

大學叢書

溝渠工程學

顧康樂著

商務印書館發行

大學叢書

溝渠工程學

Spuller

大學叢書委員會

委 員

丁燮林君 王世杰君 王雲五君
任鴻雋君 朱經農君 朱家驊君
李四光君 李建勛君 李書華君
李書田君 李聖五君 李權時君
余青松君 何炳松君 辛樹幟君
吳澤霖君 吳經熊君 周 仁君
周昌壽君 乘 志君 竺可楨君
胡 適君 胡庶華君 姜立夫君
翁之龍君 翁文灝君 馬君武君
馬寅初君 孫貴定君 徐誦明君
唐 鈺君 郭任遠君 陶孟和君
陳裕光君 曹惠羣君 張伯苓君
梅貽琦君 程天放君 程演生君
馮友蘭君 傅斯年君 傅運森君
鄒 魯君 鄭貞文君 鄭振鐸君
劉秉麟君 劉湛恩君 黎照寰君
蔡元培君 蔣夢麟君 歐元愷君
顏任光君 顏福慶君 羅家倫君
顧頡剛君

大學叢書
溝渠工程學
顧康樂著



商務印書館發行

弁 言

入其國，田野不開，交通不便，何得謂之治國；入其市，道路泥濘，塵穢山積，何得謂之良市。夫都市者，或為政治中樞，或當交通孔道；商賈懋遷，文化倡導，莫不出入於是焉。蓋一國精華之所聚，不啻其文化程度之指標；視國者，每於此卜之。然則市政之講究，其有不容後者矣。

市政之目的，乃謀市民全體之福利也。人之樂生，原於天性。凡百事業之振興，必須人民有強健之體格與精神。欲臻強健，非有衛生之環境不可。今居都市之中，使全市皆穢惡腐敗，則屋內無可獨保其清潔。雨天泥水濺膝，晴日蚊蠅飛集，以致疾疫細菌蔓延廣佈，豈非人生之障礙？是故衛生工程之學尙焉。

溝渠工程為衛生工程之重要部分。吾人之福利由是增，生命由是存；即曰國家之文明亦所由是表現者，初未嘗不可也。吾國溝渠事業，素稱窳敗，研究此學之專書，至為缺乏，此則著者撰述斯冊之主旨也。

本書材料為數年來執教交通大學之講稿，其主要參考為：溝

渠專家梅卡夫與愛迪 (Metcalf & Eddy) 二氏之美國溝渠實驗考 (American Sewerage Practice)，教授巴別脫氏 (Babbitt) 之溝渠工程，與教授涅格頓氏 (Ogden) 之溝渠設計，溝渠建築等書，暨中西工程書籍雜誌。採擇各著之精粹，以熔冶於一爐。

本書列舉各章，詳述溝渠設計，建築與養護之原理及方法。所用名詞，如無適當者，則參酌其意義而逡譯之。現用溝渠尺寸，均取英尺為單位；若改用公尺則成繁複小數，不便記讀。故一切度量衡單位，仍用英美制，並於書末附比較表以備參考。關於溝渠之名稱，未嘗一致，有溝系，渠道，水溝，洩穢系等。日人稱之曰下水道，而以供水（自來水）為上水道，取其一貫之意義也。

本書於忙中抽暇為之，兩易寒暑，始告厥成。第恐魯魚亥豕，在所不免。海內外學者不吝賜正，實所企幸。各教授，各工程家相與諮詢探討，獲益良匪淺鮮，並誌謝忱。

民國二十二年春，顧康樂識於上海交通大學。

目 錄

第一章 緒言	1
1. 要義 2. 歷史 3. 污水之收集 4. 污水處置方法	
5. 污水處理方法 6. 定義	
第二章 設計之預備工作	6
7. 準備 8. 估價 9. 理財方法 10. 設計之預備	
11. 地下測量 12. 鑽探	
第三章 污水量	12
13. 旱流 14. 人口 15. 預計之範圍 16. 人口	
統計之來源 17. 人口密度 18. 面積變更 19.	
人口與污水流量之關係 20. 地區狀況 21. 污	
水流量之高低 22. 地水之作用 23. 計算污水	
量方法結論	
第四章 暴雨水量	22
24. 理論方法 25. 雨水降率 26. 水流集合時間	
27. 表面性質 28. 經驗公式方法 29. 暴雨之	

大小	
第五章 溝渠水力學	32
30. 原理 31. 公式 32. 公式之圖解 33. 例題	
34. 溝渠中之未滿水流 35. 溝渠形式與選擇	
第六章 溝渠系統設計	56
36. 計畫 37. 地圖 38. 分水溝系之佈設 39.	
窰井之位置及編號 40. 洩水面積 41. 污水量	
42. 地面縱斷面 43. 溝渠坡度與直徑 44. 溝	
渠縱斷面 45. 溝系計畫 46. 街旁水口之位置	
47. 洩水面積 48. 用麥氏公式計算洪流 49.	
用理論方法計算洪流	
第七章 溝渠附屬品	74
50. 名稱 51. 窰井 52. 燈井 53. 水口 54.	
截留井 55. 沖洗缸 56. 虹吸 57. 調節器	
58. 會合部 59. 出口 60. 基礎 61. 暗溝	
62. 房屋連管	
第八章 污水之抽升	102
63. 需要 64. 設備 65. 滂浦 66. 藏水池之容	
量 67. 離心滂浦之裝設 68. 抽水機器之比較	
第九章 溝渠材料	108
69. 材料 70. 熔瓦管 71. 水泥及混凝土溝管	

72. 混凝土之配合比例	73. 混凝土之防透水	
74. 混凝土之混和及放置	75. 溝磚	76. 熔瓦塊
77. 鑄鐵鋼	78. 溝渠形式之研究	
第十章 管圈設計		132
79. 地下溝管之應力	80. 地下溝管之載重	81. 圓形管圈之應力
82. 溝拱之分析	83. 鋼骨混凝土溝渠之設計	84. 實用溝渠
第十一章 開掘及填覆		148
85. 施工規則	86. 人工開掘	87. 機器開掘
88. 岩石開掘	89. 機力鑽孔	90. 鑽孔深度及直徑
91. 鑽孔距離	92. 爆發藥	93. 導線及導炸物
94. 裝配，填實，開火	95. 隧道	96. 隧道之架撐
67. 岩石隧道	98. 填覆	
第十二章 列板及撐檔		165
99. 溝壕之支撐	100. 止撐檔	101. 架列板
102. 撐板	103. 平列板	104. 豎列板
105. 泥土壓力	106. 列板及撐檔之設計	107. 鋼板樁
108. 工具	109. 流砂	110. 抽水
111. 洩水		
第十三章 施工		182
112. 工程師之責務	113. 查驗	114. 合同之解釋
115. 意外情形	116. 成本價目及估計	117. 進行

報告 118. 記載 119. 溝壕之測定 120. 管線及
 坡度 121. 轉移坡度及中心線至溝渠 122. 壕底
 之形狀 123. 裝管 124. 接縫 125. 管底 126.
 管拱 127. 瓦塊溝渠 128. 工作之進行 129. 施
 工 130. 形殼之材料 131. 形殼之設計 132. 木
 製形殼 133. 鋼皮木製形殼 134. 鋼製形殼
 135. 鋼筋

第十四章 溝渠之養護208

136. 養護工作 137. 困難原由 138. 考查 139. 修
 理 140. 溝渠之疏通 141. 溝渠之沖洗 142. 截
 留井之疏通 143. 溝渠之保護 144. 溝渠內之爆
 炸

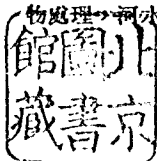
溝渠工程學

第一章 緒言

1. 要義 近世都市之衛生設施，乃依據科學原理以增進人類生活之健康與安適者也。若街衢塵穢遍地，民衆食源不潔，均致傳佈細菌釀成種種病源。都市人口增加愈密，污物積聚亦愈速。是故排除污物，提高公共衛生，實爲市政發展之要圖。

都市中遺泄之污物，有污水，雨水，灰燼，廢物等類。污水內包含糞便及其他有機物；雨水流經地面後，挾帶多量雜質。此二者俱爲溝渠工程所應解決之問題。試觀市區未設溝渠之污穢狀況，與夫大雨時之積水氾濫，比諸已置溝渠後，市民生活改善，地價高漲，迥然不同，足徵溝渠建設刻不容緩矣。

溝渠工程爲衛生工程之分支。衛生工程師所應有之任務：一爲公衆與個人健康之增進；一爲不衛生情狀之救濟；一爲流行病之防免。其所屬之事業，爲都市或縣鎮之供水，溝渠，污水及廢物處理，河水染污之防止，不潔水源之改善，街道鋪砌，街道清



淨，都市衛生，都市設計，不潔商品之取締，消毒，除穢，及房屋衛生等。故其所具學識，當有完善之土木工程學與衛生科學。

2. 歷史 紀元前八十年，羅馬國王發佈參議院通過之命令曰：「凡人民未經特許，不得浪費水量，因現有供水之一部，須作清潔城市及沖洗溝渠之用」云。古時水管與溝渠均非裝入屋內，溝渠之設僅以排洩雨水，而糞穢之傾入則干禁例，是以道旁污水穢物積滯甚多。可知十九世紀以前，排除污穢之問題，尚無相當解決焉。

倫敦市於十九世紀之初，裝設溝渠。德國亨堡與柏林先後於一八四二年及一八六〇年建造溝渠。巴黎於一六六三年裝設溝渠，專洩雨水。芝加哥在美國各城市中首先建設溝渠於一八五五年。至一九一五年，美國各大城市幾全設溝渠矣。

往昔之溝渠設計，未有計及糞便者，蓋無相當之處理方法也。英國皇家委員會，污水處理組，於一八五七年起始研究此項工作。美國政府於一八八七年設污水試驗站於麻省之勞倫斯城 (Lawrence, Mass.)。至一八九〇年刊印研究報告。

我國舊市街道下層，偶有溝渠設置。以磚石砌成長方形水槽，宣洩雨水或污水至附近河浜。第因縱橫雜置，毫無系統，既鮮效力，復易淤塞。年來國家努力建設，市政日趨改進，溝渠工程尤為急要，有待夫今後之講究也。

3. 污水之收集 未設溝渠時之污糞收集方法，有糞缸，坑

廁，或便桶等類，皆不能稱爲衛生方法。惟在鄉間偏僻之地，或因不得已而用之。

二十年前，荷蘭國工程師列安南 (Liernur) 以抽氣方法吸取各家糞污至總廠。在歐洲少數城市之一部，試用甚效，但不適用於範圍較大之城市。

最善者當推水沖法 (Water Carriage System)。屋內便缸之上裝置水箱，通接水管，並以浮筒司箱水盈滿。當清水流瀉，洗刷缸盆，更與糞便混合流向室外溝渠。若是則污水中之水量，較污質多至數百倍。故此種混合物在溝渠中流動狀態，可應用水力學原理以研究其流量，速率，及其他性質。

4. 污水處置方法 污水處置 (Sewage Disposal) 有流注江海，滲透地土，或灌溉野溝等方法，當污水處置前每需先經化製，以減少污質；並將其渣滓葬入地土，焚燒成灰，傾入大海，或充作肥料。

若江海之稀薄量，或地土之吸收量，不足以容納全市污水之灌注，其後必因飽和而漸生腐臭現象。化製之目的在改善污水狀態，以制止污水處置時之妨害。故化製程度須至不生妨害爲準。

5. 污水處理方法 處理云者，化製之謂也。簾格 (Screening) 及沈澱 (Sedimentation) 爲處理污水 (Sewage Treatment) 之初步方法。一部分浮泛與易沈物質得以去除，而污水面之浮渣，及河岸邊之污泥，亦可防免。有時加化學劑於污水中，使成凝集作

用(Coagulation)，以增進沈澱之效力與速度。以上所舉者俱為機械的方法，其除下之固質，須另行處置。較為周全之法，藉生物作用以處理污水至穩定狀態，變成清淨，透明，無臭，不腐之液體。氯或氯化物加入污水中，能減少細菌及防止傳染病，是謂殺菌法。

6. 定義 溝渠工程學中應用名詞，每易誤解，茲列舉如下：

污水(Sewage)為一種廢水，自住宅，商店，或院館，及工業廠屋等處所排洩；地下水，地面水及雨水或亦有之。

衛生污水(Sanitary Sewage)包含抽水便桶，洗衣缸或廚房洗菜缸等排洩之污水。

家屋污水(Domestic Sewage)為自住宅，商店，或院館排洩之污水。

工業廢水(Industrial Wastes)為工業製造所生廢水。

地面水(Surface Water)為地面流瀉之一部分雨水。

暴雨水(Storm Water)為地面上在暴雨時，及在暴雨後流量超出尋常流瀉量之短期間之一部分雨水。

地下水(Ground Water)為留存或流經地層之水源。

溝渠(Sewer)為移運污水之傳通管。

通用溝渠(Common Sewer)為沿街居戶均有通接及應用之溝渠。

旁溝渠(Lateral Sewer)為不再承受其他通用溝渠之污水者。

支溝渠 (Branch Sewer) 為承受二個以上旁溝渠之污水者。

總溝渠 (Main Sewer) 為承受二個以上支溝渠之污水者。

出口溝渠 (Outfall Sewer) 為自溝渠集合點至出口之一段。

分水溝渠 (Separate Sewer) 為承受家屋污水與工業廢水，而不容納地面水及暴雨水者。

合水溝渠 (Combined Sewer) 為承受家屋污水，工業廢水，與地面水及暴雨水者。

橫截溝渠 (Intercepting Sewer) 常設置與普通溝渠系統成橫截方向，以截取分水溝系之全部污水；或合水溝系之早流污水，與一部分地面水及暴雨水。

救濟溝渠 (Relief Sewer) 用於已設溝渠之市區，因其容量不足而另設溝渠，以移運一部分污水。

溝渠系統 (Sewer System) 簡稱溝系，為溝渠及其附屬件所成之收集系統；凡小規模之抽水站，用以提升低區之污水者，並亦包含之。

合水溝系 (Combined System) 為合水溝渠之系統。

分水溝系 (Separate System) 為分水溝渠之系統。

溝渠布置 (Sewerage) 包含溝渠系統，溝渠附屬件，及污水收集，處理或處置工程。

第二章 設計之預備工作

7.準備 溝渠工程之工作可分為四期，即準備，計畫，施工，與養護是也。

都市之溝渠需要，有數種原因，如高價地區缺乏洩水，建屋市區感覺不雅，或不衛生情狀，與市政當局謀將來之公眾安適。

工程師在準備時期，應盡三項責務：一曰研究各種適合於需要之可能方法；二曰擬作所得結果報告，以貢獻於負責委員會或其他組織；三曰認識計畫實施後之影響及情形，以備外界諮詢。工程師尤須訓練其品性，決斷，效率，識人，講演等等；並須具測量繪圖之技能。

工程報告中，宜參加一章，聲述另一種計畫之意見，為主要計畫之陪賓，用以比較建築成本及其利弊，最後結論，則決定一妥善方法。報告中其他各章，可論及勸辦歷史及起源，溝渠建設需要情形，經費籌劃方策等。

8. 估價 估價，亦稱成本估計，應作成易瞭解及有次序之方式。關於利息，勞工等項之估計方法，及某項之價格變遷趨向，均應附加說明。工程師所作成本估計有總括與詳細之差別，前者包含項目分列如下：

勞工。

材料。

總務費。 該項包括辦事處開支，監理，公債，借款利息，保險，運輸等，約佔包工總價百分之15至20。

意外。 約佔百分之10至15。

利益。 約居前四項總數百分之5至10。

上列五款之和數即為包工總價。其他項目歸納於工程費者如次：

設計費。

特外工作。 視準備與設計工作之完全否為定，占包工總價百分之0至15。

法律上手續費。

購地。等等。

溝渠建築成本，可計算每呎某號尺寸溝渠之平均費用；而以窰井，截留井等建築費，均核算其內。或取詳細之估計方法，分列項目如次：

開掘泥土，每立方碼價…。

開掘岩石，每立方碼價…。

填土，每立方碼價…。

磚砌窰井長短徑四呎乘三呎，每呎深度價…。

熔瓦溝管連水泥接縫，…吋對徑，0 至 6 呎深度，價…。

6 至 8 呎深度，價…。

重鋪路面，碎石路每方碼價…。

瀝青路每方碼價…。

等等。

上述二種估價之項目均各不同，視工程情形而定選用。欲得各項正確價目每非易事。我國工程事業未臻發達，建築計核絕少借鏡，工料價目均需隨時酌定。購料及工資單之每項單位價，乘該項數量，加應配之總務費，即得該項成本。各項成本之和數當為總成本。

9. 理財方法 溝渠建築費之籌措為發行市政公債，徵收特別估稅，提用市政公款，或接受私人投資。

市公債為一種債券，至預定時期，由市政機關償還本金與相當利息於持票人。公債之擔保品，每以有稅收之市產充之。在市場中，得作證券交易。其發行條例，應先由立法機關通過。公債之種別，可分為積債，年債與分債。積債公債在預定之終結日還本，按年或分期付給利息。年債公債之每年所償本利總數相等。分債公債則每期或每年償還一部分債款，如期限十年，即每

年償還本金十分之一與剩餘本金之利息。

特別估稅之稅額根據建設溝渠後，附近地人民所蒙利益之多寡為定。凡築一旁溝渠，僅一部分區域享受利益，故估稅即向此區域課收。總溝渠或出口溝渠及污水處理廠等建築，影響於全市者，則全市分配估稅。

關於公眾利益之建設可由市稅公款項下撥付經費，但須經參事會或立法機關通過。市政府所存積金既無定額；除經常費開支外可作溝渠建設費者甚鮮。

歐美都市偶以溝渠事業委託私人或公司經營。此策在其他方法發生阻礙時行之。居戶接通溝渠時，先交裝接費，自後仍按期納費。

10.設計之預備 溝渠系統設計將於第六章詳論之。設計之先，在擬建溝渠地區作詳密考察，隨錄工程師所需要之記數；對當地確實情況，亦須調查明晰以供設計與施工時參考。當工作起始，應徵集地圖。如未得適用地圖。則作實地測量。測量之精密度視工程範圍而定。廣大重要工程，以採用三角網方法為佳。城市測量既竣，乃繪製街道地形詳圖。

次則水量消耗，人口密度，雨量記載，均須調查明確。十年或二十年之雨量記載尚感不足，因極大暴雨之降落，僅數十年中偶有一次或數次遭逢也。

沿擬設溝渠路線宜舉行地下測量，探測地土狀況及地下障

礙。此項工作耗費雖多，然為估計開掘工程之便利與確實，不可忽視之，蓋包工者不悉詳情勢必增高標價也。

11. 地下測量 測量範圍視工程狀況而定。房屋密集區域當有細密觀察，人煙稀少地處祇需考驗地質狀態而已。

地下測量之利益，非惟供給工程師以設計上之便利，且可減少包工標價。蓋承攬之營造公司，洞悉地質狀況，既無意外工作發生，標價自可確定。凡地下水面，水管，煤氣管，舊溝渠，電話及電燈導管，電車軌道，熱汽管等，均須測定位置。以上各項如能得自可靠報告或圖樣則手續上較為便捷。

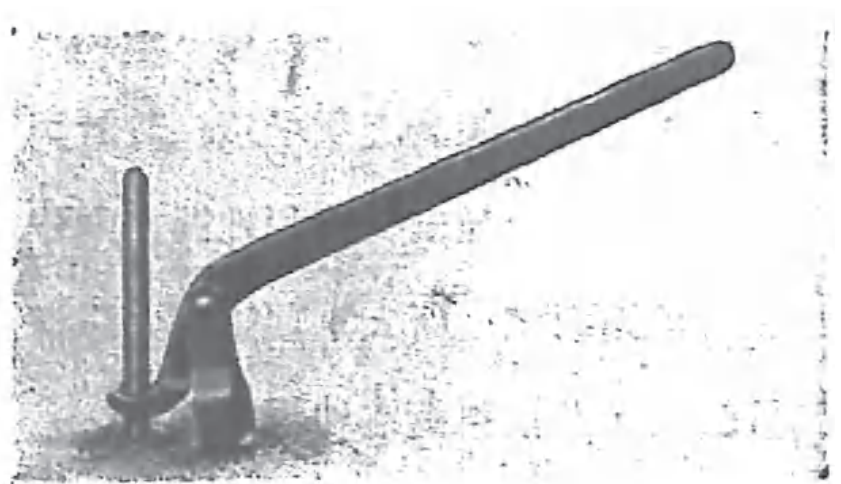
我國城市街道之地下建築尙鮮，工程自較簡易。

地下管筒之位置，以開掘法探測。地土狀況則用鑽探法試測之。

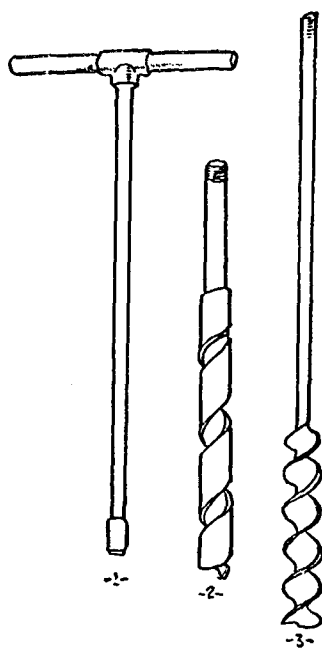
12. 鑽探 研究地土狀況所用之鑽孔具，有尖鑽與螺旋鑽二種。尖鑽為1吋對徑之圓鐵柱，每柱長約4呎，最下一端作尖錐



第一圖



第二圖 拔鑽槓



第三圖 螺旋鑽

形，上端突出螺旋，可與他節接連（第一圖）。以大錘驅擊尖鑽上節，在柔弱泥土中，可至10呎左右深度。另有拔鑽槓如（第二圖）。螺旋鑽之對徑約 $1\frac{1}{2}$ 吋（第三圖），下端作大螺旋，上部裝接橫柄，二人運轉可至20呎左右深度。此器亦僅適用於鬆軟泥層。

第三章 污水量

13.旱流 溝渠用途凡分二項。宜洩雨水者，曰雨水溝渠 (Storm Sewer)。排洩污水者，曰污水溝渠 (Sanitary Sewer)，或曰分水溝渠 (Separate Sewer)。雨水污水混合在一管者，曰合水溝渠 (Combined Sewer)。旱天無雨時，合水溝渠中僅流污水，故稱旱流 (Dry Weather Flow)。旱流之大小，依人口多寡，地區性質，水量消耗，地水滲漏等項而變遷。

14.人口 都市人口增加，每受特殊情形之影響。如新闢商埠及發展工業等，均為人口驟加之原因。在尋常狀態下，一市人口之已往記載，與相似地方人口增加之記載，可供將來25至40年時期人口預計之可恃引導。推算將來人口方法，分述如下：

(甲)圓形推廣法 此法最為迅速簡易。以歷年人口統計，繪成曲線，人口數為縱坐標，年代為橫坐標。觀其已往增進情形，推廣以測將來。美國安培那城 (Urbana) 之1950年人口數用本法

推測，約得 21000 人。此法研究都市已往人口發展，至為明顯；若憑過去事實以測將來，未必盡然。蓋昔日所影響於都市人口者，非必能喻將來者也。

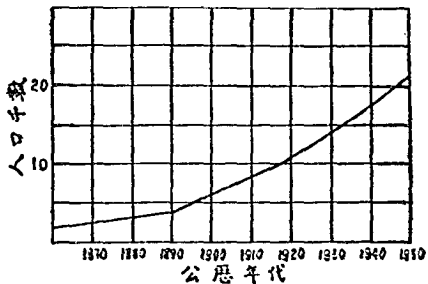
第一 表

美國安培那城之人口

年 代	人 口	每十年增加數	每十年增加百分比
1850	210	.....	.....
1860	2,038	1,828	87.0
1870	2,277	239	11.7
1880	2,942	665	29.2
1890	3,511	569	19.3
1900	5,728	2,217	63.1
1910	8,245	2,517	43.9
1920	10,230	1,985	24.1

(乙) 均勻加率

法 研究已往每十年人口增加率，得一適宜平均數，以之推算將來人口，謂之均勻加率法。例如安培那城在已往七個十年中，每



第四圖 預計人口之一法

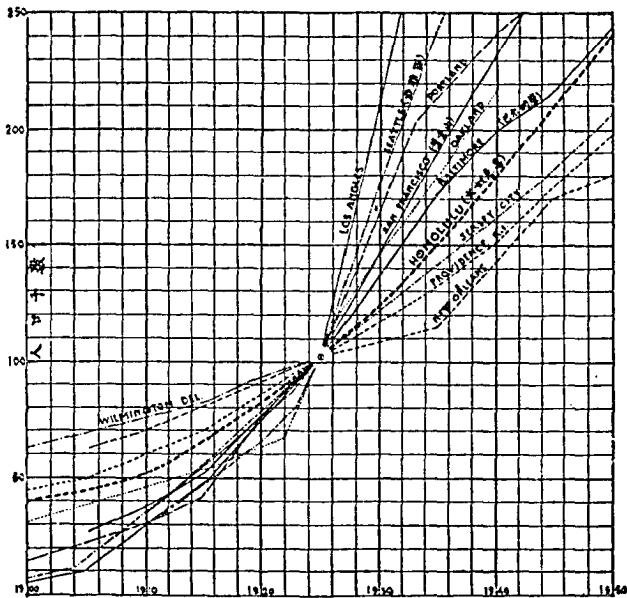
次增加率約為百分之20，以此率推算自1920年至1950年人口數，得17800人。此法計算易生極大之不正確，蓋人口表內所示，不能規定增加率至十分切當也。

(丙)減率增進法 凡新興都市之人口增加率，於起始時較速。若以此率推算將來人口，勢必過多。本法係糾正前法之誤點。凡城市年代既久，人口增加率逐漸減低。依此原理以預測人口之方法，先繪人口增進之曲線至本年止。由曲線終點加一切線，復在切線下，參考附近大舊城市情形，擬繪彎勢較緩之曲線，推得將來人口約數。

(丁)數量增進法 以均勻加率法推算人口，或有數目過大之弊。數量增進法則以前數十年之人口增加實數，加諸現今人口數，以推測將來。例如安培那城已往人口，約為每十年加增2000人，自1920年至1950年約為16000人。

(戊)圖形比較法 採集若干人口較多而性質相似之城市人口統計表，繪成以年代為橫坐標，人口為縱坐標之若干曲線；並以所研究之城市人口數為原點。例如第五圖檀香山火奴魯魯城 (Honolulu) 溝渠及給水委員會研究人口數所作曲線。先繪本城之人口曲線及其他較大城市之若干人口曲線，而後以現今火奴魯魯人口數為原點，其他城市亦曾有該人口數者均聚集於同一原點。如是各線集成一區；即以此為範圍，引長火奴魯魯之曲線如圖。

上述第五方法，最為合理。所得結果，堪稱近情。第二方法



第五圖 火奴魯魯人口推算 (1925-1940)

計算便捷，可得約數。第四方法適用於舊市。

15. 預計之範圍 溝渠大小既以污水多寡為準；而污水容量，又與人口增進相關；人口增加數量，與年俱進，時期長則污水多，污水多則溝渠大；然未及此時期，而溝渠先已破壞，則又徒耗建設費用而已。如預計時期過短，則屆期之溝渠材料尚可耐用，而容量已感不足，拆除重建亦非經濟之道。凡污水溝渠設計必須適合將來情狀。其理想的年限，為在此期間有滿意之溝渠設

備，而其平均之每年成本，應為最小數。若在此年限初期，僅設置較小溝渠，而於後期續增溝渠以補不足，雖可得同等用途，然其建築成本，已較增多多矣。反之，若溝渠尺寸超過其經濟的限度，非惟建築成本增大，且因其初期利用之容量甚小，污水流速極緩，遂有發生沈澱及阻礙等弊害。是故預計年數，當審察城市情形並意想他日適用狀況而定。歐美通例，約以三十或四十年為適中年數。

16.人口統計之來源 城市人口統計，為市政府公安局或縣政府之工作。我國人口調查，每有不正確之弊。首都警察廳每月有南京人口數報告，其他市縣有一年或數年調查一次者。美國則每十年作一次詳密之調查，每年有學校學生數統計，（小學生人數與人口有密切關係）。凡市公用事業，如郵政，給水，電車，煤氣，電燈，電話等收入，亦可供人口增進或變遷之參考。

17.人口密度 城市各區及各段之人口數較全市人口總數尤為重要；蓋溝渠之分佈，以污水量多寡為標準者也。一區之人口數，可實地調查，或參考他處比較而得。如已知其密度，以面積乘之，即得該區人口數矣。較簡方法，為統計房屋總數，並假定每宅人口數。第二表示美國大城市之人口密度。

第 二 表

美國城市之人口密度

每畝之人口密度

五層以上之連續房屋在中下等區域	750—1000
五層或六層之連續房屋在中等區域	500— 750
六層上等租住房屋	300— 500
三層或四層住屋及密集工商區域	100— 300
五十呎以上開闊之住宅或普通商業區	50— 100
稀寂區域及分散住宅	0— 50

18.面積變更 欲解決溝渠建設之範圍，當預計市區面積之變遷。如人口數不變，而面積擴大，則污水量亦得增加，因溝渠接縫處之地水滲入量依其長度為比例也。預計城市面積之大小，常較預計人口數為不正確，因其變遷條件，不易斷定。若以城市時期與面積關係，繪成曲線而引長之，則所得結果，係根據已往之地積發展以推測將來，仍非可恃。工程師如對地方情形不甚熟悉，可諮詢經營地產事業者及工商要人，並細察其市之政治商業地位。

19.人口與污水流量之關係 流入溝渠之污水量，大概與水量消耗相近，另加地水滲入量。按市民耗水，非完全變成污水而流入溝渠者。若水管滲漏，草地澆水，救火或製造用水等，均為不流入溝渠之耗水。然有自給井水或用他種水源之居戶，排泄其污水於溝渠，適足以調和上項之短缺也。據美國新奈的城 (Cincinnati) 之統計，每人每日耗水量自 125 至 150 加侖，其中百分之 38，消耗於鐵路，澆水，製造，滲漏，及未接溝渠之用水戶等。

各市之每人水量消耗，差異甚大。考其原因，如水表裝設之多少，水之性質，氣候，人口，及水壓等均與耗水量有直接關係。美國市民用水甚多，每人每日水量消耗，自40至400加侖不等。裝表後之水量，僅及未裝時之半。若水價低廉，水量充足，水質清淨，人口增加等，均為增加水量消耗之要素。

20.地區狀況 城市地域可分為商業，工業，住宅等區。住宅區可再分為稀居，常居，密居，富居，貧居等。商業區則有零售鋪，寫字房，或批發店。工業區有工廠，鐵廠等等。

在3000人以下之小市，無細別各區之必要；即假定各區有相同污水量可矣。大城市各區之污水量，相差頗大。美國數個著名市之平均污水量，約計如第三表。

第 三 表
各區之平均污水流量約計

地 區	污 水 流 量
工 業 區	12000 加侖 (在一噸一日內)
商 業 區	50000 加侖 (在一噸一日內)
住 宅 區	100 加侖 (每人每日)

通常計算水量消耗或污水量之多寡，以每人每日之加侖數為單位。在工商區域，或可以每方呎地板面積之加侖數計算。例如在紐約市每千方呎地板面積之水量消耗，約為旅館 600 加侖，租

屋 300 加侖，寫字房 300 加侖。

預計工商區之將來污水流量，宜研究其地發達狀況，並依據工商業之耗水需要而定。

21. 污水流量之高低 任何區域之污水流量，輒變遷無定，一年四季，一星期七日，與一日間之二十四小時常有不同。溝渠設計以最大與最小流量為主要原素，第一有充足容量，以歸納最高污水流量，第二有相當坡度，以免在最低流量時發生沈澱物之滯積。最高與最低流量，常以平均流量之百分比表明。

最高流量與平均流量之百分比，不能以定數示之。供給污水區域之人口愈少，則高低變遷愈大。下列算式即示此關係。

$$M = \frac{500}{P^{\frac{1}{3}}}$$

式中 M 示最高對平均流量之百分數，P 示供給污水之人口千數。此式適用於人口在一千至一百萬之間者。由人口約數與水量消耗，先得平均污水量，以平均量乘百分數 M，即得最高污水量。哈門氏 (Harmon) 在設計托里濱 (Toledo, Ohio) 總溝渠時所用算式，為

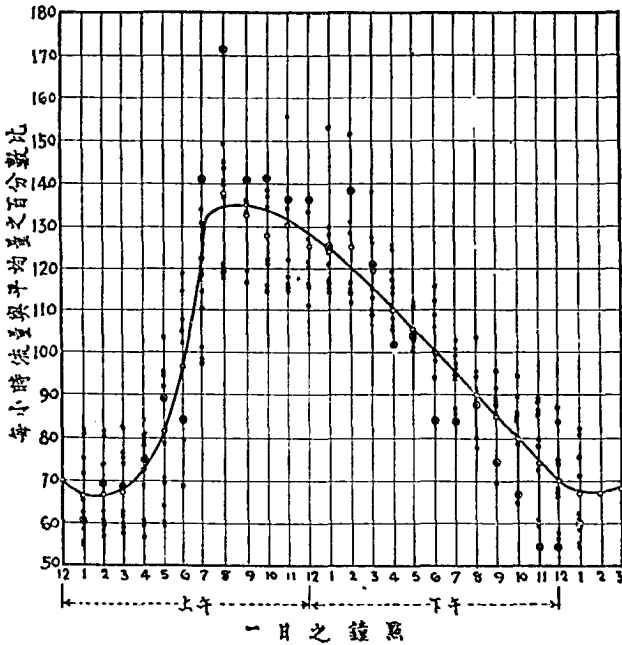
$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P}}$$

又康奈爾 (Cornell) 大學教授渥格頓氏 (Ogden) 之意見，凡污水管之設計，假定污水流在溝渠中至半滿為度，蓋即以 M 作 2 倍也。

平均流量與最小流量之百分比。亦可以上式約計之。

工業區與商業區之流量變遷，與住宅區不同，必須觀察當地工商狀況，以定其高低。故上列二式祇適用於住宅區之溝渠設計。

一星期中每日之污水流量，變化甚大，通常以星期一為最多，星期日為最少。四季之每日平均流量，亦有高低，由於水量



第六圖。歐美各城市污水流量之每小時變遷

消耗之差異，與地水情形之不同也。每時，每日，每季，之流量高低，為計劃滂浦站 (Pumping Station) 之用。滂浦 (Pump) 之容量及工作時間，悉依流量變遷而定。第六圖示英美及加拿大等國數個城市之污水流量之每時平均變遷情形。考此曲線之位置，常在水量消耗之相當曲線後。

22.地水之作用 溝渠之裝設，與水管不同，後者須全不透水，前者因不受高水壓力，故接縫無需十分密切，地水得由縫隙滲入，其滲入地水之容量，與縫隙大小，泥土性質，地水多寡等，均有關係。通常所用單位，為每哩溝渠每日地水滲入之加侖數。依工程師之研究，地水每日每哩滲入量，自5,000至80,000加侖不等，計算時可假定為50,000加侖。

23.計算污水量方法結論 上述各節既已討論污水量之計算方法，茲更簡括如下列次序：

1. 預計溝渠應用至若干年代；
2. 估計在此年代時之人口與連通溝渠面積；
3. 估計水量消耗，並假定污水流量等於水量消耗；
4. 估計最高及最低污水流量；
5. 估計地水滲入量，加最高污水量，得該處溝渠應容納之污水總量。

第四章 暴雨水量

24.理論方法 雨水及融化冰雪，自地面流入雨水溝渠或合水溝渠。設計此種溝渠之先，須估計雨水降率。合水溝渠所容納之暴雨水量恆較多於污水量遠甚，故其設計，亦以暴雨水量為標準。當雨水下降地面，應即時排洩，以免道路或房屋積水。需要洩除之水量，視三種要素而定，即降雨驟緩，地面性質坡度，及洩水面積是也。計算暴雨水流瀉量 (Run-off) 之任何方法，均依此為原則。

所謂理論方法者，即下列方式之應用也。

$$Q = A I R$$

式中 Q = 暴雨水流瀉量 (每秒立方呎 o. f. s.)

A = 洩水面積 (Drainage Area) (畝 Acre)

I = 滲透度 (Imperviousness) (百分數)

R = 洩水面積內，水流集合時間之最大雨水降率。(每小時

吋數 Inches per Hour)

估計暴雨水量之實用方法，須恃工程師之判斷。若二工程師各自計算關於雨水溝渠，在經濟時期內應佈展至何處區域，適合於洩水區域之雨水降率，溝渠之雨水流入量，等項，常不能得一致之結果。雖然，理論方法之優點，在工程師能分析局部環境與情狀，以決斷各項選用數值。

25. 雨水降率 各地雨量紀載，除充水利農業之基本材料外，為雨水溝渠設計之重要紀錄。凡大雨之降落時間，必不長久；即長期降雨之雨水降率(Rate of Rainfall or Intensity of Precipitation)必定緩慢也。然則雨水降率與降雨時間成反比例，明矣。雨水降率之單位，以每小時吋數表示。例如20分鐘間，降雨1吋，則其雨水降率為每小時3吋。各地氣候，溫度，位置，及雨水分佈，均各差異，雨水降率公式，亦因地而易。多數降雨公式常寫成

$$R = \frac{a}{t+B} \text{ 或 } R = \frac{a}{t^b}$$

第二期中指數 b 自 0.5 至 0.7。式中 R = 雨水降率（每小時吋數）， t = 時間（分鐘），

第 四 表
降 雨 公 式

計定公式之姓氏	應用處所	公 式
鐸埃(E. S. Dorr)	波士頓附近(設計所用)	$R = \frac{150}{t+30}$

戴爾白(A. N. Talbot)	美國東部之最大暴雨	$R = \frac{360}{t+30}$
戴爾白(A. N. Talbot)	美國東部之暴雨	$R = \frac{105}{t+15}$
寇迄林(E. Kuichling)	紐約附近之暴雨	$R = \frac{120}{t+20}$
康脫(Le Conte)	舊金山	$R = 7/t^{\frac{1}{2}}$
煥門(Sherman)	波士頓之最大暴雨	$R = 18/t^{\frac{1}{2}}$
腦夫(Knauff)	柏林	$R = \frac{25.6}{t} + 0.61$
歇爾(C. D. Hill)	芝加哥	$R = \frac{120}{t+15}$
愛倫(K. Allen)	紐約省中央公園	$R = \frac{400}{2t+40}$

溝渠工程師所應注意者，為造成最大流澇量之降雨時間之雨水降率，而對全日降雨量並不重視也。

26. 水流集合時間 由洩水面積內，最遠處之一滴雨水，流至出口處所需時間，謂之集合時間 (Time of Concentration)。設有某地降雨，假設其地面坡度相等而全不透水，雨水降率又始終平均，則在出口處之水流，漸漸增加至最遠處水滴亦達到出口處時始止。其後水流成爲定量。然實際上之雨水降率，輒高低不一，則一定洩水面積內，於集合時間所得之水流，必爲最大。

一地之集合時間測定方法，即觀察降雨起首時至出口處水流最大時之期間爲準。工程師研究市內一路格 (Block)，建築房屋或鋪砌路面者，其集合時間約自 5 至 10 分鐘。在尋常地面上水流

速度，可用下式約計之，

$$V = 2000 I \sqrt{S},$$

式中 V = 地面水流速度，（每分鐘呎數）

I = 地面難透度，（百分數）

S = 地面坡度。

如地面上築有洩水明溝 (Drainage Channal)，溝內流速當另行計算。

集合時間既已測定，代入前表降雨公式，所得雨水降率即24節理論方法中需用之 R 。

27. 表面性質 雨水注入溝渠之容量，視表面建築，或地土鬆密及透水性與坡度等情形而有相當成數。天雨初降，表面乾鬆，水分吸收與蒸發量極富。越數分鐘，表面浸濕，吸收既少，流瀉 (Run off) 漸增。混凝土屋面或瀝青路面上之雨水，因表面光潤之故，幾使全部雨水流瀉入溝渠。碎石或泥沙道路，與草地園圃之屬，常依表面坡度大小，以定流瀉多寡。凡潮濕或冰凍地面，洩水甚速，積雪受春雨融化時，流瀉溝渠之水量竟可超出降雨水量。第五表示各種表面之難透度 (Relative Imperviousness)，表中所示成數，係減去吸收及蒸發之餘數。

第五表

難透度

不透水屋面

.70— .95

完善瀝青路	.85-.90
磚石木塊砌路，有水泥或瀝青膠縫	.75-.85
同上砌路，不用膠縫	.50-.70
次等砌路	.40-.50
碎石路	.25-.60
卵石路面或人行道	.15-.30
沙土空地或鐵路車場	.10-.30
公園花園草地（表面坡度與底層泥質情狀）	.05-.25
樹區或林場（表面坡度與底層泥質情狀）	.01-.20

又有著名工程師主不用第五表十分詳細數目而擇簡略者如次：

市屋密接之區	0.70-0.90
房屋毗連之區	0.50-0.70
房屋分隔之上等住宅區	0.25-0.50
鄉間房屋稀少之區	0.10-0.25

由前表可得任何混合地區之難透度。例如某區屋面佔全地面積百分之15，其難透度為 .95；路面佔百分之30，難透度 .90；草地佔百分之40，難透度 .15；園圃佔百分之15，難透度 .10；全區之混合難透度成 0.4875，或取整數 0.50。

28.經驗公式方法：天降雨水既非完全流入溝渠，關於估計確實流瀉量之方法，久經工程師之研討。往昔英國工程師初次建設地下洩水溝渠時，每不顧降雨水量之多寡，而僅參考路旁水槽或

明溝之大小，以決定溝渠尺寸。其後採用各種公式，式中包含系數，如洩水區域面積，形狀，或坡度等，有時並加入雨水降率之關係數。最著名之經驗公式列舉如下：

瑞士工程師盤格利氏 (Burkli-Ziegler 1880) 最初引用公式

$$Q = C R A^4 \sqrt{\frac{S}{A}}$$

Q = 流瀉量 (每秒立方呎 c. f. s.)

R = 最大雨水降率 (每小時吋數) 由經驗常識擇定之，約為
每小時 1 至 3 吋

S = 地面坡度 (每千呎距離之呎數)

A = 面積 (畝)

C = 地面系數或難透度，在本式中約為 0.7。

美國工程師麥克麥斯 (Mc Math 1887) 依據聖路易城 (St Louis) 情況，用相似公式，

$$Q = C R A^5 \sqrt{\frac{S}{A}}$$

麥氏並以 C=0.75, R=2.75, S=15。此式在美國溝渠設計時應用頗廣，即 C, R, S 等數值變更後，仍可代入此公式中。

又格利瓦萊氏 (Gregory 1907) 公式

$$Q = C R A S^{0.186} / A^{0.14}$$

凡不透水地面用 CR=2.8

其他工程師所引證而採用之公式尚多，梅卡夫與愛迪二氏

(Metcalf & Eddy)之簡單公式

$$Q = \frac{25000}{A + 125} + 15$$

范寧氏 (Fanning) 公式

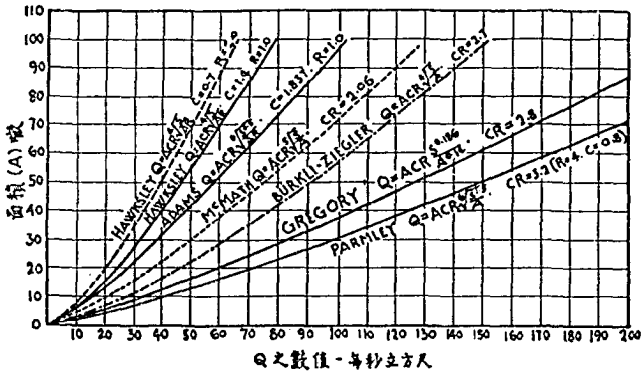
$$Q = 200M^{\frac{1}{3}}$$

及戴爾白氏 (Talbot) 公式

$$Q = 500M^{\frac{1}{4}}$$

以洩水面積 M (方哩) 為關係數，祇適用於廣大面積。

第七圖所示若干公式繪成曲線之比較，相差甚遠，蓋工程師各自審察當地情形而制定公式者也。



Q = 每秒立方尺流入溝渠, R = 雨水降率, 每小時吋數
 Δ = 洩水面積, 畝, S = 坡度 (每1000分之吋數)
 C = 常數

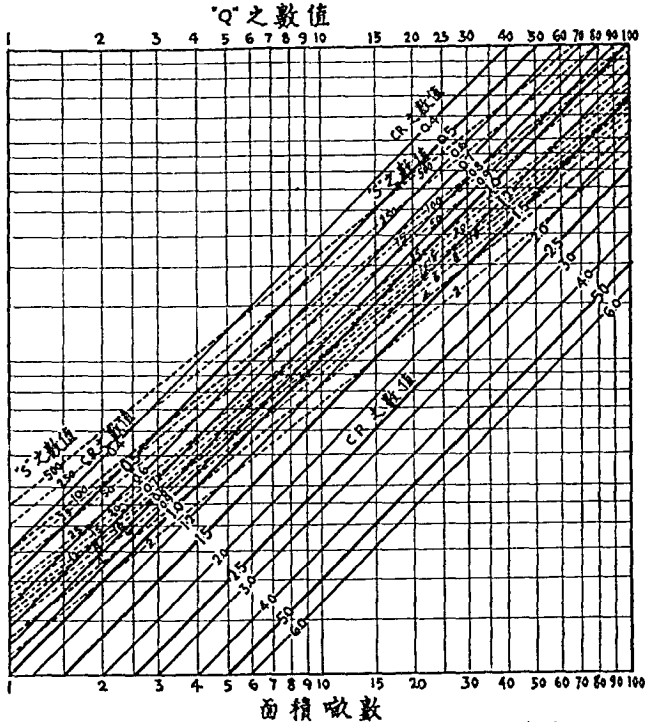
第七圖 流溝量公式之比較, 公式中 $S = 10'$

第六表
用於第八圖中C R之數值

C	R					
	2.25	2.50	2.75	3.00	3.50	4.00
0.3	0.68	0.75	0.83	0.90	1.05	1.20
0.4	0.90	1.00	1.10	1.20	1.40	1.60
0.5	1.13	1.25	1.38	1.50	1.75	2.00
0.6	1.35	1.50	1.65	1.80	2.10	2.40
0.7	1.58	1.75	1.93	2.10	2.45	2.80
0.75	1.69	1.88	2.06	2.25	2.63	3.00
0.8	1.80	2.00	2.20	2.40	2.80	3.20
0.9	2.03	2.25	2.48	2.70	3.15	3.60

以上公式所得結果，常不若理論方法之可恃。溝渠設計中，每參用二法，以資校核。麥氏公式可應用圖解法（第八圖）。圖中C R之數值示於第六表；C之數值係根據洩水地區內屋面及砌路面積之百分數，及其餘部分之地土性質，如下表：

不透水面積(百分數)		C	不透水面積(百分數)		C
砂 土	泥 土		砂 土	泥 土	
0	...	0.10	37	28	0.40
5	...	0.14	53	46	0.50
10	...	0.18	73	70	0.70
16	5	0.23	100	100	0.90
25	15	0.30	...		



第八圖. 麥氏公式計算之流滂量

麥氏公式之圖解法如下：由圖底已知面積數，沿豎線向上與坡度線相交；而後沿平線與CR線相交；從此點沿豎線向上，查視圖頂之流量數值。例如，設不透水面積佔砂土地面百分之5，可知 $C = 0.14$ ；或佔泥土地面百分之5，則 $C = 0.23$ 。CR之數值可

由第六表查得，或以C乘R數值。

29.暴雨之大小 設計雨水溝渠時，應決定其地域之暴雨。極大暴雨之降落機會甚少。若預備過大溝渠以待最大暴雨降臨，可謂建設成本之無理損失。適當方法惟有設置容納普通暴雨之溝渠，而在極大暴雨時，則任其滿溢。所應注意之點，在因溝渠滿溢所蒙之損失，當較增大渠徑之費用為低耳。寇氏 (Kuichling) 及梅氏 (Metcalf & Eddy) 各研究暴雨降落機會，以兩種公式示之

寇氏公式

梅氏公式

$$\text{十年中或有一次} \quad R = \frac{105}{t+20}; \quad R = \frac{12}{t^{0.5}}$$

$$\text{十五年中或有一次} \quad R = \frac{120}{t+20}; \quad R = \frac{15}{t^{0.6}}$$

式中R = 雨水降率 (每小時時數)

t = 時間 (分鐘)

第五章 溝渠水力學

30.原理 溝渠水力學者，應用水力定理以研究渠道之水流也。以水力性質言，污水與清水相差至微，故應用公式亦同。通常假定水管中流水因與管面所生阻力而損失之能力 (Energy) 依速率 (約為二乘方) 而增減；並在某水流截面之能力，與另一截面之能力相差數，即為其間之阻力損能。

設 h 為二截面間落差 (Loss of Head) 或損能 (Loss of Energy)， V 為此二截面間平均速率，則污水流動總式為，

$$h = (f)V^n$$

此式係假定經過各截面之流量為常數。此項條件謂之齊流 (Steady Flow)。又

$$Q = A V$$

亦為水力學中基本公式。 Q 示流量， A 示截面面積， V 示平均速率，蓋由實驗觀測，可知同一截面各質點之流速互異，中部較

速，而沿邊遲緩也。

水力學為綜合實驗與學理二者之應用科學。各項公式中每有系數，均由試驗測定，依水槽之形式材料及水力半徑 (Hydraulic Radius) 等項而變。按水力半徑為水流截面面積與水槽濕周 (Wetted Perimeter) 之比。

31.公式 陶賽氏 (Darcy) 公式示圓管中水流充滿時之阻力落差 (Loss of Head due to Friction)。

$$h = f \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g}$$

式中 h = 阻力落差， l = 長度， v = 速率， f = 系數，(依水管材料而定) 陶賽氏 又試驗生鐵水管得

$$f = 0.0199 + \frac{0.00166}{d}$$

d = 管徑 (呎數)，公式中單位均用呎，秒。

謁才氏 (Chezy) 公式與前式相似，但可用於任何形式之水管，流至滿管或不滿管。設 R = 水力半徑， S = 水力坡度比率 (Slope Ratio of Hydraulic Gradient)， C = 系數，則

$$V = C \sqrt{R S}$$

瑞士工程師克探氏 (Kutter) 公式，較上式尤為完善。

$$V = \left\{ \frac{\frac{1.81}{n} + 41.67 + \frac{.0028}{S}}{1 + \frac{n}{\sqrt{R}} (41.67 + \frac{.0028}{S})} \right\} \sqrt{R S}$$

式中 n 爲依水槽內表面性質而定之系數， V = 速率，(每秒呎數)

S = 坡度比率， R = 水力半徑 (呎數)。

克探氏公式之 n 數

n	材料性質
0.009	飽光木料
0.010	純水泥或極光滑水管
0.012	未飽木料或上等混凝土
0.013	整砌磚石塊或混凝土溝渠
0.015	熔瓦管或尋常磚砌管
0.017	普通石工或粗砌磚土
0.020 } 0.035 }	光正泥土
0.030 } 0.050 }	
	生草之粗糙水楢

克探氏公式可用於各種材料製成及任何形式之水槽，溝渠設計中最通用之公式也。

海澄及威廉氏 (Hazen & William) 由試驗測得 R ， S 並不與 V 成平方根比例，制定另一公式

$$V = 1.31 CR^{0.63} S^{0.54}$$

式中 C 爲粗糙系數，參見下表：

C	材料性質
-----	------

95	久用鋼管（用冒釘接縫）
100	生鐵管及磚砌溝渠
110	熔瓦管，新鋼管（冒釘接縫）及水泥管
120	平正木料或石工水槽
130	久用石工水槽，玻璃銅鉛管及新生鐵管

克探氏公式之繁瑣，由於參加小坡度作用於公式內，溝渠設計中，雖將 $\frac{0.0023}{S}$ 一項刪去，亦無多影響於 v 之數值。試比較8吋溝渠（ $R=0.167$ 呎）之坡度大於1000分之1者，此項刪否影響於 v 之數值不及百分之一。若溝渠直徑或水力半徑增至直徑13.12呎（ $R=3.28$ 呎），則其差數更小；且在此數值時，坡度計算與否均無關係。管徑再大，差數漸加。16呎管徑（ $R=4$ 呎）在坡度1000分之1，差數約百分之0.2弱。故溝渠設計所用之克探公式，簡約如下，亦無不可，

$$v = \frac{(1.81 + 41.67n)R\sqrt{S}}{n(\sqrt{R} + 41.67n)}$$

在通常情形，克探及海澄二公式計算結果，相差無幾；換言之，凡應用二公式計算溝渠尺寸，將在同一商業尺寸內也（見第七表）。表中前三項，克探式中用 $n=0.013$ ，海澄式中 $C=120$ ；又後三項， $n=0.015$ 則 $C=100$ 。

第七表

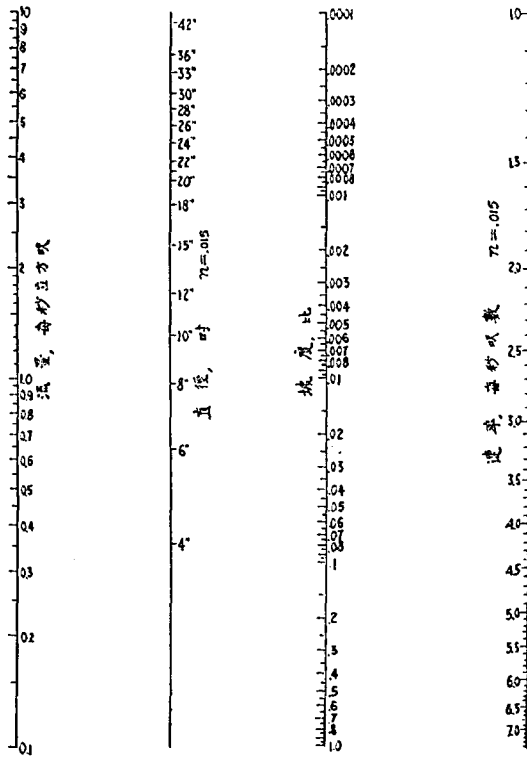
克探及海澄二公式計算溝渠大小(吋數)之比較

污 水 量		溝渠坡度每1000分之					
		0.1		1.0		10.0	
每秒立方呎	每日百萬加侖	克探	海澄	克探	海澄	克探	海澄
2	1.29	24	24	15	15	10	10
10	6.46	42	42	24	27	18	18
50	32.30	77	78	50	49	33	30
2	1.29	25	25	16	16	10	10
10	6.46	45	45	30	30	20	18
50	32.30	81	84	55	52	33	33

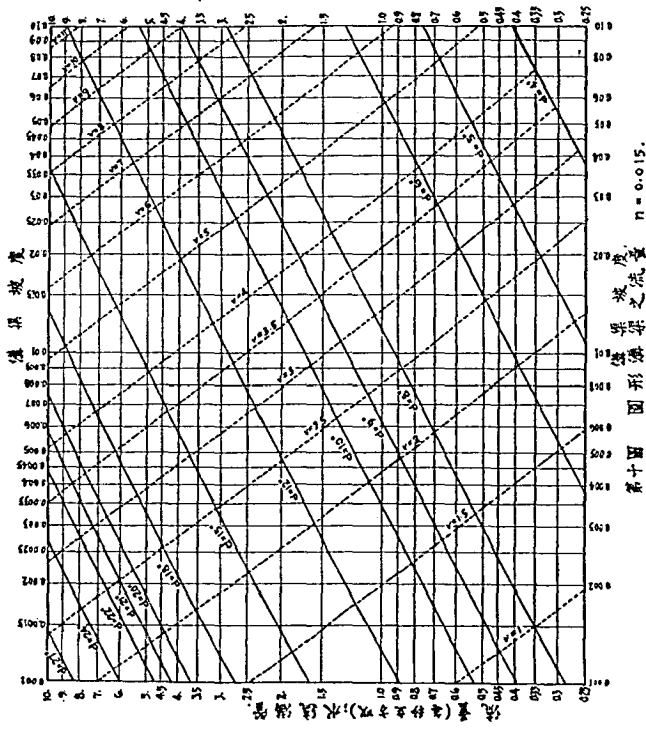
註：表中前三排n數值為0.013，○為120；後三排n數值為0.015，○為100。

32.公式之圖解 上節所述公式俱甚繁複，計算既費時間，解答又易錯誤，若用圖解方法，便捷良多。例如克探氏公式之圖解法，見第九圖，取一直邊交叉於任何二豎尺之分線，同時此邊交叉於他二豎尺，則四交叉點之數值關係，與由公式算出相等。凡已知四變量中之二，即可得其他二數。

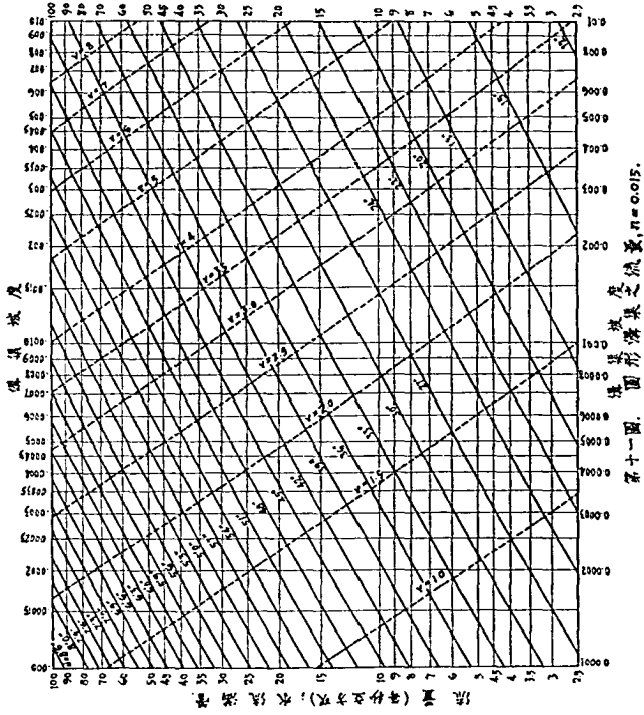
克探氏公式之圖解（第十，十一，十二，十三圖）用對數格紙繪製者，應用最廣。公式中變量凡五， n ， Q ， V ， d ，（或 R ） S ，是也。五數中已知其三，即得其餘二數。但 Q ， V ， d 三數不在此例，蓋此三數之關係，為 $Q = AV$ ，與管之坡度及材料不相干涉也。

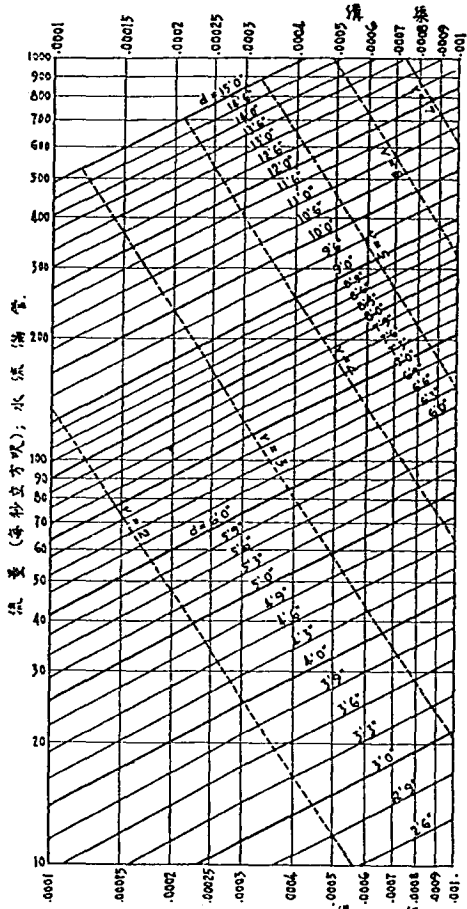


第九圖 克羅氏公式之圖解

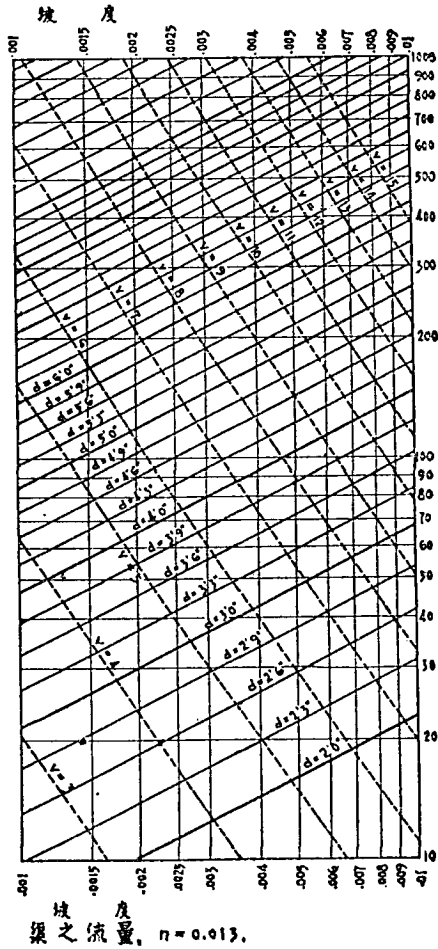


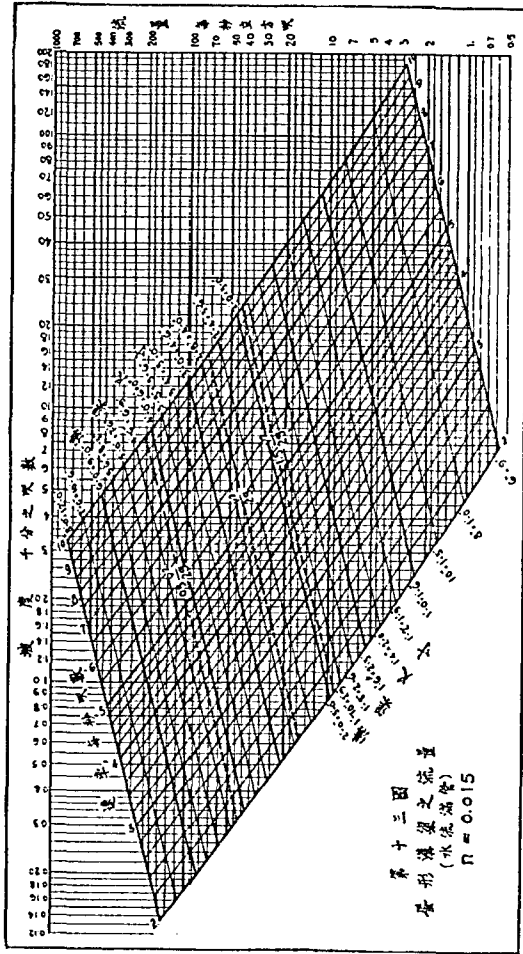
第十圖 圓形渠管之流量 $n = 0.015$





第十圖 圓形渠

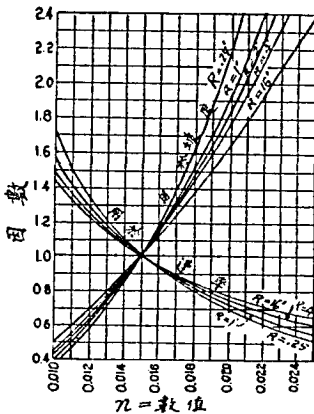




83.例題 (1)15吋溝管設置坡度百分之 0.2，問滿管時流量及速率若干？

本題中設 $n = 0.015$ ， $S = 0.2\% = 0.002$ 。由第十圖，在 $16''$ 斜線與 0.002 豎線交點處，平移向左，得 $Q = 2.4$ o. f. s.，即該管流滿之流量為每秒 2.4 立方呎。又觀此交點靠近斜虛線 $V = 2.0$ 估計之，得 $V = 1.9$ ，即滿管時速率為每秒 1.9 呎。

設問題中 n 之數值不等於 0.015，解答較為複雜，法以已知



數值變化成 $n = 0.015$ 之當量。第十四圖為變換因數之曲線。凡兩個直徑相同之溝渠，在滿管時流速相等，則此二管稱為當量。

(2)設已知粗糙係數 $n = 0.020$ ，流量 $Q = 1.0$ ，直徑 $d = 12$ ，試求坡度 S 及速率 V 。

第十四圖 克探氏公式之變換因數 (R代水力半徑) 先假設 $n = 0.015$ ，計得 $S = .0012$ ， $V = 1.3$ 。第十四圖自底線 $n = 0.020$ 沿豎線向上，與曲線 $R = 0.25$ 呎相交後，平向左移，得因數 2.18，如是則 $n = 0.020$ 時，坡度為 $.0012 \times 2.18 = 0.0026$ 。又 $n = 0.020$ 時，速率 V 與 $n = 0.015$ 時相

等，因 Q ， d 均為已知數也。

(3) 已知 $n = .012$ ， $d = 18$ ， $S = .003$ 試求 Q 及 V 。

先計算坡度 S 之變換因數，由第十四圖得 0.6 。故坡度當量
 $= .003 \div 0.6 = .005$ 。次由第十圖計得 $Q = 6.3$ ， $V = 3.5$ 。

(4) 已知 $n = .010$ ， $Q = 5.4$ ， $S = .0003$ 試求 d 及 V 。

本題中直徑 d 為未知數。先假設 d 為 48 吋。檢得坡度之變換
 因數為 0.4 。坡度當量 $= .0003 \div 0.4 = .00075$ 。由第十一圖檢得
 $n = .015$ ， $d = 48$ ， $S = .00075$ 時， $Q = 34$ 。可知前所假設 Q ，
 d 之數值為過大。次假設 $d = 24$ 吋，變換因數約為 0.38 ，坡度
 當量 $= .00079$ 。再由第十一圖以 d ， S 之新數值檢得 $Q = 5.4$ ，
 與已知數適合。又速率 $V = 1.75$ 。

(5) 溝管坡度百分之 0.5 ，容納平均流量每日 $200,000$ 加侖。
 若最大流量為平均數之三倍，問溝管對徑為幾吋？又速率若干？

(6) 凡溝管中污水流滿時速率至少每秒 2 呎，以免沈澱。茲有
 12 吋溝管，問在此最小速率時之最小坡度為若干？

(7) 某出口溝渠排洩 $40,000$ 人之污水。假定每人每日平均污
 水量為 50 加侖，最大流量為平均流量之三倍，問在百分之 0.25
 坡度時，應用幾吋對徑之溝管？

(8) 一雨水溝渠排洩 10 畝地面之雨水。設每畝最大流量為每秒
 1.5 立方呎，坡度為 0.5% ，問管徑幾何？

(9) 設每人每日平均污水量為 75 加侖。最大為平均之三倍。茲

有48吋對徑溝管，安置於0.6% 坡度，問此管能供給多少人口？
污水流速幾何？

(10)茲有蛋形溝渠4乘6呎，設置於百分之0.4 坡度，問溝管時流量與速率為若干？

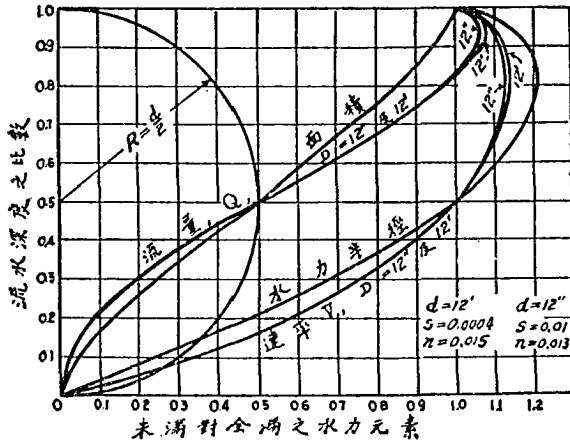
(11)設雨水溝渠中雨水流滿時速率至少每秒3呎，問在2×3呎，4×6呎，及6×9呎，蛋形溝渠之各個最小坡度幾何？

39.溝渠中之未滿水流 前節所舉圖表，係用於水流充滿之溝渠。設計問題中，有溝水至半滿或未滿者其解法如下：

凡渠道水流之原素有四，(一)水力半徑，(二)截面積，(三)流速，(四)流量。自第十九圖至第二十一圖，用於各式溝渠流水未滿者。先繪管形截面，以面積器 (Planimeter) 量出溝水流至各部未滿時之水截面，如是所得各個水截面面積，以相當濕周除之，其商數名曰水力半徑。次假定粗糙系數 n ，計算未滿時速率及流量，更與全滿時速率，流量得各個比數，繪成曲線。此項曲線，雖限於一定管徑及坡度，但更換他種管徑及坡度後，所得曲線，相差極微，故上列各圖可用於任何管徑，坡度，及粗糙系數。

試觀第十五圖流速曲線，可知污水流至0.8 深度時之流速為最大；半滿與全滿時流速相同。又當污水流至 33 深度時之流量為最大。

例題(12)12吋溝管設置坡度 0.005，污水流深3吋，粗糙系

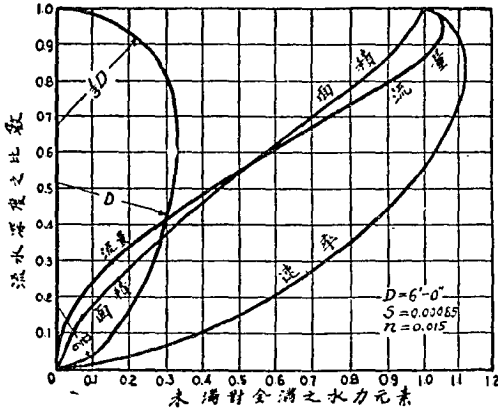


第十五圖 圓形管之水力元素

數 $n = 0.015$ ，試求其流量。解法：先求全滿時流量，由第十圖得 $Q = 2.0$ （每秒立方呎）。3 吋深為全滿 12 吋之四分之一，即 0.25。在第十五圖左邊，水流比較深度 0.25 向右平移，交叉於流量線後，再下向讀得 0.13。故 3 吋深時流量為 $2 \times 0.13 = 0.26$ （每秒立方呎）。

(13) 磚瓦管之坡度為 0.002，污水未滿，其流量僅及百分之 30，深度 12 吋，速率每秒 3 呎，試求此管直徑及容量。

見第十五圖，當滿管容納其全量百分之 30 時，水流深度為 0.38；已知此深度為 12 吋，故滿管直徑為 $\frac{12}{0.38} = 31.6$ 吋。又水流在全徑 0.38 時，其速率為全滿時速率之百分之 86，因未滿速率



第十六圖 蛋形管之水力元素

為 3 呎，則

全滿速率 =

$$V = \frac{3.0}{.86} = 3.5$$

(每秒呎數)。次見

第十圖，

$$V = 3.5,$$

$$d = 31.6,$$

求得全滿容

$$Q = 18$$

(每秒立方呎)。

$$(14)15$$

時溝管置於

百分之 0.2

坡度，每日

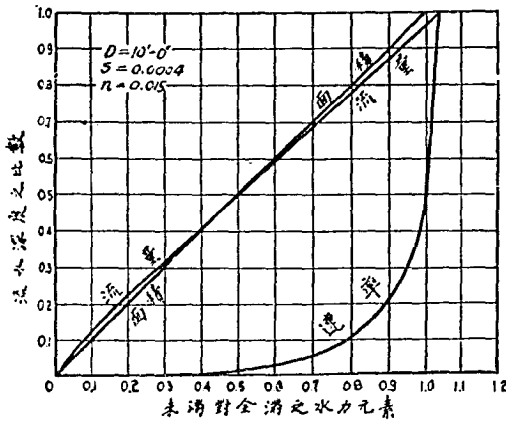
收受 1,000,

000 加侖污

水，問在管

中水深及流

速為幾何？



第十七圖 方形管之水力元素

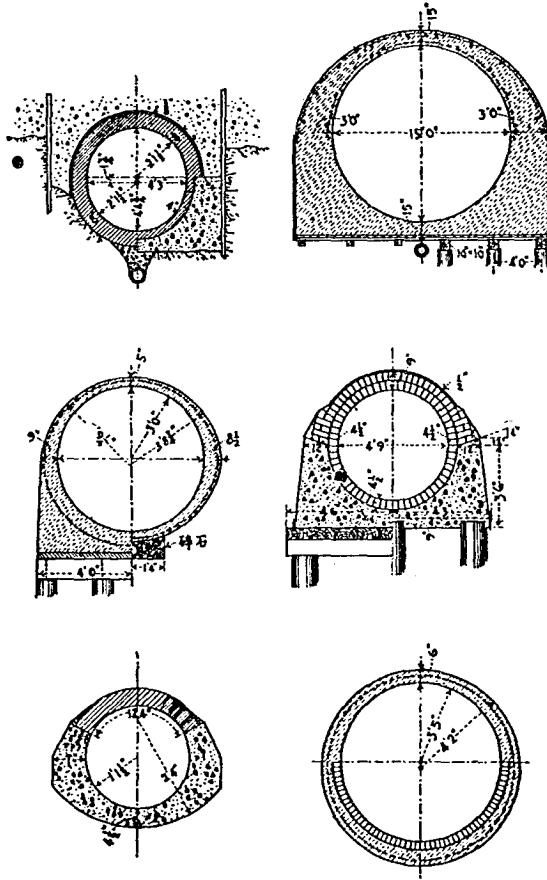
(15) 合水溝渠置於百分之0.15坡度，排洩某地污水及雨水，需用3呎徑圓管，或2呎6吋×3呎9吋蛋形磚砌管，（此二管之截面積相等，且流滿時之流量及速率亦相等）該處每日污水量為1,000,000加侖，試求旱流時管中水深及速率。

35. 溝渠形式與選擇 小徑溝渠之普通形狀為正圓式，惟因大徑圓管不易建築，管頂與地面距離過近，地層鬆軟，或污水流量高低變動極巨等情形之下，必須應用其他形式之溝渠。若管中污水常滿，落差又相同，則圓形管所能容納之水流，較其他形式為多。

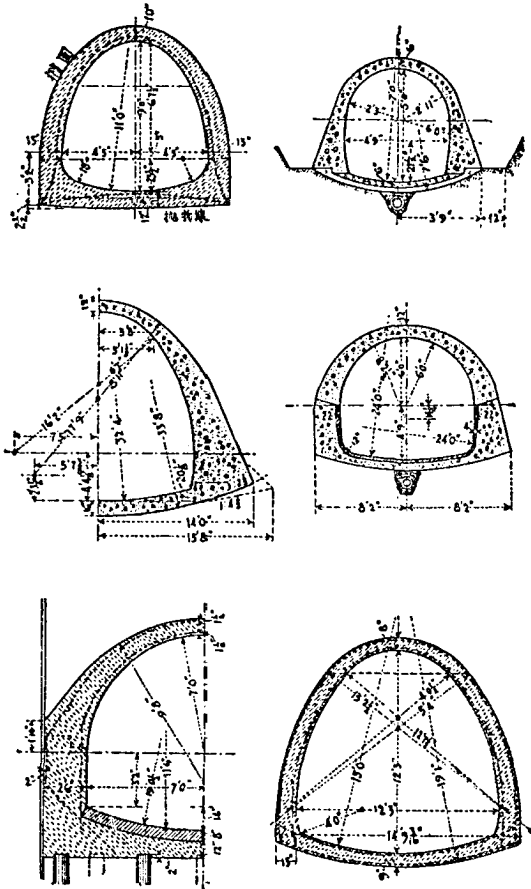
凡管中水流愈淺，速率亦愈小，每引起污水所含物之沈積。故理想的管形，應在任何流量均得相等之速率。工程家曾研究各種形式，在少量水流時，得有較大速率者。例如蛋形溝管（第十六圖）即具此項特性；又長方形，U形，及加槽形（Section with a cunette）等，亦具同樣性質。蛋形管之用途，除圓形外，可謂最廣，惜建築費稍貴耳。

U形溝渠常用在覆蓋餘地淺薄，與地下建築物接近而需用平頂渠道，或因污水流量高低甚大，須增加低水量時之速率（第二十一圖）。半圓形及長方形之用處，與U形大致相同（第二十一圖）。

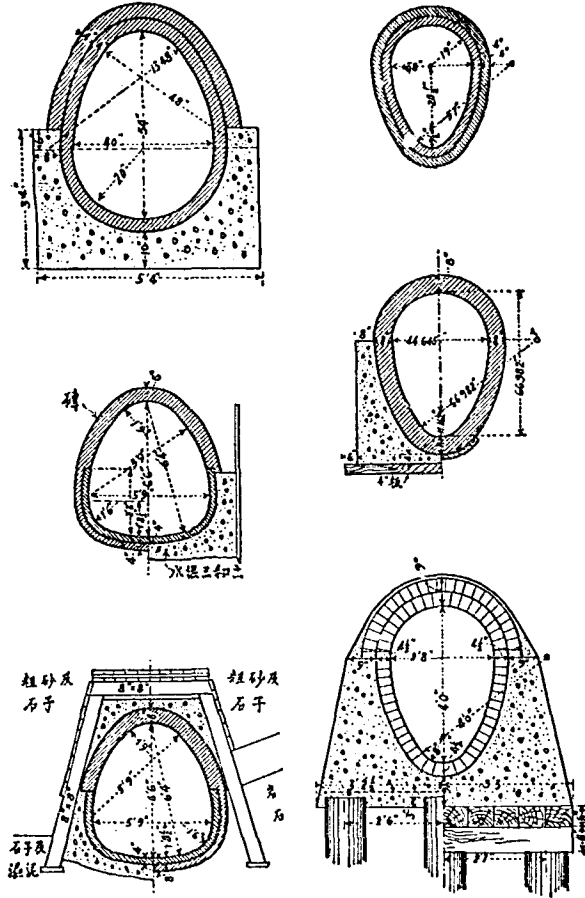
方形溝渠之水力原素示第十七圖。此形用於位差（Head）較低，置平頂以荷重載，且污水流量變遷不大。



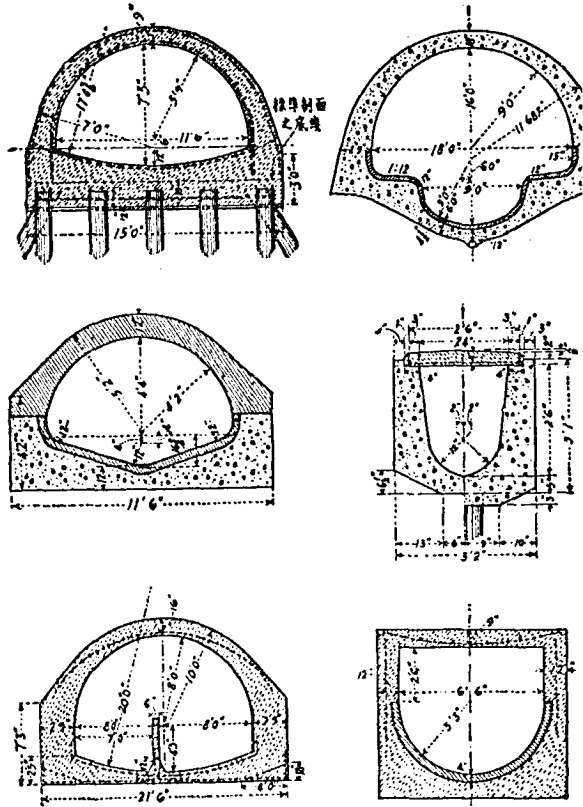
第十八圖 圓形溝渠。



第十九圖 馬蹄形及半橢圓形溝渠



第二十圖 蛋形及懸鐘形溝渠



第二十一圖 半圓,有槽,及U-形溝渠

加槽形無一定標準截面，溝渠底部加設小槽，用以引導小流。任何形式之溝渠，均可加槽（第二十一圖）。

當地下遇特殊情形時，為建築上便利計，溝渠之形式有籃柄，馬蹄，及懸鏈等。（第十九，二十圖）概適用於大徑溝渠築於鬆軟地土，並分為數部建造者，（底部，旁牆，拱頂）。又築於隧道內之溝渠，亦可採用此等形式，蓋與隧道木架之形式相似故也。

近年混凝土之應用甚為普遍，凡較大溝渠，每造成平底形式，以其建築較圓形或蛋形之底部為易也。

溝渠之大小既定，須計算管圈之厚薄。直徑較短者，或可參考已成之優良建築，以資借鏡；此法稱為安全建築則可，然未必為經濟建築也。6 呎直徑或以上之溝渠，必藉準確計算，分析其外重力與內應力之作用。

關於建築材料之選擇，非惟比較某種與他種材料之成本價值，且須研究其剝蝕性質；後者對於底部砌面，尤為重要。

在許多地處，溝渠底部之剝蝕作用，至為嚴重，幾負全部結構之崩坍責任。欲阻止此種影響，則鋪置焙瓦磚(Vitrified Brick)一層於底部，所得功效甚佳。

計算各種溝渠形式之流量，須先計算水力半徑，代入克探氏或海澄氏公式均可。另一簡易方法，將特種形式化為當量圓徑，而後應用圓管之圖表解之。第八表示各種形式之水力元素(Hy-

draulic Element)。

第八表

各種溝渠形式之水力元素 水流滿管

形 式	面 積	水力半徑	直徑(D)
	直徑平方 (D ²)之系數	直徑(D) 之系數	當量圓管 之直徑(d) 之系數
圓	0.7854	.250	1.000
蛋	0.5150	.1931	1.25
長圓	0.5650	.2070	1.19
半橢圓	0.8176	.2487	1.041
懸鏈線	0.6625	.2237	1.17
馬蹄	0.8472	.2536	0.942
籃柄	0.8313	.2553	0.976
長方	1.3125	.2865	0.7968
方(三面濕)	1.0000	.333	0.856
方(四面濕)	1.0000	.250	0.908

相等之坡度及粗糙系數，而容量亦相等之溝渠截面，謂之當量截面 (Equivalent Section)。其尺寸，形式，或面積，則未必相同。第八表第二項即示各種形式之當量圓形直徑也。(按溝渠之內高，謂之直徑)

例題(16)，54吋蛋形溝渠，坡度 0.001，粗糙系數 $n=0.015$ ，試求其流量 Q 。

解：先化爲當量圓管，由第八表得當量圓管之直徑，爲蛋形

直徑之 $\frac{1}{1.25}$ 倍=43吋。第十一圖中， $S=0.001$ ， $d=43$ ，示 $Q=28$ （每秒立方尺）。此為當量圓管之流量，亦即為54吋蛋形管之流量也。

(17)蛋形溝渠之坡度 0.005，粗糙係數 $n=0.015$ ，其當量圓管直徑為48吋，試求流滿時之速率 V 。

解：先求當量圓管之流量，（即為蛋形溝渠之流量）。以蛋形管之面積除此流量，即得速率。在第十一圖得48吋圓管之流量為86（每秒立方尺），再由第八表檢出蛋形面積為 $0.515D^2$ （按 D =蛋管直徑）， D 為 $1.25d$ （按 d =當量圓管直徑），故蛋管面積= $(0.515) \times (1.25 \times 4)^2 = 12.9$ 平方呎。速率= $\frac{86}{12.9} = 6.7$ （每秒呎數）

第十三圖示蛋形溝渠之圖線。上列二題可直接算得之。

第六章 溝渠系統設計

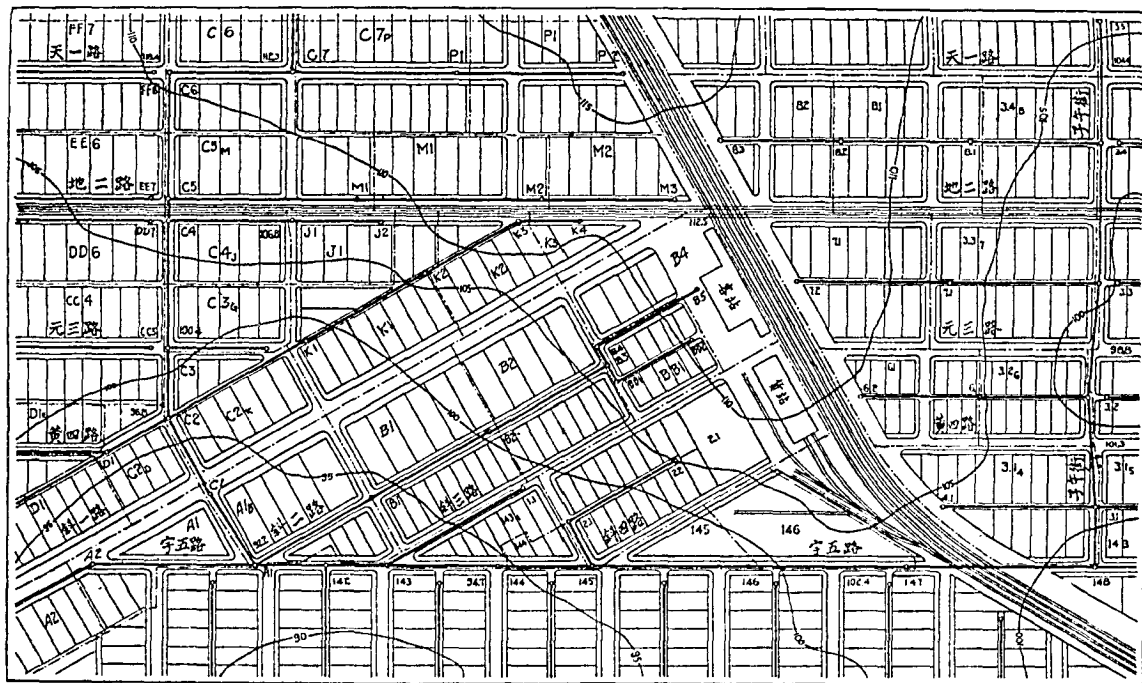
86.計畫 完美之市政建設，必有良善之溝渠系統 (Sewerage System)。城市之人口與面積，既逐漸增加與擴充，溝渠之設計方針，應預卜將來發展狀況，以布置有順序系統之計畫，而後依市民生活需要，次第進行建築工程。

溝渠系統可分為三類，即分水溝系 (Separate System)，雨水溝系 (Drainage System)，合水溝系 (Combined System) 是也。分水溝系歸納污水及工廠洩水；雨水溝系排泄地面雨水；合水溝系容納污水雨水二者。分水與合水方法各有長短，視地處情況始得決定採用。

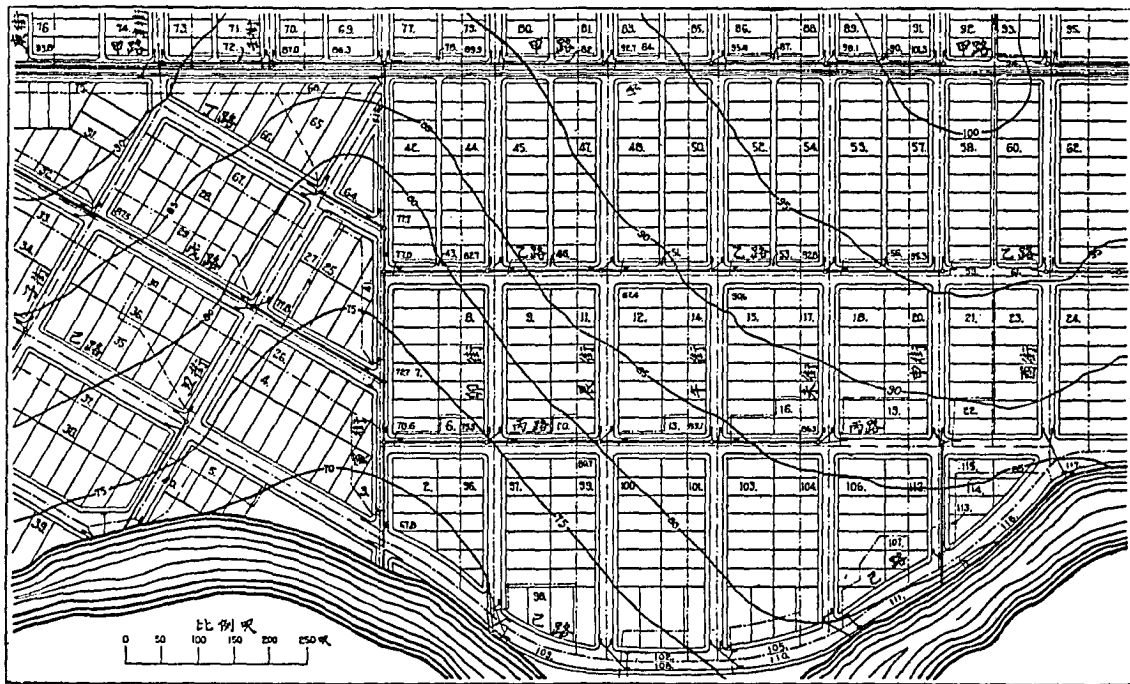
適用分水溝系之條件如下：

a. 鄉村鎮區，人烟稀疏，雨水注流路旁明溝，無須另設雨水溝渠。

b. 位置於山丘之市鎮，洩水面積 (Drainage Area) 極小，坡



第二十二圖 分水溝系統設計用之地圖



第二十三圖 雨水溝系統設計用之地圖

度亦陡，故雨水洩注甚便，祇設分水溝渠以納污水。

c. 處理污水之費用甚大，附近河流水量弱小，如以污水雨水混合注洩河中，將發生妨害，則合水溝渠不能採用。

d. 市政財力不充，難於負擔合水溝系之建設經費，而污水溝系之安置，又刻不容緩者。

e. 岩石地層開掘甚艱，合水溝系之管徑較大，溝壕亦闊，分水溝系則管小費省。

採用合水溝系之利益如下：

a. 合水溝系在街路下祇設一管，地位較兩分管為經濟。

b. 凡一地區之最大暴雨水量，恆較該處之污水量增大數十倍。合水溝渠之計算，每依最大暴雨水量為標準，故合水溝系之建設費較兩組溝系（污水及雨水）便宜多多。

c. 街道雨水洗刷路面，挾含穢質；若直接注入附近水流，有礙衛生，宜建合水溝渠以歸納污水雨水共至處理廠（Sewage Disposal Plant）。

綜上觀之，二者互有利弊，據多數衛生工程師之意見，作結論如下：

a. 從公共衛生觀念着想，二者均可得滿意之成績。

b. 合計溝渠系統與污水處理之總建設費，可以決定採用何者。

c. 以經費論，凡小規模之鎮邑，大城市之住宅區，及雨水可

在附近水流排洩者，均以分水溝系為便宜。

d. 一城市中可兼用二者，如在商業區之雨水污水混合成系，更與其他區域之污水溝渠，合為一系。

37.地圖 設計溝系之第一步，為預備一完全地圖。比例尺以一吋代 200 呎為通用，密集之區以一吋代 40 呎繪之。圖中等高線 (Contour Lines) 之間隔為 5 呎或 10 呎，視地勢坡度而定。平坦之處可用 1 呎之間隔。換言之，圖中相鄰二等高線之距離宜在 400 呎以內。街道交叉點，與坡度改變處，均宜註明高度 (Elevation)。

下列各項亦可於地圖中註明：地土與房屋底層之高度，房屋之種類及性質，地產界線，街道寬度，人行道與車道之寬度與性質，電車火車軌道，已造之地下建築，如溝渠，水管，電線管等，與溝系設計有重要關係之建築，如橋梁，地道涵洞等，溝渠出口處及污水處理廠之位置。

38.分水溝系之佈設 地圖測繪完竣，乃從事溝系佈設。以鉛筆線在街道或橫街之中央繪溝渠線，務使房地之 50 呎內，可通達溝系。溝渠之位置，應顧及建築費用低廉，房屋連管短近，離地面深度適當，等項。如得實際上可能，則溝渠設置於後街者為佳。園林大道之路面廣闊，可於兩旁均設溝渠，以減短房屋連管。

為建築上之便利，常使溝渠坡度與地面坡度方向相同。第二

十二圖示分水溝系之佈設方法。

39. 窰井之位置及編號 窰井 (Manhole) 之距離約自200至400呎，通常為300呎。坡度，高度，或管徑改變處，均有設置窰井之必要。在溝系佈設圖中，繪置窰井於溝渠交叉點，管向變換點，及直線上之300呎間隔。

窰井之編號方法，並無一致之標準，以簡明為佳。梅卡夫與愛迪二氏 (Metcalf & Eddy) 之編法，係由溝渠起端以數字排列；巴別氏 (Babbitt) 則由出口處向上排註數字，並在每一分管另加字母以示區別。

40. 洩水面積 旱流時之污水量，常依人口多寡而定，與城市之地勢形狀無甚關係。故污水溝渠之分水界線 (Watershed Lines)，可參照房地界線及街道交叉線劃分之。欲設計管徑之大小，須先算污水流量及適宜坡度。鄰近二窰井間之溝渠直徑及坡度，定為相等。故此段管徑，根據第二窰井所歸納之污水量計算。

已劃分之面積，亦編成與所歸之窰井同樣號目。第二十二圖示洩水面積之分界及編號。如有數個溝渠洩注於同一窰井，則其附近面積亦應依照洩水趨向劃分之。(見窰井C2)

41. 污水量 上述各項手續，既已告畢，乃進行污水量之計算。將各項填註表格以資明晰。第九表示第二十二圖中溝系設計，自東部至142號窰井。其計算順序，自一旁溝渠之起點至一會合點，再自另一旁溝渠至此會合點。

第 九
分 水 溝 系 之

在何路	自何路	至何路	自幾號 窰井	至幾號 窰井	長， 呎數	增加地 面積目	面積， 畝數	每畝 人口
子午街			3,5	3,4	338	...	...	...
天一路南街			8,3	8,2	328	8,2	2,7	20
天一路南街			8,2	8,1	355	8,1	3,41	20
天一路南街			8,1	3,4	340	3,48	2,68	20
子午街			3,4	3,3	380	...	...	...
						7,1		
地二路南街			7,2	3,3	800	3,37	7,14	20
子午街			3,3	3,2	304	...	...	...
						6,1		
元三路南街			6,2	3,2	609	3,26	3,82	20
子午街			3,2	3,1	300	...	...	...
黃四路南街			4,1	3,1	410	3,14	3,10	20
黃四路南街			5,1	3,1	380	3,15	2,69	20
子午街			3,1	148	172	...	...	...
字五路			149	148	380	148	1,53	20
字五路			148	147	492	...	...	...
字五路			147	146	430	...	...	...
字五路			146	145	419	146	0,81	20
						2,1		
字五路			145	143	725	143-145	6,6	20
項數 (1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)

* 工業廢水

表
污 水 量 計 算

人數	灌注之 總人口	平均污 水流量 c. f. s.	積聚平 均污 水流量 c. f. s.	最大污 水量與 平均量 百分比	最大污 水量總 c. f. s.	地水 滲入 c. f. s.	積聚地 水滲入 c. f. s.	總量 c. f. s.	排數
...	2250	0	0.346	425	1.47	.005	0.187	1.68	1
54	54	.0084	.0084	500	0.041	.0043	.0043	0.046	2
68	122	.0103	.0160	500	0.035	.0052	.010	0.105	3
54	176	.0084	.0274	500	0.137	.0050	.015	0.152	4
...	2420	0	.373	423	1.58	.0056	.203	1.79	5
142	142	.0221	.0221	500	0.111	.0117	.0117	0.123	6
...	2368	0	.395	414	1.63	.0015	.224	1.85	7
76	76	.0119	.0119	500	0.03	.0039	.0039	0.069	8
...	2644	0	.407	414	1.68	.0044	.237	1.92	9
62	62	.0036	.0036	500	0.048	.003	.006	0.054	10
54	54	.0084	.0084	500	0.049	.0053	.0056	0.048	11
...	2760	0	.425	403	1.74	.0025	.251	1.99	12
31	31	.0043	.0043	500	0.024	.0056	.0056	0.030	13
...	2791	0	.430	409	1.76	.0072	.264	2.02	14
...	2791	1 *	.430	409	1.76	.0064	1.27	3.03	15
16	2807	.0025	.433	407	1.76	.0031	1.23	3.04	16
132	2936	.0205	.454	403	1.83	.024	1.30	3.13	17
(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	

富 作 地 水

第十

分水溝系之溝渠坡

在何路	自何路	至何路	自幾號 窰井	至幾號 窰井	長， 呎數	地面高度	
						前窰井	後窰井
子午街			3,5	3,4	338	105,8	102,4
天一路南街			8,3	8,2	328	113,5	112,0
天一路南街			8,2	8,1	355	112,0	107,7
天一路南街			8,1	3,4	340	107,7	102,4
子午街			3,4	3,3	350	102,4	100,7
地二路南街			7,2	7,1	400	111,8	107,0
地二路南街			7,1	3,3	400	107,0	100,7
子午街			3,3	3,2	304	100,7	99,3
元三路南街			6,2	6,1	305	103,3	105,3
元三路南街			6,1	3,2	304	105,3	99,3
子午街			3,2	3,1	300	99,3	101,1
黃四路南街			5,1	3,1	350	100,8	101,1
黃四路南街			4,1	3,1	410	104,6	101,1
子午街			3,1	148	172	101,1	98,7
字五路			149	148	350	103,8	98,7
字五路			148	147	402	98,7	103,8
字五路			147	146	430	103,8	99,1
字五路			146	145	419	99,1	96,9
斜四路南街			2,2	2,1	350	105,2	98,1
斜五路			2,1	145	135	98,1	96,9
字五路			145	144	253	96,9	94,4
字五路			144	143	252	94,4	92,6
斜三路			1,1	143	417	93,7	92,6
字五路			143	142	185	92,6	92,3
項數 (1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)

表
度及直徑計算

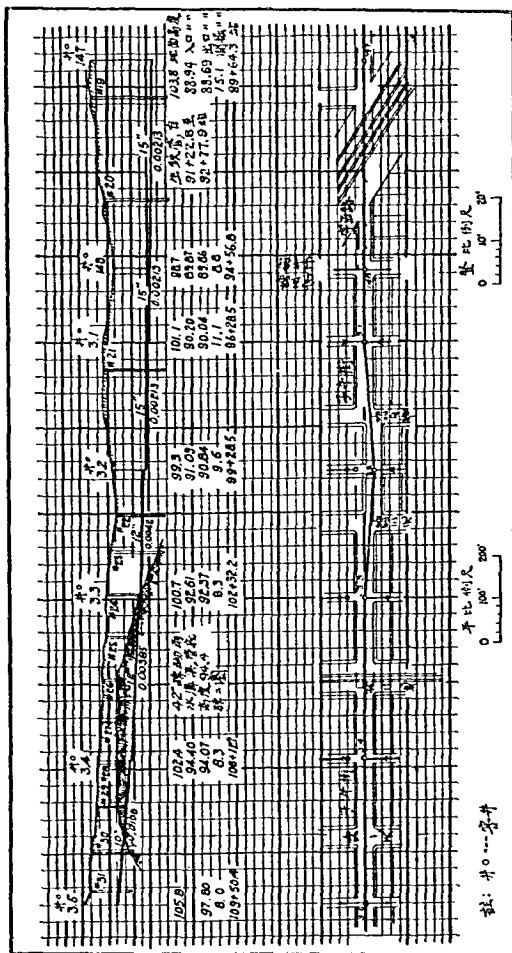
總量 c. f. s.	坡度	管徑 (吋)	速率 (滿流) f. e.	容量 (滿流) c. f. s.	管底高度		排數
					前窰井	後窰井	
1.66	0.0101	10	3.25	1.78	97.80	94.40	1
0.046	.0058	8	2.00	0.71	105.50	103.62	2
0.105	.0110	8	2.78	0.93	103.61	99.70	3
0.152	.0156	8	3.27	1.18	99.69	94.40	4
1.79	.0039	12	2.28	1.79	94.07	92.61	5
...	.0120	8	2.90	1.03	103.80	99.00	6
0.123	.0157	8	3.23	1.18	98.99	92.70	7
1.85	.0042	12	2.36	1.85	92.37	91.09	8
...	.0131	8	3.00	1.08	101.30	97.20	9
0.069	.0197	8	3.70	1.32	97.29	91.30	10
1.92	.0021	15	2.00	2.45	90.84	90.20	11
...	.0057	8	2.00	0.71	92.80	90.62	12
0.054	.0085	8	2.46	0.87	96.60	93.10	13
1.99	.0021	15	2.00	2.45	90.04	89.87	14
0.03	.0134	8	3.04	1.08	95.80	90.70	15
2.02	.0021	15	2.00	2.45	89.86	88.94	16
3.03	.0016	18	2.00	3.50	83.69	88.00	17
3.04	.0016	18	2.00	3.50	87.99	87.32	18
...	.0203	8	3.78	1.35	97.20	90.10	19
...	.0088	8	2.53	0.89	90.09	88.90	20
...	.0035	18	2.98	5.20	87.31	86.40	21
...	.0064	18	4.00	7.00	83.39	84.60	22
...	.0146	8	3.18	1.14	90.70	84.60	23
3.13	.0016	18	2.00	3.50	83.77	83.47	24
(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	

第 十
雨 水 量

在何街	自何街	至何街	洩水面積 之畝數	用 麥 氏 公 式					
				增加 洩水畝數	總共 洩水畝數	地面 坡度	洩水 量 c. f. s.		
甲甲甲甲甲	路路路路路	街街街街街	未未未未未	街街街街街	91,92 88,89,90 85,86,87 81,83,84 70,80,82	2,35 3,0 3,0 3,0 3,0	2,35 5,35 8,35 11,35 14,35	0,005 .005 .007 .009 .010	5,5 10,8 16,5 22,0 28,0
甲甲甲甲甲	路路路路路	庚辛壬王甲	街街街街街	辛壬寅丁寅	76 等 73,74,75 70,71,72 68,69,77,78 65,66,67	3,8 3,7 3,0 4,3 2,8	3,8 7,5 10,5 29,15 2,8	.005 .007 .006 .15 .018	8,3 15,0 19,0 52 8,4
寅乙乙乙乙	街路路路路	丁申未午辰	路街街街街	乙未午辰卯	64,64a 57,53,59 54,55,56 50,52,53 47,48,51	0,7 2,84 3,83 3,83 3,83	29,85 2,84 6,72 10,60 14,48	.15 .003 .010 .012 .013	65 7,2 14,9 22 29
乙寅戊寅戊	街街路路路	卯乙子丑寅	街街街街街	寅戊子丑寅	44,45,46 42,43 包含於下 31,32,33 27,28,29,30	3,88 2,84 — 2,75 5,75	18,36 51,05 2,75 8,50	.013 .015......007 .016	36 82 7,0 20
寅丙丙丙丙	路路路路路	戊未午辰卯	街街街街街	丙午辰卯寅	25,26,41 17,18,19 14,15,16 11,12,13 8, 9,10	2,62 3,17 3,17 3,17 3,17	62,17 3,17 6,34 9,51 12,68	.017 .010 .011 .013 .013	100 8,3 14,5 21 26
寅寅寅寅寅	街街街街街	丙己	路路路路路	己出口處	6, 7 1,2,3,4,5	2,32 4,72	77,17 81,89...............	.017 .017	120 122
項數(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)		

一 表
之 計 算

用 理 論 方 法											排數
面積 畝數 A	難透 度 I	AI	AI 總合	集合 時間 (分鐘)	雨水 降率 R	Q 洩溝 水量	坡度 S	速率 V	管長 (呎數)	管內 時間	
2.35	0.50	1.17	1.17	7.0	4.8	5.6	0.011	4.6	300	1.1	1
3.00	.50	1.50	2.67	8.1	4.6	12.2	.010	5.5	300	0.9	2
3.00	.50	1.50	4.17	9.0	4.4	18.3	.009	5.8	300	0.9	3
3.00	.50	1.50	5.67	9.9	4.2	23.9	.009	6.0	300	0.8	4
3.00	.50	1.50	7.17	10.7	4.1	29.3	.009	6.2	300	0.8	5
3.80	.35	1.33	1.33	10.0	4.2	5.6	.005	3.2	370	1.9	6
3.70	.40	1.48	2.81	11.9	3.9	11.0	.011	5.2	300	1.0	7
3.00	.45	1.35	4.10	12.9	3.8	15.8	.002	3.2	300	1.6	8
4.30	.50	2.15	13.48	14.5	3.6	48.5	.019	9.8	450	0.8	9
2.80	.40	1.12	1.12	8.0	4.6	5.2	.004	3.0	210	1.2	10
0.70	.20	0.14	14.74	15.3	3.5	51.5	.003	5.0	120	0.4	11
2.84	.55	1.56	1.56	10.0	4.2	6.5	.010	4.5	300	1.1	12
3.88	.55	2.13	3.69	11.1	4.0	14.8	.006	4.7	300	1.1	13
3.88	.55	2.13	5.82	12.2	3.9	22.7	.008	5.8	300	0.9	14
3.88	.55	2.13	7.95	13.1	3.7	29.4	.013	7.5	300	0.7	15
3.88	.55	2.13	10.08	13.8	3.7	37.3	.019	9.2	300	0.5	16
2.84	.45	1.28	28.10	15.7	3.4	88.8	.015	10.2	280	0.5	17
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	18
2.75	.40	1.10	1.10	8.0	4.6	5.1	.020	5.3	480	1.5	19
5.75	.45	2.59	3.69	9.5	4.3	15.8	.012	6.1	410	1.1	20
2.62	.50	1.31	31.10	16.2	3.4	100	.012	10.2	180	0.3	21
3.17	.55	1.74	1.74	9.0	4.4	7.7	.013	5.2	270	0.9	22
3.17	.55	1.74	3.48	9.9	4.2	14.6	.010	5.7	300	0.9	23
3.17	.55	1.74	5.22	10.8	4.1	21.6	.017	7.7	300	0.6	24
3.17	.55	1.74	6.96	11.4	4.0	27.8	.015	7.8	300	0.6	25
2.32	.55	1.28	39.34	16.5	3.3	130	.011	10.2	230	0.4	26
0.18	.80	0.14	面積	1號	.....	.....	.....	.....	.....	.....	27
1.38	.60	0.69	面積	2號	.....	.....	.....	.....	.....	.....	28
2.80	.55	1.54	面積	3及4	號...	.....	.....	.....	.....	.....	29
0.36	.75	0.27	11.98	16.9	3.3	138	面積	1 號	至5號	.....	30
(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	



第二十四圖 溝渠縱斷面

第九表計算中假定數項如下：人口密度每畝20人，平均污水流量每人每日 100 加侖，最大流量與平均流量之百分比為 $M = \frac{500}{P^{\frac{1}{3}}}$ ，P 為人口千數，M 最大數 500，最小數 150，地水滲入每哩溝渠為每日 50,000 加侖。

表中第一排(1)至(6)項，示溝渠之位置，長度。(7)至(10)項均空白 因自 3.5 號窰井至 3.4 號窰井間無污水注入也。第(11)項記入 2250 係在 3.5 號窰井之西北兩部，灌注污水之人口。以每人每日 100 加侖計，共有污水量 0.346 (每秒立方呎)，此數記入(13)項。第(14)項之數自 $M = \frac{500}{P^{\frac{1}{3}}}$ 計算。第(15)項係以 .01 乘(13)項與(14)項之積。(16)項為窰井 3.5 號至 3.4 號管長乘地水滲入量 (化為每秒立方呎)。(17)項為(16)項與滲入 3.5 號窰井之地水 (未曾註在表內)。(18)項為(15)與(17)之和。

第二排算法，與第一排同。第三排之(11)項為二排三排(10)項之和。第四排(11)項為(10)項與第三排(11)項之和。

第五排(11)項為 3.3 號窰井以上之人口數。因 3.3 號與 3.4 號窰井間，並無供給污水之面積增加，故(11)項之數目為第一第四排之(11)項之和。由此以往，讀者可校對其餘之數值。

42.地面縱斷面 污水量算畢後，就佈設溝渠之地面，繪縱斷面圖。圖線之各點高度，用水平儀 (Level) 沿路實測而得。第二十四圖示 3.5 號窰井至 147 號窰井間之縱斷面圖，所用豎向比例尺至少10倍於橫向比例尺。通常之橫向比例尺以 1 吋代 100 呎。

縱斷面圖中須示明溝渠所經之土質及地下阻礙物。

43.溝渠坡度與直徑 計算溝渠之直徑與坡度，應先得污水流量及地面縱斷面圖。與第九表相似之第十表即示管徑之大小及坡度。以上二表亦可連成一表。在窰井處之地面高度，即自縱斷面圖讀得。

第一步當決定溝渠離地面之深度。歐美房屋每於地面下建地窰(Basement)，以貯藏雜物。溝渠位置應在窰底之下，窰底約離地面 5 呎，加房屋連管(House Connection)之坡跌。通常之房屋連管以 6 吋直徑，置於坡度 1.67%，為其最小限度。此外加管之彎曲節，在窰底下約 12 吋。若屋前餘地與街面相平，街路寬度在 80 呎以內，則 24 吋直徑以內之溝渠底部至少離路面 8 呎。此項計算係假定房屋連管與溝渠之軸線相交。本國房屋絕少地窰，故 4 呎至 5 呎已可。若渠徑較大，深度亦應增加，務使滿管時之污水不致侵入屋中。

溝渠應有之坡度視下列各項而定：地面坡度；最小清淨速率；流量，直徑，與速率之聯合關係；或最大可能速率。如地面有適當坡度，溝渠坡度可與之相等。若溝渠下端不致離地面過近，可留溝渠於較緩坡度，以節省溝壕之挖掘，但最小坡度受最小速率之限制。

溝渠中污水速率之限度，以免除污渣或雜質沈積為前提。每秒鐘流一呎之速率，雖可達到此目的，然當溝渠水流低淺時，速

率銳減，故以每秒 2 呎之速率爲滿流時之最小數。又如污水流行速率過疾，則管底呈磨刷凹痕，時日既久，漸成碎裂，貽害實大。欲防免管底之剝蝕，最大速率之限度爲每秒 10 呎。污水管裝建堅整者，可稍過此限度。

坡度與直徑之計算方法，茲舉實例明之。試觀第十表與第二十四圖，表中各項數目自左至右，一排算畢，次及二排。起首六項無須解釋。前後窰井之地面高度，在縱斷面圖中讀得。污水總量自第九表第 18 項抄錄。於是計算地面坡度。最後以總量，坡度，及粗糙係數，三者在第十圖讀得溝渠之直徑及速率。

當計算時有下列問題發生：

(1) 依照計算所需管徑不及 8 吋。用 8 吋管徑爲最小，因經驗上證管小管不能滿意。

(2) 溝渠滿流時速率，不及每秒 2 呎。增加坡度，使速率達每秒 2 呎之最低限度。

(3) 地面坡度過陡，使速率較最大可能速率爲大。增加上端窰井之深度，而減緩溝渠坡度，並在上端用跌落窰井(Drop Man-hole)。換言之，滿管時之速率，不得超過每秒 10 呎。

(4) 圖中檢得管徑，不在商用尺寸線上。採用近邊線上之較大尺寸，並依此尺寸填註其速率及流量於表中，如第十表之(12)(13)項。

(5) 設計時或遇大管中污水流向較小之管中。雖小管之容量

可因其坡度較陡，或其他理由，而大於較大管之容量，然實際上不得有此種設置。

既算定坡度，直徑，及容量，等數值，填註表內。次算上端下端窰井處之管底高度。溝渠坡度常自上端窰井之中心算至下端窰井之中心。設計者有時在算至每一窰井加0.01呎之落差。如遇管徑增加時，以去管上部與來管上部等高或稍低，如是則窰井處無須加算落差。此項情形參觀第十表(16)(17)排之(14)(15)項。

上列數種問題之第一類，在每一旁溝渠 (Lateral Sewer) 起點均應用之。第二排即示此例。

第二類示在第二排。地面坡度 0.0046，在 8 吋管之流速，祇有每秒 1.8 呎。故將溝渠坡度增至 0.00575，滿流時速率遂增至每秒 2 呎。

第四類示在第一排。容納每秒 1.66 立方呎之污水量，在 0.0108 坡度時，需管徑略小於 10 吋，今採用 10 吋管徑，並將其容量及速率一併記出。

第十四排 3.1 號窰井，深度為 11.1 呎，地面坡度 0.014，大於 15 吋溝渠維持最小速率之需要，故將溝渠置於最小可能坡度，以節省溝壕挖掘。

44. 溝渠縱斷面圖 縱斷面圖 (第二十四圖) 中之管線。即在計算進行時繪畫。每一窰井及坡度改變處，均註挖深 (Cut)。挖深係自管底至地面之深度。圖中註明站數 (Station)，以出口處

爲起點 0+00。凡溝渠任何一點之站數，卽示其與出口處之距離。如溝渠過長，可在重要交錯點另起站數。

地面高度，挖深，站數，均計至 $\frac{1}{10}$ 呎。管底高度計至 $\frac{1}{100}$ 呎。房屋連管之位置，亦示在縱斷面圖內。

雨水溝系設計

45. 溝系計畫 雨水溝系不若分水或合水溝系之廣遠，因雨水得洩瀉於附近河流或其他洩水溝槽故也。惟旱流或兩合污水須引導至不生妨害之處而後可。雨水溝系之建設，須有完善計畫。一時之草率建築，每使他日有容量不足之虞，而需重行改造。先有整個之計畫，而後依次興工，務以最小之費用，獲得最有效力之洩水機能爲目的。

雨水溝系設計中，亦應用與分水溝系相同之初步測量地圖及地下觀察等項。第二十三圖所示地圖，卽用以設計該處之雨水溝系者。

雨水溝系之設計步驟，約分三項：第一步，研究水口(Inlet)之利便位置，及佈設此水口之洩注系統；第二步，研究各地面積之雨水洩瀉量，以計算溝渠之容量；第三步，繪就縱斷面圖，及計算溝渠之直徑與坡度。

46. 街旁水口之位置 雨水溝渠之位置，全賴水口之位置而定。故溝系計畫之先，當擇定各處水口。通常以水流不使穿越街路或人行道爲原則。街道相交處置水口於較高之轉角，在街路中

部置水口於低處。如城市之路隔 (City Block) 較短，僅置水口於交叉角。反之，如路隔過長，則可於中部添設一二，以免路邊水槽之積水停滯。水槽 (Gutter) 之容量，可以克探氏 (Kutter) 公式約計之。水口之容量將在第七章討論。在洩水面積廣大之處，亦常增設水口以利瀉注。

第二十三圖示水口之位置。佈設管線時，以最短線通連各水口。雨水溝渠宜位置於路側，因中部多擁擠之建築物也。

47. 洩水面積 洩水面積之界線，依雨水流注趨向而劃分。在一界線內，雨水流向一水口，界外之水流向其他水口。此種界線與地形有密切關係。若道路坡度，房屋水落位置，草地傾斜，及各種建築，地勢狀況，均影響局部之洩水方向。

第二十三圖中，以虛線示洩水界線。試觀道路中央亦有界線，蓋道路中央之拱線即水之所由分也。每一面積編列號目，與水口號目相稱。

48. 用麥氏公式計算洪流 計算洪流 (Flood Flow) 之公式至多。麥克麥斯氏 (McMath) 公式，用途最廣。其計算順序，宜排置表格如第十一表。所用常數為 $R = 2.75$ 及 $C = 0.75$ 。自一旁管 (Lateral) 起端，算至一會合點 (Junction)，而後自另一旁管起端，亦至同一會合點。表中地面坡度一項，係由圖中等高線 (Contour Line) 估計之。

49. 用理論方法計算洪流 計算洪流之理論方法，已詳述於第

四章。本節示第二十三圖區域內，關於理論方法之應用。其設計順序，記入第十一表。表中最後數排，因各面積之難透度不同而分列。前數項所用之難透度為平均數。

第一個面積之集合時間為假定數。其他集合時間為前一個水口處之集合時間，加自前個水口處至現在水口處之雨水在溝渠中流行時間。例如第二排中 8.1 分鐘時間為甲路及申街轉角之水口之集合時間 7.0 分鐘，加申街至未街一段，在甲路溝渠內流行時間 1.1 分鐘。如二溝渠相聚一處，則採用較長之集合時間。例如第25排丙路至寅街之集合時間為 $11.4 + 0.6 = 12$ 分鐘，但經寅街至同處所需集合時間（見21排）為 $16.2 + 0.3 = 16.5$ 分鐘，故在26排中所用之時間為 16.5 分鐘。

第14項 R，最大雨水降率（每小時吋數），係代入戴爾白氏（Talbot）公式算出。第15項 Q（每秒立方呎），為12項乘14項之積，即為 A I R 之積也。

第16項 S，為溝渠應置之坡度，常與地面坡度平行。但速率小於每秒 2 呎時，則增加坡度，使速率等於每秒 2 呎。

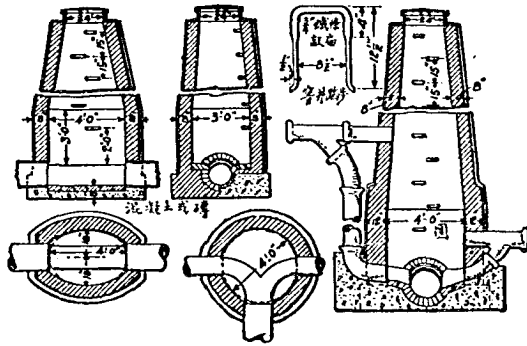
第17項 V（每秒呎數之速率），係從克探氏公式之圖解法檢得。第18項管長，自地圖中以比例尺量度。第19項管內時間，為速率除長度之商。

溝渠中流量既已算畢，乃繪就縱斷面圖，並計算溝渠直徑及坡度等項，其方法與分水溝系相同。

第七章 溝渠附屬品

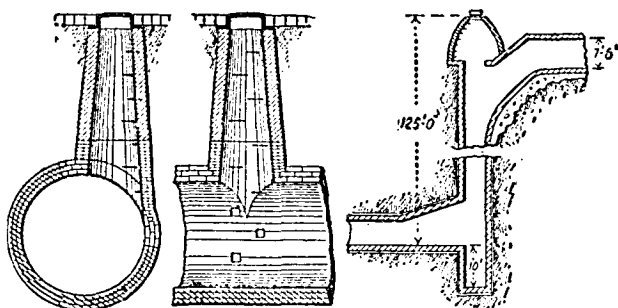
50.名稱 除溝渠外之各項建築物，屬於溝系運用所需要者，謂之溝渠附屬品。如窰井，燈井，沖洗缸，截留井，水口，調節器，虹吸，會合部，出口，基礎，暗溝等等是也。

51.窰井 通達溝渠之豎穴，有相當之空間，足容一人入內



第二十五圖 窰井

者，謂之窰井 (Manhole)。此乃溝渠工程上最廣用之附屬建築也。窰井可用以探視渠內狀況，或去除其間障礙。第二十五及二十六圖示窰井之垂直截面。當設計該項建築物時，應注意井口及工作空間之大小，與建築之穩固。井口直徑至少用20吋，通常所用者為24吋。



第二十六圖 窰井及井洞

窰井之圍牆可以磚工或混凝土建築。磚工無需形殼 (Form)，築價較廉。牆厚至少8吋。如遇泥土浸濕或鬆軟之地，與窰井深遠者，俱應增加牆厚。深度在12呎以上之窰井，可用下式略計磚牆之厚度：

$$t = \frac{d}{2} + 2,$$

t 為牆厚吋數，d 為深度呎數，混凝土牆可較磚砌者稍薄。

如第二十五圖所示，磚砌窰井常以混凝土作底，底旁面向中

夾傾斜，（直比平約為1比10）與渠道通接之中部作半圓或U形凹槽，槽之兩岸應有適當高度，以免污水流溢底面。如二個以上溝渠合會於窰井，而在相近之平面者，應作適合之彎曲槽，以利暢流。凡窰井之入管與出管直徑不同，則以二者管頂安置於相平高度。

窰井中空間至少有3呎闊4呎長橢圓形，或4呎直徑正圓形，上部周圍漸形縮小，與井口適合（第二十七圖）。溝渠直徑



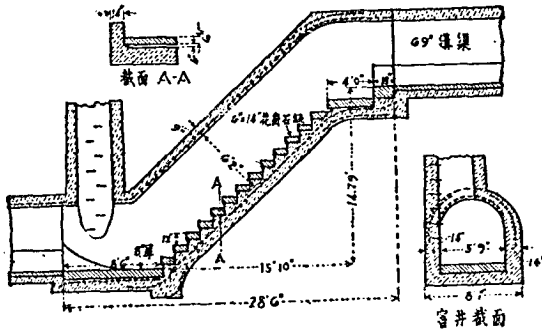
第二十七圖 窰井頂部式樣

在48吋以內之窰井，常建於管之中心線交點處，並築相當基礎。在較大溝渠上，窰井之位置可偏建於一旁（第二十六圖）

溝渠之位置相差過大者，以高處溝水直向下注，（第二十五圖）名曰跌落窰井（Drop Manhole）。更深者，名曰井洞（Well-hole）。第二十六圖所示之井洞，下部築成凹缺，以減弱污水之下衝力。另一方法於牆邊增設若干隔板（Baffle Plate），亦得相同之效用。

考跌落窰井及井洞之用途，在造成溝渠高度或坡度之急變，惟尚有替代之他法，如梯級溝渠（Flight Sewer）之坡度甚陡，管

底作成階級形狀，流勢因之減緩，第二十八圖。



第二十八圖 梯級溝渠

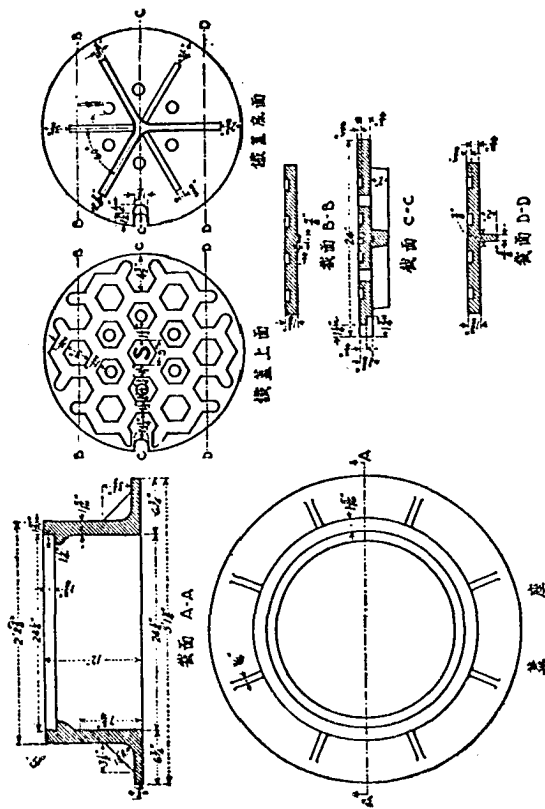
窰井蓋座多鑄圓形，舊式有作方形者。方形蓋座與路面接縫處易生凹陷。蓋座之材料俱屬生鐵。每座重量自二百至六百磅不等，其座重約為蓋重之五倍。用於住宅區之蓋座約重四百磅；車輛繁雜之道路宜用六百磅者。二百磅者祇可於人行稀少處用焉。座高約自 8 至 12 吋。蓋面作凸紋以免車輪與馬蹄之滑瀉（第二十九圖）。蓋面或穿小孔，以通溝渠中空氣，但路面沙土得由墜入窰井，亦足以妨礙水流。

鐵製踏步裝入窰井間約 15 吋間隔。鐵外鍍鋅，可以防銹。第二十五圖示簡單蹄形鐵鉤。第三十圖為另一種踏步。

52. 燈井 燈井 (Lamphole) 為由地面至溝渠之直孔，其大小適足垂下一燈火。此乃替代窰井以作觀察溝渠用者。離左右窰井

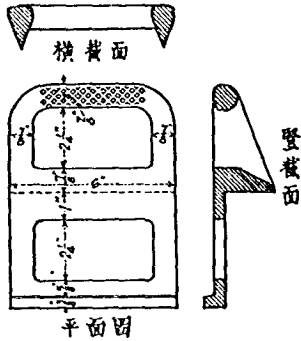
三四百呎處設置燈井。以一燈懸入孔內，由兩端窺井中窺之。

燈井以8至12吋瓦管或鐵管築成，下部之T形用生鐵管置於



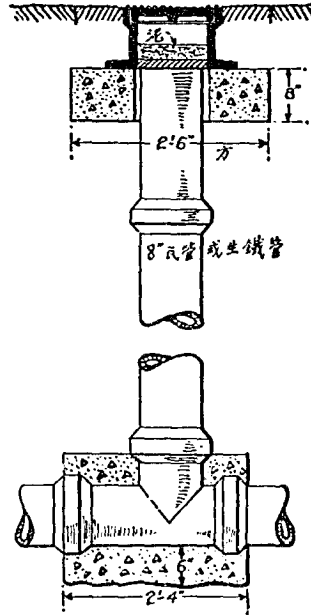
紐約市之樣單管井蓋底

第二十九圖



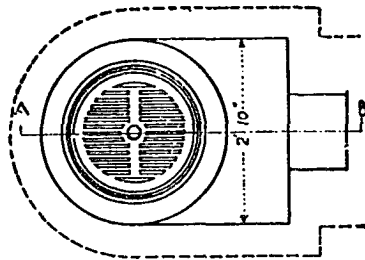
第三十圖 鑄鐵之窰井踏步

堅固基礎，或用瓦管圍以混凝土亦可。第三十一圖示美國包而的麻城(Baltimore)所用標準燈井。在溝渠工程中，燈井之用途甚鮮，蓋其不若窰井之有直接效用也。

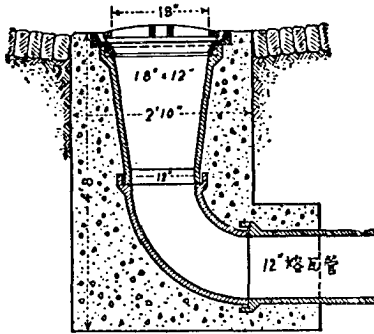


第三十一圖 燈井

53.水口 水口 (Inlet) 為道旁水槽之孔隙，雨水所由通入溝渠者也。各城市所築之水口，形式迥異。第三十二圖係梅氏設計，最適用於公園及車輛較少之街道。據稱此式非常穩固，造價亦廉。第三十三圖示紐約市之水口圖，各種尺寸如下：



平面



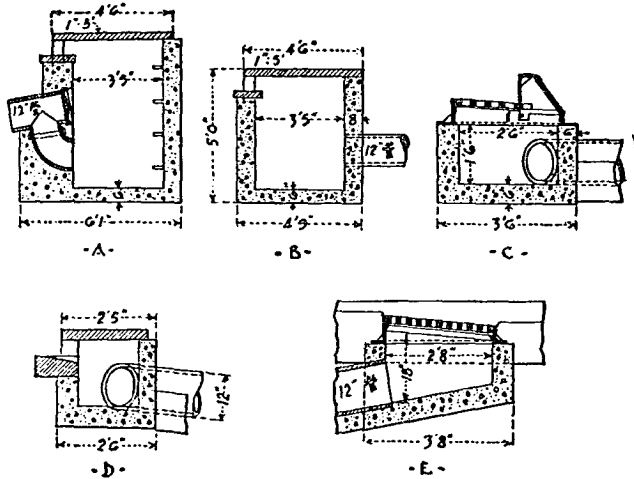
截面 A-B

第三十二圖 梅氏設計標準水口

式樣	A	B	C	D	E
水口孔洞(吋)	7×32	7×32		5×36	
深度(吋)	66	54	18	20	
平截面(吋)	41×42	41×32	30圓	36×18	14×32

第三十四圖示費城(Philadelphia)之標準水口鐵蓋。

水口之位置，應使路旁水槽無積水之患，車馬得靠近欄石與行，大雨淋漓時行人可不涉水跨越。水口之相間距離，至多不宜過於 300 至 350 呎。在水槽坡度對向下傾之低處，必設水口。街

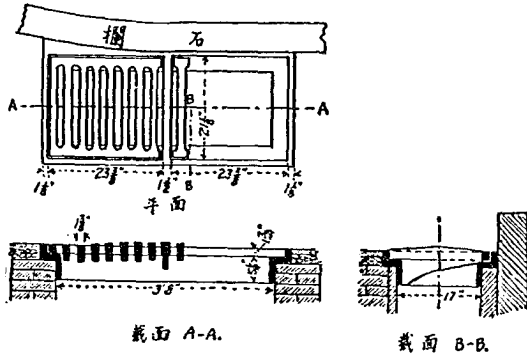


第三十三圖 紐約市之標準街道水口

道轉角處，亦裝設水口；但車輪之重大壓力，最易損及水口鐵蓋。妥善方法於轉角之兩端附近分設水口。

美國道路所設水口，有孔格 (Grating) 豎置及平置二種。豎置孔格之鐵條，復有豎條與橫條之別。橫條者，洩水較為迅便，但木棒碎紙樹葉等亦易侵入溝渠。豎條水口及平置水口較他式易於閉塞。故當選擇豎格或平格，與豎條或橫條時，即比較溝通溝

渠或截留井，與街面因水口閉塞而氾濫二者，為先決問題。如水口與截留井合用，或溝渠直徑較大，且孔格在欄石豎面之平面中，則橫條孔格較佳。鐵條之孔隙，不宜過闊，須防止馬蹄或阻



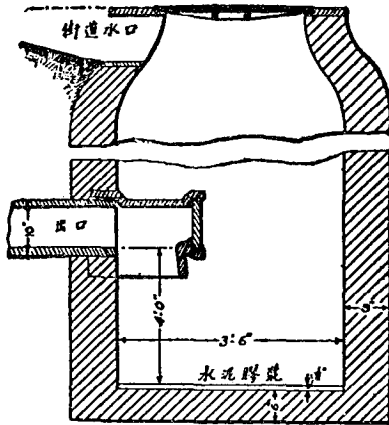
第三十四圖 費城之標準水口鐵蓋

塞溝渠之雜物穿入，大概以4吋至6吋淨空為適宜。

工程師對孔格空隙之意見不一。狹孔防止阻礙物侵入渠道。寬孔免除孔格閉塞不通。上海市所用孔隙，僅一吋淨空，水口頗易淤塞，故須多雇清潔夫掃除，並置水口於百呎以內之短距離隔。

54.截留井 截留井 (Catch-Basin) 減控雨水之流速，使水流所附帶之沙泥片屑得沈積井內，而不致阻塞溝渠。每一水口可裝一截留井，或數個水口合接於同一截留井。

截留井之形式極多。美國街道常用者如第三十五圖，其建造



第三十五圖 截留井

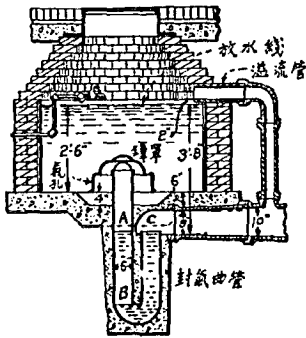
形式略似普通窰井，對徑約四或四呎半，積水深約三或四呎。此種截留井足容受街道交叉處四角之水口，每一水口洩注一路隔 (Block) 之雨水。截留井之出口管可裝置防臭瓣 (Trap)，以免溝渠中氣味外溢，惟井中積水，亦有發臭之患。

建造截留井之缺點頗多，如供給蚊蟲以培養之所；積水之腐化作用，發生臭氣；積水冰凍阻礙雨水流入溝渠等。截留井之唯一利益，乃防免溝渠之阻塞也。概言之，凡以沖洗法清潔路面之鑿砌路，及碎石路，均應裝設截留井。

55. 沖洗缸 設於平坦道路之溝渠，因其坡度緩小，污水流行速率，在滿管時，恆達最小限度；當污水淺流，速率銳減，管底漸有淤積之患。沖洗缸 (Flush-Tank) 即容留清水以洗滌管中淤積物之設備也。污水管及合水管之起端，為裝設沖洗缸之位置。每次沖洗之水量約為 350 加侖。依運用方法言，沖洗缸可分為人工與自動二種。人工沖洗缸與窰井相似，先將溝渠之口端蔽塞，

清水由皮帶管導入缸內，或另裝給水龍頭，俟得充量清水後，即除去口端之蔽塞，遂得沖洗效用。所用蔽塞方法，如活動閘 (Sluice Gate)，開關瓣 (Flap Valve)，或特製活動木板等均可。

自動沖洗缸為一不透水之窰井。密勒 (Miller) 式沖洗缸 (第三十六圖) 為美國太平洋沖洗缸公司 (Pacifio Flush Tank Co)



所專利。左旁小管與城市給水管通連，水流開至適當處，使其在所欲時間流滿至沖洗程度。時間之長短可以試驗校正，然因水壓變遷無定，水流略有遲速。

沖洗缸之運用如下：當清水流至鐘罩底邊，空氣封閉於鐘罩之內，且封氣曲管 (Trap) 積水

第三十六圖 自動沖洗缸 在 A 處，罩內空氣不得流洩。缸內水流漸高，罩內空氣受壓；A 處水面被抑，C 處水滴徐下。缸內水面在罩口水面以上之高度，等於 A 處水面在 C 點以下之距離。俟 A 達到 B 處，有少量空氣由短管內釋出，同時相當之水量亦流入鐘罩。長管內之空氣一方受缸內水壓，他方受短管水壓。前者因水深漸增，壓力亦增，當長管內空氣洩漏時，兩方壓力呈不平衡狀態，缸內積水遂因虹吸作用而直瀉流出。

水面低落至氣孔 S 時，空氣衝入鐘罩，虹吸作用即行中斷。

封氣曲管內水面，亦與初時相同，預備第二次沖洗。第十二表示各種虹吸管與溝管之組合。(見Eng. News-Record Vol. 85 P. 1041)

第十二表

自動沖洗缸所用之虹吸管

虹吸管之直徑(吋)	缸下部之直徑(呎)	每次沖洗量(加侖)	平均流量(每秒立方呎)	溝管直徑(吋)	放水線至罩邊之高度
4	3	60	0.35	4-6	1呎2吋
5	3	100	0.73	6-8	1呎11吋
6	4	200	1.06	8-10	2呎6吋
8	4	280	2.12	12-15	2呎11吋

沖洗缸用於分水溝渠者為最多。旁溝渠中污水，在滿流時速率不及每秒2至4呎者，均應於起端裝設沖洗缸。缸之容量視溝渠之坡度及直徑而定。最有效力之沖洗，當得滿溝渠之高速度流

第十三表

沖洗溝渠之需要水量(加侖)

坡度	溝渠直徑(吋)		
	8	10	12
0.005	80	90	100
.0075	55	65	80
.01	45	55	70
.02	20	30	35
.03	15	20	24

水，水多而流緩者無效也。第十三表示需要之水量。渥氏(H. N. Ogden)曾作沖洗試驗，以300加侖沖水，通入不及百分之一坡度之8吋溝管時，其洗刷力不超過800至1000呎；若坡度增加，則雖用較少之沖水，亦可得同樣效果。

工程師對自動沖洗缸之應用，意見未曾一致，有稱此無謂之費用，可以人工沖洗代之。或曰旁溝管之起端，必須有此項裝置。實由於各城市之經驗不同也。

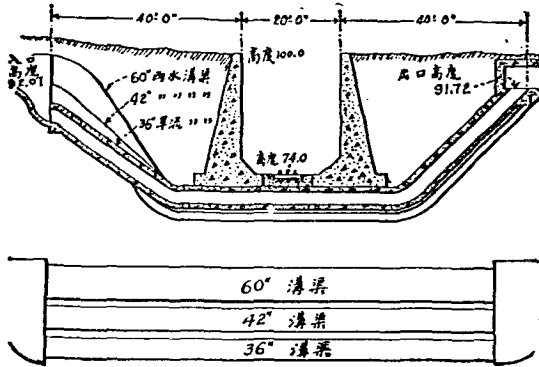
56.虹吸 溝渠工程中所稱之虹吸(Siphon)，與普通物理學引用之名詞迥異。蓋本節研究者為倒虹吸(Inverted Siphon)也。當溝渠穿經河道或地下建築時用之。倒虹吸為一長曲管，污水流行先向下，次向上，其中壓力大於空氣壓力，惟在管之入口及出口處，仍為空氣壓力。

倒虹吸之設計，應注意沈積物之防止及查察，與沖洗設備之佈置。管中流行速率，在每秒2呎以上，可免沈積之患。溝渠在倒虹吸部分之構造，為數個分管，依污水量之多寡而次第流行。最小之管通行最小流量，其他分管亦以小徑為善，使少量污水流行入管時，亦能達到防止沈積之速率限度。

鋼管，鐵管，或鋼骨混凝土管，為建築倒虹吸所通用之材料。若位差(Head)不高，可用熔瓦管團以混凝土。

茲舉例題示倒虹吸之計算方法。某溝渠經過鐵道挖低處，需建築倒虹吸(第三十七圖)。設溝渠直徑6呎，坡度0.001，流

量 115 每秒立方呎，速率每秒 4 呎，最小旱流約為總流量之六分之一。



第三十七圖 倒虹吸之設計

首先計算最小管之直徑與坡度。6 呎溝渠之六分之一容量，約為 19（每秒立方呎）。容納此數量之溝渠，設以每秒 2 呎之速率計算，需 42 吋直徑；如所用材料之粗糙係數 0.015，應有水力坡度 0.0005（通常以此為虹吸管之最小可容坡度）。若坡度增加，則虹吸管出口處所通之溝渠，須埋置較深，但虹吸管之直徑得以減小。是故水力坡度之選擇，須憑設計者判斷，而以 0.0005 為最小限度也。

讀者當注意虹吸管之水力坡度，非為管之實在坡度，而為管中壓力變遷之傾斜線也（見水力學中 Hydraulic Gradient）。現本

題中假定水力坡度爲 0.001 (與入口溝渠之坡度同)，小管之直徑當改作 36 吋，容量 18 秒呎 (與假定數相近)，流速 2.5 呎。又在水力學檢得 36 吋管在 2.5 呎速率之落差 (Loss of Head) 爲 0.66 呎 (以每千呎計)。題中 100 呎距離之落差爲 0.1 呎，故沿虹吸管流動線之長度，計如下式：

$$\frac{x}{0.1} = \frac{1000}{0.66},$$

長度 $x = 150$ 呎。

次計算 36 吋管下端之高度，述其方法如下：

(1) 計算入口處之落差 此數與流速有直接關係，依入口處之設置而異，自 0 至 $\frac{V^2}{2g}$ 不等。

(2) 計算彎曲部之落差 本則以下式計算之，

$$H = \left[1 + 0.01 \left(\frac{3R}{d} + 20 \right) \right] \left[\frac{\theta}{90} \right] H_f$$

(載美國土木工程師協會雜誌 47 卷 185 頁)

式中 H = 彎曲部之落差；

d = 管徑，呎數；

R = 彎曲部之半徑，呎數；

H_f = 一段直管之落差，此段長度爲 $80d$ ；

θ = 彎曲部所含中心角之度數。

(3) 計算與虹吸管等長直管之阻力落差 (Loss of Head due to friction)。

(4)虹吸管之阻力落差總數為入口處，彎曲部，直線部，三處阻力落差之和。

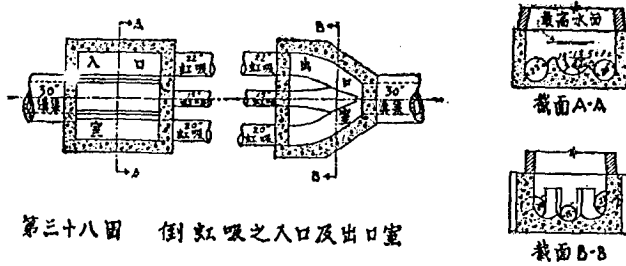
(5)出口處管底之高度，等於虹吸管入口處之已知高度減去各項落差之總數。

茲在本題計算中，假定入口處落差為 $\frac{1}{3} \frac{V^2}{2g}$ ，即 0.0324 呎。彎曲部之半徑約為 20 呎，中心角 45° ，由上所示彎曲部落差算式計之，可得一彎曲部之落差約為 0.085 呎，以二部計之得 0.17 呎。又直管之落差為 $0.001 \times 150 = 0.15$ 呎。虹吸管之下端高度，應在上端高度之下 $0.032 + 0.17 + 0.15 = 0.35$ 呎。

虹吸管之其他管徑，應有相當分配，使每管通水以前，總入管內之污水不致多量積聚。設虹吸管共分三管，其最小之旱流管容納 18 秒呎（每秒立方呎）；中管容納 27 秒呎；大管容納其餘之 70 秒呎；則在 0.001 之坡度，應有 42 吋與 60 吋之管徑。由虹吸管之入口槽導入各分管之方法甚多，例如，(1)管口設置於相等高度，污水由人工或自動活門依次流至各管；(2)管口高度不等，污水由最小管口依次超越至較大管口，（第三十七圖）及（第三十八圖）。

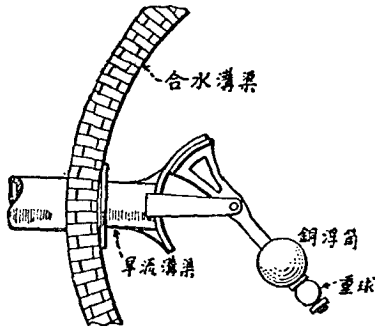
溝渠經過山谷或較深河道，致不便建築虹吸管時，可以溝渠附掛於已存或特建之橋梁。惟工程師之普通意見，在可能範圍內，都主採用倒虹吸方法。

57.調節器 為防止溝渠容載過量之污水，或調節污水處理廠



第三十八圖 倒虹吸之入口及出口室

之水流，常用一種設置以調轉污水之流向，是謂調節器 (Regulator)。例如美國密爾華記城 (Milwaukee) 之污水，平時流入處理廠，但大雨時之一部分雨水，以調節器方法由溝渠調轉流入河道。溝渠調節器可分為活動與不活動二種。第三十九圖示活動式



第三十九圖 調節器

調節器。當污水上升時，浮筒關閉小管之門，阻止大管中污水反流入小管。用浮筒節制之調節器，形式甚多，而其運用原理則一也。此種調節器能受校正，以固定污水處理廠之最大流入量。

溢流堰(Overflow Weir)

及跳越堰 (Leaping Weir) 均為固定式之調節器。跳越堰係在溝渠底部留一間隙，使旱流下行，通入橫截溝渠 (Intercepting

Sewer)；暴雨水因流勢較急，遂跳越而流入雨水出口管（第四十圖）。第四十一圖示跳越堰之間隙可以校正。溢流堰係在管旁開一平檻之空隙，通過另一分道，使雨水溢流而過（第四十二圖）。

巴別氏 (Babbitt) 曾作跳越堰及溢流堰之試驗。所用跳越堰以標準鑄瓦管之栓端 (Spigot End) 爲之（第四十三圖）。溢流堰之作法，爲以鋼製刀口邊裝置於管之橫側，與管軸成平行（第四十四圖）。依據跳越堰之試驗結果，得知污水由管端流出時，所成內外二表面之曲線方程式如下：

$$\text{外或上表面曲線 } X = 0.53 V^{\frac{3}{2}} + Y^{\frac{3}{2}}$$

$$\text{內或下表面曲線 } X = 0.30 V^{\frac{4}{3}} + Y^{\frac{3}{2}}$$

式中 X , Y 均以呎爲單位，坐標之原點 (Origin) 示於圖中，縱坐標 Y 係向下垂， V 爲行近速率 (Velocity of Approach)，每秒之呎數。應用此式之範圍爲管徑不及 10 呎，水深不及 14 吋，坡度不過 0.025，速率每秒 1 至 10 呎，內表面曲線之縱坐標爲 6 吋至 5 呎，外表面曲線之縱坐標自原點至 5 呎爲度。

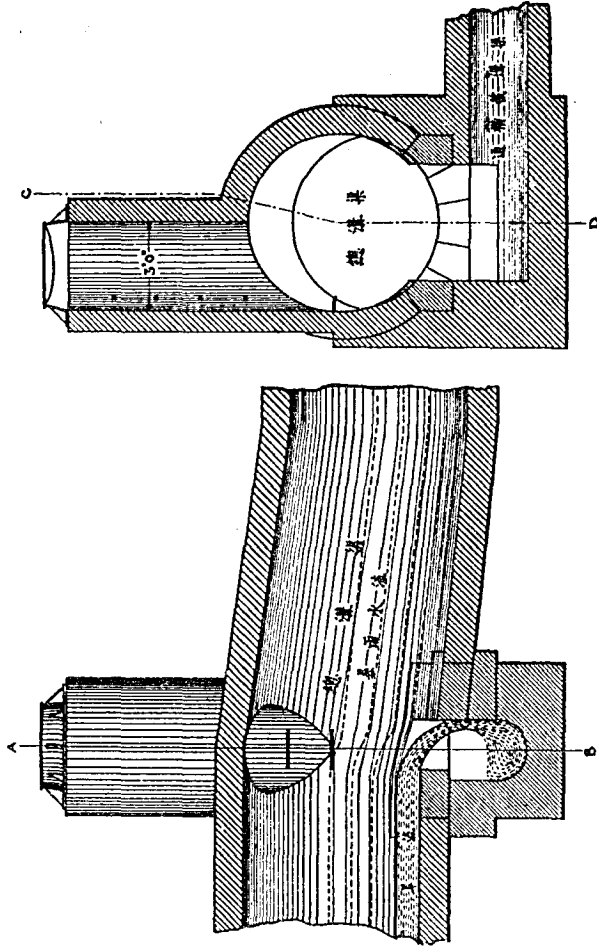
導行一定流量之溢流堰之堰長，可自試驗所得之下列公式計算，

$$l = 2.3 V d \log \frac{h_1}{h_2}$$

式中 l = 溢流堰之長度 (呎)，

V = 行近速率 (每秒呎數)，

d = 溝渠直徑 (呎)，

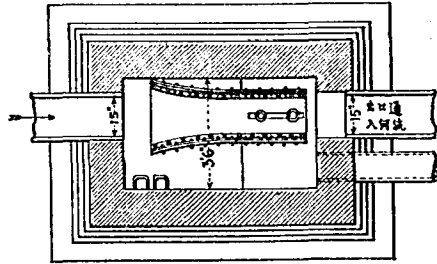
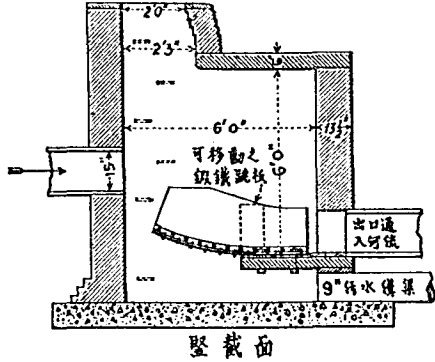


跳坎堰

第四十圖

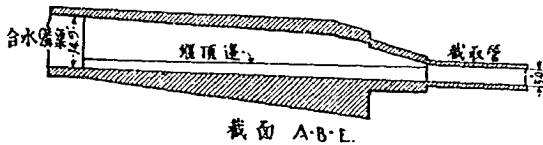
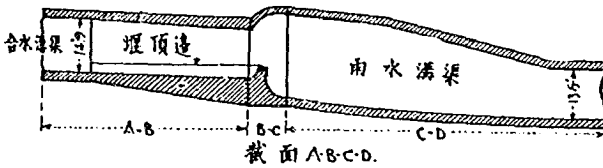
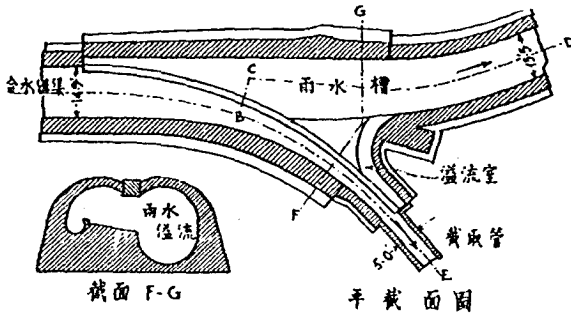
h_1 = 堰上端之
水位高，
 h_2 = 堰下端之
水位高。

設計溢流堰之
先，應假定堰頂透
離管底之高度，及
過堰之流量。管中
水高減去堰高即得
 h_1 ；堰前之流量
減去過堰之流量，
得堰後之溝渠內流
量；以此流量計算
水深，減去堰高，
乃得 h_2 。式中 V
之數值由克探氏
(Kutter) 公式計算。



第四十一圖 跳越堰

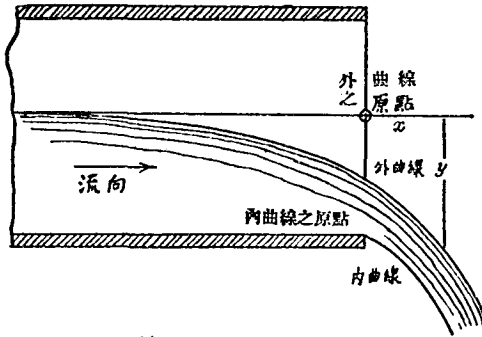
58. 會合部 在同一平面內之二大溝渠接交會合，所成銳角約
不及 30° 者，需用特殊建築，名曰會合部 (Junction)。會合部之
設計，須注意溝渠底部之適宜高度，使各管之通常污水流線在相
同高度。又各管靠近會合部，應用較陡坡度，以免一管滿流之污



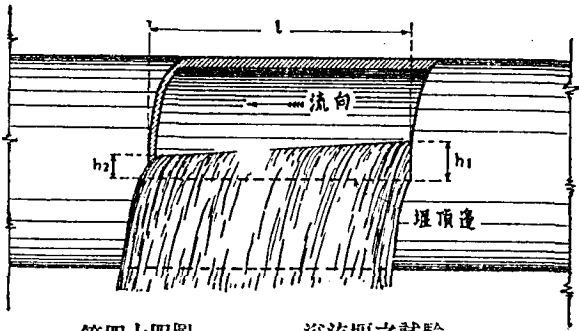
第四十二圖 雨水溢流堰。

水反流入他管。

第四十五圖示會合部之建築方式。建築材料都用磚工或混凝土。上部設置窰井，以觀察內部及施行清淨方法。蓋因污水之漩渦作用，常有物質沈積其間也。

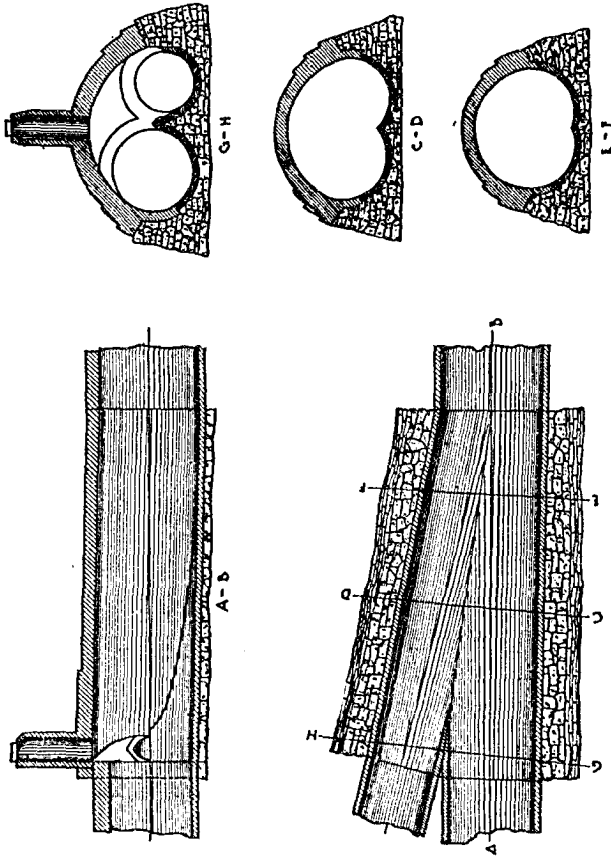


第四十三圖



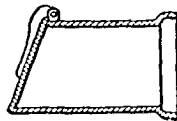
第四十四圖

溢流堰之試驗



第 五 十 四 圖

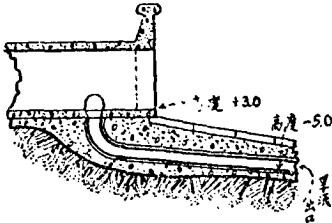
59.出口 溝系通入急流河道之出口 (Outlet)，須防止水流及飄流物之衝擊。如河水高低無定，則應使河水不致倒流入管為主要。他若岸邊灘地，忽受高潮之淹沒，忽被低潮所曝露，不宜通污水出口於其上；在靜止水源，如湖泊港灣等，或水流滯緩之河道，均宜設出口於水面之下。



第四十六圖 潮瓣

為防止流勢及浮物之衝損，出口管須設置於固定基礎及護牆。出口管之上流附近，及管口前部，設木椿一排，或石塊堆成長隄，以阻止管之移動。出口管

上段之坡度宜增大少許，始可減少河水倒流。第四十六圖之潮瓣 (Tide Gate) 亦用以防止高潮倒流入管者也。



第四十七圖 合水溝渠之出口

合水溝渠之出口，與分水溝渠者略有不同，因房屋污水須注意出口之位置，務使不生衛生上之妨礙。第四十七圖示溝渠出口入於一水面常有高低之河流。以二個15吋生鐵管導旱流於低水面下5呎處，雨水出口之底部則在高水面下9吋。

溝渠出口有時築於柁架 (Trestle) 之上，以達水源深處。美國

波士頓城 (Boston) 之溝渠出口，浸沒於海港之下，注洩於潮流之中。當退潮時際，污水受滂浦壓力，驅導水流入於大海。

60.基礎 建於堅硬泥土之溝渠，無須築特殊基礎以分配壓力。在鬆軟地土上，可加闊管之下部，俾可展佈重力。如遇岩石硬層，則於管下鋪設沙泥，一若坐墊之功效然。地土潮濕之區，如流沙，污泥，池沼等，因其負載力之薄弱，必須增設基礎。是故基礎之設備視地土性質而異。各種地土所能擔負之單位壓力，分載於各市建築法規，並不一致。第十四表列舉美國各城市通用之數值。在小徑溝管下，可以2吋厚之木板，較管徑長2或4呎，鋪置於溝壕之底，而後安設溝管。大徑溝渠之下，應用樁基者為多。每一木樁能擔負之重量，可由試驗方法實測，或用實驗公式約計之。最著名之公式為：

$$P = \frac{2Wh}{S+1}, \text{ 適用於重鏈驅擊之木樁。}$$

式中 P = 木樁之安全載重，磅數，安全系數 = 6；

W = 鏈之重量，磅數；

第十四表

各種地土可容之壓力（每方呎噸數）

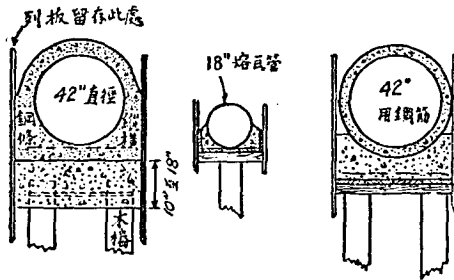
流沙及沖積泥土	½ 噸
軟泥	1 噸
乾泥及乾淨細沙	2 噸
泥及沙相間層	2 噸

堅實乾沙泥	3至4噸
堅結粗沙，礫石，或泥土	4至5噸
粗礫石	6噸
礫石與沙結合	6至8噸
硬土	6至10噸
硬土或硬泥石，未經風霜雨雪者	8至18噸
硬石層	10至50噸

h = 鏈之跌下呎數；

S = 木樁鑽入之吋數。

第四十八圖示建築於軟弱地土之溝渠基礎形式。樁心距離約

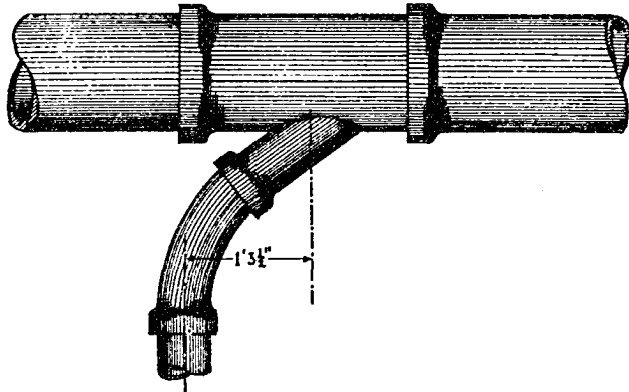


第四十八圖 溝渠基礎

自2至4呎，深度8至20呎，木樁上端之直徑約自6至8吋；若用排樁，則二三木樁成一排，上蓋橫木，與管線成垂直方向，排樁之間，常置板座以支撐溝渠。

61.暗溝 潮濕地區之溝渠下，可埋設暗溝 (Underdrain)，以排洩地下積水。暗溝之效用能使溝渠施工之便利，並可免除特殊基礎之建築。暗溝之材料，常為 6 至 8 吋直徑熔瓦管，開縫排置在溝渠下 1 或 2 呎處。大溝渠下，可排設平行暗溝二項。在流沙中所建之暗溝，須於周圍放置礫石及粗沙，並於開縫處包捲 6 吋闊棉布一層，以防細沙滲入而致阻塞。另一方法，則於暗溝中預置一粗繩或鐵鏈，以便牽動積沙。

62.房屋連管 由屋內污水管通連街道溝渠之部分，名曰房屋



第四十九圖 房屋連管之佈設

連管 (House Connection)，或曰房屋溝渠 (House drain House Sewer)。管之直徑至少 4 吋，因污水中每有油膩，毛刷，布巾，等物混雜也。連管坡度至少百分之二，其與街道溝渠接合處之方

式，如第四十九圖。如溝渠所經街道尚未興建房屋，則每30至40呎處裝分口管，而以封口板塞之如第四十九圖 A。



第四十九 A 圖

分口管之封閉方法

第四十九圖所示之分口管為 Y 形。據美國近時工程師之經驗，實以 T 形者為佳。在前者之水流阻力較小，惟在裝接連管或檢查阻塞時均以 T 形分口管為便利。

第八章 污水之抽升

63.需要 溝系設計中所需要污水抽升之處，概別三項：一，污水或雨水流集於過低之點，致不能流注於排洩之出口；二，達到一適宜之污水處理廠地位；三，提升低地之污水而導入於總溝渠。

污水之抽升，非惟得維持平坦地面下之溝渠坡度及速率，且可減少溝壕之開挖工作。又高大房屋之地窖，在溝渠平面下者，亦需藉機力以升高污水。

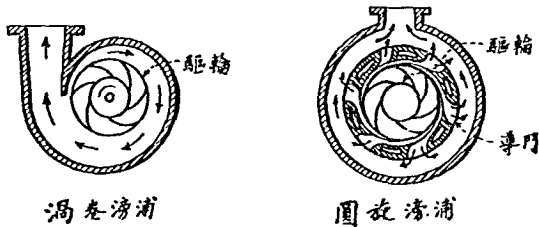
64.設備 污水滂浦站之設備，除滂浦（亦名抽水機 Pump）外，尚需篋格（Screen）及藏水池（Receiving well）。篋格用以保護滂浦之擦損與阻塞。藏水池用於較小之滂浦站，其滂浦之容量大於污水之平均流量。故一日間僅有數小時之抽水工作，當藏水池灌注時，滂浦停止運用。

污水滂浦之機件，必須十分可恃，若因機械損壞而致阻滯，

則污水聚積，或竟溢出街道，甚至流入屋室，損及健康。是故滂浦之容量首宜充足，機件尤應完善。

65.滂浦 滂浦之容量，當適應污水最大流量。並為安全計，常設二倍於需要之全部機械，以備損壞時之救濟。滂浦之種類，可概分為二。離心式 (Centrifugal pump) 與往復式 (Reciprocating pump) 是也。離心滂浦之運用，全恃蝸形鑄器內之驅輪或旋瓣 (Impeller) 轉動所生之離心力，使水流上騰。往復滂浦中之唧子 (Piston)，作往復運動。二者之中，尤以離心式之用途為廣。

離心滂浦又分渦卷滂浦 (Volute pump) 與圓旋滂浦 (或稱透平滂浦 (Turbine pump) 二種。渦卷式離心滂浦有渦形鑄殼，其中驅輪放射水流至四周各點之速率，均為相等 (第五十圖)。圓



第五十圖 離心滂浦之種別

旋式離心滂浦所放射之水流，由驅輪經過導門而入收集室，若是則水流方向被其更改，速率位差 (Velocity head) 變為壓力位差 (Pressure-Head)。離心滂浦或可分為單級與複級，凡用一組驅輪

之滂浦爲單級式；如由第一組驅輪之出水，通接於第二組驅輪之吸口，而連續作用者，謂之複級滂浦。

離心滂浦之大小以其出水管之直徑（吋數）計之。設以出水管內流速當作每秒10呎，乘管之截面，可約得滂浦之容量。

動力滂浦（Power pump）爲往復式機器，用任何種類之原動機，藉皮帶，齒聯（Gearing），或轉軸方法使之運用。蒸汽滂浦（Steam Pump）並非包括於動力滂浦內，蓋前者之汽唧（Steam piston）與水唧，同連一直軸，或用直軸及搖臂，而成整個形狀之機器者也。當運用時，直軸所有應力爲引長與擠壓相間。動力滂浦適用於不阻塞活門（Valve）或腐蝕滂浦之污水。往復滂浦亦可分爲塞子滂浦（Plunger pump）與唧子滂浦（Piston pump）。塞子滂浦作用時，水由水筒（Water cylinder）驅出，塞子僅及水筒之一部；反之，唧子滂浦作用時，唧子及於水筒之全部。若爲提升污水之用，則塞子滂浦較佳，因唧子與水筒內部之磨損，足以減少滂浦之效率也。

滂浦之種類甚多，除上述者外，尚有放射滂浦（Ejector pump）等。用於提升污水之放射滂浦，更有蒸汽噴射滂浦（Steam jet pump）及壓氣放射滂浦（Compressed air ejector）之別。詳見機械工程，茲不贅述。

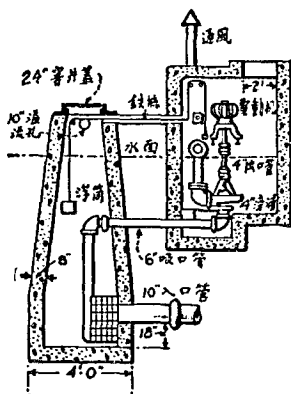
66.藏水池之容量 藏水池用於小規模之抽升站，設滂浦二，一架日常應用，另一架預防損壞。藏水池中污水抽吸完畢，滂浦

工作暫停，待注滿後復行繼續。

藏水池之容量應使滂浦工作於最大容量；在污水平均流量之時，滂浦休息時間約為15至20分鐘。例如污水平均流量為每秒2立方呎，最大量為平均量之二倍，則滂浦之容量當為每秒4立方呎。設在平均流量時，藏水池每15分鐘注滿一次，藏水池容量應為 $15 \times 2 \times 60 \times 7.5$ 或 13500 加侖。如是則在平均流量時滂浦工作15分鐘，休息15分鐘。

67. 離心滂浦之裝設 裝設滂浦之首要，在建築穩固基礎，以保持滂浦與電動機之轉軸於一定直線，或防止滂浦位置受皮帶移動。在小規模之自動抽升站，滂浦可浸沒污水中，惟須有移出之可能，以備查察與修理。通常置滂浦於不透水之井室內，位於低污水面之下，開動時無須裝水。滂浦之吸管應免除在空氣中作垂直方向之彎曲部分，並在靠近滂浦鑄殼之18或24吋內，裝置直管以免效率減低。離心滂浦起始開動時，如吸管中停留空氣，則運用不靈。裝置滂浦於水面下，能使吸管全部常受正向壓力。若此法不能實行，則所用吸管必須短而直，提吸位差亦應短少。吸水池或藏水池之污水入口宜裝設簾格，使雜物不得侵入。出口管宜裝設開關活門 (Gate valve) 及截止活門 (Check valve) 各一，前者管束流量之多寡，後者防止滂浦停機時污水倒流。

離心滂浦對大小容量，均稱適用。第五十一圖示一小規模之污水抽升站，以自動電力方法運用。全部機件均裝設於窰井內。



第五十一圖 窰井內之離心滂浦
 滂浦出水連續不絕，故水管亦無震動。

渦卷滂浦尤適用於抽升污水，因其路徑最寬也。污水所含沙粒固質，每易磨損圓旋滂浦之調和圈 (Diffusion vane)。圓旋滂浦之價值與重量均較渦卷滂浦為大。

複級滂浦用於高距之抽升，溝渠工程中鮮用之。往復式之塞子滂浦，僅適用於污水之無阻塞與腐蝕性者。凡小規模與低位差之抽升站，都不設此種滂浦。往復式滂浦常用於極大容量，在每日 50,000,000 加侖左右者。蒸汽滂浦為往復式中最普通之一種。動力滂浦時或用於小抽升站，以引擎 (Engine) 或電動機 (Motor) 拖動之。

壓氣放射滂浦用於巨屋之地窰內，因污水位置在溝渠之下，

吸水池中有—浮筒通達自動機，當污水增高，浮筒隨升，引起電動機與滂浦之旋轉；水低，筒落，機亦停。

68.抽水機器之比較 離心滂浦因有寬大路徑與不用活門 (Valve) 二優點，為抽升污水所最常用之機器。其所佔地面較小，開機時並無震動，可無需厚大之基座。

故需抽升工作。

電力驅動之離心式滂浦，為抽升污水之最佳者。電力作用之利益在自動調度，使滂浦運用於最高效率；而於停機之時，機力全無消耗，不若蒸汽滂浦常須維持其汽壓也。

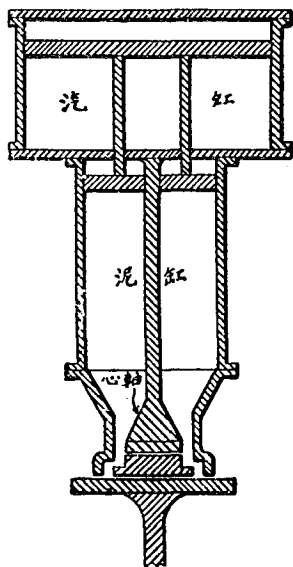
第九章 溝渠材料

69.材料 製造溝管之最普通材料爲陶土及混凝土；鋼，鐵，木材，偶或應用，惟限於特殊情形耳。隨地築於溝壕內之溝渠常用混凝土，混凝土塊，磚，熔瓦塊，等建之。較近混凝土價廉質堅，用途日增。二十年前，各國城市之大溝渠多屬磚砌。陶土與混凝土用作製成之溝管，其直徑自42吋以下。混凝土尤適用於大溝管，在溝壕內隨地建築者；若遇污水流速較高，則加磚層於管底爲佳。

外壓力之狀況，污水之流速與性質，俱爲選擇溝管應用材料之要素。鋼骨混凝土用於接近地面，並有重載車輛行經之大溝管。流速迅捷與污水夾帶沙粒者，應用硬磚鋪砌於管底內部，以防磨損。多數工程師稱腐化污水或酸性工廠洩水宜用熔瓦管或磚砌管，因混凝土易受侵蝕作用也。又地基鬆軟之所宜用混凝土，在堅結泥層中則磚砌與混凝土均可。

鉛縫連接之生鐵管，用於承受壓力之污水，及地土有移動作用者。若污水不受壓力而流動，則生鐵管之接縫可改用水泥。地土移動之區係在山側或鐵道下。鋼管因板薄而易受侵蝕，用途最鮮。通入河海之長出口管或可用鋼製。凡深埋於泥土中及載受重力之處，均不宜應用鋼管。

70. 熔瓦管 熔瓦管 (Vitrified clay pipe) 之製造法，為取泥土入磨坊中乾磨至極細粉末，藏於貯倉。復取出濕磨，並調和其



第五十二圖
熔瓦管之壓機構造

水分水多則質軟而形變，水少則結屑而不勻。

第五十二圖示製造瓦管之壓機截面圖。當汽缸 (Steam Cylinder) 與泥缸 (Mud cylinder) 內之活塞在最上部時，泥缸內填滿適當水分之泥土；而後蒸汽導入汽缸，泥土被壓擗入心軸 (Mandrel) 與圍型 (Die) 之空間，作成管之凸端。泥土所受壓力約為每方吋 250 至 600 磅。俟泥土由下邊小孔擠出，乃除去底板及心軸下部。繼再壓擗泥土成溝管之栓部 (Spigot)，先成之凸端名曰窩



第五十三圖

部 (Socket)。

曲管之製法有二：(甲)以新製生泥管徐徐彎成，(乙)以模型翻成。接合管 (Junction) 為以二管切成接合曲面，加泥土黏着。

泥土既壓榨成管，置入蒸汽所熱之乾室，此間溫度不變，以防裂縫。留室內約3至10日，泥管已乾，取之入窯。

已乾泥管須在窯內堆置適宜，使重量與熱度均各平均，而後縱火燃燒。燃燒手續約分五部如下：

1. 氣騰，時間約72小時，溫度漸升至華氏表 350 度；
2. 加熱，約在24小時內，溫度積增至華氏表 800 度；
3. 氯化，又在84小時內，溫度漲至華氏表 1400 度；
4. 熔化或曰玻璃化 (Vitrification)，在48小時內又增至 2100 度；

度；

5. 上釉 (Glazing)，溫度不變，加入食鹽 (NaCl) 使燃。每隔二或三小時加鹽一次，共五或六次後，使窯內熱度漸漸冷卻，瓦管之製造遂成。玻璃化完善之熔瓦管，有玻璃狀斷面，且吸水量極少。未燒透之熔瓦管，可有百分之15吸水量。

熔瓦塊之材料及製造，與熔瓦管完全相同。

美國材料試驗協會所訂關於熔瓦管說明書，記載要點如次。熔瓦管有任何下列之弊病者不納：

(a)尺寸變動超過第十五表所示之範圍。

第十五表

熔瓦管之大小及性質 (美國材料試驗協會訂定)

內直徑 (吋)	最小抗 裂強力 (每呎管 長磅數)	最大吸 水量 (百分數)	接置之 長度 (呎)	窩內 直徑 (吋)	窩深 (吋)	窩之 尖傾	管身 之最 小厚 度
6	1430	5	2,2 $\frac{1}{2}$,3	8 $\frac{1}{4}$	2	1:20	$\frac{5}{8}$
8	1430	5	2,2 $\frac{1}{2}$,3	10 $\frac{1}{4}$	2 $\frac{1}{4}$	1:20	$\frac{3}{4}$
10	1570	5	2,2 $\frac{1}{2}$,3	13	2 $\frac{1}{2}$	1:20	$\frac{7}{8}$
12	1710	5	2,2 $\frac{1}{2}$,3	15 $\frac{1}{4}$	2 $\frac{1}{2}$	1:20	1
15	1960	5	2,2 $\frac{1}{2}$,3	18 $\frac{1}{4}$	2 $\frac{1}{2}$	1:20	1 $\frac{1}{4}$
18	2200	5	2,2 $\frac{1}{2}$,3	22 $\frac{1}{4}$	3	1:20	1 $\frac{1}{2}$
21	2590	5	2,2 $\frac{1}{2}$,3	26	3	1:20	1 $\frac{3}{4}$
24	3070	5	2,2 $\frac{1}{2}$,3	29 $\frac{1}{2}$	3	1:20	2
27	3370	5	3	33 $\frac{1}{4}$	3 $\frac{1}{2}$	1:20	2 $\frac{1}{4}$
30	3690	5	3	37	3 $\frac{1}{2}$	1:20	2 $\frac{1}{2}$
33	3930	5	3	40 $\frac{1}{4}$	4	1:20	2 $\frac{5}{8}$
36	4400	5	3	44	4	1:20	2 $\frac{3}{4}$
39	4710	5	3	47 $\frac{1}{4}$	4	1:20	2 $\frac{7}{8}$
42	5030	5	3	51	4	1:20	3

(b)管身有裂縫或碎破，…… (如僅有一裂縫在管之任何一端，其長度不及2吋者；或僅有一破碎在管之凸端，不及2吋長3吋闊者，均可容納。但此項劣貨在百分之五以上則全貨不納)

(c)管之表面起泡斑，致釉光碎脫，或泡斑直徑超過3吋或突出表面 $\frac{1}{8}$ 吋以上。

(d)層紋 (Lamination) 示熔瓦管材料有多量孔隙者。

(e)燒窯時所生細裂影響於管之力量，耐久，或使用者。

(f)管線 (Alignment) 偏歪度過於每呎 $\frac{1}{8}$ 吋。

(g)釉光未曾佈滿管之各處，(除31項之規定)或釉藥非為上等鹽釉。

(h)以小錘擊直置之熔瓦管，無響亮之聲音者。

(i)接合管之縫合不牢固者。

製造技能及細工

(29)熔瓦管應免除破碎，裂縫，泡斑，層紋，及粗糙。

(31)釉藥應為一層勻淨光亮或半亮之玻璃質，而無粗大泡斑粒瘰。……管身內面，窩部除外，不得有百分之10以上無釉藥。管之栓部外面，自頂端至相當距離之一圈，可無需上釉，此距離為同樣對徑之熔瓦管窩部之 $\frac{2}{3}$ 深度。又上釉各部不宜有顯明碎痕或細裂。

(32)管端應與其縱軸成方正面。

(33)特形管亦應有窩栓各一端，大小尺寸與相當直徑之直管同。

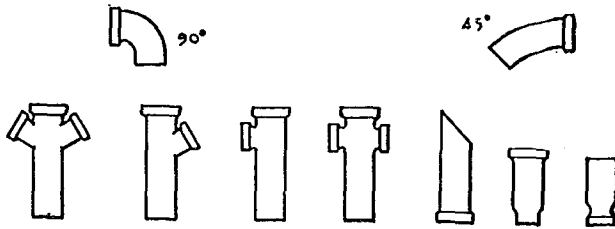
(a)斜接管 (Slant) 之栓端應與其縱軸約成45度角之切面。

(b)曲管 (Curve) 之角度應為 90, 45, 22 $\frac{1}{2}$ ，及 11 $\frac{1}{4}$ 度，須有

正確之彎曲。

(c)……特形管之分出口均應為窩部。

第五十四圖示各式特形熔瓦管。第十七表示熔瓦管在多種情形下所需之強力。



第五十四圖 特形熔瓦管

第十六表

熔瓦管尺寸之變動範圍

管徑 (吋)	長度 (每呎之 吋數) (一)	兩對邊 長度之 差 (吋)	內直徑, 吋		窩深 吋 (一)	管身厚 度, 吋 (一)
			栓 (七)	窩 (七)		
6	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	2
8	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{1}{4}$	2
10	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{1}{4}$	2
12	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{4}$	3
15	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{4}$	3
18	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{1}{4}$	3

21	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	3
24	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{1}{4}$	4
27	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{11}{8}$	$\frac{1}{4}$	4
30	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{11}{8}$	$\frac{1}{4}$	4
33	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{13}{8}$	$\frac{1}{4}$	5
36	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{13}{8}$	$\frac{1}{4}$	5
39	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{13}{8}$	$\frac{1}{4}$	5
42	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{13}{8}$	$\frac{1}{4}$	5

註：祇有負號(-)者對尺寸增加(+)並無限制

第 十 七 表

熔瓦管之強力

每呎溝管需有之強力。管裝溝壕內，覆置沙土或濕泥。管之底部60至90度處以普通良法貼合。(美國材料試驗協會會報)

填料距 管頂之 深，呎	溝壕之寬度(在管頂稍下處)									
	1 呎		2 呎		3 呎		4 呎		5 呎	
	填 壕 材 料									
	沙	泥	沙	泥	沙	泥	沙	泥	沙	泥
2	265	280	615	635	970	990	1330	1350	1690	1710
4	400	450	1055	1125	1745	1825	2455	2535	3165	3250
6	470	545	1370	1500	2370	2525	3405	3575	4460	4740
8	505	605	1600	1790	2875	3115	4215	4495	5595	5890
10	525	640	1765	2015	3275	3610	4900	5295	6590	7020
12	535	660	1880	2185	3600	4030	5485	6000	7460	8035
14	540	675	1935	2320	3855	4380	5975	6620	8225	8950

16	545	680	2025	2425	4065	4675	6395	7165	8890	9775
18	545	685	2070	2535	4230	4920	6750	7630	9480	10520
20	545	690	2100	2565	4365	5130	7050	8060	9995	11190
22	545	690	2125	2610	4470	5305	7305	8425	10445	11795
24	545	690	2140	2645	4560	5445	7525	8750	10840	12340
26	545	690	2150	2675	4630	5575	7705	9035	11185	12830
28	545	690	2160	2695	4685	5680	7860	9280	11490	13270
30	545	690	2165	2715	4725	5765	7990	9500	11755	13670
極大	545	690	2180	2770	4910	6230	8725	11075	13635	17305

71.水泥及混凝土溝管 通常每以水泥管(Cement pipe)及混凝土管(Concrete pipe)二者混稱，但實際上確有區別之可能。蓋以製成之小徑者曰水泥管，而以大徑或隨地建築之管曰混凝土管也。水泥與尋常泥土不同，既可在工廠製造，又可就當地興築。故其用途最廣。水泥管製造之先，當精選水泥，配合料，及鋼條三者，因溝管搬運時所受之震擊，較裝製後所承之載重為尤甚也。

下列數節中係美國材料試驗協會所訂混凝土之配合料各項說明：

1. 細配合料包括砂，石屑或其他碎粒等應為清潔堅硬粒子，並無灰塵，軟土，頁岩，鹼質，有機物，泥沙，或其他妨害物。

2. 細配合料宜有均勻之粗細等級，以粗粒佔優，當在下述範圍之內：

穿過第4號篩	百分之100
穿過第50號篩不得超過	百分之50
用淘分 (Elutriation) 試驗方法所失重量 不得超過	百分之3

7. 粗配合料包括碎石，礫石或其他碎物等應為清潔堅硬小塊，並無柔軟，鬆脆，薄層，或片狀小塊，鹼性，有機物等雜質。

下表示粗配合料之適宜粗細級度百分數

配合料 之最大 對徑 (吋)	圓 孔 (吋)								穿過 $\frac{1}{4}$ 吋圓 空格之篩， 不超過
	3	2 $\frac{1}{2}$	2	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{4}$	1	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$	
3	100	.....	.....	40-75	.....	.....	.....	.....	百分之十五
2 $\frac{1}{2}$	100	.....	.....	40-75	.....	.....	.....	百分之十五
2	100	.....	.....	40-75	.....	.....	百分之十五
1 $\frac{1}{2}$	100	.....	.....	40-75	.....	百分之十五
1 $\frac{1}{4}$	100	.....	.....	35-70	百分之十五
1	100	.....	40-75	百分之十五
$\frac{3}{4}$	100	.....	百分之十五

上海市工務局訂定道路溝渠施工用料規則之第五章摘錄如下：

下：

『第103條 水泥須用啓新馬牌，或上海象牌，或其他同等

之貨品，乾燥而無硬塊者為合格。運至施工地點後，須儲藏於廠棚內乾燥之處。如應用時發見已受潮濕，或不符合規定者不得使用。

第 104 條 石子分二吋，一時半，一時，半吋，二吋，五種。須堅硬而有菱角之青石子。（杭州青石子或松江青石子當於施工前指示）須無過大過小之病，並無雜物屑入。如用於混凝土內者，須先用清水洗淨之。

第 105 條 砂須粒粗角銳，而無雜物者為合格。如用於混凝土內者，須先用清水洗淨之。

水泥管之製造法，取水泥，砂，及水泥和入圓柱式模型中擊之。俟凝結後，解除模型，再越數日以增長其堅度。對於材料之選擇及混合比例，水量多寡，打結方法，凝結時間 (Period of setting)，製堅時間 (Time of curing)，及在此期間之溫度與溫度約束等項，均與製造成積有密切關係。美國工程師之習慣，每以一袋水泥與 $2\frac{1}{2}$ 立方呎之配合料配合，其中碎石或礫石之大小，約在 $\frac{1}{4}$ 吋以內。又美國混凝土協會制定配合料之粗細比例，以篩量為標準，穿過 $\frac{1}{2}$ 吋孔篩者百分之 100， $\frac{1}{4}$ 吋孔篩百分之 70，第 10 號篩百分之 50，第 20 號篩百分之 40，第 30 號篩百分之 30，第 40 號篩百分之 20。配合料過粗不易製作，且於解除模型時管身分離，或成粗糙管面，及連積孔隙。若配合料過細，則強力減弱，以內壓力方法試驗之，發生滲水之弊。混合物中約加百分之 15 至 20 之

清水，須視若乾狀，但以手捏之，可以成球。

混合物既成，乃以人工或機器打入模型中。機器製者較佳，以其出品均勻而堅硬也。俟水泥在模型內凝結，即解除模型，施行製堅方法 (Cure)。

製堅方法有二，一曰灑水，二曰蒸汽。前者以清水灑於初凝之水泥管，使其表面常濕，至六或七日止。此法較用蒸汽者為遲。蒸汽方法則以溝管排置一閉室內，導入低壓力之水汽，約24小時即成。據試驗結果，用灑水法28日之水泥管，與蒸汽法製堅者相當。

美國材料試驗協會所採定水泥混凝土溝管之大小示第十八表。

第十八表

水泥混凝土溝管之大小及性質

(美國材料試驗協會訂定)

內直徑 (吋)	最小抗裂 強力 (每 呎管長之 磅數)	最大吸 水量 (百分數)	接置之 長度 (呎)	窩內直 徑(吋)	窩深 (吋)	窩之 尖傾	管深之 最小厚 度(吋)
6	1430	8	2,2½,3	8¼	2	1:20	⅝
8	1430	8	2,2½,3	11	2¼	1:20	¾
10	1670	8	2,2½,3	13¼	2½	1:20	⅞
12	1910	8	2,2½,3	15⅝	2½	1:20	1
15	1960	8	2,2½,3	19¼	2½	1:20	1¼

18	2200	8	2,2 $\frac{1}{2}$,3	22 $\frac{3}{4}$	2 $\frac{3}{4}$	1:20	1 $\frac{1}{2}$
21	2590	8	2,2 $\frac{1}{2}$,3	26 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{3}{4}$	1:20	1 $\frac{3}{4}$
24	3070	8	2,2 $\frac{1}{2}$,3	30 $\frac{1}{4}$	3	1:20	2 $\frac{1}{8}$
27	3370	8	3	34	3 $\frac{1}{2}$	1:20	2 $\frac{1}{4}$
30	3690	8	3	38	3 $\frac{1}{2}$	1:20	2 $\frac{1}{2}$
33	3930	8	3	41 $\frac{1}{2}$	4	1:20	2 $\frac{3}{4}$
36	4400	8	3	45 $\frac{1}{2}$	4	1:20	3
39	4710	8	3	49	4	1:20	3 $\frac{1}{4}$
42	5030	8	3	53	4	1:20	3 $\frac{1}{2}$

關於混凝土溝管之製造法，大致與水泥管相同。每一管長約4呎。製造處所宜設於裝接溝渠之附近，以利搬運。此種溝管極為笨重，例如36吋混凝土管約重一噸。裝造之模型為圓柱形內外鋼板，生鐵底板，與圓箍等。混凝土之配合比例為1:2:4。材料置入混合器之順序為先石子，次砂，更次水泥，最後加充量水分成易於流動之混凝土。注入模型內24小時後，除去圓柱板，再越48小時除去底板，置入儲藏室使之堅固。在極寒天氣或急用溝管時，則在混凝土注入後，即用帆布遮蓋模型，噴以蒸氣約2或3小時，乃除去模型，再經數小時之蒸氣後，即成結硬之溝管矣。

第十九表

水泥混凝土管尺寸之變動範圍

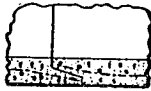
內直徑 (吋)	長度，每 呎之時數 (一)	內直徑，吋		窩深 (吋)(一)	管身厚， 吋(一)
		栓 (±)	窩 (±)		
6	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{16}$
8	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{16}$
10	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{16}$
12	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{16}$
15	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{32}$
18	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{32}$
21	$\frac{1}{4}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$
24	$\frac{3}{8}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$
27	$\frac{3}{8}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$
30	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$
33	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{16}$
36	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{16}$
39	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{16}$
42	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{16}$

溝管直徑自24吋至48吋者，用一層或一圈鋼筋，較大者用二圈（見第二十表）第五十五圖示混凝土管之連接及鋼筋佈置。美國混凝土協會所訂混凝土管之鋼筋應用規則如下：

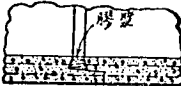
第 二 十 表

圓形混凝土溝管之鋼筋

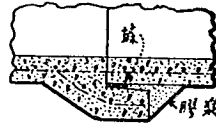
直徑 (吋)	最小 管厚 (吋)	鋼筋 圈數	每圈 之截 面積	直徑 (吋)	最小 管厚 (吋)	鋼筋 圈數	每圈 之截 面積
24	3	1	.058	48	5	2	.107
27	3	1	.068	54	5½	2	.126
30	3½	1	.080	60	6	2	.146
33	4	1	.107	66	6½	2	.168
36	4	1	.146	72	7	2	.180
39	4	1	.146	84	8	2	.208
42	4½	1	.153	96	9	2	.245



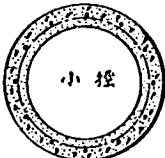
古口接縫



鑲嵌接縫



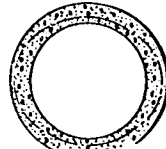
檢蓋接縫



單圈鋼筋



雙圈鋼筋



橢圓圈鋼筋

第五十五圖 混凝土管之接縫及鋼筋

溝管直徑在30至60吋之間，或設置於岩石或硬土中者，可不用鋼筋。溝管直徑在36吋或以內者，管身厚度至少5吋。至60吋管

之最厚度爲7吋。其中間尺寸之溝管，依此比例之。圓形管所用鋼筋示第二十表。凡靠近地面與感受震動之溝管均須用鋼筋。溝管直徑6呎或以內者，鋼筋截面至少佔混凝土截面之百分之 $\frac{1}{2}$ 。鋼筋之位置應在頂與底部之內近圈，及兩旁部分之外近圈。若所受壓力爲水平方向，則鋼筋位置應相反。溝管直徑在6呎以上，而用平底及平拱者，則腰部厚度至少8吋。

72. 混凝土之配合比例 混凝土之配合比例與強力，透水性，及施用三者有密切關係，水泥之分量，粗細配合料之性質，等級，成分，及混合水之多寡，均影響於混凝土之優劣。

他項條件相等時，混凝土之強力與所用水泥分量成正比例。等量之水泥及相同之混凝土結厚度 (Consistency)，則混凝土之強力與密度 (Density) 成正比例，亦即與空隙 (Voids) 成反比例也。是故最大密度，或最小空隙，爲配合比例之目標。

以混合所用之水量論，混凝土之最大強力每得自乾厚者，即所成混凝土體積爲最小者也。增加水量，則強力漸減。多加百分之40水量，可減弱混凝土強力至半數。透水性之大小與強力之關係條件相同，而空孔之大小與連續，影響尤大。

混凝土施用之難易，亦屬性質上之重要問題。無知工人貪工作便利計，時或增加混合水以改善施用，而寧犧牲其強力之減弱。多量之粗配合料，在相當範圍內，可得強力高大之混凝土，惟此種混合物不易施用耳。少量之粗配合料成施用較易及組織均

勻之混合物。是故建築上應用混凝土所需要之施用程度，視建築之性質而異。如用之鋪砌路面者，則可加堅強之敲擊，混合水量自當較少於不便敲擊之工程。

各種材料常以體積量之，若以重量計，可避免濕度之錯誤，但因比重 (Specific Gravity) 不同，分量亦受影響。

混凝土之配合比例，以學理推算，可得若干方法，詳述於工程材料學。溝渠工程中普通採用之比例為：

泥漿用於

磚工或石工	自 1 : 0 至 1 : 3
溝管之接縫	1 : 0 至 1 : 2

混凝土用於

溝渠或基礎	1 : 2 : 4 至 1 : 3 : 6
-------	-----------------------

73. 混凝土之防透水 最良之防透水方法為製作密結之混凝土。實際上有用石灰粉，黏土，或他種專利物料混入，以增加密度，乃假設此種細質可填滿任何空隙也。或以明礬與肥皂或水泥汁洗刷混凝土之表面，亦得少許效力。凡接觸泥土之擋牆 (Retaining wall)，於混凝土牆面塗熱柏油脂 (Coal tar pitch) 一或二層，再敷柏油 (Coal tar) 溶於安息香油 (Benzole) 之液汁一層，若是則泥土中水分不致外透。

柏油及瀝青之類，製成黏膠或油氈，均可為防透水之用。溝渠工程上無絕對不透水之需要。故該項設置亦可省略。

74. 混凝土之混和及放置 混和及放置混凝土於溝渠，須用謹慎工作。混和之程度尤須透澈，使混合物之顏色均勻，乾濕調和。若以機器混和，每次需時約二分鐘左右。人工混和法以材料配置平臺上混和後，加水再行翻拌六次。混和水量之多寡最為重要，務使混凝土得緩流至形殼 (Form) 之各處。水分過多，則在撥移至形殼時。石子與泥漿分開，以致力量減弱。

上海市工務局施工規則摘錄如下：

『第47條 混凝土之拌合，須按照成分，用特製木斗，量配準確，然後拌合。拌合方法分爲兩種：

(1)人工拌合 須先將黃砂，水泥置於光平之木板上拌和，再加石子乾拌均勻。移至第二拌板上，徐徐加以適當之清水（澆水須用噴桶灑澆），拌至確實勻和，方可使用。

(2)機器拌合 須先將配就之水泥，黃砂，石子傾入機內乾拌均勻，然後加適當之水再拌。其拌合時間至少須經一分半鐘，（以機斗每分鐘能轉十四次至十八次者爲準）。確已拌勻，方可傾出使用。每次拌合容量，不得超過機廠指明之數。在已拌成者須完全倒清，方可再加材料拌合。此項機器上並須設有量水器及時間節制表方爲合用』。

已拌和之混凝土，應立即移至堆置之所。已呈凝結狀態者，不得應用。堆置若干後，以直錘插擊搗實，使粗細粒子均得適當位置。並須注意形殼之堅固及完全浸濕（奇寒氣候除外）或敷

油。放置混凝土之形殼內，不可有雜物遺留。若溝渠施工分數部完成者，則應預留凹槽，以備舊成之混凝土與新製者成牢固之接合。

新舊工接合處須先鑿成粗糙表面，掃刷清淨，灑水使潮，而後敷薄層之水泥漿（1:2 配合）。

混凝土之外表面乾燥過速，則妨礙凝結，故須遮蓋，勿使日光曬及，並灑水潤濕，至少七日方可。

混凝土不宜於冰凍氣候拌合及放置，除非設法防止結冰。混凝土中石子占量最多，若先烘熱而後拌合，得增高溫度。又在溝渠外部遮蓋稻草，管中導蒸氣取暖，亦為良法。

若混凝土放置作巨大體積者，可以清淨大石塊浸濕嵌置其間。非惟增加強力，且可減省材料費用。

凡工作於淺近之溝壕內，常以鐵鏟搬移混凝土於形殼中。若溝壕深邃，不便以拌合平臺置於上面者，則混凝土由斜槽瀉引。槽為木製，內面覆以鐵皮，成U形，上端作漏斗式，是為入口。傾入形殼內之混凝土，宜使兩方平衡。

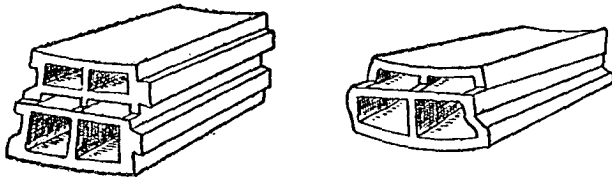
75.溝磚 建築溝渠所用之溝磚 (Sewer Brick)，應為完正新磚，有均勻標準之尺寸，與平行直邊，正方四角，組織堅密，燃燒結硬而透善，無碎縫裂痕之瑕疵，敲之生清脆鐘聲，磚厚不得差 $\frac{1}{16}$ 吋，磚寬或長不得差 $\frac{1}{8}$ 吋，完全乾燥之磚浸於水內24小時之平均吸水量，不得超過百分之六。

堆積施工地點之溝磚，得任包工者揀選。落選之磚不准用於溝渠工程之任何部分。如得工程司之允許，可擇稍佳者建築窰井之上部。

溝渠之底部，時或鋪砌一種堅硬之熔磚 (Vitrified Brick)，以抵禦污水之磨擦力。此項材料亦同受相當之限制。

溝磚之普通尺寸為 $2\frac{1}{4} \times 4 \times 8\frac{1}{4}$ 吋。在某一工作所用之磚，以尺寸均勻為佳。若多敷水泥漿以補尺寸之短小，則妨礙溝渠之強力。吸水量之限制，視磚之用途而定。用於底部內面者，須抵制污水中雜粒之剝蝕，宜用堅密之磚，吸水量應在百分之 5 以內。普通所用者之吸水量，可在百分之 10 左右。

76. 熔瓦塊 美國溝管公司於 1911 年起，製造熔瓦塊 (Vitrified Sewer Block) 供溝渠建築之用，可成 30 至 108 吋直徑之溝渠。此項熔瓦塊之優點為堅固光滑之內表面。其製造法與熔瓦磚相似。以模型鑄成之瓦塊加高溫度燃燒，使其表面成玻璃化，復上釉藥以增光潤。熔瓦塊之尺寸較溝磚為大，接縫亦少，施工容易而迅



第五十六圖 熔瓦塊

速；但其兩端之接縫頗難緊密，時有漏水之弊。近年來用途漸少。

熔瓦塊之長自18至24吋，寬9至15吋，厚5至10吋，重量自40至120磅。

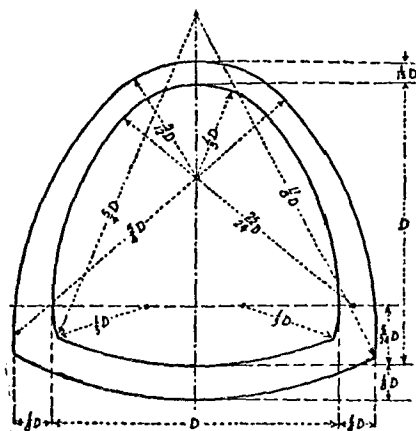
77.鑄鐵,鋼 鋼鐵材料用於給水工程者較多。溝渠工程適用該項材料者為鑄鐵溝管，窰井鐵蓋，水口鐵架等。

鋼筋混凝土之鋼條須謹慎採選，以防參用劣貨。多量之鐵鏽，鱗片，油漆等均致損失混凝土與鋼條間之黏合 (Bond)，故須先行括淨，取一鋼條貼圓柱上，(圓柱之直徑為鋼條厚之兩倍) 彎至 180° 時，不得於外面發生裂痕。鋼條之最大引力至少每方吋 70,000 磅。上海市工務局用料規則載『(第101條)鋼筋須用上等竹節鋼筋，以能冷彎至 180 度不生裂痕，並須平直而無鐵鏽者為合格。使用時如略有鐵鏽油漆，均須括盡，方可使用。(第102條)紮筋鐵絲用20號鐵絲。凡紮筋須紮緊，並另紮鐵絲撐腳，使鋼筋得佈置於適當地位』。

鋼管原料應為開爐法鑄成之軟鋼，最大引力每方吋 60,000 磅。管之內外敷油劑以防止剝蝕，通常所用者為柏油脂 (Coal tar pitch)，或柏油脂與土瀝青 (Asphalt) 之混合物。按柏油脂為柏油 (Coal tar) 之蒸溜物，將所含之石油精 (Naphtha) 除去，並加入百分之一亞麻子油 (Linseed oil)。柏油脂燒熱至華氏表 300 度，將鋼管烘熱後浸入取出。

78. 溝渠形式之研究(a)圓形。圓截面以最短之周圍包含一定之面積，滿流或半滿流時得最大之速率。尋常情形之下，此種形式所需材料甚為經濟；惟在平底溝壕或需用樁基或平淤之所，則須加增材料以支撐彎部。第六十四圖示美國路易司維爾 (Louisville) 城圓形混凝土溝渠之標準截面圖。

(b) 蛋形 在合水溝渠中，旱流與暴雨水量二者相差甚巨；又若通接污水溝渠之現今人口數，僅為將來發達時之一小部分，則在圓形管中淺流時之速率極緩。理想的溝渠形式為當水流減低時之水力半徑仍為常數。欲達到此理想目的，雖為實際所不及，然蛋形管之性質與之最近。微小流量在蛋形管中所佔深度及速率，



第五十七圖 梅氏標準半橢圓形溝渠

均較同等容量之圓形管為大。惟蛋形管有易於碎裂，多需材料，難以施工等弊點，且其造價較他種形式為貴。

(c) 半橢圓形 第五十七圖，第二十一表，此形之拱部為一真半橢圓形，或以三個圓弧連成類似半橢

第二十一表
標準半橢圓形溝渠尺寸
(梅卡夫與愛迪設計)

內直徑 D 呎吋	水路面積 方呎	水力半徑 呎	混凝土厚度		混凝土面積 方呎	混凝土容積 每呎長之立方碼
			頂部 呎吋	底部中心及起拱點 呎吋		
6 0	28.2	1.442	0 6	0 9	14.12	0.523
6 6	33.1	1.562	0 6½	0 9½	16.58	0.614
7 0	38.4	1.683	0 7	0 10½	19.21	0.712
7 6	44.05	1.803	0 7½	0 11¼	22.08	0.817
8 0	50.1	1.923	0 8	1 0	25.10	0.930
8 6	56.6	2.043	0 8½	1 0½	28.44	1.054
9 0	63.4	2.163	0 9	1 1½	31.80	1.177
9 6	70.7	2.284	0 9½	1 2½	35.41	1.311
10 0	78.3	2.404	0 10	1 3	39.24	1.453
10 6	79.3	2.525	0 10½	1 3¼	43.26	1.602
11 0	91.75	2.646	0 11	1 4½	47.48	1.757
11 6	103.5	2.764	0 11½	1 5¼	51.89	1.921
12 0	112.75	2.884	1 0	1 6	56.51	2.092
12 6	122.4	3.005	1 0½	1 6¼	61.31	2.270
13 0	132.4	3.125	1 1	1 7½	66.32	2.456
13 6	142.7	3.245	1 1½	1 8¼	71.51	2.649
14 0	153.5	3.365	1 2	1 9	76.91	2.849

水路面積=0.7831D²混凝土面積=0.3924D²

圓形。因其水流截面之重心較圓形管為低，故其平常流線較低。半橢圓形之主要優點，在其拱形與拱部之阻力線 (Line of Resistance) 幾近切合。故拱部之厚度雖薄仍得充分之強力。

半橢圓形之底部形狀極易與溝壕之底形相合，是故起拱線 (Springing line) 以下之材料並非過剩。此形在淺流時之水力性質尚不及圓形，蓋其底部廣闊，速率勢必減弱故也。然在流量變遷不大，而平常流量在全容量三分之一者，則此項弊點亦不成問題。概言之，溝渠寬度在 6 呎以上者，以此形為最佳之一種。

(d)懸鏈線形 (Catenary) 適用於泥土隧道中之溝渠，蓋其形式與隧道之木架近似。阻力線全在拱部之間，水力性質良好，水截面之重心亦低。

(e)哥德形 (Gothic) 可稱腰圓形。其與當量圓形相較。則平直徑約短百分 17，豎直徑約長百分之 8。

(f)馬蹄及籃柄二形極相似。後者之平直徑較豎直徑約少百分之 6，拱部略尖，底部較半圓形為平坦。馬蹄形上段為半圓形，拱部起拱線以下之旁牆取豎向或內傾，作平面或曲面狀，底部若與壕底同形，可節省土石工料。

(g)拋物線形較等高圓形之容量為大。平常流線亦低。底部作成對斜面。所需溝壕之寬度應較等高及等容量之半橢圓形為大。

(h)U形之水力性質，在未滿流以前，堪稱良好。此形適用於低流狀態，但需用石料較多，不甚經濟。通常築成 3 呎闊及 4 呎

以上深度之溝渠。

(i)長方形之用途漸趨增加，因其水力性質優良，形殼工作簡單，所用材料及溝壕空間均屬經濟，施工亦甚簡易。此形之底部常作V字形以適合低流。

(i)半圓形前用於低地之大溝渠，原有地面在溝渠頂部之下者，近時以長方形代之。

第十章 管圈設計

79.地下溝管之應力 (Stress) 設溝管中污水承壓力而流動，則管圈有內破力 (Internal Bursting Pressure) 作用。製成之溝管搬運於施工地點，則管圈受外界震搖而感生應力。又溫度高低，溝管隨之漲縮，發生溫度應力 (Temperature stress)。惟以上三項應力，對溝管影響至微，均非為管圈設計之要素。此外溝管受泥土之直接重量，及車輛之間接壓力而所生之應力，實為最要問題。管圈之計畫即基於此。

設計圓形管圈較他種形式為簡。若圓周四邊外力均勻，則管圈之應力俱為擠力 (Compression)；外力不勻，則發生彎曲旋量 (Bending Moment)，各部遂有引力 (Tension) 或擠力之不同。設有二集力以相對方向加於管之直徑線上，則所生之彎曲為最大。但地下溝管所受外力非為集力，亦非為純粹之均勻壓力，常取一折中方法以研究，詳第81節。

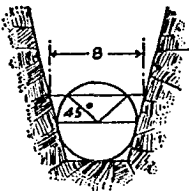
80. 地下溝管之載重 數十年來，歐美工程師從事於修養溝系者。察得各種大小溝管，須經長期應用，始現碎裂形象。當溝管裝設未久，填土尙未十分堅密，如經數度大雨，地水浸透泥土，使溝管所受外力增至最大。

據試驗所得結果，設管之上下受垂直方向之重力，至管之平直徑增長約 0.04 吋時，即生裂痕或破碎。若堅硬泥土使與管周緊貼，以防止此少量之移動，勢所不能。是故溝管承受重力致有損壞之虞者，須用強力充足之管，或於管下建築座基 (Cradle)。但無論採用何種建造方法，管旁填土不得假爲支撐之助力。

美國愛華 (Iowa) 州立農學院教授麥士頓及安潭生 (Marston & Anderson) 二氏曾作試驗，測定地下溝管之載重。由試驗結果引出公式

$$W = C w B^3$$

式中 w 爲填土重量 (每立方呎磅數)；



第五十八圖

B 爲溝壕之寬 (呎數)，在 45° 線與管邊相交點處量之 (第五十八圖)；

C 爲係數，視填土之性質及溝壕寬與深之比而定， C 之數值見第二十二表，各種填土重量見第二十三表。

如溝壕上部更受車輛或其他重量，則溝管感得之一部分重量，由 $L_p = C L$ 計算，式中 L_p 爲單位長溝

壕之填土重力當量 (Equivalent Backfill Load), L 為單位長溝壕之表面重力, C 為系數, 視填土之性質, 溝壕深與寬之比, 及重力之長短性質而異。長重力係與溝壕之長作相同方向者, 例如一堆建築材料。短重力係與溝壕之長成交叉方向者, 例如一電車或滾壓機穿過溝壕。 C 之數值示於第二十四表為長重力, 第二十五表為短重力。溝壕表面時或遭遇之長重力示於下頁第二十六表。

第二十二表

$W = C w B^2$ 式中 C 之安全工作數值

(美國愛華州立農學院工程試驗站第31期報告)

深與寬之比	濕土及乾或潮砂	透濕土	濕黃泥	透濕黃泥
0.5	0.46	0.47	0.47	0.48
1.0	0.85	0.86	0.88	0.90
1.5	1.18	1.21	1.25	1.27
2.0	1.47	1.51	1.56	1.62
2.5	1.70	1.77	1.83	1.91
3.0	1.90	1.99	2.08	2.19
3.5	2.08	2.18	2.28	2.43
4.0	2.22	2.35	2.47	2.65
4.5	2.34	2.49	2.63	2.85
5.0	2.45	2.61	2.78	3.02
5.5	2.54	2.72	2.90	3.18

6.0	2.61	2.81	3.01	3.32
6.5	2.68	2.89	3.11	3.44
7.0	2.73	2.95	3.19	3.55
7.5	2.78	3.01	3.27	3.65
8.0	2.82	3.06	3.33	3.74
8.5	2.85	3.10	3.39	3.82
9.0	2.88	3.14	3.44	3.89
9.5	2.90	3.18	3.48	3.96
10.0	2.92	3.20	3.52	4.01
11.0	2.95	3.25	3.58	4.11
12.0	2.97	3.28	3.63	4.19
13.0	2.99	3.31	3.67	4.25
14.0	3.00	3.33	3.70	4.30
15.0	3.01	3.34	3.72	4.34
∞	3.03	3.38	3.79	4.50

第二十三表

$$W = C w B^2$$
 式中填土之單位重量 w

溝壕填土之類別	每立方呎之磅數
半結實之濕泥	90
透濕泥	110
半結實之濕黃泥	100
透濕黃泥	130
乾砂	100
濕砂	120

第二十四表

溝管感受重力與溝壕表面長重力之比

深與寬之比	砂及濕土	透濕土	濕黃泥	透濕黃泥
0.0	1.00	1.00	1.00	1.00
0.5	0.85	0.86	0.88	0.89
1.0	0.72	0.75	0.77	0.80
1.5	0.61	0.64	0.67	0.72
2.0	0.52	0.55	0.59	0.64
2.5	0.44	0.48	0.52	0.57
3.0	0.37	0.41	0.45	0.51
4.0	0.27	0.31	0.35	0.41
5.0	0.19	0.23	0.27	0.33
6.0	0.14	0.17	0.20	0.26
8.0	0.07	0.09	0.12	0.17
10.0	0.04	0.05	0.07	0.11

(愛華州立農學院報告)

例題：試計算一72吋混凝土溝渠所受之重力。管厚9吋，管上填土深15呎，填土性質為透濕黃泥，表面負載重力為6呎高之瓦磚。

填土深與溝壕寬之比為 $15 \div 9$ ，或 1.67。由第二十二表檢得 $C w B^2$ 式中之係數為 1.39。由第二十三表得透濕黃泥每立方呎之重量為 130 磅。故每呎管長因填土所受重力為

$$W = C w B^2 = 1.39 \times 130 \times 81 = 14,600 \text{ 磅}$$

第二十五表

溝管所受重力與溝壕表面短重力之比

溝壕與 寬之比	砂及濕土		透濕土		濕黃泥		透濕黃泥	
	重力之長度等於							
	溝壕 寬	$\frac{1}{10}$ 溝壕 寬	溝壕 寬	$\frac{1}{10}$ 溝壕 寬	溝壕 寬	$\frac{1}{10}$ 溝壕 寬	溝壕 寬	$\frac{1}{10}$ 溝壕 寬
0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.5	0.77	0.12	0.78	0.13	0.79	0.13	0.81	0.13
1.0	0.59	0.02	0.61	0.02	0.63	0.02	0.66	0.02
1.5	0.46	.....	0.48	.....	0.51	.....	0.54	.....
2.0	0.35	.....	0.38	.....	0.40	.....	0.44	.....
2.5	0.27	.....	0.29	.....	0.32	.....	0.35	.....
3.0	0.21	.....	0.23	.....	0.25	.....	0.29	.....
4.0	0.12	.....	0.12	.....	0.16	.....	0.19	.....
5.0	0.07	.....	0.09	.....	0.10	.....	0.13	.....
6.0	0.04	.....	0.05	.....	0.06	.....	0.08	.....
8.0	0.02	.....	0.02	.....	0.03	.....	0.04	.....
10.0	0.01	.....	0.01	.....	0.01	.....	0.02	.....

(愛華州立農學院報告)

第二十六表

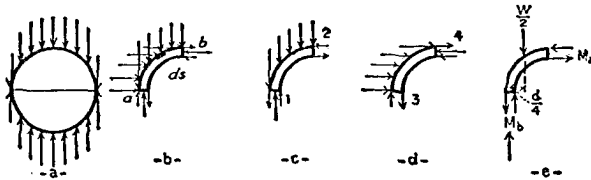
普通建築材料堆積停留時之重量

每立方呎磅數

磚.....	120	木材.....	35
水泥.....	90	花崗石.....	160
砂.....	90	煤.....	50
碎石.....	150	生鐵.....	400

第二十六表得每方呎溝壕面積所受瓦磚之壓力為 $120 \times 6 = 720$ 磅。由第二十五表得 C 之數值約為 0.70 。故 $L_p = 0.7 \times 9 \times 720 = 4536$ 磅。以每立方呎重 130 磅之填土計當量深度 $= \frac{4536}{130 \times 9} = 3.88$ 呎。填土之當量深度總數 $= 3.88 + 15 = 18.88$ 呎。溝壕深與寬之比 $\frac{18.88}{9} = 2.1$ 。在 $W = C w B^2$ 式中。系數 $C = 1.67$ 。每呎管長所受總重力 $= 1.67 \times 130 \times 81 = 17600$ 磅。

81. 圓形管圈之應力 第五十九圖 a 示通常溝渠設計所假定之重力分配，將若干等力平均佈置於一直徑上。如求管圈中因此項重力所有之彎曲旋量 (Bending Moment)，設 a b (第五十九圖



第五十九圖

b) 為管之一段，受垂直與水平二種方向之均勻力。每條微分長度 ds 上之垂直分力為 $w ds \cos \theta$ ，又水平分力為 $w ds \sin \theta$ 。其表面上合力為 $w ds$ 。式中 w 係單位管長之垂直及水平力， θ 係 ds 切線與水平線所成角度。故在第五十九圖 b 所示重力之性質，等於正交圓周之均勻重力，而在管圈中並不發生旋量 (Moment)。

設管圈祇受垂直力，則圈中旋量示於第五十九圖 c；又管圈祇受水平力，則圈中旋量示於第五十九圖 d。由圖形之對稱式知旋量(1)等於旋量(4)，但其方向相反；又旋量(2)亦等於旋量(3)，但其方向亦相反。若在同一管圈上，水平垂直諸力併合一起，如第五十九圖 b，則各個旋量相互對銷，適與上段證明者同。是故旋量(1)等於旋量(2)，及旋量(3)等於旋量(4)。在第五十九圖 e， $M_a = M_b$ 。依平衡原理，各旋量之和為零， $\Sigma M = 0$ 。故 $M_a + M_b - \left(\frac{W}{2}\right)\left(\frac{d}{4}\right) = 0$ ，解之得 $M_a = \frac{Wd}{16}$ 。比項旋量發生於垂直及水平二直徑之盡端，管頂之內面，及水平直徑之外端均發生引力。水平直徑之兩端尚有擠力等於管上重力之半數。如管圈為均勻材料，則最大應力可由下式計算之。 $f = \frac{My}{I} \pm \frac{P}{A}$ ，式中 M 為彎曲旋量，y 為單位長管邊截面之中和軸線 (Neutral Axis) 至最外或最內邊距離，I 為此面對於中和軸線之怠旋 (Moment of Inertia)，P 為管上重力之半，A 為截面積。

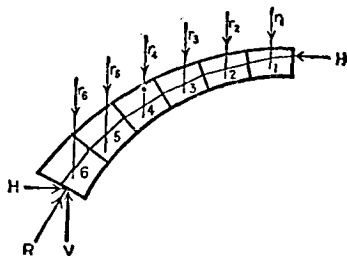
據戴爾白及麥司頓二氏 (Talbot & Marston) 之研究，設溝渠之頂底，均受一集力 Q，則管圈中之旋量為 $0.059 Q d$ ；若為均勻重力 W，則其旋量為 $0.0625 W d$ (等於上段證明之 $\left(\frac{Wd}{16}\right)$)；又在管圈頂部四分之一周加均勻重力 W，而在底部四分之一周受相當之支撐，則其旋量為 $0.0845 W d$ 。水平直徑兩端之旋量，依上述三項順序計，為 $0.091 Q d$ ， $0.0625 W d$ ，及 $0.077 W d$ 。

管圈之適當厚度以維持各種重力者，為 $t = 0.976 \sqrt{Qd/f}$ 用

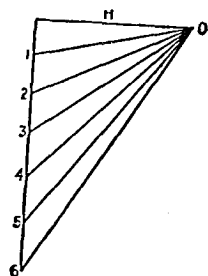
於垂直集力； $t=0.612\sqrt{Wd/f}$ 用於垂直均勻力； $t=0.71\sqrt{Wd/f}$ 用於頂部四分之一周上垂直均勻力，式中 f 為管圈最外邊之單位應力 (Unit Stress)。

82. 溝拱之分析 前節所述管圈應力之計算，祇限於圓形溝管。若為他種形式之管圈，則以另法算之。最簡單方法稱曰靜止或拱石方法 (Voussoir Method)。假定拱之兩端在起拱線處為固定，其設計原理為任何截面之合力線應在三分中部以內。

用拱石方法設計時，以正確比例尺繪就預擬之拱形。分全拱為若干等長之拱石，而後以每段所受重力（包括拱石之重量）線向 (Line of Action) 繪如第六十圖。拱之載重為對稱式 (Symmetrical)，故在頂部無垂直抗力。假定合力 R 交於拱座 (Skewback) 三分中部之下點，並假定管頂之水平力 H 交於溝拱中截面三分中部之上點。如計算 H 之數值，則於拱座之 R 交點，取各力之



第六十圖



第六十一圖

旋量而等於零而解之。繼繪力多角形 (Force Polygon) 如第六十一圖。自 O 點連接射線 (Rays)，推平行線至第六十圖，成平衡多角形 (Equilibrium Polygon)。若此多角形之各線，名阻力線 (Resistance Line)，均站於各塊拱石三分中部之間，則此拱足以抵抗所載各重力。但遇阻力線站於三分中部之外時，應設法求得一阻力線在三分中部之間而後止。與拱形之中和軸線最切近之阻力線，謂之真阻力線。中和軸線係拱形內外二曲線之中心線。校正阻力線至三分中部以內之方法，為先擇二節之阻力線離開中和軸線最遠者，次選 M 及 N 二點於此二節上，M 點離拱頂較 N 點為近。並假設 W_1 及 W_2 為自 M 及 N 各點至拱頂之重力之和， y 代表拱頂至 N 點之垂直距離， y' 代表 M 與 N 間垂直距離， x_1 及 x_2 代表自 W_1 及 W_2 至 M 及 N 之水平距離。如是則水平壓力 H，及拱頂至 H 交加點 (Point of Application) 之距離 a 為：

(根據 Voussoir Arches by Cain)

$$H = \frac{W_2 x_2 - W_1 x_1}{y'}$$

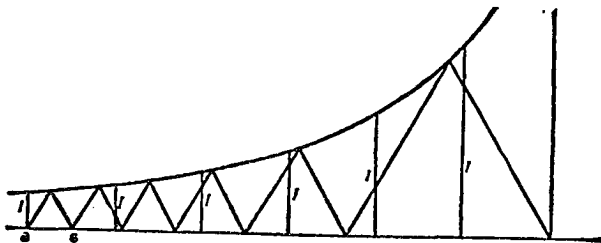
$$a = y - \frac{W_2 x_2}{H}$$

以新算出之 H 重繪阻力線，必經過 M 及 N 點。如不能使阻力線完全站於三分中部之內時，宜將拱形另繪之。本法較為簡略，且其結果常不出百分之 10 之差誤。

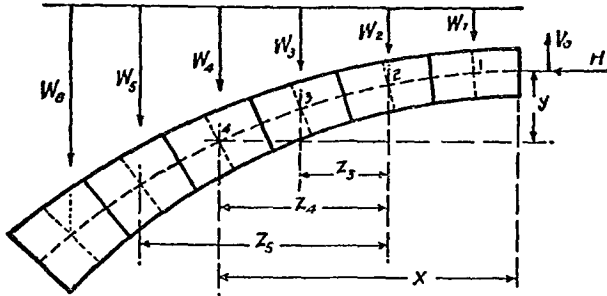
設計溝拱之彈力方法 (Elastic Method) 較前法稍繁。確定真

阻力線之位置較為精密。先繪適當拱形，分為若干拱塊。凡各節沿中和軸線之距離 S ，依各塊 $\frac{I}{S}$ 之比數均相等為原則， I 為鄰近二截面對於中和軸線之總旋之平均數。若拱形之厚相同，則各節距離亦同。分割各節 $\frac{I}{S}$ 為常數之方法如下：分拱軸線之半為若干等分；量度每分點之拱深；繪置一直線等於拱軸之長；分此線與半拱軸線同樣之等分數；(第六十二圖)於每分點作垂直線，其長為拱形相當截面之總旋數；連各垂直線之頂點成一曲線；自起點 a 繪若干等腰三角形，三角形之數目應等於等分數，最後三角點應與分點適合(須數次試繪而得)。各等腰三角形之底邊即為各節之距離。依作圖法三角形之高代表相鄰二節之平均總旋。每個等腰三角形之底邊為 S ，且 $\frac{I}{S} = \frac{1}{2} \tan \alpha$ ，式中 α 為任何等腰三角形之底角。

下述方法係節譯第二版美國土木工程師手冊 534 頁：第六十三圖各段之中點註 1, 2, 3, 等數字，並計算或量度各點之縱橫



第六十二圖



第六十三圖 拱形分析

坐標X及Y。設有一重力置於某中點上（本圖中置於2點），自此中點起量至左方各中點之距離以Z表明之。 $\sum Z X$ 為各個Z乘相當X積數之和。 $\sum Z Y$ 為各個Z乘相當Y積數之和。

在左邊之半拱僅有一重力W時，依『彈力理論』（Elastic Theory）引證下列公式，式中n為此半拱形之割分數。

$$\text{水平壓力， } H = \left(\frac{W}{2}\right) \frac{n \sum Z y - \sum y \cdot \sum Z}{n \sum y^2 - (\sum y)^2} \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{拱頂之旋量， } M_0 = \frac{\frac{1}{2} W \sum Z - H \sum y}{n} \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{拱頂之切力， } V_0 = \frac{\frac{1}{2} W \sum Z x}{\sum x^2} \dots\dots\dots(3)$$

若左右二半拱俱有相對之重力W，則二力所生之水平壓力及拱頂旋量為前列公式所得之兩倍，惟拱頂切力 (Shear) 成零。

某節之中點距離拱頂為X，其旋量及切力如次：

$$\text{旋量} \quad M = M_0 + Hy + V_0x - \Sigma Wz,$$

$$\text{切力} \quad V = V_0 - \Sigma W,$$

式中 ΣW 係某節至拱頂各重力之和， ΣWz 係各重力對於某節中點之旋量之和。與某節正交及平行方向之分壓力 (Component) 為，

$$\text{正交分力, } N = H \cos \theta - V \sin \theta,$$

$$\text{平行分力, } F = H \sin \theta + V \cos \theta,$$

式中 θ 係某節截面與垂直面所成角度。
自中和軸線至阻力線之距離為，

$$\text{在拱頂。} \quad e_0 = \frac{M_0}{H},$$

$$\text{在某節,} \quad e = \frac{M}{N}.$$

阻力線之位置與第一法同樣繪製，若站在三分中部之外，應另作計劃圖形。

83. 鋼骨混凝土溝渠之設計 設計鋼骨混凝土拱形之方法，與上節討論者相似，惟鋼骨及混凝土之怠旋(I)均應包含之，如

$$I = I_c + nI_s,$$

式中 I 為應用之怠旋， I_c 為混凝土之怠旋， I_s 為鋼骨之怠旋， n 為彈性系數 (Modulus of Elasticity) 之比，約為15。預製之混凝土溝管所需鋼條，示於第二十表。就地建造之溝渠，常取不用鋼條之設計。但如管頂距離路面不遠，而車輛載重甚大，則必需

設置鋼條。

混凝土溝渠或用縱鋼條，並每在30至50呎處置伸漲接縫。此種鋼條足以減小伸漲及收縮之裂隙。縱鋼條之用量約為溝渠截面積百分之0.1至0.4。

混凝土溝渠之建造工作，常有疏忽或困難情形，故應用材料宜選上等；計算擠力勿過每方呎450磅，引力不計。鋼條外覆蓋之混凝土，須較混凝土房屋計畫所用者為厚，以防施工不良，致混凝土剝落，污水與鋼條接觸而起腐蝕作用。最小限度應有2吋覆蓋。管筒之厚約以9吋為最薄，但拱頂之厚有僅及 $4\frac{1}{2}$ 吋者。

若污水滿管時之流速達每秒10呎左右，則為抵抗衝刷力計，可用磚砌內底部。在特殊情形，流速至每秒20呎時，須以上等磚鋪砌內底。混凝土之抵抗力非較弱於磚，惟後者易於更換耳。

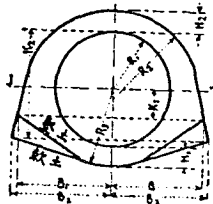
84.實用溝渠 第六十四，六十五圖及第二十七，二十八表示

第二十七表

路易司維爾城之圓形混凝土溝渠尺寸

直徑 吋	截面之尺寸						每呎溝渠之 混凝土量	
	H ₁ 吋	H ₂ 吋	B ₂ 呎吋	B ₁ 呎吋	R ₁ 呎吋	R ₂ 呎吋	堅土 立方碼	軟土 立方碼
24	5	5	1 8 $\frac{1}{4}$	1 7 $\frac{1}{4}$	1 0	1 6	0.13	0.15
27	5	5	1 10 $\frac{3}{4}$	1 9 $\frac{3}{8}$	1 1 $\frac{1}{2}$	1 8	0.15	0.18
30	5	5	2 1 $\frac{1}{2}$	2 0	1 3	1 10	0.18	0.21

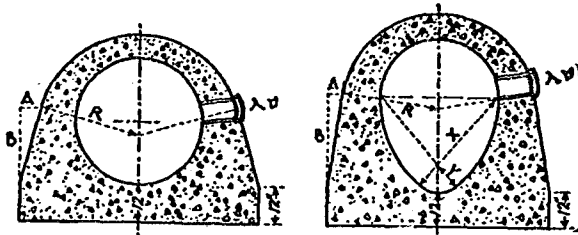
33	5	5	2 4 $\frac{1}{4}$	2 2 $\frac{3}{8}$	1 4 $\frac{1}{2}$	2 0	0.19	0.23
36	5	5	2 6 $\frac{3}{4}$	2 4 $\frac{1}{4}$	1 6	2 2	0.22	0.26
39	5	5	2 9 $\frac{3}{4}$	2 7 $\frac{1}{4}$	1 7 $\frac{1}{2}$	2 4	0.25	0.29
42	6	6	3 0	2 9 $\frac{3}{8}$	1 9	2 6	0.29	0.35
45	6	6	3 2 $\frac{1}{2}$	3 0	1 10 $\frac{1}{2}$	2 8	0.33	0.40
48	6	6	3 5 $\frac{1}{4}$	3 2 $\frac{3}{8}$	2 0	2 10	0.38	0.45
51	6	6	3 8	3 4 $\frac{1}{4}$	2 1 $\frac{1}{2}$	3 0	0.41	0.49
54	6	6	3 10 $\frac{3}{4}$	3 7 $\frac{1}{4}$	2 3	3 2	0.43	0.53
57	6	6	4 1 $\frac{1}{2}$	3 9 $\frac{3}{8}$	2 4 $\frac{1}{2}$	2 4	0.47	0.57
60	6	6	4 4	4 0	2 6	3 6	0.53	0.65
63	6	6	4 6 $\frac{1}{2}$	4 2 $\frac{3}{8}$	2 7 $\frac{1}{2}$	3 8	0.57	0.71
66	6	6	4 9 $\frac{1}{4}$	4 4 $\frac{1}{4}$	2 9	3 10	0.61	0.77
69	6	6	5 0	4 7 $\frac{1}{4}$	2 10 $\frac{1}{2}$	4 0	0.66	0.84
72	6	6	5 2 $\frac{3}{4}$	4 9 $\frac{3}{8}$	3 0	4 2	0.70	0.88



註：
 B = 溝渠直徑
 K₁ = 頂部厚度
 K₂ = 底部厚度
 第六十四圖 路易司維城之標準混凝土溝渠

若干美國都市之標準溝渠，可供設計工程師之參考。第六十四圖為路易司維爾城 (Louisville) 之標準圓形混凝土管，頂與底之最小厚度為 5 吋，管底形狀視泥土性質而異。

第六十五圖示紐約市白郎克司區 (Bronx) 之標準混凝土溝渠。各項尺寸示於第二十八表。



第六十五圖 紐約市混凝土溝渠圖

第二十八表
紐約市白朗克司區之標準混凝土溝渠尺寸

圓形	管頂	座底寬		外半徑R		混凝土面積
吋	吋	呎	吋	呎	吋	方 呎
33	6	5	3	2	1½	11.94
36	6	5	6	2	3	12.82
39	8	6	3	2	7½	16.41
42	8	6	6	2	9	17.46
45	8	6	9	2	10½	18.52
48	8	7	0	3	0	19.60

蛋形	管頂	座底寬	外半徑R	半徑X	半徑Y	混凝土面積
吋	吋	呎吋	呎 吋	呎 吋	吋	方 呎
29×40	6	4 9	1 11½	2 10½	7½	12.82
32×44	6	5 0	2 1	3 7⅞	7½	14.00
34×46	6	5 3	2 2	3 2	9	14.78
38×50	8	6 0	2 7	3 2⅞	9	19.08
40×53	8	6 3	2 8	3 4⅞	9	20.33
42×56	8	6 6	2 9	3 9⅞	12	21.43

第十一章 開掘及填覆

85. 施工規則 建設溝渠於地下，常以開掘工作為其重要部分。故開掘方法與進行之得當，影響於建設之成功與經濟至為廣大。下述數項係節譯美國包爾的摩城 (Baltimore) 溝渠工程委員會訂定開掘 (Excavation) 之施工規則。

『當開掘之先，須除去溝壕部分之路面鋪砌物，或地面草木。掘出之材料應分別保存，以備填覆鋪面或重砌之用。若原有路面為碎石路，則大小碎石分等置放，勿使混亂。

欄石 (Curb)，水槽 (Gutter)，人行道石板及其他路面材料，與由溝壕挖出之石塊泥砂，均宜置於工程司認可之地位。欄石，水槽，人行道石板及鋪砌材料，如拆除散失或移作他用，均應由包工者賠償。

……經工程司指示，溝壕之底面須開掘成適宜形式，與溝渠下半部或溝渠基座之形式相合。

建築磚工或混凝土溝渠之溝壕底部寬度，須……不得較管之外殼尺寸為狹。溝壕用列板支撐者，則其最小寬度之限制自列板內面量之。列板之撐檔不得遺留於溝渠部分（除非得工程司之認可）。若量見尺寸過小，工程司得指示拔出列板，而後重行打入；或在混凝土管中增添鋼條，對於包工者均不另加費用。

裝設熔瓦管之溝壕，須較管筒之外圍多餘每邊至少 6 吋淨寬。……必要時，須於壕底加掘小槽。以備熔瓦管窩部 (Bell) 之地位。

在一次工作期間或地點，開掘溝壕不得過於溝渠竣工處三百呎以外之距離，除非經工程司認可，另行指定數目。

溝壕開掘成就部分，較建設管底部分至少佔先二十呎。

工作進行時，包工者須防止救火龍頭 (Fire Hydrant) 之阻礙，兩旁車道，人行道勿使阻塞。

如有穿行道 (Cross Walk) 被溝壕橫斷，應架設至少三呎寬之木橋並置欄杆。此項費用亦歸包工者擔任。以木板橫跨溝壕，或用其他不穩固方法均在禁例。

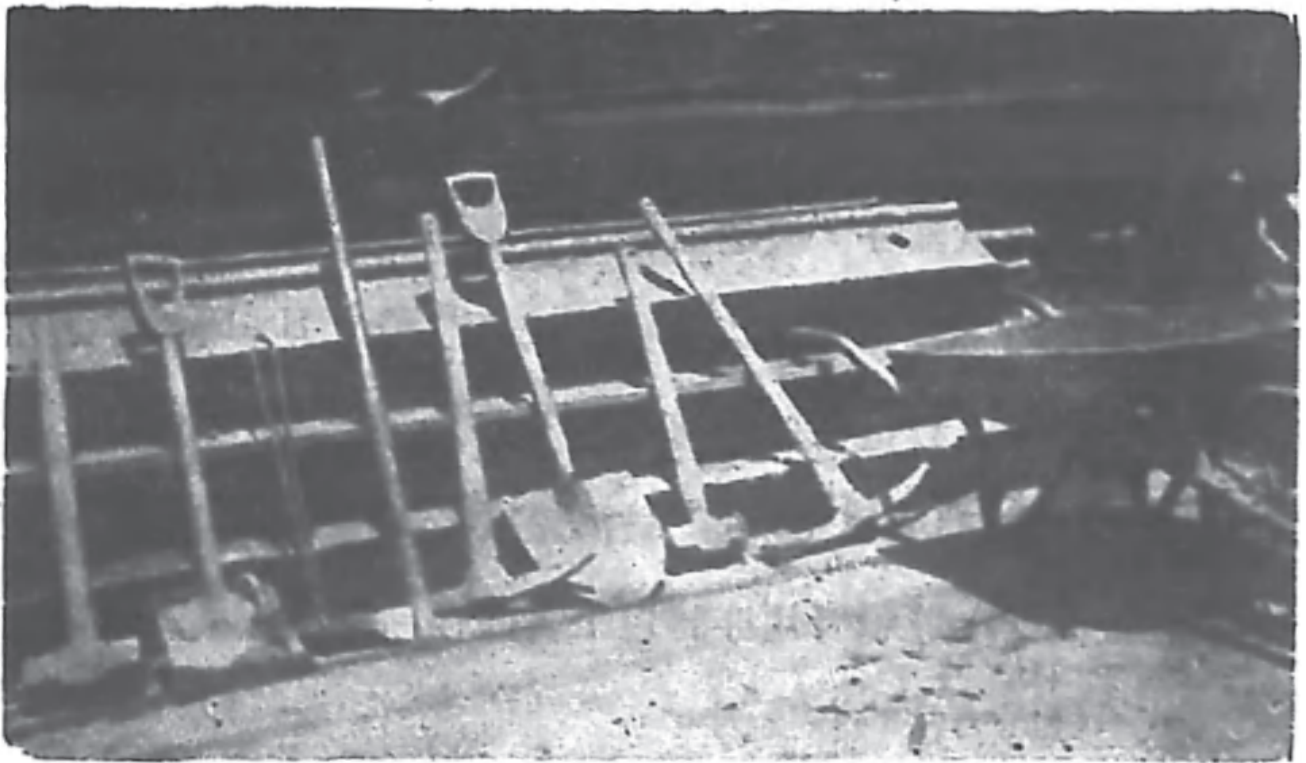
在主要幹道或狹小市街開掘時，其起首一百呎或百餘呎溝壕中挖出之泥土，如經工程司命令，須立即移去；以後開掘之材料，則用作已成溝渠上之填覆。」

以上各項規則均適用於開掘明壕 (Open Trench)，若採用隧道 (Tunneling) 方法，工作複雜艱難，施工規則尤為嚴密。故規

則內尚有一項曰：

「凡建設溝渠及其附屬件之溝壕，均開掘明壕，除非得工程司之認可書，說明開掘隧道」。

86.人工開掘 以尖斧 (Pick)，鐵鏟 (Shovel) 開掘泥土，方法最簡。工資高昂與動力發達之邦，僅於小規模之工程採用人工。尖斧俗稱鶴嘴，鐵鏟有平口，尖口，長柄，短柄等區別。尚有丁斧 (Pickaxe)，鐵挺 (Crowbar)，石鑽，鐵鏈，鏟杓，斧頭等件，亦為開掘應用器具 (第六十六圖)。開掘工人約自20至50



第六十六圖 人工開掘之工具

人為一隊，置頭目一人；其中數人工資較高。每一工人各發鐵鏟一柄。堅結泥土與深淵溝壕，需用長柄尖口鏟。疏鬆沙泥置入泥桶後升起者，則用短柄平口鏟。尖斧用於凝結之卵石層，及鏟力所不及之硬泥。堅實泥土常以丁斧打成碎塊後，用鏟杓拋擲於溝

壕之上，或盛入吊桶。如遇流動水沙亦用鏟杓。器具之件數視挖掘土料之容量為比例。在最惡劣之卵石層，每一工人需用尖斧鐵鏟各一；尋常沙泥祇用一鏟已可。地中夾有巨大石塊樹根或其他障礙物時，則一隊工人供給鐵槌及大斧各二三桿，鐵鏈一條，螺旋舉重機 (Screw Jack) 二三座。

實施工作之始，工頭用尖斧或石灰粉劃成開掘界線，此乃根據工程司測定之中心樁為標準。若以支距樁代中心樁亦可。監工應於劃線時到場觀察指導。界線內部位再分為若干有標號之地位。每一工人於指定地位內挖掘。如是則工作之計核甚為簡便。據美國施工計核專家吉萊脫 (Gillette) 氏之研究，每一工人用一斧一鏟之開掘工作，示於第二十九表。效率較高之工人能超出表中所列成績，惟不及者居多。工作之分派宜審察地土性質。勤勞工人有催促怠惰者之效能。為獎勵工作奮勉計，工人派定工作地位後，以先完工者最先放工。

第二十九表

一人能除去泥土容量

材 料	每小時之立方碼	材 料	每小時之立方碼
硬 泥	0.33	沙	1.25
普通泥	0.8至1.2	沙 泥	0.8至1.2
堅 泥	0.85	堅黏土	1.3
黏 土	1.00	凍沙泥	0.75

開掘溝壕之初，可先用耕犁翻鬆地面，以資迅捷。在堅硬地土或道路，常用短鑽及鐵鏈整去外殼。

泥土由溝壕掘出時宜堆置一旁。起首 5 呎深之泥土拋擲稍遠，以備下層泥土之地步。若土質不甚堅黏，則 7 呎深溝壕之泥土可一起鏟送至地面；然後在 5 呎深處築一平臺，擱於橫檔 (Brace) 之上，臺長須足夠兩端工人掘出材料之堆積，另一工人站於臺中，轉運泥土至地面。設溝壕深度過於 12 呎，則需築第二平臺於 10 呎深處，亦站一工人轉運泥土至較高之平臺上。當溝壕掘深至 5 呎後，每二人工作壕底另一人工作岸邊，清除附近 2 呎內之泥土，開為工人行徑，並防免沙土石子滾瀉至壕中，傷及工人等危險。

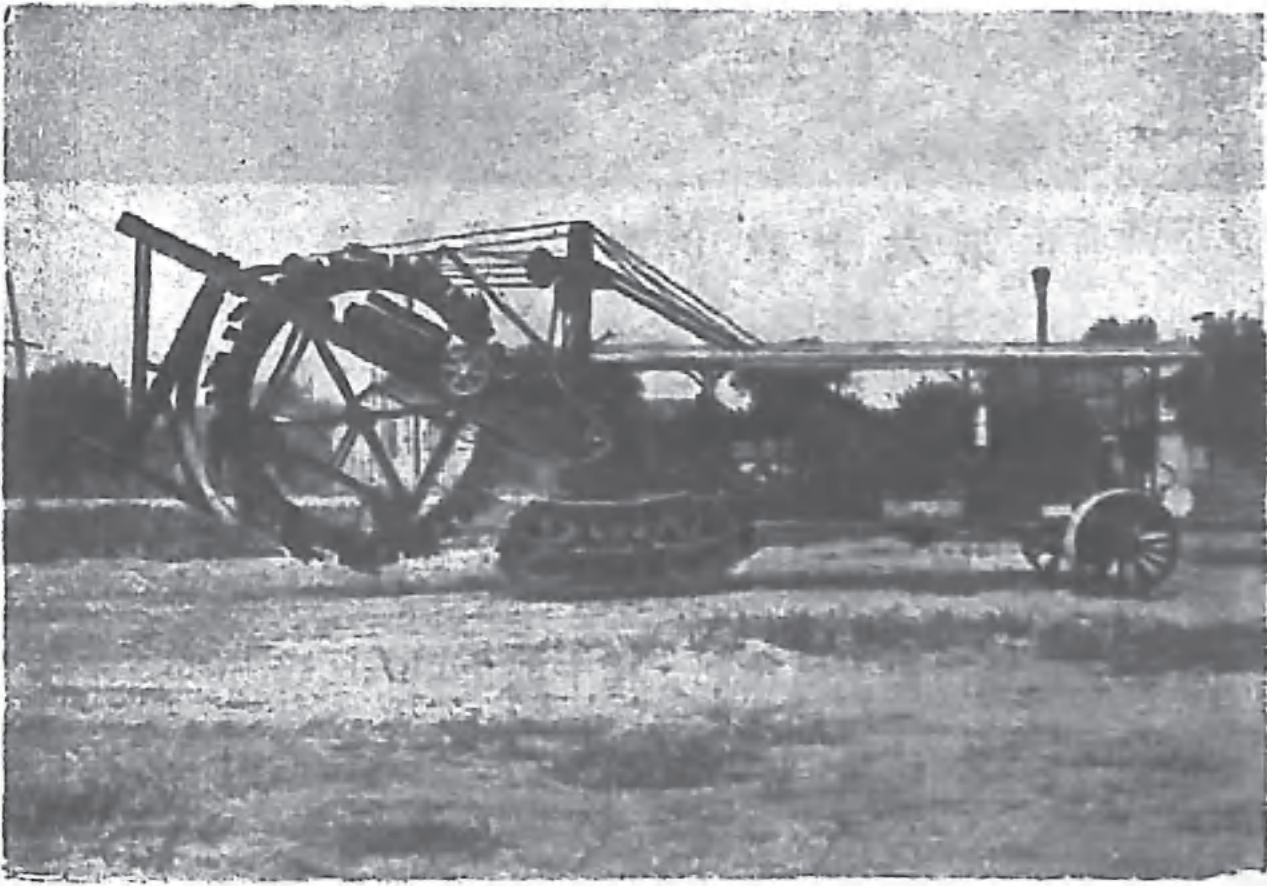
87. 機器開掘 溝壕機器之種別有二，用以開掘者曰掘壕機 (Ditcher or Trencher)，移運掘出材料者曰溝壕機 (Trench Machine)。

掘壕機往昔施用於不甚堅硬之泥土，且壕壁不加緊密列板與巨料橫檔。近年來，泥板岩與硬泥層亦可用機器開掘。掘壕機之運用，每為地下管線所妨礙。如壕深不及 6 呎，人工又不昂貴，未必以此種機器方法為經濟。歐美諸邦大戰後工資驟高，機器用途較廣。

溝壕機之應用，仍須雇工人為壕底開掘工作，惟掘出泥土無須架設平臺而移運，僅將泥土拋入吊桶內，藉機力轉運。若研究

溝壕機與人工方法之經濟比較，則在人工方法中需平臺建築及轉移工資二項；溝壕機之費用包括機器工匠，燃料，修理，租金，等項。當比較二者相等時，則以機器方法為佳，蓋其有工作便捷，街道阻礙減少，及工程時期縮短等利益也。

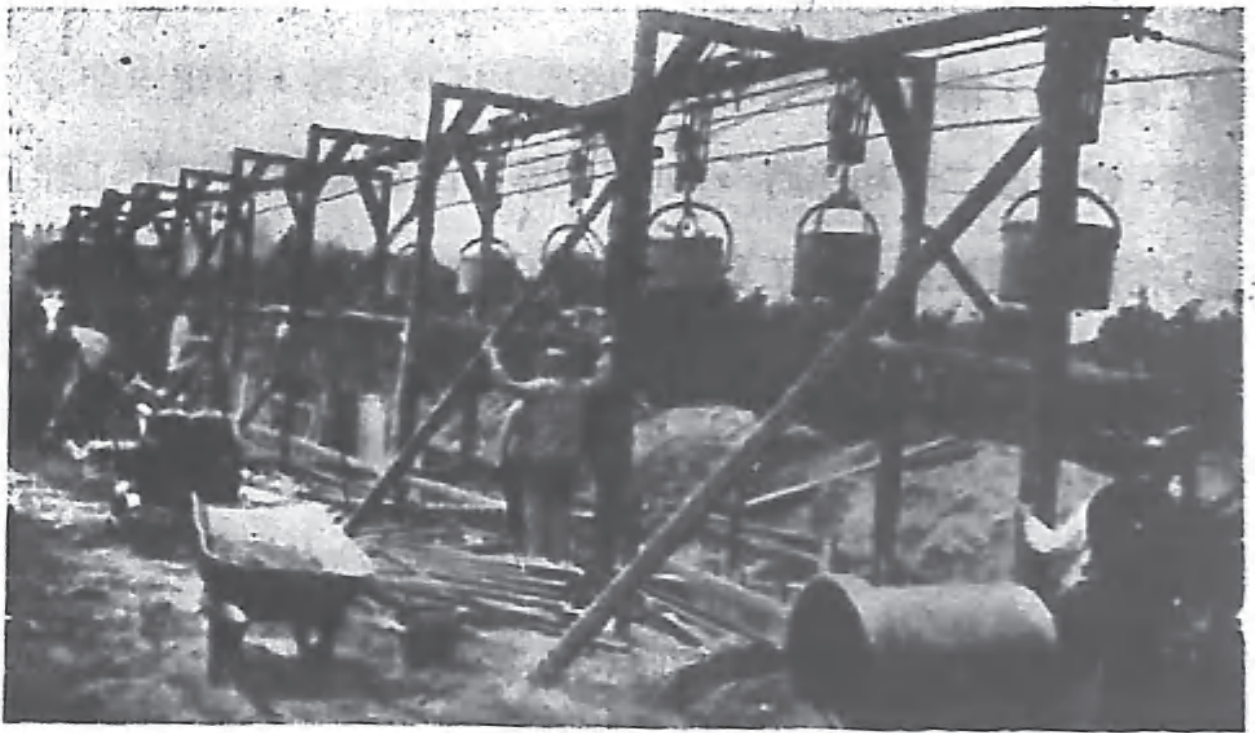
掘壕機藉引擎 (Engine) 發動，駕置輪車以利進行，若干戽斗繫於帶鏈而環繞圓輪架，輪架則固支於機之後部。戽斗切近泥



第六十六 A 圖 掘壕機

土行動，施挖掘作用。溝壕寬度依戽斗之相當選擇而定。掘出泥土由橫邊旋動之皮帶導於壕旁。另有一種蒸汽鏈機亦可用於開掘溝壕。凡用機器方法開掘溝壕可達30呎左右之深度。

溝壕機之最普通者為卡生 (Carson) 式，見第六十六 B 圖。



第六十六 B 圖 溝壕機

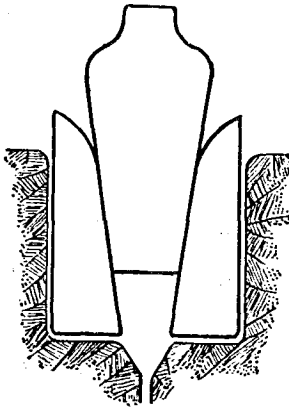
於溝壕地點設置結架，若干吊桶可沿橫樑移動，並可升降。應用時，將 200 至 350 呎長之設架部，分成三段工作，即開掘，造管，填覆是也。開掘部以吊桶下降入壕內裝載泥土待滿，以機器昇至架頂，向後滑動至填覆部，桶中泥土傾入已成溝渠之壕內。造管部則位於開掘填覆二部之中間。另一種溝壕機僅用一桶在二架塔間移動者，名曰塔索 (Tower Cableway)。

88. 岩石開掘 開掘岩石溝壕之方法，依所掘岩石之性質及體積而定。石層之性狀不一，有用尖斧鐵鏟而挖掘若泥土者，有用鑽孔及爆炸而掘除者。通常施工規則內所稱定義，凡需用鑿槽 (Channeling)，楔裂 (Wedging)，排鑽 (Barring) 或爆炸 (Blasting) 等方法開掘之石料，及大石塊之體積超過 9 (或其他指定

數)立方呎者，均謂之岩石 (Rock)。鬆碎石堆可用尖斧及鐵錘除去者，不得謂之岩石。

鑿槽方法係在岩石中開鑿狹長凹槽，使分割成塊；而後於槽內鑿入尖楔 (Wedge)，石塊遂裂。此法常用於採石。爆炸方法則先於石層上鑽孔，裝置炸藥，乃燃點爆發，使之碎崩。第六十七

圖示尖楔之應用。



第六十七圖
楔裂

岩層鑽孔 (Drilling) 有手工及機力二法。手工鑽孔法以一手持鑽在孔中旋動，每次約45度，他手以4磅之鐵錘重擊。此項工作可以一人或二三人任之，若數人輪擊則用8至12磅之鐵錘。另一種手工鑽孔法以重鑽舉起落入孔中，落鑽之重量致成鑽孔之效力。手鑽以鋼桿為之，其長依孔之深度而定，鑽頭 (Bit) 稍闊而

尖，桿之直徑較鑽頭闊面約小 $\frac{1}{8}$ 吋。

89.機力鑽孔 機力鑽孔之機鑽可分為三種，(一)旋鑽 (Rotary or Core Drill)，(二)往復鑽 (Reciprocating or Percussion Drill)，(三)錘鑽 (Hammer Drill)。第一種旋鑽不常用於溝壕工作，時或以之試察地層性質，蓋此項鑽頭將岩石鑽成圓孔，其中

間所剩小圓柱可取出檢閱。

往復鑽（第六十八圖）用蒸汽或高壓空氣開動，適合於較大工作。機中有汽缸一，活塞（Piston）在其中前後移動，鑽頭裝於活塞桿之下端，並於活塞上升時略為旋動。

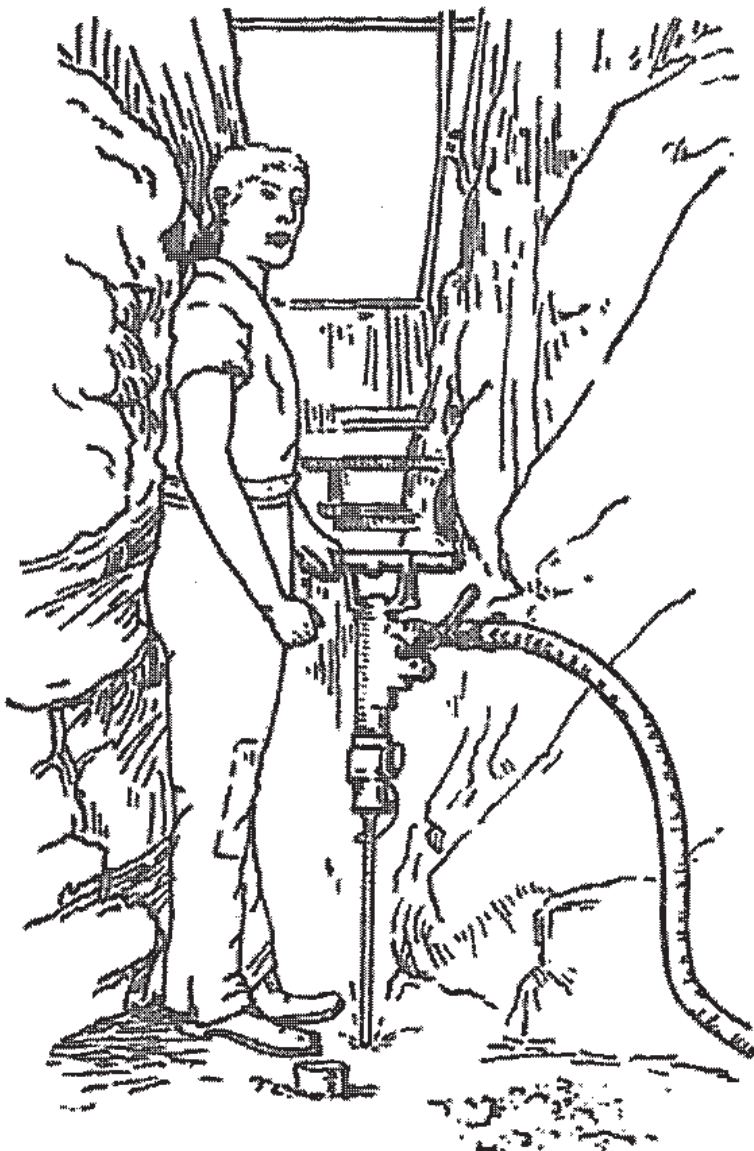
鏈鑽之施用示於第六十九圖。最輕便者約重20磅，能鑽 $\frac{7}{8}$ 吋孔穴至深



第六十八圖 三足架機鑽

4呎。較重者能鑽孔穴較深而大。蒸汽及高壓空氣均可用為動力。應用時推緊手柄，使空氣或蒸汽由舌門導入汽缸，活塞作往復運動而連續打擊鑽頭之上端，同時以鑽機漸漸轉動。

鏈鑽與往復鑽比較，有數項優點。前者機件輕便，一人可司運用，無須裝設三足架，在狹小溝壕內尤為適



第六十九圖 鏈鑽之施用

用，孔穴方向並可隨意，鑽頭裝卸或更換亦甚迅速便利，惟手柄之顫動頗大。

蒸汽與空氣之選擇視工作情形而定。開掘隧道不宜用蒸汽，因其發熱之故。即在尋常溝壕中亦以空氣為佳，蓋蒸汽皮帶以輻射作用損失能力甚多，並有燙傷之患。蒸汽之優點在易檢出漏氣部分，機器簡而費用廉。

90.鑽孔深度及直徑 鑽孔深度關係於工作情狀。開掘尋常明壕可用最深鑽孔。碎裂石塊以蒸汽鎗機除去之。開掘時之豎斷面可達10至15呎深度。隧道之豎面所用鑽孔深度約自6至10呎。在狹小溝壕中，以起重機或人力去除碎岩，鑽孔之深應使碎裂岩層至少在管底下6吋。若管之位置距離石層表面過遠，則須經二次鑽孔手續。通常實驗以孔之深度不得大於孔間距離。鑽孔愈深，阻力愈增，便利之最大深度約達20呎為限。

孔之直徑應適合藥筒 (Cartridge) 之大小。炸藥藥筒之直徑約自 $\frac{7}{8}$ 吋至2吋。每孔需用數種鑽頭，由大而小。設用一吋直徑之藥筒，則約用四種鑽頭，起首 $1\frac{5}{8}$ 吋，最後 $1\frac{1}{4}$ 吋。

鑽孔時以清水灌入孔內，使石粉黏成厚漿；而後以半圓筒式鋼片繫於鐵桿插入刮除之。

91.鑽孔距離 通常取鑽孔距離等於孔之深度。但實際所用距離不甚一致，因岩石之性質各有差異也。呈層狀而鬆脆之岩石，可用較大之鑽孔距離，爆炸後均成碎塊。無層頁之花崗岩

(Granite)，片麻岩 (Gneiss)，閃長岩 (Syenite) 所用鑽孔距離約自 3 至 8 呎。

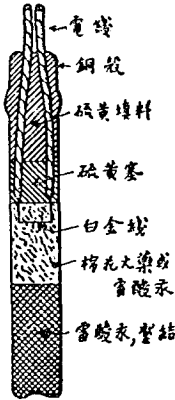
鑽孔之位置常排列成對，溝壕兩旁各有一孔。如壕寬甚大，則中間加一或二孔。狹小溝壕，如用於 12 吋管者，則中間一孔已足。

孔間之縱距離約為 3 呎。已完成之孔須加塞子，以免塵屑流入。

92. 爆發藥 開石用之爆發藥可分為二類，急燃與爆炸是也。急燃 (Deflagration) 為細點傳佈之爆發，爆炸 (Detonation) 為一種突然之分裂震動。火藥與營造火藥粉 (Contractor's Powder) 屬於急燃性。置鑽孔中擊實，通導線 (Fuse) 著火爆發，惟孔內有濕氣或水分即失效用。此種爆發藥用於冰泥，軟砂石，凝結卵石等不甚堅硬之組織。屬於爆炸性者為炸藥 (Dynamite)，其作用藉導線或電火花燃着另一種爆發藥引誘震動，使炸藥爆發。此種引誘藥名曰導炸物 (Detonator)。炸藥之作用甚為猛烈，一瞬間發生巨量之高溫度氣體，而成極大伸漲力。炸藥之主要活動成分為氮甘油 (Nitroglycerine)。氮甘油為一種最不穩定之液體，在空氣中着火則無聲燃燒，至華氏表 388 度時爆炸，41 度時凍結，由鼻孔吸氣則生頭痛或疾病。木屑，松香，白糖，炭末等物吸收氮甘油成為炸藥。與不活動之吸收物混合，名曰真炸藥。若所用之吸收物亦有爆炸性者，則名曰假炸藥。

鑽孔中所置炸藥爲圓柱狀桿棒，用紙包裹。桿之直徑自 $\frac{7}{8}$ 吋至2吋，長約8吋。其中約含百分之四十氮甘油。桿棒不可受震，否則即生爆炸。

93.導線及導炸物 火藥及其他急燃性之爆發物，常以導線之一端插入，他端著火延燒而爆發；或用間接方法以導炸帽(Blasting Cap)裝接導線或電導線後置火藥內爆發。安全導線係將棉紗裹捲火藥而成，線外加不透水物質。延燒速度約爲每分鐘2呎，但因藥性，濕氣，溫度，壓力等關係，該項速度並不一致。急性導線之延燒速度約爲每分鐘120呎，此種導線有紅色編織以示區別。



第七十圖
電導線

別。

炸藥之爆發藉導炸帽之震動而誘成。

此爲一端開口之圓銅管，長 $1\frac{1}{2}$ 吋，直徑 $\frac{1}{4}$ 吋，管中貯混合物含雷酸汞(Fulminate of Mercury) 百分之85，氯酸鉀(Potassium Chlorate) 百分之15，用紙絮填塞。

用電流線之導炸帽較用火藥線者爲穩妥。第七十圖示電力導炸帽(Electric Blasting Cap)之截面，亦稱曰電導線(Electric Fuse)。

94.裝配，填實，開火 裝配(Priming)云者以導炸帽，或稱銅帽，裝入炸藥筒之



謂也。先將藥筒上端之裹紙揭開，以手指或木棒撥炸藥成細孔，取銅帽及連接之導線推入孔內安置，帽之上端略見露出，乃以裹紙依然摺就，並紮縛紙口如第七十一圖。

導線置入銅帽時應將線端切齊，插於銅帽開口之一端，帽口以軋鉗壓成圈形，使與導線緊貼。

未將藥筒填實於鑽孔內前，須設法清淨其孔。敲木棒一端使之開花，可作通刷鑽孔之用。藥筒投入孔中，以木桿輕輕壓實，最後置入裝銅帽之藥筒，再壓結泥土於其上。若用尋常火藥，則火藥傾

第七十一圖 入孔中，裝接導線，上部亦以泥土壓結。

如有若干藥孔同時開火，連接各孔之安全導線均須等長；或用急性導線通至各孔，而以安全導線總連之。待火柴點着線端，經過相當時間，即生爆發作用。電導線之着火，需用磁電器 (Magneto) 所生之電流。

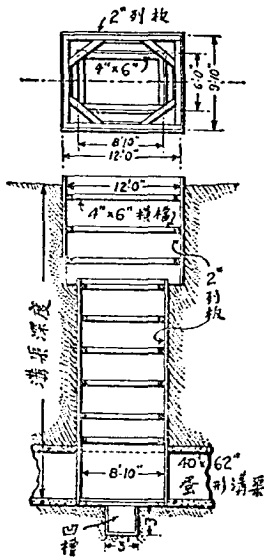
95. 隧道 溝渠位置距離地面過遠，可用隧道以代溝壕。解決若何深度始以隧道為經濟之問題，視地土性質與地面狀況而定。土質乾軟，工作地面又無障礙，可開掘35至40呎深之溝壕，亦屬無妨。岩石地層雖在15呎或以內之深度，即可用隧道。他若路面軌道縱橫，車輛集駛，地下建築複雜等情形，均有在較淺溝渠而採用隧道方法為經濟之可能。

開掘隧道，當先築坑井 (Shaft)。鬆軟泥土常用人工挖掘，挖下泥土由弔桶提至地面傾倒。坑井之大小，不與溝渠直徑相關，而依送入隧道之機件為準。築 6 呎開闊之坑井足以通用。第

七十二圖示坑井之架撐法 (Timbering)，四壁俱加列板與橫檔。

混凝土或鐵板製成圈形，底邊裝置割口，亦可作坑井建築。圈內泥土漸漸挖出，混凝土圈自行下沉。圈高自 5 至 10 呎，俟一圈沉入土中，上部疊加第二圈。如是繼續至需要深度而止。溝渠工程告畢，即以此坑井為窰井。

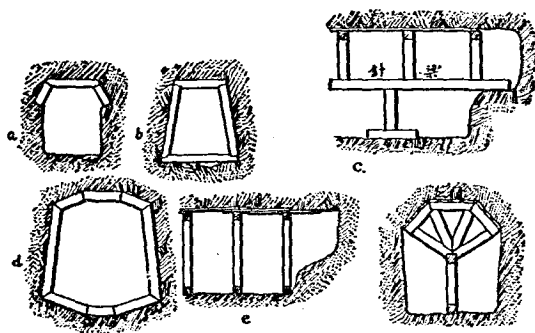
坑井之間隔距離，須視隧道深度與大小，地面狀況，及開掘材料之性質而差。隧道離地面近，則坑井之間隔亦宜近，因隧道中材料易於運出，空氣較為流通也。惟坑井之建築費須加考量，通常之坑井距離最近以 500



第七十二圖
坑井之架撐法

呎為度。

96. 隧道之架撐 挖掘坑井至適當深度，乃進行隧道工作。挖空部分隨時佈設架撐（堅硬岩石可不用架撐）。第七十三圖示數

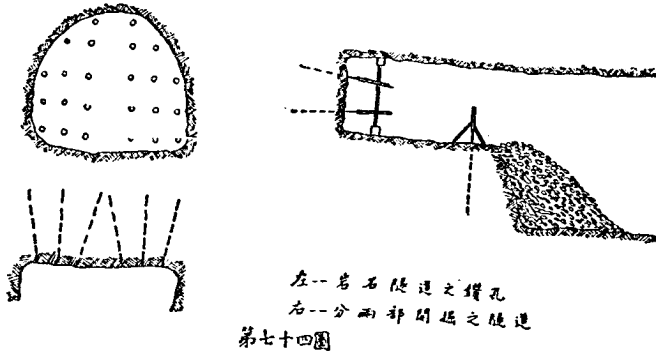


第七十三圖 隧道之架撐

種架撐方法。如兩旁材料為富有抵抗力者，僅於頂部設架，以防碎塊下墜。如遇鬆軟潮濕之泥土，須於四周敷設架撐（見圖左下角）。隧道之底部時或掘成小槽（第七十三圖 b），以洩地下流水。圖右示針梁（Needle Beam）架撐方法。此法甚為迅便，惟中部空間為之阻礙耳。

支架（Frame）之間隔距離，關係於隧道大小及材料性質。最遠為 6 呎，近者各架相互接觸。至木料尺寸，則都憑經驗，建築者審察局部情況當可擇定也。

97. 岩石隧道 進行岩石隧道工程以鑽孔為先。如第七十四圖靠近中央之孔洞作傾向中心之斜角，孔深約自 6 至 15 呎。其餘孔洞鑽於四周，與隧道軸線成平行方向。此項佈置能增進爆炸之效能。6 呎至 8 呎高之隧道，即用一次手續開掘一段。較大之隧



道，則分上下二部工作。上部名頭道 (Heading)，亦用上法佔先開掘；餘下部名二臺 (Bench)，鑽孔方向與隧道軸線垂直。

98. 填覆 溝壕之填覆 (Backfilling) 為溝渠施工上重要手續。填覆之要義為新裝溝渠不生移動，填覆材料不致沈陷而成不平路面。

溝渠之水泥接縫，或混凝土管之本身已經結硬後，施行填覆工作。泥，沙，石粉及他種細屑，以手工堆置管旁四周，並用鐵鏟及石槌敲結，如是方法直至管頂為止。管頂以上之 2 呎填土，須用鐵鏟加覆務使溝渠不受震擾，隨加隨敲，填土漸高，敲擊亦漸重。一鏟一槌，二人相互合作。

管頂 2 呎以外之填覆方式，視材料性質與溝渠位置而定。設溝渠置於鋪砌之街道下，則每次加覆 6 吋填料，以 40 磅重之石槌或鐵鏈擊之，鏈之面積約為 30 方呎。每一持鏟者合一持鏈者。如

在未鋪砌之地面下裝置溝渠，則工作無須十分周密，每二持鏈者合一持鏈者即可。為增進溝壕之穩固計，可設置鋼骨混凝土板於土中，兩旁嵌入壕壁外至少12吋，板之厚度依路面重量及車輛載重計劃之。如是則因填覆不良而致成不平路面之影響，得以防止矣。在未加鋪砌之路面，溝壕填覆至高出路面約6吋，以滾壓機壓之與路面相平。

溝壕內列板宜於填覆之前拔除。如壕旁不甚穩固，則於填覆半滿時拔除之。冰凍泥土，破物，舊木之類均不可投入壕內，因其起分解或軟化作用而生沈陷之弊。岩石溝壕之填覆料，在靠近管頂2呎內，須用泥沙或土壤，其餘部分則可用石塊碎粉填之。

隧道中工作地位有限，故填覆較難。隧道之架撐常留存在其內而不卸除。通常以混凝土為填料，由管端拋擲於管圈外之餘留空間。如隧道中裝置熔瓦管，宜以揀選泥土為填料，投入空間後，取長柄槌敲擊之。總之，隧道中之填覆須經監工者多加注意，以防日後發生崩陷之弊。

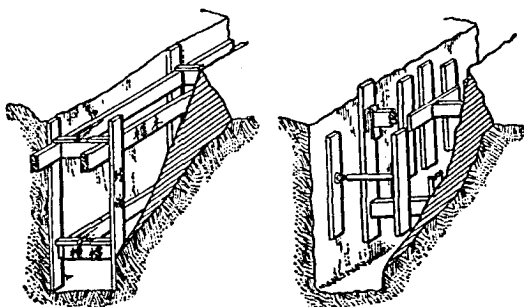
第十二章 列板及撐檔

99.溝壕之支撐 尋常溝壕開掘3至6呎深度尙不致坍陷。堅硬泥土可開掘12至20呎而不加列板。若溝壕不作長時間之開空，亦無何危險。雖然，溝壕之兩壁常需完善之支撐，以爲保護工人，減緩地水，及便利進行之方法。支撐之效果非惟爲安全工作，且可防止雨流侵蝕或他種損毀。時或在溝壕沿邊堆置低岸，以阻止雨水。

支撐溝壕之法爲用橫木抵持兩岸，岸壁緊貼板料。此種板料名曰列板 (Sheeting)。靠着列板之縱條名曰框木 (Ranger or Wale)，中間更以橫檔 (Cross Brace) 撐住框木。應用木料之支撐法可分爲五類：止撐檔 (Stay Bracing)，架列板 (Skeleton Sheeting)，撐板 (Poling Board)，橫列板 (Box Sheeting)，豎列板 (Vertical Sheeting) 是也。鋼製列板兼可防止地水滲透，支撐法與木製豎列板相似。

100. 止撐檔 木板豎靠溝壕岸壁，撐以橫檔，是謂止撐檔。木板之效用在防止橫檔侵入泥土。板長約自3至4呎，橫檔截面約自 $1\frac{1}{2} \times 4$ 吋至 2×6 吋。狹小溝壕中所用橫檔尺寸至少 2×4 吋，較闊者應加大尺寸。橫檔之間隔距離依溝壕狀況及工頭經驗而定，約自6至10呎。止撐檔之用途僅為戒慎之計，泥土堅黏之淺壕最為適宜；如岸壁材料有鬆落傾向者，不可用焉。

101. 架列板 如第七十五圖，架列板有框木及橫檔，每一橫



第七十五圖 架列板

第七十六圖 撐板

檔之後有豎列板緊貼。此法用於不確定之泥土。設列板間空處發現崩落趨勢，即取列板嵌於框木後而成完全之豎列板。若架列板之間隔空處不加嵌置，則列板距離約為3呎左右。

102. 撐板 此項支撐方法與豎列板略似，所異者，緊貼溝壕兩壁之撐板僅長3或4呎，於開掘工作進行時設置之。撐板亦用框木及橫檔（第七十六圖）。溝壕泥土開掘至4呎左右深度而能

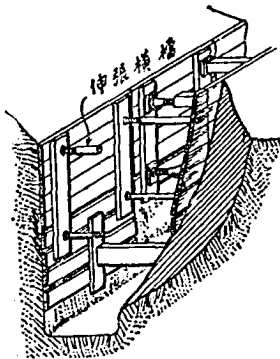
支持者，可施用撐板法。本法之優點在不用打樁工作，壕壁不受震動；木板不超出溝壕邊緣，無妨礙開掘；木板僅需短料。

撐板之裝置概述如下：開掘溝壕至泥土黏力能維持之深度。撐板厚約自 $1\frac{1}{2}$ 吋至 2 吋，及寬 6 吋以上，在相當間隔距離靠立兩旁壕壁至一框木之長。每岸可用框木一或二桿；若僅用一桿則置於撐板之中部。橫橋之長度須適合兩旁框木之距離。如另以尖劈嵌緊橫橋，則橋長應減短 2 吋。尚有特製橫橋以螺旋伸張，其用尤便。螺旋升舉機 (Jack) 之效用與伸張橫橋 (Extension Brace) 相同。俟木料另件均已配置壕內，乃以橫橋一端撐緊框木，他端以尖劈或升舉機擠插。

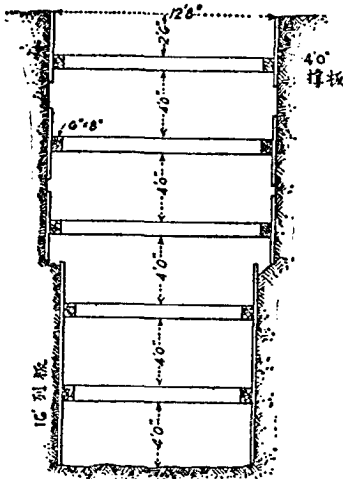
103. 平列板 平列板以木板平置，緊貼壕壁，更以豎板及橫

橋支撐，佈設狀如第七十七圖。此項方法適用於撐板不克擔負之泥土。其優點為不施打樁工作；並因列板在壕邊下，無妨礙於掘出泥土之拋擲。平列板設置於開掘進行時，每掘至三或四列板寬之深度，排置列板一次。

時或地面初開之若干尺為乾泥壓土，或他種能站支之材料，下層為沙或卵石；如此情形則可於上部



第七十七圖 平列板



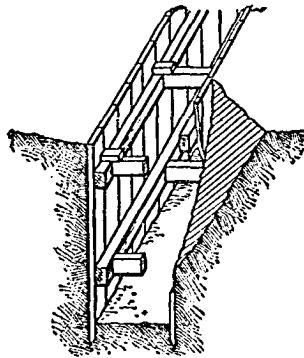
第七十八圖 撐板及列板合用之溝壕

厚之木板倚壁放置於框木兩端及中間，使壕壁與框木間空留列板位置。次以橫檔支撐框木，成堅固之架列板形式。列板下端須削扁如劈斧狀，插入框木與壕壁之空間，以石柱或鐵柱驅擊之，機器或人工均可。上海市所用人工方法，架置厚板於二高大長橈（或稱木馬）之上，中間留空，工

設平列板，下部用豎列板（第七十八圖）。

104. 豎列板 豎列板為最完全，最堅固之溝壕防護法；以框木，橫檔支撐兩壁之堅密列板。第七十九圖示其佈置形狀。配口板或鋼板樁等作成之豎列板有不透水之功效。

裝置豎列板前，開掘溝壕至安全深度，與豎列板等

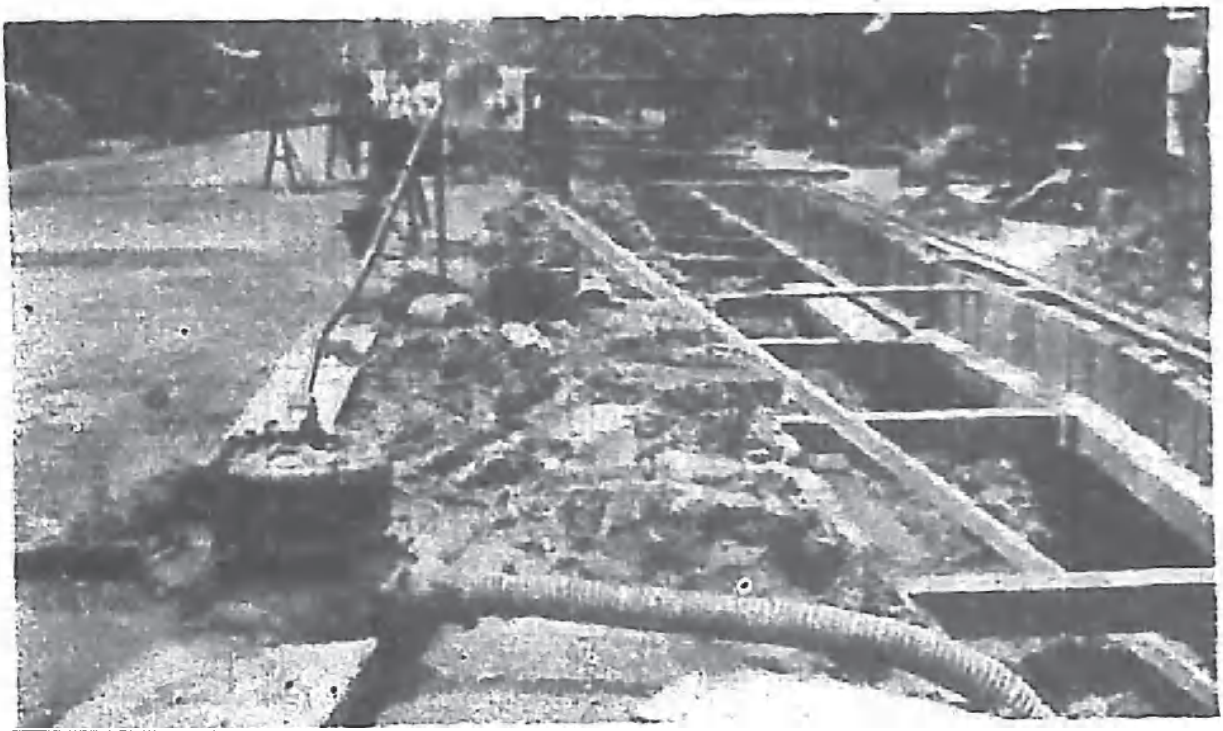


第七十九圖 豎列板

人若干（約十人）環立架樁，手執石柱上端之繫繩，齊升齊放，驅擊板頂，樁下數人司推舉之勞。如不用高樁擊樁，則第一項列板之長至多4呎，以大木槌擊之。如用鐵錘打擊，列板之頂宜加軟鐵帽保護。

框木兩端及中間均撐橫檔。橫檔兩端與框木藉2吋厚18吋長之木塊釘持，以免滑動。第一架框木既裝置穩定，應即進行第二架。更佳則二架同時裝置。架間垂直距離隨地酌定，普通者約為4呎。

第八十圖示上海某路翻修溝渠所用豎列板之設置。

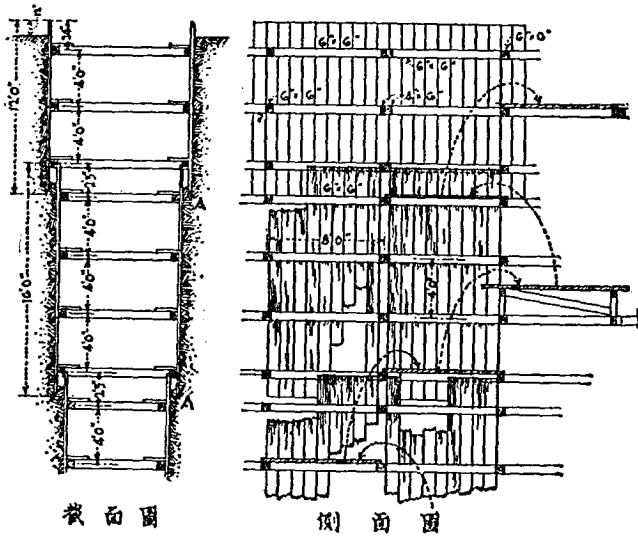


第八十圖 豎列板之設置

每桿框木之長並無定例，據美國東部之習慣約為16呎。橫檔之間隔距離則為8呎弱。框木銜接處每端均撐橫檔，若合撐一公共橫檔，因各桿框木發生連續關係，殊不穩固安全。框木及橫檔

之尺寸約為 4"×6" 至 6"×8"。

豎列板下端與壕底之相差距離，視開掘材料之性質而定。在堅固泥層中，壕底可開掘至列板下數呎。在砂層或卵石層中，板端與壕底相平，或板端低下數吋。



橫面圖

側面圖

第八十圖 列板層式

深邃溝壕需用二組以上之列板。第一組空間最寬，漸下漸狹（第八十一圖）。故第一組列板宜採用較短者，以節省開掘工資。裝就第一組列板後，以 2×6 吋木板作導軌，釘於最低橫檔，與框木成平行方向，並留出空間，其寬度與列板之厚相等；

第二組列板由導軌與框木之間隙中安插驅擊。如列板之長過 10 呎，則較高一排橫檔亦加釘導軌，列板受二排導軌之約束，可免傾斜彎損之虞。

裝置第二組列板時，被上部橫檔阻礙處，有未置列板之空間，不穩固或潮濕之泥砂將由此流瀉，故以撐板阻塞。

105. 泥土壓力 關於泥土壓力之理論，繁複不一，意見各異。通常應用之郎金氏 (Rankine) 學理，假定泥土壓力與其深度俱增，米姆氏 (Meem) 學理適得其反（美國土木工程師雜誌第60卷）。近時工程師之意見，常有捨去理論以定列板及撐檔之尺寸，蓋優良之理論尚不及實際經驗為可恃也。採選較大尺寸及較密間隔距離，為支撐壕壁之唯一方針。為購料及施工便利計，在相當深度以內，可用同一尺寸之框木及橫檔，深遠處則增加橫檔以減短框木之支撐距離。

郎金氏之泥土壓力學理，藉作計算框木及橫檔者，茲概述之。彼應用公式

$$P = wh \cos \theta \frac{\cos \theta - \sqrt{\cos^2 \theta - \cos^2 \phi}}{\cos \theta + \sqrt{\cos^2 \theta - \cos^2 \phi}}$$

式中 w = 泥土重量，每立方呎磅數；

h = 在計算壓力處之深度，呎數；

θ = 上面堆泥之斜角度；

ϕ = 泥土之自在角，約 $33^\circ 41' = 1\frac{1}{2}$ 平比 1 豎；

P = 在垂直面上之單位壓力，每方呎磅數。壓力方向與地面平行。

研究壕壁之壓力時，假定地面平坦，故上列公式化簡為

$$P = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \cdot wh$$

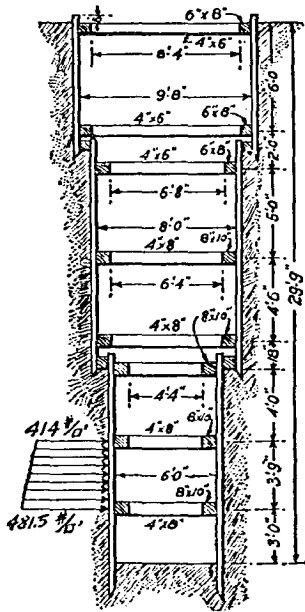
106. 列板及撐檔之設計 第

八十二圖所示溝壕假定開掘於濕砂土中：每立方呎重 110 磅，其自在角為 30 度，列板及撐檔之材料俱為美國黃松，設計次序如下：

I 泥土壓力 前列數值代入郎金氏之泥土壓力公式得

$$P = 33.7 h$$

因初開掘之泥土並不露空多時，岸壁之黏性尚未減消，故由公式計算之壓力過大，依泥土之自然黏性而以 2, 3, 或 4 除之。砂土之黏性不甚強大，茲假定其壓力為公式數值之半，或



第八十二圖 列板設計

$$P = 18 h \cdot$$

II. 列板之厚度與框木之間距 溝壕內列板每用同一厚度，依

壕底壓力計算之，因壓力大則板厚亦須大也。列板之厚度與框木之上下間距成相互關係。設計方法為假定框木之間距，以計算列板之厚度，使列板之應力達到其工作力量。

本題假定最低框木離壕底 3 呎，與鄰近框木之距離為 4 呎。

在 22 呎 9 吋深處之單位壓力為每方呎 409.5 磅。

在 26 呎 9 吋深處之單位壓力為每方呎 481.5 磅。

壓力之分佈示於第八十二圖。設取 1 呎寬壕壁研究之，二框木間在壓力中心點之彎曲旋量應算為 10,700 吋磅。

設用 3 吋厚之列板，其最大纖維應力為

$$f = \frac{Mc}{I} = \frac{10700 \times 1.5 \times 12}{12 \times 27} = 594 \text{ 每方吋磅數。}$$

按黃松之工作力量為每方吋 1200 磅，應選較薄之列板。若用 2 吋列板，算出纖維應力為每方吋 1340 磅。此數超過限制，故框木間距略為減短，應力亦可減至限定數以內。

框木之間距設為 3 呎 9 吋。自地面至壕底上第二桿框木之深度減為 23 呎。2 吋列板之最大應力改成 1180 磅，足以適用。其他框木間距之計算法亦同。又上下層列板交接處之框木間距無須計算，祇採擇其適宜與穩固可矣。

III. 框木之大小 假定框木長 16 呎。兩端及中間各有一橫檔。茲計算最低處之框木尺寸。

最低框木下及橫檔間之壕壁面積為 24 方呎。

平均單位壓力為 $18 \times 28.25 = 508.5$ 每方吋磅數。

傳達至框木之重力為 6000 磅，（按此數係先求框木下之泥土壓力及其重心點而後分配之）。

以同法計算上部傳達至框木之重力為 6890 磅。

框木所受均配重力之總數為 12890 磅。

設 b 為框木豎邊之吋數， d 為橫邊之吋數，依材料力學原理

$$S = \frac{Mc}{I} \text{ 代入 } S = 1200 ; c = \frac{d}{2} \circ I = \frac{bd^3}{12} \text{ 及}$$

$$M = \frac{Wl}{8} = \frac{12890 \times 8 \times 12}{8} = 155,000 \text{ 吋磅。}$$

$$\text{故 } bd^2 = 775$$

以 8×10 吋橫梁計之，得

$$S = \frac{Mc}{I} = \frac{155000 \times 5 \times 12}{8 \times 1000}$$

= 1160 每方吋磅數。其他框木計算結果示於第三十表。

IV. 橫檔之大小 橫檔作直柱 (Column) 計算，其尺寸用試探法決定。橫檔之豎邊使與框木之豎邊相等，其擠壓應力 (Compressive Stress) 依照美國鐵路及養路學會採定之公式計算，

$$S \leq S_1 \left(1 - \frac{l}{60d}\right),$$

式中 S = 直柱之可容擠力（柱長大於短徑 15 倍以上）；

S_1 = 單位工作擠力；

l = 柱長；

d = 柱之短徑； d 與 l 之單位相同。

第三十表
列板及撐檔之計算

(滿塔示於第八十二圖)

列板 2 吋×12 吋			橫 檔				
深	最大彎曲旋量, 吋磅	最大纖維應力, 每方吋之磅數	深 (在兩端或中間)	總重 力, 磅數	尺寸, 吋數	真實應力, 每方吋磅數	可容應力, 每方吋磅數
23'-26.75'	9450	1180	26'9"兩端	6445	4×8	202	784
19'-23'	9000	1125	26'9"中間	12890	4×8	403	784
13'-17.5'	8337	1042	23'0"兩端	6393	4×8	200	784
8'-13'	7088	886	23'0"中間	12785	4×8	400	784
0'-6'	2916	365	19'0"兩端	3930	4×8	123	784
			19'0"中間	7860	4×8	246	784
			17'6"兩端	3566	4×8	112	684
			17'6"中間	7132	4×8	224	684
			13'0"兩端	4385	4×8	137	684
			13'0"中間	8770	4×8	274	684
			8'0"兩端	2270	4×6	95	667
			8'0"中間	4540	4×6	189	667
			6'0"兩端	1344	4×6	56	584
			6'0"中間	2687	4×6	112	584
			0'0"兩端	432	4×6	18	584
			0'0"中間	863	4×6	36	584

框木

深	框木下墻面積，方呎	單位壓力，每方呎之磅數	總重，磅	傳達框木之重力由			尺寸，吋	最大彎旋量，千吋磅	最大應力，每方吋之磅數
				框木下部	框木上部	相加數			
26'9"	24	508.5	12200	6000	6890	12890	8×10	155	1160
23'0"	30	448	13440	6545	6240	12785	8×10	153	1150
19'0"	32	378	12100	5860	2000	7860	8×10	94.3	708
17'6"	12	328.5	3942	1942	5190	7132	8×10	85.6	636
13'0"	36	274.5	9880	4690	4080	8770	8×10	105	790
8'0"	40	189	7560	3480	1060	4540	6×8	54.4	850
6'0"	16	126	2020	960	1727	2687	6×8	32.2	503
0'0"	48	54	7590	860	0	863	6×8	10.4	161

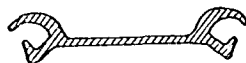
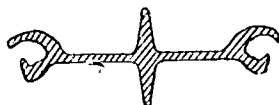
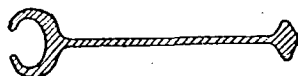
黃松之擠壓工作應力為 1000 每方吋磅數，（設擠力與木紋同方向。）

最低之中間橫檔支撐 8 呎框木，所受總重力已計算為 12890 磅。每桿框木盡端之橫檔僅受半數之重力，計為 6445 磅。橫檔長 4 呎 4 吋。以上數值代入公式得可容擠壓應力 784，每方吋磅數。

4×8 吋橫檔已為最小之可用尺寸。總應力 12890 磅，單位面積之擠壓應力僅 403 每方吋磅數，較可容數為小。其他橫檔之計算結果詳見第三十表。

107. 鋼板樁 木料價值增高，與鋼鐵用途耐久，引起鋼製列

板作溝壕護壁之用。銅板樁之初價雖較木製者為貴，然其應用次數可稱無限。黃松製成之列板，若謹慎施用，約可三四季，否則



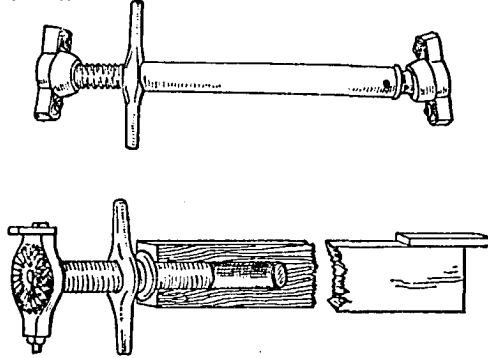
第八十三圖 鋼板樁

一用即毀矣。第八十三圖示數種鋼板樁之形式。此項排樁相互密接，壕壁不致漏水；惟其使用，驅擊及拔樁均不若木製列板為便利耳。

108. 工具 用於溝壕防護工作之工具甚多。驅擊列板之木槌為極堅韌之木料製成。槌面有鐵箍，以資耐用。槌柄截面宜作長圓形，因圓柄易在手中滑轉也。

列板上端受驅擊過重，碎裂生花。適合板頂之生鐵帽能防護之。

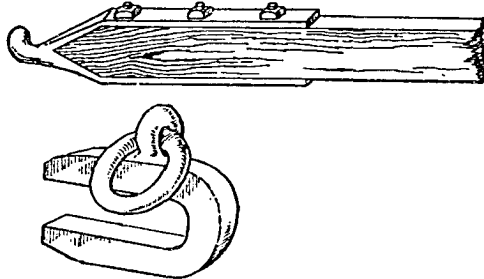
敲擊橫檔之鐵鏈爲 $4\frac{1}{2}$ 吋直徑與 $5\frac{1}{2}$ 吋高之圓柱體，加裝木柄，鏈重約16磅。



第八十四圖 伸張橫檔

伸張橫檔，第八十四圖，常用於淺小溝壕工作，撐置極易，並無須敲擊。

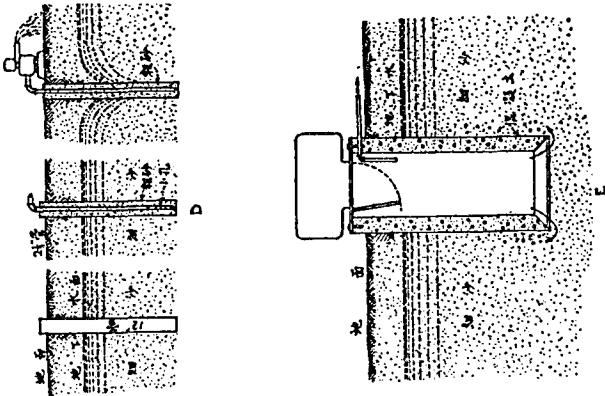
拔取列板方法先以鐵夾嵌於上端，另取裝置鐵鉤之長桿，用



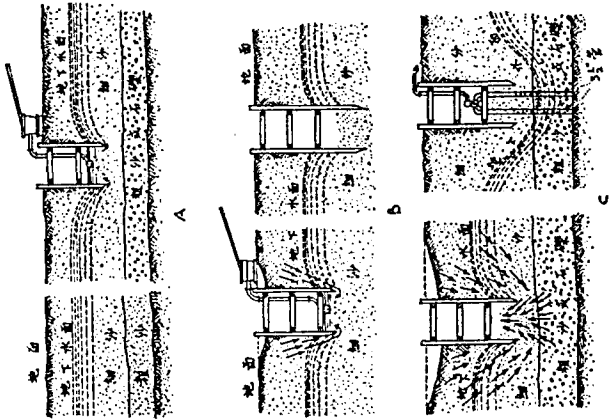
第八十五圖 拔取列板之鐵鉤及撞杆

槓桿原理提拔之（第八十五圖）。

109. 流砂 附有多量水分之砂粒謂之流砂 (Quick sand)。地



流砂之處理方法

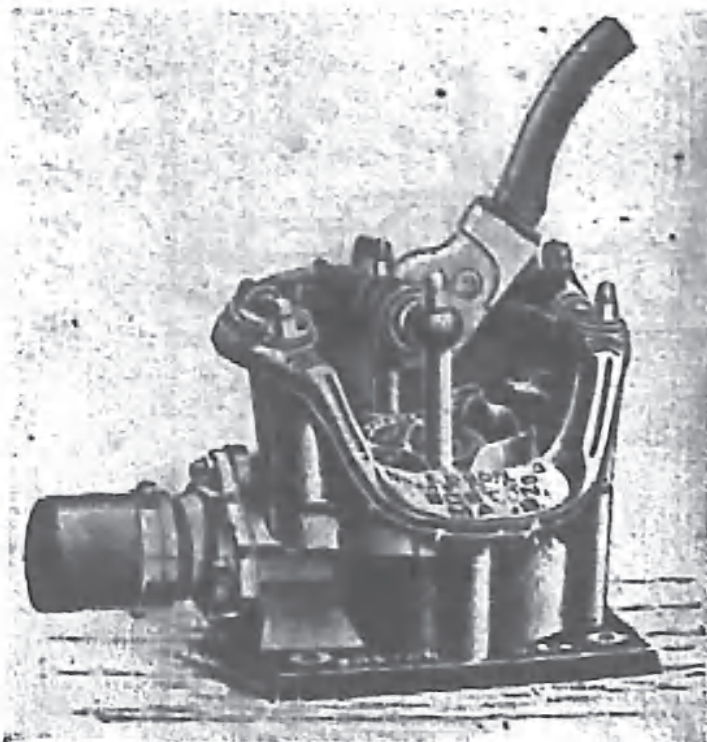


第八十六圖

層之砂粒，如被充足地水浸濕，即呈流動現象。此種流砂之性質，予溝渠建築上以極大不便。若不將其水分設法排除，則不能擔負任何重量。

在流砂中開掘溝壕，頗費周折，或竟生危險。流砂雖能緩流，然不便以滂浦提升。開掘時兩岸下傾，或壕底上騰。抵禦流砂之通常方法，用不滲水之列板擊至壕底2或3呎，或於壕邊兩旁裝設若干井管，以滂浦提去水分，而後施行開掘。如流砂不甚活動，則於開掘時隨同抽水。（第八十六圖）

110. 抽水 溝渠建築時每有地水滲漏於溝壕中，須用抽水方法去除之。欲得堅固之溝渠接縫，必使溝壕乾涸，蓋水泥接縫在未結硬前（約24小時）不可浸於水中或受流水之衝盪也。



第八十七圖 隔膜滂浦

隔膜滂浦 (Diaphragm Pump) 為抽除壕水之普通機器。機中有橡皮隔膜，以手工運用。在16呎深之抽水量為每分鐘30至50加侖，其吸水曲管之直徑約3吋（第八十七圖）。尚有較大容量之隔膜滂浦以汽油發動機 (Gasoline Motar) 開動。

如因地水過多，感隔膜

滂浦之容量不足，則離心滂浦 (Centrifugal Pump) 或水汀真空滂浦 (Steam Vacuum Pump) 均可適用。往復滂浦因水中挾帶粒質，易遭損壞，故不合於此項用途。

111. 洩水 溝壕洩水方法除滂浦外可用暗溝。(見第61節) 施工暗溝專為施工便利而築，工程告畢即廢棄不用；永久暗溝則通接於相當之出口處。有時自窰井底築一直孔通至暗溝作窺察之用，孔管為6或8吋熔瓦管埋置混凝土中。孔小，不足以溝通暗溝。但暗溝之效用注重於施工時期，故雖閉塞亦無大妨礙也。

第十三章 施工

112. 工程師之責務 當溝渠建築時，工程師之責務為指示管線與坡度；查驗材料；解釋合同，說明與圖樣；決定意外事宜之處理；估計工作；收集成本價目；製作進行報告；登載記錄；及保護城市之利益。

113. 查驗 若干查驗員及助理員輔助工程師查驗材料及工作。查驗員之責務為常駐工作進行之地點，並代行工程師之職權以實踐合同條件，圖樣細點，工作及材料之考驗等。查驗員當有全份合同，或屬其工作內之一部。彼須視察交付於工作地點之一切材料，及注意排斥材料即行除去否，蓋工頭或將劣貨暫置一旁，俟工程師離去之機會，仍以此充混應用也。查驗材料及工作之方法係考究交付材料及已成工作與說明書所載是否符合。查驗員之其他責務為：記載房屋連管之位置，或打一標椿於其地以備工程師之需要；注意在佛接將來房屋連管之支管口有塞子封閉；

查察溝渠接縫之造作狀況；保護管線及坡度標樁之固定；核對溝渠之尺寸，深度，坡度及特別建築之高度等。

114. 合同之解釋 工程師解釋合同說明及圖樣時，應為都市利益與包工者之公正人。依工程經驗及判斷，決定合同之意義，並以獲得最佳結果為宗旨。然非為苛求於包工者也。工程師既為都市之雇員，尤當忠誠將事，以贊助都市之利益。富有經驗之包工者每察悉工程師之性情以定標價。

115. 意外情形 工程師遇工程之意外或不測情形，須立即視察其地，依合同所示條件，指導進行方法。例如水管，氣管，流砂，岩層等或有臨時發見者。凡水管，煤氣管，電線管等宜改置溝渠之上或下。如新築溝渠與舊建者相交，當以舊管通新管，或改變二者坡度使之不相交接，或以倒虹吸建築避免之。岩石之施工費與尋常泥土不同，發見時即測量其位置以備計核開掘容量。流砂之區須謹慎施工，務使溝渠之基礎穩固無損。

116. 成本價目及估計 成本計核(Cost Keeping)與估計(Estimate)有密切關係。成本記帳之價值非惟能估計工作數量，且可預先估計相似工作之需要成本。工程師雖無登記此種帳項之必要，然記帳之利益極大，殊值得費此心力也。我國工程建設每含糊了事，而不精密計核所用材料與付出工資，以求得單位價格，作下次相同工程之參考。若每一建築俱有詳細之單位價格，則工程費用均有規範，而一切浪費概可節省矣。包工者之記帳，經合同

註明認可，得受工程師之察閱。通例工程師依查驗員之報告關於各項工作所需人工鐘點及各種材料數量與單位價格等，而後估計成本價格之總數。

凡一完成建築物之量度及所用材料之總量，可作合同所載需要適當材料之核對。例如，設有一窰井需用磚 2000 塊建成，如十個窰井建築用磚僅 15000 塊，則其中數個或各個窰井之磚料必有所吝嗇矣。相似方法可考核混凝土之配分比例，隧道中填覆材料，留置溝壕內之列板等。

成本計核學 (Cost Keeping) 之詳細原理，歐美出版專書研究。茲述其概略如次。

成本 (Cost) 應分為四類：勞工，材料，設備，與總務是也。勞工依工資與名目之不同，更分為若干項，每項之勞工人數及每日工作量均記載明晰。第八十八圖示勞工分類之格式。

工 頭 之 每 日 工 資 單 報 告							
地點……某街……96''溝渠			日期……年……月……日				
分類工資清單		已成工作		工資分配			
工頭	1	每日	400	400	守夜者及水童		225
工程師	1	„ „	350	350	開掘完成至測站	18.40	1925
工人	1	„ „	300	300	列板„ „ „ „	18.30	825
工人	27.4	„ „	175	4795	基座板完成至測站	18.00	263
工人	11.8	„ „	150	1770	填覆完成至測站	16.90	300
貨車	1	„ „	300	300	拔去列板完成至測站	17.10	262

馬	2	”	”	600	120	混凝土管底完成至測站	.....	.....
升機工	1	”	”	200	200	磚砌管底	”	”
水童	1	”	”	75	75	混凝土管底	} ” ” ” 17.48	29.62
						混凝土管頂		
全日工資	.....	.....	.....	83.10		安置鋼條	”	”
						形殼築至測站	17.48	7.25
						形殼中溝管設置至測站	.....	.....
						窰井今日建築者	.....	.....
						其他項目	.....	53
						馬運	.....	120
						車運	.....	300
						全日工資	.....	83.10
						工頭簽字	.....	.....

第八十八圖 工頭所製每日工資單報告

材料可於交付工程地點時或應用時，記載其數量。交付時易於檢點量度，惟不及應用時記載之確實。第八十九圖示查驗員所製材料報告格式。各項材料之總價，依單位價格另算之。

設備一類包括器具，牲畜，機械，及施工所用什件。總務費包含辦事職員，管理員薪工及他種雜支，如保險，房租，運輸等費，凡不歸納前列三類而為公共性質者均屬之。時或數種工程由同一管理處經辦，每一工程應分配之總務費可以此工程之包工造價與各工程之總價比例推算之。若以完全工程之成本價格比較截至今日已耗費用，即得已成工作之估計。

117. 進行報告 進行報告 (Progress Report) 為顯示工程進

工頭之每日材料報告			
地點	某街	96''溝渠	日期 年 月 日
全袋水泥昨夜存儲.....			84 ...
" " " " 今日收到.....			160 ...
總計.....			244 ...
全袋水泥今日用於混凝土管底.....			
" " " " " " " " 磚砌管底.....			
" " " " " " " " 混凝土管邊 }.....		156	
" " " " " " " " " " " " 頂 }.....			
" " " " " " " " " " 窰井.....			
" " " " " " " " " " 攸縫等.....		1	157 ...
今夜實存.....			87 ...
空水泥袋昨夜存儲.....			7 ...
全袋水泥今日消耗.....			157 ...
總計.....			164 ...
空水泥袋今日交進.....			140 ...
空水泥袋今夜實存.....			24 ...
收到材料	由	數 量	
木 料.....	...某地某公司.....	47	4×6-16呎
.....	.....	12	4×6-14呎
.....	.....	1120	$\frac{7}{8}$ "屋板
鋼 條.....	...某路某號貨車.....	120	$\frac{7}{8}$ "-15呎
.....	.....	120	$\frac{3}{4}$ "-19呎
.....	.....	75	$\frac{5}{8}$ "-30呎
	工頭簽字		

第八十九圖 工頭所製每日材料報告

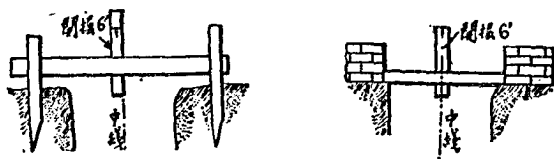
行程度之報告。工程師應注意實際工作是否與合同載明者相符；如有無理延遲之處，須設法推進。此項報告常用圖線表明，使適當之工作順序與實施狀況一目瞭然。乃工程經濟及時間約束之良策也。

118. 記載 施工之地點與方法，本已細示於合同圖樣，但遇意外情形致生施工之變更，須詳密記載保存。記載(Record)格式可與合同圖樣相似；如變更不多，就原圖加以修改，亦無不可。房屋連管及其他會接位置，須用另一記簿記載。工程師應備日記簿摘錄每日工作狀況與興趣，重要各點；並於日記簿上附黏照片，示施工前後街道情況，施工方法，及偶然事項等。

管線及坡度

119. 溝壕之測定 溝壕之位置以標樁示明。沿溝渠中線每50呎處，打標樁於地面。中線旁之一定距離另設護樁或參考點以資確定。或者標樁打於中心線相當距離之一旁，以免開掘時遺失。用人工開掘，則工頭依標樁劃出壕線；在機力開掘時，司機者沿樁線進行。

120. 管線及坡度 開掘溝壕至最後深度之一呎左近時，管線及坡度移轉於擱置壕上之橫木，橫木釘於壕邊木樁，或釘於列板上，或以重物壓其兩端。打木樁於壕邊（第九十圖）以固定橫木，最為妥善。如岸土鬆軟，或有路面砌工，致木樁不能應用，則以磚塊或泥土壓之。每25呎溝壕安置橫木一條，其與地面之距



第九十圖

管綫之固定

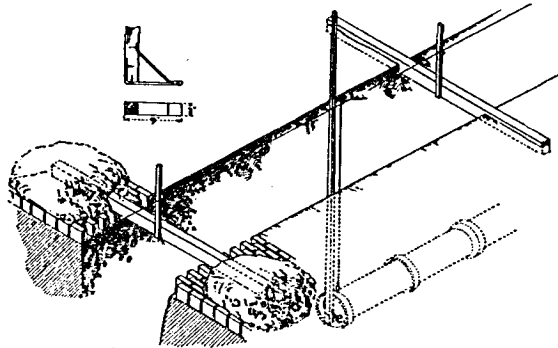
離可隨意採用。溝渠之中心線於橫木置定後記示之，取一木片之豎邊切合管綫，釘於橫木上。管底之深度以鋸釘記示木片之旁，並使釘之位置得一整呎數。管底至釘之距離即書於豎木片上。

查驗員當謹慎視察此種坡度記示有無差誤，在流砂或軟土之地，易受變動，應以水平儀時常校正。

121. 轉移坡度及中心線至溝渠 溝壕橫木所釘木片示明之管底深度及中心線位置，須轉移至壕下溝渠。法以麻線緊貼木片之橫釘；另備尺度桿，下端裝有直角，桿上以粉筆作記號，設此記號與麻線切合，則桿之下端示管底應有高度（第九十一圖）；更懸錘線使上部交切麻線，下端指示溝管之中心線。

磚砌或混凝土溝渠形殼 (Form) 之位置與高度，亦可依坡線測定，或另組測量隊處理。大徑溝渠須開掘深闊溝壕者，坡度與中心線標樁打於壕底，樁頂高出管底約一呎。此項工作須有工程師常川駐節工程地點，相機施行焉。

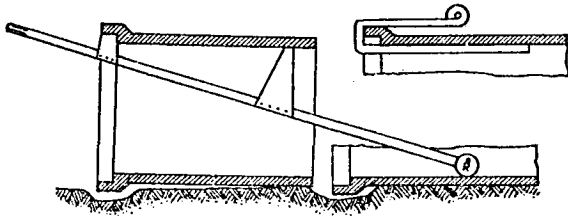
隧道中管綫與坡度，每用鐵釘敲入頂部，懸錘線以作標記。



第九十一圖 管綫及坡度

熔瓦管及水泥管之施工

122. 壕底之形狀 在適當泥土中，壕底形狀常挖掘成半圓式，與溝管下部之45度至90度相合。若因泥土非常鬆軟，不能成何形式，則可以混凝土製作管座，以資穩固。在岩石地層，每開掘至需要坡度下6吋，填鋪泥土而打結之，成管圍60至90度之形



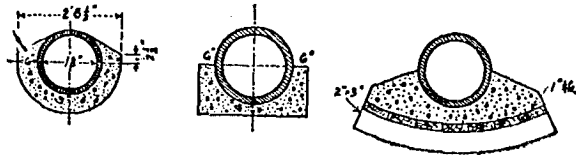
第九十二圖 掘槓及提鉤

狀。更大之溝渠就壕中建造者，亦須有相當基座。

123. 裝管 溝管放置壕內之先，將連續數節在地面試裝，用粉筆劃記其適當位置。較小溝管用鐵鉤（第九十二圖）吊下。15或18吋口徑以內之小管，壕內工人可藉臂力裝接；較重之管可用繩繞縛兩端，漸漸移放。第九十二圖示損槓推進法。

24或27吋口徑以上之溝管，重量甚大，不能繫繩靠壕邊而下，宜用三足架跨壕岸，裝置滑車及橫軸轆轤等省力機械，安放管筒。

裝設小管工人三四成隊，一人放置溝管至壕內，一人接受及裝配，一人敷作接縫，另一人打擊管下兩旁泥土。管頂一呎以內之泥土，必須謹慎打擊，以防管線移動或管圈碎裂。第九十三圖示三種管座形式。



第九十三圖 管座式樣

124. 接縫 接縫方法有開空，膠漿，水泥與灌注等四種。開空接縫 (Open Joint) 用於乾燥地層內之雨水溝管。膠漿及水泥接縫用於一切普通溝管，水泥較膠漿為不透水。灌注接縫 (Poured Joint) 用於多量地水之壕內，使地水完全不漏入管中。

關於開空接縫之工程說明要點如下：

開空接縫之溝管內底應裝置成一直線，並安放穩固於壕底，接縫處不用水泥或膠漿。溝管栓部之口圍銜接另一溝管窩部之肩圈，距離不得過 $\frac{1}{8}$ 吋。接縫四周須用紗布，蔴布，碎管，礫石，或碎石包圍。紗布等類之效用為防止細砂閉塞；日後紗布腐化，圈外泥土結成拱力作用。

梅卡夫及愛迪二氏 (Metcalf and Eddy) 所作膠漿接縫之工程說明如下：

溝管未裝接時，先將前管之窩部口下半圈敷置 1:1 膠漿一層，使第二管放下後之內底部銜接處適合平整。待第二管如是放置既畢，乃於窩圈空間滿塗同樣膠泥；接縫之內面刮拭光淨，外面作成傾斜式。

有時以木塊或石子嵌置管圈接縫之底部膠泥中，以使相連二管之中心線附合。

美國包爾的摩城 (Baltimore) 採用水泥接縫之說明書如下：

水泥接縫之作法，以蔴皮絲作圈，浸入水泥薄漿，取出，漸次嵌入接縫栓窩之空間，復以鐵製或木製塞桿塞結之。每一接縫應成連續之嵌圈，並粗細適當，使接合處之內底面平整。已嵌蔴圈之接縫空間統以膠漿敷設四周，以戴橡皮手套之手指揪膠漿於空間，接縫之外圈成45度傾斜面。接縫內部多餘之膠漿應即以適宜刮刀除去之。

上法所作之水泥接縫爲通常最完善者，用處最廣。此種接縫並非完全不透水。樹木之根鬚每由細隙中穿透溝管而在管內發展。

灌注接縫之作法爲數種混合品，在流體狀態時，灌注於管端接縫內，待冷卻結硬，縫道封閉至爲周密。欲防止地水滲入溝渠，可仍用尋常之水泥接縫而於管之外表加敷水泥或混凝土一層。但此法不易成效，因在潮濕溝壕中難得良善之施工也。

灌注之材料應有下列數項性質：

1. 絕對不容地水或樹根滲入管內。
2. 費用不昂；
3. 有持久性；
4. 不受含酸性或鹼性污水之損蝕；
5. 與溝管有附黏性；
6. 能在華氏表 400 度以內流動，因溫度過高管圈易碎；
7. 不能在華氏表 250 度以內融化或軟化，因熱水注入溝管時仍須保持接縫；
8. 有相當彈性以容溝渠之微略移動；
9. 宜無須精工製作。

用於灌注接縫之材料爲：水泥漿；硫磺及沙；土瀝青；或硬橡皮狀或柏油狀之混合物。

水泥漿爲純粹水泥與清水混和而成之濃漿。其主要優點爲價

廉及潮濕溝壕中易於施用，惟其結果未必勝於佳製之水泥接縫；因其無彈性作用，故溝管稍受移動可使接縫震裂。

硫黃及砂均價廉，較易施用，成絕對不透水之固定接縫，較管身尤堅強。時或能使管圈破碎，此乃其弱點也。硫黃粉與細砂之混合比例常為等量。砂粒細者為佳，能得完善之混和，而於硫黃融化時，不致分泌沈澱。砂粒之百分九十應篩過 100 號篩，又百分五十篩過 200 號篩。混合物約於華氏表 260 度融化，在較低溫度亦不軟化。每一 8 吋溝管之接縫，需用 $1\frac{1}{2}$ 磅硫黃， $1\frac{1}{2}$ 磅砂， $\frac{1}{2}$ 磅荊蓀，與 0.4 磅柏油脂 (Pitch)。柏油脂敷塗接縫之外面，當接縫材料熱度未退時敷之以阻塞細裂。

美國有製成之瀝青接縫混合料，其最著者有 G. K. Compound, Jointite, Filtite 等混料。此種資料除價格稍貴，敷用不易外，均合於理想條件。但燒熱過度或過久則成焦脆，且氣候寒冷時，混料與管圈不黏附，除非先將溝管烘熱。

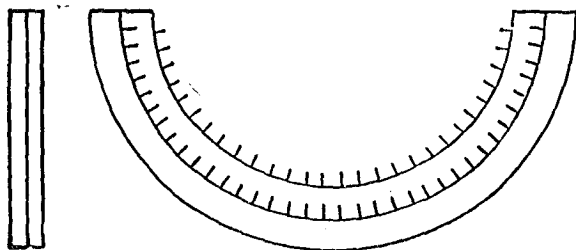
混合料入鐵鍋內煮熟，以汽油爐或其他能約束之火爐燒之，至初起沸騰為度，便成薄漿狀。每次煮量不宜過多，祇足即時應用之量，並須於煮就後 15 分鐘內用罄。灌壺口徑應傾出適宜分量，以一次灌成接縫。各出品公司印行表格示大小溝管接縫所需灌注料之重量。

製作灌注接縫，先裝接溝管成條。以荊蓀圈嵌入接縫裏隙約 $\frac{3}{4}$ 吋。更以不燃燒之石棉 (Asbestos) 嵌入空隙外口約 $\frac{1}{2}$ 吋。煮熱填

料由預先敲穿之窩邊頂部小孔灌入，使流質自管之一旁注下，俟他旁露見為止，最後井將小孔填滿。如管小而壕淺，可取二三管在壕岸連接後移至壕內，較為便捷經濟。相連各管豎直放置，窩端向上，仍以蕙圈嵌入接縫裏隙，但不用石棉圈。每次嵌圈置就，即宜灌注填料，如因蕙圈被壕水浸濕，接觸熱質發生蒸汽，填料之密度必致減弱。石棉圈於填料灌入後早時取去，時久則黏固不脫。

磚砌及瓦塊溝渠

125. 管底 堅硬地層中，溝壕底部挖掘與管形相仿，溝磚自泥地鋪砌，僅於其下加厚層膠漿。鋪砌溝磚時應用樣板二條，第九十四圖，其周邊與所建管圈之內外周相附合。每圈砌磚加排釘一行於樣板，每釘適合磚縫之行列。樣板二枚安置成準確管線及坡度。以細繩緊張最低二相對釘端。先砌磚一行。磚之鋪砌作輻射式，以長邊與管軸方向平行。磚之一邊與細繩切合。砌成一行

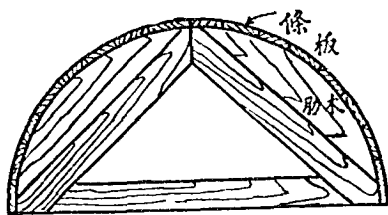


第九十四圖 樣板

成二三行後，移高導繩至相當之釘端繫之。兩方所砌行數，須與中線對稱。內圈磚較外圈磚緩砌三至五行。圈間相接處均敷膠漿。當建築依次進行，兩旁管圈漸形增高，工匠築臺而砌。臺以木製，置新砌磚圈上。管底磚工乃進行至拱邊線(Springing Line)為止。一段既成，取一樣板移前10至20呎，安置固定，繼續砌工。

如泥土柔軟，磚圈不能直接建砌其上，則製作管圈形之樣板二條，圈外釘2吋木板，置壕內至適當高度與位置，乃於架板下打塞泥土使堅。待除去架板成為堅固之管座矣。在更軟之泥土壕中，應建混凝土座基以支持磚工之巨大重力。

126. 管拱 建築磚管拱部所用之拱形殼 (Arch Form) 為木

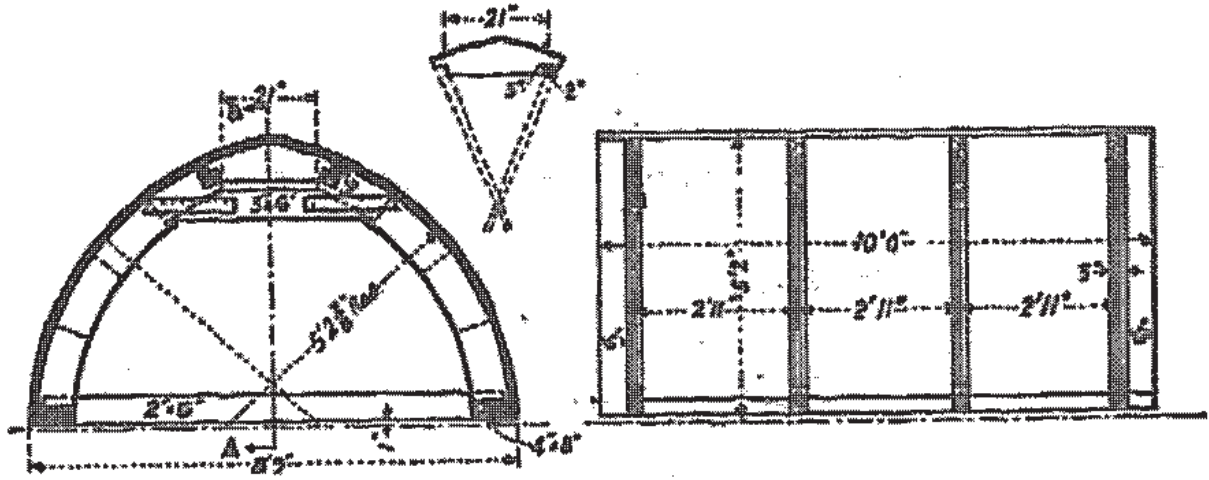


第九十五圖 拱形殼

製，如第九十五圖。若干與管線平行之條板 (Lagging) 釘於肋木 (Rib)，肋木又釘於三角形結架。管底砌成後一二日，拱形殼架置兩旁並支撐於中間。鋪砌

拱磚之順序為自兩旁漸趨中心，並隨加打結。拱形殼除去後，管拱內面刷清及嵌膠漿線。管拱外面約敷 $\frac{1}{2}$ 吋餘膠漿，蓋鋪泥土至拱頂，以維持膠漿之需要溫度，且壓緊拱磚使之牢固。形殼製成收縮式者，運用尤便。

隧道中管底之築法與明壕中工作相同。拱形殼則製成較短，磚塊自形殼之頂端伸入鋪砌。第九十六圖所示之形殼頗適用於隧



第九十六圖

木製分塊拱形殼

道中管拱之建築，蓋其分三部架成，兩旁較大二股先形置定，拱磚及膠漿自上部空處傳與工匠，最後以楔塊放置而後完成拱頂。

127. 瓦塊溝渠 混凝土塊或熔瓦塊集築而成之溝渠，與尋常磚溝渠之建築方法相似。第九十七圖示美國愛華省克林頓城 (Clinton, Iowa) 興築瓦塊溝渠 (Block Sewer) 狀況。此管共有二



第九十七圖 瓦塊溝渠

圈，內圈爲結實塊，外圈爲空心塊。瓦塊溝渠較磚砌者易於建築。各塊接縫作輻射形，故佈設極便。

128. 工作之進行 依美國工匠操作，通常可假定鋪砌 1000 磚需費一砌磚匠 $3\frac{1}{3}$ 小時，與助手工人之 10 人工小時 (Man Hours)，

第三十一表

圓溝渠之磚工 每長一呎之立方碼數

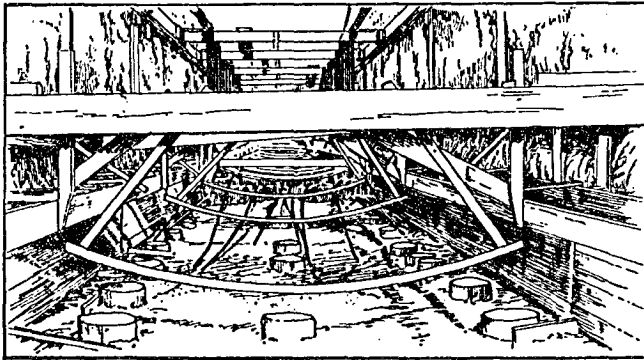
直 徑 呎 及 吋	單 圈 (4½吋)	雙 圈 (9吋)	三 圈 (13½吋)
2 0	0.103	0.240	
2 6	0.125	0.280	
3 0	0.147	0.327	
3 6	0.169	0.371	
4 0	0.191	0.415	
4 6	0.213	0.458	
5 0	0.234	0.501	0.802
5 6	0.256	0.545	0.867
6 0	0.278	0.589	0.933
6 6	.....	0.633	1.000
7 0	.....	0.677	1.063
7 6	.....	0.720	1.128
8 0	.....	0.763	1.193
8 6	.....	0.807	1.260
9 0	.....	0.851	1.325
9 6	.....	0.895	1.390
10 0	.....	0.938	1.456

水泥 2 桶，砂 0.6 立方碼，拱形殼木料 10 木尺量度 (Ft. B. M.)。每磚一千約可築成磚工 2 立方碼。各種溝渠所需磚工之容量詳第三十一表。凡工匠每小時能砌磚數，在大溝渠較多，因其表面工作少，工作地盤大，且輻射式鋪砌較易也。

混凝土溝渠

129. 施工 凡建築水泥或混凝土溝渠，可任用二法之一；第一，工廠製造溝管與應用處所相隔若干距離，或第二，就當地溝壕內建造。第一法已詳述於第九章。就地製造法適用於 48 吋口徑以上之溝渠。較小者以砌磚，熔瓦，及預製水泥管為經濟。

混凝土溝渠之基礎與磚砌溝渠者相似。如地土適宜，壕底挖成溝渠外周之形狀，而以混凝土直接傾注其上。在鬆軟地土中，壕底挖成平面，以成分稍劣之混凝土製成座基。若泥土過鬆則座



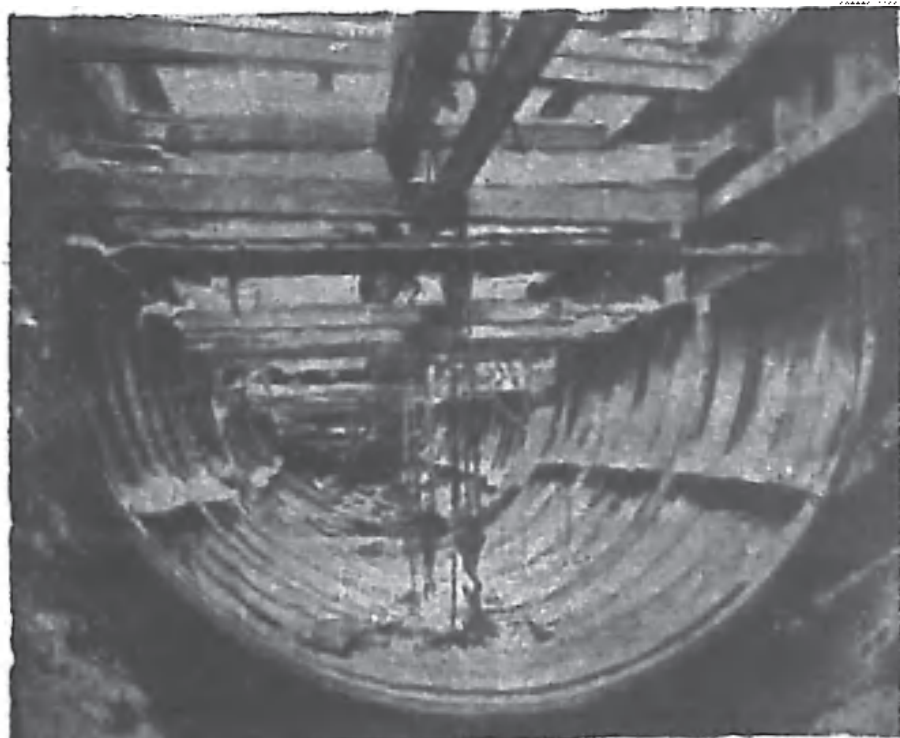
第九十八圖

括成管底之樣板

基之下須先打排樁，或用板製平臺，或以木料搭成格架 (Crib)。

溝渠之底部較平者，可不用內形殼建築。先製管底樣板二條，固定其適宜位置於壕底，乃傾注混凝土於板間地位。取直長括條沿前後二樣板移動，括除多餘之混凝土。或一端沿樣板，他端沿已成管底為緣邊亦可。第九十八圖示平底混凝土溝渠之底部建築方法。

建築混凝土溝渠所用之內形殼通常為木製。每段長 12 至 16 呎。鋼製者每段長 5 呎。內形殼常以預備之混凝土塊填支。此種小塊即混凝於管圍材料中。並以木條釘持於外形殼或列板或用尖劈與壕壁軋緊。鋼製內形殼可用鐵鏈吊懸於撐樁。鐵鏈裝有旋迴滑車 (Turn-duckle) 以校正形殼之高低 (第九十九圖)。形殼旁以尖劈支持，以免於傾倒混凝土時發生移動，並宜設法重壓以防



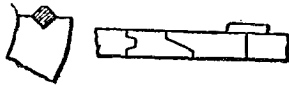
第九十九圖 半圓式鋼製形殼用鐵鏈懸支

止其浮騰。溝壕內橫檔之阻礙形殼放置者，應先除去；並即以橫檔撐持形殼，俟混凝土漸次傾注，仍將其除去。

溝渠之全截面可一次築成，或分

二三部建之。以一次築成者，將全圈內形殼置定於適宜地位，以混凝土小塊支持並以鉛絲牽制。外形殼則完成大半而露空其頂部，須不妨礙混凝土之填放與打結。混凝土自上空部傾注內外形殼之間，常使兩旁形殼內所積材料在同樣高度，隨傾隨擊。餘剩之外形殼頂部，於混凝土漸次增高時補裝。外形殼之最上頂部仍空留一長孔，其寬以能容留上部混凝土至頂點而無傾瀉為度。概言之，凡一次築成之溝渠，頗難得圓滿之成績，且施工不甚簡易，工作內况又非確定。但其優點在免除溝渠之縱長接縫，此種接縫乃管圈之弱線也。

混凝土溝渠分為二部築成者，先將管底部傾注至拱邊線或稍高處。一長方形或三角形之木條嵌置於濕軟之混凝土上，如第一

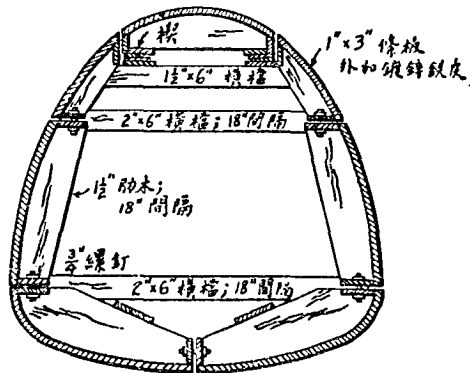


〇〇圖。俟其結硬，除去木條，留存狹槽，備與管拱聯成一起。管底部混凝土結硬後，管拱之形

第一〇〇圖 溝渠接縫架 (Arch Centering) 裝設其上，築成拱部。此法為中號尺寸圓形溝渠最通用之建築順序。

類似平底之大徑溝渠，常為二部或三部分建。首先築成管底，係用刮條與樣板而不用形殼。同時將底旁豎牆築成約6呎高，此則用作旁牆形殼之支撐。溝渠之旁牆至拱邊為止，在管底結硬後建造。最後建成管拱。每日所築溝渠之盡端，應使其與翌日增製者有相當連接，採用第一〇〇圖三種方法之一。

形殼之長度及混凝土混合機之容量，須有適宜之校正，務使每一整個單位之管底，旁牆，或管拱能於一次傾注。形殼則於混凝土完全結硬後卸除。管底與旁牆之形殼附着於工程上至少2日，寒天須加多時日。管拱之形殼附着時期倍之。例如一日間能傾注20呎管底及管拱，則預備60呎管底形殼及100呎管拱形殼。形殼拆卸後向前搬移，板木經過尚未卸除之形殼，故收縮式或鋼製形殼之效用較佳。木製之管拱形殼，有時得分部拆卸後搬移。第一〇一圖所示收縮式木製形殼極易施用，拆卸時可置滾車曳出。



第一〇一圖 可收縮之木製形殼

隧道中管底及旁牆之建築方法與明壕中相同。隧道內覆條 (Lining) 當作混凝土管之外形殼，故即留存其間而不除去。

130. 形殼之材料 混凝土溝渠形殼之製作材料為：木材，木

材與鋼皮，及鋼。木材之原價雖廉，惟其用期頗短。如形殼應用次數極多則鋼製者較為經濟。以相當之謹慎與修理，鋼製形殼勝於任何他種材料。美國近年來木料漲價，鋼製形殼加意改良，故木製者用途漸減。關於形殼之普通說明記載如下：

形殼材料應有充足厚度；支持形殼之架構應有充足強力，務使於傾注混凝土時不致崩坍。與混凝土接觸之板面，尤須光滑。木製形殼所用木板應平整，盡端接縫亦須準密，板之內面光潤而無裂隙。形殼於第二次施用時先將各部縫道緊接。凡形殼不應透水，並於施用前着水使濕。

任何材料與濕混凝土貼合之面，應先敷油或脂，以免與混凝土黏着。

131. 形殼之設計 鋼骨混凝土之形殼依據材料力學及樑，柱，拱等學理而設計。捨此學理建造形殼非曰不可，若欲顧及經濟與堅固二者則不可得矣。普通之樑及柱公式均可應用於形殼設計。板條與肋木 (Rib) 之最大彎曲旋量以 $\frac{wl^2}{8}$ 計算，式中 W 係單位長度之重力， l 係支持點之距離。湯生氏 (Sanford Thompson) 計算偏撓 (Deflection) 之公式為 $\frac{wl^3}{128EI}$ ，式中 E 為材料之彈率系數 (Modulus of Elasticity)， I 為截面對於中和軸之怠旋數 (Moment of Inertia)。司密氏 (E. B. Smith) 以試驗方法計得混凝土對於形殼之平壓力為

$$P = H^{0.3} R^{0.3} + 120 C - 0.3 S$$

式中 P = 平壓力 (每方吋磅數) ;

R = 傾注於形殼之速率 (每小時呎數) ;

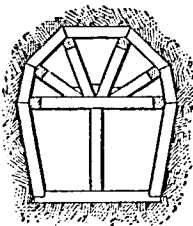
H = 傾注之位差 (Head 通常當作 $\frac{1}{2}R$, 但於天寒時或連續攪擾時可增至 $\frac{3}{4}R$) ;

G = 比, (水泥與配合料之容量比例) ;

S = 結厚度 (Consistency in inches of Slump 跌崩方法試得之吋數) 。

往時工程家每以混凝土之平壓力與每立方呎 144 磅重之液體所生壓力相等, 但據美國公路局之試驗, 在數種情形下, 常得較小之壓力。

依照上述公式可設計形殼之條板 (Lagging) 。惟加於肋木 (Rib) 之力, 為不確定 (Indeterminate) 。故除根據實際考證外, 鮮有滿意之設計方法。肋木之木料尺寸視溝渠大小而定, 約自

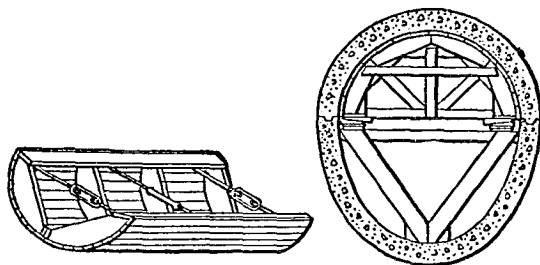


$1\frac{1}{2} \times 6$ 吋至 2×10 吋不等。如管拱形殼以木柱支撐兩端, 則木柱之設計即假定全部管拱重量施於兩柱, 而後應用材料力學中直柱公式算之。如拱闊過大, 用輻射式支撐如第一〇二圖, 其中心之重力假定為拱重之四分之一。

第一〇二圖
拱形殼之支撐

182. 木製形殼 建築形殼之木材以洋松, 雲杉 (Spruce), 及鐵杉 (Fir) 之屬為普

通。白洋松料佳價昂。各種硬木不易鋸斧。木材不宜過乾，因乾木於受濕後伸漲甚大，致形殼彎曲變形，或於接縫處碎裂。新伐木材宜常使潮濕以防撓彎，蓋已彎裂之木材雖着潮後仍不能使隙縫密合也，與混凝土貼合之一面及兩端均須鉋光。形殼所用條板宜用企口板。



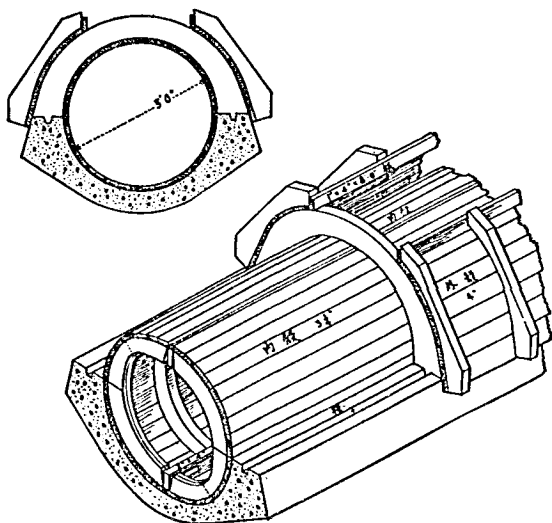
第一〇三圖 木製形殼

木製形殼之種類示於第一〇三圖，用於一次或二部完成之溝渠。第一〇四圖式樣為梅卡夫及愛迪二氏所設計，亦可用於一或二部完成之溝渠。

133. 鋼皮木製形殼 木製形殼之內圈有時加設薄層金屬板，此項製作之優點為價廉之未鉋光木板得以應用，條板之接縫可以稍遜，及所成混凝土外表面較為光整。惟實驗所得結果每不能滿足希望，且其價格較佳製之木材形殼為貴。鋼皮之撓彎及結縲極難防止。通常應用之鋼或鐵板為18號或20號(0.05至0.0375吋)，

每方呎重量2至 $1\frac{1}{2}$ 磅。

134. 鋼製形殼 鋼製形殼為各專利工廠承造，租賃於包工建築家。故工程師無須設計之。此種形殼簡單輕便而耐用，亦可製

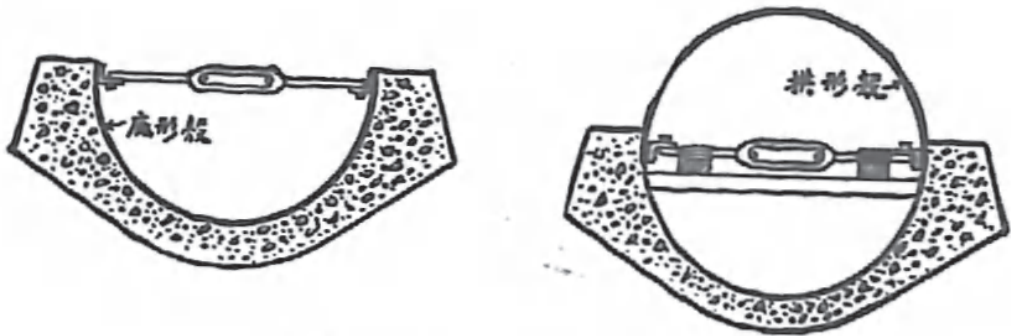


第一百零四圖 木架形殼

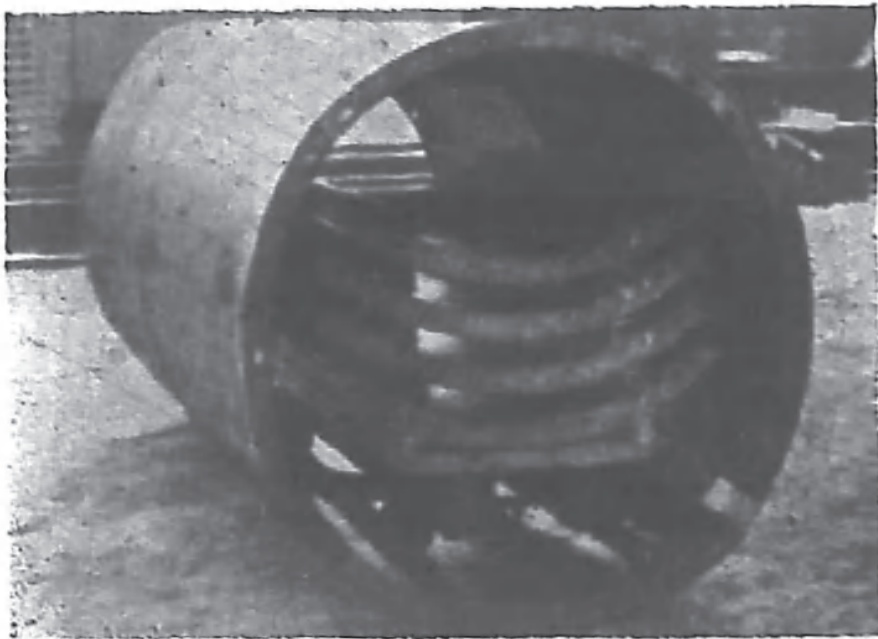
成各種形式。工廠存貨中圓形者最為便宜。第一〇五圖示鋼製管底及管拱形殼。第一〇六圖為收縮式圓形殼，中間部分為拆卸後置於裝就之形殼內。

135. 鋼筋 混凝土傾注時，須固持其所用鋼筋之位置。如一

部鋼筋之位置不合，則失其功效，或竟使溝渠崩坍。用於溝渠中鋼筋有縱橫二種，橫條增加強力，縱條則繫縛橫條位置者也。縱橫相繫而成鋼網。以縱條擱置於作凹缺之固定木板，或繫縛於已



第一〇五圖 鋼製形殼



第一〇六圖 收縮式鋼製形殼

成混凝土管露出之鋼條。鋼網之位置亦可藉木塊，石塊，或混凝土塊支持。木塊於混凝土傾注將及時移去，石塊或混凝土塊即凝結其間。更有一法，先傾注混凝土一層至相當深度，鋼網直接放置其上，惟因混凝土尚未凝結，力量薄弱，鋼筋位置易生變動。

溝渠旁牆之鋼筋以鐵絲或金屬帶繫於外形殼或另釘之木椿，混凝土既傾注結硬後，卸下形殼及割除鐵絲或金屬帶，若干長度之鋼筋露出於混凝土旁牆之上。慣例，管底或旁牆之鋼筋約露出40倍其直徑之長度，以得各部之良善黏合（Bond）。露出之端並為後置鋼筋之繫縛處。管拱間之鋼筋可用特殊設計之支架撐持；或用小石塊，混凝土塊填支；或取木板之緣邊刻成相當位置之凹缺，以架設鋼筋，俟混凝土接近時移去之。混凝土中不應留存木板，因其影響於其強力甚大也。

第十四章 溝渠之養護

136. 養護工作 溝渠之首要養護工作為維持通暢與去除障礙。凡溝渠系統不可以其埋置泥土而忘卻之，蓋渠道阻塞影響公共衛生。故市政工作上除規定溝渠之貫通與修理及該項事務之調查外，市政府應佈頒不准市民濫用溝渠之法令。工程師視察溝系之折舊 (Depreciation)，以備修建之借鏡，或確定溝渠之容量，以定其受納污水之關係等，亦屬養護之工作範圍。此外市財產錄中之溝系估價項目，亦可指定溝渠養護工程師任之。

紐約市在 1914 年五月底以前之溝渠稽查及通刷工作，計自截留井挖除 22687 立方碼泥渣，及通刷截留井 14826 次。約計每年平均每截留井通刷二次又半，或每次通刷約挖除 $1\frac{1}{2}$ 立方碼泥渣。其 6432 截留井共稽查 71890 次。又在 517 英哩溝渠中，除去 4112 立方碼污渣，或每英哩中計 8 立方碼。又 194 英哩磚砌溝渠曾經稽查，4.4 英哩衝洗，27 英哩通刷。又 198 英哩溝管

曾經稽查，80英哩查察較為周密，37英哩衝洗，91英哩通刷。此項工作之室外組織包含工頭17，副工頭 8，工人29，通溝工71，機工13，施工稽查 7，溝渠接連稽查 3，馬車13輛，及大馬車28輛。

137. 困難原由 溝渠之通病為阻塞，破碎，及惡臭。阻塞之原因為砂粒或石屑之沈澱，積成水潭；潭中復增有機物之沈澱，致成惡臭之發源。脂肪亦能阻塞渠道，當其由高熱度流體排泄於溝渠，因溫度漸減，脂肪凝聚，每易封閉溝渠。

樹根為障礙物之一，住宅區之小溝管受害尤大。樹根初自小孔穿入管內，經久長大，竟閉塞全部。菌類或有在溝渠內繁殖者，長成蔓鬚，阻留污水中飄浮物而成渠道之屏障。此種困難較不多見，又煤氣廠排泄柏油性流體，易與污水中物料混成黏膩質而附着管周，以致發生障礙。

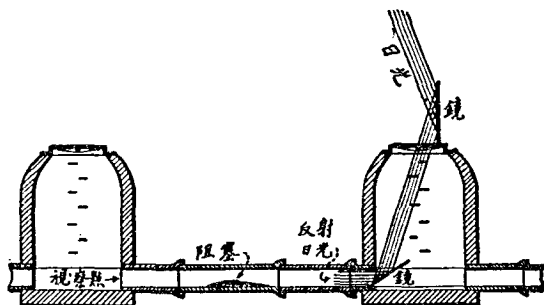
過量載重與歷久剝蝕均為溝渠破碎之原因。城市區域之景況變遷，得促成街道坡度之更改，或車輛載重之增加，或新建築之影響使溝渠所受重力超過原有之設計數值。又污水含多量腐蝕性酸類或氣體，能使溝渠材料發生剝蝕狀態。

138. 考查 溝系之養護屬工務局溝渠科主持。該科工作之組織雖未規定日常考查全部溝渠，然時生困難之溝渠須多加注意；其他無甚困難者約每年考查一次，宜於他項工作閒散時舉行之。

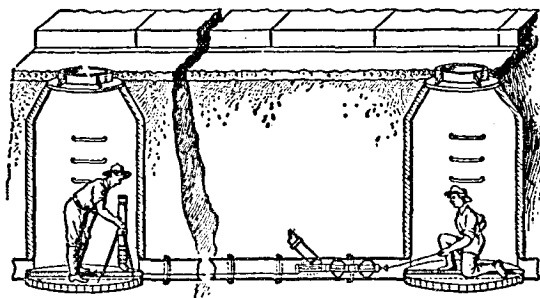
小徑溝渠由窰井中視察之。若窰井中溝水流動狀態與前一窰

井者相同，則顯示其間渠道通暢。若窰井內污水停積，則下段溝渠閉塞。若窰井中溝水流動滯緩，且水面覆蓋浮渣，則示渠道阻礙，污水在管中起腐化作用。若窰井之底斜面留存污渣，或有溝水高至窰井周牆之記跡，則示溝渠時或因容量不足而氾濫。

當察出溝渠有阻塞情形時，應步下窰井作詳密考查。考查方



第一〇七圖 藉反射日光查察溝渠



第一〇八圖 用電光及潛望鏡考查溝渠

法可借力於反射鏡之反光（第一〇七或一〇八圖）。應用日光較電燈爲明亮。但窰井中照鏡反射日光，閃耀視線，溝渠四周不能觀察清楚。電燈光可藉蔽蔭片而不直射於視者目中。架設潛望鏡（Periscope）於窰井中，可測定房屋連管之位置，障礙物及破碎管之狀況。

大徑溝渠宜行走入內考查，並持掃帚刷清內部。凡磚牆鬆卸，水泥碎零，接縫剝落，縫道空隙，管底磨蝕及其他陳舊或損壞各點均須觀察。雨水管之考查可檢出犯禁之房屋連管。

未入溝渠或窰井前，應謹慎數點。如有透顯之汽油氣味，須先使溝渠通風。啓開連積窰井蓋數個，以揮發汽油氣味。氣味淡薄者無甚妨礙，因在汽車發達之城市，污水中每含少量汽油也。

既確定無爆炸氣體後，攜火油燈入窰井試察氫氣之多寡。一氯化炭(CO)或其他窒息氣體，如積聚溝渠中，能熄滅火焰。火焰燃點明亮，則大致安全。如情形未得確定，工人入內宜穿生命帶，由管外工人注意之。窒息或爆炸氣之通入渠道每不知覺，因其氣味微弱而污水臭味較烈也。若用呼吸面罩及電燈可防免此等危險，但面罩僅於必需時用之。工人受窒息而死者較爆炸爲多，因溝渠之猛烈爆炸僅屬偶見。當觀察時，至少一人在地面招呼，以備不測。

雖然，行入溝渠者不可以滿載危險爲慮，蓋通常溝渠俱得安全入內。管中空氣非爲惡劣不適，惟意外之事，偶有發生之機

會，是則不得不預備矣。

溝渠之考查應包含沖洗缸，調節器，留泥槽(Grit Chamber)，及其他附屬件等。沖洗缸之通病為缸水滴漏，清水自虹吸管徐徐流出而失其沖洗效用。如初次考查缸內水面在鐘罩之頂，虹吸管或有滴漏之病。在水面線作一記號，越一小時左右作第二次考查。如水面仍在原處，則確定其為滴漏矣。考其原因有：洩氣孔(Snift Hole) 閉塞；破布或其他種阻礙物懸於虹吸管，使封閉之空氣未曾發動而水已滲出；虹吸管上鐘罩之位置不合等。偶或水廠工人關閉龍頭故意玩弄。

調節器，如溢流或跳越堰，自動舌門(Valve)等，亦能變成阻塞而停止其滿意之運用。故須時常考查其工作狀況。滂浦站及他處所用浮筒亦宜考查，察其浮力及漏水等情。留泥槽及籠格槽(Screen Chamber)中之污渣沈積多寡，併加考察。

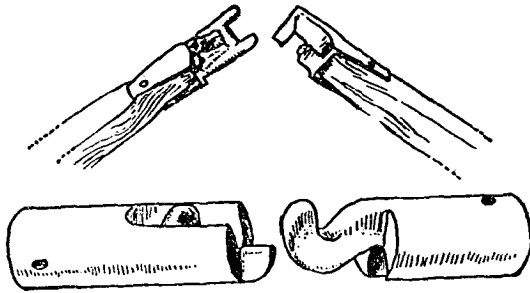
雨水溝渠之截留井，最易發生弊病，須時常清通。清通較考查尤為重要。欲得良善之運用，須每次大雨後清通一次，且仍保持其平常之清通時期。

各項考查應有記載，登錄考查之報告，日期，狀況，考查者，及改善方法等。

139. 修理 溝系之普通修理包括街道水口或截留井之鐵蓋被交通車輛震碎而需更換者；提高或放低截留井或窰井之蓋架以補救窰井沈降或街面磨蝕；碎破溝管，鬆散磚塊與脫落膠泥之更

換；及其他零件之修理。私家洩水管與溝渠接連部常為弊病之一種，因接連工作不慎，或其基礎或填土之沈陷，均可使溝渠或洩水管碎裂。

140. 溝渠之清通 小徑溝管不能由工人入內通理者，可用桿棍推伸，或用其他器械拖曳。溝棍（第一〇九圖）為胡桃木或輕金



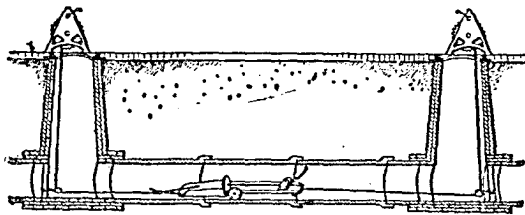
第一〇九圖 溝棍

屬製成，長3或4呎，桿端作連環節，在管中不致脫卸。應用時，將各桿在窰井內連接，推伸於管中以抵觸阻礙物。上海市所用方法以長竹片連接成條，尾端繫粗繩，由窰井推伸至前一窰井，往來拖曳以溝通汚泥。（按上海市溝系之窰井距離僅百呎左右）。溝渠積留之阻礙物或用救火龍頭沖洗，水壓高而速率大，其效力可達離窰井100餘呎之遙。又 $\frac{1}{8}$ 吋厚及 $1\frac{1}{2}$ 至2吋闊之軟鋼條可貫通短距離之彎管。

溝渠之阻塞每非完全封閉。當其漸次阻塞時，水路變為狹

小，溝水流速反能增加，使阻礙物受剝蝕作用，故水流路徑終得保持。此種現象即可利用圓球以清通渠道。法以大小各個輕質空球試投，先以小球由窰井放入管內。若此球遇及阻礙，即擱住不動。溝水既已積聚，遂自球之四周尋覓出路，於是渠道被水壓穿通，空球經溝水洗滌，流行至下端窰井。井中預置捕網以擒球，並築低堰以截留沖下之阻塞物。如第一球效力不足，則積投較大空球至渠道通暢為止。用本法去除管中沈積之污流最為適宜，對樹根及脂肪等物不生效力。空球之重量宜輕，金屬製者較木製者為佳。

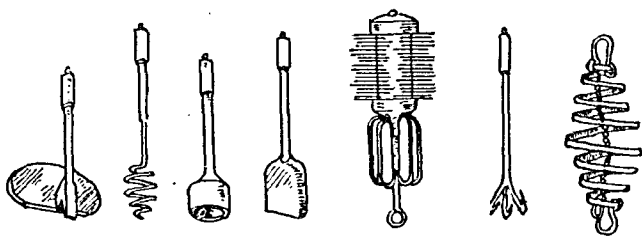
溝鉋及他種刮削器在溝管中拖曳，能挖鬆污渣及沙泥等沈積，及割刈樹根或移動阻塞物。溝鉋種類不一，普通者形似杓匙，在管中推動或拉曳與溝水流動作相反方向。第一一〇圖示纜索及橫軸轆轤之運用方法，圖中所示纜索穿過兩端木撐（2" × 4"）附着之滑車。按美國大西洋城（Atlantic City）組織之通溝



第一一〇圖 纜索及橫軸轆轤之通溝方法

隊，計五人為一隊，每一窰井各以二人司理，餘一人在路面照顧；應用器械放置於手曳車箱，包含溝棍，刮匙（各種尺寸），鶴嘴鎚，鐵鏟，斧頭，鑿子，提燈等零件，及絞盤二架連帶 400 至 600 呎之 $\frac{3}{8}$ 吋纜索。

第一一一圖示鋼片渦卷形截根及刮油兩用器，及他種通溝器具。此外尚有水力發動機運用之自動機器，1914 年史氏 (W. A. Stevenson) 發明，據云功效甚佳。



第一一一圖 通溝器具

能步行入內之大徑溝渠，可用手工溝通，將除下渣料鏟入懸窰井內之吊桶。在極大溝渠中，可敷設臨時軌道，推入小車載運渣料。他如木段，樹枝，繩索，樹葉等攀附於管內凸出部分者用手力拉曳或以刀斧割除之。

141. 溝渠之沖洗 沖洗亦為溝通溝渠之方法，有自動沖洗與手工沖洗二種。自動沖洗缸，沖洗窰井，救火皮帶管，水管連接，暫時固定水壩，等均得為沖洗溝渠之用。自動沖洗缸及沖洗

窰井之設計與運用詳第七章。

以救火皮帶管沖洗溝渠，效果佳，費用廉；惟水流過速，每有移動溝管之患。簡易而安全之法為容納清水流入窰井，任重力作用沖蕩渠道，但其效力稍弱。或以直接水管之龍頭開放沖洗，結果亦同。

建築暫時水壩，橫跨渠道，以攙積溝水，為沖洗溝渠之一法。當溝水積至一半或四分之三滿管時，將水壩驟然移去，溝水衝下渠道，成沖洗作用。水壩以砂袋或適合之木板或砂袋與木板合用築成。本法所用器具較任何方法為廉，但功效如何未可必也。水壩以下部分結果雖屬良佳，然水壩上部因水流停滯，污渣沈積之容量或勝於下段被沖去者。是故採用此法應候溝水薄弱並所含懸垂物最少之時。至建築水壩之適當位置宜在窰井之中，俾工作者目觀水壩除去時之溝水沖下。

天然水道，如在地形適當處，可導流至溝渠。又溝渠出口直接通入江海並位置於高潮面之下者，可於管口設置門閘。高潮時門閘關閉。溝水積留管內，待低潮時門啓，水流衝出甚速，沖洗功效亦著。總之，工程師應視局部情況而定溝渠沖洗之方法。溝渠中阻滯少量污渣或可不加清除，蓋溝水因阻礙而積留，坡度既增，流速變大，流量亦加，故藉自動力量沖洗渠道。

142. 截留井之溝通 截留井之溝通為其存在之需要條件，蓋其功用為捕留路面洩水中之沈澱性固體，以防止阻塞溝渠也。考

設置截留井之原理，在疏通截留井之費用較疏通溝渠為便宜。若工程師感得某處水口下之雨水溝渠常生阻塞，應添置截留井。截留井之疏通方法有二，即手工與滂浦是也。手工疏通方法以吊桶或長柄杓盛截留井內之積水及沈渣傾入箱車，並將表面餘水傾回溝渠。井底泥沙則用鐵鏟鏟入桶內，吊起傾覆。

用於疏通截留井之吸水滂浦(Suction Pump)為水力抽引式。抽引器(Eductor)之原理與蒸汽滂浦相似，惟以水代汽耳。美國支加哥用特殊裝置之載貨汽車，置一離心滂浦藉汽車馬達運轉。施用時汽車盛水半滿驅至截留井旁，放下抽引管，車箱內所貯清水受滂浦打入抽引器與泥料混合流回車箱。多餘之水仍洩回溝渠。據支加哥溝渠工程處報告，該項汽車一輛於1917年八九月間駛經1380英哩，疏通1013截留井，除去渣料1763立方碼云。

非整砌之街道及峻峭砂坡等處之截留井，均應於每次暴雨後疏通之。整砌市街間之截留井，如不容其他雜物墜入，則每年疏通二次或三次，每次約除去一至三立方碼之泥渣云。

143. 溝渠之保護 都市對溝渠之保護應公布條例，以防止濫用或損壞。美國京城華盛頓之溝渠條例載：

「無論何人不得私自造作或維持公共溝渠或其附屬建築之通接以洩注高熱，窒息，腐蝕，易燃或爆發液體，氣體，蒸汽等物體或任何材料……惟尋常熱水鍋或住宅排洩之水不在此例」。

又美國印地埃那泊列斯城 (Indianapolis) 之條例摘譯如下：

「2950 凡未得溝渠委員會及溝渠工程師之准許書，不得建造與公共溝渠之連接。

2953 擔任連接公共溝渠之建築者須出示工作合格證書。並須呈押 1000 元以上之公債以備賠償都市因此項工作所蒙之損失，且連接工作須適合市政府訂定之規則。

2955 凡人容許家屋與公共溝渠通連而未完成裝置以清水沖洗使無阻塞者，為違法。

2956 屠場廢棄物或已死禽獸不得投入溝渠或其屬件，違者處 100 元以下之罰金。凡人損壞，破碎或除去屬於溝渠之鐵蓋等物，受 100 元以下之罰金。

2962 人民非得市議會之許可，不准以糞缸污水通流至公共溝渠」。

144. 溝渠之爆炸 1886 年美國首有溝渠爆炸之初次記載。1913 年及 1916 年在匹次畔城 (Pittsburgh) 二次發生爆炸。每次損失約計美金 400,000 元，幸無性命傷害。二英哩街道為之拆裂；煤氣管，水管及溝管均被震碎；房屋傾倒，市街浸水；經長期修理後始得恢復。近年間，爆炸次數漸漸稀少，蓋由於禍因之考究與夫防護之周全焉。

溝渠內爆炸之主要原因有三：汽車油蒸氣，煤氣，及炭化鈣是也。尤以第一種為最普通。所述三項氣體之爆炸力量較弱於炸

藥，因所生氣體容量及溫度均較小故也。

汽車油每由汽車行及洗淨所流入溝渠。以百分之 1.5 汽車油蒸氣與空氣混合，可生危險。如遇電火花，燃著火柴，或紙煙等投入，即發爆炸。煤氣不若汽車油蒸氣之猛烈，因其重量較空氣為輕，易於騰揚溝渠之外。爆炸成分約需一分煤氣與七分空氣混合。碳化鈣有自燃性，故甚危險。氣體發生之熱度即足以燃著爆炸混合物。幸溝渠中鮮有多量之碳化鈣，該項氣體發生於汽車行之排洩管，潛遁入空氣中。

溝渠爆炸之防止方法為建造適當之截留井，以制止汽車油及碳化鈣氣體之侵入溝渠；或使溝渠時常通風，以稀薄其間之爆炸成分。至爆炸之遭逢時期，則不能預知；既炸後之原因亦不易揣測，因其活動成分俱已消滅矣。

附 表

(A) 長 度 表

公 里	公 引	公 丈	公 尺
Kilometer	Hectometer	Decameter	Meter
1	= 10	= 100	= 1000
公 尺	公 寸	公 分	公 厘
Meter	Decimeter	Centimeter	Millimeter
1	= 10	= 100	= 1000

1 吋 = 2.54 公分

1 呎 = 12 吋 = 30.48 公分

1 碼 = 3 呎 = 0.91 公尺

1 哩 = 1.61 公里

1 公分 = 10 公厘 = 0.39 吋

1 公尺 = 10 公寸 = 3.28 呎

1 公里 = 1000 公尺 = 0.62 哩

(B) 地 積 表

公 頃		公 畝		方 公 尺
Hectare		Are		Sq. Meter
1	=	100	=	10,000

1 方呎 = 144 方吋 = 0.09 方公尺

1 方碼 = 9 方呎 = 0.84 方公尺

1 畝 = 43560 方呎 = 0.4 公頃

1 畝 = 208.7 呎 × 208.7 呎

1 方哩 = 640 畝 = 2.59 方公里

1 公頃 = 2.47 畝

1 方公尺 = 10.76 方呎

(C) 容 量 表

公 石		公 斗		公 升		公 合
Hectoliter		Decaliter		Liter		Deciliter
1	=	10	=	100	=	1000

1 立方碼 = 27 立方呎 = 0.76 立方公尺

1 加侖 = 8.3 磅清水 = 0.004 立方公尺

1 加侖 = 231 立方吋

1立方呎 = 7.48 加侖 = 28.4 公升

(D) 重量表

公 噸	公 斤	公 分
Metric Ton	Kilogram	Gram
1	= 1,000	= 1,000,000

1公噸 = 0.984 長噸 (2240磅)

1公斤 = 2.205 磅

1磅 = 0.453 公斤

華英名詞對照

Appurtenances 附屬品	Bracing and sheeting 橫橋與列板
Arch analysis 拱形分析	Branch sewer 支溝渠
Asphalt 土瀝青	Brick sewer 磚砌溝渠
Assessment, special 特別估稅	Burk'i-Ziegler formula 登格利氏公式
Auger, earth 泥鑽	Cableway and trestle excavators 架 索溝壕機
Backfilling 填覆	Caps, blasting 導炸帽
Barring, Rock excavation 排鑽, 岩石 開掘	Cast iron sewer pipe 鑄鐵溝管
Basket-handle sewer section 籃柄形 溝渠	Catch-basins 截留井
Bearing value of soils 泥土之負載力量	Catenary sewer section 懸鏈線形溝渠
Bending moment 彎曲旋量	Cement joints 水泥接縫
Bends, Head losses in 彎曲部之落差	Cement mortar 水泥膠漿; 泥漿
Blasting 爆炸	Centering, Arch 拱形殼
Block, City 踏層	Centrifugal pump 離心式滲浦
Block sewer 瓦塊溝渠	Channeling 整槽
Bond issue 公債	Chezy's formula 謝才氏公式
Borings 鑽探	Coal tar 柏油
Box sheeting 平列板	Coal tar pitch 柏油脂
Bracing 橫橋	Combined sewer system 合水溝系
	Common sewer 通用溝渠

Compressed air 高壓空氣	Electric blasting cap 電力導炸帽
Compression 擠力	Electric drill 電鑽
Concentration, Time of 集合時間	Empirical run-off formula 流瀉量之經驗公式
Concrete 混凝土	Engine 引擎;發動機
Aggregates 配合料	Equivalent section 當量溝渠形式
Form 形殼	Excavation and backfilling 開掘與填覆
Mixing and Placing 混和及放置	Explosions in sewer 溝渠爆炸
Proportioning 配合比例	Explosives and blasting 爆發藥與爆炸
Waterproofing 防透水	Flight sewer 梯級溝渠
Consistency 結厚度	Flood flow 洪流
Construction of sewers 溝渠施工	Fluctuations in sewage flow 污水流量變遷
Contractor's powder 營造火藥粉	Flush tank 沖洗缸
Cradle 座基	Flushing sewer 溝渠沖洗
Cunette 加槽形	Form 形殼
Deflagration 急燃	Collapsible wood 收槽式木製
Detonation 爆炸	Steel 鋼製
Detonator and fuses 導炸物及導線	Steel lined 鋼皮
Diaphran. pump 隔膜沙浦	Wood 木製
Disposal of sewage 污水處置	Foundation 基礎
Domestic sewage 家屋污水	Fuse 導線
Drainage area 洩水面積	Gillette 吉萊脫氏
Drills for boring 穿孔用鑽	Gothic section 哥德形
Drills, churn 旋鑽	Grit chamber 留泥槽
Jackhammer 鏈鑽	Ground water 地下水
Power 機鑽	Gunpowder 火藥
Drop manhole 跌落窰井	Hazen & Williams formula 海澄氏與威廉氏公式
Dry-weather flow 旱流	Head 位差
Dynamite 炸藥	Horse-shoe sewer section 馬蹄形溝渠
Earth pressure 泥土壓力	
Egg-shaped sewer 蛋形溝渠	
Ejector pump 放射滲浦	
Elastic method of arch analysis 彈力方法之拱形分析	

House connection 房屋連管
 Hydraulic elements of sewer section
 溝渠形式之水力元素
 Hydraulic radius 水力半徑
 Imperviousness of surface 表面之難
 透度
 Industrial wastes 工業廢水
 Inlet 水口
 Intercepting sewer 橫截溝渠
 Invert 管內底;管底部
 Inverted siphon 倒虹吸
 Jackhammer drill 鏈鑽
 Jet pump 噴射湧浦
 Joint 接縫
 Junction 會合部
 Kuichling 寇迭林氏
 Kutter 克探氏
 Lagging 條板
 Lamphole 燈井
 Lateral sewer 旁溝渠
 Laying pipe sewer 排置溝渠
 Leaping weir 跳越堰
 Line and grade 管線與坡度
 Loss of head 落差
 Machine excavation 機器開掘
 Main sewer 總溝渠
 Manhole 窰井
 McMath's formula 麥克麥斯氏公式
 Metcalf and Eddy 梅卡夫氏與愛迪氏
 Moment 旋量
 Moment of Inertia 意旋
 Mortar joint 膠漿接縫
 Motor, electric 電動機

Multiple sewer outlet 複式溝渠出口
 Needle beam 針梁
 Ogden 溫格頓氏
 Open-cut excavation 明壕開掘
 Outfall sewer 出口溝渠
 Outlets from sewer system 溝系出口
 Overflow weir 溢流堰
 Ovoid sewer section 腰圓形溝渠
 Pacific flush tank Co. 太平洋沖洗缸
 公司
 Pile bearing value 木樁負載之重力
 Pills for sewer cleaning 溝渠清通所用
 之輕球
 Pipe stress 溝管壓力
 Piston pump 唧子湧浦
 Poling board 撐板
 Population density 人口密度
 Poured joint 灌注接縫
 Power drilling 機力鑽孔
 Power pump 機力湧浦;動力湧浦
 Priming an explosive 裝配爆發藥
 Profile of sewer 樣板
 Surface 縱斷面圖
 Pumping machinery 抽水機器
 Pumping station 湧浦站;抽水站
 Pump 湧浦;抽水機
 Quicksand 流砂
 Ranger 樞木
 Rankine's theory of earth pressure
 郎金氏泥土壓力原理
 Rational method 理論方法
 Reciprocating pump 往復式湧浦
 Records 記載

Regulator 調節器	Socket 高端
Reinforcement 鋼筋	Spigot 栓端
Relief sewer 救濟溝渠	Steady flow 齊流
Rib 肋木	Storm sewer 雨水溝渠
Ring, stresses in 管圈之應力	Storm water 暴雨水
Run off 流溢量	Street inlet 街道水口
Sanitary engineering 衛生工程	Suction pipe 吸管
Sanitary sewer 污水溝渠	Sulphur joint 硫黃接縫
Screen 篥格	Talbot's formula 戴爾白氏公式
Scum 浮渣	Tension 引力
Sedimentation 沈澱	Timbering 撐架
Semi-elliptical sewer section 半橢圓形溝渠	Tide gate 潮閘
Separate sewer system 分水溝渠系統	Tower cableway 塔索
Sewage 污水; 溝水	Trench 溝壕
Sewage disposal 污水處理	Tunnel 隧道
Sewage treatment 污水處理	Turbine pump 圓輪滲浦
Sewerage 溝渠工程	Underdrain 暗溝
Sewer 溝渠	Vitrified clay pipe 燒瓦管
Shaft 坑井	Volute pump 蝸捲滲浦
Sheeting and bracing 列板與橫樑	Wedging 楔裂
Siphon 虹吸	Well hole 井洞
Sludge 污渣	Well, receiving 藏水池
	Wetted perimeter 濕周

中華民國二十三年八月初版
中華民國二十四年五月再版

*E三〇三九(四)

精

(C33133精)

大學叢書
(教本) 溝渠工程學 一册

每册定價大洋貳元捌角

外埠酌加運費匯費

著 者 顧 康 樂

發 行 人 王 雲 五
上海河南路

印 刷 所 商 務 印 書 館
上海河南路

發 行 所 商 務 印 書 館
上海及各埠

版權所有
翻印必究