

書叢小學工

漑

灌

著 雄 馮

行發館書印務商

工學小叢書

溉

灌

馮 雄 著

商務印書館發行

中華民國二十三年四月初版

(63304)

工學灌漑一冊
小叢書

每冊定價大洋壹角伍分

外埠酌加運費匯費

著者 馮 雄

發行人 王 雲 五
上海河南路

印刷所 商務印書館
上海河南路

發行所 商務印書館
上海及各埠

版 翻
權 印
所 必
有 究

五四九四上

(四)

目錄

一、定義	一
二、世界灌溉事業之沿革	一
三、總論	一
四、初步研究	五
五、灌溉水源之研究	六
六、灌溉用水之品質	八
七、取水設備	九
八、蓄水	一二
九、輸水設備	一四
十、配水設備	二三

十一、開荒·····	二六
十二、施水法·····	二八
十三、灌溉用水量·····	三五
十四、過量灌溉之害·····	四四
十五、灌溉區域之洩水·····	四五
十六、灌溉之法律問題·····	四六
十七、灌溉事業之經濟問題·····	四九

灌溉

一定義 灌溉 (irrigation) 者，人工設法引水潤田，求農功之有成，以補雨水之不足者也。其工事名曰灌溉工程 (irrigation engineering)，乃土木工程之一分科也。

二、世界灌溉事業之沿革 灌溉之法，起自上古。西元二千年前，埃及農家已知爲蓄水配水之設備。在東半球之亞述 (Assyria)，美索不達米 (Mesopotamia)，波斯 (Persia)，印度 (India)，錫蘭 (Ceylon)，與我中國之西北部等處，及西半球之祕魯 (Peru)，墨西哥 (Mexico)，美國 西南境新墨西哥 (New Mexico)，與亞利桑那 (Arizona) 等處，俱從遠古以來，即有大規模之灌溉工事；蓋在此等區域，雨水稀少，雖對於普通農作物，猶未足以應其所需，欲求稼穡之有成，則必藉灌溉之助也。即在濕潤區域，如種植水稻，因其需水之多，亦須用灌溉之法也。

三、總論 灌溉工事，可分爲三項，即取水，輸水，及配水是也。取水爲從水源取水，其水或分自溪

河，或汲於井泉，或依水就下之性，或藉唧機風車之功。輸水爲以取得之水，輸送至受灌溉之田園，其途徑或爲水溝水渠，或爲水槽水管，或穿山成隧，或跨澗架橋。配水爲將水分配於田園各部，使作物分受潤澤，其法或爲漫灌，或爲洩灌，或爲隱灌。取水輸水配水之方法，既各有數種，則某處灌溉工事，應用何數種方法，自當先作初步之研究，從若干方法之中，取其適宜者配合之，既得最經濟之結果，方可實施建築也。

世界上常年雨量在二十英寸以下，不足以得豐盛之收穫，而必需灌溉之地，面積極廣。此外在濕潤區域內，常年雨量多寡無定之處，施行灌溉，則得益厚者，其地亦多。凡亢旱區域之能否墾植，或墾植而能收若何之效果，俱視能得灌溉用水之量以爲衡。

據專家統計，在美國可取之水，僅足以潤亢旱區域十分之一之地，即在七千五百萬至一萬萬英畝之間，而在可以灌溉之地域中，已實行墾植者，不過一千五百萬英畝，散布於國境西部，如亞利桑那 (Arizona)，加利福尼亞 (California)，科羅拉多 (Colorado)，伊達荷 (Idaho)，蒙大拿 (Montana)，新墨西哥 (New Mexico)，俄勒岡 (Oregon)，猶他 (Utah)，得克薩斯 (Texas)，

北達科他 (North Dakota), 南達科他 (South Dakota), 華盛頓 (Washington), 亞俄明 (Wyoming) 等省。坎拿大之最大灌溉事業，爲坎拿大太平洋鐵路公司 (Canadian Pacific Railway Co.) 所經營。其中最大之工事，在亞柏撻 (Alberta) 省境內，喀爾加利 (Calgary) 之東南地方。此灌溉區域，在紅鹿河 (Red Deer River) 旁，可墾面積約有四十四萬英畝，計畫中之渠道系統，共長三千英里，故不僅在美洲推爲最大者，即以全世界而言，除印度外，餘處之灌溉事業，大於此者，亦罕見也。在歐洲，灌溉之法，通行於南部諸國，蓋沿羅馬人之遺風，如在意國之倫巴底 (Lombardy)，及皮德蒙特 (Piedmont)，法國之南部，及西班牙等，其業頗盛，但在歐洲別處，亦未嘗無有。印度之灌溉工事，規模宏大，他地罕儔，政府於其擴充，極爲盡力。在土耳其斯坦 (Turkistan)，有廣大區域，施行灌溉，多歷年時。土耳其政府，於底格里斯 (Tigris) 及幼發拉的 (Euphrates) 兩河流域中，設備灌溉工事，以圖恢復其地古時之盛況。埃及之灌溉工事，日以發展，在青尼羅 (Blue Nile) 及白尼羅 (White Nile) 兩河流域，皆有墾植之計畫。澳洲之行灌溉法，雖爲時不遠，而其區域之擴充則甚速。在古時盛行灌溉之地中，亦有多處今已不復使用此法，但在美索不達米地方，

則方將灌溉區域，大加擴充也。茲將一九一九年時，世界各國設施灌溉工事區域，列表如下。

地名

面積以英畝計

(一) 印度	四〇、七〇〇、〇〇〇
(二) 美國	一五、〇〇〇、〇〇〇
(三) 俄羅斯國	八、〇〇〇、〇〇〇
(四) 日本國	七、〇〇〇、〇〇〇
(五) 法蘭西國	六、〇〇〇、〇〇〇
(六) 埃及	五、三五〇、〇〇〇
(七) 意大利國	三、四六〇、〇〇〇
(八) 爪哇	三、〇〇〇、〇〇〇
(九) 暹羅	一、七五〇、〇〇〇
(十) 阿根廷	一、〇〇〇、〇〇〇

(十一) 祕魯

六四〇、〇〇〇

(十二) 澳大利亞

四五〇、〇〇〇

(十三) 坎拿大

四〇〇、〇〇〇

(十四) 夏威夷

二〇〇、〇〇〇

(十五) 斐律賓

一三〇、〇〇〇

總計

九三、〇八〇、〇〇〇

若將我國并其他各處計入，則總面積當在一萬萬英畝以上矣。

四、初步研究 凡研究一種灌溉事業計畫之是否可行？或可行矣，而所需費用有若干？必將有關之一切問題，通行計及，乃能得一解答。入手之初，當調查水源是否充足？與灌溉而有用之區域，是否廣大？有時不能憑普通之觀察而即時決定，尙須估計雨量，測定水流，製作地圖，乃能推斷。既於此兩事無所致疑，乃進而測製取水輸水地域之詳圖，審其地勢之高下，別其地質之虛實，以爲計畫諸種設備之根據。所計畫取水輸水設備之方法，可有多種，擇其最經濟者用之。主要輸水道之徑路決

定後，尙宜細測全區各部之高低，以定建築土工之分量。又宜細驗土質，以定可得良田之實在面積，相宜之作物，與需水之分量。此外若作物之市價，交通之便利等，亦當加以研究，方可估計收穫之能有幾何？是否足抵所費而有餘？凡作初步研究設定計畫，時時須估計建築之價值，以資比較，避免無益之費用，預測最後之利益，向使已見該計畫無利可圖，則可棄去，不致多耗測量之費。估計物價，務求詳備，而不可存心伸縮，應力使所得結果正確可靠也。

五、灌溉水源之研究 灌溉用水，或取自溪河湖泊，或鑿井取之，或仰給於大雨時蓄積之水，而在歐洲，復有利用城市流出之污水者。就西元一九一〇年時美國之統計而言，境內灌溉區域之用水者，居總面積百分之九十四。以理度之，世界各處灌溉用水情形，當亦相近。其餘則大部分爲鑿井取水。

如水源爲溪河，當先研究其所能供給之量。對於溪河之流量，應有充分之研究，須知其逐月分配之情形，并若干年來平均一年之總量。

關於溪河流量之記載，至少須歷十年之期，方可爲憑。以十年之間，大概可遇尋常之最低水位。

與最高水位，而得流量分配之普通狀況也。若不能得長期之流量記載時，當立即實測流量，勿再耽延。如能歷時二年，復加以長期之雨量記載，則亦可約略推算平均流量。從溪河流量減去輸水設備中之漏水量及蒸發量，即得所能得之淨供水量。

在比較乾燥之地，不易從溪河得豐富之水，供灌溉之用，則可鑿井取水，類以在河流附近及山麓爲宜。若在寬廣之區，往往須掘地深一百至三百英尺，方得及泉。遇井水豐富時，用唧機取水，井其動力或用風車，或用內燃油機，或用汽機，或用電動機。鑿井務使穿透含水沙層或礫層之全厚。井底用有孔之管，穿至粗礫層中，足以增加出水量。有時含水地層之上，覆被者爲不透水之黏土層或頁巖 (shale)，而地層之傾斜適度，則在低處可得涌流井 (artesian well)，井水自行升高，至與近處水源地層含水之高度相仿。涌流井出水不假人力，故用於灌溉，尤屬相宜。深井出水量，隨井徑之大小，含水地層之構造與厚度，及水之壓力等，而異其多寡。若地質緻密，則水量小，若地質疎鬆，有礫石或砂石之厚層，則水源雖不高，而出水仍可豐富。井之直徑，不宜小於四英寸，亦不宜過大，若井底直徑大於八英寸，未見其合算也。

鑿井起水溉田，在我國北方，行之頗盛。在印度亦然，其中部諸省，共有十二萬英畝之田，取井水灌溉。在瑪德拉斯 (Madras) 省，有二百萬英畝之田，灌溉之水，仰給於四十萬口之井。在西北諸省，有三十六萬英畝之田，亦用井水灌溉。其井間有深至八十英尺或一百英尺者。或穿鑿於山石之間，而在平時，每井出水可潤濕田地一英畝至四英畝不等。但印度所開之灌溉井，實僅爲灌溉渠或灌溉池之補助，蓋渠池之水，既經放入農田後，一部分復入地中，歸於井內，今之所用，即灌入田中之水，往復循環，無有底止，大足以增加用水之效率。在美國灌溉之業雖盛，然用井水溉田之例，僅見於西部諸省，而在他處尙少有之。

六、灌溉用水之品質 灌水之品質，頗關重要。溪河泉井之水，均含有多少之有機質及礦質，浮游或溶解於水中，用此灌溉，不僅供給植物生長所需水量，且有滋養之肥料，隨入田園。惟含溶解物甚多之水，用時應慎察之，因其每使土壤積蓄鹼質 (alkali) 過多，以爲植物之害。在諸種灌溉水源中，以城市污水，含肥料極富，故爲最有價值。在歐洲大陸及英國，用污水灌溉，著有成效。如英國愛丁堡 (Edinburgh) 附近之克累根林尼草原 (Craigenlinny Meadow)，法國巴黎附近戎內維力

(Gennevilliers)之田，德國柏林附近之田，意國米蘭(Milan)之田等，是其最著之例，在美國亦有多處行之。

七、取水設備 從水源取水，施於灌溉，其法有二：一爲分水法，利用水就下之性，水自水源入灌溉渠，不假外力，此宜於溪河之水源。一爲起水法，將水自水源起至高處，引入渠中，宜於井泉之水源，有時於溪河之水源亦用之。茲就兩法所有之設備，分論如次：

(甲) 分水設備 從溪河取水，常就上游之處爲之。利用河身峻急之坡度，以引水入灌溉渠。請設例以明其法：凡溪河自山中發出，其坡度常急峻，或大至每英里降落十英尺至五十英尺。今設有溪河之坡度爲每英里降落十英尺。若灌溉渠在溪河上游處分出，其坡度爲每英里降落一英尺，則在距離十英里處，灌溉渠將高出於溪河上九十英尺，自可循高地而行，與溪河遠隔，而易於洩水入渠與河間之地，以潤濕之矣。在此坡度每英里降落一英尺之渠，若修治整齊，則水流之速當能適度也。

分水設備常爲一座分水壩 (diversion dam)，或堰 (weir)，以使河中水面，保有一定之高度，

及一座入渠門 (head gate)，以節制入渠之水量。壩中亦可設餘水門 (sluice gate)，以洩過量之水至下流，或於入渠門下方之渠道旁，設節水門，以洩過量之水復歸河，如此，入渠水量可愈如人意。此外尚有附屬設備，如放魚門，放水門，放沙門，各有其用，視情形之需要而定也。

(子) 分水壩 壩爲斷流阻水之建築物。堰爲容水漫過之壩。壩之作分水用者，常取堰式，許水漫過其上，故有漫水壩 (overflow dam) 之稱。分水壩有高低之別。低壩以設於平曠之地爲宜。因其被水漫過，故建築材料，當用不易受流水侵蝕者，如三和土及木料是。三和土壩在有石層作基時用之。遇壩基爲泥土或礫石，可用木椿擊入河底，再加厚板作頂，上面造木堰，或三和土堰，若其壩終年沒於水，則此法甚相宜。高分水壩在有適宜之良好基礎時用之，其式可依普通高壩之式。若於溪河之上游狹窄處阻水，而能減省造渠之費時，則可造高分水壩。壩之高度及式樣，應與當地情形相合，故各有其宜，並非一定。有時在較小之灌溉渠地主，無永遠設壩堰之財力，則可於河水漸落時，攔河堆積石塊柴枝，逼水入渠，迨水落日甚，加稻草沙泥於其間，以止其滲漏也。

(丑) 入渠門 在從溪河分水入灌溉渠處，必須有入渠門 (canal head gate)，以節制入渠

之水量。否則大水之時，入渠之過量之水，將漫溢渠岸，而致衝決，爲害匪淺。且爲使入渠之水，適合灌溉所需起見，亦當有此設備。入渠門之位置，應與分水壩相接連。其方向宜與溪河平行，即與分水壩成直角。此因水中常混泥沙，不宜使其流入渠中，將入渠門置與溪河平行，則沙泥易在入渠門外沈澱，或流過而不易越門以入，但亦有與溪河成直角者。入渠門之常式，爲設門柱若干，分全門爲若干孔，柱之兩旁有鐵製或鋼製框槽，以容水扉之升降。門多用三和土造，而水扉爲木製，或鐵製，或鋼製。門上常設步行道，而管理水扉之起重器械，即置於其上。通常水扉係積板而成，水由扉上入渠，但亦有用普通式樣之扉者。使水由扉下入渠，將扉提高降低，則可增減水量。所開灌溉渠，在入渠門一短段，當用碎石或三和土，造成側面及底面，以免爲水流冲刷所毀。

(乙) 起水設備 凡水源較農田爲高時，無論其爲溪河，或爲渠，或爲井，必用起水設備。如遇農田之面積頗大，而從溪河分水之處，其高度猶在農田最高處之下，故其下半部以分水法供給用水，而上半部則須有起水設備。又如水源爲鑿成之井，尤有起水之必要。大概在較大之起水設備，其水源以溪河爲多，較小者則常以井爲水源。起水之法是否可行，當視水價與出產之價比較如何，以

爲準。起水設備之開辦費雖可不多，但平日之管理費及修理費則頗不少。起水設備之效率最高者，爲唧機，其原動力或取自風車，或取自水輪，或取自油機，或取自汽機，或取自水電廠，種類不一，要以適應環境費用最省者爲佳。

在廣大之乾旱區域，風之運動歷長時期不息，則鑿井而安設唧機與風車，頗屬相宜。用風車時，宜兼設小蓄水池。一因風車起水之量不宏，若逕自放入農田，則其行不遠，旋爲土壤吸盡，而稍遠之處，卽難得沾潤。用蓄水池則俟蓄水稍多後，始放入田中，所布面積既廣，而滲入地中，亦得較深。一爲風車非盡可恃，其相宜之風速，爲每小時八英里至十英里，過小過大，皆使其效率減弱。風之起息緩急，既不能盡如人意，而風車亦易於損壞。設在需水方殷之時，而遇風車失效，殆無法挽救，惟有蓄水以備不虞也。近來用水電廠發出之電，以爲起水之原動力者，頗非罕見。在原供城市用或工業用之水電設備，於適宜之時日，取其餘力以供農田灌溉引水之用，一舉而備兩利，乃得計之事也。

八、蓄水 欲將溪河之水，盡取供灌溉之用，當爲蓄水之謀。河水之漲落豐歉，與田園需水之多寡，不得適符，其直接供灌溉之用者，僅爲恰在灌溉時期流下而適供需潤所有面積之量，此外之水，