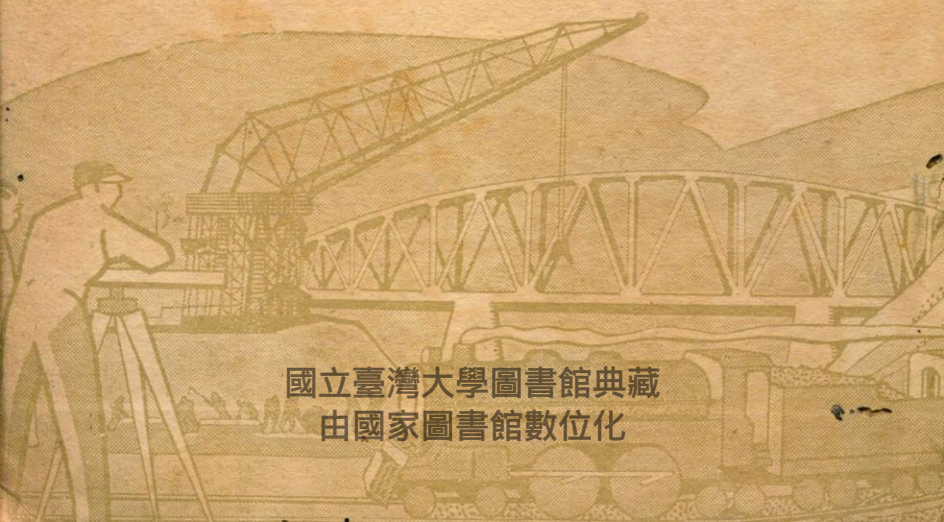


實用
土木工程學



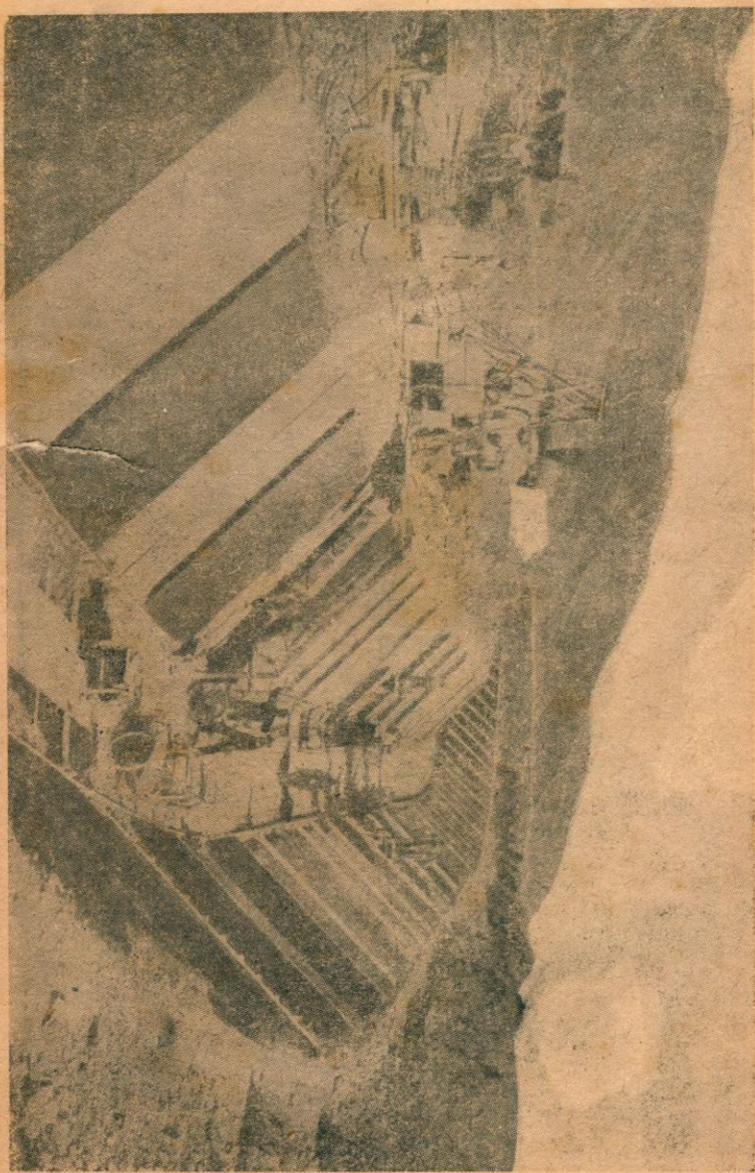
624(08)
3024



國立臺灣大學圖書館典藏
由國家圖書館數位化

中國科學社
高君韋紀念基金
資助出版

羅斯安哲爾斯俄恩斯河引水道外觀之示範



中國科學社工程叢書
實用土木工程學
第七冊

給水工程學

原 著 者

FREDERICK E. TURNEAURE,
Professor of Engineering of Wisconsin.

譯 述 者

顧 世 楫

中國科學圖書儀器公司
印 行



531725

37.7.27

譯者贅言

近代給水工程之發展，僅百餘年之事耳。就規劃該項工程之理論言，則其關涉之範圍甚廣，如論取集水源，當注意水文方面之資料，論水之品質及澄潔法，當深諳微生物學與化學分析之要義，論水之分佈運送，尤當知水力學之一切計算方法，至於如何運用抽水機械及各種濾水設備，則更不得不具備機械學之知識，凡此似非土木工程學內所能盡行概括。然一究該項工程之實施方法，則舉凡築壩、開渠、鑿井，以至敷設管路、建造水庫濾池等工程，固無一非土木工程師力所能及之事，以此而列為土木工程學之一門類，誰曰不宜。

本書除關於運用機械部分未曾涉及外，其餘屬於土木工程範圍內之工作，大致概括無遺，且所述各項俱屬言簡而意賅，允稱切合實用之佳構。其關於水力學之計算方法，更與本叢書之第一冊相呼應，尤能恰符需要焉。

原 序

人類之工作，在工程各部門內，其驚奇偉大與莊嚴，殆無過於土木工程師矣。夫有土木工程師，庶幾向視爲無法飛渡之天塹，可以架橋跨越；建摩雲之鋼構，俾建築藝術家得以踵事增華；穿隧重巒，不差累黍；登山涉水，探測人跡未到之境域；他若建築巴拿馬運河，箭石壩，羅斯福壩，水廠濾池及一切公共工程，幾無一非土木工程師之偉績。

鑒於土木工程之重要性，及以清晰通俗文字陳述此廣大領域內一切理論與實際發展之需要，始引起出版者以編纂此巨著之旨趣。出版者之宗旨，在乎供給曾受訓練之工程師以權威之資料，俾易解決當前之問題，並使有志向學之士，得了然于近代之發展以急起直追也。

土木工程書籍，汗牛充棟，瀏覽匪易。此書說理力求簡賅，術語力求減少，重複之章節竭力刪除，輯爲七冊，便於攜帶，附有索引，以利查檢，凡此均欲使適合讀者之需要耳。

本書在技術文學界之地位，久已爲世人所推崇，一致認爲標準之參考書，茲出版者，復不惜煩費，加以

修正，務使包羅益廣而效用益宏也。

在結語中，應向編著諸君子深致謝意。諸君子咸屬富有經驗之工程師與教育界知名之士，本書之得以問世，皆其努力協助之所賜也。

給水工程學目錄

第一篇

頁數

第一章 緒論	1	16. 逐月流量之變更	22
1. 略史	1	17. 地面水之品質	22
2. 公共給水之價值及重要	2	第五章 地下水量之供給	25
第二章 水量之消費	4	18. 地下水之存在	25
3. 普通觀念	4	19. 地下水之普通形式	25
4. 每人每日平均消費量	4	20. 土壤之孔隙	26
5. 各不同目的之消費水量	6	21. 地下水之流動	27
6. 消費水量之變更	7	22. 泉水之成因	29
7. 都市之發展	10	23. 泉水之產水量	30
第三章 給水之來源	12	24. 湧泉之普通情形	31
8. 分類	12	25. 關於湧泉井之推測	32
第四章 地面水量之供給	14	26. 地下給水之品質	32
9. 雨水	14	第六章 水廠之建設	34
10. 平均年雨量	14	27. 分類	34
11. 最大降雨率	15	28. 取水之工程	34
12. 河道內之水流	17	29. 分水之工程	35
13. 乾旱時期之流量	19	30. 使水澄潔之工程	35
14. 洪水流量	19	第七章 取集地面水之工程	37
15. 年流量	21	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. 瀦水庫之容量	56
42. 瀦水庫之地位	57
43. 瀦水庫之養護	58
44. 壩之種類	59
45. 核牆	60
46. 水庫壩之尺度	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 土工及圻工水庫
.....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. 應需之壓力.....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	123. 濾水用之砂	153
108. 用凝聚劑沉澱所需之時間	138	124. 排水系統	154
109. 用凝聚劑沉澱之效率	139	125. 進水管及出水管	155
第二十章 沉澱池之建築及使用	141	126. 水頭之損失	157
110. 使用之方法	141	127. 濾池之清除	158
111. 建築之式樣	141	128. 砂之清洗	159
112. 進水管與出水管之佈置	142	129. 運用濾池之管制	161
113. 排水管	143	第二十三章 用緩濾法時水之初步處理	162
114. 凝聚劑之準備及管制	143	130. 概述	162
第二十一章 緩濾法	145	131. 簡單之沉澱	162
114. 略史	145	132. 應用凝聚劑之沉澱	162
115. 濾池之式樣	145	133. 初步濾過法	162
116. 濾池作用之理論	146	第二十四章 緩濾水廠之用費	164
117. 除去細菌之效率	147	134. 建築費	164
118. 以死亡率量計效率	148	135. 使用費	164
119. 濾過之速率	149	第二十五章 速濾法	165
第二十二章 緩濾池之建築及運用之詳細情形	150	136. 速濾池之普通解釋	165
120. 濾池之尺度	150	137. 速濾池之構造式樣	167
121. 濾床	151	138. 使用之原理及效果	168
122. 池蓋	152	第二十六章 速濾池之詳細構造及使用法	170
		139. 水廠之安排	170

140. 砂床.....	172	149. 使用費.....	178
141. 濾過器系統及集合管.....	172	第二十八章 使水澄潔之	
142. 攪擾系統.....	174	他法..... 179	
143. 清洗工具.....	175	150. 濾池之特別式樣.....	179
144. 所用之水頭及管制濾過 速率之方式.....	175	151. 氣沬法.....	179
145. 凝聚系統.....	176	152. 使水質變軟法.....	180
146. 管路系統之佈置.....	176	153. 除去水中鐵質法.....	182
147. 使用水廠之其他裝置.....	177	154. 用臭氧殺菌法.....	182
第二十七章 速濾水廠之		155. 用次氯酸石灰法.....	183
用費.....	178	156. 用硫酸銅法.....	184
148. 建築費.....	178	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，致為可懼之疫病所荼毒者若干次。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，^②為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。

③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。

④給水之用於公共事業，當推消滅火災為最著。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。與其使全社會為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為經濟，蓋在同時尙可供給適宜之水於其他用途。不啻維是，另有某種工廠，非確具有效之防火設備，殆不能任其設立。

⑤其他為公用而需要給水者，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，於是其地產之價值為之增加。

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，尙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，則尙須知極短時間內，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，私人方面尙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

水 量 之 消 費

5

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
菲列得爾非亞	1,293,697	162
布盧克林		89
聖路易	575,238	98
波士頓	560,892	100
星西那提	325,902	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
蒙特累埃爾		83
得特拉特	285,704	152
密爾窩基	285,315	101
托隆托		100
明尼阿布里斯	202,718	86
盧伊斯維爾	204,731	97
羅徹斯忒	162,608	71
聖保爾	163,065	60
普羅維頓斯	175,697	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
羅埃爾	94,969	82
那什維爾	80,865	139
法爾河	104,863	35
阿特蘭塔	89,872	42
美姆菲斯	102,195	100

加1/15

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	790,000	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
布魯斯勞	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。

(waste, leakage)
 (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，約爲年平均之百分之 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 消費 之比例	最大逐日 消費 之比例	城 市	最大逐月 消費 之比例	最大逐日 消費 之比例
芝加哥	108	116	盧伊斯維爾	127	135
菲列得爾菲亞	110	122	哥倫布	107	157
波士頓	114	119	法爾河	115	.....
星西那提	124	153	得吞	118	178
克利夫蘭德	114	146	牛頓	125	143
巴法羅	.....	168	保塔開特	111	153
得特拉特	117	150	渾索開特	122	155
密爾窩基	113	.....	馬開特	139	194

逐日變更 最大之逐日變更，普通約估爲平均數之百分之 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，爲平均數之百分之 150，若以星期計，則最大之每星期消費量，又爲平均數之百分之 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。

廢失水量大者曲線較平

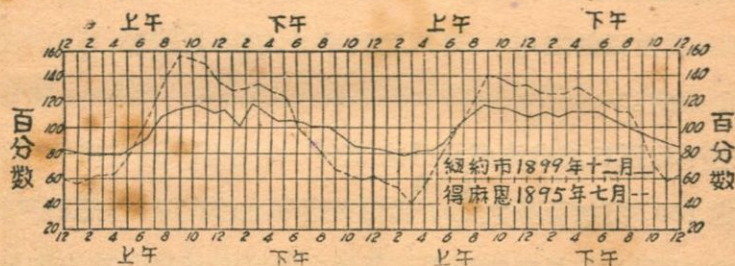


圖 1 表示每小時消費量變更之示範曲線

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 1000 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 ²⁰20，爲白晝應增之消費量，得總數爲百分之 180。火災消費量尙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 180，或 $80 \times 180 = 144$ 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。

第三章 給水之來源

8. 分類 給水之來源，可分為下列數類，其分類法，係按其普通來源，及取水方法而言。

甲. 地面之水

1. 水之取集係由於屋面者
2. 水由河道取集者
3. 水由天然湖泊取集者
4. 水由滯水庫取集者

乙. 地下之水

5. 水由泉源取集者
6. 水由淺井取集者
7. 水由深井或湧泉井取集者
8. 水由水平坑道取集者

上列各項來源，除首末兩類外，餘皆在美國各城市用之，多少可得滿意之水量。

下表為在 1896 年美國各地之水廠數，其水源之不同，即如所示

地 點	地面水	地下水	合計
美國東北部各州	615	511	1,238
美國東南部各洲	143	180	340
美國中央北部各州	193	409	715

美國西部各州	329	662	1,063
總 計	1,280	1,822	3,356

第四章 地面水量之供給

9. 雨水 雨水爲一切給水之來源，不論其得之於在地面流動之時，或已滲入地下，而由井中或泉源取之。雨水之量，以在水平面上之深度若干吋計之，雪亦化作與雨水相等之量計之。用尋常量雨器，不能確定在短時間內降雨率之大小，所得者僅爲每二十四小時內之總雨量。但欲估計小面積內洪流之量，則在不足二十四小時之短時間內之降雨率，亦不可不知。爲此目的，自記量雨計，遂成爲必需之品，有此儀器，可得降雨之連續記錄，或在任何極短時間內之記載，因特殊目的而須求其繼續不絕者。此項儀器有各種不同式樣，或衡水之重，或記水之體積。

關於大多數城市之雨量統計，可自美國氣象局之月報得之，此項資料之與給水問題關係最切者，爲平均年雨量，及在乾旱年內之差數，月雨量，並在一日或不足一日之短時間內所降之最大雨量。

10. 平均年雨量 在美國若干雨量站所得之平均年雨量，列如表四。此表並示在統計所及年數內最早年份所得之年雨量與平均年雨量之百分比。

美國最大雨量區域，係在北太平洋沿岸，成一狹帶狀，其雨量恆超過 60 吋遠甚。向內地，雨量即驟減，至西厄拉雷斯及落磯山脈一帶，僅約 5 至 15 吋。自落磯山脈以東，雨量又向東向南漸增，至墨西哥海灣增至 60 吋，至大西洋沿岸則增至 40 至 50 吋。表中並

表 四
美國之普通雨量統計

雨量站	平均年雨量 吋數	最早年份之雨量 與平均年雨量 之百分比
波士頓	45.4	60
紐約	44.7	62
菲列得爾菲亞	42.3	70
查爾茲吞	49.1	48
查克松維爾	54.1	74
什利夫波特	48.2	67
摩俾爾	62.6	68
新奧雷安斯	60.3	64
維克斯堡	52.7	70
盧伊斯維爾	47.2	74
開羅	42.6	62
星西那提	42.1	60
克利夫蘭德	36.6	71
馬開特	32.3	69
芝加哥	34.0	66
密爾窩基	31.0	66
聖路易爾	40.8	55
聖堡爾	28.2	53
丟盧斯	30.7	65
俄馬哈	31.4	57
北普拉特	18.1	56
頓弗	14.3	59
鹽湖城	18.8	55
斯波康	18.6	73
聖腓	14.6	53
猶馬	2.8	25
桑提挨哥	9.7	30
羅斯安哲爾斯	17.2	33
舊金山	23.4	51
波特蘭	46.2	67

示在多數地點，最早年份之年雨量僅為平均年雨量之百分之 50 至 60。在中部及西部諸州，其變更較之東部諸州為尤甚。

逐月雨量之分佈，在關於利用水量之任何問題中，如發為原動或供給城市，俱屬非常重要。在夏季所降之雨量，因植物正當茂盛，需用最大水量之時，且蒸發亦極迅速，故供給河道內之水量，僅佔小部分，(譯者註：此係指美國而言，中國情形不同)。冬季及春季所降之雨，始為充滿水庫及提高地下水面至正常高度所可依特之水量。

11. 最大降雨率 估計 河流之最大洪水流量時，(此為設計

壩及水庫堤時所需之最重要資料) 恆需知在數小時間或一日內之最大降雨率。鉅大之陣雨, 雖不甚常遇, 但在水利工程上, 如不幸發生失敗, 固不僅損毀財產, 常致傷失生命, 因此不得不對於有可遇性之最大洪水, 作相當準備。此等洪水之準確資料, 須根據多年之觀察得之, 但非常之暴雨, 幾在任何地點皆可之, 故在某處已遇之情形, 可假設為在同一區域內之他處亦可遇之。試檢美國氣象局之報告, 則知在北部及中部各州, 每小時 4 吋及每 24 小時 8 吋, 殆可表示或遇之最大雨量。而在南大西洋及墨西哥灣諸州, 此值應為每小時 4 吋及每 24 小時 10 吋。

霪雨之時間較長及範圍較廣者, 在給水問題中恆應研究及之, 此可以一大暴雨之統計為例。當 1869 年十月, 在美國東部有一大暴雨, 其最大密集度, 係在科內提卡特州所遇。經夫朗西斯氏之精密分拆, 在各不同面積內, 所覆被之雨水深度, 有如下列:

雨水深度	覆被面積
6 吋以上	24,431 平方哩
7 吋以上	9,602 平方哩
8 吋以上	1,824 平方哩
9 吋以上	1,046 平方哩
10 吋以上	519 平方哩
11 吋以上	179 平方哩

至在此暴雨時觀察所得之最大降雨率, 可列如下:

在 2 小時內計 4.00 吋

在 3 小時內計 4.27 吋

在 18.5 小時內計 5.86 吋

在 24 小時內計 7.15 吋

在 30 小時內計 8.90 吋

在 42 小時內計 9.44 吋

12. 河道內之水流 若河道作為給水之來源時，則其水流之各特點，如在不同時間內水流之最大最小及總量，均應為先決之問題。最準確而最直捷之解決方法，須作繼續不絕之流量測量，延長達數年之久。不能有此項測量，或雖有而資料尚不充分，則惟有與其他河道之有已知流量者相比較，就其雨量之多寡，天氣之不同，及排水區域性質之特殊等，而作近似之估計。

雨量恆以其深度之吋數計，降雨率則以每小時或每二十四小時若干吋計，於是為便利比較起見，河中水流亦以同樣之單位示之，其意義蓋言在全流域內應有之深度也。在其他方面，水流恆以立方呎，或按流域每平方哩若干立方呎計，而流量或流率，則以每秒立方呎，或按每平方哩每秒立方呎計。以呎及秒為單位，在其他水力學公式中用之，亦甚便利。但關於水之貯蓄及分佈，普通均以加侖為單位，而流率則以每分或每二十四小時若干加侖計之。

為便利計算雨量與水流之關係起見，特以表五列入如下。

研究河道內之水流問題，普通可分為三部分：

第一，河道內之最小流量。

第二，河道內之最大洪水流量。

第三，逐月及逐年流量之變更情形。

第一種，即河道內之最小流量，在僅可取得極微蓄量，或為解

表 五

水之體積及流率以呎與秒計相當於雨量及降雨率以吋與時計

深度以 吋計	每平方哩立方 呎數	每小時 吋數	每平方哩每秒 立方呎	每二十四 小時吋數	每平方哩每秒 立方呎
0.1	232,320	0.1	64.5	1	26.9
0.2	494,640	0.2	129.0	2	53.8
0.3	696,960	0.3	193.5	3	80.7
0.4	929,280	0.4	258.1	4	107.5
0.5	1,161,600	0.5	322.6	5	134.4
0.6	1,393,920	0.6	337.1	6	161.3
0.7	1,626,240	0.7	451.7	7	188.2
0.8	1,858,560	0.8	516.2	8	215.1
0.9	2,090,880	0.9	580.7	9	242.0
1.0	2,323,200	1.0	645.3	10	268.9

降雨 1 吋 = 每方哩 2,323,200 立方呎

每小時降雨 1 吋 = 每方哩每秒 645.33 立方呎

每 24 小時降雨 1 吋 = 每方哩每秒 26.89 立方呎

1 立方呎 = 7.4805 美國加侖

每秒 1 立方呎 = 每日 646,300 加侖

決能否絕無蓄量，而直接由河道內取水之問題時，必須知之。第二種，為設計及實施一般治河工程時最重要之資料，尤以決定棄水堰之大小時為甚。第三種，在確定流域內之供給量，及瀦水庫之大小時用之。

習 題

1. 設降雨率為每小時 $\frac{1}{2}$ 吋，問在每平方哩面積上之水量為每秒若干立方呎？

答 每秒 3,226 立方呎。

2. 設在 20 平方哩面積上取水 1 吋，以此供給 15,000 人口之鎮市，每人每日用水量為 100 加侖。問可敷若干日之用？

取水之總量為 $2,323,200 \times 20 = 46,464,000$ 立方呎 = 347,500,000 加侖。

於是可敷 231 日之用。

答 可敷 231 日。

13. 乾旱時期之流量 乾旱時期河道內之水流，完全由地下或地面所蓄之水維持之，該項蓄量之便利與否，各流域情形不同，故最小流量亦各異。

表六列有各河道內數處之最小流量。於此可見最小流量，恆視河道之大小，及所在地點而大不相同，且流域面積為數百平方哩之河道，其最小流量有為另者。

表六 河道內之最大及最小流量

河 道	地 點	流域面積	最小流量	最大流量
		平方哩	每方哩每 秒立方呎	每方哩每 秒立方呎
美利馬克	新英格蘭州 勞楞斯	4,599	0.31	20.87
科內提卡特	哈特福德	10,234	0.51	20.27
那修阿	馬薩諸塞	109		104.5
薩德巴利	馬薩諸塞	78	0.036	44.2
	紐約州			
喜門	挨爾邁拉	2,055		67.1
克羅吞西支		20.37	0.016	54.43
	新澤西州			
得拉韋爾	斯托克吞	6,790	0.17	37.5
彼科挨諾克		48		115
	賓夕法尼亞州			34.9
柏基厄門	夫累德利克	152	0.39	
南福克	克累亞雷鎮壩	48.6		215
	馬利蘭州			
波托馬克	卡姆柏蘭德	1,364	0.018	131
	伊利那州			
羅克	羅克福德	6,500	0.0158	
得普蘭	河邊村	630	0	21.4

14. 洪水流量 由大暴雨經河道下注之最大流率，每因地勢陡坦，流域面積大小，及支流如何分佈而發生顯著之影響。面積小之流域，常較面積大者，易有更大之最大流率，假設其他情形相同，蓋前者所受短時間內急雨之影響為甚，而後者則最大流率乃受長時間內緩雨之影響。按相同理由，地勢陡者較地勢坦者，有更高之最大流率。

分配逕流於長時間內，藉以減低最大流率，為一極重要之事，可由天然湖泊及池沼，或泛濫於河道兩岸之地面蓄水量收其效。此最後因素之影響，恆足使尋常河道較具有狹谷者，減低洪水流量至二分之一或四分之一。

在表六內，可見最大流率變更極甚之情形，一部分雖因降雨率之變更所致，但大部分則因河道性質迥異之故。表示河道最大流量，已擬定多數公式，或僅包含雨量及流域面積，或將排水區域之形式及坡度亦一併計及。

該項公式之最普通而廣用者，為方雷氏所擬之公式，據云用之於新英格蘭及美國中部各流域，俱甚相宜，公式如下

$$Q = \frac{200}{\sqrt[6]{M}} \quad (1)$$

式中 Q = 流量，以每方哩每秒立方呎計， M = 流域面積，以平方哩計，若流域面積較小，則所得之結果恐嫌太低。

〔例題〕 試照公式(1)，求流域面積為 10 平方哩之洪水流量。

$$\text{洪水流量} = \frac{200}{\sqrt[6]{10}} = \text{每方哩每秒 } 136 \text{ 立方呎。}$$

表七 河道內年流量之統計

河 道	流域面積 平方哩	平均年流量		旱年年流量	
		雨量 吋	流量，雨 量之百分數	雨量 吋	流量，雨 量之百分數
科契丟挾特·····	18.87	47.08	43.2	31.20	31.3
克羅吞·····	338.0	48.38	50.8	38.52	37.8
貞內西·····	1,060	39.82	32.5	31.00	21.5
柏基厄門·····	152	47.98	49.2	38.67	40.4
波托馬克·····	11,043	45.47	52.7	37.03	39.2
薩凡那·····	7,294	45.41	48.9	43.10	37.7
密士失必上游·····	3,265	26.57	18.4	22.86	7.1

15. 年流量 表七表示河道內年流量與雨量相比之統計。由該表，可見在早年内逕流水量之百分數，小於平均年分者遠甚。根據此項資料，及其他統計，可作下述之估計。在密蘇利及密士失必河以東之河道，具有普通情形者，則流去之雨量與年雨量之百分比如下：

雨量以吋計	逕流之百分數
20	25 至 35
30	30 至 40
40	35 至 45
50	40 至 50

在此項問題內，其百分數所以有顯著出入者，實緣流域情形及天氣之變更爲甚。若在流域內之蒸發極盛則流率減少。例如流域內有大部分爲草地者，較之僅係岩石或不毛之山者，所得流量爲少。又大部分爲水面如湖沼之類者，亦較小部分爲水面者，所得之流量少。更如溫度愈高，則蒸發愈易，河道內流量愈少。陡峻岩石之地面，常使大部分之雨水流入河道，但其流率殊不規則。反之平坦之草地，在生長茂盛季內，僅有小部之雨水，甚至絕無流入河道。凡此，由雨量資料，及其他河道之流量統計，以估計某河之流量時，皆應顧及之。

〔例題 1.〕 試估計一河道內早年之流量，設已知平均年雨量爲 40 吋。

由表四，在極早年之雨量，可作爲平均年雨量之百分之 60 或 $40 \times .60 = 24$ 吋。按此雨量，其流入河道之百分數約爲 25 至 35。若

爲一普通情形之流域，可作爲百分之 32，於是流量可估計爲 $24 \times 32 = 7.7$ 吋。

(註) 百分數之所以出入甚鉅，蓋因此項估計極不準確。故實地施測流量，遂爲唯一妥善之法。

[例題 2.] 在一普通情形之流域內，設已知最早年份之雨量爲 30 吋，問在此早年份內可得之水量爲若干？

按第 15 節之估計，知最少有百分之 33 可流入河道，或貯之於水庫。此即 $30 \times .33 = 9.9$ 吋。

由表五，若以每方哩加侖數計，卽爲 $9.9 \times 323,200 \times 7.48 = 172,000,000$ 加侖。

16. 逐月流量之變更 在早年內，當夏季降雨時，可收集之水量極少。所恃者爲冬季之雪及春季之雨，藉以充滿水庫，故全年水量之供給，幾須盡在十二月至五月內收集之。當尋常年分，河道內大部水流係在夏季遇之。然全年水流之四分之三，恆遇於十二月至五月，其遇於六月至十一月者，僅佔四分之一。至在極旱之年，則夏季流量，實際上可作爲另(譯者按，此係美國情形，中國不同)。

17. 地面水之品質 地面之水，常取給於兩個普通來源，卽河及湖是也。由河取給之水，再可分爲直接取於大河，或取於停滯小河水流之水庫。地面水之品質，可依其 (1) 外狀，(2) 含礦質量，(3) 傳染病菌之有無以論之。

(1) 水之外狀，因其含有泥沙而變更，蓋可使水混濁也，亦有因其含某種植物，而呈特別顏色者。水混濁之程度，視流域之性質而不同。混濁之水，對於家用方面，雖極可厭，但實際上，並不可謂有

何危險性。水之混濁者，可使其在水庫中停滯，俾所含之泥土下沉，或使其經過濾水池而澄清之。地面水之經過沼澤者，每易有顏色，蓋因吸收植物內可溶解之色素所致。此項不純之水，雖其外觀惡劣，但每可有裨於人類之健康。

(2) 地面水，雖不能若地下水之可溶解多量礦質，但亦含相當可注意之量，視其水流所經過土壤之性質而異。大部分之礦質，尋常為碳酸石灰。地面水之所以較地下水為可取者，蓋即因其含礦質量較少之故。硬水(含石灰之水)對於庖廚及製造工業上之用途殊

為不宜

(3) 關於水之品質，當以是否對於健康有何危害為最重要之問題。醫學上已確切證明某種疾病，如霍亂及傷寒，係由微細之有機體，名曰細菌者所致。此項細菌，恆居留於病人之腸內而向外排洩，故凡發生此類疾病之區域，常在污水中有鉅量之細菌。若此污水排出而混入任何鎮市之給水內，則立即發生同樣之傳染病。常有因一個病人沾污給水之故，而使全村蒙其害者，於此可知給水之品質，就衛生立場而言，實非常重要。

地面給水，如能在無居民之面積內取之，最為安全。少數散佈之農家而不與水道太相近者，亦尚不致沾污水源過甚。若在流域內人口極密，尤以有村鎮位於山谷之內者，則因給水而傳播疾病之可能性極大。

利用大河水流之危險性，視其污水之多寡及來源之遠近而異。任何較大之河道，無不接受城鎮排出之水，但其量之多寡不同耳，若此污水之量不多，距離較遠，則危險性亦減少。就一般狀況而言，

地面給水決不能絕無危險性，除非用人爲之有效方法，使其澄潔，然在美國多數大城市，尙在繼續應用沾污之給水。其弊可於此等城市之居民，每因傷寒而死亡率較高證之。

由湖泊取給水量，恆可較河道爲佳。湖泊之水，普通均不致有混濁之虞，蓋由支流所帶來之沉澱物，早經下沉，若附近並無溝渠沾污，則就衛生觀點言之，亦比較安全。根據實驗所得，知當泥沙沉下之時，大部細菌亦隨之下沉，故使污水大爲澄清。湖泊內之水所以較河道內之水爲佳，此亦爲一原因，而由小河流取給之水，使之在大蓄水庫內停滯，往往可改善其品質，亦爲此故。但有時在水庫內生長植物，則不免因此而發生可厭之臭味耳。

第五章 地下水量之供給

18. 地下水之存在 降於地面之雨水，其消納之途凡三。其一直接流入河道，其二由地面及植物蒸發，其三滲入土壤。

滲入地下之水，達植物根部所能吸收範圍之外時，則必依照重力定律而繼續向下，直至不透水岩層爲止。此不透水層卽爲古代之水面，其先曾充滿地殼之每一罅隙及裂縫，達相當高度。在此向橫移動之水量，與由地面滲下而加於其上之水量相等。如此在地下存積之水，名曰地下水，其面曰地下水面。

在石灰岩之區域內，常有極大之水流在地下流動且有鉅大之岩穴，可成爲地下之大湖者存在，如在因提安那及肯基州之大洞卽是。但此等存積之水，可用之於給水者究屬少數，尋常所謂地下水量，仍當恃地面水量之經土壤及岩層而滲下或流動者爲主，其量乃視雨水之多寡，及控制水流之水力學定律所支配。

19. 地下水面之普通形式 地下水面，因受重力作用，常使其成爲水平面，且當由地面滲漉而源源供給水量時，每有繼續向下及向橫之水流，其平均流量約與滲漉之水量相等。在地面之河道內，僅需一極小之坡度，即可使水流迅速移動，但在地下，則對於移動之阻力特大，雖有陡峻之坡度，亦僅能維持極緩之速度。

設假想地內之孔隙，到處均勻，則地下水面將與地面之起伏保持相同之形狀，所變更者極微。此種理想情形，可於圖 2 表之。在近河邊處，如 A 及 B，地下水面及地上水面適相吻合。自河邊向內，



圖 2 地下水與地面水之關係

地下水面逐漸升高，但較之地面坡度為緩，至最高點後，於是又逐漸降低，達於另一低窪之地。在此山谷內，與河流平行方向，亦有向下傾斜之勢，即相當於地面水之傾斜，故水流方向，係稍向下游且循坡度最大之綫。

地下水面之變更，比較甚緩，亦可分為逐年，逐季及雨期內之變更。近於河道及低地處地下水面變更甚小，蓋大部為相鄰之地面水所左右。在地下水面較高之點，水面之升降亦相當加大，有時竟達數呎之鉅。在多孔隙之土內，坡度較小者，其變更亦小。

20. 土壤之孔隙 近地球表面之土壤及岩石，均可吸收多量或少量之水。砂之具極均勻顆粒者，其孔隙占全體積之百分之 35 至 40。當砂礫混和，則可減少孔隙之百分數，其減少之程度，視顆粒大小如何變更而定之，但鮮有小於百分之 25 者。岩石之孔隙，極少者為百分之 1，如花崗石然，最多者達百分之 25 至 30，如疏鬆之砂石即是。

土壤及岩石可吸收水氣之量，殊不為工程師所重視，其所欲知者，為材料之載水量，及已經飽和後極易攝取而出之水量。在細粒土壤內，水之流動極緩，大部水量均為毛細管作用而阻滯，此種土壤殊無載水之價值。公共給水所需之巨大水量，欲求其經濟，必須求載水材料為多孔性者。敷足之給水量，除砂礫層及多孔性之岩層

外，鮮能得之。砂石，礫石及礫層為供給大量地下水最佳之組織。砂石之組成，疏密不同，可自孔隙極少而緊密之石起，至與砂相類而孔隙極多者為止。不黏合之砂及礫對於孔隙而言，當然為最佳之材料，惜其範圍每屬有限。

21. 地下水之流動 在前節中，已述及在地下之水，尋常亦緩緩經流於地內。若由地下水取給之量甚鉅，則此流率殊為重要。由地下水之水道內取水，恰與由地面河道內取水相同，兩者在水道內經流之量，至少須等於預定取給之水量，否則即感不足。最普通之觀念，以為由地下取水，可以源源不絕，殊不知此乃極錯誤之見解，蓋多數取給於地下水之水源，現已逐漸失敗矣。

大量之地下水，恆得之於較淺較廣之礫層，此礫層彷彿成一寬大之地下河道，亦有得之於面積甚廣之透水岩層，如砂石之類，後者須掘深井穿入岩層，即普通所謂湧泉井者是也。在近地面之礫層中，恆可確切估計其經流某一層之水量。

估計地下水源容量最佳之方法，惟有用抽水機實行向地下抽水，經長久之時間，使地下水之供求，近於平衡，即在此試驗井內，水面並無降下之傾向。如此試驗，欲繼續達十分平衡狀態，實際上恐亦不甚可能，蓋往往須歷數年，始可最後確定水源之容量。作短時間之抽水試驗，恆易得極大之誤會，蓋地下水往往停滯如一水庫，並無若何流動，宛如一地面池沼之排水面積甚小者。簡略之試驗，其結果至多與池沼上作同樣之試驗相等。

如事實上可能，則求得每單位時間內，地下水流經過所論面積之實量殊為需要。為此須估計水流之速度，透水層之橫截面積及孔

隙之百分數。

地下水之流率，遠不若地面河道者為大。視地面坡度或斜勢以及砂礫顆粒之大小而異。下表所示，為各不同坡度及各種土壤下可有之速度。

表 八

地下水流之速度(以每日呎數計)

材 料	地面坡度每哩呎數					
	10	20	30	40	50	100
細砂.....	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	2.0
中號砂.....	1.5	3.0	4.5	6.0	7.5	15.
粗砂.....	4.0	8.0	12.0	16.0	20.	40.
無砂之細礫.....	20-40	40-80	60-120	80-160	100-200	200-400

水流之速度確定後，尚須估計經過已知區域之水量。在砂或礫之全體積內，水約僅佔百分之 25 至 30，故經過一已知橫截面之實在水量，乃假定全部為水，而僅計其百分之 25 至 30 得之。設 v = 水流速度，以每日呎數計， A = 與水流方向成直角之透水部分之橫截面積，假設孔隙之百分分數為 25 或 $\frac{1}{4}$ ，則每日經過之流量以立方呎計，當如下式

$$Q = \frac{1}{4}vA \quad (2)$$

例如，設有一透水之粗砂層，水深 10 呎，層廣 500 呎，坡度為每哩 20 呎。於是由表八，水流速度可取為每日 8 呎。截面積 $A = 10 \times 500 = 5,000$ 平方呎。於是水流之體積約為 $\frac{1}{4} \times 8 \times 5,000 =$ 每日 10,000 立方呎，或 75,000 加侖。此乃經過砂層之總流率，亦即自此砂層，可藉鑿井或用任何方法取給之最大水量。欲得上述結果，

此砂層須極長，且所含之水約具一致之深度，而其坡度約與地面相同。

22. 泉水之成因 泉水之成，完全因地下水在某處流出而成爲地面水。其所以成爲泉水之情形，各各不同，須加以慎密之研究。蓋當設計採集泉水工事時，應根據種種問題，如(1)水流之是否不變，(2)用適宜之工事，是否有增加泉量之可能，及(3)另覓額外之泉源能否成功等。因其情形之不同，泉水普通可分爲三類，今分論之如下。

第一類 泉水最重要之一類，係因地下水當向橫移動時，被擋至露在地面之透水層處，其下適有一比較不甚透水之層。圖3即代

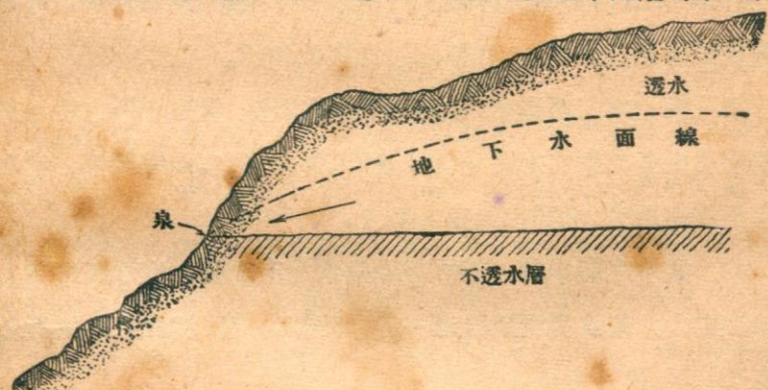


圖3 泉水之成因

表此種情形，地下水自露於地面之不透水層處逸出，遂成爲泉水。透水層可爲砂或礫或透水之岩石，而不透水層普通爲黏土或含黏土性之岩石。

屬於此類之大泉水甚多，歐洲若干大城市之給水，得於此等水源者爲數不少。奧京維也納即由相距 60 哩之泉水所供給。其地乃

一破裂之白雲石狀石灰岩而露於地面者，下有不透水之版岩。最大之愷撒布羅能泉水，其平均流率為每秒 150 加侖，最小流率為 60 加侖，最大流率為 250 加侖。

第二類 屬於此類之泉水，係在載水層之上，另為或厚或薄之不透水層所掩覆，故其性質多少與湧泉井相近。在此情形下，水之達於地面，恆在不透水層破裂或有斷層之處，亦有因岩石不甚堅強，不足以抵抗向上壓力而致破裂者。

此種性質之泉水，亦有自大範圍之岩層經長距離而來者，故在其他地點，每適宜於開鑿湧泉井。一特殊之現象，如在佛羅里達州海岸外數哩之洋內，竟有大量之淡水泉自下噴出，即為此類，而在北佛羅里達州之大泉水，其原因殆亦與此相仿。

第三類 第三類泉水，僅為地下水之溢流，當透水層之載水量不敷運載由各支脈而來之全部水量時，每易遇之。此等情形，常在山脚卑濕處所有，然在山側亦非無之。

23. 泉水之產水量 任何特殊泉水之產水量，均可運用堰上測流法定之，若該項測量經過一乾旱時期，則關於此泉水供給量之需要資料，俱可求得。

第一類泉水之產水量，視地下水之變更而異，故與雨量有關。但若經適當工事之攔阻，水流並不至完全斷絕。

第二類泉水不若第一類及第三類之易受雨量變更之影響。若有此類泉水存在，則經考察後，可知其係受大量水源之供給，其流出之泉水，僅居一小部分耳。遇此情形，欲增加泉水之產水量，僅須加大出口，或增深井底，與尋常地下水之供給相同。

第三類泉水易有極大之變更，常有完全斷流之虞。

24. 湧泉之普通情形 苟有載水之層，向下斜入比較不甚透水之層，則前者不啻成一封閉之導渠或水管，若在其下端受有任何阻礙，則水必積滯，而對於不透水之上層，施以相當壓力。此壓力之大小，視水流受阻滯之程度，及導管上端，即透水層之另一露於地面處之高度而異。若在任何點經不透水層而鑿一井，則水必因壓力而上升。如地形及壓力俱甚合宜，則水可升至地面，或地面以上甚高之處，此即真湧泉井，或曰自流井。



圖 4 載水層之下傾

圖 4 乃合於真湧泉井之理想情形。設 AB 為透水層，在 A 及 B 處露於地面，另由不透水之黏土層或岩層掩覆之。水由 A 處滲入，可由 B 處逸出，但在中途則對於不透水層發生一壓力。若阻力甚均勻，而除 B 處外，別無他處逸水，則自 A 至 B，水頭之減低亦均勻，換言之，水力坡度綫為直綫 AB。若在透水層內插入一管，則在管內之水面應升至此綫，苟地高在此綫以下，則所掘之井，可成湧泉井。

實在情形可與圖 4 所表示者，變動極大，蓋在 B 處，每因透水層加密，或透水層變薄，使水流被阻而不能外逸。此時使水施於不透水層之上壓力仍相同。載水之層，恆為透水之砂石，但湧出之水亦有自石灰岩或廣大之無黏合性材料中得之。

上覆之不透水層，普通由黏土及頁岩組成之。此項組織除有裂縫者外，概不透水。但有時在此層內不免有漏水之處，於是即成爲泉水，恆在上覆層破裂處遇之，已在上節中述及。除在面積極有限之情形外，由湧泉井水源可取得之水量，並非重要問題，尤以用於鎮市給水之相隔甚遠者爲特著。蓋自厚數百呎，露出面數百或數千平方哩之透水岩層取水，其可取得之總水量常極鉅，與給水所需要之量相較，不可同日而語。但井之深入湧泉層者，相距不可太近，否則互相受影響，而產水量爲之減少。

25. 關於湧泉井之推測 載水層之是否存在，其性質及深度，並其露出地面之位置等等，爲屬於地質學上之問題。若對於此等問題，尙未經開鑿試井或鑽探而完全明瞭時，則須向熟悉該處情形之地質學家諮詢。因違反專家之勸告，在無水可得之面積及深度內施工，致毫無效果而枉費多量金錢者，爲常有之事。

凡鑿井時，苟能保存鑽探所得之各種土樣及石樣殊爲重要，蓋附近地質上之智識須藉此而得也。苟能將所得之水加以化學分析，則確定地層時，亦爲有價值之輔助資料。

26. 地下給水之品質 地下水之品質，尋常與地面水者，迥不相同。地下水由地面滲瀝而下，混於水中之雜物均可濾去，故常極澄潔。但同時即於此濾過時使水溶解多量礦質，於是地下水較之地面水，含礦質量恆特富。若在有石灰岩之區域經過，則地下水將含石灰質而成爲硬水，若經矽質之土壤，則水之性質亦隨之變更。水中若僅含少量之石灰質，對於用作飲料尙無大礙，但在其他用途，不免多所耗費而發生困難。矽質之水則全不可用。

至於病菌之類，則地下水因經土壤濾過之作用，大概可望全無。在私人井內，往往因鄰近住屋，沾污之機會較多，公共之井，則恆使其離污水之源甚遠。

地下水之溫度及氣味，均較地面水更為可取。地下水恆為供給小城及村鎮最有價值之水源，若此等水源可得，應即採取而棄地面水不用。

第六章 水廠之建設

在未詳細敘述建設水廠之前，茲特約舉建設水廠或給水系統之各要點。俾可先得一普通觀念。

27. 分類 給水系統中應舉辦之各項工程，可分為三大類，即（一）取水之工程，（二）運水及分水之工程，（三）使水澄潔之工程。

28. 取水之工程 此項工程，依其水源之性質，而分為（甲）由大河及天然湖泊取水之工程，（乙）取地下水之工程，（丙）由小河取水而用滯水庫之工程。

（甲）由大河及天然湖泊取水之工程，性質各不相同，最簡單者，僅用一鑄鐵管自岸上伸入近距離之水中，最繁費者，須築隧道及框工，如在美國大湖旁各城市所用者。然此等工程之位置，視其所取水之品質而不同。常遇之情形，如取水於一湖，而同時有溝渠之污水流入該湖，則其問題，未免困難。

（乙）取地下水之工程，包括各種形式之淺井，湧泉井及濾水坑道。此項工程之位置，視載水層之所在而定之。若載水層甚廣，則為便利及經濟計，應將井鑿至較深之層，俾水可由抽水機汲取，且或有得湧泉井之可能。僅鑿淺井，則其位置常受當地污水之影響，深井則無之。

（丙）在小流域之河道內取水，再利用滯水庫，其唯一目的為求水質之優良，蓋流域甚小，可望其人口極稀。合宜之地點往往須

求之於荒僻之區，且須在較高之處，而與用水之城市每距離極遠，甚至有在 50 至 75 哩以外者。潛水庫之位置，須視工程問題定之，如壩之地位，引水道及導渠之長度與造價，以及最關重要之經濟問題，即取得之水，是否全部或一部可藉重力作用運送及分佈於他處。

29. 分水之工程 此項工程，包括(1)自遠處水源輸水之引水道及導渠，(2)抽水機及抽水站，(3)調節水流及存儲水量之局部水庫，以及(4)分送水流至各用戶之管路。導渠可為敞槽，圻工所築之渠，或受壓力之渠，如用木條，鋼鐵所製之管，亦有築成隧道狀者，其所用之式樣，完全因其造價之高下定之。抽水機之式樣及種類更為繁多，可用蒸汽，煤氣，電力，風力及水力為原動。深井抽水機，用於深度較大不能藉吸上作用取水之處；低升抽水機，用於自河道內抽水至沉澱池及濾池，或自井中抽水至低位水庫；高升抽水機，則為壓送幹管內之水流至分佈水管或高位分配水庫時用之。局部水庫係用於存儲自遠處導渠引來之水，使節制分佈系統中之水量，並調整抽水系統中之壓力及水流，同時亦可為一沉澱水庫。管路系統包括分水幹管，救火水栓，公用水管，閉斷閘及調節閘等。

30. 使水澄潔之工程 此項工程，因其所欲除去之不潔物而異其種類。例如，地面水之沉澱物，細菌等，多少可藉沉澱池及各式濾池而除去之。地下水之鐵質可藉氣滲法及砂濾法而除去。硬水中之石灰質，則用化合法使其沉澱等等。凡應用此法後，水質之極不堪用者，亦可大為改善，而成為完全適用之水，但其所耗之費用殊鉅。因此有優良品質之水源而需費較鉅時，恆可與另一水質不良，

需用澄潔方法使其改善者相比較，二者之總價或不相上下。有時地面水或易有隨時變壞之可能，故人爲之澄潔方法，亦不可不考求之。

第七章 取集地面水之工程

自大河及巨泊內取水，恆須自抽水廠處引一管或建一隧道，伸至離岸稍遠之水中，但此項管及隧道之建築常為極困難之工程。

31. 河道進水口 選定進水口之地點時，須注意下列各點：

(1) 水之品質，(2) 建築及養護此項工程所需之費用。進水口須不受當地污水之沾染，故須位於本鎮一切污水渠出口處之上。若河道內有潮汐作用，則溝渠之污水，可因漲潮而被帶至出口以上甚遠之處，於是在選定進水口位置之前，須用浮標充分研究此問題，並在一年內之各不同時期，考察水之品質。進水口之位置，尤須特別注意最低水位高度而決定之。

進水口建築物之式樣，應視河流之性質定之，尤以低水位與高水位差別之大小，最為重要。

若水位之變更甚微，例如在河道近壩處，及在湖泊海洋相近，恆可在距岸不遠處取水，進水管之盡端，僅須築一混凝土基礎支之，木框或圻工之擁壁，亦可適用。

進水管恆以鑄鐵為之，可直接引至抽水機，而成為吸取管，或至開關室及抽水井亦可。惟後者則吸取管係自抽水井引出。鑄鐵或木質之大孔格柵，恆置於進水管之入口處，以阻大物之躡入，而銅製之魚簾則恆插入開關室，或吸取管之盡端。

若水位之漲落甚巨，則此項工程大增。尋常須將進水管伸至距岸極遠之處，俾達低水時之適宜地點。且抽水機實際上不能吸取

河水達 20 呎以上之高度，故欲使抽水機之効力能達低水位，恆須將機置於抽機坑，此坑遠在高水位之下。於是建造一不漏水之深坑，遂為該項工程之一重要部分。

在進水管盡端之另一式樣建築物，為一圻工築成之塔，露出高水位之上，具有如水庫內所用之洩水閘門。為防止冰或漂流物之衝撞，以保其穩定起見，此塔乃仿橋墩之形造之，進水門即位於其側面。進水管之外端，尋常用一簡單之木框保護之，俾支起管端而位於河底以上二三呎，且四週用碎石填實，以防沖刷。另用一粗格之罩，置於藏進水管木框之上。格孔之總面積約須二三倍於管面積，俾進水之速度可以減低。有時為阻止沉澱物之侵入，此木框內完全用碎石及砂填充之，使造成一濾水木框。此等進水塔曾用於聖路易及星西那提二城，並築隧道接連此塔，藉以輸水至抽水機處。

塔與木框相較，則前者有永久及可恃之利點。因此該項式樣，宜加採用，但其費用則遠較木框工程為大，故僅適用於較大或較重要之工程。

自木框或進水塔起，引一進水管或隧道，恆先達隔離室或抽水井，自此乃由吸取管引至抽水機。

圖 5 表示一小工程之優良設計。此處河水先由重力作用流入以鍋爐鋼製成之濕井，此井在高水位之下。水由此井，再經吸取管，直接引至抽機坑內之抽水機處。吸取管係置於一隧道內，俾在高水時仍可由此達濕井內之閘處。進水管及吸取管之大小，須使在管內之水流速度不超過每秒 $1\frac{1}{2}$ 至 2 呎。

32. 湖泊進水口 湖泊進水口之位置，須使其在任何時皆可

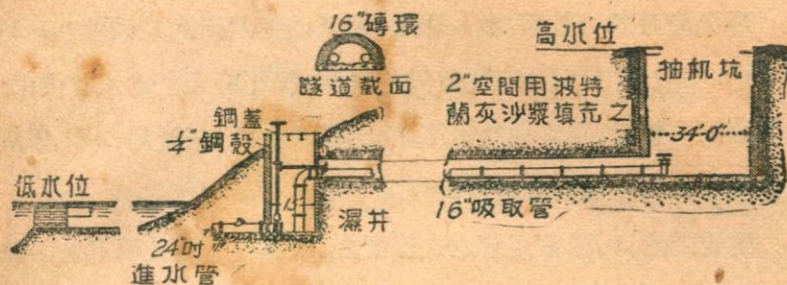


圖 5 俄海俄河之進水口

得品質極佳之水，並使其不致有水流中斷之虞，因此該問題亦不得不加以詳細研究。若湖泊並不受溝渠之沾污，則須考察者為 (1) 河道入口之地點，及其所帶之泥沙，(2) 湖底之性質，(3) 風及水流之方向，並其攪擾湖底淤泥及轉移沉澱物之作用。

如事實上可能，進水口須位於敷足之深度，以防止巨大之波浪影響，同時亦可更為穩定，並免除因風浪擾動沉澱物之作用。在小池內，風力亦足以攪動水達 15 或 20 呎之深，故此數可視為最小之深度。若湖水並不十分凝滯，則稍大之深度，更為可取，蓋在此深度以下，水每劇變成更冷也。在大湖內，風浪之作用，恆展至更大之深度，故進水口應伸至 40 或 50 呎之深度。

沿大湖之城市，每將溝渠洩出之污水，就最便利處引入湖內，故於此等處，從同一之水體內，採取所需之給水，其最困難之進水問題，即在如何與溝渠相隔離。當城市日趨繁榮，於是進水口逐漸向外伸展，但尋常在尚未達需要此步驟之前，為傷寒而致命者，已日見其增加；且即審慎將事，由如此水流所得之水，其品質仍應視為可疑。在芝加哥，進水管之長，逐漸增至 4 哩，在密爾窩基長 1 哩，而在克利夫蘭德之新進水管長達 5 哩。

導渠應否爲一管路，或一隧道，視其造價及兩式比較孰爲可恃而定之。在較小之工程中，隧道殊不可用，但在極大之進水設備中，則隧道反可較廉。再則尋常管路，除非埋設極深，在近岸一端，每易被冰塊漂流物及風雨侵蝕所破壞。

潛管進水口，尋常用潛水夫安置之。惟其他方法亦時用之。此管宜置於一在水中挖成之壕溝，最少伸展至風浪作用不及之處。而其上則蓋以3或4呎之土。在近岸端處，則所蓋之土更須加厚，各種安置潛水管之方法，當於下文再述之。

大多數之湖泊進水口，均在其兩端用潛水框工保護之，一部分充以碎石。管端高出湖底約6或8呎，以阻砂之侵入。在芝加哥及克利夫蘭德等處之大工程中，鉅大之進水框或進水塔建於水面之上，與河道內之進水口相仿。

運用湖泊進水口最大之困難，厥維口門之被錨冰阻塞。錨冰係由針狀冰及碎片所組成，最初其體甚小，甚易在水下被弱流所帶動。若水面完全結冰，則其作用停止。但在未停止前，觸及潛水之物體，即易膠着其上，而立成一大體積不易移動矣。錨冰對於湖泊進水口，恆發生極大之困難，不特在露出之框上，即在較淺之潛水管亦然。欲除去之，有數種方法。用壓縮空氣吹入口門爲一有效之方法。用軟管以蒸汽及沸水注入，用鐵鏈在管內往來抽動，以及用有尖頭之竹竿刺入，爲可用之其他方法。爲欲消弭錨冰之困難起見，所有框格及口門均須有較大之面積，俾水流經過時其速度不致在每秒3或4吋以上。

第八章 取集地下水之工程

33. 由泉源取水 該項工程之主要目的，僅爲防止水質被沾污，或泉源被阻塞。恆須築一輕便小室，俾導管可由此引入，有時爲加增其產水量起見，當另築合式之工程。

若供給之量，在任何時均足敷需求之量，且不僅自一個大泉源所得，則每一泉源應使各有其水池，自此水池再引至一共有之幹管。最簡單之建築，僅爲一圻工所造成之小井或水池，使圍繞此泉水，而導管即自此引入。爲防止有機體植物之生長，使免水質變壞起見，此等小池應加覆蔽，不使其有光綫漏入。用於小泉源處之簡單及有效之佈置，爲一圓井，上覆石蓋而膠合之，並留一工人出入之洞。用於大泉源者，則須用圻工造一穹形窖，上覆 2 或 3 呎厚之土更佳。若泉源位於陡峻之山腰，則此集水室可向山內築入，彷彿成水平坑道式，而另闢一門或工人出入洞，以便入內工作。

礦泉及其他泉源之在公共場所者，每築成敞池，於是其堞牆及圍欄恆可加以裝飾。

若泉源之天然產水量不足，有時可設法增加其量。適當之有效集取工程，視泉源性質而不同。若載水之層即覆被於不透水層之上面，則常易發現爲多數小泉，於是不必個別加以處置。而建一與露出面平行之長坑道爲尤佳。由此長坑道可引至一中心集水室，與用於大泉者相仿。坑道之式樣約與圖 12 所示者相似，建造時應有充分之深，俾達不透水層，而置於其上，於是可集取地下水之全部，

並原有之泉水亦在內。故總產水量恆可大增，尤以在旱季所增者，比較最多，

坑道可爲一簡單之瓦筒或爲一煉泥管，在管之上部接頭處使其敞開。若須集取多量之水，則可用磚或石築成之，其大小可容一人入內行動。

若泉水係發源於深透水層，則此層恆可用井穿入，而不復以泉視之。鑿井之後，泉水往往減少或竟全部停流，

34. 關於井水產量之原理 不論一大井或小井，由地面鑿至載水層內，則水必流入此井。若此時並不自井內抽水，則經過相當時間，井中水面當與四周土壤內之水面相平。圖 6 表示井之截面，

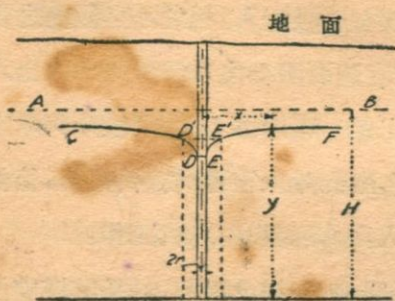


圖 6 鑿井至地下水層

圖中虛綫 A B 代表在地下及井中之水平面。若由此井抽水，則井中水面勢必降低，於是四周有向井流動之勢，而地下水面遂變爲如圖 C D E F 實綫所示之形式。地下水面降低之量，距井稍遠即爲之大減，直至一較

遠之處，可謂全無可覺之影響。在水面有顯著降低之面積內，名之曰勢力圈。若繼續自井內抽水，則水面必愈降愈低，直至降低極甚，地下水迅速流入之量，與抽出之量相等爲止，此時水面即不復變動。若抽水停止，則井中水面必漸漸升高，至原有之水面而止。

若流入井中之水有相當壓力，即如透水層之上，另有不透水層掩覆之，則其水流並不隨水面高度之變更而異，但其表示壓力之曲

綫，則與上述表示水面之形式者相似。

關於井中產水量之基本原理，雖經用理論及實驗加以考察，但該問題殊不易在此加以詳細討論。惟有若干最普通而極重要之原理，可資確切明瞭在不同情形下井之性質者，今述之如下。

在一砂或礫層內，其厚至少數呎以上，而有水在內流動，並知其坡度約為每哩 5 或 10 呎，今鑿一深井，直達此層，則經繼續抽水，其可得之產水量，約符下述定律：

(1) 產水量約與自井中正常水面至降落水面之距離成正比。

(2) 產水量約與載水層之厚薄成正比

(3) 若水面降落之量相同，則井愈大產水量亦略大，但其相差不多，除非為一極深而小直徑之井，則其中水流之向上速度，可大於每秒 2 或 3 呎。一 10 呎徑之井，其產水量僅較一 6 吋徑者大百分之 50。

(4) 若水面降落之量相同，則在粗鬆土質內之產水量較細密者為更多。

下表乃略表示一單獨之井，鑿至載水層之半深處，在各不同土質內可望取得之產水量

表 九

— 6 吋井鑿至 10 呎厚之載水層當繼續抽水時水面落下 1 呎
所得產水量之近似值

土 質	產水量以每日加侖計
細砂	4,000
中號砂	30,000
粗砂	80,000
無砂之細礫	500,000以上

若載水層之厚薄不同，或水面降落之量亦異，則產水量可照上述比例定律求之。土質愈粗，產水量愈大，已在上表略示，因此欲確切估計產水量，殊為困難。較大之井，其所得結果僅略佳耳。

✓〔例題〕 在中號砂組成之載水層內鑿井，其深度達水面下 30 呎，當抽水時水面降下 5 呎，問其產水量為若干？

由表九，知產水量為每日 30,000 加侖，但此係 10 呎厚之載水層，水面降落 1 呎之量。今載水層厚 30 呎，降落達 5 呎，故產水量應較此大 15 倍，或 $15 \times 30,000 =$ 每日 450,000 加侖。

若有兩個或兩個以上之井，穿入同一層內，而相距甚近，並同時抽水，則其總產水量，每較在一單獨井內抽水，而降落至同一水面之產水量為更少。此水量互受阻擾之程度，視井之大小及相距之遠近，以及一單獨井抽水時所生勢力圈之半徑，並因抽水而水面降落之深度，以定之。

阻擾影響之大小，恆視井與井間之距離而定。其他因抽水而降落之深度及載水層之容量，關係亦鉅。若水面降落達 10 呎之鉅，則井與井間須相距 200 至 400 呎，始可使阻擾之影響不致太鉅。若僅相距 25 至 50 呎，則每發生極大之阻擾，在有三個以上之井時，往往可達百分之 50。其意蓋言，若有四個井相距僅 50 呎，則其總產水量，較之苟將此四井置於相隔 300 或 400 呎處之產水量，僅為百分之 50。

若事實上可能，則確定井水容量最佳之法，惟有作實地試驗，且須經悠久之時間，俾達水流之平衡狀態，但若不能符合此條件時，則試驗之結果每不可憑信。若地下水之坡度甚緩，每須經數星

期或數月之試驗，而其勢力圈尙在繼續展寬，於是其產水量則逐漸減少。故此試驗或須延長至數年，俾得達最後之平衡狀態。

在開鑿深井穿入岩層之情形下，欲分析已知條件，而推測產水量，乃不可能之事。於是必須作抽水試驗，同時應用水流與井內水面降落量成正比之原理，可得大概。例如，若作抽水試驗，水面降落 10 呎時，產水量爲每日 200,000 加侖，則當水面降落 20 呎時，估計產水量爲 400,000 加侖當無大誤。在任何情形，水面降落係自正常水面算起，所謂正常水面，即當停止抽水時，水面升達之位置。在一湧泉井內，欲求此水面，須將井欄築至地面以上，使升高之水面，不致旁溢爲度，或將井嚴封，而用壓力表測定其水頭。

35. 大徑之做井 如上所述，井中之產水量，即自井中源源可取得之水量，與井之大小，無甚關係，但爲別種原因，大徑之井，恆較小徑之井爲可取。

大徑井較小徑井有一最可取之點，即其貯蓄容量甚大。若抽水之速度時有變更，則一大徑井較之一組小管井，恆可使其容量大增。再則當使用抽水機時，若能自一個或二三個相近之大井內，取得全部水量，則更有許多便利，其主要者，如可省免極長之吸取管。大徑井更可使抽水機置入井內低下之處，於是可採用更經濟之式樣，亦爲一極可取之點。

在小井內，常有阻塞之弊，且細砂每易屢入。但大井則可完全避免，蓋其進水速度甚緩，即有細微之物亦有自行沉澱之機會。

大徑井最不可取之點，爲其造價較之產水量相同之小管井特若井之深度增加，此弱點愈爲顯著，故爲經濟起見，大徑井僅造

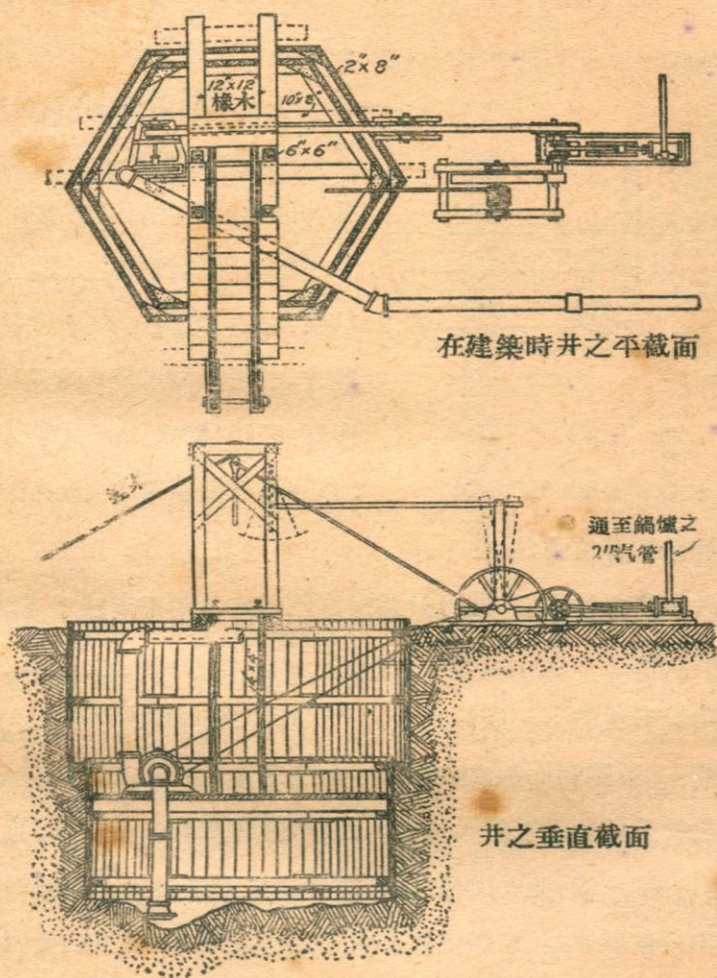
至某種深度而作抽機坑，於是再由井底鑿管井或掘坑道以求增加產水量，較之繼續向下開鑿大井，更為省費。

給水廠所用之大徑井，其小者直徑為 10 呎或 10 呎以下，大者達 100 呎，最普通之尺寸為 30 至 50 呎。井之最小深度，視達載水層並穿入此層經一短距離所需之深度定之。所以穿入載水層者，蓋備旱季水面降低而留一餘地也。

造大徑井時，恆可遇大量之水，於是須具充分之設備以處理之。當挖土時，因使水面保持在最低開挖面之下，故當有最大量之抽水設備，較之該井將來可有之容量應更大。在尋常深度，開挖之工，僅藉板樁為助，即可從事。若井之直徑甚大，則恆先開挖環形溝，在內裝置側石，或築襯壁，至完工後始將中心除去。用此法可使板樁易加支撐。另一用於較小井之法，係在一組木結構或肋架之外打板樁，於是井之全部可一次挖成。肋架就地建造，隨開挖工程同時進行，其法以圖 7 示之。

在鬆軟之土質內開挖極深之井，則側石可在一鐵或木之底座上開始建築，於是開挖工及建側石工可同時進行，而側石則由其自身之重下沉。開挖時可用普通方法，或用壓縮空氣，或帶水浚濬，其所用方法視井之深淺，水量多寡，及泥土性質定之。若阻力太大，不足以使第一側石沉下，則可建第二側石及其底座於第一側石之內。圖 8 表示挖井所用側石底座之兩種式樣，兩種均大部用木質所造。為加強此種側石起見，恆以鐵條自底座伸入圻工之內。用於大井及抽機坑內者，恆為厚重之鐵質底座，惟亦有時需用閉氣沉箱者。

側石或襯壁尋常為磚或混凝土所築成之圓牆，其厚薄視井之



在建築時井之平截面

井之垂直截面

圖 7 正在建築中之大井

直徑及深淺而異，普通約自 2 至 5 呎。乾砌塊石工可用於下部，但在上部則須用混凝土。

凡井均應加以覆蔽，以免光綫射入，且防沾污。井蓋普通用木

製，但在大井上，可造成圓錐狀，而以輕木架或攔於井壁之椽支

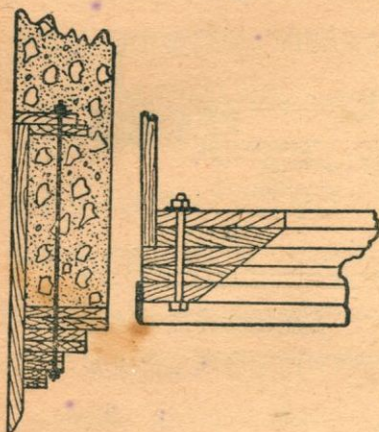


圖 8 鑿井所用側石之底座

或軟層內開鑿之方法。

就開鑿方法而言，井可分為兩大類，即(1)閉口井或正式鑽井，(2)開口井。

閉口井或鑽井 在此式內，井之構成係一直徑 1 吋至 4 吋之鍛鐵管，一端關閉而製成尖頭形，向上若干距離開有多數小孔。此備就之管於是用木製之大槌打入地內，至穿入載水層而止。管之上端接於一抽水機，此井遂告完成。若穿入之層為砂土，則開小孔之部分須用錄網掩蔽，錄網之粗細視砂之粗細定之。為防止損壞此錄網及阻塞小孔起見，尖頭之部分恆較管略大，或在錄網之外，另置一多孔之外殼。

圖 9 表示一普通式樣之井頭，及藉兩人之力用重錘打井之法。井管亦可用木塊藉打樁機打之，如其他方法便利，自亦可用。此井適用於土質鬆軟或砂土之處，最大深度可達 75 呎，水層淺薄而廣

之。

36. 淺管井或鑽井 淺管井，或井之直徑甚小者，亦曰鑽井，開鑿時可用種種方法，視其大小深淺及所開挖之土質而異。欲使其供給大量之水，常須多開數井，於是除開鑿問題之外，關於佈置，間距，聯絡及使用等問題亦均重要。今所欲論者，僅為在泥土

佈之處亦可用。

開口井 用於地土堅硬處，及開鑿尺寸較大之井，則開口井爲佳。開鑿時須將井內泥土除去，同時將管打下，與上述者相同。最普通之開鑿方法，係用水注法。進行時，須將一強力之水流壓經插入井管之小管，於是近管端處有一個或數個迸射之水。同時此小管上裝有鑿口，在井管內上下攪動，使土質稀鬆與水拌和後而帶至井口。若土質甚硬，或井甚深，則須備一鋼製之切口，裝於井管之下端。

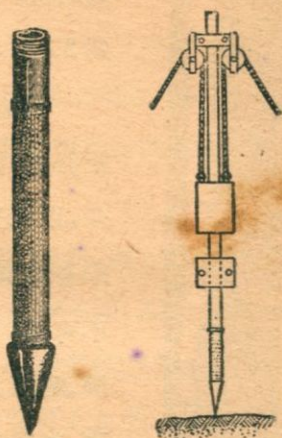


圖 9 井之尖端及鑿井裝置

開口井之下部，若在粗粒或礫狀土內，僅須酌開小孔，若遇細砂，則此小孔可用銅線網掩蔽之，但普通不用線網，則先打下一實管，然後插入一特制而長度適可之濾管，再將實管抽起，約至濾管之頂端而止。

圖 10 示一普通所用之濾管，即所謂庫克濾管者是也。管用黃銅製成，上有極狹之條孔，在管之內壁則此孔較寬，蓋所以防止阻塞之弊。

小管非常沿吸取管排列成一行或兩行，而以短支管聯絡之。較小之井，即直接聯於支管，而井管即用作吸取管，但在較大之井，則尋常均另裝一吸取管。在前一情形，欲避免空氣之漏入，須使小孔之部分，常在水面以下，亦即使其在吸取極限之下，庶不致因水面降低而露出。在後一情形，則不必顧及開小孔部分之限制。

欲使抽水機自井內抽水，得盡最大之效能，所有抽水機及吸取總管應置於地下，愈深愈佳。圖 11 爲一佈置之模範式樣。圖中所示之井爲 6 吋徑，相距 50 呎，深爲 35 至 50 呎。



圖 10 庫克濾管

在多數井內取水，欲得最大水量，須使諸井相距甚遠，俾勢力圈不致重疊乃可。但水管之造價增多，以及受摩擦而損失之水頭加大，故如此佈置，未必最爲經濟。欲確定相距呎數，供普通應用，本不可能，故僅可云淺井相距以 25 至 100 呎爲經濟。極深及湧泉井之相距，當更大。相距在 25 呎以下，有時亦常用，但是否經濟頗屬可疑。

每一井與總吸取管間，以短支管聯絡之，在此支管內恆置一開關閘，於是任何井皆可隨意閉斷。總吸取管恆用有突緣之管爲之，俾易作成不透空氣之接頭，但鐘口與插頭之管，加鉛接合，亦著成效而可用。



圖 11 井之模範佈置

在任何部分，須嚴密注意，使其不透空氣。欲達此目的，應逐段用壓縮空氣加以充分試驗。每一閘，須詳細試驗，視其是否漏氣，每一螺旋接合處，須妥爲處置。雖工作時非常注意，但空氣仍不免稍

有積聚，欲免除之，頗多在近抽水機之總吸取管處，加以分隔空氣之設備。最簡單之式樣，乃一鋼製之大筒，置於近抽水機之總吸取管上，於是水流經此，速度減低。另裝一真空抽機於此筒，俾得抽出空氣。

若抽水時將砂帶起，亦可設法除去，即將水引入一大筒，使其速度減低，或在吸取管內裝入一箱，筒及箱均須有合式之洞，俾可用手入內清除。

37. 深井及湧泉井 若深度逾 70 至 100 呎，則小鑽井即不適於實用。開鑿深井之法，在各方面，均與前述者不同，而關於井相距之遠近，管之摩擦力，聯絡部分之佈置等，其重要性遠甚於淺井者。鑿井已成爲一特殊之技術，故凡實施開鑿深井之計劃，恆須假手於可恃之鑿井公司。各項巧妙工具及器械，爲解決種種困難問題及穿入各種地層之用，其門類甚多，今所能及者，僅就數種常用之方法，加以簡單之敘述耳。

在鬆軟之土質內鑿井，須使井筒直達井底，但因在極深處安置井筒，殊爲困難，故每成爲建築時之主要問題。若井之深度僅爲 200 呎或 300 呎，則尋常鑿井器械即可應用，而井筒隨即於鑽鑿後打下。若井筒不能再往下打，可插入一較小者，於是以小鑽向下續打，直至此井沉達所需及可能之深度。挖掘之土質，用砂筐攜至地面，或照前法用水注沖帶，所需之水係經空心鑽桿引至鑽端。用後法，孔中可常保清潔，且進行亦極迅速。

苟用旋轉法，則井筒之摩擦力大減，故可達更大之深度。用此法時，井筒之下端備一齒狀口，以硬鋼製成，較之管徑略大，其上端

則藉一轉鑿而與水管相連，由此以抽水機壓水入內，井鑽入時，藉旋轉之力，其已鬆之土被水帶至地面。水由筒之內壁流下，而自筒外壁與土壤間向上溢出。此方法在加利福尼亞沖積層內開鑿湧泉井，用之甚廣。在已鑿達 1,000 呎，而仍能每小時下沉 20 至 30 呎，可謂迅速矣。

在多孔層內，用較長之澆管，頗為重要。此管恆在已達需要深度後始插入，於是將井筒拔起，至此澆管之頂端。用特種裝置，亦可附於井筒之下端而同時打入。

用於深井之鑽鑿設備，與普通用於淺井而藉馬力工作之器械，極相彷彿。此工具包括一鋼片，及一插鋼片之鑽桿，並一對連環，使此鑽桿與另一沉下棍相連，最後乃用繩索支持全器，繞經起重機頂之滑車而下達繞繩筒。在繞筒之上，藉調整螺旋使繩纜繫於一用蒸汽機運動之梁。當機器開動時，鑽頭即藉調整螺旋而向下，並藉連環之作用，苟向上一擊，可使擠緊之鑽頭鬆出。此外尚有多種靈巧之工具，如用於尋覓遺失之工具，切斷及移開管子，並實施其他各項工程等等。

在鬆軟土內之井，須全部裝以井筒。若在岩石內鑽鑿，則至少須在上部鬆軟層內安置井筒，以防陷落。裝置井筒，用以阻止地面水之流入，亦甚需要，惟為此目的，須將井筒延長至下面之堅實層。若有湧泉之情形，則井內之水面，恆較附近之地下水面為高，故井筒須伸至不透水層，且與此層密切連合，不然水將往地內逃逸。

普通湧泉井之井筒，係用重量較輕而重疊鉚接之鍛鐵管為之。若所用之管，須被打入土內，則尋常可用標準鍛鐵管，苟須經重打，

尤當用特種堅強之管。被打管之接頭，須使其螺旋旋入後，管之兩端恰相接觸。質佳之重管，其壽命甚長，但因土質內有多量之碳酸而致迅速腐蝕者，亦為常遇之事。

鑿井之費用，視其所在地點，地層之性質，及井之深淺大小而異。6吋至8吋直徑之井，在尋常岩層內開鑿而僅達500呎為止，則其不連井筒，每呎之用費為美金二元至三元，若須達2,000呎深，每呎之用費為美金三元至五元。若井之直徑縮小，其費用亦較省，以淺井為尤甚。

38. 深井之聯絡 深井之經濟的距離，恆遠逾於淺井者。若用較多金錢，建造深處之聯絡管，使水流綫降低，藉以減少井數，加增井距，亦非無益。尋常深井之相距，約以400至800呎為度。

，因深井之造價比較高昂，將抽水機及聯絡管配置於適當地位俾可使水位大量降低至地下水面以下，則恆較經濟。欲完成此事，須將諸井聯絡於單個或一組抽水機之置於地面下極深處者。若聯絡管極深，往往須用隧道。另一自深井取水之普通方法，適用於小規模之設備者，乃在每井內各用一深井抽水機。此法雖可適用於任何深度，但須採用不經濟式樣之機器耳。

39. 湧泉井之產水量 當估計關於水流問題時，須牢記非作長時間之實驗，不能確定給水量之是否充分。又若有其他方面亦在開井，雖其距離甚遠，對於產水量亦足以發生嚴重之影響。若情形極佳，而井亦頗大，則在適度水頭下，每井之產水量約自每日150,000加侖至800,000加侖，或再略大。若產水量少於每日100,000加侖，則欲發展為大產水量，所費頗鉅，苟產水量不需甚大，則

所費亦可略省，蓋井數既多不免受較大之干擾也。單個或成組之井，尋常均有水量漸見減少之事，其所以產水量減少者，蓋無非因鄰近之地，另鑿他井，而被其影響也。苟在同一區域內鑿多數之井，則此項影響，更為嚴重。有時竟使湧泉井之壓力由 75 或 100 呎而減為另。

40. 坑道及橫井 苟在不甚深之地內可遇地下水，則有時每建坑道而橫截水流。若所置之深度已足，恆可截留全部地下水流。築坑道時可僅以明溝組成之，俾有導水之作用，亦可以圻工，木，鐵或煉泥管之封閉導渠為之，而開多數小孔於其上，使水得自由流入。除非永久浸在水內，木材不宜應用。圻工或煉泥管，較鐵管為可取，因雖浸入水內，亦不致受損。若坑道不加掩蔽，恆易孳生多量植物，每致損及水質。圖 12 所示，為一坑道式樣，係用混凝土築於載水之礫層。

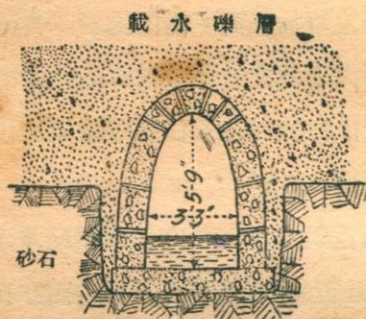


圖 12 混凝土坑道

取地下水之坑道，有時穿入堅硬之岩石而成隧道狀者。此乃遇於山之側面，當透水層之露出面，位於不透水層之上，而欲多得水量，恆沿山側在透水層近底處鑿一隧道。或因湧泉層極陡峻，橫開隧道較之鑿直井更為便捷。隧道

或坑道有時亦在大井之底互通，其目的蓋為求多得產水量也。此增加水量之法，用之於須置抽水機於深處，及集中水流於一單獨井內，殊為有利。

橫井或推井，爲一管井，約依水平位置向橫推入載水層，或湖及河底。推入時，先掘成一壕溝，然後用頂重機在對面抵住，而向內推動。此井用於伸入湖及河底，功效甚著。

利用河底爲天然濾池之另一方法，係在河底掘成一槽，建木框於其內，而充以礫，在此建築物之上復舖以3或4呎之砂，使與河底齊平。吸取管即由木框引至抽水機。此項建築，最適用於河底爲砂土而水溜甚急者，且可使混濁之泥水澄清，亦極有效。

井及坑道常築於近河流之處，爲自河流集取全部或一部水流之用。但此等工程之實效，視河流之性質而異。雖在河底之下層爲透水層，但若河流挾沙量多者，則河底每因淤積而成爲不透水層，於是上述之天然濾水作用，不免爲之阻塞，使集水之效用全失。此項失敗，有時常遇之。河底之係砂性者，每因洪水沖刷之作用，而驅除積沙，於是其下層爲透水層者，仍可得優良之結果。欲得完善之濾過作用，此項工程至少須位於離河流50呎或50呎以上之地點。

一組井或一坑道之集取濾過地面水者，其產水量恆如上述，與水面降低之多寡，及工程之長度成正比。根據已成工程所得之資料，知每百呎坑道之產水量，亦各不等，約自每日30,000加侖至1,000,000加侖以上，此與多數井排列成行之產水量約相等。

第九章 水庫及壩

41. 滯水庫之容量 若一河道之最小流量，少於逐日所求之給水量，則須設法在雨季內預儲逾量之水流於一大水庫，名之曰滯水庫。於是河道之給水量不足時，可自水庫內取水。而河道之終年全部水流，可隨時存儲或取用，雖有時河水完全乾涸，仍可供給多數人民之用。滯水庫恆在山谷內建築一壩而構成之，但天然湖泊或池沼，如在其出水口加建適宜之工事，亦可利用作為水庫。

欲計算水庫之適當容量，須考慮者有二點：(1) 在相連短時間內，自水源可得之產水量，及(2) 在同樣短時間內，為各種目的所需之水量。自水源可得之產水量，已於前文論及，至需求之量，則不僅包含在城市內之消費量，且應顧及由水庫面積上之蒸發量，並漏失及滲漉之水量，尤重要者，則為適應下游兩岸地主之需水起見，亦須自水庫內酌量撤回一部份水流。

自壩內漏失之水量，尋常恆極微。但某種式樣之建築，或亦甚大。適應滯水庫下游兩岸地主需要之水量，恆為極難確定之事，往往涉訟公庭，成為法律解決之問題。美國各州之習慣法大不相同。在西部各州，水為公有，其如何支配，完全由政府定之。為便利起見，往往將全部水權購下，然後視需要，或利用河中水流之全部，或以合同訂定，任若干水量流下。

水庫之容量，須根據在最早年份，河流之給水量為若干定之。在最早年份，河流逐月之可能產水量，應加以估計而記載之。同

樣，城市內逐月之需水量，酌加若干下游地主之用水，亦應加以估計。

於是按月對照，如需水量大於河水流量，則由前者減去後者，即為該月不敷之水量。將逐月不敷之水量相加，得全年不敷之總量，此即水庫需要之容量，但將其餘各月之逾額水量相加，至少須等於此不敷水量。否則全年河道內水流總量，將不等於需水總量，而額外之水，當另自其他水源求得之。

42. 瀦水庫之地位 確定水庫之地位時，須注意下列數要素。第一，水庫須置於較高之處，庶一部分之用戶，可單藉重力作用而供給，如此雖費較多金錢於導渠或其他導引方法，仍屬經濟。水庫需要之高度，根據於各分水點之位置及所需之壓力，並引水時失去之水頭而定。

在地形上，水庫最適宜之地點，乃一山谷，而有寬廣平坦之面積，兩側則為陡坡，平坦面積之下，山谷漸狹，洵至接近，成一建壩之優良地位。欲防止水量之散失，水庫之底，不可稍有露出之透水層，蓋防引水往地下而他流。至在壩及堤之附近，應在此建築物可達深度之下，有一不透水層。

當擬設水庫之地點決定後，於是須作精密水準測量，自水庫處起連接至給水之城鎮。同時並測定導渠所取之路綫，及被水庫淹沒區域，或受影響區域之詳細地形。此項測量並應調查在該面積上或在其附近一帶建築物之特點，植物之性質，道路之所在，地產界綫等等。在擬建壩之地位處，應作多數之鑽探試驗，延展至壩上壩下及兩翼距離甚遠之處。除此以外，尚須以試驗坑補充之，俾可確定

堅實地層之性質。若費相當代價而仍不能獲適宜之基址，則此地位祇可棄而不用。

各不同深度時水庫之容量，可藉地形圖之同高綫計算之。每一同高綫所包含之面積，恆用量積儀求出，於是在兩同高綫間所包含之容量，即爲此相鄰兩同高綫所包面積之平均數，乘以同高綫間之垂直距離。在任何指定同高綫處之容量既經確定後，於是爲蓄已知水量而所需之壩頂高度，即可求得。

各種植物及可腐朽之物，俱應自水庫底內移去，蓋當腐爛時每易損及水質。如能將浮土移去若干，使其中所包含之有機物隨之他移，則對於水質，極爲有益。

保護所蓄之水，使其品質優良之另一方法，須注意水庫之底勿使其一時淹沒，一時露出，以致雜草叢生。萬不得已，亦應使此面積愈小愈佳。過淺之處，須施全部開挖，使達 6 呎或 8 呎之深，或一部開挖，一部填築，而配成 3 比 1 之坡度，其上覆以砂或礫。

43. 瀦水庫之養護 欲養護一水庫，使其水質不變，及供給需要水量，能確切而有規則，恆須十分審慎並應嚴密注意。保持水質優良之法，惟有使在排水區域及水庫內絕無有機體之沾污。欲保證達此條件，當使城市之在此範圍內者，加以衛生上之管理，並應時加考查，以視衛生上需要之條件，是否符合。在低水時期內，更當相機移去水庫沿邊生長之植物。

水庫如須擴充或加築新工，則凡可用於將來設計方面之各項有價值資料，俱應詳細記載之。此項資料，包括雨量及溫度之記載，水庫內水面之高度經過棄水堰之水量，以及全年各季內關於水品

質優劣之紀錄。壩及堤之養護，應使其勞費極少。尋常土堤，應保持其整潔，在側坡應鋪以草皮，或用礫塊掩蔽，使能永久維持。堤頂應達充分高度，而棄水堰及堰下之引河，應保持潔淨，及在任何時俱能符合設計所規定之容量。水門及其他工具，應常加視察，勤於修理。

44. 壩之種類 壩可依其所用材料之不同而分為五類，即土壩，混凝土壩，鬆石壩，木壩，及鐵或鋼壩。此等材料又常混合應用。壩之式樣在適合於已知條件之下，視基礎之性質，壩址之地形，建築之大小及重要性，並其不透水性之程度及造價而異。上述五類之壩以土壩及混凝土壩，最為常用。

以土築堤，乃壩之最普通式樣。此壩可築於各不同之基礎上，其價恆最廉，若設計及施工均佳，每為極安全而可恃之建築。若洪水須由壩頂經過，則土壩不復適用，至少須在受水作用之部分，以其他材料代之。使洪水流經土壩，乃絕不可許之事，因建築上之過失，致發生此類之事而遭失敗者，亦所恆有。若壩之高度，超過 100 呎或與此相近之數，工程師鮮有主張用土築壩者。若基礎適宜，則混凝土壩更為可取。又在大壓力下，恆須使各出水口設於混凝土壩中，俾更為安穩可恃。

優良之土壩基礎，須在普通深度下，即可得不透水層，而近地面之土質，更當充分堅實，俾可承載重量。一堅硬之黏土或堅膈土層，恆為最佳之基礎，岩石之無隙縫者亦佳。築於砂基上之土堤，雖亦有之，但砂質須極細，絕無粗粒夾雜其間，庶不致漏水。

土堤恆為梯形，其面寬及兩側坡度，視土質而成適當比例。若優良之土質，量多而取之甚便，則土堤不妨一律用相同材料築成

之，於是全部可使其密不漏水。但尋常為經濟起見，而欲使所得結果仍屬優良，則惟有將最佳之土質置於堤向上之面（陸水之面），向外則逐漸改用較為透水之土質。若優良之土質難得，而仍欲保其不致透水，則惟有將不透水之黏土，或用混凝土等築成一核牆於土壩近中心之處。若不透水之地層在極深之處，則僅此核牆須達特殊之深度。

可築土堤之材料，種類甚多，如壤土，砂，礫及黏土之以不同成分混合者，均極普通。首三種材料，欲使其不透水，至少須含若干黏土，但其成分，則視粗質顆粒之大小而定。究以何種材料，合於築堤之用，不妨用試驗方法定之。總以和水後有強大之膠黏力者為宜，但天然混合質料之價值如何，惟有在實地工作時，藉經驗判之。

若無天然之混合質料，則惟有將礫，砂及黏土用人工方法和合之。極均勻之砂或礫，尋常約含孔隙百分之40。於是若以粗礫，細礫及砂相混，並假定較細之質料，適可充滿次細質料之孔隙，則在混和質料內之孔隙等於 $.40 \times .40 \times .40 =$ 百分之6.4，此即需用黏土之成分，庶混合後可不漏水之質料。但事實上往往所用成分達百分之15或20，俾可確保其能充滿每一隙縫，其差別視礫之種類而不同。無論如何，在人工混合質料內之孔隙，可用水試驗而定。

45. 核牆 用揉和黏土築成之核牆，在頂部普通至少須厚4至8呎，而在底部至少為水深之三分之一，兩面成一致之傾度，此傾度在壕溝內亦同樣有之，溝底應較窄，約為地面溝寬之半或三分之一，而最小之寬度，定為4或5呎。

多數工程師主張不用揉和黏土為核牆，而以碎石或混凝土代

之，使其不能透水。此項核牆與土核牆相較，其優點在可以不致受穴居獸類之侵襲，且有小罅漏時不致逐漸沖大。其尤可恃之點，則混凝土為不透水性，尤以與基礎相連處最為重要。

圻工之核牆，其厚薄大不相同。有時堤之土質甚佳，則核牆僅為防止穴居獸類之穿通，故僅厚一二呎已足。尋常核牆在頂部約寬1至4呎，而兩邊之傾度為每呎 $\frac{1}{2}$ 至 $\frac{3}{4}$ 吋，直至壕溝，於是沿垂直

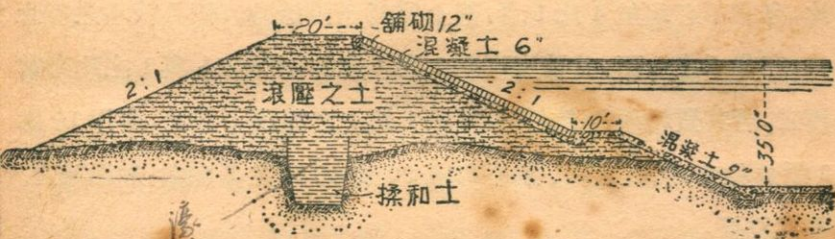


圖 13 西拉印斯城之水庫堤

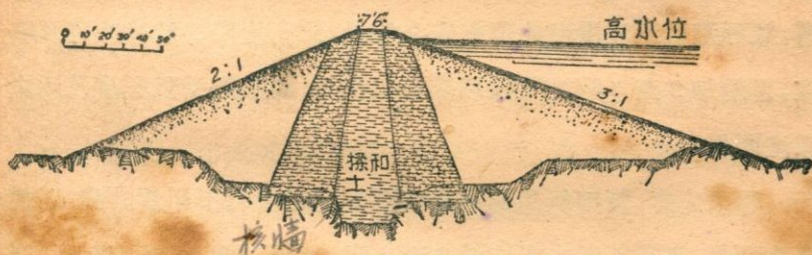


圖 14 格拉斯哥水廠之水庫堤

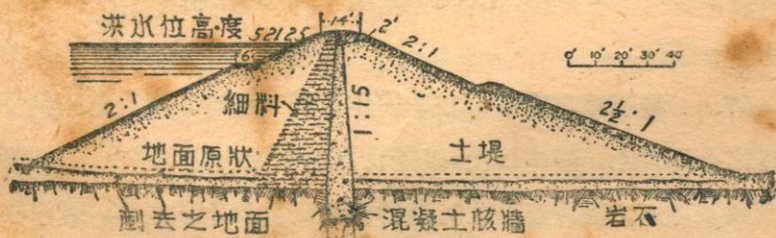


圖 15 波士頓水廠之水庫堤

面而下，核牆之高以達最高水位為度。

圖 13、圖 14 及圖 15 表示水庫堤之數種式樣。圖 13 並無核牆，僅有壕溝，圖 14 有揉和黏土核牆，而圖 15 則為混凝土核牆。

46. 水庫堤之尺度 水庫堤臨水之斜面，普通應防止其受波浪作用，僅須使其不致坍滑已足。若係粗疏之土質，其坡度不必坦於橫 2 直 1 之比。至較細密之土質，則不必坦於 $2\frac{1}{2}$ 或 3 與 1 之比，亦有不必坦於 4 比 1 者，蓋土質為水浸透時，恆具較小之靜止角。在背水之一面，其坡度可取 2 與 1 之比，普通 $1\frac{1}{2}$ 與 1 之比亦常用之。若其質料如碎石之類，可在 1 比 1 之坡度下靜止，則用 $1\frac{1}{2}$ 比 2 頗為相宜。若堤甚高，則在每隔 30 至 40 呎之高度處，加以餞台，甚為需要。

壩頂應盡量超越最高水位綫，俾得保護土質，防受冰凍之影響，且可避免水流漫溢使留有安全餘地。此高度應等於冰凍可及深度，再酌加 2 至 5 呎之寬限以防風浪作用，視該處受風程度及水之深淺而異。

壩頂之寬，恆因須用為道路與否而定之。若不用為道路，則視高度而異。尋常低壩之寬約為 6 至 8 呎，若壩高達 80 至 100 呎，則其寬應為 20 至 25 呎。或可以公式計算之，即：壩頂寬 = $\frac{1}{5}h + 5$ 呎，式中 h = 壩高。

47. 壩或堤之建造 在準備作基礎工程時，應先就擬築壩或堤之全地址上，除去浮土，達優良而堅實之土質處乃止。一切斷枝草根及可腐之物均應除去，蓋當腐爛時易使水流通過。若用核牆，則不論其寬若何，築核牆處之基礎，須挖至不透水之堅石或黏

土層，並宜穿入該層少許。既達堅實之底層後，須將此面掘成凹凸不平狀，俾與新築之土，可相吻合。若係岩石，則其隙縫須以膠灰或混凝土填充之。

當基礎準備既畢，先將選定之土質填入壕溝。若所用為揉和之土，則宜鋪成 4 至 6 吋之薄層，每層施以夯工而壓之。亦可將所鋪之土，用薄鋤縱橫施鋤，深達下層，然後澆以適量之水，使成膠黏狀。若在狹溝內用揉和之土，則當在未置入前加以準備，先經充分研細，再加水而調和之，切勿加水逾量。揉和土應充分處理，並應使其全體均勻。若用混凝土，則在混和時及搗實時須特別注意其工作之優良，並在填入時，須充滿挖掘面之不平整部分。

核牆築至地面，或用混凝土時築至地面以上少許處，堤之本身乃開始建築。若所用之土，性質不同，則將較佳而較細之土置於近核牆處臨水之面，粗劣者則置於下游而在堤背水之面。若不用核牆，應將較佳之土質，置於更近臨水面之處。石塊之直徑大於 3 或 4 吋者，除在近面處外，不可任其留於堤內。築堤時，尋常鋪成 6 至 12 吋之土層，加水，用有槽之重石碾壓實之，石碾之重以每吋 200 至 300 磅為度。

壓實土層，為築堤工程時極重要之事，須賴優良之監工者，加以督察始能得之。所用之水量，須恰如其分，使土質成膠黏狀而可壓實，用水不可太多。若用水逾量，則滾壓時較為困難，且不免增加日後之沉陷量。

堤之上游面，即臨水之面，須加掩護，以防風浪及冰凍作用。此護面工程，尋常為緊砌之石面，約厚 18 吋，鋪於 6 至 12 吋之碎石

或礫上。在低水面以下，恆以一優良之拋石層代之，舖至戽台處爲止。在砌石之底脚處，須用一大石塊或混凝土塊支持之。在下游面，即背水面，恆舖以草皮，以增美觀兼防雨淋，若能以礫或粗質之土掩護則尤佳。

48. 引出管 布置引出管之設計及建築，恆爲最重要且最艱難之工作。蓋當安置水管及建造圻工導渠時，如何可使其經過土質水庫堤而能得完善可恃之接合口，頗非易事，若此處工作不佳，往往爲水庫堤損壞之一主要原因。

引出管尋常以鑄鐵爲之，或逕置於堤之下而圍其四周，或築一涵洞於堤內，而與引出管相接。亦可在天然地面下築成隧道，與引出管在堤旁或在水庫內距堤稍遠處相接。一開關室內裝有需要之閘，恆置於引出管或導渠中之某處。

若水庫僅具較低之堤，則引出管恆置於堤之下，而在最低或近最低之點。引出管須安置於天然地面內之堅實基礎上，尤以置於厚 8 至 10 吋之混凝土底座上爲佳，此混凝土應含膠灰稍富，且須經充分搗打置入挖就之槽內，並使其成爲較粗糙之面。爲使地面泥土與混凝土密切附着起見，恆於混凝土之主體上，加造伸入土內之阻牆，其深約 1½ 至 2 呎。如圖 16 所示。

爲某種原因，造一開口涵洞，較一簡單之引出管更爲可取。涵洞造成後，可在任何時加建引出管，且此管易於檢視，即偶有漏水，亦不致危及全部建築物。若管受極大之壓力時，此點更爲重要。築涵洞時應注意之事，與安置水管時相同。涵洞亦須有堅固之基礎，且須與四周之堤密切相連。欲使其不透水恆用較富之灰漿，或純膠

灰漿，或以 1 比 1 灰砂漿敷於臨水之面。阻牆或凸出牆亦須築於其外面與前述引出管者相同。在涵洞與開關室相連處，須築一能承受全部水壓力之阻牆，並使引出管由此通過。

圖 16 及 17 表示安置引出管經過水庫堤之兩種普通方法。



圖 16 明尼阿波利斯水庫之剖面

49. **開關室** 控制引出管內水流之門或閥，恆置於一圬工砌成之小室。此小室不僅便於管理及入內檢視，且常包含隔簾室及各種閥之佈置，使在任何水位時皆可引水。開關室宜置於引出管之上端或近上端之處，使其中之水壓力，可被控制。雖有時亦可置於堤之外脚，但不甚相宜，蓋當漏水時，不能關斷水流，除非由潛水夫入內工作。圖 16 所示，係將開關室裝於引出管近中部之處，而圖 17，則裝於引出管之上端。後一佈置之利點，可自不同水位取水，且所得恆為品質最佳之水。圖 18 為一小規模水廠之開關室，所置地位如圖 17。

建築小室之圬工，恆為厚重之塊石工，其外表用方石工，並以硬磚或整石塊鑲砌之。此項石工須用多含波特蘭膠灰之灰沙漿砌之，俾可不致透水。牆之厚薄，視其懸空部分之長，及小室內部之尺寸定之，但外壁之厚，在頂部約為 3 至 4 呎，向下每呎約增 $\frac{1}{4}$ 吋

至 1 吋，其傾斜面置於外側，既較便利，且可與土工易於密合。內壁

可較此稍薄。基礎工程應審慎爲之，蓋恐下沉不勻，致牆壁或涵洞發生裂痕，且引出管亦易於走動。

魚簾尋常爲一黃銅錄網，網孔爲 $\frac{1}{4}$ 吋至 $\frac{1}{2}$ 吋，裝於一木製或鐵製之架上，而插入牆壁預留之槽內。魚簾應成對裝置，每個又分爲數份，使其大小便於處置。

開關室之上，恆建一小屋，其中安置處理閘及魚簾之機件。此屋恆在顯著之地位，故須加以建築上之裝飾，使與環境相稱。

50. 棄水堰 因棄水堰之容量不足，致水越壩頂而漫溢，使壩迅速毀圮，往往爲水庫失敗之一重大原因。今僅就 1889 年約翰斯敦所遭之慘禍而言，該處因放水引河之容量不足，致一土堤坍毀，結果人民之淹斃者達 200 人，財產之被毀者值美金三四百萬元。

前文第 14 節曾詳細論及洪水流量。最大洪水流量估定之後，尚須備有

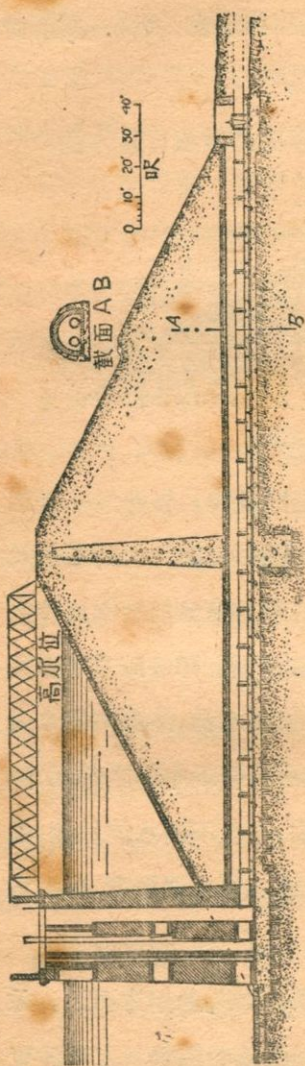


圖 17 堤及開關室之截面

安全方法，俾遇洪水時可使水流放入下游之山谷。

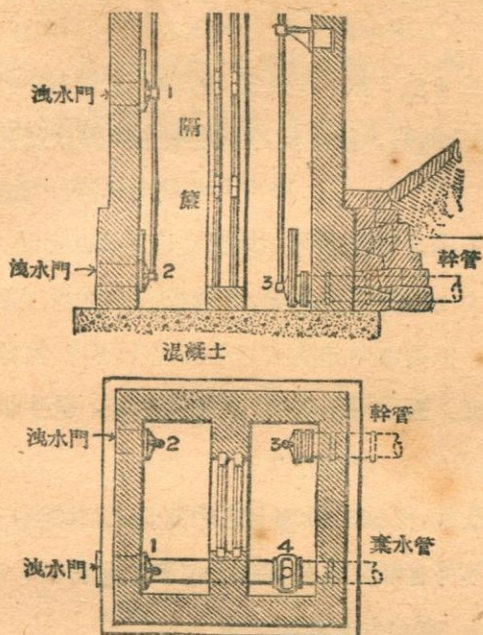


圖 18 伊普斯威赤城之開關室

所謂安全方法，計有下述三種：(1) 在天然地面內，或僅在壩之一端，或在壩之兩端，開成棄水道。若該處壩基為岩石，則此方法極為安全，且為最有效之棄水道。

(2) 棄水道有時可開於分水嶺上較下游之處，使水流引入他一山谷。

(3) 第三種開棄水道之法，係將石壩或混凝土壩之一部分，設計成溢水道，使置於此山谷之軸綫內。該壩應取之式樣，當在第 54 節內詳細討論。在圻工與土質相接處，其在堤之下游一面，應以厚重之翼牆擁之，此翼牆與壩相連。

已知棄水堰所需之容量後，其長及深即可確定。二者可先假

定其一，然後依水力學中計算堰上水流之公式，而求出其他。堰之高度普通為 2 至 4 或 5 呎，其長為 50, 100 甚至 500 呎以上，視所需容量定之。無論如何，洪水綫乃確定壩主要部分之高度，而堰頂則定蓄水量。

51. 圪工壩之普通條件 圪工壩僅可築於極堅實之基礎上，始克安全。20 或 30 呎之低壩，有時或較此稍高之壩，亦可築於堅土之基礎上，但高壩則非築於岩石基礎上不可。無論如何，須避免事實上之下沉，蓋以圪工築壩，下沉稍顯著，發生裂痕，竟不可免。

圪工壩之設計，係按照學理上之研究為之，其應符之條件，有如下列：(1) 壩不可有傾倒或在基礎上滑動之趨勢，(2) 在壩內或基礎上所受之壓力，應在安全範圍之內。

第一項研究，適用於設計 100 呎或 100 呎以上之壩，故在此所應顧及者，僅此條件耳。

若壩高僅 30 或 40 呎，則尋常用梯形式樣即可，苟用弧形或折綫形，其所省之材料有限，而其額外困難則加多，故殊所不取。

設如圖 19, ABCD 為一梯形壩之截面，其尺寸如圖中用字母表明之。再設 w = 每單位體積水之重量，及 w' = 每單位體積圪工之重量。設 g = 圪工之比重 = $\frac{w'}{w}$ 。

水壓力以 P 代表之，壩之重量以 G 代表之，並假設水面與壩頂相平。今

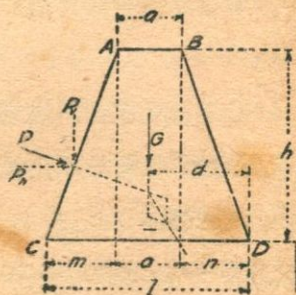


圖 19 梯形壩

以壩長 1 呎從事研究。因高度已知，頂寬及前面總傾度 m 可加以假設。尋常臨水一面均係垂直，或傾斜甚微，僅為每呎 1 吋。若係垂直則， $m = 0$ ，而每呎 1 吋之傾斜， $m = \frac{1}{12}h$ 。

由力學理，可得下列底寬 l 之值，

$$l = \sqrt{A + B^2} - B \quad (3)$$

式中
$$A = a^2 + 2am + \frac{h^2}{g} + \frac{m^3}{g}$$

及
$$B = \frac{m}{g} - \frac{m}{2} + \frac{a}{2}$$

解決此問題時，先計算 A 及 B 之數值，再代入公式(3)求 l 。

若臨水面係垂直， $m = 0$ ，則 l 之值如下：

$$l = \sqrt{\frac{5}{4}a^2 + \frac{h^2}{g} - \frac{a}{2}} \quad (4)$$

〔例題〕若已知 $h = 20$ 呎， $a = 5$ 呎，混凝土之重 2.3 倍於水重，即 $g = 2.3$ ，求應需之壩底寬度為若干？設 m 為 2 呎，即其臨水面之斜度為 1 比 10。

先求得 A 及 B 之值，今由已知數值，可得 $A = 5 \times 5 + 2 \times 5 \times 2 + \frac{20 \times 20}{2.3} + \frac{2 \times 2}{2.3} = 221$ ， $B = \frac{2}{2.3} - \frac{2}{2} + \frac{5}{2} = 2.37$ ，

於是 $l = \sqrt{221 + 2.37 \times 2.37} - 2.37 = 12.7$ 呎。

壩高逾 30 或 40 呎時，恆使其下游背水之面造成曲綫或折綫狀，庶可較為經濟。計算此等壩(最少達 100 呎之高度)之截面時，其最簡單之方法，乃先將此截面視為與上述式樣相仿，惟其臨水面為垂直而頂寬為 0。於是底寬之公式成為：

$$l = \sqrt{\frac{h}{g}} \quad (5)$$

如此所得如圖 20 之 ABC 三角形截面。此式可加以改變，即使頂部有適度之寬 a ，而以 F 點與斜面 AC 用曲綫 FD 相連。

52. 圪工壩水面綫上之頂寬及高
若壩頂須用為車路，則頂寬除堞牆不計外，至少須為 8 呎。若不用為車路，則在高水位綫上之寬及高，須能抵抗風浪及冰凍作用，而得穩固之地位，並當阻止波浪之冲刷壩

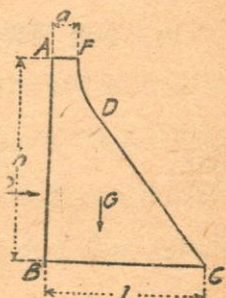


圖 20 曲面壩

頂。實際上，低壩最小之頂寬為 4 至 5 呎，而極高之壩，頂寬為 15 或 20 呎，至在高水位綫上之高度，約自 2 或 3 呎至 10 呎。亦有低壩而所用之尺寸較上述為大者。

53. 圪工壩之建築 大壩之基礎須為堅實之岩石。當準備基礎面時，凡疏鬆及一部分解體之質料，俱須施以開挖，至堅實面乃止。若底面太光，恆須掘淺穴使其凹凸不平。若遇罅隙，亦須掘至堅實之底，而將疏鬆質料除去。當達可用之面時，須用水充分洗淨或擦光，庶基礎面與圪工間，可得堅牢之黏附力。

不規則之塊石工或混凝土工，均為築壩時所常用，其欲達之目的，無非為求得勻稱之結構，而不使其有上下相連之接縫或可分裂之弱點。混凝土如處置得宜，實為在該方面理想之質料。塊石工以灰砂漿充滿其接縫，及以混凝土填實其較大之空隙，為築高壩時所常用。

建築圪工壩時，應慎重申明之要點，爲求得潔淨之面，不規則之面，及須以堅實之灰砂漿填充各接縫。並應充分注意使得優良之壩床及隨時加以監督。灰砂漿及膠灰漿須充分搗入各空隙，並當用適宜式樣之槌爲之。

所建之壩，若僅屬平常高度，則恆於壩背加填泥土，使與水面相平，並具 2 或 3 比 1 之坡度，與尋常土壩相同。若壩建於透水或劣質之基礎上，或竟築於土面，則在背面加以優良而堅實之質料，大可減少壩下之滲漉。於是可免上壓力之傾向，使建築物之安全大增。若在土堤內築溢水道，則此項效用更屬顯著。

自水庫內取水之法，與前章所述者大致相同。引出管卽建於圪工之內，位於壩之最低點或其相近之處，而其一端則終於開關室。此開關室恆建於與壩相連處之上，而其性質及效用，亦與在土壩內者相同。在此情形下，建管於壩體內，可謂無危險之虞。

54. 圪工棄水堰 設計圪工所築之壩，尋常並不任其全長俱可過水，僅某一部分，使其作棄水堰之用。圪工棄水堰之式樣，須視實地情形定之。其主要者，如壩之高度，基礎之性質，流水及漂木可有之量，及應放棄之水量爲若干，俱有關係。所謂堰，實爲一壩，僅其頂及底面，築成可放水流通過而不致損毀之式樣。除此以外，縱截面之設計，及壩下河底之如何保護，均爲極重要之工作，蓋有多數之壩，雖其底部爲堅實之岩石，但往往在此處淘空而歸失敗者。

圖 21, 22 及 23 爲棄水堰之三種式樣。圖 21 可任水流垂直而下，故適合於高度較小之處，圖 22 用於水量較多而高度較大之處

爲相宜，而圖 23 則代表適合於最大壩之式樣。

55. 木材壩 若壩係常在水下者，則用木材結構亦能維持永久，所須修理之部分僅爲易於磨損之壩面。木材壩之壽命雖較短，但在某種情形下，亦有可取之處，如因永久建築物一時不克完成，先以木材壩爲臨時給水之用，或永久建築物費用太大，暫時財力不足，而以木

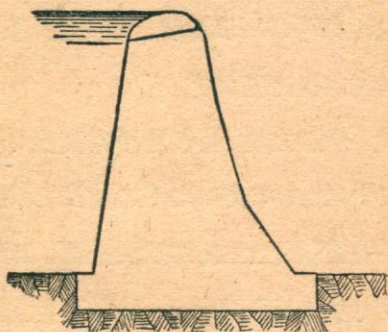


圖 21 棄水堰

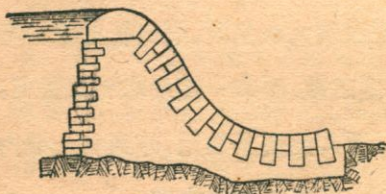


圖 22 棄水堰

材壩代之。此項木材壩用於分水及發水力電處爲多，尋常蓄大量之水鮮有用之者。

木材壩可築於任何基礎面上，但尋常均築於岩石或礫面。

木材壩係用圓形或方形之木材，合成多數木框或木架而構成之，其中填以黏土及石塊，外加木板，俾可不致透水。木材壩可分成數節爲之，每節由 3 個或 4 個木框構成，或爲一連續之木架亦可。前一方法用於水量甚大，及不規則基礎面上爲宜，蓋當逐節建築時，水流可漸

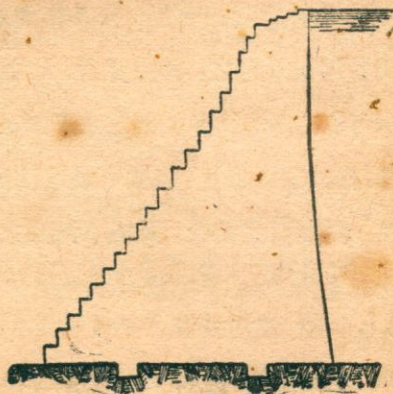


圖 23 棄水堰

漸阻塞也。木框可待填充後分別沉下，使成橋墩狀，而加連續之建築物於其上。

若築木框壩之基礎極鬆軟，則須用石塊堆於擬築壩之面積上。苟以木架築壩，則此基礎尤當加意準備。在土質極軟之處，須用木椿支持壩身，並當加打板椿，以阻止地下水流。若木壩築於岩石底上，則必須用螺栓維繫之。木架向上之面，恆成傾斜狀。而向下之壩面，則築成階級形，或為一單純面，藉以緩和 water 勢。填入壩內之料，可為岩石，礫，或揉和土。圖 24 為木材壩築於以木椿為基礎上之一式樣，而圖 25 則示木材壩築於岩石上之式樣。

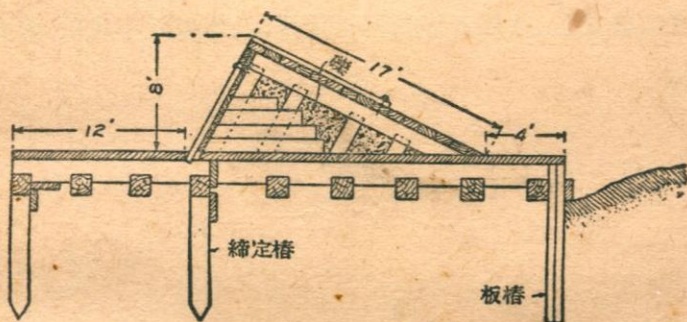
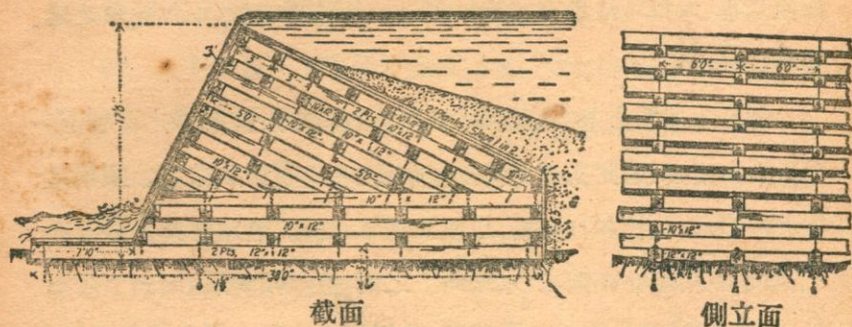


圖 24 木材壩

56. 懸石壩 以懸石築壩，已為工程上所廣用，且在某方面更對於穩固問題為有利。另一利點，則此壩可築於流水內，但築成後不適於作為棄水堰。

壩身係用懸石築成，築時須加以相當注意，並在其臨水面，釘木板一層，或用較細之質料及泥土敷之，亦有用鋼板為核心，俾可使其不致透水。關於穩固問題，則應依建築原理為最佳。又因壩身常易發生極大滲漚，故不可築於易被沖刷之基礎上。若壩身甚高，



截面

側立面

圖 25 締定於岩石之壩

則其基礎須為堅實之岩石。壩身下游面之坡度恆為 1 比 1，上游面則為 $\frac{1}{2}$ 或 $\frac{1}{3}$ 比 1，但欲得此陡峻坡度，須將石塊用乾砌法砌成甚厚之牆。在此牆之上，乃以木板或泥土敷面。但木板並不足取，因易於腐蝕也。

挖掘總水管之汽油引擎挖土機



給水工程學

第二篇

第十章 水管

57. 水管之材料及應力 供給水源之地，若與消費水量之地，相距甚遠，則導引水流工程之設計及建築，每成爲極重要之事，且須加以特殊之注意。遠距離水源之地位，尋常均較用水城市之地位爲高，故水流之全部或一部，每可藉重力作用而輸送，但在多數情形下，全部或一部水流，須用抽水機輸送，故當設計時，須包括如何可佈置抽水機之研究。尋常應根據不同地位，及採用不同式樣之導渠作數種設計，而加以考慮。

建築導水渠可用之質料，種類甚多。導渠若不受高壓力，則在天然地面，掘一敞渠，亦爲一種式樣。其他若圻工之導渠，每先在地面挖掘，俟築成後再掩蓋之，亦有在地下築成隧道狀者。苟水係受壓力而流動，則首二種不能適用，須用管或隧道代之。

用作水管之質料爲鑄鐵，鍛鐵，鋼，木材，膠灰，煉泥，鉛及間有少數其他質料。水管所需之重要條件，爲其強度，耐久性，及價廉。此三者之相互重要性，視環境而不同，故在不同情形下，恆採用不同質料之水管。

水管在壓力下之抗張應力，可用水力學第 10 節之公式求之，
即：

$$S = \frac{pr}{t} \quad (6)$$

式中 S = 抗張應力，以每方吋磅計， p = 壓力，以每方吋磅計， r = 管之半徑，以吋計， t = 管壁之厚，以吋計。

若以 f 代表水管所用質料之安全抗張強度，於是抵抗外壓所需管壁之厚，可用下式求之

$$t = \frac{pr}{f} \quad (7)$$

〔例題〕 一鋼管，直徑 3 呎，受水壓力每方吋 100 磅，假定安全應力 = 每方吋 10,000 磅，試求管壁之厚。

$$\text{由公式(7), } t = \frac{100 \times 18}{10,000} = 0.18 \text{ 吋}$$

除受靜水壓力所生之應力外，水管之強度應足以抵抗水流驟停時所生之震動，即所謂水衝。此外四周泥土之壓力，及其他外來力，溫度之變更，並在移動或建築時所受之打擊及震動，亦當為水管所能抵抗。由此等額外之力所生之應力，不能加以精確計算，在實用時僅藉不同之實驗規則約計之。

58. 鑄鐵水管 鑄鐵為用作水管最廣之質料。因其價值不昂，且富耐久性，並可鑄成各種預定之式樣，故幾一致採用為普通水管，及分佈系統中各種特殊式樣之水管。在鉅大之管路中亦常用之，故任何尺度，即大至直徑 6 呎以上者，亦易得之。鑄鐵管之長約為 12 呎，其連接處用鐘口與插頭，而以鉛封閉之。支管及其他不規則式樣，亦為連接之用，名之曰特鑄，或簡稱『特號』。

計算鑄鐵管厚薄之另一公式，係適用於直徑至 3 呎為止，其式如下：

$$t = \frac{p + 140 - 4r}{3300} r + 0.25 \quad (8)$$

1| 中 t = 管壁之厚以吋計， p = 靜壓力以每方吋磅計， r = 管之半徑， 0.25 = 爲免偏心，磨損及安全處理計，應酌增之管壁厚。

表十所示，爲在不同壓力下，管壁應具之厚度，同時每管長式呎之平均重量，及管長 12 呎之全重，亦經計算列入，此爲美國士波頓都會水廠所採用之尺寸。

表 十
水管之厚及重量

直徑以吋計	甲 種 壓頭115呎			乙 種 壓頭150呎			丙 種 壓頭200呎			丁 種 壓頭250呎			戊 種 壓頭300呎		
	管壁之厚以吋計	每呎平均重量	12呎長之全重	管壁之厚以吋計	每呎平均重量	12呎長之全重	管壁之厚以吋計	每呎平均重量	12呎長之全重	管壁之厚以吋計	每呎平均重量	12呎長之全重	管壁之厚以吋計	每呎平均重量	12呎長之全重
4	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	0.40	19.2	230	0.45	21.2	255
6	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	0.46	31.7	380	0.50	34.6	415
8	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	0.52	47.1	565	0.55	50.0	600
10	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	0.60	66.7	800	0.63	70.0	840
12	.....	.....	.....	0.57	75.8	910	0.61	80.8	970	0.65	85.8	1030	0.69	91.2	1095
14	.....	.....	.....	0.61	94.2	1130	0.65	100.0	1200	0.70	107.5	1290	0.75	115.0	1380
16	.....	.....	.....	0.65	115.0	1380	0.70	123.7	1485	0.75	132.5	1590	0.81	142.9	1715
20	.....	.....	.....	0.73	160.8	1930	0.79	173.3	2080	0.85	186.2	2235	0.92	201.2	2415
24	.....	.....	.....	0.80	210.4	2525	0.87	228.3	2740	0.95	248.7	2985	1.03	269.2	3230
30	.....	.....	.....	0.92	302.1	3625	1.00	327.5	3930	1.10	361.2	4335	1.20	393.3	4270
36	0.93	369.7	4400	1.03	404.2	4850	1.13	441.7	5300	1.25	491.7	5900	1.36	533.3	6400
42	1.01	467.5	5610	1.14	524.2	6290	1.27	581.2	6975	1.40	645.8	7750	.....	.....	.....
48	1.15	605.8	7270	1.25	655.8	7870	1.40	730.0	8760	1.55	818.3	9820	.....	.....	.....
54	1.23	730.8	8770	1.35	797.5	9570	1.53	919.2	11030	.....	.....	.....	.....	.....	.....
60	1.35	885.8	10630	1.50	979.2	11750	1.70	1132.5	13590	.....	.....	.....	.....	.....	.....

59. 水管之接合 在美國普通所用之接合爲鐘口與插頭。鐘口與插頭間之空隙用鉛填充之，並使其塞實不致漏水。其他鐘口

套口之式樣，雖亦有倡用者，但在實際上，幾一律用鐘口與插頭為多。

表十一所示，為美國都會水廠所用標準鐘口與插頭（見圖 26）之各種尺寸，並將每一接合處所用之鉛量及封閉料亦一併列入。

用鉛封閉鐘口與插頭，因埋入地下之水管，其溫度之變更並不劇烈，故其漲縮較微，不致有何妨礙。

半徑甚大之曲線，可用直管逐漸偏轉而建造之。照此方法，用合理之偏角，凡 4 吋至 8 吋之管，可得半徑 150 呎之曲線，16 吋之管可得半徑 250 呎，36 吋之管可得半徑 500 呎之曲線。

表 十 一

波士頓都會給水廠所用標準鐘口與插頭之尺寸（見圖 26）

管徑	種 類	尺 度 以 吋 數 計					鉛接合之平均重量		乎環之填重接量
		A	B	C	D	E	用填接環	實鉛	
4	各 類	1.50	1.30	0.65	3.00	0.40	7	9 $\frac{1}{2}$	.10
6	“	1.50	1.40	0.70	3.00	0.40	9 $\frac{3}{4}$	12 $\frac{3}{4}$	.15
8	“	1.50	1.50	0.75	3.50	0.40	12 $\frac{1}{2}$	18 $\frac{3}{4}$	.25
10	“	1.50	1.50	0.75	3.50	0.40	15 $\frac{1}{4}$	23 $\frac{3}{4}$	.30
12	“	1.50	1.60	0.80	3.50	0.40	18	27	.35
14	“	1.50	1.70	0.85	3.50	0.40	20 $\frac{1}{2}$	31	.40
16	“	1.75	1.80	0.90	4.00	0.50	31 $\frac{1}{2}$	50 $\frac{1}{2}$	.65
20	“	1.75	2.00	1.00	4.00	0.50	38 $\frac{1}{2}$	62	.80
24	“	2.00	2.10	1.05	4.00	0.50	45 $\frac{1}{2}$	74	.95
30	B 與 C	2.00	2.30	1.15	4.50	0.50	56	100 $\frac{1}{2}$	1.55
30	D 與 E	2.00	2.50	1.25	4.50	0.50	57	102	1.55
36	A, B 與 C	2.00	2.50	1.25	4.50	0.50	67	120 $\frac{1}{2}$	1.85
36	D 與 E	2.00	2.80	1.40	4.50	0.50	68 $\frac{1}{2}$	122 $\frac{1}{2}$	1.85
42	A, B 與 C	2.00	2.80	1.40	5.00	0.50	77 $\frac{1}{2}$	154	2.60
42	D	2.00	3.20	1.60	5.00	0.50	78 $\frac{1}{2}$	156	2.60
48	A, B 與 C	2.00	3.00	1.50	5.00	0.50	88 $\frac{1}{2}$	176	3.00
48	D	2.25	3.50	1.75	5.00	0.50	89 $\frac{1}{2}$	178	3.00
54	A 與 B	2.25	3.10	1.55	5.50	0.50	99 $\frac{1}{2}$	215	3.95
54	C	2.25	3.90	1.95	5.50	0.50	100	215 $\frac{1}{2}$	3.95
60	A 與 B	2.25	3.20	1.60	5.50	0.50	110 $\frac{1}{2}$	239	4.40
60	C	2.25	4.20	2.10	5.50	0.50	111	241	4.40

60. 特鑄水管 普通所需之特鑄為 $\frac{1}{4}$ ， $\frac{1}{8}$ 及 $\frac{1}{16}$ 曲線彎頭，T形接合，十字形接合，三向支管，四向支管，Y形支管，吹放支管，曲管，袖形管，蓋頭及插頭。各種式樣如圖 27 所示。多數大城市所用之特鑄管及直管，

均各有其標準設計，與廠家所用之標準微有不同。在小城市中，以用廠

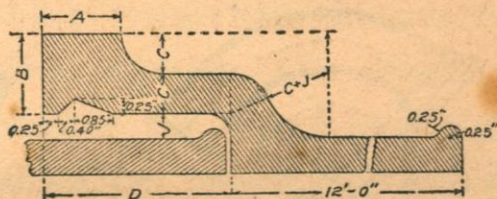


圖 26 鐘口與插頭之標準式

家之標準式樣或採鄰近城市所定者，更為經濟。

各種支管之建造，有一部分為鐘口端，一部分為插頭端者，亦有兩端俱為鐘口者。後一式樣用於接支管最宜，蓋可將普通之管插入，即成所需之接合。

61. 鍛鐵及鋼水管 以鍛鐵及鋼作為水管之材料，用之甚廣，尤以鉅大之管路，用此較用鑄鐵更為有利。因鋼之強度較鑄鐵為大，故所用之管可較輕，於是運輸時較便，但以耐久性而言則較遜，尤以小管為甚。特種式樣之管亦鮮有以鋼製成者，故自幹管分佈水流，仍以鑄鐵管為相宜。鋼管另一不適宜之點，為若用帽釘接合，則因其內部阻力加增，往往較鑄鐵管之具光滑面者，須更大之直徑。

直徑較小之管，可用疊頭銲接法接合，或排列帽釘成螺旋形，及在縱截面內用帽釘疊頭接合均可。此等鋼管做成每節長 12 至 15 呎，然後在當地用各種方法接合之。接合之法，有用螺旋接合者，亦有用鑄鐵之鐘口與插頭，加以鋼或鍛鐵之箍者，其他用帽釘接合，或選將兩節用力打合者亦有之。直徑較大之管，多在縱截面

內，及在同一圓周上接合。一頁鋼板彎轉之而加以帽釘，適成一節，普通成圓柱體形，但亦可略成尖削之端，俾可如火爐烟囱筒之互相鑲合。關於帽釘之設計，手續甚繁，茲姑不述。

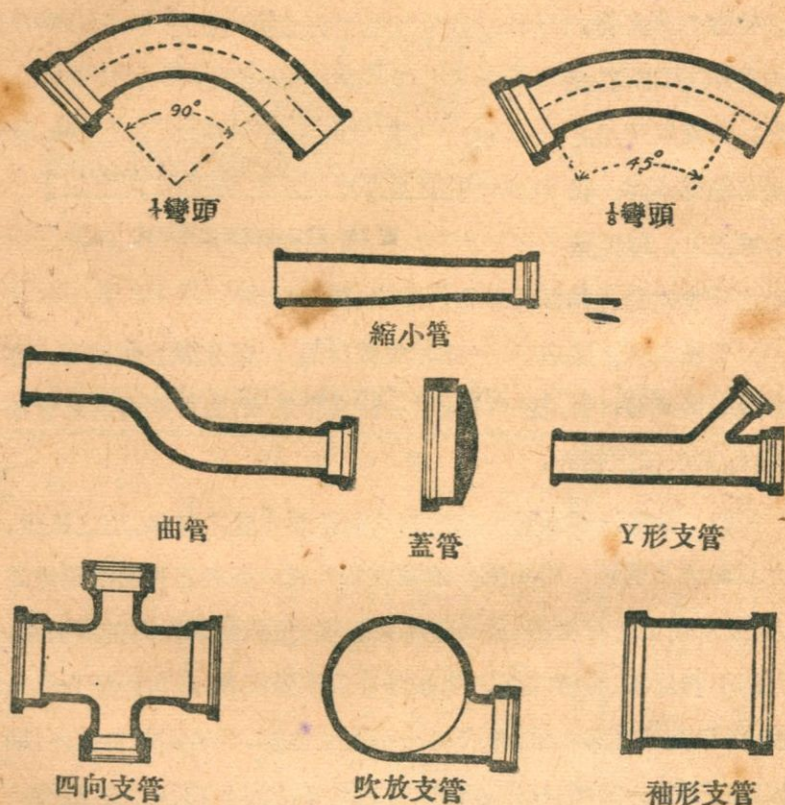


圖 27 特種鑄鐵接合管

鋼管變換方向時，恆使一個或數個接合處略成斜狀而得之。二三種標準斜口管之具較小角度者，每可採用，所需之任何曲度，即可用此斜口管相連成之。普通尺寸之鋼管，其所用之支管尋常以鑄鐵為之，用帽釘或螺栓，使其與鋼管緊密相接。閥之連接時亦然，係

用鑄鐵之突緣，與鋼管相接合。

62. 木水管 以木材挖空，而用爲運水幹管，在近年內已漸有復舊之勢。此等水管現正大量製遠，而名之曰改良懷科夫管。此管係用整段木材挖成，但其強度，仍恃管外所包扁鐵螺旋形箍，此箍係自一端至彼端緊繞於管上。在管外並敷以瀝青，爲保護鐵箍之用。接合處係用管端之木榫緊合於榫眼，而當安置此管時，則用木鎚將兩節打合。管之內面，甚爲光滑，且相啣接。每節管長爲8呎，其直徑自2至17吋。箍之間隔，視壓力之大小定之。支管相連處仍用特種鑄鐵管，使其具一長頭，而以木管打入其內。現今所用之木管，據云其長已達1,500哩。木管極經久耐用，苟運輸費不大，較鑄鐵管尤爲經濟。在美國西部，多用木條管，乃木管之另一式樣。

木管之耐久與否，全視其鐵箍之壽命如何。木材本身，苟爲水所浸透，幾可永久不壞，如美國紐約，菲列得爾菲亞，波士頓諸城之舊水管，已用六七十年，而仍完好如故。

63. 煉泥水管 煉泥管亦有用爲導渠者，其價甚廉，且不易損壞，若其接合處謹慎爲之，則漏水量甚微。尋常用於無壓力處爲多，但有一二處亦使其承受極大之壓力。

64. 用戶管之材料 用戶管，或引水至每一消費者所用之管，其材料至不相同。鍍鋅，鍍鉛，鍍錫，及鍍膠灰之管爲普通所常用，但最廣用者爲鉛管。鉛管雖實際上可不致損壞，但用於高壓力者，其費較大而質較重。亦有數處因恐發生鉛毒，而不能安全用之。惟僅限於某種性質之水，乃有此危險，惜關於此類之研究甚少，未經確實之試驗，尙不能完全明瞭各不同性質之水所發生之影響。

鍍錫之管現已採用甚廣，其費用甚大，惟據已得之經驗，則可證明此類之管極能耐久。

第十一章 導渠之建築

✓ 65. 導渠之種類 導渠尋常分爲兩大類：(1) 渠中水面在自由狀態即此導渠內並不受壓力，(2) 渠中之水受壓力而流動。屬於前一類者，爲敞渠，架槽，引水道及隧道等，屬於後一類者，則爲鐵，鋼，木及其他可承受水壓力之質料所構成之管路，有時隧道亦可歸入此類。建築第一類導渠時，須使其與設計之水面，或水理坡度線具相等之坡度，此坡度恆爲值極微，且上下一致，建築時往往爲避開山谷起見，須取蜿蜒之路線，否則須建高架橋梁，或隧道，有時或築土堤及挖深槽以與所須之坡度相符合。建築第二類導渠時，可在任何高度，即在水理坡度線以下亦可。

導渠之長者恆兼用圻工引水道及管路，視何者最爲適宜而採用之。引水道用於地面在水理坡度線相近或在其上之處，而管路則用於地面在水理坡度線以下且相距較遠之處。引水道之以長距離高架橋梁所築者，現已少有，尋常均以受壓力之導渠代之，可隨地面高下敷築。

✓ 66. 敞渠 敞渠鮮有用爲輸送城市用水者，但所輸之水，如爲灌溉之用，則敞渠爲導渠之一普通式樣。苟以敞渠輸送城市用水，常有數點殊不足取，例如，因滲漉及蒸發致失去一部分水量，渠中之水易受地面排水及其他之沾污，水受日光所曝，致溫度升高，且助植物之滋長等。但若地勢適宜，不須大量之填築或開挖，以及土質近於不透水者，則敞渠仍爲最佳之式樣。

不施保護工程之渠，水流速度須有相當限制，鬆質砂土，平均速度自每秒 $1\frac{1}{2}$ 呎至 2 呎，尋常堅實砂土自 $2\frac{1}{2}$ 呎至 3 呎，而堅硬黏土或礫則自 3 呎至 4 呎。若係在岩石或堅膈土內鑿渠，則速度雖高至每秒五六呎亦可。每秒二三呎之速度，已足使淤沙不致停滯，蘆草不致滋長矣。

任何已知坡度及橫截面積之水流速度及流量，可應用水力學中所述之庫忒氏公式計算之。應用此公式時，選定適當之 n 值，殊為不易。渠槽未加襯砌者，所取之 n 值為 .020 至 .025。若槽內積聚植物，則因其抵抗力增加，須估一較大之值。渠之橫截面尋常成梯形。圖 28 所示，即一截面之以土堤築成者。柔和土之小牆築於堤之中心部分。

堤之側坡，視土質而異，堅硬黏土或礫約為 3 比 1，而細砂則為 4 比 1。堤之頂約須在水線上 1 至 2 呎。若土質極易透水，則用混凝土或柔和黏土襯裏，殊屬必需。



圖 28 堤渠之截面圖

若渠槽突變方向，或其中速度超過該項土質能受之安全速度，則須築護岸工程。此項工程，可僅為一層礫塊，或乾砌及膠灰砌之鋪面工事，亦可為一混凝土層，視水流速度如何而異。

棄水堰及洩水閘門，應沿渠逐段配置，俾可免漫溢，且可使其速涸，但渠中水流之大部，係由渠端洩水閘門操縱之。此等閘門或其他應用於渠上之門，恆用石牆或木架支持之。

渠槽經山谷時，恆用高架或棧橋通過之。若所跨越之距離不長，則填成土堤，而以涵洞或橋梁在其下通過。若在地下通過，須築成仰虹吸管始可。

67. 圻工導渠 若敷設導渠時，使與水理坡度線相湊合，甚為便易，且欲輸送較大量之水，則圻工導渠為一可取之式樣。若建築得宜，該項導渠極能耐久，不須常加管理，故如地形上適宜，恆較之鉅大之鋼導渠或鐵導渠更為省費。圻工不宜受抗張應力，因此不適於在受高壓力下輸送水流。圻工導渠鮮有用於橫截面積在 10 或 15 平方呎以下者，除非地位特別適宜，否則小型圻工導渠之費用，每較鋼鐵管者為大。渠中速度以能阻止泥沙之沉澱為度，普通約自每秒 $2\frac{1}{2}$ 至 3 呎，而在磚工及混凝土工內，則不可超過每秒 6 或 7 呎。若係石工或更堅硬之材料，或用鋼鐵襯裏，則速度不妨更高。苟有充分之壓頭，則將速度提高至不磨損管壁過甚為度時，恆可應用較小之導渠。

庫忒氏公式常應用於此項計算(見水力學)。所用 n 之值，視圻工之性質而異，約與水力學中所述及者相彷彿。

磚為襯壁最適宜之材料，拱頂全部亦常用之，側壁及基礎普通用塊石工或混凝土工。

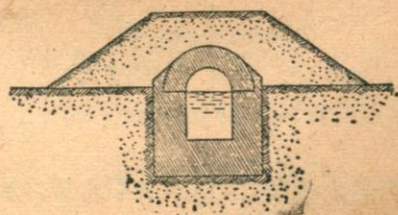


圖 29 維也納水廠之坑道

在磨損特甚之處，膠灰漿所砌鋪路磚，恆用以代花崗石。混凝土可用於不規則之式樣，尤以截面較單薄者，較磚或石更為相宜。較小之引水道，尋常均用矩形，如圖 29，其上覆蓋者為石塊，石版或拱。

鉅大之引水道，則馬蹄形較為可取，如圖 30，係波士頓城所採用大導渠之式樣。

拱頂之厚，約取為渠口寬度之 $\frac{1}{10}$ 至 $\frac{1}{6}$ ，用二至四層之磚所砌成，或用相當厚之混凝土亦可，視拱之跨距及所覆土質之重量而異。拱恆取弓狀式樣。在堅實地層上所築之仰拱，其厚度僅使其成一穩固之不透水層即可，故砌二三層之磚，或一薄層之混凝土，而以磚為襯裏，最為常用。在鬆軟之土質，當用木材作基礎或打木樁。下沉之量，須減至極微，否則易生裂縫而致罅漏。進行此等工事時，須加以審慎之督察，可不待言。混凝土工及石工，均須以純膠灰漿塗敷一二次，藉防透水，其最後所敷之層，愈光潔愈佳。若小心為之，且未發生下沉，則滲漏之量可極微。

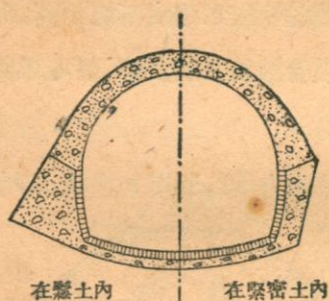


圖 30 大導渠之式樣

導渠或引水道上，須覆土 3 或 4 呎，藉以防止冰凍，且可保護工事。土堤之側坡，約為 $1\frac{1}{2}$ 與 1 至 2 與 1 之比，視土質而異。土堤應使其成圓角並在表面種草。

經過小河道之涵洞及大河道之橋梁，亦屬於設計之一部。歷史上最

有名之建築，即為架設引水道之橋梁。鉅大之引水道橋，現已鮮用，而以管路代之，但普通尺寸者恆為較經濟之設計。

第十二章 管 路

68. 管路之性質 管路之地位，須與地面之變更相一致，故應依此為選擇之目標，同時須使其壓力不高。

苟可得之總壓頭已經確定，則通過任何已知水量所需之尺寸，可根據水力學中管中水流之表求之。若水中含有泥沙等挾帶物，則須保持一自動刷清速度，每秒 2 至 $2\frac{1}{2}$ 呎，否則其沉澱物須不時用吹放法除去之。若管路依照水庫或溢水口分成若干段，則每段內之尺寸，可單獨決定，與其他各段無涉。

若用抽水機迫水經過管路，則管路之適當尺寸，須視因壓頭增高後，管路與抽水機二者相互價格如何定之。較大之管，摩阻損失較低，於是抽水之費用可省，但大管本身之價則較小管為鉅。尋常可假設管路之適當尺寸，為可得水流速度自每秒 $1\frac{1}{2}$ 至 $2\frac{1}{2}$ 呎，前一值用於管之直徑為 6 至 12 吋者，而後一值則用於直徑為 3 至 4 呎者。

69. 管路之敷設 敷設管路所挖掘之壕溝，不須甚深，故尋常不必用撐木或擋土板，其所挖之深，尋常僅視其蓋土所需之厚度定之。但深溝有時亦常遇，如經過一在水理坡度線以上之高嶺。

鑄鐵管之敷設，尋常均自閥或特號管處開始。直徑 6 吋至 8 吋之水管，普通不必用起重機即可移置，藉二三人之力，即可將管逐節移至所挖之溝內。敷設時，須注意管端當插入其全深，並視其周圍留有充分之接合空縫。若不須特殊之強度，則其一端，每可約略

充滿鐘口內之 V 狀部分。其餘空隙則以熔鉛灌滿之。灌接合縫時，用一接合器，普通以黏土圍繞一繩而製成。於是熔鉛可循此以達接合縫。此接合器緊靠管壁，上端留一開口，俾鉛可灌入。灌畢之後，留於接合縫外之鉛可用鑿子起鬆，再以填隙鐵及錘擊去。欲得優良工事，則在管之四周及下面，均當留有充分之餘地。在潮濕之溝內，及用管較小者，每將二三節管連合後，再行放入溝內。用帽釘接合之管，亦宜在未移入溝內以前，連合成較長之段，庶多數之帽釘，可在地面用帽釘機打成之。

將管置於溝內時，須在堅固之土質或石塊上，得平勻之荷重，若用帽釘接合，尤當擱置妥善。帽釘尋常用手工爲之，但在少數情形下，亦有用帽釘機者。就地所做之帽釘，須用鐵鑿修整之，並敷以油漆。經試驗後之管，有時須將帽釘加以再度之修整。

在建設管路時，一最重要之點須解決者，即管應置於若何深度。在天氣和暖之地帶，上面掩覆之土僅 2 至 3 呎已足。在天氣寒冷之區域。其應達之深度，以能防止冰凍爲度。概言之，在緯度 40° 處，掩覆之土應爲 4 至 6 呎，在 45° 處，應爲 6 至 8 呎，在湖（指美國之大湖）之東，所用之深度較小，而在湖西與落磯山脈間所用深度較大。在砂土內之深度應較在黏土內者爲大。

70. 特別細目 爲使管路易於查察及修理起見，每隔 1 或 2 哩，應加裝一阻止閘，尤以在主要之谷點或峯點處爲甚。否則使一長導渠乾涸或充水，每需數日之久。各種式樣及設計之閘，可由製造之廠家供給之。

在每一管路之峯點，及在關斷閘處，應置一空氣閘，庶充水時

可任空氣逸出，水涸時可任空氣補入，而尤以散逸空氣為多，因在峯點處常有空氣逐漸積聚也。在每一谷點處，應備吹放閘，而以棄水管引至污水渠，河道或排水槽。此等閘僅須相當於幹管大小之三分之一。逆閉閘應置於管路通入水庫處，及向上傾斜管路之低端，並受壓幹管中近抽水機之處，蓋所以防管偶有破裂時，不致因逆流而損失多量之水也。保安閘或減壓閘，有時置於長管之端，或在水術特別可懼之處，恆為一簡單之圓盤閘可向外開，另以彈簧管制並調整之，使其與水壓力相稱。

一重力管路之上端，恆裝置入一圪工內，而配以洩水閘門或尋常之閘。在此等處常更需一堰或量水門。管路之下端，常終止於水庫內，此處亦備有一閘，或逕與管路系統相接。

若與他種建築物相交，而經過其下，如鐵道，房屋，污水渠等，須特別注意避免將來破裂之危險。

與河道相交時，或用架橋，或設管路在河底下通過，或逕用地道。

在美國之普通習慣，經過河道時，恆敷設一鑄鐵管或鋼管，使經過河底之下，否則用一橋跨過河道。若無已築成之橋可資利用，則前法恆較經濟，且在通航之河道內，建橋尚有窒礙。但在或種情形，亦有特築一橋，反較經濟者。在橋或水底管之兩端折角處，須注意其接合不可分離。若管路經過一已成之橋梁，則使其支於橋面之下，恆較便利，若專為架設管路而特建一橋，則不裝橋面，僅在適當地位，加以木條或肋條藉支水管而已。

在橋上或其他顯露處，為防止冰凍所需保護物之多寡，視管之

大小而異。此外如最小水流時之流量，空氣及水之溫度，露出部分之長，俱有密切關係。

較小之管路，尤以分佈幹管，必須加以保護。保護之法，尋常將水管置於一木匣之內，在水管之四周，用不傳熱之物包圍之，如鋸屑，石綿，羽毛及相類之物均可。用巴黎石膏與木屑之混合物，可得優良之效果。每一包圍部分須使之乾燥，始生效力。包圍處管之四周，須使其空氣停滯，庶免熱之輻射。

敷設管路於水道以下，需用各種不同方法。在小河道內，常用圍壩法，於是管路之敷設與在陸地同。若水道內之水不易排除，則須將水管在岸上接就，然後沉至適當地位，或用潛水夫敷設之。在水下之管，按慣例須敷設於壕溝內，然後妥為掩蔽，以防波浪冰塊或船隻之損毀。

尚有若干特別細目，係專為敷設水下管路用者，例如，各種式樣之柔順接合，使水管與壕溝之坡度相配，以及採用易於聯接之特種接合，使潛水夫工作便利。水下管路須經充分試驗，或在敷設以前分段為之，但能在敷設完成後則更佳，惟須用壓縮空氣為之。若有空氣洩漏，可由發現之氣泡指示之，而不完密之接合，遂可由潛水夫嵌填之。各種敷設水下管路之法，並若干特別細目，今再述之如下：

(1) 若河道甚淺，普通敷設之法，係先將全部水管，或較大之數節，在經過河面之平台上裝配就緒，然後用螺旋使其沉達河底。普通之接合恆可應用，將各管聯合後，使其與壕溝之高低相合。若當冬季在冰上照此法裝配，實最便利。

用此法之兩個實例，今略述之。在愛俄瓦州之西達急流處，有 600 呎之 16 吋管，係用此法敷設於 24 呎水深之下。先挖 2 呎深之壕溝，每隔 12 呎，則裝以一木架。用一駁船在木架間來往，先在駁船上將水管聯合，然後以鐵條繫於 1 吋螺線距之圓桿而吊於木架。當全管路聯接之後，於是同時放下，恆以電鈴為記號，使在各螺旋處駐守之人，可以同時動作。如此敷設管路之費用，為每呎（美金）1.25 元。

(2) 不將全管接就而同時放下，則惟有用柔順接合，逐段放下。每段可包括數節之已用尋常方法接就者。如此水管可在較短之木架或逕在駁船上放下。此法特別適用於深水之處，蓋木架不易應用也。

(3) 多數水下之管路，係在岸上先行聯成若干節，然後拉至適當地位，使其沉下，再藉潛水夫接合之。此法特別適宜於敷設大管路。如在西拉叩斯及密爾窩基兩處之大進水口，及在加爾未斯吞，那什維爾，波士頓並其他多處皆經用此法為之。

71. 管路之用費 管路之用費，視其所用之材料而大不相同。其資料可隨時根據市價求得之，而運輸之費用，亦極易確定。鑄鐵管若按平常方法敷設，其用費約如下表，此表係假設水管本身價值為每磅洋一分半（美金）計之：

管之尺寸	每呎管之用費
4 吋	\$0.50
6 吋	0.70
8 吋	1.00

10吋	1.30
12吋	1.70
16吋	2.50
20吋	3.50
24吋	4.50

第十三章 分佈系統

72. 分佈水庫之用途 實際用水量多寡之程度，至不均勻，已於第6節內述及。用水量依季節逐日不同，而在一日內又隨時有異，當發生大火災時，用水量往往陡增。若在一給水系統內，各部分完全依照最大需水量而設計，則其費用之鉅，殊足驚人，且亦太不經濟。為經濟計，於是常將一部分水量貯於一小水庫或高位水櫃中，俾有特殊需要時可資取用，於是一部分系統，可免受影響。

例如，若自水源經一長導渠引水，則有一分佈或調節水庫時，可使導渠中之水量較為均勻，於是可採用最小之尺寸。同樣，有蓄水庫，可減少抽水機，濾池及類似性質各工程之容量，於是使用時更為均勻而經濟，而在小規模之水廠中，抽水機每日可僅在一部分時間內使用其全量。若藉地下水供給者，則有小水庫調節用水量時，可使水源之容量大增。在一大規模之給水系統中，在不同地點分設數個水庫，可使管路系統採用更經濟之尺寸。為避免因意外而使給水至導渠及機械中斷起見，分佈水庫實有極大之價值。

關於建築水庫之式樣，可依其所用材料而分為(1)土工水庫，(2)圬工水庫，(3)鋼鐵水庫，及(4)木材水庫。首二種每可併合言之，蓋此二種材料常在同一建築上合用。後二種則另以一普通名稱立管或櫃名之。

若水庫不須升高至普通天然地面以上，且為貯大量水之用，則最經濟之式樣，為以土堤築成一敞水庫。此等水庫，恆建一圬工牆，

一部分挖至地面以下，一部分則在地面以上。若水庫須升至甚高之地位，則常用鋼立管，或鋼與木合製之水櫃。

✓ 73. 分佈水庫之容量 若能建造一費用不鉅之敞水庫，而位置於適當高度及優良地點，則應使其容量足敷供給數日之用。在實用上，此等水庫之容量，約敷供給 2 或 3 日，至 8 或 10 日之用途，有時或較此更多。

有時為地形關係，須將水庫用人工方法升高，而造成一立管，或高位水櫃，於是其建築費用甚大，而合於經濟之容量，常小於上所述者。最適宜之容量，恆視城市之大小定之。大城市中尋常不適用於用升高之水庫以容蓄多量之水，乃僅以小立管為調節抽水機功效之用。

在小城市中，(人口約 50,000 或稍多)雖以較大費用建造一小水庫，仍屬需要，蓋為安全及經濟計也。此處火災之多寡，為考慮之主要條件，其最小容量，應於火災最大時，在相當長時間內，使抽水站仍能充分供給所需之水量為標準。此時間尋常以一小時為度。除此以外，則所需之水，須能調節每日數小時間之普通水流，而在小規模之水廠中，則以使抽水機不必全日工作為原則。

普通高位水庫最適宜之容量，其最小者為 75,000 加侖，而如上述城市則當為 200,000 或 300,000 加侖。

✓ 74. 地位及佈置 升高水庫之位置，完全視地形如何為轉移，故其地位之選擇，極受限制。就普通情形而言，分佈水庫，以位於愈近用水區之中心為愈佳，如此可得最均勻及最高之壓力，而所用幹管及支管之尺寸亦可最小。

在藉重力分佈之系統內，導渠恆至水庫而終止，若將水庫位於中心區域，恆較位於一隅者所須之導渠為長。在此二者之間，須注意如何使其平衡。在用抽水機之系統內，抽水機恆位於城市之一邊，而將水庫位於抽水機相近之處，或在該系統內距抽水機較遠之一端。在前一情形內，所有水量，俱先經水庫，於是抽水機之作用極為穩定而均勻。在後一情形內，恆自分佈系統內引一幹管至水庫。由抽水機送出之水，直接及於分佈系統，而水庫之用，僅當消費量減低時，容納剩餘之水，當消費量增高時，補充不足之水。故一部分面積係受抽水機直接支配，而另一部分則恃水庫供給。按此佈置，可在幹管內保持更均勻之壓力，但抽水機之運用，不若前之均勻。

水庫應升達之高度，視幹管內所需之壓力而異，當於第 89 節詳細討論之。

第十四章 土工及圻工水庫

75. 式樣及比例 土工水庫，尋常均一部分爲開挖，一部分爲土堤所築成。若用圻工牆以代土堤，或僅在土堤之內面築一襯牆，可名之曰圻工水庫。單獨之水庫，其最省材料之式樣爲圓形，但較大之水庫，以矩形爲易於建造，且用地較省。實際上，有蓋小水庫，所蓄水量在百萬加侖以下者，其深度約自 12 至 18 呎，敞開之大水庫，所蓄水量在五千萬或一萬萬加侖者，其深度約爲 25, 30 或 35 呎。視當地情形而異。



圖 31 彼茲堡水庫堤之截面

76. 水庫之建築 建築土堤所根據之理論，與第 47 節所討論者相同，但與滯水庫應備之條件略異。在此情形下，其基礎恆爲透水者，而土堤亦不能與以下之不透水層相聯合。因此在全面積上須築一不漏水之襯層，而與土堤之不漏水部分，審慎相接。若本無透水之虞，並不需要襯層，但爲使水庫易於清洗起見，亦往往加築之。

按照當地情形，全部土堤可築爲不透水者，或加築揉和土或混凝土核牆，或在表面鋪以揉和土，藉防透水。圖 31 表示一揉和土層鋪於堤之表面，圖 32 則表示一揉和土核牆及鋪於底部之揉和土襯

層。

欲使大圻工水庫不致透水，恆將揉和土一層，置於牆後而充分夯實之，其底部之襯層亦然。在小水庫則大都特圻工防止透水，其法在表面敷以瀝青，或更普通者用波特蘭膠灰漿，純膠灰者及 1 比 1 者俱可，其上再以純膠灰薄漿刷光之。後者最適用於有蓋之水

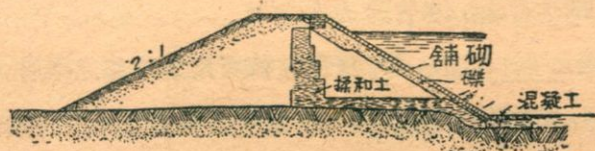


圖 32 布盧克林水庫堤之截面

庫，蓋其溫度不致若敞開水庫之有大變更。

在開始建築時，雖用膠灰可較易得不透水之效果，但欲防免小裂縫，仍多困難。如有裂縫，將使水有滲入四周土內之可能。當水庫急速乾涸時，於是對於水庫之壁發生反壓力，而對於水庫之底則有一上壓力。水庫壁之基礎，須寬度充足，以減少下沉至極微之量。為避免裂縫起見，水庫底層應在側牆完成後建造之，但此二者須密切聯合，側牆與底層接合處，宜做成彎曲面。

襯牆最普通之式樣，為由 1½ 呎至 2 呎之揉和土牆，另以一層之混凝土，磚或石，有時僅用礫鋪於其上，而保護之。在斜坡上，混凝土常以鋪砌之物掩蓋之，或完全以此代之，由經驗知混凝土不加掩護，極易為冰所損傷。在混凝土襯牆上，用膠灰鋪磚一層，恆為露出面良好之工事。混凝土可用純膠灰漿或 1 比 2 灰砂漿塗敷，使其不致透水，但面積較大時，每因溫度變更或堤下沉而生裂縫。為減少此等困難起見，混凝土可分塊砌置，而以瀝青填其隙縫。

若遇地下水，且有極大之壓力時，為避免庫底破裂計，恆須設法使庫底下土壤排去積水。亦有使地下水任其流入庫內者，當地下水之壓力頭，超過水庫內壓力頭時，可經一扁平之閘而流入，反之則此閘關閉，阻水外流。排去庫底土壤內積水，須特別注意，且須將各排水管用砂及礫包圍，其粗細配合得宜，庶免為流水所冲刷。滲漉之水，有時亦藉此排水管除去之。

在美國太平洋沿岸一帶，瀝青曾被廣用為水庫之襯層，現在並已普遍採用。與混凝土相比，則瀝青富有彈性且更不易透水，二者皆為最重要之條件。另一優點則其價或較廉。其最大弱點，乃因受日光所晒，往往成為膏狀，且在陡峻之斜坡上，易致滑溜。其在水中之耐久性，亦不十分確定。欲得良好效果，其配合所用之適當成分，須大加注意，並須充分經驗。

若土質堅硬而結實，則瀝青之襯層，可逕敷於其上，實際上亦常為之。有時雖因極大之下沉，其襯層竟可不生裂縫，但此非甚可恃耳。

水庫若用圻工牆，其所佔之地位較土牆為少，但其造價則較鉅。小水庫之地位有限者，此為最佳之式樣。同時如須加以覆蔽者，此亦為合宜之式樣。

若水庫係在堅土內挖掘而成，或以壓實之土築堤，則此土可支持庫牆使抗水壓力。但當庫內水涸時，則庫牆之設計須能承受土壓力。苟採用圓形庫牆，則因其環狀結構，能抵抗大量壓力，較之僅藉重力作用者，其所需之尺寸可大減。有數個較小之圓形水庫，其直徑為 50 呎至 75 呎，其牆厚僅為 16 至 22 吋。

所謂圻工，可爲尋常塊石工，混凝土工及磚工，視當地情形定之。若須露於外面，則加一磚砌之襯牆，爲極佳之佈置。在此等性質之工作，須有極優良之工人，固無待言，尤以混凝土之攪拌及鋪置，並磚石工之用膠灰漿嵌縫，皆爲築壩時最重要之工作。

77. 引入管及閘 分佈水庫常分別備有引入管及輸出管，二者位於水庫之兩側爲相宜，蓋可使庫內之水更爲暢流也。在土工水庫內，此引入管之建造，與第48節所述者相同。爲使水庫在任何時皆可隔斷起見，應備一傍道。若水庫僅供調節之用，祇容納分佈系統內過剩之水，則一單獨之管可兼爲引入及輸出之用。

在敞開之圻工水庫內，開關室如與庫牆相連建造，極爲便利，但在有蓋之水庫內，開關室常可免除，開關閘即置於水庫內，而在一平台上，或在水庫外處理之。

78. 有蓋之水庫 地下水須貯於有蓋之水庫，蓋因此等水內常含有多量之植物養料，除非不使稍露日光，每易促進各種有機植物之生長。因生長植物，致水味變劣且發惡臭，爲常有之事，但加以覆蔽，則可完全避免之。已經濾過之地面水，照例亦應貯於有蓋之水庫，蓋一經沙濾，其性質與地下水相似。苟水庫位於人烟稠密之城市，加蓋亦屬有益，藉以免除烟息及塵埃之侵入。

水庫之蓋。普通多以圻工爲之，但木材亦常用。木材之價值雖廉，但其耐久性則遠遜，且在夏季不能隔熱，而在冬季亦不能防凍，

大面積之木蓋，僅由若干水平木板安置於一組桁條或梁上，而由木柱支撐之。小面積之木蓋，可做成斜坡形，此恆爲較可取之式樣。圓形小水庫或大井之蓋，常作成圓錐形，其椽即攔於牆上，或用

輕構架支持之。

圻工之蓋常爲弓形或橢圓形拱，而以磚墩支持之，甚小之水庫，有時亦用圓穹形蓋。在拱頂之上普通舖以1呎厚之土，以防溫度過甚之變更，而堤則築於側牆之四周，使與上覆之土相連接。磚墩之相隔，普通爲10至15呎，其橫截面積爲1至2呎見方，視跨距及積土厚薄而定。

普通墩以18吋見方爲多，其相距約爲12至15呎。混凝土爲庫蓋最常用之材料，恆做成弧稜拱，頂高三呎，在拱頂處之厚爲6吋。圖33所示，爲水庫用作濾池之內部形狀。

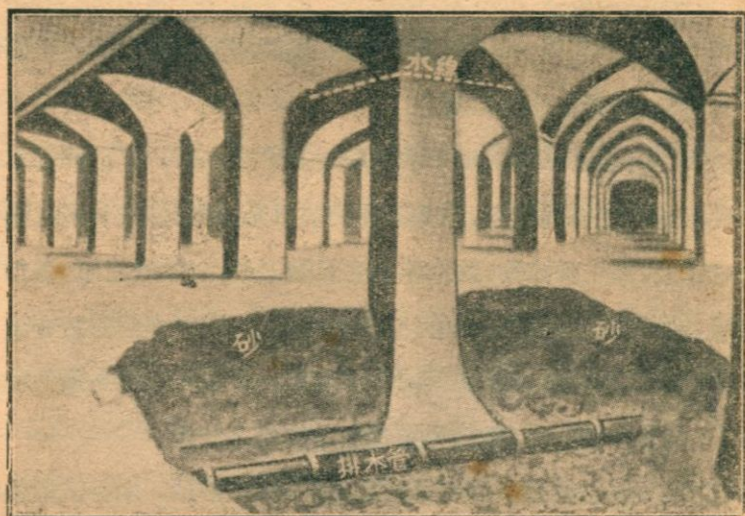


圖 33 覆蔽之濾池

79. 水庫之用費 水庫之用費，當然視就地情形，水庫種類及容量而大異。就容量而言，水庫愈大，每單位容積之用費愈省。敞口

大水庫之實在用費，每千加侖約爲(美金) 3 元至 5 元，有蓋之圻工水庫，每千加侖尋常須費(美金) 10 元至 15 元。

第十五章 立管及高位水櫃

80. 概述 若水庫需要人為方法升高，恆造成一立管，所謂立管，乃一細長之水櫃而立於地面者，或造成一鋼或木之高位水櫃，而以鋼，木或圻工之塔支持之。此等升高水庫，是否為木或圻工之蓋所覆蔽，視其情形是否需要，及設計者之觀念定之。

該項式樣之水庫，其費用甚大，故僅能備最小之容蓄量。在第72節中述及，苟用於小城市，可使抽水機之使用更為經濟，而用於大城市，則每為備一二小時火災消費量之用。立管或水櫃之容量，用於小村鎮之人口在三萬相近者，約自 50,000 加侖至 1,500,000 加侖。立管中有效之容量，僅為管中有充分高度之一部分體積，可供給所需壓力者。在此以下之水，僅為支持上部水量之用。於是最先當決定何處為可用之最低水位，而在此以上立管之容積，須適合所需之量。

81. 立管之地位 立管僅為貯水之用者，其地位當與水庫相同。為減省費用起見，宜將立管置於在近距離內較高之地面上。苟距離太遠，亦所不取，因須加增幹管之費用，且經長距離之管路，不免損失水頭也。

82. 立管之設計 設計立管時，最主要之因素，為鈹之厚薄，帽釘，基礎，及穩定方法，並管之細部。設計立管所應顧及之力，為水壓力，風力，管本身之重，及冰之作用。下文所述，命 h = 自頂至任何點之距離以呎計， d = 管之直徑以呎計， r = 管之半徑以呎

計, t = 在指定點管壁之厚以吋計。

由水力學公式, 知水壓力所致之破裂應力, 在垂直線內每吋管長上, 爲

$$S = \frac{62.5 \text{ hd}}{2 \times 12} = 2.6 \text{hd} \quad (9)$$

其每方吋管壁所受之應力爲

$$S = \frac{2.6 \text{ hd}}{t} \quad (10)$$

此爲確定管壁厚薄時應顧及之維一應力, 因風力及管重之影響, 較此遠遜, 且在垂直方向內故可不計。

若結冰之程度並不嚴重, 則管壁淨面積上之安全抗張應力, 可取爲每平方吋 15,000 磅。若結冰甚厚, 則安全應力可減低至 12,000 磅, 甚至 10,000 磅, 以備爲結冰而所致之未知應力, 酌留餘地。垂直線內之接合, 尋常應設計使其具百分之 60 至 70 之效率。設 a = 淨面積上之安全應力, e = 效率之百分數, 於是由公式 (10), 抵抗水壓力所需之管厚, 爲

$$t = \frac{2.6 \text{ hd}}{S} = \frac{2.6 \text{ hd}}{ae} \quad (11)$$

或以 $a = 12,000$, 及 $e = \frac{2}{3}$, 於是得近似值

$$t = \frac{2.6 \text{ hd}}{8,000} = 0.000325 \text{ hd} \quad (12)$$

在近頂處, 管壁之厚, 不可小於 $\frac{1}{4}$ 吋, 或極大之管, 至少 $\frac{5}{16}$ 吋。管壁之厚逾 1 吋或 $1\frac{1}{2}$ 吋, 須避免之,

做成立管之鈹，其寬應使其能成 5 呎之管，其長自 8 呎至 10 呎。每段均造成圓柱形，內外相錯而接合之。

垂直接縫所用之帽釘，為本建築物最重要之部分，蓋須以此確定立管之強度及經濟。疊頭接合為普通所常用，但鈹厚逾 $\frac{1}{2}$ 吋時，雙夾板之抵頭接合較為可取，且更堅強。

表十二所示為帽釘接合之適當比例，並其效率之近似值，即接合處之強度與鈹之強度之比例。

表 十 二
立管所用帽釘接合之比例

垂直接縫上接合之種類	鈹之厚 吋	帽釘直徑 吋	帽釘至中 距 吋	帽釘間距離 吋	綫與鈹 間距離 吋	效率百分數
單行帽釘之疊頭接合	$\frac{1}{4}$	$\frac{5}{16}$	$1\frac{1}{4}$	1	50
單行帽釘之疊頭接合	$\frac{5}{16}$	$\frac{3}{8}$	$1\frac{1}{2}$	.....	$1\frac{1}{8}$
雙行帽釘之疊頭接合	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	2	$2\frac{1}{8}$	$1\frac{1}{4}$	
雙行帽釘之疊頭接合	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$	2	$2\frac{1}{8}$	$1\frac{1}{2}$	
雙行帽釘之抵頭接合	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$	2	$2\frac{1}{8}$	$1\frac{1}{8}$	60
雙行帽釘之抵頭接合	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{8}$	2	$2\frac{1}{8}$	$1\frac{1}{8}$	
雙行帽釘之抵頭接合	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{8}$	2	$2\frac{1}{8}$	$1\frac{1}{8}$	
雙行帽釘之抵頭接合	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{8}$	2	$2\frac{1}{8}$	$1\frac{1}{8}$	
雙行帽釘之抵頭接合	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{8}$	3	$2\frac{1}{8}$	$1\frac{1}{8}$	70
雙行帽釘之抵頭接合	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{8}$	3	$2\frac{1}{8}$	$1\frac{1}{8}$	
雙行帽釘之抵頭接合	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{8}$	3	$2\frac{1}{8}$	$1\frac{1}{8}$	
雙行帽釘之抵頭接合	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{8}$	3	$2\frac{1}{8}$	$1\frac{1}{8}$	
雙行帽釘之抵頭接合	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{8}$	3	$2\frac{1}{8}$	$1\frac{1}{8}$	75
雙行帽釘之抵頭接合	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{8}$	3	$2\frac{1}{8}$	$1\frac{1}{8}$	
雙行帽釘之抵頭接合	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{8}$	3	$2\frac{1}{8}$	$1\frac{1}{8}$	
三行帽釘之抵頭接合	1	$\frac{1}{2}$	3	$2\frac{1}{8}$	$1\frac{1}{8}$	

水平接合係用單行帽釘疊頭接合，帽釘間之距離為其直徑之三倍。所有之接縫，須用圓頭填隙工具，充分填實之，若經充水後仍有罅縫，則須再度填實之。立管之底係用鐵鈹沿圓周及沿輻射方向

接合之，前者係用疊頭接合，而後者則用抵頭接合。底之厚，僅須足敷做成優良之填隙，且能耐久，約半吋已足，此底鈎如用角鐵與立管側壁外面相連，或內面及外面同時相連，更為可取。立管之基礎應成一獨塊，且具充分之面積，俾土壤上所受之壓力減低，不致發生下沉。因該項工作不佳而致失敗者，亦所常有。風力應審慎顧及之。混凝土為建築基礎最適合之材料。

立管應使其締定於基礎上，庶不致受風力而傾倒。風力尋常取為每方呎 40 至 50 磅，其作用之面積，以立管之垂直投影之一半計之。今以較高之值而言，則在距頂 h 距離處之傾倒力矩，以呎磅計，為

$$M = 50 \times \frac{dh}{2} \times \frac{h}{2} = 12.5 dh^2 \quad (13)$$

此力矩在背風之一面，發生一上舉之力，其沿管周每吋上之應力，為

$$S = 1.33 \frac{h^2}{d} \text{ 磅} \quad (14)$$

於是若沿管底四周，裝置締定螺栓，使其穩定，螺栓間相隔為 p 吋，則每一螺栓所受之應力為

$$S \times p = 1.33 \frac{h^2}{d} \times p \quad (15)$$

若用多數之螺栓，則其尺寸不必太大，螺栓可使其穿過管外所連角鐵之一邊，而角鐵則以帽釘與立管相接合。如照此法佈置，則螺栓之數須甚多，庶每一螺栓所受之應力，不致大於由四五個帽釘傳於底板上之力，因此螺栓之直徑常受限制，不能超過管底帽釘直

徑之 $1\frac{3}{4}$ 倍。若將螺栓排列甚密，則上述佈置不難吻合。但照此法，螺栓之數太多，不如用較少而較大之螺栓，於是須用長角鐵直接附着於立管，而螺栓則緊靠管壁，如圖 34 所示。螺栓之數無論如何不可少於六個。縮定螺栓，須充分伸入基礎工程，並與埋入之縮定板相連繫。

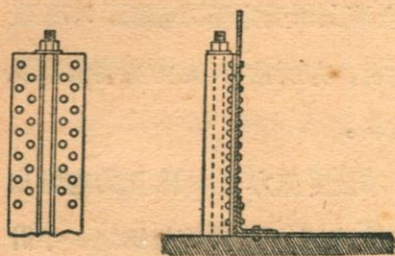


圖 34 帽釘之佈置

除風力傾倒之作用外，空管受風力所壓而破碎之作用，亦當顧及，尤以近管頂處，管壁較薄，更應注意。此項作用雖不能計算，但須使管頂處管壁加厚，增其強度，俾留有充分之餘地。

冰凍之作用，在立管未被保護時，恆為一嚴重之問題，但欲計算而作相當準備，殊為不易。因冰凍作用而發生之應力，僅可應用性質優良之軟鋼，俾有變形時不致損傷，稍資防備。或選用較大之安全因數亦可，因其情形至不確定，故在冬季所造之金屬水櫃不宜裝入圻工或木工之內。其性質之重要，恆可因冰凍作用而所致之意外證實之。

立管所用之材料，以開爐法產之軟鋼為上選，其抗張應力約為每方吋 54,000 磅至 62,000 磅。習慣上所採用之最佳等級，約與邊緣鋼相類，其含磷之極限為百分之 .06，伸張為百分之 20 至 25，面積之減縮為百分之 50，且能耐平彎之試驗，不論在冷時，及加熱再水淬時。

83. 管及閥 尋常一單獨之管，每兼作引入輸出之用。此管通

過基礎中之一拱形開口，轉而向上，乃達立管之底，伸入約一二呎。普通鑄成一鐘形之鉛接合，而與管底用帽釘相連，如圖 34 所示。另裝一排水管，使管中之水得以排除，並加沖洗，亦為必要。

若立管位於離抽水站較遠之地，則當裝置一高水警號。在抽水站所指示之壓力，未必確實，因在中間地點，容有分枝幹管外引也。立管及水櫃之包藏者，一簡單之浮體，設法使其連接電路，可為此用。但敞置之立管，不免為冰所阻擾，於是當在一小室內裝置壓力表，此小室與立管相連，而使其至所定之壓力時發出警號。

84. 其他細部 立管之頂，需用一角鐵支持之，至少為 3×5 吋，俾較堅強而防破裂，若管較大，當用角鐵二條。風力對於空管之影響，不僅對於其外側發生壓力，且使其近頂部之內側發生部分真空，有時因該部強度不足而致失敗者，亦所常見。

立管普通不加頂蓋，蓋高而細之管，所加之頂，其用殊少，且外觀亦無所改良。但大而低之管，則加一圓錐形之頂，且使其成彎曲面，為普通所常用。有此頂蓋使立管得相當之保護，且可改善建築物之外觀，頂蓋尋常用薄鐵板或銅板為之，而以小角鐵構成之架支持之。

在立管之外應建一扶梯，但在其內則無需，蓋尋常在其內面不應有障礙物，恐常有結冰之虞也。

立管之外面及內面，俱應加加以髹漆，內面以用瀝青為最佳，在外面加髹漆之前，應將管充滿，觀其有無滲漏。

立管之外，尋常用圻工砌成一外殼，既可保護其不致受冷過甚，且可改善其外觀。此外殼應稍大，俾在管外可容一扶梯之地位。

殼牆之厚，在底部尋常為 $2\frac{1}{2}$ 至 4 呎，在頂部為 $1\frac{1}{2}$ 至 2 呎。

包藏之立管，須有溢水之設備，此設備在管內面及外面俱可。該項式樣之建築，頂蓋殊屬需要，應使其與管身成適當之比例，而注意其外觀。圻工須賴建築家之處理，故以此商之著名建築師為佳。

85. 高位水櫃 若立管下部之水，因其地位太低，致不能得適當壓力，則此水之效用，僅為支持上部之水。此無用之部分如甚深，則不如用一鋼架代之，更為省費。除省費之外，水櫃之外觀，亦較之立管為不甚觸目，且由經驗，知其受冰阻擾之影響亦較少。若水櫃之加頂蓋者，則其高度與直徑相等時，恆為最經濟之比例，但高度較大時，則外觀可較佳。

水櫃之底支持於一鐵架上者，恆作成一半球形，蓋此式樣，除其四周外，不須另加支撐，而四周則為鐵塔之脚所支持。水櫃四周所用鋼板之厚，與立管相同，其細部亦相似。若底部為半球形，則其所受壓力，僅為側面最低處所受壓力之半。

水塔係用四或八個脚之鋼架構成之。所用材料可為中級鋼，而當設計時，其費用應力，可取較高之值，蓋所有應力，為靜荷重及風力所致也。四脚之塔為最少限度，但水櫃之直徑較大者，僅用四脚，則在連接處所受之局部應力未免太大。六脚或八脚較為相宜，且外觀亦較佳，惟費用稍大耳。水塔各部分之應力及其詳細設計，屬於結構工程方面之事，此處難以詳述。至柱脚上部之如何接合，及如何使其穩定，並其頂蓋之式樣，則以圖 35 示之。

每一柱脚，須妥慎使其締定於基礎內，其所受之力，即當水櫃流空時，被風吹而所生之最大上舉力。基礎須極堅實廣大，並有充

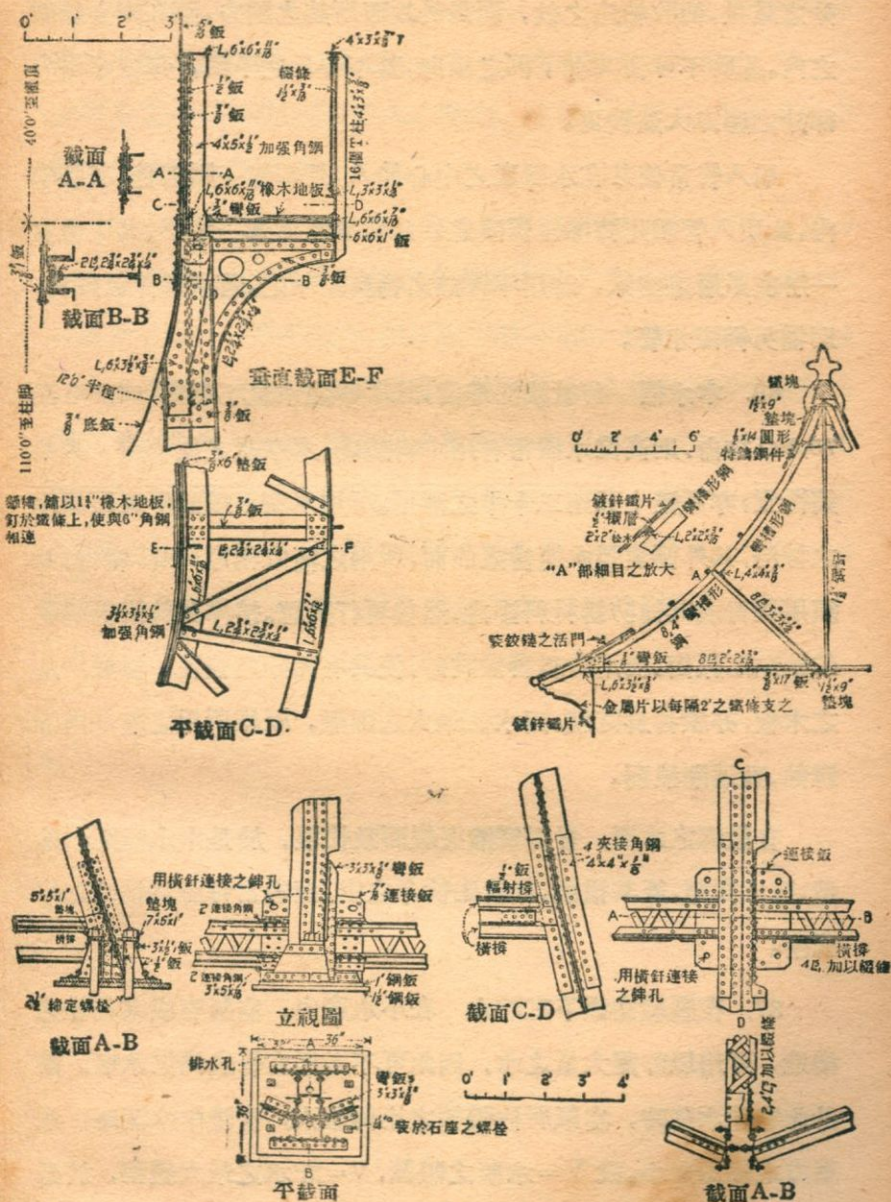


圖 35 阿媽茲城高位水櫃之細部圖

分之重量，使收縮定之效，而對於地面所施之壓力，應在安全範圍之內。基礎不可使其有下沉之傾向，蓋不平均之下沉，每使水塔各部分之應力大為變更。

引入管常使其在水櫃底之中心伸入，且須備一脹縮縫，在冬季內，此引入管須用防凍匣保護之，此防凍匣僅為一木匣，其中留有一層或數層之空氣，並用不傳熱之物料間隔之。若水櫃係包藏者，則需另備溢水管。

86. 木水櫃 苟欲減低造價，且所貯之水量不超過 50,000 至 75,000 加侖，則高位水櫃常用木料為之。木水櫃之價較廉，且建築得宜，亦可經十五至二十年之應用。所用木條，須為優良而潔淨之材料，其外側須製成適當之曲面。所用之箍宜稍厚，以防腐蝕，且須用瀝青或其他防銹材料塗之，然後再行裝置。接榫及鈎搭俱為發生弱點之原因。使用時須審慎設計，使其有充分之強度，櫃底所用之木板，亦須善為處理。因水櫃最大之困難，厥維所用之箍在內部銹蝕，致逐漸減弱。

有數處之木櫃，曾因鐵箍突裂而致損壞，於是木水櫃應否建造，遂成問題，蓋其損壞，可發生性命之虞，而尋常每忽於按時加以視察。

87. 在壓縮空氣下之貯水 在小水廠內，空氣室或其相等之構造，可用以貯藏大量之水，因此可不必用立管或高位水櫃。設計此等貯水櫃時，空氣所佔體積之比例愈大，當櫃中水涸時，水壓力之變更愈小。設 V = 水櫃之體積， v = 貯水之最大體積，於是 $V - v$ = 空氣所佔之最小體積。若當貯水最大量時之壓力為 P ，則

當空櫃時壓力為 $p = P \left(1 - \frac{v}{V}\right)$ 。假設 $\frac{v}{V} = \frac{1}{3}$ 。於是 $p = \frac{2}{3}P$ ，即壓力之變更，僅為最大值之三分之一。欲使壓力之變更小，則一已知容量之水，須貯於容量較大之櫃內。櫃中之空氣，係由抽水機中隨時放入少許空氣而保持之。

另一種用壓力貯水之法，較上述更有數項利點，即阿克姆公司，根據渥斯哀姆及達爾林之專利權所製成之出品。在此系統內，空氣係另貯於一高壓之櫃，櫃中壓力較尋常貯水櫃中為高。用連接管內之減壓閥，可使水面上之壓力保持常數，或當火災時可增加至與空氣室內壓力相等。壓氣機必須應用，俾可供給充分之空氣。此等式樣之機廠，裝置者亦已不少。應用壓力貯水，可免去冰凍之困難，且水量甚小時，較之高位水櫃更為經濟。此等貯水櫃可裝於抽水站，於是壓力極易控制。若貯大量之水，則其費用甚大。

第十六章 管路系統

68. 普通應備之條件 分佈系統之設計，須使其供給充分水量於各用戶，且須在用費較省之情形下完成之，並當合理保證其不致有中斷之虞。關於水廠該部分之設計，水之用途，可分為顯著之兩大類：(1)普通用途，即日常家用，商業用及公用之水；及(2)消滅火災所用之水。在前一類內，城市中各部分之消費量比較均勻，且一日間各小時亦大致相同；但在後一類內，則在極短時間內之消費量，往往特高，而此特殊之用水，往往僅限於較小之面積。供給前一項用途之水，須分佈一適度之量至廣大之區域，而為後一項用途，則其問題為集中一大量之水於較狹之地段，但此地段可位於系統中之任何一點。

供給水量於各用戶，須在每一街道上安置水管，僅在與此成十字形之街道上，尚無房屋者，可以從緩。在郊外區域，則在人口較密之街道，有此需要者乃安置之，但此須視管理者之見解定之，尤當視將來如何擴充管路，而有顯著之差別。分佈系統，除管路之外，包括救火水栓，用戶接頭，閘，噴泉，水槽，水表及其他細部。

89. 應需之壓力 為尋常用途，在任何點之壓力，應使其能充分供給相當水量至房屋及工廠之上層，而在商業區域則至普通高度。欲達此高度，在住宅區域街面上之水壓力，須為 20 至 30 磅，而在工商業區域，自 30 至 35 磅，視房屋之性質而異。

為滅火之用，其在幹管內之壓力，視救火射流是否直接由救火

水栓供給，抑另用救火機而異。在小城鎮，不用救火機恆有極大利益，故常藉救火水栓，直接供給救火射流，救火機有時保留為特別大火時之用。在抽水機系統內，最普通之佈置，為保持一供普通用途之適度壓力，而當大火時，則關閉通水庫或立管之路，使抽水機盡量供給救火所需之壓力。

在大城市內，僅藉救火水栓供給救火所需之壓力，不甚普通。但苟藉重力供給，而有甚大之壓頭，則由救火水栓供給壓力，頗有利益，至少將人口最密之區域，或火勢特大時除外，其餘皆可用之。若用救火水栓供給壓力，則在住宅區不可少於 60 磅，在工商業區不可少於 70 磅。如能較此更大 20 磅，則尤為可取。若大城市之常用救火機者，則如家用壓力之 25 至 30 磅已足。

此處所論及之壓力，乃當消費量最大時，在全系統內不論何處之救火水栓上之壓力。若此壓力能保持於極遠之點及最高之處，則在較低之地面上及近抽水機處之壓力，當然更高。在用重力供給之系統中，有時可得更高之壓力，但因須增加抵抗高壓之水管造價，故尋常超過 130 至 140 磅之壓力，亦所不取。

90. 救火射流之大小及多寡 在一城鎮，同時應有若干可用之救火射流，乃視其房屋之性質，街道之寬度而不同。在一般情形下，救火射流之數，可用下式計算之。

$$y = 2.8\sqrt{x} \quad (16)$$

式中 y = 所求之救火射流數， x = 人口以千數計。此數之三分之二應使其能集中於一街段，或一房屋叢集之處。

在小城鎮上，其防火設備之需要每天不相同。例如一鄉鎮之有

四五千人口者，若僅有小商業，則其火災之危險性不大，但同樣大小之鎮，其繁榮係藉二三大工廠，且此等大工廠，位於房屋叢集之處，則火災之嚴重性極大。在前一情形，四五個救火射流已足，而在後一情形，則須八至十個。

救火射流之數，係根據於射流之大小，約為每分鐘 250 加侖而計之，此為在工商業區域良好救火射流之平均值。至在住宅區域，則 175 至 200 加侖亦已足用。救火水栓，為數須甚充足，且須位於適當地點，以與上述救火射流之多寡及大小相應。救火水栓可為一路，二路，三路，視所備軟管接頭之數而定。為普通應用，兩路水栓為最便利之式樣，但在大城市人口密集之地，須具多數接頭者，則用三路甚至四路者較為有利。在任何情形，救火水栓之數，須敷所需之射流數，且在管嘴處供給適當之水壓力。在須甚多水流之處，恆不用救火水栓，而以救火水池代之。此救火水池由大管充水，其較水栓之優點，為在同時可由數個救火機吸取水量。

— 250 加侖之救火射流，所需之管嘴壓力為 45 磅，普通 2 $\frac{1}{2}$ 吋軟管每百呎水頭之損失為 18 磅（見水力學），故在水栓處壓力為 100 磅時，供給 250 加侖軟管之長，不可逾 300 呎。— 175 加侖之射流，管嘴直徑為 1 吋，所需管嘴壓力為 35 磅，每百呎軟管內水頭之損失為 9 磅，故在水栓處之壓力為 100 磅時，軟管之長可為 700 呎。比較普通之水栓壓力為 75 磅，故一 250 加侖之水流，至多可經 200 呎之長。而一 175 加侖之水流，至多經 450 呎之長。故按常例，救火水栓之間隔，不可使軟管之長超過 500 至 600 呎，而在任何點至少半數之射流，其所用軟管之長，不可超過 250 至 350 呎，視水

栓處壓力而異。雖用救火機，此長度亦不可增加太多。在郊外區域，自任何點至二個二路水栓之距離，其較遠一個，亦不可超過 500 至 600 呎。

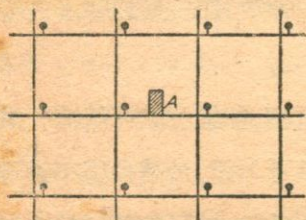


圖 36 取水栓之地位

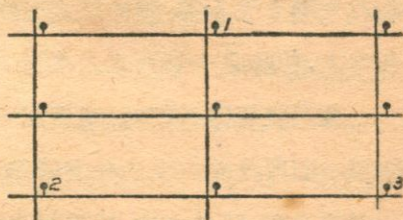


圖 37 取水栓之地位

設置水栓最便利之地點，係在二街道交會之處，於是自四個方向均易達到。尋常大小之城市，在每一街道交會處設一水栓，已足供給所需之射流數，但在大城市，則尚須在中間地段設置水栓。例如圖 36，每一方向內，街段之長為 300 呎，在每一轉角處設一二路水栓，於是在 A 處失火，可由 8 個水栓取水，其所用最長之軟管為 450 呎，於是可得 16 個良好之救火射流。如在一街角失火，可由 13 個水栓取取水，其中 8 個須用 600 呎長之軟管。若街段之長，一方向為 600 呎，他一方向為 300 呎，如圖 37，則在每一交會處置以二路水栓，在任何點用 600 呎以下之軟管，至少可得 8 個射流。若僅須 4 個射流，則其中四分之一之水栓可以取消，或每隔一街設一水栓，如水栓 1, 2 及 3。

91. 管路系統之普通佈置 自前第 6 節，論大火之消費量時，知火災所需之水量，為設計管路系統之一主要資料。城市愈小，此項資料愈重要，於是在一街段內，尋常消費量反屬無關緊要。如為

供給一長而狹之區域，其普通方法，係由一單獨之大管輸送大部水量，此管之直徑逐漸減小，而用較小之平行或分枝幹管，供水於兩旁之街道。若供水區域面積甚廣，如大多數城市之情形，其普通佈置乃每隔 $\frac{1}{4}$ 至 $\frac{1}{2}$ 哩，設一巨大之幹管，而介於其間，則以較小之管補充之，彷彿成一焙器式之系統。

在敷設管路系統時，須切記一普通原理，即佈置大幹管時，須使較小而與此成直交之分支管路，兩端俱可相連，於是此管不啻可作兩管之用。照此方法，假定損失之水頭相同，則可供給兩倍之射流數，或射流數相同，則較之僅由一端供給者，其損失之水頭僅為四分之一。依此原理，於是在兩處相隔之區域內，亦往往有敷設聯接管之必要，然此聯接管並不為供給當地用戶所需。當發生火災時，每一區域，遂可由兩端供給水量。一端不通之水管，最所不取，因存積之水每致敗壞。

在焙器式系統內，幹管及與此成直交管路之大小，大致須視在任何點所需救火射流數之多寡而定。在小城市，及在大城市之郊外區域，用6吋之分支管路，而每隔四至六街段，則用8, 10或12吋之管，為最普通之佈置。供給救火水栓，切不可用4吋管，除非此管甚短而兩端俱與較大之管相通則可。

92. 管路系統之計算 為計算管路系統起見，須確知全城市之最大消費量，亦須知在該城市內大部分及小部分消費量之所在，並顧及將來發展情形。全城市之消費量，用以確定給水總導渠，或主要壓力幹管之大小。計算分佈幹管，須將全城分為若干較大之區域，視此等主要幹管可設之地位而定之，然後以較小之管，分佈於

較小之區域，亦如此逐步定之。

在第 6 節內，已論及全城市之最大消費量。根據此項資料，可知普通最大消費量，約為全年平均消費量之百分之 200 至 250。設全年平均消費量，每人每日以 100 加侖計，則普通最大消費量，約為每人每日 250 加侖，或每人每分鐘 0.17 加侖。救火所需最大水量，假設每一救火射流為 250 加侖，於是為 $250 \times 2.8 \sqrt{x}$ = 每分鐘 $700 \sqrt{x}$ 加侖，式中 x = 人口數以千數計。今有人口一千之鎮市，則普通最大消費量約為每分鐘 170 加侖，而救火所需之水量當為每分鐘 700 加侖，或四倍於普通最大消費量。

估計全城市之最大消費量後，其次當再同樣分區為之，並對於將來人口之增加，普通最大消費量，救火需水量等，亦當按區分別估計之。如此搜集所獲之資料，乃可為計算分佈幹管之用。與此成直交之幹管，及較小之管路，幾完全視當地需要救火射流之多寡定之。就實用而言，在人口 10,000 之城市，一方向內用 6 吋管，與此成直交方向內，用 4 吋管，已可敷足，而在人口 50,000 之城市，則在兩方向內，俱用 6 吋管，亦可敷用。在人口 1000 或 2000 之村鎮，或在小城市之住宅區，除主要幹管外，一律用 4 吋管即可，惟須假設並無一端不通之管，並至少每隔一街道，有一與此成直交之管路。

主要給水管路，及分支管路之輸水至一隔離區域者，可藉水力學中表十二之助而計算其大小，蓋因摩擦而損失之水頭為已知值，且最大需水量亦已估計定之。在大多數情形下，幹管內可取之速度，當最大流率時，為每秒 3 至 6 呎。苟水廠可得之水頭有限，且不

容有甚多因摩擦而損失之水頭，如在重力分佈系統中，其水源之高度，僅足供給所需之壓力，則取較低之速度為相宜。較高之速度，適用於水頭損失雖大，而無妨害之情形，例如在重力分佈系統中，水源甚高，或在抽水系統中，救火所需之壓力，僅於發生火災時，另由抽水機供給者。

各種大小水管，所能供給救火射流數之多寡，以表十三示之，每一救火射流，以每分鐘放水 250 加侖計之，表中較小之數，係低速度之值，而較大之數，則為高速度之值。若一管由兩端供水者，則可得兩倍之射流數。

表 十 三

各不同大小之管可得之救火射流數

管之大小	250 加侖之救火射流數
4	1
6	1- 2
8	2- 4
10	3- 6
12	4- 8
16	8-16
20	16-24
24	18-36

〔例題〕一居民 3,000 之鎮市，用 4,000 呎長之壓力幹管輸水，設每人每日平均消費量為 75 加侖，而就火災情形言，為一普通性質之鎮市，試求幹管之大小。

參考第 6 節，知普通用途之最大量為平均量之百分之 180，或即 $1.80 \times 75 = 135$ 加侖。每分鐘之流量遂為 $\frac{135 \times 3000}{24 \times 60} = 280$ 加侖。所需救火射流之數，可用公式(16)求之，等於 $2.8 \sqrt{3} = 4.8$ 或

5. 每一救火射流，假定為 250 加侖，故總消費量為 $280 + 5 \times 250 =$ 每分鐘 1530 加侖，或與 6 個救火射流相等。由表十三，知水頭之損失不妨甚大時，可用 10 吋管，若水頭之損失宜小時，可用 12 吋管。由水力學中之表十二，知在 10 吋管中，當流量為每分鐘 1530 加侖時，每千呎之水頭損失為 16 呎，或全部管長內為 64 呎。若用 12 吋管，則每千呎內水頭之損失僅為 6.5 呎，或合計不過 26 呎。苟可得之水頭不逾 150 呎，則前項損失未免太大。

93. 各不同高度之分別給水 若一鎮市之各部分，其高度相差甚大，則將分佈系統，分成兩個或多個獨立部分，更為可取。每一部分所供給之面積或地帶，依其在兩高度之極限間而區分之。尋常一鎮市中，僅較小之部分位於高處，故分佈系統之區分，僅使少量之水達於最高之處，而大部分水量，則仍以低壓力輸送之。如此佈置，抽水之費用，可大為減省，而在地位較低之區域，亦可免過量之壓力。

供給各不同地帶，可用種種佈置。每一地帶實際上成一獨立系統，可有其單獨之抽水站，甚至單獨之水源。或較高之地帶，係由位於下層地帶最高處之水庫供給水量。亦有各不同地帶之抽水機，設於同一抽水站，而由同一水源取水。在重力分佈系統中，往往使最低之地帶由重力供給，而上層地帶則用抽水機供給。

94. 水管及閘之位置 分佈管路應位於街道上易於尋得之處，且須設法避免其他建築物，愈遠愈佳。街道之中心，常保留為設溝渠之用，水管則設於離中心 5 至 10 呎之處。至在何側則任便，但在同街道上應一律。又在東西向之街上，北面之側常較南面之側

爲暖。

閘應在管路系統內分段配置，庶較小之一節，可因修理或添裝接頭而加以關閉。按照常理，苟自一大管接一分支小管，則在小管上應裝以閘。例如自 10 吋或 12 吋水管供水於 6 吋水管，則在每一 6 吋水管之兩端均應裝以阻止閘。在大管之交會點，每一路上均需一閘。在同樣大小之小管網內，每一路之每一交會點，均應裝一閘，於是共得四閘，未免太多，尋常每一交會點裝兩閘，或在每路內每間兩街段裝一閘已足。

閘與管路相同，須對稱裝置。普通係按行排列，或與地界綫相合，或與路沿綫相合，亦有置於人行道下者。

95. 救火水栓 在第 90 節內，已論及救火水栓之普通位置。在確定恰當地點，及應置於街道之何側時，須詳細考察當地情形，而決定其與主要房屋之距離，並遇火災時，如何可易於達到。尋常救火水栓置於街道之一側與管路相同，若有兩路，則擇其大者聯接之。

救火水栓普通有兩種式樣。柱式水栓，其筒身高出地面二三呎，平式水栓，其筒身及管嘴，裝於一鑄鐵匣內，與地面相平。前一式樣用之尤廣，因其易於尋得，且使用亦較便，故更爲可取，惟在大城市極擁擠之區域，或極狹之街道，須免除各障礙物，則祇可捨此不用。柱式水栓，恆緊設於路沿綫之後，平式水栓，或設於人行道，或設於街道中俱可。

市上所售之水栓，式樣甚多，苟能加以適當之處置，大都可獲良好之成效。最重要者，厥維可恃之使用，其次須使水栓內因摩擦

而損失之水頭極微。水路須寬暢，尖銳之轉角，及尺寸之突變，須竭力避免。水栓優劣之區別即在此，其構造不同，其損失之壓力亦大異。圖 38 所示，係水栓之兩種式樣，用以說明閥之兩種普通形式。

即開關閥及壓力閥是也。定購水栓時，其管嘴，應與鄰近大城市者，取相同之式樣，庶於必要時，可往借用救火用具，而聯接極便。

當救火水栓用畢而關閉後，留於筒身內之水，須經一滴水而排除之。當總閥關閉後，滴水即自行開放。此為設計上之一要點，蓋排水不盡，水栓有冰凍之虞。放出之水，可經一小管引入溝渠，或在水栓附近，用大量之碎石或礫鋪

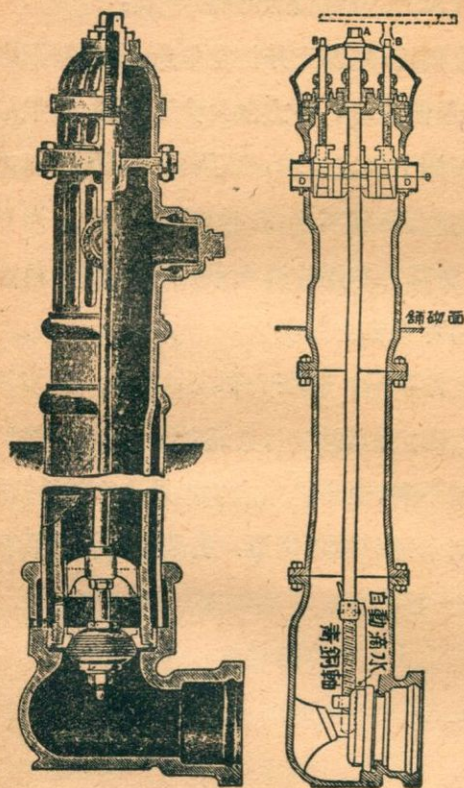


圖 38 救火水栓

砌，使水入內而被排除。

設置水栓時，須注意其得一堅實之底座，且將筒身周圍之土打實。通至水栓之支管，應與幹管埋至同樣深度，蓋此支管為絕端，較之幹管更易冰凍也。

96. 用戶接頭 用戶管路之直徑，尋常為 $3/4$ 至1吋，係用鉛，白鐵或鍍錫之鐵爲之。使用戶管路與幹管相接時，恆在幹管上穿一孔，而以黃銅製之分水活嘴旋入之。在路沿石附近，恆再裝一活嘴，並用適宜之閥匣，在此處乃控制供給用戶之水量。

若管路係置於城市內之街道，則須充分注意還土，及使鋪砌之街面還復原狀。關於還土之最佳方法，各方意見大不相同，惟最適當之法，使還土後，不致有逐漸下沉之慮者，須將帶潮氣而不濕之土，加以夯實。但此充分之夯打，頗爲不易，故尋常可取之法，乃在充分之水深下還土。救火水栓尋常亦用作灑水車輛取水之處，故宜另備取水鶴頸，其式樣甚多，可於市上購得之。

關於分佈系統建造時之各要點，應在大型之地圖上，詳細記錄，並加說明。管路，水栓，及閥之確實位置，尤爲重要。若有兩組地圖，則更爲便利，其一縮尺較小者，表示管路之佈置及大小，並接頭之地位，其二縮尺較大者，則示每一段之情形，於是其詳細之資料可一併載入。

第十七章 使用及養護

97. 概述 導渠及鉅大管路之養護，以清除及修理工作為主。各特殊之建築物，須隨時加以視察，以偵其有無弱點，而在鉅大之引水道，須按時作全綫之巡視。若見水中含有沉澱物，且速度減低，則此管路須加清除，其法即暢開吹放閘而沖洗之。

圻工之導渠，易被柔泥或有機物積滯，因此其容水量為之大減，且若任其存在，更易影響水之品質。在此情形下，引水道須每年清除一次或二次，或時間較久亦可，視其積滯遲速而定之。

鉅大之鋼管及鑄鐵管，鮮有需放空而清除者，但有機物積滯後，不免阻塞水流，不能僅藉吹放法使其除去。某種之水，尤以性質較軟者，可使鑄鐵管之內壁，極易銹蝕。此等硬結之物，常致減少水管之容量，若能將其除去，恆可使已失之量，恢復原狀，故欲增加壓力，另添新管，不如將管放空而清除，更為經濟。

管徑甚大者，清除時可遣工人入內，但普通尺寸者，祇有用水沖洗，或插入一括具，使能充滿全管，而以水壓力轉動之；即銹蝕極甚之管，亦可用此法得良好之結果。

清除管路系統內之沉澱物，普通即用吹放閘或水栓。一端不通之管，尤宜時常沖洗，蓋停滯之水，易生惡臭及惡味也。在幹管內有鉅大之罅漏時，甚易覺察，若用自記壓力計，則更為明顯。於是須迅速將總供給管關閉，以免過甚之損失。較小之罅漏，如在黏土內，恆可在地面上發見水痕表示之，但在透水之土內，或近溝渠及排水管

處，甚大之罅漏，往往經數年而不覺察。

另一嚴重性之消蝕，在若干城市中常見者，爲由電解作用所致，蓋係由單綫電車路之回路電流所發生。在此系統內，回路電流本應由鐵軌通過，但因鐵軌並不絕緣，故一部分電流恆由土內逃逸至附近之水管，或其他導電之物體。此電流於是沿水管流動，不免受若干阻力，直至到達一地點，恆在發電站相近之處，其附近之鐵軌或他導體，較之水管之電壓更低，於是電流乃離去水管，此時恆易發生電解作用致水管消蝕。

電解作用之消蝕，有時非常迅速，往往歷三四年，水管即行穿透，而最劣之情形，其電壓僅爲 1½ 弗打時亦有之。電解之免除，須完全由電車公司負責爲之。一極重要之免除方法，乃建造良好之回路導電體，或使鐵軌之接合改善，或用充分之回路電綫。於是在某區域內，若水管之電壓，較高於鐵軌，則用一良好而阻力甚低之綫路，使水管與鐵軌相連，或自水管連至特備之回路電綫，電流遂可離去水管，不致經過地內，而發生煩擾。在城市內各不同地點，用電壓表測驗水管與鐵軌間之壓力差，恆可決定危險之面積。

用戶水管苟安置於深度不足之處，則發生冰凍，亦爲常遇之困難問題。有時較小之幹管，亦有冰凍者。若在當地有適宜之設備，則使冰凍水管融化之法，可藉電流加熱於水管。融化用戶管時，可用 200 至 300 安培之電流，其電壓爲 50 弗打已足，尋常約需 20 至 30 分鐘之時間。所需之電流，可由電燈綫路取之，惟須用變壓器減低其壓力。

若不能用電流加熱方法，則惟有藉蒸汽爲之，此法不僅使水管

加熱，且可在凍結之土內開挖，彷彿與使用水注相似。於是水管可在每隔四五呎處，用蒸汽噴射，而逐漸融化。用戶管尋常用一小蒸汽管在通入房屋之端插入，或在開挖之土內，覓一開口，通入蒸汽使其融化。凍結之地，可在地面燃火數小時，或選用煤氣火焰衝入土內而融化之。

閘須時常察看，以偵其有無罅漏，並明瞭其是否工作順利，所置之匣是否清潔。救火水栓，須竭力注意，尤以冬季為甚，蓋在任何時可用，為極重要之事。救火水栓最主要之困難，為因不完全之排除積水，而致閘冰凍，其次則通至水栓之支管冰凍。

救火水栓須在將近冬季時，即妥慎察看，而加以優良處置。閘須嚴密關閉，而筒身內之水須完全排除。若水栓之地位不利於排除積水，則每次用畢之後，須用抽水機，將水抽出。欲證明水栓內之水確已排除，可以一有尺度之繩，繫以鉛錘，而由管嘴內任其下垂。在天氣寒冷時，苟非必要，水栓萬不可開放，且除負責人員外，更不宜由他人動手。在極冷天氣時，用畢水栓後，便將頂部之填件及螺帽用火油潤澤，以防其膠着。

欲融化一凍結之水栓，尋常均用一較小而可移動之鍋爐，並備有若干長之軟管，俾引蒸汽至水栓之底部。熱水亦可應用，在尋常情形，加以少量之鹽亦頗有效。融化後須隨即將水抽出。

管理抽水站時，當雇用富有經驗之人，始可得最優良之結果。極易變更者為煤價，故須用種種方法，使其減至實用上最低之限度。每日應將煤及灰之重量，加以記載，故隨時可知其工作之效率。保留之機器，應時常使用，俾可知其在良好狀態，遇需要時隨時可

用。若此機器備救火時增加壓力用者，則此點更特別重要。

每日抽水之量，及所保持之壓力，當然亦須加以記載。供給救火壓力之時間，及在此高壓所供給之水量，亦應記載之。自記壓力計，為維持一水廠效率最有價值之物件。

土工水庫之維持，較之第 76 節所述者，須更多之注意。此等水庫，須常加清除，其法係用軟管引水，沖去泥土，使經棄水管而流出，與清除一沉澱池相同。立管及水櫃，亦須不時沖洗及吹放，且每隔數年須重行髹漆一次，並須察看其有無過甚之銹蝕及電解作用，其底部之變弱及消損尤當注意。木製之水櫃，亦須時常察看，俾確知木質及鐵箍之狀況。有時須取去一二鐵箍，以確定之。

98. 廢水之偵察及防免 由第 6 節所述之資料，可知供給美國城市之水，有大部分係由用戶浪費，及罅漏所損失。在多數城市，消費量往往較實用之水量增加一倍，而大多數則廢去之水佔全供給量之三分之一。此項過甚之用水，不特增加不必需之抽水費用，且在水廠之任何部分，其費用皆大增。

最便易而最合理防免廢水之方法，惟有應用水表，殆無疑義，蓋每一用戶，皆自付其用水之代價也。且此為取費最公平之方法，否則，謹慎之用戶將被迫代其不謹慎之鄰居付廢水之價。用水表辦法，現已逐漸普遍，而在多數城市，至少大用戶均用水表，但極大部分之損失，均係小用戶所致，故非一致用表，不易覺其充分利益。尋常亦頗有反對應用水表者，但一經採用之後，則覺其大為可取。為防免廢水計，此乃隨時見效之法，較之其他任何查察方法為優。在大多數情形，因用表而使水價減低，與水表之價值相抵後，尚相差

甚鉅。

若不用水表，則某種查察方法殊屬必需，於是廢水最嚴重之情形可以值得，而使消費量保持在合理範圍之內。最普通之法，係逐戶查察，每年一次或多次，其目的為考察各種裝管設備。任何漏水及不適宜之裝置，須責令修理，於是在短期內，再行查察一次，視其是否照辦。若堅執不從，惟有斷絕其供給。

用水表之一弱點，為在幹管內及在用戶管水表以外部分之罅漏，仍無從偵得。欲確定幹管內漏水之地點，須用一聽水器，此器係由一端裝有膜片之木條或鐵條並與電話之聽筒相似之聽音器所組合而成。木條抵於水管處路面上之各點，而以耳就聽音器，則凡漏水所發生之聲音，極易覺察。

市上出售之水表，種類甚多，苟使用得宜，均可得滿意之結果。且大多數已經多年之應用而得充分之試驗。未經充分及長時期連續試驗之新式水表，不可貿然採用，且在任何情形，當規定水表所需之條件，並試驗各新水表，以確保其均勻而優良之工作。

水表普通所需之條件，為充分之精確，有記載極小量水流之可能，在已知壓頭損失時可有適宜之容量，耐久及價廉。上述各條件，除耐久外，皆可用簡單之試驗定之。關於耐久之觀念，亦可詳察水表各部分而得之，或將水表在高速下經長期之使用，再定其精確度及感受能力。能保持精確度，便於觀察，及易於修理為水表最重要之性質。

水表之設計，須使各部分極易接近，且便於更換，而轉動之部須加保護，勿使其因冰凍而致嚴重之損害。為達後一目的，常用鑄

鐵防凍底或鑄鐵匣，使其較水表其他或價值較高部分易於凍裂，則其他各部不致受損。

99. 水價 給水廠所完成之數種使命為：(1)供給私人用水，(2)供給街道公共用水，溝渠用水，噴泉，公共房屋等，及(3)供給防免火災用水。在(1)，(2)兩項，其使用之代價，可約計為與供給之水量成正比例，但在(3)項，則與所用水量不成正比例，蓋受影響最大者，為其造價；消費之多寡，反無大關係。供給防免火災用水之額外費用，大部分為抽水機容量之增加，幹管，水庫，立管之增大，救火水栓之費用，及養護費之增加。據有經驗者之估計，為防火設備而所需之費用，約佔全部費用之三分之一至二分之一。

給水收入之來源，可分為水價及由稅收所得之款。前者係由用水者支付，大致與所用水量成正比例。後者則按一切可課稅之資產，照定額支付。若收入之款，一律按其所完成之使命而取費，則按前節所述，凡供給私人用戶之水，照水價付費，供給公共用水，則由課稅付費，亦照水量計算。至防火所用之水，當然亦由課稅支付，蓋各個人之資產，均受相當保障也。

由每一來源應徵收費用之適當比例，與當地情形亦有關係，例如鎮市之大小，給水之性質等等。在多數小城市，給水工程之創設，以防火為主要目的，於是其費用幾全部當由課稅支付。水廠初辦時往往取費甚廉，藉以鼓勵用水，恆為一良好政策，但欲實行此辦法，在最初數年內，大部分費用，須由課稅支付之。

由私人用戶徵收費用之比例，須加以縝密之攷慮，且當設法調整之。最公平之取費方法，係用水表制。在此制度內規定水價時，須

注意在抽水站內所記錄之水量，有大部分不能計入，故由水表記錄所得每單位體積之價格，須酌量提高。

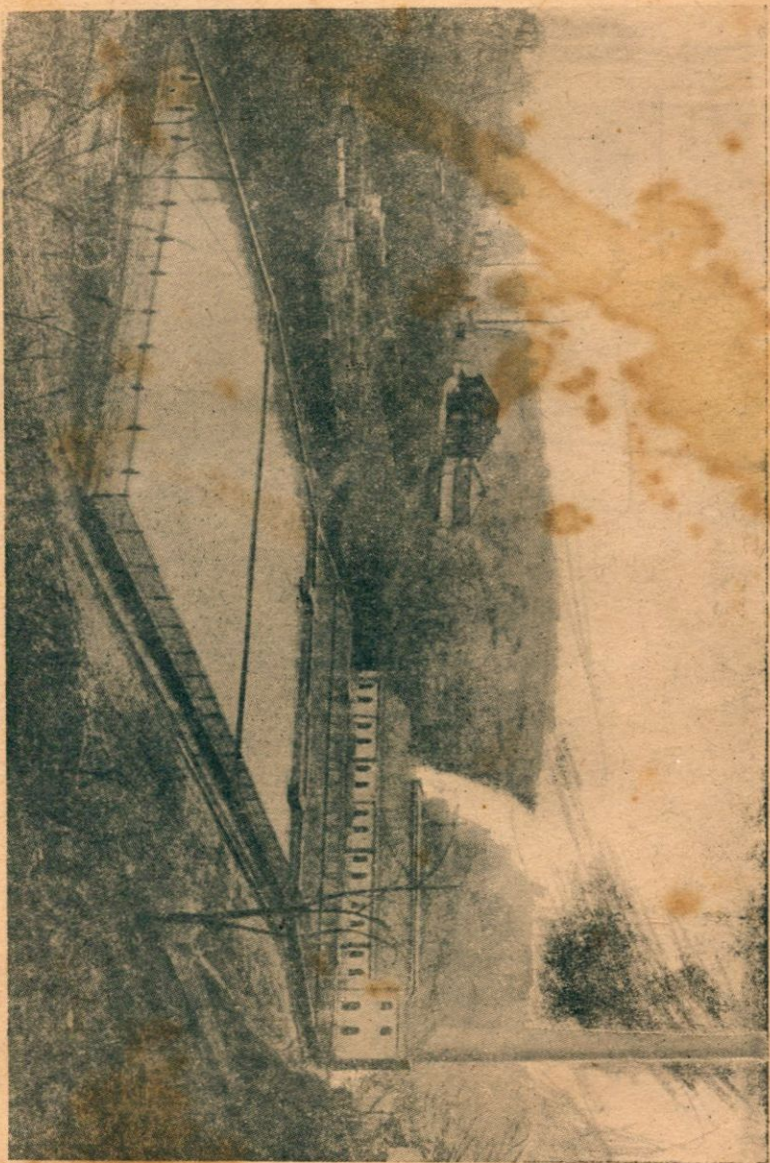
按水表取費，普通均分級定價，即用多量之水時，取費較用少量之水為低。蓋一部分因用水量少，則水表之養護，賬冊之手續等費用，佔較大之成分，一部分鼓勵設立工廠，使用多量之水，可裨益於社會繁榮。在確立分級定價時，須注意其較低之價，僅適用於較高價所定限度以外增加之水量。下列乃一分級定價良好之例：

最初每六個月 5,000 立方呎，每 100 立方呎收費 20 分
其次每六個月 15,000 立方呎，每 100 立方呎收費 10 分
其次每六個月 10,000 立方呎，每 100 立方呎收費 5 分
其次每六個月 30,000 立方呎，每 100 立方呎收費 3 分
其次每六個月 30,000 立方呎，每 100 立方呎收費 2 分
超過每六個月 90,000 立方呎，每 100 立方呎收費 5 分
每六個月至少取費美金 2 元。

關於反對用水表制之理由，為恐在衛生方面，將不願費去充分之水量，但因有最少取費之規定，殆可完全避免。照上述，此最少限度已足使衛生方面有充分水量可用，且水表之養護費亦一併計入。

大多數城市，於大用戶裝水表，僅極少數城市，一律採用水表制。在此情形，私人房屋內，恆按其設備取費。普通每一用戶，按其廚房取最低之價，然後計每一浴缸，抽水馬桶，洗濯盆，以及馬廄及草場軟管分別收費，而另一不同方法，則按房間或人數多寡收費。

關於每一設備，用水若干之資料，尙付闕如，故其定價未免近於武斷。



南彼茲堡抽水棧站及濾水廠之外觀

給水工程學

第三篇

第十八章 水之澄潔法

100. 目的及方法 使公共給水澄潔之主要目的，普通乃係由水中消除任何污迹，此等污迹足以發生疾病，或簡言之，即係除去致病之細菌。除去渾濁水中所挾帶之雜質，尋常亦甚重要。有時水中所含融解之鑛質特多，恆須除去一部分，俾可適合工廠及家庭之用。例如一極硬性之水，不可用於鍋爐，亦不適於廚房及洗濯之用。

使水澄潔之種種方法，可以分成兩大類，其一除去挾帶之不潔物，其二除去融解之不潔物。在前一類中，有二種普通方法即沉澱法及濾過法，此二種可稱之為自然方法。

用沉澱法，水中挾帶之物，多少可以消除，細菌亦在其內，惟欲使此法見效，大都須有相當時間。其法或在鉅大之蓄水庫為之，或在較小而特設之沉澱池為之。尋常多引用某種化學品為助，而使水中之雜質下沉，於是在水中挾帶之較細物質，亦隨之沉澱。使用沉澱池之方法不同，及引用化學品各異，遂使此方法大有區別。

濾過法係用各不同方式完成之。其最普通之方式，乃用人造之沙濾床，此床或包含於圻工所築成之大池，或限於小櫃內，即所謂

機械濾過法或速濾法是也。在諸情形下之主要目的，均為除去挾帶之物質，而在公共給水中特別注意者，乃為除去病菌。消除融解不潔物之法，包含使水質變軟之法，係用化學方法將水中之氧化鎂及石灰質下沉，消除鐵質之法亦然。此法恆須再用沉澱法及濾過法使下沉之物除去。

除上述之普通方法外，尚有用蒸溜法使水澄潔者，此法可使全部不潔物除去，而各種殺菌法，僅係將細菌殺死。後一方法，自1910年起甚為常用，若水並不污濁，恆單獨用之，否則與沉澱法及濾過法合用。

101. 澄潔效率之試驗 使水澄潔之主要目的，為防止疾病之傳播，為欲試驗其效率，惟有根據其發生疾病之性質，而作試驗。與此有關之特種疾病，乃係有細菌之傳染病，且可由公共給水傳播者。兩種最重要而由給水所傳播之疾病，恐為霍亂及傷寒。前一種病在歐洲及北美已甚罕見，但後一種病，仍極流行。直至近年，傷寒症在多數大城市均極佔優勢，皆因引用污濁地面水之故。污濁之水常為致其他腸病之原因，惟傷寒尤為可懼耳。

關於濾水池之效率，普通係將水分析，而用量計方法定之，即在極小量之水內，計其細菌之總數，由此推算每立方厘米內之平均細菌數，此為普通之表示方法。實在之病菌，普通不易覓得，故此方法並非切於實用。但可假定，若用澄潔方法，能除去水中原有細菌百分之九十九，則病菌之除去，當亦按同樣之百分數，故按數計算，亦甚有價值。污濁之河水，在每立方厘米內，每易含有細菌數千之多，若將此水，接近代有效方法使其澄潔，可使細菌數減少至每立

方厘米僅含 20 或 30。此高度之澄潔，當然可稱謂有效，蓋在多數情形，已證明因此而傷寒所致之死亡率爲之大減。

另一檢驗細菌之補助方法，即確定有無大腸菌之存在。此項細菌極易辨認，均係由污水渠及動物排洩物內而來。凡一澄潔廠，其所負之最大使命，即所以使大腸菌不致在清水內發見。以下所述，關於澄潔方法之效率，均以每立方厘米內細菌數之減少，或全無大腸菌表示之。

給水澄潔之問題，須逐個單獨解決，其最佳及最適宜之法，恆視水之性質及水之用途而異，但此二者，變動性均極大。無一單純之方法，可適合於任何情形，且除去同類不潔物之兩法，其最有效者未必即爲最佳者。最有效之方法，並不常屬需要。在此情形下，恆可採用較次及較廉之方法，以能合實際上之經濟爲原則。

第十九章 沉澱法及凝聚法

102. 沉澱法之價值及重要 大多數由地面取得之給水，其中隨時可含有大量之挾帶物質，此挾帶物質中，或更有屬於嚴重性之污穢物，或否。使水澄潔之大部工作，即係將此挾帶物除去，而改善水之外觀。在一大池及大湖中，當水靜止時，儘足以由天然之沉澱而使水清潔。但用人爲方法，則覺此法尚不切於實用，蓋沉澱之時間，須限於數日以內。

若水中除無機體之沉澱物外，所含有害之物質甚微，則僅藉沉澱法，已可達需要之澄潔程度，而使水質堪供應用。但在多數情形，往往不繼以濾過法，不能得合用之水，惟沉澱法，仍屬極有價值，而爲使用最後處理方法之準備，仍不可廢棄不用。苟因溝渠而致水污濁，則僅用沉澱法，尚非充分之處理方法，蓋細菌之數，未能盡量減少，而保證其無傳染病之危險。沉澱之法，普通有二種，即單純沉澱法，及加凝聚劑沉澱法。

103. 單純沉澱之作用 水中所含沙及土之微粒，其比重約爲2.6，故僅水在流動時始可挾帶而行。苟水流速度減低，其挾帶之物質，即逐漸下沉。此微粒下沉之遲速，視其顆粒之大小而異，大者下沉較小者爲速，蓋因重量與其直徑之立方成比例，而其表面積及阻礙下沉之力，僅與其直徑之平方成正比例。

欲使較細之物質亦能下沉，須將水靜止至充分程度。美國密蘇利及密士失必兩河，並其他性質相同而含土之河水，往往在第一時

期，僅藉簡單之沉澱法，不能使水完全清潔，蓋因土質特細，無論如何，仍被挾帶而混入水中也。

104. 單純沉澱所需之時間 各種水所需充分沉澱之時間，頗不相同，欲確定之，惟有藉實驗為助。某種水恆須數星期或數月始可除去全部渾濁之物，而他種水亦有經一二日之沉澱，即可得良好之成績者。若以重量計，則大部分之沉澱物，可於一二日內下沉，但以減少渾度言，則並不同樣甚大，蓋微細之雜質，最足以影響水之外觀，仍在水中浮沉而經較久之時間也。

若單純沉澱法，其目的僅為作進一步處理之準備，則高度之清潔，並不需要，蓋用他種方法完成，或更為經濟也。最適宜之沉澱時間，於是視原水之性質，及沉澱法與水廠全部工作之關係而異。單純沉澱法，以二十四小時之時間，為適用之最小限度，亦有某種情形，應用更短之時間，認為可取者。

由經驗所得，知俄海俄及密蘇利兩河之水，其中沉澱物之百分之60至80，可於24小時內除去之。在新奧雷安斯城之密士失必河水，所含者為極微粒之物質，經24小時後，除去之沉澱物僅為百分之45，須經72小時，乃達百分之60。

105. 單純沉澱除去細菌之效率 細菌為一異乎尋常之微物，故其下沉極緩。實際上，由沉澱法而減少細菌之主要作用，乃係由土粒將此細菌攜帶而下沉。故細菌之除去，在某方面可謂與微粒沉澱物之除去，有相當關係。經多日之靜止，往往可得高度之澄潔，但經一二日者，其效恆微，已於前節內述之。

在聖路易城所作之實驗，其結果如下：

沉澱時間 (以日計)	存在之細菌數 (每立方厘米)
0	6510
1	6290
2	430
3	200

在星西那提，經三日後除去之細菌數，約為百分之 75。

用沉澱法後，其澄潔之效率雖極顯著，但此法對於因溝渠而沾污之水，仍不足恃。於是須另用更有效之法，若採用滿意之方法，恆可使細菌之澄潔效率，達百分之 99 以上。

106. 凝聚劑之使用 各種不同之化學品，苟加入水中，可與某種常具之特質化合，而成爲沉澱物，此沉澱物多少係屬於膠性。所加之物常有凝聚作用，足以集合微細而分離之挾帶物，成爲較大之物質，於是易於用沉澱法及濾過法除去。用此方法，水之色素亦可大量除去。在數個顯著之例，沉澱法加凝聚劑爲助，已甚滿意，不必再用其他方法加以處理。若水極渾濁，普通爲經濟起見，先使顆粒較粗之物下沉，然後再加凝聚劑，如此可使所用之化學品，大爲減少。

數種物質，均可用爲凝聚劑，其最普通者爲硫酸礬土，即明礬。苟以此融入含有碳酸石灰，重碳酸石灰及碳酸鎂之水中，則即起分解作用，其中硫酸與石灰及鎂起化學作用而成硫酸鹽，碳酸成游離狀態，礬土則與水聯合成具體之膠質水化物，而成爲凝聚之媒介體。若硫酸之量超過原有碳酸鹽之量，而不能充分化合，則往往融入水中，此結果須設法免去，因恐發生損壞鉛質之效。若水中本不充分含有鹼性，使與凝聚劑起分解作用，則當先加以石灰。按之

學理，每格蘭之硫鹽酸，足與百分之八之碳酸石灰，或其相等量起分解作用。但照前述之吸收作用，則鹼性之減少，實際上較此相差甚鉅。

鐵之各化合物，亦常有用作凝聚劑者，現今普通所用者為硫酸鐵，常與苛性石灰合用。應用此法時，與應用明礬法相同，硫酸常與水中所含之石灰及碳酸鎂化合，成為可融之硫酸鹽，而鐵成為水化物，與鋁之水化物性質相似。若不加苛性石灰，則鐵將先成為碳酸鹽，其轉成水化物恆甚緩。石灰與游離之二氧化碳聯合，於是可加速其化學作用，同時，將所含之一部分石灰下沉，與使水質變軟之情形相同。極軟之水，須更準確之化學品成分，較硬之水，則不甚重要，蓋在後者，其過量之石灰，僅為部分的使水質變軟耳。

鐵之水化物與鋁之水化物，其為凝聚媒之效能相同，但其費用則大遜，故所處理之水，試驗後認為可用此法時，鐵及石灰法，恆比較經濟。但在另一方面，硫酸礬土恆可適用於各種之水，故亦不無可取。

石灰為另一種可用作凝聚劑之物。當用於普通克拉克氏方法，使水變軟時，其效能甚大，但若所用石灰，略為逾量，則可得更大之效力。事實上碳酸石灰之粉狀沉澱物，不若鋁質之膠狀沉澱物為有效。在美國俄海俄及星西那提所作之實驗。得下列之結果：

	挾帶之物 (以百萬分之若干計)	存在之細菌數 (每立方厘米)
河水	273	23,800
流出之水	35	1,300
除去之百分數	87.2	94.5

107. 所需化學品之分量 此乃由於沉澱物之性質及多寡，

所需澄潔之程度，及下沉之時間定之。按諸實際，每加侖所需之硫酸鹽，約自四分之三格蘭至 3 或 4 格蘭，其適當之量惟有藉實驗定之。尋常所用之化學品愈多，其效能愈大，故若用充分之量，而有敷足之時間使其沉澱，則可得清潔之水。但經濟問題，恆須限制所得效率，若此沉澱法僅係初步處理，則高度之效率，亦非必需。

在美國康薩斯州對於密蘇利河水所用之化學品，係由基爾斯堆特氏所規定，該處以沉澱法為澄潔之唯一方法，其數如下：

挾帶之物質經二十四 小時之自然下沉 (以百萬分之若干計)	使水清潔所需 硫酸鋁之量 (每加侖格蘭數)
50	0.0
100	0.5
150	1.0
200	1.5
250	1.9
300	2.4
350	2.9
400	3.4
450	3.8
500	4.3
550	4.8
600	5.3

在星西那提當 1914 年時，每加侖平均用鐵化合物 1.4 格蘭，用石灰 .8 格蘭。

108. 用凝聚劑沉澱所需之時間 沉澱之遲速大都有關於所用凝聚劑之分量。加凝聚劑後，其下沉恆較不加凝聚劑為特速，故其大部分作用，在數小時內完成之。若此方法係為速濾法之初步處理，則其可許時間普通為 2 至 6 小時，在新奧雷安斯城，當用濾過法時，恆以 6 小時為沉澱之時間。在聖路易城，沉澱池乃依次排列，使水經過諸沉澱池之時間約為三日。在星西那提城，初步沉

澱，恆以五日或六日爲度，繼加凝聚劑，復經 6 至 8 小時之沉澱。關於所需化學品之分量，下沉之時間，所需澄潔之程度等問題，其關係至爲密切，最佳而最經濟之佈置，恆須就每一情形個別定之。

109. 用凝聚劑沉澱之效率 此項效率係由時間，凝聚劑之分量，及沉澱物之性質定之。除去細菌之效率，尋常隨除去挾帶物之效率而轉移。若僅係用作初步處理，則在數小時內，求得充分之清潔，並不甚難，其已經天然沉澱與否無甚關係。唯一問題乃爲所用凝聚劑之分量，及運用之代價。若此係最後手續，則關於除去挾帶物及細菌之絕對效率，殊爲重要。

在聖路易城，使水依次經過六個沉澱池，其在 1913 年所得之成績如下：

	挾帶之固體 (每百萬分之若干)	存在之細菌 (每立方厘米)
河水	1,444	57,000
第一池	14.0	933
第二池	12.1	-----
第三池	8.4	500
第四池	7.1	-----
第五池	5.8	100
第六池	5.6	-----

在普通沉澱之情形下，經過 2 至 6 小時，其細菌之減少，常自百分之 50，高至百分之 90 至 95。然其最後之數並非常有。苟用大量之凝聚劑，例如每加侖用五至六格蘭，則可達極高之效率。

按常理言之，用凝聚劑而沉澱之結果，若不作進一步之處理，則對於受溝渠沾污之水流，仍不能謂爲完善而安全之方法。多數之水，雖可用沉澱法，得滿意之清潔，但其他之水，若不再用濾過法，仍不易得完善之結果。除去水中色素之法，視水之性質定之。尋常

水中百分之70至90之色素，可用適當量之化學品除去之，但亦有因水中含色素甚多，不易用此法除去者。

第二十章 沉澱池之建築及使用

110. 使用之方法 沉澱池普通用低壓抽水機供水，而由此池使水流入調節清水庫，或抽水井，或濾池，視情形而異。

使用沉澱池，普通有二種不同方法：其一連續水流法，其二間歇，或充滿排去法。前法係使水流以極低速度，經過一個或多數水庫，在此時間，水中挾帶物即逐漸沉澱。後法係引水入池，使其靜止而沉澱。於是將上層充分清潔之水排去，而使池再行充滿。

充滿排去法，在充滿手續未完成前，所有微粒之沉澱，不能開始，因此減少下沉之時間。就另一方面言，此法較他法，使水更為靜止，故亦有其相當利點。按普通情形而言，連續水流法，恆較為有利，且為今日一般所通用，蓋將水加凝聚劑後，可使其在短時間內沉澱也。

若沉澱池係用於連續水流法，則僅一單獨之池已可敷用。此項佈置，極適宜於所取之水較為清潔，沉澱法僅屬次要，或為濾過法之一種準備工作時用之。若沉澱物質甚多，則至少需用兩個沉澱池，使其一在被清除時，不致阻礙水之供給。若能用2個或3個成爲一組，則所得結果，恆較之僅用一個而總容量相同者爲佳。用充滿排去法，沉澱池之數，恆為建築及使用時之經濟問題。尋常約為4至6個。

111. 建築之式樣 尋常沉澱池之甚大者，其建築時與普通水庫相似。一部分係開挖入地，一部分則由地面填築，俾可得最經

濟之成效。土質之斜坡，恆較之圻工之牆爲省費，但用充滿排去法，則當每次排水時，恆使土坡成爲泥漿，殊屬不利。但實際上仍常用之。若係用作凝聚池，使與濾池並用，則在小規模之水廠內常作爲建築物之一部分，用圻工或混凝土砌牆，或並鋪以底層。沉澱池之深，當使其成爲最經濟之建築，極淺之池應避免之。下沉之時間，已知其與深度無關。

112. 進水管與出水管之佈置 在連續水流法中，應使水流在池之一側或一端平均分佈而流入，俾紛擾之現象愈微愈佳。於是再同樣使水自池之對方並在最清潔層處流出。全部之水，須使其能在池中停留同樣長久之時間，凡較強之水流均應避免之。進水管之普通式樣，係在堤內安置一個大管，或置一洩水閘門於築於池壁之開關室內。

一較佳分佈水流之法，係用多數之進水管，或一單獨之進水導渠，而有多數支管者。近今之數處工程，均以此法佈置之。使水流達最平均之分佈，尋常可任水由近底處流入而得之。此法放出水流，恆在近水面處。在牆上築成寬頂堰，或以鐵槽爲之，皆甚常用。

若能得完全之平均運動，則一單獨之大池，可與其他佈置有同樣之效力。但因風之影響，溫度之變更，及水流之多寡，則將全池分成若干部分，恆較有利益，蓋可使不甚渾濁之水，免與極渾濁之水相混也。其法可用兩個或多個水庫聯成一組，或較次者以障板及輕質之隔壁，在一單獨之水庫內相隔，或將水庫造成極狹而極長。

在用間歇法時，因水可迅速流入，故進水管可用最簡單之法佈置之，與普通水庫相同。出水管之位置比較重要。若僅用一單獨之

管，則應在出水之最低點，俾不致在終了前，即自最清潔之層取水。經 24 小時沉澱後，各層之水，其清潔程度，並不相差過甚，據星西那提之實驗，在最上六吋之水，特別清潔，其下則大致一律。

113. 排水管 欲使沉澱物可以除去，池之底部應使其向中心排水溝稍成傾斜狀，(坡度為百分之一二)，由此溝引至出水門，或排水管。池底之泥漿，於是用軟管引高壓之水流，沖洗至溝內而除去之。

114. 凝聚劑之準備及管制 在使用凝聚劑時，最重要者，為在任何時，其引入之凝聚劑有一定之分量。尤不可忽略者，當凝聚劑用於使溝渠沾污之水澄潔，而用速濾法時，則一有間斷，將危及社會之健康。

供給定量凝聚劑之一普通方法，乃先備就已知濃度之融液，預儲於若干混合櫃內，同樣再另備櫃一組。於是自其中一櫃，將融液抽入或轉移至有小孔之櫃，在此櫃內，液體面常保持固定之位置，普通多使其供給逾量，而另有一櫃使其溢出，仍歸混合櫃。自此具有小孔之櫃，於是融液之供給，可有一定分量。但小孔之水頭係不變，其流率之大小，恆用手轉輪調節孔口，並另用方法指示之。

精確之調節方法，須根據給水之流量，同時凝聚劑融液流入之量，亦當確知。此可由抽水機上所附之表讀知，或用文圖里氏水流表推算而得。若用此法，則混合櫃之融液，其濃度須一致。可用木槳擾動，或用空氣吹激，以及其他機械的方法為之。此吹激方法，對於融液之準備，亦頗有裨益。石灰可化成乳狀石灰，亦可將石灰製成石灰水而用之，惟後者須用多量之水，但較易得均勻而可恃之結

果。

所需凝聚劑之分量，可隨時將水分析，或就所得結果作直接觀察定之。若用明礬，則水中須含有充足之石灰，俾可分解所用之全部硫酸礬土，此點甚為重要。青銅及橡皮之製件，須用於處理明礬之機件，所用之管，當以青銅，黃銅或鉛製之。水櫃及鉅大之導渠，則以用鋼筋混凝土為有利益。

第二十一章 緩濾法

114. 略史 最初之濾池，曾見諸紀錄者，爲1829年在倫敦 徹爾西水廠所建造。此濾池之主要目的，爲欲除去渾濁，其結果甚佳。從衛生立場而言，則使水改善之價值，亦甚被重視，雖其所根據之原理，直至數年後始能明瞭。因此項濾池之效果甚佳，遂使在倫敦所取之河水，於1855年，被迫而一律施以濾過之手續。

濾過法之最初目的，雖僅爲除去水之渾濁，但用砂濾池，苟加以適當之注意，對於除去細菌，亦極有效。因此事實，該項澄潔方法，遂亦有科學上而合於衛生之根據。在近二十五年內，各國之取給於地面水者，已一律採用砂濾法，德國尤強迫用之。在美國直至近今始加注意而重視其功績，在近十五年內，多數效率較高之水廠，已在各大城市建造，如菲列得爾菲亞，匹茲堡，星西那提，及新奧雷安斯等。

115. 濾池之式樣 砂濾池普通有兩種式樣，其一緩濾池，其二速濾池。前者之運用，以每日每英畝2,000,000至6,000,000加侖爲度，後者之運用，則以每日每英畝100,000,000至125,000,000加侖爲度。此二者濾過之速度，相差甚鉅，因此其構造及運用之法，亦有重大之差別，俾可獲滿意而合於經濟之結果，但其主要差別之點，仍在濾過速度之不同。

在緩濾池中，砂床係建於鉅大^不而透^入水之水庫中，或係敞開，或加覆蓋，普通面積約自半英畝至一英畝半。在水庫之底，先安置一

組溝管，在溝管之上，乃加累層之碎石及礫，其尺寸逐漸減小，最後乃加 2 至 5 呎之砂床，使作實際濾過之用。池中之水，係由重力作用，或用抽水機送至濾池，然後向下至溝管，而入一集水井，再達消費者。因水係濾過砂層，其阻力足致損失若干水頭，當砂中有雜質阻塞時，其損失愈增。但濾過之速度，可隨阻力之大小，變更其水頭，而加以適當之調節，仍可保持均勻。當資用水頭，達預定之限度若干呎時，水即關斷，而砂濾池亦排盡，於是括去上部被阻塞之砂一薄層，再繼續使用。在砂層大量減薄以前，須充分加以清潔之沙，使回復其原有之深度。

「在緩濾池中所應考慮者，為砂床及溝管之如何適當建造，濾過之速度及調節，水頭之損失，砂床之清除，砂之清洗，及由細菌試驗所定之使用管制法。」

速濾池與緩濾池各詳細部分不同之點甚多。速濾池係由極小之單位所合成，其排水系統及使用機關亦大為不同。更進一步，其使用時，須藉凝聚劑始可見效。該式之濾池，當於下章再行詳細論之。

116. 濾池作用之理論 若在極適合之情形下，則用砂濾池已可除去水中所有之挾帶物質，及幾近全部之細菌。即帶有泥炭色之水，其色亦可略減，但色素之屬於融解物者，則不易藉濾過法除去之。融解之不潔物，普通受濾過法之影響甚微。

自健康之立場而言，則濾池之效率，以除去細菌為最重要之問題。若濾池對於此點有滿意之效能，則其除去微細之沉澱物，亦同樣有效，反之，若自濾池流出之水不甚清潔，則其除去細菌之效能

亦極薄弱。

濾池之作用，一部分係機械的，使大粒之沉澱物濾去，並促細粒沉澱物之下沉，使其充滿砂之空隙，但細菌之除去，不可如此解釋之。濾池除去細菌及細粒沉澱物之效率，大部係由黏性之有機物，(大部為細菌)，逐漸在濾池近表面處長成，其深恆達數吋。此黏性之物，顯係對於除去細菌有極大之效能。若在速濾池而用凝聚劑者，則其沉下之物，可代緩濾池之有機物質。

濾池因此不僅為機械的濾過器，其效能尚有生物學上之根據。砂本身乃為支持此等膠狀物，保持其穩定，因此砂須有一定深度，以確保濾池之作用，免使此有機體之黏性層，有被擾動之虞。

117. 除去細菌之效率 若緩濾池能完成滿意之工作，則在流出水中之細菌數，平均極少，或以其絕對數表示，或與未經濾過水中原有之數相比較均可。惟雖由同一之水源供給，尋常每易有大量之變更，此可在長時間內作繼續之試驗而表示之。

流出水所含細菌之普通標準數，每立方厘米最大為 100，但此數之意義，須視原水之性質而定。除去細菌之百分數，亦為一種表示方法，普通自百分之 98 至近百分之 100。若係溝渠沾污之水，則其流出水中有無大腸菌之存在，為另一種表示濾池效率之極重要方法。

苟濾池之來源係取給於靜止之水者，則其所含之細菌數本極少，因此細菌效率之百分數或比較低下，但其流出之水，仍極澄潔。在此情形下，原水中所含之細菌數或僅數百，而其流出水中則少於 20 或 30，本可視為優良之結果，但其效率之百分數，或並不超過

95 或 96。反之，若供給之水源，係自流動之河道內取得，原水所含之細菌數，往往甚高，每立方厘米多至 30,000 或 50,000，其流出水雖在極有效之情形下可含細菌 100。除去細菌之百分數反極高。濾過法之效率，因工作情形不同而受影響，例如水量多寡之變更，及濾池砂面被刮與否等俱有關係。在敞開之濾池面結冰，亦有損害。

表 十 四
水 中 之 細 菌

季節	原水中之細菌 每立方厘米	沉澱之水		濾過之水		沉澱及濾過法合計 之除去數 %
		細菌數 每立方厘米	除去 %	細菌數 每立方厘米	除去 %	
冬	16600	6300	62	149	97.6	99.1
春	4150	980	76	29	97.0	99.3
夏	4100	160	96	18	88.8	99.6
秋	1960	270	86	22	91.8	98.9
全年	6760	1940	71	54	97.2	99.2

美國華盛頓濾水廠自 1909—1910 年之平均結果，例如表十四。自此表知原水中所含細菌數多，則其除去之百分數特高。

118. 以死亡率量計效率 量計任何濾池效率之普通方法，恆以流出水內細菌數之多寡為準，或以其絕對數，或以被除去之百分數表示之。但除此以外，亦可以其對於死亡率之影響，以及由水為媒介所致傳染病之多寡，作為效率之確切試驗。若有可資比較之統計，往往可見死亡率之減低非常顯著，而認為驚異。

表十五所示，係引用濾池後對於諸大城市因傷寒而致之死亡率之影響，在各該城市其採用濾過法，係在 1905 至 1909 年間。

表 十 五

十萬人中傷寒之死亡率

城 市	死 亡 率	
	六年之平均數 1900—1905	兩年之平均數 1909—1910
星西那提	54	10
哥倫布	61	15
非列得爾非亞	47	20
匹茲堡	132	18

119. 濾過之速率 在設計一濾水廠時，其首先應解決之問題，即為應採取何種濾過速率。速率愈高，則其所需之面積愈小，於是造價亦愈低，但其使用之費，並不與速率有重大關係。就普通情形言，高速率之濾過法，其效率反較低速率者為小，但至其速率超過某數量時，則效率之差別反微。

在美國，濾過之速率，以每日或每小時每英畝若干加侖計。在歐洲水廠之習慣，大多數城市，恆採用每日每英畝二百萬至三百萬加侖之速率，但在美國則較此為高。若設計一新水廠，或當以三百萬至四百萬加侖，為普通可採取之數。苟經日後之使用，而覺採用高速率更為有效及經濟，則當所需水量增加時，恆可盡量利用之。有時略為污濁之水，亦不妨採用較尋常特高之速率，而得濾過法之諸實際上利益，故亦不可忽視。每一情形需經單獨之考慮，始可達最佳而最經濟之目的。突然變更速率，易使濾池起紛擾，而減低其效率。實際上，絕對均勻之使用，亦非必需，但突然變更速率須避免之，尤以超過正常數之加增，更須注意。

第二十二章 緩濾池之建築及 運用之詳細情形

120. 濾池之尺度 濾過法之標準速率決定後，所需之淨資用量等於最大輸出水量，除以假設之濾過速率。為使面積經濟並為免去速率之劇變起見，應備一清水庫。其最合適之尺度，當視就地情形定之，但普通所需要者，為有充足之容量，足以調劑全日之需要。於是其濾過速率之變更，僅為適應逐日消費量之變更即可。在給水工程第一篇第6節，論消費量之變更時，知每日之最大消費率，約為平均消費率之百分之150，故若照上述容量，備有清水庫則濾池之設計，以能供給此逐日最大量為度。

除上述求得之面積外，須備一留作清除用之面積。在小規模之廠中，恆留一池，但若有多數之池，則每五個或十個須保留一額外之池，視去污之勤否，及清除後所隔時間之久暫定之。池之大小，完全係建築方面之經濟問題。池愈大，則每英畝之價愈小，但所保留之一個或數個池，當不用時，其損失愈大。尋常若池數甚多，則敞開池每個之面積，約為1至1.5英畝，覆蔽池約為0.4至0.8英畝。若總面積僅為0.5至1英畝，普通恆用三池，再少則用兩池。池數之經濟，在任何情形，可藉比較而約估之，但就一般而言，則約如下列：

總面積 (英畝數)	池 數
1	3 或 4
3	5 或 6
6	7 至 10

121. 濾床 濾床普通為矩形，依次分為一行或兩行排列，視池數之多寡而定之。有時則視其地面形式而定佈置之法。但最便利

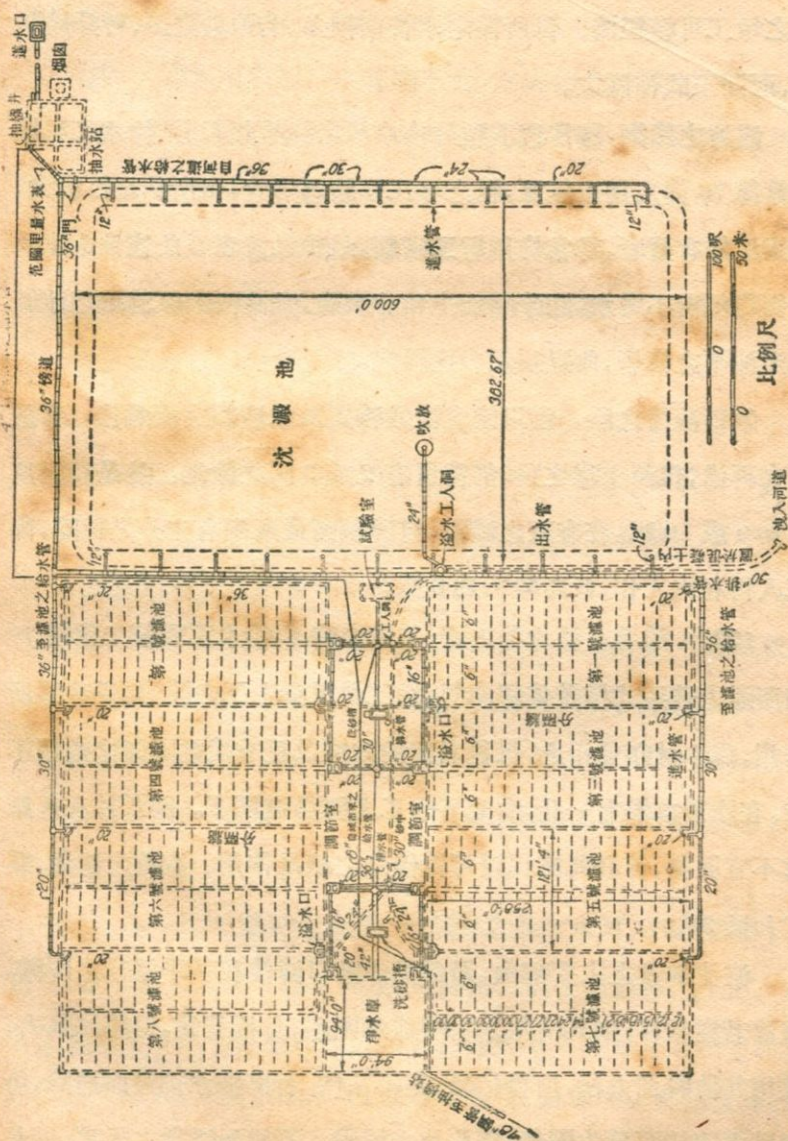


圖 39 阿爾巴尼城之濾床及沉澱池

之佈置係分成兩行，其中留有洗沙之地位，並將開關室對中間之過道而設置。如圖 39 美國阿爾巴尼城水廠之佈置即是。列成單行，所作之圻工可較經濟，但所需之水管則較多。若池數更多，可分成數組，而照上式佈置之。

濾池之建築，尋常與小型分佈水庫之建築相同（見給水工程第二篇第 76 節）。用土築堤，較之圻工砌牆為省費，但所佔地位較大，若濾池係有蓋者，尋常均用圻工砌牆。最須注意者，此濾池之底及四側均須密不透水。在分隔牆上如有裂縫，每易使未經濾過之水，流至池下之溝管，此點須竭力避免之。

敞口濾池之深，僅以能容濾過物質及水所須之深為度。當於下文再述，但至土堤之頂，仍當留有 2 或 3 呎之餘地。於是總深度當為 9 或 10 呎。在有蓋之濾池，自砂頂至蓋底須有充分之距離，俾工人得在內工作，此距離約為 6 呎。

122. 池蓋 濾水池之蓋，其建造時，與給水工程第二篇第 78 節所述之普通式樣及佈置相同。圻工及混凝土工之圓穹，為普通所常用，雖木材亦曾用之，但後者對於冰凍及夏季炎熱隔離之效用不佳。在穹頂處備有一孔，由此可容工人經過道而下。牆及柱在近底處不宜展開，俾在此處保證可得優良之濾過作用。有蓋之濾池，其式如圖 33。

濾池加蓋之主要理由，乃為免去敞口濾池在冬季運用之困難。濾池若經結冰，則其清除之手續甚為困難，且極費錢。即將冰除去，或用其他特別方法，所得結果，亦不甚佳。若將池水排盡而清除，仍因砂之凍結而發生困難。因此池之清除，不能如所需之迅速，於是

在冬季運用時，其有效面積減小而效率亦降底。池蓋須用與否，全視結冰之情形若何而定。時時融化，可使濾池得適當清除，而兩次清除相隔之時間，則依水之性質而定。

123. 濾水用之砂 由實驗所得，知極細之砂，較之普通砂或粗砂，除去細菌之效能特大，但在普通限度以內，則其效能之相差甚微。砂愈細，則其作用愈穩定，更可免刮取時所致之擾動，且因濾過而損失之水頭亦愈大，故在全面積上其作用愈為均勻。就另一方面言，細砂易使阻塞更快，故清除所需之費用較多。

砂粒之粗細，最好能均勻，若砂粒粗細懸殊，則清洗時甚為困難，易將細者沖去，所餘者乃為較粗之砂。在同一池內，各部分之砂須同樣粗細，庶摩擦阻力及濾過之速率可以均勻。當設計一濾池時，須知僅砂為濾過之介體，礫乃使濾過之水緩緩流動。在砂之全體內，並無以粗細不同者相混和之意。

砂之深度，須使其能成有效之濾床，除此以外，並可備數次括除而不必即加新砂。砂床過深，與應用細砂相同，可穩定濾過作用，且經事實證明，使用4至5呎之砂床，不致如1至2呎之砂床易受速度變更，及括除砂層等影響。3呎深之砂床，大約最佳，另以1呎留為括除所需之深。

在濾池中應有充足之水深，俾需用之最大水頭，不致使池中之壓力，減低至大氣壓力以下為度。且因阻力幾全部在砂之上面，故其深當與壓水通過砂層所須之最大水頭相等。水深並當較可結最厚冰之深略大。若超過此限度，則加增深度，僅加增建築用費耳。普通以4呎深為適當。

124. 排水系統 欲集合已濾過之水，恆需用一組埋於池下之溝管。其設計時應考慮之要點，為耐久性及無紊亂之可能，且水流在內損失之水頭應甚微。溝管之系統，係由一中心大溝管，與池之長相平行，及與此直交之若干支溝管所組成，支溝管之間隔，尋常為 8 至 12 呎。中心大溝管可用鉅大之煉泥管，如圖 40，或用圻工為之亦可。支溝管則恆以 4 至 8 吋之圓形或特製之瓦筒為之，其接合處恆敞開之，任水流入。

為導引濾過之水入橫置之溝管起見，用 1 吋至 2 吋徑之礫填

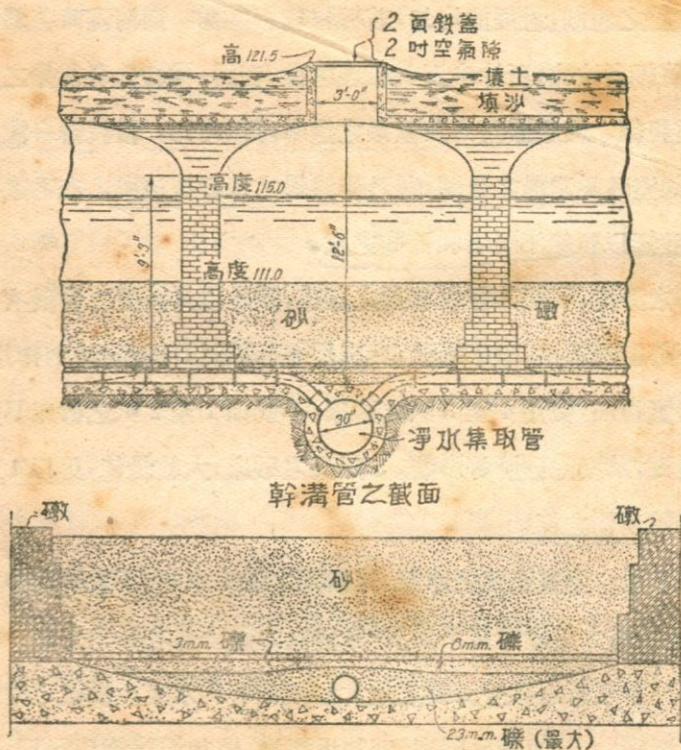


圖 40 紐約州阿爾巴尼城濾床之排水溝截面詳圖

充管之四周，並在池底鋪成 6 吋深或較厚之一平層。若池底凹凸不平，則可如圖 40 佈置之。在此粗礫之上，乃鋪三四層之細礫，每層較下層略細，但並不使其嵌入下一層之隙縫為度。最上一層較細，應使其能支持上面之砂。若能鋪設得宜，該層之厚，約二三吋已足，或僅敷將下層蓋滿即可。

所用之礫，應注意篩過，若不潔淨，則洗滌之。其大小恆易用轉動或固定之篩區別之為三四種。最小者應有 $\frac{3}{16}$ 吋篩孔，其次大者較前者大一倍。篩孔之大小，計有 $\frac{3}{16}$ ， $\frac{3}{8}$ ，1 及 3 吋四種（即所以區分礫之大小為此四類也。

125. 進水管及出水管 待濾之水，由一單獨之支幹管引入濾池，其高度約與砂面相平。水流尋常由一平衡閥控制之，此平衡

閥，藉浮體而司啓閉，俾可保持濾池中一不變之水位。另備一開關閥，俾在任何時，可將水路全部關斷。圖 41 所示，為在美國菲列得爾菲亞城大水廠所用之平衡閥及其細部構造。為免除擾亂

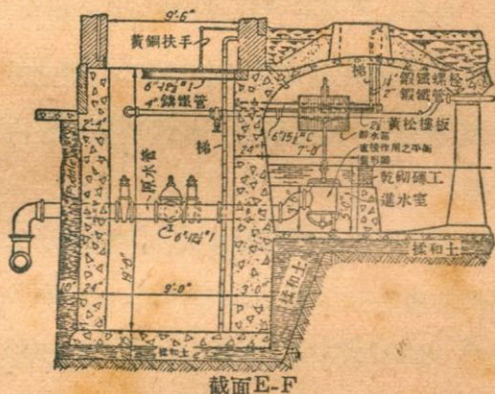


圖 41 菲列得爾菲亞濾水廠所用之進水調節器詳圖

砂層起見，應使水流以緩速度流入，其普通佈置恆用一寬頂堰，亦如圖 41 所示，水即自堰頂流過。

每一濾池，不必各備一調節閥，可以進水管自一中央調節井引出，在此井內之水位保持不變。此項佈置，對於集合之小濾池，尤為適用。

若濾池中之水位保持不變，則當池中被阻塞時，其濾過之速率須藉減低水位或減少出口處之壓力調節之。在舊式之濾池中，每一池無單獨之調節設備，但與清水井以短管相連，而裝置一普通閥。諸濾池之水頭，因此相同，除非另裝節縮閥而加以控制，則可變更之。不同水頭對於濾過速率之影響，例如若干濾池係新經清洗，若干濾池則阻塞頗甚，不難想像得之。各不相關之作用，尤以最大速率為甚，恆為極需要之事，且為今日普通所習用。

欲調節水頭，第一，須有數種量度之裝置，如堰，孔，或文圖里表，由此凡濾過之速率，可在任何時用浮體或指針而得之，第二，水流之速率須以手或自動計控制之。浮體仍屬需要，藉以表示在濾池中之水位，及在總溝管中之水頭，兩者之差，即所以使濾池工作之水頭。調節之用具，置於一個或數個小室內，由此與濾池之總溝管相連。

調節水流之自動機關，使輸出之水，保持一不變之速率，現已在多處應用。此機關普通為一堰，彷彿如望遠鏡之套筒式所組成，而以一浮體支持之，置於一小室，與其下之溝管相連，校正浮體之位置，可使堰頂保持在水面下任何需要之距離。圖 42 所示，即係此堰之普通式樣。水流之量，以變動浮體及堰之相互高度而調節之。

除此進水管及出水管外，須另備一排水管，俾由此可將水排盡。此管尋常與總溝管敞開端之小室相連，如圖 42 所示。溢水管亦

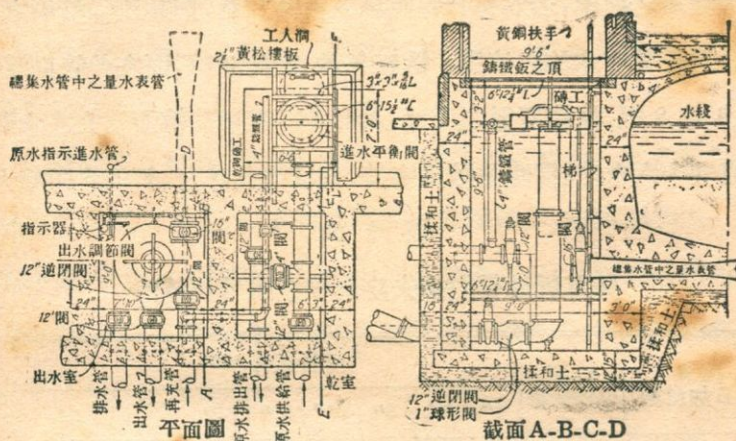


圖 42 菲列得爾菲亞濾水廠所用自動調節器之平面及截面

須另備，以防調節進水之任何部分有何損壞。此管與排水管相通。

有時須將濾過之水廢棄不用，或將池中之水排至逼近砂層，以減短涸盡之時間，凡此皆應有相當之佈置，同時並須有法在全系統內各點取得水樣，以供試驗。傍道亦所必備，俾沉澱池或濾池，可於必要時隔斷之。供給洗砂及其他目的所用之水，須使其與高壓之總管相接。

126. 水頭之損失 在濾池中水頭之總損失，為在砂中水頭之損失與在溝管中水頭之損失之和。在砂中之損失，全池平均，但在溝管中，則近出口處為另，最遠之點為最大值。濾過之速率，與總水頭成比例，故在池之各部，並不相同。在溝管中水頭之損失，應使其極微，當濾池甫經清除時，全池各部之濾過速率，須無特殊之差別。百分之 20 至 25 之差別尚無大礙，因與平均數相較，僅差百分之 10 至 12 耳。

濾過之速率，若為每日每英畝 3 百萬加侖，則其所需橫溝之尺寸，須使其中水流之速度，低至每秒 .2 或 .3 呎，而在幹管則為每秒 .6 至 .8 呎，溝管所需之尺寸，及每 100 呎因摩擦而損失之水頭，可自表十六求之。當濾池被阻塞時，則欲達此速度，須使水頭增大。

表 十 六
每百呎溝管內損失之摩擦水頭(以呎計)

流量 每日加侖數	速度 每秒呎數	溝管直徑“d”																		
		4"	6"	8"	10"	12"	15"	18"	20"	24"	30"									
$700 \times d^2$	.2	.012	.006	.004																
$1400 \times d^2$	.4	.050	.025	.016	.011	.009	.006	.005	.004	.003	.002									
$2100 \times d^2$	.6	.113	.057	.036	.027	.019	.014	.011	.009	.007	.005									
$2800 \times d^2$	.8	.202	.101	.064	.041	.031	.025	.019	.016	.012	.009									
$3500 \times d^2$	1.0	.315	.158	.100	.070	.054	.039	.030	.025	.019	.014									

如將水頭增至一較高數值，則此濾池可繼續應用較長之時間，不必加以括除，於是可節省費用，就另一方面言，較高之水頭損失，須要更多之抽水機，且池中水深增加，有壓緊砂層之虞。最大之水頭損失，以 4 或 5 呎為度。

127. 濾池之清除 當濾池被阻塞，並已達水頭損失之最大可能限度時，乃將水排盡而加以清除。其法用一寬而薄之鏟，括去被阻塞之砂一薄層，其厚約自 $\frac{1}{2}$ 至 1 吋。其表面乃用耙平整之。取出之砂，可用手車移往別處，或以近今所常用之可移噴射器，將砂送往洗砂池，在內洗淨後，存儲待用，或送還至另一砂床。經括除後，濾池乃再行充滿，宜自下層用濾過之水注入，達 2 吋或 3 吋深，再以待濾之水充滿至普通深度，於是重行開始濾水工作。約歷一

年，或砂深已減少至不足所需之最小厚度 12 吋時，於是另加清潔之砂，回復其原有之深度。經清除及充滿後，濾池之開始工作須徐徐逐漸爲之。

兩次清除相隔之時間，視水之性質，砂之粗細，及水頭損失之最大可能限度定之。與濾過之速率有直接關係，濾過極快者，其阻塞亦速。實際上，其差別甚大，情形劣者僅數日，而情形良者可至五六星期不等。在兩次清除時間內所濾過之總水量，普通約爲每英畝四千萬至八千萬加侖。

在大多數情形，經括除後若干時後，其濾過之效率大減，於是在數個水廠，每將最初一日或數日之出水，廢棄不用。在他處則在括除後，盡量使其工作減至極緩。自池下使水徐徐注入，遠較之自池上注入爲佳。另一佳法，乃任水在池中停留數小時，再行開始工作。苟照此方法注意，則廢棄出水，殊不甚需要，但在特殊情形下有此需要時，亦可自經驗決定之。若砂係重新加入，則廢棄出水之需要較大。

128. 砂之清洗 清洗污砂，曾用各種不同方法爲之，但現今所常用之法，乃係噴洗法。此法所用之工具，與蒸汽噴射機之原理及作用大致相同，且不僅將砂洗清，並將砂與水混和，俾可升高而在管中藉壓力隨水轉移至他處。

若採用噴射方法，則在水廠內，須裝設一高壓之總水管，而以 3 或 4 吋之支管通至每一濾池。使砂自池內移出時，恆藉一可移噴射器，用短軟管與高壓之支管相連。將砂用鏟送入此器，於是經一管路而送至洗砂池。在此處經另一組噴射器洗淨後，即被壓送經管

路至存儲之處，或立即至另一濾池亦可。如此工作所需人工極少，故砂之處理甚為經濟。

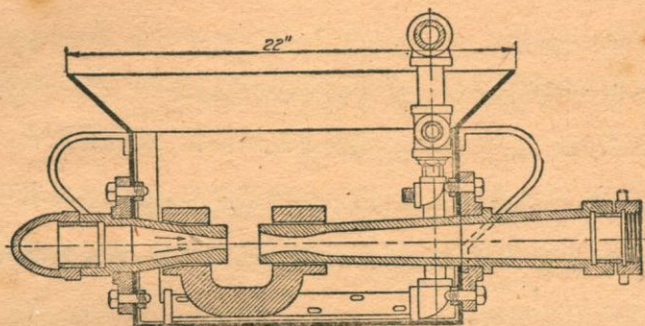


圖 43 華盛頓濾水廠所用可移噴射器之截面

圖 43 所示，為在華盛頓水廠所用之可移噴射器。將砂鏟入鋼製之匣，使在此處升高與水相混和而成流體，再用壓力使其經過近匣底處之多孔管，而藉噴射器之射流作用，帶往他處。砂及水混和後，係由 4 吋徑之管帶往洗砂池。圖 44 所示，係將噴射器作為洗砂之用。砂與大量之水混和後，自上流入一斗中，使水自其邊緣溢出，於是砂中之污質即隨水流去。清潔之砂，在水內沉下，而由一在底部之噴射器送出。因噴射器送出之水，恆較其供給之水為多，故若不另行供給相當水量，則一部分污水勢必隨砂而行。欲免

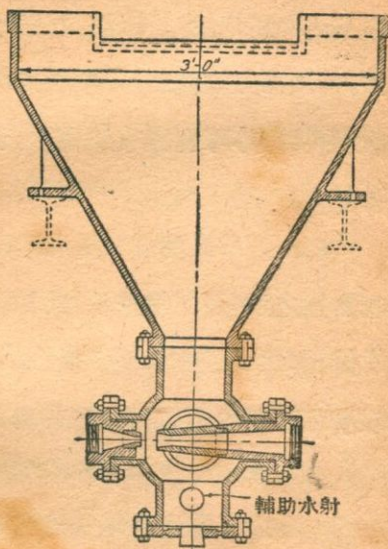


圖 44 華盛頓濾水廠所用噴射器之截面

此弊，於是需引用一輔助管，使在近底處，而其供給之水量適足免除向下之水流。用此方法，一單獨之斗亦可得良好之結果，惟爲連續應用起見，恆備兩斗。

129. 運用濾池之管制 運用濾水廠最精確之量度方法，係將水加以細菌之檢驗。此項工作須時時爲之，俾可注意水之性質，有何變更。根據歐洲濾水制度之經驗，可知凡水之性質變壞，恆可於有防止傳染病之必要時偵知之。在大規模之濾水廠內，須成立一細菌試驗室，將每日之出水加以試驗。佈置濾池時，須使其每池之出水，可分別加以檢驗，且應有相當之設備，使任何一池濾過之水，如不合標準，可棄去不用。運用時之慎重控制，乃爲一極重要之事。試驗濾池之效率，當於出水或爲最不佳時取水樣爲之，例如，在冰凍時期，大雨後，及消費量最盛時等。

第二十三章 用緩濾法時水之初步處理

130. 概述 大部分之水，常含有多量之挾帶物質，或有特殊之品性，須用初步處理方法，使除去其沉澱物之一部。此法可僅為求最經濟處理方法之單純問題，或因其品性特殊，必先加以初步之處理，始可獲滿意之結果。大量之黏土或流沙，使濾池之阻塞極速，若此沉澱物極細，可透入濾池甚深，而使出水渾濁。

初步處理方法，包括簡單之沉澱，或用凝聚劑之沉澱，或初步之速濾法，其用凝聚劑或沉澱與否均可。

131. 簡單之沉澱 濾過河水時，如能至少作數小時之初步沉澱，恆較經濟。(見 103 節) 河水普通極渾濁，而自湖中取水時，亦不免有此項困難。

132. 應用凝聚劑之沉澱 根據星西提那，盧伊斯維爾，及新奧雷安斯之詳細試驗，及處理密士失必河流域各河水時，累積所得之經驗，知在濾過法之前，僅用簡單之沉澱法，尚不足以得滿意之結果。普通百萬分中 30 至 50 之挾帶物質，可藉濾過法顧及，且極經濟，然其量尚無大關係，須視其品性如何，始可決定出水之能否優良。若不能得良好結果，則必須用凝聚劑，且同時須有沉澱池，已於前文述及矣。濾池之建築及運用，仍完全相同。由華盛頓緩濾廠之經驗，知雖經長時期之沉澱，仍不能得十分清潔之水，因此用凝聚劑之初步處理，遂甚需要。

133. 初步濾過法 欲將沾污極甚之水，使其澄潔，尤以水之

渾濁特甚者，某種方式之速濾池，恆可適用於初步處理，而緩濾法，則用為最後之處理。在他種情形下，初步濾過，係為經濟起見而應用，蓋在主要濾池內，可採用較大濾過速率，於是雖計入初步處理之費用，其結果反更節省。

在阿爾巴尼城，速濾池曾作為初步處理之用。其所用速率約為每日每英畝 70,000,000 加侖，並經 12 小時之簡單沉澱。由此法可使原有緩濾廠之運用速率，提高至每日每英畝 6,000,000 加侖，仍可得良好結果。

在菲列得爾菲亞城，若干水廠內亦經採用初步濾池。此等濾池，在某一廠內所用者，即為速濾池之尋常式樣，其運用速率，約為每日每英畝 80,000,000 加侖，而在他一廠內，則所用者為邁能式粗濾池，當於第 149 節述之。此式並在南培斯利恩賓夕法尼亞等處用之，其主要濾池之運用速率，為每日每英畝 7,000,000 加侖。

雙重緩濾法，為歐洲若干水廠所常用，其最著者，如在德之布累門，荷蘭之喜愛達姆，及瑞士之祖利克等地。所用者為兩組砂濾池，其運用法大致相同，惟其濾過之速率則各別。在此等濾池內，其所用之濾過速率，較之正常者為高。

第二十四章 緩濾水廠之用費

134. **建築費** 砂濾池之用費，大部分須視當地情形定之，蓋與開挖用費及砂之價格等有關也。鉅大之砂床及多量之工程，每單位面積之用費，較之小規模者為省，其他則仍相同。按簡略之估計，有蓋之濾池，面積約為半英畝至一英畝者，其造價約為每英畝（美金）\$50,000 至 \$75,000，地價不在內。於濾池造價之外，尚須加清水庫及沉澱池之造價，尋常以每百萬加侖（美金）\$3,000 至 \$10,000 計之。

135. **使用費** 最主要之使用費，為濾池之刮除，清洗，及加新砂等費用。採用近代運砂之法，其費用以每濾水百萬加侖計，僅為（美金）\$0.30 至 \$0.60。在 1910 年，阿爾巴尼濾水廠之全部使用費，有如下表。

部 分	每濾水百萬加侖之用費
抽水站	\$2.81
初步濾過	.69
緩砂濾	1.63
試驗室	.65
監督費	.21
總計	\$5.99

在華盛頓水廠，濾池須清洗之次數較少，每百萬加侖運砂之費僅為（美金）\$0.30，而使用之總費用，包括抽水，試驗及監督等在內，每百萬加侖約為（美金）3.80 元。

第二十五章 速濾法

136. 速濾池之普通解釋 此項濾池，亦稱曰機械的濾池，或美國式濾池，係一種濾池之式樣，其對於使水澄潔所得之效果，可與前述之緩濾池相埒，但其砂之面積則遠小。其與緩濾池相似處，即濾水所用之材料，亦為三四呎深之砂床，或不用砂而以石英層代之，但其構造及運用之法，則大不相同。其最重要之不同點：(一)濾水之速度極快(每日每英畝 100 至 125 兆加侖)，(二)應用凝聚劑輔助濾過作用，及(三)清洗砂床之方式。因此數特點，對於構造上之差別，遂亦有注意之價值。每一單位，面積比較甚小，凝聚池並混和及調節凝聚劑之充分設備，遂為廠中之主要部分，而在此式中，砂之清洗，須每隔數小時為之，於是不得不用一種巧妙之特別裝置。在使用速濾池時，每一單位須隨時加以注意，於是如何將管路及運用閥，作密集及便利之佈置，遂成為極重要之問題。同時因每一單位之面積甚小，極易將此一部份置於有屋頂之廠房內。砂床之清洗，可使水倒流而完成之，尋常並以機械的耙或壓縮空氣，使砂起擾動為助。該部分之詳細結構，為各式速濾池區別之要點。

速濾池之發展，乃為使極渾濁之水，應用凝聚劑後，能迅速濾過，遂即沉澱而澄清。若以潔除細菌為重要目標，則速濾法頗可懷疑，蓋與緩濾法相較，其濾過之速率實太快也。從實際上按逐日使用所得之結果，及多數特別之試驗，知若能加以適當之監督，則速濾池所得之結果，可與緩濾池大致相同，且某種之水，其結果較緩

濾池之不用凝聚劑者反佳。因此情形，速濾池遂為美國所通用，蓋不論何時皆可適應當地之情形也。

速濾池之大多數裝置，係屬專利品，最重要之部分，或為各式隔簾及洗砂之裝置，當於下節述之。

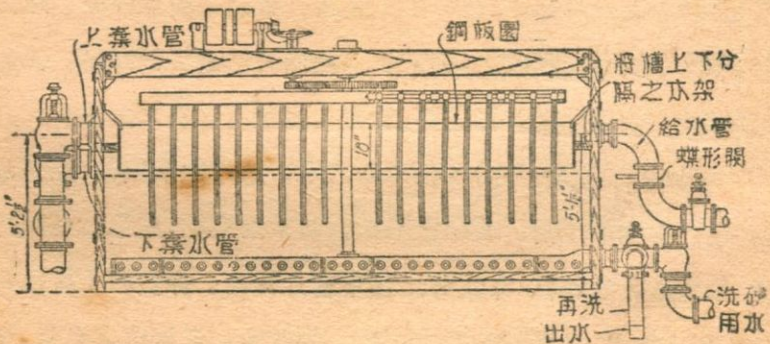
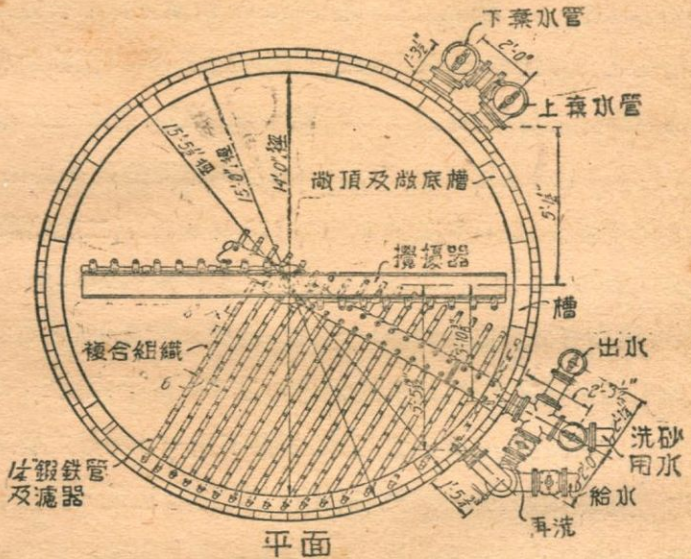


圖 45 賓夕法尼亞州徹斯忒城窩楞濾器之平面及截面立視形

137. 速濾池之構造式樣 速濾池之普通式樣，現今由各享有專利權之公司製造而出售者，為以圓形之木櫃或鋼櫃為單位，而合若干個組成之。此櫃內藏砂，舖於適宜之濾過器上，每櫃並裝配管路，為洗砂及攪砂之用。其中最普通之一種設計，曾經採用者，係將每櫃用水平隔壁分為兩層，其下層作為凝聚室。凝聚池尋常與濾池分建，俾可得較大之沉澱容量。此處所述之構造式樣，以圖 45 示之，乃係 1903 年在美國賓夕法尼亞州徹斯忒城所裝設者，每一濾池之單位，為一栢木櫃，直徑 15 呎，藏砂 $2\frac{1}{2}$ 呎厚。此砂係支於一礫層，近底處為多數黃銅製之濾過頭，由此頭使水通至一組鍛鐵集合管。再由此管接連至中心鑄鐵集合管，而由櫃內伸出，與櫃外之出水管相連。當砂須清洗時，迫水逆流入濾過頭，同時將砂全部攪動。攪沙係用長鐵指伸入砂內，此鐵指附於一橫臂上，而裝於直軸之下，可藉適當之齒輪作用而轉動。將砂攪動並使水向上逆流，在數分鐘內，即可將砂洗清。廢水於是逸入一圓形槽，此槽支於櫃之內緣，再由此槽流至棄水管。在此特殊式樣內，另備一較低之棄水管，俾得攪動上層而由頂部排水以清洗池面，但不用逆流之水。另裝適宜之調節閥，以保持池內之水位不變，且使濾過之速率平均。每一個濾過器為一多孔之黃銅鈎，裝於一圓柱形之濾過頭上。此濾過頭以螺旋旋入支管，而成為多岐之管。濾過器之詳細情形，另在第 140 節述之。

不用機械攪擾器時，壓縮空氣亦可為攪砂之用，係將空氣壓迫使其經濾過器而吹入砂內，與洗砂之水更替而入。用機械攪擾器如前所示者，須用圓形櫃，但用壓縮空氣者，則任何式樣俱可。另一種

商業上之濾池，各曰壓力濾池者，其全部係納入一圓柱形之鋼櫃，而以壓縮空氣將砂攪動。

在多數近代水廠內，尤以大規模者為多，水櫃均以混凝土製成，而為矩形，故機械攪擾器普通不能適用。在此情形下，其特殊之裝置，僅為濾過器部分，及其控制之件。有若干水廠，此等部分係由專門製造廠供給，而其餘部分則單獨設計及建築之。攪砂時概用壓縮空氣。在洗砂時，污水係由一槽引至小溝，再通往棄水管。管路佈置之如何便利，為該項水廠之一重要問題。（參閱第 140 節）

138. 使用之原理及效果 速濾池之作用，與緩濾池者頗不相同，雖其所得結果，並無鉅大之差別。凝聚劑之效果，所以使沉澱物集成大團，已於第 106 節中釋明。此物對於濾過作用有相當裨益，且在砂粒及砂濾池之表面成一外殼，可用以代替有機體之外殼。因有凝聚劑之作用，故可採用甚高之速度。為避免洗砂頻繁起見，常用 10 呎至 12 呎之水頭，但因有高水頭及高速度，砂層常被阻塞至極大深度。惟應用洗砂之法，則此項沉澱物，極易除去。洗砂手續約須 10 至 15 分鐘，而兩次洗砂之相隔時間，即所謂『回數』，為 24 小時或較少。

設計一速濾水廠時，若所用為最有效之方法，則如何將水加以初步處理，常為一最重要之問題。極渾濁之水，如使其在大池中停留久長之時間而下沉，再用凝聚劑使其在短時間內沉澱，每為極佳之處理方法，亦有在兩次俱用凝聚劑者。多數之水，並不太渾濁者，可加凝聚劑而藉一次短時間之沉澱處理之。若須另作有效之濾過時，十分清潔，並不需要，蓋其中羽狀之沉澱物，須在濾池內，始可

得良好之結果。在多數早期之水廠內，濾過速率及加化學品之調節方法，均不甚佳，但在近年之設計中，已引用極有效之方法，使完成該項目的。除去色素，則用速濾法極為有利，因可與凝聚劑相輔而行。棧色及泥炭色之水，應用此法，恆可有顯著之改善。

根據美國匹茲堡，星西那提，新奧雷安斯，及其他地點之大規模試驗，以及經常使用之結果，知速濾池苟經適當之運用，則水之渾濁情形殆可全部除去，其中並包含大部分之色素，及融解之有機物質。除去細菌之效果，普通亦與緩濾法所得者同佳。

欲從經濟立場得均勻良好之效果，每須極審慎之運用。凝聚劑須調節適合，使與水量相稱，若水質係輕礫性者，此點尤特別重要。其效率既全特對於此等事之如何管制，故速濾池之需要嚴密管理，遠甚於緩濾池。在此情形下尤為重要者，全廠應根據細菌檢驗而加以管制，此項檢驗須依常規而隨時為之。其他運用上之要點，如清洗相隔之時間，洗過後水之廢棄，需要凝聚劑之確實數量，僅可由經驗得之。

關於速濾法經濟上之利點，可謂在地價高貴之處，用之最宜。若水極渾濁，需要鉅大之沉澱庫，或需用凝聚劑，以及在小規模之水廠，緩濾法所需之單位太小，不適於用時，速濾法均屬相宜。此法用以迅速除去地下水中所含之鐵質，以及水質變軟廠內之沉澱物，亦極適用。

第二十六章 速濾池之詳細構造及使用法

139. 水廠之安排 在一完善之速濾水廠內，其主要之部分為凝聚池及沉澱池並其附屬用件，濾池，以及清水庫。除此以外，亦可另備初步沉澱水庫，俾水之有大量沉澱物者，先行下沉。此等水庫尋常與濾池分建，其詳細構造，此處不備述。凝聚池及清水庫亦可同樣與濾池個別佈置，但尋常其中之一個或全部，可與濾池合建於一個建築物之內，而成爲澄潔廠。因凝聚池爲組成速濾廠之一主要部分，其應嚴密注意，與濾池本身相同，故運用此池之工具，應與濾池置於同一屋內，且佈置得宜，便於運用，尤爲重要。清水庫比較不需十分注意，故可置於任何便利而相近之地點。

各部分最佳之佈置方法，尙須視局部情形定之。諸單位濾池之

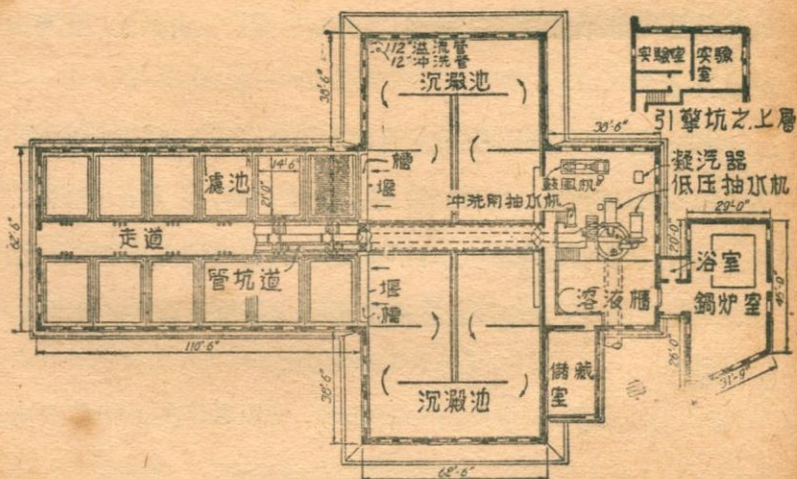


圖 46 俄海俄州揚格斯坦之濾池及凝聚池平面

便利佈置方法，尤以矩形者為特甚，可與鉅大之緩濾池相仿，即將全部列成兩行或數行，各各相並，而將管路及閥等置於兩行間之過道內。為便利起見，凝聚池可位於濾池之鄰近，而清水庫則相分隔，或最普通之式樣，即位於濾池之下。如應用鋼筋混凝土，可使該項佈置更為經濟而滿意。

圖 46 所示，為在美國俄海俄州揚格斯坦濾池及凝聚池之佈

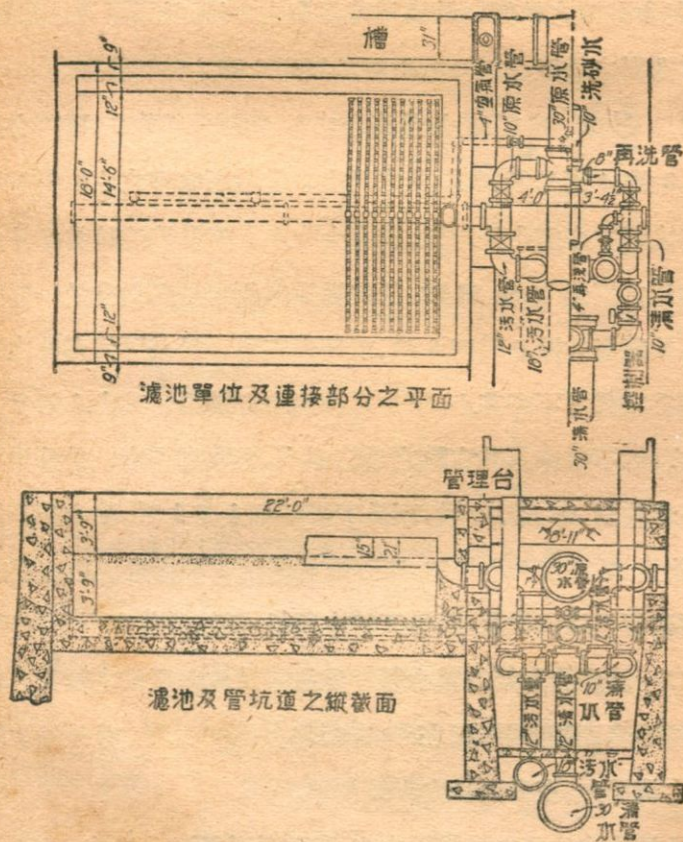


圖 47 俄海俄州揚格斯坦水廠濾池單位之平面及縱剖面

置。全部係置於一室內，可代表一便利而密集之水廠。清水庫位於距濾池若干距離之處。每一單位濾池，在砂面上之尺寸為長 21 呎，寬 14 呎 6 吋，而在兩行間，則為置管路之過道，及運用之平台。每一單位濾池之詳細構造及管路系統，以圖 47 示之。

該項構造之最主要單位，包括：(1)砂床，(2)濾過器系統及集合管，(3)攪擾系統，(4)清洗工具，(5)控制濾過速率之方法，(6)凝聚系統包含融液之準備，及使用時調節之方法，並凝聚池之佈置，(7)管路及閥之佈置，並(8)其他關於運用水廠之種種裝配。

140. 砂床 由經驗，知最適合之砂，為顆粒甚均勻，而其有效尺度為 .3 並 .4 毫米者，其最佳之尺度，當視所處理之水性質若何定之。砂之顆粒必須十分均勻，若有大有小，則當清洗時勢必分成數層。砂床之深為 30 至 36 吋，係普通所常用。砂床係支於一層細礫之上，此礫層約厚 6 吋至 8 吋，或稍厚亦可，於是可使多孔之濾過器，其孔之尺寸不必甚小。所用之礫應小心篩過，其大小須使上面所支之砂，不致穿入其空隙之地位為度。尋常應用者，計分兩三級，最上者約為 .05 至 .10 吋，而最下者則為 $\frac{1}{4}$ 至 $\frac{1}{2}$ 吋。礫中須全無細微之物質，且亦須大小均勻，庶不致於清洗時被擾亂。敲碎及篩過之石英，恆用以代砂及礫，但天然之質料，經篩過後亦十分合用。

141. 濾過器系統及集合管 濾過器及集合系統之設計，較之在緩濾池者困難遠甚。因在此式內，集合系統首須充分擴展，而使水頭之總損失，在全面積內大致相等。

濾過器系統並所以使洗砂之水，平均分佈而流入砂床。為此水經濾過器時，較之經管路系統內須有更大之阻力，於是當水被迫

而流入砂內，在一點所受之阻力大減時，並不致使他點之壓力即有顯著之變更。因此濾過器之孔須小而多，且分佈極勻，而管之直徑則較大，且作適當之佈置，使其能在各點有相等之壓力。集合管之設計，須特別注意洗砂用水之量，且須佈置成不甚龐大之單位。每一集合幹管所能顧及之面積單位，為 10 呎至 15 呎寬，及 15 呎至 20 呎長。在大規模之水廠內，可集合 2 個至 4 個單位，為一個水櫃之用，每一水櫃之大小，則視全廠之大小定之。

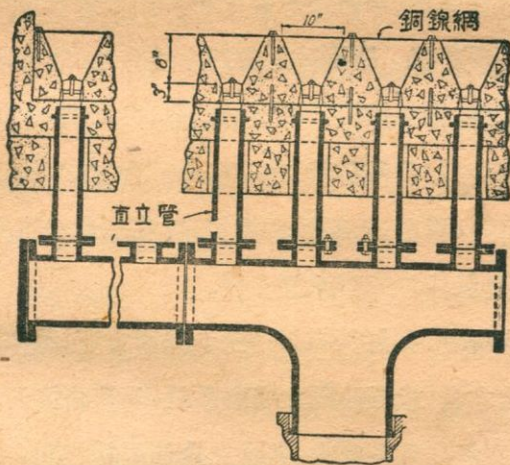


圖 48 俄海俄州星四那提城濾水廠濾過器截面詳圖

圖 48 所示為集合管及濾過器之普通佈置。在此情形下，出水管係與鉅大之鑄鐵集合總管相連，或作成同樣之橫集合管，每個相隔 10 吋。在此管內，旋入黃銅濾過器，其相隔亦為 10 吋。此等濾過器穿有多數小孔。在昔孔之直徑甚小，但新近之水廠內則較大，尋常為 $\frac{1}{16}$ 至 $\frac{3}{32}$ 吋。孔大者不易阻塞，而將礫鋪於砂層之下，更為滿意。

圖 48 所示，為在星西那提水廠內所用之佈置法。橫者係混凝土槽，相隔 12 吋，其上加以長黃銅鈹為濾過器，鈹上每呎內鑿有六十四個 $\frac{3}{32}$ 吋之孔。自每一橫槽起，用 $3\frac{1}{4}$ 吋鑄鐵管連接至裝於地板下之總集合管。混凝土溝之深為 8 吋，其內以礫盛滿之。在礫之上置一銅錄網，用 20 號黃銅錄製成之，每吋計有網眼十個。此銅錄網之目的，所以在清洗時保持礫之位置，因所用之水壓力特高，俾可不必用其他攪擾之法。此集合系統之單位，為 $12\frac{1}{2}$ 呎乘 14 呎。四個單位合成一水櫃單位。每濾池單位則包含兩個水櫃單位。

142. 攪擾系統 攪擾砂之常用方法有二，即機械的攪擾，及壓縮空氣之攪擾。機械攪擾器之普通式樣，已於圖 45 說明。此器係由若干深耙所組成，當洗砂時，即在砂中移動。俟手續完成，乃自砂中提起。在圓形水櫃內，此器較為適用，但在矩形水櫃內，有時亦可用之，惟壓縮空氣用於矩形水櫃尤便。

用壓縮空氣時，空氣係在 3 磅至 5 磅壓力下，被迫而入砂床，或經濾過器之本身，或經分隔之管路系統，此管路位於濾過器上之礫層內。在此空氣分佈系統內，與水之分佈系統相同，須應用適度之孔面積。俾能任所需之空氣放入，而同時對於逸出之空氣，須加以鉅大之阻力。因此條件，於是所用孔之總面積，較之用於水者遠小，普通每平方呎之濾池面積，僅須 .02 至 .03 平方吋。若空氣係由濾過器壓入，則恆有一巧妙之佈置，掩去若干主要之孔，使孔面積可減少至所需之量。在此情形下，通空氣之管，與總集合管，係間隔相連，空氣即由此通至有機關之濾過器。在洗砂時，空氣及水係更替應用之。

在數個水廠內，並無其他攪擾方法，僅藉水之沖洗，亦可得良好結果，其顯著之例，如星西那提及新奧雷安斯兩大水廠。在此等廠內，並未特備攪擾之工具，惟所用洗砂之水，壓力較高。由數個水廠所得之經驗，知單獨用水，在開始時其結果並無大異，惟經久之後，則逐漸轉劣。

143. 清洗工具 清洗工具，包括：(1)聯絡水管，其佈置須使水流亦能逆行，(2)攪擾系統，及(3)取去池面污水之方法。洗砂之水，係在10磅至15磅壓力下，可用合宜之抽水機，或自高壓系統而經減壓閥供給之，前法尋常較為經濟。此水並使其能入濾池之出水管，由適宜之聯絡管及管制閥司之。濾池之污水，係經建於橫跨池底或沿池邊之槽或溝，再用管導引而歸入排水管，為使污水易於排洩起見，溝之間隔須使水之橫向移動較微，以不過3至4呎為度。此溝如用鋼筋混凝土建之最便，並使其置於砂床上約1呎之處。尋常未經濾過之水，與洗砂之廢水，由同一管路出入，故此溝亦為分佈原水之堰，至濾池一部分充滿後乃止。濾池經一度清洗之後，有時須將出水稍為廢棄，故自出水管至排水管間，應備適當之聯絡管。清洗所需之時間，僅為10至12分鐘，所需之水量，尋常為濾過水量之百之4至5。

144. 所用之水頭及管制濾過速率之方式 在普通速率，即每日每英畝100至125兆加侖之情形下，其最小之摩擦阻力，尋常約自2至3呎。與緩濾池相同，當濾池被阻塞時，須有適當之佈置，使損失之水頭可增至最大需要量，並可隨時變更，以保持均勻之濾過速率。水頭之最大損失，普通為10至12呎。較此更大者，常致增

加水廠之用費，且易使挾帶物穿透濾池，而最大值較小時，勢須加增清洗之次數及費用，並使不用部分之面積增多。按上述可得之最大水頭，其能使用之時間尋常約自 6 至 12 小時。

水頭之管制方法，與用於緩濾池者大致相同，即在池中保持一不變之水位，而在出水管中用相當之自動方法變更其壓力頭。尋常所用者為自動管制器，係裝入每一濾池單位之出水管中。

保持池中水位不變之法，即係尋常所用之平衡閥，裝於進水管內，而以浮體調節之。蝴蝶閥亦常作此用。在濾池全系統內之水位，尋常保持一致之高度，與凝聚池者相等，故調節閥僅置於池內即可。最適宜之佈置法，仍視局部情形定之。

145. 凝聚系統 凝聚系統之各不同部分，與第 114 節所述者相同。凝聚之時間，殊為重要，因水廠之成敗，與此關係最鉅。在早期之水廠內，其時間僅為數分鐘，殊嫌不足，近今普通均以 3 至 6 小時為度，惟最有利之時間，當視水之性質而異。太充分之沉澱，殊非需要，蓋使凝聚物之失去太多，有關於濾過之效率也。美國揚格斯坦之凝聚池，已於圖 46 示明，其出水路係經一寬頂堰，流入歸於濾池之水管。

146. 管路系統之佈置 管路系統包括下列諸項：(1)進水管為引入原水之用，(2)出水管為放出濾過水之用，(3)洗砂用之水管，(4)排洩污水之排水管，(5)廢棄出水之管，及(6)普通所用之空氣管。上述各不同系統之幹管，普通均置於兩行濾池之過道內，而由此以支管引至各濾池，如諸圖所示者皆是。在大規模之哥倫布及星西那提水廠內，每單位濾池以一水平溝分之，原水即由此流入，而

污水則由此流出。空氣管之連接，亦以支管在中心槽內接出。原水幹管之支路及棄水幹管之支路，尋常均接至濾池之同一處。同樣，出水管之支路及洗砂用水管之支路，亦自同一處接出。在出水管及棄水管間，又另加一聯接管，俾廢棄出水時之用。

147. 使用水廠之其他裝置 除上述各點之外，其他詳細部分之須嚴密注意者，為使用水廠之各種裝置。使用閥時，尋常所用者為水壓力，壓力管之使用，係根據在使用平台上之表為之。表示水頭損失之尺度，及水位尺度，均須齊備，與緩濾池相同，取水樣並應有便利方法。為研究及管制使用方法起見，適當之實驗設備，亦甚重要。

第二十七章 速濾水廠之用費

148. **建築費** 在普通情形下，速濾水廠之建築用費，以每百萬加侖出水量計，約自(美金) 8,000 元至 12,000 元。此數包括濾池，凝聚池，清水井，及輔助抽水設備等在內。

149. **使用費** 使用費之多寡，大部視所用凝聚劑之量而定。與砂濾池相較，其建築費恆較少，但若用多量之凝聚劑，則其使用費又較鉅。何者更爲經濟，當視水之性質及其他局部情形定之。在尋常情形之下，每百萬加侖之使用費，約自(美金) 4 至 6 元，若將資金利息及折舊等費加入，則其總用費，約爲每百萬加侖(美金) 10 至 12 元。

第二十八章 使水澄潔之他法

150. 濾池之特別式樣 除上章所述兩種砂濾池之主要式樣外，各種特別式樣之砂濾池，及濾池之含有他種材料者，亦在小範圍內用之。

一種濾池用多孔之人造石爲之，名曰斐西耶法，在德國頗有應用者。其石片係豎立，每兩片互繫，而成一空心室，水即由壓力壓入此室。

另一種速濾池名曰邁能粗濾器，在初步濾過時用之甚廣。所包含者，爲數層之粗礫及礦滓，上覆以一層壓實之海綿，水由底部入內而向上流，其速率普通爲每日每英畝 60,000,000 加侖。尋常渾濁物之百分之 60，及細菌之百分之 75 至 80，可被除去。其作用一部分爲沉澱，一部分爲濾過。此項濾池，現用於美國菲列得爾菲亞城及南培斯利恩城。在後一處所用粗粒之物，一部分爲礫，一部分爲焦煤。在最上數行內，並置有傾斜之石版層，以助沉澱。此粗濾器亦藉逆流之水而清洗之。海綿並可取去，相機清洗，遇必要時 焦煤亦可同樣處理之。經此粗濾器之濾過速率，爲每日每英畝 28,000,000 加侖，而經砂濾池者，則爲 7,000,000 加侖。

151. 氣洗法 使含有機體之水澄潔時，常用氣洗法。欲使有機體起氮化作用，當然須有氧氣存在，但將各處已經氣洗之水，加以分拆後，知水中若已含有氧氣時，則另加大量氧氣，對於有機物之效果甚微，甚至絕無。

用氣滄法，雖對於水中所含有機物之效果極微，但水之取於池沼或水庫，因含有某種融入之氣體，而發生可厭之臭及味者，則仍有極重要之作用。此等氣體之發生，或因死亡有機物之腐化，如建築水庫時，遺留之植物，或由已死之藻類及其他按時生長之有機物，以及某種人目所不能見之有機體生長時所放出。在任何情形，用氣滄法殊為有效，蓋其可厭之氣體，經露於空氣後即逸去，而代之以空氣。

由地下水內除去鐵質，用氣滄法亦甚重要，當於第 152 節詳述之。

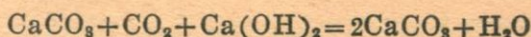
氣滄法，可由各種不同方法完成之。其一使水流經堰口而成小瀑布，其二使水經廣面積之穿孔板而落下，或再用他種方法亦同。所需氣滄之程度愈甚，其在空氣中之顯露當愈充分。

氣滄之效益，可用井水解釋之，井水之以水斗汲取者恆較用抽水機取出者少惡劣之臭味，此等臭味雖與健康無害。

152. 使水質變軟法 水質之變硬，乃因含有石灰及養化鎂，大抵為碳酸及硫酸化合物者居多，有時亦有為氯及氮之化合物。碳酸化合物所致者，為暫時硬性（可以煮沸而除去），硫酸化合物及他種混合物所致者，為永久硬性。若以硬水作洗濯之用，則每百加侖之水，將多費 2 盎斯之肥皂為中和之用，假定此水每加侖所含之碳酸鈣或其相等品為一格蘭，多者依此比例推之。在鍋爐內用時，碳酸石灰或碳酸鎂即自行沉下而積滯於鍋底，可用沖洗法除去之，若另有結成鍋垢之物混和，則當別論。硫酸石灰在高溫度時沉下，每結成極硬可厭之鍋垢，尤以水中含有其他挾帶物質者為特甚。因此

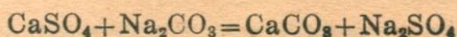
使水質變軟，乃極有經濟上之重要價值。

使水質變軟，僅用簡單之手續，俾起化學作用而致沉澱已耳。欲除去碳酸化合物，恆以石灰為使沉澱之媒介物。碳酸化合物之所以成為融液，乃因碳酸融入水中之故，於是加以石灰，碳酸即與之起化學作用而相合，成為碳酸石灰。故因碳酸石灰而成硬水時，其反應公式為：



如此所得之碳酸化合物，不甚能融解於水，遂致下沉。 CaCO_3 （碳酸石灰）及 CO_2 （碳酸氣）皆存於水中，而 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 即普通石灰，係所加之化學品。

欲除去硫酸化合物，所用者為碳酸鈉，其反應如下：



碳酸石灰亦下沉如前，而硫酸鈉（ Na_2SO_4 ）則並不十分可厭。關於如何應用化學品，及除去下沉物之各種詳細手續，均有不同之方法。此方法視其名稱而異，但普通原理則相同。石灰恆先化成石灰水而加入，即由已化之石灰，融於水中而得。

普通待處理之水，先使其注入一大櫃，於是加以化學品，而待其下沉，愈久愈佳。其次乃將水取出，而以速濾法除去殘餘之沉澱物。鍋爐用水之澄潔法，其沉澱物僅藉一沉澱櫃除去，即已足矣。所用之化學品普通為石灰及粗鹼或粗製之碳酸鈉。最大之水質變軟廠，在美國俄海俄州之哥倫布城，其每日出水量為 30,000,000 加侖。碳酸及硫酸化合物均在被除去之列。

多種避免積垢之法，曾為鍋爐之用，但常用之方法中，或以炭

酸鈉為最佳。碳酸鈉可使硫酸化合物分解，已如前述，故可阻止堅硬之積滯，但碳酸化合物之沉澱則反因此而增多。硫酸鈉仍融於水中，但不可任其太形濃厚，致起泡沫。

153. 除去水中鐵質法 地下水之含有融解之鐵質者，乃常有之事，因此其味及外觀俱受損害。此水不僅其味不適於飲料，且在家用方面，亦所不取，尤以洗濯為甚。含鐵質之水，在初取之時原甚澄清，但留置稍久自空氣中吸收氧氣後，即呈渾濁狀，蓋融解之鐵質鹽類轉變為氫氧化鐵也。此物逐漸成為鐵銹狀之沉澱物而下沉。有時若有多量之有機物融於水內，如水之取自含有泥炭之水源者，往往與有機體合成可融解之物，於是雖顯露於空氣中，亦不致即被氧化矣。

在多數情形下，若水中所存在者係碳酸鐵，則可使其顯露於空氣中用氧化法除去之。此項反應作用，為處理水之實用方法，在大多數水廠中，除去地下水中之鐵質，即用氣浣法而使其易於氧化。沉下之鐵質(Fe_2O_3)，即用速濾法使其經過砂層而除去之。

所需氣浣之程度，其差別殊大，視水之性質，及作有效處理所需之條件定之，未可一概而論，而不由實驗方法確定之。在若干情形，僅在敞渠中使其充分接觸空氣已足，或將水散成小噴射線及其他簡單之方法俱可。在若干情形，氣浣法之困難，或因有機體及碳酸之量過多。在美國馬薩諸塞州之累定格，石灰及硫酸鋁曾與氣浣法及濾過法合用。但此項手續不免使水之硬性大為增加。

154. 用臭氧殺菌法 用少量化學品在水中殺菌之各種方法，在近年大有發展，且屬非常重要，尤以疾疫突然發生，或澄潔水廠

稍有損壞時爲甚。數種方法，現已普通應用，其手續乃施於清潔之水，而有少量沾污之虞者，或作爲濾水廠之補充工作。

其中用臭氧法，最爲有效，且已用於若干水廠。臭氧爲一種氣體，具極大之消毒力，且其散於空氣中時，極易爲水所吸收。但此係費用較大之法，故較之下述之法，其功績反遜。

155. 用次氯酸石灰法 應用該項消毒劑以毀滅給水中之細菌，現已成爲極普遍之事。此化學品有極強之殺菌效用，因其所含者爲氯氣。如此處理之水，絕無危害，且性質亦不變，僅其硬性略爲增加。該項化學品之費用，計每處理百萬加侖之水，約自(美金) \$0.10 至 \$0.40。

苟水中本無天然之沉澱物質，則用次氯酸石灰處理法，在數大城市中，已成爲維一之處理方法。在大多數城市中，亦有與濾水廠聯合應用者，其中如星西那提，俄海俄，達文波特，愛俄瓦，及忒累荷特，因提安那等。因此法之效力特大，故由各邦之衛生局建成活動之廠，俾用於水媒傳染病突然發生之時。所用之化學品，約爲 5 磅至 20 磅，其在百萬加侖水中所可得之氯氣爲 .1 至 .5 份。過量之氯氣，每使水發生特殊之味，宜避免之。

該項處理法之效能極高。與濾過法合用，幾可除去細菌之全部，以百分數計之，其除去者，尋常達 99.9。在 1914 年星西那提所得之平均結果如下

每立方厘米中之細菌數	
河水	16,500
沉澱之水	3,570
濾過及經處理之水	36
總效率(以百分計)	99.78

自一月至五月間，次氯酸石灰係加於濾過之水。在濾過水中之細菌數，計每立方厘米為 226，而經次氯酸化合物處理之後，每立方厘米內之細菌數僅為 73。

156. 用硫酸銅法 硫酸銅之殺菌作用，為普通所習知，其用於給水方面，曾經多少加以研究，但不常採用者，因其對於人類可有相當損害之故。其用於毀滅及防止在水庫內有害藻類，並其他人目所不能見之有機體之生長，則仍極重要，且在多數情形下，用之而確甚見效。在新罕布什爾之罕諾弗城，有一 100,000,000 加侖之水庫，應用 4,000,000 份內一份之比例，而作一次單獨之處理。在 24 小時內，每立方厘米中所含微細有機體之數，自 600 減至 60，而經 60 小時後，則完全消滅。

在實際上，可知應用 2,000,000 份中 1 份之硫酸銅，足以毀滅大部分可厭之有機體，其中若干有機體，並於應用 20,000,000 份中 1 份之溶液時，即迅速毀滅。如此少量之化學品，對於飲料方面，尚不致生危害之效果，且在一季內，僅偶爾用之，而大部分之銅質，常與有機體相合而下沉，故如經適當之監督，其應用亦無大妨。最常用之實施方法，係將一袋，盛以硫酸銅，而在水庫或池內作有系統之拉動。苟經審慎之調處，此法亦可將所需之化學品適當分佈於各處，但最佳莫如用一散播器，而以定量之溶液，任其分散，可得更滿意之結果。

157. 煮沸法 使水澄潔之另一方法，或較之用化學品尤為可恃，乃係用熱。無一病原菌之藉給水傳播者，可支持於沸水之下逾十至十五分鐘。霍亂及傷寒菌不及五分鐘即死。在疾疫突然發生

或給水廠臨時損壞之際，此法恆可恃為十分安全。煮沸並不能使含多量有機體之水，成為可飲之水，惟病菌則可消滅。若將水蒸溜，則可使融解之物質及細菌均被除去。此法用於航海之船上甚廣，蓋將海水蒸溜而得飲料也，其他在少數沿海各地，亦有為相同目的而應用者。

158. 家庭用濾過器 使家用之水另行澄潔，常視為可取之事。為此，乃創造多數不同式樣之濾過器，但其大部分效用殊不佳，較之不用尤為可慮，蓋使用水者誤認此濾過器為有恃無恐，乃常遇之事。該項濾過器之最佳而能適合家庭應用者，為以不上釉之磁器（巴斯忒濾過器）或砂藻土（彼克非特濾過器）為之。此兩種濾過器，當初用時皆可輸出全無細菌之水，若不加以嚴密之注意，則遲早可失去效用。按常例言，此濾過器須每星期在沸水或蒸汽中清洗及殺菌，使存活於空隙中之細菌，一律殺死。此法不僅使濾過器殺菌且可增加濾出之水量。

該類濾過器不常用於城市方面，但在學校，兵營，監獄，或醫院，以及私人方面則用之特廣。

其他式樣之濾過器，如用多孔石，木炭，或石綿製成者，在市上已有多數年之歷史。就其普通所謂澄潔之立場而言，即輸出清潔之水，則多數濾過器，皆可謂十分滿意，但若以除去細菌而言，則大部分之功效均極微弱。

給水工程學中英文譯名對照表

說 明

本書爲讀者醒目便利起見，凡專門名詞，人名及地名等之原文，一律不在譯文中夾注。所有各該項原文，另列中英文對照表二種檢查之，兩表均以中文爲主，俾讀者可由書中譯名求得其原名。

(甲) 專門名詞對照檢查表 凡譯文中所引用之專門名詞，爲普通字書及辭書所不備，或意義稍有出入者歸入之。其意義明顯之普通名詞從略。

(乙) 人名及地名對照檢查表 凡在譯文中，見字下有細橫線之名稱，均係人名或地名，概從音譯。人名及地名之音譯，大部分依照商務印書館二十四年五月出版之標準漢譯外國地名人表，以資一律。其他該書所未載之人名及地名，則酌照國音譯之。

兩表中均依照中文譯名之筆畫數排列次序，而以英文原名殿之。故檢查時須先計筆畫數。計筆畫數之法，以普通寫體爲標準，與刻體略有不同。如此字片字均作爲四畫而非五畫。又專門名詞表中同筆畫之字數甚多，復採用起筆分部法排列次序，即「橫」，「直」，「撇」，「點」是也。此起筆亦以寫體作準，如半，戶，言等，均以「點」爲起筆，而非以刻體之「撇」及「橫」爲起筆。遇兩筆連寫一筆時，以起筆在先者爲主，例如尹，發等字之起筆均爲「橫」。但地名人名表中，同筆畫之字數無多，不另分部。

(甲) 專門名字對照檢查表

8000
32000

二 畫

丿 部

人造石 Artificial stone

三 畫

一 部

土工水庫 Earthen reservoir

土壤 Soil

土壩 Earthen dam

大槌 Maul

大腸菌 Bacterium coli communis

弓形 Segment

丨 部

小溝 Gutter

四 畫

一 部

井 Well

井筒 Case of well

孔 Orifice

孔隙度 Porosity

木材壩 Timber dam

木條 Stave

引入管 Inlet pipe

引水道 Aqueduct

引出管 Outlet pipe

不透水層 Impervious stratum

丨 部

水廠 Water works

水價 Water rate

水池 Cistern

水池 Basin

水管 Water pipe

水衝 Water hammer

水庫 Reservoir

水位 Water level

水力學 Hydraulics

水表制 Meter system

水鶴頸 Water crane

水壓力 Hydraulic pressure

水量之消費 Consumption of water

水之澄潔法 Purification of water

水媒傳染病 Water borne disease

水理坡度綫 Hydraulic gradient

水注 Water jet

水頭 Head

水利工程 Hydraulic works

中級鋼 Medium steel

丿 部

分水 Distribution of water

分水幹管 Distributing main

分水活嘴 Corporation cock

分佈系統 Distributing system

分佈水管 Distributing pipe

分佈水庫 Distribution reservoir
 手車 Wheel barrow
 手轉輪 Hand wheel
 斗 Hopper
 毛細管 Capillary
 方石工 Ashlar
 月雨量 Monthly rainfall
 升降機 Elevator
 公共給水 Public water supply

五 畫

一 部

平台 Platform
 平式水栓 Flush hydrant
 平均年雨量 Mean yearly rainfall
 平均消費量 Average consumption
 石英 Quartz
 石棉 Asbestos
 瓦筒 Tile
 加侖 Gallon
 弗打 Volt
 正常水面 Normal level
 可移噴射器 Portable ejector

丨 部

出水管 Effluent pipe

丿 部

用戶 Consumer
 用戶管 Service pipe
 用戶接頭 Service connection
 白雲石 Dolomite

、 部

立管 Stand pipe
 主要壓力幹管 Principle force main

六 畫

一 部

地帶 Zone
 地道 Subway
 地下水 Ground water
 地面水 Surface water
 地界綫 Property line
 地下水面 Water table
 圬工 Masonry
 圬工水庫 Masonry reservoir
 灰砂漿 Mortar
 有效尺度 Effective size
 死荷重 Dead load

丨 部

曲管 Offset
 曲綫 Curve
 回數 Run
 同高綫 Contour line

丿 部

自流井 Flowing well
 自記壓力計 Recording pressure gauge
 自動控制器 Automatic controller
 自記雨量計 Self recording rain gauge
 多孔層 Porous stratum
 多孔管 Perforated pipe
 肋架 Rib

肋條 Stirrup
 仰點 Invert
 仰虹吸管 Inverted siphon
 年流量 Annual discharge

、 部

安培 Ampere
 安全應力 Safe stress
 安全因數 Factor of safety
 安全抗張強度 Safe tensile strength
 污水渠 Sewer
 沖積層 Alluvial basin
 次氯酸石灰 Hypochlorite of lime
 充滿排去法 Fill and draw method

七 畫

— 部

坑道 Gallery
 抗張應力 Tensile stress
 拋石 Riprap
 投影 Projection
 折綫 Broken line
 局部水庫 Local reservoir

| 部

吹放閥 Blow off valve
 吹放支管 Blow-off branch
 吸取管 Suction pipe

) 部

低水位 Low water
 低升抽水機 Low lift pump
 低壓抽水機 Low service pump

谷點 Depression
 伸張 Elongation
 角鐵 Angle

、 部

沉澱池 Settling basin
 沉澱法 Sedimentation
 沉陷量 Settlement
 沉下棍 Sinker bar
 沉澱櫃 Settling tank
 沉澱水庫 Settling reservoir
 汽油引擎 Gasoline engine
 初步處理 Preliminary treatment

八 畫

— 部

抽水井 Pump well
 抽水機 Pump
 抽機坑 Pump pit
 抽水廠 Pumping works
 抽水機站 Pumping station
 抽水系統 Pumping system
 阻力 Resistance
 阻牆 Cut off wall
 阻止閥 Stop valve
 取水 Collection of water
 取水栓 Hydrant
 砂 Sand
 雨量 Rainfall
 板樁 Sheet pile
 坡度 Slope
 抵頭接合 Butt joint

| 部

明溝 Open ditch

版岩 Slate

花崗石 Granite

部

空氣室 Air chamber

空氣閥 Air valve

空氣分佈系統 Air-distributing system

泥炭 Peat

使用費 Operating cost

穹形窖 Vault

河道進水口 River intake

九 畫

— 部

砂石 Sandstone

砂床 Sand bed

砂濾池 Sand filter

砂藻土 Infusorial earth

柔泥 Slime

柔順接合 Flexible joint

拱 Arch

頁岩 Shale

插頭 Plug

架槽 Flume

括具 Scraper

耐久性 Durability

弧稜拱 Groined arch

柱式水栓 Post hydrant

| 部

碳酸 Carbonic acid

碳酸鐵 Ferrous carbonate

碳酸鈣 Calcium carbonate

碳酸石灰 Carbonate of lime

苛性石灰 Caustic lime

) 部

泉 Spring

泉水產水量 Yield of spring

重力 Gravity

保安閥 Safety valve

、 部

活嘴 Cock

洪水 Flood

突緣 Flange

扁平閥 Flap valve

洗砂池 Sand washer

洩水閘門 Sluice gate

美國氣象局 U. S. Weather

Bureau

十 畫

— 部

桁條 Joist

原水 Raw water

格柵 Grating

框工 Crib-work

核牆 Core wall

降雨率 Rate of rainfall

起重機 Derrick

破裂應力 Bursting stress

真空抽機 Vacuum pump

| 部

峯點 Summit

盎司 Ounce

) 部

臭氧 Ozone

氯氣 Chlorite

氧化鎂 Magnesia
 氣洗法 Aeration
 殺菌法 Sterilization
 氫氧化鐵 Ferric hydroxide

、 部

流率 Rate of flow
 流沙 Silt
 流量 Discharge
 流出之水 Effluent
 流量測量 Gauging
 高水位 High water
 高位水櫃 Elevated tank
 高位分配水庫 Elevated distribu-
 ting reservoir
 高升抽水機 High lift pump
 浮標 Float
 浮體 Float
 容量 Capacity
 效率 Efficiency
 逆閉閥 Check valve
 袖形管 Sleeve
 消費率 Rate of consumption
 家庭濾過器 Domestic filter

十一畫

— 部

救火機 Fire engine
 救火射流 Fire stream
 救火水栓 Fire hydrant
 救火水池 Fire cistern
 速度 Velocity
 速濾池 Rapid filter
 速濾法 Rapid filtration
 排水管 Drain pipe

排水槽 Drainage channel
 排水區域 Watershed
 排水系統 Drainage system
 軟水 Soft water
 軟管 Hose
 軟鋼 Soft steel
 推井 Push well
 接合 Joint
 基礎 Foundation
 逕流 Run off
 頂重機 Jack
 帶水運送法 Water carriage
 system

連續水流法 Continuous flow
 method

乾砌塊石工 Dry rubble

| 部

閉口井 Closed end well
 閉斷閥 Shut off valve
 閉氣沉箱 Pneumatic caisson

) 部

偏角 Deflectio
 偏心 Eccentricity
 細菌 Bacteria
 細菌 Germ
 側石 Curb
 側坡 Side slope
 魚簾 Fish screen
 透水層 Pervious stratum
 重力管路 Gravity pipe line

、 部

粗鹼 Soda ash
 粗濾池 Scrubb

中英文譯名對照表

淺井 Shallow well
 淺管井 Shallow tubular well
 混凝土 Concrete
 混合櫃 Mixing tank
 深井 Deep well
 涵洞 Culvert
 清水庫 Clear water reservoir
 產水量 Yield
 密集度 Intensity

十二畫

一部

硫酸 Sulphuric acid
 硫酸銅 Copper sulphate
 硫酸鐵 Ferrous sulphate
 硫酸鈉 Sodium Sulphate
 硫酸礬土 Sulphate of alumina
 堰 weir
 堰頂 Weir crest
 硬水 Hard water
 硬結物 Tuberculation
 堤 Embankment
 棧橋 Trestle
 強度 Strength
 碟牆 Parapet
 揉黏土 Puddle clay
 煮沸法 Boiling

一部

帽釘機 Power riveter
 帽釘接合 Riveted joint
 敞槽 Open channel
 敞渠 Canal
 敞井 Open well

敞水庫 Open reservoir
 量水表 Water meter
 量水門 Measuring sluice
 量雨器 Rain gauge
 量積儀 Planimeter
 開口井 Open end well
 開關室 Gate chamber
 開關閥 Gate valve
 開爐法 Open hearth
 間歇法 Intermittent method
 堅隔土 Hardpan
 最低水位 Lowest water
 單純沉澱法 Plain sedimentation

九部

進水口 Intake
 進水管 Intake pipe
 進水門 Inlet port
 進水塔 Intake tower
 集水井 Collecting well
 集水室 Collecting Chamber
 集合管 Collecting pipe
 給水工程學 Water supply engineering
 給水系統 Water supply system
 給水總導渠 Main supply conduit
 便道 By pass
 街段 Block
 脹氣縫 Expansion joint
 結構工程 Structural engineering

一部

烱器 Gridiron
 渾度 Turbidity
 湧泉井 Artesian well

減壓閥 Reducing valve
湖泊進水口 Lake intake

十三畫

一 部

電解 Electrolysis
電壓表 Voltmeter
填塞料 Gasket
填隙鐵 Calking iron
幹管 Main pipe
勢力圈 Circle of influence
載水層 Water bearing stratum

丨 部

圓穹 Dome
圓盤閥 Disk valve
圍壩 Cofferdam
跨距 Span
運水 Conveyance of water
過道 Gallery
路沿綫 Curb line

丿 部

傷寒 Typhoid fever
傾度 Eatter
傾倒力矩 Overturning moment
節縮閥 Throttling valve

、 部

溢流 Overflow
溢水口 Overflow
溢水道 Spillway
資用量 Working capacity
資用水頭 Working head
棄水堰 Waste weir
棄水道 Wasteway

滑車 Pulley
煉泥管 Vitriified pipe
寬頂堰 Broad weir
試驗坑 Test pit

十四畫

一 部

隔壁 Partition
隔簾 Screen
隔簾室 Screening chamber
椽 Rafter
樺 Thimble
樺眼 Mortiss
障版 Baffle
構架 Truss

丨 部

閥 Valve
蓋頭 Cap
蒸溜法 Distillation

丿 部

箍 Hoop
箍 Band
管 Pipe
管井 Tube well
管路 Pipe line
管嘴 Nozzle
管制閥 Controlling valve
管路系統 Pipe system
戲台 Berme

、 部

濾管 Strainer
滲濾 Percolation
滴水 Drip

十五畫

一 部

碾 Roller

槽 Trough

撐木 Bracing

丨 部

蝴蝶閥 Butterfly valve

噴射器 Ejector

丿 部

締定螺栓 Anchor bolt

締定板 Anchor plate

膜片 Diaphragm

膠灰 Cement

緩濾池 Slow filter

、 部

澄潔法 Purification

澄潔廠 Purification plant

調節閥 Regulating valve

調節水庫 Equalizing reservoir

十六畫

一 部

橫井 Horizontal well

橫溝 Lateral drain

橫截面 Cross section

靜止角 Angle of repose

機械濾池 Mechanical filter

機械濾過法 Mechanical filtration

擁壁 Retaining wall

隧道 Tunnel

橋墩 Bridge pier

霍亂 Cholera

輸出管 Out let pipe

丿 部

衛生污水渠 Sanitary sewer

鋼筋混凝土 Reinforced concrete

、 部

凝聚法 Coagulation

凝聚物 Coagulum

凝聚劑 Coagulant

凝聚室 Coagulating chamber

凝聚池 Coagulating basin

凝聚系統 Coagulating system

導渠 Conduit

導管 Conduit pipe

十七畫

一 部

壓力 Pressure

壓力閥 Compression valve

壓氣機 Air Compressor

壓力濾池 Pressure filter

壓縮空氣 Compressed air

翼牆 Wing wall

壕溝 Trench

丨 部

還填 Back filling

螺栓 Bolt

丿 部

黏土 Clay

黏土性 Argillaceous

鏽垢 Scale

鍋爐 Boiler

鍋爐鋼 Boiler steel

錨冰 Anchor ice

鍛鐵 Wrought iron

線網 Wire gauze

、部

潛管 Submerged pipe

潛水夫 Diver

濕井 Wet well

十八畫

— 部

櫃 Tank

轉鑲 Swivel

| 部

鬆石壩 Loose rock dam

丿 部

斷層 Fault

、部

濾池 Filter

濾過法 Filtration

濾床 Filter bed

濾水廠 Filter plant

濾過器 Strainer

濾過頭 Strainer head

濾過器系統 Strainer system

潑水庫 Impounding reservoir

十九畫

丿 部

鏟 Shovel

二十畫

— 部

礫 Gravel

壤土 Loam

丿 部

鐘口與插頭 Bell-and-Spigot

二十一畫

— 部

露出面 Outcrop

| 部

護岸工程 Revetment

丿 部

鐵質鹽類 Ferrous salt

、部

灌溉 Irrigation

覆牆 Lining wall

二十二畫

— 部

聽水器 Waterphone

| 部

疊頭接合 Lap joint

疊頭銲接 Lap-weld

丿 部

鑄鐵 Cast iron

鑄鐵管 Cast iron pipe

、部

彎頭 Bend

二十三畫

— 部

攪擾器 Agitator

攪擾系統 Agitating system

丿 部

礦質 Mineral

礦滓 Slag

、 部

變壓器 Transformer

二十四畫

一 部

壩 Dam

丨 部

鹼 Alkali

二十五畫

、 部

蠻石 Conglomerate

二十七畫

丿 部

鑽探 Boring

鑽桿 Auger stem

鑽井 Driven well

(乙) 人名及地名對照檢查表

三 畫

大西洋 Atlantic Ocean

四 畫

牛頓 Newton
 方寧 Fanning
 巴黎 Paris
 巴法羅 Buffalo
 巴斯忒 Pasteur
 夫利曼 Freeman
 夫郎西斯 Francis
 夫累特利克 Frederick
 文圖里 Venturi
 什利夫波特 Shreveport

五 畫

北太平洋 North Pacific Ocean
 北普拉特 North Platte
 布拉德福德 Bradford
 布累門 Bremen
 布累斯勞 Breslau
 布盧克林 Brooklyn
 加利福尼亞 California
 加爾未斯吞 Galveston
 印第安那 Indiana
 卡姆柏蘭德 Cumberland

六 畫

西厄拉雷斯 Sierras

西拉叩斯 Syracuse
 西班牙 Spain
 西達 Cedar
 因提安那 Indiana
 因提阿那波利斯 Indianapolis
 托利多 Toledo
 伊利那 Illinois
 托隆托 Toronto
 丟盧斯 Duluth
 弗羅梭斯 Florence
 伊魯斯威赤 Ipswich

七 畫

利物浦 Liverpool
 利茲 Leeds
 克利夫蘭德 Cleveland
 克拉克 Clark
 克累亞雷 Creole
 克羅吞 Croton
 那不勒斯 Naples
 那什維爾 Nashville
 那修 Nashua
 忒累荷特 Terre Haute
 罕諾弗 Hanover
 里昂 Lyons

八 畫

阿克媾 Acme
 阿利根尼 Allegheny
 阿特蘭塔 Atlanta
 阿爾巴尼 Albany

波士頓 Boston
 波托馬克 Potomac
 波特蘭 Portland
 彼克非特 Berkefeld
 彼科挨諾克 Pequannock
 法國 France
 法爾河 Fall River
 芝加哥 Chicago
 肯塔基 Kentucky
 武斯忒 Worcester
 舍非爾德 Sheffield
 佛羅里達 Florida
 明尼阿波利斯 Minneapolis

九 畫

柏林 Berlin
 柏明罕 Birmingham
 柏基厄門-Perkiomen
 美利馬克 Merrimack
 美洲 America
 美茲 Metz
 美矧非斯 Memphis
 美國 United States
 俄馬哈 Omaha
 俄海俄 Ohio
 俄恩斯 Owens
 科內提卡特 Connecticut
 科契丟挨特 Cochituate
 科隆 Cologne
 查克松維爾 Jacksonville
 查爾茲吞 Charleston
 南彼茲堡 South Pittsburgh
 南福克 South Fork
 貞內西 Genesee

威尼斯 Venice
 星西那提 Cincinnati
 約翰斯敦 Johnstown
 哈特福德 Hartford
 保塔開特 Pawtucket

十 畫

馬利蘭 Maryland
 馬開特 Marquette
 馬賽 Marseilles
 馬薩諸塞 Massachusetts
 庫克 Cook
 庫忒 Kutter
 庫契林 Kuichling
 倫敦 London
 紐約 New York
 祖利克 Zurich
 哥倫布 Columbus
 格拉斯哥 Glasgow
 桑提挨哥 San Diego
 挨爾邁拉 Elmira
 密士失必 Mississippi

十一 畫

密爾高基 Milwaukee
 密蘇利 Missouri
 得吞 Dayton
 得拉韋爾 Delaware
 得特拉特 Detroit
 得麻恩 Des Moines
 得累斯登 Dresden
 得普蘭 Des Plainese
 荷蘭 Holland

開羅 Cairo
 累定格 Reading
 康薩斯 Kansas
 埠斯利恩 Bethlehem
 曼德斯特 Manchester
 基爾斯推特 Kiersted

十二畫

喜門 Chemung
 喜愛達姆 Shiedam
 斯托克吞 Stockton
 斯波康 Spokane
 達文波特 Davenport
 達爾林 Darling
 斐西耶 Fischer
 非列得爾菲亞 Philadelphia
 猶馬 Yuma
 勞楞斯 Lawrence
 華盛頓 Washington
 渥斯哀姆 Wortham
 渾索開特 Woonsocket

十三畫

新罕布什爾 New Hampshire
 新英格蘭 New England
 新奧雷安斯 New Orleans
 新澤西 New Jersey
 聖保爾 St. Paul
 聖腓 Santa Fe
 聖路易 St. Louis
 塞哥維阿 Segovia
 塞維爾 Seville
 瑞士 Switzerland
 頓弗 Denver

愛俄瓦 Iowa
 落機山 Rocky Mountain
 楊格斯坦 Youngstown
 蒙特累挨爾 Montreal
 普羅維頓斯 Providence
 愷撒布羅能 Kaiserbrunnen

十四畫

維也納 Vienna
 維克斯堡 Vicksburg
 窩楞 Warren
 賓夕法尼亞 Pennsylvania

十五畫

徹斯志 Chester
 徹爾西 Chelsea
 德國 Germany
 歐洲 Europe
 墨西哥 Mexico
 摩俾爾 Mobile

十六畫

盧伊斯維爾 Louisville
 邁能 Maigne

十八畫

薩凡那 Savannah
 薩德巴利 Sudbury
 舊金山 San Francisco

十九畫

羅克 Rock

羅克福德 Rockford

羅馬 Rome

羅埃爾 Lowell

羅斯安哲爾斯 Los Angeles

羅徹斯志 Rochester

懷科夫 Wyckoff

二十五畫

鹽湖城 Salt Lake City

單位換算表(I)

英 制

1. 長 度	1 呎 (foot) = 12 吋 (inch) 1 碼 (yard) = 3 呎 (foot) 1 哩 (mile) = 5,280 呎 (foot) 1 海里 (nautical mile) = 6,080.20 呎 (foot)
2. 面 積	1 英畝 (acre) = 43,560 平方呎 (square foot) 1 平方哩 (square mile) = 640 英畝 (acre)
3 體積及容量	1 美加侖 (U. S. gallon) = 4 夸脫 (quart) = 8 品脫 (pint) 1 美加侖 (U. S. gallon) = 231 立方吋 (cubic inch) 1 英加侖 (Imperial gallon) = 1.2003 美加侖 (U.S. gallon)
4. 重 量	1 磅 (pound) = 16 盎司 (ounce) = 7,000 格蘭 (grain) 1 短噸 (short ton) = 2,000 磅 (pound) 1 長噸 (long ton) = 2,240 磅 (pound)

米 制

1. 長 度	1 米 (meter 即公尺) = 100 厘米 (centimeter) = 1,000 毫米 (millimeter) 1 千米 (kilometer 即公里) = 1,000 米 (meter)
2. 面 積	1 亞爾 (are 即公畝) = 100 平方米 (square meter) 1 平方千米 (square kilometer) = 10,000 亞爾 (are)
3. 體積及容量	1 立 (liter 即公升) = 1,000 立方厘米 (cubic centimeter) 1 立方米 (cubic meter) = 1,000 立 (liter)
4. 重 量	1 仟克 (kilogram 即公斤) = 1,000 克 (gram) 1 米制噸 (metric ton 即公噸) = 1,000 仟克 (kilogram)

中國市制

1. 長 度	1 市尺 = $\frac{1}{3}$ 米 (meter) 1 市里 = 1,500 市尺
2. 面 積	1 市畝 = 6,000 平方市尺
3. 容 量	1 市升 = 1 立 (liter) 1 市石 = 10 市斗 = 100 市升
4. 重 量	1 市斤 = $\frac{1}{2}$ 仟克 (kilogram) 1 市担 = 100 市斤

中國科學社工程叢書
實用土木工程學
第七冊

給水工程學

中華民國二十九年六月初版
中華民國三十六年十月三版

版權所有 翻印必究

原著者	Frederick E. Turneaure
譯述者	顧世楫
主編者	汪胡楨 顧世楫
發行人	楊孝述
發行所	中國科學圖書儀器公司 上海中正中路五三七號
分發行所	中國科學圖書儀器公司 南京 廣州 漢口 重慶 北平

基價310

CE7

8/2-0.10

1 gal = 7.5 gal.
1 gal @ 13.3

單位換算表(II)

英制與米制之互化

類	別	由英制化米制	由米制化英制
1.	長 度	1 吋 = 2.5400 厘米 1 呎 = 0.3048 米 1 哩 = 1.6094 仟米	1 厘米 = 0.3937 吋 1 米 = 3.2808 呎 1 仟米 = 0.6214 哩
2.	面 積	1 平方吋 = 6.4516 平方厘米 1 平方呎 = 0.0929 平方米 1 英畝 = 40.4690 亞爾 1 平方哩 = 2.5898 平方仟米	1 平方厘米 = 0.1550 平方吋 1 平方米 = 10.7639 平方呎 1 亞爾 = 0.0247 英畝 1 平方仟米 = 0.3861 平方哩
3.	體積及容量	1 立方吋 = 16.3871 立方厘米 1 立方呎 = 0.0283 立方米 1 美加侖 = 3.7854 立 1 英加侖 = 4.5437 立	1 立方厘米 = 0.0610 立方吋 1 立方米 = 35.3145 立方呎 1 立 = 0.2642 美加侖 1 立 = 0.2201 英加侖
4.	重 量	1 格蘭 = 0.0648 克 1 磅 = 0.4536 仟克 1 長噸 = 1.0161 米制噸 1 短噸 = 0.9072 米制噸	1 克 = 15.4322 格蘭 1 仟克 = 2.2046 磅 1 米制噸 = 0.9842 長噸 1 米制噸 = 1.1023 短噸
5.	其 他	1 磅/平方吋 = 0.0703 仟克/ 平方厘米 1 呎-磅 = 0.1383 千克-米	1 仟克/平方厘米 = 14.2244 磅/平方吋 1 仟克-米 = 7.2331 呎-磅

附各項常數表

$$\pi = 3.141,592,654 \quad g = 32.2 \text{ 呎/秒/秒} = 9.81 \text{ 米/秒/秒}$$

$$1 \text{ 馬力 (Horse Power)} = 550 \text{ 呎-磅/秒} = 0.7457 \text{ 仟瓦 (Kilowatt)}$$

$$1 \text{ 仟瓦 (Kilowatt)} = 1.3405 \text{ 馬力 (Horse Power)}$$

$$1 \text{ 大氣壓力 (Atmospheric pressure)} = 14.697 \text{ 磅/平方吋}$$

$$= 1.033 \text{ 仟克/平方厘米} = 29.921 \text{ 吋水銀柱} = 760 \text{ 毫米水銀柱}$$

$$1 \text{ 弧度 (Radian)} = 57.29578 \text{ 度 (degree)} = 57^{\circ}17'44.''81$$

$$1 \text{ 度 (degree)} = 0.01745 \text{ 弧度 (Radian)}$$

$$e = 2.718,281,8$$

$$M = \log_{10} e = 0.434,294,5$$

附註：中國市制與米制之換算，可按 1 米 = 3 市尺，1 仟克 = 2 市斤及 1 立 = 1 市升之關係直接求之。若欲將中國市制與英制換算，當先化成米制，再間接求之。

國立臺灣大學圖書館

445.2

1771

登錄號

531725

0531725



624(08)(CE7)

3024 基價 310