

半自動地表灌溉構造物

Semi-Automation Structures of Surface Irrigation

吳 純 宏

農復會計劃助理工程師

Abstract

The trends toward high labor cost for irrigation and the scarcity of irrigation water resources in many areas have forced the progressive farmers and larger irrigation association or enterprises to take a anxious look at automatic systems that can efficiently apply water to irrigated lands. But the complete automation of irrigation syetems are usually electronic and remote-controlled, the high cost makes it unable to be widely used. Both timer-controlled and automatic water-pressure-controlled structures introduced hereunder are low-cost and simple, and adapted to the circumstance of Taiwan especially on pasture slopland for the developing animal production and lined unlined canal on plain for paddy rice and dryland crop irrigation.

一、前 言

灌溉工資愈來愈高，灌溉水源逐漸缺乏，迫使世界各地對自動灌溉方式漸漸關切並寄於無限的期望。自動灌溉方式依自動化之程度可分全自動及半自動兩種，全自動灌溉為不需靠人力，灌溉前後皆以電子操作，灌溉後可自動恢復原狀備下次灌溉之需，而半自動方式，則以簡單之機械作用配合人力，每次灌溉之後必須以人力恢復之，以備下次自動實施灌溉。

美國之自動灌溉之研究與發展，壑務局(Bureau of Reclamation) 專司幹、支、分線之進水門，分水門等自動化遙控啓閉；而農部之農業研究處(Agricultural Research Service)，則專司田間灌溉操作自動化。幹、支、分線之自動化，以其成本高貴，目前在本省尚非農民可負擔，而農業機械化正是剛開始的時候，為使國人及農業界人士注意，農業機械化非只限於農機具，而農田水利方面之機械化也不應忽視。爰介紹紐西蘭及美國田間地表灌溉使用之半自動方式，以其設備簡單，裝置容易，費用少；前者可能對本省正發展中之畜牧事業之坡地牧草灌溉有所助益，後者則適於平原地區，土渠或襯砌工渠道之水田及早作物灌溉。

有一片田地，以田埂間灌溉法施灌之，給水路使用移動式帆布擋水閘引水入田，農民可同時灌溉一個

或兩、三個埂間，可是必須來回水路，不停照顧水門，以便放水或斷水及移動帆布擋水壩，若欲有效利用灌溉水源，則夜間亦行灌溉，然真正工作時間只佔全部灌溉時間之一小部份，如下表說明。

表一 田區灌溉操作時間與全部灌溉時間之比較

丘 塊 秩 序	灌溉時間 (分)	操作時間 (分)
1	25	6
2	20	6
3	20	5
4	20	5
5	15	6
6	20	5
7	20	6
8	22	5
9	22	5
10	24	6
11	26	5
12	27	5
	261 (分)	65 (分)

由上表可知，65分鐘可做完之工作須費261分鐘之灌溉時間才可完成，然而若應用簡單之自動灌溉設備，則65分鐘可完成261分鐘之工作，此仍自動

灌溉節省之工作時間。

二、帆布擋水閘 (Plasticised Fabric Dam)

應用半自動灌溉並非能節省勞力，而是節省工作時間，使全部工作能於短時間內陸續完成，這主要是利用連續時間控制整個系統及移動式擋水閘，使灌溉水引入某一丘塊只限於其應得之灌溉時間。

1. 構造 (參看圖(一)或圖(二))

a. 橫杆 (Cross bar)

橫杆支撐布織擋水閘，當擋水閘放下時，依橫杆為軸而轉動，橫杆為長 14 呎直徑 3 1/2 吋之鋼管或木棍。

b. 布織擋水閘 (Fabric dam)

此擋水閘為不透水之原布以耐龍線縫製而成，

擋水閘形狀以製成適合水溝大小為宜，兩角連接定時釋放器之鏈條。

c. 定時釋放器 (Release unit)

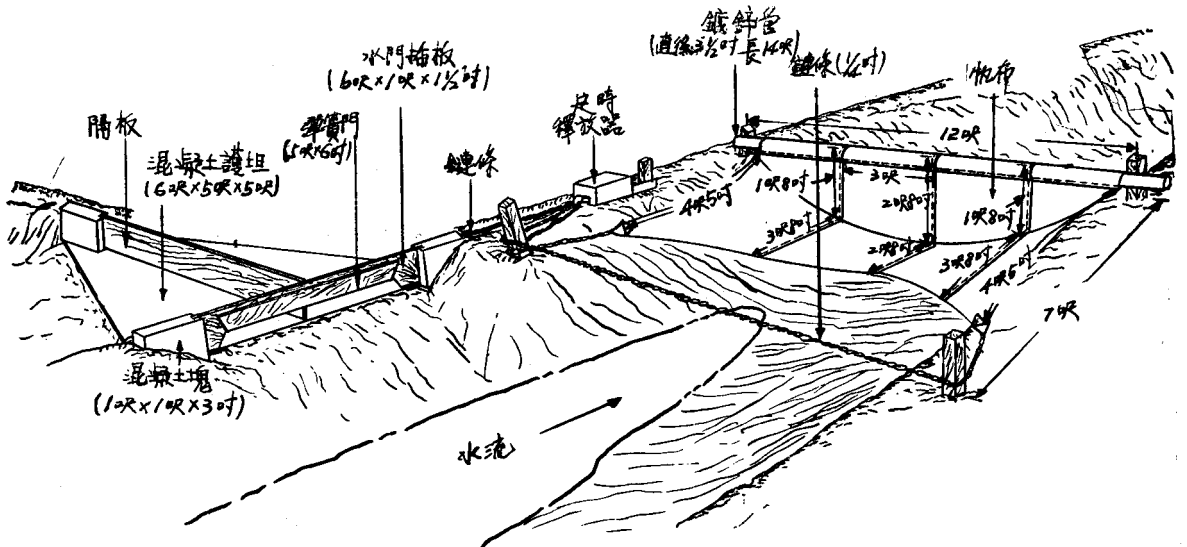
定時釋放器能於預定時間釋放拉鏈，使帆布自動放下或放鬆。

d. 水門板 (Headgate boards)

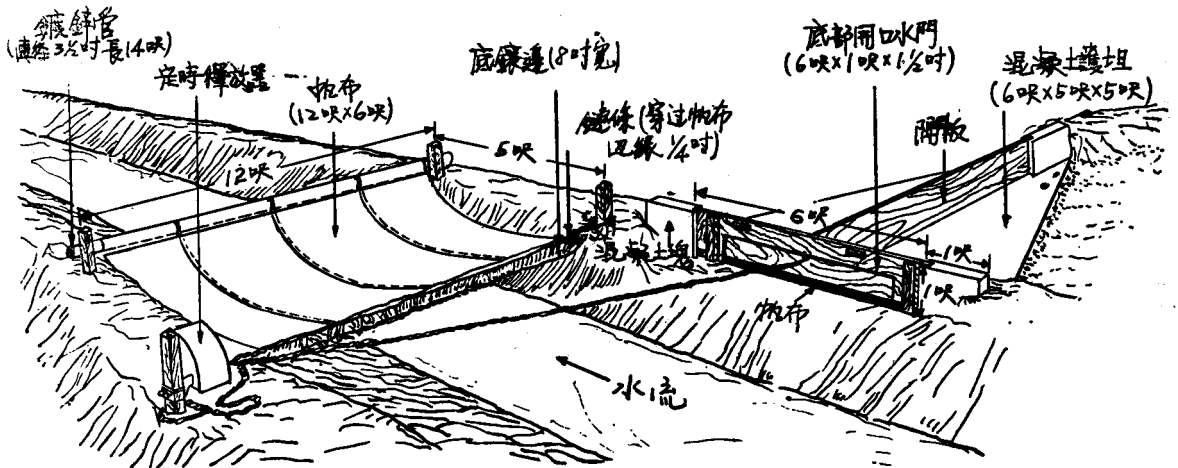
下游式灌溉：水門板 6 呎 × 1 呎 × 1 1/2 吋連接 5 呎 × 6 吋之彈簧式

水門，灌溉後水門關閉，灌溉水不復進入丘塊。

上游式灌溉：水門板大小同上而繫於水門底部，當鏈條放鬆，帆布擋水閘放下，水門亦同時打開，備水流入田區。



圖一 帆布擋水閘自動灌溉各部構造 (下游灌溉式)



圖二 帆布擋水閘自動灌溉 (上游灌溉式)

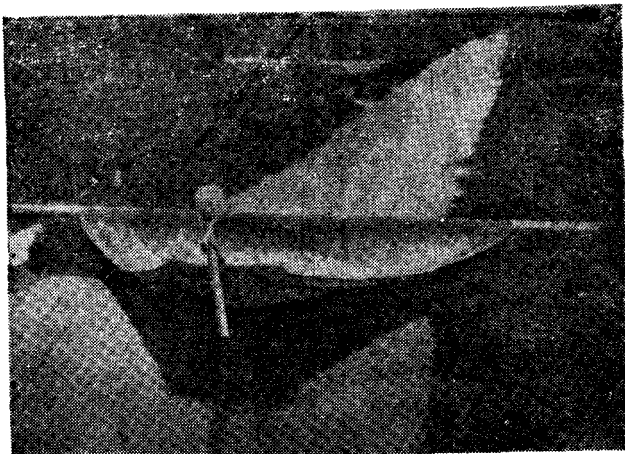
2. 操作方式

自動灌溉系統之操作方式可分兩種，

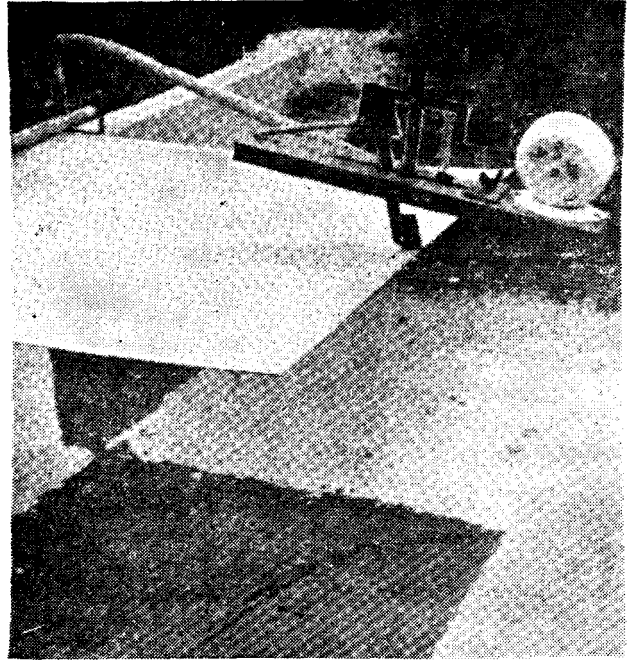
(a) 下游灌溉式，如圖(一)所示，定時釋放器裝好，擋水閘安於溝底，灌溉由渠道上游田區開始往下游實施，當一丘塊灌完之後，定時釋放器放鬆拉鏈，水穿閘而下過，被下游帆布閘擋住而抬高，再灌溉下游之田區。(b) 上游灌溉式，如圖(二)所示，定時釋放器拉緊帆布閘置於渠道水面上，當下游丘塊灌溉時間終了，則上游之一個帆布閘被定時計釋放而掉入渠道中，迅速封緊水溝，抬高水位至一定之高度，而擠開溝測水門，灌溉水流入田區，如此，帆布擋水閘由下游往上游依序放下，而灌完全部丘塊。

行下游式灌溉方法，若系列中之一個定時釋放器發生故障，則破壞整個系統之繼續操作，非但下游田區不能灌溉，而且將造成上游田區之排水問題，浪費灌溉水源，故一般以上游式灌溉方法較佳。

定時釋放器可置於渠道傍或溝中，如圖(一)、(二)所示者均為置於溝傍，而圖(三)、(四)為置於溝中。圖(四)中之永久擋水閘以混凝土代替帆布，配合可移動之鐵門及定時釋放裝置。使用永久性混凝土擋水閘之缺點為建造投資費大，不像其他構造物，水門及定時計可移動使用。



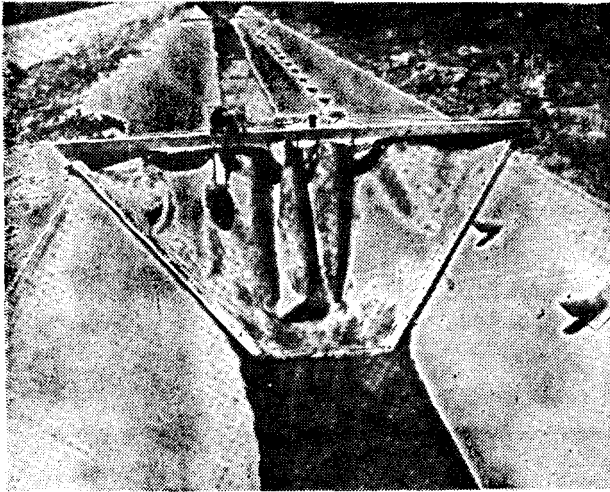
圖三 定時計置於溝中央之帆布擋水閘



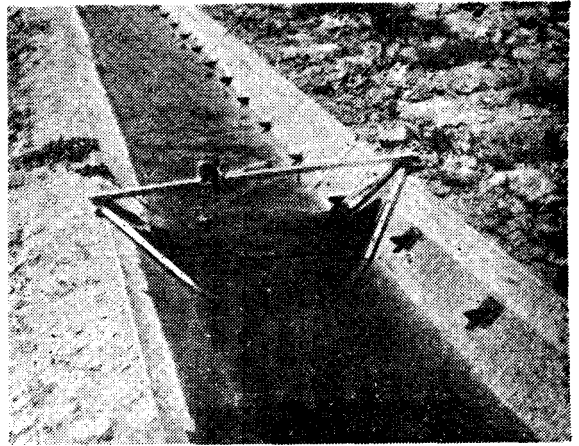
圖四 永久性混凝土水閘，鐵門及定時釋放器

三、移動式穿繩橡皮水閘 (Portable Drawstring Rubber Check)

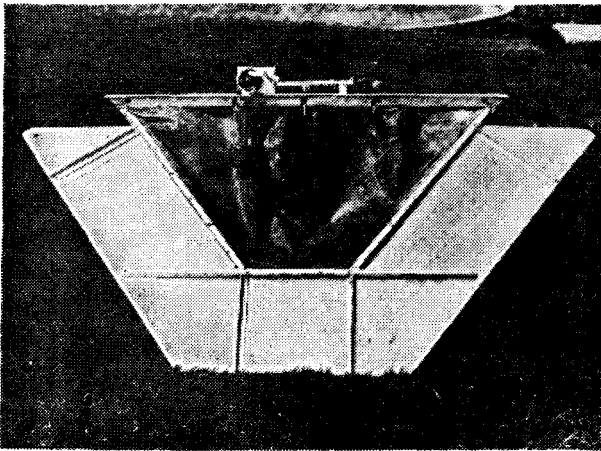
移動式穿繩橡皮水閘具有輕便，可移動之特性，於襯砌工渠道（圖五及六）或土渠（圖七）均適用。將耐龍橡皮裝於適合渠道形狀大小之鐵架而成，橡皮水閘之頂緣每隔一定距離打孔，以直徑 $\frac{1}{8}$ 吋塑膠被覆鋼線貫穿之；關閉時，拉緊鋼線繫於鐵架上，而封閉渠道，關閉前水位逐漸抬高而由渠傍缺口或短孔口引水入田，行畦溝或田埂間灌溉。當關閉前水位升到一定高度，浮子 (float) 上升，放鬆扣鈕，定時計開始計算田區之灌溉時間，灌溉時間終了，定時釋放計將鋼線放開，放下橡皮閘，水再往下流，繼續灌溉下游田區。浮子一般用塑膠質製成。此種擋水閘不僅可用於分水入田，亦適於給水路之轉換，配水之用，設計時應注意渠道形狀，參改圖(八)及表(二)設計之。



圖五 移動式穿繩橡皮水閘適用於鐵砌工渠道



圖六 穿繩橡皮水閘正使用於遞減流量畦溝自動灌溉系統



圖七 穿繩橡皮水閘鐵架外加載水壩適用於土渠

承包土木建築水利工程

鑫榮營造廠

負責人 邱乾鑫

地址：花蓮縣吉安鄉永興村一三九

表二 自動橡皮水閘設計標準

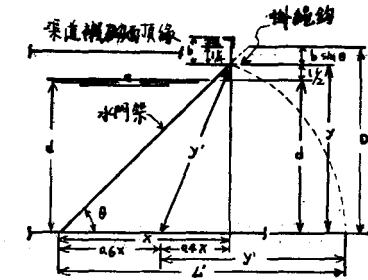
d	a	x	S	L	Wd	W	h	ls
12	1 1/4	13 1/2	19 1/8	26 5/8	50 1/4	42 1/2	21 5/8	26 7/16
14	1 1/4	15 1/2	21 7/8	30	55 3/4	46 1/2	24 3/8	29 7/8
16	1 1/2	17 1/2	24 3/4	33 3/8	61 5/8	50 7/8	27 9/16	33 3/4
18	1 1/2	19 1/2	27 3/8	36 3/4	67 1/4	54 7/8	30 3/8	37 8/16
20	2	21 1/2	30 3/8	40	72 3/4	59 3/8	33 3/8	41 1/4

單位：吋 渠底寬度 W=12吋 渠道邊坡 $\phi = 45^\circ$ 橡皮壩之傾斜度 $\theta = 45^\circ$

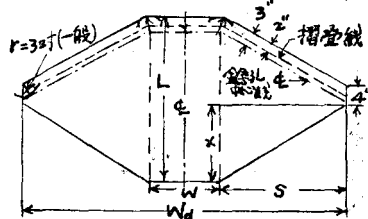
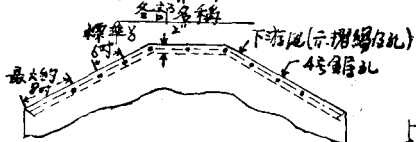
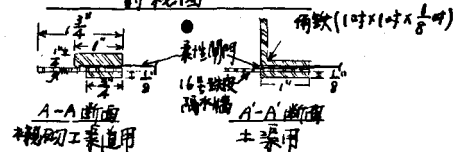
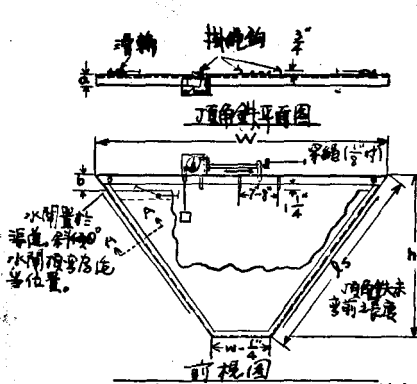
表三 襯砌工梯形渠道，自動閘門設計基本尺寸

設計水深 d	基本尺寸								
	D	a	W	h	ls	hcp	Wg	Wo	Lg
12	14 1/2	1 1/4	41	20 1/2	25 1/8	5 7/16	17 11/16	17 7/8	19
14	16 1/2	1 1/4	45	23 1/4	28 5/8	6 5/16	18 15/16	19 1/8	21 3/4
16	18 1/2	1 1/4	49	26 1/8	32	7 1/4	20 1/4	20 7/16	24 5/8
18	20 3/4	1 1/2	53 1/2	29 3/8	36	8 1/8	21 1/2	21 11/16	27 1/2

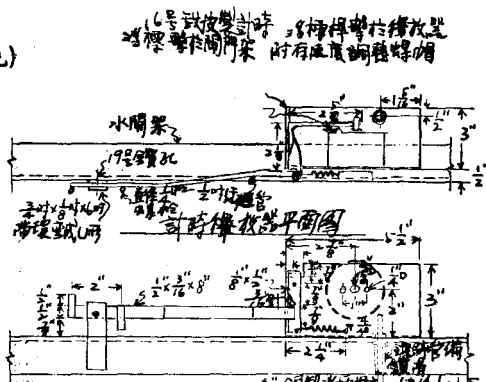
單位：吋 渠道底寬 W=12吋 渠道邊坡 $\phi = 45^\circ$ 壓力水門傾斜度 $\theta = 45^\circ$



W = 渠底寬(吋)
 d = 設計水深(吋)
 ϕ = 渠道邊坡(一般 45°)
 θ = 水閘架傾斜度(以 45° 為佳)
 Y = $d + 1/2$ (吋)
 X = $Y / \tan \theta$
 Y = $\sqrt{(0.4x)^2 + y^2}$
 L = $0.6x + y$
 S = $Y / \sin \phi$
 Wd = $2.5 \sin \phi$
 a = 頂角缺寬度(吋)
 b = $a + 1/2$ (吋)
 D = $y + b \sin \theta$
 h = $W + 2D / \tan \phi$
 h = $\frac{D}{\sin \theta}$ = 閘門斜桿長度
 ls = $\frac{D}{\cos(\tan^{-1} \frac{D}{h})}$



柔性閘門細部圖



標架及帶力組合之下游視圖

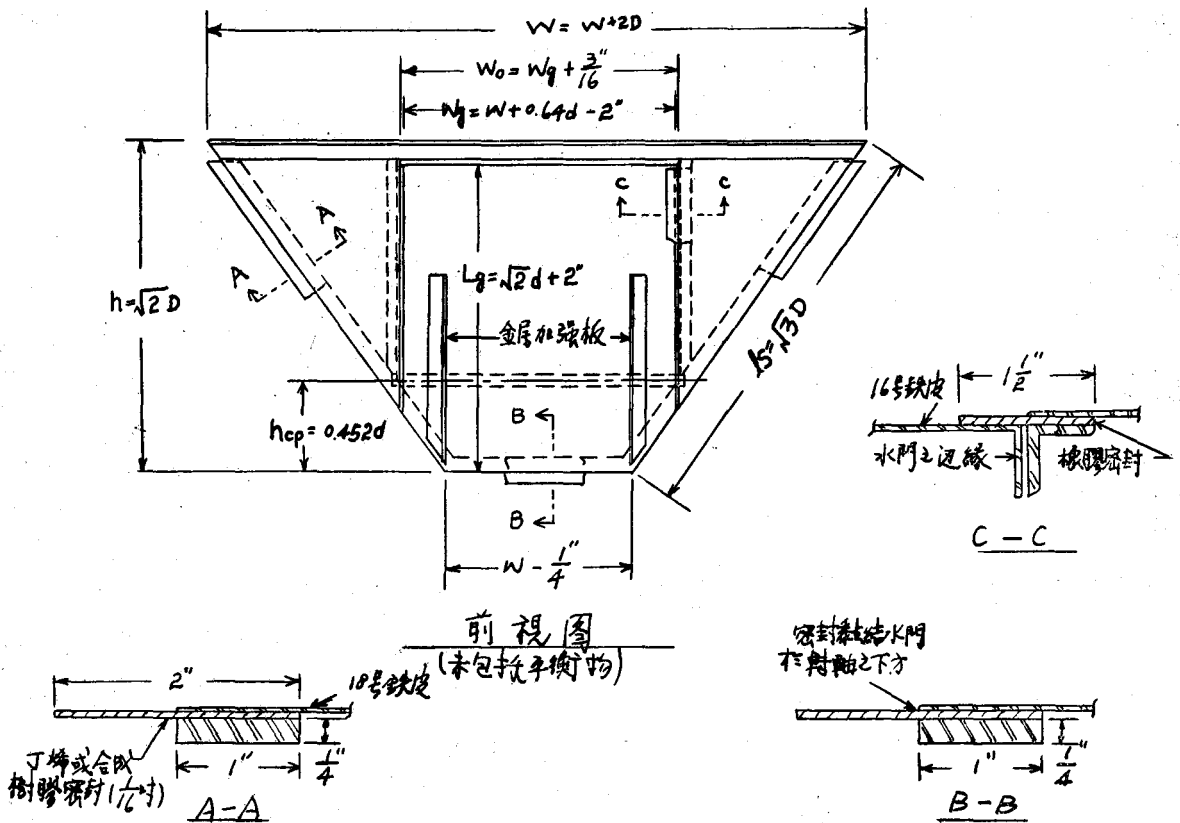
圖八 自動拉繩橡皮閘門，一般設計，建造詳圖

橡皮擋水閘應用於土渠時，可將襯砌工渠道用之橡皮擋水閘鐵架兩斜邊及底邊加載水牆改良而成，安裝時間下游傾斜，約與渠底成 45° 角，但若用於渠道傍或田首溝（Head ditch）分水入田，則以垂直安裝較佳。

四、壓力水閘 (Pressure Gate)

此種水閘為應用靜水壓力原理，使水門自動開啓，壓力水閘形狀以適合渠道大小之梯形為宜，中間開

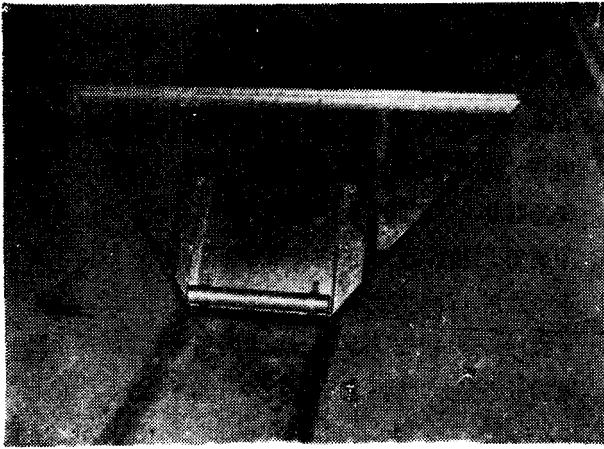
一矩形閘門，閘門下緣有一橫軸，離渠底約為閘門開啓時水深之 0.32 倍。若裝上平衡電子 (counter-weight) 則成全自動裝置，當閘門前端水位達一定高度時，閘門自動打開，若灌溉水不斷流，水門就一直保持開啓；當轉換渠道，灌溉水流向其他水路，則因平衡重子之作用而自動恢復原狀而關閉之，以備下次灌溉之用。此型閘門與其他構造物聯合應用最為理想。操作時若渠道正常水深等於水門開啓水深，則水門處於近乎平衡狀態，易引起漏水，設計時應加注意。



圖九 襯砌工渠道之梯形壓力水閘之一般設計

壓力水閘之設計步驟及基本尺寸如圖(九)及表(三)所示，建造時應特別注意密封之良好，圖(十)為襯砌工渠

道使用之梯形壓力水閘，圖(九)為鐵板截水牆代替橡皮密封，適用於土渠之梯形壓力水閘。



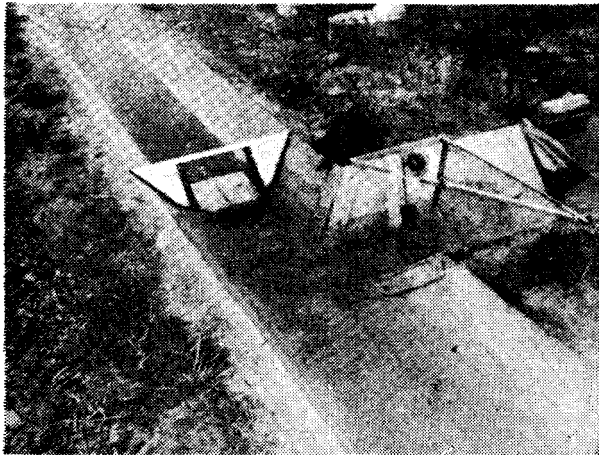
圖十 襯砌工渠道之梯形壓力水閘

此型水閘可與下節介紹之下跌式水閘 (Drop gate) 聯合操作，此種聯合操作，是配合下沉浮子式水門 (Sinking float border burnout gate)，應用於

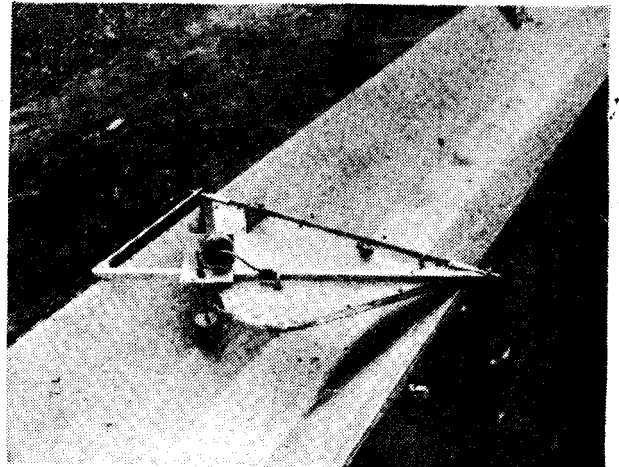


圖十一 土渠之梯形壓力水閘

田埂間灌溉之自動系統。亦可當排水路。或發水路之安全水門，此種水閘之最大缺點在於易受雜草及其他漂浮物阻塞。



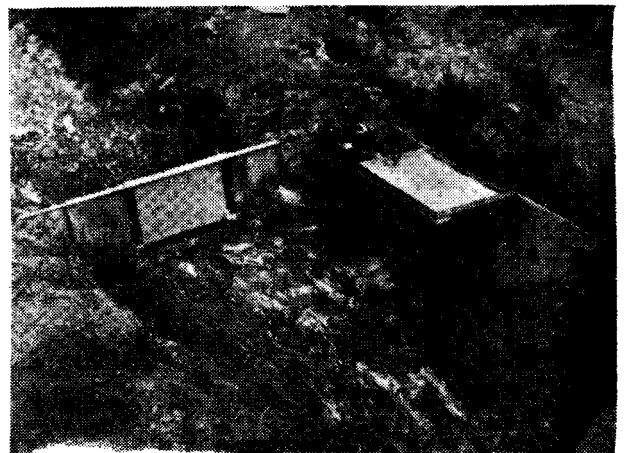
圖十二 壓力水閘與下跌式水閘之聯合運用於襯砌工渠道中



圖十三 下跌式梯形水閘置於襯砌工渠道上下

五、下跌式水閘 (Drop Gate)

下跌式水閘開啓時，懸掛於渠道頂部。如圖(十四)所示，三角形鐵架置於渠道頂部，當定時計釋放閘門底端後，靠閘門自身之重量，依頂緣為軸轉動，而將渠道擋住，抬高水位引水入田，或轉換水路。



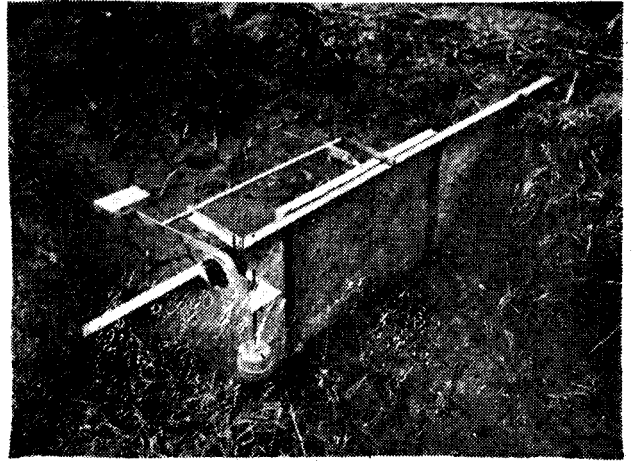
圖十四 矩形下跌式水閘與壓力水閘一起置於土渠備用

於襯砌工渠道，水閘之設計及施工可參考表(三)，於土渠可有如下四種安裝方法：(1)如圖(四)水門繫於垂直之擋牆上，(2)如壓力水閘或移動式橡皮水閘一樣閘門成梯形，傾斜安裝，(3)與一般之擋水閘或槽溝(Slot)安裝一起，(4)安裝於管路之出口。

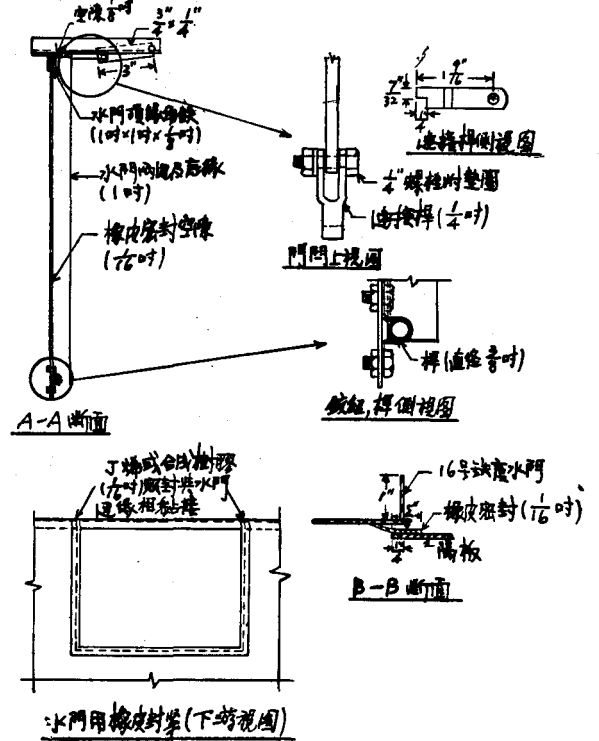
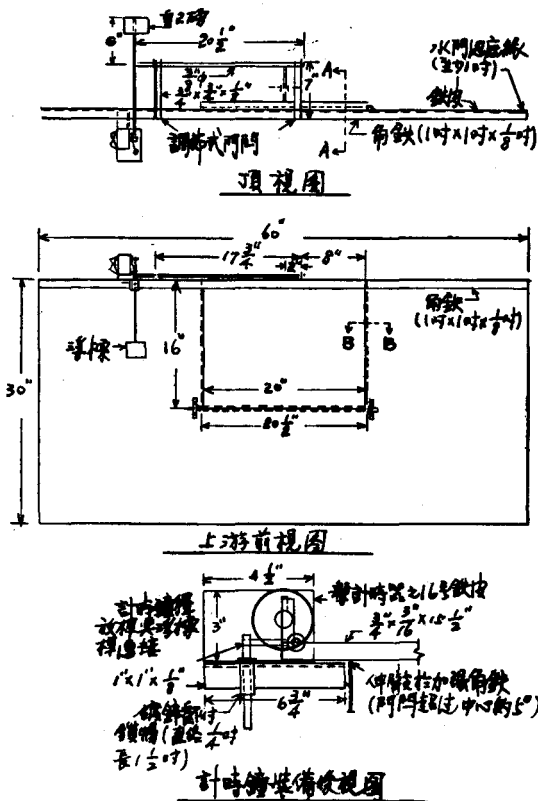
如前所述，下跌式水閘與壓力水閘聯合操作，可使自動灌溉系統更臻經濟實用，不論是襯砌工渠道或土渠，如圖(四)及(五)，下跌式水閘置於引水入田之分水門，壓力水閘裝於渠道內。定時計及浮子之構造與前述者相同，當某一田區之灌溉時間終了時，下跌式水閘落下將渠道封閉，渠道水位上升，而將壓力水閘自動打開，而灌溉水繼續往下游流，而依次灌溉下游之田間。若壓力水閘及下跌式水閘安裝之位置與圖(四)及(五)相反，即壓力水閘置於分水口，而下跌式閘門安裝於渠道，則灌溉秩序為由下游而上游灌溉矣。上游式配水灌溉之最大缺點為灌溉完了後，渠道中尚蓄有多量餘水未加利用，浪費灌溉用水。而下游式灌溉之方式，其缺點為若有一處下跌式水門發生故障，不能自動關閉，則未能轉換田區灌溉。

六、護坦式鐵水閘 (Metal Apron Gate)

定時計自動操作之護坦式鐵水閘埋置於土渠如圖(六)所示，鐵板之底緣繫於截水牆，啓閉即以此為軸。此型水閘之細部設計圖示如圖(六)，其用途與拉繩橡皮水閘相似，當定時計釋開水門上端之門閘，則水門受水壓而自動向下游開啓，於截水牆下游形成護坦，以免水門出口土渠受冲刷。



圖十五 土渠安裝護坦式鐵水閘



圖十六 護坦式自動水閘之設計詳圖

七、結 語

地表灌溉仍一項十分費工之工作，為節省人力，現已發展一些適合地表灌溉之構造物，本篇共介紹五種簡單之自動水閘，這些構造物可適用於不同之灌溉系統，襯砌工渠道或土渠，其構造大多利用定時控制及自動水壓或水位控制物，花最少之人力，達最有效之配水管理。

半自動灌溉配水系統之操作，與一般傳統式灌溉方式比較之有些問題應特加注意，例如雜草，漂浮物可能須加鐵柵除去之，還有壓力水閘，牽動定時計之浮子等均須保持一定之渠道水深，以免半自動操作受

影響。若渠道水位變化激烈，或渠道同時灌溉兩個或兩個以上之田區，則須按田區大小依比率分配水量，可應用水位調節閘(Water level control checks)，此種調節閘必須聯合兩個或以上之構造物組成，最常用者，為孔口式水閘與溢流式堰之組合，孔口式入門置於較精確量水之小渠道。

自動化灌溉，單位面積所須構造物之建造費，依灌溉方法，土壤種類，地形，作物栽培方式，水源等四素而不同。一般之半自動水閘門約須 200 元~ 800 元之材料費，至於定時計，價格與一般使用中型閘門者相差無幾。

- | | |
|------------|--|
| 英國 PLINT | : 熱工、流體力學實驗機械裝置 |
| 瑞士 KERN | : 精密測量儀器、航測製圖儀器 |
| 瑞士 SCHMIDT | : 混凝土強度試驗錘
(Concrete Test Hammer) |
| 瑞士 PROCEQ | : 鋼筋探查器、檢力計 |
| 瑞士 ERNTS | : 手提式萬能硬度試驗器 (世界性專利) |
| 日本東京機械研究所 | : 蒸汽原動機、空氣機械、水力學綜合實驗
機械、水理實驗裝置、流體實驗機械裝置 |
| 日本丸東製作所 | : 土質、混凝土、瀝青材料試驗儀器 |
| 日本東京衡機製造所 | : 萬能試驗機、硬度、疲勞試驗等材料試
驗機 |
| 日本 YAMATAR | : 測量儀器 |
| 日本 SUN | : 測漏器、覓管器 |
| 日本 | : 水文氣象、測繪儀器、萬能製圖器 |
| 日本 MAX | : 萬能繪圖儀 |

臺灣總代理

文榮企業有限公司

臺北市中山北路一段135巷37號

電話：550081. 549267號