

邵 從 燊 著

吉安，四川，青神，寫于 天津 榮華。

四川省水利初步計劃

目 次

一、概 論

二、灌 溉

一、沿 革	(3)
二、管 理	(4)
三、修 治	(4)
四、經 費	(4)
五、灌溉方法	(4)
六、田地價值	(4)
七、雨量氣溫	(5)
八、農產各節需水量	(6)
九、稻田面積及其產量	(8)
十、被災區域	(8)
十一、整理方案	(9)
十二、利益預計	(20)
十三、引證事例	(22)
十四、大隆牌石油引擎灌田之利益	(28)
十五、參攷中外書報目錄	(29)

三、航 運

一、長江現狀	(30)
二、長江坡度	(32)
三、渝宜灘險	(33)
四、成渝航道	(35)
五、航行時間及吃水深度	(35)
六、整理方案	(36)

七、經費概算	(37)
八、利益概算	(39)
九、事實引證	(39)
十、參攷書報	(54)

四、水 力

一、水力統計	(55)
二、水位差度	(55)
三、開發方式	(56)
四、籌備開發	(57)
五、開發統計	(58)
六、發展計劃	(58)
七、工費概算	(60)
八、利益預計	(61)
九、引證事例	(61)
十、水力發動機說明書	(78)
十一、南德水電廠調查記	(80)
十二、參攷書報	(90)

五、防 災

一、災區情形	(91)
二、防災方法	(96)
三、鑿井數量	(99)
四、起水排水	(99)
五、推行方略	(100)
六、經費預計	(101)
七、利益預計	(102)
八、引證事例	(102)
九、參攷書報	(106)

六、結 論

四川省水利初步計劃

一、概論

水流之於大地，猶血脈之於人身，水源滋潤，則庶物茂生，亦即血脈貫通，則體質康健，此就其利而言，若洪流浩蕩，人嘆其魚，其為害矣，亦猶擁腫停滯，麻木不仁，何貴乎人生，亦何貴乎水利。

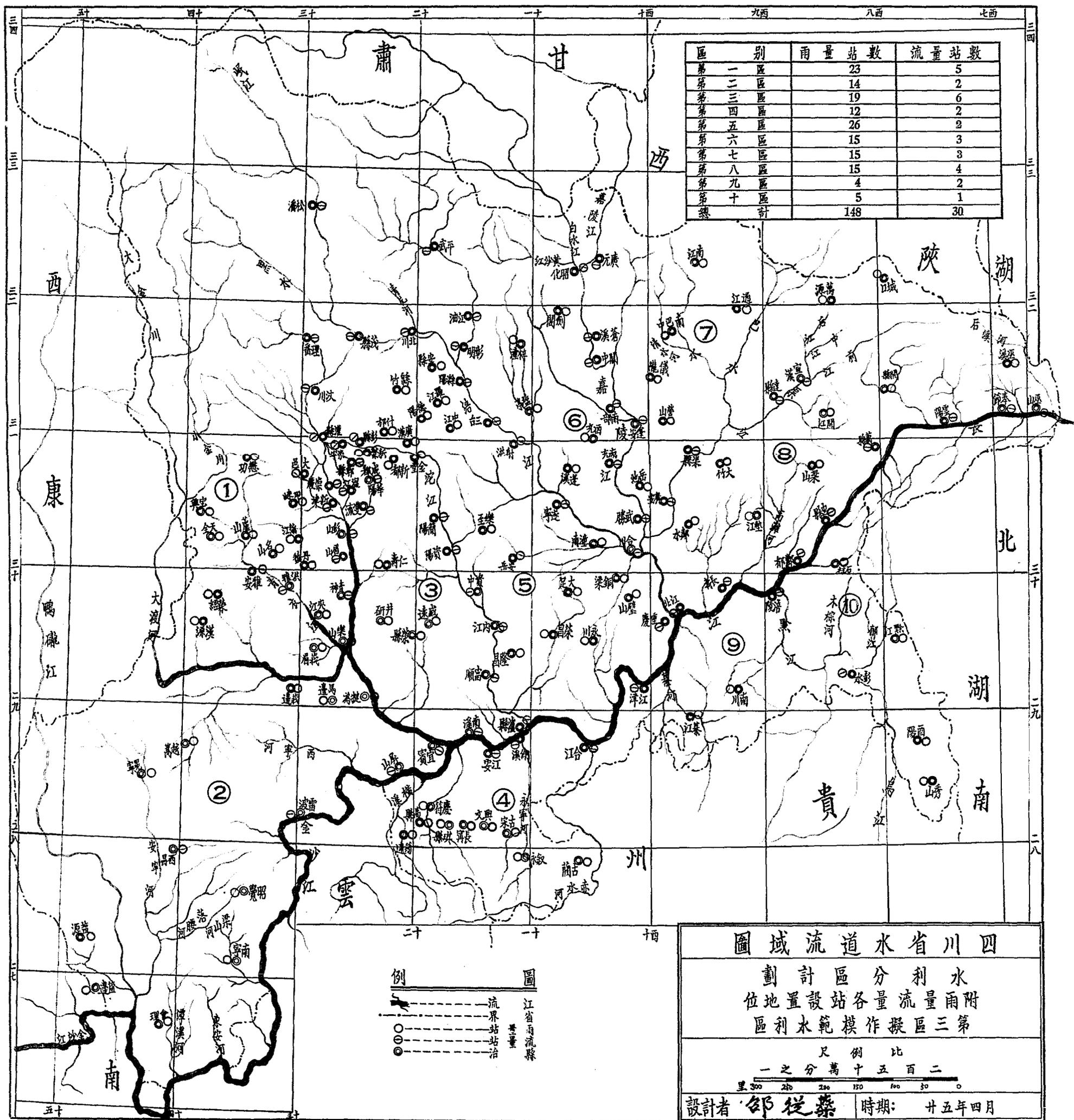
水利之於今日，為開發富源之急要事業，尤為在此全國號呼農村破產之聲中，實係一鍼對時症之良劑，因水利振興，則地盡其利，昔之荒蕪不治者，可變成沃壤，即素稱良田者，亦可增加產量，物產豐饒，可供給常年之用，兼可儲作救荒之需，何患舶來米麥，傾銷內地，動搖吾國之根本農業，影響人民之垂危經濟，此灌溉之利也，水性就下，富有天然動力，據物理學言，凡物體降下，即具一種功能，此項功力，若善用之，可以發動生電，凡日常所用之物力人力等，均可替代，並能超越而上之，其增進人民福利，發展工業，尤非淺鮮，此水力之利也，至若四通八達，旅行迅捷，運輸稱便，舟楫利濟，自古已然，今則輪舶往來，航行無阻，水道交通，其利尤溥。

滔滔洪水，若聽其橫流四溢，氾濫成災，田廬淹沒，生產隨以蕩盡，其害固不可勝言，倘能因水之性，鑿山浚川，果有排洩途徑，自免積潦之患，復能築壩節流，儲蓄水量，洪水巨浸，亦可渙然消滅，凡事自在人為，人定即可勝天，倘聽其自然滾滾東去，旱潦為災，曷由解免，其危害及於人民生計，至為慘痛，因

，尚堪言狀哉。

(始)





區別	雨量站數	流量站數
第一區	23	5
第二區	14	2
第三區	19	6
第四區	12	2
第五區	26	2
第六區	15	3
第七區	15	3
第八區	15	4
第九區	4	2
第十區	5	1
總計	148	30

四川省水道流域圖

水利分區計劃
 附雨量流量各站設置地位
 第三區擬作模範水利區

比例尺
 二萬五千分之一

設計者 鄧從葵 時期：廿五年四月

例
 江省雨流線
 流量站
 治站

四川處揚子江上流，自古號稱天府之國，居民約四仟八百餘萬，面積約百三十拾萬方里，其人口密度，每方里約三十七人強，位居各省區中第拾，生殖繁密，已懼人滿為患，倘物質生產，不隨人口以增加，平常固虞不給，設遇饑饉荐臻之年，更無以拯救載途之餓殍，增進生產之道維何，即興辦水利而已。

攷川中水道縱橫，河流密佈，長江上游，岷江流至嘉定，匯青衣江大渡河之水以俱來，南行經叙府，金沙江又會於宜賓，是謂之岷江正流，東行至瀘，沱江自北來會，蜿蜒東注，南會赤水河綦江之水，嘉陵江並集渠涪二江之水，自北會於巴州，由此東向，流經涪陵縣境，烏江南會，湍急東流，經三峽（瞿塘，巫山，西陵）而出川境。

夫以偌大之江水，以言航運，夏季洪水時期，可達嘉定，平常亦可往來叙州，載重數量，據民國二十一年秋，重慶海關登記，約及四十萬噸，進出口輪船，約壹仟隻左右，交通利益，可以概見，復據工程師鮑韋爾氏（Mr. Sidney J. Powell.）之報告，在重慶方面，長江各種不同之流量，約如下列（假定水位差為50呎，並換算馬力）

（一） 氾水 每秒 75,000 立方呎 馬力約 430,000.

（二） 平水 每秒 774,000 立方呎 馬力約 4,400,000.

（三） 洪水 每秒 1,075,000 立方呎 _____

每馬力按\$120.00計，合\$52,800,000.00，水力蘊藏之富，於此可見，果能逐漸開發，利用於灌溉及發電等事業，縱不能與歐美並駕齊驅，然造物寶藏，取之無盡，用之不竭，行見物質生產比率，與時俱進，而人民生活，亦將日趨安定，庶大有豐年，足衣足食之運機，當由人力以操縱之，固不待憑依自然，而決定年運之豐歉矣。

二、灌 溉

一、沿 革

引水溉田之法，四川於二千餘年前，即已功效大彰，歷代相沿，人民均蒙福利，溯其成效之較著者，厥爲灌縣之都江堰。都江堰居岷江上游，位成都西北隅，秦時蜀守李冰偕子二郎，開鑿灌縣城南離堆山口，壅江引水，分水爲內外二江，灌成都十四縣之田，約計面積三仟伍百餘方里，（計五百餘萬畝）利益偉大，可於下記而知其梗概。

「益州記曰，蜀人旱，則藉以爲溉，雨則不遏其流，故曰水旱從人，不知饑饉，沃野千里，世稱陸海，謂之天府，諸葛亮北征，以此堰係農之本，國之所資，征丁千二百人議之，」歷代有堰官，民國以來，設水利知事，負責修護。

今則改水利分局，迄今二千餘年，始終維護，食其利者，蓋不知凡幾矣。

厥後漢文翁之穿湔水溉田，或謂卽中江上流，後爲犍尾堰。涪江由灌縣南行，至新津眉山井研三縣間，舊有安漢橋，水盛多壞，民苦治功，後太守李巖，鑿大杜山，尋江通道，爲大堰，開六水門，用灌郡下北山，江水又與文井江會，李冰所導也。

江水又東南經熊耳峽。連山競險，接嶺爭高，有灘壘溉，亦曰壩溉，李冰所平也。

江水又南行，經犍爲縣至宜賓縣，李冰以江中崖峻阻險，不可穿鑿，乃積薪燒之，故其處懸崖，尙有赤白玄黃等色焉。

次如通濟堰之於新津彭山眉州，洪化堰之於青神，犍爲之灌萬堰，陸山堰等，均有特殊成績，其規模雖不及都江堰之偉大，然數縣田畝，賴以灌注，乾旱可種，居民恃以生活者，尤指不勝屈，其他各縣，大小堰塘尙多，茲不列舉。

二、管理

都江堰歷代均設有專官，司修守之責，如水利知事，其餘各處，均設有局，由地方紳民，遴選充任，主管修治事宜。

三、修治

每年春季，先於壩頭，採取竹木等料，編爲壩籠，內裝河石，逐層填墊，以作截水壩，並沿堰滂，清理渠槽，或用多數橋樑（即用木三足架），魚貫密接，上盛卵石，外堆泥土，以作擋水壩，工料簡單，極爲經濟，然歲需修做，固不如近代式之石壩，或鐵筋洋灰壩之耐久也。

四、經費

工款來源，率多照畝分攤，大約每畝，須水費一元左右。

五、灌溉方法

計有自流，起水等法。

自流，卽由總水渠處，向外分作大小溝渠，引水直接灌地，（此法最簡，但祇限於水位高處，）起水，此法因地高於水，水頭低下，故須起水，將水由低處，轉至高處，其法又分人工，器具兩種。人工多用桔槔，或水車戽水等類，低地用二人水車，高地用四人水車，高地每畝需五，六元，低地每畝需二，三元，然旱潦過甚之年，人力難施，因引水排水，均感效率不足之故。器具，用竹紮圓式筒車，周圍圓面附以水筒，並擋竹篾，由水力衝動，卽由低處，轉至高處，竹筒所盛之水，卽傾入水槽內，引入地面溝渠，以資灌溉，此法頗簡便，然起水甚微，若在旱年，仍有緩不濟急之弊。

六、田地價值

田地價格，有堰田非堰田之別，又有山田壩田（即平原之田）之分，山田灌溉，即全恃雨水，及水塘水澤，旱則仰首呼天，無法救濟，故價值較低，約每畝由十元以至二十元，壩田能灌堰水者，又分上中下三種，上堰因接近水源，得以提前耕種，故價值在八十元百元之間，中堰灌水較晚，價在四十元或六十元之間，至於下堰，須上中堰田灌足後，始能澆水，耕種較晚，故價值祇在二十元至四十元之間耳，如在雨水潤澤之年，益以堰水灌注，居民頽慶，咸樂沾潤，固極相安無事，倘旱魃為虐，天久不雨，堰水亦枯，而爭水械鬥，相習成風，亦水利之大患矣。

七、雨量氣溫

四川位於北緯二十七度至三十三度，氣候溫和，茲據上海徐家匯天文台報告其十年平均數，重慶為攝氏十九度，成都為十三度餘。

雨量十年平均次數，重慶計一百六十二次，深度計1,024.9公厘。

成都計壹百零四次，深度計884.6公厘，

茲附表如次：

成渝氣溫比較表（十年平均數）

以攝氏零度計

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均	
地 點	成都	6.8	7.8	12.5	17.4	21.4	24.2	25.8	25.8	21.6	17.6	13.1	7.0	13.6
	重慶	9.8	9.9	14.2	19.7	23.1	26.0	28.0	29.0	24.4	19.4	14.6	10.2	19.0

成渝雨量比較表 (十年平均數)

月份	降雨次數		雨量 (以公厘計)	
	重慶	成都	重慶	成都
1	8	4	17.3	5.1
2	20	5	16.9	8.1
3	12	4	31.1	8.6
4	16	9	91.1	50.0
5	16	9	103.2	53.2
6	19	13	172.8	104.4
7	12	12	144.2	234.4
8	10	12	102.6	280.5
9	16	16	140.1	250.1
10	20	14	140.1	95.2
11	13	4	57.2	10.2
12	10	2	23.7	4.6
總計	162	104	1,024.9	884.4

查四川全年雨量，由成都及重慶兩地觀之，係在 884.6 公厘與 1,064.9 之間，其平均溫度為華氏 66° (重慶) 及華氏 56.50° (成都) 其適合於農作物水稻等產品，毫無疑義，古人所謂天府奧國，實得天獨厚者矣，茲錄下列數證為證。

「致農作物之生長區域，常隨雨量而異，全年雨量在 100 公厘以下，謂之沙漠地帶，不能生殖任何植物，若在 100 至 250 公厘，謂之為乾旱地帶，一切農作物，均恃灌溉之力，方能生長，其有 250 至 500 公厘者，名為半乾燥區，如常年雨量，分配適當，可無須灌溉，故又名為乾農作物區，其在 500 至 800 公厘之間者，足供普通乾作物之用，如能在 800 公厘以上，則可種水稻也。」

八、農產各節需水量

農產因地方氣候不同，區域各異，所需雨量，亦因之有別，然以中外試驗成績攷驗，其應需雨量深度，亦大同小異，茲錄一表如下，以資攷證。

農作物種植節氣及需水深度表 (以公分計)

月 令	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	總												
節 令	小 寒	大 寒	立 春	雨 水	驚 蟄	春 分	清 明	穀 雨	立 夏	小 滿	芒 種	夏 至	小 暑	大 暑	立 秋	處 暑	白 露	秋 分	寒 露	霜 降	立 冬	小 雪	大 雪	冬 至	計
麥 豌豆 扁 豆				10 禾苗	10	收麥			8	10	10							10 下種							58
棉 花			8 下種		10	10		10	收花											10					48
黍 菽 夏 季雜糧				8	10 播種	10 播種		10 收稻							收禾										38
蠶 豆																									
黃 豆							8 播種	10	10						收豆										28
需 水 深 度			8	10	10	10	10	10	10	10	10	10	8												86

上表全年需水深度，為86公分，即860公厘，查吳江龍山場試驗之結果，中熟秈稻，灌溉水量，全年為907.26公厘（二十三年）又917.35公厘（二十四年）故上表所列之全年農作物需水深度，似尚合理。

查四川雨量表，由四月至八月期間，重慶雨量，尚與種稻節氣，所需雨量，相差無多，但成都雨量，在四，五，兩月播種插秧期間，約缺一半，六月雨水尚足敷用，七，八，兩月，將屆收穫之期，毋須過大水量，反而大雨時行，成都係著名之盆地，出產以稻米為最，不但缺雨時，應需適合灌溉，即雨量過多時，尤須相當排洩，而產量方能增加，茲錄日本山口縣試驗場四年平均之成績於下，以資參證。

灌溉說明	每畝糙米產量
種秧後至發穗時不灌水	3.237 石
發穗期至出穗齊不灌水	2.896 石
發穗期至成熟時不灌水	3.143 石
始終灌水三四次	3.143 石
標準辦法（插秧時灌水至發穗齊排水）	<u>3.312</u> 石

據此項試驗結果，足證灌溉與排水兩項，均於種稻產量，有密切關係，似應特別注意，以增收糧。

九、稻田面積及其產量

據二十年國民政府主計處，統計各省，各縣，種稻水田，每年須用水灌溉之田地，（指已耕種地言）四川一省，為四仟二百餘萬畝，較之其他各省稻田畝數，居第一位，而產量為二仟七百餘萬担，居最末位。

十、被災區域

茲據國民政府服務委員會，調查四川災情概況，由十七年至二十年（二十三年）係四川地方銀行經濟調查部報告。

年 別	災 情	縣 份
17	旱 水 兵 匪	54
18	旱 水 兵 匪	51
19	旱 水 風 雹 兵 匪	67
20	旱 水 風 雹 兵 匪 火	72
(23)	旱 水 風 雹 蟲	67

四川全省，共壹佰四十餘縣，以二十年被災縣份，七十二縣為最多，約計全省百分之四十九，即就小數五十一縣論，亦約及全省百分之三十五，兵匪風雹等災，尚不在本問題範圍內，勿庸贅及，但旱水災害，無年無之，四川原屬地大物博，雨暘時若，實不應再罹災禍，然災象屢見不已，豈容掩飾，旱潦不時，固屬

天慮，如果操縱有方，縱不能悉數避免，亦有相當挽救，較之田呈龜坼，人或蕩析，生命財產損失於前，籌款賑濟補救於後，固不無霄壤之別也。

十一、整理方案

四川灌溉面積，廣袤甲於全國，而產量特居末位，前已言之矣，推其原因，強半由灌溉未盡適宜，因川中灌溉之利，雖創始於二千年前，但人民株守陳法，歷年鮮有改進，以致器具苦窳，旱無以供蒸發，潦不能排積水，灌溉水渠所引水量，是否滿足下列各項應需水量，尤是一大問題，倘水量不足，則產量當然減色矣。

1. 植物吸收 (Plant Transpiration.)
2. 地面蒸發 (Evaporation from the Ground.)
3. 地層滲漏 (Percolation to strata.)
4. 地面廢水 (Surface water.)

至灌溉規畫辦法如下列各項：

1. 蓄水 (The Storage of water.)
2. 分水 (The Diversion of water.)
3. 引水 (The Conveyance of water.)
4. 用水 (The Application of water to land.)

關係灌溉頗重，如第一項蓄水辦法，為水源根本問題，設來源不足，則應于上流擇定相當地點，築壩儲蓄，倘遇旱魃為虐，即可放水，以資補助，即令久旱無雨，何致災較迭見乎，其餘各項，均有學術關係，倘能規畫適當，水量充足，經費節省，尤不可不慎也。

至於起水器具，如筒車，水車等類，效力既微，人力有限，設雨水調勻，尚能敷衍將事，倘因亢旱不雨，雖昕夕勤勞，胼手胝足，仍無補於枯萎之禾苗，收穫無望，災象以成，若能改用新法，利用機力，屏水既豐，足抗驕陽，自然禾稼滋長，可慶豐收

矣，例如民國十五年，滬寧大旱，近河之田，因河水乾枯，水位過低，人力既難施展，即用油機戽水，亦緩不濟急，惟利用電力始得充分水量，茲錄其成績如次：

用力類別	收 稻 担 數	收 穫 百 分 數
電 力	7.0	100.00
油 機 力	5.0	71.50
人 工 或 牛 力	2.0	28.60

據上列情形而論，四川原具有水利之各項優點，茲列舉如下：

- 一、水田寬廣 見前。
- 二、水源豐富 灌縣 每秒 3,000 立方呎，洪水 57,000 立方呎。
重慶 每秒 75,000 立方呎，洪水 1,075,000 立方呎。
- 三、雨量調勻 見前。
- 四、氣候溫和 見前。
- 五、堰塘衆多 見前。
- 六、農民勤苦（人民以耕讀爲業，居最多數，并勤於耕作。）

歷年水旱頻仍，生機垂絕，卒不能抵抗天災者，亦有種種劣點，例如：

- 一、膠守陳法，毫無改進。
- 二、器具苦窳，效率低微。
- 三、缺乏倡導改良之具體辦法。
- 四、缺乏大規模之水利機關。
- 五、未建巨量儲水池。
- 六、缺水田畝，尙待設法灌溉。

比較上列優劣各點，優者均屬於天然之利，人民仰賴生活者，寔有年所，惟其得天獨厚，習於苟安，不思奮勉圖進，惟其改進無方，狃於舊習，毫無抗災能力，倘夔門可封，閉關自守，則固一西南樂國矣。環顧近代形勢，長江航輪，進出年以千計，帆

船利權早失，鐵道再通，陸運情形，亦起劇烈變化，倘不急起直追，改絃更張，轉瞬近代合理化之農業，工商，經濟等滅亡政策，更將傾江倒峽，風馳電掣，深入腹心，優勝劣敗，理無或爽，為保存生計，抵抗外力起見，似應速謀改革，擷引新知，以起衰敝，而圖自立。

茲擬定改進原則數項如次，以資採擇。

- 一、舉辦測量 測量一端，為工事起點，設計根據，若無詳細圖案，及確實資料，所謂某種計畫，仍屬空談，若貿然為之，不遭失敗，即不經濟也，水利應辦測量如下列數項：
 - (一) 地形測量 凡地勢廣袤，高峽，河川，丘陵，屬之。
(附省縣鎮集)
 - (二) 水文測量，降水量，流量，流速，水位，及含沙量等屬之。
 - (三) 氣候測驗，溫度，風向，風力，濕度，蒸發，雲霧等屬之。
- 二、整理舊堰 原有水堰，分水，引水，及用水等法，設法整理，務期合理化，其水頭建築物，如擋水壩，閘門，堤岸等，亦須適用有效方法，俾其經濟，耐久，適用為度。
- 三、增闢塘堰 凡未經建築地方，須調查水源，設法灌溉，使瘠田變為沃壤，俾收耕種之利。
- 四、建蓄水池 四川除成都平原外，四圍多山，地面傾斜頗急，故雨苦潦霖，晴患乾旱，農民苦之，倘於山坳建壩蓄水，設閘操縱，以資調節，不難轉害為利。
- 五、改良用具 擇相當地址，建築模範灌溉區，用電機，油機，人力，或舊式器具取水，比較成績，試驗效率，及每畝應需水費，公佈週知，或逢節令，開放參觀，以資提倡，而謀普及。
- 六、設灌溉局 小農力量薄弱，耕種尚多賴自力，不能畜養牲力

，至電機，油機等新式灌溉器具，設備費重，非有大規模計畫，所灌田畝較多，難期有利，故須設局籌辦，集合多數人力量，規定水權法規，其效始著，茲據太湖模範灌溉場之報告，應用電力灌溉，其效力如下表：

電力(以馬力計)	抽水機進出水口徑	灌 溉 地 畝
24匹	10"	1000至2000畝
16匹	8"	500至1000畝
8匹	6"	500畝

每畝水費約用壹元七角。

復據蘇農牌引擎之效用，表明如次：

引擎馬力	抽水機口徑	每小時燃油量	每小時抽水量		每十二小時灌田畝數
			介 倫 數	合中國畝數	
4匹	5吋	2.0磅	17,190介倫	2畝半2吋深	30 畝
12"	8"	5.5"	48,200 "	7" 2吋"	84 "
16"	10"	7.0"	68,800 "	10" 2吋"	120 "
25"	12"	11.0"	103,200 "	15" 2吋"	180 "

註明(一)上表出水高度，以二十呎為標準。

(二)一畝田二吋深水量6876介倫，(一介倫合十磅)即68,760磅，合中國513担。

(三)每畝水價不及壹元(參看大陸廣告說明)

上列結果，比較人力畜力為廉(約三元餘)且因效率大，即遇亢旱，亦能照常收穫。(事實見前)

七、培養人材 凡舉辦事業，無論巨細，治法治人，須交相為用，方能收良好結果，農民無知，(缺法)不知法何以改進，(缺人)法人兩缺，難以圖始，即地方紳士，知識較廣，或曾有學習水利者，然以川省區域廣大，似非少數人，可以兼

願，故須籌辦訓練所，招致高中畢業，或學資相等之學生，授以水利之基本學識，如：

- (一) 測量學，(二) 水力學，(三) 灌溉學，(四) 土壤學，(五) 河工學，(六) 水道建築學，(七) 氣象學，(八) 土木工程學，(九) 機器應用學。

四川計壹百四十八縣，每縣擬照十人數目計算，共壹千四百八十人，分五年訓練完成，每年應造就二百九十六人，此項人材畢業後，即分派各處，擔負實施工作，庶可兼收治人治法之效，五年後，該所有繼續設立必要否，再酌量情形定之，茲擬具經費如下：

一、臨時費

- | | |
|----------------------------|----------------------|
| (一) 校舍(選用公所，不另修建) | |
| (二) 設備(講室棹櫈辦公用具等) | \$ 2,260.00 |
| (三) 儀器(測量儀器如經緯儀等及測候用器風力表等) | \$ 16,345.00 |
| (四) 模型(水力發電機抽水機及電機油機鑽井機等) | \$ 25,000.00 |
| | 第一年設備經費 \$ 43,605.00 |

二、經常費、以每月計

- | | |
|-----------------|-------------|
| (一) 教員四人至六人、 | \$ 2,000.00 |
| (二) 職員十人至十二人、 | \$ 1,460.00 |
| (三) 辦公費(紙張煤火燈水) | \$ 400.00 |

每月經費 \$ 3,860.00 全年經費 \$ 46,320.00

五年經費統計表

年 別	每年經費 (暫以五年計)
第 一 年	\$ 89,925.00
第 二 年	\$ 46,000.00
第 三 年	\$ 46,000.00
第 四 年	\$ 46,000.00
第 五 年	\$ 46,000.00
共 計	\$273,925.00

八、健全組織 水利一端，膚淺視之，農夫俗子，可爲之事也，若詳細剖析，分門別類，頭緒紛繁，卽如前列種種辦法，已可概見，倘無健全組織，分工合作，難期有成，尤其組織分子，非具經驗學識之人，亦不能發生相當效用，茲將組織法略述於次，以資參酌。



九、劃分區域 查四川區域寬闊，田疇井錯，倘不分區辦理，按年推進，難期普遍，茲擬將全省地面，劃分十區，每區均介於兩大江流間，以便計算被水面積，列表如次：

各區應設雨量及流量氣象站數一併附入

區別	面積(以方公里計)	雨量站數	流量站數	氣象站數
1	26,976.00	23	5	1
2	52,182.90	14	2	1
3	29,496.95	19	6	☆ 1
4	16,941.95	12	2	1
5	69,070.99	26	2	☆ 1
6	34,333.48	15	3	1
7	26,716.12	15	3	1
8	46,264.51	15	4	1
9	29,322.58	4	2	1
10	21,503.23	5	1	1
總數	403,811.30	148	30	10

註一：三、五、兩區，係省會及商埠所在地，故擬設氣象所，以期較有精密完整之觀測。

註二：川中地勢，四圍多山，幸整理方案，係以灌溉為範圍，故應按需水灌溉田地之畝數計算，即42,222,000畝（二十年國民政府統計處）約合25,000方公里，約佔全面積百分之六強，估計經費，擬暫以平地可溉之田為標準，其餘有關係山地，如蓄水池，水力發電等事業，可資以利用者，擬儘先調查，擇尤開發，以免兼顧為難，不易收效。

十、設模範區 「陶成易，罔始難」此普通人之習慣性，川中高山屏蔽，交通困難，人民尤易拘守舊習，難與罔始，然利益

所在，風勢所趨，模倣性質，亦不後人，如成渝改良街市，修築全川公路，川江航業，成渝鐵路，（進行中）等，均是「迎頭趕上，努力建設」一種精神上之表現，倘倡導有方，組織有序，上行下效，相習成風，其效必速，勢如置郵傳命，故設立模範區，先樹楷模，由政府切實辦理，以爲人民表率，事屬生計攸關，似應積極興辦。

查各區地勢適中，堪作模範者，以第三區爲最，其因有四：

- 一、成都係省會所在地，人民觀感所繫。
- 二、成都平原，係著名盆地，寬廣計有十四縣之多。
- 三、灌縣都江堰，水利先導，遐邇著名。
- 四、左派右沱，水量豐富。

積此種種原因，故發軔之初，擬由該區先行開發，漸及各區，庶有成規可尋，不致妄費，至該區之內，已闢水田不少，有用堰渠灌溉者，有戽水灌溉者，有純恃雨水者，就此三項計之，則模範區內之灌溉工作，應分爲改近與新闢兩類，所謂改近者，係就原有堰渠，加以整理，俾于荒旱之年，亦有相當收穫，并于可能範圍內，增加水田面積，所謂新闢者，係另開水源，俾有充分水量，以資灌注，如較高之地，非堰渠之水所能灌溉者，亦宜分別改用新法，藉增灌溉效率，以免災歉，第一年後，已有訓練人材，逐年循序推進，庶人盡其材，地盡其利，兩得之矣，茲將開辦經費，列表如下：

項目	費 別	單 位	各 項 經 費	註 明
1	建設人員訓練所	1年	\$ 89,925.00	
2	水利行政	1年	\$ 70,880.00	
3	精確水平測量隊	1隊	\$ 7,850.00	儀器在內
4	地形測量隊	2隊	\$ 23,940.00	—— ——
5	流量隊	12隊	\$ 45,948.00	—— ——
6	氣象所	2所	\$ 2,600.00	—— ——
7	雨量站	148站	\$ 2,000.00	—— ——
8	統 計		\$243,153 00	

註一、 上表經費，係由後列統計經費中，劃出一部，提前辦理。

註二、 雨量記載，由地方縣學機關代辦，不給薪水，表上所列，祇預算雨量具表紙經費。

十一、 經費概算 計分訓練，行政，測量，及工程四種：

一、訓練所經費，（五年計劃）

共計 \$ 273,925.00（見前）

二、行政經費，列表如次：

行政經費五年概算表

年 別	每 年 經 費
1	\$ 70,880.00
2	\$ 68,880.00
3	—— ——
4	—— ——
5	—— ——
總 計	\$ 346,400.00

註一、 上列經費，係根據組織表中，照局長課長主任各一人，課員十八人計算，辦公房舍係用官所，惟估計設備修理等費二千元，次年至第五年，即行減去。

註二、 第一年設局，先行從事測量，及訓練人才兩項著手，所有工程行政人員，即分配於測量隊及訓練所兩處，積極工作。

三、測量隊經費，計分測量員及儀器兩種。

甲、測量員經費預算表

項目	工作類別	工作總數	每單位預算費	共計
1	精確水平	520.00公里	\$25.00	\$13,000.00
2	地形測量	25,200.00方公里	\$25.00	\$604,480.00
3	流量測量	30.00站	(以三年計)	\$305,670.00
4	氣象所	2處	以五年計	\$ 9,800.00
5	氣象站	8處	以五年計每年津貼十元	\$ 520.00
6	雨量站	148站	—— ——	\$ 8,140.00
7	水尺站	68站	—— ——	\$ 3,740.00
8	總計			\$945,350.00

註一、精確水平，係指成渝一段長江里程，因揚子江整理委員會，未將該段列在工作範圍內，故無水準基點，茲擬接測至成都，建立水準基點，嗣後各區水平高度，均以吳淞海平面為準，以期一律。

註二、地形測量方公里數，係由四千二百餘萬畝水田面積推出。

註三、各單位預算費，均係參考各處，測量成績之平均數，實測時另詳預算，至氣象雨量等站，手續簡單，毋須專人辦理，即委地方人士代辦，每年擬給津貼拾元，以資鼓勵。

乙、儀器經費預算表

項目	類別	單位	預算費	共計
1	精確水平	2隊	\$1,200.00	\$ 2,400.00
2	導綫組	9組	\$2,000.00	\$18,000.00
3	水平組	9組	\$1,000.00	\$ 9,000.00
4	地形組	18組	\$2,000.00	\$36,000.00

5	流 量 隊	30隊	\$ 650.00	\$19,500.00
6	氣 象 所	2隊	\$ 500.00	\$ 1,000.00
7	象 象 站	8站	\$ 40.00	\$ 320.00
8	雨 量 站	148站	\$ 10.00	\$ 1,480 00
9	水 尺 站	68站	\$ 20.00	\$ 1,360.00
10	總		計	\$89,060.00

註一、精確水平測程，計 520 公里，往復測量，計 1,040 公里，限期一年測竣，故需兩隊趕測。

註二、地形測量，每隊每日平均，約測二方公里，限期五年測竣，每年至少須有九隊實測。

四、工程經費，水田畝數，計 42,222.000 畝，現在因測量尚未完竣，應如何設壩修閘開溝之處，尚無一定計畫，自無預算可言，但參考各處灌溉成例，每畝整理工程費，約在三元至四元之間，茲按四元估計，約合\$168,888 000，其中除無水源可資灌溉，或已經修有堰塘田畝，約計佔半數外，其工程費概算，應取半數 \$84,444.000 為準。

五、經費統計，茲再將前列各項經費，統計列表如下：俾期明瞭。

項目	費 別	各 項 經 費 總 計
1	建 築 人 員 訓 練 所	\$ 275,205.00
2	水 利 行 政	\$ 346,400.00
3	測 量 隊	\$ 945,350.00
4	測 量 儀 器	\$ 89,060.00
5	工 程 建 設	\$ 84,444,000.00
6	統 計	\$ 86,100,015.00

上列統計經費，為數達八千六百萬元以上，數目過鉅，固未可一蹴而躋，然分年分期辦理，亦屬輕而易舉，如擬於開辦時，先設模範區，祇須二十四萬餘元，即能舉辦，以後逐年推廣，程功可期，所謂行遠自邇，登高自卑，亦舉辦企業中，必不可少之步驟也，本工程建設時間，并不限在五年內辦竣，合併聲明。

十二、利益預計

灌溉事業成功後，其利益計分直接間接兩種，約計如下：

一、直接利益，係屬於人民的，計分兩項：

甲、產量增加，前曾云川中稻米產量，居于末位，茲錄表如下，以資參證：

各省稻田產量表

省	別	每畝產量 (以担數計)
四	川	0.66
江	蘇	2.04
湖	南	1.82
浙	江	0.74
湖	北	1.75
安	徽	2.06
江	西	3.00

又在江蘇近年改用電力灌溉排水後，旱潦均慶豐收，每畝產量，已增至五担，效力迄已顯著，水利事業，關係甚重，實不容視為緩圖，茲擬估計四川水田整理後產量，暫以2.0担為率，即每畝增加1.34担，每担以五元計，合\$6.70。被整理水田畝數，(按半數計) $21,111,000 \text{ 畝} \times \$6.70 = \$141,443,360.00$ 。

乙、地價增漲，川中田畝，凡非堰田，及每年准能收穫者，其價每畝約計二十元至三十元，如整理後，按年豐收，田畝價格，縱不能與上堰比擬，如平均增至中堰田

價，亦屬可能，茲以每畝六十元為率，即每畝增加三十元，其增加利益如下：

	$21,111,000.00$ 畝 \times $\$30.00 = \$6,33,330,000.00$
甲、產量	$\$ 141,443,700.00$
乙、地價	$\$ 633,330,000.00$
兩項共計	$\$ 774,773,700.00$

二、間接利益，屬於政府的，計分兩種如下。（印度灌溉，平均按農產值百抽十至十二）。

產量及田價，因整理後，利益增加，政府如按十抽一，用以發展其他事業，亦不過當，茲併計如下。

一、政府稅收，

甲、產量，（以每年計）	$\$ 14,144,370.00$
乙、地價，（以一年計）	$\$ 63,333,000.00$
兩項共計	$\$ 77,470,370.00$

二、豁免災歉，計分人民，政府損失兩項，分計於下：

甲、人民損失，四川每年水旱災區，根據統計數目，最少尚有百分之三十五縣，而田畝歉收，亦按此比率計算，其損失如下：

$$21,111,000.00 \text{ 畝} \times 0.66 \text{ 担} \times \$5.00 \cdot 35/100 = \$24,383,205.00$$

乙、政府損失，災象已成，政府為子惠黎元計，不忍災民嗷嗷困苦，除免田賦外，又須籌款賑濟，其損失預計如下：

甲、田賦	$21,111,000.00 \text{ 畝} \times \$2.50 \times 35/100 = \$18,472,125.00$
乙、賑款	$\$ 1,000,000.00$
兩項共計	$\$ 19,472,125.00$

三、利益統計，茲將各項利益，列表如次，俾期明瞭。

整理田畝所得利益統計表

項別	利益類別	概算
1	人民方面	\$ 774,773,700.00
2	政府方面	\$ 77,477,370.00
3	免除災歉	\$ 19,472,125.00
4	統計	\$ 871,743,195.00

就上列利益而論，已超過事業費十倍以上，而田地逐年產量增加之利益，尙未計算在內，其利益之優厚，可想見矣。

十三、引證事例

一 各國灌溉利益

中國以農立國，於二仟五百年前，已實行引水灌溉，外國如太古埃及敘利亞，小亞細亞，諸國皆然，巴比倫之以雄富聞於他國，亦係農業發達所致，逮猶太人以兵力占據其地，夷溝填渠，荒榛塞塗，灌溉之制，湮沒殆盡，登山環望，百里一赤，古史傳中，輒歎歎成慨言之，他如阿剌尼亞，終歲除急雨外，有燥風飛揚之地，亞拉比亞，有降雨極少之地，皆用斯術以彌補缺陷，印度農作物，僅二三種，至於近世，浚鑿古代舊有溝渠，疏導背提士，蘇姆奈兩河，以資灌溉，種種農作物，遂發育極盛，除供給本國與英吉利無量需求外，且餉遺餘物於他國，前此最瘠薄最貧弱之州郡，五十年來，地力驟蘇，新郡邑，新村落，燦如錦綉，此非確鑿可證者歟，西班牙之始受制於羅馬人也，農民即引愛白洛河之水，以助灌溉，洎爲亞拉比亞人所轄，仍踵行之，故灌溉之法，至今極有秩序，晨起原有水之主者，就管水於農夫，農夫視當日需用之水量，預納金於主者，如是以爲常，故其國以米桑蜜柑菓物類花樹類之豐肥，鳴於四隣，全國一方哩間人口約二百十人，而灌溉法完全之地，一方哩，孳殖至四千二百十人，亦可驚矣，意大利，全國之田，無甚肥甚磽之別，灌溉之澤均也，如

倫巴提亞州之種種農作物，皆受灌溉之賜，毗蒙脫州灌溉完善之地，與不完善之地，人口增殖多寡之數，二十年間，每萬人中乃有百三十九人與八十一人之比例，差羅美里亞者，故硯瘠不毛，乾燥之區，黃河源洞，其窪下者，復以雨潦停滯，醞釀鬱蒸而為時疫，居民欲治農業，耨鋤之力無可施，後因附近二州，荒寂無人居，鑿一大滯渠於中，以為流水諸洩之地，昔之空原曠澤，至此遂為亞羅羅巴極豐饒之地，而炊煙萬竈，紅塵四合矣，奧大利以雄富稱於全球，亦蒙灌溉之澤，此猶在歐洲耳，彼東西各國之名日本也，曰產米國，使非有偉大深厚之灌溉力，安能若是。

肥料之用，所以補地質之缺點，灌溉亦然，灌溉者補氣候之缺點，即以水量助雨之不足也，要之，疏導河水，以資灌溉，有種種之利益。

(一) 水之供給整齊劃一，無多少不勻之弊，雨量較多之地，且能使種種農作物收穫之額增多。

(二) 河水含有之營養物，多於雨水，且以配布適度，可施多量之肥料，故收穫額銳增於前，請觀之印度，印度之地，有寒暑同，燥濕同，肥磽同，而收穫之數劃然不同，豐歉至一倍以上者，則以一灌溉，一不灌溉也。

(三) 水勢沖洗，時時滌洗土壤中之有害分子，可以改良地質。

(四) 農產物之位於劣等，而利益少者，漸殄其種，位於優等而利益較多之農產物，次第發育。

(五) 氣候適宜，則灌溉所及之地，終歲皆耕種收穫之時，美國加利福尼亞州南部，與亞索內州西部，其人民不從事於耕種收穫者，歲僅二閱月，此外皆農時也，其地首稻歲凡五熟，亞非利加之阿爾台里，所藝馬茶薯歲亦三穫，即其例矣，此皆直接者也，請言間接之利益，何以有間接之利益，因浚整滯渠以節宣水性，則水之排洩得宜，茲將其利益，分別說明如次：

(一) 燥濕地而使之乾，向之孳殖農產物者，秋收後，仍變爲燥地，可以徐待冬春之播殖。

(二) 濕地既乾，有害之炭氣，一切杜絕，而附近居民衛生之法乃益善。

二、印度水利灌溉

印度業農之民，幾占百分之六十五，其餘雖非農家，大都亦依農爲生，故農業一端，實印度人生計之大源，但農家智識淺陋，灌溉上殊鮮注意，往往徒恃 (Monsoon) (即雨季) 以從事耕種，因之如南印度一帶，旱荒時見，印民實苦之，英政府有鑒及此，特於一千九百零一年，設立委員會，專事調查改良之計，據該會報告，全屬印田，計有二萬二千六百萬英畝，其中恃水塔，運河灌溉者，僅占四分之三，餘悉依賴天然力，致每年賑款，動達美金一二十萬，國家人民，兩俱交困，爲害之鉅，實難言喻，嗣引 (Lake of Ghaat) 之水，開築運河一道，使中印各旱地，悉免旱患，至沿湖一帶，雨水尙調勻，可以不恃該湖之水，若引爲運河之用，儘可無慮也，工程經費，每英畝估計約須美金七十五元，爲數雖大，而實爲一勞永逸之計，且從此國家不第減輕負擔，增加國稅，而猶能於賦稅之外，酌收水稅，上裕國幣，下蘇民困，爲計實至得也。

查印度之地，每年原可收穫兩次，一恃天然雨露者，印人謂之雨水造，(即早造)一恃灌溉收穫者，則謂之冷天造，(即晚造)但灌溉之施設未能普及，故大都僅收一次，按印民灌溉之法有三種，一曰水井灌溉法，一曰水塔灌溉法，三曰運河灌溉法，水井與水塔二法，構造簡陋，功效不若運河，英政府自經調查之後，遂竭力從事運動之開築焉。

自一千九百零一年，經該委員會調查之後，影響所播，印度灌溉經營，蒸蒸日上，除建築竣工者外，有在營建中者，有候政府批准者，有政府調查中者，迄至(一千九百十四年)共有五十

五起之多，其中之規模最宏偉者，則爲 (Upper Chenab, Upper Thehu mand, Lower Bari Cands) 上述三運河，此三運河，合名之曰，三角灌溉場，其工程建築之進行，分爲三大所，於一千九百十二年，其中之一所，已經告竣，興工灌溉，其第二所，則於一千九百十四年至一千九百十五年間，可以完工矣，此浩大三角灌溉場，完全竣工之後，可灌農田一百八十七萬一千二百三十五英畝，其建築費約需三千四百萬美金，其建築費之利息一項，政府預計以七厘半算，其直接利益，則 (Punjab) 之農產必倍加，其間接之利益，則附近鐵路之入款必驟增，該區之旱災賑費可免，財政上亦可免賑款之支出矣。

其第二重要之灌溉經營，乃 (Upper Swat Cona) 在印度西北邊陲之地，此運河於一千九百十四年，經始灌田，其所灌之區，乃 (Indus River Himalaya Mountains) 所澆之地，共面積約七百萬英畝，其建築費約七百萬美金云。

印度之灌溉工程，尙有無數絕大者，方在計畫之中，其費約共需美金一萬四千萬元，其最重要者，乃經營西北之 (Sind) 省，此經營雖未經政府批准，惟普通社會研究甚力，擬建一水閘於印度河中，距 (Karachi) 之北，約二百哩，在 (Jukker) 埠附近，並擬掘數大運河，與 (Baluchistan) 相聯絡，並引其水，以代原有之運河，並改用流灌法，以替汲灌法，其建築經費，約需二千六百萬元美金，竣工之後，可灌農田一百三十四萬七千三百十七英畝，否則此鉅大面積之農田，每歲所得之水，毫無定量，以致收穫，殊難預期，俟改良後，可增良田五十八萬八千七百零三英畝云。

印度灌溉水價之貴賤，視農產之種類，需水之多寡，地質之肥瘠，灌水之常暫，工程建築費輕重，與夫農利之厚薄而定，孟買屬內之 (Poona) 地方，每畝蔗田，每年須納水費十六元五角美金，此價固屬極昂，但仍適宜，蓋該屬蔗農，每年每畝獲利達二百六十元美金，於 (Punjab) 地方，大麥出產最多，大麥之田，每

畝須納水費一元一角，及一元三角六分之間，其餘雜糧之田，每畝須納水費八角至九角六分之譜，統言之，印屬平均水費，大概由每畝農產所入，值百抽十，至十二，惟（Bengal and Bombay De can）兩屬，則值百抽六而已。

印屬所挖之井，可分二種，其一為直掘一孔於地，見水後即止，用一二年後，即委而去之，其一掘法，亦如前，惟井傍加砌以土木磚石之圍，其汲水之法，隨井式而異，有以長竿一根，一端繫以重物，一端繫盛水之桶，用人力升降汲取者，有如埃及土人之用於泥路河岸汲水者，其井如深過一十五英尺者，則利用獸力焉，其法用二牛同負一橫竿，竿中繫一長繩，其繩之彼端，繫以皮囊，或水桶，此繩置於轆轤井上，其繩之長短，視井之深淺而定，牛負竿拖繩由井傍而降斜坡，牛漸降，則皮囊漸升，殆上達井，則傾以灌溉焉，其別法，則用獸力拖波斯水輪以汲水，印政府前年，曾聘美國鑽井家，（William C. Dorris）於孟買屬內，雨水不勻，河道乾枯之區，用美國鑽井機鑽挖，由七百尺至一千尺之深，以供該地之灌溉，及家常之用云。

現孟買屬（Ahmedabad）埠，頗乏水量，可供製造，與家常之用，印政府已從事深井計畫，以濟其乏，然（Dorris）君目下之經營，尚在試驗之中，印屬各工務局，莫不注意於此，如其成績佳時，印度全屬，將來鑽鑿洋井之經營，以為製造與灌溉之用，必盛行云。

按井水灌溉，費廉事易，此法雖盛用於印，亦頗多用於美，而鑽井一節，德國農部，設有專員，以司其事，蓋非嚴定限制，任居民隨地鑽鑿，則新挖之井，必碍隣田之井，况事隸專司，必駕熟而就輕，事半功倍，吾國東南各省，多水患，西北各地，多旱災，各省水患，政府已經着着進行，研究整頓，惟旱災一節，似尚未甚注意，然治水頗難，而治旱較易，蓋以水患勢驟，轉瞬之間，汪洋萬頃，田舍為墟也，惟是旱災來勢雖緩，而赤地千里

，野無青草，哀鴻滿目，其害則一也。

三、安南機械灌溉之例

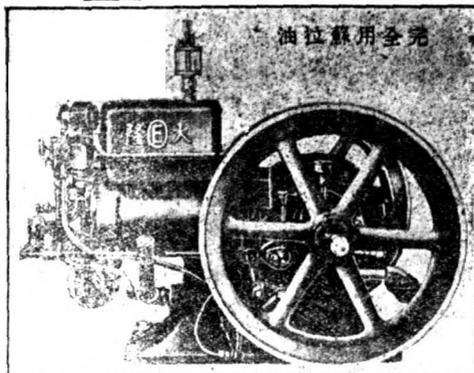
安南 (Sontay) 地方，有一灌溉區，其事實可為我國之參考者，茲從 (Sulzer Technical Review) 中，摘要列表如下：

1 acre = 6.596 畝

1 公畝 = 0.16276 畝

灌溉面積，	1,000,000 公畝	(24,700 英畝)
需水量每分鐘，	每公畝 0.005 立方公尺	(每英畝 4.25 加倫)
水位高低相差，	5.0 公尺	(16'—6")
總水渠長，	25.8 公里	(16 英里)
支渠 9 條共長，	64.4 公里	(40 英里)
分渠 209 條	共長 282.0 公里	(175 英里)
挖渠土方，	總共 950,000 立方公尺	(1,250,000 立方碼)
總渠面寬，	1.88—4.58 公尺	(6'—15')
總渠深度，	1.37—2.44 公尺	(4½'—8')
總渠坡度，	0.0063%—0.10%	(每英里 4"—6½")
動力 (共 3 座)	總共 750 馬力	
抽水機 (共 3 座) 每分鐘各，	159 立方公尺	(35,250 加倫)
抽水機進水管直徑，	1.68 公尺	(66")
抽水機出水管直徑，	1.22 公尺	(48")

十四、大隆牌石油引擎灌田之利益



大隆牌石油引擎

用場多：可以直接拖動舊有之木槽水車，或新式汲水邦浦，暇時並可供打稻碾穀
軋花磨麵米發電點燈等用。

價錢賤：家家可以置備，人人有力購買。

管理易：農家可以自己開用，毋須雇用機匠。

用油省：三四馬力者，每小時僅用蘇拉油七八分，六匹者，僅費一角四五分，九
匹者僅費二角二三分。

效力偉：一部三四馬力引擎，至少可抵二十個壯夫之力作。

機身輕：二人可以搬運，隨處可以裝置。

據江蘇江北農家試用之報告，尋常人工車稻田一畝，

需費洋三元，若用大隆牌石油引擎灌水，每畝不及一元。

與人力較：省費既如上述，且在農忙時，雇人殊非容易，雇到之後，茶也，烟也
，點心也，肉蔬也，非但雇主照應忙碌，而主婦亦奔走疲勞，倘用大
隆牌石油引擎，僅須男子一人管理，任其自動，極為閒逸，而女子儘
可另做他事。

與牛力較：養牛數年，用僅一時，其常年之供養及照料，既極麻煩，所費又多，
倘值瘟疫流行，更為危險，如用大隆牌石油引擎時，僅費少量石油，
不用時，絕對不費分文，無須照料。

查鄉村僻壤，無發電工廠，若用柴油機發動，以代替人力，固屬便利，惟柴油一項，係舶來品，倘各處均用該油，為數甚夥，而每年漏卮亦巨，為挽回利權，改用機力，兼籌並顧起見，近查有用木柴發動機者，效力亦不亞于石油機，並且木炭一物，中國隨地均有出產，倘國內製造柴油機廠，在國產汽油及柴油，未有巨量產額以前，似應改造木柴發動機，以利用國產燃料，亦節省經濟之道也，作者附註。

十五、參攷中外書報目錄

1. 四川農業，（四川中心農事試驗場）
2. 工程，（中國工程師學會）
3. 揚子江，（水道月刊）
4. 水利，（中國水利工程學會）
5. 中華工程師學會會報，
6. 太湖流域水利季刊，
7. 蘇農牌引擎說明書，
8. 河流與文明之關係，
9. Merriman and Wiggin: American Civil Eng. Hand book.
10. Etchevery: Irrigation Practice and Engineering.
11. Davis and Wilson: Irrigation Engineering.

三、航運

一、長江現狀

四川河流縱橫，水道密佈，雖萬山綿亘，蜀道素稱難行，但舟楫之利，歷經數千餘年，惠澤良非淺鮮，成，渝，叙，萬，等要埠，木舟蟻集，商旅沓萃，運輸絡繹于途，均以長江是賴，查該江上源之金沙江，自西康東來，蜿蜒川滇邊境，計在川里程，約長一千七百里，宜賓以上，因灘險水急，舟行僅至屏山之蠻夷司而止，宜賓以下，因會涪江諸水，水置驟增，帆船梭織，輪舶往來，已於一八九八年，經川漢鐵路之利川輪，由宜試探至渝，而航路途通，平時小汽船可至宜賓，洪水時民生之淺水輪，亦已直達成都，尚係揚子江上游唯一之航路，據有交通上極重要之位置，目前經營航業之中外公司，計有民生等十五家，船隻約計五十餘艘，茲記其現狀於下，以資參攷。

- 一、川江航業公司，計有民生公司十五家，中以民生營業較佳。
- 二、輪船約計五十餘艘。
- 三、進出口載重噸數，計在三十萬至四十萬之間。
- 四、出口貨物，以鹽，糖，藥材，桐油，皮，毛，為大宗。
- 五、進口貨物，以五金，棉紗，布疋，日用品為大宗。
- 六、該江上游，由各支流可通陝，甘，雲，貴，下流揚子江一帶，所經流域，如兩湖，皖，贛，江蘇等省，均屬富庶之區，航行極為重要，故為川中主要幹流。

此外支流甚多，茲擇其較著，能通舟楫之利者，略記於次：

- 一、嘉陵江，此江縱貫川北，流至重慶入江，其長度約計一千三百里，為陝甘交通要道，川北著名航綫，上游在陝之略陽及甘

之碧口，即可通行輕舟，南充以下，大小木船，往來無阻，至合川境又有二江來會。

一、涪江 此江在嘉陵江左側，亦係川北大江，載重四十噸之大木船，可通射洪縣之太和鎮，小船可至江油縣之中壩場。

二、渠江 此江在嘉陵江右，江口宜漢以下，即可通行木船。

三、木船之外，尚有汽輪行駛合川，洪水期間，可直送南充，左溯涪江，經安居潼南而至遂寧一帶。

四、運出物品，如隴南藥材，川西北山貨，及射洪，蓬溪之食鹽，均為大宗。

二、岷江，此江會合川西西北部之水，流至宜賓入江，上游自灌縣以上，水淺流急，艱於行舟，灌縣設有都江堰，分水為四十八江，灌溉成都十四縣平原，水利迄已早著，江流最大者，如南江（即岷江正流又名內江）錦江及外江（東南流為沱江）等，均能行舟，流至嘉定樂山，又與二支流合，近年兼有輪船航行。

一、大渡河（俗名銅河）因水勢湍急，祇通木筏。

二、青衣江（俗名雅河）雖多灘險，但雅安以下，二百五十里，亦可行舟。

三、民生公司汽輪民德號，曾於民國二十三年六月，由樂山試航成都成功，交通更形利便。

四、特產如屏山黃丹鄉之煤鐵，樂山之白臘絲綢，夾江之紙，五通橋之鹽，均係出口大宗，水運極繁。

三、沱江，此江係岷江分流，至金堂縣之趙家渡，北會綿陽什方諸水，南匯新都新繁諸流，水量驟增，內江而下，可通載重五十噸木船，流至瀘縣入江，其支流最著者。則有榮溪（俗名井河）流經富順境內，自井所產食鹽，均賴以運銷境外。特產如金堂，什方之葉菸，資中內江之糖，富順之食鹽，等，均有巨量出產，即食鹽一項，年有三千載，運銷川東北及鄂西一帶。

四、黔江，又名烏江，自貴州，流入川境，經酉彭而達瀘陵縣，與長江合流，在川境一段，均能航行木船，川鹽，秀油，并賴以轉運行銷於黔省境內。

五、此外支流，如赤水河，橫溪，蒸江，及其他小支流等，雖有舟楫往來，然利益不著，未能與上列各江頡頏，故不贅及。

六、水道航運一覽表（轉載）

河 名	經 過 地 點	航程距離(單位 英里)		備 考	
		木 船	輪 船		
長 陵 江	主 流	樂爽河，屏山，宜賓，南溪，江安，納溪，瀘，合江，江津，巴，江北，萬縣，涪陵，忠，鄭鄉，萬，雲陽，奉節，巫山。			重慶以下通江輪以上通小輪徽夷以下通木船。
	嘉 主 流	黃元，昭化，蒼溪，閬中，南部，周口，遂安，南充。	1,110	500	渝合段長行小輪，合川至南充增水期可通小輪。
	涪 江	中壩，彭明，綿陽，三台，射洪，太和鎮，遂寧，潼南，武勝，合川。	600	250	增水期淺水汽輪可行抵遂寧。
	江 渠 江	宜漢，達，三匯，渠，廣安。	400	—	
	涪 主 流	瀘，重慶，新津，彭山，眉山，符社，樂山，竹根灘，五通橋，總爲。	800	700	增水期小輪可經樂山而達成都。
	江 青 衣 江	雅安，洪雅，夾江。	250	—	
	沱 主 流	趙家渡，淮口，石橋，簡陽，資陽，資中，內江，樺木鎮，富順，趙化鎮。	700	—	
	江 榮 溪	自流井，鄧井關。	110	—	
	黔 江	興灘，鹿角沱，彭水。	500	—	
		總 計	6,160	2,950	

附註：表列木船航程，已包括輪航在內。

二、長江坡度

長江自重慶以上，節節增高，坡度竟達每英里三十二呎半，是以水淺流急，上游毫無舟楫之利，茲錄表如下，以資參證。

揚子江里程及高度表

地名	里程(以英里計)	高度(以海面低水位及英尺計)	每英里坡度(以尺計)	測量人或關
源頭		16,000		西人賴瓦斯開
巴塘	550	9,000	12½	西人李特爾, 吉乃
屏山縣	950	900	8½	
叙府	35	850	1½	
重慶	200	550	1½	揚子江船委會
宜昌	400	130	1	——"———
漢口	360	40	¼	——"———
海口	640	0	1/16	
里程統計	3,135			

三、渝宜灘險

重慶以下，灘險林立，大小計一百餘處，茲將其最著者，列表如次。

灘名	所在地點	距所在地湫數
銅羅峽	重慶	下游十湫
洛磧	長壽縣	上游九湫
黃葛灘	涪陵及長壽兩界間	
羣猪灘	涪陵縣	下游
觀音灘	鄆都縣	上游四湫
佛面灘	—— ——	—— ——
狐灘	萬縣	上游八湫
巴陽峽		長約五湫
新龍灘	雲陽縣	上游八湫

東洋子	—— ——	
廟碛子	雲陽縣	下游十哩
寶子灘	風箱峽	下游
下馬灘	巫山縣	上游三哩
火篸石	巫山峽口	
牛口灘	巴東	下游四哩
八大斗灘	牛口灘	下游
洩灘	巴東	下游
四季蕩	秭歸	下游
黃淺灘	香溪	下游
新灘	中肝峽	及米倉峽之間
崆崙灘	新灘	下游五哩
獺洞灘	腰站河	宜昌上游二十八哩

上列灘險，流速勢急，常有漩水，發水，沙水等變態，航行偶一不慎，輒觸礁擱淺，沉舟堪虞，民國六七年間，川人劉聲元曾組織宣渝灘險事務處，從事測勘，繪有峽江全圖六十三幅，峽江灘險分圖四十幅，又峽江灘險志一冊，擬加以開鑿，卒因工大費鉅，未及實施而罷，又有西人（Mr. Sidney J. Powell）鮑氏謂宜昌巫山間，共有險灘九處，改良之法，可在水淺至十五呎，流緩至九百尺時，用奧比海司（Eobihits）碎石機，除去石灘三分之二，其餘者自易為力，盤克脫起重機每小時能舉五百噸者，可用以起石塊，及磙屑，過深之處，可用舊石屑填補之，又巫山重慶間，江水湍急，開設時，須築成高出平流五十尺之壩多處，壩上蓋水閘，以電機司啟閉，每水閘長二百五十呎，寬五十呎，巫山重慶間，常有水閘二十一座，巫山夔州安平各地之閘，當長三千呎，各閘上，皆用水力發電機，巫山地方，設閘一座，已足應用

，又巫山夔陽間水道，亦宜疏浚，以利開通。

工程預算（全段工程，約於四年辦竣）。

一、石塊，2,000,000 立方碼。

二、砂子，石屑，6,000,000 立方碼。

兩項共估需英金 450,000 磅

機械，人工等費均包在內，碎石機，以每週能去 900 立方碼，起重機，以每小時能起 500 噸者為適當。

三、水閘，水壩，及浮橋等費，

共估需英金 8,420,000 磅。

四、水力電機及配件等項，

共估需英金 1,440,000 磅。

四項總計 10,310,000 磅。

按現在兌換率，每英磅 \$16.69 合價，計需中幣壹萬七千二百萬元以上，工程浩大，可概見矣。

四、成渝航道

由成至渝里程，約計五百二十公里，宜賓以上，始為岷江正流，由彭山江口，析為二流，右御支流，直達成都，謂之錦江，該江坡降頗急，據中國新地圖記載，重慶高度為 500 公尺，成都高度，為 725 公尺，相差為 225 公尺，地勢高峻，坡度陡急，故夏季洪潦一過，江流仍苦水淺膠舟之患。

此外如嘉陵江等航道，坡降既未實測，亦無相當資料可攷，茲暫從略。

五、航行時間及吃水深度

長江上游航輪，凡吃水較深者，均有定時行駛，并非全年可以暢行無阻，茲錄表如下，以資攷證。

船 別	長 度	吃 水 深 度	航 期
汽 輪	70 公 尺	3 公 尺	六月半 (由五月 至十月半止)
—— ——	40 公 尺	2 公 尺	全 年
民 船	15 至 20 公 尺	1 公 尺	全 年

本年春末，因江水乾枯，航行艱窘，鵝嶺宜昌江面輪船，無慮數十，商旅交困，損失頗為不貲。

六、整理方案

查長江，位居揚子江上游，下通鄂皖蘇贛等省，進出船隻，歲以千計，貿易價值，約四千八百萬兩，此係天然航運，並未加以人力整理而言，是以冬季水枯，凡輪船吃水深度為十尺者，尚不能通航重慶，渝蓉一段，吃水六尺者，亦不能暢行無阻，究其原因，厥有四端。

- 一、灘險甚多，
- 二、坡峻流急，
- 三、水淺膠舟，（冬令）
- 四、洪水氾濫，
- 五、缺乏閘壩，

長江自渝以下，已由揚子江整理水道委員會測量有年，其間灘險，如何開鑿，水位如何調節，會中自有蓋籌碩畫，自無待借箸代謀，惟重慶以上，灘險雖不若下游之甚，而坡峻水急，亦苦膠舟為患，在冬令枯水期間，非惟淺輪，不能航駛，即民船木筏，亦須舟子數十推挽之力，方能寸移尺進，交通不便，莫此為甚，方之歐之蘇彝士，美之巴拿馬運河，彼本原無河道，尚且窮心盡力，開鑿運河，以利交通，而我素有天然河槽，竟不思加以整理，洪水聽其漫流，既乏節省之方，水枯復無調節，坐失交通之

利，洵可惜矣。

矧成渝航運，聚合川西南北三部之水源，吞吐三十萬噸以上之物產，上行下運，關係極重，經過商埠，在涪江者，如嘉甌叙瀘，在嘉陵江者，如射蓬廣合，均係物產富庶之區。爲交通及商務計，均有不可漠視之勢，方今成渝鐵路，開始測量，興工有期，倘修竣後，東北大道，可以翹望改進，蜀道更有何難，惟治交通者，須水陸并重，輪帆兼施，庶足以收兼併之效，審是則改善水運，尤不可須臾緩矣，况民生公司，執四川航業之權威，年有發展，倘水道不治，何以擴充業務，維繫交通，爲四川航業設想，更不能不促進水運之改良矣，茲擬具初步方案如次，以資酌察。

一、 選擇上游山坳，建築蓄水池，控制洪水，以補枯水之不足。

二、 擇定相當河段，修築新式船閘及活動壩，調節水位，俾吃水十尺以下輪船，直航成渝，常年無阻。

三、 灘淺各處，應加疏濬，以適合吃水深度爲限。

四、 河身彎曲處，宜速修壩束水，俾歸正流。

五、 水位增高時，兩岸如有高度不足之處，應修堤岸，以資防禦。

茲爲實行以上工作起見，宜先籌辦下列各項事宜。

一、 河川測量，（河道地位寬狹深淺，并經過重要鎮縣隸屬之）。

二、 水文測量，擇重要地點，設流量站及水尺，測驗流速流量，水位高低，及含砂量等屬之。

三、 鑽驗地質，設置開壩及疏濬地點，宜先事鑽驗，明瞭地質狀況，以作設計基礎之根據，并預算疏濬方價。

四、 調查物產，沿河各處物品產量，及貨運噸數。

七、經費概算

根據前列各項工作情形，計需經費約估如下。

一、測量經費，此段里程，計五百二十公里，組織測量隊四隊，分段實測，限期一年完竣，估計經費列表如下。

項 目	類 別	經 費
1	測 量 隊 四 組	\$67,840.00
2	儀 器 用 具	\$ 8,000.00
3	雜 項	\$ 6,780.00
4	總 計	\$82,620.00

二、水文測量，擬適用第二節灌溉所設之流量隊，不另估價，以期節省。

三、鑽驗經費，凡修船閘，活動壩，及疏浚等處，均須詳細探鑽，以便明瞭地質岩層，設計適當基礎，新期穩固，茲預計設新式船閘三十處，每處經費計五百元，連同設備在內，共計估洋壹萬五仟元。

四、調查經費，計估貳仟元。

五、工程經費，應建閘，壩，堤岸及疏浚等費，每公里平均按 \$40,000.00 估計，共需貳仟零八十萬元。

六、維持經費，（以一年計）每公里 \$1,000 合計，共需五十二萬元。

茲再列一經費統計表如下，以期明瞭。

項 目	類 別	經 費 預 計
1	測 量	\$82,610.00
2	鑽 驗	\$15,000.00
3	調 查	\$ 2,000.00
4	工 程	\$20,800,000.00
5	維 持	\$ 520,000.00
6	統 計	\$21,419,600.00

附註：上列經費，均係依據國內各處，整理河道價格，概括估計，藉作參攷，至工程一項，須俟設計完成後，另詳預算，俾期準確。

八、利益概算

航道整理後，所有吃水十呎以下輪船，可以常年直航成渝，其間接利益，說明如次。

一、間接利益計分

(一) 水須增高，可以設渠，引水溉田。

(二) 各活動壩，均可利用水位落差，設水電廠。

(三) 常年通航，消除枯水停航損失，兼收交通利便效用。

二、直接利益，每年計收使用費 \$2,080,000.00。

航行輪船，既能得常年通航之利，實緣於新式閘壩之效用，該項工程，所費既鉅，并須常年維持，方能經久不敝，凡經過船舶，所載貨物，擬按每延噸公里，平均抽收使用費一分，以作補助工款本利之用，似尚公允。

查重慶海關，於民國二十一年秋，登記進出口貨物，約及四十萬噸，渝蓉里程，計五百二十公里，每年計合 208,000,000 延噸里，按每延噸里一分收費，預計利益如上數，利率約及一分，亦穩固之大企業矣，所可顧慮者，成渝鐵路修成後，前記噸位，是否被鐵路吸收，亦係問題，但詳經攷查，鐵路及航路所經區域，各有不同，而短程運貨，尚足抵補，兼之直達成都貨運，似無在渝駁運之理，又况水陸運輸，當局須持平處理，統制取費，庶可收相輔之利，而免相爭之害矣。

九、事實引證

本節附錄各段，計有船閘原理，及活動壩應用，及歐美開闢

運河工程大要，俾闕者明險航運一端，非可全恃天然之利，倘能稍盡人事，利益愈為偉大，當此建設肇端之時，似應積極籌度，以挽坐失之利。

一 開水原理，河坡傾斜甚大，水量缺少，如欲維持航運，須用開水法，中國古來沿用單開法，雖可開水，但通航困難，不若外國船閘（用上下雙開門）可以升降水位，輪船通行無阻，便利良多，外國船閘，德國創建於325年，意大利創始於1420年，荷蘭建造於1203年，美國修築於1790年，歷年改進，今則可謂集其大成，利用普遍矣。

二 開水方法，擇水道相當位置，建築擋水壩（Dam）將水流截斷，俾水位增高，如第一圖。

此法雖能增高水位，節制水量，但航行祇能限於一段間，此段與彼段交通，因有開門限制，難於航行，故船舶經行，須有倒開之勞，非若新式船閘之能直接通航，茲將其設備大要，分別說明，如第二圖。

一、 船閘，此閘重要用途，係升降水位，即係兩段高低不同之水位，可以上下船隻；往來無阻。

（一） 設備大要，在河道一側，建並列兩壩，與河道平行，上下兩端，各建開門（Lock gate）在開門中間，謂之閘室，（Lock chamber）上下開門兩傍，設有水溝，可通內外，有開啓閉，可以調節水位，謂之洩水溝。（Sluice Way）。

（二） 應用方法，如有船欲逆流而上，先將下流小閘提起，將水放出，俾內外水位同平，再將下開門放開，令船駛入船室，即將開門關閉，嗣將上開門旁小閘開放，將上流之水，放入閘室，俟水面互平後，方將上開門開放，船即駛入上流，由上至下方法相同，惟手續相反而已。

（三） 建築方法，須分開基，開牆，開門，截門機，及調節水面布置種種，關係各項學理，頗為繁瑣，非數語所能道

蓋，故不贅及，惟設計之先，對於閘之大小（寬，長，深度）上下水位，應用材料，及閘底地質，須充分攷量，方能經濟耐久。

（四） 水位差度，閘門上下水位，其差度，約由二十尺至五十尺不等，此種巨大水差，可利用之以減少，應修水閘之數，或多建水閘，以減低水位高度，要在審度情形，比較經濟而定，其實閘內水深，為通船計，祇較吃水深度多二呎，或一公尺足矣。

二、 魚道筏道，此項設備，係因河流隔斷，須另設通道，以便魚類，自由上下，木排亦可隨時運送，不必經過閘內，以期節省水流，并啟閉手續。

魚道寬度普通五尺至八尺，筏道寬度，約三十尺上下，即足敷用。

三、 活動壩，此壩係為有洪水之河道而設，其用途係在枯水時，可以截堵水流，增高水位，以作航行之用，若洪水時，或拆卸，或啟放閘門，使水勢暢行，不致漫溢為害，其設置形式，種類不一，由設計者，酌量情形，選擇適當，俾期合用為度，茲擇其重要者，茲錄於下。

（一） 滑板壩 (Sluice gate Dam) 其式甚舊，中國閘門多用此式。如第三圖。

圖中 B. B. 為直柱，A. A. 為橫樑，B 柱兩傍，均有直槽，閘板能上提下放，以作啟閉河水之用，此壩在淺水河流用之，尚屬相宜，否則河深水急，壓力甚大，啟閉即不易也，第四圖係照上圖原理，加以改良，使壓力減輕，更用機械啟閉，即具有舉重若輕之巧便，此即科學妙用，不可不察也；如圖於閘板兩傍，裝置多數滾輪，以減少摩擦力，並於上方設置均重錘，以平衡重量，故啟閉時，省力不少，若再裝置啟閉機械，更屬輕而易舉，不過此項設置，有漏水缺點，故須於上流，有圓棍及三角等設備，使圓棍受水壓力，可以堵塞漏隙，啟閉前，須先將此棍抽去，使水漏

去，可以減輕水壓，節省啓閘力量，此項閘門寬度，約自二十尺至八十尺不等，高可達五十尺。

(二) 橫條壩 (Flash Board Dam) 用整板做壩，則啟閉費力，裝設機械，固可省力，但須費財，第五圖，係極經濟之法，即於兩壩壩側，做一直溝，以容橫列閘板，惟兩端稍留空隙，容置一木柱爲度，預防閘板左右移動，開閘時先將直柱抽出，用長桿將閘板此端鉤入，他端即脫出槽溝，被水沖入下流，即由預備船隻撈起，省力不少，閘板之長，普通約七尺至二十尺。

(三) 直條壩，(Needle Dam) 第六圖，此壩原理，與橫條壩同，惟橫豎各異而已，如閘有多數鐵架，建在河中，下部用活拴繫於河底基礎上，可以自由旋轉，上端用橫桿互相連結，可以折卸，河底前面，有檻可以支持直條木柱，如將木柱排齊，即成一壩，開壩時將木條抽起，離出檻位，即被水沖下，上端橫桿，如再折卸，鐵架即可倒放河底，不致阻碍水流，又鐵架上，附有鐵鏈，如牽挽時，可以豎放鐵架，尤爲便利。

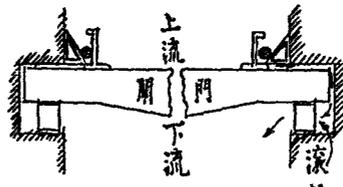
此外尚有旋板壩 (Shutter Dam) 第七圖，捲簾壩 (Curtain Dam) 第八圖，圓筒壩 ((Rolling Dam) 第九圖，自動壩 (Bear Trap Dam) 第十圖，鼓面壩 (Drum Dam) 第十一圖等，不及備載。

二、 南北運河，中國運河，起於浙江杭縣，經蘇浙魯冀四省，迄至北平東之通縣止，計長壹仟七百餘公里，在河北省之天津縣分界，北爲北運河，南爲南運河，亦係世界著名人爲工程之一。

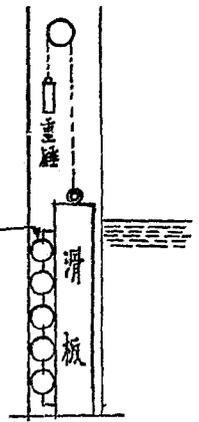
一、沿革，運河自春秋時，吳王夫差即已創始，迄至隋煬帝時，極力開掘，始南北通航，而收漕運效用，歷代均有修護，並於水流湍急處，設堰隄障流，船行至隄，須有倒搬之勞，在新式交通未發達前，亦南北通行唯一航道，歷代漕運，均惟該河是賴，功績丕著，惟國人昧於新式船閘效用，未加改良，近已廢棄失用，可惜孰甚。



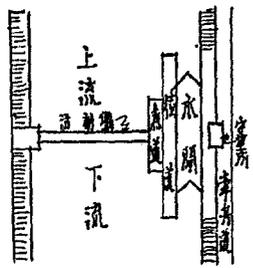
圖一. 潮水法



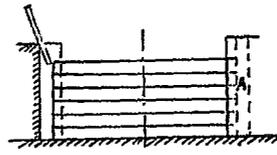
平面圖



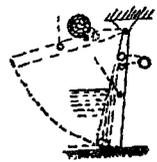
剖面圖



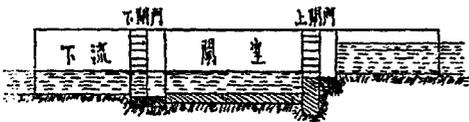
圖四. 有滾輪的滑板壩



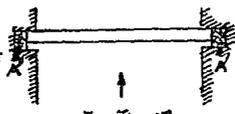
平面圖



圖八. 拱壩

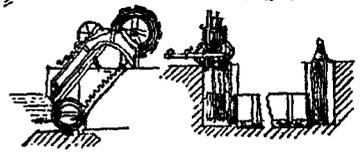


剖面圖

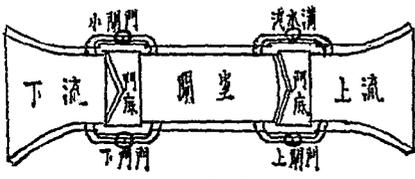


平面圖

圖五. 橫條壩

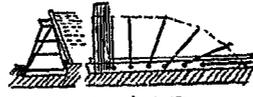


圖九. 圓筒壩

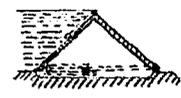


正面圖

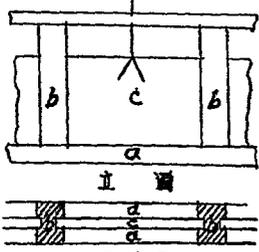
圖二. 水閘之佈置



圖六. 直條壩



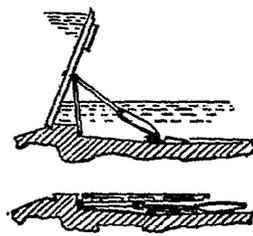
圖十. 斜壩



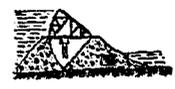
正面圖

平面圖

圖三. 簡單滑板壩



圖七. 滾板壩



圖十一. 鼓面壩

二、 水源，運河以汶水爲上源，由南旺湖分流南北，北流者，至臨清接衛河，南流者至濟寧接泗水，山東境多閘，又稱閘河，南逾江蘇駱馬湖，曰中運河，逾清江浦，曰裏運河，逾儀江曰江南運河，流至杭州而止。

三、 淤塞，前清咸豐間，黃河北徙於山東濰張，絕汶而東，因之濰張至臨清間，水源斷絕，寢至淤塞，其時因軍事繁興，未即修復，即改用海運行漕，清末津浦鐵路告成，南北貨運，均由鐵道海泊分運，運河遂逐漸失其效用，間有運船往來，不過局部運輸而已。

四、 整理，晚近政府，注意水利工程，二十三年，曾議修復該河，派工程師調查，擬有初步計劃，近聞本年內有興工之說，天津至楊柳青一段，亦已由地方政府，自動挖深，以便航運。

五、 工費，全河修築閘壩，開挖河槽，及穿運工程等費，共估計叁仟萬元。

六、 利益，運河修復後，與近代合理化之運渠相同，故其效用，除便利交通外，預計尚可收入叁百叁拾餘萬盈餘，約合利率壹分以上，亦水利之不可忽視者矣。

四、 蘇彝士運河，運河之目的不一，有爲灌溉者，有爲引水排水用者，有爲水道或水力之送水用者，亦有爲航運利便起見者，今茲所述，即爲便利航運之蘇彝士河，(Suiz Canal) 此河世所共知，蓋由於掘斷埃及地峽，俾地中海與紅海互相聯絡而成，實世界的一大運河也。

西海之五大運河。運河之由掘斷西洋相隔之地峽聯絡而成者，全世界內，其數有五，第一爲蘇彝士運河，第二爲歐洲之東海與北海聯絡之概薩維爾赫母運河 (Kaiser Wilhelm Canal) 俗稱爲啟爾運河 (Keil Canal)，第三爲希臘之可林士灣與額幾那 (Aegina) 灣相隔，如咽喉狀之地峽所成之可林士運河 (Corinth Canal)，第四爲連格和蘭之知衣塔 (Zuider) 海與北海，自阿母士得的阿母 (Amsterdam)

直接通至北海諾特西運河(Noord Zee Canal)，第五爲掘斯巴拿馬峽，連絡大西太平兩洋之巴拿馬運河，(Panama Canal)，此五大運河中，開通最早者，厥爲蘇彝士，其時爲千八百六十九年，距今四十八年，次爲諾特西，其開通在千八百七十六年，距今四十一年，又次爲可林士，以千八百九十三年開通，去今僅二十四年，再次則爲千八百九十五年，開通之撒薩維爾赫母，去今纔二十二年耳，而巴拿馬殿焉，其開通之期，實爲千九百十四年八月十五日也。

一、拿破崙之計畫，以開鑿蘇彝士運河得名者，實爲六七十年前，德國駐紮埃及及有名之外交官，所謂李西藩(Ferdinand de Lessops)者是也，願掘峽導水之議，初非創自於彼，當十八世紀之末，拿破崙第一世，業已抱有此種創見之理想，當時埃及爲德所有，拿破崙適爲其最初之總督，曾命技師盧伯爾者，從事調查，惟以其報告之結果，以紅海之水面高於地中海者三十英尺，倘使運河一開，勢必至於倒灌，而有氾濫之虞，於是拿破崙之計畫，遂因以中止。

二、英國之陸路計畫，其後因歐洲與印度之通商，日益發達，此橫亘之地峽，遂亦日覺其爲障礙，於是英國乃不得不出於陸路計畫(Overland Route)之舉，所謂陸路計畫者，即將運載之旅客郵件，於其抵地中海之亞力山大利亞(Alexandria)港時，改由鐵道運至蘇彝士港，(紅海之北端)由此再附航運以達印度是也，其實此種辦法，要亦姑息手段而已，蓋如是則旅客郵件，固可賴以速達，其如此外尚有較此尤爲重要之貨物何哉，無論輾轉搬運之費事，其爲糜費更可知矣，長此無所爲計，又將奈何，蓋至是始恍然於直達海航之終不可少，非有一便於利濟之運河，海峽決無由而發展也。

三、李西藩之經營，如此適要之運河，其僅恃人力可以成功乎，即使幸而有成，而財政之收支抵償，又將如何，凡此種種

問題，李西瀟實大費苦心，願彼於當時，確已獲有兩種之解決，第一爲對於前次拿破崙所擬利用小運河之理想，認爲無甚裨益，第二爲路線問題，彼蓋深知非就紅海地中海間，擇其最爲直接且距離最短處爲之不可，運河之線路，固賴此而粗定，然而當時所視爲最大難關者，則尙難悉數，卽如運河兩端之水位，果爲一平與否，假使水位不同，則滯河之際，紅海之水，行將隨之而浸入，能無氾濫之虞乎，或沙漠之沙。因風捲立，能無淹沒之患乎，又運河之入口，是否宜築港以避地中海之激浪，抑其港，是否能以人力築之，不寧惟是，地中海海岸之漂沙，是否有令海水渾濁之弊，倘一旦漂沙侵入港口，河身是否有淹塞之憂，卽此種種，業已窮於應付，不意此外，尙有一疑問，隨之而起，卽人工問題是也，蓋滯河所需數萬之衆，果將何由而集，且聚而置諸沙漠之中，又將如何給養乎，凡此皆極其棘手之事，解決之困難，可想而知矣，當夫滯河之始，難關既如此其夥，欲求其所以解決之者，李西瀟乃不得不躬親其事，親赴沙漠，切實調查，凡所經歷之處，遍檢其地質，以資研究，其應用各物，如食物飲料，以及各種器械，至以六十駱駝之夥，載而隨諸其後，不避險阻，慘淡經營者四年，始得確定其事實最要者之一，卽地中海與紅海之水位，大抵相同是也，斯誠可喜也已。

四、突破難關，地中海與紅海之水位，既確定其爲大抵相同，於是李西瀟之氣，爲之一壯，淹留門渣勒湖 (Lake Menzaleh) 者一年，準諸經驗，知該處可設一安全之港，此外復經歷十九處所，歷用鑿孔檢查之法，知運河預定路線之地質，大抵皆由於沉澱土及沙泥而成，僅巴拿湖 (Lake Ballah) 與庇他湖 (Bitter Lakes) 之間，偶有石灰岩及石膏之薄層，至庇他湖與蘇彝士之間，則強半皆覆沙之泥土，亦間有礫石或砂岩之地盤，總之其地質殊便於開鑿，與反對派所言，固迥不相侔也，李西瀟既經此次調查研究之後，於是結果之不期而得者有二，第一爲當開鑿之際，技術上初

無所謂牢不可破之困難，第二爲開鑿後，亦無不可收拾之障害當前是也。

五、李西瀟請願，千八百五十二年，李西瀟挾其計畫書赴君士坦丁堡，請願於土耳其政府，當時土耳其已握埃及之宗主權，在土政府雖有如果歐洲諸國無他異議，自可照准之說，然不知此種運動，早已見惡於埃及埃羅政府，而英國方面之表示，亦極冷靜，有謂於商業上並無成算者，亦有直目其計畫爲泡沫者，於是埃及政府毅然拒之，李西瀟之苦心，遂成畫餅，不得不權時忍耐，適歸法國之鄉里焉。

自後又歷數年，李西瀟適值構造家屋工書中，一日偶於高樓屋頂之際，收到新聞一紙，隨意展讀，知埃及之副王 (Khedive) 阿巴士拍西邪 (Abbas Pasha) 逝世，繼之者爲摩哈墨德賽德拍西邪 (Mohammed Said Pasha) 曩時之請願，雖見拒於舊副王，而新副王則於彼爲舊好，於是乘時而起，適赴埃及，比至而王已出巡，乃復踵趨王所，將開河之議，求王許可，王時居野帳，於諸臣屢擁之際，命其將計畫之說明書，速行提出，李西瀟喜出望外，急馳騎歸，將說明書製成，進呈於王前，其書面雖不甚大，然全部計畫之記載，固極精簡而又明瞭，副王乃取而置於諸大臣之前，並咨其意見，諸大臣夙知副王，與李西瀟有舊，故無不贊成之者，蓋至是而運河開鑿之計畫，始經賽德拍西邪，而得其許可焉，是爲千八百五十四年之事，去今蓋六十二年矣。

六、國際商議委員會，至是始將此事委囑於歐洲極著名之水利技師，設立一國際商議委員會 (International Consultative Commission) 對於所定之計畫，一一調查而研究之，議員中並有英國技師三名，其後委員會之報告，大抵皆根據李西瀟所述者爲之，卒獲採用，於千八百五十六年六月，得副王之署名許可焉。

七、蘇彝士運河會社之創立，運河計畫確定以後，其工費定爲八百萬磅，(八千萬元) 遂於千八百五十八年，設蘇彝士運

河會社於巴黎，願當時對於此計畫正式承認之者，僅土耳其與俄法奧大國，其與運河極有利害關係之英國，反視若無足輕重，而度外置之，李西蒲，願思有所以促起英人之注意者。遂趨赴美國，就各大都會，謁其領袖，發表其運河開鑿之計畫，並將運河如何有大益於英國之工商事業，極力說明，願終無效果，以此會社之資本，幾於全數皆出自法國，抑更有不可解者一事，則多數之資本，皆出自貧民階級是也。

八、工程開始，逮及千八百五十九年，即去今之五十八年之四月二十五日，運河之工事，始行着手，願與工未幾，其間瀕於危險及阨於困難者，已屢見不罕，有如非得多數之勞動者不可，而此等勞動者，又非聚居於野嶺中不可，且所需食物飲料，又非由愷羅及亞力山大利亞等遠處，用駱駝運來不可等情狀，皆在所不免也。

九、縮小断面，興工以來，歷經二年，運河之工程，尚不及十五分之一，原定八百萬磅之資本，已告不足，復擴而為千七百二十萬磅，（一億七千萬元）運河之断面底寬，亦縮為七十二呎（二十二米突），較之委員會所議決者，僅及其半，其他之尺寸，亦因之而有變更，如水深 26.25 呎（10 米突）水面寬 190（58 米突）乃至三十二呎，及側面如額爾昆司兒（El. Guiser），及塞拿坪（Serapeum），之大截断面為百分之二十，其餘之為百分之二十五是也。河面既經縮小，故每隔五六哩之間，輒設一 Gare 所謂 Gare 者，蓋為船舶相錯之際起見，特擴增其河面之謂也，亦謂之航澳。

十、築港防砂，當大掘鑿進行之前，曾於運河之地中海入口處，實行坡脫晒德港，築港之工程，港內設有繫船池數處，所以遮蔽港口，並防漂砂流入之用也，復於東西兩方，築為防波之堤，蓋為屏障該處，所常發之西北風起見，並蔽止海岸間東移動之漂沙，其長為 9800 呎，東防波堤，則為抵禦冬季強烈東風之故，其長為 6233 呎，兩堤所包圍之水面積，計共 450 英畝，港口寬為

2300呎，防波堤築造之際，以石料難覓之故，幾於全以混凝土塊代之，西防波堤之中部，李西蒲之銅像在焉。

十一、運河線路，運河線路，蓋由坡脫晒德之入口，向南通迤於門渣勒湖巴拿湖之中，此一帶屬於尼羅河三角洲之淤地，實為較海水位稍低之處，此低地與地中海皆為狹如帶狀之砂島所間隔，坡脫賽德港，即築於此，砂帶之上，一越湖水，運河即橫斷額爾昆司兒之丘陵，此處之截斷為全線最高處，其掘鑿約達80呎，由此再通過挺沙湖，(Tunsal Lake)湖水計長3哩，湖畔有亞拉比亞人之小村落，所謂愛司埋里阿，(Ismarlia)者在焉；此處為運河會社用人居住之所，故在當時，已為繁盛之區，更臨挺沙湖，橫斷塞拿坪丘地，此處之截斷，亦復不小，由此乃入大小庇他湖，此湖約十哩之間，其深恰與運河計畫之水深相同，其餘則僅及其半，庇他湖與挺沙湖，當運河開鑿前，實為一最大凹地，就地面之鹽層考之，太古時殆為一海，後乃漸次蒸發，而變為陸地，運河開通以後，乃復變為湖水，迨臨庇他湖之全長二十三哩後，由掘鑿而達於蘇森士，總計運河全長，實為百哩。

十二、建築突堤，運河之紅海出口，實在裏灣，其間築有2900呎之突堤兩道，所以導航路於深水，同時並用以遮蔽波浪也。

十三、淨水運河，尼羅河之愷羅附近築有淨水運河，蓋為供給工事中，衆人飲料起見，此河自愷羅至蘇森士，長約百二十哩，其支河直抵愛司埋里阿，延長約五哩，底寬26,25呎，水面55.75呎，水深6.5呎，自愛司埋里阿至北方坡脫晒德之給水，皆用陶筒，取運河淨水送之。

十四、義務徵工，運河掘鑿之總土方，實為九千八百萬立方碼之巨額，其初概由埃及副王所發之義務勞働者任之，皆埃及土人，以義務徵調而來，約以二萬五千人，每日交替役之，然至千八百六十三年，副王愛司埋里阿拍藍，(Ismarlia Pasha)繼位以來，旋即將義務勞働之例取消，至千八百六十四年，則並勞働供給，

亦停止矣，因此會社遂大受影響，所需之人工，非自歐洲移入以代之不可，顧歐人不惟募集困難，來至埃及亦不服水土，於是工事之方針，不得不爲之一變，將從來之人力，別謀機械代之。

十五、利用機械，由人力而一轉爲利用機械，工事之方針改變，工事之方法亦因而不同，向之以掘動爲主者，今乃改弦更張，僅少事掘鑿，而入之以水，皆以浚濬機爲之，截至千八百六十六年之末，總計工事中，所使用之浚濬機，爲五十六台，就中二十台爲長桶，用以浚濬土砂，並置有運砂赴岸之附屬船，其外土砂引運機十八台，運砂大汽船三十七隻，小者七十二隻，浚濬所得之土砂，皆堆集於西岸，大半取爲修築堤防之用云。

十六、工竣通航，運河工程，自改用機械後，所用人工，較原估減少四分之一，即已敷用，而機械工作效率，又較人工優越，該河遂得於一八六九年十一月十七日，開始通航。

十七、工費約計，開闢運河之總工費，共計約一千六百餘萬鎊，自通航後，交通便利，運輸事業，亦日漸繁盛，一八八三年，經過貨物統計爲五百七十八萬噸，每噸納稅九法郎，計一百四十萬餘鎊，至船隻通過時間，在一八七六年時，僅須三十九小時，迨一八八三年，因船多河窄，非耗時四十八小時不可，致運河需要之寬度，大有擴充必要。

十八、擴大河身，一八八四年，復在巴黎，組織國際工程委員會，詳細討論，時總工程師賴瑪生 (Lemasson) 擬具兩種計劃，送交委員會，其一係將原河擴充，次即另闢一河，與此河平行，此兩種計畫，頗不易決定，委員會乃派委員，偕同經驗宏富之船長領港等人，實地勘驗，聽憑決擇，迨勘驗完畢，諸委員因目擊當時船隻航行困難情形，得到經驗不少，一八八五年，又復在巴黎開會，一致贊成擴充原有運河，因另闢一平行運河，須費同樣財力，並因河身狹小，運輸亦不便捷，遂決定擴充工程主要辦法數項如下。

- 一 直處河身增加三倍。
- 二 灣處河身增至四倍。
- 三 浚深至九公尺。
- 四 護岸用石坦坡，用洋灰混凝土填縫。
- 五 工費預算，為八百一十一萬八千鎊。

上列工程，於一八八七年開工，凡會員曾往埃及考察河工者，均由公司延聘為諮詢員，每年一會於法京，以討論河工進行；一八九七年，復議決增加船澳九處，各寬十五公尺，長七百五十公尺，於是載重巨輪，亦能航行無阻，沿河並裝設電燈，並有發光浮標，船隻可以晝夜通行，而運輸效率銳增。

十九、利益分配，一八九八年，公司盈餘，竟達一百八十六萬鎊，其分配方法，股東得七成一，埃及政府得一成半，發起人得一成，司事及員役各二厘，其利益優厚如此，具見工程事業，嘉惠人類之重要矣。

五、巴拿馬運河 巴拿馬運河，為世界最大之工程事業，着手於三百九十六年之前，完成於西曆千九百十五年，正月一日，開通航運。

一、運河歷史，千五百年，巴爾波由巴拿馬地腰登陸。

千五百十三年，九月二十五日，巴爾波發現太平洋。

千五百十七年，巴爾波之從者謝威卓牧師，創議開鑿運河。

千八百二十五年，新加拉拿大共和國總統波利斐亞，以巴拿馬地賜男爵寶利。

千八百三十年，波利斐亞總統，命工程師勞德，勘測巴拿馬地腰。

千八百三十五年，克來上書美國議院，討論巴拿馬運河路線

千八百三十八年，法公司承受建築運河及鐵路道路等。

千八百四十三年，法政府建議運河用水門導水法。

千八百四十九年，舊金山發現金質，巴拿馬鐵路因而開辦。

千八百五十五年，巴拿馬鐵路告成。

千八百七十二年以至千八百七十五年，美政府初次評測巴拿馬地腰。

千八百七十九年，李西葡公爵組織法公司，開鑿巴拿馬運河。

千八百八十一年，法公司從事鑿通兩洋之水，以為運河，（深二十八英尺，寬七十二尺，）遂開始工作。

千八百八十七年，法公司資本不充，水閘制之說以興。

千八百八十九年，法公司倒閉。

千八百九十四年，新法公司成立，定期十年竣工，（深二十九英尺五，寬九十八英尺）。

千八百九十九年，新法公司停息。

千九百零二年，美政府購買新法公司所有，計美金四千萬元，（施潑勒條款）。

千九百零三年，巴拿馬宣布共和政體，與美國訂立盟約。

千九百零四年五月四日，美政府開始建築運河。

千九百十三年九月二十五日，工程告竣，是日即發現太平洋四百週紀念日也。

千九百十五年正月一日開通航運。

一、工程艱鉅。開鑿巴拿馬運河，所掘之土石等，若裝於運續之敝車上，其長可四十萬英里，即環繞地球四週之數。

用火藥炸裂所成之孔，統計深可八千英里，即能從地心穿過地球也。

開鑿巴拿馬運河，所掘土石之量，若在合衆國開鑿，可由波士盾至三佛蘭西斯哥（亦名舊金山）成一運河，寬五十英里，深十二英尺。

開巴拿馬運河，所掘土石料，二百十二兆又二十二萬七千立

方碼，若推於二方英里之面積上，高約一百零八英尺。

二、工程統計，從兩端水深處計算，河長五十英里。

從海岸線計之長四十英里。

從八十五尺水面計，最淺之處，四十七英尺（內二尺係備水汽蒸發耗散）。

從平均海平線計，最淺之處四十五英尺。

河底之寬，由三百英尺以至一千英尺。

皮得魯密格爾之水閘一對，能將船提高三十英尺四寸。

介吞之水閘三對，能將船提高二十八英尺四寸。

密那弗羅之水閘二對，能將船提高五十四英尺八寸，水閘長一千英尺，寬一百英尺。

建築水閘所用之混凝土，共四百五十萬立方碼。

水閘之門，共九十二個，每門長六十五英尺，厚七英尺，高四十七英尺，以至八十二英尺，共重五千七百噸。

介吞處之堤，頂長八千英尺，底寬二千一百英尺，水面處之寬，四百英尺，堤頂之寬一百英尺，高於海平線百十五英尺（高於湖面三十英尺），建築所需之材料，二千一百萬立方碼。

建築運河所開鑿者，共二百十二兆又二十二萬七千立方碼。

因崩陷而開鑿者，約二十二兆立方碼。

前法公司所開鑿者，共六十六兆七億立方碼。

後法公司所開鑿者，共十一兆又四億立方碼。

法公司所開鑿，用之於今日之運河者二十九兆九億零八千立方碼。

法公司所開鑿，用於今日之運河者，其價值為美金二十五萬兆三億八萬九千二百四十元。

運河區域（寬十英里）之面積，四百四十八萬英里。

介吞湖人工造成之面積，一百六十七又十分之四英里。

改設巴拿馬鐵路之費，美金九兆元。

改設巴拿馬鐵路，長四十八英里又十分里之六。

巴拿馬運河及鐵路工作人員，約三萬六千五百人。

巴拿馬運河及鐵路工作人員，屬於美籍者五千人。

美政府建築運河之費，計美金三百七十五兆元。

三、機器設備，汽機掘泥器，一百具，（大者一百零五噸，每次能掘泥五立方碼，小者二十六噸，每次能掘泥四分之三立方碼）。

蒸汽及電氣機車（美國式及法國式）三百八十五輛。

炸裂所用鑿孔器，則有三脚，及機械之鑿井機五百六十具。

鐵路之車輛，客車，貨車，及搗倒車，共五千八百八十輛。

鋪散器二十五具。

卸載器 三十具。

浚河機 二十架。

搗石機 一架。

移軌器 十具。

打樁機二十二架。

起重機五十七架。

拖 船 十四隻。

四、各種利益，運河竣工後，其利益約計如下。

一 軍事，美國在大西洋邊之軍艦，若欲駛至太平洋，必繞到南美極南之好恩角（Cape Horn）不特費煤甚多，抑且遷延時日，軍事上殊不便利，昔時由舊金山至紐約，航程為一萬三千餘海哩，檀香山至紐約亦一萬三千餘海哩，今則一為五千二百三十海哩，一為六千七百三十五海哩矣，縮短里程七千餘，時間約半月，便利軍事，不可言喻。

二 商業，美國西部，物產豐饒，多油礦木材，所謂黃金西方者是，昔時雖有鐵道橫貫東西，然運費太昂，轉輸不便，自運河開後，所有物產，均得以低廉之水脚，輸入世界之市場，

而與各國抗衡。

三 航業，大凡航線之起迄地，須有多量之貨物，以備裝運，而其經過地方，除貨物外，尚須煤價低廉，以便應用，若是則航業之發達，可操左券，南美西部，物產豐饒，五谷木料及銅鎳鐵產等，運售於歐西，為數甚巨，又斐列賓及荷屬東印度羣島所產之糖煙大麻等類，與奧大利及紐西蘭所產之肉類，羊毛獸革等項，均由出產地，運至歐美各國，復由歐美運回各項製造用品，故自巴拿馬環境視之，各處均有貨物交往之可能性，而航線之經由巴拿馬者，自能逐漸增多，即以煤而論，駛行歐洲及地中海之輪，大都採用英煤，至在亞洲及太平洋間，多用印度澳洲日本之產，美洲沿海，多用美國之煤，且較英煤為廉，輪船之航駛費，因煤廉即可減輕，運費當然低少，由此觀之，巴拿馬運河之發達，正未有艾也。

十、參考書報

- 一、四川經濟月刊 四川地方銀行經濟調查部。
- 二、揚子江水道整理委員會月刊。
- 三、工 程， 中國工程師學會。
- 四、峽江灘險志， 川人劉聲无著。
- 五、整理運河工程計畫， 汪胡楨著。
- 六、整理山東小清河計畫大綱。 山東建設廳。
- 七、河道工程學， 劉友惠著。
8. Merriman & Wiggin: American Civil Eng. Handbook.
9. Thomas & Watt: Improvement of Rivers V. II.
10. Du-Plat: Taylor: Docks, Wharves, and Piers.
11. Wegmann: The design and construction of Dams.
12. Patton: A Treatise on Civil Engineering.

四、水 力

四川地勢，山環水繞，考其拔海高度，西面達二萬尺，北面萬尺以上，東南六仟尺，南面四五仟尺不等，山脈與水流之趨向，恆成垂直相交，河流所經各處，亦呈深入刻劃，因此山巒起伏，峽谷低降，河床既峻，雨水亦豐，水力一項，甲於全國，可謂富矣。

一、水力統計

茲據參攷所得天然馬力，其數目約計如下。

地 點	馬 力	
	最 小	最 大
<u>宜昌</u> 至 <u>巫峽</u>	8,000,000	10,000,000
<u>涪</u> 江	500,000	700,000
<u>巫峽</u> 上至 <u>渝蓉</u>	15,000,000	20,000,000
總 計	23,500,000	30,700,000

其最大馬力數目，或僻處邊陲，或工力難施，除難全部開發外，即就最小數論，亦在二仟三百萬以上，世界各國，惟美國具有叁仟四百萬馬力，此外皆不逮川省遠甚，蘊藏之富，適足自豪，川中既有偌大水電力量，究其實際，已開發利用者，為數幾何，特並說明如後。

二、水位差度

成都為四川平原，距離灌縣約五十餘公里，據測量兩處高度，幾達二百公尺，成都以下，各處高度，約計列表如下。

地 點	相距里程 (以公里計)	相差高度 (以公尺計)
灌 縣 至 成 都	5 0	2 0 0
成 都 至 重 慶	5 2 0	2 5 0
重 慶 至 宜 昌	6 6 0	1 3 7

查水力大小，與流量及水位相差高度，均成正比例，其公式如下。

$$H. P. = 13,3 Q H。$$

上式H.P. = 理論馬力，Q = 每秒立方公尺 (m³/sec). 及 H = 公尺 (m)，就上式研究，可知水量愈大，馬力亦愈大，差高愈大，水力亦愈大也。

茲就灌縣成都論，灌縣流量，據攷查所得，平水每秒約84立方公尺，洪水時尙有二十至三十倍之多，然此非設壩儲蓄，莫能得也，故暫以平水流量為準，茲計其馬力（理論）如次。H.P. = $13,3 \times 84 \times 200 = 224,000.00$ 。

三、開發方式

成都水力，既具有二十二萬以上，故附近居民，自昔即有利用水力，以代人工者，觸處皆是，如水碾，水磨，水碓及筒車等類，茲述其辦法於次。

一、引水方法，於灌田或較小河溝，擇相當地點，建壩堵截，增加水位，再由備有小閘，可以啟閉之小溝，引入水槽，以沖動水輪，輪轉力生矣。

二、水輪製法，率皆用木製造，中有橫軸，車輪即附着軸之周圍，軸轆附有多數輻狀輪葉，微帶凹形，可以利用水之衝力及反動力，輪迴轉動，發生動力，約十馬力，由軸力直接轉送於碾磨。

三、水碾形狀，碾槽爲一圓形，用石做成，直徑約二至三公尺，碾轆係一石圓盤，直徑約一公尺，其軸橫貫於水輪軸上，輪軸轉，碾軸亦轉，石碾亦沿碾槽旋轉不已，而碾之工作成。

四、水磨構造，石磨分上下兩盤，直徑約八十公分，上磨用繩懸掛，與下磨略離，以便轉動時，能上下移動，下盤磨軸即係輪軸，故輪動磨轉，而工作生矣。

五、水碓、白爲石鑿圓窩，內徑約六十公分，搗米所用之石杵，約直徑二公分，上端有木桿相聯，桿復套入一固定橫軸上，他端即被水輪軸上各齒轉動時擊起，離齒時，又復墜下，上下衝擊不已，而工事成。

六、筒車形式，見第二章灌溉，茲不復贅。

近數年來，漸有安裝新式水力機者，茲將已開發馬力，列表如下。

地 點	廠 商	水 力 機 部 數	共 計 馬 力
<u>成 都</u>	青 羊 冰 廠	20 匹機一部	20 匹
— —	光 華 發 電 廠	50 匹機三部	150 匹
— —	中 興 場 發 電 廠	20 匹機一部	20 匹
<u>金 堂</u>	發 電 廠	50 匹機一部	50 匹
<u>瀘 縣</u>	濟 和 發 電 廠	—————	320 匹
總	計		560 匹

四、籌備開發

此外已有具體計劃，並經籌備開發者，尙有數處，約計如下。

一、川西水電廠，現已擇定瀘縣都江堰附近，柴平鋪，猴子坡，及流沙坡三處，分建電廠，計可發電六萬匹馬力。

二、黔都水力發電廠，距城十五里白水河，流量水力，經

聘外籍技師測量，估計開發費十五萬元，計可發電七百匹馬力。

三、金堂第二發電廠，測量紀錄如下。

(一) 最枯水頭，計六十六呎（自上峽口菜子壩起，至下峽口九龍灘止）。

(二) 水平距離，五萬一仟九百六十呎。

(三) 最枯水量，平均每分鐘，五萬五仟立方呎。

(四) 發生電力，四仟馬力以上。

五、開發統計

現在開發電力，連同籌備，急待開發者，統計列表如下。

地 點	籌備開發馬力
<u>灌 縣</u>	60,000
<u>金 堂</u>	4,000
<u>鄧 都</u>	700
<u>長 壽</u>	4,000
<u>璧 山</u> (北碚)	950
總 計	69,650

六、發展計劃

參照前列各項統計表，川省可得水力，計有貳仟萬馬力以上，已開發馬力，連籌備急待開發者，預計在內，亦不過七萬，其比率約為百分與0.29之比，蘊藏尚富，設非多方努力，速謀發展，殊不足以厚民生，而資利用，查該項水力，既若是其偉，開發若是其緩，究其原因何在，茲撮舉如次。

- 一、 缺乏多數水電技術人才。
- 二、 工業及灌溉事業，均無相當發展，電力需要有限。
- 三、 歷年兵匪交乘，公私經濟奇窘，開發能力不足。

具此三種原因，坐令利棄於地，不能享用，所有川人生活方式，勿論何種階級，泰半仍沿用中古世紀慣例，胼手胝足，人力有限，產量不豐，生活奇窘，若與一機之微，萬馬之力相較，其相去不啻霄壤之別，瑞士小國也，居民可用水力以暖住室，意大利更可利用水力，以爲鐵路運輸之原動力，天然之利，須待人力啓發，始可供應用之需，否則有利棄於地之虞，茲擬具發展計劃如下。

一、 訓練人材，培養水電知識及技術，俾具開發能力。

二、 調查計劃，凡水位有高差，或瀑布地方，宜派技術員，詳細測量，即本所得成績，由政府製定具體計劃。

(一) 水頭各種建築 (二) 發電廠 (三) 水力發電機 (四) 送電設備 (五) 電力用途 (六) 應投資金 (七) 純淨利益。

三、 宣傳提倡，具體計畫完成後，政府與地方機關，設法宣傳，或由地方人民自辦，或官民合辦，或政府獨辦，務期計畫實現，水電廠成功爲度。

四、 推廣用途，電力不僅供消耗之用，如電燈取暖等項，兼可作工業之需，如鍊鋼製淡氣事業，其應用於交通企業者，如電車，輪船，電力鐵道，其應用於起重機械者，如升降機，起重機，以及鑛業之排水通風，農業之灌溉發動，餘如製紙及紡紗等實業，均有偉大效用，超越人力萬倍以上，例如電熔爐，電焊器，電化解，電鍍術，及電鑄術，等工業，非電力莫屬，其發動生光之巧妙，人力尤難躋及，故欲發展電力用途，各項工業，亦非逐漸改革不可，若僅供電燈之用，其效亦微矣。

五、 自製機械，查發電機，原動機，變壓器等，滬上廠家，已有自造者，水車單筒，製備亦易，除零件等，如滾珠軸承，調節器等，或屬經久，或屬經濟，宜用舶來品外，自造之品，約可省三分之二，更可杜絕漏卮也。

六、 選擇廠地，水力發電廠，宜接近大工業區域，如彭縣

鍊銅，夾江造紙，資內鍊糖，嘉定織造，其餘如鹽場，煤礦，及大規模農場，均有設立價值，茲擬開發迅速起見，似宜先就商業區域，如附近成，渝之灌縣金堂及長壽合川各處一帶水力，先行興辦，一俟利益昭著，羣衆週知，人民信用已孚，投資亦衆，再逐漸開發他處，亦提倡啟迪新創事業，所必需之步驟也。

七、工費概算

查工費多寡，當以開發電量爲斷，電量大小，又當視供應事業以爲衡，如能使供求相應，交相爲用，庶足以維持久遠，而無畸形發展之弊，茲擬就成都西之灌縣，重慶下游之長壽，各開發六萬馬力，共十二萬馬力，約合電力九萬啓羅瓦特，查近代高壓送電距離，能達五百英里，（即一千三百九十華里強）川省東西相距，約一仟三百八十華里，南北相距，約一仟三百三十華里，據此推算，則該項電力，可以輸送全川，地無屈遠近，工勿論大小，均得利用電力，以推動其近代式之生活，農工各界，得此大利，生產力增加，或可漸臻於富庶之境矣。

茲預計經費如下。

- 一、電量 90,000 Kw。
- 二、電壓 11,000 Volts。
- 三、區域 四川全部。
- 四、資本 每啓羅瓦特，平均按 \$600.00 計，合 54,000,000.00 元。

西曆 1925（即民國十四年）德人在巴陽邦省會明星城西南，建水電廠一座，名瓦爾典湖電廠，總共水力十六萬八千馬力，發電量計一十萬四千啓羅瓦特，用十一萬伏爾脫高壓綫，輸送各處，作工業區及長途電車之用，資本約兩千四百萬馬克，合中洋壹仟四百十二萬元，（見引證事例）。

八、利益預計

上列兩大電廠成功後，所有利益，能直接計算者，計每啓羅瓦特電量，每年約生利 \$200,00。

共計 18,000,000.00 元。

利率之高，約計 33.4/100。

其間接利益，約計如次。

- 一、 發展新式工業，並改善舊式灌溉。
 - 二、 改進人民優良生活，享受電氣利益。
 - 三、 煤油，汽油及各項燃料，均可巨量節省，可塞漏卮。
- 此項間接利益，為數甚夥，難以數字預計。

九、引證事例

此節附有開發水利方法，由調查水力起，迄至設廠每馬力應需經費止，分門別類，條列井然，俾水電智識，得以輸入於一般民衆，而開發事業，亦不無相當利益，並附有中外設立水電廠成例，亦可資借鏡，作他山之助。

一、 開發步驟（轉載）

發展水電方法，計分水力勘測，及設廠概要兩項，其中節目繁多，不能詳引，但閱畢後，開發概要，亦可瞭然矣。

- 一、 水力勘測，欲利用水力發生電氣，宜先調查其水力大小，今假定一河流中，甲乙兩地點，水面高低之差，為 H 英尺，此 H 謂之甲乙兩地間水位落差 (Head) 又若其河流，每分所流之水量，（即流量）為 Q 立方英尺，則甲乙兩地間，河水所生之水力 W 馬力，可以次式表之。

$$W = \frac{QH \times 62.4}{33000} \text{ H.P.}$$

式中 62.4 是水一立方英尺所有之重量，以磅計，故水力之大小，

係與流量及落差之相乘積成正比例，流量多而落差少，或流量少而落差多，苟二者之積相等，則水力之大小，亦相等，所生之電力，亦約相同。

上式W謂之理論馬力，實際應用水車，間接導其功用，則水車之效率不可忽略，而水路水管之中，落差亦有相當損失，今假定有效落差，為h英尺，水車之效率為e，每秒間之流量為q立方英尺，則實在馬力，即水車軸上之馬力W，當為 $W = \frac{60qh \times 62.4}{33000}$

× e 此e之值，普通水車，約在75%至80%之間，普通均作為78%計算，若只欲知其大要，可用下式：

$$W = \frac{60 \times qh \times 62.4 \times .80}{33000} = \frac{1}{11} qh \text{ 馬力}$$

故水力與流量落差二者，有密切關係，如調查水力，首宜先測之

二、選擇水源，水源地點，必須有相當落差，通常取得落差之方法，分別列舉如下。

(一) 利用山上湖沼，直接取得落差者。

(二) 築堰堤於河中，使上水面增高，下水面減低，而取得落差者。

(三) 利用河川之急流或瀑布，開鑿水路，而取得落差者。上記三者之中，屬於第一者，其水路工費頗為低廉，而水量之調整，亦復容易，對於企業最為適宜，然如斯湖沼，既不多見，而雨水流入之流域，又極狹小，其能實際供給大水量者，蓋鮮，且因地勢不便，距電力消費地較遠，故全體工費亦較大，屬於第二者，與第一者具有正反之性質，若舉其利(一)水量豐富(二)交通便利，(三)消費地較近，(四)無設水路之必要是也。然其不利，(一)築堰堤後，上流沿岸之地，沒於水中者不少，須增多購地費，而其對人民之障礙亦甚大，(二)建築難點，因土

質與堰堤工程，有至大之關係，（三）落差小，故每一馬力所需之工程費甚大，（四）洪水之際，下流位置上升，落差因而減少，須設特種裝置，以補救之是也，然大規模之水力電氣，非以相當確實之水量為基礎不可，且開辦之際，交通運輸，關係甚大，我國地多平原，所在都有長江大流，故非根據此法，切實研究不可，屬於第三者，其性質在第一第二之間，通常之發電水力，多係根據此法，其法由河川適宜高處，開鑿傾斜較緩之水路，穿山渡谷導於適宜之處，以得相當之落差及水量，而供吾人運轉水車之用，茲將普通水力電氣，由河川取水至復歸本流，所經過道路，如圖式一。

當沿河流，選定水力地點時，所須顧慮者，即愈至上流，河之傾斜愈急，故對於同一落差，則水路可短，對於同一馬力，則工費可省，然愈至上流，則交通愈形不便，送電距離愈遠，水量愈少，惟此不過理論上之利害研究，實際上水力地點之選擇，多為地形地質所左右，取水口及建設發電廠地點，既選定後，則落差之大小，全然確定矣。

落差之大小，可從取水口，至發電廠預定地，通常用高低測量而得，再減去水路中及導水管中之落差損失，即得有效落差。

三、測定流量，河川流量，為水力之根本要素，故其調查，須格外謹慎，因往往有因水量調查不確之故，致招巨大之損失，此蓋因流量之測定，不能如落差等容易且確之故。

據理論之，如雨量流域面積，水之蒸發量，及滲透量，預前測知，則流量自然決定，蓋從雨量中，減去蒸發量及滲透量，即為河流之真實流量，故測定雨量等，亦係間接測定流量之一法，然雨量因土地高底，地面形狀，及性質而異，蒸發滲透之量，亦因地質溫度等而殊，又須多測流域之面積，事既繁雜，結果又欠精確，故此法只可以作參考之用，普通用法計有三種，（一）堰堤法，（二）浮子法，（三）流速計法是也，

(一) 堰堤法, (Weir Method)

此法於流量不大之河川，最為適宜，其法如圖二，及三，截流作堰，使水成一定之形狀，（如矩形）流出，另以量水標，測定堰口水深，則流量可以 (Francis) 公式求出，結果較確，其公式如次：

$$Q=3.33(L-0.2H)H^{3/2}.$$

式中 Q 為一秒間之流量，以立方英尺計， L 為堰口之廣， H 為堰口水流高度，均以英尺計，如改為公尺制，公式應為

$$Q=1.838(L-0.2h)^{3/2}$$

上式 $Q=m^3/\text{秒}$ ， $L=m$ 堰底長度（公尺）， $h=m$ 堰口水流高度（公尺），又置量水標處之水，如以每秒 V 英尺之速度流動時，其式當為：

$$Q=3.33(e-0.2H)\{(H-h)^{3/2}-h^{3/2}\},$$

但式中 $h=\frac{v^2}{2g}$ ， $g=32.2$ 每秒每英尺。

(二)、浮子法 (Float Method)

流量者，每秒間通過河川橫斷面積所有流水量之謂，換言之，即橫斷面積，與水流平均速度，相乘之積是也，故橫斷面積及水流速度，若能分別測定，則流量自能容易算出，然水流速度，各部不同，中央最速，沿岸較緩，且愈近河底速度愈小，據晚近學者之實驗，則河川縱斷面中，流速最大之處，約在從水面起算，至水深十分之三之處，上下流速，均漸減少，其狀可以兩個拋物線表之，如圖式四。

故測量之初，宜先將河川橫斷面之形狀測定，繪於圖上，再求河幅之廣狹，流水之狀態，分橫斷面為數區，然後每區各測數次，取其平均流速，乘以各區面積，即得所測之流量，圖式五。

浮子法者，係用浮子，測定各區內水面，或水中速度之法也，浮子有種種形狀，如球狀，筒狀，及圓板狀等，又測水面流速者，謂之水面浮子，多以木製或金屬製之中空球，或空虛酒瓶為

之，中實以沙，或附重錘，使浮流水面，並附以標誌，以便觀測，其測法，先將河川兩岸，比較平行，底部比較平坦之上下二處，用繩橫斷，樹立目標，上下間距離，約五十英尺至一百英尺，再將橫斷面分爲數區，然後就各區用浮子靜沉水中，由上流下，另用測秒器，以測其經過之時間，由是可得流區之水面速度：

$$V = \frac{d}{t} \text{。}$$

式中 d 爲上下橫斷面間距離，以英尺計， t 爲由上流下所經過時間，以秒計， V 卽每秒英尺計之水面速度也。

水面速度測定後，則每區垂直方向之平均速度，卽所謂平均縱流速，能以簡單關係求之，卽平均縱流速，約等於水面流速之十分之八，卽 $V_m = 0.8V_s$ ，此式係經多次測驗而得，尙屬確當。

又測水深若干處之浮子，謂之水中浮子，其中有雙浮子 (Twin Float)，桿浮子 (Rod Float) 等，其類不一，雙浮子者，以線連接兩個浮子而成，其中一浮子較他浮子稍重，故測量時，一浮於水面，一沈於水中，可得兩浮子間之平均速度，今試以 V_0 爲水面流速， V_d 爲下方浮子之速度，則雙浮子所表示之平均速度 V ，當如

$$V = \frac{V_0 + V_d}{2} \text{。}$$

又如用水面浮子，將 V 測定後，則任意水深之流速 V_d ，可從上式算出：

$$V_d = 2Vm - V_0 \text{。}$$

桿浮子者，係以長竹筒或金屬製之空筒爲之，底部實以土砂之類，使略能垂直沈於水中，流動時，約可測得全桿長處水深之平均水流速度。

今以 V 爲所測之平均速度， d 爲水深， d' 爲桿底至河底之高，均以英尺計，據 Francis 氏實測之結果，則流水之真正平均速度 V_m 如次。

$$V_m = V(1.012 - 0.116 \sqrt{\frac{d'}{d}})。$$

(三) 流速計測法 (Current Meter Method.)

測定任意水深之水流速度最精密者，厥為流速計，其原理與風速計同，使水之直線運動，變成流速計翼輪之迴轉運動，視其每秒間迴轉數之多少，以計水流速度大小之器也，流速計之造法，日益進步，種類亦夥，有聽音流速計，自記流速計，電氣流速計等之別，電氣流速計，又有電氣表示流速計，電氣聽音流速計種種，前者係利用電氣，將翼輪之迴轉數，顯於示數器之上，後者係利用電話裝置，將其迴轉數，直接達於測者之耳，約每五回轉，或十回轉，受話器即響一次，故一方以受話器聽其響之次數，他方以測秒器，計其經過之時間，則每秒間之回轉數，即每秒間之水流速度，可得而知也。

四、 比較得失，

測定水流速度，此外尚有種種方法，概皆失於繁雜，均不適用，故不多述，惟此三法中，孰長孰短，則不可無一言，堰堤法，雖屬正確，惟多築堰堤之費，除水量五六十立方英尺以下之小流外，不能實用，浮子法至為簡便，且可隨時製作，雖流水所受損失有限，然所得結果，常有差誤之處，惟流速計法，最為精密，且甚輕便，無論河川大小用之，可測任意水深之水流速度，惟水中所含土沙之量過多，或水流速度過大，致器具不能穩定時，則不適用於用耳。

五、 計算流量。擇河川齊整之處，用深淺測量法，將其橫斷面積測定，繪成圖式，將其全断面分為 n 個適當之小區，各小區之面積，假定為 $f_1 f_2 \dots f_n$ 如第五圖，然後再用前述諸法，將其各區間之平均水流速度測定，則各區間之流量， $q_1 q_2 \dots q_n$ 當如次式：

$$q_1 = f_1 v_1, q_2 = f_2 v_2, \dots \dots \dots q_n = f_n v_n。$$

故所測之總流量 Q 當為： $Q = q_1 + q_2 + \dots \dots \dots + q_n = \Sigma q_i$

$$=f_1v_1+f_2v_2+\dots+f_nv_n=\sum fv$$

六、貯水池之效用，依前述諸法，則流量不難測定，然僅測量一次，只能知其測量當時之流量，不能以爲設計之基礎，蓋河川流量，時有變化，非經多年連續測量，則河川洪水，涸水，平均，流量之多寡，頗難決定，查從來許多水力發電廠，爲節省經費起見，每以一年中僅數日涸水期之流量，爲設計之標準，致平時所容水量，因之消散，殊不經濟，故晚近較大水力發電廠之設計，概以多年平均流量爲基礎，並將所容水量，於水路中適當之處，另設貯水池，(Reservoir)以貯之，至涸水時，則導而用之，故其所生電力，當數倍於前者，特於一日之中，有時電力用量急增時，其貯水池之效用尤大，此種貯水池，或利用天然之溪谷於其一側，或兩側作堰以蓄之，或利用天然湖沼，開隧道以通之，或經人工掘土成池，經費自有大小之不同，要觀其地形之能否利用，及資本多少以爲定耳，若素有火力發電之設備，而資本有限制者，則不另設貯水池，而以火力補涸水時及日中電力用量急增時之不足，亦可使其平時發電量增加也。

七、調查水質。水力發電地點，經決定後，一面從事調查，一面就水之性質及流域之土質，加以詳細調查，以爲水路導水管水車等設計之參考。

查水質之影響有二，一爲泥土砂礫等之機械的影響，一係水中含有主要成分之化學的影響是也，土質軟弱，地勢急峻，加以無天然或人工的防砂設備之地域，則霖雨之際，土砂下流，有埋沒堰堤及取水口之虞，又微細之土砂，亦有侵入水路中，沉於水槽內，或磨滅水管水車之患，而流入水路中之細砂質，大別之可爲三種，(一)石英質之細砂，(二)沖積層泥土之細末，(三)火山灰質之粉末，此中石英質細質含量多時，其損傷導水管尤甚，惟其質量較重，故或將水路之傾斜減少，使水流速度緩慢，或特設適當之洗滌池，使砂下沉而除之，尙屬易舉，其他二者皆係輕

粉末，一入水路中，而欲除之，殊屬難事，而第二之沖積層泥土，各細粒之尖端多已磨滅，其對於導水管水車，為害尚小，第三之火山灰質粉末，各粒皆具有銳利之尖端，其為害至大，有貯水池之設備者，除前節所述功用外，尚可為沈除泥土細砂之用，其効亦不淺也。

次則水中含有化學的成分，特如酸類，亞爾加里，硫磺等，其腐蝕水車，水管之作用亦甚大，故宜詳細試驗，若含量較少，定購水車時，宜預先聲明，使澆水之部，勿摻合異金屬，則腐蝕之度，自可減少也。

二、設廠概要，水力發電廠設置大要，已于前章，略述梗概，茲再詳言之，夫廠以水力發電名，即係借用水力，以發生電氣之所，水力來源，或為山間瀑布，或為河中急流，設堰堤以截其流，引之達取水口，使通過間隔或沉砂裝置，以緩勻配之隧道，或開水路導至發電所上部，具有適當水位差之水槽 (Head Tank) 或 (Fore bay) 中，再經導水管 (Penstock) 落下，以轉動水車，車軸相連之交流發電機，亦隨以轉動發生電力，再由高壓變電器，將電壓升高，由電線輸送至距離較遠各處，(用220,000電壓，能至500 miles之遙)，圖六係表示取水運車大要，圖七係表明衝擊水輪之裝置，圖八係表明反動水輪之裝置。

一、設廠經濟，設廠經濟與否，于建壩大有關係，

(一) 能以少數費用，得較大水頭。

(二) 設廠以後，能免除洪水，及其他意外損害。

(三) 設廠地址，須擇基礎較為穩固，需費較少者。

以上各類，對於廠壩之建設，均有連帶關係，須詳細審慎，庶免後患，

二、廠壩佈置，開發方式，各有不同，茲分類表明如次，并詳後圖，

(一) 湍流式 發電廠建于水壩內，或最近處，用最短

引水道，或全不用亦可，此項辦法，所有水位高差，均賴水壩聚集，按理祇能適合于中央電廠。最多祇能安設一二部機器。

(二) 用壩引水式 此項辦法，係將水流用壩堵截，用長距離水槽導引，可以安設多數電廠，其尾水即于壩下洩去。

(三) 分流式 此項辦法，又分用壩不用兩種，其法係在水源地方，用水槽將水直接引至電廠之前，再用隧道或水管引至廠內，但引水經過地方，須有相當高度，可資利用方可。

(四) 各項佈置方式，均詳于附圖九至十七中，細閱即知。

三、 堤堰種類 水力發電，以堰堤為重要工程之一，茲分類說明如次。

一 粘土堰堤 (Earth dam) 靜水壓力貯水池等多用之，材料以粘土，石渣等為主，其橫斷面中部，以粘土，混凝土，及石塊等，造成一中心牆 (core wall)，下端直達不滲漏地層，兩端堆以粘土，及石渣等混合物，上下流二面之傾斜度為3:1及2:1，此壩建築費廉，基址又毋須堅固地層。

二 木製堰堤 (Timber Dam) 此係將土砂或石渣等，置放于木樑內而成，建築費低廉，小發電所多用之，能經久五六年，但時需修理。

三 石塊堰堤 (Masonry Dam) 堰身為石塊混凝土，表面壘砌石塊，上塗1:2 洋灰砂漿，以防滲漏，頂部略成拋物線形，下流堤面底部，以擺線或圓弧線為宜。此堤須建造于堅固基址上，上流堤面底部，須達于不透水地層，以防沖毀。

四 石渣堰堤 (Rockfill Dam) 以開鑿河底時，起出之石渣堆積而成，需費極廉，但祇適用於小規模之發電所，上下流之斜面均為45°

五 鐵樑堰堤 (Steel-Frame Dam) 鐵樑上鋪以鐵板，上流一面之下端，埋于三和土內，以防顛倒。

六 鐵筋混凝土堰堤，(Reinforced concrete Dam) 先于河底築混凝土壁若干，上下游豎立鐵筋混凝土圓柱，上流堤面，做成適當角度，表面鋪以鐵筋混凝土板。

七 活動壩，此壩多設于開口堤頭，以減少洪水時之過大水位，及土砂流過，洪水時開放，其形式已詳于第三章航運，茲不多贅。

四、 引水溝道，水電廠土木工程，除堤堰外，引水道亦屬要工，茲分別說明如下。

一 水口(Intake)水口為引水入水路之構造，其設置要意有二。

(一) 調節水量，水流至水門除渣鐵柵(Screen)處，必受抵抗，且因各種渣滓流冰等之阻碍，故須調節，水流過多時，亦可以制止，如圖十八，于A或B處，設置水門，可以調節水位，即水位過大時，可以開放，亦有于C處，設溢水路者。

(二) 攔截雜物，凡有土砂浮木，及流冰等流至水路，可由排砂水門，及除渣鐵柵E浸入之細砂，經過A門時，徐徐洗滌，自F排出，水上漂浮各物，最足以阻碍流水入口，故水口前方，須佈鐵網，以防阻塞。

二 水路，(Conduit)水路，為自水口至水槽間之導水路，計有形式多種，茲分別說明如次。

(一) 開渠(Canal or Open channel) 開渠，多用于平坦地面，其橫斷多為梯形，兩側及底面，多鋪混凝土板，以減阻力，然有時沉下，或裂縫漏水等事，不可不察也，山坡地勢陡峻，山水易于流入，故不適用。

(二) 隧道(Tunnel) 隧道，為安全之水路，可以防止雜物浸入，計分無灰及有灰兩種，前者之水流，并不充滿，故隧道內面壓力，僅流水本身重量，後者水流充滿隧道，且受有大氣壓以上之壓力，故名水壓隧道(Pressure Tunnel)。隧道形式多種，或

圓形，或馬蹄形，或上圓下方形，其長度宜以最短限度為宜，開鑿法與鐵道同，如超過 10m 以上之壓力時，可用圓形，并宜用鐵筋混凝土製造為宜。

(三) 暗渠 (Covered Channel) 暗渠，係將開渠上部遮蓋而成，以此接連水壓隧道，免致雜物落入，斷面小時，用四方形或圓形均可，斷面大時，須用馬蹄形，材料仍以鐵筋混凝土為宜。

(四) 水槽 (Flume) 水路經過山谷間，或土質疏鬆，不便開渠地方，宜用水槽，頗為有利，材料有用鐵板，鐵筋混凝土，或木材等，大約木質製造既易，修理亦便，小規模水電廠多用之，壽命堪經十年之久。

(五) 水管 (Aqueduct) 及反虹吸管 (Inverted Syphon) 橫越山谷以通水時，宜用引水管，若經過水面，較溪底高，或經過同高之河川水面，多用反虹吸管于河底，以通水流。

(三) 水路斜度，普通以 $1/(1000, \sim 1500)$ 為宜，如河川上流水力，有效落差及水量較少，則斜度應大，若下流落差較低，水量較多，宜用開渠，斜度不妨稍緩，但斜度過緩，易生水草，阻碍水流，其適當坡度，應以流速每秒 2 m/sec. 為度，過大則有冲刷之弊，水路亦不經久。

(四) 沉砂池 (Setting Pond) 河川之水，多含泥砂，經過水車，多將輪葉磨損，効力減少，故宜于水口，及水路中，設沉砂池以濾之，并須置鐵柵，以阻擋漂流各物，水量過多時，尤須設有漏水路，以排除之，設計沉砂池，應注意各要點，分述于次。

(甲) 增加水池斷面，使流速減少，砂土容易沉下。

(乙) 水池應有相當長度，使砂土有充分時間沉澱。

(丙) 穩力防止渦流。

(丁) 沉下砂土，能容易排去。

查土砂沉下速度，因性質而異，又與水流速度，有直接關係，砂土自入沉砂池，至起始沉降時，應需相當距離，可以計出，

例如池深5m，流速為0.2m/sec. 若以0.05m/sec. 之速度沉降時，其自水面至池底完全沉澱時，應需長度，為 $5 \times 0.2 / 0.05 = 20n$ ，為安全起見，應增加至25m，或再加寬大，亦無不可，其最小限度，流速以0.2m/sec. 及長度以20n以上為當。

(五) 水平槽口 (Head Tank or Forebay) 平槽，為水路之末端，與水壓鐵管相連，其作用如下。

一、 保持適當水量，以應付水車負荷之變動。及各渦輪均受平衡之水壓。

二、 水壓鐵管閉時，能使全部水流，安全流出。

三、 水流所含砂土，即于此處排出。如有浮流各物，亦在此處設鐵網以截留之。

四、 水壓鐵管入口，宜設節水門，以便截斷水流。

據上列各項，可知平槽用途之大，但水廠中，僅備水輪一座，平槽即無設置必要，為滿足上列條件起見，應有下列數種設備。

甲、 蓄水池，(Storage Reservoir) 或調整池，凡應一日電力負荷之變動，用水量以調整者，名為調整池，如洪水時期，設壩儲蓄，預作補助枯水時之水量者，名為蓄水池，每多設于水路及水壓管之接頭處，其構造材料，有磚，石，鐵筋混凝土等不同，計算容量時，須考察水車之需要水量，與由水路流入水量之時間變化，如水車轉動時，負荷驟增，水車之活瓣門自開，吸收水量必多，此時如水槽容量不足，水位忽然低下，水車即有停止運轉之虞。

乙、 溢水路(Spill way) 發電負荷驟減時，須將剩餘水量安全放去，須設溢水路，溢水過深時，水槽牆壁須高，溢水路道，亦必較長，如無相當地勢時，宜採用虹吸溢水路 (Siphon Spill Way) 如圖十九，水位至一定高度時，虹吸管內，漸成真空，因受大氣壓力，水即被吸入管內外溢，可免水位增漲，至其排水能

率，亦頗敷用。

丙、刷砂門 (Sand Trap) 及隔物欄 (Screen) 前者設置于溢水口之底部，以便放水沖刷，將砂土沖出，免致淤積為患，後者係設置于制水門前，與上流成 $40^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 之斜度，為防止水面漂木及流冰等雜物流入，防碍水車運轉之用。

五、水輪種類，水輪種類，形式不一，若按其應用水力方法而分別之，計有三類，一、重力式水輪，(Gravity Wheel) 二、反動式水輪，(Reaction Wheel) 三、衝擊式水輪 (Impulse wheel)。惟水輪之效率甚微，至今已不適用，現在世界通用者，係水渦輪 (Turbine) 因其輪葉，彎轉曲曲，可以適合水之速度，壓力，效率特別增高之故，其式又種種不同，茲分為二種，一、(Reaction) 反動式，二、(Impulse) 衝擊式。

(一) 反動式又有五種，一、Francis (佛蘭西式) 二、克普蘭 (Kaplan) 三、寶普氏 (Dubes) 四、納葛拉 (Nagler) 五、穆地 (Moody) 各類中，又以納葛拉式為最新，因價賤而效率較高，故用者甚夥。圖 21, 22 或又謂之吸收式 (Suction Type Runner) 圖 23, 24, 25, 26, 係法蘭西式，歐美均甚通用，此種水輪，恆用于源頭較低，水量較大之處，因其水輪，可淹沒于尾水內，或藉尾水管之作用，以利用全部水頭，不致稍有廢棄，茲將其各項要件，分列于次。

甲、水位差度，最低 16" 最高 800'0"。(圖 45 係低水位佈置)

乙、渦輪功率，最低 10 馬力，最高 52,560 馬力。

丙、派輪效率，最低 75/100，最高 90/100。

(二) 衝擊式又有二種，第一種係拍爾吞氏 (Pelton) 水輪，圖 27, 28, 此輪原名正切式水輪 (Tangential Wheel) 早年多用木製，其葉多成板形，效率祇百分之五十，因拍氏于司機時，偶見一葉歪斜，水流射于葉之一邊，因葉之彎曲，水流之方向改變，由葉

之他邊洩出，而輪率反而轉增，遂將葉形改爲蟹斗式，即以拍爾吞命名。

第二種係吉刺得氏 (Girard) 渦輪，圖 29, 30, 歐洲頗多用之，輪之構造，係用等大圓板二，去其中部，使成兩環形，兩環疊置，其中置彎曲之葉板若干，平均分配于環周，如此固定，中置一軸，即成爲輪，其裝置如圖 30, W 爲輪，B 爲輪葉，G 爲導流靜葉板，G 爲閘門，可任意開閉，以調節流量，G 門由 G r 連接至 r，與機上之調速器，(Governor) 相連，即能調節適當。衝擊式渦輪，多用于水頭較高之處，因排出之水，必在尾水面之上，且不能利用尾水管，源頭高，則尾水源頭，僅源頭之一小部份，故不妨犧牲之，拍爾吞渦輪，不宜用于最大功率之發展，故用于水量較少之處，較爲適當，吉刺得氏渦輪，則多用于歐洲各國，源頭在三百英尺以上者恆用之，通常須設法，使尾水不與輪接觸，以便應用尾水管。茲將各國設置衝擊輪情形錄下，以資參攷。

國名	馬力	滾輪座數(柏氏)	水頭	射流直徑	輪徑	週速
瑞士	3,000.00	5	5,412'0"	1½"	11'6"	500/分
美國	15,000.00	1	1,700'0"	8"	—	375/分
— —	5,000.00	1	865'0"	—	19'18"	225/分

衝擊輪之效率，約由 75/100 至 85/100，其較小者，有時尚不及 75/100。

六、其他種類，上列兩種水輪，係因水流作用，而分別之，此外尚有因水流方向分類者，計有四種。

(一) 沿徑外流式 (Radial outward flow type)。

(二) 沿徑內流式 (Radial inward flow type)。

(三) 沿軸流式 (Axial flow type) 或平行流式 (Parallel flow type)。

(四) 混合流式 (Mixcd flow type) 或沿徑內灣流式 (Radial

inward and axial flow type)。

除上列式外，又有按軸之位置而分者：計有下列兩種。

(一) 直立式 (Vertical type)。

(二) 橫臥式 (Horizontal type)。

七、 水輪安置，水輪安置，計有直立及橫臥兩種，前節已標明之，茲更將其安置形式，用圖表明，如圖三十一，至三十四，係直立式安排法，圖三十五至四十二，係橫臥式排列法，直立式渦輪，因車輪常在電機室地面下，不易接近，故須定製特別軸承 (Vertical bearing) 平素沿用較久者，係 (Step bearings) 階級式，尚屬經濟耐久，至懸掛式 (Suspension bearing) 因需相當維持費，故不及前者用途寬廣。

八、 尾水管，此管為反動式渦輪之重要部份，因備有兩種作用，

(一) 能使渦輪安放在尾水面之上部。

(二) 能利用全部水頭，不致稍有廢棄，并水頭對於輪轉，尚有一部份吸收作用。

大約尾水管高度 (離尾水面) 在十英尺上下，過高則管中空氣，不易除盡，效率減少，在功率較大之衝擊輪式，有時亦用尾水管，但管之高度必大，使尾水面與渦輪間發生一部分真空，庶尾水不致與輪葉接觸，以阻工作，如圖 43, 44。

九、 尾水溝，尾水排洩之路，大概均由溝道，排至相當低水面，其構造與頭水溝同。

十、 動力輸送，輸送法計分兩種。

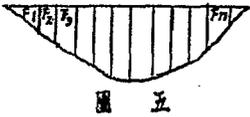
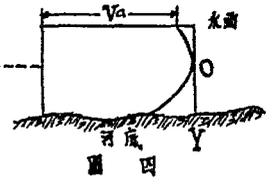
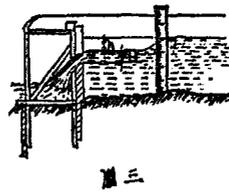
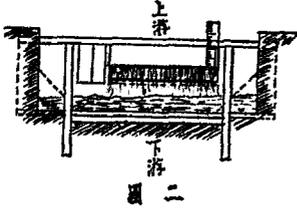
(一) 機械輸送 (Mechanical Power Transmission)。

(二) 電力輸送 (Electrical Power Transmission)。

第一項係用齒輪，引帶等，將輪與機械聯接，以傳動力，距離僅及數百英尺，損耗又多。故現在改用電力，如地點不遠，即用簡單導線，直接輸電于需要地方，藉電動機 (Motor) 而得動力

，至遠地用電，宜用高壓電流 (High Tension Current) 送電，俟達到需要處，并用變壓器 (Transformer) 將電降低，至適用電壓，如 110 伏，220 伏及 500 伏等是也。

十一、 電廠價格，查中國水電廠，寥寥無多，亦無相當統計資料，茲將外國電廠價格統計表列下，以資參攷。

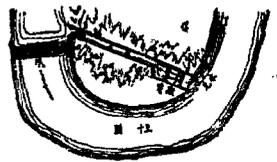
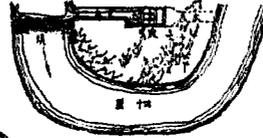
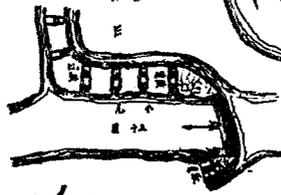
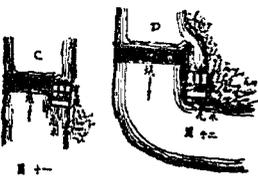
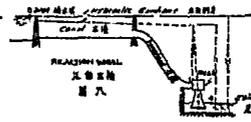
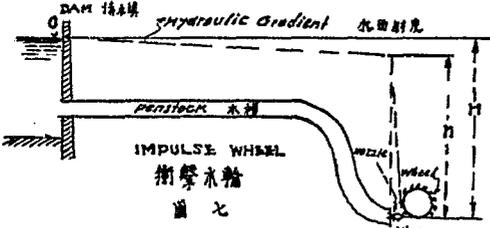


圖五

圖三

圖四

圖六

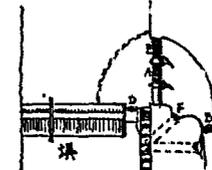


圖七

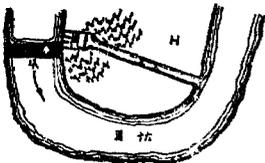
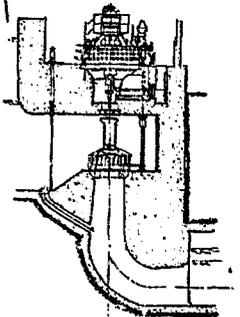
圖八

圖九

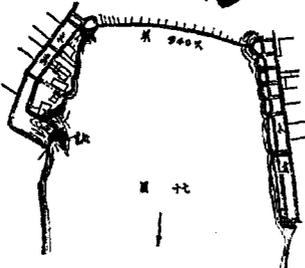
圖十



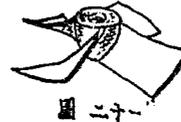
圖十八



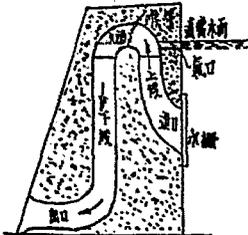
圖十一



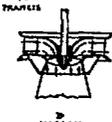
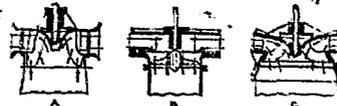
圖十二



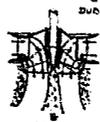
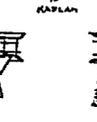
圖二十一



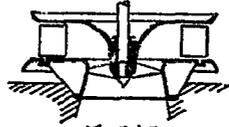
圖十九



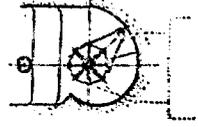
圖二十



圖二十一



圖二十二



圖二十三

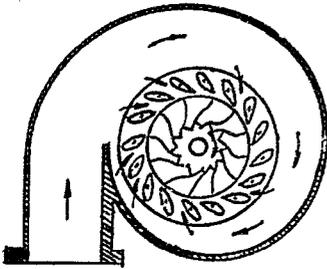


圖 二十四

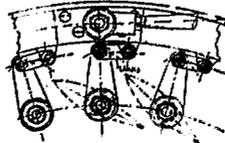


圖 二十五

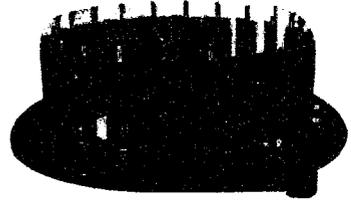


圖 二十六



圖 二十七

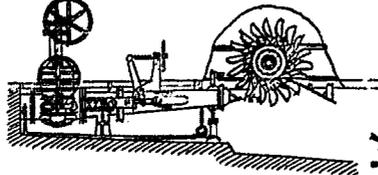


圖 二十八



圖 二十九

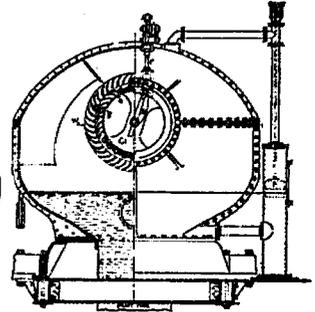


圖 三十



圖 三十一 A

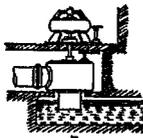


圖 三十一 B

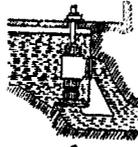


圖 三十一 C



圖 三十一 D

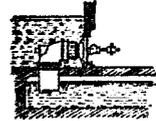


圖 三十一 E

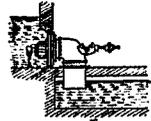


圖 三十一 F

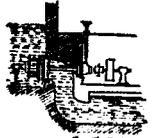


圖 三十一 G

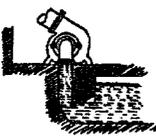


圖 三十一 H

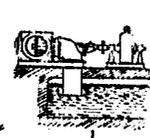


圖 三十一 I

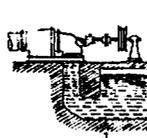


圖 三十一 J

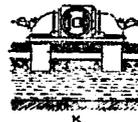


圖 三十一 K

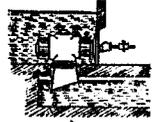


圖 三十一 L

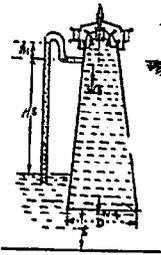


圖 三十二

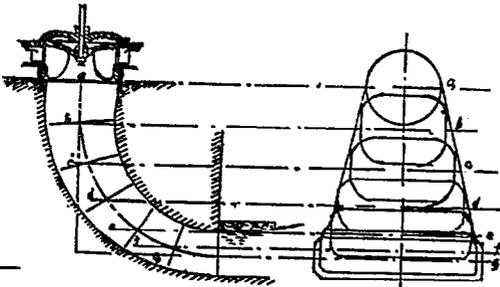


圖 三十三

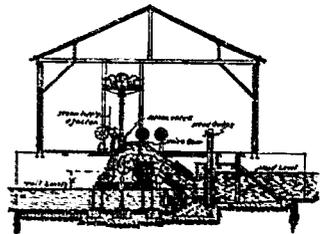
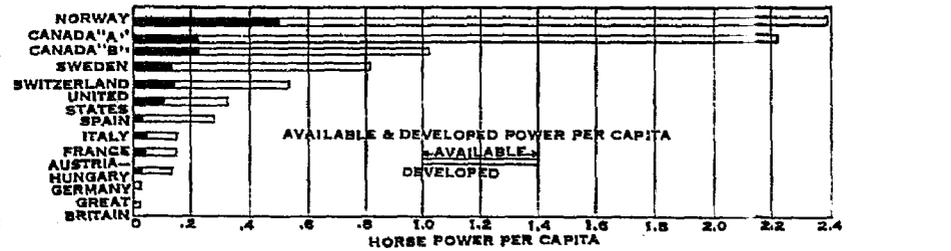
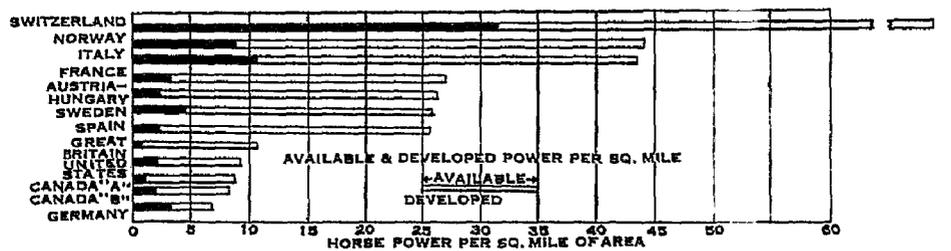
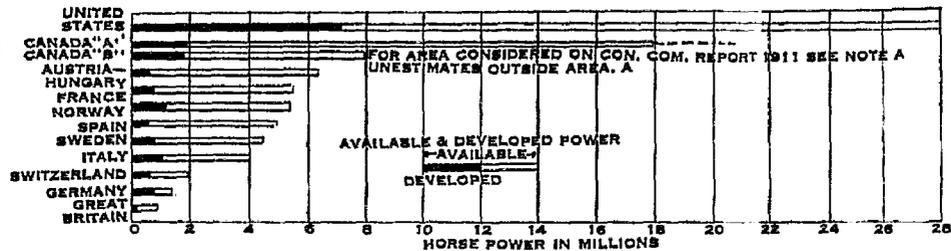
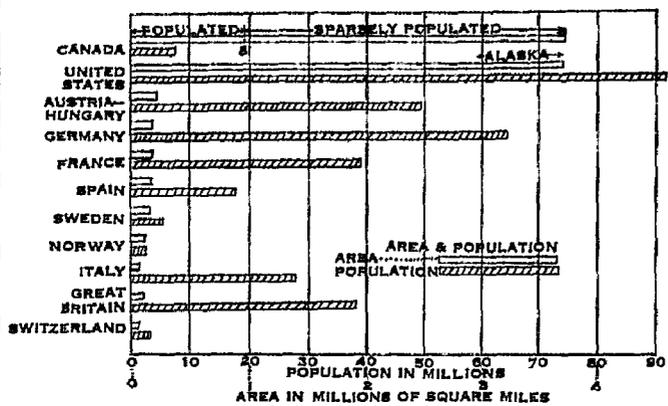


圖 三十四

歐美現有及開發水電與人口面積比較圖表



四川省水利初步計劃

水力

項	地 點	水 輪	馬 力	電	廠	單 價 (以獎金計算)										電 廠 材 料	
						(并以價值指數百分之三爲準)											
目		數	每 輪	面 積 平 方 呎	體 積 立 方 呎	每 馬 力 需 平 方 呎	每 馬 力 需 立 方 呎	下 部	上 部	全 部	下 部	上 部	全 部	每 電 廠	共 計		
1	Holyoke 2.	20	1,850	4,200	105,000	1.1328	420.00	6.00	26.00	0.820	241.16	24.00	30.00	54.00	磚		
2	Lockwood Co. Me.	21	1,200	5,500	190,000	0.7626	430.20	18.80	49.00	0.870	551.42	39.80	37.80	70.00	磚		
3	Vischer Ferry, N. Y.	26	4,000	8,000	310,000	0.8638	826.40	17.60	44.00	0.580	390.99	32.20	37.80	70.00	磚		
4	Crescent, N. Y.	26	4,000	8,000	310,000	0.8638	8	—	47.50	—	1.04	30.50	40.60	71.10	磚		
5	Meindoes Falls,	27	4,100	16,500	189,000	0.3811	547.50	20.00	67.50	1.580	672.25	59.00	25.00	64.00	磚		
6	Holyoke 8.	30	6,000	6,300	40,000	0.23	6,748.00	6.30	54.30	1.650	221.87	17.00	12.50	39.50	磚		
7	Ludlow, Mass.	40	2,600 550 One	5,750	246,000	1.0142	8	—	49.00	—	1.16	38.00	50.00	88.00	磚		
8	Salmon Falls, N. H.	45	1,500	3,000	91,300	0.7030	412.00	12.00	24.20	0.280	562.46	60.17	10.41	70	磚		
9	Amoskeag, N. H.	46	7,500	22,500	630,000	0.4338	0.42	30.19	70.62	0.00	6.40	30.0	9.42	30.26	40	54.70	
10	Safe Harbor.	53	42,500	255,000	105,000	0.4140	0.47	0.018	50.65	5.00	4.90	19.0	67.45	70.25	50	72.50	磚

附註：上游保泥凝土，下游保磚料，內部用瓦 (Tile Face)

十二、水火電廠價值比較，凡利用水力發電，較用煤力廉省，而管理又極容易，是以歐美盡量發展，其數量如圖表46所記，足資證明，據專家考察，水電較火電能省十分之一，但因建堰壩，水源水路各工程建築費浩大，及輸送電力較遠，有時亦較火電昂貴，然亦不能超過三分之一，但自歐戰後，蒸汽發電機，極力改良，增加效率，反有較水力低廉之勢，又不可不察也，至每項水電投資之數，約自\$125至250，然亦有至\$400者，其各項所佔百分數如下，水道工程60%，水車設備12%，廠房5%，發電機等15%，變壓器10%。火力發電投資，每項由\$75至\$125。

十、水力發動機說明書

(郭日廣)

一、緣起，水與風為天然力之原，古今中外，莫不資之以代人工，惟水力有恆，施之於工業，較風力尤為便利，今之西人講水力者，莘莘不倦，良有以也，而我國之用水力，仍以橫板為輪，用驅碓磨，或以竹筒側置輪周，用代桔槔，相沿不改，坐視天下大利，棄置不用，失策甚矣，鄙人昔在美國 米省 愛理士 工廠，研究水力發動機時，獲聞水力機之沿革，及現世界需要之狀況，乃亟思本其所學，廣為傳播，惠我國人，惟因水力設計情形，多不能以數學推求，工廠方面，又往往秘而不宣，而機械作用，非可以模稜塞責，故此心慊然，無以自解者且十年，近歲在山東 經營機器工業，乃將歷年理想所得，加以實驗，而變端百出，失敗者數矣，而於失敗之時，又即妙義發見之時，其結果竟得能率百分之八十，可於一二尺高水頭處發電焉，誠為厚幸，是即濟南 東門外之建設也，此外工程接洽者雖多，以時事之變遷，遂爾中輟，去年秋鄙人受北洋工學院之召，任電氣水力二門課程，益悉心研究，今年成模型一，以為諸生取法，特以斯道關係民生至鉅，而頻年建設委員會，亦嘗有提倡水力之計畫，徒以研究者，與建設者，形勢隔閡，雖有良法美意，不能推行盡利，用是不揣愚

際，將關於水利者，分條敘述，公之於世，邦人君子其有取乎，

二、 設計，上圖爲四葉式之水輪，與歐美最新式者，大致相仿，凡水頭高百尺以內皆可適用，即一二尺高度之水，亦可發電，費輕工省，固不必大資本，大建設，而後獲利也，即以中國之大，河渠溝澗，高下之率，逾一尺者，不勝其數，若遍設國中，其利豈有涯哉，至若大河大灘，一部此式之機，可發生二三萬馬力爲常事，不過工費較鉅耳，惟遇高飛瀑布，建設之計，當從特定。

三、 能率，國人之視國製機器，不問能率，輒以卑下價之，舶來品雖十倍其值，率夷然購用，如斯之印象，深入腦海，牢不可破，不知科學非文學與美術品，可以意象爲批評之標準，凡器之美惡，必有能率，非空言所可抑揚也，本圖之機，經試驗之結果，得能率百分之八十，其用旣彰，何有國貨非國貨之辨，今之用外人主持工程，舍舶來品幾不知有國產機器者，更無論已，言水力者，其加之意焉。

四、 作用，國外之水力，率用以發電，電之用，可以燃燈，可以電力發動，設有餘力，尙可作電氣化學工業，此其利，若其所費，與汽機比較，則煤水人工三者，皆無所需，一廠以二人可啟閉加油足矣，其所省何限，如不欲發電，即以皮帶直接工廠，亦可代汽力或汽油發動，其用誠不窮。

五、 建設費，水力建設，機器而外，卽爲安裝，安裝之間，最大者爲築壩設閘其作用有二，一爲提高水頭，一爲儲蓄多量之水，取其平均之勢，惟築堤壩之費用，與天然地勢有連帶關係，若河旁爲堅固之石，則費用輕，若遇沙土，則工程艱鉅，費用自增矣，然不多費而能利用水力者，莫如美國奈鄂加拉之懸瀑，水頭之高，水量之大，爲世界冠，然工程上不遽閉全瀑，但置一機於旁，引小部分之水發電，已用之不竭，所費亦僅耳，晉之龍門，何嘗不可取以爲法，卽他日擴而充之，亦何所害，奚必待千

萬資金而後辦，遂坐視大利廢棄，豈不可惜，至於水力機之製造，必就各地之水量水頭爲馬力設計及安裝之準則，非可以通用也，故每製一機，設計畫圖模型費，皆於此取償，非若他種機器，千百具相因，其設計之費，均之於千百中，爲數幾何，況機件大小有定式，則成功之速度，常數倍於特製品，則其費尤輕，歐美水力機價格，恆高於他器者，曷是故也，國製之物品，何獨不然，此器與器，價格之比較也，惟中國製品人工較廉，運費又省，平時已廉於舶來品，今金價暴漲，不且倍於國貨乎，以濟南東門外之水電廠而論，水率高約四尺，建設費不過三千元，德美諸機器商行人來參觀者，均歎爲價值之廉，得未曾有，若是則一商民之力，即可舉辦一廠，一旦風行全國，食利者將無窮矣。

六、成績，考水力機之設，美國已達九百萬馬力，其機力之單位，竟有至十萬者，日本爲後進之國，亦達百萬馬力以上，從民初至十年，猶且購用外品，近則無不自製矣，環顧我國，其已成者，實寥寥無幾，以時事而論，固其一因，然其機之購自外洋者，成本已嫌其重，而又忱于工程鉅大，難於圖始，此又一因也，今我國自製之機，已明明可用，而且工程可大可小，則一切難題，均迎刃可解矣。

綜觀上說，凡設計製機安裝等事，必視地勢而定，即使購用外洋機器，亦必先派人來華審察測量，而後估工，其費更大，如有建設家欲自製機器，能將該地情形，水之速度，高低之勢，水量大小，及用途，詳細示知，敬當貢獻一二，以備採擇，如欲負責估計，亦無不可，至於模型現陳列於天津北洋工學院，參觀者，請逕至該院訪問便可。

十一、南德水電廠調查記

(李法編)

水電廠概略與工程偉大…水勢高低相距二百米遠…每秒
水量八萬立方米遠…水力共十六萬八千馬力…資本約兩

千四百萬馬克。

民國十七年夏，記者在柏林工科大學畢業以後，即到南德意志，調查水電事業，南德巴陽邦 (Bayern)，地面多山，湖泊河流，橫貫其間，據德國地質學家之調查，巴陽邦之水力，總共有一百九十餘萬馬力，現在已用的水力，為七十餘萬馬力，是該邦尚有一百餘萬馬力，可以利用，聞該邦政府，對於水利經營，特別注重，數年之後，必有新發展也，西歷一千九百二十五年（即民國十四年）德人在巴陽邦省會明星 (München) 城之西南，落成水電廠一坐，名瓦爾興湖電廠，(Walchenseekraftwerk) 總共水力，為十六萬八千馬力，專供巴陽邦各工業區及長途電車之用，為中歐之偉大工程，記者不惜重資，前往參觀，但在敘述該廠內容以前，特將水電之重要，和計劃水電之方法，略寫於次，以供讀者之參考：

(一) 吾人應注重水電廠之原因：在十九世紀時候，發電的原力，多半用蒸汽引擎機 (Steam engines)，亦間有用瓦斯引擎機者 (Gas engines) 但發電機的工作，多半在一千馬力以下，規模甚小，近二十年來，各工業國家，將市城所設的小發電廠，全數取消，另在郊野，設大電廠，用高壓電綫，將電送至市城及附近村鎮，此種大電廠的馬力甚大，轉動發電機的機器，祇有汽輪機及水輪機兩種，(Steam-turbines and water turbines) 譬如美國華盛頓水力公司，在長湖 (Long lake) 所立的水電廠，每架水力機之工作。為二萬五千馬力，水勢高底，相距五十一米達，由此可知，吾人可在水力產生之地，用大水力機，發高壓電流，送至工業區域，此為晚近工業國家，注重水電廠之原因，更有進者，吾人用煤炭能製之出產品，如煤氣，臭油顏料等等，種類甚夥，且煤炭在世界，有其一定之量數，及其一定之地點，工業界，咸不願用有窮而可貴的煤炭，專儼燃料，所以取白煤（即水力之別名）而代黑煤，用天然之工作，發展人類之幸福，正如蘇子所謂江上輕風，山

間明月，實有取之不盡用之不竭之勢也。

(二) 計畫水電廠之大略：我們要計畫水電廠，須知水力之工作，水力工作，可由下列兩點得之：

(A) 水由高處流至底處之距離。

(B) 每秒鐘內，水流的量數。

今有一河，每秒鐘所流的水量，為【W】立方米，由H點至B點，其最短的距離為D米，茲因在G點，建築水電廠，特由A點，另開新路，將河水的一部分，引入水電廠中，假如由蓄水處F點，至水電廠G點，高處相距為H米，每秒鐘流入水電廠的水量為Q立方米，(一個立方米的水量，重1000公斤)【Kg】)按物理學上之定律，水力之工作，必定是距離H及水量Q相乘之積，以馬力計算，其公式為

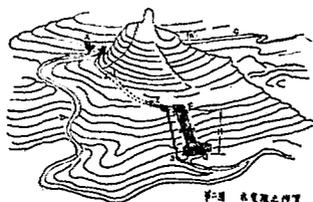
$$N=13.3Q \times H \text{ 馬力 (工作)}$$

由此可知，吾人測得水及水的空間距離，便能算出水力之工作，此為計畫水電廠之重要公式，留心水電事業者，不可不知也，至於水經過水管及水輪機時，水力必有損失，是發電機所得的工作，必小於用前公式所得之工作，茲為簡易起見，暫且從略，至於水電廠之佈置，有廠內廠外之分，應如何安設，記者將就瓦爾與湖水電廠之規模，詳細說明。

(三) 瓦爾與湖水電廠之調查，瓦爾與湖水電廠在巴陽省會明星城之西南，已如前述，茲將在地勢及電力，廠內廠外之佈置，與夫建築全廠之用費，略述於次：

(A) 地勢及電力，在巴陽邦內，瀑布最多，水力最大的河流，首推伊沙河，(Tsar)，此河由西南而東北，急轉下流，經二百三十公里，(Km)直入多臘河，在明星城之左近，有六至七座大電廠，皆利用此河之水力，供給明星電力，其功用之大，可以想見，瓦爾與湖，(見第三圖)距明星七十公里，較此城高三百米(明星較海面高五百米)，伊沙河亦經其旁，此湖為克

賽爾山 (Kesselberg) 所環繞，在克爾賽山根，有一湖名克哈爾湖，(Kochelsee) 兩湖水面，空間相距二百米遠，瓦爾興湖水電廠，即介乎兩湖之間，位於克賽爾山下，德人欲利用水力發電，建築極大的工程，將瓦爾興湖之水，由上而下，導入發電廠，水力用後，即流入克哈爾湖，可是用瓦爾興湖之水，整日發電，則此湖終有乾竭之虞，且克哈爾湖每日每時，接收大水，則克哈爾湖必生外溢之險，德人為免除此弊起見，一面在克賽爾山後，將伊沙河之一部，導入瓦爾興湖，一面又將克哈爾湖之水，引入伊沙河（見第二及第三圖）以一次的大工程，能利用天然之力，發展工業



，此種思想，是計劃水電廠者之着眼點也，河工情形，參看下節。

至於水電廠之電力，得自水量[Q]及水勢距離[H]之積，已如前述，瓦爾興湖距電廠空間距離為二百米遠，由瓦爾興湖，流入電廠之水量，每秒為八十四立方米遠，（此為最多水量，平常吾人，每秒可得六十四立方米遠水量）但是水經過水道鐵管及水輪機，必有一部分之損失，詳細計算，該電廠由瓦爾興湖所得之水力工作為：

二十二萬四千馬力，除各種損失，電廠實得之工作為：

工作為十六萬八千馬力，其損失之巨，誠有不可思議者，水電廠內，有八架水輪機，轉動八架發電機，所發之電，一半供巴陽邦各城市及工廠之用，一半供巴陽邦長途電車之用，皆以十萬的高壓電線，輸往各地，若以「啓羅瓦特」KW計算，1KW=1,

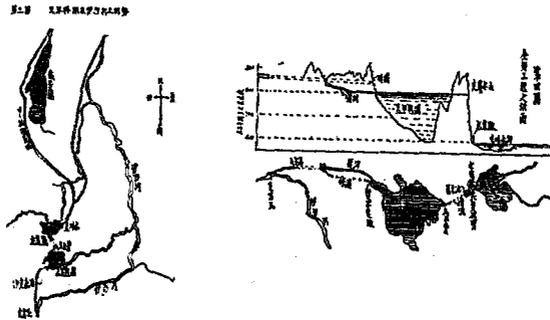
36 H.P. 是十餘萬八千馬力的水力，能發電十二萬四千啓羅瓦特 124,000 Kw.，但水輪機轉動發電機，其間必有損失，平常電機之能率為百分之九十二，由此合計，各處所得之電的工作，為：

十一萬四千啓羅瓦特即，114,000 Kw.

此項電力，為八架電機 (generators) 極大之工作，平時電力，皆小於此數。

(B) 廠外之佈置，修築蓄水池，水閘，壩堰，及其他引水入廠，種種設置，是廠外佈置，全屬土木工程師分內之事，但無水力，即無電力，所以有意計畫者，對於廠外佈置，亦應特別關心。

水電廠的水量，皆取給于瓦爾興湖，已如上述，瓦爾興湖之面積，約合十六平方啓羅米達 16Km^2 ，深約二百米達，在水量充足時，此湖能容 110,000,000 立方米達水量，但每秒所用的水量過多，瓦爾興湖，已有的來源，不能與流出的水量相等，故德人在克雷尼 KRONN地方，另闢水道，將伊沙河之一部 (見第三，四圖)



引入瓦爾興湖，以補此湖之不足，據確實調查，伊沙河流入瓦爾興湖之水，每秒鐘為二十五立方米達，德人在克雷尼 Kronn地方，建築水閘，Weir，此水閘高約四米達，面積，約二百平方米達，水閘內之水，經過一水閘 Sluice，及六個柵欄 Sluice gates，

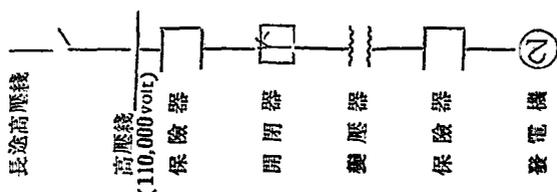
六個柵欄，皆堵以鐵板，可用機器自由起閉之，流出之水量，亦可確實測得，大約每秒鐘為二十五個立方米達，伊沙河之水，經過柵欄，入一長運河，直至瓦爾高地方 Wallgan 長約三千米達，深約三米達，在瓦爾高地方，水流入六個暗溝，長約一千五百米達，切面約十二平方米達，係馬蹄式，皆以三合土 Concrete 製成，暗溝裏面，皆用極堅固的洋灰，以防水之侵蝕，在沙克森湖出口之處，Sachsensee 水經過五千米達之路程，直入瓦爾興湖，在運河之旁，有一暗溝，直達上那黑水電廠，（上那黑 Obernack 在瓦爾興湖旁邊即運河出口之地）暗溝內水量，每秒鐘為十六立方米達，高底距離為六十米達，能發電七千 KW，專供水門處及起降柵欄門扇，及附近各地之用。

讀者既知水之來源，茲再將水流入電廠之工程，略叙一番，以明真相，在烏爾賽 Urfeld 之旁，湖水入水堰，再經十二米達寬之運河（係漏斗形）漸入一大隧道中，此隧道與運河之間，有鐵扇相隔，水量入暗溝，經此鐵門，既可限制，又能測量，誠一舉兩得之事也，暗溝係圓形，直徑為五米達，長約一千二百米達，隧道起點，距瓦爾興湖水面，約十米達，隧道亦用三合土製成，每秒流的水量，至少為六十立方米達，至多為八十四立方米達，由此大隧道，水流至一蓄水池，堵水壩高約十六米達，能蓄極大的水量，有此蓄水池，一方可以澄清由隧道來的水，一面可使水由鐵管經過到電廠時，不至過於猛烈，而水量亦可測量準確，（見第四，五圖，）此乃緩兵之計，凡建築大電廠者，不可缺少之建築也，在蓄水池之旁，另有一口，切面約三平方米達，一面可使蓄水池之水，不入鐵管，而流於外面，以便清理池底，一面可將鐵管所需以外之水量，引入他方，而免蓄水池有外溢之患，由蓄水池至水電廠，自上而下，為二百米達，有六隻大鐵管，將水直引入水輪機，在蓄水池附近，鐵管之原約為米里米達，在電廠附近，約二十五米里米達，鐵管均修在三合土塊上，斜面角為四

十一度，鐵管的直徑為二百二十五米里米達，在蓄水池與各鐵管之間，有堵水鐵板，可亦用機器，自動的起降之，在鐵管之旁，有一繩車，能起八噸重的物件，專備修理各種工程之用。

以上所述，係廠外的佈置，我已將水導入電廠之水輪機略述，茲再將廠裏的佈置，依次序寫。希讀者留心焉：

(C) 廠裏的佈置：水電廠內之佈置，較蒸汽電廠，特別簡單，必要之房屋，祇有兩處，一為機器房，一為開關器及變壓器設置所，電機所發之電，經過保險器，直到變壓器，再由變壓器，將六千六百的電壓，變成十一萬的電壓，經過油筒起閉機，Oilsurtclv 直入高壓電線，此綫能通至用電各處。



(此圖乃三相電線之一相說明法)

機器房內之佈置，祇有水輪機，及發電機兩種，瓦爾與湖水電廠之機器房，長約一百零五米達，寬約二十二米達，房內設兩隻電氣起運機，每隻能起七十五噸之重量，其他蓄電房，變電房及辦公房，修理室，開閉及測量電流電壓室，均在機器房之旁，各房之寬約八米達，總長為一百零五米達。

機器房內有八架水輪機轉動八架電機，四架平軸管螺旋水力機，轉動四架交流電機，每架水力機，有二萬四千馬力，24,000 H.P.，每分鐘轉五百次，每架三相交流電機所得之電，為一萬六千克羅瓦特，16,000KW，其電壓為六千六百個，此四架電機所發之電，專供巴燕電廠之用，四架電機最多能發電六萬四千克羅瓦特即 64,000KW，其他四架平軸水輪機，每架之工作為一萬八千馬力即 18,000H.P.，專為發一相電流之用，每架每分鐘轉動二百五

十次，每座一相交流電機之工作，爲一萬二千八百克羅瓦特，此四架電機之最大電力，爲五萬一千餘克羅瓦特，專供巴燕邦，長途電車之用。

廠內共用六架抽水機，內中有三架，每架每小時能抽十米達深之水，其量爲九十立方米達，用以涼變壓器，內中還有兩架，每小時能抽五十米達深之水，其量爲七十立方米達，用以涼支軸器，Bearing，最後一架每小時，能起水量四百五十立方米達，水深五十米達，用以試驗機器。

開關器及變壓器設置所，此所與機器房，有地道互相連接，在機器房之對面，所長一百零五米達，寬約二十九米達，有起運機一架，能起重六十五噸，所內有交流變壓機四架，每工作爲20,000 KVA，能變六千六百之電壓，爲十一萬之高壓，循環次數每秒爲五十次，導電線，係用鐵管銅管所製，爲雙股收集軌式，所用鐵繩，繫於房內鐵樑之上，尙有四架一相變壓器，每架工作爲20,000 KVA 循環次數，每秒爲十六次又三分之二，電線之佈置，及變的電壓，與三相變壓器相同，至於連接電機及變壓器之電綫，均在地道內，每架電機有八道電綫與變壓器相連以防損壞，電綫每條之切面，爲一百八十五平方米里米達，其他設置，已詳於前，茲不另贅。

三相交流長途電綫，分三路引導，兩路用紅銅繩，其切面每相爲一百二十平方米里米達，一路用白鉛繩，其切面與前者相同，一相電綫，以一路遠引，銅繩之切面，每條亦爲一百二十平方米里米達。

水由水輪機流出之後，經過九米達寬之水道，入克哈爾湖 Ko heesee 再由克哈爾湖經一水閘，以每秒四十立方米達之水量，在鋪不靈地方，重入伊沙河，水電廠之大略，亦由此告終矣。

(D) 建築全廠之用費，吾人既知瓦爾與湖水電廠之大略，全廠建築用費，亦顯明其一二，俾有董建築水電廠者，有所

取法，但水電廠用費之計算，不獨須知其廠內廠外之一切工程機器等價目，就是水電廠所在地之佔有權地皮價值，及所在國之勞資及生計，皆應注意，譬如在工業未發達之國家，人工生計，一定便宜，但是機器須購自外國，交通極不便利，購買費及運輸費，自然昂貴，在工業已發達之國家如德意志，交通機器，可省費用，可是人工土地，消耗至大，下列之瓦爾興湖水電廠用費，是一九二五年所定之價格，略就廠裏廠外之佈置，擇其重要工程及機器之用費，分寫於次：

名 稱	用 費	合中洋數目(現在行市)
(1) 克雷尼 krunn 地方之水閘	九十五萬馬克	五十六萬元
(2) 由克雷尼至瓦爾興之運河	六十五萬馬克	三十九萬元
(3) 由瓦爾興至沙克森湖之隧道	一百萬馬克	五十九萬元
(4) 由沙克森湖至瓦爾興湖之運河	九十五萬馬克	五十六萬元
(5) 由烏爾費至暗溝之工程	六十五萬馬克	三十九萬元
(6) 克賽爾山下之暗溝	一百八十萬馬克	一百零五萬元
(7) 克賽爾山間之蓄水池	一百萬馬克	五十九萬元
(8) 由蓄水池至水電廠之鐵管	一百七十四萬馬克	一百零二萬元
(9) 八架水輪機全部	二百萬馬克	一百十七萬元
(10) 八架發電機全部	二百四十萬馬克	一百四十萬元
(11) 廠內變壓器及各種開閉器全	五百萬馬克	二百九十五萬元
(12) 廠內各種抽水機及其他佈置部	一百五十萬馬克	八十九萬元
(13) 水電廠房舍地基等項	一百五十萬馬克	八十九萬元
(14) 水門及旁逸水道及起水閘機等	二百萬馬克	一百十七萬元
(15) 測量同開辦雜項等	八十六萬馬克	五十萬元
以上十五項總共用費	合二千四百萬馬克	卸中洋一千四百一十二萬元

(四) 我國水力之概略我國水力，雖無確實調查，據專家之推算，僅就著名瀑布而論，亦有一千八百萬至二千四百萬馬力之多，如謀建設者，將國內水電事業次第發展，非特各種工業，可

得價廉之電力，即各種出品之價格，亦可低廉，且用水電，改良鐵道，尤為我國當今之急務，實當局亟宜注意者也，茲將我國天然水力，略表於次：

省 分	河 名	馬 力
雲 南	普渡河及瀾滄江	三百萬
貴 州	烏 江	三十萬
廣 西	西 江	七十萬
廣 東	東江及北江	六十萬
福 建	閩 江	一百萬
浙 江	錢塘及曹娥江	三十萬
江 蘇	淮 河	十五萬
安 徽	青 弋 江	二十五萬
湖 北	宜昌至巫峽	八百萬
四 川	岷 江	七十萬
四 川	長江上游	二千萬
湖 南	湘 江	三十萬
奉 天	鴨 綠 江	一百萬
吉 林	松 花 江	三十萬
黑 龍 江	黑 龍 江	十五萬
山 西	黃河(龍門一帶)	五十萬
甘 肅	黃 河 上 游	三十萬

以上共計我國共有馬力約四千萬匹

上表所列，為我國水電力之大概，天然水利之豐富，實可自豪，惟我國連年戰亂，國庫窮貧，不能舉辦，實可傷心，至今經營之水電廠，如法人在雲南普渡河，日人在奉天鴨綠江，皆操諸外人之手，是將利權外溢，急當設法收回，他如福建閩江，因實業幼稚，未及舉辦，長江上游，及巫宜之間，有三千萬馬力之水

力，其地形水勢，遠在伊沙河之上，國人有意着手者，不知凡幾，討論測量，又不知多少，而至今長江上游，依然故我，誠工業青年，最可痛惜之事，更有進者，發展水電事業，與水利交通，蓄水灌溉，種種事業，有切膚關係，如去年山陝一帶，赤地千里，係乏雨水之故，倘當局者，在龍門一帶，築大蓄水池，一面灌溉田園，一面開設水電廠，用以工代賑之法，發展農業，提倡工業，誠一舉兩得之事，吾故曰「在今日之中國欲謀建設，必須實行水電」。

十二、參攷書報

1. 四川月報。
2. 四川經濟月刊。
3. 中國建設。
4. 工程週刊。
5. 中國工業。
6. 武昌亞新分省圖。
7. 工 程。
8. 四川考察團報告。
9. 水 力 學。
10. 水 力 機。
11. 原動機及電機概論。
12. Department of the Interior: Water Powers of Canada.
13. Merriman-Wiggin: American Civil Eng. Hand book.
14. Lionel S. Marks: Mechanical Eng. Hand book.
15. Daniel W. Mead: Water Power Engineering.
16. Barrows: Water Power Engineering.
17. Beardsley: Hydro-Electric Plants.
18. Baugherty: Hydraulic Turbine.
19. G. R. Bodmer: Hydraulic Motors and Turbines.
20. J. F. C. Snell: Power House Design.

五、防 災

川省地大物博，出產豐饒，農產物除棉花外，其他各項，尙足敷用，不致仰給於外，倘使整理有方，產率增高，尙可出口求售，以裕省力，何致飢饉荐臻，餓殍載途，生活無方，惟賑濟是賴哉，考其荒歉原因，固屬多端，但本篇係屬水利範圍，祇能就水，旱兩災研究，（一）因雨水過多之年，下游宣洩不及，致有洪流漂沒之害，（二）旱魃爲虐，天久不雨，亦苦赤地千里之患，水旱乃天災耳，何代蔑有，據竺可損博士就中國歷史上之水旱災作一統計，自一世紀至十九世紀，四川僅十七次，以視河北之一百六十四次，不啻一與十之比，是川省，猶在僥倖之列耳，美國日本諸國，亦常有洪水大旱諸災，不過彼邦人士，籌防有方，捍禦多端，即使災象已呈，尙有彌補之道，非若吾國之束手待斃，或嗷嗷待賑耳，茲據最近調查災情狀況，分述如下：

一、災區情形

一、據民國二十三年調查報告，川東，川南，及川北等區，計有三十一縣旱災，非禾苗枯死，即收成歉薄，又五十三縣水災，其被災地方，多瀕涪涪涪嘉陵黔江及長江兩岸，田廬湮沒，禾苗蕩盡，省賑委會，統計災情如下：

- 一、災區面積，二千一百方丈，又約一千一百餘方里，又六萬餘畝。
- 二、災民人數，二百零七萬零三百八十三人，又八千三百二十七戶。
- 三、損失數目，谷五萬零五百石，又七百七十一萬一千四百八十三元。

二、二十四年，川省各縣，水旱災情，據賑務旬刊所載，計被災縣份，共有七十三縣，錄表證明如次：

二十四年四川各縣水旱災情調查表

據《賑務旬刊》(二十四, 五, 六期)

市縣別	受災等級	災別	呈報機關	呈報時期	收穫成分	被災情形	灌溉工作	防災及補救方法	備考
遂寧	丙	旱	十二區專署	二十四年十月	六	六月後兩月未雨，田水枯竭，灌溉及重慶之田，受災尤重。	田畝缺乏堰塘蓄水，無法灌溉。	勸導開闢堰塘，開蓄水。	
蓬溪	乙	旱	同前	同前	三	入夏兩月不雨，田土龜坼，禾苗枯萎，災情奇重。	田少堰，塘水乏來源，無法灌溉。	培植森林，開鑿堰塘。	
安岳	乙	旱	同前	同前	五	入夏亢旱兩月，田禾枯萎。	同前	同前	
鹽亭	甲	旱	同前	同前	二	縣出紅苞為食料大宗，因連年旱災，僅收糧十分之二。	同前	同前	
潼南	乙	旱	同前	同前	五	春雨愆期，秧插失時，入夏亢旱尤厲，災情奇重。	沿江田畝設法取水，易施灌溉。	同前	
樂至	甲	旱	同前	同前	一五	春陽雖暖，插秧愆期，入夏百日不雨，亢旱極重。	水源缺乏，堰塘亦少，無法灌溉。	同前	
申江	乙	旱	同前	同前	五	二三月間，數月不雨，田禾枯萎，雜糧受災尤重。	同前	同前	
城口	乙	旱	九區專署	同前	三	去年因連年旱災，田土荒蕪，入夏又受旱災，收成薄，民食極形恐慌。			
達縣	乙	旱	十五區專署	同前	四	播種時因淫雨愆期，五月以後，久旱無雨，收穫歉薄。	溝田裝設水車，以施灌溉，山田則無補救方法。	提倡造林，修築堰塘。	
宣漢	乙	旱	同前	同前	三	七月後大旱，四十餘日，田禾枯盡，又因田後塵且及排牛缺乏，荒蕪之地，為數尤多。	同前	同前	
通江	丙	旱	同前	同前	五	入秋數旬不雨，田土龜裂，收穫不半。	同前	同前	
南江	甲	旱	同前	同前	二	各區受旱兩月，禾苗菜蔬多枯萎而死。	地勢險峻，山多田少，全賴自然雨水，灌溉田畝。	地方殘破，無防旱辦法。	
巴中	甲	旱	同前	同前	二	各區均受旱兩月，禾苗菜蔬多枯萎，災情極重。	同前	同前	

萬 源	甲	旱	同前	同前	二	七八月間亢旱，數 十日之後，又遭暴 風，收穫極少。	同	前	同前
開 江	乙	旱	同前	同前	四	夏季亢旱，受災地 畝統計六百三十餘 方里。	同	前	同前
金 湯 般 治	丙	旱	設治局	同前	五	六月後亢旱兩月， 收穫與往年相比， 僅及半數。			
巫 溪	丙	旱	九 區 專 署	二十四 年九月	六	七月間旱魃為害， 赤地千里禾苗枯死 滿半。			
縣 陽	丙	旱	縣 府	二十四 年十月	六	一二三各區，因遭匪 患，播種延期，雨量 收獲歉薄。	全 賴 堰 水		
長 寧	丙	旱	同前	二十四 年九月	六	亢旱數月，田畝半 成龜裂，播種失時 ，栽插僅及半數。	沿河田畝，尚可設 法灌溉。		
古 宋	丙	旱	同前	二十四 年十月	五	播種期間因遇雪雨 為災，入夏又復遭 亢旱，收穫歉薄。	舊有水車戽水，堰 塘灌溉之法。		
蒼 溪	乙	旱	十四 區 專 署	二十四 年十月	三	入夏旱魃為害，災 情奇重。			
昭 化	甲	旱	同前	二十四 年十月	二	播種之際，烈日灼 空，雨無雨，災情 奇重。			
江 油	乙	旱	同前	二十四 年十月	四	亢旱災情重，田多白 ，收穫歉薄三七八各區 ，被田陷較久，田地尤 多荒蕪。	僅恃堰水灌溉		
劍 閣	乙	旱	同前	同前	四	五月後久旱不雨， 禾苗枯萎。			
梁 山	乙	旱	縣 府	二十四 年十月	三	夏間亢陽如焚，乾 旱兩月之久，災象 極重。			
南 川	丙	旱	同前	二十四 年九月	五	六月初旬起，亢旱四十 餘日，驟雨驟烈，田 ，禾苗多形萎死。			
慶 符	丙	旱	同前	二十四 年九月	六	夏至節候，久旱不雨， 禾黍花又遭暴風，故 禾多脫，收穫減色。			
夾 江	丙	旱	同前	二十四 年九月	六	入夏旱魃為害，收 穫歉薄。	賴 溪 水 灌 溉		
隆 昌	丙	旱	同前	同前	六	入夏亢旱兩月，田 成龜坼禾苗枯萎， 旱象早成。	賴溝流田水車以作 灌溉。		
資 陵	乙	旱	同前	同前	三	春間下雨過遲，播種延 期，入夏又遭大旱，田 土龜裂，苗禾枯槁，即 食水亦感艱難。			

廬山	丙	旱	同前	同前	六	雨水失時，播種愆期，嗣又遭匪陷，收穫歉薄。
江北	丙	旱	三專區署	同前	五	中夏驟陽肆虐，旬數十日，苗多秀而不實。
眉山		旱	縣府	二十四年八月		夏間長期不雨，禾苗枯萎無收。
彭水	丙	旱	同前	同前	五	春間播種愆期，入夏亢旱尤甚，百日未得一雨。
酉陽	丙	水旱	同前	同前	六	全縣亢旱蝗災火猛，以西南路為最甚，澆水又復洪水為災，損失數十萬之鉅。
石柱	乙	旱	同前	二十四年九月	三	自春至夏雨澤極少，旱陽肆虐，田禾多形萎死。
鹽源	丙	旱	同前	同前	六	自三月起久旱不雨，播種失時。
黔江		水	縣府	同前		七月間洪水為患，損失包谷在十萬碩以上。
雲陽	甲	旱	九專區署	同前	二	夏間亢旱，秋收絕望，災象極重。
忠縣		旱	同前	同前		夏間亢旱兩月，田盡龜裂，赤地千里，田禾枯萎，顆粒無收。
大足	乙	旱	同前	同前	四	顯象，李家壩，田苗被旱，旋又遭水災，禾苗枯萎，顆粒無收。
合川		旱	同前	同前		春間雨水衝刷均勻，入秋久旱，旋又遭水災，稻谷多被摧殘。
萬縣		旱	同前	同前		夏末秋初亢旱月餘，滴水未降田枯地裂，禾苗枯萎。
綦江		水旱	同前	同前		六七月天久不雨，田禾可收七八成，山田則全無收穫，六月遭水災，沿河房舍田禾多被漂洗。
富順	丙	旱	七專區署	同前	五	春季雨澤不足，栽插未全，秋收之際，災象尤重。
江安	丙	旱	縣府	二十四年十一月	六	夏間亢旱，秋收減色。
巫山	乙	水旱	縣府	二十四年八月	四	入夏天久不雨，禾苗枯萎，七月又遭大雨，江水陡漲，淹沒糧食極多。

遂安		風雹	縣府	二十四年八月		七月大雨冰雹相繼為災，田禾廬舍，多被壓倒，損失谷五千餘挑，被災百數十戶。
開縣	乙	旱	九區署	二十四年十月	三	春間雨水不調，播種延期入夏又復亢旱，五十餘日，田土龜裂，四野如焚。
鄰水	乙	旱	縣府	二十四年八月	三	六月後亢旱五十餘日，山枯河竭，飲水維艱，禾苗均多萎死。
高縣		水	同前	二十四年七月		六月大雨如注，洪水為災，損失稻谷五千餘石。
屏山		水	五區署	二十四年八月		箭板嶺大南鄉等處，洪水為災，損失田谷千餘石，財產十餘萬元。
峨邊	甲	旱	同前	二十四年九月	二	五至七月炎陽相繼，滴水未降，禾苗枯焦，收穫多屬無望。
秀山		水	縣府	二十四年六月		洪水為災，沖壞禾黍廬舍甚多。
溫江		水	財委會	二十四年九月		八月二十三日暴雨，金馬，玉石諸水山洪暴發，沖壞田廬無算，損失在百萬以上。
井研	乙	旱	縣府	二十四年九月		六七月間亢陽肆虐，田皆龜裂，禾稻枯槁，釀成旱災。
巴縣	乙	旱	同前	二十四年八月		五月以後亢旱六七十日，高地農作物，着火即燃，凹地亦龜裂甚深。
武勝		旱	同前	二十四年八月		入夏旱魃為虐，四野盡成焦土，收穫之地無收，低窪之地收半數。
越嶲		旱	縣府	二十四年九月		五月以後，紅日終天，黍谷雜糧，均萎死。
樂江		旱		二十四年八月		旱魃為災，禾苗皆枯槁，百餘里田土皆炕。
長壽	乙	旱	縣府	二十四年八月	四	自夏徂秋，兩月未雨，石燕頻飛，山羊不舞，災情極重，較之去年，超越數倍。
榮昌	丙	旱	三區署	二十四年八月	五	盤龍，仁義兩鎮旱災較重。
鄧都	乙	旱	縣府	二十四年九月	三	久雨之後，又苦久旱，禾苗多出白穗，山頂高原，大部無收。
南充	乙	旱	十區署	二十四年九月	四	七月以來，彌月不雨，榮蔬萎槁稻成白穗，下田無收。

大竹	乙	旱	留學省會	二十四年九月	四	夏間亢旱六十餘日，白蠶繅於四處，黃草及於南嶺，災情奇重。			
奉節	丙	旱	縣府	二十四年七月	四	數月未得雨，栽插失時，秋收極形歉澁。			
儀隴		旱	縣賑分會	二十四年六月		春間播種延遲，入夏亢旱，兩月災情如快，農田龜裂，稻谷枯死。			
漢源		旱	縣府	二十四年九月		五月後久旱不雨，禾苗多形枯萎。			
江津		旱	同前	二十四年九月		夏間久旱無雨，山地被災奇重，人民多有餓斃，或就食他方。			
大邑	丙	旱	同前	二十四年九月	五	立秋後亢旱十餘日，繼又兩府狂風連綿為災，已熟之禾多倒塌在秧。			
仁壽	丙	雹	同前	二十四年十月	六	五六兩月，旱象大重，復受雹災田谷被打落，損失十分之六。			
資陽	乙	水旱	縣府	二十四年十月	四	六月亢旱四十餘日，八月又遭洪水之災，紅苕花生甘蔗均多枯斃。			
納溪	乙	旱	縣農會	二十四年十月	四	亢旱四十日田土龜裂，旱稻抽白穗晚禾多成萎草，山地無收。			

上表計被旱災六十二縣，水旱各半四縣，水災五縣，風雹災二縣，共被災七十三縣，四川全省，共一百四十八縣，其被災縣份之多，幾達半數，民生焦苦情形，不堪聞問矣，倘再不設法籌設，先期防範，川省前途之厄運，更不知伊於胡底，四千八百萬人，存亡關鍵所繫，願上下一心，急起圖之，轉危為安，夫豈異人任哉。

二、防災方法

中國天災流行，所取方法，率多「禁屠」「齋戒」「沐浴」「祈禱」「備荒」「積谷」等法，設使無效，亦惟有「忍飢受餓」及「靠天吃飯」兩途，然在此學術未昌，人力難施之時，「搔首呼天」亦人情之常，原未可厚非，但時至今日，科學昌明，機械進步，昔日之所視為天災者，竟可以人力防範之，未可全譏之

於天命，茲將有效方法，分述於後：

- 一、 電力灌溉法。
- 二、 電力排水法。
- 三、 堰塘蓄水池儲水法。
- 四、 河流疏洩法。
- 五、 沿河築堤法。
- 六、 森林調節法。
- 七、 鑿井灌溉法。
- 八、 機械起水法。

以上各法，英之於印埃，法之於安南，日之於高麗，均辦理著有成效，彼印度等國之不自爲謀，致外人借箸代籌，縱使水旱災荒可免，但主權早已喪失，較之被災痛苦，又奚異哉。

上列一、二、三、四、五、各法，已於第二章「灌溉」中，略述梗概，可見水之爲害，亦即水之爲利，特在人力轉移之耳，第四法疏洩河道，就川江情形而論，似難辦到，因疏洩工程，不外浚深及加寬兩種辦法，試觀長江巫峽一段，兩岸壁立千仞，中纔一綫，洪水期間，水流不暢，常有倒灌之虞，海關水位平均表，(1893-1922)可爲確證，此段係長江上游出峽尾閘，加寬浚深，工費浩大，勢所難能，故其流量，祇不能設法增加，上游濱江地方，是以有被淹之患也，疏導既難，則蓄法及圍堤法尙已，然防洪固當以多建蓄水池，及沿江築堤爲宜，但非確知最大流量及最高洪水位，亦不能措置洽當，故水文測量，實係目前急務，不可須臾或緩。

第六節爲森林調節法，因森林能吸收一時過量雨水，可減洪水驟漲，消弭水災，以後徐徐流出，又可補助枯水，便利航運，然亦有持異議者，略謂森林樹木蔭翳，積雪難融，樹下腐植土，每被漸融雪水浸透，暴雨毫無吸收能力，轉不若平原土質乾燥，尙能吸收若干雨水，若大旱之年，林葉根株，又須吸收巨量雨水

，以延生命，不啻「割愛分羹」又有何益，故又有人謂森林，只能調節水量，不足以救旱潦之災，但據作者論斷，森林雖有吸收雨量之能，然亦不可過恃，必須輔以他法，又况十年種樹，古有明訓，甚非短時間所能企及，故第七，第八兩法，對於鄉村僻壤，尚易辦到，故分述之：

一、鑿井種類，井有深淺不同，淺者工省價廉，即就堅土為筒，俗稱土井，工料約十數元，旱時水易涸竭，較深者多用磚或石等料為圍，俗稱磚井或石井，工料約五六十元，然易為流沙阻滯，亦不能過深，天旱地層潛水下降，亦有涸竭之虞，此外係用人力或機械，所鑽之井，俗謂機器井，或洋井（鑽法見引證事例）深可達數千尺，泉水能自動湧出，近如天津西開鑿井一口，深達二千八百三十一英尺，每時出水兩萬加侖，費時八月，耗款十二萬元，又河北平鄉縣鑿機器井一口，深一百五十餘丈，需款四萬餘元，可灌田五百餘頃。

二、鑿井方法，鑿井計分人工，機器二法。

（一）人工法，此法於鑽井處，先立木架，普通約四根，並有橫樑連綴之，上接長弓踏輪鑽具三種，鑽井時，係先下護口，（用寸板或鐵管為之）灌水澆泡，使鑽具易於下降，鑽具係鋼條做成，長約十四尺，分大小兩端，大端為鑽頭，小端有凸凹榫，可與竹條相接，竹條約寬一寸，厚六分之一寸，纏繞於踏輪上，長短隨意，踏輪用人踏蹬，即能往返旋轉，而竹條即可升降，竹片離井口處，另接有手把，上繫長弓之弦，二人把握可藉弓絃彈力，上下衝動不已，而井鑿成，詳法另附。

（二）機器法，此法係用二十至三十馬力，蒸汽引擎動臂起重機，槓桿及鑽具等，聯合動作而成，（其詳細運用，詳華北水利月刊三卷七期鑿井工程）動臂起重機，高五十至八十尺，上接輪軸，可纏鑽繩，槓桿長約十五尺，一端與引擎之飛輪相接，一端以繩繫於鑽具中心，依支柱上下往返旋動，鑽具分三部，

約共二千五百磅，上端係繫於鑽絲之沉棍徑三吋，長十五尺，下端鑽頭徑三吋，長十三尺之鋼條沉棍與鑽頭之間，有撞擊器，當鑽頭至井底時，沉棍即經過撞擊器，衝擊鑽頭，每次一擊，功效甚大，引擎開後，槓桿上下旋動，每分鐘約二十至三十次，其揚抑之高度，由十五吋至三尺，槓桿與鑽具之間，有繫繩連接，並附有絞棍，可左右扭之，此扭力可左右鑽頭，向下鑿鑽，如下層發生變故，執絞棍者，能以手覺之，鑿下四五尺時，升上鑽鑽，取出鑽具，換掛水鉤，任其自墜，至達底時，泥沙等水，即由水鉤下端舌門，入於筒內，提出水鉤，取出泥沙，又換用鑽具，迄至鑿成爲止。

上述二法，各有優劣之點，茲並述之：（一）人工應用器具，價值僅需二百元，機器需萬元，（二）人工用具簡單，搬運修理，極爲便利，（三）祇需人力，不用煤炭，（四）具有相當經驗，至機器之優點：（一）用人較少，（二）時間較短，（三）節省工力，能與夜工，（四）可鑿深井。

三、鑿井數量

查水井數目，按畝應需若干，應以井之深淺而定，深者泉多工費，澆地亦多，淺者水少，澆地亦少，但就四川財政情形論，若鑿深井，恐不易辦到，淺者或尙易推行，茲按照畝數，酌定需井數目如次：

- 一、 每六十畝 鑽井一口。
- 二、 每一百二十畝 鑽井二口。
- 三、 每一百八十畝 鑽井三口。

附註：此節係參考山東鑿井灌溉辦法。

四、起水排水

起水，排水，有效方法，曾於「灌溉」篇內，略言舊式器具

，效率低微，不足以救濟旱災，新式電力灌溉，外人既行之有效，即國內江蘇之戚墅堰電廠，在武錫模範灌溉區，實施電機灌溉排水，自民國十三年，已開始辦理，歷年推進，迄今效力彰著，水旱均慶豐收，產量增加數倍，蘇州滸關，福州科貢鄉，亦已相繼採用，川中如能仿效，對於預防天災，補救甚大，蓋水旱刀兵盜賊，均爲人類之大患，對於刀兵盜賊，咸知能捨去土製槍砲，改用新式軍械，採取新式訓練，防患未然，夫「國以民爲本，民以食爲天」食生於農，水旱傷農，農傷國貧，國貧之害，內則盜賊蠱起，歷代之亂世相仍，恆多飢寒之驅迫，外則強隣壓境，傾銷舶來米麵，更奪農村之權利，舊法既不足以濟窮，奈何不翻然改計，亦以改良軍事效力，改進全農之器具，以挽救破產之農村乎，惟除舊佈新，頭緒多端，殊非短時所能辦到，就日前川省情形論，電力灌溉排水，對治水旱兩災，祇可極力籌備，盡力開發，以作治本之計，救急方法，惟有應用木炭引擎起水，以代人力，在引擎馬力一匹，約抵七人之力，每縣若能購備五百匹，或一千匹馬力之數，則水旱災荒，縱不能全免，十九可企及矣。

五、推行方略

國人恆情，每於宛轉痛苦時，不惜搜求千方百計以解除之，迨事過情遷，又淡然置之，川中水旱連年，災區益廣，竊以爲施政者，宜速定抗災計畫，督飭地方人士，盡力推行，一年不能，期以來年，積年累月，設備既周，災情因有相當防備，庶不致久爲人患，農恬民安，富強或可期矣，茲將推行辦法，歷舉如次：

一、由省建設廳鑄廠，製造鑿井器具，各縣應需數目，預計如下：

- 一 大縣五付。
- 二 中縣三付。
- 三 小縣一付。

提倡各縣自行仿造，期以足用爲度，大約每具，自造價值計二百元。（山東造價）

二、 覽廠仿造木炭柴油引擎機，每縣暫定部數如次：

- 一 大縣一千馬力。
- 二 中縣六百馬力。
- 三 小縣四百馬力。

木炭引擎機，每馬力約值一百二十元，平原用較大馬力，由十四至二十四，以便管理經濟，山地用小型式約三匹至五匹，以便搬運省力，大約八馬力機器，配出水口五吋抽水機，升水高十尺，每點鐘出水，四千九百立方呎，每日能灌田一百畝。

三、 器械造成後，需人應用，宜分區設訓練所，召集各鄉農民，循環教練，應用修理各法，以便傳播而期普及。

四、 人械均備，宜有主持督飭之人，代爲「規畫」「促進」庶收效迅速，進行不懈，并嚴訂考成，以資鼓勵，其負責方面，計擬如下：

- 一 縣知事。
- 二 水利組。
- 三 農村合作社。

以上人員，至少應有水利訓練畢業者二人以上，負計畫指導責任。

六、經費預計

根據五節一、二、兩項計畫，預估如下：

一、 每縣平均用鑿井機三部。

每部估價一百元，全省共需：

$$148 \text{ 縣} \times 3 \times \$200.00 = \$86,800.00$$

二、 引擎馬力，每縣平均以七百匹計，全省共需：

$$148 \text{ 縣} \times 700 \text{ 匹} \times \$120.00 = \underline{\underline{\$12,432,000.00}}$$

兩項共計 = \$12,520,080.00

救急辦法，預計亦在一千二百萬元以上，如分期十年辦理，每年祇需一百二十萬元之譜，開辦時，應先就災情較甚地方着手，收效方速。

七、利益預計

按照上列計畫，辦理成功後，其利益可得而預計者，政府及人民雙方，每年約及四千萬元，（見灌溉章）但其被災縣份，係按 $\frac{35}{100}$ 計算，若按民國二十四年災區，統計七十三縣計，幾達 $\frac{50}{100}$ ，則損失之數為：

一、	21,111,000.00 畝	$\times 0.66 \times \$5.00 \times \frac{1}{2}$	= \$34,833,150.00
二、	21,111,000.00 畝	$\times \$2.50 \times \frac{1}{2}$	= \$26,388,750.00
三、	賑	款	= \$ 1,000,000.00
	總	計	= <u>\$62,221,190.00</u>

六千萬元以上，其數至足驚人，預計救急方法，如鑿井購械等費，不過一千二百萬元，祇及損失 $\frac{20}{100}$ ，以損失之二成，可救八成之災，掘成之井，用之不盡，機械縱有磨損，五年壽命，尚堪支持，倘能保護得法，尤能經十年之久，是其利益鉅大，於數字內表現，可以概見，願高明者，起而倡導，盡力推行，救災恤民，兩得之矣。

八、引證事例

山西鑿井經驗，晉省自民國八年，軍人事務成立以來，省城外，北如五台定襄，南如潞源榆次徐溝祁縣介休平陽安邑夏縣，皆鑿有噴水井，不過開鑿有難易，流量有大小之不同耳，茲將調查所得，臚列於下：

一、噴水井流量，省城西米市之井，每分鐘出水四担，即每秒鐘約十分之一立方尺，定襄之井日夜可灌田十畝，若以澆水

三寸計之，其流量為每秒鐘百分之八立方尺，然所鑿各井，多半起初甚旺，後漸減少，甚至絕流。

二、 鑿井深度，所鑿之井深淺不等，約從十七丈至四十三丈二尺。

三、 地層，山西普通地層土質，厚十一丈五尺，至六十一丈二尺，沙質厚八尺一寸，地面下十二丈八尺，有石質者，為定襄榆次介休靈石諸縣，土質分黃土，黑土，沙土，紅黑膠泥，粘泥，及細沙，沙質分青，黃、黑、白、等沙（白沙最佳）石質有大塊石，小塊石，石子，青石，沙石，白石，等之別，茲將各縣鑿井記錄，表列於下：

縣別	地 點	水 勢	深 度	土 質	沙 層	石 質	備 考
介休	城外桑園	井前存水一丈許	十七丈	十一丈五尺三寸	三丈八尺	一丈七尺	此井來水甚旺可供四架轆轤使用
定襄	城 內	自流甚旺	四十三丈二尺九寸	三十一丈三寸	九丈九尺六寸	二丈二尺	
祁縣	夏家堡	井前存水一丈五尺	三十一丈五尺九寸	十七丈二尺五寸	四丈三尺四寸		雖未自流水面至地皮一尺甚旺
五台	東冶鎮	井前存水一丈四尺	十九丈九尺六寸	十八丈四尺六寸	一丈五尺		
五台	河邊村	存水一丈三尺許	十七丈三寸	三十四丈	三丈三尺七寸		
清源	孟封村	自流甚旺	二十三丈八尺九寸	十八丈六尺五寸	五丈二尺五寸		
祁縣	北左村		二十五丈	十四丈七尺	十丈零三寸		
榆次	紡紗廠	存水一丈一尺許	三十一丈一尺	二十二丈一尺	九 丈		
靈石	城 內		二十二丈九尺二寸	十三丈三寸九寸	四丈五尺三寸	五丈一尺	此井未成因土質不良停止
徐溝	南尹村		七十四丈	六十一丈一尺	十二丈八尺		此井未成因粘土膠稠停止
孝義	大孝堡	存水一丈六尺	二十二丈一尺八寸	三十一丈三尺七寸	八尺一寸		雖未自流水勢甚旺
榆次	汽車站	存水一丈二尺	二十六丈五尺	四十八丈	七丈七尺		

四、 鑿井經驗：鑿井經驗，多與學理相符合，茲述數種如下：

(1) 每日鑿下之深度，因土質種類而異，普通在地面

下二丈以內者，六人每日可鑿下三丈，三十丈以下，每日可鑿五尺，遇石子爲一尺，遇大石塊則不及寸矣。

(2) 人工鑿井，管徑大於六吋，或深度達八十丈以外，皆不易施工。

(3) 鑿井經過細沙層，須用紅膠泥襯之，不然砂層崩陷，不易下鑿。

(4) 鑿時將手把左右互轉，則鑿孔成圓，易於下管。

(5) 管子下端之土層，掘下一二尺，以便沉沙，名曰沉沙坑。

(6) 所下管子，分鐵管竹管兩種，竹管不如鐵管，因竹管之徑不均，當連接或下水鉤時，稍一不慎，即行破裂也。

(7) 鐵管接合，僅用簡易接管裝置，竹管接合，則分兩種，一大小端插接，將插縫用蔴填塞，外以鐵葉箍之，二同端相接，接縫處用四板釘順釘之，纏以海帶白布。

(8) 鐵管竹管均可鑽孔，孔大約五分，相距寸半至二寸，以銅絲布包鑽管，並以鐵絲箍之，砂層愈深，鑽管亦愈長，則流量愈大。

(9) 淺井中下以四吋鐵管，可供四架轆轤之用，惟水不能上升，近於或噴出地面，僅高出原來水面二三尺。

(10) 下管之後，水並不自己噴出，一俟用水鉤掏出管中泥沙，始行上昇。

(11) 人工鑿井，不易與夜工，因鑿井費力，不易持久也。

(12) 管徑大小，影響於流量甚小。

五、鑿井價值：欲計算鑿井價值，須明下列數項。

(1) 鑿井機器一架，在美國購置約需萬元。

(2) 踏輪鑿具價壹佰五十元。

(3) 踏輪鑿井日期，普通六人，三個月可成，共五百

四十一工。

(4) 鐵管之普通者爲三吋至五吋(以直徑計)五寸者，每尺一元七角，四寸者，一元四角，三寸者，一元。

(5) 長七八丈之毛竹，徑二吋至四吋，每根五元。

二、 美國鑿井經驗，美國對於噴水井之經驗甚多，茲略述於下：

一、 流量：美國各乾旱省分，曾派專員作精確之調查，所有噴水井流量，能足灌溉之用者甚少，普通井深百尺至二百尺，管徑二吋至三吋，其流量少有超過每秒鐘十分之一立方尺者，然有特別區域，如南達科大及南加里福尼自流灌田，其利甚溥，南達科大約有二十五孔，流量每秒一至六立方尺，南加里福尼約有三十孔，其流量與前者略同，惟有一特別大者，爲每秒鐘六·六八立方尺。

二、 蓄水：噴水井之水，常流不息，不可不建設小池儲蓄，不在灌溉期內之水，以備臨時之用，又自流量不足，在渠道流行者，亦常建池蓄水，增大水量，又流量之大於每秒鐘一立方尺，或其量可灌田五百畝以上者，流行渠中固甚易易，但若備有蓄水池，則灌溉面積，可增數倍，所謂蓄水池者，不過爲鐵路上所用之櫃，或在高處掘小池，塗以洋灰而已，其築壩蓄水費用甚鉅者殊少。

三、 井管直徑：噴水井之流量不完全，因管徑之大小而異，六吋管徑之井，其流量未必大於三吋者，自流量之大小，全視水源地層之容積，及水源壓力高底之如何，若容積大而壓力亦高，其流量與管徑之大小成正比例，反是，噴水之多寡，與管徑大小無甚關係也，管徑之大者，鑿功亦較多，然保護修理，皆易從事，管徑之小者，當鑿時或鑿成之後，一遇意外變故，往往完全毀壞，非另鑿不可，若管徑較大，尚可另下小管，不至前功盡棄，據灌溉上之經驗，管徑小於四吋，或大於八吋，皆不經濟

也。

四、 預防壅塞：欲求水旺，當安管於粗砂或石子地層，然往往井成之初，水量甚大，其後漸次減少，甚至停止噴水，此非盡水源缺乏之故，粗砂或小石子隨水入管，壅塞管中，亦常常有此現象，預防之法，多用鑽孔之管，護以銅絲布，如此則粗砂石子，不得混入管中，填塞水路也。

九、參攷書報

- 一、 四川經濟月刊。
- 二、 四川月報。
- 三、 中國天災問題。
- 四、 山東建設月刊。
- 五、 工程週刊。
- 六、 鑿泉淺說（河北省農礦廳印）

六、結 論

水利初步計畫草成，能否切合實用，是一問題，然此問題，關係川省安危，及川人存亡甚大，固值得羣衆研究，期有以除其害，而存其利，則得之矣。

社會學家維伯爾有言「中國底國家，是和「水」鬭爭之必要，而創造出來的」黃河氾濫，揚子橫流，歷來傷害人民之生命財產，何翅數千百萬以上，近年以來，「洪流」「滔天」之禍，「蕩析」「離居」之苦，仍未稍戢，更有待於努力之「鬭爭」，否則災禍迭告，國本垂危，生計斷絕，挽救無方，川省然，全國亦莫不然。

但四川水利，認真舉辦起來，當需若干經濟力量，目前局勢，是否有辦理可能？如現時不積極籌備興辦，須延至何人何代，始有相當機會可辦乎？茲將水利初步計畫經費，統計列表并作答案如下：

項 目	類 別	經 費
1	灌 溉	\$871,743,195.00
2	航 運	\$ 21,419,600.00
3	水 力	\$ 54,000,000.00
4	防 災	\$ 12,520,080.00
5	總 計	\$959,682,875.00

上表統計數字，爲玖佰伍拾玖兆元以上，數值繁多，已可表現水利事業之偉大，及人民責任之艱鉅，若不即時辦起，更待何時，如不能從吾輩舉辦，留俟後輩，行見水患頻仍，時日害喪，將有借亡之痛矣。

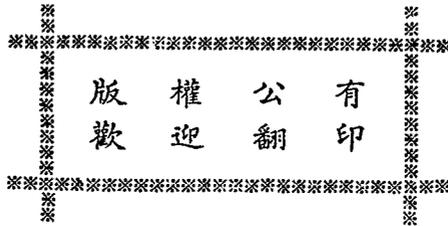
惟水利之功效如何，許寶初君，對於經濟建設中之水利問題，曾有言曰「水利對農村功效，不是少數金錢，同短時間所能收效，而且他的功效，也不能直接計出，水利功效，全是間接的，

使土地生產增加，同使運輸便利，都是間接收益，而不能直接計出，所以辦水利，應當眼光放遠，不要急功好利，如果只說下了許多資本，便要收好大的利益，這樣水利是辦不好的」，作者認爲此言「極中肯綮」。

篇中各段，倉卒書成，掛漏既多，文尤簡陋，最後願以誠懇之言，奉告閱者，權當「醉翁」如何。

勘 誤 表

頁 數	行 數	字 數	誤	正
20	17	17	准	準
27	9	11	16"—6"	16'—6"
27	14	6	4,58	4.58
39	8	3	須	頭
41	17	6	茲	附
43	18	1	四	三
50	15	1	五	四
70	1	9	cong	cong
70	22	4	滲	面
70	22	21	減	減
70	26	7&10	灰	蓋
72	1	9	0 2m/sec.	0.2m/sec.
72	4	7	20n	20m
75	3	5	vertical	vertical
85	27	16	原	厚
86	2	8&9	可 亦	亦 可



民 國 二 十 五 年 五 月 初 版

著 作 者 工 程 師 邵 從 燊 蜀南青神

校 刊 者 工 程 師 雷 斌 川西崇慶

贈 閱 者 北平東城 大方家胡同三號

贈 閱 者 天津法租界 榮華工程公司

印 刷 者 天津法租界 鴻記華豐印字館

