

實用
土木工程學



給水工程學目錄

第一 篇

	頁數
第一章 緒論	1
1. 略史	1
2. 公共給水之價值及重要	2
第二章 水量之消費	4
3. 普通觀念	4
4. 每人每日平均消費量	4
5. 各不同目的之消費水量	6
6. 消費水量之變更	7
7. 都市之發展	10
第三章 給水之來源	12
8. 分類	12
第四章 地面水量之供給	14
9. 雨水	14
10. 平均年雨量	14
11. 最大降雨率	15
12. 河道內之水流	17
13. 乾旱時期之流量	19
14. 洪水流量	19
15. 年流量	21
16. 逐月流量之變更	22
17. 地面水之品質	22
第五章 地下水量之供給	25
18. 地下水之存在	25
19. 地下水面之普通形式	25
20. 土壤之孔隙	26
21. 地下水之流動	27
22. 泉水之成因	29
23. 泉水之產水量	30
24. 湧泉之普通情形	31
25. 關於湧泉井之推測	32
26. 地下給水之品質	32
第六章 水廠之建設	34
27. 分類	34
28. 取水之工程	34
29. 分水之工程	35
30. 使水澄潔之工程	35
第七章 取集地面水之工程	37
31. 河道進水口	37
32. 湖泊進水口	38

第八章 取集地下水之工程

-----	41
33. 由泉源取水-----	41
34. 關於井水產量之原理-----	42
35. 大徑之敞井-----	45
36. 淺管井或鑽井-----	48
37. 深井及湧泉井-----	51
38. 深井之聯絡-----	53
39. 湧泉井之產水量-----	53
40. 坑道及橫井-----	54

第九章 水庫及壩

-----	56
41. 瀘水庫之容量-----	56
42. 瀘水庫之地位-----	57
43. 瀘水庫之養護-----	58
44. 壩之種類-----	59
45. 核牆-----	60
46. 水庫堤之尺度-----	62
47. 壩或堤之建造-----	62
48. 引出管-----	64
49. 開關室-----	65
50. 棄水堰-----	66
51. 圪工壩之普通條件-----	68
52. 圪工壩水面線上之頂寬及 高-----	70

53. 圪工壩之建築-----	70
54. 圪工棄水堰-----	71
55. 木材壩-----	72
56. 鬆石壩-----	73

第二篇

第十章 水管

-----	75
57. 水管之材料及應力-----	75
58. 鑄鐵水管-----	76
59. 水管之接合-----	77
60. 特鑄水管-----	79
61. 鍛鐵及鋼水管-----	79
62. 木水管-----	81
63. 煉泥水管-----	81
64. 用戶管之材料-----	81

第十一章 導渠之建築

-----	83
65. 導渠之種類-----	83
66. 敞渠-----	83
67. 圪工導渠-----	85

第十二章 管路

-----	87
68. 管路之性質-----	87
69. 管路之敷設-----	87
70. 特別細目-----	88
71. 管路之用費-----	91

第十三章 分佈系統-----93

72. 分佈水庫之用途----- 93

73. 分佈水庫之容量----- 94

74. 地位及佈置----- 94

第十四章 土工及圬工水庫

-----96

75. 式樣及比例----- 96

76. 水庫之建築----- 96

77. 引入管及閘----- 99

78. 有蓋之水庫----- 99

79. 水庫之用費-----100

第十五章 立管及高位水櫃

----- 102

80. 概述-----102

81. 立管之地位-----102

82. 立管之設計-----102

83. 管及閘-----106

84. 其他細部-----107

85. 高位水櫃-----108

86. 木水櫃-----110

87. 在壓縮空氣下之貯水-----110

第十六章 管路系統----- 112

88. 普通應備之條件-----112

89. 應備之壓力-----112

90. 救火射流之大小及多寡-----113

91. 管路系統之普通佈置-----115

92. 管路系統之計算-----116

93. 各不同高度之分別給水-----119

94. 水管及閘之位置-----119

95. 救火水栓-----120

96. 用戶接頭-----122

第十七章 使用及養護----- 123

97. 概述-----123

98. 廢水之偵察及防免-----126

99. 水價-----128

第 三 篇

第十八章 水之澄潔法----- 131

100. 目的及方法----- 131

101. 澄潔效率之試驗----- 132

第十九章 沉澱法及凝聚

法----- 134

102. 沉澱法之價值及重要----- 134

103. 單純沉澱之作用----- 134

104. 單純沉澱所需之時間----- 135

105. 單純沉澱除去細菌之效

率----- 135

106. 凝聚劑之使用----- 136

107. 所需化學品之分量	137
108. 用凝聚劑沉澱所需之時間	138
109. 用凝聚劑沉澱之效率	139
第二十章 沉澱池之建築及使用	141
110. 使用之方法	141
111. 建築之式樣	141
112. 進水管與出水管之佈置	142
113. 排水管	143
114. 凝聚劑之準備及管制	143
第二十一章 緩濾法	145
114. 略史	145
115. 濾池之式樣	145
116. 濾池作用之理論	146
117. 除去細菌之效率	147
118. 以死亡率量計效率	148
119. 濾過之速率	149
第二十二章 緩濾池之建築及運用之詳細情形	150
120. 濾池之尺度	150
121. 濾床	151
122. 池蓋	152

123. 濾水用之砂	153
124. 排水系統	154
125. 進水管及出水管	155
126. 水頭之損失	157
127. 濾池之清除	158
128. 砂之清洗	159
129. 運用濾池之管制	161

第二十三章 用緩濾法時

水之初步處理

130. 概述	162
131. 簡單之沉澱	162
132. 應用凝聚劑之沉澱	162
133. 初步濾過法	162

第二十四章 緩濾水廠之

用費

134. 建築費	164
135. 使用費	164

第二十五章 速濾法

136. 速濾池之普通解釋	165
137. 速濾池之構造式樣	167
138. 使用之原理及效果	168

第二十六章 速濾池之詳

細構造及使用法

139. 水廠之安排	170
------------	-----

140. 砂床.....	172
141. 濾過器系統及集合管.....	172
142. 攪擾系統.....	174
143. 清洗工具.....	175
144. 所用之水頭及管制濾過 速率之方式.....	175
145. 凝聚系統.....	176
146. 管路系統之佈置.....	176
147. 使用水廠之其他裝置.....	177
第二十七章 速濾水廠之	
用費.....	178
148. 建築費.....	178

149. 使用費.....	178
---------------	-----

第二十八章 使水澄潔之

他法.....	179
150. 濾池之特別式樣.....	179
151. 氣浣法.....	179
152. 使水質變軟法.....	180
153. 除去水中鐵質法.....	182
154. 用臭氧殺菌法.....	182
155. 用次氯酸石灰法.....	183
156. 用硫酸銅法.....	184
157. 煮沸法.....	184
158. 家庭用濾過器.....	185

給水工程學

第一篇

第一章 緒論

1. 略史 用人力求得給水之最早方法爲鑿井。其初僅在地面低下處挖掘淺穴，然經過岩石，開鑿深井，在極早時代亦已有之，尤以中國人民，自古卽已熟諳鑿井之工，誠屬極有趣味之事。除鑿井以外，其他爲給水而由古代人民所作之工，尙有水庫，水池及引水道等。

在古時建設給水工程最發達之期，係當羅馬帝國全盛時代，所有最精美之工事，皆於此時建成。爲供給國內重要城鎮起見，特築鉅大之引水道，長達若干哩，亦有在某種情形，由多數引水道供給同一城市者。並有一時，羅馬城由十四個不同引水道所供給，其中有長達四十哩者若干個。最初之引水道，係在紀元前 312 年所造，而末一引水道則成於紀元後 305 年。同時其他城市之被充分給水者，有法之巴黎及里昂，德之美茲，西班牙之塞哥維阿及塞維爾。

彼時水量之分佈，並不普遍。由引水道引來之水，先注於鉅大之水池，再由水池經鉛管，分佈於噴泉，浴室，公共房屋以及少數私人用戶。民衆常須赴公用噴泉處取水。當時私人用戶所消費之確實

水量並不甚多，但公共場所，用水甚暢，所需極鉅，因此總消費量往往甚高，有人估計，在羅馬城水之消費量，每人每日竟達 300 加侖之多。

自羅馬衰落後，全部給水工事，曾被忽視者達數百年，其結果乃使歐洲受污水之殃，致為可懼之疫癘所荼毒者若干次。甚至古代建造引水道之用意，亦為一般居民所遺忘。

近代給水工程之發展，雖於十七世紀之初，即在巴黎及倫敦肇始，但其進步甚微，直至 1761 年，在倫敦首先應用蒸汽於抽水機，自 1800 年起，在歐美兩洲之發展乃極迅速。

在美洲最早之城市給水工程，為 1652 年波士頓城所建。至 1754 年，則在賓夕法尼亞州之培斯利恩，最初以機械為抽水之用。及 1800 年，在菲列得爾菲亞城，始用蒸汽機，而在紐約，則至 1804 年乃用。美國給水工程之主要發展，始於 1850 年，現今存在之給水工事，約有百分之九十八，均自彼時起興建。今日凡城鎮之有二千居民以上者，大都均有公共給水，而水廠之興建，尚在較小之村鎮迅速進行。是以應辦之工程正多，而尤主要者，為將來如何籌劃水量之增加，以應國內都市日趨繁榮之需要，以及另求優良之新水源，或就舊水源改善其品質等等。此外關於水廠之管理，如工費之減低，損失之免除，以及各方面服務之改良，俱為工程師致用之機會。

2. 公共給水之價值及重要 公共給水最重要之目的，為供給適宜之家庭用水。此項用途之首要條件，為水應清潔。某種疾病如霍亂及傷寒之傳染，現已一致承認為污水所致。故對於一城市有清潔之給水，較之一城市常為污物所沾污者，其價值殆不能加以估計。

給水之另一最重要目的，爲供給衛生污水渠系統內所需之充分沖洗水量，蓋在都市內處置有機體廢料之最適宜及最經濟方法，無過於用帶水運送法。此等方法，如無公共給水系統同時存在，則其效益顯屬絕微。尤以水廁在溝渠系統中有最重要作用，若無充分之水沖洗，則其效用更少。

除衛生立場之外，供給優良之水，對於家用方面，亦另有其他理由，使其價值大增。例如，公共水廠內恆可供給軟水以代井中之硬水，此在家庭及商業上之用途，俱有極重要性質。

優良之給水，對於都市製造工業，亦有特殊之價值，例如煉糖廠，澱粉廠，洗染作以及化學工廠等，無不需要充足之給水，有時更需高度之淨水。故給水問題，恆足以決定工廠之地點。大量之水，亦有用之於升降機及鍋爐者，尙有其他用途，則可歸入商業方面。

給水之用於公共事業者，當推消滅火災爲最著。其經濟上之價值，可因採用新防火設備，或改善原有設備，而使火險保費隨之減低表示之。與其使全社會爲付鉅額保險費而共同分擔重大之火災損失，何如用之於維持一公共給水廠之更爲經濟，蓋在同時尙可供給適宜之水於其他用途。不甯維是，另有某種工廠，非確具有效之防火設備，殆不能任其設立。

其他爲公用而需要給水者，尙有街道之灑水，溝渠之沖洗，公共房屋之用水，並供給飲料及作裝飾用之噴泉等，亦各有其重要性。一都市往往因噴泉，草地及公園而增美其外觀，此皆賴用水所成，故其確有價值可知。又凡有良好之給水，間接足使都市在各方面，均有可取之點而蒙其利，於是其地產之價值爲之增加。

第二章 水量之消費

3. 普通觀念 凡研究新創給水工程，或擴充原有給水工程時，其中應先決之問題，爲在最近將來所需要之水量。此應具之觀念，不僅知每日需要之平均水量，尚須明瞭逐月逐日及每小時消費率之變更情形。設計某部分工事時，雖僅知全年平均消費量已足，但在其他部分，如設計抽水機，分佈管等，則尚須知極短時間內，消費率之最大限度。

在任何城市中，每人之消費率，常爲多種原因所支配。其尤著者爲人口之多寡，例如在一大城市，公共給水殊不可缺，但在一小村鎮，則雖有公共給水設備，私人方面尚不乏廣用其固有之水源者。

鎮市上所設工廠之性質，亦爲決定用水量之一重要因素，其他若人民之貧富及習慣，噴泉之多寡，街道灑水，草地澆水，以及各項公用，俱有相當關係。氣候與用水量之關係亦極密切，尤以用於街道灑水之量爲甚，蓋當冬季爲防冰凍，即無此需要也。雖然，決定消費量之一最重要因素，當以偵察漏水之是否嚴密，及售水之是否以量計，抑用其他方法。優良之品質，充足之水量，高大之壓力，皆足以鼓勵人民使其用水頻繁而增加消費量，同時其廢去之水量亦大。

4. 每人每日平均消費量 表一爲當 1895 年美國諸大城市之每人每日消費量，而表二則爲歐洲諸城市之消費量：

由表一，可知各城市之消費量變更極甚，而有數城市，其消費量特高。例如紐約州之巴法羅城爲 271 加侖，賓夕法尼亞州之阿利

表一 美國諸城市內水之消費量

城 市	1900年人口數	1895年每人 每日消費量
紐約.....	3,437,202.....	100
芝加哥.....	1,698,575.....	139
菲列得爾菲亞.....	1,293,697.....	162
布盧克林.....		89
聖路易.....	575,238.....	98
波士頓.....	560,892.....	160
星西那提.....	325,002.....	135
舊金山.....	342,782.....	63
克利夫蘭德.....	381,768.....	142
巴法羅.....	352,387.....	271
新奧雷安斯.....	287,104.....	35
華盛頓.....	278,718.....	200
蒙特累拔爾.....		83
得特拉特.....	285,704.....	152
密爾窩基.....	285,315.....	101
托隆托.....		100
明尼阿布利斯.....	202,718.....	88
盧伊斯維爾.....	201,731.....	97
羅徹斯忒.....	162,603.....	71
聖保爾.....	163,065.....	60
普羅維頓斯.....	175,597.....	57
因提阿那波利斯.....	169,164.....	74
阿利根尼.....	129,896.....	247
哥倫布.....	125,560.....	127
武斯忒.....	118,421.....	66
托利多.....	131,822.....	70
羅拔爾.....	94,969.....	82
那什維爾.....	80,865.....	139
法爾河.....	104,863.....	35
阿特蘭塔.....	89,872.....	42
美姆非斯.....	102,195.....	100

表二 歐洲諸城市內水之消費量

城 市	估計人口數	每人每日 消費量
倫敦.....	5,700,000.....	42
曼徹斯特.....	849,093.....	40
利物浦.....	700,000.....	34
柏明罕.....	680,140.....	28
布拉德福德.....	436,260.....	31
利茲.....	420,000.....	43
舍非爾德.....	415,000.....	21
柏林.....	1,427,200.....	18
布里斯勞.....	330,000.....	20
科隆.....	281,700.....	34
得累斯頓.....	276,500.....	21
巴黎.....	2,500,000.....	53
馬賽.....	406,919.....	202
里昂.....	401,930.....	31
那不勒斯.....	481,500.....	53
羅馬.....	437,419.....	264
佛羅稜斯.....	192,000.....	21
威尼斯.....	130,000.....	11
祖利克.....	80,000.....	60

根尼城爲 247 加侖。又將表一與表二相比較，則知苟以平均數而言，在歐洲之消費量遠不及美國爲多。其差別之主要原因，大概因用量水表或不用量水表之習慣不同，及其收費之方法亦異。在美國若干城市，量水表固常用，因此消費量比較低下，竟無一例外。又在歐洲城市，亦因用量水表較爲普遍，故其結果如表二所示。實際上水之普通用於正當目的者，在美國較其他各國爲多。

5. 各不同目的之消費水量 當研究水量之消費問題時，須顧及下列諸不同用途：(1)家庭用水，(2)商業用水，(3)公共用水，(4)廢失之水。

(1)家庭用水 根據多數來源，而由量水表實測所得之統計資料，知在家庭方面，每人每日用水之量約自 15 至 40 加侖，而尋常約自 20 至 30 加侖。苟給水量不用表計，僅照裝置之種類及數量，或房屋之間數付費，則消費量往往較上述數字超越數倍。有時此量可達每人 175 及 200 加侖。按此情形，欲預測將來之消費量，殊爲困難。

(2)商業用水 在此用途內，包括機械用水，貿易用水，以及各製造事業用水等等。該項之大量用水戶，有如辦公處，貨棧，旅館，工廠，升降機，鐵路，啤酒廠，煉糖廠及少數他種工業。在大城市內之商業用水，恆較小城市內者爲多。按之各種統計，此類消費量，約爲每人 10 至 40 加侖。工廠之性質爲決定此數量之一要素。

(3)公共用水 所謂公共用水，包括學校及其他公共房屋所用之水，以及街道灑水，噴泉用水，沖洗溝渠及給水幹管用水，消滅火災及少數偶有之用途，亦均在內。用於此等目的之水，鮮有加以量計

者，雖其消費率不均勻，但其數量，平均當不致超越每人少數加侖。其中以街道上灑水之量，所佔最多，某地竟有達每人 10 加侖者。惟平均言之，大致不逾每人一二加侖耳。救火之總消費量，比較尙小，不過遇火災時，在短時間內之消費率則極高。公共用水之總消費量約可估爲每人 3 至 10 加侖。

(4) 廢失之水 廢失之水，其主要原因爲由於劣等之裝管工事及用戶方面之不謹慎，但此等廢失之水，實已在第一項內述之。此外尙有幹管，及水庫之滲漏，以及次要之用水，則爲以前所尙未述及。關於此項，至少約可估計爲每人每日 15 加侖。

由上述之分析，於是可斷定，苟用量水表甚普遍，則消費水量之合理的估計，約最小爲 40 加侖，最大爲 120 加侖。平均言之，如取爲 75 或 80 加侖，已留有充分之餘地。若量水表之應用，不甚普遍，則如表一之統計，每人每日 200 加侖，不爲過甚，蓋在此情形下，不能得適合之估計。

6. 消費量之變更 上節所述，僅討論全年內之平均消費量。今試研究消費量之隨時變更情形。

逐月變更 消費率往往在夏季達最高度，此爲普通情形，蓋當夏季，則街道及草地均需要灑水。此較高之消費率恆歷時二三月。其次之用水較多時期爲冬季，蓋爲防止冰凍而廢去之水亦多，但若用量水表，即可阻止此過甚之變更。亦有特殊情形，在冬季之消費量極高者。各地逐月消費量之變更，其資料如表三。

由該表，可斷定最大逐月消費率，鮮有超過平均值之百分之 125 者，實際上，在多處均遠較此數爲小。過甚之消費量，恆連續達

二三月之久，在此長時期內之平均數，約為年平均之百分之 110 至 115。

表 三

最大逐月及逐日比例以平均消費量之百分數計之

城 市	最大逐月 比例 消費	最大逐日 比例 消費	城 市	最大逐月 比例 消費	最大逐日 比例 消費
芝加哥.....	108	110	盧伊斯維爾.....	127	135
菲列得爾非亞.....	110	122	哥倫布.....	107	157
波士頓.....	114	119	法蘭河.....	115	
星西那提.....	124	153	得春.....	113	178
克利夫蘭德.....	114	140	牛頓.....	125	143
巴法羅.....		138	保塔開特.....	111	153
得特拉特.....	117	150	羅索開特.....	122	155
密爾窩基.....	113		馬開特.....	139	194

逐日變更 最大之逐日變更，普通約佔為平均數之百分之 150。如表三，各地之情形迥不相同，蓋由於各地之環境有異，或出於偶遇，或屬於常事。

最大之逐日消費率，常遇於消費最大之月。往往連續若干日之消費率，高於該月之平均消費率遠甚。例如，逐日消費率之最大值，為平均數之百分之 150，若以星期計，則最大之每星期消費量，又為平均數之百分之 130 至 140，但時間更長，則其消費率將與最大逐月量相近。

普通每小時變更 若絕無廢去及漏失之水，則在夜間數小時內之消費量，可幾等於無，而在白晝數小時內，可二三倍於二十四小時之平均數。但實際上，夜間之消費率，常大至平均數之百分之 60，而當最大消費率之數小時內，亦未必大於平均數之一倍半。若

廢去之水，善為防止，則此項消費減低，在二十四小時內消費率之變更，將較大於廢水多而總消費量亦多者。圖 1 表示全日每小時消費量變更之示範曲線。紐約之曲線，顯示在廢失水量甚大之城市內所遇之情形，而得麻恩者，則為消費量小，廢失水量已大部被防止之情形。紐約城每人每日平均消費量為 100 加侖，而得麻恩則僅為 43 加侖。

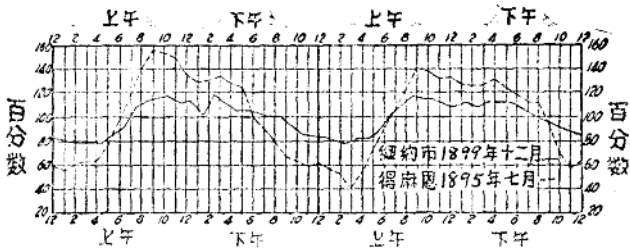


圖 1 表示每小時消費量變更之示範曲線

大火之消費量 大火時之消費量須另計，而加於上述之消費率。最大之火災消費率，以普通性質之城市而論，其每人每日之加侖數可取為 $\frac{1000}{\sqrt{x}}$ ，式中 x = 人口數以千計。此乃根據庫契林氏之估計，按應需之救火射流數而言。

例如，設平均消費量以每人 100 加侖計，則視人口之多寡，其火災消費量與平均消費量之百分比如下：

人 口	火災消費量與平均消費量之百分比 (設平均消費量為每日 100 加侖)
1,000	1000%
5,000	447%
10,000	316%
50,000	141%
100,000	100%
200,000	71%
300,000	58%
500,000	45%

若逐日消費量不同，則其百分比亦有變更，消費量較小則百分比較大。在小城市內火災之消費率爲一主要因素，而在大城市內，則其重要性大減。上述之消費率，所經過時間約爲數小時，據夫利曼氏之估計，最長之時間爲 6 小時。

每小時之最大聯合消費率 欲求火災時每小時之最大總消費率，不必假定當大火時適與其他用途最大之時相符合。實際上，在大火時，其他目的之用水，可以暫時中止。在一般情形，可遵下述之合理的規定。

若平均逐日消費率爲百分之 100，於是最大逐日消費率等於百分之 150，另加百分之 30，爲白晝應增之消費量，得總數爲百分之 180。火災消費量尚應照前節所述之公式計算後而加於其上。

〔例題〕 設一城市有居民 20,000，每人每日平均消費量爲 80 加侖，問(a)消費量最大日之近似最大消費率爲若干？(b)遇大火時之近似最大消費率爲若干？

根據以上所論，每日最大消費量可估計爲百分之 $80 \times 150\%$ = 每人 120 加侖。

又照上述估計之法，尋常用途之消費率，可取爲 80 加侖之百分之 150，或 $80 \times 150\% = 144$ 加侖。火災時之消費率 = $\frac{1000}{\sqrt{20}} =$ 每人 224 加侖。於是總消費率 = $144 + 224 =$ 每 24 小時每人 368 加侖。

7. 都市之發展 欲估計將來之消費量，將來都市之人口數爲一必備之要素。各不同都市發展之遲速，其情形至不一致，惟任何一都市，有歷數年而仍保持原狀者，或至少其變更之程度極緩。都市成立之年代愈久，其區域愈廣，則其發展之速度愈均勻，除另

有遍及全國之大災外，則在未來二三十年以內之估計，可極相近。

估計未來若干年以內之人口數，其最佳之法，莫如將以往若干年之資料，作為根據。若情形並不變更，則每年或每十年所增加之百分數，恆易相同。一都市之發展，雖無人能預測至極精確之程度，但在給水問題中，如此精確之估計，固不必需要焉。

〔例題〕 設一城市在 1880 年之人口數為 5,250，在 1890 年者為 7,670，在 1900 年者為 11,400，試估計在 1910 年之人口數。

今自 1880 至 1890 年，人口增加 2,420，等於百分之 46，又自 1890 至 1900 年，增加 3,730 等於百分之 49。上述數字，表示一穩定之發展，於是可設想在未來之十年內，其發展之程度當亦相同，而為百分之 48。於是取 11,400 之百分之 48 = 5,472，故在 1910 年之人口數，可估計為 $11,400 + 5,472 = 16,872$ 。

1920 年之人口數，亦可照同法估計，但其結果遠不逮 1910 年者為可恃。