

農地重劃—渠道佈置與構造物設計之研究

A study on the farm land readjustment—installed and structures design

臺灣省水利局工程師

黃 毓 嵩

前 言

在這瞬息多變的二十世紀中，象徵着一個巨輪的轉動，因為時代進步，科學昌明，隨着科學的發達，帶來人類生活環境的改善，為現代化的生活，再進而演變到原子及人類意欲征服太空時代，由於科學及工業的進步，我們中國由農業社會演變兼工業社會之初階，則農業配合工業而增產，工業導引農業而發達，互相不可缺，合而併進。惟使農業益於發達，生產量提高，其因素雖不少，而我們水利亦可謂擔負一責重任大之務，不可忽略之最大因素之一矣。

回憶本省光復以來各項水利工程之興建，經政府竭力輔導，承農復會之協助，由地方人士之熱誠與水利技術人員共同不斷之研究與改善，已有長速之進步。尤其近年來政府極力推行輪灌繼而盛行農地重劃，則配合工業之發展，水之最善運用，同時改善土地，使予耕作有一系統之灌溉，運輸方便，節省人力而提高最高之生產能力之最理想政策矣。惟對於現行之渠道佈置，運用及附屬構造物等之設計，尚未達到經濟、堅固、美觀、迅速、施工容易、管理方便等之理想目標。筆者從事農田水利工程歷數十年，茲就管見所及，列舉最近盛行之農地重劃實施情形及附屬構造物等須改善之處及略述擬改進方法供為水利界先進共同參考研究。

一、渠 道 佈 置

依據臺灣省農地重劃十年計劃方案悉其宗旨係綜合性土地改良，其意義在改善農業生產環境，改良農場結構，集水利、農業技術、農業金融與地政以促進土地之高度經濟利用，達到減低或本，增加生產為目的。查其渠道佈置如第一圖所示，以每一條給水路間必配置一條農道，再於農道之兩側或單側設施排水路，旨在耕作期間之工具搬運及收穫時之運輸方便而設農道，其附設排水路為田間之排水及農道排水之用。

又查其流向都為以沿子午線方向為其基本方向。經查如此渠道佈置法有的地方因地形上不甚理想，往往其所佈置水路之走向略與等高線平行，致成所設渠道底坡過平而影響流速緩慢，造成土砂淤積影響計劃通水量，必須擴大渠道原計劃斷面始能滿足。又支分線形成直角分水之故，反而其分岐水路，往往陡坡而必須增設跌水工 (Hydraulic-drop) 等雙方均不經濟狀態。又給水路配置在兩農道之間，其灌溉流向及田面排水之流向等，經查因地形之關係，其計劃流向不符實際流向，致成不能滿足其效能。(請參照第一圖 A~A 斷面) 鑑於此，筆者為容易分水起見，擬將給水幹線、支線、分絲、小給水路及小排水路，中排水路，大排水路等擬一系統的而符合容易分水、排水之條件下，將水路之流向不與地形等高線平行，以免影響渠道內之流速減少及田間之餘水、排水等易予排洩。則計為給排水路均有系統的之佈置，即擬將本溝與分溝之分岐走向為 120 度之交角行之，(請參閱圖示第二圖) 並將給水路、排水路使予平行而以同一中間堤塘為隣，或農道之兩側水路，於上游處仍為排水側溝外，下游處改為給水路以利灌溉之用。如此計劃，旨在使予計劃灌溉或排水之流向以符實際流向(請參閱第二圖 B~B 斷面) 及給排水路隣行或農道之下游方改為給水路之故，對於工程上可流用挖排水路之土量填為給水路堤塘，較為經濟而方便。至於整個分水角度由直角分水改為 120 度斜角分水，得解除上述幾項缺點外，尚有下列之優點，請參閱本文構造物設計中之分水佈置計劃乙節悉其全貌。

二、構 造 物 設 計

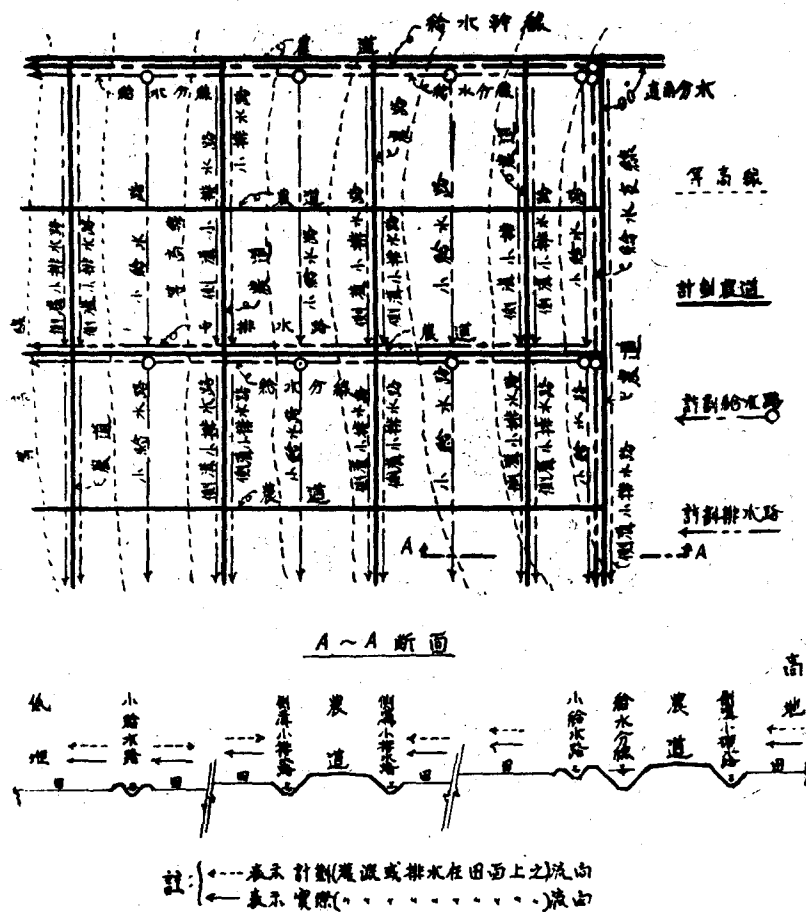
1. 分 水 佈 置

本文擬談分水設備，係平常分水以操動啓閉機升降門扇或以斗門等之設備而言。茲針對分水佈置之原分水法及斗門設施等之改善供為參考研究。

凡某溝分水與某溝，按已往之慣例均有設制水門 (Check-gate) 於本水溝靠近擬分水之分水門下游處以調節分水之用。惟按已往之分水佈置法都為直角分水，此法係以分水溝渠底高出于本水溝渠底時，必須攔其幹溝水位升高始能達成用之。所謂純係調節用閘門 (Regulating-gate) 外，幹支溝渠底略平時之分水，原無攔水仍自然分水。但其分水形成直角之故，往往不得如償，尤其渠道流速快時，更加無法順利分水。請參閱第三圖A及B (A圖表示流量比較大，需設備一組以上啓閉機操作門扇如幹線分與支線之舊辦法分水佈置，B圖表示流量較少可用矩型斗門以插板操作分水如分線分與小給水路等之舊法分水佈置)。

因此筆者將原直角分水之舊辦法擬改為分水方向與被分水方向形成為 120 度之斜角分水設備。此種分水佈置辦法得解除下列缺點：(1)當幹支溝渠底略平必須攔水調升水位，增加分水門口前之水頭 (Head) 並降低幹溝原有流速予以近幾靜水狀態始能達成順利分水。(2)係因沉降速度 (Setting velocity) 易予污泥 (Sludge) 細砂 (Fine-sand) 等沉澱於幹溝制水門翼牆與支溝分水門翼牆之交接隅角處影響幹溝之通水斷面。(3)在幹溝上游以一定速度流下之水流，當成為直角分水作用，原有線向速度 (Liner-velocity) 發生漩渦作用 (Eddy-action) 致分水不順，影響支溝所需用水量。此外尚可減少其管理費用。請參閱第四圖A，至於流量較少者得採用斗門分水，進一步改善斗門構造如下述反梯型斗門構造，其佈置如第四圖B。

茲再進一步研究，擬分岐溝渠底如低于幹溝渠底或靠近分水處須設置跌水工 (Hydraulic-drop) 時，將跌水工擬移于上游連接分水門，將其落差高度減去 20 ~ 30 公分移付于分水門前面進水處，則分

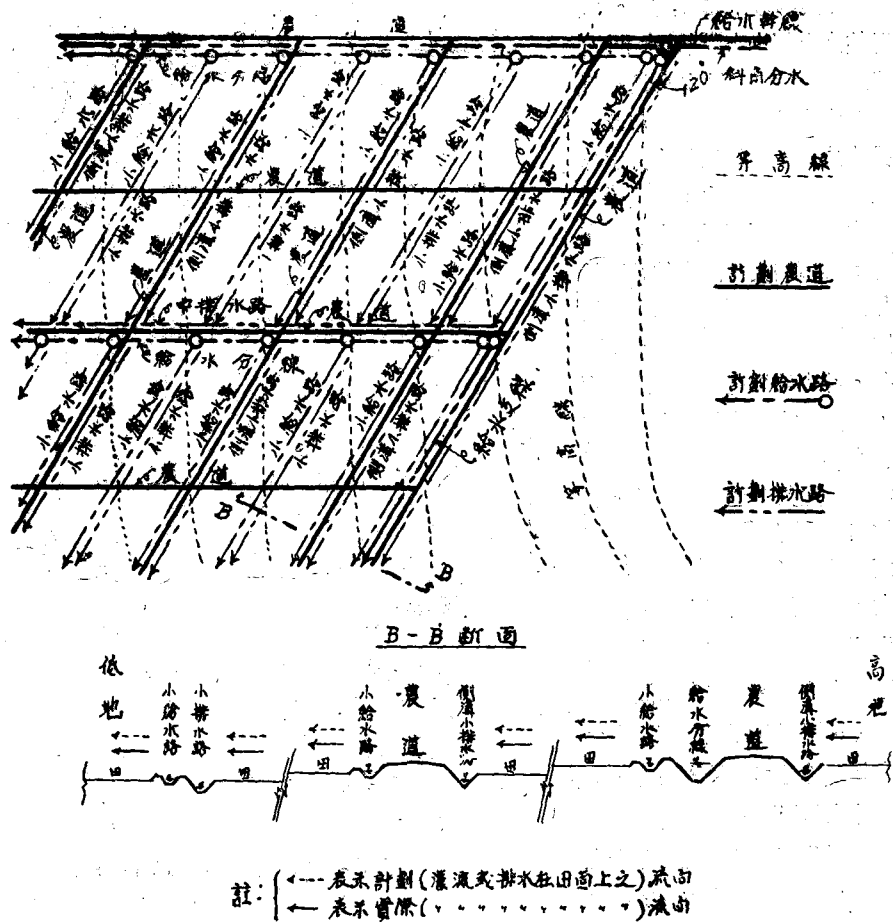


第一圖

水門底檻 (Bifurcation-gate bed sill) 設低于幹溝制水門底檻為 20~30 公分並由上游幹溝渠底渠道宜地點開始漸降併向分水門底檻處止導引流量易于導入分水門洞內。請參閱第五圖，幹溝不設施制水門，跌水工落差高度亦得減少，可節省工程費。此種裝備僅係筆者之構想，相信，不設幹溝制水門，對於輪灌 (Rotational irrigation) 制度上計劃需水量流入支溝似無影響，預導入支溝殘剩水量仍能向幹溝下游流下。本辦法不但節省整個工程費，對於維護費亦減少，維持管理方便。請從事實地之水利界先進廣為參考，並希望移于實地進一步研究印證為幸。至於該項 120 度斜角分水佈置法之設施及有關詳細資料，請參閱中國農業工程學報第十二卷第二期。以上係幹支線等比較流量大或地形上須兼施跌水工等之分水佈置法，其調節水量仍裝置啓閉機而行之。但水量較少如分線分與小給水路等之分水調節均以斗門設施為宜。

本文擬談之斗門，以原係矩型之斗門設備擬改為

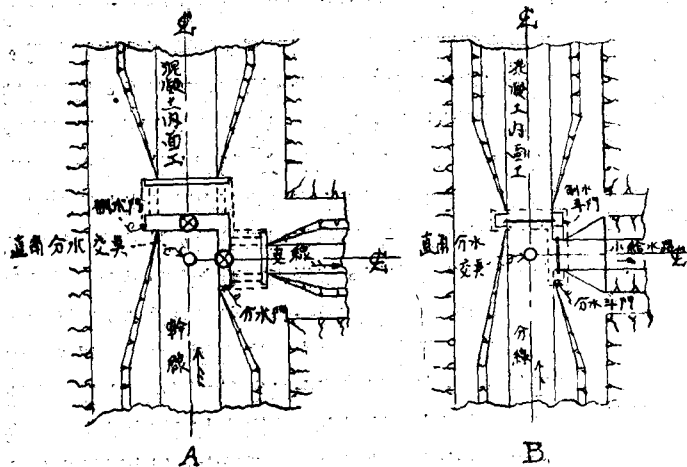
反梯型斗門以符合原給水路断面，並消除爲設置分水斗門而須另計算斗門通水断面之水理計算及水路断面變爲斗門矩型断面間之漸變槽(Transition section)。但其插板(Flashboard)大小由底至頂每塊不同尺寸之不便實所難免。此項設施之出發點係斗門通水断面符合原給水路断面而免另計算斗門通水断面之水理計算及不必設施漸變槽減少工程費。對於管理上是否適當須待進一步之研究。茲附第六圖供爲參考。該圖A表示原型之矩型斗門，B表示擬改善之反梯型斗門。第四圖B則表示將反梯型斗門設施之120度斜角分水佈置法。



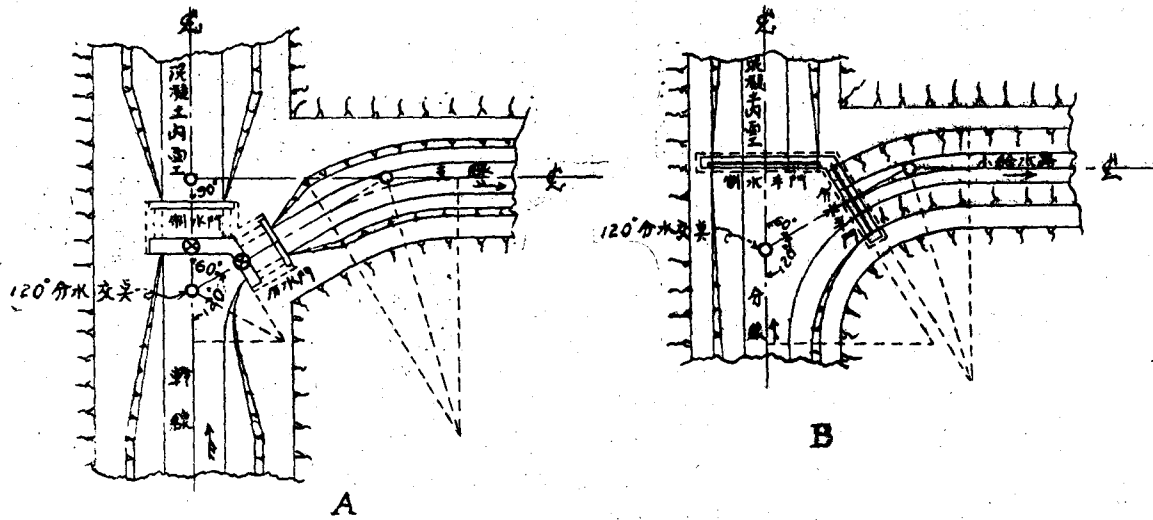
第二圖

2. 通水設備

跨在本溝上之通水設備構造物甚多，如水溝潛過鐵路則設施鐵路橋或鐵路涵洞，按其立體交叉情形，有的尚需設置穿越鐵路虹吸管，橫過公路亦然。只因水路橫穿公路時，有時公路可加高，不需設施道路虹吸管，但穿越部份之公路加高與設施道路虹吸管之選擇，應參酌經濟、配合環境及政策，其他有關之諸問題一併考慮妥爲處理爲要。通水設備尙有計劃水路與原有水路之交叉而需設涵洞、水橋或水路虹吸管。本文擬談之通水設備構造物設計，爲配合農地重劃必須之附屬構造物及擬改善部份之構造物列舉幾項，簡述擬改善方法供爲參考研究。



第三圖



第四圖

a. 橋樑設計

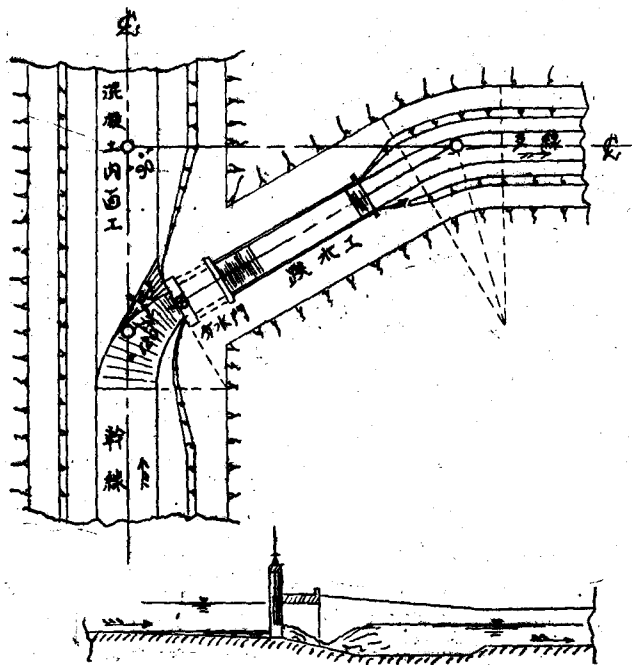
本構造之設計，為配合混凝土內面工之各種優點，則將橋台及橋身聯繫為一體跨在原混凝土內面工斷面上。但應設於橋身底面與計劃水面上之懸空間距不少於規定出水高度 (Free-board) 為原則。並不改變原渠道通水斷面，僅將跨架在橋樑區間之混凝土內面工增厚少許。至於該項橋身之應力計算，仍以簡支樑 (Simple-beam) 方法計算橋版 (Slab) 之混

土斷面及鋼筋數量即可。橋台部份之混凝土斷面及鋼筋配置等不另計算，以配合工地情形而定。(請參閱第七圖A) 至於路面與計劃水路之堤頂高低相差甚鉅時，得以增加橋台部份之基脚 (Footing)。(請參閱第七圖B) 另如原地盤線為計劃水路底面以下，堤塘整個須填土而成，即橋面與原地盤線之間懸空甚鉅，或該橋樑架設部份地盤軟弱時，必須打木樁補強之。(請參閱第七圖C) 於渠道断面大時，需設置二跨徑以上之橋樑，為施工迅速簡便請參閱第七圖為簡支

樑之連續外，其橋墩為考慮減少阻水及美觀計，擬改為圓柱型橋墩。此種構造之橋樑如高級公路橋亦可應用，至於其應力計算及詳細設計等俟有機會為進一步研究外，茲以略圖第八圖供為參考。如橋身長而重負荷之高速度車輛之橋樑，為趕工及最高經濟之利用，以預力式計算長跨徑橋樑，即以幾個長方型之橋版組成之。如臺北市之橋樑採用此法最為理想之趕工施工法。但農田水利之農道，均為短跨徑輕載重之橋樑之故不致如此工作法，為簡便着想擬供第七圖及第八圖參考之。

b. 涵洞設計

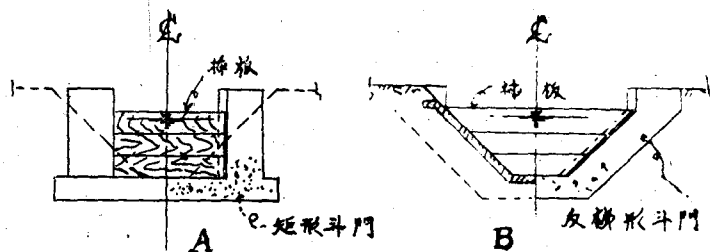
本構造物之設計，亦着重於配合混凝土內面工之各種優點而設，今將筆者之構想一、二作為參考研究。則應用無鋼筋之混凝土拱涵洞構造架裝在原渠道上，並以原渠道渠底混凝土改為該拱涵洞之底床，計劃水面線



第五圖

為拱軀體兩基底，而洞頂蓋儘量選擇半圓拱型 (Semi-circular arch type) 之混凝土涵洞為宜。(請參閱第九圖A) 如因地形之限制，路面與計劃水路之空間不大無法選定半圓型混凝土涵洞時，即以橢圓型 (Elliptic type) 或扇型 (Scheme type) 等之拱涵洞代替之。但如果地形關係一定要採用扇型拱涵洞時，應加裝單鋼筋補強以策安全。

以上各種拱涵洞構造之斷面均以圖式解法求之。則計算推力線 (Thrust line) 是否介在拱軀體三等分以內。其作圖法限于篇幅在此省略。茲僅列舉此種構造之優點供為參考。即(1)通水方便，不必另計算通過洞之通水斷面。(2)施工容易，如需趕工或長距離兼有彎曲處，亦能順利進行。(3)跨徑不大之架設涵洞甚為經濟而方便。(4)圓形之構造物尚有曲線美之感。(5)計劃水路之通水斷面不變之故，管理方便。(請參閱第九圖) 至於路面與計劃水路之空間連擬採用扇型涵洞尚無法容納時，即改為如第十圖之變態箱型鋼筋混凝土涵洞 (Transformation box reinforced



第六圖

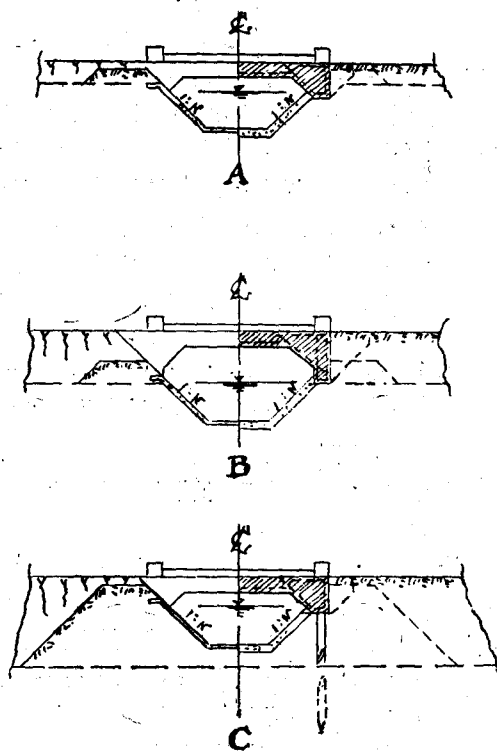
concrete culvert), 此種構造以剛構方式 (Rigid-frame method) 應用於箱型剛構 (Box rigid-frame) 計算應力。二跨徑以上時，其中間以隔牆方式為二連以上之變態型涵洞設計之。請參閱第十圖及第十一圖供為參考。

c. 水橋設計

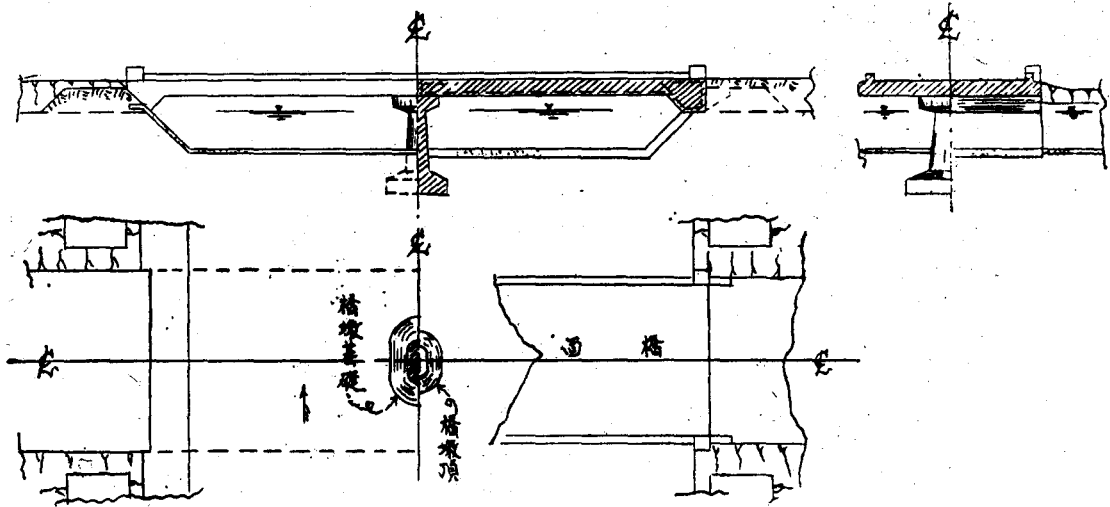
水路跨越溪谷或排水路上之架設構造物大者稱為水橋，小者謂之渡槽。其構成材料及方法可分為懸吊式水橋，混凝土造水橋，石造水橋，磚造水橋，木造水橋，鑄鐵管水橋等。除稀有管型水橋外，其餘水橋之斷面形狀均普遍為矩形通水斷面。因此其出入口一段區間與原水路之接續區間需設以漸變槽連之。其各段之斷面變化及其他各種水頭損失之水力計算較為複雜，尚有施行漸變段時多用模型板之不經濟，灌澆混凝土亦稍有困難之處。為解除上述各項缺點計，將矩形通水斷面擬改為與水路之同一反梯型通水斷面。如通水量相當大，地形上不因渠道輸水間之各項構造物之輸水損失，水頭損失等影響灌區內之田面灌溉計劃標高者不必固執改變如第十二圖之構造，仍採用矩形斷面形狀之水橋。本文所擬談者係通水量較小，水路整個之坡度較平，須儘量減少水路輸水間之各種損失與高度之關係，即必須另考慮為反梯型渡槽以達成通水目標。至於越過溪谷或排水路濶而必須計為二跨徑以上時，其橋墩亦可參照第八圖採用圓柱型橋墩以減少水之阻力。(請參閱第十二圖)

d. 跌水工設計

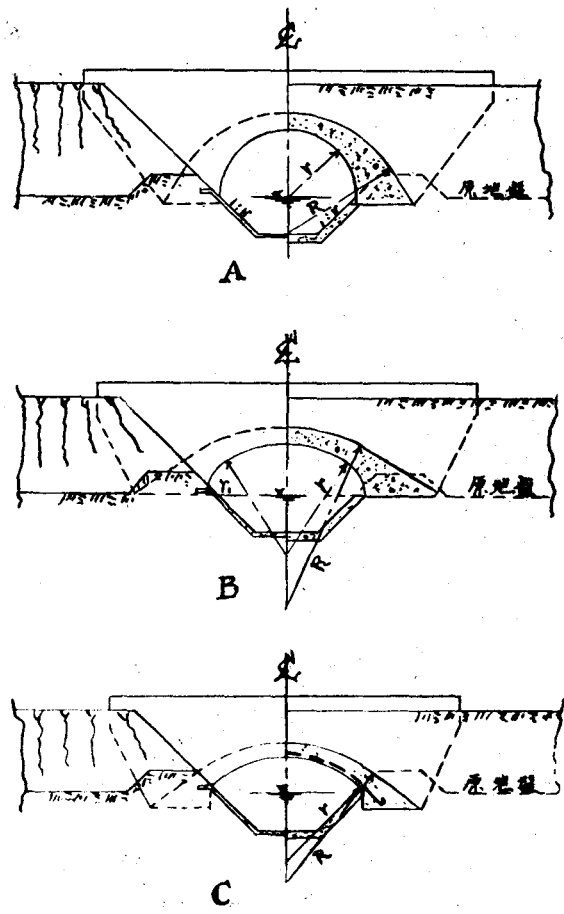
渠道通水設備中，渠道如經過地形較陡之處，而渠道縱坡不能依照地形設施陡坡需為減緩渠底坡度，應於渠道中間按其地形而須設置跌水工 (Hydraulic-drop) 以消減能量。一般跌水工依其縱向形狀可分為垂直式跌水工 (Vertical type hydraulic-drop) 及傾斜式跌水工 (Inclined type hydraulic-drop)，其斷面形狀均為矩形為普遍型體。第十三圖為表



第七圖

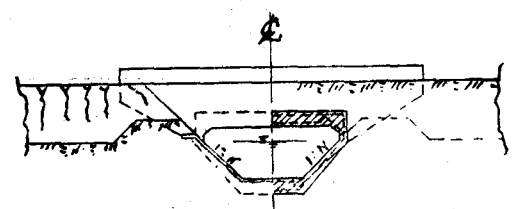


第八圖



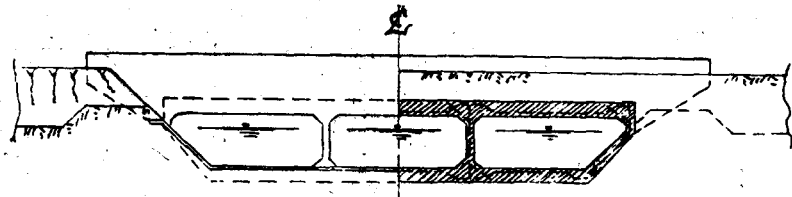
第九圖

示垂直式跌水工之略圖，此型跌水工多應用於較小渠道，或因其上下游渠道受地形之限制採用之。至於傾斜式跌水工不但不受地形之影響亦可應用於任何大小渠道或渠首工 (Head works) 以消去多餘之能量。第十四圖為表示傾斜式跌水工。以上兩種跌水工之兩側牆均為垂直之故，對於土壓之影響等諸問題亦應考慮之。其兩側牆間距離大者必須以擋土牆方式 (Retaining wall method) 設計為倒立T型擋土牆或L型擋土牆方式行之。然後將兩側牆之基版連成爲跌水工之床部。其各種擋土牆之設計程序，應力計算，混凝土斷面、鋼筋量等之決定，因限于篇幅在此不詳談，請參閱「土木水利工程用最新設計實例集第一集下冊第三章」如果跌水工兩側牆間隔不大，得以採用U字型渠道方式設計並求其各斷面之混凝土斷面及鋼筋量。其混凝土量及鋼筋量係因兩側牆與床部連成一體之故，得應用於倒立式剛構計算諸應力，較前述倒立T型或L型擋土牆方式所求混凝土斷面及鋼筋量較小之利。但其應力計算難免較爲複雜之嫌，此種計算待有機再談。筆者鑑於此，則將傾斜式跌水工之矩型斷面形狀擬改爲與原水路斷面同一側坡爲側牆面以



第十圖

解除上述各種麻煩，並跌水工出入口處與原水路間不必另設一區間為漸變段，對於整個工程費亦可減少。茲僅以略圖第十五圖供為參考。該項構造物於通水流量較少之水路廣為應用。其詳細設計請從事實地先進為進一步研究印證為幸。

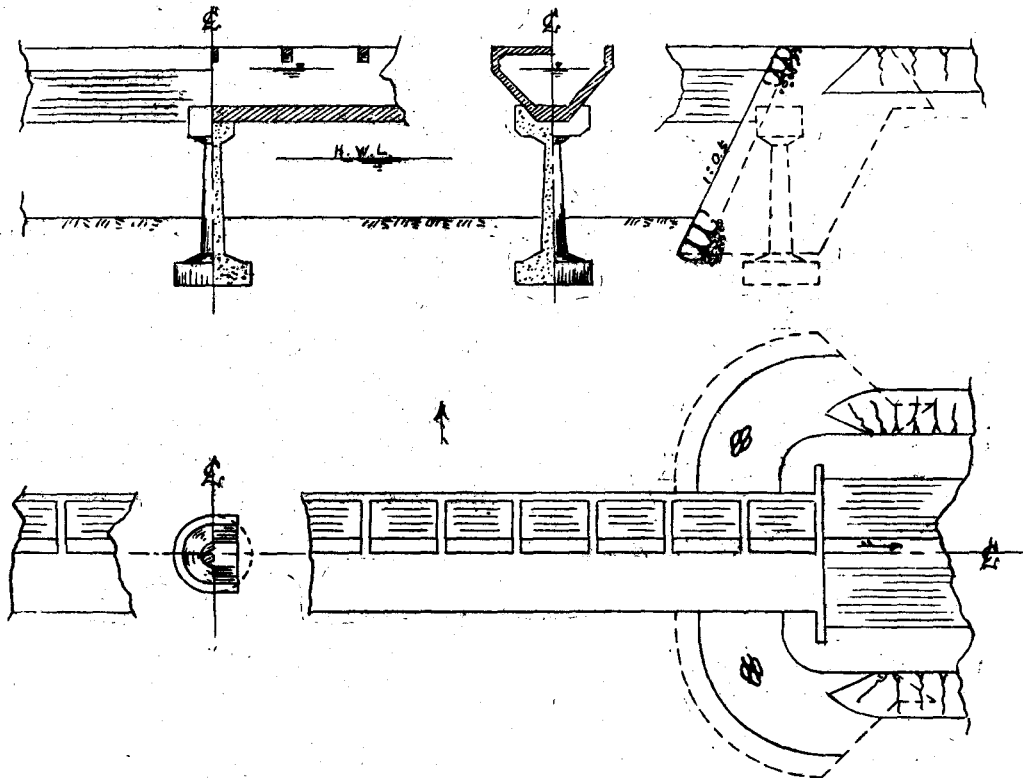


第十一圖

3. 排水設備

凡灌溉水路，在適當地點具有排洪或調節水量之設備以防萬一，保全渠道本身及各項附屬構造物。已往所見者為單獨之排水設備，偶爾兼具側溢流堰（Side over-flow weir）於水門旁邊上游處。近年來為排洪及調節水位計，盛行虹吸溢道（Siphon spillway）之設備，惟如遇急遽漲水，尤其直接由河流引水之渠首工為甚，僅靠溢流設備（Spill-flow device）以調節水位尚感不足，且來不及以放水門（Delivery-gate）放水，尤以晚間突然出水時，更易沖壞渠道堤塘及其附屬構造物之慮。

鑑於此，筆者曾考索一種自動排水門（Automatic delivery-gate）以備排洪及調節水位之用。此種構造簡單而經濟，不需由人操動門扇關閉，由河水漲到一定高度時，以水壓力之作用其門扇自動的開始轉倒放出渠內多餘之水量於渠外排水路或溪谷以保全渠內一切之設備。該項構造之設計最重要者，係決定其迴轉中心軸（Turnig center axle）之位置。以一般之例為 $0.35h \sim 0.48h$ 定其迴轉軸中心位置， h 即為計劃水位高度。今檢討使門扇自動轉倒時之其渠內水位應使予超過計劃水位何多為宜，應視其設置自動排水門起至上游間渠道內之各項設備，例如鐵路、



第十二圖

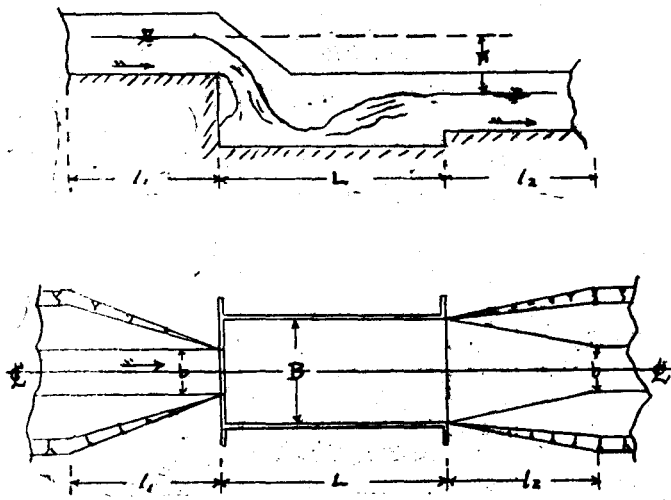
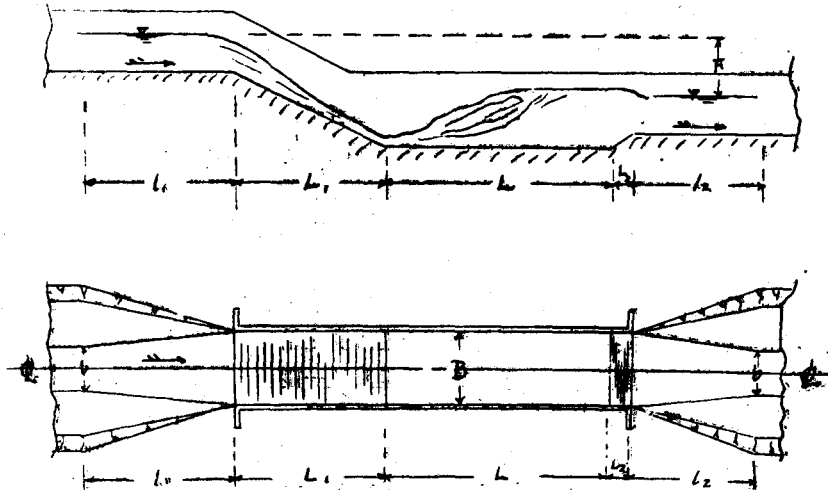
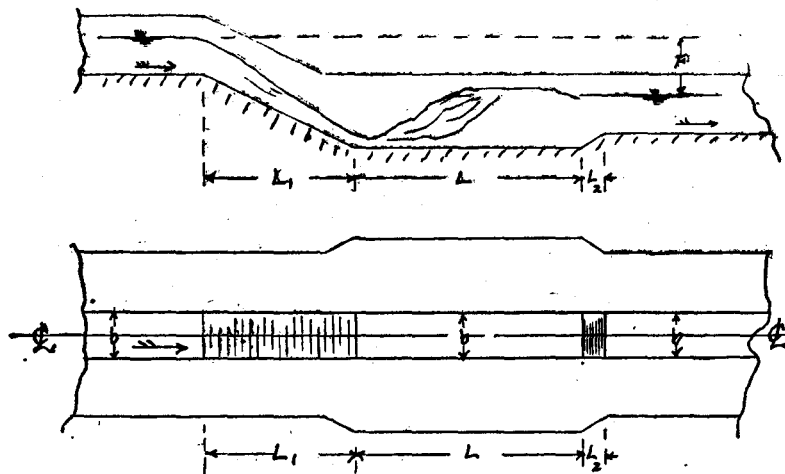


圖 第十三圖

放水關係甚大，因此門扇之大小、厚度、使用材料、門扇自重等亦應考慮納入計算中心軸之轉倒、回豎之重要資料之一。至於決定門扇之厚度，迴轉中心軸之直徑，軸承 (Bearing) 之設計等限于篇幅恕不多述。其詳細之設計程序及計算例請參閱「土木水利工程用最新設計實例集第一集上冊第七章」。但規模較小之排水設備，門扇以木造，迴轉中心軸使用不銹鋼桿，其扇板亦以



第十四圖



第十五圖

公路，其他公共設備之高度，堤塘本身，田面及灌溉時期等不致影響之水位上升高度等，由設計者自行定之。其次要者，門扇已由水壓力作用自動轉倒並放出渠內多餘之水量，但門扇若使其轉到水平及渠內水位退至 $0.35h$ 以下時，如無以人力使之復原位置者，永不能自動復原門扇豎立位置再予蓄水。為考慮渠內多餘水於短時間內放出，並於短時間內自動復原門扇豎立位置，免予放出多餘水量，反而影響灌溉時期之必需灌溉用水。為雙方兼顧起見，門扇之放平最大斜度擬不超過 15° 為宜。使其門扇轉倒後仍依水壓力自動的壓其門板豎立復原位置之計算，其正確性與蓄

不銹鋼之金屬類裝置於中心軸上轉動。本辦法之排水設備簡單而經濟，但附予實施之前，為慎重計須先行作模型試驗查其與計算成果是否相符。茲以第十六圖略示規模較小之排水設備，同圖 A 表示農地重劃給排水路併行，中間堤塘為共同，由給水路渠內多餘水量放出隣設排水路之排水設備，門扇未至轉倒保持最高水位之豎立情形，但渠內水位漲至圖示點線高度以上時，就開始轉倒。同圖 B 表示同一排水設備，

渠內水位已漲至圖示點線水位以上，其門扇轉倒放出渠內多餘水量及扇板倒平為 15 度傾斜情形。該渠內水位降下至有一定高度時，其扇板自動的能依其作用板上之水壓力而復原豎立位置重新蓄水。

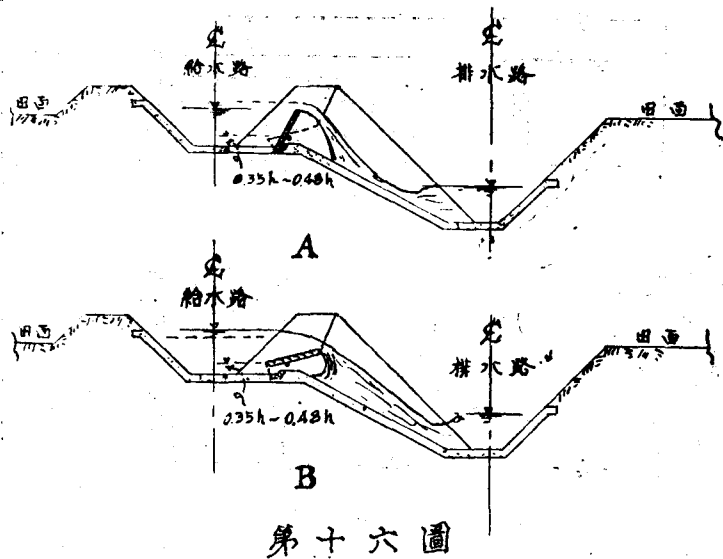
4. 其他設備

經查農地重劃之渠道，如以按照第二圖所示，給排水路併行而隔隣，為共同堤塘，其給水路之分岐為 120 度傾斜之佈置者，其給水路流末流入排水路或小排水路合流於中排水路，中排水路合匯於大排水路等之角度亦能形成 120 度。該時之流入工設計比如第一圖所示直角流入，其順利程度自不待言。

本文擬考慮其他設備者，特指係農地重劃若施於近海岸，比較有風，地下水較高地區，其一切灌溉水利設施係因位于流末之故，較上游地區難免缺乏水量之嫌，為補給此一缺陷及善用水利起見，計將該地區之排水路以每經一段相當距離，擬設施一個風力水渦輪，利用風力之轉動操作水渦輪及上排水路之排水、地下水等由管子沿共同堤塘逆行輸送至上游隔隣之給水路，導入復為灌溉用水。此項設施應設地點及一劃區應設幾處為宜，需向氣象局調查該地區之季節風，風力、風向及有關資料同時一方面調查該地帶之地下水情形等所需資料而定之。至於風力水渦輪之設計，請應用於本省南部之鹽田地區利用風力在近海設置之風力水渦輪及上海水于鹽田之方式參照灌溉適宜之構造，不限定風向自由轉動之構造為要。此種設備係筆者之構想及建議而矣，是否合宜須進一步之研究。其併行隣設之排水路務予挖至地下水層為宜。

結 論

本文所談渠道佈置係筆者曾於實地察看農地重劃



第十六圖

渠道佈置實況，對於分水、土地之利用及給排水路之配置，渠道之走向與地形未儘配合及其附屬之各種構造物之設計等擬稍為改善以符合實情。對於擬改善構造物之設計，有的係筆者在實地經驗完成，其結果稍有積效，有的係建議改善之構想，未經移于實驗一併供為參考。希望從事實地水利界先進，為進一步之研究，追求理想而努力改進，使予水利事業不落後于科學而進展，貢獻社會謀福利，解決民生。今天所談渠道佈置係強調(1)渠道之走向不固執為沿子午線方向，以按現地地形而定其走向。(2)為分水方便各渠道之交角由直角分水擬改為 120 度傾斜分水。(3)給排水路與農道之設施，應有一系統之理想佈置。

以上三點若能承蒙有關先進之同鳴讚許及有關當局予以支持，希望先行設一試驗區以按照第二圖所示渠道佈置法付予實驗水證。至於配合此種渠道佈置之各種構造物設計及改善，編為一標準型之具體設計計算方法及圖樣等，如有機會請諸位提出共同研究，不吝公佈予世為人類貢獻。不文之處尚請多賜指正為禱。