

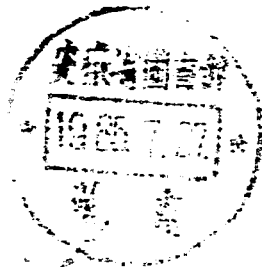
萬有文庫

第一集一千種

王雲五主編

自來水

朱有騫著



商務印書館發行

041269

序言

水爲人生所不可缺之飲料，而自來水卽所以供給居民以清潔之水質，其直接之功效爲增進人類之衛生，間接之功效則爲便利使用及消防。自海禁開放，自來水之功用，始傳入我國。三十年來，都會商埠雖漸有所建設，而大城如南京蘇州等處至今仍付缺如，已有自來水之城市，用戶又多不普遍；如天津一埠用戶僅三千五百家，實由社會人士不能明瞭自來水功用之所在。或謂自來水之價率每高過本地生活之程度，以致不能供人取用，其實欲求價率低落，必先求用戶增多，而後每戶平均之擔負始得減少，故用戶愈少則自來水之功用愈不著，而價亦愈昂也。

自來水之用戶縱能普遍，倘水質不潔，反足以傳染各種病症。著者蒞滬之初，適在本埠霍亂時疫初殺之後，彼時多有指斥自來水之不潔者。前者淞滬市政督辦公署附設衛生局驗出閘北之自來水每立方糶中含有微菌數萬，於十分之一立方糶水中卽發現大腸菌，實有妨害用戶衛生之可能。其他若前歲北平之腹瀉，天津之傷寒症，亦有歸咎於自來水之不潔者。是又在於自來水公司之

勤於檢察，社會人士亦應共同督促之。自來水之製造本極清潔，用戶不由自來水直接或間接而傳染時症者，則不能歸罪於自來水，而避免危險之道，祇有推廣自來水之使用而已。

本篇偏重於介紹自來水之普通常識——如水源之選擇，水質之試驗，傳染病菌之鑑別，以及製造清潔之方法，及消防之保障等——藉以發揚其功效之所在，使社會熱心改進之士，得明自來水之真相，而亟起提倡及建設，且相與維持督察之。篇中關於家常鑑別水質及補救用水之方法，亦有詳述，所採用之專門名詞，均附註英文原名，以便讀者考證。至於工程方面，限於篇幅，僅提綱挈要論列之，俟暇時當另為專門之著述。

社會人士若能對於不良之自來水廠，求改革之法，於無自來水之城市，籌畫建設，藉以提高衛生程度，增加消防水源，而生命財產得安全之保障，是則著者所樂於共圖之者也。

目次

第一章	自來水之重要	一
第二章	用途及數量	七
第三章	水流及數量	二四
第四章	水質之考察	四六
第五章	收集水流	八三
第六章	清潔水質	九五
第七章	轉運及分送水流	一一〇
參考書目錄		一二三

自來水

第一章 自來水之重要

(1) 自來水之目的——自來水命名之由來，不過形容其取給之便利，無需人力長途挑送，祇藉機械力之轉輸而已。其重要目的，則爲轉運清潔，並供給適合於衛生之飲料。故建設自來水廠者，首先擇取清潔之水源。不清潔之水源，須用化學物品，或機械方法以改善之，而後轉輸於用戶。

(2) 水與人生之關係——人生要素爲空氣、水料及食品。水之爲用在潤澤吾人之身心，沐浴吾人之髮膚，洗濯吾人之服用，洒掃吾人之居處，是水也者，不可須臾離者也。故城市，集均趨就水鄉，取給於池、沼、溪、河。山野逸民則取給於泉源。低窪區域之居民，多掘井以汲。其地高水少，掘井不易者，居民每節用陋處而自甘，雖設太平缸以存儲雨水，然數量有限且日久水濁，不堪飲用。一旦天

旱水涸，則逃走他鄉，或坐以待斃，此僅就水量之多寡而言者也。

(3) 我國人士於水質之鑑別——我國古代對於水質之清潔，早有鑑別。秦皇、漢武均樹極高銅柱，置盤於其巔，以承接露水，謂為無根水，飲之可以却病延年。高人逸士每窖雪以烹茗，謂飲之清心却火。其山罅石隙，間有一二清泉，若北平之玉泉，長沙之白鶴泉等，名傳遐邇，人或間關遠道，以求一飲；實諸瓶罐，以供品茗或養藥。蓋石泉陰涼，則味清冽；且在荒僻，其質純潔，實飲料之上乘。然為數實鮮，求之者，亦僅供個人雅興之品鑑，於公衆衛生無與焉。

(4) 我國用水與衛生之關係——舊時供給公衆日用之水，厥惟井水與河水。井水係截留地層浸潤之水流，經過天然之滌濾，實較河水之匯合溪渠百流，承受地面之穢膩宣洩而成者為潔。徒以鑿井不深，地面土質稀鬆，故濾滌不純；井區又多低濕，百菌叢生，保護不周，穢流聚會，故井水味澀而色濁，居民多用以沐浴洗濯。川河所接受地面穢膩之宣洩，實較井水為多。但其水流浩大而不息，故穢質被沖洗而淡薄，其味反較井水為甜，居民每用為飲料。然其質究竟不潔，每易傳染痢疾 (dysentery)，瘧疾 (malaria)，腹瀉 (diarrhoea)，霍亂 (cholera)，傷寒 (typhoid fever) 等症。此

類病症，盛行東亞，歐美人士稱之爲東方病（oriental diseases）。我民族所賴以傳衍生殖至今未滅者，實以俗尚品茗，煮水每至騰沸而後飲之；晨昏取汲，儲水於缸，供竟日之用，水中渣末，多沈缸底，間有用明礬或礬砂打水使清者，然不多觀。飲生水者，以勞力苦工爲多，故其傳染時症者亦較夥。通商以後，各商埠之租界地，始漸有自來水，而推及於少數之都會。然因戶口及衛生之統計不確，雖用自來水者之染病，每從不用自來水者傳染而來，原與自來水無關，而自來水之功效卒不甚著。

（5）歐美各國之自來水與衛生——歐洲在古羅馬時（西曆紀元前三百年，卽我國周赧王時代）已有自來水，純藉地心吸力，用過山龍（siphon）以傳輸，其法用長管彎成U形，自高地越山跨谷而下流。至十六世紀時，英德人士始發明用水力或汽力推動之抽水機。一八二九年（清道光九年）英人始建大規模之沙瀝池（sana titter）於倫敦。遞至近三十年來，歐美大城，遍設水廠，清潔之法，代有發明，如利用物理，化學，機械，電氣等術，研究既深，紀載詳確。茲擇歐美大城因用瀝過之自來水而減少傷寒症者列表於下：

地 點	建築瀝水池之年份	每十萬人中之患傷寒症者		減少之率
		建池前五 年平均數	建池後五 年平均數	
瑞士查理區 (Zurich, Switzerland)	1885	76	10	87%
德國漢堡 (Hamburg, Germany)	1892—93	47	7	85%
美國麻省勞能司 (Lawrence, Mass., U. S. A.)	1893	121	26	79%
美國紐約省阿拔墨 (Albany, N. Y., U. S. A.)	1899	104	28	73%

平均計算，每年每十萬入中有百人患傷寒症者，自用瀝過之自來水後，減少八十人。水質之關係於社會人士生命之安全如此。

(6) 自來水與工商業——水之含過硬性 (hardness) 者，不易傳熱，多耗燃料，不宜於工業之用。其多鐵質者，化染淡紅色，不宜於洗染作坊。其有含酸性過多者，不宜於鹼性之化學製造廠。故計畫自來水者，應察水質之成分，以視其合乎本地工商業之用與否，而加以改良，可補救社會之

經濟於無形。

(7) 自來水與消防——自來水與消防之關係，尤極顯著。給水便利則小火不易成災，財產生命藉有安全之保障。茲將美國保險業於一九〇一年所規定之保險費舉例如下：

普通建築最低之保險費

定為洋二角五分

城市之無自來水者

加洋一角五分或百分之六十

房產附近之無救火水龍頭者

加洋一角或百分之四十

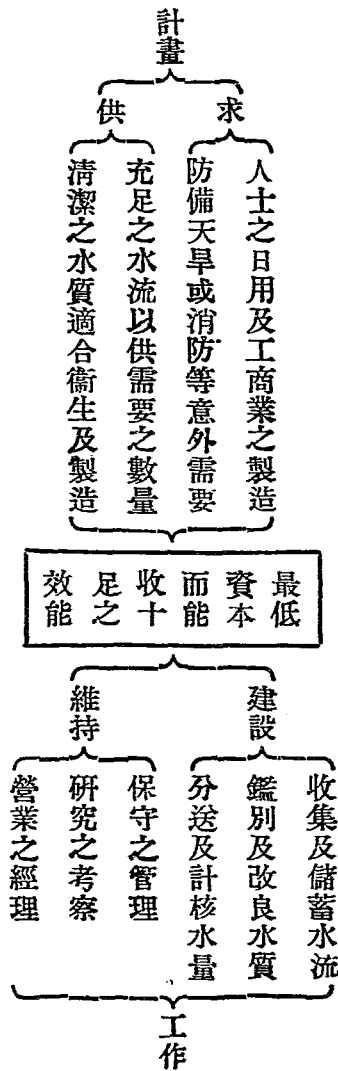
自來水之機作有時間斷者

加洋五分或百分之二十

故一城之設自來水，實增進其社會財產百分六十之安全，而減少百分六十火災之損耗。

(8) 自來水與城市之進化——凡物取之愈便，則用愈繁。因人性之好逸，故給水便利，則洗掃亦勤，且足增進社會之美觀。因有清潔及便利之自來水，則居留之戶口增加，地方之工商業藉以發達。並可減少人口之死亡率，及火災損耗率。因此房產之價值，及社會之經濟隨之增加，而城市愈以發達。故建設自來水實為城市進化之先導。

(9) 自來水之計畫——物質愈進步，則人事愈繁。前之各自為生者，乃進而謀團體之合作，以求互助之益。故自來水之建設，實為解放門戶畛域，團結社會生活之要圖；而供求相應，尤合互助之原則。茲分析之於下：



自來水廠既為公共之機關，具營業之性質，務使富者稱其便，貧者稱其廉，庶能普及社會，而收羣策羣力之效，而自來水乃有存在之可能。是在發起經營者善圖之。

第二章 用途及數量

第一節 用途及平均用量

(10) 用途之分類——商業原則，爲供以應求；故言自來水者，必先計及其用途及數量。惟人生習慣，地方風俗，各有不同，不能一概論之，須就各地之習俗估計之。水之用途，按百業之需要數量，各自不同，可分爲（1）住宅，（2）工商，（3）市政，（4）損耗四種。

(11) 住宅之用及數量——住宅之用最廣，大概不外飲食，沐浴，洗濯，及洒掃等項。我國普通六口之家，每日用水約須兩擔（一擔合二二·七八加倫。）貧寒之家，半擔已足，平均每人每日所用不過六加倫。據一六二四年巴黎自來水報告，每人每日所得供飲料之清水僅半加倫，其時適缺乏清水。現今德人每日約用五加倫至三十加倫，英法人士約二十五加倫，美人用水少者六加倫已

足；多者至五十九加倫；普通多在二十加倫左右。美人的生活程度較高，習用較奢，私人之衛生及娛樂等設備，較他國為多，故用水量為最大。我國富厚之家，近日之設備，每步歐美。其用水量或高至三十加倫，然為數極鮮。平均計之，每人每日十加倫足可敷用。

(12) 工商之用及數量——工商之用包括機械、營業及製造等項，尤以公司、店舖、茶樓、酒館、旅館、輪船、火車、電燈廠、電車廠，以及其他各項工廠所用為最多。據美國波士頓城一八九二年之報告，其用水量如下：

類 別	所用加倫數量	平均每人每日
公司及店舖	11.17	
火車	2.26	
輪船	0.90	
電機及汽車	2.95	
製糖廠	1.70	
其他工廠	2.15	
煉酒廠	0.89	
飯館	1.16	
旅館	1.62	
雜項	5.47	
總計 = 30.27		

其計算之法，係將每項每日所用之量，用全城人數平均分之。然該城於一八八〇年平均之數，僅得二十五加侖。且波士頓爲美國東北之大城，歐美輪船及火車之所會集，其用水自然較多。我國現時僅三數商埠可通大火輪，其餘祇通小火輪。旅館則除港滬平津等十餘大城市，間有少數大旅館外，其餘之本地旅館，類多規模狹小，設備簡陋。工廠規模之幼稚，更不足論矣。且各地情形不同，工業多居民少者，每人平均之用水量必大；工商業少居民多者，其平均之用水量自小。美國內地小城之工商業少者，每人每日僅用二加侖。故以我國普通現狀而論：大城五加侖，小城二加侖，約可足用。

(13) 市政之用及數量——市政之用：包括軍民機關，學校，會場，公園，清道，洗溝，噴水池，消防等項。美國大城，平均每人每日約用五加侖；中城三加侖；小城一加侖。法國巴黎約用二·四加侖。我國市政猶屬幼稚，公園噴水池等項，僅少數城埠有之；公共飲池，浴池等項，尤爲罕見。學校則大都通學，用水極爲有限。清道，沖溝之用，多汲河中濁水爲之。消防一項：我國普通住宅多平房，建築材料，少用鐵石等難拆卸之物，所以消防較易，比之歐美城市用水當較少。以我國現狀言之：預計大城二加侖，小城一加侖，當可足用。

(14) 損耗之原因及數量——損耗一項，原因最雜；析言之可分爲水表不確；打水機失效；水管浸露，及炸裂；以及其他不經濟之濫費等。水表用久，軸尖圓滑，其記載之用水量每較實際上之用水量爲少；打水機之實際打水量，每較理論上所算之打水量爲少；年久油滑，打水更少；兩者均使公司之打水量，較用戶之打水量爲大，其損失每在百分之五至十左右。然其實際之損失，却較理論上之損失爲小。水管之浸露，多由高壓力之泌露（管身之毛隙，細不可睹，泌露之水量，積少成多），接口處之潰漏，水門口之淋漓等。以上情形木管較鐵管爲甚；生鐵管較熟鐵管爲甚；舊管較新管爲甚；每一寸直徑之鐵管，在一百十磅壓力之下，每日每里約漏失六十至八十加倫；有多至三百加倫者。冬季凍冰，管每炸裂，有受意外之損害而斷裂者。其一時不及關閉水門，因而損失水流者，更無從預計。冬日天冷，每放水長流，以防凍塞。用戶不經濟之濫費，如水門關閉不嚴，其淋漓之量，水表每滑失不轉，損失乃在公司。統計各種損失，每日每里長之水管，約爲三百至一千加倫。平均每人每日之負擔——按每里有百人用水而言——爲三加倫至十加倫。若地廣管長，而用戶不普及者，則公司之損失尤大。（按現時北平之自來水公司，即受此困。將來南京城內之自來水，其弊或更甚。）

(15) 用量之統計及歐美狀況之比較——按以上各項用途之估計而統計之，平均每人每日約用二一·五加倫。茲將英人藍京(Rankine)及美人久克林(Kuiching)之估計列表於下，藉供參考。

項別	美人久克林氏之估計				英人藍京氏之估計				我國之估計						
	最高	最低	平均	最	最高	最低	平均	最	最高	最低	平均				
住宅	四〇	一五	二五	一五	七〇	一〇	一〇	一五	五〇	一〇	五				
工商	三五	五	二〇	七	七〇	七	七	五	二	二	三				
市政	一〇	三	五	三	三〇	三	三	二	一	一	一				
損耗	三〇	一五	二五	二	二	二	二	一〇	三	三	六				
總計	一一五	三八	七五	二七	五	一九	〇	二二	〇	三二	〇	一一	〇	二一	五

歐美大城之用水量亦摘錄如下：

地	名	年份	用量	年份	用量
美國波士頓	Boston, U. S. A.	1870	60	1890	80
美國芝加哥	Chicago, U. S. A.	1870	64	1890	140
美國紐約城	New York, U. S. A.	1870	90		
美國費城	Philadelphia, U. S. A.	1870	55	1890	132
美國牛蛙	Newark, U. S. A.	1870	20	1874	38
美京華盛頓	Washington, U. S. A.	1870	127	1874	138
美國舊金山	San Francisco, U. S. A.	1890	61	1905	96
美國阿省堆塘	Dayton, Ohio, U. S. A.	1890	47	1905	70
英國倫敦	London, England	1870	29	1897	42
英國利物浦	Liverpool, England	1870	27	1897	34
英國霞飛耳	Sheffield, England	1870	29	1897	21

法國巴黎 Paris, France	1870	30	1892	53
法國馬賽 Marse ille, France	1870	40	1892	202
法國里昂 Lyons, France	1866	22	1892	21
法國都奴 Toulous?, France	1866	13	1892	26
法國南支 Nantes, France	1866	14	1892	13
德國柏林 Berlin, Germany	1870	18	1890	18
瑞士日內瓦 Geneva, Switzerland	1870	16	1896	61
瑞士查里區 Zurich, Switzerland			1896	60
奧國維也納 Vienna, Austria			1896	20
意國維里斯 Venice, Italy			1892	11
俄國聖彼得堡 St. Petersburg, Russia			1896	40

觀上表所列，用水量高者至二百餘加倫，低者十餘加倫，其中以美國用水為最多，大都因年遞增，然

普通最多數，仍在十餘至四十之間。故在我國城市：估計最高額爲三十二；最低額十一加倫，似爲折中之論。我國交通不便，山川阻隔，人民習俗，各地不同，而華洋雜處之區，情形尤爲複雜。城市之有自來水者不多，其用普及全城者，尤屬少數。紀載統計，既不完備，私意估計，決難準確。其已有自來水廠之城市，因水量不足而加擴充，或另添新廠者，猶有所根據比例以資估計，其從來未有水廠，創始建設者，則估計較難，祇可查考已有水廠城市之紀錄，因地制宜以爲之。

第二節 用量增減率

(16) 增減率之定名及分類——水之用途既多，用水之時間又不一定，故水流之供給，不可一時或缺。就平均之用水量，而申論其時之增減，名曰用量增減率。因時與時之不同，而估計時率；因月與月之不同，而估計月率；因季與季之不同，而估計季率。消防之用，日月無定期。但一城居民多者，平均之擔負小；居民少者，平均之擔負大。故消防率須按各國之統計，就一城居民之多寡而定之。一城居民之聚散，大都視城市之興衰爲轉移，而用水量又隨戶口增減而變遷，故就戶口增減率之趨

勢又估計戶口率。

(17) 時率——時率爲每日每小時平均用水量之增減率。用水之時間及多寡，視用戶而異。住宅每日用水最多之時，爲晨興盥沐及三餐烹飪。交際社會與寢較遲，宴會多在午後。工商業之工作時間多在午前七時至午後五時。至於普通酒樓飯店營業，多在午前十一時至午後十時。其營業繁盛者，多在午後四時至午夜十二時。其都會商埠交際特盛者，每延至清晨三四時，然究屬少數。市政機關之辦公時間，多在上午七時至下午五時。衛生之掃除，多在清晨四時至八時；洒道每在午後；公共飲池浴池等項，亦以午後爲多；火燭每發於宵夜。白日用之水時較多，因水門關閉不嚴，而滴漏損耗量亦較多。迨至夏秋天燥，午後蒸發率大，損耗量亦較大。故每日由午夜十二時至翌晨四五時，倘無特別或意外事項，用水量極爲有限，而以午前七時至十時爲多。茲檢美國波士頓城一八九三年八月份之統計表列下：

時	間	用量(加倫)	百分率
	午前 1 時至 4 時	40.8	55

午前4時至7時	58.6	83
午前7時至10時	103.8	141
午前10時至午後1時	93.0	126
午後1時至4時	98.2	134
午後4時至7時	79.5	108
午後7時至10時	61.9	84
午後10時至次晨1時	52.9	72
	平均 = 73.6	100%

據唐祿(H. H. Turneaur)之統計，以平均七三·六加倫爲標準；其最高額一〇三。八加倫爲百分之一四一；最低額四〇·八加倫爲百分之五五；而旱季之最高額爲一一九；故一四一又爲一九之百分之一六八，其他城市有大至百分之二三·八者。折中言之，則百分之二五爲最低額；百分之二〇〇爲最高額。譬如一城每人每日平均用水四十八加倫者，每小時平均約用二加倫；然每晨

七時至十時可用至六加倫；而每晨一時至四時則用不足一加倫。惟亦不可執一而論，須視一城之多數職業及習俗而定之。大抵戶口多者，增減率之變化較小；戶口少者較大。是在因地制宜而估計之。

(18) 日率——每日用水量，亦視習俗而異。我國每年除三節、國慶、紀念等假日外，月之朔望，飲食較豐，現今商店仍重視之。自歐風東漸，商埠外人每七日一休息，沐浴洗濯等事，多於星期六晚行之。星期六之宴會亦獨多。現今學政及大商界，均有星期日。故士紳之家，星期六及星期日用水量較多，星期一至五日用水量較少。唐祿氏估計日率之增減為百分之五〇至一五〇。譬如每人每日平均用二十加倫；多用之日或至三十加倫；少用之日或僅十加倫也。

(19) 月率——每月用水量，除因天氣之寒暖而增減外，尤視每月假日之多少而異——譬如學界之寒暑兩假，商政之新年、宴遊集會較盛，用水量隨以增加。唐祿氏估計為百分之七五至一二五。譬如平均每人每日用水二十加倫；即每月六百加倫，多用之月，或至七百五十加倫；少用之月，則約為四百五十加倫。

(20) 季率——每季用水率因氣候之變遷而異。夏秋熱燥，住宅用水——如飲料、沐浴、洗濯等項均較勤。避暑消夏，出遊娛樂之事亦較盛。市政之用於公共衛生者——如飲池、浴池、噴泉、清道、洒道等項——均應時而興。澆灌花草者，每任意用水，以爽心目。秋冬乾燥，易生火災，消防用水，不能以時日計。冬末春初，凍冰之季，每放水長流，以防管凍。而水管之因凍炸裂者，一時不及關閉水門，致湧溢無度，其損耗不可預計。唐祿氏估計之季率，為百分之七五至一二五；方寧(J. T. Fanning)氏謂南方旱季四月中之額外用水，及北方冬季三月中之損耗，平均每人每日約增十加倫；茲並存之以供參考。

(21) 消防率——消防之重要，已於第七段詳論之。前節所言消防用水，類指尋常小火不久即滅者，故用水有限。若非常大火，或延燒數十家以上，或互數小時而不滅者，則用水較多，不可不備。據久克林氏之估計，消防用水之增加率，視戶口之多寡而異。戶口多者，平均每口之負擔較輕；戶口少者較重。假設每人每日用水一百加倫，以X代戶口之千數，其公式如下：

$$\text{消防增加率} = \frac{1000}{\sqrt{x}}$$

按此式推之，其所得增加率如下：

戶口數	消防率
1,000	1,000%
5,000	447%
10,000	316%
50,000	141%
100,000	100%
200,000	71%
300,000	58%
500,000	45%

平均每人每日用水量在百加倫下者，每人擔負之消防率尤重，可以反比例照推之。譬如一城有人口十萬，每人每日平均用三十加倫，則該城消防率之比例爲 $100:30 \parallel y:100$ ， y 爲所求之消防率，或 $y = \frac{100 \times 100}{30} = 333\%$ 。佛禮門 (Freeman) 謂按此公式所得之消防率，足供六小時之用。其火較久者，需水尤多。

(22) 時率之最高率——假定在一城用水最多之時，同時發生大火。其用水必遠超尋常之平均量。若不爲備，勢將竭蹶。假定一城戶口五萬人，每人每日平均用水一百加倫，其日率之最高額爲百分之一七五，時率之最高額爲百分之一五〇，則供水之算法如下：

$$\text{平均用水量之增加率} = 175 \times 150 = 262\%$$

$$\text{戶口五萬人之消防率} = 141\%$$

$$\text{時率之最高額} = 403\%$$

時率之最高用水量爲 100×4.03 或四〇三加倫。

(23) 戶口之增加率——戶口之增加，影響於供水量極大。戶口減少，用水量隨以遞減，儲水

且有裕餘。戶口驟增，用水隨以遞增。若儲水無裕餘，用水勢且不足。故戶口率之估計，實爲重要。歐美市政較我國爲先，其戶籍之調查：年一會集；五年一省報；十年一國報。年書郡志，每集一城。有史以來之戶籍，分年彙載。故考查戶籍者，可按圖索驥，歷查其一城戶籍已往之增減率，而預測將來之趨勢，每多奇中。我國於戶籍調查，素少詳確之記載。縣區公署，多有戶籍，而不完備，缺乏分門詳確之統計。然一城戶口之增減，大多由於（1）天災人禍之變遷；（2）國勢時局之轉移；（3）地方政治之得失；（4）工商業之盛衰；（5）一城與他城關係之變化；（6）生聚死亡率之相消長。總言之，不外地理形勢與歷史沿革之變化。其影響於社會人生之事蹟，顯明易見者爲：

- （1）郵政收發郵件之增減；
- （2）銀行匯兌及儲蓄之消漲；
- （3）工商百業之盛衰；
- （4）地畝價值之漲落；
- （5）地方稅釐收入之增減等等。

集其現在及已往之狀況而比較之，可推知戶口增減率大概之趨勢。又借地理形勢及歷史沿革相類似之中外城市——有已往之戶籍可查者——並列而平均之，更推其將來之趨勢，其所得之率，雖不能為確中，要可有所依循。普通建築物之生命，平均約在三十年。故計畫自來水者，其戶口率之估計，至少須在十年以外，遠至五十年以內，庶足以指導將來擴充之計畫。論紐約者必引芝加哥，費城，波士頓等城，論北平者，或引東京，華盛頓，倫敦，巴黎為例。我國上海，香港，天津，三埠，大致相似。而香港近年因時勢變遷之影響，發展較上海為緩，是在估計者，因地制宜，象時度勢以比較論列之。

(24) 平均用水量之增減率——凡物之取用便利者，其為用必較頻且多。故自來水管之安置，每增長個人用水之習慣。上段已詳論戶口之增減，視城市之興衰為轉移矣。一城市之興盛者，其工業用水必加多，而平均量因以加大。是一城之戶口數有增減者，其每口每日平均用水量亦隨以增減。不過增減率之趨勢，須視住宅，工業，市政及損耗各項分類增減之異同而變化。故戶口之增減率，與平均用水量之增減率，或同其趨向，而不能成正比例之數量，須就地分論之。方寧氏集美國，紐英倫省大小城市之用水量分析列表如下：

壹城之戶口數

每人每日平均用水加倫數

一萬

三十五至四十五

二萬

四十至五十

三萬

四十五至六十五

五萬

五十五至七十五

七萬五千以上

六十至一百

第三章 水流及數量

第一節 水之分類

(25) 水之分類——天空水氣，遇冷凝結成雨，降於地而成水流，受日光蒸發，則仍化水氣而上昇。其蒸發餘剩之水流，滲漉入地者，曰地下水流，流於地面者曰地面水流。茲按其類別，分列於下：

(甲) 地面水——

(1) 屋簷之雨水，(2) 河水，(3) 天然湖水，(4) 人掘蓄水湖水；

(乙) 地下水——

(5) 泉水，(6) 淺井水，(7) 深井及自流井水，(8) 陰溝暗渠水。

上列各水，除屋簷及陰溝二種水外，其餘大都可供飲料。惟地面水吸收空氣中及地面上之寄生物

——塵埃及微菌，須經瀝濾，或消毒而後可用。地下水經過地層之天然瀝濾，水質較潔，然其中若含有過多鐵質，或硬性鹼質，則必須經化學製造，而後可用。茲集歐美各城市之自來水廠數，按水源分別，用百分率統計之如下：

類別	國別	
	百分率	國別
地面水	七七·五	美國
地下水	一四·〇	法國
地面及地下水	二七·九	德國
地面水	一〇·〇	——
地下水	三七·〇	——
地面及地下水	四九·〇	——
地面水	一二·五	——

第二節 雨水及氣象

(26) 雨水之量法——地面及地下水流，均積雨水而成，故測量一地雨水之多少，可推知其

地水流之盈欠。惟山川地勢，每溝通水流，而變更其數量，故欲考察其調劑之趨勢，又須集鄰近區域之雨水量。雨水之單位，係按平地所積之時數而論；雪水則按雪化水後之容量而計算。普通量雨表之構造，係將一長二呎直徑八吋之大圓筒——

—接水筒，套於一面積為大筒十分之一或二

·五三吋之小圓筒——收水筒——之外，另

用一直徑八吋之漏斗插於收水筒上，嚴蓋外

邊接水筒之口。落於漏斗之雨，全流入收水筒

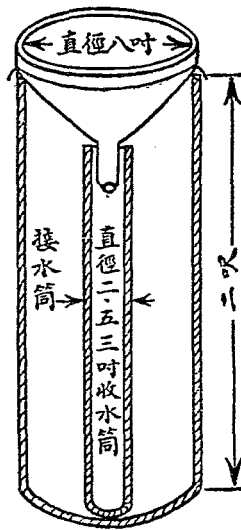
中，可用尺量其吋數，面積縮小十分之一，體積加高十倍，故計量極為精確。雨大時收水筒容積或不

敷容納雨水，乃溢入接水筒內，其量仍可量得。但雨水表之面積小，外力之變遷——如風力及障礙

物等——影響於表之得數極大，故在愈大愈高愈空曠之地點——外力愈少——安置量雨表，較

為合宜。此種普通量雨表，祇可用以量二十四小時以內之雨水量。量短時間之驟雨，須用能自動記

錄之量雨表——或藉機械，或藉電力，以記下所積驟雨之容積或重量，其種類甚多。照此量法：每二



第一圖 量雨表

十四點鐘得雨一吋，每一英畝內每分鐘可得水二·五二一立方呎；每一方英哩內可得水一六一·三·三一立方呎。其餘按吋遞加。

(27) 量雨與氣象——量雨爲氣象學之一種，由天文臺掌管。我國氣象統計，雖不完備，北平天文臺、南京氣象臺、各埠海關、各地農業學校、農事試驗場、及黃河、順直、揚子江、導淮等水利局均有之。歐美各國均由政府氣象測量所掌管，於全國各處，遍設分所，將所得各地雨水水量，按日按月按年——就地分區——造成統計，並分別平均，編成報告公佈之。雨多之年爲豐年，雨少之年爲旱年；從每年平均雨水水量，可較出旱年之需要量。雨多之區域，每年可得六十吋，雨少者五吋至十五吋不等。若積得一地百年以上之雨水統計，將歷年之雨水水量，用曲線連接之，隨曲線起伏之趨勢而推算，可測出幾年一靈幾年一旱之大概——或五年，或十年，或二十五年一變化。從旱年或靈年與每年平均雨水水量比較之差數，而估計之變化率，曰萬年雨率 (secular variation in rainfall)。計畫自來水者，可藉以預爲防備。

每月之雨量，各地亦復不同——或夏秋特多，或黃梅雨多，或春季特多——然在氣候調節得

宜之地，四季雨量則極均勻。一地每月之雨水量，相差若太大，則其地之自來水、蒸汽機、及水力機等之工作，不能保持一定之常態。平均每月之雨量，得月雨平均量 (mean monthly rainfall)。每年雨量相平均，得年雨平均量 (mean yearly rainfall)。將年雨平均量與早年雨量，或繼續兩早年雨量，或繼續三早年雨量相比較，而求其差數之百分率，即為水廠所應儲以備早年之水流量。變化大者有至百分之八十者，小者百分之四十，各地不同。

(28) 最高雨量——其短時期之大雨——一日 (二十四小時) 或二日 (四十八小時) ——流行地面過急，每致漲溢河渠，潰決堤壩，或竟沖洗水廠之工作。故須考查其地之最高雨量 (maximan rates of rainfall)，而預為之備。其計算之法，係按時間之長久而計其雨量。佛蘭西 (James B. Francis) 氏就一八六九年十月美國大雨災所統計之最高雨量，得雨表如下：

甲

乙

下雨時間	積雨吋數	積雨吋數	下雨地點之面積
二小時	四·〇〇	六至七	二四四三一方哩

三・〇	四・二七	七至八	九六〇二方哩
一八・五	五・八六	八至九	一八二四方哩
二四・〇	七・一五	九至十	一〇四六方哩
三〇・〇	八・九〇	一〇至一一	五一九方哩
四二・〇	八・四四	一一吋以上	一七九方哩

照甲表之趨勢：大致時間愈久，積雨愈多；時間愈短，雨勢愈急。照乙表之趨勢：雨量愈高，下雨地點之面積愈小。是時間愈短，雨勢愈急，風力及他項外界阻力愈大，故流溢地面以愈小，而災情以愈重。

第三節 蒸發與滲漉

(29) 蒸發與滲漉之關係——雨落於地，或被草木所吸收，或滲入地下，或順凹處而流成河渠。其地面、水面及草木枝葉面之水分，又被日光蒸發化成水氣而上昇。其滲漉入地下者，每集地殼罅隙而成井泉——積為旱季惟一之水源。故水流量為蒸發餘剩之雨水量，河流量為蒸發及滲漉

餘剩之雨量；而旱季水流則爲潛藏於地下之雨水滲漉量。若知蒸發與滲漉之快慢率，估計其數量，以與雨量相比較，則河流之數量，可按其差數而估計。其滲漉地下而潛伏之地下水流量，旱季純賴以調劑，故尤爲重要。蒸發可分爲地面與水面兩種：湖沼之儲水量，及河渠之流量，可由水面蒸發率估計得之；地面蒸發率，因地質之稀密不同，草木外皮之鬆緊各異，估計較難詳確，祇可分論其原因及影響之大概。

(30) 水面蒸發——其因有二：(1) 水面溫度之高低；(2) 水面空氣中所含水分之多少。氣候熱則蒸發多，冷則蒸發少。但水深則水面小，水闊則水面大，空曠之地，日光晒者多，蔭涼之地，日光晒者少；凡此均足改變其蒸發率。空氣中之水分多則蒸發率小，少則蒸發率大，但須無風時始可保持其常態；風大每吹散本地之水分，四圍乾空氣集合而補其隙，蒸發又大。故蒸發率雖每隨空氣溫度之高低而大小；有時溫度不變，而因空氣中水分之增減，蒸發率亦隨而增減。因其情形如此複雜，故就一小水面所測驗之蒸發率，未有若就大水面本身而測驗者爲準確。飛子格羅 (F. L. S. Gerald) 於一八八五年就波士頓城自來水廠之儲水池中測得之蒸發率如下：

將十二個月之理想的每日平均蒸發時數之總數乘以三十，即得每月平均蒸發量之十二個月總數。

月 份	實際每月蒸發量之時數	理想之平均蒸發量時數	理想平均蒸發量百分率	理想每日平均蒸發時數
1	0.90	0.98	2.51	0.0316
2	1.20	1.01	2.58	0.0361
3	1.80	1.45	3.71	0.0467
4	3.10	2.39	6.11	0.0796
5	4.61	3.82	9.76	0.1232
6	5.86	5.34	13.65	0.1980
7	6.28	6.21	15.87	0.2003
8	5.49	5.97	15.26	0.1923
9	4.09	4.86	12.42	0.1620
10	2.95	3.47	8.87	0.1119
11	1.63	2.24	5.73	0.0747
12	1.20	1.38	3.53	0.0445
總計	39.11	39.12	100.00	

(31) 地面蒸發及滲漉——地面蒸發率變化之原因有三：(1) 地面本身所含之水分；

(2) 地面之溫度及(3) 地面草木吸收之水分。地面水分係從雨水得來，故雨愈多，可蒸發之水分愈多，但蒸發率有限止，蒸發餘剩者則流歸河渠。

至於滲漉率全在土質之稀密，其土質粗糙而多沙者，滲漉水量既多且快，草木吸收不及，蒸發自然極少，其土質細密而多泥者，能收容水分極多——收足却不再收——則滲漉與蒸發率均小，水流則急而不定。地勢之起伏關係亦大——水流隨地勢之峻坦而急慢——在土質雖稀鬆，地勢却平坦之地點，地面水流極慢，草木容易吸收，滲漉量因以減少，從草木枝葉蒸發之水分因以增大。
 英人格里佛(Greaves)氏檢一有草之泥地，及一有草之沙地，測得之滲漉及蒸發率如下：

	泥 地		沙 地	
	積量=吋	百分率	積量=吋	百分率
雨 滲	25.72	100%	25.72	100%
水 滲	7.58	29.47	21.41	83.24
蒸 發	18.14	70.53	4.31	16.76

各種草木之吸水量不同——除非水流過急，草木吸收不及——其所吸收之水，遲早均為日光所蒸發。利士勒 (Lester) 氏將各種草木之每日吸水量，測驗比較如下：

種 類	每日吸水量=吋	
	最少額	最多額
淺 草	0.134	0.267
小 米	0.140	0.193
玉 黍	0.110	0.157
苜 蓿	0.140	—
葡 萄	0.031	0.035
大 麥	0.106	0.110
小 麥	0.091	—
山 薯	0.038	0.055
橡 樹	0.035	0.038
杉 樹	0.020	0.043

照上表觀之，木本較草本植物吸收之水分少，尤以淺草植物吸水為最多，蒸發率亦隨之而異。費臘 (Fearnow) 氏將水面蒸發率假定為一，比較各種地面之蒸發率如下：

伍雷 (Wolny) 又將不同之土質在地面不同之地方，測驗其滲漉量之百分率比較如下：

地質分別	地面分別	
	無草地	有草地
沙土	65.0	14.0
炭泥	44.0	8.7
粘土	33.	1.3

地面類別	蒸發率
淺草	1.92
深草	1.73
森林	1.51
混合面地	1.44
水地	1.00
光地	0.60
覆一厚乾 以糞之沙	0.26
覆五厚樹 以糞之葉	0.19
覆五厚枯 以糞之草	0.08

以上各表之測驗，各有其不同之情形，並列於此，以示大概。一地之滲漉及蒸發率，仍須就本地各種情形——地理與地質——不同之處，分別測驗，始足憑信。從雨水量減去蒸發量，即為水流量。

第四節 地面水流

(32) 地面水流量——順地殼凹處而流之水曰地面水流。水流之區域曰流域。第二十九段已詳論水流為蒸發餘剩之雨水。地面水用為自來水源，所應考察之特點，為在時期內水流最少量，最多量，及總量。最直接之算法，係將水流分段設閘，隨時測量水流之速率，從累月積年經過之水大與水小時期，所得之經驗，測算其變化之趨勢。但需時甚久，一處一處之情形復不同，在未經測量之流域，惟有借已經測量流域之經驗，按天時與地利(1)雨水之多少；(2)氣候之寒暖；(3)地勢之平坡；(4)土質之稀密；(5)地面植物之稀密；(6)河底本身之平峻；(7)分流之通塞——各種不同情形，比較而增減之。

量雨水之單位，係按一定之時間，平地所積雨水吋數而計算。水流之數量，亦可按全流域面積

內平均水深之時數而計，或按每方哩所積水之立方呎數而計。水流速率則按每秒鐘流過每方哩面積之立方呎數計。為計算儲水數量之便利，有時亦按每秒鐘所積之加倫數，或每二十四點鐘內之加倫數而計算。雨水量與水流量之比較如下：

積雨水 1 吋 = 每方哩積 2,323,200.00 立方呎

每小時積雨水 1 吋 = 每秒鐘每方哩積 645.33 立方呎

每 24 小時積雨水 1 吋 = 每秒鐘每方哩積 26.89 立方呎

每 1 立方呎容量 = 7.4805 美國加倫 = 6.2337 英國加倫

每秒鐘 1 立方呎 = 每 24 小時 646,300.00 美國加倫

(33) 地面水流最少量——地面水流最少量每發生於雨水最少時期。旱季之水流，純恃地下潛水與地面儲水。因河中水淺，地殼高處之地下水，復流回地面。沿河湖沼，當水大時分儲之河水，雖經蒸發極多；當河水少時，蒸發餘剩之湖水，亦流返河內。我國揚子江即受湖沼宣洩之益。旱季最少量，於二百方哩以內之流域，每秒鐘每方哩之積水，約為 0.0 至 0.2 立方呎；二百方哩以

上之流域約爲〇·一至〇·三立方呎。然大流域若鮮深大湖沼，亦可乾無滴水。

(34) 地面水流最多量——地面水流最多量，即指大水而言。當大風雨時，河流速率之變化，全視河底本身之平峻，流域之面積與地勢，及下流之通塞——其時之蒸發與滲漉率極小。流域愈小，水勢愈急，但小流域如有大湖沼，水勢轉緩。就一流域歷次大水之數量，每可推出公式計算之。茲將美國治水家所推各公式列下：

第號	著 者	作 人 區	域 公	式 備	考
----	-----	-------	-----	-----	---

1	笛 根 大 佐 東	印 度	$Q = C \times 27M^{\frac{1}{2}}$	$Q =$ 每秒鐘之立方呎數	水
	(Colonel Dickens)	East India			

2	畢 樂 集 印	印 度	$Q = 1300 \frac{M}{L^{\frac{2}{3}}}$	$M =$ 流域面積之方哩數	
	(Dredge)	India			

3	方 (J. T. Fanning)	美 國 中 部	$Q = 200 M^{\frac{2}{3}}$	$L =$ 水流身長之哩數	
		Middle States			

4 苦 (Cooley) 內密西西畢河流域 $Q = 180M^{\frac{2}{3}}$
Mississippi Valley

5 麥 (Murphy) 飛美國東北部 $Q = \frac{46790}{M+320} \times 15$
North-Eastern

面積 方哩	1	2	3	4	6
$U =$	7.41	9.33	10.63	11.76	13.46
面積 方哩	10	25	50	75	100
$C =$	15.96	21.56	27.28	31.26	34.38

五式各就本地情形而設，其答數相差甚遠，須就天時地利之相同者，選擇而用，較為困難。槍墨 (Chamier) 氏之估計法，較為便利。其法按流域之枝幹水流，另分成若干小流域，而計其面積，求其雨量及水流量如下：

(甲) 量河身之長度及切斷面積，及河面之斜度，而計其流行之速率，並由起點至河口所需之時間；

(乙) 按流域大小而定其在流行所需時間中之最高雨量；

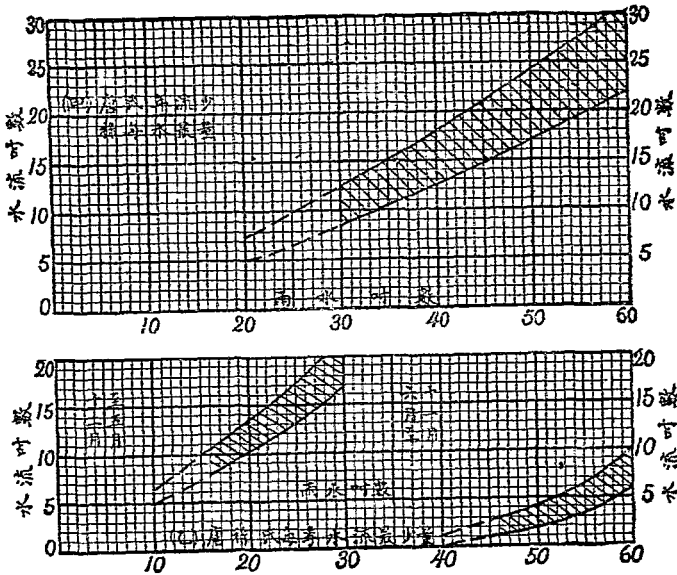
(丙) 按地理之形勢而定其雨量與水流量之百分率。

則三項之乘積適為水流量。槍墨氏所定丙項之百分率，在平坦少土或經耕種之地面為二五至三

五；在草地或吸水地爲三五至四五；在森林山坡或粘土地面爲四五至五五；在山岩地及不吸水或冰凍地面爲百分之五五至六五云。

(35) 地面水流之總量——當水最少之時期，地下水可以調劑地面水；當水流最大時期，地面水流，急流勇退，爲時極暫故長時期之地面水流量，不隨短時期之雨水量而增減，係視長時期之雨水量與蒸發量之差數而增減。夏秋蒸發率大，冬春蒸發率小；故夏秋雨水多時水流反小，冬春雨水少時水流反大。第二圖示唐祿氏自美國十五大河

第三章 水流及數量



第二圖 唐祿氏每年每季水流最少量

流之水流統計平均所得每年及每季之水量。普通每年尤以二三月間水流爲最多，六月至十一月爲最少。其冰雪區域，春夏化凍之水流，不可並論。故須求每月每季及每年之水流平均量，以便節儲水大時之餘水，藉供水流少時之需要。前第三十三段所論水流最少量，係防短時期之乾旱；第三十四段所論水流最多量，係防短時期之大水。（中國治水家稱洪流）或意外之潰決；平時供給日用之水源，則特每月每季與每年之水流平均量，亦即蒸發餘剩之每月每季每年雨水統計量。

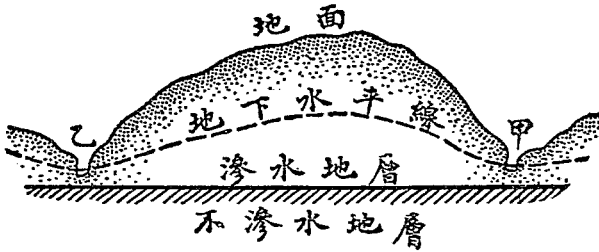
第五節 地下水

(36) 地下水流之分類——首因研究地質，測量得地下水流，用爲自來水源者，爲法人亞刺哥 (Arago) 一八三三年巴黎缺少清水，亞刺哥氏乃於格能內耳 (Grenelle) 鑿井。攻鑿八年，深至一八〇六呎九吋，於一八四一年二月，竟發現巨泉，後人因名自流井爲亞刺哥井 (Artesian well)。

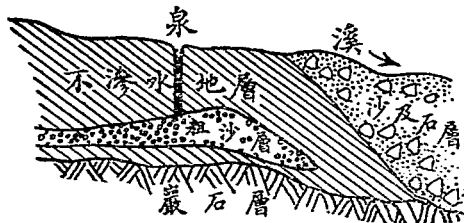
地下之地層構造各不相同：岩石或粘土者爲不滲水地層；沙石多空隙者爲滲水地層——滲

入地下之水流，即潛藏於此地層之空隙內。
按地層堆疊之形勢，分爲五類：

(1) 明泉——其滲水地層上無覆蓋，下則墊有一層不滲水地層如第三圖，其地下水平線 (Ground water table) 因地層孔隙之毛管現象而成弧形，隨地形勢而起伏，於甲乙二低處均有泉流出地面，尤以乙端爲旺；(2) 暗泉——其滲水地層——如第四圖——上下均有不滲水地層相壓墊，其潛儲水流無由得出，俟地殼有罅隙而現泉流；(3) 溢泉——爲滲水地層藏儲不下之水流，漲溢而出滲水地層之外者，



第三圖 明泉



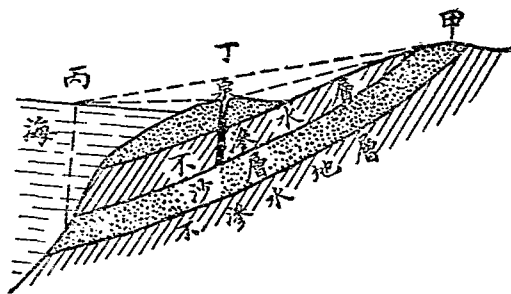
第四圖 暗泉

其水流時大時絕，不能一定；(4) 自流井——其滲水地層夾於兩層不滲水地層之間，(如第五圖) 自地面伸入地下，再由地下伸出地面，如一陰溝或水管，其水流每自乙端低處，因水平線之壓力，擠出地面；(5) 海邊泉——其滲水地層之構造，與自流井相似，惟乙端低處(如第六圖) 適伸出水面之下，此種淡水泉每於海邊發現，其水流因地下水水平線(甲丁丙)之壓力，冒出海面，故於其附近岸邊打井，每得佳泉。

(37) 地下水之數量——地下水之多少，視滲水地層體積之大小，及地質隙度——空隙之多少。土質顆粒均勻，則空隙較多，藏水量亦較大。顆粒之大小，按每粒直徑之耗數 (millime-



第五圖 自流井



第六圖 海邊泉

(cons) 而論——沙之直徑在 0.1 以下者爲細沙， 0.5 以上者爲粗沙，可用法定套篩求之。唐祿氏統計美國各區域地質之隙度如下：

類 別	隙度百分率
花 剛 石	0.2—1.5
白 雲 石	2.7—11.9
石 灰 石	2.6—13.2
沙 石	4.4—28.3
鉛 粉	14.0—44.0
沙及石子	25.0—30.0
淨 沙	35.0—45.0

但因地層深藏地下，不易準確測量其全流域面積，較穩之法，則按水流之速率及地層切斷面積而計算。

求水流速率之法於一定之距離，打井三四，測量滲

水地層之厚薄及水頭之高低（參閱第七圖）及地質

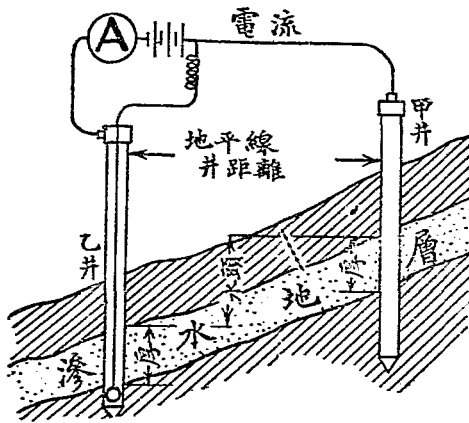
顆粒之大小。法人黑任（Hazen）按地心吸力求每二十

四小時流行積數（meters）之速率公式如下：

$$\text{速率} = C (\text{沙之直徑})^2 \frac{\text{水頭}}{\text{地層厚度}} \left(\frac{\text{華氏水溫度} - 10^\circ}{60^\circ} \right)$$

C 爲一常數——由四百至一千——視沙之均勻及鬆緊而異。水之溫度，則視井水距地面之深淺而異，方寧氏所統計自流井之溫度如下：

井深呎數	水之溫度(華氏)
100	52°
500	59°



第七圖 測量地下水流圖說

1000	68°
1500	76°
2000	85°
2500	94°
3000	102°

溫泉之溫度，情形特別，不在此例。

最直捷之法：莫若撒鹽於甲井（參閱第七圖），而計核鹽質由甲井流入乙井之時間；或用電流計之，尤為精確。

按水流速率，及地層切斷面積，而計水流量：則

$$\text{地下水流量} = \text{水流速率} \times \text{地層切斷面積} \times \text{地質厚度}$$

按右公式所求得之水流量為每二十四小時所流行之立方呎數。

第四章 水質之考察

第一節 考察之目的及方法

(38) 考察之目的——水之最純潔者，莫若蒸溜水——純爲二原子 (atom) 之輕氣與一原子之養氣 (H_2O) 化合而成——然以供飲料，既不經濟，亦無裨衛生。市上所售之礦水 (mineral water)，因含有補益生理之礦質，醫者且勸人服用。自來水之主要用途爲飲料，故就自來水方面而論水質之純潔，非謂爲理想之化學純潔 (theoretically chemical pure)，但求其適合於日用。考察之目的，可分析如下：

- (1) 無不爽之色味，而適合於飲用；
- (2) 無傳染病菌，或有毒物質，而適合於衛生；

(3) 無妨礙工商業工作之成分;

(4) 其所含成分無發生以上三項之可能性;及

(5) 有以上三項之成分,而不需過費之消耗以消除之。

如無前三項有害用途,且有補益衛生之成分,實為求而不易得之水流。

(39) 考察之方法——考察所選擇之水流,有無妨害衛生之可能性,最簡易之法,為調查水流附近之髒水區域,置強性色味之流質於其中,而視其流入所考察之水流與否。茲擇常用之數種

藥品列下:

發 刺	明 林	人 格	藥 品	名 稱	發生之特別強性	視察觀能	藥品與水流之比例
			saprol	如揮發油之氣味	鼻		1:1,000,000
同 上	同 上	同 上		特別苦味	舌		1:2,000,000
屈 林	納 安	尼 林	油	閃動燐光	目		1:2,000,000,000
(Trillat)		(anilin dye)					
	鹽			銀光色	分光器	無限制	
	salt of lithium						

藥品雖流入水流，其妨害衛生之成分不一定隨流而入，然為慎重起見，亦可因以防範。普通水流，多少均吸收空氣中或地面及地下之有機與無機物質，可按(1)物理(2)化學(3)微菌及(4)顯微鏡四種試驗以考察之。

(40) 收集水樣——水流成分之考察，係就一定數量之水，試驗所得各種成分之數量——如每一立特(liter)水所含某種成分重若干，或每一立方糵(cubic centimeter = c. cm.)水中微菌數若干——而推算之。就所考察之水流，取為試驗用之水，曰水樣。用為化學物理及顯微鏡等試驗之水樣，約需二立特；微菌試驗則一百立方糵可足用。所用水樣為量少，而水流本身之數量大，若水樣稍有錯誤，則乘積之錯誤極大。致使水樣不確之原因，可分析如下：

- (1) 所取水樣，具特殊性質，不能代表全水流平均之成分；
- (2) 保護不周，或盛水樣之器不潔，而改變水內之成分；
- (3) 水分蒸發過多，水樣之容量減少，而使試驗之成績過大；
- (4) 氣質揮發失漏，水樣之成分減少，而使試驗之成績過小；

(5) 保存過久，而致水樣內成分生變化；

(6) 光線注射，即致水樣內成分受氧化；

(7) 溫度加高，而致水樣內微生物數繁殖等。

故所取水樣，保存至用為試驗之時，務求不變其原來狀況。

盛水樣之器，以有玻璃塞之玻璃瓶為佳。洗淨並施以消毒法，再用所考察之水流沖洗數次，而後沈於活流之水面下，去塞灌水，即就水中塞緊，取出水面後，再加嚴密之包裹於瓶口。保存之時，能避除光線尤佳。美國公衆衛生協會 (American Public Health Association) 一九二〇年所定

——為各種試驗用之水樣——能保存之最長時間如下：

試驗類別	需用水樣數量	地 下 水	清潔之地面水	污濁之地面水
物理及化學	二立特	七十二小時	四十八小時	十二小時
顯微鏡	二立特	七十二小時	二十四小時	隨時考察
微菌	一百立方糵	保存溫度於攝氏十度以下，至多二十四小時		

如爲氣質之分析——若輕養硫磺等定量分析——尤須就地立刻爲之，以免揮發過多，致試驗之成分數量不確。

第二節 物理試驗

(41) 物理試驗之範圍——水之化學純潔者 (chemically pure) 無色無味，因所含之有機及無機物之數量不同，味有濃淡，色有深淺，故分爲 (甲) 溫度 (temperature) (乙) 水氣 (odor) (丙) 水味 (taste) (丁) 水色 (color) (戊) 渾濁度 (turbidity) 五種考察法。

(42) (甲) 水之溫度——每改變其容量之大小，熱者質稀則容量大，冷者質密則容量小。故取樣時及試驗時須量水流之溫度，而折算水流所含成分之數量。普通屋中溫度約爲攝氏二十度 (20°C)，故又須折合其成分爲攝氏二十度時之數量，以適合於人生日用之環境，且便比較溫度不同之各種水流。水面之溫度，隨氣候而變更。水中之溫度，則視水之深淺而高低。地面水流因受環境之變遷，其溫度每較地下水流爲易變。故水流之溫度不定者，多係淺水流，而地面水流之溫度

高者，每多含不純潔之成分，或且有礙衛生。溫度可以華氏或攝氏寒暑表測之，而萬能氏溫度電表 (Warren and Whipple's thermophone) 用電流測量，尤為精確。

(43) (乙) 水氣——分熱氣冷氣二種：握水樣瓶猛烈搖之，就屋中溫度而嗅其氣，曰冷氣試驗；如氣味微弱，不易分別，則熱至華氏六十五度 (65° F)，接其熱氣而嗅之，曰熱氣試驗。美國公眾衛生協會 (American Public Health Association) 定為芳香 (aromatic) 綠氣 (free chlorine) 不爽快 (disagreeable) 土氣 (earthy) 魚腥 (fishy) 草氣 (grassy) 尿臭 (moldy) 霉穢 (musty) 泥氣 (peaty) 甜氣 (sweetish) 硫磺氣 (hydrogen sulfide) 菜氣 (vegetable) 等十餘種。水腥氣多係有機物及水草類，并水渾濁者每發泥腥氣，鐵質多者有鐵腥氣，硫磺質多者發硫磺氣，是皆易辨別者也。

(44) (丙) 水味——水之含養氣或二養化碳 (CO_2) 多者味甜，多泥土者味澀，多鹽者味鹹，含有機物者味腥。有時煮沸嘗之，得味較濃，尤易鑑別。美國公眾衛生協會 分為極微 (very faint) 微弱 (faint) 明顯 (distinct) 猛烈 (decided) 極烈 (very strong) 五度。

(45)(丁)水色——有兩種；曰真色，曰原色。水之純粹原子爲二輕一養(H_2O)，無色透明。水中之有機及無機物——其固體不能溶化者寄居水中，其能溶化者混合水中——各呈一色。其混合之色爲水流之原有色，曰原色(apparent color)。瀝去一切固體物，祇餘流質之色於水中，是曰真色(true colour)。考察原色所以辨別其混雜之性質，考察真色，所以辨別其有無沙濾清潔法之可能性。色之深淺，用法定之標準色(color standard)比較得之。標準色有曰賴士勒標準(Nessler Standard)者，係配合各種濃淡之安母尼亞水即氨水(ammonium solution)爲之。用以比較黃色水如氮較爲合宜。曰白金鉑標準(platinum-cobalt standard)係溶化1·二四六克蘭姆(gram)綠化白金鉀($PtCl_2KI$)，〇·五克蘭姆白金(Pt)及1·〇克蘭姆綠化鈷($CoCl_2, 6H_2O$)於一百立方糶之蒸溜水中，而加至一立特(liter)容量而成。此水之色爲五百度。然後遞加水量以成五百至零之標準色。此項標準，手續既煩，且不耐光熱，不易保存。美國地質測量所仿染白金鉑標準色於玻璃碟上，用以比較，便於攜帶。有羅威幫(J. W. Lovibond)者，用紅黃藍黑四色玻璃片互相配合，以求其與水樣得同色之影(Shadow)於白紙上，而記錄紅黃藍白黑

五色配合之百分率。是爲羅氏色表 (Lovibond tintometer)。

(46) (戊) 渾濁度——爲求原色水流中固體——流沙微菌等——之成分。亦借法定標準比較得之。有曰矽砂標準 (silica standard) 者，其法置矽砂，以能經過每吋有二百眼之篩者爲合用。於蒸溜水中，成一百萬與一萬之比例，人自水面上一米遠 (1 meter) 距離之點俯視水面，而後徐插一耗粗之白金絲入水中，至不見絲端而止，若能見絲端於水面下一百浬遠者爲一百度。英人置燭於玻璃缸下，傾水樣缸中至不見燭影而止，記其水平線，然後易以同容量之清水，傾砂於水中至不見燭影而止，按矽砂標準計算砂與水成分之比例，即得渾濁度。

第三節 化學試驗

(47) 化學試驗之範圍——化學試驗所以分析水中各種原質之性別及數量，因而判定其有無影響於用途者也。自衛生方面觀之，化學分析雖不能辨別微菌之生存，然因鑑別微菌養料之成分，可測其有無繁殖微菌或發生危險之可能性。以陰溝洩水之攪入最爲危險。試驗手續可分爲

無機及有機物分析兩種：無機物分析爲（甲）定性分析（titmus paper test）、（乙）原質定量（quantitative analysis）、（丙）硬度（hardness）、（丁）鐵質定量（total iron）等；有機物分析爲（戊）綠氣定量（chlorine）、（己）硝酸鹽類（nitrite and nitrates）、（庚）安母尼亞蛋白質類（free and albuminoid ammonia）、（辛）養氣吸收量（oxygen consumption）、（壬）燃化量（loss of ignition）等。

（48）（甲）定性試驗——取紅藍二色化學試驗紙（titmus paper）置水樣中，如藍者變紅爲酸性（acid）；紅者變藍爲鹼性（alkaline）；如兩不變色爲中性（neutral）。

（49）（乙）原質定量——係求水中各種原質單獨之數量。其法置沈澱劑（precipitant）於水樣中，使所求之物沈澱而出，曰沈澱法（precipitation）。或置分解劑（decomposer），使所求之物從混合物中分解而出，曰分解法（decomposition）。茲將各種原質試驗法列下：

所求之原質 試驗用之沈澱劑或分解劑 求得之試驗物其形狀

鈣 綠化亞錳 綠化亞錳 綠化亞錳
calcium ammonium chloride 錳
ammonium hydroxide
草酸亞錳 ammonium oxalate 鈣
calcium oxalate 錳
白色沈澱

鎂 磷酸鈉 磷酸亞錳
magnesium hydrogen sodium phos- ammonium
phate 綠化亞錳 ammonium chlorid
水酸化亞錳 ammonium hydroxide
白色結晶體

鐵 鹽強水 鐵 混合物
iron hydrochloric acid 亞鐵
鹽化鉀 potassium ferrocyanid
深藍色沈澱

同 上 鹽強水 鐵 混合物
hydrochloric acid 硫酸青
酸鉀 potassium sulfocyanate
珠紅色沈澱

同 上 鹽強水 亞鐵 混合物
hydrochloric acid 鐵藍
化鉀 potassium ferricyanid
淺藍色沈澱

鋁 綠化亞錳 水 酸 化 鋁
aluminium ammonium chlorid 水
酸化亞錳 ammonium hydroxid
白色沈澱

鉛 鹽強水 硫酸鉛
lead hydrochloric acid
硫化輕 hydrogen sulfid
變橙黑色

坂田壽 水鏡化學

安 母 尼 亞 賴 士 勒 氏 試 驗 安 母 尼 亞 水
ammonium Nessler solution

水 中 起 橙 煙
黃 色

綠 化 鹽 類 硝 酸 銀 水
chlorids silver nitrate

綠 化 銀 水 白 色 沈 澱
silver chlorid

硫 酸 鹽 類 鹽 強 水
sulfates hydrochloric acid

硫 酸 鎂 水 白 色 沈 澱
barium sulfate

炭 酸 鹽 類 鹽 強 水
carbonates hydrochloric acid

一 二 種 炭 酸 水 質 揮 發 泡
carbon dioxide, CO₂

硫 磺 銀 質 物
sulfur metallic silver

硫 化 銀 水 銀 變 黑 色
silver sulfid

(50) (丙) 硬 度 —— 分 軟 久 暫 三 種。水 中 每 含 多 數 之 鈣 鎂 鐵 鋁 等 質 化 合 物。如 含 硫 酸 鹽 (sulfates) 綠 化 鹽 (chlorids) 等 類。遇 熱 結 成 粘 性 膠 質。不 易 傳 熱。是 為 永 久 硬 性 (permanent hardness)。硬 性 水 用 以 洗 濯。則 費 肥 皂。用 於 工 商 業。則 費 燃 料。如 為 含 水 炭 酸 鹽 類 (Acid carbonates) 加 熱 即 分 解 如 下：



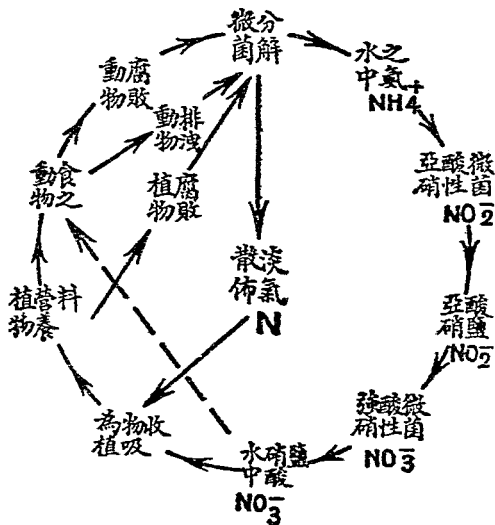
碳酸鈣 (CaCO₃) 爲固體沈澱物，可濾瀝出之，水即可用，是爲暫時硬性 (temporary hardness)。若並無上二項硬性之混合物，是爲軟性水 (soft water)。試驗之法——可置上等肥皂於水樣中，猛烈搖動之，若立刻起沫，是爲軟水；若用皂不多即起沫，是爲暫時硬性水；若需皂極多始能起沫，是爲永久硬性水。水中鈣質過多，飲之且患喉腫病 (colic)。永久硬性水可軟化爲暫時硬性，暫時硬性永經濾即成軟性。水之硬度按每立特所含碳酸鈣耗數 (即每 1 liter 中之 CaCO₃mg)，茲比較各國之硬度單位如下：

單位	每立特耗	英國度	法國度	德國度
1 mg per liter	1.000	0.07	0.10	0.056
每立特中之耗	1.000	0.07	0.10	0.056
英國度	14.30	1.00	1.43	0.80

一 法國	一〇・〇〇	〇・七〇	一・〇〇〇	〇・五六〇
一 德國	一七・九〇	一・二四	一・七八	一・〇〇〇

(51) (丁) 鐵質定量——鐵質混合物之呈於水者，種類極多。然鐵質過多，用以洗濯則染紅色可養化成養化鐵 (Fe_2O_3) 而濾除之。其單位按每立特中之鐵 (Fe) 耗數而論。

(52) (戊) 綠氣定量——普通水中均含綠化鹽 (NaCl) 少許。近海區域每吸收海水鹽質，約在每一立特 (Liter) 中二十廷 (mg.) 左右。然陰溝濁水多含綠氣。如水樣中綠氣過多，或徵攪有陰溝流出之排洩物，於衛



第八圖 淡氣循環系

生爲危險。

(53) (己) 硝酸鹽類——有機物之腐敗，均發出亞硝酸鹽(NO_2)類(參觀第八圖)亞硝酸養化而成強硝酸鹽(NO_3)。故水中若含有多量之亞硝酸鹽，足徵爲腐敗有機物攪雜水中之現象，有害於衛生。及至化成強硝酸鹽時，則微菌已全消化，不足爲害。置稀硫酸(dilute sulfuric acid)於水樣中再加四錳酸鉀(potassium permanganate)少許，而顯深紫色者，是爲亞硝酸鹽類。置強硫酸(Conc. H_2SO_4)於水樣中，俟其冷再徐加硫酸亞鐵(ferrous sulfate)少許，如有橙色圈發現於強硫酸面上，是爲強硝酸鹽類。亞硝酸與綠氣，自化學言之，均無損衛生。但因其每發現多量於污濁水流中，可借以證明水流中有無妨害衛生之可能性。馬內 (Mallet) 氏謂每立特(liter)水中至多可合一·〇四毫(1.04 mg.) 硝酸鹽類。

(54) (庚) 安母尼亞蛋白質——有機物腐化時，其蛋白質養料(albumin)發出淡氣(nitrogen)，成爲各種淡氣混合物(nitrogen compound)，總名曰蛋白質類(albuminoid)。尤以安母尼亞(ammonia)爲其最多之一種。安母尼亞經養化而後成亞硝酸鹽及硝酸鹽類(參觀第

八圖。故水中如有多量之安母尼亞即氣時，是為攪雜有機物微菌之明證，較硝酸鹽類之徵兆，尤為危險。可用賴士勒氏水(Nessler solution 見第四十五段)試驗之。茲將數化學家所定之水中可含之安母尼亞最多量列表如下：

著 作 人	每一立特中所可含之毫克(mg. per liter)	
	free ammonia 散佈的安母尼亞	albuminoid ammonia 蛋白質安母尼亞
Prof. Mason 梅 曾 教 授	0—0.055	0—0.230
Prof. Mallet 馬 內 教 授		0—0.125
Prof. Leeds 李 治 教 授	0.01—0.12	0.10—0.28

(55) (辛) 養氣吸收量——考察有機物之又一法，為試驗水樣所能吸收養氣之數量。有機物所發出之亞鐵化鹽，亞硝酸鹽，炭氣(O或CO₂)，淡氣(N₂)及安母尼亞蛋白質(albuminoid)

等均需養氣以成較穩固之養化物。故驗其吸收養氣之數量，可測知其攙雜有機物之多少。其法置
鞣酸亞 (ammonium oxalate) 於水中，然後徐徐滴入四錳酸鉀 (potassium permanganate)
至微現紫色而止。其所用之四錳酸鉀量減去鞣酸亞量即為水所吸收養氣量。

(56) (壬) 燃化量——蒸發水樣至乾，所餘渣滓含有機物及無機物二種，是為總渣滓
(total residue)。再燃至紅 (white heat) 時，有機物為高熱度燒化，祇餘固體無機物，是為固定
渣滓 (fixed residue)。總渣滓重量減去固定渣滓重量曰燃化量 (loss of ignition)，即為有機
物之重量。有機物中有植物有動物；純潔植物並不妨害衛生，但若攙雜人類排洩物，為傳染病菌之
媒介，則極危險。化學試驗祇能窺測有機物之存在與否，而不能辨別其來源之為動物或植物。

第四節 微菌試驗

(57) 微菌學歷史——微菌學研究微菌之生理構造生活狀況及其影響於動植物之能力，
有益者培養之，有害者預防及消滅之方法。微菌細小為目力所不能見。在昔未發現微菌之前，每猜

想小動物由水土中自然發生 (spontaneous generation) 及十七世紀李文鶴客氏 (Leeuwenhoek) 發明強力顯微鏡，始發現生動之微細菌物，仍不知其所由來。入十九世紀用高熱度及硫酸等殺蟲法先後發明，然仍不能分別各種微菌之特別狀況。及十九世紀之末年，德人哥舒 (Koch) 氏發見癩疽之病菌，遂開微菌學之新紀元。其後若魏節 (Weigert) 氏之用安尼林油 (Anilin dye) 以染菌色，阿陪 (Abbe) 氏之改良顯微鏡等，代有發明。利用物理化學及機械等學理，術以益精，尤以巴司杜 (Pasteur) 氏為特著。驗知病原菌之來由及現象，而施以預防或消除手續。其繁殖於水者，遂為治水質家之所注意。

(58) 微菌試驗之範圍——選微菌素易寄生之物——如動物膠質 (gelatin) 海藻膠質 (agar) 糖汁 (sugar broth) 滋養汁 (nutrient broth) 等——作成種菌基 (culture media) 以培養水中微菌，俟其長大，再分取出同類之菌族 (colony) 而考察其外觀形狀及內部構造。微菌試驗之範圍可分析如下：

(1) 為定性及定量等分析，以考察水流中有無陰溝濁水或傳染病菌 (infective patho-

logical bacteria) 等現象；

(2) 定量分析所以研究水流污濁之程度及其來由，並可借以考察水底管之隙漏——爲化學試驗所不能詳；

(3) 考察過瀝前及過瀝後水中微菌之數量，以規定濾水池之工作。是爲化學試驗所不能鑑別於過瀝後之清水者；

(4) 用人造種菌基或動物以試驗病菌生殖之狀況，而研究預防及殺菌之方法。

(59) 微菌定量分析——水之衛生觀在測驗水中微菌之數量，而爲適當之節制，以求適合於衛生。其試驗之單位爲每一立方糵 (1 cubic centimeter 約合一茶匙三分之一) 水中所含微菌之數。然微菌細小而繁多，祇能大概估計之。且因溫度之高低，培養時期之長短，及種菌基內所含適宜滋養成分之多少等，每不易得適合環境之發育數量。大概水清者菌數少，水濁者菌數多。普通水中不能絕無微菌，但菌數過多則難免有病原菌 (Pathological bacteria)。每一立方糵水樣中所含微菌數：米久那 (Miles) 氏謂至多祇宜有十個；法定之標準則爲二十個；若經詳確試

驗證明絕無病原菌，則多至二百，雖不穩妥，亦不定爲害。

(60) 微菌定性分析——所以分別微菌之是否病原菌。多數病原菌——如條蟲吸血蟲及傷寒霍亂等病菌——在殖於人身腸道中，每雜屎糞中傾入陰溝而流歸河渠。故水流中攪有陰溝水，極不宜於衛生。試驗之法按各種微菌個性之特點而證明之。腸內微菌之特性爲生殖於較高溫度（即體內血溫度），使糖質發酵成酸性且發生氣質，或腐化膠質成水液（惟傷寒菌 *Bacillus typhosus* 不能發酵，詳六十三段）可試驗如下：

(甲) 置三公分牛肉汁 (3 gram beef broth) 五公分蛋白質 (peptone) 一百公分動物膠質 (gelatin) 於一千立方糲蒸溜水 (1000 c.c. distilled water) 中，融化消毒而凝結之，是爲『動物膠質種菌基』 (gelatin media)。腸中微菌每化膠質成水液，曰『液化菌』 (liquefying bacteria)。

(乙) 置三公分牛肉汁五公分蛋白質十二公分海藻膠質 (agar) 十公分乳汁糖 (lactose) 於一千立方糲蒸溜水中，融化後再加一百立方糲立特毛司水 (litmus solution)，消毒後凝結之。

是爲『立特毛司乳汁糖海藻膠質種菌基』(litmus-lactose-agar media)。種菌若現紅色卽爲腸中微菌 (intestinal colon) 曰『酸性菌』(acid bacteria)。

(丙) 置五公分蛋白質糖 (protose-peptone) 五公分葡萄糖汁糖 (dextrose) 五公分含水磷酸鉀 (potassium hydrogen phosphate) 於八百立方厘米蒸溜水中，是爲『葡萄糖汁糖水』(dextrose broth)。培養微菌其中二十四小時，腸內微菌每化水成酸性，並發生百分之十成以上之氣質——輕氣及二養化炭 (CO₂) 曰『氣化菌』(gaseous bacteria)。

人類排泄物中最常見之微菌爲大腸菌 (bacillum coli) 及養氣菌 (bacillum aerogene) 二種，可試驗分別之如下：

試 驗 法	Phenomina 現 象	
	Methyl Red Test 炭 燻 基 紅 色 試 驗	B. Coli 大 腸 菌
	菌 變 紅 色	菌 現 橙 黃 色

Voges-Proskauer Test		菌發有光紫紅色	
窪基卜羅開試驗	試驗	黃色	紅色
亞多奶試驗	試驗	紅色	黃色
靛基質試驗	試驗	黃色	紅色
Saccharose Test	試驗		
蔗汁糖試驗	試驗		

(61) 陰溝水中微菌之形狀——陰溝水中微菌以桿形結腸菌 (colon bacillus) 爲最多，不僅生殖於人身腸內，即家畜魚鳥及哺乳動物之腸內均有之。又有桿形芽胞生殖菌 (bacillus sporogenes) 爲不吸養氣而能生殖之菌。最近發現之鏈形細菌 (sewage streptococci) 其數較桿形結腸菌爲少，惟陰溝水中有之。若置陰溝水於葡萄糖汁 (dextrose broth) 而培養之，桿形結腸菌最先發育極速，歷時稍久，則全爲鏈形細菌所包圍。霍亂病菌 (cholera spirillum) 則爲螺形菌 (comma bacillus)。

(62) 動物試驗——病原菌之實地試驗。培養病原菌於牛肉汁或蛋白質汁中而射入動物之血管，常用爲試驗之動物爲白鼠、鴿、兔及豬頭鼠類，俟其死後，立刻解剖其肝脾腎臟，而考察其死於毒性發作抑係病性傳染。能殺下等動物之菌，其毒力不定足以殺人，然爲飲料中所以不宜有者。

(63) 病原菌之隔離——病原菌發生爲數極鮮，所需發育時期 (period of incubation) 每極長——如傷寒菌需時約兩週，且所用爲試驗之水樣又極少——每次所用不過數立方糵，故不易發現。最好濾較多之水而取濾出之渣滓試驗之。或多加溫度及養料設法培養之，使其繁殖。水流傳佈之病原菌以傷寒霍亂痢疾爲最著。傷寒菌 (bacillus typhosus) 爲桿形菌，每與結腸菌 (colon bacillus) 相混雜。若加少許紫色晶 (crystal violet) 可殺結腸菌。傷寒菌之特徵爲能凝結牛乳而不能發酵糖汁。若用葡萄汁糖水 (dextrose solution) 試驗之，結腸菌發生酸性及氣質，而傷寒菌則反是。魏德 (Widal) 氏發明之傷寒症診斷法：注射新鮮傷寒菌於患傷寒症人之血內，則傷寒菌立失其毒性，而凝結成塊。霍亂菌 (cholera spirillum) 爲螺形菌 (comma bacillus)，生殖於鹼性 (alkaline) 之蛋白質 (peptone) 及鹽水中極速。若培養於鹼性汁於血熱溫度

(blood heat) 霍亂菌全浮於水面若薄膜然。用靛基質試驗 (indol test) 菌發紅色 (cholera red) 於一八九四年費佛 (Pfeiffer) 氏注射霍亂菌血汁於患霍亂症者之腹臍，霍亂菌即消滅。其理由爲以毒攻毒，卽一種病原菌病人身上之紅血球 (red corpuscles) 可殺死同症病人血內之病原菌，是爲「費佛氏現象」(Pfeiffer phenomenon)。霍亂菌與傷寒菌同爲水性微菌 (water bacteria)。若蒸發至乾，數小時卽死。同生殖於陰溝水內之有機物，純潔水中不易生存。傷寒菌發育期較長，約爲九至十四日。霍亂菌則僅三日，故其傳染及消滅時期均較傷寒菌爲迅速。百分之〇・〇五成硫酸水 (卽 0.05% solution of H_2SO_4) 可殺霍亂菌於十五分鐘內，但因濁水多含鹼質，故普通消毒多用百分之〇・二成硫酸水。

(64) 水井及水管消毒法——若爲自流井或深井，用每方吋六十磅壓力打熱氣入井至二小時半之久，可昇井水熱度至華氏二百十度，則井中微菌可全殺死。傾石炭酸及硫酸亦可殺菌，再加綠化鐵至不見石炭酸而止，水始可用。德人爲殺水管中之傷寒菌，由總水管注入百分之〇・二硫酸水至灌滿全系水管而後止，便停數小時久，再沖洗出之，沖洗三日後，水中既無硫酸味，亦無復傷

寒菌。其他消毒法詳清水法中。井之離陰溝或糞坑近者，不可用爲飲料。

(65) 節制沙濾池之微菌——沙濾池用以濾水使清，然用之過久，沙中存留之微菌繁殖，沙濾池每失其效力，則水反較未濾者爲濁。故用沙濾池者，須隨時考察沙濾之程度，比較其未過濾及已過濾水中之微菌數，可以知之。惟菌或生殖池內及暗管中，不易察及，故選一種不生殖於沙中之桿形狀兆菌 (*Bacillus prodigiosus*) 爲標準，以其染色易見，或用傳染大腸菌 (*Bacillus coli communis*) 以其生殖狀況與病原菌相類似，可借以考察污穢之程度。

第五節 顯微鏡試驗

(66) 顯微鏡學歷史——荷蘭人任司 (Zaense) 氏發明顯微鏡於一五九〇年。至十七世紀之中年霍克 (Hooke) 氏始用以研究自然科學。李文鶴客 (Leeuwenhoek) 氏又改良顯微鏡，用以發見微小生物多至二百餘種，後人至稱李文鶴客氏爲顯微鏡之祖 (father of microscope)。其後代有著述。至一八五〇年倫敦人黑煞博士 (Dr. Hasall) 始進而研究微生物與飲水之衛

生關係。馬克當那 (Dr. J. D. Macdonald) 氏又進而爲定量之分析。於一八八七年德人黑深氏 (Hensen) 公布『試驗海洋生物法』(plankton)。蘇格蘭人麥雷 (Murray) 氏著有『海深測量學』(bathymetry) 及十八世紀之末年歐美生物學家於『水中生物學』(hydrobiology) 『淡水生物學』(limnology) 『微生物學』(micrology) 『生命學』(ecology) 『海洋生物學』(planktology) 等學並有專著，蔚成大觀。

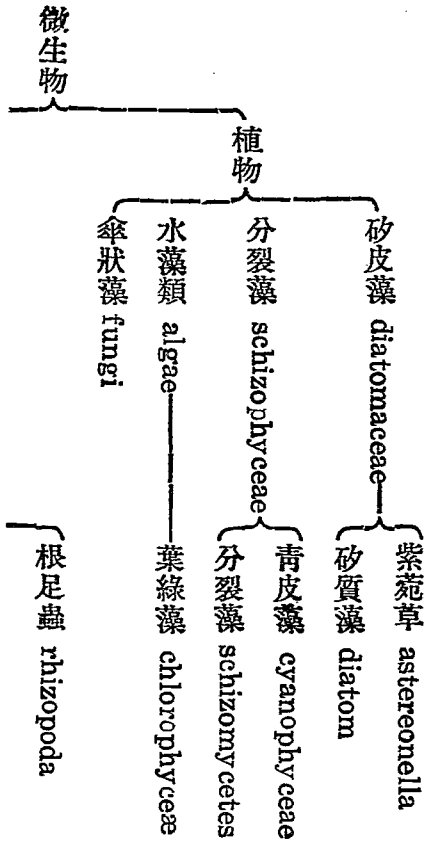
(67) 顯微鏡試驗之範圍——顯微鏡試驗水質，係詳察水中微生物之種類。水中攪雜之物——除微菌外——均考察之。或爲有機物，或爲無機物。最要者爲分別有機物之爲動物或植物，因以判斷有無陰溝水之攪入。其功效可分爲六項如下：

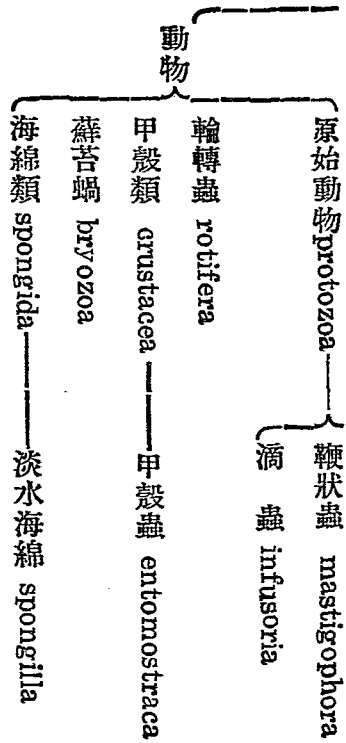
- (一) 證明不爽快水氣與水味之原因；
- (二) 證明水流自動化清 (self-purification) 進行之現象；
- (三) 申證化學分析所得各種物質成分之原因；
- (四) 證明攪雜陰溝水之現象；

(五) 證明水流之來源；

(六) 輔助考察魚蝦介殼及其他水中生物之食料。

微生物 (microscopic organisms) 包括一切用顯微鏡可以詳察，或目力所能窺見之水中生物；其身較微生物 (bacterial organisms) 稍大——無需用特別培養或染色以顯明之，或特別強力鏡頭始能窺見之。其種類可分動物及植物二類如下：





其他之有機物礦質細沙泥末鐵銹及膠胞生物均使水渾濁，已詳物理試驗。但無特別變化，故不重視之。

(68) 陰溝水之證實——顯微鏡試驗不能判別微生物之是否病原菌，然若發現多量陰溝內之排泄物，是為陰溝水之證明。若木片紙屑絲麻棉毛之纖維以及昆蟲鱗甲鬚毛皮殼，多出自住宅傾棄之埃垢。若腸內寄生蟲 (endoparasites) 之卵 (ova) 或身 (larvae) 如條蟲 (tania) 等，均出自人類及動物之屎糞。他若生殖於腐敗植物之青草蟲 (euglena viridis)，惟髒水中有之，即

不論其有害衛生與否，水之氣味及色已爲變惡。費伯(Whipple)氏有言曰『水有微菌或危及生命，有微生物亦足以變惡其氣味，而不適於飲用。』

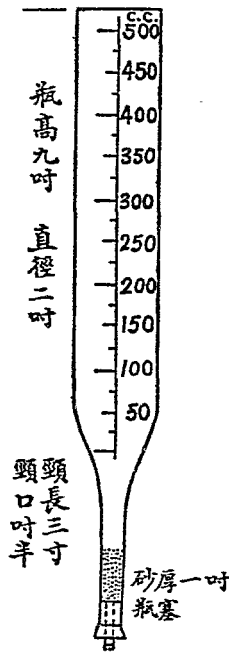
(69) 水流之自動化清——水流自動化清之進行，每於微生物狀態之變更，可以知之。腐敗之有機物即微生物之食料，各種微生物互相消長，遂使水質變潔。水中魚類尤吸收多數之微生物；水入魚口，而流經魚鰓，微生物全留於鰓，故水之微生物多者必有魚。賀白(Forsell)氏至言『無微生物則無魚』。魚食甲殼動物(蝦類)及蟲卵，甲殼動物則食輪轉蟲及原始動物，輪轉蟲及原始動物則食水藻及微菌，水藻吸收液化之無機物及氣質——由微菌分化動植物之機體而發出。牡蠣之食物則爲矽質藻(diatoms)及微生物絕，則魚自去。

(70) 化學分析之申證——化學試驗祇知有機物之數量(即燃化量見第五十六段)，而不知其種類。自衛生方面而論水質，辨別有機物之性質及狀態實爲重要。顯微鏡試驗辨別有機物之爲動物，抑爲植物，並可辨其係由生物組合而成，抑由分解之物組合而成。譬如安母尼亞蛋白質(albuminoid ammonia)過多，爲水濁之現象(參觀第五十四段)，顯微鏡試驗則可證明其係

何種微生物繁殖之現象。又如硝酸鹽(NO_3)類及單獨安母尼亞(free ammonia)之量忽然減少，或證明水質化清，顯微鏡試驗則證明此種氣體係為忽然發現之一種微生物——如青皮藻類——所吸收。水之硬度高者發出碳酸(CO_2)，砂殼類及原始動物每繁殖其中而吸收之。

(71) 顯微鏡試驗法——備一直徑二吋，高九吋，頸長三吋，頸口吋半之圓玻璃瓶，其容量為五百立方糲刻表於上如第九圖。頸

口加一有孔之橡皮塞(孔之直徑為一吋之三分之一)內置石英砂厚一吋(砂須能經過每吋有六十至一百四十眼之篩)是為『瀝水瓶』



第九圖 瀝水瓶

另置一銅邊玻璃底盒，銅邊深一耗，玻璃片面積一千方耗——其容量為一立方糲——是為『承水盒』(counting cell)又『顯微尺鏡片』(ocular micrometer)一為一圓玻璃鏡片，中刻有一種見方之十字格，均分為一百中格——每中格為一方耗，每中格又分二十五小

格——每小格曰「標準位」(standard unit)爲四百「買克倫」(micron)，每一「買克倫」爲一耗之千分之一。其法注水樣滿瓶而倒瀝之，微生物悉存瀝沙上，俟水樣瀝盡，傾瀝沙於杯，另加五立方糲蒸溜水細洗之——至沙中微生物盡洗水中爲止。滴一立方糲水於承水片，加顯微尺鏡片於上，置顯微鏡下而數每一標準位中之微生物數。

(72) 微生物與水氣——水之氣味因微生物而變化者，按其原因可分爲三：(甲)有機物或植物之氣多爲菜氣，泥土氣，微腥氣，及青草氣——如海濱植物(littoral plants)之菜氣，青皮藻類之生草氣，葉綠藻之魚腥氣，及矽質藻之芳香氣爲尤顯著。(乙)腐敗物之氣多爲屎臭氣，霉甕氣及其他不爽快之氣。(丙)生物或動物之氣多爲生氣(odor of growth)。動物之脂油每發生油氣——如魚肝魚則爲腥氣，有若煤油橄欖油薄荷油等氣味者則爲芳香氣。淡水海綿發王瓜氣。原始動物中如葵花瘤蟲(mallomonas)之紫花香氣(aromatic violet)亦極顯著。

(73) 生命學 ecology——各種下等有機物互相連帶之關係，及有機物之環境現象爲科學現所最注意者。淡水生物學(limnology)及顯微鏡生命學(microscopical ecology)於晚近

科學知識界佔極重要位置。河湖之物理現象——若水流、水波、水溫度、水清度——化學成分、有機物之沿革，以及其他生物化學、生物物理各問題遂為科學家及自來水工程師所特別注意。

第六節 水流與水質之關係

(74) 各種用途需要之水質——考察水質之目的已詳第三十六段。水之用途簡言之可分為飲料、住宅及製造之用。飲料之用不僅須氣味適宜，且須顏色清潔。礦水能補益衛生，然礦質成分之多少能合適衛生是另一問題。例如硬水含石灰質過多，有謂可生尿淋 (urinary calculi)；喉腫 (goitre)；癩痺 (gretinism) 等症，至今仍在爭論。然足以使腸胃不適則明甚。若水為酸性水或含二養化炭過多，每蝕鉛水管成養化鉛，其性極毒。鐵質雖不妨衛生而水之色味極不適口。飲料所最忌者為傳染病菌若傷寒霍亂等症。

住宅之用多為烹飪及洗濯。鐵質多者用以烹調，每化養葉菜蔬之樹皮酸 (tannin) 成黑色沈澱，既不適意；用以洗濯，則煊染紅色。水之硬者既費燃料，復費胰皂（見第五十段），極不經濟。製

造之用。如爲鹼性工業則忌酸性水，反之亦然；或水中礦質不適於一種工業者，是則視工業之性質而異。

(75) 天水之質——天水包括雨雪雹露之水而言。天水吸收空中之塵埃灰煙以及炭養炭等氣，卽安母尼亞硫酸碳酸亦有之。惟礦質絕少，故水性軟。地面之微生物——爲風吹入空中——亦挾之而下。然久雨之後，經雨沖洗，空氣較清。

(76) 地面水質——地面水流掃刷地面各種物質，收容沿岸居民所排洩傾棄者而下流。最爲危險者爲病原菌之傳佈。故大湖較小河之水爲潔，上流較下流之水爲潔。然其中穢質每能自動化清 (self-purification)。其最普通之原因：少數穢質散巨流中則形稀少；其質重者沈澱河底；植物之養料爲植物所吸收；動物之養料爲動物所吸收；日光養化每殺微菌；化學物質互相化合而沈澱；水藻及砂藻又各能吸收液化之無機物及氣質。其最奇異者，則病原菌如傷寒菌霍亂菌等，清水中無適宜之養料，而不能生存於清水，髒水中之腐敗物微菌 (saprophytic bacteria) 每生反應毒汁而毒死病原菌（詳第六十三段。）以上各因，俱使流動之水變化清潔。低溫度亦殺微菌。凍冰可滅

少水中微菌百分之六十至九十成。然病原菌如傷寒菌每能經凍數月而復活。其他植物亦有能耐寒者。故濁水中之冰，絕對不宜用爲飲料。

(77) 地下水質——水流經地層之滲濾，地面固體物質均爲滌除。惟地殼罅隙及地下動物（如蟻及甲殼蟲類）之穴道亦漏入固體之物質。地層中氣質鑛質每爲水流溶化——若鈣鉀鎂矽等鹽類是。其腐敗土壤多者：硫酸鹽變回硫化氫（ H_2S ）；碳酸鹽變回安母尼亞（ NH_3 ）；鐵質變回養化鐵（ Fe_2O_3 ）——地下水流中常見之鐵質菌（iron fungus）每生殖於水管及儲水池中；此種化學物均使水質變惡。安母尼亞遇地層中淡化菌（nitrifying bacteria）亦養化成硝酸鹽類（ NO_2 及 NO_3 ，見第八圖），然於潮濕地之酸性質多者，不生殖淡化菌，則無養化變化。故自水質而論地層構造之嚴密與否爲一問題，而地層地質之清潔與否爲另一問題。譬如井之離臭水坑近者，臭水坑之腐敗有機物質極易浸入井水中，則井水且較地面長流之水質爲濁，每有病原菌，微生物，氣質，及鹼基質之有機物等，而發生極濃之綠氣，安母尼亞，及硝酸鹽類等現象。但地層愈厚，水質較潔，此則自然之勢；若保護得法，不使外界之污濁浸入，可保持其清潔。地下水流中多含液化礦質

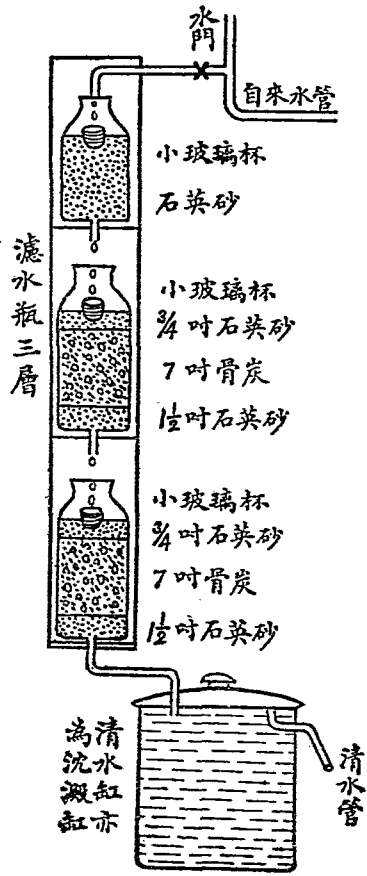
(soluble mineral matters) 繁殖紫苑草 (asterionella) 矽質藻 (diatoms) 等，若遮蓋日光不使射入，或加硫酸銅 (copper sulfate) 可以遏止之。自來水源若為地面水流，水管中每繁殖原始動物 (protozoa) 及蘚苔蝸 (bryozoa) 地下水則無之。

(78) 水流中之微生物——矽質藻繁殖於春季，水淺處為多，水深光暗處則數少。葉綠藻以夏季為盛，青皮藻則在夏末秋初。傘狀菌每於夏秋間繁殖湖沼之底，原始動物終年有之，以春為盛，夏秋亦有之，冬季則鮮。輪轉蟲亦繁殖於夏秋之間。甲殼蟲則視種類而異——視水性之適宜者而留殖——各種之發育時期不同，大多以春為盛，夏秋較鮮，冬季則間或有之。茲檢費伯氏檢查美國麻省水流之狀況，按水流之分別，其每立方糲水中所含各種微生物之標準位數，分至少數普通數及最多數列表於下，藉以知各種水流常易發見之微生物。

		泉水	井水	儲水池	河水	池沼
矽皮藻 diatomaceae						
少至	0	0	55	3	110	
普通	15	0	600	20	800	
多至	455	5	3193	77	1917	
葉綠藻 chlorophyceae						
少至	0	0	0	1	17	
普通	0	0	50	15	100	
多至	180	2	238	25	300	
青皮藻 cyanophyceae						
少至	0	0	0	0	9	
普通	0	0	50	2	80	
多至	3	1	604	43	218	
傘狀菌 fungi						
少至	0	0	0	2	0	
普通	0	50	3	50	6	
多至	2	3130	8	165	18	
根足蟲 rhizopoda						
少至	0	0	0	0	0	
普通	0	0	1	0	1	
多至	0	0	4	1	2	
滴蟲 infusoria						
少至	0	0	4	1	4	
普通	0	0	100	5	70	
多至	1	1	400	75	665	
輪轉蟲 rotifera						
少至	0	0	0	0	0	
普通	0	0	1	0	1	
多至	1	0	2	0	2	
		泉水	井水	儲水池	河水	池沼

(79) 水流中之傳染病——水流常傳佈人類及動物之腸內寄生蟲(endoparasites)——或爲蟲(larvae)或爲卵(ova)——若帶形條蟲(taenia solium)圓形蛔蟲(ascaris lumbricoides)線形長蟲(oxuris vermicularis)貧血病之吸血蟲(anchylostomum duodenale)等。其生殖於水中者曰水性病菌(water-born disease)如傷寒症(typhoid fever)之傷寒菌(bacillus typhosus)及霍亂症(asiatic cholera)之霍亂菌(cholera spirillum)無水數小時卽死。其若傳染於喉者有白喉(diphtheria)及猩紅熱(scarlet fever)其侵入皮膚或臟腑者有癰疽症(anthrax)之癰疽菌(bacillus anthracis)及肺癆(tuberculosis)其侵入腸胃者有腹瀉(diarrhoeic)及腹膜炎(intestinal catarrhs)水流均傳佈之。他若痢疾(dysentery)之由於動物腸內寄生之變形蟲(amoeba coli)及瘧疾(malaria)之由於花翅蚊(anophelos)雖未能證實水實傳佈之。然水或傳佈其蟲之卵與蛹。水流若清潔，必不致發，此可斷言也。若有此類疫症發生，可用化學藥品熱氣電流以消毒。硫酸銅漂白粉爲最常用之物。其用煤油以殺蚊蠅尤爲毒烈。最近之用臭養氣(ozone)及醇精(ether)效力甚著，但爲費較巨。其最慎重且簡便者莫若用

牛孔氏 (Newcomb) 之家庭濾水器 (參觀第十圖) 水經濾三次再沈澱之, 不虞不潔也。



第十圖 牛孔氏濾水器

(80) 試驗法之選擇——四種試驗法各有所長。若為測驗有無陰溝水, 須用化學及微菌試驗。若為考察水之合乎飲用與否, 則以物理及顯微鏡試驗為最要。若為考察水之合乎工商業用與否, 則用物理及化學試驗即足。家常試驗: 可注水於玻璃瓶, 加純潔白糖少許, 置日光下晒之。水之清者, 歷日累月不變色, 若發生乳質渾色, 是為攪有陰溝水之現象。

第五章 收集水流

第一節 總論

(81) 收集水流法之分類——按水流之分別，城市附近地面水流之清潔者可直接取用之。如河湖之水不潔而附近流域居民稀少者，可掘儲水湖(imponding reservoir)以吸引流域中之水流而用之。如附近地面水流均不潔，則須設法吸取地下水。如井泉暗渠之水以爲用。其取水之法，如水流在高原而城市較低者，可藉地心吸力用管直達於居民。如水流低者則須用打水機吸引之。擇附近高原建積水池(reservoir)，於平坦之地則建水塔高出城市之上，打水入積水池或水塔再藉地心吸力用管轉達於居民。其城市大而居民多者，每小時用水率無大變更，亦可用強力打水機，打水直達用戶。

(82) 各種方法之比較——藉地心吸力用管引水直達用戶之法管理較易，但須得天然地利，若高原距城市過遠，建築長距離之引水管為費極巨。普通平原之小城市多建水塔，減少機械工作之時間，而節省經常費用之預算。若高壓力打水機直接送達居民之法，惟在大城之每小時平均用水率均勻者，始可用之。如清潔水源不易求，亦可分別水源之清者專供飲食烹飪，其他洗濯及製造之用另引易得之水流供之，則雖稍濁亦無害，而為費較省，是曰「並行系」(dui system)。

(83) 資本之限制——自來水既為公衆而設，其經費全視居民平均擔負之能力而定，而實以限制水廠規模之計畫。經費多者自能力求全備，少者只有因陋就簡，然亦可創設簡陋而擴充詳備以調劑之。經費可分為創辦管理及修理三項。分配之法，管理費每年大約相同，至多不能過資本之利息，則『資本×利息率=管理費』或『資本= $\frac{\text{管理費}}{\text{利息率}}$ 』。修理費則因年遞增，假設修理費等於創辦費之複利息，則

$$\text{創辦費} \times (1 + \text{利息率})^{\text{年數}} = \text{創辦費} + \text{修理費}$$

$$\text{或 修理費} = \frac{\text{創辦費}}{(1 + \text{利息率})^{\text{年數}} - 1}$$

故投資總額可按下列公式規定之

$$\text{投資總額} = \frac{\text{創辦費} + \text{修理費}}{\text{利息率}} + \frac{\text{管理費}}{\text{利息率}} + \frac{\text{創辦費}}{(1 + \text{利息率})^{\text{年數}} - 1}$$

譬如一廠之建築費估計為五萬元，預計之管理費為每年五千元，建築保險係三十年，銀行存款年息五厘。則所須招集之資本可按公式推求如下：

$$\text{額定資本} = 50,000 + \frac{5,000}{0.05} + \frac{50,000}{(1 + 0.05)^{30} - 1} = 165,000 \text{元}$$

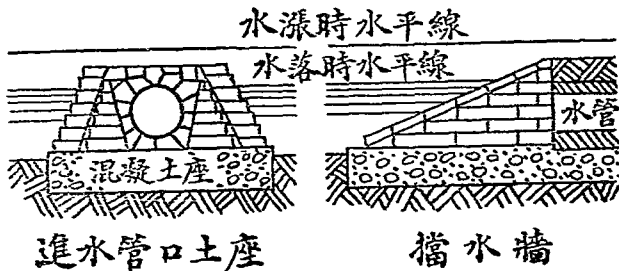
第二節 地面水流之收集法

(84) 工程之要點——收集地面水流工程應注意之點有四：(一) 工程須堅固，稍有閉塞，

水源立絕。(二)水管進口之點水質須清潔。(三)魚蝦泥沙及浮漂之物須設法阻擋之。(四)建築須經濟。簡言之，進水管之工程即為(一)安置進水管。(二)保護水管口——如水門及篩籠等類。

(85) 河水收集法——進水管須安置於河之水流，以免接收本地居民之排洩物。伸入河之中流，以不著岸邊之穢穢為度。居於水淺時水平線之下，以防旱季水落。墊以混凝土座，以防沈陷。覆以泥土，以防損傷。於管口之兩旁，建擋水牆分張如翼，以收集水流。管口掩以篩籠，以瀝除水中動植物。再加鐵木之格子，以阻擋較大之物衝進管口。普通用於地面水源之打水機多為低壓力，只能吸水於水面上二十呎以內。若水漲落時之水平線相差在二十呎以外，則須鋪設斜坡鐵軌於岸邊，溜動水機之地位以就水平線。

(86) 湖水收集法——與河水收集法相同。但湖水流動之方



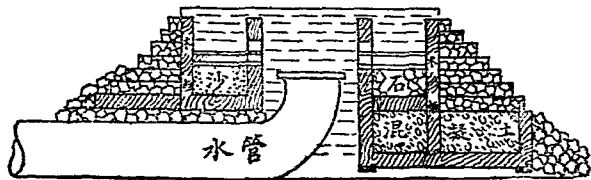
第十一圖 進水管

向全在湖口之地位，不依中流而行。故管須伸入湖心——距四周之岸較遠——始能免除附近居民之排洩物。且湖中風波翻動，水流之質較劣，故管口須埋於水面下：水淺者約為二十尺，水深者或至五十尺。或挖溝於湖底，埋管其中，籠鐵絲罩於管口（如第十二圖）上覆沙石——深者四尺——以瀝去渣滓。此法尤為通行。

（87）冰塊之防護——於河水不凍之處，每有冰塊凌末結於水中，若掛滿篩籠，則封鎖管口，以至脹破水管。然冰面下之水流則無之。故管口宜埋於結冰之水面下。或置浮木排筏於近管口處之水面，以掩護水面為冷風所吹激，亦可免除冰塊之結合。

第三節 地下水之收集法

（88）工程之要點——測量地下水之區域，掘穴以截留之而成井泉。收集地下水之要

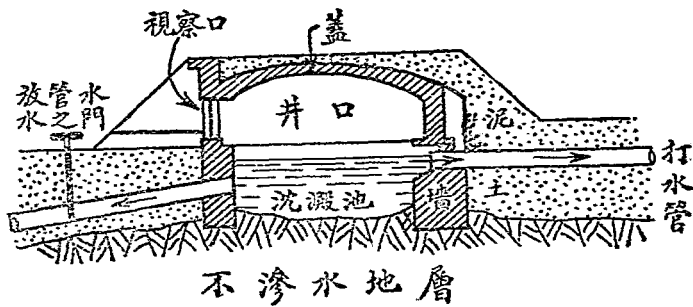


第十二圖 水底管口罩

則為(一)保護水眼不使髒水得隙浸入，(二)水眼應如何建築始方便工作，及(三)如何可使水流量增加之法。

(89)普通收水池建築法——圍水眼築堅固之牆，高出地面，砌頂其上，僅留一穴以備視察之道，再加以蓋。遮蓋嚴密則池外之髒穢無由得入。無光線故池內亦不易生殖有機物。打水管安置於水面下。水管口下之池所以收集泥沙沈澱(參觀第十三圖。)池底上另置放水管——有水門節制之——以備沈澱多時換水之用。水面上另置溢水管——通於陽溝——以備水盛時漲溢之虞。普通小池，用磚牆加一石蓋即可。如為大池，則建築須較堅固，上覆土厚二三尺，以免損傷。山坡之泉可用水管引之於池內。礦泉及風景泉多無蓋，不在此類。

(90)增加水流量法——如明泉之泉眼小而多者，可建長



第十三圖 普通收水池構造

溝形之池，會諸泉爲一，以節經費。若僅一大泉，有時伸池入山內，無可多截取滲水地層之水流。其爲暗泉或自流井，可打數井，而封周圍各井，祇用中間一井；則中間之井水——因氣壓膨脹及毛管現象——將特別漲高。建直徑二十尺左右之圓池，深二十尺或三十尺，砌尖頂於上，可得極充足之水量。

(91) 打井法——打井所用之管曰井管 (well tube)，分封口及開口兩種。封口管爲直徑一吋或四吋之空圓管，下端一節有無數小孔，其端收束尖銳。用槌擊入地下至見水流而止。接井管之上端於抽水機卽成一井。但祇能用於鬆土及沙層之在七十五呎以內者。硬土及沙層深七十五呎以外者，則須用開口管。管爲熟鐵製成，下端亦有無數小孔，但爲開口。用高壓力擊管入地下，隨時抽出管中之泥沙。或用水洗出之，則土質爲水沖鬆，尤易打入。此法可打入百呎以下。若用水壓力打鋼質管，可深至一千餘尺。鋼管加螺旋鑽，用汽壓力旋轉之，可深至三千呎。蜀人自古卽有千餘尺之鹽井煤氣井，自竹管打眼，工程極慢。日人土法亦用竹管，但加用機械，爲法較速，終不及鋼管利銳。

(92) 收集地面水流於地下法——如爲沙底之河湖，其水流充足而不潔者，掘井或溝於河

湖之旁，或掘隧道於河湖之底，支以木桶，則地面水流滲入木桶內，而成極清之水源。

第四節 儲蓄水流法

(93) 儲蓄湖之容量——第三章已詳論水流數量之變遷。湖用以儲蓄水多時之餘水，以調劑旱年供給不足之用者，曰儲蓄湖。計算儲蓄湖之容積，其要素有三：(一) 視所擇水流每一時期之平均水流量，與(二) 同一時期所需之用水量相比較，而後估計(三) 儲蓄湖所得以儲蓄，及所應儲以調劑旱年之數量。普通儲水法，多置壩橫斷水流，以阻遏至一定之深度，或利用天然湖澤以儲蓄。但天然湖澤儲蓄之水流視湖面與河水面高低之比較而宣洩，與其容量無大關係，故間或不可憑恃，則另掘池以儲蓄較為穩確。如一流域中有數儲蓄湖，則求居上流之湖之容量，減去旱季之供給量，并其餘剩之量於下流之湖之容量，是為下流之湖所得以儲蓄之容量。

(94) 地點及建築——儲蓄湖適宜之地點，為距城市不遠，而地勢高出城市上之山谷。谷內面積廣闊而山坡峻峭者，盛水較多。築壩於谷口，以橫鎖水流，如谷口收縮狹小者，則工程較易。谷內

地面須以不滲水地質爲佳，用免滲漚，否則須築緊之。沿湖周圍須禁止妨害衛生清潔之行動，如傾棄垃圾等。湖內生殖之水藻，尤須隨時撈去，以免發生不適宜之氣味。壩上設閘，以備湖中沈澱物多時放水沖洗之用。

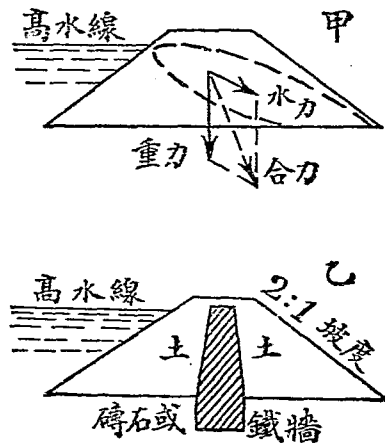
第五節 節制水流量法

(95) 節制水流量法之分類——水流漲落無定，而供給水量則爲一定，故須設法節制水流爲一定之數量。節制之法有閘有壩，閘爲宣洩水流而用——或爲兩扇關合之門，或爲上下推動之板——普通壩上亦多設閘。壩所以阻遏水流，至少截留水流至一定之深度，有用土堆，有用混凝土築，亦有用木石鋼鐵構造者。茲分論於後。

(96) 土壩——於河之下流堆土橫斷之，是爲土壩。築壩之土須爲細末均勻乾燥且無有機物質，築緊後不易滲漚爲度。土壩純借土堆之重量以抵抗水力，故土堆須大至水力不能沖動爲度。如第十四圖之(甲)重力向下，水力向右，則合力偏向右下方；如合力射出壩底之外，則壩身將爲

水力所推翻，故壩底之邊須較合力為遠。若合力注射於壩底三分之一之中間，較為穩固。壩身兩面之坡度至少須為三十度，土堆始不崩瀉。普通坡度約為二比一，即每進二尺堆高一尺。其水流激湍者坡度尤須加寬。但土質不耐洗刷，故土壩祇能用以阻斷水流，而不能讓水流越過壩頂，其高度須高出水流極高時水平線之上，始能保全。土堆易為水沖散，故祇能用於深二十尺以內之水流。再高則佔面積過大，亦不經濟。亦有築磚石或鐵質牆於壩內以支撐之者（參觀第十四圖乙），尤為穩固。

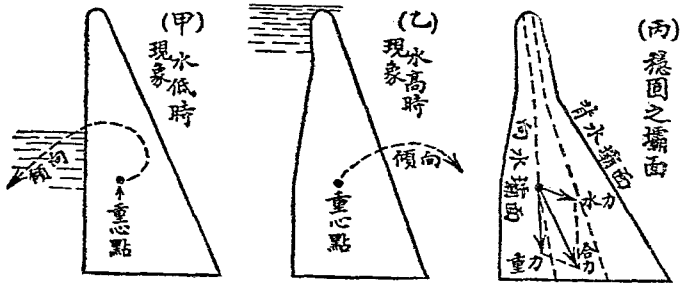
(97) 泥水壩——為用磚石或混凝土築成之壩。用於需抵抗力較大之深水流。其質較土壩為重，須有堅固岩石地層之壩基，始不致陷落。因其堅固團結不易崩瀉，故向水壩面無妨峻削，背面壩面則須稍有坡度——在四十五度至六十度之內——以抵抗水力之推翻。可用以阻斷水流，亦



第十四圖 土壩

可用以截留水流至一定之深度——則壩頭須隨水流之勢作曲線，是曰堰。其為極高之壩，則須顧及水高及水低時兩種現象。水低時水力每沖動壩身下部，使壩上浮而傾翻水內（參觀第十五圖甲），則向水壩面下部之坡度須較大。水高時水力或沖動壩身上部，使順水下流翻倒（參觀第十五圖乙），則背水壩面下部之坡度須較大。故高壩之上部無妨峭立，其下部則兩面均須坡斜，尤以背水面之坡度較向水壩面為大（參觀第十五圖丙）。百尺以外之高壩以混凝土壩為最穩固。

(98) 木料岩石及鋼鐵之壩——如為暫時之用，可架木如壩，實以石土。壩頂之常在水面下者，木質不易腐爛，亦可用木壩，但須偶換其表面之損傷木料。土壩為質較輕，壩基地質選擇不苛，此尤特長。其在產生石料之地，亦可疊石成四十五度斜坡之壩面，實以泥



第十五圖 高壩之坡面

土，掩以木板或鐵板，耐用甚久。此種壩雖在流水中亦可動工，爲其特勝之處。但爲質極重，壩基須爲堅固岩石地層。

土壩磚壩石壩混凝土壩等，每用鐵料支撐或掩蓋之。但於地基不固及壩頂露出水面之處，亦可築混凝土壩之基，搭鐵架於上，爲工輕巧易集。如爲六十尺高之壩，用混凝土築成者每長一尺重八萬磅，鐵壩祇重八千磅——卽混凝土壩重量十分之一。但鐵板有隙孔時，水中不易修補，此其弱點。以其爲質過輕，高過百尺，亦不易穩固。

第六章 清潔水質

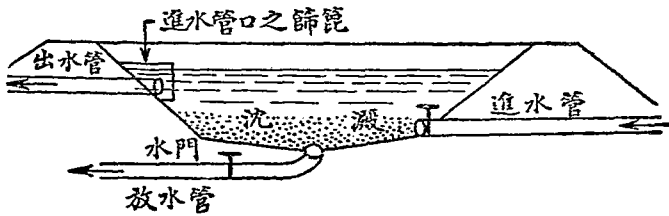
第一節 沈澱法

(99) 清潔水質法之分類——水中不潔之質，有爲固體渣滓，有爲液化之有機及無機物。固體渣滓可沈澱或瀝濾除之。液質混合物則須化成固體而後瀝出之。其有病原菌者，亦可用消毒法殺死之。方法繁多，按其原則可分類如下：

- 甲 沈澱法：(一) 慢性沈澱，(二) 凝結沈澱；
- 乙 瀝濾法：(一) 慢性瀝濾，(二) 急性瀝濾；
- 丙 特別法：(一) 軟化法，(二) 去鐵法，(三) 養化法，(四) 電流分解；
- 丁 蒸溜法

戊 消毒法：(一)化學法，(二)電氣法，(三)熱汽法。

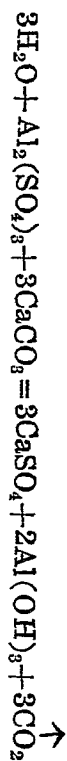
(100) 沈澱池——築長方形池，其土牆坡面約為二比一，其底中溜成漕形，通於一有水門之放水管。其進水管置於池底之一端，於對端之水面下置出水管（參觀第十六圖），管口護以篩籠。水自進水管放入池，而由出水管流入自來水管。水中固體重者，流經池中，沈澱池底。其質輕者，浮於水面，為篩籠所阻而存池內。若池中渣滓積多時，可開放水管之水門以沖洗之。如僅用一池，則進水速率較出水為慢，以能流經池中二十四小時為度。如用數池，可輪替為用，進水速率無妨稍急，俟池滿即關閉進水管水門，水停池中若干時再放之；有停半日或一日者，有停三日者。數池輪替為用，如有意外，不致停止工作。沈澱池之容量，至少須為沈澱時中預計之用水供給量，普通增大五成，用防意外之需要。儲水湖之壩頂常在水面下者，其功效與沈澱池同。若水能存池中二十四小時，可除去固體渣滓十分



第十六圖 沈澱池

之六七。較輕小之物仍不能除去，沙瀝池於此點較優。沈澱池佔面積極大，急性沙瀝池較為經濟。

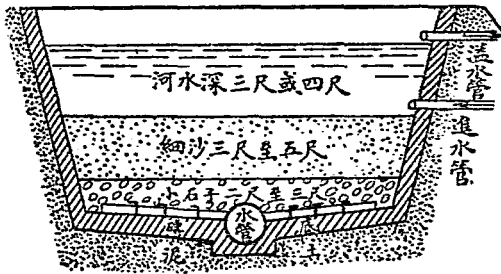
(101) 凝結沈澱法——水中微細渣滓及乳質沈澱之礦質，可加化學物品使之凝結沈澱。普通常用者為硫酸鹽之鋁鉀等類（俗稱明礬）。硫酸鹽與水化合成鹽酸鹽類，為一種膠性之沈澱。水中乳質沈澱物如碳酸鈣碳酸鎂類，吸收硫酸變硫酸鹽，亦復沈澱。



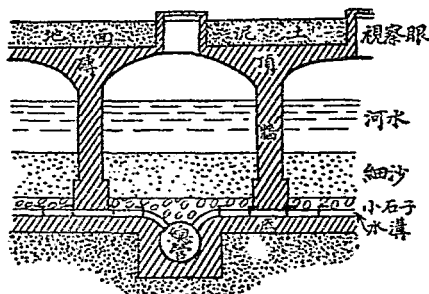
僅餘炭氣存水中。每一種硫酸鋁可凝結八種碳酸鈣，其效力極大。但水中餘存之炭氣變成碳酸（ $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{CO}_3$ ），易蝕鐵質物如水管等，須揮發出之。鹽酸鐵（ $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ）或石灰（ CaO ）亦可用，其效力與明礬同。但鹽酸鐵為值極昂，若能用電流發生之較為經濟。水如過硬，須另加碳酸鈉（ Na_2CO_3 ）以軟化之，法詳第一一一段。

第二節 慢性瀝濾法

(102) 慢性沙滲池之建築法——累沙石於池底成滲水層，注水其上，藉天然之地心吸力滲濾過滲水層，而後用之，是曰慢性沙滲池。池或用土築，或用磚石及洋灰鐵筋；土池牆基闊厚，佔地面較大；混凝土質佔地面小，較為經濟。池基土質須緊密不滲水。上鋪磚底由兩邊向中斜下。於凹陷之中，溜置總出水管，由總出水管再向兩旁分出小水溝無數行，溝與溝距離約十尺（如第十七圖。）溝上覆二十三耗粗碎石一層，再加八耗粗石子一層，又加三耗粗石子一層，共厚二尺或三尺。再上又加約半耗粗石英沙一層，厚三尺或五尺是為沙滲層。於沙層上置進水管。放水深三尺或五尺，視滲濾之快慢而增減。水



(甲) 無蓋慢性沙滲池



(乙) 有蓋慢性沙滲池

第十七圖 慢性沙滲池

面上置溢水管，以防膨溢。溢水管於進水管，故溢出之水仍可返流歸池。池底另置放水管，通於溝洫，備洗池之用。沙瀝池可瀝去一切渣滓及一部分之微生物、微菌等。爲遏止微菌或水藻之繁殖及凍冰等弊，多有加建頂蓋於池上者（如第十七圖乙），則牆須堅固，上留一穴，用爲視察之道。

(103) 沙瀝池之效率——滲瀝之快慢曰速率。歐人按每日瀝水積深之呎數計算，英人按每日之呎數計算，美人按每呎面積每日之百萬加倫數計算，美人之每呎每日一百萬加倫約合英人之每日三·〇七七呎，歐人之每日〇·九三二二呎。速率視沙瀝層之通塞及收水溝之平坡而異。慢性沙瀝層之速率有慢至二百萬加倫者，有快至八百萬加倫者。大概愈快則瀝濾愈不完全，過慢則池之容積須增大，又不經濟。故普通多定每呎每日三百萬加倫爲標準，然水源之清者亦可快至二千萬加倫，不可執一均論。急性沙瀝池可快至一萬二千五百萬加倫，是其特長。

比較未瀝前及過瀝後每一立方糶水中微菌數之百分率曰微菌效率。水中微菌雖不能瀝盡，亦可以減少。微菌或生殖於沙層中，或生殖於暗處如水溝內，不易察見。自來水微菌學家特選腸兆菌 (*Bacillus prodigeus*) 及大腸菌 (*Bacillus coli communis*) 二種爲標準。美人謂每立方糶

清水中可含微菌二十個，德人之法定標準則為每立方糶飲水中至多可含一百個。但效率係按百分率而論：沙瀝池之佳者，其效率約為百分之九十九，即每一百微菌可瀝去九十至九十九個。若效率高至九十九而每立方糶水仍超過一百微菌者，則水源決不可用為飲水。

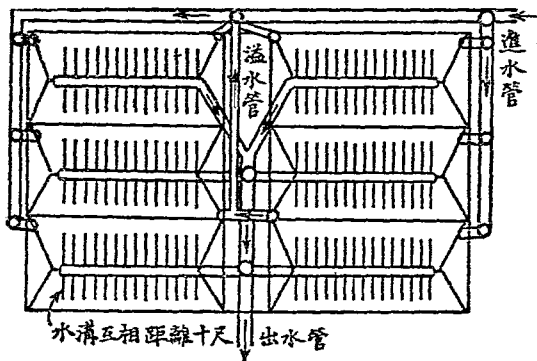
衛生效率係按病原菌而論。病原菌不易於試驗水樣中發現，但由用水戶之發生傳染水性病症數比較，亦可測斷之。

(104) 慢性沙瀝池之容量——用瀝水速率除用水供給量，即為沙瀝池之容量。若先用沈澱再行瀝濾，則可增加速率，減少容量，以節經費。普通無蓋池之面積多為一畝或畝半，有蓋之池約半畝或一畝。池數可以加多，而池之容積不可再大，否則工程不易管理。至少須有兩池，以便防備意外及修理工作。為省牆及水管起見，池宜分行相對排列，故水管易於集中（參觀第十八圖）。水溝有用四吋或八吋之瓦管，或架磚埤，或疊瓦片以為之。可選就地易得價值最廉之材料用之。

(105) 換沙法——沙層所以瀝水清潔，但沙層用久，沙中積多微菌及有機物，則水質且較未瀝者為濁。故須時常試驗，如發現每一立方糶水中多過一百微菌時，即須刮出上層之沙一吋或三

時，刮過一呎時，即須添加新沙。加新沙後，先以熱汽或化學物消毒，由出水管壓回清水高約三尺而沖洗之，開放水管水門放出洗沙之水，始可照常工作。無蓋之池亦須時常換沙，以防結冰等弊。換出之沙，洗潔後仍可再用。普通每五六星期換沙一次，如水極濁時或數日一換。換沙需時極久，既費人工，復需較大之容量，殊不經濟，急性沙瀝池免去此弊。

(106) 特別瀝層——德人用碎玻璃及石英沙燒成三呎見方厚八吋之磚，層疊砌之以瀝水，其速率亦為每噸每日三百萬加倫，但不適用於渾濁水。美倫 (Maignen) 氏用粗石子及鐵滓上覆以壓緊海綿，打水由池底反沖上溢出海綿面，其效率約為百分之六十，其速率約為每噸每日六千萬加倫，有疊一層三吋粗石子及四層吋半粗鐵滓，每層間以石板，共厚二呎，再加一層吋半粗鐵滓，上覆八吋厚壓緊海綿。其速率約為二千八百



第十八圖 沙瀝池水管統系圖

萬加倫。英人用骨炭末及沙或骨炭磚以瀝水，用於含多量有機物之水，效率亦甚著。

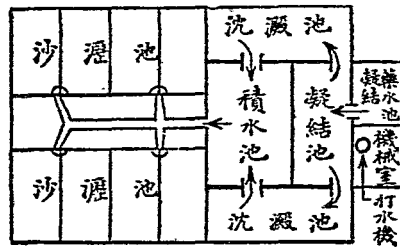
第三節 急性瀝濾法

(107) 急性瀝濾之原則——急性瀝濾因其瀝濾率之迅速得名，普通每噸每日可瀝水一萬二千五百萬加倫。其省時之故有三：(甲)用第一百零一段所述之凝結藥品以凝結水中之微細物質，便於篩瀝；(乙)用機械洗沙以省人工及時間；(丙)沙層隨時翻洗，效率增大。因其速率增加，故池之容積減小，尤為經濟。但增加機械設備費及凝結藥品之經常費。一完好急性沙瀝池之效率每達百分之九十九。若不用凝結藥品，效率約為百分之五十至六十。

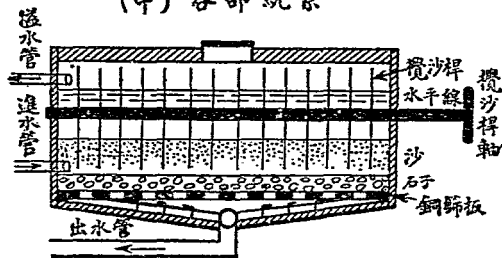
(108) 急性沙瀝池之建築法——池分五部：(一)為凝結藥水池，所以配合凝結品之藥水；(二)凝結池為進水管所由入而與凝結藥水配合之所；(三)沈澱池為較重物質沈澱之所；(四)積水池所以積儲後之水流；(五)沙瀝池為瀝濾之所。各池均有蓋，所以摒除日光。前四部池與第一節同，無庸贅述。沙瀝池形如慢性沙瀝池，惟水溝之上覆以有細孔之銅篩板（參觀第十九圖）。

孔大約一耗，又加十耗至十五耗之石子厚約六吋，再加三耗至四耗粗之石英沙一層厚二吋半或三吋，水深約十呎，池中有橫軸一，軸上有無數鐵桿——當軸轉動時，桿端須能及沙層之底——用以攪沙。進水管來自積水池，位置於沙層之底。溢水管位置於水面上。放水管位置於池底，通於池外陽溝。出水管接連水溝，通於清水池或自來水管。水自積水池流經進水管以入於池，瀝經沙石篩板，為水溝收集會總於出水管，而歸於清水池。沙瀝池之容積約寬十五呎長二十呎，深二十呎。多用洋灰鐵筋築成。

(109) 圓沙瀝池——亦有用木條鐵板作成直徑十五呎之圓池者。則於池中心立柱軸，軸頂



(甲) 各部統系



(乙) 沙瀝池

第十九圖 急性沙瀝池

有傘蓋，攪沙桿掛於傘蓋之下。於池頂置偏心輪以旋轉立軸，則攪沙桿亦隨之旋轉。立軸用力較橫軸爲小。其餘構造與長方形池同。

(110) 洗沙法——自出水管反壓水入池，上沖篩板石子以至沙層。同時翻動攪沙桿攪沙痛洗。然後開放水管水門放出濁水。亦有不用攪沙桿而自放水管打入空氣以沖激沙層者。其效與攪沙桿同，但只宜於圓池。

第四節 特別法

(111) 軟水法——水之含有鈣鎂鋁類者，或爲碳酸鹽，或爲硫酸鹽，不易溶化，曰硬性水。碳酸鹽類經熱即分解成養化鹽及炭氣：



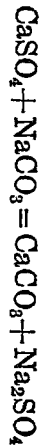
是曰暫時硬性。若加生石灰(CaO)，石灰見水成含水石灰(Ca(OH)₂)



含石灰與水中炭氣化合成炭酸鈣



炭酸鹽類沈澱而出，可瀝除之。硫酸鹽類見熱成膠質，不能分解，是曰永久硬性。可加炭酸鈉（俗稱鹼灰）則



炭酸鈣沈澱而出。硫酸鈉溶化水中，不爲人害。如爲硫酸鎂，則須更加生石灰。其變化如下：



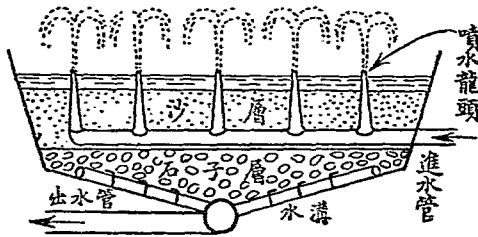
鹽酸鎂及炭酸鈣均沈澱而出，可瀝除之。

或用沸泡石（neolite 含水矽酸鹽類）則膠質之硫酸鹽亦可化成固質之矽酸鹽，沈澱而出。用於小自來水廠尤爲合宜。

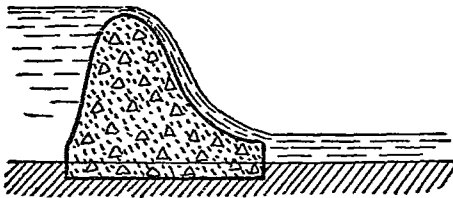
(112) 去鐵法——水中含有養化第二鐵（ Fe_2O_3 即鐵銹）者，可以沈澱或瀝濾法除之。若爲養化第一鐵（ FeO ），則溶化水中，爲鐵質菌（*crenolix*）之滋養品，繁殖於暗處——若瀝水池及

水管內，發生腥氣及澀味。普通用噴水池散佈水於空氣中，或用流水壩使水多見空氣，則第一鐵養化成第二鐵如 $2\text{FeO} + \text{O} = \text{Fe}_2\text{O}_3$ 。或成鹽酸鐵如 $2\text{FeO} + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{Fe}(\text{OH})_3$ 。養化鐵及鹽酸鐵均沈澱而出，可瀝除之。水中含養化鐵及鹽酸鐵多過每立特中半耗時，用於洗濯，易洗紅黃色。如自來水去鐵未盡者，置靛青少許於洗濯物中，可調和其色。

- (113) 鐵化法——水之炭氣及養氣並為有機物之養料。若置鐵於水中，鐵吸收炭酸成炭酸第一鐵 (FeCO_3)，又吸收養氣成鹽酸鐵 ($\text{Fe}(\text{OH})_3$)，可以凝結水中之炭酸鈣等類。有用鐵板攪水者，有雜鐵滓於瀝層中者；其法不一。硬性水中則不宜用，否則徒增加其硬性。
- (114) 養化法——水中腐敗之動植有



第二十圖 噴水池



第二十一圖 流水壩

機物發出臭氣之亞硝酸鹽(NO_2)、安母尼亞(NH_3)、養化第一鐵(FeO)等類。若吸收空氣中養氣，即養化成強硝酸鹽(NO_3)及養化第二鐵(Fe_2O_3)。養化之法，或推廣水面，或攪動水流，或用噴水池(參觀第二十圖)或用流水壩(參觀第二十一圖)均可。尤以噴水池為最著。

(115) 電氣分解——用電流分解水發出輕養電子(hydroxyl ion)與鐵鋁等化合成鹽酸鐵($\text{Fe}(\text{OH})_2$)、鹽酸鋁($\text{Al}(\text{OH})_3$)。可凝合水中乳質沈澱。其費且較用製成之鹽酸鐵鹽酸鋁為廉。

(116) 蒸溜法——加熱蒸發水汽，收集之成爲極純潔之液質。再攪動之以散出水中氣質。此水毫無礦質及微菌，用於化學微菌等分析，最爲適宜。用爲飲料，則不適於人生環境。但於不能得淡水之處如在海中，亦可蒸溜海水爲補救。

第五節 消毒法

(117) 化學法——凡化學混合物之有毒性者，均可用以殺菌。但爲飲料之用，總以能殺微菌

而不致傷人生理爲主。茲舉數則如下：

漂白粉即綠化石灰 (CaOCl_2) 爲一種鹽酸鈣 ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) 綠化鈣 (CaCl_2) 及次亞綠化鈣 ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$) 之混合物。雖極少量即可殺菌於數小時，多餘者可以亞硫酸鈉 (Na_2SO_3) 中和之，致變化水質之氣味，惟稍加硬性。

過養化輕 (H_2O_2) 爲用亦廣。每一萬成水中加一成即可殺霍亂菌於五分鐘內。每一萬成水中加二成可殺傷寒菌於二十四小時內。如一千成水中加一成可殺死水中所有各種微菌。

硫酸毒爲性尤毒。每二千萬成水中加一成即可殺死微生物。每八百萬成水中加一成可殺紫菀草。若每二百萬成加一成可殺死多數微菌。但其毒性亦有害於人人生理，故不宜多用。

餘如硫酸硝酸純粹綠氣火酒煤油等均可用。用四錳酸鉀或漂白粉以殺蚊蠅，其效率尤爲顯著。

(118) 加熱法——燒水至攝氏六十度，可殺多數微菌。如煮至沸則病原菌——如傷寒菌霍亂菌等均死。但此法不適用於自來水廠。若盛水於箱，封蓋嚴密，用每方吋六十磅壓力打熱氣入箱

至二小時半之久，可昇水熱度至華氏二百十度，則水中微菌全死。此法用於自流井最爲合宜。

(119) 電氣法——用五千至二萬弗打 (volt) 之交流電發出之臭養氣 (ozone) 爲一種淺藍色三養化合物 (O_3)，可殺死一切有機物。其氣質不爲水分所吸收，故用之無妨於水質。松節油 (turpentine) 與養氣相遇，亦發生臭養氣。

若爲鹽質水如海水等，可用電流分解之。綠化鹽 (chlorid) 變成次亞綠酸鹽 (hypochlorite) 如次亞綠酸鈉 (sodium hypochlorite) 爲性極毒，殺菌效力極著。

(120) 強紫光電——流水經玻璃管內，用水銀弧光電燈 (mercury arc-light) 發強光線 (ultra-violet light) 以照射之，其殺菌效力爲最強。但爲費極昂，頗不經濟。

第七章 轉運及分送水流

第一節 轉運水流

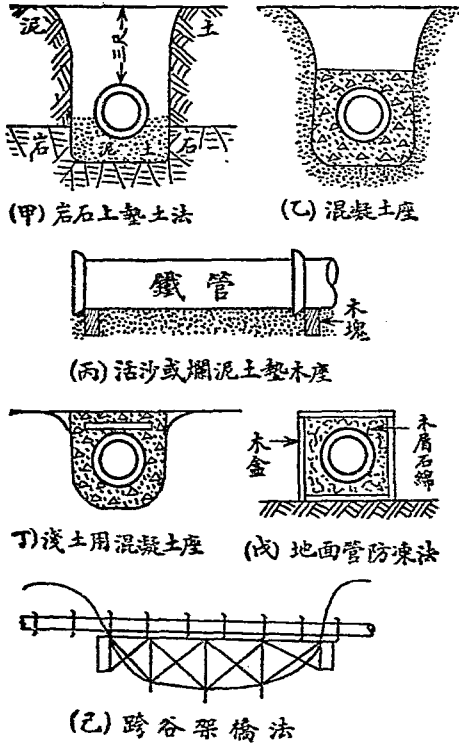
(121) 水管之選擇——視環境之順逆，壓力之大小，及材料之便給，而選擇水管之材料。如不用機械，純借地心吸力而下流者，自以運河為最經濟。但為保護水質，免除髒穢，須用水管。如地勢順利，水流洪巨者，可砌磚為管。如壓力較大，水流激湍者，可用混凝土鐵筋管——其值較鐵管為廉；但地基須為堅固地層，庶免陷落。產木之區，其管理地下，管中水流常滿，其壓力在每方吋百磅以內者，可用鐵箍木管 (wooden stave-band pipe)；然木質不耐伸縮，於氣候不調，忽而極冷，忽而極熱之區，不宜用之。木料值昂之區，管理地下，管中水流不常滿，其水壓力在每方吋一百磅以內者，則用琉璃瓦管 (vitrified-clay pipe)；但質脆不耐震砸，須覆以極厚土層，庶免破裂。其管置地面不易保護，

或用低壓力打水機者，可用生鐵管 (cast iron pipe) 爛泥或活沙地層，以鐵管最爲合宜。其用高壓力打水機抽水者，則須用熟鐵管 (wrought iron pipe) 或鋼管 (steel pipe)。鋼管質堅，則較鐵管爲輕，易於轉運，但接口費事，管長大者，較爲經濟，管小而時有分枝者，以用鐵管爲經濟。牛鐵管身內外須塗以煤膠 (coal-tar) 及亞麻油 (linseed oil)，鋼管內外則塗地瀝青 (asphalt)，用免銹蝕及毛管泌露現象。

洋灰鐵筋管 (cement-lined pipe) 及混凝鐵筋管 (reinforced concrete pipe) 同易炸裂，現多用生鐵管代之者。由總管接於用戶之小管，多有用鉛管 (lead pipe) 者，極能耐久，但遇酸性水，則發生鉛毒。白鉛管 (zinc pipe) 毒性較少。錫管 (tin pipe) 無毒無銹，亦極耐久，但爲值較昂，故用之者少。鍍鋅鐵管 (galvanized iron pipe) 易生鐵銹，但爲值廉，故用之者極多。

(122) 水管安置法——水管須埋於地下深三四尺，以防凍裂，寒冷區域須深五六尺。其溝底爲巖石層者，須掘深半尺墊沙土，以免頂破。琉璃瓦管及混凝土管尤須多覆泥土，或覆木板，以免震動；墊以混凝土基，以免陷落；若跨谷越河，則架橋乘之。水管之在地面上者，須裹以木屑或石綿，以防

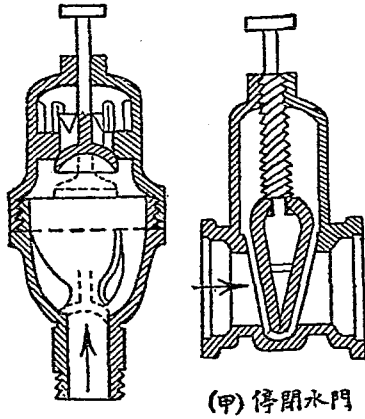
凍裂。鐵管接口以鐵絲築緊，封以錫汁。鋼管則用冒釘。兩者均宜於平地為之較佳。混凝土管及琉璃瓦管接口，則用黃麻堵塞，封以地瀝青（Asphalt）或煤膠（Coal-Tar）；管之小者，亦可用洋灰封口。管線隨地面而起伏，能成直線較佳。每五百尺或二千尺須置一視察井，井口大可容人身轉動其中。



第二十二圖 安置水管法

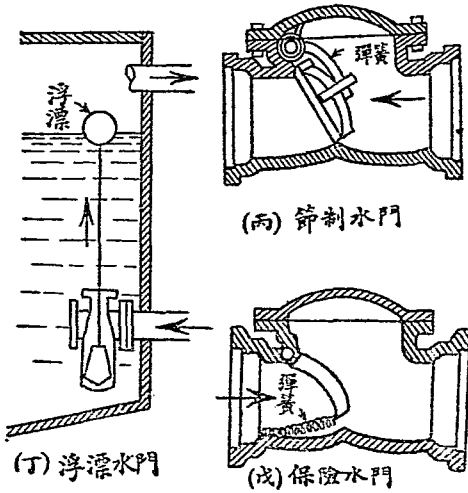
用備視察之道。鐵管之與電燈電話線相近者須包以木板，免致傳電。凡有水門處，均須有水門箱 (valve box)，以便管理水門。

(123) () 水門 (valve) —— 水管長一里或二里，其管之轉折處，或穿過建築屋，以及十字街口



(甲) 停開水門

(乙) 空氣水門



(丙) 節制水門

(丁) 浮漂水門

(戊) 保險水門

第二十三圖 水門

地點，須置停閉水門 (stop valve)，以便視察及修理。凡在高頂處，均須有空氣水門 (第二十三圖甲) (air valve)，備洩水管中積存之空氣。管之低處均須置放水門 (blow-off valve) (第二十三圖乙)，通於溝洫，以備洩水之用。於總管之低處置自動斷絕水門 (self-acting shut-off valve)，以備水流速率過大時，或致沖開水龍頭之水門，而兆氾溢之險。於積水池出口，或水管斜立之下端，及打水機附近，置節制水門 (check valve)，水若倒流時，能自關閉，以免損耗工作。凡瀝水池積水池清水池及水塔之進水管口處，均須置浮飄水門 (floating valve)——水漲至一定高度時，能自動關閉，於極長水管之盡頭，置保險水門 (safety valve) (第二十三圖戊) 以備壓力過大，或致脹破水管時，洩水之用。

第二節 工作與供給之調劑

(124) 調劑之原則——儲蓄湖所以調劑早年與露年之水流量，現所論為工作與供給量之調劑。夫機械工作有限制，而供給用量則無定時——各種用途之增減率已詳論於第二章第二節。

欲求供給數量不缺乏，而又不妨害機械工作之程序，則惟有設池儲水以調劑之。如能積儲用水少時之餘量，以調劑用水多時之不足量，則瀝水池打水機均可按時平均工作，因而減少其容量。譬如每人每日用水九十六加倫，平均每小時用二加倫，最多之時可用至四加倫（參觀第十七段）最少時僅用半加倫；若能儲水調劑，則瀝水池與打水機均可按每小時二加倫預算工作。若打水機每小時抽水量超過用戶每小時用水量，則每日可祇用打水機數小時，因而減少人工及燃料，尤為經濟。若建水池於高出城市上之地點，利用地心吸力以分送水流於用戶，則可擇用壓力小之水管。大自來水公司每分建水池於各區域，使水源距用戶稍近，因以用較小之水管。以上僅按經濟方面而論。而積水池之最大效能，則為保險工作之間斷——即在工作間斷時期內，仍有水供給需要之數量。故大工廠及公所機關，每私建水塔以防備火險發生於城市自來水工作間斷時。水池有沈澱渣滓，清潔水質之效能，已詳第一百段，茲不贅述。

(125) 積水池之種類——普通積水池可築堤圍地為之，土磚石及混凝土池均可用。若為保護水質起見，蓋池以頂，則須用混礙鐵筋池，較為堅固。但為節省機械，藉地心吸力以分送於用戶，每

選高出城市上之地點以建水缸。若城市附近無高出之地點，則須用水塔。水塔之材料尤須堅固，有
混礙鐵筋塔及鋼塔等類。

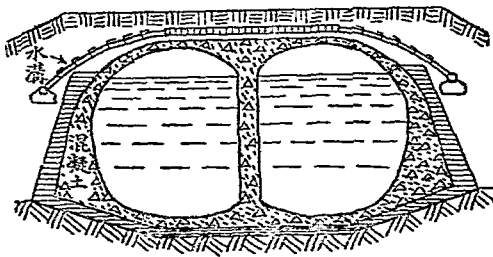
(126) 水池——積水池之建築大略與沈澱池同。惟堤之兩面坡度須相同（參觀第二十四

圖），所以防水池洩乾時堤身向池內傾圮之虞。其出水管則須離池底較近水可洩至池底。池內敷以磚面，所以保持水質清潔。其有頂之池，形若水管，池頂上須另設水溝（參觀第二十四圖乙），以免地面之水，浸入池內。

(127) 水缸 (stand pipe)——建於山坡，高出城市之上。缸為圓形，其面積小而深，其容量約為五萬加倫至一百五十萬加倫。或用混礙鐵筋，或用鋼板作牆，牆上薄而下厚，以能



(甲) 無頂水池

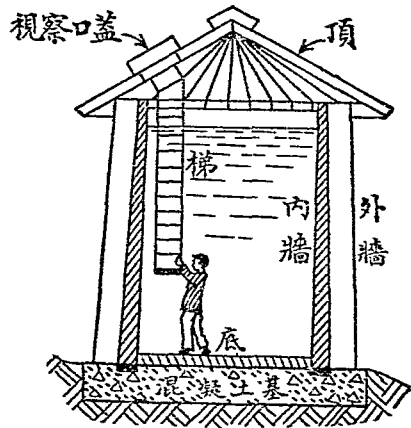


(乙) 有頂水池

第二十四圖 積水池

抵抗水壓力及風力爲度。如爲鋼缸，牆內外須塗以地瀝青 (asphalt)，以免銹蝕。鋼牆之外再包以磚牆或石牆，以防凍冰。混凝鐵筋缸若裹以石綿，石綿不傳熱，可免凍冰炸裂等弊。缸底墊以混凝土基，牆高一丈者基厚若一尺，以次遞加。缸上加尖頂，或木質或鉛質——鉛頂之內須加木胎，以免傳熱。頂上開一口——大約尺半見方，可容人身經過爲度——有蓋向外開關，由頂口引梯入缸，下垂離底約三尺，用備視察之道。

(128) 水塔——用架支缸高入空際成水塔，用於平坦之城市。凡進水管 (inlet) 出水管 (outlet) 溢水管 (overflow) 放水管 (drain pipe) 等項均設備如普通積水池。如爲鋼塔，其鋼板伸張力 (tensile strength) 大，其池底可下凹成半圓形 (如第二十六圖甲。) 所有水管可集中於池底之中央，外包以大管。如爲混凝鐵筋塔，混凝鐵筋之伸張力 (tensile strength) 小而壓緊力



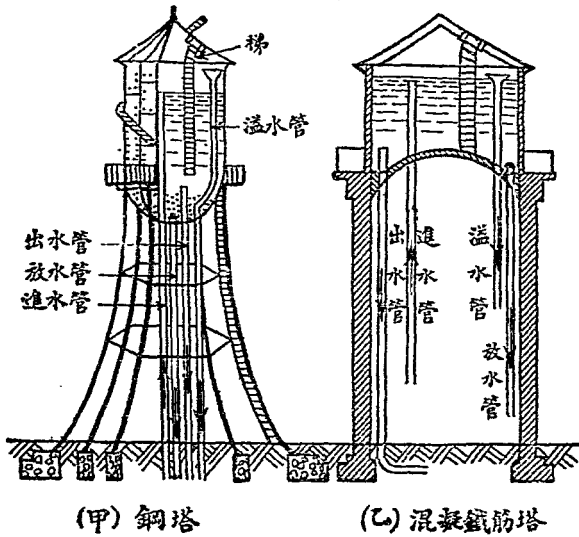
第二十五圖 水缸

(compressive strength)大，則池底須上凸成拱形，以抵抗水壓力。水管則分佈四周。水缸架高，其重力分承於架柱，故架柱須墊以極固柱基，以防沈陷。塔愈高則風力撼搖愈猛，故架基尤須向外開展支撐之，以防傾倒。水塔之保護凍冰法與水缸同，惟鋼塔之外牆，不宜用磚石等質重之料，用木板夾牆，內盛木屑或石綿，其效相同。

第三節 分送清水

(129) 水壓力——水流愈速則愈多，壓

力愈大則流愈速。壓力係由水頭得來，按每方吋之磅數計算。但管愈大則壓力愈小，管愈長則壓力

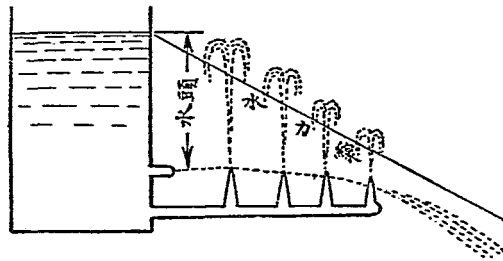


第二十六圖 水塔

愈減；緣由於空氣之抵抗，管身之磨擦，管線之曲折，以及沿管用戶之放洩，俱分別消耗水流之壓力。故欲水力大而遠者，須將水管直徑由大減小；而管之愈短者則壓力愈充足。普通住宅區域約為二十五至三十五磅，市塵區域約為三十至四十五磅。消防用水，若由消防機注射，祇須三十至四十五磅；若無消防機，須由自來水管直接注射者，則須八十至一百磅。為求迅速，自由自來水管直接注射為強，但為節省經濟，不若設備消防機，以減少自來水之壓力及工作。壓力小則管受磨擦少，管之材料亦可較廉。

(130) 消防水線數——大概居民愈多則失慎較頻，故久克林 (Kuichling) 氏按戶口數規定消防水線如下：

$$\text{消防水線數} = 2.8 \sqrt{\text{戶口之千數}}$$

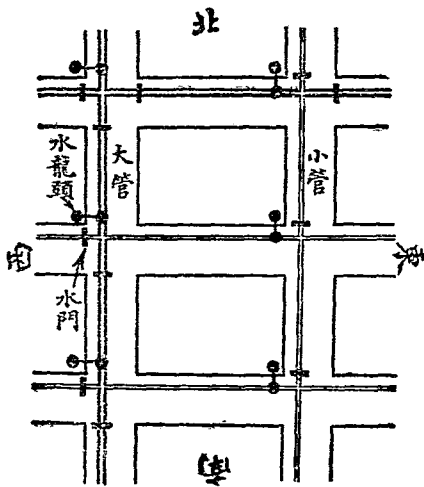


第二十七圖 水壓力

譬如一城有戶口十萬人，則自來水須能供給二十八線。每線之用水量：於市慶區域約為每分鐘二百五十加倫，於住宅區域每分鐘二百加倫。

(131) 水管水門及水龍頭——水管之大小，視供給用水量之多少而異。總管或大至六十吋，五千戶口之城約用十二吋，視戶口之多少定之。總管約能經過繁盛街市，較為便給。至於分管遞減，至十吋八吋六吋。若於極遠之處，極小之管為四吋。小巷之內可用二吋。離城較近之大路而無居民者，至小亦應用四吋管，以備將來發展。

水管須埋於地下深三四呎，寒冷區域深五六呎，以防凍冰。埋於易為日光覆照之點，如街之北邊或西邊，為易於尋覓起見，每埋於離街道中線一定距離之點，偏西或偏北五尺或十尺。於十字街口兩管交叉處或分枝處，均應置停閉水門 (stop valve)。



第二十八圖 水管之地點

兩大管交叉處，則兩管均應安置。大管與小管交叉處，則置於大管之上。小管每長五六百尺而無分枝者，亦應置一水門，以備將來發展之用。水門亦須安置於一定之點：或與屋簷齊，或與邊石齊。

水龍頭置於較大水管之上，高出地面二三尺。凡高大建築公所機關之前，以及十字街口，均應置有水龍頭，至少沿管線每五百尺應有一具，以備消防。其繁盛區域須用三線龍頭，偏僻處用二線龍頭，普通區域用一線龍頭。

(132) 水龍頭之保護法——水龍頭之大多用處為消防，須加以特別保護。入冬以後，非有特故，不宜開用；用後即須加油於螺旋口，以免凍冰。煤油或鹽均可防凍。如發生凍冰時，可用熱氣融化之。並放水數小時，沖洗出水管內之未化冰塊，以免塞閉。

(133) 管理方法——自來水之原則：一為便給，二為清潔。故管理自來水廠者須注意以下數項：

(一) 須隨時試驗水質，至必要時，須改良清潔之方法；

(二) 隨時考察瀝水池，按時洗沙換沙，以免失效；

(三) 須隨時考察積水池沈澱池等，如渣滓積多時，即換洗之；
(四) 如用戶發生傳染病症時，須考察水中是否有傳染病菌，如有可疑之處，即須施以相當之補救或消毒手續；

(五) 須隨時察視水門，如有損傷或失效，須即刻修理或換易之；

(六) 至冬令須勤於察視水龍頭有無凍冰等危險，及修理之；

(七) 時常察視水表，如不準確，須修理或換易之；

(八) 時常察視水表，如水表準確而用水量反常者，須研究其反常之理由而加以補救，每能如此發現水管炸裂及偷水等弊；

(九) 隨時考察打水機，如失常態，從速修理之；

(十) 如有特別原因或致用水不足之現象，應速籌補救之方法。

參攷書目錄

- 唐祿氏『公共自來水』Turneure Russell's "Public Water-Supplies".
- 方寧氏『水力及自來水工程學』J. T. Fanning's "A Treatise on Hydraulics and Water Supply Engineering".
- 貝勒氏『實用衛生化學』Bailey's "Sanitary and Applied Chemistry".
- 莫雷氏『微菌學』Morrey's "Fundamentals of Bacteriology".
- 費伯氏『飲水微菌學』Whipple's "Microscopy of Drinking Water".
- 美國公衆衛生協會之『水及除穢試驗標準』"Standard Methods for the Examination of Water and Sewage" by the American Public Health Association.

編主五雲王
庫文有萬
種千一集一第

水 來 自
著 纂 有 朱

路南河海上 人行發
五雲王
路南河海上 所刷印
館書印務商
埠各及海上 所行發
館書印務商

版初月二十年二十二國民華中

究必印翻權作著有書此

The Complete Library
Edited by
Y. W. WONG

WATERWORKS
BY CHU OC CH'EN.
PUBLISHED BY Y. W. WONG
THE COMMERCIAL PRESS, LTD.
Shanghai, China
1933
All Rights Reserved

041269



Z121•6