

自來水工程

范純一 編著

中國土木水利工程學會

74931
20121

自來水工程

范純一 編著



中國土木水利工程學會

版權所有· 翻印必究

自來水工程

編 者 / 范純一

出 版 / 中國土木水利工程學會

總 經 銷 / 科技圖書股份有限公司

地 址 / 100 台北市忠孝西路一段 50 號 17 樓之 35 室

電話：886-2-23707080 · 傳真：886-2-23706160

網址：<http://www.techbook.com.tw/>

電子郵件：techbook @ms18.hinet.net

郵撥帳號：0015697-3

發 行 所 / 成陽出版股份有限公司

電話：03-2717085 · 傳真：03-3556521

地址：桃園市春日路 1492 號 4 樓之 8

印 刷 / 海王印刷事業股份有限公司

電話：02-22651491 · 傳真：02-22659661

版 次 / 2009 年 9 月

定 價 / 新台幣 200 元

圖書編號 / 2015B

ISBN / 957-655-153-6

版權所有· 翻印必究

本書如有破損、裝訂錯誤，請寄回調換



科技圖書—Since 1969

自來水工程

目 錄

第一章 自然水計劃之基本問題

1.1 緒 論.....	1
1.2 自然水計畫之範圍.....	3
1.3 計量單位.....	8
1.4 計畫年限及各項設施之容量.....	19

第二章 水源及水質

2.1 水源概述.....	24
2.2 水質及現行標準.....	30
2.3 水質檢驗.....	37

第三章 集水工程

3.1 蓄水庫.....	43
3.2 地面水進水建築.....	49
3.3 地下水及井.....	57

第四章 淨水工程

4.1 淨水概述.....	74
4.2 混 凝.....	79
4.3 沉 澱.....	89

2 自來水工程

4.4	慢 濾	91
4.5	快 濾	102
4.6	曝 氣	109
4.7	消 毒	113
4.8	軟 化	117

第五章 輸水及抽水工程

5.1	一般計畫	121
5.2	水 管	127
5.3	附屬設備	131
5.4	抽水機	144
5.5	抽水站	153

第六章 配水工程

6.1	配水系統	158
6.2	配水管網	161
6.3	配水池	166
6.4	用戶給水	174

第一章 自然水計劃之基本問題

1.1 緒 論

1.1-1 公共給水之需要

本書所論「自來水」，係指以水管及其他設施導引供應合乎衛生，適於直接飲用之「公共給水」。

自水之最大效益為供應安全之飲水，滅絕一切水媒傳染病，並增加家庭一般清潔用水，達到改善公共衛生，提高人民生活之目的。其次，自來水為消防之必要設施。完善之自來水應為都市繁榮之一項重大保障。而某一地區工業之是否能夠發展，亦常視自來水之有無或其是否充足為其主要考慮條件。公共給水之需要，因都市人口集中與工業發展更趨迫切，故自來水工程現已公認為都市及鄉鎮之基本公共工程建設。

1.1-2 自來水工程設施

自來水工程設施可分為集水、輸水、抽水、淨水、配水等五大項，簡述其大概如下：

a. 集水工程

1. 進水設備

地面水 進水塔、進水間、進水管、分水壩。

地下水 泉水集水井、淺井、輻射井、深井、集水暗

2 自來水工程

渠。

2 蓄水庫堤、壩。

b. 輸水工程

1 壓力管線。

2 順坡管渠。

3 隧道。

c. 抽水工程

1 低揚抽水機（渾水）。

2 高揚抽水機（清水）。

3 加壓抽水機。

d. 淨水工程

1 氣曝

2 混凝及沉澱

3 過濾

4 軟化

5 消毒

6 其他化學處理

7 淨水儲備

e. 配水工程

1 配水池

2 配水管網

3 用戶專用水管

4 制水閥及消防栓

5 屋內用水設備

1.1-3 建設目標

自來水計畫應考慮給水區域內將來人口增加及工商業之發展，而作分期建設。上節所述一切工程設施均應以能符合下列要求為目標，即完善之自來水應為：

- a. 水質優良 合乎衛生，可口適飲。符合「飲水標準」之規定。
- b. 水量充足 隨時可供應各種需要之用水量。
- c. 水壓適當 可輸配至供水地區內任何地點，並有餘壓可上升至一般高樓。

至其有關技術細節與設計標準，將於本書以後各章中討論之。

1.1-4 自來水事業

自來水事業係指依自來水法，規定以經營自來水為目的之事業，自來水事業為公用事業，以公營為原則，但如地方無力創辦時，亦得准許民營。

自來水事業不論其為公營或民營，要以企業方式，以事業發展事業為經營之原則。就其性質而論，自來水既為公用事業，旨在謀公眾福利，而不以營利為目的。另一方面，自來水係經過工程操作之產品，實為一種工業，且就其產量言，常為規模極大之工業，故應適用一切工業管理方法，以求達到其最高效率。

1.2 自然水計劃之範圍

1.2-1 給水區域

自來水計畫應先確定給水區域之範圍。給水區域小者僅包括一鄉村或一市鎮之全部或部分地區，大者則可遍及數市鎮乃至數十鄉村。前者為「個別給水」制，後者為「區域給水」制。計畫

4 自來水工程

時宜就：①水資源之充分經濟利用；②較大工程可能減低單位出水量建設成本及③自來水事業之有效經營等問題，分析比較後加以抉擇。一般而論，對區域給水之可能性，應予充分考慮。

1.2-2 人口預測

給水區域內過去及現在之人口總數為估計給水人口與用水量之基本資料，應有正確之調查統計。自來水計畫常須考慮今後之發展，故將來人口增加，應盡可能作一合理之預測，以為設計之根據。一城市或一地區人口之增加，多呈機動性。除自然增加率外，人口之異動受政治、經濟、工業等影響甚大，常非一定值，但如經過相當長時期，地方性質無特殊變化，則從過去人口統計資料，可能預測將來人口增加之一般趨勢。

人口預測之方法，常用者有數學計算法、繪圖法、S形理論曲線法等，分述如下：

a. 數學計算法 就以往一已知時期內，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，每年增加一固定數目，通稱「平均增加數法」。可以算式表示如下：

$$P = p + m (p_1 + p_2 + \cdots + p_n) / n \quad (1.1)$$

其中 P 為預測 m 年後之人口數

p 為現在人口數

$p_1, p_2 \cdots p_n$ 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。一般新興城市，其人口增加趨勢可能較快，宜採用「平均增加率」法，其算式如下：

$$P = p (1 + f)^m \quad (1.2)$$

式中 P , p , m 與上式同, f 為人口增加率之平均數, 即 $f = (f_1 + f_2 + f_3 + \dots + f_n) / n$ 。 f_1 、 f_2 、 f_3 …… f_n 為 n 年間人口之增加率。

以平均增加率法預測較長時間之人口, 常將失諸偏高, 必要時宜加修正而改用「漸減增加率」法, 即如發現上述 f_1 、 f_2 、 f_3 …… f_n 之值有減低之趨勢時, 則 f 值不宜用上式之平均數, 而改用一較小之數值。

b. 繪圖法 將過去人口調查資料, 按各年代人口數繪成曲線如圖 1.1, 再依其坡度將曲線展延至預測年份而求得該年之人

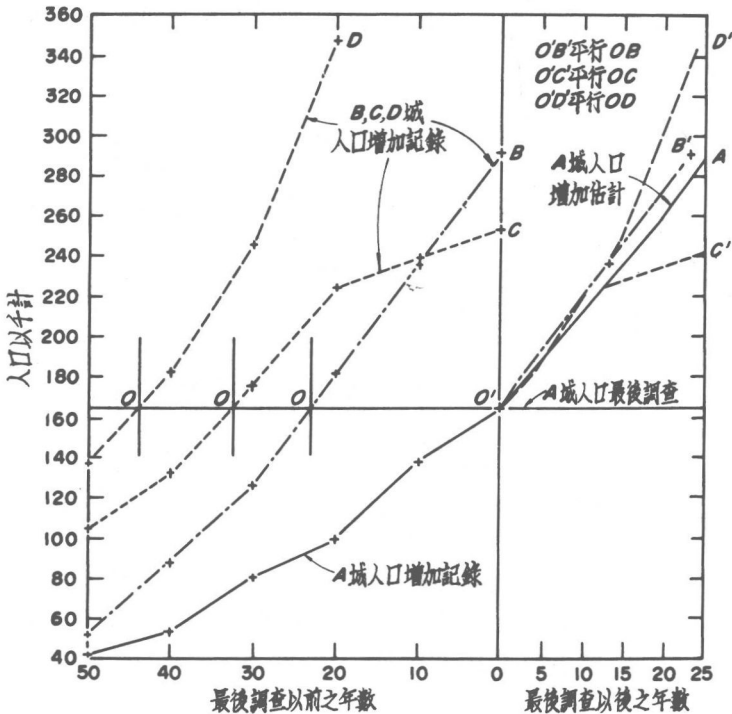


圖 1.1 繪圖法預測人口

6 自來水工程

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，參考其發展一般趨勢，再取其平均數延展預測曲線，見同圖。

c. S形理論曲線法 以上述各法預測將來之人口，其結果將為人口隨時間增加而無止境，此與事實不盡相符，理論亦欠合理。蓋一城市或區域人口增加過程中，因處於有限度經濟發展條件下，其趨勢，在初期常較緩慢，中期較為急速，後期則復趨於減少而終止於飽和。故一般都市計畫中均假定有所謂「飽和人口」。上述人口增加趨勢如用圖表示，可得一S形理論曲線如圖 1.2。

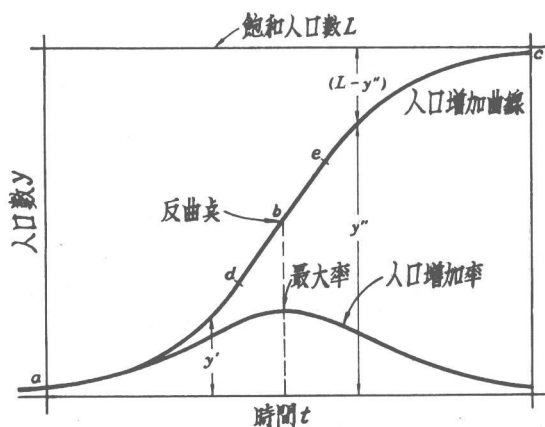


圖 1.2 S形理論曲線（由 a 至 b 所示呈平均增加率增加；由 d 至 e 呈平均數增加；由 e 至 c 呈遞減率增加。）

應用此法預測人口時，都市之飽和人口可依都市分區與人口密度作合理之假設。一城市之人口，僅在未飽和之前有增加之可

能。將各年代之人口數，化成相當飽和人口之百分數，再將此項資料與年代繪於或遇率之格紙上，則此理論曲線將接近一直線，然後延長此一直線可推出預測年代之相當飽和人口百分數，再求得人口數。

茲舉例如下：

甲城人口統計資料為：

1900 — 16,300 ; 1910 — 20,000 ; 1920 — 27,530 ;

1930 — 29,870 ; 1940 — 35,750 ; 1950 — 45,550 。

假定飽和人口為 87,000 人，試預測 1970 年之人口數。

先將各年次人口數化為相當飽和人口百分數則得：

1900 — 18.7 % ; 1910 — 23 % ; 1920 — 31.8 % ;

1930 — 34.4 % ; 1940 — 45.8 % ; 1950 — 52.3 % ,

繪於算術或遇率圖上，得如圖 1.3 。延長至 1970 年，得相當飽和人口百分數為 66 % 。故其預測人口數為 $87,000 \times 66 \% = 57220$ 。

1.2-3 給水普及率及給水人口

計畫自來水時除非該城市為一新發展區域須全部給水外，通常應考慮給水普及率。給水普及率為給水人口數與總人口數之比率。因我國鄉村、城鎮、都市之形成，其人口集居大多數已有相當之歷史，在未建設自來水以前，人民已習慣於自找個別水源，以供其日常用水。創設自來水以後，勢將仍有一部份人民保持其自用水源，故事實上給水人口將較總人口為少。一般而論，給水普及率將隨自來水設立年數與時俱增，根據以往建設經驗，創辦

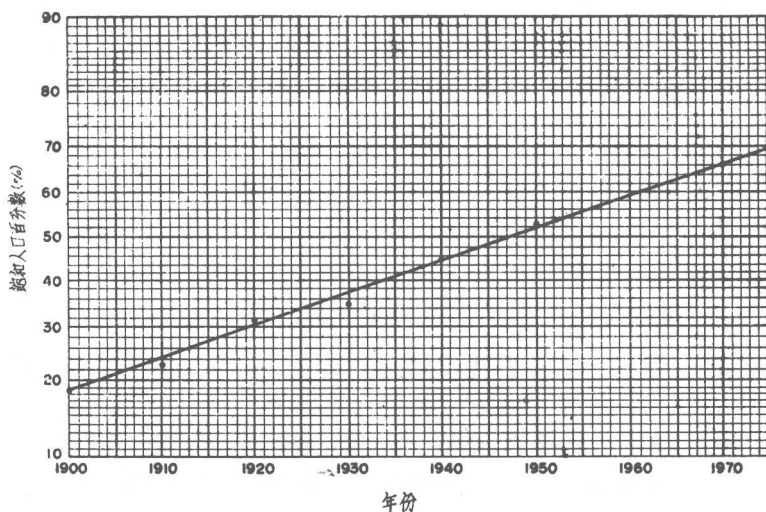


圖 1.3 算術或速率繪圖預測人口

後十年給水普及率約可達 50%，二十年後則可達 80%，可作設計之參考。

1.3 用水量

1.3-1 計量單位

自來水之計量，在我國常以體積立方公尺或公升為單位，或以其相當之重量單位公噸或公斤計算。水之比重在標準狀態之下等於一，在其他狀態之下亦接近一，故上述體積與重量之數值實際相同。自來水廠之出水量與自來水系統內之用水量須考慮時間之因素，故恒以流量單位表示，即單位時間內流過之水量，以每日、每小時、每分或每秒立方公尺或公升計算。分析用水量或計算自來水設備之容量時，常將人口數目一併考慮在內，則以每人

每日公升計算。一立方公尺等於一千公升。美國現用加侖計量，一立方公尺等於 265 加侖。

1.3-2 日常用水

自來水之日常用水，一般就用途分爲家庭用水、工商業用水與公共用水等三類。我國慣例，則就用戶性質，分爲普通用戶與營業用戶兩種，後者包括一切以水爲營利之工商業用戶。營業用戶之水費常較普通用戶爲高，此爲用戶分類之最大理由，但晚近水費有趨於統一費率之勢，用戶分類或終將廢除。故用水量仍以用途分類分析研究爲宜。

家庭用水包括飲用、烹飪、洗濯、厨房淘洗、沐浴及其他清潔之用，其用水量約如下數：

- | | |
|-----------|------------------|
| a. 烹飪 | 每人每日 4~6 公升。 |
| b. 飲用 | 每人每日 1.5~2.0 公升。 |
| c. 個人清潔用水 | 每人每日 15~20 公升。 |
| d. 厨房淘洗 | 每人每日 12~15 公升。 |
| e. 洗衣 | 每人每日 10~15 公升。 |
| f. 其他 | 每人每日 10~15 公升。 |

爲維持衛生清潔之最少用水量約爲每人每日 30 至 40 公升。沐浴用水較多，浴缸每次用水約 80 至 100 公升，淋浴一次約需用水 20 至 40 公升。如用戶裝設抽水馬桶，一次沖水約 5 至 10 公升，勢須增加用水量。故家庭用水量之多少，將視各地氣候之不同、家庭經濟情形之懸殊、生活程度之高低、衛生設備之有無而大有差別。在正常無浪費情形之下，用戶僅裝一龍頭者，平均每日每人用水量約 50 至 80 公升。有衛生設備之家庭，平均每人每日用水量可能提高至 100 至 150 公升。特殊之富戶常須增加灌

10 自來水工程

澆花園草地，洗刷汽車等用水，其用水量可能達每人每日 200 公升以上。又房屋裝置空氣調節設備，需用水量甚多，每噸冷凍約需水每小時 600 公升，如加冷卻設備循環使用則可減少至每小時 12 公升。空氣調節設備用水常集中於炎熱時期，與夏季用水尖峰同時發生，故自來水廠常加以限制

大都市之有顯著商業區及行政區者，高樓大廈內之用水量，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：

- | | |
|---------|------------------|
| a. 辦公大樓 | 每人每日 40~60 公升 |
| b. 日間學校 | 每人每日 40~60 公升 |
| c. 醫院 | 每病床每日 200~400 公升 |
| d. 旅館 | 每房間每日 400~600 公升 |

公共用水量約可包括下列諸項：

- | | |
|---------------|---------------------|
| a. 澆灌公園草地 | 每平方公尺每日 1.5 公升 |
| b. 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 |
| c. 下水道沖洗 | |
| d. 洗洒街路 | |
| e. 公共噴水 | 每日 50~100,000 公升 |
| f. 公共游泳池 | 每平方公尺每日 500 公升 |
| g. 公共飲泉（間歇供水） | 每日 3,000 公升 |
| h. 公共飲泉（不斷供水） | 每日 15,000~20,000 公升 |

消防用水通常亦包括在公共用水之內，一年間消防用水之總水量常僅占年總用水量之百分之一至二，但以其使用量係集中於短時間內，影響配水系統之容量設計甚大，故須予特別考慮。如將公共用水量統計攤分於全體用水人口，則平均約為每人每日 20

至 30 公升。

1.3-3 工業用水

各種工業需要之用水量，視其性質之不同而大有差別。表 1.1 係節錄自美國自來水學會 1961 年出版之配水工程手冊，示各種工業單位生產量所需之用水量，以供參考。按工業用水以冷卻用水為大宗。在用水過程中是否應裝置冷卻設備藉以減少用水量之絕對值，主要考慮為一經濟問題，故其需用水量變化範圍甚大。再就工業用水之所需水質而言，一部分製造過程中或生產品中之用水，常須極度純淨，其化學物含量標準較一般飲用水尤高。故都市之有大量工業者，其工業用水問題常須特別考慮，解決之途徑不外下列兩種：

a. 公共給水系統供應合乎飲水標準之自來水，工業使用公共自來水。如有必要，由工業自行設置小型之處理廠，處理少量高度純淨之操作過程或生產品用水。

b. 設置專用工業水道，供應工業用水。一般而言，普通工業用水之水質標準可較低，仍需由工業用戶自行設置小型水廠處理其所需之高度純淨操作過程及生產品用水。

前法之優點在統一自來水系統，管理簡單，後者需兩個分開系統，有混接之危險。除工業都市或都市之有集中之工業區者可考慮採用後者外，一般以採用統一供應之方法為宜。

1.3-4 漏滲及其他

嚴格言之，漏滲不應列入用水之內。惟一般慣例，以水廠總出水量為計算用水量之基數，而將其與上述各種用水量總和之差額，統歸入本類，名之為「無費水量」。無費水量一部分係由於

表 1.1 工業用水量表

工 業 類 別	生產單位	需用水量(美加侖)	工 業 類 別	生產單位	需用水量(美加侖)
化學製品	加侖	120	造紙工業		
工業酒精	噸	6,300	紙漿	噸	60,000-85,000
鋁(Bayer法)	噸	200,000	紙	噸	39,000
硫酸鋁	噸	30,000	紙板	噸	15,000-90,000*
碳化鈣	噸	20,000	石油		
二氧化碳	噸	660,000	天然汽油	加侖	20
氫	噸	500	煉油	桶	770
肥皂	噸	18,000	紡織		
蘇打	噸	60,000*	棉織品(漂)	噸	60,000-80,000
氯酸鈉	噸	650-4,875*	棉織品(染)	噸	8,000-16,000
硫酸	噸	500-1,000+	人造絲	噸	90,000-200,000
食品及食品加工			毛紡	噸	140,000
麪包	噸	9,000	水泥	噸	750
牛奶裝瓶	噸	5,000	焦煤	噸	1,500-3,600+
奶油	噸	1,000	蒸汽發電	噸 瓦時	80-170*
蔗糖	噸	2,160	製鋼	噸	15,000-110,000*
甜菜糖	噸		煉鐵	噸	1,000

註：*範圍自充分循環使用至一次使用。

+ 包括各種步驟。