

自來水工程輸水與配水系統設計之研究

A Study on Design of Transmission & Distribution System for Public Water Supply

彭 桂 焄*

Abstract

Sources of public water supply may be classified as (1) surface water from streams, natural ponds and lakes, and (2) ground water from natural springs and wells. If the source is located far from the city, an aqueduct, pipe line or open channel will be needed to convey the water. If the water is from surface sources, a treatment plant will usually be required. In some cases ground water is also treated. A pumping station will be needed in most cases to generate sufficient head to force the water through the network of street mains. In certain cities, the water supply can be depended entirely upon gravity for distribution and need no pumps, while others have pumps at the source and to pump the water after treatment. The pump may discharge all or a part of the water into elevated storage tanks or reservoirs. These furnish water for emergencies and also equalize demand with the pumping. Finally, there is the water distribution system, which includes the mains, vales, service pipes and fire hydrants to be found in the city street.

This paper is devoted to a study of design of the transmission and distribution system, which includes: basic data of design, pipe materials and fittings, valves and hydrants, principles of design of transmission and distribution system, analysis of flow in pipe network, design of distributing reservoirs, pumping and service connection.

一、前 言

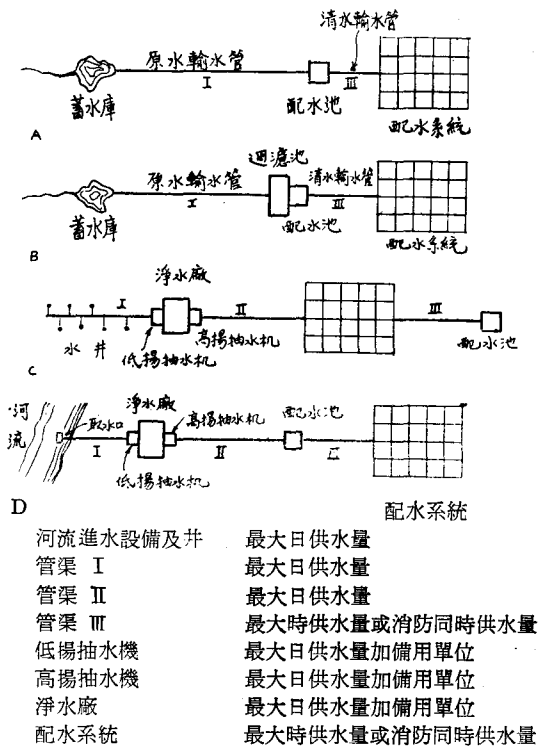
自來水的水源一般為地面水與地下水兩大類，地面上的天然水源有河川和湖泊，地下水源則取自井水和泉水，輸水就是自水源將匯集的原水輸送到淨水廠，經過處理後，成為合乎衛生條件的清水，然後再將清水輸送到市區的配水系統。如果原水的水質優良，不需要處理時，可直接自水源將清水輸送到配水系統，所以輸水之主要任務就是將需要的水量輸導至需要之地點，通常輸水時需要利用水管，渠道和隧道。這

些方式中除極大量的輸水工程可考慮渠道或隧道外，其大部份採用管線。尤其是清水的輸送，為防止水質受到污染及水量的漏失，平時均採用水管。至於輸送的方式由於地形的關係，可分為自由水流式與壓力式兩類。如果水源有適當的高度，管渠可順坡埋設，水在管渠中藉重力作用自然流下，謂之自由水流式，此種輸水方式既簡捷又經濟，否則，須利用動力機械設備加壓輸送，就成為壓力式。如果用加壓輸水的方式，就須要使用水管方可奏效。

* 公共工程局簡任正工程師

自輸水總管，將清水分配至若干配水幹管，再經由支管，分管而及於全部給水區域，這就是配水。由於大小管線所組成的配水系統呈網狀，所以稱為配水管網。配水系統常設有配水池，用以調節用戶水量之變化，可使淨水廠與用戶間之水壓保持平穩，並且貯備意外所需之水量。自給水支管上裝接用戶給水管，可將自來水送到用戶家中，完成配水的最後一段任務。

茲為便於瞭解輸配水管線與自來水系統之關係，今舉述四種典型自來水系統如圖(一)所示。並分別說明如下：



圖(一) 四種典型自來水系統圖

(一)以蓄水庫為水源，由於水質優良，無需淨水廠，可利用重力自然流下，在進入市區配水系統前，設置配水池，以調節配水。

(二)以蓄水庫為水源，利用重力自然流下，但以水質尚不合標準，須選適當地點建設淨水廠，並在其鄰近建配水池，再以輸水管將水送入配水系統者。

(三)以水井為水源，用低揚抽水機將水抽至淨水廠。經過淨治後，再用高揚抽水機將水送至配水系統，並在配水系統之末端，擇地建造配水池，以調節每日因時變遷用水量。

(四)以河流為水源，用低揚抽水機抽原水至淨水廠，經過淨治後，再用高揚抽水機將清水送至配水池，再流入配水系統。在以上(二)(四)中配水池位置，均可考慮移於配水系統之末端，以達成兩向配水或多向配水之目的。

由上述可知輸配水系統的重要性如同我們身上的動脈一樣重要，如果輸水管線發生故障，則水源就無法供水。若配水系統不完善，雖有充足的清水也無法通暢的輸配到配水區域。換句話說，也就是給水區域內無從保持適當的水壓，以利經常和火災時的需要以及污染的預防。因此於計劃時需根據給水區域內用水人口及用水量等因素慎重予以分析研究。

二、輸水與配水系統設計之基本數據

(一)人口預測：自來水計劃時應先確定供水區域之範圍，然後根據供水區域內過去及現在之人口總數為估計供水人口與供水量之基本資料，該項資料應有正確之調查統計。自來水計劃須考慮今後之發展，故對於將來人口增加應盡可能作一合理之預測，以資作為設計之依據。人口預測之方法，一般常用者有：數學計算法，繪圖法，平均增加率法及對數曲線法等數種，分述如下：

1. 數學計算法：就過去各時段之人口資料，計算其平均每年增加數，即以此數為根據，每年增加一固定之數目，通稱「平均增加數法」其算式表示如下：

$$P = p + m(p_1 + p_2 + p_3 \cdots p_n) / n \cdots \cdots \text{公式(1)}$$

P 為預測 m 年後之人口數

p 為現在人口數

$p_1, p_2, p_3 \cdots p_n$ 為 n 年內每年之增加人口數
平均增加數法較適用於比較古老之都市，一般新興都市，其人口增加趨勢可能較快，則宜採用「平均增加率法」。

2. 平均增加率法：

$$P = p(1 + f)^m \cdots \cdots \text{公式(2)}$$

式中 P, p, m 同上式，f 為人口增加率之平均數

$$\text{即 } f = (f_1 + f_2 + f_3 \cdots + f_n) / n$$

$f_1, f_2, f_3 \cdots f_n$ 為 n 年間之人口增加率。

然以平均增加率法預測較長時間之人口，常將失諸偏高必要時宜加修正改用「漸減增加率法」即為發現上述 f_1, f_2, f_3 之值有減低之趨勢時，則 f 值不宜用上式之平均值，而改用一較少數值。

3. 繪圖法：

將過去人口調查資料按各年代人口數繪成曲線，

再依其坡度將曲線展延至預測年份而求得該年人口數，如對此種全憑眼力延伸曲線之方法未具十分把握，則可採用若干性質相似而人口較多之城市作為比較，將其人口統計資料一併繪出，參考其發展之一般趨勢，再取其平均數值展延預測曲線。

4. 對數曲線法：

由馬克廉 (John E. Mclean) 演成應用之公式如次：

$$y = \frac{K}{1 + me^{ax}} \dots\dots\dots \text{公式 (3)}$$

式中 y 為任何時期之人口數以 1,000 計
 K 為飽和人口數以 1,000 計
 m 和 a 為常數
 x 為 o_0 年至預測人口年份間之年數

所有常數在已知人口增加曲線上選擇 x 軸上等距離的三點之 y 值，代入下列公式而得。

設此三點之座標為 (o_0, y_0) ， (x_1, y_1) 及 $(2x_1, y_2)$ 。 o_0 和 x_1 ，可任意選定，但三點位置必需在一平滑之曲線上。否則在求 K 值時則為負數。代入下式：

$$K = \frac{2y_0y_1y_2 - y_1^2(y_0 + y_2)}{y_0y_2 - y_1^2} \dots\dots\dots \text{公式 (4)}$$

$$m = \frac{K - y_0}{y_0} \dots\dots\dots \text{公式 (5)}$$

$$a_1 = \frac{1}{x_1} \log_e \frac{y_0(K - y_1)}{y_1(K - y_0)} = \frac{1}{x_1} \times 2.3062 \log_{10} \frac{y_0(K - y_1)}{y_1(K - y_0)} \dots\dots\dots \text{公式 (6)}$$

對數曲線法計算之步驟：

- (1) 根據已知之年代及人口數字用方格紙以縱座標表示人口，以橫座標為年份，繪製人口統計曲線圖。
- (2) 在圖上選定年份時間相等之三點，且須在一平

滑曲線上。

(3) 將上項座標數值代入公式(3)(4)(5)(6)即可求得預測年份之人口數。

(4) 或將求得之飽和人口數去除已知年代之人口，而求得已知年代人口與飽和人口之百分數。

(5) 再將此百分數對照其年代繪於或然率紙上，將其展延之，亦可求得預測年代之人口數。茲舉例如下：

設由某城市之人口增加曲線上每15年取一點，如第一點為1921年，則第二點為1936年，第三點為1951年。其各年之人口為 $y_0 = 34.5$ (千人計) $y_1 = 74.8$ 及 $y_2 = 147$ 。

$$o_0 - x_1 = 15 \text{年}$$

$$\text{則 } K = \frac{2 \times 34.5 \times 74.8 \times 147 - (74.8)^2 \times (34.5 + 147)}{34.5 \times 147 - (74.8)^2}$$

$$= 490.54$$

$$m = \frac{490.54 - 34.5}{34.5} = 13.22$$

$$a_1 = \frac{1}{15} \times 2.3026 \times \log_{10} \frac{34.5(490.54 - 74.8)}{74.8(490.54 - 34.5)}$$

$$= -0.05777$$

$$\text{故 } y = \frac{490.54}{1 + 13.22 e^{-0.05777x}}$$

根據上式可繪出人口曲線，此為 S 曲線方程式。如欲求2060年之人口數，則 $x = 2060 - 1921 = 139$ 年代入公式(3)

$$y = \frac{490.54}{1 + 13.22 e^{-0.05777 \times 139}} = 490,000 \text{人}$$

舉例：甲城市及其性質相似之乙、丙、丁三城市過去之人口統計如下表，試以(1)數學計算法(2)平均增加率法(3)曲線延長法(4)比較繪圖法，推測1970年甲城市之人口若干。

城市名稱	統 計 年 份					
	1900	1910	1920	1930	1940	1950
甲	42,110	51,211	80,300	98,944	138,551	165,432
乙	51,547	87,624	125,314	182,435	232,180	290,000
丙	105,432	131,744	178,210	223,318	238,788	252,912
丁	137,846	181,111	242,615	314,456	362,854	457,842

解：(1) 數學計算法：(預測1970年之人口)

$$P = p + m (p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n) / n$$

$$= 165,432 \text{人} + 20 \text{年} (9,101 \text{人} + 29,089 \text{人} + 18,544 \text{人} + 39,707 \text{人} + 26,881 \text{人}) / 50 \text{年}$$

$$= 214,760 \text{人}$$

(2) 平均增加率法 (預測1970年之人口)

$$P = p(1+f)^m$$

$$f_1 = \frac{9101}{42110} = 0.217 = 21.7\%$$

$$f_2 = \frac{29089}{51,211} = 0.568 = 56.8\%$$

$$f_3 = \frac{18544}{80,300} = 0.231 = 23.1\%$$

$$f_4 = \frac{29707}{98,844} = 0.402 = 40.2\%$$

$$f_5 = \frac{26881}{138,551} = 0.194 = 19.4\%$$

$$f = (0.217 + 0.568 + 0.231 + 0.402 + 0.194) / 50 = 0.0322$$

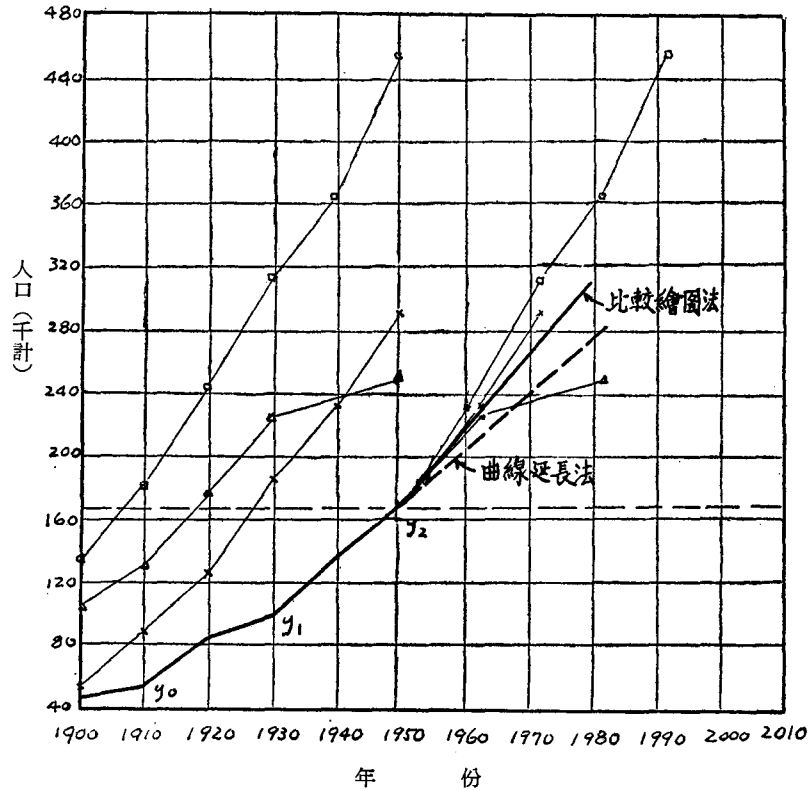
$$P = 165432 \text{人} (1 + 0.0322)^{20} = 315,000 \text{人}$$

(3) 曲線延長法 (詳見圖(二)虛線)

求得1970年人口為 240,000人

(4) 比較繪圖法 (詳見圖(二)粗實線)

求得1970年人口為 262,000人



圖(二) 預測人口曲線圖

(二) 供水普及率，供水人口及計劃年限：

供水區域內用水人口與總人口之比曰供水普及率，通常以百分率表示之。該供水普及率因水廠之新舊，水源之情況及市民之經濟能力等因素而不同。水廠成立伊始，仍有一部份人民保持其自用水源，故普及率較低。日久則漸漸增加，一般約在 50-90% 之間，按本省之情況如假定十年至十五年後之供水普及率達到 60-75%，較為合適。由前節所述人口預測之方法求得在計劃年限供水區域內之人口數後，再以假定之普及率相乘，即可算出供水人口數。

自來水計劃由於人口，每日用水量，供水普及率等等增加無論新建或擴建，均不能以滿足目前需要而設計，應考慮財力，經濟，施工，行政等多方面問題

，並估計10年至30年後之情況而設計。年限太長難免不經濟，太短則時常需擴充亦非相宜。同時應視自來水器材之有用壽命及擴充工程之難易，選定最經濟之計劃年限，就輸配水管線而論，輸水管線如用圻工管渠者，較不易擴建，設計年限應較長約 15-50 年，如用鋼管者使用壽命較短，其設計年限宜縮短至 15-25 年。配水系統之分支管線應就各該供水區域充分發展為設計根據。配水幹管則 20-25 年為宜。

綜上所述，通常自來水計劃年限約以10年至30年為宜。

(三) 供水量估計：

1. 供水量的分析：自來水的用途一般分為家庭用水，工商業用水及公共用水等三類。各種用水量隨都

市之發展而增加，因此設計供水量時需要以計劃年度之用水量為根據，茲各種用水量分析如下：

(1)家庭用水——包括飲用，洗滌，掃除，洗澡及其他清潔之用，飲用水每人每日不過 2-3 公升，其他用水因氣候，生活習慣水準等而異自 20-50 公升，廁所如係抽水馬桶則每人每日應加 15-30 公升。一般在正常無浪費情況下，用戶僅裝有龍頭者平均每人每日用水量約 50-80 公升，有衛生設備者每人每日用水量約 100-120 公升。

(2)商業用水——包括飯店、冰店、浴室、旅社、醫院等所需水量，應視其使用性質之不同而作適當之設計，一般平均數值如下：旅館每房間每日 400-600 公升。醫院每病床 200-400 公升，辦公樓房每人每日 40-60 公升，學校每人每日 40-60 公升學校每人每日 40-60 公升。

(3)公共用水——包括下列諸項：澆灌公園草地每平方公尺每日 1.5 公升。公共廁所：尿斗沖洗每公尺長每小時 200 公升，便桶沖洗每次 10 公升。公共噴水每日 500-100,000 公升，消防用水通常亦包括於公共用水之內，一年間消防用水量僅佔全年總用水量之百分之一至二。如將此公共用水量分配於總用水人口，則平均約為每人每日 20-30 公升。

(4)工業用水——因工廠之規模種類而不能一概而論，茲列舉德國之統計數字，以供參考，工業用水按工業區之種類估計單位面積之用水量，以便計算配水管網環路上各點用水量。

工業種類	生產品種類及單位	每單位生產品所需水量(公升)
織	維 綢類 1 公斤	150-250
	絲 類 漂白	4,000
	羊毛 1 公斤	1,000
酪	農 牛奶 1 公斤	3-5
	製 紙 紙類 1 公斤	500
製	糖 砂糖 1 公斤	100
	釀 造 啤酒 1 公升	3-5
洗	衣 衣服 1 公斤	12-18

(5)漏滲及其他：漏水量似不應列入用水量內，惟一般慣例以水廠總出水量為計算用水之基數，而將其與上述各種用水之總和之差額均歸入本類，稱為「無費水量」，其中一部份係由於配水幹管、支管、給水管、制水閘、止水栓之漏損，另一部份係由於用戶水錶記錄之誤差。普通之都市無費水量約為總用水量之 10-30%，高者甚至為 50% 左右，因施工管理之完善

與否，及水管之材料品質而不同。但自來水配水管網內之水量漏水幾為不可避免者，新設鑄鐵管每公里每日每公分管徑可能漏水 50-200 公升，此項漏水量將隨時間而增加，尤其本省常有地震，更增加漏水機會，須平時注意養護，以防漏水量之增加。

2. 平均日供水量，最大日供水量及最大時供水量：供水量可分為平均日供水量，最大日供水量及最大時供水量。所謂平均日供水量就是將一年中每日出水量之總和，以一年日數及供水人口除之，所得之結果為每人每日平均供水量。但由於各地區生活程度高低不同，氣候之冷暖，水費價格，水壓高低，工廠數量多寡等因素關係，故其水量均不一致。就氣候而論，譬如一年之內夏季之供水量常較冬季為高，而春秋兩季介乎其間。再就每月之供水量來說亦復不同，甚至一日內供水量之分配亦不相同。通常於早晨、午前及晚上形成數尖峰，深夜以後則供水量銳減。故如以平均日供水量為基數，則其相等比值如下：

平均日供水量為	100
最大日供水量為	120-200
最大時供水量為	200-500

關於平均日供水量須視市鎮之大小，人口之多寡及生活水準等因素而定，前已述及，茲舉列平均日供水量數以供參考。

人口在 10,000 以下	每人每日 60-100 公升
人口在 30,000 以下	每人每日 100-150 公升
人口在 100,000 以下	每人每日 120-180 公升
人口在 200,000 以下	每人每日 150-200 公升
人口在 500,000 以下	每人每日 200-250 公升
人口在 500,000 以上	每人每日 250 公升以上

3. 消防用水之考慮：消防亦為自來水建設目標之一，消防用水之應如何考慮，關係於工程建設費用甚巨，因消防用水之總量，雖僅佔總用水量之 1-2%，但就其在短時間內所需供應之流量而言，即佔出水量之比例極大，甚或超過全部日常用水量。此問題在小城鎮較大都市猶為嚴重。對於配水管網之設計具有決定性之影響。

消防用水究研需要若干，方能充分發揮其效用，應視房屋密集程度，建築材料，內容價值等而定。都市中心區域人口集中，工商業繁盛，財富積聚，經濟價值愈高，其需要保護與防火之重要性愈高，故美國火險協會所定消防用水量係以都市人口為函數，其經驗公式如下：

$$Q = 1020\sqrt{p} (1 - 0.01\sqrt{p}) \dots \dots \dots \text{公式 (7)}$$

上式 Q 為需要消防用水量，以每分鐘加侖計

P 為都市人口以千計

至於住宅區內之消防用水量，視其房屋建築性質之不同而分為四類：

- (1) 低小房屋區域：Q = 500 加侖/分
- (2) 高大房屋區域：Q = 1,000 加侖/分
- (3) 高級住宅區及大旅館：Q = 1,500-3,000 加侖/分
- (4) 全部三層樓以上建築人口密集之建築區域：
Q = 6,000 加侖/分

日本建設省所頒佈之「上水道設施設計指針」係以人口分級，釐訂消防用水標準如下：

人口	消防用水量 (立方公尺/分)
5,000	0.8
10,000	1.6
50,000	6.4
100,000	9.6
200,000	14.4
300,000	18.4
400,000	21.6
500,000	24.8

註：標準消火栓之射出水量為 0.8 立方公尺/分

我國目前對於消防用水應如何設計，尚無法律規定，茲暫建議人口在五萬以上之都市應充分考慮消防用水，其所需之用水量在市中區域可參照日本標準計算，一般住宅區消防用水量為每分鐘 600 公升，較密集之樓房區為每分鐘 1200 公升。人口在五千人以上之城鎮除最高正常用水外並考慮每分鐘 600-1200 公升之消防用水，五千人以下之鄉村暫不考慮消防用水。惟於設計時仍應視地方財力之情形作適當之考慮。

當火災發生時除供應日常用水外，尚需要供應消防用水，此項供應日常用水之水量，通稱「消防同時供水量」。在理論上最大之同時供水量應為最大時之供水量。但事實上，此種可能性極小，故一般採用相當於最大日之供水量為同時供水量，為設計配水管之依據。如果最大日供水量之值大於消防同時供水量和時，則採用最大時供水量設計。

三、水管與管件之種類

(一) 直管的種類：常用的水管材料有下列數種，並須依照本文第六節所述水力計算方法求得水管之口徑，予以採用。

1. 鑄鐵直管：一般利用立模直澆法或離心法製造

。鑄鐵管的價錢雖不便宜，惟因耐久性大，其壽命可及百年以上，施工容易，另件容易購置等優點，迄至目前鑄鐵管仍為使用最廣泛之水管材料。關於水管之尺寸和耐壓之程度，因國家及廠家而異，常見者為管徑 80 公厘至 120° 公厘，長度為 4 公尺至 6 公尺，至於常用之水壓為每平方公分 2.0 至 8.0 公斤。鑄鐵管常用的接頭有承口接頭 (Bell & spigot Joint) 及突緣接頭 (Flanged Joint)，以承口接頭的鑄鐵管稱為承插式鑄鐵管，以符號 — 表示，突緣接頭者稱為突緣式鑄鐵管，以符號 — 表示。其接頭以此二種較普遍。前者用於配水管線及輸水管線為多，後者通常用於抽水機或水廠廠房內。

為了防止銹蝕結瘤等缺點，水管表面均塗刷瀝青或煤焦油等防腐劑，以增長鑄鐵管之使用年限；近年來於鑄鐵管內面增加水泥沙漿之襯裏一層，對於防止管壁銹蝕及結瘤等現象較塗瀝青油更為有效，通常所用之承插式鑄鐵管規格如表(-)所示。

2. 鋼筋混凝土管：以鋼筋及混凝土製成，具有價格較鑄鐵管低廉，耐久性大及流量不因使用年限增加而減少等優點。但亦有其缺點如：耐壓力低，缺乏密性，對震動衝擊等之抗力小，另件需以鑄鐵製造，不易裝接分水栓等缺點，故除了輸水管線尚有利用價值外，鮮見用於配水管線。鋼筋混凝土管接頭以套管接頭填水泥沙漿為主，並且需要配以伸縮接頭，以資調節近年來公共工程局加以改進用白口橡皮圈接頭，此種橡皮圈接頭施工簡捷，富有彈性，減少接頭漏水機會。

普通鋼筋混凝土管之工作水壓在每平方公分 3 公斤至 4 公斤，管徑可達 1.8 公尺，長度 2.50-5.0 公尺。如果在管壁內如以適當厚度之鋼圈，其工作水壓力可提高到任何設計值，這種水管稱為混凝土鋼套管。

3. 鋼管：歷史較淺具有強度大，重量較輕，易於搬運，對震動衝擊等之抗力大，工程進度快等優點：壽命短，另件不易製造等缺點。但大口徑之輸水管在國外採用鋼管者漸漸增多為防銹而增加其耐久性，在管內外面塗以柏油，或水泥及塑膠等。連接之方法有平口接頭、白口接頭、電焊接頭、螺絲接頭等。但螺絲接頭僅適用於小口徑之鋼管。普通每根尺寸自管徑 80 公厘-1200 公厘，長度 6-12 公尺不等。給水支管所用之鍍鋅鋼管管徑可小至 13 公厘。

4. 石棉管：以石棉及水泥為材料製成，其優點為不受化學作用及電解腐蝕等侵害，重量輕易於搬運，流量不因使用年限之增加而減少，連接工作簡單等。

表(一) 承插式鑄鐵管(LA)規格

(使用壓力 8/kg/cm²)

單位：公厘

標準管徑 N D	管 外 徑 D	管 厚 S	重 量 : 公 斤					管長每公尺約重 (承口重量攤算 在內)
			每公尺(不 連承口)	承 口	每支鐵管連承口全重製造長度 L=公尺			
					4	5	6	
80	98	7.2	14.7	5.5	64	79	93.5	16
100	118	7.5	18.6	7.1	81.5	100	119	20
125	144	7.9	24.2	9.2	106	130	154	26
150	170	8.3	30.1	11.5	132	162	192	32.5
200	222	9.2	44.0	16.8	193	237	281	47.5
250	274	10	59.3	22.9	260	319	379	64
300	326	10.8	76.5	29.8	336	412	489	82.5
350	378	11.7	96.3	37.5	423	519	615	103
400	429	12.5	116.9	46.3	514	631	748	125
500	532	14.2	165.2	66.0	727	892	1057	177
600	635	18.8	219.8	89.3	968	1188	1403	236
700	738	17.5	233.2	116.8	1250	1533	1816	304
800	842	19.2	351.9	147.8	1567	1922	2277	379
900	945	20.8	431.8	182.6	1910	2342	2773	462
1000	1048	22.5	518.3	222.3	2295	2814	3332	555

缺點為對於震動、衝擊等缺乏抗抵力，另件需要以鑄鐵配製。如用為配水管時裝接用戶之接水管時，須利用特製之鑄鐵鞍座(Saddle)，施工裝接工作較煩，且增加漏水機會。至於石棉管常用之連接方法為伸縮頭及套管橡皮圈接頭等，價格較鑄鐵管低廉，本省目前不會自製，須向國外進口，本省採用者並不多。普通常用尺寸為管徑80公厘至600公厘長度為3公尺至4公尺，工作壓力可達每平方公分6公斤。

5. 預力混凝土管：隨着預力混凝土之發達而產生，歷史甚短，以混凝土管或鋼管外面包以預力混凝土製成。其優點為耐久性大，流量不因使用年限之增加而減少，其缺點為價格不便宜，搬運中易損壞為缺點。水管之裝接方法有伸縮接頭，套管接頭等，其尺寸大致與水泥管相同。

6. 塑膠管：係以塑膠原料加熱後，以高壓自鋼模內壓出成形，目前臺灣用於自來水管者為聚氯乙稀硬質塑膠管，其優點為價格低廉，重量輕搬運方便，施工容易，耐酸並不受侵蝕，管面光滑，不易結垢，其缺點為：對於衝擊力差，若受損傷時其強度可減低，耐熱性差，不能用於70°C以上之場所，膨脹係數高若露出地面時應設伸縮接頭。否則其用接合劑裝接之接頭易脫膠漏水。如用做配水管時裝接用戶水管之

方法與石棉管相同，須用特製之鞍座，施工較煩，且增加漏水機會。日本目前將鞍座亦改用塑膠製品，可用接合劑與管身相結合為一體，較屬理想。

塑膠管加熱至適當之溫度後可彎曲，(適用於本省氣溫)如溫度過高或過低均將影響其耐水壓強度性，由於其質脆易裂開，故較適用於用戶水管或鄉村低壓之輸配水管線，普通採用者為口徑100公厘者下者。至於塑膠管之另件，口徑在50公厘以下者可採用塑膠製品者，口徑63公厘以上者則須採用鑄鐵製者為妥。塑膠管之長度為5公尺至6公尺，工作水壓力為每平方公分10公斤。

7. 鉛管：用於用戶水管，其優點為：耐久、加工容易搬運方便、柔軟容易施工、容易修理、耐酸。其缺點為容易受損傷、重量大、容易受電蝕作用及價格較昂貴，且容易被壓扁。

8. 白鐵管：一般多用於用戶給水管，其優點為，強度比鉛管強，不容易被壓扁。剛性容易施工，價格低廉，其缺點為：容易生銹，使用年久其通水能力較差，腐蝕或故障時不易修理。

(二) 管件：水管之管件係為適應路線彎曲、分支、管徑改變及封塞等用途而設置，種類繁多，除列舉其最常見者加以說明外，並將常用者如表(二)所示，以供

參考。

1. 彎管：一般用之彎管為單承口彎管 (L)，雙承口彎管 (L₂) 及雙突緣彎管 (L₃) 三種，至於彎曲之角度可為 90°，45°，22½°，11¼°，其規格表示之方式為口徑為高於前面曲度書於後面，例如 200m/m × 90°，即表示口徑 200 公厘及彎度為 90 度之彎管。該項彎管為當管路彎曲時配合裝用。

2. 十字管：一般用於兩條管線成十字交叉處，依其承口數之多寡稱為四承口十字管 (K₄) 及三承口十字管 (K₃)，復因裝接支管之便利，其縱向與橫向的口徑尺寸可不相同，例如 200m/m × 200m/m 十字管即表示為等口徑十字管，例如 200m/m × 100m/m 即為幹管口徑為 200 公厘，其橫向接出支管之口徑為 100 公厘者。

3. 三通管：為由幹管上分出支管時用之，其名稱之分類與十字管相似，可分為三承口三通管 (K₃)，兩承口三通管 (K₂)。此兩種最為常用，其特殊者另陳於後節。三通管之規格表示方法如下：250m/m × 250m/m 即表示同口徑三通管，如 200m/m × 75m/m 即表示幹管為 200 公厘口徑，接出之支管為 75 公厘口徑者。

4. 洩水三通管 (L₄)：專供管線排水處裝用，其構造與前述三通管相似，僅祇將支管與幹管口之底部相平，以使沉積之物容易排出，此排水之支管口通常均較幹管小一兩倍。

5. 消防用三通管亦稱單承口單突緣三通管 (K₁)，用來裝設消火栓或排氣閥，亦可用來裝接支管之用。亦可鑄成雙承口單突緣三通管 (K₂)，此為國家規格之標準管件。

6. 單承口大小頭 (K₁)：用於管徑改變之處，其規格表示方式為 200m/m × 150m/m 即如符號所示大口徑端為 200 公厘，較小口徑為 150 公厘。單承口大小頭 (K₁) 則其規格表示為 200m/m × 150m/m。

7. 單突緣單承口短管或稱短管甲 (K)：通常多用於連繫閥門等設備之裝接，因閥門等一般多屬突緣者，而鑄鐵管則為承口，故藉以連接，其規格即以口徑尺寸表示。又突緣連接稱為和接頭承口接頭稱為窗口接頭

8. 單突緣短管或稱短管乙 (K₁)：與單突緣單承口短管之用途相同。

9. 雙承口套管又稱接管 (K₂)：用於水管換設時連接新舊管之用，或當水管缺少承口無法連接時用之。其內徑比較同口徑之鑄鐵管之外徑尚大，以便裝接

10. 塞帽 (K₁)：當鑄鐵管之插口端需要封閉時用之。

11. 管塞 (K₁)：當鑄鐵管之承口需要封閉時用之

12. 喇叭管 (K₁)：該項管件之開口為喇叭形，用於管線之進出口處，可使水流平穩，有助於水頭磨損減少。

13. 至於制水閥 (K₁)，消火栓 (K₁ 地下式，K₁ 地上式)、排氣閥 (K₁) 於下節附屬設備內闡述。

表 (二) 口徑 600m/m 以下鑄鐵管管件規格

名稱	單突緣單承口管	單突緣短管	雙承口套筒	90°雙承口彎管	45°雙承口彎管	22½°雙承口彎管	11¼°雙承口彎管	90°承插彎管	35°承插彎管	22½°承插彎管	塞帽	塞	突閥緣頭	90°雙突緣彎管	90°雙突緣座式彎管	45°雙突緣彎管
符號	K ₁	K ₁	K ₂	L	L	L	L	L	L	L	C	D	I	L	L	L
80	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
100	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
125	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
150	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
200	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
250	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
300	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
350	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
400	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
500	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
600	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

二號，因閘門口徑縮小所增加之摩阻損失水頭甚少，而建設費減低較多。設計時應予注意。此外蝶閘操作較為便利，價格亦較廉，可代制水閘之用。

(二)單向閘又稱逆止閘：裝設於當管線破裂可能引起大量逆流之處，如配水池進水管或抽水機出水管等應設之。單向閘之前面需設制水閘以利修理，及減輕單向閘之負擔，連接方式以平口接頭最為常用。

(三)消火栓：在管徑100公厘以上之配水管線隔100-200公尺設一個，按構造分為地下延、地上延及單口、雙口等四種。雙口者必須裝接於口徑150公厘以上之管線，以免使用時嫌流量不夠。地上式者易得交通，在寒冷地區易凍壞，但火災發生時容易找到。地下式者則恰好相反。在同一都市裏使用同一種型式為佳，地下式消火栓則裝設於消火栓盒內。

(四)排氣閘：管線經過橋樑、高地等處，應於其最高點設置排氣閘，以便排洩管內之空氣，而利於水流之暢通，當排水時可當做進氣孔，而易於排水，於免排水時管內發生真空現象，使水管發生負壓，並可免使污水侵入管內。連接方法有平口及螺絲接頭兩種。前者多用於大口徑管線。按構造可分為單口及雙口兩種。雙口者用於大口徑管線。單口徑者用於小口徑管線。

(五)排泥管：在管線較低處設排泥管，平時將其用制水閘關閉，於排泥時將該管兩端之閘門關閉，然後將排泥管之制水門打開，而將該幹管兩端之閘門輪流開啓，可將該段幹管內之沉積物鐵銹等排除之，或當埋設新管時，新舊管線接通處排水之需，排泥管之口徑為幹管之 $1/2-1/3$ 左右為宜。

(六)安全閘：為防止水衝力而設，在長管線之終點，制水閘前，加壓站附近等可能發生水衝力之處裝設之。當水壓超過設計水壓時，該閘自行開啓，而減低壓力，俟水壓減低後即自動的關閉。其接頭多為平口接頭。

(七)減壓閘：因配水區域高低不同，為減低地水壓而設減壓閘。如情況容許則亦可採用調壓井而達到目的。減壓範圍可以視需要而加以調整，接頭通常為平口接頭。

(八)人孔：大口徑500公厘以上之管線，隔300公尺至500公尺距離，在較低的地點設置，以便清理。尤其橫過河川過大水溝之前後應設之。人孔之大小以50公分口徑為宜，平時用鋼板蓋封閉之。

(九)固定台：在管線轉彎或其他有不平衡壓力發生之處，或接頭所承受之拉力超過其本身所能承受者，

或在陡坡上防止水管滑動之處均應設固定台。固定台通常用混凝土澆築，其體積須根據所承受之力量以力學公式計算而得。五輸水與配水系統設計原則

(一)輸水管渠之設計原則：輸水管渠之設計時需考慮之點如下：

1.管渠之設計容量視其負擔之最大輸水量而定，並須考慮可利用之水頭及容許最大和最小流速，在原木管線最低流速不應小於每秒0.8公尺，以防止泥沙之沉澱，清水則無此限制。最高流速以不致沖刷及當關閉閘閘時，在管渠內不致發生巨大之水流衝擊壓力為度，通常維持在每秒1公尺至2公尺間。

2.輸水管設計最重要者為選擇一最經濟可行之線路位置，並應考慮地面高差，線路經過地區之地質情形，施工便利等因素。

3.藉重力自然流下之輸水管如有過剩之水壓，最好加以利用否則為避免水管內承受過高之水壓，宜於途中適當地點設置調整井，以減輕水壓，使水管內最高靜水壓不超過普通鐵管之最高工作壓力。

4.於輸水管線之縱剖面上，在管線升高至最高點，須設空氣閘，俾能初放水時，管內空氣可由此排出。並於排水時該閘具有空氣進入功能，以防止水管內發生真空而產生負壓力。在管線縱剖面上低處設排水管。

5.較大之輸水管線每300-500公尺設人孔一處，以便進入檢查修理。

6.輸水管線之起點、分歧點、穿越河流等處須設制水閘，直線部份亦於1-2公里設一閘門，以司調節。

7.於管線轉向或發生不平衡壓力之處設固定台，以策安全。

(二)配水管網設計原則：

配水管網設計之基本原則在如何配置幹、支、分管，使能適應各處之需水量，盡量使水壓平均，而在最高峰用水時，仍能維持一定之最低水壓，理想之配水管網應考慮下列各項：

1.分別為若干適當之壓力區，俾各該區之用水量能極易並準確計量。

2.在能使用經濟管徑充分供應水量情形之下，儘可能採用較低之水壓，蓋壓力愈高漏水之機會愈大。惟須視當地一般建築物高度之需要而定，但並非以當地最高之建築物為準，通常在大都市中樓房較多，所以水壓亦較鄉鎮者為高。在大都市於最大時用水量之最低水壓為20公尺，市鎮為15公尺，鄉村為10公尺似較合宜。

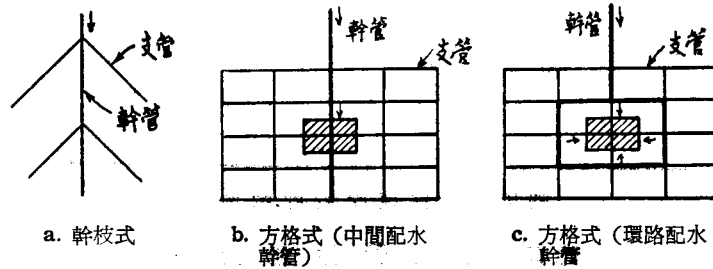
3. 各處水壓宜求平均，其相差最好不超過 $\pm 2\%$ ，每處之配水應使有二處以上之來源，方格延配水系統將有助於此。

4. 各壓力區間之相互聯接，必要時可開放。
5. 配置適當之制水閥、排水閥等。
6. 管網配置力求簡單，盡量減少死端。
7. 採用最經濟堅固耐用之水管材料。

配水管佈置：

由前所述可知配水管因其功用之不同，可分為幹管、支管及分管。幹管之任務在輸配較大區域之用水

，最好不直接裝接用戶給水管。分管係埋設於各街巷，專供用戶接水。支管則連絡幹管與分管，兼具輸配一小區域用水及接水功用。配水系統因受街道系統平面、地形、水廠或配水池之位置與高度影響，一般約分為幹枝式與方格式二大類。幹枝式以一幹管為主，沿途在各街巷分別接出支管。大城市的郊區或帶狀發展的小市鎮多為此式。城市之中心區街道縱橫，則每街埋設之幹管互相接連形成方格式。前者水管支出為其缺點，方格式配水系統水流可迴轉貫通為其優點，如圖(三)所示。



圖(三) 配水系統之型式

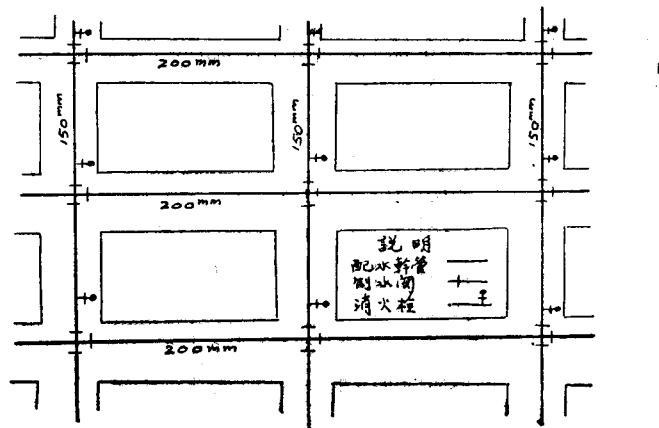
至於管徑之大小，與上述三種管別無一定標準，除根據用水量以水力學計算分析外，通常可以下列數值作為設計參考。

- (1) 不考慮消防用水之分管最小管徑50公厘。
- (2) 考慮消防用水之分管最小管徑150公厘。
- (3) 接通方格延分管之最大間隔200公尺。
- (4) 超過200公尺之間隔，最大用口徑200公厘水管。
- (5) 支管之最大間隔200公尺至1000公尺。

制水閥之功用在於調節與關閉水流，其間距通常約

相當於二鄰街間之長為度，俾遇水管需要停水修理時，其斷水區不至太大。因此在原則上，凡遇十字接頭處，應設三制水閥，丁字頭處應設兩個制水閥，直線上每隔200-250公尺設一個，至於各種管件之裝接參見圖(四)、圖(五)及表(三)、表(四)、表(五)、表(六)所示，並須繪於設計圖上以便施工時按照圖樣裝接。

消火栓設於道路交點或分歧點處，便於消防活動地點，直線上則視建築物配置情形，每隔100-200公尺宜設一個。



圖(四) 配水幹管佈置圖

編號	管件示意	數量
1		\angle 100mm x 45° 2 \angle 100mm x 45° 2 \angle 80mm x 45° 1 Q 100mm x 80mm 1 T 80mm 2 \boxtimes 80mm 1
2		\ast 100mm x 80mm 1 T 80mm 4 \boxtimes 80mm 2

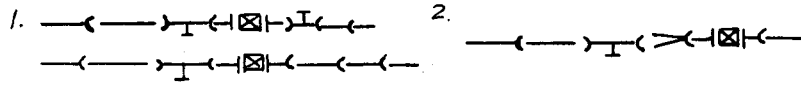
圖(四) 管件裝配設計示例

表(四) 鑄鐵管件連接法

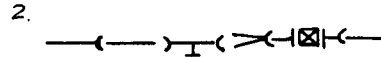
		十字分歧接法									
D	d	80	100	150	200	250	300	350	400	500	600
		80	1								
100	1	1									
150	1	1	1								
200	1	1	1	1							
250	1	1	1	1	1						
300	1	1	1	1	1	1					
350	2	2	2	1	1	1	1				
400	2	2	2	1	1	1	1	1			
500	2	2	2	2	1	1	1	1	1		
600	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	

		丁字分歧接法									
D	d	80	100	150	200	250	300	350	400	500	600
		80	1								
100	1	1									
150	1	1	1								
200	1	1	1	1							
250	1	1	1	1	1						
300	1	1	1	1	1	1					
350	1.3	1.3	3	2	2	2	2				
400	1.3	1.3	3	2	2	2	2	2			
500	1.3	1.3	3	3	2	2	2	2	2		
600	1.3	1.3	3	3	3	2	2	2	2	2	

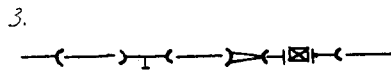
表(四) 幹管連接制水閥之接法



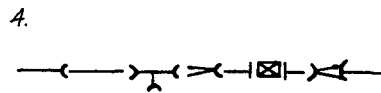
適用於 500m/m 以下管線



幹管上縮小之比例：可取相差一號為原則



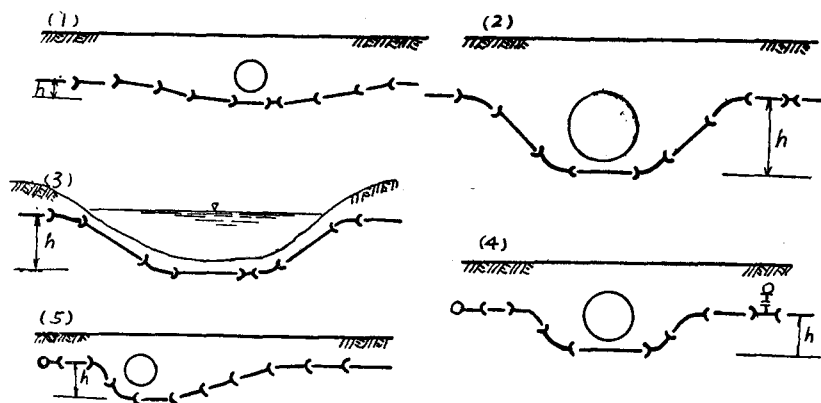
幹管上縮小之比例：可取相差一號為原則



適用於 600m/m 管線，制水閥原則上縮小一號

D \ d	80	100	150	200	250	300	350	400	500	600
80	1									
100	3	1								
150	3	3	1							
200		3	3	1						
250			3	3	1					
300			2, (3)	2, (3)	2, (3)	1				
350				3	3	3	1			
400					3	3	3	1		
500							2, (3)	2, (3)	1	
600								3	2, 4, (3)	1

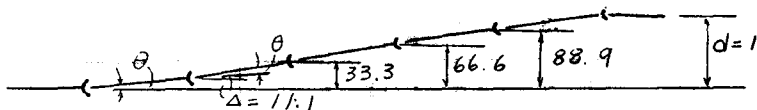
表 (五) 管線橫過溪流及涵管時之連接法



D	h	延線無障礙		延線有障礙時		
		1 m 以下	1 m 以上	0.5 m 以下	0.5 m-1 m	1 m 以上
80		1	2, 3	4, 5	2, 5	2, 3
100		1	2, 3	4, 5	2, 5	2, 3
150		1	2, 3	4, 5	2, 5	2, 3
200		1	2, 3	4, 5	2, 5	2, 3
250		1	2, 3	4, 5	2, 5	2, 3
300		1	2, 3	4, 5	2, 5	2, 3
350		1	2, 3	4, 5	2, 5	2, 3
400		1	2, 3	4, 5	2, 5	2, 3
500		1	2, 3	4, 5	2, 5	2, 3
600		1	2, 3	4, 5	2, 5	2, 3

註：2, 4, 5. 之接法原則上採用 45° 彎管，如在不得已之情形下 300 m/m 以下可使用 90° 彎管。

表 (六) 直管，S 曲線埋設之計算



θ = 偏角 Δ = 偏距
 d = 管線中心偏倚距離
 n = 彎曲管之數量

彎曲管數與偏距關係表；(半曲線)

n	0.5	1	1.5	2.0	2.5	3.0	3.6	4.0	4.5	5.0
d	0.5 Δ	Δ	2 Δ	3 Δ	4.5 Δ	6 Δ	8.0 Δ	10 Δ	12.5 Δ	15 Δ

在 S 曲線兩端對稱，因此計算一側後，對稱埋設之。

舉例：管徑 800m/m $d=1.00m$ 每支管長=6m

試求彎曲管數及每支彎起距離如何？

查表 (e) 得最大偏距 (Δ) = 14cm

$$\frac{d}{2} = 50\text{cm} < 4.5 \times 14 = 63\text{cm}$$

$$> 3 \times 14 = 42\text{cm}$$

因此採用 $2n = 2 \times 2.5 = 5$彎起管數

計算結果 $\Delta = \frac{50}{4.5} = 11.1\text{cm}$

n	d (cm)
1	$\Delta = 11.1$
2	$3\Delta = 33.3$
3	$d - 3\Delta = 66.6$
4	$d - \Delta = 88.9$
5	$d = 100$

表 (七) 彎起管數與最大偏距 (S 曲線) (cm)

每支管長	彎起管數	80	100	150	200	250	300	350	400	500	600	700	800	900	1000
4 M	1	10	14	13	12	16	15	15	18	12	11				
	2	28	27	26	24	31	30	30	28	24	21				
	3	57	55	51	48	62	61	60	56	42	44				
	4	86	82	77	72	93	91	90	86	72	64				
	5	132	123	115	108	139	137	135	126	108	96				
	6	172	164	154	144	186	182	150	168	144	129				
	7	228	216	205	192	248	243	240	224	192	172				
	8	286	274	256	240	310	304	300	280	240	214				
5 M	1							19	18	15	13	12	11	11	10
	2							37	35	30	27	24	22	21	20
	3							75	70	60	54	48	45	42	40
	4							112	105	90	81	72	67	63	60
	5							168	157	135	121	109	101	94	90
	6							224	210	180	161	145	134	126	120
	7							299	280	240	215	194	179	168	160
	8							374	350	300	268	242	224	210	200
6 M	1											15	14	113	12
	2											25	27	25	24
	3											58	54	50	48
	4											87	81	75	72
	5											130	122	113	108
	6											174	162	151	144
	7											232	216	202	192
	8											290	270	252	240

(三) 配水池之功用及設計原則：

存適當水量，調節供水區域內之用水，並有助於水壓

1. 功用：配水池設置之目的，在配水系統上有貯

之改善，及配水管網經濟管徑之選擇，從水量方面而

言，配水池之功用有三點：

(1)貯存充分之水量以應付用水量之適時變遷，如果採用直接供水方式，則水廠之出水量及清水抽水機之抽水量，均須適應用水量之變遷，而隨時增減，使操作管理非常複雜困難。補救之道即在於配水池。通常維持一日間定額之出水量與抽水量，使其差額由配水池調節。即晚間用水量較抽水量為低，餘水流入配水池，白天則水自配水池流出，以補抽水量之不足，一般約有百分之廿之貯水量，大致已可能維持一定抽水量。

(2)貯存消防必需之水量：消防常須在短期間集中大量用水，配水池可負擔此任務。

(3)貯存意外所需水量，包括水源出水，抽水設備故障、輸水管破裂必須停水等意外事件，此時當可利用配水池之貯水，作短時期之緊急供應。

自改善水壓觀點而言，配水池之位置如選擇適當，當可使配水管網內之水壓較為均勻，尤其對於配水管末端地區，如單向供水，而該地區水壓過度下降，但利用在該地區設置配水池而提高，同時可使輸水幹管之管徑可以減小。

2.設計原則

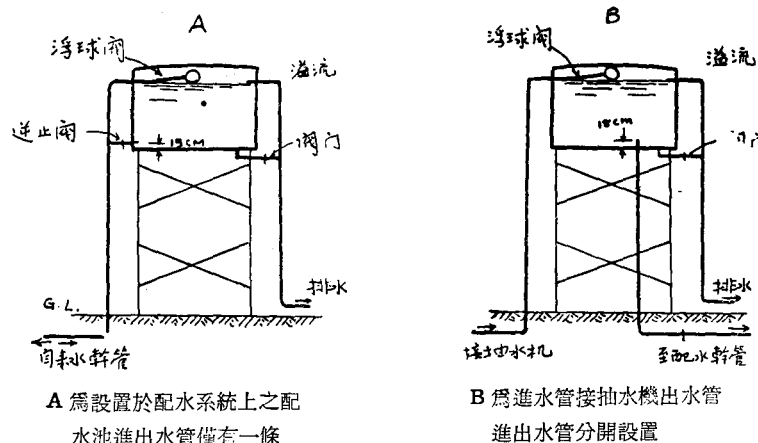
(1)配水池位置：配水池位置之選擇及其容量與高度之決定為設計應考慮之最重要問題。位置之選定與配水池之型式與需要高度均有關係。一般約可分為三種形式：一為位於水源附近，二為位於配水區域之

中心，三為位於配水系統之末端。第一種唯一優點為使抽水機之水壓平均，但無其他特點。第二種可使其高度減低，同時自配水池以下幹管可以減小管徑，較第一種者經濟。第三種配水池之高度更可減低，但對於減小管徑一點則不如第二種。

(2)蓄水量：須根據日常用水量變化情形計算而得，另外需考慮意外水量及消防水量在內，一般蓄水量約為最大日用水量之20%左右。

(3)配水池形式：如配水池建造於地面上或地下相當深度，則稱為地面式配水池。如將水池置於一高架結構上則稱為高架配水池或稱水塔。兩者如果同樣的容量，後者之建造費較前者高出數倍，故原則上儘量在配水區域內尋得適當高地建造地面式配水池，亦應儘可能減少構架之高度，以節省工程經費。

(4)配水池建築方式：配水池常以鋼筋混凝土造、預力混凝土造，或鋼鐵結構為之。其平面形式為矩形、方形或圓形。水深自數公尺至十餘公尺，視地形及工程經濟設計決定其尺寸。並須考慮地基之承載力、地震、颶風等因素，務求安全可靠。其附屬設備有進水管、溢流管、排水管等以及人孔通氣孔設備。水池內宜裝設水位儀，當池滿及池空時，以信號或人工方法傳遞到清水抽水站，以便配合作適當之操作，裝設高度閘或浮球閘，當水位達到一定高度時，閘門即自行關閉，停止進水。如圖(六)所示。



圖(六) 高架配水池示意圖

四輸配水系統設計之步驟：

1.準備較詳細之地形圖，比例尺 1/1000-1/2500 已可，等高線距 1-2 公尺，圖上除有街道，鐵路河流等外，應將重要建築物如政府機關、學校、醫院、大

旅館、工廠等位置及淨水廠、抽水站、蓄水庫等一併繪入。

2.因日常用水與人口有直接關係，故對於都市人口之發展與各分區之人口密度，應事先作一周密之預

估，憑以決定分區之用水量。消防需水量一般遠較日常用水量為大，如考慮準備充分消防用水，分管之最小管徑應為 150 公厘，如僅以供給日常用水為主，則小巷之分管採用 50 公厘者已可。自來水工程之建設費用，大部份在於配水管網。故消防用水量是否需加考慮，對小鄉村較小自來水系統之設計將有極大之經濟影響。在本省目前情況之下，似無力及此。惟市鎮大都會之配水系統應考慮消防，因都市人口集中，財富集中，火災可能導致生命財產之損失。

3. 配水管線多依城市之街道埋設故在圖上依街道繪出初步管線佈置，上節曾述及管線一般配置原則，設計時分別在各街道設置最小分管，並就用水區域情形分別於每隔四、五建築段落處設置支管。支管所構成之管網為一般採用作水力分析之基本系統。至於配水至支管之幹管配量，將視地形而異。幹管之容量以能充分利用供應其所轄區內，支分管之需水量為度。為使水壓平均，各水管內應避免過度之水頭損失，因此流速常限於每秒 1 公尺以下。

六、輸水與配水系統之水力計算

(一) 管內水流：

自來水管內部水流經常為滿管狀態，而且具有適當的水壓力，所以自來水管為壓力管，管壁四周的水壓可視為相等者。當水流通過直管時，則部份水壓力由於水的流動及水與管壁間的摩擦而損失，水頭 (Head) 亦相應的減低，其剩餘的水頭稱為工作水頭，也稱為有效水頭。將配水池處總水頭與管線之有效水頭相聯成線，即為能量坡降線，也就是說包括有壓力水頭及速度水頭，如果將管路上的壓力水頭相連結成線則稱為水力坡降線。

水頭的損失係由於下列各因素：

1. 水進入管口時水流收縮。
2. 水在管內流動時與管壁間之摩擦。
3. 水管曲折及彎曲。
4. 管路之附屬設備如制水閥等阻碍水流。
5. 管徑之急劇變化。
6. 管路出口動能忽然減低或消失。

上列各項因素中最主要者係由於水流與管壁間之摩擦損失所致。當設計輸水管線或配水管線時，由於制水閥等所生成的水頭損失所佔比例極微，主要為摩擦關係所生成之水頭損失，故通常在輸水配水管線中均不計水閥等損失水頭，但在處理廠之水力設計時或設計抽水機時水閥等所佔比例較大，故水閥等損失水

頭有時仍須計算。

關於水流經過閥門或管件等之水頭損失 $H_f = K \frac{V^2}{2g}$ ，如平均流速 V 已知，可根據閥門或管件之型式自表中查得 K 值，而算出其水頭損失數值。

輸配水管線設計時，為明瞭水管的口徑是否符合需要，以水壓是否適當，常用 Hazen-Williams 公式計算其水頭損失，然後根據配水池的水位高度而求得當地的水壓。

該項公延即 $V = 0.84935 \times CR^{0.63} S^{0.54} \dots\dots$ 公式(8)

表(八) 管件之水頭損失係數 K 值

說	明	值
普通彎管	90°	0.75
普通彎管	45°	0.40
彎曲半徑 2-8 倍管徑之彎管	90°	0.25
	45°	0.20
	22½°	0.18
逆止閥 (全開)		2.00
開 閥 (全開)		0.20
水管進口		0.50
水管出口		1.00

式中 V 為平均流速 (公尺/秒)

R 為水力半徑 (公尺)，即 $1/4$ 管內徑。 $R = A/P$

C 為摩擦係數 (詳表九)。

A 為水流之截面積

S 為水力坡降

P 為截面上水與水管接觸面的長度

表(九) 水管中摩擦係數 C 值

水 管 使 用 狀 況	C	值
極平滑之直線管路		140
相當平滑之直線管路		130
新的銲接鋼管		110
舊的鑄鐵管		100
舊的銲接鋼管		95
平滑木製管路		120
混凝土管		120
表面極粗糙之舊鐵管		60-80

舉例 1：內徑 300 公厘之舊鑄鐵管，長度為 50 公尺，當通過水量為每日 7000 立方公尺時，試計算該管線末端之水頭損失為若干？

解：管之斷面積 = $\frac{\pi}{4}d^2 = \frac{\pi}{4} \times 0.3^2 = 0.0707m^2$

$V = \frac{7000}{0.0707 \times 24 \times 60 \times 60} = 1.15m/sec$

$R = \frac{d}{4} = \frac{0.3}{4} = 0.075m$

$C = 100$

$S = \frac{h_f}{L} = \frac{h_f}{50}$

應用公延(8)：

$1.15 = 0.84935 \times 100 \times [0.075]^{0.63} \times \left[\frac{h_f}{50} \right]^{0.54}$

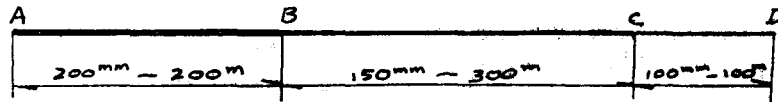
即 $[h_f]^{0.54} = \frac{1.15 \times [50]^{0.54}}{0.84935 \times 100 \times [0.075]^{0.63}}$

用對數計算求得 $h_f = 0.35m$

由上例可知用公式計算，頗為費時，因此根據該公式繪製「流量」、「管徑」、「流速」及「水頭損失」之圖解如圖，若能已知任何二項，則極易求得其餘兩項數值，以便設計時查閱，而節省時間。上述例題如利用該圖解計算時，即由圖(七)之橫座標流量線上查出 7,000 CMD 之點，然後作垂直線與 300公厘管徑之斜線相交，由此交點作水平直線與右方 C=100 之水頭損失線相交，則求得管線長度為 1,000 公尺之水頭損失 7.0 公尺，例題中管線長 50公尺之水頭損失

應為 $50 \times \frac{7}{1000} = 0.35m$

舉例 2：如圖(八)所示之管線，設 C=100 求其等似管徑及 150 公厘口徑之等似管長。



圖(八) 串連管線圖

解：假設流量為 1 立方公尺/分，即 1440 立方公尺/日 (CMD) 求得各管之損失水頭為：

AB 間損失水頭 = $200m \times \frac{2.7}{1000} = 0.54$

BC 間損失水頭 = $300m \times \frac{11.3}{1000} = 3.39$

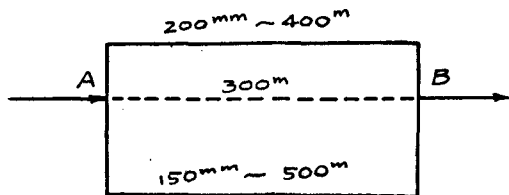
CD 間損失水頭 = $100m \times \frac{85}{1000} = 8.50$

平均 1000 公尺之損失水頭 = $\frac{0.54 + 3.39 + 8.50}{(200 + 300 + 100)} = 20.7/1000$

圖(七)查得等似管徑為 127 公厘採用 150 公厘口徑之等似管長

$= \frac{12.43}{11.3} \times 1000 = 1100$ 公尺

舉例 3：如圖(九)所示將 200m/m 及 150m/m 口徑管線若改為 300 公尺長之管線其管徑若干？(C=100)



圖(九) 併連管線圖

解：假設兩管線在 A, B 間之損失水頭應相等為 3 公尺

則 200m/m 管線之水頭損失 $\frac{3}{400} = \frac{7.5}{1000}$

150m/m 管線之水頭損失 $\frac{3}{500} = \frac{6.0}{1000}$

由圖(七)查得 200m/m 水頭損失為 $\frac{7.5}{1000}$

時流量為 2430 CMD

由圖(七)查得 150m/m 水頭損失為 $\frac{6}{1000}$

時流量為 1030 CMD

兩管線之流量和為 3460 CMD

既知管線長為 300 公尺水頭損失為 3 公尺則

$\frac{3}{300} = \frac{10}{1000}$

由圖(七)查得等似管徑為 220m/m 採用 250m/m 口徑。

(二)明渠內水流：

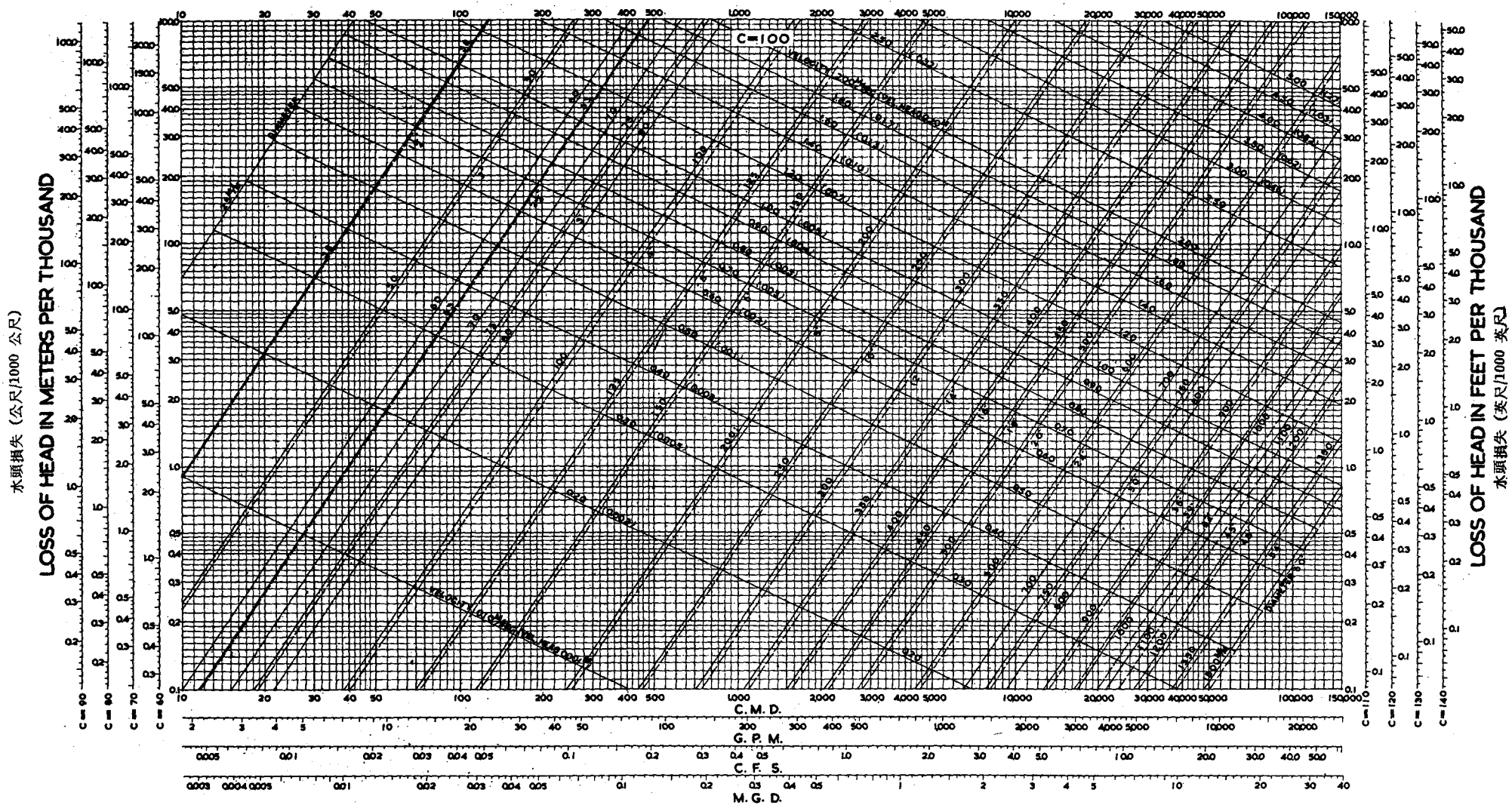
明渠為由人工開導的水道，雖然明渠的截面為半圓形、矩形、梯等幾何圖形，而河道之斷面通常極不規則，但兩者均具有自由水面，其流動性質相同，此與管中因水壓力而流動之性質迥異。此種自由水流式之流量計算通常應用滿寧氏公式 (Manning's Formula)

$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \dots \dots \dots$ 公式(9)

Flow Of Water In Pipe

HAZEN-WILLIAMS FORMULA

DISCHARGE IN C.M.D.



流量 DISCHARGE

圖(七) HAZEN-WILLIAMS 公式圖解

延中 V 為流速以公尺/秒計。

R 為水力半徑 (A/P)， A 為水流之截面積， P 為截面上水與渠道接觸面的長度。

N 為粗糙係數

S 為水力坡降

由 $Q=AV$ 可求得流量。

一般常用之 N 值如下：

水泥沙漿粉面明渠	=0.013
石砌明渠	=0.014
土坡明渠	=0.030
雜草多石河流	=0.045

(三) 配水管網計算：

配水管網之計算利用佛蘭西絲俄康勒 (T. Francis O'connor) 之速算法，此方法係應用哈代克拉司 (Hardy-cross) 理論推演而來，其特點為利用線算圖可直接求得平衡之實際流量，不需先求流量之平衡百分數亦不需查流量表等，故此法簡捷迅速。且可使計算者於第一次改正流量之後，立即判斷該管網之設計過大或不够，而將不適當的管線予以更改，以免枉費虛功。經數次改正後，可循二條管線校核自水源至最遠處之流出點間的損失水頭，若所得之兩數值小於 0.3 公尺時，在一般情形之下，此管網即認為已平衡，可不再計算。

茲將此法說明如後。

1. 計算之原理：

設 V 為流速 (公尺/秒)

C 為摩阻係數 (見表十)

R 為水力半徑 (滿管時為 $D/4$)

S 為水力坡降 (h/L)

D 為管徑 (公尺)

h 為摩阻損失水頭 (公尺)

A 為水管斷面積 (平方公尺)

Q 為流量 (立方公尺/日)

q 為管網環路中不平衡之流量

L 為水管之長度 (公尺)

K 為係數

哈代克拉司理論係根據 Hazen-williams

公式： $V = 0.84935CR^{0.63} S^{0.54}$

流量： $Q_{cms} = AV = \frac{\pi D^2}{4} \times C \times \frac{D^{0.63}}{4^{0.63}} \times \frac{h^{0.54}}{L^{6.54}} \times 0.84935$

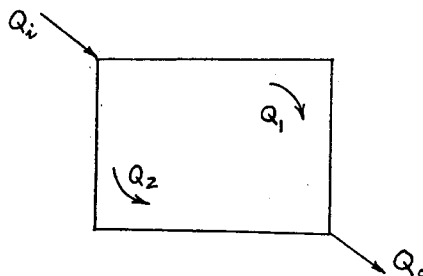
$\therefore h^{0.54} = \frac{4^{1.63} \times QL^{6.54}}{73440 CD^{2.63}}$

令 $K = \left(\frac{4^{1.63}}{73440 CD^{2.63}} \right)^{1.85}$

$\therefore h = KLQ^{1.85}$ 公式(10)

哈代克拉司之理論演證如下：

設一單線環路如圖(十)所示，進入此環路之流量為 Q_1 ，出自此環路之流量為 Q_2 ， $Q_1 = Q_2$ 設順時針向



圖(十) 單環路圖

之流量為 Q_1 ，則逆時針向之流量為 $Q_2 = Q_1 - Q_1$ ， Q_1 及 Q_2 分別導致之水頭損失各為 h_1 及 h_2 ，在水力平衡狀態下， h_1 應等於 h_2 ，亦即 $h_1 - h_2 = 0$ ，如 h_1 不等於 h_2 則最初假設之 Q_1 及 Q_2 有所差誤，設此誤差為 q ， Q_1 不足之流量為 q ， Q_2 超餘之流量當為 q 。故平衡之流量應為 $Q_1' = Q_1 + q$ 及 $Q_2' = Q_2 - q$ 此時 Q_1' 與 Q_2' 分別所導致之水頭損失各為 h_1' 及 h_2' ，而 h_1' 應等於 h_2' 由前式(10)

$h = KLQ^{1.85}$

故 $h_1' - h_2' = K_1 L_1 (Q_1 + q)^{1.85} - K_2 L_2 (Q_2 - q)^{1.85} = 0$

展開上式：

$K_1 L_1 (Q_1^{1.85} + 1.85qQ_1^{0.85} + \dots) - K_2 L_2 (Q_2^{1.85} - 1.85qQ_2^{0.85} + \dots) = 0$

若最初假定之流量分配相當合理，則 q 為頗小之值，故在展開式中凡含有 q 帶有方次之各項，其數值均極小，可略予不計，於是上式可寫作。

$K_1 L_1 Q_1^{1.85} + 1.85 K_1 L_1 q Q_1^{0.85} - K_2 L_2 Q_2^{1.85} + 1.85 K_2 L_2 q Q_2^{0.85} = 0$

但 $K_1 L_1 Q_1^{1.85} = h_1$ ， $K_2 L_2 Q_2^{1.85} = h_2$

故 $K_1 L_1 Q_1^{0.85} = \frac{K_1 L_1 Q_1^{1.85}}{Q_1} = \frac{h_1}{Q_1}$

$K_2 L_2 Q_2^{0.85} = \frac{K_2 L_2 Q_2^{1.85}}{Q_2} = \frac{h_2}{Q_2}$

因之上式乃可寫作：

$h_1 + 1.85q \frac{h_1}{Q_1} - h_2 + 1.85q \frac{h_2}{Q_2} = 0$

$h_1 - h_2 + 1.85q \left(\frac{h_1}{Q_1} + \frac{h_2}{Q_2} \right) = 0$

$\therefore q = \frac{h_1 - h_2}{1.85 \left(\frac{h_1}{Q_1} + \frac{h_2}{Q_2} \right)}$

q 即為第一次之流量近似改正值，此式右側的分子為水頭損失之代數和，分母即為 1.85 乘以水頭損失與流量比例數之和，故基本流量改正方程式可寫為

$$q = - \frac{\sum h}{1.85 \sum \frac{h}{Q}} \dots \dots \dots \text{公式 (1)}$$

如最初到假定數字與實際相差甚造，則改正數之誤差，可能達到 20%，但第二次改正之誤差，或可減為 2% 以內。至於改正次數因管網之簡單與複雜及假定流量之合適與否，視需要情形而定。

表(+) Hazen-Williams 公式之 C 值

水管種類	說明	C 值
鑄鐵管	新裝	130
	使用 4-6 年	120
	使用 10-12 年	110
	使用 13-20 年	100
	使用 26-35 年 100mm ~ 250mm	80
	使用 37-47 年 300mm ~ 1500mm	80
石棉管		140
水泥襯裏管	手工製	125
	機製	140
鉚接鋼管	新管 1800mm ~ 3600mm	110
	使用 10 年 1800mm ~ 3600mm	100
50m/m 及 80m/m 口徑	使用 10 年以上	95
	極光滑黃銅管線或鉛管	140
	普通者	130
	光滑新鐵管	120
	通常新鐵管	100
	舊鐵管	80
	極粗糙鐵管	60
	嚴重銹結之鐵管	40
	混凝土管	120
	木板條併製之光滑木管	120
磚砌	110	
救火蛇管	極光滑	143
	橡皮襯裏	125-140
	機器壓製者	100-120
	帆布管	85-95
瓦管	良好情形	110

2. 線算圖之使用法說明：如圖(+)所示

(1) 本線算圖係為口徑 200 公厘及 C=100 時管中之流量而設計者，如利用計算其他管徑或 C 值時，需乘以圖中附表內之係數，換算為相當於口徑 200 公厘

及 C=100 時之管線長度，然後方可利用此圖查算。

(2) 當管線長度超過線算圖之數值時，可查此管線十分之一長度之損失水頭，而將查得之水頭損失十倍之即得，反之亦然。此原則亦可用於流量之計算，如流量之數值不在線算圖中時，則先查得十倍流量之水頭損失，被 70.8 除之而求得其水頭損失。

反之亦然。蓋由於

$$h^{0.54} = \frac{QL^{0.54}}{KD^{2.63}} \text{ 則 } h = \frac{Q^{1.85}L}{K^{1.85}D^{4.86}}$$

∴ $h \propto \frac{1}{D^{4.86}}$ 而與 $Q^{1.85}$ 成正比例，10 倍之流量損失相當於 $10^{1.85} = 70.8$ 倍。

(3) 舉例：設一口徑 250 公厘管線長為 250 公尺，C=120 通流量為 3100 立方公尺/日，求其水頭損失。

- 解：(A) 由圖(+)中之管線長 $L=250m$ 及管徑 = 250mm 作一直線交直徑為 200mm，C=120 之等似管長 L' 則 $L'=84m$
- (B) 但 C=120 須修正至 C=100 由表中查得修正係數為 0.71，故相等於直徑 200mm，C=100 之等似管長
- (C) 由等似管長 $L'=60m$ ， $Q=3100$ CMD 兩點作一直線交水頭損失 h 於 0.67m

3. 配水管網計算之步驟：

- (1) 繪一簡明之管網線路示意圖 (如圖十三)，註明各環路中水管之管徑及長度。
- (2) 將調查或估計之用水量及供水量填寫於各節點。
- (3) 每一節點及環路均予以編號
- (4) 視各節點處供水量及用水量之分配情形與管徑大小，及管壁糙率以假定各水管中之流量及流向。
- (5) 以線算圖 (圖十一) 計算一個環路之水頭損失，並假定流量順時鐘向者為正，逆時鐘向者為負，其水頭損失之正負符號與流量者相同。如一環路中其水頭損失之代數和為零，則表示所假定之流量已屬正確而呈平衡。否則其不平衡之流量須以下式改正之。

$$\therefore q = - \frac{\sum h}{1.85 \sum \frac{h}{Q}}$$

式中 q 為流量近似改正值 (立方公尺/日)

$\sum h$ 為環路中水頭損失之代數和 (公尺)

$\sum \frac{h}{Q}$ 為一環路中水頭損失與流量比例數之和

(6) 依次平衡各環路之水頭損失如步驟(5)

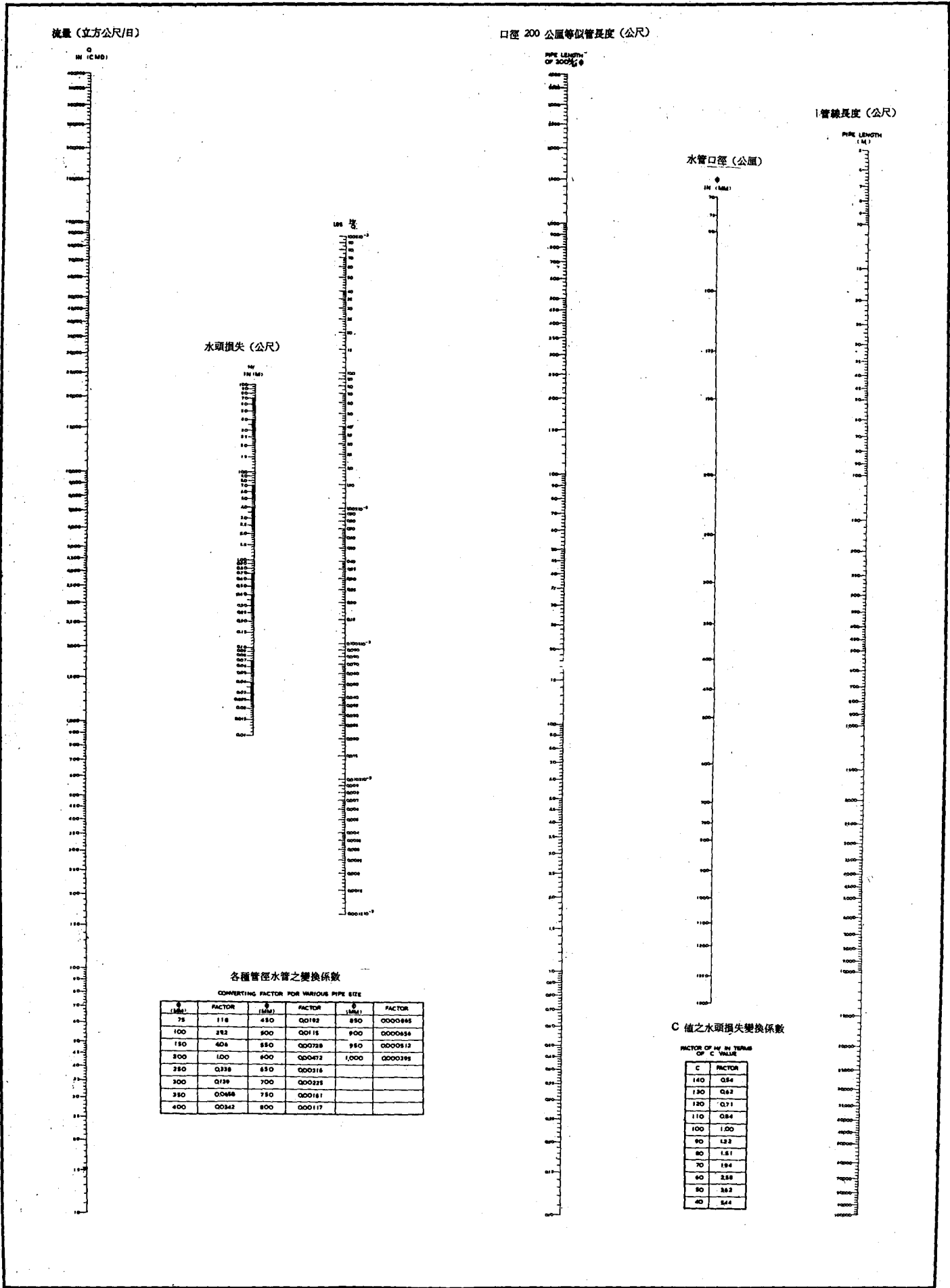


圖 (十一) 水頭損失線算圖解

(7)完成各環路系統之計算後，將各修正流量值 q 修正步驟(4)中之假定流量得第一次修正值。

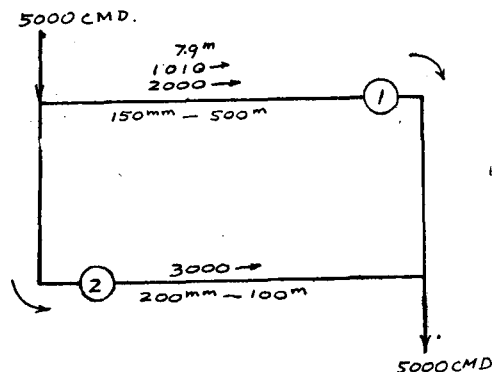
(8)再依步驟(5)(6)及(7)重複計算，直至滿意為止。但自實用觀點而論，通常一管網中當計算至每環路之不平衡水頭損失均小於 0.3 公尺時，則此一管網即可認為已平衡，無需再繼續計算。

(9)按前述計算之結果，將流量及水頭損失填入所繪之簡明管網線路圖，以求與幹管壓力強度比較，可得各節點之水壓。

舉例1：單環路中流量之分配計算示例。如圖(十二)

所示

($C=100$)



圖(十二) 單環路中流量分配圖

解：(1)將每根管線予以編號並假定每一管線中之流量數值。

(2)將管線之編號，管線長度及管徑均抄錄於分析工作用之計算格式中。

(3)因線算圖係為 200 公厘口徑管線之流量而設計，故將 150 公厘口徑管線長度換算為 200 公厘口徑之等似管長，即 $500 \text{公尺} \times 4.06 = 2030 \text{公尺}$ ，並書於表中之 200 公厘等似管長度項內。

(4)將假設之流量書於表內流量項下，順時鐘向者為正，逆時鐘向者為負。在線算圖上以直尺緣連 2030 公尺及假定流量 2000 CMD 兩處，與水頭損失線相交於 10.3 處，又與 $1.85 \frac{h}{Q}$ 線相交於 0.0095 處，將此二數值分別記列於表(十一)之各項中。600 公尺 200 公厘管中之水頭損失以同樣之方法求之。

(5)將水頭損失之代數和以 $1.85 \frac{h}{Q}$ 之和除之，即將導致任何不平衡損失之超餘流量，此不平衡之流量為 +290 CMD，變號為 -290 CMD，書於改正數項下。此改正數與原設流量之代數和，即為第二次之假定流量。此數字仍非平衡之流量，則重複上述計算步驟，直到所求得者達到完滿程度時為止。自理論方面而言，用哈代克拉司法不能求得正確數字，但自實用觀點論，如不平衡之損失小於 0.3 公尺，則問題即已獲得解決。

表(十一) 單環路中流量分配計算表

環路	管線	管長 (公尺)	管徑 (公厘)	200 公厘 等似管長 度(公尺)	流量 CMD	水頭 損失 (公尺)	$1.85 \frac{h}{Q}$	改正 數	流量 CMD	水頭損失 (公尺)	$1.85 \frac{h}{Q}$	改正 數	流量 CMD
(I)	1	500	150	2030	+2000	+10.3	0.0095	-290	+1710	+7.9	0.0084	-7	+1703
	2	600	200	600	-3000	-6.4	0.0039	-290	-3290	-7.8	0.0043	-7	-3297

$$+3.9/0.0134 = +290$$

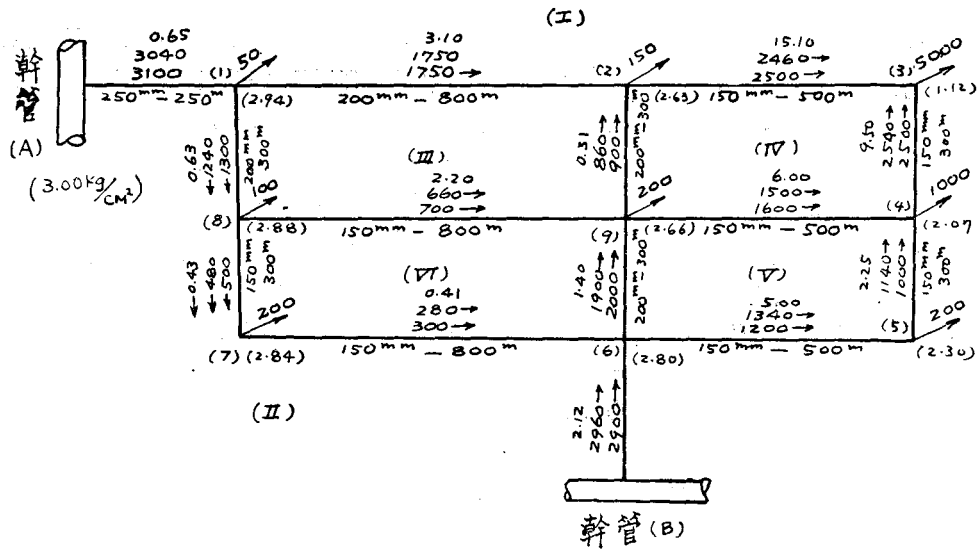
$$-0.1/0.0127 = +7$$

舉例2：如圖(十三)為部份配水管網線路圖，係由兩處幹管供水，每一管線之管徑及管長及取水之流量及地點，均已註明於圖上，試以下列假定計算各節點之水壓。

(1)二幹管之水壓相等，均為 30 公尺之水頭。

(2)各管路之摩阻係數 C 值，除 250 公厘口徑者為 120 外，餘均為 100

(3) 1000 CMD 家庭用水分配於各節點。5000 CMD 之消防水取自(3)點。



圖(五) 多環路配水管網流量分配圖

說明：以管線(A)~(1)為例
 0.65 爲此段管線之水頭損失
 3040 爲平衡後之流量
 3100 爲第一次假設之流量
 (A)、(1) 爲節點
 50 爲自節點(1)處取用之水量
 (3.00 kg/cm²) 爲幹管(A)之水壓
 (2.94 kg/cm²) 爲節點(1)處之水壓
 計算詳見配水管網計算表。

說明：

(1) 注意各節點流入節點之流，必須等於自該節點流出之流量。

(2) 凡爲兩環路共有之管線，宜用記號爲 0，△。等標誌之，以分別其爲第一次出現或爲再度出現。當再度出現時，則該線路之各項數值可免計算，僅將其第一次出現所求得之「水頭損失」、「 $1.85 \frac{h}{Q}$ 」及「改正數」三項，變更其正負號抄錄於再出現之表格內，以節省時間。其 $1.85 \frac{h}{Q}$ 無正負符號，則直接抄下即可。每一環路均如是考慮，則最後之環路，僅有少數之管線須查線算圖矣。

(3) 當一環路中各管線之水頭損失均查出後，將水頭損失之代數和被 $1.85 \frac{h}{Q}$ 之和除之，可求得導致此環路不平衡之大約流量，變更其符號記列於此一環路中各管線之改正數項下，由於此改正數亦爲一試算之

大約值，故在初試算時，宜採用10的倍數，小於10的數字可略去不計。本環路之改正數記列於改正行之左側，凡第二次出現之管線，應變更其改正數之符號，(即正變負、負變正)而抄列於包括此管線之前環路中該管線之改正數行中，但須抄於該行之右側。(見計算表)

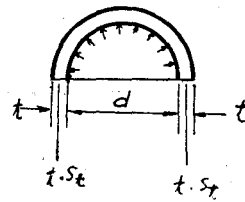
(4) 當全系統中之流量，已獲平衡後，自來源至主要取水點，應經由兩條路徑計算其水頭損失，而平均之爲宜。

(5) 在簡明線路圖中將最後之流量分別記入，並將水頭損失書於流量之近側，以求清晰。如欲求節點間之水頭損失，則僅須將點與點間各管線之水頭損失相加，即可求得。

(四) 水壓對於管壁拉應力計算：

自來水管內的水壓作用於管壁上，使管壁產生拉應力，其應力之大小可以下式計算。

$$P = \frac{\rho(d \times l)}{2} = \frac{\rho d}{2} \dots \dots \dots \text{公式 (12)}$$



圖(六) 管壁產生拉應力圖

P 爲單位管長所承受之張應力，(公斤)
 ρ 爲單位面積水壓力 (公斤/平方公分)
 d 爲管徑 (公分)
 例如：管徑 600 公厘，管內水壓爲 7 公斤/平方公分，試求一分長度水管之 T 值爲何？

$$P = \frac{7 \times 1 \times 60}{2} = 210 \text{ 公斤}$$

作用於閥門等之總壓力：

100公尺的水頭，其壓力為每平方公分 10 公斤，當閥門關閉時，此水壓力就作用在閥門的一面上，如閥門為 100 公厘時，加於其上的壓力，即為 $\frac{\pi}{4} \times (10 \text{ 公分})^2 \times 10 \text{ 公斤/平方公分} = 800 \text{ 公斤}$ 或 0.8 公噸；600 公厘之閥門作用於其上的壓力即為 283 公噸，由此可以說明開啓閥門所需要很大的力量，及在大閥門上為減少不平衡壓力需有繞流管的裝置，也可以說明在管線的彎頭與丁字管部位所需要的固定台，以抵抗管內水壓所產生的推力。固定台所承受的推力可以下式計算。

- F 為作用於管件上之推力，以公斤計算。
- d 為管徑，以公分計。
- P 為單位面積壓力強度，以每平方公分公斤計。
- θ 為管件之彎曲角度。

1. 管端之推力 $F = \frac{\pi}{4} d^2 p$ 公式(13)

2. 彎管之推力 $F = \frac{1}{2} \pi d^2 p \sin \frac{1}{2} \theta$ 公式(14)

3. 丁字管之推力 $F = \frac{1}{4} \pi d^2 p$ 公式(15)

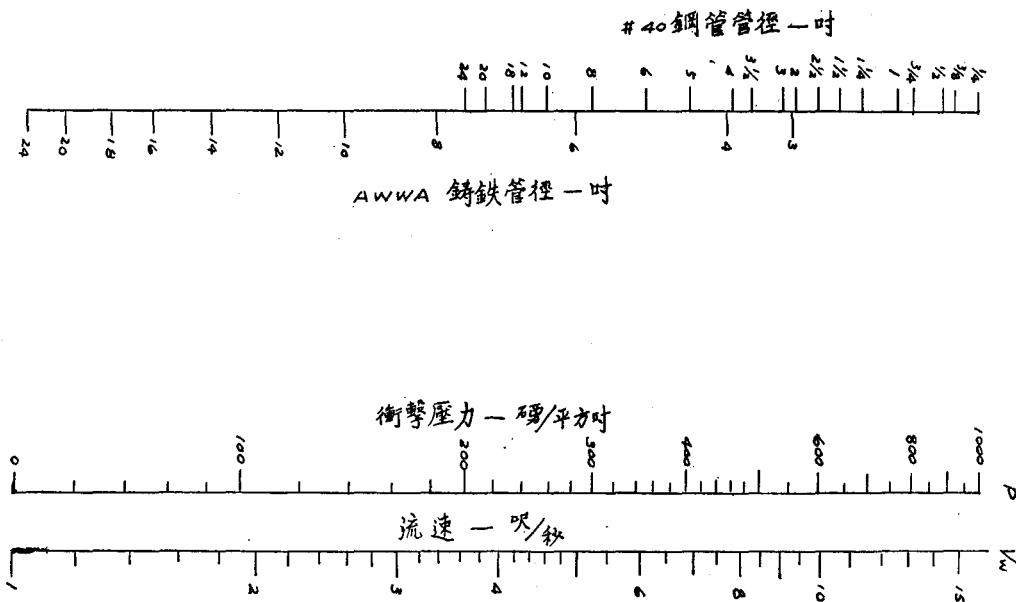
丁字管推力之方向沿丁字頭方向推動。

因水槌作用 (Water hammer)

乃是由於驟然阻止管中水流進行而發生。流速愈大，水槌作用愈大，同樣流速不變，水管愈大，水槌作用亦愈大，水在實際應用上乃被視為不可壓縮的，因此當閥門或開關突然被關閉時，管中移動水柱的動能變為功，使管內水壓力迅速的增高遠甚於其原有之壓力，而這種壓力一經發生，常沿着水管來回動盪相當時間，為了避免水槌作用而破壞水管，當開關閥門時，須保持一適當的速度開閉。其他如高揚抽水機或低揚抽水機發生故障或電源突然中斷，則易發生水槌作用，為了避免損及抽水機，故通常於抽水機出水口處裝設有逆止閥，必要時並於水管上裝設減壓閥，以消除水槌作用所產生之高壓。效為水廠管理操作人員，能簡便查出管線內由於水槌作用而引起之衝擊壓力大小，有助於操作管理，今介紹水槌衝擊壓力圖解一種，以供參考。如圖 (十五) 所示。

舉例：一口徑六英寸鑄鐵管，管內水之流速為每秒三英尺，當此管線上制水閥突然關閉時，其所受之衝擊壓力若干？

解：以直尺之邊連接圖解上六英寸管徑及 V_w 線上之 3，其與 P 線之交點為 170 磅每平方吋，即為衝擊壓力數值。



圖(15) 自來水管線之水槌衝擊力圖解

七、配水池容量計算

配水池之容量應為調節日常逐時變化之水量，並需要考慮消防水量與意外水量在內，至於為調節日常用水所需要貯蓄之水量，可以將用水量之變遷情形繪

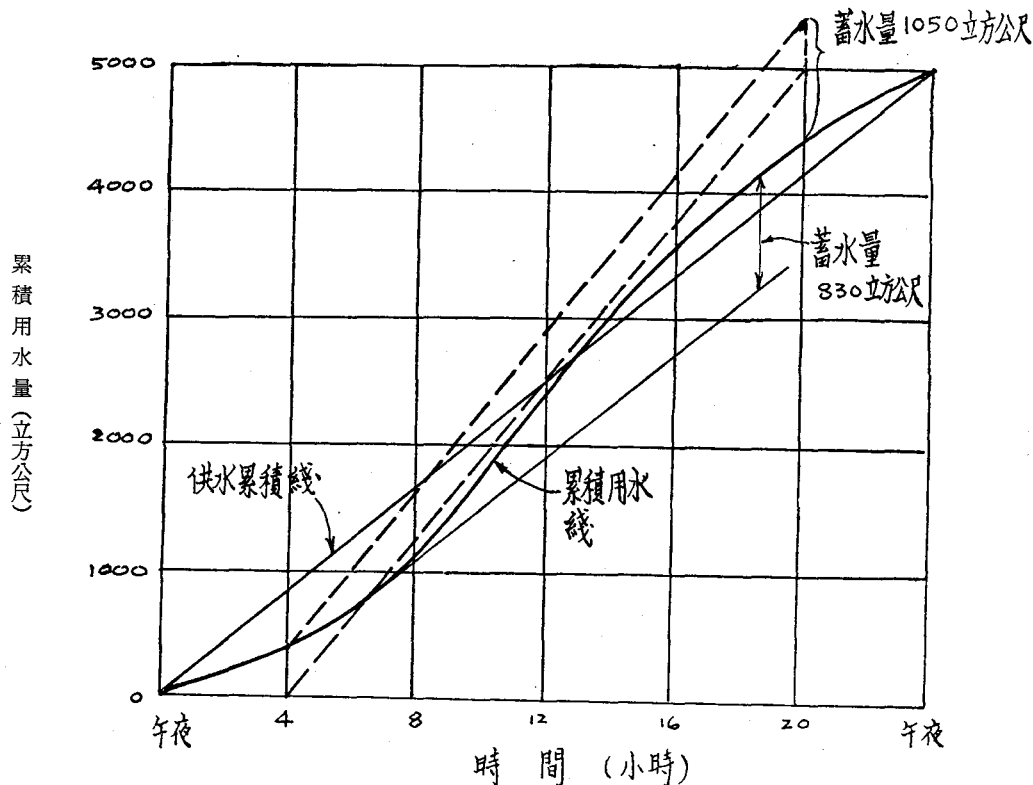
製成累積用水曲線求得之。其步驟如下：

(一)從過去經驗或紀錄，得到每小時用水量，為便利計算可假定四小時為一單位段落，設定用水量如下表，並計算其某一時段內之累積用水量。

表(十三) 累 積 用 水 量 表

時 間	午 夜 至 上 午 四 時	上 午 四 時 至 上 午 八 時	上 午 八 時 至 中 午	中 午 至 下 午 四 時	下 午 四 時 至 下 午 八 時	下 午 八 時 至 夜
用 水 量 (立方公尺)	350	800	1200	1150	850	650
累 積 用 水 量	350	1150	2350	3500	4350	5000

(二)以累積用水量為縱座標，時間為橫座標繪用水量累積曲線圖。如圖(十六)所示。



圖(十六) 配水池容量圖解

(三)繪供水之累積線，如果供水量為定量則為一直線。畫一直線與供水累積線平行且與用水量曲線相切，其間之距離即等於需要蓄水量。設24小時定量用抽水機供應配水系統，由圖上求得需蓄水量為830立方公尺，約為一日用水量之16.4%，假定抽水時間改為上午四時至下午八時，則蓄水量須增加至1,050立方公尺。至於消防用水量，茲列舉日本厚生省之規定用

水量，可作設計之參考。

意外需要之貯水量無一定標準，自數小時至數日不等，視各地情況而定，如為地面上配水池宜稍作多量之貯存，以備萬一。但配水池如為高架水池則常須考慮經濟方面問題，而不能大量貯水。前已論及通常多將配水池建造於配水系統上，其高度則須配合配水系統水壓。通常除配水池設於水源地附近者外，餘皆

配水池水面常浮昇於配水系統上，俾配合於進水和出水，其高程以晚間用水量少時可以流入，而白晝用水多時流出為原則，應依各地情況作不同之設計。配水池之進水管和出水管裝設之位置，應使池水不至於停滯為原則。出水管通常均由池底穿出，亦可由靠近池底處之池牆上穿出。水管如由池牆穿出當注意池中最低水位應高於管中心線兩倍管徑，牆外並裝設水管活動接頭，以使略有調節。但無論由池底穿出或池牆穿出均須注意不使其滲水，一般過牆用的水管多鑄一環凸出的緣，如同沒有孔的「法蘭」(Flange)。

以增加防漏之作用。在配水池內高水位處設置溢流管，底都設置排水管。池頂設適當之通氣孔及人孔。並應裝設水位儀，可將池滿或池空時之水位傳遞至清水抽水站，而作適當之調度。必要時可裝用高度閥，當水位至一定高度時則停止進水。

表 (十四) 消防用水貯存水量表

人	口	消防貯存水量 (m.)
5,000	以下	50
10,000		100
15,000		150
20,000		200
26,000		250
34,000		300
42,000		350
50,000		400

八、輸水與配水系統加壓設備

(一)概述：水源如無足夠的高差可以利用輸配水時，須利用抽水機加壓。抽水機如用於輸送原水者，一般抽升高度自數公尺至約二十公尺，其揚程較低謂之低揚抽水機。用於清水之輸配者，因需要維持配水管網有適當之壓力，故用高揚抽水機。如因輸配水中途階段壓力不夠時，須接力加壓者，是為加壓抽水機，其他如井用者尚有深井抽水機，沉水式抽水機等，以上按其用途情形而分類者。如就其原動力而論則有電動，汽油及柴油等區別。惟在自來水工程方面常用者，以電動離心式抽水機最為普遍。茲就此種抽水機作簡要之說明。

(二)抽水機抽水能力之計算：抽水機之任務係在單位時間內將一定水量抽升至一定高度，所以抽水機能力計算之主要條件為抽水量，抽水高度(又稱為揚程)

與所需功率。

1. 抽水量：抽水機於單位時間內所抽送的水量，故其單位為立方公尺/分，公升/秒。

2. 總揚程：就是將水抽升的高度，不過一般抽水機的揚程，除將水位所昇高度外並包括抽水機及所流經水管的摩阻損失在內。

3. 功率：抽水所用的功率，常以馬力 (HP) 計在公制單位： $HP = \frac{QH}{75E}$ 公式 (16)

式中 Q 為抽水量以每秒公升計

H 為總揚程以公尺計

E 為機械效率

4. 抽水機之口徑：抽水機之大小一般以抽水機之口徑表示，茲將抽水機之抽水量，口徑及流速之關係以公式表示如下：

$$D = 146 \sqrt{\frac{Q}{V}} \dots\dots\dots \text{公式 (17)}$$

式中 D = 抽水機出水口徑以公厘計

Q = 抽水量以每分鐘立方公尺計

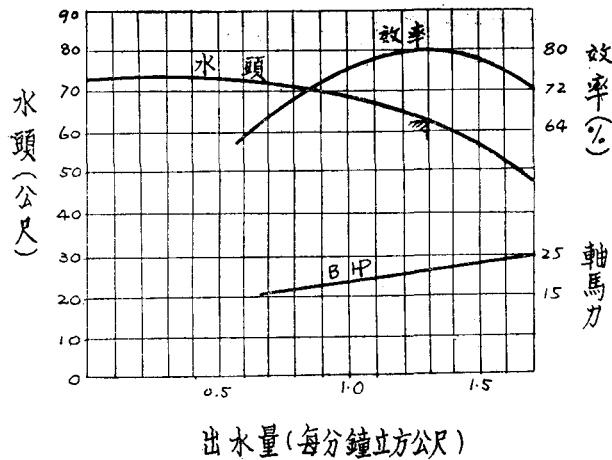
V = 流速以每秒公尺計

(三)抽水機之特性曲線：

某一種型式之抽水機其出水量與揚程有一定之關係，即在某一出水量時維持一總揚程，如果揚程改變，則出水量亦將隨之改變，此種變化關係，可用一曲線表示，稱為抽水量與揚程曲線。(亦即 Q-H 曲線)。

抽水機運轉在不同 Q-H 情形下，其機械效率亦不同，如果以抽水量為橫座標，效率為縱座標，可繪出抽水量與效率曲線。一般常以抽水機之最高效率時的抽水量稱為該抽水機之額定抽水量及揚程。抽水機大者其效率較佳約可達 80-85%，小型者則效率頗低，差者尚不及 50%。

茲根據 Q, H, 計算所得之功率，繪成功率曲線。則以上揚程，機械效率及功率三種曲線通稱為抽水機之特性曲線。用來代抽水機操作性能，故為設計抽水機時必需之資料。因此抽水機之製造廠商常將其出品之各式抽水機典型特性曲線印出，以備設計者參考選擇。如圖 (十七) 所示。一離心式抽水機之特性曲線，其最高效率 79%，額定出水量為 1.30 立方公尺/分鐘。揚程 62 公尺，需要馬力為 22 HP。



圖(七) 離心抽水機特性曲線

九、用戶給水

(一)房屋內部給水設備：自配水管接出通往用戶之專用給水管通稱「給水管」。給水管口徑之大小，視用戶房屋內部給水設備之多寡及其可能同時使用之所需水量而定。最簡單之用戶給水設備為僅一放水龍頭，複雜者可包括數十件衛生設備，故其需要用水之情形迥異。為滿足各種不同用戶用水之要求，用戶給水必須分別詳為設計。

各種衛生設備之名稱及其需要進水管之最小口徑如表(十五)所示。私人家庭中衛生設備與公共建築中之衛生設備用水量不同。各種口徑龍頭在水壓 0.5 kg/cm^2 時之放水量如表(十六)所示。但是用戶給水管之口徑須根據幹管最低水壓及用戶給水設備之可能同時用水量，並考慮水流過水管、管件、水錶等所摩擦阻損失之水壓，計算出給水管之口徑。

表(十五) 衛生設備進水管之最小口徑表

衛生設備名稱	使用水量(每分鐘立方呎)		最小管徑 (公厘)
	私人住宅	公共建築	
臉盆	1	2	10
浴缸	2	4	13
淋浴	2	4	13
沖水或小便斗	—	3-5	10
水箱馬桶	3	5	10
直沖式馬桶	6	10	25
洗滌槽	2	4	13

表(十六) 各種口徑龍頭之放水量

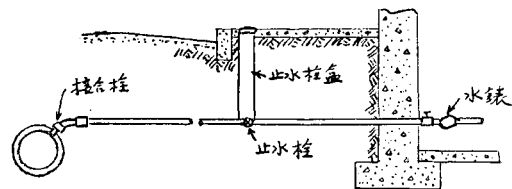
口徑(公厘)	10	13	16	20	25
流量(公升/分鐘)	10	17	15	40	65

表(十七) 龍頭裝設總數及其可能同時使用率

龍頭數(只)	同時使用率
1	1
2-4	2
5-10	3
11-15	4
16-20	5
21-30	6

(二)裝接用戶給水管：

自配水管引接給水管須在配水管鑽孔，可用鑽孔機為之。在鐵管上鑽孔口徑之限制為75公厘口徑小管，最大開13公厘孔，100公厘水管最大開20公厘孔，150公厘小管最大開25公厘孔，孔之位置宜鑽於水平方向上 45° 處。最大之鑽孔為50公厘，如給水管口徑大於50公厘者，則應改用丁字管連接。鑽孔位置先接一接水栓，再接給水管，如為鉛管或鋼管，因本身可以彎曲，可直接埋，如為使用硬質塑膠管或鍍鋅鋼管，則應在給水與接水栓之間接一鉛鵝頸，以容許稍能承受移動而不致拉斷漏水，如圖(十八)所示。



圖十八 用戶接水裝置示意圖

十、結論

(一)自來水廠將合乎標準之清水藉輸水與配水系統之大小水管輸送到供水社區之各處街道巷弄，以供用戶裝接支管取用。因此配水管線必須分佈於整個供水區域，且相互銜接形成配水管網。

(二)配水管線應具有適當的口徑，始能充分供應家庭與工商業之用水，應於必要時供給消防用水，以消滅火災。

(三)配水管線在最高用水量時，需仍能維持適當之水壓，以利輸送用水及防止污染。

(四)就經濟價值而論，輸配水系統的資產價值通常約佔自來水廠投資額之大部份，實在是自來水建設之重心，故設計時應考慮週詳，審慎從事。

(五)輸水與配水系統如果設計考慮未週將直接影響水廠之營運。

(六)本文就輸水與配水系統設計作整體性之研究學理與實用兼顧，俾供自來水工程設計之參考。

參 考 文 獻

1. E. G. Wagner and J. N. Lanoix, Water Supply for Rural Areas and Small Communities, World Health Organization, 1959.
2. W. A. Hardenbergh and Edward R. Rodie, Water Supply and Waste Disposal, International Textbook Company, 1961.
3. Ernest W. Steel, Water Supply and Sewerage 1960.
4. Gondon M. Gair and John C. Geyer, Elements of Water Supply and Waste-Water Disposal, John Wiley and Sons, New York, 1958.
5. Horace W. King, Chester O. Wisler and James G. Woodburn, Hydraulics, 1948.
6. Gordon M. Fair and John C. Geyer and Daniel A. Okun, Water and Wastewater Engineering, 1967.
7. Harold E. Babbitt, James J. Doland and John L. Cleasby, Water supply Engineering, 1963.
8. 臺北自來水廠編印配水裝置設計施工標準，民國五十三年。
9. 中國土木工程學會編印中國工程師手冊土木類，民國五十五年六月。

承包建築水利土木工程

明記營造廠

經理：吳明煙

地址：新竹市舊社里滿雅街八一號

電話：二 三 七 五 六

承包建築水利土木工程

金發營造廠股份有限公司

經理：蘇水結

地址：新竹縣竹北鄉中華路四三號

電話：五 二 二 二 七