址基礎之地質構造及岩體內所含不連續面或斷層面均可能產生水庫沿壩基漏水之現象。在節理發達之岩體尤其在節理內含有填充物之岩體較不適合於拱壩之壩型。

對於低壩而言，壩體可直接座落在河床堆積物上，但對於 60 公尺以上之高壩，壩體仍需座落在堅實之岩盤上。因此壩址河床堆積物厚度達 20 公尺以上時，則將增加施工之困難度。

壩址的岩性係依地質構成、地質構造(裂縫、斷層、節理)等因素而決定。不同之基礎條件，對壩型之選擇會有某種程度之限制。因此基礎的允許應力、滲漏、挖除量、可能的沈陷量、灌漿的效率等均會影響壩型的選定，包括壩軸線及其上下游一定範圍內河床河岸的形狀及河勢。

地質，主要包括壩址區地質構造、岩體構造及物理力學性能、風化程度、覆蓋層厚度、性質及水文地質條件等，特別是有無不利影響的斷層、破碎帶和軟弱夾層等。

一般而言，壩必須建在單一之岩層上，岩層之走向希望與壩軸平行，其傾度須傾向上游。強固的基岩適合所有壩型；低弱岩質及土質之基礎適於建築較高或中高之土壩。在基礎覆蓋物較深之情況下，建造土壩較混凝土有利，亦可建較低之重力壩或支墩壩。土石壩體積很大，所以壩體內的應力和對地基的壓力都不高，土石料又能適應較大的變形，因此土石壩可以修建在軟基上。

關於二：水力條件

1. 溢洪道

溢洪道係蓄水壩不可或缺之附屬設備，其大小、型式與配置等有關之天然上之限制，多半成為選定壩型之影響因素。溢洪道主要受徑流及河川特性所支配，溢洪道之配置為選擇堤壩壩型相當重要之關鍵性因素。大型溢洪道之建築

費用，往往佔全部開發費用的大部份。合併溢洪道與壩體之混凝土溢流壩。分設溢洪道可用於堤壩。

對於河谷平直之峽谷或狹谷地形之壩址，則鮮少選擇堤壩之壩型。只要原因為堤壩係由土石料堆積壓密後所構成。因此堤壩本體無法建造溢洪道，而直線峽谷或狹谷大多無適當地點可供溢洪道之佈置。

至於溢洪道之要求，基本上依該地之洪水逕流特性而定。水壩設計時，洩洪道需有足夠的洩洪能力，以免上游注入水庫之流量大增時，造成洪水漫溢而破壞水壩。

兩岸之平均斜面坡度，以 45° 以下為宜，若過於陡峭，則須整形，因而開挖量會增多。具有構築大容量溢洪道條件之壩址，多宜興建溢流式重力壩或平板支墩壩。土石壩一般不容許洪水翻壩下洩，要設置足夠的洩洪道。此外堆填壩多半需要較大之溢洪道，因此設置溢洪道地點之地形，將會左右整體之經濟性。

2. 導水

壩址上游集水區的洪水，需經由壩址而流出，在河谷狹窄的地形，庫岸設置溢洪道比較困難，導流容量要求很大時，重力壩便於通過壩身溢流或洩水，施工導流較易施工解決，建混凝土壩較土壩有利。

溢洪道所能通過之最大流出率視壩址設計洪水量、放流口之容量以及可用蓄水量等情況而定。設計洪水量之選定與壩型、位置與工程之重要性以及保護程度或崩壞後危害結果等有關。設計洪水量無法正確預測，基於計算風險，可用頻率或再現年數表示。凡壩潰決後不造成下游生命災禍而重建費低廉者，設計洪水量可選再現期 20 年一次者；如重建費較高者，則選再現期 100 年一次。混凝土壩不因洪水漫溢而迅速潰決者，選再現期 500 年一次；土石壩選再現期 1000 年一次。工程特別重要或壩如潰決造成下游重大災害損失，則以最大可能洪水(Maximum Probable Flood)作為設計洪水量。

大壩施工時臨時導水路之設計洪水量以施工期間不產生溢流或重大災害損失、極易復工而不延誤工期為原則。須將供水過程線、工程規模、導水路形式、大壩開挖、圍堰方法及溢流影響等各因素綜合比較，審慎選定。一般而言，重力式混凝土壩採再現期 3~10 年一次之洪水作為臨時導水路之設計，拱壩採 5~10 年一次者，土石壩採 20~50 年一次者。

3. 出水工

拱壩如須有大容量放水路，最好穿過兩岸另闢隧道以應；但此佈置未必較其他壩型所具之放水佈置經濟，因此可能利於擇用其他壩型。

關於三：築造材料取得之難易

各種壩型需能就地取用天然建築材料，則減少相當大之工程費。若能距離壩址適當距離內，取得所選壩型之足夠量材料，則此種壩型多半為最經濟之壩型。

土壩能就地取材，節省大量水泥、鋼材和木材；對地基的適應性強。當地基條件較差，壩址附近有充足的天然築壩材料，有利便於修築岸邊溢洪道的地時，可選用土壩。堆石壩的特點與土壩相似，施工受水文氣象影響較土壩小。但要求有更加可靠的壩體防滲設施。

當地基條件較一般，壩址附近有足夠的石料，地形上有便於修築岸邊溢洪道時，可考慮選用堆石壩。混凝土壩澆築時需要採取適當的溫度控制措施，當壩址地質良好，壩址附近有足夠的砂石骨料，而又缺乏土石料時，可考慮選用重力壩。拱壩的壩體剖面小，水泥用量少，抗震性能好，超載能力大；但地基變形、溫度變化及混凝土收縮對壩體應力影響較大。支墩壩能較多利用上游壩面上的水重，支墩間的空腔有利壩基的天然排水，壩底上頂力較小，混凝土量較重力壩小，但支墩結構單薄，側向穩定和抗震性能較差。混凝土壩骨材或土壩心材之運距較遠時，可能利於建平板支墩壩。

關於四：氣象條件

對於某一計劃壩址，其年平均降雨量天數太多，或在該壩址之年平均洪峰太大時，均不利於堤壩之選擇。壩址雨量大，連續降雨日長，濕度甚大者，如選用土石壩，必須考慮其對施工期之影響。如施工期間，颱風或暴雨所引起洪峰量大且發生頻率高，有漫溢壩頂之可能者，不宜選土石壩，尤以對土壩最為不利。

壩址地區的氣候條件亦會影響壩型的選擇，土石壩施工受水文氣象影響也較大。在酷寒地區，由於氣候的變化，將使得壩體的材料會受到冷凍及解凍的循環影響，因會使得壩體表面導致龜裂，故不宜採用厚度較薄的拱壩，宜採用壩體較厚的混凝土重力壩或土石壩。酷寒可能凍裂薄型混凝土壩而危及壩身安全之地區，利於興建厚斷面之混凝土壩或土壩。

關於五：交通

另一原因為施工上之考量，因峽谷或狹谷地形不利於大量施工機械之需求。當河谷狹窄、地質條件合適、對外交通運輸條件較差時，就不可選用需要大量施工機械運送材料的土石壩，可選用較少運輸、施工等條件的混凝土壩。興建混凝土壩時，所需之混凝土設備與澆置設備，及興建堤壩時所需之搬運道路與儲料場等，均受地形之影響很大。壩址附近有無電力輸送設備、交通運輸系統(包括索道、公路、鐵路、港灣碼頭)是否完整或需改進擴充、壩址及溢洪道進水口地帶施工空間是否足夠供施工機械進出及操作使用、勞工來源及素質如何，以及施工擋水設備與施工季節，等等之條件均影響施工難易、進度及工程費，必須詳加調查研究。

當現有的公路由於壩的興建，形成水庫後而被淹沒，倘若壩和水庫具有遊憩

效益和吸引觀光客，因此必須在壩上興建公路。通常重力壩、厚拱壩及土石壩適應壩上興建公路。但薄拱壩及支墩壩就不適合包括這種特性。

關於六：維護管理之難易

設計洪水量的多寡、溢洪道的規模及位置，均影響壩型的選擇，及將來維護管理的難易性。

關於七：其他

壩址研選時，須考慮其上下游地區整體社會經濟之調和，不使未來可能開發計畫有所犧牲，亦儘量不影響其附近之既得權益，如礦權、水權等。另土地收購、居民遷移轉業、礦權、路權、水權以及鐵路、公路、溝渠管線、輸電線等補償及改線費過高時，影響水庫計畫之經濟合格性。

第二十二條 引水壩(堰)及防潮堰之位置施規定如下：

- 一、靠近取水口、地基固定、地質滲透性低之地點。地基軟弱時應予加強，滲透性較大時應有減少上舉力等之措施。
- 二、引水壩(堰)不得設於河川狹窄處。但兩岸均為岩質者不在此限。
- 三、引水壩(堰)原則應與河川流向成垂直。
- 四、避免因平時及洪水時之水位上昇而對上游橋樑、道路、水利設施等影響較多之處。

【解說】

關於一：靠近取水口、地基固定、地質滲透性低之地點。地基軟弱時應予加強，滲透性較大時應有減少上舉力等之措施

取水口宜近深槽而安定，且洪水時河床變化較少之地點。堰應設在滲透性低而良好之地基上，構造安定，工程費也較廉，如在軟弱地基上築護堰，應研討河床之支承力，基礎工程應加強；為防止河床淘刷，須設固床工；為減少上舉力，宜設護坡及止水牆。

關於二：引水壩(堰)不得設於河川狹窄處。但兩岸均為岩質者不在此限。

取水壩(堰)之設置不得在河川狹窄部位，因洪水來襲時，河川水流產生亂流，致作用於堰體之衝擊力及對河床之沖刷力等會顯著變大，對構造物安定影響及威脅至大，故應儘量避免之，但兩岸均為岩質者不在此限。

關於三：引水壩(堰)原則應與河川流向成垂直

取水壩(堰)之設置若與洪水流心方向不為直角之處所，或蛇行部位等處所時，則洪水來襲時，河川水流產生亂流，致作用於堰體之衝擊力，及對河床之沖刷力等會顯著變大，對構造物安定影響及威脅至大，故應儘量避免之。

關於四：避免因平時及洪水時之水位上昇而對上游橋樑、道路、水利設施等影響較多之處

築取水壩(堰)地點之滿水位以及洪水時退水對其上游之水利設施、護坡以及橋樑等影響應越小越好。又對解決平時及練水時之堰體上游迴水、護床工施工範圍、流路穩定性之檢討以及砂土沉積等複雜之河川現象問題，應審視其實際需要作水理模型試驗。

第二十三條 引水壩(堰)之高度以能引取計畫取水量，並考慮該河川或設施地點泥砂淤積情形決定。

【解說】

取水壩(堰)之高度(如圖 2-22)，以能引取計畫取水量為原則，可由下式求得：

$$H = H_p - h - H_e + h_r$$

式中 H 為取水堰之堰高(公尺)， H_p 為計畫取水位(公尺)，h 為取水堰之溢流水深(公尺)， H_e 為堰址高程(公尺)， h_r 為堰之超高度(公尺)，為考慮磨損以及波浪等因素，一般為 10~15 公分。

活動堰具有確保計畫取水位、維持取水深槽、排除沉砂、及宣洩洪流等多項功能。活動堰須裝設昇降式閘門或傾伏式閘門，一般而言，昇降式閘門多使用於河川重要區段。閘門使用動力啟閉，必要時應設緊急電源動力。可動堰之主要構造物(床版、堰柱、門柱及閘門操作台)，以及固定堰等原則上均應用鋼筋混凝土造，以防洪水時被沖毀。堰之柱墩斷面形狀應為對流水阻力最小之流線型。

為維持取水深槽以利取水，在堰之一端設排砂門，俾大流量時開閘沖動取水口前深槽所淤之土砂，防止取水時土砂流入水路中，其位置與深槽有關，而與取水口宜緊臨。其堰頂宜較排洪門堰頂為低。排砂基準流量一般以相當該河川之平均流量為準，如流下泥砂多，排泥次數也多，應就流量分配及枯水量歷時長短檢討。

第二十四條 引水壩(堰)護床之設施規定如下：

- 一、護床應視河床地質情形施設，如河床為岩盤時得免設。
- 二、護床之長度以能確保壩(堰)體之安全決定。在地質軟弱之河床。除徹底防止河床表面沖刷所需之護床長度外，應考慮保持必要之地下滲透水流距而延長護床長度。
- 三、護床應有 30 公分以上之厚度。
- 四、為溢流水之消能，應在河床末端設砥堰或齒狀護床，或在護床中央部分設砥墩。

【解說】

關於一：護床應視河床地質情形施設，如河床為岩盤時得免設

在岩盤以外之地基築堰時，為防止溢流水使堰之下游受淘刷，須設護床，所需長度可就堰基滲流網計算。

關於二：護床之長度以能確保壩(堰)體之安全決定。在地質軟弱之河床。除徹底防止河床表面沖刷所需之護床長度外，應考慮保持必要之地下滲透水流距而延長護床長度

上游面護床之長度及厚度，約為下游面者之 1/2~1/3，但仍需以滲流網予以核算。為簡化起見，下游面護坡長度(如圖 2-23)可用 Bligh 氏滲流長度公式求之。

$$L_f = 0.6C\sqrt{Di}$$

式中 L_f 為滲流長度(公尺)， Di 為堰頂與其下游護坦間之高程差(公尺)， C 為 Bligh 之滲流係數值(如下表)，如為活動堰時，其護坦長度可再增加 50%。

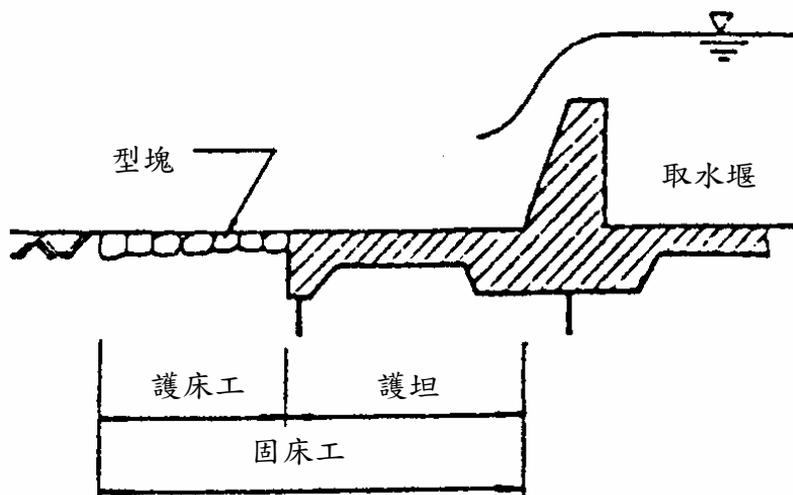


圖 2-23 護坦示意圖

Bligh 滲流係數 C 值表

地質	粒徑	C 值
粘土或極細砂	60%通過 0.15 公厘篩者	18
細砂	80%通過 0.15 公厘篩者	15
粗砂		12
礫砂		9~15

關於三：護床應有 30 公分以上之厚度

下游面護床厚度，應能足夠抵抗上舉力，一般約 30 公分以上不超過 1 公尺為原則。下游面護坦厚度，可由下式求之：

$$T \geq \frac{4}{3} \frac{(\Delta h - hf)}{(r-1)}$$

式中 T 為下游面護坦厚度(公尺)， $\frac{4}{3}$ 為安全率， Δh 為堰上下游之水位差(公尺)， hf 為至任意點之損失水頭(公尺)， r 為護坦材料之比重。為安全起見，一般以 $(\Delta h - hf)$ 作為堰高。

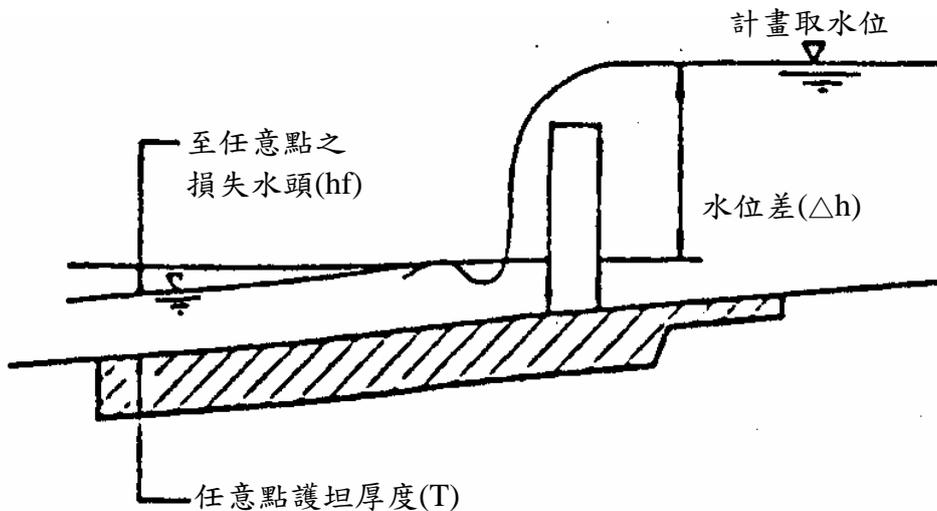


圖 2-24 堰上下游水位差與護坦厚之關係圖

關於四：為溢流水之消能，應在河床末端設砥堰或齒狀護床，或在護床中央部分設砥墩

為溢流水之消能，應在河床末端設砥堰或齒狀護床，或在護床中央部分設砥墩。依據美國墾務局所作的研究，在入流的福祿數小於 1.7，無需設消力墩(baffles)或其他消能設施。在入流的福祿數在 1.7 至 2.5，護坦(apron)足夠長以容納以形成共軛水深即可。在入流的福祿數在 2.5 至 4.5，附有洩臺(chute block)及尾檻(end sill)護坦的第 IV 型靜水池，如圖 2-25，可有效的消耗水流的巨大能量。在入流的福祿

數大於 4.5，水流流速小於 50ft/sec 時，附有洩臺、砥墩及尾檻護坦的第 III 型靜水池，圖 2-26，可縮短水躍的長度，並可在靜水池內有效的消耗高速水流的能量。在入流的福祿數大於 4.5，水流流速大於 50ft/sec 時，第 III 型靜水池的長度需加長而不合適，需附有洩臺及齒形尾檻(dentated end sill)護坦，及第 II 型靜水池，圖 2-27。

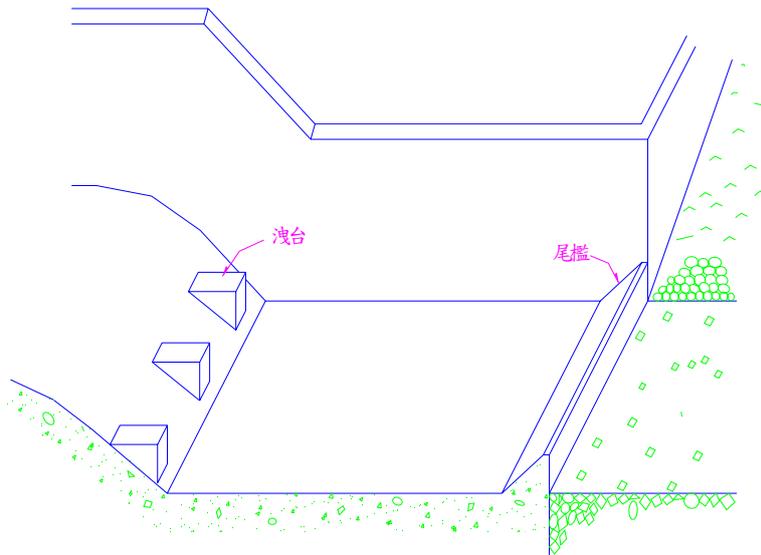


圖 2-25 第IV型靜水池示意圖

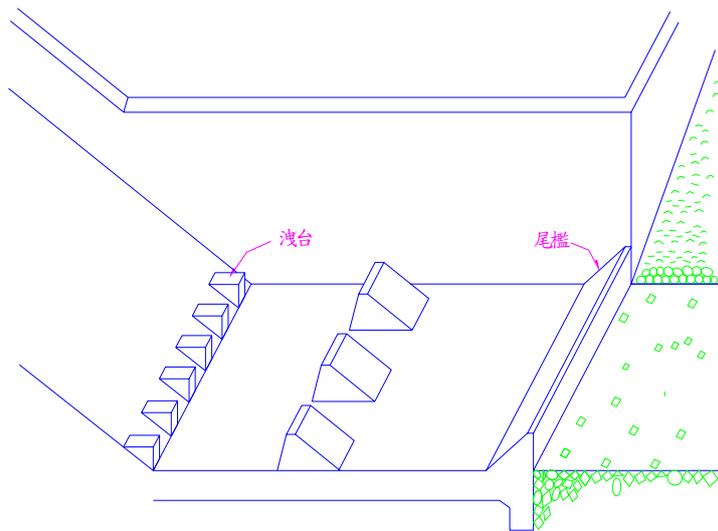


圖 2-26 第III型靜水池示意圖

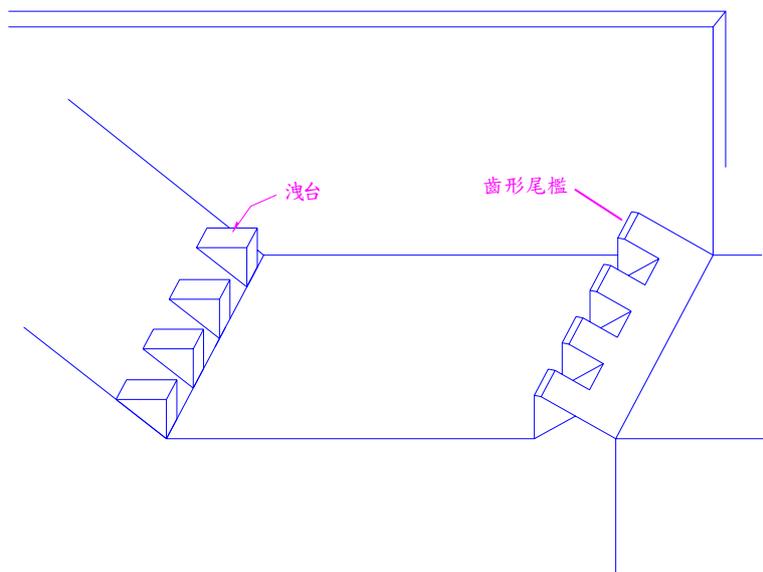


圖 2-27 第 II 型靜水池示意圖

第二十五條 與前條護床相接之下游河床及引水壩(堰)上游河床均應施以保護工程。

【解說】

與前條護床相接之下游河床及引水壩(堰)上游河床，均應參照下列各點，於堰下游側及必要時在其上游側分別設護床工保護河床。

1. 為防止堰下游河床遭受急流水或洪水所沖淘，可在河床設水平護床工。
2. 固床工之長度(為護坡及護床工長度之和)，視洪水流下安全需要而定，河床質粒徑越小，其長度越長，最好以實驗驗算，但一般多用 Bligh 公式求之。

$$L = a(0.67 \cdot C \cdot \sqrt{H \cdot q})$$

$$L_f = L - L'_f$$

式中 L 為固床工長，即護坦與護床工長度和(公尺)；a 為係數，活動堰為 1.5，固定堰為 1；H 為堰高(公尺)；C 為 Bligh 之滲流係數值(如前表)，q 為單位寬之設計洪水量(立方公尺/秒/公尺)； L'_f 為護床工長度(公尺)；L 為護坦長度(公尺)。

3. 護床工之構造，須順應河床及洪流，以消滅水流能量並具有足夠抵抗強度，一般多用混凝土型塊，也可於沈床及其末端加鉛絲蛇籠等。
4. 為防止堰之上下游水流衝擊起見，固床工無論是否複式斷面，均應嵌入兩側堤防內。

第二十六條 設在引水壩(堰)之活動堰，其大小及堰數以需要排除之計畫洪水量決定之。

【解說】

引水壩(堰)之活動堰，其斷面形狀及配置，必須考慮流水及流木之不阻礙為原則。活動堰的堰頂高程除能保證引取設計取水量外，並能避免造成過大的淹沒損失。堰墩的中心間距通常與設計洪水量有關，一般由下表所示；

設計洪水量(m ³ /s)	墩距(公尺)
< 500	15
500~2,000	20
2,000~4,000	30
> 4,000	40

活動堰在溢流時，其單位寬度流量應小於下游河道允許的單位寬度流量，以減輕下游消能防沖措施。根據經驗，當河床為堅固岩基時，單位寬度流量=70~100m³/s/m；河床為軟弱岩基時，單位寬度流量=30~50m³/s/m；河床為堅實的土基時，單位寬度流量=20~30m³/s/m。因此所需的長度，可由計畫洪水量除以單位寬度設計流量求得。設計長度除以堰墩的間距，可求得所需的堰數。

第二十七條 引水壩(堰)有海水倒灌之虞時，應設防潮堰，其高度應以已往最高潮位及波浪高度決定之，防潮堰應有防止海水地下滲透之措施。
前項防潮堰之閘門、鋼板樁及其他金屬設備應有防蝕措施。

【解說】

在海水倒灌之虞的地區，應設防潮堰，其高度應以已往最高潮位及波浪高度決定之。由於海水與淡水的密度差，會使密度大的海水由底部入侵，因此防潮堰的可設防滲板樁或防滲護坦以防止海水地下滲透。

防潮堰之閘門、鋼板樁及其他金屬設備，應施設防蝕處理，以避免海水的腐蝕，。

第二十八條 引水壩(堰)及防潮堰應設必要之排砂門、魚道、流水路、船塢等附屬設備。

【解說】

水利法第五十六條規定：在不通航運而有竹木筏運或產魚的水道上，因興辦水利事業，必須建造堰壩水閘時，應於適當地點竹木筏運或魚道。為保障漁業權或維護保育自然生態環境，儘可能在引水壩(堰)及防潮堰之一側或排砂道之旁設置魚道或設流水路及船塢以利竹木筏運。

為防潮閘門或排砂閘門之安裝、操作、以及維修，常在堰頂上架設管理橋。橋寬一般多在 3.5 公尺以下，其載重依載貨大卡車或公路橋樑之規定設計。橋墩跨距與堰者同，梁底高程應在計畫堤頂高程以上。

第二十九條 取水門之施設規定如下：

- 一、應設於地基良好之處。如地基軟弱應加固其基礎。
- 二、門柱應使用鋼筋混凝土。
- 三、應裝設閘門或擋水板。
- 四、門內鑲嵌閘門或擋水板之溝槽應以堅固材料保護並具備水密性。

【解說】

關於一：應設於地基良好之處。如地基軟弱應加固其基礎

取水門係引取河川表面水或湖泊表層水之岸邊取水設備，下接隧道或管渠等導水設施。其位置應選在河床較安定及地基堅固而且易引取中低水流量之地點。如地基軟弱或為砂層時，應予改良及加強基礎工。

關於二：門柱應使用鋼筋混凝土

取水門一般為門型鋼筋混凝土構造，有時亦可為角形或馬蹄形之流入口，為調節取水量，另設閘門及擋水板，門墩滑槽或導槽與門板間必需保持水密而能圓滑操作。分水門之設計應考慮水壓及可能淤積之土砂壓力，更應考慮防止流木或洪流土石之衝擊力量；必要時尚須加作鋼板或砌石護坡等防護工程，較小型之取水門，可免裝閘門，但仍應有擋水板設施。請參閱圖 2-28 取水門構造。

關於三：應裝設閘門或擋水板

閘門有鋼製、鑄鐵製及木製三種，均需水密性。木製閘門須以檜木或櫟木等不變形耐久、高強度之木料，並用鋼板在門板上加固補強。

閘門多用動力啟閉，但遇停電故障時，仍可兼用手動操作，故須備有手搖轉盤。每扇閘門寬度，以在 3 公尺以內為宜，俾利手動操作。

關於四：門內鑲嵌閘門或擋水板之溝槽應以堅固材料保護並具備水密性

取水量大而有砂土流入可能性者，在水門之上游端應加設堅固材料擋水板，閘門或擋水板之溝槽並具備水密性，除可防止土砂流入及調節取水量外，亦可供閘門安裝維修時之用。

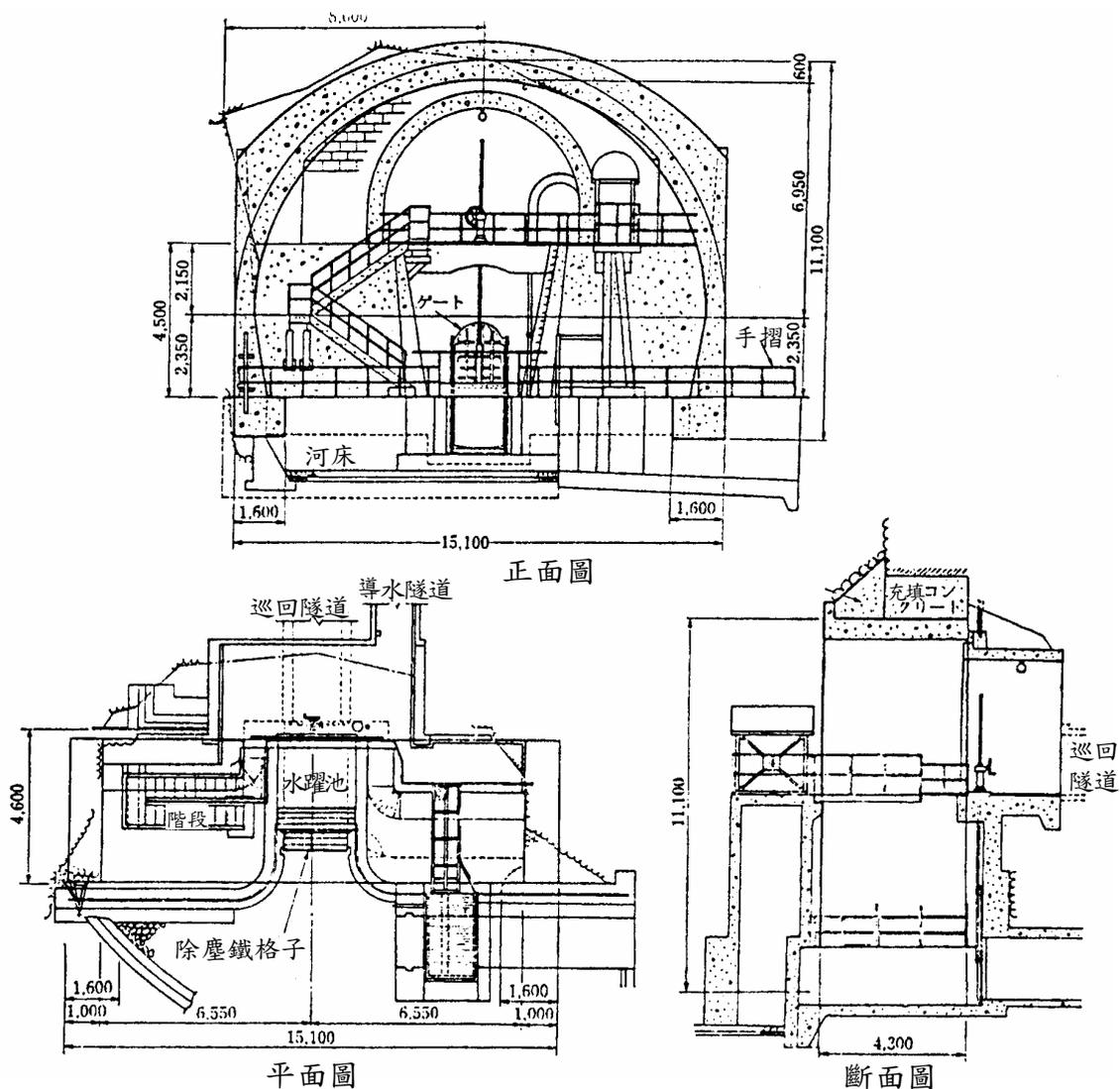


圖 2-28 取水門構造圖(仙台市水道局苦地取水施設)

第三十條 攔污柵應裝設於取水門之上游，並遮蓋全部水門，防止垃圾及流砂流入，其構造應便於日後清理工作。

【解說】

為防止流入油污、垃圾、漂浮物、流木、或流冰，在水門之上游端須裝設攔污柵，一般採粗目堅固鐵製格柵，柵距約 5 公分，其上部向下游傾斜，為安全起見，在取水門現場應有備用攔污柵，以供更換使用。攔污柵應時常加以清掃，以免雜物或蛤類等阻塞，必要時得加裝電動撈污機，俾在洪水時可日夜自動清掃。

河川取水門在洪水期常有土砂流入沉積，在取水門附近應設沉砂池。如因地形限制致沉砂池與取水口相隔甚遠時，為排除粗砂，礫石，應在取水門附近設簡易之沉砂坑。

第三十一條 為減少砂石流入取水門內，取水門之流進速度應採用每秒1公尺以下之流速。

【解說】

取水門之大小，應以砂土、砂礫之流入量儘可能減少為宜，同時應考量流入速度不會造成紊亂，致使取水門底部的砂土、砂礫被捲入導水路，為維持層流的流況，流入速度應在每秒1公尺以下。

第三十二條 地表水源水位變化幅度較大，且在岸難取水質良好之水時，應以取水塔取水。
前項取水塔不得設在難以開設取水孔之淺水地形。

【解說】

凡地表水源水位變化幅度較大之取水地點，例如河川中下游流心接近堤防處、水庫或湖泊等枯水期之最小水深在 2 公尺以上者、或在岸邊無法取得良好水質，而須自堤防架設管理橋自流心引水者，均可考慮設取水塔引水。取水塔為河川或湖泊內塔狀構造物，在其側壁設取水口直接引水至塔內(如圖 2-29 取水塔構造圖)。取水塔不得設在難以開設取水孔之淺水地形。

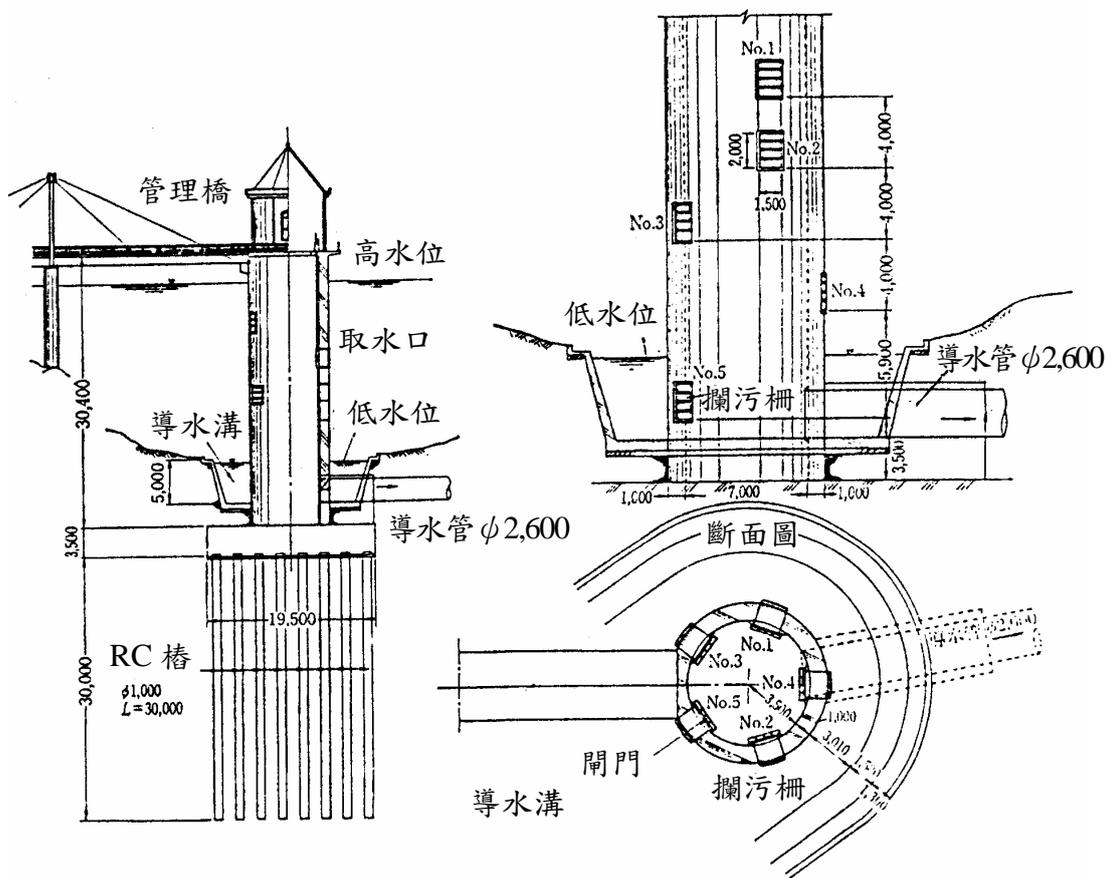


圖 2-29 取水塔構造圖(東京都水道局出口貯水池)

第三十三條 取水塔形狀及高度規定如下：

- 一、塔體應採用對水流阻礙最小之形狀，如採橢圓形或其他形式時，其長軸方向應與河川流向平行。
- 二、塔體頂蓋及行人橋樑底高程應高於河川或水庫供水位或計畫最高水位。
- 三、塔體之大小應能開設大於計畫取水量之取水孔。

【解說】

關於一：塔體應採用對水流阻礙最小之形狀，如採橢圓形或其他形式時，其長軸方向應與河川流向平行

塔體之橫斷面為中空環狀，外觀為圓形或橢圓形。設於河流中之橢圓形取水塔，為減少水流阻礙，其長軸方向應與河川流向一致。

關於二：塔體頂蓋及行人橋樑底高程應高於河川或水庫供水位或計畫最高水位

設在河川之取水塔，其塔體頂蓋之樓板以及管理橋之梁底高程，應在計畫洪水位再加出水高以上。一般管理橋考慮地形因素及流水狀況常較堤防高出3~4公尺。如取水塔設在湖泊或水庫內時，塔頂樓板或管理橋梁底高程，應考慮最高洪水位再加上因風或地震時所引起之波浪高度。

以臺灣現行重要河川之設計洪水量為重現期距為200年之頻率者，其出水高度為2.0公尺；其他主要河川重現期距為200年之頻率設計洪水者，其出水高度為1.5公尺。

關於三：塔體之大小應能開設大於計畫取水量之取水孔

鋼筋混凝土塔體之內徑大小，係由所需之取水口大小與數目以及如需加壓時抽水機設備配置空間而定，外徑則由結構所需之壁厚而定。

河川中取水塔之四週有淘刷之可能時，應在取水塔基礎之四週加設混凝土或砌石工等固床工以保護之。

取水塔之基礎如採沉箱法施工時，沉箱之下端應裝設鋼板製沉箱套腳，以利下沉。為防止沉箱下沉作業時產生不可預料之周圍應力而發生危險，沉箱壁體厚度應加大並予充分之配筋。

第三十四條 取水塔應裝設照明設備、避雷針、操作維護用之行人橋、水尺及其他附屬設備。

【解說】

取水塔應設置行人橋係在維護管理工作上需與河岸連絡之必要設備，其結構以鋼製為原則，其寬度為1公尺以上。並設置照明設備，在照度不佳時，可以照亮工作場所，避免掉值勤人員落水的工安事件。

取水塔應設置避雷針以避免雷擊，造成取水塔的設施的毀損。並設水尺以便觀測河川水量的變化。其他附屬設備如河川之取水塔為避免流木之衝擊，得在取水塔之上游側設置鋼筋混凝土樁保護之；又為浮油污染或浮游物污染之對策，也可裝設圍籬等設備防止之。

第三十五條 取水口之構造規定如下：

- 一、上游應設擋水板，以調節適應水位及河床高度之變化。
- 二、攔污柵應設於擋水板下游，其構造應便於日後清理。
- 三、擋水設備及攔污柵得視需要設聚砂坑於後，其頂蓋約與洪水基準線同高，並設人孔。
- 四、擋水設備至管渠前之取水口處之流速應在設計枯水位時每秒 30 公分以下。
- 五、管渠高度應以在設計枯水位時能取得設計取水量決定之，其內面應等於低於擋水設備底版面高度。

【解說】

關於一：上游應設擋水板，以調節適應水位及河床高度之變化

取水口應為多段式，在計畫最高水位至最低水位之間，分段設置取水口。在特殊情況，最下段之取水口，得設在近河床處，俾發生特殊枯旱時，尚能引取必要之水量。取水塔體之結構強度及安全，不得因開設多段取水口而有影響。

關於二：攔污柵應設於，其構造應便於日後清理

為防止漂浮物流入，在取水孔前面應裝設攔污柵，其格柵間距約 3~5 公分；加裝撈污設施以利經常清掃格柵上附著之雜物。必要時應設備用攔污柵。

關於三：擋水設備及攔污柵得視需要設聚砂坑於後，其頂蓋約與洪水基準線同高，並設人孔

在濁度高及泥砂多河流，取水口應設聚砂坑，以攔截泥砂流入取水口，影響輸水功能。擋水設備及攔污柵得視需要設聚砂坑於後，其頂蓋約與洪水基準線同高。並於取水口頂版設人孔，以便清除淤砂。

取水口之形狀，為與制水閘門或制水閘配合，宜採長方形或圓形。其斷面與流入速度有關。取水塔設於河川時，流入速度為每秒 30 公分以下；設於水庫湖泊時，流入速度應為每秒 1~2 公尺，並以儘量減少漂游物或土砂流入塔內為原則。

關於四：擋水設備至管渠前之取水口處之流速應在設計枯水位時每秒 30 公分以下

取水口之形狀，為與制水閘門或制水閘配合，宜採長方形或圓形。其斷面與流入速度有關。取水塔設於河川時，流入速度為每秒 30 公分以下；設於水庫湖泊時，流入速度應為每秒 1~2 公尺，並以儘量減少漂游物或土砂流入塔內為原則。

關於五：管渠高度應以在設計枯水位時能取得設計取水量決定之，其內面應等於低於擋水設備底版面高度。

為確保能取得設計取水量，取水管渠的內面應等於低於擋水設備底版面高度。

第三十六條 埋設於河川地而有被沖刷之虞之集水暗渠，應予以保護，其周圍之河床應施以河床保固等保護工程。

【解說】

集水暗渠係使用鋼筋混凝土有孔管埋設於含水層中，集取伏流水或淺層地下水之設施，由於水源取自伏流水或淺層地下水，故僅適合建於有良好含水層之地點，含水層亦應具有相當之厚度足供埋設集水暗渠。通常於山麓平行方向取水，取滲入河川前之地下水，在山谷垂直方向攔截匯集之伏流水或在河床內外及湖泊附近，因水位變化過巨，水質不佳等原因，不適宜直接抽取地面水而以抽取伏流水代替地面水。此種取水設施之優點為水源穩定，取水量不受河川流量及水位變化之影響且水質佳；缺點為平時維護修理較困難，暨適用於抽取中小量之水源，且集水暗渠有被洪水沖刷毀損之虞，須於枯水期施工。

集水暗渠之結構以耐久性考慮，應採用鋼筋混凝土製品，其形狀有正方形、長方形、馬蹄形及圓形，一般採用圓形或馬蹄形。集水暗渠每支之長度約 2.5 公尺，其各部份尺寸可參考廠商型錄，接頭種類有插入式及套管式兩種，接頭亦有集水之功能，其內徑為埋設後之檢查、修理等之維護管理方便，以 600 公厘徑以上為宜。

埋設於河川地而有被沖刷之虞之集水暗渠，為防止管身浮動或流失，除應以木框或鋼筋混凝土框保護之外，河床也必須予以床固工保護。另為防止基礎不良而產生不均勻沉陷，在集水暗渠下應墊以枕木或混凝土支座或打基樁(如圖 2-30)。

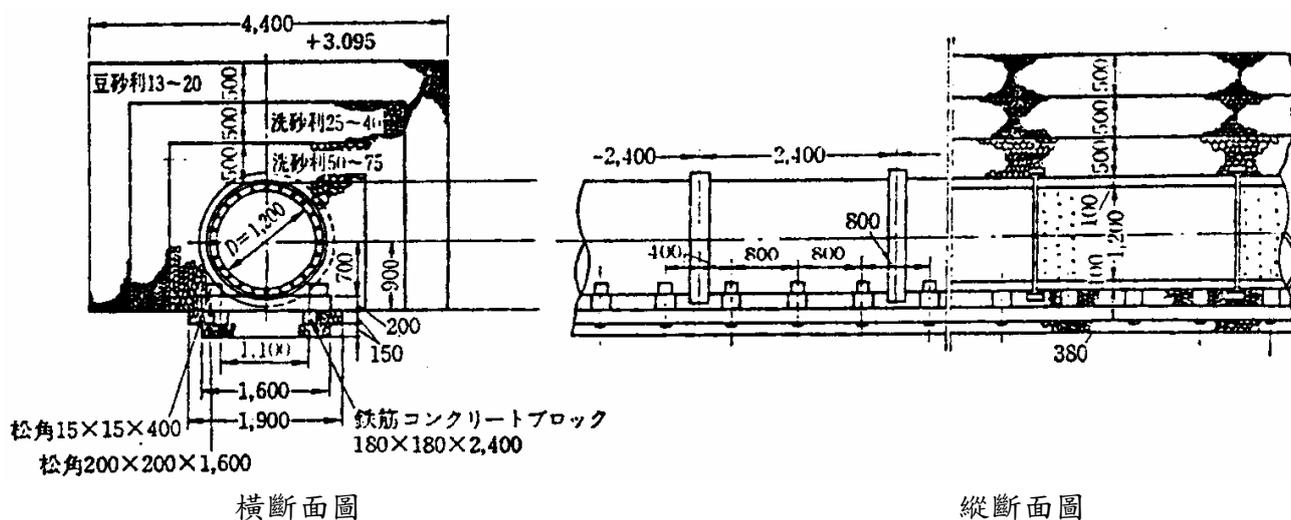


圖 2-30 集水暗渠構造圖

第三十七條 集水暗渠埋設方向，應與伏流水之流向垂直為原則，如同時埋設幹支管渠時，以幹支管渠合計集水量最有利方向為準。

【解說】

集水暗渠之埋設方向，以能使伏流水均勻集取為目的。為能均勻集取伏流水，其埋設方向通常與伏流水之流向略成垂直，但受取水地點周圍用地之限制，常無法達成。如伏流水豐富且含水層透水性佳，則埋設方向與流向平行亦無不可。如欲大量取水，可埋設數條暗渠，考慮伏流水流向及地形狀況，以合計取集水量最有利之方向為準。至於伏流水之流向，應於設計前先行調查，可搜集取水地點附近地形、地質、現有井水位及觀潮井水位等資料。繪製地下水位等高線圖，再據以研判伏流水流向。

為使整條集水暗渠能均勻集水，集水暗渠之埋設坡度應水平或儘量平緩，使上下游兩端高程不致相差太大。又因挖掘土方之工程費甚巨，如坡度太大，下游端挖掘深度增加，將增加甚多工程費。故集水暗渠之坡度一般為水平或 1/500 以下。另為防止集水暗渠中之砂流入抽水井中，集水暗渠流出端之流速應小於每秒 1 公尺。惟其管徑須視計畫取水量及埋設長度而定，為便於將來維護修理及清除管中沉砂，管徑應在 600 公厘以上。

第三十八條 聯絡井之設置規定如下：

- 一、 集水暗渠應在其末端分歧點及其他必要處所設聯絡井，以利檢查維護。
- 二、 內徑應為 1 公尺以上。
- 三、 應予加蓋，並考慮其水密性，所有開口應為雨水、河水、垃圾、昆蟲或其他小動物無法進入之構造。

【解說】

關於一：集水暗渠應在其末端分歧點及其他必要處所設聯絡井，以利檢查維護

集水暗渠末端分支點、彎曲點或其他必要之地點，應設水密性良好之鋼筋混凝土製聯絡井，以利檢查維護。

關於二：內徑應為 1 公尺以上

聯絡井為便於將來維護修理及清砂，其直徑應在 1 公尺以上。

關於三：應予加蓋，並考慮其水密性，所有開口應為雨水、河水、垃圾、昆蟲或其他小動物無法進入之構造

為防止污水流入聯絡井，其頂版須加蓋，並考慮其水密性，所有開口應為雨水、河水、垃圾、昆蟲或其他小動物無法進入之構造。而井底則可填級配礫石而不設底版以供伏流水流入(如圖 2-31)。

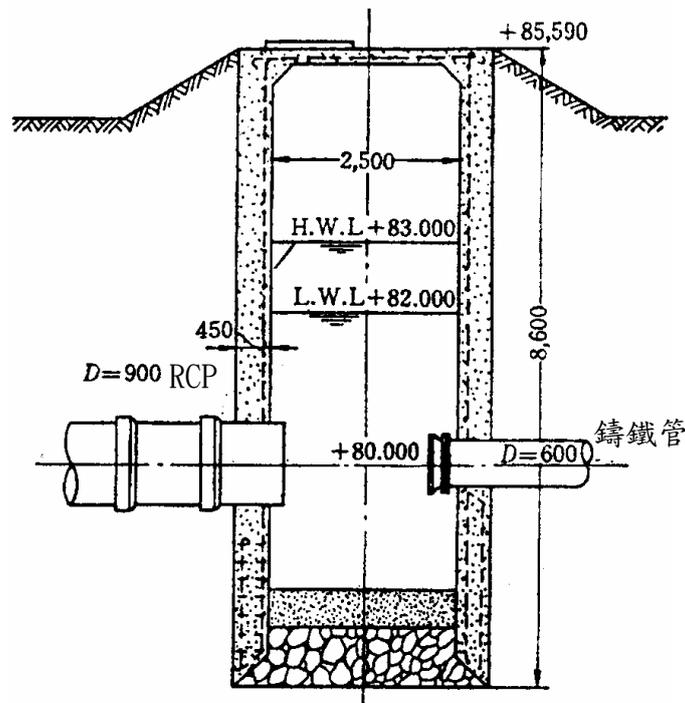


圖 2-31 聯絡井構造圖(單位 mm)

第三十九條 深度未達第一不透水層之淺井井數在二個以上時，應儘量使其排列方向與地下水或伏流水之流向垂直，其間隔應使其互相之影響減少。

【解說】

兩井間之距離過分接近時，不僅會由於互相干擾而使水位異常下降之外，更有產生抽水出砂等障害之虞，故必須依據第十七條取水地點之選定及抽水量之決定等項給予兩井適當之間距。

兩井之連線應儘可能使其方向與地下水或伏流水之流向成垂直。如兩井之連線與流向形成平行時，位居上游側之井當可確實集到預期之水量，惟在下游側之井則受到上游井之影響，必有集水困難之現象。

第四十條 淺井之大小應根據試井之抽水試驗結果，並以進水速度在每秒 3 公分以下範圍決定。

【解說】

井之大小應根據試井之抽水試驗結果資料，由適合該井條件之水理公式計算而得，一般多為內徑 10 公尺以下。

為避免由井底流入砂，水流入井內之進水速度，以小於 3 公分/秒為準，也必須由此點妥予考慮適當之井大小。亦即儘管地下水或伏流水極豐富，但如以井底流入速度有所限制而言，太小之井徑就必須避免。

第四十一條 淺井附屬設備之規定如下：

- 一、應設通氣口、人孔、水位計。所有開孔應為雨水、垃圾、昆虫或其他小動物無法進入之構造。
- 二、外圍應有良好之排水設備，並以混凝土、黏土等材料保護地面以防井之污染。
- 三、設於河川地集取伏流水之井，其通氣口應高出最高洪水位以上。

【解說】

關於一：應設通氣口、人孔、水位計。所有開孔應為雨水、垃圾、昆虫或其他小動物無法進入之構造。

為防止污水等由外部進入井內，井壁必須高出地面 30 公分以上，並且予以覆蓋。在蓋上設通氣孔，以防井內水位急速洩降時產生正負壓力；並設人孔，供人員進出井內外點檢維護之用。所有開孔應為雨水、垃圾、昆蟲及其他小動物無法進入之構造。抽水機運轉時，為隨時獲知井內之水位，必須按裝水位計。

關於二：外圍應有良好之排水設備，並以混凝土、黏土等材料保護地面以防井之污染。

為防止地表水或污水沿著井壁外側侵入地下水，故在井外側周圍施設良好之排水設施，並在地表部以混凝土等不透水材料予以鋪設防護。

關於三：設於河川地集取伏流水之井，其通氣口應高出最高洪水位以上

興建於河川地集取伏流水之井，為免受洪水帶來的雜物及垃圾等堵住通氣口，其通氣口應突出最高洪水位以上。

第四十二條 集取第一不透水層以下之深井井數在二個以上時，應保持井與井之間之距離，並儘量減少互相干擾；其排列方向應儘量與地下水流成垂直，由多數井組成之井群得排成鋸齒形。

【解說】

1. 井數在 2 口以上時，應保持井與井間之最小距離，儘量減少互相之干擾。又為避免上游井可充分抽取地下水量，使下游井受上游井之影響而有無法充分抽取地下水量之現象，其排列之方向應儘量與地下水之流向成直角，由多數井組成之井群，得排成鋸齒形。

2. 邊界干擾

含水層的範圍並非無限，通常受到邊界限制的影響，使得時間與水位洩降的關係超出常軌。這種邊界可能為不透水的岩盤或可補充水量的河流(或湖泊)。

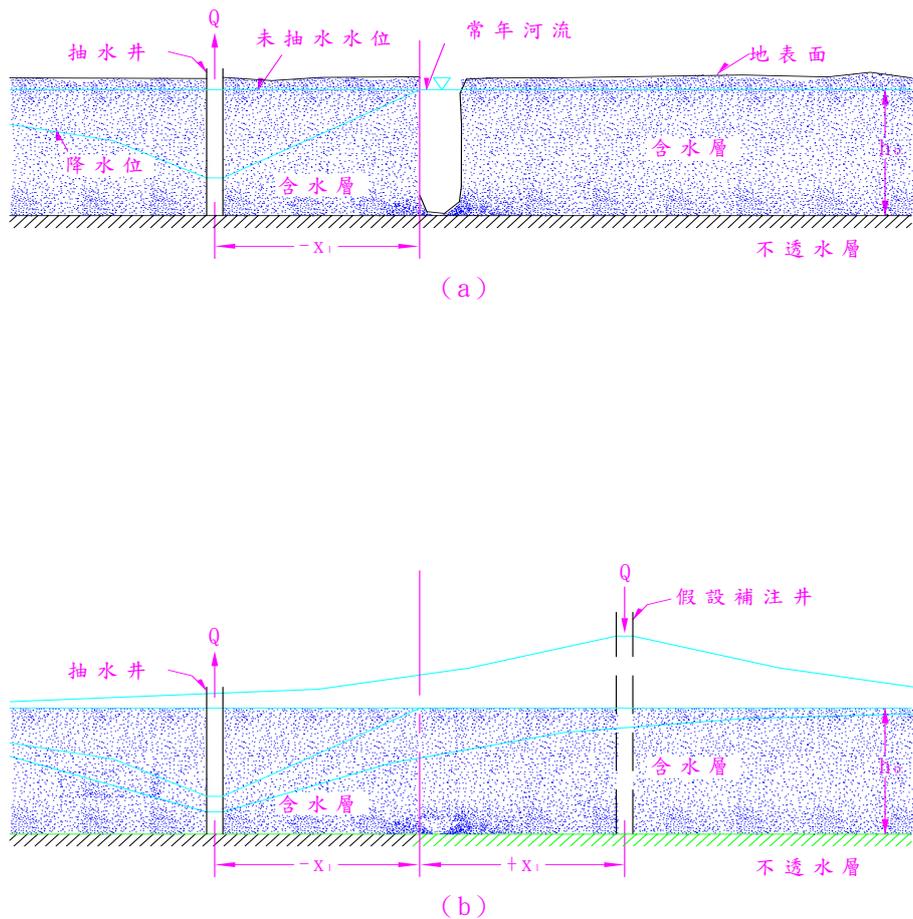


圖 2-32 抽水井附近河流影響洩降圖

一般若臨近河流由於臨河流段會由於河水的補注，使得當臨近河流段的地下

水位洩降較非臨近河流段的地下水位洩降高，水井會產生不對稱的洩降錐，如圖 2-32。

一般若臨近岩盤由於臨岩盤段會缺乏地下的補注，使得當臨近岩盤段的地下水位洩降較非臨近岩盤段的地下水位洩降低，由於地下水補注的不一，水井會產生不對稱的洩降錐，如圖 2-33。

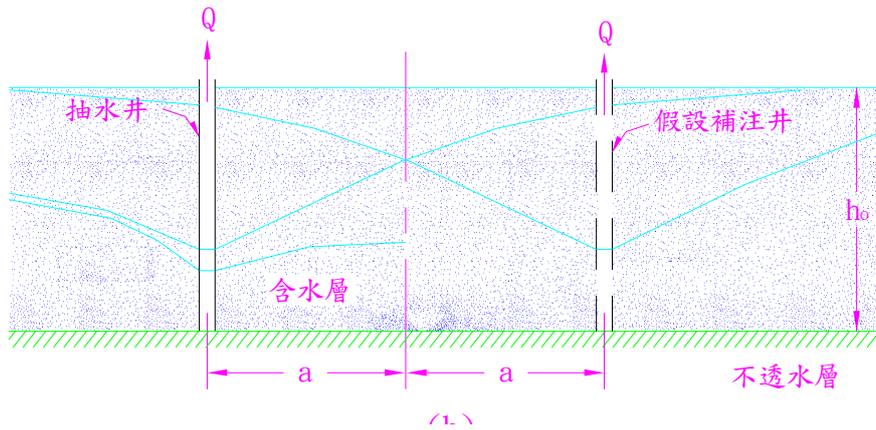
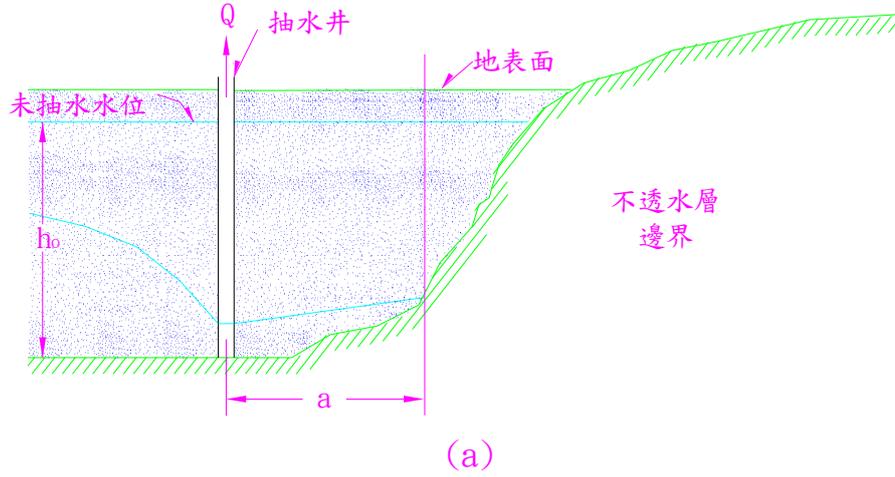


圖 2-33 抽水井鄰近為不透水層洩降圖

3. 水井干擾

水井之間距，需保持適當的距離，否則將有洩降重疊的情形發生，如圖 2-34。為避免水井間的相互干擾及邊界效應的影響。群井抽水時，各井的抽水量務必在臨界水量範圍之內，若發生干擾現象(影響水位達 10~20 公分以上)，則應調節各井的抽水量，至不會發生干擾為止。一般在沖積層區為 600~1000m，在硬岩區為 100~200m。

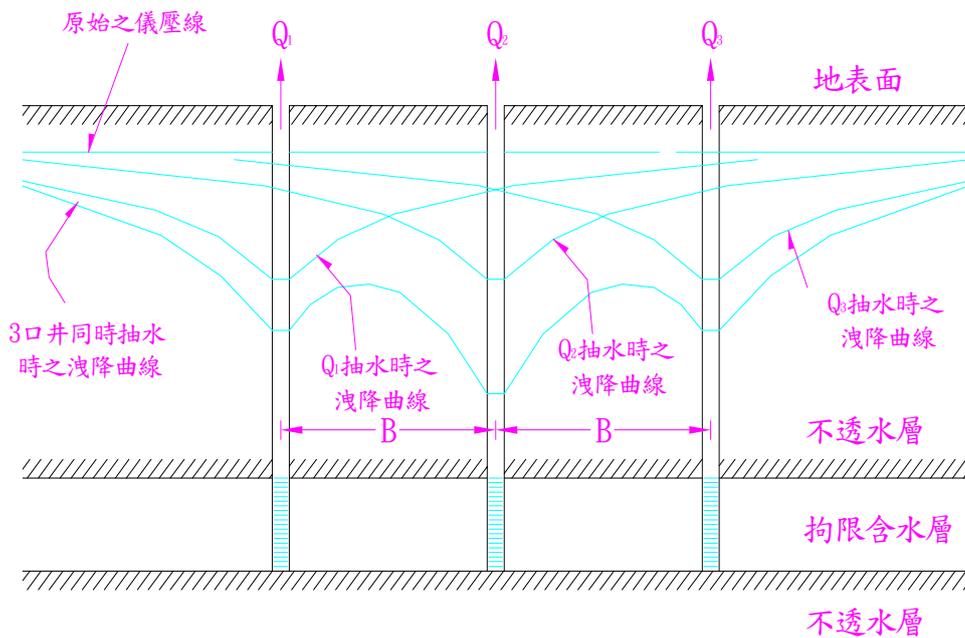


圖 2-34 水井干擾洩降圖

4. 井之間距與干擾狀況影響井之配置，理論上影響圈為圓形，實際上大都為蛋形，甚至有時成帶狀，故配置時宜多加考慮。

為能取得較合理之井位配置，在先設井之周圍至少設 2 口觀測井，俾使明瞭井間互相影響之情況。本井與觀測井之關係位置，宜為與流水平行方向，及與流水垂直方向設置，其間距依地形或地質等條件之不同而異，惟一般為 10~50 公尺。

第四十三條 深井安全抽水量之規定如下：

- 一、深井應以抽水試驗決定臨界抽水量，安全抽水量應以臨界抽水量之百分之七十為準。
- 二、應每年舉行抽水試驗一次，其抽水量應經常能保持試驗所得安全抽水量以內。

【解說】

地下水之抽水量依下列方式決定：單一井時，依抽水試驗之結果決定。二井以上時，依群井抽水試驗結果、井間之影響及開發井數等決定。

關於一：應每年舉行抽水試驗一次，其抽水量應經常能保持試驗所得安全抽水量以內。

各項抽水量之定義如下：(1)最大抽水量：階段抽水試驗時所使用抽水機之最大抽水量。(2)限界抽水量：階段抽水試驗，其抽水量與水位洩降量之關係，點繪於雙對數紙上成線，在該直線之彎曲點處之抽水量。(3)適正抽水量：限界抽水量之70%以下之抽水量。(4)安全抽水量：(1)~(3)係僅對一口井有關之抽水量，但安全抽水量係不破壞地下水域(水盆)之水之收入與支出之平衡狀態而能長期抽水之抽水量。

階段抽水試驗，通常分為若干階段(一般分6~7階段)之不同抽水量，在第一個階段內持續某時間之抽水，俟洩降水位穩定後，再增加抽水量進入第二個階段，再度達到洩降水位穩定為止，持續抽水工作，將此工作返覆數次，並將每次之抽水量與水位洩降量間之關係點繪於雙對數方格紙上，將各點以近似值線連結，一般而言，在此直線上所出現之彎曲點之抽水量即謂之限界抽水量。如圖 2-35 階段抽水曲線圖。倘若會水層之輸出能力較大，各試驗抽水量均無法達到彎曲點時，則無法求得限界抽水量。

計畫取水量如無法僅由一口水井獲得時，則可參考有關之資料，以及依水理公式計算其可能之影響圈，俾資充分考慮水井之配置及決定所需井之數目。在此時為滿足計畫取水量及工程之經濟問題，通常會採儘量減少水井開鑿數目以達到目的之措施，惟必須嚴防每口井之取水量超越限界抽水量以上之情事。

關於二：應每年舉行抽水試驗一次，其抽水量應經常能保持試驗所得安全抽水量以內。

抽水二口井以上時，既使以適正抽水量取水，也均會有互相干擾影響之虞，故必須進行群井試驗，俾獲得該地域之安全抽水量。

群井試驗為多口水井之安全抽水量之進行抽水量範圍之試驗，又如兩鄰近水井之影響水位達10~20公分以上時，則應予以適當調整抽水量至不會相互干擾為

止。如存在 3 口井或 4 口井或以上時，則應調節各井之抽水量，使全部水井之水位不致繼續下降。在此種情況之下，依水井群分佈地帶之地下水位自然坡度，在全部水井運轉時之動水位換算為海拔高程，並應予調節妥予控制使形成一平緩均勻之地下水位坡度。

水位下降較明顯者，則以制水閥逐步緩慢控制抽水量，但過分減量而水位上升時，則緩開制水閥，以增抽水量，但應維持在限界抽水量以下。如此操作控制至形成安定狀態時，而獲得之抽水量及抽水水位。

實際上雖能掌握了地下水域之實況，但對該水域之收入與支出情形之估計，確非容易之事，故僅有長年累月之調查及有關資料蒐集統計分析一途。如尚無上述長期繼續進行之調查研究資料可稽時，在現階段則必須藉由水井之抽水試驗及附近水井之水位變化情形之觀測資料，俾求得使水位繼續下降之抽水量。

關於三：含水層試驗

含水層試驗有定量持續抽水試驗，及洩降水位回復試驗等，詳如第 17 條所述。含水層試驗時必須要有觀測井用以觀測水位下降情形，附近既有之水井當亦可利用為觀測井。

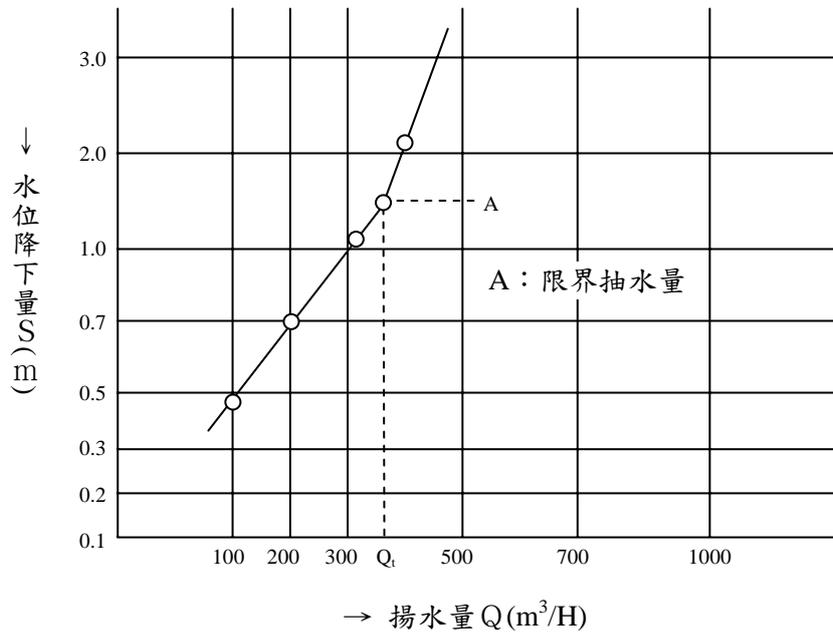


圖 2-35 階段抽水曲線圖

第四十四條 深井水源應置備用井，如不能置備用井時，應置備用抽水機。

【解說】

如經費及其他條件容許，雖已有足夠計畫取水量之水井，但最好另有預備井之設置，以防萬一。倘若預備井之設置確有困難時，至少也必須考慮抽水機故障時，有隨時可調換運用之預備用抽水機之設置。

第四十五條 沉砂池應設在靠近取水口之地點，並不得設在有妨礙水流之處。

【解說】

沉砂池係將取水塔、分水門、或取水管等抽取地面水中所含之砂，迅速沉澱除去之設備。地面水之含砂量視河川集水區開發情形及季節而異，尤其降雨後之洪水，其含砂量大增，故在設計之前應事先調查該河川整年之含砂量、粒徑分布比重及其季節變化。由於原水中所含之砂，足以影響各種淨水設施之功能，如磨損抽水機及管線，增加各種設備之處理負荷、混凝劑之用量及沉澱池之污泥量等，故應於原水進入淨水場之前先予除去。一般沉砂池僅除去粒徑大於 0.1~0.2 公厘之砂，較小顆粒之砂則允許進入淨水廠後以一般膠凝沉澱及過濾等處理方法去除。

第四十六條 沉砂池應有二池以上，如僅設一池，應以隔牆隔開或裝置繞流管，以利沉砂清理。

【解說】

沉砂池之位置應靠近取水口愈佳，其確實位置視地形狀況並配合其上下游設施而定。其形狀為長方形之鋼筋混凝土結構物，為避免池內產生渦流，影響沉澱效果，必要時進水及出水部份分別採逐漸擴大及縮小之斷面，由於急速擴大或縮小會產生偏流或逆流，故擴大或縮小之角度應為 $40^{\circ} \sim 60^{\circ}$ ，池中亦應設整流壁，使水平流速均勻並防止發生短流。

矩形沉砂池之長度(L)計算如下：

$$L=K \cdot H/U \cdot v$$

式中：L 為池長(公尺)；H 為池之有效深度(公尺)；U 為計畫去除砂粒之沉降速率(公分/秒)，如表 5-6 砂粒之沉降速率；v 為池內之平均水平流速(公分/秒)；K 為安全係數 1.5~2.0。沉砂池之長度為寬度之 3~8 倍。

表 2-5 砂粒之沉降速率表

粒砂徑(公厘)	※沉降速率 U(公分/秒)
0.30	3.2
0.20	2.1
0.15	1.5
0.10	0.8
0.08	0.6

註：上表沉降速率為砂之比率 2.65，水溫 10°C 之數值。

沉砂池溢流率或表面負荷以欲除去砂之粒徑大小而定，一般為 300~700 公尺/日，粒徑大者取大值，小者取小值。池內水流之平均水平流速，為防止沉砂再為流速沖刷帶動，一般採用 2~7 公分/秒，約為臨界流速之 1/3，臨界流速之計算如下：

$$V_c = \sqrt{\frac{8\beta}{f} \cdot g \cdot d(S-1)}$$

式中： V_c 為臨界流速(公尺/秒)； β 為係數(均勻砂 0.04，不均勻黏性顆粒 0.06)； f 為摩擦係數(混凝土為 0.03)； g 為重力加速度(9.8 公尺/秒^2)； d 為粒徑(公厘)； S 為砂粒比重。

停留時間以計畫取水量之 10~20 分鐘為原則，係已包含安全率之數值。有效水深一般以 3~4 公尺為基準，另加淤積深度及出水高度。淤積深度視含砂量及排砂頻率而定，一般為 0.5~1.0 公尺。出水高度無溢流設備時為 0.6~1.0 公尺，有溢流設備時約 0.3 公尺。為排水及排砂之方便，池底中央部設置溝渠，縱向向排出口傾斜坡度為 1/100，橫向向中央溝渠傾斜坡度為 1/50。

應有二池以上，以利排砂、清洗或維護，如僅一池時，中間應以隔牆分開或裝設繞流管，以利淤砂之清除。

參考資料：

1. 經濟部水資源局，「蓄水庫安全評估規範(草案)」，中華民國 87 年 6 月
2. 經濟部水資源統一規劃委員會，「臺灣地區之水資源」，中華民國 83 年 3 月
3. 美商賽蒙斯李顧問公司，「水資源計畫作業規範」，經濟部水利司委託，民國 79 年 2 月
4. 汝乃華、姜忠勝，「大壩事故與安全—拱壩」，中國水利水電出版社，1995 年 10 月
5. 中國水利百科全書編輯委員會，「中國水利百科全書(一 ~ 四捲)」，中國水利水電出版社，1991 年
6. 中華民國自來水協會，「自來水設備工程設施標準解說」，民國 85 年 12 月
7. 日本水道協會，「水道施設設計指針」，平成 12 年(2000)3 月。
8. 經濟部水利處水利規劃試驗所，「新店水源利用引水工程可行性規劃—環境影響評估替代方案調查規劃報告」，89 年 6 月。
9. Bureau of Reclamation, Interior Department, 「Hydraulic Design of Stilling Basins and Energy Dissipators」, 3rd print, 1974
10. Bureau of Reclamation, Interior Department, 「Design of Small Dams」, 2nd ed., 1974
11. Bureau of Reclamation, Interior Department, 「Design of Gravity Dams」, 1976
12. D. K. Todd, 「Groundwater Hydrology」, John Wiley & Sons, 1980
13. Ven Te Chow, 「Open-Channel Hydraulics」, 1969
14. A. R. GOLZE(ED.), 「Handbook of Dam Engineering」, Van Nostrand Rheinhold Co., N. Y., 1979
15. Yu et. al., 「Dynamics of Runoff from High Intensity storm Duration Storm」, Final report
16. The World Commission on Dams, 「Operations, Monitoring and Decommissioning of Dams」, Final Version Nov. 2000
17. Creager et. al., 「Engineering for Dams」, John Wiley & Sons Inc.1944

第三章 導水及送水設施

第四十七條 設計導（送）水量應以計畫最大日供水量為準，將來擴充困難，或經工程經濟分析有利者，應視情形預留設計容量以備將來之用；設計導水量應視需要另加處理廠內之處理用水量及原水輸送之損失水量。

【解說】

導水設施係將原水自取水設施導送到淨水處理場處理之設施（如圖3-1 直潭第一原水系統示意圖及圖3-2 直潭淨水場第二原水系統示意圖），由導水隧道、導水渠、導水管及相關的附屬管理設備所組成，如無法以重力流取水時，則須加設抽水設備以利取得所需要的原水量及提供適度的水頭以供順利輸送原水。如導水設施中的任一段或任一設備發生事故，必會導致原水導水量的減少，甚至停止導輸原水，造成全供水系統斷水或減少自來水的供應等後果，影響民生至巨，故在規劃設計時，應將各種可能造成供水中斷或影響的原因，儘量排除並作必要的防救措施，以確保必要水量之導送可靠性。

導水設施之路線，應先全面的踏勘、測量及地形、地質的調查，選擇數條可能之路線，對每條路線起點到終點間的高低關係、長度、地形、地勢及建設的經濟性及施工的難易度等，加以詳細研析比較後，選定其中最適當的路線。

為做好導水設施的維護管理，應設置能經常監視水位、水壓、導水量等遠距監視或遙控設備，長距離導水時，則採用自動計測之地震計、應力計、地基變狀計等，俾了解導水設施構造上之安全情況，並作為將來設備改善之依據。

此外，為能在減水或斷水或水質等異常事故時，仍能確保導水量，應儘量設置暫可貯留原水之調整池，且其容量在經濟及土地許可之下，可預留容量使原水供應的安全性有保障。

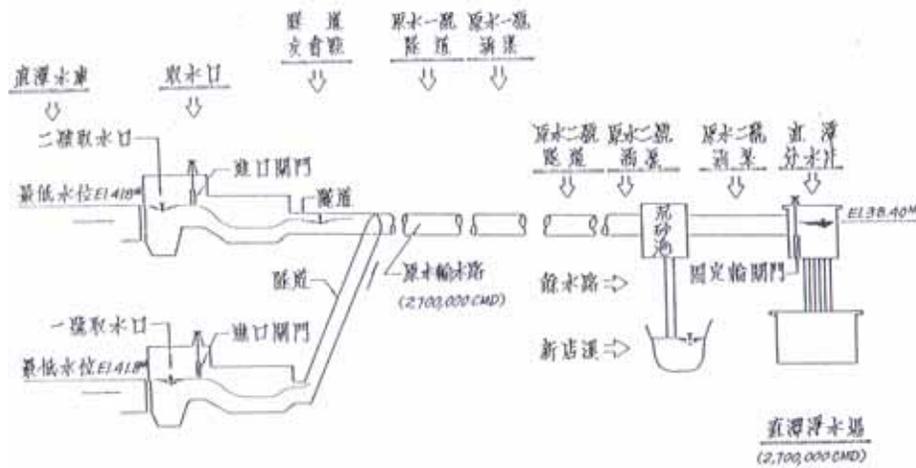


圖3-1 直潭第一原水系統示意圖（資料來源：台北區自來水五期計畫報告）

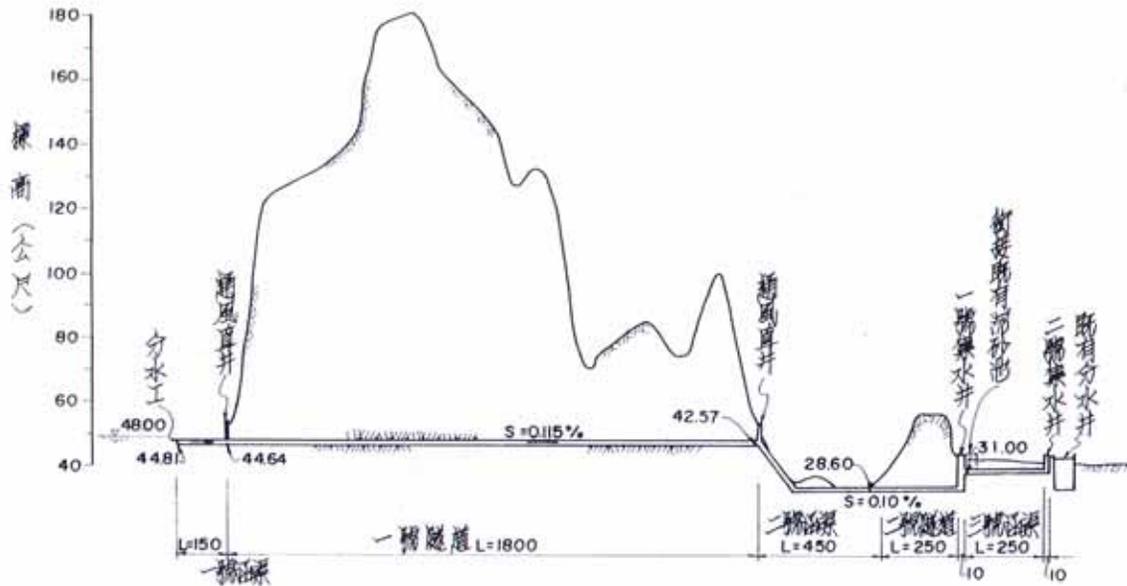


圖3-2 直潭淨水場第二原水系統示意圖

計劃導水量，係以計畫取水量為準，而自來水取水設施之計畫取水量以計畫最大日供水量為準，並視需要另加處理廠內之處理用水量及原水輸送之損失水量，考量可以1.1倍計畫最大日供水量為計畫導水量。但為將來系統可能擴建，如原有水源有增加取水量之可能條件時，導水設備擴充有下列情況，宜以先行投資一次興建預留備用容量較有利：

1. 工程不易擴建且施工困難度高，例如隧道、穿越堤防或河道等。
2. 一次與建較分期擴建施工，更具長期經濟性高者。
3. 對未來擴建所需工程用地取得，預知有困難者。

送水設備係自淨水場至配水設備輸送計畫水量之設施，係由送水管或送水渠、送水抽水機、調整池及管件閥類等附件所組成者。

計畫送水量之決定，必須考慮下列情形：

1. 計畫送水量以滿足供水系統基本計畫之目標年最大日需水量。
2. 如供水系統有數個配水池，各條送水管線之計畫送水量，應能在災害發生或其他異常時，能相互支援補給之。
3. 在有數個淨水場及數個配水池之情況時，各條送水管線之計畫送水量，應能適當調配各淨水場出水與配水池調配運用之送水量。

送水設備如維護操作良好，只要能輸送最大日配水量就能滿足需要，至於對供水系統在時間性的用水量變化，一般在配水系統內適當位置設置配水池以調節配水需要，但如送水設備之送水管線直接連接供水於配水系統或加壓系統，其送水量會因時間而變化，送水量必須考量其時間變化所需，則設計送水量仍應大於最大日配水量。送水設備之計畫送水量，以計畫最大日配水量為原則，考量餘裕度可以1.2倍計畫最大日供水量為計畫送水量。

第四十八條 送水方式以使用壓力水路為原則。

【解說】

送水設施係將淨水場處理後的清水配送至配水系統之設施，依淨水場與配水設施間之水位關係及其地形地勢情形，可分為自然流下重力式及抽水機加壓式或二者併用式等，送水設施由送水隧道、送水管或送水渠及相關的操作管理設備如閘門及各種閘類等附件等所組成，如清水無法以重力輸送至配水設施時，則應加設送水抽水設備等，另應盡可能設置清水調整池，以調整清水的穩定供應及因應緊急事故時的救援需要，為確保輸送清水水質之安全，送水設施以使用管線為原則，如不得不使用渠道時，應要求其構造的水密性，防止任何可能的的外來污染而影響水質的安全。

為確保送水設施的安全，對其設置的路線及位置應事先詳細調查地形、地質及是否為斷層或地震帶等要項來檢討評估後選定，設施的構造應能對可能發生的災害能有充分的強度而確保其安全並將災害減至最低。

送水管(渠)如需在中途分岐接配水管供應供水區，其送水能力應能充分提供該供水區所需之計畫配水量，送水管的供水壓力如能滿足供水區所需的水壓當然最好，如水壓不足，可於分岐管上設置管中加壓方式提高供水壓力，或直接分送至調節池或配水池後再加壓供水；惟為維持供水系統管理維護之正常，送水系統與配水系統宜分開管理，此儘量避免送、配水設施兩者的混合使用。

送水管線為輸送淨水場處理後乾淨的自來水，在輸送過程中應避免任何可能發生的污染以確保自來水水質安全，如管中有相當的壓力，則可避免外來的污染滲入，因此，其送水方式以壓力水路為原則，設計時應就淨水場與配水池間之高低關係，計畫送水量之大小，以及路線之地理與環境條件等，所有送水管線應在送水水力坡降線之下（如圖3-4 加壓送水方式示意圖，如圖3-5 台北自來水第二輸水幹線安康段剖面示意圖），使其輸送各點均能維持在適當水壓之下。

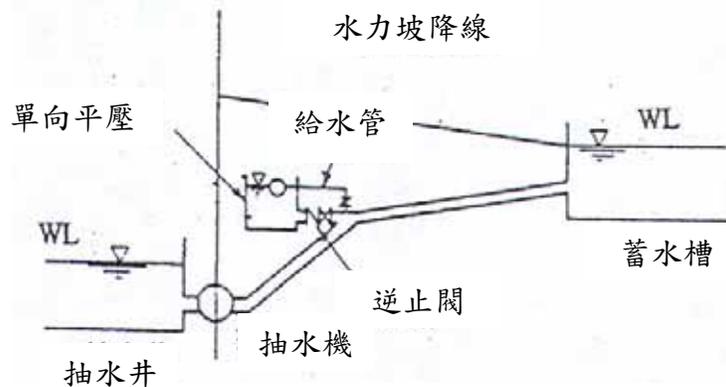


圖3-4 加壓送水方式示意圖

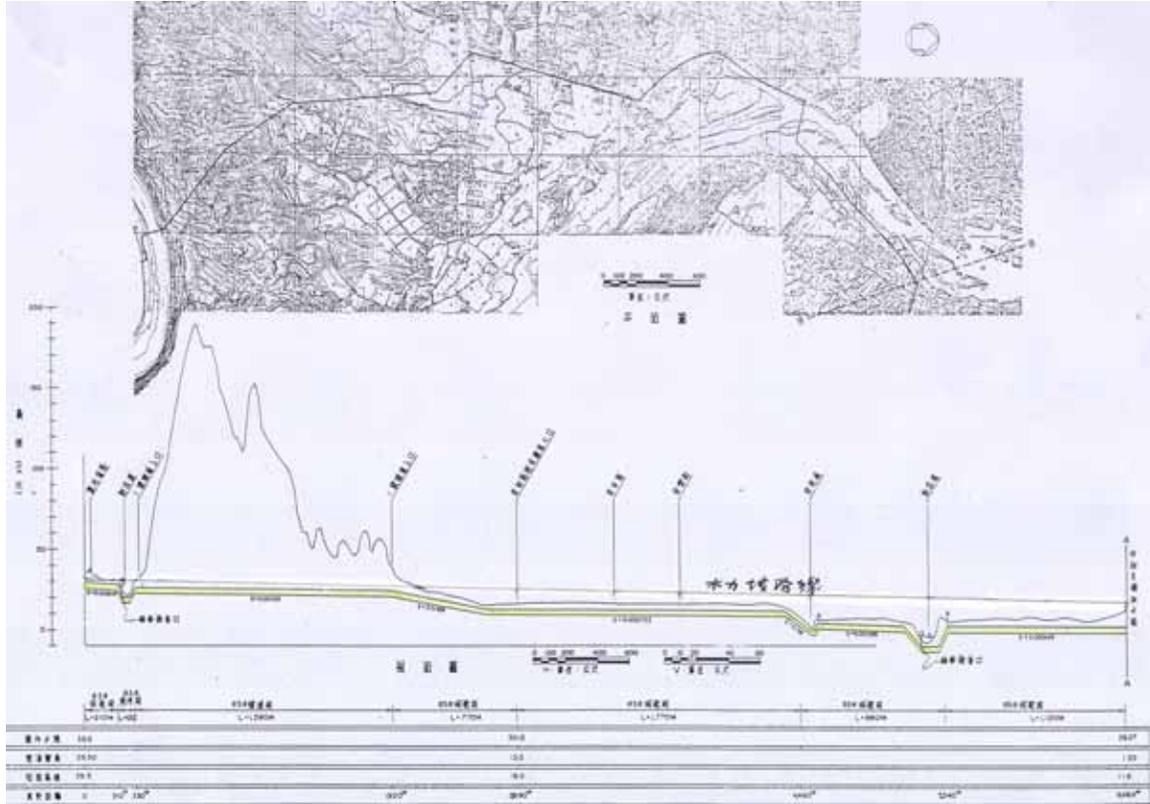
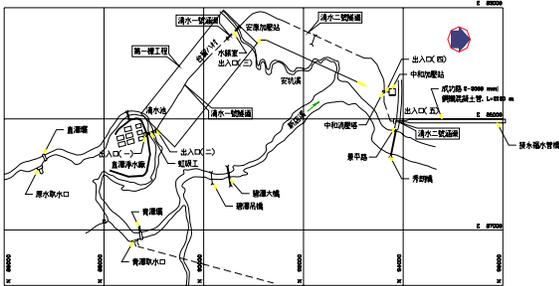


圖3-5 台北自來水第二輸水幹線安康段剖面示意圖

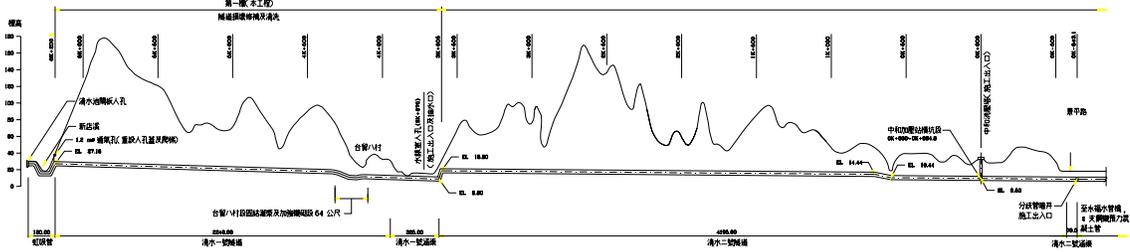
送水方式應以採用管道為原則，若送水量大，一般常用管道無法埋置時，如採用現場築造之渠道時，宜選用隧道或具有水密性之暗渠，以防止來自外界之污染。有時因地形關係，如採用隧道，可以大幅縮短送水管線之長度，在隧道施工時，一般以現場澆置二次襯砌作為內襯以增加其水密性，但由於現場施工在隧道內辦理襯砌，品質不易控制（如圖3-6台北自來水第一清水輸水幹線維修圖），為此，台北自來水第二輸水幹線規劃設計施工時，為避免類似情形再發生，山區之隧道內襯改以內置預力鋼襯混凝土管（PCCP），市區於潛盾施工之隧道內置預力鋼襯混凝土管或延性鑄鐵管（DIP），以增加其強度及水密性（如圖3-7）。由於隧道施工之工程浩大，規劃設計有其經濟斷面，但斷面增加有時更有利於施工，或供水系統之調節配水池不足時，亦可將隧道斷面擴大增加其容量作為供水系統之調節。為調節供水區內之供需平衡，應設置調節配水池以應淨水設備或送水設備在操作上暫停供水時之需。其容量以計畫送水量約8~12小時送水量為原則。

另在送水管起點或分水站起點，應設量水設備，以明瞭送水量及分水量。

另送水設施需具備平時穩定供水之功能外，於災害事故或旱災缺水之緊急時期，蓄存在大口徑送水管內的清水，可利用緊急取水設施（如圖3-8大口徑送水管設置緊急取水設施示意圖），將其取出以支應最低限度必要的維生用水。



清一幹線輸水管道維修工程平面位置圖



清一幹線輸水管道剖面圖

一清維修範圍



施工縫修漏完成圖

圖3-6台北自來水第一清水輸水幹線維修圖

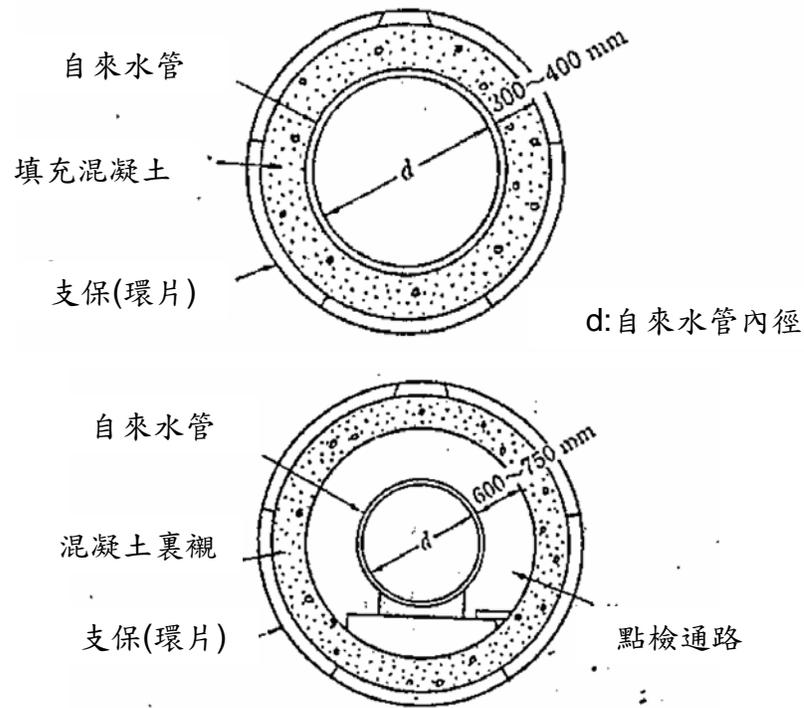


圖3-7 填充、環片支保及點檢通路示意圖

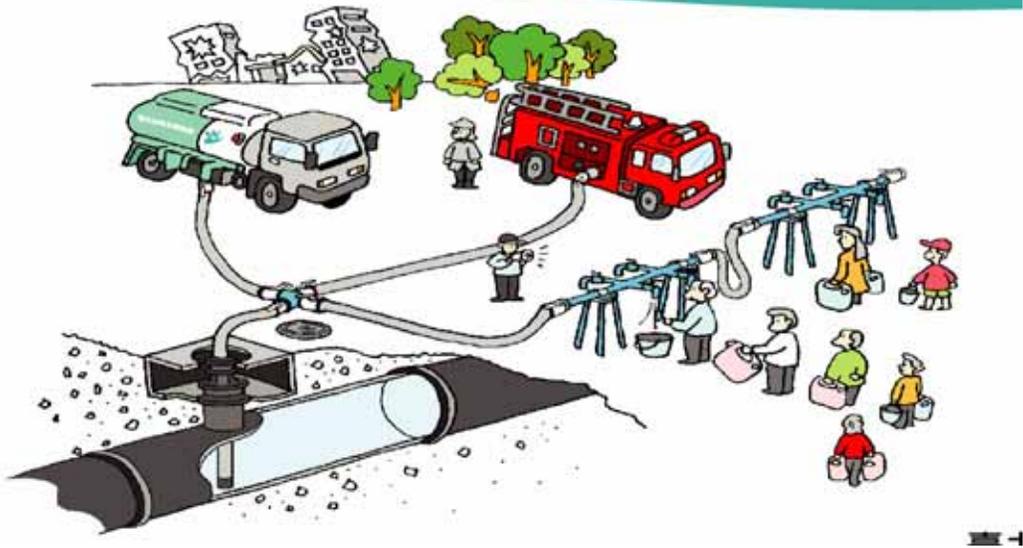


圖3-8 大口徑送水管設置緊急取水設施示意圖

(資料來源：台北自來水緊急取水站宣導資料)

第四十九條 導水渠構造應具有充分之水密性材料築造。使用明渠時應有防止污染及人畜危險之措施。

【解說】

導水渠在輸送原水過程應避免水量的流失，在構造上應要求其安全且具有充分水密性與耐久性。明渠及暗渠（圖3-9常見導水渠斷面圖），為能使水量順利流下，防止污濁、防止水路內壁沖刷等，渠道通常為鋼筋混凝土或混凝土等構造，依地質情況，有時亦使用混凝土塊或鋼板作為渠道，不管何種構造，均應為能耐水壓及土壓具安全之構造，同時應有充分的水密性，導水渠使用明渠時。為防止水質之受污染或溢流等檔事，應考慮下列措施：

1. 側壁應設置30公分以上之出水高，並高出牆外地面20公分以上。在彎曲部應考慮離心力之作用將產生內外圍水位差，加高側牆以避免原水溢流出渠道。
2. 在地盤開挖所設置之明渠，應在開挖斜坡腳測設側溝，以防止雨水或污水流入。
3. 應豎立禁止傾倒垃圾等污物之警告牌，及禁止行人之柵欄。
4. 為避免人畜危險，應考量設置必要之柵欄或欄杆等阻隔設施。

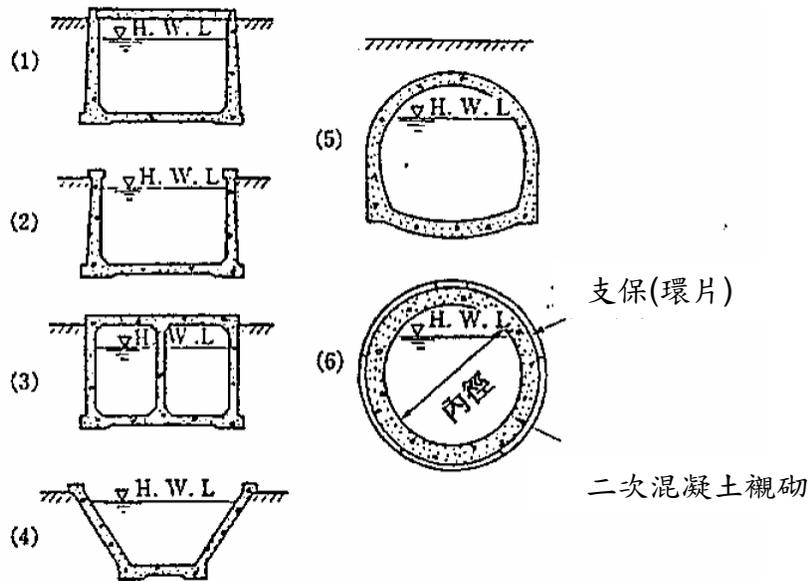


圖3-9 導水渠斷面圖

第五十條 導水渠最大流速不得超過每秒三公尺；最小流速應考慮所導送原水含砂及水量變化情形後決定，原水含砂時，不得小於每秒六十公分。

【解說】

在開水路之導水渠平均流速之最大限度，由於導水渠一般以混凝土所構成，必有受隨水路流下之砂粒磨損內壁之虞，基於既往經驗，流速如超過 3.0m/s，會對混凝土壁造成磨損，原水如含有砂土時，為避免砂粒沉澱於水路內，平均流速之最小速度定不得低於 0.6m/s。

所謂平均流速，即如下式所示：

$$\text{平均流速} = \text{計畫導水量} / \text{通水斷面}$$

開水路之斷面決定：

開水路斷面之決定，應先由取水設施之最低水位及淨水場內取水井之最高水位求得流水水面坡度，再假設以某一斷面，依平均流速公式計算求得平均流速，由此值乘以假設斷面面積求得流量，至所求得流量值使能達到計畫水量為止。

開水路之平均流速公式，雖有庫特(Gangullet Kutter)公式以及曼寧(Manning)公式等，但一般多使用曼寧公式，但如考量流水斷面的粗糙度，則使用庫特公式將輸水材質的粗糙係數計入。

曼寧公式：

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

庫特公式：

$$V = \left[\frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0.00155}{S}}{1 + \left(23 + \frac{0.00155}{S}\right) \cdot \frac{n}{\sqrt{R}}} \right] \cdot \sqrt{R \cdot S}$$

式中V：平均流速(m/s)

S：水面坡度 水面坡度 \doteq 兩地高程差/兩地直線距離

n：粗糙係數，其值視各種不同材料而異，通常各種不同材料n值如下表，

一般採用n值在0.012~0.016之間。

表3-1 各種材料管渠之n值

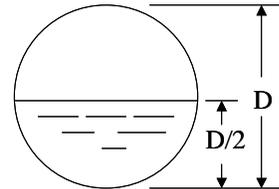
管渠材料	管渠內面			
	最佳	良好	普通	劣
陶管	0.010	0.012	0.014	0.017
混凝土管、磚砌	0.011	0.013	0.015	0.017
有裡襯鑄鐵管	0.011	0.012	0.013	
鋼管	0.010	0.012	0.013	
塑膠管、玻璃纖維管	0.010	0.011	0.012	0.015

R：水力半徑(m)

$R = A/WP$ A = 流水面積, WP = 流水浸潤周長

直徑3M之水管，半管滿時的水力半徑：

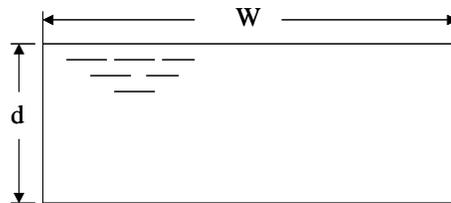
$$R = \frac{A}{WP} \cdot \frac{2}{\pi D} = \frac{D}{4} = \frac{3m}{4} = 0.75m$$



渠形渠道寬 2.75M，水深 0.5M 之水力半徑：

$$R = \frac{A}{WP} = \frac{Wd}{W + 2d}$$

$$= \frac{(2.75m)(0.5m)}{[2.75 + (2 \times 0.5)]m} = 0.367m$$



開水路為達最大的輸水容量，應有最佳的水理斷面，對流水斷面而言，具有最大水力半徑之斷面者，即為最佳水理斷面，各種不同形式的輸水斷面（如圖3-10開水路之最佳水理斷面圖）。

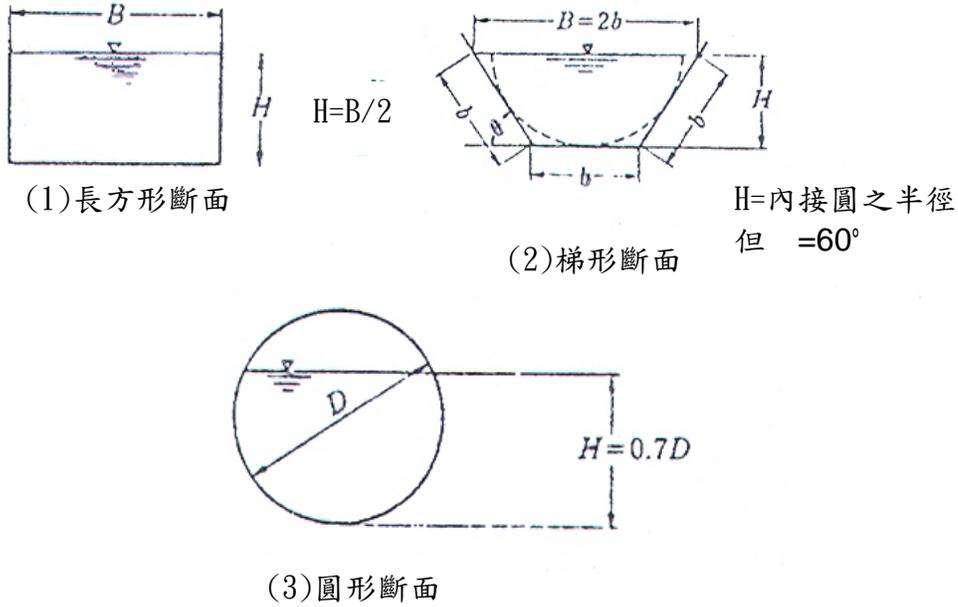


圖3-10 開水路之最佳水理斷面圖

第五十一條 導水渠之路線應儘量避免在斜坡面、斜坡頂、斜坡腳及填土等地基不安定之處所。

【解說】

由於斜坡面以及斜坡頂在地質的穩定度較差，如果在其上設置導水渠，易受地震或暴雨等外力影響造滑動甚且崩塌，導水渠置於斜坡腳極易因其上部崩塌而被掩埋堵塞，另在鬆軟土質或新填土地盤上的水路極易發生沉陷，就導水渠的耐震性及維護管理上，極為不利。總之，導水渠之路線應儘量避免在斜坡面、斜坡頂、斜坡腳及填土等地基不安定之處所。如無法避免時，應依據導水渠所設置的位置之地形及地質等資料，施予妥善安全的防範措施。

導水路如沿斜坡面等高線鋪設時，為防範斜坡面之被侵蝕及崩塌等事故，應在其斜坡面側設置適當的側溝或排水溝等設施，以利有效排水及防止污濁水的流入污染原水。

導水路如沿急降斜坡面鋪設時，為防範管體之滑落以及覆土之流失等情事，必須設置混凝土或粘土之止水壁（如圖3-11 止水壁示意圖）。

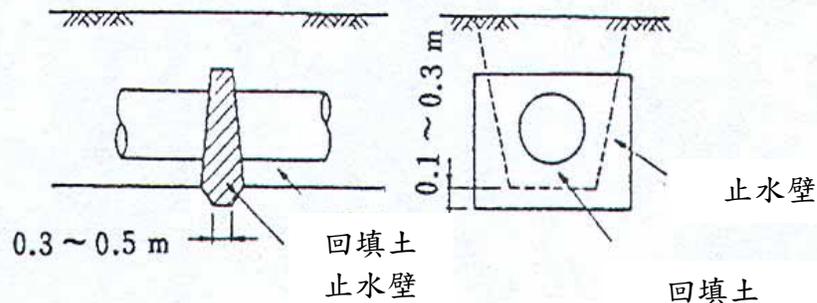


圖3-11 止水壁示意圖

導水路如在軟弱地盤或有液化之虞之地盤鋪設管線時，除必需選擇適當之管種外，亦應作地盤改良措施。

1. 在軟弱地盤鋪設時，必須選擇能忍受不均勻沉陷以及帶有能適應之柔性接頭等的管種，並且必須施做地盤改良或打樁等因應措施以防止管線沉陷。地盤改良工法，一般有置換法、夯實法、排水壓密法，以及灌漿固結法等，採用時必須先詳細調查土質與試驗後決定之。對不均勻沉陷之防止所使用基樁，直接接觸管體，將產生應力集中之不利情形，必須在接觸面墊以富彈性之橡膠板墊材，並妥予決定基樁之適當間隔。連接水管橋或制水閘室等構造物部位，由於不均勻沉陷會產生應力集中造成管體損傷，必須設置富撓曲性之伸

縮接頭或可撓接頭。

2. 在砂質地盤地下水位高，由於地震發生時，砂粒之間隙水壓急激上昇結果，經判斷致有產生液化情事之可能之處，除應選用適當管種之外，必需妥以辦理地盤改良，以防止液化的產生。

對於管種之選擇，必須為能承受液化發生時可避免管線扭曲、破斷、接頭脫落等情況，而具有某種程度伸縮量之連鎖構造型管線(例如耐震型延性鑄鐵管)，或管體本身具有相當對應強度及伸縮量之一體構造型管線(例如焊接接頭鋼管)等。

地盤改良雖有多種方法，惟對地下埋設物而言，較有效果者，以高透水性碎石置換，使孔隙水壓消散之工法(碎石排水工法)，或以地面至約5公尺深範圍內，用水泥灌漿、土壤改良等作安定處理，使土粒增加結合力之工法(淺層混合處理工法)等。

第五十二條 導水渠之伸縮接縫規定如下：

- 一、明渠及暴露之暗渠應視需要設伸縮接縫。
- 二、容易發生不均勻沉陷之處所，橋、制水閘門、聯絡井之前後，或地質有變化之處所等，應設撓曲性較大之伸縮接縫。

【解說】

關於一：明渠及暴露之暗渠應視需要設伸縮接縫。

導水渠在明渠及暗渠之構造上，為能應付混凝土體因溫度變化而引起之伸縮應設伸縮縫，縫之間隔係視水路之大小、有無鋼筋、排水狀況，氣溫與水溫之變化等情形而決定，一般以10~20公尺間隔為適當。

關於二：容易發生不均勻沉陷之處所，橋、制水閘門、聯絡井之前後，或地質有變化之處所等，應設撓曲性較大之伸縮接縫。

在地層有所變化之點，及在地震發生時可能產生巨大伸縮或不均勻沉陷之場所，宜予裝設大伸縮可撓性接縫。使用於暗渠之伸縮可撓接頭，有扇狀變形、剪斷變形、軸向伸縮變形等各種形狀，應妥予選擇使用。

第五十三條 導水渠應視需要設溢流口、排泥設備及沿全線之養護道路。

【解說】

較長之導水渠，應視需要選擇在適當地點設溢流口，以便在導水渠發生事故時，能將餘水洩放，避免變成壓力水路承受額外之壓力，或明渠隋處溢流而造成災害。

其溢流量應以計畫導水量為準，並考慮導水渠斷面之大小、長度、出水高度以及事故發生後，關閉進水口閘門所需時間，淨水場內溢流口之容量，以及豪雨時之過剩流入量等等因素加以決定。在溢流口之下游應設制水閘門或擋水板等止水設備。

在設溢流口時，宜附帶設置排泥口，用以排除餘水及沉泥，以便導水渠之維護清理。

自來水事業應建立為或管理制度，制定標準定期維護管理，且為能執行檢查作業，應考量設置維修走道或養護道路，如此方能定期巡視水路，沿全線所設通道，可供檢查及巡視水路，防止污染，以及搶修之用。

第五十四條 導水渠應視需要在其分歧點、匯合點及其他必要地點設聯絡井或人孔。前項聯絡井或人孔應視需要設量水設備、排泥管及溢流設備，並在出水口及排泥管裝設制水閘門或制水閥。

【解說】

導水渠於分歧點、匯合點及其他必要地點設聯絡井或人孔，以利人員進入檢查或維護。另導水渠之明渠變為暗渠之處所，及由導水渠變為壓力水路之接合處所，以及餘水溢流口設備等處所皆需設置聯絡井。

導水管之聯絡井，主要以調節管路之適當水壓為目的而設置，其位置應顧及管水理狀況，應能使下游導水管最大靜水壓在承受能力以下，且選擇方便排水之處。

導水管聯絡井之構造應具有充分之水密性、耐久性及安全性，通常使用鋼筋混凝土、預力混凝土、鋼板或玻璃纖維等做成。

聯絡井之容量，不僅為調整水壓而已，同時亦能夠吸收井內水面之激烈跳動，一般以計畫導水量之1.5分鐘以上為度，另其水深以3.0~5.0公尺為準。惟如在計畫導水量不大時，井之水面面積變小，水面跳動不易吸收，故其水面最小面積以10平方公尺為宜。

聯絡井之進水流速大時，應在井內裝設阻流壁，阻減流速後再行放出，不僅可使井內保持一定水位，且可避免水在井內激烈跳動後帶進空氣氣泡於出水管中，造成下游水管內存積空氣阻礙水流，詳圖3-13。

為防止空氣進入出水管，出水管口中心之位置應低於低水位下2倍管徑，俾避免帶入，阻礙下游導水管之水流。

聯絡井應視需要附設量水位設備、排泥管、溢流管，並在出水管及排泥管上設置制水閥，俾便操作管理維護，維持聯絡井正常運作及功能。

聯絡井應予覆蓋，俾能防止人畜污水及廢棄固體物等之污染，在覆蓋上應設人孔或出入之門，以利管理。

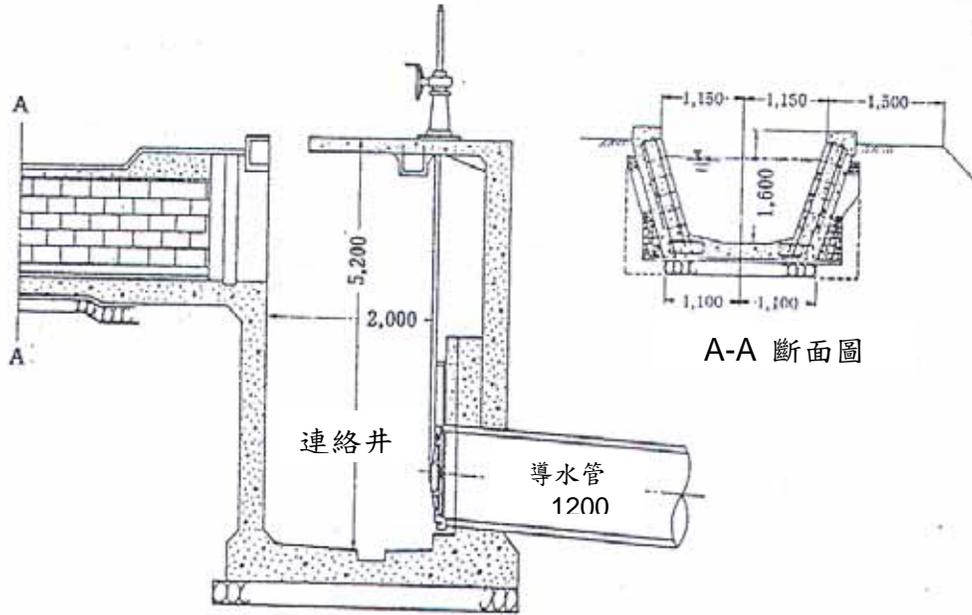


圖3-12 導水渠聯絡井圖(單位mm)

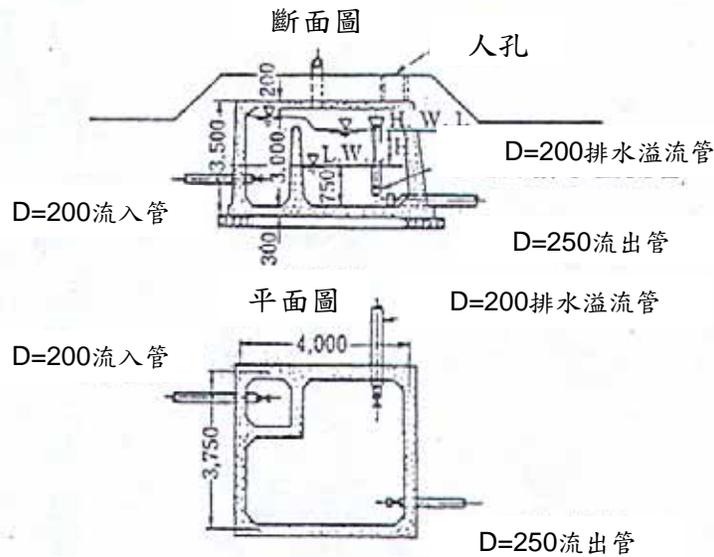


圖3-13 導水管之聯絡井圖

800公厘以上管線應予設置必要之人孔，以應內部檢查及修理之需。除因地震或其他原因，較易發生事故之水管橋、過河橋及制水閘等處，以及地形、地質變化或其他重要地點之管線上外，其他地點每隔相當距離均應妥予設置人孔，以利必要時可容人進入內部做檢查及修理工作。尤其覆土較厚處，因從管外之檢查及

修理均甚困難，更有設置之必要。

人孔之大小以60公分為度，但如考量維修機具之進出，亦可將人孔定為80公分或者更大，通常設於管頂上向上開口，以平口盲蓋密封，平口上裝設通氣閥以利通氣。

人孔應設窰井保護，其構造同制水閥或排氣閥等。如圖3-14所示。

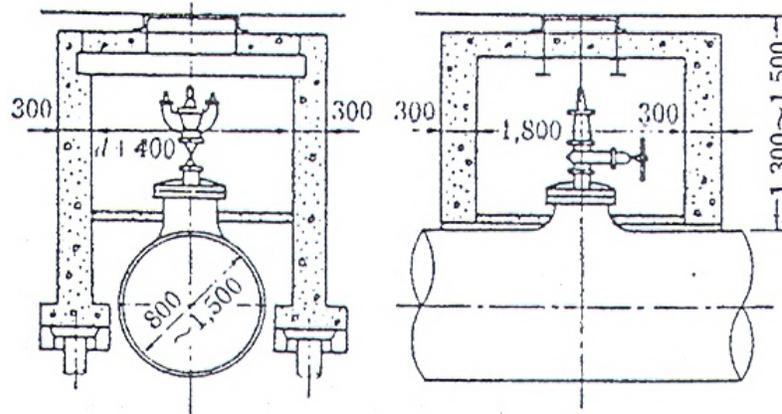


圖3-14 人孔及人孔窰井圖(單位mm)

第五十五條 隧道應具有充分之水密性，必要時以混凝土襯裏或施以灌漿，並在其進出口加以充分之保護。

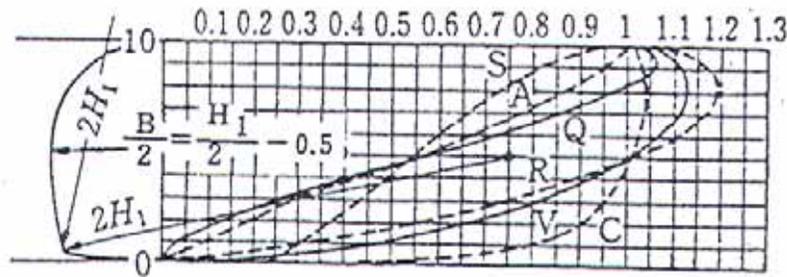
【解說】

隧道能有效縮短水路之長度，減少水頭損失，減免動力設施，解決用地取得之困難，節省用地費用等，因而減少全部之經費，故在導水渠穿過高地或障礙物時設置隧道。

隧道之建造易受地形、地質及環境條件之影響，故必須詳細調查，謹慎計畫、設計及施工。

隧道斷面形狀因地質而異，一般以3~5心圓馬蹄形較為普遍，在地質良好之處，亦有採用垂直側壁者，而在地質不良之處，則有考慮用圓形斷面之必要。

隧道淨斷面應能足夠導送計畫導水量，其最大導水能力之水深依斷面而不同，但約為隧道高度之80~90%，故在決定斷面之大小時，可以水深為隧道高度之80%為依據，以策安全。圖3-15為馬蹄形隧道之水力特性曲線。受施工上之限制，隧道之最小斷面以淨高1.8公尺為度。



圖例 S:潤邊 A:斷面積 Q:流量
R:水力半徑 V:流速 C:係數

圖3-15 馬蹄形隧道水理特性曲線圖

導水隧道之設計施工，原則上與道路或鐵路隧道相同，但為防止漏水，有效送水，應具有充分之水密性，即使構築在良質之岩石內，亦應以混凝土襯造；混凝土之厚度依隧道之大小、覆土厚度、土壓、水壓等決定。在覆土厚度不足、重要道路下、過河處、或地質不良之處所，均應設法增加混凝土襯造厚度，或以鋼筋混凝土補強。

混凝土接頭之施工，尤須細心以赴，必要時應設止水銅板或止水橡皮以防止漏水，混凝土壁與岩壁，或混凝土與土層間之空隙，必須灌填水泥漿或水泥砂漿，

以保持水密性及構造物之安全。

隧道入出口約5公尺長範圍內之混凝土壁，需特別加強襯造，以提高入出口之安全，入出口之挖土斜坡面，應施以適當之防護穩定之。

第五十六條 導水渠橫過深谷河川之處，應考慮建造水路橋。前項水路橋之規定如下：

- 一、材料應視橋墩之高低及橋本身安全決定之。
- 二、應為對風壓及地震力安全之構造，橋墩處應視地基承载力及河流情形，施以適當之基礎工程及保護工程。
- 三、應考慮附近人行養護用通路。導水渠在橋墩橋台等支承處應設伸縮接縫，並對地震仍能牢固錨定水渠。

【解說】

為減少水路之水頭損失，導水渠橫過深谷河川之處，應考慮建造橋梁承載通過。水路橋屬於水利法中跨河建造物，其設置應符合水利法等相關法規之規範規定。其中橋樑高程、橋墩位置及形狀、橋台基礎等，應依相關規定辦理。

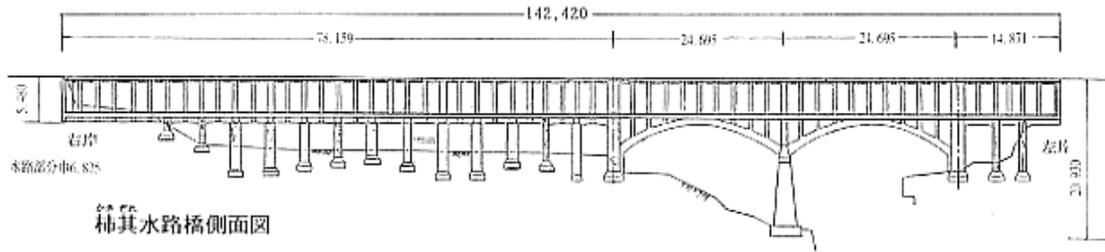


圖3-16 水路橋示意圖

關於一：材料應視橋墩之高低及橋本身安全決定之。

水路橋之構造，應具有充分之安全性，通常使用鋼筋混凝土、預力混凝土、或鋼板製造。如跨徑小、橋墩低，可以鋼筋混凝土建造；但如跨徑大，且橋墩高，則以採用鋼架或預力混凝土造較為安全。在結構上可使用單支承梁、連續梁或連體構造，但通常均以渠道部份視為梁設計之。渠道部份之構造應具有充分之水密性及耐久性。

關於二：應為對風壓及地震力安全之構造，橋墩處應視地基承载力及河流情形，施以適當之基礎工程及保護工程。

水路橋之設計，除其自重及水荷重之外，應考慮對風壓及地震力之安全性。水路橋之跨度雖應考慮上部結構及下部結構所需費用之總和為最小之原則選定，惟因經常承載水荷重，並以渠道本身為橋梁之一部份，為安全起見，其跨度應儘量適當地縮短。又為維持渠道之一定坡度，水路橋均向下游傾斜，同時水之荷重大，因此地震時水平方向之應力易使支承移動，故橋架與橋台及橋墩之連接處應特別加強牢固錨定，以防止意外。

水路橋之橋台及橋墩之設計，必須依據調查，地質鑽探以及承载力試驗確定

安全可靠之承載力，如有不足，應施予打樁等必要之改良設施，以免發生過度之沉陷。如係在河道上，應在四周設置護坡或護床等保護設施，以防橋台或橋墩之基礎被水沖刷。

關於三：應考慮附近人行養護用通路。導水渠在橋墩橋台等支承處應設伸縮接縫，並對地震仍能牢固錨定水渠。

水路橋之上部結構，因以渠道為橋架之一部分，故應設置具有水密性且能承受較大伸縮量以及變位之伸縮接頭以應溫度變化及不均勻沉陷，以及其他不測情事之需。惟因此類伸縮接頭卻往往容易成為漏水之處，故宜儘量少用。鋼製水路橋之伸縮接頭，以焊接不銹鋼波浪板為佳；鋼筋混凝土之水路橋伸縮接頭，則採用撓曲性較大之銅板或樹脂止水板構造之伸縮接頭。

不論鋼製或混凝土製，水路橋與導水渠相連之處，常因地震、基礎不均勻下陷或其他原因會發生毛病，故該相連之處應注意補強以防萬一。

水路橋應考慮附設人行道以利維護及保養。橋之兩端應設柵門，並立牌禁止人行，以策安全。

水路橋之橋下淨空，除考慮水路本身之水位外，應依有關之規定考慮河流之水位，交通之需要，以及其他建築之要求，並應事先洽各主管單位會商後決定之。



圖3-17 水路橋上人行道及護欄

第五十七條 導（送）水管管種之選用應使用適合於當地土壤性質及水質之水管，其為鑄鐵管、延性鑄鐵管或鋼管，應施以適當之襯裏。

【解說】

導水管之管種原則上以表3-2、表3-3之管種為準。惟如為藉重力自然流下、水壓不高、且水壓變化穩定、基礎堅固，無不均勻沉陷之虞之情況時，離心式鋼筋混凝土管也可予採用。由阪神大地震及九二一大地震之管線損壞分析，輸配水管由於地震時地盤變形以及結構物與管線間相對變位，造成管軸方向受到拉伸、壓縮力，在管軸直角方向承受彎曲與剪斷力。故耐震管種之材質強度須足以承受平時荷重以及地震作用力外，其接頭應增加拉伸及壓縮的空間及增加其撓度與防止拉脫等功能。選用導（送）水管之管種除材質外，接頭型式亦為重要評估因素。

不論如何導（送）水管所用管種應符合下列要求：

1. 對內外壓均為安全：

基本上管之內壓及外壓強度均須符合要求，一般情形下內壓應能耐最大靜水壓及水錘壓力，外壓則應能耐管線所受土壓及路面荷重及地震力，必要時應依實際負荷情形計算管線所受壓力及應力。依中國國家標準或其他標準(包括JIS及AWWA等)，各種水管均分成數種級別製造，因此除非有特別需要，均可以依使用條件，在規定之級別內選用。

2. 適合於埋設條件及埋設環境：

配水管應依埋設位址之各種條件來選用最適當之管種。此種條件應包括土質、有無其他埋設物、施工環境、地下水位之情況等。配水管線常與其他地下埋設物，如下水道、瓦斯管、電力及電信電纜等，互相平行或交叉埋設，本身也常有被挖開裝接管件之時候，因此除完工後承受水壓、土壓及路面荷重外，日後被開挖、移動而可能受到影響，甚至受傷之可能性應予以顧及，並依實際情形就軸向及垂直方向之強度、加工性能、接頭形式以及維護管理等各項加以考慮，選擇最適當之管種。

3. 具有水密性、良好施工性、耐久性：

各種水管之不同接頭形式對施工之難易及快慢有相當之影響，同時不同接頭之構造及防漏性、撓曲性、防脫開性，以及伸縮性等亦均各有出入，又不同管種之自重也有相當之差異，此等對施工具有相當影響之因素，在選用不同管種時，均應充分加以考慮，水管發生紅水之原因，多半由於鐵管或鋼管生鏽所致。其防範除由水質控制著手外，但如何選用不易腐蝕材質之管種，或加有類似性質襯裏之管種也極為重要。

4. 維護管理的方便性與經濟性：

同一供水區如使用太多管種，將大大增加維修複雜度及備料與倉儲管理成本，因此，在管種的選擇上，選擇優良管材並以單一管種為原則，將大量減少搶修備料及倉儲成本，同時搶修人員之訓練、搶修機具之準備等亦可相對減少而增加管網系統的維護管理績效，可採用預力鋼襯混凝土管或鋼管為原則，以簡化統一管種，如此可降低庫存及倉儲管理成本，也簡化提升管線維護管理作業提升績效。

表3-2 導（送）水管管種之特徵比較

管種	優點	劣點
聚氯乙稀塑膠管 (PVC)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 耐腐蝕及耐電蝕性優。 2. 質輕、施工搬簡易。 3. 可套接或用溶劑膠合。 4. 內面粗糙率不依時間增加。 5. 價廉。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 低溫下不耐衝擊。 2. 不耐有機溶劑。 3. 應防溶劑之容易引火燃燒。
鑄鐵管(水泥襯裡) (MJP)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 強度大，能耐腐蝕。 2. 容易切斷。 3. 機械接頭之撓曲性及伸縮性佳。 4. 施工簡易。 5. 另件齊全。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 不耐衝擊。 2. 粗重、搬運施工費力。 3. 接頭容易脫開，零件需設固定台。 4. 土壤腐蝕性高者，直管及零件外面需防蝕。
延性球狀石墨鑄鐵管(水泥襯裡) (DIP)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 強度大，能耐腐蝕。 2. 富延展性，能耐衝擊。 3. 機械接頭之撓曲性及伸縮性佳。 4. 施工簡易。 5. 另件齊全，並有防脫開配件。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 重量較大。 2. 接頭容易脫開，零件需設固定台。 3. 土壤腐蝕性高者，管件外面需防蝕。
玻璃纖維管 (FRP)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 耐腐蝕及耐電蝕性優。 2. 質輕、施工搬簡易。 3. 內面粗糙率不依時間增加。 4. 價廉。 5. 平口對接快簡易。 6. 管長大，可減少接頭。 7. 熱膨脹率小。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 不耐衝擊。 2. 易折斷。 3. 品質管制不容易。 4. 大口徑管容易被壓扁。 5. 不耐外壓。
聚丁烯塑膠管 (PEP)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 耐腐蝕及耐電蝕性優。 2. 能耐低溫。 3. 可任意增加管長，免去接頭。 4. 內面光滑，粗糙率不依時間增加。 5. 質輕、施工搬簡易。 6. 可熔接。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 品質管制不容易。 2. 受外壓易變形。 3. 熔接需專業技術人員。

<p>預力鋼襯混凝土管 (PCCP)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 耐腐蝕及耐電蝕性優。 2. 內面粗糙率不依時間增加。 3. 能耐外壓。 4. 價廉。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 粗重、搬運施工費力。 2. 接頭之撓曲性及水密性較差。 3. 零件不齊全，無統一規格，不易維護。
<p>鋼管 (SP)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 抗張及抗彎曲強度大。 2. 富延展性，耐衝擊。 3. 可熔接為一體，不會有脫離之問題。 4. 重量較輕，搬運施工簡易。 5. 加工簡易。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 熱膨脹率大，需配伸縮及撓曲之另件。 2. 需要防電蝕之考慮。 3. 接頭熔接及上塗料費時。管溝積水時不易施工。 4. 大口徑管容易被壓扁。

表3-3 耐震性管種主要特徵

材質	特徵
延性鑄鐵管 (DIP)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 管體強度大，具韌性，耐衝擊。 2. K型、T型、U型柔性接頭會隨著地盤變形而拉伸、彎曲，但若地盤變形程度大於接頭容許伸縮量，則接頭會被拉脫。S型、S II型等鎖構造接頭，伸縮性比柔性接頭大，且具有防止拉脫功能，故能夠承受比較大的地盤變動。在地盤變動劇烈處，可搭配伸縮可撓管(接頭)。 3. 管體單位長度重量較重，其柔性接頭施工性佳，但鎖構造接頭如S型、S II型的施工性稍差。近期已研發出NS型接頭改善施工性的方法。
鋼管(外覆塗裝 鋼管) (SP)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 管體強度大，具韌性且耐衝擊。然而需考慮銹蝕影響，在鋼管外被覆防腐蝕材料，提升其防蝕性。 2. 焊接接頭可使管路一體化，但應考量地盤變動對管體強度與變形能力的影響，因此在地盤變動劇烈處，可採用伸縮可撓接頭或增加管壁厚度，增加其耐震能力。
耐震硬質聚氯乙 烯管 (PVCP)	管體強度小於以上二管種，在低溫時耐衝擊性、低耐銹蝕性良好。新改良的PVCP增加其強度外，並加長其接頭長度以提升耐震性。
聚丁烯管 (PEP)	採用熱熔接管使成一體，可利用蛇行埋設增加其地震與地層變勸之應變能力，日本部分地區已廣泛使用於小口徑配水管及用戶給水管。

第五十八條 導（送）水管管線之規定如下：

- 一、以選定在公有道路或管線專用路線或其他自來水用地範圍內為原則，選在其他用地時，應視需要設沿全線之養護道路。
- 二、應儘量避免水平或垂直方向有急劇轉彎者。
- 三、任何一點不得高出最低水力坡降線。
- 四、使用抽水機輸送且導（送）水管較長者，應視需要在管線上裝設洩壓閥或平壓塔等安全設施。
- 五、視需要埋設二條管線並互相連接。
- 六、送水管不得與有污染可能之其他管線、水池等相連接，且所有新設、修復、或抽換之管線應經過消毒後始可使用。

【解說】

關於一：以選定在公有道路或管線專用路線或其他自來水用地範圍內為原則，選在其他用地時，應視需要設沿全線之養護道路。

管路為利於維護管理，以避免埋設於私地，而儘量埋設於公路或給水用地為宜。

由維護管理而言，雖給水用地為理想者，惟用地取得或房屋拆遷等有時頗為困難，故以公路利用之考慮最為優先，如無公路時，或有公路但太狹窄，或須繞個大圈，或彎彎曲曲不適合鋪設導水管路時，再考慮給水用地之使用。如鋪設於給水用地時，應預設將來成為公路之可能，並預先考慮公路之路面荷重，以及埋設深度及管厚等之設計。如決定鋪設於公路時，宜事先詳洽各主管機關對穿越河川或鐵路之處有無侵佔或妨害之可能。

導水渠之開水路，因無法鋪設於公路，故其用地必需能確保水流水面坡降之平順緩和之可能住，並對穿越丘陵、河谷時之隧道、水路橋、倒虹吸等建設困難度及建設費等有充分研討分析之必要。

關於二：應儘量避免水平或垂直方向有急劇轉彎者。

開水路之路線選定，必須儘量選擇平坦地勢。因其水面坡度為一定，異於管水路坡度可隨意變化之故，如果地盤有高有低起伏不平時，就必會有填土築造、建水路橋、築倒虹吸管措施等之產生，因此有時候繞一點遠路，雖會延長些長度，但築造在適當之地盤上或會更符合經濟。彎曲部分如果太多，水頭損失亦會依比例增加，選定路線時亦宜予列入考慮。

一般導水管渠路線之選定，對有施設可能之數條路線先做圖面上之調查研究作業，然後再赴現場詳細勘查在設計上有問題之處所，並比較檢討該等路線之用

地取得費用與建設費等之經濟性、耐震性及維護管理之難易性等事項，再依其綜合優劣點做判斷擇定。

關於三：任何一點不得高出最低水力坡降線。

管水路之路線，其全線位置必須選擇在起點與終點連結所形成之水力坡降線之下方。

假設管路位置高出該水力坡降線之上時，管內壓就小於大氣壓；則水中之空氣即被分離滯留於管中，致妨礙水之流通。又如萬一遇接頭有縫隙或管身有龜裂時，就會由週圍吸入雨水或污水等到管內，對衛生而言極為不利。

關於四：使用抽水機輸送且導（送）水管較長者，應視需要在管線上裝設洩壓閥或平壓塔等安全設施。

水壓過高而裝設減壓閥時，應在減壓閥之下游側裝設安全閥。安全閥之作用在於管線之水壓升高至所定限度時，會自動開啟，將水排放，以達防止水壓之升高，由於減壓閥有時會失效，因此應在其下游側設置安全閥，使其在減壓失效，水壓升高時，能自動解除由於水壓升高過度引起之不良後果。

在送配水用抽水機或加壓抽水機之出水管上，以及其他容易發生水錘作用之處，應視需要設置安全閥。加壓送配水系統在抽水機突然啟動或停止，或制水閥突然關閉時，在管線內可能會產生甚大之水錘壓力，而使管線破損，故應裝設安全閥防範之。除了抽水機之出水口外，長而急速向下之送配水管下端等處，均容易產生水錘作用，故在此等地方應視壓力之高低裝設安全閥，以保護管線之安全。但設有壓力調節槽及其他自動控制設備時，自可免設。

減壓閥及安全閥均應設置窰井以利維護操作，窰井用鋼筋混凝土建造，其尺度應足夠操作人員入內工作，其基礎不得加重於管之上面，井上應設人孔及人孔蓋。

安全閥應設置必要之排水管，以免在該閥作用時所排之水淹及附近造成災害。

關於五：視需要埋設二條管線並互相連接。

為系統調配需要，或增加系統備援性，視需要埋設二條管線並互相連接，惟兩系統內水壓過高或兩側水壓不同之連結處，應設減壓閥調整。系統應儘量避免使用減壓閥，藉妥以選用管徑以求水壓之合理分佈，但因地形上無法避免過高水壓之發生時，應選適當地點裝設減壓閥，以避免水壓超過正常需要而使維護管理增加困難，以及超過管線允許之最大靜水壓。又在管線兩側需要維持不同水壓時，或水壓不同供水區之連結管線上，均應設置減壓閥，俾能維持必要之水壓以符需要。

減壓閥應根據常用流量及常用壓力選擇適當之機型。減壓閥之動作十分靈

敏，所以應依使用情況選用最適當之機型，否則無法有效操作，如最大流量與最小流量之比值太大，減壓閥常會因發生開閉頻繁現象而發生故障或損壞，同時如減壓比率太大，則會產生噪音，均應注意避免之。

關於六：送水管不得與有污染可能之其他管線、水池等相連接，且所有新設、修復、或抽換之管線應經過消毒後始可使用。

管線之污染防止依下列原則：

1. 水管不得與自來水事業及自來水法第七十六條規定之自用自來水事業以外管線、井、抽水機或水池等直接連接。
2. 對於游泳池、貯水池、受水池等之供水，應有管徑一倍以上最小50公厘氣隙。
3. 水管與雨水及污水管渠，應保持3公尺以上水平距離，無法達此標準時，管底應高出下水道管渠頂30公分以上。
4. 水管與污水管或雨水管渠交叉在3公尺範圍內，其管底應高出下水道管頂30公分以上。如垂直方向之隔離有困難或配水管必須由下水道管線下面通過時，自交叉點起上下游各3公尺長配水管應使用具有充分水密性接頭之管種，頂與下水道管底之間儘可能保持30公分以上垂直距離。
5. 管線不得穿過污水管線人孔或與之相接。
6. 制水閥窰井、排氣閥窰井、排泥窰井、水表窰井、排泥管及排氣閥等不得與下水道管線或其人孔直接連接。

管線施工完成通水前，管內應先沖洗潔淨，建議可加入含氯量六十P.P.M.之消毒水消毒，管線沖洗初期先加半量消毒水，剩餘部份在未滿管前平均加入，消毒時間為一小時，之後排水過程中應檢測排放水之餘濾及濁度，直到餘濾降至0.8PPM濁度小於2.0NTU始可通水，餘氯濃度過高，有害河中魚類及藻類生長，必要時應準備中和劑，管內消毒完畢，應於下游排泥排水口取水檢測水質，以便符合環保法規中排放水標準。

第五十九條 導（送）水管管線局部最高點，應裝設排氣閥。

前項排氣閥需要附設制水閥，在地下水位較高，或有淹水可能之處所並應裝設必要高度之添加管。

【解說】

排氣閥應選設於管線突起點，所謂突起點並非一段管線之最高點之謂，而係指一段管線中局部高出前後側之點，例如水管橋等局部升高之處。管線中間如無突起點，排氣閥可設在較高端之制水閥下游之處。

管徑400公厘以上大口徑管線或所需排氣、進氣量較大之管線，宜使用雙口排氣閥，管徑350公厘以下之管線，則使用單口排氣閥。管徑800公厘以上管線宜設600公厘以上丁字管兼為人孔，並在人孔蓋上裝設排氣閥，俾使操作管理維護均能方便。排氣閥口徑應考量自來水管徑、管線中流量後，計算排氣量等因素，選擇適合口徑大小。

排氣閥應附設制水閥以利拆除、裝設及修理等工作，排氣閥構造雖甚簡單，但球體及橡膠墊物甚易損壞，為便於修理及抽換，排氣閥與丁字間應裝附有手輪之制水閥。

在地下水位高之處所，應將排氣閥以短管墊高，提高空氣進出口，以防吸入污水，參見圖3-18。排氣閥應設窰井以利維護操作，窰井應用鋼筋混凝土建造，其尺度應足夠修護人員入內工作，其基礎不得加重於管之上面，井上應設人孔及人孔蓋，參見圖3-19。

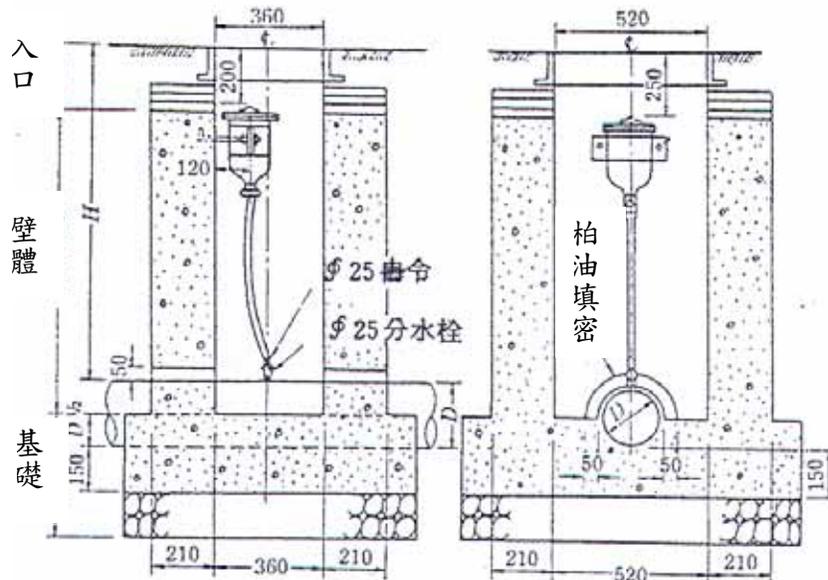


圖3-18 單口排氣閥窰井圖(單位mm)

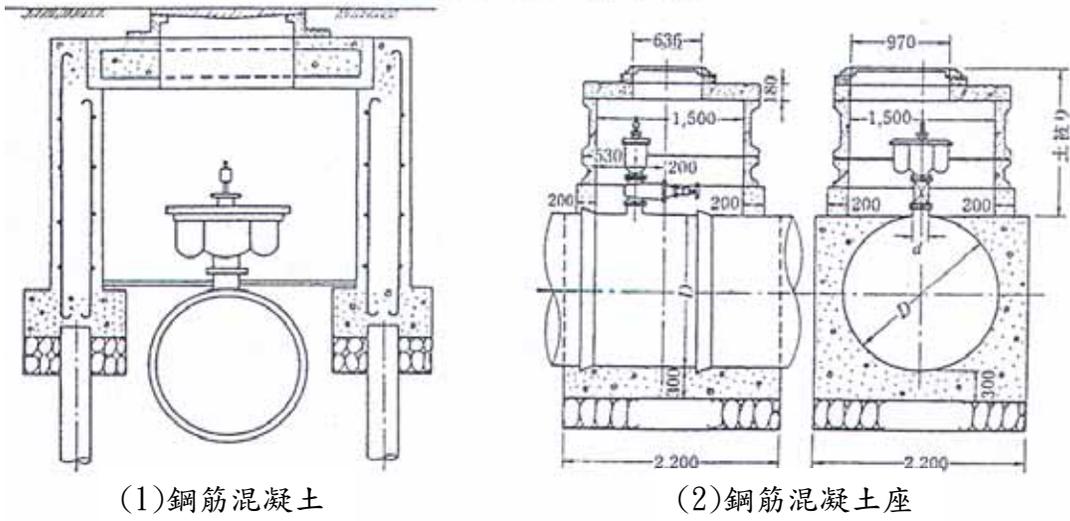


圖3-19 雙口排氣閥窰井圖(單位mm)

第六十條 排泥管及排出口之規定如下：

- 一、排泥管應裝設在管線之低處而有適當之排水路或河川附近。
- 二、接納排水之水路為下水道等有污染可能時，排泥管不得直接與之連接。
- 三、接納排水之河川或排水路面高於管底時，排泥管與排出口之間應視需要附設排泥窰井。
- 四、排出口附近應築造堅固之護岸。

【解說】

關於一： 排泥管應裝設在管線之低處而有適當之排水路或河川附近。

導水管所導送為原水，比較有積存泥砂之機會，故應特別注意排水設備，以應操作維護之需。

導水管多係單一管線，前後兩處制水閘間之距離較長，故為操作維護之方便，最少應在每處制水閘之間裝設排水設備。

為排除施工階段留在管中之泥砂，並做為日後維護管理上清洗水管及排除積水之用，導水管線應設置適當之排水設備。其裝設位置除在管線低凹滯之處外，宜選在排水量足夠之排水路、河川、雨水下水道管渠或側溝之附近最為理想。雖然管路並非最低，但附近有適當之排水場所時，亦應儘量設置排水設備。至於附近雖無適當之排水場所，但有其必要時，雖然需要長距離之管線，亦應予設置排水設備。

關於二、接納排水之水路為下水道等有污染可能時，排泥管不得直接與之連接。

排水管之放流口必須高於放流水體之最高水位，以免放流水體之污水倒流。當放流水面高於排水管，且排水管僅以洗管排水為主時，只需將排水管之放流口向上彎至放流水體之最高水位以上即可，如圖3-20(2)。但如須將主管排空，則應另設排水窰井，必要時可在排水窰井內抽水如圖3-20(3)。

排水管之管徑應以主管管徑之 $1/4\sim 1/2$ 為準，排水管應能維持主管排水之流速相當快速才能達到完全沖洗之作用。在1,650公厘以下之管，其排水管管徑應約為主管之 $1/4\sim 1/2$ ，在可能範圍內應儘量放大。惟在500公厘以上之主管因其排量頗大，其排水管管徑有時受限於放流水管窰井等容量之限制，無法使用適當或較大管徑者，故在情況容許時，應儘量多設排水管，以達充分排水之目的。排水管之排水且可概估如表3-4。

關於三：納排水之河川或排水路面高於管底時，排泥管與排出口之間應視需要附設排泥窰井。

放流水面較導水管底為高時，為能將管內之水完全排除，窰井並以抽水機抽排。

關於四：排出口附近應築造堅固之護岸。

排水管放流口附近應設必要之保護口，放流口附近如因大量之放流水有被浸蝕、破壞之虞時，應設混凝土、拋石或砌石護岸加以保護。有時亦可在排放口設鋼筋混凝土排水窰井，以井壁承受排水管噴出之水之衝力，減緩水勢後，由溢流口流出。為減小流速，溢流口之寬度應儘量加大，如圖3-20(4)。排放口如無適當之保護措施，在排放時應臨時以鋼板樁或木條等安放於排放口，以達保護之目的。

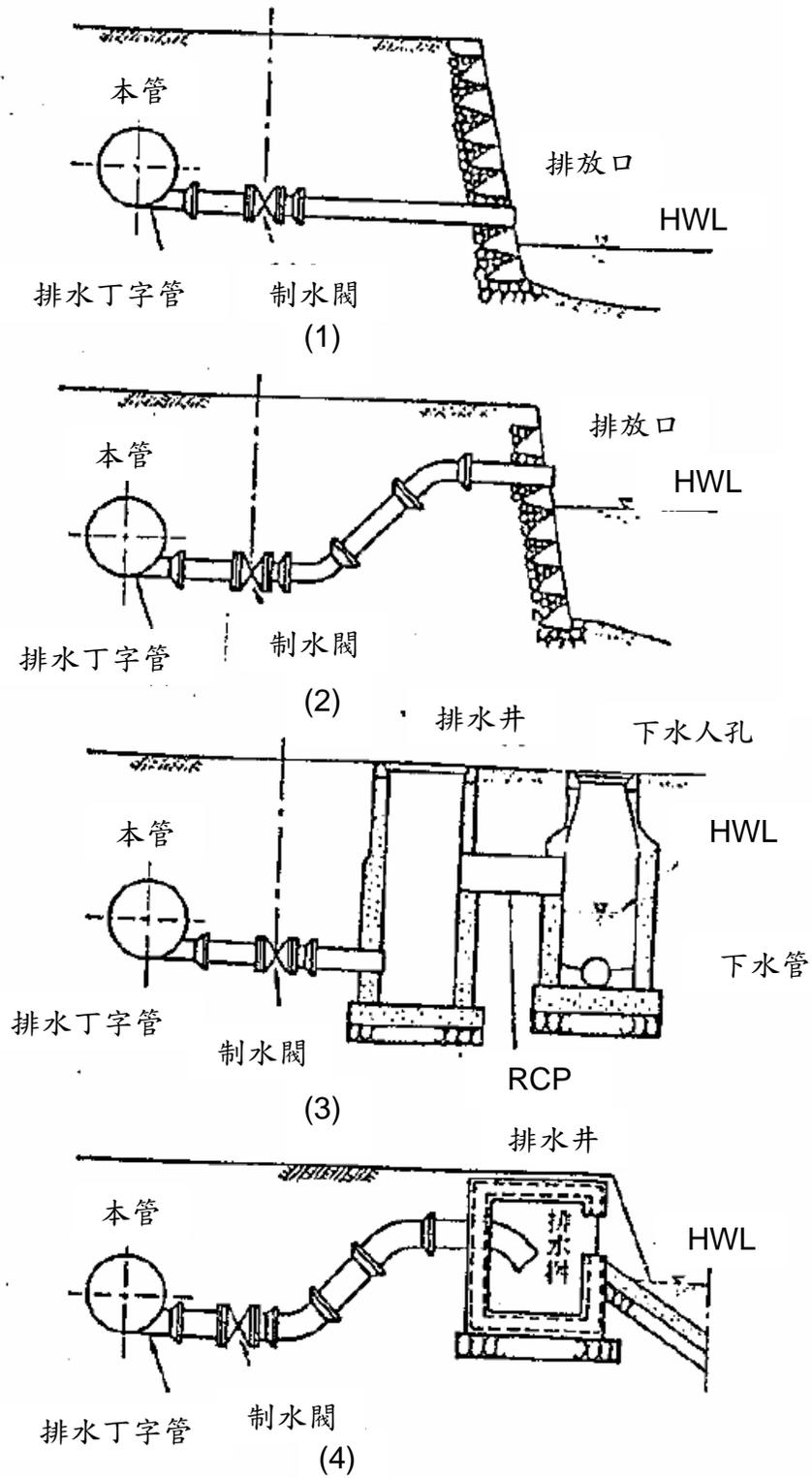


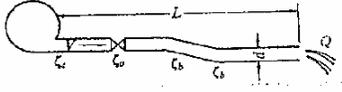
圖3-20 排水管、排水井、排放口圖

表 3-4 排水管排水量概算表

開桿	開度	1/8	2/8	3/8	4/8	5/8	6/8	全開	開桿	開度	1/8	2/8	3/8	4/8	5/8	6/8	全開		
	開口面積 (m ²)	0.0009	0.0027	0.0031	0.0046	0.0057	0.0067	0.0079		開口面積 (m ²)	0.0062	0.0142	0.0226	0.0291	0.0358	0.0416	0.0491		
	開關桿回轉數	1.7	3.5	5.2	7.0	8.5	10.4	13.8		開關桿回轉數	3.1	6.7	9.2	12.3	15.4	18.2	24.6		
100 ø	水管水壓 (kg/cm ²)	0.5*	0.44	0.74	0.85	0.91	0.93	0.95	0.95	250 ø	水管水壓 (kg/cm ²)	0.5*	2.9	6.0	8.0	9.2	9.8	10.2	10.5
		1.0	0.63	1.05	1.21	1.29	1.31	1.33	1.35			1.0	4.2	8.4	11.3	13.0	13.9	14.4	14.8
		1.5	0.76	1.27	1.48	1.57	1.61	1.63	1.65			1.5	5.1	10.3	13.9	15.9	17.0	17.7	18.1
		2.0	0.87	1.48	1.70	1.82	1.86	1.90	1.90			2.0	5.9	12.0	16.1	18.5	20.1	20.6	21.2
		2.5	0.97	1.65	1.91	2.05	2.09	2.11	2.12			2.5	6.6	13.4	18.0	20.7	22.4	23.0	23.7
		3.0	1.06	1.80	2.11	2.24	2.27	2.31	2.33			3.0	7.3	14.7	19.7	22.7	24.5	25.2	26.0
		3.5	1.16	1.95	2.20	2.39	2.46	2.48	2.52			3.5	7.5	15.9	21.3	24.5	26.5	27.3	28.1
		4.0	1.57	2.09	2.43	2.56	2.63	2.67	2.69			4.0	8.3	17.0	22.7	25.2	28.3	29.4	30.0
開桿	開度	1/8	2/8	3/8	4/8	5/8	6/8	全開	開桿	開度	1/8	2/8	3/8	4/8	5/8	6/8	全開		
	開口面積 (m ²)	0.0021	0.0050	0.0077	0.0091	0.0127	0.0149	0.0177		開口面積 (m ²)	0.0094	0.0173	0.0315	0.0420	0.0516	0.0601	0.0707		
	開關桿回轉數	2.2	4.4	6.5	8.9	11.1	13.3	17.7		開關桿回轉數	3.7	7.4	11.1	14.8	18.4	22.1	29.5		
150 ø	水管水壓 (kg/cm ²)	0.5*	1.0	1.9	2.3	2.5	2.6	2.7	2.7	300 ø	水管水壓 (kg/cm ²)	0.5*	4.3	8.9	12.3	14.5	15.7	16.5	17.0
		1.0	1.5	2.7	3.3	3.6	3.7	3.8	3.9			1.0	6.0	12.7	17.4	20.5	22.2	23.3	24.0
		1.5	1.8	3.3	4.0	4.4	4.6	4.6	4.7			1.5	7.4	15.5	21.3	25.0	27.2	28.6	29.4
		2.0	2.0	3.8	4.7	5.1	5.3	5.4	5.4			2.0	8.6	17.9	24.7	29.0	31.5	32.9	34.0
		2.5	2.3	4.2	5.2	5.6	5.9	6.0	6.1			2.5	9.6	20.0	27.6	32.4	35.3	36.8	38.0
		3.0	2.5	4.6	5.7	6.2	6.4	6.6	6.6			3.0	10.5	21.9	30.2	35.5	38.6	40.3	41.6
		3.5	2.7	5.0	6.1	6.7	7.0	7.1	7.2			3.5	11.3	23.7	32.6	38.3	41.6	43.5	45.0
		4.0	2.9	5.3	6.6	7.1	7.4	7.6	7.7			4.0	12.1	25.3	34.9	41.2	44.5	46.7	48.0
開桿	開度	1/8	2/8	3/8	4/8	5/8	6/8	全開	開桿	開度	1/8	2/8	3/8	4/8	5/8	6/8	全開		
	開口面積 (m ²)	0.0040	0.0090	0.0137	0.0186	0.0228	0.0267	0.0314		開口面積 (m ²)	0.0168	0.0368	0.0564	0.0749	0.0920	0.1070	0.1256		
	開關桿回轉數	3.0	5.9	8.9	11.8	14.7	17.7	23.6		開關桿回轉數	4.3	8.6	12.9	17.2	21.5	25.9	34.5		
150 ø	水管水壓 (kg/cm ²)	0.5*	1.9	3.6	4.5	5.2	5.5	6.0	6.1	300 ø	水管水壓 (kg/cm ²)	0.5*	7.7	16.4	23.5	28.4	31.6	33.4	34.8
		1.0	2.6	5.1	6.3	7.4	7.8	8.0	8.1			1.0	10.9	23.3	33.3	40.1	44.6	47.3	49.2
		1.5	3.2	6.3	7.7	9.0	9.5	9.8	10.0			1.5	13.3	28.5	40.8	49.1	54.7	58.0	60.2
		2.0	3.7	7.3	9.0	10.4	11.0	11.3	11.5			2.0	15.4	32.9	47.0	56.7	63.2	66.8	69.5

cm ³)	2.5	4.2	8.1	9.9	11.6	12.3	12.6	12.8	m ³)	2.5	17.2	36.8	52.7	63.4	70.6	74.8	77.7
	3.0	4.6	8.9	10.9	12.7	13.4	13.8	14.1		3.0	18.8	40.3	57.6	69.5	77.3	81.8	85.1
	3.5	4.9	9.6	11.8	13.8	14.5	14.9	15.2		3.5	20.3	43.6	62.3	70.1	83.5	88.5	92.0
	4.0	5.3	10.2	12.6	14.7	15.5	15.9	16.3		4.0	21.7	46.6	66.6	80.2	89.2	48.0	98.3

計算之條件



$$H = (fe + fv + 2fb + \lambda \frac{L}{a} + 1) \frac{v^2}{2g} = (1.6 + fv + \lambda \frac{L}{d}) \frac{v^2}{2g}$$

$$\therefore v = \frac{4.43}{\sqrt{1.6 + fv + \lambda \frac{L}{d}}} \cdot \sqrt{H}$$

$$\text{流量 } Q = \frac{\pi}{4} \cdot d_v^2 \cdot v = \frac{\pi}{4} d^2 \cdot \frac{4.43}{\sqrt{1.6 + fv + \lambda \frac{L}{d}}} \cdot \sqrt{H} \text{ (m}^3/\text{s)}$$

H: 本管水壓 (m)

L: 排水管管長 (m)

d: 排水管管徑 (m)

fe: 流入損失係數 (0.5)

fb: 曲管損失係數 (0.04)

fv: 制水閥損失係數

λ: 排水管摩擦損失係數

制水閥開度與"fv"之關係

開度	1/8	2/8	3/8	4/8	5/8	6/8	全開
fv	90	16	5.5	2.3	1.0	0.335	0

管徑與"λ"之關係

管徑	100	150	200	250	300	400
λ	0.045	0.040	0.036	0.031	0.027	0.024

第六十一條 大管徑之導（送）水管，應在必要地點設置檢查及修理人孔。

【解說】

800公厘以上管線應予設置必要之人孔，以應內部檢查及修理之需。除因地震或其他原因，較易發生事故之水管橋、過河橋及制水閘等處，以及地形、地質變化或其他重要地點之管線上外，其他地點每隔相當距離均應妥予設置人孔，以利必要時可容人進入內部做檢查及修理工作。尤其覆土較厚處，因從管外之檢查及修理均甚困難，更有設置之必要。

人孔之大小以60公分為度，通常設於管頂上向上開口，以平口盲蓋密封，平口上裝設排氣閥以利通氣。

人孔應設窰井保護，其構造同制水閘或排氣閘等。如圖3-21所示。

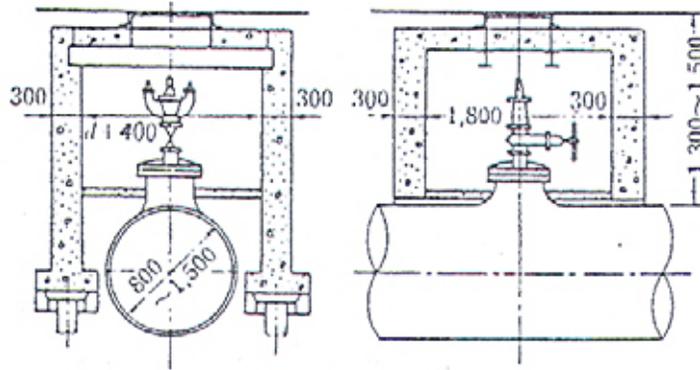


圖3-21 人孔及人孔窰井圖(單位mm)

第六十二條 水管橋及過橋管之規定如下：

- 一、水管應採用耐於溫度變化、振動及地震力之接頭。
- 二、第五十八條第一款至第三款及第五款適用於水管橋。
- 三、過橋管應配合橋之活動端位置使用伸縮接頭，且在每一橋孔間妥當固定。過橋管在橋台、橋墩部分應使用機械接頭等具有可撓性及水密性之伸縮接頭如因活載重而橋梁有較大之撓度時，橋孔間亦應採用適當之接頭。
- 四、儘量避免水管架設於木橋。
- 五、引道部分之地基橋台間有較大不均勻沉陷之虞時，此部分之水管應使用容許較大變位之撓性接頭。

【解說】

水管橋應視導水管之管徑、跨度、架設地點之地理條件，選擇最適當之構造。以往水管橋均以版深或桁架等來支持管線，隨著焊接技術之進步，最近之設計多半也利用水管本身為橋梁之一部分，來承擔荷重，且因高張力鋼材之開發，此種傾向愈為顯著。此種發展係利用鋼管封軸向壓力、彎曲、張力及扭力等之抗性及剛性大，以及加工容易等優點。通常水管橋有下列形式：

(1) 管梁水管橋：

係以水管本身為主體，利用管座支承架於橋墩上而成，構造上最為簡單而經濟。管梁之跨度主要因管徑而異，管徑愈大，其支點間之跨度愈大，但也可藉管厚予以增減。

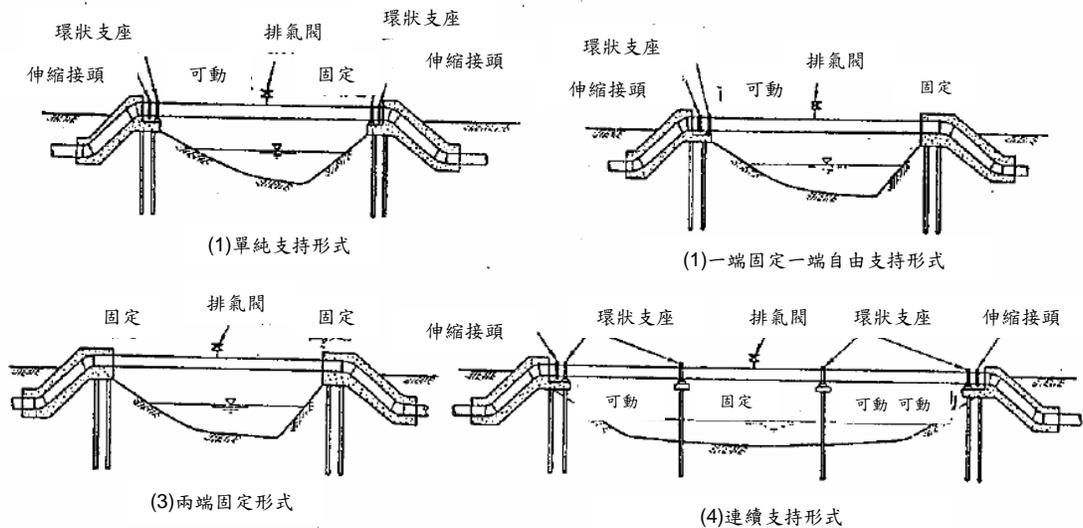


圖3-22 管梁水管橋圖

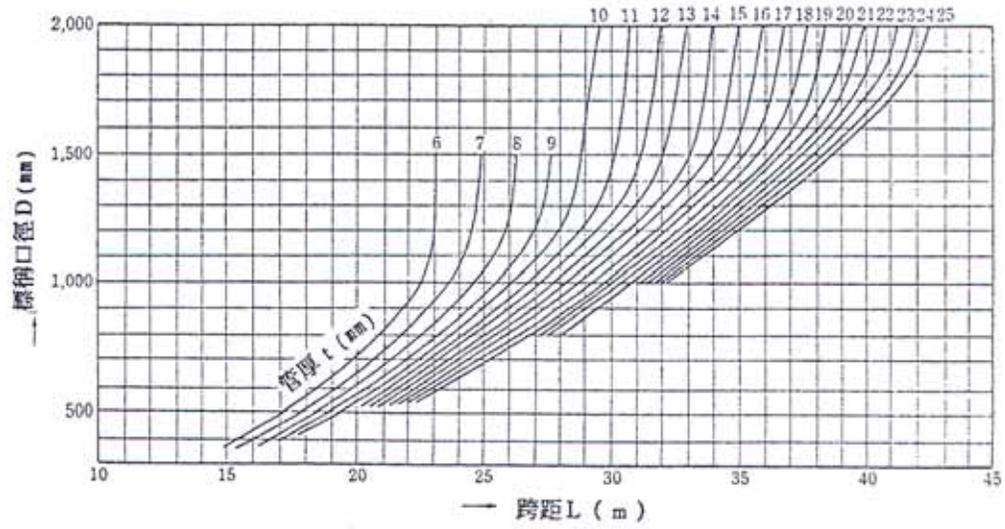


圖3-23 單純簡支梁最大容許跨度圖

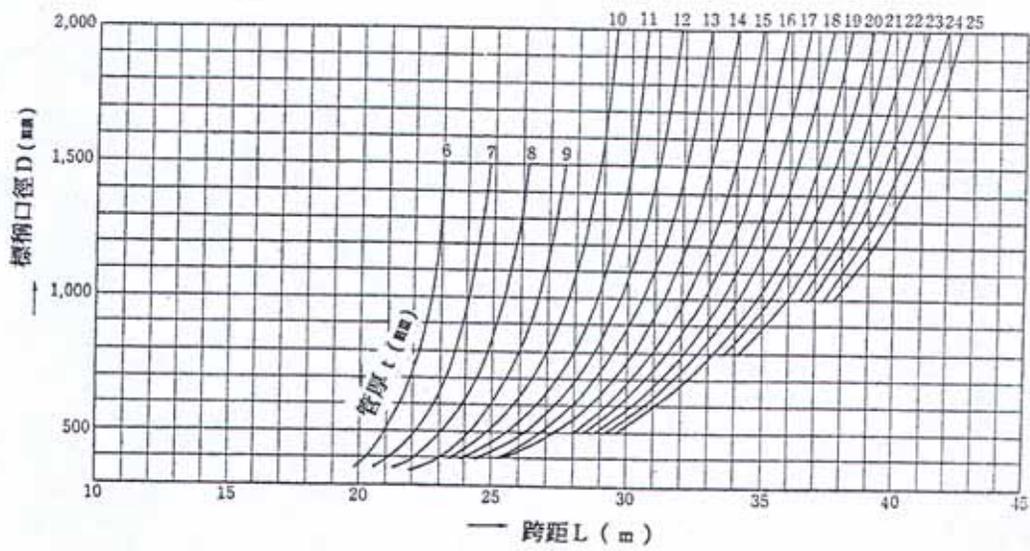


圖3-24 一端固定一端自由端最大容許跨度圖

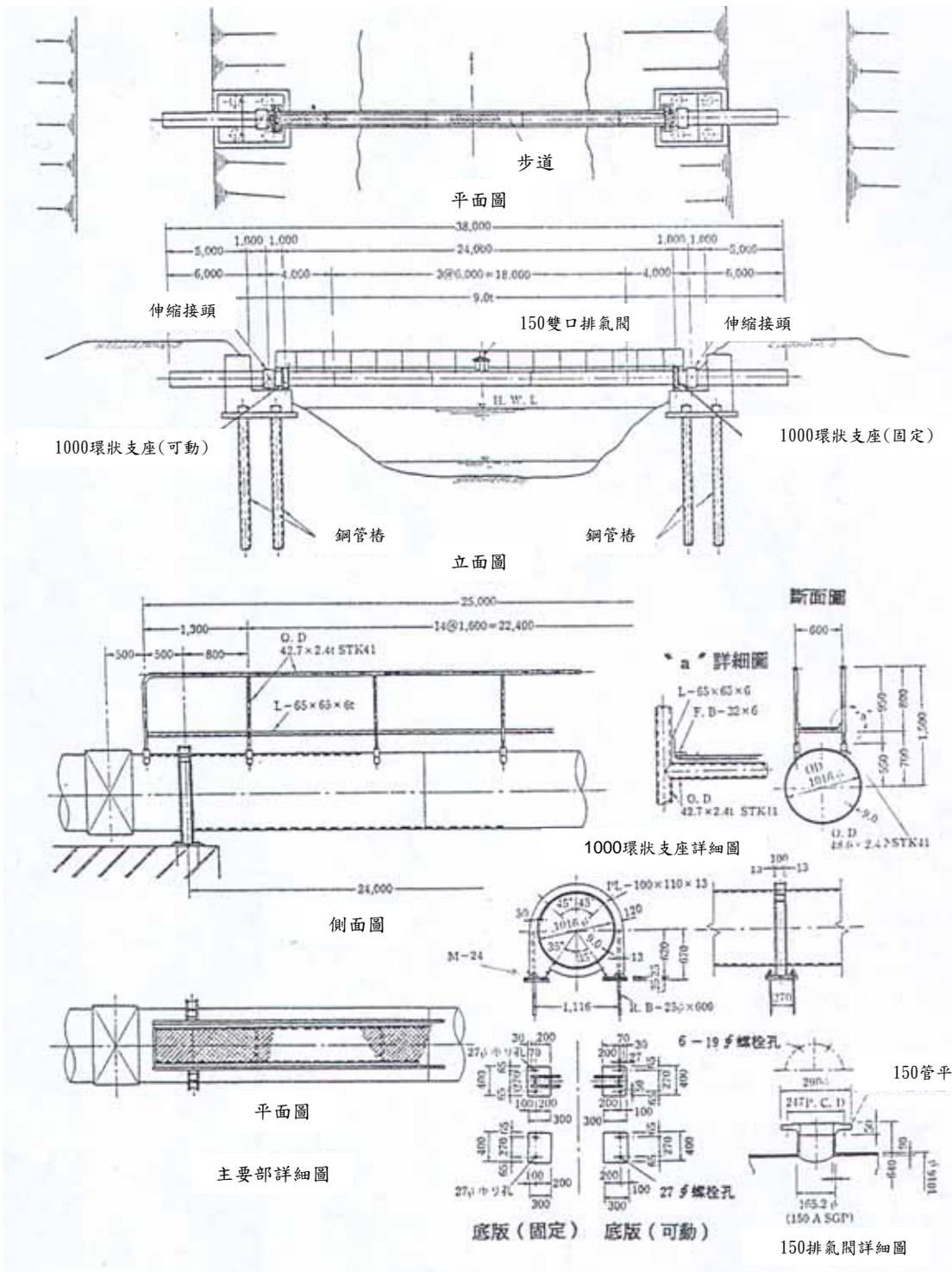


圖3-25 1000mm單純支持形式水管橋圖

(2) 補強水管橋:

鋼管之最大容許跨距依管徑及管厚而定，補強水管橋係以補助構材與水管構成之水管橋，由於補助構材之加強，某跨度增加，適合於橋墩設置困難

之峽谷或河川管理上不便設置橋墩之處。

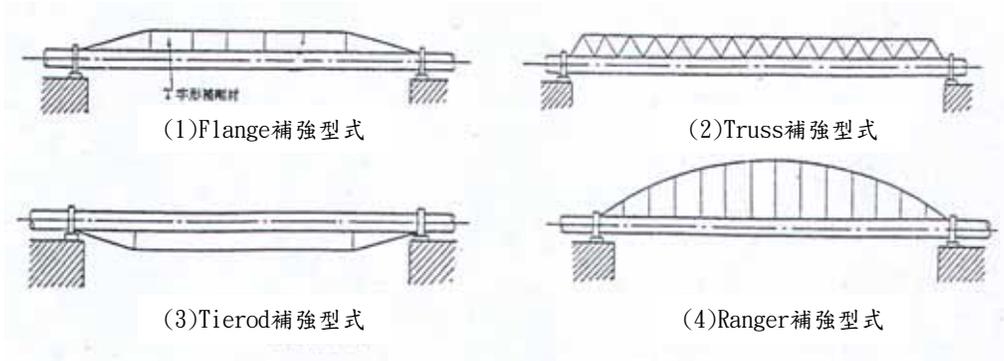


圖3-26 補強水管橋圖

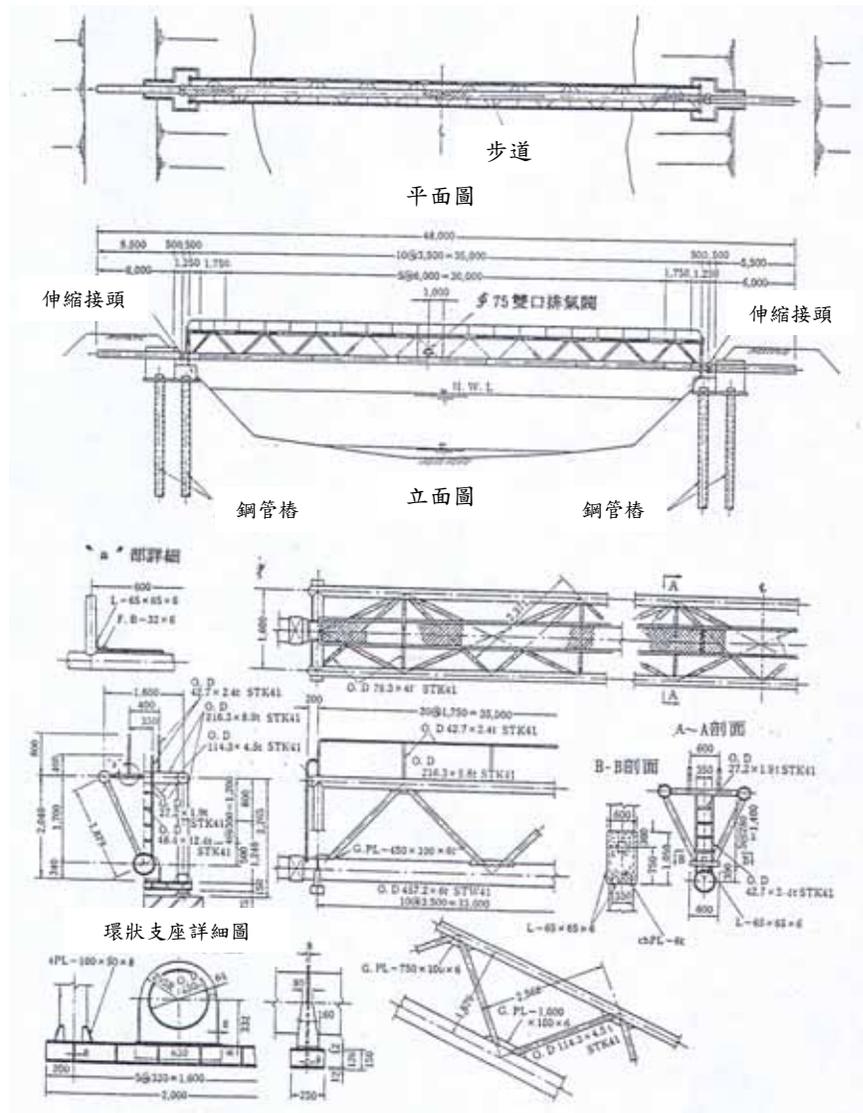


圖3-27 450mm鋼桁架補強水管橋圖

水管橋應對水重、自重、地震及風力具有安全性，並考慮溫度變化伸縮膨脹之需要，如設有步道時，步道上行人之重量自應顧及。

水管橋支承處之構造應能兼顧管之變形問題，內壓以及溫度變化等而使安全。水管橋支承處之構造通常採用固定台、環狀支座、或活動支座等。固定台通常使用混凝土鑄成，與橋台連成一體。環狀支座以混凝土或鋼料製成，然後在支座與水管之間墊以鋼板、柏油等滑動補助料。活動支座可採用滑動板型與滾筒型等。

橋墩及橋台之基礎台均應依實際需要施予必要之保護措施，以防因流水沖刷或漂浮物之衝擊而危及水管橋之安全。

在水管橋之可動支承端處，為防止落橋情事，應設置移動限制裝置為原則。

露出部分應考慮周邊環境情況，在水管橋外面妥予做適當防蝕塗裝；橋台部分宜避免鋼筋混凝土之鋼筋與管體間不同金屬所產生之電蝕及其他腐蝕。

水管橋上應儘量附設步道，以易日後之維護工作，惟兩端均應設置柵門，禁止閒人之通行，避免危險。

關於一：水管應採用耐於溫度變化、振動及地震力之接頭。

凡外露之管線使用無法自由伸縮之接頭，每隔20~30公尺長應設伸縮接頭。伸縮接頭可允許管線在溫度(外面之空氣或管內之水)變化時自由伸縮。露出管線溫度變化較大，管之四週又無土壤摩擦阻力，故伸縮之程度較大，除非使用伸縮性接頭，否則必須在適當距離內加上伸縮接頭，除應付因溫度變化之伸縮外，亦可避免不均勻沉陷之不利影響。

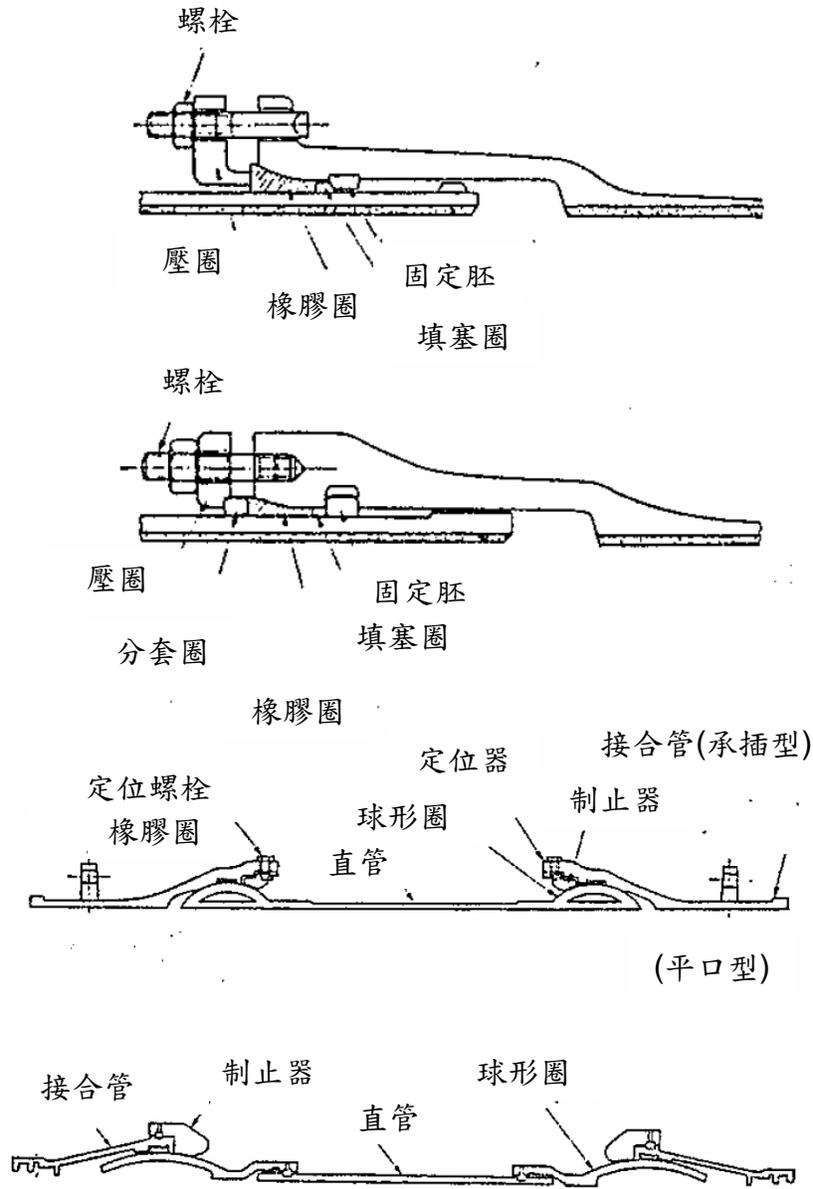


圖3-28 延性鑄鐵管伸縮可撓性接頭（耐震型）圖

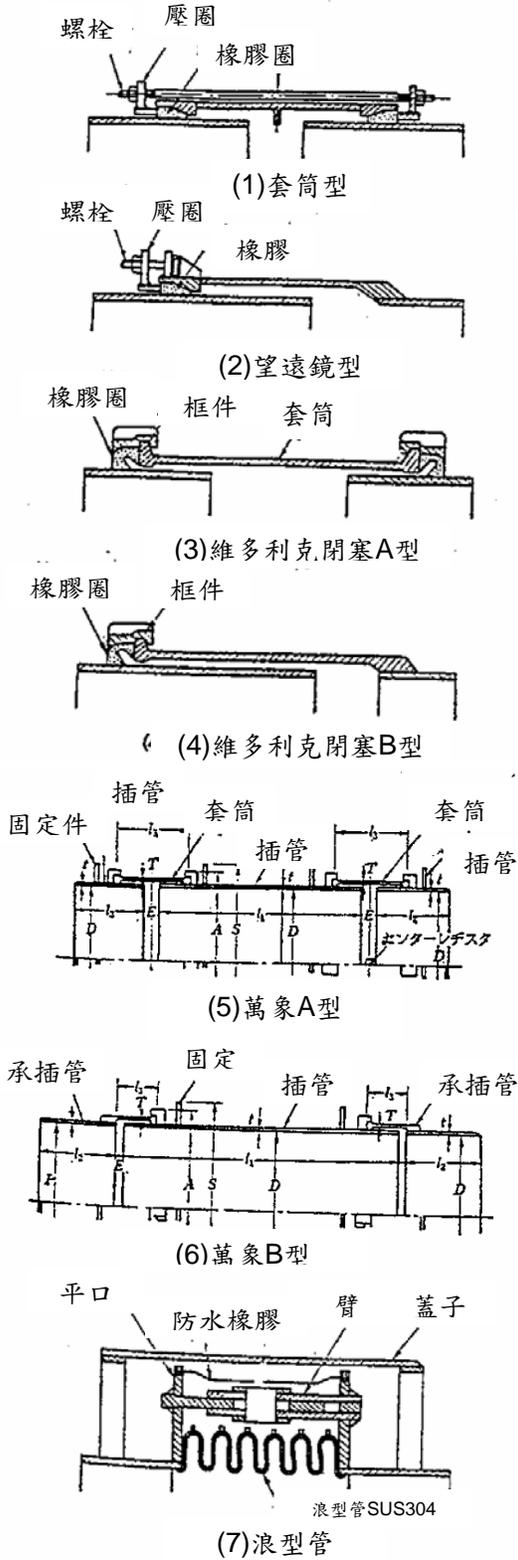


圖3-29 鋼管伸縮接頭圖

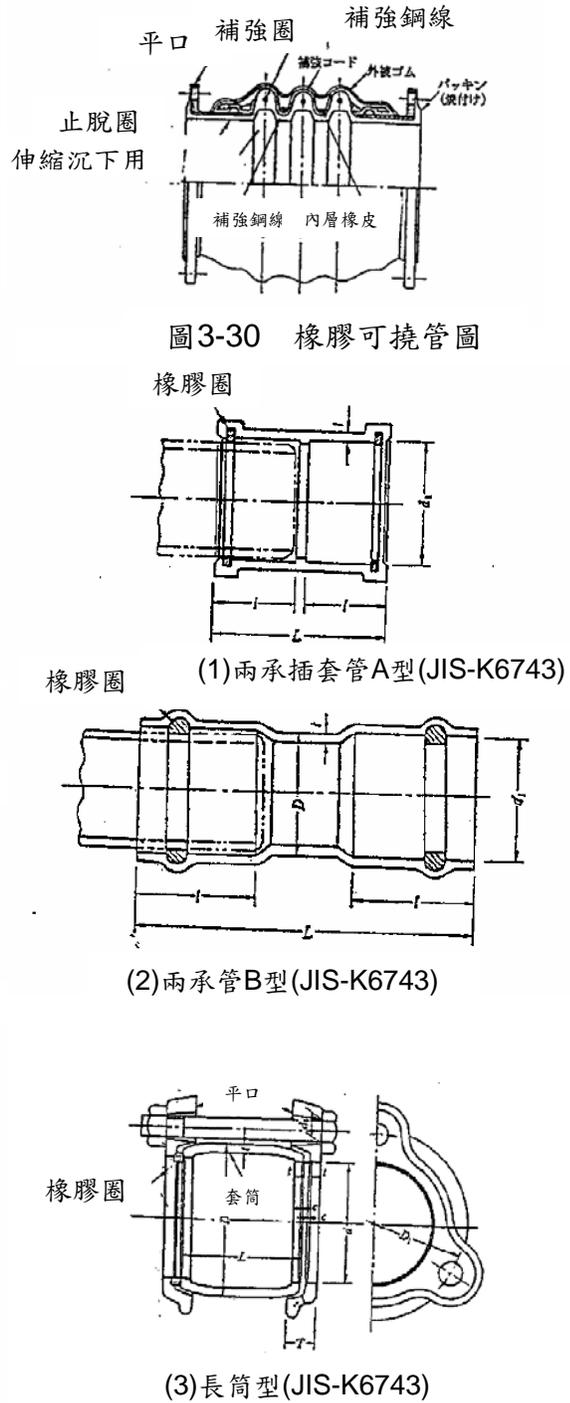


圖3-31 硬質塑膠管用伸縮接頭圖

關於二：第五十八條第一款至第三款及第五款適用於水管橋。

第五十八條第一款 以選定在公有道路或管線專用路線或其他自來水用地範圍內為原則，選在其他用地時，應視需要設沿全線之養護道路。

第五十八條第三款 任何一點不得高出最低水力坡降線。

第五十八條第五款 視需要埋設二條管線並互相連接。

送水管不得與有污染可能之其他管線、水池等相連接，且所有新設、修復、或抽換之管線應經過消毒後始可使用。埋設鋼管時，應視需要設置伸縮接頭，由於鋼管可抵抗溫度變化所產生之應力，故一般均忽略使用伸縮接頭，但最少應選在制水閥之前後，以及彎管及丁字等處裝設伸縮接頭。制水閥前後之伸縮接頭在制水閥關閉時，將因所產生之不平衡力而脫離，故需設法防止。彎管及丁字管等處則應考慮不平衡力之影響，妥予決定伸縮接頭之位置。鋼管最後熔接接頭最好也能設伸縮接頭，以緩和因熱而產生之應力。

關於三：過橋管應配合橋之活動端位置使用伸縮接頭，且在每一橋孔間妥當固定。

在水管橋、過河管以及軟弱地盤等可能發生不均勻沉陷之處，應使用可撓性接頭。在此等地方如管之角變位及不均勻沉陷量均小時，可用機械接頭、螺栓壓圈式伸縮接頭。在不均勻沉陷嚴重地區，則宜用可撓性接頭及皺紋型接頭。

關於四：過橋管在橋台、橋墩部分應使用機械接頭等具有可撓性及水密性之伸縮接頭，如因活載重而橋梁有較大之撓度時，橋孔間亦應採用適當之接頭。

採用TS溶劑接頭之硬質塑膠管，應依需要設置伸縮接頭。此種接頭之硬質塑膠管最好每隔約40~50公尺裝設一處伸縮接頭。在地盤沉陷嚴重地區，不宜用TS接頭，應改用可撓性接頭，在另件固定台前後亦應設置伸縮接頭。

伸縮接頭在夏天施工時，接頭內不留空隙，冬季施工時，應依每10公尺長之直管10mm之比例留空隙。以利伸縮。

關於五：引道部分之地基與橋台間有較大不均勻沉陷之虞時，此部分之水管應使用容許較大變位之撓性接頭。

橋台外側之管上應設可撓性接頭，以應不同沉陷之需要。通常水管橋之橋台均設有較為堅固之基礎，所以不易沉陷，但外側管線不但沒較好的基礎，有時甚至於埋設於回填土上，所以就此橋台較易下陷，同時在地震時兩者之振動也各不相同，為策安全，應在水管之兩端各設可撓伸縮接頭。

附掛現有橋梁之管線，應依管徑、支承間之跨距、荷重，以及附掛之管種等等，據以選擇最適當之管種。為求重量減輕，耐震能力高之觀點而言，通常以鋼管較為適當，至於平口接頭之鑄鐵管，因撓曲性及伸縮性均差，容易因溫度變化之伸縮或地震而受損，所以使用時應加以特別之顧慮。

附掛現有橋梁之管線，應配合橋梁之可活動地點設置必要之伸縮接頭，使管線能隨同橋梁，依溫度之變化而自由伸縮。另一方面，每一跨度應選在一處，將水管固定於橋梁上，以免任意移動，同時在地震時，地震應力不致於集中在橋梁之兩端，而分散於各橋台承擔承擔。

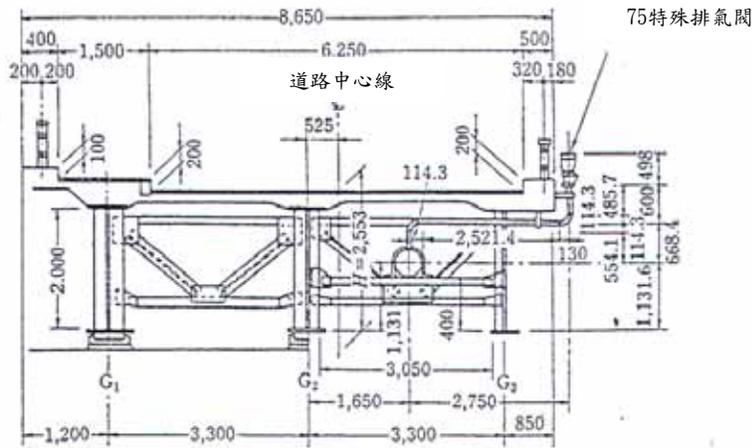
附掛於現有橋梁之管線，必要時應分成數條小管線，以免橋梁之負荷過分集中，或者管徑過大，影響橋下淨空之不足。

附掛管線，除在橋台及橋墩處附近外，並應在其他必要之處設置可撓性伸縮接頭，以因應橋梁本身因受荷重而變形時，管線能隨時自由伸縮活動之用。

關於六：儘量避免水管架設於木橋。

應儘量避免在木橋或吊橋上附掛管線。木橋或吊橋之壽命有限。同時震動厲害，因此不宜附掛管線，不得已附掛時，應有適宜之措施以因應震動。

橋梁附掛管線如圖 3-32。



斷面圖

圖3-32 橋樑附掛管線圖

參考文獻

1. 水道維持管理指針。(日本水道協會，1998年)
2. 自來水設備工程設施標準解說。(中華民國自來水協會，民國84年12月)
3. 自來水設施耐震設計指南及解說(中華民國自來水協會，2002年)
4. 配水管工の手引。(東京都水道局，平成12年5月)
5. 水利法(民國92年02月06日修正)
6. 水利法施行細則(民國93年11月17日修正)
7. 跨河建造物設置審核要點(經濟部，中華民國93年7月28日經濟部經授水字第09320213590號令修正)
8. 水污染防治法(民國91年5月22日修正)
9. 水污染防治法施行細則(民國95年4月14日修正)
10. 放流水標準(民國92年11月26日修正)
11. 臺北區自來水第五期建設工程給水工程計畫第一階段工程執行成果報告(臺北自來水事業處工程總隊，民國95年8月)

第四章 淨水設施

第六十三條 淨水方法之選定規定如下：

- 一、原水淨水方法應以能有效除去各種不需成分，並依原水水質加以研究或實驗決定。
- 二、採用新淨水方法，應有其試驗或操作報告，並有水質檢驗分析資料，能證明其水質符合標準。

【解說】

關於一：原水淨水方法應以能有效除去各種不需成分，並依原水水質加以研究或實驗決定。

安全為自來水系統之最基本要求，尤其淨水設備更應以能確保處理效果之安全可靠為規劃及設置之原則，以便能在任何情況之下，均能將可能之不利原水水質有效加以淨化，經常維持合乎要求之清水水質。

淨水設備係為自來水系統之中樞，淨水方法與設備選擇之妥當與否，是否易於維護管理完善，最會直接影響系統之成效，因此規劃之時，應由系統整體之觀點，就場址、方法與設備，以及建設與操作維護等相關問題，做深入之調查及研究，做為方案選用之依據。其主要項目包括設備規模、水源及原水水質、淨化程度、淨水方法及設備、用地之地形、地質及取得之難易，所需技術水準、周圍環境，以及新舊設備之配合問題等等。

設備規模除以主要計畫為依據之外，並應考量將來擴建之需要，以及應付平常操作上及日後擴建改善時所需備用之能力，同時亦要能與水源之可引水量互相配合。

水源及原水水質為決定淨水設備之最主要變動因素。不同原水水質均要據於主管機關所訂自來水水質標準及飲用水水質標準決定淨化之程度。但該標準係為最低之要求，因此淨化之程度宜以更佳水質為管理之目標，據以選擇應有之淨化方法及設備，如有不同方法或設備可供選擇，則應就對規模大小之適應性、運轉方式及儀控設備之繁簡度、操作管理上之難易度、所需用地之大小等等加以比較衡量，並以所需建設費用及操作管理之經費比較其經濟性做為參考，但仍然著重於使用上之安全可靠，做取捨之決定。

一般性淨水方法係以加藥、混凝、沉澱、過濾及加氯為主軸，各步驟均有不同之方式及設備，均應依上述原則選用。其中過濾部分慢濾之成效佳，操作簡單，但負荷能力低，所需面積大，因此除係規模小且原水水質不太差時外，不太容易有被利用之機會。因此藉加入藥劑混凝，將大部分懸浮固體沉澱後，再經過濾淨化之程序為較普遍之方式。

加氯為傳統上被認為最可靠之消滅飲水中病原菌之方法。儘管另有臭氧處理可以替代，但藉加氯在飲用水中維持足夠餘氯，仍被認為是淨水處理上必須之步驟，以保衛生上之安全。

隨著原水水質受污染加劇之影響而惡化，較特殊之淨化處理方法逐漸登場，包括活性碳、臭氧、離子交換、逆滲透膜，甚至於生物處理等等，係用以改善對生物、臭、味、色、微量有機物，三鹵甲烷衍生體、氨氮，以及陰離子界面活性劑等等之祛除淨化。上述各項均應與其他處理設備同時併用，其組合併用之方式隨原水水質及淨化標的而定。至於硬度及鹽分過高，則應依靠軟化及淡化之處理，如圖 4-1 所示為澄清湖高級淨水廠處理流程。

無論淨水方法或設備，在同樣均能符合淨化程度之要求前提下，應以操作管理之難易度為主要之考量，做為取捨之依據，因為簡單之操作及維護要求，較能確保處理之安全可靠。

總之淨水設備為確保供應良質用水之不可或缺。在選用前應儘量選擇良質之水源，並藉嚴格之污染防範維護，俾能盡可能減輕水質淨化處理之負擔。水源一經選定則依所需淨化要求，在可行之方法及設備，在比較相關之因素之中，著重於操作管理之容易及安全可靠，並以建設及操作所需費用之綜合經濟比較為基礎選擇，在決定前並經實驗驗證其成效。

關於二：採用新淨水方法，應有其試驗或操作報告，並有水質檢驗分析資料，能證明其水質符合標準。

任何淨水方法以及設備均有一定之理論根據，甚至於已經過相當之實驗，故必然都會有相當之處理效果。惟不同水源有不同原水水質，加以淨水操作之環境各有不同，因此以同一方法或設備使用於不同之淨水場，所得之成效不一定完全一樣。是故，除非已有相當類似之利用先例可供參考，否則所有淨水方法及設備，原則上均應在正式採用前，先經過實驗。至於新式之淨水方法或設備，則應有實際使用之資料以證明其處理之效果，同時用以估算操作維護所需費用，以便與其他可行方法或設備比較其適用性及經濟性之優劣，做為採用之依據。同時在正式採用之前，最好能以實驗廠經過一段時間之試用驗實其可靠性。

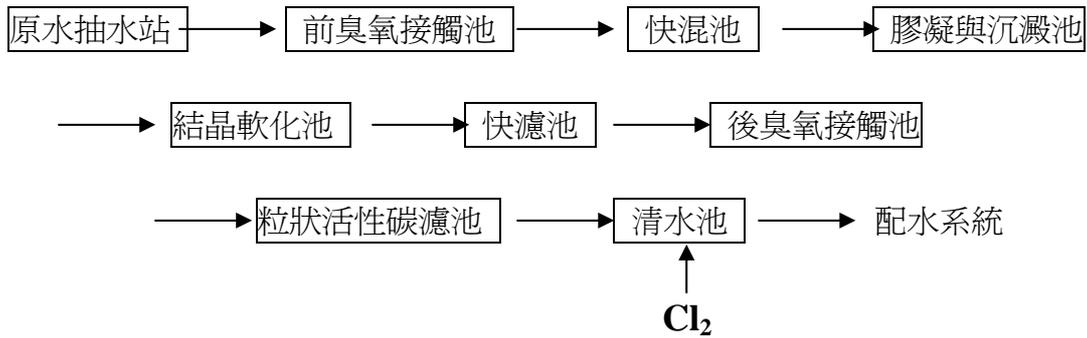


圖 4-1 澄清湖高級淨水廠處理流程

一般自來水處理設備大抵包括膠凝、沉澱及過濾三主要步驟，經過此三處理程序仍無法祛除之物質則有賴特殊水質處理設備，如臭氧或活性炭處理，以達到飲用水水質標準。

【臭氧處理】

臭氧之氧化力優於氯，可以脫色、脫臭、殺菌及減低有機氯化物。臭氧與有機物反應，可能生成副生成物，因此必須與活性炭處理併用。施行臭氧處理時，依處理目的須考慮注入點、劑量等，並經模擬廠之實驗確認後方可決定。

使用臭氧處理最重要之問題為殘留臭氧及其排除處理。若將未溶於水之臭氧排放於大氣中，將引起公共衛生、勞工安全及環境污染之問題，故須特別謹慎。處理過程中超量的水中殘留之臭氧由於其強氧化力，會使後段之活性炭之消耗增加。因此欲使用臭氧處理前，應作多方面之考慮。

水處理單元操作中臭氧處理優於其他處理法之處為：

祛除異臭味，色度具有特效—如由 Deosmin 或 2-MIB (Methylisoborneol) 等之臭味或腐黑物質 (Humim) 等之色度，或由氯而增加酚類之臭味。

促進有機物質之生物分解性—可增加難分解性有機物之生物分解性，並可提昇後段之粒狀活性炭處理 (生物活性炭) 之處理效果。

減少需氯量—加氯前，先注入臭氧即可減少氯之使用量。

對鐵錳之氧化能力大。

採用臭氧處理前應詳細調查研討之事項：

要有能充分發揮機能之接觸池。

排出臭氧處理設備。

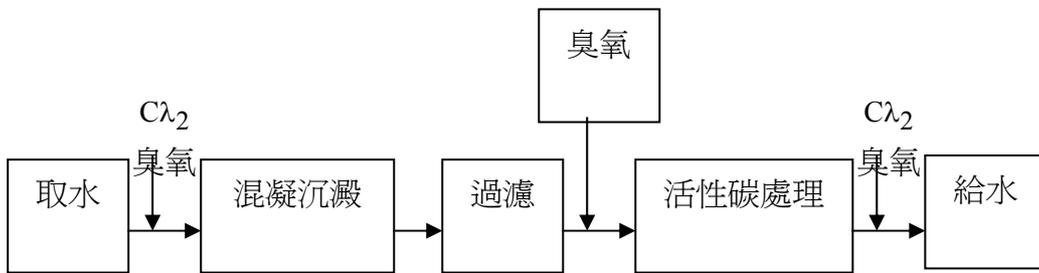
施行預氯處理時於配合氯之相抵作用時當可減少餘氯。

水溫高溶解量減少，則分解增快。

設計上應考慮因素：臭氧之注入點有原水（前臭氧），沉澱水（中臭氧），過濾水（後臭氧）等，在原水注任之前臭氧處理，因有較長的接觸時間較適於色度成份較多時，但由於懸濁物質使臭氧之消耗較多外，且臭氧逸散於大氣中之防止對策較難，故通常加於沉澱水和過濾水，但須有充分混合，有足夠的接觸時間，並須設密閉式接觸槽避免臭氧逸散。

臭氧與氯處理之配用方式依處理之目的予以選擇，有下列各方式，其一般處理流程有下列幾種：

脫臭為目的

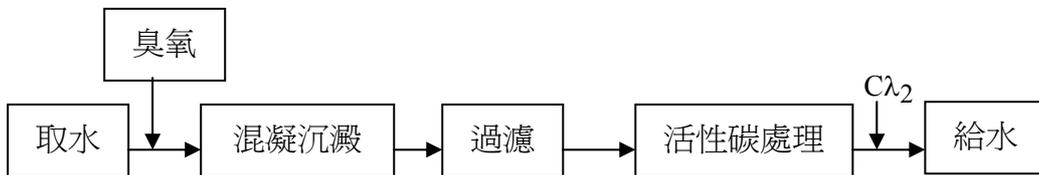


脫色為目的



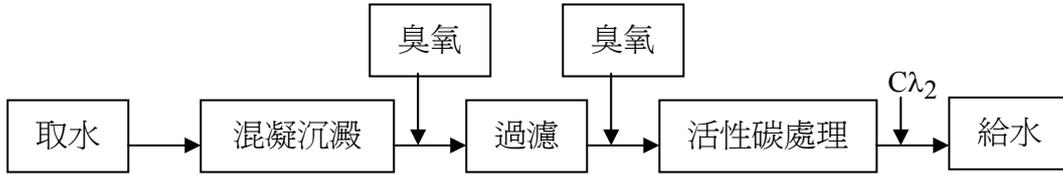
改善混凝效果為目的

在外國有在低濁度時採用預先臭氧處理改善混凝效果之例。

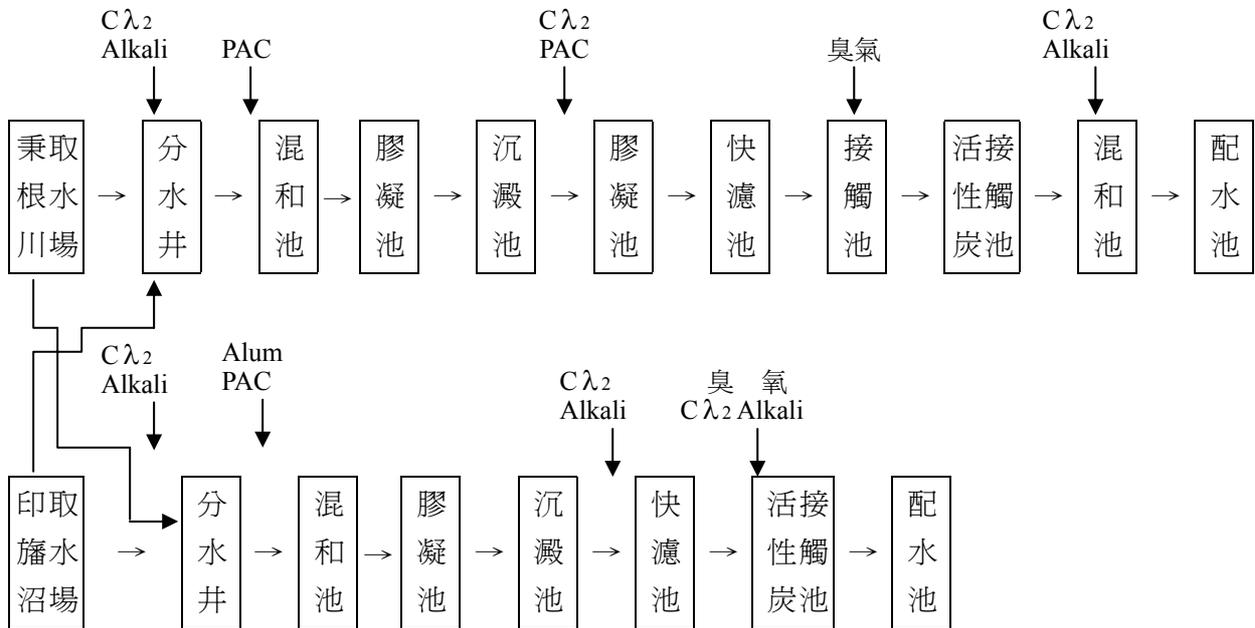


減少有機化合物為目的

在前處理中以臭氧替代預氯，附加活性炭吸附處理，藉以氧化有機及無機物，最後再加氯消毒。

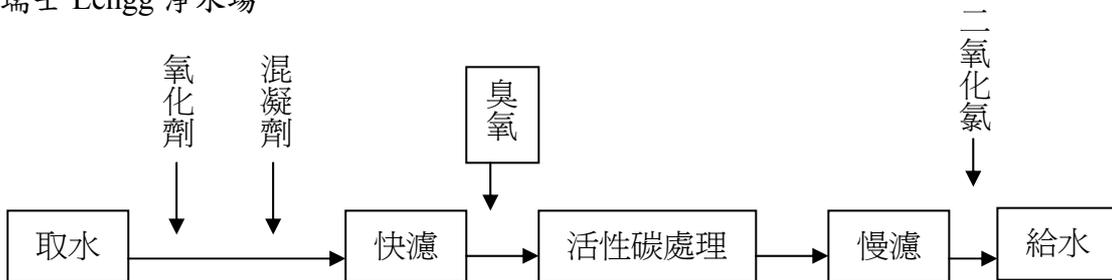


A. 日本千葉縣柏井淨水場取用二個水源，均採用臭氧處理。

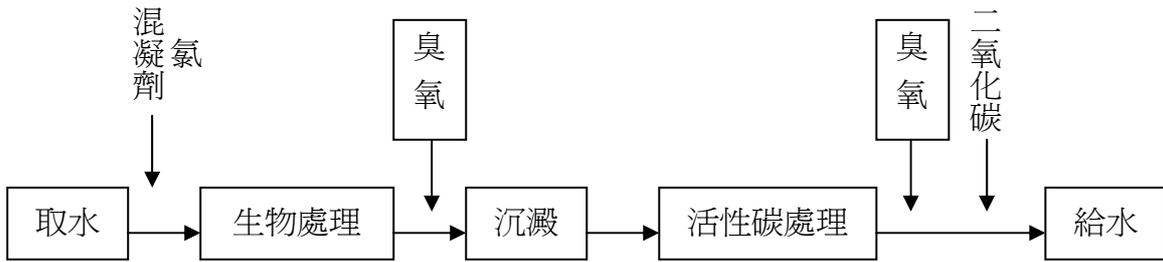


B. 歐美實例

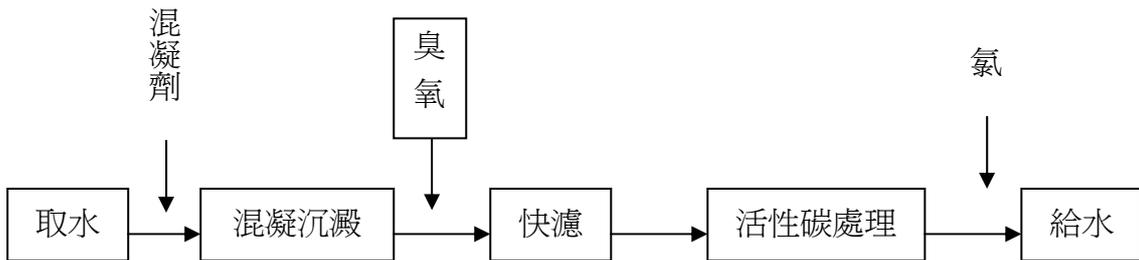
瑞士 Lengg 淨水場



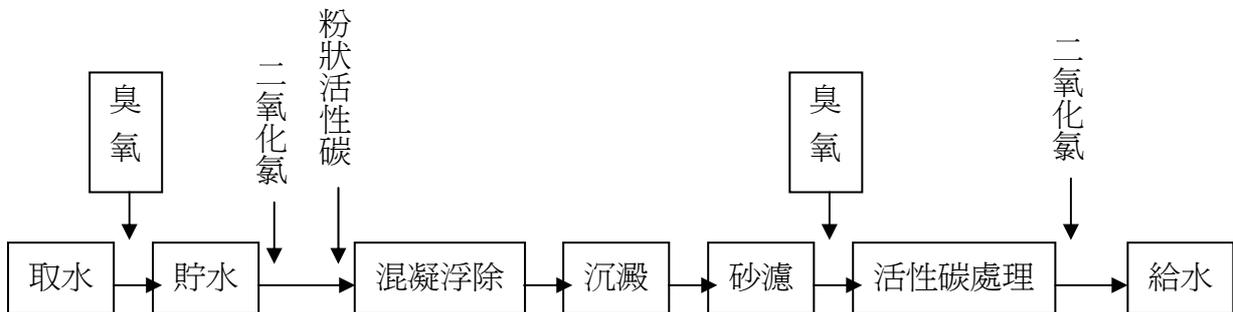
法國 Annet. Sur. Marunu 淨水場



荷蘭 Mery Sou Oise 淨水場



法國 Mery Sou Oise 淨水場



Mery-Sur-Oise 場位於巴黎郊區之本場為三段臭氧處理場，流程如圖示，取自 Oise 河之原水以 0.75 mg/l 預臭氧，主要目的為形成局部氧化之有機物和增加水中溶解氧，其後置於蓄水池兩天，在此貯蓄時間，水中溶解有機物進行生物分解作用，並將氮轉化為硝酸根離子。再經加藥、混凝、沉澱和砂濾後為主要臭氧氧化，劑量為 2.25 mg/l，再其後為 GAC 過濾及 1.5 mg/l 之後臭氧以為殺滅菌及減低病毒活動性，最後再加少量（至多 0.5 mg/l）之次氯酸鈉溶液，做為配水系統之安全加氯。

Mery-Sur-Oise 場之舊處理過程（折點加氯、混凝、砂濾、臭氧消毒及後氯）可去除 66% 之溶解性有機物，而且前三段臭氧／生物處理法（省略折點加氯）可去除 80% 之溶解性有機物，而清水中含甚低量之三鹵甲烷。

舊處理法平均需 3.5 mg/l 之臭氧以達消毒及減低病毒活動性之目的。而新式三段臭氧處理僅須 1.5 mg/l 即可達相同目的，另二段臭氧需量為預臭 0.75 mg/l，主要氧化 2.2

mg/l，合計新法三段臭氧總需量為 4.5 mg/l。

新（生物），舊（化學）處理法之費用比較，新法之操作費用僅較舊法貴 6%；其中維護費及電子費各高 2%，臭氧費用高 1%，污泥處理廢高 4%。部份可銷 9%之增加費用為化學藥品少 3%，此包括約二年一次的 GAC 再生費用。

細菌，Virus（病毒）由臭氧而使之不活化：Coin 氏等使用 Polio-virus 1 型（1964 年），2 型和 3 型（1969 年）調查證明，經連續的臭氧處理 4 分鐘後，能保持水中殘留臭氧濃度 0.4mg/l 時，Virus 之不活化率達 99.9% 以上。因此 Paris 當初設定臭氧需要量，為經接觸 4 分鐘後仍須保持 0.4mg/l 水中殘留臭氧濃度之基準，嗣後法國皆採用是項基準。但實際淨水場仍為保證符合此最低臭氧處理條件，將臭氧之接觸時間訂為約 8~12 分鐘。

在美國，對於殺菌和病毒之不活化，訂定 CT 值。此 CT 值係為 C（殘留消毒劑濃度 mg/l）×T（接觸時間 min）。

指標細菌 99% 不活化所需要之 CT 值，經消毒實驗結果之一例，如表 4-1 所示。

表 4-1 指標細菌 99% 不活化率實驗結果

指標細菌	消毒劑	濃度 (mg/l)	時間 (min)	CT 值
大腸菌	游離氯	0.08	0.25	0.020
	結合氯	0.50	15.3	7.65
	二氧化氯	0.05	1.30	0.065
	臭氣	0.05	<0.1	<0.005
芽胞形成菌	游離氯	1.0	63	63
	結合氯	1.5	105	158
	二氧化氯	1.0	34	34
	臭氣	1.0	10	10

其他淨水單元拼用：臭氧處理應與一般淨水工程配合，才能發揮其最大效果，若與活性炭併用，則脫色，脫臭效果更優，且可節省臭氧之使用量，又可除去殘餘之臭氧。

臭氧需要量：控制臭氧劑量所需測定之項目為處理水量，臭氧加入量（含臭氧空氣之流量及臭氧濃度），水中溶解臭氧之濃度及排出氣體之臭氧濃度。至於其控制方式如下：

設定加入率後，依處理水量比例加入。

設定處理水中溶解臭氧之濃度，加入時維持此濃度。

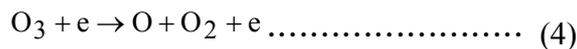
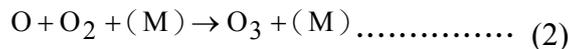
設定接觸槽中排出之臭氧濃度，加入過程中維持此情況。

實際操作時，依據注入結果，修正適當的注入率即可滿足 項之控制方式。

對於臭氧之檢驗方法：有 碘滴定法， 分光光度計法，及 二氫二甲基聯苯硫酸錳法 (OTM 法)。所注入臭氧之一部分分離而逸散空氣中，因此需要採用密封連續式裝置並考慮處理對象的物質，方可決定注入點之數、位置等。因臭氧之有效注入率無法直接量測，故量測注入臭氧濃度和排出臭氧濃度，計算吸收率如下式：

$$\begin{aligned} \text{有效注入率 (\%)} &= \text{實際注入率} \times \text{吸收效率} \\ \text{吸收效率 (\%)} &= (\text{加入之臭氧} - \text{排出之臭氧}) \div \text{加入之臭氧} \\ \text{總加入量} &\text{可由加入率與處理水量之乘積得之。} \end{aligned}$$

臭氧設備之容量：以每小時之最大加入量為準，但須略為充裕。其裝置，原則以 2 系統以下分設，作為故障時補救之用。臭氧之發生方法雖有多種，如放電法、光學法及電解法等，但在大量製造時，多採用部份無聲放電法。電極之一端為固體絕緣，電極間以交流電加壓，使在間隙間斷續放電，所放出之加速電子 (e) 與氧分子 (O₂) 衝擊，而起如下之反應：



(1)與(2)式為發生臭氧之反應，而(2)之進行需有第三種物體(M)如氧、氮或容器之內壁等。同時所產生之臭氧又進行(3)、(4)式之分解反應。最後在電極間隙內，臭氧之產生與分解反應達到平衡之濃度。若增加放電電力及原料(空氣或氧氣)在放電間隙之停留時間，則臭氧之濃度增加，但亦易於分解。一般而言，以空氣為原料時，所得臭氧之最高濃度為 3~4wt%，若以氧氣為原料，則可達 4~6 wt%。通常以產生低濃度之臭氧較為經濟。故以空氣原料為 1.5 wt%，氧氣原料約為 4~8 wt%。以空氣原料電力消耗為 13~14kwh/kg · O₃，氧氣原料為 7~9 kwh/kg · O₃，但未包括原料氣裝置等電力，因此電源設備容量須再加約 50~90%之容量。

原料氣裝置：臭氧發生機需要原料氣供應設備，例如：

空氣法：將原料空氣以壓縮機加壓、乾燥，進入O₃發生機。原料氣裝置單純，但O₃發生機裝置需較大。

純氧法：購用的純氧貯存槽及氧化裝置所構成，並以氧供給O₃發生機。

自製純氧法：以強冷分離法，將原料空氣除濕乾燥精製後再以斷熱膨脹而液化，並利用氮和氧之沸點之差（N₂-195.82℃，O₂-182.97℃）予以分離之裝置（氧發生機），並再以氧供給O₃發生機。

富氧空氣法：以吸附劑將氮和氧分離，使氧含有率達 95%供給O₃發生機。

影響臭氧發生效率（單位電力之臭氧發生量）之原因甚多，茲分述如下：

氧氣分壓：根據實驗結果，臭氧之發生量約與氧氣分壓之平方根成比例。因此在相同之條件下，以氧氣作為原料時所產生之臭氧，約為以空氣（含 20%O₂）作為原料之 2 倍。一般以空氣作為原料時所產生之臭氧濃度為 1%，若以氧氣作為原料者，則其濃度可達 2%。

溫度：若溫度升高，則臭氧之分解加速，故反應器周圍之溫度不宜太高。在臭氧發生管內，因放電反應之進行而發生熱量，須有冷卻裝置控制溫度升高。

原料空氣之乾燥度：若原料氣體中含水份量多，則臭氧發生效率降低，且有氮之氧化物等不純物質產生。此水分使放電不均，而縮短放電管之壽命，故原料空氣應先予以除濕、乾燥等處理。

放電電力：在物理化學條件不變時，臭氧之發生量隨放電電力比例增加，最後達到飽和極限。放電電力由所加電壓、電源周波數及臭氧發生管之構成條件而定。通常，臭氧發生量可由改變電壓決定，最近亦有試由改變周波數以達成。

測定臭氧濃度之儀器，有利用紫外線吸收法及隔膜電極法等之原理所開發，以臭氧化空氣中溶解臭氧，及排出廢氣中之臭氧濃度等測定對象選用，並具有適當之測定範圍與精確度等。若處理水無進水時，溶解於水中或排出廢氣中之臭氧濃度均將增加，此時必須隨時停止臭氧發生機之運轉。設計控制設備時必須加以考慮。因臭氧之氧化力極強，直接或可能與其接觸部分必須選用耐蝕之材質如不銹鋼，PVC 或鋁合金等而且必須以無礙於衛生為原則。臭氧對混凝土之影響尚未解明。

臭氧可加於原水、沉澱水，甚至過濾水中。若在原水或沉澱水中加臭氧之優點為接觸時間較長，但其消耗量增加，且易逸散於大氣中而造成困擾，所以，通常係加於過濾水中，並須使能充分混合，並有足夠之接觸時間，因此接觸槽之設計須能避免臭氧逸散於大氣中。接觸時間視水質及祛除物之性質而有差異，例如，若祛除 Mn 為目的者 1~3min 之短時間則有效果，而脫臭處理通常雖需 3min 以上之接觸時間，對有機物之分解就需要約 10~20min 之接觸，此時只有約 70~90%之吸收效率，而接觸時間愈長有機物之分解愈促進，但仍須以試驗確定之。對接觸槽位置之選定應考慮在加氣消毒，或進入清水池之前、水中無殘留之臭氧。

早期臭氧多以取代氯為消毒劑，但亦有利用臭氧之強氧化力作為氧化劑以控制臭與味及氧化鐵、錳。目前採用臭氧之淨水廠已有超過半數以臭氧為氧化劑，而非消毒劑。但現今以臭氧作為水消毒劑已有增加趨勢，而且已證明對病毒有作用，可能更適於作為抗病毒的消毒劑。因臭氧另一特質是在水中不易保持其特性，故對於處理後的再污染，無法提供任何保證，故清水中仍應維持必要的餘氯量。

【活性炭處理】

如果原水中包括會產生特殊臭味之 2-MIB、GEOSMIN 等、人工合成清潔劑、酚類、三鹵甲烷及其前驅物、三氯乙烯等低沸點有機氯化物、農藥等微量有害物質、偶發水源污染事件之化學物質以及其他有機物質等等，則必須增加活性炭處理設施，利用活性炭之吸附能力予以祛除，同時活性炭處理不會像利用藥物之處理留下化學反應所形成殘留於水中之分解物，且可除去水質處理程序中利用化學藥物殘留水中之分解物質。活性炭處理設備用於祛除臭味、色度、三鹵甲烷、清潔劑、酚類及其他有機物等。

選擇活性炭處理設備首先要化驗分析原水水質，並對處理對象之有機體、物理性質，包括現在實況以及日後可能之變化加以探討研判。一般而言，凡有機物之疏水性較強，分子量愈大者，較易被吸附。易溶於水，分子量又小者，較不易被吸附。惟難溶於水之農藥，因分子量較大，仍易被吸附。反之腐植質分子量雖大，但易溶於水，則較難被吸附。

活性炭分為粉狀與粒狀兩種。粉狀活性炭可以直接加注於現有設備中，對短期使用有利，由於使用後即行排棄，長期使用則不經濟，使用粉狀活性炭無生物繁殖之慮，但有廢污問題，且有穿漏於清水中之可能，尤以冬季為然。粒狀活性炭需要另設接觸池，短期或偶爾使用不經濟，長期使用可以藉再度活性化，使粒狀活性炭得以重覆使用，經濟上較為有利。利用粒狀活性炭有生物繁殖之可能，但不會造成廢污問題；幾乎沒有穿漏之顧慮，且操作管理上較簡單。亦有因欲去除雜質之種類及濃度關係，而須同時兼用粉狀及粒狀兩種者。活性炭處理材料、處理方式及設備規模，原則上應參照其他淨水場既有之實績及實驗結果審慎決定。活性炭之吸附特性因廠牌不同而有異，選用時尤應注意其品質。

粉狀活性炭在快濾處理系統中係加注於原水中，並予充分混合，經過膠凝、沉澱、過濾各單元相互配合發揮其吸附功能，藉沉澱過濾予以排除。若膠凝處理不當，快濾池濾速過大，濾程過長，該反沖洗砂而未執行，由於粉狀活性炭之顆粒極小，而有貫穿濾層漏洩於過濾水中之情形，尤以冬季低溫時可能性更大。所以各處理單元之相互配合非常重要。如有預氣處理，則應注意活性炭對氯之消耗，通常每 mg 活性炭將消耗 0.2~0.25mg 氯量，所以應對加量作適度之調整。粉狀活性炭之使用會改善水處理過程所產生污泥之脫水性，並可降低其臭味，惟污泥餅數量增加並變成黑色。粒狀活性炭之利用有如過濾，可藉單純之吸附方式祛除水中所含有機物質，亦可藉活性炭層內微生物進行之

分解作用，成為另一種生物吸附方式，惟施以預氣時，則有礙生物分解使用。

活性炭係以木炭質（椰子殼、木屑）或煤炭等物質為原料，加以碳化及活性化處理而成，為黑色、多孔性炭物質，具有吸附氣體或液體中微量有機物之性能。活性化有兩種方式。一為水蒸汽法，將原料利用加溫至 900°C 左右之蒸汽，慢慢加溫使活性化。另一為藥品法，利用氯化亞鋁、硫酸等藥物之浸漬而成。由於後一方式可能於水中吸附過程中，溶出藥物，有礙水質，因此藥品法製成之活性炭不適於用作自來水用途中。

活性炭為多孔性構造之炭質材料，一般均具有很高之吸附能力。雖然依原料不同及活性化方式不同而有不同之物理性及吸附性，但活性炭內部，一般均具有無數 10-5~10-7m 口徑立體走向孔道，孔道壁上又有 10-8~10-10 微細孔，這些微細孔內部表面積之大，就達到 700~1,400m²/g，其所以具有很大之吸附能力之道理也就在此。

粉狀活性炭顆粒均為能通過 200 篩大小（70 μm）之粉末，其微細孔多為 1~20nm（1nm 為 10-9m）。粒狀活性炭可依需要磨篩而成，通常在 12~0.5mm 之間。其微細孔多為 10nm 以下，如係耶穌殼碳，多為 3nm 以下，鮮有 30nm 以上者。因內部表面積大，但微細孔容積小，所以適用於低分子量物質之去除。以煤碳製成者，就多為 3nm 以上較大微細孔，因此內部表面積就較小，但微細孔容積較大，所以有利於對較大分子量物質之吸附使用。粒狀活性炭內部都有 0.1 至數 μm 大小孔道，作為被吸附物體在粒體內擴散之通路。可見活性炭之吸附能力與其空隙率、比表面積以及微細孔之容積與分布狀況、粒徑大小、硬度等有關。

活性炭係以木炭質或煤炭為原料製成，自具可燃性，尤其粉狀活性炭在作業過程中容易使粉末灰塵飛揚，遇有火種而有爆炸危險，所以粉狀活性炭不論貯藏及加注期間均應有集塵防火設備。粒狀活性炭雖少粉末灰塵，但亦應事先加以防範，同時活性炭具有腐蝕性，設計時應併予考慮。活性炭會慢慢將空氣中之氧氣吸收消耗，因此在密閉貯藏室內就會有缺氧之可能，在操作管理上應注意此一問題。

目前國內僅有澄清湖淨水廠使用活性炭處理經驗，其餘現有部份淨水設施之淨水功能似已達到有效完全祛除水源污染所形成有害物質之極限，部份淨水場必須提高警覺，表 4-1 為日本國內現有粒狀活性炭處理設備例，表 4-2 為西德粒狀活性炭處理設備設計基準，表 4-3 為歐洲現有粒狀活性炭處理設備例。

表 4-2 日本國內現有粒狀活性炭處理設備例

所屬事業證	淨水場	處理水量 CMD	碳層方式	接觸池面積 (m ²)×池數	構造	接觸時間 (min)	線速度 L.V (min)	空間速度 S.V (l/h)	碳層厚度 (m)	粒徑 (mm)	換裝時間	超用年份
盛岡市	盲淵	33,000	重力式 固定層	23.2×4	矩形 RC 造	6	15	10	1.5	2.362~0.495	—	1984
仙台市	富田	44,000	加壓式 固定層	22.2×6	圓筒形 鋼製	6	22.5	10	2.25	〃	3 年	1990
茨城縣	霞浦	165,000	重力式 固定層	41.0×12	矩形 RC 造	10	15	6	2.5	〃	10 個月	1975
	鐸川	15,000	重力式 固定層	30.8×2	矩形 RC 造	10	15	6	2.5	〃	10 個月	1982
君油企業團	大寺	135,000	重力式 固定層	32.8×16	矩形 RC 造	15	10	4	2.4	〃	1 年	1980
狹山町	太滿地	3,000	重力式 固定層	22.0×3	矩形 RC 造	10	15	6	2.5	〃	1 年	1992
三田市	山田	4,600	重壓式 固定層	10.6×2	圓筒形 鋼製	7	9	9	2.0 (1.0)	〃	2 年	1976
柳井市	和田山	13,000	重力式 固定層	18.3×3	圓筒形 鋼製	10	10	7	1.5	〃	3 年	1978
千葉縣	柏井	409,500	浮動層	56.0×11	矩形 RC 造	4~6	15	15	1.0	〃	3 個月	1980

- 註：1.處理之水，均先經過過濾處理。
 2.處理對象均為霉臭。
 3.三田市山田淨水場所用型式為上下進水，中間出水。
 4.線速度L.V亦可稱為表面速度，單位為m³/m²·n。
 5.空間速度S.V亦可稱為體積速度，單位為m³/m²·n。

表 4-3 西德（1979 年）粒狀活性炭物處理設備設計基準

處理目的	線速度 (m/h)	碳層厚度 (m)	接觸時間 (min)	再生前處理水量比 (m/m ³ GAC)
餘氯處理	25~30	2	2~4	> 1,000,000
臭味處理	20~30	2~3	6~15	100,000
有機物處理	10~15	2~3	8~15	25,000
生物活性炭處理	8~12	2~3	15~25	100,000

表 4-4 歐洲現有粒狀活性炭處理設備例

國 家	法 國	法 國	荷 蘭	法 國
淨水場	Lengg	Moos	Kralingen	Merysur Oise
型式	固定層	固定層	固定層	固定層
接觸池面積 (m ²)	45	92	29	108
池數	12	5	12	12
直線速度 LV(m/h)	24	15	26	9
空間速度 SV(l/h)	20	19	6.5	9
床深(m)	1.2	0.8	4	1
處理對象物質	非常時之有害 化學物質、有 機物	同左	同左	有機物臭味

第六十四條 淨水設備之設計容量，應相當於最大日供水量另加處理廠用水量。

【解說】

較單純之系統內，淨水設備之設計容量一般均以計畫最大日供水量為準，再加上淨水場本身將在操作上所耗之水量。至於最大時之需要量則靠配(清)水池貯存調配。但如在系統之規劃上，淨水場在一定時間段之要求出水量較大，或其操作時間小於24小時，因此實際出水能力應隨之放大，或應配合水源流量等時，淨水設備之設計容量均應據以調整。在操作上可能耗用之水量包括沉澱池之排泥、濾池之反洗或洗砂用水、加藥或加氯等用水、其他用水，以及一般清潔用水等等。如設有廢水處理回收設備，淨水場之實際耗水量就相當有限。

淨水場內各項設備均應具有足夠能力，亦任何情況下，均可以穩定處理設計容量以上水量。另外為應付設備之故障、檢修維護，以及將來擴建時之需要，據於自來水本質上之重要性，為避免一時或缺之現象存在，除了設計容量之外，各項設備均應儘量預備能力以維供水之安全性。

預備能力應該若干不易界定，應據於達成提高維持供水安全性之要求下，依個別情況安排。如系統中有複數淨水場，可以場為單位留設系統之預備容量；如為單一場，應儘量分成複數平行淨水系統，並盡可能以其中之一為預備能力，或者增加其沉澱池及過濾池等較易影響正常運作之單元。同時在設計上，就較重要淨水單元留較大餘力方便必要時能安全超載，是為重要之通則。又淨水場之預備能力應在供水系統之規劃上加以安排，並做必要之配合，例如原水之分水以及清水調配等所需相關設備。

第六十五條 淨水設備之位置、配置及構造之規定如下：

- 一、所處位置不在低窪之地，環境衛生良好。
- 二、配置應使各項設備均能充分發揮其機能，互相有效配合，並使操作管理方便。
- 三、淨水場之配置，應預留場地以配合將來之擴建。
- 四、濾水及清水應防止污染，有關設備應使其與外界隔離，以防污水、雨水及昆蟲等進入。
- 五、淨水場內之廁所、污水坑、垃圾堆等應使用不漏水構造，其位置應儘量遠離水池及水管等。
- 六、各設備間之水位關係，應依水力分析計算或實驗決定。

【解說】

關於一：所處位置不在低窪之地，環境衛生良好。

淨水設備所處位置在選擇上，應不在低窪之地，以保持環境衛生良好。另地處低地之淨水場應充分留意排洪之措施，以免大雨成災，被水所淹，影響其操作功能。儘量將地基填高以維自然之排洩固為最佳之道，不得已時就應充分留設貯存及排放之抽排設備。當因雨地下水水位提升時，水池如空放，容易受浮力而上浮。設計情形，謀求較高之安定度外，並注意背後集水之有效洩放。

關於二：配置應使各項設備均能充分發揮其機能，互相有效配合，並使操作管理方便。

淨水設備之平面配置雖受用地面積大小之限制，但應就原水流進方向、清水送出方向、受電位置、進出道路、處理之順序，以及管理上所需空間與建築物等等機能上配置，甚至於可能之噪音、振動、臭味等對外圍之影響，總合加以考量安排，俾能使所有各項設備均能充分發揮其各自功能，且互相之間能有效配合，產生完整之整體性功能，同時兼顧到操作管理上之便利性。

淨水設備原則上應依處理過程之順序安排，使流程長度愈短，轉向愈少。如此配置，除能節省水頭，維持均向水流外，往往並較能使加藥作業容易，縮短儀控線路，使設備之調用容易等等，無論在水理功能上或操作管理上均都較有利。分水井應依後續設備選擇最能發揮分水調配功能之位置。混凝及沉澱係相連之步驟，故其設備應予相連，儘量縮短流程，以免損及膠羽。沉澱池則應依排泥方法及排泥口之安排，選擇其方向及配置方式。快濾池則應由反洗需集水裝置及排水槽考慮其適當之尺寸，並將操作控制上所需管路及閘閥緊湊安排，方便操作維護之作業，其位置也宜盡可能與沉澱池相連，方便水流及操作控制。

清水池可依用地安排有利之形狀，但宜儘量緊靠於濾池，藉以縮短水之流程，減少水頭損失。加藥設備則考慮藥品進貨貯存之需要，操作管理之方便，儘量較近於加藥地點。其他特殊處理設備則仍本有利於功能之發揮以及操作管理之方便等原則配合相關設備安排。至於廢水處理設備則比較可以分開另行安排。

關於三：淨水場之配置，應預留場地以配合將來之擴建。

淨水場大都會有擴建之需要，因此其配置均應事先有所考慮，除餘留所需位置外，並安排工程之進行步驟，以及日後之合併使用辦法，圖 4-2 為澄清湖淨水場之平面配置。

關於四：濾水及清水應防止污染，有關設備應使其與外界隔離，以防污水、雨水及昆蟲等進入。

過濾水及清水即將送供用戶，其水質應完全符合規定，不得再受到任何污染，因此應防範再與外界有所接觸，因而受到污染。較有機會受到污染之處所包括慢濾池之調整井、清水池之入孔，溢流口及通氣孔等。例如，為防範動物昆蟲之入侵管口或孔口，應設防蟲網；為防止雨水流入，開孔上方應有頂蓋，且開孔四周均應高出外圍，或孔面斜向外側。至於清水池本身以及管渠在構造上自應具有完全之水密性，以絕外水滲入之可能性。

關於五：淨水場內之廁所、污水坑、垃圾堆等應使用不漏水構造，其位置應儘量遠離水池及水管等。

淨水場內之廁所、污水槽及廢棄物堆積場等均為對場內流水及水體可能之污染源。因此在配置上應儘量遠離且低於淨水設備單元及管渠，尤其已淨化部分，藉以減少構成污染之機會，同時其本身及管渠之構造，宜採用具有水密性之方式，以加強防止污染之功能。

關於六：各設備間之水位關係，應依水力分析計算或實驗決定。

在各設備單元之內以及單元與單元之間，均需要一定之水頭損失藉以維持水流。此等水頭損失均應逐一依水力計算求出，藉以安排各單元之水位，以維正常之處理流程。所選水位差如有不足，就無法達到設計容量；但如過大，除白白浪費水頭之外，可能使構造物增加埋入地下之深度，均有所欠當。是故應儘量求其準確可靠性，必要時並應藉實驗加以確定。

是項計算應以設計最大流量以及最長流程之併連單元所需為準，並同時顧及所有一切可能之任何損失。在日後有加設其他設備之可能時，應將加設該設備所需水頭損失一併算出，並預留在可能之位置上，藉以安排前後設備之水位。

圖 澄清湖平面圖



圖 4-2 澄清湖淨水場平面

第六十六條 淨水場應設置適當之量水設備。

【解說】

在水量之調配上，淨水場對進口之原水及清水水量應經常有所掌握，因此在進場原水管渠以及出場之送水管渠上應各有量水設備以便計量、指示、記錄其流量之變動。在淨水單元之操作上，各種加藥依水質決定劑量後，應隨處理水量調整其加藥量；有時候快濾池在操作上需要調配各座濾池之過濾水量。為此就應在適當地點分別設置計量流量之設備。

至於量水設備之型式則應由管渠種別、流量幅度、要求準確度、維護性、經濟性以及自動控制上加以考量選擇。

1. 計量方式，使用之計量器約有下述數種：

- (1) 文氏流量計
 - (2) 孔口流量計
 - (3) 巴歇爾槽式流量計
 - (4) 電磁式流量計
 - (5) 超音波流量計
 - (6) 堰式流量計：三角堰、矩形堰、全幅堰
- } 差壓式

2. 各式流量計之特性

- (1) 堰式：有三角堰、矩形堰及全幅堰之分。在導水渠道中廣為應用，詳第 6 項之說明。
- (2) 巴歇爾槽式：為美國巴歇爾氏所創，僅適用於明渠，在灌溉及下水道工程使用較多，自來水工程亦可利用，其優點為水中懸浮游物質無礙流量之測定，水頭損失極小。
- (3) 文氏管：文氏管為 Venturi 氏根據 Bernouilli 能量定理導演而得，文氏管之壓力損失及對於水流之降害最小，故廣為應用於自來水工程。為指示壓力而自文氏管接至差壓計之導管應順坡傾斜以免存積氣泡，並應能於必要時排水或排氣。測定流量時應滿足下列條件：管內滿水且須流動。水流中無懸浮氣泡沫。水流為定量等速流。喉部前後應有適當之直管長度。
- (4) 電磁流量計：電磁流量計係應用 Faraday 之電磁感應法則，由量測管、磁場發生器及一對電極構成之檢測器，與轉變電壓為輸出訊號之變壓器等所組成。電磁流量計之特性如下：

不受液體之溫度、壓力、密度及黏度等影響。可量測含混雜物之液體例如污泥等之流量，但不能量測氣體、油等非導電性流體之流量。無壓力損失。

輸出訊號與流量成直線比例，故亦可準確檢測極小之流量，此為量測範圍廣大

而不失其精確度之流量計所需具備之要素，且具有易於納入自動化儀表系統及流量變化之回應速度較快等優點。

流量計上游所需直管長度如在各種閥類之後為 10D，否則 5D 已足，其下游則雖無直管亦可。故所要長度較其他任何流量計為短。量測之流速範圍自 0~10m/sec，甚易於更改變換器之放大率以變更其最大刻度。在最良好之條件上（常溫之清水，水流約與中心軸對稱，平均流速 1m/sec 以上）精確度可達最大刻度之 $\pm 1\%$ 以內，平均流速 1m/sec 以下時精確度略差。設備費較其他流量計為高。

- (5) 超音波流量計：超音波流量計係於流水中發射高頻率脈波測其流速而計算流量，對管路或渠道之流量檢測均能適用。其安裝較為簡便，裝於既設管路時亦可不必斷水，近來使用者頗多。超音波在液體中傳播時，其視傳播速度因流體之速度而異，設靜止流體之音速為 C ，流體之速度為 V ，則音波之傳播方向與流體流動方向一致時，其視傳播速度為 $C + V$ ，相反時為 $C - V$ 。依此原理測出液體之流速，再經增幅演算而得液體之流量。應用此原理而製之超音波流量計可分為時間差法，位相差法及周率差法等數種。較常用者為受液體之溫度、水質、濁度及壓力所生水中音速變化影響較小之周率差法。

3. 流量計之選擇應考慮之條件：

- (1) 使用目的
- (2) 計量之準確度
- (3) 計量場所之狀況：是渠道還是管路
- (4) 計量之範圍
- (5) 計量之狀況：是瞬間計量還是累計計量
- (6) 水理狀況：水頭損失情形
- (7) 監視方法：現場監視還是遙控監視
- (8) 水質情形：是原水、清水還是污水
- (9) 維護檢查之難易

4. 流量計之精確度與容量之選定：

一般流量計之精確度以其誤差為最大刻度之百分率表示之，例如最大刻度為 $1,000\text{m}^3/\text{時}$ ， 1% 之誤差為 $10\text{m}^3/\text{時}$ ，此值不因實際流量之大小而變，如流量為 $500\text{m}^3/\text{時}$ 之誤差變為 2% 。故流量計容量之選擇對於量水精確度之關係至大，一般流量計之常用流量至少應為最大容量之 50% 以上。流量計之總誤差為發訊號之誤差加指示計之誤差。

5. 淨水場內流量計之裝設處所及計量方式之選定，依下述考量：

- (1) 進水量（取水量）：取水方式多利用一般管路，計量設備可裝設於分水井前或後之

量水室內。選用之計量設備有文氏管流量計、電磁流量計或超音波流量計。

- (2)沉澱池進水量：沉澱池進水量未裝設流量計時，多以取水量代之。如每座沉澱池流入量需要計量時，其利用管路者可裝設於沉澱池上游側，設有混凝池時可裝設於混凝池上游側所設量水室內。此處可用電磁流量計或超音波流量計。如選用差壓式或堰式流量計時，應考慮其水頭損失大小問題。
- (3)過濾流量：過濾池必須裝設計量設備，一方面在於了解過濾水量，另一方面用於調節過濾流量（濾速）（見本章第 45 條）。
- (4)送水量：自配水池送出之水量，其計量方式有二，一為重力式自然流下送水，裝設於配水池之出水側，另一為加壓抽水送水，則裝設於每條出水管上。此處可用文氏管或電磁流量計。
- (5)廢水量：

為核對廢水處理設施之水量，有必要在廢水池與快濾池間裝設流量計，在放流管上及回收管上亦裝設流量計。自沉澱池間歇性排入污泥池或廢水池之流量及污泥池至濃縮槽，再自濃縮槽至污泥貯留槽等之污泥量，亦應在污泥管上裝設流量計。自廢水池直接放流至下水道時，污泥池上澄液等直接向河川放流時，必須把握水量，所以各個管路上安裝流量計有其必要。回收水量係指廢水池返送至分水井再予利用之水量，此水量應計入取水量之中。因此須在廢水池之出口等管路上裝設流量計。

- (6)藥品注入量。

6.堰式流量設備之流量計算

渠道中以有缺口之板攔截，使水流由人口上溢過，因流量為堰上水深之函數，故可由測定溢流水位，以公式計算流量，堰式流量計可分為三角堰、矩形堰及全幅堰等三種量測渠道流量時，須用數對探測端置於不同水深中，以求得渠道斷面上之平均流速，再乘以水位計測得之水深而得流量。量測堰上水深之精確度雖較差，但以構造簡單，設備費低廉，故常廣被採用於渠道中流量之測定，堰之流量計算公式均屬經驗公式（水道施設設計指針，日本 2000）。

(1)三角堰（直角三角堰）

$$Q = Ch^{5/2} \dots\dots\dots \text{沼知・黑川・淵澤之式}$$

$$C = 1.354 + \frac{0.004}{h} + (0.14 + \frac{0.2}{W}) \times (\frac{h}{B} - 0.09)^2$$

式中

Q：流量（m³/sec）

H：堰上水深（m）

C：流量係數（m^{1/2}/S）

W：渠道底至堰底下緣高度（m）

B：渠道寬度（m）

適用範圍為 0.5m ≤ B ≤ 1.2m

$$0.1m \leq W \leq 0.75m$$

$$0.7m \leq h \leq 0.26m$$

（但是 h ≤ B/3）

(2)矩形堰

$$Q = Cbh^{3/2} \dots\dots\dots \text{板谷・手鳥之式}$$

$$C = 1,785 + \frac{0.00295}{h} + 0.237 \frac{h}{w} - 0.428 \sqrt{\frac{(B-b)h}{BW}} + 0.034 \sqrt{\frac{B}{W}}$$

此處 Q、C、h、W、B 與三角堰同

b：堰寬（m）

適用範圍為 0.5m ≤ B ≤ 6.3m

$$0.15m \leq b \leq 5m$$

$$0.15m \leq W \leq 3.5m$$

$$bW/B^2 \geq W0.06$$

$$0.03m \leq h \leq 0.45 \sqrt{b} \text{ m}$$

(3)全幅堰

$$Q = CBh^{3/2} \dots\dots\dots \text{石原、井田之式}$$

$$C = 1,785 + (\frac{0.00295}{h} + 0.237 \frac{h}{w})(1 + \epsilon)$$

式中

Q 、 c 、 h 、 C 、 W 、 B 與三角堰同

ε ：補正項目， $W \leq 1\text{m}$ 時， $\varepsilon = 0$

$W > 1\text{m}$ 時， $\varepsilon = 0.55 (W-1)$

適用範圍為 $B \geq 0.5\text{m}$

$0.3\text{m} \leq W \leq 2.5\text{m}$

$0.03\text{m} \leq h \leq 0.8\text{m}$

(但是 $h \leq W$ ，並且 $h \leq B/4$)

流量計之上游或上下游需要有相當長直管，其用意在於使流量計上游水流穩定後再通過流量計，以便得到準確之計量。堰式者上游直管長至少為堰寬之 4~5 倍，槽式者上游管長至少為喉部寬度之 10~15 倍，文氏管上游直管長度至少為管徑之 10 倍，下游直管長度至少為管徑之 5 倍，電磁式上游直管長度至少為管徑 5~10 倍，超音波式上游直管長度至少為管徑 10 倍，下游長度至少為管徑之 5 倍，上下游直管愈長，愈具穩定水流效果，所量測結果則愈準確。

一般流量計常用流量至少應為最大流量之 50% 以上，愈接近最大流量可能更接近實際流量。但流量計對未來水量擴展應具有相當彈性，以免一旦水量擴充超過其流量測定範圍須予更換之困擾，使用最大流量以不超過 70%，但亦不得低於 50% 之狹幅空間內選擇。

第六十七條 自來水之淨水流程應符合處理水質之需要，所使用之藥品及其加藥率之選定，應根據實驗，比較其效果及經驗分析決定。

【解說】

飲用水水質處理所使用之藥劑，以經中央主管機關公告者為限。非屬公告之藥劑，供水單位得向中央主管機關申請公告為飲用水水質處理藥劑；藥劑之檢測方式及品質管制應遵從中央主管機關之規定。

淨水處理常藉用不同藥劑，例如為混凝使用之明礬、氯化鐵、PACI（聚合氯化鋁）等混凝劑，以及強化膠凝作用之各種助凝劑等；為調整酸鹼度之石灰、蘇打等之鹼劑，或硫酸等酸劑；消毒用之氯劑；吸附用之活性炭等等。該等藥劑，或為液體，或為固體，均應依一定之劑量連續（偶或有間歇性者）注入處理水體中進行淨化工作，因此淨水場內就需要不同用途之加藥設備。

對原水水質以及其變化性，包括現狀，以及日後可能之改變，有所充分之研析了解是為規劃淨水設備之最基本要求。在實際操作上則需要選在淨水設備之進口與出口，以及其他必要之適當地點，裝設水質採樣分析等監測系統，以便能隨時了解原水水質之變化以及淨化過程中反應之變動，以利加藥之調整等淨化作業之控制，藉以維持處理之效果，確保清水水質應符合自來水水質標準及飲用水水質標準之要求。

藥品處理所需設備包括進料、貯存、溶解、加注等有關裝置機器，以及加藥室。藥品處理所用藥品粗分為固體及液體狀。藥品處理設備之設計應依所選藥品之性質，仔細安排由進料至加注之間，其作業能夠順暢，加注確實，維護容易。

加藥室用於安裝加藥機以及其控制儀器等。無論就由加藥機出來藥劑之輸送，或由加藥作業之管理言，加藥室自以愈能接近於加注地點愈佳，尤其容易沉澱之藥劑（例如石灰漿液）為然。如此，作業看管之範圍縮小，加注管線縮短，減少堵塞等毛病，也使清理之工作容易。

第六十八條 加藥設備之容量應依據選定之加藥率與設計最大處理水量決定，並應有備用設備。

【解說】

藥品處理之效果依藥品種類、原水水質、水溫，以及前後處理情形而不同，通常應照最不理想之情況，根據實驗判斷。常用之法為藉用杯瓶實驗。一般瓶杯實驗儀有 6 個可以調節攪拌之 2 公升的方形槽。實驗步驟大約如下：先存滿原水於杯中，將攪拌板周邊速度調整為約 40cm/sec 高速，分別以不同劑量將藥劑注入杯中，快速攪拌約 1 分鐘後，將周邊速度改為約 15cm/sec，緩慢攪拌約 10 分鐘，之間用心觀察膠羽形成之情形；之後靜置 10 分鐘，緩緩吸取上澄液約 50ml 檢驗濁度、PH、鹼度等，與觀察所得膠羽形成及沉降情形，一併加以檢討，就不同劑量找出最適當者。必要時應藉加入鹼劑調整鹼度；或以助凝劑試驗改善之可能性。藥劑如用 1W/V % 之溶液，1L 瓶杯中加入 1mL 則等於 10mg/L，計算上很方便。但須注意的是 PACl 稀釋之後，時間一長，會產生水解作用而呈白濁狀或底部出現白色沈澱物。如此時利用以杯瓶實驗決定混凝劑量，就會影響混凝結果之正確性。

最佳劑量一經選定，加藥設備所需容量當可由該劑量及淨水設計處理量之乘積求得，一般加藥設備不宜以全負荷運轉，且為應付萬一時之額外需要，加藥設備之容量宜再酌量放大，通常以多加 50% 為設計容量。



圖 4-3 杯瓶試驗機

藥品處理所需設備包括進料、貯存、溶解、加注等有關裝置機器，以及加藥室。藥品處理所用藥品粗分為固體及液體狀。藥品處理設備之設計應依所選藥品之性質，仔細安排由進料至加注之間，其作業能夠順暢，加注確實，維護容易。加藥室用於安裝加藥機以及其控制儀器等。無論就由加藥機出來藥劑之輸送，或由加藥作業之管理言，加藥室自以愈能接近於加注地點愈佳，尤其容易沉澱之藥劑（例如石灰漿液）為然。如此，作業看管之範圍縮小，加注管線縮短，減少堵塞等毛病，也使清理之工作容易。加藥室之大小應據於容納所選加藥機所需決定。可能增設以及日後擴建所需部份自亦應考慮在內。由於加藥機較需清理或拆修，因此加藥機四周應留有足夠空間，方便維護管理上作業。

加藥設備應依據所擬處理程序所要求加藥地點安排加注管路。部份藥劑，由於原水水質之變化以及處理程序之調整，會有改用不同加注點之可能，例如鹼劑或氯劑。故在設計上無妨儘量考慮此種可能性，多留不同加注地點，安排所需管路及必要之開關，提供選用上之彈性方便日後之操作。

藥劑之加注方式，應依藥劑種類及其性狀，選擇易於使用且操作控制可靠者。按一般加藥機可分固體藥劑型及液體藥劑型。液體藥劑型大都採用加藥泵。加藥泵本身構造簡單，且操控容易，尤以定量泵為然。相較之下，固體藥劑用加藥機之構造就較複雜，使用上亦較不便。因此藥劑之選用都會儘量考慮液體狀者（例如明礬同時有固體亦有液體），即使固體藥劑，一般也都較喜歡先加以溶解之後，以液體加藥機加注。故除非不得已，例如石灰，否則一般加藥宜儘量採用液體加藥機。

加藥機容量當依前條規定加藥量及擬採用藥劑濃度決定。藥劑濃度依所需加注量及使用性為準。例如液體明礬如照原液濃度較易形成結晶，故宜略加稀釋使用。為應付故障及檢修之需要，應在上述容量設備之外另有備用單位。又無論處理水量或實際需要劑量都會變動，是故實際所需加藥之量可能會有相當之變化幅度。加藥機之選配則應根據此種幅度之估計選用合適之容量及台數組合，以便在可能最大及最小加藥量之間能應付自然。按一般液體加藥機之最大與最小加注量可達 20 與 1 之比。

無論固體或液體藥劑均應有妥善之貯藏設備以供隨時取用加注。其中固體藥劑一般都應防濕，以免吸收過多水分而發生結塊甚至變質，以致於不好使用。因此應選擇較乾燥之處設貯藏室，必要時則應加設除濕設備。貯藏室之大小應依所需貯藏量、來貨包裝方式與室內所能安排堆積空間決定。所需貯藏量當依貨源供應之便利性而定，一般則以設計最大加藥量之 30 天使用量為準，以確保無匱乏之虞。

貯藏室內外配置應考量進貨、堆存以及取用上之便捷性。除求動線上之良好安排外，應視來貨包裝方式、堆積方式以及使用量之多寡等需要，配設輸送帶、堆高

機，甚至於吊車等，以節省人力，提高工作之效率。建築物本身除結構安全，用材應具必要之耐蝕性外，如為易燃性藥劑，則應特別留意消防之需要；如為細粉藥劑，則應考慮灰塵飛揚之防範問題。有時飛灰也會導致電機設備之短路事故，尤應注意。

固體藥品固可直接利用固體加藥機加注，部分固體藥劑且非如此不可，例如石灰，但除此種非直接以固體狀進入加藥機加注不可者外，其他則仍以採用先溶解成液體之後；再利用液體加藥機加注之方式較為方便。此時在貯藏處與加藥機之間就需設溶解槽以便先將固體藥劑投入溶解成溶液備用。所溶解之濃度依加注量及使用性而定。例如明礬以5~10%溶液最好使用，但加注量多時自得提高為20~30%。

溶解槽應設兩座以上，方便必要時隔開清理。每槽容量應依所選最合適濃度下最少夠一天之使用，才能避免操作人員照顧過煩。槽之構造應顧及對藥品之耐蝕性，並附有液位控制以免外溢；具有必要之底坡及排放口方便清理；同時應依藥品種類需要放置攪拌機以易溶解，並維持攪動以防止沉澱，保持濃度之均勻性。

如為液體藥劑，則可以貯藥槽替代貯藏室，直接接納進貨。除情形特殊，例如氯劑要避免陽光照射者外，貯藥槽一般均可設於屋外。貯藥槽亦應分設二座以上，方便進貨，存用以及清理作業，其容量亦宜衡量進貨之方式可靠程度決定，一般則可以設計最大加藥量之兩週使用量為度。

貯藥槽應選用具耐蝕及耐候性之材料製造，並具有承受最大液壓之強度。如為混凝土製應視需要內襯合適之防蝕層。入孔，液位指示，滿液位控制、排放口、灌液口、出液口等均應妥善安排配設。槽內應依藥液性要求設置攪拌機或迴流管以利攪動或維持藥液循環流動。除以避免結晶沉澱之外，並可經常維持濃度之均勻。部分較易堵塞之出液管應裝設反洗設備，方便在必要時加以沖洗。

為防止堵塞，以及停用時部分藥劑留存，液體加藥機及藥管應附設清洗設備，方便清洗之作業。液體藥劑及藥劑溶液或漿液之輸送管線均應採用耐蝕材質，並依其需要輸送之流量妥予設計，維持適當流速。尤其非常完全溶解之漿液管線，其流速不能太小，以防藥劑沉澱；也不得過大，以免管線內壁有被磨損之虞。

第六十九條 混合設備之規定如下：

- 一、凝劑加入水中後，應經混合設備，將其急速擴散於水中。
- 二、混合方法通常使用水躍池、拌合機或利用水流沖合等得到快速之攪拌。

【解說】

關於一：凝劑加入水中後，應經混合設備，將其急速擴散於水中。

凝劑加入水中後會很快水解產生離子，因此應設法使其儘速均勻擴散於處理水體中，很快與膠體會合，進行凝作用。為此凝應先有適當之混合設備，以便將凝劑加入其中後，藉快速攪拌急速擴散均勻於水中，做為進行有效凝作用之起步。

關於二：混合方法通常使用水躍池、拌合機或利用水流沖合等得到快速之攪拌。

混合設備之主要功能在於能急速將加入水中之藥劑擴散於處理水體之中，以利水解之藥劑離子均勻與水體中懸浮固體接觸並起電化作用。要使藥劑擴散，應藉水體快速之混合；要水體快速混合，應靠一定之能量。此種能量之來源有二，其一為利用水體之位能或動能；其二則由外加入動能。所有混合設備均可歸類此兩種。水躍池、混合機及沖水等為最常用之方式。

其中水躍池係在加藥之後，將水體由堰口上掉下，利用其位能轉換成動能在堰底產生迴旋渦流，藉以達成混合之效果。堰高應在 60 公分以上。設備簡單，無一機械設備，故操作維護容易，效果可靠，但在淨水流程上需注意應有足夠水頭可以利用。

混合機需要動力，係最常用利用外力之混合設備，通常將豎軸攪拌機裝於混合池中央，靠其快速轉動將加入藥劑之水體攪成亂流，以產生混合之效果。混合池宜為方形且四邊牆上有豎板，以助水體擾流攪拌之效。

沖水方式亦為利用外加動能之混合方式。係以抽水機將少量原水抽上，再沖入原水中並設法使其能均勻分散，將藥劑加注，則可得混合之效果。板新淨水場即採用此項混合設備，其設計出水量 200,000CMD，混合池容量 64 立方公尺，滯留時間約 0.46 分，抽水量 8,300CMD，約佔處理水量之 4%，抽水機 5HP，20°C 時之 G 值約 240。

上述不同之混合設備，主要則依淨水場之規模，流程安排上之配合，以及操作維護上之方便性等加以考量據此選用。

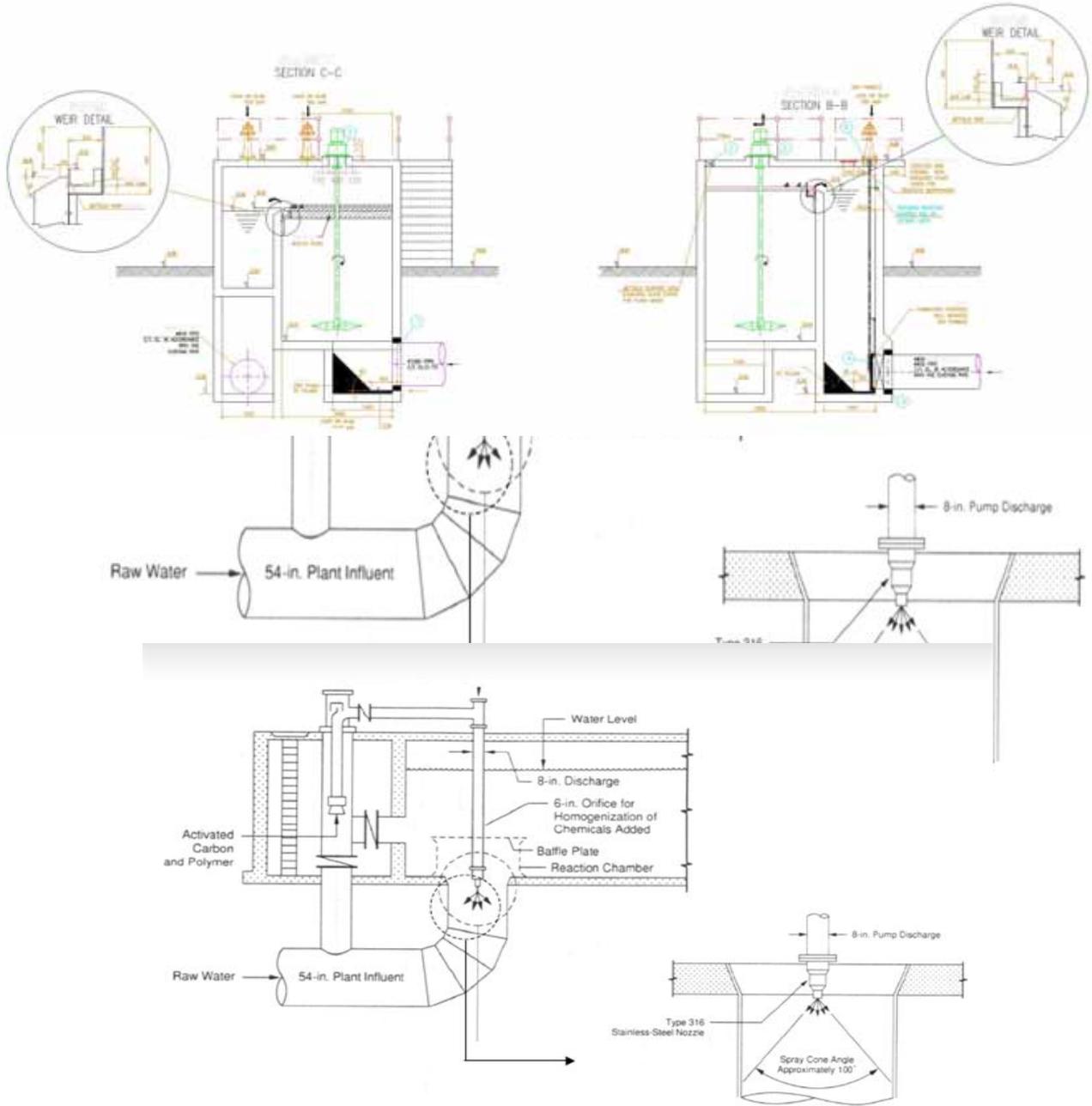


圖 4-5 管中混凝劑加藥示意圖

第七十條 膠羽池之規定如下：

- 一、經加藥混合之原水，應經膠羽池，藉速度差使膠羽形成增大。
- 二、原則應為鋼筋混凝土造，並應儘量與混合池、沉澱池相連，必要時，得同為一池。
- 三、進口與出口之配置應適當，以避免短流。
- 四、膠羽池應設排水設備。
- 五、膠羽池應設照明設備，以供隨時觀察膠凝情況。

【解說】

關於一：經加藥混合之原水，應經膠羽池，藉速度差使膠羽形成增大。

加入混凝劑並經快速混合，使藥劑均勻分散水體中水解起混凝作用，減低膠體物質減低其界達電位之後，就得設法增加微細膠體互相接觸並逐漸凝聚成顆粒較大，表面積減小，比重加大之膠羽。混凝處理之最後此一過程是為膠羽形成，要藉用於膠凝池中進行。

膠羽之形成要靠浮游水中微細顆粒之互相接觸，接觸的機會則靠水體緩慢之攪動提供。依 Camp 與 Stein 兩氏之理論，接觸之機會可以下式表示：

$$N = n_1 n_2 \left(\frac{G}{6} \right) (d_1 + d_2)^3$$

式中，

N ：單位時間內單位體積之膠羽接觸次數 $[1 / (m^3 \cdot s)]$

n_1 ：單位體積中粒徑 d_1 膠羽數 $[1 / m^3]$

n_2 ：單位體積中粒徑 d_2 膠羽數 $[1 / m^3]$

G ：流速坡降 (Velocity gradient) $[1 / s]$

由上式可知，膠羽接觸之機會，也則其形成之速度，與膠羽顆粒濃度之平方、粒徑之立方，以及 G 值成正比。就 G 值言，如將其提高，自可增加膠羽形成之速度，但另一方面也會提高剪斷力，反而會破壞已形成之膠羽，因此應有適當之限制。

攪拌所需能量或利用水體本身之位能，或由外提供，因而有不同形式之膠凝池。迴流式膠凝池則為利用本身位能者；膠凝機膠凝池則為靠外動力驅動攪拌機得到攪拌者，有豎軸型與橫軸型之別。

關於二：原則應為鋼筋混凝土造，並應儘量與混合池、沉澱池相連，必要時，得同為一池

加藥混合及膠凝本為一體之處理，所以混合之後就應連接著進行膠凝形成步驟，所以膠凝池應儘可能與混合池接連，使其反應作用不要有所間斷；至於膠羽形成之後，就希望儘快在沉澱池內沉澱，所以膠凝池與沉澱池間之距離應求愈短愈佳，才可避免因流程過長可能引起之膠羽中途沉澱或被水流沖破等問題。倘能將膠凝形成以及沉澱之步驟安排於同一池內更是理想，此時水流就能一路不斷直往行進，中間無需由膠凝池集在一起導送之後，又得再度分配於不同沉澱池，以及其全斷面上。

關於三：進口與出口之配置應適當，以避免短流。

原水在膠凝池中流動進行膠羽之形成作用，所以應有較均勻之滯留時間，否則便有部分之滯留時間不足，其膠羽之形成就無法完全。為此膠凝池之進出口等應妥予安排，藉以維持水流之均勻，儘量避免短流。

關於四：膠羽池應設排水設備。

膠凝池中難免有沉積物需要清理，也有放空維持之需要，所以應有排水、排泥設備。原水中可能會有浮游物，以及清潔劑等之泡沫，所以宜有排除之設備。

關於五：膠羽池應設照明設備，以供隨時觀察膠凝情況。

為明瞭膠羽之形成情形，操作人員需要經常就地加以觀察檢視，為此應有足夠照明設備為晚間作業之用。

第七十一條 沉澱池之規定如下：

- 一、應考慮沉澱池之溢流率、滯留時間、平均流速，以確保沉澱功能。
- 二、長期連續使用之沉澱池，應設二池以上。
- 三、沉澱池之配置，應與膠羽池及快濾池相互配合。

【解說】

關於一：應考慮沉澱池之溢流率、滯留時間、平均流速，以確保沉澱功能。

沉澱為水處理以及其他化工上常用之固液分離法。係藉重力之作用，使懸浮於液體內之固體物自然下沉而被祛除於液體外。自來水工程上所用包括：(1)屬於單顆粒沉澱之沉砂池及普通沉澱池；(2)屬於混凝沉澱之膠凝沉澱池；以及(3)屬於層沉澱之高速膠凝沉澱池等（詳述於第七十二條）。

除在水庫內或大型蓄水池中會有靜態沉澱之外，其餘所用均為連續流式沉澱。一般連續流沉澱除中間之主要沉澱區外，兩端分別有分散流量之進口區，與收集沉澱水之出口區，以及在池底積存沉泥之污泥區。如藉下面之理想橫流式沉澱池探討，凡沉降速度 V_s 大於 V_0 之顆粒都在流至出水區前沉到池底。如池深為 H ，沉澱區之容積為 V ，表面積為 A ，滯留時間為 T ，流量為 Q ，則：

$$V_0 = \frac{H}{T}, V = AH, T = \frac{V}{Q}, \text{故 } V_0 = \frac{Q}{A}$$

$\frac{Q}{A}$ 為沉澱池之表面負荷率，統稱溢流率。凡沉降速度大於沉澱溢流率者，理論上均能沉降池底而被祛除。沉降速度小於 V_0 之顆粒，除在大範圍進入者外無法在滯留時間內沉至池底，因此其除去率 y/y_0 為：

$$y/y_0 = \frac{v_s}{v_0} = \frac{v_s}{Q/A}$$

則在一定沉降速度及流量下，沉澱面積愈大，溢流率就愈小，所能去除之顆率也愈小，沉澱效率愈高。因此溢流率為決定沉澱效率之重要因素。至於池深與滯留時間則無直接關連。如能分層倍增沉澱面積，將可大幅提高沉澱效果，多層、傾斜板或管之沉澱池則依此原理。又如設法分段提早提出部分流量，由於流量之減少，溢流率隨之減少，後段之沉澱效果自會隨著提高。

普通沉澱設備係指使用於未經混凝之天然懸浮體，靠自然沉降分離者。其效率較低，故設計之沉澱表面負荷宜維持在每日 5~10 公尺之間。故依日本水道施設設計指針所建議之負荷率為 5~10 mm/min，約合每日 7.2~14.4 公尺。至於滯留時間亦應較長，一般宜在 8 小時以上。實際上由於所要求表面負荷率低，亦即沉澱池之面積大，在常用之深度下均能維持相當足夠之滯留時間。由於率率低，所需面積大，在用地取得不易之情況下，除非情形特殊，否則普通沉澱利用之機會不多。

膠凝沉澱池用於經混凝，形成膠羽後之沉澱，其情況將略與單顆粒沉澱不同。按單顆粒沉澱在沉降過程中，其形狀、密度不變，但膠凝沉澱在沉降過程中將繼續會有膠羽之聚合作用，因此其顆粒會再長大，所以沉降速度也會隨著加速，沉澱效果提高。

設計上所採用表面負荷率當視原水水質、混凝之成效以及膠羽之性質而定。依 AWWA Water Treatment Plant Design (第四版) 建議利用明礬混凝之膠羽，其溢流率宜在每日 15~22 公尺之間；依日本水道施設設計指針建議為 22~44 公尺之間。又一般明礬膠羽之比重約 1.002，如其尺寸能達 0.1cm，在 10°C 下其沉降速度為 1,760gpd，約合每天 71 公尺，據此建議採用 900gpd，約合每天 36 公尺之溢流率。

理論上滯留時間不影響沉澱效果，但為利膠羽之繼續聚合以易沉澱，同時為維持沉澱池調整原水水量水質突變之重要緩衝機能，沉澱池應具有足夠容量，其滯留時間一般認為不得小於 2 小時，最好能維持在 3 小時以上。另一方面，因在一定溢流率下，水深將隨滯留時間增加，而水深之增加會大幅加重沉澱池池牆之結構負荷，因此滯留時間也不宜過長。

長方形沉澱池依下列原則：

1. 平均流速應在每分鐘 40 公分以下。
2. 池長與池寬比在 3 以上。
3. 有效水深為 3~4 公尺。
4. 沉澱池進水口設置適當之分水設備，使進水均勻分布。
5. 設整流設備，減少池內短流及密度流。
 - (1) 流入流出部設置整流壁，以利水流均勻流經全斷面。
 - (2) 整流壁距離出入口 1.0 公尺以上。
 - (3) 整流壁孔口總面積約為沉澱池面積 5% 左右。
 - (4) 在池內視需要設置導流壁及中間整流壁。

圓形沉澱池依下列原則：

- 1.半徑為池深之二倍以上。
- 2.有效水深為3~4公尺。
- 3.出水口設溢流牆。

傾斜板沉澱池依下列原則：

- 1.傾斜板水平投影總面積之表面負荷率應在每日6~12公尺之間。
- 2.滯留時間應在1小時以上。
- 3.傾斜板間平均流速為每分鐘60公分以下。
- 4.傾斜板傾斜角為60度。
- 5.傾斜板底與池底間隔距離應為1.5公尺以上，以供裝設排泥設備，或清泥及設備維護檢修之用。
- 6.傾斜板設備前端與池底之空間，應設阻流板。
- 7.傾斜板兩端與傾斜板進出水端池牆間之距離應在1.5公尺以上。

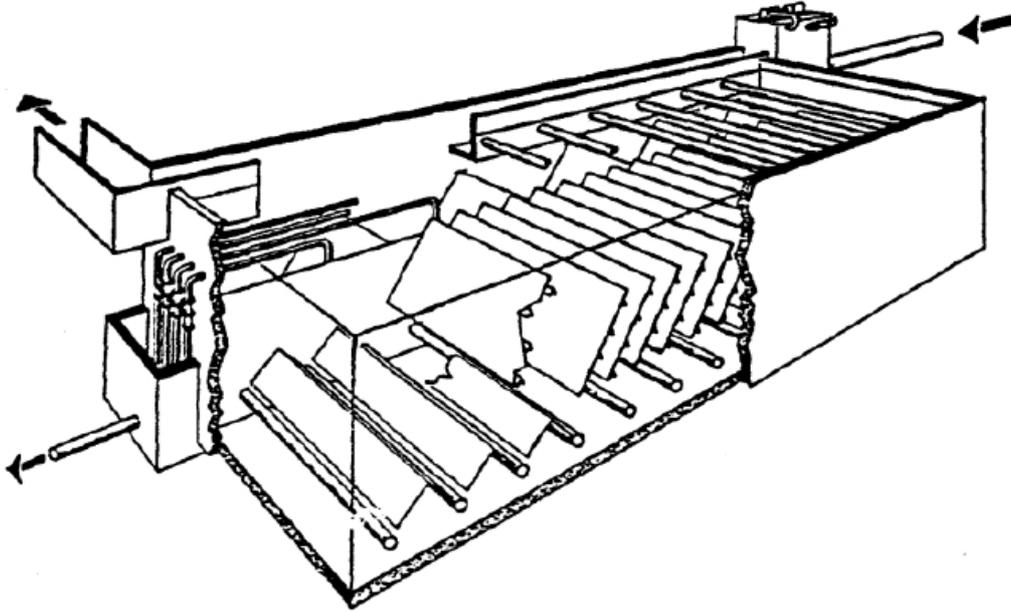


圖 4-6 傾斜板沉澱池示意



圖 4-7 豐原第一淨水場傾斜板沉澱池與集水渠

傾斜管沉澱池依下列原則：

1. 傾斜管水平投影總面積之表面負荷率應在每日 10~20 公尺之間。
2. 滯留時間應在 1 小時以上。
3. 傾斜管內平均流速為每分鐘 80 公分以下。
4. 傾斜管傾斜角為 60 度。
5. 傾斜管設備前方應設緩衝區及整流壁。
6. 傾斜管設備與池壁及阻流壁之間隙應在 10 公分以下。
7. 池面應設出水渠，其底部與傾斜管頂部間隙應在 30 公分以上。出水渠流量負荷為每公尺每日 350 立方公尺以下。相鄰兩渠之淨距不得大於 3 公尺。

關於二：長期連續使用之沉澱池，應設二池以上。

為排泥情洗以及其他維修上之需要，沉澱池原則上應分設成二池以上。在小規模之場，原水有由混合池直接轉經過濾之可能時，自可採用單一沉澱池，但附設繞流管。為避免不同沉澱池間之負荷不均，在進水管渠設計時，對維持均等分水應妥善考量。

關於三：沉澱池之配置，應與膠羽池及快濾池相互配合。

混凝設備屬沉澱之預備步驟，將不易沉澱之微細膠體質藉藥劑膠凝成較容易沉澱之膠羽，以便能藉沉澱設備祛除，沉澱設備為處理懸浮於水中固體物之主體，水質處理上大都寄望於利用它能將大部分之固體物祛除，如有未盡，才藉最後一道過濾設備把關。因此沉澱設備如能發揮功能，過濾設備之負擔就能減輕，符合水質處理之基本原理。

第七十二條 高速膠凝沉澱池之規定如下：

- 一、處理原水濁度之最高值以不超過三千濁度單位為原則，超過者應預先處理。
- 二、各池之處理水量應儘量維持一定。
- 三、池數之決定應考慮清除或故障時不影響淨水處理。
- 四、池面應設具有堰或孔口之出水槽，使原水在池內均勻分布。
- 五、應設有連續或自動操作之排泥設備。

【解說】

關於一：處理原水濁度之最高值以不超過三千濁度單位為原則，超過者應預先處理。

高速混凝沉澱池設備之所以能以快速上昇流速，利用較小沉澱面積，在較短時間內發揮懸浮體去除之機能，主要係依靠淤泥之觸媒作用。所以該設備之要能有效，應以適當淤泥之存在為不可或缺。要經常保有活性之淤泥，需繼續不斷一方面由原水帶入相當體積之懸濁物，另一方面將多餘之淤泥排除，維持淤泥之新陳代謝作用，否則，久而久之，膠羽之聚合凝集能力自然退化，更會由於所存之有機物質之腐化，失去對新進原水除卻懸濁物之能力。根據往例，如原水濁度低於5度，尤其在低溫時，在處理過程中就很難形成像樣的膠羽，所以高速混凝沉澱之功能就無從發揮。但原水濁度在10度左右時，一般情況就能維持穩定之處理效果。

反之，除非為高濁度處理所設計，一般高速混凝沉澱設備也無法應付過高之濁度。按一般高速混凝沉澱池在構造上所留存泥之深度較小，所以餘泥均在未經壓密濃縮情況下以較稀狀態排出。因此當原水濁度超過1000度時，為維持流入以及所排懸濁物之平衡，避免淤泥之漂流於出水中，其排泥量勢將達到處理水量之10%以上，大幅減低實際之處理能力，又當積泥之粘著力大時，雖然對淤泥之壓密濃縮性好，但容易使沉澱池內水流通路被塞，有損沉澱功能之發揮，如為避免此種障礙，就得很頻繁地排泥，對操作處理有所不利。

關於二：各池之處理水量應儘量維持一定。

高速混凝沉澱池內部存有大量淤泥，在處理過程中與上升水流保持平衡之狀態。如流入水量突然變化，將使淤泥之濃度，泥層之界面無法維持其穩定性，影響處理之效果，甚至使淤泥漂入出水中。因此其處理水量不能有太大幅度之變動，才能在淤泥濃度以及泥層界面在一定範圍內變動之下，維持其有限吸收緩衝之能力，不至於波及處理之機能。在稀泥循環型中，由於循環水量高達流入水量之數倍，所以受流入量影響程度或許較小，但在淤泥懸浮層型中則由於其泥層之維持

主要靠上昇水流，不是靠攪拌機，因此對流量之變動會更為敏感，更應受到限制。過度之流量變化會使淤泥之分離失去平衡，漂流於出水中，且此種失常現象一旦發生，又不易於短時間內挽救恢復，因此基本上高速混凝沉澱之處理水量應避免過度之變動。處理水量浮動之程度，自應併同原水水質，依不同設備容許之範圍斟酌。又據於此種適應性，高速混凝沉澱設備均應做連續性操作，無法為短時間或間歇性之使用。

原水濁度與溫度之變化均會反應於膠凝及沉澱之效果，所以會影響高速混凝沉澱設備中淤泥之量及質。由於淤泥對設備處理成效具有之敏感性，因此原水之濁度與溫度過度之變化自然應有所顧忌。為防範原水濁度與溫度之變化損及設備之正常性能，雖在操作上可藉在加藥上之用心，在相當程度範圍內儘可能維持淤泥之適當濃度以及層面來達成，但在選用此種設備前對原水之濁度及溫度變化應事先分析，據於探討其妥當性。一般言之，高速混凝沉澱設備之選用應限制在濁度之變化率每小時 100 度以內；溫度之變化率每小時 1°C 以內。

關於三：池數之決定應考慮清除或故障時不影響淨水處理。

高速混凝沉澱設備停用檢修之機會多，所以宜設二個單元以上以保持彈性。

關於四：池面應設具有堰或孔口之出水槽，使原水在池內均勻分布。

高速混凝沉澱設備都採用向上流，為求所有沉澱面積之均勻利用以維應有沉澱分離效果，應在水面上設置集水渠，儘可能均勻收集沉澱水，導引水流均勻上昇。為達此目的集水渠應均勻配置於全水面上，不宜相距過遠，使水流橫向流程在水深之三倍以內，且利用孔口或角堰得到集水渠沿線進水之均等性。又集水渠之進水不能太快，以免快速之流進水流影響沉澱，導致膠羽進入後續之過濾單元後破碎，通常宜限制在每公尺每日 350 立方公尺以下。

關於五：應設有連續或自動操作之排泥設備。

為經常維持池中適當濃度游（懸）泥量，以促進原水懸浮濁質之混凝及沉澱作用，高速混凝沉澱設備最重要之另一機能便是易於控制有效之排泥作用，以便在新淤泥沉澱累積當中，將多餘部分排放池外。該排泥設備應採間歇性連續操作方式，可藉排泥管上依時間設定自動開關之閘閥為之。該閘閥應選用不易被沉泥填塞者。排泥管之口徑宜在 150 mm 以上，且附有以壓力空氣通管之設備以防被污泥堵塞。至於排泥之出口則依廢水處理設備之安排。

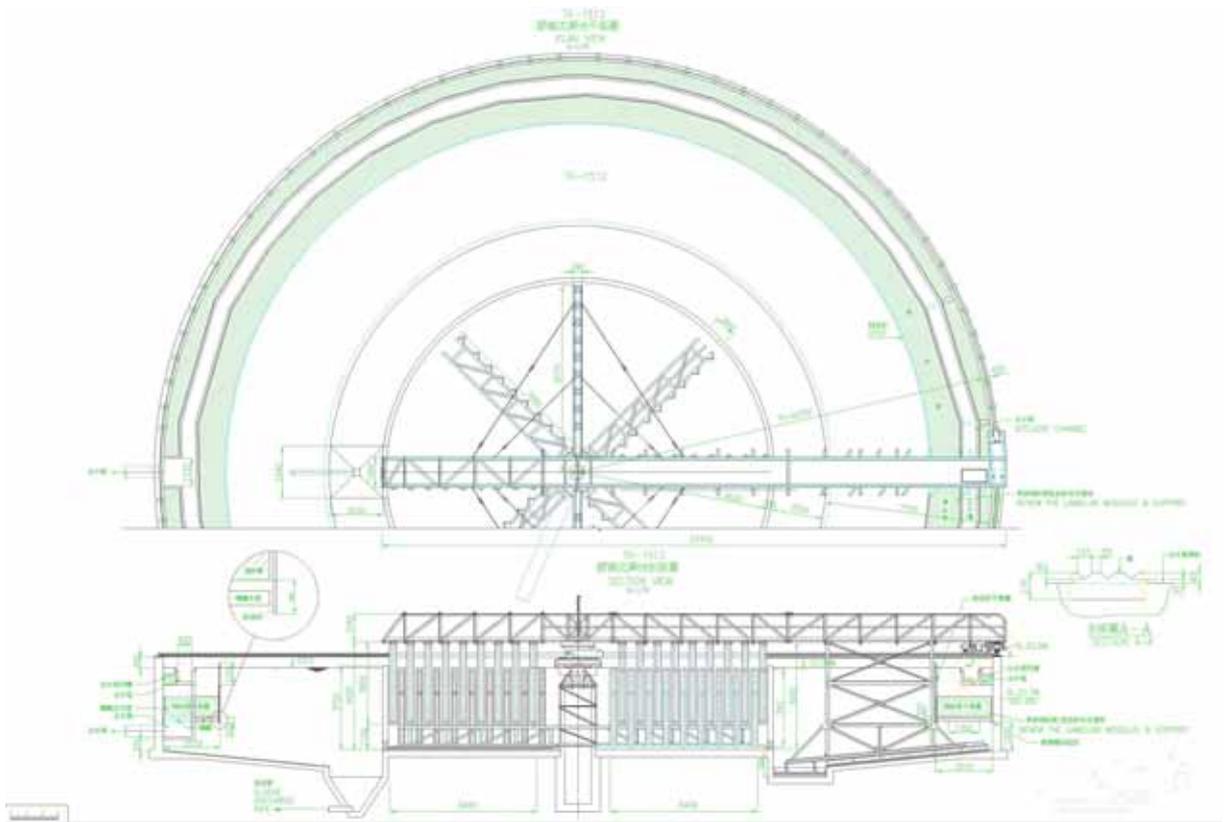


圖 4-8 澄清湖淨水場-膠凝沈清池圖

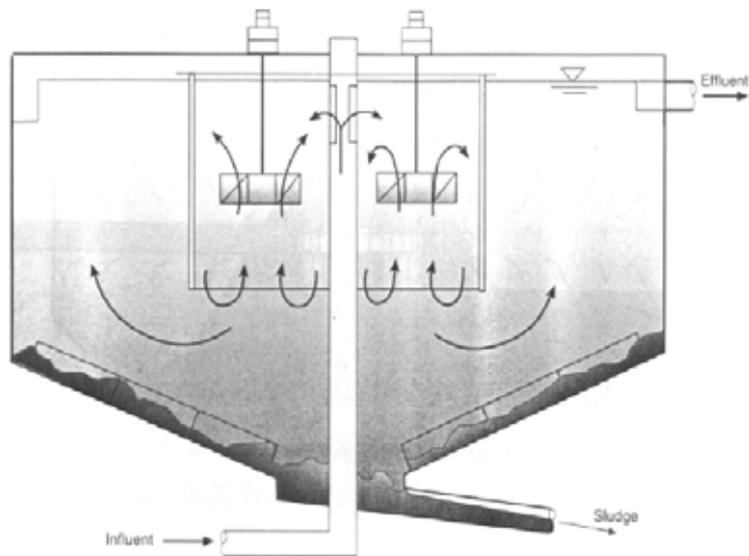


圖 4-9 膠凝沈清池示意圖（澄清湖淨水場、坪頂淨水場）

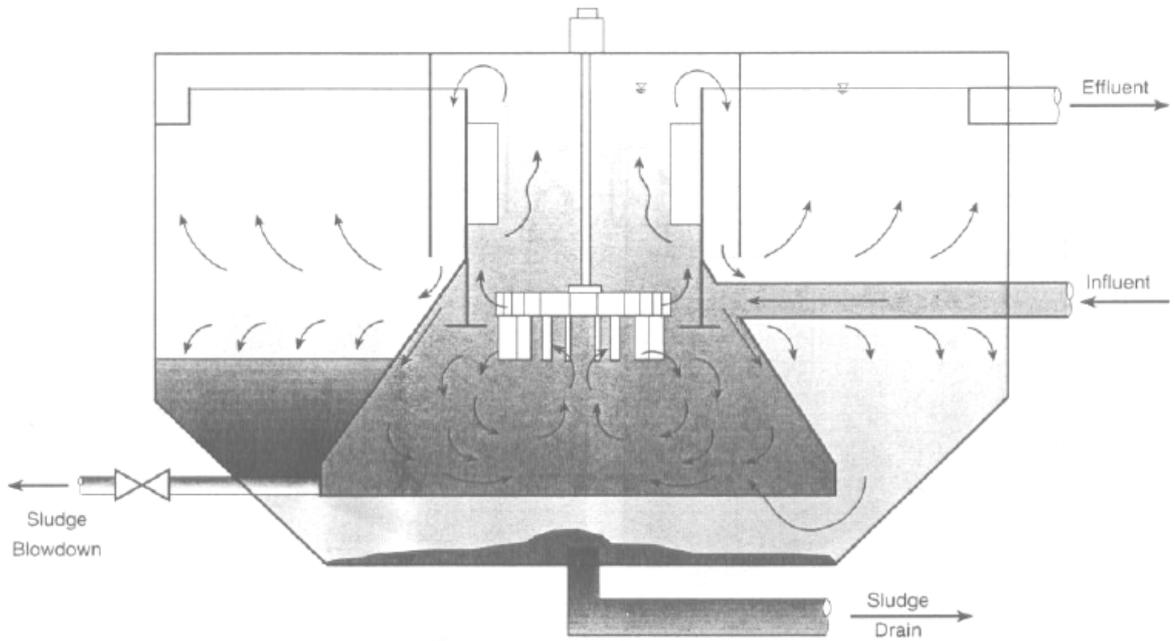


圖 4-10 回流顆粒接觸沈清池示意圖

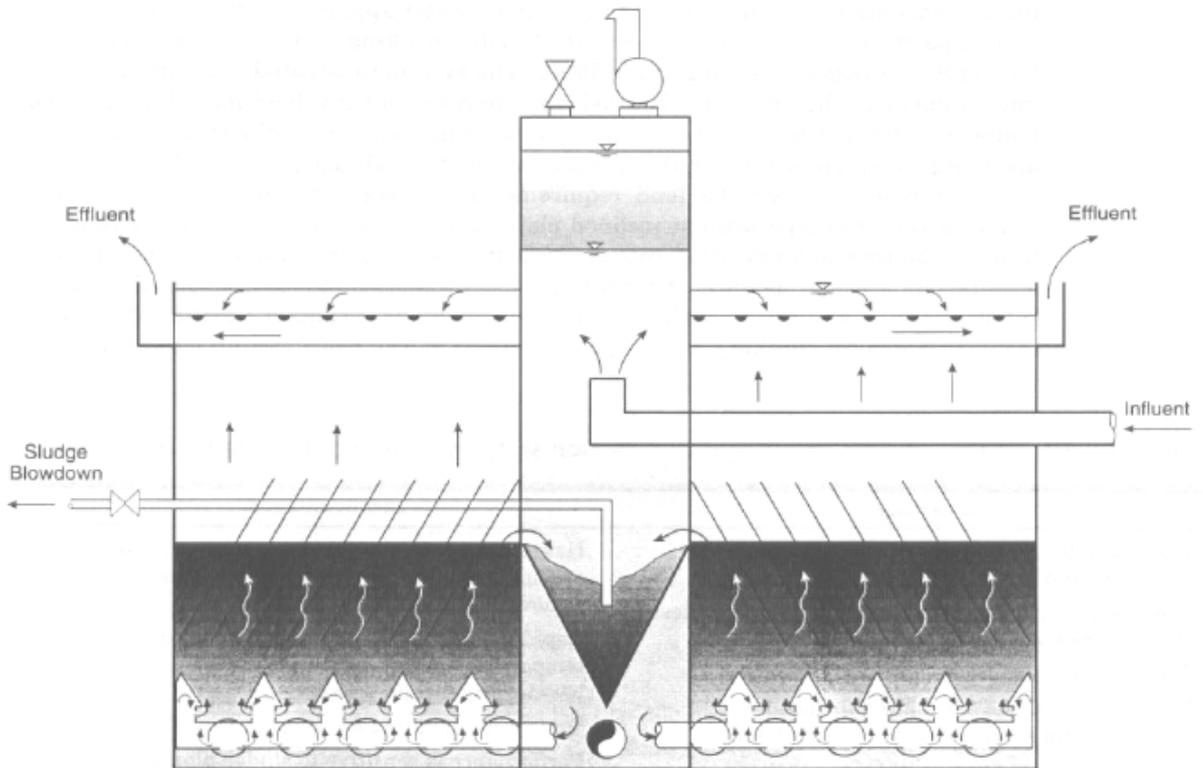


圖 4-11 脈動式污泥毯沈清池示意圖（豐原第一淨水場）

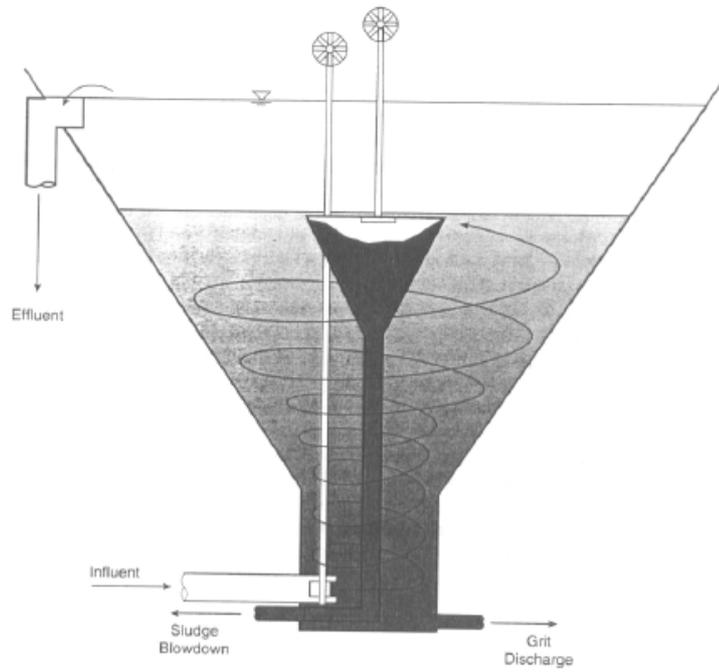


圖 4-12 螺旋污泥蘊沈清池（豐原第二淨水場）

第七十三條 快濾池之規定如下：

- 一、以快濾池處理之水應先經適當之處理，包括膠凝沉澱。
- 二、快濾池以重力式為準。
- 三、池數應為二池以上，並視需要設置備用池。
- 四、反沖洗速度應依所使用濾料之粗細、比重及溫度而定，或依實驗求得。
- 五、表面沖洗，可使用轉動式或固定式。
- 六、反沖洗及表面沖洗，可使用清水或混合空氣使用，其採用抽水機或洗砂水池供應，應視處理廠之配置及其建設費與維持費比較決定。

【解說】

關於一：以快濾池處理之水應先經適當之處理，包括膠凝沉澱。

快濾池所用之濾砂較慢濾為粗，濾速較高，故須先將原水加藥膠凝，使水中之細菌、藻類及其他微細懸浮物等與膠凝聚成膠羽，使易被截留於濾層。此方式不以濾層表面之濾膜為截留膠羽之主體，而賴膠羽與濾料顆粒表面之物理、化學之吸附作用而被留於濾層之孔隙間。

加藥膠凝為快濾法不可或缺之前處理過程，原水中微細之懸浮物如不先凝聚成膠羽，將無法在快濾池之高濾速下截留於濾層孔隙中，而致貫穿。去除水中濁度之重點有沉澱池與快濾池，前者為傳統上所採認之基本理論，使膠凝生成堅韌而易於沉澱之膠羽，儘可能在沉澱池中被去除，而維持濾池進水之濁度在適當限度以內以減輕濾池之負擔，換言之，則為增長快濾池之濾程，以達成快濾池之經濟運用。後者為直接過濾法，為原水濁度較低時所採用者，僅須以加藥混凝為主，使水中微膠羽凝聚粗大，不需先經沉澱處理而逕由快濾池承擔去除濁度之任務。

關於二：快濾池以重力式為準。

快濾設備可分成密閉之壓力式及開放之重力式，壓力式可採自動化操作，有不發生負壓及過濾操作水頭較高等優點，但無法隨時檢視快濾機內之運作情形，若以定壓過濾時有其濾速之變化幅度較大等考量，設計時應以池內有自由水面且自然流下過濾之重力式為宜，重力式快濾池於大水量時具有操作動力費用節省、土地面積需求較小以及出水水質穩定等優點。

適當之濾速與進水之水質情況，表面負荷，濾層之構造，濾程之長短等有密切之關係。對於濾前處理之考量，慎選濾料，並考慮操作管理方便所求之濾程等條件，參考下列標準，選擇設計濾速，當能獲得水質穩定可靠之濾水。

- (1)單層快濾池：濾速以 120~150m/d 為準，
- (2)多層快濾池：濾速以 200~300m/d 為準，

但經試驗能確保濾水之水質品質者不在此限。

重力快濾池依下列原則：

- 1.濾速應視濾前水質處理效果、濾料組成，一般以每日 120 至 300 公尺為準。
- 2.過濾之操作水頭，宜在 2.5 公尺以下。
- 3.池數應為二池以上，並視需要設置備用池，每池過濾面積在 150 平方公尺以下。
- 4.濾層反沖洗一般以清水反沖洗配用表面洗，或清水併用空氣反沖洗為準。但深層粗砂濾料應採用清水併空氣反沖洗。
- 5.反沖洗水流速度應依所使用濾料之粒徑、比重及水而定，並應有調整設備供操作上之選擇。清水反沖洗，應能使濾層產生約 20~30%之膨脹，反沖洗水流速度應在每日 1000 至 1500 公尺之間。併用空氣沖洗時，水流速度應為每日 400 至 800 公尺之間。
- 6.反沖洗所併用之空氣，其流速應為每日 800 至 2000 公尺之間，空氣壓力相當於 3 至 4 公尺水頭。應有調整設備供操作上之選擇。

關於三：池數應為二池以上，並視需要設置備用池。

為便於沖洗，濾池檢修及濾料之換裝，池數含備用池最少應為 2 池。池數超過 10 池時，應另加 10%之備用池。依此原則設計時，當可維持設計淨水量。

濾池一池之面積過大時，不易達到全面均勻過濾及沖洗之效果，且沖洗設備規模太大。故應以淨水量之多寡決定適當之濾池數目及各地之面積，一般每池面積在 150m³ 以下。

關於四：反沖洗速度應依所使用濾料之粗細、比重及溫度而定，或依實驗求得。

濾層沖洗效果之良窳，對過濾機能有很大影響，故必須選擇能均勻而又有效之沖洗方式，將濾池全面及濾層內部全沖洗清淨。沖洗效果不完全時，將引起濾程縮短，濾水水質惡化，產生泥球，濾層龜裂，濾層表面不平整，濾層與牆面發生裂隙等等。為防止濾層內繁殖藻類及微生物而污染濾層或妨礙過濾機能，反沖洗水必須為含有餘氯之淨水。

關於五：表面沖洗，可使用轉動式或固定式。

表面洗可分為固定式表面洗與迴轉式表面洗兩種型式：

- (1)固定式表面洗：可在濾層表面上 5~10 cm 處安置水平管，間隔約 60 cm，管上兩側約每 30 cm 開孔噴水，或以管徑 25 mm 之垂直管由水平管接出後裝設水平多孔噴嘴，垂直管之間隔為 60~90 cm，噴嘴下端離濾層表面 5~10 cm。
- (2)迴轉式表面洗：水平迴轉管接在垂直迴轉管在濾層面上 5~25 cm，管之側面及兩端設噴嘴，以 5~15 rpm 之速度迴轉。若迴轉半徑太大時濾池之角落處沖洗效果差者，須考慮與固定式併用。

表面洗強度是表面洗流量除以過濾池面積而得，表面洗強度與壓力通常採用：

- (1)固定式沖洗強度 0.15~0.20 m/min，壓力 15~20 m 水柱。
- (2)迴轉式沖洗強度 0.05~0.10 m/min，壓力 30~40 m 水柱。

表面洗效果，隨著給予濾料的能量愈大，則沖洗效果愈佳。再計算單位過濾面積之功率，固定式為 $37\sim66 \text{ kgf} \cdot \text{m/s} \cdot \text{m}^2$ ，迴轉式為 $24\sim64 \text{ kgf} \cdot \text{m/s} \cdot \text{m}^2$ 。給予濾層之能量，兩者差別不大，又分配水方法不同其水量亦不同，但容易分配的迴轉式所需水量較少。

關於六：反沖洗及表面沖洗，可使用清水或混合空氣使用，其採用抽水機或洗砂水池供應，應視處理廠之配置及其建設費與維持費比較決定。

沖洗濾層之標準方式為表面洗及反沖洗併用，表面洗係利用水流之剪力先將附著於表層濾料之濁質破壞，繼之以反沖洗之水流使全部濾層呈浮動狀態，藉濾料互相摩擦及水流之剪力，將附著於濾料之濁質完全剝離，排出濾池。

其他尚有空氣洗及反沖洗併用，則藉上升之氣泡，將濾層微微震動，以剝離濾料上之淤泥，繼以較低速之反沖水流，將其排出。

沖洗方式應視原水水質，前處理之程度，濾料之組合與厚度及濾層內濁度可能分佈情形而定。傾向於表面過濾之濾層，以表面洗及反沖洗併用之標準沖洗方式為宜，深層過濾則以空氣洗及反沖洗併用方式為宜。

- (1)表面洗：若濾層表面上所截留之濁質甚多，僅賴以反沖洗必無法獲得完全之沖洗效果，長時間使用後，濾層表面殘留之濁質，將積聚成泥狀物，非僅減少濾層內濁質之截留量，最後會形成泥球。為解決此問題，須於反沖洗之外，併用表面洗得到完全之洗淨效果。實施表面洗應在反沖洗之先，由噴射孔之高壓水對濾層表面作全面噴射，依水流之剪力能破壞泥狀層，以提升洗淨效果。
- (2)反沖洗：反沖洗之要領在使濾層內所截留之濁質由濾料剝離並排出，因此必須保持必要的洗淨流速及均勻的水流分佈。反沖洗之作用分二個階段：

第 1 階段：反沖洗水流使濾料互相衝擊摩擦，或以水流之剪力，將附著於濾料

內之濁質剝離。濾層之膨脹率保持 20~30%時可得最有效之洗淨效果。

第 2 階段：將與被反沖由濾層剝離之濁質迅速排除，此時須考慮排水槽之高度及其排列間隔之影響。

(3)空氣洗：空氣洗方式係以空氣由濾層下部吹入使附著於濾料之濁質剝離，並與反沖洗併用。

沖洗方式有幾種，例如：

第 1 種：先吹空氣約 5 min，停止約 1 min，排氣後再以反沖洗約 10 min之洗淨方法，其所需空氣量為 $0.8\sim 1.5\text{ m}^3/(\text{min}\cdot\text{m}^2)$ ，水量為 $0.5\sim 0.8\text{ m}^3/(\text{min}\cdot\text{m}^2)$ 。

第 2 種：以反沖洗及空氣同時併用（即氣水沖洗）約 5 分鐘後，停用空氣洗，再以反沖洗約 10 min之洗淨方法，其所需空氣量為 $0.8\sim 1.0\text{ m}^3/(\text{min}\cdot\text{m}^2)$ ，水量為 $0.3\sim 0.5\text{ m}^3/(\text{min}\cdot\text{m}^2)$ 。

第 3 種：先以 $0.8\sim 1.0\text{ m}^3/(\text{min}\cdot\text{m}^2)$ 速度吹入空氣 5~8 min，同時於空氣吹入約經 1~2 min時，隨時以 $0.2\sim 0.4\text{ m}^3/(\text{min}\cdot\text{m}^2)$ 較慢速度實施反沖洗。空氣洗停用後再以 $0.6\sim 0.8\text{ m}^3/(\text{min}\cdot\text{m}^2)$ 較快速度進行反沖洗 5~8 min之方法。

採用空氣洗時須要注意空氣之均勻分配問題，因空氣之粘性比水為小，只要有微小的壓力差，將使其噴出的空氣量有大波動，故對全濾層均勻的空氣分散設備之選定須要慎重。

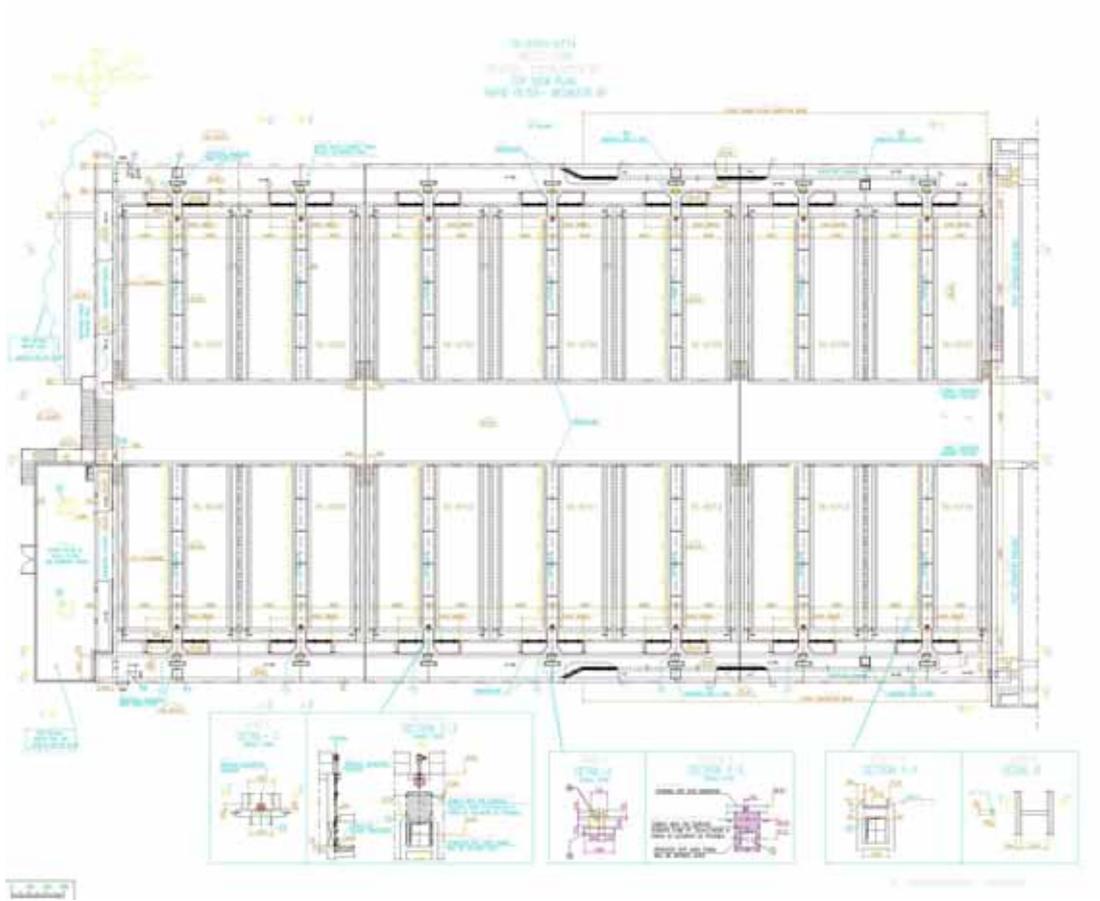


圖 4-13 快濾池設計圖（澄清湖淨水場）



4-14 快濾池濾砂補充圖（坪頂淨水場）

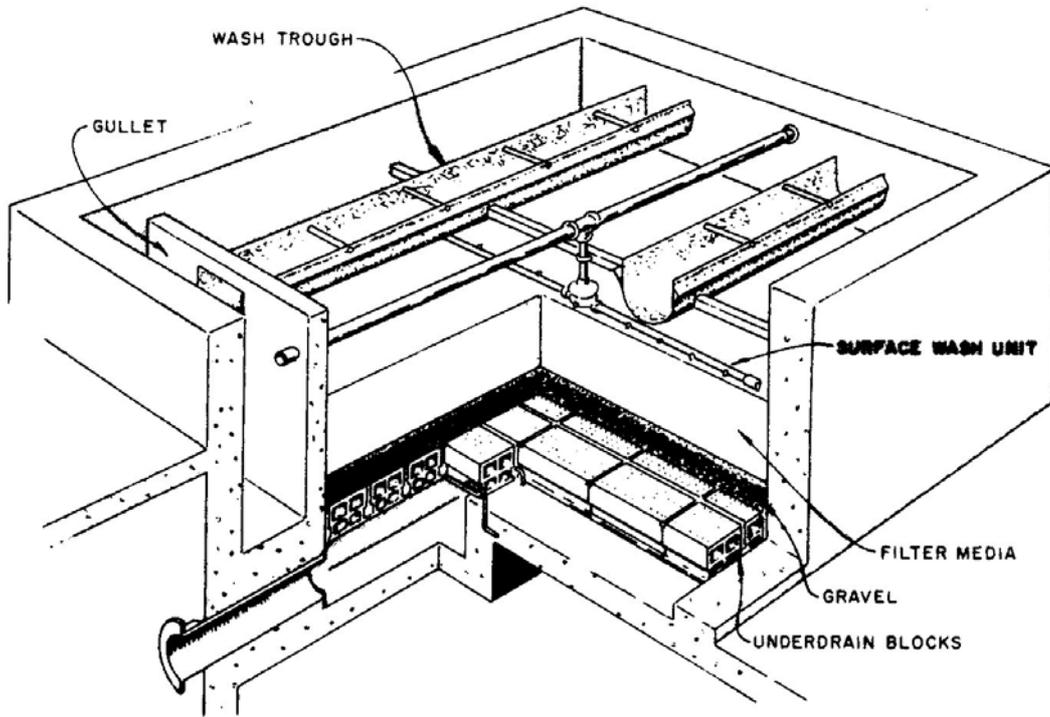


圖 4-15 濾池表洗裝置示意圖



圖 4-16 快濾池表洗裝置圖（潭頂淨水場）

第七十四條 慢濾池之規定如下：

- 一、使用為地面水者，其原水之濁度經常低於二十濁度單位，最高以不超過五十濁度單位為原則。使用地下水者，其鐵錳含量應在每公升三毫克以下。
- 二、地面水有較高濁度、污染現象或色度高時，應採用初步處理。
- 三、應有適當之備用池，池數應在二池以上，使用進行刮砂及補砂等工作時，其他各濾池均能維持在正常濾速下操作。

【解說】

關於一：使用為地面水者，其原水之濁度經常低於二十濁度單位，最高以不超過五十濁度單位為原則。使用地下水者，其鐵錳含量應在每公升三毫克以下。

對於受污染度輕微之原水，慢濾法確具有快濾法所莫及之廣泛去除溶解物之功能，但若對於使用地面水者，其原水之濁度應經常低於 20 濁度單位，最高以不超過 50 濁度單位。使用地下水者，其鐵錳含量應在 0.3mg/L 以下。超過限制則慢濾池無法發揮淨水功能，在此情形下應加過濾前處理以改善水質或另選其他淨水方法。

依賴生物淨化作用為主之慢濾池，不適用於受污染程度達到抑制微生物之生存，其污染程度雖不易明定，但重金屬、氰鹽等毒物之濃度，或 pH 值達到對細菌及藻類之機能有害，或有機物、濁度過高造成濾砂層內溶氧不足，致使影響好氧性細菌無法生存，均不宜直接以慢濾法處理。

砂層內部必須經常保持好氧狀態，使其內有機物及鐵錳之氧化作用得以順利進行，若缺氧時，不但使分解有機物或氧化氨氮之好氧性細菌之機能消失，且蓄積於砂層內之鐵錳亦將被溶出，而令水質惡化。

山澗水常僅須以液氯消毒就可供給用戶使用。而以每年偶有數次混濁機會之原水作為水源之極小規模之自來水系統，已有採用可反沖洗之向上流過濾設備之實例，此類設備主要係利用砂層之篩分截留作用，其功能與慢濾池並不相同，因此於採用前須對原水水質條件加以慎重之考慮。

關於二：地面水有較高濁度、污染現象或色度高時，應採用初步處理。

慢濾池之原水水質如受有下列情況，應採用初步處理：

- (1) 高濁度:去除濁度可用普通沉澱微濾器或細濾石過濾等方法。
- (2) 浮游生物：在水庫內控制其繁殖，調節取水位或慢濾池之濾程若未達一個月

左右，宜設濾前處理，預先減低矽藻類及綠藻類等單細胞植物之濃度。

- (3) 色度：慢濾池雖可去除原水中由鐵、錳所產生色度之一部份，但不能去除與腐植質結合或安定化合物之色度。

關於三：應有適當之備用池，池數應在二池以上，使用進行刮砂及補砂等工作時，其他各濾池均能維持在正常濾速下操作。

慢濾池過濾面積及池數：

- (1) 過濾池總面積按計算淨水量除以濾速而得。慢濾池之運作為過濾操作，停止，刮砂，補砂作業之循環，因此必須考慮淨水場之規模，建設費及維護管理之難易，以決定每池之面積。通常在大規模之淨水廠，每池可達 4,000~5,000m²。一般池愈大，單位過濾水量之建設費用愈低。

濾池數目多，池牆面積可能增加，但預備池所需面積可以較小，反之濾池數目少，池牆面積可能減少，但所需預備池面積必較大。

建設連接濾池時其經濟的長寬比例之分析如下：

設 n：濾池數目

I：中間隔牆每單位長度之費用

E：外牆每單位長度之費用

x：寬度

y：長度

A：每池面積 = x · y

C：池牆之總費用

集水溝平行方向之池牆費用 = y[(n-1)I+2E]

集水溝垂直方向之池牆費用 = 2nxE

所以 C = y[(n-1)I+2E]+2nxE

$$= \frac{A}{x} [(n-1)I + 2E] + 2nxE$$

使 C 值為最小，必先求 式之一次微分，再使之等於零，

$$\text{則 } \frac{dc}{dx} = \frac{A[(n-1)I + 2E]}{x^2} + 2nE = 0$$

$$x^2 = \frac{A[(n-1)I + 2E]}{2nE},$$

$$\therefore \frac{x^2}{A} = \frac{x}{y} = \frac{(n-1)I + 2E}{2nE}$$

由 式可求得經濟長寬比例，假定外邊牆與中間隔牆之建造費用相同，(事實上即使有差異，其差異亦很小) 則

$$I=E, \therefore \frac{x}{y} = \frac{n-1+2}{2n} = \frac{n+1}{2n}$$

式之運用很簡單，並與工程費用毫無關係，只要決定相連池數，則可求出經濟長寬比例。

設 $n=2$ (即二池相連接時)

$$\therefore \frac{x}{y} = \frac{2n+1}{2+2} = \frac{3}{4},$$

如已知一池之面積，亦得所需要之數值，

$$\text{因 } \frac{x}{y} = \frac{x^2}{A} = \frac{n+1}{2n}$$

$$\therefore \sqrt{A \frac{n+1}{2n}}, y = \frac{A}{x}$$

例如，設 $A=200\text{m}^2$ ， $n=3$

$$x = \sqrt{200 \times \frac{4}{6}} = 11.5\text{m}$$

$$y = \frac{200}{11.5} = 17.4\text{m}$$

為便於設計施工，一般均湊為整數如 $18 \times 12\text{m}$ ，所以 $A=216\text{m}^2$

若平常只需一池時，亦必須另設一備用池，在此情形下，應盡可能將所需濾池

面積分為兩池，再加設一同樣大小之備用池。備用池數之多寡應視濾池之濾程及刮砂、補砂所需日數而定，一般以每 10 池設一備用池為原則。

第七十五條 清水池之規定如下：

- 一、有效容量應依淨水場之操作方式決定。
- 二、最高水位應保持與濾池間必要之落差。
- 三、應設覆蓋及防止外界污染之構造。
- 四、應避免與未經過處理之水池共用一牆相鄰接。
- 五、建築在地下水位高之地點時，應防止浮起現象。
- 六、最高水位應有適當之出水高度，並設有足夠容量之溢流管。溢流管不得直接與排污水管相接。
- 七、應在池底最低處設充分之排水管。其排放口不得浸在污水中，無法自然排水之清水池，應採用抽水機排水。
- 八、應設通風設備，其大小依清水池之最大進出水量計算，開口應套以細目網，並能防污雨水之侵入。
- 九、應在操作方便之處設水位計，必要時並應裝設高低水位之指示燈及警報設備。
- 十、應裝設繞流管，其大小與進水管相同。
- 十一、進水管、出水管、繞流管及其他水管均需設置制水閥或制水閘門，制水閥以設在池外為準。
- 十二、裝設在池牆上之管件不得漏水，池牆外側並應裝設可撓性接頭。

【解說】

關於一：有效容量應依淨水場之操作方式決定。

容量：清水池應有淨水場設計處理量 1 小時以上之有效容量，俾於清水量與送水量不平衡時有足夠時間以調節操作水量。

關於二：最高水位應保持與濾池間必要之落差。

為使過濾池之水位調節能充分發揮其功能，清水池之高水位與過濾池間應有足夠之落差。

關於三：應設覆蓋及防止外界污染之構造。

構造：清水池為儲水之重要設備，為確保清水水質之安全，並防止雨水及灰塵等陽光照射滋生藻類，須為封閉之構造並具有水密性、耐震性及耐久性。清水池常用 RC、預力混凝土、鋼版或 F.R.P（玻璃纖維強化塑膠）等材料製造。

RC 造之清水池常為矩形，或方形。但因地形或經濟因素亦有圓形或其他形狀者。池頂版之結構採用梁柱或平版式構造，外牆部份依經濟上之考慮採用挑梁

式或擋土牆式構造。RC 造者為保持水密性須採用品質優良之混凝土，除因其施工接縫甚易漏水，施工時應特別慎重之外，為減少混凝土因乾燥收縮及溫度伸縮而裂損，每 20~30m 左右應設置伸縮縫。必要時須加防水水泥砂漿粉刷，柏油防水塗刷或防水水泥噴漿，亦可添加防水劑於混凝土中以增加其水密性。

清水池有覆土時，其頂版應作防水處理，並附 1/100~1/300 之坡度，上舖礫石透水層並排置透水管或半圓管能迅速排水，若頂版上無覆土時亦應有適當之坡度以利排水。因清水池內有高濃度氯氣時，混凝土表面應塗裝合成樹脂，除可防水外亦可防止侵蝕。

預力混凝土清水池通常採用圓形，因水壓而產生豎向彎曲力矩用高抗力鋼筋，作用於圓周方向之水平張力則以高抗力鋼線施以預力承受之。圓周方向施預力之方法有將池牆分為 4~8 等段以柱固定預力鋼纜及無柱固定之池牆上連續繞繫預力鋼線等二法。池牆與池底版之連接有固定，絞接及滑動等形式，其設計與施工若有不妥易致失敗。又頂版有拱形，平版或預鑄版等種，與池牆之接縫以伸縮方式者為多。進水管及人孔等因預力鋼線配置問題，宜設於頂版或底版。預力混凝土水池之設計施工應以有關規範為依據，並由信譽經驗卓著之廠商承辦。

鋼版製者其形狀以圓形，底版為平底，頂版採用拱頂者為多，並採用銲接，容量小者可採用組合式。鋼版具有材質均一，水密性及高強度等優點，但易腐蝕，與氯接觸時其內部應塗耐氯之環氧樹脂焦油，外露部需漆防蝕塗料並定期重漆。底盤與基礎接觸部份因無法重漆，應填鋪瀝青並以柏油砂或瀝青混凝土 5~10cm 厚襯底藉以防止腐蝕。

玻璃纖維強化塑膠製僅用於小型清水池，以圓形或矩形為多，內部無腐蝕問題，外部應刷抗紫外線塗料以防老化及陽光所引起之藻類產生等。

清水池常部份露出地上，不但可減少土方數量，且在水力上及經濟上亦較有利，但在寒帶或熱帶地區為防影響池內水溫，常加舖 30~60cm 之覆土。

關於四：應避免與未經過處理之水池共用一牆相鄰接。

與清水池相接問題：清水池為 RC 之水密性構造物，但因其施工接縫由於地震易產生漏水，為確保清水之安全考量以及易檢查修理，應避免與未經處理之水池相鄰或相接。

關於五：建築在地下水位高之地點時，應防止浮起現象。

浮動對策：若清水池設於地下水位高之地區，當空池或池內水位低時，易因回填部份積水而發生整個水池或底版浮動之意外事故，因此在構造上須有妥善之考慮。其具體對策為加覆土以增加重量，打基樁以穩固地盤，降低地下水位（若

打點井經常抽取地下水)以減少浮力等方法，並為用地效率化，清水池設於混凝池、快濾池之下部之例。

關於六：最高水位應有適當之出水高度，並設有足夠容量之溢流管。溢流管不得直接與排污水管相接。

溢流設備：淨水場內之水位雖可在分水井調節，惟為防萬一水位上昇致使頂版受壓，清水池內亦應設溢流設備，將溢流管之出口延伸至相當距離外。

溢流設備所需溢流能量之決定，若出水閘完全關閉時，進水量可全部經由溢流而排至池外。此時溢流口或溢流堰上之水頭不可超過清水池之出水高度。

為預防因制水閘操作錯誤或送水系統發生狀況，水位不斷上昇致使滿溢或對頂版產生向上之壓力，故清水池高水位與頂版間應有適當之出水高度，並須裝設溢流設備，依一般經驗出水高度約需 30cm。

又清水池常設於地面下，溢流管末端之高水位應低於清水池之高水位以防污水倒流至清水池，若附近無法自然排水時應採用抽水機排水。

關於七：應在池底最低處設充分之排水管。其排放口不得浸在污水中，無法自然排水之清水池，應採用抽水機排水。

排水管之能量以能短時間內排空池內全部水量為目的，原則上低水位以上水量由出水管排除，低水位以下水量則由排水管排乾，其管徑約為進水管徑之 $1/3 \sim 1/2$ 。

如上述，污水不得倒流至清水池，故排水管出口之高水位應低於排水坑底方能自然排水，若無法自然排水時，不能以抽水機直接於池內抽水，併溢流管之水應先流至池外之抽水井，再以抽水機排除，以免倒流污染清水。

關於八：應設通風設備，其大小依清水池之最大進出水量計算，開口應套以細目網，並能防污雨水之侵入。

通風設備、人孔及檢視：由於送水量之時間變化，清水池應有通風設備以便空氣隨水位之升降而進出。空氣之阻力較水為小，其斷面積與出水管相同則可，通常於池牆上部設通氣孔或池頂上設通氣管 1~2 個，亦有池頂出入口兼作通氣孔及檢視之用，並可增加美觀。因清水池內之空氣常含微量氯氣，通風設備應用耐蝕材料，其開口部份應設防蟲網及雨庇或百葉板以防蟲類、雨水或灰塵等進入池內，其材質為不鏽鋼、FRP 或塑膠等。清水池為貯蓄清水之重要構造物，所有進出口均應上鎖，以策安全。

關於九：應在操作方便之處設水位計，必要時並應裝設高低水位之指示燈及警報設備。

清水池應設水位計，其水位指示針應裝在中央控制室，濾池操作廊或抽水機房等明顯處所以便操作管理。清水池之進出水閘若能遠距離遙控，則在水位突變時可即時調整因應。必要時並應裝設高低水位之指示燈及警報設備，水位計應能在高水位以下 30cm，低水位以上 30cm 時發出警示訊號。

關於十：應裝設繞流管，其大小與進水管相同。

繞流管：清水池應設繞流管連接進水管與出水管，當檢修或清掃清水池時可維持正常送水。以分散危險之觀點，清水池雖分為兩池亦應設繞流管。其管徑與進水管管徑相同。

因繞流管並非時常使用，為免管內死水影響水質，其兩端應設制水閘以隔開，並另設排水閘連結排水系統以便使用繞流管前先排除管內死水。

關於十一：進水管、出水管、繞流管及其他水管均需設置制水閘或制水閘門，制水閘以設在池外為準。

進水管、出水管、繞流管及其他水管均需設置制水閘或制水閘門，制水閘以設在池外為準。

關於十二：裝設在池牆上之管件不得漏水，池牆外側並應裝設可撓性接頭。

水管穿過池牆或池底處極易漏水，施工時應特別注意其水密性，埋設附有止水緣之過牆管於混凝土中可有效防漏或採用具有彈性防漏填充材料。又因池體與管線之基礎條件不同而常有不均勻沉陷，必要時應於牆外設可撓性伸縮接頭，以免管件斷裂。

第七十六條 自來水採加氯消毒，其消毒之規定如下：

- 一、加氯方法以溶液式為準。
- 二、加氯設備應有可靠之性能，加氯速率及數量應準確易於控制，並有良好之安全設施。
- 三、加氯地點應選在氯劑能均勻混合於水中之處。
- 四、加氯設備之容量，應以最大處理水量及最大加氯率決定之，並應有備用設備。
- 五、流量經常有變化之處，消毒時應設自動控制設備，保持一定之加注率。
- 六、自來水事業應訂定加氯消毒之標準作業程序及氯氣外洩之緊急應變計畫，並定期演練。

【解說】

關於一：加氯方法以溶液式為準。

加氯方法以溶液式為準，加氯機有乾式及濕式二種，皆利用添加液氯於水中，通常與氯化器或氯瓶連接，可連續供給安全且正確計量氯氣。乾式加氯機乃將氯化後之液氯以氣體狀態直接加入所要處理水中，而濕式加氯機乃將氣體狀態之氯先溶於水，使成為較濃之氯液而加入處理水中。

濕式真空加氯機：為近年來普遍的被採用之加氯機。自液氯瓶或液氯筒引出氯化氯至氯計量器之構造與壓力式相似，因為使用水力噴射器（Injector）及壓力控制機構產生真空，所以氯氣洩漏及殘留於容器內之情形較少，若噴射器之壓力下降時加氯機內之真空壓力變為正壓，即可自動停止加氯。如附圖為代表性加氯機，所需之操作水壓略高於壓力式。噴射器為真空加氯機操作產生真空（負壓）之動力來源，同時使經過計量之氯氣與壓力水混合成氯液後加入水中。其給水量依加氯機之能量而有差異，須能使氯完全溶解，該氯液之濃度通常在 0.3% 以內為宜。

表 4-5 氯混合用水之所要水量

加氯量 (kg/h)	濕式真空式注入機 (l/min)
0.5 至	15
1.0	15
1.5	20
2.0	25
2.5	30
3.0	35
4.0	40
5.0	45
6.0	50
10.0	60
50.0	300
100.0	600
200.0	1,200

噴射器入口之給水壓力，須足以克服噴射器操作所需之壓力及由噴射器注入氯液於水中之全部管路之總水頭損失。

濕式壓力式加氯機：由液氯容器中取出經計量之氯氣溶成為濃氯液後加入所要處理水中，與乾式加氯機比較，此種方式更能均勻混合氯氣。

關於二：加氯設備應有可靠之性能，加氯速率及數量應準確易於控制，並有良好之安全設施。

加氯機室及液氯貯藏室均應選擇陰涼乾燥、通風良好及遠離熱源之處，並附設必要之測漏、警報、防漏以及中和設備。加氯機房及貯存室：若加氯機室與加氯點距離甚遠，則易發生流入管斷裂而消毒中斷情形，為預防噴射器之給水壓力下降時之逆氣，加氯機室應高於加氯點水位，並避免置於地下室或低窪潮濕處所，因氯氣約比空氣重 2.5 倍，洩漏時將停滯於低處而不易排除，且遇濕氣後其腐蝕性極強。加氯室須採光良好以便操作，其上部設換氣孔，必要時應設人工通風裝置，使通風良好。若發生意外時亦能密閉，以防止氯氣逸散於室外，並且其下部須有抽風設備，能將沉滯於下部之氯氣抽至中和設備消除其毒性。室內溫度最好約能維持在 15~20°C 之間，若溫度太低時氯化速度極慢，無法達到所需之加氯量。

液氯筒之貯存與運輸須依內政部頒布之「高壓氣體安全衛生設施標準」、環保署之「毒性化學物管理手冊」及 CNS2571「液氯儲運使用安全規章」等有關規定。貯存與運輸：液氯之貯存應符合 CNS 2571「液氯儲運使用安全規章」，

內政部公布之「高壓氣體安全衛生設施標準」及各級政府之有關規定。

液氯筒之貯存設備有關規定如下：應採用合格之 50 公斤、1 噸之容器，貯存容量須維持 40°C 以下，須有固定容器之架台，若採 1 噸容器時須有搬運設備。

可能與氯接觸之器材應具有耐腐蝕性能。耐腐蝕之器材：氯氣含濕時可腐蝕所有金屬類，但乾燥的氯氣在常溫時不與鋼及銅起反應。由於裝接容器之補助閥時有氯氣洩漏之可能，因此應採用具有耐腐蝕處理的電氣器具，而其電氣配線儘量佈設於高處。

各種液氯設備所採用之配管，應依各使用條件選定管件之材質。一般而言，液態或氣態氯之配管須採用壓力配管用之低碳鋼管，小口徑之支管則可用鋼管。直接由貯存槽引出之管線必需裝設雙重控制閥，液氯鋼瓶之瓶頭開關亦需附裝補助開關。埋設於建築物內部之管線須儘量配設副管為安全及檢修。容器內之壓力對整個管路之安全極有關係，故應設壓力監視裝置，為因應緊急時可切斷液氯之流通。

氯液所用之管線可採用耐蝕性良好之硬質橡膠管，硬質氯乙烯管，塑膠或橡膠襯裡管及橡膠軟管等。由加氯室至加氯點間之管線，應儘量裝配於無蓋之專用管槽內，並於適當處所裝設法蘭式接頭以便檢修。加氯點之位置宜低於加氯機，以防止在加氯機停止運轉時，水流逆轉，同時應有防止空氣進入氯液管之設備。



圖 4-17 儲氯槽

關於三：加氯地點應選在氯劑能均勻混合於水中之處。

氯加進水中之後與水中所含之不純物起反應及殺菌作用，因此應設法在清水池（塔）或其他適當處所有足夠接觸時間，或藉混和或擴散設備促進氯劑反應產生效果後，始行供水。

氯劑加入地點應依處理之目的、原水水質，於淨水流程上選定適當之地點，必要時應以實驗決定。氯劑加入地點，如只以消毒為淨水設備時應設於分水井，加氯井或清水池入口等，而有濾池設施者設於過濾後之加氯井，清水池入口等處。若因送配水管線甚長或配水池容量甚大，在貯水及送配水過程中，水中餘氯有顯著降低之可能，以及送配水管線至用戶水栓距離有長短關係，不能以超量加氯引起餘氯量差異很大時則應在送配水途中再加氯。自來水系統接受其他自來水系統之供水補充時，需在接水地點再加氯，但若所補充之水中能維持必要之餘氯時則可免之。

預氯處理：在淨水過程中，通常在過濾後加入氯劑以達消毒目的，而預氯處理為在過濾之前加氯於原水中。因氯具有殺滅菌類及藻類之功用，且氧化力強，所以在原水水質受污染時，預氯乃成為淨水處理上極重要之一環。茲將其目的分述如下：

細菌之處理：原水中細菌總數在 5,000/ml 以上，或大腸菌類數（MPN）在 2,500/100ml 以上時，預氯處理可減少過濾前水中之細菌，提高其安全性，且可維持沉澱池及過濾池內之清潔衛生。

生物之處理：可消除藻類、浮游生物及鐵菌等，並抑制其繁殖。

鐵，錳之處理：溶於水中之鐵、錳等經加氯而濁度、色度增加，故先轉化為不溶性之氧化物予以祛除。

氨氮、有機物等之處理：可氧化氮鹽、亞硝酸氮、硫化氫、酚類、有機物等。

異味之處理：對硫化氫、下水、藻類等有異味之物質，有祛除效果，但應注意某種物質與氯作用後亦使臭味強或產生新臭味之可能。

又因氯對慢濾池層上之生物膜有不良影響，所以原則上慢濾池不採用預氯處理。預氯處理雖有上述之效果，但對於某些原水而言，則不能獲得預期之目的，甚至有水質反而轉劣之情形。又因需要較高度之水質管理，所以採用前須慎重考慮。

關於四：加氯設備之容量，應以最大處理水量及最大加氯率決定之，並應有備用設備。

一般而言，以加氯機能量之 60~80% 內操作最為準確可靠。為預防加氯機故障時發生消毒中斷情事，或遇意外狀況必須加強消毒，因此最少應有備用加氯機一台，則總數應有 2 台以上。

關於五：流量經常有變化之處，消毒時應設自動控制設備，保持一定之加注率。

加氯量：加氯量可由加氯率與處理水量相乘而求得。

液氯之加藥量（質量）

$$V_w = (Q \times R) / 1000$$

式中， V_w ：加藥量（mg/h）

Q ：處理水量（ m^3/h ）

R ：加氯率（mg/l）

次氯酸鈉之加藥量（容積）

$$V_v = Q \times R \times (100/C) \times (1/D) \times 10$$

式中， V_v ：加藥量（l/h）

C ：有效氯濃度（%）

D ：濃度 $C\%$ 時，次氯酸鈉之比重（kg/l）

加氯控制系統需有定量控制，流量比例控制及餘氯量控制等方式。惟各種控制及計量器均須考量水量、水質之變化，設備之規模及維護管理等因素選定，並要經常校正，以維持其準確性。

加氯控制：加氯控制系統有定量控制，流量比例控制及餘氯量控制等方式。惟各種控制及計量器均須考量水量、水質之變化，設備之規模及維護管理等因素選定，並要經常校正，以維持其準確性。

定量控制：處理水量與氯量之變化小，略以一定量之氯劑量則可維持所需餘氯量時採用的方法。

流量比例控制：處理水量有變化，而水質變化少，且需氯量略為一定時，依處理水量之變化所加氯劑量則可維持所需餘氯量時採用的方法。

餘氯量控制：所處理水量，需氯量均有變化時以餘氯量作為目標值所採用的方法。

關於六：自來水事業應訂定加氯消毒之標準作業程序及氯氣外洩之緊急應變計畫，並定期演練。

自來水事業應訂定加氯消毒之標準作業程序及氯氣外洩之緊急應變計畫，並定期演練。防止氯氣毒害之安全設備，除依照一般高壓氣體之安全衛生規定外，由於自來水為一公用事業，故須有足夠之能力使損害減至最小，並防止加氯中斷及設備腐蝕情形發生。其設計應包括防止洩漏氯氣之擴散設備、檢測警報設備、中和設備、吸收劑及防護用具等。

因氯氣之毒性極強，即使液氯貯存量最少的 1,000kg 之淨水場，為防止意外事故發生，亦應有適當之安全措施及防護設備，最好亦應有檢警報設備。例如在液氯貯存室、倉庫或加氯機室附近取用方便之處存放消石灰，並在地上掘一深約 1 m 可放置氯瓶之坑井。若漏氣無法阻塞，則將容器移置坑內，再於其上覆以足量之消石灰及砂土，以防止氯氣外洩。此外，尚應配備可搬運 50kg 氯瓶之手推車，以便於事故發生時作迅速之安全處置。

消石灰吸收劑之存量應依規定，並具有狀況發生時能迅速均勻散佈之石灰散佈機，其型式有手動式及動力加壓式。消石灰應以袋裝貯存於乾燥處，以免因受潮及吸收二氧化碳而凝結降低效力。

防護用具之種類及其最低數量：

(1) 防毒面具 (Mask)

空氣呼吸器或送氣式面具	3 只
隔膜式面具 (全面高濃度型)	3 只
空氣或氧氣瓶	3 瓶

(2) 保護用具

防護衣 (橡膠製)	2 套
-----------	-----

防護手套及長靴（橡膠製）	2 雙
安全帽（Helmet）	2 頂
(3)特殊工具	
防止漏氣之安全蓋	1 只
螺帽及墊圈	1 組
鉛栓及軟木塞（Cork）	1 組
法蘭型盲蓋	1 組
退火的鐵絲及膠布	1 式
緊急修理用之工具	全套

防毒面具內須裝有適量之亞硫酸鈉或活性碳，雖可達到防毒效果，但在高濃度氯氣時，將因空氣不足而致使呼吸困難，此時應使用附有氧氣瓶之防毒面具。

因氯與氨接觸，即生成氯化胺之白煙，用濃度 28% 以上之氨水可檢測微量之漏氯。

防護用具之存放場所及保管方法：防護用具須存放於接近可能有洩漏氯氣之處所，並在緊急狀況發生時，隨即可取用。其保管方法為經常保持清潔，定期更換消耗性之吸收藥劑，每次使用後應加以清理，更換或補充。

第七十七條 為氧化原水中鐵錳、除去二氧化碳、硫化氫等腐蝕性物質及臭味之生成物質等，應有適當處理設備；處理方式，應依其目的、原水水質、其他擬採用處理方式、抽水情形、空氣需要量、對污染之防範、當地環境等加以研究選定。

前項處理方式，如使用氣曝不經過濾時，氣曝設備應設有覆蓋，按需要裝設抽風設備，並應考慮防止昆蟲及藻類之生長及污染。

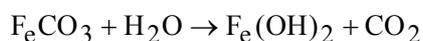
【解說】

含鐵錳量多之水帶有臭味，易污染衣物器冊，並引起水管中產生軟泥，干擾氯消毒作用，造成紅水與黑水等不悅困擾。有時也損及造紙、纖維、食品、染色等工業產品品質，故水中含鐵錳量太高時，要加以處理祛除，尤以錳以一般淨水處理難以祛除。

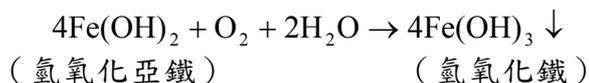
氣曝設備之功能：水之氣曝處理是使空氣與水密切接觸，應用物質氣體交換法，使具高度揮發生之氣體，自水內放出，或將空氣中之氧吸入水中，促進水中含有易氧化物質之氧化。應用氣曝可達成下列處理效果：

供給空氣中之氧於水中，氧化可溶性二價鐵或二價錳以祛除之。

例如， $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow \text{FeCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$



(氫氧化亞鐵)



(氫氧化亞鐵)

(氫氧化鐵)

一般情形，鐵與二氧化碳形成為碳酸亞鐵，而經過氣曝將水中之二氧化碳放出，再被水中之氧氧化成為氫氧化鐵而可沉澱。

另氣曝有以下之功能：

- (1) 使水中二氧化碳放出，提高水之 pH 值，並減輕其腐蝕性及硬水之加藥軟化處理之干擾。
- (2) 使水中硫化氫放出，祛除臭味，並減輕腐蝕性及加氯消毒之干擾。
- (3) 使水中揮發性有機鹽化物三氯乙烯 (Trichloroethylene, Tetrachloroethylene, 1-1-1 三氯乙烷 Trichloroethane) 等放出，避免爆炸。
- (4) 使揮發性油類及水中微生物或藻類所引起之臭味放出。

第七十八條 除鐵錳之處理規定如下：

- 一、溶於水中之鐵錳先用氣曝、預氯處理或加藥等方法加以氧化。
- 二、經氧化之鐵錳，其去除方法與一般濁度之去除相同。
- 三、加藥、膠凝、沉澱、過濾等設備之選用，主要應視水中鐵錳含量之多寡及其型態而定。
- 四、鐵錳之去除，必要時應經試驗確定其最有效之方法，作為設計之依據。

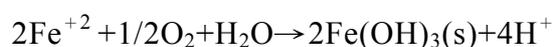
【解說】

關於一：溶於水中之鐵錳先用氣曝、預氯處理或加藥等方法加以氧化。

鐵錳可透過氣曝、預氯處理或加藥等方法加以氧化成為氫氧化鐵而可沉澱，氧化方法茲說明如下：

1. 氣曝氧化法：

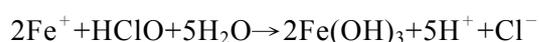
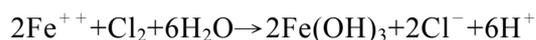
本法係利用空氣中之氧以氧化鐵錳，生成為難溶性膠質微粒再併用混凝、沉澱、過濾或單獨過濾等單元去除。高 pH 值時之效果較為顯著，除鐵宜保持 pH 值 7.5 以上，除錳則宜保持 pH 值 8.5 以上，參考表 7-16、7-17。採用此法常併用調整 pH 值，促進反應速率。氣曝氧化之反應式如下：



理論值，氧化 1 mg/L 之二價鐵錳，耗氧量分別為 0.14 及 0.27mg/L，而對調整水 pH 值，可加石灰，氫氧化鈉等藥品於水中而達成。地下水經氣曝作用祛除二氧化碳，亦有助於提升其 pH 值。

2. 加氯氧化法：

二價鐵可以加氯或強力漂粉處理，其特點除氯氣有較強氧化能力外，在低 pH 值亦能迅速氧化反應如下：



理論上氧化 1mg/L 之二價鐵及錳需氯量分別約為 0.64mg/L 及 1.29mg/L，但一般淨水處理含有數 mg/L 之二價鐵時，而其 pH 接近 7.0 之

原水能瞬間完成氧化反應者則須以 1：1 之比例添加氯劑量。

氯對錳亦有氧化作用，但需要提高 pH 至 9 以上，劑量要高達 5～10mg/L，且氧化反應相當緩慢，故一般均與接觸過濾法（例如錳沸石法，其沸石不作離子交換劑而當作接觸濾料）併用。

3. 加藥氧化法：

本法常用之氧化劑為過錳酸鉀，過錳酸鉀為強氧化劑，其祛除鐵錳之氧化反應如下式：



理論上氧化 1 mg/L Fe^{+2} 及 1 mg/L Mn^{+2} 之過錳酸鉀需要量為 0.94 mg/L 及 1.92 mg/L，但因氧化反應過程中產生 MnO_2 亦會繼續產生氧化反應，故實際使用量可較理論需要量少。

表 4-6 pH 值對鐵之氣曝氧化之影響

原 水		氣曝過濾後之 Fe 含量 mg/l		
pH	Fe mg/l	氣曝時間 15min	氣曝時間 20min	氣曝時間 60min
5.0	10	9.0	—	7.5
5.5	10	5.5	4.6	4.0
5.9	10	5.0	4.0	3.5
6.1	10	4.4	3.5	2.5
6.5	10	2.8	1.8	0.3
6.6	10	0.7	0.2	0.1
6.8	10	0.2	0.1	<0.1
7.0	10	0.1	<0.1	<0.1
7.4	10	0.1	<0.1	<0.1
8.0	10	<0.1	<0.1	<0.1

表 4-7 pH 值對二價錳之空氣氧化影響（無攪拌）

原 水		氣曝過濾後之 Mn 含量 mg/l		
pH	Mn mg/l	氣曝時間	氣曝時間	氣曝時間
		15min	20min	60min
8.5	10.0	—	—	10.0
9.0	10.0	—	—	9.0
9.3	10.0	8.5	8.0	7.5
9.5	10.0	7.5	5.0	3.2
9.7	10.0	3.0	1.3	0.9
9.95	10.0	0.9	0.8	0.6
10.30	10.0	<0.12	<0.02	<0.02

關於二：經氧化之鐵錳，其去除方法與一般濁度之去除相同。

鐵錳可透過氣曝、預氣處理或加藥等方法加以氧化成為氫氧化鐵 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ，將之氧化為不溶性膠質體後，再依一般水中懸浮體處理之方式，再透過加藥混凝，沉澱及過濾設備將之移除，若採用慢濾方式者，其濾速為 10～30m/d，其構造參考各相關規定。

關於三：加藥、膠凝、沉澱、過濾等設備之選用，主要應視水中鐵錳含量之多寡及其型態而定。

加藥、膠凝、沉澱、過濾等設備之選用，主要應視水中鐵錳含量之多寡及其型態而定，表 4-4 為考量原水水質之下，適合的去除鐵錳方法與操作條件。

表 4-8 鐵錳去除方法與操作條件

水質說明	處理方法	設備	pH	化學藥品	氧化	備註
僅有鐵質而無有機物	氣曝沉砂 曝沉砂	氣曝沉澱池 砂濾池	>6.5	無	需要	易操作
鐵及錳與有機物之結合不牢，有機物之含量不多	氣混沉砂 曝凝沉砂	焦碳接觸氣曝快混池、 膠羽池 沉澱池 砂濾池	>6.5	膠凝劑	需要	重複抽水曝氣，或以壓縮空氣機曝，易操作
鐵及錳與有機物結合，但有有機物不多。	氣曝接觸過濾	氣曝床內用石灰石、或沸石。 錳砂接觸濾池	>6.5	濾料以氯或高錳酸鉀再生	需要	
鐵及錳與有機物結合無多量之二氧化碳或有機物	接觸過濾	錳砂接觸濾池	>6.5	濾料以氯或高錳酸鉀再生	需要	不需氣曝
鐵及錳與有機物之結合不牢	加石灰氣曝沉砂 曝沉砂	氣曝石灰加藥及攪拌、 沉澱池、砂濾池	8.5~9.6	石灰	需要	需控制 pH 值
含色度、濁度及與有機物結合之鐵錳的地面水	氣曝加石灰 曝沉砂 曝沉砂	氣曝、混凝、沈澱及快濾	8.5~9.6	石灰 膠凝劑	需要	
乏溶氧地下水，含鐵及錳少於 1.5~2.0mg/L	沸石交換	鈉或錳沸石交換離子	>6.5	濾床續加藥再生	不需要	
乏溶氧之軟性地下水含鐵，但 CO ₂ 少	加石灰沉砂 曝沉砂	石灰加藥及攪拌，沉澱池，砂濾池	8.0~8.5	石灰	需要	

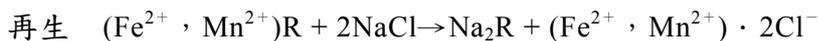
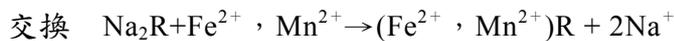
關於四：鐵錳之去除，必要時應經試驗確定其最有效之方法，作為設計之依據。

飲用水水質標準規定，水中鐵錳含量不可超過 0.3mg/L。此含量對人體健康尚無大礙，加以規定乃基於能影響飲用水適飲性及經濟理由。美國環保署分別規定鐵 (Fe) <0.3 mg/L，錳 (Mn) <0.05 mg/L，以錳較具毒性之故。又美國自來水協會建議之理想水質，鐵含量宜小於 0.05 mg/L，錳含量宜小於 0.01 mg/L。鐵錳之去除，必要時應經試驗確定其最有效之方法，作為設計之依據。

除上述氧化法可用於去除鐵錳之外，尚有：

(1) 離子交換法除鐵錳：

本法係利用樹脂交換水中二價鐵錳，直接祛除，並適用於無溶氧，硬度低及總溶解固體量低之水。鈉型或氫型樹脂皆採用。因須要再生恢復其作用，要有定期清理設備，並考慮廢水排放問題。施行離子交換之前應避免氣曝，因鐵錳一經氧化會覆蓋樹脂表面，減低其交換作用。鈉型樹脂反應式如下：

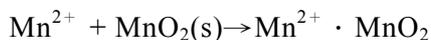
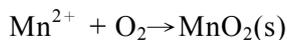


(2) 分散劑穩定鐵錳：

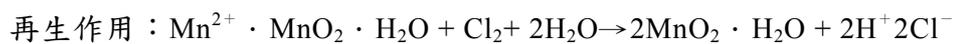
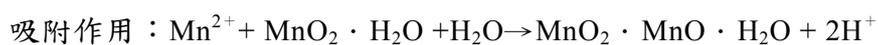
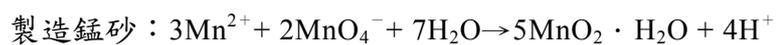
加分散劑如複磷酸鹽於水中，則可阻水中鐵錳不使沉澱析出。此法可適用於含鐵錳量低之水，一般約為 1.0mg/L 以下。加藥量約為每 1 mg/L 鐵錳須要複磷酸鹽 5.0mg/L。複磷鹽不能有效穩定著已經氧化之氫氧化鐵，又將水加熱時就分解成為正磷酸鹽則失去其分散能力。複磷酸鹽加藥量應控制在 1.0mg/L 以下，若其含量太高時則有刺激微生物在配水管中滋長之弊。

另可利用氧化錳吸附水中二價錳，可將氯化錳或高錳酸鉀預先覆被濾砂上，成為錳濾砂，在過濾過程中同時除錳。

本法主要為除錳，則以水中溶氧使可溶性二價錳轉變為高價錳之氧化過程如下式：



已形成之二氧化錳可很快吸附水中二價錳而祛除之，此作用稱為自動觸媒作用。惟其後之氧化作用甚慢，須加藥品（約在 pH 中性時須要加氧化劑）以加速氧化作用，並恢復其吸附之活性。藉此原理，原水先經預氣處理，可將二氧化錳預先覆蓋於濾砂上並作為快濾之濾料，利用其快速吸附亞錳能力祛除原水中之錳，因與 Mn 二價離子所接觸之錳砂覆膜 (Mn²⁺ · MnO₂) 成為不活性之 MnO₂、MnO、H₂O 再加藥品再生，以恢復其吸附活性。例如用氯化錳及高錳酸鉀處理濾砂，稱為錳砂，以加氯恢復其活性，則可連續操作除錳，其化學反應方程式如下：



若地下水無濁度而含有錳時，最宜採用本法，因不需混凝沉澱，此時預氯處理後（餘氯保持約 0.5 mg/L 為宜）即可直接施行接觸過濾，所採用之錳砂厚度為 100～200 cm，濾速為 500～600 m/d。

第七十九條 自來水軟化方法應依原水水質、軟化程度、設備費用及維護費用等予以考慮比較後選用。

【解說】

硬水之軟化並非使硬度完全祛除，而係將硬度減低，低至適合應用時為合格。懸浮物可以過濾法去除，但溶解物如非蒸餾只能以化學法去除之。軟化法之選用須依原水水質、水量、要求軟化程度、設備費用及維護費用等加以比較後選用下列方法：

- (1) 化學沉澱法（Precipitation process）
- (2) 離子交換法（Zeolite process）
- (3) 以上兩法併用。

化學沉澱法與離子交換法之比較見表 4-9。

表 4-9 化學沉澱與離子交換軟化法之比較

方法 項目	化學沉澱軟化法	離子交換軟化法
前處理	1.原水二氧化碳濃度高時，以曝氣或加石灰祛除。 2.原水之濁度常大於 3000 NTU 時,要考慮預先沉澱。	1.原水中含鐵錳時，需先以石灰軟化法為前處理，以保護離子交換樹脂。 2.原水混濁時須先經砂濾前處理。鐵錳須先去除。
處理水品質	出水硬度約 75~100 mg/L。	可去除硬度至極低程度，若考慮經濟及可口性，可以部份繞流方式與軟化水混合之。
固體物	大部份可去除。	總固體當量不變。
所需空間	設備多，佔空間大。	佔地小，可適宜的將現有系統予以擴建。
操作	處理程序複雜，操作技術要求高。	彈性大，操作較簡單。
污泥處理	污泥量大，需有妥善處理及處置。	無污泥，但有高濃度廢鹽液需處理。
適用性	剩餘硬度高，不適用於低硬度原水。	可適用於非碳酸鹽硬度，較適合於小規模使用。
費用	初設費、操作費、再碳酸化等費用高。	初設費低，可自動操作。

至於化學沉澱與離子交換併用法之應用考量，化學沉澱軟化法因所形成之碳酸鈣及氫氧化鎂本身具有相當之溶解度，以及部份化學沉澱不易沉澱，故軟化效果有其限度，剩餘硬度約 50~80 mg/L。而離子交換法雖可將硬水軟化至任何需要程度，但原水水質太高時並不適用，故基於經濟上及技術上因素考慮，二法可併用，先以化學沉澱法處理高硬度水，其出水再以離子交換法處理至所要求，是否有此需要，須先加以分析比較再決定。

另高雄澄清湖淨水場及雲林荊桐淨水場，利用流體化床結晶處理技術 (Fluidized Bed Crystallization; FBC)，是結合結晶及流體化床之傳統化工單元設備，流體化床結晶技術之基本原理與傳統沉澱處理相似，都是利用在水中加入適

當離子，利用金屬鹽(碳酸鹽等)具低溶解度及穩態晶體的特性，在適當的操作條件下，形成微溶物系，使溶液呈現過飽和狀況，並藉著流體化的擔體，使低過飽和度溶液，在擔體表面形成結晶物，使其在流體化床中所植入的晶種上逐漸成長，而成為含水率低且易與水分離的大顆粒珠狀物(Pellets)，再藉由固液分離，達到去除水中特定離子的目的，因其結晶過程不用添加任何混凝或膠凝劑，使得這項技術也可應用於硬水軟化。

結晶法與傳統沉澱方法差異之處，在於傳統沉澱方法經由加藥、混凝所形成的是微細的懸浮物，不容易沉澱、濃縮和脫水，而結晶法則是利用特殊設計的流體化床反應槽，配合準確的程序控制，使低溶解度化合物在砂粒擔體(0.2~0.5 mm)表面形成結晶，並逐漸成長產生高純度的結晶體顆粒(1~3 mm)，很容易就可以從水中分離出來，結晶法產生的特定化合物結晶體含水率在5-10%，重量比傳統沉澱方法產生污泥餅低50%以上。因此，流體化床結晶技術與傳統化學沉降方法比較，其最大的優點在於無高含水量污泥的產生，而且結晶反應晶體純度大於90%，不但容易儲存運送，甚至還可以資源化利用，具備資源化潛力，又可解決令人頭痛的污泥處理問題。根據經驗得知流體化床結晶技術，可應用於自來水及工業用水之水質軟化程序、廢水中重金屬或陰離子氟化物之回收、廢水中磷酸鹽、氨氮之去除及含砷離子之回收等方面，流體化床結晶技術與傳統混凝沉澱法之比較詳如圖 4-18，流體化床結晶技術示意詳如圖 4-19，流體化床結晶計術擔體表面結晶過程詳如圖 4-20，實廠應用設備詳如圖 4-21 雲林荊桐淨水場流體化床結晶設備及圖 4-22 澄清湖淨水場接觸軟化池。

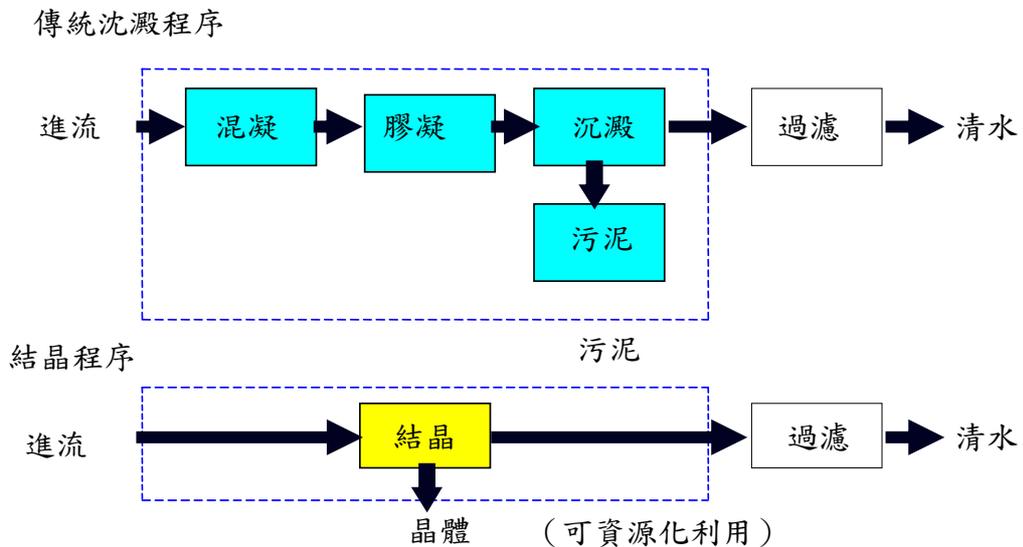


圖 4-18 流體化床結晶技術與傳統混凝沉澱法之比較

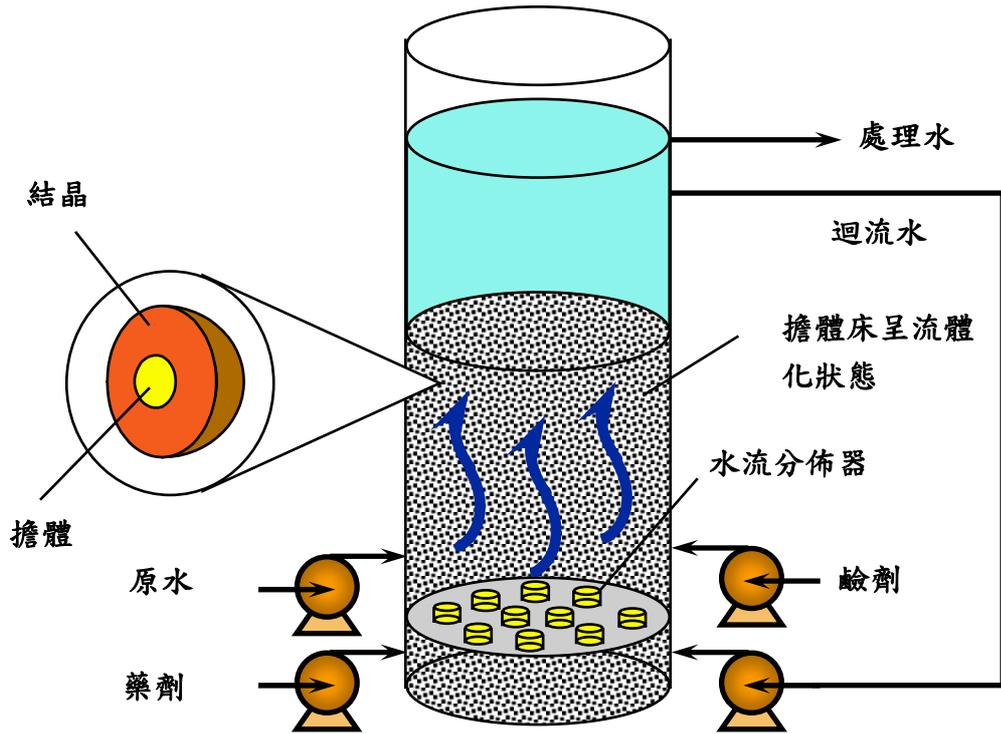


圖 4-19 流體化床結晶技術 (Fluidized Bed Crystallization) 示意圖

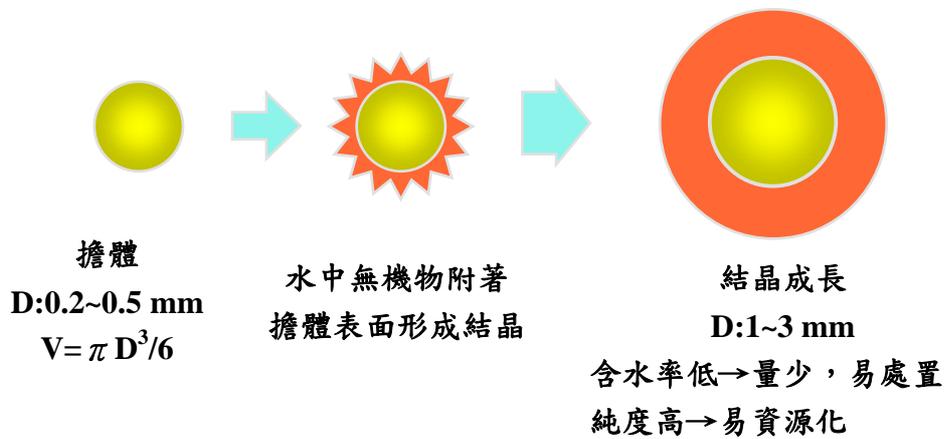


圖 4-20 流體化床結晶技術擔體表面結晶之過程示意圖



圖 4-21 雲林荊桐淨水場流體化床結晶設備圖



圖 4-22 澄清湖淨水場接觸軟化槽圖

第八十條 處理場內一般配管之規定如下：

- 一、 場內主要設備間，應採取最短之連接管渠，必要時並應設置繞流管，以防部分設備停用時影響全場之操作。
- 二、 未完成處理之水，不得與清水相連接。
- 三、 濾水與清水之繞流管應儘量設置排水管。

【解說】

關於一：場內主要設備間，應採取最短之連接管渠，必要時並應設置繞流管，以防部分設備停用時影響全場之操作。

小規模淨水場僅有一組處理設施時，應設繞流管路，在各單元間連絡管路故障或損壞時啟用，以維持淨水功能之不輟。

關於二：未完成處理之水，不得與清水相連接。

依自來水法第 17 條對「自來水」一詞之解釋為「合於衛生之公共給水」。未經處理之水，目前能符合自來水水質標準者，除偏僻深山泉水外，可能絕無僅有。所以未經處理之水即濾前原水與清水間不得有連絡管路，以免因制水閥之錯誤操作，而有不合自來水水質標準之原水混入淨水之虞。

關於三：濾水與清水之繞流管應儘量設置排水管。

利用繞流管操作為一時權宜之計，仍須儘速排除啟用繞流管之原因，恢復正常操作。繞流管路原則上利用機率低，長時間停滯不用，管內存水水質不良可想而知，偶爾使用時，須先將管內積水排出並予沖洗後再用。如管線較長應設排水管線。

第八十一條 處理場內應設置有效之排水系統，以排除雨水、污水與各設備之廢水。

【解說】

處理場內應設置有效之排水管線用於聯接淨水處理單元廢水、雨水、污水之排放及處理。自原水導入淨水場內之分水井起依序經膠羽池、沉澱池、過濾池等淨水設備至清水池。沉澱池排泥及快濾池反沖洗排水送至廢水處理設備，廢水處理後再回收返送至分水井。以上各單元設備間應視送水之目的與性質使用管路或渠道聯絡之。淨水場內之廁所、污水槽及廢棄物堆積場等，均為場內流水及水體可能之污染源。因此在排水系統配置上應儘量遠離且低於淨水設備單元及管渠，尤其已淨化部分，藉以減少構成污染之機會，同時其本身及管渠之構造，宜採用具有水密性之方式，以加強防止污染之功能。

廢水處理之流程有廢水池、污泥池、濃縮池、曬乾床與機械脫水設備，陳述如下：

【廢水池與污泥池】

廢水池及污泥池：廢水收集貯存有兩座水池，一為收集貯存快濾池反沖洗砂廢水之廢水池，一為收集貯存沉澱池所排出之廢水污泥之污泥池。廢水池之廢水除回收至分水井予以淨化利用外，其沉降污泥只流進污泥池。快濾池反沖洗砂廢水及沉澱池所排出之廢水污泥都排入同一池內，此池名之為「排泥池」。

而廢水池的設計應考量：

- (1)廢水池以承受快濾池反沖洗廢水為主，快濾池之反沖洗通常一池一池的交替洗淨。
- (2)廢水池容量至少須能承受每次一池之反沖洗廢水之容量，另濃縮槽等上澄液或淨水場之場內排水量併予容納亦屬必要。
- (3)廢水池容量如自維持調整機能上著眼，當然愈大愈好，但應考慮下述事項再行決定。

沒有施行沉降分離情形時，必須確保容納一次洗砂之洗淨廢水量，過濾池數多時，2池以上之同時反沖洗或連續洗之情況均須考慮。此種情況下因返送幫浦等之設置，可考慮減少容量。

如果廢水池除容納反沖洗砂廢水外，兼容納沉澱池廢水污泥者，一般

稱為排泥池，其容量為第 1 項容量外，並應包括下述容量：

(1) 沉澱池每日排泥一次時，以 24 小時平均量為準。

(2) 沉澱池之排泥方法為先排乾池水，再以人工挖除者，以一日作業所能排出之污泥量為準。

為了廢水池之清掃或維護，二池以上是需要的。惟快濾池數少或為慢濾池之淨水場，僅設一池或將一池內分割為二，亦屬可行。排泥池或污泥池亦應有二池以上為原則，但如沉澱池具有充份之溜留污泥能力時，僅設一池亦可。

一般廢水池形狀以圓形者較佳。廢水池之有效深度，係以流入之洗淨廢水能夠利用水流或攪拌機防止污泥沉積，或是使沉降分離之上澄液集水方便所必要之水深。以現有經驗有效水深以 2~4 公尺為度。出水高度是為短時間內有量流入洗淨廢水導致水位急劇上昇免予溢流上之考量，安全之出水高度至少應有 60 公分。排泥池或污泥池之有效水深及出水高度均同廢水池。

廢水池應設上澄液回收管，以便將其返送即分水井，有沉降分離功能之廢水池更屬必要。回收管亦可視水質及事實上之需要，將上澄液排放至河川水體。為排出廢水池底積泥，應設排泥管，排放至污泥池。廢水池廢水返送至分水井時，須設置加壓抽水機，放流室河川水體時，放流口應設在不使河川水流發生逆流之位置。加壓抽水機應有備份，以應機件故障及維修保養之需要。抽水機之容量，以快濾池之洗砂間隔內能完全排出一一次洗砂水量為原則。但快濾池洗砂連續進行時，抽水機之容量以能與洗砂廢水之流入水量相當即可。洗砂廢水返送至分水井時，對原水之負荷或污泥設備須不致有過負荷之情形。

廢水池未具固液沉降分離功能時，可裝設拌攪裝置或利用廢水自高水位注入，以阻止污泥之沉澱。廢水池採用可動集水裝置或固定式溢流堰，達成廢水固液分離功能，以收集上澄液時，其單位時間內平均集水量，係考慮靜置時間及流入水量而決定者，亦即抽水機容量決定之依準。不論有無固液沉降分離裝置，池底均有沉積污泥，所以池底應為坡度設計，藉以收集污泥，以抽泥機排出之。抽泥機容量視積泥量而定，並須有備份。

專用之排泥用廢水池，可稱為污泥池。污泥池除承受沉澱池之間歇排泥及廢水池洗砂廢水之污泥外，並負有調勻污泥量及負荷之功能，以便利後續之濃縮或脫水處理。污泥池之容量在每日排泥一次以上時，以 24 小時平均排泥量為準；每日排泥未及一次時，以一次排泥量以上為原則。如沉澱池之排泥方式先排乾池水，再以人工挖除者，則以一日作業所排出之污泥量為準。小型淨水場原則上亦可直接將污泥抽送至濃縮池處理。污泥池

應設排泥管，以便於清掃作業及維護管理上之需要，排泥管應有適當之口徑，坡度及配置。污泥池至濃縮槽之排泥管口徑，依經驗上之要求應以150mm以上口徑為宜，並須於適當間隔設置人孔或清除口。在原生水濁度高時，污泥池應兼具污泥貯存槽之功能。其容量須能容納水平流式沉澱池在原生水濁度高時1~2星期內所發生之污泥量，或高速膠凝沉澱池一日內所發生之最大污泥量。

【濃縮池】

濃縮池（槽）之目的即在提高污泥濃度至2%以上，亦即降低廢水之含水率減少污泥容積，這是由於機械脫水所需污泥濃度須在2%以上，才能發揮其有效機能。

(1)第一濃縮槽：一般過濾池之洗砂水或沉澱污泥由於係間歇性排出，其質與量均不定，故須先貯存以調勻之，使濃縮設備發揮其機能。

(2)第二濃縮槽：機械脫水所需之污泥濃度須為2%以上，而污泥池中之污泥濃度均在2%以下，需要濃縮數倍。而膠凝沉澱快濾池所產生污泥之主要成份為親水性之氫氧化鋁，含水率高而且不易濃縮。通常以加酸凝聚處理，在第二濃縮槽中改善其性質，達成濃縮目的。加酸處理後上澄液之pH值需經調整後始可放流或回收。排泥管及廢水管口徑、流速、坡度及水位關係均須適當考慮，以防止污泥沉積不易排除。

過濾池之反沖洗砂廢水，或平均懸浮固體量在100 mg/l以下，或污泥之沉降性甚差時，不宜再加以濃縮處理。沉降性之良否可由靜置30分鐘內污泥與水之分離情形而判定。除非水源缺乏，應不回收濃縮處理之上澄液為原水，以免增加淨水操作上之困難。沉澱污泥經24~48小時左右自然濃縮後，可達到脫水操作上需要之污泥濃度時，不必設污泥池。如超過48小時以上，則應設污泥池預先濃縮之後再送入濃縮槽。原水濁度高，脫水設備之能力不足時，可用污泥池貯存超量之污泥以調節之。

濃縮槽容量，一般以計畫處理污泥量之24~48小時滯留時間和固體物質荷 $10\sim 20\text{ kg/m}^2\cdot\text{D}$ 作為標準。如果污泥經過48小時左右之自然濃縮後，可以達到脫水操作上需要之污泥濃度，則不必設污泥池，如果超過48小時以上，則應設污泥池預先濃縮之後，再送入濃縮池較佳。濃縮槽所需面積應為滿足澄清條件及濃縮條件之面積，就處理對象之污泥進行沉降濃縮試驗而採用其中最大之值。滿足澄清條件之面積即為濃縮槽內污泥能夠沉降之上昇流速以下所必要之水平斷面積之意。滿足濃縮條件之面積即為濃縮中沉降速度較慢的污泥，為使其往下部繼續移動之必要之水平斷面積之意。

(1) 滿足沉降條件之水平斷面積

$$A_f = \frac{Q}{V_i} = \frac{(Q_f - Q_u)}{V_i}$$

$$\doteq \frac{Q_f}{V_i}$$

式中

A_i ：滿足沉澱條件所需面積 (m^2)

Q_f ：流入污泥量 (m^3/d)

Q_u ：濃縮污泥量 (m^3/d)

V_i ：由沉降試驗求得等速沉澱段之界面沉澱速度 (m/d)

(2) 滿足濃縮條件之水平斷面積

$$A_l = \frac{Q_f \cdot C_f}{V_i} \left(\frac{1}{C_i} - \frac{1}{C_u} \right)$$

式中

A_l ：濃度 C_i 之污泥滿足濃縮條件之面積 (m^2)

C_f ：流入污泥濃度 (kg/m^3)

V_i ：濃度 C_i 之污泥之沉降速度 (m/d)

C_u ：排泥濃度 (kg/m^3)

以上兩種計算公式求得 A_l 及 A_i ，採用最大值，安全係數 1.2~1.5。惟面積計算方法為在理想狀態下給予之概略值，儘可能循近似實際設施之實驗，求得符合需要之數值。

濃縮槽之容積可依預先決定所需之表面積，再乘以有效水深加出水高度而得；或依計畫污泥量之 24~48 小時停留時間為計算之基準。如能用面積 $3 m^2$ ，深 3.5 m 之模場試驗之結果作為設計之重要參考或更允宜。濃縮槽所處理之污泥量，除過濾池洗砂廢水之沉澱污泥外，沉澱池、污泥池、廢水池之清掃作業時之排水應均包括之。

濃縮槽數目，為清掃或維修之目的，以 2 槽以上為宜，但污泥池具有相當程度之沉降分離功能且有貯存容量之時，一槽亦無不可。

濃縮槽，由於達到高濃度污泥之濃縮、排出及保持刮泥機之良好性能，濃縮槽應採圓形之構造。污泥自中央流入而後放射流方式進行濃縮，流程順暢。有效水深考慮澄清區及沉降濃縮區依經驗及實例多採 3.5~4 m 之標準。出水高度考慮流入污泥量之急遽變動，水位加速升高及風吹波動

等對水位之影響，出水高度至少應在 30 cm 以上。池（槽）之坡度，為使刮泥機不需花費太大負荷即可將污泥順利刮至排泥坑，所以池（槽）底有相當之坡度，普通 1/10 以上即可滿足需要。

濃縮方式，可分為回公式及連續式兩種：

(1) 回公式濃縮槽

自污泥池間歇排泥或處理少量污泥時適用之。構造上與連續式者相同，自槽中央或其一端引入污泥，靜置一定時間待固液分離後，取出上澄液。因水位變化甚大，須設活動式上澄液取出裝置。一般而言，其操作管理較為簡單。

沉澱池每一日至數日排泥一次時，污泥池常兼具沉降分離功能。污泥濃縮槽多採用連續式者，惟亦可視污泥池為回公式濃縮槽，故應比較建設費之高低及維護管理之難易，以決定採用回公式濃縮槽或污泥池加連續式濃縮槽。

(2) 連續式濃縮槽

自污泥池連續排出污泥或處理較大量污泥時適用之。自槽中央連續供給一定量污泥，使之因液分離，濃縮好之污泥則從底部間歇地排出。上澄液之取出與回公式不同，因其水位保持一定，可用溢流堰等固定式上澄液取出裝置。

【曬乾床】

經污泥池或濃縮槽濃縮後之污泥，排入曬乾床，由於上澄液排除及往下滲濾，含水率低下之後，靠日晒蒸發而脫水，使含水率達 80% 以下，以為運搬作業或處理掩埋作業上之需要。曬乾床方法適合排泥頻率少，場地環境、氣象條件均佳，且用地容易取得之小型淨水場，因其便於維持管理而且經濟。大型淨水場如能取得用地，亦可採用曬乾床在原水濁度高時，可兼作污泥貯留設備之用。

曬乾床需面積與乾燥日數，依污泥負荷量（單位面積之處理污泥量）、污泥餅之含水率、污泥性質、氣候及氣溫等氣象條件、場地環境、曬乾床之構造等而異。通常依試驗或參考其他都市淨水場相似資料決定。曬乾床自然脫水效率，亦即單位面積之「乾燥固體物」之負荷，因每次排入污泥之深度與污泥之濃度而有差異。即固體物之負荷等於流入污泥厚度與污泥濃度之乘積（ kg/m^2 ）。污泥濃度以污泥中之固體物重量表示，從污泥含水率計算污泥負荷時須考慮污泥之比重。固體物負荷相同時，排入污泥濃度愈高深度愈小，則脫水效率愈佳。

如限於用地面積或天候條件之限制，而需要節省晒乾床面積及縮短乾燥時間者，污泥得加陰性聚合物調理。晒乾床固體物負荷為 20 kg/m^2 時，乾燥時間可在 25 天以下（未搭棚），比未經調理者，晒乾床面積可節省 60% 以上。每次排入污泥厚度以 $0.5 \sim 1.0 \text{ m}$ 為度。

晒乾床面積得以下述公式計算求得。

$$A = \frac{Ds \times T}{S}$$

式中

A：晒乾床面積 (m^2)

Ds：一日所產生固體物質量 (kg/d)

T：晒乾日數 (d)

S：污泥負荷 (kg/m^2)

上式中之 T 值，應依所在地及構造等有所不同必須經實驗而得。

晒乾床依污泥餅運出作業上及清掃維護上之需要，至少應有 2 座以上，床數愈多備用床應愈多。再者，床數之決定可依排泥頻度、需要日數及流入污泥量之變動等作為考量之因素。

晒乾床之大小，由一次排泥量而定。此外，排入污泥之均勻分佈，上澄液之完全排除，搬運作業之便利等亦須加以考慮。每座晒乾床之面積一般在 $500 \sim 1000 \text{ m}^2$ 範圍之實例很多。亦得依晒乾床每床面積須足夠容納 15 日淨水場之污泥量。以污泥含水率 80% 以下，厚度 30 cm，作為決定晒乾床面積之條件。

晒乾床之形狀，依污泥投入之均勻分佈性、上澄液能確實有效之排除及泥餅搬出作業上之方便等因素之考慮，以長方形者為宜。

晒乾床之構造有兩種：一為利用原地盤之天然構造；一為混凝土造。前者之污泥脫水率較佳；後者之污泥餅搬出作業較易，且可不受地形及地下水水位之影響。

晒乾床有效水深超過 1 公尺則效率不高，因此應以不超過 1 公尺為原則。出水高度根據作業上之需要以 30 公分為標準（依日本水道設施設計指針，解說，出水高度以 50 公分為標準），晒乾床之地盤儘量較地下水位為高，低部須向排水口設 1% 左右之坡度，以利排水。晒乾床之側面及底面，必須使用不透水性材料。為防止地面水之侵入，必須設置排水等設施。

為促進污泥之乾燥，晒乾床須有下述裝置：

1. 上澄液排出裝置：污泥經沉降分離後，應設置將上澄液或雨水迅速排除之裝置。一般是將活動堰之高度逐漸下降，以達成排水之目的。

2. 如天候上之需要，可設置遮雨頂棚。
3. 下部集水裝置。
4. 空氣注入裝置：設於下部集水裝置之上部，為衝破砂層表面之難透水層與污泥內之水份，使其上下移動，為促進過濾之一種裝置。

其他如污泥餅搬運時重機械及貨車進出用之閘門，在污泥流入期間與牆壁具有同樣之作用，所以應注意閘門之強度。在晒乾床附近設置給水栓，作為搬運污泥餅作業時污染地面或工作人員之身手沖洗之用。

【污泥機械脫水】

脫水之目的，在使淨水場排出之污泥之含水量降低至容易處置之程度。脫水之方法雖有機械法與自然乾燥法兩種，但一般所謂脫水設備則僅指機械脫水而言。機械脫水設備主要者為脫水機，此外尚須考慮為提高脫水效率之前處理及前處理與脫水處理產生之上澄液、脫水濾液等廢水之處理設備。

前處理與脫水處理之組合大致如圖 4-19 所示，各種前處理特性如表 4-10 所示。

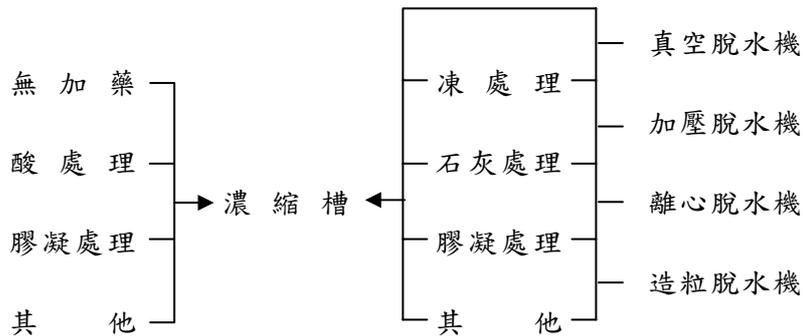


圖 4-19 脫水前處理與脫水機之組合

表 4-10 前處理方式之特性

方式 項目	酸處理	石灰處理	高分子膠凝 處理	鹼處理	熱處理	凍結融解 處理
使用藥品	硫酸	生石灰 消石灰	高分子膠凝劑(聚合物)	苛性鈉	—	—
提高脫水性	—	大	大	—	中 (有機污泥)	大
脫水機種類	—	真空過濾 加壓過濾 加壓壓榨過濾	離心脫水 造粒脫水	—	真空過濾 離心分離	真空過濾 離心脫水 加壓過濾
脫水濾液 性質	澄清 pH 低	澄清 pH 高	澄清 含高分子膠凝劑(聚合物)	澄清 pH 值	不良	良好
脫水濾液 之處理	回收硫酸鋁 或調整 pH 後放流	鹼液再利用或 pH 調整後回 收或放流	迴流濃縮 槽及上澄 水放流	鹼劑回收 再利用 pH 調整後回 收或放流	回送至廢 水池	再利用或 放流
泥併之力 學性質	不良	良好	良好	不良	普通	良好
固體物含 量之增減	減少	增加 (15~50%)	不變	減少	不變	不變
處置上之 問題	pH 低	pH 高	含有高 分子膠凝劑 (聚 合物)	pH 高		

註：鹼處理與熱處理目前尚未用化。

為提高濃縮效率或脫水效率之前處理之選擇須經調查或實驗，加以比較及綜合檢討，並注意下述各項：

(1)對淨水作業之影響

由於前處理方式不同，濃縮上澄液及脫水濾液之性質亦異，如予回收送至分水井時，需確實檢討淨水設備之負荷或水質變化。

(2)用地及環境條件

各種前處理所需用地面積不同，所用藥品之種類、臭氣、噪音等對周圍環境之影響亦不相同，選定前處理方式及其設備之構造與配置時，對上述因素均須加予以適當考慮。

(3)污泥特性

污泥之特性因原水水質及所用之膠凝劑而異。其成分一般為粘土、腐植土、膠質、氫氧化鋁、微生物及其他有機無機物質所構成，並成為含水量甚高之膠狀。適用之前處理方式隨以上各成分含量之不同而異。

(4)泥餅之性質與最後處置方法

泥餅之最後處理方法取決於泥餅之性質。泥餅用於填土時，須注意泥餅之溶出成分對環境之影響。

(5)脫水機之類型、能力與運轉時間

選擇脫水前最適合之處理方法，應充分考慮脫水機之類型、能力與運轉時間，尤應注意防止因前處理設備發生故障而降低脫水機之效率或增加脫水機之運轉時間。

(6)穩定性

污泥量、污泥濃度、水溫、濁度、季節性及膠凝劑用量等變化必須先加以詳細調查與試驗，以增加前處理設備操作效果之穩定性。

目前普遍採取之方式為石灰處理及高分子膠凝劑（聚合物）處理兩種。

(1)石灰處理

石灰用量

以粘土為主成分之污泥，可加石灰以提高過濾脫水效果，石灰之作用大致如下：

污泥中之粘土顆粒與石灰稀泥混合後，因石灰較氫氧化鋁凝聚力低， $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 粘土膠羽之孔隙較小。故加石灰後，污泥水份減少，強度增加，不易因受壓而變形，亦即在脫水時，污泥內水份通過之二次孔隙不致被阻塞。

又加石灰之污泥，生成灰礬土（ $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ）堅固針狀結晶，凝聚分散之粘土微粒而提高過濾性。如有硫酸鹽存在更能使鋁酸鈣水合物迅速變化為灰礬土，故酸處理後加石灰處理之效果更佳。pH 值達 12 以上時，污泥之過濾性有激升之現象，故隨石灰用量而增加過濾速度，但受設備費、藥品費之經濟條件，及泥餅或脫水濾液之 pH 上升等之限制。又增加石灰用量以提高過濾速度時，會增加泥餅含水率。一般之石灰用量以固體物量（重量）之 15~50% 為準。實際上，應經常以脫水試驗、泥餅之性質、脫水機之運轉狀況等決定石灰用量。

與酸處理比較，無酸處理之石灰用量反有增加之趨勢。酸處理之

硫酸用量不足，反應不完全時，亦需加更多不灰。

污泥處理一般均採用消石灰。如生石灰反應完全時，其理論用量為消石灰之 70%，較為經濟，但作業不易，貯藏困難。

直接加粉狀石灰於污泥之設備較簡單，但因污泥粘性大，甚難充分混合。如先調製成濃度 10~20% 之石灰乳，攪拌混合較易，然需溶解設備，且增加水分，脫水設備之容量亦需增大。

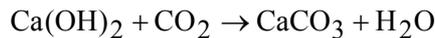
加石灰脫水濾液 pH 值達 12，必須先加中和，以符合放流水標準。又因泥餅體積增加，處置用地及搬運費等之負擔大，同時泥餅 pH 值高達 11 左右，不適合植物之生育，而且溶出液體對環境之影響亦應加以考慮。

混合槽、溶解槽

用回分式溶解石灰時，溶解槽需為二個以上。每槽容量至少為石灰乳溶解作業時間中所需之用量以上，連續式溶解亦須有二套設備。

石灰混合槽須有備用設備，以便在故障檢修時污泥處理不致中斷。為使污泥與石灰能充分混合應設攪拌機，但激烈而長時間之攪拌將會破壞已凝聚之污泥，因此在用真空過濾機脫水時，可採重力流入分配槽。加壓過濾機則須採用往復式抽水機供泥，並須注意產生不均勻之情形。石灰之貯存及溶解作業處所均應保持良好工作環境，宜設除塵機。

消石灰受潮時，生下式之反應



轉變為 CaCO_3 ，減少 Ca(OH)_2 之有效含量，故其貯存處所應為防潮之構造，溶解場所亦宜設除濕設備。

石灰處理設備

石灰之溶解槽、混合槽及配管等，需具耐鹼性。使用石灰時，易生硬化鈣鹽附著於配管，抽水機及脫水機等，不易去除，須選用便於定期檢修之構造，其配管亦應為雙管，以便停用一管以稀鹽酸洗滌。

脫水濾液、處理設備排水與其他分離液如回收再利用，則所使用之藥劑應合乎自來水用藥劑之標準。

(2) 高分子膠凝劑（聚合物）

一般所謂高分子膠凝劑係指聚丙烯醯胺或丙烯醯與丙烯酸鹽之聚合體，其水溶被中電荷狀態呈陰離子性或無離子性。高分子膠凝劑中丙烯

醯胺與其他單體聚合而成之陰離子性或陽離子性之變化聚合物不宜用於淨水廠之污泥處理。

污泥處理用之高分子膠凝劑，應符合如下標準：

丙烯醯胺單體	0.05% 以下
汞	1 ppm 以下
鎘	2 ppm 以下
鉛	20 ppm 以下

廢水處理使用高分子膠凝劑之目的為提高污泥之沈降性、濃縮性與脫水性，又為造粒脫水所必要之前處理。其最適用量通常為污泥固體物量之 0.2~0.3% 左右。

自污泥處理設備排出之分離液等之廢水中丙烯醯胺單體之濃度在任何狀況下應不超過 0.01 ppm，但測定微量之丙烯醯胺單體極為困難，實用上，可假定丙烯醯胺單體不移轉至脫水之污泥中。據此計算廢水中之最大含量應在安全範圍內。

設濃縮槽上澄液中殘留丙烯醯胺單體之濃度為 A ppm，高分子膠凝劑加藥率為 C ppm 則

$$A = C \times \frac{1}{100}$$

式中 a：高分子膠凝劑中丙烯醯胺單體之濃度（%），又

$$C = \frac{D}{Q}$$

D: 膠凝劑用量 (g/hr)

Q: 流入混和槽之污泥量 (脫水濾液除外) (m^3/hr)

$$A = \frac{D \times a}{100Q}$$

故得 $A \leq 0.01$ 時，可放流於河川

$A > 0.01$ 時，須經處理後放流

因高分子膠凝劑中之丙烯醯胺單體不得混入淨水中，故以高分子膠凝劑處理污泥時，必須與淨水處理程序隔離，濃縮槽之上澄液及脫水濾液等均不可回送至淨水設備。如為減少脫水濾液中殘留之膠凝劑成分，亦以回送至濃縮槽為原則。

高分子膠凝劑須先經稀釋後加入於污泥中，溶液之貯藏期限以不超過一星期為宜，粉狀則以 3 個月為限，膠凝劑之貯藏及溶解場所均應裝設防塵設備。

台北直潭淨水場污泥處理流程中，在污泥進入脫水機前曾兩度加入高分聚合物（即高分子膠凝劑），一在污泥快混池，一在污泥儲留槽，其目的均在提高脫水機之脫水效果。

脫水方式之選定，不能僅重視脫水機之性能，其他如維護管理之難易、成本、污泥之性質、加藥調理及污泥餅之處置場所及其有效利用等條件應併列考慮。經調查或試驗及評估，而後選擇經濟、耐用且性能良好之脫水機。脫水機依其構造原理，可分類為加壓脫水機、真空脫水機、離心脫水機、造粒脫水機等數種。

（1）加壓脫水機：

對污泥施以機械壓力，使污泥經壓榨而脫水之裝置。加壓脫水機依其構造可分為下列數種：過濾壓縮型（再分成加壓型及加壓+壓榨型）、傳動帶壓縮型、螺旋壓縮型。加壓脫水之前處理為加注石灰及無加藥注入之方法，前者之脫水效率良好，產生污泥餅之 pH 值高，對污泥之處置上形成問題，所以無加藥之場合頗多。

在自來水所使用之加壓脫水機，以過濾壓縮型者較多。加壓脫水機與下述補助機器構成一完整之組合，壓入幫浦、壓入儲槽、油壓幫浦單元、空氣壓縮機及濾布洗淨裝置。

過濾壓縮型之加壓型脫水機之操作運轉方法，是在脫水機之濾室內注入使污泥餅厚度達 20~30 cm 厚程度之污泥原液，由於濾布使固體與液體分離，進而再濾布表面之污泥層成為一過濾器，因此後階段之加壓，最終壓力在 10~20kg/cm² (0.981~1.961MPa) 之下脫水完成。

過濾壓縮型之加壓壓榨型脫水機之操作運轉方法，是將污泥注入濾室內 3~10 分泥餅厚度 3~5mm 程度，其後力壓水供給膜片，濾室內之污泥壓榨完成。污泥壓入壓力最初為 3~5kg/cm² (0.294~0.490 MPa)，膜片上之壓榨壓力為 12~150 kg/cm² (1.471~1.771 MPa)。一般而言，此型可再分為縱型與橫型兩種，以隔膜及壓力幫浦為附屬，與加壓型比較，其構造較為複雜。

脫水工程為過濾、壓榨、排出等為一個行程，脫水必要時間，無加藥之情況下為 1 小時，使用消石灰等待時一般為 20~30 分鐘。一般污泥餅含水率為 55~65%，有壓榨設備者可以減少 5~10%。

在加壓脫水機濾布附近之污泥，會較早被脫水，粒子間產生壓密現

象，變得脫水困難。為解決此一問題，利用電氣滲透現象，用比一般機械性壓榨壓力為小之壓榨壓力（約 $1\sim 40\text{ kg/cm}^2$ ，相當 $0.098\sim 0.302\text{ MPa}$ ）之下即可脫水。

傳動帶壓縮型為多數滾軸之間編入 2 塊濾布，下濾布上面供給添加過聚合物（高分子膠凝劑）之污泥，間隙水靠重力過濾，更進而上下濾布之壓榨，使附著水脫去。在最後加入剪力及增加壓榨力，使污泥餅之含水率下降，污泥餅是用刮泥器使之剝離。為防濾布堵塞，以壓力水洗淨。

螺旋壓縮型是驅動裝置、滾筒本體、螺旋羽形裝置、覆蓋、阻力裝置等構成，注入之污泥因螺旋連續性之一次脫水，更進而在阻力裝置二次脫水，再行排出。

(2) 真空脫水機

真空脫水機是外側敷設濾布之圓筒與真空裝置所構成，使圓筒內部產生負壓，則表面之污泥經濾布而脫水。真空脫水機依圓筒內部構造分多室與單室二種，多室類脫水機為在圓筒上固定數列小水溝，連接水溝之導管對著圓筒之側面開口。圓筒與導管一起回轉，其開口部與真空室內之間隔為溝之一部分，變成真空之後吸著污泥而完成脫水。回轉更快則導管開口部會進入壓縮空氣之後，在溝部份注入壓縮空氣，使污泥從濾布上剝離。為防止濾布堵塞，使濾布之一部分由圓筒分離，此種因壓縮空氣而設置剝離捲筒者亦頗多。

真空脫水機有必要使用石灰等助劑或凍結處理法等脫水前處理。污泥之性質及脫水前處理對污泥餅之含水率影響很大，泥餅含水率約在 $60\sim 80\%$ 左右。

(3) 離心脫水機

離心脫水機為將經加注聚合物（高分子膠凝劑）等前處理完畢之污泥餅供給回轉下之圓筒（drum），利用離心力使固體與液體分離之方式。此方式如能搭配乾燥、煉燒等工程，為處理上有利之脫水方法。

一般自離心脫水機排出之污泥餅，其含水率為 $60\sim 80\%$ 。

(4) 造粒脫水機

造粒脫水機為將添加聚合物（高分子膠凝劑）和水玻璃等助凝劑之污泥，使在回轉之圓筒內慢速旋轉，污泥中之粒子相互凝集，形成造粒效果，使污泥成粗大之粒子，粒子間之水分，因離心力關係從圓筒之外部排出。造粒脫水法是為了解決石灰添加及酸處理法所形成之難題而開發出來的，惟其污泥餅含水率高達 80% ，有必要另與乾燥工程組合。

脫水機性能應正確把握，尤其在夏季高濁度時和冬季低濁度時，必須進行相關之實驗。通常污泥處理容量大都以高濁度時為決定之依準。冬季時一般濁度較低，處理容量可有餘裕，但冬季污泥之脫水性較差，應經常觀察、試驗與檢討，以確保污泥處理作業之完滿。脫水機對污泥之濃度，必定有一定之適用範圍，如超過此適用範圍很可能無法處理。脫水機之運轉時間，應考慮依管理體制而設定，並應從長期性觀點如年間污泥發生量與年間可能運轉日數之關係相結合，而選擇與計畫處理量相稱之脫水機。再者，運轉時間之設定，應將機械起動前之作業準備時間及作業終了時之清掃整理時間計入，各約增加 30~60 分鐘。

加壓脫水機所用之濾布，通常都是聚乙烯類、耐龍、特多龍等之合成纖維，應依實驗選擇纖維線之粗細、編織方法、孔洞大小等最適當之濾布。濾布過濾以穩定最為重要，濾布孔洞過小，易予阻塞；孔洞過大，將降低處理效果。同時濾布須有適當之強度。

污泥脫水為淨水場廢水處理重要環節之一，必須配合其他流程同步進行，才能使污泥處理作業持續而有效之進行，是以脫水機設置 2 台以上，以應脫水機維護修理而停用時之需要。脫水機之容量，應考慮過濾之週期時間，亦即污泥之壓入、壓榨、空氣吹入及排出與濾板勒緊等各項工作過程而形成一個週期。此等之總合時間必須予以算出，以求得加壓脫水機之容量，亦即過濾面積，其公式如下：

$$A = \frac{S}{V \cdot t}$$

式中：

A：過濾面積(m²)

S：污泥量 (kg-DS/d)

V：過濾速度[kg-DS/d(m²·h)]

T：實際運轉時間 (h/d)

$$N = \frac{A}{a}$$

式中

N：所需台數 (台)

a：脫水機之過濾面積 (m²/台)

基於脫水設備本體及周邊設備之維護搶修及延長其使用壽年方面著想與操作運轉停止之安全與效率方面之考量，建築污泥管理設備專用之廠房，有其必要。脫水機等機器設備與淨水場之機械設備，在使用上有所不同。因污泥處理對機械之摩損劇烈，所以檢查、保養、修理等工作較淨水

用者為頻繁。

由於機器之分解及搬出搬入，廠房內必須設置起重機、吊車，並應以機器分解後之可能最大荷重，作為決定起重機捲揚荷重之依據。脫水機之周邊設備（幫浦及其他）應具有備份單位及維修作業上所需另件，是非常必要的。如脫水機台數甚多，未必脫水機一台即須附設一台之備用設備。似可把脫水機數台劃為一組，再決定其對應所需周邊設備之數量，進而對預備各組共同之備用單位及維修用零件，視其故障發生率高低以決定備份數量，但至少應有備份者一至二件。

輸送污泥管線為污泥阻塞或難以絕對避免，為期管線保養、檢查、修理或疏通等工作上之易進行，儘可能作成二條輸送污泥管線系統，俾污泥脫水作業不致中斷。配管之彎曲等處，須能夠拆卸容易，而利管線內部之清掃作業，於管線適當控制點設置清用水注入口及排出口。選用內部光滑之管種作為管材之用。

污泥餅直接從輸送帶送上卡車，運出廠外之方法：此法適用於污泥餅產量較少小規模淨水場，並應對污泥餅之產量與卡車容量之關連性作充分之考量。污泥餅在漏斗內短暫貯留後搬出之方法：此法應充分考慮污泥餅之性質（如含水率大小等），應注意漏斗小頸部位不致構成堵塞，可裝設振動裝置以防止之。污泥餅在貯存槽內短暫貯存後再行搬運之方法：貯存槽應有頂棚，地面上排水良好，以避免雨水之淋濕。槽內污泥餅堆置方式，以便予污泥之裝車清運為原則。貯存槽至少應有三日之貯存容量。如能保有7~10日之容量，則對污泥餅之處理將更具彈性。

脫水濾液如返送回淨水場處理系統，應設定與原水處理水量之一定比例，以免對淨水處理上有所妨礙。為期返送回水量均勻，應設置貯留槽，以收集濾液、分離液及濾布洗淨水、空氣壓縮機冷卻水、抽水機水對等廢水。貯留槽內應設置抽水機、返送流量計及攪拌裝置等。

如果脫水濾液向河川直接排放，其水質應符合河川放流水標準。如有必要應設置中和設備包括中和槽、中和液貯留槽、水質測定儀（包括 pH 值計）等。

參考文獻

1. 日本水道協會，「水道施設設計指針」，平成 12 年(2000)。
2. 日本水道協會，「水道施設設計指針・解説」，平成 2 年(1990)
3. 中華民國自來協會，「自來水設備工程設施標準解說」，民 84 年 12 月。
4. 中華民國自來協會，「自來水設施操作維護手冊」，民 82 年 2 月。
5. 台北自來水事業處工程總隊，「台北區自來水第五期建設給水工程第一階段工程執行報告」，95 年 8 月。
6. 台北自來水事業處，「直潭淨水場定案研究報告」，民 70.
7. 台北自來水事業處，「直潭淨水場污泥處理工程」，民 76.
8. 嚴敏、譚章榮、李憶，「自來水廠技術管理」，化學工業出版社，2005.
9. 西北設計研究院，「給水排水設計手冊」--常用設備，二版，2005.
10. Degremont，「Water Treatment Handbook」，馬陵出版社，1975.
11. Prof. Dr. Ir. L. Huisman，「Rapid Filtration」"，Technische Hogeschool Delft, Holland，1984.
12. Prof. Dr. Ir. L. Huisman，「Sedimentation and Flotation」，1982，Delft University of Technology, Holland.
13. AWWA，「Water Treatment Plant Design」，4th Ed.，McGraw-Hill，2005.
14. Brock McEwen，「Treatment Process Selection for Particle Removal」，AWWARF，1998.
15. MWH，「Water Treatment Principles and Design」，4th Ed.，Wiley，2005

第五章 配水設施

第八十二條 設計配水量，應於平時能滿足最大時供水量，火災時能滿足最大日供水量加消防用水量。

【解說】

配水量應滿足用戶尖峰用水時的需求，即假設配水區域內所有用戶在同一時間內取水使用時之水量，此亦為計算配水管線管徑之基礎；設計配水量時，應先決定供水區域及供水目標年，了解未來人口的成長及由過去至目前的用水情況，以了解用水的成長，進而預估目標年的平均日用水量，並經由過去的用水紀錄或類似區域之實際狀況決定，計算推估用水最大日配水量與平均日配水量的比值為最大日配水係數，同時由最大日的一天配水狀況，推估計算最大時配水量與最大日平均時配水量之比值為最大時配水係數（又稱尖峰係數）。最大日用水係數及最大時用水係數會隨供水區域的大小，用水人口多寡，供水系統的特性以及系統內用戶用水設備系統（直接供水或間接供水）不同，民眾用水習慣以及地理環境不同等之差異，一般而言，供水區域愈大、供水人口愈多、間接用水設備多及氣溫變化較少者等，其係數會愈小；反之則愈大。

計畫最大時配水量，依下式計算：

$$Q = K * q$$

式中

Q：計畫最大時供水量(CMD)

q：推估目標年之平均日配水量(CMD)

K：最大時配水係數（最大時配水量／平均日時配水量）

以台北自來水事業處所轄之供水區為例

民國 78 年~92 年間臺北自來水系統最大日需水量與平均日需水量之比例值介於 107%~123% 間，而除民國 81 年外，其他年度之比例值並未有超出 120% 之情形，在共計 15 年之數據中，有 11 年之比例值係介於 111%~117%，因此最大日需水量與平均日需水量之比例值絕多是介於 111%~117%，取其大者設為 1.17%。

表 5-1 臺北自來水系統最大日需水量與平均日需水量比值

時間	平均日水量 (CMD)	最大日日期	最大日水量 (CMD)	最大日/平均日
78年	1,772,066	9.24	2,076,560	117%
79年	1,849,969	9.30	2,147,090	116%
80年	1,930,856	2.12	2,141,350	111%
81年	2,042,636	10.7	2,511,760	123%
82年	2,325,433	11.26	2,489,780	107%
83年	2,412,615	2.14	2,675,670	111%
84年	2,455,948	12.11	2,648,920	108%
85年	2,481,961	8.3	2,745,443	111%
86年	2,372,759	12.21	2,743,925	116%
87年	2,421,723	8.19	2,686,161	111%
88年	2,662,055	12.9	3,057,376	115%
89年	3,011,191	9.25	3,269,934	109%
90年	2,944,292	3.23	3,255,574	111%
91年	2,608,813	1.25	3,032,793	116%
92年	2,591,598	1.31	2,872,027	111%

資料來源：北水處統計年報

至於最大時及最小時需水量未來亦可採前述之統計方法進行分析，目前「臺北市自來水事業工程設施標準」中，對於最大時及最小時需水量已有一規定值，最大時需水量應介於最大日每小時需水量之 1.3~2.0 倍，最小時需水量應介於最大日每小時需水量之 0.2~0.6 倍。台北自來水五期計畫中所建議之最大時需水量為最大日每小時需水量之 1.4 倍，最小時需水量為最大日每小時需水量之 0.6 倍，惟臺北市自來水系統有總容量極為可觀之地下配水池調蓄情形下，最大時需水量可訂為最大日每小時需水量之 1.3 倍，因此規劃最大時配水係數（最大時配水量／平均日時配水量）為 1.52。

在日本自來水協會對日本 35 個都市之 250 個配水區域，其配水量與尖峰係數 (K 值) 間之關係實測資料，如圖 5-1 圖 5-2 圖 5-3 所示，圖 5-4 則為台灣、日本、荷蘭、印尼之用戶數與尖峰係數圖。

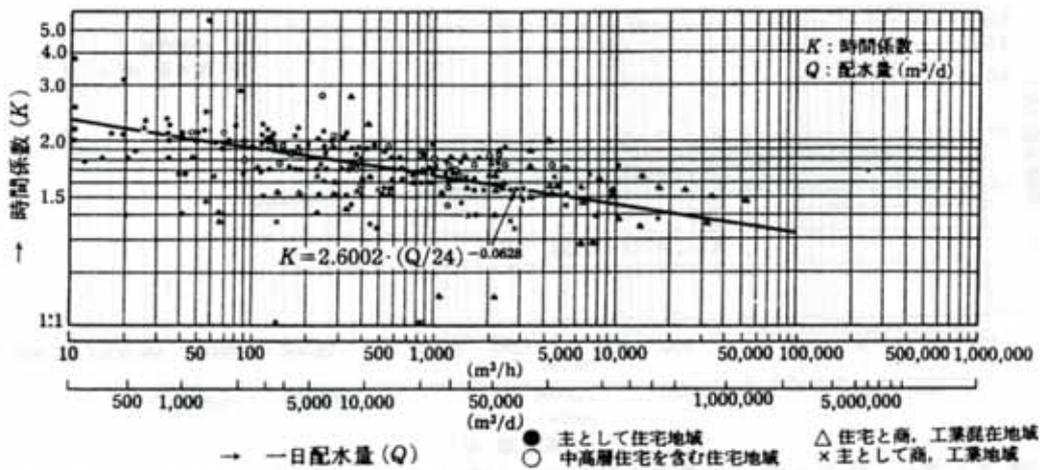


圖 5-1 日本對各種不同的都市計劃區之配水量尖峰係數圖

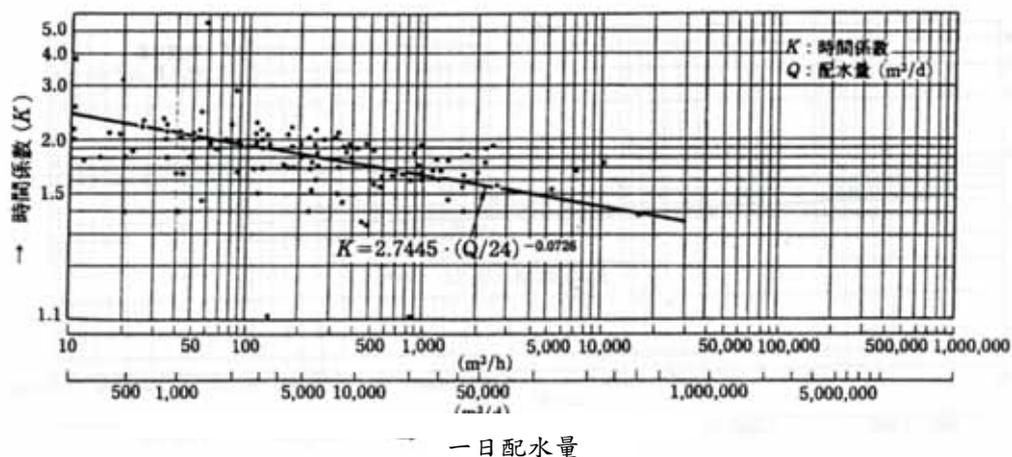


圖 5-2 日本對住宅區之配水量與尖峰係數圖

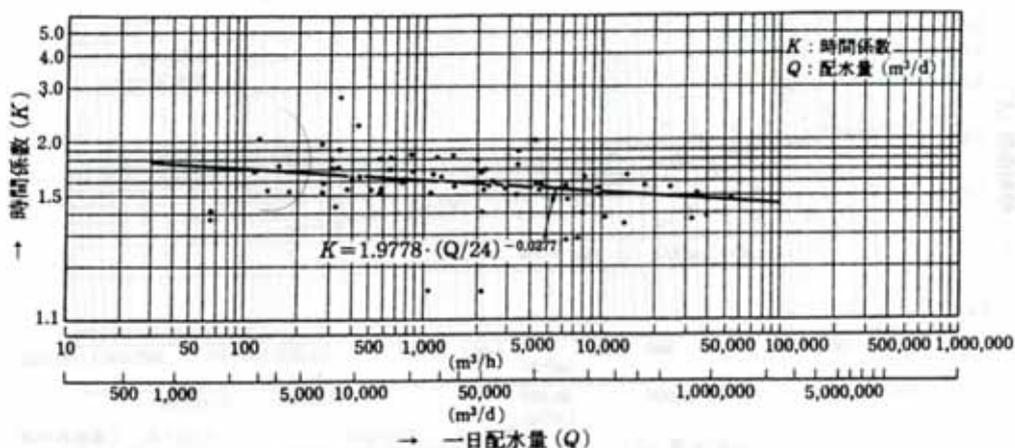
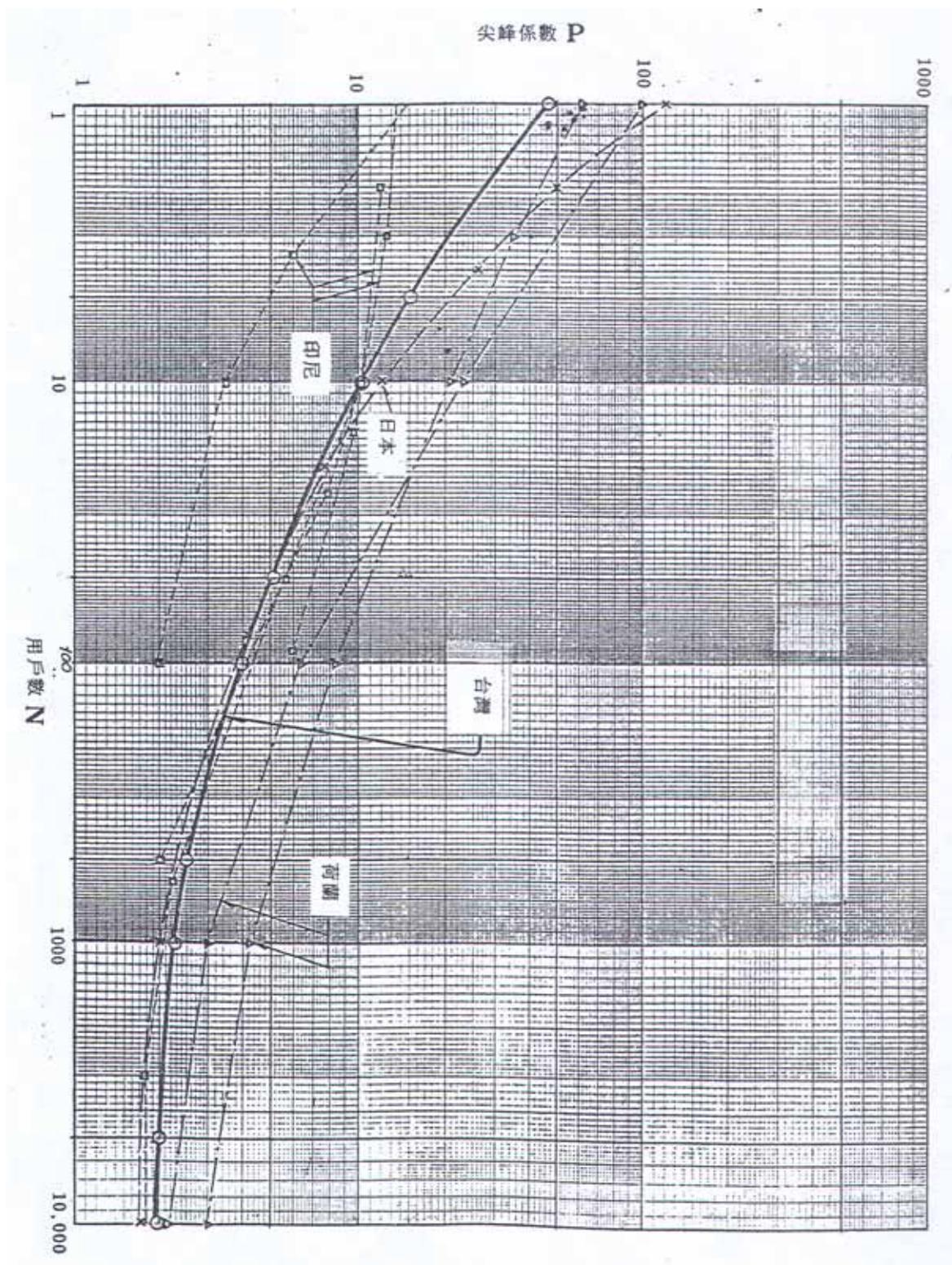


圖 5-3 日本對住商工混合區配水量與尖峰係數圖



5-4 台灣、日本、荷蘭、印尼之用戶數與尖峰係數圖

在火災時如能在最大時需水量之外，再加算消防所需水量自屬理想，但由於消防所需水量甚大，火災不一定在最大用水時發生，為避免所需配水管管徑過大不經濟，配水管之容量可以最大日用水量加算消防用水量計算。由於最大時用水

量係計畫目標年估計人口所需最大日之最大時需水量，依此設計，在計畫目標年之最大時以外，配水系統皆能供應足夠之消防用水量。即使在計畫目標年之夏季最大時用水時發生火災，視需要限制部分用水，也可達到相當之消防目的。因此配水系統如能照上述兩者之較大者計畫，就能同時滿足平時及火災時之需。

由於經濟部發布之「救火栓設置標準」並未規範救火栓出口壓力，僅規定救火栓之設計放水量，以裝設於口徑 100mm 以上配水管的單口式救火栓而言，單口式救火栓放水量為 $1\text{m}^3/\text{min}$ ，故可由救火栓出水量據以推算配水管網所需的最小壓力。

其所需水壓主要分成下列 3 部份：

- 一. 救火栓出水口與配水管間之高程差，也就是靜水頭，約為 1.95 M。
- 二. 由配水管至救火栓間的水頭損失，包括接管處的丁字管、直管、 90° 彎管、制水閘等的摩擦損失水頭，合計約為 0.4 M。
- 三. 救火栓出口的速度水頭，依出水口流量 $1\text{m}^3/\text{min}$ ，管徑為 65mm，則流速為 5.02 m/s，出口速度水頭計算約為 1.29 M。

合計上述靜水頭、摩擦損失水頭及出口速度水頭後，水頭損失共約為 3.64m，亦即配水管網最低水壓至少需達 $0.364\text{kgf}/\text{cm}^2$ ，方可充分供給消防用水需求。除此之外，依據「建築技術規則」、「自來水用戶用水設備標準」之相關規定，詳附錄B，即用戶給水管出口最低水壓不得小於 $0.56\text{kgf}/\text{cm}^2$ ，沖洗閘不得小於 $1.0\text{kgf}/\text{cm}^2$ ，如再加計用水設備與配水管之高程差，及二者間直管及另件的摩擦損失水頭後，建議配水管網所需的最小壓力至少應為 $1.5\text{kgf}/\text{cm}^2$ 。另「臺北市自來水事業工程設施標準」第 179 條規定：配水管線之水壓，供水人口在一萬人以上者，最小動水壓以 $1.5\text{kgf}/\text{cm}^2$ 為準。因此，管網水壓定為 $1.5\text{kgf}/\text{cm}^2$ 應可滿足火災之需。

第八十三條 計畫目標年社區集居人口在一萬人以上時，配水管之容量應考慮消防用水。

【解說】

配水管所輸送水量除滿足用水的最大時用水需求外，亦須擔負消防救災的責任，當火災發生時，須短時間滿足消防救災的需求，一般在較大的供水系統，其配水量大而且往往是雙向供水，消防救災對用戶的供水並不致產生影響，因此設計時並不另外考量消防用水的需求，但在封閉性的集合社區，如依設計配水量來計算管徑，其配水量並無法同時滿足消防救火與用戶用水的需求，因此設計配水管時應另外考量消防用水的需求。

供水人口在十萬人以下一萬人以上之配水管，應考慮消防用水量，其計畫配水量應為最大日需水量加下列消防用水量。

人口(萬人)	消防用水量(日立方公尺)
1	2,900 以上
2	5,800
3	7,200
4	8,600
5	10,000
6~7	11,500
8~9	13,000
10	14,400

至於供水人口十萬人以上之系統，通常其最大時用水量所需要之管徑大於最大日用水量加上消防用水所需者，因此可以不另計算。但對特殊建築物或設施，需要特別之消防用水時，其有關配水管線之能力則應專案考慮之。

火災時之消防用水量估算例如下：

計畫供水人口 15,000 人
 計畫每人每日用水量 500 lpcd
 加算消防用水量 5,800 m³/d

所需計畫配水量計算如下：

最大日供水量=500lpcd x 15,000 人 = 7,500m³/d

假設尖係數為 1.5, 則

最大時配水量=7,500m³/d x 1.5=11,250m³/d

火災時計畫配水量=7,500m³/d + 5,800m³/d=13,300m³/d(>11,250m³/d)

設計時取兩者中較大者 13,300 m³/d 作為配水管線的設計水量。

第八十四條 配水方式之規定如下：

- 一. 應考慮供水區域規模、特性及其附近地勢、有效利用水頭、供水區域內水壓均勻、供水安全、合理之工程效益、現有配水管線之耐壓及漏水情形，未來維護管理操作之難易等因素。
- 二. 供水區域內或其附近有適當高地時，應建配水池，採用自然流下方式或浮動方式，避免使用直接加壓方式，以免停電等事故發生時無法供水。
- 三. 供水區域內或其附近有高地，如高地不能以自然流下方法供水時，可採用部分自然流下方式，其他部分可用加壓抽水機補足之。

【解說】

自來水系統的配水設施係由配水池、配水塔、高架水池、配水管、抽水機、制水閥及其他附屬設備等配水設備所組合而成。各項配水設備之配置，應能在適當之水壓下供應用戶所要的需水量外，更重要者，各項設備要能經久耐用且管理維護簡便容易，並能在配水流經各項配水設備及管線到用戶之過程中確保水質，配水設施在平常時能供水穩定外，亦應能在災害事故（如枯水、震災、火災等）時，對供水穩定之影響減至最少為目標。

關於一：應考慮供水區域規模、特性及其附近地勢、有效利用水頭、供水區域內水壓均勻、供水安全、合理之工程效益、現有配水管線之耐壓及漏水情形，未來維護管理操作之難易等因素。

對各項配水設備之整體配置，儘量配合地形地勢來設置，以避免電力等能源之消耗，以能充分活用供水的既有水頭之配置為佳。又對某一定之配水量，因管線送水之水頭損失，對配水距離越短，配水管之管徑可以越小，故在配水區域之中央部位或附近有適當高度之用地時，就在該處設置配水池，藉重力自然流下方式配水，較最為經濟合理。如無適當之高地，亦選擇適當之位置設置配水池、加壓站利用抽水機來加壓配水。並考量供水區內之配水易於調整其間之水量、水壓，使配水作業能經濟有效且能安全順利以及圓滿地達成所有用戶需求。供水區域之地勢高低差過大時，應視實際需要情形分區供水，以維持適宜之水壓，但其範圍小時，可以不分區，惟對較低地區應設減壓閥以降低並保持一定之水壓，對較高地區則可視實際需要設置加壓設備加壓供水配水方式應充分考慮供水區域之分佈及地勢、配水池之位置及高程，以儘量維持供水區域內之均勻水壓，供水安全，以及建設與操作之經濟性等為目的安排。

但如既有的管線材質老舊，系統壓力超出管線的承受壓力時，容易產生爆管等事件，影響供水及安全，依研究及過去經驗，一般管線壓力在 4 kg/cm^2 以上時，水管破裂的機率將大幅增加，而如果管線有破洞漏水，依孔口流量公式 (Roberson

& Crowe, 1988) :

$$Q = C A \sqrt{2 g P}$$

Q : 漏水量

C : 孔口流量係數

A : 破管處孔口面積

g : 重力加速度

P : 管內水壓

前式中如 C 與 A 為定值，則漏水量會隨壓力降低而減少，依據英國等國曾作過壓力與漏水量的關係(Farely & Trow, 2003) :

$$Q/Q_0 = \left(P/P_0 \right)^\eta$$

式中 Q₀ : 測量時漏水量

Q : 換算漏水量

η : 指數(一般以 1.15 計算)

P₀ : 測量時水壓

P : 換算水壓

η 值在塑膠管為 1.5，金屬管 η 值為 0.75~1.0，明顯的大破孔 η 值為 0.5，其他不易判別的裂孔 η 值為 1.15，因此，系統壓力之設定，應考量既有管線所能承受的壓力範圍，在系統漏水管線尚未改善汰換之前，不宜提高供水壓力。

關於二：供水區域內或其附近有適當高地時，應建配水池，採用自然流下方式或浮動方式，避免使用直接加壓方式，以免停電等事故發生時無法供水。

配水區域設定之基本原則，在平常時能確保水量及水壓之穩定，在災害事故發生時不發生配水不公平情事，並能將供水影響降為最低等。因此有必要將供水區域予以分割成某些適當大小範圍之配水區域配水為宜。設定配水區域時，應考慮供水區域內之需水狀況，及河川、主要道路、鐵路等之地理環境，地區高低等之地勢條件等等要項，分割為數個小塊配水區予以配水。以利各配水區域之水量管理或水壓管理。

一般言之，自然流下之方式最能節省能源，不受停電或抽水設備故障之影響，故經濟而可靠，但水壓之調節較為困難，尤以大系統為然。配水池之位置將影響配水管線之配置及管徑，以及水壓之均勻，理論上應選在配水之重心地點，不僅最能節省配水管線，且有利於水壓之維持均勻，但應依供水區之地勢以及需水量之分配情形選定之。

供水區域之地勢高低差過大時，應視實際需要情形分區供水，以維持適宜之水壓。通常供水區域內高低差達 30~40 公尺以上，且其範圍較大時，宜考慮分為高、低地區或高、中、低地區等分開供水，但其範圍小時，可以不分區，惟對較低地區應設減壓閥以降低並保持一定之水壓，對較高地區則可視實際需要設置加壓設備加壓供水。

關於三：供水區域內或其附近有高地，如高地不能以自然流下方法供水時，可採用部分自然流下方式，其他部分可用加壓抽水機補足之。

供水區域內因地勢不同，不足以採用完全自然流下供水方式時，可就其水頭不足部分以加壓方式補足之，但應考慮工程經濟及維護操作之簡繁再作決定。其補助方式，可視實際情形，由配水池直接加壓，或在離配水池較遠處另設加壓站或第二配水池等方式加壓或對特定地區或在特定時間加壓供水。無適當之高地時，亦選擇適當之位置設置配水池、加壓站利用抽水機來加壓配水。

第八十五條 配水池之規定如下：

- 一. 位置應儘量設於供水區域之中央。
- 二. 採用自然流下方式時，配水池之高度應以在設計最低水位時，配水管線之各點能保持最小動水壓為準。
- 三. 供水區域地面高低相差懸殊時，應分為高低不同之若干供水分區，並裝設減壓閥或加壓抽水機設備，或各分區分設配水池。
- 四. 應避免建築於斜坡頂、斜坡面、斜坡腳或填土等地基不穩定或有崩坍之虞之處所附近，無法避免時，應施以基礎加固、斜坡保固等工程。應設在不淹水地點，池底應高出地下水位，並應儘量設在地面上。如設在地面下時，應與污水管、雨水管、廁所、滯積之表面水等可能之污染來源保持至少十五公尺之距離。
- 五. 有效容量應考慮滿足設計最大日供水量之時間變化加消防用水量為原則。
- 六. 有效水深不得低於三公尺。

【解說】

關於一：位置應儘量設於供水區域之中央。

就供水區的配管而言，配水管網的設置應以能均勻滿足供水區內各點足夠的水量及適宜的水壓，將供水來源的配水池設於供水區域的中央，其供水各點的距離相當，不但可以減少水頭損失，節省配水管之尺寸，且如地勢變化不大，將可以獲得均勻之水壓，因而使配水管線最為經濟。

關於二：採用自然流下方式時，配水池之高度應以在設計最低水位時，配水管線之各點能保持最小動水壓為準。

配水系統採用自然流下的方式，最為經濟，但其供水壓力能滿足供水各點適宜的水壓，因此，採用自然流下的配水池之設置高度，應以設計在最低水位時，能維持配水區內任一點的最小動水壓，依「臺北市自來水事業工程設施標準」第179條規定：配水管線之水壓，供水人口在一萬人以上者，最小動水壓以1.5 kgf/cm²為準。以滿足最大用水時的供水需求及火災發生時的救火需要。

關於三：供水區域地面高低相差懸殊時，應分為高低不同之若干供水分區，並裝設減壓閥或加壓抽水機設備，或各分區分設配水池。

配水區域設定之基本原則，在平常時能確保水量及水壓之穩定，在災害事故發生時不發生配水不公平情事，並能將供水影響降為最低等。因此有必要將供水區域予以分割成某些適當大小範圍之配水區域配水為宜。設定配水區域時，應考慮供水區域內之需水狀況，及河川、主要道路、鐵路等之地理環境，地區高低等

之地勢條件等等要項，分割為數個小區塊配水區予以配水。以利各配水區域之水量管理或水壓管理。因此，供水區分割成小供水區域時，如分割後的供水壓力過大時，應在供水分區的進水管上設置減壓閥，以維持供水分區內適宜的水壓，而如分割後的供水分區水壓不足時，則應於供水分區的進水管或供水分區內合適的地點，設置加壓設備以提升供水分區內的水壓，滿足供水的需要。另外，供水分區內如有適宜的地點可供設置配水池，則應儘量設置，除可調蓄供水的時變化，滿足尖峰用水的需要外，對緊急供水及災害應變，亦有極大助益。

關於四：應避免建築於斜坡頂、斜坡面、斜坡腳或填土等地基不穩定或有崩坍之虞之處所附近，無法避免時，應施以基礎加固、斜坡保固等工程。應設在不淹水地點，池底應高出地下水位，並應儘量設在地面上。如設在地面下時，應與污水管、雨水管、廁所、滯積之表面水等可能之污染來源保持至少十五公尺之距離。

配水池一般會蓄存大量的水量以供用水調配及滿足任一時段供水的需要，其結構體務必強固外，地基亦應穩固足以支撐配水池的重量，以確保安全；否則，一旦發生破裂損壞，其大量的水流將會造成生命及財產的損失，因此應避免將配水池構築於斜坡或填土等地基不穩定或有崩坍可能處所或附近。無法避免時，應施以基礎加強、斜坡保固等措施以策安全。

配水池為了使用及維護管理的需求，在其結構體上，均會設有人孔、通氣孔及溢流孔等設施，如未能有效的防止雨水及蟲蟻昆蟲的浸入，將可能造成水質的污染，因此應妥善設置人孔蓋、防蟲網等安全設施，但如配水池受淹水時，地面之髒水將由上述的人孔、通氣孔及溢流孔等浸入水池內污染水質，同時，如水池在淹水時，如其蓄水水位不足以抵抗水的浮力時，水池可能會浮起同時破壞相關的機電管線設備，因此，配水池應設在不淹水地點。池頂應儘可能浮出地面上並高出最大洪水位。池底應高出地下水位，否則應有抗浮設施。配水池應避免設在低窪地點，以防水淹。地下水位較高時，應注意採取必要之措施，以防配水池受上浮力作用而發生不利影響。

為防止污染，配水池應儘可能設在地面上，若不得已，設在地面下時，應與污水管、雨水管、廁所、地表積水等可能污染來源保持至少 15 公尺以上之距離，同時水池頂應高出地面或最大洪水位至少 60 公分以上。

關於五：有效容量應考慮滿足設計最大日供水量之時間變化加消防用水量為原則。

配水池之主要功用在於調節一日之內配水量之時間性變化，在火災時提供足夠之消防用水，及緩和設備故障、枯水、水質事故等異常時對供水之影響等等，藉以減輕送水以及上游各項設備之負擔，可以無需隨時間之變化等而增加其出水能力。

在小都市或集合社區之自來水配水系統，消防用水量所占配水池容量之比率頗大，如在火災時使用消防用水時，必有影響其他一般用水之虞，故在供水人口 50,000 人以下之配水池有加算消防用水量之必要。其所需容量隨人口數而變化，如下表所列，係以消防用水量之約 1 小時水量估列。消火栓以外如有其他消防用水量來源時，則不受此限。

人口(萬人)	容量(立方公尺)
1	100
2	200
3	300
4	350
5	400

未滿一萬人之配水設備之配水池有效容量如表 5-2：

表 5-2 未滿一萬人之配水池有效容量

計畫供水人口	配水池有效容量
5,000 人以上	最大日供水量 8 小時及消火栓之 1 小時放水量之和
3,000 人~5,000 人	最大日供水量 9 小時及消火栓之 1 小時放水量之和
2,000 人~3,000 人	最大日供水量 10 小時及消火栓之 1 小時放水量之和
1,000 人~2,000 人	最大日供水量 12 小時及消火栓之 1 小時放水量之和
500 人~1,000 人	最大日供水量 14 小時及消火栓之 1 小時放水量之和
300 人~500 人	最大日供水量 16 小時及消火栓之 1 小時放水量之和
100 人~300 人	最大日供水量 18 小時及消火栓之 1 小時放水量之和
未滿 100 人	最大日供水量 20 小時及消火栓之 1 小時放水量之和

超過五萬人的供水設備配水池容量以設計最大日供水量 8~12 小時量為準，並考慮區域之特性及設備之穩定性等酌量增加做為應急之用。配水池容量應考量以下因素：

(1) 時間性變化調節容量：

淨水場之出水量一般係以最大日為準，整日以相同之能力出水，而供水區域內之用水，則依時間而有大小之別，因此，需在用水需要小於淨水場出水量之時間內財蓄多餘之水量，俾能供應用水量超過淨水場出水量時之需，籍以平衡一日內供需之出入。因此配水池之容量應能足夠容納淨水場出水與供水區域需要量之最大差額。用水之時間變化主要與用戶之起居生活方式有關，社區之規模及性質，用戶之性質，氣候之變化等均有影響，實際上可參考性質相似社區之供水記錄，或本系統以往之記錄，並依照將來計畫之最大日供水量與預估之時間，與用水變化求算之。依據實際經驗，為調節時間性用水變化之有效容量，一般約以計畫最大日供水量之 5~6 小時量估計。配水

池時間性用水變化調節之有效容量，求算方法有面積法及累積曲線法等，係將一日各小時之預計每小時之需水量超過淨水場出水能力部分累計而得，圖 5-5 及 5-6 所示

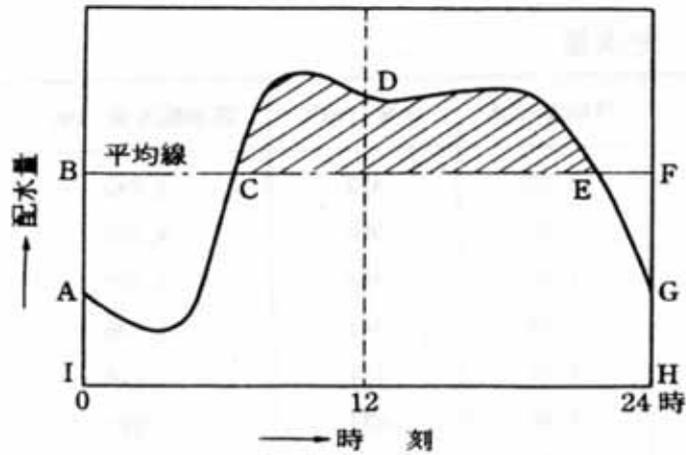


圖 5-5 面積法之時間變動調整容量

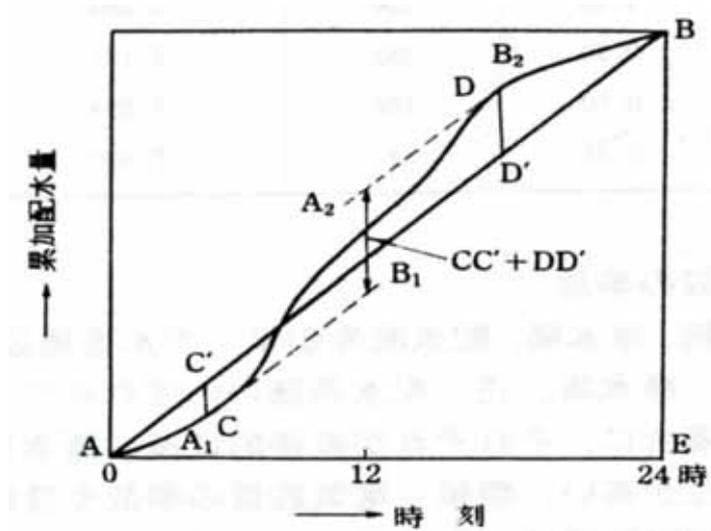


圖 5-6 累加曲線法之時間變動調整容量異常時應付容量

(2) 異常時應付水量

除因應時間性變化所需外，在可能範圍內配水池應留有足夠容量，以應付枯水、水質事故、設備故障及其他異常情況時維持供水之需要，此種容量依需求保護程度及工程經濟，能力容許程度而定，可自最大日供水量之數小時至數日份不等，可依實際情形選定，在可能範圍內以儘量放大為宜。惟所考慮之量如超過消防所需，則可以此兼為消防用蓄水量，不必再考慮消防用蓄水量。

(3) 其他必要考慮之容量：

配水池有效容量決定時，雖以時間性變化調節容量及異常時應付容量為基本，但對配水區域之用水使用形態、地域特性、設備規模等要素亦必要納入決定之要項。在觀光區週末之用水量遠比平均時之用水量為多，如淨水及其上游之設備未照週末所設計，其配水池之有效容量應必須能兼顧調節週末用水量之需要。另外如何在發生重大災害後，如何提供民眾最低的日常維生用水，也是自來水事業必須要考量的，表 5-3 為大地震等大災害發生後的供水計畫表，其中配水池占相當重要的角色，尤其在災害發生後的前三日為維持民眾生命每人每日 3 公升的緊急維生用水，圖 5-7 為日本耐震維生配水池示意圖及圖 5-8 為臺北自來水事業處緊急維生供水系統示意圖。

表 5-3 大地震發生後的緊急供水計畫表

計畫目標	地震發生後之日數 目標緊急供水量	~3 日	10 日	21 日	28 日
		3 公升	20 公升	100 公升	250 公升
給水方式	其體的作法	各階段復舊效果			
運搬給水	給水取水車	◎	◎	※	※
供水來源	緊急貯留系統 大容量送水管 給水車取水基地 配水池 大容量貯水槽				
定點給水	耐震貯水槽(中、小學)	◎	○		
	臨時給水栓			○	
	防災據點	◎	◎	◎	○
	幹管 500mm 管網		◎	◎	○
	支管 200mm 管網 臨時配管			○	◎
民間貯水	家庭貯水，大樓受水池	○			
消防等公 共給水	防火水槽，雜用水槽， 雨水貯留槽	○	○		

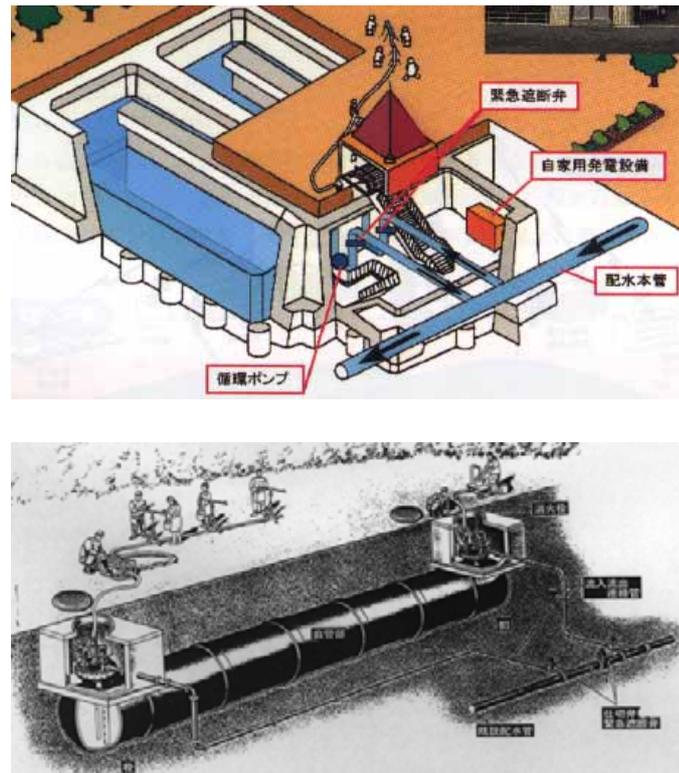


圖 5-7 日本耐震維生配水池示意圖

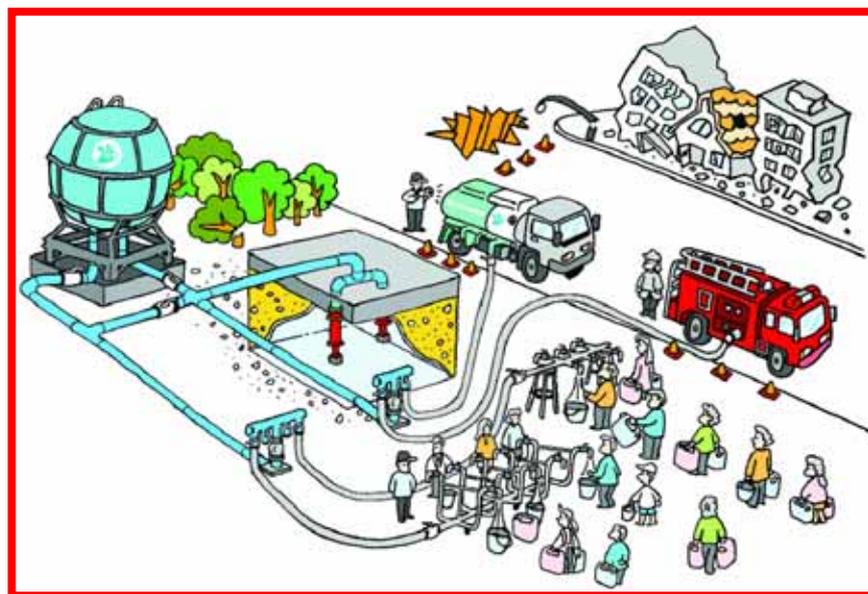


圖 5-8 臺北自來水事業處設置緊急維生配水池示意圖

關於六：有效水深不得低於三公尺。

配水池之有效水深，係指其最高與最低水位之差，水由配水池以自然流下供水時，配水池之低水位乃係計算配水區域內配水管之最小動水壓之水位；配水池之高水位乃係計算配水區域內配水管承受之最高靜水壓之水位。故配水池之有效深度避免過大，以免因水位之變動大，使配水系統內動水壓之變化過大，不利供水。以抽水機加壓方式供水時，配水池之水深過大，將增加供水揚程，增加動力費，最低水位不能過低，以免抽水機在低水位時，吸揚程超過規定，以致無法順利運轉或發生孔蝕現象。以配水池之水為抽水機自然充水時，配水池之最低水位應在任何時間內足以維持抽水機之順利操作，在一定容量的配水池如水深太小，將增加水池面積，深度太大雖然可以節省所需土地，但耐震、耐水密能力將相對減低，同時構造上也將增加工程費以及施工困難度，因此，由施工、經濟、運作等要項之經濟評估考慮，有效水深以 3~6 公尺為準。

第八十六條 配水塔及高架配水池之構造規定如下：

- 一. 對塔（池）內水壓、空塔（池）時之風壓、滿池之地震力均安全者，其基礎應視地基承载力予以加固。
- 二. 應為水密性之構造，並設覆蓋，開口應防止雨水流入及昆蟲等進入。

【解說】

關於一：對塔（池）內水壓、空塔（池）時之風壓、滿池之地震力均安全者，其基礎應視地基承载力予以加固。

配水塔係指塔身亦可蓄水者，如圖 5-9 所示，高架配水池則指裝設在高架上之配水池，如圖 5-10 所示，均在無適當高地可以建造地面配水池時所採用，以調整配水系統之水量及水壓。

配水塔及高架配水池之構造應符合下列各項：

1. 在構造及衛生上安全，且具有充分耐久性及水密性。
2. 對池內水壓、空池時之風壓及滿池時之地震力等均安全。
3. 建築地基應具有良好承载力，否則應以打樁或其他適當方法加固基礎。
4. 高架配水池之支柱應使用鋼構或鋼筋混凝土等堅固材料，支柱上支承台應與水池牢固扣結。
5. 溢流及排水設備均應有防污染措施，排放口不得浸在水體中。
6. 通氣設備之大小以最大出水量，依每秒 15 公尺以下風速求之，其開口應加套以細目網防虫及能防止雨水侵入。
7. 水位計應附高低水位指示警報設備。
8. 設繞流管，其大小以同進出水管為原則。

因配水塔及高架配水池高立於地面，故應特別考慮結構上之安全性，不論空池時之風壓，滿池時之地震力，基礎之承载力，均應詳予檢討，同時避雷裝置是否會妨礙無線電訊，以及美觀等問題亦應顧及。由於需要往高空興築，其單位蓄水量所需經費遠比地上配水池為高。因此，為能承受外來各種應力作用之安全構造，應採鋼筋混凝土、預力混凝土、或鋼等構造。尤其應對在空池時之風壓，滿池時之地震力，考慮其會產生最危險時之狀態，加予耐力上安全之設計。另對地震時之水面波動所產生池體與附件之破壞及溢流等之影響，亦應審慎研討。

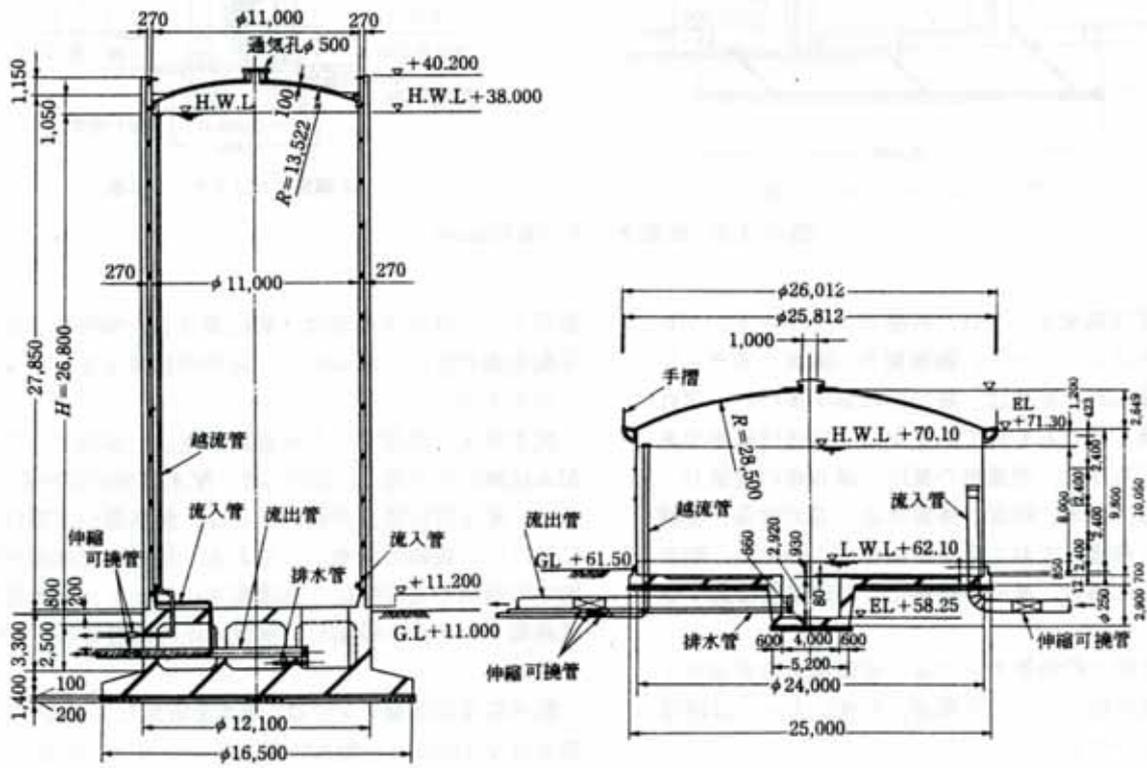
為防止氯氣對混凝土之腐化及鋼質之腐蝕，進而影響水池結構的安全，池之內外應妥予塗裝無礙衛生及無毒等對水質安全之塗料保護。混凝土水池內部通常使用樹脂混凝土，或環氧樹脂塗裝；屋頂部份為防止溫度伸縮，則使用白色系統之

塗料塗裝。鋼造水池內部通常使用環氧樹脂塗料，外部則使用氯化橡膠系樹脂塗料塗裝。近來由於耐候性鋼材之開發，外部可免塗裝。由地震之水面滾動所發生之水面上升度，池牆應依據水力計算設置最高水位以上之出水高。

配水塔及高架配水池，因均為配水區域內大高度建築物，故應特別注意其美觀或電波障礙等環境影響問題。

關於二：應為水密性之構造，並設覆蓋，開口應防止雨水流入及昆蟲等進入。

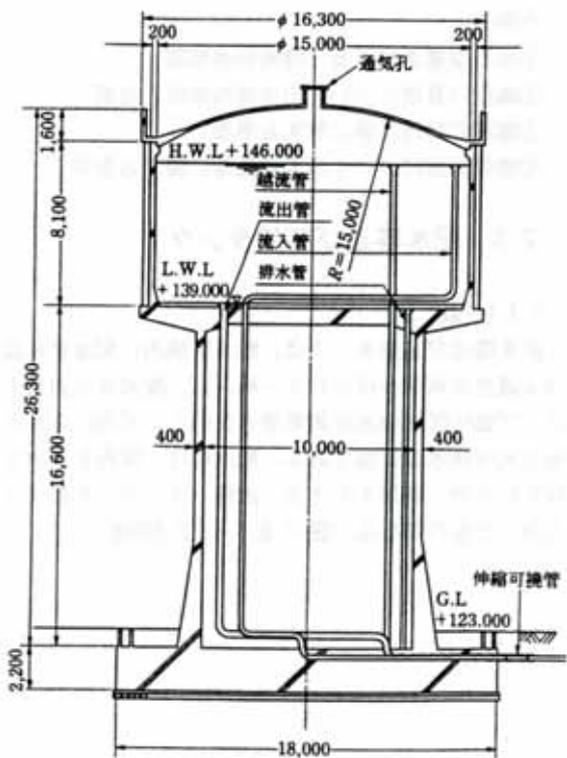
配水塔以及高架配水池之構造與衛生，必需具有充分之耐久性及水密性等之安全，配水塔及高架配水池設置時，均會設置人孔以供人員進入維護管理，設置通氣孔以利水池內水位上下變動之需，設置溢流管以利溢流排水，這些設施如設置不善或管理不善，均會使雨水流入或昆蟲由上述開孔進入池內孳生，影響水質安全，因此，所有開孔均應加蓋以防止雨水流入或加裝防虫網以防止昆蟲等進入。



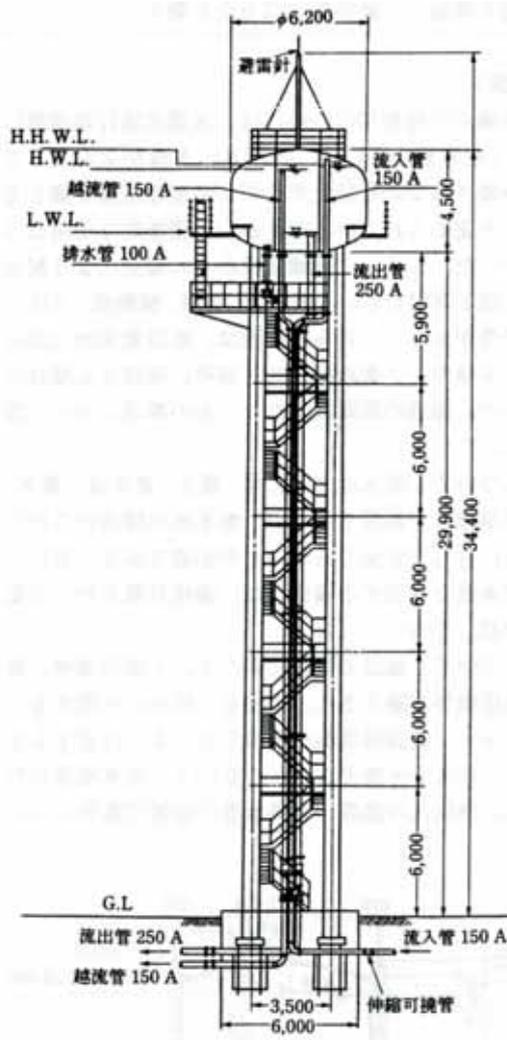
預力混凝土製配水塔(單位 mm)

鋼製或不銹鋼製配水塔(單位 mm)

圖 5-9 配水塔圖(水道施設設計指針)



預力混凝土製配水塔(單位 mm)



鋼製或不銹鋼製配水塔(單位 mm)

圖 5-10 高架配水池圖(水道施設設計指針)

第八十七條 配水塔及高架配水池之基礎及支柱規定如下：

- 一. 應建築於具有所需承載力之地基上，其基礎應有足夠之底面積及重量，以求穩定。如建築在地基不佳之地點時，應以打樁，或其他適當方法加固其基礎。
- 二. 高架配水池之支柱，應使用堅固材料，並固定於基礎上，支柱上之支承台應與水池牢固扣結，使所有支柱與水池成為一體。

【解說】

關於一：應建築於具有所需承載力之地基上，其基礎應有足夠之底面積及重量，以求穩定。如建築在地基不佳之地點時，應以打樁，或其他適當方法加固其基礎。

配水塔及高架配水池係高立於地上之建築物，且有相當之水重，力學上之穩定性較差，因此應建築於具有所需承載力之良好地基上，其基礎並應有足夠之支承面積，以求穩定，必要時應以打樁或其他適當方法加固基礎。基礎之良否，決定配水塔或高架水池之生命與價值，基礎不良為直接導致配水塔或高架水池傾斜、滑動及倒坍之原因，因此應事先確實詳予調查地質及地盤，並藉鑽探或打樁試驗等，查明地層構造以及其安定性、承載力、地下水狀況等，做為決定基礎構造之參考，以期安全可靠。

關於二：高架配水池之支柱，應使用堅固材料，並固定於基礎上，支柱上之支承台應與水池牢固扣結，使所有支柱與水池成為一體。

高架配水池內所裝的水，重量甚大，利用支柱以支持配水池，並固定於基礎上，故應使用鋼筋混凝土或鋼等堅固之材料，並利用支承台與水池牢固連結成為一體，再牢固於基礎上，使對風壓、地震等具有足夠之抗力。不均勻沉陷將改變支柱及水池之應力，甚至引起傾斜、滑動或翻覆等事故，所以應特別注意防範。配水塔之總水深以 20 公尺為度，以免重心過高，穩定性差，需要更大且堅固之基礎；同時因水壓高，增加牆壁之負擔以及漏水之機會，結果均會使施工困難，經費增加。配水塔總水深下部不易利用部份，可活用為地震或災害發生時所需應急用水之確保容量。

第八十八條 配水塔及高架配水池，應在塔（池）底之最低處裝設排水管，並在排水管裝設制水閥。

【解說】

配水塔及高架配水池因總水深與供應之系統壓力的影響，其下部約 $1/2\sim 1/3$ 部份之水頭不足，利用機會不多，故設計時應極力尋找適當位置，設法減少此部份之容量，有效利用總水深，而配水塔及高架配水池使用日久，其內壁會生成生物膜或積存部分沉澱物，而需要辦理清洗或消毒，以維持配水塔及高架配水池之水水質安全，因此，應在其底部設置排水（泥）管，並於管上裝設制水閥，以達到配水塔及高架配水池清洗或消毒時，可啟動制水閥，利用排水管將池內之髒水排出至排水溝或污水下水道，如大量排水時，可能影響承受水道之排送功能或有沖刷時，應設排水井以緩衝排水之能量及水量，維持排水承受水道之原有功能。

第八十九條 配水管之配置規定如下：

- 一. 在同一道路下埋設有配水幹管及配水支管時，用戶進水管應裝接在配水支管上。
- 二. 配水管線應儘量佈置成為網狀，並避免死端，如無法避免時，應在死端處裝設救火栓或排泥管，排泥管不得直接與污水管線連接。
- 三. 供水區域由二個以上之不同系統供水時，供水分區交界處之配水支管應互相連接，必要時，配水幹管亦應裝設聯絡管。
- 四. 與其他自來水事業之配水管線相接近時，應由雙方協議裝設聯絡管。

【解說】

配水幹管配置，應以能夠適當地與各配水支管網連接，並能以適當之水壓配送必要之水量至各配水區域。一般配水幹管對配水量之輸送及分配上較有利之配置，以配合供水區域之道路系統規劃，在中央部位附近縱貫或橫斷或環狀之主要道路埋設，並儘量將配水幹管配置成網狀以均勻供水壓力為原則。

配水幹管應選用耐久性良好之管種，避免配置於軟弱地質或不穩定地層之處，對在斷層帶及地質易受地震影響地區埋管，應考量管線之耐震性，必要時應加強管線的耐震措施，其配置應使能在平常時或異常時可與鄰近配水區域互相融通補充支援水量，及調整水壓等功能。並同時為使能適當合理地調控配水，在適當處所應配置制水閥等附屬管件。

配水支管網係以由配水幹管接出之分支管為中心而構成之配水設備，並經給水裝置直接連接至用戶者。因此為能確保供給接水用戶充分之水量及適當之水壓，管徑與管種之決定應合理適當，並必須在適當地點配置水表、制水閥、救火栓、排水設備等附屬設備，以利操作管理。配水支管選用管種，其耐久性、耐震性及易於維護管理等之考慮專項，則與配水幹管相同。

與鄰近配水小塊區域間之連接配水支管上，必須裝設制水閥，以便異常時水量與水壓之調整。又配水支管如直接通水各用戶者，以形成管網為原則，儘量避免單向供水，造成管線末端之盲段而有可能妨害水質之虞之配置，如無法避免時，應於管線末端設置消火栓，定期排水，防止管線死水造成水質不佳的情形發生。供水系統適宜之水壓在 1.5~4.0 kg/cm² 之間。由於需水量一年之中隨季節有相當變化，一日之內亦隨時間有大幅變動，因此配水系統內之動水壓有相當幅度之變化。為維持大致一定之供水水壓，宜視需要，將供水區域適當分成不同地區供水，並在適當地點設置流量計及水壓計，以測水量及水壓，據以進行配水池出水管控制閥之操作、加壓抽水機水量、以及水壓之調整，以維持管網末端一定的供水壓

力，達到經濟、有效調節水壓、水量之目的。

關於一：在同一道路下埋設有配水幹管及配水支管時，用戶進水管應裝接在配水支管上。

配水管係由配水池或加壓站起為配水至全供水區域內所埋設之管線，分為配水幹管及配水支管，配水幹管主要作為供水調配輸送之用，配水支管主要作為配水街道巷弄以供用戶接管使用，如在同一道路上，同時有配水幹管及配水支管時，配水幹管一般埋置於道路較中央帶，配水支管一般埋置於人行道上或道路兩側，以供民眾就近申請接水時裝接用戶給水管，因此，在同一道路下埋設有配水幹管及配水支管時，用戶進水管應裝接在配水支管上。

埋設管線於道路時，應依據道路有關法令規定，事先向道路主管機關提出申請並獲得許可。由於在一般情形下道路主管機關與自來水管、工業用水管、下水道、地下鐵道、瓦斯管、電力、電信、電話等各項地下埋設物主管單位間，依道路種類之不同，對各項埋設物之位置及深度均有明確之協定，除非特別情況，否則應遵守該協定。

關於二：配水管線應儘量佈置成為網狀，並避免死端，如無法避免時，應在死端處裝設救火栓或排泥管，排泥管不得直接與污水管線連接。

配水管之配置應力求能使全供水區內之水壓均勻，同時應儘量形成網狀，避免單位供水，以利水理並避免水之停滯於管端。配水管之工程費通常佔自來水全部設施經費之半數以上，同時配水管之事故會導致停水或減少供水等嚴重後果，因此在設計及施工時應詳細斟酌將來之需要，對於管徑、管種以及路線配置等之選擇，均應非常謹慎地進行，同時更應適當地配設必要之制水閥、救火栓、減壓閥、安全閥、壓力計、流量計、排水管、人孔及伸縮接頭等附屬設備，使日後之管理維護容易而有效。

關於三：供水區域由二個以上之不同系統供水時，供水分區交界處之配水支管應互相連接，必要時，配水幹管亦應裝設聯絡管。

供水區域有二個以不同系統供水時，應依各系統的供水量及壓力，劃定供水分區，規劃埋設配水，其中配水幹管部分應裝設聯絡管，以達到互支援之功能，同時，於聯絡管上裝置壓力控制閥，制水閥及流量計，以利計量及控制兩供水分區之水壓及了解支援水量，使供水分區易於計量及至壓力之控制，而兩供水分區如果相連，其交界處之配水支管，可互相連接，唯應設制水閥控制，平時將制水閥關閉，以形成獨立的供水分區，使易於維護管理，緊急時或供水分區發生供水問題，再啟動制水閥，以達到互相支援之目的。

關於四：與其他自來水事業之配水管線相接近時，應由雙方協議裝設聯絡管。

依自來水法第 13 條：中央主管機關得視自來水之水源分佈、工程建設及社會經濟情形，劃定區域，實施區域供水。前項經劃定之區域，中央主管機關得因事實需要修正或變更之。因此每一自來水事業均有其專營的供水區域，且有相關的水源及供水設施以服務其用戶，但每一供水區域的地理環境不同，其水源狀況受天候的影響亦不相同，其人口成長、經濟發展及供水設施的擴建程度亦各有差異，單一供水系統有其供水風險，因此，有必要與其鄰近的自來水事業協議，將其相近系統透過配水管線相互連絡，達到互通有無，或遇到緊急災害或系統發生狀況時，可透過聯絡管緊急支援，以降低供水影響及確保民眾基本的供水需求。一般連絡管上均設有相關的制水閥及流量計，以利控制及計量，作為相互支援及計價之依據。

目前台灣地區分為兩個自來水事業，其中台北自來水事業處供水轄區除了台北市外，尚包含台北縣的新店、中和、永和、三重四市及汐止鎮的北山、福山、橫科、宜興、東勢、忠山、環河七個里，其餘為台灣省自來水公司所管轄，兩自來水事業相近之處，經過協議，在三重、中和、板橋、蘆洲、淡水、關渡、東湖、汐止、深坑等處設置連絡管連接相關的管網系統（如附圖 5-11），在負責基隆、汐止、淡水等地供水的台灣省自來水公司第一區管理以及負責新莊、板橋、蘆洲等地的第十二區管理處，在供水吃緊時，可以透過各連絡管達到支援供水的目標。



圖 5-11 水處支援水公司系統圖

第九十條 配水管線之制水閥設置規定如下：

- 一. 應考慮日後配水管之修復、裝接用戶進水管、維護操作等時之方便，以操作少數之制水閥，能使停水區域局限於最小範圍。
- 二. 分歧管應裝設制水閥，分歧點下游之幹線以裝有制水閥為原則。
- 三. 應裝設在水管過河底、鐵路或橋等較易發生事故而復舊較難處所之前後。
- 四. 應裝設在排泥管及不同配水系統間之聯絡管。

【解說】

關於一：應考慮日後配水管之修復、裝接用戶進水管、維護操作等時之方便，以操作少數之制水閥，能使停水區域局限於最小範圍。

配水管在破裂、裝接分歧管、檢修漏水以及洗管排水時，均須暫時停水，為使停水區域儘量縮小，在丁字管處設兩個制水閥，在十字管處設三個，太長之管線上並在中間設置制水閥，自能方便各段配水管之停水，惟制水閥之費用高，設置太多將徒增工程費而不合經濟原則，故宜依各案以不使配水管網之管理操作失去靈活有效之原則下，照合理之需要研究有效之方案，僅選在關鍵地點設置。

直線管上應每隔 500~1000 公尺裝設制水閥，管線之修建每每要求在短暫之時間內完成，因此如管線太長，修理前之排水及修理後之洗管，將佔用時間太久，除影響正常之供水外，並浪費甚多水量，不合經濟原則，甚至對配水池之蓄水，亦有不良影響。當水管發生意外破裂時，兩處制水閥間之距離，對停水及搶修所需之時間直接有關，因此其距離不宜過長。

關於二：分歧管應裝設制水閥，分歧點下游之幹線以裝有制水閥為原則。

自來水事業之基本目標之一，即是確保民眾供水的穩定及安全，因此，無論在平日的管理維護操作及管線施工運轉，應以儘量不停水為目標，但萬不得已需要停止供水時，則應減少停水的範圍並考量儘量降低供水區域內的影響，同時應考量當災害發生時，可以迅速有效的將制水閥關閉，達到止水的效果，以期將災害的影響降低，因此，當配水管有分歧管時，除在分歧管上裝置制水閥外，在本管上分歧管之下游端亦應設置制水閥，以達到快速關閉止水的效果，將停水的範圍限制在二~三個制水閥之間，其他地區可以利用管線的互通，仍能維持正常供水。

關於三：應裝設在水管過河底、鐵路或橋等較易發生事故而復舊較難處所之前後。

水管通過河底、鐵路或附掛於橋樑時，如發生事故漏水，其搶修較為困難，且常費時甚久，因此於管線通過河底、鐵路或橋樑的前後設置制水閘，當事故發生時，可以迅速將前後兩制水閘關閉，以減少漏水損失及防止事態擴大，避免影響鐵路、橋樑等設施的安全。

關於四：應裝設在排泥管及不同配水系統間之聯絡管。

不同的配水系統間會設置聯絡管，以利互相支援調配，連絡管會設置制水閘控制水量及壓力，如兩系統各有其供水來源時，連絡管制水閘平時為全關，需要支援時才依需求打開制水閘，如全關過久，管內無法流動而作死水，故須設置排泥管於聯絡管上，達到排水的目的，以確保供水安全，而兩配水系統定時維護洗管排水或因故施工停水時必須辦理消毒排水時，亦可利用聯絡管上的排泥管達到排水的功效，以維護供水的品質。

其他：

水壓較高，口徑在 400 公厘以上之閘閥應考慮設置副閘，以利操作。閘閥關閉時前後兩側水壓之不同會增加閘門之摩擦力，使開或關發生困難，摩擦力隨水壓及管徑之增加遞增，故 400 公厘以上閘閥使用於 $4\text{kg}/\text{cm}^2$ 以上水壓處時，宜附設副閘，俾能在開啟之前或關閉之後先開或關，以減少主閘兩側水壓之差別，使主閘開關操作容易，並減輕水錘壓力。同時副閘對調節少量之水量及水壓也較方便。

為避免由於閘箱或閘閥之塗裝經年浸水惡化致生銹，產生紅水現象，及發生關閉困難等情事，口徑 350 公厘以下較小型制水閘以使用在閘箱不設閘閥導溝，僅塗裝環氧樹脂防蝕，而在閘閥則予張貼橡膠片，成為富彈性軸封之止水閘閥為原則。

第九十一條 減壓閥及安全閥設置之規定如下：

- 一. 減壓閥應設在水壓互異供水分區間之聯絡管線，水壓過高時應裝設在其上游之配水管線，使最大水壓不超過所用管種規格容許之最大靜水壓。
- 二. 安全閥應裝設在配水抽水機及加壓抽水機之出口處，及其他容易發生水錘之處。

【解說】

關於一：減壓閥應設在水壓互異供水分區間之聯絡管線，水壓過高時應裝設在其上游之配水管線，使最大水壓不超過所用管種規格容許之最大靜水壓。

配水管之水壓應符合下列各項：

1. 最大靜水壓以不超過每平方公分 7.5 公斤為原則。
2. 最大動水壓以不超過每平方公分 5 公斤為原則。
3. 火災時以火災地點附近最小動水壓不致成為負壓為準。
4. 最小動水壓以能儘量滿足供水區域內多數建築物能直接給水為原則，依據建物的一般高度，要達成直接用水的最小動水壓，以下列為準：

供水區域內樓層	最小動水壓(kg/cm ²)
三層以下	1.5~2.0
四層以下	2.0~2.5
五層以下	2.5~3.0
六層以下	3.0~3.5

因此，如水壓過高時，應設置減壓閥以降低供水壓力，為利掌控供水區域能以均勻壓力供水，可將其分割成某些適當大小範圍之配水區域。設定分割配水區域時，應考慮供水區域內之需水狀況，及河川、主要道路、鐵路等之地理環境，地區高低等之地勢條件等等要項，分割為數個小區塊配水區，以利各配水區域之水量管理或水壓管理，如各配水區域之壓力如有相當差距之需求時，應在水壓互異供水分區間之聯絡管線上設減壓閥，使供水區域內不同的供水分區壓力均相當，或於各供水分區之進水處設置持壓閥或減壓閥以調控適宜的進水壓力。另由於管線漏水與壓力的平方根成正比，因此在系統尚未建全而漏水率偏高時，供水分區內的壓力，維持在滿足供水需求及消防救災需要的最小壓力為宜，以減少漏水損失。

關於二：安全閥應裝設在配水抽水機及加壓抽水機之出口處，及其他容易發生水錘

之處。

安全閥的目的在配水管線的水壓超過許可壓力時，利用機械或水力的動作，自動將管內的水洩除或將水流設定在一許可範圍內，達到降壓的效果，以保護管線的安全。由於配水抽水機及加壓抽水機在起動或關閉時，會有水錘作用產生，尤其因外力所造成短時間內的啟閉，水錘作用更為明顯，故在抽水機的出口處須裝設安全閥，並設定其洩壓的壓力，在管線壓力超過設定壓力時，即自動啟動安全閥，確保管線及相關設備的安全。

第九十二條 流量計及水壓計設置之規定如下：

- 一. 配水幹管之起點及其他必要處所，應裝設流量計。
- 二. 流量計應採用具有流量指示、紀錄及累積量表示等各項設備。
- 三. 應在供水區域內必要處所，裝設具有自動紀錄設備之水壓計。
- 四. 在分區配水幹管之起點應設置流量計及水壓計以及必要之資訊管理用設備。

【解說】

關於一：配水幹管之起點及其他必要處所，應裝設流量計。

流量計設置的目的在了解水量之分配情形及供水範圍的用水情況，因此，設置處所放在配水幹管之起點、重要分支點與其他配水區域或配水支管網之連絡點，以利計量。流量計的型式如：文氏水表、電磁流量計或超音波流量計等量水設備，各有其特性及適用範圍，設計裝置時，應先了解管網系統之配水情況，裝置地點的狀況應考慮日後的操作維護管理，選擇適當的流量計。

關於二：流量計應採用具有流量指示、紀錄及累積量表示等各項設備。

流量計除計量外，亦應具備可以了解供水範圍，各時段的用水情況，以作為供水調配之參考，因此，選用流量計應附有累積、指示及記錄等裝置。其求算累積流量之裝置可藉以計算某時段內之總流量數，記錄儀則可供了解不同時間之流量變化，為計算最大時、平均及最小時流量比率之重要依據。至於指示儀可使操作人員經常了解配水量之多寡，以利逐日計量配水量並了解其時間性變化情形，為配水作業管理上甚為重要之措施。因此，在配水系統內之重要處所，亦應視實際需要設置流量計，以明瞭不同分區之供水情形。藉流量計測得之配水量與供水區域內用戶之抄見水量加以對照，可做供水業務之分析，算出配水量之計收與有效之比例等資料，作為提供自來專業營運上之重要指標之基本數據。

由於一般流量計均有一定之有效量水範圍，而配水管均依預估之未來需要而選定足夠之管徑埋設，但裝設流量計時，應依不同時間使用時可能有之常用流量，最大及最小流量選擇最適當之容量，因此，初期與後期之流量有相當幅度之變化時，應分段選用不同大小之流量計，俾能有效計測水量。

關於三：應在供水區域內必要處所，裝設具有自動紀錄設備之水壓計。

水壓計裝設的目的為了解配水管線之壓力情況，配水幹管的配置，應以能夠適當地與各配水支管網連接，並能以適當之水壓配送必要之水量至各配水區域。供水系統適宜之水壓在 1.5~4.0kg/cm²之間。由於需水量一年之中隨季節有相當

變化，一日之內亦隨時間有大幅變動，因此配水系統內之動水壓有相當幅度之變化。為維持大致一定之供水水壓，宜視需要，將供水區域適當分成不同地區供水，並在適當地點設置流量計及水壓計，以測水量及水壓，據以進行配水池出水管控制閥之操作、加壓抽水機水量、以及水壓之調整，以維持管網末端一定的供水壓力，達到經濟、有效調節水壓、水量之目的。而供水區域之不同分區，例如住宅區、商業區及工業區等，其水壓隨需水量之時間性變化及季節性變化均互有出入，故宜在適當地點偵測其水壓之變化，據以做經濟有效之水量調配，以穩定各供水區之供水，並作為擬定抽水機操作及制水閥控制計畫之依據，以及研訂日後管網擴建計畫之資料。因此，水壓計應設在能代表該區水壓狀況之管線上如

1. 流量計之設置處所。
2. 地勢高處及低處。
3. 其他水壓管理上必要處所。

位置的選擇應考慮裝置及日後維修方便而不易受環境影響之處，其傳送設備如有外露，則須考慮與周遭環境的配合，不得影響行車與行人之動線，必要時應加以美化，以配合市容與環境之美化。

由流量計與水壓計所得配水狀況資料可利用電子遙測方法，集中監視管理，因此各供水分區之起點及區內有監測代表性的地點裝置，則可配合實際需要，擬訂全配水系統最有效之操作營運計畫，同時如配水系統內發生事故，也可立刻偵測出來，並迅速採取必要之對策。

第九十三條 配水管防止污染之規定如下：

- 一. 配水管線不得與有污染之虞之管線、井、抽水機或水槽等直接連接。
- 二. 配水管線不得穿過污水管線之人孔，或與之接觸。
- 三. 制水閥室（窰井）、排氣閥室（窰井）、排泥室（窰井）、流量計室（窰井）、排泥管線及排氣閥等不得與污（雨）水管線或其人孔直接連接。

【解說】

關於一：配水管線不得與有污染之虞之管線、井、抽水機或水槽等直接連接。

為提供用戶充足的水量、良好的水質及適宜的水壓，依 91.12.18 修正公布自來水法第 47 條：自來水系統之送水及配水管線不得與其他管線連接。送水及配水管線所送配的均為經淨水處理後，合乎標準的自來水，如與非自來水管線直接連接，稱為錯接，管線錯接將直接造成輸配水量及壓力的影響外，亦會造成水質污染，嚴重影響水質安全，因此配水管線不得與有污染之虞之管線、井、抽水機或水槽等直接連接。另配水管線對於游泳池、貯水池、受水池等之供水，除其管線應設逆止閥外，其出口應有管徑一倍以上且最小 50 公分的氣隙，以防止管線負壓時，池水倒吸入管線而造成水質污染。

關於二：配水管線不得穿過污水管線之人孔，或與之接觸。

配水管線一般採用強度夠、水密性高且不影響水質的管材，且管中應維持一定的水壓力，以防止管線如有破損時污水的浸入而影響水質，另有時會在施工停水或系統操作或低處管線爆管時，可能造成管線負壓而將管線週遭的污水吸入造成污染情事，因此，配水管線埋設或裝接用戶管時，均需有適當的施工空間，不得與污水管線或人孔直接接觸，如須與污水管等同時埋設時，應依下列原則辦理：

1. 配水管與雨水及污水管渠，應保持 3 公尺以上水平距離，無法達此標準時，其管底應高出下水道管渠頂 30 公分以上。
2. 配水管線與污水管或雨水管渠交叉在 3 公尺範圍內，其管底應高出下水道管渠頂 30 公分以上。如垂直方向之隔離有困難或配水管必須由下水道管線下面通過時，自交叉點起上下游各 3 公尺長配水管應使用具有充分水密性接頭之管種，頂與下水道管底之間儘可能保持 30 公分以上垂直距離。

污水管線之人孔為維修管線及分管或用戶接管之用，配水管線如穿越其人孔，將影響其日後之維修及管理，而污水中及其所產生之氣體如 CH₄、SO₂、CO₂

等具腐蝕性，亦會對人孔內的金屬製品產生腐蝕，因此配水管線不得穿過污水管線之人孔或與之接觸。

關於三：制水閥室（窰井）、排氣閥室（窰井）、排泥室（窰井）、流量計室（窰井）、排泥管線及排氣閥等不得與污（雨）水管線或其人孔直接連接。

制水閥室（窰井）、排氣閥室（窰井）、排泥室（窰井）、流量計室（窰井）、排泥管線及排氣閥等均為配水系統管理上所必須具備的附屬設施，其中制水閥室（窰井）、排氣閥室（窰井）、排泥室（窰井）、流量計室（窰井）之設置，為利人員進入維修或操作，如其週圍有污水管線，污水所產生的氣體如 CH₄、SO₂、CO₂ 等，將透過土壤滲入室（窰井）內，將影響人員進入室（窰井）內之安全，而污水如直接流進入室（窰井）內，將對金屬製的相關設備產生腐蝕，而排氣閥如屬復合式排氣閥，其在當配水管排水時會吸入空氣以避免負壓的產生，如其窰井內有污水、雨水或其他不潔之水時，將會被吸入而造成污染，故不得與污（雨）水管線或其人孔直接連接。

配水管線設排泥管之目的，除了定期洗管時排除管中污水外，管線施工連絡後的管線消毒洗管，亦利用排泥管將管中髒水排出，直至水質達到自來水水質標準為止，由於排出之水均有相當壓力，直接與與污（雨）水管線或其人孔直接連接，將對其產生沖刷而影響其安全，而因與污（雨）水管線均為重力流，其輸送之流量有一定之限制，如配水管經由排泥閥排出之水量過大而污（雨）水管線無法吸納時，將影響其既有的功能，因此排泥管線不得與污（雨）水管線或其人孔直接連接，而在排入水與污（雨）水管線或其人孔之前，設置緩衝窰井以減少對污（雨）水管線或其人孔之衝擊（如圖 5-12）。

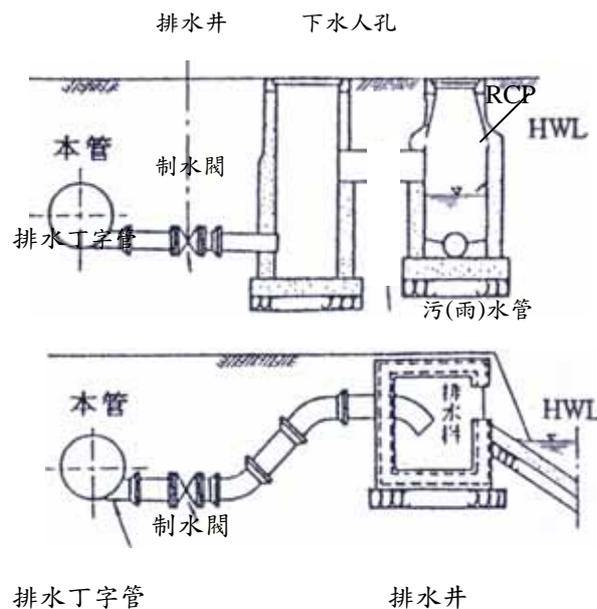


圖 5-12：排泥管線排入污（雨）水管線或其人孔示意圖

參考資料：

1. 日本水道協會，「水道施設設計指針」，平成12年(2000)3月。
2. 日本水道協會，「水道施設設計指針・解説」，平成2年(1990)12月。
3. 日本水道協會，「中華民國における有収率向上策に関する調査報告書」，2002年4月。
4. 日本水道協會，「水道維持管理指針」，1998。
5. 東京都水道局，「配水管工の手引」，平成12年5月
6. 中華民國自來協會，「自來水設備工程設施標準解說」，民84年12月。
7. 中華民國自來協會，「自來水管線工程設計、施工標準提升之檢討」，民92年11月。
8. 中華民國自來協會，「自來水設施操作維護手冊」，民82年2月。
9. 「自來水工程設計指南(草案)」
10. 台北自來水事業處，「台北區自來水第五期建設給水工程後續計畫」，95年12月。
11. 台北自來水事業處工程總隊，「台北區自來水第五期建設給水工程第一階段工程執行報告」，95年8月。
12. 台北自來水事業處，「台北自來水供水管網改善計畫」，93年12月。
13. 台北自來水事業處，「台北區自來水第五期建設給水工程計畫規劃報告」，民79。
14. 行政院公共工程委員會，「公共工程管理制度」、「公共工程施工品質管理作業要點」。
15. 中華民國自來水協會：日本水道協會、日本東京都水道局協助北水、台水提升有收率計劃初步報告，2002
16. 吳陽龍編譯，「管線工程」，設計參考資料，1988。
17. E. G. H. Vreedenburgh，「Water Hammer and Cavitation-Problem Formulation」Water Storage Corporation Brabantse Biesbosch The Netherlands, 1983.
18. V. L. Streeter & E. B. Wylie，「Hydraulic Transients」，McGraw-Hill Co. New York, 1978.
19. Don J. Wood，「Computer Analysis of Transient Flow In Pipe Networks Including Surge Control Devices」，University of Kentucky, 1988.
20. AWWA Research Foundation, Demonstration of Innovative Water Main Renewal Techniques, 1999.
21. AWWA Research Foundation, Distribution Infrastructure Management: Answers to common Questions, 2001.
22. AWWA Research Foundation, New Techniques for Precisely Locating Buried Infrastructure, 2001.
23. AWWA Research Foundation, Decision Support System for Distribution System Piping Renewal, 2002.
24. G. S. Allen 等, "Water Distribution Operator Training Handbook", 1977, AWWA, U. S. A.

第六章 機電設施

第九十四條 抽水機口徑之規定如下：

- 一、口徑之大小，應以吸水口及出水口口徑表示，二者相同時，得以一個口徑表示。
- 二、吸水口口徑，應依抽水量及抽水機吸水口之流速決定。
- 三、吸水口之流速，以原動機之回轉數、吸水揚程等決定。

【解說】

抽水機之型式及分類：

自來水之輸送以重力自然流下方式為優，惟因構造物之位置高程、管路情況、水壓需求及建設費用等原因，常須以抽水機設備來取水、導水、送水及配水，故抽水機在自來水工程依用途可分為：

1. 取水（或原水）抽水機：由河川或地下取水後抽送至聯絡井或淨水處理設備之抽水機。
2. 送水抽水機：將處理後之清水抽送至配水池之抽水機。
3. 配水抽水機：以維持配水系統內壓力之方式將自來水由配水池直接配送至用戶之抽水機。
4. 加壓抽水機：在配水管路之末端或局部地區，為彌補水壓不足或為節省配水抽水機動力時，在管路上所設置之抽水機。



圖 6-1 配水抽水機設置（長興淨水場, 豎軸式）



圖 6-2 加壓抽水機設置圖（北投加壓站,沉水式）

抽水機種類如依其機械操作原理及水流特性可分為葉輪式（Impeller pump）、往復式（Reciprocating pump）、迴轉式（Rotary pump）、螺旋式（Screw pump）、齒輪式（Gear pump）、噴射式（Jet pump）、氣升式（Air-lift pump）等等，但其中以葉輪式抽水機在自來水工程應用最廣泛，其餘甚少使用。

葉輪式抽水機原理是將機殼內葉片使之旋轉吸入水流後，將機械動能轉變成位能、壓力能及速度能，其分類方式如下：

1. 依動葉輪之形狀及流向可分為：

- (1) 徑流式（Radial flow pump）或稱離心式（Centrifugal pump）-葉輪出口水流方向與驅輪轉軸垂直，適用於高揚程低流量。
- (2) 混流式（Mixed flow pump）-葉輪出口水流方向與驅輪轉軸界於平行及垂直之間，故又稱為斜流式（Diagonal pump）。
- (3) 軸流式（Axial flow pump）-葉輪出口水流方向與驅輪轉軸平行，適用於低揚程高流量。

2. 依吸水口數可分為：

- (1) 單吸式（Single suction pump）-機殼內驅輪僅單側吸水。
- (2) 雙吸式（Double suction pump）-機殼內驅輪兩側均有吸水口，以提高流量。

3. 依驅輪數可分為：

- (1) 單段式（Single stage pump）-抽水機機殼內僅有一組驅輪者。

- (2) 多段式 (Multi stage pump) -抽水機機殼內具有二組以上驅輪連接者，用以增加抽水機揚程。

4. 依轉軸方向可分為：

- (1) 橫軸式 (Horizontal shaft pump) -電動機及泵葉輪連接之轉動軸與地面平行者，惟在大馬力等特殊情況下亦有轉軸採用直立安裝者。
- (2) 豎軸式 (Vertical shaft pump) -轉動軸與地面垂直者，一般其抽水機直接浸於水中，無吸水管路。

圖 6-3 所示為自來水常用之各類抽水機型式：



(1) 豎軸式 (2) 沉水式-深井型 (3) 沉水式-低吸型



(4) 橫軸單吸式 (5) 橫軸雙吸式

圖 6-3 自來水常用抽水機型式

關於一：口徑之大小，應以吸水口及出水口口徑表示，二者相同時，得以一個口徑表示。

抽水機主要以其出水量、揚程、軸馬力及效率等來表示其性能大小或高低，其中與抽水機出水量有直接關係的口徑亦被常用來表示抽水機之大小，一般橫軸抽水機均有吸水口及出水口管路，故抽水機大小會以吸水口口徑及出水口口徑表示之，但如兩者相同時，則得以一個口徑表示之。豎軸式及沉水式抽水機則因直接浸於水中，吸水口一般未設置吸水管路，故其口徑係以出水口徑表示之。

關於二：吸水口口徑，應依抽水量及抽水機吸水口之流速決定。

無論是吸水口徑或出水口徑，均係以抽水機之出水量及通過該吸水口或出水口之流速決定之，在自來水工程應用上，抽水機流速之理想範圍應在 1.5~3.0m/sec 內，下表係一般抽水機之口徑與抽水量之關係。

口徑 (m/m)	38	50	65	75	100	125	150	175
水量 (m ³ /min)	0.13	0.23	0.42	0.56	1.1	1.7	2.5	3.6
口徑 (m/m)	200	250	300	400	500	600	700	800
水量 (m ³ /min)	4.8	7.5	11.0	21.0	33.0	47.0	65.0	84.0

關於三：吸水口之流速，以原動機之回轉數、吸水揚程等決定。

抽水機及管路系統一經選定及配置完成，在抽水機葉輪尺寸及口徑固定下，抽水量 Q 會隨著抽水機轉速及揚程而改變，又因 $V=Q/A$ ，故流速亦將隨原動機之回轉數、揚程等產生變化。

為能正確選用抽水機，使自來水抽水系統充分發揮功能，設計者對以下各項抽水機特性應具備基本之認識，茲分述如后：

1. 抽水機之馬力：

抽水機運轉時實際所傳送之功稱水馬力 P_w (water power)，大小可由抽水機在操作點時之總揚程及出水量來求出，其定義及計算如下式：

$$P_w = \gamma QH$$

式中 P_w ：抽水機之水馬力(KW)

γ ：抽水機內流體之比重 (KN/m³) (水在 20°C 時比重為 9.789KN/m³)

Q ：出水量 (m³/sec)

H ：總揚程 (m) (Total dynamic head)

抽水機軸馬力 (shaft power) 又稱制動馬力 (brake power) P_s ，表示抽水機軸之入力或原動機之實際出力，抽水機水馬力與軸馬力之比值即為抽水機效率 (η_p)。原動機之入力 P_m ，表示驅動抽水機之原動機之輸入馬力，抽水機軸馬力與其大小之比值為原動機效率 (η_m)，故：

$$P_s = P_w / \eta_p = \gamma QH / \eta_p$$

$$P_m = P_s / \eta_m = \gamma QH / \eta_p \cdot \eta_m$$

惟實際在選擇原動機需求馬力時，以理論求出之原動機入力後應再加上適度之餘裕，以備電動機受電壓、週率之變動，或內燃機因燃料不適或操作不當，而影響其出力致發生原動機超載情形，故：

$$P_r = P_m (1 + \alpha) = \gamma QH (1 + \alpha) / \eta_p \cdot \eta_m$$

式中 P_r ：抽水機原動機實際需求馬力數(KW)

α ：原動機之餘裕，其標準參考下表

抽水機型式	電動機		內燃機	
	揚程變化少	揚程變化多	揚程變化少	揚程變化多
徑流抽水機				
高揚程	15	20	20	30
中低揚程	10	15	15	20
混流抽水機	15	20	25	30
軸流抽水機	20	25	30	35

2. 抽水機之比速 (Specific Speed):

自來水工程常用之葉輪式抽水機，如前述其型式依動葉輪之形狀及流向可分為徑流式、混流式及軸流式，其選用係依抽水機比速 (Specific Speed) 而定，抽水機比速為一指數 N_s ，抽水機型式隨該指數之大小而有所不同，製造廠依各抽水機所規劃揚程、流量及回轉數不同，設計生產抽水機型式，比速相同者，則不管抽水機馬力大小如何，其型式及特性大致相同，抽水機之比速以下式表示：

$$N_s = NQ^{1/2} / H^{3/4}$$

上式中 N_s 為比速， Q 為流量 (m^3/min)， H 為揚程 (m)， N 為回轉數 (rpm)

依比速公式，抽水量愈大揚程愈小時，則比速愈大，反之則比速愈小。比速與抽水機型式之關係密切，比速相同者，表示抽水機有幾何相似關係，故可由比速作為型式之分類，各種比速之葉輪形狀如圖 6-4 所示：

葉輪形狀							
N_s 概略值	100	200	300	400	800	1,000	1,200 以上
抽水機型式	單吸水渦形式抽水機				混流式抽水機		
	雙吸水渦形式抽水機			軸流式抽水機			

圖 6-4 各種比速之葉輪形狀圖

此外，比速與抽水機之最高效率有密切關係，圖 6-5 為抽水機各出水量在不同比速下之效率關係，該圖表示如已知某出水量，為求得較高效率運轉，應選擇適當之比

速，或說選用適合之抽水機型式，如下表所示。

各種型式抽水機較高效率之比速範圍

型式	比速 $【m^3/min, m, rpm】$
徑流式抽水機	100~750
混流式抽水機	700~1,200
軸流式抽水機	1,200~2,000

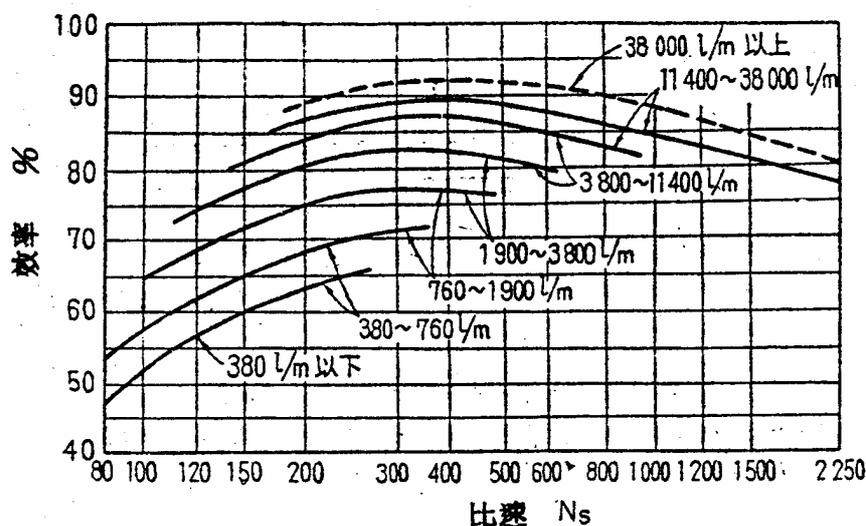


圖 6-5 效率與比速之關係圖

3. 抽水機之特性曲線：

抽水機在運轉時，在一定轉速下，其出水量與揚程間有一定之關係。揚程提高，出水量會減少；揚程降低，出水量則提高，而其效率與軸動力也會隨之變化，其變化關係可以三曲綫表示之，稱為抽水機之特性曲綫，可供工程師規劃及設計抽水機。不同特性曲綫之抽水機表示性能不同，一般以曲綫中最大效率所對應之揚程及流量，稱為額定揚程及額定流量，另流量為零時所對應之揚程，稱為該抽水機之關閉水頭。圖 6-6、圖 6-7、圖 6-8 為不同型式抽水機特性曲綫例。

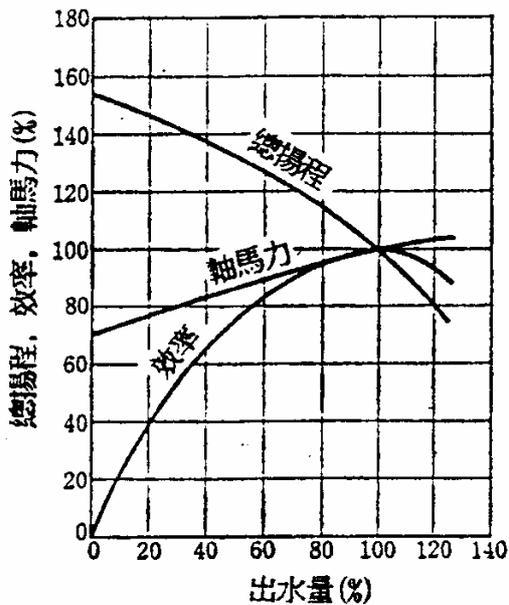


圖 6-6 徑流式抽水機特性曲線圖 (NS=400)

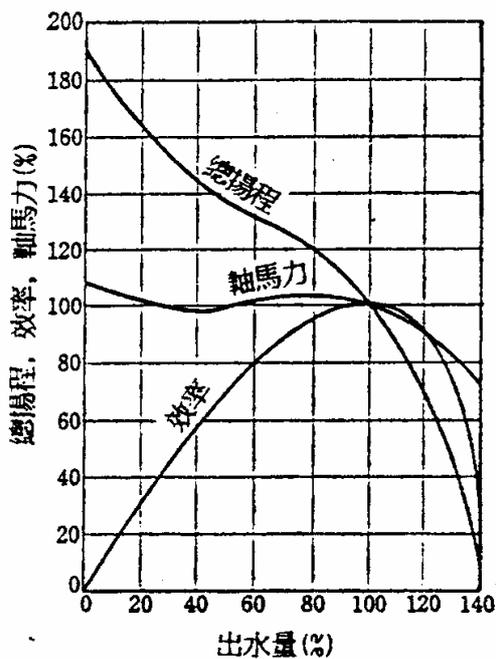


圖 6-7 混流式抽水機特性曲線圖 (NS=900)

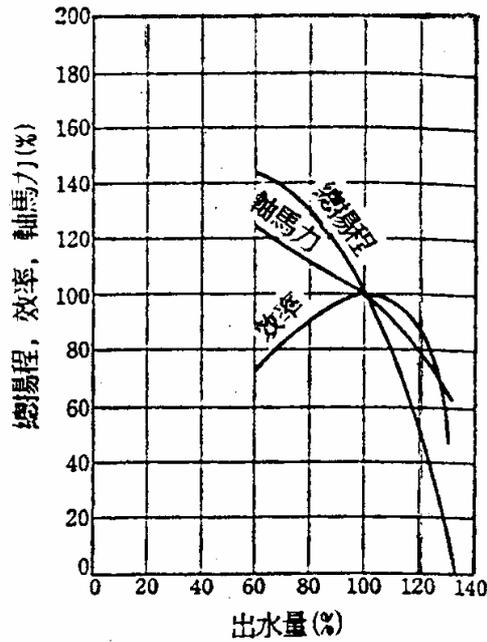


圖 6-8 軸流式抽水機特性曲線圖 (NS=1500)

上述已知抽水機在運轉時，在一定轉速下，揚程會隨出水量不同而改變，故抽水機係有可能在其揚程曲線任一點上運轉，但是當抽水站系統設及管路配置在進行規劃設計或安裝後，則可依據系統實揚程 (ha) 及管路系統因水頭損失 (出水量愈大水頭損失愈多) 所產生之管路系統阻力曲線，與揚程曲線會相交在某一點，該相交點稱為該抽水機系統之運轉點，如圖 6-9 所示，運轉點所對應之揚程即為系統總揚程，系統規劃時應儘量讓運轉點在所選用抽水機之最佳效率點 (亦即操作額定點應求儘量在最佳效率點)。故應注意水頭損失之估算及得到正確之管路阻力曲線，不可過分高估總揚程，否則據以選用抽水機後，因實際操作不在額定點，抽水機運轉效率較差，影響所及包括產生震動、使用壽命減少及電力耗損等。

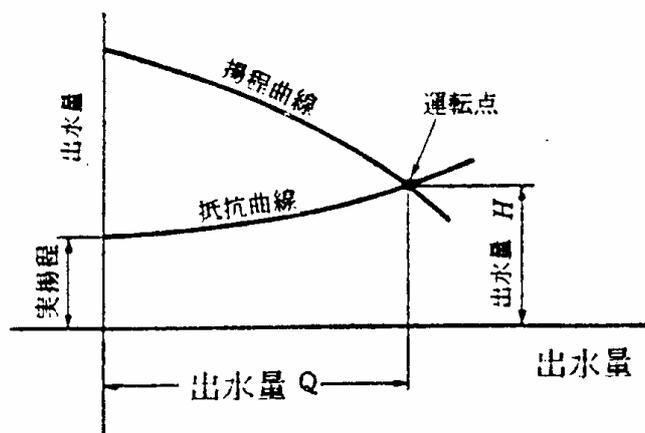


圖 6-9 抽水機運轉點及管路阻力曲線圖

4. 抽水機之並聯與串聯運轉：

為增加抽水量一般可將抽水機並聯，為增加揚程則應將抽水機串聯，所增加之水量或揚程，視抽水機與管路之特性而定，抽水機並聯時某一揚程之出水量，可將該揚程時個別抽水機之出水量相加而得；串聯時某一出水量之揚程，則為該出水量時個別抽水機之揚程相加而得。圖 6-10 與圖 6-11 分別表示抽水機在並聯及串聯操作時之特性曲線。

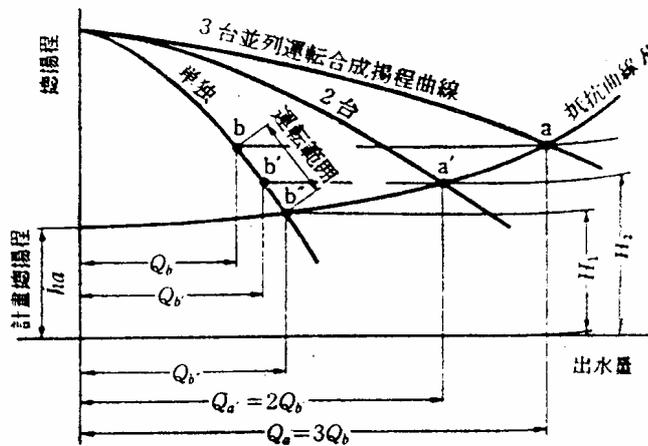


圖 6-10 抽水機並聯操作時之特性曲線圖

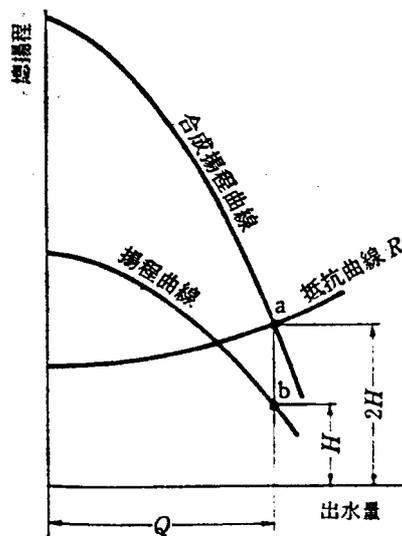


圖 6-11 抽水機串聯操作時之特性曲線圖

由於管路之水頭損失係隨水量增加而增加，故兩部抽水機並聯運轉時所得水量會

比兩部抽水機水量之和為少。串聯運轉時其揚程亦然，其減少之程度依管路之特性而異。管路系統阻力曲線愈陡，減少之幅度愈大。故無論並聯或串聯，均應依管路特性，選擇最適當性能之抽水機相配，以符合抽水系統之要求，同時使抽水機能在較佳效率下操作。

5. 有效吸水揚程 (NPSH, Net Positive Suction Head):

抽水機動葉輪進口處，如有局部性之真空發生，水中空氣會蒸發產生氣泡，當氣泡隨水流至葉輪高壓處時，瞬時內被高壓壓破，如此氣泡持續發生又壓破，將使抽水機發生噪音、震動及動葉輪被侵蝕情形，此種現象稱為穴蝕 (Cavitation)。穴蝕會造成抽水機效率減低，嚴重甚至毀損無法抽水。為防止此現象，安裝時需增加抽水機可利用之有效吸水揚程，避免動葉輪入口處發生部分真空或壓力降至蒸汽壓。

抽水機可利用之有效吸水揚程以下式表示之：

$$h_{sv} = H_a - H_v + H_s - h_{fs}$$

式中 h_{sv} ：為抽水機可利用之有效吸水揚程 (m)

H_a ：為大氣壓力，以水頭表示 (m)

H_v ：為飽和蒸汽壓，以水頭表示 (m)

H_s ：為吸水淨揚程 (吸水時為負，壓進時為正)

h_{fs} ：吸水管之水頭損失 (m)

為避免穴蝕現象，可利用有效吸水揚程之值通常最少應大於抽水機所需有效吸水揚程 (H_{sv} , NPSH Required) 1m 以上，即 $h_{sv} - H_{sv} > 1m$ ，兩者之差值越大表示越不會發生穴蝕現象。抽水機所需有效吸水揚程 H_{sv} ，其計算表示式為：

$$H_{sv} = (N \sqrt{Q/S})^{4/3}$$

式中 H_{sv} ：為抽水機必需有效吸水揚程 (m)

N ：抽水機回轉數 (rpm)

Q ：抽水機之出水量，如雙吸水抽水機，取單測 $Q/2$ 計 (m^3/min)

S ：為吸水比速

抽水機可利用吸水有效揚程 (h_{sv})，由抽水機安裝現場位置及配管決定，設計時應予檢討考慮，其值愈大愈好。而抽水機本身所需吸水有效揚程 (H_{sv})，在抽水機選用時已決定，可由製造廠技術資料或型錄上查得，其值則愈小愈好。原則上穴蝕現象會發生在抽水機運轉屬吸水情況時，壓進時不會發生。

避免穴蝕現象之對策包括，

- (1) 降低抽水機裝置位置，減少負吸水淨揚程 H_s 。
- (2) 儘可能減少吸水管水頭損失 h_{1s} ，如增大吸水管尺寸、減少吸水管長。
- (3) 由於運轉點變動或過分高估總揚程，造成抽水機實際出水量增加而提高 H_{sv} ，故應儘量避免。
- (4) 抽水機回轉數愈低愈能避免穴蝕現象發生。
- (5) 相同出水量及回轉數情況下，雙吸抽水機較單吸抽水機較不會發生穴蝕。
- (6) 非必要時，應避免在吸水端裝置制水閥。
- (7) 在有可能發生穴蝕現象之裝置場合，抽水機應使用耐穴蝕材料。

6. 抽水機之回轉數：

抽水機之回轉數愈高，則抽水機及電動機愈小、愈輕因而價廉，但由上述抽水機各項性能與特性說明可以得知，效率、比速、特性曲線及避免穴蝕作用等均與其回轉數有密切關係，故原則上抽水機選用時，應考慮上列情形在符合經濟效益下儘可能提高回轉數。

自來水系統中，大部分抽水機都由電動機來直結驅動，故抽水機回轉數由電動機回轉數來決定，其計算如下式：

$$\text{抽水機回轉數} = \text{電動機同步轉數} \times (1-S) = 120f/P \times (1-S)$$

式中 S ：為電動機轉差率。(100KW 以下約 3~5%，100KW 以上約 1~3%)

f ：電動機運轉頻率 (Hz)。

P ：電動機極數。

一般抽水機的特性曲線如未說明，係指其直結電動機百分之百全回轉數時之特性曲線，其實同一台抽水機，在以不同回轉數運轉下，其 $H-Q$ 與馬力特性曲線會隨著變化，其變化關係如下式並如圖 6-12 所示：

$$Q' = Q \left(\frac{N'}{N} \right) \quad H' = H \left(\frac{N'}{N} \right)^2 \quad P' = P \left(\frac{N'}{N} \right)^3$$

式中 Q 、 H 、 P ：為原回轉數 N 時之出水量、總揚程及軸馬力。

Q' 、 H' 、 P' ：為回轉數變化為 N' 時之出水量、總揚程及軸馬力。

由上式可以觀察到抽水機出水量、總揚程及軸馬力均會隨回轉數變化，其變化率分別與回轉數的變化率成 1 次方、2 次方及 3 次方的關係，故在實際運用上，如自來水抽水系統出水量隨著時間及需求須有較大之變化時，而系統未設置有性能大小不同抽水機足夠匹配運轉時，同一台抽水機可藉由改變回轉數來運轉達到需求，可節省大量的電力耗能。故近來自來水輸配水系統中，以電動機驅動的抽水機搭配變頻器作變速操控運轉的使用例已愈來愈普遍。

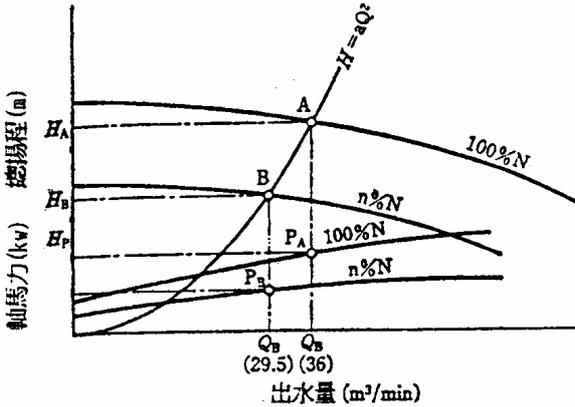


圖 6-12 不同回轉數之抽水機特性曲線變化圖

第九十五條 抽水機總揚程，應依淨揚程、吸水管與出水管之水頭損失及出水管末端之設計速度水頭決定。加壓抽水機總揚程，應由出水口之總水頭及吸水口之總水頭決定。

【解說】

抽水計畫中，系統所需總揚程 (Total dynamic head) 為必須滿足之基本要件，並以其做為選用抽水機性能規格之重要依據。總揚程決定之基本原則為須克服管路之損失水頭將水由低水位抽送到高水位，盡可能縮小其吸水淨揚程以避免發生穴蝕現象，並使抽水機儘量在高效率範圍內運轉。

故抽水機之總揚程 (H)，為淨揚程、管路之損失水頭及速度水頭之總和，或由出水總水頭與吸水總水頭之總和，其計算公式如下並說明如圖 6-13、圖 6-14 及圖 6-15：

$$H = h_a + h_l + V_d^2 / 2g$$

$$\text{或 } H = H_d + H_s$$

式中 **H**：總揚程 (m)

h_a ：淨揚程 (m)，為吸水水位與出水水位之位差， **$h_a = h_{ad} + h_{as}$** ，其中 **h_{ad}** 為出水面與抽水機葉輪中心間之位置水頭， **h_{as}** 為吸水面與抽水機葉輪中心間之位置水頭 (壓進時為負值，吸入時為正值)。

h_l ：管路總摩擦損失水頭 (m)，為出水管閥摩擦損失水頭 (**h_{ld}**) 與吸水管閥摩擦損失水頭 (**h_{ls}**) 之和，即 **$h_l = h_{ls} + h_{ld}$**

V_d ：出水管端之流出速度 (m/s)

g ：重力加速度 9.81 (m/s²)

H_d ：出水總水頭 (m)， **$H_d = h_{ad} + h_{ld} + V_d^2 / 2g$**

H_s ：吸水總水頭 (m)， **$H_s = h_{as} + h_{ls}$**

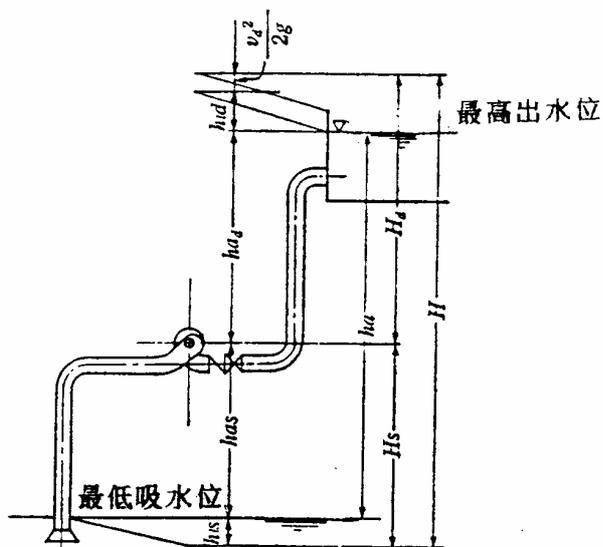


圖 6-13 抽水機吸水情況時的總揚程圖

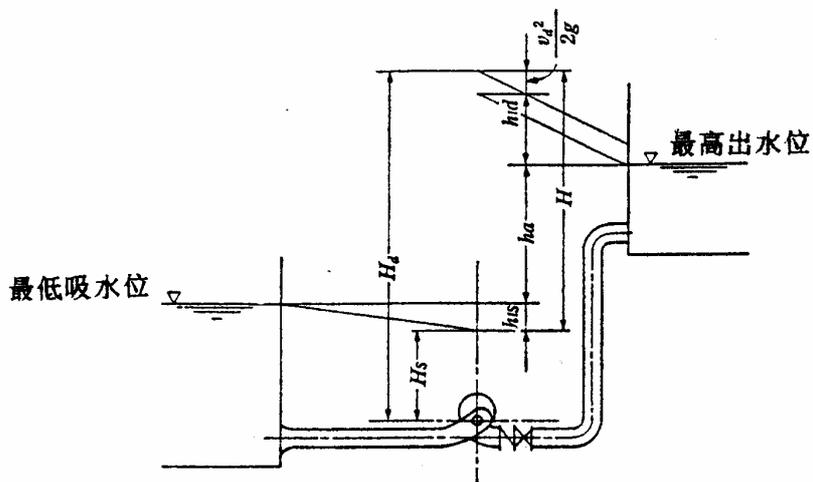


圖 6-14 抽水機壓進情況時的總揚程圖

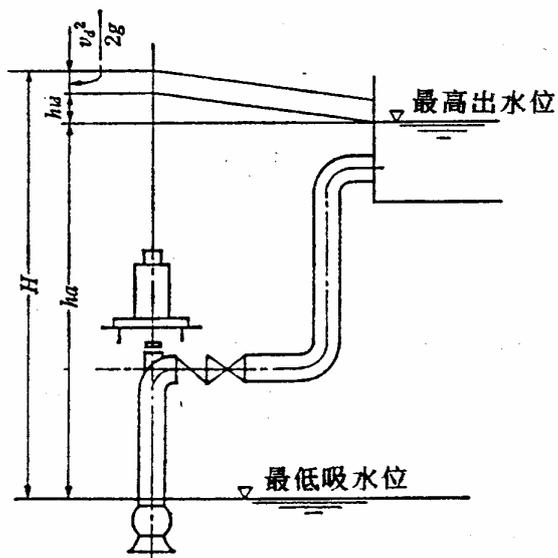


圖 6-15 抽水機抽水機浸於水中時總揚程圖

第九十六條 抽水機應有備用設置，其出水管線應有防止或減輕水錘發生之裝置。

【解說】

(一) 抽水機裝置數量及備用：

抽水機裝置數量之決定，應考量供水安全、初期投資及運轉費用，並根據供水所需水量特性，以各種控制方式作各種台數之比較方案，評估其安全性、電力設備、控制設備、儀表設備、建築設備及土木結構等經費多寡來決定。

一般而言，抽水機出水量愈大，效率愈高，運轉費愈低，且台數愈少，電氣設備、儀控設備及土木建築設備費亦隨著降低。但設置之台數須足以應付不同時間與可能事故時之供水需求，如設置台數過少則會影響故障或點檢停機時之供水，故應設置備用機組。綜合考量後，一般以 3~5 台為標準。決定台數之原則及注意事項如下：

1. 擬訂或推估至計劃年間之需要水量與變化趨勢。
2. 依據計畫水量及所需揚程等其時間變化情況、抽水機裝設環境條件，以高效率運轉、操作維護容易為原則，選擇適當抽水機型式、容量及台數。
3. 抽水機盡可能採用相同大小容量，俾利於消耗品及備用另件之互換性。
4. 每日供水量變化甚大時，設置大小兩種抽水機或以控制回轉數調整其總出水量。
5. 如有日夜間、季節別揚程揚程變化甚大情況，得考慮設置高、低兩種揚程之抽水機以調解其揚程。
6. 備用機組之台數，如設置均為同容量抽水機時，一般須備用同容量一台，如設置不同容量抽水機時，則以加設大容量一台為備用。
7. 取水、導水及送水所用抽水機之設計容量，應以其設計最大日水量為準，其台數除裝設於深井、淺井或小規模抽水站而有適當之停抽時間可修理者外，以下表為參考：

水量(每日立方公尺)	台數()內為備用	合計台數
3,000 以下	1 (1)	2
2,500~10,000	2 (1)	3
9,000 以上	3 (1)以上	4 以上

8. 直接配水之抽水機其設計容量，應以設計最大時供水量為準，其台數除小規模抽水站而有適當之停抽時間可作修理者外，以下表為參考：

水量(每日立方公尺)	台數()內為備用	合計台數
1,000 以下	1 (1)	2
800~6,000	2 (1)	3
5,000~10,000	3 (1)	4
10,000 以上	3 (1)以上或 大3(1)及小1以上	4 以上或 大4及小1以上

(二) 抽水機出口水錘之防止：

運轉中之抽水機如停機、停電或其他原因，突然被切斷動力時，其出水管上將產生巨大之壓力變化，這種水壓急劇變化現象稱為「水錘」，水錘現象所引起之危害有下列幾種情形：

1. 壓力下降使管路被外壓壓毀。
2. 因壓力下降，部分管路產生蒸汽壓以下之壓力而使水柱分離，分離之水柱再結合時所產生之巨大上升壓力，使管路被壓破。
3. 抽水機、制水閘、管路等受正壓力毀損。
4. 抽水機及原動機如未考慮可以逆轉，致造成逆轉損壞。

為避免水錘現象造成系統上抽水機或管線及閘件之損壞而影響供水，抽水機出口管線有發生水錘之虞時，應視系統及管路大小、管路地形等施行防止或減輕此項作用之必要措施，方法分述如下：

1. 抽水機出口裝設緩閉式逆止閘：抽水機停止運轉後，當逆流開始出口逆止閘急速關閉會使管路壓力急速上昇，故藉由逆止閘緩慢關閉來緩和壓力之上昇。
2. 抽水機出口裝設急閉式逆止閘：逆流大而急閉逆止閘時，壓力上昇較大，但如能在逆流尚未開始前，利用彈簧等之力，強制關閉逆止閘，亦可減少壓力之上昇。
3. 抽水機出口裝設安全閘：將上昇之壓力直接由安全閘洩出。
4. 抽水機出口裝設控制閘：停機前可自動先關閉閘開度接近全閉後再停機，藉由流量之減少，消緩水錘壓力之發生。
5. 抽水機起動盤裝設緩停機控制器：係以電氣方式控制抽水機停機時，動力緩慢減低至關機，在完全停止運轉前，水壓及水量均已降低至足以消除水錘現象發生。
6. 出水管路設平壓塔（Surge Tank）法：平壓塔可吸收壓力之上昇，壓力下降時可補充給水，因此而防止負壓之產生，參考如圖 6-16-(1)。平壓塔為一安

全可靠之水錘防止法，惟採用時應注意檢討以下幾點：

- (1) 平壓塔高度應配合抽水機揚程須高出管路水力坡降線。
 - (2) 平壓塔宜設置於靠近抽水機處，或因配管關係得於產生最大負壓處設置。
 - (3) 平壓塔之水面應有充分之面積，以避免抽水機啟停運轉時因流量變化而使水面高低變化過大。
7. 出水管路設單向平壓塔 (One-Way Surge Tank) 法：單向平壓塔係以逆止閥與送水管路隔離，可於管路壓力下降時適時補充水量防止發生負壓，參考如圖 6-16-(2)，其優點為無需高出管路之水力坡降線，且容量通常比一般平壓塔小，但有時需用數個單向平壓塔，始可有效防止整個系統之水錘，其缺點為給水、換水需特別考慮，塔內之水位變化需予監視。
8. 壓力水槽法：為防止抽水機急停時所發生之壓力下降，以壓力水槽之水藉空氣壓力壓出並補充給管路。

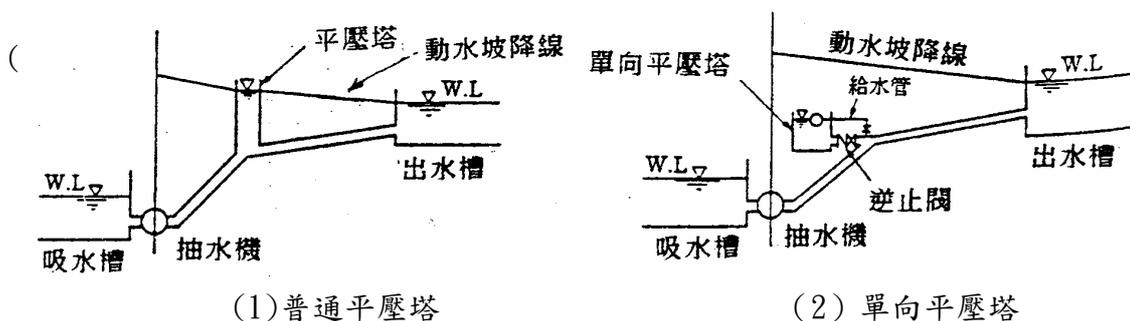


圖 6-16 平壓塔管路圖

第九十七條 電動機必須安裝適當之保護設備，其開關與起動設備相互間，應設防止誤操作之聯鎖裝置。

【解說】

(一) 電動機之型式

由於供電之普遍，目前自來水工程之抽水機多以電動機來帶動。電動機在選擇上應依使用目的、設置環境、起動方式、操控性、維護難易、可靠度與耐用性、設備及運轉費用等因素，選用最符合抽水機負荷特性之型式。

電動機之種類有感應電動機、同步電動機、直流電動機及交流電動機等。其中感應電動機與其他電動機比較，因具構造簡單、使用容易、價格便宜等優點，為最常使用之電動機。小容量之感應電動機，一般採用鼠籠型，大容量則為限制過大之起動電流而採用繞線型。感應電動機之規格如額定電壓、額定輸出功率及各項性能特性，國家標準均已有詳細訂定，設計時應以採用標準規格品為原則。

電動機為適用不同安裝場所、周圍環境，其構造型式可分有保護型、防滴型、防沫型、防浸型、防蝕型、屋外型、水中型等稱呼，說明如下：

1. 保護型：屬開放型，但為防止迴轉部及導電部等被固體異物侵入或接觸，將全部開口以金屬板遮護或類似方法保護者。
2. 防滴型：屬開放型，但構造上可防止從垂直 15 度以內角度落下之水滴，直接或沿著機體表面或反彈之水滴進入機內。
3. 防沫型：屬開放型，但構造上可防止任何方向來之水滴進入機內。
4. 防浸型：係指在指定之水深及時間內浸水下，仍不致造成損壞之構造型式。
5. 防蝕型：係指構造上能適用於有腐蝕性之酸、鹼或有害氣體存在場所者。
6. 屋外型：構造上能有效防止灰塵、雨水等侵入機內接觸導電部分，可常置於屋外使用者。
7. 水中型：係指長時間可在指定水壓下浸於水中可正常使用之構造型式。

(二) 電動機之起動方式：

感應電動機之起動電流應符合經濟部電工法規之規定，故電動機應依該電源容量、電動機種類及其負荷特性，選擇適當之起動方式，說明如下：

1. 鼠籠型感應電動機之起動方式係以起動電流之上限限制值及起動轉矩之必

要值選定之，方式有全電壓起動、Y- Δ 起動、起動補償器起動、電抗器起動等四種，圖 6-17 為各方式之結線示意圖。

(1) 全電壓起動：

以電源之全電壓直接供應與電動機之定子線圈之起動方式，適用於額定出力 3.7KW 以下之電動機或特殊鼠籠型感應電動機 11KW 以下或 11KW 以上但起動時對於配線無顯著影響者，此方式起動電流為全負載電流之 450~700%。

(2) Y- Δ 起動：

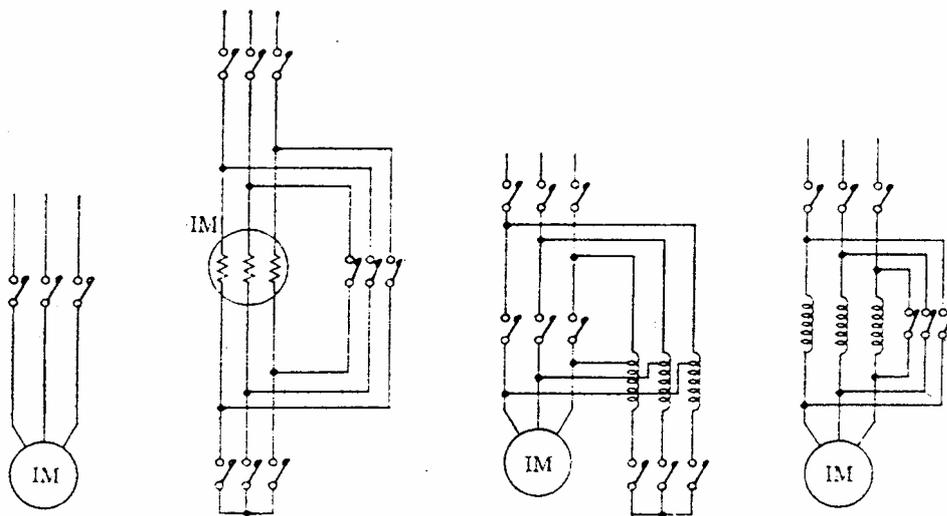
電動機之定子線圈在起動時結線為 Y(星形)，各相之電壓降為電源之 $1/\sqrt{3}$ ，起動電流降為全電壓起動時之 $1/3$ (轉矩亦為 $1/3$)，當轉速達全速時改換為 Δ (三角形) 以額定電壓正規運轉。

(3) 起動補償器起動：

起動時藉三相單繞變壓器將電動機端子之電壓降至額定電壓之 60~80% 來起動，加速後切換回全電壓時將產生大電流之流入，為防止此大電流輸入，採用本結線方式，當加速後打開單繞變壓器之中性點使變壓器之部分繞線利用為電抗器而限制電流，之後再將其電抗器短路。

(4) 電抗器起動：

起動時在定子線圈直聯電抗器，限制其起動電流，加速後將其短路之。



(1) 全電壓起動 (2) Y- Δ 起動 (3) 起動補償器起動 (4) 電抗器起動

圖 6-17 屬籠型感應電動機之起動方式圖

2. 繞線型感應電動機之起動：

一般採用二次電阻之起動方式，接線如圖 6-18 所示，藉以滑環將電阻接與轉子線圈而直接起動電動機，並操控由起動至全速之運轉。為起動後長時間之連續運轉設有滑環自動短路及電刷拉上裝置以免電刷磨損。

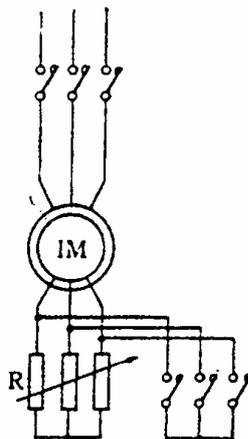


圖 6-18 二次電阻法起動方式之結線圖

3. 起動方式之比較：

下表係各種起動方式之起動電壓、起動電流、起動扭矩之比較。起動方式之選定應考慮各方式之特性、電源容量及電工法規決定之。

起動方式		起動電壓(%) (對電源電壓)	起動電流(%) (對直入時之電流)	起動扭矩(%) (對直入時之扭矩)
鼠籠型感應電動機之起動	全電壓 (直入)	100	100	100
	Y-Δ	57.7	33.3	33.3
	起動補償器	50	25	25
		65	42	42
		80	64	64
	電抗器	50	50	25
		65	65	42
		80	80	64
	繞線型感應電動機 二次電阻法起動		100	可能以全負載 電流起動
註：1. 全電壓起動時其起動電流為全負載時之 450~700%。 2. 全電壓起動時其起動扭矩為全負載時之 100~150%。				

(三) 電動機之保護：

一般而言電動機之溫度每上昇 10°C ，絕緣材料之壽命將減半，為保護電動機使用壽命，應需設有超載保護裝置，除超載外，短路、低電壓亦會使電動機溫度拉高而燒損電動機，故亦應有適當保護。

1. 低壓電動機保護：

對短路之保護應設置斷路器，對超載之保護應設置過電流或過負載電驛，並於起動用電磁開關上附熱動電驛以保護電動機。如對於電源之欠相、逆相等亦考慮保護時，則可加裝 2E（超載、欠相）或 3E（超載、欠相、逆相）保護電驛。

2. 高壓電動機保護：

對於超載、短路之保護應設高壓限流熔絲與高壓電磁接觸器之混合開關。如大容量機即用高壓斷路器與瞬時作用之超載電驛之混合開關。如開關係真空式，開關時將產生異常之高電壓之衝擊，故應考慮設突波吸收器。

設置感應電動機之超載、短路保護設施應注意下列各項：

- (1) 電動機之容許超載特性與超載保護電驛之動作應協調配合。
- (2) 起動時限流熔絲及過電流電驛應不受起動電流之影響作不必要之動作。
- (3) 電動機保護用電驛與電源側過電流保護電驛應能協調配合。

接地保護如以受電用斷路器等保護時，停電時之影響太大，故宜以電動機各自設置接地保護電驛。

電力熔絲與高壓電磁接觸器組合時，如電力熔絲燒斷，電源將缺相，為保護電動機應設 2E（超載、缺相）電驛。

3. 起動之連鎖保護：

停電時，一般低壓電驛會使接觸器或斷路器跳脫，但如抽水機以自動運轉操控，而接觸器或斷路器在閉合位置時，復電時抽水機之起動裝置應回復至起動位置，並應有防止同時起動之設施。

接線型感應電動機之起動電抗器及滑環之短路裝置不在起動位置時，如誤動作而起動，輸入大電流時將損毀電動機，為防止此現象應設連鎖保護裝置，又鼠籠型感應電動機其起動裝置不在起動位置時，亦應有不得起動之連鎖裝置。

4. 防逆轉保護：如電動機逆轉時對系統有危害影響時應設防逆轉保護裝置。

參考文獻

1. 日本水道協會，「水道施設設計指針」，平成 12 年(2000)。
2. 日本水道協會，「水道施設設計指針・解説」，平成 2 年(1990)。
3. 日本水道協會，「水道維持管理指針」，1998。
4. 中華民國自來水協會，「自來水設備工程設施標準解說」，1995。
5. 中華民國自來水協會，「自來水設施操作維護手冊」，1993
6. 黃博全，「流體機械」，曉園出版社
7. 張英彬、曾相彬、曹登發，「電機機械」，新文京出版社
8. 張昆典等譯，「泵浦百科全書」，機械月刊社
9. 王洪鎧譯，「泵浦的選用與管線設計」，徐氏基金會出版
10. 張昆典，「認識泵浦的特性曲線」，Vol. 32, pp. 95-101，1995
11. 姚明華，「泵浦的孔蝕及其防制對策」，Vol. 32, pp. 126-127，1995
12. 張邦男，「自來水設備即時監測控制系統」，中華民國自來水協會第 9 屆研究發表會報告集
13. 駱尚廉、楊萬發，「環境工程(一)-自來水工程」，茂昌圖書公司
14. 羅仕炫、林獻堂，「感測器原理與應用」，新文京出版社
15. 台北自來水事業處工程總隊，「台北區自來水第五期建設給水工程第一階段工程執行報告」，2006
16. Yokogawa Co.，「Yokogawa Field Instruments」，1998
17. Robert L.Sanks, 「Pumping Station Design」，1989
18. Paul N.Garay，「Pump Application Desk Book」，1990

第七章 儀表控制設施

第九十八條 儀表控制基本原則之規定如下：

- 一、儀表控制設備須能符合自來水設施之經濟效益及管理合理化。
- 二、儀表控制設備之規模及自動化之程度，應依設施規模之大小，維護之難易，操作人員之技能程度及社會環境等因素決定。

【解說】

在生產設備或系統中常須裝置各種計器及控制設備，藉以測定生產過程中之各種工程量及運轉狀況等資料並予以監視及控制，以維持生產設備經常在最佳之運轉狀況。上述計器及控制裝置即稱之為儀表控制設備。自來水處理系統頗為複雜，為達到處理功能，各項設施亦需裝置各類儀表控制設備，其規劃使用之原則，應為如何將整套設備集中管理並予自動化操作，藉儀表控制設備性能與操作人員之間良好而密切之配合，使整廠系統之運轉能達到以下目標：

1. 品質良好之水質、充足穩定之水量及經濟合理之水壓。
2. 可容易並有效掌握及控制設施運轉狀況。
3. 系統發生異常時，能迅速而適切之處理，確保系統操作之安全性。
4. 透過適當之資訊管理及研究分析，改進系統操作及維護管理、提昇系統功能及設備運轉效率，使在最合理狀況下運轉，節省動力費、操作費、維修費及物料耗品費用等。
5. 減輕勞力及操作環境安全衛生等條件之改善。

為達到上述目標，如何決定自來水設施儀表控制設備之規模及自動化程度，應依設備之規模、維護之難易、操作人員之技術、系統設備之更新及社會環境等因素加以衡量後選用最適合之方式，說明如下：

1. 整個生產設施與系統運作之原理特性及功能目的須充分瞭解，包括設施之規模、負荷（水量、水壓及水質）、操作方式、操作人員之技術水準及素質、周圍之環境條件等。再就可行性儀控設備之操控方式及在國內外之使用實績、經驗及動向等預作調查明瞭後，做最適當之選擇，原則上應選用構造簡單、可靠性及反應性高、校正及維護容易者。
2. 自來水設施從取水、淨水到輸配水等，分佈廣泛且多處分歧，各種設施均相互關連而形成完整體系，如果僅將部分設施高度儀表化，因儀控功能或自動化程度不能均衡與相互配合，整體系統之統合操控產生困難，而無法充分發揮系統功能。故儀表化程度應全面以整個自來水設施系統來考量決定。

3. 設施中相關聯儀控設備之裝設，儘量採用相關規格系列為原則，其訊號型式應求統一，以利維護之容易性及互換性，更新或擴充時亦然。
4. 儀控設備測定範圍應依所計測項目在過程中之變化程度決定之，其準確度須符合其用途及操控要求。
5. 自來水設施會依計畫需求而有增設或更新，選用儀表設備應具彈性，考量現階段及未來之需要，預留擴充或調整空間。
6. 儀控設備因老化故障頻率提高、技術進步形成設備落後、超過法定耐用年數、備品取得困難或其他理由，須進行設備更新。惟自來水設施須不停運轉，故計畫時即應考慮在更新設備時對設施運行之影響減為最低。
7. 儀控設備之機能受其裝置狀況之影響頗大，應於事前對設置環境充分調查檢討，選用耐久性、耐震性及耐腐蝕性佳者，並應避免設備產生噪音影響等。

第九十九條 儀表控制管理室為設施管理之中樞，應有良好的環境，便於工作人員之服勤及儀器之操作養護。

【解說】

自來水系統相關設施之分佈及規模日漸廣大且複雜，如不藉助於儀表控制設備難以操作及管理各項設施並發揮其正常功能。而為有效管理、迅速掌握資訊並達到操作之容易性、可靠性、安全性及經濟性等目標，有必要將儀表控制設備集中管理並建置包含連續監控及回饋控制等自動化操作系統，故儀表控制管理室為整個系統設施管理之中樞，其地點、建築物結構、空間機能、與其他設備（如機械、電氣、管線等）之配置關係等，均須詳細並適當規劃，以使環境良好利於工作人員之服勤及儀器之操作養護。管理室在設計時應注意下列各點：

1. 儀表盤、監視盤、操作盤或操作台間之配置關係，應以能達到作業便利為先決條件。
2. 操作盤或操作台之形狀位置、操作機能及視界等應適當良好。
3. 配管配線方式及儀表盤空間等須方便日常檢修維護及日後之擴充增設。
4. 室內裝修應符合電氣絕緣、防靜電影響、及防耐火性等要求，並須有舒適照明及良好隔音。
5. 將來擴建時之空間與配置要求。
6. 與其他各相關設備或房間處所之距離及活動機能關係。



圖 7-1 控制管理室設置圖

第一百條 儀表配備之儀器及其計測、控制信號之種類，應符合其使用目的並能充分發揮其功能。

【解說】

儀表控制設備依使用功能性，大致可分為感知器、收信器、控制器、操作器及傳送器等五個部門。感知器係負責測定工程量並檢出訊號，並將工程量變換為可以傳送之信號。收信器係接收來自感知器之訊號，予以顯示、記錄、監視或設定警報等。控制器則負責在生產過程中將工程量維持在需要之數值上或預定之狀態下，發出信號控制操作器。操作器之任務為接受來自控制器之訊號，產生適當動作，以達到控制目的。傳送器則係連繫上述感知器、收信器、控制器及操作器等各相關部門之設備，達到傳遞訊號的目的，圖 7-2 為儀控設備系統構成圖例。

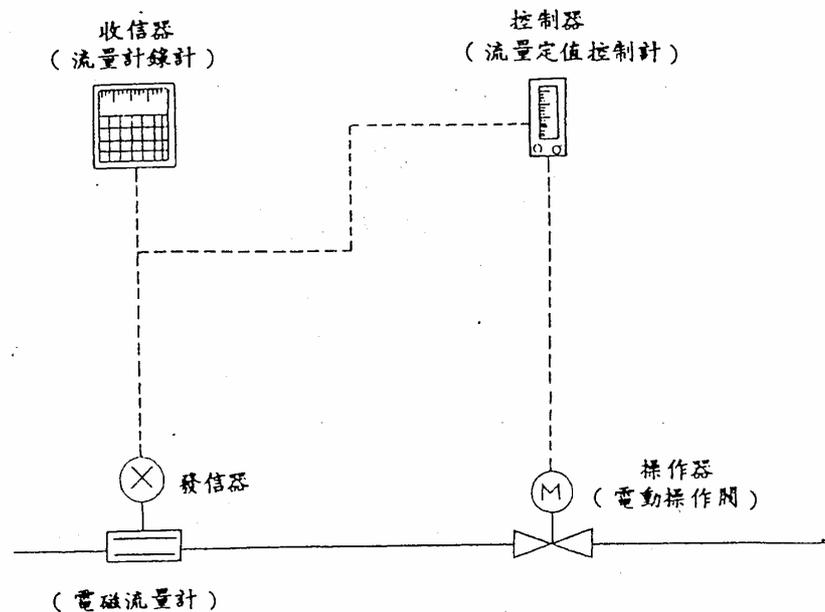


圖 7-2 儀控設備系統構成圖

自來水系統設施為達到操作及管理需要，各處理設施或多或少亦須裝置上述各類計測儀器，以檢出各項信號，將其轉換為可用於指示、記錄及可傳送之信號，透過相容之信號傳送器、控制系統及操作單元來達到控制目的。故規劃自來水設施之儀控系統時，應確實瞭解設施上各個操作系統或單元之使用目的，並依該目的選用符合需要並能充分發揮功能之儀表控制設備。惟各儀表同一使用目的之儀表種類繁多，其測定原理、傳送訊號之方式、外觀、尺寸及構造等均有不同，使用上各有優缺利弊，因此選用時需詳細研判其使用條件，據以做最恰當之選擇。機種及傳送訊號之選擇，應儘可能予以統一，以求儀表系統之簡化、維護保養之容易性及儀表互換性。

此外，儀表設備主要目的即在顯示其計測之數據，以供自來水設施操控之依

據，而自來水各設施在處理或輸送過程中正常狀況下，相關工程量均有其變化程度，而儀表計測範圍必須涵蓋此變化程度。儀表設備之計測範圍超出其變化程度太多，不僅準確度受影響，設備亦不經濟；反之，計測範圍小於變化程度，則其表示之數據又不足以供為操控之依據，進而影響自來水之品質，因此儀表設備之計測範圍，應依其所要計測項目在其流程中之變化程度，以及在操控過程中對資料之要求來決定。

第一百零一條 設施管理所必要之各種物理量（水量、水位、水壓、濁度及制水閥開度等），及化學量（酸鹼值、鹼度、硬度及有效氯等），應按其重要性予以監控，並將其結果作為整體合理有效之操作管理依據。

【解說】

自來水設施自原水之取得、導水設施、淨水設施、消毒及加藥設施、加壓設施、輸水、配水設施，以至於用戶之量水設施等，為提供各設施操控管理之依據，需在各設施內各個處理流程或操作節點，依其必要性裝置符合功能需求之各式儀表設備來顯示及傳訊所計測之數據，圖 7-3 所示為自來水處理流程及水質儀器之設置圖例，自來水設施儀表計測項目種類繁多包羅萬象，常用者如流量計測、水位計測、水壓計測、水質計測（濁度、PH、餘氯、導電度等）、電力計測（電壓、電流、功率等）及各項設備運轉狀態計測（ON/OFF、閥開度、溫度、轉速、效率、時間）等等，茲舉其常用且重要者略述以下：

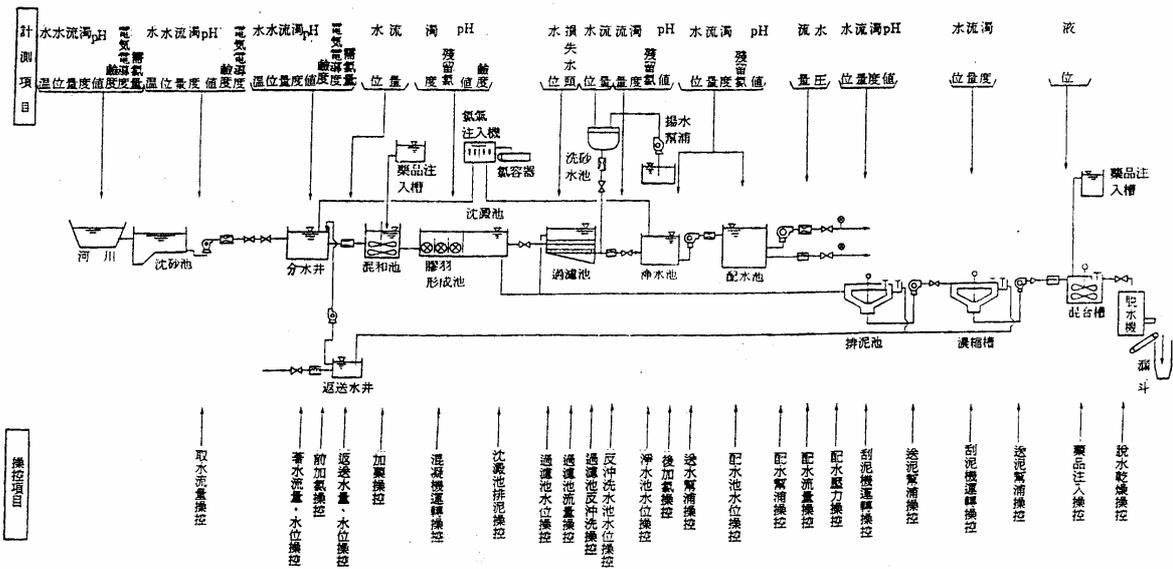


圖 7-3 自來水處理流程及儀控設備設置圖

(一) 流量計：

流量計測除使用於水處理工程量之掌握，藥品注入量之操控等以外，配水量、送水量、受水量等之計測也使用，其計測值對使用效益影響很大。因此這些流量計測用之機器必須是足夠可以維持高精度者。流量計之精度隨機種而異，同機種也會因口徑、流速而異，於選定時必須注意。又精度受使用環境、設置條件及測

定範圍等所左右，必須使這些條件能夠滿足需要。

使用於流量計測之流量計種類，管路用的有文氏管或流孔板等利用縮口機構所發生差壓之差壓式流量計，電磁誘導法則之電磁流量計，利用超音波之超音波流量計等等。又水路用的有堰式流量計，小流量之計測或氣注入量之測定等使用之面積式流量計。各式流量計依其測定原理、構造等，各具有不同之特長，須就使用目的、測定條件、測定範圍、信賴性等檢討後，選定最適宜之機種。圖 7-4 所示為自來水常用之流量計型式。



(1) 文氏管

(2) 電磁式

(3) 超音波

圖 7-4 自來水常用流量計型式圖

流量計機種之選定，須考量事項如下：

1. 應依測定場所是管流或渠流來選定適應各該狀態者。
2. 流體流動之狀態(有否滿管、脈動等)，測定處之上流側及下流側之配管有否足夠流量計必要之直管部，又因插入流量計而發生之壓力損失是否在容許範圍內等，必須考慮而選定最適用之機種。
3. 應依流量計之種類，對其經濟性、精度及測定範圍等充分檢討後選定適用種類、口徑。
4. 機種以構造區分則有防浸型、水中型等，須選用適用於使用場所者。
5. 依用途買賣用必須有高精度者、使用於操控用者或只有用來監視者等，以選定適應各該用途之機種及精度者。
6. 流量操控或藥品注入量操控所使用之流量計，須選定有高感度、高精度、具有良好之應答性及安定性者。
7. 流量之測定範圍須予明確而選定適合者。例如配水量在一日當中最小流量與最大流量之差很大者，須採用 Range Ability 大者或二距離範圍用之流量計。
8. 為使計測誤差儘量減少，常用流量以超過最大刻度之 50% 為佳。
9. 在同一管路設置複數之流量計時，因流量計間會有計測值差，須選定同種類、同口徑者。
10. 使用於藥品注入等之流量計，須選定適合流體之種類(氣體或液體)、流體之條件(溫度、壓力、密度、粘度)、流體之性狀(腐蝕性、有毒性)等

之條件者。

流量計會因安裝條件發生很大之誤差，在維持管理方面也有窰井內積存雨水、地下水之問題，又變換為電氣信號之傳送器或交換器，須使其不發生誘導障害，對各種機器之設置條件及環境條件等都必須十分留意。

各型流量計設置須注意事項如下：

1. 差壓式流置計

差壓式流量計是由能發生差壓之縮口機構，與將此差壓轉換成電氣信號之差壓傳訊器，然後將此訊號線性化之開平方演算器等所構成。縮口機構型式有流孔、噴嘴及文氏管等，差壓傳訊器以其變換方式則有力平衡式、變形量器(Strain Gage)式、靜電容量式等。設置須注意下列事項：

- (1) 為使水流平穩以維持測定精度，如管內徑為 D ，縮口機構其上流側 $10D$ 以上、下流側 $5D$ 以上之直管部須予以確保。
- (2) 差壓傳訊器安裝之位置，須使其不發生負壓。
- (3) 從縮口機構至差壓傳送器止之導壓管，須避免水平配管，要裝成 $1/10$ 以上之坡度，以防止氣泡或異物積存在導管內。縮口機構之差壓取出配管及導壓管之材質，須使用抗腐蝕、耐久性者。
- (4) 差壓傳訊器應儘量避免設置在窰井內，如設置在窰井中必須設置排水設備。
- (5) 寒冷地區差壓傳訊器及導壓管必須採取防止結凍對策。

2. 電磁流量計

電磁流量計是應用法拉烈電磁誘導法則(Faraday's law of electromagnetic induction)而獲得與流量成比例之出力之流量計，由將流量轉換為微小電氣信號之檢出器，與收受從檢出器送來之信號，予以增幅、演算然後轉換為所定之信號之轉換器所構成。電磁流量計只在外管壁裝置小電極，完全沒有壓力損失，不會受流體流動之狀態，壓力、溫度、粘度、密度等影響。電磁流量計有逆流測定或兩個出力變量範圍切換等功能。設置須注意下列事項：

- (1) 口徑要選擇管內平均流速在 $2\sim 4\text{m/sec}$ 之間為佳，平均流速若未滿 1m/sec ，則起電力小，容易發生精度上之問題；若超過 6m/sec ，則恐怕會發生內襯之磨耗。若使用與配管相同口徑時會發生平均流速很小的情況，則可利用縮小管連接比較小口徑之檢出器予以使用。
- (2) 配管之彎管、閥等所發生之偏流，會使計測產生誤差，為求流動均一，檢出器之前、後須有必要之直管部、流量操控閥必須裝設在檢出器之下流側。

- (3) 檢出器須安裝在經常滿管之處，為了確認流量計出力信號零點之與調整需要，管路需裝設可使管內滿管或水流靜止之閥。
- (4) 檢出器若安裝成垂直或傾斜方向時，須使水流由下向上流動，而電極必須水平安裝。
- (5) 為了檢出器內部之點檢或清理需要，最好能裝設旁通管。
- (6) 檢出器不要設置在導電率不均一的位置，例如藥品加注點之下游近旁須避開，若要裝設於上游側或下游側時，必須設於與加注點有相當距離之位置。
- (7) 使用於藥品計量用時，須將管路裝配成適宜清掃內面者。
- (8) 檢出器及轉換器之設置處所，強電機器之近傍，腐蝕性氣體發生之場所須避開，同時在窰井內有淹水之慮時需設排水設備，配線之接續處需施以防水工事。
- (9) 轉換器有防滴型、防浸型等，須選定適合安裝處所者，轉換器之上下左右須保有維修之空間。
- (10) 信號電纜及勵磁電纜要使用所定之專用電纜，須裝入鐵製線管內獨立配線，並且須避免靠近強電機器及高壓電纜平行配線等。另檢出器與轉換器之配線長度受流體之導電率所限制，必須注意。
- (11) 檢出器及轉換器之接地，以第三種接地以上(100Ω以下)，不要與強電機器之接地同一。信號電纜保護物之接地，以一點接地，線管也必須接地，線管途中之接頭處須採取完全之電氣的導通。

3. 超音波流量計：

超音波流量計是利用超音波在流體中傳播之速度，隨著流體之流速而變化之情形。而獲取與管路流量成比例出力之流量計，由超音波發信及受信之檢出器，與將從檢出器來之信號予以增幅、演算、轉換成所定電氣信號之轉換器所構成。超音波流量計，依原理只要超音波能透過之液體，不管是否導電性，一切流體都可以測定，不受流體溫度、壓力、粘度之影響。又超音波之發信部與受信部裝在外管壁，故與電磁流量計同樣，不會發生壓力損失但若混入像氣泡異物等，會遮阻超音波之傳播，發生測定誤差。一般是以濁度 5000 度以下，水溫 0~40℃，為流體條件。超音波流量計有附加逆流測定、兩測定範圍切換等之功能。設置須注意下列事項：

- (1) 測定管之材質是銅管、鑄鐵管、球狀石墨延性鑄鐵管等，有水泥砂漿襯裡的也無妨。
- (2) 檢出器及交換器，不要設置在強電機器之近旁或會發生腐蝕性氣體之處所。檢出器如裝於窰井內而有淹水之慮者，需設排水設備，配線之接續處須施以完全之防水工事。
- (3) 檢出器須安裝在經常滿管之處，以 D 為管內徑時，直管部之必要長度，上游側 10D 以上，下游側 5D 以上。但是，但上游側如有閥則

須距離 30D 以上，有幫浦或分歧管需距離 50D 以上。

- (4) 轉換器有防滴型、防浸型等，須選定適當的安裝處所。轉換器之上下左右須保有維護空間。
- (5) 檢出器與轉換器間使用專用之同軸電纜，配線須裝入鐵製線管或敷設於電纜槽。
- (6) 檢出器及轉換器之接地，以第三種接地以上(100Ω以下)。

(二) 水位計：

水位計測與流量、壓力之測定是自來水設施運轉管理上重要要件之一，用途除了以水處理工程之水位監視與操控為本外，尚使用於藥品之庫存管理及幫浦之水位操控用。自來水設施所使用之水位計有超音波式、浮標式、差壓式、沉水式、靜電容量式、電極式等。水位計依測定原理、構造等而各有其特徵，應對其使用目的、測定條件、測定範圍、精度等，加以檢討後選定適確之種類(機種)。圖 7-5 所示為自來水常用之水位計型式。



(1) 超音波

(2) 沉水式

(3) 浮標式

圖 7-5 自來水常用之水位計型式圖

水位計機種之選定，須考量事項如下：

1. 依其用途係做為監視及操控用者、買賣用或藥品驗收用有關者等來選定適合者。
2. 依其使用目的是二位置(ON-OFF)檢知用或連續測定用等予以考慮後選定機種。
3. 考量液面流動、波浪等情況，選定適應測定場所之液面狀態者。
4. 是否會受到測定對象物之物理、化學的性質(附着性、溫度、密度、濁度、腐蝕性、粘度或不純物等)所影響。
5. 若必須設置於環境條件惡劣場所時，要充分考慮耐濕、耐腐蝕性等材質，選定機器及附屬品之構造須容易更換。
6. 為使計測器準確度提高、誤差減少，計測範圍應符合實際需求並據以選定適合者。計測規模要有比常時變化之最大水位值多一些餘裕。

7. 水位操控、流量操控所使用之水位計，需選定感度精度高、應答性及安定性良好者。

水位計大多數是現場設置，會因安裝條件發生誤差，管理也會有問題，故設置條件須十分留意。檢出器、轉換器之設置須考慮不受雷擊之影響及誘導障害發生之情形。

各型水位計設置須注意事項如下：

1. 超音波水位計：

超音波式水位計是從設置在測定對象物上方之超音波檢查器所發射之超音波，被測定對象物表面所反射，反射波再被檢查器受信而測定其發收信往復之傳播時間換算成水位。水位計之特長是以非接觸測定，不受粘度、密度之影響，因無可動部分，使用壽命長，設置須注意下列事項：

- (1)有最小測定範圍、反射條件、不感距離等之測定限界。
- (2)超音波之發射會因塵埃、氣體、蒸氣等，削弱能量之傳播。
- (3)槽內所設置之梯、配管等會使反射波發生干擾，設置場所須使不會發生干擾。
- (4)檢查部若發生水滴，結露會成為誤差發生之要因，須考慮於超音波發信部施以高分子壓電膜、高分子膠片等之加工，以防止水滴之附著。
- (5)檢查器之設置須選無振動之場所，且不受機械類之雜音及電磁誘導波等之影響。
- (6)測定對象物之表面若有氣泡或小波時，會引起超音波之回響而發生誤差，須注意。

2. 浮標式水位計

浮標式水位計是將浮標浮在液面，利用纜繩或帶子把浮標升降之變位，傳入計器內部之滑輪，變換為迴轉角再轉換成統一信號，然後指示及傳送之。此水位計之原理構造簡單使用容易，設置須注意下列事項：

- (1)測定對象物是酸化劑、酸性藥品等有腐蝕性時，浮標之材質須選定PVC或不銹鋼等耐腐蝕性者。
- (2)設置在屋外時，會受到直射日光及輻射熱等，須施以隔熱措施及通風改良，在腐蝕性之環境，則須考慮安裝換氣裝置。
- (3)裝設浮標之處所若有流動、波動，則無法正確測定水位。因而發生誤差時，需設置浮標槽或防波筒等以防止浮標擺動。
- (4)使用螺紋捲筒滑車時，於水位升降時浮標也會隨著螺紋稍許水平方向移動，故浮標與防波筒之間必須有充分之預留空間。

- (5)浮標與重錘綁在一條纜繩之兩端，而半周附掛於轉換器之滑車時，浮標或重錘與防波筒之間隙須採取單側平均20mm以上。
- (6)水位變動很激烈的地方，螺紋捲筒滑車之纜繩會紊亂，必須注意。

3. 差壓式水位計

差壓式水位計是利用在水中任意點之靜水壓力與該點至水面之距離和密度乘重力加速度之積數成比例，來檢知水位之方法，設置須注意下列事項：

- (1)差壓發信器之設置位置比最低水位還要低之處。
- (2)水有脈動時會使差壓傳訊器之出力不安定。
- (3)導壓管路不要有積存空氣產生，須盡量以直線配管。接頭有時候會成為洩漏之原因，接頭之材質施工須十分注意。
- (4)冬季有結凍之慮時，導壓配管須施以保溫裝置。
- (5)導壓管路之取樣源頭須設置閘，以方便差壓發信器之拆卸。

4. 沉水式水位計

沉水式水位計與差壓式同原理，將接液隔膜設置於水中，把作用於隔膜之壓力，以水頭壓力予以測定然後轉換成統一信號。此方式於各種液槽不必特別的工事就可以簡單的安裝，其使用例逐漸增多，設置須注意下列事項：

- (1)檢出器安裝位置須避開有振動的地方，附近若有激流時，必需設置防流壁。
- (2)不要使用在有堆積污泥可能的地方。
- (3)水會順著中空電纜進入傳訊器成為故障之原因，須施以防止之對策。
- (4)中繼箱、電源箱須設置在濕氣及腐蝕性氣體少之處所。

5. 靜電容量式水位計

靜電容量式水位計是將電極插入水中，利用電極與水槽或水池壁間之靜電容量與水面之上下成比例之性質以測定水位。此方式因電極之長度、材質、測定對象之誘電率，可採用於很廣之範圍。電極為因應使用目的、測定條件而製作成種種之形式，可分別為電極全體被絕緣物被覆之完全被覆者及與電極先端之金屬部露出之部份被覆。其形狀以棒狀為普遍，其他尚有鋼繩狀、管狀等，做為被覆之誘導體則有鐵弗龍(Teflon)、合成樹脂(Polyethylene)、PVC、陶磁(Ceramic)等，故由於可選用電極材質，對於腐蝕性液體也可以使用，設置須注意下列事項：

- (1) 電極為水位之直接檢出部，其選定非常重要，必需要有充分之容量變化，對於測定對象物之物理、化學的性質、振動、衝擊等也要充分探討，避免受影響。
- (2) 電極被覆型式及材質種類，對直接測定結果之良否有很密切的關係，須對使用目的及測定條件等充分檢討。
- (3) 於深井等特殊之水位測定條件下，使用之電極會很長，須注意其機械強度。
- (4) 為了進行校對電極及轉換器之零點(Zero)及測幅(Span)，實際變動測定液予以確認是最正確的方法，安裝後並須確認其操作是否可能。

(三) 水壓計：

水壓計測在自來水設施中非常重要，尤其是近年來對配水管壓力均等化，漏水防止對策為目的之水壓調整等，其在配水設施中之計測最廣為使用。水壓計之用途，機械式水壓計有卜動管式水壓計使用於幫浦之水壓測定，隔膜式水壓計用在腐蝕性藥品、污泥等之壓力測定，蛇腹式水壓計之使用例很少，但常使用於空氣式調節計、壓力開關等。靜電容量式及半導體式水壓計則不只使用於水壓測定，也使用於測定水槽之壓力換算成水位之水位測定，測量縮口機構之差壓換算成流量之流量測定。檢出壓力之表示方式，有絕對壓力、表壓力及差壓壓力（註）。

水壓計以其測定原理、構造等，而各具有不同之特長，須針對使用目的、測定條件、測定範圍、精度等，檢討後，選用最適確之機種。如圖 7-6 所示為常見之自來水管線水壓或差壓傳訊器型式。



圖 7-6 水壓傳訊器圖

水壓計之選定須留意事項如下：

1. 須選定適合計測範圍及使用目的之感應素子。
2. 卜動管水壓計之精度以其等級、刻度範圍之階段等而有容許差之不同，須能選用適合之機種。
3. 依其用途係只使用於指示或要轉換成電氣信號，來選定適應各該用途者。
4. 須選定適合液體之種類(液體之性狀、密度、腐蝕性、有毒性等)條件者。
5. 測定場所為管路、開放水槽或壓力水槽等，須選定適合各該設置條件，且容易保守之機種。
6. 水壓及流量操控所使用之水壓計，須其有良好之感度、精度、應答性及安定性者。
7. 水壓計之發信器，最好是易於更改幅度者。

水壓計大部分都是現場設置，所以會有因安裝之條件而產生誤差者，設置時須注意事項如下：

1. 依測定流體之需要，接續部要使用耐腐蝕性材質。
2. 有結凍之慮時，其導壓管有必要使用保溫材或配管用加熱器。液體壓力測定時，導壓管路要設置排氣閥，氣體壓力測定時，導壓管路則要設置排水閥。
3. 卜動管會因構造部分磨耗、經年變化等因素降低精度，須使用能容易定期調整或抽換者。
4. 屋外設置時，須安裝能遮蔽直射日光、雨水之護罩。
5. 壓力傳送器之調整及導壓管路之排氣，必須確認壓力，故最好應設置現場指示計(卜動管式水壓計等)。
6. 壓力傳送器須設置成能單獨拆裝之配管及接頭，以容易保養、檢查及更換。

- 註：1. 絕對壓力是把0基準壓力定在完全真空所表示之壓力。以絕對壓力表示時在單位記號之後附記"abs"符號，若將比大氣壓低之壓力以絕對壓力表示，則稱為真空度。
2. 計器壓力是把0基準壓力定在大氣壓所表示之壓力，以計器壓力表示時，單位記號後面附記"G"符號，但一般未記明何種壓力即是指計器壓力。負之計器壓力，即比大氣壓低之壓力，以計器壓力表示時，稱為真空壓力。
3. 差壓壓力是將二個壓力之差表示出來之壓力，該二個壓力須以任一相同壓力為0基準壓力。

(四) 水質儀器：

水質儀器之構造、原理複雜，點檢頻率高，作業也費時。尤其是藥品注入操控所使用水質儀器，精度要高並具穩定性及可靠度。水質儀器之精度與其他工業計器不同，測定原理、計器之種類或測定範圍(Range)不同，所測得數值也會有差異。又計器之測值與輸入分析值也會因測定原理、測定條件發生與前所述相同之結果。水質儀器精度之表示方法，一般使用直線性、再現性或安定性(註)等。

水質儀器有使用於凝聚劑、鹼性劑、氯劑等之藥品注入操控者，及使用於水處理過程中之水質監視者。藥品之注入，必須要有測定成為注入指標之水質及注入結果水質等之計器。凝聚劑之注入操控，需使用濁度計、PH計、鹼度計、水溫計等；鹼性劑操控需使用PH計、鹼度計等；氯劑注入操控需使用需氯量計、氯離子計、餘氯計等。其他做為監視用者，視水源之狀況有導電率計、氯離子計、臭氧計、碳酸計等。水質儀器依機種別，各有相異之測定方式。例如濁度計有透過光測定方式、透過光散亂光比較方式及表面散亂光測定方式等；鹼度計有電位差滴定方式與電量滴定方式；餘氯計有吸光光度法、Galvani 電極法、Polarograph 法等；PH計一般則使用玻璃電極式。

水質儀器須考慮測定方式、測定範圍、精度、維修性、經濟性、使用條件及環境條件等選定最適合者。

水質儀器之選定時注意事項如下：

1. 水質儀器最好是構造原理簡單、信賴性高，應答性良好、信號轉換容易者。
2. 水質儀器之材料及構造須選定耐濕性、耐腐蝕性等，適合周圍之環境條件者。
3. 水質儀器與其他計器比較，其維護管理週期短，故應選用容易校正、維修者。
4. 有些水質儀器需用試藥，需選定其試藥消費量少者。試藥槽之容量，需對維持管理週期、運轉時間及試藥之經時變化等進行考慮後決定之。
5. 檢出裝置、電極之清洗方式有超音波清洗、水壓噴射清洗、毛刷清洗、珠粒清洗，要採用何種方式，須對測定水質、維持管理等考慮後才決定，並最好能夠以手動、自動兼備且清洗間隔及清洗時間可以變更者。

6. 清洗中及偵測範圍切換時希望能阻止出力信號，且阻止時間可以變更者。
7. 鹼度計、餘氯計會因測定水之濁度、有機物等，產生測定誤差，最好能夠設置過濾裝置等之前處理裝置。
8. 濁度計需選定對測定水不會有著色影響者。測定水質變動大時，需考慮採用有雙重偵測範圍且最好能自動切換者。

水質儀器有設置於測定地點之現場設置方式與集中採水至水質試驗室之中央集中設置方式。前者現場設置方式計測資料之延遲較少，尤其對於藥品注入操控可以期待安定確實之操控方式，但因為各測定點之分散，水質儀器之檢出部比一般工業儀器構造複雜，維護管理週期短又須要補充試藥等，而有維護點檢作業上之問題存在。後者之中央集中設置方式是靠取樣管取樣之方式，可以維持良好之計器設置環境，維護點檢也可以集中進行等之利點。但是取樣管內之滯留時間所致之時滯(Timelag)會成為操控系統之問題，且滯留水質之變化會成為測定誤差之原因以外，取樣管之破損、取樣幫浦之故障等也能引起計測障害的問題。設置場所之方式各有其利弊，應對計測資料之使用目的、維護管理等，充分檢討後決定之。水質儀器設置注意事項如下：

1. 計器須在振動、衝擊少之處以水平方式安裝之。尤其像表面散亂光式之濁度計，若有振動、衝擊，會產生波紋造成誤差，必須注意。
2. 須避開有誘導障害及會發生大量塵埃、腐蝕性氣體之處所。須設置在濕氣少及不會遭受直射日光之場所，特別是試藥槽要避開直射日光。設置於屋外時，必須有防雨、防凍結、防高溫等對策。
3. 水質儀器之配線口須施以防水處理。
4. 水中如有氣泡，水質測定準確性會受影響，可設置脫泡槽改善，其決定應依脫泡槽之大小、與計器間之水頭差、水質計器之數量、安裝位置等來檢討。脫泡槽與濁度計間之配管儘量不要設閥，若要設閥時要使用球塞閥。
5. 測定水之採水點需在能獲得平均水質之處，特別是殘留氯等須要有充分混合之處所。
6. 取水應從不曾有沉澱影響之處所採樣，若要從槽渠等取出測定水時，須避免從底部取出；從管取出時，應能從管中心部水平取出或上部取出。
7. 取樣管必須是可以調節流量者。為了管內清掃需要，在管路途中需裝設隨時可以拆裝之接頭，且須裝配成管路各部皆能清洗之排水設施。取樣管有可能混入異物、藻類等等，需考慮於取出口或吸入管裝置過濾器。

8. 取樣管必須使用不會在管內面生銹之材質，管路須減少彎曲部分及其他發生滯留之處所，閘要使用球塞閘等以避免管路之堵塞。
9. 水質試驗室因水質儀器、脫泡槽、採水栓等之排水很多濕氣很高，且因發散之氯氣而發生計器腐蝕之問題，故必須考慮對排水溝予以密閉及環境條件之整備。
10. 在水質計器之測定水入口附近大幅縮小管徑，會發生管路堵塞，須避免之。
11. 取樣量須為不會影響淨水處理的量，流速則隨管徑而異，須使懸濁物質不會沉降於管內之流速。
12. 取樣管清洗方法，一般以壓力水之方法與泡棉球清洗方法，要採何種方法，應從設備費、維護管理等方面予以考慮決定之。採用泡棉球清洗設備時，其管徑至回收端需同一口徑，於管路中若要裝設閘時，需考慮設置全開時與管斷面同形狀者。

- 註：1. 直線性是表示從輸入信號與輸出信號間之線性關係偏離程度。
2. 再現性是使用同一之方法對同一測定對象，以測定者、裝置、測定場所、測定時期等條件之全部或部分條件不相同之下再進行測定時，各個測定值會一致之性質或次數。
 3. 安定性是指計測器或其要素之特性對時間之經過或影響量之變化，不會變動的程度或次數有多少。



圖 7-7 水質儀器安裝圖（直潭淨水場濁度連續監測）

第一百零二條 加藥設備之儀表控制規定如下：

- 一、應以能達成最佳加藥效果為目標。
- 二、其設備之操作控制範圍應較實際為大。
- 三、儀表化及未儀表化之操作過程必須配合。
- 四、藥品處理設施之儀表控制設備，其必要部分應有充分之耐腐蝕性。

【解說】

關於一：應以能達成最佳加藥效果為目標。

自來水之處理中最常見之加藥處理有混凝、PH 值調整及消毒等。常見藥品種類，混凝劑有液態硫酸鋁、多元氯化鋁（PAC）等，鹼性劑有液態氫氧化鈉、消石灰等，消毒藥品則有液態氯、次氯酸鈉等，應考量原水水質，選擇適當的藥品，其加藥量應經過一再的實驗，找出最適的加藥量，以達成最佳加藥效果為目標。

關於二：其設備之操作控制範圍應較實際為大。

藥品之注入方式，依藥品性狀不同，有自然流下式、真空吸入式及幫浦壓送式等。自然流下方式使用於液狀藥品加注之場合，考慮注入點所需注入壓力及藥液輸送管路之摩擦損失，將藥品儲槽置於高處利用藥品自身重力來自然注入；真空吸入式係將加藥主管以噴射器產生真空將粉狀或氣態藥品吸入；幫浦壓送式亦使用於液狀藥品加注之場合，係以幫浦加壓達到必要注入壓力之加藥方式。各種加藥方式之注入量均可配合注入量計與注入量調解裝置等來進行操控。

因加藥量會隨水量範圍或水質變化所考量之加藥率設定而改變，故加藥設備選用時，應考量足夠之加藥量範圍，以滿足各種操控條件需求，加藥量範圍高低達數十倍者也非常普遍。必要時可設置大小容量機組或相同容量多機組之組合方式來進行加藥量操控。圖 7-8、圖 7-9、圖 7-10 為各種加藥系統控制圖例。

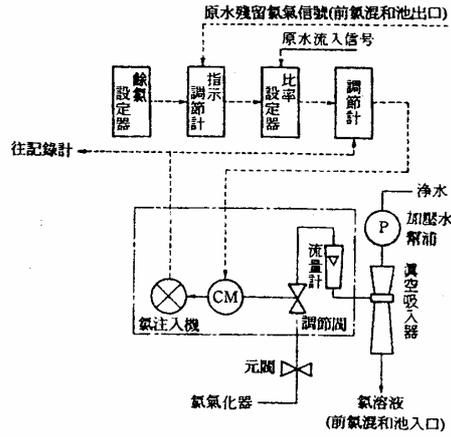


圖 7-8 前氣加藥控制圖

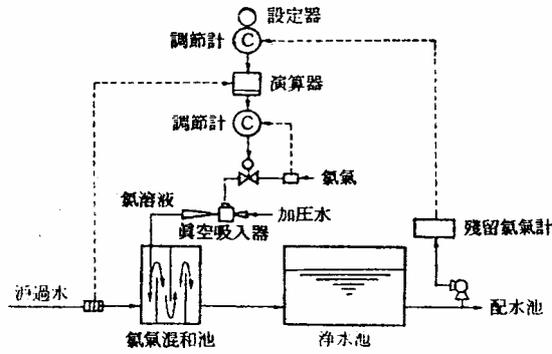


圖 7-9 後氣加藥控制圖

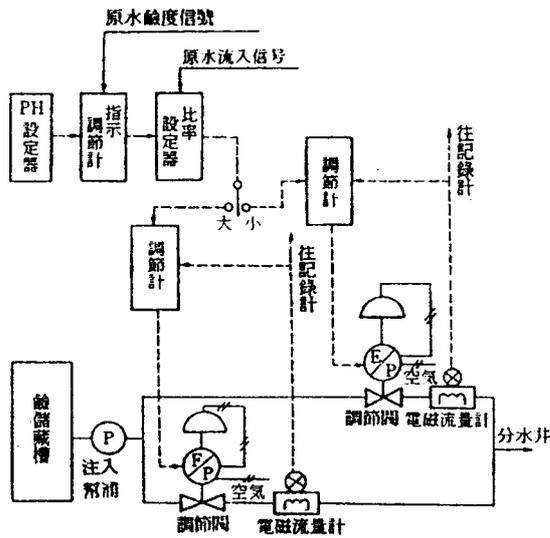


圖 7-10 鹼性劑加藥控制圖

關於三：儀表化及未儀表化之操作過程必須配合。

加藥系統之儀表控制方式大多為比例控制，即加藥量為處理水量與加藥率之乘積，水量為變數，加藥率依需要（如水質條件）為一常數，應依據藥品特性、實驗分析、效果比較及經濟性等來決定。在加藥過程，各項儀表化設備與未儀表化設備間操作控制必須互相配合，當控制器做好設定或調整加藥率後，系統由控制器接受水流量訊號及輸出訊號控制加藥設備之注入量調解裝置，以達到控制加藥量之目的，加藥注入泵浦、調節閥等之規格容量，應依據處理水量範圍適當選用，並應能接受控制器之輸出信號做有效而平順之調節操作。

關於四：藥品處理設施之儀表控制設備，其必要部分應有充分之耐腐蝕性。

自來水處理用之藥品，大多數具有腐蝕性，故加藥系統設備、計器之材質及構造等應能適合該藥液之使用條件或周邊環境條件，並考慮可容易檢點、清潔及更換零組件，尤其是對於直接接觸藥液者，必須有充分之耐腐蝕性能。另外因氯在常溫常壓下為氣態，為防氯氣外洩，加氯室應與其他與加氯無直接關係之儀控設備、監視盤、操作盤等房間分開，如不得已加氯室內設置有儀控盤時，盤面之縫隙以橡膠填塞並將未混有氯氣之空氣源灌入。

第一百零三條 過濾設備之儀表控制規定如下：

- 一、應以能達成濾池之最佳操作及處理效果為目標。
- 二、過濾池之濾量或濾率控制應確實，並應能隨時控制全部濾水量為原則。
- 三、快濾池之自動洗砂操作，應確實發揮其功能，並與其他有關部分之操作相互配合。

【解說】

關於一：應以能達成濾池之最佳操作及處理效果為目標。

過濾處理之各種儀表控制設備，基本必須適合該過濾池形式及其處理水量範圍，使過濾池之運轉、停止、流量調整及反沖洗等功能，能任意且容易的進行，且能在確保過濾效果及濾床安全情況下，儘量減少反沖洗次數、時間、流量。

關於二：過濾池之濾量或濾率控制應確實，並應能隨時控制全部濾水量為原則。

總過濾水量之操控（過濾池群全體之過濾水量）以過濾池數與可能過濾量做操控組合，俾在各種場合下，均能任意操控總過濾水量，而各過濾池應儘量以定速過濾操控為原則，其中：

1. 重力式過濾池之過濾流量控制，一般係利用過濾流量計之信號，回饋給用做調解閥之蝶閥或旋塞閥等控制開度調整過濾流量。
2. 自然平衡形過濾池（虹吸濾池）過濾量之控制，係利用控制堰與水頭，無流量調解閥裝置，不做每池之過濾量操控，由過濾池之流入量決定。

關於三：快濾池之自動洗砂操作，應確實發揮其功能，並與其他有關部分之操作相互配合。

過濾池之洗砂採逆流洗淨方式並組合搭配表面洗淨或空氣洗淨等方式，且原則應採自動洗砂，其操控及流程，應依過濾池內各相關連設施裝置及訊號互相密切配合，使洗砂順序控制順暢，且不影響其他過濾池操作功能。

為使自動化洗砂正常操控，過濾池使用之機械、電氣、儀控設備及迴路，須使用耐高動作頻率、可靠度及安全性高者。尤其是周邊之閥類，其極限開關是順序控制迴路之重要構成，須選定優良品，必要時對過濾池配管廊之氣氣、濕氣等需採取環境改善對策，以防止故障影響洗砂進行與洗淨效果。

為使運轉更安全平順，重力式過濾池洗砂操作之逆洗泵、表洗泵、高架水池與揚水泵、洗砂排水渠及排水泵等，應避免洗砂過程中發生洗淨水斷水或排水溢流情況，系統應設置連動控制設備。而自然平衡形過濾池所必須形成虹吸之真空泵或真

第一百零四條 各項設備之儀表控制，應通盤考慮，互相調和，並具有高度之安全性，使其操作管理合理有效。

【解說】

自來水自取水、淨水至配水過程中各種設施彼此間之功能具有一定關聯性或操控配合性，因此要儀控化，除必須充分瞭解各設施之機能、構造及特性，應具備高度信賴性外，也須整體考慮到各關聯性設施之儀控功能互相調和，滿足過程中計測及控制之要求，且能使整體操控確實有效，同時應選用具高度安全性及可靠度之儀表設備，以達到管理最佳化之目的。儀控設備系統之規劃設計，相關安全措施可考量如下：

1. 具有充分必要之防火、防爆與防雷害等之安全防護措施及輔助備用容量，以隨時確保正常運作。
2. 儀控設備易受周圍環境影響，應設置於良好之環境，以利機能之維持。例如：依需要局部採用耐腐蝕性材質；裝設空調設備調節氣溫、濕度；有浸水或受潮之虞應設排水及通風設備；屋外防雨、防日照高溫之保護設施等。
3. 傳訊設備應留意防止電磁感應之干擾，線路宜地下化，使用光纖、同軸電纜等。
4. 資訊設備應設備份系統以應發生故障時能確保資訊處理設備正常運轉，各項重要性資訊資料亦應妥善保護及備份保存，以防萬一資料因災害等而遺損。
5. 遠距傳送因自營困難，尤其在都市內幾無法正常維護，如利用電信局數據線傳送，故障時有專業服務較有保障，故遠距離傳訊以利用電信局數據線路為宜。
6. 重要設備之間，尤以控制中心與現場之間，應有良好可靠之通信連絡設備。
7. 應具有穩定、足夠容量之電源設備，電腦傳訊設備以採用不停電設備（UPS）為原則，情況許可時再考慮加裝備用發電機來保障更佳。

參考文獻

1. 日本水道協會，「水道施設設計指針」，平成 12 年(2000)3 月。
2. 日本水道協會，「水道施設設計指針・解説」，平成 2 年(1990)12 月。
3. 日本水道協會，「水道維持管理指針」，1998。
4. 中華民國自來水協會，「自來水設備工程設施標準解說」，民 84 年 12 月。
5. 中華民國自來水協會，「自來水管線工程設計、施工標準提升之檢討」，民 92 年 11 月。
6. 中華民國自來水協會，「自來水設備工程設施標準解說」，1995 年
7. 中華民國自來水協會，「自來水設施操作維護手冊」，1993 年
8. 張邦男，「自來水設備即時監測控制系統」，中華民國自來水協會第 9 屆研究發表會報告集
9. 朱健行，「自來水監控系統功能之探討」，中華民國自來水協會第 11 屆研究發表會報告集
10. 駱尚廉、楊萬發，「環境工程(一)-自來水工程」，茂昌圖書公司
11. 羅仕炫、林獻堂，「感測器原理與應用」，新文京出版社
12. 羅國杰，「工廠電腦監視控制系統」，全華科技圖書公司
13. 台北自來水事業處工程總隊，「台北區自來水第五期建設給水工程第一階段工程執行報告」，95 年 8 月。
14. 台北自來水事業處，「台北自來水電子資訊處理系統」規劃報告，民 76.
15. 台北自來水事業處，「直潭淨水場定案研究報告」，民 70.
16. 台北自來水事業，「自來水管線管理監控系統簡報」，1999,5
17. Degremont，「Water Treatment Handbook」，1975，馬陵出版社.
18. Prof. Dr. Ir. L. Huisman，「Rapid Filtration」，Technische Hogeschool Delft, Holland，1984.
19. Prof. Dr. Ir. L. Huisman，「Sedimentation and Flotation」，Delft University of Technology, Holland，1982.
20. Yokogawa Co.，「Yokogawa Field Instruments」，1998

第八章 附則

第一百零五條 本標準自發布日施行。

【解說】

對本標準之施行日期加以明定，本標準由經濟部以中華民國九十二年十二月三日經水字第 09204613410 號令訂定發布全文 105 條；並自發布日施行。