

# 給水工程學

王壽寶編

商務印書館發行

74991

3936

# 給 水 工 程 學

王 壽 寶 編

商 務 印 書 館 發 行

一九三七年二月初版  
一九四九年十二月三版

給水工程學一冊

◆(92113)

基價拾肆元

印刷地點外另加運費

\*\*\*\*\*  
\* 版 翻 \*  
\* 所 必 印 \*  
\* 有 究 \*  
\*\*\*\*\*

編纂者 王壽寶

發行人 陳懋解  
上海河南中路

印刷所 商務印書館

發行所 商務印書館  
各地

(本書校對者 徐昌權 王養吾)

# 弁 言

年來國內自來水事業之進步，一如其他建設事業，大有突飛猛晉之勢；蓋世界各國，對於人類生命之保障，與年俱增。保障云者，就大概而言，不外求衣食住行之清潔衛生舒適安全而已。然非有優良之用水何以使衣服得清潔；非有純淨之水質，何以使飲食合衛生；非有充份之水源，何以使居住獲安全；非有沿途給水，何以使行旅感舒適；是水實為衣食住行實現理想化之淵藪。而一地有可靠之供水足資應用，則居民生命之保障，可謂已解決其大部矣。此年來自來水事業發達之迅速，所以一日千里也

作者本歷年在杭州之江大學及上海國立同濟大學任教時所搜集之教材，乘本年暑假之暇，從而彙編，乃成斯冊；另闢第九章為計算舉例，使讀者得領略村鎮城市水管網規劃之大要，每例各分成若干計算部份及計算步驟，除應用公式而外，更附有圖表，各項水管之直徑，不難一檢而得，可以省時不少，全書脫稿，祇以時間匆促，疎漏謬誤之處，在所不免，尚希讀者有以指正，俾成適用之教本，因而提倡改善我國國民之生活，以謀大多數人之福利，庶與歐美諸國人民，共享共榮，作者有厚望焉。

中華民國二十五年孔子誕辰

王壽寶識於國立同濟大學

# 目 錄

第一章 概論.....	1
第二章 水之需要量.....	10
第一節 用水量.....	10
第二節 用水量之參差度.....	20
第三節 人口.....	25
第三章 水之來源.....	29
第一節 水之分類.....	29
第二節 雨量.....	31
第三節 蒸發及滲透.....	35
第四節 河水流量.....	41
第五節 地下水流量.....	44
第四章 水質.....	51
第一節 水質概論.....	51
第二節 物理試驗.....	54
第三節 化學試驗.....	59
第四節 細菌試驗.....	66

第五節	顯微鏡試驗	68
第六節	考察水源衛生	69
第七節	飲水清潔標準	70
第五章	工程概論	78
第六章	聚水工程	81
第一節	地面水之收聚	81
第二節	地下水之收聚	125
第七章	滌水工程	175
第一節	引言	175
第二節	沉澱法	177
第三節	沙濾法	191
第四節	其他滌水設備	215
第八章	配水工程	223
第一節	輸水管	223
第二節	輸水道	232
第三節	昇高水位	252
第四節	配水池	257
第五節	水管系統	271
第六節	水管計算	291

---

第九章 水管網計算舉例 .....	299
(一) 簡單水管網 .....	299
(二) 鄉村水管網 .....	300
(三) 應用地下水爲水源之小城市水管網 .....	306
(四) 大城市水管網 .....	318
(五) 工廠進水管 .....	324
第十章 上海各水廠及各大廈自備自來水 設置概況 .....	326
(一) 上海閘北自來水廠概況 .....	326
(二) 上海內地自來水廠概況 .....	329
(三) 英商上海自來水廠概況 .....	332
(四) 上海國際大飯店自來水設備概況 .....	334
附錄 .....	339
(一) 中德譯名表 .....	339
(二) 標準制與英美制換算表 .....	346

# 給水工程學

## 第一章 概論

孟子曰，民非水火，不能生活，信哉斯言，此水之所以爲維持人類生存上不可或缺之物，其重要性僅次於養氣而已，故大城市中，如無優良并充份之水源足資供給者，則其城市即不能成立，必也。給水問題解決而後，城市庶可有發展之希望。蓋水之爲用，除作飲料供洗濯，以增進市民之健康而外，更可爲消防之用，以維護社會之安寧，減少市民之損失，效莫大焉，且一城市工商業之興替恆隨其人口密度之增減爲轉移，而工商業用水，亦殊浩繁，必賴有充份水源之供給，方足助長其發展，此城市之與水源，大有休戚相關之勢，古代沿河設市，意在此耳。

自古取水之法極簡，大抵取源於江河溪泉，以及人造之池井，在諸古國中，此類古井，至今猶見於中國埃及及巴勒斯坦等地，其中更有若干井，迄今仍屬沿用者，如在曼卡 (Mekka) 其剎 (Gizch) 坦朋 (Theben) 等地，及開羅之月賽夫井 (Josefsbrunnen) 培倫海及耶路撒冷間之達維特井 (Davidbrunnen) 皆是也，就中以埃及開羅之月賽夫井，最爲著名，其井穿鑿岩石層有 297



呎之深，井分上下二層。上層井孔爲  $18 \times 24$  呎，深 165 呎，下層爲  $9 \times 15$  呎，深 130 呎，吸水用桶，以鏈系之，諸古國中，如希臘敘利亞，波斯印度等，皆有此種古井之設置，惟向推我國所掘之井爲最深，有 1500 呎以上之深度，其技術之精良，已足與近世普通鑿井法相比美，尙考我國書篇有云「穿地取水，伯益造之，因井爲市」，或曰井爲黃帝所作，堯時耕田而食，鑿井而飲，可見國人講究鑿井之術，其由來焉已久，當遠在公歷紀元前二千年之上矣，除鑿井而外，猶有設池滌水，以作水源者，從考古家之研究，知古代不僅在大城市，即中等及小城市中，亦有公共給水之制度。希臘埃及，倡行於先，羅馬波羅拿，繼之於後，亦有蓄水爲灌溉之用者，在埃及敘利亞印度等地，有大規模設置，如埃及之曼列斯湖 (Maeris)，佔地約三萬英方畝，印度之馬特拉司省，當英人佔領時，曾發現五萬餘個。爲灌溉用之蓄水池，就中若干，無疑爲古代所遺之工程也。

然古代公衆給水制度中規模之大，設備之良，固無一足與羅馬時代之羅馬城相媲美，是城於紀元前 312 年以前之水源，大都取諸梯勃河 (Tiber)，嗣後以人口日衆，水質日劣，乃不得不捨近就遠，另覓新水源，由新水源以達城市，建造極長之引水渠，沿途逢山鑿洞，遇谷架橋，其第一水渠，在紀元前 312 年造成。長約十餘英里，名曰阿寬阿披亞 (Aqua Appia) 爲紀念建造人而命

名，第二水渠，在紀元前 270 年完成，長約四十英里，就中有 1080 呎，係架拱橋而成，其他諸水渠，相繼落成，而通至羅馬城者。共有九條，其末次完成者，名曰阿紐啞諾夫斯 (Anio Novus)，約在紀元前 52 年完成，未幾水量又感不足，於是更添造水渠五條，於紀元後 305 年一併完成，是時通達羅馬城之水渠，計共十四條，總長為 359 英里，橋拱總長為 50 英里，其工程之偉大，殊足令後人見之，贊嘆不止也，（按給水工程，俗稱自來水工程，亦稱上水道工程，以別排洩污水設備之為下水道工程，以下從俗悉稱自來水）。

觀上所述，知自來水之正式起源，當推羅馬時代，惟當時取用引水之管，皆以樹身中空為之，迨後漸改為鉛管，陶管，石渠，自打水機發明，英國乃於一五八二年，就倫敦橋下，設機汲水，德法等國。亦相繼興辦，及至蒸氣機發明，而自來水廠，為之大興，近五十年來，則機械日精，工程日進，同時沙濾殺菌等清水方法，日新月異，時至今日，因城市之安全，生命之保障，需要更切，故自來水之設備，在歐美具二千人以上之鄉村即有之矣。

按我國歷史，其最初有自來水之地，當推旅順，時在遜清光緒五年，惟當時設置非為民用而為軍用，嘗埋六吋徑管，長二萬二千四百公尺，北引八里莊龍引泉水，以供駐防海軍之用，未幾

上海開埠，英人組設上海自來水公司，供給英法兩租界外僑之用。時在光緒八年，嗣後光緒二十二年，法租界工部局自辦水廠，華人亦自辦內地自來水廠，光緒二十七年，俄人租借遼東半島，闢大連灣爲商港，設管引馬蘭河水，以供飲料，同年天津中外人士，聯合組設濟安自來水公司，專供華租界之用，光緒三十一年，德人租借青島，鑿井爲泉，改良飲料，創今青島市辦自來水廠之基。同時有廣州增步水廠，繼起者爲漢口既濟水廠，汕頭自來水廠，及日人於光緒三十三年先後創辦撫順，遼陽，沙河口之自來水廠，至宣統二年，時北平爲首都，因創北京自來水廠，而兩江總督張人駿，亦首議上海開北水電廠，同時日方亦經營長春安東之水廠，以擴充其移民政策，辛亥革命後，以國事紛擾，各地興辦自來水之趨勢，忽告停頓，直至民國九年，始有雲南昆明水廠，而天津英租界工部局，亦自辦水廠，無何國民政府統治全國，銳意建設，內政部鑒於自來水事業之亟應提倡，乃於十七年九月制定自來水規程十九條，旋內政部衛生司擴充爲衛生部，於十八年四月，復公佈興辦自來水辦法二條，以示提倡，於是各地之相繼興辦者有廈門、南京、杭州、鎮江、南昌、吉林、浦東等處，舊水廠之大加整頓者有上海內地自來水廠，漢口既濟水廠及廣州增步水廠，可謂中國給水事業之復興時期矣，茲根據中國建設所載，列全國自來水狀況比較表如下，藉知梗概。

全國自來水狀況比較表

名	稱	創辦者	成立年期	資	本	水	源	每日供水量 (以萬加倫計)	用 水 戶 數
旅	順	官	光緒五年	日金	569,000元	龍眼寺溝及 大孤山		30.86	2,883
上海	自來水公司	商	光緒八年	英金	1,164,000元	黃浦江		4,500.00	
大	連	官	光緒二十七年	日金	7,210,000元	馬蘭河		220.80	2,9618
上海內地	自來水公司	商	光緒二十八年		300萬元	黃浦江		1,000.00	16,374
天津	濟安自來水公司	商	光緒二十九年		420萬元	西河		360.00	3,500
青島	自來水廠	官	光緒三十一年		460萬元	井		286.00	3,200
廣州	增步水廠	官商	光緒三十一年		270萬元	珠江		1,600.00	40,000
漢口	既濟水電廠	商	光緒三十二年		500萬元	旁襄河		1,200.00	20,700
上海	法商水電公司	商	光緒三十三年		75,000,000佛郎	黃浦江		800.00	5,200

汕頭自來水公司	商	光緒三十三年	1,000,000元	梅溪	30.00	3,000以上
南滿鐵路株式會社	商	光緒三十三年			893.10	27,725
玉川水道株式會社	商	光緒三十三年	日金 10,065,000元		343.24	32,515
上海開北水電公司	商	宣統二年	3,610,000元	黃浦江	700.00	22,775
北京自來水有限公司	商	宣統二年	5,000,000元	境孫河	267.00	7,700
雲南昆明自來水公司	官商	民國九年	300,000元	翠湖九龍池	26.46	
天津英工部局水道處	官	民國十年		井水	174.00	1,531
廈門自來水股份有限公司	商	民國十五年	1,500,000元	雨水, 山水	50.00	1,500
鎮江自來水股份有限公司	商	民國十五年	100,000元	長江	63.60	1,234
吉林省城水廠	官	民國十八年	1,560,000元	松花江	50.00	
杭州市自來水廠	官商	民國十九年	2,500,000元	貼沙河	40.00	
南京市自來水廠	官	民國二十二年	4,000,000元	長江	10,000 m <sup>3</sup>	

夫自來水之功用，不特使居民得清潔之水質，以增進人類之健康已也，他如作消防之用，以減少火災之損失，得可靠之水源，以免除旱災之痛苦，其於謀全城市之安全，生命財產之保障，國民經濟之富庶，均有莫大之關係焉，茲舉奧京維也納市歷年人口死亡統計以證之。

### 維也納市之死亡統計

1871	33.14%	
1872	35.46%	
1873	34.97%	
1874	29.90%	第一泉水自來水渠告成（建造於 1869 至 1873）
1880	28.40%	
1890	21.90%	
1900	20.06%	
1910	16.55%	第二泉水自來水渠告成（建造於 1900 至 1910）
1913	15.26%	
1914	15.50%	} 歐戰
1915	17.60%	
1916	17.00%	

1917	20.40%
1918	22.50%
1920	19.79%
1922	14.74%
1925	13.00%

由一八九二年至一九〇二年，在此十年間，爲未有自來水時代之現象，再由一九〇二年至一九一二年，此十年爲已有自來水之時期，其死亡率之減少如下，

1892 至 1902	21.26%
1902 至 1912	18.00%
<hr/>	
	-3.26%

於每年每千人中，可減少三二六人之死亡，以全市一，八九六，七〇〇人口計，則每年可減少死亡人口之數如下。

$$1,896,700 \times 3.26 = 61,730 \text{ 人}$$

每十年減少死亡人口數爲六一，七三〇人。依病院統計，每三十四病人中死其一，則減少病者之數爲

$$61,730 \times 34 = 2,098,820 \text{ 人}$$

再病者住院平均二十日，其減少住病院之日數爲

$$2,098,820 \times 20 = 41,976,400 \text{ 日}$$

再病者醫治費以每日三克洛納計（奧幣），病者工資，以每

日三克郎納計，並假定三份之一病者有職業，則於十年間，減少荒費之錢財爲

$$41,976,400 \times 3 \times \frac{1}{3} + 41,976,400 \times 3 = 167,000,000 \text{克洛納}$$

納

按此一萬六千七百萬克洛納，適足抵償第一第二兩泉水自來水渠之全部建築費用，單以死亡率而論，於十年間，已足還本，他如火災之減少，當不在小，即以近地杭州言之，民十八官巷口大火，焚毀數百戶，損失五六百萬元，而該地嗣後成立之自來水設備費用，當未及其半數，可知自來水事業，於人民社會國家，關係至重，不可或忽也。



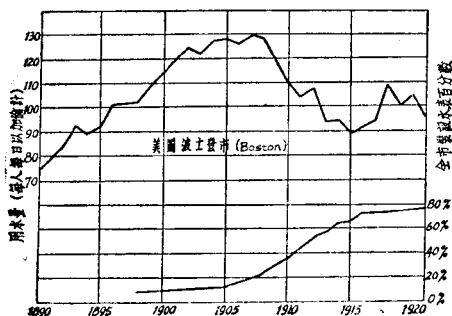
## 第二章 水之需要量

### 第一節 用水量

(一)引言 籌劃給水廠時所首當注意者，厥為需水之量，欲定一城市需水之量，為事匪易，因一地有一地之特性，不能逕取他國或他市所有者得而應用之，即使作為參考，亦應擇其性之相似者，及給水廠之設置久遠者，並已有下水道之設置者為宜，必如是方可到達用水妥定之時期。不特此也，給水廠一切新設置各應分別其性質，在 20 年至 40 年內，足資應用，毋需添補，否則新廠落成未久，出水量已感缺乏，將何以應付人口之增加，遂致枝節橫生，益露捉襟見肘之態，故曰規劃給水工程，非具有遠大之眼光，與充份之學識者不為功。

(二)用水量 用水量普通以全城市通年每人每日用水若干 (Specifischer Wasserverbrauch) 在英美制以加倫為單位，即 gal/capita/dag，在萬國制以公升為單位，即 liter/Kopf/Tag 每一美制加倫，約合三·七八五公升，此項用水量，各地均不一律。其所以參差之故，不外(1)凡城市大而戶口密者，全市居戶勢非全恃自來水不可，則每人每日用水量必大，反之，則用水量小。

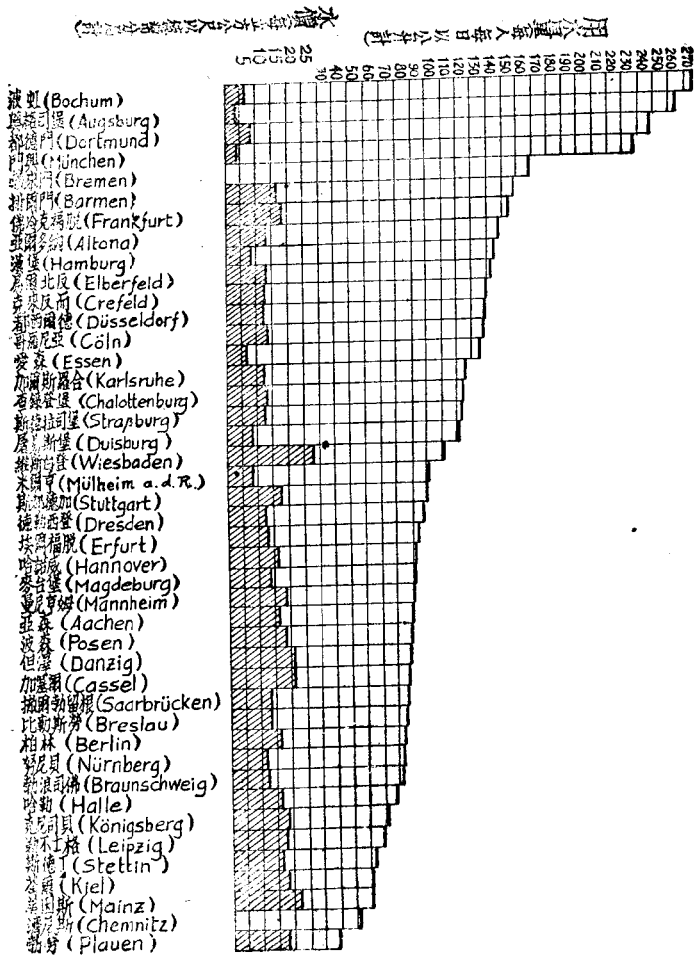
(2)以城市中工商業性質之不同，而用水量亦有出入，如多釀酒製糖等工廠，或旅館浴堂等設置，則用水量勢必增高。(3)人民愈富庶，性愈好清潔者，其用水易致逾量，此美國諸城之用水量所以較歐州為多也，而歐州諸城之用水量，則又較中國為多，以人民富力習性各有不同耳。(4)氣候炎熱及乾燥之地，灑街沐浴，在在需水，而空冷之地，為欲避免水管凍結，恆任其放失以維水之流動，是以過熱過冷之地，其用水量必高。(5)住民用水，如按水表計值，則浪費自少，若按龍頭計算，則浪費必多，例如美國波士登(Boston)因裝設水表以後，用水量驟減(第1圖)。(6)水質清潔，水量充裕，則用水者恆因舒適暢意之故，而樂於用，其量必高，凡在舊水廠整頓以後，即覺用水量增高者，率是此故。



第 1 圖

(7)水價，水價之高低與用水量之多寡，其間關係亦切，價貴則用水省，以時常免去浪費也，價賤則用水多，證之德國諸城市，可

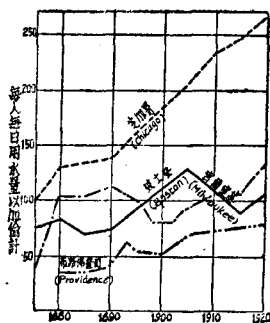
以概見(第2圖)。(8)水壓力,壓力高者漏水易,而浪費亦多,



第 2 圖

低則反是，故壓力與用水量，亦有相當之關係。(9)下水道設置，城市已有下水道之設置者，其用水量必高，以污穢之水，不致停積為患，可以隨時排洩，用水時可無顧慮及此矣。(10)自來水設置年代之遠近與用水量亦不無多少關係，市民用水之習慣，恆隨自來水設置之年代俱進，故設廠之初，每覺每人每日之用水量甚低，嗣後逐年增加，到達其安定狀態而止，如上海在民前十一年時，公共租界之用水量為 35 公升，及至民十九年則增至 140 公升，又如第 3 圖示美國諸城市用水量增加情形，按已往統計，國內每一城市每過十載，用水量約有 15 加倫之增加云。

(三)各種用水量 各城市之用水量，既不相同，已如上述，故欲預測一地平均用水量時，當就該地用水性質，條分縷析，而後估計數目，茲錄歐陸各城市統計結果，藉作估計時之參考，自來水之用途可分為四類。即家用，工商用，公用，及損耗是也，分述如次：



第 3 圖

#### (甲)家用(für häustliche Bedürfnisse)

家用之水量，於裝設水表之城市，通年之用水量比較平均，在小村鎮每人每日為 20 公升，在大城市為 40 公升。

## (乙) 工商用 (für gewerbliche Zwecke)

凡因製造及商務而用之水量均屬之，如商業集會之大公司，及旅館浴堂釀酒與製糖廠等，全年亦恆有均量，以全城人口通算，在小村鎮每人每日應派 10 公升，在大城市為 40 公升。

## (丙) 公用 (für öffentliche Zwecke)

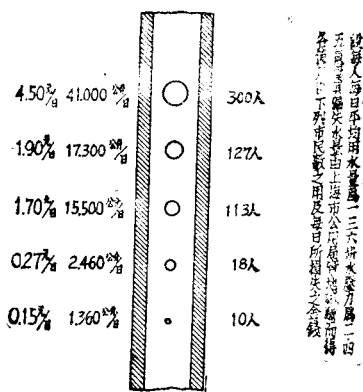
凡學校，公署，公園，灑街，沖洗陰溝，噴水泉及消防等所用之水，均屬之。一年之內，既不平均分佈。一日之內，亦殊多寡靡定，在小村鎮每人每日通算 5 公升，在大城市為 10 公升。

## (丁) 損耗 (Wasser Verluste)

街旁所裝取水龍頭 (Zapfhähne) 及用戶管 (Hausleitungen) 等之接連處，常因貨品粗劣或使用過久，或裝置不妥或構造未精，致水漏出管外，又用戶未將龍頭旋緊，損失水量，亦為損耗之源，再水廠所設之水管水塔，亦恆多滲漏，有耗水量，然因各地情況不同，其值亦異，通常約在總出水量十份之一以上，小村鎮通算每人每日為 15 公升，在大城市為 30 公升。

上海市公用局，為勸導市民防止浪費自來水計，特於自來水管，開鑿大小不同之孔隙，以試驗漏水之量，其損失之鉅，詳第 4 圖所示。

以上所論，將全城市通年計算每人每日平均用水量，在小城市為 50 公升，在大城市為 120 公升。



第 4 圖

德國煤氣及自來水專家會議，業經決定各種用水數量如次：

(甲)家用以 (公升為單位)

每人每日之飲食及盥漱等	20 至 30
每人每日之洗衣用水	10 至 15
每次抽水馬桶用水	7 至 12
浴缸沐浴	350
蓮孔頭灑水浴	40 至 80
草地澆灌每平方公尺	1.5
大畜類 (如牛馬) 每日洗飲用水 (但不包括 沖洗畜舍)	50
小畜類 (如豬羊) 每日洗飲用水	10 至 15

車輛之洗刷每日用水	200 至 300
(乙)公共(以公升為單位)	
每學生每日需水(沐浴不在內)	2
兵營中每人每日需水	30
兵營中每匹馬每日需水	40
醫院中每人每日需水	250 至 650
旅館中每人每日需水	100
浴堂中每次沐浴	500
屠宰所每宰一畜	300 至 400
菜場每平方公尺地面	5
灑街水每平方公尺彈街面	1
灑街水每平方公尺碎石面	1.5
小便池沖灑水每小時每公尺管長	200
(丙)工商用(以公升為單位)	
蒸氣機無凝結設備者,每馬力每小時需水	15 至 30
蒸氣機有凝結設備者,每馬力每小時需水	300 至 500
內燃機每馬力每小時需水	20 至 40
釀酒廠,每製一百公升啤酒需水	500
洗衣所,每洗十公斤內衣需水	400 至 800
砌牆,砌每 1000 塊磚需水	800

1m <sup>3</sup> 潮潤混凝土需水	125 至 150
牛乳廠每公升牛奶	3 至 6
製革廠大獸皮每張	1 至 2m <sup>3</sup>
小獸皮每張	0.5 至 1m <sup>3</sup>
造紙廠每公斤紙	1.5 至 3m <sup>3</sup>
造糖廠每 100 公斤蘿蔔	1.5m <sup>3</sup>

德國各城市之平均用水量，亦多參差不齊，最大者在四百公升以上，最少者為六十餘公升，列表如次，以資參考。

(附表)

德國各城市之用水量

城市名稱	人口 (以千為 單位)	用 水 量			水 源	
		每 年 (立方公尺)	每人每日 (公升)			
			最高	最低		平均
柏林(Berlin)	3,430	161,874,232	225	86	137	地下水及 地面水
漢堡(Hamburg)	1,133	63,571,452	193	99	154	地下水及 地面水
勒不士格 (Leipzig)	715	29,291,036	162	69	115	地下水
門興(München)	713	70,500,000	291	245	271	地下水及 泉水
比勒斯勞 (Breslau)	606	22,052,514	153	57	100	地下水
愛森(Essen)	516	39,419,663	270	142	209	地下水
都西爾德 (Düsseldorf)	443	32,249,433	279	133	199	地下水
努尼貝 (Nürnberg)	407	22,601,312	222	128	152	地下水及 泉水



曼尼亨姆 (Mannheim)	254	14,956,317	253	97	161	地下水
亞爾多納 (Altona)	230	12,928,583	181	111	153	地下水及 江水
基爾(Kiel)	223	8,571,315	137	74	105	地下水
波虹(Bochum)	202	29,610,280	547	263	401	地下水
奧格司堡 (Angsburg)	154	17,516,852	344	282	312	地下水
勃浪水佛 (Braunschweig)	151	7,103,810	187	76	129	地下水
維司白登 (Wiesbaden)	142	8,816,600	246	124	170	地下水及 泉水
埃爾福脫 (Erfurt)	140	6,692,850	186	92	131	地下水
腸城 (Darmstadt)	108	5,400,000	239	79	139	地下水
佛來堡 (Freiburg. Br.)	92	8,923,850	328	218	266	地下水及 泉水
亨姆(Hamm)	72	7,424,659	400	180	288	地下水及 江水
佛來司堡 (Flensburg)	69	2,339,663	129	60	93	地下水
索林根 (Solingen)	64	3,438,480	188	94	147	蓄水池水
腦埃司(Neub)	64	3,023,175	200	65	129	地下水
朋貝(Bamberg)	52	2,744,909	208	112	145	地下水
哈埃爾勃隆 (Heilbronn)	47	2,494,872	239	74	146	地下水及 泉水
腦特好程 (Nord hausen)	37	2,224,890	201	70	164	蓄水池水
比爾那(Pirna)	32	1,353,660	190	76	123	地下水及 泉水
司北埃(Speyer)	30	970,536	194	45	88	地下水
賽來(Celle)	26	1,085,594	160	64	114	地下水
蘇司脫(Soest)	25	1,657,000	280	144	220	地下水
威悉爾(Wesel)	24	1,018,118	180	125	153	地下水
哥斯拉(Goslar)	22	976,500	212	85	119	泉水
比倫次勞 (Prenzlau)	22	513,551	71	56	64	地下水

歐洲各國用水量，較美國爲低，其原因亦有多種。(一)富力不如美國，人民多尚節省。(二)歐洲係舊有城市漸次遞進，故多安置連接水管之經驗，損耗即較少，茲將其用水量列下：

<u>美國</u>	190 至 570 公升
<u>英國</u>	100 至 280 公升
<u>德國</u>	85 至 250 公升
<u>法國</u>	25 至 1000 公升
<u>奧國</u>	95 公升

其平均數除美國外，約在 150 公升左右，惟許多專家主張，如能經嚴格工作，安置適當，則每人每日通扯有一百公升，已儘足應用矣。

德國各城市用水量之估計，恆採用下列標準：

大城市及中等城市（人口在五萬以上）

平均用水量 100 公升

最高用水量 150 至 170 公升

小城市及中等城市（人口在五萬以下）

平均用水量 70 至 80 公升

最高用水量 100 至 120 公升

查中國各城市之用水量，以戶口之不詳，頗難有可靠之統計，茲約計如下。

<u>南京</u>	65	公升
<u>上海</u>	55 至 170	公升
<u>香港</u>	100	公升
<u>九龍</u>	80	公升
<u>漢口</u>	40 至 95	公升

平均約爲 80 公升，其城市之小者，當尙無此數，茲就我國情形，得規定每人每日用水量如下。

(甲)未滿五千居民之小城市	50 至 60 公升
(乙)中等城市	70 至 80 公升
(丙)大城市	100 至 120 公升

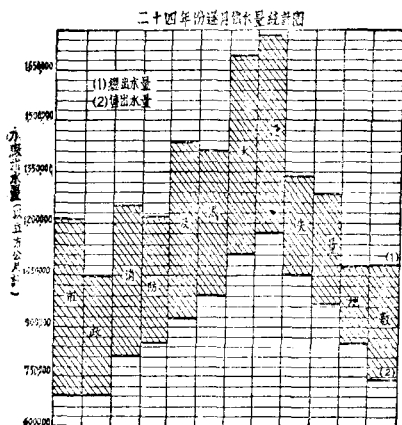
至城市中有大工廠，或其他需要特殊之用水量者，應另行增添，方足應用，上舉之數，僅指普通城市言之耳。

## 第二節 用水量之參差度

以上所述，乃就通年之平均用水量而言，至逐日逐時其用水量，亦均參差不同，此規劃自來水工程者，所不可不預爲注意也。

(一)逐月參差度 (Monatliche Verschwank-Ungen)，一城市之用水量，以夏季爲最多，因氣候炎熱，噴灑街道，澆灌花草，沐浴洗衣，取羹飲料，在在需水，其在冬季用水之量亦比較增多，

以氣候寒冷，水管防禦冰凍，用戶不顧經濟，每任其長流，如在 1898—1899 年冬季，美國西北諸省大寒有數星期之久用水之量竟高在 1000 至 1500 公升間，第 5 圖示上海閘北水電廠二十四年份逐月出水量，全年最高用水量在八月，而冬季較高之用水量在一月，通常每月最大之參差度，恆在全年每月平均數之百份之

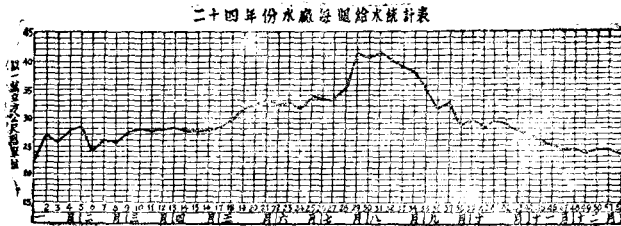


第 5 圖

二十五以內，但間亦有增至百份之四十者，是其例外也。

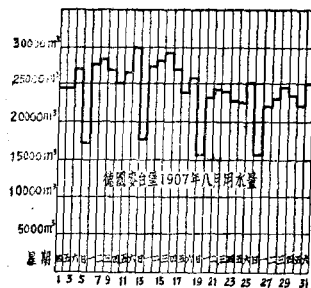
(二) 逐週逐日參差度 (Wochentliche und Tägliche Verschwankungen.) 就一年之中每週或每日用水量相比較，則其參差之度為更甚，原因不外或出諸偶然，或有關氣溫，凡城市用水之總量愈少者。則此項參差度亦愈覺顯着，故小城市之參差度，

每達百份之二百，即每日最大用水量，超出每日平均用水量一倍是也，城市較大者，則參差度亦較小，通常計算，概取百份之一百五十，即每日最大用水量，超出每日平均用水量，半倍是也，第6圖示上海開北水電廠二十四年份每週出水總量，其全年之



第6圖

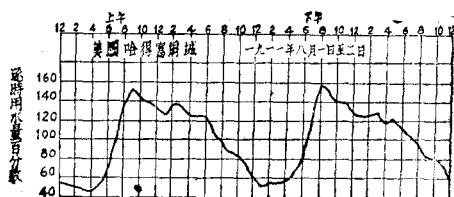
每日平均用水量為  $300000 \text{ m}^3$ 。每週最大用水量為  $420000 \text{ m}^3$ ，故每週最大用水量，約為平均用水量百份之一百四十，至其逐日之參差度，當不止此，一週間各日之用水量，亦成一有意義之參差，其參差情況，依市民之生活狀況而異，歐洲各國市民，星期日好作郊外遊，故是日城市中之用水量驟減，第7圖乃示德國麥台堡逐週之用水情形也。



第7圖

(三)逐時參差度 (Stund-

liche Versch Wankungen) 每日二十四小時間之用水量，各不相同，如無意外之需要，則逐時之變化，恆有一定，蓋城市用水，隨市民生活情形而變化，故一入深夜，用水即少，晨興與午炊及工商業工作時間，用水量最多，此外市內工廠之多寡，工作時間之分佈，水管之漏水情形，在在均與逐時之用水量有關，通常以逐時最大用水量，為一日平均用水量百份之五十計算，第8圖示美國哈得富爾城一九一一年八月一日至二日之逐時用水量，變遷情形，一地自有其特殊之風俗習慣，故各地逐時之參差度，頗不一律也。



第8圖

逐月逐週逐日逐時之參差度，前已分別論之，茲為便利計算，再作合併之敘述，設  $Q$  為一年內每日平均用水量， $Q_{\max}$  為一日最大用水量，按前則  $Q_{\max} = 1.5 Q$ ，再設  $q$  為一日中每小時平均用水量， $q_{\max}$  為一日中每小時最大用水量，則  $q = \frac{Q}{24}$

$q_{\max} = 1.5q = 1.5 \frac{Q}{24}$  如更遇最大用水量之日，則該日每小時最大用水量應為

$q_{\max} = \frac{1.5 Q_{\max}}{24} = \frac{1.5 \cdot 1.5 Q}{24} = \sim \frac{Q}{10}$  即每小時最大用水量，為每日平均用水量十份之一也，茲據上海公共租界自來水廠一九三三年報告。

$$Q = 45,000,000 \text{ 加倫/日} \quad Q_{\max} = 56,900,000 \text{ 加倫/日}$$

$$q_{\max} = 3,600,000 \text{ 加倫/小時} \quad \text{則 } Q_{\max} = 1.3 Q \text{ 及 } q_{\max} =$$

$\frac{Q}{13}$  雖略有出入，要亦相去不遠也。

(四)消防用水量(Feuer löschmenge) 城市愈大，則失慎愈多，如失火範圍不廣，則消防用水量亦不多，固無攷慮之必要，若一遇大火，或全市數地同時失慎，則是時之用水量，必因以激增，水廠，水管，同時告急不可不預為計及也。

據美人歌林氏 (Kuichling) 之計算，普通城市平均每人每日應派之最大消防用水量，可以次式估計之。

$$f = \frac{10}{\sqrt{x}} Q$$

式中  $f$  為消防用每人每日應增之用水量， $Q$  為全市每日平均用水量， $x$  為全市人口數，以千計。但以中美兩國建築物之大小高矮，取材及構造之方法，相距之遠近，水壓力之高下，消防設備之優劣，國民生命之保障，經濟之情形，及其平均用水之量，在在均不相同，故此式不能直接取用，茲按國內各城市情形，得

改成下式。

$$f = \frac{7.6}{\sqrt{x}} Q$$

$$\text{即每小時消防用水量爲 } f_n = \frac{Q}{3.3 \cdot \sqrt{x}}$$

(五)逐時之最大用水量 失慎之時適與一日用水量之最高點同時相逢，即可造成逐時之最大用水量，例如有十萬居民之某城市，其通年平均每人每日用水量爲一百公升，則夏季用水量最多之期每小時爲十公升，其應增之消防用水爲  $f_n = \frac{100}{3.3 \cdot \sqrt{100}} = 3$  公升，故其每人每小時之最大用水量爲 13 公升，如某城市之人口爲三百六十萬，則其每人每小時之最大用水量，應減少如下。

$$\text{夏季最大用水量 } \frac{1}{10} \cdot 100 = 10 \text{ 公升}$$

$$\text{消防用水 } \frac{100}{3.3 \sqrt{3600}} = \frac{100}{198} = 0.5 \text{ 公升}$$

共計...10.5 公升

故在規劃小城市之給水工程時，消防用水，實足以左右全局，城市愈大，則每人分派之消防用水爲量愈少，據美人費利曼氏 (Freeman) 之估計，上項消防用水量，可達六小時之久。

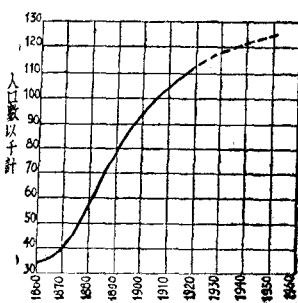
### 第三節 人口

人口之增加，有關於供水量者極大，故規劃給水工程時，應



先知其給水總量，及未來 20 年至 40 年間人口增加之趨勢，以配置所需之水管與機廠，欲知此項總量與趨勢，應先考查該城市歷年人口之增減率，詳加分析，列為圖表，以為估計之根據，歐美市政較我國為完備，其人口之調查，每年必按期舉行。故考查人口者。可按圖索驥，決定一城市人口已往之增減率而預測其未來之趨勢，如第 9 圖示美國盧韋爾市(Lowell, Mass)人口逐年

增加情形順勢延長其曲線，即可得若干年後全市人口之約數，我國則於人口調查素不重視，故乏可靠之記載，縣區公署，雖有戶籍，而均不完備，海關郵務，雖有報告，亦以辦理未善，確數難得，故欲推測若干年後人口之概數，



第 9 圖

非易事也，按推測一城市之將來人口數，亦得借鏡其他城市之地勢，沿革相類似者，詳考其已往情形，從而推測本市若干年後之趨勢，德國諸城市，為估計將來人口數，分城市為三等，人口在十萬人以上者為大城市，人口在五萬以上者為中等城市，未滿五萬者為小城市，據統計所得大城市之人口增減率，每年為 2.7% 中等城市為 3% 小城市為 2.2%，然後依下列三式計算之。

$$E_n = E_o \left(1 + \frac{P}{100}\right)^n \dots\dots\dots (1)$$

$$P = 100 \left( \sqrt[n]{\frac{E_n}{E_o}} - 1 \right) \dots\dots\dots (2)$$

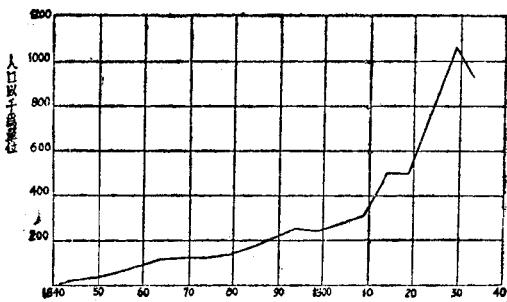
$$n = \frac{\log E_n - \log E_o}{\log(1 + 0.01 P)} \dots\dots\dots (3)$$

式中  $E_o$  爲現在人口數， $P$  爲人口增減率， $n$  爲年數，例如杭州現在人口爲五十萬，若依德國諸城市之增加率，而推算其在三十年後應有人口數爲

$$E_n = 500,000 \left(1 + \frac{2.7}{100}\right)^{30} = 1,100,000 \text{ 人}$$

惟中德社會情形有異，各城市人口增減率，亦自不同，其不能直率應用，自在意中，僅資參考可耳。

上海人口在八十年前爲 60,000 人，今其人口增至 3,000,000 人，增加率當爲 5.5% 香港人口在 1841 年爲 5,000 人至 1930 年增至 1,050,000 人(第 10 圖)其增加率當爲 6.2% 他如南京



第 10 圖

爲國民政府首都所在，其地人口之增加率，當不止此，但北平於遷都後，遂失其重要性，人口非特不能增加，且有日形衰落之象，由是可知，一地有一地之特徵，非情形與環境相仿者，不足以比擬也。

城市各處，人口之分佈，疏密不均，就大概言之，以老城市部份及商業中心地點爲最密，四郊爲最疏，茲將城市各部份人口密度在一公頃(10000m.<sup>2</sup>)間之人數，規定如下。

在老城市部份	四百人
在新式大城市之中心區	三百人
在新式小城市之中心區	二百人
在近郊區	一百人

上項密度，在大城市如美之紐約者，以其建築物之高聳，人口密度因亦大增，在最密區域內，竟達二三千人。實爲世上所僅有也。

都市給水設備，非足以應付未來 20 年至 40 年不可，故當先期確定，其建築物之難於擴張者，如總管水塔等類，應預計時間較遠，平均須達三十年時之量，他如機件，水井，滌水池等，則足供未來二十年時之量儘可矣。依據美國設計水管之經驗，凡新管路之設置，其量至少應爲現有人口之 1.5 倍，如將來增添管路有特殊困難者，則新管路之量，更不止此。

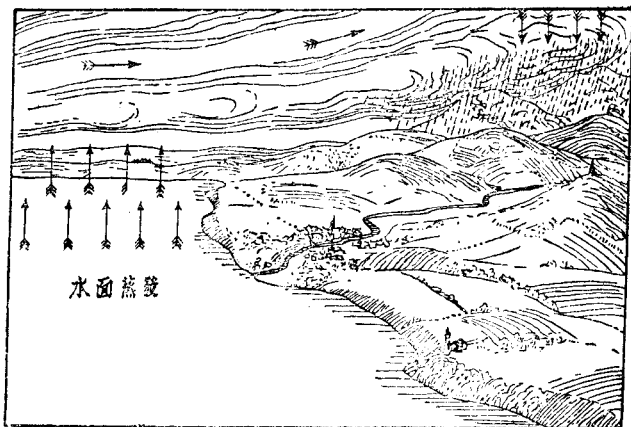
### 第三章 水之來源

#### 第一節 水之分類

給水工程，恆因所取之水源不同，其集水制度與滌水設備亦隨之而異，水之來源，就大概言之，由洋面蒸發天空，再由天空下降地面，（第 11 圖）其滲漉入地者為地下水，如泉水井水是，其流於地面者為地面水，如江水湖水是，茲按其類別分列於下。

（甲）地面水 (oberflächenwasser)

1. 屋簷雨水
2. 河水
3. 湖水
4. 蓄水池所蓄之溪水。



第 11 圖

## (乙)地下水(Grund Wasser)

5. 泉水 6. 淺井水 7. 深井水 8. 暗渠水

上列各水,除屋簷水外,均可利用爲公衆給水之用,惟地面水吸收空氣中之塵埃及地面上之污物,水溫復隨氣候而變更,水味又清淡,非加人工瀝濾,或消毒,不可,地下水以流經地層,受天然之瀝濾,水質較潔,微菌幾絕跡,溫度恆定,水味新鮮,故無需十分改良,即可應用,如其中含有過多鐵質,錳質者或硬性過大及酸性過甚者,則應經化學滌洗然後可用。

德國於1910年將全國374市之自來水廠,依水源之不同,得統計如次:

- 230 廠用地下水
- 84 廠用泉水
- 35 廠用地下水及泉水
- 10 廠用江水及湖水
- 3 廠用蓄水池水
- 12 廠用地面及地下二種水源

若以人口爲單位,則其統計如次:

- 15,221,347 人 = 66.2% 用地下水
- 2,266,100 人 = 9.85% 用泉水
- 1,728,337 人 = 7.52% 用地下水及泉水

991,595 人 = 4.31% 用江水及湖水

91,455 人 = 0.40% 用蓄水池水

2,694,681 人 = 11.72% 用地面及地下兩種水源

歐洲諸國，選擇水源，比諸美國，尤多講究，故美陸諸邦，採用地面水爲水源者，實居大多數，與我國之情形相似，其與歐洲諸國適成相反，茲將選擇水源各種要點列下：

1. 擇其水質之優良者
2. 水量充足并能持久不竭者
3. 防禦外界之侵損水質而有安全性者
4. 水量有擴大之可能者
5. 對於集水滌水輸水工程費之經濟者

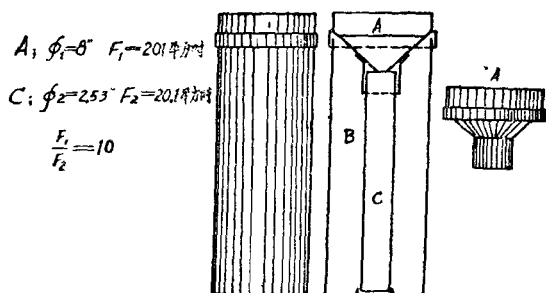
故於規劃一城市給水工程之先，應取各種可供應用之水源，逐項詳細研究而後比較其優劣，安危，奢儉，久暫之情形藉作最後之決定。

## 第二節 雨量

地面水及地下水，乃由雨水集合而成，已如前述，故欲知一地水流之多寡，祇須測其地雨量之高下足矣，測驗之法，普通應用測雨器，(Regenmesser)器之全體，分爲三部，A 爲承雨漏斗，B 爲外罩，C 爲積雨筒，均以鋅板製成，承雨漏斗之底端，插在

積雨筒內，筒外圍以外罩，接口須密貼務使降落之雨，全部入筒，不受蒸發滲漏或其他損失，以期準確。

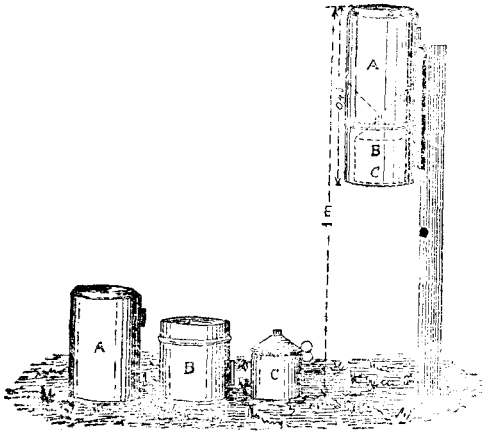
第12圖示美制測雨器，承雨漏斗之口徑爲8吋，積雨筒之直



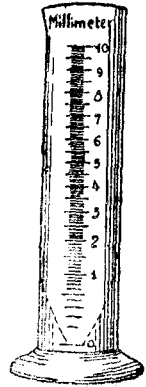
第 12 圖

徑爲 2.53 吋，兩面積之比，適成 10 倍，故筒中雨水之高度，即合其地雨量之 10 倍也，第 13 圖示德制測雨器，以積水瓶恆用玻璃製成，故稱積水瓶，承雨漏斗之口徑爲 159.6 公厘適成 200  $\text{cm.}^2$  面積，另用量杯（第 14 圖），杯上刻有尺度，每 2  $\text{cm.}^2$  爲一格，相當於  $\frac{1}{10}$  公厘雨量，將積水瓶中所集之雨水傾入量之，便知一地雨量之高下矣。

量雨之事，觀諸前述，似甚簡易，然測雨器安置方法，頗有研究之價值，不可不加以注意，否則所得結果，必不準確，無可幸免。置測雨器之地點，當不受風力之影響，及高大樹木房屋山坡土阜之障礙，宜置於寬敞平坦高低適中之空地上。



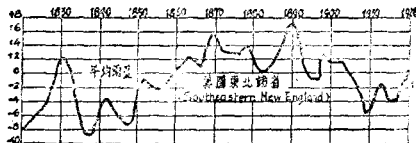
第 13 圖



第 14 圖

每次量得之雨高，盈月盈年，各計其總數，如歷多年，則計其平均數，此即若干年內每年之平均雨量也。

非特須知各地每年平均雨量已也，即各年雨量之增減情形，亦應明瞭，蓋一地之各年雨量，並不一律，如歷多年之觀察，知在此期限內，潦年最大雨量為若干，旱年最小之雨量為若干，庶於給水量之供給，有所依據，第 15 圖示美國東北六省之東南省



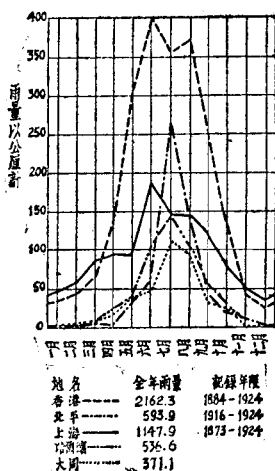
第 15 圖



份逐年雨量之變遷情形，中以1890年雨量為最高，1837年雨量為最低，且一年之中，或冬潤而夏乾，或秋潦而春旱，或適相反，更在一月之中，或霖雨兼旬，或酷旱無滴雨，其雨量之大小，較一年之平均量，尤為切要，再進而言之，即一日有一日中之最大量，一小時有一小時中之最大量，數分鐘有數分鐘間之最大量也，此項雨量記載，時歷愈久，則愈有價值，所測得之最大最小量，亦愈有意義，在美國已達百餘年之記載，上海附近，每年平均雨量為一，一四七·九公厘，而六七兩月，為三三七·二公厘，竟占全年雨量三分之一弱，是稱為初夏之黃梅雨，此外尚有高雨量時，即早秋之颱風雨是也，第16圖示中國各大城市之全年雨量分佈情形，觀此可略知其梗概，

大概近赤道之地，雨量多，遠赤道之地，雨量少，濱海之區，雨量多，內陸之區，雨量少，山嶺之處，雨量多，平原之處，雨量少，向風山坡雨量多，背風山坡雨量少，我國東南諸省，雨量較多者，即其例也。

一地雨水量之計算，應用雨量圖 (Regenkarte)，是圖將



第 16 圖

相等雨量各地，以曲線連接之，各曲線間之面積，以所屬之雨量乘之，即得各面間雨水之量，是等雨水量之和，以面積之和除之，即得一地雨水之量矣。

除雨水而外，夏季尚有霰雹等物，融化極易，故視爲與雨有相等作用，冬季之雪則不然，氣候和暖後，方得融化，雪之含水量，當使融解，決定之，所謂一地之雨量，實包含雨雪霰雹等物，均以融化成水之高度爲標準，普通以十二公厘厚之雪層，相當一公厘厚之雨水，但雪經長時間之停積，密度漸高，水量亦增，如經細雨或降露，則雪類似水綿，吸入下層，水量大增，故久積之雪，其水量大小，莫可預定，因除雪本身而外，尙含多量之水也。

### 第三節 蒸發及滲透

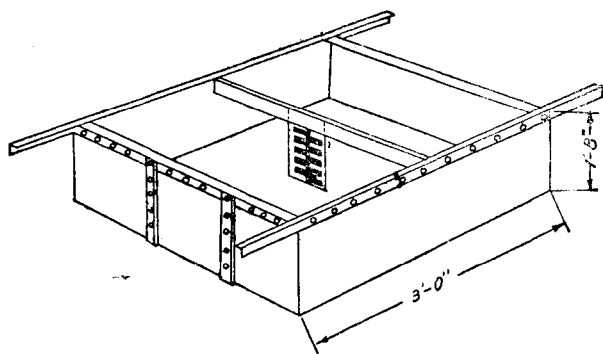
雨水下降陸地，其去途有三，一曰逕流(Oberflächen Wasser)，即流在地面之上，逕直入江河湖泊而成地面水者是，二曰蒸發(Verdunstung)，因雨水到達地面，爲日光所曝曬，而成蒸汽升騰於空中者是，三曰滲透(Versickerung)，即滲入地土內，或爲植物所吸收，資以營養，或匯注於石隙，潛流地中爲地下水者是，此分三途之雨水，孰多孰少，因各處情形不一，勢難測定，依哈根氏(Hagen)昔日之假定，以雨雪水三分之一爲蒸發，三分之一爲滲透，三分之一爲逕流，但按諸實際，地面蒸發量所佔

成份，以情形複雜，難於斷定，約言之，溫度愈高，空氣愈乾，風愈大者，蒸發量亦愈高，夏秋之季，陰雨連綿，雨量最多，但因氣溫較高，故地面水所佔成份仍屬最少，一經暴雨，則地面水之成份較多，山嶺坡度峻峭，蒸發及滲透，亦復較少，是以各處泉水在雨時恆增其量即其證也，至於土質之鬆密，植物之多寡，亦有重要關係，鬆土及不毛之地，易於滲透，植物有助蒸發，森林益著，林中空氣每多潮濕，故林地蒸發自較其他種植之地為少，但樹身以其面積廣泛，能蒸發當地雨量三份之一，潮濕之地，吸收雨量甚少，以濕度飽和，竟失其吸水能力，一如空氣達飽和溫度時而無蒸發也，若是則雨水盡成逕流，有排水設備之地，滲透性自然較大，以其易於流出也。

因蒸發而所損之水量，謂之蒸發量 (Verdunstungshöhe)，其對於地面水面，各不相同，茲分述如次：

水面蒸發——其量應依據，(一)水面溫度，(二)水面空氣溫度，(三)水面空氣流速，氣候熱則蒸發多，冷則蒸發少，空氣濕度高則蒸發少，濕度低則蒸發多，有風則蒸發大，風靜則蒸發小，測量蒸發量之多寡，可用蒸發器 (Verdunstungsmesser) 以量之，第 17 圖示美國測地學會所用之蒸發器，以鍍鋅之鐵板為之，面積為三英尺見方，深十八英寸，安設水中，下連鐵錨，以免浮動，中置金屬捲絲，以殺內部水浪，至其他一切情形，應與

外界水面，無或稍異，期足以代表外界水面之蒸發量也，按諸實測結果，凡蒸發器之愈大者，其蒸發量愈小，比較準確，是故蒸發器之尺度，不宜過小，水面蒸發量之多寡，美人馬亞氏 (Meyer)，曾設立公式，故亦得以公式計算之， $E=15(V-v)\left(1+\frac{W}{10}\right)$ ，式中  $E$  為每月之蒸發量以英寸計， $V$  為依水面溫度之蒸氣極大漲力， $v$  為空氣中實有蒸氣之漲力，均以水銀柱高之英寸計， $W$  為離地面三十呎之風速，以每小時英里計，約合地面上風速之三倍，茲將於美國坡士登地實測水面蒸發量之結果列下，以示梗概。



第 17 圖

月 份	一月平均溫度(弗氏)	英寸(1875—1890) 平均蒸發量	月 份	一月平均溫度(弗氏)	英寸(1875—1890) 平均蒸發量
一	27	0.96	七	71	5.98
二	28	1.05	八	69	5.50
三	34	1.70	九	62	4.12
四	44.5	2.97	十	52	3.16
五	58	4.46	十一	40	2.25
六	67	5.54	十二	30	1.51

德國索林根蓄水池之逐月蒸發量,按諸費爾特氏(Wild)如

下表:

月 份	逐月蒸發量以公釐計				
	1907—1908	1908—1909	1909—1910	1910—1911	1911—1912
四月	59.0	49.6	75.0	58.5	56.9
五	103.8	60.9	103.4	75.7	68.1
六	73.9	74.8	52.9	58.5	58.4
七	60.9	77.3	50.8	40.3	95.1
八	59.1	57.2	51.4	50.1	68.4
九	43.5	51.9	30.2	27.0	56.3
十	26.9	32.0	29.5	21.8	25.1
十一	16.9	21.4	16.3	15.6	19.8
十二	20.3	14.2	19.9	17.4	16.0
一	11.9	13.5	16.8	9.8	17.6
二	17.6	16.7	16.9	21.4	17.7
三	27.5	32.2	33.0	34.3	34.0

中歐諸國之蒸發量，就大概言之，冬季約佔 8%，春季約佔 34%，夏季約佔 40%，秋季約佔 18%。

全球水面之平均蒸發量，年約 820 公厘，其值為陸地蒸發量之四倍至五倍間，可知水面蒸發量之遠過於地面也。

地面蒸發——地面蒸發量，考其主因，亦有數種，(一)地面之含水量，(二)地面之溫度，(三)地面草木之情形，(四)空氣之濕度，(五)地面之風速，地面水份，既係雨水，故多雨之地，其可供蒸發之水份亦多，旱地沙漠，其可供蒸發之水份必少，雨後之蒸發量必多，而雨時之蒸發量極少也。

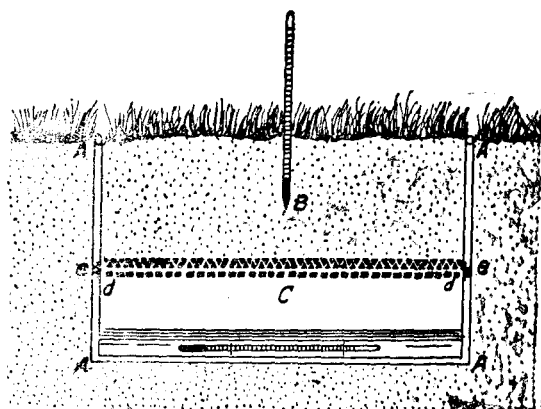
水面蒸發量較地面為多，前已言之，如地面泥土，充實水份，并有草木者，則其蒸發量，在水面蒸發量之上，地面如無種植，則其蒸發量自低矣，茲據美人芬諾氏(Fernow)之試驗，將水面蒸發量假定為一，以比較各種地面之蒸發量列表如次：——

地 面 類 別	蒸 發 量
草 皮	1.92
穀 類	1.73
森 林	1.51
混 合 種 植	1.44
水 面	1.00

一地之蒸發量及滲透量，所佔雨量成份，頗不一致，其與地

土之鬆堅，種植之多寡，氣候之寒暖，均有關係，就大概言，泥地之有草皮蓋覆者，其蒸發量恆大於其滲透量，沙地則反是，夏季之蒸發量恆大於滲透量，冬季則反是，是故一地之滲透及蒸發量，因各地情況不一，不能借用，應就其地特殊情形，分別作詳細之實測，方足憑信，而利應用也。

陸地蒸發器，如第 18 圖示，器由三鋅板箱合成，外箱爲 A，



第 18 圖

內箱爲 B 爲 C，C 箱四壁均實而無孔，上有凸口，作支 B 箱之用，B 箱底層，構造如篩，分 15 列，每列 25 孔，孔眼直徑爲 1 公厘，B 箱面積爲  $400 \times 250$  公厘，深 150 公厘，C 箱面積相同，但其深爲 100 公厘，是以蒸發器之面積爲 1000 平方公分也。

## 第四節 河水流量

一河流可供之水量，應就取水地點之附近，實測其流量，方可決定，測河水之流量，由來已久，遠在古代，埃及人早嘗測尼羅河之流量矣，今者全球文化諸邦，莫不設立專管機關，從事此項工作，其重要可以概見，惟施測一河之流量。歷時愈久，則愈有價值，庶遇有奇旱奇潦之時，即可作為計算之根據，萬一是項工作，尚付闕如，則祇得取其氣候及流域情形相似之河流，參考其記載，從而估計其流量，惟如是所得者，當無準確之可言也。

河水流量，係由雨量中除去蒸發及滲透之量，（即損耗量），各數量之多寡，要與當地雨量，氣候，地勢，土質，地面植物，河底坡度，及支流之情形，均有關係，今設  $F$  為流域面積 ( $m^2$ )， $Q$  為全年平均流量 ( $m^3$ )， $N$  為全年平均雨量 ( $m$ )， $V$  為全年平均損耗高度 ( $m$ )， $A$  為全年平均流量高度，及  $a$  為流量數，則

$$A = \frac{Q}{F} \quad A = N - V$$

$$a = \frac{A}{N}$$

中歐諸國之平均損耗高度及流量高度，據開樓氏 (Keller) 之研究結果，如次表：



		全年雨量 (公釐)						
		625	750	875	1000	1250	1500	1750
最高流量數	損耗高度	350	350	350	350	350	350	350
	流量高度	0.44	0.53	0.60	0.65	0.72	0.77	0.80
中等流量數	損耗高度	441	449	456	463	477	492	507
	流量高度	0.29	0.40	0.48	0.54	0.62	0.67	0.71
最低流量數	損耗高度	532	547	561	576	605	634	663
	流量高度	0.15	0.27	0.36	0.42	0.52	0.58	0.62

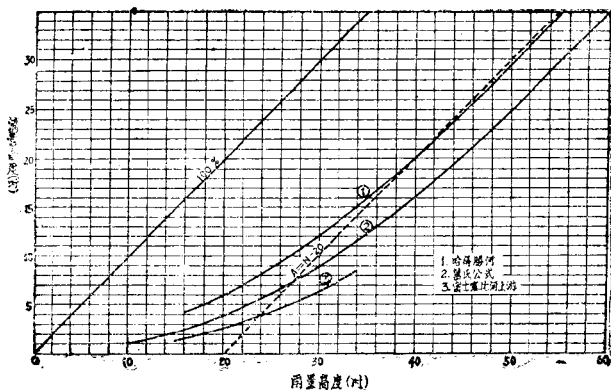
雨量與流量之關係，按葛隆斯基氏(Grunsky)所定通律如下：

全年雨量高度之小於50吋者，其中流量高度所佔成份，約為雨量數之百份之三五，如全年雨量之大於50吋者，其中25吋為損耗高度，餘為流量高度。

例如全年雨量為85吋，按上律其流量高度當為  $85 - 25 = 60$  吋，如全年雨量為35吋，其流量高度當為  $\frac{35}{100} \cdot 35 = 12.2$  吋是也，第19圖示哈得勝河(Hudson River)及密士塞比河(Mississippi River)上游流量與雨量之關係，對於葛氏通律，雖甚一致，要不能到處適用耳。

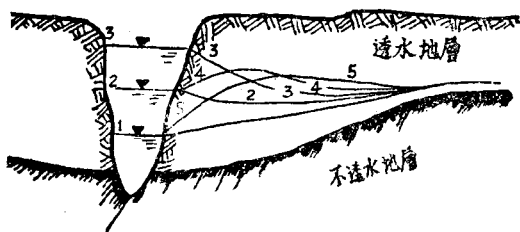
河水之流量，得以每平方公里流域內每秒鐘有若干立方公尺計算  $m^3/km^2/sec$ 。

### (一)最小河水量



第 19 圖

河中最小水量，恆於久旱之後，或冬季降雪未融之前始發現，其時水流，全賴地下水與地面儲水之供給，當河水淺時，地下水及沿河湖泊所儲之水，即流向入河，當河水高時，則反其流向，第 20 圖之 1. 線，示河水低落，地下水即流入河中，3 線示河水高漲河水流作地下水之情形，故地下水與湖泊，均有調節河水流量之功，使河流之最高最低水位，勿致起劇烈之變遷，研究



第 20 圖

給水工程者，不可不預知一河流之最小流量，蓋所謂最小流量時，即供水量最缺乏之時期也。

### (二)最大河水量

霖雨之後，必有洪水，其最大流量，除上述諸點外，尚與流域之形狀大小，支流之分佈情形，亦有至大關係，流域之較小者，在每小時單位流域之洪水量，比大者為多，扇形者比短形者為多，此等洪水量為計劃蓄水池溢口 (Überläufe) 之根據，故事前非求得其確數不可。

### (三)逐時河水量

逐時之河水量，須經過長期繼續施測，方可知其變遷之限度，以供計劃水工者之依據，如求蓄水池之容量等是也。

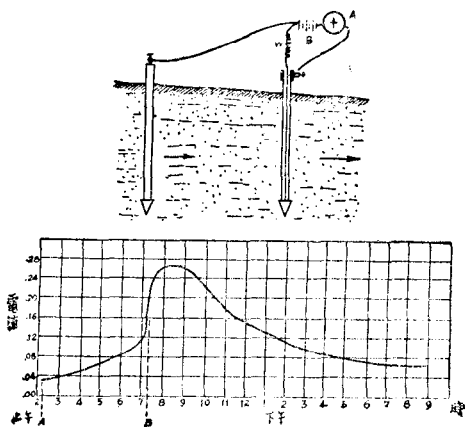
## 第五節 地下水流量

河川水量，可以量取，至若鑿井汲取，地面以下之水，其可供之量究係若干，則解決匪易，蓋地層之下，到處不同，岩石及黏土為不滲水地層，多空隙沙石及沙礫為滲水地層，其所滲入地下之雨水，恆潛流於此等地層之空隙，復因地中阻力極大，故流速遲緩，普通每日在一公尺至六公尺之間，是以欲測地下水之流量，不得不視滲水地層面積之大小，及地質空隙之多寡，溫度之高下，水面之傾斜而定，茲舉哈成氏(Hazen)之公式於下。

$$V = K \cdot d^2 \cdot \frac{h}{l} \left( \frac{t^0 + 10}{60} \right)$$

式中  $v$  為地下水之流速，以每日公尺計， $k$  為常數，視沙粒之均勻及鬆緊而異，如係均勻之清沙，則  $k$  之值由 700 至 1000，如係年久而堅實者，則由 400 至 700， $t$  為水之溫度，以華氏計， $\frac{h}{l}$  為水面之傾斜度， $d$  為沙粒之大小，以公厘計，惟該公式僅限用於 0.1 至 3 公厘間之沙礫，地層中為有效，過此則難期準確矣。

最直捷之法，莫若在地下水之流向內，打入銅管二支，成二管井，一在上水，一在下水，相距約 2 公尺，管有細孔，俾地下水通達管中，另設電池及電流表與管井相接連（第 21 圖）電池之一極，與上水之井管相連，再與下水之井中之金屬棒相接，用絕



第 21 圖

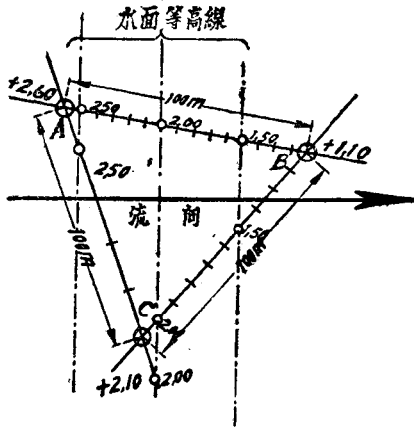
緣體使與井管隔離，電池之他極則通過電流表  $A$ ，而與下水之井管相連，如取鹽化阿摩尼亞綠 (Chlorammonium) 若干，投入上水之井中，則此鹽融化，隨水流向下水之井而行， $A$  表上即見電流逐漸增加，及此鹽流入下水之井內，則電流即依此便道而過， $A$  表上之電度再增，設甲點為投入鹽類之時刻，乙點為到達下水井中之時刻，此二時刻之差，即為地下水流經二井所需之時間，由此電流曲線，并可知兩井之方向，是否與地下水流向相並行，得以查考，此謂斯立脫法 (Slichter schemethode)。

求得流速後，如已知流水面積。則可計其流量， $Q = V \cdot f \cdot P$  式中  $f$  為流水面積， $P$  為空隙率，(Porosität) 茲將地層之空隙率，略舉如下。

花剛石	0.05—0.09%
砂 石	0.6—40 %
石灰石	15—32%
沙 礫	—36%
細 沙	—42%

此外更有可靠之法，以定地下水量之多寡，就擬定地點，試掘數井，在最早之時，以抽水機日夜汲水，歷時至少在二星期以上，俾井中最大出水量與流進量達平衡為止，如是即可得水量之梗概矣。

決定地下水水流之方向及水面之坡度，可於適宜地點，掘井三口，井與井之距離，使約相等，各量其水面之高度，繪水面等高線，即從而決定其流向及水面坡度矣（第 22 圖）。



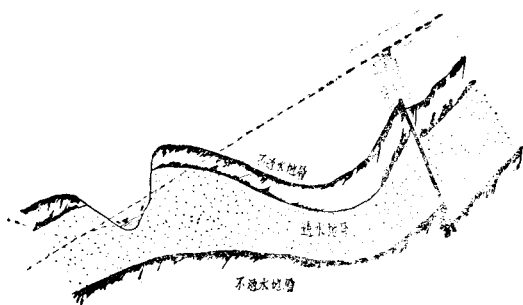
第 22 圖

泉水 Quelle —— 雨水滲透入地，成地下水，地下水潛流地中，平時為人目所不能見，至流經低地，水位高出地面時，則地下水即由地中湧出，後現於地面，名曰泉水，以其流經地層情形之不同，可分為三種，(甲)第一種泉在滲水地層之上。無不透水地層之覆蓋，其下則墊有不滲水地層者（第 23 圖），在其地層曝露之處，則為泉水流出之地，(乙)第二種泉在滲水地



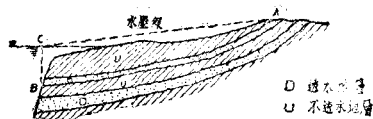
第 23 圖

層之上下，均有不滲水地層相墊覆者（第 24 圖之右部）其潛流之水面線恆高，一俟地殼稍有罅隙即現噴泉，（丙）第三種泉~~~~在地下水流之上下，均無不滲水地層相墊覆者（第 24 圖之左部），



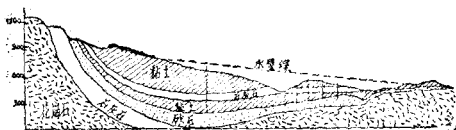
第 24 圖

於地面較地下水水面線為低處，泉即湧現地面，故其泉源之高下，須視地下水水面之高下而定，時湧時涸，變化極易，以上三種泉水，用於給水工程者，以第一種為最廣，奧京維也納之自來水源，在距城一百餘公里處之高山，引泉入市，其泉源地層，下為不滲水之石板石，上為滲水之白雲石及石灰石，水質清潔，歐陸無與比倫，德之巴敦巴敦 (Baden baden)，其自來水之水源，亦引清泉，泉源地層，下為不滲水之花剛石，上為滲水之砂石，中以暗渠收集之，然後引入都市，第二種泉水之應用，在美國獨多，可分為三大區域，在大西洋及墨西哥灣沿岸者，謂之洋泉，區內各城市，均以為供給水之用（第 25 圖）美之西部，泉源更富，



第 25 圖

壓力高及十氣壓，境內用以供灌溉給水及水力之用，(第 26 圖)



第 26 圖

再在密士塞比河之上游一帶，亦有此類泉源（第 27 圖），第三



第 27 圖

種泉水，以其量之易於變遷，時現枯涸，故於給水工程之用，極不相宜耳。

自流井 Artesische Brunnen——自流井爲人工在含有第二種泉水之地層上所開鑿之井（第 28 圖），與天然之泉水，由井湧出，實無稍異，此類井，在法國阿爾都亞省 (Artois) 最初開





第 28 圖

得，且爲數甚夥，因名 Artesische Brunnen 我國取名自流井，以其實異於普通之井也，水具壓力，能自行流出井口，故以普通較深之井，卽名自流井者，實誤也。

## 第四章 水質

### 第一節 水質概論

從事給水工程者，不特應使有充裕之水量，且當有衛生之水質，良以地面地下之水，均來自空中，當空中水氣凝結之時，已有浮塵爲其心核，下降之際，吸收更多，迨及地面，流入河川，或滲透入土，則其包含雜質之機會尤夥，故欲知其是否適用爲飲料，即不得不試驗其雜質之多寡及性質之優劣，而定取捨矣。

普通適合公衆用水質之條件有三，一曰色純，即水中不應多含游離有色之物質是，二曰性潤，即水中當少含礦鹽等質，以免鹹苦之味，及惡臭之氣是，三曰質潔，即水中須絕少微生物，及不含有毒之物是。惟此等條件，亦視水之用途而略有軒輊，再分述之如次：

(甲)色純——水本無色，如一經含有多量游離泥沙雜質，即變成有色之體，雖未必盡有礙於衛生，然終以飲用者心理上之不舒適，而引起厭惡，河川之水，浮沉之物，常易混雜，恆作青黃色，其在人口繁密之區爲尤甚，溪澗之水，流行較速，每挾帶多量泥沙，致使水呈泥土之色，湖池之水，每以植物腐化，使水帶有

黃褐之色，地下之水，因流經各種地層關係，或含鐵質，而作微紅色，或含石灰質，而作乳白色，水之深者，恆作藍色，吸收空氣量之多者，則作乳色，有色之水，大概入口不適，此其所以不宜作公衆給水之用也。

(乙)性潤——水本無臭無味之物，如含多量礦質，其味或苦或澀，或酸或鹹，其臭恆多惡劣，故飲用煮飯烹調所需之水，以少含礦質爲宜，煮茗用水，更不能稍含鐵質，以鐵質與茶中之丹寧酸(Tannin)相遇，即呈黑色矣，洗濯衣服用水，其肥皂量之多寡，應視水中所容鹽類之情形而異，洗鍋用水，若含鹽類稍多，易生鍋垢(Kesselstein)，不特令傳熱之效率大減，且時多爆裂之虞。

(丙)質潔——空氣也，土壤也，均有細菌混存其間，中以土壤面層爲尤多，每公分(gr)土壤中，常含至數百萬之多，一至地面較深之處，其數驟減，二三公尺以下，細菌之存在，幾告烏有，此深井之水，所以較淺井之水爲優，所謂質潔之水，即其間病菌及毒質，應使絕迹，夫水固無不含有細菌者，但終以愈少爲愈佳，要在一立方公分間，其總數不得逾一百個耳，是謂可喝氏數(Kochsche Zahl)，如欲研究各處水源之是否適用，則須經四種不可少之獨立試驗，即(一)物理(二)化學(三)細菌(四)顯微鏡是也，試驗之前，水樣之採取，亦殊重要，因各個試驗之不同，而採取之方法亦異，必也有相當經驗學識者所收集之水樣，方有

價值，否則勢難可靠，考其原因，不外以所取河湖水樣，其地點有在深處者，有在淺處者，有在平均深處者，有在水之邊際者，亦有在水之中央部份者，究以何者為宜，若未經考究，任意採取，即不足以代表水流之平均成份，他如水樣既得之後，卒以保護未周，混入不潔之物，而致水質變更其原有成份，又如水樣保留過久，而致成份發生變化，再如安置未妥，致水份與氣質蒸發渙散，遂使試驗之結果，受其影響，故採取水樣及保養方法，於試驗之結果，關係至大，不可不大加注意也。

上項試驗工作，雖屬細菌學者及化驗師之分內事，然規劃給水工程者，對於選擇水源上，關於此類試驗方法，亦不得不稍諳門徑也。

試驗所用之水樣，其量之多寡，常依各種試驗而異，普通供物理，化學及顯微鏡等試驗，水樣之量，應有半加倫至一加倫，（約 2 至 4 公升），供細菌試驗之水樣，至少應有二英兩（約 0.1 公升）。

盛水樣之器皿，以有玻璃塞之玻璃瓶為最佳，須洗淨並施以一小時  $160^{\circ}\text{C}$ . 之高溫度消毒，或經硫酸洗滌，然後以蒸溜水漂清之，就地再用所考察之水流，沖洗數次，後將瓶沈於活流之河水面下，口向下游，去塞灌水，即在水中塞緊，取出水面後，再加橡皮套封固瓶口，以免搬運時鬆落，總之所取水樣，須足以代表

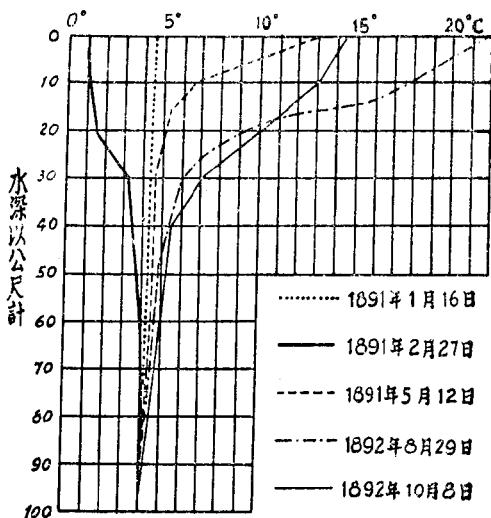
水源之大概者爲佳，如採取井水水樣，則應取其新鮮噴湧而出者爲上，當在抽水機工作至少十分鐘後取之，切勿取其在井現存之水，並應將抽出之水，遠引他處，毋使重返原井，以渾濁其井水，而得不符之結果。

供細菌試驗之用水，務須於水樣取得後，六小時內試驗之，在運輸水樣時，尤應將水樣安置冰中，勿使起變化，至於試驗水中溶解之氣量，如含養量，碳酸量等是，應於就地試驗，方較可靠也。

## 第二節 物理試驗

水之物理性，可以人之五官，約略辨別之，如欲知之精確，當設標準，從而比較其程度，是謂物理試驗，物理試驗，概爲化學試驗之先導，其試驗事項，可分五點，（一）溫度（二）濁度（三）水色（四）水味（五）水氣。

（一）溫度——歐美人士，常以冷水充飲料，謂寒冷之水，入口適舒，即在冬季，亦復如是，據稱冷水止渴，較熱水爲佳，且有裨於腸胃，故對於水之溫度，特別注意，地面水之淺者，或深水之靠近水面部份者，其溫度常隨氣溫而變更，夏季則高，冬季則低，若於水之深處，則其溫度通年恆定不變，第 29 圖示地中海各時季各深度之水温，於水深 100 公尺處，其水温恆爲  $4^{\circ}\text{C}$ ，終年

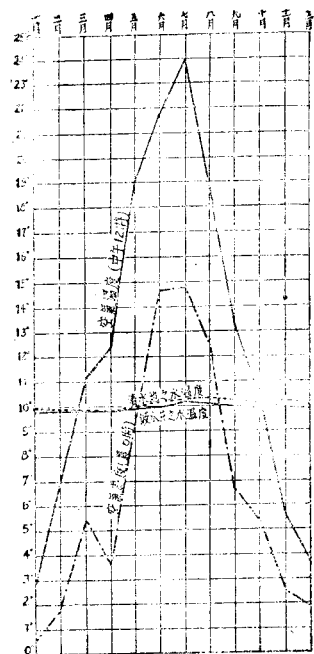


第 29 圖

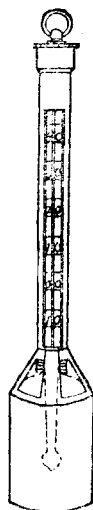
未或稍變。地下水溫度，在地下十五公尺左右，通年溫度，常在  $5^{\circ}$  至  $12^{\circ}\text{C}$ . 間，第 30 圖示德國曼尼亨姆城 (Mannheim) 於 1912 年觀測空氣溫度及地下水溫度通年變遷情形，足證地下水溫度之恆定矣。

公衆給水之溫度，以  $7^{\circ}$  至  $12^{\circ}\text{C}$ . 間最爲適宜，測驗水之溫度，可以溫度計，斐登可法氏 (Petten kofor) 曾創製一特種設備之溫度計，其水銀球懸於桶中，上設繩環，以麻繩降下入水，桶即滿盛此受試驗之水樣，約留數分鐘後，再行取出水面，迅即讀其所指之溫度，此類溫度計。每隔若干時日，須校準一次，以保

正確（第31圖），如欲精密測驗深處之水温，則有特製之電氣溫度計，可供應用，其準確當在  $\frac{1}{5}^{\circ}\text{C}$ . 以上。



第 30 圖



第 31 圖

(二) 濁度——水中含有游離雜質，如泥沙細菌等物時，即現混濁之色，至其濁度之鑑定，則以標準比較得之，所謂矽砂標準者，其法即置矽砂（以能經過每時有二百眼之篩者為合用）於蒸溜水中成一百與一百萬之重量比例，而後以一公厘粗之白

金絲，水平入水中，至水平面下 100 公釐處，人自白金絲上 1.2 公尺處俯視之，當能見該白金絲者，即稱其濁度為 100 度。其他度數，則可按白金絲在水地點之高低，以人目離絲一、二公尺處當能辨別為標準，再藉下表，可以查得，此種試驗，在露天日中行之，但忌於日光之下，最潔之水，其濁度為零，3 度以上，即不宜作為飲料之用，普通人目所能識者，其濁度總在 10 度以上，50 度以上，即成渾濁之水；洪水時期，溪澗之水，高達 2000 度以上。

濁度	白金絲在水面下之地點 (公釐)	濁度	白金絲在水面下之地點 (公釐)
7	1095	80	122
10	794	90	110
15	551	100	100
20	426	125	83
25	358	150	72
30	296	175	64
35	257	200	57
40	228	300	43
45	205	500	31
50	187	1000	21
60	158	2000	15
70	138	3000	12

德人置燭於純潔之玻璃瓶後，傾水樣於瓶中，而驗其透視



度，從而定其為清，稍渾，渾，稍濁，濁，甚濁等六種濁度。

(三)水色——水色之由來，大概係有機物體腐爛而成，故池沼之水，其色每濃，地下之水，常不帶色，湖水色度在 10 度以下。河水則依其發源地之情形而異，水色達 20 度者，已為人所厭惡。

測定水之色度，可用法定之標準色比較得之，標準色所謂白金鉑標準者，即溶化 1.245 公分(g)，綠化白金鉀( $K_2PtCl_6$ ) {內含 0.5 公分(g)白金(Pt)} 及 0.1 公分(g) 綠化鉑( $CO \cdot Cl_2 \cdot 6H_2O$ ) {內含 0.248 公分(g)鉑} 於一立方公分之鹽酸中，而以蒸溜水加至一公升容量而成，此水之色為五百度，然後遞加清水以成 0 至 500 度之標準色，即含白金百萬份之一為一度。

德人置水樣於純潔之玻璃瓶中，瓶底須光滑平坦，襯白紙於瓶下，人目由瓶口望之，便可分別其帶色之程度，如水色甚淡，則可取有底之玻璃圓筒易瓶，筒高約 30 公分，直徑約自 20 至 30 公釐，兩旁射入之光線，另以黑紙圍擋之。

(四)水味——水之有味，可規納為下列四種：

1. 含有機物者，其味恆腥。
2. 溶解氣體者，如養化炭( $CO_2$ )則甜，沼氣( $CH_4$ )則淡。
3. 含有礦物質者，如食鹽則鹹，泥土則澀。
4. 含油類，煤膠者則辛惡。

此等水味，加熱(15°至20°C.)嗜之，其味尤著，辨別愈易，就大概言之，地面水較地下水之水味為濃厚，地下水大抵僅含礦物質及溶解氣體等物而已。

(五)水氣——凡水含有機物或水草類者，則發腥氣，井水渾濁者，每發泥腥氣，鐵質多者，有鐵腥氣，礦磺質多者，發硫磺氣，養魚之水有魚腥氣，植花之水，有花香氣，水受何物之污損，嗅之即覺，如經加熱(50°至60°C.)則臭氣更甚，且水氣與水味，二者有同一之關係也。

### 第三節 化學試驗

天然之水，絕無純粹，必有溶解物存在其間，依是等溶解物之多寡性質，用以決定水之是否清潔，及適用與否，而水之化學試驗，非特足以明顯水之現有情形，且可推想其受污之來源，此化學試驗之所以重要也。

(一)定性 欲知水樣之屬鹼性或酸性，可取一平底之磁盆，將水樣傾入，半滿即止，然後以紅藍色化學試驗紙(Lackmuspapier)各一條，沿盆邊浸入水內，兩紙不使接觸，五分鐘後，設藍者變紅，則該水樣即屬酸性，反之，紅者變藍，即屬鹼性，如兩不變色，即屬中性。

(二)硬度——水每含多數之鈣鎂等礦物質化合物，而使水

成硬性，硬性之水，用以洗濯，有耗肥皂，因肥皂中之脂素酸( $C_{18}H_{36}O_2$ )與水中之鈣鎂，先起化合，俟其工作悉數完畢後，方得助洗濯之功，此肥皂於硬水中所以遲遲而起泡沫也，用充鍋水，易生鍋垢而費燃料，故為汽鍋用水，其硬度不得過德制硬度 6 度，為其他工商等用，如製革釀酒，則足影響其出品之優劣，如鈣質過多，飲之易患喉腫之症，在在不宜，就大概言之，地下水之經過石灰石，白雲石，石膏等地層者，則為硬水，其經過花岡石，玄武石，沙石，石英等地層者及地面水，則均為軟水，水之硬度，有德法英美之別，德國一硬度，即水重量十萬分中，含有石灰  $CaO$  一份，或養化鎂 ( $MgO$ ) 0.7 份，茲舉例如下，設在一公升水中，含石灰 87.6 mg.，及養化鎂 11.3 mg.，在德制之硬度為

$$\frac{87.6 + \frac{11.3}{0.7}}{10} = 10.3 \text{ 度}$$

水之硬度在德制八度以下者為軟水，由八度至十六度者為中度水，在十六度以上者為硬水，飲料，洗濯及工商用水，則以軟水及淡水為宜，地下水之流經沖積層者，其硬度約在德制  $3^\circ$  至  $15^\circ$  之間，深井之水，約有  $3^\circ$  至  $70^\circ$  之硬性，為公眾給水所用之水，其硬度能以不超過德制  $30^\circ$  為宜。

美制以水含石灰或其他相當量，佔水量百萬份之若干計算，其在百萬份之一百以上者為硬水，二百以上者為特硬，水之硬度，

在一百萬份之十者，尚不爲人所覺察，如超過二十至三十者，即起耗費肥皂之影響，依美國估計所得，家用之水，其硬性每增一百萬份之一者，每百萬加倫之水，平均須多耗肥皂費美金一角云。

德法英美諸國，水之硬度假，其關係如下：

格林/美加倫	德 制	法 制	英 制	美 制
104.4	100°	179°	125°	1790/1,000,000
58.3	56°	100°	70°	1000/1,000,000
82.9	80°	143°	100°	1430/1,000,000
5.8	56°	10°	7°	100/1,000,000

(註：格林=grain, 7000 格林爲一磅)

水之硬度與所需之肥皂量，有深切關係，前已言之，故欲探水之硬度，即可取肥皂試驗之，設投定量之標準肥皂於定量之水樣中，而猛烈搖動之，若立起泡沫者，是爲軟水，若需增加肥皂極多，方能起沫者，是爲硬水，在德制硬度十度，一公升之水，需皂一.二克以上，方起泡沫而呈去污之功，至硬度又分永久暫時兩種，水之含碳酸鈣類 (Karbonate, Bikarbonate) 者，加熱即分解遁出，是謂暫時硬性，(Vorübergehende Härte)，水之含綠化鹽，硫酸鹽，矽酸鹽等者，是謂永久硬性 (Bleibende Härte) 就兩種硬性之和，以定硬度。

(三) 鐵質——鐵質混合物之呈於水者，種類極多，其來源概由地下水流經含鐵地層，為水溶解，而成  $\text{FeO}$ ，如含鐵質過多之水，用以洗濯，則染紅色，故洗衣作及造紙廠等，嚴忌應用，且含鐵之水，多沈澱，生水藻，淤塞水管，敗壞水質，為害甚大，故水含鐵質之量，應限在百萬分之 0.2 以下，欲減除水中含鐵之量，可用輸空氣法而養化之， $2\text{FeO} + \text{O} = \text{Fe}_2\text{O}_3$ 。其所成不溶解之養化鐵，可以濾除之。

綠質——水中均含綠化鹽 ( $\text{NaCl}$ ) 若干，但為量不多，近海區域，每因吸收海水鹽質關係，為量甚夥，深井之水，有因流經岩鹽地層，而含鹽量亦多，他如陰溝濁水，人畜排洩物等，亦均含多量之綠質，如在水樣中發現綠質過多，除先能斷定其來源，無礙衛生外，否則非所許也，通常允許水中含綠量為百萬分之三十，而上海市之飲水清潔標準，在大潮時得增至百萬分之八百云。

水含綠質在百萬份之十五以上者，對於鐵管，鍋爐焊接等處，均起剝蝕作用，故水中含綠質過多者，在所不取也。

(四) 淡質 有機物於腐敗時，受細菌之作用，而變成淡化物，如游離阿摩尼亞及蛋白質阿摩尼亞是，此等淡化物，並不固定，易起養化而為硝酸鹽類 ( $\text{NO}_2$ ) 及強硝酸鹽類 ( $\text{NO}_3$ )，成植物之營養料，為植物之支幹，而植物又為動物營養料，成為動物之骨肉，而動植物腐敗分解時，復循上述之步驟而演進，如此循環

不已，是謂淡氣之循環，檢驗水質時，可因其含淡化物之多寡，及成份之比，而定其污穢之程度與時間之久暫，就大概言之，水中含淡質與炭質之比為 1:3 者，則可知其受有動物之污穢，如其比大於 1:8 者則可知其受有植物之污穢矣，家庭流出之污水，如屬新鮮者，則其游離阿摩尼亞與蛋白質阿摩尼亞中淡質之比，約為 3:1，陳舊者，約為 20:1，而水質之受植物腐敗之影響者，內含游離阿摩尼亞及蛋白質阿摩尼亞，其淡質之比，約自 1:20 至 1:10，是故地面水之多游離阿摩尼亞，而少蛋白質阿摩尼亞中之淡質者，則必受動物腐敗之污損無疑，地下水之清潔者，應不超過下列之規定（一百萬份之幾計算）。

游離阿摩尼亞	0.01
蛋白質阿摩尼亞	0.02
亞硝酸鹽類	0
強硝酸鹽類	0.1

(五)吸養量 水中有機物體，由於動植物分解而成，大抵可以養化，而成一較穩固之養化物，故此等有機體之多寡，可依其吸收養氣之數量而定，普通法則，以定量之水樣與定量之四錳酸鉀溶液 (Kaliumpermanganatlösung) 相煎煮，由是而消耗四錳酸鉀之數量，即其吸收養氣之數量也，但因所含各種有機物之不同，而吸養量亦有出入，故上項試驗，僅得窺測水中有機體之約

數而已。

茲略舉數種有機物體，以四錳酸鉀煎之，按賴門氏 (Lehmann) 之研究結果，其吸收養氣量如次：

	酒 酸 (Weinsäure $C_4H_6O_6$ )	葡 菊 糖 (Traubenzucker $C_6H_{12}O_6$ )	蔗 糖 (Rohrzuc ker)	安 息 香 酸 (Benzoessäure $C_7H_6O_2$ )
煎煮五分鐘	75.0%	42.7%	53.8%	2.1%
煎煮十分鐘	95.6%	61.0%	55.1%	3.7%
	石 炭 酸 (Phenol $C_6H_5O$ )	肌 肉 中 之 粉 質 (Leucin $C_6H_{13}NO_2$ )		
煎煮五分鐘	41.1%	10.8%		
煎煮十分鐘	73.5%	11.4%		

(六)總渣滓及燃化量——將水樣傾入磁盆中加熱之 ( $100^{\circ}$  至  $110^{\circ}$ )，由蒸發所剩餘渣滓之重，謂之總渣滓，若再燃燒至紅時，其中有機物為高熱度所燃化，僅餘固體無機物之重，是謂固定渣滓，為高溫度所燃化有機物之重量，曰燃化量，其數量恆以一公升水樣中，含有若干公絲(mg.)計。

如水中無有機物而多鈣鹽者，則其固定渣滓於燃燒時呈白色，反之，如水中多有機物者，則其固定渣滓，恆為黑色，且發生類似燃燒角質之惡臭。

天然水中，所常含有之物質，及水中之溶解物，須經洗滌而

除去，方可作為飲料之用者，列成下表，表中各物，固非於一水中，同時存在，僅含有其一部份而已，例如水之含有硫酸者，即無石灰石之成份，含有石膏者，即無蘇打是也。

名稱	德	名	類別	化學成份	性質
炭酸	Kohlen säure		氣體	CO <sub>2</sub>	酸性及剝蝕性
硫化氫	Schwefelwasserstoff		氣體	H <sub>2</sub> S	酸性及剝蝕性 并有惡臭
養氣	Sauerstoff		氣體	O <sub>2</sub>	剝蝕性
淡氣	Stickstoff		氣體	N <sub>2</sub>	——
沼氣	Methan		氣體	CH <sub>4</sub>	——
石灰石	Kalzium karbonat		鹽類	CaCO <sub>3</sub>	硬性
炭養化鎂	Magnesium karbonat		鹽類	MgCO <sub>3</sub>	硬性
石膏	Kalziumsulfat		鹽類	CaSO <sub>4</sub>	硬性
硫酸鎂	Magnesium sulfat		鹽類	MgSO <sub>4</sub>	硬性
綠化鈣	Chlorkalzium		鹽類	CaCl <sub>2</sub>	硬性
綠化鎂	Chlormagnesium		鹽類	MgCl <sub>2</sub>	硬性
硝酸鈣	Kalzium nitrit		鹽類	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	硬性
硝酸鎂	Magnesium nitrit		鹽類	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	硬性
蘇打	Natrium karbonat		鹽類	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	鹼性
硫酸鈉	Natrium sulfat		鹽類	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	——
食鹽	Chlornatrium		鹽類	NaCl	——
養化鐵	Eisenoxyd			Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	剝蝕性
矽酸	Kieselsäure		酸	SiO <sub>2</sub>	硬性
硫酸	Schwefelsäure		酸	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	酸性及剝蝕性



## 第四節 細菌試驗

細菌到處潛伏，蕃殖極易，故於採取水樣前後之消毒及防範工作，均應格外注意，否則無從得可靠之結果，水樣之水，勿取諸水面，亦勿擾動其水底，應擇其平均污度之水採取之，水樣既已取得，當就地試驗之，不然亦應立刻送至試驗室，愈速愈佳，途中應用冰塊包圍，以降其溫度，最善之策，莫如採取多量之水樣，就中取若干而試驗之，或為化學試驗所取之水樣，酌取若干，亦作細菌試驗之用，如此取其平均之結果，較為可靠也，試驗分定性及定量二種，茲略述如下：

## 細菌定量分析

以一立方公分水中所含細菌之數，為試驗之單位，然細菌微小而繁多，非於事前施用適宜之手術，雖於顯微鏡下，亦難計其確數，其手術維何，即可喝氏(Koch)所發明之細菌培養法是也，細菌一經培養後，均成簇(Kolonien)而居，即肉眼亦能見之，培養時須用培養劑(Nährboden)。於一定溫度時為流質，後凝成固質，可喝氏法以膠質中加滋養料，經化學變性而後成之，此種培養劑，於高溫度時為流質，其溫度以無礙於細菌之生活為度，使細菌成分佈於培養劑中，及其冷而凝固，則蕃殖成簇，即可以肉眼計其確數，就大概言之，水清細菌數少，水濁細菌數多，其

在飲料用水，應絕無病原菌 (Pathogene Bakterien) 之存在，他種細菌在一立方公分中，可增至一百個，亦無害也。

### 細菌定性分析

定性分析，在分別水樣中所含細菌之種類，藉此估計水之來源，及中途有無污水之混入，以各種細菌各有其特性，可從試驗而分別之，試驗之法，可用放大鏡觀察其一簇之發展情形及其相聚之形式，動作狀況，用各種不同之溫度及不同之培養劑以培養之，蓋每種細菌各有其特別嗜好之物品，及適於滋生之溫度，經多次之試驗，即可參閱規定之表格，而斷定各細微菌之性質，設或染以色彩，則鑒別更易，細菌之平均長度在  $2\mu$  ( $\mu$  為千份之一公厘) 直徑在  $0.5\mu$ ，其細微可以概見，以形式言，可分為三種，即球形桿形及螺旋形細菌是也 (第 32 圖)，水流傳佈之病原菌，以傷寒霍亂痢疾為最著，傷寒為桿形菌，霍亂為螺形菌，又有大腸菌 (Colibakterien) 者，以其由人類及其他動物之尿糞中發現，且其生殖狀況與病原菌相類似，雖其本身無害，要亦可借



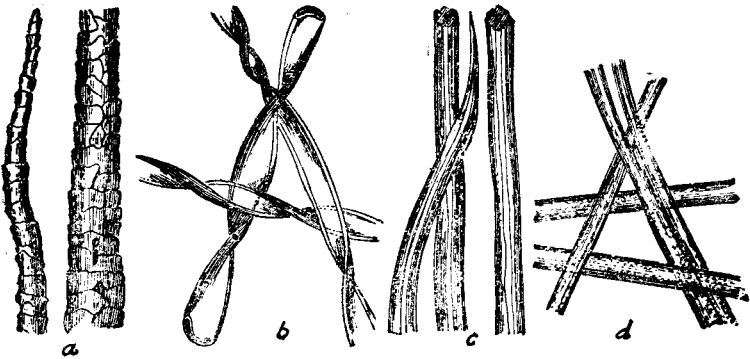
第 32 圖

以考察水之污穢程度也。

### 第五節 顯微鏡試驗

顯微鏡試驗，係詳察水中所含浮遊微細物之種類，或為有機物，或為無機物，并分別有機物之為動物或為植物，從而決定水之來源及污穢之程度，飲之對於衛生，有無妨礙，此種試驗，可輔助物理試驗之不足。

水中含有雜質，如石粉石屑，木片木屑之類，雖於人之衛生無礙，要亦不得作為飲料及洗濯之用，有家庭污水混入之水質，其中常含有垃圾之微細物，如第 33 圖所示，*a* 為羊毛，*b* 為棉花，



第 33 圖

*c* 為藻，*d* 為絲，等是，如有廚房之污水攪入者，水中每含有動植物之細微物，如有人類或其他動物之排泄物者，則水中恆含有腸

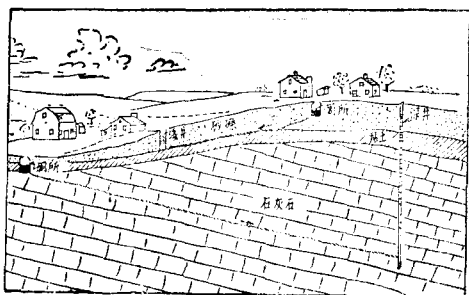
內各種寄生蟲之卵子或軀體，故顯微鏡試驗，對於探測水之受污原素，頗為明顯，不可忽視也。

### 第六節 考察水源衛生

欲定水之能否適於飲料之用，則考察水源衛生，亦殊重要，以補水質試驗之不及，蓋極少量之水樣，往往未足代表水源之全體，如地面水在枯水時期，大概全依地下水為之供給，是時地下水所含礦質之量必較多，在洪水時期，其礦質量必較少，他如濁度水色水味水氣及細菌數等項，亦莫不隨水位而有變更，故水質試驗，祇足以表示一瞬息間之情形而已。

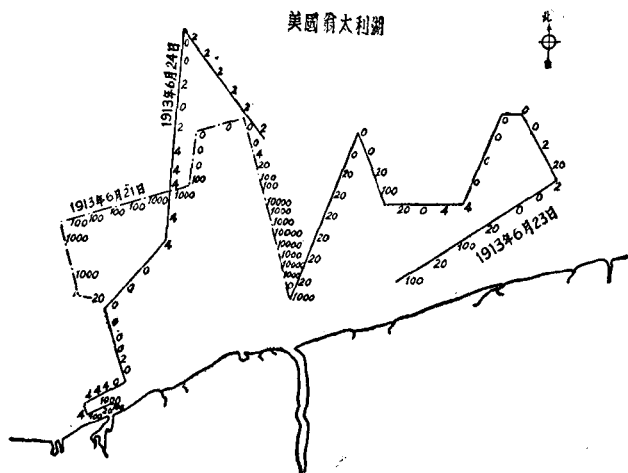
水流之狀況，及水量之多寡，均當詳細明瞭，始得核定。

人類之心理，以為泉水及深井之水，為最適飲料之用，殊不知其水之來源，是否清潔，其流經區域，沿途地質，是否有濾清之



第 34 圖

效，中途有否污物之攙入，均有研究之價值，如第 34 圖所示某處農家之深井，仍含有多量之排洩物也，至湖水亦得因河水之流入，及沿岸居民之雲集，攙入污物，故愈近岸者，其水質亦愈穢，勢所必然（第 35 圖），如以湖水為水源者，則應先知河水之流



第 35 圖

入量及其水質，沿岸居民散佈之情形，攙入污物之多寡，方得知湖水水質之概況也。

### 第七節 飲水清潔標準

經上列四種試驗之後，水中所含各種物質，約略顯明，知其梗概矣，然其為飲料用者，尤須特別規定，以資各自來水廠之遵

照，而作市民安全之保障，茲列德國各處通用之飲水清潔標準如下，在一公升水中，不得逾下列各值(公絲)，即以重量百萬分之若干計算之。

(一)總渣滓	500
(二)石灰(CaO)及養化鎂(MgO)	180 至 200
(三)綠氣(Cl) (食鹽 NaCl)	20 至 30(33 至 50)
(四)硫酸(SO <sub>3</sub> )	80 至 100
(五)硝酸(N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	5 至 15
(六)阿摩尼亞及亞硝酸鹽類	0

(七)在一公升水中所含有機物質，以四錳酸鉀 (Kalium permanganat) 還原之，所用之量得不逾 8 至 10

德人梯門(Tieman)以在一公升可供作飲料之水中，所含各質不得逾下列數值。(公絲)

一、總渣滓	500
二、燃化量	50
三、硝酸(N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	5 至 20
四、硫酸(SO <sub>3</sub> )	98 至 120
五、綠氣(Cl)	20 至 30
六、石灰(CaO)	120
七、養化鎂(MgO)	40

## 八、阿摩尼亞及亞硝酸鹽類 0

上海市飲水清潔標準，爲上海市公用局所規定，市內各水廠，依之爲準繩焉。

上海市飲水清潔標準

水	質	項	目	標	準	附	註
物 理 測 驗 Physical Examination							
1.	攝氏溫度 Temperature in Centigrade						
2.	渾濁 (矽砂標準) Turbidity (Silica Standard)			10			
3.	色 (白金鈷標準) Colour (Platinum-Cobalt Standard)			0 至 70			
4.	味 Taste			0			
5.	嗅 Odor						
6.	沉澱渣滓 Sediments			無藻質或動物 Free from Algae and Protozoa			
化學測驗 (每百萬分之分數) Chemical Analysis (Results in Parts Per Million)							
1.	游離銨 (游離阿摩尼亞) Free Ammonia			0.015—0.03		深井水可至 0.8 如 2—3 兩項不超過標準	

2.	脾 中 銻 (蛋白質阿摩尼亞) Alouminoid Ammonia	0—0.07	
3.	弱 礬 氧 (亞硝酸鹽) Nitrogen as Nitrites	0—微量	
4.	強 礬 氧 (強硝酸鹽) Nitrogen as Nitrates	0.3—1.6	
5.	綠 氣 (綠酸鹽中綠質) Chlorine in chlorides	100	大潮時可至 800
6.	需 要 氧 (需要養氣) Required Oxygen	0—1	
7.	鐵 Iron	0.5.	
8.	鉛 Lead	0.1	
9.	銅 Copper	0.2	
10.	鋅 Zinc	5.0	
11.	總 硬 度 Total Hardness	300	
12.	定 質 總 數 Total Solid	500	大潮時可超出此數 但須與5項增加數 成正比例
細 菌 測 驗 Bacteriological Examination			



1. 每立方公分中細菌數(培養二十四小時後) Number of Colonies Per C.C.	0—100	
2. 大腸菌 B. Coli	以五個十立方公分之水樣測驗，在攝氏三十七度，培養四十八小時後，得有二個水樣發氣質，佔水樣瓶口端容積十分之一以上	用五個一端封口之GO形曲管，各注入十立方公分水樣及培養汁均須於封口端經於溫度攝氏三十七度下培養四十八小時後，如有二管發生氣質佔封口端容積十分之一者，即為有大腸菌之徵
3. 病原菌種類 Pathogenical Bacteria	0	

上海英租界工部局衛生處水質標準規定如次：(以每百萬

份之分數計)

1. 總渣滓	800
2. 總硬度	300
3. 綠酸鹽中綠質	300
4. 鉛	0.1
5. 銅	0.2
6. 鋅	0.5
7. 鐵	0.5
8. 濁度(矽砂標準)	10
9. 細菌數	10/公升

民國二十三年六月一日，上海英租界工部局衛生處，對於井水之規定如下。(一)混含之物——合用之水，須無細沙泥土及鐵化物，如井身罩置得宜而持久，則水源可望無此等物質。(二)礦質容量——水中溶解之礦質，愈少愈佳，通常井水所含，較地面水為多，或且過多，如所含不過十萬分之八十，則尚宜於家用，但同時須不太硬，且須少鹽質。(三)水之硬性——水之太硬者，洗滌時每費肥皂，且多結皮，其硬尤甚者，多由於含有綠化鈣綠化鎂，其味微苦，久飲或致腸胃病，硬度之標準，大抵以每加倫含二十一格林 (grain 為英制七千格林為一磅) 為度，過此則洗滌亦不宜用。(四)含鐵量——井水或含鐵過多，以硬性之水為甚，鐵多係溶解物，初抽出之水或甚清，及見空氣，則現黃色或銹色，至其標準應以不超出千萬份之五為度，(五)含鹽量——水含鹽至十萬份之五十，即略具鹹味，過此程度，確未必即礙衛生，然亦不宜飲用，總之，井之深度，須有三百呎至八百呎。其水必需經專家之化驗及格，方可以供家用也。

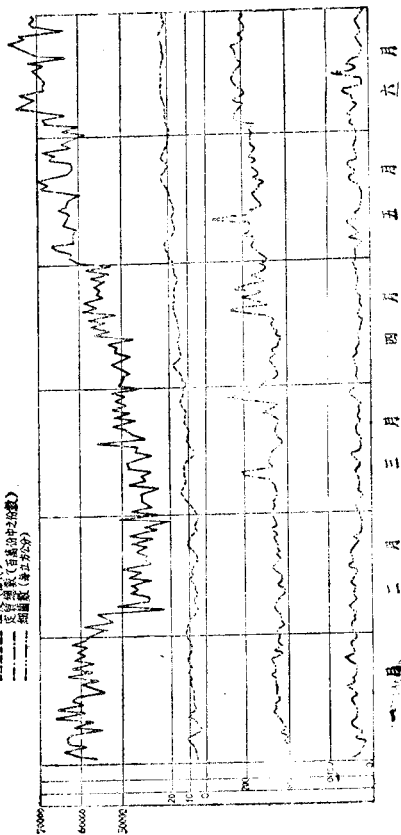
上海法租界衛生處化驗水質報告，民國二十三年十一月化驗黃浦江水，及自來水中之細菌，黃浦江水每立方公分水中，細菌數五萬八千枚，每公升水中大腸菌數三十六萬簇，法租界自來水每立方公分水中細菌數十二枚，每公升水中大腸菌數0簇，提清百份之九九·九九云。

上海內地自來水公司，自民國二十一年一月至六月其給水水質水量狀況詳載第36圖，俾知梗概。

上海內地自來水公司給水水量統計圖

民國二十一年一月至六月

平均水量 (立方公尺)  
 最高水量 (立方公尺)  
 最低水量 (自備池中之貯藏)  
 總水量 (每立方公尺)



第36圖

南京市自來水廠化驗水廠旁長江水質之結果如次：

江水無味，無臭，色度2，混濁度200。

---

總渣滓 390, 燃化量 70, 吸養量 1.46。

總硬度 119.2 (美制) 暫時硬度 60.0 (美制)。

## 第五章 工程概論

都市給水對於城市之關係，及其應有之水質水量，前數章內已述其概要，茲為說明各部工程構造內容起見，就其性質可分為(一)聚水 (Gewinnung des Wassers) (二) 滌水 (Reinigung des Wassers) 及(三)配水 (Verteilung des Wassers)三種工程，上項工程，尤須以經濟為原則，經濟云者，包括開辦及經常二費，此外當顧及將來水量有增加之可能，而水質無污損之情形，如上海開北自來水廠之舊址，原位於蘇州河畔者，後因河水日濁，無法滌洗，不得不有遷地為良之舉，現於吳淞之殷行，設立新廠，是選擇水源非具有充份學識與經驗不辦。

(一)聚水工程 依水源之不同，大別可分為三。(甲)以較大之河湖為水源者，則須於河湖之濱，或設水管，或築水渠，導水入市，其水管口或水渠口所在地之水質，應慎重選擇，力避城市污水之影響。(乙)以地下水為水源者，則須鑿井或築暗渠，聚地下水於一處，此等工程僅限於地下帶水地層，且以不染城市之污穢者為宜。(丙)以盈涸無定之溪澗為水源者，則應就人口稀少之地，於不透水地層上，廣大空谷之前，築蓄水池，以調節終年供給之水量，可不因流量之多寡而起影響，由此設水管或水渠，導水

以達城市，用管恆長，乃其缺點。

(二) 滌水工程 水中常含雜質，或融解，或游離，若供飲料及洗濯之用者，必須設法改善其性質，因水中所含雜質之不同，而改良水質之設備，亦隨之而異，就大概言之，凡水中多浮沈物者，用沉澱法及沙濾法，多氣質者，用通氣法，如水之硬性過度者，則投以藥品，使之沉澱，水之含鐵質者，用通氣法使其沉澱，然後濾除之，惟此等清滌工作，每多耗費，故選擇水源，質佳爲上，雖設置之費用較鉅，亦屬合算。

(三) 配水工程 配水工程，包括建設水池水塔，埋置沿路水管，輸水送達各處用戶等項，水塔水池之地位及容量，水管之排列方式，及其大小，因各處地勢之不同，戶口疏密之各異，殊無一定之標準，應相地制宜，不可因襲，此外有以水源地位之高下，分水壓爲汲水制及重力制二種，在水源地位之低者，非用抽水機汲取并施壓以輸送不可，是謂汲水制，如京滬杭各地自來水之水源是，在水源地位之高者，即可利用其重力，以達輸送及施壓之目的，是謂重力制，如廈門自來水源是，有以城市地勢之起伏，或建築物之高下，及重要性之不同，而分爲高壓區及低壓區，如奧京維也納城分爲最高壓區，高壓區，中壓區及低壓區四部份是也，有以水質略有不同，而分別輸送飲料用水及洗滌用水者，如法京巴黎是也。

上述各法，雖互有利弊，要以安全經濟便利三者為依歸，取舍之間，就大概而言，水源之清者較濁者為佳，近者較遠者為佳，高者較低者為佳，故第一等水源，為水清源高並距城近者，多山之城市。有湧泉作水源，其於此等條件，最相符合，次為近源濁水而低其位置者，或遠源清水而高其位置者，再次則為遠源濁水而位置不低者，不利之點，兼而有之，此其缺乏水源之供給也明矣。

## 第六章 聚水工程

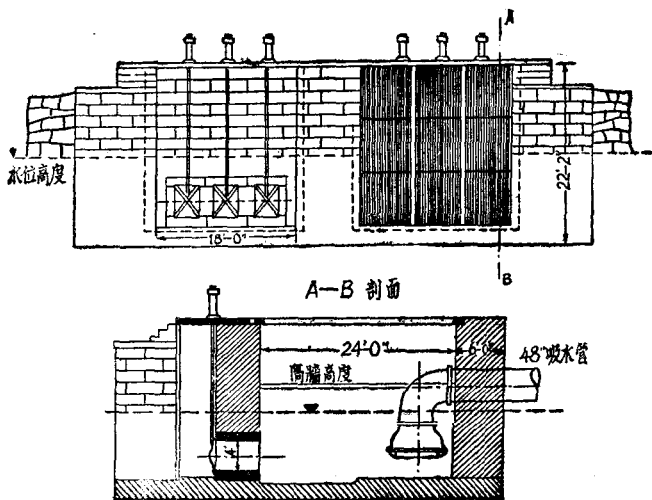
### 第一節 地面水之收聚

地面水之溫度，每隨氣候而變更，冬日過冷，夏日過熱，用作水源，兩不相宜，除非萬不得已，偶一用之耳，其水可分為三，即河水，湖水及蓄水池水是，若以之為水源，必先建築進水工程，其進水口應注意之點有二，(一)工程務求堅固而經濟，以最低之價格，作永久之事業。(二)水質務求清潔，魚蝦及漂浮等物，應以鐵木柵及鐵網等物攔阻之，而水管口亦不宜與河底過於逼近，至少在1公尺以上，藉免河底泥沙之吸入，其詳細結構，分論如下。

河中進水口構造——河川之水，每因其上段有繁盛市廛，或接近本城溝渠之尾閘，以致水質混濁，在有潮河段，則濁水雖在下段，亦且因潮上溯，而受污損，凡此皆為選擇進水地點時所不可忽視，據上海市公用局之給水規則第二章第八條之規定，地面水源上流十五公里以內，不得洩入未經製清之污水，下水道水，或傾入垃圾等廢物云，又河川兩岸，水流清濁，亦有參差，茲擇要如次，俾選定進水口地位，有所依據。

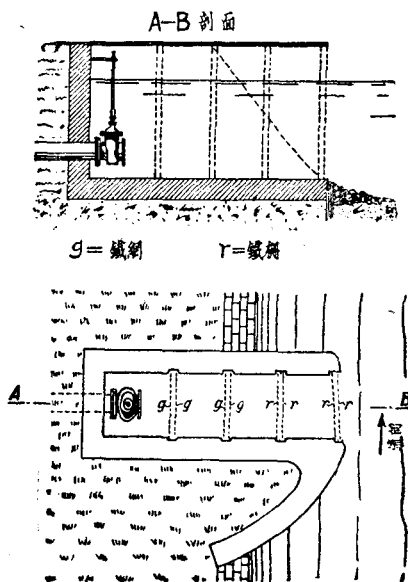


1. 河岸與河底，須極穩固。
2. 進水管應設在最低水位以下，并須伸入河中，以達流速較大之處。
3. 進水口應在都市及混濁支流入口處之上流，以愈遠愈佳。
4. 進水管口應掩以鐵網，以瀝除水中動植物，四周再加以鐵木之柵，以攔阻較大之浮游物。
5. 進水管之下，應築基礎，以免沉陷或移動，上覆以土，以防損壞。
6. 進水口應靠近水質較優之河岸。
7. 船舶停靠地點，及繼續淤漲之河岸，不得設置進水口。



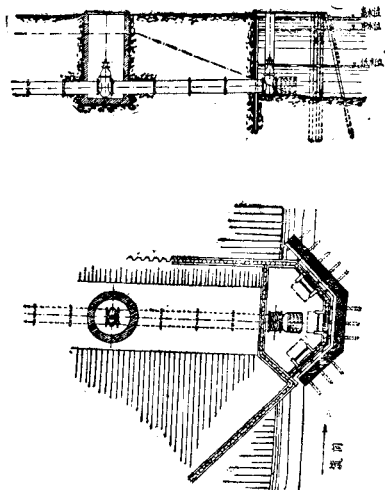
第 37 圖

在水位無甚變遷之河流中，其進水構造，至為簡單，可將抽水機臨河設置，沿河岸建石質駁岸一座，其後以混凝土或枕架為基，以承抽水機之吸水管，駁岸之前，應加浚深，兩側砌以翼牆，水門及木柵等建築，恆置其前，第 37 圖所示美國非勒特爾非爾城 (Philadelphia) 自來水之進水處，分為相等之二部，每部有進水門三(2.96' × 4')，可作垂直之啓閉，門外裝有鐵柵，48'' 直徑之鑄鐵吸水管由此引達抽水機，第 38 圖示小型自來水廠進水口構造情形，進水口以鋼板樁圍成，其上鋪蓋平台，向上流之翼牆，



第 38 圖

形成彎曲，使水中漂浮之物，如木材冰塊等，轉向而流，不致侵入口內，口內更裝有鐵柵鐵網四道，以資攔阻，鐵柵鐵網，均可由平台向上抽出，以便去污除淤之需，第 39 圖示水廠進水口，其構造與第 38 圖所示者相仿，在此以木柵攔阻水面漂浮等物，其內另

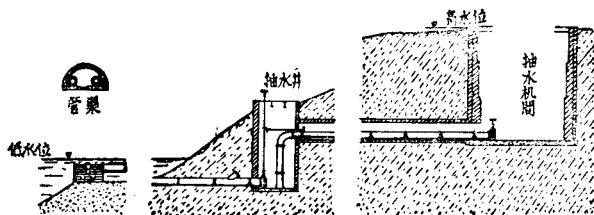


第 39 圖

設鐵網，再事清濾，駁岸以鋼板樁圍成，稍向河中突出，俾得適宜之水深也。

河中水位，如漲落之差甚鉅，則進水工事之計劃較難，因進水口必位於最低水位之下，而抽水機又不能離此水位過高，須在高水位之上也，普通用於地面水源之抽水機為低壓式，如用活塞

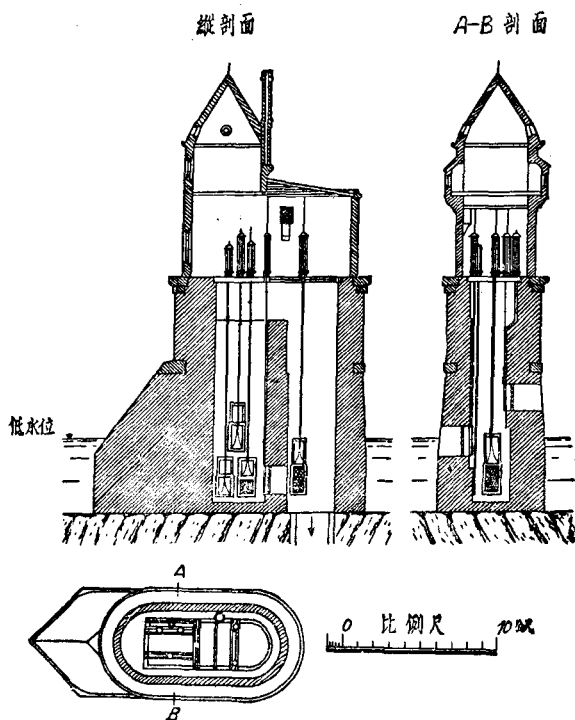
抽水機，則祇能吸取在機下 7 公尺以內之水，若用離心力抽水機僅能吸取 4 公尺。水面漲落在 7 公尺以外者，則應設活動裝置，如斜鋪鐵軌於岸邊，以變更抽水機之高度，而就水面，或將抽水機裝載船中，得以隨水上下，如漢口既濟水廠之進水船是。但此等設置，均非永久辦法，權宜則可。故最妥之策，莫如建造不滲水進水間，安置抽水機，使機位與最低水位間之距離，在抽水機能力之內，如上海閘北自來水廠及南京市自來水廠之進水間是也。如進水管過長，中途得酌設抽水井，而置抽水機吸水管於其內。第 40 圖示美國斯多本肥爾城 (Stoubenville) 之進水間構造，於喔海喔河中，設鑄鐵管二道，直徑各為 200 公厘，導水入抽水井，



第 40 圖

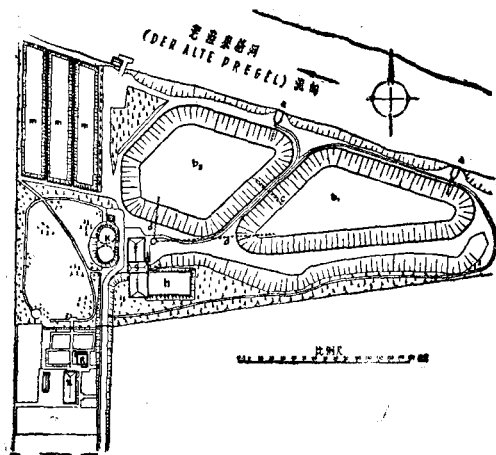
井深為 9 公尺，直徑為 4.5 公尺，抽水井之圍牆，由 7 公厘之鋼板圍成，外包磚牆，井底以混凝土搗成，由此設吸水管二道，入不透水之抽水機間，管徑各為 400 公厘，均置於管渠中，渠中留有餘地，尚可安裝 500 公厘直徑水管一道，以備他日擴充之需，抽水機之吸水高度，未曾超越 4.5 公尺，管渠及抽水機間，均屬

不透水之構造，抽水機間之牆垣，以磚砌之二圓環成之，中間以 5 公分厚，用 1:1 水泥漿填實之。吸水井中之水管開關，可由管渠中或吸水井鐵蓋上啓閉之。第 41 圖示美國聖路易斯城 (St. Louis) 自來水之進水塔，塔距河岸 450 公尺，進水口向河心，以避岸邊之污穢，塔之外面爲花崗石砌，內部由石灰石成之，進水



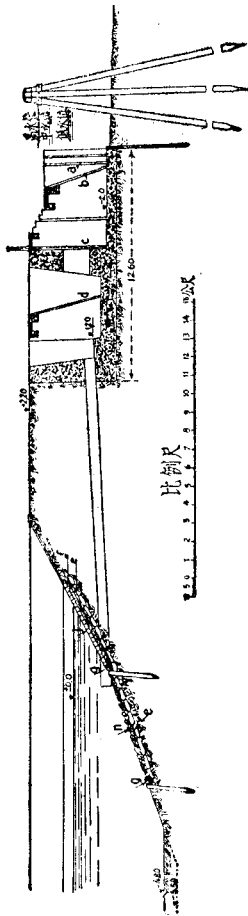
第 41 圖

口有鐵門司啓閉，下設水管，以達岸邊之抽水井，然塔工實施非易，因河底爲岩石層，加之水流湍急，每秒有 3 公尺之速率云。第 42 圖示德國克尼司貝城 (Königsberg) 自來水進水處設備，



第 42 圖

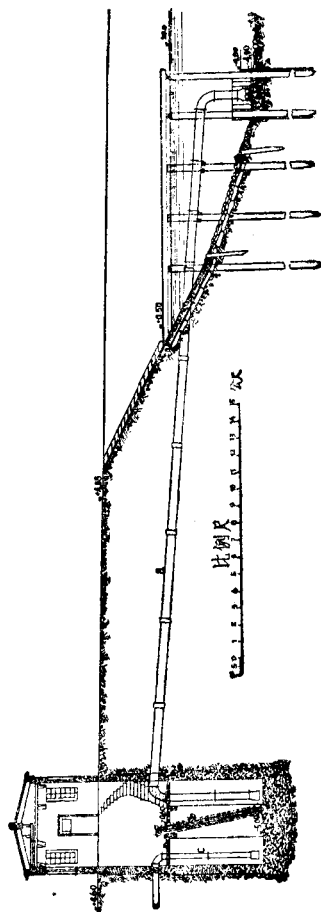
其工程自 1926 年動工，至 1928 年完成，進水處位於城之上流 2 公里老潑來格河 (der alte Pregel) 中，因河多曲折，恆起停留作用。進水處之水質，因而時受城市濁水之污損，有時海中鹽水，順潮上溯，使水質常鹹，礙難取用，爲特築有儲水池二所  $b'$  及  $b''$ ，深度由 4.0 至 5.5 公尺，容量各爲 35,000 立方公尺，兩池之水，足爲全城 7 或 8 日之用，圖中爲進水口。第 43 圖示其縱剖面，進水口由混凝土搗成， $a$  爲木板壩之槽，如有修理等情，則可隨時將室內與壩外水面隔絕，使之乾燥， $b$  爲鐵柵，柵條間之淨



第 13 圖

空為 20 公厘，以攔阻較大之漂浮物，*c* 為水門，可以隨時啓閉，位在水面之下，所以避浮物之入內，門下有檻，可以阻砂礫之內侵，*d* 為鐵網，網眼直徑為 5 公厘，較小之物，亦可攔阻，由此用

600 公厘直徑之木管，導水入儲水池，因其地不甚堅實，故應用木管，可謂最簡最妥者矣。第 42 圖中之  $d$ ，為儲水池與抽水井間之連結。第 44 圖示其縱剖面，圖中  $a$  為 500 公厘直徑之鑄鐵管，



第 44 圖



管端吸水口支於板樁間之混凝土塊上，抽水井之直徑為 5.0 公尺，井底之深以足使池水完全吸盡為度，井中設鐵網  $b$ ，中空 2 公厘，以攔阻小魚等物，鐵網有機械，可供旋動，以便去淤之需， $d$  為旋轉起重機，用以起運鐵網吸水管及開關之用。

**湖中進水口構造** 湖中進水口之構造，大致與河中者相仿，其優良水質之關係於波浪者至大，湖愈大，浪亦愈高，隨風之向，在靠岸處浪頭較高，於小湖中，浪之影響，能深達 5 公尺，大湖之中，則竟有深達 15 公尺者，此湖底淺處，泥土沙礫，所以恆為浪所掀起也。

湖水淺而湖底平坦者，其進水口之構造，可與河中者相似，因浪之關係，進水口地位，離岸邊恆遠，例如德之費利特利港 (Friedrichshafen) 自來水進水口，離岸邊為 1 公里，瑞士之日內瓦城 (Genf) 為 2 公里，美之布法羅城 (Buffalo) 為 2 公里。密爾窪基城 (Milwaukee) 為  $2\frac{1}{2}$  公里，芝加哥城 (Chicago) 為 6 公里，及克來佛蘭城 (Cleveland) 為 8 公里是也。

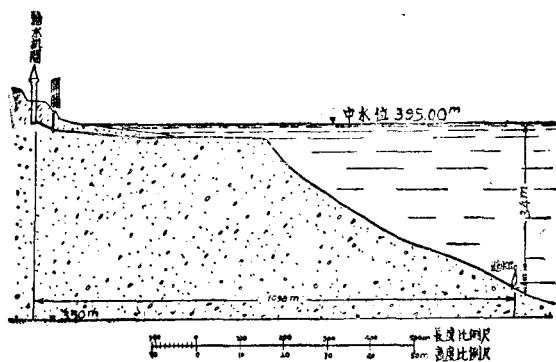
湖水深而湖底傾斜度甚陡者，為吸取優良之水質及保持適宜之水溫計，其進水口恆位於水面下 30 至 40 公尺間，而距湖底則在 4 公尺左右。

進水管有於湖底之下作隧道式，有於河底之上作水管式，亦有並用二式者，要視各地情形而酌定之，就大概言，隧道式進水

管，每用於規模較大之水廠，較小之水廠，咸用水管式，又因隧道式進水管，堅固安全，足以抵禦風浪，故常用於近岸之區，湖心之地，則以水深岸遠，激盪難達，爲經濟計，都採用水管，倘二者兼用，最爲合式，如美之密爾窪基城 (Milwaukee) 是也。埋沒水管，宜在河底開槽，深達一公尺餘，上以砂礫蓋覆，近岸之處，埋沒尤宜較深，以免爲浪冲刷。如在湖之深處，則可將水管平置湖底，無庸埋沒。此外亦有於湖底沿管路，設木樁或木架，以制水管者，水管平置處所，應禁止船舶之拋錨，至管路之裝設，大率先於水面裝配就緒，然後逐段下沉，應用鑄鐵管或鋼管均可，全視其經濟狀況而定。

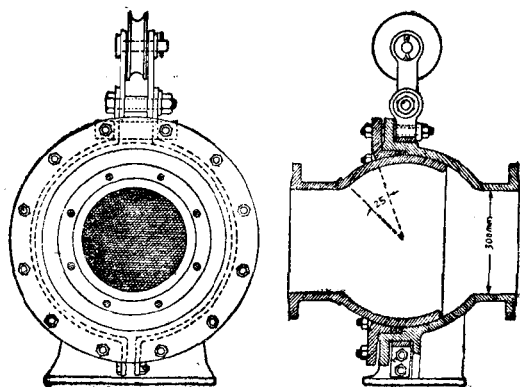
湖底隧道工程之實施，依地層之構造及水位之情形而異，如土質優良而不透水者，則易於實施，否則當應用鑄鐵或鋼料管架，以壓縮空氣，從事開鑿，然後由磚砌成適宜之筒形。

費利特利港，位於巴鄧湖 (Bodensee) 濱，其地自來水之進水口，距污水出口處，有 3 公里之遙，對於船舶航行之路，亦相隔甚遠，故可取得優良之水質，及適宜之水温，經多次測驗，中以水面下 34 公尺海底上 4 公尺處之水質，最爲合宜，(第 45 圖) 其處水質，無須加以改良，即可作爲飲料及洗濯之用。由進水口至抽水機間，爲 300 公厘直徑之長管，在水面裝就後，再行下沉海底，如欲適合海底各種坡度計，管與管之連接處有關節，其構造



第 45 圖

如第 46 圖示，每關節由平接圈 (Flänschenstück) 二枚，及球形管頭連合之，可向任何方，作  $25^\circ$  之旋轉，如管路之長者，則於關節之所費，定屬不貲。為節省經濟及利於管路下放海底起見，於是不得不將兩關節之距離加長，而放棄應用鑄鐵管。因鑄鐵管之

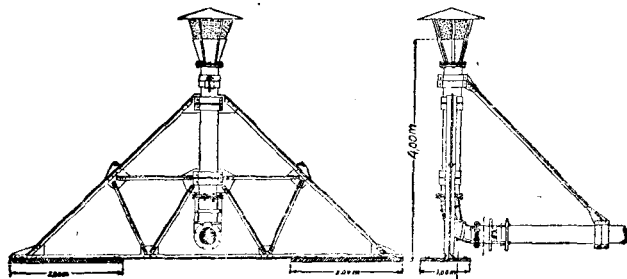


第 46 圖

長度，僅 4 至 5 公尺，且水管於海底，如受支不均，易起破裂之虞，再安置極重之鑄鐵管，爲事既難，所費亦鉅，不若應用較輕水管之爲經濟。職是之故，遂採用無縫鋼管，管長爲 10 至 15 公尺，兩關節間有水管兩節，全長共須 47 關節，兩關節之平均距爲 22 至 25 公尺。

安置水管，由岸邊起，漸向海中伸出，每節之裝配，亦由岸上行之，然後浮於舟旁，輸至規定地點，與水面上管路之終端相接連，使逐漸下沉海底，兩節間之轉移，以不超過  $20^\circ$  爲原則，管路下沉時，各關節均懸於鐵索上，法用搖轉機將鐵索逐漸放鬆而下沉之。

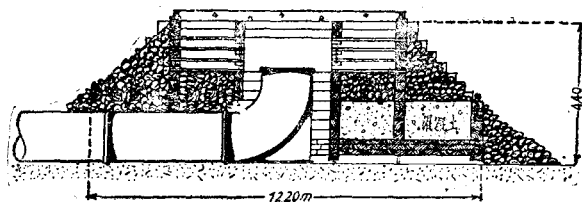
進水口裝設濾口，由鍍鋅鐵板成之，上開 8 公厘之圓孔若干，孔口面積，使爲水管流水面積之 3 倍，即  $3 \cdot \frac{\pi \cdot 300^2}{4}$  平方公厘是也。濾口上有蓋頂，以免較重沉澱物下沉時之混入，濾口之下，爲垂直水管，與水平水管彎成直角相接，第 47 圖所示，卽其



第 47 圖

概要。謀濾口於海底地位之安全計，設三角形桁構鐵架以支持之，下設木板兩塊爲底，共有面積  $4m^2$ 。此濾口，鐵架，及水管等件，亦於岸上裝就，然後下沉。

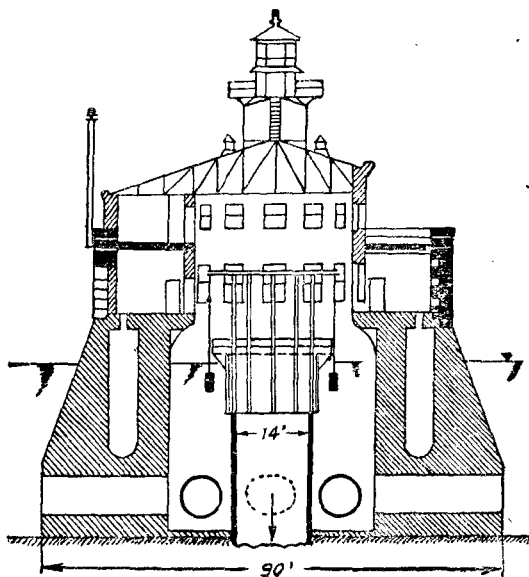
美國密爾窪基城自來水進水處之構造，半係隧道，半係水管，水管爲鑄鐵，直徑 1500 公厘，其進水口結構，如第 48 圖所示，縱橫疊木成架，內灌混凝土，外以塊石護之，進水管口即彎入



第 48 圖

架中，木架之上，另設木柵蓋頂，木條爲  $5/30$  公分，兩木條間之淨空爲 5 公分，其流水面積爲  $18m^2$ ，合水管流水面積之 10 倍，此項木架中水之流速，以不得超過每秒 10 公分爲準。第 49 圖示美國芝加哥城之湖水進水處構造，其工程自 1915 年動工，1918 年完成，距湖岸約 6 公里，進水口位於水面下 11 公尺，湖底上 1.5 公尺，其構造原爲鋼製大小圓筒二段，以鋼料作放射式之連結，及其沉入湖底後，中灌以混凝土，四周設進水口八個，面積爲  $8 \times 10$  呎，其流水面積約爲隧道流水面積之 3.8 倍，流速每秒爲 1 呎，隧道位於水面下 125 呎，地層爲岩石，工程費共計二十萬

美金云。



第 49 圖

蓄水池構造——溪澗之水，盈涸靡常，無可作為自來水水源之用，是不得不擇地築壩，蓄其潦時盈餘水量，備為旱時之需也，蓄水池之容量，須視乎水之需要與供給情形而定，二者參差愈甚，則所需之容量亦愈鉅，故蓄水量當根據(1)溪水逐月供給量，(2)城市逐月用水量，及(3)蓄水池之效率為標準，如乾旱之地，年雨一二次，欲儲此一二次之雨水，作為全年之用者，則蓄水池之量，勢必廣大，在中歐諸國，儲三四月之用水，已足應用

矣。

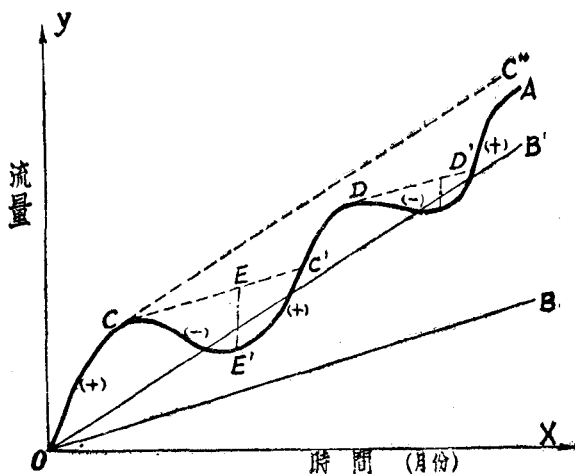
凡城市發展迅速之地，所備蓄水池之量，亦以較鉅為宜，因蓄水池除用於給水工程之外，有用於灌溉者，有用於水力者，有用於減善低水位，以利航行者，有用於降低高水位，以防洪水泛濫者，此蓄水池之責任，所以在調節水量，勿使過度或不足，而常維持其平均水位，永為人類之利源也。

(一)決定蓄水量 溪澗流量，逐月不同，對於各時之流量，須經長時間之觀察，而得連續若干月之最大最小流量，在此流量中，再除去池內之蒸發及滲漏量，他如有為灌溉或水力或放入下流之需者，亦應逐月扣除，遂得逐月之淨流量，就此等逐月淨流量，可以列成表格，而計算水池應有之容量，或將其數量，依次遞加，作為圖解法之預備，其法詳次：

以方格紙劃縱橫坐標系，定橫軸  $OX$  示時間，縱軸  $OY$  示淨流量，作池中淨流量之曲線，此曲線若連亘數年，如第 50 圖中之  $OA$  線，是謂供水線，再將城市之需水量繪入，如圖中之  $OB$  或  $OB'$  線，是謂需水線，於此二線之關係，可以申討如下。

(1)若供水線各點切線之坡度，均較同時間之需水線坡度為大時，即示水源於任何時間，均供過於求，縱無蓄水池，亦足應用。

(2)若供水線上某一處之切線坡度，較需水線上同時間之



第 50 圖

切線坡度為小時，即示水源於其時有供不應求之勢，應築蓄水池，以資調節。

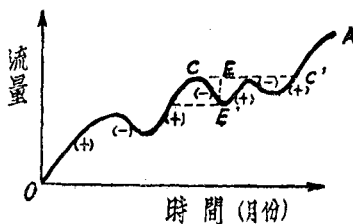
(3) 於供水線上各隆起之頂點，作需水線之並行切線，若此等切線，與供水線有第二交點者，如圖中之  $CC'$  及  $DD'$  線，則水源經蓄水池調節後，即可敷用。

(4) 於供水線上隆起之頂點，作需水線之並行切線，若此切線與供水線無第二交點者，如圖中之  $CC''$  線，則水源為供不應求，雖建蓄水池，亦屬無濟於事，如需水線因時令關係，用量不等，而非直線，致圖中之供水線及需水線，均成曲線，則蓄水池應需之容量，決定較難，便簡之法，惟有將上項兩條曲線間之距



離，各處量出，再作與以前同樣之坐標系，各就其應在之地點，繪入圖中，得若干點連接各鄰近之點，成一曲線，此線即供水線，其需水線，與橫坐標軸相疊合，如是則各點之水平切線，即各點與需水線之並行切線也（第 51 圖）餘法與前同。

蓄水池應有之容量，可就此二圖決定之，即就  $CC'$  或  $DD'$  等所張之弓背上，最大矢距，即示其應有之容量，如  $EE'$  是。建造蓄水池後， $OC$  在時間內，因有餘水儲



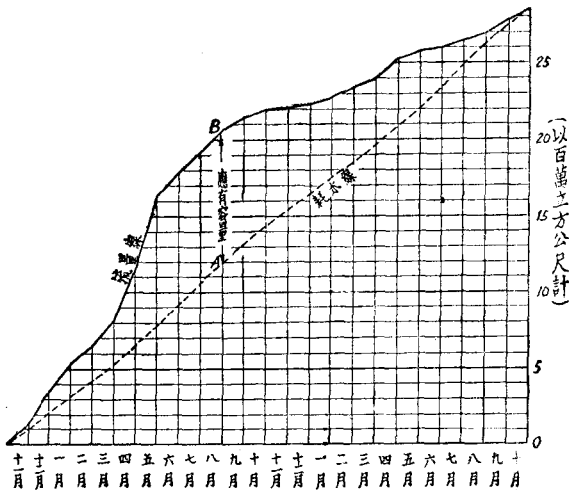
第 51 圖

入池中，故以 (+) 示之，一逾  $O$  點，供水線坡度，由正而負，水量徒有耗失而無增益，其時城市之需水，惟池水是賴，故以 (-) 示之，至  $E'$  點所在之月，池水用罄，再自  $B'$  點以至  $C'$  點，水源之供給又旺，不但無慮竭蹶，且可以餘水儲池使滿， $C'D$  一段水量，並因池量難容，而致溢出茲舉例如次：

某溪之流量，在壩址附近，每年平均為 14.7 百萬立方公尺，在極旱極潦年份之流量，其平均數當與 14.7 百萬立方公尺相近，現潦年之流量為 22.0 百萬立方公尺，旱年為 6.8 百萬立方公尺，其平均流量為 14.4 百萬立方公尺，再除去其蒸發滲漏及放入下流之水量，所剩餘者，即可供給水用之量。蒸發量依水面

之大小，及氣候之寒暖而異，大概以夏季為最多，冬季最少，池底滲漏，本非所許，即或有之，為量亦少，普通恆忽視之，為安全起見，則可以每月 6000 立方公尺計之，至放入下流之水量，當與下游居民，另具約定也。

此 14.4 百萬立方公尺之水量，設欲完全利用，則可按月作適宜之分配，并將逐月需水量蒸發，滲漏及其他損失量之累積繪成坐標圖，先潦年而後旱年（第 52 圖）如在十一月底為 1.05，十



第 52 圖

二月底為  $1.05 + 1.15 = 2.20$ ，一月底為  $2.20 + 1.05 = 3.25$  百萬立方公尺等是也，接連其各點，遂成耗水線 (Verbrauchslinie)，再按各月流量之累積，繪成流量線 (Zuflublinie)，兩線間之最大

垂直距離，即為蓄水池應有之理論容量，如圖中  $AB$  之長，為 8.8 百萬立方公尺是也，惟取水之口，應在水面下，至少為 6 m.，池底上至少為 4 m.，因此應增加其容量 0.4 百萬立方公尺，故蓄水池應實有之容量為 9.2 百萬立方公尺，約為溪水每年平均流量（14.7 百萬立方公尺）百份之六十二，觀上例，可知為供給水用之蓄水池，其容量當不得小於每年平均流量之 50% 至 60%，如求安全計，假定潦旱兩年，相繼而起，則其容量至少應為每年平均流量之 75% 也。

（按耗水線包括需水，蒸發，滲漏及其他消耗，流量線包括淨流量，蒸發滲漏及其他消耗，故耗水線與流量線之距離，實與需水線與供水線間之距離相等也）。

（二）決定蓄水池地址 蓄水池之建造地點，應適合下列各條件。

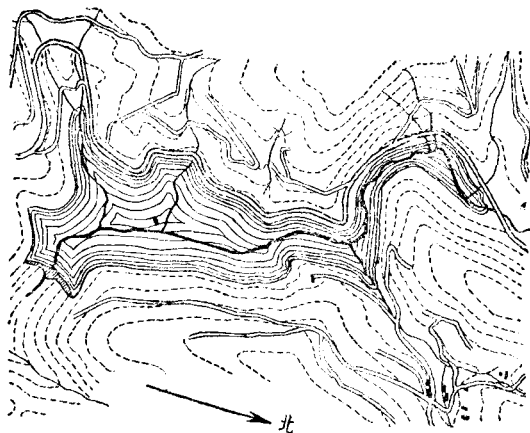
（1）地點不可距離城市過遠，池內水面高度，應使足供城市各處，以充份之壓力。

（2）壩工應建於適宜基礎上，並在山峽之石壑崖下，冀減壩長而省工程（第 53 圖）。

（3）池內地層，不得滲水。

（4）池深不可過淺，以免滋生雜草及增加蒸發。

（5）附近應有適宜之料物，以供建造。



第 53 圖

(6) 池周附近，須禁止有害衛生清潔之行動，並擇人口稀少之處為宜。

(7) 上游流域面積，應有相當闊廣，俾得充分之水源。

(8) 壩之上流流域內，不得施用人獸排泄物，作為農田肥料之用。

(9) 上流之地，應植森林，俾免入壩之水，過於渾濁，以致清滌不易。

(10) 壩基附近，不得有支流之匯入，以其地貼近進水口，應使池水穩定澄清，而得優良之水質。

上述各條，如能完全符合，方為適宜建造蓄水池之地址，如同時有若干處所，可供建造蓄水池者，則應將各該處所之情形，

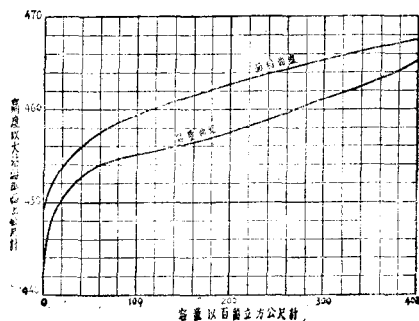
詳加考慮，如將建造費用，建造時間，水質水量，高低安危難易及優劣各點，一一比較之，然在工程上恆不以最低價格為標準也，壩址既已勘定，應作一度之精密水準測量，以定池位與城市之準確差數，再將蓄水池附近地形，詳細測繪，製成等高線圖，以定池之容量與壩高，引水管所經沿路地形，亦應測成詳圖，以定途中鑿洞架橋等工程，全部建造費用，由是定奪，購地之資，亦可由圖中量出。

蓄水池之容量，可自其等高線圖量得之，應用量積儀量取各等高線間之面積，而以計容積公式，計算其容積如次：

$$Q = (F_1 + 4F_2 + F_3) \cdot a$$

式中  $Q$  為  $F_1$  至  $F_3$  間之容量， $F_1$ ， $F_2$  及  $F_3$  為相鄰三條等高線所圍成之面積， $a$  為等高線之高距。

再將所得各數，以高度為縱坐標軸，以容量及面積為橫坐標



第 54 圖

軸，繪成蓄水池之容量及面積曲線。第 54 圖示永定河官廳水庫容量及面積曲線，池內水位於任何高度，其容量及面積，可於圖中一覽便得，壩之高度，亦由是決定。

容量既可算得，但池內常因水停積淤，池底爲之增高，縱能設法放出，然平時池量，每因此減小，再池內積水，雖在旱，亦不能使之乾涸，是以普通在壩高十五分之一之底部，不計其量也。

(三)壩身構造 壩之爲用，即在阻遏水流，積儲爲池，故需縝密而不透水，堅固而不坍倒，壩之種類不一，可按其所用之材料，而分爲下列數種。

(甲)石壩

(乙)土壩

(丙)鋼筋混凝土壩

(丁)木壩

(戊)鋼鐵壩

(己)碎石壩

茲將上列諸壩擇要分述如下：

(甲)石壩

上列各壩，其最常用者爲石壩及土壩，石壩僅可建立於堅實之地基上，即僅 6 至 10 公尺之矮壩，亦須有鞏固之地層，至高壩

則祇得豎立於岩石層之上，石壩較土壩，有下述優點：

穩固性大，計算準確，持久耐用，裝設水管，可較土壩為安全，壩頂溢水，亦可無損壩身，凡三十公尺以上之高壩，幾無不用石砌者矣，造價之高下，應依其地產石或多土為準，此廉彼昂，恆無一定。

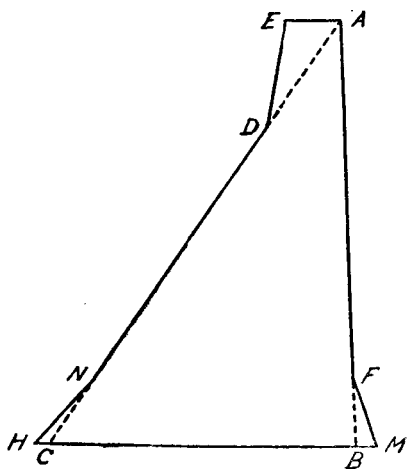
石壩之平面圖，概係圓弧形，壩身猶如彎拱，受支於兩端岩石上，稍帶彈性，即受水壓及日曬夜露等作用，可無裂縫，而得隨時伸縮，壩身既係拱形，故有增加對於水壓之抵抗能力，然於力學計算時，則每每忽視，僅作為增高其安全率而已。

任何壩身，應具備下列三種條件：即於受水壓力後，不得滑動，不得推倒，壩身及地基各處之壓應力，不得超越其安全壓應力是也。壩身剖面形式，恆依後者決定之，其由是而得之結果，對於壩身之被推倒，已無問題。至於滑動之阻力，應按石縫之構造，灰漿之成份，基礎之高低，及壩身入岩石層之深度而定。

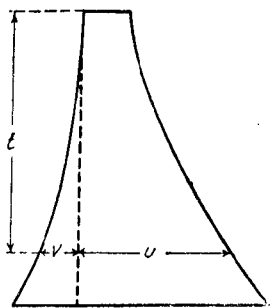
按諸林克氏 (Link)，石壩之剖面基本形式為三角形，其頂點與最高水位等高。石壩之力學計算，應由此三角形出發，凡高壩之在 40 公尺以上者，當於其兩底角處展闊，成二個壩底三角形，以減少壩基緣邊壓應力。他如壩頂之寬，至少應有 3 至 4 公尺，因須加一個壩頂三角形也。如壩頂尚有溢口之設置者，則壩頂並非各處等高，而成凹凸之形。石砌壩之基本形式如第

55 圖所示，合四個三角形而成，即  $ABC$  為基本三角形， $ADE$  為壩頂三角形， $BFM$  及  $CHN$  為二個壩底三角形是也。

此外馬爾握氏(Molesworth)對於石壩之基本形式，亦有近似公式如次：(第 56 圖)。



第 55 圖



第 56 圖

$$u = \sqrt{\frac{0.176 \cdot t^3}{k + 0.106 \cdot t}} \quad (\text{但須 } u \geq 0.6t)$$

$$v = 0.0031 \cdot \left(\frac{t}{k}\right)^4$$

式中  $k$  為壩材之安全壓應力，以  $\text{kg}/\text{cm}^2$  計， $t, u$  及  $v$  均以  $m$  計。



壩材之安全壓應力  $k$ ，因取材及膠泥之優劣而有大小，其值可按照下列之規定：

混凝土	$k \cong 8 \text{ kg/cm}^2$ .
普通石灰石	$k \cong 10 \text{ kg/cm}^2$ .
上等石灰石用上等膠泥砌	$k \cong 16 \text{ kg/cm}^2$ .
花崗石用超等膠泥砌	$k \cong 20 \text{ kg/cm}^2$ .

### (乙)土壩

土壩之優點，在各種堅實及不透水之地層上，均可建豎，故凡地下岩石層之在深淵者，及附近地面上無優良岩石可供應用者，均以選擇土壩為宜；低矮土壩之造價，可較石壩為賤，但於 30 公尺以上之高壩，則土壩石壩之造價，恆有比較之價值，如壩基附近，產有適宜之石料及砂礫，用廉價可得者，壩基地層係岩石所成，足以荷担壩之重量者，則以建造石壩為宜，否則以採用土壩，較為合算。昔者咸以為土壩高度，僅可達 20 公尺，今知不然，如英美兩國建造土壩，竟高於 40 公尺者，為數甚夥，德國近亦建有土壩，高度竟達 60 公尺云。

石壩剖面之形式，概由計算決定，前已言之，但土壩則恆依慣例及經驗，而規劃之，壩頂之寬，可按其需要酌定之，如兼作道路用者，可取 7 至 10 公尺之闊，此等尺度，雖高壩亦足應用，如壩頂非為道路用者，則其寬度，可照下式得之：

$$b = \frac{1}{10}h + 3$$

式中  $b$  爲壩頂之寬， $h$  爲壩高，均以公尺計。

凡壩之愈高者，其壩頂應亦愈闊，蓋使其有充分之安全性，以抵抗潮浪之擊蕩，冰塊之剝蝕也，且高壩如遭坍塌，損害必大，故其安全率亦應較高，自在意中，但壩頂寬度之在 10 公尺以上者，非有特殊原因，決不採取。

壩頂之高，應達最高水位之上若干尺度，以免壩內之水，超越壩頂而流，冲刷壩身，使成缺口，壩之低者，及壩內水面之小者，恆取壩高在最高水位之上 1 公尺爲已足，但高壩及廣闊之水面，以壩之向風者爲尤甚，則壩頂須在水面上 1.5 至 2 公尺。

土壩坡度，於臨水之面，應爲 1:2 至 1:3 之間，依所取土質而異，壩之下部，爲水所侵入較深，并愈下其荷重亦愈大，爲避免崩陷計，故於背水之面，其坡度不得較 1:2 爲陡，坡度之坦於 1:2 者，可不需要堤戩(Bermen)，但陡坡之處，則以設有堤戩爲宜，蓋壩身既得穩妥，復便行走，兼利修繕工事，堤戩應設於 1:10 至 1:15 之縱坡，以資排洩雨水也。

工程取材，應以就地爲原則，故於決定壩址之前，應將其附近土質，詳加研究，是否適用，築壩最宜之土，應有勻淨之組織，及泥沙之攪和，而無滲水之徵象。單純黏土，非適宜之材，因其乾時呈龜裂，濕時有崩陷之虞；單純沙礫，亦非所宜，因其透水過

速。故最合宜之土質，爲粗砂與黏土之混合物，使粗砂之孔隙，適爲黏土填滿爲止。所需黏土之量，約爲 25 至 30%，如於築壩時，層層以石灰漿澆灌，則可更形結實無縫。

土坡之保護，在臨水之面，因有潮浪及冰塊侵襲，其下部可拋填 40 至 50 公分大小之塊石，上部則以鋪砌 30 公分大小之石塊彈面爲宜，下設 25 公分厚之碎石層爲底，石塊應用水泥漿砌，并灌實之，壩頂亦可設彈面一層，但低矮之壩，用草皮一層爲已足，背水土坡，如較 1:15 尤爲平坦者，則爲防止雨水冲刷計，可植草皮一層，以資保護，但較陡之坡，終以鋪砌彈面爲宜也。

美國西部及墨西哥等地，常用灌泥法 (Spül Verfahren) 築壩，因壩之高大者，如仍用堆泥法 (Schüttmethode)，則需時久而工價昂，故恆採用灌泥法也。其法於就近山脚，控取泥土後，即噴水拌和成泥漿狀，先於壩之坡面地位，將石礫或塊石推成矮礮，然後以此泥漿流灌入兩礮之中，其高及礮時，依其坡度，再築一礮，繼續灌泥，如是進行，達其應有之高度而止，土中因含有水量，故其工堅實，而水復得由兩側之石礮流出。如美國之太勒壩 (Tylerdamm)，長 176 公尺，高 9.8 公尺，應用土方 18000 立方公尺，臨水之面，其坡度爲 1:3，於半高處尙有堤戩一道，其寬爲 1.2 公尺，背水面之坡度爲 1:2 (第 57 圖)，灌泥所用水，由山谷中以 150 公厘直徑管子引至取土地點，尙有 7 氣壓之水



第 57 圖

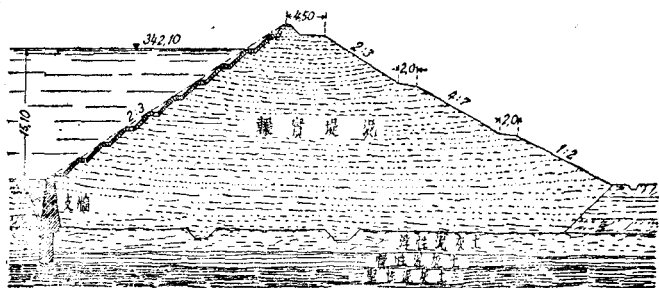
壓力，經噴水口射出，土質含 65% 黃砂及 35% 黏土，於築壩前，先就壩址中央，挖溝一道，闊 1.2 公尺，深 1.0 公尺，將黏土填實之，藉免基地之透水也，後於兩側坡面，堆石成壩，其中灌以泥土，用 325 公厘直徑之鎔鐵管，由取土地點，流入壩中，全部工程連同一切設置，僅費 5000 馬克，合每立方公尺泥土，約 28 分尼也。

按諸美國工程師之豫料，應用灌泥法築壩，可築成高達 75 至 90 公尺之高壩，如就地土質適宜及有充份高度者，則工程費可以極省，他如時間之經濟，壩身安全性之高大，在在均出堆泥法之上，故灌泥法對於築壩築堤之前途，其發展正未有艾也。

土壩主要，在不滲漏，欲達此目的，必須應用不滲水泥土築成。但不滲水泥土，非隨處可得，乃有不得已用稍滲之泥土，而加以補救者。補救之法維河，即分壩身為兩部份，防水部分及荷力部份是也。其構造法則各國不同，德國諸土壩，大率均較低矮，法英美等國，則土壩之高達 40 餘公尺者，常見不鮮，而其防水構造亦互異，茲分別略述如次：

## (1) 法國式

法國工程師，以水不得滲入壩身，故其防水構造，即築於臨水之坡度上，防水之材，或以石塊用水泥漿砌，或為混凝土層，或為受石砌保護之黏土層，或為受石砌保護之石灰澆灌泥土層，於臨水一面之坡度為1:1.5，有坡有戩，成梯級狀，所以便利修理也，防水部份，與壩基不透水地層之連接，尤關重要，故特設支牆一道，作為石砌坡度之基礎。惟法國式之土壩構造，如所填泥土，稍經沉陷，則防水部份，即起裂縫，因其由混凝土或石砌成也，惟是項劣點，可以設法改善，法就壩坡上搗成3公尺見方之混凝土板，兩板之間，留隙縫約3公分，縫中下部填以泥土，上部則以水泥漿彌實，第58圖示其構造之大概也。

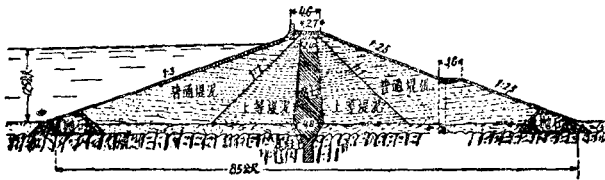


第 58 圖

## (2) 英國式

英國式土壩，其防水構造，於壩之中，設黏土核牆，底達不透

水地層，第 59 圖示其例，臨水一面之坡度為 1:3，下部以 30 公



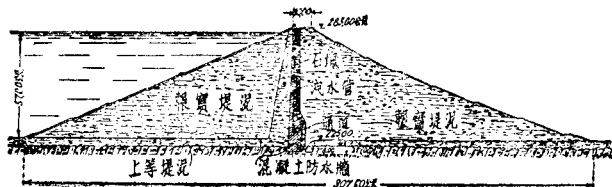
第 59 圖

分厚之石砌層掩護之，更設拋石為基礎，上部以 45 公分厚之石砌層，抵禦浪擊，黏土核牆，上厚為 2.4 公尺，下厚為 4.8 公尺，設混凝土基，厚 1.5 公尺，鑲入石槽中，混凝土基與核牆連結處，為槽形構造，故壩身雖稍有走動，亦可以不致漏水，背水之面，其坡度為 1:2.5，中部尚有 3.6 公尺闊之堤戩一道，坡與戩均舖以草皮，為便利排洩土壩中之滲水計，更於堤戩之下，設水平洩水管上下各一道，另置垂直水管，互相連接，核牆為純粹磚土所成，先用機器搗和，然後運至施工地點，輾成純一之質料而應用之，核牆兩旁之堤泥，不得含有石塊等硬性雜物，須審慎將黃沙黏土作適宜之拌和，成上等堤泥，但於其他部份，則間含石料，亦所不計。

### (3) 美國式

美國式防水核牆之地位與英國式同，恆置於壩之中央，但非係黏土所成，而採用磚石砌成或混凝土搗製之，外面再粉飾不透

水之水泥漿層，以達其防水目的，為絕對避水起見，美國亦有數壩，以鐵板為核牆者，惟其價昂，用者尚鮮，第 60 圖示美國蘇板谷土壩 (Sorpetalsperro) 防水牆構造，壩之上流，其流域面積



第 60 圖

為 51.5 平方公里，全年平均流量為 34 百萬立方公尺，壩之儲水量為 81 百萬立方公尺，於三年後方得一度儲滿，與德國魯爾區域 (Ruhrgebiet) 諸壩不同，後者每年盈滿一次，故蘇板谷土壩，有將歷年盈餘之雨水儲入，以備極旱年之用者，如 1911 年是也，壩中之防水牆為混凝土搗成，因其壽命長久，防水能力強大，工費時間，兩得經濟，壩頂之寬為 10 公尺，中有鋪石之車行道，兩旁為人行道，臨水之面，坡度為 1:2.25，背水之面，坡度為 1:1.5 自壩頂始，然後愈下愈形平坦，至壩底為 1:3.25，土壩兩側之坡面，每隔 8 公尺高度，設 2 公尺闊堤戩一道，由壩基起算，壩高為 59 公尺，壩基之闊為 307.5 公尺，臨水壩身之半，深達石層，另設上等堤泥為之防水，坡面上部用石砌，下部為拋石，以混凝土為格骨，藉資穩固，如是對於浪擊，可以障避，防水牆為混

土搗成，因欲便於觀察其內部計，在防水牆中，設有通道，滲透之水，洩入其間，防水牆之總高度爲 69 公尺，下闊爲 4.0 公尺，向上漸薄，至牆頂僅爲 1.25 公尺矣。

### (丙)鋼筋混凝土壩

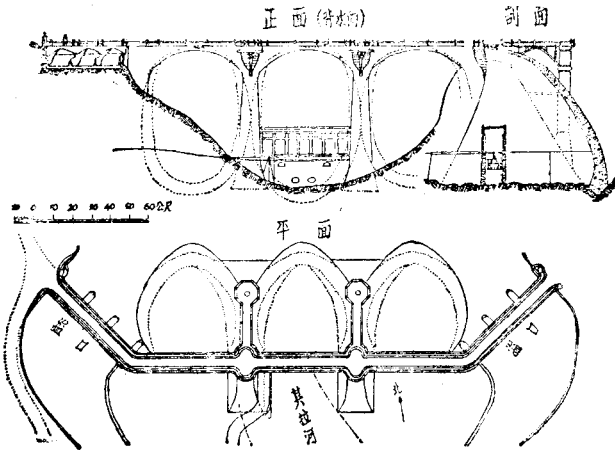
爲節省材料及減輕自重起見，壩工有應用鋼筋混凝土者，此不特可承受較高之壓力，亦可承受相當之拉力，且其取形容易，建造迅速，優點良多，故近來採用者，已不在少數。

鋼筋混凝土壩身，係傾斜之支牆式構造，牆之傾斜度約爲 1:1，下達不透水之容石層，兩側接連山坡，後有肋牆支撐，就構造言，已極穩固，惟對於費用是否經濟，則殊有研究之必要，以其用材雖省，而所費較昂，工作雖少，而工資較高也。

爲求工程費用之經濟計，如壩址下之岩石層較深者，則不妨將肋牆之數減少，而兩肋牆間之壩身成拱狀構造，此等方式，近 30 年來，美國已有大批壩工完成，至其安全性之究屬若何，則是類壩工，迄今尙無推倒及崩潰等事發現，但石砌壩則恆有之。

今以美國 1929 年落成之柯力支壩 (Coolidge Staumauer) 爲例，壩高 76 公尺，長 177 公尺，池之儲水量爲 1,500 百萬立方公尺，足以灌溉 40,000 公頃之田畝，壩身由 3 拱成之，中設肋牆 2 道，兩側再與山坡相支撐，第 61 圖示其形式，此不特可以減低造價，且可增高其安全性，較之石砌壩爲尤甚云。





第 61 圖

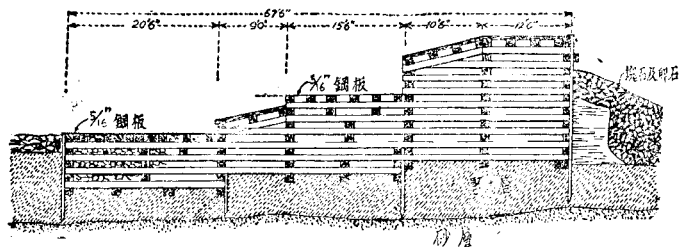
可力支壩之肋牆，約成三角形，兩牆相距 55 公尺，牆脚厚 18.30 公尺，漸上漸弱，牆頂僅厚 7.30 公尺，底基處之牆長為 87 公尺。

壩身為雙彎拱，向下流傾斜，所以免壩身之滑動也，拱厚之自心中起，漸向兩側漸厚者，乃欲維持其安全應力耳，拱身肋牆，均設鋼筋，且與其下岩石層相勾結，故全部工程，遂成一致，拱身混凝土之成份為 1:2.5:2.8，肋牆為 1:3.3:3.2，共需混凝土 15 4,000 立方公尺，全部造價為美金 4,500,000 元，自 1927 年十一月動工，至 1928 年十月完成，其施工之迅速，竟出人意料之外。

(丁)木壩

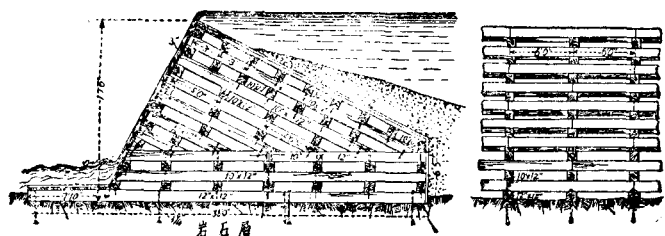
木料之構造物，設常浸於水中，則其壽命亦可長久，但較諸其他材料，遠非所及，故木壩之用，以臨時性質者居多，如以永久之設置，費用過大，一時不易籌措者，或為用僅及一時者，則咸採木壩。

木壩基礎，可較簡便，但恆建於岩石層或卵石層上，縱橫疊方木為架，中實泥土及石塊，使不滲透，如基地鬆軟，則可拋填石塊，使之堅實，或用樁基及板樁，以防漏水也，如基地為岩石層，則木架與岩石，應行勾住，勿使移動，壩頂概須傾斜，下設梯級，以殺水之位能(Energie der Lago)。第 62 圖示木壩，長 497 英



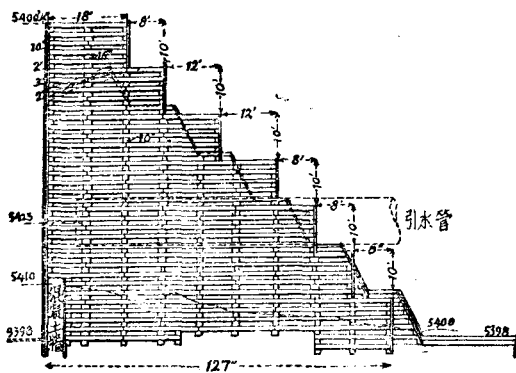
第 62 圖

尺，木架之縱木為 12×12 英吋，橫木為 10×10 英吋，用螺釘旋緊，中實以塊石，梯級之面為鋼板，所以禦冰塊之流注故也，壩之壽命，估計之，約可達五六十年之久，工程費用僅及石壩之 60%，共費美金 120,000 元云。第 63 圖示木壩，壩基為岩石層，壩身應用螺釘與之勾結，木架之縱橫木料，均用 10×12 英吋，中實石



第 63 圖

塊，木架之後，堆填泥土，以阻其滲漏，第 64 圖示一高木壩，由低水位至壩頂之高度為 56 英尺，壩基係泥土，設混凝土牆一道，厚 4 英尺，高達原有水位之上 6 英尺，其他挖土部份，均經還土夯實，木架用  $10 \times 12$  英寸松木疊成，中實以石，其他結構，可於圖中見之。



第 64 圖

為蓄水用之壩，其壩身受水壓後，當安全穩固，不起傾倒移

動等象，對於修補工作，尤宜方便進行，爲特增添設置，當於此分別申論之。

### (1) 輔池

蓄水池於修理時，應將池水放乾，但供給水之源，不可片刻或斷，故於蓄水池之上谷，常設輔池，以備不時之需，當蓄水池水乾涸時，輔池之水，可作臨時之替代。此外因溪澗之水，富有石礫，泥沙等質，爲減少蓄水池中之沉澱計，亦有設置輔池之必要。蓋溪水先入輔池，即放棄其雜質，繼再流入蓄水池，則水質可較澄清。輔池略淺，泥沙石礫，運取自易，其尺度可按就地情形而定，不必過於寬大也。

英國常於同一山谷中，前後設立若干水池，如宜特河 (Nidd River) 上之蓄水池，爲供白拉福市 (Bradford) 給水之用，上下共有三壩其最上二壩，爲造成二輔池之用，故相距甚近，第三壩則設在 10 公里之下流矣。

### (2) 引水及洩水設備

充飲料用之水，既不宜取諸於水面，又不宜汲諸於水底，最適宜之水，當取諸中部，因其質潔而溫度適中也，池中水位，常依時令而起升降，故壩之高於 40 公尺者，應隨水位之變遷而升降，其引水口，爲特設置引水塔於水中，塔中置有豎管，管壁設有高下不同之引水口若干，各備門牖，以司啓閉，故可取得任意水深

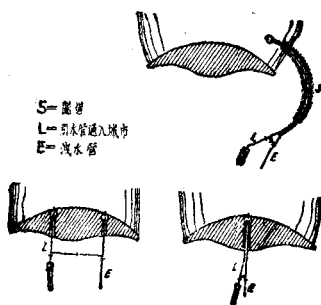
之水源，但壩之較 40 公尺低者，則可無此需要，因此等淺水，大概距水底 4 公尺左右為最佳水源之地也。

為安全計，引水管應設雙重，則一管偶受損壞，他管尚可繼續工作，使給水事業，未或稍阻，引水管或經壩身，或穿山坡，由水池導出，以達城市，在土壩則恆用後法，以其較為安全，如經石壩，在 500 公厘以下之管徑，可將兩管，同置一渠中，管徑如屬較大，則以兩管分置為宜，且兩渠亦應有適宜之距離，此皆謀壩身之安全也。

為節省水管及穩固壩身起見，亦有將引水管同時權作洩水管之用者，其普通排列法，如第 65 圖所示，就此三法之中，擇一取用，或將二法合併成之。

### (3) 溢口

池中水位愈高，則壩身之受壓亦愈大，欲謀壩身之安全，不得不使池水有一定之最高水位，如超越此最高水位，則池水得以自由從溢口流出，是故溢口實為壩身安全之保障也，其地位有下列數種：



第 65 圖

(a) 沿壩頂設置溢口。

(b)於壩之兩側山坡設置溢口。

(c)設溢水井於山坡上。

(d)虹吸設置。

如洪水為量鉅大者，則可將上述數種，合併建造。

計算溢口之流量，可用次式。

$$Q = 1.8 bh\sqrt{h}$$

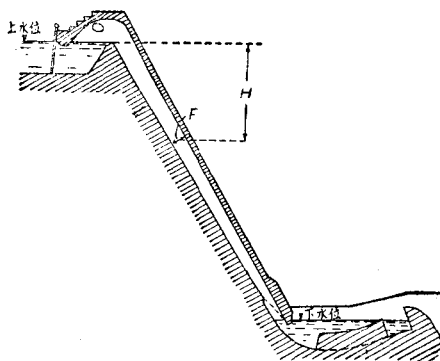
盛洪時之流量，可由一日之最大雨量計之，且大雨之時，恆逢融雪，再因流域之坡勢，及種植之疏密，均與流量數有關，在此可擇為 0.8 或 1.0，今示其約數，如波潑河(Bober) 及卡埃斯河(Queis) 盛洪時之流量數為每秒每平方公里 4 立方公尺，但於普通情況，河流之最大流量，在每秒每平方公尺 1 立方公尺之數，在德國已屬少見。

溢口以上之水頭高度  $h$ ，在 (a) 不得大於 0.5 公尺，在 (b) 可取以  $h = 1$  公尺為止。

溢水井及虹吸之設置，僅能宣洩較小之洪水，但虹吸如第 66 圖所示之構造，亦能暢洩盛洪，其流水面積  $F$ ，漸下漸小，計之如次。

$$F = \frac{Q}{\sqrt{2gH}}$$

式中  $Q$  為流量， $g$  為重力之加速， $H$  為應行計算之虹吸面積地點，其在池水水面以下之尺度。



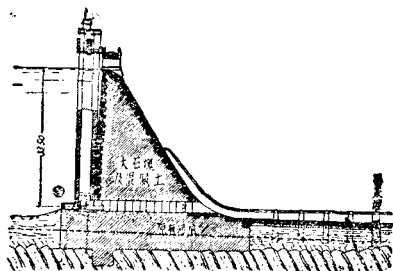
第 66 圖

石壩如設溢口，爲事甚簡，僅將背水之面，應用上等塊石砌成，水流之衝擊力，可於壩腳設潭，使之消失。

無論土壩石壩，其總長度未能達溢口應需之長度者，或其下設置發電廠者，在此等情形，應將溢口移設於壩身側之山坡上，溢口之上，另架橋樑以跨越之，流水之處，用上等石料，築成梯級，或成斜面而下設水潭，以資消失此奔騰而下之水勢也。

#### (4) 壩工舉例

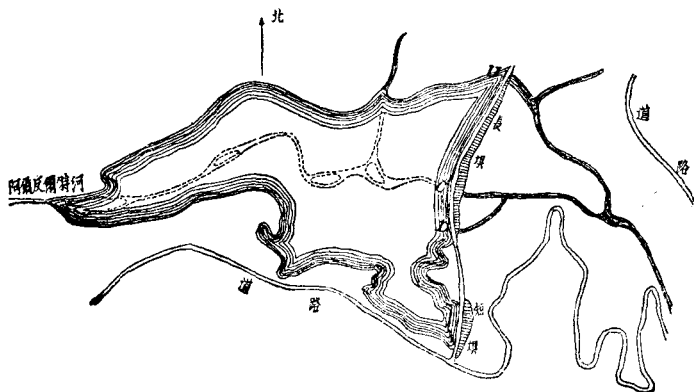
第 67 圖示英國安格郎石壩 (Angram-Tal-Sperre)，其所儲之水，爲供白拉福市 (Bradford) 給水之用，池之容量爲 5 百萬立方公尺，由宜特 (Nidd) 及斯東 (Stone) 兩河流入，由此用 50 公里長之管路，引水達基陸海次 (Chellow Heights) 而洗滌焉，池中引水管之直徑爲 400 公厘，可用普通閘門開關，司其



第 67 圖

啓閉，開關之後，即將管徑加大為 800 公厘，此管亦能以大型開關，調節其流量，兩開關均納於塔中可於壩頂司其動作，大管之水，流入鑄鐵水渠，得穿越壩脚而出，其洪水溢口，沿壩頂設置，水流依壩牆之斜面而下，近壩脚處砌成弧形，引水流入水潭，水潭之末，設量水堰，可以隨時知水流之數量也。

第 68 圖示法國愛爾薩斯省 (Elsas) 阿爾反爾特河 (Alfeld



第 68 圖

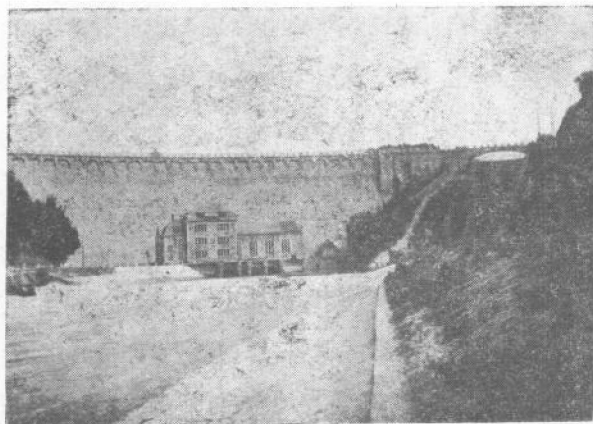


bach)上之蓄水池，其目的在增加支流之低水流量，既利灌溉，又便航行，使米爾好成(Mühlhausen)市，因以發展其工業，擇阿爾反爾特河之平坦地段，上流寬敞，而下受山谷圍抱之區，築壩蓄水，壩址地層爲花崗石，堅固而不滲漏，壩身爲石砌，因地之宜，分成二段，一長一短，壩高在河流平均水位之上 21.7 公尺，池之容量爲 1,100,000 立方公尺，池上流域面積，約計 420 公頃，長壩長約 255 公尺，壩頂高出池中標準水位 1.3 公尺，寬爲 4 公尺，其右爲隆起之石坡，再右又屬跌塘，短壩即豎立其間，長 73 公尺，高約 121 公尺。

水流之調節，設溢口  $U$ ，壩底洩水涵洞  $G$ ，及放水口  $D$ ，溢口爲溢出過量之洪水，當池水盈滿後，即可自由溢出，使池中最高水位，恆保持其在壩底洩水涵洞之上 22 公尺處，而不超越此限度。溢口之寬爲 9 公尺，在最高水位之下 0.7 公尺，溢口之上，可設板壩，以阻水流，而達上項最高水位，如遇盛洪，則可去其板壩，而增其流量，溢口位於壩之左側，由此直流而下，衝擊岩石之面，成 2 公尺之瀑布，溢口之上，爲便於行走計，架鐵橋跨越之，洩水涵洞設於池之最低處，穿過壩基，臨水之面，爲拱形之雙涵洞，有 0.95 公尺之淨高，及 0.5 公尺之淨寬，長約 4 公尺，此雙涵洞後復併入一較大之水渠中，其淨高淨寬，各爲 1.4 公尺，而達背水之面出口，涵洞之底，在壩頂之下 23.0 公尺，其全長均係

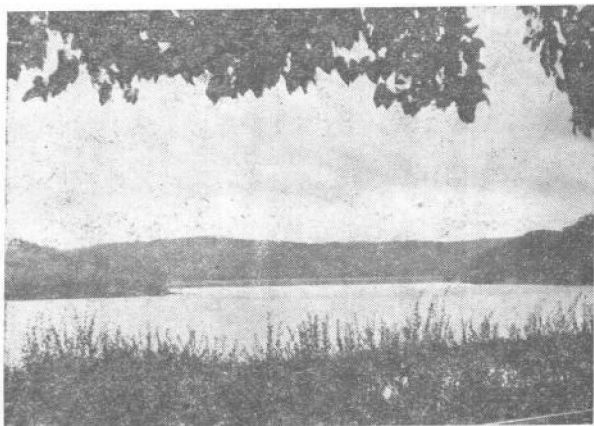
水平，洞之啓閉，各設鐵門一道，可由壩頂操縱之，蓋如是實較用大門一扇之爲安全多也，洞口流速，不宜過大，爲限制計，於口外另築小型水庫，闊 2.6 公尺，長 2.0 公尺，高 0.75 公尺，其下流有板壩制其流動，使洞口流出之水流，傾入靜止之水潭中，可將其一部份衝擊能力化爲烏有，水即沿庫邊，流入河中，放水口爲洩放上部池水之用，當春日積雪融化之時，入池之水量驟增，爲妥謀下流之利用計，故有放水口之設置，位於壩頂之下 5.9 公尺處，口爲平涵洞式，高 0.6 公尺，闊 0.35 公尺，設於大壩之右側，下有水槽，亦用鐵門司其啓閉。

第 69 圖示德國東部修勒西恩省 (Schlesien) 波潑河 (Bober) 上之石壩，其底長爲 140 公尺，闊爲 50.3 公尺，其頂長爲 280 公



第 69 圖

尺，闊爲 7.2 公尺，壩高 60 公尺，在其右側橋拱之下爲溢口。水流經石級而下，第 70 圖示壩後蓄水池之遠眺，四周均由高達



第 70 圖

100 公尺之石壁圍抱，池長 8.5 公里，最大儲水量爲 50 百萬立方公尺，普通儲水量爲 30 百萬立方公尺，壩之下方，有發電間，內設水力渦輪機五架，可產生 6000 馬力，全部工程費用，約一千萬馬克，於 1904 年動工，至 1912 年完成。

#### (四) 池水水質

溪澗之水，停積於蓄水池中，對於水質之影響，利弊兼有，因沉澱作用，可以澄清水中游離雜質，細菌數量，亦可爲之減少，此外日光可以殺菌，有色之水，常儲池中，可以漂白，是皆水質之由此改良者。他如池中滋生雜草及浮萍，則水恆發臭味，且增加其

濁度，大池之底，常有有機物體腐爛其間，而發生沼氣及碳酸，碳酸對於鉛管有剝蝕性，是皆水質之由此而變劣者也。

## 第二節 地下水之收聚

收聚地下水之建築物，有下列數種。

(一) 泉室

(二) 淺井深井與自流井

(三) 暗渠及潛池

茲將諸建築物分論於后。

(一) 泉室(Quellfassung) 常見平原或山麓泉源之地，時有泉水湧出地面，設欲作為城市給水水源之用時，則應於其湧現之地，建造泉室，以資收聚，要不能使原有之水質，為之污損，原有之水量，為之減少，此非具充份之經驗學識者不辦。

在建造泉室之前，又當詳審其泉源可供之量，最小水量為若干，歷時之久暫如何，每年約於何時實現，其最大水量，亦應詳悉，以為決定溢水管大小之根據，他如該泉水之性質，對於何種材料，有起剝蝕作用者，則泉室中各種設備，當竭力避免應用，其於地質上之觀察，更屬重要，蓋泉源之成因，從而明晰，泉室之籌劃，如何妥善，法由探鑽或掘槽決定之。

泉室有保護泉眼之功，其構造之應簡單合宜，雖為各種工

程之普遍原則，而於泉室尤為切要，蓋泉眼受泉室之籠罩，每致不透日光，不能時時探視其保護之是否周密，對於全城市市民之生命，實有莫大之關係者也。

泉室構造，應注意下列事項：

1. 泉室應防止天然及人為污物之混入。
2. 泉水如含沙質，泉室當設法阻止其流出泉眼，或竟另設沉澱室，以便隨時去除。
3. 泉室各部，如聚水室及沉澱室等，務俾工人可得入內觀察，此外更須有開關，溢水管，放水管及引水管等之設置。
4. 泉水中所含雜質氣味，應另設氣管，使之外洩。
5. 為保持泉水之溫度計，泉室之上，應以泥土蓋覆，以資絕緣。
6. 所有蚊、蠅、蛙、蟲、魚、蟹等物，使不得由氣管，溢水管，蓋頂門牖等處，潛入泉室。

泉室匯聚多量泉水於一處，所以便引水管由此引達城市，是故聚水室乃其主要部份，依水量之多寡而定水室之大小，至其形式則長方形或半圓形，均可採用，由磚石砌成，或由混凝土搗製，近亦有以混凝土環筒，造成正圓形矣，泉水之清潔而無泥沙者，則聚水室之大小，以能保護泉眼，及裝置引水洩水溢水等設備，而便利工作為已足，惟聚水室中水之流速，以不得超過每秒 10

公分爲限，如泉水夾帶泥沙者，則更於聚水室之前，分設沉澱室，室中水之流速，依浮沉物之大小而定，但每秒不得超過 1 至 5 公分也。

由聚水室經引水管，將泉水輸達城市應用，引水管之直徑，應以最大用水量爲準，如城市需水愈多愈佳者，則可以泉源之最大供給量，作爲決定引水管直徑之根據，爲欲避免吸取水中泥沙起見，後於引水管之口，裝設鍍鋅紫銅濾口，濾眼直徑約自 6 至 10 公厘，濾口地位，應在室底之上 20 至 80 公分處，濾眼總面積，約合引水管面積之二至三倍，引水管在室中裝設開關，以司啓閉。

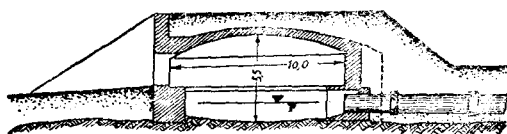
聚水室中尙有溢水設置，以便過量之水，溢出室外，水量大者用堰，小者用管。

此外聚水室應設放水管，置於室底，庶室中水量，得以全行放盡，便於修理，放水管口，亦裝濾口，一如引水管，在平時由開關緊閉之，在普通裝置，常將溢水管與放水管，合併一管，然後引出泉室。

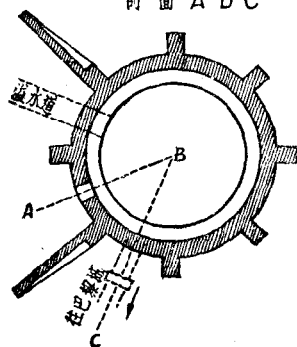
泉室之小者，可經進入孔入內，由鐵板梯而下，大者有門有梯，工人可以由此出入，進入孔應予妥爲蓋覆，以免地面雨水之侵入，進入孔及門牖之地位，應較其四周之地面爲高，如此則雨水自行外流，不致入室。

室中通氣，宜裝氣管，氣管之上，設有漏斗形之蓋頂，以阻外物之侵入，對於外界溫度之變遷，當使與泉室相隔絕，法於泉室之頂，填覆泥土在 1 公尺以上，如室底在地面 3 公尺之下者，則此種設置為已足，可無顧慮，因泉水之在泉室，為時極短，其影響所及，固極微弱，而室內黑暗，並無光線透入，生物即無由滋生，水質之可維其原狀必也。

設泉室地點，位於繁盛市區之中，則可在室外，施以裝飾，而壯觀瞻。如供巴黎城給水之泉室，造成圓形之外觀是(第 71 圖)。而供維也納市給水之泉室，以位於深山，無關悅目，故作長方形

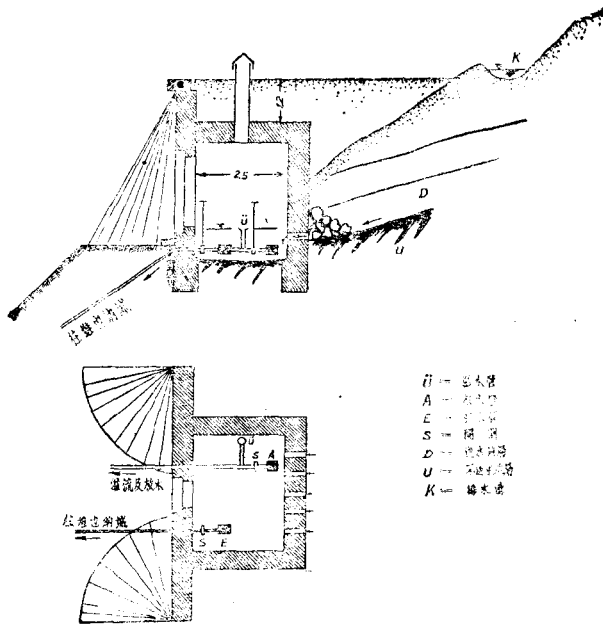


剖面 A-B-C



第 71 圖

也(第72圖)。



- U — 溢水管
- A — 溢水口
- E — 溢水口
- S — 溢水口
- D — 溢水口
- U — 溢水口
- K — 溢水口

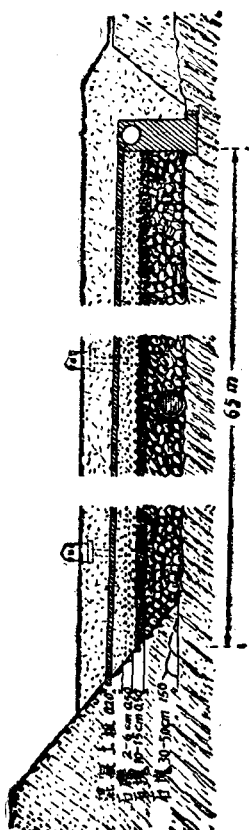
第 72 圖

測驗泉水之量，水量小者，可於引水管中，裝置水表以量得之，水量較大者，則應設量水堰一道，旁置標尺，依流量公式計之。泉水之量，有時亦可設法增益，第一類泉水，沿此有泉眼之地層暴露地帶，如現泉眼小而多者，則可依泉源之方面，鑿一橫暗渠，匯合諸泉，引入總泉室，所開暗渠，須深達不透水地層，如泉源僅限一處，則可就其地位，擴大泉眼成穴，藉減阻力，而增水



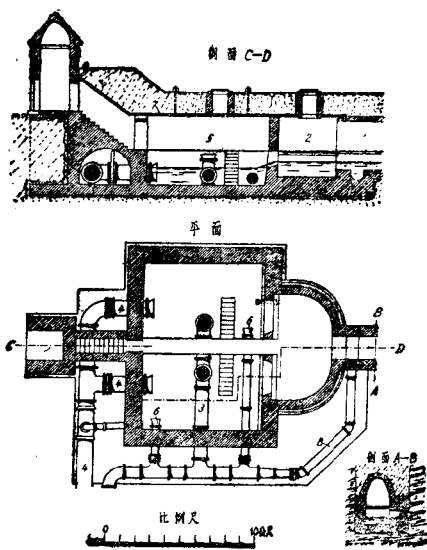
量。第二類泉水，可擇地開鑿自流井，而將不甚暢流之泉眼，用混凝土或黏土堵塞之，俾水量完全由井中流出。第三類泉源，在透水地層中，可設井或埋暗渠，以暢其流，藉得多量之水源也。

第 73 圖示德國賴拿 (Ranna) 地方之泉室，以供努尼貝城



第 73 圖

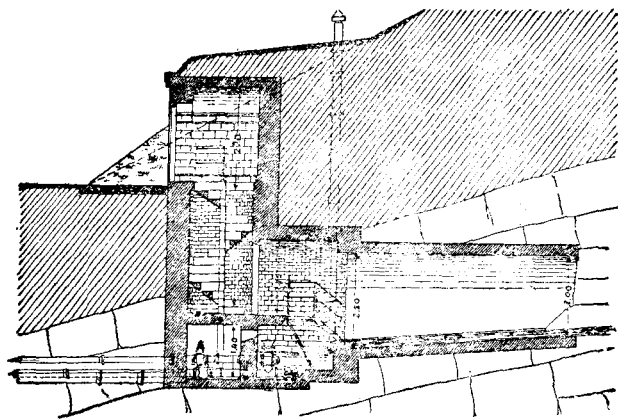
(Nürnberg)給水之用，於泉眼之地，用混凝土搗製而成，有進入孔，工人可以出入，室長約 300 公尺，佔地約 20000 平方公尺，泉室之底築於地面下 2.5 公尺深處之白雲岩上，岩有隙縫，因而得泉，泉室之內，滿儲白雲石塊，由下而上，石塊漸小，最上層為 30 公分厚之黃沙，底面成漏斗形，東側設混凝土支牆一道，厚 1.5 公尺，以抗水壓，泉室之頂，以 20 公分厚鋼筋混凝土板蓋覆，所以防止雨水之侵入也，一端攔於山坡，他端支於牆上，用 900 公厘直徑之聚水管二道，引泉出室，再匯流於引水渠，直達距 200 公尺處之聚水室，聚水室之構造，如第 74 圖所示，內設半圓



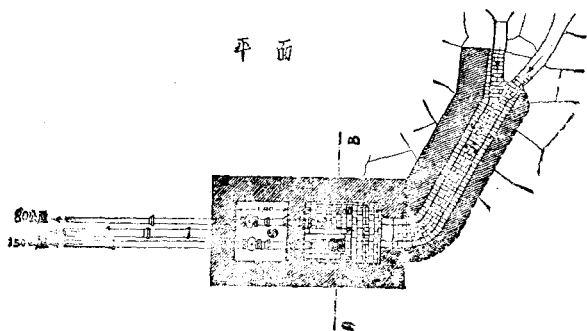
第 74 圖

形之沉澱池(2),由此越過量水堰,入聚水室(5),再經1000公厘直徑之水管一道,引水達努尼貝城,或經800公厘直徑之溢水管(3),及放水管(6),引水達板格尼次(Pegnitz)村,必要時,亦可將所有之泉水,經550公厘直徑水管(8),引入板格尼次村

剖面



平面

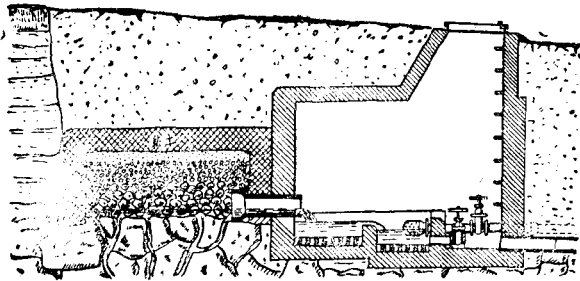


第75圖

應用，而不必繞道泉室，賴拿地泉源之量，每秒平均為 350 公升，其水量藉堰前設置自動水位計，而推算之。

第 75 圖示德國格魯賽爾谷 (grösseltal) 之泉室，為供福爾次海城 (Pforzheim) 給水之用，其地泉眼有二，築隧道匯合其流，隧道內以搪瓷板鋪砌，所以保清潔，而免滋生雜草，泉水經隧道入聚水室，室有迴梯，可供升降，除引水管外，尚有溢水管及洩水管等設置，此泉之量，每秒平均為 5.3 公升。

第 76 圖示一由地底湧泉水之泉室，築造時，依地面坡度



第 76 圖

最大之方向挖溝，先排泉水，以利施工，其溝用拳大之石塊，拋填使滿，泉水即自孔隙流出，此石塊層，同時復為將來濾水溝之一部份，如泉源不廣，石塊層之厚度，約為 30 公分，泉量大者，則其厚度須增至 1 公尺，石塊之上，即鋪 4 公分左右之小石一層，然後再鋪砂礫，防止泉水之流失計，更於石層之四周，搗築黏土牆

一道，緊貼穴壁，上以至少 30 公分厚之黏土層，搗實蓋覆，其他部份，則可取挖出之土填滿，且填且夯，分層進行，務使堅實為度，黏土層過乾則開裂，開裂則漏水，故於黏土層之上，至少應有 1 公尺厚之砂層，以其易於滲水也。

聚水室位於泉眼之旁，泉源由引水管引入，先事沉澱，過堰後即引入城中，室中設鐵板梯，可供上下，室頂設進人孔，所以便工人之出入也。

## (二)井之構造

築垂直工程，以汲取地下水者，是為井，凡帶水地層多孔隙，而水流較深流速較緩者，以之建井汲水最為合宜，依其構造，可分為大井(Kesselbrunnen)及管井(Rohrbrannen)二類，概作圓形，大井均淺，惟直徑較大，由挖穴砌成，管井有深有淺，其直徑較小，用鑽頭或錘擊入地中而成，茲分論如次：

### (甲)大井(Kessel brunen)

凡符下列各條件之一者，以開鑿大井為宜。

1. 一二口井即可供大量之水者，(僅充分區給水制用)。
2. 因管理上或工程上之需要，工人必須入井工作者。
3. 如井之供給率雖小，而一時須用大量之水者，大井可預為儲蓄。
4. 如抽水機或吸水管須設置於井中者。

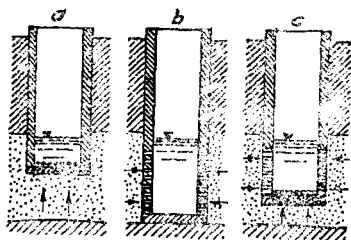
5. 在細砂地層，地下水之流速極緩，而大井之周圍較大，水流之勢亦較緩，可無挾帶泥沙之弊。

大井之內徑，依其用途，可自一至五公尺，而其深度則鮮有超過 12 公尺者，因深井之開，施工非易，挖土單價，愈深亦愈貴也，良以大井除可汲取較多水量而外，并有儲水之效，故有不惜重金而開挖者，井壁可用楔形之磚石砌成，或用混凝土，鋼筋混凝土搗成，或用鑄鐵套筒疊成均可，如係磚砌而成之井壁，其厚度可約如下表：

井之內徑	井壁厚度	井之內徑	井壁厚度
1.0 公尺	0.18 公尺	3.0 公尺	0.38 公尺
1.5	0.18	3.5	0.38
2.0	0.25	4.0	0.51
2.5	0.25	5.0	0.51

如由混凝土搗製而成者，則可取上表所列尺度四份之三為已足。如由鋼筋混凝土搗成者，則可按井之直徑與深度，其厚可取自 15 至 40 公分，井壁厚度，如依其壓力，當自下至上漸減，但實際上每多造成上下相等者。

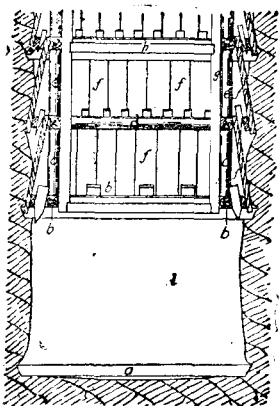
大井井壁，或全不透水，而水均由井底流入(第77圖a)，



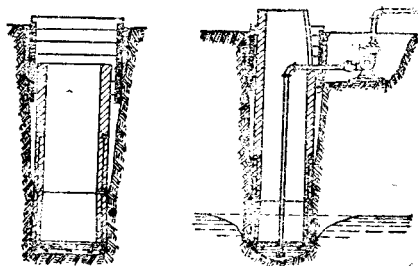
第 77 圖

或於地下水水面以下之處，為透水部份，則井水亦可由四周流入（第 77 圖 *b* 及 *c*）。前者可以吸取任何透水地層之地下水，而後者雖造於不甚透水之地層中，但有清濾之效，頗稱合宜，以其水量亦可增加也。井水如僅由井底流入者，在細沙及泥沙地層，其水流入井之速度，以每分鐘 1 公分為限，若粗沙之有 1 至 2 公厘時，則以每分鐘 10 公分為限，就大概估計，每平方公尺井底面積，每秒約有  $1/3$  至  $2/3$  公升之水量，家用之井，其直徑恆在 1 至 1.5 公尺間，如為消防用者，則至少須用 1.5 公尺以上之直徑矣。

大井築法約分二類，其一謂挖掘法(Aushubmethode)，法就開井地址，先挖掘一寬深相當之井穴，大井即造於其間，或用磚石砌，或用混凝土搗製，或用鑄鐵筒套合均可，此法可施於堅實地層，如井之極淺者，則雖在較鬆之地，亦可建造，於鬆土地層，挖掘井穴，應將穴壁，妥為支撐，以承土壓，而免坍塌。（第 78 圖）挖掘法造井，務使井穴不囤積水份，以其有礙工作，或就穴中挖一深潭，以抽水機繼續吸取（第 79



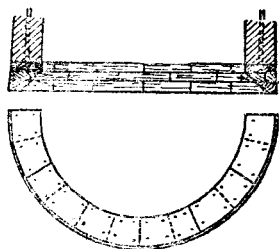
第 78 圖



第 79 圖

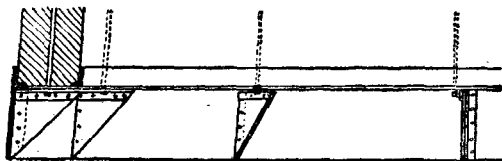
圖)，或於井穴之四周，打入管井五六口，用抽水機吸取井水，降其水面，後法雖貴，但較妥善，既無妨井穴中工作之進行，穴壁泥土，亦不致為地下水流入而呈崩潰之狀。

建造大井之第二法，謂沉井法(Absenkmethod)此法用之最廣，於設井地點，先行挖掘土方，深至 2 或 3 公尺，或遇地下水水面為止，井壁之一段，即搗砌其間，待堅實後，將井中泥土，繼續挖出，井壁即稍下沉，然後將井壁續砌若干，再使其挖土下沉，如此重復進行，以達其需要之深度而止，為欲井壁之易於下沉，井底常設井腳環，在昔環係木製(第 80 圖)，今則咸用鐵製(第 81 圖)，環闊與井壁厚度相等，如井壁厚度在 0.51 公尺以上者，則環闊為井壁厚之 0.8 倍，環高與其闊相等或過之，井



第 80 圖





第 81 圖

壁應用水泥漿堆砌，或用優質混凝土搗製，并用鐵條，使井壁與井腳環連成一體，庶免下沉時之破裂也。

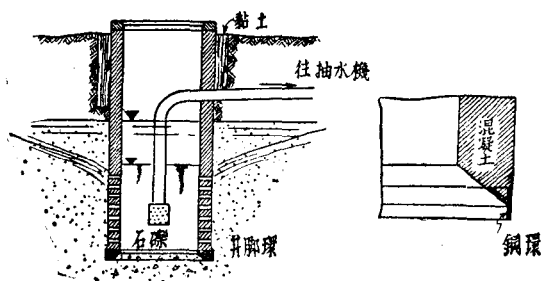
井壁應用鐵條數量，依井之直徑而異，大概自 4 根至 6 根，直徑為 20 至 30 公厘，兩端均有螺旋，先將鐵條與井腳環相連，上達 1.5 至 2.0 公尺處，另設鐵井圈，鐵條即與之相旋緊，由井圈向上，再設鐵條，後與其上層井圈相旋緊，如此層層扣住，下沉時可無破裂之虞矣。

深廣之井，其井腳環之外徑，應較井壁之外徑寬大 4 公分，并將井壁上部之外徑，至少縮短  $1/50$  之井高，以利其下沉，如井壁之重，尚嫌太輕，則應在井上另設荷重，以佐其下沉之勢，如遇流沙地層，則是項荷重，亦屬需要，井中流砂，須用畚斗取出之。

大井工程，實施時常遇困難，故當委有經驗并可靠之工人承造之，除上法外，當有壓氣沉井法 (Pneumatische Brunnensenkung) 及冰凍法 (Gefrierverfahren)，特其造價昂貴，用者極鮮耳。

磚砌井壁之透水部份構造，可將豎縫分離，任水流入，或就豎縫地位，埋設細管，混凝土井壁，可設穴設槽，以通水流。

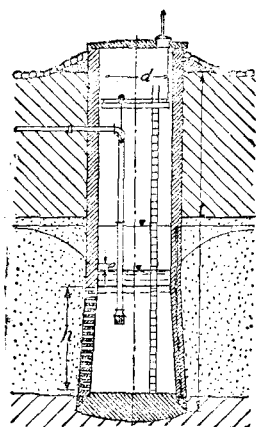
大井應設不滲水之井蓋，或於二工字樑間，架混凝土板，或用鋼筋混凝土板，其上再以濃厚水泥漿粉刷，厚達 2 公分，大井如位於河旁低地，則其井口高度，至少須高出最高水位 20 公分，井口之進人孔，應設鑄鐵蓋，司其啓閉，井口四周，應堆土特高，使向四側成坡勢，井種植草皮，上層井壁應高出地面 30 公分，井壁外部，塗以水泥漿一層，或封以 30 公分厚 2 公尺長之黏土層，務須夯打結實，以免地面水之混入，其普通構造，可按第 82 圖



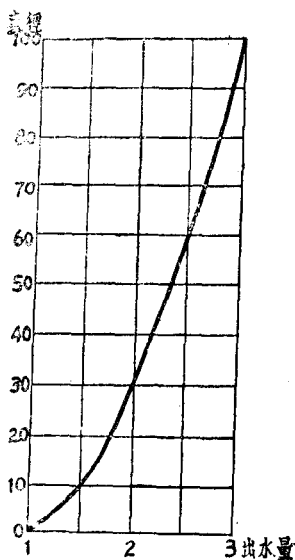
第 82 圖

所示，而以第 83 圖所示者，尤為合宜，水流經過井壁，阻力橫生，因而損耗其水頭  $e$ ，至在管井實較大井為尤鉅也，大井之主要尺寸，為井深  $t$ ，內徑  $d$ ，及透水井壁之長度  $h$ ，井深應依含水地層之深度而定，其內徑及透水井壁之長度，應按水流經過井壁之速度而定，終以不攜帶泥沙入井為準則，如依此推算而須一極

大之井者，則不如建二較小之井為經濟而簡易，決定透水井壁之長度，須使此項透水井壁，縱在井水位低降時，而其全部仍在水面之下為衡。



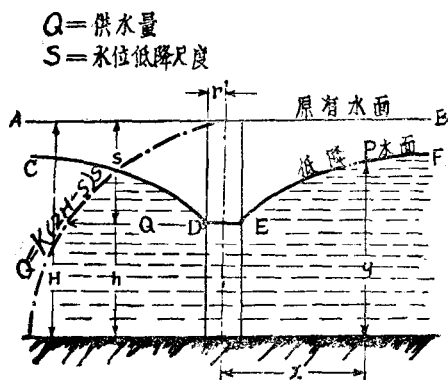
第 83 圖



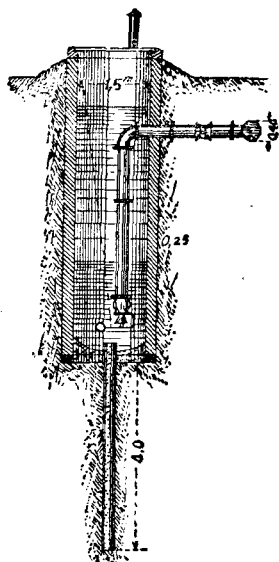
第 84 圖

井水之量，不特與井之底面積有關，其與流水地層之組織，浸水深度，汲水時所低降水位之尺度，均有更重要之關係，第 84 圖示井之出水量與直徑之關係，井中汲水愈多時，則低降之水位愈甚，而水面之坡度亦愈陡，即水之供給量同時愈大（第 85 圖），但水位低降之尺寸，不得任意增大，以其與帶水地層之組

織有關，在砂礫地層，水位低降尺寸，不得超過 2.5 公尺，再在地下水盈滿之地，即小井亦可得多量之水，如地下水缺乏，則雖大井，亦無由增多其水量也，大井可於井底另設管井，以汲取下層之地下水，或另設橫行之暗渠，集合流水，而增加井之水量（第 86 圖）。



第 85 圖



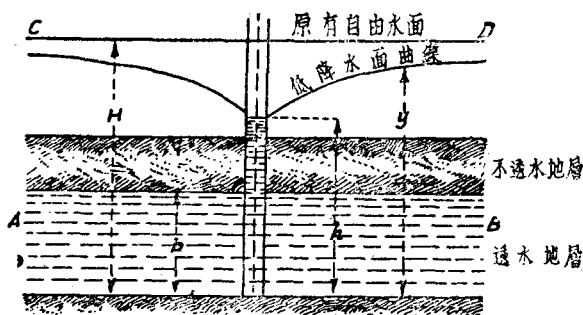
第 86 圖

地層組織不能絕對均勻，而沙粒大小，亦有參差，其較細沙粒，每逐漸隨水汲出，四周地層，乃漸多孔隙，井之供給量因以漸增，而水質亦漸清，故新設之井應盡力將濁水汲去，庶可清水漸

多也。

鑿井之地，應遠離污穢之區，至少在 10 公尺以上，如地下水之水位高者，及地面之富透水性者，相隔距離，尤宜較遠，最佳之地，其地面層由不透水之地層所成，井址大抵不在室內，否則洗滌為難，地下水之水面，應在地面下至少須 4 公尺，如不足此數，則當用鑽探鑿其下層，或於此不透水地層之下，當有其他流水地層，足資應用者在焉，此外井與河之距離，不宜過近，蓋汲水時河水易於滲入，有礙水質，不可不察也，

供給井水之區域，依降低水面之曲線而定（第 87 圖），其

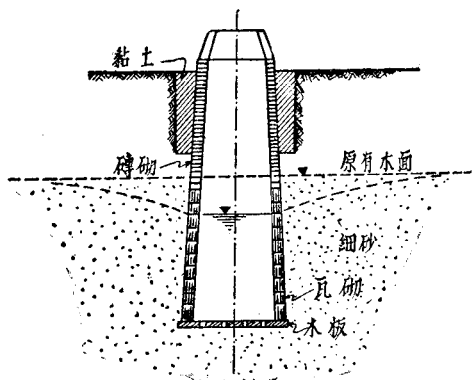


第 87 圖

區域之大小，可由試驗得之，法於大井之四周，鑽挖井穴若干，以抽水機汲取大井之水，同時觀察井穴中水位之變遷，如井穴佈置適當，觀察準確，即可定其水面曲線矣，如同時須設數井，則此等測驗，尤屬切要，使兩井之相距，勿太近而彼此涉及其供水區

域，亦勿太遠而置兩井間之地下水於未能盡用，沙礫地層，井之供水區域較大，細砂地層則較小，故前者應將井距設置較遠，井數較少，井深較大，後者應設多數較淺之井，而井距亦較近，細砂之直徑不出 2 公厘者，其井距可以 10 公尺為限。

吾國掘井，通常於井底置木板一塊，上挖多孔，四周以整瓦立砌為壁，其上層則以灰沙砌之磚牆，向上逐漸收口，砌至較地面略高處，乃安置井欄，以免行人之誤陷其中，第 88 圖，內地居

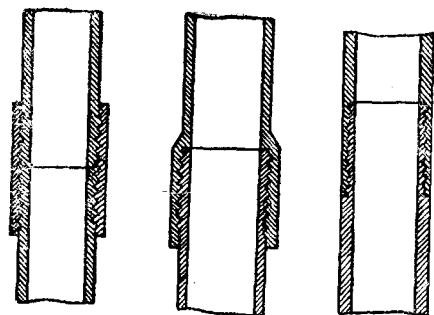


第 88 圖

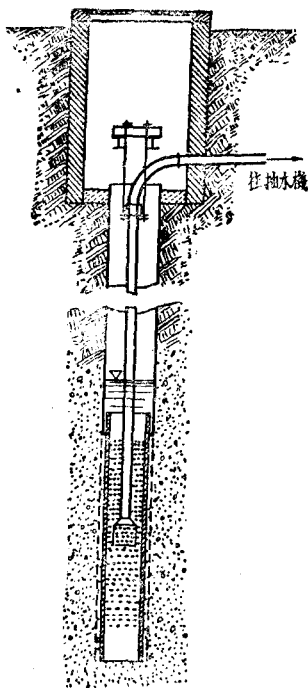
民，公衆用水，大都取諸大井，其直徑甚大，上覆多孔之蓋，如杭州之四眼井是，大井每日出水量，普通自 400 立方公尺至 20000 立方公尺云。

管井之小者，可用鍛鐵管成之，其大者，則用鑄鐵管逐節平

接，以套管旋緊，（第 89 圖）鐵製井管，裝配簡單，井壁孔穴密



第 89 圖



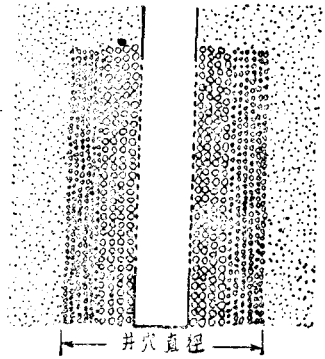
第 90 圖

佈（第 90 圖），故於同一情形，及同一之管徑及深度，而其出水之量，可以較鉅也，3 至 8 公分直徑之管井，每小時之出水量，可達 40 立方公尺，為公眾給水之用時，可將管井依地下水流垂直之方向，開鑿管井，排列成行，并用公共吸水管或虹吸管相連接，然後引入聚水井，在砂礫地層，其開鑿管井之費用，較之大井幾

相等耳。

鍛鐵管之管井，用管鑽鑽穴者，可深達 6 公尺，其深達 10 公尺者，及應用高壓水流注射，而達深 20 公尺者，均應用鐵錘將井管打入土中，但在堅硬土層，或管徑之大於 8 公分者，或井之極深者，當用長鑽先鑽井穴，然後再設井管（第 91 圖）。

管井之主要部份為濾水管 (Brunnefilter) 配接管 (Aufsatzrohr) 吸水管 (Saugrohr) 及開關調節等設備，就中以濾水管為最重要，位於管井之末節，地下水由此流入井中，如透水地層為岩石所成，則濾水管不妨省去，否則非須不可，以阻鬆



第 91 圖

落地層之坍塌也，管井之效率與壽命，概繫於濾水管之安全耐久，欲達久遠之目的，應防止為沙粒阻塞孔穴，對於衝擊及壓力等，尤宜保護，水之剝蝕，具有抵抗能力，殊易於洗滌也。

防止阻塞最善之策，莫如使濾水管之直徑有充份之尺寸，或由較大之管鑽直徑，而得較大之井穴，因地下水之流速，對於沙粒之大小，超過某限度時，水流即挾沙而行，今設井之出水量為  $Q$ ，流入井管之理想速度為  $v_i$ ，其理想水流面積，按第 92 圖為



$\pi \cdot d \cdot h$ , 成下式。

$$\pi \cdot h \cdot d \cdot v_i = Q$$

$$d = \frac{Q}{\pi h v_i}$$

如含水地層為大於 1 公厘之沙礫所成, 其空隙率為 40% 者(第一類), 則  $v_i \cong 0.002$  公尺/秒; 沙礫之小於 0.5 公厘, 其空隙率為  $\cong 60\%$  者(第二類), 則  $v_i \cong 0.001$  公尺/秒; 沙礫之在 0 與 0.25 公厘間, 其空隙率為  $\cong 60\%$  者, 或係流沙(第三類), 則  $v_i \cong 0.0005$  公尺/秒  
由此而得

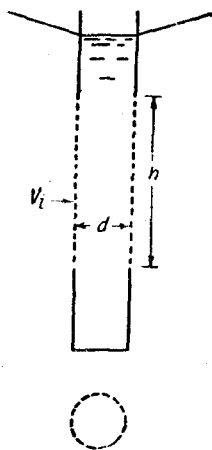
$$\text{在第一類} \quad d = \frac{Q}{0.006 \cdot h}$$

$$\text{在第二類} \quad d = \frac{Q}{0.003 \cdot h}$$

$$\text{在第三類} \quad d = \frac{Q}{0.0015 \cdot h}$$

決定當地土質究屬何類, 可取由鑽穴時所挖出之土, 經 1.0 0.5 及 0.25 公厘之篩眼試驗之。

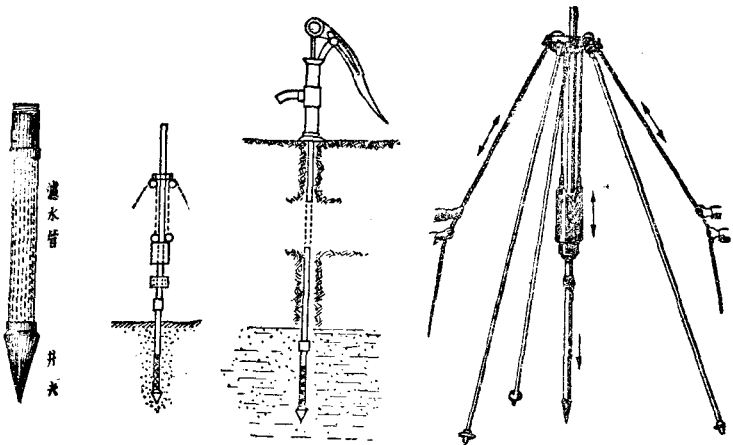
如於濾水管之外, 尚設有石礫層者, 則上式中濾水管直徑  $d$ , 應以所鑽之井穴直徑  $D$  代之, 管井之最大出水量, 以不為沙礫阻塞為原則者, 應依上式計算之。



第 92 圖

自流井之出水量，應勿使過度，亦不使泥沙隨流而出，否則歷時稍久，地下空隙漸增，非特井之本身，即附近之房屋及其他工程，均有坍塌之虞。

最通用最簡單之管井，爲阿比西尼亞井 (Abessinier brunnen)，或稱拿登井 (Nortonbrunnen)，於 1869 年與師阿比西尼亞國，工程師拿登氏曾用此等管井，爲數甚夥，效能顯著，後即以其地或以其人名之，此項管井，應用 25 至 60 公厘直徑之井管，下設閉塞之井尖，濾水管長達 1 公尺，經其孔穴，地下水即可流入井中，井之上端，可直接與抽水機之吸水管相連，如地下沙質甚細，則須用銅絲紗網以包圍其四周。

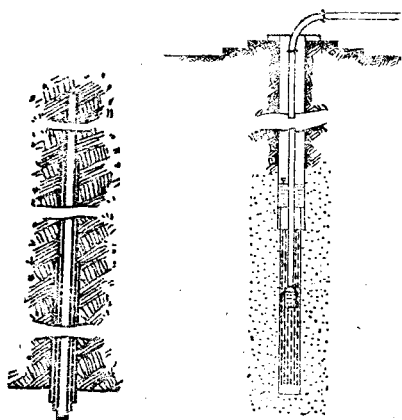


第 93 圖

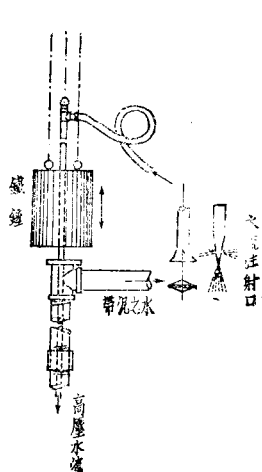
第 94 圖

阿比西尼亞管井，用鐵錘擊打入地，如第 93 圖及第 94 圖所示情形，打井架由三腳架，鐵錘及鐵砧而成，鐵砧形如環，與井壁相合，三腳架設滑車二具，用鐵索將錘舉高，一經鬆手，錘即擊砧，而管遂入土矣。

濾水管之段，恆連管尖，管之四周，設有 3 至 6 公厘闊之孔或槽，常川置於水中，應抽水時可免空氣之侵入，管壁應塗以鋅，鎳或由紫銅成之，以免生銹，較大管井之建造，須先鑽井穴，其穴壁可由鑽管使之安全，如入土甚深，管壁與泥土之阻力增大，井管入土為難，則當另用較小之鑽管，再繼續鑽擊，為便利鑽管之易於拔出，各管端均不得不位於地面之上（第 95 圖）。



第 95 圖

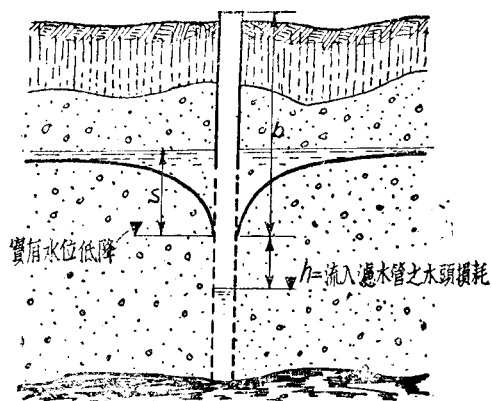


第 96 圖

鑽鑿井穴，應用鑽管，或旋轉或打擊入土均可。打擊入土者，除錘力而外，更可佐以高壓之水流，使沖刷管井中之泥土，以利井管之入土。第 96 圖示應用水流以助開鑿井穴之設置，井深為 30 至 40 公尺，鐵錘重 450 公斤，井穴為 15 公分，井管為 5 公分，引入五氣壓之水流，以沖刷管井底脚之泥土，使在管中逆流而上，由其旁支管洩出，鐵錘後藉打樁機之力，上下抽打不已，鑽管入土，迅速異常。

如地層係屬細沙，濾水管之外部，須包以紫銅或黃銅紗網二三道，以阻細沙之堵塞孔穴，前已言之，但紗網本身，亦易為阻塞，惟有將高壓水流，入井中而沖刷之，如上法無效，則可易紗網而設砂礫濾水層，於濾水管之四周，用鐵絲編成格網，下達井底，上過濾水管之頂端，其中滿盛石礫，或於濾水管四周，分層鋪填石礫。

管井之構造，應簡單，外露，俾易洗刷修理。取材方面又以有充份之抵抗能力者為宜，如其出水量，與年漸減，則其原因，或由地下水逐漸枯涸，或由濾水管逐漸阻塞所致。如井中汲取同量之水，井水位之低降尺度，較昔為甚者，足證明其出水量有減退之象矣。第 97 圖示汲水時井水位低降情形， $h$  為因濾水管阻力而損耗之水頭，設汲取之水量相同時，而  $h$  之尺度，與昔日無甚變遷者，則水位低降尺度之增大，原因在地下水供給量之不充足；



第 97 圖

設  $h$  之尺度，較昔日增大者，則係濾水管為沙粒阻塞之證。如在管井之四周，無其他井穴，可供觀察此項尺度時，則於受沙粒所阻塞之管井，水面在汲水停止後，其恢復原有水位之速度亦較昔日為遲緩，且汲取同量之水量，其低降度亦較昔日為甚，故觀察新井之出水量，不特應注意其水位低降尺度，且於停止汲水後，其恢復原位之速度，亦不可不察也。

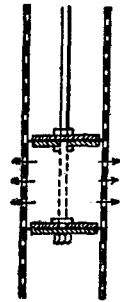
受沙粒阻塞之管井，可用衝擊式注射清水洗滌之，水自盛水池中驟然流入管井，或用上下移動之活塞，插於配接管中，將井中水位，隨意升降，對於除去沙礫，殊有功效。

此外當有應用蒸氣或壓縮空氣，作為管井洗滌之用者，如洗滌所用之高壓水流，壓縮蒸氣及壓縮空氣等，其注射作用，僅限

於一區或一段者，對於洗刷之效，尤為顯著，以有注射管及雙活塞之製造故也，後者如第 98 圖所示，將雙活塞插入井管，於兩活塞間，通以空氣，蒸氣，或水流等有壓力之物體，使其於較小之空間，而盡沖洗之能事。

管井之須洗滌者，雖經洗滌後，歷時不久，仍必阻塞如初，故構造不良之管井，為避免時常停止工作，及煩雜之洗滌起見，不如另鑿合法之新井為愈也。

管井受水之淤塞作用，可分為二類，凡水之多鐵質及石灰質者，恆起類似水泥漿之沉澱物，遂為淤塞濾水管之材料，使水流無從滲入，此外水中如含有黑酸等質時，每使濾水管外之格網，結痂變厚，終致阻塞，此等淤塞，管井之為害物，無從防止，惟有慎擇濾水管之材料，對於上項沉澱物，務使黏着不甚強固，一經水流注射，旋即離去，或應用某種金屬，對於酸性不起剝蝕者，沉澱物雖固着井壁，當不致有所損壞，可用濃酸融解，再以清水漂洗之，其最適用之材料有陶管，近來亦有用不銹鋼製成之管。

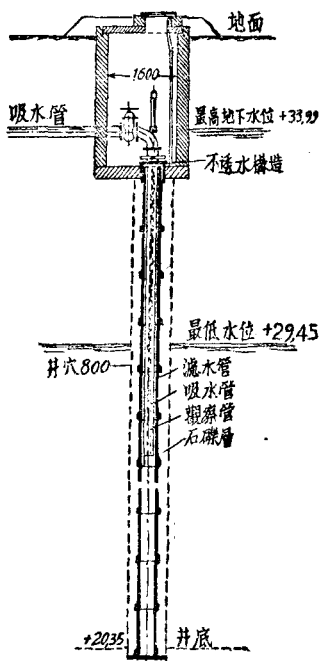


第 98 圖

水中如含碳酸，常剝蝕濾水管，鍛鐵，普通鋼料及鑄鐵等，亦受其害，紫銅及黃銅等，雖屬較優，但終不若陶料及不銹鋼之對

此可有充份之抵抗能力也。

如水中含有上項有害成份時，較淺之井，可用陶管爲之，其較深者，以用不銹鋼爲宜，各種管井及濾水管之構造，種類繁多，勢難盡述，今特擇其最適宜之例而詳論之。第 99 圖示一 15 公尺深之管井，爲供德國腦埃司市 (Neuss) 公衆給水之用，此井以陶管爲濾水管，外圍石礫層，其施工步驟如次：先於鑿井地址鑽一深度適宜之井穴，直徑爲 800 公厘，以陶管套頭向下，入井穴中心，組成井管一道，陶管直徑爲 300 公厘，其下七管，爲濾水管，管壁設穴，穴孔傾斜向上，其上三管，爲配接管，管壁無洞，管壁與井穴間之空間，以大小均勻之砂礫充滿

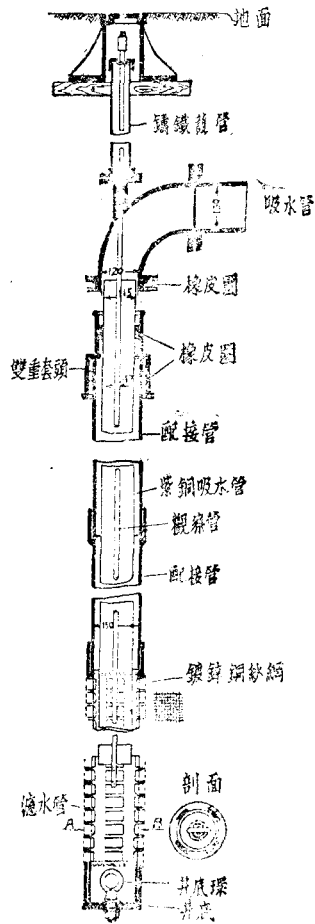


第 99 圖

之，填鋪砂礫之法，應分層着手，先鋪填達一至二公尺高時，即將鑽管上抽，至鋪築之高度而止，再以石礫繼續鋪填其上層，如是進行，直達井之全高爲止，該井之出水管，用 200 公厘直徑吸水

管,其上段有  $90^\circ$  之彎曲,設開關於其處,四周造壁,成進入孔,用以啓閉及調節水量,并供測量地下水水位高低之需,此井頗易洗滌,如有必要,亦可將吸水管移去,而應用濃酸,使之清潔云。

(第 100 圖)梯墨氏式管井 (Thiemsche Brunnen), 無開關之設置,濾水管係鑄鐵製成,上連鑄鐵配接管,中懸之吸水管為紫銅質,其上部為鑄鐵所成,應用橡皮圈平接,使之緊密,水不滲漏,井之上部用雙重套頭,以資閉塞,井中另設觀察管 (Beobachtungsrohr) 一根,可以在地面上施用,藉此量得地下水水位之高下,且可汲取水樣,供試驗之用,年來較大管

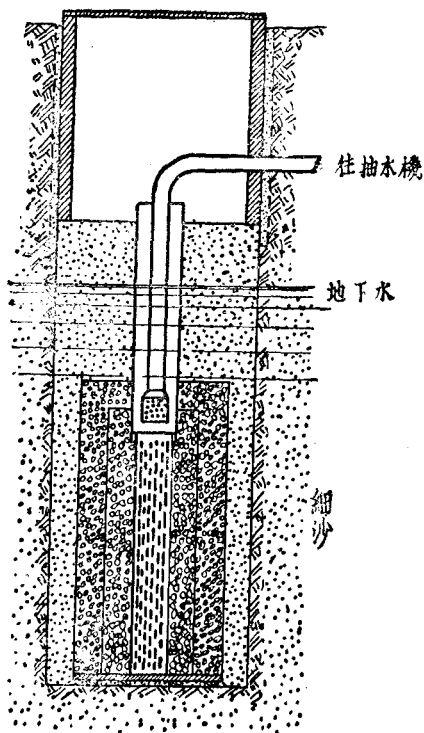


第 100 圖

井,開鑿甚多,其構造類多如第 101 圖所示,既耐久用,復著成



效，其施工步驟如次：



第 101 圖

就設井地址，先鑽井穴，直徑約 1.5 公尺，深達井之全深為度，平置木板於其底，次將 25 公分直徑之紫銅濾水管，設置於相當地位，管上設有 8 公厘見方孔穴，濾水管周圍，包以 1 公分及 0.5 公分大小之石礫層各一道，至井底而止，外層為 0.5 公分

大小之石礫層，由鍍鋅鐵絲，編成格網，爲之包裹，而內外二層之分隔，則由 1 公尺長極薄之鐵皮，先置於兩種石礫之分隔處，然後將石礫，按其大小及應有之地位鋪填，惟遞鋪遞將鐵皮上抽，至應有之高度而止，如是則兩種石子，遂成天然之分界，再將石礫層與鑽管間之空間，填以 1 至 2 公厘大小之細沙，於最低水位以下，將紫銅濾水管，與鍛鐵鑽管，或與吸水管，直接相連，如地下水水位甚低者，則可置抽水機於槽中，或用虹吸管，將各井之水，吸入聚水井，而用抽水機，由聚水井汲取之。

一井之水，爲量有限，勢不能供全城市給水之用，於是每開鑿多井，排列成隊，設一城市需水之量爲  $Q$  公升/秒，井數爲  $a$ ，每井之出水量爲  $q$  公升/秒，則成下式：

$$Q = a \cdot q$$

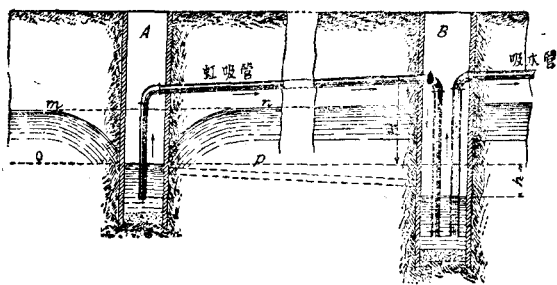
式中  $Q$  爲已知之值， $a$  或  $q$  爲待決之值，取決之法，不外依據下列二種方式：

(甲)應避免井水位過甚之升降，致妨礙抽水機之位置，既不可在地面之下過深，又不得離最低水位過高，在普通情形之下，井水位之最大低降尺度，以不超過 2.5 至 3.0 公尺爲度。

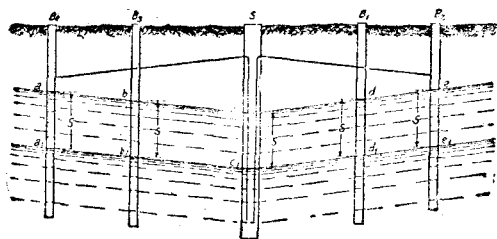
(乙)地下水流入濾水管之速度，不得超過以上三公式之規定。

上列二條，可用抽水機，就井汲水試驗之，此不特可將  $a$  及

$q$  從而決定，抑且井之直徑，及兩井之相距，亦可由此而得予解決。就大概言之，凡透水地層空隙愈多，及井之愈深者，其出水量亦愈鉅，濾水管之直徑，大抵以 200 至 300 公厘，最為適宜，然在石礫地層，間亦有用濾水管之直徑達 500 公厘，而井穴之直徑達 2000 公厘者矣，井之相距，依其直徑而異，約在 10 至 50 公尺間，惟在巨大之管井及大井，兩井相距，恆在 100 公尺左右，可按第 102 圖示之設置，由試驗決定之，俾免鄰接之兩井，地下水因吸水之衝突，而致減少出水量也。

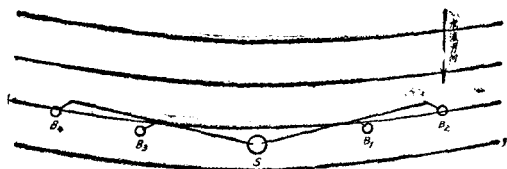


第 102 圖



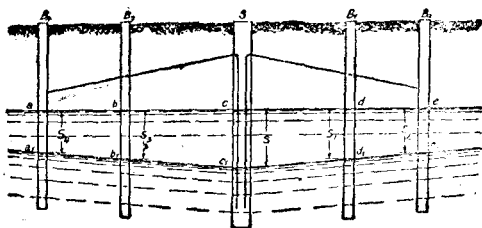
第 103 圖

井之排列方向，應與地下水水流之方向，成直角相交，使各井之水位，有同一之高度（第 103 圖），除非萬不得已，決不更移



第 104 圖

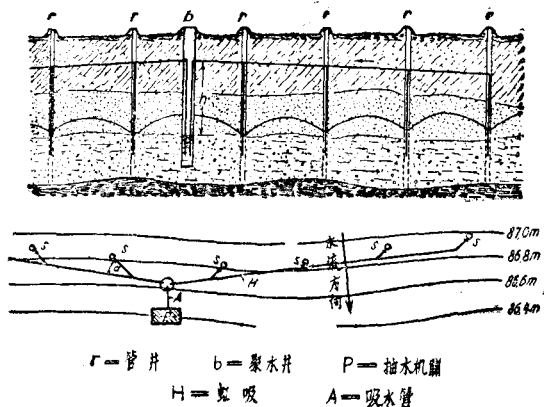
此定律，否則各井之水位，將不呈水平（第 104 圖及第 105 圖）矣。



第 105 圖

引各井之水入抽水機，恆用吸管，吸管之裝置有二：一應用總吸水管與抽水機直接銜接，中間並無聚水井之設置，總吸水管再設支管，與各井相連通；二或另設聚水井，位於管井與抽水機間之間，管井與聚水井之溝通，則有虹吸管，抽水機即從聚水井汲水（第 106 圖），此虹吸管向聚水井之方向，具有升勢，故其最高之點，位於聚水井中，虹吸管之短者，坡度可取 1:100，極長

者，則往往取 1:1000，甚或取 1:2000 之坦坡，蓋使此管不致在地面以下過深處也。



第 106 圖

虹吸管之直徑，應按管中之流速而定，後者每秒鐘不得超過 60 至 75 公分，管之長者，恆取其最高速度，較上述為低，以免過甚之吸力，來日如有增添井數之必要者，則應預為顧及虹吸管之管徑，事前當取較大，為擴充計，亦可將聚水井之一端諸井，先行開鑿，其他一端，則可待之來日，因聚水井之地位，恆以居諸井之中央，最為經濟，虹吸管應設於堅固之基地上，但管井附近，常因開鑿而鬆軟，故其地位，應距離管井，至少須有 3 公尺也。

虹吸管中最高吸力  $h$ ，不得超過 7 公尺，其管之最高點，在聚水井中，應將其井中所盛之空氣，由管中吸出，因任何地下水，

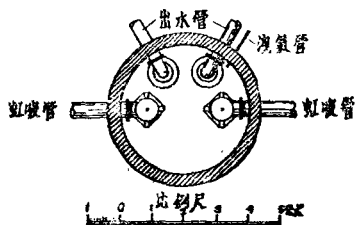
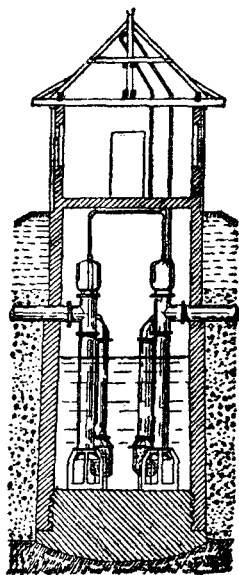
均含有氣質，如碳酸( $\text{CO}_2$ )黑酸( $\text{H}_2\text{S}$ )之類，且吸管本身，亦不能有絕對緊閉之結合，凡水量小而吸管短者，或可於汲水之前，將虹吸管以高壓水流灌滿之，但普通均設置自動洩氣活戶，以洩氣質，虹吸管之長者，在其最高點，以裝洩氣設置為宜。就大概言，凡虹吸管之吸力愈大，管綫愈長，出水量愈多者，則其洩氣設備，應愈有力，按諸白林次氏 (Prinz)，虹吸管之吸力，在 6 至 7 公尺及每日出水量在 1000 立方公尺者，其排洩之氣質，均在 0.8 至 1.0 公升間，此數值雖覺過高，但為安全計，則洩氣設備，非有充份之效力不可，聚水井處於出水井及抽水機間之間，為二者之連接物，井中除容納虹吸管，出水管及洩氣設備等件外，聚水井之作用類似沉澱室，可減少水中沙礫之成份，以免吸水機之易於損壞也，此外在抽水機吸水時，可避免正在流動之水質，受抽水機抽吸之不勻，而使出水井受衝擊之影響，故曰，聚水井猶如氣箱，可以調節水之衝擊，如須改良其水質，則在聚水井中，投以藥品可矣。

如井少而出水量小者，則聚水井可以免去，採用離心力抽水機，雖有多井，而其水質無須加以改良者，則聚水井亦可省去，例如德國佛登貝村 (Württemberg) 之水源，出水井排列之長，達  $2\frac{1}{2}$  及 4 公里，中無聚水井之設置，施用十二年之久，未聞其有缺點也，但就普通言，出水井排列之較長者，應設聚水井，以其便

於修理及工作耐久也。

聚水井之構造，一如普通之大井，但井壁井底，均不透水，然亦有極少數之聚水井，其井壁或井底，或二者兼為透水構造，酷如出水井者，在不透水之聚水井，有以混凝土作者，井底另用工字樑加固，所以抵抗浮力，并在抽水時，可以增加其安全性也。

聚水井之地位，恆依抽水機間之地位而定，而抽水機間之地位，又依需水地點而定，如出水井之排列方向，與通入城市之輸出管幾成直角者，則抽水機間及聚水井之位置，應在諸出水井之中央，如出水井之排列方向，與輸水管在同一方向者，則以抽水機間及聚水井，在諸出水井之末端，最為經濟，所有機間及住室等，應距聚水井，至少有 10 公尺，以免危及房



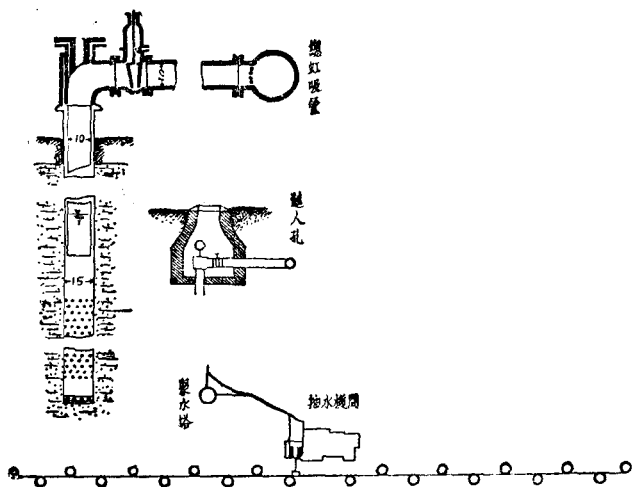
第 107 圖

屋之基礎也。

虹吸管及出水管，均應懸於井中工字樑上，或支於堅實之井底上，井之構造，總以便利工人之出入為宜，庶修理開關等事，易於着手。

第 107 圖示普通聚水井，左右各有虹吸管入口，於其灣曲處，各設氣箱一個，以資洩氣，氣管高引直上，所以避免吸收過量之水份也。

第 108 圖示美國潑來飛地 (Plainfield) 計其開鑿較大管井二十只，直徑為十五公分，另設十公分徑之吸水管，各井依次與

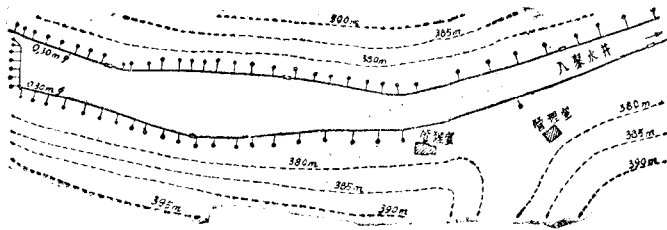


第 108 圖



總吸水管相連，井深自十一公尺至十五公尺不等，井距為四十五公尺，總吸水管之直徑，並不一律，自二十公分漸增至三十公分，上層地質為黏土，下層為砂礫，地下水面之傾斜度甚大，據試測結果，將管井十口，連於抽水機上，二十四小時內，每井出水量為570立方公尺，其時井中水面，降下六十公分，如所連之井愈多，則每井之出水量愈少云。

第109圖示德國努尼貝城 (Nürnberg) 之自來水水源，計



第109圖

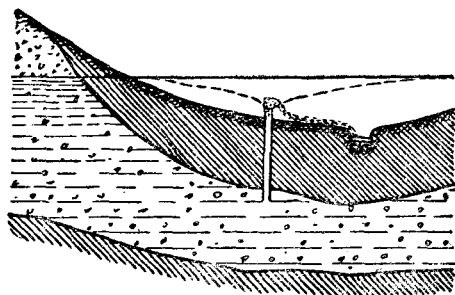
共管井83口，管井與總虹吸管相連接，應用70公厘直徑之鍍鋅紫銅管，以橡皮圈為之緊密，總虹吸管之方向，與地下水水面之等高綫，幾相一致，俾得最大之出水量也。

南京總理陵園之管井，計共四口，各井之深度管徑及出水量，列表如次：

井深	150	64	98	72	公尺
直徑	10	20	20	30	公分

出水量 5.7 22.7 19.0 9.5 立方公尺/小時

自流井爲管井之一種，其水源位於不透水地層之下，此不透水地層，一經隙裂，水即湧現地面（第110圖），井管應與此不透水地層相密接，而引入城市應用，否則必致流散地面也。



第 110 圖

近世深鑽工業發達，故開鑿自流井可達極深之度，水量亦鉅，但其流量及久暫，時有變遷，故出水量之多寡，殊難斷定耳。

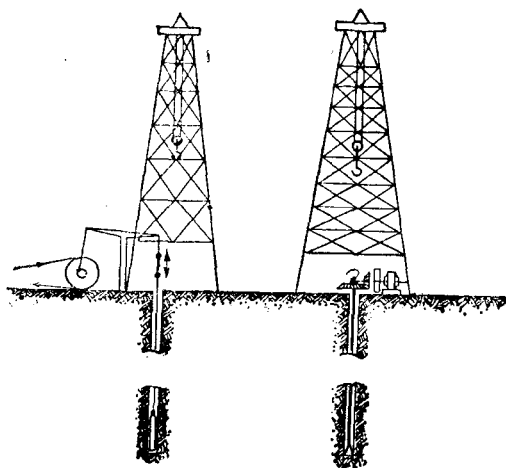
自流井之開鑿，每須穿越岩石層，爲事非易，故非有特種械件及專門技能者，不可輕予着手，開鑿之法，種類甚多，其主要者，可分爲下列二種：

(一) 油井法，亦稱標準法。井之直徑，自十公分至三十公分，能鑿穿岩石層，深度可達一千五百公尺，應用重桿一根，以呂宋麻索或銅絲索懸於鑿井架，可使重桿上下動作，桿之末端，裝有

鑽頭，石質遇之，即成粉末，另用吸沙筒，將石粉吸出，因成井穴，而將井管打入。

(二)石鑽法。將空心管之末端，附以石鑽，緩緩旋轉，遂入石中，將管中之石，成段取出，石鑽普通稱金鋼鑽，係將一種黑金鋼石，鑲入鋼製之鑽頭內，以增硬度，旋轉時，應灌水入內，以減阻力。

上述鑿井之法，如係深井，可按第 111 圖所示之鑿井架及其設施。左為上下動作，右為旋轉動作，開挖油井之地常用之。



第 111 圖

水頭上昇地面以上之自流井，在我國除北平附近及長沙兩地外，他處尙無所聞，茲據李書田君報告北平自頤和園以東，臨

清華燕京兩校址附近低窪之處，隨地皆可自自流井出現，惟水頭上湧不甚高耳，自此而南，愈近北平城垣，水頭愈低，圍城一里之內，雖在最低處穿鑿，亦難得自流井也，及進城而後，雖屬同一潛水層，然到處可以鑿井，其水頭且能湧出地面，約高二十呎許云。

蜀人在漢代以前，即有千餘公尺之鹽井及煤氣井之開鑿，其設備則甚簡單，先立井架，次安木輪及竹弓，木輪為鑽頭上升或下降之用，竹弓司鑽之上下動作，惟工程進行極慢。日人士法用竹管，但終不及近代鋼管之銳利，他如祕魯智利兩國，則恆賴井水為城市飲料之源，希臘意大利西班牙埃及南非及澳洲等乾旱之區，其鑿井事業，均極發達，蓋天時雨量不足時，不得不盡人事，以求地下水也。

井水量之計算 按第 85 圖，設  $AB$  為地下水之自由水面，汲取井水時，井中水面即下降， $CDFE$  為井之四周水面，受汲水影響，下降而成之水面線，若汲出之量，與地下水之供給量相等，則此水面線可保持一定，否則當逐漸降落，其出水量應為

$$Q = y \cdot 2x \cdot \pi \cdot V_x \cdot k$$

式中  $V_x$  為地下水之流速，流入以  $y$  為高以  $x$  為半徑之圓柱體中， $k$  為常數，若以坐標系  $xy$  表之，則

$$V_x = \frac{dy}{dx} \quad Q = 2xy\pi \frac{dy}{dx} \cdot k$$

$$Q \cdot \frac{dx}{x} = 2y \cdot dy \cdot \pi \cdot k$$

$$Q \cdot \ln \cdot x = k \cdot y^2 \cdot \pi + c$$

以  $h$  爲汲水時之井深,  $r$  爲井之半徑, 則

$$x = r \quad y = h \quad c = Q \ln r - kh^2\pi$$

$$Q = \frac{k\pi(y^2 - h^2)}{\ln \frac{x}{r}}$$

如其極限, 則  $y = H \quad x = R$

$$Q = \frac{k\pi(H^2 - h^2)}{\ln \frac{R}{r}}$$

再設

$$\frac{k\pi}{\ln R - \ln r} = K \quad H - h = S$$

$$Q = K(2H - S)S$$

此式係拋物線, 其頂點與井底面直角相切, 汲取井水時, 井中水面下降  $S$  愈大, 則出水量亦愈多也。

自流井之出水量, 按第 87 圖, 其透水地層之厚爲  $b$ , 流入以  $x$  爲半徑之圓柱體之水量爲

$$Q = b \cdot 2x\pi \cdot k \cdot \frac{dy}{dx}$$

設井之四周，由各方所供給之水量相等，則其自由水面為水平，其低降水面，亦成拋物線如前，故

$$dy = \frac{dx}{x} \cdot \frac{Q}{2\pi b \cdot k}$$

$$y = -\frac{Q}{2\pi b \cdot k} \ln x + c$$

設  $x = r$   $y = h$  則

$$c = h - \frac{Q}{2\pi b \cdot k} \ln r$$

故  $y = \frac{Q}{2\pi b \cdot k} \ln \frac{x}{r} + h$

$$Q = \frac{2\pi b \cdot k (y - h)}{\ln \frac{x}{y}}$$

$x$  與  $y$  之值，在其極限時，則

$$Q = \frac{2\pi b \cdot k (H - h)}{\ln \frac{R}{r}}$$

或  $Q = 2\pi b k \frac{H - h}{\ln R - \ln r}$

今設於此壓制水面

$$\frac{2\pi b \cdot k}{\ln R - \ln r} = K_1$$

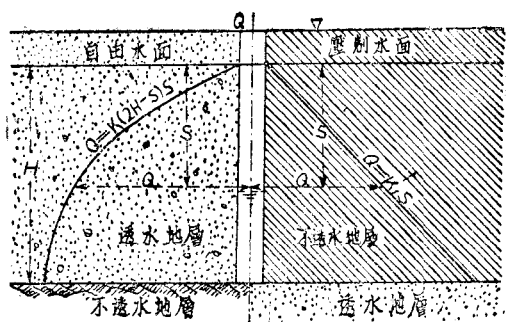
$$Q = K_1 (H - h)$$

在此  $H - h = s$

故自流井之出水量為

$$Q = K_1 \cdot s$$

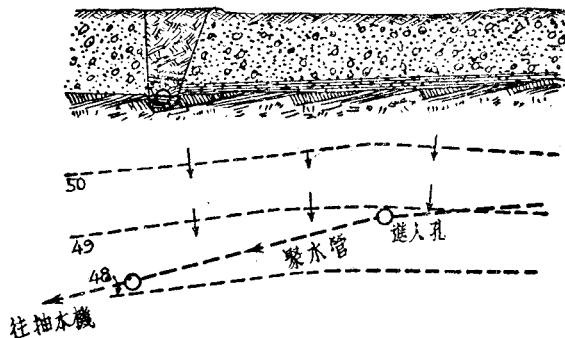
按此式係示直線，即自流井之出水量與其水位低降尺度成正比，第 112 圖即示此二種井之出水量也。



第 112 圖

(三)暗渠及潛池 如地下水之離地面不深而流量豐富者，則可應用暗渠以匯集之，暗渠設置得宜，可以吸收地下水之全部，渠之方向，幾與地下水面等高線相並行，其在地面之下，至少應有 1.5 公尺（第 113 圖），渠之形式不一，如流量之較小者，可應用 5 至 8 公分之排水管，或用有 8 公厘寬孔穴之陶管或鑄鐵管，如地層鬆軟，則以應用有孔穴之鍛鐵管為宜。

水量之大者，則以磚石或混凝土等搗製成渠，須供工人入內之渠，其尺度至少應有 0.8 × 1.8 公尺，在渠內水面之上，另設便



第 113 圖

道，以便行走，渠壁孔穴或槽穴，可及渠之全部或僅及一部，當視其地下水流入之情形而定，應對水流之方向而設孔，俾水流之易於流入也。

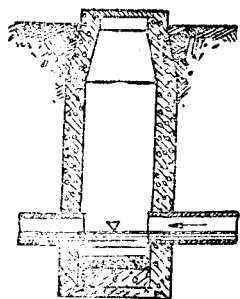
為避免細沙及泥土之混入計，孔穴之外，應設石礫層，其厚度至少為 40 公分，以便濾清水質，上部雨水之滲入，亦宜防止，應用 30 至 50 公分厚之黏土層蓋覆之。

在渠綫之交叉處，與變更方向之轉折處，及人不能入內之暗渠，此等地點，應設進入孔，可由磚砌或混凝土搗成，其底面較渠底為低，以便視察修理并洗刷管壁及積聚泥沙之用（第 114 圖），渠之各段，設有水門，隨時可以阻斷其水流。

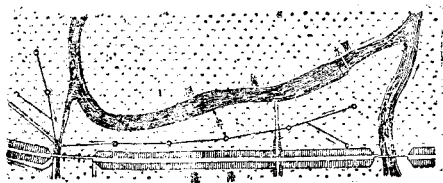
渠中所收聚之水，引入聚水井中，其地當有沉澱之機會，由此應用抽水機打入高架之配水池中。



酷旱之時，水量如有不足，則可將河水灌溉其流域，以增益其地下水也。

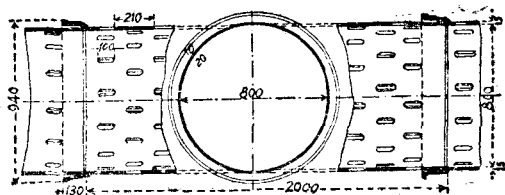


第 114 圖



第 115 圖

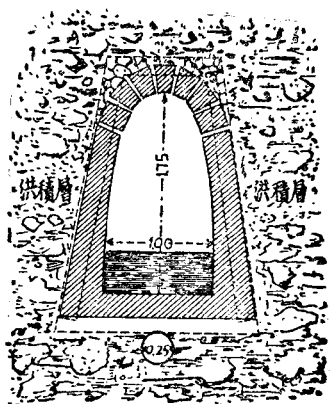
第 115 圖示德國哈諾佛城 (Hannover) 之暗渠設置，第 116 圖示其鑄鐵之聚水管，管之上部及兩側，均用石塊蓋護，再上鋪以石礫，厚約 0.4 公尺，最上層用 0.3 公尺之泥土填實。



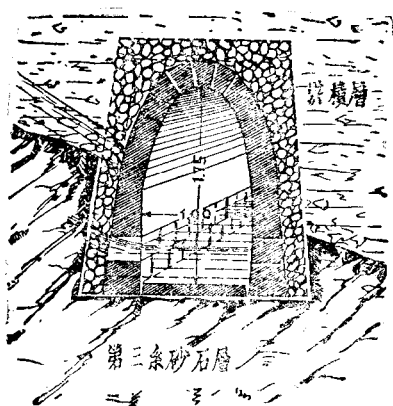
第 116 圖

第 117 圖示德國門興城 (München) 之暗渠，位於阿爾本山 (Alpen) 之麓，由鑽探結果，知其地上層為石礫，下層為不透水

之砂岩，向東傾斜，滲入地下之雨水，爲石礫層所吸收，而沿此不透水砂石面而下流，故又造成如第 118 圖所示之渠式，俾可儘量



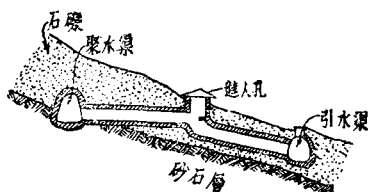
第 117 圖



第 118 圖

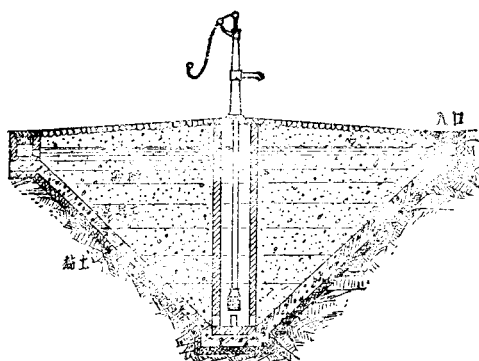
收聚其水量，第 119 圖示暗渠之設置，有聚水渠引水渠及進入孔等項工程。

潛池係不透水之水池，其規模較小，僅足供少數住戶之用，初非為公眾給水之設置也。凡附近之水，含有沼味鹹味及澀味

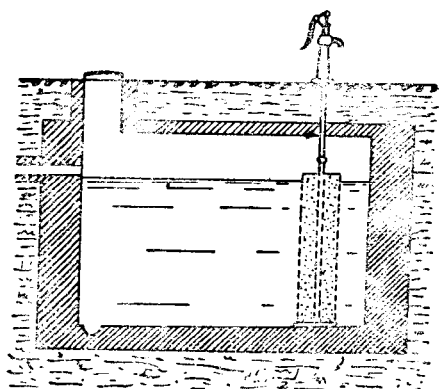


第 119 圖

者，或其地質，又屬岩石層，不宜鑿井者，或砂礫之地，地下水水位極深汲取非易者，則惟有設潛池當矣。池水之來源，係由屋面鋪砌之院地，岩石之面層，及其他傾側而不透水之斜面，集合而來，如英屬直布羅陀城(Gibraltor)，有一部份居民，將 6.5 公頃大岩石面上所集之雨水，引入潛池，濾清取用，平均每年每平方公尺地面，有 300 至 600 公升之水量，作為飲料用水，惟須審慎濾清，方可應用，最良之水，出自潛池之滿盛砂礫者，但其貯水之量，每因此而減小，工程費用，又極昂貴（第 120 圖），故美國式之潛池，將砂濾層之地位，儘量縮小，而成圓筒形，（第 121 圖），池之砂礫中，裝設吸水管，於是在地面之上，安置手搖抽水機，以便汲取水量。



第 120 圖



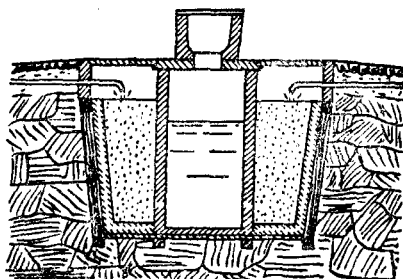
第 121 圖

法國殖民地所設之潛池，池水每通以電流約 25 分鐘，以資殺菌。

潛池有磚石砌成者，亦有由混凝土搗成者，外附黏土層，務

使不滲水份，上層再加蓋覆，可以石塊砌成彈面，用水泥漿灌彌隙縫，池之大小，應以旱季之需水量為準，石礫之空隙，可由試驗得之。

意之北部威尼西亞城(Venetia)之古式潛池，如第 122 圖所示，法以優良之沙粒，滿盛其間，佔地爲之增大，較無沙礫之池，約有 3 倍之多云。



第 122 圖

集水之面，及潛池本身，如能保持清潔，再經一度之沙濾，則潛池之水，亦未始非適於飲料之用也。

夫潛池之水，原屬地面水，經收聚引入潛池，再加人工之清濾，其與雨水之流經砂礫地層，再由抽水機汲出者無異，因亦列爲地下水也。

## 第七章 滌水工程

### 第一節 引言

曩昔咸以爲天然之水，無須滌製，已足適於各種用度，殊不知時至今日，無論爲飲料爲洗濯，爲工商爲農作，幾無有不經改良而即可取用之水，此等現象以近三十年來爲尤甚，一因市民日多，需水之量，由此增加，而天然之水，適於用者，爲量有限，自不得不講究滌水事項，二因市民衛生，較前注意，生命保障，與日俱進，而工商用水，亦採嚴格，不符條件之水，不得應用，滌水事業，因而推進不已。

公衆給水之水質，以適於市民之家用爲準繩，然水質之合於家用者，未必合於其他工商用水，若染坊洗衣作，造紙廠，漂白作，糖廠，絲廠，絨織廠，紡織廠等，需用軟水，鐵錳等質，尤宜絕跡（每公升水中，不得超過 0.05 公絲之鐵質及 0.05 公絲之錳質），汽鍋用水，亦當軟水，以德制 6 度爲最高限，凡汽鍋之洗滌愈難，氣壓愈大，溫度愈高及蒸發水量愈多者，則所用水應愈軟，近代新式汽鍋之用水，應經化學或光學方法，使其變軟，咸認爲不可或少之手續也。

天然之水，對於上述各條，勢難盡相符合，故在用水者，應各按其應需之水質，加以滌製或改良，非必仰之公共給水所給與，凡取用不宜之水，而所得損害愈大者，其所需滌製亦愈切，是不特對於工業上如此，即於衛生上，何獨不然，此自來水之水質，所以應各處各事之需求，略有差別，而不能盡行一致也。

滌水手續不一，大別之，有下列數種：

- (1) 除去水中游離之雜質，及附着其上之細菌。
- (2) 除去水中融解之雜質及色素。
- (3) 除去水中之鐵質及錳質。
- (4) 除去水中之酸類。
- (5) 使水變軟。
- (6) 除去水中之臭氣及惡味。
- (7) 殺菌。

滌水方法之有關於第(1)種者，爲沉澱法(Absetzverfahren)，關於第(2)種者，爲沙濾法(Sandfiltration)，關於第(3)種者，爲去鐵法及去錳法(Enteisenung und Entmanganung)，關於第(4)種者，爲去酸法(Entsäuerung)，關於第(5)種者，爲軟水法(Enthärtung)，關於第(6)種者，爲改良氣味法(Geruchs und Geschmacksverbesserung)，關於第(7)種者，爲消毒法(Desinfektion)，各以其目的之不同，而異其方法。

依據以往之經驗，關於各種水源之滌清方法，可臚列如次：

(1) 溪澗之水，每無污穢及毒質，其泥沙可以沉澱法澄清之。

(2) 如微有污穢及毒質者，則當更施以消毒法。

(3) 井水及泉水，如無污穢毒質及其他不合衛生者，可無庸清滌，逕作飲料之用。

(4) 地下水之含鐵錳等質者，可用通氣法，或化學沉澱法，除去之。

(5) 河湖之水，略有渾濁者，可以沉澱法及沙濾法滌清之。

(6) 如含有渾濁及毒質者，則當更施以消毒法。

## 第二節 沉澱法

地面水常含大小不同之浮游雜質，而以河水之所含為尤多。此項雜質，有機無機均有，凡雨水流入河時，其所帶之污質愈多，下水道所排洩之污水量愈鉅，及河水之流速愈大者，則其中所含之雜質亦愈多，故同一河段，在枯水時期，含雜質少，而在洪水時期，含雜質多。

供公眾給水用之河水，其中浮游雜質，應盡行除去，除去之法，將水之流速，儘量減緩，甚或停止流動，所含雜質雖不能盡除，但至少可以減少其一部份，故河中取水，取自河灣處者，以其



地流速較緩，水質較清，再經滌製，自易成可用之水，製滌恆以沉澱法爲先，其法又可分爲二種：

(1) 慢性沉澱法

(2) 加速沉澱法

茲將上項二法，再分別論之：

(甲) 慢性沉澱法

泥沙細粒之比重約爲 2.6，其所以能在水中浮游者，惟水之流動是賴，如將水之流速，逐漸減緩，則細粒之最大者，最先沉澱，依次而及其最小者，列在最末。故沉澱池之範圍愈大者，對於沉澱之功效，亦愈顯著，此深淵之湖及廣闊之蓄水池，所以常得清潔之水，無庸滌製，即可作爲飲料之用。無如僅恃沉澱池，以含泥沙之河水，經此滌製而成爲合於飲料之用。則未免需費過高，誠非經濟之策，職是之故，每將沉澱法爲滌水之第一步工作，先除去其中沉澱物之大半，然後應用沙濾法，或消毒法，再盡清滌之能事。

沉澱池中之水，恆藉低壓抽水機自河中抽起，其注入之法，大別可分爲二。

(1) 連續注水法

(2) 間斷注水法

前法以極緩之速度，使水連續流經沉澱池，而不間斷，其中

浮游雜質，得以沉澱，後法先將水注入池中，停留若干時，待其中雜質沉澱後，始放出池外，再注入其未經滌製之水。二法相較，互有利弊，連續法既使水無靜止之機會，其沉澱也自難，間斷法一注一放，有耗時間，水位由高落低，亦費能力，不特未能取得水面最清潔之水，且所需之池數較多，所佔地畝亦較大，故目下趨勢，以採用連續法者為多，并於水中投以凝結藥品，而成加速沉澱，尤稱經濟。

連續注水法，水在池之流速  $V$ ，每秒自 2 至 10 公厘，故每秒一公升之水，需有流水面積  $F=0.5$  至  $1.0$  平方公尺，或  $F=\frac{Q}{V}$ ，式中  $Q$  為全日平均每秒鐘之需水量，沉澱池之長度  $L$ ，應依水中浮游物之數量及性質，并所需求之水質而異，就大概言之，水在池之時間，為 2 至 24 小時之久，謂之沉澱歷時 (Abklärungszeit)  $t$ ，故  $L=V \cdot t$ ，如停留過久，則所增之功效殊微，可將美國南方紐俄爾連斯城 (New Orleans) 之試驗結果為證，

沉澱歷時(小時)	水中雜質量 (百萬份之分數)	沉澱量(百分數)
0	650	0
12	435	33
24	360	45
48	300	54
72	265	59

其他細微之泥沙，仍浮游於水中者，以沙濾法去之爲宜。

渾水在池之流速及其久暫，恆有一定之關係，沉澱歷時不得過長，流速不得過緩，否則所成之池，過於廣闊，誠非經濟之道，由河中所吸之渾水，如其濁度過甚者，則以採用間斷注水法，并較長之沉澱歷時爲宜。例如德國亞爾多納城 (Altona) 之公衆給水水源取自易爾北河 (Elbe)，其地每日之平均用水量爲 32,000 立方公尺，設沉澱池二，每池之容量爲 36,000 立方公尺，漲潮期間，水質最清（因其鄰邑漢堡城下水道之攙入關係）先以一池盛滿，他池之水，則供沙濾之用，故其沉澱歷時，可達 24 小時之久，德國克尼司貝城 (Königsberg) 自來水之新廠，亦建有鉅大沉澱池，其容量足供全城七日之用，所以避免汲取渾濁時之河水也，此外尚有英京倫敦之友士登 (Houston) 自來水廠，建有鉅型沉澱池，其容量幾足供全城二閱月之用云。

沉澱池之式樣，以矩形爲宜，但不得過短與過深，以於垂直方向，各深度之水流，並不均勻一致，在普通情形，池深不得超過 2 至 3.5 公尺，僅於沉澱歷時之久者，則可較深，否則不合經濟。

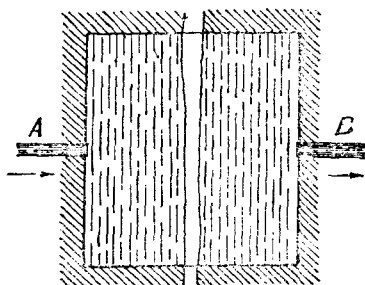
沉澱池之底部及側面，均須不使透水，如池址土質，係滲漏水流者，則應另設黏土層或濃性混凝土層，爲之封固，欲防波浪之衝擊，則於其外加砌石塊層（第 123 圖），或搗混凝土面，或



第 123 圖

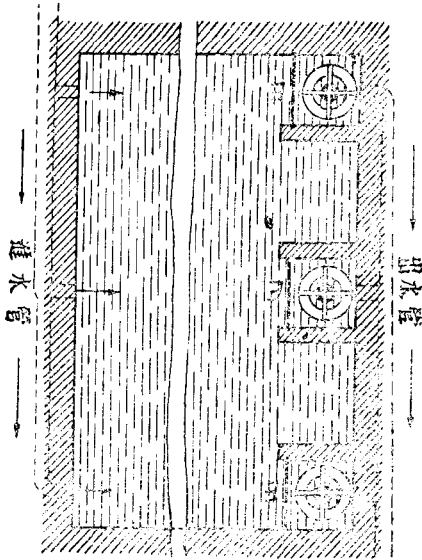
砌垂直之石牆均可，池中進水出水，應分佈於全池，凡出入口之有足以衝擊激蕩水平者，概須避免，如池身較寬，則水之出入口，當沿池壁排設多處，或設溢堰，以達其分配均勻之目的，水中浮游雜物，可用鐵柵鐵網，浸壁及篩帶等物，以攔阻之。

第 124 圖 *A* 示沉澱池之進水口，*B* 示出水口。如此裝置，則其水流依 *AB* 之直線而行，左右兩側之水，咸不起流動作用，遂



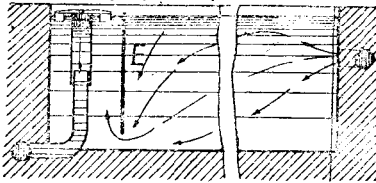
第 124 圖

使一池之內，流速不均，沉澱之效率，因以銳減。第 125 圖示一池之中，進出水口，分設數處。出水口之前，另有浸壁 *E*，以制水流，

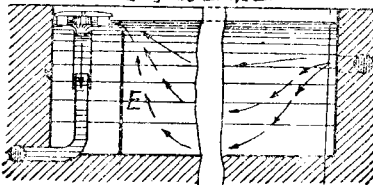


第 125 圖 a

夏季浸壁裝置

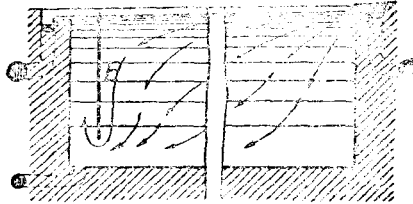


冬季浸壁裝置



第 125 圖 b

并攔阻雜質。第 126 圖示進出水口爲槽形設置，沿池壁而築，其對於水流之分配，更得均勻，自不待言。



第 126 圖

沉澱池中業經沉澱之泥沙，應行排去，滌池之時，沉澱工作，應暫告輟，故滌池之設備，亦有研究之必要，以期迅速，清潔，或設法在排去泥沙之時，仍能繼續其沉澱工作之進行。通常用抽水機，將需加洗滌之池水，遷入他池，故沉澱池之牆壁及底面，當用磚石砌成或由混凝土搗成，池底略作傾斜，狀如漏斗，以池心之排泥口爲最低，池壁裝設水管，以便取水沖洗，并佐泥沙排出之用。上項設置，惟沉澱池之較小者用之，其大者終以排泥工作，毋妨沉澱之進行爲原則，否則池之效率，因以銳減，殊不合算。大池之排泥，應用機械設置，將池底泥沙逐漸送至排泥口而洩出，其沉澱工作，固未或間斷也。

水中所含細菌之數，經沉澱後，亦必銳減，試驗時應將水池覆蓋，以免日光之曝曬，以日光亦有殺菌之能，茲將英國倫敦自來水廠在 1896 年嘗試驗泰晤士河之河水，其結果臚列如次。

表 如 下

月 份	每立方公分河水所含細菌數		
	未經沈澱之河水	沈澱十二日後	經過沙濾後
正 月	11,560	1,360	20
二 月	26,800	460	44
三 月	18,000	240	28
四 月	7,520	—	4
五 月	2,060	140	24
六 月	6,760	1,150	178
七 月	2,220	420	20
八 月	1,740	200	18
九 月	4,300	140	2
十 月	39,760	340	8
十 一 月	8,560	280	12
十 二 月	160,000	854	55
平 均	24,107	508	34

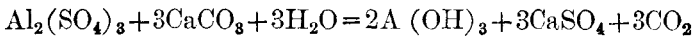
沉澱十二日後，細菌數平均減少 99.85%，再經沙濾後，平均減少 99.86%。

沉澱池效率之決定，應將澄清之水（沉澱歷時普通為 1 小時）驗其濁度，浮游物及細菌所減少之成份。在沉澱池中，約可減少浮游雜質 60% 至 70% 云

### (乙) 加速沉澱法

水中所含極細微之雜質，雖經慢性沉澱及沙濾，仍不能除

去，則可和以凝結藥品(Füllmittel)，使其凝聚成羣，然後沉澱或濾除之。凝結藥品之最普通者，爲明礬 $\{(Al_2SO_4)_3 \cdot 18H_2O\}$ ，純粹而不含砷錳鐵等雜質，并至少須含 15% 礬土 $(Al_2O_3)$ 。明礬與水中常有之雜質，如石灰石 $(CaCO_3)$ 石膏 $(CaSO)$ 等化合而成蜂巢狀物體，復將細微之游離物，泥沙，藻類，氣體，色素及細菌等物包圍於窠內，而令其共同沉澱，或團留在沙濾層之面，其反應如次：



渾水如係軟性者，爲促成其凝聚起見，可先投石灰及蘇打入水，如渾水加上項藥品而不凝聚者，則或需除去其中之酸性而後可。

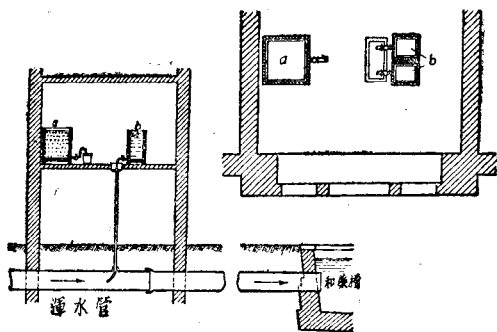
渾水若含泥沙之量過甚，則先施以慢性沉澱，然後加礬，自可經濟。

明礬融解水中，量約爲水之 5% 至 10%，而成明礬溶液，將此溶液引入渾水，按渾水之濁度溫度及沉澱歷時之不同，而異其溶液量，通常在每立方公尺渾水中，導以 10 至 200 公分重之明礬，平均應用 50 公分重，當就地試驗決定之，水中所投凝結藥愈多，則沉澱歷時，可以愈短，但過多則所費不貲矣。德國格路寧城(Groningen) 用明礬爲  $\frac{1}{8000}$ ，即每立方公尺渾水中用 125



公分明礬；萊佛爾特城 (Leeuwarden) 用  $\frac{1}{100000}$ ，即每立方公尺渾水中用 10 公分明礬；希當城 (Schiedam) 用  $\frac{1}{25000}$  之渾水重量，即每立方公尺渾水中用 40 公分明礬；白來門城 (Bremen) 因潮汛關係，用明礬  $\frac{1}{50000}$  至  $\frac{1}{20000}$  之渾水重量，即每立方公尺渾水中用 20 至 50 公分明礬。

第 127 圖示 *a* 爲融解明礬之缸，其下設有開關，飽和之溶液，由此放出，然後將此飽和溶液沖淡之，應用比重計，使成一定濃度之溶液，盛之 *b* 缸，再從彎管導入渾水管，流入和藥槽，以資調和。



第 127 圖

明礬尚有除去水中色素（沼池之水，常作棕褐色）之功效，水之含有鐵質者，如用明礬，則可以解除若干，或使之沉澱，而後

清濾之。

明礬打水，我國數百年前已用之，現今鄉村內地，無公眾給水之設置者，均仍沿用，產礬之地，如浙之平陽礬山，產量甚富，一經提鍊，品質優良，自可不必用舶來品也。

滌水所用之凝結藥品，除明礬而外，尚有綠化鋁 ( $\text{AlCl}_3$ )，硫酸鐵 ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )，綠化鐵 ( $\text{FeCl}_3$ )，鋁酸鈉 ( $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{O}_4$ )，石灰 ( $\text{CaO}$ ) 等物。為除去水中之有機物及藻類起見，更可加硫酸銅 ( $\text{CuSO}_4$ ) 於渾水中，每立方公尺之渾水，約需硫酸銅 0.05 至 10 公分 (gr.) 重，當由試驗決定之，如不用硫酸銅，亦可以綠氣代之，每公升渾水中，約用綠氣 0.3 至 2 公絲 (mg.) 重，如水質過硬，須酌加碳酸鈉 ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) 使之軟化。

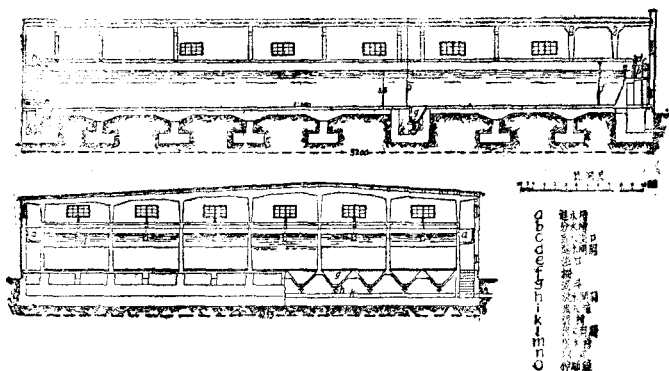
凝結藥品既入渾水後，應使此渾水，劇烈攪動，俾得二者充份調和，調和之法，或用和藥水槽，使在槽中常變更其流向，或用瀑布，使渾水由此陡面下瀉，此外或用攪輪，或用擾旋均可。調和既畢，將此渾水流入反應渠，歷時約 20 至 30 分鐘，渠中流速，至少每秒應有 0.3 至 0.75 公尺，凡反應歷時愈久者，其流速亦應愈大，在反應之初，其流速不妨較緩，嗣後應漸增速。

凝結藥品與渾水既起作用後，再引入加速沉澱池，(Koagulationsbehälter)，其中流速每秒約 10 公厘，沉澱歷時應有 2 至 6 小時之久，然後引入快性沙濾池，所以濾除水中細微膠質狀

之物體也。

寒冷之地、沉澱池應加蓋覆，保持水溫，因過冷之水，所起化學作用極弱，日夜工作，應分配平均，務使各時之流量相等，並須有大量之清水池，以調節用水量之參差也。

加速沉澱池之構造，與慢性沉澱池完全相同，沉澱池每年約須 2 或 3 次之洗滌，用水沖刷，并同時無妨沉澱工作，第 128 圖示德國克尼司貝城 (Königsberg) 加速沉澱池，在洗池之前，須將池中渾水，用打水機汲入他池，使其乾涸，然後以水沖刷，使沉澱物流入泥斗 *g*，由此取道泥槽 *k* 洩出；



第 128 圖

沉澱池之效率，除減少水中雜質之數量，可以取作標準外，而所減少之細菌數，亦為其澄清之尺度。

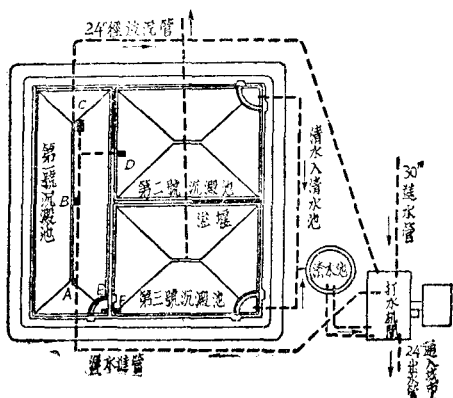
沉澱池之個數及其容量，亦有研究之必要，如渾水不甚濁，

而再用沙濾法滌製者，則有一個沉澱池，已足竟沉澱之功，將該大池分隔爲若干小池，且以採用連續注水法爲宜，蓋池大則水量亦多，其溫度風力，均足使發生不規則之水流，一經分隔，其流向自易固定；反之，如渾水甚濁，則應設二或三池，首尾銜接，以資交替工作，如能令水之流速，漸流漸緩，則沉澱之效，較能顯著。因渾水經第一池時，所含雜質較多而較大，故流速雖非極緩，已足使之自行沉澱，自入第二池後，所含雜質較少而較小，故應將流速減低，以利沉澱，由此轉入第三第四池，則其流速更應減緩。美國聖路易斯城 (St. Louis) 自來水廠之沉澱池，共有六座，茲將 1907 年三月所測各池水之濁度發表如次：

次序	濁度（以百萬分一爲單位）
河水	1444.0
第一池溢口處	14.2
第二池溢口處	12.1
第三池溢口處	8.35
第四池溢口處	7.10
第五池溢口處	5.80
第六池溢口處	5.46

可知水經第三池後，濁度之減少，實已極緩，沉澱歷時過久，受益無多矣。

第 129 圖為美國聖月賽夫城 (St. Joseph, Mo.) 自來水廠



第 129 圖

所用之沉澱池。渾水自低壓抽水機打入第一號池，圖中  $A, B, C, D$  四處，即為渾水之進口，如三池同時應用，則開  $AB$  二口，如停用第二池，則開  $C$  口，如停用第一池，則開  $D$  口。池與池相連通，設有溢口，如停用第二池。則水自  $C$  口以入第一池，由  $E$  溢口漫出經下管入第三池。凝結藥可於水經溢口前投入，池底均向池心傾斜，成漏斗形，俾便去污也，

漢口既濟水廠，共有慢性沉澱池 53 座，各池深為 2.44 公尺，寬為 4.88 公尺，長為 82.3 公尺，每日之出水量為 950,000 公升，另有加速沉澱池 3 座，各池之深度為 3.66 公尺，寬度為 42.37 公尺，長度為 85.34 公尺，每日之出水量為 12,300,000

立升云，上海閘北水電廠，內設加速沉澱池兩座，每座長 65 公尺，寬 24 公尺，深 3.5 公尺，沉澱歷時爲四小時至六小時，每日可出清水 12,000,000 加侖云。

### 第三節 沙濾法

沙濾法乃滌水工作中最重要之一種，渾水經沉澱，卽須繼以沙濾。沙濾法又可分爲二種，卽緩沙濾法 (Die Langsame Sandfiltration) 及快沙濾法 (Die Schnellfiltration) 是也，前法所用之池，謂之緩沙濾池 (Langsamfilter)，後法所用之池，謂之快沙濾池 (Schnellfilter)。緩沙濾池之效率，每日每英畝池面積，可濾水 2,000,000 至 6,000,000 加侖，約合每日每平方公尺池面積可濾水 2 至 6 立方公尺。而快沙濾池之效率，則遠勝於前者，每日每英畝可濾水 100,000,000 至 125,000,000 加侖，約合每日每平方公尺池面積，可濾水 100 至 125 立方公尺也，茲更分述如下：

#### (甲) 緩沙濾池

##### (一) 構造概要

水流自經沙層，其所含微細之游離雜質，及細菌等類，大部受阻不能前進，於是停留沙面，故沙濾云者，實係機械式之篩箕作用而已。

水流經過沙層，有機體爲之養化，亦可去除水中惡劣之氣味，此沙層之中所以常乏養氣也。水溫與沙濾之效率，亦有關係，故緩沙濾池在夏日之功效，較冬日爲佳。

緩沙濾池，係一不漏水之水池，面積約在 4000 平方公尺以內，其底面及四壁，均用磚石砌成，亦有以混凝土及鋼筋混凝土搗成者，廂墊鉛板或油毛毡層或黏土層，以防罅裂，四壁應用斜坡者極少，池底略作坡度成 2% 至 3% 坡，庶水得以完全放盡也。

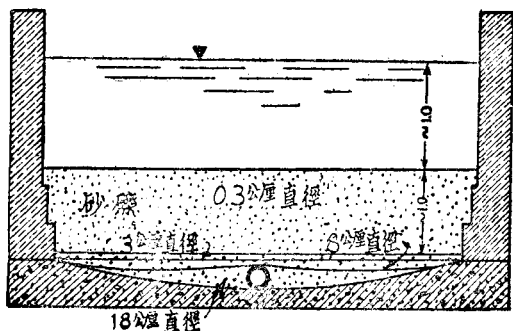
沙池之底，縱橫分設有系統之瀉水管一組，有總管及支管之別，總管爲一大水管位於池之中央，貫穿全池，每間 2.5 至 4.0 公尺，橫設支管一道，濾清之水，由支管收集，匯聚總管流出，故總管地位，不特較支管爲低，且居全池之最低處，管之材料，以耐用爲首，或以陶製，或以混凝土製，亦有以磚石砌成水渠者。支管之壁設穴，或於兩管相接處，留以隙縫，俾清水之可以流入，直徑自 10 至 20 公分，管上蓋以石塊，再上更填大小礫石四五層，由下而上，直徑自 40 公厘至 2 公厘，共厚 400 至 600 公厘，其上再鋪 40 至 120 公分厚之細沙層，砂粒大小，在 0.3 至 0.4 公厘間，池水經層層沙石，由瀉水管流出至清水池，以供城市之用。

池中沙質，以清潔爲要，不得混雜塵垢，泥土，非洗滌不能應

用，沙粒務宜勻淨，更不可含有石灰等質，以免水之硬度起變化也，池中各沙石層之排列，除已略示其總厚度外，再將沙濾池之各層構造詳列如次：

層次	厚度	直徑
1. 細沙層	120 公分	0.3 至 1.0 公分
2. 粗沙層	3 公分	0.2 至 0.7 公分
3. 細礫層	16 至 12 公分	0.7 至 1.5 公分
4. 粗礫層	15 公分	1.5 至 3.0 公分
5. 小石層	15 至 30 公分	10 至 15 公分

第 130 圖示美國阿爾邦納城 (Albany) 慢沙濾池之剖面，其所用沙粒之大小，與上表之規定，雖略有出入，要亦相去不遠耳。



第 130 圖

因各地氣候之不同，沙濾池乃有室內，室外之分，要亦以經



濟爲依歸，室外之池，造價固可較廉，僅及室內者 $\frac{1}{2}$ 至 $\frac{3}{4}$ ，但以結冰，生藻，塵垢及蝦蟆等之易於侵入關係，往往致滌水之費用增高。瑞士蘇黎治城(Zürich)之水廠，卽其例也。室外沙池，除造價便宜外，且可容易觀察，此其優點。但室內沙池，對於溫度之變遷，既可較少，工作時間，復得支持較久，更無須常行洗刷，以無塵垢之侵入，及藻類之滋生也。故最適宜之布置，惟有將上述室內室外兩種沙池，兼設並用，各盡其利，室內者爲冬日之需，室外者備夏季之用，室內之池，其掩蓋物構造，或用弧拱，上覆泥土，或用屋頂及木板牆，以避雨雪及塵垢，若欲防止結冰，則可於室內設置暖氣管。池上掩蓋物，至少須在最高池水位上2公尺，庶工人於洗刷池身時，得以起立也。昔時常用磚石砌成各式之拱形，今則均代以鋼筋混凝土，至透光及通風等設備，在室內沙池，尤不可少。

沙濾池之地位，應較沉澱池爲低，而較清水池爲高，使水之流動，可依其原有之位能。故清水池雖在最高水位時，仍應較沙濾池之水位爲低也。

## (二)沙池形式及座數

沙濾池因常需沖洗關係，故至少應多設預備池一座，在規模較大之水廠，則此等預備池之數目，亦應較多。就普通情形而論，凡沙濾池之少於四座者，應設預備池一座；少於八座者，應設預

備池二座；多於九座者，則非設預備池三座不可。

沙濾池之效率，英美等國以每日 24 小時，每英畝池面濾水若干加侖計，在採用標準制諸國，以每 24 小時每平方公尺池面濾水若干立方公尺計，其換算法如次：

「每 24 小時每平方公尺池面濾水一立方公尺，約合每 24 小時每英畝池面濾水一百另四萬加侖」。

沙濾池之數目，應按需水量之多寡而定，池之效率，每平方公尺池面，於 24 小時內，可濾清水 2 至 6 立方公尺。凡池之效率愈大，則其需要沖洗也亦愈勤，仍非經濟之道，故緩沙濾池水之濾速 (Filtergeschwindigkeit)，每小時鮮有超過 100 或 125 公厘者，合每平方公尺池面每日之效率  $C=2.4$  至  $3.0$  立方公尺。

此於水源之清濁，至有關係，水源清者，則沙池之效率，可以增大，如德國柏林城採用  $C=6$  立方公尺為沙濾池之標準效率是也。水源濁者，則沙池之效率，可以減小，如英國倫敦市採用  $C=1.8$  立方公尺為其標準效率是也。水廠應有之沙池總面積  $F$  計之如次：

$$F = \frac{W}{C}$$

式中  $W$  為一日中之最大需水量。

池之小者，其池面約為 1000 平方公尺，中等者，約自 1000

至 2500 平方公尺，大池之平面約自 3000 至 5000 平方公尺不等。沙濾池如排列得當，亦可酌減其造價。設池壁總長為  $U$ ，沙池總面積為  $F$ ，當  $\frac{U}{F}$  最小時為最經濟，今假定池數為 2 (第 131 圖) 則

$$F = 2x \cdot y$$

$$U = 4x + 3y = 4x + \frac{3F}{2x}$$

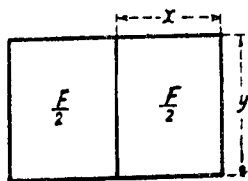
$$\frac{dU}{dx} = 4 - \frac{3F}{2x^2} = 0$$

$$x^2 = \frac{3}{8} F = \frac{3}{4} x \cdot y$$

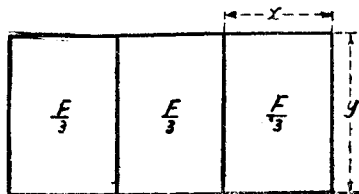
$$x = \frac{3}{4} y$$

如池數為 3 (第 132 圖)  $x = \frac{2}{3} y$

如池數為  $n$   $x = \frac{n+1}{2n} y$



第 131 圖



第 132 圖

池之數目，亦有研究之價值，孰取孰捨，總以經濟為依歸，至其建造費約可分為二類。

(1) 工程費之與池面積成正比者，如池底濾水管，圍牆及池上掩蓋物等。

(2) 工程費之與池面積不成正比者，如進水管，出水管，開關之類。

今設  $k_1$  為(1)類工程費用， $k_2$  為(2)類工程費用， $K$  為全部工程費用， $f$  為一池之面積， $n$  為池之數目， $F$  為所需沙池之總面積，另設預備池一座，則

$$n = \frac{F}{f} + 1$$

$$K = k_1 n \cdot f + k_2 n = k_1 f \left( \frac{F}{f} + 1 \right) + k_2 \left( \frac{F}{f} + 1 \right)$$

$$= k_2 \frac{F}{f} + k_2 + k_1 \cdot F + k_1 f$$

$$\frac{dk}{df} = -\frac{k_2 F}{f^2} + k_1 = 0$$

$$f = \sqrt{\frac{k_2 \cdot F}{k_1}}$$

故  $k_1$  愈大，則  $f$  應愈小，此即室內沙池所以應較室外沙池為小也。

$\frac{k_2}{k_1}$  之值，按之經驗，常在16至20之間，故池之面積為：

$$f = \sim 16\sqrt{F} \text{ 至 } 20\sqrt{F}$$

今設  $F = 1000 \text{ m}^2$ ; 則  $f = 1000 \text{ m}^2$ ;  $n = 5$ ;  $x = 40$ ;  $y = 25$  是也。

如池數過多,而需用預備池之數目,亦在一座以上,則上項計算,不復適用,須依次式重計之:

$$y = \sqrt{2F \frac{n}{(n-m)(n+1)}} \quad x = \frac{n+1}{2n} \cdot y$$

式中  $m$  為預備池之數目

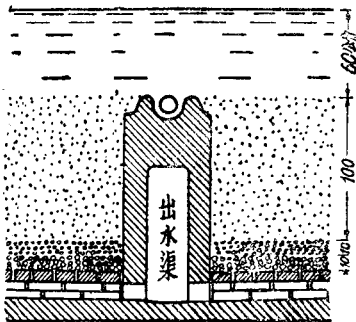
砂濾池恆為矩形,排成一行或二行,如餘地甚多,以分二行為宜,中間可留作過道及設置活戶等用,如上海英租界自來水廠是,若餘地不多,則惟有築成一行耳,再所需池數過多,亦可分成數羣,而依上法排列之。

### (三) 濾水工作

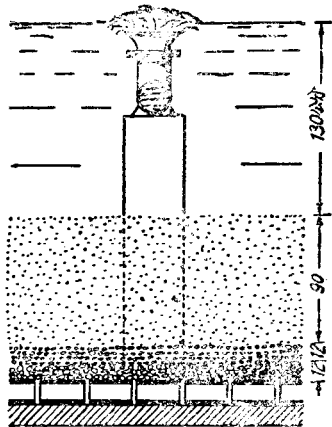
砂面久用之後,空隙漸為細微雜質所填塞,致阻力增加,瀝濾不暢,故池中水面不得不逐漸增高,以調整濾水之量,如水流經過沙層之水頭損耗,超過 0.6 公尺時,即應停止進水,池中水量,悉由瀉水管放出,然後將浮面之 3 公分厚沙層,用鏟除去,再行進水,此項除沙工作,每隔數天至數星期不等,須依水質及濾水量而定,池中沙層因遞次除去,逐漸減薄,但以 40 公分為最低限度,若超越此限,則應另取洗淨之沙,恢復其原有厚

度，一年中鏟沙次數，因地而異，初不一律，如德國麥台堡城 (Magdeburg) 水廠，每隔 20 日鏟沙一次，平均每鏟沙一次，每平方公尺池面，可濾水 40 至 80 立方公尺，如水中滋生水草，則鏟沙之次數，即須較頻，每隔 15 年，應將沙濾池全部拆下，池壁池底石礫水管等項，均當洗滌曬曝，重行安置。

沙濾池進水口之地位，與沙面在同一高度，故進水時，務使勿擾攪其沙層爲是。第 133 圖示進水槽，第 134 圖示大口之進水



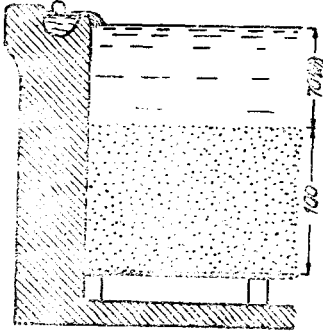
第 133 圖



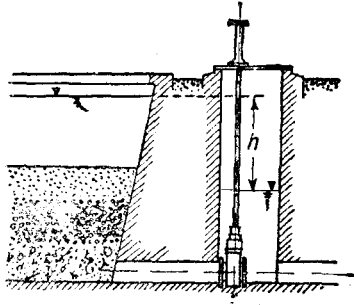
第 134 圖

口，第 135 圖示進水堰。如需通以空氣，則可由水面輸入。調節進水之量，可於進水管中裝置開關，另設溢口，以排洩過量之水。水管爲調整濾水量之用。當沙池阻力增大時，應加大內外兩水位之

差  $h$ ，壓力於是增高，而水遂暢濾矣（第 136 圖）但  $h$  以 1.00 公尺爲最大限度。如用自動調節設備，則可使池內外水位，保持

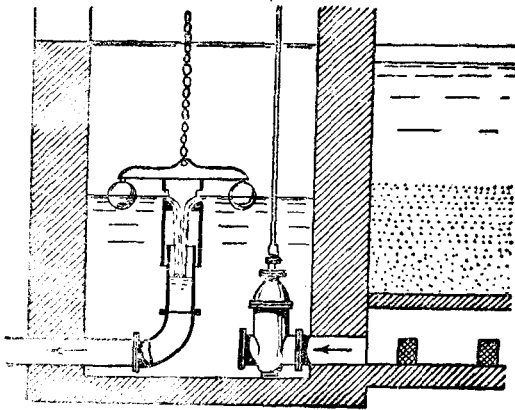


第 135 圖



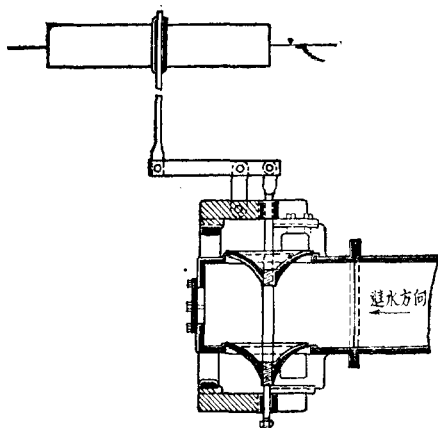
第 136 圖

其一定。第 137 圖示林特萊氏 (Lindley) 式沙濾池濾水調整器，



第 137 圖

第 138 圖示美國洛克愛蘭城 (Ricktsland) 水廠之濾水器。



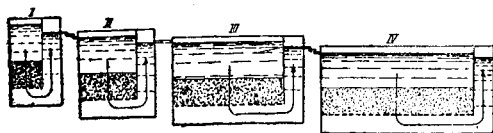
第 138 圖

清水池所以調節城市日夜需水量之不勻，并使沙濾池之工作效率有一定。清水池應設兩座，沙濾池既經鏟沙，應先灌以清水，至沙面上 20 公分爲止。所灌之水，半由清水池，倒流而入，半由沙濾池之進水口放入。規劃清水池之高度，對於沙濾池之水面及水管之裝設，不得不注意及之。

沙面上之水位高度，室內沙濾池至少應有 60 公分，室外沙濾池，則因冰凍關係，至少應有 100 公分。在沙面以上之最高水位，亦因所用沙粒之不同，各國未能一致，德國恆以 1.2 公尺爲限云。



沙濾池有粗沙濾池及細沙濾池之分，渾水先經粗沙濾池，然後再經細沙濾池，此等濾水方法，是謂複濾法 (Das Verfahren der Doppelfiltration)。第 139 圖示粗沙濾池四座，首尾銜接，



第 139 圖

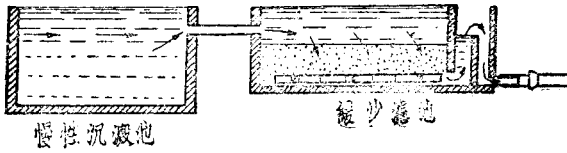
渾水依 I, II, III, IV 之順序而流，I 及 II 兩池設溢堰，以資連通，III 及 IV 兩池亦然，II 及 III 兩池則裝設水管，水流自溢堰滾下，於此可以吸收空氣及日光。

I 池之沙粒為最粗，II, III 及 IV 池依次而細，按各池沙粒之不同，其濾水之速率亦異，以 I 池為最速，IV 池為最緩，因各池之濾水量相等，故池面各依其濾水速率，而有增減。水流經過此四座粗沙濾池後，再導入細沙濾池，以減少其細菌數，而完成其沙濾之工作，此細沙濾池之濾水速率，較普通沙池之速率為大，至其差別如何，則須視渾水之含細菌數而定。

複濾法盛行於法國，比英等國間亦有之，濾清之水，質地固佳，但費用較貴，致其他諸國，未能普遍設置耳。

渾水之滌清步驟，在緩濾制可排列如次：(第 140 圖)。

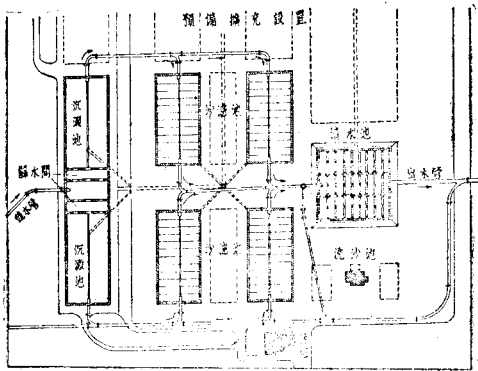
1. 由進水管入篩水間。



第 140 圖

2. 經慢性沉澱池。
3. 經緩沙濾池。
4. 入清水池貯藏。

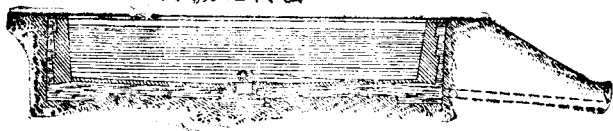
第 141 圖示德亞爾多納城(Altona)之水廠佈置，渾水由進



第 141 圖

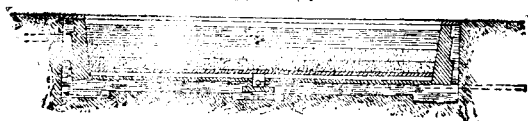
水管流入篩水間，經沉澱池沙濾池而入清水池，再由出水管引入城市，以供住戶之應用，第 142 圖示沉澱池剖面，第 143 圖示沙濾池剖面。

沉澱池剖面



第 142 圖

沙濾池剖面



第 143 圖

## (乙)快沙濾池

快沙濾池之優點，不特建造費及經常費之可以節省，且洗沙時間短促，人工亦得減少也，故其效率之大，幾較緩沙濾池有 20 至 60 倍之多，而佔地之小，則僅及緩沙濾池之  $\frac{1}{20}$  至  $\frac{1}{60}$  耳。洗沙方式，除用水而外，或特設鐵耙，以攪其沙面，或壓縮空氣，以激蕩其沙粒，或用高壓水流，以沖刷其沙層。洗沙之水，自池底瀉水管逆流外向，由各細孔射出，不數分鐘即可竣事，污水可由污水槽流出，不若緩沙濾池鏟沙之後，再須洗滌，工時兩費也。

快沙濾池之效果，就大體言，固不亞於緩沙濾池，其能除去水中色素之功，實較後者為尤著，所憾對於細菌之減少，則稍不如耳。故快沙濾池之水，惟有應用綠氣或臭養，再使殺菌，近來

城市地價昂貴，工資飛漲，故不獨採用快濾池者，日見增多，即將舊有緩沙濾池之改成快沙濾池者，亦復不少，是以，一水廠而兼有快緩兩種沙濾池者，其緩者必係舊有，快者必係新設，不問可知，上海英租界自來水廠及上海內地自來水廠，均其例也。

依據美國統計，全國市民，於1925年，享受快濾沙池所供給之水者，有18,610,000口，享受緩沙濾池所供給之水者，有5,054,000口，後者尙不及前者三份之一耳，快沙濾池逐年增加之情形，詳列下表，冀嗣後採用沙濾池時，有所準繩也。

年 份	總人口 (凡城市人口之 在2500以上者， 均列入)	應用濾清自來水之人口數			城市人口享有自來水供給 者之百分數		
		由緩沙濾 池供給	由快沙濾 池供給	總數	由緩沙濾 池供給	由快沙濾 池供給	總數
		1870	—	0	0	0	0.00
1880	13,300	30	0	30	0.23	0.00	0.23
1890	21,400	35	275	310	1.16	1.28	2.44
1900	29,500	360	1,500	1,860	1.22	5.09	6.31
1910	38,350	3,833	6,922	10,755	10.13	18.05	28.18
1914	42,500	5,398	11,893	17,291	12.70	27.98	40.68
1925	56,000	5,054	18,600	23,654	9.00	33.20	42.20

表人口數以千為單位。

### (一) 構造及濾水工作

快沙濾池又分開式及閉式 (offene und geschlossene Sch-

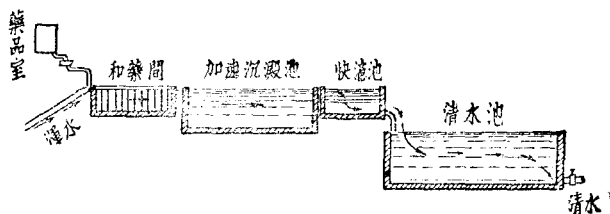
nellfilter)二種,前者亦稱吸性沙濾池,後者亦稱壓性沙濾池。開式沙濾池之水面,常有一定高度,設調整器以制之,而閉式沙濾池,則有定量之水輸入也。

閉式沙濾池,每作圓柱形,由鋼板成之,臥式立式均有,開式沙濾池,常為圓形或矩形,圓形池由鋼板或鋼筋混凝土成之,而矩形池則均屬鋼筋混凝土構造。

渾水經快沙濾池之滌清步驟如次:

1. 先將渾水引入和藥間。
2. 次流入加速沉澱池。
3. 再流經快沙濾池。
4. 末入清水池貯藏備用。

第144圖示渾水入水廠,成清水而出水廠之路由,故在設置快沙濾池之水廠,其重要部份,亦劃分為四,即



第144圖

1. 藥品室。
2. 加速沉澱池。

### 3. 快沙濾池。

### 4. 清水池。

如水質甚濁，則於加速沉澱之前，先經一度慢性沉澱。

快濾池中之沙粒，平均較緩濾池者粗而勻，以直徑 0.35 至 1.0 公厘者，為最宜於除細菌之用，如欲濾除鐵質，則以取 1.0 至 2.0 者為宜，諺曰：

「渾水清，用細沙，渾水濁，用粗沙」。

沙層最適宜之厚度為 0.6 至 0.75 公尺，因洗沙關係，故粗沙每先沉在下面，細沙在上，沙層之下，為石礫層，厚約 200 至 400 公厘，再下則為瀉水管矣。

渾水既經和藥并得充份之調勻後，入加速沉澱池，歷時 2 至 4 小時，再引入快沙濾池，以濾除剩餘雜質，因此類雜質業經已結合成羣，積於沙面，酷如薄皮，細菌經過，附着於此，乃由水中濾出。

沙面上水位之高下，以各種引水管構造之不同而異，約在 20 至 50 公分間，故污水槽之地位，須在沙面之上 50 至 60 公分也。

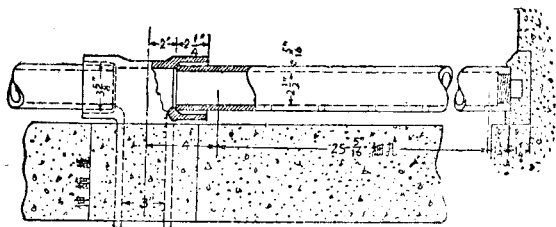
濾水速率，因渾水清濁之不同，及需求水質之各異而有區別，大概每小時自 2 至 7 公尺間。凡渾水愈濁及需求之水質可愈劣者，則濾水之速率可愈增大，惟濾水速率之愈小者，則兩度洗

沙時間之相隔，可以愈遠，一如緩沙濾池也。

由濾水速率及需水量而得沙濾池應有之池面，因洗沙所需之時間，僅 3 至 8 分鐘，故水廠之大者，設預備池一座，已足應付，小水廠之有二池以上者，則可無庸預備池矣。凡池數多而池面積小者，其建造費恆貴，大池而池數少者，則洗沙困難，此於設計時，不可不顧及之。閉式沙池，均係小型，咸以 6 平方公尺池面為限，惟開式沙池，則可達 100 平方公尺也。

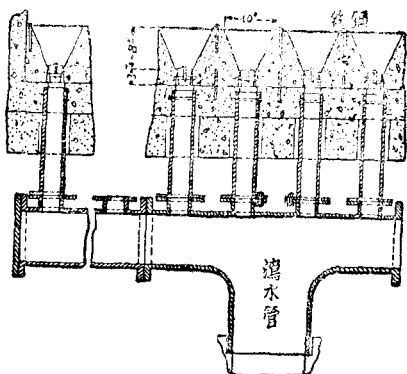
沙池阻力，約在 1 至 4 公尺間。在開式沙池，其進出水量，均由調整器以資節制。量取沙池阻力之大小，可以應用浮標，置於池下之清水面上，浮標復上懸於彈條，彈條上所示尺度，即所以表沙池之阻力也，亦有在彈條上，通以電流，沙池達最大阻力時，電流相接，而電鈴自振矣。

池底應堅實，務使沙層受壓均勻，其構造種類甚多，有裝有孔之洗沙管或瀉水管於池底者(第 145 圖)，有設漏斗口，而上蓋



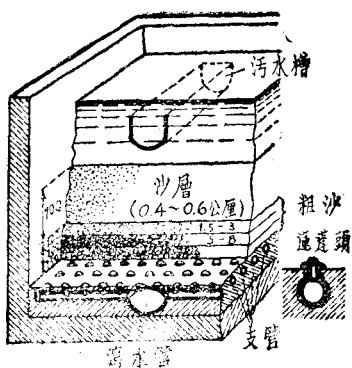
第 145 圖

以絲網者(第 146 圖),最普通者,當推池底裝有許多金屬所成之



第 146 圖

蓮蓬頭者,上設頂帽,以阻沙礫之侵入(第 147 圖),蓮蓬頭之分佈及其大小在濾水時,須使全池各處,得有均勻之出水,在洗沙時,務令由蓮蓬頭逆流而出之洗沙水,將全池各處之沙粒,得均勻之沖洗,蓮蓬頭之相隔,約 100



第 147 圖

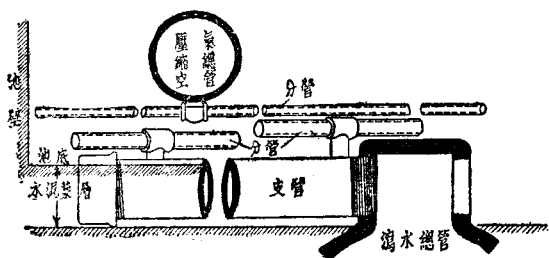
至 200 公厘,水頭損耗自 0.5 至 5 公尺,頂帽應有較廣之面積,以分散其水流,俾達較廣之區域,蓮蓬頭係白銅,而頂帽則為鑄銅所成,此等蓮蓬頭,概與池底混凝土中所埋置之水管系相接



連。

池底水管系應按洗砂時所需之水量，分為多數總管，每總水管所供給之面積，約為三公尺至五公尺闊，及五公尺至六公尺長，池之大者，可設為三四總水管，總管兩側，再分支管，支管之徑，為五公分至八公分，距十五公分至三十公分，水管系設在池底之上者，則於支管之壁，鑿有多數細孔，孔徑通常為 1.5 至 2.5 公厘，俾水由此出入水管，藉作洗沙及瀉水之用。

第 148 圖示美國握脫湯城 (Watertown) 水廠之沙濾池洗沙



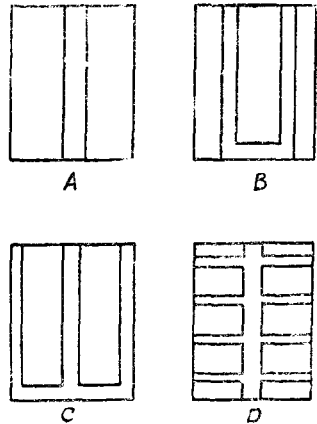
第 148 圖

及瀉水設備，瀉水分管係銅製，與 2'' 鍛鐵支管直角相接通，支管距約 10''，分管距約 6''，其上為助洗沙用之壓縮空氣管，空氣分管係黃銅製，距 4''，壓力約 0.3 氣壓，噴氣孔之總面積，約在池面積之  $\frac{1.5}{10000}$  至  $\frac{2}{10000}$  之間，在洗沙時，洗沙水與壓縮空氣，更迭放出應用。

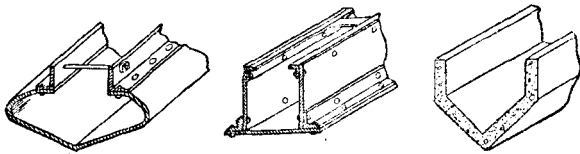
洗沙所用之水，即沙濾池所濾清之水，洗沙所耗之水量，約

佔沙池所濾清水量之 2%，洗沙時間之距離，自 5 至 24 小時不等，除平時洗滌外，每年尚須有二度以上之大清洗，將石礫沙粒，盡行取出池外，作根本之洗滌，然後重復裝置就緒。

污水槽之排列不一，各水廠自有其特殊之裝置，第 149 圖示，洗沙污水，不令其流動達水平遠程超過 1 公尺而入污水槽者，即槽距不得超過 2 公尺也，圖中 A 式適於小池之用，B 式適於較大者之用，而 C 式則將污水槽沿牆設置，僅得用槽之一邊，殊非盡善，D 式合於大池之應用，中央總水槽深達池底，將池身劃分為二部，由分槽進污水，匯聚於總槽流出，槽之式樣詳第 150 圖。



第 149 圖

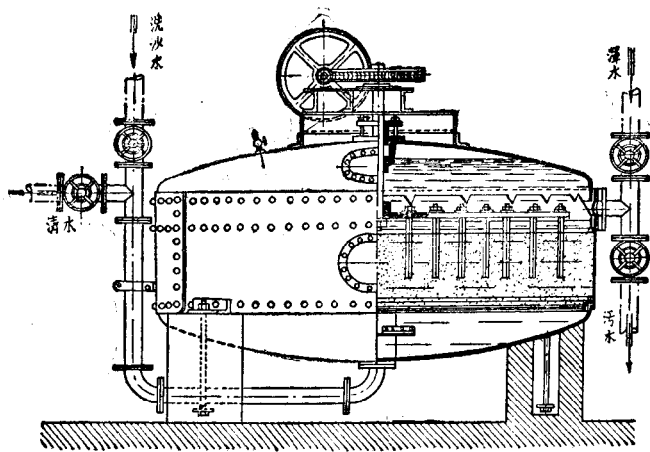


第 150 圖

(二) 快濾池舉例

第 151 圖示閉式快濾池，池為圓柱形，下底平坦有孔，為鐵板

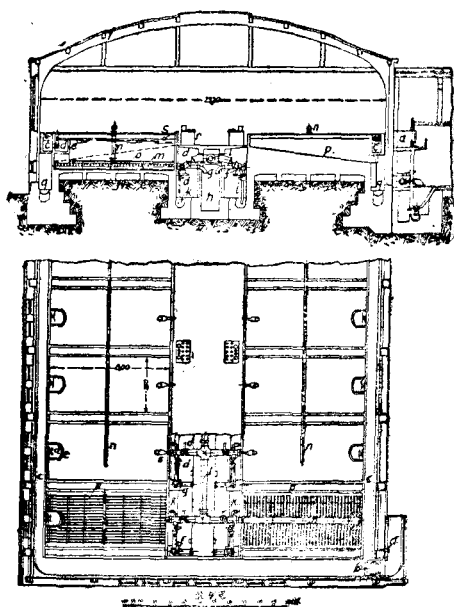
所成，濾水層以石礫爲基，上爲濾水之沙層，渾水由沙面流入，受阻於有三角開口之護板，渾水乃得均勻流入，不致擾攪沙面，渾水流經沙層直達池之下方，成濾清之水而由清水管流出，沙層阻力之大小，應用壓力表二架測得之，一與池中渾水相連，他表



第 151 圖

則與池下清水面相連，二表所示之差度，即沙層之阻力也，如沙層阻力過甚，必須洗滌，則先閉渾水管，而開污水管，然後再閉清水管，而開洗水管，如是則洗沙水即由下而上，經沙層流出矣，同時沙面鐵耙亦起動作，擾攪沙粒，使蕩漾於水中，污水即越護板自污水管流出，沙層既經洗滌後，即將各管之開關後原，繼續其濾水工作。

第 152 圖示開式快濾池，爲德國克尼司貝城 (Königsberg) 水廠所設置者，內有快濾池甚多，每池之面積爲 30 平方公尺，

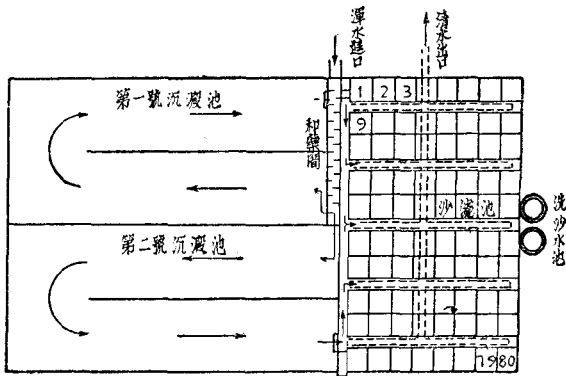


第 152 圖

池壁池底，均係鋼筋混凝土搗成，沉澱池中之渾水，由 *a* 槽經節制器 *b* 流入，節制器調節分水槽 *c* 中之水面，使保持其一定之高度，由此分水槽經開關 *d* 流入小型前池，再越隘口 *e*，以達沙濾池，其沙層之厚爲 75 公分，下爲石礫，厚亦 25 分，再下爲水管系，設有濾口，水管系全埋設於混凝土中，僅有濾口露出池底，濾

口四周，均置石塊，石礫層即支其上，渾水既經沙層後，得由濾口而入瀉水管，經管口  $g$  流入清水槽  $h$ ，洗沙時須將上項各管之開關倒置，清水即自洗水管  $l$  從濾口流出，再經沙層而達池面。如欲增加洗沙效率，則可應用壓縮空氣，由空氣管系  $o$  自沙層中射出，洗沙後之污水，經污水槽  $p$  流入污泥槽  $q$  而洩出。

第 153 圖示美國地曲勞城(Detroit)之水廠設置，先加凝結藥於渾水，引入和藥間攪和，再經加速沉澱池及快沙濾池濾清



第 153 圖

之，卒入清水池盛貯備用，沙濾池之旁，設有高架洗沙水池二座，使有相當水壓，以佐其沖洗，與上海閘北自來水廠所設之八角水塔，為用相同也。

我國漢口既濟水廠，現有快濾池七座，全用鋼筋混凝土搗成，每座之長闊深為  $15.3 \times 3.0 \times 2.7$  公尺，七池每日共出量為

31500 立方公尺。沙濾層之構造成三層，下層爲粗沙，直徑自 5 至 10 公厘，厚 15 公分，中層沙粒之直徑，自 1 至 2 公厘，厚 15 公分，上層爲細沙，直徑自 0.6 至 0.9 公厘，厚 75 公分。池底設有銅蓮蓬頭，以集清水，沙層每隔 18 至 25 小時，須冰洗一次，壓縮空氣及壓力之水流，同時並用，空氣約  $\frac{1}{3}$  氣壓，水流約  $\frac{2}{3}$  氣壓，污水經污水槽排出，第 154 圖即示該水廠佈置之概況。

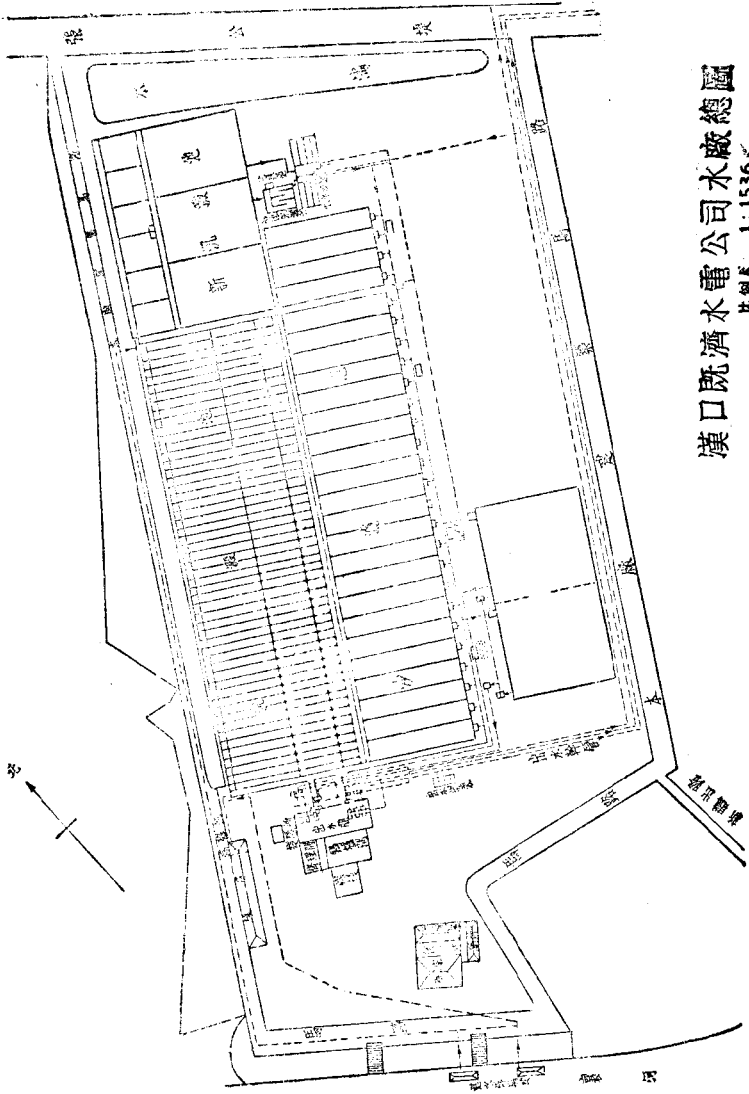
#### 第四節 其他滌水設備

##### 1. 去鐵法 (Enteisenung)

天然之地下水，常含鐵質，水含鐵質之量，在每公升間，超過 0.3 公絲者，即不適用於用，鐵質常於水中溶解，而成養化第一鐵 (FeO)，水之含鐵量多者，每公升竟達 6 公絲，故不得不設法除去，以免有害水質也。

去鐵之法，有所謂雨滴法 (Regenfall) 者，即使含鐵之水，噴成雨滴下降，俾與空氣有充份之接觸，而吸收其養氣，使養化第一鐵變成養化第二鐵 (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)，後者不溶解於水，而爲棕色之斑點，下沉水底，此沉澱物，可以礫濾法除去之。

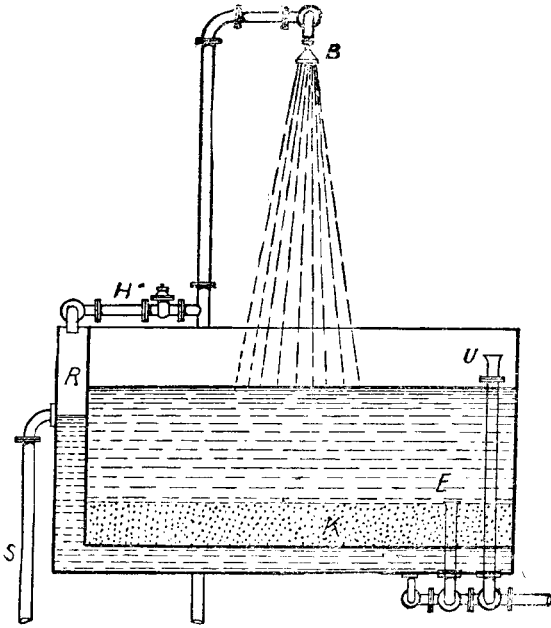
第 155 圖示噴雨器，雨滴由蓮蓬頭 *B* 噴出，在礫濾池水面 *F* 之上約 2 公尺，池中水深，依所含鐵質沉澱之難易，自 0.5 至 2.0 公尺不等，礫層 *R* 之厚度約 30 公分，渾水既經礫濾之後，



漢口既濟水電公司水廠總圖

比例尺 1:1536

第 154 圖

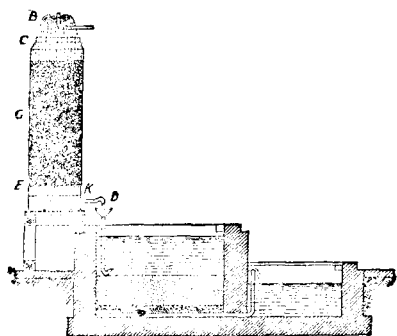


第 155 圖

遂成清水流入清水間  $R$ ，再經水管  $S$ ，引入清水池貯藏備用。

池中水位，可按礫層阻力之大小，而有昇降，礫層阻力，常不超過50公分，逾此限度，水即由溢口  $U$  流出，而礫濾速率，平均每小時為1公尺，含鐵質之水，吸收空氣後，並不立即變渾，約歷一小時後，方有沉澱物發現。除雨滴法可以除去水中溶解之鐵質外，尚有灌注法(Rieseler)，先引水過焦炭層，然後再經沙層，第156圖即示其構造之大概，昇水入盤  $B$ ，由此分散而下，滴入



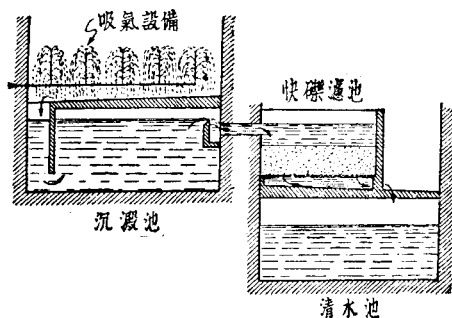


第 156 圖

多孔之板  $C$ ，水滴降落之高度，可以任意規定，務使降落之水量，平均分佈於圓桶  $G$  中，桶中滿盛焦炭，大可半拳，焦炭層厚約自  $1\frac{1}{2}$  至 2 公尺，支於多孔之底板  $E$  上，其下設底室  $K$ ，由此經水管  $D$  流出，入一普通設置之緩沙濾池，其沙濾速率較大，每小時每平方公尺焦炭面，可濾 2 至 4 立方公尺之水量，而每平方公尺沙面，可濾 0.5 至 0.6 立方公尺之水量也。

上項雨滴灌注二法，其設置均係開式，而閉式之去鐵設置，則所費較廉，不特佔地較少，且在去鐵時間，亦可不為外物污損其原有之水質。

如含水含鐵之量既不甚多，（每公升 3 至 4 公絲）且易起化合而沉澱者，則可應用第 157 圖所示之閉式去鐵法，用打氣機使水與空氣相混雜，空氣之量，約佔水量之 5 至 10%，激水成流，



第 157 圖

向上射送，俾吸收空氣中之養氣，然後於快礫濾池，濾除其鐵質，礫層之厚自 1.5 至 3 公尺不等，由上而下，礫粒漸大。池底構造，均與快沙濾池相埒。

### 2. 去錳法 (Entmanganung)

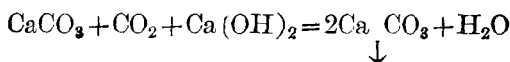
渾水所含鐵質，既已濾除，但含鐵之水，兼亦含錳，故除鐵之外，更須除錳，去錳法則，由來不久，亦用濾池，係閉式構造，直接設於除鐵濾池之後，池中盛有滿俺石 (Braunstein)，用代沙礫，以其有吸收錳化合物之特性，如於渾水中，加以四錳酸鉀 (Kaliumpermanganate)，或將漉濾之物，以二養化錳溶液 ( $MnO_2$ ) 澆灌之，或採用含錳之沙，藉充漉濾之材料，皆得同效，蓋水中之去錳，實較去鐵為難，除去水中一養化錳 ( $MnO$ ) 每公分重，約需四錳酸鉀 ( $KMnO_4$ ) 1.5 公分也。

### 3. 去氣味法 (Beseitigung von Geruch und geschmack)

水中如含有腐敗生物之臭氣及惡味，可採用通氣法 (Belüftung) 解除之，通氣法者，即令水與空氣有充份之接觸，以便洩濁吸清，或設溢口，使水流成瀑布下降，或設梯級使水流循序而下，或用蓮蓬頭，使水流噴射而出，就中尤以後法功效最著。

#### 4. 柔水法 (Enthärtung)

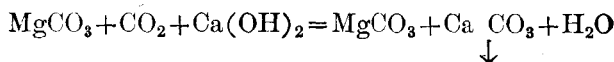
水中所含之礦物如碳酸鈣之類過多，則水質變硬，不復甘潤，其解除方法，可用化學沈澱 (Fällungsprozess)，法即於硬水中投以石灰，其反應如次：



↓

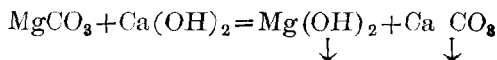
蓋水中因有碳酸氣之存在，故能溶解碳酸鈣，今石灰與碳酸氣結合，則碳酸鈣即成沉澱物而下沉水底矣。

水中如溶有碳酸鎂，則於投石灰後，最初之反應為



↓

嗣因碳酸鎂易溶解於水中，故需石灰以完成其化合作用，即

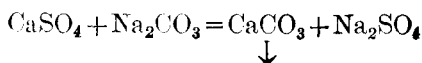


↓

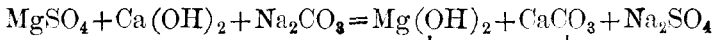
↓

所成之二輕養化鎂及碳酸鈣，均成沉澱物而下沉水底。

水中如含有硫酸鈣，則宜投以碳酸鈉，如硫酸鎂，則亦可投以石灰，其反應如次：



↓



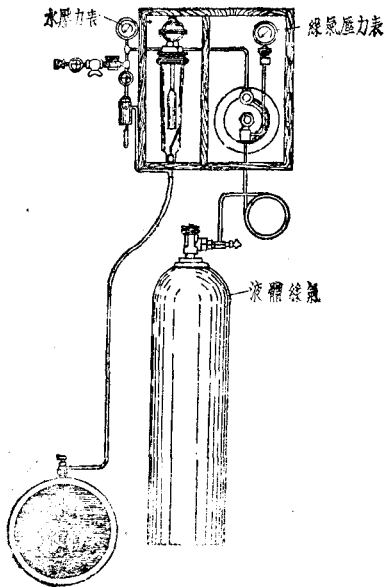
硫酸鈉易溶解於水中，而無嗅味。

5. 消毒法或殺菌法 (Entkeimung)

此法用以消滅水中之生物，而補沙濾法之不及，普通用者，均注射綠氣於經過沙濾池後之清水中。

近來各水廠之滌水，均用此法，以較之臭養，紫外光線及其他各法為價廉而安全，蓋綠氣殺菌，效率甚大。

水廠規模之大者，恆用液體綠氣，盛於鋼質瓶中，亦有用氣



第 158 圖

體綠氣之溶解於水中者，將此溶液，導入清水管，殺其所含之菌類，（第 158 圖），水量之少者，可用綠化物代之。

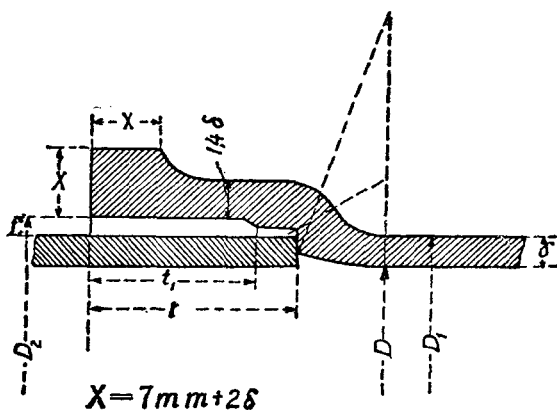
水中需綠量，因水中所含生物之不同而異，就大概而言，凡地下水之清潔者，則於每立方公尺水中，用 0.1 公分綠氣爲已足，地面水之渾濁者，則須用 2 公分或 2 公分以上，如綠氣之能力，尤嫌不足者，則同時可並用銅化物及銀化物，以完成其消毒之目的。

## 第八章 配水工程

## 第一節 輸水管

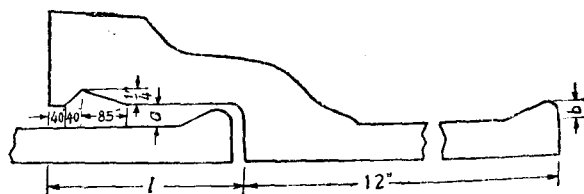
材料 製造水管之材料甚多，如鑄鐵、鍛鐵、鋼、鉛、竹木、混凝土、及陶土等，均可採用，終以堅固耐久，及經濟三者為準繩，惟此三者在各種情況之下，互有不同耳。

(1) 鑄鐵管 鑄鐵管在給水工程上，為用最廣，最近二百年來，幾盡棄其他材料，替而代之，以其價廉持久力高，其壽命可維持百年左右，直徑達二公尺餘，長度達四公尺，各國均有標準尺



第 159 圖 a

度，可按其水壓力之高下，直徑之大小查得之，茲將德美兩國自來水管標準尺寸，列表如下，德制水管接頭，如第 159 a 圖所示，美制如第 159 b 圖所示。



第 159 圖 b

在德制以標準鑄鐵管，須能任受 20 氣壓之試驗壓力為度，但於日常之水壓，則不超過 10 氣壓，管之長度，依直徑而異，直徑愈大者，其長度亦愈增，大概自 1.5 至 5 公尺間，惟在美制均係 12 英尺。

管之接連，有平接 (Flansche) 與套接 (Muffe) 二種，平接管之首尾兩口相同，兩頭平置，中隔皮圈，四周應用螺釘旋緊，(第 160 圖)，套接管之首尾兩口則有大小，連接時將小口套入大口中，大小口之間，另用柏油葶蔴并鉛質固封之 (第 161 圖)，普通以採用套接式管者為多。

鑄鐵管除直管之外，以管線上及保管上之需要，尚有各式特種管之製造，如管線分支，轉向，管徑之伸縮，及水管破裂時之需套筒等是也 (第 162 圖至第 179 圖)。

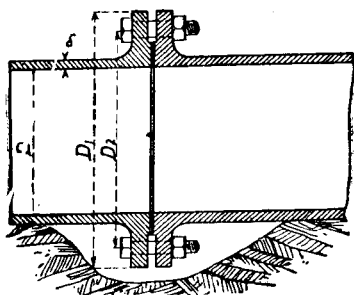
德制鑄鐵管標準尺寸(套接式)  
(根據德國煤氣及自來水專門會議規定)

徑水管內直 $D$ (公釐)	徑水管外直 $D_1$ (公釐)	內水管大頭 $D_2$ (公釐)	接縫寬度 $f$ (公釐)	接縫深度 $t$ (公釐)	墊料深度 $t_1$ (公釐)	有效管長 (公尺)	重量每公尺長 (公斤)	
40	56	70	7.0	74	62	2或2½	10.09	
50	66	81	7.5	77	65	2½	12.14	
60	77	92	7.5	80	67	2½	15.21	
70	87	102	7.5	82	69	3	16.65	
80	98	113	7.5	84	70	3	19.94	
90	108	123	7.5	86	72	3或3½	22.19	
100	118	133	7.5	88	74	3或3½	24.41	
125	144	159	7.5	91	77	}	31.65	
150	170	185	7.5	94	79		39.64	
175	196	211	7.5	97	81		48.36	
200	222	238	8.0	100	83		57.66	
225	248	264	8.0	100	83		67.57	
250	274	291	8.5	103	84		76.51	
275	300	317	8.5	103	84		87.48	
300	326	343	8.5	105	85		4	99.13
325	352	369	8.5	105	85		111.29	
350	378	395	8.5	107	86		124.13	
375	403	421	9.0	107	86	132.61		
400	429	448	9.5	110	88	146.68		
425	454	473	9.5	110	88	155.46		
450	480	499	9.5	112	89	170.10		
475	506	525	9.5	112	89	185.41		
500	532	552	10.0	115	91	201.66		

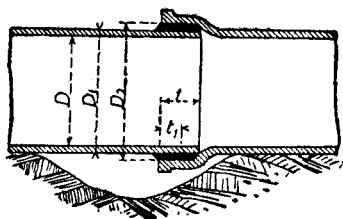


美制鑄鐵管標準尺寸(套接式)  
(根據美國自來水協會規定)

水管 內直徑 (吋)	甲級, 100 呎水頭			乙級, 200 呎水頭			丙級, 300 呎水頭			丁級, 400 呎水頭		
	厚度 (吋)	重量(磅)		厚度 (吋)	重量(磅)		厚度 (吋)	重量(磅)		厚度 (吋)	重量(磅)	
		呎	根 (12'長)		呎	根 (12'長)		呎	根 (12'長)		呎	根 (12'長)
4	0.42	20.0	240	0.45	21.7	260	0.48	23.3	280	0.52	25.0	300
6	0.44	30.8	370	0.48	33.3	400	0.51	35.8	430	0.55	38.3	480
8	0.46	42.9	515	0.51	47.5	570	0.56	52.1	425	0.60	55.8	670
10	0.50	57.1	685	0.57	63.8	760	0.62	70.8	860	0.68	76.7	920
12	0.54	72.5	870	0.62	82.1	985	0.68	91.7	1,100	0.75	100.0	1,200
14	0.57	89.6	1,075	0.65	102.5	1,230	0.74	116.7	1,400	0.82	129.2	1,550
16	0.60	108.3	1,300	0.70	125.0	1,500	0.80	143.8	1,725	0.89	158.3	1,900
18	0.64	129.2	1,550	0.75	150.0	1,800	0.87	175.0	2,100	0.96	191.7	2,300
20	0.67	150.0	1,800	0.80	175.0	2,100	0.92	208.3	2,500	1.03	229.2	2,750
24	0.76	204.2	2,450	0.89	233.3	2,800	1.04	279.2	3,350	1.16	306.7	3,680
30	0.88	291.7	3,500	1.03	333.3	4,000	1.20	400.0	4,800	1.37	450.0	5,400
36	0.99	391.7	4,700	1.15	454.2	5,450	1.36	545.8	6,550	1.58	625.0	7,500
42	1.10	512.5	6,150	1.28	591.7	7,100	1.51	716.7	8,600	1.78	825.0	9,900
48	1.26	666.7	8,000	1.42	750.0	9,000	1.71	908.3	10,900	1.96	1050.0	12,600
54	1.35	800.0	9,600	1.55	933.3	11,200	1.90	1141.7	13,700	2.23	1341.7	16,100
60	1.39	916.7	11,000	1.67	1104.2	13,250	2.00	1341.7	16,100	2.38	1583.3	19,000
72	1.62	1283.4	15,400	1.95	1545.8	18,550	2.39	1904.2	22,850			
84	1.72	1633.4	19,600	2.22	2104.2	25,250						



第 160 圖



第 161 圖

第 162 圖, 第 163 圖, 第 177 圖, 及第 179 圖所示者, 俗名 *T* 管。

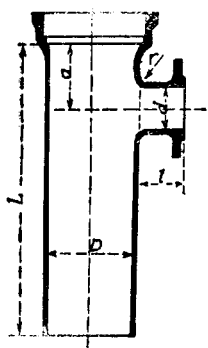
第 165 圖所示, 俗名 *Y* 管。

第 164 圖所示俗名十字管, 第 169 圖及 176 第圖所示者, 俗名彎頭。

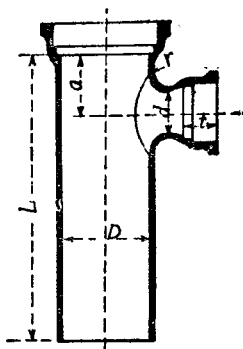
第 178 圖所示爲洩泥管，第 175 圖所示爲套筒。

(2) 鍛鐵或鋼板管 鋼板及鍛鐵均較鑄鐵堅強，且自重較輕，利於運輸，可惜既不耐久，又不經濟，故輸水管自以鑄鐵管爲主，以鍛鐵管爲輔，在特種情形時，如管徑甚大，或跨越河道之須減輕管重者，或地基不甚堅實而使水管起有彎曲力矩者，或經過鐵路之下，受壓特甚者，用之。

(3) 木板管 如產木之地，而其他製管材料缺乏者，即可以木板爲水管，用木條以鋼製之束帶箍成之（第 180 圖），考木製

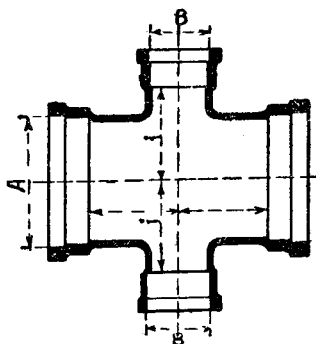


第 162 圖

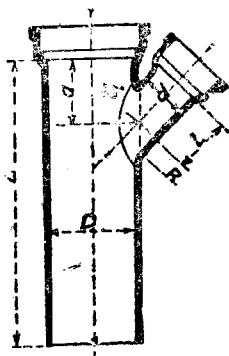


第 163 圖

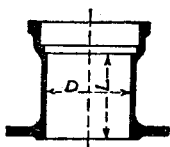
管，最初發明於羅馬時代，當時僅以整木中空成管，與杭州之寺院，以竹運水相仿，其後需水日多，管徑不足，管力亦弱，於是遞經改進，始成今法，現水力，排力，灌溉，城市給水等用之頗廣，



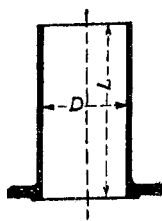
第 164 圖



第 165 圖



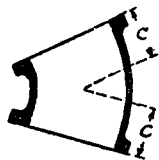
第 166 圖



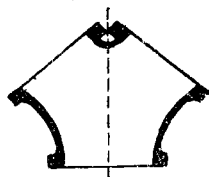
第 167 圖



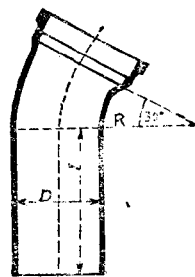
第 168 圖



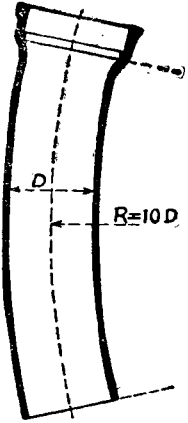
第 169 圖



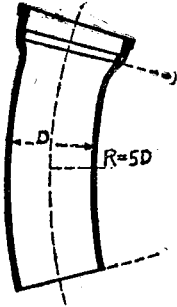
第 170 圖



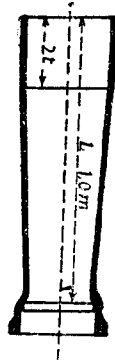
第 171 圖



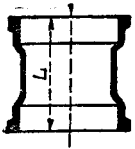
第 172 圖



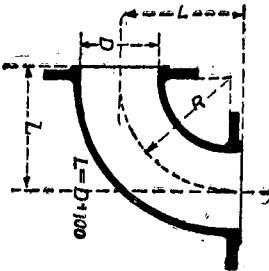
第 173 圖



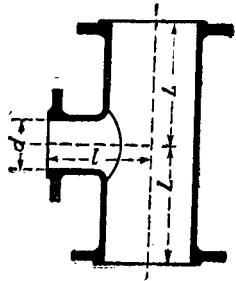
第 174 圖



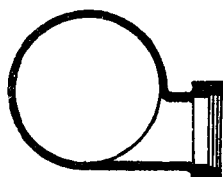
第 175 圖



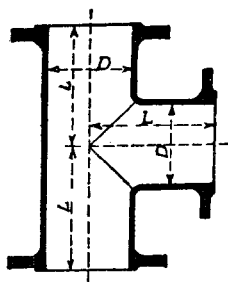
第 176 圖



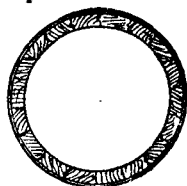
第 177 圖



第 178 圖



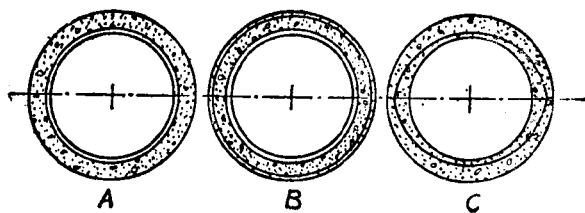
第 179 圖



第 180 圖

其優點為管徑大，宜於遠距運水，且價廉，質輕，適合地形，惟其壽命則僅在二十年左右耳。

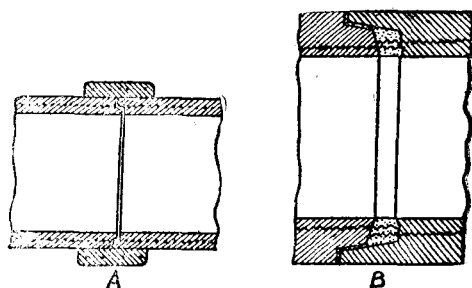
(4) 鋼筋混凝土管 鋼筋混凝土管，用於低壓水管，以 5 氣壓為限，井水中不含養化鈣(CaO)溶液為宜，否則應用鋼鐵，較為妥善，配合成份為 1:2:4 及 1:1  $\frac{1}{2}$ :3 均可，第 181 圖所示



第 181 圖

其配筋情形，A 式為較小直徑管適用之，B 式宜於較大者，C 式

則屬於經濟者，其管之埋設，不得稍起旋轉，而不正置，若變換 90 度後，則鋼筋全屬無效，初非抵抗外力之用矣，鋼筋混凝土管之接連，以第 182 圖 A 及 B 所示之法為合宜。



第 182 圖

### (5) 鉛管

鉛管極能耐久，但易生鉛毒，以錫鍍之，可以避免，此外用鍍鋅鐵管者甚多，取其價廉也。

## 第二節 輸水道

水源若距城市過遠，則必須建造較長之輸水道，以便引送應用，輸水道構造，因受水壓之不同，大別可分為二，即

- 1 無內壓力之輸水道
2. 有內壓力之輸水道

前者如水溝(Kanäle),水槽(Wasserrinnen),溝渠(Aquädukten),隧道(Stollen)等,後者如鋼鐵管,鋼筋混凝土管,木板管等,第一類輸水道之傾斜度,與水面傾斜線(Gefällslinie)相符,是以均屬平坦,遇有峯巒溪谷,如所費不多,則可繞道而行,否則開鑿隧道,或架設橋樑,以應需要,第二類輸水道,則可隨地勢之起伏,而設水管路線,惟全部水管,均應位於水面傾斜線下,如超過此線,則當按照虹吸管(Heber)之設置矣,選擇管路,終以經濟為原則,而最經濟之路綫,每非兩地直接相連之最短直線,普通常沿最短之直線,而向兩側偏倚若干,蓋所經地勢之平峻,地價之高下,建築物之有無,保養之難易,安全性之大小,在在皆與工程經濟,有密切之關係也。

綿長之輸水道,為求安全計,當作並行之管路二條,沿途裝設開關,并配置連絡管若干道,以資溝通兩道之水流,則水道之一部份,即偶有破損,經連絡管及開關之調整,水源仍可繼續流通,得無斷水之虞,而修理亦較便利,此類制度,是為複水道制(Doppelleitungen),迄自歐戰以還,主張複水道制者日多,蓋由戰爭所得之教訓使然也,而以空中能辨別之輸水道,其需要為尤切,水道之末,恆設盛水池,盛水池之容量,愈大愈為安全,但亦愈不經濟,而最小限度,當視水道破壞時,其修理所需之時間而定,在較大管路,須有十餘日之需水量,其較小者,則僅數日之量



爲已足矣。

### (甲)輸水道路綫

#### 1. 水管綫

水渠水管，其路綫之決定，後者易而前者難，爲避免壓力之過高起見，水管不經谷中，當沿山坡設置，或架設水管橋以資跨越，水管亦應不經山頂，當設隧道，或繞道而過之，如設隧道，則同時可作貯水之所，水管於諸山峯間，分成段落，然後於各山峯設盛水池，藉以固定其水位，另於地勢降起之處，及水管過橋之時，設洩氣口(Entlüftungsventil)，

俾隨時洩出水中氣質，(第 183 圖)，其在地勢卑下之處，應設洩泥口

(Entleerungsschieber)，俾隨時洩出管中之積淤(第 178 圖)，管路

之長者，當沿途分設開關若干道，庶遇水管破裂時，可以關閉停流，僅

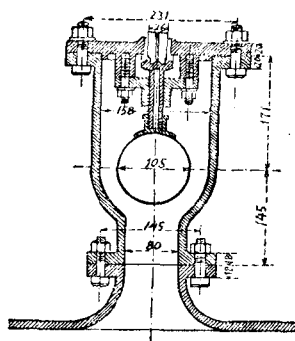
放逐一段管路之水量，便於從事修

理，故開關之地點，以位於管路之低處爲宜，常與洩泥口同置一

窰井中，工人可以出入，此外在較長之管路，及較大之管徑，往往

裝有自關蓋(Rückschlayklappe)，蓋一經破裂，爲害甚大，應急

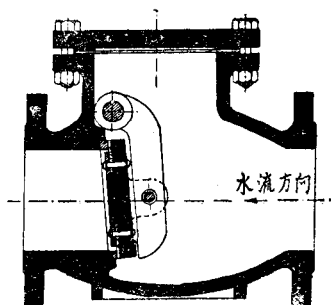
停止其水流，故管中流速，如超過某限度時，自關蓋即行閉塞，不



第 183 圖

使水流經過矣（第 184 圖）。

水管內所受壓力之大小，可自管心量至水面傾斜線之垂直距得之，水流一經靜止，則水面傾斜線立成水平，不復傾斜，如水流常川流通，無或靜止，則水管中之壓力常小，故於規劃管路時，應先詳察水管中之水流，是否有靜止



第 184 圖

之可能，然後以定壓力之大小，縱使全路水管直徑為一律，但各處管厚，可因壓力之大小而有厚薄也。

各段管路，其首尾壓力之差，既已定奪，則水管之大小，亦可由此決定，如應用抽水機，將水位提高，增加管內水流之速度，而易以較小之直徑，或可經濟，水流速度，不宜過緩，過緩則水中雜質，易起沉澱，而致阻塞，故水之富沉澱物者，其流速以每秒 0.8 公尺為最小限度，否則相勢裝設洩泥口，且隨時開放之。

## 2. 水管之安置

埋設水管，須備準確之總圖及詳細分圖，舉凡管路之地位，曲線之半徑及長度，水池之地點及尺寸，水管之形式及直徑，隧道之起迄，橋樑之高下，他如開關，自關蓋，洩器口，洩泥口等之地位，均須一一註明，俾於實地施工時，可按圖而設置，普通之埋

管步驟如次：

**挖溝** 埋管之地位，既已決定，於是就其管路，挖掘溝槽，以資埋設水管，故溝之深寬，依管之直徑為轉移，左右應各加寬二三十公分，以利施工，管上應有適宜之土厚，為之蓋護，所以防冬季之冰凍，夏季之過暖，在我國中部，有1公尺之土厚為已足，管底亦應酌留地位，以為填沙填石，或另設基礎之用。

**基礎** 如埋管之地，土質鬆軟，則應另設基礎，如枕架基樁是也，水管若經彎弧，當用混凝土為基礎，所以抵抗水壓力之推移也。

**埋置** 水管之埋置，每段常以開關為起點，接縫處應使十分緊密，謹慎將事，以免日後漏水過多，鋼板管之帽釘，以能在工廠釘就為佳，愈多愈妙，因究非工次工作之所能及也。

木管之捆束，尤宜留意其尺寸，慎勿相差過多耳。

**檢驗** 管路埋置，一段告成後，即用高壓之水，檢驗其有滲漏等情，檢驗之法，可將每段約300公尺長，管端裝開關或管帽，以資閉塞，以較日常為高之水壓，打入管中，詳察其滲漏情形，再事彌補，一經認可，然後以挖出之土，還諸槽中，妥為蓋覆，用以維持冬夏一定之水温，而免水管之被侵損也。

## 2. 水渠線

水渠為無內壓力之水道，故水渠高度，常與水面傾斜線相一

致，在平坦之地，水渠即沿地面設置，挖土而成水溝，其在有起伏之地，則設溝渠，用磚石堆砌，或混凝土搗製均可，茲分述如次：

**水溝** 水溝在灌溉工程上，以供輸水，爲用至廣，惟以構造簡單，常由滲漏及蒸發而致損耗水量，地面濁水，易於混入，水溫隨氣溫而高下，且溝中雜草滋生，有妨水質，缺點既多，故於給水工程中，用者絕少，若水溝所經之地，土質堅密，求經濟起見，渾水之輸送，亦未嘗不可一用也，水溝之傾斜度及水之流速，須視地勢及土質而定，如位於地勢傾斜之處，而土質又屬堅實者，則流速可以從大，泥土抵抗沖刷力之大小不一，就大概言之，疏鬆之土，可禦流速，以每秒 0.5 至 0.6 公尺爲限，結實之土，以每秒 1.0 至 1.2 公尺爲限，石層以每秒 1.5 至 2.0 公尺爲限，水之流速，每秒在 0.7 至 1.0 公尺以上者，即可免於淤泥之沉澱及水草之滋生矣，故水溝土質，以有堅實之土壤爲宜，既得避免水溝之淤塞，又可減少滲漏及蒸發之損耗，而水溝之剖面積，亦得較小矣。

水溝剖面，常作梯形，兩側坡度，因土質而異，結實之土，可有 1:1 之坡度，沙土地層，則僅有 1:3 至 1:4 之坡度，兩岸應高出溝中最高水位 0.5 公尺，水溝形式，以能得水力半徑 (Hydraulischer Radius) 愈大愈爲經濟，最大水力半徑之水溝，可自下

法得之。

以水溝之水深為半徑作圓，水平方向之直徑即係水面，與其並行之切線為溝底，兩側按其地泥土應有之土坡與圓作斜切線，如是即成水力半徑最大之梯形水溝矣（第 185 圖）。



第 185 圖

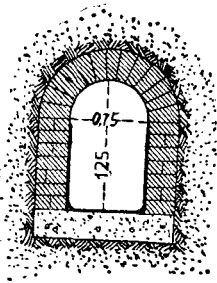
平地挖溝，常可利用挖出之土，移作岸堤之用，如挖出之土，適與堆填之土，其量相等時，則為最經濟之計劃也（第 186 圖）。



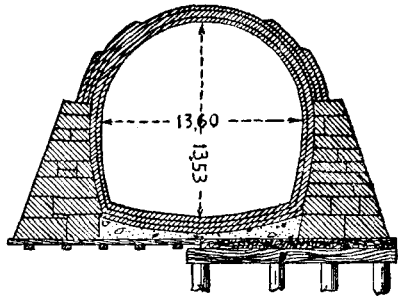
第 186 圖

溝渠 溝渠亦係無內壓力之水道，與水溝相似，所異者，乃在溝渠之頂有蓋覆，兩側及底部，常用磚石砌成或由混凝土搗成，其剖面積之在 1 平方公尺以上者，方屬經濟，溝渠中之流速，與水溝相似，應視其所用之構造材料而異，磚砌者，以每秒 2 公尺為限，石砌者之流速，可以略高，鋼鐵者，則可更高，最小流速，以 0.8 公尺為限，蓋免其淤塞也，溝渠之水力半徑，以圓形或半

圓形爲最鉅。除鋼鐵或木質及混凝土而外，其他材料，均不易建造，故常用馬蹄形者，其水力半徑之大，僅次於圓形或半圓形。溝渠所受之外力爲土壓力，水壓力，及渠身自重，故剖面形式，除能勝任上述諸外力而外，尙須易於檢查，而造價又須經濟。小渠可造矩形，上蓋石板或弧拱，（第 187 圖），渠底沿隅，不特易於囤積淤泥，且多裂縫，爲避免此等缺點計，可將底部，造成倒拱，卽所謂馬蹄形渠式是也（第 188 圖）。



第 187 圖



第 188 圖

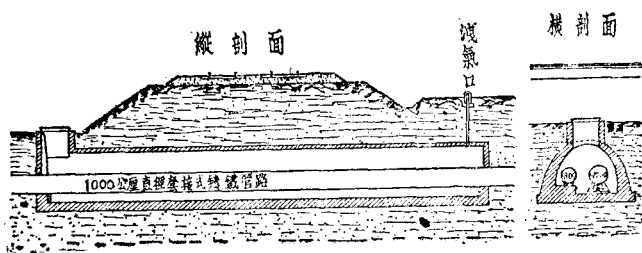
### (乙) 輸水道其他工程

地面開設水道，爲事甚簡，須如橫跨山谷，河海，鐵路，則非有特種之設置，及施工之方法，殊難達其目的，如架橋也，鑿山洞也，水底埋管也，鐵路之下建造涵管也，均屬之，茲更分述如次：

#### 1. 水道與鐵路相交叉

爲求鐵路之安全計，常於鐵軌之下，橫設磚石砌成或混凝土搗製之涵洞，但間亦有用較大之水管爲護管，以代建造涵洞者，而將自來水之輸水管安置其中，鐵路土基之兩側，即涵洞之端，設有進入孔，以便工人之出入，孔內當設水管開關，如鐵路之下，水管偶遭破壞，則可立即將水管關閉，從事修理也。

第 189 圖示德國由賴拿 (Ranna) 地方之泉源引入努尼貝城，(Nürnberg) 給水用之輸水管，經過雙軌鐵路下之構造情形；



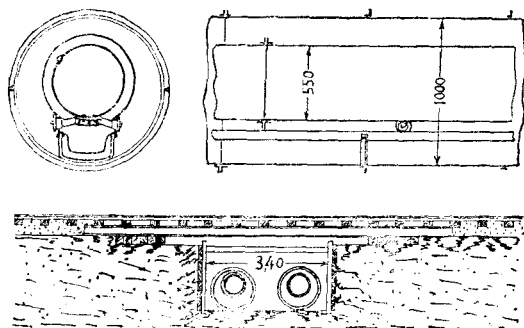
第 189 圖

其水管直徑爲 1 公尺，裝於混凝土搗成之不透水涵洞中，此外尚有 0.8 公尺直徑之水管一道，爲引入板格尼次村 (Pegnitz) 之用，管由混凝土製成，涵洞之側，設進入孔，他側僅設洩氣口，兩側亦無水管開關之設置，其所以省而不建者，一因水管內水壓甚低，水頭之高僅 2 公尺，二因離此交叉點約 150 公尺之遙，已有開關之裝設矣。

普通情形而論，凡水管之大於 0.5 公尺及壓力之超過 5 氣

壓者‘自來水管在鐵路之下，應用鋼質造成，俾免破裂之虞，既用鋼質水管則當安置於鋼質之護管中，更爲便於移出修理計，水管常安置於輪軸之上，而同時須無妨鐵路之交通也，第190圖示德國柏林市查洛登堡地（Charlottenburg）下水道經過火車站下之構造情形，在水管上部，鐵路枕木，均擱置於工字樑上，藉得較大之跨距也。

水管位於鐵路之上，跨越而過者，此類設施可稱絕少，一因太不經濟，二因有妨行車視線，除已有外，決不輕易採取也。



第 190 圖

## 2. 輸水道與河谷相交叉

輸水道如與山谷相交叉，則可架設水橋，以資跨越，或埋倒虹管（Püker），潛行其下（第191圖），水橋之架設，在昔羅馬時代，建造甚多，現代沿用者，仍復不少，如引入維也納市及巴黎



市之輸水道是也。

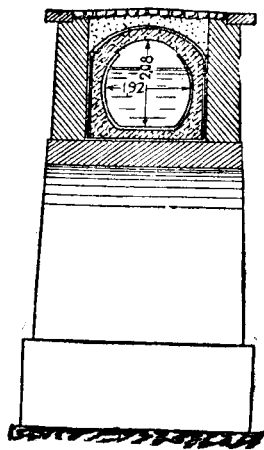


第 191 圖

就一般言之，倒虹管之造價較水橋為經濟，但前者水頭損耗較後者為鉅，并非有一較大之流水面積不可，山谷之狹者，用水橋為宜，而以陡坡之荒溪為尤甚，蓋倒虹管之在河底，不易牢固，常為洪水衝毀也。

水橋之中，應有適量之水流，流經其間，否則將有冬日過寒，夏日過熱之弊，而致磚石水橋，易於起裂縫也，故當將輸水之槽與橋身部份，完全分開構造，渠之上部，更以泥土填覆之，第 192 圖示引入維也納市之輸水渠，水槽本身與橋身部份，用柏油層及水泥漿層使之絕緣。

巧工水渠橋樑，其劣點既如上述，故近來漸用鋼鐵水管橋樑以資替代，因鐵管與橋身，易作分離之構造，且其建造費及保養費，亦均可減省，水管高度與水面傾斜線，



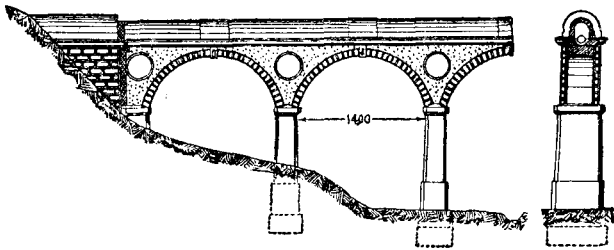
第 192 圖

更毋須十分準確一致，可以稍微隨便，既易察看又便修理，誠兩利之道也。

水管橋樑，可將水管攔支或懸掛於橋身或水管自成橋身，而負其重，應就水管之取材及接連之方式而決定之，鑄鐵管之跨距或懸距自可較大，而以鋼管為尤長也。

水管道之於受力，防損及溫度之變遷等情，應以鋼管之平接式較鑄鐵管之套接式為安全。

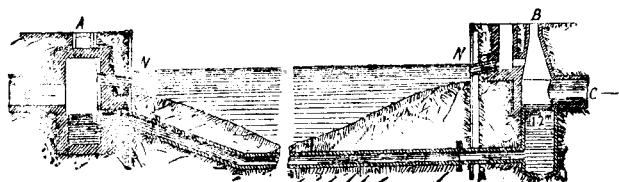
第 193 圖示德國門興城 (München) 自來水水源之輸水管，



第 193 圖

水管係鑄鐵，直徑為 700 公厘，安置於 1.8 公尺寬 2.6 公尺高之高架渠中，渠之下部為石砌，上部為混凝土搗成，其兩端均設有進人孔，渠內水管，既可避免溫度之變遷，復得防止外來之損壞，因管中流水未或間斷，故無須特別包護，水管橋設四孔，由磚砌成半圓形，以其構造簡潔，適合地情，故甚呈美觀云。

第 194 圖示但澤自由市 (Dunzig) 之污水管 C，應用倒虹管



第 194 圖

之原理，與小河相交叉，圖中 *A* 為積泥窰井，*N* 為洪水洩管，當河中水位昇高時，洪水得由此洩管，導入污水管中，以供冲刷之用，*B* 亦為積泥窰井，藉備倒虹管中之水，仍有泥沙帶入時，而資沉澱於其間也。

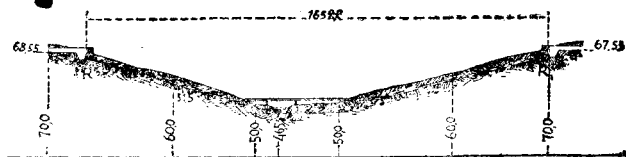
第 195 圖示但澤自由市之清水管經過河流之設置，*A* 及 *C*



第 195 圖

為洩氣口，以除去由倒虹管中上昇之氣質，并同時置有開關，所以便臨時之修理也。

第 196 圖示經過山谷之倒虹管裝置，其水道原係水渠，因渡



第 196 圖

山谷，故特裝設倒虹管之構造耳。

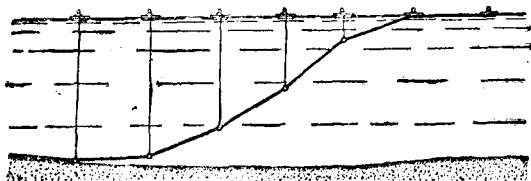
### 3. 輸水道經過湖澤或海峽

輸水道如經過湖澤或較狹之海峽，且其水不甚深者，則可應用倒虹管式之構造，以下沉水底，水之深者，或水淺而因特種原因，上項構造，不能適用者，則惟有採用水管而具關節之接連是，管在水面，先接連成線，然後使之下沉，一若海底電線，例如德國巴鄧湖 (Bodensee) 費利特利港 (Friedrichshafen) 之進水管構造，第 46 圖示關節之式樣，由平接圈二枚及球形管頭合成之，水管直徑為 300 公厘，而球形管頭之直徑為 500 公厘，關節可向任何方向，作  $25^\circ$  之傾斜，其上另設垂直滑車，為下沉管路時繫索之用。

此類裝有關節之管路，於下沉時，在管軸方向，恆起拉力，故關節之構造，亦須能承受此項拉力也，其與水管之連接，當用平接式，而水管本身，則採用較輕而能受力較大之鋼管為之，關節之距，因得增大，遂可將價昂之關節盡力省用。

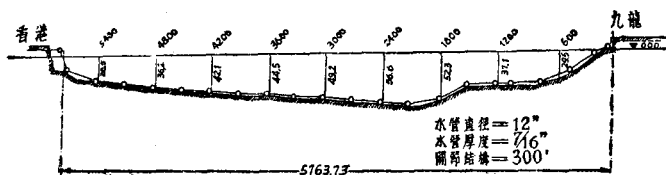
管路既浮於水面，連續接成，由湖岸起直伸湖心，每節均有小船，為之扶持，然後令其下沉，下沉時，先將每個關節，用索牽住，以資下懸水中，牽索之下放，用起重機逐漸進行，但於下沉時，管線之曲折處，不得超過關節之最大傾斜度，為安全之計，其關節雖可作  $25^\circ$  之傾斜，但於下沉時，僅允其作  $20^\circ$  之傾斜也，

第 197 圖即示有關節之管路，其下沉時之情形也。



第 197 圖

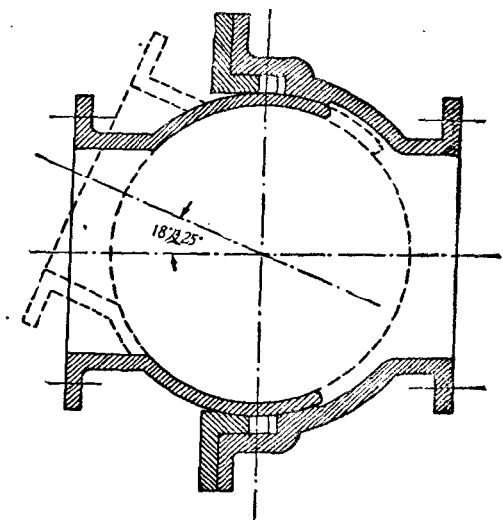
香港為廣東海濱之小島，昔為我地，今受英轄，人口約一萬餘萬，四周均屬鹹水，不能供為公眾給水之用，於是山麓遍設蓄水池，以聚雨水，無如居民衆多，島地有限，水源仍嫌不足，乃不得不謀諸大陸，於是經海底設水管達對岸之九龍，淡水即可由九龍輸入（第 198 圖），管路之長，有六千餘英呎，亦用關節構造，



第 198 圖

每間 300 呎，設關節一枚，水管直徑為 12 英吋，厚度為  $\frac{7}{16}$  英吋，最深處約在平均水位之下 60 英吋，關節之傾斜度，按海底地勢而異，造成二種，為  $18^\circ$  及  $25^\circ$  是也（第 199 圖）。

### (丙)輸水道舉例

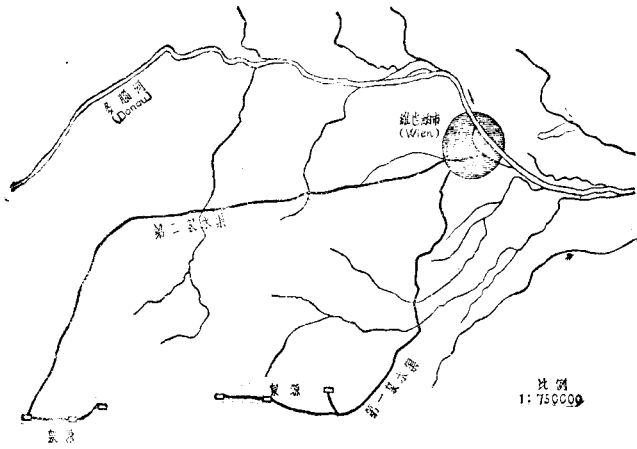


第 199 圖

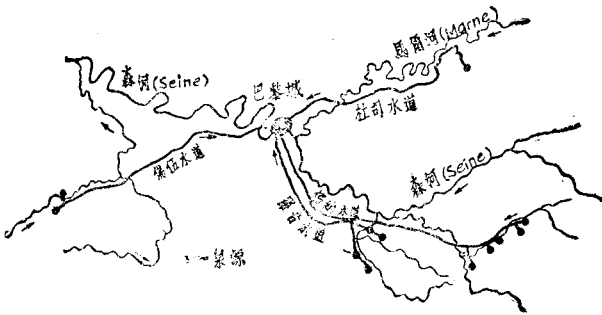
第 200 圖示奧京維也納城之輸水道，第一泉水渠，長凡 105 公里，每日輸水量可達 100,000 立方公尺，第二泉水渠，長凡 180 公里，每日輸水量可達 200,000 立方公尺，依天然之降坡，由山麓輸入城市，水道係溝渠式，每經山谷，則架水橋，每遇山脊，則鑿隧道，其工程之浩大，為歐洲諸城市之冠，其水質之清潔，亦為其他城市所勿及也。

第 201 圖示法京巴黎城之輸水道，計水道凡四，由佛納 (Vanne) 引入者，長凡 173 公里，由杜司 (Dhuis) 引入者，長凡 130 公里，由佛伍 (Vigne) 引入者，長凡 135 公里，輸水道之構

造，亦係溝渠式，總計其引入之水量，每日為 220,000 立方公尺云。



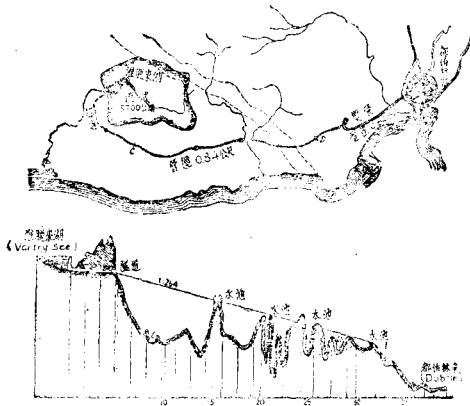
第 200 圖



第 201 圖

第 202 圖示英國都伯林市之輸水道，水源由淮脫來湖

(Vartrysee) 引入，湖有流域 5700 公頃，先鑿隧道一條，繼以 0.84 公尺直徑之水管一道，長約 32 公里，達司帝洛鋼(Stillorgan) 盛水池，由此用雙管，直徑為 0.64 公尺，引水以入城市，管路沿途每遇山峯，則設盛水池，以確定管中之水壓，湖濱設廠滌水，然後放入輸水管，故管中之水，早已清潔可用也。



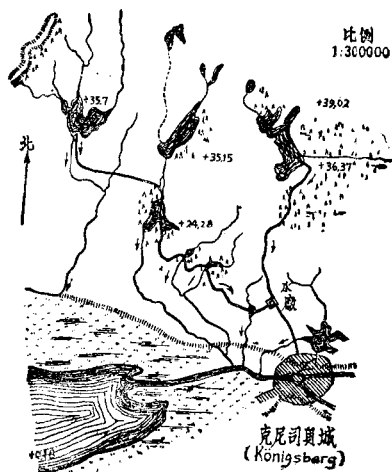
第 202 圖

第 203 圖示德國克尼司貝城(Königsberg) 之輸水道，以高地之衆湖泊為水源，利用天然降坡，引入水廠，經滌清後，再用打水機送入城市應用。

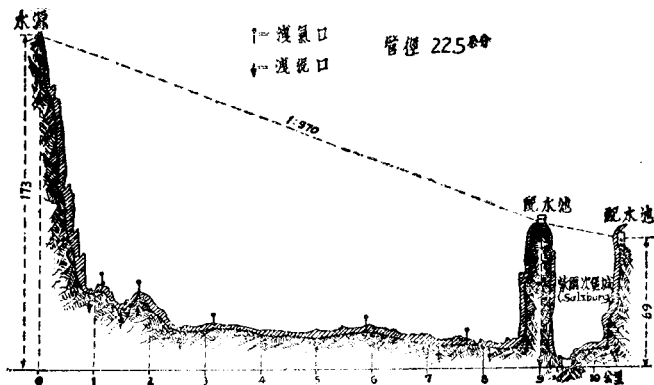
第 204 圖示奧國柴爾次堡城(Salzburg) 之輸水道，水源距城約 10 公里，以 1:970 之降坡引達僧山(Mönchberg) 盛水池，由此而下，以達城市應用，水管沿途起伏處，裝有洩氣口及洩泥



口若干,因水壓之高,水流之速,故管徑之大,僅為 22.5 公分耳。

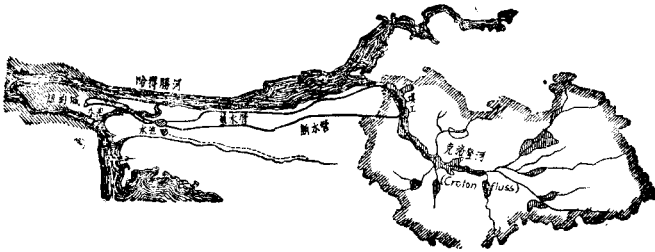


第 203 圖



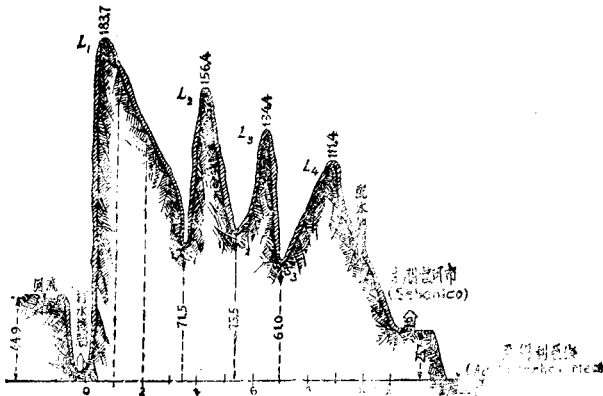
第 204 圖

第 205 圖示美國紐約城之輸水道，以克洛登河(Grotonfluss)為水源，截河築壩，以蓄河水，壩之上流流域為 934 平方公里，池可蓄水 280 百萬立方公尺，新舊兩水道，每日可輸水 1550000 立方公尺，依天然之降坡，流入城市，水道構造，係馬蹄形溝渠式云。



第 205 圖

第 206 圖示南斯拉夫國卡朋宜可市 (Sebenico) 之輸水道，



第 206 圖

水源地位甚低，藉抽水機之力，將水位升高，經過山峯四座，以達城市，山峯之最高者，在抽水機間之上，約 180 公尺，每逢山峯設洩氣口  $L$ ，山谷則設洩泥口  $S$ 。

### 第三節 升高水位

位於高地之水源，可利用其天然之降坡，引入城市應用，否則惟有藉抽水機之力，以升高其水位耳。

#### (甲) 抽水機之位置

抽水機之地位及其高度，應使吸水管愈短，而吸起之高度 (Sanghöhe) 愈低為愈佳，是故水源之水位，其昇降參差甚大者，抽水機間應使不稍漏水，以其恆在高水位之下也。

如水源可藉天然之降坡而流入城市者，則抽水機之地位，可就需水地點或貼近配水池而設置，否則應就水源之地，裝置抽水機，所以減短吸水管之長度也。

抽水機間之四周，應留空曠之餘地，以備來日擴充之用，機器能力應足以應付未來 15 至 20 年間之應用，且以不妨礙日常工作之進行，而得添置新機，即機間亦應預備新機之地位也。

抽水機間設不能鄰近水源之地而建立者，則吸水管應造成有降坡之水管，或成虹吸管，為避免吸水管中聚集氣質起見，於管之最高點裝設抽起筒，以供隨時排除之用，吸水管之管徑，應

以其中每秒平均流速 0.5 至 0.8 公尺爲最大限度，在吸起高度之較高者，應於吸水管之瀘口處，裝設開關，所以阻其管中積水之逆流而出也。

### (乙) 抽水機之裝置

供抽水機發動之用者，有蒸氣機，內燃機，電動機及風車水車等等，要以地位之高下，經常費用之貴賤，各就當地情形而決定其取捨。

蒸氣機之工作，最爲安全，惟需地廣而工人多，在 100 匹馬力以上之機器，每馬力每小時需 0.5 至 1.0 公斤之上等白煤，在 25 至 100 馬力之機器，每馬力每小時需 1.0 至 2.5 公斤之上等白煤，在更小之機器，則需 2.5 至 4.0 公斤也，蒸氣機及抽水機工作之損失，如管理得宜，則可降低至 25% 爲止，機屋應乾燥清潔，通氣光亮，而各機之四周，當留有餘地，庶管理及開機，均得便利也。

內燃機及電動機宜於短時間之工作，故抽水之時常間斷者，用之甚爲適宜，且其佔地較小，機器之價值亦較低也。

水力及風力供抽水之用者甚鮮，當盛夏需水量最大之時，而水量風速，未必亦與之俱增，即使用之，亦應設置預備機，如電動機，內燃機等是也。

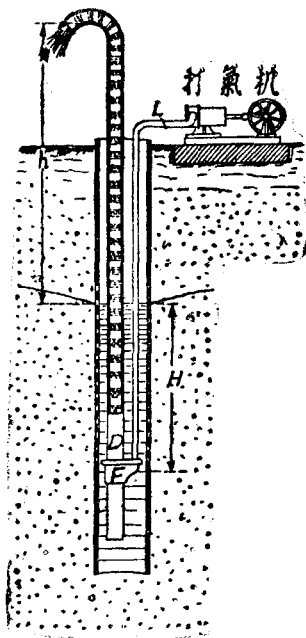
欲使一水廠之出水，無或間斷，首須有適宜之原動機，以資

發動，故為安全計，各水廠之原動機，應設多種，如既有電動機矣，當再設內燃機，設一旦電廠斷電，或電線中斷，修理需時，則可立即施用內燃機，以繼續其出水工作也。

抽水機有離心力式，唧筒式及其他諸式，離心力式抽水機，價賤，質輕，易於裝置及洗滌，且佔地不廣，工作勻淨，極宜於吸起高度之在 4 至 6 公尺者，并壓水高度之 8 至 10 公尺者，可得 60 至 70% 之有效工能，如與電動機相連接，在較小水廠，尤為合宜。

唧筒式抽水機，常與原動機直接相連，佔地頗廣，抽水之量每秒在 20 公升以上者，則當採用高速度旋轉制，每分鐘自 60 至 160 次，速度之最高者，尚可達 350 次，吸起高度可達 7 公尺，效率可有 80 至 90%。

此外尚有打氣出水機 (Mammutpumpe) 如第 207 圖示，圖中  $F$  為管脚， $D$  為出水管， $L$  為壓氣管，打氣機將壓縮之空氣經  $L$  管打入至  $F$ ，然後由  $D$  管上昇，



第 207 圖

當空氣上昇時，管中之水，一同帶上，和空氣之水，其比重較輕，根據連通管原理，其一股之水位為  $H$ ，則他股為  $(H+h)$ ，但前者全係水質，後者為空氣與水之混和物，設其由空氣與水，參半而成，則

$$H \cdot S = (H+h) 0.5 \cdot S$$

即  $H=h$  是也

在普通應用上，是項打氣出水機，其浸水部份，在  $H = \frac{h}{3}$  至  $\frac{2}{3}h$  之間，如空氣輸入量充足者，極易到達也。

打氣出水機常用於井水位之低深者，而水中含沙質之較多者，亦殊適宜，以其全無活動部份也，如離心力機之翼瓣，及唧筒式之活塞，均易起磨滅，不復能用，故滬地各大公司各大廈之自備深井者咸用之，國際大飯店其例也，打氣出水機之劣點，在必須深井，方可安置其氣管，效率甚小，僅達 10% 至 30% 而已。

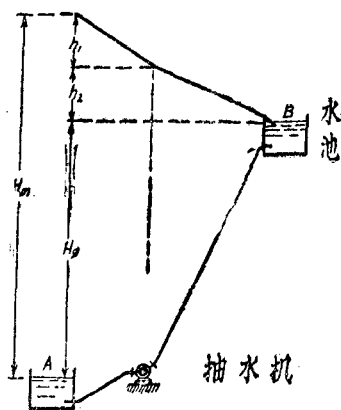
升高水位應需之機力，常由數機分承之，機數愈多，則愈安全，但愈不經濟，故僅於用水量參差度之高者，或配水池建造過昂者用之耳。機力之大小，應在長時間之工作，而仍能發揮充份能力為宜，蓋經濟之工作，自有一定之效率及一定之機力也，水廠規模之小者，至少應設抽水機二座，及原動機二座，其中任何一座，均須有應付全城市最大需水量之能力，而其他一座，僅作

預備之用耳。

用較小之機器，而晝夜工作不輟，抑用較大之機器，而僅日間工作，其間優劣如何，則惟有比較其經濟尙矣。所謂經濟，包含設置及經常二費。在日工制，其抽水機，原動機，機間，配水池及輸水管等均應隨之增大，以供水之時間短促，而需水之時間久長，而能力集中故也。是以設置費高而經常費省，近代各都市，盛行高屋建造，凡房屋過高，非公眾給水壓力所能及者，則均就屋內每隔若干層，裝設抽水機并盛水池，以資應付也。

### (丙)機力計算

機力之大小，依抽水之量及昇水之高而異，所謂昇水高度，係由吸管之最低水位起至壓管中水所能達之最高水位為止，其間之垂直距離，如第 208 圖中之  $H_g$  是也，除此而外，尚有因水流之磨擦而有損耗水頭 ( $h_1+h_2$ ) 依達西氏(Darcy) 公式，計之如次。



第 208 圖

$$h_1+h_2=\left(0.01989+\frac{0.0005078}{d}\right)\frac{l}{d}\frac{V^2}{2g}$$

式中  $H_1$  爲吸管中之損耗水頭， $H_2$  爲壓管中之損耗水頭。

$d$  爲水管之內直徑， $l$  爲管長， $V$  爲管內水之流速，及  $g=9.81$ ，均以公尺計。

原動機及抽水機應能勝任之昇水高度爲  $H_m = Hg + h_1 + h_2$ ，其工作爲  $A = Q \cdot H_m$ ，以公斤公尺計， $Q$  爲流量，以公升計，今以 75 公斤公尺爲 1 匹馬力，故其所需之馬力數爲

$$n = \frac{Q \cdot H_m}{75}$$

設原動機及唧筒式抽水機之有效工能各爲 85%，則抽水量  $Q$  及昇水高  $Hg$  應有之馬力數爲

$$N = \frac{Q \cdot H_m}{75} \cdot \frac{100}{85} \cdot \frac{100}{85}$$

如應用離心力式抽水機，則爲

$$N = \frac{Q \cdot H_m}{75} \cdot \frac{100}{85} \cdot \frac{100}{65}$$

#### 第四節 配水池

在水源之供給，或抽水機之能力，不足以應付需水量之參差者，則惟有設置水池或水塔，以資調劑。法當需水量較小之時，例如夜間，將所剩餘之水量，貯諸池中，而於需水量較大時，例如上午及中午，或失慎之時，將池中所貯之水量，仍取出應用是也。

配水池之優點尙不止此，如水源之供給，可用定量，抽水機之工作，可以均勻，同時貯有水量，故輸水管或抽水機偶有暫時



之損壞，可即修理，而無斷水之虞；且輸水管及抽水機毋須依據最大用水量，為決定能力之標準，僅取其最大輸水日每時之平均用水量足矣，因得經濟不少。又小水廠所用之抽水機，僅工作半日或數小時者，若有水池為之調劑，則其水量即可終日不斷。

設無水池，則各件機器，均須隨需水量之變遷，而配準其機力，以工作之不穩定，無論機器及水管，均蒙其害；且常於需水量最大之時，一旦遇水管破裂，或機器損壞，遂置全城居民之用水問題於不可靠之域，而生活受其影響矣。

調劑機力及需水量之法，除此而外，尚有氣箱(Wind kessel)及豎管(Standrohr)兩種，惟此對於機力之配準，頗費手續，故僅適用於需水量之甚屬均勻者。豎管係鐵製，直徑甚大，常置於高屋之頂，上端開放，其水位之高度，每藉抽水機之力，為之維持。氣箱則全部緊閉，亦係鐵製，上部盛氣，下部盛水，由抽水機打水入內，於是上部之空氣受壓縮，而此壓縮之空氣，遂使水管網中之水壓，得以維持一定。

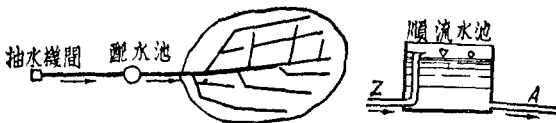
水池水塔，依構造材料之不同，分成下列四種：

1. 泥土
2. 磚石或混凝土
3. 鋼鐵
4. 木質

就地面設置者，謂之水池，高架空中者，謂之水塔。

### (甲)配水池地位及高度

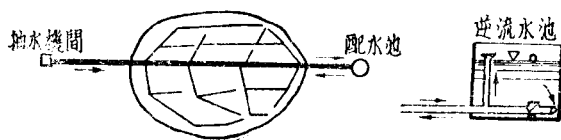
配水池如位於城市之前梢，則總水管之設置，應足以供給全城市每小時最大用水之量為準，其管徑自當較粗，且此總水管一有損壞，則供水立即斷絕，而全城市之安全，必受其影響（第 209 圖）。水池如位於城市之後梢，則總水管之設置，僅供每小時平均



第 209 圖

用水之量為已足。即此總管，偶有損壞，亦祇限於一區，蓋可將破裂處兩鄰之開關緊閉；在修理時，前半城市之用水，可取諸抽水機，而後半城市之用水，則可藉水池之貯水，自無斷水等情發現。貫通城市之總水管，兼為輸水分水之用；如城市用水量較小之時，總水管之水，除在沿途分給用戶之外，剩餘部份，貯入池中；當城市用水量較大之時，則池中貯水流入總管，以資補充沿途供給不足之量；此水池之地位，所以在城市之後梢為較佳也（第 210 圖）。

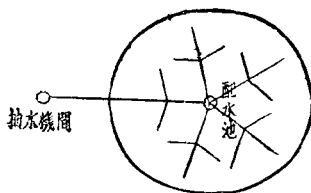
水池位於城市之中央（第 211 圖），亦尚稱適宜，以其分水管之長度為最短，水流得沿此捷徑，直達用戶；祇以城市中心，



第 210 圖

每為地價最高之所，同時對於觀瞻，亦殊有礙，故水池之地位，終以採用在後梢者為多。

城市各處自來水之壓力，無論在任何情形之下，均應維持其

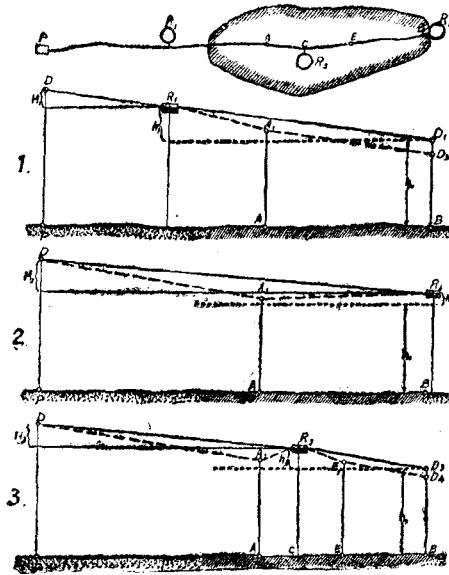


第 211 圖

最低限度，此與配水池之地位，有莫大之關係，如第 212 圖所示，(1) 水池設位於市之前梢， $A$  處一旦用水過量，則使  $B$  處之水壓降低過甚，以其供水僅來自其一端也，(2) 水池設位於市之後梢，即有同樣情形發生，致使  $A$  處之水壓降低，但不甚大，以水源之供給，來自兩端，故壓力之降低，僅及前者四分之一，(3) 水池設位於市之中央，而市內  $A$  處如用水過量，則其結果與 (2) 相同，倘非  $A$  處而於  $B$  處發生，則其結果與 (1) 相同，是故以維持市內自來水壓力而論，則配水池之地位，亦以在後市梢最為適宜也。

在城市之中心或其鄰近，如有天然之高阜，足資利用，以設水池者，則可減省其工程費用，且可用圻工造成，潛於地面之下

也。



第 212 圖

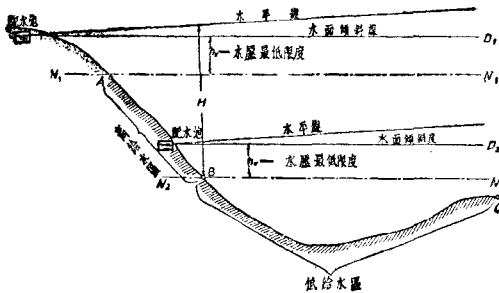
水池高度，就普通而言，應使城市內最高之龍頭，亦有充分之速度流出為尚。

市內房屋之高度及水管內水頭之損失，在大城市各處，應有 35 公尺高之水頭，在中等城市應有 25 公尺，在小城市應有 20 公尺；如水管中之水，不另用滅火機以增其壓力，而即為消防之用者，則房屋之高度僅在 15 公尺以內，其水力尚能達到，蓋 30 公尺高之水頭，流經 60 公尺長之皮帶管，其中水頭損耗，約有 15

公尺之多也。

設城市之地勢，起伏不定，變遷甚劇者，則可避免一部份之抽水工作及水管中過甚之壓力，當就地勢情形，而酌分為若干給水區域，俾設若干水池，以資應付也。

為避免各區水管之混雜起見，每區常獨設抽水機及水池，其設置費，因而較貴，故僅於城市地勢變遷之甚劇者，始有之耳（第 213 圖）。



第 213 圖

上下兩給水區之水池水管，均應互相連接，連接處設有開關，在平時每多關閉，故無妨水池之修理及洗刷工作。凡低區水量不足，或總水管破裂，或高區之水量過多，或高區之水，有放盡之必要，他如低區偶遭失慎，須藉高區之壓力，以增大其滅火能力者，若此情形，則均須啓兩區間之開關，始得調劑也。

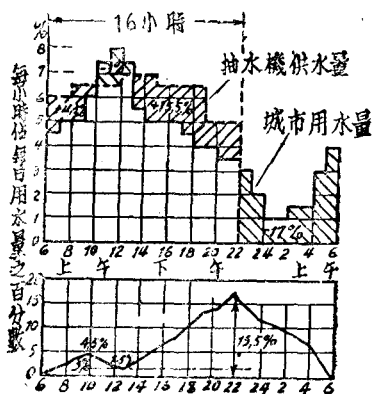
### (乙) 配水池容量

配水池之容量，應使供水及需水間總參差之水量，作安全之調劑，同時對於最大需水時或水源中斷時，仍有餘量足資補充也。

在重力制，設有甚長之輸水管及均勻之供水量如泉水者，其水池之量，有充分之必要，至少應不小於一日之平均用水量；如水源有充分之水量，且依其天然降坡而下者，則可減少至一日平均用水量之半；他如消防用水，在鄉村非毗連之建築，至少應有 25 立方公尺也。

在汲水制，設抽水機之能力，隨需水量之參差而增減，且有充分之安全者，於日工制，則水池之量，可取一日平均用水量之半，於日夜工制，則可取一日平均用水量三分之一也。

第 214 圖示某城市水池應有之容量，其抽水機每日工作 16 小時，由需水線及供水線間，得水池之容量，至少為每日最大用水量之 17%；且水池不可令其完全乾涸，故抽水機每日工作 16 小時者，其水池之容量，即應有每日最大用水量之 18%，約合



第 214 圖

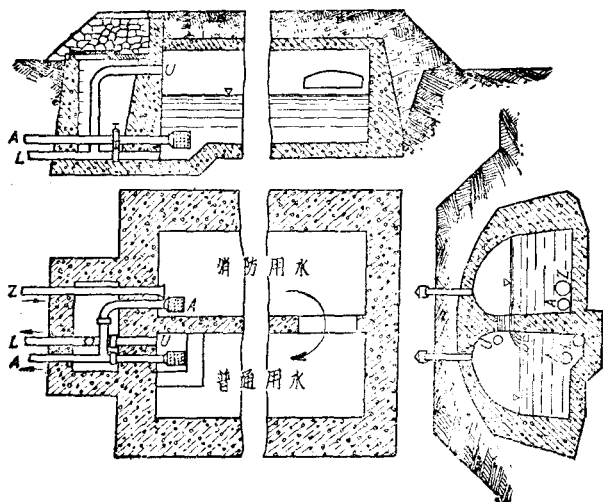
每日平均用水量之25%，即四分之一是也，如能依上列之規定，則尤為安全。

如裝設輸水管二道，而成複管制，及抽水設備之能力充分而無斷水之虞者，則水池之量，至少應有二小時之最大需水量，池量而較 80 立方公尺為小者，雖在鄉鎮，亦不適用。因消防用水，至少足供二個瞄子之用，設每瞄子每秒鐘需水 5 公升，歷二小時，則成  $2 \cdot 2 \cdot 5 \cdot 60 \cdot 60 = 72000$  公升 = 72.0 立方公尺也，即在甚小之村莊，至少亦應有瞄子一個，歷時二小時，即 36 立方公尺之消防用水量也。例如某城市現今人口為 22000，不久即可增至 25000 人，每人每日之用水量為 70 公升，則全城每日之用水量為 1750 立方公尺，今水池容量，如取其半，即 875 立方公尺，再加消防儲量為 75 立方公尺，則水池之容量，至少應有 950 立方公尺是也。

### (丙) 配水池構造

水廠規模之大者，常將配水池劃分為不相關之兩座，更迭應用，所以便修理及洗刷也。水廠之小者，僅設一池，修理及洗刷等事，每於最小需水量時舉行，此時之用水，惟有藉抽水機之力，以資應付，因為時短促，可無困難；如須常備消防用水，則可將水池劃成二室，其中一室之水量，可備臨時之急用。為避免池水之一部份停止不流而起渾濁計，其進水管當設在消防用水室，而出水

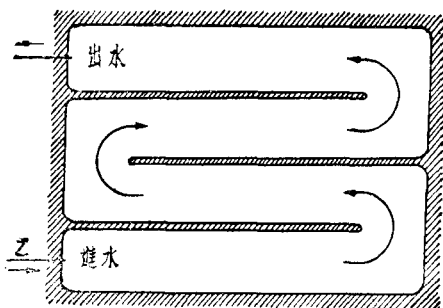
管則在普通用水室也。(第 215 圖)



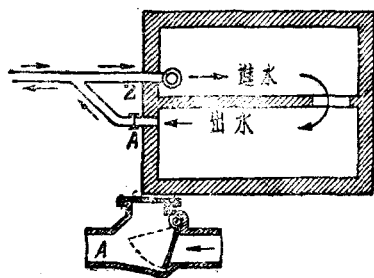
第 215 圖

水池形式以圓形或方形者最為經濟，蓋其有最大之池底及最短之池壁，即容量最大而工程費最省者也。大池恆造成矩形，庶水之流動，得以均勻，如池中設置隔牆，則對於水之流動，尤為均勻，更可保持其新鮮也。如進水管  $Z$  及出水管  $A$ ，相向而設，(第 216 圖 a)，遂成順流水池 (Durchgangsbehälter)。水池之位於市梢者，其進水出水，均由一管任之 (第 216 圖 b)，遂成逆流水池 (Rücklaufbehälter)，如進水出水兩口，分設水池兩端，而管中裝以活戶  $R$ ，為之調整，則逆流水池之水，亦得保持



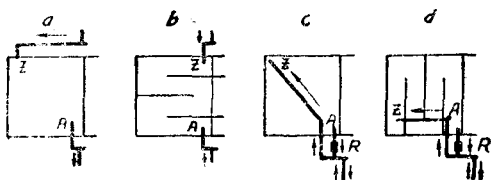


第 216 圖 a



第 216 圖 b

其新鮮，第 217 圖 a 及 b 示順流水池，c 及 d 示逆流水池。



第 217 圖

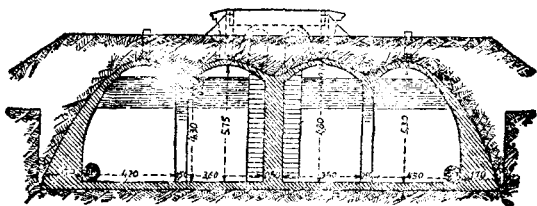
最適宜之裝置，將清水之出口，位於最高水位之上，俾其進水情形，易於觀察，而出水決無由進水口流出之弊，抽水機之昇高度，可保一定，而其工作自得平均矣。在汲水制，其水池之進水管常特別放寬，在重力制，則其進水管口之設置，使進口之水流，作瀑布形，俾多吸收空氣也。

出水管裝有開關，管口約高出池底 30 至 60 公分，以免池底泥沙之混入清水也。池底略具坡度，在最低處，設有洩泥口  $L$ ，於最高水位之上，設有溢水口  $U$ ，以溢出過量之水（第 214 圖）；此外水池應使通風，并設置池水水位計（Wasser standsanzeiger），藉以指示抽水機間池中水位之高下，如水池距抽水機間甚遠，則可借電力爲之傳達也。

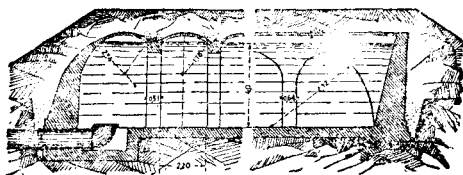
水池之盛水深度，磚石砌者爲 2.5 至 8.0 公尺，鋼筋混凝土者爲 4 至 7 公尺，鋼鐵者以 12 公尺爲限。過淺之水池，固易受氣溫之影響，而過深者，亦以水壓太甚，殊非所宜也。

如城市之地勢適宜，有高阜足資利用以設水池者，則此等設置，甚屬有利，以水池可就地面建造，取磚石或混凝土爲材，上造拱頂爲蓋，蓋上復覆以土，則池水溫度之變遷及池身之開裂，均受保護矣，如第 218 圖示德國明登城（Minden）及第 219 圖示勒不士格城（Leipzig）之配水池是也。

如城市無高阜足資利用者，則須以磚石或混凝土或鋼鐵桁



第 218 圖

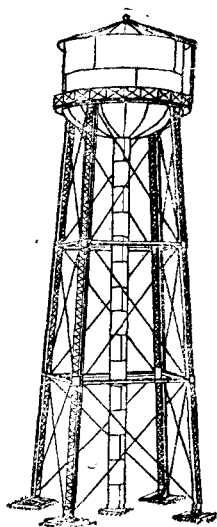


第 219 圖

構爲其下層構造，而成水塔(第 220 圖)。

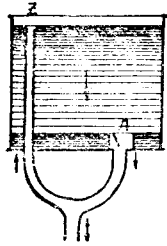
水塔之高架水池，當用鋼鐵或鋼筋混凝土建造，鑄鐵水池，雖可防止生銹，但因受拉能力薄弱，致有增池壁之厚度，重量亦且隨之加大，故其下層構造，非有特殊之堅固不可。

水塔之甚小者，構造極簡，進水出水，由一管任之，第 221 圖示其例，在供水大於需水時，則餘水由  $Z$  管流入水塔，否則即由  $A$  管流出，小工廠及學校，多採用之。



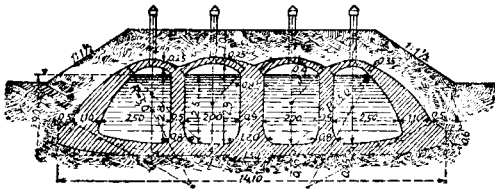
第 220 圖

第 222 圖至第 226 圖示德國沙遜海城 (Sossenheim) 之配



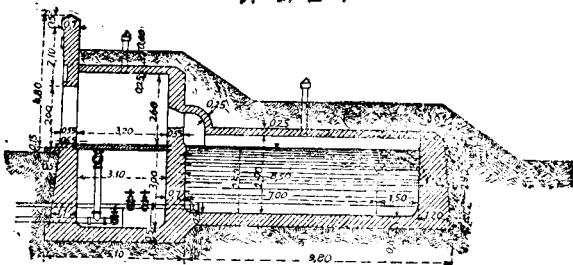
第 221 圖

剖面 A-A



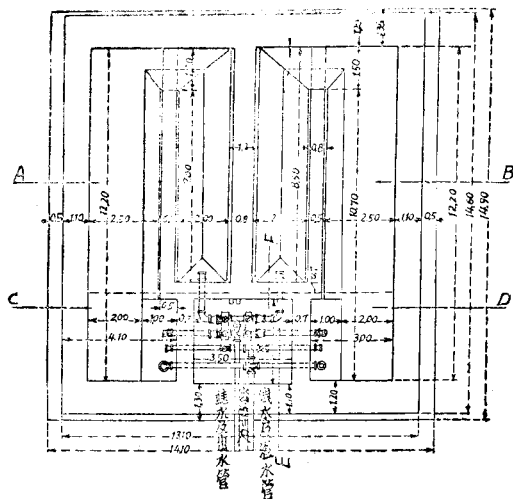
第 222 圖

剖面 E-F

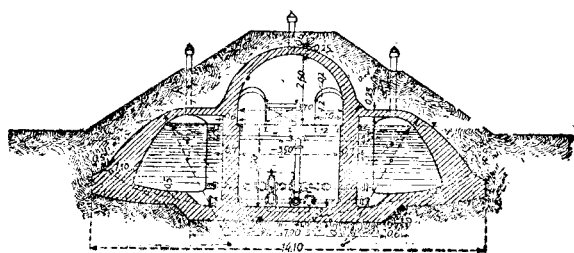


第 223 圖

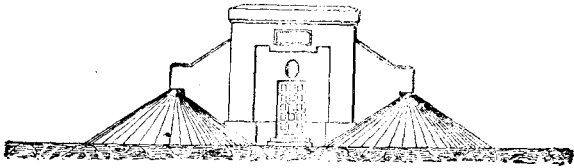
水池，池之容量為 200 立方公尺，以灰石混凝土 (Trassbeton) 為構造之材，由水泥 1 份，灰石 1 份，河沙 4 份及石礫 5 份配合而成。



第 224 圖



第 225 圖



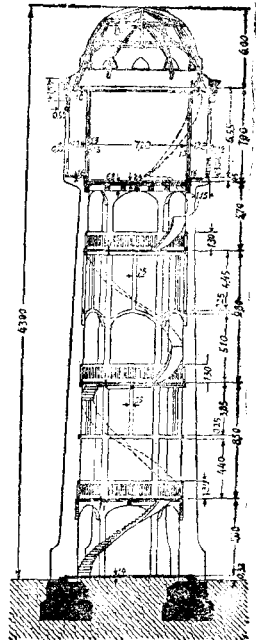
第 226 圖

第 227 圖示德國新根城 (Singen) 醬油廠所造之鋼筋混凝土水塔，塔之總高度為 43.00 公尺，於 1909 年落成，池身承支於柱子 6 根之上，另用環形基礎，爲之荷担，池身四周，設有眺台，池之本身，則由鋼板所成。

### 第五節 水管系統

#### (甲) 水管網

自來水廠之清水，用水管分配於各街道，然後再引入各用戶以供應用，各街道下之水管，縱橫連接而成水管網 (Wasserröhernetz)。水管網形式，大別之，可分爲二，即樹枝式 (Verästelungs-system) 及環繞式 (Zirkulations system) 是也。前式不論在任何地點，其水之來源，僅由一

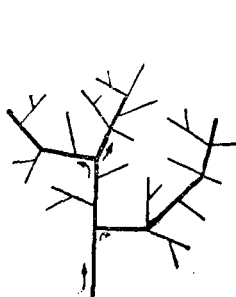


第 227 圖

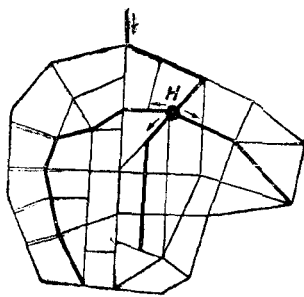
前式不論在任何地點，其水之來源，僅由一

方，而後式則左右兩方，均得供給，實較前式為優異也。

第 228 圖示樹枝式之水管網，第 229 圖示環繞式之水管網。如欲使樹枝式水管網中之壓力各處均勻，及免除各支管水流之陳積，則惟有將各支管互相連接而構成環繞式之水管網耳。

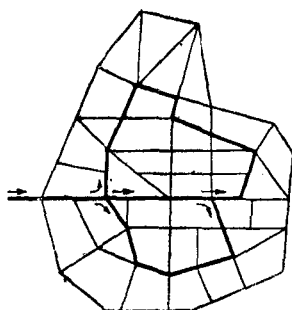


第 228 圖



第 229 圖

第 230 圖示環繞式水管網之一種，沿城市中區，設水管以環繞之，其水管之直徑，大概各段均屬相等。在實際上，採用此式者甚少，以環繞水管之設置，初非任何城市，均有路線足資利用也。

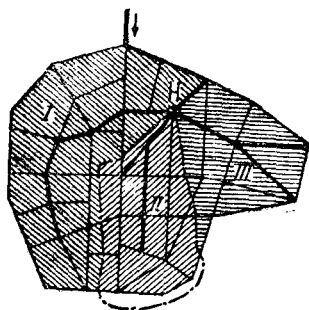


第 230 圖

圖中較粗之綫示幹管，較細之綫示支管，由幹管一條及其所屬之支管，合組而成，是謂給水區 (Versorgungszone)。小村鎮中往往僅有給水區一個，即由幹管

一條，縱貫熱鬧街道，而與之垂直及並行之各街道內，則分設支管，互相連接，遂成水管網。大城市之給水區，非祇一個，如第 231 圖示某城市共有給水區三個是也。

給水區以愈大為愈經濟，亦愈不安全，因一大管之價值，恆較多數小管為低廉，但大管一旦破裂，則損失既巨，修理亦艱，初非小水管比也。水管單位長度間之用戶數，兩旁用戶之疏密，普通以每公頃（10000 平方公尺）地面有若干人口計。



第 231 圖

今設未來 10 至 20 年內，每公尺街道長度間，有人口數為  $n_e$ ，街道共長為  $s$  共有人口總數為  $n$ ，則

$$n_e = \frac{n}{s}$$

為便利計，將一給水區間任何地點，均作平均分派，如遇大工廠浴堂等需水特多者，則於圖中特別標出，以便作適當之供給；給水區之小者，即消防龍頭，亦應顧及，在較大之給水區，則可無慮此矣。

每公尺街道長度之最大需水量為

$$q = q_e \cdot n_e$$

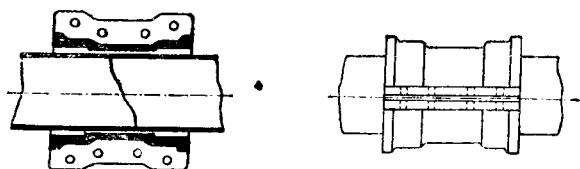


式中  $q_c$  爲每人每秒鐘之最大需水量，至水廠出水量之多寡，及水管直徑之大小，均賴此式以決定，水管之直徑，不必過事放大，即幹管不足用時，亦可隨時添設，普通小城市及大城市之附郭，相距 500 公尺左右者，常設 20 公分幹管一條，而以 12 公分支管聯接之，其通連消防龍頭之水管直徑，不得小於 10 公分以下，在大城市之中區，以房屋毗連，幹管支管之尺寸，當不止此數也。

幹管大小，各城市均有限制，通常以 15 公分管，爲幹管之最小限度。例如上海公共租界，然亦有以 20 公分管，爲幹管之最小限度者；我國內地，均以 10 公分爲最小幹管。幹管愈大，則破裂時之危險亦愈甚，是故最大幹管以 1.20 公尺爲限；若水之壓力過高，并管徑在 1.00 公尺以上者，則當採用鋼管，以免破裂也。

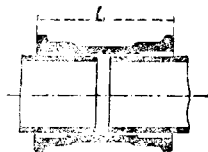
見報載民國二十五年七月十日晨，南京自來水總管，曾發生破裂，全給水區之水源悉賴清涼山水池供給，四小時後，水池所蓄之水亦告罄，自來水管理處不得已，乃雇用卡車數十輛，將水廠清水，運送入城，供給市民，一般依水爲業之茶社浴室冰廠及工廠等，均紛紛臨時停業，直至午後六時修竣，始得照常出水，總計斷水十七小時云，尙幸未遭失慎之事發生，然社會之安寧，已大受影響矣。

水管如遇破裂，應即將其兩端開關緊閉，能以迅速修復爲佳，修理之法，常用套筒，套筒係兩半瓣圓筒，外包於水管之破裂處，以螺釘旋緊其兩半瓣，遂成圓筒狀物套於管之外，間隙處墊以橡皮，以阻水之沿縫外洩，第 232 圖示套筒之形式，



第 232 圖

第 233 圖所示之套筒，係整個圓筒，爲改良水管之有破裂者，先將破裂之一段截去，使此整個之套筒，得以插入爲度，然後應用墊料，使之彌縫，以免滲漏。

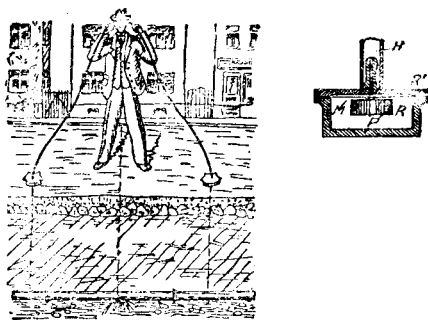


第 233 圖

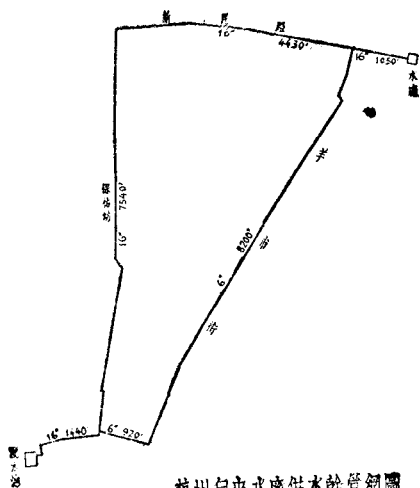
水管接頭，如稍疏忽，必致漏水，漏水之損失，爲給水事業中之最大漏卮，故各國咸竭力設法，使之減低至最少限度，不特埋管時須謹慎從事，即完成後亦應盡力考察其漏水地點，發覺之法，通常採用傾聽器，其設置及方法，詳第 234 圖所示。

第 235 圖示杭州市供水幹管網圖，水廠及配水池，分設二端，以 40 公分(16")直徑之幹管相連接，另用 15 公分(6")直徑之水管爲輔，將來按城市之發展情形，更當陸續添設幹管，以應

需要也。



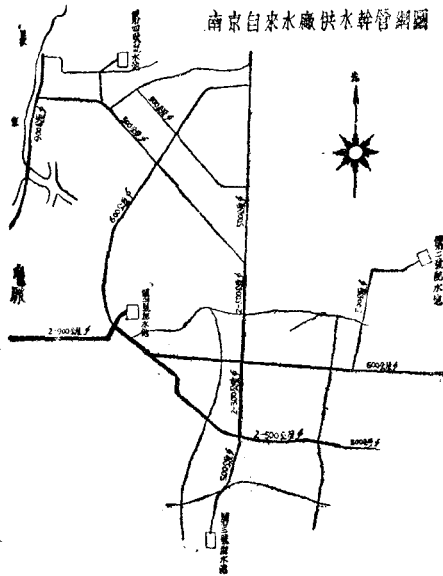
第 234 圖



杭州自來水廠供水幹管網圖

第 235 圖

第 236 圖示南京市供水幹管網圖，於市內適當地點，分設配



第 236 圖

水池四座，另設幹管互相連接，最大幹管為 900 公厘直徑，不設過大水管，而以較小之水管二條替代之。

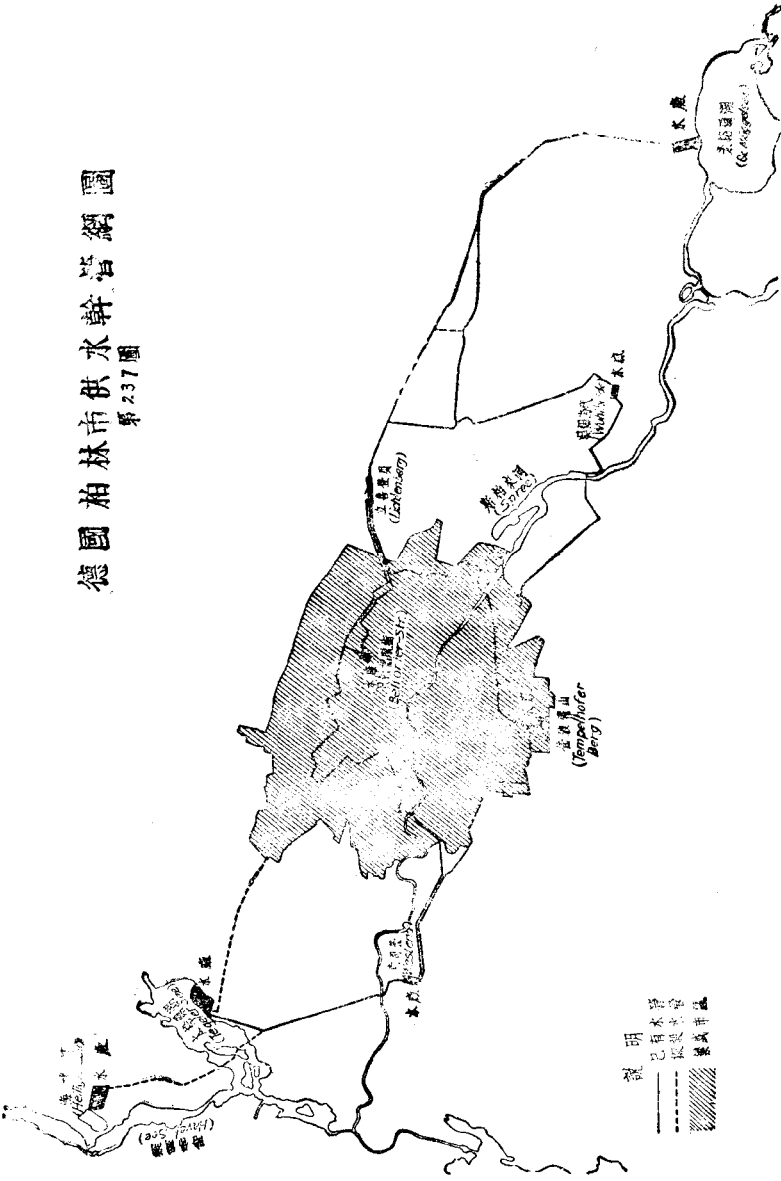
第 237 圖示德國柏林市供水幹管網，全市遍設水廠，蓋其地多湖泊，可資利用，而無需水池水塔之設置也。

### (乙) 用戶接管及用戶管

由街道地面下之水管，將水送入各用戶之小水管，是謂用戶

# 德國柏林市供水幹管網圖

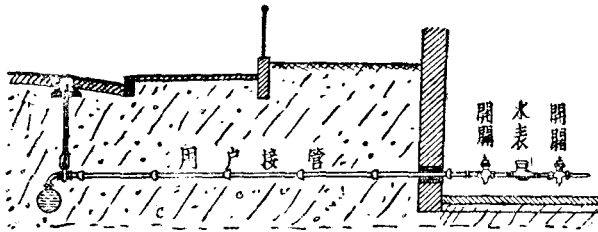
第 237 圖



說明  
 已有水管  
 擬設水管  
 築成井區

第 237 圖

接管 (Hausanschlusfsleitungen), 用戶接管一端與街道水管相接, 他端與開關相連, 其後繼以水表, 水表之後, 再續以開關 (第 238 圖)。



第 238 圖

此等用戶接管, 大概由自來水廠承裝, 因其既須顧及街道水管之安全, 又當注意用戶接管裝置之緊密, 而免滲漏, 裝設用戶接管之費用, 或由用戶付給, 或由水廠負擔, 或由二方分任。

用戶接管之材料, 有鑄鐵管, 鉛管, 及鋼管等數種: 鑄鐵管以受拉能力薄弱, 易於破裂, 埋設時不得不出諸謹慎, 故費時較多, 其弊雖著, 然水之易與鉛質化合者, 仍多用之; 鉛管性軟, 易於彎曲, 既適合安置地位, 兩管連接, 復可以錫銲成, 依需水量之多寡, 普通用  $\frac{3}{4}$  至 2" 直徑, 鉛管之劣點, 即在抵抗能力之薄弱, 易與硫化合, 故鉛管之用於給水工程者, 管內至少塗有 0.5 公厘之錫層, 否則未免與水中雜質起化合作用, 致有鉛毒; 鋼管

直徑，大概亦在  $\frac{3''}{4}$  至 2'' 間，接頭用螺旋，裝設簡捷，惟亦易起剝蝕作用，故應妥為保護，管之內外，塗以柏油，倘遇泉水之富於剝蝕性者，可應用塗錫銅管，如能用不銹鋼所成之管，則尤為合宜也。

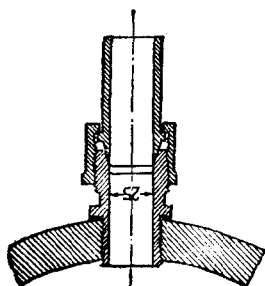
街道兩側之里街水管，及用戶接管，其直徑可依 13 公厘直徑之龍頭數之多寡而定，管內流速，每秒不得超過 1.0 至 1.4 公尺，上海市公用局之規定如次：

龍 頭 隻 數	一	二至四	五至一〇	一一至四〇	四一至八〇	八一至一〇〇	一〇一以上
用 戶 接 管 直 徑	一三公釐	二〇公釐	二五公釐	四〇公釐	五〇公釐	八〇公釐	一〇〇公釐

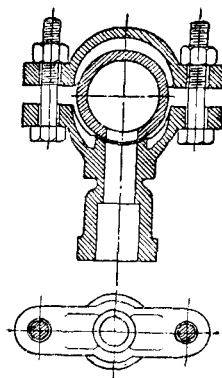
如龍頭數目一時估計不易者，則可憑經驗，以用戶管之長短及水壓之高下，為約計龍頭數目之標準；在普通情形，可按照下表計其管徑，但於用水量特多及用戶接管特長者，當依實計算之。

龍頭隻數	用戶接管長度	
	40 公尺	20 公尺
	水管壓力	
	3 至 4 氣壓	6 至 10 氣壓
10	25 公釐直徑	20 公釐直徑
20	30 公釐直徑	25 公釐直徑
40	40 公釐直徑	30 公釐直徑
60	50 公釐直徑	40 公釐直徑
80	60 公釐直徑	50 公釐直徑

用戶接管由街道下之水管接出，用特製之  $T$  管及  $y$  管，或於水管直接鑽穴亦可，後法須先將水管中之存水放盡，然後鑽通管壁，穴中并設螺旋，以連用戶接管（第 239 圖），或用雙合馬鞍，分出支管（第 240 圖）。此外尚有特種器械，能於有水壓之水管



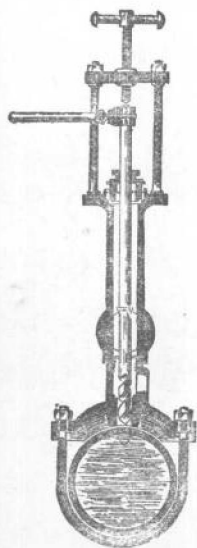
第 239 圖



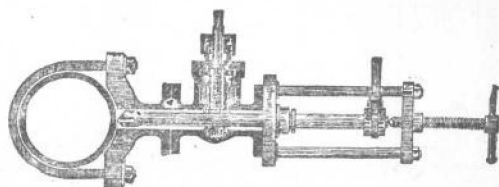
第 240 圖



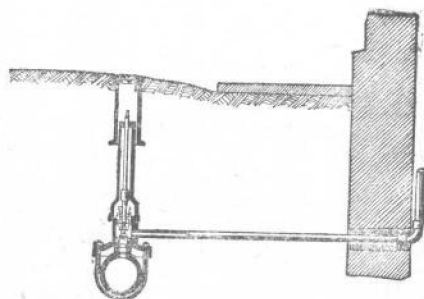
壁鑽穴，如第 241 圖及第 242 圖所示者是，先用鐵馬鞍將水管與鑽頭旋緊，於是依規定之處所鑽穴，穴既穿壁，乃將鑽頭拔出，開關閉塞，水即不能流出，再接用戶接管於後，遂成第 243 圖及第 244 圖所示之情形矣。



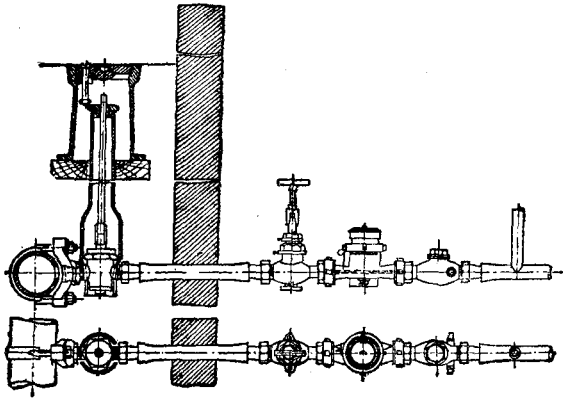
第 241 圖



第 242 圖



第 243 圖



第 244 圖

用戶室內所裝之水管，以通達廚房浴室及盥洗室之用者，謂之用戶管(Hausleitungen)，用戶管亦不得取之過細，以免水頭有過甚之損耗，如地位上許可，則先將用戶管水平引入地窖層，然後再由其地按需要地位之所在，分設支管，垂直向上，如此庶可減短各室間之管長，而直達需水之地，水管勿使冰凍，否則須裝洩水龍頭，以放盡管中之水，用戶管之取材，大致與用戶接管相仿，中以採用鉛管為最多，管端所設之龍頭，啓閉不得過急，以免水流起劇烈之衝擊也。

### (丙)水管中之壓力

城市水管中之壓力，有高壓制(Hochdruck system)及低壓制(Niederdruck system)之分，市內備有滅火機者，則水管

中壓力，不必過高，倘遇火災，可將滅火機之進水皮帶管，以繫於路旁滅火龍頭之上，復藉機力，再增益其水壓力，以供高射，是謂低壓制，各大城市多採用之。

市內若不另備滅火機者，則路旁滅火龍頭上之水壓力，必須提高，應於失慎時將皮帶管直接繫連後，即可高射，是謂高壓制，各小城市多採用之。

高壓制復有常川及臨時之分：常川者，不論何時，水管中常備有滅火用所需之壓力；臨時者，則僅於火警發生時，將抽水機之能力增大，或與水管直接相連通，以增高其壓力，於平時則仍供普通低壓力。大概在重力給水制，尚多採用常川高壓制，汲水制為經濟計，除小城市外，用者極鮮。

此外水管中之壓力，管須足以達到普通高屋之上層，就大概言之，住宅區域水壓力至少應有 2 氣壓，商業區域至少應有 3 氣壓，規定應有水壓力之法，以在房屋最高層之樓板上，尚有 1 氣壓之水壓力為標準，茲錄上海市公用局給水規則第 17 條之規定如下：

「本市內給水之壓力，應適合消防之需要，其壓力之計算，以自地面起之高射公尺數為標準，規定如下：

1. 有六層以上樓房之區域，至少應有 26 公尺。
2. 有三層以上樓房之區域，至少應有 15 公尺。

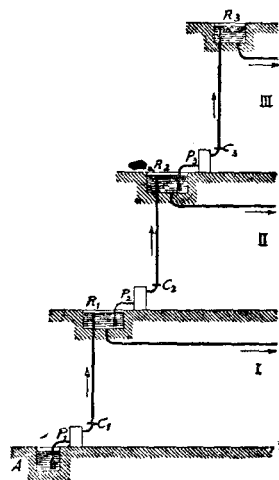
3. 以 9 公尺為最低限度」。

上海公共租界之水壓，在界內各地，至少應有 50 英尺，界外至少應有 30 英尺，但在中心區域，則至少應有 80 英尺云。

依一般規定，凡水壓在 3 氣壓以下者為低壓，市內房屋，以 3 層為限，并須備有滅火機；水壓在 3 至 5 氣壓者為中壓，市內房屋，以 5 層為限；水壓在 5 至 7 氣壓者為高壓，市內房屋以 8 層為限；過高之房屋，非公衆給水壓力所能勝任，以其漏水過多，水管過厚，破裂較易，管理較難，在在均有背經濟原則，故水管壓力之高於 7 氣壓者，鮮有採用。高屋之自來水設置，應劃分每若干層為一組，每組設有水箱及抽水機（第 245 圖），概由屋主自理，非公衆給水分內之事，美國紐約城其例也。

#### （丁）滅火龍頭

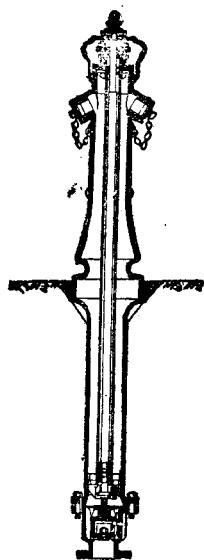
路旁滅火龍頭之距離及其上應有之水壓力，二者有相連關係，如龍頭距離愈遠，則所需之皮帶管愈長，水頭之損耗亦愈大，故壓力宜較高，否則反是；他如房屋之高矮與壓力之大小，亦有至密切之關係。



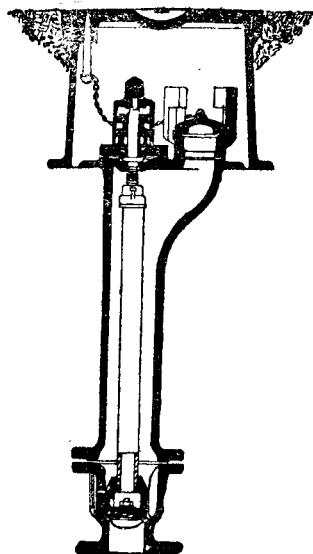
第 245 圖

就普通情形，龍頭上之壓力，以 4 至 5 氣壓最爲適宜，其距離以 150 公尺爲限；如市內備有滅火機者，則龍頭上之壓力，可酌減爲 2 至 3 氣壓也。

滅火龍頭有柱式與平式二種：柱式者設於路邊人行道側石之旁，高出地面約 80 公分，第 246 圖示柱式雙嘴龍頭；平式則恆位於路邊或人行道內，全部龍頭置於地面之下，上有鑄鐵蓋，以鐵鏈繫住，可以揭開，而免遺失，且保持其清潔也（第 247 圖）。



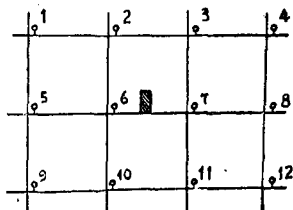
第 246 圖



第 247 圖

柱式龍頭，除供給消防用外，在我國常兼供零售清潔飲料，及沖洗街道之需，但平式龍頭，則不佔地位，無礙觀瞻，是其優點。

龍頭地位，以在街道之交叉處，最為適宜，庶前後左右之各街道，均得照顧，如第 248 圖所示情形，設兩街之距離為 100 公尺，滅火龍頭為雙嘴，如甲屋失慎，則 2, 3, 5, 6, 7, 8, 10, 11 共計 8 個龍頭，即 16 條



第 248 圖

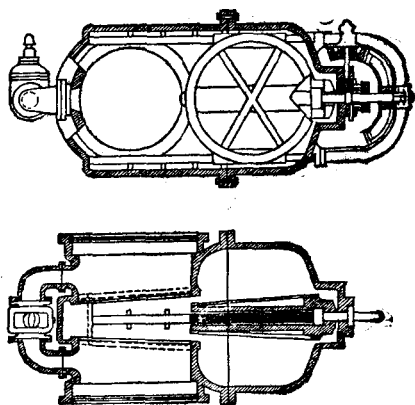
皮帶管，同時放水，以供滅火之需，其所用皮帶管之長，以 150 公尺為限。

城市各處失慎時所需之皮帶管總數，即瞄子數目，以各區域重要性之不同，及房屋高矮之互異，而有出入。大致在普通商業區域，至少應有瞄子 6 個，在重要工業區，則至少應有瞄子 10 個，在村鎮或城市之附郭，則有 2 至 3 個瞄子，已足應用。

消防應備之水量，如美國在住宅區每瞄子每分鐘需水量自 175 至 200 加倫，在商業區自 200 至 250 加倫。我國以情形不同，一切設置亦異，故消防用水，普通每瞄子每分鐘需水量為 90 加倫，約合每秒  $\frac{90}{3.785 \cdot 60} = 4.0$  公升，在小城市所用瞄子，其需水量每秒鐘僅為 2.5 公升耳。

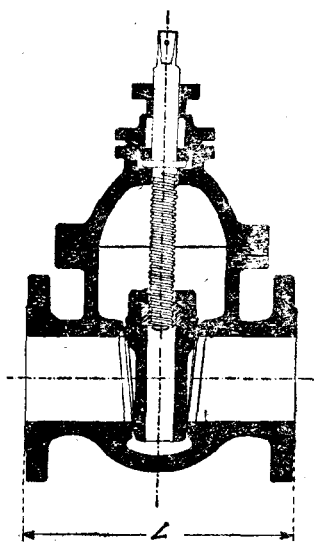
#### (戊) 開關及水表

爲便於水管之察看及修理起見，水管網中每隔約 2 公里之遙，設開關一座，而在管網中主要之昇高處及低降處，其需要爲尤切，如上經橋樑下潛河底等是；否則一遇需要，勢非將管網全部盛水放盡，并再行充滿不可，經濟時間，均受極大之損失，自不待言，即社會安寧，亦自蒙其影響也。今設有開關，水管如遭破裂，即將兩鄰之開關閉塞，漏水立刻終止，可免損害。大型開關，所費甚昂，故常採用其較小者，其損耗之水頭，雖較鉅，但究屬有限，而所省之費用實多。小型開關，動作甚易，一人之力，已足運用，毋需特別設置，以 40 公分水管，配裝 40 公分之開關爲限，大於此者，或齒輪，或用水力，以資啓閉。大型開關，如第 249 圖所示，俗稱閘門開關 (Schieberventil)，在閘門之兩側，裝設小

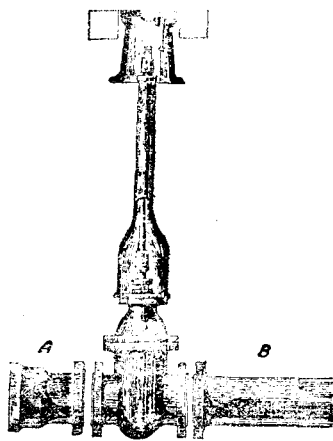


第 249 圖

管過道，管中備有活門，可以啓閉。當開閘門時，先將此過道開通，管中之水，因而流動，遂使壓力水頭，變成流速水頭，閘門前後之壓力，相差無幾，閘門自易推動，而開啓矣。凡因啓閉而受磨擦之面，均鑲黃銅，各部份均可拆卸，如有損壞，可以更換。40公分以下之開關，咸用豎直式裝置，上套鑄鐵管或窰井，爲之保護（第 250 圖及第 251 圖）；大型開關，置之水平，四周圍以磚石砌之窰井。



第 250 圖



第 251 圖

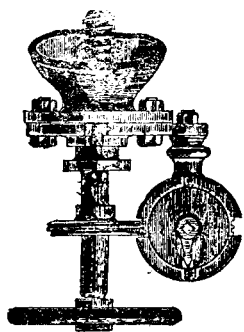
水管開關，其啓閉之程度，非人目所能覺察，因於開關旋軸之旁，有另設小輪者，此小輪依開關之軸而旋轉，開關啓閉之程



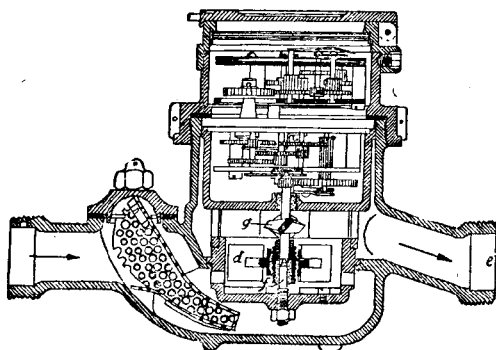
度，亦依此旋軸之轉向為準，故小輪之轉向，與開關之啓閉相應，經適宜之構造，即可藉此指示開關啓閉之程度矣（第 252 圖）。

徵收水費之方法不一，有依龍頭之數目，有依房屋之大小，有依人數之多寡，而定其值，但大都均用水表(Wasser messer)，實量所需之水量以給資。水表構造，種類繁多，普通用者，係以翼輪為其主要部份，翼輪受水流之衝擊，即起旋轉，流速大則其旋轉數亦多，因旋次之多寡，而計流經水量之若干，翼輪之旋次，由鐘錶構造，分單十百千等級，從而遞昇，週而復始，計算極易。

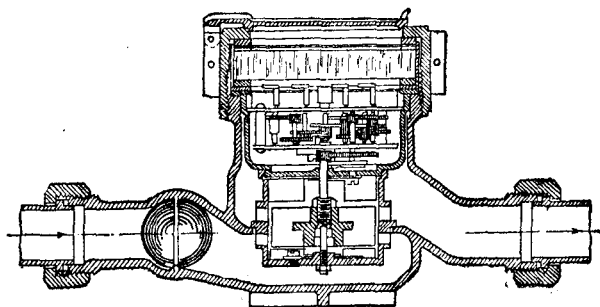
水表有乾濕之分：乾水表(Trockenläufer)之鐘錶機件，不浸在水中（第 253 圖）；濕水表(Nassläufer)內之機件，則全部在水中走動，（第 254 圖），其感覺較為銳敏而準確，準確程度



第 252 圖



第 253 圖



第 254 圖

約在士 2 % 間，但僅得用於極清潔之水中，不潔之水，在流量之大者，水表所示恆過多，在流量之小者，水表所示恆過少，此水表所以每隔 1 至 3 年，必須經一度之清滌并校準也。凡水表愈大，其銳敏度亦必愈低，水量之甚大者，常用伏爾脫孟水表 (Woltmanmesser)，可達 750 公厘直徑之水管，及文得利水表 (Venturimesser) 可達至大之水管云 (詳見拙著水力學)。

### 第六節 水管計算

#### (甲) 輸水量

計算水管，即所以定水管之直徑及管內水壓力之高度是也。其中最大輸水量，為計算時不可或缺之基本要素。最大輸水量，乃由家用，工商用及消防用水合併而成，在鄉鎮及普通小城市，其家用之水，頗稱均勻，故可就全市最高用水量，以市內水管之

總長除之，即得每公尺水管長度間之平均用水量矣。在大城市中，各處用水，往往參差不齊，在此種情形之下，應將各管所供給之地面，劃分清楚，從而計算其面積，再以人口之密度乘之，即得各段水管之用水量矣。

家用水量，既已求得，其他工商用水及消防用水，可各按其數量，於水管分支處，合併計之，

消防用水，在鄉鎮有 2 瞄子已足，水量每秒為 5 公升，歷時 2 或 3 小時，在小城市應有瞄子 4 個，方足應用，需水每秒為 10 公升，在大城市則每秒至少應有 17 公升之水量也。

鄉村小鎮，一有火警，則家用之水，幾無需要，故計算水管時，可僅以消防用水為標準；但在大城市，則非特無此情形，且須將消防水量與一日間每小時之最大用水量，同時併計，以定水管之直徑。

水流計算，在樹枝式水管網，易於着手，因其水流，素有定向，但於環繞式水管網，則計算非易，蓋其水所向無定，故常假定各支管，與總管僅有一端相連接，如是則與樹枝式水管網相仿，其計算自屬不難。更有進者，若兩開關間之一段水管，因特殊情形而不流通，則須繞道其鄰接諸管，故鄰接諸管之流量及管徑，必較樹枝式水管網之水管為大。依此理論，推諸全網，即知全網各水管，均較樹枝式水管網諸水管為大也。

## (乙)管徑

水管之最大輸水量，既已求得，則水管面積，可以下式計之：

$$Q = F \cdot V \quad \text{或} \quad F = \frac{Q}{V}$$

式中  $F$  為水管流水面積，以平方公尺計， $Q$  為流量，以立方公尺計， $V$  為流速，以每秒公尺計。

因水管概係圓形，故其直徑計之如次：

$$F = \frac{d^2 \pi}{4} = \frac{Q}{V} \quad \text{或} \quad d = \sqrt{\frac{4Q}{V\pi}}$$

水管直徑，由此計算而得者，為若干公尺，應按照水管表，擇其最近之一號，惟祇可較應有者為大，不得較小，遇有甚短之管路，及為免除水管不同尺寸之種類過多計，在實際上，往往定水管之尺寸，較應有者大數號，蓋水管種類愈少，則單價可愈廉，而預備管愈可以減省，以備水管破裂及其他不時之需。

水管中之流速  $V$  不得過小，以 0.25 公尺為最小限度，否則有使管壁易積沉澱物而致淤塞；但流速亦不得過大，因管壁易為水流所剝蝕。流速之最高限度為 1 公尺，用以計算水管之尺寸。

使每年之工程費及經常費最小者，為最適宜之流速，在德國西部諸邦，最適宜之流速，約在 0.4 至 0.5 公尺間。

## (丙)水壓

計算水管中之壓力，往往互擇其不利者，從而研究之，即在

水管網中最長之管或最高之管是也，因水管愈長，水頭之損耗亦愈甚，水管之地位愈高，則其壓力水頭亦愈低也。

水之流速，水面降坡及壓力，三者有相連之關係，依據水力學，可用下列諸式計算之：

(1) 水渠如河道水溝等，上無蓋覆者，可採用鋼果來及柯脫公式(Ganguillet und Kutter)。

$$V = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0.00155}{h/l}}{1 + \left(23 + \frac{0.00155}{h/l}\right) \frac{n}{\sqrt{F/P}}} \cdot \sqrt{\frac{F}{P} \cdot \frac{h}{l}}$$

由此計算流量  $Q = F \cdot V$

式中  $P$  為流水面積之浸水周長，以公尺計， $\frac{h}{l}$  為水面降坡， $n$  為糙率，對於沙礫河床，可取 0.03，其他各值，詳拙著水力學。

(2) 水渠如磚石砌成之水管及瓦管等之無內壓力者，可採用柯脫(Kutter)公式。

$$V = \frac{100 \sqrt{\frac{F}{P}}}{b + \sqrt{\frac{F}{P}}} \sqrt{\frac{F}{P} \cdot \frac{h}{l}}$$

式中  $b$  為糙率，在瓦管及混凝土管  $b=0.35$ ，在鐵管  $b=0.25$

(3)有內壓力之水管，如自來水管等，可用達西 (Darcy)公式：

$$h = \left( 0.01989 + \frac{0.0005078}{d} \right) \frac{l}{d} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

式中  $h$  為水管中壓力水頭之損耗， $l$  為管長， $d$  為管徑，均以公尺計， $g$  為地心吸力之加速 = 9.81 公尺， $V$  為流速，依最大流量  $Q$ ，及擬定之水管面積  $F$  計之，即

$$V = \frac{Q}{F}$$

德來希氏 (Drescher) 曾將達西公式加以改良，取  $2g = 2 \times 9.81 = 19.62$  及括弧中之值，以  $\frac{1000}{1000}$  乘之，而得

$$h = \left( \frac{19.89}{1000 \cdot 19.62} + \frac{0.5078}{1000 \cdot 19.62 \cdot d} \right) \frac{l \cdot V^2}{d}$$

$$\text{或 } h = \left( 1 + \frac{0.026}{d} \right) \frac{lv^2}{d}$$

$$\text{即 } h = (d + 0.026) \frac{lv^2}{1000d^2}$$

新管之流速，流量及水頭損耗，計之如前，但水管歷時既久，管中未免起沉澱物而淤污管壁，不特使管壁之糙率增加，抑且水管之流水面積，為之減縮，而水頭之損耗，亦因之增大，此自來水管所以有洗刷之必要也（第 255 圖）。

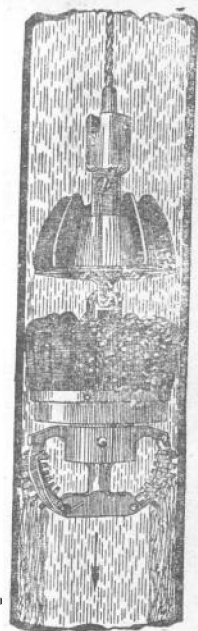
依據達西公式所得結果，如對於管壁之淤污情形，亦須顧及

者，則於其所得之水頭損耗  $h$ ，乘以由實驗而得之值  $\sigma$ ，其值如下：

水管直徑	0.05	0.06	0.07	0.08
$\sigma$	2.60	2.40	2.30	2.20

0.09	0.10	0.15	0.20	0.30	0.40
2.10	2.00	1.95	1.80	1.70	1.60

0.50	0.60	0.70	0.80	1.00公尺
1.50	1.40	1.30	1.20	1.10



第 255 圖

(4) 德國南部諸邦，計算自來水管，大都應用次式：

$$h = cQ^2 \frac{l}{d^5} \quad \text{或} \quad Q = \sqrt{\frac{d^5}{c} \cdot \frac{h}{l}}$$

$$\text{或} \quad d = \sqrt[5]{cQ^2 \frac{l}{h}}$$

式中  $h$  為水頭損耗，以公尺計； $Q$  為流量，以立方公尺計； $l$  為管長， $d$  為管徑，均以公尺計； $c$  為由實驗所得之值，列下表：  
I 為新管，II 為舊管。

水管直徑	0.025	0.05	0.10	0.20	0.30	0.40
I $c =$	0.0033	0.0025	0.0021	0.0020	0.0019	0.0018
II $c =$	0.0112	0.0068	0.0043	0.0029	0.0024	0.0021

0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00 公尺
0.0017	0.0016	0.0015	0.0014	0.0013	0.0013
0.0019	0.0018	0.0017	0.0016	0.0015	0.0015

水管計算，除應用公式外，尚可採用圖表，既較醒目，又極便捷，故普通咸與計算法並用之，第 256 圖及第 257 圖皆是，另附計算表於后，茲舉例以比較之：

設有水管路長 1000 公尺，流量  $Q=250$  公升/秒，流速為 1 公尺/秒，求管徑  $d$  及水頭損耗  $h$ 。

1. 檢第 256 圖於  $Q=250$  公升及  $V=1.0$  公尺之交點，得

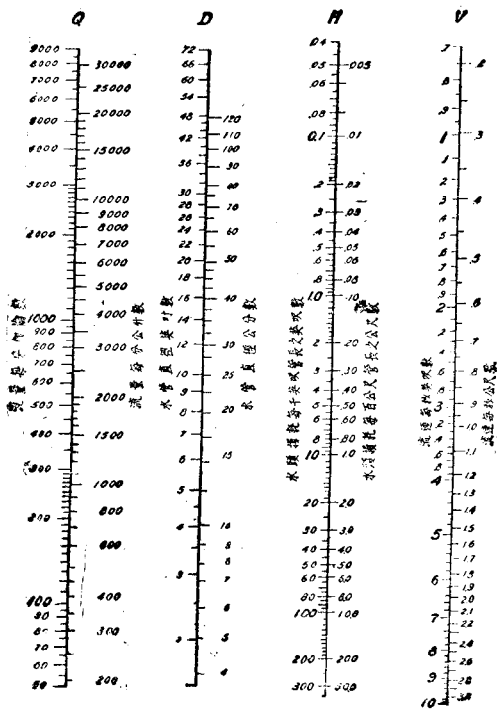
$$d=553 \text{ 公厘}, h=\frac{1}{500} \cdot 1000=2 \text{ 公尺}$$

2. 檢第 257 圖於經過  $Q=250 \cdot 60=15000$  公升及  $V=1.0$  公尺之直線，交  $d$  及  $h$  兩線於  $d=553$  公厘， $h=0.2 \cdot 10=2$  公尺

3. 查表檢出  $Q=250$  公升及  $V=1.00$  公尺之一組數字，得管徑在 0.55 與 0.60 之間，由此求得  $d=553$  公厘，

$$h=\frac{1}{500} \cdot 1000=2 \text{ 公尺}$$



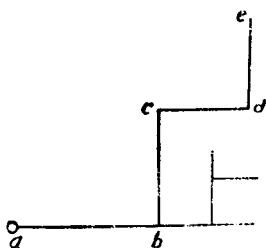


第 257 圖

## 第九章 水管網計算舉例

## (一) 簡單水管網

第 258 圖示水管網之一部份，求  $a-b$ ,  $b-c$ ,  $c-d$ ,  $d-e$  各水管之直徑，而在  $e$  處至少應有 25 公尺高之水頭，其地路面高度在零點上 187.30 公尺， $a$  處設配水池，池底高度在零點上 216.50 公尺，各水管之直徑及流量如次：



第 258 圖

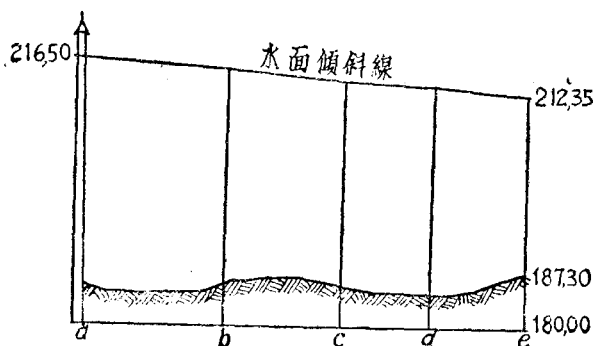
水 管	流量 (公升/秒)	管長 (公尺)	管徑 (公釐)
$a-b$	70	408	350
$b-c$	38	320	250
$c-d$	20	250	200
$d-e$	10	280	150

上列四管中水頭之總損失，不得超過  $216.50 - 187.30 - 25.00 = 4.20$  公尺，如列成表格計算，可較醒目。

水 管	管長 (公尺)	流量 (公升/秒)	水 頭 損 耗	
			單位長度	全段長度
a-b	408	70	0.00205	0.84
b-c	320	38	0.00384	1.23
c-d	250	20	0.00368	0.92
d-e	260	10	0.00444	1.16

$\Sigma$  4.15 公尺

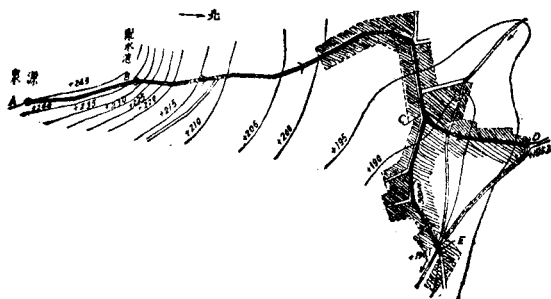
各水管水頭損耗情形,以第 259 圖示之。



第 259 圖

## (二) 鄉村水管網

某村原有人口 400, 大畜 180, 小畜 200, 按當地情形, 將來人口可再增加 200, 大畜 80, 小畜 100, 消防用水, 至少應有 瞄子 2 個, 歷時 2 小時, 其地有泉源可供應用, (第 260 圖)



第 260 圖

## (A) 用水量

人口 = 400 + 200 = 600 名

大畜 = 180 + 80 = 260 口

小畜 = 100 + 100 = 200 口

每日平均用水量為

$600 \cdot 50 + 260 \cdot 50 + 200 \cdot 15 = 46000$  公升

消防用水，2 瞄子每秒應有水量 5 公升，歷時 2 小時，則共需水量。

$2 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 5 = 36000$  公升

## (B) 水源供給量

久旱之後，量得其最少泉水量為每秒 1.3 公升，24 小時內，可共得泉水量  $24 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 1.3 = 112320$  公升，故有長足之水量，以供日常用水（46000 公升）及消防用水（36000 公升）也。

## (C) 配水池

因泉源供水，每秒僅有 1.3 公升，而實際上消防用水，每秒已達 5 公升，是故不設水池，將何以配準而資應用。為消防之用，則池中應貯水量 36 立方公尺；為日常之用，則池中應貯水量為 46 立方公尺；但 2 小時間，其泉源可供水量，已有 10 立方公尺，故日常用水量，祇須取 36 立方公尺矣。今劃分水池為相等之兩部，設水之深為 3 公尺，則每部之底面積應為  $\frac{36}{3} = 12$  平方公尺。

## (D) 總水管

總水管可利用天然之降坡由泉源高地引至配水池，沿途地質優越，可利用套接式之陶管，其中最坦之降坡為 1:80，最小管徑為 10 公分，有面積  $F=0.00785$  平方公尺，其浸水周長  $P=0.314$  公尺，應用柯脫氏 (Kutter) 公式，計算如次：

$$\text{流速 } V = \frac{100 \sqrt{\frac{F}{P}}}{b + \sqrt{\frac{F}{P}}} \sqrt{\frac{F}{P} \cdot \frac{h}{l}}$$

$$V = \frac{100 \sqrt{\frac{0.00785}{0.314}}}{0.35 + \sqrt{\frac{0.00785}{0.314}}} \sqrt{\frac{0.00785}{0.314} \cdot \frac{1}{80}} = \frac{100 \cdot 0.158}{0.35 + 0.158} \cdot$$

$$0.0177 = 31.1 \cdot 0.0177 = 0.55 \text{ 公尺/秒}$$

流量  $Q = F \cdot V = 0.00785 \cdot 0.55 = 0.0043$  立方公尺  
 $= 4.3$  公升/秒。

故此總水管，即在最坦之坡度，其計算時用 1.3 公升之流量，已足暢流無阻矣。

設用鐵管，直徑為 7 公分，面積  $F = 0.0038$  平方公尺，及浸水周長  $P = 0.22$  公尺，鐵管  $b = 0.25$  則

$$\text{流速 } V = \frac{100 \sqrt{\frac{0.0038}{0.22}}}{0.25 + \sqrt{\frac{0.0038}{0.22}}} \cdot \sqrt{\frac{0.0038}{0.22}} \cdot \frac{1}{80}$$

$$= 34.4 \cdot 0.0147 = 0.5 \text{ 公尺/秒。}$$

流量  $Q = 0.0038 \cdot 0.5 = 0.0019$  立方公尺  $= 1.9$  公升/秒。

故所取直徑，已足應用，如以管中積污而有宣洩不暢之虞者，則可將管徑加寬 1 至 2 公分也。

### (E) 水管網計算

村鎮對於消防用水，估量較鉅，故水管之計算，亦以消防用水為標準。

平時用水每日為 46,000 公升，而每小時最大用水量為  $\frac{1}{10} \cdot 46000 = 4600$  公升，即每秒之最大用水為  $\frac{4600}{60 \cdot 60} = 1.3$  公升，然消防用水每秒竟達 5 公升之多，此消防用水所以較平時用水為

大也。

水管之計算，應用  $F = \frac{Q}{V}$  及  $d = \sqrt{\frac{4Q}{V\pi}}$  今設管中流速每秒為 1 公尺，則

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.005}{1.0 \cdot 3.14}} = 0.08 \text{ 公尺}$$

總水管之直徑為 8 公分，而其他各支管之直徑，亦當不小於 8 公分，蓋此每秒 5 公升之消防用水，到處需要也。

設於鄉鎮失慎之時，而日常用水仍須繼續供給者，則其最大需水量每秒為  $5 + 1.3 = 6.3$  公升，管徑為

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.0063}{1.0 \cdot 3.14}} = 0.09 \text{ 公尺}$$

管中之水頭損耗及配水池之高度，如何能使水管中之流速每秒達 1 公尺，均待決定，觀第 260 圖中之 D 及 E 兩點，距水池為最遠，其水頭損耗為最大，即管中所剩餘之壓力亦最小也。按水頭損耗公式

$$h = \left( 0.01989 + \frac{0.0005078}{d} \right) \frac{l}{d} \frac{V^2}{2g}$$

在此  $d = 0.08$  公尺， $l = 1250$  公尺 (BCD 一段)， $g = 9.81$  公尺， $Q = 0.005$  立方公尺，及  $F = 0.005$  平方公尺，

$$V = \frac{0.005}{0.005} = 1 \text{ 公尺/秒，故}$$

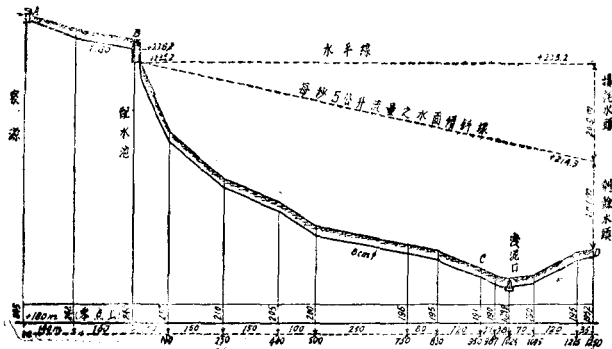
$$h = \left( 0.01989 + \frac{0.0005078}{0.08} \right) \frac{1250}{0.08} \cdot \frac{1.0^2}{2 \cdot 9.81} = 20.9$$

公尺。

由配水池底（在零點上 +235.2 公尺）減去經水管 B C D 一段所損耗之水頭 20.9 公尺，在 D 處當有水位高度為 235.2 - 20.9 = +214.3 公尺，而 D 處路面高度在零點上 +195.2 公尺，故其水位在路面上為

$$214.3 - 195.2 = 19.1 \text{ 公尺。}$$

此等壓力，在鄉村給水，已足敷用（第 261 圖）。



第 261 圖

計算 B C D 一段水管，可用同法，管長為 950 + 380 = 1330 公尺。

$$h = \left( 0.01989 + \frac{0.0005078}{0.08} \right) \frac{1330}{0.08} \cdot \frac{1.0^2}{2 \cdot 9.81} = 22.2 \text{ 公尺，}$$



$E$  處之水位高度為  $235.2 - 22.2 = +213.0$  公尺，而其地路面高度在零點上  $+190.1$  公尺，故  $E$  處之水位在路面上為

$$213.0 - 190.1 = 22.9 \text{ 公尺}$$

其地壓力亦足應用，而在管網中其他各地之壓力，則均可較此數為高也。

設水中含多量之雜質者，則未免有淤積管壁之虞，按前表，可將管中之水頭損耗乘以  $\sigma = 2.2$ ，果爾則剩餘之水壓，不足應用，非將水池升高（約需 25 公尺），或將管徑加大（9 或 10 公分）不可矣。

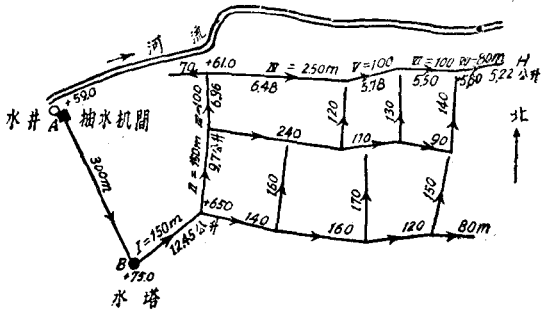
### (三) 應用地下水為水源之小城市水管網

某小城市現有人口 3000 名，應用地下水為自來水之水源，人口之增加率平均每年為 1%，每人每日之用水量，依據他市之情形相仿者，為 54 公升，消防用水，以有 2 瞄子每秒 5 公升之水量為準，歷時 2 小時，抽水機僅於日間工作，井之大小，在 20 年內，可毋庸擴充，而足資應用，配水池及水管網則均適於 40 年內之用（第 262 圖）。

#### (A) 需水量

為安全計，每人每日之用水量規定為 60 公升，未來人口數可以次式計算之：

$$E_n = E \left( 1 + \frac{p}{100} \right)^n$$



第 262 圖

$$\text{於未來 20 年時 } E = 3000 \left( 1 + \frac{1}{100} \right)^{20} = 3000 \cdot 1.22 = 3660$$

人。

$$\text{於未來 40 年時 } E = 3000 \left( 1 + \frac{1}{100} \right)^{40} = 3000 \cdot 1.49 = 4470$$

人。

每日之平均需水量

於未來 20 年時為  $3660 \cdot 60 = 219600$  公升。

於未來 40 年時為  $4470 \cdot 60 = 268200$  公升。

(B) 抽水井

地下帶水地層為砂與石礫所成，水面在地面下 4 至 5 公尺間，採用楔形磚建造大井一口，井壁無縫，大井直徑，應使地下水流入速度，每分鐘不超過 10 公分為度，以  $F = \frac{Q}{V}$  計之。

該井之出水量，應於 20 年內，不致有不足之虞，每日平均用水量為 219600 公升，即每日之最大用水量為  $1.5 \cdot 219600 = 329400$  公升。

抽水機僅於日間工作，假定 10 小時，則每分鐘之抽水量當為

$$\frac{329400}{10 \cdot 60} = 549 \text{ 公升} = 0.549 \text{ 立方公尺。}$$

如地下水流入井之速度每分鐘  $V = 0.1$  公尺，則井底面積為

$$F = \frac{0.549}{0.1} = 5.49 \text{ 平方公尺。}$$

圓形大井，其直徑  $d = 2.65$  公尺

按諸前表，井壁厚度當有 0.38 公尺，即  $1\frac{1}{2}$  磚厚是也。

### (C) 吸水管

計算吸水管之粗細，應用公式  $F = \frac{Q}{V}$

吸水管中之流速  $V$ ，不得超越每秒 0.6 公尺，今每分鐘之需水量為 0.549 立方公尺，即每秒為  $\frac{0.549}{60} = 0.00915$  立方公尺，

故吸水管之應有面積為

$$F = \frac{0.00915}{0.6} = 0.01525 \text{ 平方公尺。}$$

吸水管之直徑為  $d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.01525}{\pi}} = 0.14$  公尺。

依水管表選擇  $d = 0.15$  公尺， $F = 0.01767$  平方公尺，及其實有流速減緩而成。

$$V = \frac{0.00915}{0.01767} = 0.52 \text{ 公尺/秒。}$$

#### (D) 總水管

計算總水管應用公式  $F = \frac{Q}{V}$

此總水管應足供 40 年內之應用，故每日之平均需水量為 268200 公升，每日最大需水量為  $1.5 \cdot 268200 = 402300$  公升。

抽水機每日工作 10 小時，則每秒鐘應汲之水量為

$$\frac{402300}{10 \cdot 60 \cdot 60} = 11.2 \text{ 公升} = 0.0112 \text{ 立方公尺。}$$

在總管之流速以 0.8 公尺為限，水管應有之面積當為

$$F = \frac{Q}{V} = \frac{0.0112}{0.8} = 0.014 \text{ 平方公尺}$$

總水管之直徑當為

$$d = \sqrt{\frac{0.014 \cdot 4}{\pi}} = 0.134 \text{ 公尺}$$

按水管表擇水管直徑  $d = 0.15$  公尺，有面積

$F = 0.01767$  平方公尺，而其實有流速減緩而成

$$V = \frac{0.0112}{0.01769} = 0.63 \text{ 公尺/秒}$$

## (E) 水管網管徑及壓力

計算時可擇其引達最遠之管，從而研究之，如第 262 圖中 I 至 VII 是，以水管既屬最長，則其水頭損耗自必最大，為其他諸管所勿及也。

計算管徑，應取最大用水量，并每秒 5 公升之消防用水為標準，水管之佈置，採用樹枝式，在實際上各管雖係互相連通，而計算時則不得不假定其如圖示之有間斷也。

各段水管兩旁之需水情形，可依其兩側面積之大小，及戶口之稀密而定，或選取水管之需水情形，與水管之長短相比較，後法僅適用於小城市，因其沿途需水量之參差無多，故可應用，無多大出入，即以最大需水量，平均分配於全體水管是也。

未來 40 年間全市每日平均需水量為 268200 公升，而每日之最大需水量當為  $\frac{1}{10} \cdot 268200 = 26820$  公升，即每秒之最大需水量為  $\frac{26820}{60 \cdot 60} = 7.45$  公升，此需水量平均分佈於全體水管，水管由 c 點算起，全長為 2660 公尺，即每秒每公尺長度間之最大需水量為  $\frac{7.45}{2660} = 0.0028$  公升，以水管 I 之兩旁，無居戶故也，此外當有每秒 5 公升之消防用水，亦應列入，即各水管之最大輸水量如次：

水管 VII，有  $80 \cdot 0.0028 + 5 = 5.22$  公升/秒

水管 VI, 有  $(80+100) \cdot 0.0028 + 5 = 5.50$  公升/秒

水管 V, 有  $(80+100+100) \cdot 0.0028 + 5 = 5.78$  公升/秒

水管 IV, 有  $(80+100+100+250) \cdot 0.0028 + 5 = 6.48$  公升/秒

水管 III, 有  $(80+100+100+250+70+100) \cdot 0.0028 + 5 = 6.96$  公升/秒

水管 II, 有  $(80+100+100+250+70+100+150+240+120+110+130+90+140) \cdot 0.0028 + 5 = 9.70$  公升/秒

水管 I, 有  $2660 \cdot 0.0028 = 12.45$  公升/秒

計算水管直徑, 應用公式  $F = \frac{Q}{V}$

式中  $V$  假定每秒為 1 公尺, 流量  $Q$  以立方公尺計, 故所得之結果為平方公尺也。

水管 I,  $F_I = \frac{0.01245}{1.0} = 0.01245$  平方公尺,  $d_I = 0.126$  公尺

水管 II,  $F_{II} = \frac{0.0097}{1.0} = 0.0097$  平方公尺,  $d_{II} = 0.111$  公尺

水管 III,  $F_{III} = \frac{0.00696}{1.0} = 0.00696$  平方公尺,  $d_{III} = 0.094$  公尺

$$\text{水管 IV, } F_{IV} = \frac{0.00648}{1.0} = 0.00648 \text{ 平方公尺, } d_{IV} = 0.091$$

公尺

$$\text{水管 V, } F_V = \frac{0.00578}{1.0} = 0.00578 \text{ 平方公尺, } d_V = 0.086$$

公尺

$$\text{水管 VI, } F_{VI} = \frac{0.00550}{1.0} = 0.00550 \text{ 平方公尺, } d_{VI} = 0.084$$

公尺

$$\text{水管 VII } F_{VII} = \frac{0.00522}{1.0} = 0.00522 \text{ 平方公尺, } d_{VII} = 0.082$$

公尺

爲避免水管不同直徑之過多,及減少水頭損耗計,故採用直徑較粗之水管,即

$$d_I = d_{II} = 0.15 \text{ 公尺}$$

$$d_{III} = d_{IV} = 0.10 \text{ 公尺}$$

$$d_V = d_{VI} = d_{VII} = 0.09 \text{ 公尺}$$

水管中之水頭損耗,可依下式計算。

$$h = \left( 0.01989 + \frac{0.0005078}{d} \right) \frac{l}{d} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

水管 I  $d_I = 0.15$  公尺,  $F_I = 0.01767$  平方公尺,  $l_I = 150$  公

尺。

$Q_I = 0.01245$  立方公尺，故  $V = \frac{0.01245}{0.01767} = 0.7$  公尺及

$$h_I = \left( 0.01989 + \frac{0.0005078}{0.15} \right) \frac{150}{0.15} \cdot \frac{0.7^2}{2 \cdot 9.81} = 0.0079 \cdot$$

$150 \cdot 0.7^2 = 0.58$  平方公尺。

水管 II  $d_{II} = 0.15$  公尺  $F_{II} = 0.01767$  平方公尺。

$l_{II} = 150$  公尺  $Q_{II} = 0.0097$  立方公尺。

故  $V = \frac{0.0097}{0.01767} = 0.55$  公尺，及

$$h_{II} = \left( 0.01989 + \frac{0.0005078}{0.15} \right) \frac{150}{0.15} \cdot \frac{0.55^2}{2 \cdot 9.81} = 0.0079 \cdot$$

$150 \cdot 0.55^2 = 0.36$  公尺。

水管 III  $d_{III} = 0.10$  公尺  $F_{III} = 0.00785$  平方公尺。

$l_{III} = 100$  公尺  $Q_{III} = 0.00696$  立方公尺，故

$V = \frac{0.00696}{0.00785} = 0.89$  公尺，及

$$h_{III} = \left( 0.01989 + \frac{0.0005078}{0.10} \right) \frac{100}{0.10} \cdot \frac{0.89^2}{2 \cdot 9.81}$$

$= 0.0127 \cdot 100 \cdot 0.89^2 = 1.01$  公尺。

水管 IV  $d_{IV} = 0.10$  公尺  $F_{IV} = 0.00785$  平方公尺。

$l_{IV} = 250$  公尺  $Q_{IV} = 0.00648$  立方公尺。

故  $V = \frac{0.00648}{0.00785} = 0.83$  公尺 及



$$h_{IV} = \left( 0.01989 + \frac{0.0005078}{0.10} \right) \frac{250}{0.10} \cdot \frac{0.83^2}{2 \cdot 9.81}$$

$$= 0.0127 \cdot 250 \cdot 0.83^2 = 2.19 \text{ 公尺。}$$

水管 V  $d_V = 0.09$  公尺,  $l_V = 100$  公尺。

$$F_V = 0.00636 \text{ 平方公尺, } Q_V = 0.00578 \text{ 立方公尺。}$$

$$\text{故 } V = \frac{0.00578}{0.00636} = 0.91 \text{ 公尺。}$$

$$\text{及 } h_V = \left( 0.01989 + \frac{0.0005078}{0.09} \right) \frac{100}{0.09} \cdot \frac{0.91^2}{2 \cdot 9.81}$$

$$= 0.0145 \cdot 100 \cdot 0.91^2 = 1.2 \text{ 公尺。}$$

水管 VI 及 VII 可用同法求之, 得  $h_{VI} = 1.07$  公尺及  $h_{VII} = 0.78$  公尺。

自水管 I 至水管 VII, 其水頭之總損耗爲

$$H = 0.58 + 0.36 + 1.01 + 2.19 + 1.20 + 1.07 + 0.78 = 7.19$$

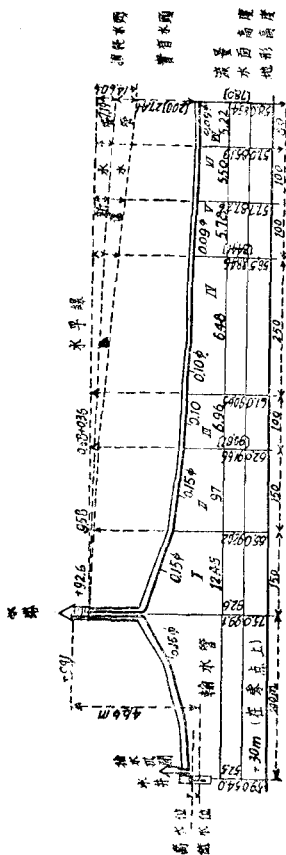
公尺 (第 263 圖), 若管壁因沉澱而致淤塞者, 則水頭之損耗, 當不止此, 即於 15 公分管徑, 應用  $\sigma = 1.9$ , 10 公分管徑應用  $\sigma = 2.0$  及 9 公分管徑應用  $\sigma = 2.1$  乘其原有之水頭損耗, 即得

$$H = (0.58 + 0.36)1.9 + (1.01 + 2.19)2.0 + (1.2 + 1.07 + 0.78)2.1 = 14.6 \text{ 公尺 (第 263 圖)。$$

如應用計算表及計算圖者, 可得同值。

#### (F) 配水池

配水池之容量，亦應足敷 40 年間之用，全市每日之平均用水量為 268200 公升，因抽水機僅於日間工作，故配水池至



第 263 圖

少應有每日平均用水量之半，即

$$\frac{268200}{2} = 134100 \text{ 公升} = 134.1 \text{ 立方公尺。}$$

依當地情形，能擇高阜設高架水塔較為合宜，今設水塔上之水箱盛水深度為 6.5 公尺，則圓形水箱，當有底面積

$$F = \frac{Q}{h} = \frac{134.1}{6.5} = 20.6 \text{ 平方公尺。}$$

$$\text{直徑 } d = \sqrt{\frac{F \cdot 4}{\pi}} = \sqrt{\frac{20.6 \cdot 4}{\pi}} = 5.12 \text{ 公尺。}$$

故水箱直徑至少應有 5.12 公尺也。

消防用水，設每秒為 5 公升之水量，歷 2 小時，則為  $2 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 5 = 36000$  公升 = 36 立方公尺，此水量相當於水箱盛水高度  $\frac{36}{20.6} = 1.75$  公尺，一俟水箱中之水位，降至此尺度時，警鈴即

振，抽水機應立即工作，或設自動開關，尤為便利。

水塔高度，應依水管中之水頭損耗為準，水流達  $H$  點之總水頭損耗為 14.6 公尺，設  $H$  點之應有水壓為 20 公尺，則水塔之高，至少應在當地路面之上  $20 + 14.6 = 34.6$  公尺，因  $H$  點地勢高度，位於零點之上 58.0 公尺，即水塔上水箱底之高，應在零點上  $58.0 + 20 + 14.6 = 92.6$  公尺是也，塔址高阜高度在零點上 75.0 公尺，故水塔之下層構造至少應有  $92.6 - 75.0 = 17.6$  公尺之高也。

## (G)抽水機

抽水機之能力，當能應付 20 年間之需，其每日之平均用水量為 219600 公升，即每日之最大用水量為  $1.5 \cdot 219600 = 329400$  公升，以每日抽水機工作 10 小時計，則每秒鐘應汲之水量為

$$\frac{329400}{10 \cdot 60 \cdot 60} = 9.15 \text{ 公升。}$$

由抽水機間引達配水池之總水管，應在配水池中之最高水位處入口，水箱底之高度，在零點上 92.6 公尺，箱中盛水高度為 6.5 公尺，即水箱中最高水位在零點上  $92.6 + 6.5 = 99.1$  公尺也。

平日井水位之高度，在當地地面之下 5 公尺而當地地面高度在零點上 59.0 公尺，故井水之面，在零點上 54.0 公尺，抽水機工作最烈之時，經試驗結果，井水位低降 1.5 公尺，以井中最低水位所以在零點之上  $54.0 - 1.5 = 52.5$  公尺也。

升高水位之極限，在井中最低水位及水塔上最高水位時為

$$h_1 = 99.1 - 52.5 = 46.6 \text{ 公尺。}$$

水經水管流動，有損水頭，管長為 300 公尺，直徑為 0.15 公尺，依次式計之。

$$h_1 = \left( 0.01989 + \frac{0.0005078}{d} \right) \frac{l}{d} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

以  $d = 0.15$  公尺， $l = 300$  公尺， $g = 9.81$  公尺，水管面

積  $F=0.01767$  平方公尺。

水管流量  $Q=0.00915$  立方公尺，故

$$V = \frac{0.00915}{0.01767} = 0.52 \text{ 公尺。}$$

$$\text{及 } h_2 = \left( 0.01989 + \frac{0.0005078}{0.15} \right) \frac{300}{0.15} \cdot \frac{0.52^2}{2 \cdot 9.81}$$

$$= 0.0079 \cdot 300 \cdot 0.52^2 = 0.64 \text{ 公尺。}$$

故機器之能力，應能負擔總水頭爲。

$$h = h_1 + h_2 = 46.6 + 0.64 = 47.24 \text{ 公尺。}$$

如應用唧筒式抽水機，則原動機應有之馬力爲

$$N = \frac{h \cdot Q}{75} \cdot \frac{100}{85} \cdot \frac{100}{85} = \frac{47.24 \cdot 9.15}{75} \cdot \frac{100}{85} \cdot \frac{100}{85} = 8$$

馬力。

設有原動機及抽水機各兩座，每座爲 8 馬力，其中一座，如遭損壞，則他機立即替代，庶可免片刻之斷水，水量之小者，原動機可取電動機或內燃機，供水量如嫌不足者，則不妨將工作時間延長之。

#### (四)大城市水管網

大城市之一部份，位於工業區域之旁，屋宇毗連，以總水管之自來水引入應用。由總水管接出之地，當最大用水量時，有 3.2 氣壓，即 32 公尺之水頭也。消防用水，規定至少瞄子爲 4



量如次：

水管 I,  $Q_I = 6.5 \cdot 1 + 10 = 16.5$  公升 = 0.0165 立方公尺

水管 II,  $Q_{II} = 3.3 \cdot 1 + 10 = 13.3$  公升 = 0.0133 立方公尺

水管 III,  $Q_{III} = 2.7 \cdot 1 + 10 = 12.27$  公升 = 0.01227 立方公尺

水管 IV,  $Q_{IV} = 0.97 \cdot 1 + 10 = 10.96$  公升 = 0.01096 立方公尺

水管 V,  $Q_V = 0.82 \cdot 1 + 10 = 10.82$  公升 = 0.01082 立方公尺

水管 VI,  $Q_{VI} = 0.56 \cdot 1 + 10 = 10.56$  公升 = 0.01056 立方公尺

水管 VII,  $Q_{VII} = 1.09 \cdot 1 + 10 = 11.09$  公升 = 0.01109 立方公尺

水管 VIII,  $Q_{VIII} = 0.55 \cdot 1 + 10 = 10.55$  公升 = 0.01055 立方公尺

水管 IX,  $Q_{IX} = 10.28 \cdot 1 + 10 = 10.28$  公升 = 0.01028 立方公尺

(B) 管徑

計算水管面積，應用公式  $F = \frac{Q}{V}$

式中  $F$  為水管流水面積，以平方公尺計， $Q$  為流量，以立方

公尺計， $V$  爲流速，以每秒公尺計，今設  $V=1$  公尺/秒，則各水管之面積及直徑如次：

水管 I,  $F_I=0.0165$  平方公尺  $d_I=0.145$  公尺

水管 II,  $F_{II}=0.0133$  平方公尺  $d_{II}=0.130$  公尺

水管 III,  $F_{III}=0.01227$  平方公尺  $d_{III}=0.135$  公尺

水管 IV,  $F_{IV}=0.01096$  平方公尺  $d_{IV}=0.118$  公尺

水管 V,  $F_V=0.01082$  平方公尺  $d_V=0.117$  公尺

水管 VI,  $F_{VI}=0.01056$  平方公尺  $d_{VI}=0.116$  公尺

水管 VII,  $F_{VII}=0.01109$  平方公尺  $d_{VII}=0.119$  公尺

水管 VIII,  $F_{VIII}=0.01055$  平方公尺  $d_{VIII}=0.116$  公尺

水管 IX,  $F_{IX}=0.01028$  平方公尺  $d_{IX}=0.114$  公尺

按照水管表，各種不同直徑之水管，以愈少爲愈佳，今取用水管 I 及 II 爲 0.15 公尺，其他諸管，則概爲 0.125 公尺直徑。

### (C) 水壓高度

水管水頭損耗依次式計之。

$$h = \left( 0.01989 + \frac{0.0005078}{d} \right) \frac{l}{d} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

式中  $d$  爲管徑， $l$  爲管長， $V$  爲流速， $g=9.81$ ，均以公尺計。

今因管中流速並非爲 1 公尺，則應按實用水管之直徑，則爲



0.15 或 0.125 公尺，從而計算之。

$$\text{水管 I, } v_I = \frac{0.0165}{0.01767} = 0.93 \text{ 公尺/秒}$$

$$\text{水管 II, } v_{II} = \frac{0.0133}{0.01767} = 0.75 \text{ 公尺/秒}$$

$$\text{水管 III, } v_{III} = \frac{0.01227}{0.01227} = 1.00 \text{ 公尺/秒}$$

$$\text{水管 IV, } v_{IV} = \frac{0.01096}{0.01227} = 0.89 \text{ 公尺/秒}$$

$$\text{水管 V, } v_V = \frac{0.01082}{0.01227} = 0.88 \text{ 公尺/秒}$$

$$\text{水管 VI, } v_{VI} = \frac{0.01056}{0.01227} = 0.86 \text{ 公尺/秒}$$

$$\text{水管 VII, } v_{VII} = \frac{0.01109}{0.01227} = 0.90 \text{ 公尺/秒}$$

$$\text{水管 VIII, } v_{VIII} = \frac{0.01055}{0.01227} = 0.86 \text{ 公尺/秒}$$

$$\text{水管 IX, } v_{IX} = \frac{0.01028}{0.01227} = 0.84 \text{ 公尺/秒}$$

水管 I 之管長爲 20 公尺，直徑爲 0.15 公尺，其水頭損耗當

爲

$$h_I = \left( 0.01989 + \frac{0.0005078}{0.15} \right) \frac{20}{0.15} \cdot \frac{0.93^2}{2 \cdot 9.81} = 0.0079 \cdot$$

$$20 \cdot 0.93^2 = 0.14 \text{ 公尺}$$

其他諸水管之水頭損耗，可用同法求之。

$$h_{II} = 0.0079 \cdot 110 \cdot 0.75^2 = 0.49 \text{ 公尺}$$

$$h_{III} = 0.0098 \cdot 96 \cdot 1.0^2 = 0.94 \text{ 公尺}$$

$$h_{IV} = 0.0098 \cdot 76 \cdot 0.89^2 = 0.59 \text{ 公尺}$$

$$h_{V} = 0.0098 \cdot 72 \cdot 0.88^2 = 0.55 \text{ 公尺}$$

$$h_{VI} = 0.0098 \cdot 120 \cdot 0.86^2 = 0.87 \text{ 公尺}$$

$$h_{VII} = 0.0098 \cdot 72 \cdot 0.90^2 = 0.57 \text{ 公尺}$$

$$h_{VIII} = 0.0098 \cdot 120 \cdot 0.86^2 = 0.87 \text{ 公尺}$$

$$h_{IX} = 0.0098 \cdot 76 \cdot 0.84^2 = 0.53 \text{ 公尺}$$

由各水管之水頭損耗及地勢之起伏，可以求得水管網中各處之水壓，例如在水管 VI 之末，其水壓計之如次：

水管 I 與總管接連處之路面高度 (在零點上) +54.6 公尺

水管 I 與總管接連處之水壓高度 32.0 公尺

其地水管中之水頭高度 (在零點上) +86.6 公尺

水流經水管 I 至 VI 之水頭損耗為

$$0.14 + 0.94 + 0.49 + 0.59 + 0.55 + 0.87 = 3.58 \text{ 公尺}$$

故於水管 VI 之末，管中水頭之高度為  $86.6 - 3.58 = 83.02$  公尺 (在零點上)，而其地路面高度在零點上 +52.8 公尺，故水管中之實有水壓為  $83.02 - 52.8 = 30.22$  公尺也。

同法，在水管 VIII 之末，可得水壓為

$86.6 - (0.14 + 0.49 + 0.94 + 0.57 + 0.87) - 52.9 = 30.69$   
公尺也。

按照此法，所有水管，均可從而求得其水壓，設有一水管，偶遭破裂，則當即將該水管之開關，關閉停流，另繞其他水管而過，在此種情況之下，或須有增加水管直徑之必要，應另行計算也。

### (五)工廠進水管

設某工廠每日工作 9 小時，平日需水量為 48 立方公尺，其需水情形，且甚均勻，最大需水量，約為平日需水量之 1.3 倍，進水管長為 70 公尺，求其管徑及水頭損耗。

每日之最大需水量為

$$Q_1 = 48 \cdot 1.3 = 62.4 \text{ 立方公尺}$$

每秒鐘之最大需水量為

$$Q = \frac{62.4}{9.60 \cdot 60} = 0.00193 \text{ 立方公尺}$$

今設進水管中之流速每秒為 1 公尺，則所需流水面積及水管直徑為

$$F = \frac{0.00193}{1.0} = 0.00193 \text{ 平方公尺}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.00193}{3.14}} = 0.0496 \text{ 公尺}$$

故進水管直徑至少爲 5 公分。

管中水頭損耗：

$$h = \left( 0.01989 + \frac{0.0005078}{0.05} \right) \frac{70}{0.05} \cdot \frac{1.0^2}{2 \cdot 9.81} = 2.06 \text{ 公尺}$$

如水管將來有淤塞等情者，則水頭損耗爲

$$h = 2.06 \cdot 2.6 = 5.36 \text{ 公尺是也。}$$

## 第十章 上海各水廠及各大廈

### 自備自來水設置概況

#### (一) 上海閘北自來水廠概況

閘北水廠，創於前清宣統三年，位蘇州河畔，迨後市面日繁，工廠林立，水源渾濁，不獨水質惡劣，抑且水量缺乏，市民乃要求移歸商辦。民國十三年九月正式成立，改爲商辦閘北水電公司，并在殷行鄉軍工路旁，購地一百五十畝，建設新廠，廠屋建築，係西式而兼帶東方美術化，所有滌水設備，亦極新穎。茲分述如下：

(1) 進水機間 由滄浦局特許得伸出滄浦線外十公尺；距灘岸約一百三十公尺，進水機間裝有馬眼鐵絲網兩道，所以阻魚類之流入，更有自動銅絲網濾水機，以免吸收粗砂渾水，抽水機等，均設在浦中，進水口較最低潮線尙低二公尺，俾終年無竭水之虞。因浦江水位相差過鉅，進水機間在高水位之下，故其建築爲不滲水，聞工竣迄今，從未漏水。由此用馬達抽水機，經三十六吋直徑水管送水至混凝土池，共置抽水機二座，每座爲二百匹馬力，每日每座可打水至一千五百萬加倫云。

(2) 混凝土池 渾水在入池之前，先經加礮間，加以礮水；後

經三公尺寸方四公尺深上下走之十六槽，污質至是已次第凝結，於是平流於三公尺寸寬十三公尺長之五槽，使較大之凝結物，得以下沉；再平流於十公尺寬五十二公尺長之三槽，流速下降，較小之凝結物，亦得逐漸沉去；然後引入快濾池，水在池之時間，由四小時至六小時。廠內共設凝滯池兩座，以每日出水量一千二百萬加倫計，則每座六十五公尺長，三十公尺寬（合一百八十英方）四公尺深，即足敷用。池底俱係斗式，下設污水管，直達池旁排污槽，得隨時開放，以洩污質。

(3) 快濾池 共計六座，置於室內，每座爲十英方，每日得濾水二百萬加倫，故六座共濾出水量，每日亦爲一千二百萬加倫；由凝滯池流入之水，以總管分至各池，再由各池水溝，流至各水槽，分散沙面。水槽邊另用木條校準平直，及使各槽等高，以免流量不均之弊。池內沙層分粗細大小數種，共高約一公尺，底上排有十公分徑鐵管百餘條，相距約三十公分，管上每隔十五公分鑽有十二公厘眼一排，以備砂濾水之流入，及供清水倒灌沖洗砂面污泥之用。

(4) 清水池 共分五座，二座在快濾池下，三座在凝滯池下，各池均備風洞，扶梯，進出水閘門開關，溢水及污水等水管；池中復砌隔牆，得時使流動，不致局部變成死水。水由快濾池流入清水池之前，加綠氣殺菌一次，所以免細菌之繁殖也。

(5) 出水機間 設置八百匹馬力馬達抽水機二座，每座每日出水量為一千二百萬加倫，二邊係平台，一邊行人，一邊裝置配電板；後又擴充，在出水機間添置六百匹馬力及三百二十七匹馬力清水馬達抽水機各一座，由此將清水送至水塔及用戶，並施以第二次之綠氣殺菌，利用離心力抽水機葉板之轉動，綠氣得與清水充分溶和；再經文得利自動記載水表，以示各時之出水數量。

(6) 水塔 共高約三十二公尺，分為五層：最高層約二十五公尺，容水五萬加倫，以供鄰近及本廠之用；次層高二十五公尺，容水十二萬加倫，專備沖洗快濾池之用；下三層本作辦公室及水表校準間，後以上層斜底漏水，重鋪牛毛毡一層，再塗水泥厚八公分於池底，自重因以增加，故另添大柱八枝為之支撐，直達底層，以致辦公室不能適用云。

(7) 舊廠之改造 在恆豐路底之舊水廠，其原有滌水設備，自新廠落成後，即改為分水廠，專供儲蓄轉輸之用；故將原有慢灑池，次第改為蓄水池。池內之水，雖經二度消毒，然歷相當之時間，及經相當之路程，水質未免有變化；故於舊廠轉輸時，再加第三次之綠氣殺菌。廠中設置二百匹馬力電氣馬達抽水機兩座，以為夜間新廠停機時，由舊廠輸送清水之用；另有校準水表機一座，同時可驗五只，以備普及各用戶裝置水表之需。

(二) 上海內地自來水廠概況

在昔滬南居民之飲料，除少數曾用土井外，大都取諸黃浦，水質渾濁不合衛生，邑人屢議設廠，將渾水加以洗滌，然後應用。前清光緒二十三年，始於滬南半淞園路建廠，至光緒二十八年工竣放水，但設備尙多欠缺；民國三年改爲官辦，四年又改商辦，股份爲一百萬兩；至民國十七年股本改爲三百萬元；嗣後滌水設備，遞加改良，舊有各池，泰半改建，并另添新池，以應需要，較之往昔，進步甚多。茲將內部各項，略述如下：

(1) 進水機間 進水機間設於黃浦岸邊，裝進水管兩根，伸入浦中，每根爲一千二百五十公厘直徑，先將浦江之水，由此引入進水井，再用抽水機之力，吸取水量，機間內設低壓抽水機四架，皆爲電氣離心力式，其中二架爲五百公厘抽水機，每小時進水量各爲三千立方公尺，其餘二架爲四百公厘抽水機，每小時進水量爲一千五百立方公尺，以上四架，水壓高度均爲十公尺，進水總量每小時爲九千立方公尺。

(2) 均壓水塔 位於進水機間之北，所有渾水，自進水機間流集於塔，而後憑高下注，以達混凝池。

(3) 沉澱池 計有新建混凝池兩座，每小時出水量爲五千六百立方公尺；舊礮池兩座，每小時出水量爲三千立方公尺；水在池之時間由三小時至三小時半，渾水入池之前，須經加礮間，



內設加礮機四具。

(4)快濾池 計有新建快濾池六座，濾水面積為四百六十六平方公尺，出水量每日為四萬五千五百立方公尺；舊快濾缸七隻，濾水面積為二百二十八立方公尺，出水量每日為一萬九千一百十立方公尺；其他尚有儲備沖洗快濾池沙礫用之水塔一座，容量二百八十六立方公尺。

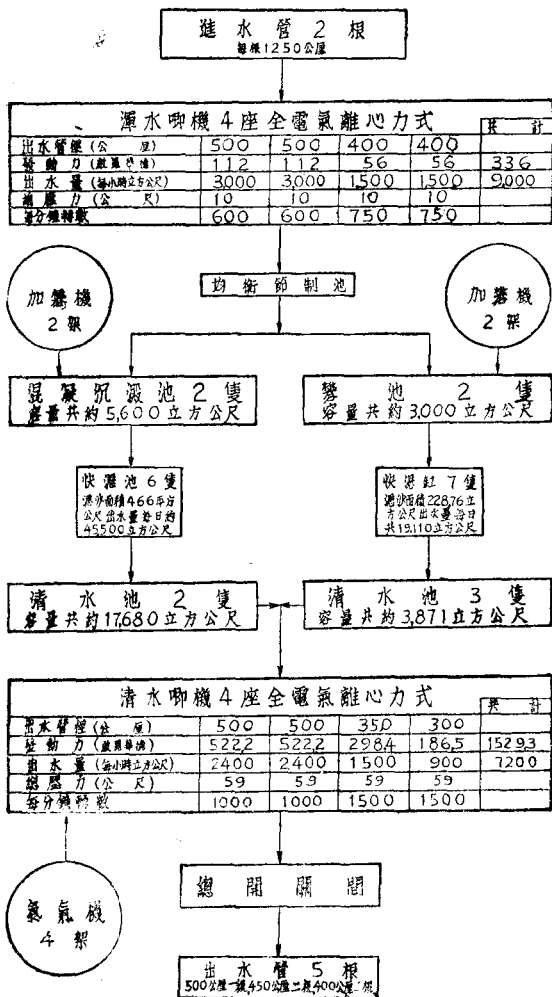
(5)清水池 新置清水池二座，容量為一萬七千六百八十立方公尺；舊有清水池三座，容量為三千八百七十立方公尺。

(6)出水機間 內設高壓抽水機四架，亦為電氣離心力式，其間二架係五百公厘直徑，每架每小時出水量為二千四百立方公尺，一架係三百五十公厘直徑，每小時出水量為一千五百立方公尺，一架係三百公厘直徑，每小時出水量為九百立方公尺，總計四架每小時之出水量共為七千二百立方公尺。水之出廠壓力均為五十九公尺，另外尚裝綠氣機四架，各與出水管相連。

(7)總開關間 四架出水機之水管，互相接通，有總開關調節之，庶於任何機械損壞時，全部工作仍能照常不輟，不致受若何影響。

(8)總出水管 總出水管有五，一根為五百公厘，二根為四百五十公厘，二根為四百公厘直徑，分達各區，藉配水量（第265圖）。

# 上海內地自來水廠製水系統圖



## (三) 英商上海自來水廠概況

上海自來水公司，創於西歷一八八二年，即前清光緒八年，在倫敦註冊，位於楊樹浦，至一八八三年六月二十九日建築完成，敦請兩江總督李鴻章氏主行開幕禮。公司資本遞有增多，在一九〇五年為十四萬四千英磅，一九二八年為一百萬英磅，一九二九年又增為一百十六萬四千英磅，約合國幣二千三百二十八萬元，為中國最大規模之自來水廠。廠內設置，最初僅將黃浦江水，引經一、二兩號慢性沉澱池，復將半清之水，用抽水機引入四座緩沙濾池，然後用高壓抽水機，由幹管送達用戶；嗣因需水日增，遂將沉澱池與沙濾池之數目增加，尺度放寬，但以地價日漲，江水日濁，於是不得不採用較慢性沉澱，更為便捷經濟之法，乃於沉澱之先，加用硫酸鋁為混凝劑，將舊有緩沙濾池，漸改為快沙濾池。茲將該廠現狀，略述如下：

(1) 進水機間 進水機間築於岸邊，設進水管兩根，每根為六十英吋徑鐵管，伸入江中，江水由此流經自動馬眼鐵網入管至進水井，再以抽水機之力，由井吸取；機間內設柴油機及電機等，帶動離心力抽水機各一座，送水入沉澱池。

(2) 沉澱池 渾水在入沉澱池之前先加明礬，然後緩流於池，中途再加綠氣消毒，因得將水中細菌數降低百分之九九九，與經慢沉澱池者，其結果無或稍異。

(3)沙濾池 沙濾池分爲二部，一屬緩性，一屬快性，流入緩沙濾池，全藉重力，以其位置較低也。

流入快濾池則另備與電動機及柴油機相連之抽水機，快濾池之效率極高，而所需之地，僅及緩性者百份之二。爲求水質優良計，水經快濾池後，再加綠氣消毒一次。該廠共有緩濾池三十五只，總面積爲五十七萬平方英尺，每平方英尺平均每小時可濾清水二.五英加倫，每半月換沙一次，又快濾池八只，每只每二十四小時，可濾清水三百萬英加倫，連同緩濾池，每日可濾清水五千八百萬英加倫。

(4)清水池 快濾池流出之水，蓄於清水池，以便調節用水量之增減。

(5)出水機間 清水池之水，再經一度綠氣消毒後，由高壓抽水機送至各處用戶，惟由緩沙濾池流出之水，則直接由抽水機送出，不須再施消毒矣。機間設置，有離心力抽水機三座，以蒸汽機柴油機及電動機爲原動力，庶免出水停止之虞，每座於二十四小時內，各出水一千五百萬英加倫，經總管六根，直徑爲四十吋，三十吋，二十五吋，其餘三根各爲二十吋。

(6)水塔 離廠三英里之遙，在英租界中心，設高架水塔二座，以調節一日間不均之用水量，及各處必須之水壓。

(7)分廠 離水塔約三英里之遙，在滬西膠州路，設儲水

池二座，總容量一千萬英加倫，出水機四座，均電機離心式，總出水量爲每日八百七十八萬英加倫。另有綠氣消毒機二具，用水池儲蓄夜間剩餘之水量，以備次日再經抽水機之力，加高水頭，補充極高用水量時之需要，俾平均總水廠之負擔也。

(8) 出水量及其他 夏季最大出水量，每日爲六千四百萬英加倫，其平均用水量每日爲四千五百萬英加倫。

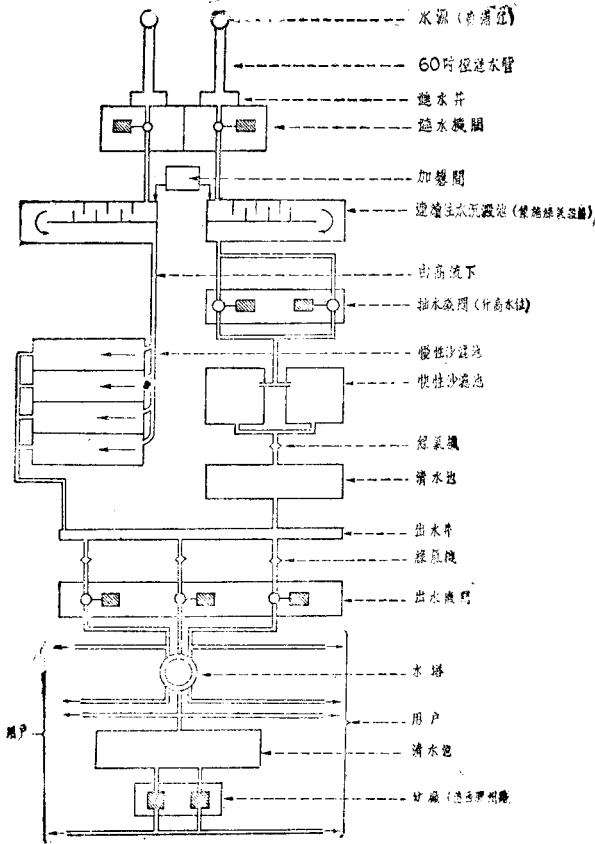
水質清潔度，足與歐美各都市相媲美，其殺菌效率爲百份之九九·九七；各處應有之水壓，在任何時間，皆得保持一定。除出廠總管外，其輸水用戶之各路幹管，均在直徑十六吋以下，尤以六吋者爲多，約佔全數百份之六十三。幹管之總長爲一六四英里，消防龍頭爲二千具；其在華界境內者，共有幹管爲一五七，三九二英尺，消防龍頭爲二〇六具（第 266 圖）。

（註）每 1 英加倫 爲 4,546 公升。

#### (四) 上海國際大飯店自來水設備概況

海上華商旅館林立，而於招待外賓設備，獨付缺如。方今輪軌交馳，外人之來華觀光者，絡繹不絕，而我國竟無良好賓舍，以資款待，甚致下榻傳餐及一切招待事宜，仍委諸西商旅舍，能無歉然；茲由滬上名流，組織國際大飯店有限公司，以圖補救。店屋租賃四行儲蓄會新建之二十二層樓大廈，位於派克路靜安寺路轉角，南向跑馬廳空場，高聳雲際，近如吳淞龍華，一覽無遺，

上海英租界自來水廠製水系統圖



第 266 圖

遠如崑山佘山，亦隱約可辨，誠遠東唯一之高廈。頂層作為瞭望之用。現將其自來水設置，略述於后：

(1) 自流井 滬上各大工廠及各大公司之給水，大都取諸自備之自流井，以其價廉而利便。國際大飯店，因亦開鑿 8' 徑 674' 深之自流井一口，需求之出水量為每小時二萬英加倫，今該井可出水每小時達二萬七千英加倫，故每小時出水量可超出七千英加倫之多。水無鹽質雜質，亦無臭味，經滬英工部局之檢驗，無容洗滌，即可作為飲料之用。該井由中國鑿井公司承辦，於民國二十二年九月一日動工，歷七星期而工竣，工程進行可謂甚速矣。

(2) 儲水箱 由 50 匹馬力之低壓抽水機，將井水上吸入第二層樓之低儲水箱，由此再用高壓抽水機打入在第二十二層樓高之水箱，容量為 7500 英加倫，所有一切打水動作，悉以箱內水位之高下，為自動開關之準則。

(3) 防火設備 此等公眾場所，其防火設備，至為重要。該大廈各層天花板中，每隔 10 方呎，有金屬噴水口一具，如室溫超過  $70^{\circ}\text{C}$  時，封口金屬即溶解而自行噴水，此項金屬，係鉛(Pb)錫(Sn)鉍(Bi)鎘(Cd)等所成之合金，每噴水口可射達之面積為 10 方呎，全廈共有噴水口 2000 具，平均分佈於各室，得按溫度而自動滅火，洵稱良法；其他如永安先施新新大新等各大公司，亦有同樣設備，除新新公司而外，其分水管裝置，均屬外露，不若該飯店之深藏美觀，僅可見其噴水口耳。除上述消防設置外，

每層更裝有滅火龍頭二處，以便人工滅火之用。所有防火設備，按公共租界工部局之規定，其水源應有二處，蓋為安全計也。今該大廈一以高水箱之儲水，得由第二層樓之抽水機增強其壓力，機力每分鐘可打水 625 英加倫，水頭達 350 呎，能使即在最高層，仍有 2 氣壓之水力；二由街道上之消防龍頭，佐以滅火機之力，將屋內各層龍頭之水壓增高，若是則低層之水壓，當在 10 氣壓以上，其水管之宜厚，接頭之宜密，裝置之宜固，自不待言。

#### (4) 用水量

消防水量 今設每一滅火瞄子每秒之需水量為 170 英加倫，即每瞄子每小時之需水量為 10000 英加倫，井之出水量每小時為 20000 英加倫，則僅足二瞄子之用，而噴水口之需水量尚不在內，此大廈所以於失慎時，不得不需街道水管為之接濟也。

日用水量 今設該大廈內之人口為 1000 名，每人每日用水量為 75 英加倫，每小時之最大需水量為 7500 英加倫，與井之出水量相較，僅及三分之一，而高水箱之容量，亦僅足一日之用，於此可見其平日用水量較消防用水量之為微少也。

#### (5) 地層概況

該大廈瞭望台高出街面為 284 呎，而旗杆頂則在街面上 300 呎，底層在街道下 18 呎，最長之樁達街面下 200 呎故由最高至最低處共為 500 呎，地層探驗凡四穴，街面下 0' 至 80' 層，係柔



性壩母，雜以植物質，由 80' 至 100' 層，內含細沙量漸增，終達極薄之硬沙層，由 100' 至 180' 層內，係均佈之細沙層，再下則復為柔性壩母矣。

按上海本係長江冲積地，位於下游，故純由細沙組成，其地下水之水流，阻力較大，但冲積層如地廣層厚，仍可得充分之水量也。

## 附 錄

## (一) 中德譯名表

## A

Abdampfrückstand	總渣滓
Abklärungszeit	沉澱歷時
Absenkmethode	沉井法
Abessinierbrunnen	阿比西尼亞井
Absitzbecken	沉澱池
Aquädukt	水渠, 溝渠
Artesisches Wasser	自流井水
Aushubmethode	挖掘法

## B

Bakteriologische Untersuchung	細菌試驗
Beobachtungsrohr	觀察管
Bermen	堤戩
Brunnen	水井
Brunnen filter	濾水管

## C

Chemische Untersuchung	化學試驗
Colibakterien	大腸菌

## D

Desinfektion 消毒法  
 Doppelfiltres 複濾池  
 Doppel leitungen 複水道  
 Druckverlust 水頭損耗  
 Dücker 倒虹管  
 Durchgangsbehälter 順流水池

## E

Enteisenung 去鐵法  
 Entfärbung 去色法  
 Entgasung 去氣法  
 Entkeimung 殺菌法  
 Entleerungsschieber 洩泥口  
 Entlüftungsventil 洩氣口  
 Entmanganung 去錳法  
 Enthärtung 軟化法  
 Entsäuerung 去酸法  
 Evaporimeter 蒸發器

## F

Fällmittel 凝結藥品  
 Feuerlöschmenge 消防用水  
 Filterbecken 沙濾池  
 Filtergeschwindigkeit 濾水速率  
 Flanschenrohre 平接式水管  
 Formstücke gusseiserner Leitungen 特種鑄鐵管

## G

Gefällslinie 水面傾斜線  
Gefrierverfahren 冰凍法  
Gesamthärte 總硬度  
Grundwasser 地下水  
Gusseiserne Rohre 鑄鐵管

## H

Härte des Wassers 水之硬度  
Hausanschlussleitungen 用戶接管  
Hausleitungen 用戶管  
Heberleitung 虹吸水管  
Hebung des Wassers 升高水位  
Hochbehälter 配水池  
Hochdrucksystem 高壓制  
Hohlräume 孔隙  
Hydranten 滅火龍頭  
Hydraulischer Radius 水半徑

## I

Intermittierende Klärung 間斷沉澱法

## K

Kaliumpermanganat 四錳酸鉀  
Kanal 水渠  
Kessel brannen 大井  
Kesselstein 鍋垢  
Koagulationsbehälter 加速沉澱池

Kolbenpumpen 唧筒式抽水機

Kreiselpumpen 離心力式抽水機

## L

Lackmuspapier 試驗紙

Langsamfilter 緩濾池

Luftventil 洩氣口, 洩氣活戶

## M

Mammutpumpe 打氣抽水機

Mangan 錳

Monatliche Verschwankungen 逐月參差度

Muffenrohre 套接式水管

## N

Nährboden 培養劑

Nassläufer 濕水表

Niederdrucksystem 低壓制

Niederschlag in Rohrleitungen 管中積淤

## O

Oberflächen wasser 地面水

Ozon 臭養

## P

Pathogene Bakterien 病原菌

Pneumatische Brunnensenkung 壓氣沉井法

Porosität 空隙率

Pumpbrunnen 抽水井  
Pumpstation 抽水機間

## Q

Quellfassung 泉室  
Quellwasser 泉水

## R

Regenfall 雨滴法  
Regenmesser 測雨器  
Reinigung des Wassers 滌水  
Reinwasserbehälter 清水池  
Rohrbrunnen 管井  
Rohrbürste 洗水管刷  
Rücklaufbehälter 逆流水池  
Rohrnetz 水管網  
Rückschlagklappe 自關蓋

## S

Sammelkammer 聚水井  
Sammelstollen 聚水暗渠  
Sandschicht 沙層  
Saughöhe 吸起高度  
Saugleitung 吸水管  
Schachtbrunnen 大井  
Schieberventil 閘門開關

- Schuttmethode 堆泥法  
 Schlammauslass 洩泥口  
 Schnellfilter 快濾池  
 Spezifischer Wasserverbrauch 每人每日用水量  
 Spülverfahren 灌泥法  
 Standrohr 豎管  
 Steingengrohr 陶管,瓦管  
 Stollen 隧道  
 Stündliche Verschwankungen 逐時參差度

## T

- Tägliche Verschwankungen 逐日參差度  
 Talsperre 壩  
 Tauchwand 浸壁  
 Ton 黏土  
 Trassbeton 灰石混土  
 Trockenläufer 乾水表

## U

- Überlauf 溢口  
 Überschiebmuffe 套筒  
 Undurchlässige Schichten 不透水層

## V

- Venturimesser 文得利水表  
 Verästelungssystem 樹枝式水管網

Verbrauchslinie 耗水線  
Verdunstung 蒸發  
Versickerung 滲透  
Versorgungsgebiet 給水區  
Versuchsbrunnen 試驗井  
Verteilung des Wassers 配水

## W

Wassergewinnung 水之取聚  
Wassermesser 水表  
Wasserreinigung 滌水  
Wasserrinnen 水槽  
Wasserstandsanzeiger 池水水位計  
Wasserturm 水塔  
Wasserverlust 水之損失  
Wind Kessel 氣箱  
Wöchentliche Verschwankungen 逐週參差度  
Woltmannmesser 伏爾脫 孟水表

## Z

Zapfhähne 龍頭  
Zirkulationssystem 環繞式水管網  
Zisterne 潛池  
Zufusslinie 流量線  
Zuleitung 輸水管



## (二)標準制與英美制換算表

## (A)水量

美 加 倫	英 加 倫	立 方 公 尺	立 方 英 尺	立 方 英 寸
1	0.83267	0.00379	0.13368	231
1.2010	1	0.00455	0.16046	277.42
264.14	220.06	1	35.315	61024
7.4805	6.2290	0.02832	1	1728.0
0.00433	0.00361	0.00002	0.00058	1

## (B)地積

公 畝	公 頃	英 畝	平 方 公 尺	平 方 英 尺
1	0.01	0.0247	100	976.56
100	1	2.4711	10000	97656
40.468	0.40468	1	4046.8	43560

## (C)壓力

公斤/平方公分	磅/平方英寸	小噸/平方英尺	大 氣 壓
1	14.223	1.0241	0.96781
0.070307	1	0.072	0.06804
0.97648	13.889	1	0.94504
1.0333	14.697	1.0582	1

## (D)水管直徑

英寸	3/8	1/2	5/8	3/4	1	1 $\frac{1}{4}$	1 $\frac{1}{2}$	2	2 $\frac{1}{2}$	3
公厘	9.5	12.7	15.9	19.1	25.4	31.8	38.1	50.8	63.5	76.2

英寸	4	5	6	8	10	12	16	18	24	36
公厘	101.6	127.0	152.4	203.2	254.0	304.8	406.4	457.2	609.6	914.4