

## 灌溉分水構造物改善方法之研究

### Study and Development on the Division Works

台灣大學農業工程學系教授

台灣大學農業工程研究所博士班

甘俊二  
Chun-E Kan

林柏璋  
Bor-Jang Lin

#### 摘要

分水設施為灌溉管理上之重要工程設施之一，目前河川式引水灌溉之支分線系統內分水設備，遭遇以下問題：(1)進流量不穩定—流量變化很大(2)務農人口外流—人工短缺(3)經費有限未能全面現代化，以致於現地常見之調節式分水閘門分水工未能發揮其應有機能。本研究以坡度、灌溉水頭、流況、能量、動量及分水機能針對①現地常見之分水工—閘門分水工問題之探討②據有優良分水機能與分水經驗—長源圳之比例分水工③具有實用效率—茄苳腳圳內之特殊分水工，做定性之分析與分水技術之調查研究；發現定性比例分水工之改善方案與其應用於灌溉系統之控制調節上，可提供目前河川式引水灌溉之支分線系統內分水設施設計與修繕之參考，值得進一步對定量作分析與研究。

關鍵詞：閘門分水工，比例分水工。

#### ABSTRACT

Division works are one of the important irrigation facilities for water management. At present, there are several problems encountered during implementation of water distribution in the secondary canals of run-of-river irrigation system, namely, (1) unstable division with great variation, (2) manpower shortage due to outflow of farm labors from rural area, and (3) limited fund for full modernization. As a result, many division structures, installed with gates for regulation of water, have not yet fully functioned as they are expected.

In consideration of such factors as canal, slope, head difference, flow condition, energy, momentum and function of water distribution, this study focused on the following three cases: (1) gated division structures commonly used, (2) well functioned and well proportioned division structure on Changyuan Canal System, and (3) specific and practical division structure on Chiatungchiao Canal System. After investigating the water distribution procedures, studying the existing problems and making qualitative analysis, it was found that the well proportioned division structure could be further improved and then adopted for control and regulation of irrigation in the canal system. Results of this study could be used as reference in the future design and maintenance improvement of division structures of the run-of-river irrigation

system. However, further study and quantitative analysis in this respect are worth to be done.

**Keywords** : gated division structure, proportioned division structure.

## 一、引　　言

水路肩負輸運水量至田坵的灌溉任務，不過隨著技術的提昇及水路多年不斷的改善，慢慢修整成具有符合地域性的實用通水設施；但時至今日，在經濟結構上農業已非重心、隨著工資的高漲、務農人口外流都市，導致農村勞力不足。因此對農業供水之動脈的水路設施以開發(1)操作簡易(2)省時省工(3)能達到公平配水之水利設施，才是符合時代的需要。目前灌溉輸配系統末端之各輪區進水口，大都採用軸心式人工操作閘門來控制其流量，由於臺灣屬海洋季風型氣候，雨量豐沛，每遇水源流量變動時，必須耗費不少人力及時間從事各輪區水門之調節工作，工資高漲的今天已不符經濟效益，成為水利會的重大負擔。為了能在節省人力之條件下，達到適時、適量及公平分水之目的，須將既存的分水工加以更新，如利用管路系統輸水、配水，以電動之自動水門控制取水量，配合電腦程式之灌溉配水計劃；但全面建設現代化灌溉系統之更新須耗用龐大之經費，並非水利會之財力所能負擔的。目前只能在有限經費下改善現有之分水設施，儘量來提升其使用效率。在臺灣既存的分水設施中，有些已存在很久至今仍能發揮其分水機能；但有些設施完工後不久，就已發揮不了其應有之分水機能。分水技術在灌溉管理上為一重要關鍵，本研究是針對分水技術作深入之調查研究，期能從先民智慧及現代科學技術觀點，對分水工之分水技術作優缺點歸納或改善之建議，期能提供日後水利會修繕參考。

Marzolo, F. (1957) 在義大利有一種隔水牆（Vincian）在一條很長的水路上，用長而前端尖銳之隔水板，首先將水路分成 $1/2$ ，更進而在各分水路分成 $1/2$ ，如此按序同法反復進行，可得 $1/2 : 1/2 : 1/4 : 3/4, 1/4, 1/2 : 1/4$ 之分水比例〔10〕。滻口賢三他（1961）於日本香山縣土器川大川頭首工之射流圓弧分水現地調查與實測，此分水構造物是參酌現地條件所建造的分水構造物，其分水比例於乾濕季需加以調整，當分流寬度比為 $3: 1$ 時誤差約1%，

當分流比為 $8: 1$ 時誤差在3%以內〔10〕。臺灣亦有類似之構造物存在於水路上，在此加以調查與探討其營運情形及其功能。

## 二、閘門式分水工

分水工為灌溉配水上之重要設施，其目的在於公平分水。分水工有以固定設施的自動分水，及以固定設施配合水門及制水閘等方法調節水頭分取特定流量。常用之分水工有渠道分水工、溢流分水工、急流分水工及潛流分水工等種類，可視實際需要分別採用〔2,4,6,10,12〕，其中前三種屬半自動定量分水設施及比例分水設施；而後者屬手動定量分水設施，此類分水設施亦稱為孔口分水（orifice division）。目前在支分線系統內，常見之分水構造物是分水閘、斗門、制水閘（軸心式人工調節閘門）與分水箱，在灌溉上採續灌與輪灌時所需調節方式稍有差異，結構上亦有不同。採續灌之地區大半在水源較充足或位於水源之上游，可依所需之水量採固定取水之方式，多餘之水可順勢下流，不管採用溢流式、潛孔式或制水閘擋水產生側流者皆可。至於輪灌區大都位於水源較不足的下游平坦地區，必須利用制水閘抬高水位及利用閘門、插板或閘板切斷非灌區之水路，才能集中水量與水頭引灌輪灌田區。

### 1. 閘門式分水工之佈置〔2,4,6,10,12,14〕：

分水閘、斗門、止水閘構造物選其一或混合併建，其分水工之分水閘門佈置型式，約略可分為十三種，如下所述：

- (1) 直線段溢流式，分流潛流式（自由流況）。
- (2) 直線段溢流式，分流潛流式（高程控制於下游）。
- (3) 直線段溢流式，分流潛流式（但下游有控制斷面，以產生臨界流況，如有parshall flume）。
- (4) 直線段溢流式（自由流況），分流溢流式（自由流況）。
- (5) 直線段潛流式（自由流況），分流潛流式（自由流況）。

- (6) 直線段潛流式（非自由流況），分流潛流式（非自由流況）。
- (7) 直線段潛流式（非自由流況），分流潛流式（自由流況）。
- (8) 直線段潛流式（自由流況），分流潛流式（非自由流況）。
- (9) 直線段潛流式（自由流況），分流溢流式（自由流況）。
- (10) 直線段潛流式（非自由流況），分流溢流式（自由流況）。
- (11) 直線段無閘門，分流潛流式（自由流況）。
- (12) 直線段無閘門，分流潛流式（非自由流況）。
- (13) 直線段無閘門，分流溢流式。

一般閘門式分水工設置於各支分線內之各分水口處，數目眾多，管理不易；若要全面現代化，經費相當龐大，非目前水利會所能負擔的。若遇流量變化時，調節各閘門所需之人力與時間多，尤其是河川式引水灌溉之區域，其流量變化很大，調節更是費時費工。在工資高漲，務農人口外流，水利會經費有限的條件下，更突顯此類分水工在維護與管理上的困難。



圖1 長源圳之四號分水工現況拍照圖

### 三、長源圳傳統的分水技術

#### 1. 長源圳之比例分水工：

長源圳位於南投縣鹿谷鄉小半天地區，隸屬雲林水利會竹山灌溉轄區內，其水源來自北勢溪，使用臨時式之取水堰，取水堰最深50cm，最淺35cm。

豐水期所取之流量為定值；枯水期所取之流量為取水堰所能截住之水盡量取用。依據現場調查得知，長源圳之水源獲得頗為穩定，除非極端乾旱才會發生缺水。但值得注意的是：在長源圳導水路段長 1687.8公尺內有三處山澗進水，匯集山泉及降雨之逕流；據水利小組長張鎮義氏21年之觀察，這三處山澗進水流量相當豐富，約等於取水口之計劃取水量 0.15CMS，且長年不斷。但由於近年來山坡地之開發及杉林、竹林之砍伐，今日這三處山澗平時無水流出，除降雨時；且若遇颱風來襲，匯集大量逕流沖刷而下，常引起土石崩潰，造成導水路之破壞與阻塞，增加維護管理困難與經費之支出。目前由於山澗水源的減少，長源圳流量亦相對的減少，總流量約減少一半，可見山坡地保育對水資源維護之重要性；另原來長源圳水量除了灌溉用水外，也是當地地下水補注之來源。

長源圳於民國12年（1923年）興建，民國13年（1924年）完工通水。歷經70年的歲月，雖幾番修繕和修築部份內面工，但原有水路路線及分水工大部份皆未改變；分水比例雖經農民多次的私下買賣調整，其通水機能仍受轄區農民之肯定與認可。長源圳灌區大都散布在高原或溪谷邊緣，以梯田式為主，田坡以砌石護坦，本是山陵地，經先民一鍤一鋤開挖整理土石鋪設成農地。長源圳之分水設施為固定式的分水結構，分水口大小是依建圳時出資比例而定，例如出壹元分一份；出貳元分二份，因建圳之費用係私人投資，所以不管水量之盈缺，皆以固定之比例分配，故不會發生水分配上之糾紛。若欲多分一點水量，可經私人讓渡方式取得水份，但分水機造物本體不能改變，祇能利用可移動的石塊或水泥補貼來調節新的分配流量；至於各水份之分水門是用整塊原石打造成型。分水工設施之實況圖，如圖1所示；原始水份寬度比之分配，如表1所示，其原始水份比完全是以寬度比來分配流量。

#### 2. 長源圳之比例分水工之佈置：

長源圳之比例分水工設施，共分為四段(1)進口漸變槽（漸擴段），(2)跌水工，(3)急流槽，(4)出口斜坡段。長源圳之比例分水工係利用渠道分水工與垂直跌水、斜槽之複合體所構成之分水工，設於進口漸變槽末端。利用跌水工與急流槽之功用來產生自由流況，避免下游流況影響分水，同時亦有消能

作用，保護下游出口斜坡段免於沖刷。

### 3.長源圳之比例分水工水理分析：

分水工之水理分析，可從定量與定性兩方面來論述，但在此不擬討論定量之自動調節控制水門，只探討定性之比例式分水工，尤以支分線系統內之比例分水工為重點。以下是對於長源圳之比例分水工各段之定性水理分析〔1,2,5,6,9,10,12,13〕：

#### (1)擴大段：

由實地測量所得各段之坡度如表2，其擴大段之坡度極緩，得知其分水工係利用緩坡之特性，以保持水面之穩定來執行分水之任務。

#### (2)分水之瞬時：

分析如下：

①由距離與標高決定兩水路之坡度。

②設定粗糙度與斷面。

③依曼寧公式決定等流水深，如分水下游有斷面變化或彎曲時，必需計算其背水之影響。

④得兩水路水路水位與流量之關係曲線如下：

$$y_0 = f(Q_0)$$

$$y_1 = f(Q_1) \dots \quad (3-1)$$

$$y_2 = f(Q_2)$$

⑤假定 $Q_1$ 值，由(3-1)式得 $y_1$ ， $y_2$ 將此代入動量方程式(3-2)式，得：以試算法可決定 $y_0$ 值

$$\frac{Q_0^2}{gB_0y_0} + \frac{B_0y_0^2}{2} - \frac{(b+b_1+b_2)(y_0 + \frac{v_0^2}{2g})^2}{2}$$

$$= \frac{Q_1^2}{gB_1y_1} + \frac{(Q_0-Q_1)^2}{gB_2y_2} + \frac{B_1y_1^2}{2} + \frac{B_2y_2^2}{2} \dots \quad (3-2)$$

$Q_0$ ：分水前之流量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$Q_1$ ：分水後之分流量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$Q_2$ ：分水後之主流量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$y_0$ ：分水前水深 (m)

$y_1$ ：分水後分流水深 (m)

$y_2$ ：分水後主流水深 (m)

$B_0$ ：分水前寬度 (m)

$B_1$ ：分水後分流寬度 (m)

$B_2$ ：分水後主流寬度 (m)

$b$ ：隔牆寬度 (m)

$b_1$ ：分流之側邊橋墩寬度 (m)

$b_2$ ：主流之側邊橋墩寬度 (m)

$v_0$ ：上流流速 ( $\text{m}/\text{s}$ )

$$v_0 = Q_0 / B_0 y_0$$

由上式決定之 $y_0$ ， $y_1$ ， $y_2$ ，代入下列之能量公式，(3-3)式至(3-5)式，得(3-6)式之E值：

$$H_0 = y_0 + \frac{Q_0^2}{2g(B_0y_0)^2} \dots \quad (3-3)$$

$$H_1 = y_1 + \frac{Q_1^2}{2g(B_1y_1)^2} \dots \quad (3-4)$$

$$H_2 = y_2 + \frac{Q_2^2}{2g(B_2y_2)^2} \dots \quad (3-5)$$

$$E = [(H_0 - H_1)^2 + (H_0 - H_2)^2]^{0.5} \dots \quad (3-6)$$

E：最小二乘方對於能量損失量化值

改變 $Q_1$ 值，得E值；求E之最小值所對應之 $Q_1$ 時，即為假定之下游水路斷面所對應之分水量。即一邊假設兩分水路之斷面、坡度，一邊求E之最小值所對應之 $Q_1$ 值，如此計算所得之 $Q_1$ 值與計畫之 $Q_1$ 值相等，得兩水路之流量斷面構造。

由動量方程(3-2)式可知： $b$ 之值愈小，對於動量之損失愈小，即隔牆愈薄動量之損失愈小。 $b_1$ 與 $b_2$ 是側邊橋墩束縮，主要功用是：(A)束縮水流，以避免側邊之拖曳力而影響分水過程與(B)給予下端有完全跌水之條件。

進流量 = 主流量 + 支流量

$$\frac{(b+b_1+b_2)(y_0 + v_0^2 / 2g)^2}{2} \text{ 為隔牆與側邊橋墩所}$$

產生之動量阻力，若分水工為均分 $b$ 寬度，且 $b_1$ 與 $b_2$ 等寬度，即：

分水後主流量 = 分水後分流量 =  $1/2$ 分水前流量時，其阻力為平均分擔，分水之精確度沒有問題；但若分水流量比例不一樣時，假設其為束縮流，不考慮側岸剪力之作用，推得：

$$(a) 渠道寬  $B_0 = B_1 + B_2 + b + b_1 + b_2$$$

(b) 由表2之擴大段得知：擴大段之坡度幾乎水平，故兩水路為寬矩形渠道，由曼寧公式得知：流量比僅與水深有關

(c) 假設分水處之上游為均勻流且為等流水深，如此理想條件下，才能以動量比來探討流量比：

$$\begin{aligned} & \left[ \frac{B_1+b/2+b_1}{B} \times \left( \frac{Q_0^2}{gB_0y_0} + \frac{B_0y_0^2}{2} \right) \frac{(2b_1+b)(y_0 + v_0^2 / 2g)^2}{4} \right] \\ & \div \left[ \frac{B_2+b/2+b_2}{B} \times \left( \frac{Q_0^2}{gB_0y_0} + \frac{B_0y_0^2}{2} \right) \frac{(2b_2+b)(y_0 + v_0^2 / 2g)^2}{4} \right] \\ & = \frac{Q_1 v_1}{(Q_0 - Q_1) v_2} \dots \quad (3-7) \end{aligned}$$

$$\left( \frac{Q_1^2}{gB_1y_1} + \frac{B_1y_1^2}{2} \right) \div \left( \frac{(Q_0-Q_1)^2}{gB_2y_2} + \frac{B_2y_2^2}{2} - \frac{Q_1V_1}{(Q_0-Q_1)V_2} \right) \dots (3-8)$$

由(3-2)與(3-8)式得知 $B_1$ 與 $B_2$ 之關係為 $f(Q_0, Q_1, B_0, b, b_1)$ ；是故由上述可知 $Q_1/(Q_0-Q_1)$ 並不能以 $B_1/B_2$ 來決定；除 $v_0=v_1=v_2$ 、 $b_1=b_2$ 、 $B_1=B_2$ ，得 $Q_1=Q_2=Q_0/2$ 。由(3-3)式至(3-6)式之能量方程式可得代表長源圳之比例分水工型式之能量損失。

### (3) 分水後之跌水：

根據美國內政部營務局設計標準之垂直跌水靜水工，跌水高度 $\geq 0.5yc$ 與下游水面必須低於上游臨界水深0.6倍，以容許射流投入並避免下游產生過大之波浪，而影響上游之自由流況。若能滿足自由流況之條件，則下游之坡度將不影響上游之分水。長源圳分水工正是運用此跌水特性，達到下游流況不影響上游分水與消除過多之能量。

## 四、茄苳腳圳之分水工

### (一) 茄苳腳圳之分水工設施：

雲林農田水利會轄區之66383公頃之灌溉系統裡，近年來應用長源圳分水技術而另行創設的分水構造物，已被運用於平坦地區之分水設施。此特殊分水構造物位於水利會轄區西南角之大埤工作站所屬之茄苳腳圳裡的第一、二分水工。茄苳腳圳灌區大都屬雙期作田，其圳之轄區824公頃，其中一期作水田747公頃，二期作800公頃，排水地10公頃，另外中洲地區有14公頃是完全靠抽取井號444及445之地下水灌溉。

### (二) 茄苳腳圳之分水工之佈置：

圳線共有三處分水工，原本為人工調節之軸心式閘門（check gate），第一、二分水工中之支線是屬涵洞式分水閘中之岸坡切成垂直牆之圓形分水閘，為止水閘兼潛流式之分水閘；第三分水工為矩形堰固定式分水工。每遇流量變動時，必須耗費不少人工從事調節閘門的工作，實難做到適時之調節，故由水利會技術人員與民眾協議下，參考長源圳之定比率分水之經驗設計出目前運用之分水結構物。第一、二分水工利用特殊之分水門代替人工調節之軸心閘門來從事分水；又因水頭不夠，故利用圳線止水閘兼潛流式之分水來止水以抬高水頭，而第三分水工也運用原本構造物中之矩形堰來分水。

特殊現況運用於田間之分水構造物之實況圖，如圖2所示。

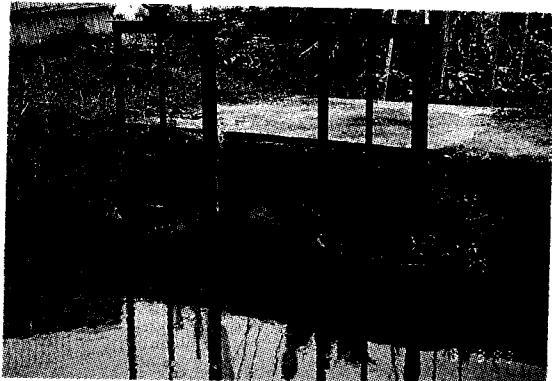


圖2 茄苳腳圳分水工現拍照圖

### (三) 茄苳腳圳之分水工水理分析：

大埤工作站轄區之茄苳腳圳之第一、二分水工中之支線，本是屬涵洞式分水閘中之岸坡切成垂直牆之圓形分水閘，直線段是止水閘，故支線亦為直角分水之型態；今日之特殊分水構造物都採溢流之矩型銳緣堰來執行分水。

#### 1. 原本分水工之分析：

(1) 依質量不減推得：

$$Q_0 = Q_{11} + Q_{22} + (Q_0 - Q_{11} - Q_{22}) \dots (4-1)$$

$Q_0$ ：進流量

$Q_{11}$ ：水門一分流量

$Q_{22}$ ：水門二分流量

$(Q_0 - Q_{11} - Q_{22})$ ：止水閘兼潛流式之分水閘之分流量

(2)  $Q_{11}, Q_{22}$ 分流量之計算採潛流式，直線段下游分流量採溢流式，或以曼寧公式由下游推估分流量。

#### 2. 今日分水工之分析 [1,2,4,5,6,9,10,12] :

依曼寧公式，可於不受制水閘擋水所產生之迴水影響之區段測得進流量  $Q_0$ ，同理可測得下游之  $Q_0 - Q_{11} - Q_{22}$  之流量；因  $Q_{11}$  與  $Q_{22}$  同屬一類之分水門，依溢流堰一般流量公式：

$$(1) \text{矩型堰時: } Q_{11} = 2/3 \times C_d \times \sqrt{2g} \times L^* \times H_1^b \dots (4-2)$$

$$C_d : \text{流量係數} = C_c \times \left[ \left( 1 + \frac{v_0^2}{2gH_1} \right)^{3/2} - \left( \frac{v_0^2}{2gH_1} \right)^{3/2} \right]$$

$C_c$  : 收縮係數

$H_1$  : 壓頂上游水位(m)

$L$  : 壓頂寬(m)

a : 係數，一般為1

b : 係數，一般為3/2

(2) 茄苳腳圳之特殊分水工—斜角側堰溢流分水門分析：

假設如下：

① 積流 ② 無黏滯性 ③ 自由流況 ④ 平均速度頭一維均等公佈 ⑤ 二面束縛 ⑥ 斜角向渠內30度 ⑦ 據Francis formula之收縮堰公式

(A) 假定  $Q_0$ ,  $L_0$ ,  $v_0$  已知，設定  $Q_{11}$ ,  $Q_{22}$ ，則：

$$Q_{11} = 2/3 \times C_c \times \sqrt{2g} \times L_{e11} \times H_{11}^{3/2} \quad \dots \dots \quad (4-3)$$

$$L_{e11} = L_{11} - 0.1n \times H_{11}$$

$$n=2$$

$$He_{11} = (H_{11} + 0.5v_0^2/2g)^{3/2} - (0.5v_0^2/2g)^{3/2}$$

$Q_{22}$ 與 $Q_{11}$ 屬同一型式，故 $He_{22}$ 假設與 $He_{11}$ 相等， $C_c$ 由實測量得，則 $Q_{11} : Q_{22} = L_{e11} : L_{e22}$

$L_{e11}$ ：分水門一有效寬度

$L_{e22}$ ：分水門二有效寬度

$He_{11}$ ：分水門一有效水位

$He_{22}$ ：分水門二有效水位

$H_{11}$ ：分水門一水位

$H_{22}$ ：分水門二水位

$L_{e2}$ ：直線段之制水閘有效寬度

$He_2$ ：直線段之制水閘有效水位

(B)  $Q_2$ 之直流堰流量求法下所示：

$$Q_2 = 2/3 \times C_c \times \sqrt{2g} \times L_{e2} \times He_2^{3/2} \quad \dots \dots \quad (4-3)$$

$$L_{e2} = L_2 - 0.1n \times H_2$$

$$n=2$$

$$He_2^{3/2} = (H_2 - v_0^2/2g)^{3/2} - (v_0^2/2g)^{3/2}$$

$L_2$ ：直線段之制水閘寬度

$H_2$ ：直線段之制水閘上之水位

將(4-1)式代入(4-3)式得 $He_2$

(C) 當  $E = [(H_1 - He_{11})^2 + (H_1 - He_2)^2]^{0.5}$

$E$ ：最小二乘方對於能量損失量化值

改變 $Q_{11}$ 與 $Q_{22}$ 值，得 $E$ 值；求 $E$ 之最小值所對應之 $Q_{11}$ 與 $Q_{22}$ 時，即為假定之側堰之各分流量。即

一邊假設兩分流堰之寬度，一邊求 $E$ 之最小值所對應之 $Q_{11}$ 與 $Q_{22}$ 值，如此計算所得之 $Q_{11}$ 與 $Q_{22}$ 值與計畫之 $Q_{11}$ 與 $Q_{22}$ 值相等，得兩分流堰之流量寬度，來探討斜角側堰寬度比與流量比之關係。

## 五、理論分析

### 1. 分水機能水理規範：

分水設施有各種型態，依水路之水位、流量之狀態，在水理上有三種考量，順應度(flexibility)、敏感度(sensitivity)及效率(efficiency) [10]。可判斷此分水設施所具有的分水機能。

(1) 順應度(flexibility)為分水設施之流量變化率與直線段上游水路流量變化率之比。即：

$$F = \frac{dQ_1/Q_1}{dQ_0/Q_0} = \frac{n \times dH/H}{m \times dD/D} \quad \dots \dots \quad (5-1)$$

F：順應度

$dQ_1$ ：分流量之微變

$Q_1$ ：分流量 =  $K' H^n$

$dQ_0$ ：直線段上游水路之流量之微變

$K'$ ：係數

$Q_0$ ：直線段上游水路之流量 =  $K D^n$

H：水頭

n：係數

K：係數

D：直線段上游水路之水深

m：係數

若分水設施之流量變化比直線段上游水路流量之變化大時，其分水設施具有高順應性；若小時為低順應性，又如自動定量分水設施與水路流量變化無關，所以 $F=0$ ，其分水效果最佳，不管上游流量如何變化，皆不致影響分水效果。當 $F=1$ 時，分水之效果完全隨著直線段上游流量之變動比例而變動。當 $F>1$ 時，分水效果變動比上游流量變動比例更大。當 $F=\infty$ 時，分水效果是完全順應，但只發生在水門關閉時，因 $F=\infty$ ，即 $dQ_0/Q_0=0$ 時。

(2) 敏感度(sensitivity)為分水設施之流量變化率與直線段上游水路水位變化率之比。即

$$S = \frac{dQ_1/Q_1}{dG/D} = \frac{n \times dH/H}{dG/D} \quad \dots \dots \quad (5-2)$$

S：敏感度。

dG：為一般量器之讀數或是堰上至給水路水面



$$Q_0 = \frac{1}{n} \times A_0 \times R_0^{2/3} \times S_0^{1/2} = const \times y_0^{5/3}$$

$$Q_1 = \frac{1}{n} \times A_1 \times R_1^{2/3} \times S_1^{1/2} = const \times y_1^{5/3}$$

擴大段渠底接近水平，主流分流之坡度係數相等；假設其粗糙度一樣，推得：

$$dQ_0 = 5/3 \times const \times y_0^{5/3} dy_0$$

$$dQ_1 = 5/3 \times const \times y_1^{5/3} dy_1$$

代入(5-1)式得：

$$F = \frac{dQ_1/Q_1}{dQ_0/Q_0} = \frac{dy_1/y_1}{dy_0/y_0} \dots \dots \dots \quad (5-4)$$

當  $dG = dD$  與  $n = m = 5/3$  時（緩流與寬矩形渠道），代入(5-2)式得：

$$S = \frac{dQ_1/Q_1}{dG/D} = \frac{dQ_1/Q_1}{dD/D} = 5/3 \times \frac{dy_1/y_1}{dy_0/y_0} \dots \dots \dots \quad (5-5)$$

代入(5-3)式得：

$$E = \frac{y_1}{y_1 + HL} \dots \dots \dots \quad (5-6)$$

當  $dy_1 = dy_0$  時，代入(5-4)式得：

$$F = \frac{dy_1/y_1}{dy_0/y_0} = \frac{y_0}{y_1}$$

當  $dG = dD = dy_0$ ，代入(5-5)式得：

$$S = \frac{dQ_1/Q_1}{dG/D} = m \times F = \frac{dQ_1/Q_1}{dD/D} = 5/3 \times \frac{y_0}{y_1}$$

得：①當  $y_0 = y_1$  時， $F = 1$ ，即得寬度比等於流量比。②理論上，去除速度頭之影響是不可能的，但若能使  $y_0$  趨近於  $y_1$ ，則以寬度比執行分流比，其精確度才合理，或經由調整寬度比來配合流量比。

### 5. 茄苳腳圳之分水工分水機能：

茄苳腳圳過去之閘門式與現今比例式之分水所具有的分水機能比較表，如表3所示，由閘門式之調節分水工改成現今實際運用之特殊比例分水工後，根據現場調查引證，其分水機能之公平性，頗受相關人士之肯定。

## 六、實測引證與探討

### 1. 長源圳之實測引證：

根據53年臺灣省各農田水利會灌溉調查報告中，對長源圳的調查報告之基本資料如表4及表5所示；本研究於民國82年（1993年）2月間，實地調查較具代表性的分水工測得表6。

(1) 根據表4得知灌區土壤，壤土佔93.8%，二期作水田佔91.6%，根據雲林水利會之資料壤土地

區之配水損失一般皆少於25%，若以此來說明之：①長源圳自北勢溪固定取水量是0.15CMS，又有三處常年不斷之山澗溪流之補充約0.15CMS，今以取水量0.15CMS穩定流量計；而臺灣水田灌溉率一般有600公頃以上，0.15CMS流量至少可灌溉70公頃以上之水田面積，可肯定此地之灌溉水源無慮。根據現場訪問得知，長源圳之灌溉水源從沒缺過。②渠道之計畫輸水量0.199 CMS；如第四號水門主流寬306cm，高15cm，粗糙度0.02，坡度0.0016，依曼寧公式推得輸水容量0.243CMS（加出水高度），由①與②可知此地之灌溉水源足夠，即無缺水之慮。

(2) 根據竹山工作站所提供之資料，長源圳灌區之平均坡度在1:1000—1:70之間，經由現場實際量測所得如表2，其坡度大多處於0.0274—0.273之間；根據跌水工一般設於大於豎一橫三之比之坡度地形而言，結構物設有此類跌水工以消能屬合理的。由表2之主流與常流  $F < 0.5$  得知：長源圳之渠道坡度都超過  $S_1$ ，於分水後之陡坡都能順利的輸送分水流量，而不產生回流現象（自由流況），故分水處能由(3-1)式與(3-3)式至(3-6)式之能量公式計算。

(3) 根據實地量測：長源圳直流通段長度最長21.91公尺，最短只有7.36公尺，平均約12.80公尺，與渠道分水工之建議長度50公尺比較，相差甚遠；擴大段之長度最長9.40公尺，最短只有3.15公尺，平均6.26公尺，屬流線漸擴型，平均坡度為0.0055，是非常趨於水平，功用在於使流況成為緩流，水面保持穩定，以利分水工之分水公平。其分水工結構是以整塊岩石打造而成，隔牆高15公分，柱體是15公分見方之長條狀，是以寬度比執行分水比。長源圳分水工之實測資料如表6所示，在此可發現一擴大部之配置無規則可尋，且在實地觀察得知：當流速高時，水面水流速分佈並不很平均，與上游渠道直線向之部分流速較快。由此可知上游段之流況在高流速時並不穩定。若要符合(3-2)式與(3-8)式之動量方程式對寬度之分析，必須上游流況非常平穩方可。故建議延長擴大段長度或延長上游直線段之長度，且能進入上游直線段

前，利用跌水或其它消能設施以消除多餘之能量以減緩直線段之水流速。

(4)由(3-2)式與(3-8)式得知：寬度比愈大，其比例分水準確度愈差。

## 2.長源圳分水工之探討：

(1)水分分水於灌溉管理上將產生有錢有水，無錢無水灌溉之現象，尤像長源圳歷經多年之水份與農地賣賣過程，水量之分配與面積比配水產生差距。以灌溉均等分配水資源之立場，應以面積比配水較為合理。

(2)長源圳之栽培作物，今日以茶為主，皆採用噴灌方式，但由於農民直接圳裡抽水，管線分佈雜亂且影響圳路之通水斷面，對圳路之排洪能力構成威脅，需加以改善。

(3)對長源圳之分水工水理與實測分析，得到施設比例分水工有其條件，方能以簡易之寬度比等於流量比。

①上下游之流況以不影響分水工方屬合理。若下游段流況不致影響分水工之分水時，可由比能之觀念來推求得分流量情況。

②分水隔牆儘量要薄以減少能量損失，即減少因隔牆分水所造成之紊流及渦流；減少能量損失可促進流況之穩定與減低計量之複雜化。

③分水工之擴大部至少需使流況達到穩流狀，且符合緩流之要求，以穩定水流況。

④束縮分水斷面除產生自由流況外，並能減低因邊界效應之拖曳力對構造物所產生之損害，可延長構造物壽命。

⑤在比例分水時，儘可能採用二分法，即在農地重劃時，將灌區之輪區儘量劃一，避免分水因子之干擾，以利分水過程之簡易化，使精確度確保在合理之範圍內。

(4)根據實地調查，長源圳能久存之條件如下：

①優越之地理條件：長源圳之水源清澈且進流量穩定，多餘之水量在導水途中外排、灌區有充足之水頭引水灌溉。渠道以砌石為主要材料，側牆之排水性好，結構物能避免水土側壓之破壞；但導水路易受巨石滑落之破壞外，位於山谷間之水路維護不易。至於幹渠和其他小給水路大半位於產業道路旁，維護

管理較為方便。

②優越之人文條件：本地區長久以來維護管理之執行較為自發性，據水利會人員陳述：過去雇用巡圳工，負責維護水路避免枯樹枝或落石之阻塞，亦重視岸邊之清潔，農民對於坵塊之灌溉渠道亦會主動割除雜草。過去水稻為此地之主要農作，今日已改茶業為此地之主要經濟來源，茶園之灌溉亦直接依賴此圳，故長源圳為此地生命之泉源。

③優越之構造物條件：分水結構採用水份比例來分水，其構造為渠道分水工、垂直跌水與斜槽之複合體，結構物分水機能確實，且跌水屬於自由跌水流況，故不管流量是多少，皆依比例自動分水，而不受下游流況所影響，可達省時、省工、公平之調配效果。

(5)長源圳之比例分水經驗可供粗放經營農區之灌溉配水，尤其適用於河川式引水灌溉之灌區。

## 3.茄苳腳圳分水工之實測引證：

實地量測茄苳腳圳分水工一、二結構尺寸如表7，依上游往下游排列，以渠底為基準。分水工及深井之現況與地下水水量導入幹線，或直接導入支線之分佈情形，如表8及表9。根據工作站所提供之用水量資料如表10，約有一半水源抽取地下水來補給水量之不足。

(1)根據大埤工作站所提供之資料，茄苳腳圳幹線底寬130cm，斷面坡度1: 1.25，高100cm，出水高度30cm之梯型斷面渠道。灌區之坡度介於 1: 1500 – 1: 600之間，大部份為1: 700 – 1: 800，其坡度屬平緩；經坡度計算與常流F<0.5得知：其渠道坡度低於S<sub>1</sub>。其多；又由表10得知，實際灌溉水量從圳內取水僅佔一半，水頭條件亦不能自由引水，故須利用止水閘抬高水位。

(2)茄苳腳圳之分水工經實地量測分水工之各高程，如表7，係利用既存之止水閘抬高水位（與分水堰頂同高），並利用堰之特性產生自由流況以達配水目的；由表8及表9可知其流量是以寬度比來計算。

(3)經實地量測：當堰頂水位10.5cm時，第一分水工上游 50 公尺處平均流速約 0.235 m/s；下游 50公尺處，平均流速約0.275 m/s；第二分水工上游50公尺處平均流速約0.141m/s，下游50公

表1 長源圳建圳之原始資料 (1923年)

尺 = 30.303公分 寸 = 3.0303公分

水門號	主	金額	分得水面寬尺度	分得水面寬尺度	寬尺度之水份(千分之一寸)/元	寬尺度之水份(公分)/元
	支	萬千百十元	丈尺寸分釐.	公分.		
1	主	14800	59200	179.394	4	0.01212
	支	220	880	2.667	4	0.01212
2	主	14450	86700	262.727	6	0.01818
	支	350	2100	6.364	6	0.01818
3	主	13795	110300	334.242	7.9956	0.02423
	支	640	5120	15.515	8	0.02424
4	主	11495	91968	278.691	8.0007	0.02424
	支	2300	18400	55.758	8	0.02424
5	主	11425	90140	273.151	7.8897	0.02391
	支	70	510	1.545	7.2857	0.02208
6	主	11225	89800	272.121	8	0.02424
	支	200	1600	4.848	8	0.02424
7	主	9460	75680	229.333	8	0.02421
	支	1765	14100	42.727	7.9887	0.02424
8	主	9260	74080	224.485	8	0.02424
	支	200	1600	4.848	8	0.02424
9	主	7535	60280	182.666	8	0.02424
	支	1725	13800	41.818	8	0.02424
10	主	7305	58440	177.091	8	0.02424
	支	230	1840	5.576	8	0.02424
11	主	6810	61290	185.727	9	0.02727
	支	490	4400	13.333	8.9796	0.02721
12	主	6730	47600	144.242	7.0728	0.02143
	支	80	560	1.697	7	0.02121
13	主	6640	53120	160.970	8	0.02424
	支	90	720	2.182	8	0.02424
14	主	4950	49500	150.000	10	0.03030
	右	60	200	0.606	3.3333	0.01010
15	左	1620	6300	19.091	3.8890	0.01178
	主	4200	33680	102.061	8.0190	0.02430
16	支	740	5920	17.939	8	0.02424
	主	4120	32760	99.273	7.9515	0.02410
17	支	90	720	2.182	8	0.02424
	主	3980	39800	120.606	10	0.03030
18	支	140	1400	4.242	10	0.03030
	主	3780	30240	91.636	8	0.02424
19	支	200	1600	4.848	8	0.02424
	主	3415	27320	82.788	8	0.02424
20	支	365	2920	8.848	8	0.02424
	主	3315	33150	100.454	10	0.03030
21	支	100	1000	3.030	10	0.03030
	主	2970	23710	71.848	7.9832	0.02419
22	支	345	2760	8.364	8	0.02424
	主	2670	26700	80.909	10	0.03030
23	支	300	3000	9.091	10	0.03030
	主	2535	20280	61.454	8	0.02424
	支	135	1100	3.333	8.1481	0.02469

竹山工作站轄區長源圳水利小組長張鎮義先生所提供之原始資料

表2 長源圳分水門之直流段、擴大段、主流陡坡段及分流陡坡段之坡度

	分水門號	新舊	直流段	擴大段	主流陡坡段	分流陡坡段
坡 度	4	舊	0.01350	0.00160	0.27306	0.22947
	5	舊	0.00706	0.00028	0.15599	***
	6	舊	0.04754	0.00777	0.18600	***
	9	舊	0.02656	0.00473	0.33857	0.03465
	12	舊	0.04230	0.01331	0.41023	***
平 均			0.02739	0.00554	0.27277	0.13206

表3 茄苳腳圳分水工改建前後分水機能比較表

原本之涵洞式分水閘中之岸坡 切成垂直牆之圓形分水閘：	現今之特殊分水門斜角側堰 加止水設施：
$F = \frac{H}{H_1 + \Delta h}$	$F \rightarrow 1$
$S = \frac{\lambda H}{2H_1 + 6\Delta h}$	$S = 3/2 \times F \rightarrow 3/2$
$E = \frac{y_1}{y_1 + \lambda H + \Delta h}$	$E = \frac{y_1}{y_1 + \lambda H} \rightarrow 1$

表4 民國五十三年臺灣省各農田水利會灌溉調查報告長源圳的  
灌溉種類、面積及土壤類別

灌溉種類	面積(公頃)	土壤之類別	面積(公頃)
灌溉面積	50.11	壤土	47.00
二期作田	45.91	砂礫土	3.11
第二期作	4.20	灌溉方式	續灌

表5 長源圳結構物細目及狀況

長源圳結構物細目	狀 況	幹線結構物細目	狀 況	小給結構物細目	狀 況
計畫輸水容量	0.15 CMS	幹渠條數	1 條	小給水路條數	3 條
圳路條數	4 條	幹渠長度	5050 公尺	小給水路長度	1011 公尺
圳路長度	6061 公尺	幹線內面工長度	3750 公尺	內面工長度	356 公尺
內面工長度	4106 公尺	渠首工或攔河堰	1 只	其它構造物	8 只
渠首工或攔河堰	1 只	閘 門	2 只	*****	*****
閘 門	2 只	其它構造物	46 只	*****	*****
其它構造物	54 只	*****	*****	*****	*****

表6 長源圳分水門之直流段、擴大段、主流陡坡段長度及分流陡坡段長度與分水門各分水寬度及隔牆、側邊橋墩之厚度（1993年）

分水門號	新舊	直流段長度 (cm)	擴大段長度 (cm)	主流陡坡段長度 (cm)	分流陡坡段長度 (cm)	分水門各分水寬度 (cm)	隔牆之寬 (cm)	
4	舊	2192.0	624.5	219.0	95.0	側邊擴大		
						主 306.0	6.0	
						隔牆		
						支 57.5	32.0	
高 程 差		29.6	1.0	59.8	21.8	***.*	***.*	
坡 度		0.01350	0.00160	0.27306	0.22947	***.*	***.*	

分水門號	新舊	直流段長度 (cm)	擴大段長度 (cm)	主流陡坡段長度 (cm)	分流陡坡段長度 (cm)	分水門各分水寬度 (cm)	隔牆之寬 (cm)	
5	舊	736.0	722.0	342.0	***.*	側邊擴大		
						主 7.0	7.0	
						隔牆		
						支 221.0	7.0	
高 程 差		5.2	0.2	53.4	***.*	隔牆		
坡 度		0.00706	0.00028	0.15599	***.*	側邊擴大	11.5	
高 程 差		6.0						
坡 度								

分水門號	新舊	直流段長度 (cm)	擴大段長度 (cm)	主流陡坡段長度 (cm)	分流陡坡段長度 (cm)	分水門各分水寬度 (cm)	隔牆之寬 (cm)	
6	舊	1015.0	940.0	400.0	***.*	側邊擴大		
						主 4.0	20.0	
						隔牆		
						支 275.0	7.0	
高 程 差		48.3	7.3	74.4	17.7	側邊直線		
坡 度		0.04754	0.00777	0.18600	***.*	支 ***.*	6.0	
高 程 差								
坡 度								

分水門號	新舊	直流段長度 (cm)	擴大段長度 (cm)	主流陡坡段長度 (cm)	分流陡坡段長度 (cm)	分水門各分水寬度 (cm)	隔牆之寬 (cm)	
9	舊	1495.0	528.0	210.0	86.0	側邊擴大		
						支 3.5	10.0	
						隔牆		
						支 50.0	24.0	
高 程 差		29.8				隔牆		
坡 度		39.7	2.5	71.1	***.*	主 260.0	7.0	
高 程 差						側邊擴大		
坡 度		15.0						

分水門號	新舊	直流段長度 (cm)	擴大段長度 (cm)	主流陡坡段長度 (cm)	分流陡坡段長度 (cm)	分水門各分水寬度 (cm)	隔牆之寬 (cm)	
12	舊	964.5	315.5	215.0	***.*	側邊擴大		
						支 15.0	24.0	
						隔牆		
						主 178.0	6.0	
高 程 差		40.8	4.2	88.2	***.*	側邊擴大		
坡 度		0.04230	0.01331	0.41023	***.*	支 ***.*	15.0	
高 程 差								
坡 度								

表7 茄苳腳圳分水工實測資料

項目	分水工一	分水工二
制水堰高	115.5 cm	84.0 cm
制水堰分水堰頂寬	150.0 cm	150.0 cm
水門一堰頂高	87.5 cm	68.0 cm
水門一堰口高	25.0 cm	40.7 cm
水門一堰口寬	35.0 cm	45.0 cm
水門二堰頂高	87.5 cm	68.0 cm
水門二堰口高	25.0 cm	17.7 cm
水門二堰口寬	14.0 cm	33.0 cm
溢流水門堰頂高	87.5 cm	68.0 cm
溢流水門堰口高	16.0 cm	17.7 cm
渠底至水門底高	12.0 cm	8.0 cm
水門一與渠岸夾角	27.1 度	25.3 度
水門二與渠岸夾角	32.3 度	25.2 度

表8 茄苳腳圳之分水工一深井分佈及分水門寬度之現況資料

幹支分給線名	灌溉面積(ha)一期作	水門寬(cm)	每公頃之水份寬(cm/ha)	灌區深井補充之編號
橫圳支線	113.11	35.0	0.309	# 660 # 345
茄苳腳圳小給一	42.06	14.0	0.333	
幹 線	591.64	150.0	0.254	

幹支分給線名	灌溉面積(ha)二期作	水門寬(cm)	每公頃之水份寬(cm/ha)	灌區深井補充之編號
橫圳支線	119.94	35.0	0.292	# 660 # 345
茄苳腳圳小給一	43.59	14.0	0.321	
幹 線	636.13	150.0	0.236	

表9 茄苳腳圳之分水工二深井分佈及分水門寬度之現況資料

幹支分給線名	灌溉面積(ha)一期作	水門寬(cm)	每公頃之水份寬(cm/ha)	灌區深井補充之編號
直圳支線	67.45	45.0	0.667	# 367
茄苳腳圳小給二	45.79	33.0	0.721	
幹 線	478.40	150.0	0.314	# 389 # 464 # 438 # 346 # 348 # 347

幹支分給線名	灌溉面積(ha)二期作	水門寬(cm)	每公頃之水份寬(cm/ha)	灌區深井補充之編號
直圳支線	113.54	45.0	0.396	# 367
茄苳腳圳小給二	45.79	33.0	0.721	
幹 線	476.81	150.0	0.315	# 389 # 464 # 438 # 346 # 348 # 347

表10 茄苳腳圳之灌溉水來源與計畫用水量

系統別：茄苳腳圳幹線		土壤別：坋質壤土		作物別：兩期作稻作		
取水來源	地面水取水量 (mm)	地面水取水量 (mm)	計畫用水量 (mm)	計畫用水量 (mm)	降雨量 (mm)	地面水取水量佔實際用 水量之百分率(%)
年	期別					
80	1	303.0	477.4	1319.7	539.0	219.0
	2	216.0	339.2	1274.0	555.2	712.9
81	1	368.9	201.3	1320.6	570.2	810.0
	2	216.3	216.3	1273.8	432.6	766.5
						50.00

尺處，平均流速約0.197 m/s。於分水工附近，水面幾乎呈靜止狀，係由直線段上游漸進流速對堰所產生之水位影響，以直流堰而言，並未超過4%。當定水頭，但有漸進速度時，則需考慮速度頭之影響，由曼寧公式及(4-1)式與(4-2)式間接推算此構造物之 $C_v$ 值，經實地測量，得 $C_v = 0.60 - 0.62$ 。與Francis formula對於 $L_1 > 3H_1$ 與 $H_1/P < 1$ 時之 $C_v$ 值取0.622相差不多。

(4)經實地量測第一分水工之淤砂約30-40cm，第二分水工之淤砂約20-30cm，可知此分水工因引水灌溉處流速緩慢，分水工具有沉沙之功能，可減少灌溉水導入田間之含沙量。

#### 4. 茄苳腳圳分水工之探討：

(1)大埤工作站之灌溉轄區內有不少養雞場及養豬場，往往將死雞、死豬丟棄於圳內，尤囤積於分水工處，不僅影響分水工之機能，亦造成腐臭之味，應設法改善。污泥及廢棄之雜質物，在分水工上游側淤積頗為嚴重且有腐臭味，根據工作站人士之陳述：應於每年農閒時清除圳路，但因目前經費有限，數年才能疏浚一次，只能利用大雨或颱風將制水門打開沖砂。如何改善灌溉水質與淤沙問題，是當前值得深思的課題。

(2)大埤工作站之分水比，應考慮公井之補助灌溉水量方為合理；抽水之目的是補充引水灌溉之不足，屬機動性的，應確實配合地下水井流量與地表灌溉水源之間的協調，如此之比例分水工方屬合理之配水。

(3)構造物中側向引水之分水工，其影響因子較為複雜，本研究之論述係是假設流速之分佈為均速，但流速實為曲線分佈，若能以曲線分佈來探討，將更接近實際現況，所得之結果將更為合理。

(4)由茄苳腳圳分水工之分析得知：以堰分水必須滿足堰之分水特性，不受上下游之流況影響；即儘可能達到各分水門流況接近，減少速度頭之差異，如此分水方為合理。

(5)廢污水之處理得不好，將影響灌溉水源之質與量及破壞水利設施之機能。

#### 5. 灌溉系統之分水機能之探討：

以長源圳與茄苳腳圳之灌溉系統為例，如圖3列述整個支分線系統之調節控制點，一般以面積配水，並以人工手動調節分水設施。一般流況均能符合支分線渠道設計，採均等分配方式，經改善之比例式分水工與現地常見分水工比較具有省時、省工之特性。其優缺點之探討，列述如表11與表12。由上說明：

(1)對灌溉系統之分水機能以一個控制點為基準，系統之進流量均由此點控制；若要改善渠道構造物，則可由此優先，亦能應付乾旱時輪灌之需要。

(2)長源圳之灌溉面積64.44公頃（1978年資料），茄苳腳圳之灌溉面積799.66公頃（1993年），比例式分水工皆可適用。長源圳之各分水工所轄灌溉面積小，各分流直接引入田間；而茄苳腳圳各分水門所轄灌溉面積大，農民可從其分水門進流量多寡，自行決定續灌或執行小輪灌，對於輪區內的水量有自主分配權，農民得以參與分水配水之工作，以公平為原則。

## 七、討論

1. 採用續灌方式，依地形及土壤特性其迴歸利用量與利用率究竟有多少？應就需求，來考慮分水工之設計寬度比，至於比例分水寬度的調整方法更應確立方法論以達更有效之水資源利用。

2. 淤砂對水利設施之營運為一大障礙，水路之淤砂

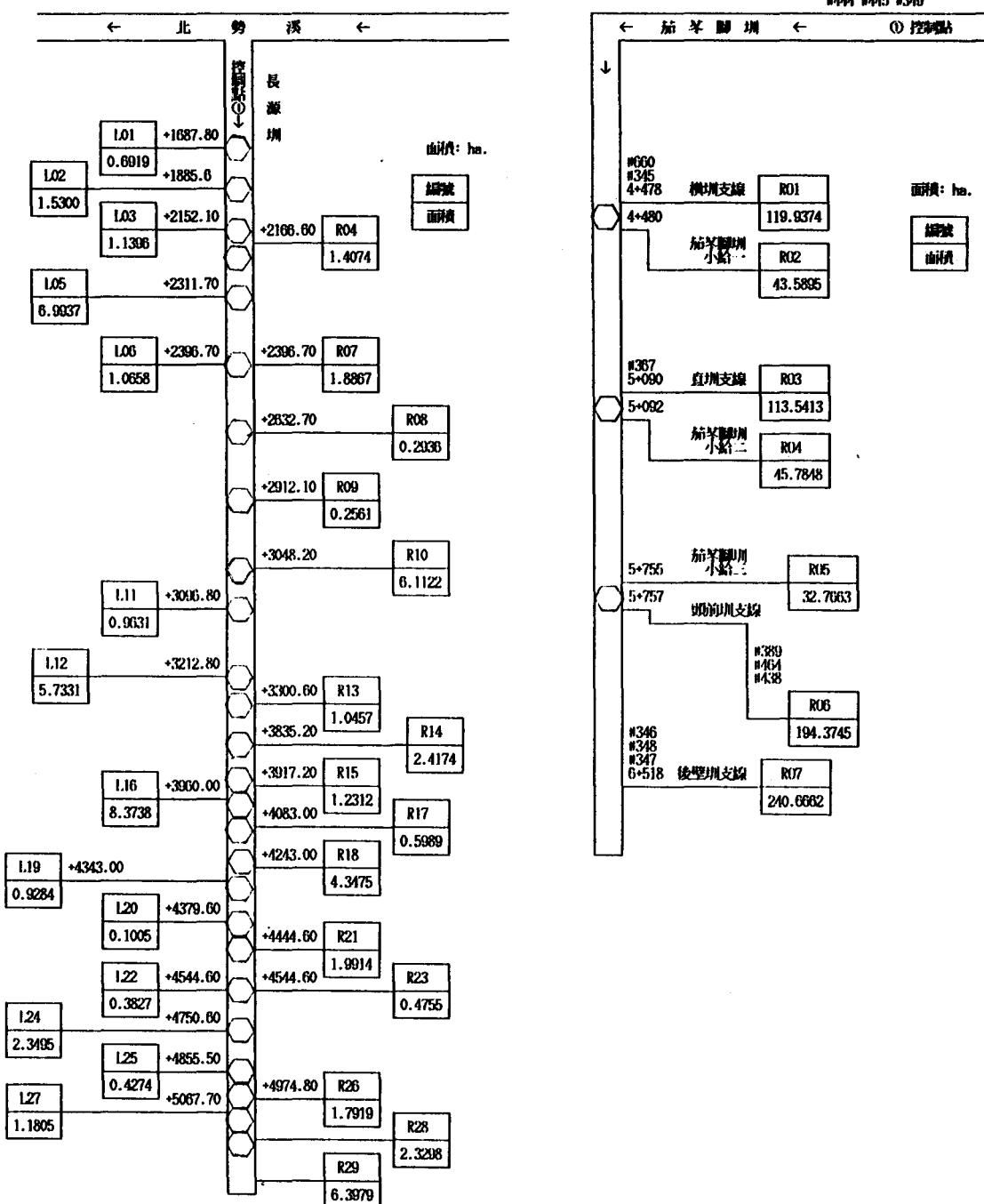


圖 3 長源圳(1978年)與茄苳腳圳(1993年)之灌溉系統圖

表11 比例式分水工之改善方案與現常見分水工於灌溉系統執行分水任務時之省時、省工之特性與優缺點之比較表（長源圳）

圳路名	長源	圳
項目分析	現地常見分水工	比例分水工之改善方案
分水工數	26	26
控制點數	29+1	1（進水口控制點）
可調節點	30	30
適用灌溉方式	續灌與輪灌（需調節）	主要以續灌為主，輪灌亦可，但需調節。
調節時機	隨進流量或輪灌需要調節	主要以期作別調整分流比
一次調節水門數	1或29	1（進水口控制點）
洪水時調節數	1或30	1（進水口控制點）
如何維持分流比	進流量為定值或時時調節	固 定
分水精確度	經調節可趨近100%	平均趨近94%
優 點	經調節可得所需之任何流量分配，分水精確度高，適合水資源之調配利用。續灌與輪灌皆可商用	省時、省工，有多少水分配多少，以公平為原則。適用於水源足夠執行續灌所需之最小水頭或人工短缺之處。
缺 點	若遇流量變化時，需調節各水門，將費時費工。	分水精確度較低，且當進流量變化時，其精確度大遊走於88-100%之間。

將造成渠道內側之雜草叢生，破壞水利設施，影響分水工之機能，故排砂之處理與利用亦值得探討。

3.本研究主要是針對分水工分水之定性作探討，定量之分析與設施之現代化應用於分水技術之研究仍為日後努力之方向。

4.分水設施之改善，應先收集現場資料並勘查相關之地理位置，才能因應實際現況之需求作合理之設計，以符合現地分水之要求。

5.灌溉系統之分水構造物之設計，應考慮如下之原則：

(1)分水要順應水流之物理特性。(2)合理水理計算之結構物。(3)依實際需求設計其流量。

6.分水工之建造盡量配合地形地勢之特色並順應水理因素，可達節省人力及財力，亦可增長構造物之使用壽命。

7.在灌溉管理上，水利設施之維護與管理應保持，以期發揮結構物之原有機能。

## 八、結論

- 1.分水構造物要能簡易之操作而能得到合理的分水比，則分水時要儘量保持流速穩定，來減少分水構造物對能量及動量產生之損失。
- 2.比例分水工之改善方案之調整以作物期別初一次，平時不管進流量多少，不再調整，即依比例均等分配進流量。
- 3.灌溉系統中，支分線之分水機能之控制點，以一點為基準，(1)可設量水設施(2)即時調節(3)省時省工(4)可配合大區域之輪灌。
- 4.比例分水工之改善方案，適用於不穩定流量支分線灌溉系統；但對大區域灌溉系統，另外需考慮輪灌或缺水期之乾旱應變，確實調節閘門控制流量之分配，以達效率之要求。

## 九、謝誌

本文研究期間承蒙行政院農業委員會82科技-2.8-林-14(6)計劃經費補助及臺灣省雲林農田水利會配合款，特此致謝。

表12 比例式分水工之改善方案與現常見分水工於灌溉系統執行分水任務時之省時、省工之特性與優缺點之比較表（茄苳腳圳）

圳路名	茄苳腳圳	
項目分析	現地常見分水工	比例分水工之改善方案
分水工數	3	3
控制點數	10+1	1 (進水口控制點)
可調節點	11	11
適用灌溉方式	續灌與輪灌 (需調節)	主要以續灌為主，輪灌亦可，但需調節。
調節時機	隨進流量或輪灌需要調節	主要以期作別調整分流比
一次調節水門數	1 或 10	1 (進水口控制點)
洪水時調節數	1 或 10	1 或 3
如何維持分流比	進流量為定值或時時調節	固定
分水精確度	經調節可趨近100%	平均趨近97%
優點	經調節可得所需之任何流量分配，分水精確度高，適合水資源之調配利用。續灌與輪灌皆可適用	省時、省工，有多少水分配多少水，以公平為原則。適用於水源不足夠執行續灌所需之最小水頭或人工短缺之處。分水工上游段淤沙成沉池，減少泥沙入田間。
缺點	若遇流量變化時，需調節各水門，將費時費工。	分水精確度較低，且當進流量變化時，其精確度大約遊走於94-100%之間。分水工上游段淤沙成為沉沙池，因迴水之影響而需擴大水路斷面。

## 十、參考文獻

- 農林水產省構造改善局：土地改良事業計畫設計基準“設計水路工”，1976，pp183-194。
- 中國農業工程學會：中國農業工程手冊，1990，pp 394-395。
- 社團法人砂防協會監修：溪流 土砂移動現象，山海堂，1991，pp 37-39。
- 徐田璋：渠道工程，中國農業工程學會，1976，pp 241-252。
- 柴田道生：農地水路構造物實用設計解說，現代理工學出版株式會社，1954，pp 165-174。
- 黃毓嵩：灌溉工程，銀禾出版社，1984，pp 151-156。
- 黃毓嵩：灌溉工程構造物設計之研究，農工學報，1966，pp 17-29。
- 行政院農業委員會：農業綜合調整方案，1991，pp 1-13。
- 農業土木學會：農業土木工事圖譜第三集“水路工”，1984，pp 342-344。
- 福田仁志：灌溉分水論，地球出版，1963，pp 67-157。
- 蔡長泰，張玉田，黃新元：明渠定量變積流數學模式應用之研究，成功大學水利及海洋工程研究所，1983，pp 1-71。
- 農復會特刊新28號：灌溉排水工程設計（下冊），1978，pp 729-756。
- K.SUBRAMANYA.(1984). Flow in open channels. Volume 1 & Volume 2. Indian Institurte of Technology Kanpur. pp 225-295.
- WONG, CHIN-SOU. (1990). Design of medium & small irrigation structure. Volume 1. pp 56-89。

收稿日期：83年2月20日

修改日期：83年3月30日

接受日期：83年4月 1 日