

研究所·高普考叢書

給水工程學精要

編著者 黃 政 賢

曉園出版社

版權所有・翻印必究

初 版

1986年9月第一次印刷發行

1988年9月第二次印刷發行

給水工程學精要

下冊定價：新臺幣 260 元 港幣 80 元

編著者：黃 政 賢

發行人：黃 旭 政

發行所：曉 園 出 版 社 有 限 公 司

HSIAO-YUAN PUBLICATION COMPANY LIMITED

臺北市青田街7巷5號

電話：(02) 394-9931 (六線)

郵撥：1075734-4 號

臺大店：臺北市新生南路三段96號之三

電話：(02) 3917012・3947375

重南店：臺北市重慶南路一段115號

電話：(02) 3313360・3149580

工專店：臺北市新生南路一段6之9號

電話：(02) 3968664

逢甲店：臺中市西屯區文華路113號

電話：(04) 2512759・2546663

淡江店：臺北縣淡水鎮英專路71號

電話：(02) 6217840

香港所：九龍又一村達之路30號地下後座

電話：3-805807 3-805705

印刷所：復 大 印 刷 廠

臺北市武成街36巷16弄15號

出版登記：局版臺業字第 1244 號

著作執照：臺內著字第 號

403

作者簡介

作者：黃政賢
籍貫：台灣省台南縣
出生：47年7月
學歷：國立中興大學環境工程系畢
國立中央大學土木研究所碩士
經歷：台灣省政府住宅及都市發展局
台北市立動物園污水處理廠
臺灣電力公司環境保護處
著作：台灣地區主要河川涵容能力特性之研究
（指導教授：李錦地）
考試：民國73年普考環境工程科及格
民國74年高考環境工程科及格

再 版 序

「給水工程學精要」於七十五年八月初次出版以來，承蒙廣大讀者之喜愛及指教，謹致上由衷之謝忱。

給水工程學為環境工程領域中必備之學科，且一直是歷屆研究所及高、普、特考之重點科目。鑑於近年來考試方向之變動性已漸趨定型，且給水科技方面亦已臻於成熟階段，因此，本書再版仍保留初版中之大部分精華，同時亦補充若干新內容及增列最近考試題目，以利讀者確切掌握考試方向。

最後，謹盼各位先進、專家及學者，再次給予支持與指教。

黃 政 賢

謹識於 77 年 8 月

台電公司環境保護處

編 者 序

本書之編著主要是輔助給水工程學教科書之用，做有系統之整理，從理論原理之說明至問題之研究與解題，提供了分析方法與解題方針，並能從題解的剖析，擴充了理論之基礎，在實際的設計、操作、管理得到良好的啓發學習之門。

本書搜集了各校歷年期中考、期末考及高考試題，由於試題卷數眾多，且也有遺缺之處，不能一一詳細列出，但所列試題均為代表特選之題，且對考試重複試卷也做了濃縮整理，相信準備各校校內考試、研究所入學考試、高普考、特考、技師考試等，能提供了正確有效的準備方向。

本書題解內容，部份摘自國內諸專家資料，謹此致謝。又編印期間承蒙校友、同學提供考試試題及曾如娟小姐之校稿，特在此一併致謝。

本書倉促付梓，難免有遺漏不全之處，尚祈專家學者不吝指正，幸。

黃 政 賢

著於中和
七十五年六月

目 錄

第一章	總則與規則	1
第二章	取水工程與設施	45
第三章	導水工程與設施	81
第四章	抽水工程與設施	95
第五章	淨水工程與設施(混凝及膠凝)	117
第六章	淨水工程與設施(沉澱)	143
第七章	淨水工程與設施(過濾)	161
第八章	淨水工程與設施(消毒與特殊處理)	195
第九章	配水工程與設施	229
歷年高等考試試題集錦		275
歷年台灣大學校內考試試題集錦		307
歷年中興大學校內考試試題集錦		333
歷年成功大學校內考試試題集錦		339
歷年中央大學校內考試試題集錦		371
附錄(一)	給水工程學常用單位及換算	383
附錄(二)	自來水法	387
附錄(三)	飲用水管理條例	409
參考書目		413
作者簡介		415

第一章

總則與規劃

本章原理與重點

1. 給水工程之內容：

- (1) 取水工程。
- (2) 導水工程。
- (3) 淨水工程。
- (4) 配水工程。
- (5) 用戶給水工程。

必須滿足三項目的：

- a. 充足水量。 b. 良好水質。 c. 足夠水壓。

2. 給水工程規劃內容：

- (1) 計劃目標年：自來水設施為永久性設施，儘可能將目標年拉長。
- (2) 計劃供水區域：將朝區域給水發展。
- (3) 計劃供水人口：根據供水區域內之人口成長，推定計劃目標年之長住人口，再乘供水普及率決定之。
 - a. 短時間預估人口法（1～10年）：算術增加法、幾何增加法、遞減增加法、指數曲線法。
 - b. 長時間預估人口法（10～50年或更久）：圖形比較法、理論曲線法（S曲線法）、曲線延長法、由人口密度預估人口法。

2 給水工程學精要

- (4) 計劃供水量：供水人口或其他特定單位（如工業區面積）乘以單位供水量而得。供水量隨時間變遷有平均日、最大日、最大時及最小時等之別，此與自來水設備之設計容量息息相關。
 - (5) 水源之選擇：包括水質與水量。水量方面應經常取得計劃所需水量，水質須良好且與淨水方式息息相關。
 - (6) 設施之配置與水位關係：水源及取水點決定後，即可決定取水、淨水及配水等設備之配置及導送水之方式。考慮要點：
 - a. 配合及利用地形、地勢。
 - b. 施工及操作維護上安全且容易。
 - c. 工程經濟性。
 - d. 配合城市未來發展趨勢。
 - e. 考慮將來擴建之配合。
 - (7) 設施之安全及其他：
 - a. 對天然意外災害應有高度安全性。
 - b. 自來水設施引起之公害、環境干擾應減至最低。
 - c. 對未來環境的變化應有適應性、涵容性。
3. 自來水水質要求：
- a. 適飲（Potable）
 - b. 可口（Palatable）
4. 水質檢驗目的：
- a. 安全、衛生的檢驗（適飲）。
 - b. 水之可口程度。
 - c. 經濟性影響程度。
 - d. 評估各種水處理之效果。
 - e. 水廠設計、操作之基本資料。
5. 自來水工程設施設計年限：
- a. 集水設備：地面水（水庫）：25～50年，地下水（井）：

- 5 ~ 10 年。
- b. 輸水設備：大型幹管：25 ~ 50 年，支幹管：15 ~ 25 年。
 - c. 淨水設備：利息高：10 ~ 15 年，利息低：20 ~ 25 年。
 - d. 抽水設備：10 年。
 - e. 配水設備：20 ~ 25 年。
 - f. 水壩：25 ~ 50 年或更長。

例 1-1

自來水工程計劃時，應調查那些項目？

【解】

- (1) 推估基本資料並調查相關之計劃：
 - a. 搜集給水區域內過去供水量、售水量、有效無效用水量及其他用途別（家庭、工商業用水）之用水量。並伸究其原因，尤其是特殊用水量大的時間、地點應加以探討（如觀光地區、船舶供水、廟慶拜拜……等）。
 - b. 分析用水量變化情形：家庭用水各設備用水量，工業用水與人員、生產額、工廠面積之關係，日平均用水量，最大日、最大時用水量，消防用水量等。
 - c. 用戶直接抽取地下水之抽用情形。
 - d. 調查性質及發展類似城市之相關用水量之資料。
 - e. 與需水量有關之計劃調查：如市地重劃，工業區之開發，國宅、新社區之開發等計劃。
- (2) 水量及水質之調查：
 - a. 以表面水為水源：水文資料應在十年以上以了解流量之變化情形，並能求出其安全出水量。其他用途之取水如灌溉用水、工業用水、發電、航運、水產用水均應詳細調查。
 - b. 以地下水、伏流水為水源：水井地層資料、區域內水井

出水量、地下水位之調查。

- c. 水源水質之調查：可決定淨水方式。尤其在枯水期或暴雨期應特別調查其水質情形。
- (3) 現有自來水工程設施採行之水源種類、水質情形、淨水方式、配置、配水方式、操作維護管理情形之調查評估，可提供新計劃之參考。
- (4) 自然與社會條件之調查：
 - a. 地形及地質調查：地形圖、河川湖泊之水位、地形之變化起伏、土質調查資料、地盤沉陷情形等以了解設施構造與工程的難易度。
 - b. 過去災害的記錄：地震、颱風、水災及其他天然災害損壞情形。
 - c. 計劃區域內環境調查：道路狀況、地下結構物調查、住宅土地開發情形、土地房有者對計劃之態度等。
 - d. 有關開發計劃：如市地重劃、新社區開發、工業區開發、道路計劃、土地改善計劃等。
- (5) 有關法令法規調查：如自來水法、自來水法施行細則、飲用水管理條例、水利法、水污染防治法、自來水工程設施標準、台灣省救火栓設置標準、台灣省自來水用水設備標準、都市計劃法、區域計劃法、台灣省或台北市自來水標準、台灣省自來水用水設備標準、下水道法等。

例 1-2

給水工程計劃報告書至少應包括那些項目？

【解】

- (1) 計劃概說：工程計劃之起緣、區域環境之說明。
- (2) 區域內各自來水廠之現況：可做為擴建工程之參考及新建工程之設計、操作、管理之參考。

- (3) 計劃給水區域之範圍說明：通常以區域性觀點說明，並詳述區域內人口分佈、現有自來水工程設施配置情形、區域內相關自來水工程計劃說明。
- (4) 計劃需水量：計劃目標年之給水人口、給水普及率、每人每日用水量情形、計劃用水量（包括平均日、最大日、最大時、最小時用水量）、工業用水、消防用水、給水有關之操作、維護用水及其他無效水量之調查。
- (5) 水源之選擇與導水、淨水、配水方式之關係：就給水區域內水文、地形變化、地質、土地利用情況及所有地面水源、地下水源分析，選擇數個可用水源。並就數個可能之導送配水、淨水方式配置分析檢討操作、管理、經濟性之優劣性。最後選擇一個最佳方案。
- (6) 就水源、取水、導送水、淨水、配水各項設施之地點、配置及構造等概略作水力分析及結構計算，並分析其安全性。
- (7) 財源及未來擴建的展望：就工程費（分項工程費、總工程費）、年費、施工及維護管理費、人員費用項目加以檢討並分析財源、貸款必要性及分期施工建設、擴建時間等加以擬定計劃，以供日後經營之參考。

例 1-3

計劃需水量之估計須包括那些項目？何謂計劃用水量？

【解】

計劃需水量之估計應包括下列項目：

- (1) 設計年限（Period of design）：為給水系統各設施之使用年限，由於大部份屬於永久設施，故儘可能考慮長期之需要。
- (2) 預估供水區域人口之成長，並決定給水區域之範圍及給水普及率以求給水人口。

(3) 估計每人每日需水量，應包括將來因生活水準提高及工業發展而增加的每人每日需水量。每人每日用水量約為 100 gal。計劃用水量：可分為計劃平均日用水量、計劃最大日用水量、計劃最大時用水量及計劃最小時用水量。

- (1) 計劃平均日用水量 = 計劃每人每日用水量 × 設計年限之預測人口 × 設計年限時給水普及率。

使用時機：計算淨水用之藥劑量、電費、維持管理費、水費等。

- (2) 計劃最大日用水量 = 計劃平均日用水量 × (1.2 ~ 1.6) (取 1.5)。

使用時機：蓄水設備、取水、原水抽水機（低揚程）、送水、淨水等設備之設計。

- (3) 計劃最大時用水量 = 計劃平均日用水量 × (1.8 ~ 2.7) (取 2.5)。

使用時機：設計配水管線、配水池和配水用抽水機（高揚程）等。

- (4) 計劃最小時用水量 = 計劃平均日用水量 × 0.33

使用時機：配水池如採用浮動方式，或配水系統中有加壓站設施等，在用水量較小時，需要足夠之進水量以注滿水池。此時配水管之流量有時反而比其他供水量為大，因此需要推估最小時供水量，據以分析所需管徑大小。

例 1-3-1

計劃給水人口十萬人之都市，每人每日用水量為 200 公升求
①計劃平均日用水量；②計劃最大日用水量；③計劃最大時用水量；④繁華區之消防用水量；⑤同時用水量；⑥高、低揚程抽水機容量；⑦最小時用水量。

【解】

- ① 計劃平均日用水量 $= 200 \times 100,000 \times 10^{-3}$
 $= 20,000 \text{ CMD}$
- ② 計劃最大日用水量 $= 1.5 \times 20,000 = 30,000 \text{ CMD}$
- ③ 計劃最大時用水量 $= 2.5 \times 20,000 = 50,000 \text{ CMD}$
- ④ 繁華區之消防用水量 $= 1,020 \sqrt{100} (1 - 0.01 \sqrt{100})$
 $= 9,180 \text{ gpm} = 50,035 \text{ CMD}$
- ⑤ 同時用水量 = 最大日用水量 + 消防用水量
 $= 30,000 + 50,035$
 $= 80,035 \text{ CMD}$
- ⑥ 高揚程抽水機容量 $= 3 \times \text{平均日用水量}$
 $= 3 \times 20,000 = 60,000 \text{ CMD}$
 低揚程抽水機容量 $= 2 \times \text{平均日用水量}$
 $= 2 \times 20,000 = 40,000 \text{ CMD}$
- ⑦ 最小時用水量 $= 0.33 \times \text{平均日用水量}$
 $= 0.33 \times 20,000 = 6,600 \text{ CMD}$

例 1-4

試列出有關自來水設備之設計容量？

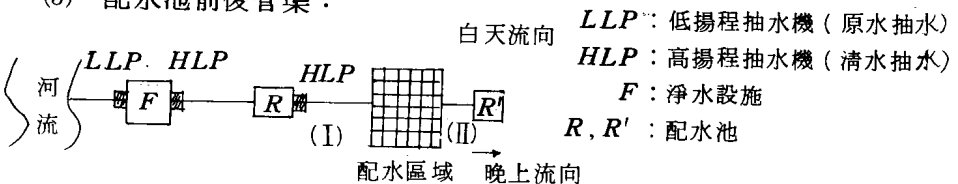
【解】

- (1) 河流進水設備及井：

最大日用水量 $(1.5 \times \text{平均日用水量}) + \text{處理廠用水及取水口至淨水廠之損失水量}。$

- (2) 導水管（淨水池前之管渠）：最大日用水量

- (3) 配水池前後管渠：



上圖(I)之管渠：最大時用水量，若發生火災應滿足最大日用水量加消防用水。

上圖(II)之管渠：(最大時—最大日用水量)或(最大日—最小時用水量)取其中較大者。

- (4) *LLP*：最大日用水量加備用單位(抽水機故障修理)通常是 $2 \times$ 平均日用水量。
- (5) *HLP*：最大日用水量+備用單位(抽水機故障修理)通常是 $3 \times$ 平均日用水量。
- (6) 淨水廠：最大日用水量+處理廠用水(反沖洗用水)
快濾廠： $1.6 \times$ 平均日用水量；
慢濾廠： $1.4 \times$ 平均日用水量。
- (7) 清水池：有效容量應考慮淨水廠操作而定，停留時間約1小時。
- (8) 配水池：平均時用水量之5~6小時，若配水池包括消防用水則需8~12小時，最低是6小時。

例 1-5

影響用水量之因素有那些？

【解】

- (1) 都市之型態：都市發展愈快速，各種公共用水、家庭用水、工商業用水也隨著愈大，且由流動人口所消耗水量也愈大。
- (2) 水文條件：多雨地區用水量會減少，夏季時公共用水如游泳池用水量大增。
- (3) 地區之性質：一城市中，工業區、商業區、住宅區及文化政治區等之用水量相差甚大。
- (4) 水質與水壓：水壓增加，漏水量及給水栓之浪費水量也增加，水壓減少，流速減慢，用水量減少。良好水質常使給水人口增加，用水量也增加。

- (5) 冷氣機用水：在大都市裡，更見其用水量的增大。
- (6) 下水道建設：衛生設備將更普及，用水則隨著增加。
- (7) 水價及水表：裝水表後可以節省用水量，水價之調整起伏亦會影響用水量。
- (8) 時間給水（供水時間在每日二十四小時以下）：可減少用水量，但不是與時間成正比減少。
- (9) 人們用水之習慣：此影響用水量甚多。
- (10) 其他：如火災發生之頻率、流動人口之多寡、地區之慶祝、旅遊活動、工業生產結構的改變等。

例 1-6

設計年限之決定因素有那些？

【解】

設計年限之決定因素有：（括弧表設計年限可較長）

- (1) 建築物及各種機械設備之壽命（長）。
- (2) 擴建之難易（難）。
- (3) 都市發展趨勢、人口增加率、工商業發展情形（人口增加率低）。
- (4) 財務籌措之難易及貸款利率的高低（利率低）。
- (5) 償債時期幣值之變動（通貨膨脹之可能性大）。
- (6) 水廠初期時操作情形（良好）。
- (7) 需水性之趨勢（正確預測或需水量之成長緩慢）。
- (8) 水源之種類及其可靠性（表面水源）。

例 1-7

區域給水之優點為何？

【解】

區域給水乃是將好幾個不同行政區域統合做為給水區域範圍。區

域給水之優點：

- (1) 水資源統籌經濟利用。
- (2) 促進鄉村偏遠地區自來水的發展。
- (3) 降低建設及營運成本。
- (4) 整體營運，經營管理容易。
- (5) 遇有災害可立即補救。

例 1-8

何謂給水普及率？如何決定之？

【解】

給水普及率 = 給水人口 / 給水區域內總人口

給水人口 (Population served)：給水區域內使用自來水之人口，限於常住（設有戶籍）人口，不包括旅客及晝間移動人口。

給水普及率之決定法有：

- (1) 在新建工程應以都市特性與發展相似之既設自來水事業的實際給水資料作參考。
- (2) 在擴建工程則應以過去的實績做基礎而推定之。

例 1-9

解釋下列名詞或其對等關係：

- (1) Total count of bacteria
- (2) 都市人口之飽和度與人口增加率之關係
- (3) 水壓大小與漏水量之關係
- (4) 水管 Hazen-williams coeff. C 與輸水能力
- (5) 容許漏水量
- (6) 衛生設備單位 (Fixture unit) DIN
- (7) 底度
- (8) 消防用水量與人口數之關係

(9) 每人每日用水量

【解】

- (1) Total count of bacteria : 平面培養上之聚落數。

平面培養方法乃將 1 ml 或某一定容積之 Sample 置於滅菌之培養皿上，再加滅菌之固體培養基後，培養於 35°C , 24^{hr} 或 20°C , 48^{hr} ，然後計算平面固體培養基上所形成之聚落數。

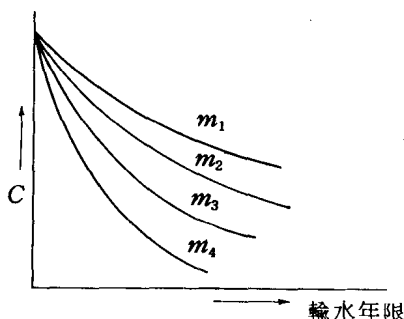
- (2) 都市人口之飽和度與人口增加率之關係：

都市初期人口急劇的增加常為幾何增加之趨勢，之後為較緩的算術增加趨勢，當都市經過一段時期的發展，其人口增加率逐漸減少，增加率成為遞減之趨勢，而最後達飽和人口數。

- (3) 水壓大小與漏水量之關係：

漏水量與水壓之關係公式很多，惟應考慮漏水處之型態、埋設環境、與水壓之變化等因素。柏努力定理：大氣中漏水之水量與水壓的 $\frac{1}{2}$ 次方成正比，此鉛管腐蝕較適用。日本京都大學之末石富太郎教授指出漏水量與水壓的 1.15 次方成正比，此塑膠管漏水適用之。

- (4) 水管 Hazen-williams coeff.
- C
- 與輸水能力



$m_1 < m_2 < m_3 < m_4$ (管徑)
同一管徑 C 愈大，輸水能力則愈強。

- (5) 容許之漏水量：

a. 根據省自來水公司規定：不論管徑之大小，在 2 kg/cm^2