

翻 譯

旱田地面灌溉排水系統之整理

Land Leveling for Irrigation and Drainage

Richard L. Phillips 著 李醒民 譯

一、前 言

美國愛阿華州 (Iowa) 西部之灌溉排水方法已有相當優良之基礎，米蘇里河谷地 (Missouri River bottom land) 之排水問題本甚嚴重，由於達柯塔 (Dakotas) 水庫之建設，洪水之問題已完全解除，自1953年後土壤水分尚感不足，當地農民看見勒布拉克洲 (Nebraska) 西部之灌溉成果，於是想盡方法以求灌溉此河谷中之土地。

二、土地耕平整理之趨勢

最近數年來，土地耕平之情形已大為進展，在愛華州之西部邊界接近米蘇里河及該州中部，自北向南，為非常良好之示範區，此洪積平原寬為5至10英里，地下水蘊藏量豐富，灌溉水自80呎至100呎深之深井中抽出。第一次平土計劃自1954年開始，第一個計劃之面積為60英畝，其目的單獨為排水，在1956年16個平土計劃之面積為834英畝已經完成，其發展之趨勢顯然逐漸增加。

三、土地坡度及土壤情形

在米蘇里河谷中之土地已相當平坦，但有甚多之低窪地及淺谷，為一典型之洪水沖積之土地，在河流之邊沿，土地之坡度為每哩之高低差一呎（約 $1/5000$ ），離河岸愈遠則土地之坡度漸增，每哩之高低差為5至10呎（ $1/1,000 \sim 1/500$ ），在河谷之邊沿地形之起伏甚大，自山林中而來之逕流，沖向此平沿谷地，作物同時遭受排水不良及逕流沖蝕之害。該區土壤為砂壤土及粘土，大部份土壤為粒徑甚細之土壤，目前工作之主要對象為壤質粘土及粘土，此種土壤之水分滲透情形除降雨開始之時期外，均非常緩慢，逕流水均向低地集中，地下排水之方法在此區不甚適用，因土壤中含粘土粒達65%以上。

四、降雨情形

雨量對灌溉排水計劃影響殊大，在愛阿華州康生

布魯 (Council Bluffs) 地方之年雨量為20至35吋。在春季時雨量似太多，在六月至八月又似乎不足。此種情形作物種植時期過慢，初期生育欠佳，而後期則因水分欠缺而受旱害，若干田地之夏季後期作物已受到阻礙。

五、排水情形

數年來對於排水出路，曾作若干之努力，此種排水出路，用以排除山地之逕流水，通過山谷地而至溪流中，以為農場之排水出路，利用低淺之水路作為地面排水系統之發展甚為緩慢，只在最近始發現良好之地面排水系統甚感需要。過去應用低淺之水路在低濕之土地，在起伏甚大之丘陵地，其排水系統幾乎是亂七八糟，如此排水雖可良好，但我們的田間作業可能受到甚大之阻礙。

六、灌溉情形

為使地面灌溉良好，地面應予整平，該地區之主要作物為玉米及少數大豆，兩種作物均為行播，將土地整平為均勻之坡度，則灌溉容易而排水良好。因行播作物之逕流水將順其植行流出，在行之末端開一排水溝，則逕流水將可全部收集而排出，亦可排除灌溉過多之水量。灌溉排水互相配合之系統，在米蘇里河谷之農場中，農民對此種土地之整理，認為是全年中旱季及雨季免除災害之保證，在雨量甚多之地區，排水系統是完整之灌溉系統中不可免除者。過去農民對其田間每英畝玉米產量60至80蒲式耳 (Bushel) 甚為不滿，經將田間灌溉排水系統整理後，每英畝水量增加至100至120蒲式耳。

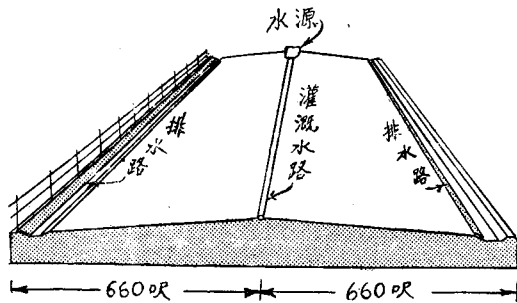
七、產量情形

在愛阿華州荷萊 (Noney) 谷，安得萊農場 (Don Anderson Farm)，自1955年因乾旱之故，其產量為每英畝80蒲式耳至1956年經灌溉後增至每英畝115蒲式耳，又在米蘇里谷地，萬威廉 (Vern Williams) 及馬丁 (R. M. Martens)

農場其產量達 135 蒲式耳，該各農場均有完整之灌溉排水系統，該各農場之增產率自 20% 至 30%，其他之利益為便利種植及減少補植等。

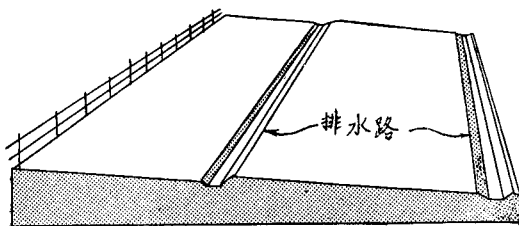
八、設計情形

農民之設計均由美國水土保持局予以技術之協助，大多數之田間設計為兩種方法，其一為田間中央高，排水在田之兩邊（見圖一），其每側之田區寬度為 660 呎，在 40 英畝之田間，無其他排水溝，兩側合計則可達 80 英畝，在田中央高地之一端可鑿一井，用帶水門之水管置於其高處，則可灌溉其田區之全面。



圖一：田區中央高之系統

其另一種方法為連續坡度式，在橫跨坡度方向設排水溝（如圖二），此種系統適合於坡長甚長之坡地，土地整平時其土量較少，此種系統灌溉較困難，而排水溝之數量較多，據經驗者稱，第一種系統較為完善，雖然有時須將土地的坡度改為相反。



圖二：連續降坡式系統

設計之初，第一即須決定畦之長度，有幾種因素影響畦之長度，如排水之標準，經濟條件，土壤透水之速度，以及不引起沖蝕之最大灌溉水流量，此種水流本身即含有坡度之意義。如設計之坡度甚平，畦長甚長，則畦之一端因逕流水集中而發生大水流，則排水速度將為減低。對該谷地美國水土保持局對畦長擬訂有標準，在畦之末端應有排水溝以排除田間之逕流水。

土壤透水速度亦影響畦之長度，土壤透水愈快，則畦之長應愈短，以達有效之灌溉目的。自排水之觀

點言，則因其透水率大，逕流水量少，畦可較長。例如土壤輕鬆，其本身排水良好，常無需地面排水系統，如以排水之目的而言，則畦可較長，如灌溉排水混合系統，則畦不能太長，以期能達良好之灌溉效果，如土質尚輕鬆其畦長可達 950 呎，如土質中等，而灌溉重於排水，則畦長可達 1,000 呎。

在米蘇里河谷之細質土壤，其粘土粒含量達 60~65%，該地極需地面排水系統，雨量多之年，作物常受水浸之害，此種土壤以排水之觀點言，畦長應短，如為灌溉之目的，則畦長可甚長，因其土壤之透水力甚弱。此種理論在第一次灌溉時，則將發生錯設，因此種土壤，在未飽和前，其裂縫可深達 6 呎，灌溉水立即滲入土壤中，與砂土之情形相似，因此畦長只能為 700 呎。

畦之長及坡度受最大之不引起沖蝕之水流量影響，此種流量之大小可由下式求得：

$$\text{不引起沖蝕之最大水流量} = \frac{10}{\text{地面坡度}} \quad (\text{每方加侖})$$

例如土地坡度為 0.2%，其不受沖蝕之水流量則為

$$\frac{10}{0.2} = 50 \quad \text{每分加侖 (g.P.m.)}$$

因此我們知此流量之大小與地面坡度成反比，如土壤輕鬆，透水率大，則灌溉之水流量應大，則畦之坡度應小，以免引起沖蝕，而畦之長亦可較長。

土地之最小坡度，依排水之目的約為 0.05%，已往一般使用者多為 0.1%，而農民均希望用 0.2% 之土地坡度，因此坡度可避免田間工作而使土壤部份不平，而影響灌溉排水工作，但甚少使用 0.25% 以上之坡度。

由於經濟情況之不同，如因整平之故，而土壤搬運太遠或太多，則其費用亦愈大，但如田區愈寬則排水設施之費用將可略為減低。

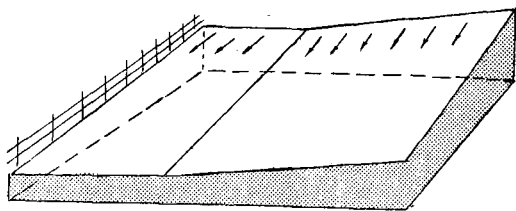
九、設計方法

1955 年曾有大面積之土地耕平工作，第一步為確定用何種方法進行，曾經試過好幾種方法如斷面法 (Profile method)，等高線調整法 (Contour-adjustment method)，平面推移法 (Plane method) 等，最後仍決定用平面推移法，尤其土地特別平之地點。

平面推移法之第一步為將田區分為 100 呎見方之格子，並插上樁，將各樁之地面高測定，同時對排出路之適當高度予以估出。然後將所測得之資料繪於紙上，在平坦之土地，各點之高度以標尺所讀之數為準。而坡高甚大之土地則應用標高繪製。

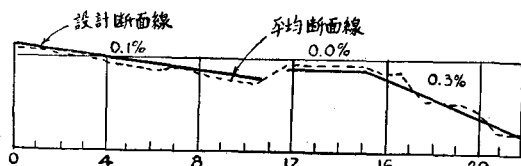
十、田區大小及田地坡度之決定

當田區之圖已繪製於方格紙上時，即應決定田區之大小，整個田區無論多大，如有需要利用此法均可整理成一塊田地，除非其田地甚小，或相當平整，否則如若一大塊田地全部予以整平為一塊土地，則土壤之運搬將所費不貲。因田地多有一變化之坡度，故均應將一大塊之田地予以分成若干小區，以便儘量配合其原有地形（如圖三）。為便於分割田區，可作若干平均之斷面圖，以便獲得自然之田地狀態，對於設計上亦可節省若干時間。有人希望以等高線來決定，但此種平坦之田地，等高線甚難繪製，常使人感到頭暈腦脹。



圖三：兩種不同坡度田區合併系統(有相同之畦降坡)

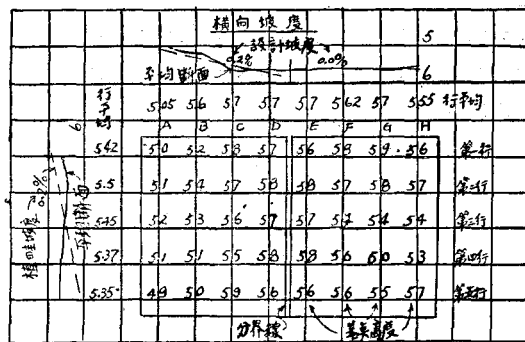
着手設計時，先假設水流之方向及試驗性之田區長，普通田區之長度受灌溉排水之因子而決定，在垂直水流方向之坡度稱為橫向，順水流方向之坡度稱為直向，先將直向各行樁之地面高相加，並求得其平均值，寫於該行之上（如圖四）。並將其斷面繪於其上



圖四：田區耕平設計圖

，依其斷面情形，而決定地面坡度，並依其地面坡度而決定一塊田地之大小，此種方法之設計，並無需若干經驗。（圖五）表示另一斷面之情形，自第一行樁至第十行樁之坡度為同一坡度，自十一行樁至十五行樁為水平，再往下即為下降之坡度，依此情形應設計為三個小區，以減少土壤運搬之數量及距離。

下一步驟為橫斷面之設計，此種設計有各種方法，其一為最適耕平法（Plane-of-best-fit），當土地斷面已經繪出之後，通過斷面而決定其地面線，如圖五之情形，第一斷面可為0.1%，第二斷面可作成



圖五：田區斷面設計圖

水平，第三斷面可決定為0.3%。為了設計之便利計，可將各田區之分界置於兩基線之間，尤其兩田區之排水均集中於兩田區間之排水中時；而基線上有樁之基點，可用以在施工時修正其工作情形。

十一、埂之坡度

為利於合計直向各樁之高度，各田區之寬度應先行假定，當寬度已行決定後，下一步驟則為根據橫向各樁之高度以繪製橫向之斷面，而決定最經濟之水流坡度坡向（如圖四），此為通常應用以設計理想坡度之方法。此種方法較用最小二乘方或最適耕平法以求坡度還更快，因此必須將各基樁之高度相加，即可求得其平均斷面，期能使用耕平之方法來完成。如用最最小二乘方，以求米蘇里谷地之田區坡度，常不足以獲得適當之表面排水坡度。

當理想之坡度決定以後，即行開始整平工作，通常在經過相當犁耕之後，土壤尚疏鬆時，即行耕平，但應注意土壤之沉陷。

十二、結 論

近數年來之灌溉工作在米蘇里河谷地，已很快的發展，許多土地所有人均將土地整理，並構造完整之灌溉排水系統，在此平原谷地之土壤主要為粘質細土，地面排水甚為重要，最近數年因受乾旱，於是感到只有排水系統並不足，而須有完整之灌溉排水系統，其結果已顯其功效，玉蜀黍每英畝之產量已增加至125蒲式耳，農民認為此種土地耕平工作等於雙倍之保險，即無論天旱或雨量過多均無損於作物。在春季利於排水，在七八月則易於灌溉。尤其灌溉現正是年年需要，因此農民均實施了土地耕平工作。

譯自：Agricultural Engineering August 1958