

土壤之沖刷與控制

張含英編譯

國立編譯館出版
商務印書館印行



訂號 13947

印號 9443

印數 400

頁數 235

初版

送樣 30年12月18

聯益甲記裝新

MG
S157
5

土壤之沖刷與控制

張含英編譯



3 1774 6279 7

國立編譯館

序

我國古以農立，故以土壤之肥瘠，可占國運之盛衰，民族之興亡。然土壤之肥瘠，有爲天然生成之者，亦有因人事之濫用變沃野爲石田者。

以西北而論，乃古雍州之地，禹貢述其土壤曰：「原隰底績，至於豬野，厥土惟黃壤，厥田爲上上。」史記張良列傳稱：「關中沃野千里……天府之國。」更徵諸漢唐以前之興盛，益可見曩昔西北之繁榮也。乃會幾何時，陝甘既非昔日之雍州可比，汴洛亦非復當年之盛況矣！天時之變更歟？人事有未盡歟？

黃土 (Loess) 之粒既微，而質復鬆，故極易爲風雨所剝削，流水所侵蝕。以故大雨之後，隨處發現無數小溝，如枝如網，深由一寸至數寸不等。因之多量土壤，隨水沖去。爲日既久，則溝壑益形峻深，演成傾圮現象。故澗谷有深及五百公尺者。（參閱第一二及三圖）。是以土壤之沖刷日甚一日，表土日削，田畝分割，無復當年之景象矣。

表土既隨水去，所餘者，則廣大堅實缺乏生產力之下層土而已。窮農雖勉以耕耘，藉資謀生，無奈侵



第一圖 黄河上游土壤冲刷进行初期之情况。



第二圖 黃河上游土壤冲刷已入嚴重階段。



第三圖 黄河上游田地因冲刷而廢棄，溝壑之蔓延仍在進行中。

蝕過甚，失其原狀，不得已而放棄之。逃亡流離，滿目荒涼，實應亟予補救者也。又加以人口蕃殖，日見增加，險峻陡峭之地，亦皆開墾種植。以致土質益鬆，侵蝕益甚。故此項問題之嚴重性與日俱增矣。

黃河流域，既變瘠薄，則人民逐漸南移，幸遇長江之廣大平原，我民族之繁榮，得以延綿。然前車之覆，後車之師，若不急謀預防，則未來之荒涼景象，又將重現於吾人之目前矣。

爲今之計，對黃河流域，應亟謀土壤生產力之恢復，對長江流域則必作冲刷之防制。此關係於吾國之經濟文化者至巨，未可忽也。

我國上古之時，平治水土之法，講之甚詳。惟以年代久遠，考證困難。然昭昭在人耳目者，則溝洫之法，典籍具載。清沈夢蘭氏論之曰：「古人於是作爲溝洫以治之，縱橫相承，淺深相受，伏秋水漲，則以疏洩爲灌輸。河無汎流，野無燠土，此善用其決也。春冬水消，則以挑濬爲糞治，土薄者可厚，水淺者使深，此善用其淤也。自溝洫廢而決淤皆害，水土交病矣。」發古人之用心，指當世之所急，善哉言也。溝洫之法，周禮言之。至於是否可復，今不贅論。但其功能必能節制水流，防護冲刷敢斷言也。當夫暴雨之後，水輒沿坡而下，若爲溝澮所截，則速率減，而冲刷之能力殺。溝澮之降坡既較山勢爲緩，水集其中，因而停滯。所謂淤者，皆表面肥土，春冬水消，更可挑以糞田。是故溝洫之法，實爲蓄水防冲上策，西北賴之以維持昔

日之繁榮也。

今更證諸西人盛行之法，有所謂階田 (Terrace) 者，用以整理田畝，改良農作，儲蓄水分，節制土壤，實師溝洫之遺意也。然逐漸演變，其修築已非復我西北階田之情況矣。美國之所用者，乃於有坡之田，橫斷坡度（沿等高線），修築水渠數道，以截水流，減短其下走途徑，免致流速增高發生沖刷現象，並規定階槽之降坡，使水流其中，速率平緩，輾轉以達於總排水渠內。是故階田，並非階形，實沿等高線，每隔適當距離，修築土埂。埂高僅尺半，頂平而寬，埂上方為階槽，亦緩而淺，故埂頂及槽中，皆可種田，亦無礙農具之運用。故此等階田自遠望之，宛如有縐紋之野疇（參閱第四十八、四十九、七十及七十七圖）。

自功用及原理言之，溝洫及新式階田，完全相同。溝洫之法，及其利弊，茲難盡述。但新式階田之採用，或名之曰改良之溝洫法，實有推行之必要也。

吾人對於一切事業，每乏維護之意志，常思一勞而永逸，實乃大謬。例如溝洫，三年不治則淤，十年不治必敗。故一切制度事業，必繼續維護之，修養之，使克發展其效能。新式階田亦然，其維護之法，實關重要，亦應詳為討論者也。

他若田地使用之限制，農作方法之改良，溝壑之制止，植物之利用，皆為生利及防災之重要問題，必加

以研究者也。

尤有進者，急促之逕流，多量之沖刷，不特害及農田，抑且危及河流。今若能延緩雨水之下行，減低逕流之數量，即可以防洪水之泛溢；節制土壤之沖刷，維護上游之農田，並能免除下流之昏墊。如是，則黃河及永定河之禍患，可以解決泰半矣。

欲達到此目的，在技術方面，必從農工入手。換言之，乃農田水利之範圍也。是故農藝家與水利家應通謀合作，共負此重任也。防冲事業，雖古已有之，然專書之刊著，猶屬近年事。蓋一切學理之推求，方案之建議，必以數值為準，而數值之來，則根據實地之經驗及試驗之結果，並參以歸納演繹而求之者。此皆近代之發展也。

我國對防制土壤之沖刷，雖需要至切，但迄未着手。欲事探討，只得借助他山。茲讀美國鄂禮士著

土壤之沖刷與控制 (Q. C. Ayres—Soil Erosion and Its Control 1936) 一書，推理精詳，敘述闡明，堪供參考，爰彥譯之。其去我國事實太遠者，則刪去之，其有須補充者，則增加之，因編輯而成此書。

我國與美國雖氣候相類，幅員伯仲，然沖刷問題，牽連之因素甚多，各有他方色彩。雖原理無異，觸類可通，但採用數值之時，務宜慎之。

嚴格言之，以資源爲觀點，謀土壤沖刷之控制，對於氣候、土壤、地勢、水情、市場、作物及人事之關係等，皆必有深切之瞭解。然是必集合生物家、農藝家、森林家、工程師、土壤專家、經濟專家及社會學家知識之專長，自非本書所能概括之也。

是故本書僅就防制土壤沖刷之基本原理及特種問題解決之因素，加以闡明探討。說理務求淺顯，以期有相當之工程知識或農學研究者，皆可讀之。不涉及範圍以外之高深理論。蓋以本書之所遺漏者，當可自其他專籍得之也。但涉及本問題以內者，則不論巨細，務求詳盡，未敢或忽也。

中華民國二十六年十一月十一日，張含英記於南京第八十八次空襲警報聲中。

第五節 結凍與逕流之關係..... 三六

第六節 其他之因素..... 三七

第三章 防護之方法..... 三九

第一節 土壤之吸水量..... 四一

第二節 農作法之影響..... 四三

第三節 沿等高線耕種之功能..... 五一

第四節 條種之功能..... 五六

第五節 長期草原之功能..... 七四

第六節 森林之功能..... 七九

第七節 階田之功能..... 八〇

第四章 雨量與逕流..... 八七

第一節 雨量之密度..... 九三

第二節 應用之舉例..... 一〇四

| | | |
|-----|------------|-----|
| 第五章 | 階田之設計 | 一〇八 |
| 第一節 | 設計之理論 | 一〇九 |
| 第二節 | 階段之距離 | 一一〇 |
| 第三節 | 階田之降坡 | 一一四 |
| 第四節 | 階田之長度 | 一二三 |
| 第五節 | 階槽之橫斷面 | 一二四 |
| 第六章 | 階田定線之理論及實施 | 一二六 |
| 第一節 | 定線之規畫 | 一三六 |
| 第二節 | 測量儀器之校核 | 一四〇 |
| 第三節 | 水準儀之用法 | 一四六 |
| 第四節 | 階線之劃定 | 一四八 |
| 第七章 | 階田之修築 | 一五二 |
| 第一節 | 修築之方法 | 一五四 |

| | | |
|----------|-------------|-----|
| 第二節 | 修築之細則 | 一五七 |
| 第三節 | 修築之器具 | 一六三 |
| 第四節 | 修築之完成 | 一八〇 |
| 第八章 | 階田修築之費用及其維護 | 一八八 |
| 第一節 | 影響費用之因素 | 一八八 |
| 第二節 | 器具與費用之關係 | 一九一 |
| 第三節 | 階田之種植及維護 | 二一五 |
| (甲)等高農作法 | | |
| (乙)作物條分法 | | |
| (丙)關鍵階埋法 | | |
| (丁)直行農作法 | | |
| 第九章 | 階田之排水出路 | 二二四 |
| 第一節 | 排水道之位置 | 二二四 |
| 第二節 | 排水出路之修築 | 二二八 |
| 第十章 | 溝壑之控制 | 二四一 |
| 第一節 | 小溝之處理 | 二四三 |

| | | |
|------|-------------|-----|
| 第二節 | 節制壩應用之原理 | 二四五 |
| (甲) | 節制壩缺口之尺寸 | |
| (乙) | 節制壩之高度 | |
| (丙) | 節制壩之距離 | |
| (丁) | 其他設計之因素 | |
| 第三節 | 懸崖之防護 | 二五四 |
| (甲) | 枝梢防護 | |
| (乙) | 溜槽 | |
| (丙) | 鋪砌之槽 | |
| (丁) | 實體壩 | |
| (戊) | 引水渠 | |
| 第十一章 | 臨時性及半永久性節制壩 | 二六〇 |
| 第一節 | 梢壩 | 二六〇 |
| (甲) | 單排樁縱梢式 | |
| (乙) | 雙排樁橫梢式 | |
| (丙) | 順鑲式 | |
| 第二節 | 鐵絲網壩 | 二六六 |
| (甲) | V字式 | |
| (乙) | 懸網式 | |
| (丙) | 網籃式 | |
| 第三節 | 單價之比較 | 二七三 |
| 第四節 | 半永久性節制壩 | 二七五 |
| (甲) | 乾砌石壩 | |
| (乙) | 樹木壩 | |
| (丙) | 木板壩 | |
| 第十二章 | 永久性節制壩或保壤壩 | 二八一 |

| | | |
|------|-------------|-----|
| 第一節 | 石壩 | 二八三 |
| 第二節 | 混凝土壩 | 二八七 |
| 第三節 | 土壩 | 三〇八 |
| 第四節 | 淤澱 | 三二九 |
| 第五節 | 已成之涵洞改築垂流進口 | 三三〇 |
| 第十三章 | 植物之特殊效能 | 三三三 |
| 第一節 | 控制溝整 | 三三三 |
| | (甲)森林與溝整 | |
| | (乙)灌木與溝整 | |
| | (丙)藤葛與溝整 | |
| | (丁)草與溝整 | |
| 第二節 | 保護河岸 | 三四五 |
| | (甲)斜坡植樹 | |
| | (乙)透水壩 | |
| | (丙)護岸 | |
| 第十四章 | 土壤之保持及田地之應用 | 二六六 |
| 第一節 | 試驗及觀測 | 二六六 |
| 第二節 | 保護農田之規劃 | 二七一 |

附錄

- 第三節 田地之應用與各因素之調和……………三七四
- 第四節 人事及經濟之障礙……………三七九
- 一 美國拜薩內土壤防冲試驗場之試驗概要……………三八三
- 二 計算田地面積之簡法……………三九三
- 三 各種單位長度面積比較表……………三九八
- 四 滿甯公式中指數解算表……………三九九
- 五 參考書籍……………四〇四
- 六 英漢名詞對照表……………四二二

土壤之沖刷與控制

第一章 緒論

第一節 侵蝕及沖刷之意義

宇宙萬物無絕對靜止者。繼續之「變遷」乃為不易之定律，因以人類得以生存，亦幸事也。侵蝕 (Erosion) 為自然演進中之一種現象，自岩石而化為土壤 (Soil)，更藉風吹，水沖，冰擦等外力分佈羅列於大地，因之各種生命賴以生存。

但自然界因創造力與破壞力之平衡，故其變遷之遲速，與外加人力以增減之者，絕對不同。前者為宇宙固有之能力，後者乃人為之外力也。是故經千百年自然界所造成之土壤，每以人類不適當之使用，及短視之農業政策，隔夜毀壞之而無餘矣。

常見對於森林盡量砍伐，終至毀滅，山野暴露；峻坡草原，普遍剷除，改為農田；或則對於草原濫行放牧，

或則對於排水毫無計劃，或則對於農作物之種植，不加選擇，或則對於耕種之方法漫無規定，其影響於國家富源者，實重且大也。圖目前之小利，貪一時之近功，遺天然資源於破壞，殊為可惜。是不得不加以深切之研究也。

東亞、中美及其他各地，不乏因上層肥美土壤之剝奪，一變其昔日城郭繁盛之況，而為貧瘠不毛之野者。此乃對於侵蝕冲刷未加防制之有力例證。是誠宜切實瞭解以謀控制土壤之變遷，務期接近自然，勿任人力之增加其剝削也。

我國黃河流域上游，亦其例證。昔日為文化經濟之中心者，今則一變而為荒涼寒枯之區。欲表示此項冲刷侵蝕力量之偉大，更可以河流之攜帶泥沙量表之。涇河於春令稍漲之時，泥沙重量，可當水者百分之三十，夏季盛漲，竟至百分之五十。換言之，即一百斤重之水，必有五十斤之泥沙，河流之渾濁，於此可見。洛河及渭河之情形亦復相似。於民國二十三年測得潼關黃河之最大攜沙量竟至百分之三十八，而陝縣者當較此數為高。吾人試瞑目細思，以此滾滾大河，水中攜有重量三分之一之土壤，與之涵湧東下，一瀉千里，當驚為天下之一奇觀也。若以今日之冲刷侵蝕狀況為準而推算之，約二萬年後，則黃河流域之黃土層，可以冲刷無餘存矣。

茲不過舉黃河流域爲一例證，我國各地，亦莫不有此現象，特以黃河流域歷史悠久，且其情形特殊爲尤甚耳。

美國近年對於此問題，亦極重視。茲據化學土壤局 (U. S. Bureau of Chemistry and Soils) 之統計，一九三五年（民國二十四年）全國已墾之田，有三千五百萬至五千萬英畝（每英畝約合六·六華畝）被沖毀而不堪應用。然在一九一〇年，則僅有一千萬英畝之記載，侵蝕進行之速，亦實可驚。每年美國各河口輸入於海之土壤總量，爲五萬一千三百萬噸。其局部之沖刷及沈澱於下游者尚不計也。

是故田地中肥沃表土之損失，其嚴重性已爲世界各國所注意。美國開始土壤之保護，不過數載，成



第四圖 美國加利福尼亞州土壤沖刷之嚴重情形。

績大著。並於農業部下設立土壤防冲局 (Soil Erosion Service) 以董其事。下設土壤試驗場多處，兼司推廣之責。意大利及日本亦力謀冲刷之防制，俾資源之保存也。

第二節 侵蝕之現象

侵蝕之主要外力為水力，風力，及冰力。風力直接影響於沙塵之飛揚，間接影響於湖海沿岸波浪之衝擊。

水力冲刷之現象有兩種：一為層狀冲刷 (Sheet washing)，一為溝狀冲刷 (Gullying)。此兩種現象，有時亦表示冲刷進行之二階段者。普通溝壑之發現，每在層狀冲刷進行甚久之後。然亦有單獨存者，即未經層狀之冲刷而有溝壑之發現也；反言之，在冲刷進行中，永無溝壑情況發現者，方得謂之為層狀冲刷也。

(甲) 層狀冲刷

設欲於有坡度之生田上施以墾植，播種之前，必先之以耕犁，使土壤鬆軟。而種植之季，又每為多雨之時。當驟雨撞擊田地之時，其趨向為將土壤打緊，惟亦有許多顆粒，因撞擊而鬆散，以致脫離其他顆粒，

隨水流去者。於落雨相當時間之後，地面多餘之水，必漸順坡而下，因之表土及肥料，攜之與俱去矣。又以田地之各部同時降雨，下流之水，逐相匯合，則水與土壤之混合體，愈下趨，其量愈增。

是故每次暴雨之後，必將地面刮去一層，即所謂層狀冲刷之進行也。此等進行，每不易察覺，雖經多年之冲刷，地主但見收穫日減，而不知由於表面肥土之走失也（參閱第五圖）。第六圖爲受有短期層狀冲刷後，土壤損失多寡之比較。此二照片中所示者，原爲同樣之田地，其一則爲原有草皮所覆蓋，其一則因墾植不得法，以致冲去十二英寸半厚之表土也。

(乙) 溝壑之肇始

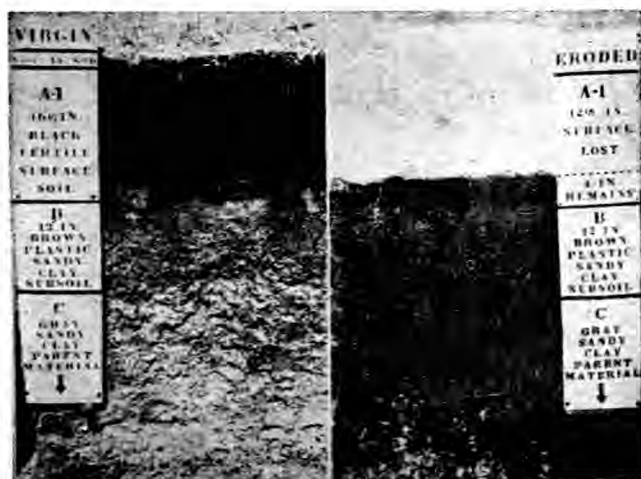
田地鮮有絕對平滑者，而土壤之組織亦非盡爲均勻者，故水流下行時，初則匯合於小溝，繼則匯合成支溝。如坡度較長，更由各支溝成爲幹溝，宛如樹之梢、枝、幹也。在此種現象發端之時，名之溝狀冲刷之肇始 (Incipient or finger gullying)，亦即爲層狀冲刷進至溝狀冲刷之過渡期也。

干薩斯 (Kansas) 州之麥田，降雨一英寸後，冲刷之情況，當於第七圖之鳥瞰照片畢露之矣。對於樹枝或指狀之溝壑，表現亦極爲清楚。第八圖爲同一地址之地上照片。惟溝壑較小，不礙種植，故於下次田地耕犁之後，則又被刮平無蹤跡矣。



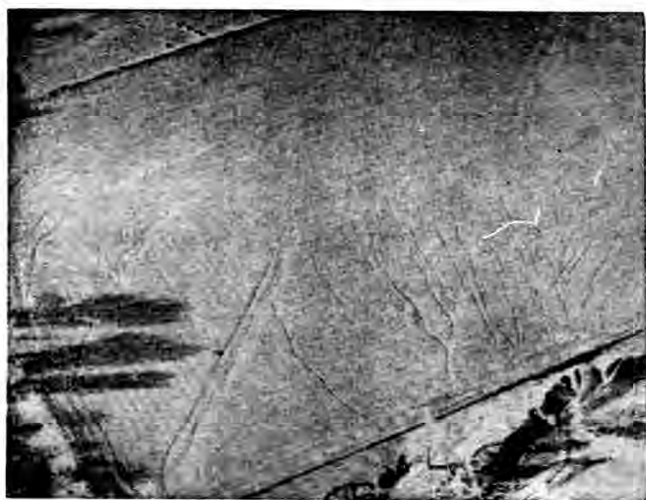
土壤之冲刷与控制

第五圖 玉蜀黍田內受層狀冲刷之情形。



六

第六圖 美國密蘇里州有同樣土壤之二田，受有層狀冲刷後表土損失之比較。



第七圖 美國干薩斯州之麥田，經過一英寸雨後，冲刷情形之鳥瞰圖。



第八圖 第七圖之側視圖。

(丙) 溝狀冲刷

設若水已流入一定之溝槽，則在一已知之坡度及流量時，其冲刷力必按照一定水力學定律而增大（其詳容續論之）。在此情形若不從速制止冲刷之進行，不但損失日增，且爲日既久，欲謀制止，亦感困難矣。如溝渠之冲刷演進，漸至爲耕犁所不易剷除時，則正式之溝狀冲刷開始矣。

溝狀冲刷進行甚速，每於一短期內，摧殘整個田地，如第九圖，爲密蘇里（Missouri）州北部某地之鳥瞰照片，其面積爲寬四英里，長三英里。水溝之擴展及蔓延，乃由於在縱橫方向之坍塌，以及支溝數目之增添，初僅侵蝕一部，漸則及於全境。第十及十一圖爲第九圖之地上照片。此項水溝，每於極短期內，冲深五十英尺以上，其寬稱之，且亦不必經過肇始時期也。於表土過鬆及在天然之排水渠中，此等現象，尤爲顯著。

第十二圖所表示者，乃田地因層狀及溝狀冲刷之摧殘，已不復能墾植矣。聽其自然，不久則成爲如第四圖所示者之情況。

(丁) 河流之冲刷

天然河流或排水渠之冲刷，多爲冲刷刷灘之現象，若坡度過大，流量增加時，亦有嚙深河槽之功能。



第九圖 美國密蘇里州北部某地之鳥瞰圖。



第十圖 第九圖所示田內溝壑之側視圖一。



第十一圖 第九圖所示田內溝壑之側視圖二。



第十二圖 田地受層狀及溝狀之冲刷後已不能耕種。

於河身彎曲之處，沖岸之現象，特爲顯明。如水流經一弧形之河身，螺旋式之橫溜（spiral cross currents），足以使河之凸岸侵蝕，凹岸沈澱。此項沖澱情況，繼續進行，則河身日益彎曲，河身愈曲，而沖澱之功能亦愈大，久之，則河流突破舊槽，捨彎取直，另行較短之新道矣。

（戊）風力侵蝕

風力在遠古雖爲創造田地主要動力之一，但以近代之氣候關係，風力侵蝕之功能已屬次要矣。雖然，美國一九三三至一九三四年間之塵土暴風，亦曾予人以驚恐之事實，如第十三圖所示，此等暴風，如不預爲救濟，當仍有重現之可能。更就美國而言，不論雨量之多寡，凡在潮濕及乾燥區域之連界地帶，如俄克拉荷馬（Oklahoma），密蘇里，愛我華（Iowa）及明尼蘇達（Minnesota）等州，所受風



第十三圖 美國南大哥達州暴風後之情形，蘆葦已埋沒於塵土之中。

沙之次數及嚴重，與日俱增。至於我國黃河流域，亦頗受風沙之害，蓋以雨量較少，土粒極細，故易爲風所吹揚也。

欲減少風力侵蝕之根本方法，爲於半乾燥地帶改良農作物。亦即減低每年耕耘田地總額之成數，並維持草地予以適當之覆蓋。

至於波浪之沖刷湖海灘岸，乃由於暴風之鼓盪，水溜紊亂所致。當以植物之培養，及海塘之修築，作爲保護。其詳將於第十三章中述之。

第二章 冲刷之因素

凡因地殼之震動，如地震、山崩及隆起等，不得稱為侵蝕外，其他過量之侵蝕，大概由於人力所為。其偶爾之例外，則如閃電所引之火，以致森林草原被焚，或因山地雪塊滑行，以致地面創傷，更或因其他變動，以致地殼崩潰等是也。

但本書所論者，僅限於水風及土壤三者，以其為侵蝕冲刷之要素也。故對於水風之侵蝕力，土壤之抵抗力及其不平衡之程度，與夫侵蝕過速之原因，及進行之步驟，不得不詳為研究。當在某一土地之生成時期，若其抵抗力與復生力之和，不能大於水之冲刷力時，則此土地必不能存在。今既存在，而又發現其侵蝕過速，自必有使抵抗力減少之原因；反之，則必有侵蝕力增加之來源也。例如於墾植原野時，每先將地面之覆蓋物預為剷除，以致土壤暴露，則抗冲之能力減低。故耕耘實為冲刷過甚之重大原因。

冲刷之其他原因，若逕流(Runoff)之多寡，速率，以及土壤本身之物理化學特性，與夫其相互之關係等皆是也。蓋以土壤本身之性質，可資判定其抵抗分化之能力，且於一已知之雨量，亦略能定其逕流之

多寡也。其他影響於逕流及速率之因素如左：

(一) 流域之大小及形狀。

(二) 地勢之高下，與坡度之大小。

(三) 覆蓋地面植物之種類，及其面積之多寡。

(四) 地面上有無固定之排水河槽，其特性若何。

(五) 下層土之透水性若何，地層組織若何。

以上所述各種因素，僅雨量及大地之坡度為人力所難增減者。是故必於已定之坡度內，已知之雨量下，研究各項問題；然後再將其他各種因素於事實之可能範圍及經濟之合理條件下，加以控制，俾能解決，以保持大地之富源。

地面上因雨量之降落，而有逕流，雖或不致發生冲刷，但如無逕流，則決無冲刷；換言之，即冲刷由逕流而生。故欲研究冲刷，必先研究逕流。

第一節 雨量與逕流之關係

雨量之多寡，密度之大小，時間之久暫，及距上次降雨之時期，皆足以影響逕流之多寡及速率。雨量爲非人力所能控制者，故應付之惟一有效辦法，爲根據已有之記錄，於某一地帶，分別精密研究之，如：(一)各種最不利特性之合併之破壞力，(二)有破壞性之暴雨之再遇機會及頻率，(三)求在經濟所許事實可行之範圍內所欲控制之暴雨。較短時間之暴雨，每致發生最大之逕流，此等暴雨之應付，當於第四章中論之。

第二節 田地之坡度與逕流之關係

坡度之影響於逕流者，爲增加其速率，而速率之增加，則依照物體降落定律。設其他環境相等，坡度愈大，則水流愈速，因之雨水被土壤吸收之機會愈少，逕流之速率亦愈急。根據理論之研究，及試驗之證明，以下各條水力定律，極近真實。

(一)按照物體降落定律，速率與降落垂直距離之平方根成比例。在傾斜之田地上，度量降落垂直距離之多寡，爲以每尺降落若干尺，或以兩點間之距離，除其垂直降落之距離而得之。今如田地之坡度增加四倍，則地面上之水流速率當較前倍之。

(11) 動能 (Kinetic energy) 與速率之平方成比例。是故若速率倍之，則水流冲刷力增至四倍，蓋以動能可以表示冲刷力也。

(12) 若速率倍增，設水流所攜帶物體之大小為已定，則其可攜帶之數量，當增至三十二倍（數量與速率之五次方成比例）。

(13) 若速率倍增，則或推或拖，水流所能運輸顆粒之大小，可增至六十四倍（所運物體顆粒之大小，與速率之六次方成比例）。

(14) 流水攜帶泥沙之量，在懸裹狀態 (Suspension) 者，有一定之限度，蓋由於已定環境下之橫漩 (Cross eddy) 及水溜向上之分量 (Component) 所致也。若攜帶泥沙之量，已達此限度，而水流之深度及速率不再增加時，不論冲刷之情形如何，皆不能再增加其攜帶量。若速率或水深減少，則攜帶量亦隨之減少。

(15) 若一已知量之水，流於一溝渠中，其深度每因兩岸之情形而變。例如水流於有規律之渠槽內，較之不規則者，其磨擦阻力必為減低，因之速率亦增。設流量及溝之寬度為一定，速率增則深度必減少也。

杜雷及海斯 (Duley and Hays) 報告其室內及野外試驗之結果，稱當坡度由零（即水平）增至百分之三時，逕流之增加頗速，其後坡度每增加百分之一，逕流之增量較以前者，以次稍減。如坡度由零逐漸增加則土壤之損失量亦逐漸增加，迄坡度達到百分之四，過此以至百分之七及八土壤損失之增加率頗大，再此而上，增加率則更大矣。此項試驗之進行頗感困難，蓋以逕流之下行與土壤之損失，不只受坡度之影響，且因其他環境，如土壤之性質，覆蓋之情形等而變，故難得確切之結果，非若他種試驗之簡單也。如於此項試驗中，在較平緩坡度時，埴質黏壤母 (Silty clay loam) 較沙質壤母 (Sandy loam) 之損失為多。如在較陡之坡度時，沙質壤母之損失反多，即其例也。

以上之討論，乃完全研究田地坡度與逕流速率之關係。然逕流之數量（或體積），關係於冲刷者亦至巨。流量之多寡，則因流域之情況而定。舉凡流域之面積，形狀，地勢，地質，作物等皆足以影響之也。田地之坡度不能用直接方法改變之，但如欲對於逕流加以節制，或使之減低，可用橫渠 (Transverse channels) 或階田 (Terraces) 之法。由於此等設施，可將長坡分為數段，使各成單位，則能以減緩速率；又因將流域之面積劃分減小，逕流之量亦可減少。

第三節 土壤與逕流之關係

土壤之種類不同，則其影響於逕流及冲刷之情形亦異。土壤之特性甚多。惟冲刷則因其結構 (Structure) 及質地 (Texture) 而變；土壤之分類，又常以二者別之；是故僅稱為某類土壤，亦可略表其冲刷之性質也。

土壤之質地，足以影響吸收水份之能力，惟不能確定其數量。若全部土壤之質地甚為均勻，於一部分吸收水分，飽和後，則仍可繼續滲透。例如白拉斯堆質壩母 (Palouse silt loam)，馬紹爾堆質壩母 (Marshall silt loam)，古爾柏堆質黏壩母 (Colby silty clay loam)，及郝斯頓黑黏壩母 (Houston black clay) 為質地整齊之土壤，至於克文細沙質壩母 (Kirvin fine sandy loam)，非奴細沙質壩母 (Vernon fine sandy loam)，西西爾沙質壩母 (Ceeli sandy clay loam)，則為質地複雜之土壤。普通土壤，其上層之質地，較為鬆散，下層者則為較不透水者。其質地極不均勻，故上層土壤，易為雨水所飽和。續降之雨，則沿坡而下，成為逕流。

土壤之結構表示各個微粒聚合而成之顆粒之大小，及所含植物質及石灰之數量，亦即為決定滲透

量之一因素，蓋與土壤內孔間 (Pore space) 之大小有關也。

然僅知其質地，尚不足為判定抵抗冲刷之標準。下述之例，為質地雖差堪相比，而土壤之損失，及逕流之下行，則大有區別也。北喀羅林納 (North Carolina) 某地為西爾沙質壟埠，種有棉花，地面坡度

為百分之十，經四十三英寸之降雨，其化為逕流者，為百分之九，土壤之損失，每英畝為十四噸；又一為愛百倫黏質壟埠 (Abilene clay loam) 之地，亦種有棉花，坡度僅為百分之二，經二十一英寸之降雨，其化為逕流者，為百分之十四，土壤之損失，每英畝為八噸。換言之，雖後者之雨量僅及前者之半，坡度當前者五分之一，而土壤之損失，則僅為其半稍過耳。

美國化學土壤局亦曾公佈相似之結果。該局於得撒州泰萊 (Tyler, Tex.) 附近之試驗場內，求得克文細砂質壤土，種有棉花，坡度為百分之八·七五，與奧蘭治埠細沙質壟埠 (Orangeburg fine sandy loam)，種植同樣作物，而坡度為百分之十者相較，則前者之逕流多於後者百分之三十，而土壤之損失，則竟當後者三倍。

此等差異之原因，乃由於質地及結構之變化。是故對於其遭遇之環境，排列之情況，密層之厚度，微粒之重量，以及土壤顆粒之外形及表面性質，分化之抗力，及其他性質，皆必在討論中也。

土壤賦有之性質，最有意義者，則爲化分比率 (Dispersion ratio)，換言之，即各個微粒，輕易分離而隨水同去之趨向若何也。土壤中含黏土 (clay) 較少時，則化分比率亦因之減少，蓋以黏土可以增其黏着力也。但亦不能因此推論黏土之含量多者，即爲抗沖土壤；反之，黏土微粒之大小，若爲膠性者〔即直徑在 0.002 至 0.005 毫米（公厘）之間或小於此者〕，潮濕時過量膨脹，乾燥時則過量收縮。膨脹則有減低滲透之趨勢，而收縮則使表面發生裂紋，組成易於侵蝕之現象。

數年之前，美國化學土壤局米笛里頓氏 (H. E. Middleton) 曾從事多種土壤分析，以研究其物理上及化學上之性質，並對照田野冲刷侵蝕之情形，用以鑒別土壤之何種性質，爲冲刷之主要原因。

選擇之土壤，分爲三種：(一)自各地選取不同質地之易沖及不易沖土壤；(二)自同一地帶，選取相似質地之土壤，但其抗沖作用大異者；(三)自試驗場選取三種土壤，皆爲易於冲刷者。

第一種 易冲刷者——自密西西比州 (Mississippi) 選取明非斯 (Memphis) 植質壙埤，及奧蘭治埤 細砂質壙埤。

不易冲刷者——自俄勒岡 (Oregon) 州選取愛琴 (Aikin) 植質黏土，自古巴 (Cuba) 選取尼布 (Niobe) 黏土。

第二種 易冲刷者——自格林斯包羅 (Greensboro, N. C.) 東十四英里處選取亞里得爾 (Tredell) 壩埤。

不易冲刷者——自格林斯包羅北九英里處，選取狄維遜 (Davidson) 黏土。

第三種 於下列三冲刷試驗場內，選取易冲刷之土壤：

自威靈 (Raleigh, N. C.) 取西西爾細沙質壩埤。

自哥倫比亞 (Columbia, Mo.) 取施爾伯 (Shelby) 壩埤。

自斯蒲 (Spur, Tex.) 取買爾斯 (Miles) 黏質壩埤。

自田地之各層，取得各種土壤之代表土樣，然後對其物理上及化學上之試驗，加以澈底分析。關於物理上之性質，應作以下各項定量之測定：

(子) 沙土 (Sand)，埤土 (Silt) 及黏土 (Clay) 之百分數。

(丑) 膠性含量 (Colloid content) 即微粒小於 0.001 至 0.005 毫米者。

(寅) 水分相等值 (Moisture equivalent)。

(卯) 低含水量 (Lower liquid limit)。

- (辰)最大含水量 (Maximum water holding capacity)。
- (巳)比重 (Specific gravity)。
- (午)含水價 (Slaking value)。
- (未)最大密度之樣塊：
 - (甲)水分含量 (Moisture content)。
 - (乙)視比重 (Apparent specific gravity)。
 - (丙)收縮 (Shrinkage)。
 - (丁)孔間。
 - (戊)空隙之體積 (Volume of voids)。
- (申)化分比率。
- (酉)膠性與水分相等值之比率。
- (戌)沖刷比率 (Erosion ratio)。
- (亥)埴土與黏土之比率。

但以上各項性質，就實地之觀察，僅有三項與沖刷現象有顯著之關係，即（一）化分比率，（二）膠性質水分相等值之比率，及（三）沖刷比率是也。然沖刷比率又爲其他二者之函數，故於測驗之時，僅求得水分相等值，膠性含量，及化分比率三者之結果足矣。

米笛里頓量化分比率之法如下：「取空氣中乾後之土樣，其量相當於十克 (Grams) 之爐乾者，置於容量爲一千二百立方厘米 (Centimeter) 之高圓筒內，筒端備有橡皮塞子。加以足量之蒸餾水，使其體積約爲一公升 (Liter)。然後用塞栓上，將筒顛倒搖盪二十次。再令土壤沈澱，至沈澱物達二十五立方厘米深時，用抽液管抽去三十厘米之以上之液體，其中壤粒之最大直徑，爲 0.05 毫米。抽出部分乾燥後，求其重量，則可計算筒中未沉澱之埴土及黏土之重量。用此法所求得之埴土及黏土量，除以原樣中以機械分析法所求得埴土及黏土之量，其商以百分數表之，即爲化分比率。」

求土壤膠性含量之法雖多，但迄無準確而能令人滿意者。米笛里頓所用者似較完善。其所根據之事實，爲不論爲膠質或爲「極端黏土」(Ultra clays)，皆有同樣之吸水能量，換言之，即假定平均之「吸水比量」(Specific water absorption) 爲 0.298 。膠性之量法，先於已定之環境下，求土壤全塊之吸水量（此爲在一百一十度時樣塊原有之重量，與飽和後重量之差）。再以 0.298 除之

即得。

水分相等值者，乃在一假定情形時，土壤能保持之最大含水量，以百分數表之者。此假定情形，即在施以一千倍其地心吸力之離心力時，土壤仍能保持之水量之百分數也。在理論方面，測量之法較易，但需要特種儀器。然已為各土壤試驗室所備之矣。

第一表 土壤之物理性質之分析

| 質性 | 土壤類別 | 深度以英寸計 | 機械之分 | | | 膠性百分數 | 水分相等值百分數 | 化分比率 | 膠性及水分相等值 | |
|----|-----------|--------|------|-----|------|-------|----------|------|----------|------|
| | | | 砂 | 土 | 粘土 | | | | 之分 | 沖刷比率 |
| 號數 | 土壤類別 | 英寸計 | 分 | 分 | 分 | 分 | 值百分數 | 化分比率 | 之分 | 沖刷比率 |
| 一 | 明非斯堆質 | 〇—八 | 一一二 | 壹·四 | 一三·四 | 一四·六 | 三·五 | 四四·六 | 〇·六 | 壹·二 |
| 二 | 明非斯堆質 | 八—六 | 六·二 | 叁·〇 | 三〇·八 | 三·三 | 二六·六 | 一六·三 | 一·三 | 三·三 |
| 三 | 明非斯堆質 | 二〇—二六 | 五·六 | 叁·三 | 一四·二 | 二·三 | 二二·七 | 六·〇 | 〇·七 | 一五·八 |
| 四 | 奧蘭活埠細砂質壤母 | 〇—六 | 六·〇 | 三·一 | 九·九 | 二·六 | 一五·〇 | 五·二 | 〇·七 | 壹·九 |
| 五 | 奧蘭活埠細砂質壤母 | 一六—三 | 五·九 | 四·一 | 二二·〇 | 三·五 | 一七·三 | 一六·九 | 一·美 | 三·四 |
| 六 | 奧蘭活埠細砂質壤母 | 七—九 | 七·四 | 六·四 | 一六·三 | 一六·五 | 二·五 | 二九·六 | 一·三 | 三·四 |

| 者刷沖易不 | | 者刷沖易 | | 者刷沖易不 | | 者 | | | | |
|-------|--------------|------|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 一九 | 土狹 ⑤ 雜選黏 | 六一 | 三十四 | 三十五 | 二五六 | 三六八 | 三九三 | 一〇六 | 一三七 | 七七 |
| 一八 | 土狹 ④ 雜選黏 | 六一〇 | 三六五 | 三六〇 | 三六五 | 三六〇 | 四三〇 | 六六 | 一五 | 四三 |
| 一七 | 土狹 ③ 雜選黏 | 六一六 | 三四〇 | 三三三 | 六四 | 六四八 | 三九三 | 六一 | 一四 | 三七 |
| 一六 | 土狹 ② 雜選黏 | 六一九 | 三二九 | 三一九 | 三三 | 二七三 | 三三三 | 三三 | 一〇 | 三二 |
| 一五 | 亞里得爾 ⑤ 礫母 | 二〇一七 | 三〇九 | 二六五 | 三二 | 三九〇 | 三三三 | 一三 | 一三 | 三二 |
| 一四 | 亞里得爾 ④ 礫母 | 二〇一〇 | 二二二 | 三三九 | 六一 | 六三九 | 三九 | 一三 | 一三 | 三〇 |
| 一三 | 亞里得爾 ③ 礫母 | 二〇一〇 | 三三三 | 三六六 | 六四 | 一五〇 | 一八一 | 〇 | 〇 | 三七 |
| 一二 | 亞里得爾 ② 礫母 | 二〇一五 | 三六二 | 三六四 | 六四 | 一四七 | 三〇五 | 一九六 | 〇 | 二二 |
| 九 | 黏土 | 二一四 | 三三四 | 二二七 | 三三 | 六五 | 二七二 | 五三 | 二四 | 二九 |
| 一〇 | 愛琴地質黏 土 | 二〇一〇 | 二二七 | 二六八 | 五五 | 三三 | 三〇三 | 三三 | 一三 | 八七 |
| 一一 | 愛琴地質黏 土 | 二〇一〇 | 一〇四 | 三三七 | 五九 | 五九 | 三〇八 | 二四 | 一四 | 六九 |
| 七 | 奧蘭地礫 砂質礫母 | 六一五 | 九六 | 〇六 | 一八 | 二四 | 三二 | 二七〇 | 一〇九 | 二四八 |

第三種

第二種

| 者 | | 刷 | | 冲 | | 易 | |
|----|--------------|------|------|------|------|------|------|
| 一〇 | 西四爾紅砂 | 〇·六 | 五·〇 | 一四·四 | 二五·三 | 三二·一 | 一九·三 |
| 一一 | 西四爾紅砂 質壤母 | 六·四 | 二·四 | 三·三 | 五·六 | 五·九 | 三·九 |
| 一二 | 施爾柏壤母 | 〇·七 | 二·九 | 六·四 | 二四·三 | 一九·五 | 三·六 |
| 一三 | 施爾柏壤母 | 七·四 | 六·二 | 四九·七 | 四三·五 | 四〇·二 | 三三·四 |
| 一四 | 施爾柏壤母 | 二四·三 | 一四·九 | 四三·三 | 四一·七 | 三七·六 | 三〇·四 |
| 一五 | 賈爾斯黏質 壤母 | 〇·八 | 三〇·一 | 一三·一 | 三三·〇 | 三三·四 | 二五·三 |
| | | | | | | 一七·四 | 一·五 |
| | | | | | | | 二二·九 |

①根據潮濕體積。②大部有凝結塊。③第一層土(1—Horizon)。④第二層土。⑤第三層土。
 第二種及第三種之機械分析爲亞歷山大(A. H. Alexander)所求得者。

吾人於第一表中，可見若抵抗冲刷之能力增大，則化分比率愈低，是故不論其他之性質若何，此項研究，對於冲刷現象之測求，實爲合理。自他方言之，若抵抗之能力增大，則膠性與水分相等值之比率亦增大。化分比率爲土壤微粒機械組織及化分性二者之函數；而膠性與水分相等值之比率又與吸水能量及滲透性有相當之關連；故自此兩種性質之結果，合併觀之，在土壤之物理性質上言，對於冲刷現象可得一甚確切及完備之指示。二者合併之值，名之曰冲刷比率，即以膠性與水分相等值之比率，除以化分比率所得之商數也。所謂膠性與水分相等值之比率者，乃土壤膠性之百分數，以水分相等值除得之商數。惟

仍以百分數表示之耳。

米笛里頓亦曾將第一表中所列之土壤，加以化學之分析，但不能發現化學性質與冲刷現象之直接關係。

第四節 植物與逕流之關係

植物在土壤中之生長，及其對於水分之保存，意義極為重大，其情形可由九種現象表明之：

- (一) 雨點直接落於樹木枝葉，則水分因之而分散，遮斷並蒸發。
- (二) 經過植物之枝幹組織，以至於葉，能將地下大量之水分傳達於空中。
- (三) 地面密生之草皮及作物，皆為抵抗雨水衝擊土壤之保護。
- (四) 表層土壤，為植物根所交織聚合，略有海棉性質。
- (五) 植物根深入地層，腐爛後，留有細管狀之小洞，可以增加水之滲透。
- (六) 因有機物體之增加，可以改善土壤之組織，增加吸水性，並使土壤增肥，足以供給植物繁茂之生長。

(七) 增加地面阻力，減低逕流及其速率。

(八) 地面阻力，使水分廣為散佈，因之延長其流入排水道之時間。

(九) 土壤中增加腐植質之土，可以增加空氣之透入，更可改進有益之微生物之生活環境。

總而言之，以上各項現象所表示者，為降雨之後，其逕流之密度低（即所含之土量少），體積小，速率遲也。

(甲) 森林

密植之樹木，覆蓋大量之地面，實為防止冲刷最有效之方法。當樹木長成之後，稠密之綠幕覆於上，遍野之落葉承於下，更有叢生之亂根蔓於土中，土壤幾無冲刷之可能。

森林及灌木之防冲成績若是之佳，故人恆視為最後之防線。於各種方法失敗後，方願採用。然森林木材在經濟方面之價值，亦不可忽視。更有許多已墾之田地，損毀過甚，如改植森林，實更為有利也。對長成之樹木，加以適當之砍伐及經營，每年可得厚利，如更繼續培植，資源無窮，且可藉此以保護土地，節省水量。雖在陡峻之地，樹木、葛藤、灌木，亦可防止冲刷之災患。

關於各種樹木、草類及作物防止土壤冲刷及蓄水之能力，自第二表中可得一概念。此表為道治

(A. J. Dodge)於一九三二年在愛我華州瓦崙區 (Warren County, Ia.) 野外研究之結果。試驗之面積，以二百分之一英里為一區。表中之數目，僅對坡度加以校正，對於其他各因素之變量，並未顧及。以此，則此表僅為一有趣之定量研究而已。

第二表 植物防沖蓄水之定量比較

| 平均 | 逕流 (對於坡度已加校正) | 平均 | 土壤損失 (對於坡度已加校正) |
|----|---------------|-------|-----------------|
| 等級 | 植物 | 物單位指數 | 等級 |
| 一 | 榛 | 〇·四八 | 一 |
| 二 | 山核桃 | 〇·九三 | 二 |
| 三 | 鬼臘燭與葎草 | 一·〇〇 | 三 |
| 四 | 麥，行與坡度正交 | 一·〇六 | 四 |
| 五 | 甜葎草 | 一·一八 | 五 |
| 六 | 大麥 | 二·二四 | 六 |
| 七 | 苜蓿 | 二·八九 | 七 |
| 八 | 豕草 | 三·五四 | 八 |
| | | | 物單位指數 |
| | | | 〇·〇 |
| | | | 〇·〇 |
| | | | 〇·〇一三 |
| | | | 〇·〇二三 |
| | | | 〇·〇二六 |
| | | | 〇·〇四七 |
| | | | 〇·〇四八 |
| | | | 〇·〇七八 |

| | | | | | |
|----|------------|------|----|----------|-------|
| 九 | 玉蜀黍 繼以草 | 四·二〇 | 九 | 茴香草 | 〇·〇八五 |
| 十 | 玉蜀黍 | 四·五八 | 十 | 麥，行與坡度正交 | 〇·一一 |
| 十一 | 麥，行與坡度平行 | 四·九一 | 十一 | 燕麥 | 〇·一三 |
| 十二 | 蘇丹草 | 五·二五 | 十二 | 麥，行與坡度平行 | 〇·二五 |
| 十三 | 黃豆 | 六·二二 | 十三 | 蘇丹草 | 一·五八 |
| 十四 | 茴香草 | 六·五六 | 十四 | 玉蜀黍 | 二·〇四 |
| 十五 | 燕麥 | 六·六六 | 十五 | 蘆粟 | 二·七二 |
| 十六 | 蘆粟（高粱類） | 七·七四 | 十六 | 黃豆 | 三·〇二 |

各試驗區之平均坡度為百分之一〇·九七，其中坡緩者為百分之八，坡陡者為百分之十六。上部所列之十六種植物，為依其蓄水能力以次而列，下部所列，為以防止冲刷之能力而列者。榛及山核桃之兩種性質皆為優良。蘆粟對於儲水之能力雖甚微，但其防止冲刷之能力，較諸黃豆尚優。玉蜀黍對於蓄水列為第十，但防冲則降為十四。茴香草之等級，對此兩種性質則幾相反，自十四至九。設若上表可以代表實際情形，某一種植物之蓄水能力，及其防冲能力，顯然有極大之差別。

自此項研究，可得一最有意義之結論，即植物防冲能力之變化，與適應自然環境之程度成正比例。

第三表爲得撒 (Toksas) 州東部具有克文細沙質壙埤之試驗場；及俄克拉荷馬州中部具有非奴細沙質壙埤之試驗場中，觀測森林及草皮對於冲刷及逕流之結果。在此試驗中，地面上所有落葉及枯草覆蓋情形，不若天然森林者之厚也。

第三表 森林與草地防冲蓄水之比較 (畢尼特 H. H. Bennett 作於得撒及俄克拉荷馬州)

| 細沙質壙埤 | 平均雨量 (英寸) | 坡度 (百分數) | 覆蓋物 | 土壤損失 (每英畝噸數) | 水份損失 (雨量之百分數) |
|-------|-----------|----------|------------|--------------|---------------|
| 克文 | 四四·四 | 一二·五 | 森林 | 〇·〇一 | 〇·八 |
| 克文 | 四四·四 | 一二·五 | 森林，地面之積葉被焚 | 〇·一九 | 二·六 |
| 克文 | 四二·三 | 八·七五 | 芝草 | 〇·二一 | 一·五 |
| 克文 | 四八·八 | 一六·五 | 芝草 | 〇·〇〇 | 〇·七 |
| 非奴 | 三三·五 | 五·二 | 森林 | 〇·〇一七 | 〇·一三 |
| 非奴 | 三三·五 | 五·二 | 森林，地面之積葉被焚 | 〇·二二 | 五·〇六 |
| 非奴 | 三二·九 | 七·七 | 芝草 | 〇·〇四 | 一·五 |

附註 由此範圍廣大之土壤試驗，足證森林及優良之草地防止冲刷能力之偉大。水分之損失，除地面上之積葉爲火所焚者外，爲數亦少。森林及草皮效能之差別甚微。

第二章 冲刷之因素

白斯及亨利 (Bates and Henry) 於兩處山地，流域面積，各約為二百英畝，研究其逕流及冲刷之現象。對於雨量及流量用極精確之觀測，所有冲刷之物體，則儲存一洗滌池內，以便測量。此項觀測記錄，凡十五年之久。

自此研究之開始，兩地皆維持地面上原有之狀況，約七年後，將一地之樹草砍伐。十五年内之平均雨量為二十一英寸，其半為雨，其半為雪，加以土壤之吸水力頗大，故結果逕流及冲刷皆不甚多。其結論如下：

- (一) 砍伐剝裸之地，增加逕流百分之十五，洪流 (Flood flow) 百分之五十八。
- (二) 砍伐剝裸之地，增加冲刷凡八倍以至半倍。
- (三) 砍伐剝裸之地，增大高低水位之比例，換言之，最高水位與最低水位之比，由十二比一增至十七比一。

討論森林與氣候、水患、冲刷、給水及風景之書籍，汗牛充棟。曾氏 (Raphael Zon) 以森林家之觀點，自一千一百種刊物中，加以研究，其結論約略如下：

- (一) 大河流之總流量 (Total discharge) 幾不受森林之影響。

(二) 森林之覆蓋，能平緩水流，但對於洪水時之影響極小。

(三) 多山區域，森林可以增加地下水之儲蓄及滲透，並能保留水分以濟河流涸竭時之用；在平地亦有輔助排水之功。

曾氏與白斯及亨利之結論，顯然矛盾，其原因實由於地域面積廣袤之不同。蓋曾氏之心目中，以大之面積爲對象，白斯等則以小於一方英里，且有陡坡急流之面積爲對象也。

(乙) 墾植及作物

欲研究墾植對於沖刷之關係，必先明大地自然之狀況。除乾燥地帶及北極外，大地自然之狀況，必爲以植物覆蓋之者，如森林、灌木或廣大之草原，或同時爲此三種植物所覆蓋。天然之覆蓋，必有防止沖刷之效力，此項假定當屬真實，否則，該地上層肥土必早已隨水沖去，無以供人類之應用也。

自第二表可見各種植物皆有防止沖刷之能力，不過有程度之差別耳。但田地既行耕種，則土壤常有相當時日之暴露，在此時期，沖刷情況，最爲嚴重。下表所示，爲各種作物，每年不能覆蓋田地之日數。

種植之情形

每年平均土壤不受覆蓋之日數

玉蜀黍、連作

..... 二〇七

麥、連作.....九一

玉蜀黍、黃豆、燕麥、豇豆輪作.....二五九

玉蜀黍、燕麥、菽草輪作.....九五

玉蜀黍、麥、菽草輪作.....七三

玉蜀黍、燕麥、菽草輪作.....七三

玉蜀黍、麥、菽草、鬼臘燭輪作.....一八

藍草（或稱長葉草）連作.....零

若以棉花或煙草及其相輔輪作之作物相配合，亦有同樣暴露之情形。沖刷之損失，固不應認為與暴露之日數成比例。但因作物之種植，及輪作之計劃，在在足以影響沖刷也。自上表亦可見玉蜀黍、黃

豆、燕麥、及豇豆四年之輪作，較之玉蜀黍之連作者，則多暴露五十二日也。

第四表為於哥崙比亞(Columbia, Mo.)試驗場十四年觀測之結果，極能表示耕耘及墾植對於土

壤之關係。試驗場之坡度為百分之三·六八，面積每塊為八十分之一英畝，寬六英尺，長九〇·七五英

尺。土壤為施爾柏壩埤，其成分較劣。各數目字所表示者為較長時期之平均值，故對於休種地、藍草、麥、

玉蜀黍、及三年輪作之玉蜀黍、麥及菽草等，在已知之坡度及壟埠之種類中，其對於抵抗沖刷及節制逕流效能，在數量方面，頗有價值。此項有價值之試驗，將於下章再為詳論之也。

第四表 哥倫比亞試驗區十四年觀測每英畝之逕流及沖刷之結果

| 每年每英畝沖刷土壤之平均噸數 | 作物 | | 種植之 | | 情形 | |
|-----------------|--------------|--------------|-------|-------|-----------------|-------|
| | 耕深四英寸不 播種 | 耕深八英寸不 播種 | 藍草之連作 | 麥之連作 | 玉蜀黍、麥及 菽草之輪作 | 玉蜀黍連作 |
| 每年每英畝逕流之平均立方英尺數 | 四·六四 | 四·〇六 | ·四 | ·〇五 | 二·六 | 一·五七 |
| 每年每英畝逕流之平均百分數 | 四·二三 | 四·八六 | 一·三九 | 一·〇九 | 三·二九 | 一·五七 |
| 每年逕流之平均百分數 | 三〇·七 | 三〇·三 | 二二·〇 | 二二·三 | 二二·八 | 一六·四 |
| 沖去一磅土壤所需逕流之磅數 | 三三·四 | 三三·八 | 一·六六九 | 一〇九·一 | 二二·六五 | 七〇·三 |
| 沖去七英寸土壤所需之年數 | 一四 | 一四 | 三·〇〇三 | 一〇〇 | 三·六 | 三〇 |

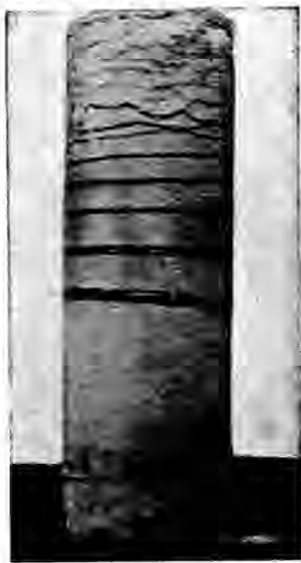
巴泰爾 (J. O. Bartel) 於北喀羅羅林納州在四隴田上，連續作土壤損失之試驗，其土為西西爾細沙質壟埠，觀測經三年之久。試驗隴長七十五英尺，坡度為百分之九，分別種植草、棉花、玉蜀黍。其一隴則不使植物生長（有草則芟除之）。每年每英畝之土壤損失，在不種植者為二一噸，在植棉花者為二〇

噸；在植玉蜀黍者爲一三·五噸；在種草者爲〇·四二噸。各隨之坡度，雖較密蘇里者爲大，而土壤之損失則較少。惟北喀羅林納之雨量較多，爲每年四十一英寸，密蘇里則三十七英寸也。由此可見因各種土壤抗沖性質之不同，其結果亦因之大有差別也。

第五節 結凍與逕流之關係

土壤所受冲刷之程度，不論有無植物，皆受溫度之影響。在南方天氣較暖，冬日仍落雨，並不降雪；設土壤忽然結凍，其對於冲刷之機會，較之冬日降雪，且結凍數月之地帶者尙大。但如若冬日積雪甚深，而春融過速，則局部之冲刷，又較無雪者之爲甚也。

又有一種結凍現象，常爲人所不注意者。即分子之粘着性能將膠性土中之大量水分引出，使之集於表土，變爲透明之冰體，此冰將於



第十四圖 結凍之黏土柱，表示水分被吸引上升結冰後之現象。注意結凍層之厚度，與距離之關係。下圖所示之比例尺乃以厘米爲單位者。

春日融化。譚伯 (Stephen Taber) 指明向上膨起之高度，爲各冰層厚度之和，常有及二英尺者。其力較毛細管作用者爲大，在適合之環境下，可吸引地面下十五英尺處之水。如土壤顆粒之直徑小於百萬分之一公尺（即一 Micron），並設地下有不盡之水源時，此種現象尤爲顯著。第十四圖爲採自譚伯之報告者。

結凍土地之融化，並非連續爲之者，常呈忽凍忽融之交互現象。因此，不論地形及坡度爲何，恆發生許多小溝，縱橫四出。凍融交互之結果，則使土壤鬆散，成團脫落，遇雨則攜之與俱去也。

第六節 其他之因素

其他影響於沖刷之速率者，除第一章所述者外，如因鐵路、公路之修築，及橋梁、涵洞之安置，常致天然之排水途徑變更。設若涵洞之地位不當，則易起沖溝之現象。存於路面之水，亦常沿坡沖刷。然妥善之計劃，皆能免除上述之弊端也。

如土壤鬆散，車轍亦可作沖刷溝壑之開端。蓋以轍則較窪，水因聚而沖，漸成爲溝。此種現象，我國北方爲尤甚。其他若鼠穴，獾洞以及牲畜之踐踏，皆足以增加沖刷也。

更有因種田之方法，債務之需求，地塊太小，田主及租戶利害之不同，而濫用田地，不計其惡果者。此等失當之處理，於將以後各章補述之。

總之，吾人須知自然界之各種因素，對於土壤之沖刷，有重要之關係。欲以公式表示之，可假定之如下：以各因素並非為同性質或同元素者，僅可以符號表示其意義為「沖刷為雨量，地形，土壤及植物之函數」而已。

設： B 表示沖刷之速率，

R 表示因雨量密度而變之因素，

G 表示因土地面積及形狀而變之因素，

S 表示因土壤物理性質及化學性質而變之因素，

V 表示因植物覆蓋範圍及情況而變之因素，

則： $B=f(RGSV)$ 。

第三章 防護之方法

自第二章所討論之四項變量，及其他次要變量觀之，欲於一已定之情形下，求得精確合理之數學公式，殊爲困難。室內之試驗，試場之觀測，固爲必要，且能與吾人一極有價值之指示，但最後之準繩，仍須靠實地之確切經驗。惟對於各因素或變量之影響及其理論，必能洞澈明瞭，然後經驗始能得適當之發展，而防護土壤之方策亦可求合理之改善。故詳論之。

吾人須知沖刷之絕對制止，洵爲不可能者。地面上自然之狀況，爲有天然植物覆蓋之者，前已言之，吾人可視其逕流及沖刷等現象爲正常狀態者。故吾人研究土壤之保護，或沖刷之防制等問題，僅限於土地墾植耕種之後，如何使之不發生更嚴重之損失，爲已足矣。

合理解決之第一步辦法，卽爲注意土地之坡度，並預測將來沖刷之情況。換言之，耕種之土地，必有適宜之坡度，其較陡者，則適於草原，更陡者，則適於森林。但此三種用途之界限，並無絕對嚴格之劃分，以適應各地之環境也。

本章討論範圍，多為適應田地之情況，控制其坡度，俾得沖刷之防制者。此項問題之困難，即為規定適於耕種田地之最大坡度。蓋以各種土壤之抗沖力不同，植物之保護力亦異，則此最大限度，亦必因之稍有出入也。

欲進行防止沖刷之計劃，有須預為研究者：

- (一) 吸收量之增加可有若干，逕流之減低其百分數為若干？
- (二) 對於剩餘逕流所生之損害如何保護？
- (三) 費用若干？對於耕種是否增加麻煩，每年之維護費若干？
- (四) 此項計劃對於田地之現金收入影響如何？
- (五) 此項計劃在試驗方面及實地方面之根據若何？

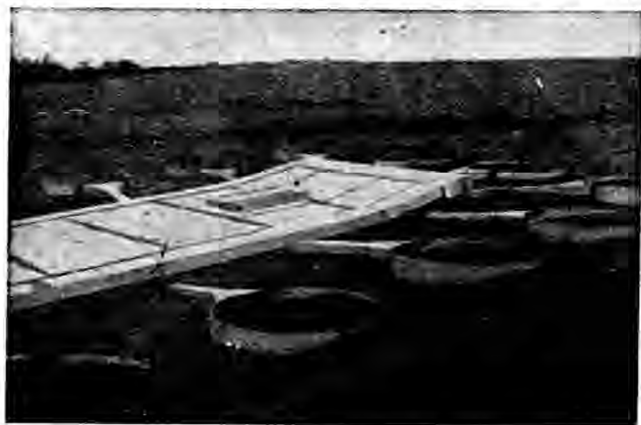
對於任一田地，欲於以上問題得一合理之解答，非有數年之實地經驗不可。普通對於防護方法必參用數種，以冀得適當之效果。

今日所用防護之方法，皆為解決如何增加吸收之水量，及減低逕流之沖刷者。欲增加土壤之吸水力，必設法增加其滲透性，蓄儲降雨之水分，因之增加雨水停留之時間，亦即增加吸收之機會。在極適當

之環境下，土壤可以吸收降雨之全量，因之則無逕流，故其冲刷亦不成問題。以下各節對於減低逕流，及防止冲刷，分別詳論之。

第一節 土壤之吸水量

馬斯格雷夫(G. W. Musgrave)於試驗場內，利用滲透測驗器(Lysimeter)觀測兩種自然狀態土壤之滲透率。此等土壤即馬紹爾埴質壤，及施爾柏埴質壤。土壤所有之自然性情，如質地不均勻，結構各異狀，草根孔隙，動物洞穴等等，皆計算在內。試驗中所用之滲透測驗器，如第十五圖所示。每一圓筒，盛有自然狀態之土壤，於其原地取出時，極為小心。運輸則極平穩，以免擾動。觀測隧道，則連貫於各圓筒。隧道內

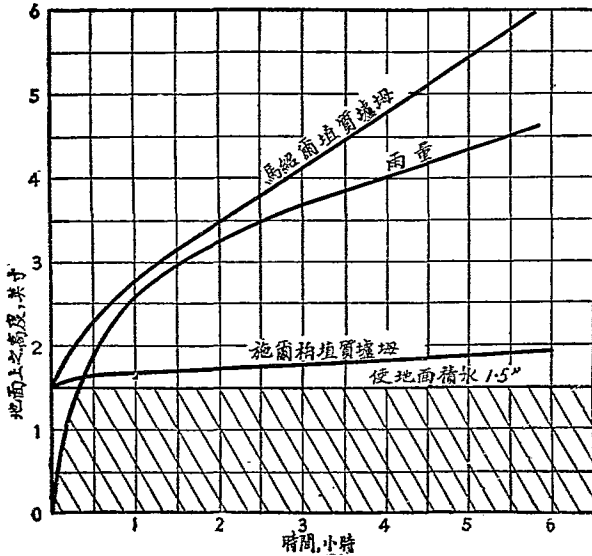


第十五圖 馬斯格雷夫試驗中所用之滲透測驗器。

裝置測量速率及滲透率之儀器。將土裝入圓筒時，務使沿圓筒沿內面之裂縫密為塗封，以免洩漏。

馬氏之結果以圖表之，如第十六圖。自該圖略加分析，可知在最初十五分鐘，馬紹爾土之滲透率超過於施爾柏土者〇·三七英寸。在三十分鐘，超〇·六二英寸；四十五分鐘超〇·八八英寸；一點一刻，超一·三〇英寸；在五點半時，超三·八二英寸。今假定降雨之處，因地形或其他之關係，可以積水

表面之逕流，經過漏斗管，如圖示，即流入測儀內。圓筒底亦備有同樣



第十六圖 馬紹爾土質壤地及施爾柏土質壤地，於極高密度及較長時期之降雨後，逕流多寡之比較。於觀測滲透率時，各土壤完全保持其自然之組織及溫度，惟僅將草皮除去。

一·五英寸深，此次降雨情形，若如圖中所示者，則於二十分鐘後，施爾柏土上卽有剩餘之水變爲逕流，（卽降雨弧線與施爾柏線相交之處），並因降雨之延續，逕流率亦增加。至於馬紹爾土，則無逕流，因水須先積一·五英寸深，在此例中，馬紹爾土之滲透率，永大於降雨率也。根據以上之假定，施爾柏土上之逕流總量，可以降雨弧線及施爾柏線間之面積表之，馬紹爾土之準備量，亦可以馬紹爾及降雨弧線間之面積表之。同理，馬紹爾土及施爾柏土在六點鐘內，吸水量之差，亦可由該二弧線間之面積表之。

爲易於計算起見，馬氏假定馬紹爾細植質壩之滲透率爲每點鐘〇·七五英寸，施爾柏細植質壩爲每點鐘〇·一〇英寸。此二種幾可代表常遇土壤滲透率之最大及最小者。

第二節 農作法之影響

哥倫比亞地方十四年間，測驗每英畝逕流及冲刷所得之結果，已於第四表中列之矣。農作之方法，對於逕流及冲刷有顯著之影響，已無疑義。惟其效能則有差耳。輪作之結果，冲刷之減低，較諸逕流之減低，則爲尤甚。此等現象，若按節氣分類表示之，更爲顯然。如第十七圖，左者表示逕流，右者表示冲刷，自此圖可以看出春夏兩季之影響，亦略可見收穫後田地休息時之情況。在此特別試驗中，耕犁之深淺，

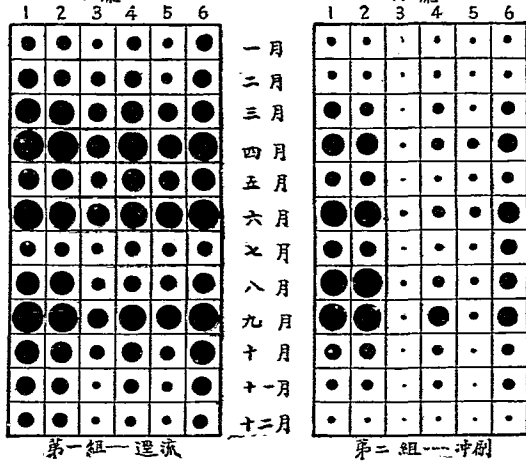
似與冲刷無大關係。

同樣性質之記錄，亦可自各處試驗場中得之，如第十八、十九、及二十圖所示，各圖皆有說明，故無須贅述也。

第二十一圖表示在拜薩

(Beibary, Mo.) 地方降雨三·七一英寸之結果，其中三·三〇英寸之降率，為每小時二·三六英寸。此等不規則之比較，實以試驗僅歷三年，為期過短，不足以表示其特性也。然第一隴之寬為六英尺，長一四五·七英尺，第二隴之寬為六英尺，長七二·八五英尺，其他環境相同，無論就此一次降雨或全年之平均論之，隴之長度較短者發生少量之逕

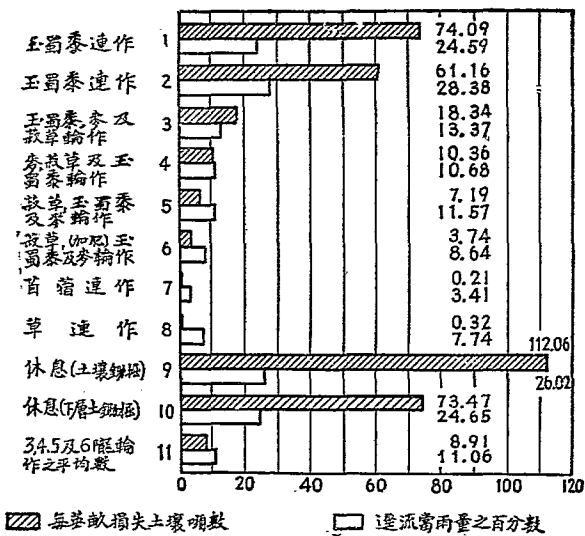
1- 林地
2- 即行休
3- 耕作
4- 即行休
5- 耕作
6- 即行休
7- 耕作
8- 即行休
9- 耕作
10- 即行休
11- 耕作
12- 即行休
13- 耕作
14- 即行休
15- 耕作
16- 即行休



第十七圖 每月平均逕流及土壤損失比較圖。採自一九一八

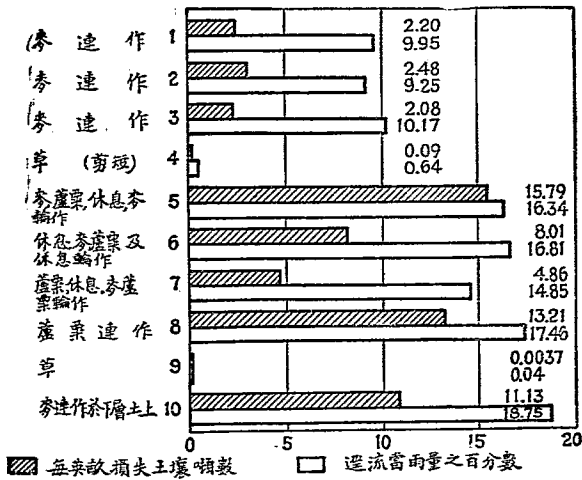
至一九三一年試驗場田隴中所得之結果。

第三章 防護之方法



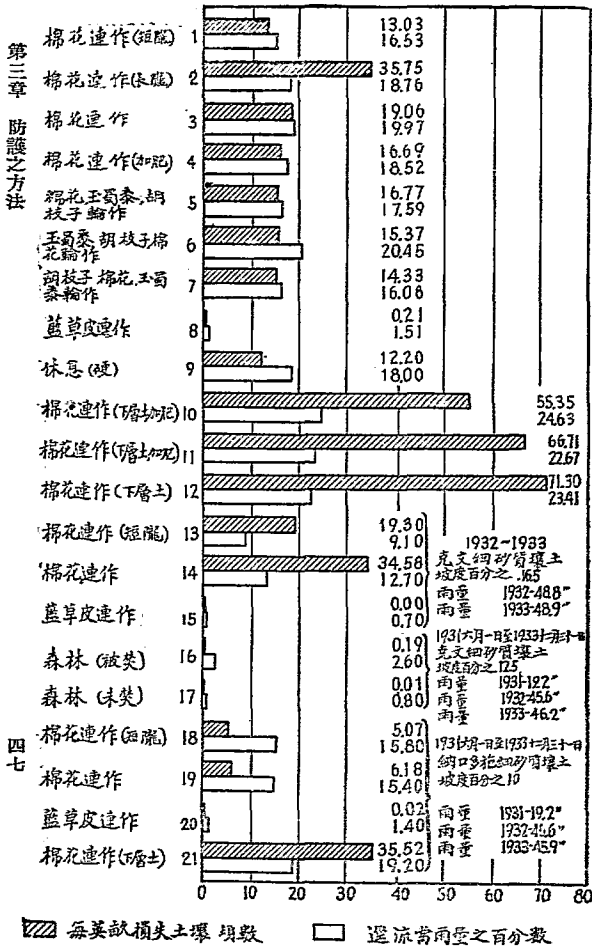
▨ 無差畝損失土壤噸數 □ 逕流雷雨量之百分數

第十八圖 自
一九三一至一九三
三年平均每年土壤
之損失。施爾柏植
質瓊母，坡度百分之
八；平均降雨三三·
五四英寸。龍一寬
六，長一四五·七英
尺；龍二至十寬六，長
七二·八五英尺。



第十九圖 自一九三〇年至一九三三年，平均每年土壤及水量之損失。古爾柏地質黏壤母，坡度百分之五；平均降雨二一·一八英寸。隴一：寬六，長三六·三英尺；隴二：寬六，長一四五·二英尺；隴三至十：寬六，長七二·六英尺。

第二十圖 自一九三一至一九三三年，平均每年土壤及水量損失。
 英寸。 隴，十三及八，寬六，長三六·五英尺。隴二，寬六，長一四五·八英尺。隴三至十二，十四至十七，十九至二十一，寬六，長七二·九英尺。
 隴十三至二十一之年份，坡度及雨量如圖示。

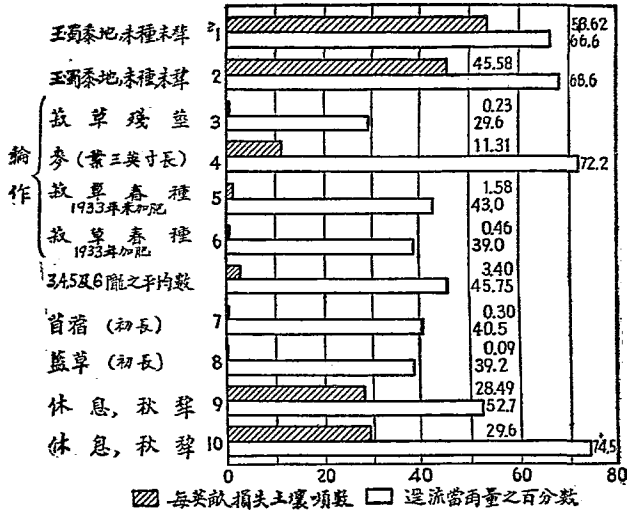


第三章 防護之方法

四七

▨ 每英畝損失土壤 噸數 □ 逕流當雨量之百分數

1932-1933
 克文細砂質壤土
 坡度百分之.165
 雨量 1932-48.8"
 雨量 1933-48.9"
 1931-1933
 克文細砂質壤土
 坡度百分之.125
 雨量 1931-19.2"
 雨量 1932-46.6"
 雨量 1933-46.2"
 1934-1935
 網口砂質砂質壤土
 坡度百分之.10
 雨量 1934-19.2"
 雨量 1935-46.6"
 雨量 1936-45.9"



第二十一圖 一九三四年八月三日一次降雨三·七英寸後土壤及水之損失。施爾柏壩質壤地，坡度百分之八；三·七英寸之降雨，其率為每小時二·三六英寸；隴一：寬六，長一四五·七英尺；隴二至十：寬六，長七二·八五英尺。

流，多量之沖刷。此乃最有意義之結果也。

自第五及第六表觀之，在不同土壤上，施以各種輪作之法，則沖刷及逕流之量皆可減低。

故自此問題之又一觀點言之，亦可見輪作法之效能。第七表乃採自密蘇里大學農場報告中。

第五表 五種土壤上施用輪作法對於沖刷及逕流之比較

| 地 | 址 | 壤 | 坡 (百分數) | 輪 | 作 (平均雨量 (英寸)) | 土壤損失 (每英畝噸) | 水分損失 (降雨百分數) |
|------|-----------|--------|------------|--------------|---------------------|----------------|-----------------|
| 拜薩 | 內 | 施爾柏地質壟 | 八 | 玉蜀黍、麥、苜蓿 | 三四 | 一〇 | 一一 |
| 哥倫比亞 | 施爾柏地質壟 | | 三七 | 玉蜀黍、麥、苜蓿 | 四〇 | 一〇 | 二四 |
| 海斯 | 古爾柏地質壟 | | 五 | 麥、蘆粟、休息 | 二二 | 一〇 | 一六 |
| 古斯 | 非奴細沙質壟 | | 七七 | 麥、甜苜蓿、棉花 | 三三 | 六 | 一一 |
| 泰浦 | 耶斯頓黑黏土 | | 四 | 棉花、玉蜀黍、燕麥 | 二七 | 六 | 五 |
| 泰克 | 克文細沙質壟 | | 八七五 | 棉花、玉蜀黍、胡枝子 | 四二 | 一六 | 一八 |
| 拉可 | 勞西可林頓細地質壟 | | 一六 | 大麥、玉蜀黍、苜蓿 | 二九 | 二二 | 一三 |
| 斯特 | 斯威爾西爾沙質黏壟 | | 一〇 | 玉蜀黍、麥、胡枝子、棉花 | 四三 | 七 | 一〇 |

第六表 各試驗隨所得沖刷逕流之比較

| 區域土壤及雨量(英寸) | 農作方法 | 土壤之損失 (每英畝噸數) | 雨量之損失 (百分數) |
|---|---------------------|---|--|
| 拉可勞西等處，可林頓植質壤母。坡度百分之六，雨量二九·一一(一九三三年)。 | 玉蜀黍之裸露土地 藍草連作 | 一五五 〇九 〇〇 〇三 | 二七九 九二 九 |
| 拜薩內等處，施爾柏植質壤母，坡度百分之八，雨量平均三三·五三(一九三一至一九三三年)。 | 裸露 藍草連作 鬼鷹燭連作 | 一 〇〇 〇〇 〇三 二 一 四 八 | 二 二 八 五 三 七 九 三 九 〇 二 八 |
| 古斯里等處，非奴細沙質壤母，坡度百分之七·七，雨量平均三二·九二(一九三〇至一九三三年)。 | 裸露 棉花連作 | 二 〇 〇 四 五 九 | 一 四 六 五 一 八 四 |
| 秦萊等處，克文細沙質壤母，坡度百分之八·七五，雨量平均四一·三二(一九三一至一九三三年)。 | 裸露 棉花連作 | 一 〇 九 二 〇 二 〇 六 | 一 八 八 五 〇 〇 |
| 斯特斯威爾等處，西西爾沙質黏壤母，坡度百分之十。雨量平均四二·九(一九三一至一九三三年)。 | 裸露 棉花連作 | 一 六 五 〇 四 三 八 | 三 二 〇 五 九 七 |

欲利用各試驗場所所得之記錄，以作設計之參考者，必先明瞭試驗時所定之限制：

- (一) 每隴之長度，除其一為一四五英尺外，餘皆小於一〇〇英尺。
- (二) 每隴之寬度，僅六英尺，故能阻止自旁而來之逕流及冲刷。

(三)所有損失之計算，皆以英畝爲單位，但每隴僅爲八十分之一至百分之一英畝。換言之，表列之數，爲曾以數字乘之者，亦即假定大塊田野之性質與試驗者相同。惟自他種試驗及研究觀之，模型及原型之結果每難十分符合也。

關於密蘇里大學試驗之限定，說明之如下：

本試驗中，各隴長度規定之標準，即假設有同類土壤及坡度之田地，欲改修爲階田時所應有之寬度。換言之，即若階田之寬度應爲一五〇英尺者，則試驗時所定隴之長度亦如之。然田地於修築階田之後，施以各種之農作法，自田內沖刷之土壤，即淤存於階槽之內。如階田之降坡緩，則淤積之土，必能存留於槽內，冬日可以挑出，歸返田中，是以階田法有延緩土壤下行之效能。然若階槽之降坡太陡，則田中沖刷之土壤，經槽下行，不能積存矣。本試驗則僅能表示後者之情形，而階槽淤澱之因素不與焉。

第七表 密蘇里試驗玉蜀黍輪作及連作對於沖刷及逕流之影響

| 月 | 份 | | 玉蜀黍輪作 | 玉蜀黍連作 |
|---|-------|------|-------------|----------|
| | 月 | 份 | | |
| 四 | 一八〇·三 | 一八·一 | 每隴之逕流(立方英尺) | 每隴之沖刷(磅) |
| | | | 每隴之逕流(立方英尺) | 每隴之沖刷(磅) |
| | | | 五二五·九 | 四七·七 |

| | | | | | |
|---|---|-------|-------|--------|--------|
| 五 | 月 | 九六·八 | 一七·四 | 三二五·九 | 九五·九 |
| 六 | 月 | 一〇八·五 | 八〇·六 | 三四七·八 | 五〇二·六 |
| 七 | 月 | 四七·六 | 六四·九 | 一五一·七 | 二〇八·四 |
| 八 | 月 | 七八·〇 | 五三·一 | 一一〇·六 | 七二·二 |
| 九 | 月 | 一五二·五 | 八二·八 | 一二三·三 | 一四四·一 |
| 總 | 合 | 六六三·七 | 三一六·九 | 一六九七·二 | 一四九四·九 |

附註 玉蜀黍連作之逕流爲輪作者二·五倍。玉蜀黍連作之沖刷爲輪作者四·七倍。

欲利用第七表之結果，田地之佈置，必與所假定者相符。若能採用階田制，並善用農作之方法，必收極佳之效果，可無疑義。惟情形不同，則不得根據上表推測其利益耳。

第三節 沿等高線耕種之功能

播種成行之農作物時，若其行之方向爲橫穿坡度者，（即與等高線 Contour 平行）。必較順坡度上下者爲佳。田中之行，可視爲無數之階田，於降雨後，有蓄水功能，是以增加田地之吸水量，而減低逕流。如行沿坡自上而下，則每行皆變爲排水溝渠，增加水流，並促成沖溝之狀態。

第八表乃採自另一試驗記錄，表示因適宜之處理，對於沖刷及逕流之效能。然以試驗之時期過短，並因他種限制，此項結果與其視為定量分析，毋寧視之為定性者之較為確切也。表中掘孔式耕犁 (Toler-Liggar) 在拉可勞西及海斯試驗場之效能，以及馬紹爾植質壟埤種植玉蜀黍，而行沿等高線時，毫無沖刷及逕流現象，此等結果，皆應引為注意者也。此試驗會採用較寬之試驗隴，亦為前此所未有者。

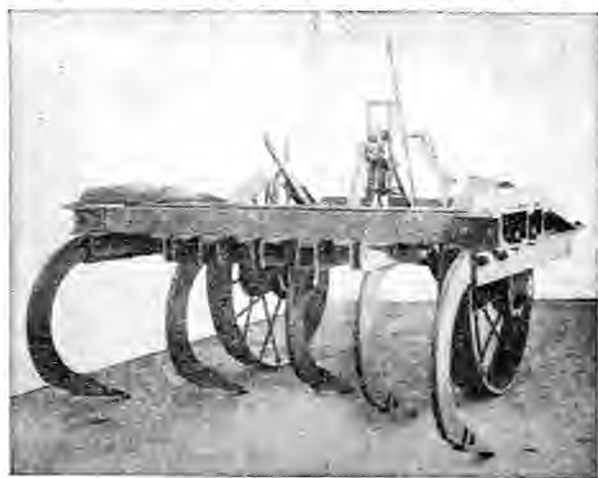
第二十二圖為一新式掘槽機 (Basin forming machine) 所掘之槽，其長為三英尺，寬一英尺，深八英寸，槽間之距離為四英尺。此機為愛我華州立專門學校所創造，若用以耕種，其槽可以容納降於本田中一·五英寸之雨量。曾在適中之坡度，及土壤吸收量較大



第二十二圖 新式掘槽機。

之田地上，作為試驗，頗著成效。但如雨量之密度過急時，此種機器則或發生禍害之效果，蓋以初雨之時，停留一部分雨量，及至各槽水滿，向外漫溢，則又驟行傾下，其危害當可想像而得之也。惟若為馬紹爾地質壤母時，以此機器處理，當可絕對制止逕流，其原因已於十六圖中說明之矣。

第二十三圖所示為鑿形耕犁 (Chisel outfit) (Vator)，乾燥地帶，常於收穫之後，加以耕犁，俾得保持冬日之水分也。五齒之機器，可犁深十五英寸。各鑿齒之間可使之為十二、十五，或二十英寸，任意安置。亦有獨齒者，則能耕深四十八英寸。如地層之土壤適宜，此種耕犁，亦可用於階田，以增速滲透，並提高吸水能力（參看第二十四圖）。



第二十三圖 五齒鑿形犁。

田內之不透水層，亦有用炸藥開掘之者，但極不經濟，故僅可於特殊必要時用之。

第四節 條種之功能

條種 (Strip cropping) 者，乃先將田地沿等高線區分爲條帶，每隔一條種植密生之草，或穀梁作物，並使行之方向與等高線相平行，他條則種普通作物之謂也。此等農作法，雖非新創，但迄今尚無試驗之記錄可供參考也。

此種方法最適宜於有起伏之田地且其坡度較爲整齊者，但亦間有用於較陡之坡地者。普通條種之配合，爲將密生或細根之作物，如燕麥、麥、大麥、苜蓿、荻草或其他草類，種於疏散作物之間，如玉蜀黍、棉花、煙草、黃豆等。防冲作物之條愈寬，疏散作物之條愈窄，則其對於防冲之能力，



第二十四圖 十齒型形犁於階田上工作之情形。

亦愈大。其目的在減低逕流之速率，增加滲透，及吸水之功能也。

利用條種法以防止沖刷者，乃近年事，故各家對於其施行之意見頗難一致。職此之故，與其廣事理論之探討，不如介紹有成效之方法。愛詳述得撒、密蘇里、威斯康新（Wisconsin）三州之實例於後。

（甲）得撒之實例

以下爲得撒專家所定條種農作法之軌範：

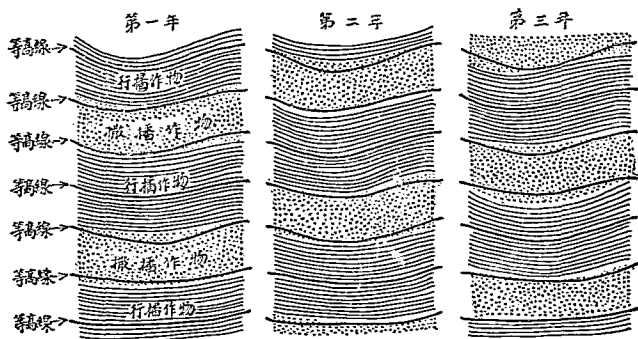
凡未施用階田法之地帶，對於防止沖刷之作物，必採條種及輪作之法，防沖作物之面積必佔全年耕種者三分之一。此爲得撒州防止沖刷必要之方法，雖田地坡度緩至百分之一，亦必如式理之。此等控制方法，欲使生效，每年必使百分之三十五至五十之土地，輪作各種密生作物。

在未施用階田法之地帶，密生作物之條寬，可在三十至五十英尺之間，其他作物之條寬，可在六十至一百英尺之間。於地面上，必將等高線劃作永久標記，線間之距離爲三十、四十或五十英尺，則按控制工作所需要，田地之坡度，土壤之性質，農作之方式而定。坡度愈大，沖刷愈易，條距即應愈小。設若四十英尺之條種，其相間爲八十英尺者，則等高線可於每四十英尺處標誌之。取其易於區分各條之地界也。

第二十五圖爲其一例，並可注意圖中行之排列及三年中輪作之情況。

條帶之界線為水平者，於地面上劃定時，可先沿坡度最陡之處區分之。然後再按水平線以次界定之。於界定之後，可沿線築矮埂，並可加設樁誌，以昭永久。

田畝之中，常有低窪之溝，每易積水。故應於此等地點，種植防沖之作物，以避免沖刷之肇始，與更惡情形之進展。可種多年生而無害之草皮數條，每條寬二英尺，相距約十英尺，其長與窪地或溝等。於各草條之間，種容易生長及臨時性之覆蓋物，如黑麥或蘇丹草，以資保護。設溝槽非窄深之形狀者，即此已足防止其沖刷，而且可以逐漸淤積，填滿窪處。如田地附近有道路時，其兩岸之坡度較陡，常易沖刷，且有自路旁之排水溝，直沖入田野者。在此情形，如於田地之周圍，種以多年生草類，燕麥，蘇丹草或相似之作物即可保護之。



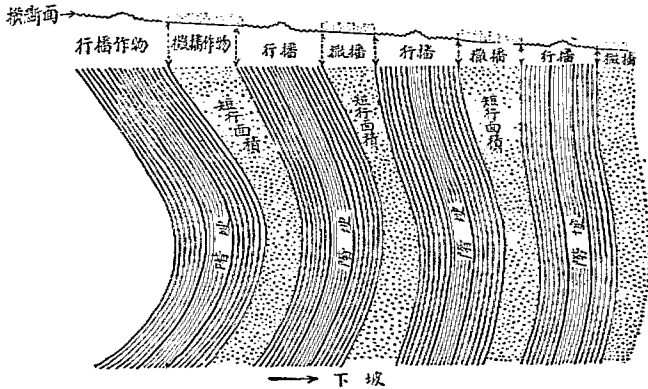
(注意，等高線之上下各行，皆與之平行，短行之面積則以撒播作物佔之。)

第二十五圖 非階田之條種法。表示田地之一部，及三年輪作之排列。

若田地之溝壑太多，或坡度大於百分之三或四時，不能僅以條種之法，為控制之工具。如坡度較陡，可用階田及條種之合併法。僅有階田制度，不一定能完成防止冲刷之使命，若兼採條種之法，則可將冲刷減至最低。兩法兼用，既有機會減除階田法短行 (Pint rows) 之缺點，而條種每年在種植休息時期，地面無覆蓋者，然因階田之功能，即得有常年之保護也。

條種及階田之合併用法，其方式亦多不同。第二十六、二十七、二十八、二十九及三十等圖，皆為試驗有效之設計圖。

第一計劃，如第二十六圖所示者。自階埂上延至其下約十二英尺處，並將短行之面積包括在內，皆種有密生之防沖作物。在此計劃中，可無短行之種植，而階



第二十六圖 階田之條種法。第一法：面積百分之三十至四十為密生作物。

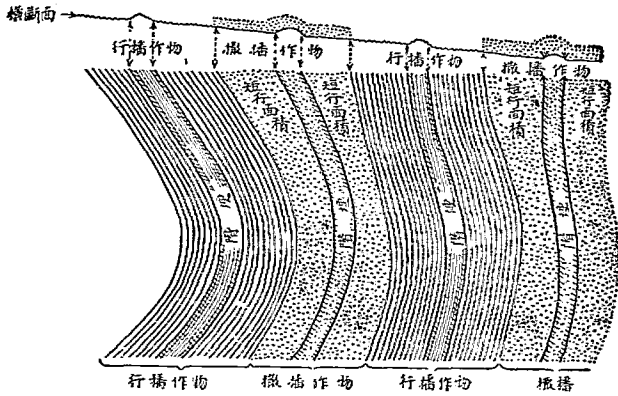
埂於第一年亦可因種密生之作物，而得保護，使之堅實。此法亦可略加變化，即自階埂向上延至十二英尺處，種植密生作物是也。其優點為密生作物以上各行中沖刷土質遇密生作物之阻擋，即行沈澱也。

密生作物延於階埂之下，如圖示者，其優點為密生作物所保護之一條，為最易受沖刷之部分也。於第二年，此法可與第二計劃，如第二十七圖所示，或第四計劃，如第二十八圖所示，互換施行，以便行播與撒播二者得以輪作也。

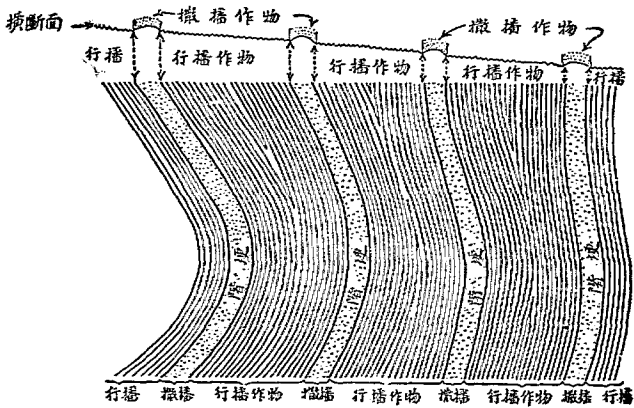
第二計劃為如第二十七圖所示者。即以一階埂為行播之準繩，而於他埂之上下，及不規則之面積播種密生作物。在此計劃中，有一階埂為密生作物所保護。並及其上下，且包括短行之面積。此條之寬度，可因需要之情形而有增減。本計劃甚為優良，蓋以可使行播農作 (Row crops) 及撒播農作每年輪次實施，而播種農作物所保護之階田，每年幾佔其半也。

第三計劃如為第二十八圖所示者，以階埂為撒播之地 (Broadcast strips)，寬三十英尺，階埂間之田為行播之地，故有短行交遇之現象。此計劃與第一計劃相同，於階田完成之第一年，用此法較之於階埂上施以行播者，得有保護而且使之堅實也。為輪流起見，第二年可用第二或第四計劃。

第四計劃為如第二十九圖所示者，階埂間之田地，使一條為密生作物之用，寬度最小亦必為二十五



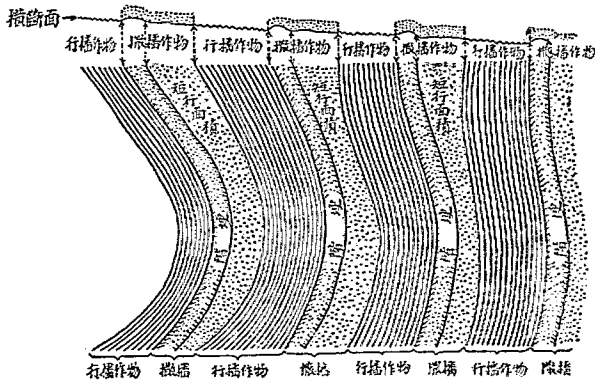
第二十七圖 隙田之條種法。第二法：面積百分之三十至四十為密生作物。



第二十八圖 隙田之條種法。第三法：面積百分之二十五為密生作物。

英尺，並將短行包括在內。此計劃不宜輪作，故於次年可採取第一或第三計劃，以便作物之變更。第四與第一計劃之交換應用情況，於第三十圖中表示之。此圖表示採用第一計劃中之兩種方法，惟略加以變更。第一年自階埂之中心起，條寬向下十五英尺，必要時，並將短行包括在內。第三年自階埂之中心起，條寬向上十五英尺，必要時將短行包括在內。此項輪作法，甚為完善，三年之內，密生作物，可將全面積覆蓋一週。第二年所採者為第四計劃。以上所述之四種計劃，皆可略加變更，以適合各地之特種需要也。

條種之法，亦可作為階田之前驅。如此，即先於規定之階埂線上，種寬三十英尺之防冲作物。作物於夏日收穫之後，即可動工修築階田。蓋以其時之人工稍閑，而氣



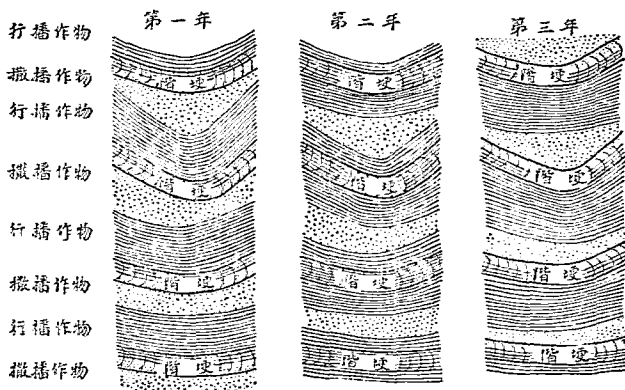
第二十九圖 階田之條種法。第四法：面積百分之三十為密生作物。

候亦適宜也。以此種方法，逐漸推廣，迄於全面積。

(乙) 密蘇里及威斯康新之實例

密蘇里之習尚，為將條種法分為兩類實施，一為作物條分法 (Crop striping)，一為田地條分法 (Field striping)。所謂作物條分法者，即沿等高線之方向，種植一條密生作物，其寬度及距離，按規定者劃分之。各條之劃分使便於輪流，俾密生植物每年變換其位置（略與得撒實例相似）。

所謂田地條分法者，即將整個田地按照地形，沿等高線，劃分為若干條帶，然後於每條之上，分年輪作，務使行種之作物，與密生之植物，條條相間。此法較作物條分法，更有功效。第三十一圖為田地條分法之一例。



第三十圖 階田之條種及三年之輪作法。第一年及第三年，實為第一法之脫化，第二年為第四法。面積百分之二十五至三十五為密生作物。

條帶之寬，則以田野之坡度，地形之變化，土壤之種類，輪作之配合，及個個農夫之需要而定。普通採用田地條分法者，其寬在六十至一百二十英尺之間。

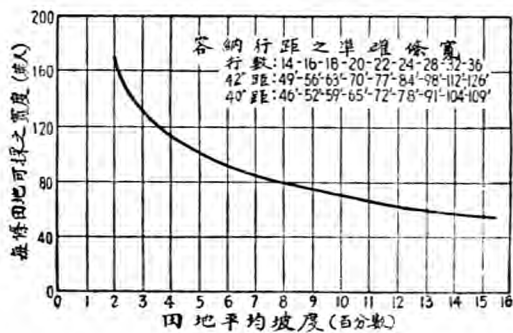
若田地尚未採用階田法，而土壤之吸水能力且爲中常者，則田地坡度及條寬之關係，可由第三十二圖表示之。若田地有改爲階田之可能者，則每條之劃分，必求便於將來整理階田，以能使階現在條帶之中央，並成爲規則平坦之階田爲宜。

劃定基線或等高線，爲整理條種田地之第一步工作。更宜先將最高條帶之下邊劃爲第一基線。如田地之坡度極不整齊，或一階田內而坡度不一時，則此田各段之基線，仍必在同一等高線上，以便各段取得連貫。

因坡度及地形極不規則，每致條帶之界線一部分平行於等高線，一部分則離之而在此線之上，此界線之坡爲自嶺脊向下者；或者一部分平行於等高線，又一部分在此線之下，此界線之坡爲向山谷方向傾下者。既欲雨水流歸山谷之天然排水道，故可使等高線作爲一條帶上邊。但使每一帶之上邊與等高線密切密合，常致各條帶有許多不規則之地塊，即所謂糾正之面積（Correction area）者。每條地在順其長之方向，亦可使之有百分之一或二之降坡。惟在特殊情形，降坡亦可較大，但此較大降坡之部分，必在



第三十一圖 田地條分法之農作情況。



第三十二圖 田地條分法中每條田地之寬度

條之下段。且距離不可過長。

第三十三圖表示越過嶺脊時，條帶

劃分方法，及糾正面積之應用。第三

十四圖表示田地未採用階田法，僅用

條種方法之代表情形。此為哈雷森

(Harrison County, Mo.) 地方八十

英畝之一塊田。每條之寬度相等。條種

為三年輪作，其較廣而且平坦之區域 D，

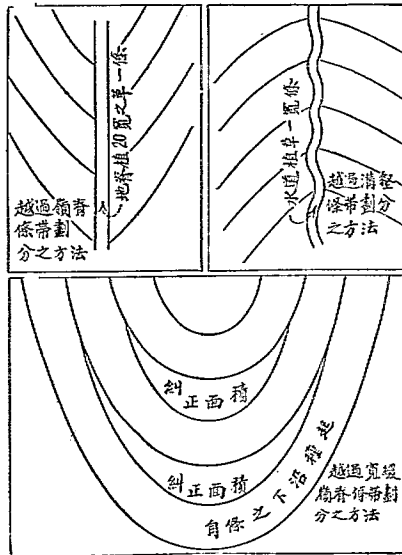
亦為同樣輪作。其有 E 字之區域，則長

期種植苜蓿及鬼臘燭與菽草等作物。

田地之條長，有至一英里者。每條以有同樣之寬度為宜，如是可於空隙或糾正面積上，種以長期生長之草類。

在密蘇里及愛我華等地，如糾正面積或不規則之地塊太窄，則不宜於種苜蓿之類，則可改種燕麥及

中國菽草。每春播種燕麥，但中國菽草則不必重種，以其種子下落後，自能生長也。



第三十三圖 條種田畝劃分方法。

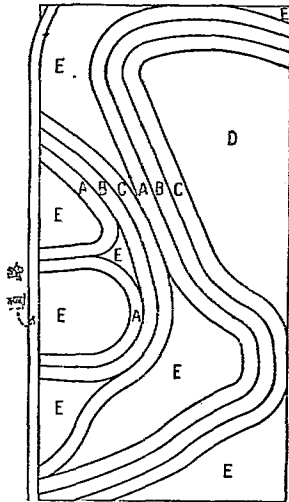
若田野之坡度大於百分之八時，則必修成階田，其寬在四十五至六十英尺之間，因坡度及作物而定。若欲使階田及條種二法合併施用，每階之寬必在五十英尺以上。

第三十五至三十八圖，爲蘭頓及雷森(Landon and Ryerson)二氏所擬定階田

及條種之經濟合併法，並可以免除短行之弱

點。所採者爲玉蜀黍、燕麥、草地及草地之四年輪作法。先將舊草地之一條耕犁之，再依序推進，以期全地皆分成條帶。自圖中可見，不規則之面積凡五處，則永使生長草類。但事實上，此不規則之面積亦常墾植，如於其下之地條種玉蜀黍，則有被耕犁之可能。玉蜀黍各行之方向，以能使其短行儘在此條地之下邊爲宜，蓋以過剩之雨水，得以直接流入階槽內也。

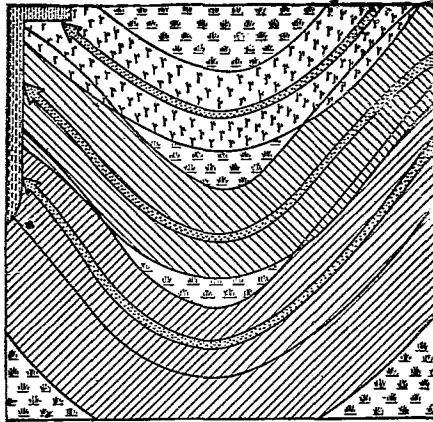
第三十九及四十圖爲階田上三年輪作之第一及第二年之條種情形。種玉蜀黍之條，每年皆維持同樣之寬度。上端中間之大塊面積，亦可作爲長期種草之用。



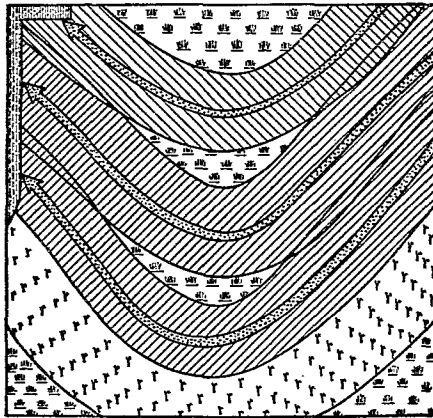
第三十四圖 非階田之田地條分法

第三十五及三十六圖 田地分條及階田合併法。四年輪作。

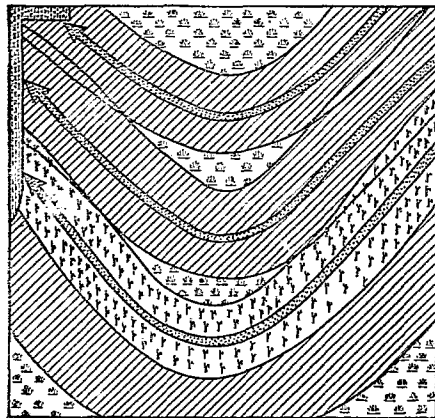
第一年



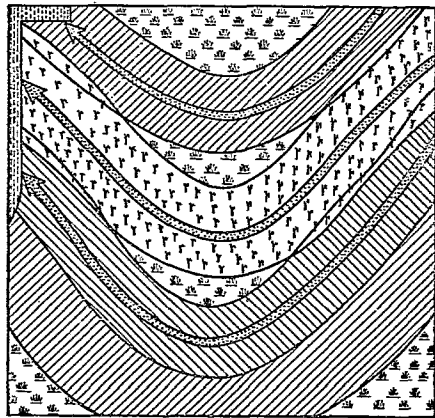
第二年









第三年



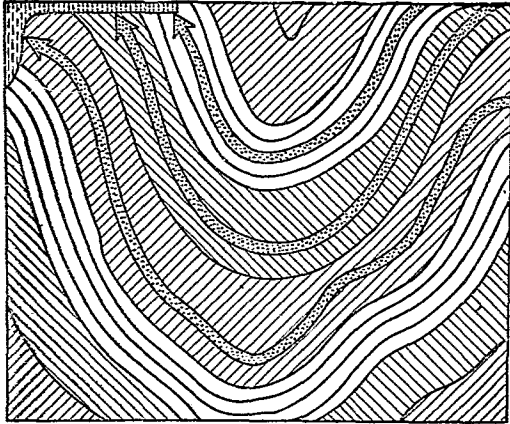
第四年



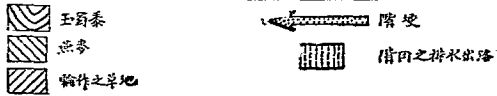
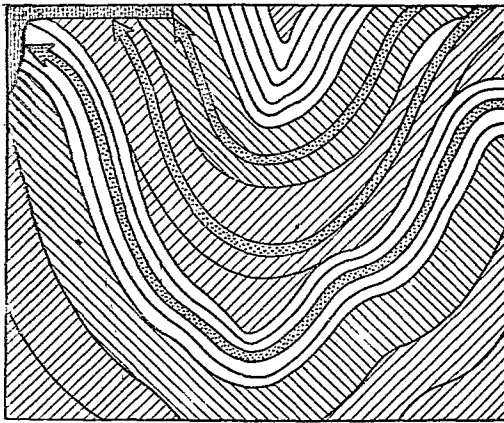
-  長期草地佔不規則之面積
-  玉米
-  燕麥
-  耕作之草地
-  階壁
-  階田之排水出路

第三十七及三十八圖 田地分條及階田合併法。四年輪作。

第一年



第二年



土壤之冲刷與控制

第三十九及四十圖 田地分條及階田合併法。三年輪作。

作物分條法可以單用，亦可以用階田法合併應用。又可作為階田之先驅，於述得撒實例中已略述之。

第四十二圖為未採用階田法，僅用田地分條法之佈置情形，該年為輪作玉蜀黍。條之寬度，在最窄處為三十英尺。如將田地中心部分之中央地條加寬，更可以減除短行之弱點。

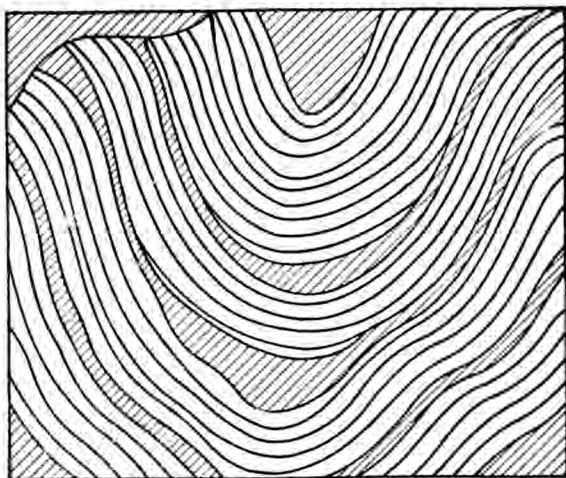
第四十三圖，為於第四十二圖所示之土地上修築階田後條種之情況。密生作物夾種於階田之中部，以減少短行。條長為穿過整個田地者，於作物收穫時頗易處理。

條種之最大優點，為費用省，而實施易。其所費不能超越任一輪作法之開辦費。測量雖屬重要，然可不用。雖為之，亦甚容易，凡能使農用水準儀者（參看第六章），皆可測量。所用之人工並不增加。對於施用任何農具，皆無妨礙。無經常費用之開支。行之長短，毫不受限制，故農具之拖拉可以減少。條種亦不抵觸農夫所認為適當之農作方法。可單獨應用，亦可與階田合併應用，若田地坡度大於百分之八時，兼用之實可為階田之一優良輔助。

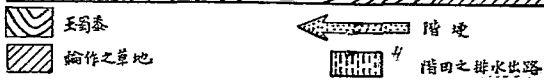
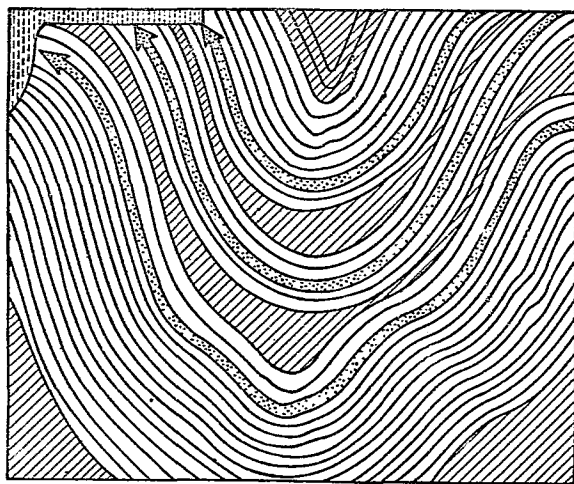
條種之弱點則為於不規則及割裂之田地上劃定困難，在許多地段，不易使其寬度一致。但此種不規則之面積，可種以長期生長之草或苜蓿，或增加密生作物田地之寬度，藉以補救此種缺陷。



第四十一圖 階田，等高種植，條分作物之合併法。二人所立之處，為相鄰二階埂之坡。



第四十二圖 非階田之作物條分法。



第四十三圖 階田之作物條分法。三年輪作。

條種，如同其他之沿等高線農作者，作物難以成直行，亦不能採用玉蜀黍點播法（即橫直行成如棋盤式分佈）。但此等弱點僅為想像者，事實上凡適於條種之田地，行之直否，則不成問題。如採用輪作之法，玉蜀黍點播法，亦非所要，蓋以雜草之為害，並不嚴重。而節制之法，僅為防雜草耳。故此項弱點亦不重要。

因條種於田地周圍不能安置籬笆，恐第二次放牧之草地與第一次者不能分離，而受損害。然亦有補救之道，可將條種之田分為二相等之面積。將玉蜀黍及第一年草相間種於一田，將穀梁作物及第二年草種於他田。後者於穀梁作物收成後，即可放牧，而前者則必候玉蜀黍剝苞後始可放牧，如是則第二次之放牧已因之延緩也。

條種最大之弱點，為其效能無論在實地上，或試驗上尙未十分確定（階田亦然）。但在防止沖刷計劃中，仍不失為最有價值之方策也。

第五節 長期草原之功能

若田地之坡較陡，不宜於耕耘者，最經濟之種植，則為培養長期牧草。如草原之設施專為防沖者，勿

使放牧過度，並應時施肥料。至於草原中水量之儲蓄，洪水之預防，以及肥料之走失等，亦應加以適當之處理及防範。

草原中如做階田之意，對於土地加以整理，亦有儲水之功能。最近又發明一種機械，用以增進地面之儲水量。如第四十四圖，即其一種，為愛我華州立專門學校之考林斯 (E. V. Collins) 所製造，能掘三英尺半寬，八英尺長，一英尺深之坑，可容三英寸之雨量，坑之大小，絕不妨礙車輛之行駛。此種機器，只可應用於長期草原或果園，蓋以雖將一部分草皮掘去，亦可無大害也。

在烏台 (Utah) 州中部，有二處試驗場，其一為十一又三分之一英畝，其一為九英畝。關於雨量逕



第四十四圖 草原或果園中開掘蓄水坑機器之試用。

流及夏日之沖刷，已有十五年之記錄；關於雪融及沖刷，有七年之記錄。其第一場之面積，初則有百分之十六為植物所覆蓋，繼則增至百分之四十，並作沖刷之比較，第二場則在十五年內，覆蓋面積為百分之四十。福斯林 (O. F. Forsling) 研究之結論曰：

「當植物覆蓋面積為百分之十六時，夏日之雨量所生之逕流，僅當全年逕流百分之四·六，但此少量之逕流，竟能發生百分之八四·五之沖刷。其餘逕流則由於雪融，但所生之沖刷甚少。於植物覆蓋增至百分之四十時，夏日之雨量所生之逕流，僅當全年逕流百分之一·三。增加植物之密度，自百分之十六至四十，並改植密根植物，減低雨量之逕流者百分之六十四，雨量之沖刷者百分之五十四。減低雪水之沖刷者百分之五十七，但未能減低雪水之逕流也。」

「自此試驗之結果，顯示適當之植物對於減低逕流及抵抗沖刷之能力甚大。亦顯示有規律放牧之重要，免致草皮為牛羊所食盡。蓋以覆蓋愈佳，其保護力亦愈強也。」

「因牧畜過度，常得惡劣之結果，故對於牲畜食草，應加以節制，俾有適當之草皮，凡減少或毀滅地面之覆蓋者，即減少或毀滅其生產力。至於維護之細則，經多數專家研究，擬定之如下：實行輪牧或其他方法，俾植物有重生之機會；規定放牧之季節，免致春日放牧過早，及秋日過勤；保存牧場，勿任過於使用；牲畜

食草時使其普遍，勿偏重一處，亦勿使其踐踏一處，久而成路，並防制田中之齧齒動物。

「牧畜過度之草原，須要特別注意，每年必下種子，並令一部分植物，使其速於長成。

更可延緩放牧之期，以待植物落種之後，乃薄事齧食，俾地面留有充分之覆蓋，以便增加阻止逕流之能力。延緩而輕微之放牧，較之不放牧者，更爲有益，蓋以牲畜之踐踏，幫助植物落下種子之種植也。於必要時，亦可絕對禁止放牧，俾得適當之保護，在坡度過陡，土壤鬆散或牲畜踐踏易成路逕之地，因之變爲沖刷之溝者，應加特別之注意。」

凡坡度陡峻之地，不堪耕種，欲改爲長期



第四十五圖 草原等高脊之鳥瞰圖。

草原者，或以舊草原牧畜過度，或以乾旱毀壞，欲恢復其生機者，每應用「脊狀等高線法」(Contour ridging)。

欲以此法開發草原，必先剷除地面上之灌木、雜草、殘株及其他分散零亂而無補於防沖之草皮。

使草原為適於「脊狀等高線法」者，應依照以下之程序辦理之：

(一) 剷除殘株斷根及不適合之樹木。

(二) 阻止莠草之生長，刈之，或拔之。

(三) 將舊地治平。

(四) 以犁整平溝濠。

(五) 如於將退休之已墾田地改造為脊狀等高線時，則前一季最好種燕麥或其他之穀梁作物。

劃定或修築土脊時，應按下列之程序：

(一) 校正水準儀(參閱第六章)。

(二) 先於田坡之上端，劃定第一道等高線(每格二十五英尺打一木樑)。

(三) 於坡之最陡處，自第一線下量十二英尺，即於此處劃定第二道等高線。如是作法，直至劃完。

(四)將等高線耕犁一行，作為標記。鏟形犁即可供此之用。

(五)用十二英寸之翻土犁，自等高線下六至八尺起，耕犁一轉(Round)，並將土壤向下坡翻積。

(六)犁至田地終點，則將犁槽向上轉。不可越過山谷或深溝，換言之，即於近谷或溝之處向上轉。

(七)土脊之作成，可用長犁片式之修築階田犁(參閱第九十三圖)，培修一轉或數轉，自下坡作起，將土先向上翻積。最後用同樣之犁，於上坡培修一轉，以已標出之等高線為耕犁之處。(若無長片之階田用犁時，可於普通犁片上，加繫一英寸厚，六英寸寬，三十一英寸長之木板以代之。)

(八)為阻止脊之低處因積水之漫決計，可於低處之左右兩方，約各為二十五英尺處，用土堵截，免致聚積。

第六節 森林之功能

森林不僅有防止沖刷及節制逕流之功能，且可點綴風景，增加收入。平均計之，於森林種植之後，每英畝每年可生產一考得(Cord)等於一百二十八立方英尺之燒柴，或一百五十木料尺(Board Feet)一木料尺等於一英尺見方，一英寸厚之木料)之木料。

但本書所論之森林爲保護土壤之用者。故對於現有森林之保護，改良及其地域之擴充，特爲重視之也。

已有森林之保護，爲火焚之控制，牧畜之禁止，砍伐之選擇是也。所謂砍伐之選擇者，即保留茂盛之樹木，砍伐不健全及劣種之樹株也。爲沖刷之防止計，樹株愈密愈佳，故砍伐宜節。坡度陡峻之地，森林對於防沖有顯著之成效。然常有於森林中種草以放牧者，其意以種草與森林同等防沖之能力也。但森林中牧畜與防沖兼用，頗難得滿意之結果。若森林之收入，非關重要，而且地面較平坦者，亦可兼爲放牧之用。但仍以能避免之爲佳。

爲防沖而造林者，不外兩種原因，（一）其他之防沖方法不合用或不經濟，則以森林爲土壤之保護；（二）森林可以獲利，故於不適耕種或種草之地，改植森林。此兩種目的可以兼顧。若草類或其他植物能自然生長繁茂者，且對於牧畜有相當節制，火焚有適合之保障者，森林並非爲防沖所絕對必要者。惟自然之草類不合應用，而坡度且陡之處，自以改造森林爲宜。關於此項問題，將於第十三章中詳論之。

第七節 階田之功能



第四十六圖 森林失當之砍伐，以致溝壑橫生。



第四十七圖 森林適當之處理，大者砍伐以時，小者培植生長。

利用階田以防止沖刷，實爲地表之排水問題，宛如城市中街道之水沿路槽而流入隧道，更入於排水渠也。自第四十八及四十九圖，可見新式之階田，無異於山坡上排成一組廣平之波紋田地。每階按一定距離劃分之，階田在縱方（與階埂順行者），亦有相當之降坡，俾剩餘之水以較低之速率下流。每一階段無異爲一寬淺之截水渠，以截留山坡下行之水，再以極緩慢速度，於階槽中引之他去。如是，則山坡之流水，難達過高之速率，因之而沖刷減低。

至於階田之設計及修築，必按照一定之標準。本章僅述其普通觀點，詳細容以後各章論之。

欲防制耕田之沖刷，階田法業已普遍採用，且經試驗之後，證明其確爲有效方法。於有坡之田野耕種，致使地面暴露，本非自然之狀態，乃由人爲之設施，故亦需人功之防制，此乃合理之糾正，固無可異也。如田野種植疏散之行播作物，於採用階田法後，每年每英畝可阻止上層肥土三十至四十噸之沖去，收效亦偉矣。

美國有五處試驗場，研究階田之效能，其所得土壤及水分節制之確切數目，列成第九表。此等記錄不得視爲最後之結論。蓋以各場環境之複雜及逕流情形之古怪，難使其盡同也。然因階田之引用，大量土壤之節省，實爲絕對相同之結論也。所最可注意者，卽爲古斯里場。於平緩之坡度上，採用階田制，



第四十八圖 坡地上新式階田之風景。



第四十九圖 階田長有初生麥苗之鳥瞰圖。

較之未採用者，一九三二年中每英畝可節省八十四噸之土壤。二地之作物，完全相同，即最初為休息，至五月十五日種棉花，以迄十月十五日，以後則種麥也。

一九三四年美國農業部年報載威斯康新州拉可勞斯地方種大麥之田地，其採用階田制者，每畝損失一五〇磅，同樣之地，未採用階田制者，則損失七二〇磅。此種損失乃由於兩次降雨所致，其總量為三·五英寸也。

第九表 採用及未採用階田制之每年土壤損失及逕流數

| 區名及年份 | 全年雨量 (英寸) | 處理方法 | 坡度 (百分數) | 土壤損失 (每英畝噸數) | 階田當非階田 損失之百分數 | 逕流 (百分數) | 作物 |
|-----------------|--------------|------|-------------|-----------------|------------------|-------------|------------------|
| 古斯里 (一九三一年) | 二七·三 | 階田 | 五·五 | 四三·九五 | 二·八 | 一〇·七 | 初生燕麥，長成豆 |
| 古斯里 (一九三二年) | 三六·二 | 階田 | 五·五 | 八八·〇六 | 四·六 | 一三·三 | 休種棉花，冬麥。 |
| 古斯里 (一九三三年) | 三〇·四 | 階田 | 五·四 | 六〇·三三 | 二·二 | 一〇·八 | 冬麥，棉花，棉衣 |
| 古斯里 平均 | 三一·三 | 非階田 | | 六四·二二 | 三·四 | 一八·六 | |
| 泰萊 (一九三三年) | 四五·七 | 非階田 | 七·五 | 四一·五五 | 一·一 | 六·五 | 棉花繼以秋燕麥。 |
| 拉可勞斯 (一九三三年) | 二六·八 | 非階田 | 三·一 | 三一·七三 | 七·〇 | 四·九 | 大麥繼以苜蓿。 |
| 拜薩 (一九三三年) | 三一·七 | 非階田 | 六·八 | 二七·〇九 | 一一·八 | 九·七 | 棉花繼以甜苜蓿，冬麥繼以豆之後。 |

| | | | | | | | | |
|------------|------|-----|-----|---|-------|------|------|----------|
| 蒲爾巒(一九三三年) | 二八·八 | 非階田 | 二〇〇 | 丙 | 二二·五三 | 二二·六 | 一〇〇 | 冬麥，冬麥殘株。 |
| 蒲爾巒平均値 | 二六·六 | 非階田 | 二〇〇 | 丙 | 二一·五六 | 二二·三 | 二四·八 | 冬麥殘株，休種。 |
| 蒲爾巒平均値 | 二六·六 | 非階田 | 二〇〇 | 丙 | 二一·五六 | 二二·三 | 二四·八 | 冬麥殘株，休種。 |

附註 (甲) 爲階田之作物。非階田者爲冬季黑麥，長成豇豆，及冬季麥。其他各區各年之作物，無論階田及非階田皆爲相同。

相同。

(乙) 溝壑及水道爲以梢壩護之者。

(丙) 約數。

(丁) 蒲爾巒爲 (Pulman) 之譯音。

在拜薩內，於一次降雨一·一七英寸時，同等之田地，皆種以麥，其非階田部分之損失爲每英畝二一〇〇磅，階田部分者，僅六〇磅。

第九表各試驗場地內之土壤及水分之損失，皆以精細慎重之法量之（參閱第十四章之說明）。非階田之量法爲將大箱置於地之低端，俾使所有逕流之水，及冲刷之土，皆得流入而測量之。在階田上，則將箱槽置於每階段之出口處。

階壇間之距離多相等，亦每等於試驗壟之長度，已如以前所論。是故若二者之土壤，坡度及作物相

同，則自階田出口處所量損失，與試驗階田之結果，應有若干之關連。但因素甚為複雜，蓋以由窄條之試驗階田與寬廣之田野較，難盡合也。如於階田出口處所量之土壤損失，少於試驗階田者，則似屬可能。以田地損失之土壤，或積於溝內，未必盡流入階田下段之箱內也。

階田之弱點，論者亦不一。若修築之費用高，維持感困難也；若農作之方法及習慣，有時完全更改也；若階田排水出路，如非天然之排水道，因流水之集中，有時發生損害也；若如表土層薄，階槽中下層土之暴露也；若初二年內之雨後，必隨時修葺之，否則其害勝於利也，等等，亦盡有理由。是故欲維持階田之效能，必輔以田地之整理，農作之改良也。

反言之，若以保藏資源為中心，控制上項之弱點，並非困難。況失當之種植，數年之後，沃野即變石田耶？他若土壤之保存，水分之儲蓄，（於雨量稀少之地可將階槽建為平者，並將其兩端截堵，以增加蓄水能力。）肥料效能之增強，收穫之增加，及地價之提高等，此數端皆其優點，足以彌補弱點而有餘。又可事實證之，階田之採用已有多數，且推廣甚速，有眼光之農夫，無不欲試之也。美國現（一九三六年）有一七、〇〇〇、〇〇〇英畝階田，仍長足進展無已也。施於未墾之地，階田之費用最省，而效亦特著。若施於表土已被剝削，而溝壑遍地者，則費用高，收效亦較難也。

第四章 雨量與逕流

逕流之來源爲降雨。無論其形狀爲雨爲露爲雪，皆屬此類也。以地球爲單位，雖蒸發及降雨之總量相等，但降雨之特性及分佈，在氣象學定律中，尙未能完全確定。然若雨量記錄，經長期之登載，且範圍甚廣，遍各地之搜集，則可據而研究之也。

有因雪融而發生冲刷及洪水之現象者，但除特殊情形外，各種建築，若能容納或控制臨界雨量 (Critical rains)，必能容納或控制雪融之水流。是故對於降雨之研究，普通每除雪不論，而只限於雨水性質之探求。

自雨量記錄，吾人深信以下之雨量特性頗爲可信：

- (一) 極密之暴雨，僅限較小之面積，及較短之時間。
- (二) 降雨之延至數日者，其面積必廣，而密度亦低。
- (三) 任一降雨之大小及密度，與其平均頻率有直接之關係。

(四)某地之全年雨量，與在已定時期內暴雨之次數及大小，無密切之關係。

(五)每年雨量之平均值或總和，可作為指示逕流總量多寡之準則，逕流量常小於「臨界率」。

逕流之臨界率 (Critical rate) 者，乃就經濟之可能範圍內，所設置之渠槽，使能容納之流量（每單位時間水流之體積）也。

第五十圖為我國東南部各省全年平均雨量之分佈及數量圖。圖中之曲線，為連綴等雨量之各地點而成者。凡在同一線上者，皆表示全年有相同之平均雨量，以公厘計。此乃自記錄中採取各年之平均值，故任一年之雨量，與此數當不能盡同。此圖僅能表示各地全年之雨量，不能表示各日雨量之分配情形。關於我國雨量之各種詳細性質及分佈情形，皆由中央氣象研究所公佈之。

影響於逕流之因素，已於第二章中述之。大別可分為兩類，即雨量之性質及流域之性質也。故發生最大量之逕流，及流速者，必為密度極高，期間較暫之雨量，降於有起伏而面積較小之地域者。

流域性質之能影響於逕流量及速率者，若土壤之類別，抗沖力及其物理性質；坡度之陡緩，及其長短，植物之種類，及其分佈；流域之形狀及其大小；以及排水系統之設施情形等是也。

集中之時間 (Time of concentration) 頗為研究逕流之重要因素。此時間之量法，為根據本流



第五十圖 我國全年雨量分佈圖。

域內，距排水出路最遠之處，考察自此點流至出路之路線，及所需之時間，因之可以計算自流域各點流水之速度。各處逕流，皆達到出口之時間，即為集中之時間。換言之，發生最大流量之時，必為全流域之水初集於排水出口之時。故任一流域之「臨界雨量」(Critical rain)即其降落時間，等於「集中之時間」也。然以集中之時間，又以前述各因素而變，故每一流域有其各自之數量，臨界雨量亦然。降雨之密度愈大，其降落之時期愈短，此氣象學上之常識也。是故於一已知大小及形狀之流域內，如其集中時間愈長者，則其從事應付之降雨密度亦愈低也。

為設計防冲之建築物計，欲有適當之容量，以供需求者，則對於臨界逕流，不可不加以定量之分析。下列公式可資應用：

$$Q = CIA$$

其中 Q 表示逕流之臨界率，以每秒若干立方英尺計。

C 表示逕流係數，亦即為逕流率與降雨率之比例。

I 表示雨量之密度，以每英畝每秒若干立方英尺計，此單位適與以每點鐘降雨若干英寸為單位者之數值相同。

A 表示流域面積，以英畝計。

此公式爲雷木賽 (C. E. Ramsay) 研究較小農田逕流率及降雨率之結果。由此所得逕流臨界率之精確度，當以各因素中之最欠精確者爲衡。

以吾人現有之知識論，所最難估定之數值爲係數 C，及有關降雨率之「集中之時間」。流域之面積可自地圖或測量得之。

雷木賽對於面積較小之田地，擬定 C 之數值如下：

流域之情況

C 之數值

| | |
|---------------------------|------|
| 有起伏之已墾地，坡度在百分之五至十之間者..... | ○·六〇 |
| 崎嶇之已墾地，坡度在百分之十至三十之間者..... | ○·七二 |
| 有起伏之草原，坡度在百分之五至十之間者..... | ○·三六 |
| 崎嶇之草原，坡度在百分之十至三十之間者..... | ○·四二 |
| 有起伏之森林，坡度在百分之五至十之間者..... | ○·一八 |
| 崎嶇之森林，坡度在百分之十至三十之間者..... | ○·二一 |

附註 以上之數字，僅適用於一千英畝以下之田野，若較大之面積，C之數值，可按下數估定。

| | | | |
|---------|-----------|----------|----------|
| 面積以方英里計 | 一至五 | 六至五〇 | 五〇至二〇〇 |
| C之值 | 〇.11至〇.13 | 〇.1至〇.11 | 〇.〇五至〇.1 |

係數C包含影響於逕流之各種因素。雷氏所擬之值較高，故可應用於土壤之滲透性低者。但為安全起見，除確知土壤之吸水能力特大時，仍以採用此值為宜。前兩章內所附之圖表，亦可作為增減此值之參考。

集中時間之估計，精確與否，則因集中水流之途徑，及其速率如何求得為衡。然「集中之時間」之計算，亦並非如想像者之困難。蓋以各流域中，水流皆按一定之排水道，是故比較各流域之集中時間，則只有水流所經路線之遠近，為一變量。如各流域中之坡度無有特別差異時，則「集中之時間」，為流域面積之函數。以下所附之表，可作為估計集中時間之參考。此表之假定，即設排水道之坡度約為百分之五時，「集中時間」之最小值也。然以流域之土壤，覆蓋及坡度等，皆包括於逕流係數C內，是故「集中時間」所表示者，僅作為選擇降雨或雨量密度之指數而已。凡有能使「集中時間」增長者，不只能加多土壤吸水之機會，亦且減低發生危險流量之降雨密度，因之減低逕流率。

| 流域面積 (英畝) | 集中時間 (分) | 流域面積 (英畝) | 集中時間 (分) | 流域面積 (英畝) | 集中時間 (分) | 流域面積 (英畝) | 集中時間 (分) |
|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|
| 一 | 一·四 | 三〇 | 八·〇 | 三〇〇 | 二九 | 七〇〇 | 五三 |
| 三 | 三·〇 | 五〇 | 一二·〇 | 四〇〇 | 三五 | 八〇〇 | 六〇 |
| 五 | 三·五 | 一〇〇 | 一七·〇 | 五〇〇 | 四一 | 九〇〇 | 六七 |
| 一〇 | 四·〇 | 二〇〇 | 二三·〇 | 六〇〇 | 四七 | 一〇〇〇 | 七五 |
| 二〇 | 四·八 | | | | | | |

第一節 雨量之密度

雨量之臨界率 (Critical rate of rain fall) 爲在等於「集中時間」之時期內，連續降雨之平均密度 (以每點鐘若干英寸計)。雖在相等之時期，或「集中時間」，而臨界雨量，又因所在之地域，及選定頻率 (Frequency) 之長短而異。

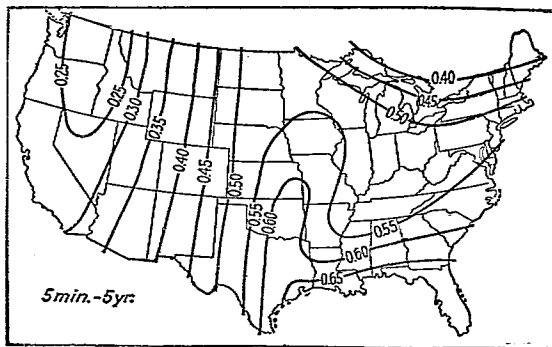
選擇頻率之長短，乃係一經濟問題。如將頻率之時間延長，則降雨之密度增加，逕流之量亦加。因此須增加防護之設備，其所多費之金錢，須與無此防護設備之增加時，因遇此雨量所受之損失，兩相比較，

權衡輕重，方能定頻率之延長，是否合算也。換言之，若欲防護記錄中或估計中最密高度之雨量，乃事實上所不可能者。是必先決定欲防備幾年內所遇之密度，亦即為幾年內所遇之洪流，如每年，五年，十年，二十五年，五十年或一百年等。在防沖之各項建築中，所採之頻率多為五年或十年者，於此期內，如有損毀，可加以修理，其費用較設備較大之容量，在較長之時期內僅用一次者，當為經濟也。但若建築一極大之工程時，若大土壩等，每因漫溢，而致全建築毀滅，如此，則所採之頻率，必超過十年，以五十年或更久者為宜。總之，對任一問題，若無經濟之計算，不可貿然決定也。

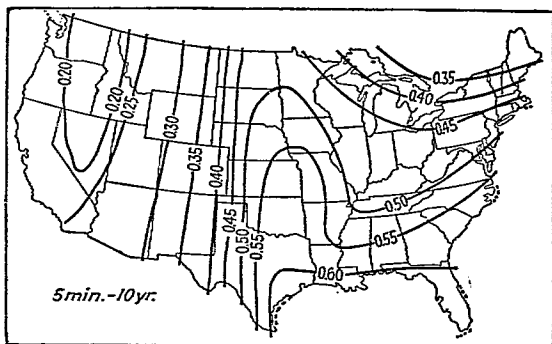
設問題中流域之地址及地形為已知，集中之時間及適當之頻率亦已估定，所餘者為求降雨率，以便解算 $Q = CIA$ 公式。但降雨率必由各該地附近長時期之雨量記載得之。

第五十一至六十八圖，為採自美國農業部發表之專刊，各表示「密度頻率」圖。此諸圖乃由多數統計家自一八八八年後所有之氣象記載研究而成。因高密度之降雨，為時皆暫，是故欲有精密之記載，皆由自記雨量器觀測之。

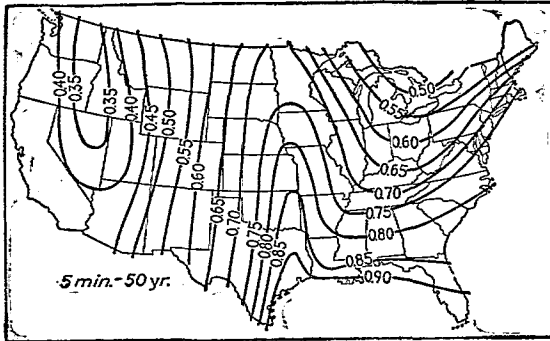
若密度及頻率之數值，為圖中所無者，可用比例折中法估計之。若降雨之時期小於五分鐘者（圖中無有），設以十年為頻率，則可採用下列之平均值：



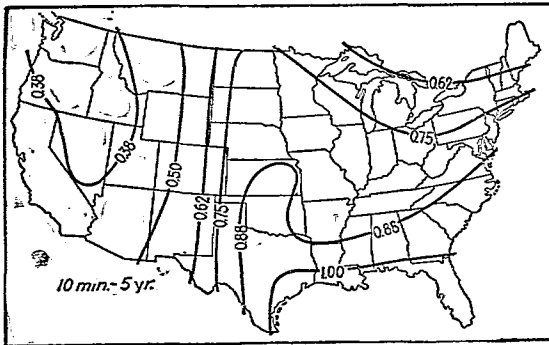
第五十一圖 美國每五年可遇之五分鐘雨量(英寸)。



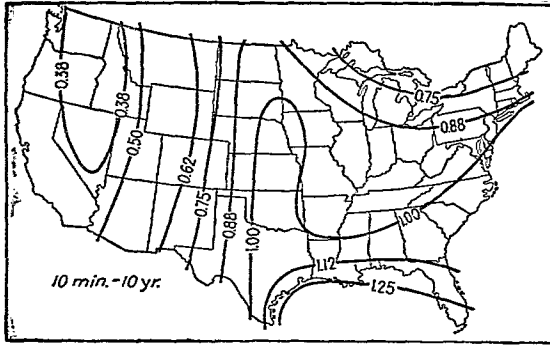
第五十二圖 美國每十年可遇之五分鐘雨量(英寸)。



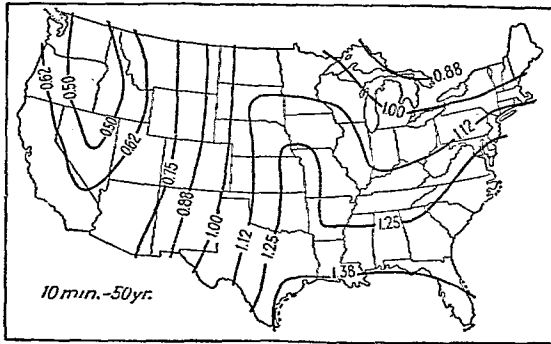
第五十三圖 美國每五十年可遇之五分鐘雨量(英寸)。



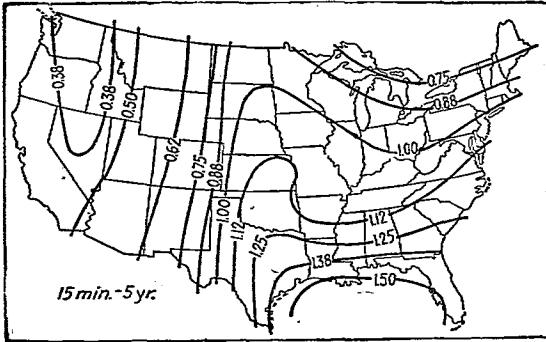
第五十四圖 美國每五年可遇之十分鐘雨量(英寸)。



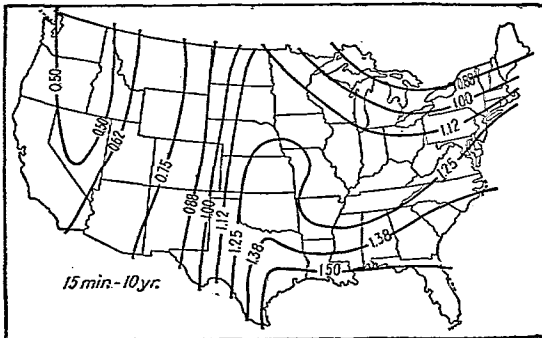
第五十五圖 美國每十年可遇之十分鐘雨量(英寸)。



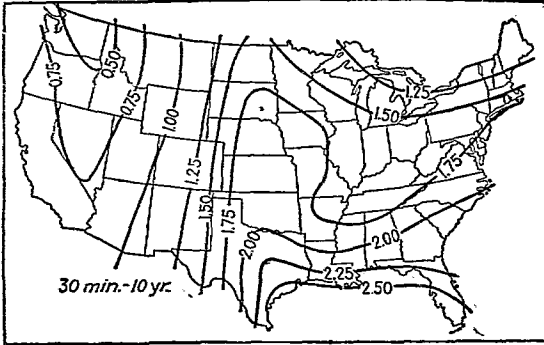
第五十六圖 美國每五十年可遇之十分鐘雨量(英寸)。



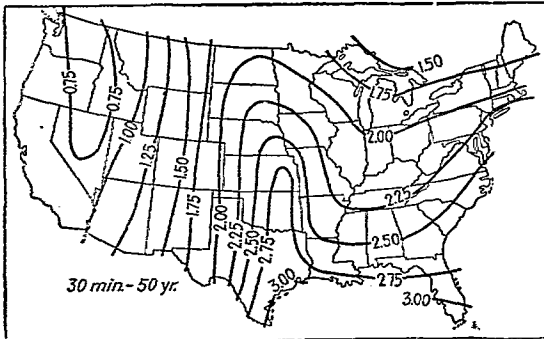
第五十七圖 美國每五年可遇之十五分鐘雨量(英寸)。



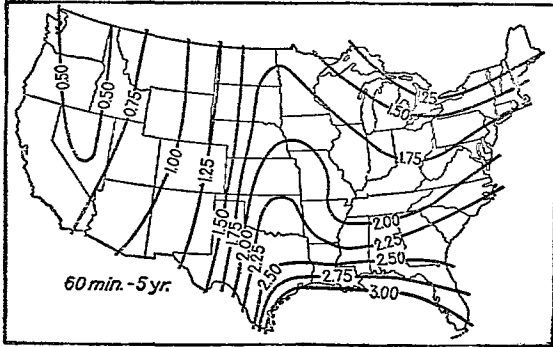
第五十八圖 美國每十年可遇之十五分鐘雨量(英寸)。



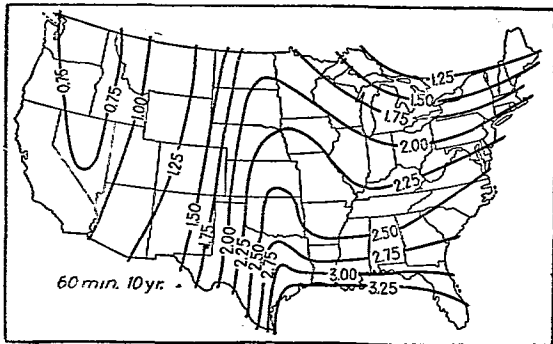
第六十一圖 美國每十年可遇之三十分鐘雨量(英寸)。



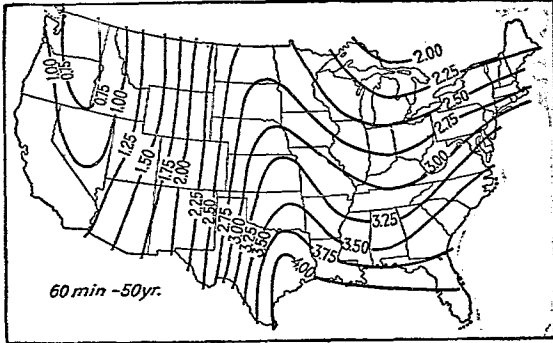
第六十二圖 美國每五十年可遇之三十分鐘雨量(英寸)。



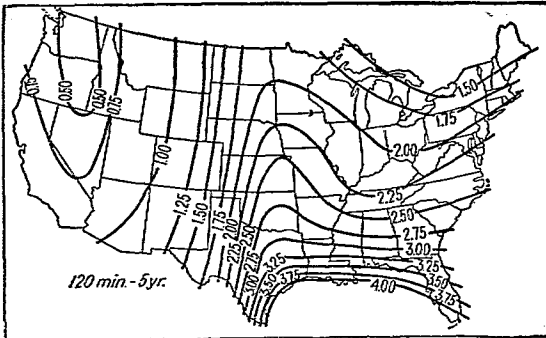
第六十三圖 美國每五年可遇之一小時雨量(英寸)。



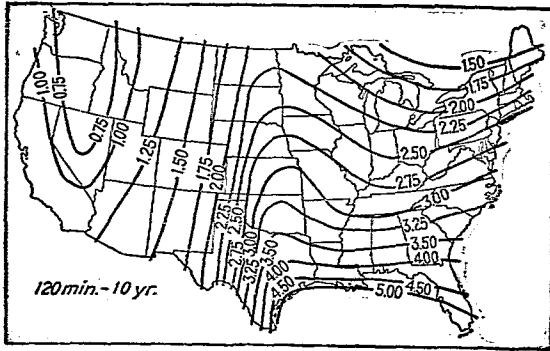
第六十四圖 美國每十年可遇之一小時雨量(英寸)。



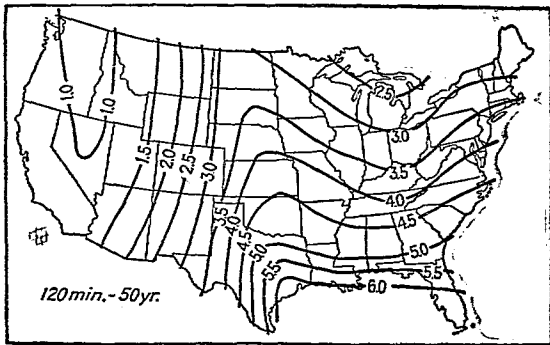
第六十五圖 美國每五十年可遇之一小時雨量(英寸)。



第六十六圖 美國每五年可遇之二小時雨量(英寸)。



第六十七圖 美國每十年可遇之二小時雨量(英寸)。



第六十八圖 美國每五十年可遇之二小時雨量(英寸)。

| 降 雨 時 期(分) | 雨 量(英 寸) | 降 雨 率(每點鐘英寸) |
|------------|----------|--------------|
| 一·四 | 〇·二六 | 一一 |
| 三·〇 | 〇·五〇 | 一〇 |
| 三·五 | 〇·五二 | 九 |
| 四·〇 | 〇·五三 | 八 |

第二節 應用之舉例

爲說明上項記錄之應用，及公式之解算起見，今假設於譚納席州之約克遜(Jackson, Tennessee)地方，有山地之農田一塊，面積爲二〇·七英畝，最大之逕流率，以十年中所可遇之最大者爲限。流域中之排水道情形良好，自上游以迄排水出路之長度爲一二〇〇英尺，平均之降坡爲百分之四·八九。排水道中水流之速率，爲每分鐘二四五英尺，(求速率之法，另有公式，見第五章)則集中之時間爲五分鐘(幾與前表所列流域爲二〇英畝者之值相同)。

參考第五十二圖，求得譚納席州十年一次之五分鐘降雨爲〇·五五英寸。亦卽爲每點鐘六·六

英寸。

此地之土壤爲萊克星塘植質壤母 (Lexington silt loam)，因連年種植棉花，未加適當保護，土壤之冲刷殊甚。下層土壤較爲不透水者，經初步之勘測後擬將一〇英寸，或爲百分之四十八，作爲山野耕種之地，七·七英畝，或百分之三八作爲山野草原，三英畝，或百分之一四，作爲山野造林。自求C之表中，按其相當情形，求出各種地之數值，再以各該地佔全面積之百分數乘之，然後求其和，爲〇·五四，即爲逕流係數。

代入 $Q = CIA$ 即得

$$Q = (0.54) (6.6) (20.7) = 73.6 \text{ 秒立方英尺。}$$

亦即爲上述情形之逕流臨界率。

今更舉一階田之例，以求其逕流之數值。設於得撒之西中部，有一二〇〇英尺長之階田，求在每三〇〇英尺段之一端之臨界逕率，並知其田地之平均坡度爲百分之六。土壤之情形，如在未採用階田法時，逕流之係數爲〇·六〇，但今既改爲階田，土壤及作物之處理甚爲得法，則此係數可減爲〇·三六（關於核減之標準，參閱本章末之附註說明）。此階田與其上之埤間之斜坡距離爲六〇英尺，則三〇

○英尺一段之階田，可有面積○·四一英畝（關於計算面積之法參閱附錄）。

今設沿田坡而下之水流速率，爲每秒三英尺，其在階槽（Terrace channel），者爲一·五秒英尺，則在各三〇〇英尺段之下端之集中時間爲三·七七〇，一〇·三及一三·六分。今更定五年之頻率，爲所採用者，則以上各集中時間之降雨量（自第五十一、五十四及五十七圖及五分鐘以下之附表按比例法求得之）爲每點鐘八·六五·六五·二及四·六英寸。

將以上之數值，代入 $Q = CIA$ 公式，則逕流之速率結果如下：

第一個三〇〇英尺段。

$$Q = (0.36)(8.6)(0.41) = 1.27 \text{ 秒立方英尺。}$$

第二個三〇〇英尺段。

$$Q = (0.36)(5.6)(0.82) = 1.65 \text{ 秒立方英尺。}$$

第三個三〇〇英尺段。

$$Q = (0.36)(5.2)(1.28) = 2.30 \text{ 秒立方英尺。}$$

第四個三〇〇英尺段。

$$Q = (0.36)(4.6)(1.64) = 2.72 \text{ 秒立方英尺。}$$

於此所應聲明者，以上所得之逕流率，乃根據五年之頻率，故數值較低。普通皆以十年為計算之單位，故逕流係數必大於 0.36 。但計算之方法，不論數值之大小則相同，本題乃其一例耳。

附註

已採用階田法之田畝，自以前諸法所得之逕流係數，可根據以下原則，加以核減：

- (一) 流域面積一英畝者，用以前係數百分之六〇。
- (二) 流域面積一〇英畝者，用以前係數百分之七〇。
- (三) 流域面積二〇英畝者，用以前係數百分之七五。
- (四) 流域面積一〇〇英畝者，用以前係數百分之九〇。

第五章 階田之設計

階田之法，已有悠久之歷史，蓋以山坡之田，每爲農作便利計，即築成階田也。我國西北各地，尤爲顯著。蓋以黃土高原地層極深，又以沖刷之故，將山坡修整如階台，級級漸高，每級之地整治平坦，四周圍以矮埂，以防水之漫流，而免沖刷之厄。四川因山坡多有水田，階田亦甚普遍。其他若日本及菲利濱亦多採用之，歐洲則間有用之者。故可名之曰東亞式階田，亦可名之爲階台式階田（*Banch terraces*）。此等階田，以其形如階，乃名實相符也（參閱第六十九圖）。



第六十九圖 台階式階田之圖

美國所習用者爲淺槽式（*Shallow-channel type*）階田（參閱第四十八及四十九圖）。其階

之形狀，不若前者之顯著，每階宛如一寬而淺之河槽，中窪而兩岸稍高耳。其初階埂之底較窄，於五十年前始有採用寬底者。是故所謂階埂者，乃宛似一較平坦疇野中之縐紋耳。窄底式者，現已不應，蓋以既易爲水所沖決，埂上又不能耕種，農作時器具超越爲難，故弱點殊多。

階台式階田雖爲山區耕種所必要之處，但就一般土地而言，仍以淺槽式者爲宜。故本書將介紹寬底淺槽式之階田於國人也。

第一節 設計之理論

在原理上言之，階田之整理，無異於在有坡度之田野，橫斷坡度，建修許多排水渠道，以截斷水流之途徑，免致發生有損壞之速率，並使水流於槽中，速率平緩，運送於有防護之排水渠道中。此等截斷水流，減緩速率之排水槽，乃由田中挑出之土，堆積寬闊低矮之埂所成。第一道階埂，修築於坡田之上部，務使能阻止沖刷之開始，其他則沿坡度而下，逐段修之，亦以避免沖刷爲原則。普通習慣，階埂之修築，不必嚴順等高線進行，使之稍有向下之坡，如是則一階之田，在縱的方向，亦可有向下之微坡，故埂以上槽內之積水，亦可沿埂向下緩流，以達地畔之適當排水渠道。

階槽之大小及其降坡，以無沖刷及漫溢之現象，且能容載最大之逕流為準則，最大之逕流，或臨界逕流，以 $Q = CIA$ 公式定之已如前章所述。公式中之 A ，因階田之長，兩埂相距之寬，及其上鄰之階田情形，——或至於坡之最上部——而定（計算之法參閱附錄）。

第二節 階段之距離

階壇間之距離 (Terrace spacing)，以不使其間之田地，有沖刷之現象為衡。而影響於沖刷者，則又為田野之坡度、土壤及其農作之情形。為節省修築之費用，及減少農作之妨礙計，在一定之限制內，愈寬愈佳。距離之寬者，需要較大之階槽，以本階之面積較大，故流量亦多也。然增寬階壇之距離，即能增加「集中之時間」，因之減低降雨臨界率及逕流係數。故其計亦得也。

階壇之距離，每以兩鄰壇之高度差表示之；換言之，即二壇之垂直距離也。求此垂直距離，有一簡便之經驗求法，即田地坡度之百分數字加三，再以二除之即得。例如百分之五之坡度，表示每一百英尺降落五英尺，五加三以二除之得四，即為應有之垂直距離也。此乃由經驗所得之法，僅可用於坡度在百分之六以下者。第十表所示者，為壇距適當之平均值。但確切之數目，仍須參照各地之經驗定之。

第十表 階壇間之距離及每英畝合計之階壇長度

| 田地之坡度 (每百英尺之英尺數) | 階壇間之垂直距離(英尺) | | 階壇間之距離(英尺) | 坡度整齊時每英畝 合計階壇長度(英尺) |
|---------------------|--------------|------|------------|------------------------|
| | 美國北部 | 美國南部 | | |
| 二 | 二·七五 | 二·五〇 | 一三·七·五〇 | 三三〇 |
| 四 | 三·四〇 | 三·〇〇 | 八五·〇〇 | 五一五 |
| 六 | 四·〇〇 | 三·五〇 | 六六·六七 | 六五五 |
| 八 | 四·七五 | 四·〇〇 | 五九·三七 | 七四五 |
| 一〇 | 五·五〇 | 四·五〇 | 五五·〇〇 | 七九五 |
| 一二 | 六·三〇 | 五·〇〇 | 五二·五〇 | 八三〇 |
| 一四 | 七·一〇 | 五·五〇 | 五〇·七一 | 八六〇 |

第十一表爲對於亞拉巴瑪及趙州涯(Georgia)二州所擬定之階田寬度,第十二表爲美國聯邦及各州政府對於各地所擬定之數值,於此可作一比較。數值相差之原因,大概因各家觀點之不同。有者

以未修築階田時，田地已使用過度，致有荒脊之現象為觀點者，有者以假定於階田修築後，防沖之能力增加，肥料之效力亦宏，更因水分充足，農作得法等為觀點者。但除有確定之把握外，仍以前者為安全。

第十一表 對於亞拉巴瑪及趙州涯地方所擬定之階田寬度

| 階田之坡度（每百英尺之英尺數） | 階田間之垂直距離（英尺及英寸） | 階田間之橫平距離（英尺） | 田地之坡度（每百英尺之英尺數） | 階田間之垂直距離（英尺及英寸） | 階田間之橫平距離（英尺） |
|-----------------|-----------------|--------------|-----------------|-----------------|--------------|
| 一 | 二—六 | 一八〇 | 七 | 四—〇 | 五七 |
| 二 | 二—九 | 一四〇 | 八 | 四—三 | 五三 |
| 三 | 三—〇 | 一〇〇 | 九 | 四—六 | 五〇 |
| 四 | 三—三 | 八〇 | 一〇 | 四—九 | 四八 |
| 五 | 三—六 | 七五 | 一一·五 | 五—四 | 四三 |
| 六 | 三—九 | 六三 | 一五 | 六—四 | 四〇 |

第十二表 美國聯邦及各州政府公佈之階田寬度（以垂直距離表之單位以英尺計）

| 坡 度 (百分數) | 美國農業部擬 定南部各州適 用者 | 趙 州 | 涯 亞 拉 巴 瑪 | 千 薩 斯 明 尼 蘇 達 | 愛 我 華 | |
|--------------|------------------------|-------|-----------|---------------|-------|-----|
| | | | | | 東 部 | 西 部 |
| 二 | 一·二五 | ····· | 二·七五 | 二·二五 | | |
| 四 | 三·〇 | 三·二五 | 三·二五 | 四·〇 | 三·五 | 四·〇 |
| 六 | 三·五 | 三·七五 | 三·七五 | 五·〇 | 四·〇 | 四·五 |
| 八 | 四·〇 | 四·二五 | 四·二五 | 五·〇 | 四·五 | 五·〇 |
| 一〇 | 四·五 | 四·七五 | 四·七五 | 五·〇 | 五·〇 | 五·五 |
| 一二 | 五·〇 | 五·二五 | ····· | 六·二五 | 五·五 | 六·〇 |
| 一二·五 | ····· | ····· | 五·三三 | ····· | | |
| 一四 | 五·五 | ····· | ····· | 七·〇〇 | 六·〇 | 六·五 |
| 一五 | ····· | 六·〇 | 六·三三 | ····· | | |

故規定階田之寬度，最須考慮者則為田野之坡度。但田野之坡度，頗不整齊。雖在一田之內，仍有此緩彼急之處，故不論採用何項數值，皆難得絕對之精確也。普通劃定階田之法，即為自一階田之中心點，向上測量田地之坡度，因而定上埂所應在之地點，亦即定階田之寬度也。如有一段田地，他處之坡皆

陡，突有一處，忽現平坦，以致該處埂間之距離過寬者，則可採用斜插式階埂 (Spur terrace) 以補救之 (參閱第七十五圖)。

第三節 階田之降坡

階田降坡 (即順階埂及階槽之方向者) 因環境之不同，及習慣之應用，其狀況亦可分為數種：即階田之兩端為水平者；坡度自一端至他端為均等者，或上端為水平，至中部始向下端等坡下降者，自上端至下端，坡度逐漸變化，由平緩而漸至最大者。

第十三表 各試驗場於不同坡度之階田上求得逕流及土壤損失之結果

| 階田號數 | 田地坡度 (百分數) | 垂直距離 (英尺) | 長 (英尺) | 坡度 (每百英尺 英尺) | 每年平均 | | | 作物 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|--------------------|----------------|----------------|------------|----------|
| | | | | | 土壤損失 (噸每英畝) | 逕流量 (雨量百分數) | 雨量 (英寸) | |
| 古斯里試驗場 (三年期間) | | | | | | | | |
| 三一〇 | 四·三 | 三·五 | 一五〇〇 | 六 | 七·七九 | 二〇·二 | …… | 一九三一年種燕麥 |
| 四一G | 四·四 | 三·五 | 一五〇〇 | 四 | 四·二九 | 二〇·六 | 三二·三 | 一九三一年種棉花 |

| | | | | | | | | |
|---------------|-------|------|------|-----|------|------|------|----------------|
| 五〇〇 | 四・七 | 三・四 | 一五〇〇 | 二 | 三・五三 | 二〇・六 | …… | 一九三三年種玉蜀黍 |
| 六〇〇 | 五・五 | 三・三 | 一五〇〇 | 〇 | 二・〇五 | 一六・六 | | |
| 拜薩內試驗場(二年期間) | | | | | | | | |
| 五〇〇 | 一一(約) | 五(約) | 一二〇〇 | 八 | 三・九二 | 一一・二 | | 一九三二年種玉蜀黍 |
| 六〇〇 | 一二(約) | 五(約) | 一二〇〇 | 六 | 一・八七 | 一二・〇 | …… | 一九三三年種燕麥繼之以苜蓿 |
| 七〇〇 | 一二(約) | 五(約) | 一二〇〇 | 四 | 一・六六 | 一二・〇 | 二九・四 | |
| 八〇〇 | 一二(約) | 五(約) | 一二〇〇 | 二 | 〇・六八 | 一一・〇 | | |
| 九〇〇 | 一二(約) | 五(約) | 一二〇〇 | 〇 | 〇・四二 | 六・八 | | |
| 泰萊試驗場(三年期間) | | | | | | | | |
| 五〇〇 | 六・三 | 四 | 七〇〇 | 〇至六 | 一〇・一 | 二九・八 | 四二・三 | 一九三二年種棉花 |
| 六〇〇 | 五・九 | 四 | 七〇〇 | 〇至三 | 四・九 | 一六・二 | …… | 一九三二年種玉蜀黍 |
| 拉可勞西試驗場(一年期間) | | | | | | | | |
| 四〇〇 | 一一(約) | 七 | 一四〇〇 | 〇至六 | 七・一 | …… | …… | 一九三三年種大麥繼之以玉蜀黍 |
| 五〇〇 | 一一(約) | 七 | 一四〇〇 | 〇至三 | 二・〇 | …… | 二六・八 | |
| 繼之以燕麥及黑麥作物 | | | | | | | | |

蒲爾壘試驗場（一年期間）

| | | | | | | | |
|-----|-------|------|------|----|-------|------|-------------|
| 六—A | 一五（約） | 七 | 一四〇〇 | 〇 | 〇·六 | …… | |
| 一五 | 二四·〇 | 一七·〇 | 六八五 | 二四 | 一三·六七 | 二九·三 | 冬麥殘株 |
| 一六 | 二六·七 | 一三·五 | 七八〇 | 一八 | 一一·四〇 | 二三·二 | 一九三三年休息繼續冬麥 |
| 一七 | 二三·五 | 一四·二 | 七八〇 | 二二 | 九·〇五 | 一三·六 | 二八·八 |
| 一八 | 一八·四 | 一四·〇 | 七八〇 | 六 | 三·六五 | 一一·六 | |
| 一九 | 一五·二 | 一三·八 | 七八〇 | 〇 | 一·二八 | 一五·一 | |

階田之降坡，在可能範圍內，使之愈小愈佳。要以水流之速率，能使階田不至積水，或因有漫溢之患足矣。

第十三表為各試場中對於不同坡度之階田，所求得逕流及土壤損失之結果。於此亦可見採用可能之最小坡度之重要。在拜薩內場中坡度為六英寸時，其損失比水平大五倍，較二英寸者大三倍；古斯里場亦有相類之結果。階田之最大目的，即為保持土壤，由此試驗之結果，咸示吾人以階田之坡度，應以四英寸，或百分之〇·三三，為最大限度。除特殊情形外，切不可採用大於百分之〇·四坡度。

若在空中曠之區，能使滲透率約略等於逕流率，或在雨水短少之區，不願滴水下流者，皆可採用水平之階田。在後者之情形時亦可將階田之兩端堵塞，使雨水儘量滲透。惟若階田無降坡時，應隨時注意階田是否有漫溢情形，俾加以相當之防護。

如階田為水平，並設田地之坡度在百分之十以下時，埂間之距離，由美國農業部之擬定如下：

| | |
|------|--------------|
| 土 壤 | 階田間之垂直距離以英尺計 |
| 沙 土 | 四·五 |
| 沙質壤埴 | 三·五 |
| 黏質壤埴 | 二·五 |
| 黏 土 | 二·〇 |

若坡度大於百分之十時，可於此數之上加半英尺。若階田之兩端非堵塞者，而土壤且有滲透性時，相距之數值，可採用第十表所列者。

階田之降坡若為均等時，其優點如下：（一）易於修造，（二）槽內挑挖淤澱之工作較易，及（三）於農作時，農具將槽內製成坑窪積水之機會少。但此優點，則遠不如降坡為變量者之關係重要也（參閱

第十九表。

雷木賽之聲述如下：「在拜薩內試驗場，經兩年之觀察，發現階田之坡度，如在兩端間為均等者，即全長皆為每百英尺四英寸者，較之坡度為變量者，即一端為每百英尺一英寸，逐漸增加，至他端變為每百英尺四英寸者，土壤之損失大百分之三七，水分之損失多百分之三三。兩處階田之長度為一二〇〇英尺，寬之垂直距皆為五英尺，田野之坡度亦皆相同。又於一九三三年曾遭遇三次暴雨，即以此三次最大逕流之平均值計之，均等坡度者，較之變量者幾乎倍之。泰萊試驗場亦有同樣之結果，均等坡度較之變量者土壤之損失大百分之一五，水之損失多百分之二七。同時，在一次之暴雨中，前者較後者之逕流幾增百分之四〇」。

再者變量之降坡在理論上，亦為適當，蓋以因水向下流，其量漸增，則容量亦必增，但階槽之橫斷面為一定，則必增加其降坡，以補救之。如能避免積水漫溢，則以儲水愈多愈佳，變量之降坡，則較為合適也。

欲採用變量降坡法，可將階田之全長分為三〇〇英尺之段落，自上端起每段增加其降坡，以至於下端為止，可約略依照第十四表分配方法。如階田之長不及三〇〇英尺者，若用百分之〇·一五至〇·三〇之均等降坡，亦可得滿意之結果。

如階田過長，可等分爲五段，每段之最大降波（即在每段下端）亦如第十四表所示。其他逐段增加階槽容量之方法，爲將階埋於必要之處加高，俾得容納積增之逕流。

第十四表 坡度爲變量之階田之坡度

| 階田之長度(英尺) | 沿階田之下降 | |
|-----------|-------------|-------------|
| | 每百英寸之英寸(最小) | 每百英尺之英尺(最大) |
| 〇至三〇〇 | 水平 | 〇·一〇 |
| 三〇〇至六〇〇 | 一 | 〇·一五 |
| 六〇〇至九〇〇 | 二 | 〇·二〇 |
| 九〇〇至一二〇〇 | 三 | 〇·三〇 |
| 一二〇〇至一五〇〇 | 四 | 〇·四〇 |

若對於一地之滲透性及其他情況知之甚確時，則可編定一階田降坡表，以資應用。第十五及十六表之編列，卽爲此用者。此二表爲美國土壤防冲局所定，用於拜薩內附近之地帶者。其特別適用於亞拉巴瑪州者，則見第十七表，此爲該州多數專家長期實地經驗之結晶。

第十五表 階田降坡表

說明：具有不透水之下層土壤，田野坡度在百分之十二以下，表土之留存存在百分之五十以上。

第十六表 階田降坡表

說明： 具有不透水之下層土壤，田野坡度在百分之十二以上，表土壤之存留，不足百分之五十。

| 階田之長度 | 以一百英尺計 | | | | | | | | | | | | | | | | 平均坡度 (英尺) | 下降總量 |
|-------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------------|------|
| | 一 | 二 | 三 | 四 | 五 | 六 | 七 | 八 | 九 | 十 | 十一 | 十二 | 十三 | 十四 | 十五 | 十六 | | |
| 一 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 二 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 三 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 四 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 五 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 六 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 七 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 八 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 九 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 十 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 十一 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 十二 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 十三 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 十四 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 十五 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 十六 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

| 土砂爲 | |
|-------------|--------|
| 七〇〇至一〇〇〇 | 一又四分之二 |
| 一〇〇〇至一二三〇〇 | 一又二分之一 |
| 一二三〇〇至一六〇〇〇 | 二 |
| | 三 |
| | 四 |
| | 一又四分之三 |
| | 二又二分之一 |
| | 三又四分之二 |

第四節 階田之長度

自各試驗場研究之結果，得知階田之長者，較短者之土壤損失較多，而逕流則較少，向一方傾斜之階田，其長度不可超過二〇〇〇英尺，以在一二〇〇英尺以內者爲宜。過長之階田，需要過陡坡度，或較大之階槽橫斷面，或二者並用，以便輸運其下游所積之逕流。坡度過陡，增加流速，則冲刷階槽，極大之橫斷面，必增高階埂，妨礙農作器具之運用，皆非所宜也。

反言之，階田太短，則修築之費用高，農作亦感不便。又有用田地中部之自然低窪處，作爲排水道者，因之可以減短階田之長度。但對於排水道之冲刷應特別保護。又以如此，則將田畝分裂，必有一部份田地浪費棄置，且對於農作上亦增加不便，不可不注意也。

第五節 階槽之橫斷面

在學理上言之，設計階槽橫斷面之法，即可根據灌溉渠或排水渠之設計法，使其寬深，足以容載臨界逕流可矣。臨界逕流之設計法，已如第四章所述。既得所須容載之逕流，階槽之橫斷面積，即以此為衡而設計之，使槽底不受水流冲刷之危險，埂高不致為農作之妨礙，斯可矣。合用之階槽橫斷面，如第七十圖所示，可資參考。

若渠道之降坡及大小為已知，所載之流量，可以下之公式計之：

$$Q = \frac{1.486}{48.47} \frac{A^2 S^2}{n}$$

其中 Q 代表容載量，亦即流量，以秒立方英尺計。

a 代表渠道之面積，以平方英尺計。



第七十圖 適用而且合理之階槽橫斷面。

n 代表一粗糙係數，因渠道之粗糙及規則與否之程度而變。

R 代表『水力半徑』(Hydraulic radius)等於渠道之面積除以『濕周』(Wetted perimeter)之商數。濕界者乃水與渠道之底及岸相接觸之線之長度也。

S 代表降坡，以每英尺若干英尺計。

此公式乃由滿寧(Manning)之流速公式，乘以橫斷面積而成者。

因階槽中有農作物之生長，故假定 n 之值等於 0.04 。當密生作物生長之時，水流之阻力甚大，因之有發生漫溢之危者，則 n 之值亦須提高。是故於各種不同之情形下， n 之值亦不同，經專家多年之實地觀測，列如第十八表。

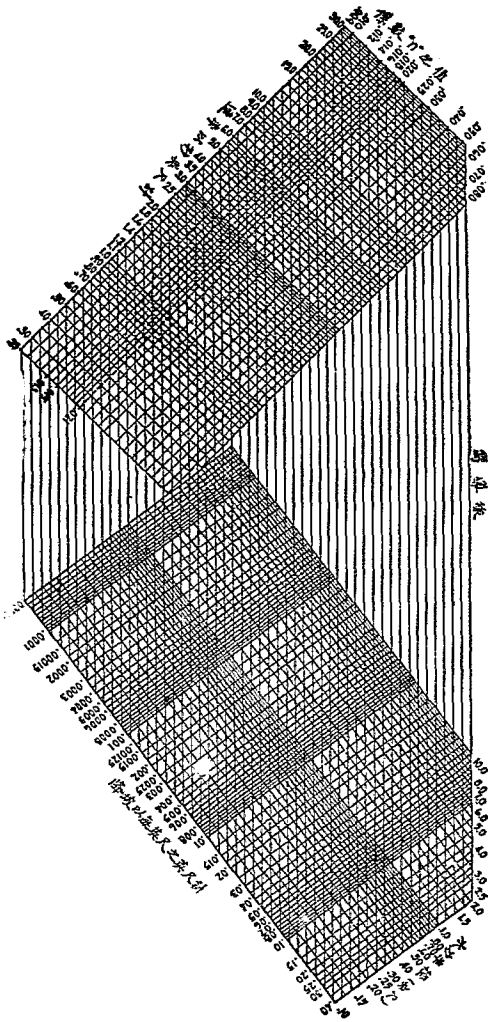
第十八表 滿寧公式之 n 值

| 渠道： | 道 | 情 | 況 | 最 | 優 | 優 | 中 | 劣 |
|-----------|---|---|---|-------|---|-------|---------|-------|
| 土槽，直而均稱者。 | | | | 0.017 | | 0.010 | 0.0135* | 0.015 |
| 開石，滑而均稱者。 | | | | 0.015 | | 0.010 | 0.0131* | 0.015 |

| | | | | |
|------------------------|--------|---------|---------|-------|
| 開石，參差不齊亦不均稱者。 | 〇・〇三五 | 〇・〇四〇 | 〇・〇四五 | |
| 迂緩彎曲之渠道。 | 〇・〇二二五 | 〇・〇二五* | 〇・〇二七五 | 〇・〇三〇 |
| 淺成之渠道。 | 〇・〇二二五 | 〇・〇二七五* | 〇・〇三〇 | 〇・〇三三 |
| 底有亂石岸生雜草之渠道。 | 〇・〇二二五 | 〇・〇三〇 | 〇・〇三二五* | 〇・〇四〇 |
| 碎石岸土底之渠道。 | 〇・〇二八 | 〇・〇三〇 | 〇・〇三三* | 〇・〇三五 |
| 自然之河道： | | | | |
| (一) 深直且無裂縫及深潭者。 | 〇・〇二五 | 〇・〇二七五 | 〇・〇三〇 | 〇・〇三三 |
| (二) 如(一)有雜草及亂石者。 | 〇・〇三〇 | 〇・〇三三 | 〇・〇三五 | 〇・〇四〇 |
| (三) 潔淨而有深潭及淺灘者。 | 〇・〇三三 | 〇・〇三五 | 〇・〇四〇 | 〇・〇四五 |
| (四) 如(三)低水時降坡及斷面情況較劣者。 | 〇・〇四〇 | 〇・〇四五 | 〇・〇五〇 | 〇・〇五五 |
| (五) 如(三)有雜草及亂石者。 | 〇・〇三五 | 〇・〇四〇 | 〇・〇四五 | 〇・〇五〇 |
| (六) 如(四)石砌之斷面。 | 〇・〇四五 | 〇・〇五〇 | 〇・〇五五 | 〇・〇六〇 |
| (七) 迂緩之河段有雜草及深潭者。 | 〇・〇五〇 | 〇・〇六〇 | 〇・〇七〇 | 〇・〇八〇 |
| (八) 雜草叢生之河段。 | 〇・〇七五 | 〇・一〇〇 | 〇・一二五 | 〇・一五〇 |

附註 有*號者為設計時常用之數值

滿寧公式之圖解法，如第七十一圖。此公式之應用甚廣，特將其用法，舉例說明之條列於後：



第七十一圖 滿寧公式之圖解。

(一) 求渠道之降坡，以每英尺若干英尺計。

(二) 計算渠道之水力徑。

(三) 自圖之右方，求得表示降坡之線及水力徑之線之交點（此二線相交永成直角）。

(四) 自此交點，順距其最近之嚮導線，直至圖之左方，與表示所假定之 n 之數值之線相遇（階槽所用者多為 0.04 ）。

(五) 自此交點求其最近之速率線，則可求得速率。

今假定有一渠道，深為三英尺，底寬一英尺，渠面寬七英尺，降坡為 0.005 ，求水流之速率。其程序如下：

(一) 降坡為 0.005 。

(二) 水力半徑為 1.26 。

(三) 表示降坡及水力半徑之線之交點與一嚮導線極相近。

(四) 順此嚮導線至左方，迨與 n 為 0.04 之線相交，此交點幾在速率為 3.0 之線上。

(五) 是則此渠道之水流滿時，其速率為每秒三英尺。至於此數之精確程度，可參閱下段舉例中由

計算所得者校核之。

由於滿寧公式，可知渠道之形狀，影響於速率者甚大（即公式中之 R ）。欲容載一已流量之水，一淺而寬之渠道，常較一深而窄之渠道之橫斷面為大。但在階田之設計中，並非所需階槽面積大小之問題，而為對農作之方法有無障礙，冲刷之能力是否過大等問題。如是則淺而寬之渠道，較深而窄者，又為愈也。此等性質，可以舉例以說明之。

設有渠道二，降坡為每百英尺〇·五英尺（即每英尺〇·〇〇五英尺），其中一渠深三英尺，底寬一英尺，渠面寬七英尺（如前段所舉之例）；其他渠為深一英尺，底寬十二英尺，渠面寬二十六英尺。按滿寧之公式，流速及容載量可計算之如下：

深而窄之渠道

$$a = 12 \text{ 平方英尺}, \quad v = 9.5 \text{ 英尺}, \quad R = \frac{a}{p} = 1.26,$$

$$S = 0.005, \quad n = 0.04,$$

$$V = (87.15) (1.17) (0.0707) = 3.07 \text{ 秒英尺},$$

$$Q = aV = (12) (3.07) = 36.84 \text{ 秒立方英尺}。$$

淺而寬之渠道：

$$a = 19 \text{ 平方英尺}, p = 26.1 \text{ 英尺}, R = \frac{a}{p} = 0.73,$$

$$S = 0.005, n = 0.04,$$

$$V = (37.15)(0.811)(0.0707) = 2.13 \text{ 秒英尺},$$

$$Q = aV = (19)(2.13) = 40.47 \text{ 秒立方英尺}。$$

深渠道之橫斷面積雖僅十二方英尺，與淺者十九方英尺相較，其能容載之流量幾相同，但其速率超出後者一秒英尺（即為能發生冲刷者）。速率之減低，實因阻力之增加，前者水與渠岸及底相接觸者少，以濕界表之，則為九·五，後者則為二六·一也。

第十九表為一階槽（底寬三英尺，最大之水深為一·二英尺，頂寬九·四英尺）之各種水力因素。此階田在愛我華州中部，有均等之降坡，為百分之〇·三〇。因土壤之情況，可選定逕流係數為〇·四三。假設雨量之頻率為十年一次者，自前章之公式中求得臨界逕流，水深如為上述，而最大速率則為一·六三秒英尺。又因此階田之所在地，地形頗不規則，故每一階上之田地之寬度，亦不一致，故每段之面積皆為由實地測量而得之者（參閱第七十五圖）。

第十九表亦羅列相同之槽。而降坡則爲逐增之變量者，其水力因素亦多不相同，兩者相對，可資比較。於降坡爲一變量時，水之深度在全長內皆爲一尺。

第十九表 階田水槽之水力因素（槽底寬3英尺兩岸坡度 2.67 比 1）

| 均等降坡 | 自上端之距離 (英尺) | 累積之流域 面積(英畝) | 集中之時間 (分) | 雨量之密度 (每點鐘英 寸) | 最計 大算 數之 水 槽 之 容 量 | 流量(秒立方英尺) | 可容量之流 量之速率 (秒英尺) | 可容之流量 之水深(英 尺) | 降坡(每 百英尺英尺) |
|------|----------------|-----------------|--------------|----------------------|---|-----------|------------------------|----------------------|----------------|
| | | | | | | | | | |
| 四〇〇 | 一・一〇 | 六・一 | 六・五〇 | 三・〇七 | 三・二〇 | 一・一六 | 〇・六 | 〇・三 | |
| 八〇〇 | 二・七〇 | 一〇・七 | 五・七一 | 六・六五 | 七・〇五 | 一・四五 | 〇・九 | 〇・三 | |
| 一二〇〇 | 三・五二 | 一五・〇五 | 四・八六 | 七・三六 | 八・六九 | 一・五三 | 一・〇 | 〇・三 | |
| 一六〇〇 | 五・二四 | 一九・二 | 四・二六 | 九・六二 | 一〇・四九 | 一・六一 | 一・一 | 〇・三 | |
| 二〇〇〇 | 六・五一 | 二三・三 | 三・九一 | 一〇・九五 | 一一・〇八 | 一・六三 | 一・一三 | 〇・三 | |
| 變量降坡 | | | | | | | | | |
| 四〇〇 | 一・一〇 | 一三・七 | 五・〇〇 | 二・三六 | 二・八三 | 〇・五〇 | 一・〇 | 〇・三二 | |
| 八〇〇 | 二・七〇 | 二二・三 | 四・〇五 | 四・七〇 | 五・〇〇 | 〇・八八 | 一・〇 | 〇・一〇 | |

| | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-------|
| 11000 | 3.511 | 117.7 | 3.644 | 5.500 | 5.700 | 1.033 | 1.0 | 0.133 |
| 16000 | 5.144 | 331.5 | 3.334 | 7.511 | 7.900 | 1.339 | 1.0 | 0.339 |
| 11000 | 6.511 | 336.9 | 3.055 | 8.566 | 8.699 | 1.533 | 1.0 | 0.533 |

附註 公式 $Q = CIA N C_s C_p$; 滿寧公式之 $Q = C_s C_p$ 下降總量在均等降坡時為六英尺，變量降坡為三.二五英尺。

因修築時，槽之斷面不易使之隨流量而逐漸增加，故在均等降坡之方法中，上端之水槽面積過大，水流不滿，為防備下端過大之水流擁塞計，下端之階埂又須增高。再者，在同樣之流域及降雨之頻率下，均等降坡槽內之最大流量，竟較變量降坡槽內者大二·三九秒立方公尺。此蓋由於後者之有較緩之流速，因之有較長之集中時間，是以則有較低之降雨密度所致也。第十九表之記錄，似亦可由雷木塞試驗結果之理論證明之。雷氏之言曰：

『變量之降坡階槽，不僅對於保護土壤及儲蓄水分有更充分之效能，即所需之階埂亦不若均等降坡者之高，蓋以其最大之流量值較低也。變量降坡之階槽，因上端之坡緩，故有存留水分之傾向，似有意等待下端之水先行流去者。以此，在其下端或出口處，即可避免水流之擁塞，因之雖用較低之階埂，亦無漫溢之患也。』

變量降坡階槽之更一優點，則為其下降之總量僅當均等降坡者之半略強，故修築之時更可較切合於等高線，因之，便利階田上等高線農作物之施用。

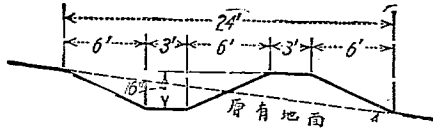
總上所論，最合理想之階槽橫斷面必有排洩最大之逕流之能力；免除階槽之沖積；階埂必低，其兩岸平緩，不能妨礙於農具之使用；翻動表層土壤愈少愈佳，暴露下層之土壤減至最少限度；最後，必能以常用之器具，以公道之費用修築之。此等橫斷面當以田地之坡度而變，亦因一切之因素若土壤，埂距，降坡，及常用之器具而變。故適於一地之橫斷面，未必適於他處也。雖然，為設計之指南針，亦可根據經驗，擬定一種標準斷面，應用之時，再因環境之情況而修正之。

第二十表 階田橫斷面積（參照第七十三圖）

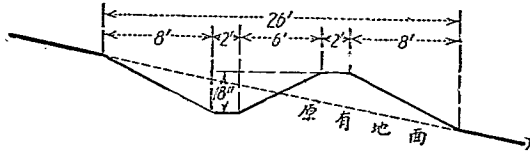
| | | | | | | | |
|-----------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------|
| 坡 度 (百分數) | 垂 直 距 離 (英 尺) | 橫 平 距 離 (英 尺) | 埂 之 底 寬 (英 尺) | 埂 之 高 度 (英 尺) | 槽 之 底 寬 (英 尺) | 翻 動 寬 度 (英 尺) | 翻 之 百 分 數 |
| 11 | 11.50 | 11.15 | 11.0 | 1.15 | 8 | 3.7 | 3.0 |
| 33 | 33.00 | 10.0 | 11.0 | 1.15 | 8 | 3.7 | 3.7 |

| | | | | | | | |
|----|------|----|----|------|---|----|----|
| 四 | 三·五〇 | 八八 | 二〇 | 一·二五 | 七 | 三六 | 四一 |
| 五 | 四·〇〇 | 八〇 | 二〇 | 一·二五 | 七 | 三六 | 四五 |
| 六 | 四·四〇 | 七三 | 二〇 | 一·三三 | 六 | 三五 | 四八 |
| 七 | 四·八〇 | 六九 | 一八 | 一·三三 | 六 | 三三 | 四八 |
| 八 | 五·二〇 | 六五 | 一八 | 一·三三 | 五 | 三二 | 四九 |
| 九 | 五·五〇 | 六一 | 一六 | 一·三三 | 五 | 三一 | 五一 |
| 一〇 | 五·七〇 | 五七 | 一六 | 一·五〇 | 四 | 三〇 | 五三 |
| 一一 | 五·九〇 | 五四 | 一四 | 一·五〇 | 四 | 二九 | 五四 |
| 一二 | 六·〇〇 | 五〇 | 一三 | 一·五〇 | 四 | 二八 | 五六 |

第七十二圖即爲根據此項意見，而擬定之標準斷面圖，第七十三圖及第二十表所示者，爲對前圖加以變化而成者。

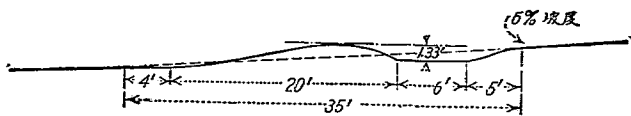


若田地坡度在百分之二與七之間平均
掘土断面為 75 平方英尺。



若田地坡度在百分之八以上前平均掘土
断面為 95 平方英尺。

第七十二圖 階田之標準断面圖。



第七十三圖 拜薩內試驗場之階田断面。本圖與第二十表參照應用。

第六章 階田定線之理論及實施

第一節 定線之規畫

自以上之討論，深知適當之階田設計，誠非易事。故必由豐富之經驗，與貫通之理解，相輔而得之也。問題之來，第一須先搜集資料，並作實地勘查，然後方能定規田地之是否有修築階田之必要或可能。例如將來洩水之出路如何，田野坡度之大小，及整齊之程度如何，土壤之種類及沖刷如何，較高之隣田如何，約略之階長如何，地主或承租人之意志如何，皆為研討之必要條件也。

已墾之田，坡度在百分之十五以上，或沖刷之溝壑過甚者，皆不宜於改築階田，以其費過鉅也。其有薄層土壤之普遍沖刷者，改築坡田則頗有利，可以免肥料之隨水而去，且農作法對土壤之保護亦適當也。總之，一切情形要以經濟為衡，估計採用後之實得利益，地價增高，以及修築費用之多寡，為取捨之標準也。

自初步之勘查後，如認為可以修築階田，第一步須選擇洩水之出路，並規劃暫定之階埂線（如在極不整齊之地帶，必先有一地形圖）。第二步，自各暫定之階埂線，向上迎坡測量田地之坡度，以便確定階埂間之距離。於距離規定後，即可樁定各階埂之路線，由最高之埂起，逐漸向下劃定。如於田中遇有特別情形，如陡窪、石筍、深壑、畜舍等障礙物，則必先假定一關鍵階埂（Key terrace），其他之階埂亦必隨之更動。關鍵階埂必首先加以號定，然後再計其他。但不論樁定之先後，其第一修築者，則為最高之階埂，蓋以若先修最低者，當修築之時，遇有暴雨，則其槽必致漫溢沖毀也。

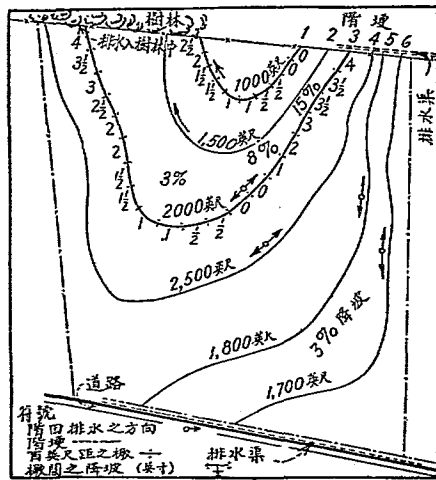
如能聯合相鄰之田，共行階田之法，則階埂之定線，更可能按照自然之形勢，予更佳之規畫。否則較高鄰田之水，或將流沖而下，是則必於界線上，修一橫渠或截渠，以便引之他流。此渠之大小及降坡，亦可按上章之法計算之。

第七十四至七十七圖為於已知地形上，詳經規劃後，所定之階田方案，可供參考。

第七十四圖為於坡度不一，壤土砂質之田上，階田定線之代表作。所不幸者，東北角之陡地上，有一洩水渠，此實無法可以減免，蓋以第四階過長也。但僅有少部之水流入此渠，故處理之亦易耳。由較陡之渠流入於較緩者，則易於排洩，故將階槽之降坡略增，如圖中之第三階是也。除最高兩階外，水皆分流。

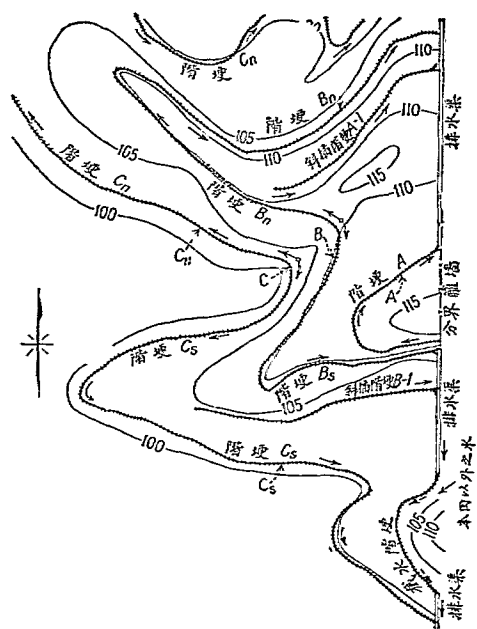
最高之階，則沿較陡之坡，流入林中。東北角之洩水渠過陡，故必特別保護之，以免沖刷，如第九章所述者。南部之洩水渠坡度較緩，僅以草皮護之可矣。此渠修於籬笆之內，以防漫溢於其南之公路也。渠與路平行，迨其漸下，速率漸減時，即可引入路旁之溝渠。

第七十五圖表示愛我華州中部之一階田，地形極不規則，故須用斜插階埂，及極銳之轉灣。如此情形，必先有一地形圖，然後方可着手定線。第一首先築最高之階埂A，亦無異於其他之程序也。A B階埂間之面積過大，坡度變化過甚，故築斜插階埂A一以間斷之；同理於B C階埂間亦作斜插階埂B一。各田之洩水出路，只有東端沿籬笆之處為適宜，故挑一洩水渠，但以容量較大，故亦必有特種之建築物，以防沖刷，其法以後再詳述之。



第七十四圖 階田之定線。

第七十六圖描述田中有一土丘，其面積在三英畝以下，而階田又須爲平坦者之處理之方法。若下層土壤爲不易透水者，則必將階田修有降坡，以便自雙方洩水，注入林地。如採取螺旋式之定線法，將水由一方下注，亦屬可能。

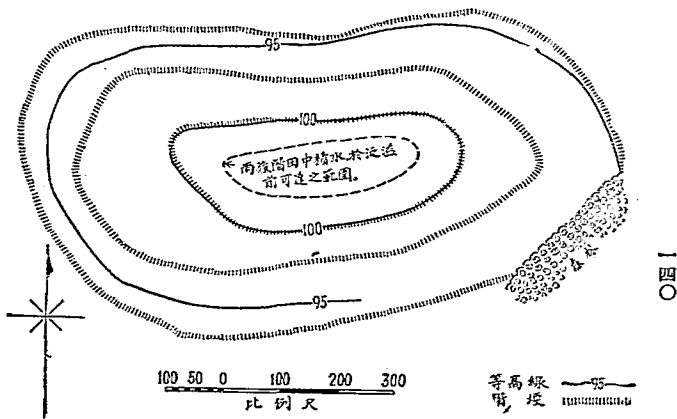


第七十五圖 不規則地形上階田之定線。本圖只表示全計畫中之一部。

第七十七圖為一階田修築十年後之鳥瞰照片。注意此田因將高地之水，引注於路旁之洩水渠後，舊有之沖刷，即行停止。此地農作物之行，皆與西界線平行，不論階埂之方向與地形也。北部新耕之田，則將水排洩於圖東北部之林中。又有所謂較新式之階田法，如第七十圖所示者，其鳥瞰照片，則如第七十八圖。

第二節 測量儀器之校核

劃定階田之線，必用水準儀器。然最簡單之器具當為A形水平架，即兩木棍使上端相通，中貫一橫木。其構造之標準，為於兩腿立於水平之面上時，兩端之距離恰為十英尺，或任一規



第七十六圖 階埂沿等高線修築，中圖一土丘之圖。



第七十七圖 階田於修築後十年之鳥瞰圖。



第七十八圖 依照第七十圖所修築階田之鳥瞰圖。

定之距離，同時橫木亦爲水平。橫木之上裝一木匠常用之水平管。今若已定階田之降坡，則於此架兩腿端間之距離，其下降應爲若干，可由計算得之。於是截治一小木塊，其長如所求之值，釘於一腿之端，換言之，即增加其腿之長度也。於劃定階線時，自第一埂之上端作起，以短腿之端立於起點。將此點拿穩，擺動長腿於田坡之上下，直至橫木爲水平時止，則長腿所立之點爲埂線之另一點，即標誌之，將短腿移立其上，繼續前進，以迄於埂之下端。但此法極爲笨拙，且勞苦，欲有精確之結果，亦頗費事，僅可於無較佳之儀器時試用之。

若採用工程上之標準水準儀(Leve)及標竿(如 Philadelphian rod)，且以擅長測量者爲之，必既速且精也。但如用農田水準儀(Farm level)及標竿，亦可得相等之效果。第七十九圖爲農田水準儀之一種，其價亦較工程水準儀爲廉也。竿之長爲五英尺，但可伸至長九英尺半，並有圓形視標(Target)裝其上，可以上下移動，尺上刻以英尺，英寸，四分之一英寸，或刻以英尺十



第七十九圖 農用之塔式水準儀。

分之一尺，百分之一尺等記號。此種水準儀裝有望遠鏡，鏡中有十字線 (Cross-hair reticule)，鏡之放大率可至直徑之八至十倍，更裝一水準管。兩者之上下皆以校核螺旋釘連於三角架之塔上。故又名此種水準儀爲塔式 (Turret type) 者。此塔頂爲正圓，其面極平，各處之高度亦均等，承以凸緣螺旋三隻，可以旋動於其下之平面盤上。平面盤之中心以大螺旋連於底盤，中有被壓之彈簧，可用其下之水平螺旋三隻，移動於底盤之上。再將以上各件，連置於三角架上。

塔式之水準儀與工程上所用 Y 式 (Wye) 者，有相同之特點，即校核之時不必用標竿，且僅安置儀器一次。校核之程序略述如下：

將水準儀放穩，操縱水平螺旋，及對標管，並使十字線對準一遠方標的，如屋脊，或窗檻。繼則旋轉各凸緣螺旋九十度或更多（以能將塔頂自平面盤取下爲止），於校準十字線之位置後，將塔頂連同望遠鏡及水準管一齊取下，反轉之，依照平面盤上之角度方向倒置之。若水準精確，操縱謹慎，則鏡中十字線對於遠標之位置，必仍如前者。如其位置變動，重覆以上之手續，並以連塔頂及望遠鏡之螺旋校正望遠鏡之仰望角度，每次只更正其差之半，至密合爲止。

將十字線校正，使之無論爲正置及倒置，對於遙望遠標相同，則擰緊凸緣螺旋，再二隻水平螺旋精密

的配置水泡於管之中部。轉動之，將水準管移在其他一螺旋之上，更將水泡配置於管之中部，重覆上項之手續，有至水準管指任一方向時，水泡皆在管之中央爲止。

以上之校正，可再以『樁法試驗』(Peg test)核之。其法如下：

安置水準儀於平坦之地，於儀之中心，下懸一垂錘(Plumb bob)。自儀器之中心，向在一直線上之對方，各量一百英尺，須極爲準確，於一百英尺處，各打一樁概。執標竿於各樁之上，上下移動視標，至十字線能將其平分之爲止，此時之水泡正在水準管之中央。樁概與儀器之距離既等，則竿上所讀數目之差，即爲概頂之高度差。設第一概上之讀數爲四·七二，第二者讀三·六〇，此即謂第二概較第一概高一·一二英尺也。

再將儀器安置於任一概上，使望遠鏡之一端，幾在概之正上。將標竿立於此概上，轉動望遠鏡，使對準標竿，讀望遠鏡中點之高度，可於竿上以鉛筆尖指之，以期準確。設讀數爲五·一〇英尺。更將標竿置於第二概上，設此儀器準確，則讀數應爲三·九八。設不爲此數而爲四·〇〇或三·九六，則此儀器亦堪應用。

又有一種農田水準儀，與工程師所用之旦倍式(Dumpy type)相似，其價值與塔式相埒，皆較工程

師所用者爲廉。如第八十圖所示，此式與前者之最大區別，爲安裝望遠鏡及水準管於平面盤之法不同。前者爲三隻水平螺旋，此則爲四隻，且鏡與管不能自平面盤取下。當安置儀器欲使爲水平時，將鏡之方向先配置於一對螺旋之上，配置水準，更轉九十度使在他一對以上，再轉九度，仍在前一對之上，無論鏡指任何方向，移使水泡皆在管之中央，則水準儀已安置妥當矣。如稍有練習當易於安置之也。

望遠鏡及水準管既不能自平面盤取下，則十字線及水準管校核之次序，應與前者相反。故須先校核水準管，其原則與前述者同，將鏡置於一對螺旋上，將水泡配置在管之中央，旋轉一百八十度，鏡仍在該對螺旋之上，但其指之方向更換，仍將水泡配置於管之中央，如須修正，其法如



第八十圖 農用之且倍式水準儀。

前。於水準管校正後，再以椿法試驗以校核十字線。核正十字線之工作需要將鏡上下之螺旋放鬆或壓緊，俾鏡端得以仰俯。

因塔式及日倍式水準儀之平面盤上，皆刻有三百六十度之標號，可以旋轉讀角，若於鏡上再能配裝視距線 (Stadia wires)，即可以自鏡中直接讀距離之值，所增之費用，亦不多也。

於鄉村間，除測量階田外，水準儀、標竿及鋼尺之用途亦廣，如定房屋基礎之水平，或劃定直角；規定積污池之深度；量定排水管，洩水渠之降坡；測量排水出路；測量條種法之等高線；測定籬笆線及轉角等是也。

第三節 水準儀之用法

測量之法，有專書論之，本節自難詳述。今僅就其與階田及農事有關者，加以申述之。

於應用水準儀之前，測量者應先讀該儀器之用法指導，並考察儀器各部，注意望遠鏡、水準管及其他部份之構造與用法。對於各校正螺旋切勿輕動，必須於詳為考察，確定其有不精確之處時，方可動手。鏡之放大率雖可八倍其直徑，但標竿之距離，不可使之在二百五十英尺以外，免致讀數不精確也。

於詳讀儀器原附之說明書後，再練習安置之法，俾水泡能在管之中央。並先試測一週圍，觀察其密

合之程度。其法可先選一固定物體，如屋基或樁檝，於相距一百或二百英尺處，安置儀器。使助手執標竿豎立於此固定物體之上，此點即測量家所謂水準標站者 (Benchmark 簡寫為 B. M.)，將望遠鏡對準標竿，助手上下移動視標，至其中線與十字線相密合為準。於是將視標擰緊，讀其中線所在之尺寸（或尺之小數），此為視線在標站上之高度（即可計算儀器之高度），並登記之。於是助手於儀器之對方，以相等之距離，打一樁檝，立竿其上，以同法測量之，以定此新位置之高度。此點名曰轉點 (Turning point 簡寫作 T. P.)。於是將儀器移置於此轉點之前方，配水準及視線，對準轉點上之標竿，以此法連續重覆作之，繞一週圍，然後再回至起首之處，即標站也。最後所測標站之高度，與起始測量時假定之高度差，名之週圍之差誤 (Error of the circuit)，若在八次或九次改換儀器之位置中，此差數不可超過十分之一英尺。登載簿之式樣，可參考第二十一表，所載者為標竿之讀數及儀器之高度，但就數學上講，不過加減法而已。

第二十一表 水準測量登載簿之式樣

| 站 | 名 | 後望標竿讀數 (+) | 儀 器 | 之 | 高 前望標竿讀數 (-) | 高 度 |
|-------|---|------------|-------|---|--------------|------------|
| B. M. | | 三·五六 | 一〇三五六 | | | 一〇〇·〇〇(假定) |

| | | | | |
|-----------|------|--------|------|--------|
| T. P. 1 | 五·〇一 | 一〇四·二九 | 四·二八 | 九九·二八 |
| T. P. 2 | 一·六一 | 一〇〇·一一 | 五·八〇 | 九八·四九 |
| T. P. 3 | 三·三六 | 九八·七四 | 四·七三 | 九五·三六 |
| T. P. 4 | 四·二八 | 九八·五七 | 四·四五 | 九四·二九 |
| T. P. 5 | 三·九七 | 一〇〇·二五 | 二·二九 | 九六·二八 |
| T. P. 6 | 四·二一 | 一〇四·九八 | 〇·五二 | 一〇〇·七七 |
| B. M. | | | 四·九〇 | 一〇〇·〇八 |
| 差誤 〇·〇八英尺 | | | | |

每安置一次儀器，僅有一個後望，因之可求出儀器之高。若為測量一塊地各點之高度，執竿者可於儀器能達到之範圍內，任選一點，以求各該點之前望讀數，自儀器之高減去之，即為各該點之高度。是故每安置儀器一次，僅有一個後望，但可有多數之前望。

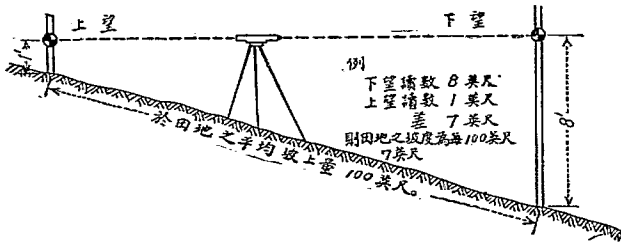
第四節 階線之劃定

今更述水準儀在劃定階田時之應用。如第八十一圖，為用水準儀及標竿以測量田地之坡度，而作

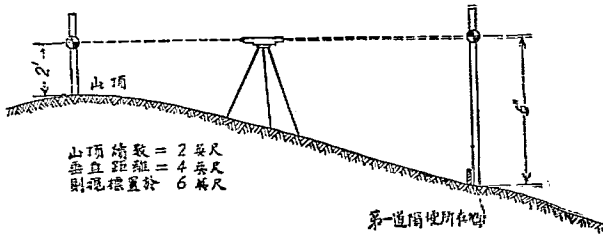
為階寬之選定者。標竿距為一百英尺或五十英尺，則視坡度之峻緩而定。

於階之寬度定規後，即可劃定最高處之一道階埂，如八十二圖所示，設已定階埂之垂直距離為四英尺，今讀得第一標竿為二英尺，於是將第二標竿之視標安置於六英尺處，沿坡而下且試讀之，如鏡中之十字線與視標之中心密合，則第二竿所立之處必為階埂上之一點。但在應用方面，可於排水出路處亦即階埂之下端起始測定第一點，然後再向上劃定階埂之全線，其程序如下：

設第八十二圖中之下坡標竿，為在



第八十一圖 以水準儀測田地坡度之圖。



第八十二圖 用水準儀劃定第一道階埂之圖。

第一階之下端者，亦即本階測量之起點，更設此階之末段三百英尺之降坡爲每一百英尺四英寸，或即百分之〇·三三，執竿者即自前所定之視標位置，向下移二英寸，或〇·一六五英尺，再順階墻之方向前進五十英尺（以尺量之或以步量之均可），立定標竿，試讀之，將儀器對準視表，校核水準泡，以手號通知執竿者，或上坡，或下坡，直至十字線與視標中線密合爲止。竿所立之地，即爲線之又一點，以椿橛號誌之。所應注意者，竿須立於普通地上，換言之，不可立於一窪坑，或一高埂上也；秋收後之行播田地，或於初犁之田上尤須對此點注意。

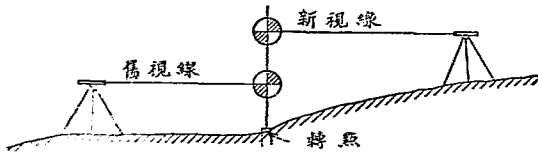
於五十英尺打一椿橛後，執竿者再將視標下移二英寸，或〇·一六五英尺，更前進五十英尺，以同法再打一椿橛。直至降坡須變更時，更校定視標之地位繼續測量。於執竿至距離儀器二百五十英尺時，可將椿橛打之與地面平，用作轉點，以便安置儀器，如第八十三圖所示。

若階田之降坡，未曾預爲規劃，欲於測量之時，相機規定者，是則必須約估階之全長，然後再約分數段，以決定降坡應變更之點。若在田坡整齊之地，如此進行自非難事。但當劃定階線之時，須時時計算，如能因變更降坡，或稍微移動全線，即能改善階田之整個計劃，是則降坡及路線雖預爲決定，亦可因之改良也。又若自一階之下端測量，至上端時如發現地形絕不適宜，勢必放棄原線，重新劃定。如於轉灣之處，

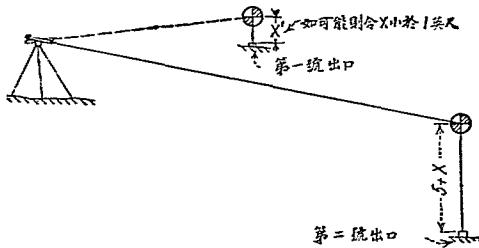
每格五十英尺，打一樁概，不能表示其確切路線時，即加打二十五英尺距離之間樁概。

如將第一道階堰線劃定後，即可轉回階田之下端，或排水出口處，測定第二線之起點，如第八十四圖所示，繼續進行，如上述之手續。如此工作，以迄全田之線皆經劃定，即可準備興工修築。

常有於各線之樁概上，號定站數者，雖非必要，但修築之期在劃定後相隔甚久者，則又以有號定者為佳，並可於站數之外加以階號也。今於洩水出處之樁概上，號以 $C+0$ ，其後則以次號 $C+$



第八十三圖 移動儀器之地位，並自轉點測量新位置上儀器之高度圖。



第八十四圖 用水準儀測定第二道階堰之圖。

50, 1+00, 1+50, 2+00 等等, 加號之前表站數, 每站以一百英尺計, 加號之後, 表小於一百英尺之零數。若欲表出階數, 更可於此數之前, 加以標號。

第七章 階田之修築

修築階田所用之器具及動力，種類甚繁，有者用二馬所駕之犁，及一自造之拖板 (Drag)，有者用重大之整平機 (Grader)，拖以五十至七十五馬力之曳引機 (Tractor)。就普通情況言之，前者遲緩，且勞費人力，後者則購值費鉅，且常年所用之日期較短，維持亦非易。笨重之機器翻動土壤之面積過廣，所築之階埂過高，轉動笨拙，經過鄉村之橋梁及門洞時，皆感困難，是亦應加考慮者也。

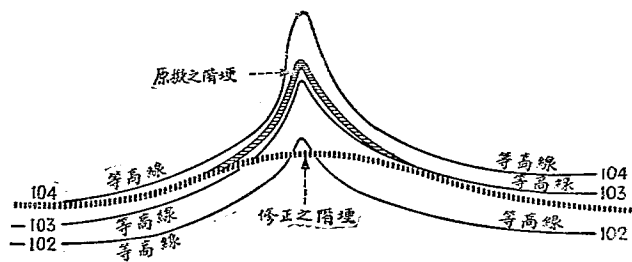
故修築所用之器具，亦爲一經濟問題，可以收入遞減律 (Law of diminishing returns) 繩之。換言之，即研究因投資之增加，每元錢之收入是否以之減少，互相比較，即可得最合理之投資數目也。所有一切之消費因素，皆應提出研究比較勿使遺漏也。

修築階田之時節，多在夏秋之交，於農作收穫之後，亦有在春凍初溶，早種以前者。要以修築所用時間之長短爲轉移。在南方結凍之時短，凡在田暇之時，皆可爲之。亦有因租用器具之便利，農夫甘願犧牲一季之收穫，而趕築之者。如因田地之過度使用，而改築階田者，則一季收穫之犧牲，固小事也。

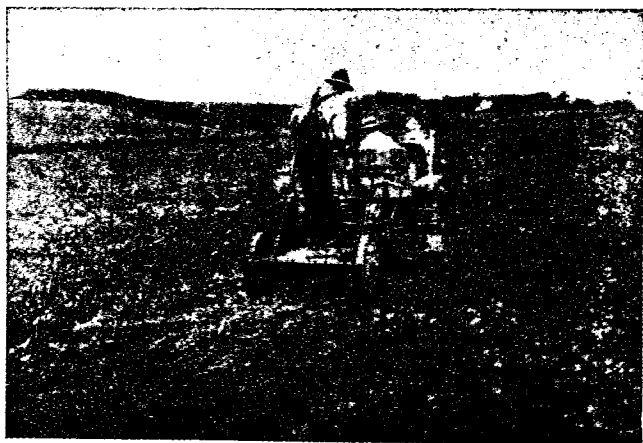
第一節 修築之方法

於階埂線劃定，並以五十英尺距離之椿樑號誌後，應更沿各線視察，是否有突出之高地，或山溝。爲便於修築起見，雖有椿樑號誌，仍可以耕犁或其他器具於地上劃一路線。應由有經驗者緩行於前，以糾正椿樑間之路線，並在已定之降坡限度內，將不規則之處緩和之。駕駛器具者隨此人之後，用耕犁或其他器具標誌之。遇有溝壑較深之處，若依照前章所述之方法，劃定之路線，則必呈一突出之狀，既窄且長，實不便於修築，如第八十五圖所示者，則必設法更改該段之路線，亦如圖示。此處必增加填土之工作，以便按照降坡，培修埂頂，於該處階槽中，修築之後亦必暫時有存水之現象也。

第八十六圖，爲以曳引機拖兩輪之整平機，標誌階埂路線之圖。至於此圖所示，何以不將田地更掘深些，以協助階埂之修築，理亦難解。不過修築階田之習慣不同，對於此次路線之標誌與原以椿樑所定者之位置關係如何，以及應先挑挖該線之上坡，或下坡等意見，亦各有不同也。此等不同意見，皆由椿樑所標之線，究竟代表階田何處之位置所致。有者認爲椿樑所標之線，應爲階埂之中心，有者認爲應爲階槽之中心，更有者認爲應作挖土及填土之交界線者。但事實上，各種意見並無顯著之優點，特因習慣之



第八十五圖 階田超越等高綫之草圖。



第八十六圖 曳引機拖兩輪整平機標定階埂線之圖。注意機前之引路人。

差異耳。

更有意見紛歧者，即築埂之土，應由其上下兩方培築之，抑或僅由上方培築之。若在坡度平緩地帶，如埂之上下坡方面，不至因挖土而留有槽狀之遺跡者，則此兩種意見亦無所長短。要之，多因所用之修築器具而定。若在較陡之田，由下向上翻土培築，既不易作，亦不經濟，是故，培築所用之土儘由其上方供給之，似較合理。

拜薩內試驗場曾作有試驗，如用兩輪曳引機，拖葉狀小型整平機修築階田時，其取土之方法，如下表所述者，頗為優良：

| 普通之坡度(百分數) | 自上方培築(百分數) | 自下方培築(百分數) |
|------------|------------|------------|
| 六或更小者 | 六〇 | 四〇 |
| 六至一〇 | 七五 | 二五 |
| 一〇或更大者 | 九〇 | 一〇 |

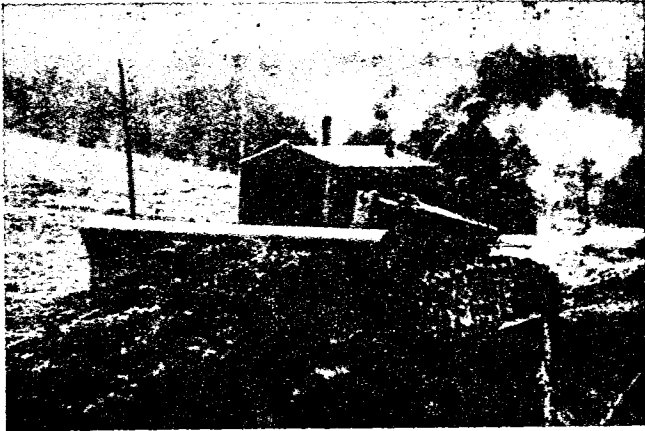
研究此問題時對於翻動表土之多寡，及在階埂上之分佈，皆應詳為考慮，蓋以對於農作物有關也。階槽所暴露之下層土，因槽內有淤澱作用，或多佈肥料，不久即恢復表土之肥美。但僅階槽如是，若上下

兩方培築，埂之下坡設有下層土暴露，則恢復較難。埂之培築，因係表土所積，作物之生長必特別茂盛也。若欲修築階田之地，甚為平整，既無溝壑之須填補，堤埂之待刮平，籬笆之須清除，更有適當之排水出路，則修築前，無所謂預備工作者，僅芟除粗硬殘株，以免有損於機器足矣。但有許多地帶，深溝太多，超越不便，故必用耕犁、築階機或其他器具，如第八十七圖所示者，先填滿之。設有舊式之階埂存在，亦必先事刮平，第八十八圖為一整平機，拖以曳引機以作此用者。

第二節 修築細則

修築階田之法，言人人殊。但影響所採用之方法者，則為土壤與其覆蓋物之種類及情況，普遍坡度之大小，以及採用器具之類別。然在此範圍內，各人之意見已大有出入矣。雖毫無經驗之人，工作不久，亦必有其喜用之法也。

若用普通之犁，亦可修築階田，犁地數行，每次皆向階埂之方面翻積。若再用刮板 (Scraper) 將鬆土堆積於階埂之線上，尤可加速工作。亦有用自造之V式拖板 (Drag) 者如第八十九圖，或以木製，或以鋼鑲，皆按費用之多寡而定。因土壤之情形，及駕馬之多寡，可以按照第二十二表，改變拖板之大小，以

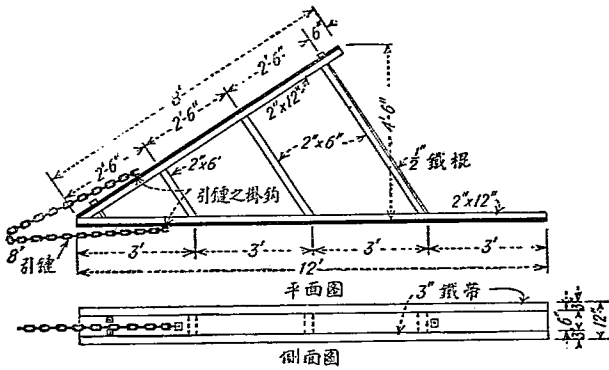


第八十七圖 溝壑填平後，準備修階田之圖。



第八十八圖 測平舊式階壩，準備修新式階田之圖。

第七章 階田之修築



物料單

- | | |
|-----------------------|----------------------|
| 1-2" × 12" × 12' - 0" | 2-1/2" × 5" 螺釘 |
| 1-2" × 12" × 8' - 0" | 4-3/8" × 2 1/2" 螺釘 |
| 1-2" × 6" × 14' - 0" | 2 鉤 |
| 1-1/2" φ 鐵棍 5' - 2" | 2 條 3" 鐵帶 8' - 0" 長 |
| (一端有橋頭而他端則為螺旋螺及螺提帽) | 2 條 3" 鐵帶 12' - 0" 長 |

第八十九圖 修築階田之V式插板。

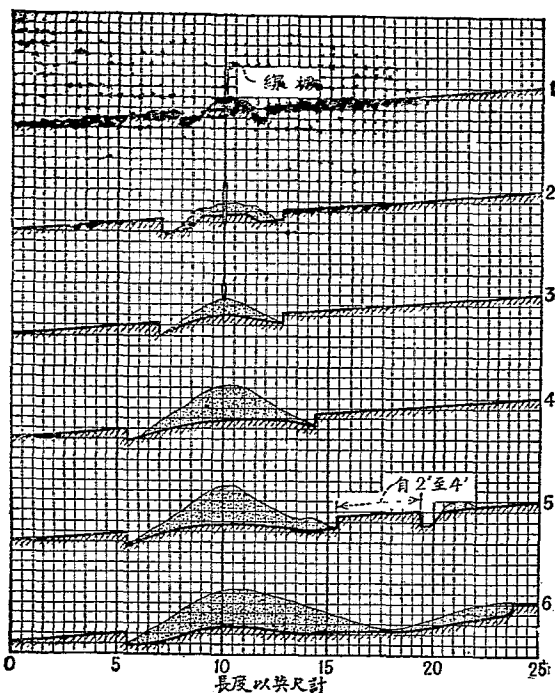
資應用。

第二十二表 自造V式拖板之原料尺寸

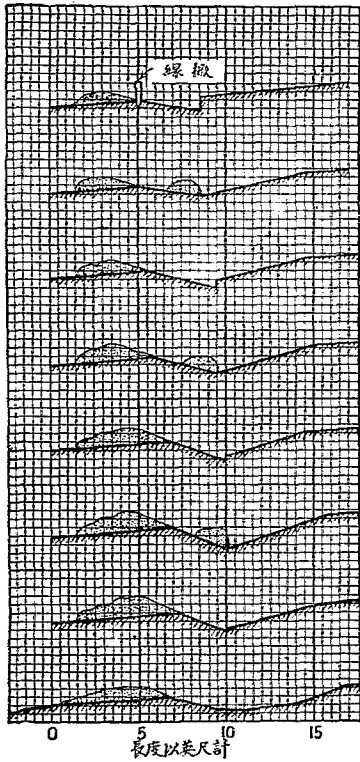
| | 螺 | | 馬 | | 之 | | 數 | | 目 |
|----------------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---|
| | 二 | 三 | 四 | 五 | 六 | 七 | 八 | | |
| 短翅之長度(英尺) | 四·五 | 五 | 六·五 | 七 | 八 | | | | |
| 長翅之長度(英尺) | 八 | 九 | 二·五 | 二·五 | 二·五 | 一四 | | | |
| 製翅物料之寬厚(英寸) | 二×八 | 二×一〇 | 二×二二 | 二×二二 | 二×二二 | 二×二二 | | | |
| 翅對黑土所展之寬(三三三度) | 二·五英尺 | 三英尺 | 三·五英尺 | 四英尺 | 四英尺 | 四英尺 | 四英尺 | | |
| 翅對砂土所展之寬(三七七度) | 二·五英尺 | 三英尺 | 三英尺 | 四·六英尺 | 四·六英尺 | 四·六英尺 | 四·六英尺 | 四·六英尺 | |

第九十圖為在亞拉巴瑪州，以馬拖犁，或V式拖板修築之程序圖。此為乃克爾斯所計畫者，且已廣為採用。 每一步驟，已見圖及其附註中。

第九十一圖為用整平機修築，且僅自上坡翻土工作之程序圖。此法之特點，在於初修之時，將土全數翻過橋樑，階槽不能於完工修成，必待將來耕種之時，將死畦(Dead furrow)儘量留於階槽之中，俾其斷面逐年增加，而後階槽始可完成也。



第九十圖 以馬駕犁及 V 式拖板，修築階田程序之圖。將第一次犁土向上翻，堆於板上。於使用 V 式拖板之前，必以犁堆培四次。沿犁成之槽，再以拖板培築之，先使埂高約十八或二十英寸，然後加寬。犁之，拖之，至寬八或十英尺為止。其次則於埂之上方，約二至四英尺處犁深槽，則中留一帶之地，其形如隄。然後自此條地之兩方面犁之，拖之，至全隄消滅為止。



第一掘將土翻於坡下4至5英尺處。

第二掘整理溝之上坡並將土翻於溝內。

第三掘清除溝內，並加深挖掘。

第四掘整理溝之上坡並將土翻於溝內。

第五掘清除溝內，並加深挖掘。

第六掘整理溝之上坡並將土翻於溝內。

第七掘清除溝內，階田即成。

以二馬萬竿堆護之，二年後開一兩畝田。

第九十一圖 利用整平機修築階田，而土僅自上坡下翻，工作程序之圖。

注意線樑在培土之中央，階槽則於修築二年後始能完成。

第九十二及九十三圖，爲欲使椿槓在階槽中時，以整平機修築之程序圖。第九十二圖爲自雙方翻土，第九十三圖爲僅自上坡翻土者。

整平機上之葉片 (Blade) 與路線所成之角度，可以任意校正，俾便工作。普通言之，於粘土上工作時所需之角度較砂土上者爲銳。

整平機上更有校正葉片任一端深淺之設備，蓋以刮土緣之深度必須時加調理，俾可利用機器及發動機之全部能力。此則對於所用之整平機之重量、堅固與發動機之能力皆有一相連之關係，校正時必顧及之也。

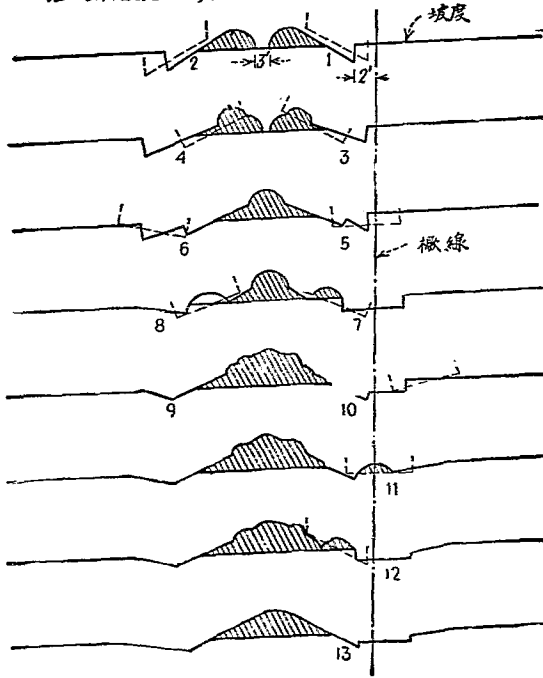
第九十四圖爲會爾文旋轉作階機 (Willwind rotary terracer) 運用法之圖說。此機器能應用運土之極新理論，雖發明不久，已風行北美各州矣。其詳容後述之。

第三節 修築之器具

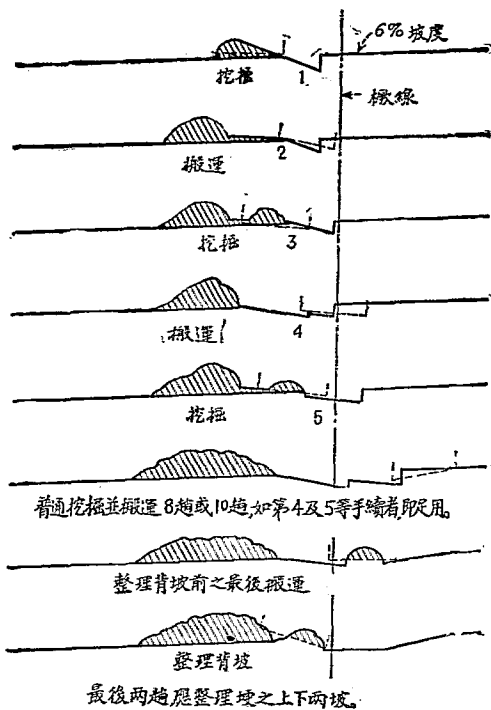
除平常農作之器具，及特別自造者外，因修築階田之需要，市上已有各種築階器具出售。惟新近之趨向，則爲採用修築道路所用之機器，而葉片狀整平機 (Blade grader)，尤爲常用。但修築階田工作爲

附註：

虛線表示下趟耕犁進行開始時葉片之位置。
 實線表示進行終了時葉片之位置。
 若欲階地寬些時可用整平機多修幾趟。

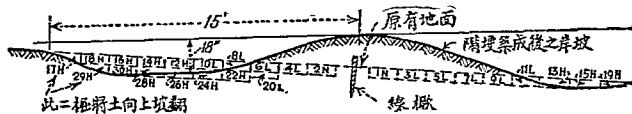


第九十二圖 利用十英尺整平機修築階地，自兩方翻土工作程序之圖。田地坡度為百分之六。



第九十三圖 利用十英尺整平機修築階田，土自上坡下翻工作程序之圖。
田地坡度為百分之六。

一六五



第九十四圖 會爾文旋轉築階機運用法之圖說。數目表示修築之趟數及其次序。字母表示螺旋器之速度：N 為中等，L 為低齒輪，H 為高齒輪。第二、一、二三、二五及二七趟不工作。機器可以其最高速度，每小時十英里進行。注意填頂之水平線，與其上田坡相遇之處，在掘土地帶以上。

一特別事業，此項機器，並非時常應用者，故可利用築路機兼辦之也。若以一塊田地為單位，購置此種機器，當非其財力所能勝矣（整平機及曳引機約需美金四千元）。故必有合作辦法，始可略予補救。例如：自機器公司出租，或由政府購買，再行轉租，或由農業團體購買，或由地主合夥購買，再行輪用等等。大地主獨力可以籌辦者，自屬例外也。不論籌資之方法如何，但其目的為減低經常費用，並將開辦購置費，分擔於多數之工作，以資節省也。

此項合作之弱點，為農夫個人不能利用此項機器以作別用，若挑挖階槽之淤澱，及維護階埂之高度等。但此問題並不嚴重，蓋以適當之耕種，及平常之器具，皆可以維護之也。否則，價廉之V式拖板，亦可作此用也。

以下各節，為將修築階田之機器，及動力機作一概括之敘述，用資參考。

(甲) 修階犁 (Terracing plows)

普通所用之犁，再改裝一特製之培築板 (Moldboard)，如第九十五圖所示，即可作修築階田之用。若用於耕田時，僅將培築板換下即可，故甚簡便，亦且節省。

(乙) V式鋼拖板 (Steel V-drags)

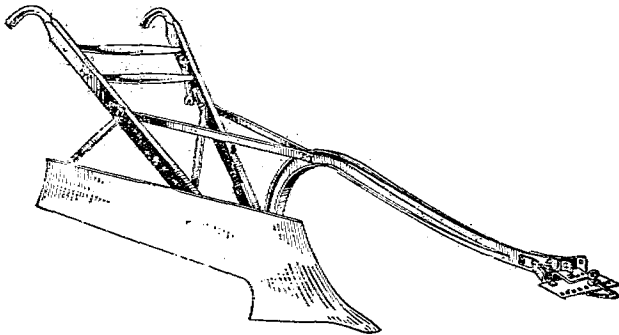
第九十六圖爲以四馬所駕之V式鋼拖板修築階田之圖，土爲由上坡向下翻積者。圖中並可見已將田地預爲犁鬆數行，惟若此曾經繼續耕種，即不預爲犁鬆亦可。兩翅之角度，可以自由配合。

第九十七圖描繪同樣器具，惟有一較長之臂，而且爲以曳引機拖之者。

(丙) 輕便修階整平機 (Light terracing graders)

第九十八及九十九圖表示兩種輕便整平機，特爲修築階田之用者。此種器具，可用馬駕之，或用曳引機拖之。

最近更有一種輕便整平機出售。如第一百圖所示。此機器有大小兩種，小者葉片長六英尺，重七七五磅；大者長八英尺，重八二五磅。設計此機器之用意，在能應用農用曳引機之動力之全量，而仍以最低之價格售之。故農夫可以自力購置。



第九十五圖 常用且費省之修階犁。



第九十六圖 四馬駕V式鋼拖板修築階田之圖。



第九十七圖 曳引機拖V式鋼拖板修築階田之圖。



第九十八圖 得撒築踏機，可以馬駕亦可以虫引機拖。



第九十九圖 考西加拿築踏機。

之也（每具價美金一百六十元）。

上述三種器具之前方，各有一輪，以此則可操縱葉片自如，且得適當之保護。但若欲於窪地輕刮，或高崗重刮之時，則頗感困難。最好能加添一自動升降器，設曳引機後部高起時，則葉片下落，低時則葉片上提。如是則可補救上述之缺點，但迄今尚無此項之設備也。

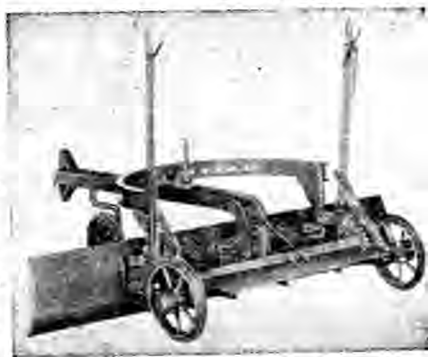
第一百一圖為考西加拿築階機 (Corsicana terracer)。

以馬拖之。第一百二圖為得撒築階機，以曳引機拖之。

(丁) 四輪整平機 (Four-wheel graders)

若在不築路之時節，可自築路機關，租用四輪整平機。如田地之坡度不甚陡，且整齊時，用之可得良好之結果。第一百三及一百四圖，描繪四輪整平機修築階田之情況，其種類、重量及機力之大小皆不同也。

戊 特製修階整平機 (Special leveling graders)



第一百圖 新式輕便築階機。



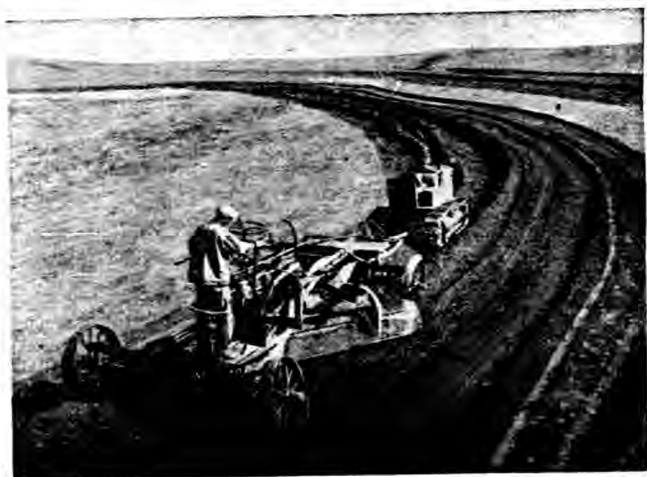
第一百一圖 考西加拿築階機，以馬駕之。



第一百二圖 得撒築階機，以車引機拖之。



第一百三圖 四輪修路整平機，以農用曳引機拖之，自上坡築階情況。



第一百四圖 修路整平機，以三十五馬力曳引機拖之，築階情況。

因修築階田事業之發展，機器公司每製造特種機器以供應用。其常用而且甚著成效者，爲一兩輪四千五百磅十英尺葉片之整平機，以三十五至四十馬力笛賽爾（Diesel）曳引機拖之。如能籌得購置費（約美金四千元），可以最低之經常費修築階田，每點鐘僅燃燒一個半或二加倫之低價笛賽爾油而已。

第一百五圖爲價值較廉之機器，以二十馬力之曳引機拖兩輪一千四百磅八英尺葉片之整平機。在此圖中，顯示此種整平機應用於乾硬之黃粘土田地微嫌分量太輕，蓋以有傾滑之勢也。

第一百六圖描繪四十馬力之笛賽爾曳引機拖一兩輪四千五百磅十英尺葉片之整平機，爲同一公司所製，但此項配置，較前節所述者爲尤勝也。

第一百七圖之器具爲與前者有同重同力之機器，於砂質壤土上修築階田用者。以葉片整平機推動此種土壤，實爲最適宜者。

第一百五圖至第一百七圖所示之器具，皆操縱方便，運用靈活，專爲修階之用者。葉片易於轉換，至階田之盡頭時，轉灣亦易。第一百六及第一百七圖所示之式樣，誠爲最經濟，最合用之修階器具，但僅限於葉片推土，且必須有特製之曳引機而不能兼用於農田工作，爲憾事耳。



二尾之沖刷與控制

第一百五圖 兩輪，一四〇〇磅，八英尺葉片整平機，以二十二馬力曳引機拖之，於乾硬之黃黏土上築階情況。



一七四

第一百六圖 兩輪，四五〇〇磅，十英尺葉片整平機以四十馬力曳引機拖之，築階情況。

(B) 重式高舉整平機 (Heavy elevating
grader)

於大塊田畝，坡度平緩且整齊時，可用一種極重之機器，如第一百八圖所示，既可節省，又有成效。此種高舉整平機，各自裝有發動機，及一特造之輸送器。其前有七十五馬力之曳引機拖之。於培修三轉或五轉 (round) 後，再以十二英尺之葉片整平機拖以五十馬力之曳引機培築二轉以上，即可成功。用此等機器修築之方法，見一百九圖。但所示工作之程序，並非概括一切之修築而言，以此機器構造之特別也。此種修築法之優點，則爲於階埂之核心，堆有最少量之表土，如環境適宜，修築之單價亦低。

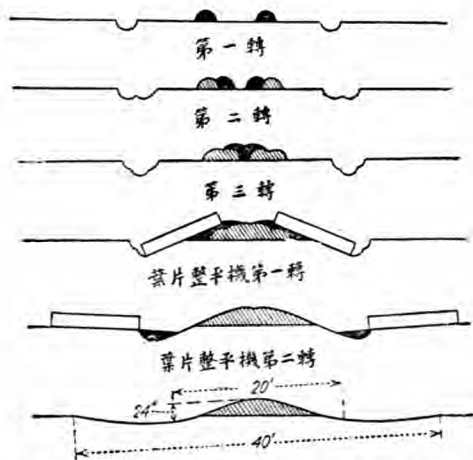
用高舉整平機，將每英尺階埂堆有〇·五至〇·



第一百七圖 兩輪，四五〇〇磅，十英尺葉片整平機，以三十五至四十馬力曳引機拖之，於砂質壤土上，自上坡築階情況



第一百八圖 重式高舉整平機，以五十馬力曳引機拖之，築路埂核心之情況。



第一百九圖 修築階田法。此圖表示以五十至七十五馬力笛賽爾曳引機拖高舉整平機，繼以五十馬力笛賽爾曳引機拖十二英尺葉片整平機修成寬四十英尺之階田法。

七五立方碼之土後，再用十二英尺葉片整平機，整理槽之斜坡，並將表土翻於階埂之上；亦有用三隻重式圓盤耙 (Disk harrow) 拖以五十馬力曳引機，整理槽中不規則之部份，以備種植者。蓋以用此器整理一遍，如第一百十圖，即不至有坑窪積水之處矣。

(庚) 輕式高舉整平機

第一百十一圖為修築階田之輕式高舉整平機。自此照片，可見裝有二十六英寸之圓盤犁，利用曳引機之動力，將土轉送於帶狀運輸器上。先沿椿檟犁掘一行，將土向下翻積，回程中犁掘之線，可適在前次積土之下。如此所積之兩行土，即為階埂之上下緣，然後再犁修數轉，將其間填滿。如能善於操縱，當可得一整齊之階埂，但下坡面之溝槽，實難避免之也。如欲築二十英尺寬，十八英寸高之埂，須培築十二轉以上。此機器可由一人操縱之，亦如圖示。

此種機器之優點為：(一) 凡能用圓盤犁耕種之土壤，皆可應用之，(二) 具有圓盤犁之性質，(三) 較之葉片整平機，用力則省，更有一優點，即以其構造之關係，所築之埂高度甚為整齊也。

(辛) 複式圓盤犁 (Multiple-disk plow)

複式圓盤犁，拖以農用曳引機，修築階田，如第一百十二及一百十三圖所示者。但迄今尙未能廣為



土壤之沖刷與控制

第一百十圖 三架重式十盤圓盤耙，拖以五十馬力曳引機整理槽中不規則部分，以備種植。



一七八

第一百十一圖 輕式高舉整平機，拖以農田曳引機。



第一百十二圖 複式圓盤犁築階之美術畫。



第一百十三圖 複式圓盤犁築階之圖。

應用也。以此法所修階田，不必重行整理，即可種植。第一百十二圖之藝術畫，甚足以表現階埂之形狀，大小及其在田野之風景。

(壬) 會爾文旋轉築階機

會爾文旋轉築階機極為輕便，效率亦高，如第一百十四圖所示，有一十八英寸之犁，惟將犁之培築板改爲十四英寸之螺旋器(Spiral-bladed rotor)耳。另有控制螺旋器速率之機關，用曳引機之動力以推動之。第一百十五圖爲向階埋播土之情形，播土之遠近及多寡，由螺旋距及速率司理之。此機工作靈便，每次積土雖少，但以行動迅速，可補救其缺點。其運用之方法，已如第九十四圖所指示者矣。第七十圖之橫斷面卽爲以此種機器所築成者，其鳥瞰照片，則如第七十八圖也。

此機器與前述之V式鋼拖板，輕式整平機，及其他之器具同，蓋皆可用平常之農用曳引機也。其價亦廉（美金四百五十元），故爲數家合作之能力所可致者。

第四節 修築之完成

排水道實爲修築階田之最重要工作，無天然之可用者，則以人力爲之，其方法，將於第九章詳述之。



第一百十四圖 會爾文螺旋器之側面圖。



第一百十五圖 會爾文旋轉築階機工作之情形。

階田修築之後，仍必有整理之工作，如整飾土埂之坡度，改善窪地或溝壑之跨越，接連排水出路之階壩，並修治其他不規則之處是也。雖然，使階壩之降坡與理想者絕對相符，實不可能，固亦屬非要。然於修築機器離開田地之前，如能再用水準儀測量一次，以校核階壩之高低，如有阻礙排洩之處，可用機器再為修治之也。第一百十六圖，為已完成之階田，經一次小雨之後，即有積水多處，以尙未施整理之工作也。

若積水於跨越溝壑之處，設其情形嚴重，可於階田地面下，設置排水管，如第一百十七圖所示者。

於階壩低窪之處，可以馬駕之刮板平治之，第一百十八圖；第一百十九圖則為以動力機整平階壩者。

陸氏(H. B. Roe)擬訂修築階田完成後，降坡之



第一百十六圖 已完成之階田，因尙未清理，故一次小雨之後，即有積水數處。

校核法，茲特引述於次，以爲指南。

參考第一百二十圖及第二十三表，校核之程序如次：

『於階埤之路線定規後，其長度之劃定，以邁步法量之即可，惟高度則非用水準儀測之不可，此應加以注意者也。遇有急促之弧形轉灣處，樁橛之距離須密。

第七章 階田之修築



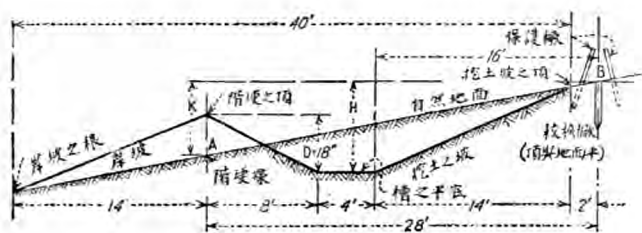
第一百十七圖 階田跨益溝壑處之排水方法。亦可用於無降坡階田之排水集中。



第一百十八圖 利用馬駕犁平階埤之窪處。



第一百十九圖 傅林納旋轉式刮板，拖以曳引機在石砌地鋪處情形。



第一百二十圖 美國明尼蘇達州之標準階断面。

第二十三表 校核階田修築之記錄

| 橫穿階田之天然坡度(每百英尺英尺數) | 圖中A B間之垂直距離K(英尺) | 自槽底至B之垂直距離H(英尺) |
|--------------------|------------------|-----------------|
| 二 | 〇·五六 | 一·〇七 |
| 三 | 〇·八四 | 一·二九 |
| 四 | 一·一二 | 一·五一 |
| 五 | 一·四〇 | 一·七三 |
| 六 | 一·六八 | 一·九五 |
| 八 | 二·二四 | 二·三九 |
| 一〇 | 二·八〇 | 二·八三 |
| 一二 | 三·三六 | 三·二七 |
| 一四 | 三·九二 | 三·七一 |

「於埂線上，打有樁橛(圖中之A處)，更於其上坡，在垂直階田之方向，量橫平距離二十八英尺(圖中之B處)，亦打樁橛，其頂須鋸成方形，打之與地面平。爲免除修築時此樁之遺失起見，可於其旁，再打二樁，如圖示，以資保護。

「測量 B 點樞之高度。此數與其相當站數之埂線樞 (A) 之高度差，皆登於記載簿上。此差數即爲表及圖中之 K。」

「求得 K 值後，繼求自槽底至樞之垂直距離 H，列於表中第三排。於欲校核之階槽上，平放一十六英尺長之標尺，其一端置於上樞，標尺在此端安置有水準管。他端伸於階槽之上。將標尺拿平，量自標尺之下面至槽底之距離。若此數值小於所求之 H，則槽底過高，所高之值，即爲所量數與 H 之差。設大於 H，則槽底過深，其值亦以二者之差表之。」

「如欲校核埂頂之高度，亦可用同法，設槽底已以前法校核修正後，即於此點使標尺之一端放於埂頂上。量此距離，如小於十八英寸，則表示埂過矮，反之若較大，則埂過高矣。」

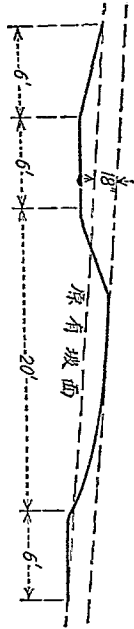
「更舉一例如次：

「設於一已知站，埂線樞之高度讀數爲六·四四，上樞者爲四·二〇。如是則 K 爲二·二四。其相當之 H 爲二·三九。今設自標尺至槽底之距離爲二·一九。則槽底過高，其差爲〇·二〇。在同一站，將標尺置於埂之頂上，設頂高於底一·〇五，則埂過低，其值爲以一·五減〇·二〇及一·〇五之值，即〇·二五。如 K 之值在表中二數之間者，則可以比例法求之。如 K 爲二·二〇，則 H 爲二·三六

也。

「如上述法，階田之各處，皆可校核其是否合於規定之降坡也。至於標尺可用厚一英寸，寬四英尺，長十六英尺之松板做之，惟須時常校核其是否彎曲耳。量距離時，務必自標尺之下面始，此應特別注意者也。」

欲校核階埂高度之是否正當，亦可用測量木柱兩隻，其一置埂之上坡，其一置於下坡，各置於未經培挖之自然地面上，以此二板為準，校核其中間階埂之高度，如第一百二十一圖，爲其一例，木柱之長爲十八英寸，自兩柱之頂，即可校核階埂之高度合否原定之設計也。



第一百二十一圖 密蘇里大學農業推廣部所採標準階田之斷面圖。

第八章 階田修築之費用及其維護

第一節 影響費用之因素

自以上各章所述，吾人深知修築階田之費用，受有複雜因素之影響，其主要者如下：

- (一) 土壤之質地，情況與覆蓋物之種類。
- (二) 坡度之大小及其整齊程度。
- (三) 修築以前沖刷之情況。
- (四) 有無天然排水道，及是否需要防沖設備等。
- (五) 工作器具之採用。
- (六) 動力之類別。
- (七) 階槽及階埂之大小。

(八) 階田之長短。

(九) 修築之經驗及技能。

(十) 籌款之方法。

嚴格言之，若不能對於各因素之情況，完全明瞭，即不能作精確之費用統計。然亦無兩種修築環境確切相似者，故即有統計，亦只可作約略之比較，以供參考而已。

愛我華州有七十二處修築階田之費用統計，依此研究之，亦可略知各因素之輕重。各田畝之代表土壤，爲施爾柏、可林頓、格龍得 (Grundy) 與馬紹爾 壤質壟埒，及零星散佈之少量泰瑪 (Tama) 凌德利 (Lindley) 及蒲德南 (Putnam) 雖在修築階田之時土壤太濕，但普通之土壤情形，則爲極乾燥且堅硬者，地面普遍之覆蓋爲作物之殘株，但亦間有爲初犁、草皮、苜蓿、燕麥及休種之地者。

因土壤之不同，對於修階費用之影響，可作以下之比較：

史考德 (Scott) 之田中，土壤爲乾燥之施爾柏 土，並覆以草皮者。普遍之田野坡度爲百分之十二，階長一千英尺，以V式拖板及曳引機修築，其速度爲每英里需五二機器時 (Machine-hour)。又靳諾 (Kinion) 田中，土壤爲潮濕之施爾柏 土，亦覆以草皮，坡度百分之十一，階長一千二百五十英尺，用相同之

器具修築，其速度爲每英里需二九·六機器時。是故土之過乾燥者，增長修築時間百分之七五。

因土壤質地之不同，其影響於費用者，可以臘遜 (Larsen) 及威爾遜 (Wilson) 之田地比較之。兩地之階田皆以會爾文旋轉機，修築於田地坡度爲百分之十者，其惟一之區別，卽爲土壤之種類。前者爲乾馬紹爾，每英里工作需六·八機器時，後者爲乾可林頓，每英里工作需一一機器時。

地形之影響於費用者有三。凡田地之能修爲階田者，其坡度皆在一定之限度內。平緩坡上修築之費用，較陡坡者爲省，一因階田之斷面易於修築，再因埤間之距離亦稍寬也。換言之，於每畝之田中，修階之距離較短也。三則因不整齊不規則之坡度，增加修築之困難，故修築之費用提高，又以農作不便，故維護之費用亦增。

若田內有許多小溝槽，雖無跨越之困難，但於修築時，必增加額外工作，故費用亦增。

因地形極不規則，或沖刷過甚，則額外之工作大增，而修築之費用必加，其多寡可參照七十二處工作之記錄，列如次表：

修築階田之額外工作

| 人 (Man-hours) | 時 | 最低(每田) | 平均(每田) | 最高(每田) | 每英里階田之平均數 | 每英畝階田之平均數 |
|--------------------|---|--------|--------|--------|-----------|-----------|
| | | 0 | 九七·八 | 八二二 | | |
| 畜力 (Team-hours) | 時 | 0 | 三九·五 | 三六九 | 二八·九 | 一·二 |

若無天然之排水出路，則必加以修治，並籌備防護工程，如是則費用亦增，此項額外工作，列如次表。
 修築排水出口之工作

| 人 (Man-hours) | 時 | 最低(每田) | 平均(每田) | 最高(每田) | 每英里階田之平均數 | 每英畝階田之平均數 |
|--------------------|---|---|--------|--------|-----------|-----------|
| | | 0 | 六九·〇 | 六五一 | | |
| 畜力 (Team-hours) | 時 | 0 <td>六·八</td> <td>一〇三</td> <td>五·〇</td> <td>〇·一</td> | 六·八 | 一〇三 | 五·〇 | 〇·一 |

上項之額外工作，皆為儘量利用人工以作之者。故表中數值，皆以人工畜力表之也。

第二節 器具與費用之關係

修築階田，因所用器具之不同，影響費用者甚巨。因此，根據所有之記錄，分析而研究之。可列為以

下各表：

(甲) 葛禮之田 (Davis County-Wm. L. Cree Farm) (額外工作不計)

(一) 器具：畜牲，刮板及犁。

(二) 土壤：凌德利壟埤，量輕，潮濕有作物之殘株覆蓋。

(三) 階之數目……………七

(四) 總長……………三三六〇英尺……或〇·六三五英里

(五) 修築小時總數……………二一……………或每英里三三·二

(六) 人工時……………一六一·五或每英里二五四

(七) 畜力時……………一二〇……………或每英里一八九

(八) 防護之英畝數……………一五……………或每英里 二三·六

(九) 每英里人工價 以每小時美金三角計……………七六·二〇美金元

(十) 每英里畜力價 以每小時一角四分計……………二六·四〇美金元

(十一) 每英里器具價 以每小時美金一角五分計……………四·九八美金元

每英里之總價……………一〇七·五八美金元

每英畝防護費用……………四·五六美金元

(2) 麥克剛之田 (Davis County-John McGown Farm) (額外工作不計)

(一) 器具、畜性及V式拖板。

(二) 土壤：施爾柏壩埤，重量中等，潮濕，草皮覆蓋。

(三) 階田之數目……………四

(四) 總長……………三三五〇英尺……………或 〇·六三英里

(五) 修築小時總數……………二二三……………或每英里 三六·五

(六) 人工時……………一七五……………或每英里二七八

(七) 畜力時……………一四六……………或每英里二二二

(八) 防護之英畝數……………一八……………或每英里 二八·六

(九) 每英里人工價 以每小時美金三角計……………八三·四〇美金元

(十) 每英里畜力價 以每小時美金一角四分計……………三二·四八美金元

(十一) 每英里器具價 以每小時美金一角計……………三·六五美金元

每英里之總價.....一一九·五三美金元

每英畝防護費用.....四·一八美金元

(西)郝默東田 (Adair County—A. S. Hamilton Farm) (額外工作不計)

(一)器具：一五至二七曳引機及輕便整平機。

(二)土壤：泰瑪埴質壤埴，雙相 (Both Phases)，重量中等，極乾，殘株及草皮覆蓋。

(三)階之數目.....六

(四)總長.....八四〇〇英尺.....或 一·五九英里

(五)修築小時總數.....四一·五.....或每英里 二六·一

(六)人工時.....七二.....或每英里 四五

(七)機器時.....四一·五.....或每英里 二六·一

(八)防護之英畝數.....三〇.....或每英里 一九

(九)每英里人工價 以每小時美金三角計.....一三·五〇美金元

(十)每英里動力價 以每小時美金五角二分計.....一三·五七美金元

(十一) 每英里器具價 以每小時美金一角五分計……三·九〇美金元

每英里之總價……………三〇·九七美金元

每英畝防護費用……………一·六三美金元

(丁) 麥克禮田 (Madison county—G. O. McOleary Farm) (額外工作不計)

(一) 器具通用之曳引機及台克薩斯整平機。

(二) 土壤沙質壟埂及黏土量輕, 潮濕, 暴露, 或殘株覆蓋。

(三) 階田之數目……………一

(四) 總長……………九三〇〇英尺……或一·七六英里

(五) 修築小時總數……………三二……………或每英里一八·二

(六) 人工時……………一二〇……………或每英里六八·二

(七) 機器時……………三二……………或每英里一八·二

(八) 防護之英畝數三一·五……………或每英里一八·〇

(九) 每英里人工價 以每小時美金三角計……………二〇·四六美金元

- (十) 每英里動力價 以每小時美金五角二分計：九·四六美金元
- (十一) 每英里器具價 以每小時美金一角五分計：二·七三美金元
 每英里之總價……………三二·六五美金元
 每英畝防護費用……………一·七九美金元
- (戊) 五十四號田 (18 Southern Iowa county-54 Farm) (額外工作不計) 此張由工作人記錄
- (一) 器具：D式亞里斯詹伯曳引機及會爾文旋轉築階機。
- (二) 階田之總長……………三三七、七九一英尺 或……………六四英里
- (三) 修築小時總數……………四八二·二……………或每英里 七·五三
- (四) 人工時……………四八二·二……………或每英里 七·五三
- (五) 機器時……………四八二·二……………或每英里 七·五三
- (六) 平均馬力……………一八·二八
- (七) 防護之英畝數……………一、二一六……………或每英里一九
- (八) 每英里人力價 (精良) 以每小時美金一元五角計……………一一·二五美金元

(九) 每英里動力價……………以每小時美金五角二分計……………三·九一美金元

(十) 每英里器具價……………以每小時美金二角計……………一·五〇美金元

每英里之總價……………一六·六六美金元

每英畝防護費用……………〇·八八美金元

以畜牲曳V式拖板或刮板而工作者，其大部份之費用爲人工。但農民每於計算費用之時，將人工一項遺漏，特別於農暇時忽之。嚴格言之，遺漏此項，當然非是，但作於農暇，廢時利用，亦似有一部分理由也。

(子) 會爾文旋轉築階機

由前表觀之，應用會爾文築階機者，其費用最省，此或由於人工之精良，及其他環境所使，或非常精。但此記錄乃三月工作之成績，結果殊覺滿意。其後在他州應用之結果亦佳，惟遇有殘株及岩石者則否，蓋以在此情境，各樣機器，皆不能順利工作也。

在墨里的安 (Meridian, Miss.) 用一十八至二十八哈梯巴曳引機 (18-28 Hart Parr Tractor) 修築二二五〇英尺之階田，埋高十八英寸，培修二十六轉，共用七小時，每小時用汽油三加倫。

但亦有相反之記錄，在密蘇里州，於一九三五年春，試驗各種器具之結果，則如第二十四表所示。

此記載中，使用會爾文築階機之速率，每小時僅能沿階埋工作三三五英尺。如對於螺旋器加以校正，每小時可增至七五〇英尺，但利用此種作法之結果，則未列於表中也。

第二十四表 四種築階機試驗之比較

| 項 | 目 | 輕便高舉整平機 | 會爾文旋轉築階機 | 四輪葉片整平機 | 二輪葉片整平機 |
|--------------|---|---------|----------|---------|---------|
| 每英里階田所需之機器時 | | 一一·八 | 一五·七七 | 九·三六 | 一〇·一四 |
| 每英里階田所需之馬力時 | | 二七九·五 | 三四七·二 | 三七一·七 | 四〇二·四 |
| 每英里階田所需之人力時 | | 一一·八 | 一五·七七 | 一八·七二 | 二〇·二八 |
| 每英里階田之總價 | | 一五·一一 | 一八·四四五 | 一五·九二七 | 一七·八八六 |
| 每英尺階田之土工立方碼數 | | 〇·四九五 | 〇·四六 | 〇·三二二 | 〇·三七七 |
| 每馬力時所運土之立方碼數 | | 一一·〇二四 | 八·〇五四 | 三·三七八 | 三·七六四 |

會爾文機器，在通常情形，其平均工作，可以愛我華州南部二十處田地中所得之結果表之：

修築階田之長度（英尺）……………一二三、八四五

防護之英畝數……………七六九

每英畝之平均費用 (美金元) 一·五四

每英里之平均費用 (美金元) 二一·一九

(丑) 輕便高舉整平機

以下之記錄乃用吳禮 (Woolley) 高舉整平機, 及通用之曳引機, 在雅典 (Athens, Ga.) 附近, 於一
九三五年修築階田之結果。在 A B 及 C 層之一小部份, 爲西西爾土壤; 僻蒙特 (Piedmont) 高原紅黏
土。

(甲) 階田之長度 (英尺) 九六〇

每英尺階田之土工 (立方碼) 〇·七*

運土之立方碼數 六七二·〇

時間 二時一五分

轉數 一一·五

每分鐘築階之長度 (英尺) 七·二六

每分鐘運土 (立方碼) 五

修築階田每英尺之費用(美金元).....〇・〇〇三五+

運土每立方碼之費用(美金元).....〇・〇〇五+

(乙)階田之長度(英尺).....七四〇

每英尺階田之土工(立方碼).....〇・五五*

運土之立方碼數.....四〇七

轉數.....八

時間.....一時一五分

每分鐘築階之長度(英尺).....九・七三

每分鐘運土(立方碼).....五・四

修築階田每英尺之費用(美金元).....〇・〇〇二四+

運土每立方碼之費用(美金元).....〇・〇〇四六+

(丙)階田之長度(英尺).....七八〇

每英尺階田之土工(立方碼).....〇・三五*

| | |
|------------------------|-----------|
| 運土之立方碼數..... | 二七三 |
| 轉數..... | 六 |
| 時間..... | 一小時 |
| 每分鐘築階之長度(英尺)..... | 一三 |
| 每分鐘運土(立方碼)..... | 四·五 |
| 修築階田每英尺之費用(美金元)..... | 〇·〇〇一九+ |
| 運土每立方碼之費用(美金元)..... | 〇·〇〇五四+ |
| 修築時間總計(小時)..... | 四·五 |
| 築土總計(立方碼)..... | 一三五二* |
| 每小時築土(立方碼)..... | 三〇〇 |
| * 直接用儀器測量數。 | |
| + 以每小時費用美金一元五角計算,約計如下: | |
| 工匠..... | 每小時〇·五〇美金 |

| | |
|-------------------|------|
| 燃料每小時二加倫（單價一角五分） | 〇・三〇 |
| 築階機之費用（修理護養及利息） | 〇・一五 |
| 曳引機之費用（修理折舊利息及油脂） | 〇・五〇 |

更有一處工作統計，錄之於後：

（甲）土壤：普通之乾苜蓿草地

| | |
|---------------|------|
| 階田之長度（英尺） | 二〇五〇 |
| 每英尺階田之土工（立方碼） | 〇・三三 |
| 運土（立方碼） | 六八三 |
| 時間（小時） | 四・五 |
| 轉數 | 一一 |
| 每小時運土（立方碼） | 一五二 |
| 每小時築階長（英尺） | 四五五 |
| 每小時工作之費用（美金） | 一・七二 |

| | |
|----------------------|--------|
| 每碼土之費用 (美金) | 〇・〇一三 |
| 每英里階田之費用 (美金) | 一九・九五 |
| (乙) 土壤麥之殘株及雜草 (極乾) | |
| 階田之長度 (英尺) | 一一〇〇 |
| 每英尺階田之土工 (立方碼) | 〇・六六 |
| 運土 (立方碼) | 七三三 |
| 時間 (小時) | 二 |
| 轉數 | 一三 |
| 每小時運土 (立方碼) | 三六六 |
| 每小時築階長 (英尺) | 五五〇 |
| 每小時工作之費用 (美金) | 一・七二 |
| 每碼土之費用 (美金) | 〇・〇〇四七 |
| 每英里階田之費用 (美金) | 一六・五二 |

估計工作費用之法如下：

工匠.....每小時〇・六〇

燃料每小時二・七五加倫（單價一角六分九厘）〇・四七

曳引機（折舊，修理，利息及油脂）.....〇・五〇

築階機（折舊，修理及利息）.....〇・一五

總計.....一・七二

（寅）二輪葉片整平機

二輪葉片整平機之最優記載，當為密蘇里州所用之二輪四五〇〇磅，十英尺葉片整平機，以四十馬力，箇賽爾山坡特製曳引機拖之者。以下之數值皆以每英里之階田計，田地坡度為百分之五，築寬為三八英尺，每英尺土工為〇・六〇至〇・七〇立方碼。土壤情形極為合宜，工作凡八小時。

修築一英里階田之費用：

燃料十六加倫（單價美金六分）.....〇・九六美金

油脂（每加倫美金六角）.....〇・九〇

| | |
|----------------------|---------|
| 人工（二人每人每小時美金五角） | 八・〇〇 |
| 修理（估計一萬小時費美金一〇六） | 〇・八八 |
| 利息（五年以百分之六利息總計八〇〇美金） | 〇・六四 |
| 折舊（一萬小時，美金四四二五） | 三・五四 |
| 每英里費用總數 | 一四・九二美金 |
| 立方碼約數 | 三一六八・〇 |
| 每立方碼費用約數 | 〇・〇〇五美金 |

以下之記載，爲用同樣之器具，工作於密西西比河流域者，土壤情形，極爲不利。

| | |
|--------------|--------|
| 修築階埋之數目 | 一八 |
| 修築階田之長度（英尺） | 一二・六五〇 |
| 修築排水渠之長度（英尺） | 九五〇 |
| 工作之總長（英尺） | 一三・六〇〇 |
| 完成階田之長度（英里） | 二・五七六 |

| | |
|------------------------|--------|
| 工作之時間 (小時) | 五五·五 |
| 燃料之總量 (加倫) | 八八 |
| 油之總量 (夸爾或四分之一加倫) | 一六 |
| 脂之總量 (磅) | 一 |
| 每小時之燃料 (加倫) | 一·五八五 |
| 每小時之油 (夸爾) | 〇·二八八 |
| 燃料價目 (美金) | 八·六四 |
| 人工價目 (美金一二二人工時) | 九一·五〇 |
| 工作總價 (美金) | 一〇〇·一四 |
| 每英里之費用 (美金) | 三八·九〇 |
| 每英尺之費用 (美金) | 〇·〇〇七四 |

採用笛賽爾四十號曳引機及四五〇〇磅十英尺葉片築階機，費用之平均數可由一九三五年干薩斯州北部之記載表之。此記載之又一特點，即排水渠費用為數甚鉅也。此項修築之尺寸如下：階埂總

寬四〇英尺，高於槽底一八至一一四英寸，百分之八〇之土取自上坡；每英尺取土約爲〇·四五立方碼。

修築階田之長度（英尺）……………一七、〇六〇

工作時間（小時）……………四九·五

每小時修築之長（英尺）……………三四五

每小時修築者所防護之田（英畝，每英里二〇英畝）一·三

修築排水渠之長度（英尺）……………二六七五

工作時間（小時）……………九

工作總時間（小時）……………五八·五

燃料總量（加倫）……………一四五

油脂總量（加倫）……………七

單價……………五八·五小時 每小時

燃料一四五加倫（單價五分）……………七·二五 〇·一二四美金

| | | |
|---------------------|---------|-------|
| 油七加倫(單價六角)..... | 四·二〇 | 〇·〇七二 |
| 折舊(一萬小時四二五〇美金)..... | 二四·八六 | 〇·四二五 |
| 修理及護養(估計)..... | 一七·五五 | 〇·三〇 |
| 人工(二人每小時各五角)..... | 五八·五〇 | 一·〇〇 |
| 合計..... | 一·九二一美金 | |
| 修築階田每英畝之費用..... | 一·四八 | 美金 |
| 修築階田每英里之費用..... | 二二·六四 | 美金 |
| 修築排水渠每英畝之費用..... | 一一·九二 | 美金 |
| 每英畝費用總計..... | 一三·四〇 | 美金 |

以下之記錄爲得自台克薩斯州者，用與前相同之築階機，及五五馬力汽油曳引機，及六英尺一又四分之碼之傅林納旋轉式刮板(Rotary Fresno scraper)，甲項記錄爲一普通情形，乙項者則表示溝整遍地，是以費用大增也。

(甲) 土壤：台克薩斯黑黏土 (Gumbo) 及輕壤土之混合土壤。

普通概況：田地曾經連年耕種，坡度平緩，面積約四方英里，惟其形過長。

每英里葉片工作之費用……………二七·九二美金

每英里傅林納工作之費用……………四·〇九

每英里階田之費用總數……………三二·〇一

每加倫汽油價……………〇·〇八

每加倫油價……………〇·五八及〇·五七

人工：使用曳引機及整平機者每小時……………一·〇二

使用傅林納工人每小時……………〇·五三五

階田情形：埂緣至緣寬二二英尺挖土坑間之距離為三〇英尺

(乙) 土壤：得撒黑黏土有張森 (Johnson) 草錯跡叢生。

普通概況：土壤常潮濕因有張森草，致土壤之組織不易滾動於板上。因有廢田及沖刷過甚之

處，故需傅林納工作之處頗多。

每英里葉片工作之費用……………四六·五〇美金

每英里傅林納工作之費用……………二五·三五

每英里階田之費用總數……………七一·八五

每加倫汽油價……………〇·〇九五

每加倫油價……………〇·四七五

人工使用曳引機及整平機……………一·三五

使用傅林納者……………〇·六〇

附註 傅林納用以填溝並修整階田，俾達其規定降坡，並於籬牆或排水渠相連處，約長二五至三〇英尺，掘挖土工。

階田情形：埂之緣至緣寬二二英尺，挖土坑之距離為三〇英尺，橫斷面積十二平方英尺，亦即每英尺〇·四四立方碼。

(卯)重機器

第二十五表 喀羅林達修築階田費用表

| 階田號數 | 器具 | 階田長度(英尺) | 階田尺寸 | | 階田情況 | | | | 每百英尺工作 | | 階田費用(美金) | | | 土壤情況 | 地面情況 | 修築方法 | | |
|------|-------------------------------------|----------|-------|------|---------|-------|-------|---------|--------|------|----------|-------|------|------|-------|------|-------------|------------------|
| | | | 高(英尺) | 寬 | 田(每百英尺) | 垂(英尺) | 流(英尺) | 每階長(英尺) | 機器時 | 人工時 | 每百英尺費用 | 整平費用 | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | 至壩頂 | 全寬 | | | | 度 | 離 | 積 | 每英畝 | 每英畝 | 每英里 |
| C-1 | Cat. Fifteen With Cat. Grader. | 2,421 | 1.38 | 12.3 | 25.2 | 5.82 | 3.95 | 3.76 | 644 | 0.41 | 0.89 | 0.07 | 0.27 | 1.71 | 14.00 | 乾塵土 | 燕麥殘株 | 3轉下坡, 13轉上坡 |
| C-2 | Cat. Sixty, Austin Road Grader. | 2,417 | 0.91 | 10.4 | 24.6 | 9.08 | 4.06 | 2.48 | 975 | 0.16 | 0.31 | ..... | 0.25 | 2.45 | 13.25 | 乾 硬 | 燕麥殘株 | 7轉上坡 |
| C-3 | Cat. Sixty, Austin Road Grader. | 2,350 | 1.13 | 12.6 | 25.8 | 9.52 | 4.59 | 2.62 | 897 | 0.15 | 0.30 | 0.05 | 0.24 | 2.15 | 12.67 | 乾 硬 | 燕麥殘株 | 7轉上坡 |
| C-4a | G. P. John Deere Martin Ideal. | 1,550 | 1.54 | 12.9 | 27.3 | 9.78 | 3.01 | 3.26 | 708 | 0.58 | 1.16 | 0.04 | 0.42 | 2.99 | 22.33 | 乾 硬 | 燕麥殘株 | 13轉下坡, 25轉上坡 |
| C-4b | Cat. Fifteen, Cat. Grader. | 1,750 | 1.62 | 12.3 | 21.0 | 9.78 | 6.01 | 3.26 | 706 | 0.33 | 0.67 | ..... | 0.21 | 1.51 | 11.31 | 熟 地 | 玉蜀黍殘株 | 14轉上坡 |
| C-5a | Mod. Dgohn Deere Texas Terracer. | 1,450 | 1.39 | 11.9 | 21.6 | 9.27 | 5.34 | 2.96 | 743 | 0.45 | 0.90 | 0.14 | 0.36 | 2.89 | 20.50 | 乾 硬 | 一半犁起一半燕麥殘株 | 21轉上坡 |
| C-5b | Cat. Fifteen, Cat. Grader. | 750 | 1.60 | 13.4 | 20.9 | 9.27 | 5.34 | 2.96 | 743 | 0.30 | 0.60 | ..... | 0.19 | 1.43 | 10.17 | 熟 地 | 玉蜀黍殘株 | 13轉上坡 |
| C-6a | G. P. John Deere, Martin Ideal. | 1,250 | 1.44 | 14.6 | 26.0 | 8.76 | 5.07 | 2.78 | 719 | 0.80 | 1.60 | 0.21 | 0.55 | 4.19 | 30.78 | 乾 硬 | 四之三犁起其餘燕麥殘株 | 3轉下坡, 8轉上坡 |
| C-6b | Cat. Fifteen, Cat. Grader. | 750 | 1.45 | 12.6 | 21.9 | 8.76 | 5.07 | 2.78 | 719 | 0.27 | 0.53 | 0.11 | 0.17 | 1.23 | 9.03 | 熟 地 | 玉蜀黍殘株 | 13轉上坡 |
| C-7 | Mod. Dgohn Deere, Texas Terracer. | 900 | 1.47 | 12.4 | 20.5 | 9.56 | 4.88 | 1.65 | 857 | 0.56 | 1.11 | 0.11 | 0.48 | 4.12 | 25.39 | 乾 硬 | 全犁 | M.D.18轉G.P. 5轉上坡 |
| C-8 | G. P. John Deere, Martin and Texas. | 900 | 1.67 | 14.2 | 24.8 | 9.52 | 4.68 | 1.01 | 891 | 0.78 | 1.56 | 0.14 | 0.57 | 5.07 | 30.03 | 乾 硬 | 全犁 | 馬27轉合4轉上坡 |
| C-9 | G. P. John Deere, Texas Terracer. | 900 | 1.41 | 11.6 | 20.9 | 9.20 | 5.58 | 1.25 | 720 | 0.72 | 1.44 | 0.29 | 0.52 | 3.78 | 27.72 | 乾 硬 | 全犁 | 21轉上坡 |
| C-10 | Cat. Fifteen, Cat. Grader. | 950 | 1.53 | 12.6 | 22.3 | 9.16 | 5.12 | 1.18 | 805 | 0.32 | 0.63 | ..... | 0.20 | 1.63 | 10.72 | 熟 地 | 玉蜀黍殘株 | 14轉上坡 |
| C-11 | Cat. Fifteen, Cat. Grader. | 650 | 1.75 | 12.8 | 21.4 | 7.58 | 4.45 | 0.90 | 719 | 0.35 | 0.69 | ..... | 0.22 | 1.60 | 11.73 | 熟 地 | 玉蜀黍殘株 | 12轉上坡 |

說明 Cat. 爲 Caterpillar 之縮寫。器具欄內, 前名表示曳引機之廠名及號數, 後名表示築階機之廠名及機名。

干薩斯州曾用二〇、〇〇〇磅高舉整平機，一〇、〇〇〇磅十二英尺葉片整平機，六英尺旋轉傅林納刮板，及五〇至七五馬力笛賽爾曳引機修築階田一五六英里，其平均費用如次：

工作之方式.....每英里之費用

高舉整平機培築埂之中心.....一一·五二美金

十二英尺葉片整平機.....四·五二

傅林納填土及整飾工作.....五·四八

若一慮及此項工作包含階田之多，及橫斷面之大（第一百九圖），則每英里培築中心及整平之費用，僅爲一六·〇四美金者，殊不昂也。

亞爾濱（Albion, Neb.）附近，土壤防冲局用同樣之器具，以高舉整平機培修五轉，以葉片整平機培修六轉，其費用爲每英里二八美金。

（辰）其他器具

喀羅林達（Clarinda, Ia.）附近，曾作修築階田之試驗，其費用記錄，列如第二十五表。

雷木賽對於施用輕便器具，在適當情形之下，估計修築階田最低之費用如第二十六表示。所用之器具爲V式拖板及整平機等，至於動力，則隨地就適宜者用之。

第二十六表 修築階田十五英寸高，二十英尺寬，長在一千英尺以上且土壤輕鬆，坡度平緩之約價。

| 田 地 之 情 形 | 每 英 畝 費 用 (美金) | 附 註 |
|-----------------|----------------|-------------|
| 整潔之耕田無溝壑 | 一·五〇至 二·五〇 | |
| 草地無溝壑 | 二·〇〇至 三·〇〇 | |
| 整潔之耕田有小溝 | 三·〇〇至 六·〇〇 | 因溝之多寡而異 |
| 整潔之耕田有溝三至六英尺深 | 七·〇〇至 一五·〇〇 | 因溝之多寡而異 |
| 新整之田無溝壑但有殘樹須掘出者 | 七·〇〇至 二二·〇〇 | 因殘樹之種類及多寡而異 |

但所搜集之記錄僅能表示一部分之價值，蓋以每難將所有因素之情況詳述也。蓋附修築階田費用記載表式樣，如能採用，則所得之記錄或將更精確也。然工匠之技能不同，其差亦大，有因之增減費用百分之五十者，不可不知也。

修築階田費用記載表樣式

| | | | | | |
|---------|--------|----|------|-------|------|
| 田地位置 | 省 | 縣 | 村 | 田主 | 日期 |
| 修築機 | 曳引機 | | | 沖刷情況 | |
| 田地坡度 | 地面覆蓋情形 | | | 沖刷情況 | |
| 土壤類別 | 土壤情況 | | | 濕 | 中 |
| 排水面積 | 田地號數 | | | 階田號數 | |
| 階之長度 | 階間垂直距離 | | | 上段 | 下段 |
| 逕流容量 | 階間距離 | | | 上段 | 下段 |
| 堰之橫斷 | 最大 | | | 堰 | 平均高 |
| 面積 | 最大 | | | 槽 | 平均深 |
| 槽之橫斷 | 最大 | | | 槽 | 平均頂寬 |
| 面積 | 最大 | | | 槽 | 平均底寬 |
| 階之降坡 | 最大 | 最小 | 降落總量 | | |
| 修築進行之速度 | 修築長度 | | | 修築時間 | |
| 修築機 | 轉 | | | 每小時長度 | |
| 純用機器 | 數 | | | 堰上 | 堰下 |
| 燃料 | 油 | | | | |
| 操縱器具人數 | 總人工時數 | | | 總馬力時數 | |

| 備註 | 每英里階田人工時 | | 每英里階田機器時 | | 每英里階田 | | 每英里階田馬力時 | |
|--------------|---------------------------------|----|----------|----|-------|----|----------|----|
| | 單價 | 合計 | 單價 | 合計 | 單價 | 合計 | 單價 | 合計 |
| 人 | 元 | 角 | 元 | 角 | 元 | 角 | 元 | 角 |
| 良引機燃料 | 元 | 角 | 元 | 角 | 元 | 角 | 元 | 角 |
| 良引機油 | 元 | 角 | 元 | 角 | 元 | 角 | 元 | 角 |
| 良引機及築階機用脂 | 元 | 角 | 元 | 角 | 元 | 角 | 元 | 角 |
| 良引機及機器之修理 | 元 | 角 | 元 | 角 | 元 | 角 | 元 | 角 |
| 良引機折舊 | 元 | 角 | 元 | 角 | 元 | 角 | 元 | 角 |
| 築階機折舊 | 元 | 角 | 元 | 角 | 元 | 角 | 元 | 角 |
| 每英里階田之修築費用總計 | 元 | 角 | 元 | 角 | 元 | 角 | 元 | 角 |
| 每英里階田額外工作費用 | 元 | 角 | 元 | 角 | 元 | 角 | 元 | 角 |
| 每英里階田修築排水渠費用 | 元 | 角 | 元 | 角 | 元 | 角 | 元 | 角 |
| 備註 | *按積土收縮後階槽容量計算 十自原地面上計算 十自原地面下計算 | | | | | | | |

第三節 階田之種植及維護

階田築成之第一年，因新培及犁鬆之土，正當緊縮變固之時，應加特別維護。於能發生逕流之降雨後，即隨時修補。如能於土壤尙鬆之時，種植有覆蓋作用之作物，免致暴露尤佳。第一百二十二圖，爲階田修築一年後，土壤收縮堅實之情形。

嗣後維護之方法，則以階田設計及修築之適宜否，以及作物種植之合法否而定。於行播作物收穫後，可用耕犁、V式拖板、小整平機、或會爾文築階機修培一轉或數轉，俾維持埂之高度，並清除槽底之淤澱。雖農作極爲慎謹，亦難免階田內之沖積。此種現象，並非全因行播作物之方向所致，第一百二十三圖所示，至爲明顯。但當作物生長時期，行之方向，對於護養上實有莫大之關係也。

階槽中須時常清除一切之阻礙物；有涵洞之處，尤爲重要。除有最陡之坡度外，道路亦可橫穿階田而無大礙，但總以能架小橋，或設涵洞爲佳。暴雨之後，階槽中輒淤積甚多，必早爲清除。

關於維護階田之費用，美國農業部於拜薩內試驗場中，記載數年之結果，每年平均爲每英里四·五美金，或每英畝〇·六〇美金。此數值包含一切之費用，如人工、器具、動力等。是故階田每年之費用，



第一百二十二圖 階田修築一年土質沉實後之情況。注意第一年所種覆蓋地面之作物。



第一百二十三圖 橫越階埂播種燕麥情況。

可以修築時所費資本之利息，及每年維護費用之和得之。如將此和與田地增高之價值相比，則可求得階田在經濟上之利益。

如修築階田之地，已過度使用，或沖刷過甚，可多施肥料，必要時，加以石灰，並先種以覆蓋作用較佳之作物。如此，階田既易維護，且可恢復其生產能力。至於何種作物為宜，則又以各地情形及習慣而異。黑麥及野豌豆為冬季作物，黃豆及豇豆為夏季作物，皆為習慣上所常用者。

所有階田，應沿等高線耕犁，並可使行列與階埂近似平行。如第一百二十四圖。順坡上下耕犁，無論其為階田與否，皆應嚴禁採用。若回犁 (Back-tilling) 朝向埂岸，則可能維持埂之高度，增加底之寬度。每次耕犁可使死畦 (Dead furrow) 變換其位置，蓋以如此則階田之



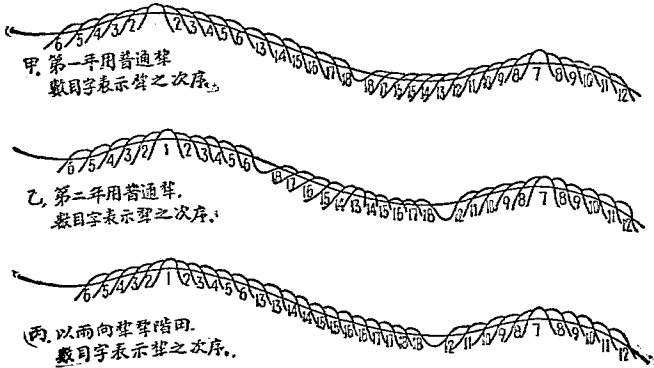
第一百二十四圖 沿階埂耕犁。

坡度能維持整齊也。

美國土壤防沖局所主張之耕犁法，如第一百二十五圖所示。第一年之回犁則先起於埂之兩岸，然後再及其間之地，如圖示，如是則將死畦留於田之中央。次年再犁時，埂岸部分之回犁仍如前，直至一畦，在階槽之底爲止。再自前次耕犁之死畦起，繼續犁之。其結果則有死畦二，亦如圖示。若使用兩向犁(Two-Way Plow)，則可使死畦每年皆在槽底，僅稍微移動其位而已。

採用階田制時，關於作物行播方法問題，頗爲繁雜。

如階田在陡坡上，其形過屈，且不規則，行播之方法，幾不可能。但在普通情形，皆無若何困難。得以適宜處理之也。
美國土壤防沖局之手冊，中論述此項問題處理之辦法甚詳。茲特節錄如次：



第一百二十五圖 用普通之犁，及兩向犁，耕犁階田之方法。

大別言之，階田上行播作物之法，可分四類：（一）等高農作法（Contour farming）（二）作物條分法（Crop striping）（三）關鍵階埋法（Key terrace farming）及（四）直行農作法（Straight row farming）。

（甲）等高農作法

第一法曾盛行於美國南部。其地多採用舊式階田法，防沖之成效甚著。第二法乃倣前者之意，而加以修正，特適於採用重大機器耕作之地。第三及第四法，對於防沖效果稍差，階田之維護亦難。所有階田最好皆按等高線種植，然如田地坡度，在百分之五以下者，亦可採用直行，玉蜀黍則以點播（橫直成行，如棋盤式分佈）。但維護之費用甚高，是故田地坡度在百分之四以上者，必皆順等高線，或依階埋之方向種植。

若採用等高農作法，則以每一階田爲一單位。自田之上埂起，使各行皆與此埂平行。如第一百二十六圖所示。所有短行，皆終止於階槽中。此法可以避免超越埂頂耕犁之煩。每一行，形成一小階，水則集中於小槽內，故對防沖之效能特大。短行斜入於槽中，亦可避免行中之漫溢，減低階槽之淤澱。普通農具，即可供此項農作法之用。（如田地之坡度在百分之八至十五者，有人主張每年改換短行之位

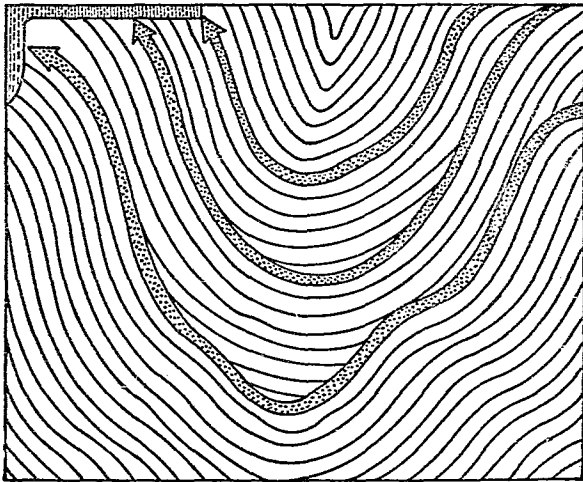
置，避免局部沖刷過甚。）

(乙) 作物條分法

若採用作物條分法，則可減除短行。階間之不規則面積，可種以密生作物，如黃豆，或穀梁作物。如此，則作物之條寬一律，即無短行之弊。至於農作之法，可使用多馬所駕之農具，或曳引機等。作物條分法對於防沖之效能，特為顯著。

(丙) 關鍵階埂法

關鍵階埂之農作法，如第一百二十七圖所示。選擇關鍵階埂之要點，即在估計該埂之上下，能有若干耕行可順等高線種植，愈多則愈佳。普通常選最長之埂，作為關鍵階埂。如能得更佳之排列，固不必以長者為准，如第一百二十七圖者。於

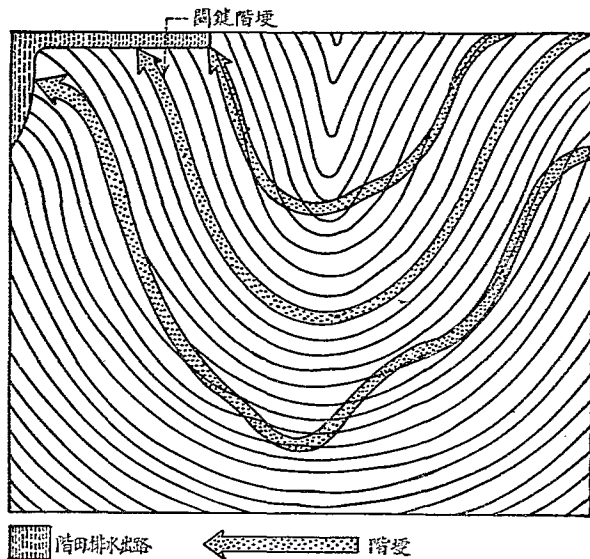


第一百二十六圖 等高農作法。宜於坡度在百分之八與十五之間者。

關鍵階埂選定後，令其上下之行，皆與之平行。此種方法，對於階段間距離整齊及降坡平緩之階田最為適用。

播種時，若播種器橫穿階埂之上，務要提起少許，免致畦溝太深。同理，耕耘器橫穿階埂時，亦應提起。蓋以埂之有效高度，以其頂之最低處計之也。

以關鍵階埂為農作之嚮導線，其最大優點，為於大塊田野上，可種同樣之作物。劃分田地之法，亦極簡單。但其弱點則為橫穿階埂時，對於使用農具，必特別謹慎，以免創傷埂頂。同時，維護埂頂免致漫溢，亦因之增繁。且短行亦常發



第一百二十七圖 關鍵階埂法。宜於坡度在百分之八以下者。

現。若行畦不順等高線時，則增加其降坡，因之增加階田內土壤之移動。是故採開鏈階埂法耕植之田內，階槽易於淤墊。如是，則視察必勤，維護亦繁，迨至階槽過淺之時，必須重行修築也。

(丁) 直行農作法

修築階田之地，其坡度若無超過百分之四者，玉蜀黍點播及其他作物之直行種植，皆可應用。橫穿坡埂時，亦須注意，勿傷其頂。穿埂之農作，一季可減低階埂數寸。故必即時修復。否則，即能減低階田之效能。且僅用耕犁，不足以維持其高度。故必用整平機，小型築階機，或V式拖板以修治之。但坡度在百分之五以下之田地，直行農作較為經濟，或可補償維持階埂高度之費用。但在任何情形，築成階田之第一年，切不可橫穿階埂種植也。



第一百二十八圖 階田內適當之行種作物。

此法之優點爲農作法簡便，階埂之防沖效大。其弱點卽爲維護之費用加高，視察之工作須勤，土壤之移動亦增也。

第一百二十八圖，表示階田內適當之行種作物。

第九章 階田之排水出路

欲階田之成功，必先有優良之排水道。然每多忽之。適當之排水設施，有時且可節省多量之費用。換言之，若不能將田內逕流之水，引導於天然排水道內，階田僅能保護田地於一時，久則敗也。排水問題，極爲複雜，其間更有法律之責任，蓋以在多雨地帶，每因水流之引導，而害及鄰田也。

是故排水出路之選定，修治及維護，實爲防沖之重要工作也。然其情形則又以各地而異，蓋以環境之變化，又有甚於階田法中之任一問題者。此不僅因防沖植物之環境不同，亦因土壤、流量及有無天然之水道而改變也。例如在乾旱之區，階田可修成水平者，則水儲田內，使之滲透，不需排水道也。更有在多雨之區，土壤不透水，地面草類稀少，而永久性之建築則又非經費所許可者。此二者，乃情形之兩極端也。

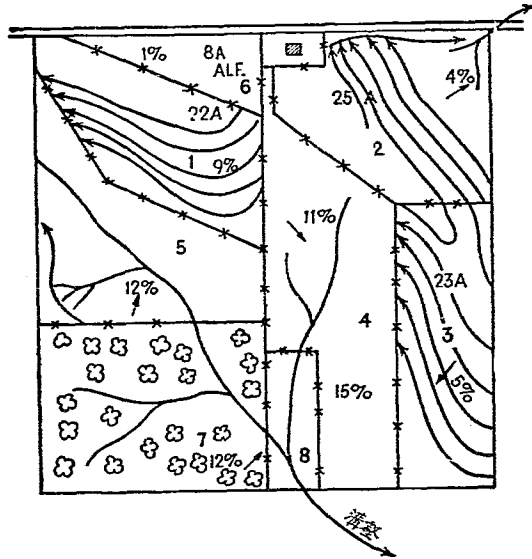
第一節 排水道之位置

排水道之重要，既如上述，吾人必更進研究其在田地上之佈置，以期利於農作也。

以防護爲觀點，田地之理想佈置，經詳密之研究，則以如第一百二十九圖所示者爲宜。此亦卽爲美國土壤防沖局在拜薩內地方工作之代表情形也。圖中修築階田之地凡三塊，其面積約相等，適供三年玉蜀黍、燕麥及菽草之輪作。是可加注意者也。三塊較陡之地，以四、五及七號之者，留爲永久草地之用，以八號之者用植黑槐，以爲溝壑沖刷防止之用。溝之地點已如圖示，其控制之法及各項建築，容後論之。

理想之排水出路，當爲坡度平緩，深積樹葉之森林灌木中，如第一百三十圖所示。次於此者，爲堅強且未過度放牧之永久草地，如第一百三十一圖所示。於此每隔一階壩，可使壩增長十五或二十英尺，伸入森林或草地之中，他一階壩則止於森林或草地之邊界，以免各階之水集中一地，而防止沖刷。水入森林或草地中，卽可任其流去。

有許多階田，直接排水於天然之洩水出路者，結果良好，費用節省。然若在林草疏薄而坡度較陡之區，亦易發生沖刷，是應特爲注意。切勿以爲此乃天然之出路，而過於信任之也。



- 田地 1, 2 及 3 輪作。
- 田地 4, 5 及 7 草原。
- 田地 6 苜蓿, 8 黑槐。
- 田地 1, 階田排水於永久之草原。
- 田地 2, 階田排水渠沿道路修築, 穿過涵洞後增加之水量並不多。
- 田地 3, 階田排水於永久之草原。

第一百二十九圖 有起伏形狀田地內, 適當農作之佈置及階田排水之出路。



第一百三十圖 理想之階田排水出路 於緩和之坡下有密生之森林及灌木。



第一百三十一圖 以草原爲階田排水之出路。

第二節 排水出路之修築

階田中最困難之工作，即爲修築排水溝渠。此等溝渠常與籬牆、田界或道路平行，輒以修築階田之器具修之。如能於適當之地位求得一自然之水道，則更省事矣。排水溝渠之坡度，常以過陡，而致沖刷，故又需特別之保護也。

不可使逕流自階田直接流入道路兩旁之溝內。過去常以忽略此項問題，而致階田計劃失敗。如道路之設備完善，管理道路當局，亦應與農民合作，解決此問題也。無論如何，必須於商洽後，始可借用路旁排水溝也。

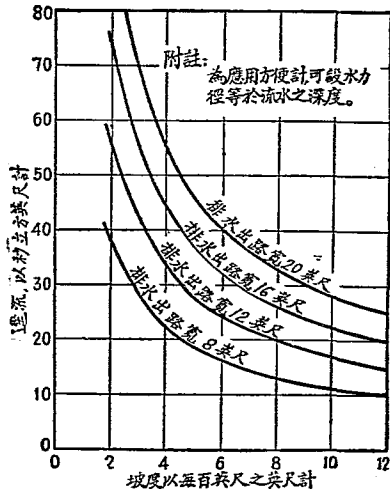
至於溝渠之設計，仍可用滿寧公式（參閱第五章第五節）。因階田之排水出路多在陡坡之地，於設計之時，於一已知流量，最好減低其速率，以防沖刷。其法則使渠之水力徑減至最低也。水力徑既爲橫斷面與濕界之商數，若增加濕界即所以減小商數也。是故宜用寬而淺之渠槽。

若僅以培植植物，作爲渠道沖刷之防護時，其十年一遇之最大速率，應以每秒五英尺爲限。此僅限於有適當之草皮，而土壤中至少有半數以上爲表土者。若草皮欠佳，則十年一遇之最大速率當減至每

秒四或三英尺，以所含之表土之多寡，抗沖之能力而定。假定最大之速率爲每秒五英尺，粗糙率， N ，爲 $0 \cdot 04$ ；溝渠之寬如第一百三十二圖所示；流水之深爲寬之十二分之一；則自橫標所表之坡度，於豎標上可求得流量矣。

僅用植物防護沖刷者，其最大坡度當以百分之十二爲限。十年一次之臨界逕流，可由第四章中所述之公式 $Q = CIA \sqrt{V}$ 求得之， C 之值須採取適用於階田者。如已知流量，則自第一百三十二圖，可求得渠之寬度矣。

渠中水流之深度，常在三英寸以上。故渠底與階田相接處，必較後者低六英寸。若將此六英寸之降落，展緩於階田中十英尺之距離，當無沖刷之事。如此種降落，大於一英尺時，則於出口處，必備有特殊之建築，以資防護。（參考第一百四十三及一百四十四圖。）



第一百三十二圖 若以植作排水出路之保護時，在各種坡度中逕流之限制。

排水渠之橫斷面積，必較所實需者增大少許，以防漫溢。普通多將渠槽挖深，或兩岸築高四至六英寸，作為準備。若為避免挖渠太深以致與階田連接處之降落過大計，可於岸上築堤。又因於階田以外，流量逐漸匯集，故渠之寬度亦必照之逐漸加增。

防護排水渠道之草類，第一必其根堅韌，為纖維狀，多年生且為本地出產者；再則其枝葉必非妨礙水流者為宜。切不可於渠中植樹、灌木、藤葛或甘蔗等類。草之種類既因本地出產而異，自難詳為規定。但為參考起見，特採錄美國土壤防沖局公佈適用於美國中西部，各種草類混合播種之比例如下：

早春種：

磅數

| | |
|-----------|---|
| 鬼臘燭..... | 六 |
| 紅頂草..... | 六 |
| 中國菽草..... | 七 |
| 藍草..... | 五 |
| 鷄腳草..... | 四 |
| 紫雲英..... | 二 |

晚春種:

磅數

鬼臘燭.....五

紅頂草.....五

中國菽草.....六

蘇丹草.....六

藍草.....三

鷄脚草.....三

甜菽草.....二

秋季種:

磅數

鬼臘燭.....一〇

紅頂草.....六

藍草.....四

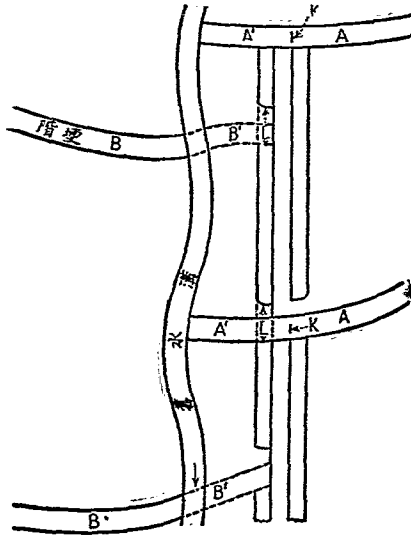
先將土壤加以整理,然後播種並可施以相當肥料。美國土壤防沖局建議必要時每英畝應以二百

磅石灰，配合畜牲及購買之肥料一齊加入。

於草類播種後，萌芽之時，必加以適當之保護。最善之法莫過於在築階田之前一年，即行整理排水出路，並播種草皮，俾得預先長成。其次者，則為於排水出路之草皮長成以前，先將階田流出之水，引至一臨時渠道，如第一百三十三圖所示者。

若坡度平緩，流量較少之渠中，一部份可用草皮鋪之如第一百三十四圖。其未鋪之面積，則播種草子。

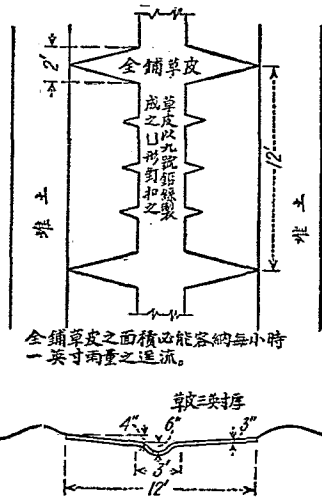
以平常時期，流量較少，故多在鋪草之處，而漫流於種草之區



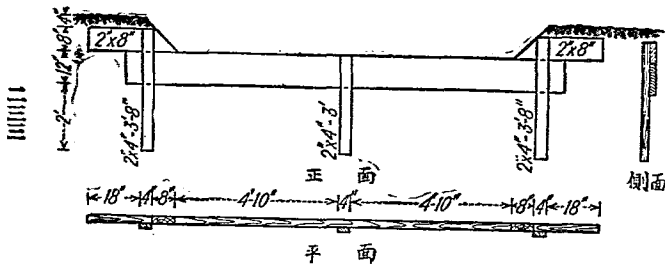
植物長成後：
 1. 於B階加B'-段，俾水得跨越溝壑。
 2. 將A階之A段截斷，俾止於K點，所除之土可用築L處之堤。

第一百三十三圖 用臨時排水道，以保護渠中植物之生長。

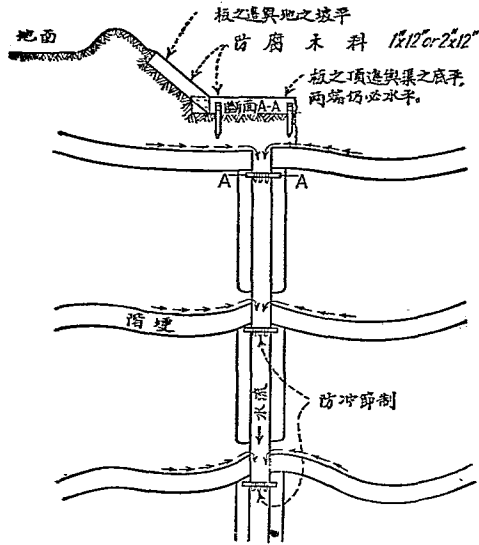
域者爲時甚少。故不能妨害草之生長也。
 若流量較大，而流速高於每秒三英尺時，可安置一分佈板 (Spreader) 以保護幼草之生長。第一百三十五圖爲木製分佈板之設計圖。其應用則如第一百三十六、一百三十七及一百三十八圖。



第一百三十四圖 排水出路鋪草皮之圖。



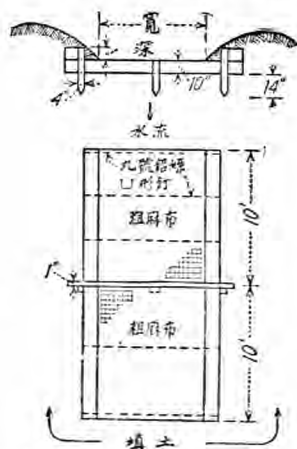
第一百三十五圖 防腐木製之分佈板。



第一百三十六圖 安置分佈板之草圖。



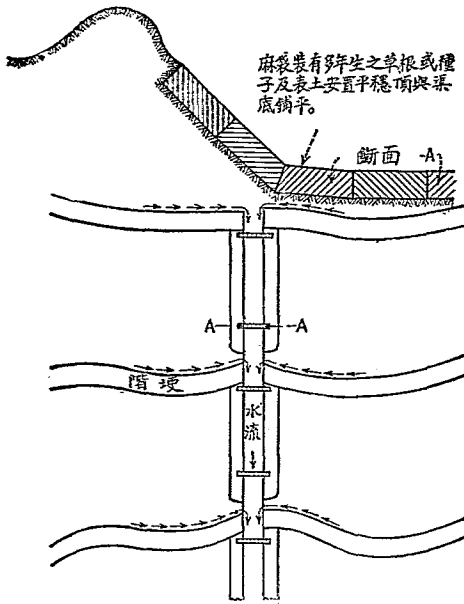
第一百三十七圖 分佈板並輔以草皮保護渠道之情況。



第一百三十八圖 分佈板並以粗麻布保護植物生長之圖。若已鋪有草皮，即可不用麻布。

若在寒帶，分佈板每因地凍而鬆，致生滲透，極易沖刷，可以草鑲之。如第一百三十七圖。如草皮仍不能制止此弊，即可改用木板節制壩 (check dam) 如後章所述者。粗麻布對於保護新種草子，亦極有效驗，如第一百三十八圖。於草長二英寸時，即可將布拿去。

對於保護渠槽亦曾試用其他方法，如槽內全以草皮覆之，或每隔三英尺橫鋪草皮一條，或以麻袋盛表土及草種鋪置，如第一百三十九圖所示者。

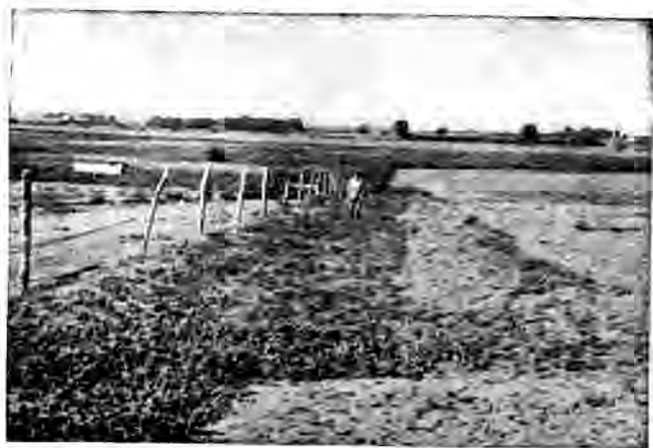


第一百三十九圖 麻袋防沖佈置之草圖。

排水渠內植物長成之情況，如第一百四十圖所示。此後仍必加以保護，以免牲畜之踐踏，及農具之穿越。

複雜之排水出路，費用實大，故以能避免之為佳。如沖刷之情形，非僅以種草所能制止者，則必另設他法以補救之。如將渠之坡度改緩，或改用兩道排水渠。兩道排水渠者，乃為使每隔一階之水，分向而流，或將一階者分為兩股，俾流量減少，沖刷即輕也。

然亦有用盡補救方法，而渠道之沖刷，仍非植物覆蓋所能制止者。如是則渠道之上段仍以草皮保護之，下段則改用跌水 (Step down) 之法，以減低流速。且維護植物生長。亦有利用陶器管，木管，鑄鐵管，或次等洋灰管作為排除積水之用，如第一百十七



第一百四十圖 階田排水渠內以植物保護之情況。樹立籬笆，以免牲畜踐踏。

圖所示者。

至於防止渠道冲刷之永久性建築物，及控制溝壑之冲刷者同，將於下章述之。

若欲費用不奢，而能消弭階槽與排水渠間驟跌之危險者，可採用如第一百四十一、一百四十二、一百四十三及一百四十四圖所示之建築。於寒冷地帶，亦常應用土瀝青之混合物作為防冲之建築，以免凍傷之虞。

下章所述之利用水管以作溝壑之跌水者，亦適用於此四圖中所示之情形。



第一百四十一圖 以鐵絲網罩碎石築成之稻田排水渠口，網空約一英尺。



第一百四十二圖 階田排水渠之作法與第一百四十一圖者同，惟加鋪草皮。



第一百四十三圖 階田排水渠與道路排水渠交會處之石壩。上壩保護階田，下壩保護渠道。



第一百四十四圖 排水道出口建築法之又一種。

第十章 溝壑之控制

設田地之中，沖刷之情況不一，欲加以整理及防護，自理論言之，應先施於較好之地，免致沖刷之繼續進行。但事實上，則多先謀溝壑之救濟。每欲將各種溝壑，分爲門類，俾便對於個別特性詳加說明。以得適當之處理。然以其情況複雜，又爲事實所不許。是故對於溝壑之處理，必根據溝壑之大小及位置；溝壑之縱坡及橫坡；流域之形狀大小，普遍坡度，覆蓋情形，及排水狀況，土壤之類別；以及視其處理之目的爲填作墾植用者，或僅填其一部改作排水渠用者，抑或意在阻止沖刷之繼續進行者，而定控制之方法。

總之，影響於溝壑之控制法者，則爲逕流量及其速率也。換言之，逕流卽以上所述各因素總合之效果也。

下：溝壑之種類，既已複雜，爲說明便利起見，每以術語表之。茲採取美國土壤防沖局所常用者，附錄於

| | |
|----------|--|
| 流域面積之大小 | 大者為二十五英畝以上者。 中等者為在五與二十五英畝之間者。 小者為在五英畝以下者。 |
| 流域之平均坡度 | 山地或陡坡為在百分之十以上者。 平緩者或有起伏者為在百分之五與十之間者。 平緩者為在百分之五以下者。 |
| 流域內之作物 | 耕種 灌草 森林 |
| 流域內土地之價值 | 優 中 劣 |
| 溝壑之大小 | 大者為長寬各十英尺以上者。 中等者為自長寬三英尺至十英尺者。 小者為長寬三英尺以下者。 |
| 溝壑形狀 | V形者。 底有寬度而兩岸陡者。(一比二或更陡者) 底有寬度而兩岸平緩者。(較一比二平緩者) |
| 溝壑長度 | 長者為八百英尺以上者。 中等者為四百至八百英尺者。 短者為小於四百英尺者。 |
| 縱坡或降坡 | 陡者為百分之四以上者。 中等者為百分之二至四者。 平緩者為百分之一以下者。 |
| 溝壑之植物 | 無草木者 灌木 樹木 |

除前述者外，倘有表示溝壑沖刷進行之情況者，如猛烈，局部猛烈，或和緩者；亦有因有無支溝而加以區別者。

第一節 小溝之處理

以下各節所述之建築物，對於控制小溝皆屬非要。蓋以常於溝狀沖刷肇始之時，如枝梢狀者，即行改築階田，以階槽截水，並以適當之播種法，即能免除溝壑進行之危險。故防止溝壑之肇始，階田實為最效之法也。

如溝之進行，將由「小者」而進為「中等者」時，宜用土袋節制之。亦有因地制宜，施用他種方法者。

若溝壑之肇端為偶然者，如因車轍，或畜牲踐踏而開始沖刷者，可以藉草或樹枝填之，再犁鬆兩旁之土以覆蓋之。此法對他種溝壑不甚適用，蓋以如不將藉草或樹枝鋪定之，必為流水沖去也。第一百四十五及一百四十六圖表示以此法處理小溝之兩個時期。若欲於已耕種之田中，防止溝壑之成形，可沿水流之路線，或低窪之處，在縱的方向，修鋪草皮一條。設此條有相當寬度，則成效易見，但對於耕種上則



第一百四十五圖 修築階田前之田內小溝。



第一百四十六圖 於第一百四十五圖之溝中填之樹枝，壘土覆之，並築成階田後之情形。田地準備播種。

感覺不便，且犧牲一部田地不能生產，是其弱點。對於雜草之生長，若不加節制亦每爲禍害之源。亦有將陶器管排列溝中，再以兩方之土埋之，用以節制沖刷者。此與農田排水法所用者相似，效能甚顯，惟費用較大。

第二節 節制壩應用之原理

以建築物作溝壑之控制，實乃水力學上之一應用問題。例如將溝中沖刷性之水流速度，加以連續之節制，則變溝壑陡峻之縱坡，爲連續之階段。此等節制物，每爲臨時性質者，目的僅在使泥土淤澱，並使所培植之植物得以生長，免爲沖刷足矣。如其目的爲將溝壑淤積填滿者，則於相當時期之後，於已築之節制物中間，必再爲添造，繼續工作，以迄目的之完成也。

於溝壑填滿之後，可將流水引於他處，免致再經其上，並以草皮覆之，以防再行沖刷。

節制壩 (Check dam) 亦有稱爲谷坊者，或稱節制坊，其建築多用木板、磚、石、土、混凝土或其他物料，則以其性質爲永久或暫時者而採用之。其詳將於以後各章節中論之。

(甲) 節制壩缺口之尺寸

多數節制壩之失敗，每因頂部所留凹狀缺口之容量不足。如此口不能容納暴雨之逕流，則必致冲刷壩之兩岸，因之節制壩之效能全失。如第一百四十七圖即呈此等現象。是故設計工作之第一步，即為計算缺口之面積。計算之法，可採用水力學上之缺口（Weir）公式。第二十七表為節制壩缺口之流量，以秒立方英尺計者。如已知其寬深，則可求流量。如已知其流量，則可假定寬度，以求深，此表亦係根據以下之缺口公式而求得者：

$$Q = 3.39 L H^{3/2}$$

Q 表示流量，以秒立方英尺計。

L 表示缺口之寬度，以英尺計。

H 表示缺口之深度，以英尺計。



第一百四十七圖 節制壩之缺口容量不足，兩岸被冲刷之情況。

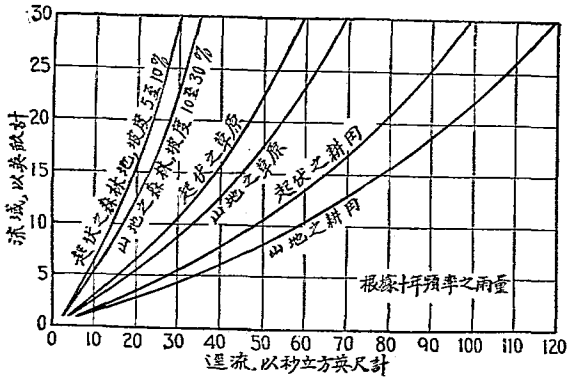
第二十七表 缺口節制壩之流量以秒立方英尺計

| 缺口之深度 (英尺) | 缺口之寬度 (英尺) | | | | | | 缺口之深度 (英尺) |
|---------------|---------------|------|-------|-------|-------|-------|---------------|
| | 一 | 二 | 三 | 四 | 五 | 六 | |
| 〇·五 | 一·二 | 二·四 | 三·六 | 四·八 | 六·〇 | 七·二 | 八·四 |
| 一·〇 | 三·四 | 六·八 | 一〇·二 | 一三·六 | 一七·〇 | 二〇·三 | 二三·七 |
| 一·五 | 六·二 | 一二·五 | 一八·七 | 二四·九 | 三一·一 | 三七·四 | 四三·六 |
| 二·〇 | 九·六 | 一九·二 | 二八·八 | 三八·三 | 四七·九 | 五七·五 | 六七·一 |
| 二·五 | 一三四 | 二六·八 | 四〇·二 | 五三·六 | 六七·〇 | 八〇·四 | 九三·八 |
| 三·〇 | 一七·六 | 三五·二 | 五二·八 | 七〇·五 | 八八·一 | 一〇五·七 | 一二三·三 |
| 三·五 | 二二·二 | 四四·四 | 六六·六 | 八八·八 | 一一一·〇 | 一三三·二 | 一五五·四 |
| 四·〇 | 二七·二 | 五四·二 | 八一·四 | 一〇八·五 | 一三五·六 | 一六二·七 | 一八九·八 |
| 四·五 | 三三·四 | 六四·七 | 九七·一 | 一二九·四 | 一六一·八 | 一九四·二 | 二三六·五 |
| 五·〇 | 三七·九 | 七五·八 | 一一三·八 | 一五一·六 | 一八九·五 | 二二七·四 | 二六五·三 |
| 九 | 九 | 十 | 十一 | 十二 | 十三 | 十四 | 十五 |
| 〇·五 | 一〇·八 | 一二·〇 | 一三·二 | 一四·四 | 一五·六 | 一六·八 | 一八·〇 |
| | | | | | | | 一九·二 |
| | | | | | | | 二〇·五 |

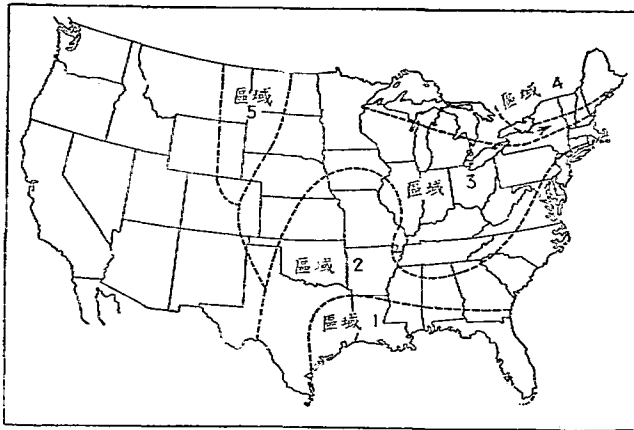
| | | | | | | | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| 一·〇 | 三〇·五 | 三三·九 | 三七·三 | 四〇·七 | 四四·一 | 四七·五 | 五〇·九 | 五四·三 | 一·〇 |
| 一·五 | 五六·〇 | 六二·三 | 六八·五 | 七四·七 | 八一·〇 | 八七·二 | 九三·四 | 九九·六 | 一·五 |
| 二·〇 | 八六·三 | 九五·九 | 一〇五·五 | 一一五·〇 | 一二四·六 | 一三四·二 | 一四三·八 | 一五三·二 | 二·〇 |
| 二·五 | 一二〇·六 | 一三四·〇 | 一四七·四 | 一六〇·八 | 一七四·二 | 一八七·六 | 二〇一·〇 | 二一四·四 | 二·五 |
| 三·〇 | 一五八·五 | 一七六·一 | 一九三·八 | 二一一·四 | 二二九·〇 | 二四六·六 | 二六四·二 | 二八一·八 | 三·〇 |
| 三·五 | 一九九·八 | 二二二·〇 | 二四四·二 | 二六六·四 | 二八八·六 | 三一〇·八 | 三三三·〇 | 三五五·二 | 三·五 |
| 四·〇 | 二四四·一 | 二七一·二 | 二九八·三 | 三二五·四 | 三五二·六 | 三七九·七 | 四〇六·八 | 四三三·九 | 四·〇 |
| 四·五 | 二九一二 | 三二三·六 | 三五六·〇 | 三八八·三 | 四二〇·七 | 四五三·一 | 四八五·四 | 五一七·八 | 四·五 |
| 五·〇 | 三四一·一 | 三七九·〇 | 四一六·九 | 四五四·八 | 四九二·七 | 五三〇·六 | 五六八·五 | 六〇六·四 | 五·〇 |

又自威斯康新之模型試驗求得，如缺口為特種設計，且水頭（約等於深）在一·五英尺以下，環境適宜時，公式內之常數可改用三·六〇。

欲應用二十七表以作設計之準繩，必先求得可遭遇之流量。如流域之環境為已知，可自第一百四十八圖中求得之。但此圖僅代表美國各州之一部，如第一百四十九圖所示之三區是也。若用之於他處，可採取第四章所述之方法，以求流量，此圖僅能作一參考而已。



第一百四十八圖 雷木賽之逕流曲線圖。



第一百四十九圖 美國在短時間內有同等密度降雨之區域。

今更舉例以說明此法之應用。設一節制壩，上游之流域面積爲三十英畝，其坡度在百分之五與十之間；亦卽所謂有起伏之田野者。更設此面積上三分之一爲耕種，三分之一爲草原，三分之一爲森林。

自第一百四十八圖，於流域爲三十英畝之豎標上，沿橫線右行。至於標有「起伏森林」之弧相遇爲止。

自此交點，順豎線下行，其交於橫標上者，爲每秒三〇・〇立方英尺之流量。此數之三分之一爲一

〇・〇。以同法求「起伏草原」及「起伏耕種」之數值，各求其三分之一，前者爲一九・七，後者爲三

三・〇。則總流量爲三者之和，卽六二・七秒立方英尺。

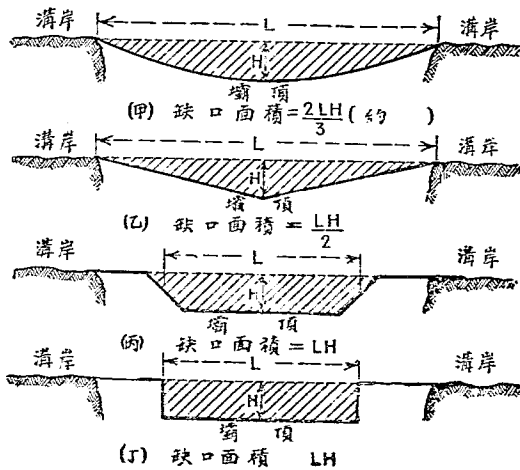
所應注意者，求流量時，不以十英畝爲每類田地之標準，而爲以三十英畝作標準，於求得流量後，再以三除之也。蓋以若其他之情形不變，面積愈小，則水流集中於出口所需之時間愈短，集中之時間愈短，則必有更高密度雨量降落之可能，亦卽有更大之流量也。

本例中之流量，旣爲每秒六二・七立方英尺，今更設此凹狀缺口之寬爲七英尺。自第二十七表中，求得寬七英尺，深二英尺缺口之流量爲六七・一秒立方英尺。換言之，寬七英尺，深二英尺之缺口較所需要者略大，卽可以此爲所求缺口之尺寸也。若設寬爲五英尺，則深須爲二・五英尺。

若凹狀缺口爲一矩形者，則設計頗易，已如上述。若節制壩爲以樹枝或鐵絲作成者。缺口之形狀

則如半月，或如三角形，則設計之理論，頗為複雜。為簡便起見，可連兩岸壩頂成一直線，使以下與壩頂間所有之面積，等流量所需求者，亦已足矣。

第一百五十圖表示各種節制壩缺口之有效面積。設所需之缺口面積為十四平方英尺， L 為七英尺，則在甲情形者， H 為三英尺；乙情形者 H 為四英尺，若丙之 L 如圖示者，則丙丁之 H 皆為二英尺。然所應聲明者，缺口之流量，不僅與面積成比例，而實與 L 乘 H 之二次方成比例。已知前公式所示。是故若欲矩形缺口及三角形缺口排洩同等之流量，其所需之面積必不相同。但為計算節制壩之缺口計，計算上雖欠精確，亦無大害。故前項假定，已足用也。



第一百五十圖 圖示各式節制壩之缺口之有效面積。

(乙) 節制壩之高度

臨時性質節制壩之高度，自缺口中心以至溝壑之底，不可超過二·五英尺，少則更佳。高於此者，每因壩後所儲水之壓力，以致壩底漏水，危及壩身。再則自缺口流出之水，沖擊壩基之力甚強，控制之亦不易也。

(丙) 節制壩之距離

節制壩相距之遠近，應使此壩之口緣 (Cheat) 高度，適與其上者之壩基相平。換言之，設節制壩不透水時，此壩儲水所成之池，適達上者之海漫 (Apron) 也。但在事實上，此法配置則頗難如願，蓋以所需之建築物，為數太多也。尤有進者，雖極易沖刷之土壤，在較緩之坡度，亦不致發生沖刷，故使稍有降坡亦無大礙也。今將溝壑中所常遇之土壤，及其不至受沖刷侵蝕之坡度，擬定如下，以供參考：

(一) 粗砂兼有卵石者之坡度約為百分之二。

(二) 細砂及埴質壤土者之坡度約為百分之一。

(三) 輕埴土及粘土者之坡度約為百分之〇·五。

此數值與普通書籍，或手冊上所載各種土壤之穩定降坡 (Stabilized gradients) 不同。其原因

有二：第一普通書籍之所論者，皆爲假設地面有植物覆蓋之者，但在溝壑控制之工作中，植物方始培種，於其生長之時，必先維持土壤之穩定，此其不同之點也。再則，設土壤之堅度及韌度如能抵抗較陡坡度所生水溜之冲刷，則可無溝壑之發現矣。故所擬定之數，較之穩定坡度爲低也。

若就距離及高度言之，第一百五十一圖所示之鐵絲節制壩，工作甚佳，惟缺口之尺寸似不足也。此圖中溝之兩岸，已整理妥當，備種草之用矣。

(丁) 其他設計之因素

設計節制壩，除有適當之距離、高度、及



第一百五十一圖 一組鐵絲節制壩之圖，表示其距離及高度之設計。缺口面積，似屬不當。溝之兩岸，已整理妥當準備種草之用。

足量之缺口外，壩之兩端更須深入岸中，以免水自兩端滲漏，逐漸啣岸也。必使深入穩定岸坡（*Definite lived side slope*）內一·五或二英尺。普通溝壑之岸坡，皆較穩定坡度為陡，蓋以正當冲刷猛烈之時，兩岸坡度尙未達土壤之靜止角（*Angle of Repose*）也。

再者，壩入土內，必亦有足量之深度，俾得阻止水力之淘刷，更須充分穩定，以抵抗儲水之靜壓力及流水之撞擊力。

於壩之前面，必築一海漫或平台，以免自缺口流出之水沖擊溝底，且可藉將水流引去也。是故海漫必有足量之寬度及長度。若一組節制壩，相距較近，一壩所儲之水，可達其上者之底端，則海漫之修築與否皆屬次要矣。在此情形只有最末或最低之壩需要此種防備，此壩能以築成永久性者為佳。

第三節 懸崖之防護

較大溝壑之最令人注意者，即其上端常為斷壁或懸崖。流水自懸崖而下，狀如瀑布，其撞擊冲刷之力宛如噴水管，着地則四飛侵蝕，久之則懸崖坍塌，更繼續冲刷。此項現象一經開始，優良農田，雖坡度平緩，然因此侵蝕，每季可坍塌五十英尺以上。

(甲) 枝梢防護

習浴所用保護懸崖之法，爲於崖下先行淘挖成穴，再將稻草及樹枝填於凹處，意在阻止坍塌之進行。然在經驗中得知此項目地雖可達到，樹枝中不久又發生滲漏，更於暴雨之後，水流繞越此項防護之兩旁，進行新沖刷，昔之爲一者，今或變爲二矣。

以樹枝所修造之防護工作，其詳細容後再述之，惟建築之地點，則在懸崖下游，其間必留有相當距離。蓋以當懸崖續塌之時，則將土填其間，久之填滿，跌水移於所修造之壩上，則懸崖之續塌可以制止矣。第一百五十二圖表示利用兩排水樁及樹枝梢所造之壩，此一建築物，可控制懸崖數處。亦可自圖中見之。

(乙) 溜槽



第一百五十二圖 樹枝梢控制懸崖數處之圖。

較有成效防護懸崖之方法，則為將懸崖先剝成三十度之斜坡，於坡上安置溜槽。溜槽有以平常之木製，有以防腐之木製，亦有以鍍鋅之鐵製者。槽之下端，可使坡度更緩，至溝之底，則可將槽安平。在槽以下二百英尺內，溝底若為粗砂者，溝之降坡不可大於百分之二，若為更輕之土壤，降坡應益小。此項降坡，有時需以人工致之。槽之上端，須造引水翼一對，高長以能容納足量之水，免致溢漏為度。引水翼亦有以土或石堆成者。

第一百五十三圖所示溜槽之安置及設計，皆為妥善。至於計算溜槽尺寸之法，亦可自第二十七表，并參照第一百四十八圖約略得之，但溜槽之深度，必較由公式或表所求得者略為增加，以防漫溢。若用



第一百五十三圖 鍍鋅鐵製之溜槽。

金屬槽時，須安裝鞏固以免水流時搖動。

(丙) 鋪砌之槽

鋪砌水槽之法亦如溜槽，先剝去懸崖，如前法，再將兩岸整平，然後可鋪砌一槽，或以強韌之草皮，或以磚石，或以混凝土，更有於混凝土中，加以鐵絲者。若用混凝土，在流域較小或懸崖不高時，厚度不必超過三英寸。其他應注意之點，亦如溜槽。

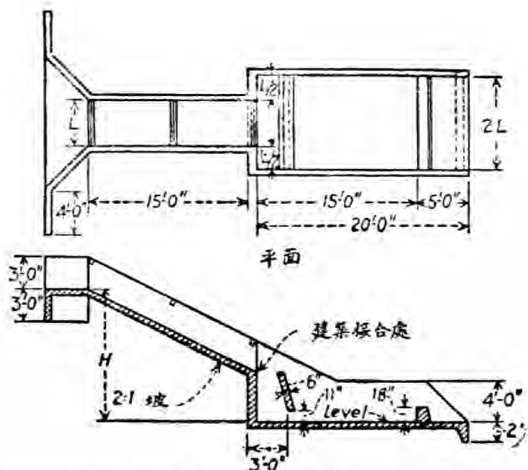
第一百五十四圖為以混凝土修築之引槽，其下端出水處之設備，甚關重要，但在流域較大，或垂直降落在八英尺以上之處，更應特為設備。第一百五十五圖為威斯康新大學於試驗室研究此項問題後，所擬之設計。

(丁) 實體壩

制止懸崖之最好方法，除引水他流外，則為於懸崖之下，修造永久性且不透水之建築物。若懸崖之降落，小於八英尺者，可用石砌成壩，如第一百五十六圖。



第一百五十四圖 混凝土引槽。



第一百五十五圖 威斯康新大學建議之引槽設計圖。適用於流域較大，懸崖在八英尺以上者。引槽內之水頭降落甚陡。應用流量公式 $Q = 3.8 L H^{\frac{3}{2}}$ (秒立方英尺)。若最大水頭為二·五英尺，並設 $L > 1\frac{1}{2} H$ 時，每英尺槽寬(L)之流量為十五秒立方英尺。



第一百五十六圖 明尼蘇達州利用乾砌石壩以防護懸崖。

如石料缺乏亦可改用磚砌。

若降落高於八英尺時，採用土壩配以涵洞，則較經濟，其設計及修築之法，容後述之。若僅爲安全及設計之優良計，在溝深十二英尺以下者，皆可採用石砌壩也。設計方法可參考第一百八十圖。

(戊)引水渠

在階田中懸崖卽無破壞之力量，蓋以所有之逕流，皆分別引入其他之排水道也。是故引水他流，實爲控制懸崖之最良方法。

如環境不適於階田，或不需要階田之處，則可於一組溝壑之上游，挑挖引渠，集中水流，引之他地再行控制，當較易爲力也。

第十一章 臨時性及半永久性節制壩

節制壩在習俗上，與保壤壩 (Soil-saving dam) 略有不同，蓋前者多以臨時性，或價廉之物料，構造於中等或小溝壑者，而最後之防護功能，仍須有賴於植物覆蓋為之輔助也。當植物未長成時，節制壩亦能留澱少量之土壤，故在此期內，亦有「保壤」之意義也。若於節制壩修成之後，仍任牛豬畜類，隨意踐踏，或以他故，植物未加培種，則壩之功能，不久必又為消失。是故欲其有效，必樹立籬牆，以隔離畜類，否則須改築永久性之壩也。

第一節 梢壩 (Brush dam)

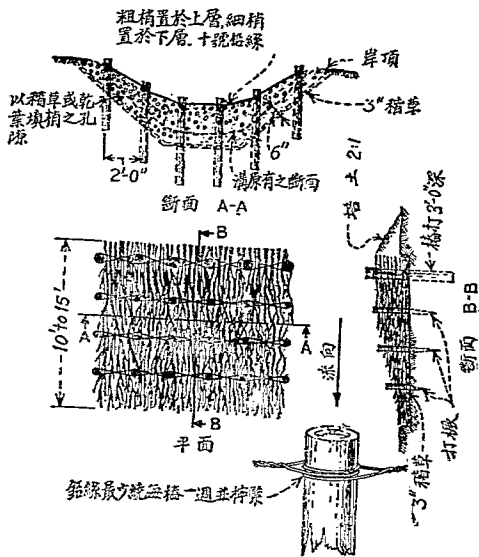
梢壩雖為最之永久性，且難以使之不透水者，但人多以其外似節省，且須時加維護，而樂用之。農夫對於築壩，多喜用本地物料，且每於雨後，趨外視察，考其是否完善，決不願多費金錢，以築較具永久性，且不需時時照顧之節制壩也。

(甲)單排樁縱柵式 (Single-post row, longitudinal brush type)

單排樁縱柵式節制壩爲以木樁一
排，固定縱列之枝梢所構成者。如第一
百五十七圖，將長枝縱列於溝壑之底，其
上繼續增加樹枝，以次減短，最長者置於
上層，枝之粗端排齊，朝向上游。并利用
多量之枝叉，鈎於樁上，以資維繫。

此等建築，僅適於中等或小溝壑，其
最大之優點，已如前述，即爲所須購買之
材料極少也。其主要之弱點，則爲漏隙
之制止甚難，故須時常填塞較大之漏洞。
否則，前次雨水所存積之土壤，下次又爲雨水沖而去矣。

修築之第一步，亦如其他之節制壩，先將兩岸割成一比一或更緩之坡度。次則將溝底掘深六英寸



第一百五十七圖 單排樁縱柵式節制壩之設計圖。

之槽，其寬與壩之厚等，將土堆積上游，如第一百五十七圖 B B 斷面所示，將此槽展掘至於兩岸，其深則以壩頂所須要缺口之大小而定。然後每距兩英尺打樁一隻，入土三英尺。先於槽內鋪草一層，約三英寸，再選長而整齊之樹枝鋪其上，并踐踏使之靠緊。隨築隨以草填其隙，最後以九號或十號之鉛絲繞纏樁上，并至互相擰緊。

但樹葉凋謝，青梢乾透之後，壩體變鬆。故為補救此弱點計，必加樁數行，如第一百五十七圖。於樁枝縮後，則將樁槓打深使之壓緊。

此種壩平均可支持三年至五年。如採用防腐木樁及不易朽爛之枝梢，當可延長其壽命。

(2) 雙排樁橫梢式 (Double-post row, crosswise brush type)

雙排樁橫梢式節制壩，可應用於中等及大溝壑中，惟其目的在制止沖刷，而不在填淤也。雖較單樁者之費用較昂，但其應用則廣。蓋以其性較不透水，而且穩定也。

如第一百五十八圖所示，先整平兩岸，再橫跨溝整掘一槽深一英尺，寬三英尺，其長與壩等，且深入岸內。打樁兩排相距三英尺，各排之樁距，亦為三英尺。槽內先鋪草一層，順整枝梢，置於兩排樁之間。於枝梢層層加高時，其間隙則以稻草、落葉，或乾草填塞之。

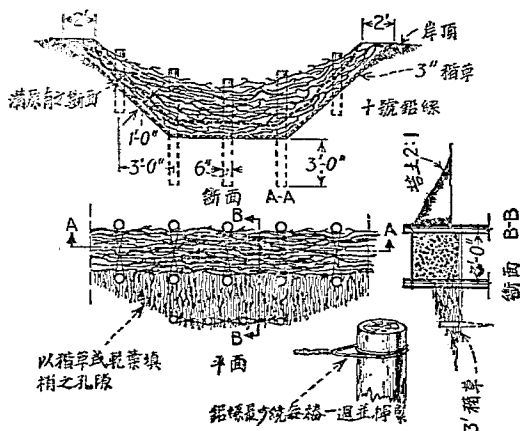
修造之細則亦如單樁者，皆於圖中表示之矣。

第一百五十九圖爲四英寸暴雨後，雙樁梢壩之填淤情形，第一百六十圖爲此式壩之普通外觀。

第一百六十一圖，爲修造三〇五座雙樁梢壩工作統計圖。若高二英尺，所需之人工，於壩長每英尺中爲一·〇至一·五人工時。較高之數值表示所修之壩較高，或太短，亦或以其他原因，如枝梢多刺，溝底堅硬等。

(丙) 順鑲式 (Pole type)

順鑲式枝梢節制壩，雖有採用而失敗者，但如流域較小，壤爲粘土，壑底堅硬，工作得法時，亦可有滿意之效果。此式壩之構造及外觀，如第一百六十二及一百六十三圖所示者。

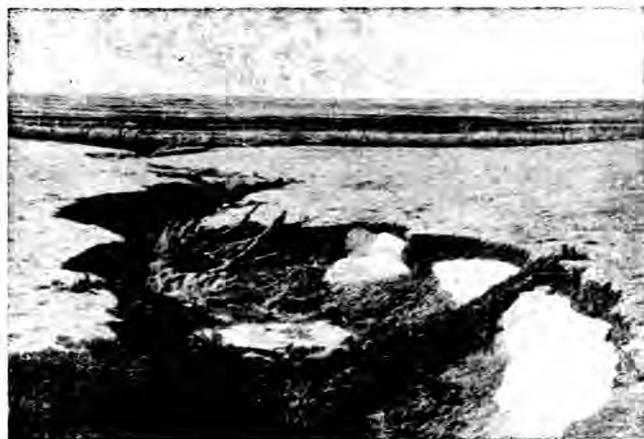


第一百五十八圖 雙排樁梢式節制壩之設計圖。



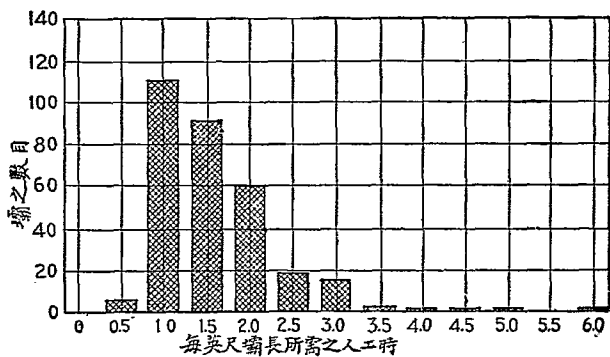
土壤之冲刷与控制

第一百五十九圖 雙排椿橫梢式壩經一次暴雨後之填淤。

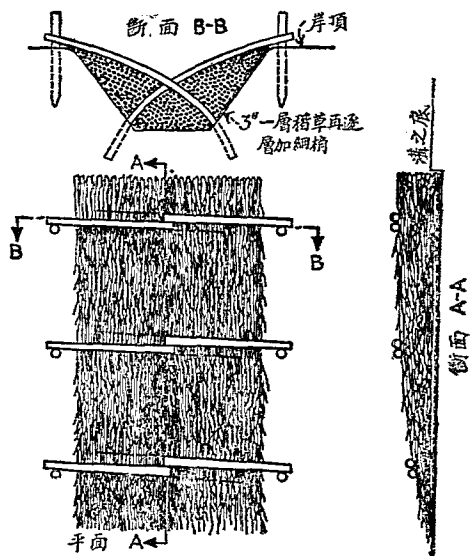


二六四

第一百六十圖 雙排椿橫梢式壩修成九月後之情況。圖為向上游遙望外觀。



第一百六十一圖 修築三〇五座雙樁梢壩之統計圖。



第一百六十二圖 順鐵式節制壩之設計圖。

第二節 鐵絲網壩 (Woven-

wire dam)

(甲) V 字式 (V-type)

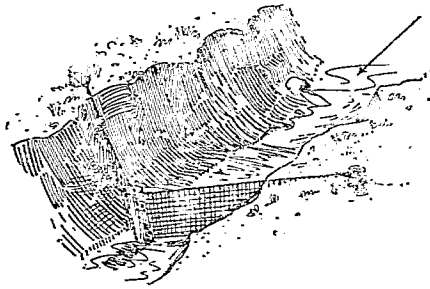
V 字式節制壩，如第一百六十四圖所示，僅可用於流域較小，溝成 V 字形或其底甚窄者。其修築之要點，為中心樁打於溝底偏居二頂樁之下游，并於兩岸掘溝，將鐵網深埋其內。中心樁之高度，要以不礙二十七表列所需之流量面積為宜。此壩之中心高，不可超過十八英寸，并須將鐵網之一部埋土中。

(乙) 懸網式 (Suspended-net type)

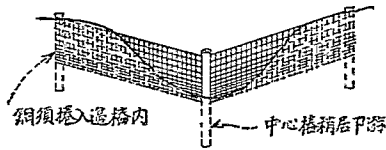
懸網式節制壩，如第一百六十五圖所示，其



第一百六十三圖 古斯里試驗田中之四座類壩節制壩。



透視圖

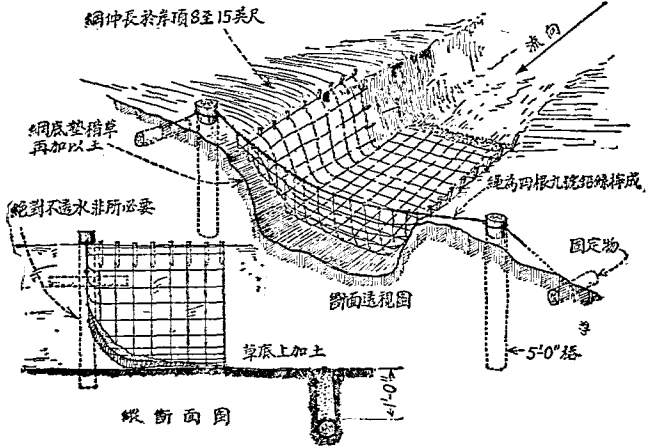


向上望之剖面

第一百六十四圖 V字式鐵絲網節制壩，可用於較小之流域 中心樁不得高於溝底上十八英寸。網必埋於溝底內。

修造細則，已備載之矣。為增加網之力量，可將兩岸之樁，固定埋入地中之樹木上。連於樁間及繫定之繩，為以四根九號之鉛絲所擰成，市上亦有專售相當力量之鐵絲繩者。然後將鐵絲網數張，各繫其一端於繩上，使之下垂，再摺向上游，約八至十五英尺，并於其端固定之。每張網之間，亦以鐵絲網着，連而為一。更於兜形處置以稻草及土，但不必強之使不透水也。網之兩旁須與岸密合，并須搭至岸頂。

此種節制壩能使網之上下落淤，其工作之狀況，頗具特殊之性質，蓋以水流透過鐵網後，則將水分為多數細流，或散為細點，因之將水力分散，而呈落淤之現象也。因網性柔軟，故落淤漸多，則繩之



第一百六十五圖 懸網式之節制壩。

荷重增，久之成爲緩平之弧形，於是所淤之槽，成爲寬而淺兩岸且亦緩坡之斷面，亦卽爲最易於維護之斷面也。至於缺口之容量，與其他壩之計算法同。

懸網式節制壩，可應用於中等溝壑，若各壩有適當距離，則不需建築海漫。設有一組壩連續排列，其最低之壩，不可採用懸網式，因此壩以下之降坡，必較昔日變陡，一次雨水之落淤，或將於下次刷去也。

第一百六十六及一百六十七圖，爲懸網式節制壩，落淤後之情形。

(丙) 網籃式 (Fixed-basket type)

如第一百六十八圖所示，打樁一排，相距二·五或三英尺，岸上挖槽，亦打以樁。將一張鐵絲網以U字釘釘於排樁上，另用鐵絲網一張連於前者之下邊，他邊則轉向上游，以每張之寬爲度，再用橛固定於溝底。於是籃形造成，其上部填以稻草及土，必要時，下游以石或枝梢修海漫一座。并以九號鉛絲纏於樁頂之內外，再於壩之兩端，以樹木埋於土中，使之繫定之。如是，則各樁連合爲一，雖其一被沖去，或折斷，亦無礙於全局也。

修造網籃式節制壩之單價，如第一百七十圖所示，此爲五五五座壩之統計圖。每英尺壩長費二分之一，或四分之一人工時者，實佔大多數也。



土壤之冲刷與控制

第一百六十六圖 懸網式節制壩築成一年後之情況。

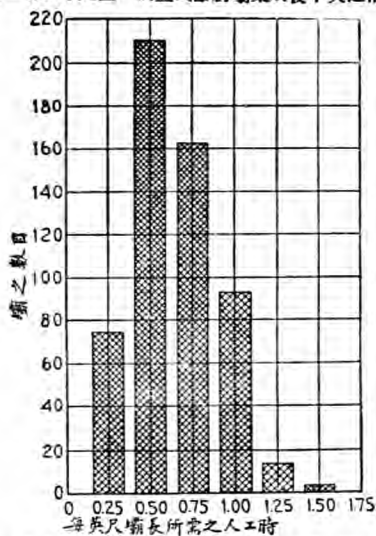


二七〇

第一百六十七圖 懸網式節制壩已將溝淤滿，並種植玉蜀黍之情況。



第一百六十九圖 網籃式節制壩築成後不久之情況。



第一百七十圖 修築五五座網籃式節制壩之統計圖。

網籃節制壩修後之狀況，可於第一百六十九及一百七十一圖見之，自此亦可證明畜牲之爲害，必有以隔離之也。

第三節 單價之比較

茲就三種常用之節制壩，以每尺壩長爲單位，比較其單價。仍以美國習慣，每一工計資美金三元，工作六小時，換言之，即每人工時爲美金五角也。

(一) 單樁梢壩

| | | |
|----------------|-------|--------------------------|
| 人工，預備枝梢并修造，一小時 | ○·五〇 | <small>(美金)</small> |
| 物料，鐵絲及U字釘 | ○·〇一五 | |
| 木椿，每英尺合半隻 | ○·一二五 | <small>(單價以二角五計)</small> |
| 合計每英尺壩之總價 | ○·六四〇 | |



第一百七十一圖 與第一百六十九圖所示者爲同一壩。因前者未能隔離畜類，故植物因之斷絕。

(二) 雙椿梢壩

人工，預備梢枝并修造，一·五小時

○·七五〇(美金)

物料，鐵絲及U字釘

○·〇二五

木椿，每英尺合三分之一隻(單價二角五分)

○·一七〇

合計每英尺壩之總價

○·九四五

(三) 網籃壩

人工，〇·六小時

○·三〇〇(美金)

物料，鐵絲網及U字釘

○·一〇七

木椿，每英尺合三分之一隻(單價二角五分)

○·〇八三

合計每英尺壩之總價

○·四九〇

可知費用之大項爲人工。此應對農夫加以宣傳者，因農暇之時，可以利用極低之價，修多數之節制壩也。

第四節 半永久性節制壩

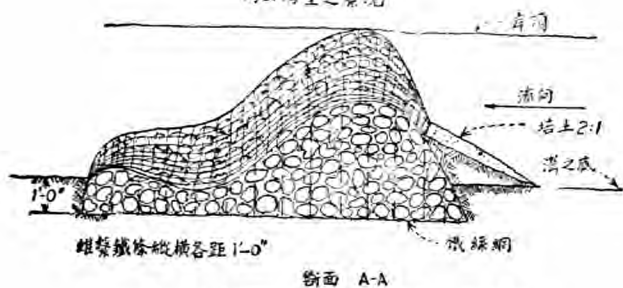
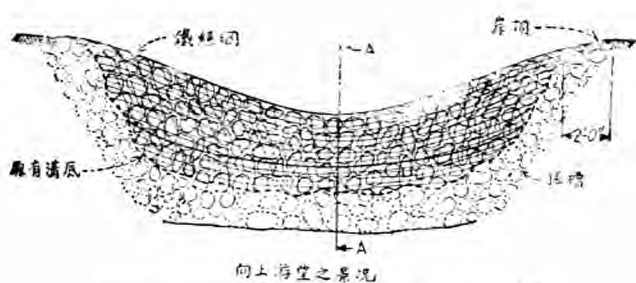
本節將述之三種半永久性節制壩，如修造得法，且維護適當，可歷時甚久，且本身亦有防護土壤之功能，不似前述各壩必須有賴於植物之培養，始克有濟也。但其費則鉅，其所用之物料亦甚奢，每爲就地所不能供者。

(甲) 乾砌石壩 (Loose-stone dam)

若能有足量之石料，其塊頗大，而質亦佳者，可以之修造溝壑中之障礙物。普通多適用於控制五十英畝間之流域。先於溝岸及底，掘以深槽，再自槽內堆砌，務使石間甚銜，塊塊靠緊。

若流域過大，或石塊太小，對於壩之穩定發生問題時，可以洋灰漿砌之，或以網籠罩之，如第一百七十圖。直立之維繫鐵條，可以增加壩之穩固，故可橫過溝身每距二英尺豎立一根。若石塊甚小，維繫鐵條應縱橫排列，其距皆爲一英尺。

乾砌石壩在鐵路及道路工程中，常用之。於險峻之山溝中，雖不加以灰漿及籠罩，亦著成效。此等地帶之石塊每平而且大，故各塊之間，雖不加以連繫，亦能相銜接也。普通之乾砌石壩，可採用第一百七



第一百七十二圖 乾砌石壩，以網罩之，俾得穩定。



第一百七十三圖 溝槽中一組乾砌石壩。

十三圖之樣式。

(乙) 樹木壩 (Log dam)

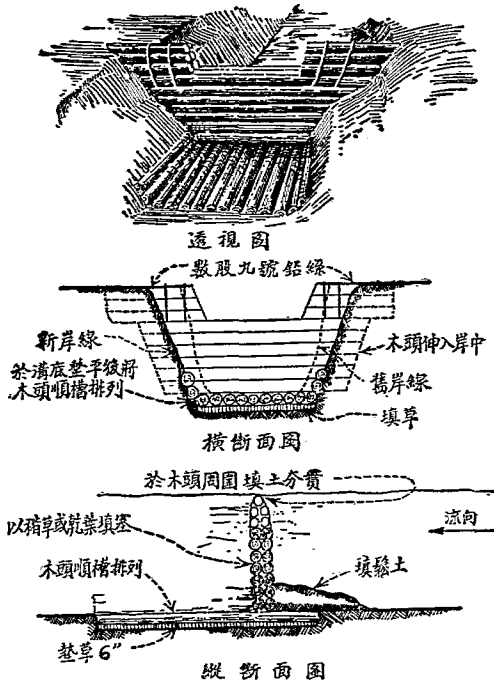
森林之地，或富有四英寸以上之樹木，如爲修造梢壩所剩餘者，或於公園中樸素美爲所尙時，樹木壩實爲最合適者。然其用料費，人工繁，除有上述之特種情形外，似不適宜。

第一百七十四及一百七十五圖所示之樹木壩，其設計實具樸素美。自缺口緣至溝底之高度，不得超過四英尺，最好能在三英尺以內。缺口之面積，仍按前法計算。於整飭木頭之時，務令各木之間密合，所有間隙皆以稻草或落葉填緊，然後再將掘槽之土填之。以木頭所作之海漫或平台應伸至壩後，并排至兩岸，以防缺口流出之水，免致激刷溝岸爲止。

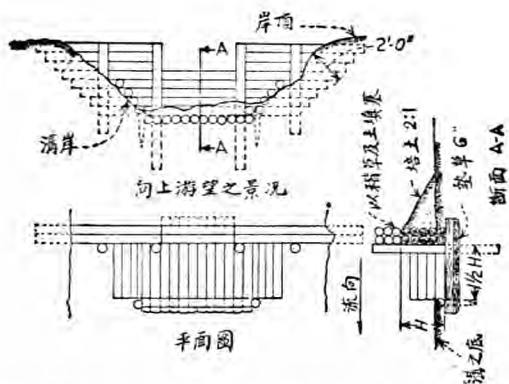
第一百七十六圖爲樹枝壩之較小者，自上向下游眺望之景，至於第一百七十七圖，爲同一建築，向上眺望之狀，於此亦可見其控制之效能。

(丙) 木板壩 (Plank dam)

木板壩，在築路工程上極爲常見，但農田上用以控制溝壑者，則甚少，有之惟將其設計略加改變，作爲階田排水渠防護之用。習尙所用木板壩之設計，如第一百七十八圖。不論木板之已否施以防腐，皆可



第一百七十四圖 樹木壩之設計圖。 此設計適用於中小之溝槽，岸坡穩定，陡於一比一，流域在三十英畝以下者。



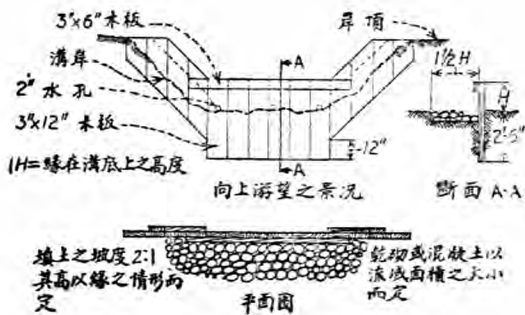
第一百七十五圖 樹木壩之設計圖。適用於中小之溝槽，而岸坡緩者。



第一百七十六圖 樹木壩一年後淤填之情況。圖為向下游眺望之景。



第一百七十七圖 同前壩，向上游眺望之景。



第一百七十八圖 木板壩之設計圖。

用之。

木橋所拆廢之板，用以修造節制壩，價既廉而效亦巨。缺口面積之設計法，亦如前述。

第十二章 永久性節制壩或保壤壩

建築物之壽命，每以其費用多寡爲衡，永久性之節制壩，當難例外。因其壽命之延長，每能補償建築時之奢費，故人亦樂用之也。但其費既高，則在經濟上言之，不得不先就田地整理前後之價值，詳爲比較之也。保壤壩之功能，至爲顯明，即能在控制之範圍內，淤澱土壤，且不須有培養植物之協助，而能保護未來土壤之免致損失也。若於永久壩上游，更加種植植物，則可得雙層之保障，故亦甚善也。

保壤壩雖亦可用於中小溝壑，但主要之用途，則在中大溝壑而有較大之流域面積者。常有於一組溝壑之末端修壩一座，即將溝之斜坡變緩，且能阻止沖刷，遠在所期定之區域以外，於是藤葛、灌木及樹株等植物，得以生長，久之，即遍覆於全溝。在有沖刷之區域，如無節制壩之建築，植物之生長，既不可能，事實上之例證亦多，如古樹林中，每以乏建築物之防護，常因流水，將樹根土儘量沖去者，其一例也。

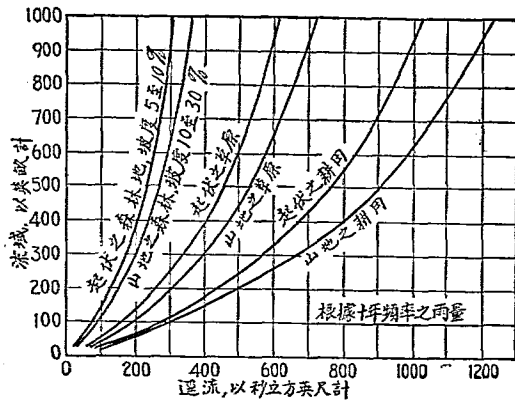
流域面積，凡大於三十英畝者，欲加控制，則可採用永久壩，如是則第一百四十八圖所示之求逕流弧已不足用，今將各弧引長，如第一百七十九圖，其用法如前。兩圖中雨量之類率，皆以十年爲度者。是故

若利用此圖，所設計之建築物能容納之流量，即爲十年一遇者。亦如第四章所述，乃假定若水流超出預定之量，因之所有損失，必較諸因容量加大，所多費之建造費爲省也。如壩之高度在十五英尺以上，或所控制之流域較大時，則洪流之頻率必使之爲在十年以上者，容當再詳述之。

如第一百四十八圖及第一百七十九圖之弧，亦爲根據第一百四十九圖中三區雨量之密度而求得者，其應用亦僅限於該處。若用於他地，則必須加以校正也。

第一節 石壩 (Rubble masonry dams)

若石料質佳量多之區，則建築石壩甚爲合宜。第一百八十圖所示，爲壩之低於十英尺者之標準設



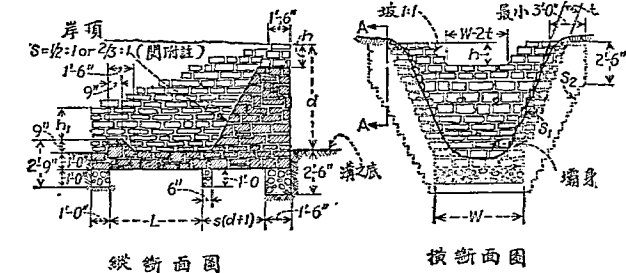
第一百七十九圖 雷木賽之逕流曲線圖。

計。其計劃簡單，工作容易，物料則除洋灰外，不須自遠方購置也。洋灰漿較石灰漿之粘力強，其禦水耐凍之性亦大，故以是為較優。石之形狀不規則者，可以人工鑿之。

永久壩之溢水道 (Spillway) 其口緣常較節制壩者為厚，故流量公式中之係數減小，以其阻增也。第二十八表，即為計算溢水道流量之用者，至於用法之舉例，可參閱下節。第二十七表中之「缺口之深度」及「缺口之寬度」約當於第二十八表之「綠之水頭」(Head of Green) 及「溢水道長度」也。第二十八表所根據之公式如下：

$$Q = 3.21LH^3$$

Q 表示流量，以秒立方英尺計。



附註：
 溢水道之長 $L = 1\frac{1}{2}(d-h)$ 。
 壩之溢水道面積不得小於缺口面積之 1 ½ 倍。
 壩在溝底下者，可用特大塊石之混凝土。
 壩高 2 至 6' S 為橫 ½ 比暨 1 壩高 7 至 12' S 為橫 ¾ 比暨 1。
 $h = 1\frac{1}{2} \times h$, $t = 9''$ 至 $18''$ S 一英尺角普通為 1 ½ : 1 至 2 : 1。
 $S_2 = \frac{S_1^2}{2}$ 。
 剖面 A-A

第一百八十四圖 高不足十英尺之石壩之設計圖。

L 表示溢水道之長度，以英尺計。

H 表示溢水道緣上之水頭，以英尺計。

第二十八表 寬緣溢水道之流量以秒立方英尺計（應用於磚石壩及土壩之旁溢道）

| 水頭之 尺（英） | | 溢 | | | | 水 | | 道 | | 長 | | 度（英） | | 尺 | | 水頭之 尺（英） | |
|-------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-------------|-----|
| H | L | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 0.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 |
| 0.5 | 2.5 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 |
| 0.5 | 3.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 |
| 0.5 | 3.5 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 |
| 0.5 | 4.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 |
| 0.5 | 4.5 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 |
| 0.5 | 5.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 |
| 0.5 | 5.5 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 |
| 0.5 | 6.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 |
| 0.5 | 6.5 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 |
| 0.5 | 7.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 |
| 0.5 | 7.5 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 |
| 0.5 | 8.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 |
| 0.5 | 8.5 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 |
| 0.5 | 9.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 |
| 0.5 | 9.5 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 |
| 0.5 | 10.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 |
| 0.5 | 10.5 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 |
| 0.5 | 11.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 |
| 0.5 | 11.5 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 |
| 0.5 | 12.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 |
| 0.5 | 12.5 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 |
| 0.5 | 13.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 |
| 0.5 | 13.5 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 |
| 0.5 | 14.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 |
| 0.5 | 14.5 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 |
| 0.5 | 15.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 |
| 0.5 | 15.5 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 |
| 0.5 | 16.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 |
| 0.5 | 16.5 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 |
| 0.5 | 17.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 |
| 0.5 | 17.5 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 |
| 0.5 | 18.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 |
| 0.5 | 18.5 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 |
| 0.5 | 19.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 |
| 0.5 | 19.5 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 |
| 0.5 | 20.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|----|-------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 五五 | 八二·六 | 一五·二 | 二七·七 | 三〇·二 | 四二·八 | 四九·四 | 五七·九 | 六〇·五 | 七三·〇 | 八五·六 | 九八·二 | 一一〇·七 | 一二三·三 | 一三五·九 |
| 六〇 | 九〇·一 | 一六·二 | 二八·二 | 三六·三 | 四七·〇 | 五七·五 | 六九·六 | 七三·六 | 八四·七 | 九六·八 | 一〇八·九 | 一二〇·〇 | 一三二·一 | 一四四·二 |
| 六五 | 一〇六·〇 | 二二·二 | 三三·一 | 四四·一 | 五五·〇 | 六六·三 | 七七·三 | 八四·三 | 九四·四 | 一〇六·五 | 一二〇·五 | 一三二·六 | 一四四·七 | 一五六·八 |
| 七〇 | 一二八·五 | 二七·二 | 三五·六 | 四四·一 | 五五·六 | 六七·一 | 七九·一 | 八九·七 | 九九·二 | 一〇八·八 | 一二〇·三 | 一三二·八 | 一四四·三 | 一五六·八 |
| 七五 | 一五三·五 | 三二·九 | 四四·四 | 五五·八 | 六七·三 | 七九·七 | 九〇·二 | 一〇〇·二 | 一一〇·二 | 一二〇·二 | 一三〇·二 | 一四〇·二 | 一五〇·二 | 一六〇·二 |
| 八〇 | 一八〇·八 | 三九·七 | 四四·五 | 五五·三 | 六七·二 | 七九·〇 | 九〇·三 | 一〇〇·三 | 一一〇·三 | 一二〇·三 | 一三〇·三 | 一四〇·三 | 一五〇·三 | 一六〇·三 |

於一已知地點求得第一百八十圖中之各數值後，即於溝底，挖一基槽，深一英尺，其寬如設計所得，其長包括壩之全長，并於兩岸挖至穩定坡度。再於槽中挖一基溝，寬深各一·五英尺，橫貫溝身，并及兩岸直達岸頂，溝底之槽則澆以洋灰漿，加以如拳大之石塊，築成混凝土狀。其他之基溝，亦按圖示挖掘，用法填築。然後再築壩之本身，將壩深入岸中，如圖示，於下游壩趾，留一不規則之邊，以便修築海漫時易於銜接。壩身完成後再修海漫及邊牆，亦如圖示。

海漫之端，修一欄埂，其意在消滅水流之能力，以減少冲刷。第一百八十一圖為石壩之照片，所示之壩正在兩溝相會之下游也。

第二節 混凝土壩(Concrete dams)

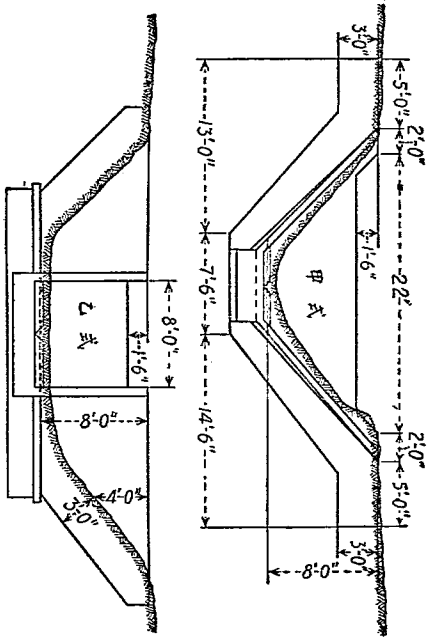
於石料缺乏之區，亦可用混凝土修壩，重式者亦如第一百八十圖所示，惟其價較昂。近更利用鋼筋混凝土建築，則壩身減薄，設計改變矣。

第一百八十二圖爲鋼筋混凝土缺口式壩之新與樣式。若溝壑之生成不久，其橫斷面，尙未過度沖刷，則築壩可用甲式者，蓋以溝壑之寬，即可作爲缺口或溢水道之長，以便溢水道上能以適當之深度，而容最大之流量也。若溝壑已過量沖刷，全面太寬則可用乙式者，蓋以可將缺口或溢水道之長，縮至適當度數，如是缺口既短，則其深與寬亦可得一適當之配合也。

防制沖刷之建築物，所常遇之水流，雖皆在所估計之



第一百八十一圖 石壩建築於兩溝槽相會處之下游之情況。



第一百八十二圖 新興之鋼筋混凝土缺口壩之草圖。

最大流量範圍之內，然高低變化，極不一定。是故設計之方法，較諸水量之常爲一律者，則略有不同也。

甲式及乙式鋼筋混凝土壩之細則工作圖，已如第一百八十三及一百八十四圖所示矣。爲說明各圖之應用起見，設各壩皆建於適當之溝壑中，其設計可分別述之如下。

甲式

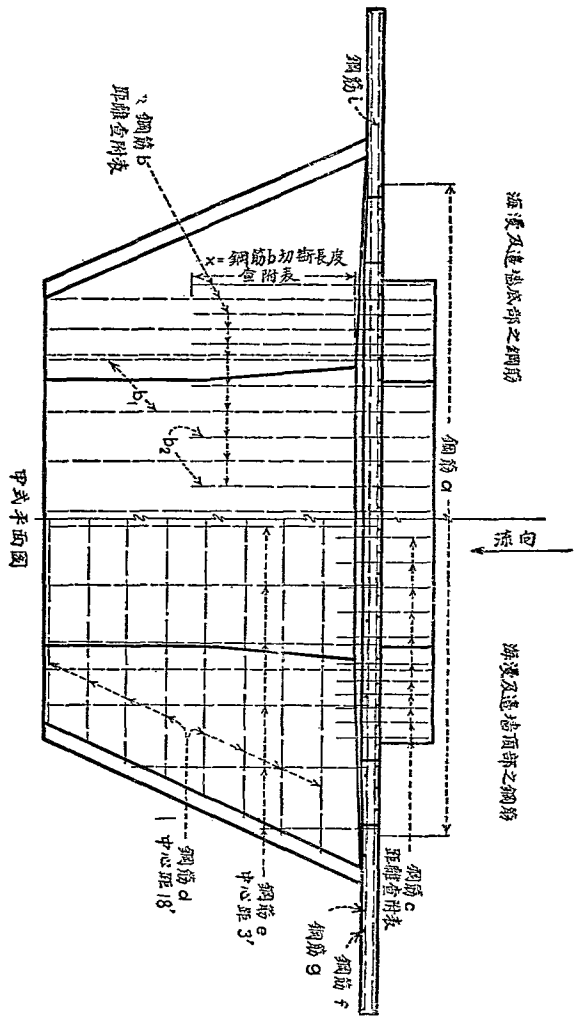
設流域三十一英畝，爲有起伏之耕種田野。最大流量，自第一百七十九圖中求得（以第一百四十八圖校核之）爲一〇一·〇秒立方英尺。有效之缺口長度爲十九英尺，再自第二十八表求得，若深（緣之水頭）爲一·五英尺，則流量爲一一·七秒立方英尺。則第一百八十二及一百八十三圖中之數值， N 爲一·五英尺， C 爲二二·〇英尺。

今更假設溝壑橫斷面之形狀，爲切合以下之數值者：

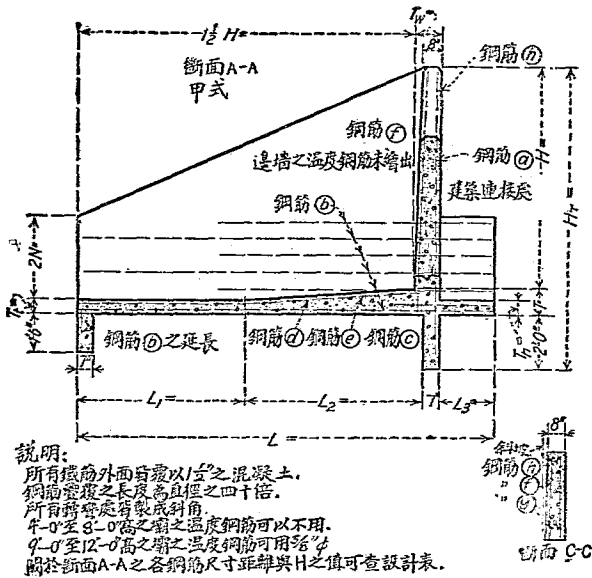
D_1 爲十三·〇英尺， D_2 爲十四·五英尺， D_3 爲八·五英尺。 C_1 及 C_2 爲二·〇英尺， C_3 及 C_4 爲五·〇英尺。 K_1 及 K 均爲三·〇英尺。（若溝之兩岸對稱，則 D_1 及 D_2 之值同。）

設 H 爲九·〇英尺，則可自所附之設計表中，得以下之數值：

L 爲十六英尺七英寸， L_1 爲五英尺六英寸， L_2 爲八英尺六英寸， L_3 爲二英尺， T_h 爲六英寸， T_t 爲六英



第一百八十三甲圖 鋼筋混凝土渠口壩, 甲式平面圖。



第一百八十三丙圖 鋼筋混凝土缺口壩，甲式縱斷面圖。

鋼筋混凝土缺口壩設計表——甲式

暴露於外面之混凝土，其混合之比例，應以於 28 日後，有最大力量 3000 磅/方英尺為標準。
 混凝土運用之應力 = 800 磅/方英尺。
 鋼運用之應力 = 20000 磅/方英尺。

H = 缺口以下之壩高

L = 底之總長

不同之日壩之各項數

| | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------|---------------|
| T _t (英 寸) | T _b (英 寸) | 壩 長 L ₃ (英尺寸) | L ₂ (英 尺 寸) | L ₁ (英 尺 寸) | L (英 尺 寸) | H (英 尺) |
|----------------------------|----------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------|---------------|

—— 一 尺 英 方 立 每 為 量 重 之 土 填

| | | | | | | |
|---|---|-------|---------|-------|---------|----|
| 6 | 6 | 1'-0" | 6'-1" | 0 | 7'-8" | 4 |
| 6 | 6 | 2'-0" | 7'-7" | 0 | 10'-2" | 5 |
| 6 | 7 | 2'-0" | 1'-1" | 8'-0" | 11'-8" | 6 |
| 6 | 6 | 2'-0" | 4'-9" | 6'-0" | 13'-4" | 7 |
| 6 | 6 | 2'-0" | 6'-4" | 6'-0" | 14'-11" | 8 |
| 6 | 6 | 2'-0" | 8'-6" | 5'-6" | 16'-7" | 9 |
| 8 | 8 | 3'-0" | 9'-7" | 6'-0" | 19'-2" | 10 |
| 8 | 8 | 3'-0" | 12'-3" | 5'-0" | 20'-10" | 11 |
| 8 | 8 | 3'-0" | 12'-11" | 6'-0" | 26'-6" | 12 |

| (鋼力引之底) b 筋鋼 | | | | (鋼力引之牆立) a 筋鋼 | | | | 值 | |
|------------------------|------|---------|--------|------------------------|------|---------|--------|---------------------|-------|
| 切斷之處(英尺寸) ^x | 切斷部分 | 中心距(英寸) | 大小(英寸) | 切斷之處(英尺寸) ^y | 切斷部分 | 中心距(英寸) | 大小(英寸) | T _v (英寸) | T(英寸) |

英方平每力壓體流當板 磅四

| | | | | | | | | | |
|--------|-----|-------|-------|-------|-----|-------|-------|----|----|
| — | 無 | 9 | 3/8"Ø | — | 無 | 9 | 3/8"Ø | 8 | 6 |
| 3'-0" | 1/2 | 6 | 1/2"Ø | — | 無 | 8 | 1/2"Ø | 8 | 6 |
| 4'-6" | 1/2 | 5 | 1/2"Ø | 3'-0" | 1/2 | 5 | 1/2"Ø | 8 | 7 |
| 5'-6" | 1/2 | 6 | 5/8"Ø | 3'-6" | 1/2 | 6 | 5/8"Ø | 10 | 10 |
| 6'-6" | 1/2 | 4 | 5/8"Ø | 4'-0" | 1/2 | 5 | 5/8"Ø | 11 | 12 |
| 7'-6" | 1/2 | 5 | 3/4"Ø | 4'-6" | 1/2 | 6 | 3/4"Ø | 13 | 14 |
| 7'-0" | 1/2 | 5 | 3/4"Ø | 5'-0" | 1/2 | 5 | 3/4"Ø | 4 | 14 |
| 10'-0" | 3/8 | 4 | 3/4"Ø | 6'-0" | 3/8 | 4 | 3/4"Ø | 6 | 16 |
| 12'-0" | 3/8 | 3 1/2 | 3/4"Ø | 6'-6" | 3/8 | 3 1/2 | 3/4"Ø | 18 | 20 |

(鋼力引之底) c 筋鋼

| | | |
|----------------|---------------------|---------------------|
| 大 小(英 寸) | 中 心 距(英 寸) | 長 度(英 尺 寸) |
|----------------|---------------------|---------------------|

磅 四 一 一 尺

| | | |
|-------|----|------------------------|
| 2'-3" | 12 | $\frac{3}{8}$ " ϕ |
| 3'-3" | 12 | $\frac{3}{8}$ " ϕ |
| 3'-3" | 9 | $\frac{3}{8}$ " ϕ |
| 3'-9" | 12 | $\frac{1}{2}$ " ϕ |
| 3'-9" | 10 | $\frac{1}{2}$ " ϕ |
| 3'-9" | 9 | $\frac{1}{2}$ " ϕ |
| 5'-0" | 10 | $\frac{5}{8}$ " ϕ |
| 5'-0" | 8 | $\frac{5}{8}$ " ϕ |
| 5'-6" | 7 | $\frac{5}{8}$ " ϕ |

附註

對於各種日之值,查設計表以求 A-V 斷面之鋼筋大小及中心距。
4'-0" 至 8'-0" 高之牆之溫度鋼筋可以不用。

8'-0" 至 12'-0" 高之牆之溫度鋼筋可用 $\frac{3}{8}$ " ϕ 。

所有鋼筋皆覆以 $1\frac{1}{2}$ " 之混凝土。

所有轉彎處皆製成斜角。

鋼筋疊覆之長度為直徑之四十倍。

本表為第 188 圖之附件

寸, T 為十四英寸, T_w 為十三英寸。

鋼筋 (a) 為四分之一三英寸圓形, 中心距六英寸, 其半數在海漫上四英尺六英寸處切斷 (即 Y 為四·五英尺)。

鋼筋 (b) 爲四分之一英寸圓形，中心距五英寸，其半數在立牆前七英尺六英寸處切斷（即 X 爲七·五英尺）。

鋼筋 (c) 爲二分之一英寸圓形，中心距九英寸，長二英尺九英寸。

抵抗溫度升降之鋼筋 d, e, f, 及 g, 如附註所稱，九英尺之壩所用者爲八分之三英寸圓形。各壩中立牆上之豎立溫度鋼筋及海漫上之順長溫度鋼筋，其中心距應皆爲三英尺。各壩立牆上之橫平溫度鋼筋，及海漫上橫方溫度鋼筋，其中心距皆應爲一·五英尺。其他各處溫度鋼筋之排列，亦應如圖示。

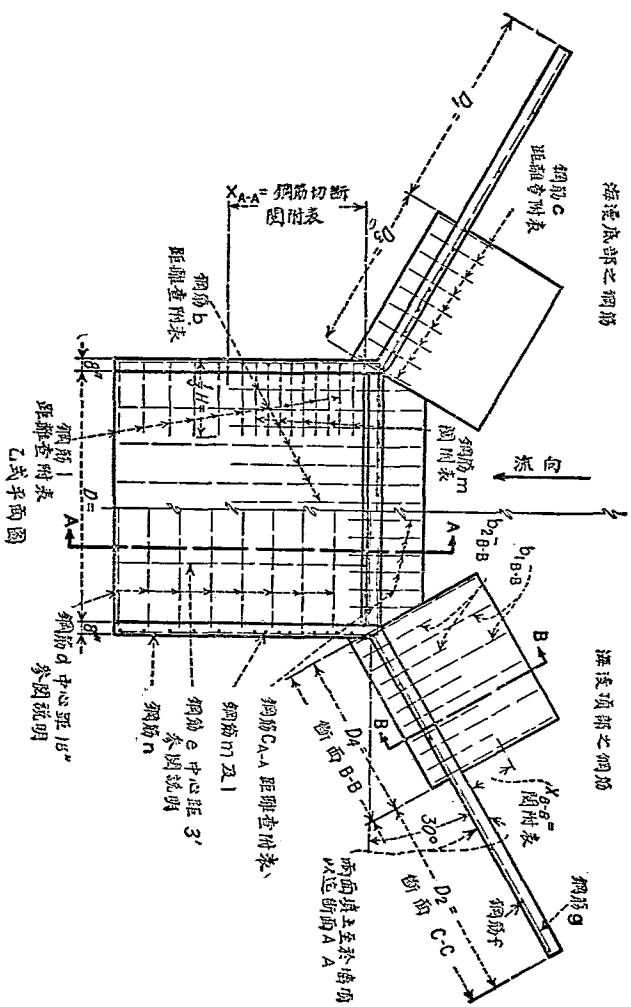
乙式

設流域九·五英畝，爲有起伏之耕種田野。最大之流量自第一百四十八圖中求得爲四六·〇秒立方英尺。再自第二十八表求得若缺口深一·五英尺，長八英尺，則可容四七·〇秒立方英尺之流量。故第一百八十二及一百八十四圖之數值，N 爲一·五英尺，D 爲八英尺。

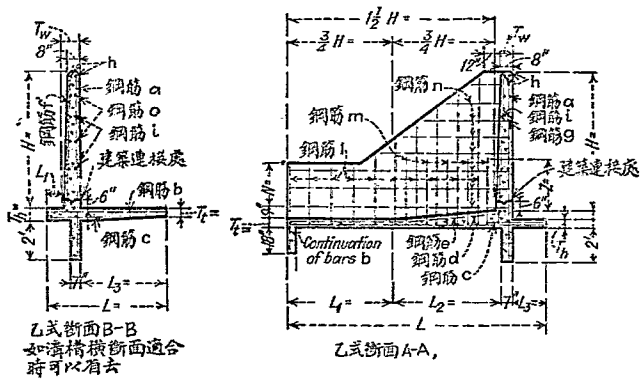
今更設溝整橫斷面之形狀，爲切合以下之各數值者：

D_1 爲七·〇英尺， D_2 爲九·〇英尺， D_3 及 D_4 爲七·〇英尺，K 及 K_1 爲三·〇英尺。

設 H 爲九英尺，如前式。則可自第一百八十四圖斷面 A A 附表之甲部，得以下之數值：



第一百六十四甲圖 鋼筋混凝土(雙口筋)乙式平面圖。



乙式断面B-B
如橋樑橫断面適合
時可以省去

乙式断面A-A



乙式断面C-C

說明
 所有鐵筋外面皆覆以1/2之混凝土
 鋼筋長度之長度為直徑之四十倍
 所有彎折處皆製成斜角
 4-0°至8-0°高之壩之溫度鋼筋可以不用
 9-0°至12-0°高之壩之溫度鋼筋可用於中
 關於断面A-A及B-B之各鋼筋尺寸距離與H
 之值可查設計表。

第一百八十四兩圖 鋼筋混凝土缺口壩，乙式断面圖。

L 爲十六英尺七英寸, L_1 爲五英尺六英寸, L_2 爲八英尺六英寸, L_3 爲二英尺, T_h 及 T_t 爲六英寸, T 爲十四英尺, T_w 爲十三英寸。

自此表中選 A A 斷面內 a b 及 c 等鐵筋之尺寸, 其法亦如甲式壩者。

自表之乙部, 又得以下之數值:

H 爲九英尺, L 爲八英尺, L_1 爲一英尺六英寸, L_2 爲五英尺五英寸, T_h 爲十一英寸, T_t 爲六英寸, T 爲九英尺, T_w 爲十三英寸。

鋼筋混凝土缺口壩設計表——乙式

暴露於外面之混凝土, 其混合之比例應以於 28 日後, 有最大力量 3000 磅/方英寸, 爲標準。

混凝土運用之應力 = 800 磅/方英寸。

鋼運用之應力 = 20000 磅/方英寸。

H = 缺口以下之壩高

L = 底之總長

| α 筋鋼 | 值 項 各 之 場 之 且 同 不 | | | | | | | | | |
|-------|--------------------|----------------------------|---------------|----------------------------|----------------------------|---|---------------------------------|---------------------------------|--------------------|---------------|
| | 大 小 (英 寸) | T _w (英 寸) | T (英 寸) | T _t (英 寸) | T _b (英 寸) | 踵 長 L ₃ (英 尺 寸) | L ₂ (英 尺 寸) | L ₁ (英 尺 寸) | L (英 尺 寸) | H (英 尺) |
| | 每 量 重 之 土 填 部 甲 | | | | | | | | | |
| 3/8"α | 8 | 6 | 6 | 6 | 1'-0" | 1'-1" | 0 | 7'-8" | 4 | 縱 面 A-A |
| 1/2"α | 8 | 6 | 6 | 6 | 2'-0" | 7'-7" | 0 | 10'-2" | 5 | |
| 1/2"α | 8 | 7 | 6 | 7 | 2'-0" | 1'-1" | 8'-0" | 11'-8" | 6 | |
| 5/8"α | 10 | 10 | 6 | 6 | 2'-0" | 4'-9" | 6'-0" | 13'-4" | 7 | |
| 5/8"α | 11 | 12 | 6 | 6 | 2'-0" | 6'-4" | 6'-" | 14'-11" | 8 | |
| 3/4"α | 13 | 14 | 6 | 6 | 2'-0" | 8'-6" | 5'-6" | 16'-7" | 9 | |
| 3/4"α | 14 | 14 | 8 | 8 | 3'-0" | 9'-7" | 6'-0" | 19'-2" | 10 | |
| 3/4"α | 16 | 16 | 8 | 8 | 3'-0" | 12'-3" | 5'-0" | 20'-10" | 11 | |
| 3/4"α | 18 | 20 | 8 | 8 | 3'-0" | 12'-11" | 6'-0" | 22'-6" | 12 | |

| (鋼力引之底) c 筋鋼 | | | (鋼力引之底) b 筋鋼 | | | | (鋼力引之牆立) | | |
|--------------|--------------|-------------|----------------------------|----------|--------------|-------------|----------------------------|----------|--------------|
| 長度 (英尺寸) | 中心距 (英尺寸) | 大小 (英尺寸) | 切斷之處 (英尺寸) ^x | 切斷部 分 | 中心距 (英尺寸) | 大小 (英尺寸) | 切斷之處 (英尺寸) ^y | 切斷部 分 | 中心距 (英尺寸) |

每力壓體流當相

磅四一一尺 英 方 立

| | | | | | | | | | |
|-------|----|-------|--------|-----|-------|-------|-----|-----|-------|
| 2'-3" | 12 | 3/8"Q | — | 無 | 9 | 3/8"Q | — | 無 | 9 |
| 3'-3" | 12 | 3/8"Q | 3'-0" | 1/2 | 6 | 1/2"Q | — | 無 | 8 |
| 3'-3" | 9 | 3/8"Q | 4'-6" | 1/2 | 5 | 1/2"Q | 3-0 | 1/2 | 5 |
| 3'-9" | 12 | 1/2"Q | 5'-6" | 1/2 | 6 | 5/8"Q | 3-6 | 1/2 | 6 |
| 3'-9" | 10 | 1/2"Q | 6'-6" | 1/2 | 4 | 5/8"Q | 4-0 | 1/2 | 5 |
| 3'-9" | 9 | 1/2"Q | 7'-6" | 1/2 | 5 | 3/4"Q | 4-6 | 1/2 | 6 |
| 5'-0" | 10 | 5/8"Q | 7'-0" | 1/2 | 5 | 3/4"Q | 5-0 | 1/2 | 5 |
| 5'-0" | 8 | 5/8"Q | 10'-6" | 3/8 | 4 | 3/4"Q | 6-0 | 3/8 | 4 |
| 5'-0" | 7 | 5/8"Q | 12'-0" | 3/8 | 3 1/2 | 3/4"Q | 6-6 | 3/8 | 3 1/2 |

| 底) b 筋鋼 | | (鋼力引之牆立) a 筋鋼 | | | | 值 項 各 之 場 | | | | |
|-------------------------|--------------------|--|------------------|-------------------------|--------------------|-------------------|-----------------|-------------------|-------------------|----------------------------------|
| 中 心 距 (英 寸) | 大 小 (英 寸) | 切 斷 之 處 (英 尺 寸) y | 切 斷 部 分 | 中 心 距 (英 寸) | 大 小 (英 寸) | T_w (英 寸) | T (英 寸) | T_t (英 寸) | T_h (英 寸) | 睡 長 L_3 (英 尺 寸) |

磅 四 一 一 尺 英 方 立 每 量 重 之 土

| | | | | | | | | | | |
|-----------------|------------------------|--------|---------------|----|------------------------|----|----|---|----|--------|
| 6 | $\frac{3}{8}$ " ϕ | — | 無 | 12 | $\frac{3}{8}$ " ϕ | 8 | 6 | 6 | 6 | 1'-10" |
| 10 | $\frac{1}{2}$ " ϕ | — | 無 | 11 | $\frac{1}{2}$ " ϕ | 6 | 6 | 6 | 6 | 2'-4" |
| 7 | $\frac{1}{2}$ " ϕ | — | 無 | 7 | $\frac{1}{2}$ " ϕ | 8 | 7 | 7 | 7 | 3'-4" |
| 7 | $\frac{5}{8}$ " ϕ | — | 無 | 9 | $\frac{5}{8}$ " ϕ | 16 | 8 | 8 | 8 | 4'-2" |
| 5 $\frac{1}{2}$ | $\frac{5}{8}$ " ϕ | — | 無 | 7 | $\frac{5}{8}$ " ϕ | 11 | 9 | 6 | 9 | 5'-1" |
| 8 | $\frac{3}{4}$ " ϕ | — | 無 | 8 | $\frac{3}{4}$ " ϕ | 13 | 11 | 6 | 11 | 5'-5" |
| 5 $\frac{1}{2}$ | $\frac{3}{4}$ " ϕ | 8'-0" | $\frac{1}{2}$ | 7 | $\frac{3}{4}$ " ϕ | 14 | 12 | 6 | 12 | 6'-4" |
| 5 $\frac{1}{2}$ | $\frac{3}{4}$ " ϕ | 9'-0" | $\frac{1}{2}$ | 6 | $\frac{3}{4}$ " ϕ | 16 | 16 | 6 | 16 | 7'-2" |
| 4 $\frac{1}{2}$ | $\frac{3}{4}$ " ϕ | 10'-0" | $\frac{1}{2}$ | 5 | $\frac{3}{4}$ " ϕ | 18 | 16 | 6 | 16 | 8'-0" |

| 筋 鋼 之 壁 控 | | | | | (鋼力引之底) 筋鋼 | | (鋼力引之 | | |
|-------------------------------|--------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------|-----------------|-------------------------|--------------------|--------------------------------|------------------|
| n | | m 之 z 距 (英寸) | l 及 m | | 長 度 (英尺寸) | 中 心 距 (英 寸) | 大 小 (英 寸) | 切 斷 之 處 (英尺寸) z | 切 斷 部 分 |
| 中 心 距 (英 寸) | 大 小 (英 寸) | | 中 心 距 (英 寸) | 大 小 (英 寸) | | | | | |
| 磅 四 一 一 尺 英 方 平 每 力 壓 體 流 當 相 | | | | | | | | | |
| 12 | 1½"φ | 0 | 12 | ¾"φ | 2'-0" | 12 | ¾"φ | — | 無 |
| 12 | 1½"φ | 0 | 12 | ¾"φ | 2'-0" | 12 | ¾"φ | — | 無 |
| 12 | 1½"φ | 0 | 12 | ¾"φ | 2'-0" | 12 | ¾"φ | — | 無 |
| 12 | 1½"φ | 0 | 12 | ¾"φ | 2'-0" | 12 | ¾"φ | — | 無 |
| 12 | 1½"φ | 3'-0" | 16 | 1½"φ | 2'-0" | 12 | ¾"φ | — | 無 |
| 12 | 5/8"φ | 3'-0" | 14 | 1½"φ | 3'-0" | 12 | 1½"φ | — | 無 |
| 12 | 5/8"φ | 4'-0" | 12 | 1½"φ | 5'-0" | 12 | 1½"φ | — | 無 |
| 12 | 5/8"φ | 4'-0" | 14 | 5/8"φ | 3'-0" | 12 | 1½"φ | 4'-0" | ½ |
| 12 | 5/8"φ | 5'-0" | 12 | 5/8"φ | 3'-0" | 12 | 1½"φ | 5'-0" | ½ |

附註 對於各種之H值，查設計表以求斷面 A-A 及 B-B 之鋼筋大小及中心距。

4'-0" 至 8'-0" 高之牆之溫度鋼筋可以不用。

9'-0" 至 12'-0" 高之牆之溫度鋼筋可用 $\frac{3}{8}$ " ϕ 。

所有鋼筋皆覆以 $1\frac{1}{2}$ " 之混凝土。

所有轉彎製成斜角。

鋼筋疊覆之長度為直徑之四十倍。

本表為第 124 圖之附件

鋼筋 (a) 為四分之一英寸圓形，中心距八英寸。鋼筋 (b) 為四分之一英寸圓形，中心距八英寸。

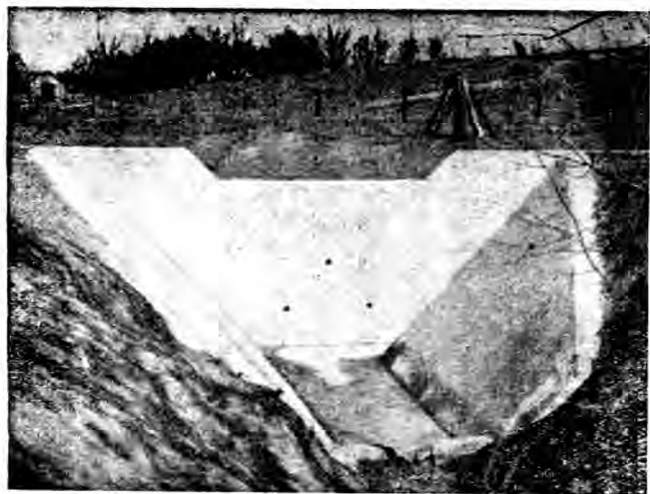
鋼筋 (c) 為八分之三英寸圓形，中心距十二英寸，長三英尺。控壁 (Retaining) 上之鋼筋 (l) 及 (m) 為

二分之一英寸圓形，中心距十四英寸，鋼筋 (n) 之豎立部分長三英尺。控壁上之鋼筋 (n) 為八分之五

英寸圓形，中心距十二英寸。溫度鋼筋如附註所稱，為八分之三英寸圓形，此項鋼筋必安置於 D_1 及 D_2 斷

面之內外兩方，蓋以并無其他鋼筋也。

甲、乙、兩式壩築成後之景況，如第一百八十五及一百八十六圖所示。



第一百八十五圖 鋼筋混凝土缺口壩甲式修築後之情況。

第一百八十六圖 鋼筋混凝土缺口壩乙式修築後之情況



第三節 土壩 (Earth dams)

土壩因洩水之情況可分爲兩類，即備有旁溢道者，及備有垂流涵洞者是也。然若使垂流涵洞排洩平常水流，大水時則利用旁溢道，兩種設備，合於一壩，亦爲常有之事。如已知流量，採自第一百四十八及一百七十九圖或用其他方法計算。則可自第二十八表，求得溢水道尺寸之約數。

若節制壩築成後，其控制之面積甚大，積水向上所影響之距離亦遠者，則可用土壩。核算上游影響所及距離，可以土壤之穩定降坡（如前述之百分之〇·五至二）求之。

優良之壩址，爲在溝壑之窄處，兩岸陡峻，地基堅實，且於其下三百英尺內溝之降坡小於所規定者。取土之地點，應在壩之上游溝岸突出之處。修時先整理壩基，將植物殘株及一切雜質皆剷除之。

涵洞不可安置於新填之土上，應於基土上修治之，並使適合涵洞之形狀。涵洞之路線，務使出口處在溝之中心，上游則可不必拘定也。

(甲) 旁溢道式土壩 (Side-spillway dams)

僅用旁溢道以洩逕流者，則此壩所控制之面積，不能超過二十英畝。溢水渠道，必以混凝土紋形鐵

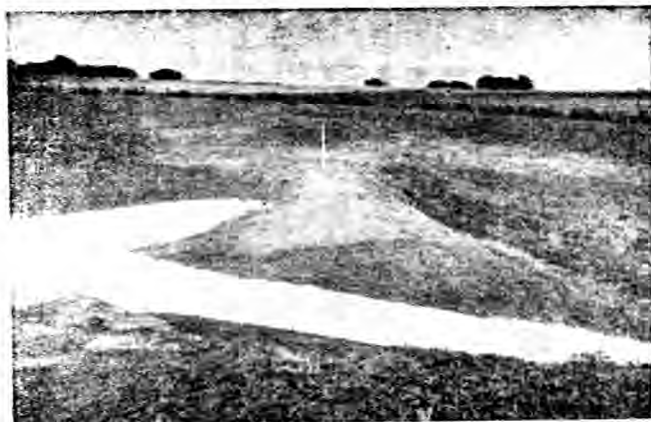
板或其他之抗沖物料覆砌之，不可專靠植物之防護也。第一百八十七圖即表示忽略此項防備，而得之惡果。

第一百八十八圖爲控制十九英畝之土壩，其溢水道僅鋪以一·五英寸厚之混凝土，并加以平常之鐵絲網作爲筋骨而已。此爲拜薩內附近試驗之B四號壩（參閱第十四章及第二百零一圖）其尺寸如下：高十三英尺，頂寬五英尺，底寬四〇英尺，長六〇英尺。溢水道底寬六英尺，頂寬九英尺，邊高二〇英寸。溢水道之下游有一弧形海漫，可以消減水力，使水飛流空中。

第一百八十九圖爲美國愛我華州孟祿（Mog）地方之土壩，圖示自下游向上望之景況。



第一百八十七圖 土壩之旁溢道被冲刷後之情況。此溢道曾僅以植物保護之。



第一百八十八圖 土壤之旁溢道於降雨二·七五英寸後之情況。流域十九英畝，為山區之耕田。溢水道之下游有弧形海漫，以消滅水力，使水飛流空中。



第一百八十九圖 土壤之兩旁有溢水道，此圖為向上游眺望之景。其後溢水道即用混凝土鋪之。水自雙方同時下流，互相撞擊以消滅水力。

溢水道在壩之兩端，爲尙未鋪混凝土者。此壩設計之特點，在利用水自雙方同時下流，互相撞擊以消滅水之冲刷力。採用旁溢道式土壩，常於壩後積一水塘。如農田需要一水池時，當可利用。但水池既不流動，則易污濁，且爲產蚊之原。

(乙)垂流涵洞式土壩 (Drop-inlet dams)

垂流涵洞式之保壤壩爲於壩之上游，將涵洞接修成一井筒形，使此段垂直，水可自上口垂流而入也。其修築之費用較大，若水頭 (Head) 高於二〇或二五英尺時，其流量甚多；且水之壓力亦高。設修造不得當，則危及壩身，如有失敗，則害及生命。是故修造此項建築必聘請有經驗之工程師設計監工。所有物料之購置悉應聽其指揮也。所謂水頭之總高者，指壩後水面至涵洞下游出口處頂部之垂直距離而言。

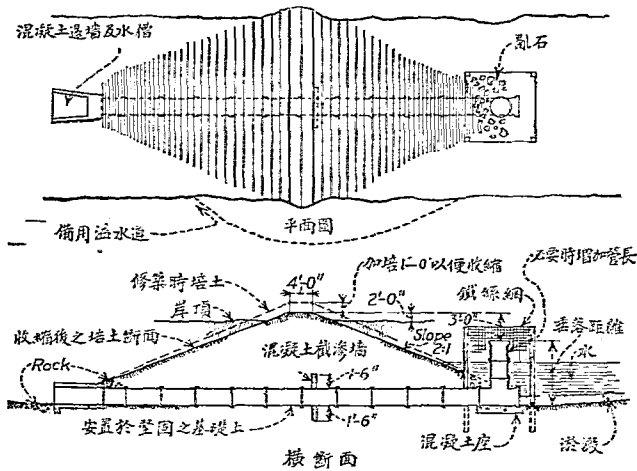
(子)水頭在五與十五英尺間

若水頭在五與十五英尺之間，以排水管連成涵洞，較之以混凝土整個築成者爲廉，如能安置適當，亦可得滿意之效果。

第一百九十圖所示之涵洞，即以混凝土或粘土燒磁管所築成。管端備有鈴形連接。

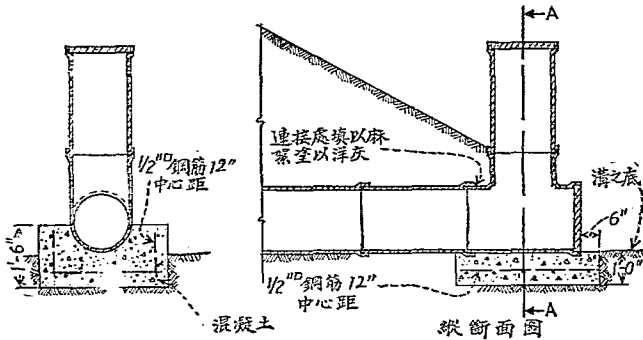
第一百九十一圖所示者更爲詳細。壩

中應樹立截滲牆，以防水之滲透。管底最宜挖入基土中少許，鈴形處較低，以期平穩。於填土之時，管之周圍，應注意夯實。若土之填高在十英尺以上時，應核計管之荷力是否安全。管之連接處應填以麻絮，塗以洋灰，以免漏水。於涵洞之上游，將管端連一 T 形管，其一端與橫管相接，一端堵塞，他端向上。其向上之段，應繼續接高，因所需之長短而定。豎立部分之頂端可罩以鐵絲網，以免枝葉及其他雜物流入。故水於壩後積至一定深度時，即流入管中，轉流下游。因涵洞之入口處爲豎立，水流向下，以是有垂流之名也。

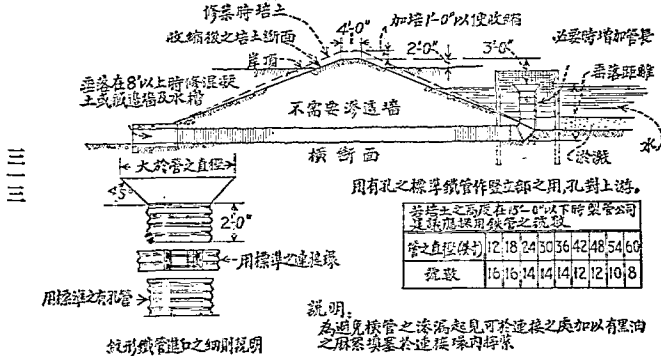


第一百九十圖 垂流涵洞若水頭在五與十五英尺之間時，適用之斷面圖。可以用混凝土管或黏土陶管造成，端有鈴形連接。涵洞降坡不得小於百分之〇·五。

第一百九十二圖 爲以紋形鐵管製造之涵洞。管之基礎不必過事整理，因管性韌稍有不平，可以自身迎合之也。填土時夯礮可僅及兩側，以防積土將管壓成屈線斯可矣。因紋形管與周圍填土接觸之處爲紋形者，故不必截滲牆。若能按照第一百九



第一百九十一圖 垂直流涵洞所用混凝土管或脆管之設計細則。



第一百九十二圖 垂直流涵洞斷面圖，適用於水頭在五至十五英尺之間者，本圖所示爲以紋形鐵管所造成。

十二圖中之說明處理之，當可不致透水。鐵管或於工廠中釘連妥當，或攜二英尺長之管節與野外釘連之皆可。

橫段與豎段連接處，可用一九十度之彎節，兩端再接連二英尺長之管各一節，合計成爲連接段，將此連接段之一端接於橫段，其一端豎立，繼續接連，至頂端則設備漏斗式之入口。嗣後，若因壩後填淤甚多，而欲增高豎立之段時，即可將漏斗式之一節取下，逐節加增。若爲排洩壩後水塘積水計，亦可於豎立之段上，加置有孔之管一節，或數節，孔對上游。

普通鍍鋅之紋形鐵管，其壽命約在二十與四十年之間，因鐵質而異。但以環境不同，其壽命亦每因之有差也。

欲設計涵洞，如第一百九十，一百九十一及一百九十二圖者，可利用第二十九表，以求其橫斷面積。計算之法，係根據雷木賽公式：

$$a = c \left(\frac{130 - \frac{77,000}{A + 600}}{A + 600} \right)$$

a、表示涵洞之面積，以方英尺計。

A、表示流域之面積，以英畝計。

c、表示常數，因流域之情形而變。

至於此表之用法，雷木賽說明之如下：

- (一) 公式所適用之流域面積須在八百英畝以內。
- (二) 表中之數字僅適用涵洞水頭五英尺以下者。
- (三) 若涵洞水頭爲十英尺者，則以 0.7 乘表中之值。
- (四) 若涵洞水頭爲十五英尺者，則以 0.58 乘表中之值。
- (五) 若流域形狀爲扇形或四方者，則以 1.25 乘表中之值。
- (六) 若兼備有旁溢道者，則可依照之減小涵洞面積。

雷木賽公式之限制，既如上述，其應用之範圍，亦僅以美國之普通情形爲衡。須知經驗公式僅可用於某一地，難以舉世通用也。若讀者有水力學之知識，則此項計算當無困難也。茲亦不過舉其一例耳。

第二十九表 垂流涵洞之橫斷面積

| | | | | | | |
|-----|------|------|-----|-------|-----|------|
| 一〇〇 | 二〇〇 | 一一〇 | 六〇 | 二八〇 | 一六〇 | 八〇 |
| 一二五 | 二三・八 | 一四・三 | 七一 | 三三・三 | 一九〇 | 九五 |
| 一五〇 | 二七・三 | 一六・四 | 八二 | 三八・二 | 二一九 | 一〇・九 |
| 二〇〇 | 三三・七 | 二〇・二 | 一〇一 | 四七・二 | 二七〇 | 一三・五 |
| 二五〇 | 三九・四 | 二三・六 | 一一八 | 五五・二 | 三一五 | 一五・八 |
| 三〇〇 | 四四・四 | 二六・六 | 一三三 | 六二・二 | 三五五 | 一七・八 |
| 三五〇 | 四八・九 | 二九・三 | 一四七 | 六八・五 | 三九一 | 一九・六 |
| 四〇〇 | 五三・〇 | 三一・八 | 一五九 | 七四・二 | 四二四 | 二一・二 |
| 五〇〇 | 六〇・〇 | 三六・〇 | 一八〇 | 八四・〇 | 四八〇 | 二四・〇 |
| 六〇〇 | 六五・八 | 三九・五 | 一九七 | 九二・一 | 五二六 | 二六・三 |
| 七〇〇 | 七〇・八 | 四二・五 | 二一二 | 九九・一 | 五六六 | 二八・三 |
| 八〇〇 | 七五・〇 | 四五・〇 | 一二五 | 一〇五・〇 | 六〇〇 | 三〇・〇 |

於橫斷面積求得後，即可自第三十表求得相當之直徑。若面積在二者之間時，則選用較大者，蓋以商場出售之管皆有規定標準也。

第三十表 橫斷面積與管之直徑相當值

| 直徑(英寸) | 面積(方英尺) | 直徑(英寸) | 面積(方英尺) |
|--------|---------|--------|---------|
| 八 | 〇·三四九 | 四二 | 九·六二一 |
| 一〇 | 〇·五四五 | 四八 | 一二·五六六 |
| 一二 | 〇·七八五 | 五四 | 一五·九〇四 |
| 一五 | 一·二二七 | 六〇 | 一九·六三五 |
| 一八 | 一·七六七 | 六六 | 二三·七五八 |
| 二一 | 二·四〇九 | 七二 | 二八·二七四 |
| 二四 | 三·一四二 | 七八 | 三三·一八三 |
| 三〇 | 四·九〇九 | 八四 | 三八·四八五 |
| 三六 | 七·〇六九 | 九六 | 五〇·二六五 |

爲例示第二十九表及三十表之應用起見，可假設涵洞之水頭爲十二英尺，控制二十五畝有起伏之田地。自第二十九表檢得二十英畝所需涵洞之面積爲五·八方英尺，三十英畝者七·八方英尺，比例計之，爲六·八平方英尺。以同理，依照十英尺水頭者乘以〇·七一之係數及十五英尺者，乘以〇·五

八者，比例之十二英尺者應乘以 0.66 。以 0.66 乘 6.8 得 4.49 一方英尺，亦即爲涵洞之適合橫斷面積。自第三十表中，知最相近之直徑爲三十英寸，而面積爲 4.9 一方英尺也。是故按以上之假定可採用直徑三十英寸之混凝土，燒磁，或紋形鐵管。若用雙行涵洞，在同一情形，則可控制五十英畝之田地。

若土地之一部份爲起伏，一部分爲山地，且一部分爲草原，一部分爲森林者，計算涵洞所需面積之法，可按以前所述之原理。

紋形鐵管設與混凝土或燒磁管在相同之環境，及相等之直徑，可假設其能容載之流量相等。此項意見，雖各家不一，然綉紋所增加之阻力，則可以各節銜接圓密，入口光滑補償之也。

第一百九十三圖爲安置管狀涵洞之土壩，於其旁又修有溢道。此壩所控制之流域爲三二英畝，域內爲稍有起伏之農田及草原，安有二十一英寸之雙行陶器管。豎立段修以混凝土基，所修之備用溢道，在壩之一端。壩頂寬十二英尺，坡爲二比一。

(丑)水頭在十與二十五英尺間

若壩之高度，能蓄積水頭在十至二十五英尺間時，則可採用混凝土築成之整個涵洞，斷面多爲方形

者入口處亦可與以特別設計。威斯康新大學模型試驗之結果，深知如入口有特種設計時，可將涵洞縮短，并使豎立之段，置於壩頂附近。若採用特種之入口，圓密之銜接，及光滑之出口，而水頭等於一·五倍涵洞豎立段之直徑時，則涵洞內可發生曳管(Draft tube)作用，其增加流量之能力，遠出於意外者。此項增加流量之功能，及縮短涵洞之長度，在用費上節省實多。但修築時則須絕對按照所規定者設計之。水中攔帶之物體，常能擾曳管之作用，因之減低曳管之功能，實所應注意者也。尤有進者，設計之時，應增高安全率(Factor of safety)之值，蓋以壩若失敗，則其所關至巨也。



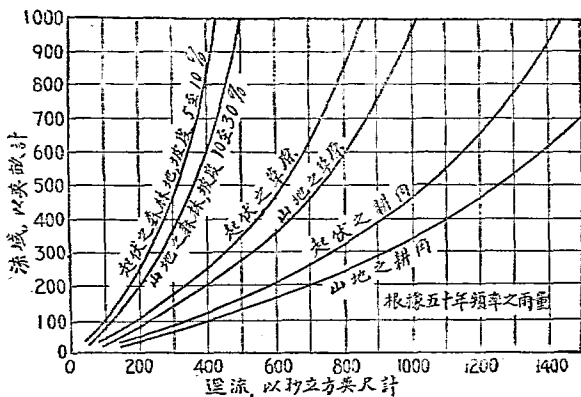
第一百九十三圖 保護土壩安有管狀涵洞之圖。

因此之故，計算逕流時，所根據之雨量頻率，必使較長。設以五十年為頻期，則計算流量可按第一百九十四圖中各弧得之。參酌第一百九十四及一百七十九圖，其中間之數值，若環境適宜，當可估得近似之結果。

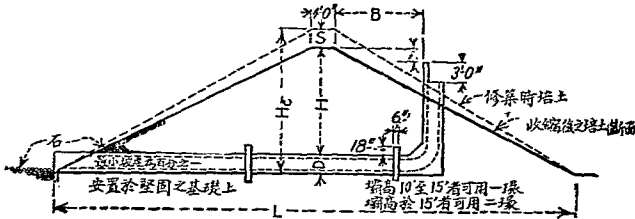
在高水頭時，壩之普通橫斷面及其細則，載於第一百九十五圖中。此乃根據威斯康新模型試驗結果略加以修正而成者。參照此圖及第三十一表，即可得於不同之情況下，此種建築所需物料之多寡。

自第一百九十四及一百七十九圖求得適當之逕流後，則涵洞之大小，根據水頭之總高度，可自第一百九十六圖中求得。

今更舉例以說之。設保壤壩涵洞之水頭為二十英尺，其控制之流域為有起伏之田野，面積一二〇英畝，四十



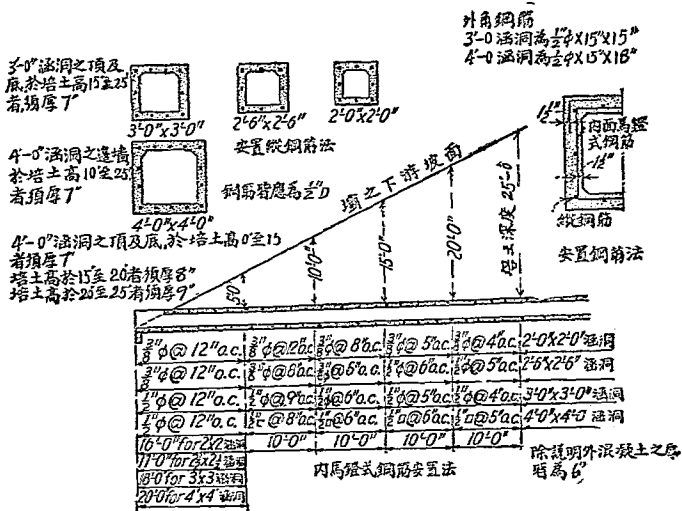
第一百九十四圖 逕流曲線圖。



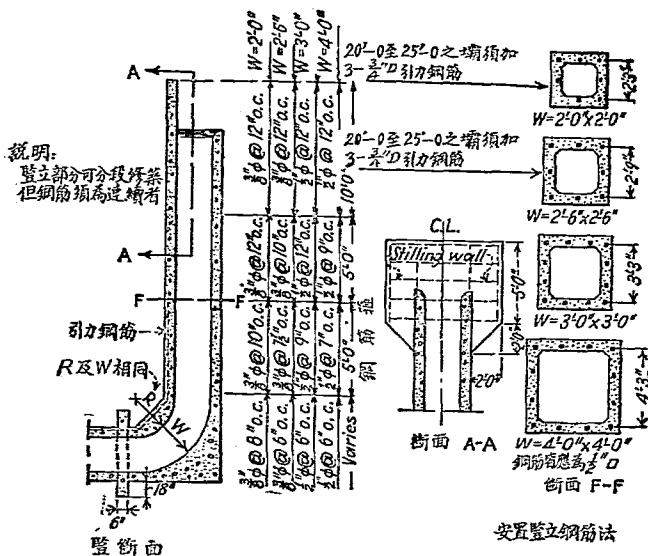
梁量表

| H+D | Hc | S | A | B | L |
|--------|--------|-------|-------|--------|---------|
| 10'-0" | 11'-6" | 1'-6" | 1'-0" | 9'-6" | 44'-0" |
| 15'-0" | 17'-3" | 2'-3" | 1'-6" | 12'-0" | 64'-0" |
| 20'-0" | 23'-0" | 3'-0" | 2'-0" | 14'-0" | 84'-0" |
| 25'-0" | 29'-0" | 4'-0" | 2'-6" | 16'-0" | 104'-0" |

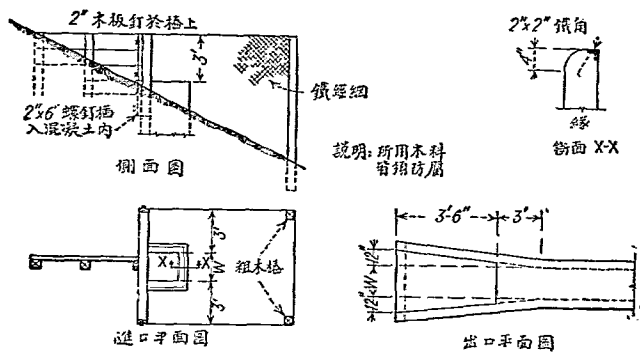
第一百九十五甲圖 保護土壤實有混凝土方形涵洞之圖。 垂流水頭在十五至二十五英尺間者可以採用之。



第一百九十五乙圖 第一百九十五甲圖之鋼筋細則。

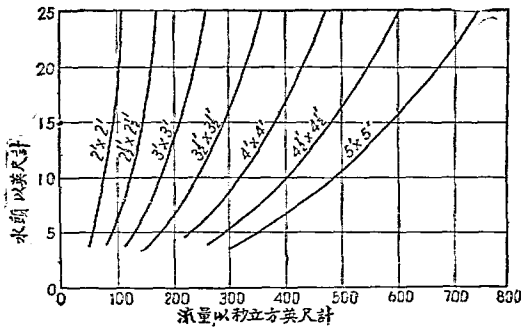


第一百九十五丙圖 第一百九十五甲圖豎立部之細則。



土壤之冲刷與控制

第一百九十五丁圖 第一百九十五甲圖進出口之細則。



第一百九十六圖 方形混凝土涵洞之断面曲線圖。設欲採用第一百九十五圖之設計，若水頭及流量為已知，則其大小可自此圖求得。

第三十一表 高壩混凝土涵洞物料單

| 因 | 素 | 混 | 凝 | 土 | 鋼 | 筋(以長英尺計) | | |
|----------------|----------------|-------|--------|--------|---------|----------|---------|---------|
| | | | | | | 3/8英寸圓形 | 1/2英寸圓形 | 3/4英寸方形 |
| 鑄之高低 (D,英尺) | 洞之大小 (W,英尺) | 洋灰(袋) | 砂(立方碼) | 石(立方碼) | 3/8英寸圓形 | 1/2英寸圓形 | 3/4英寸方形 | 3/4英寸方形 |
| 100 | 2.0 | 60 | 5.0 | 1.0 | 6.40 | | 4.50 | |
| | | 66 | 5.5 | 1.1 | 8.30 | | 4.60 | |
| | | 78 | 6.5 | 1.3 | 10.00 | 1.000 | 6.60 | |
| | | 112 | 9.5 | 1.9 | 17.30 | 1.730 | | |
| | | 76 | 6.5 | 1.3 | 9.10 | 5.70 | | |
| | | 93 | 7.5 | 1.5 | 12.90 | 5.90 | | |
| 150 | 3.0 | 110 | 9.3 | 1.9 | 14.00 | 1.400 | 8.70 | |
| | | 146 | 12.5 | 2.5 | 21.0 | 21.0 | | |
| | | 93 | 8.0 | 1.6 | 14.00 | 7.00 | | |
| | | 117 | 10.0 | 2.0 | 17.00 | 7.50 | | |
| | | 139 | 12.0 | 2.4 | 21.00 | 11.00 | | |
| | | 186 | 15.5 | 3.1 | 31.50 | 15.50 | | |
| 200 | 4.0 | 139 | 12.0 | 2.4 | 21.00 | 21.00 | | |
| | | 171 | 15.0 | 3.0 | 27.00 | 27.00 | | |
| | | 217 | 19.0 | 3.8 | 35.00 | 35.00 | | |
| | | 259 | 23.0 | 4.6 | 43.00 | 43.00 | | |
| | | 316 | 28.5 | 5.7 | 54.00 | 54.00 | | |
| | | 384 | 35.5 | 7.1 | 67.00 | 67.00 | | |

三根十四英尺長者

| | | | | | | | | | | |
|------|-----|-----|----|-------|-------|-------|----------|--|--|--|
| 二五·〇 | | | | | | | | | | |
| 二·〇 | 一·一 | 九·五 | 一九 | 二、〇〇〇 | | 八二〇 | 三根十四英尺長者 | | | |
| 二·五 | 一四六 | 一二〇 | 二四 | 一、九六〇 | 七一〇 | 八八〇 | | | | |
| 三·〇 | 一七八 | 一四五 | 二九 | | 三、四三〇 | 一、二四〇 | | | | |
| 四·〇 | 二二二 | 一八五 | 三七 | | | 四、五八〇 | | | | |

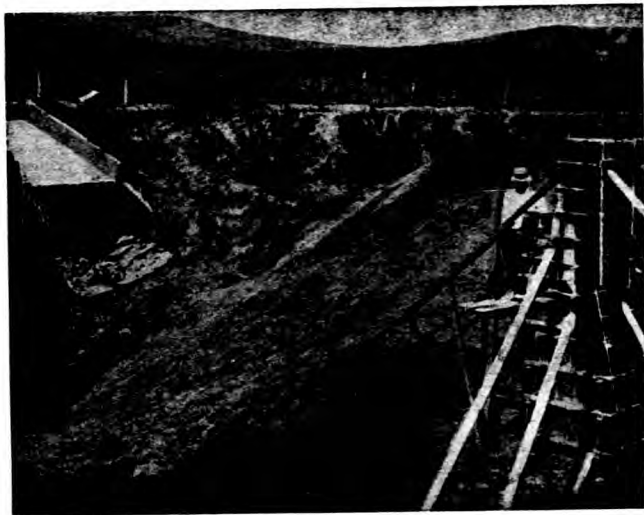
英畝耕種，四十英畝草原，四十英畝森林。壩之一端，於有草皮之窪處，作為輔助之溢水道用。溢水道之寬可八英尺，於漫溢壩頂前，流深可達一英尺。求涵洞及其豎立段之大小。參閱第二十八表，則知溢水道所能容之流量為二五·六秒立方英尺。

在此情形，應採取五十年之頻率，自第一百九十四圖中求得在二〇英畝有起伏之耕種，草原，森林中之逕流，分別為三八五，二三五，及一二〇秒立方英尺。以三除各值，再求其和為二四六·六秒立方英尺之估定逕流。減去自溢水道之容量二六·六，則所餘之二二一·〇秒立方英尺，為自涵洞下流者。

參考第一百九十六圖，若水頭二十英尺，流量二二一·〇秒立方英尺，求得三英尺見方之涵洞，最為適當。第一百九十七圖為上述涵洞之木模及澆混凝土之情形，第一百九十八圖為豎立段之木模，第一百九十九圖為進口及防水牆修成後之情況。



第一百九十七圖 方形混凝土涵洞之木模及澆灌時情況



第一百九十八圖 方形混凝土涵洞豎立部份之木棧。

第三十一表所列之物料單，可爲估計參考之用。
第二百圖，爲裝有增高進口設備之高壩，若壩後逐漸淤高，可將網架上所預備之混凝土板，先後放下，以免進口爲土所淤。

第四節 淤澱

保壩壩之水頭若高，控制之面積且大時，其上游淤澱之速，實足驚人。第二百一圖爲兩溝壑中之精

確側面圖，一加考察，則知溝壑長者於全溝壑內，每年淤高在一英尺以上。溝壑短者之壩，爲旁溢道式，亦即如第一百八十八圖所示者，每年淤高二英尺。坑中於二年半內，填淤一半。如此之例，不一而足。

威斯康新州之布法羅 (Buffalo) 地方於五年之內填淤十七英尺深。

如欲加速淤澱，可於溝壑起始淤澱之後，即在中線安置排水管一行，開掘兩岸之土，平於溝中，並覆蓋水管，使溝之兩坡平緩，然後於其上耕犁，施肥，並於全溝內，播種苜蓿荻草一類之作物。如是則可增速淤



第一百九十九圖 方形混凝土溢洞之進口。

激。

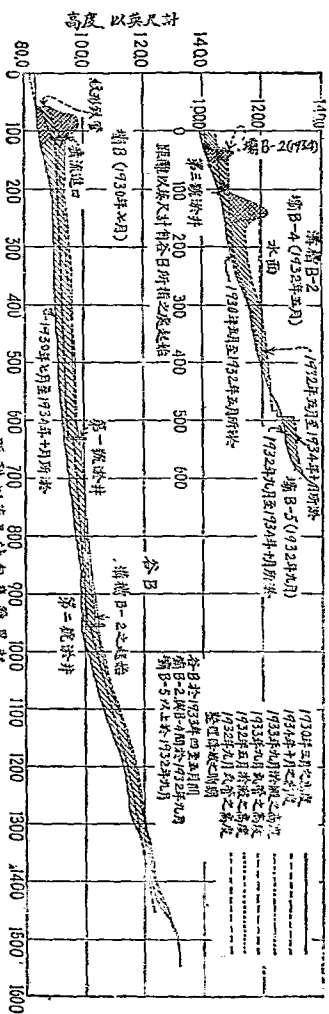
第五節 已成之涵洞改築垂直進口

如道路涵洞之上游需要冲刷之控制時，其費省效洪之法，即爲於已有之涵洞上加築垂直進口。最大流量時之水面高度，應在路面以下四英尺，以免危害道路。然亦有於修築涵洞時，即造成垂直進口，以爲道路之保護者。

第二百二圖即爲此種進口之一例。設計之時可假定爲厚緣之缺口，以計算流量。於估定流量及規定水流之深度後，可自第二十八表求得緣之長度。



第二百二圖 正處築中之高壩，涵洞進口裝有增高水面之設備。



各日及支溝B-2於四半內淤積之縱剖面圖(1920-1934)
美國密蘇里 拜恩內防中試技巧

第二百一圖 保護扇淤積之功能。



第二百二圖 道路之涵洞，加築壅流進口。

第十三章 植物之特殊效能

第一節 控制溝壑

多數節制壩之修築，其目的在培養植物，以作土壤之天然防護。若表土仍在，而氣候及其他環境適宜者，植物每能自生，不須人為之協助也。然溝壑地帶之荒廢過甚，植物之自然生長者，實為罕見，即或有之，亦必甚遲。

植物之普通種類為：樹木，灌木，葛藤及草是也。以下所討論者，為根據美國森林局所公佈之指導方法。

(甲) 森林與溝壑

溝壑地帶之主要植物，當為樹木，蓋以樹木之根深，盤佈亦廣，故保持土壤之力強。更以其落葉枯枝散覆滿地如草薦，可吸收多量之雨水，雖水流其上，亦不至沖刷地面。

樹林中亦有其他植物之生長，如草類，灌木，葛藤等。此種附生之植物，更能增加蓄水之效能，以待水

之涓涓下流，免隨狂流以俱去也。

樹木能自行蕃殖，且其生命甚長（有數百年者），故植物可視為控制沖刷之長期方法。

於溝壑之地，培植樹木，較之其他植物為易，價省而效亦大。

然大宗樹木或森林，亦不能防護無限止雨量之沖刷。在普通情形，若森林能覆蓋坡地之全部，或大部，當可發生效能，但若自上游傾洩而來，雖其植根之深，落葉之厚，亦不能阻止溝渠之沖刷也。暴雨之時，林中雖亦能發生甚大之流量，但負沖刷之責者，則其上游未造林之地也。

（子）植樹之地點

沖刷地帶，有者極宜植樹。如溝壑之沖刷在三英尺以上，則築壩與植樹，必需同時舉行，又如田地之肥料用盡，或以其他原因，草類不能生長，若非植物，即不能維持土壤之現狀也。

設溝壑之沖刷不深，則僅施以植樹，即可獲得保持土壤之效果。

更有須於溝壑之岸沿，及其源頭植樹者，可逆坡而植，至五十英尺以上，其遠近則視土壤之性質及坡度而定。

凡能應用農作方法，而得有防沖之效者，不必認植樹為控制沖刷之惟一方法也。

如與結種之母樹接近，於種子成熟時，因季候風之方向順利，土壤之性質以及流量流速等環境合宜時，森林亦能自然生長，其他植物若葛藤，灌木及草等亦能自然生長。

(丑) 節制壩與植物

關於節制溝壑之建築，已於前數章詳述之矣，但其最後之防護，每有賴於樹木，故不得不再述之也。壩之修築，乃便於上游之植樹。故建築所費，不必過奢，以能保持土壤，供植物之生長足矣（約爲五年）。其高度可在八與三十英寸之間，以溝深及樹木生長所需土之多寡而異。

雖有樹木之培植，然以暴雨之傾注，亦每使上游之水，流經其上，則可築永久性之低壩數座，以固定溝底之土，俾便利植物之生長。否則，上游所來之水，刷深溝槽，坍塌兩岸，樹木永無生長之機矣。若底土已固，樹木以生，雖時有水流，亦可免沖刷之險。輕鬆之土，極易沖刷，是故溝底之降坡在百分之一以上時，即不便植樹也。（關於最大之降度可參考以前所述者）

爲便利樹木之生長，有時亦可用截水渠或階田，旁引溝之來源與兩岸之水，免致溝壑之繼續沖刷者。

(寅) 剷平岸坡

欲於溝壑中之植樹，必先將岸坡剷平，普通使成一比一之坡度已足。若環境適宜，雖較陡之坡，樹木

亦能生長。然亦有將兩岸剷成極緩之坡者，如此植樹之面積更爲廣大也。

剷平之工作，宜於早春或初秋爲之，蓋以可於植樹以前，先種草皮，以資防護也。亦常與節制壩同時動工，蓋以其下沖之土壤，可爲初次之淤澱也。

溝岸之有鬆土或砂土者，雖不剷平坡度，亦可植樹。惟在陡峻之處，不可種植，必先施以剷平之工作也。

剷平岸坡可以人工使用尖鋤、鏟、鏟等器具爲之。但不可使岸坡過於平滑，以能使有凸凹粗糙之狀最爲相宜。

若溝壑之深，不及十英尺者，剷平工作可用畜類拖犁爲之。但犁不可過重，免致在坡上工作不便，以在八十五磅以下者爲宜。

若有曳引機以供使用，則更屬便利，蓋犁土甚深，工作亦迅速也。

培植松柏類 (Conifers) 之樹木，較之培植槐樹 (Locusts) 對於耕犁土地之需要，則爲較緩，蓋以松柏不論在已否整理之地上，其生長皆緩，而根之發展亦遲。故宜植於未整理之地上，其壽命既長，而發展亦無何種困難，槐樹則不然。槐已爲今日培植溝壑地帶之主要樹木，以其生長之速也。其根分佈極速，

枝葉發展整齊，此乃爲防沖之主要條件。然若不將土地預爲整理，雖可生長，但地硬則生根難，必須數年之後，始有防沖之功能也。

若溝岸陡而硬，且高過十英尺者，則可用炸藥轟擊。其在十英尺以下者，除地土極硬，爲其他之剷平方法所不能處理者，不必用炸藥也。應用炸藥之方法及說明可於各火藥廠得之。

(卯)植樹

植樹本分春秋二季。較冷之地，以春栽爲宜，蓋以於上凍之前，可有一季之生長也。然種植工作較多，亦有秋栽一部份者。

植於岸坡及溝底之樹木，其距離以三或四英尺，成行並錯開栽植者爲宜。其在岸上者，栽植亦不可超過六英尺半之距離。（關於白楊及柳之距離，參閱樹之種類節內）。但在事實上，難以使株距恰巧若干尺。例如岸上有硬埂，或一硬丘，或一巨石，皆爲其障礙。則株距又必待於培植者之判斷也。

尖鋤及鏟等爲溝壑中植樹之器具。雖曾經耕犁，然以所犁不深，故必用鏟挖坑（坑之寬約十二英寸，深約十英寸）。若地已犁鬆亦可用鏟工作。

栽植之時，務使其根直，不可因坑淺而折回之，敷土之深以達於樹幹自生根處向上一英寸之處爲度。

將根四週之土打緊，以手或以器具爲之，最後敷土一層，以脚踏之。 第二三圖，爲植苗進行之情況。

在岸坡上植樹，亦有先整成台階者，階頂使平，各寬約十英寸，各階皆順等高線排列。 樹苗即栽於階上，各階承受高地之土，其保持水分之能力，較之他法爲勝。 因皆成行，視察亦易。

欲沿等高線栽植，亦可用耕犁劃成行線，如小型之階田，坡面既高窪不平，因之蓄水及防冲之能力俱增。

(辰) 樹之種類

黑槐或黃槐實爲防冲之最優樹木。 其生長迅速，根之分佈亦廣，且能增進其所在地之肥腴，故林中可發育附生植物。 溝岸溝底栽植必滿，至於岸頂之多寡則因需要而異。 岸頂栽植之範圍，常有自數英尺以至於



第二三圖 植樹進行之情況。

五十英尺以上者，皆以土壤、降坡及流域之面積而定。故關於兩岸及源頭栽植之範圍，則又須精密之研究也。

其他之樹木，若白楊、白蠟樹、紅椽實、柳、山核桃、黑核桃、白松、雲杉、赤松、短葉松、歐洲赤松、矮松及紅柏等皆可作防沖之用。白楊、白蠟樹、椽實樹、山核桃及黑核桃等則僅可與槐樹混合栽植，俾其逐漸生長，將來可以代替槐樹也。至於白松、赤松、短葉松、歐洲松、短松、雲杉及紅柏等則僅可植於岸上，或其他沖刷不甚，或其土不宜槐樹之處。松柏類不可與槐樹混合栽植，然若於極沙之地，欲利用槐樹以使土壤穩定者，亦可偶爲之。此僅爲藉槐樹之保護，以便松柏之生長而已。不可使槐樹之發育，阻礙松柏之成材。故於相當期後即須將槐樹砍去。

若溝之底部經年常濕，白楊及柳實爲最適宜者。其株距可在十八英寸與三英尺之間。於冬日將枝砍伐，成排埋藏於濕砂之中，以備來春之用。所砍之枝，必生有二年，直徑爲半英寸至一英寸者，其長約在十至十二英寸之間。

其他之樹木，包括果樹在內，若椴木、刺白蠟、山白蠟、漆樹、朴樹等亦可用作防止地面之沖刷。植樹之後，即須禁止放牧。牲畜嚼啃、踐踏，皆足以傷害樹木，更有拔出樹苗之危險。而踐踏之地面

亦每易引起冲刷。

第二百四圖爲愛我華州之溝壑，栽植槐苗一年後生長之情形。

(乙) 灌木與溝壑

若灌木對於防冲能有較優之效果時，或其他種植物缺乏時，皆可採用之。例如灌木叢生，出產甚多之區，則極爲適宜也。若珊瑚莓、漆樹及矮檜皆爲防冲之最具有價值者。

(丙) 藤葛與溝壑

藤葛多用於草原之溝壑，雖亦有用於他處者，但不便與樹木並用。若葛、野皂莢及喜馬拉耶刺莓皆爲常作防冲之用者。其他之可用者爲維真尼亞爬根草及雁來紅是也。



第二百四圖 美國愛我華州之溝壑內培植槐樹一年後之情形。

葛屬豆科作物，爲多子植物，出於東方。植後不久即發生多量之蔓及根，爲防沖之最有效者。每一蔓一季可長三十英尺。以能攀延，故不可與樹木同栽。

蔓行地上，如與濕土接觸，根即生於葉蔓之交，來年即自此點發生多數支蔓。栽植之時，不可使蔓向一方，務予以佈滿全地之機會。每隔三數葉，必將葉蔓交處埋於土中，俾有適當濕氣，可以生根。

種葛之果實，宜飼牲畜。蛋白質之含量足與苜蓿相比。其蕃殖之法，或以埋土於葉蔓交處，備剪移之用，如前述，或於春季種於田中，復於夏季移栽其幼苗。栽種宜稀，便有適當之發展也。

若於春日剪裁生長二年之蔓，長約四至十二英尺，移植他處，第一年即可得繁盛之蔓延也。

野皂莢爲日本種，亦有極密之根，及多量之蔓，但不若葛生長之速，每年不足六英尺也。可於冬日放牧，若夏日牲畜無合口之食料時，亦可用之。

野皂莢之蕃殖亦易，可用剪裁，使蔓長約十英寸，栽於新淤之地，或田內，坑深約八英寸。春日栽之，株距約一英尺至二英尺。雖亦爲攀延植物，但較之葛則無害於樹木，故常植於節制壩之旁，及植樹之區域內。

喜馬拉耶刺莓優於前二種者，則以生有健銳之爪刺，牲畜不敢近也。此亦爲蔓生植物，與土相接則

生根，故亦可剪栽。

植有藤葛類之植物處，應防止牲畜之傷害。

(丁)草與溝壑

草類（包括穀梁作物）常爲樹木防冲之輔助，但亦有僅以草爲控制之工具，而能收相當之成效者。已冲之地，於初二年中，草類鮮能自生，必助以人力。故可於施行控制之第一年即播種草類，其宜於晚夏早秋播種者，如紅頂草，鬼蠟燭及黑麥等。其宜於早春播種者，如燕麥，大麥，普通菽草及高麗菽草是也。

若草原中有溝壑時，藍草或他種草類，實爲最適宜之防冲植物。加拿大藍草，及干特基藍草實爲其中最佳之二種，後者適宜於肥腴而無酸性之土壤。前者則可用於較瘠薄且含酸性較多之土壤。欲此草生長優良，可與紅頂草，鬼蠟燭，及菽草之一種，混合播種。牛馬糞實爲草地之適當肥料。

芝草爲防制溝壑冲刷中最有成效者之一，其根發展甚速，不久即成最強之系統。蕃殖之法，可以根植，亦可下種，如能有適當數量，則以前者爲佳。若以種子，則必於晚春或早夏播之，以耙敷土蓋之。若以根種，則可於春日將草根掘出分栽之。栽於淺坑之中，每塊相距約十二至十八英寸，或栽於犁溝之內相

距約二英尺。於草根栽後，即以腳踏之。又必有充分之土壤，以覆蓋各塊草根。

芝草爲豐美之牧草。因其生長極速，故欲完全毀滅亦難。其優點爲人所共知，故多以之爲防沖之用，尤以用於草原者爲夥。

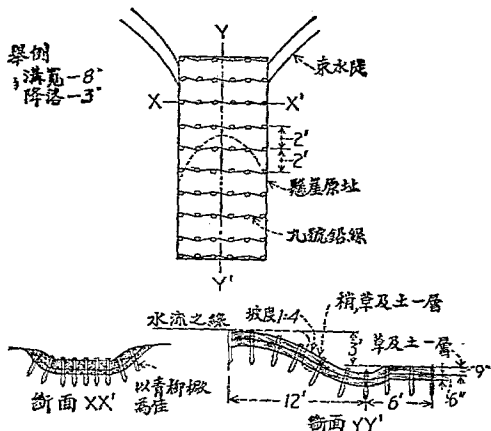
含有草根之土，可敷於階田之排水道，溝源之溜槽，及草原孔隙之地。於敷鋪前，應將底及兩岸整平，以便培植。

含草根之土，可取自適當地點，或於絕無沖刷危險，而且能重生之地。普通採取之法，皆用特種切草根之器具，以牲畜拖之。取土厚爲二或四英寸，以均等之寬度，若十或十二英寸，然後再切成方塊，即可安置於所欲培植之地，並將土輕壓之，務使穩妥緊靠。若土地乾燥，於草根土安置後，應灑以水，必要時加以肥料。

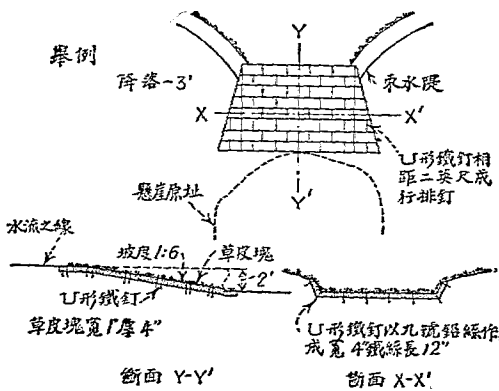
在沖刷之地，如溝壑之深爲一至三英尺，而流域面積較小者，利用草根土塊之培植即可控制。草原中尤多見之。欲於孔隙或溝之源頭，鋪植草根。先將其坡岸剝緩。於草根正當滋長之時，爲保護之而被沖去起見，可先於其上游築一截埂，暫時引溝水他流，以維護之。

若流域面積較小，可於溝壑之源頭，以草根土（或草皮）修治一有規則之水槽，以阻止溝壑之繼續

上嚙。法於欲鋪砌之處，先修整成一槽形，再鋪以草皮。橫切面之大小，又如設計排水渠之法。必要時，可加用分佈板，以資保護，如階田排水道中所用者。第二百五圖為以枝梢所修之水槽，二百六圖為以草皮所修造者。



第二百五圖 草原中以枝梢修造之水槽，用以控制懸崖。



第二百六圖 草原中以草皮修造之水槽，用以控制懸崖。

所述鋪草根之法，僅可用於易於生長，且人工方便之區。在此範圍之內，無論全鋪或條鋪，防沖之能力皆甚有效，故可儘量採用。培植時所應注意者，第一必先將地形如式整理，第二草根之起掘及栽植，亦宜依法，第三栽後必時加維護也。

第二節 保護河岸

凡在沖積層之河流，多少皆有沖岸現象，尤以彎處爲甚。此乃自然之功能，若不加以防護，河流逐漸彎屈，終必改道。水溜每年所沖刷之地點不同，卽一年之中，漲水落水時亦有差異，更有多年不靠急流，而忽有變遷以致隄岸崩坍者，變化之原因，亦極爲複雜。然爲保護兩岸之生命財產計，不得不對此自然彎屈之進展，加以阻止，以希得有固定之河槽也。

在我國問題之最嚴重者，則爲黃河，以次各江河莫不有之。雖因經驗之所得，及學理之研究，可施以相當之防禦方法，但各河之特性不同，卽一河之各段亦不同，故對任一問題必有特殊之處理也。

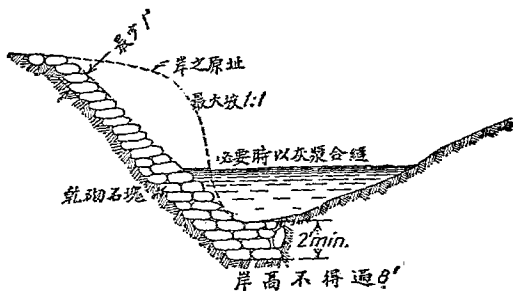
但人每注意於大河之整理，小者則忽之。或以其所關者輕，然須知其防護之所費，較之土壤沖刷之損失，不及十一也。例如道路鐵路及橋梁等處，若有河流橫穿或平行，固必時加修治，卽農田因小河沖坍，

泛濫之損失亦屬不貲也。

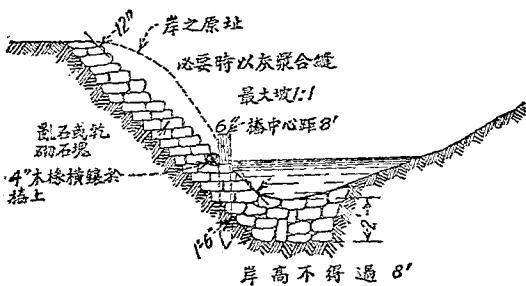
河岸之冲刷有

兩種：一爲雨水之冲刷及風浪侵蝕，二爲水面下之淘嘴。第二百七至二百十二圖爲愛我華州對小河防護之標準圖，其設計且兼顧水面上下之防禦者，細則亦可於各圖中見之。

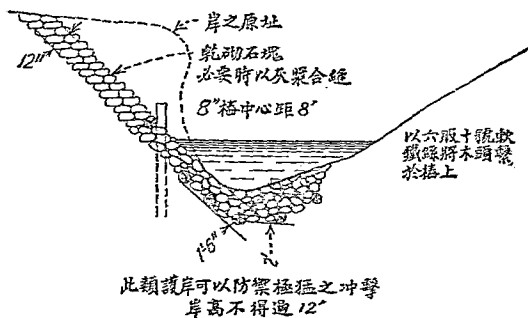
(甲) 斜坡植樹



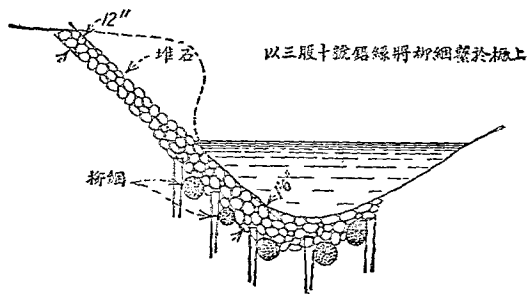
第二百七圖 小河之護岸工作。適用於冲刷甚猛石料充足之處。



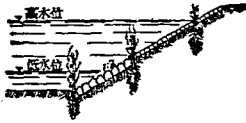
第二百八圖 小河之護岸工作。適用於冲刷較輕之處。



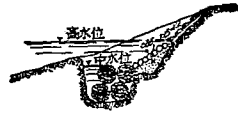
第二百九圖 木石護岸以防猛沖。



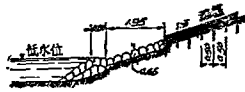
第二百十圖 柳頭石護岸以防猛沖。



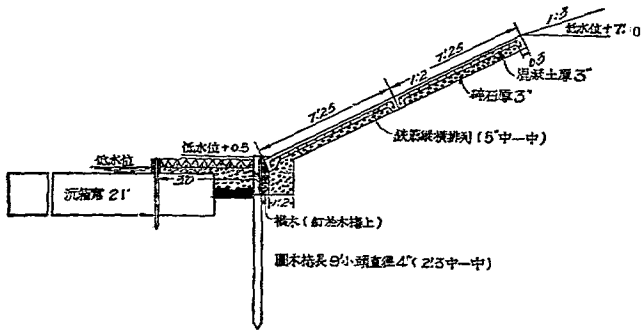
(甲) 編籬護岸



(乙) 梢棍護岸

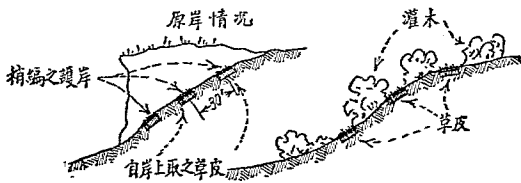
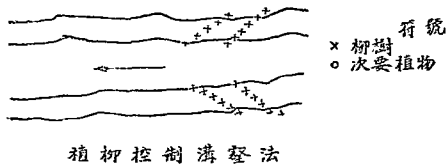
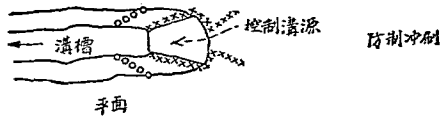


(丙) 塊石護岸



(丁) 混凝土護岸

第二百一十一圖 常用之護岸法。



剷緩岸坡後再加以防護
第二百十二圖 植樹護岸法。

美國施費禮 (O. S. Schafale) 於十年前提倡一優美之植樹法，在該國風行，成績甚佳。若與其他之防護方法併用，如挑壩及護岸等，將樹木植於高低水位之間，既可防制沖刷，且可點綴風景。其法爲自低水位起，栽植二英寸半以至六英寸直徑之柳樁，上達岸頂，以期造成全岸之覆蓋。樁栽於平行槽內，相距四英尺，并以鐵絲互相連合，且固定之，以待各樁之根之生長。根既盤結土中，枝葉覆蓋其上，成一天然之防護，可以抵抗大溜。

我國植柳防堤之法沿用已久，述之最詳者，爲明劉天和撰有「植柳六法」。節錄如次：

「一曰臥柳。凡春初築堤每用土一層，卽於堤內外邊箱，各橫鋪如錢如指柳枝一層。每一小尺許一枝，毋太稀疏。土內橫鋪二小尺餘，土面止留二小寸，毋過長。自堤根直栽至頂，不許間少。

「二曰低柳。凡舊堤及新堤，不係栽柳時月修築者，俱候春初用小引樞，於堤內外自根至頂，俱栽柳如錢如指大者，縱橫各一小尺許，卽栽一株，亦入土二小尺許，土面亦止留二小寸。

「三曰編柳。凡近河數里，緊要去處，不分新舊堤岸，俱用柳樁如雞子大，四小尺長者，用引樞先從堤根密栽一層，六七寸一株，入土三小尺，土面留一尺許。卽將小柳臥栽一層，亦內留二尺，外留二三寸。都用柳條將柳樁編高五寸，如編籬法，內用土築實平滿。又臥栽小柳一層，又用柳條編高五寸，於內用土築

實平滿。如此二次，即與先栽一尺柳椿平矣。卻於上退四五寸，仍用引槩密栽柳椿一層，亦栽臥柳編柳各二次，亦用土築實平滿。如堤高一丈，則依此栽十層即平矣。

「以上三法，皆專爲固護堤岸。蓋將來內則根株固結，外則枝葉綢繆，名爲活龍尾埽。雖風浪衝激，可保無虞。而枝梢之利，亦不可勝用矣。北方雨少草稀，歷閱舊堤，有築有已數年而草尤未茂者，切不可輕忽。

「四曰深柳。前三法止可護堤以防漲溢之水。如倒岸衝堤之水亦難矣。凡近河及河勢將衝之處，堤岸雖遠，俱直急栽深柳，將所造長四尺，長八尺，長一丈二尺數等鐵裹引槩，自短而長，以次釘穴俾深，然將勁直帶梢柳枝，如根梢俱大者爲上，否則不拘大小，惟取長直，但下如雞子，上儘枝梢，長如式者，皆可用，連皮栽入，即用稀泥灌滿穴道，毋令動搖。上儘枝梢，或數枝全留，切不可單少。其出土長短不拘，然亦須二三尺以上。每縱橫五尺，即栽一株。仍視河勢緩急，多栽則十餘層，少則四五層。數年之後，下則根株固結，入土愈深，上則枝梢長茂。將來河水衝嚙，亦可障禦。

「五曰漫柳。凡坡水漫流之處，難以築堤，惟沿河兩岸密栽低小檉柳數十層，俗曰隨河柳，不畏滄沒。每遇水漲既退，則泥沙委積，即可高尺餘或數寸許。隨淤隨長，每年數次，數年之後，不假人力自成巨堤。

矣。（比較前節所述控制溝壑之法）。如沿河居民，各分地界，築一二尺餘縷水小堤上栽種柳，尤易淤積成高。一二年間，堤內即可種麥。用工甚省，而效甚大。

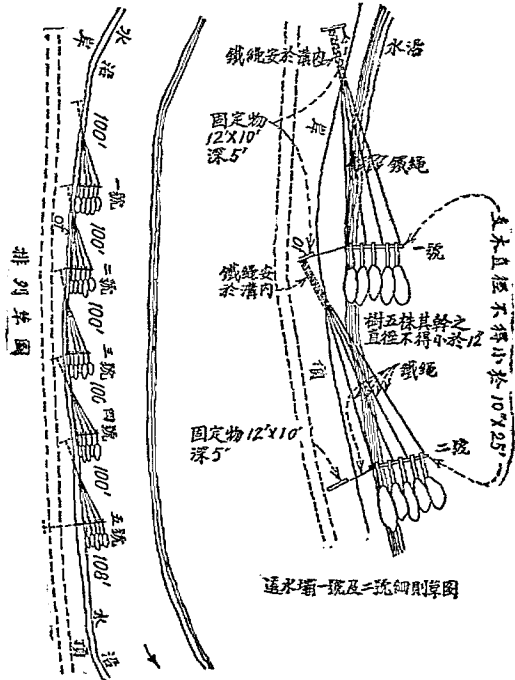
「六日高柳。照常於堤內外，用高大柳樁，成行栽植，不可稀少。」

此與近年所用之法，雖非全同，但皆師其意廣為栽植。惟所應注意者，即堤岸有植物生長，則為動物所藏避，灌穴鼠洞，每為缺口之源。故堤身高低水位之間，免予栽植，亦有充分之理由也。更有非叢植者，水嚼株根，風搖枝葉，一旦傾倒，隨根拔土，尤為危險，不可不注意也。

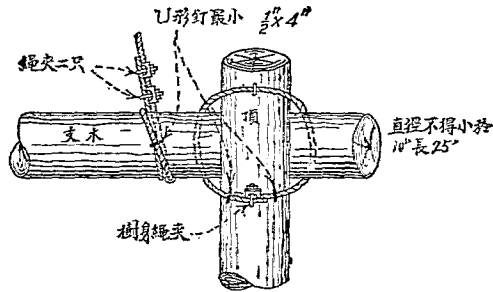
(乙) 透水壩

透水壩者意在導溜遠離堤岸，且以落淤也。第二百十三圖為透水壩排列及位置草圖，第二百十四圖為結扣之詳示。所示之透水壩之距離，約等於河之寬，長約為其四分之一。至用壩之多寡，則以坍岸之長短而定。此圖所示者，可適用於一百英尺寬之河流，深度中等而速率較大者。

透水柳壩於黃河上曾採用之。法以打樁兩排，其距離及樁之大小，皆以工作之情形而異，設為堵塞串溝用者，距三英尺，樁徑四英寸即可。再將細柳梢，以鉛絲細成直徑六英寸之柳把。將柳把順細於兩排樁上。樁間，更交叉以柳把互繫。用於杜塞串溝，落淤極速。串溝塞而河亦離岸矣。



第二百十三圖 透水壩位置排列及修造之草圖。



結扣之網則

每一透水壩之物料

| | |
|--------------|------|
| 1根25'支木 | |
| 1根12'x10"固定木 | |
| 5株樹 | |
| 4條鐵繩 | 470' |
| 1條鐵錘 | 36' |
| 5條連樹繩 | 60' |
| | 500' |
| 每條鐵錘4只尖 | 16 |
| 每株樹1只尖 | 5 |
| 每根固定木2只尖 | 2 |
| | 23 |
| 每株樹2只U形釘 | 15 |
| 每條鐵繩1只U形釘 | 4 |
| 每根固定木1只U形釘 | 1 |
| | 20 |

第二百十四圖 透水壩結扣之詳示及物料單。

亦有師透水壩之意，而更改其方式者。例如以鐵架支鐵絲網，更掛以枝梢者。如第二百十五圖，爲一鐵籬，頂端向下游傾斜，支以鐵架，并於架上，每十二英尺，繫半英寸或四分之三英寸之鋼繩，引於岸上固定之。并將一組透水壩之外端，以繩連之，亦固定於岸上。樹枝則繫於籬最上層之繩，其法亦約如第二百十四圖所示者。

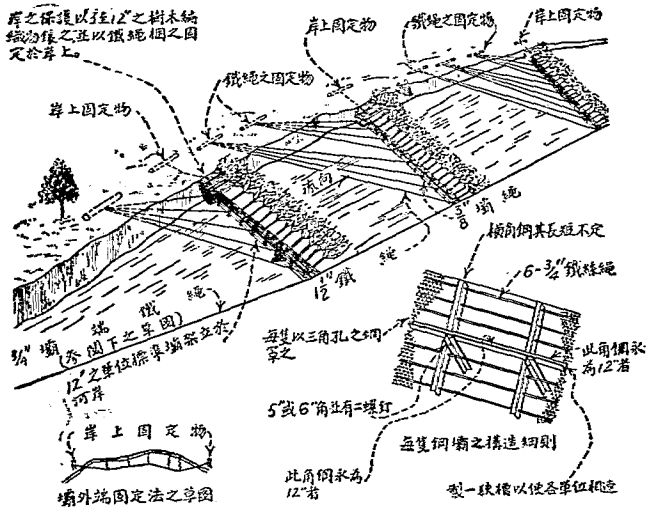
各壩之長短，既不必盡同，而距離亦應因地致宜，其高則因水深及岸高而定。第二百十六圖爲此式透水壩佈置之平面圖。

第二百十七至二百二十二圖，可知其種類設計方法之不同，及其各別的應用。至於各壩之強度，則又以水流之深度速度及寬度而異也。初修之時，雖稍不穩定，愈久愈固，以落淤故也。

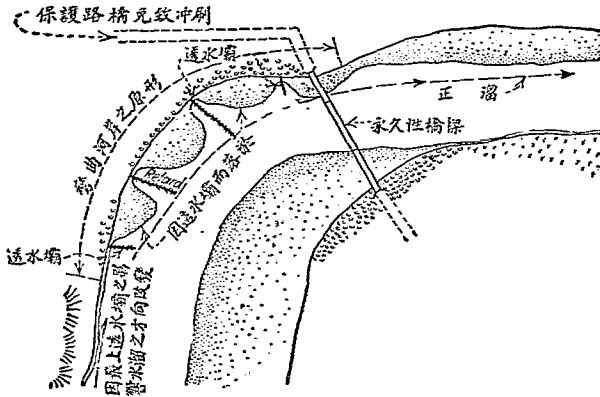
(丙) 護岸

護岸之法既多，故所用之料亦繁。此雖屬於沖刷研究之範圍，但以其問題之重大，故另有專書論之。言及物料則磚，石，混凝土，瀝青混合土，草穢，枝梢，竹竿皆有用之者。言其法或爲平鋪，或爲突出，或鑲於水濱，或沉於水底，各式不同。今僅就本章之範圍，對於植物之應用略爲述之。

我國護岸工作有所謂埽者。可用秸，可用梢，亦可用竹，或兼用之。古時埽之制，密佈芟索鋪梢，梢芟



第二百十五圖 鋼製之透水壩。



第二百十六圖 鋼製透水壩排列及功能之圖。



第二百十七圖 小河中之鋼製透水壩。



第二百十八圖 鋼製透水壩之又一種。



第二百十九圖 透水壩之功働，向上游眺望之景況。



第二百二十圖



第二百二十一圖 密蘇里河修壩一年後之情況。



第二百二十二圖 黃河之透水柳壩。

相重，壓之以土，雜以碎石。以巨竹索橫貫其中，謂之心索。卷而束之，復以大索繫其兩端，別以竹索自內旁出。其高至數丈，其長倍之。凡用丁夫數百或千人雜唱齊挽，積置於卑薄之處，謂之埽岸。既下以檝臬闔之，復以長木貫之。其竹索皆埋巨木於岸以雜之。遇河之橫決，則復增之以補其缺。凡埽下非積數壘，亦不能過其汎滯。是則樹枝、草、稽之外，又兼用竹索也。其用竹者，則見漢武帝瓠子之歌：「萁長菱兮沉美玉，河伯許兮薪不屬，薪不屬兮衛人罪，燒蕭條兮噫乎何以禦水，頽林竹兮隄石舊，宣房塞兮萬福來。」其薪柴竹之用法，雖不詳，但以薪竹雜土及石以禦水，則可證也。

今之埽多用稽，稽即高粱之桿也。埽之名目繁多，不便備舉，今略述其法。應於鑲埽之前，先考察地形，修整埽台，繼順埽台，量定擬修埽長尺寸，以檝誌之。於台上隄頂邊際，橫排五尺木椿若干，長與埽等。椿距約三尺。椿間排列枕繩，椿上順鋪稽料。層壘吞壓，迨厚達枕高之半，即於料中橫縮筋繩一條，續加稽料，使圓如枕。然後用預備之枕繩及露出稽料兩端之筋繩細束之而成枕。細枕既成，即於枕上，枕繩之間，勻拴底勾繩若干。繩上橫結練子繩成網。次將枕端筋繩，活繫隄頂上下兩端。預備既竟，然後將枕下五尺椿之一端托起，使枕順椿滾下，隨而推墜下河。用撐桿及活繫之筋繩將枕之旁位矯正後，即於繩網上勻鋪斜料物，拍以齊板，務使嚴密整齊，高至數尺是爲一坯（普通每坯料高自四尺至六尺不等）。



第二百二十三圖 黃河之堆埧護岸。



第二百二十四圖 黃河之柳灘沿。



第二百二十五圖 黄河之石護岸。



第二百二十六圖 黄河塌塌護岸。

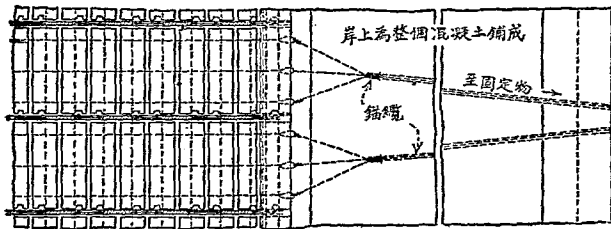
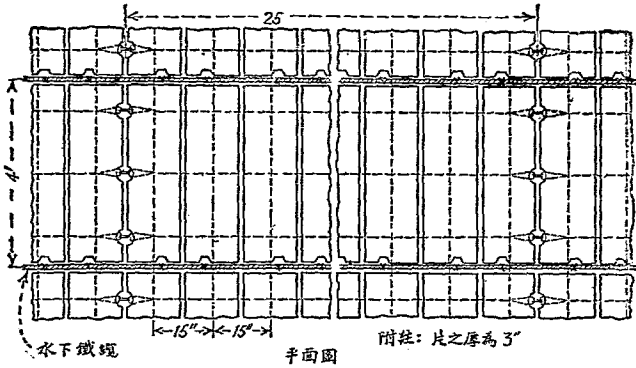
一環鑲竣，即於上面加壓花土，簽打椿木。繞結繩纜，借以連繫鞏固之。繩之他端，均回繫於隄頂椿上，以便隨時鬆動。如此逐環鑲做，以抵於成。至坯間椿繩之連絡及其方式，均酌依工情水勢而定。高度既足，即於隄頂加壓大土，通常厚約三尺，而埽以成。

更有用柳護沿者。法於岸坡，自水面退後數尺，剗岸立直，並向下挖一槽，於外面打椿一排，沿椿密排「柳梢細」以鉛絲繫之，其法如造透水柳壩者。再加梢，以粘土打緊，使高與原岸平。此為預防河岸坍塌之法。

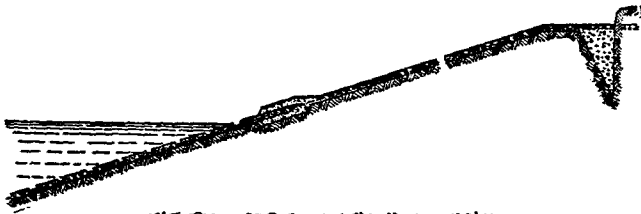
大溜直衝岸脚，坍塌迅速，危及隄身者，可用掛柳之法。砍柳一株，將幹之底端繫於岸之椿上，枝葉部分投於洪流，連下數株，既可作岸之前護，且以緩溜落淤，化險為夷，尤為神效。所掛之柳又稱為龍尾埽。



第二百二十七圖 黃河之護沿。



平面圖之一部表示土片及岸上整塊之鋪製法



側面圖之一部表示土片及岸上整塊之鋪製法

第二百二十八圖 密西西比河採用鋼筋混凝土片以護岸。

美國在密西西北河上所應用以護岸，則採用地氈式者，即使護岸之物整鋪堤岸之坡，如地氈形者。此種設施，耗費金錢極多，但在其國家航業及防洪政策上，實視爲必要也。

密西西北河之標準辦法，爲於水面下之坡岸及河底，鋪以柔性之氈式護岸，於岸之上部，即以整塊混凝土鋪成。氈式護岸之物料，則因經費之裕否，應手之器具，及地方之環境而定。有者爲以柳梢編成之筲形，再鑲以柵欄，中以碎石鎮之，有者以多數之鋼筋混凝土片，長四英尺，寬十五英寸，厚三英寸，互相連綴而成，俾能自由迎合河底之形狀，有者以瀝青和洋灰所製成之軟性護岸，敷於河底及岸上。

若磚石料多之處，拋之護岸，亦著成效。如嫌磚之分量太輕時可以鐵絲籠盛之拋下。

第十四章 土壤之保持及田地之應用

農田墾植方法之不當，因以所得不幸之結果，已爲世人所注目矣。故羣起以謀救濟之法。蓋以此實爲國家富源之所繫，固須設法以利用之，尤在能使其永久生產而勿替也。然此問題極爲繁雜，關係社會經濟與夫政治之設施，非僅農工方面之技術處理也。故須以大衆之努力，堅強之意志，方能有所成就。施行整理之初，容或發生流弊，要在能繼續研究，以達最後解決之方策也。

然土壤因氣候，地形，墾殖，作物之變化，而引起不同之沖刷現象，尤必須加以精密之研究，以便供獻整理之確切方案。此項方案須根據事實，且須根據有數值之事實，非僅以空論是尙也。

第一節 試驗及觀測

顯著之現象，爲常識之可判斷者，自易處理。惟農事之環境複雜，因素繁多，更有須賴於有定量之判斷者，故必須有試驗及觀測也。

美國曾設有試驗場十三處，第二百二十九圖爲拜薩內試驗總圖，其工作內容茲詳述於后，我國尙無此等性質之試驗。雖擬於黃河上游設場研究，迄未能實現也。

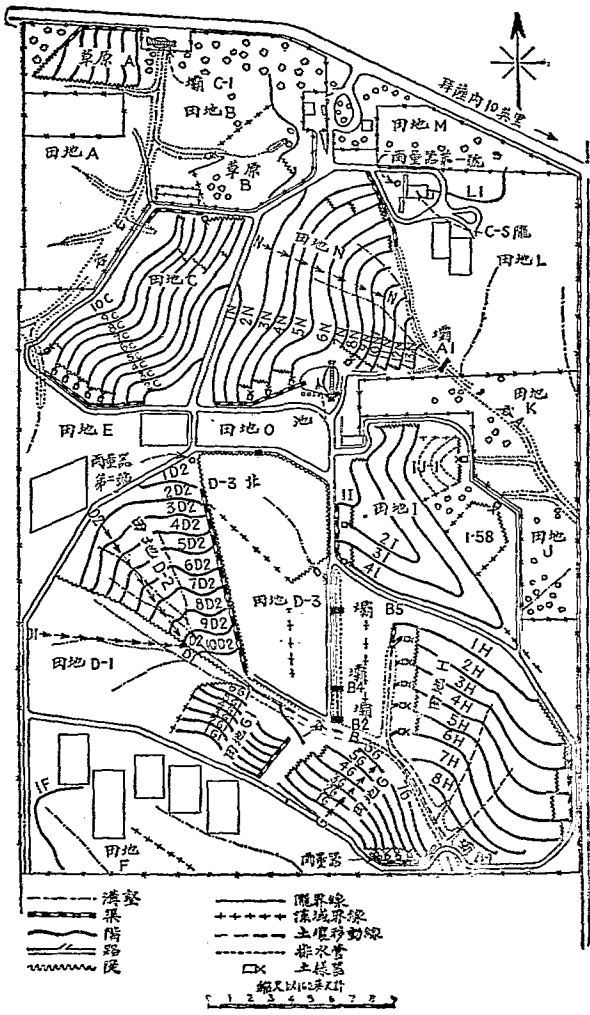
今略述觀測之器具，第二百三十及二百三十一圖爲拜薩內試驗場所用之觀測設備。其重要部分，爲於進口處有一自記水位器，量水槽，澱淤箱及不沉澱物體之樣池。

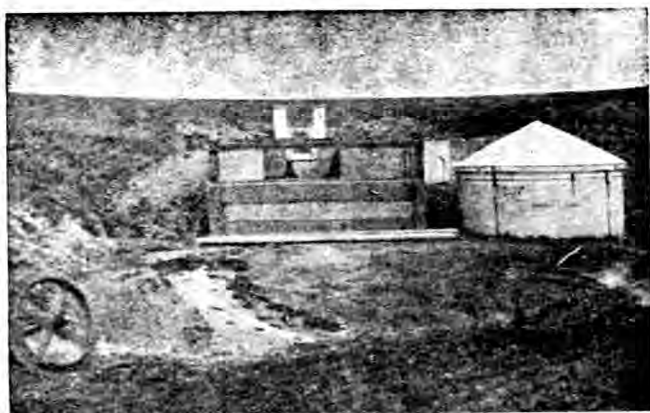
自記水位器有一立圓盤，連於鐘錶之轉動機上，可以按時旋動，盤上有一張號定時分之紙，此紙可以自由更換。另一機器安一鉛筆，或鋼筆頭，因紙在盤上施動，筆即上下移動，畫有屈線。筆之上下或內外移動，乃由於槽中水面上浮標隨水之漲落所致，紙上之屈線卽表示在連續時間內，槽中水位之高低變化，是故任一瞬間之水位，皆可因以求得之也。

量水流之儀器爲萬州里槽 (Venture flume)，其構造爲特製，若能知水流之深，即可求其流量。水面之高低如前法求得。槽爲固定者，故其深亦因之可知，流量以每秒立方英尺計者亦可得之矣。

水自槽中流入箱內，箱之量以能容納流入之水中所有重稈粒之沉澱爲度。事後取出量其多寡。其較輕之稈粒，則仍裹流於水中，最後自箱下端之缺口流出，故出口渠中，仍爲泥水也。如此，則使一部分水流（約爲總流量一千分之一）自出口渠斜流於樣池中，如第二百三十圖之右方及第二百三十一圖

第二百二十九圖 美國拜薩內刷沖試驗場之圖。





第二百三十圖 拜薩內試驗場田地D三之觀測器具。



第二百三十一圖 拜薩內試驗場草原A之觀測器具。

左方所示者。兩圖後方之白色建築內，藏有自記之水位儀器。亦有設兩架自記器，如第二百三十圖所示，以爲互相校正，或備用者。

由以上四項設備，外加另設之自記雨量器，則可得以下之記載：（一）雨量之密度及時間，（二）逕量之多寡及速率，（三）集中之時間，及流域中沖去土壤及肥料之多寡。若已知流域面積，則逕流公式， $Q = C \cdot I \cdot A$ ，中之因素，除係數外，皆爲已知，故係數可因而求得之。

自記雨量器與自記水位器之構造原理相同。

第二百二十九圖爲拜薩內試驗場之地圖。

其試驗之情形可參閱附錄一。

第二百三十二圖爲克羅林納試驗場之鳥瞰圖。



第二百三十二圖 克羅林納試驗場之鳥瞰圖。

圖。其中南北向之申溝一道，正在田地南部之中央。其右方為階，坡度為百分之八至十，至彎屈之道路處為坡頂。更右者又為階田，逐漸下降，以迄界線。圖之左下方示條種法，自二黑帶可略見之。第二百三十三圖為前圖道路東部階田上之觀測儀器。

第二節 保護農田之規劃

於擬具一種計劃之前，第一步工作即為資料之搜集。保護農田所需之資料有四：（一）地形圖以表示各處坡度之陡緩，斜坡之長短，以及其他地面上之特性，（二）土壤圖以表示各地壤土之種類及現在沖刷之情形，（三）氣候情況，及（四）農田之歷史，包括農作之方法，作物種類及沖刷之確切情



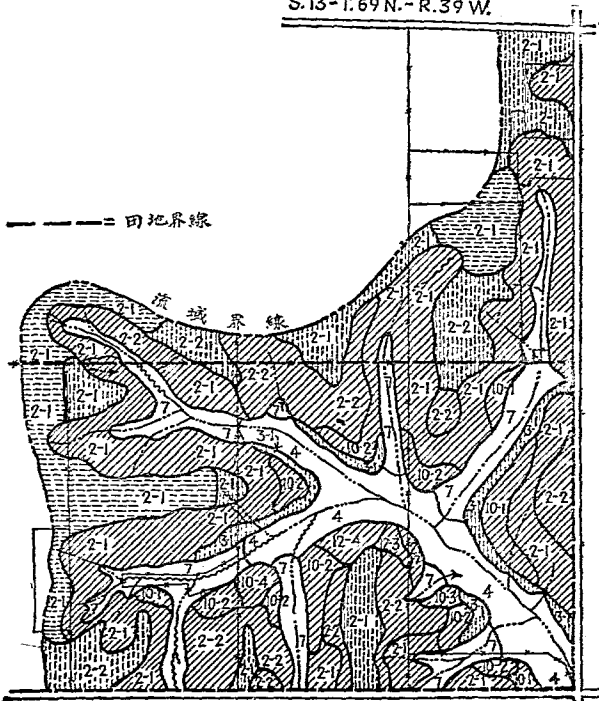
第二百三十三圖 喀羅林納試驗場之觀測器具。

形。

地形之測量，必以優良精確之經緯儀，鋼尺，及標尺或以精確之平板經緯儀測之。土壤之種類及沖刷情況，可以螺鑽探取之。氣候則可於當地求得之。至於歷史，可因觀察各種情形並探詢求得之。

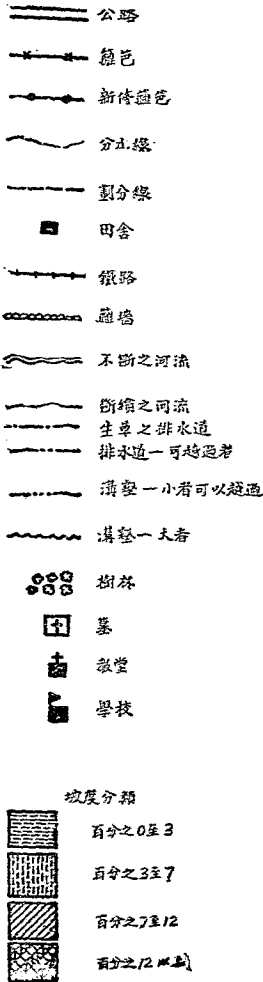
既有上述之資料，則可作一沖刷地圖，如第二百三十四圖所示。圖中

S. 13-T. 69 N. - R. 39 W.



第二百三十四圖 顯示土壤沖刷性質之地圖。

土壤地圖之符號



第一數字—土壤種類
劃線—坡度
第二數字—冲刷程度

土壤種類

- 頂層土壤
2—馬紹尔堆質壤土
3—馬紹尔堆質壤土
(指於坡之頂部)
10—德爾柏堆質壤土
11—德爾柏壤土
12—德爾柏堆質壤土
13—德爾柏粘土
- 階台土壤
20—固森堆質壤土
21—卜羅姆堆質壤土
22—卜羅姆堆質壤土
8—雷安堆質壤土
- 底層土壤
4—瓦巴通堆質壤土
6—瓦巴通壤土
7—瓦巴通壤土

- 冲刷程度
1—表土百分之0至25冲刷
2—表土百分之25至50冲刷
3—表土百分之50至75冲刷
4—表土百分之75以上冲刷

相連之數字, 第一者表示土壤之類別, 第二者表示冲刷之程度。至於坡度則以各式黑蔭線表之。

美國土壤防冲局所採用之圖表符號如附圖所示者, 並可用以解釋第二百三十四圖。

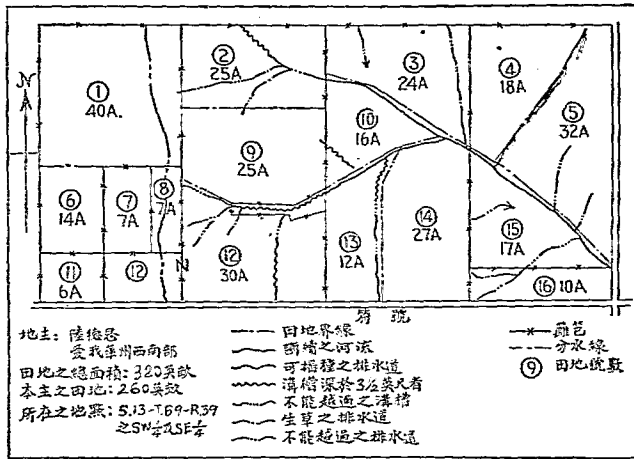
自所得之資料，參照本地之普通情況，即可得一適當之農作計劃。必要時，田畝必須重新佈置分配。第二百三十五圖為十六塊田地之分佈草圖。其最初六年之輪作計劃，則如第三十二表所示者。

至於溝壑之控制法，階田之修築法，以及條種及農作之方法，并須另備詳圖連同計算資料表式詳為說明，關於此項內容，以前各章屢申論之，茲不贅舉矣。

第三節 田地之應用與各

因素之調和

欲擬定一普遍性之土壤保護計劃，實為困



第二百三十五圖 第二百三十四圖中田地之規劃。圖中表示地塊之大小形狀及其分佈。

難。然爲說明所含各因素之重要性，與實地查勘前之參考起見，亦可試爲之，以作防沖之指南也。若僅以「免除沖刷」爲控制田地之目標時，則所採取之適當政策，當以最易發生控制之效果者爲上。而各田所需要控制之程度，則以所感受禍患之情形而定。

第三十二表 第二百三十五圖所示田地之作物計劃

| 田號 | 部 | 分 | 英畝 | 第一年 | 第二年 | 第三年 | 第四年 | 第五年 | 第六年 |
|----|--------------|---|----|-----|--------|----------------------|-----|--------|---------------|
| 一 | 本主有東部 | 一 | 四〇 | 玉蜀黍 | 播種穀梁作物 | 東一〇英畝 西二〇英畝 首宿 | 玉蜀黍 | 玉蜀黍 | 播種穀梁作物 玉蜀黍 |
| 二 | | | 二五 | 牧草 | 玉蜀黍 | | | 菽草 | 玉蜀黍 |
| 三 | | | 二四 | 燕麥 | 麥 | | | 菽草 | 穀梁作物 玉蜀黍 |
| 四 | | | 一八 | 玉蜀黍 | 玉蜀黍 | | | 菽草 | 玉蜀黍 |
| 五 | | | 三一 | 玉蜀黍 | 玉蜀黍 | | | 菽草 | 播種穀梁作物 玉蜀黍 |
| 六 | 本主以外之地 | | 一四 | 玉蜀黍 | 播種穀梁作物 | | | 菽草 | 玉蜀黍 |
| 七 | 本主以外之地 | | 七 | 黑麥 | 牧草 | | | 菽草 | 首宿 |
| 八 | 四部三英畝 非本主 | | 七 | | | | | 播種穀梁作物 | 牧草 |
| 九 | | | 二五 | 牧草 | 玉蜀黍 | | | 穀梁作物 | 播種麥 |

| | | | | | | | | | |
|----|----------|----|------|-----|-----|-----|--------------------|--------|--------|
| 一〇 | | 一六 | 訂約之地 | | | 苜蓿 | 玉蜀黍 | 玉蜀黍 | |
| 一一 | 本主以外之地 | 六 | 黑麥 | | | | | 牧草 | |
| 一二 | | 三〇 | | | | 牧草 | 北一〇英畝牧草 南二〇英畝牧草 | 玉蜀黍 | 播種穀梁作物 |
| 一三 | | 一二 | 苜蓿 | 苜蓿 | 玉蜀黍 | 玉蜀黍 | 播種黑麥 | 播種穀梁作物 | 穀草 |
| 一四 | | 二七 | 訂約之地 | 牧草 | 玉蜀黍 | 玉蜀黍 | 播種黑麥 | 穀草 | 穀草 |
| 一五 | | 一七 | 麥 | 藜草 | 玉蜀黍 | 玉蜀黍 | 穀梁作物 | 穀梁作物 | 播種麥 |
| 一六 | | 一〇 | 牧草 | 牧草 | 玉蜀黍 | 玉蜀黍 | 穀梁作物 | 播種麥 | |
| | 玉蜀黍英畝總數 | | 一〇四 | 一〇〇 | 一一六 | 一〇〇 | 一一二 | | 九三 |
| | 豆科作物英畝總數 | | | 七二 | 七〇 | 一〇七 | 一一一 | | 七八 |

禍患之來又以互有關連之各因素而變。每一因素又為多數因素所組成。若重述此因素，可分之為四組：(一)氣候，包含雨雪風浪及結凍等現象之特性；(二)地形，包含坡度之陡緩，範圍，以及山川之形勢；(三)土壤特性，包含糧粒之大小，質地，組織，含水量，滲透性，化分比，表土之深度，肥沃性，及下層土之特性等；及(四)生物，包含自然植物之生存及所受人類及獸畜之影響。

關係各種田地沖刷之防制，及其耕種之方法，可攝述之如第三十三表。此表之標準為根據坡度之

施於丁類之坡度，丁類之方法，可施於丙類之坡度，但丙類之方法，永不可施於丁類之坡度，丁類之方法永不可施於戊類之坡度，以此類推。

* 不宜於耕種之作物。凡坡度在百分之十二以上者，若未修築階田，不可耕種。

+ 以能禁止放牧爲佳。若有耕犁之處，應順高等線成條爲之，每隔數年，全田應重行播種一次。

中沖刷輕微者即表土沖去在百分之二十五以上者，緩和者在百分之二十五與七十五之間，嚴重者，在百分之七十五以上者。

第二百三十六圖即爲採納第三十三表之建



第二百三十六圖 田地適當之應用。

議，而施於農田後之情況。山之陡度，則以樹木覆之，平坦及緩坡之田，則播種農作物，其間之地則留作種草及牧畜之用。

第四節 人事及經濟之障礙

若農田之制度已定，且僅以謀利爲目的者，今如欲改弦更張，對於農田之使用，兼顧及富源之保持，則其所遭遇之困難，非僅技術問題也。有者以田地之過度使用，其生產能力已在水平線之下，勢必移民他處，或使田地休息，俾有恢復生產力之機會。我國西北久有此等現象，然人民皆係小農，生活所賴惟數畝田，土地之過度耗用，雖屬飲鴆止渴之舉，亦每坐視難救。蓋以此非僅爲資源之保持問題，實乃目前之民生問題也。

更以農作方法，相沿成習，雖宣傳鼓吹輒難見效，蓋以社會之組織，器具之製備，工作之習慣，皆難以一時更改之也。茲分述其影響於沖刷之控制者如下：

(甲) 田地之面積

田地面積小者，則欲儘量應用之，并集中全家之能力，種植最有生產之作物，俾每畝可得最豐之收穫。

反之，面積之大者，陡坡可留作牧草之用，至於其他之作物，則種於較平坦之地也。

(乙) 畜類之飼養

有以飼養豬牛爲家庭中主要之畜類者。養豬者則置牧場及乾牧草於無用，故所種植必爲可以飼豬之作物，如玉蜀黍之類。養牛者則利有牧場及乾牧草，而種玉蜀黍之地畝，可以減少。嚴格言之，此由於田畝面積之不同所致，蓋以牧畜牛羊需廣大之田畝，而豬則否也。

(丙) 副業之發展

若能發展副業，全家人工各司其事，則田畝雖小亦嘗無礙防沖工作之進行。家禽蔬菜及水菓等，皆爲農田之副業，對於收入大有增加，對於防沖則無妨礙。例如沖刷過甚之地欲改種玉蜀黍爲草地，則所需之人工少，而收穫亦減。然若能提倡適當之副業，利用人工，則失於彼而償於此，人民無所損，而田地蒙其益。否則，防沖之計劃，甚難實現也。每人所擁種之田畝愈少，以副業利用人工之方法愈爲複雜，然亦愈爲需要。是故必使工作可得更高之代價，以資補償，如經營牛乳、雞蛋、蔬菜之類。換言之，即須有礙防沖之工作，而爲其他之生產事業也。

(丁) 承租與自種

若田地係承租種植者，對於土壤肥沃之維持，則鮮加留意，自種者則較愛惜，且亦能權衡輕重，妥爲安排農作之法，以自身窮通之所係也。是故承租者多，則土壤之損害益甚。

(戊) 契約之久暫

短期之契約，實能影響承租人對於土地使用之態度。蓋以改良農作之方法，開辦之費用必巨，非平衡多年之收支，不足以補償之也。故短期之契約，亦不利於防止沖刷之工作。

(己) 契約之內容

田租之代價，有者爲金錢，有者爲糧食。牲畜農具有者爲佃戶自備，有者田主供給。若以糧食納租者，佃戶必竭力多種作物，俾納於地主之外，尚有餘供自用。若以金錢納租者，如租價不太高，佃戶頗能自由支配田地之應用，自屬較佳。如租價過重，則又驅佃戶於多種作物之途矣。

(庚) 佃戶之關係

若佃戶與地主有密切之關係，則其維護田地之心亦切。如此，則不論契約之久暫及內容，對於防沖工作，當無妨礙進行也。

(辛) 公私之區別

田產公司或其他法團僅爲暫時之地主。如有機會卽當出售，彼對於田地之獲得，非有意爲之乃偶然者。故承租之人，亦存暫局之心，設非公司或法團有意於沖刷之防制，則絕難有效。但私有之地產則不然，此乃永久產業，故愛之，護之惟恐不極也。

(壬) 債務及利息

債務及押款，常予農民以經濟上極大之壓迫。不得已只有向田地擠榨以求補償。是故若能將債務負擔減輕，則必有利於防沖之工作也。

(癸) 農田之收入

農夫以生活之痛苦，衣食不足給，又何以顧及將來？是故凡能提高農產品之價格者，間接者卽有利於防沖事業也。

以上所列舉之困難，特欲明其癥結之所在，俾謀解決之道耳。保護土壤乃國家之重大問題，我國北方之土地，已過度使用，至於荒廢之境，必有以謀復興之道。南方田力方盛，必有以謀保持久用之策。否則，千百年後，黃河流域將成沙碛，長江沃野亦變爲今日西北之情況也。言念及此，不寒而慄！故無論有何種困難，必須全力以赴，定爲國策，以維持我農業立國之榮譽，保存此萬世之富源也。

附錄一 美國拜薩內土壤防冲試驗場之試驗概要

試驗第一號——田地L（參閱第二二九圖）

目的 於坡度百分之八之田地上，因農作及耕種之方法不同，求土壤之損失及地面之逕流。

方法 有十隴田，其九之尺寸及坡度相同，第十隴之長度倍之。將不同之農作方式，施肥情形及耕種情況，依次試之。再於混凝土池中，分別測量其水量，土壤及肥料之損失。

試驗第二號——田地L

目的 求在冲刷過甚之地，施以經濟之整理方法，能否使之恢復其生產能力。

方法 有九隴相同之田，各長八〇英尺，坡度百分之八，皆使之露出下層土；各隴用不同之農作方式，并用水槽分別將逕流引出，測量土壤及水量之損失，并保存其收穫，以資比較。

試驗第三號——田地L

目的 設田地中有不同之有機物體，求其對於冲刷之影響。

方法 有九隴相同之田各長一二五英尺，坡度百分之八，施以不同種類之有機物，因田地有者種以各種作物，有者休息，而有不同之有機物。以水槽分別將逕流引出，測量土壤及水量之損失。

試驗第四號——田地 G 一

目的 於沖刷過度之地上，初修階田，施以不同土壤處理之方法，及農作之方式，試求其比較。階田之橫斷面，則採用較小斷面之模型式者。

方法 將五英畝之田地分爲三塊，施以不同農作方式及各種肥料而比較之。尚有田地一小塊，未修階田，亦作爲比較之用。此本爲試驗第二號之連續工作，惟試之於較大塊之田地耳。

試驗第五號——田地 E

目的 試用階田之法，或於坡田上播種不同之作物，用以縮減田地傾斜坡之長度，求對於土壤沖刷及作物收穫之比較。

方法 將一塊勻等之田畝，一部份修階田，一部份未修階田。全面積之農作方式，爲如玉蜀黍佔據坡度之上半時，則燕麥或菽草佔其下半，或玉蜀黍種於坡之下半，燕麥或菽草佔其上半。

試驗第六號——田地 E F

目的 試於階田上用大部時間種植玉蜀黍，欲其不至有沖刷過度，及減少作物收穫之現象，求種玉蜀黍時多寡之限制。

方法 將各階之階田及非階田，分爲三組，分別於其上，以四分之一，二分之一，四分之三之時間，種植玉蜀黍，然後比較沖刷損失及作物收穫。

試驗第七號——田地 F

目的 試以各種不同作物之輪作，比較其對於土壤損失，及作物收穫之影響。

方法 於普通田地上，劃出五分之一英畝之田十二塊，用不同比例之玉蜀黍或其他作物之輪作方法，以比較作物之收穫及沖刷之損失。

試驗第八號——田地 C D E F G H I

目的 試求不同農作方法，對於土壤沖刷損失之相當影響。

方法 於不同之地點，比較各種農作方法：（一）於階田上施以玉蜀黍點播（橫直成行如棋盤式分佈，中耕時有兩個方向）與玉蜀黍條播（中耕時僅有一個方向）；（二）階田及非階田上之沿等高線種植與順坡上下種植；（三）春耕與秋耕；（四）深耕與淺耕；（五）下層土對於滲透及沖刷之功能。

試驗第九號——田地 B

目的 於藍草牧場上，因過度之放牧及緩和之放牧求其對於土壤，水量損失之比較。

方法 於相同之田地，各三分之一英畝，佈置妥當，安裝分水槽。其一則以羊為過度之牧食，其一則較緩和，作為比較。

試驗第十號——田地 L

目的 觀測「等高條種法」對於防沖之效能。

方法 沿等高高地帶佈置八英畝田一塊，沿等高線分為數條，最上一條之寬度，適當於六英尺之等高線差，以下各條之寬度，適當於七英尺之等高線差，於各等高線間，播種不同之作物，並施以輪作之方法。

試驗第十一號——田地 H L

目的 試求黑槐及柳，並輔以灌木及各種草，對於節制深溝之效能。

方法 先將各溝之岸坡犁使平緩。栽植小樹，並用網式節制壩數座，以維護樹木之生長。

試驗第十二號——田地 C D E F G H I N

目的 因各種輪栽作物之分配，求作物收入及肥料費用之比較。

方法 於試驗場中保存各種田畝及農作之記錄，於搜集多數記載之後，比較每種農作方法之純粹收入。

試驗第十三號——田地 D—L F—

目的 採用「藍草草根袋」，輔以網式節制壩，試求其對於節制較小溝壑之效能。

方法 以麻袋盛半滿之藍草草根土置於本場多數之小溝壑中，有數處并修以網式節制壩。

試驗第三十一號——田地 D—D 二 D 三

目的 用不同之沖刷防制方法，以比較沖刷之損失，作物之收穫及純利之收入。

方法 面積 D 一不修階田，但施以溝渠之節制，草皮之保護，并採適當之輪作，及謹慎耕耘。面積 D

二爲階田，施以適當之輪作及謹慎之耕耘。面積 D 三不修階田，不節制溝渠之進展，普通之農作，與附近

地帶相同者。

結果 經過多年之研究，統計以下之數量：（一）逕流，（二）土壤損失，（三）作物收穫，及（四）

純利收入。

試驗第三十二號——田地 H

目的 於階田上，施以不同之作物，及輪作之分配，求逕流及土壤之損失。

方法 田凡五階其長相等（一一〇〇英尺），垂直距亦等（五英尺）；H二爲二年輪作（玉蜀黍，燕麥及甜菽草，後者用作青肥料）；H三四及五爲四年輪作（玉蜀黍、黃豆、麥、菽草及鬼臘燭）。以此即可比較自每種作物所有之沖刷，及兩種輪作分配之效果。

試驗第五十一號——田地N

目的 於坡度緩和之田地上，求階田適當之垂直距。（田地N之平均坡度爲百分之七。）

方法 田凡三階，同長（一〇四〇英尺），同輪作法，但其垂直距離不同：N四爲三英尺，N五爲五英尺，N六爲七英尺。

試驗第五十二號——田地G

目的 於田地坡度陡峻，求其適當之垂直距（田地G之平均坡度爲百分之十二）。

方法 田凡三階同長（七〇〇英尺），同輪作法，但其距離不同：G三爲三英尺，G四爲七英尺，G五爲九英尺。

試驗第五十三號——田地C

目的 求階田之適當降坡。

方法 田凡七階同長（一二〇英尺），同垂直距（五英尺），同輪作法但降坡如下：C四爲十英寸，C五爲八英寸，C六爲六英寸，C四爲四英寸，C八爲二英寸，C九爲零，C十之降坡爲變量，在出口處爲四英寸，逐減爲三、二及一英寸。

試驗第五十四號——田地N之低部

目的 （甲）試求無降坡之階田對於防沖之效能，（乙）無降坡之階田對於作物收穫之影響。

方法 （甲）無降坡之階田，兩端堵塞；（乙）無降坡之階田長度不一，自二五〇至七〇〇英尺，每階之一端堵塞，他端不堵，如階N七至十三；（丙）無降坡之階田之長爲四〇〇至六〇〇英尺，一端堵塞，如階N一及N二。

試驗第五十五號——田地I

目的 試求不同長度階田之效果，設田地坡度緩和，并求其最大可能長度（本田平均坡度爲百分之七）。

方法 田凡四階垂直距同（五英尺），輪作法同，但長度不同：I一爲四二〇英尺，I二爲一四〇〇

英尺，I三爲二二〇英尺，I四爲二五五〇英尺。

試驗第五十六號——田地DGN

目的 試比較階田及非階田土壤下移之相對速率。

方法 每年以經緯儀及鋼尺，於土壤之移動線上，每距一英尺，測量其高度。繪成土壤移動斷面圖。

位置 (一) 非階田D₁；(二) 階田D₂；(三) 階田G；(四) 階田N。

試驗第五十七A號——田地CDGHIIN

目的 欲使防沖最有效，農具易應用，求最適當之階田斷面及降坡。

方法 (甲) 測量本場各階田之橫斷面；(乙) 觀察各階田上農具之使用；(丙) 觀察各階田之

作物。

位置 所有之階田，皆在本試驗範圍之內。

試驗第五十七B號

目的 觀察各器具對於修築階田及種收作物之優劣。

試驗第五十八A號——草原B，田地CHGN

目的 比較下列各田原之逕流及土壤損失（甲）階田而施耕種者（田地CGHN）（乙）非階田而施耕者（D三）；（丙）非階田之草原B。

方法 田地CGHN中之階田逕流，以自記器分別量之。六英畝半之草原及五英畝半之農田D三，亦分別用自記器量其逕流。土壤之損失，則以木製淤淤箱及土樣器觀察之。

試驗第五十八B號——草原A B，田地GH

目的 於流域較大之排水道中，求水流之速率與冲刷之關係。

方法 於逕流之量多時，以流速儀測量BC田中深溝之水流速率。

試驗第五十九號——田地CDGHN

目的 求小溝及深溝大壑中節制壩之各種適當設計。

方法 （甲）合併階田排水道之各水槽及節制壩而研究之。（乙）於溝壑內建造各式壩研究之。

位置 （一）於田地B之南部，在溝道中修有土壩，安置管式涵洞，（二）於田地B中南部溝中，修有土壩安置鋅鍍鐵溢水道；（三）於田地B之中南部溝中，修造鐵絲網及枝梢壩；（四）於田地A之北

部溝中修造枝梢及石壩；(五)於田地D二中，利用階田排水道之各節制壩；(六)於田地I中，利用階田排水道之各節制壩。

附錄二 計算田地面積之簡法

欲計算田地之面積，設其邊爲直線者，已知邊之長度，即可得之。若田地爲四邊以上之多邊形，則於知其邊長外，必更知其對角線之長度。若四邊形之田，其二邊平行者，則僅量兩平行邊之長，及其間之垂直距離足矣。若田地之邊爲弧形，或不規則者，其計算法，如後述。

(子) 矩形

最簡單而且最普通之田地爲矩形或正方形者。矩形者，兩鄰邊所成之角皆爲九十度也。其面積等於底高相乘。

(丑) 正三角形

正三角形之一角爲直角。其面積等於底高相乘之半。

(寅) 梯形

梯形者，爲有兩邊平行之四邊形。其面積等於兩平行邊長度之平均值，乘以其間之垂直距離。

(卯) 三角形

三角形面積之測算法甚多，但在田畝中所常有者，則為測量三邊之長度。先求三邊長度之和，再以二除之，名之曰「基本和」。「基本和」減去每邊長度之餘數相乘，再與「基本和」相乘。此積數平方根之值即為三角形之面積。設 a b c 表示三角形三邊之長度， S 為基本和 A 為面積，則

$$S = \frac{a+b+c}{2}$$

$$A = \sqrt{S \times (S-a) \times (S-b) \times (S-c)}$$

(辰) 四邊形

普通之四邊形，可先以對角線，界成兩個三角形。以前法求得兩個三角形之面積，其和即為四邊形之面積。

(巳) 多邊形

可先將多邊形以對角線界成多數三角形，再分別求各三角形之面積，再求其和，即為多邊形之面積。

(午) 弧形邊

若田地之一邊爲弧形時，其面積之求法如下：先自弧之兩端連一直線。量此線之長，再分爲若干等分，平常則截成五十英尺長者。於每分之交界處，自直線向弧邊量其垂直距離，則直線與弧邊間之面積，爲各垂直距離之和，乘以等分之長。其餘部份之面積，則以多邊形面積法求之。設若此直線與弧邊相遇，換言之，即弧形之邊不在直線之一方面時，計算後，必將透出直線裏方之面積減去。

(未)量距離應注意事項

距離之測量，其精確度能在千分之一以內，即足矣。普通皆用百尺長鋼尺量之，其精確度，則遠高於此也。

(申)坡上距離之測量

所有之距離，皆應於橫平面上計之，若在山坡上，量距離時，亦必量其在橫平面上之透影。是故測量於山坡之地，必將鋼尺掣成水平，以測量兩點間之距離，或直接測量坡上之距離，再按照坡度之陡緩，加以修正，而化爲橫平之透影距。每百尺橫平距，在各種坡度時，其坡距之多寡，可列如下表：

| 坡 | 度(百分數) | 坡 | 距(英尺) | 尺(修正) | 正(百分數) |
|---|--------|---|-------|-------|--------|
| 五 | 100.1 | | | | 0.1 |

| | | |
|----|-------|-----|
| 一〇 | 一〇〇.五 | 〇.五 |
| 一五 | 一〇一.一 | 一.一 |
| 二〇 | 一〇二.〇 | 二.〇 |
| 三〇 | 一〇四.四 | 四.二 |
| 四〇 | 一〇七.七 | 七.二 |

自此表可知若坡度在百分之十以下時，坡距之修正數甚小，每於測量田畝時忽之。

(酉)作直角法

欲於任一直線之任一點，作一垂直線，即於該點作成正三角形之直角可矣。直角三角形之作法，爲使三邊之長爲三尺，四尺，五尺之比例。凡三、四、五之倍數，皆可作爲正三角形之三邊長度。

(戌)階田之面積

求兩階埭間之面積，可設埭線爲一直線，然後再按以上各法求得之。因此項假設所得之結果，其精密度，已足用矣。

若階田之上下兩埭幾爲平行，且弧度亦甚整齊時，則每段之面積，可以弧長乘兩階間之平均距離得

之。

若塊線之弧度太屈時，可按午法求之，每等分之距離，可使之小於五十英尺，其他之計算方法如前。如有面積計(Planimeter)用以量不規則之面積，最爲迅速。

附錄三 各種單位長度面積比較表

甲. 各國長度單位比較表

| 中國舊制(即營造尺制) | | | 中國新制(即萬國制) | | 英 美 制 | | | | | | | | 日 本 制 | | | |
|-------------|----------|---------|-----------------------|----------------------------|--------------------|------------------|-------------------|------------------|--------------------|--------------------|---------------------------------|------------------------------|----------|-----------|----------|----------|
| 尺 | 步 | 里 | 公尺(呎) Meters m. | 公里(浬) Kilometers Km. | 吋 Inches in. | 呎 Feet ft. | 碼 Yards yd. | 桿 Rods rd. | 鏈 Chains ch. | 哩 Miles mil. | 英哩 British nautical miles | 美哩 U.S. nautical miles | 尺 | 間 | 町 | 里 |
| 1 | 0.2 | ..... | 0.32000 | 0.000320 | 12.5384 | 1.04987 | 0.34936 | 0.063628 | 0.015207 | ..... | ..... | ..... | 1.05600 | 0.17600 | ..... | ..... |
| 5 | 1 | ..... | 1.60000 | 0.001600 | 62.9920 | 5.24937 | 1.74978 | 0.31814 | 0.079535 | ..... | ..... | ..... | 5.28000 | 0.88000 | 0.014667 | ..... |
| 1,800 | 360 | 1 | 576 | 0.57600 | ..... | 1,889.77 | 629.922 | 114.531 | 28.6328 | 0.35791 | 0.31082 | 0.31081 | 1,900.80 | 316.801 | 528000 | 0.14667 |
| 3,1250 | 62500 | ..... | 1 | 0.00100 | 39,3701 | 3,280.84 | 1,093.61 | 198.839 | 48.7097 | 0.621371 | 0.53961 | 0.53959 | 3,300.00 | 550.000 | 9,166.66 | 0.25663 |
| 3,125 | 625.00 | 1.73611 | 1,000 | 1 | ..... | 3,280.84 | 1,093.61 | 198.839 | 48.7097 | 0.621371 | 0.53961 | 0.53959 | 3,300.00 | 550.000 | 9,166.66 | 0.25663 |
| 0.079375 | ..... | ..... | 0.025400 | ..... | 1 | 0.083333 | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | 0.083320 | ..... | ..... | ..... |
| 0.95250 | ..... | ..... | 0.30480 | ..... | 12 | 1 | 0.33333 | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | 1.02584 | ..... | ..... | ..... |
| 2.85750 | 0.57150 | ..... | 0.91440 | ..... | 36 | 3 | 1 | 0.18182 | ..... | ..... | ..... | ..... | 3.01752 | 0.50292 | ..... | ..... |
| 15.7143 | 3,14325 | ..... | 5.02920 | ..... | 198 | 16.5 | 5.5 | 1 | 0.25 | ..... | ..... | ..... | 16.5964 | 2.76606 | ..... | ..... |
| 62.8651 | 12.573 | ..... | 20.1168 | 0.020117 | 792 | 66 | 22 | 4 | 1 | ..... | ..... | ..... | 66.3855 | 11.0643 | 0.18440 | ..... |
| 5,029 | 1,025.84 | 2.79400 | 1,609.34 | 1.60934 | ..... | 5,280 | 1,760 | 320 | 80 | 1 | 0.86882 | 0.86839 | 5,310.84 | 885.140 | 14,7523 | 0.40979 |
| 5,791.20 | 1,158.24 | 3.21733 | 1,853.13 | 1.85313 | ..... | 6,080 | 2,026.67 | 368.486 | 92.1213 | 1.15152 | 1 | 0.99997 | 6,115.52 | 1,019.250 | 16,9875 | 0.47188 |
| 5,791.39 | 1,158.28 | 3.21744 | 1,853.25 | 1.85325 | ..... | 6,080.2 | 2,026.73 | 368.488 | 92.1243 | 1.15156 | 1.000232 | 1 | 6,115.72 | 1,019.29 | 16,9881 | 0.47189 |
| 0.94687 | ..... | ..... | 0.30303 | ..... | 11,9303 | 0.99419 | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | 1 | 0.16667 | ..... | ..... |
| 5,68182 | 1,13636 | ..... | 1.81818 | ..... | ..... | 5.96516 | 1.98839 | 0.36183 | 0.090381 | ..... | ..... | ..... | 6 | 1 | 0.016667 | ..... |
| 340,909 | 68,181.9 | ..... | 199,091 | ..... | ..... | 357,910 | 119,303.6 | 21,691.5 | 5,422.88 | ..... | ..... | ..... | 360 | 60 | 1 | 0.027778 |
| 12,272.7 | 2,454.54 | 6.81818 | 3,927.27 | 3.92727 | ..... | 12,884.7 | 4,294.92 | 780.894 | 195.223 | 2.44029 | 2.11920 | 2.11913 | 12,960 | 2,160 | 36 | 1 |

中國舊制長度單位簡表

| 毫 | 釐 | 分 | 寸 | 尺 | 步 | 丈 | 里 |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| ..... | ..... | ..... | ..... | 1,800 | 360 | 180 | 1 |
| ..... | ..... | ..... | ..... | 10 | 2 | 1 | ..... |
| ..... | ..... | ..... | 50 | 5 | 1 | ..... | ..... |
| 10,000 | 1,000 | 100 | 10 | 1 | ..... | ..... | ..... |

中國新制長度單位簡表

| 公厘(浬) | 公分(釐) | 公尺(呎) | 公尺(丈) | 公尺(浬) | 公尺(里) | 公里(里) |
|-------------------------------------|--------------------|------------------|--------------|------------|-------------|-------------------|
| Millimeters mm. | Centimeters cm. | Decimeters m. | Meters m. | Decameters | Hectometers | Kilometers km. |
| 1,000,000 | 100,000 | 10,000 | 1,000 | 100 | 10 | 1 |
| 市 用 尺 | | | | | | |
| 1 公尺 = 3 市尺 1 市尺 = 1.04167 營造尺 | | | | | | |

日本制長度單位簡表

| 毛 | 厘 | 分 | 寸 | 尺 | 間 | 丈 | 町 | 里 |
|--------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| ..... | ..... | ..... | ..... | 12,960 | 2,160 | 1,296 | 36 | 1 |
| ..... | ..... | ..... | ..... | 360 | 60 | 36 | 1 | ..... |
| ..... | ..... | ..... | ..... | 6 | 1 | ..... | ..... | ..... |
| 10,000 | 1,000 | 100 | 10 | 1 | ..... | ..... | ..... | ..... |

乙. 各國面積單位比較表

| 中國舊制(即營造尺制) | | | | 中國新制(即萬國制) | | | | 英 美 制 | | | | | 日 本 制 | | | | | | | |
|-------------|------------|----------|------------|--------------------------------------|------------------------------|---------------------|--------------------------------------|------------------------------|----------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------|-------------------------------|------------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 方寸 | 方尺 | 畝 | 方里 | 方公分 Square Centi- meters sq.cm | 方公尺 Square Meters sq.m | 公畝(安) Ares a. | 方公里 Square Killo- meters sq.km | 方吋 Square Inches sq.in | 方呎 Square Feet sq.ft | 方碼 Square Yards sq.yd. | 方鏈 Square Chains sq.ch | 畝 Acres A | 方哩 Square Miles sq.mil. | 方寸 | 方尺 | 步 | 畝 | 段 | 町 | |
| 1 | 0.01 | ..... | ..... | 10.2400 | ..... | ..... | ..... | 1.58720 | 0.011022 | ..... | ..... | ..... | ..... | 1.11514 | 0.011151 | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 100 | 1 | ..... | ..... | 1024.00 | 0.10240 | ..... | ..... | 153.720 | 1.10222 | 0.12247 | ..... | ..... | ..... | 111.514 | 1.11514 | 0.030874 | ..... | ..... | ..... | ..... |
| ..... | 6000 | 1 | 0.00135125 | ..... | 614.400 | 6.14400 | ..... | 663.34 | 734.815 | 151.821 | 0.15182 | ..... | ..... | 6890.32 | 125.856 | 619.320 | 0.61952 | 0.001952 | 0.001952 | 0.001952 |
| ..... | 3240,000 | 540 | 1 | ..... | 331.776 | 3.31776 | 0.331176 | 3571.210 | 396.800 | 819.836 | 81.9830 | 0.128099 | ..... | 3,613,040 | 100.362 | 334.541 | 334.541 | 334.541 | 334.541 | 334.541 |
| 0.037656 | 0.0037656 | ..... | ..... | 1 | 0.0001 | ..... | ..... | 0.15300 | 0.0010764 | ..... | ..... | ..... | ..... | 0.10630 | 0.001063 | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 976.562 | 976.562 | ..... | ..... | 10,000 | 1 | 0.01 | ..... | 1,550 | 10,7639 | 1,19,599 | ..... | ..... | ..... | 1,089.00 | 10,890.00 | 0.30250 | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 97656.2 | 97656.2 | 0.16276 | ..... | 1,000,000 | 100 | 1 | 0.0001 | 155,000 | 1076.39 | 119,599 | 0.247105 | ..... | ..... | 108,900 | 1089,000 | 302.500 | 1.00335 | 0.101353 | ..... | ..... |
| ..... | 9765620 | 1,627.61 | 3,014.03 | ..... | 1,000,000 | 10,000 | 1 | 1,763,900 | 195,900 | 2,471.05 | 247.105 | 0.336102 | ..... | 1,089,000 | 302,500 | 1,003.3 | 1,003.33 | 1,003.33 | 1,003.33 | 1,003.33 |
| 0.63004 | 0.0063004 | ..... | ..... | 6,451.61 | ..... | ..... | ..... | 1 | 0.006945 | ..... | ..... | ..... | ..... | 0.70258 | 0.0070258 | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 90.7256 | 0.907256 | ..... | ..... | 929.030 | 0.092903 | ..... | ..... | 144 | 1 | 0.11111 | ..... | ..... | ..... | 101.172 | 1,011.72 | 0.025103 | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 816.532 | 816.532 | ..... | ..... | 8,331.29 | 0.833129 | ..... | ..... | 1,296 | 9 | 1 | ..... | ..... | ..... | 910.544 | 9,105.44 | 0.25223 | ..... | ..... | ..... | ..... |
| ..... | 3952.01 | 0.65367 | ..... | ..... | 4,046.86 | 4.04686 | ..... | 4,356 | 484 | 1 | 0.1 | ..... | ..... | 4,407.03 | 1224.17 | 4,030.53 | 4,030.53 | 4,030.53 | 4,030.53 | 4,030.53 |
| ..... | 39,520.1 | 6.53668 | 0.012123 | ..... | 4,046.86 | 40,468.6 | 0.0040468 | 43,560 | 4,840 | 10 | 1 | 0.0015625 | ..... | 44,070.3 | 1,224.17 | 4,030.53 | 4,030.53 | 4,030.53 | 4,030.53 | 4,030.53 |
| ..... | 25,292,850 | 4,215.43 | 7,806.44 | ..... | 2,529,390 | 25,293.9 | 2.52939 | 27,873,400 | 3,037,600 | 6,400 | 640 | 1 | ..... | 28,205,000 | 763,471 | 28,115.7 | 2,611.57 | 2,611.57 | 2,611.57 | 2,611.57 |
| 0.89675 | 0.0089675 | ..... | ..... | 9,182.73 | ..... | ..... | ..... | 1,423.32 | 0.0089675 | ..... | ..... | ..... | ..... | 1 | 0.01 | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 89.6751 | 0.89675 | ..... | ..... | 918.273 | 0.091827 | ..... | ..... | 142.332 | 0.98842 | 0.108924 | ..... | ..... | ..... | 100 | 1 | 0.02778 | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 32.2831 | 32.2831 | 0.005335 | ..... | 33,057.9 | 3.30579 | 0.033058 | ..... | 5,123.98 | 35,583.2 | 3,953.65 | 0.001688 | ..... | ..... | 3,600 | 36 | 1 | 0.033333 | ..... | ..... | ..... |
| ..... | 968.451 | 0.161415 | ..... | ..... | 99,173.6 | 0.991736 | ..... | 1,067.59 | 118.610 | 0.245063 | 0.24506 | ..... | ..... | 1,080 | 30 | 1 | 0.1 | ..... | ..... | ..... |
| ..... | 9684.91 | 1.61415 | ..... | ..... | 991,736 | 9.91736 | ..... | 10,674.97 | 1,186.10 | 2.45063 | 0.24506 | ..... | ..... | 10,800 | 300 | 10 | 1 | 0.1 | ..... | ..... |
| ..... | 96,849.1 | 16.1416 | 0.029092 | ..... | 9,917,36 | 99,173.6 | 0.0099174 | 106,749.7 | 11,861.0 | 24.5063 | 2.45063 | 0.029092 | ..... | 108,000 | 3,000 | 100 | 10 | 1 | ..... | ..... |

中國舊制面積單位簡表

| 方尺 | 方丈 | 毫 | 釐 | 分 | 畝 | 頃 | 方里 |
|----------|--------|---------|--------|-------|-----|-------|-------|
| 3240,000 | 32,400 | 540,000 | 54,000 | 5,400 | 540 | 5.4 | 1 |
| 600,000 | 6,000 | 100,000 | 10,000 | 1,000 | 100 | 1 | ..... |
| 6,000 | 60 | 1,000 | 100 | 10 | 1 | ..... | ..... |

中國新制面積單位簡表

| 公釐(方公) | 公畝(安) | 公頃(安) | 方公里 |
|-----------------------|-----------|----------|-----------------------------|
| Centi-ares (sq.m.) | Are a. | Hectares | Square Kilometers sq.km. |
| 1,000,000 | 10,000 | 100 | 1 |
| 10,000 | 100 | 1 | ..... |

日本制面積單位簡表

| 方尺 | 方 | 合 | 步 | 畝 | 段 | 町 |
|---------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| 108,000 | 30,000 | 30,000 | 3,000 | 100 | 10 | 1 |
| 1,080 | 3,000 | 300 | 30 | 1 | ..... | ..... |
| 36 | 100 | 10 | 1 | ..... | ..... | ..... |

附錄四 滿甯公式中指數解算表

(甲) 數值之三分之一次方

| 數 | .00 | .01 | .02 | .03 | .04 | .05 | .06 | .07 | .08 | .09 |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0 | .500 | .046 | .074 | .097 | .117 | .136 | .153 | .170 | .186 | .201 |
| .1 | .216 | .229 | .243 | .256 | .269 | .282 | .295 | .307 | .319 | .331 |
| .2 | .342 | .353 | .364 | .375 | .386 | .397 | .407 | .418 | .428 | .438 |
| .3 | .448 | .458 | .468 | .477 | .487 | .497 | .506 | .515 | .525 | .534 |
| .4 | .543 | .552 | .561 | .570 | .579 | .587 | .596 | .604 | .613 | .622 |
| .5 | .630 | .638 | .647 | .655 | .663 | .671 | .679 | .687 | .695 | .703 |
| .6 | .711 | .719 | .727 | .735 | .743 | .750 | .758 | .765 | .773 | .781 |
| .7 | .788 | .796 | .803 | .811 | .818 | .825 | .832 | .840 | .847 | .855 |
| .8 | .862 | .869 | .876 | .883 | .890 | .897 | .904 | .911 | .918 | .925 |
| .9 | .932 | .931 | .936 | .933 | .930 | .936 | .973 | .980 | .987 | .993 |
| 1.0 | 1.000 | 1.007 | 1.013 | 1.020 | 1.027 | 1.033 | 1.040 | 1.046 | 1.053 | 1.059 |
| 1.1 | 1.085 | 1.072 | 1.078 | 1.085 | 1.091 | 1.097 | 1.104 | 1.110 | 1.117 | 1.123 |
| 1.2 | 1.129 | 1.136 | 1.142 | 1.148 | 1.154 | 1.160 | 1.167 | 1.173 | 1.179 | 1.185 |
| 1.3 | 1.191 | 1.197 | 1.203 | 1.209 | 1.215 | 1.221 | 1.227 | 1.233 | 1.239 | 1.245 |
| 1.4 | 1.251 | 1.257 | 1.263 | 1.269 | 1.275 | 1.281 | 1.287 | 1.293 | 1.299 | 1.305 |

| | | | | | | | | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1.5 | 1.310 | 1.316 | 1.322 | 1.328 | 1.334 | 1.339 | 1.345 | 1.351 | 1.357 | 1.362 |
| 1.6 | 1.368 | 1.374 | 1.379 | 1.385 | 1.391 | 1.396 | 1.402 | 1.408 | 1.413 | 1.419 |
| 1.7 | 1.424 | 1.430 | 1.436 | 1.441 | 1.447 | 1.452 | 1.458 | 1.463 | 1.469 | 1.474 |
| 1.8 | 1.480 | 1.485 | 1.491 | 1.496 | 1.502 | 1.507 | 1.513 | 1.518 | 1.523 | 1.529 |
| 1.9 | 1.534 | 1.539 | 1.545 | 1.550 | 1.556 | 1.561 | 1.566 | 1.571 | 1.577 | 1.582 |
| 2.0 | 1.587 | 1.593 | 1.598 | 1.603 | 1.608 | 1.613 | 1.619 | 1.624 | 1.629 | 1.634 |
| 2.1 | 1.639 | 1.645 | 1.650 | 1.655 | 1.660 | 1.665 | 1.671 | 1.676 | 1.681 | 1.685 |
| 2.2 | 1.691 | 1.697 | 1.702 | 1.707 | 1.712 | 1.717 | 1.722 | 1.727 | 1.732 | 1.737 |
| 2.3 | 1.724 | 1.747 | 1.752 | 1.757 | 1.762 | 1.767 | 1.772 | 1.777 | 1.782 | 1.787 |
| 2.4 | 1.792 | 1.797 | 1.802 | 1.807 | 1.812 | 1.817 | 1.822 | 1.827 | 1.832 | 1.837 |
| 2.5 | 1.842 | 1.847 | 1.852 | 1.857 | 1.862 | 1.867 | 1.871 | 1.876 | 1.881 | 1.886 |
| 2.6 | 1.891 | 1.899 | 1.900 | 1.905 | 1.910 | 1.915 | 1.920 | 1.925 | 1.929 | 1.934 |
| 2.7 | 1.939 | 1.944 | 1.949 | 1.953 | 1.958 | 1.963 | 1.968 | 1.972 | 1.977 | 1.982 |
| 2.8 | 1.987 | 1.992 | 1.996 | 2.001 | 2.0.6 | 2.010 | 2.015 | 2.020 | 2.024 | 2.029 |
| 2.9 | 2.034 | 2.038 | 2.043 | 2.048 | 2.052 | 2.057 | 2.062 | 2.066 | 2.071 | 2.075 |
| 3.0 | 2.080 | 2.085 | 2.089 | 2.094 | 2.099 | 2.103 | 2.108 | 2.113 | 2.117 | 2.122 |
| 3.1 | 2.126 | 2.131 | 2.135 | 2.140 | 2.144 | 2.149 | 2.153 | 2.158 | 2.163 | 2.167 |
| 3.2 | 2.172 | 2.176 | 2.180 | 2.185 | 2.189 | 2.194 | 2.199 | 2.203 | 2.208 | 2.212 |
| 3.3 | 2.217 | 2.221 | 2.223 | 2.230 | 2.234 | 2.239 | 2.243 | 2.248 | 2.252 | 2.257 |
| 3.4 | 2.261 | 2.266 | 2.270 | 2.274 | 2.279 | 2.283 | 2.288 | 2.292 | 2.296 | 2.301 |
| 3.5 | 2.305 | 2.310 | 2.314 | 2.318 | 2.323 | 2.327 | 2.331 | 2.336 | 2.340 | 2.345 |
| 3.6 | 2.349 | 2.353 | 2.358 | 2.362 | 2.366 | 2.371 | 2.375 | 2.379 | 2.384 | 2.388 |
| 3.7 | 2.392 | 2.397 | 2.401 | 2.405 | 2.409 | 2.414 | 2.418 | 2.422 | 2.427 | 2.431 |
| 3.8 | 2.435 | 2.439 | 2.444 | 2.448 | 2.452 | 2.457 | 2.461 | 2.465 | 2.469 | 2.474 |
| 3.9 | 2.478 | 2.482 | 2.486 | 2.490 | 2.495 | 2.499 | 2.503 | 2.507 | 2.511 | 2.516 |

| | | | | | | | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 4.0 | 2.520 | 2.534 | 2.538 | 2.532 | 2.537 | 2.541 | 2.545 | 2.549 | 2.558 |
| 4.1 | 2.532 | 2.566 | 2.570 | 2.574 | 2.579 | 2.583 | 2.587 | 2.591 | 2.599 |
| 4.2 | 2.603 | 2.607 | 2.611 | 2.616 | 2.620 | 2.624 | 2.628 | 2.632 | 2.640 |
| 4.3 | 2.644 | 2.648 | 2.653 | 2.657 | 2.661 | 2.665 | 2.669 | 2.673 | 2.681 |
| 4.4 | 2.685 | 2.689 | 2.693 | 2.698 | 2.702 | 2.706 | 2.710 | 2.714 | 2.718 |
| 4.5 | 2.726 | 2.730 | 2.734 | 2.738 | 2.742 | 2.746 | 2.750 | 2.754 | 2.758 |
| 4.6 | 2.766 | 2.770 | 2.774 | 2.778 | 2.782 | 2.786 | 2.790 | 2.794 | 2.798 |
| 4.7 | 2.806 | 2.810 | 2.814 | 2.818 | 2.822 | 2.826 | 2.830 | 2.834 | 2.838 |
| 4.8 | 2.846 | 2.850 | 2.854 | 2.858 | 2.862 | 2.866 | 2.869 | 2.873 | 2.877 |
| 4.9 | 2.885 | 2.889 | 2.893 | 2.897 | 2.901 | 2.904 | 2.908 | 2.912 | 2.916 |

(乙)數值之平方根

| | | | | | | | | | |
|-----|---|---|--|--|--|--|---|---|---|
| -.7 | .004123 .005196 .006083 .006856 .007550 | .008185 .008775 .009327 .009849 .010344 | .01304 .01643 .01924 .02168 .02387 | .02588 .02775 .02950 .03114 .03271 | .04123 .05196 .06083 .06856 .07550 | .08185 .08775 .09327 .09849 .10344 | .1304 .1643 .1924 .2168 .2387 | .2788 .2775 .2950 .3114 .3271 | .2627 .2811 .2683 .3146 .3302 |
| -.8 | .004243 .005292 .006164 .006923 .007616 | .008246 .08832 .009381 .009899 .010392 | .01342 .01763 .01949 .02191 .02408 | .02608 .02793 .02966 .03130 .03286 | .04243 .05292 .06164 .06928 .07616 | .08246 .08332 .09381 .09899 .10392 | .1342 .1673 .1949 .2191 .2408 | .2608 .2793 .2966 .3130 .3286 | .2627 .2811 .2683 .3146 .3302 |
| -.9 | .004359 .005385 .006245 .007000 .007681 | .008307 .008888 .09434 .009950 .010440 | .01378 .01703 .01952 .02214 .02429 | .02627 .02811 .02983 .03146 .03302 | .04359 .05385 .06245 .07000 .07681 | .08307 .08888 .09434 .09950 .10440 | .1378 .1703 .1975 .2214 .2429 | .2627 .2811 .2683 .3146 .3302 | .2627 .2811 .2683 .3146 .3302 |

| -.1 | -.2 | -.3 | -.4 | -.5 | -.6 |
|---|---|---|---|---|---|
| .003317 .004583 .005563 .006403 .007141 | .003464 .004690 .005657 .006481 .007211 | .003806 .004798 .005745 .006557 .007280 | .003742 .004899 .005831 .006633 .007348 | .003874 .005000 .005916 .006708 .007416 | .004000 .005099 .006000 .006782 .007483 |
| .007810 .008426 .009000 .009539 .010050 | .007874 .008485 .009055 .009592 .010100 | .007937 .008544 .009110 .009644 .010149 | .008000 .008602 .009165 .009695 .010198 | .008062 .008660 .009220 .009747 .010247 | .008124 .008718 .009274 .009798 .010298 |
| .01049 .01440 .01761 .02025 .02258 | .01095 .01483 .01789 .02049 .02280 | .01140 .01517 .01817 .02074 .02302 | .01183 .01548 .01844 .02098 .02324 | .01225 .01581 .01871 .02121 .02345 | .01265 .01612 .01897 .02145 .02366 |
| .02470 .02665 .02846 .03017 .03178 | .02490 .02683 .02864 .03033 .03194 | .02510 .02702 .02881 .03050 .03209 | .02530 .02720 .02898 .03066 .03225 | .02550 .02739 .02915 .03082 .03240 | .02569 .02757 .02933 .03098 .03256 |
| .03317 .04563 .05568 .06403 .07141 | .03464 .04690 .05657 .06481 .07211 | .03606 .04796 .05745 .06557 .07280 | .03742 .04899 .05831 .06633 .07348 | .03873 .05000 .05916 .06708 .07416 | .04000 .05009 .06000 .06782 .07483 |
| .07810 .08426 .09000 .09539 .10050 | .07874 .08485 .09055 .09592 .10100 | .07937 .08544 .09110 .09644 .10149 | .08000 .08602 .09165 .09695 .10198 | .08062 .08660 .09220 .09747 .10247 | .08124 .08718 .09274 .09798 .10298 |
| .1049 .1449 .1761 .2025 .2258 | .1095 .1483 .1789 .2049 .2280 | .1140 .1517 .1817 .2074 .2302 | .1183 .1549 .1844 .2098 .2324 | .1225 .1581 .1871 .2121 .2345 | .1265 .1612 .1897 .2145 .2366 |
| .2470 .2665 .2846 .3017 .3178 | .2490 .2683 .2864 .3033 .3194 | .2510 .2702 .2881 .3050 .3209 | .2530 .2720 .2898 .3066 .3225 | .2550 .2739 .2915 .3082 .3240 | .2569 .2757 .2933 .3098 .3256 |

土壤之沖刷與控制

四〇一

附錄四 常用公式中指數解算表

四〇三

| 數 值 | .-0 |
|--------|---------|
| .00001 | .003162 |
| .00002 | .004472 |
| .00003 | .005477 |
| .00004 | .006325 |
| .00005 | .007071 |
| .00006 | .007746 |
| .00007 | .008367 |
| .00008 | .008944 |
| .00009 | .009487 |
| .00010 | .010000 |
| .0001 | .01000 |
| .0002 | .01414 |
| .0003 | .01732 |
| .0004 | .02000 |
| .0005 | .02236 |
| .0006 | .02449 |
| .0007 | .02646 |
| .0008 | .02828 |
| .0009 | .03000 |
| .0010 | .03162 |
| .001 | .03162 |
| .002 | .04472 |
| .003 | .05477 |
| .004 | .06325 |
| .005 | .07071 |
| .006 | .07746 |
| .007 | .08367 |
| .008 | .08944 |
| .009 | .09487 |
| .010 | .10000 |
| .01 | .1000 |
| .02 | .1414 |
| .03 | .1732 |
| .04 | .2000 |
| .05 | .2236 |
| .06 | .2449 |
| .07 | .2646 |
| .08 | .2828 |
| .09 | .3000 |
| .10 | .3162 |

附 錄 五 參 考 書 籍

甲 叢 籍

1. Meyer, A. F.: "The Elements of Hydrology," John Wiley & Sons, Inc., New York, 1917.
2. Ayres, Q. C., and Scoates, D.: "Land Drainage and Reclamation," pp. 274-319, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1928.
3. Black, J. D.: "Agricultural Reform in the United States," McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1929.
4. King, T. W.: "Handbook of Hydraulics," 2d ed., McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1929.
5. Hazen, A.: "Flow Flows," John Wiley & Sons, Inc., New York, 1930.
6. Technical Staff: "Handbook of Culvert and Drainage Practice," Armo Culvert Manufacturers Assoc., 349 pp., 1930.
7. Powers, W. L., and Tootter, T. A. H.: "Land Drainage," 2d ed, pp. 284-296, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1932.
8. Baker, O. E.: Utilization of Natural Wealth, "Recent Social Trends in the United States," Part 2, Chap. 2, pp. 93-98, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1933.

乙 美 國 政 府 出 版 物

(Obtainable from The Superintendent of Documents, Washington, D. C.)

9. Free, E. E., and Westgate, J. M.: The Control of Blowing Soils, U. S. Dept. Agr. Farmers' Bull. 421, 23 pp., Dec., 1910.
10. Free, E. E., and Westgate, J. M.: The Movement of Soil Material by Wind, U. S. Dept. Agr. Bull. 68, 175 pp., 1911.
11. Sampson, A. W., and Weyl, L. II.: Range Preservation and Its Relation to Erosion Control on Western Grazing Lands, U. S. Dept. Agr. Bull. 675 pp., 1918.
12. Bartel, F. O.: First Progress Report on Soil Erosion Experiments, N. C. Burr. Pub. Roads, 1925.
13. Rammer, O. E.: Runoff from Small Agricultural Areas, Jour. Agr. Research, Vol. 34, No. 9, 1927.
14. Zon, Raphael: Forests and Water in the Light of Scientific Investigation, U. S. Forest Serv., (No number), 106 pp., 1927.
15. Bartel, F. O.: Second Progress Report on Soil Erosion and Runoff Experiments in Piedmont, N. C., June 1, 1925 to May 31, 1926, Burr. Pub. Roads, 1928.
16. Bennett, H. H., and Chapline, W. R.: Soil Erosion a National Menace, U. S. Dept. Agr. Circ. 33, 36 pp., 1928.
17. McCarty, S. H.: Hearing on a Bill for the Conservation of Rainfall in the United States, U. S. Senate, 70th Congress, 1st Session, S-3484, pp. 21-27, May, 1928.
18. Shepard, W.: Forests and Floods, U. S. Dept. Agr. Circ. 19, 24 pp., 1928.
19. Anon: Relation of Forestry to the Control of Floods in the Mississippi Valley, House Doc. 673, 70th Congress, 2d Session, 740 pp., 1929.
20. Bartel, F. O.: Third Progress Report on Soil Erosion and Runoff Experiments at the North Carolina Experiment Station Farm, June 1, 1926 to May 31, 1927, Burr. Pub. Roads, 1929.
21. Munnis, E. N.: Relation of Forestry to the Control of Floods in the Mississippi Valley, House Doc. 673, 70th Congress, 2d Session, pp. 67-84, 1929.

22. Sherman, E. A.: Relation of Forestry to the Control of Floods in the Mississippi Valley, House Doc. 673, 70th Congress, 2d Session, 1929.
23. Anon.: Forest and Range Resources of Utah: Protection and Use, U. S. Dept. Agr. Misc. Pub. 90, 101 pp., 1930.
24. Forsling, O. L.: Study of the Influence of Herbaceous Plant Cover on Surface Runoff and Soil Erosion in Relation to Grazing on the Wasatch Plateau in Utah, U. S. Dept. Agr. Tech. Bull. 220, 71 pp., 1930.
25. Gray, L. O., and Baker, O. E.: Land Utilization and the Farm Problem, U. S. Dept. Agr. Misc. Pub. 97, 54 pp., 1930.
26. Middleton, H. E.: Properties of Soils which Influence Soil Erosion, U. S. Dept. Agr. Tech. Bull. 178, 16 pp., 1930.
27. Ramsor, O. E.: Erosion and Siltting of Dredged Drainage Ditches, U. S. Dept. Agr. Tech. Bull. 184, 54 pp., 1930.
28. Cameron, D. C.: Great Dust Storm of Washington and Oregon, April, 21-24, 1931, Monthly Weather Rev., Vol. 59, No. 5, pp. 195-197, May, 1931.
29. Geib, H. V.: Strip Cropping to Prevent Erosion, U. S. Dept. Agr. Leaflet 85, 6 pp., 1931.
30. Ramsor, O. E. Farm Terracing, U. S. Dept. Agr. Farmers' Bull. 1669, 22 pp., 1931.
31. Slater, C. S., and Byers, H. G.: A Laboratory Study of the Field Percolation Rates of Soils, U. S. Dept. Agr. Tech. Bull. 232, 1931.
32. Uhlund, R. E.: Controlling Small Gullies by Bluegrass Sod, U. S. Dept. Agr. Leaflet 82, 4 pp., 1931.
33. Duley, F. L., and Hays, O. E.: The Effect of the Degree of Slope on Runoff and Soil Erosion, Jour. Agr. Research, Vol. 46, No. 6, pp. 349-360, September, 1932.
34. Middleton, H. E., Slater, C. S., and Byers, H. G.: Physical and Chemical Characteristics of the Soil from the Erosion Experiment Stations, U. S. Dept. Agr. Tech. Bull. 316, 51 pp., 1932.

35. Peck, M., and Others: *Economic Utilization of Marginal Lands in Nicholas and Webster Counties, West Virginia*, U. S. Dept. Agr. Tech. Bull. 303, 64 pp., 1932.
36. Ramser, C. E.: *Gullies: How to Control and Reclaim Them*, U. S. Dept. Agr. Farmers' Bull. 1224, 95 pp., 1932.
37. Anon.: *Problems of 'Sub-marginal Areas' and Desirable Adjustments with Particular Reference to Public Acquisition of Land*, Nat. Land-use Planning Com. Pub. 6, 23 pp., 1933.
38. Arden, John T.: *Porosity and Water Absorption of Forest Soils*, Jour. Agr. Research, Vol. 46, pp. 997-1014, 1933.
39. Meginnis, H. G.: *Using Soil-Binding Plants to Recolaim Gullies*, U. S. Dept. Agr. Farmers' Bull. 1696, 17 pp., 1928.
40. Meginnis, H. G.: *Report of the Nat. Resources Bd.*, Dec. 1, 1934.
41. Alexander, A. E.: *Petrology of the Great Dustfall of Nov. 13, 1938*, Monthly Weather Rev., Vol. 62, No. 1, p. 15, January, 1934.
42. Bailey, R. W., Forsling, O. L., and Beckett, R. J.: *Floods and Accelerated Erosion in Northern Utah*, U. S. Dept. Agr. Misc. Pub. 196, 21 pp., 1934.
43. Puley, F. L., and Ackerman, F. G.: *Kunoff and Erosion from Plots of Different Lengths*, Jour. Agr. Research, Vol. 48, No. 6, pp. 505-510, 1934.
44. Hand, Irving F.: *Character and Magnitude of Dense Dust Cloud which Passed over Washington, D. C., May 11, 1934*, Monthly Weather Rev., Vol. 62, No. 5, pp. 156-157, May, 1934.
45. Jokes, Harold L.: *The Now Deal in Conservation*, U. S. Dept. Int., 15 pp., 1934.
46. Russell, R. J., and Russell, R. D.: *Dust Storm of April 12, 1934*, Baton Rouge, La., Monthly Weather Rev., Vol. 62, No. 5, pp. 162-169, May, 1934.

47. Vinal, H. N.: Forage Crops for the Sand-hill Section of Nebraska, U. S. Dept. Agr., Bur. Plant Indus., 16 pp., 1934.
48. Anon.: The Reclamation Administration, Reclamation Admin. Pub. 1, 27 pp., 1935.
49. Yarnell, David L.: Rainfall Intensity—Frequency Data, U. S. Dept. Agr. Misc. Pub. 204, 67 pp., 1935.
50. Hoyt, W. G., and Others: Rainfall and Runoff in the United States, U. S. Geol. Sur. Water Supply Paper 772, 301 pp., 1936.
51. Jarvis, Clarence S., and Others: Floods in the United States, U. S. Geol. Sur. Water Supply Paper 771, 487 pp., 1936.
52. Ayres, Quincy O.: Hearing on a Bill for the control of flood waters in the Mississippi Valley, U. S. Senate, 74th Congress, 2d Session, S-8524, Part 1, pp. 295-830, April, 1936.
(Obtainable from the various state agricultural colleges, when not out of print.)
52. Fisher, M. L.: The Washed Lands of Indiana: A Preliminary Study, Ind. Agr. Exp. Sta. Circ. 80, 24 pp., 1919.
53. Miller, M. F., and Dunley, F. L.: Studies of Water Absorption, Percolation, Evaporation, Capillary Water Movement, and Soil Erosion Under Field Conditions, Mo. Agr. Exp. Sta. Bull. 163, pp. 65-66, 1919.
54. Mollaugue, and Peter, A. M.: The Removal of Mineral Plant-Food by Natural Drainage Waters, Ky. Agr. Exp. Sta. Bull. 237, 29 pp., 1921.
55. Dunley, F. L., and Miller, M. L.: Erosion and Surface Runoff under Different Soil Conditions, Mo. Agr. Exp. Sta. Research Bull. 63, 46 pp., 1923.
56. Carter, Deane G.: Terracing Farm Land, Ark. Ext. Circ. 1:2, 7 pp., 1924.
57. Lehmann, E. W., and Hanson, F. P.: Saving the Soils by Use of Mangum Terraces, Ill. Agr. Sta. Circ. 290, 10 pp., 1924.

58. Copeland, J. T.: Terracing in Mississippi. Miss. Agr. Ext. Bull. 34, 19 pp., 1928.
59. Karraker, P. E.: Soil Washing, Ky. Agr. Ext. Div. Circ. 64, pp. 29-31, 1927.
60. Holman, A. T.: Terracing Farm Lands, N. C. Agr. Ext. Ser. Circ. 178, 19 pp., 1928.
61. Martin, G. E.: Terracing in Oklahoma, Okla. Ext. Ser. Circ. 218, 23 pp., 1928.
62. Roberts, G., Kelly, J. B., and Welch, E. F.: Soil Erosion, Ky. Agr. Ext. Div. Circ. 129, 38 pp., 1928.
63. Bendley, M. R.: Terracing Farm Lands in Texas, Tex. A. & M. Coll. Ext. Ser. Bull. 51, 16 pp., 1929.
64. Duley, F. L., and Shedd, C. K.: Terracing Farm Lands in Kansas, Kan. State Agr. Ext. Ser. Bull. 58, 13 pp., 1929.
65. Duley, F. L., Miller, M. L., and Shedd, C. K.: Terracing Farm Lands in Kansas, Kan. Agr. Ext. Div. Bull. 58, 13 pp., 1929.
66. Leffron, L. C., and Nichols, M. L.: Terracing in Alabama, Ala. Poly. Inst. Ext. Ser. Circ. 94, 11 pp., 1929.
67. Uhlend, R. E., and Wooley, J. C.: Control of Gullies, Mo. Agr. Exp. Sta. Bull. 271, 23 pp., 1929.
68. Bates, C. G., and Zeasman, O. R.: Soil Erosion—A Local and National Problem, Wis. Agr. Exp. Sta. Research Bull. 99, 100 pp., 1930.
69. Dode, I. T.: Tree Planting a Part of Erosion Control, Iowa Agr. Ext. Ser. Bull. 166, 4 pp., 1930.
70. Conner, A. B., and Others: Factors Influencing Runoff and Soil Erosion Tex. Agr. Exp. Sta. Bull, 411, 60 pp., 1930.
71. Dickson, R. E., and Seontos, D.: Runoff Water Losses in Relation to Crop Production, Tex. Agr. Exp. Sta. Report 6, pp. 51-52, 1930.
72. Miller, M. F., and Krusekopf, H. H.: Erosion of Missouri Soils Mo. Agr. Exp. Sta. Bull, 285, pp. 110-112, 1930.
73. Shedd, C.K.: Terracing Farm Lands Mo. Agr. Exp. Ser. Circ. 248 10 pp., 1930.

74. Taylor, T. V.: Siltine of Reservoirs, Tex. Agr. Exp. Sta. Bull. 3026, 170 pp., 1930.
75. Bentley M. R.: Gully Control, Tex. A. & M. Coll. Ext. Ser. Circ. 49, 12 pp., 1931.
76. Clyde, A. W.: Terracing to Reduce Erosion, Iowa Agr. Ext. Bull. 172, 8 pp., 1931.
77. Geib, H. V., and Hill, H. O.: Soil Erosion and Moisture Conservation Studies, Tex. Agr. Exp. Sta. 44th Ann. Report, pp. 133-134, 1931.
78. Snyder, J. M.: Research in Soil Erosion at the North Carolina Station, N. C. Agr. Exp. Sta., 64th Ann. Report, pp. 47-50, 1931.
79. Glass, J. S.: Terracing to Control Erosion, Kan. Agr. Exp. Ser. Bull. 70, 41 pp., 1932.
80. Hughes, O. E.: Terracing Farm Land in Georgia, Ga. Agr. Exp. Div. Bull. 394, Vol. 19, 22 pp., 1932.
81. Miller, M. F., and Kruuskopf, H. H.: The Influence of Systems of Cropping and Methods of Culture on Surface Runoff and Soil Erosion, Mo. Agr. Exp. Sta. Research Bull. 177, 32 pp., 1932.
82. Sonrseth, G. D.: Morphological Greenhouse and Chemical Studies of the Black Belt Soils of Alabama, Ala. Agr. Exp. Sta. Bull. 237, 48 pp., 1932.
83. Throckmorton, R. L., and Duley, F. L.: Soil Fertility, Kan. Agr. Exp. Sta. Bull. 260, 60 pp., 1932.
84. Weir, Walter W.: Soil Erosion in California: Its Prevention and Control, Cal. Agr. Exp. Sta. Bull. 535, 45 pp., 1932.
85. Gray, L. C.: Aspects of a State Program of Land Utilization, Proc. N. J. Land Use Conf., N. J. Agr. Exp. Sta. Bull. 552, pp. 22-30, 1933.
86. Bennett, H. H.: Land Use and Soil Erosion, Proc. N. J. Land Use Conf., N. J. Agr. Exp. Sta. Bull. 552, pp. 31-47, 1933.

87. Wood, Ivan D.: Inexpensive Methods of Gully Control, Neb. Agr. Exp. Ser. Circ. 741, 16 pp., 1933.
88. Carnes, A., and Wilson, J. B.: Terracing in Alabama, Ala. Poly. Inst. Ext. Ser. Circ. 148, 20 pp., 1934.
89. Fimmel, H. H.: Results of Level Terracing on Heavy Silt Loam Soil, Panhandle Agr. Exp. Sta. Bull. 63, 12 pp., 1934.
90. Kessler, L. H.: Erosion Control Structures—Drop Inlets and Spillways, Wis. Agr. Exp. Sta. and Eng. Exp. Sta. Research Bull. 122, 66 pp., 1934.
91. Lutz, J. F.: The Physico-Chemical Properties of Soils Affecting Soil Erosion, Mo. Agr. Exp. Sta. Research Bull. 212, 45 pp., 1934.
92. Ayres, Quincy C.: Recommendations for the Control and Reclamation of Gullies, Iowa Eng. Exp. Sta. Bull. 121, 71 pp., 1935.
93. Bayer, L. D.: Soil Erosion in Missouri, Mo. Agr. Exp. Sta. Bull. 349, 66 pp., 1935.
94. Johnson, G. I., Danner, W. N., Jr., and Peikert, F. N.: Terracing Farm Lands in Georgia, Univ. Ga. Agr. Ext. Bull. 394, 24 pp., 1935.
95. Myrrey, W. G., and Meldrum, H. R.: A Production Method of Valuing Land, Iowa Agr. Exp. Sta. Bull. 326, 20 pp., 1935.
96. Roe, H. B., and Neal, J. H.: Soil Erosion Control in Farm Operation Minn. Agr. Exp. Sta. Special Bull. 170, 20 pp., 1935.
97. Roe, H. B., and Neal, J. H.: Soil Erosion Control by Engineering Methods, Minn. Agr. Exp. Sta. Special Bull. 171, 24 pp., 1935.
98. Schiekele, R., Himmel, J. P., and Hurd, R. M.: Economic Phases of Erosion Control in Southern Iowa and Northern Missouri, Iowa Agr. Exp. Sta. Bull. 363, 42 pp., 1935.

丙. 各 專 門 雜 誌

Journal of the American Society of Agronomy

99. Jardine, W. M.: Management of Soils to Prevent Blowing, Vol. 5 No. 4, pp. 213-217, October-December, 1914.
100. Chapline, W. R.: Erosion on Range Land, Vol. 21, No. 4, pp. 423-429, April, 1929.
101. Dyckson, R. E.: Results and Significance of the Spur (Texas) Runoff and Erosion Experiments, Vol. 21, No. 4, pp. 415-422, April, 1929.
102. Kinnel, H. H.: Moisture-saving Efficacy of Level Terraces Under Semi-arid Conditions, Vol. 22, No. 6, pp. 522-529, June, 1930.
103. Mungrove, G. W., and Dunlavy, H.: Some Characteristics of an Eroded Soil, Vol. 23, No. 4, pp. 245-252, April, 1931.
104. Bennett, H. H.: National Program of Soil and Water Conservation, Vol. 23, No. 5, pp. 367-371, May, 1931.
105. Bennett, H. H.: Cultural Changes in Soils from the Standpoint of Erosion, Vol. 23, No. 6, pp. 434-454, June, 1931.
106. Stewart, G., and Forsling, C. L.: Surface Runoff and Erosion in Relation to Soil and Plant Cover on High Grazing Lands of Central Utah, Vol. 23, No. 10, pp. 815-832, October, 1931.
107. Brown, P. E.: The Mystery of the Soil, Vol. 24, No. 12, pp. 935-950, December, 1932.
108. Geib, H. V.: A New Type of Installation for Measuring Soil and Water Losses from Control Plots, Vol. 25, No. 7, pp. 429-440, July, 1933.
109. Mungrove, G. W.: The Infiltration Capacity of Soils in Relation to the Control of Surface Runoff and Erosion, Vol. 27, No. 5, pp. 336-345, May 1935.

Transactions, The American Geophysical Union

110. McCroxy, S. H.: Runoff Investigations from Small Agricultural Areas, pp. 518-521, April 1933.
 111. Bennett, H. H.: Dynamic Action of Rain in Relation to Erosion in the Humid Region, pp. 474-488, April, 1934.
 112. Fuller, G. J.: Charting the Effects of Erosion in the Old Plateau Belt of the Southern Piedmont, 18th Ann. Meeting pp. 495-500, April, 1934.
 113. Hendrickson, B. H.: The Choking of Pore-space in the Soil and Its Relation to Runoff and Erosion, 15th Ann. Meeting, pp. 500-505, April, 1934.
 114. Lowdermilk, W. C.: Acceleration of Erosion above Geologic Norms, 15th Ann. Meeting, pp. 505-509, April, 1934.
 115. Lowdermilk, W. C. and Rowe P. B.: Studies on Absorption of Rainfall in Its Relation to Surface Runoff and Erosion, 15th Ann. Meeting, pp. 506-509, April, 1934.
 116. Mueggervo, G. W.: A Quantitative Study of Certain Factors Affecting Soils and Water Losses as the Logical Basis for Developing Practiced Methods of Erosion Control, 15th Ann. Meeting, pp. 515-521, April, 1934.
- Agricultural Engineering
117. Short, A. K.: The Bank's Interest in Soil Erosion, Vol. 10, No. 9, pp. 289-290, September, 1929.
 118. McPhoeters, W. H.: Soil Conservation as an Aid to Flood Control, Vol. 11, No. 10, pp. 339-341, October, 1930.
 119. Ransom, G. W.: Erosion Control on the Federal Projects, Vol. 11, No. 4, pp. 135-140, April 1930.

120. Holman, A. F.: Problems Involved in Developing Terracing Machinery, Vol. 12, No. 2, p. 46, February, 1931.
121. Ransom, C. E.: The Need of Improved Machinery for Terrace Construction and Farming Terraced Land, Vol. 12, No. 2, pp. 39-42, February, 1931.
122. Smith, H. P.: Types of Terracing Machinery Used in Texas, Vol. 12, No. 2, pp. 43-44, February, 1931.
123. Kotok, F. I.: Vegetative Cover, The Water Cycle and Erosion, Vol. 12, No. 4, pp. 112-113, April, 1931.
124. Lowdermilk, W. C.: Studies of the Role of Forest Vegetation in Surficial Runoff and Soil Erosion, Vol. 12, No. 4, pp. 107-111, April, 1931.
125. Sampson, Arthur W.: Relation of Erosion to Soil Productivity, Vol. 12, No. 4, pp. 114-116, April, 1931.
126. Whitefield, A. F.: Soil Building with Terraces, Vol. 12, No. 4, pp. 120-122, April, 1931.
127. McChory, S. H.: Land Reclamation Work of the Bureau of Agricultural Engineering, Vol. 12, No. 8, pp. 305-306, August, 1931.
128. King, James A.: The Place and Function of Land Reclamation in Agr. Program, Vol. 12, No. 9, pp. 333-337, Sept. 1931.
129. Nichols, M. L., and Sexton, H. D.: A Method of Studying Soil Erosion, Vol. 12, No. 4, pp. 101-103, April, 1932.
130. Lehmann, E. W.: Soil Erosion Control in Illinois, Vol. 13, No. 6, p. 120, May, 1932.
131. Woolley, J. C.: Efficiency of Terracing Machines, Vol. 13, No. 7, p. 182, July, 1932.
132. Jones, Lewis, A.: Engineers and the Control of Erosion, Vol. 13, No. 9, pp. 234-236, Sept. 1932.
133. Ransner, C. E.: The Operation of Farm Machinery Over Terraced Land, Vol. 13, No. 9, pp. 231-233, Sept., 1932.

134. Baird, R. W.: The Operation of Power Machinery on Terraced Land, Vol. 13, No. 11, p. 286, November, 1932.
135. Baver, L. D.: The Physical Properties of Soils of Interest to Agricultural Engineers, Vol. 13, No. 12, pp. 324-327, Dec. 1932.
136. Baver, L. D.: Some Soil Factors Affecting Erosion, Vol. 14, No. 2, pp. 51-52, February, 1933.
137. Dickson, R. E.: Terraces to Conserve Surface Runoff, Vol. 14, No. 2, p. 50, February, 1933.
138. Ramser, C. E.: Soil Erosion Control by Terracing—History and Accomplishments, Vol. 14, No. 4, p. 103, April, 1933.
139. Sexton, H. D., and Diseler, E. G.: A Proposed System of Erosion Control, Vol. 14, No. 6, pp. 150-153, June, 1933.
140. Umland, R. E.: Division for Taking Aliquotots of Runoff, Vol. 14, No. 7, pp. 186-188, July 1933.
141. Copeland, J. T.: Field Observation of Soil Erosion Index Variants, Vol. 14, No. 8, p. 206, August, 1933.
142. Gregory, W. H.: County Land Terracing Program, Vol. 15, No. 1, p. 22, January, 1934.
143. Ramser, C. E.: Control of Soil Erosion by Terracing, Vol. 15, No. 5, p. 164, May, 1934.
144. Fleming, B. P.: A Nationwide View of Essential Soil Erosion Control Measures, Vol. 15, No. 7, pp. 287-272, August, 1934.
145. McDoroy, S. H.: Engineering Phases of Land-Use Planning—A Symposium, Vol. 15, No. 8, pp. 315-323, September, 1934.
146. Skorie, R. Fari: Evaluating the Land Factor in Land Classification and Land Appraisal, Vol. 15, No. 9, pp. 330-334, Sept. 1934.
147. Ramser, C. E.: Results of Engineering Experiments at the Soils Erosion Stations, Vol. 15, No. 11, pp. 331-369, November, 1934.

148. Roe, H. B.: Soil Erosion Control and Soil Moisture Regulation in Relation to State and National Land-use Planning, Vol. 16, No. 12, pp. 428-430, December, 1934.
149. Baird, Ralph W.: Some Requirements of a Terracing Machine, Vol. 16, No. 1, p. 3, January, 1935.
150. Collins, E. V., Aures, Q. C., and Johnson, I. W.: A New Type of Terracing Machine, Vol. 16, No. 1, p. 6, January, 1935.
151. Drummond, Garrett B.: A Nongraphical Solution of the Rational Runoff Formula, Vol. 16, No. 1, p. 19, January, 1935.
152. Fletcher, Leonard J.: Variable Field Requirements of Terracing Equipment, Vol. 16, No. 1, p. 5, January, 1935.
153. Sheild, C. K., Collins E. V., and Davidson, J. B.: The Basin Method of Planting Row Crops and a Basin Listor Planter, Vol. 16, No. 1, p. 4, January, 1935.
154. Woolley, J. C.: The Development of a Terrace Building Machine, Vol. 16, No. 1, p. 4, January, 1935.
155. Baird, Ralph W.: Requirements of Farm Machinery for Terraced Land, Vol. 16, No. 3, p. 97, March, 1935.
156. Livingston, L. F.: Dams or Ponds to Conserve Water, Vol. 16, No. 3, p. 115, March, 1935.
157. Nichols, M. L., and Yodor, R. E.: New Power Equipment for Terracing, Vol. 16, No. 3, p. 93, March 1935.
158. McDrew, P. C.: Engineering Experiments in Soil Erosion Control in the Pacific Northwest, Vol. 16, No. 4, p. 137, May, 1935.
159. Scoutts, D.: Teaching Terracing with Blocks, Vol. 16, No. 5, p. 190, May, 1935.
160. Thurmond, M. F.: Visualizing Soil Erosion Control, Vol. 16, No. 5, p. 191, May, 1935.
161. Powers, Willbur, L.: Land Classification and Soil and Water Surveys, Vol. 16, N. 6, p. 284, June, 1935.

162. Ayes, Quincy C.: Cost of Terracing in Iowa, Vol. 16, No. 8, p. 317, August, 1935.
163. Bartel, F. O.: Results of Recent Engineering Studies in Soil Erosion Control, Vol. 16, No. 8, p. 304, August, 1935.
164. Bennett, H. H.: Attacking the Soil Erosion Problem on a Nationwide Front, Vol. 16, No. 8, p. 293, August, 1935.
165. Chambers, T. B.: The SCS Erosion Control Program, Vol. 16, No. 8, p. 30, August, 1935.
166. Drummond, Garrett B.: The Design of Stilling Basins for Small Dams and Weirs, Vol. 16, No. 8, p. 319, August, 1935.
167. Ehlson, W. D.: Terrace Outlets, Vol. 16, No. 8, p. 298, August, 1935.
168. Farrington, F. N.: Tallapoosa County's (Ala.) Terracing Program, Vol. 16, No. 8, p. 313, August, 1935.
169. Marston, Howard: Design and Construction of Sodded Terrace Outlet Channels, Vol. 16, No. 8, p. 32, August, 1935.
170. Rieselhof, H. S.: Selection of Channel Grade for Terraces, Vol. 16, No. 8, p. 308, August, 1935.
171. Hill, H. O.: Terrace Outlet Control, Vol. 16, No. 10, pp. 403-407, October, 1935.
172. Baird, Ralph W., and Others: Terrace Machinery and Terrace Construction Practices—A Symposium, Vol. 17, No. 2, p. 47, February, 1936.
173. Fisher, F. A.: What America's Soil Conservation Program Requires of the Engineer, Vol. 17, No. 2, p. 45, February, 1936.
174. Wilson, N. W., and Nichols, M. L.: The Size of Terracing Equipment, Vol. 17, No. 2, p. 65, February, 1936.
175. Logan, C. A.: A Pasture Contour Furrowing Machine, Vol. 17, No. 3, 111-113, March, 1936.

- 175a. Hamilton, O. L., Woolley, J. C., Tsohudy, L. C., and McPheeters W. H.: Engineering Phassos of Soil Erosion Control—A Symposium, Vol. 17, No. 6, pp. 205-214, May, 1936.

Proceedings and Transactions, American Society of Civil Engineers

176. Zon, R. & Others: Comparison of Rainfall & Runoff in the Northeastern U. S., Proc., Vol. 33, No. 8, pp. 924-933, October, 1907.
177. Grunsky, C. E.: Rainfall and Runoff Studies, Transactions, Vol. 85, pp. 66-136, 1922.
178. Harvis, C. S.: Flood Flow Characteristics, Transactions, Vol. 89, pp. 985-1032, 1926.
179. McCarthy, E. F.: Forest Cover as a Factor in Flood Control Proceedings, Vol. 53, No. 10, pp. 2511-2518, December, 1927.
180. Jarvis, O. S.: Rainfall Characteristics and Their Relation to Soils and Runoff, Proceedings, Vol. 56, No. 1, pp. 3-47, 1930.
181. Gregory, R. L., and Arnold, C. E.: Runoff--Rational Runoff Formulas, Transactions, Vol. 96, pp. 1033-1177, 1932.
182. Hoyt, W. G. and Troxwell, H. C.: Forests and Stream Flow, Proceeding, Vol. 68, No. 6, pp. 1033-1066, 1932.
183. Chapman, H. H.: Influence of Overgrazing on Erosion and Watersheds, Civil Engineering, Vol. 3, pp. 74-78, 1933.

Journal of Forestry

184. Lowdermilk, W. C.: Erosion and Floods Along the Yellow River (China) Watershed, Vol. 22, No. 6, pp. 11-18, October, 1924.

186. Lentz, G. H., and Others: Soil Erosion in the Silt Loam Uplands of Mississippi, Vol. 28, No. 7, pp. 871-877, 1930.
186. Simclair, J. D.: Studies of Soil Erosion in Mississippi, Vol. 29, No. 4, April, 1931.
187. Williams, Carl: Land Use Problems in the South, Vol. 30, pp. 276-283, 1932.
188. Bates, O. G.: Soil Erosion in the Mississippi Valley, Vol. 31, No. 1, pp. 88-90, January, 1933.
189. Meginnis, H. G.: Tree Planting to Reclaim Gullied Lands in the South, Vol. 31, No. 6, pp. 649-656, 1933.
190. Lowdermilk, W. C.: The Role of Vegetation in Erosion Control and Water Conservation, Vol. 32, No. 5, pp. 529-536, May, 1934.

Miscellaneous Society Publications

191. Mead, J. W.: The Cause of Floods and the Factors That Influence Their Intensity, Jour. Western Soc. Eng., Vol. 18, No. 4, pp. 289-289, April, 1913.
192. Baker, O. E.: Land Utilization in the United States: (Geographical Aspects of the Problem, Geographical Rev., Vol. 13, No. 1, January, 1923.
193. Duley, F. L.: Loss of Soluble Salts in Runoff Water, Soil Science, Vol. 21, No. 5, pp. 401-409, May, 1936.
194. Tugwell, R. G.: Farm Relief and Permanent Agriculture, Annals Amer. Acad. Pol. and Soc. Science, Vol. 142, pp. 271-282, March, 1929.
195. Pope, J. D.: Issues Involved in the Readjustment of Farm Organization in the Cotton Belt, Jour. Farm Economics, Vol. XI, No. 2, April, 1929.
196. Baker, O. E.: Outlook for Land Utilization in the United States, Jour. Farm Economics, Vol. 13, pp. 204-230, 1931.

197. Cook, C. W.: Why the Mayan Cities of the Peten District Guatemala, Were Abandoned, *Jour. Wash. Acad. Science*, Vol. 21, No. 13, pp. 283-289, 1931.
 198. Skebbling, E. P.: Influence of Forests on Rainfall, Erosion, and Inundation, *Contemporary Rev.*, Vol. 141, pp. 359-366, March, 1932.
 199. Knight, H. G.: Land Use and Erosion, *Proc. Amer. Assoc. Advancement Science, Syracuse Univ.*, New York, pp. 37-43, June, 1932.
 200. Dennett, H. H.: Quantitative Study of Erosion Technique and Some Preliminary Results, *Geog. Rev.*, Vol. 23, No. 3, pp. 423-432, July, 1933.
 201. Bayer, A. W.: The Relationship of Vegetation to Soil Erosion in the Natal Thornveld, *South Africa, Jour. Science*, Vol. 30, pp. 280-287, October, 1933.
 202. Leighly, John: Turbulence and the Transportation of Rock Debris by Streams, *Geog. Rev.*, Vol. 24, No. 3, pp. 463-464, July, 1934.
 203. Munsgraves, G. W.: A Device for Measuring Precipitation Waters Lost from the Soil as Surface Runoff, Percolation, Evaporation, and Transpiration, *Soil Science*, Vol. 40, No. 5, pp. 391-401, November, 1935.
- Proceedings, Soil Conservation Conferences
204. Trent, T. P.: Formulating a Land Policy for Oklahoma, *Proc., Stat Soil Conserv., Conf., Okla.*, p. 38, November 1, 1929.
 205. Lantz, G. H.: Soil Erosion in Western Mississippi, *Proc. 2d Southwest Soil & Water Conserv. Conf.*, pp. 28-31, June, 1930.
 206. Hazen, L. E.: Handling Runoff from Terraced Fields, *Proc. 2d Southwest Soil & Water Conserv. Conf.*, pp. 65-67, June, 1930.

207. Zorn, Raphael: National Economic and Social Objectives in Forest Policy, Proc. Nat. Conf. Land Utilization, Chicago, Ill., pp. 77-83, November, 19-21, 1931.
208. Duley, F. L.: The Formation of a Soil and Water Conservation Program for the Southwest, Proc., 4th Southwest Soil and Water Conserv. Conf., pp. 34-49, July, 1933.
209. Glass, John S.: The Effect of Contour Farming on Soil and Water Control, Proc., 4th Southwest Soil and Water Conserv. Conf., pp. 26-31, July, 1933.
210. Bennet, H. H.: Relation of Soil Erosion to Flood Control, Nat. Rivers & Harbors Congress, April, 1934.
211. Allison, R. V.: Essential Character of Water Conservation and Erosion Control, Proc., 5th Southwest Soil and Water Conserv. pp. 8-10, July, 1934.
212. Harper, H. J.: Effect of Organic Matter in the Control of Soil Erosion, Proc., 5th Southwest Soil & Water Conserv. Conf., pp. 20-23, July, 1934.
213. Henriksen, B. H.: Recent Developments in Trip-cropping and Water-furrowing for Erosion Control, Proc., 5th Southwest Soil and Water Conserv. Conf., pp. 24-26, July 1934.
214. Glass, John S.: New Type Terraces and New Trenching Machines, Proc., 5th Southwest Soil and Water Conserv. Conf., pp. 28-31, July, 1934.
215. Unland, R. E.: Soil Erosion and Land Utilization for Missouri and Iowa, Proc. 5th Southwest Soil and Water Conserv. Conf., pp. 38-41, July, 1934.
216. Meyer, A. H.: Soil Erosion and Land Utilization for Louisiana, Proc., 5th Southwest Soil and Water Conserv. Conf., pp. 41-44, July, 1934.
217. Person, H. S.: Little Waters. Booklet Published jointly by Soil Conservation Service, Resettlement Administration and Rural Electrification Administration. Obtainable from Superintendent of documents, 82 pp., April, 1930.

附錄六 英漢名辭對照表

A

- Ablone, 雙首倫
- A-Horizon, 第一層土
- Ailin, 愛琴
- Alabama, 亞拉巴馬
- Albion, 亞爾比翁
- Alexander, I. T., 亞歷山大
- Alifafa, 青苔
- Allis-chamber, 亞力斯答伯
- Alsis-clover, 紫雲英
- Angle of repose, 靜止角
- Apparent specific gravity, 觀比重
- Apron, 海堤
- Athens, 雅典

B

Backfiring, 回聲

- Barley, 大麥
- Bartel, P. O., 巴黎爾
- Basin forming machine, 掘槽機
- Bates, 白斯
- Bench mark, 水準標站
- Bench terrace, 階台式梯田
- Bonnet, H. H., 邦尼特
- Barrunda, 芒草
- Bethany, 拜薩內
- Black clay, 黑黏土
- Black hill spruce, 雲杉
- Black oak acorns, 黑橡實
- Black walnut, 黑胡桃 (美國樹種)
- Blade, 葉片
- Blade grader, 葉片狀整平機
- Bluegrass, 藍草或藍草
- Board foot, 木料尺

Both phases, 雙相

- Bromer, 卜禮遜
 - Broadest strip, 最寬之條地
 - Brush dam, 掃壩
 - Buffalo, 布法羅
- C**
- California, 加利福尼亞
 - Carolina, 喀羅林納
 - Coal, 四西爾
 - Continuator, 公力或風米
 - Check dam, 箭制壩(谷坊)
 - Chisel cultivator, 鑿形耕犁
 - Clay, 黏土
 - Clearing, 可羅林達
 - Clinton, 克林頓
 - Clover 披草 (或紅花菜或荷蘭藍)

Colby, 古爾柏
Collins, E. V., 考林斯
Colloid content, 膠性含量
Columbia, 哥倫比亞
Component, 分量
Concrete dam, 混凝土壩
Conifer, 松柏類
Contour, 等高線
Contour farming, 等高農作法
Contour ridging, 脊狀等高線法
Coralberry, 珊瑚莓
Cord, 考得
Coriscana tortracer, 考西加拿葉階蝶
Cottonwood, 白楊
Cree, Wm. L., 葛禮
Crest, 口緣
Critical rain, 臨界雨量
Critical ratio, 臨界率
Crop striping, 作物條分法
Cross cully, 橫灘
Cross-hair, 十字線
Cuba, 古巴

亞細亞 英漢名辭類編

D

Davidson, 狄維遜
Dead furrow, 死畦
Discharge, 流量
Disk harrow, 圓盤耙
Dispersion Ratio, 化分比率
Dodge, A. F., 道治
Dog fennel grass, 茴香草
Dog wood, 柞木
Double-post row type, } 雙排格線式
Crosswise brush type } 式
Drag, 拖板
Draft tube, 风管
Drop-inlet dam, 垂流涵洞式壩
Duley, 杜律
Dumpy type, 旦塔式
Dwarf juniper, 矮柏

E

Earth dam, 土壩
Eastern red cedar, 紅柏
Erosion, 侵蝕; 沖刷

F

Erosion ratio, 沖刷比率
Error of the circuit, 迴圈之差誤
Factor of safety, 安全率
Farm level, 農田水準儀
Field striping, 田地條分法
Fino sand loam, 細沙質壤土
Finger gullying, 流線狀沖刷之痕跡
Fixed-basket type, 網籃式
Flood flow, 洪流
Forsling, C. F., 福斯林
Four-wheel grader, 四輪整平機
Foxtail grass, 狐尾草
Frequency, 頻率

G

Georgia, 趙州港
Grader, 整平機
Gram, 克
Green ash, 白蠟櫟
Gullying, 流線狀沖刷

四二二

| | | |
|-------------------------------|--------------------|----------------------------------|
| Guthrie, 古斯里 | Iowa, 愛荷華 | Law of diminishing return, 收入遞減率 |
| H | Tredal, 亞里得勞 | Legume, 豆科作物 |
| Hackberry, 朴樹 | J | Lespedeza, 中國棘豆, 胡枝子 |
| Hamilkon, A. P., 胡漢東 | Jackson, 約可遜 | Level, 水準儀 |
| Harrison, 哈雷森 | Jack pine, 矮松 | Lexington, 萊克星頓 |
| Hart Parr tractor, 哈爾巴里引擎 | Johnson, 張森 | Light tarracing grader, 輕便修路器 |
| Hay, 乾牧草 | Judson, 周森 | 平機 |
| Hay, 海斯 | K | Lindley, 凌德利 |
| Hazel brush, 榛 | Kaft, 蔗粟之一種 | Liker, 公升 |
| Head, 水頭 | Kansas, 干隆斯 | Loan, 擔押 |
| Heavy elevating grader, 重式高舉器 | Kentucky, 干特基 | Loarust, 橈 |
| 平機 | Key terrace, 關鍵階地 | Loess, 黃土 |
| Henry, 亨利 | Kinnoio energy, 動能 | Log dam, 樹木壩 |
| Hickory, 山核桃 | Kirin, 麒麟 | Looso-stano dam, 乾砌石壩 |
| Himalaya blackberry, 喜馬拉耶刺莓 | Kirvin, 克文 | Lower liquid limit, 低含水量 |
| Hole-digger, 掘孔式掘環 | Kudon, 葛 | Lysimeter, 滲透測儀器 |
| Housskon, 郝斯頓 | L | M |
| Hydraulic radius, 水力半徑 | LaCrosse, 拉克勞西 | Machine-hour, 機器時 |
| I | Landon, 蘭頓 | Man-hour, 人工時 |
| Inapient gullying, 溝狀沖刷之集結 | | Manning, 滿寧 |

| | | |
|--|------------------------|-------------------------------------|
| Marshall, 馬紹爾 | N. Caroline, 北克羅林納 | Plot, 畝 |
| Maximum water holding capacity, 最大含水量 | Nichols, 乃可而斯 | Plumb bob, 垂錘 |
| McCleary, J. O., 麥克禮 | Nipe, 尼布 | Point rows, 點行 |
| McGowan, John, 麥克剛 | | Pole type, 桿錐式 |
| Memphis, 明非斯 | O | Pore space, 孔隙 |
| Mexidian, 墨里約的安 | Oak-acorns, 橡實 | Prickly ash, 刺白蠟 |
| Micron, 百萬分之一尺 | Oak-hickory, 山核桃 | Pullman, 蒲爾曼 |
| Middleton, H. E., 米笛里頓 | Oklahoma, 俄克拉荷馬 | Purnam, 浦德南 |
| Miles, 賢爾斯 | Orangoburu, 奧朗泊埠 | |
| Minnesota, 明尼蘇達 | Orchard grass, 雞腳草 | R |
| Mississippi, 密西西比 | Oregon, 俄勒岡 | Ragweed, 葦草 |
| Missouri, 密蘇里 | Overfall, 跌水 | Raleigh, 羅利 |
| Moisture content, 水分含量 | P | Ransor, C. E., 雷木森 |
| Moisture equivalent, 水分相等值 | Palouse, 白拉斯 | Ray, 雷曼 |
| Moldboard, 培犁板 | Pasture, 牧場; 草原 | Red pine, 赤松 |
| Mountain ash, 山白蠟 | Peg test, 培法試驗 | Redtop grass, 紅頂草 |
| Multiple-disk plow, 複式圓盤犁 | Perennial, 多年生 | Roë, H. B., 陸 |
| Mungarvo, G. W., 馬斯格魯夫 | Periwinkle, 雁來紅 | Rotary Fresno scraper, 佛林納旋耕 式刮板 |
| Myrtle, 桃金娘 | Piedmont, 佛蒙特 | Rotation, 輪作 |
| N | Planimeter, 面積計 | Row, 行 |
| Neogdoches, 納口多施 | Plank check dam, 木板節制壩 | Row-crops strip, 行種之條地 |

| | | |
|---|-----------------------------------|-----------------------------|
| Rubble masonry dam, 乾砌石壩 | Side-spillway dam, 旁溢式壩 | Stop down, 跌水 |
| Runoff, 逕流 | Slaking value, 含水價 | Straight row farming, 直行農作法 |
| Rye grass, 黑麥 | Sod, 草泥; 草地 | Strip cropping, 條畝 |
| Ryerson, 里森 | Soil, 土壤 | Structure, 結構 |
| S | Soil-saving dam, 保藏壩 | Sudan grass, 蘇丹草 |
| Sand, 沙 | Sorghum, 粟 (高粱類) | Sunae, 漆樹 |
| Sandy loam, 沙質壤壤 | South Dakota, 南大那達 | Suspended-net type, 懸網式 |
| Scheffela, O. S., 施代禮 | Special tennacing grader, 特製修磨整平機 | Suspension, 懸垂狀態 |
| Scott, 史考德 | Specific gravity, 比重 | Sweet clover, 甜苜蓿 |
| Scrapor, 刮板 | Spillway, 溢水道 | T |
| Silt, 堆土 | Spiral-bladed rotor, 螺旋器 | Tabor, Stophan, 薩伯 |
| Silt clay loam, 堆質黏壤壤 | Spiral cross current, 螺旋式之橫流 | Tana, 泰那 |
| Silt loam, 堆質壤壤 | Spreader, 分佈板 | Tennessee, 田納西 |
| Silt-roast row, longitudinal brush type, 單排落葉箱式 | Spur, 折浦 | Targot, 譚標 |
| Shallow-channel type, 淺槽式 | Spur terrace, 斜插亭壩 | Temple, 泰浦 |
| Sheet washing, 層狀沖刷 | Stabilized gradient, 穩定岸坡 | Terraco, 階田; 階堤 |
| Shealy, 施爾柏 | Stabilized side slope, 穩定岸坡 | Terraco spacing, 階田之距離 |
| Shorleaf pine, 短葉松 | Standia wires, 配膠線 | Terraco water channel, 階田水渠 |
| Shrinkage, 收縮 | Stakesville, 斯特斯威爾 | Terracing plow, 修階犁 |
| | Steel V-draze, V 式鋼拖板 | Texas, 得撒 |

Texture, 質地

Time of Concentration, 集中之時間

Timothy, 鬼鞭煙

Total discharge, 總流量

Tractor, 曳引機

Transverse channel, 橫渠

Tulip poplar, 白楊

Turf, 泥炭

Turret type level, 塔式水準儀

Two-way plow, 兩向犁

Tyler, 麥萊

U

Ultra clay, 極端粘土

Utah, 烏合

V

Venturi flume, 窩州里水槽

Vernon, 非奴

Vines, 藤

Virginia creeper, 維真尼亞爬根草

Volume of void, 空隙之體積

W

Wabash, 瓦巴適

Warren, 瓦倫

Wair, 條口

Wotted porinometer, 濕周

Whirlwind rotary terracer, 會爾文

旋轉築階機

White pine, 白松

White ash, 白蠟樹

Wild honeyuckle, 野皇突

Wisconsin, 威斯康新

Willow, 柳

Woolley, 吳禮

Woven-wire dam, 鐵絲網壩

Wye-level, Y 式水準儀

Z

Zon, Raphael, 曾

中華民國三十年十月初版

◎(4434)

☆土壞之沖刷與控制一冊

每冊實價國幣柒元

外埠酌加運費匯費

編譯者 張 含 英

出版者 國 立 編 譯 館

發行人 王 雲 五
長沙南正路

印刷所 商 務 印 書 館

發行所 商 務 印 書 館



〇〇〇〇〇〇

(本書校對者尤惠民王章濂直榜)

1995

