

灌溉量水設備與方法

Devices and Measuring Methods of Irrigation Water

臺灣大學農業工程學系五十六年畢業生

黃 光 政

一、緒 言

§ 1. 灌溉量水的意義：

在無灌溉便無農業，或經由灌溉而能拓展農業的地方，如果其水源之開發已達飽和，或者其鉅額投資已非現力所能經濟負擔，或者需水迫切以及既設系統難以改變時；如何明確劃分水權，如何公平分配水量，如何使灌溉對作物適時適量，如何使灌溉計劃妥當的實施，如何節流增灌，使提高灌溉收益，已是現代灌溉的一大要題，而量水的方法與使用的合適設備從而成為問題的中心。尤其在本省許多農糧地區，由於早期缺水而常有爭水、偷水、破壞設備等情事時，遂更形重要。準確可靠合用之量水設備與方法，不但可在支分渠上有效控制分水及配水，引入適當的水量，可以之為收費的標準，並因而節省不必要之用水浪費，同時就輸水路的滲漏，輸水質量，蓄水庫分水對灌區的影響與安全供水，以及灌溉學理、作物土壤水分生理與輪灌計劃等，均具相當之意義。

§ 2. 灌溉量水的一般方法：

灌溉量水的方法，或為直接計量，或為利用儀器設備以間接測量之。一般多設法測量其容積或流量，但涉及精密目的時，亦有其他特殊方法，茲述如下：

1. 量測水量：

①重量方式 如秤臺 (Weigher)、傾秤 (Tilting trap)。

②容量方式 如水櫃 (Tank)、往復活塞 (Reciprocating piston)、壓差旋盤 (Nutating disk)、旋葉計 (Rotary Vane meter) 等。

2. 量測流量：加上時間之觀念

①流速式 如各種流速儀、浮標計、溝漕管法。

②水頭式 如文德利、管嘴、孔口、孔口板、皮托管、渦輪、導葉速片、彎管等屬之。

③面積式 如水門。

④定水頭式 見美墾務局規格。

⑤水頭面積式 如堰、巴歇爾水槽、商用調節潛孔口。

⑥水力式 如水盤、水葉。

⑦離心力式。

3. 特殊方法：適用於特殊情形或目的

如同位素法、混合法、鹽液濃度、鹽液法、顏色法、壓力時法及熱、聲、電、磁加速度等方式。

§ 3. 灌溉量水設備的一般要求：

由於量水目的或為控制水量、或為計算水費，在灌溉上，一般重點在於經濟方便，如能符合下列條件愈多則愈佳：

1. 構造簡單觀測方便，使用容易價格便宜。
2. 量水正確 (5% 以內為佳，但本省常有在10% 以上者)。
3. 量水範圍大 (最好能自很小流量到很大流量，亦隨係水庫、幹渠、支分渠而異其標準)。
4. 養護及管理容易，經久耐用，不受雜物泥沙之阻碍而清理方便。
5. 少受位置、渠道彎曲之限制，如能與分水門聯用更佳。

§ 4. 量水設備一般的設建處：

1. 水源之出水口 (如蓄水壩)。
2. 輸水系統的引水處。
3. 分水及配水口。
4. 田區用水處。
5. 管路主要據點。
6. 其他主要據點或特殊目的。

§ 5. 一般使用之量制：

1. 容積：如升、加崙、立方英尺、立方公尺。
2. 流量：如秒立方公尺、秒立方呎、分加崙。
3. 水深：如吋、呎、公分、公厘。
4. 水深面積：如呎呎、呎吋、頃公厘。

5. 定水頭面積：如礦人平方呎。
6. 其他：如水錶刻劃度之換算，流速面積圖表之換算等。

二、一般合用的灌溉量水設備

(A) 使用於明渠者

用於明渠之量水設備，有極簡陋者，亦有連用機械設備發展成爲自動記錄者，倘能利用其流速動力以轉動一業已校正之儀器，以讀計其流量，或利用水頭落差，以通過一標準設計之控水設備，或以相關資料運用水力學原理，代進相關公式而求流量，乃至使用率定曲線圖等均爲合適。大抵爲應用各種不同之量器，規定有關因素及特性，推求或導試合用之經驗公式以爲張本，而要以簡便經濟有效爲度，施用時則依設備之不同而有不同的標準與條件。

一般常用的有流速斷面量測法使用各式流速儀、流速計與各式之堰、各型之孔口（潛孔口）、水漕（巴歇爾水漕）、商用量水計、浮標、皮托管、鹽速、色速、鹽液濃度、比降面積法、水尺檢定、增損流量之反求流量法、礦人平方呎、水池、率定漕（Rating flume）、新文德利漕等。

其測量方式採全路式、分路式（旁流式），亦可有自由流式與潛流式之分。

§ 6. 流速斷面量測法：分開許多小段，測其分段面積及流速而積算之。

1. 設備：

① 測站 a) 河岸平整，河床穩定處。b) 遠離分水門及其他工水建物。c) 流量可爲控制，而成控制面者。d) 河運斷面不至變動、淤沙。e) 最好可兼裝置水尺。f) 水準點。

② 流速儀 具有放入水流中而能旋轉之輪葉及計次之設備者，略分爲水平旋軸之推進式與豎直旋轉之杯式，其精度及相關圖表須按時律檢之。常用者爲 Price，改良 616 型 BTA 式，及哥倫布型錘重之 A 式等及 Hoff 式等等。

2. 測法：

以流速儀測定流速之平均值換算面積求其流量，其操作可爲二點測，0.6 水深測，積分測等近十種。

此法既經初測後，如無水理上之變更，將可直接由水位尺刻度，或自記水位設備，直接由水位高比算

一既經律定之測站處渠道斷面水位，流量關係圖表而得流量，又依其所用之工具及站址性質可分成：① 涉水測② 纜索測③ 橋上測④ 船上測⑤ 冰上測等。

3. 水理公式：

一般水力學原理及公式，流速儀則有運用圖表。

4. 優點：

① 適用於量測水量較大，落差小處，如河川、大渠道宜之。② 水量小含泥沙多，其他方法不宜時。③ 如各項圖表既經檢算、律定，則由水位可知，甚見方便。

5. 缺點：

① 水深不足時不能使用。② 如未設有檢定斷面（Rating Section），則會因長草、淤泥而有誤差。③ 裝設不便宜。④ 如未有律算圖表則費工多。

6. 精度：

甚爲合理，如僅以水位呎測量，誤差應在 5% 以下。

§ 7. 堰：Weirs

1. 定義：一橫過水流之建築物而有一定形之缺口者。

2. 分類：有各種形狀者，但一般爲矩形、梯形、三角形，亦分成完全收縮、不完全收縮與不收縮堰、所謂收縮即指其邊收縮、底收縮能使堰前水流流速減緩，乃至成一緩流，其接近流速可略而不計者，亦可分成標準與不標準；自由流式與潛流式堰者。亦有銳緣與寬頂堰之別。亦有固定式堰，移動式堰之分，寬底堰亦有曲形式者。

3. 裝設：堰係一木板，混凝土或鐵板之隔牆，上部有一定大小之過水缺口（Weir Nortch），其底緣稱堰頂（Crest），其至岸牆之水平距離稱橫收縮，自堰頂至渠底之垂距稱底收縮，堰前靜水池稱堰池（Weir Pond），穿經缺口之流水稱水舌（Water nappe），亦有利用合乎規格之堰箱者。以下所述者僅及常用之種類：

① 撒普利地堰（Cipolletti weir）

係一梯形銳緣堰，其側邊爲橫一縱四之比，爲完全收縮者，是意大利工程師（Cesare Cipolletti）所創，原以爲可因側邊橫一縱四之特別設計，可矯正同樣堰頂長矩形堰之水舌邊收縮者，唯經 Cone 實驗並無真具此優點。

② 標準不收縮矩形堰：

一標準不收縮矩形堰，其堰頂含一薄片，與引渠或堰池之底相距之距離，適足發生堰頂全收縮，其邊側適與引渠邊側相吻合，故過堰之水並不發生側收縮。準確量測此種堰型所需具備之條件，除側收縮部份外，實與收縮矩形堰相同。

在不收縮堰，引渠兩側應與堰之兩側吻合，並需伸長至堰頂下游，以防水簾側向擴大 (Lateral expansion)。圖 1 表示一水槽跌水中之堰端不收縮堰。

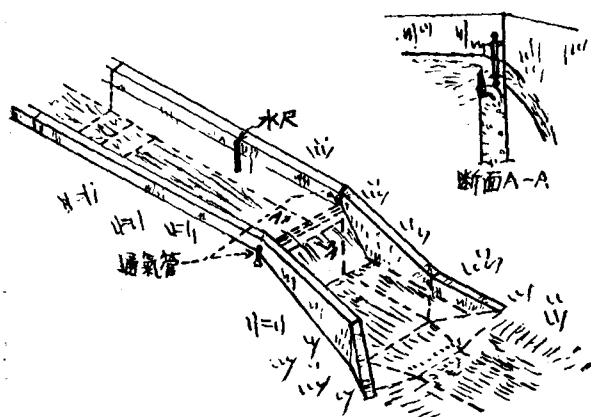


圖 1 水槽跌水中一典型不收縮堰

使用此種堰型時，需特別注意堰頂滾流水層下，應能具有適當之通氣作用。

③標準矩形收縮之溢水堰 (The standard Contracted rectangular Weir)。

(a) 堰牆上游面必須垂直光滑，朝上游方向之堰頂及其邊緣必須正直、尖銳、平滑，且須與堰牆上游表面齊平。(b) 堰頂及邊側各與距堰池底及岸邊距離不得小於堰頂水深 (堰頂至堰上游近乎靜水或不受水面緩降曲線影響所及處水面之高差) 之二倍，且不得小於一呎。(c) 自由流僅與堰頂及兩側之上游邊緣接觸。(d) 空氣需能自由流動於水簾下部及其四週。(e) 堰頂兩端必須水平，適與水尺零點齊，邊側需為直正垂直。(f) 量測堰上水頭應在堰上游四至六倍最大水頭處。(g) 引渠斷面至少需為堰頂上自由流水層斷面之六倍，其向上游長度約為自由流水層水深之十五至二十倍。(h) 行近流速須小於六呎。(i) 堰頂水深不宜大於堰長之三分之一，且不小於 0.2 呎，致受表面張力影響。(j) 若因省略接

近流速而有誤差時宜修正之。(k) 時須清除沉淤雜物，以合上述標準條件。(l) 下游宜有適當防護，堰底宜設有截水牆。

4. 水理公式：

$$d\theta = v dA = c' \sqrt{2gy} dy dx \implies \theta = \frac{2}{3} CLH \sqrt{2gh}$$

$\theta = f(L, H)$ L 為堰頂長，H 為堰頂水深

$\theta = KLH^{3/2}$此為一般公式，K 為係數，由實驗定之。

A. 標準收縮矩形堰：

(a) 略去接近流速

$$\theta = 1.838h^{3/2}(W - 0.2h)$$

(b) 計及接近流速

$$\theta = 1.838h^{3/2} [(h+h')^{3/2} - h'^{3/2}] (W - 0.2h) \quad (W \text{ 為堰頂寬，} n' \text{ 為接近流速頭})$$

B. 標準不收縮矩形堰：

(a) $\theta = 1.838Wh^{3/2}$

(b) $\theta = 1.838W[Ch - h']^{3/2} - h'^{3/2}$

C. 標準撒普利地堰：

(a) $\theta = 1.856Wh^{3/2}$

(b) $\theta = 1.856W(h + 1.5h')^{3/2}$

D. 標準 90° 收縮 V 形堰：Cone's

$$\theta = 1.40h^{5/2}$$

E. 標準 60° 收縮 V 形堰：

$$\theta = 0.79h^{5/2} (n \leq 6 \text{ in})$$

以上均以公制表示。

5. 其他：

堰箱以合乎規格者為佳，堰腳亦可設有一不漏水之排砂孔。又潛堰不合用。

6. 優點：

(a) 量水正確，誤差在 5% 以內，如保養及設置良妥可在 1% 以內。(b) 簡單易造，耐用，可兼以調節水位。(c) 如落差大，可為跌水目的，並可與分水工連用。(d) 無蘚苔及浮流物之阻塞。

7. 缺點：

(a) 如水頭珍貴，則因水頭損失大，不合算。(b) 堰池易淤積，橫收縮處常積泥沙而影響精度。(c) 對於接近流速敏感。(d) 潛堰時不準確。

§ 8 孔口 (Orifice)

1. 定義：

為一洞孔位於渠道式容器牆壁上，用以輸水者，可為自由流式及潛流式，前者只需量上游水頭，唯不若堰之常用，孔口可為任何幾何圖形，其邊緣可為收縮與不收縮，亦有單孔式、雙孔式。

2. 裝設：

多採用垂直、銳緣、收縮、矩形者，以其多已經檢定，而流量係數確定，如換製成表圖則更佳，其標準條件類似量水堰者。亦有設其下邊為底渠而成不收縮。

3. 水理公式：

$$\theta = CA\sqrt{2gh} \quad C = C_c \times C_v \quad H_0 \text{ 為損失水頭。}$$

$$H_0 = (1 - C_r^2)H \quad C_r \text{ 為流速係數。}$$

C 常被設為 0.61 A 為開啓面積（通水面積）

$$\theta = C'Lh^{3/2} \dots \dots \dots \text{理論流量。}$$

$$\theta = 0.61(1 + 0.15r)A\sqrt{2gH} \dots \dots \dots \text{省略接近流速之標準矩形潛孔口，r 為不收縮周長與全周長之比。}$$

以上英制。

$$\theta = 0.66A\sqrt{2g + 0.06} \dots \dots \dots \text{美墾務局標準定水頭潛孔水門。}$$

以上公制。

4. 其他裝設要求：

孔口箱要有足夠長度，以便上、下游水流穩定，其底部應較渠底低以成靜水池，還要有截水板，其他條件一如量堰之要求者然。

5. 用於灌溉量水之主要形式：

(a) 潛孔而有一定大小者。(b) 潛孔而可以調節其大小者。(c) 各種礦人平方吋 (Miner inch) 及量

水箱。(d) 各種檢定之標準水門。(e) 定水頭孔口量水門。(f) 商用調節潛孔口。(g) 屬於管路者，另見壓力管路部份討論，如管嘴、薄片口等。潛孔口一般已常介紹，茲謹介紹礦人平方吋及定水頭調節之潛孔口。

5. 優點：

(a) 渠道較小，落差不大時甚佳，且可與開門連用。(b) 造價不昂且方便。(c) 精密量測可使用標準定水頭可調節孔口水門。(d) 小渠引水入田之處尤宜。(e) 渠道上水門經檢定亦可做為量水孔口用。

6. 缺點：

(a) 孔口常因雜物淤塞，而影響精度及壽命。(b) 時須清理。

7. 礦人平方吋 (Miner's inch)：

此法在美國西部開發時，被普遍採用，且極簡便。

$$1 \text{ M.I.} = \frac{1}{40} \text{ c.f.s.} \quad h = 6''$$

$$1 \text{ M.I.} = \frac{1}{50} \text{ c.f.s.} \quad h = 4'' \text{ (Southern California M.I.)}$$

此種量水法在使用一水箱，一邊開一缺口，使缺口中心以上之水頭 h 保持 4'' or 6''，缺口之高為 1 吋，寬可任意選定，如此流量與孔口面積之絕對值相等，如孔口面積為 inch² 則流量為 1 M.I. (參見圖 2)

採用此單位之優點：

(a) 量計較小流量甚為精確，因灌田之水流不宜過大。(b) 由於流量之大小，可以孔口之面積計之，故易於記憶與了解。

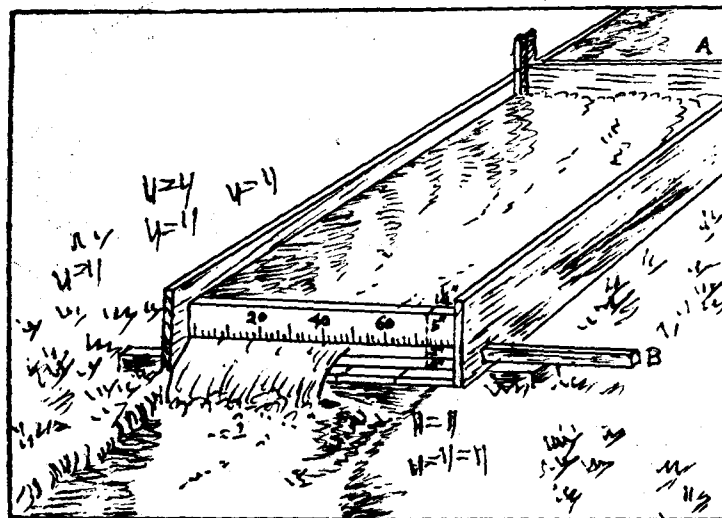


圖 2 — 礦人平方吋

8. 定水頭調節之潛孔口：

此種方法特別設計用於精密測量灌溉用水，而無須過多之調節步驟有如閘堰混合式通常所需來往調節者。此種結構，主要含二閘門，即調節孔口閘門與分水閘門，分別位於靜水池之上下游，該池亦為分水門之一部份。

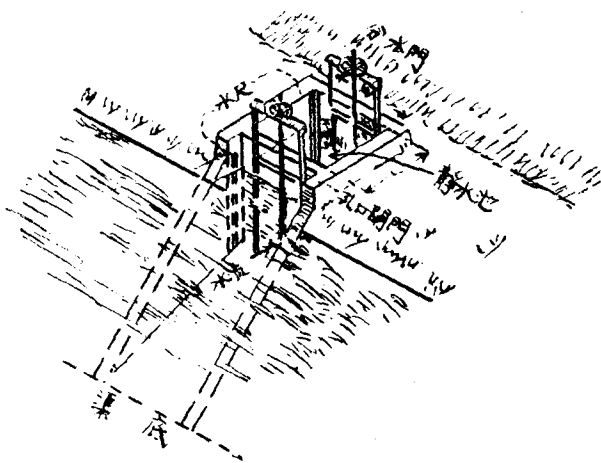


圖 3—定水頭分水門

孔口閘門應用兩種尺寸，即18吋×24吋及24吋×30吋。閘門，此等閘門係用於單孔或雙孔分水門。圖 3 示一單孔分水門。

孔口係設計運用於有效水頭為 0.2 呎，其水頭應俟孔口閘門開啓至一高度，由分閘門調節，其開啓高度係從表中所示各種不同流量與閘門開啓之關係而定。

圖中之流量計算表係基於一假定係數，其值約 0.66，應用以下公式算得。

$$Q = CA\sqrt{2gH}$$

式中：Q = 流量，以每秒立方呎計。

H = 孔口閘門之水頭高度差 = 0.2 呎。

A = 孔口之面積，以方呎計。

C = 流量係數。

g = 重力加速度 = 32.2 每秒每秒呎。

§ 9 水槽 (Flume)

1. 率定水槽：

一般之固定水槽經律定以後，可依水尺變化換算流量圖表而知。

2. 開式文德利水槽：

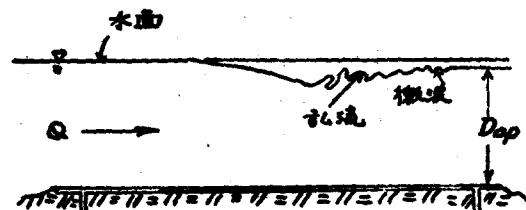
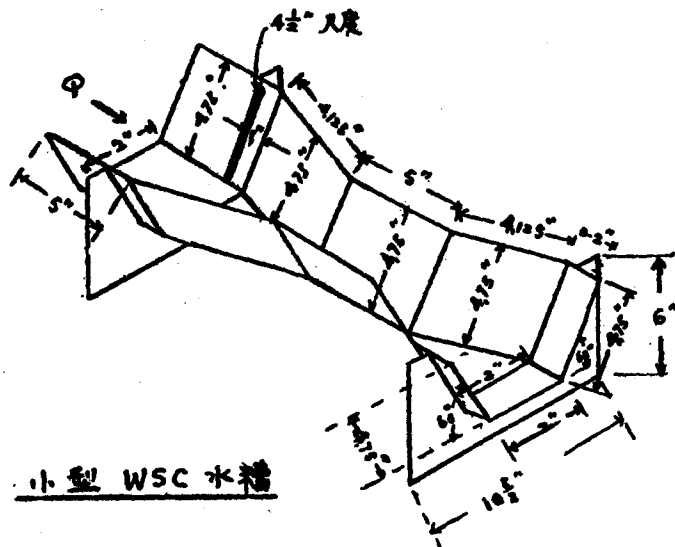
優點為損失水頭很小，但因子則不僅

為水頭而已。

3. 巴歇爾水槽：

為一改良之文德利水槽，係 R.L. Parshall 所創，為一特製量水槽，設計使其流水不產生沉潛條件下通過構造內某處產生臨界水深，因而只需量測單一某水深即可知其流量者，亦可分自由流與潛流測法，小型由於已被廣泛介紹，茲從略，謹述其優缺點：

- ①優點：(a) 精度在 2~5 % 內，敷用於灌溉目的。(b) 安裝適宜則損失水頭為跌水溢堰之四分之一。(c) 潛流時精度不減小，且損頭更小，唯施測較不易。(d) 槽中無泥沙淤澱之害。(e) 量水範圍很廣，可由 $\frac{1}{1000}$ CMS (或更小) 到 60CMS 或更大。(f) 自由流，潛流均可使用。(g) 不受淤砂、雜草淤塞，且接近流速對精度影響小。(h) 可配以自記裝置。
- ②缺點：(a) 建築費恆較量堰或孔口為高昂。(b) 施工必須優良之技術。(c) 必須設於渠道直線段，且不能與水門聯用。(d) 自由流時出口流速很大，槽下游必有防沖設施。



4. WSC水槽：

為美國華盛頓州立學院所介紹的運用文德利原理以量測小渠道流量的新方法。這種水槽包括四個主要部分：①上游入水口斷面，②聚流斷面，③收縮部或喉部，④散流斷面。見F圖：

此水槽設置時槽底要水平，橫向面與縱向面的高度均略比渠底高些或相同。觀測時只須計讀上游斷面邊鏡之斜尺即可，唯此時下游端水流應有小的水躍亂流微波，水深情狀似如圖示 Dop，如果在槽段裡水

深均平不起水躍則不合用須稍微抬高渠底至達致上述水流特性才可。

利用此式水槽量測流量範圍在每分鐘一至二十六加崙間，很合於溝畦灌溉量測之用，另有較大尺寸可量至一千二百加崙每分的流量。又具有許多優點：裝造簡單，價廉，易設，損失水頭很微少。通常是用鐵片鉚裝的，也可用木造或混凝土製成。其斜尺讀數換算為每分鐘多少加崙流量表如下：

斜尺讀數吋 吋	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	G.P.M.	G.P.M.	G.P.M.	G.P.M.	G.P.M.	G.P.M.	G.P.M.	G.P.M.	G.P.M.	G.P.M.
1			1.5	1.8	2.2	2.6	3.0	3.5	4.1	4.7
2	5.3	6.1	6.9	7.7	8.6	9.5	10.4	11.5	12.7	13.8
3	15.0	16.4	17.8	19.3	20.8	22.4	24.0	25.8		

§ 10 商用水量計：

1. 分類：

有排水式、流週式、旁流式三式，常用者為屬於流週式之，Hill, Grant-Mitchell, Reliance，量水計以及 Great Western meter, Sparling meter 等。

2. 運用：

由指數可讀測。

3. 優點：

(a) 售水以容量為標準，可無需計算流量之總容量。(b) 方便，且精度通常極佳。

4. 缺點：

(a) 價昂，除非精確目的或大灌溉區則太貴。(b) 須常保養校整。(c) 水流含泥沙多時易淤塞。(d) 流量很小時，流速式者或可不轉，精確全失，須乘以 0.8 之校正係數。

§ 11 其他用於明渠之量測水量設備與方法：

1. 渠道之量測控制：

灌溉用水渠道系統常具落差，藉以調整渠道縱坡以適合地形。任一關於流量、渠道形式，坡度及粗糙率之指定數，必有某一水流深度適合於等速流，換言之，亦即水流其水面與渠底相平行也。維持從落差處之上游渠道具有此種情形，為應用渠道含有收縮作用較短之一段，使水流從渠道引至瀉槽或其他具有落差之結構，使水流呈現洩降之現象。量測控制法之尺寸及其比例須使距渠道上游一短距離處之水流深度在任何流量極接近於正常流量，換言之，亦即設計使在渠

道內維持在無落差存在時具有同一水流情形也。

水尺安置距控制斷面上游一短距離處可用作在該處之渠道水尺，在渠道各種不同水流深度，根據水尺用流速儀量測所求得之流量可製成一檢定表。

2. 比降面積法：

如屬可能，選擇渠道之平直水路至少長 200 呎，最好 1000 呎，中無急流，劇烈落差，收束，擴大者，可使用 Manning formula: $\theta = \frac{1.486}{n} AR^{2/3} S^{1/2}$

3. 鹽速測法：

以定量鹽液經快閉活門用壓力打入水流中，其平均流速視鹽液沿水流移動，以水之電導情形知之。

$$\theta = \frac{AL}{T} \quad \text{英制}$$

A 為斷面積，L 為每對電極間距。

浮標測法：

可運用於極平直渠段，具有整齊均勻之斷面坡度，而無橫流、渦流時，唯僅測得近表面之流速須乘以 0.8 之校正係數。

5. 色速測法：

量測明渠中高速之水流，尋求流經渠道兩站間有色液體之流速乘以水流斷面積而得流量。

6. 鹽液測法：

特別適用於量測亂流河渠，而無需量測面積、距離。

$$WP + W'P' = (WW')P''$$

W = 每秒淺水重量(#)

W' = 加入鹽液量。

P = 百分比，川河流天然含鹽計。

P'' = 混合後採樣含鹽重量%。

P' = 濃液含鹽之重量%。

7. 柯勞生皮斯 (Clausen Pierce) 量堰計法：

其可用於不及 1 cfs 至幾千個 cfs。本法具有一刻度之伸展桿，後附有水壓管，量測時須垂直放桿於堰頂上。

8. 開閘及溢水道之檢定水尺刻度：

既經流速斷面量測法後，可以圖表參比水位而知流量之大小。

9. 根據蓄水之增損而決定流量法：

由律定後之流量表查知，在鉅大面積之水面，應計及蒸發，風之影響及水尺讀數之調整。

10. 一般討論：

多數不合用於一般之灌溉量水目的，且多數係費人工而價昂者，唯在特殊目的或現地情況下或可使用之。

(B) 使用於壓力管道者

一般之建造費頗高昂，所要求之精度也較高，常用者如文德利流量計、管嘴、薄片孔口及商用水錶，此外皮托管，鹽速測法，加利福尼管量法、流速計法及 Gibson 氏量測法，則屬特殊方法。至於水位記錄儀、靜水井，則亦各具用途。

§ 12 文德利流量計、管嘴水流計及薄片孔口量水計：

此三者均係利用水流流經收縮部，發生流速之變異而以測壓管相接，由上下游之水壓差，以求流量者，其流量係數多係實驗數據，精度大為其共同優點，但維持費、造價高昂亦為其病，故除大引水工外，多未為採用。

1. 水理公式：

$$\theta = \frac{CA_2\sqrt{2gH}}{\sqrt{1-r^4}} \dots\dots\dots$$

A₂ = 喉部之斷面積 ft²

h = 上下游壓力差。

r = 喉部直徑與水管直徑比。

c = 流量係數。

Venturi C: 變動約值係從小管喉流速與直徑之 0.935 至較大管喉流速與直徑之 0.988。

Nozzle C: 1.0~0.97

Drifice plate C: 變動係數約為 r=0.20

時之 0.599 至 r=0.71 時之 0.620。

2. 量測方法：

以上下游斷面管心或管壁上所接出之測壓管之水壓差 H，代入上述公式即可推求。

3. 優點：

精度大 (0.1%)，損頭小，流量只要能通過者則不限。

4. 缺點：

價昂、易淤沙 (文德利除外) 易磨損蝕壞而減其精度且常須校正，唯可能與其他構工合用。

5. 改良式：

①短管文德利計，可較便宜。②直葉式、集管式等，可縮短其限長。一般標準文德利計很長 (上游 15D，下游 5~10D 不可變水流)。③文德利流管嘴 (Venturiflow nozzle)。精度更佳。④偏心式、沈式、端式的薄片孔口。

§ 13 葉式灌溉水錶：

1. 構造：

葉式灌溉水錶設於一截 10 呎之 6 吋直徑之鋁質水管上，葉離上游端 8 呎，以減少表與管道結合處所產生水動之擾動，此二孔之孔徑為 7/22 吋接二鋁製之螺絲柱，以支持水表中葉板之軸。

葉板係以 1/8 吋厚之鋁片製成，葉板之上端寬 1/2 吋而其下端寬一吋半，二端均長三吋，葉板之軸為一外徑 1/4 吋之不銹鋼管製成，長 11 吋，葉板由一固定螺絲 (Set screw) 固定於軸上。

一閉水螺絲套 (Packing gland nut) 旋緊於每一螺絲柱之上，內裝止水線 (Packing String) 以防漏水，有一刻度盤用螺絲固定於一端之螺絲套上，在刻度之外，有一指針藉固定螺絲 (Set screw) 之助，固定於葉板軸上，在葉板軸之另一端，另一螺絲套之外，有一連桿長 4.75 吋，亦以固定螺絲固定於葉板軸上，而鋁質連桿之一端則以螺絲連結一重達 0.3 磅之熟鐵球、鐵球與連桿之中心線必須經常與葉板之上游面在同一平面上。

當管中水流流動時，由於其對於上下二端之衝擊力不同，因而使葉板與平衡鐵球發生傾斜，因傾斜之程度隨流量之大小而異，故由指針所示之傾角，得知管中之流速與流量。

2. 假定：

在設計葉式灌溉水錶之初，先作下列之三個假定

，以推定理論上之公式，此三個假定爲：①在表中之水流爲一簡單形式之亂流。②由葉式之傾斜所量得之流速爲水流之平均流速。③假定軸與軸承間之摩擦，葉板與葉板軸所引起水流之擾動 (Disturbance) 等影響可藉引入一實驗常數以消除之。

3. 公式：

如依標準構造：則 $Q = 73 K \tan \theta$

每一葉式水表其檢定曲線雖大致相似而數值則不同，其流量與傾角之關係爲—S 形之曲線。(參見下圖——圖四)

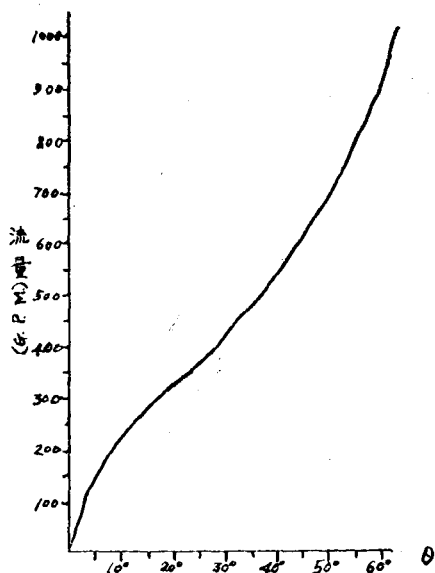


圖 4 傾角與流量之關係

4. 量水範圍：

有效量水範圍爲 100 G.P.M. 至 800 G.P.M.，精確度爲 $\pm 3.2\%$ 。

5. 優點：

- ① 水表本身即可作普通水管用。
- ② 水流經過葉式水表之損頭亦極微少。
- ③ 已頗具理想灌溉水表之條件，構造簡單，造價低廉，經久耐用，亦頗高之準確度，尤其流量可直接讀得，使用方便最令農民需要，將來在管道灌溉系統中必可有相當之發展。

6. 缺點：

- ① 管徑過小時製作困難。
- ② 搬運稍感不便。
- ③ 表身須爲水平。
- ④ 未能計讀流量累積值。

§ 14 其他喬用水錶：

大致與明渠部分所述者同，或利用水頭差，或利用水的動能推動輪葉或轉盤者，方式則分排水式、流

速式、旁流式等，有關討論見明渠部，此爲一般合用者。

§ 15 其他管道灌溉之量水法：

1. 加利福尼亞管量水法：

B.R. Van Leer 推演者，其能測局部充滿水流之水平水管開口末端自由流入空氣中之流量。

$$\theta = 8.69 \left(1 - \frac{a}{d}\right)^{1.63} d^{2.45}$$

d = 管內徑 ft

a = 自水管末端平面上從管內頂部至水面之距離 ft。

2. Gibson 氏量測法：

流量可由下列求得：①量測活門或調節器逐漸關閉期中之壓力變動情形。②水道橫斷面積。③水道之長度。使用時須對照圖表。

3. 皮托管法：

利用對準水準方面管口進入昇降之水頭。換成流速，乘以橫斷面積可得流量。

$$\frac{r^2}{2g} = h \quad v = \sqrt{2gh} \quad \theta = AV = A\sqrt{2gh}$$

4. 鹽速、色速、流速：略見明渠部份。

三、一般探討

§ 16 依施用環境比較及討論：

1. 幾乎所有量測較大渠道與河流均以流速計測讀流速與量得之橫斷面之乘積以計算流量，即前述之流速斷面量測法。
2. 通常永久性量堰多建在水頭落差頗大的地方，如落差小，則可用潛孔口，如爲長久使用則以巴歇爾水槽爲宜。如同時有跌水目的，以堰較爲經濟。
3. 閘門當滿水時猶如潛孔口，當不滿流時，則作用如堰其精度不甚可靠，然目前本省多數田區用之。
4. 美國西部多使用礦人平方吋，其作用係如孔口，而操作方便。
5. 巴歇爾水槽之裝設必須有一定規格之材料、尺寸及施工。而 WSC 水槽則或將更適於本省使用及推廣。
6. 明渠中如欲損失水頭最小，除了用量量法及特殊法外，一般常用者以巴歇爾水槽最佳，其在潛流時，甚至可只損水頭在 5% 以內。
7. 水位尺多在總渠、幹渠，堰多用在支渠，水管多用水錶，更小分區及田區則使用孔口巴歇爾水槽

及閘門。

8. 對於渠底及兩側為沙質壤土，壤土或粘質壤土之溝渠上，如非為永久目的，可使用攜帶堰 (Portable weirs) 其法可用重錘或斧將一銅板或木板做成之堰板打入土中即可。
 9. 設為礫石土壤，則用鍍鋅金屬板製成之巴歇爾水槽安設於溝渠土，並用泥土將其兩旁填塞夯實，並經水準校正即可。
 10. 如渠道有良好控制長度的斷面，而水位近乎均流時，以水力公式 (Manning's formula) 為之，亦可有理想結果，唯須常加檢定。
 11. 撒普利地堰並無很大的實際優點。
 12. 水庫則可用閘門及洩水道處之檢定刻度計算出水量。
 13. 考爾可量計閘門 (Calco Meter gates) 係頗合用之簡便量水計。
 14. 如係特種灌溉，如噴洒灌溉，則有一定儀器計量。
 15. 管路測量時多使用文德利計或其改良型，管嘴，薄片孔口。
 16. 抽水機出水量最準確測法為測其重量或容量，或使用文德利流量計、堰、管嘴水流計、皮托管、流速計等。
 17. 用以計算活門及水輪機流量時，或兼作水管端調節時採 Gibson 法。
 18. 各種水管量水以文德利計損耗水頭最小。
 19. 如加裝機械設備或自記裝置時，多用永久性者。
 20. 由於管道灌溉及噴洒灌溉已趨實用，日後極可能取代明渠，故研究管路之量水將形需要，且趨精密。
- § 17 依所測流量比較及討論：
1. 很大流量，如幹渠、河川，則以流速斷面量測法，率定流量水位關係後，以水位尺為應用設備。
 2. 巴歇爾水槽可測由 $\frac{1}{1000}$ CMS 至 60CMS 以上，其小於喉寬 3 吋者不宜。
 3. 三角堰多則流量小於 4 cfs 者，如流量再大則不宜。
 4. 文德利計在管路之理論上其流量大小可因尺寸之增大而不受限制，但一般因其大型費高，多採別法。
 5. 孔口多測 1 CMS 以下者，其小者可至 0.1cfs。
 6. 標準撒普利地堰可測 0.002cfs~2700cfs 以上之

流量而短形堰則多在 260cfs 以下。

7. 高速水流可用色速法測之。
 8. 落差如可利用者在半呎以上，則用量水堰，即使在落差 1 呎或超過之最不利情形下，堰仍可適用。
 9. 流量太大時，最好不建橫水建物，為的相關引起之護岸防刷等設施將太高，宜採流速斷面測法。
 10. 流量太小時，流速式流量計 (旋葉式) 將不宜使用。
 11. 使用流量計通常用二點法，但於淺水時使用一點法。
 12. 小型 WSC 水槽量水在 1~26 gpm 大型可至 1200gpm。
- § 18 依精度觀點比較及討論：
1. 欲很精確者可以各式種流速儀、商用量水計、文德利計等為之，唯灌溉上如在 5% 以內可謂合理，至於儀器之精度要賴技術及校正。
 2. 小流量時，三角堰之精度較其他型式堰為佳。
 3. 巴歇爾水槽精度在 5% 以內，很符灌溉要求。
 4. 巴歇爾水槽在潛流時，精度仍不減。
 5. 量水堰如施測水頭準確，水堰很合條件，精度可在 1~5% 內。
 6. 量堰在潛流時，精度很差。
 7. 增加準確性起見，水頭宜在不受影響處量，如堰之游四至六倍水深處，巴歇爾水槽、川、靜水井觀之。
 8. 堰頂水深，宜不使表面張力之影響，至於其測讀水頭，如有誤差則流量誤差甚大，尤以流量小時尤然。例如水頭 0.2 呎，堰頂長 4 呎，如水頭測差 0.01 呎時，流量誤差將達 7.6%，如水頭為 1.5 呎，則為 1 呎。
 9. 礦人平方吋等多數方便設備，其精度多為可用，在灌溉之要求言，實屬可以。
 10. 率定水槽或堰箱如在良好狀況下，頗合用。
 11. 文德利計精度約在 0.1%。
 12. 葉式灌溉水表，可有 2% 之精度。
 13. 多數量水設備常須檢正或清理，以合標準適用之條件。
 14. 水位尺測定流量精度應在 5% 以下。
 15. 未見訓練之農民使用精度較高的設備時易生誤差。
 16. 未依設備應用之條件使用者，將有很大之誤差。
- § 19 依經濟觀點比較及討論：
- 如為求極佳精度可使用精密之儀器，如電氣法、

幅射法，或可不必，但在幹渠或總渠處，則或為需要較佳之量測而採較精之設備，唯灌溉量水目的最講求的是合用，可用而最廉宜，如精度允許，而施工操作方便的常能被普遍使用，如礦人平方吋及堰箱等，但如為永久性設置目的，或在重要渠路，或栽種的是屬於高價作物，而極須水量，則也需要花費多金以建造可靠精確之設備，如巴歇爾水槽，乃至文德利流量計。

又一般以經濟觀點言，多希望量水設備能併合於分水建物或其他設施連用，如文德利計可接於大引水工或分水口下，如堰可抬高水位，又可下接分水，而本身可量水然。葉式灌溉水表一般說來頗為合宜，造價約在千餘元，適合本省之用。

閘門如加以良好檢定，在小田區之量水實有多方之利點，既為分水工，又為抬高水位用，同時裝設省工省錢。

在山區量水、量堰可兼做跌水之用，亦合經濟觀點。

在山流穩定處，利用水位尺在率定之水槽或建工如壩工之洩水道處計表流量，亦頗合用。

若干排水設施亦可兼做量水之用。

諸如此類均合經濟觀點。

要之，便宜、正確、簡便、施工易、可靠每為決定一般設備之著眼也。

WSC 水槽造價很低，有需進一步研究其應用性。

四、臺灣的灌溉量水

臺灣農業的特點是集約栽培，一年多作，對時間與空間的高度利用，因此除雨季外，多數需要倚賴農田水利設施，以維持正常需要，如逢缺雨旱季的春夏之間，灌水每成重要問題，尤以嘉南平原為然。目前除巴歇爾水槽以外，簡單的水流式水門的分配水設施，普遍見於田間，在有適當坡度處，亦常見有各種的堰，但巴歇爾水槽的精度，如未經仔細地按照尺寸規範施工其誤差很大，同時潛流，自由流的情形的量測水頭，每未能為少受訓練之農民瞭解與正確操作，復以堰及水槽均未能直接讀得流量，故本省現下量水似多從粗陋觀點未能達到控水目的實宜改進才是。而針對既設量水設備全面整頓、興修及檢定，以提高灌溉效率及減少缺水期爭水糾紛，已成為必要。

而針對目前本省環境、能力、農作習性有如下之建議：

1. 關於圳路之進水口及大圳路（幹渠）之量水，原則上應採用堰閘及流速斷面量測法。
2. 一般圳路支給水線，可應用閘門及量水堰，並按現有情形略事改良，即可有效控制與粗略量計。
3. 較小給水路為配合輪灌實施，最好多採用巴歇爾水槽或堰或潛孔口，以適合渠路現狀為原則。
4. 宜進一步研究特殊情形及變化之控制量測等方法。
5. 宜加強檢定水門式分水配水量水合用設備之精度範圍。
6. WSC 水槽也許對嘉南平原區量水法供新幫助。
7. 管路量水漸將因本省之漸重視管路系統而加重要性。

五、結 語

由於本省農業方式為集約栽培，對時間空間都加以高度之利用，而如何發揮有限水量的最大作用是當今要題，隨著量水的重要性，乃成為有智者的共同肯定之事實。除了從事檢定，改良及興修外，如何就本省之地形、坡度、土質、埤圳容荷渠系特性，農民知識程度，農作習性及經濟負荷能力，提供並研究出構造更簡便，觀測更容易，價格更便宜，精度又可靠而經久耐用的設備及方法，當係進一步努力的目標之一。如果又能符合隨携隨設隨拆的實用原則，將頗有助於田間的實用。從而本省的量水可在達到理想控水目的之同時，發展而為用多少水付多少水費的理想。而灌溉原理、灌溉效率的研究，也就因此有個正確的結果。隨著時潮的趨勢，及地面水水源的限制，此後本省農業除現有渠系以外，對地下水的開發使用，與高價作物的栽培引起的噴洒灌溉的推行，都將使於建造量水設備時，不再忽視管道灌溉的幾項問題，斯時，管路量水研究重要性之躍增，誠可預見矣！

六、參 考 書 目

1. 張 建 助 灌溉與排水學(上冊)
2. 劉 濬 業 譯 美國墾務局編一灌溉用水量之觀測。
3. 劉 濬 業 譯 灌溉原理與實施。
4. 洪 有 才 灌溉排水系統，構造物之設計。
5. 易 任 水利工程學(講義)。
6. 毛 壽 彭 巴歇爾量水槽。
7. 曹 以 松 葉氏灌溉水表(中國農工學報九卷一期)。
8. 曹 以 松 儀器學與研究法(教材)。
9. 臺北水工實驗室 灌溉量水建築物研究試驗報告。

10. 毛壽彭 水土保持工程，工程水力學(講義)。
11. Israelsen Irrigation Principles and Practices-2nd edititon
12. Newell & Murphy; Principles of Irrigation Engineering
13. Daris & Wilson: Irrigation Engineering-7th edition
14. SCS. U. S. A. Measurement of Irrigation Water 1962.

七、謝 辭

本文之寫作，承蒙筆者老師臺大農工系易副教授任之與曹副教授以松之教益頗多。又得施嘉昌與劉佳明兩位師長惠供資料；而於草成後復幸蒙系主任張建勛教授親予改正及指出疏陋之處；此外並蒙楊淑敏小姐代為繕成，特此致謝。

(上接59頁)

組組長，易任先生為學術組組長，各組幹事由各組組長選定後擬下次委員會報告。至工作人員每發給津貼車馬費五十元。

三、為本年度年會所需經費約計新台幣三萬五千元應如何籌措請討論案。

議決：以拉登本會學報廣告費或請機關、團體、個人捐助充作經費。推請林委員溪水及黃委員烟負責拉登廣告費(或捐助)四千五百元。彭委員添松、吳委員維健四千元。易副主任委員負責二千元。徐委員萬椿負責二千元。陳委員石能

負責二千元。魏委員仰西負責壹千元。黃委員慶銓負責二千元。李委員春初負責六千元(紀念品費用)。林委員大振負責二千元。謝委員毅雄負責二千元。陳委員震基負責二千元。鄭委員國基負責二千元。朱委員鎔堅負責四千元。蕭委員耀章負責二千元。各委員拉登本會學報廣告，請儘速提出，以便彙刊學報。

四、為本年度年會費應如何收取請公決案。

議決：出席會員每人收取新台幣壹拾元。

散會：上午十一時三十分。

春成機械鑿井工程行

營業項目：機械斫井及附屬工程承攬業

營業種類：灌溉用水，工廠用水，飲用水及水利工程等

使用器具：迴轉式，衝擊式，試探式，電動式，柴油車等

口徑：自4吋至24吋

實績
深度：1.000呎

代客檢驗水質 經理 劉金賀

行址：臺南市公園路138號