

# 管路灌溉系統設計經濟分析

## Economic Analysis of Design for Pipe Irrigation System

農業工程研究所水利組研究生

陳 獻

Shinne Chen

### Abstract

It would be the best way to increase the efficiency irrigation with the presence of pipe system which minimize the conveyance lose; while with the economic design it may save quite some unnessary expense.

Annual cost of pipe system may express as follow:

$$Y = Y_A + Y_B + Y_C + C$$

where

$Y_A$ : annual cost of material in pipe system

$Y_B$ : annual cost of the purchase of power machine

$Y_C$ : annual consumption in electricity or fuel

$C$ : other annual costin subordinate facilities (almost fixed value)

In fact, except  $C$  (the fixed value) in above equation, all the other factors may be considered as the function of water stage. In other words, that means the water stage determines the cost of material, power machine and fuel or electricity consumption.

Assume  $P_1$  as the head of water stage, then

$$Y_A = F(P_1)$$

$$Y_B = H(P_1)$$

$$Y_C = G(P_1)$$

thus mean

$$\frac{\partial r}{\partial P_1} = 0 \text{ but all of them are non-uniform functions}$$

In order to get the most economic pipe system,  $P_1$  would be the only variabies could be changed to fit the requirement. So the fundamental design should, first of all, base upon the original stage of water resource. and then assume the water stage raises gradually (the increased part means the additional power supply causes the rise of water stage).

If find the difference between the annual cost and primary annual cost, come out as positive ( $Y_n - Y_{n-1} > 0$ ), we may continue increase the power supply (that means the rise of water stage); if turn out as negative ( $Y_n - Y_{n-1} < 0$ ), that means the input power in  $Y_n$  is the reasonable water stage. The difference between  $P_{1n}$  and the actually water stage is the head of the additional power supply. The diameter which determined by power supply and discharge would be the economic pipe system.

## 一、引言

在工業日進千里的臺灣，工業用水、公共給水驟增，（單就工業用水而言，據水利局推估 1969 年為 25 億噸／年，到 1980 年將增到 60 億噸／年）故水資源勢必日趨寶貴，甚有不足之慮。故要以有限的資源而供足夠的工業用水、公共給水，而不影響農業正常生產之農業用水，唯一之道是節約用水。而節約用水之首途，該是提高農業用水之效率。而管路系統可減少大部份的輸水損失（由桃園大圳 4-2 池塘管路系統灌溉試驗得知大約減少全部的輸水損失，見附表 1、2）得知田間用水量與灌溉用水量大致相同（沒下雨情況）。因此管路灌溉系統之推廣實為解決水量不足，人工短缺之要徑。在大量使用管路系統前，能尋出一合於經濟條件之設計方法，則必能節省很多不必要的浪費。筆者從幾件管路系統工程設計及施工中，體會出若干道理，願提出共同討論，以期得一真正合乎最經濟的設計方法。

管路系統工程設計工作概可分三階段：

1. 規劃系統範圍及型態。
2. 水理計算，決定管徑大小，及動力。
3. 設計附屬構造物。

在第一項中，往往受某些固定因素的限制而決定。第三項的成本，也不因管徑大小及動力改變而有大的差異。因此成本分析該是討論當某種動力下，配合某種管徑的年成本。

## 二、分析理論根據

管路系統經費，不外於動力之購置，管路材料，埋設工費，其他附屬構造物經費，動力每年油費或電費，常年維護費。但上列諸經費中材料費，動力購置費，年油費（電費）外，其他則變化不大，可當固定成本。事實上管路材料費動力購置費，年使用油費（電費）是水源水位高（水頭）的函數。若以數學式表示：

$$Y = F(f(P_1)) + H(P_1) + G(P_1) + C \dots \dots \dots (2-1)$$

Y: 成本（年成本）。

F(f(P<sub>1</sub>)): 年管路材料成本。

H(P<sub>1</sub>): 年動力購置成本。

G(P<sub>1</sub>): 年使用油費或電費。

C : 附屬構造物及其他固定成本。

如依 (2-1) 式要求最經濟設計，即年成本最小

之設計，則用微分方法， $\frac{\partial Y}{\partial P_1} = 0$  可得最理想的水源水頭，而水源水頭事實上不能隨心所欲，因此不足的水頭只好加壓（也就是購置動力）。上式 Y，並不是簡單的多項式，雖然各項均只含 P<sub>1</sub> 之變數，事實上各項都是一頗為複雜之函數。因此很難直接用  $\frac{\partial Y}{\partial P_1} = 0$  求得 P<sub>1</sub>，只能變化 P<sub>1</sub>，然後解各項 F(f(P<sub>1</sub>)), H(P<sub>1</sub>), G(P<sub>1</sub>) 然後代入 (2-1) 式。當然可用聯立方程式法表示如下：

$$Y = Y_A + Y_B + Y_C + C \dots \dots \dots (1)$$

$$Y_A = F(f(P_1)) \dots \dots \dots (2)$$

$$Y_B = H(P_1) \dots \dots \dots (3)$$

$$Y_C = G(P_1) \dots \dots \dots (4)$$

Y<sub>A</sub> Y<sub>B</sub> Y<sub>C</sub> 分別討論於以下各節。

## 三、管路材料經費之探討

這裏所指的材料，單以管子而言；管路系統路線決定，也就是長度固定，因此材料費的多寡只在於管徑的變化，而管徑的變化又在於水源水頭的變化，又水源水頭的變化受已知條件及水理因素影響。今詳細推演其中關係：

已知條件：

1. 流量 (Q) (相當於面積已知，推算出流量)。
2. 系統之長度 (L)。
3. 出口壓力之要求 (P<sub>o</sub>)。
4. 豎管高度 (P<sub>s</sub>)。
5. 各段的高程 (Z)。

A. 水理推演：依流體力學之能量方程式，管路入口及出口之關係如下：

$$\frac{P_1}{W} + \alpha \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_o}{W} + \alpha \frac{V_o^2}{2g} + Z_o + HF \dots \dots \dots (3-1)$$

事實上入口的流速甚微，且出口的流速水頭與整個系統的摩擦損失比較起來亦微不足道，故 (3-1) 可改成

$$\frac{P_1}{W} + Z_1 = \frac{P_o}{W} + Z_o + HF \dots \dots \dots (3-2)$$

用水頭表示，則又可將 (3-2) 改成

$$P_1 = P_o + HF + (Z_o - Z_1) \dots \dots \dots (3-3)$$

B. 配合水理之實驗公式：根據 Scobey 實驗顯示，如整條管線系統只有一個開口，則 (3-3) 可適用，但如開孔兩個以上，則要加以修正；另從多件設計得知，零星損失可以不用一一計算，但要略加以估計，一般以百分之四的摩擦損失。

1. 管線開孔 N 個則 HF 之修正係數 F

$$F = \frac{1}{m+1} + \frac{1}{2N} + \frac{\sqrt{m-1}}{6N^2}$$

$$m = 1.9$$

2. 如全系統有若干開口，且同時取水，則流量從上游次第減少。因此全線之平均摩擦損失，應為同流量開口只有一個的摩擦損失的四分之三 ( $\frac{3}{4} HF$ )。

3. ( $Z_o - Z_i$ ) 如為負值則屬下坡系統，則其有重力水頭可利用，但實驗結果，其可靠值為  $\frac{1}{2}$  ( $Z_o - Z_i$ )。如 ( $Z_o - Z_i$ ) 為正值，則為上坡系統，其考慮值應取全部。一般灌溉系統應尋找水源高程較高處。

由 1.2.3. 實驗值可把 (3-3) 改寫成

$$P_{1m} = P_o + P_s + \frac{3}{4} HF \times \left( \frac{1}{m+1} + \frac{1}{2N} + \frac{\sqrt{m-1}}{6N^2} \right) - \frac{1}{2} (Z_o - Z_i) \dots (3-4)$$

C. HF 之求法；在一大的管路系統中，其水流現象必然是亂流，如材料表面是光滑的，使用 Scobey 式求得摩擦損失很適合。

$$HF = \frac{K_s \times L \times V^{1.9}}{1000 D^{1.1}} \dots (3-5)$$

$K_s$  是各種材料及各種管徑的摩擦係數據實驗得 P.V.C 之  $K_s$  如下：

P. V. C. 各管徑之  $K_s$

D (mm)	25	31	35	40	51	67	78	100	125	148	以上
$K_s$	0.38	0.38	0.36	0.36	0.36	0.34	0.34	0.34	0.32	0.32	0.32

D. 管徑大小之決定：要滿足 (3-4) 及 (3-5) 式各段管徑。

1. 當直線段 (有開孔段)

$$V = Q/A = Q / \left( \frac{\pi}{4} D^2 \right) \dots (1)$$

$$F = \frac{1}{m+1} + \frac{1}{2N} + \frac{\sqrt{m-1}}{6N^2} \dots (2)$$

$$P_{1m} = P_o + P_s + \frac{3}{4} HF \times \left( \frac{1}{m+1} + \frac{1}{2N} + \frac{\sqrt{m-1}}{6N^2} \right) + \frac{4}{100} HF - \frac{1}{2} \Delta Z (3)$$

$$P_{1m} - (P_o + P_s) + \frac{1}{2} \Delta Z = \frac{3}{4} \frac{K_s \times L \times V^{1.9}}{1000 D^{1.1}} \times F + \frac{4}{100} \frac{K_s \times L \times V^{1.9}}{1000 D^{1.1}} \dots (4)$$

$$P_{1m} - P_o - P_s + \frac{1}{2} \Delta Z = \frac{3}{4} \frac{K_s \times L \times \left( \frac{Q}{\frac{1}{4} \pi D^2} \right)^{1.9}}{1000 D^{1.1}} \times F + \frac{4}{100} \frac{K_s \times L \times \left( \frac{Q}{\frac{1}{4} \pi D^2} \right)^{1.9}}{1000 D^{1.1}} \dots (5)$$

$$\frac{P_{1m} - P_o - P_s + \frac{1}{2} \Delta Z}{K_s \times L \times \left( \frac{3}{4} F - \frac{4}{100} \right) \left( \frac{\pi^{1.9}}{4} \right)} = \frac{Q^{1.9}}{D^{4.9}} (6)$$

$$P_{1m} D^{4.9} - (P_s + P_o - \frac{1}{2} \Delta Z) D^{4.9} = Q^{1.9} \frac{K_s \times L \times \left( \frac{3}{4} F + \frac{4}{100} \right) \frac{1}{4} (\pi)^{1.9}}{1000} \dots (7)$$

$$P_s + P_o - \frac{1}{2} \Delta Z = C_1 \text{ 均為已知數} \dots (8)$$

$$Q^{1.9} \frac{K_s L \times \left( \frac{3}{4} F + \frac{4}{100} \right) \left( \frac{1}{4} \pi \right)^{1.9}}{1000} = C_2 \dots (9)$$

$$4.9 \log D + \log (P_{1m} - C_1) = \log C_2 \dots (10)$$

$$\log D = \frac{\log C_2 - \log (P_{1m} - C_1)}{4.9} \dots (11)$$

$$\log D = \frac{\log C_2}{4.9} - \frac{\log (P_{1m} - C_1)}{4.9} \dots (12)$$

$$\log D = C - \frac{1}{4.9} \log (P_{1m} - C_1) \dots (13)$$

$$D = \log^{-1} \left( C - \frac{1}{4.9} \log (P_{1m} - C_1) \right) \dots (3-6)$$

2.在幹線段(無開孔段),其流量始終不變,故  
 摩擦損失要計全部值,高程差亦計全部值。

$$C_2 = Q^{1.9} \frac{K_s \times L (F + \frac{4}{100})}{1000} \quad C = \frac{\log C_2}{4.9}$$

$$C_1 = P_s + P_o - (\Delta Z)$$

- E. 各段合理管徑的安排;管路系統中,如分成若干段。根據設計經驗,水理條件,及經濟比較,得從水源往下游管徑漸漸縮小。 $D_1 \geq D_2 \geq D_3 \geq D_4$  .....致於大於或等於何者較佳,(合於水理,且較經濟),只要變動管徑,使前段大於原設計者,後段小於原設計者,再代回計算各段的損失,使得總入口壓力小於原設計之總入口壓力。然後各段不同管徑長度分別價值總和要小於或等於原設計之總價格。
- F. 材料費年成本之計算:工程費之年成本,是一整存零付的計算法。

1.總價格:

$$f(P_i) = \sum S(D_i) \times L(D_i)$$

S. 表管子之單價  $S(D_i)$  指某管徑之單價

L. 表長度  $L(D_i)$  指某種管徑的長度

$(D_i)$  某種管徑

$$f(P_i) = \sum S(\log^{-1}(C - \frac{1}{4.9} \log(P_{im} - C_i))) \times L(\log^{-1}(C - \frac{1}{4.9} \log(P_{im} - C_i))) \dots \dots \dots (3-7)$$

2.年成本:

$$F(f(P_i)) = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \times f(P_i)$$

i : 年利率

n : 工程使用年限。

$$F(f(P_i)) = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \sum S_{(D_i)} \times L_{(D_i)} \dots (3-8)$$

#### 四、動力購置的研究

當吾人假設水源水尺為  $P_1$  時,事實上水源原水頭是  $P_{10}$  如  $P_1 \leq P_{10}$  則不用設置動力,如  $P_{10} \leq P_1$ , 則動力應供給壓力水頭為  $P_1 - P_{10}$ 。其購置費如下推算。已知下列各項。

- 1.Q 流量 (g.p.m)
2. $P_{10}$  水源原水頭 (ft)
- 3.SH 各種動力的單價及安裝費之和 (元)
- 4.E 各種動力的總效率。

$$\alpha = \frac{Q(P_1 - P_{10})}{3960E}$$

$$H(P_1) = SH(\alpha) \times \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \dots \dots \dots (4-1)$$

動力單價與動力馬力大小不成直線關係。因此,  $SH(\alpha)$ , 只好列表查尋。

#### 五、年使用電費或油費之研究

柴油發電機與馬達之比較,無論年購買成本或年使用費,均較為高。但有時有些地方沒有電源,則使用發電機是必然的事。動力型態依電源決定後,年使用費,是在  $P_1$  之水頭下,所得馬力數的年使用時間再乘油(或電)的單價。

1.度電 = 1kw-hr.

$$1 \text{ hp-hr} = 0.7 \text{ kw} \cdot \text{hr}$$

$$1 \text{ hp-hr} = 0.7 \text{ 度}$$

$S_A$  = 度農業用電之電費。如使用柴油機柴油機效率80%,其耗油是250g/hp-hr 汽油則為350g/hp-hr

$$G(P_i) = \frac{Q(P_1 - P_o)}{3960E} \times T \times 0.7 \times S_A \dots (5-1)$$

T : 使用時間(小時)  $S_A$  : 農業用電之價格;

$$G(P_i) = \frac{Q(P_1 - P_o)}{3960E} \times T \times (250 \text{ 或 } 350) \times \text{Soil} \dots \dots \dots (5-1')$$

Soil : 油價

如用馬達則  $G(P_i)$  要加基本電費

## 六、逐步接近法求最經濟的設計

由二、三、四、五所得的 (2-1), (3-8)。(4-1)。(5-1) 四組方程式, 各求得

$$Y = F(f(P_I)) + H(P_I) + G(P_I) + C \dots\dots(2-1)$$

$$F(f(P_I)) = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \Sigma S_{(D_I)} \times L_{(D_I)} \quad (3-8)$$

$$H(P_I) = SH(\alpha) \times \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \dots\dots\dots(4-1)$$

$$G(P_I) = \frac{Q(P_I - P_{I_0})}{3960E} \times T \times 0.7 \times S_A \dots\dots(5-1)$$

$$D_I = \log^{-1} \left( C - \frac{1}{4.9} \log(P_{I_m} - C_I) \right)$$

$$\alpha = \frac{Q(P_I - P_{I_0})}{3960E}$$

\*註  $P_{I_m}$  指各支線入口壓力, 如全系統則  $P_I = P_{I_m}$ 。

由上述四組方程式中, 有的項是直接利用  $P_I$  計算, 但管子價格, 及動力單價其影響因素太多, 不能直接計算, 因此只好市場調查, 列表待查用。所以 (2-1) 不能直接解出。只能依三、四、五所述方法求得  $F(f(P_I))$ ,  $H(P_I)$ 、 $G(P_I)$  再代入 (2-1) 求得。而每次變動  $\Delta P_I$ , 依上法求得  $\Delta Y$ , 繼續變動  $\Delta P_I$  使得  $\Delta Y = 0$ , 此時的  $P_I$  值即最經濟, 而由  $P_I$  導出的管徑即是可使用之管徑;  $P_I - P_{I_0}$  即為動力所必須加壓水頭, 進而可求動力應該使用多少馬力。

從函數觀點, 如某函數有極值, 則必有  $\frac{\partial Y}{\partial P_I} = 0$ , 但逐步接近法, 很難求得此  $P_I$  值; 而事實上也不必如此, 只求得接近最經濟值足矣。因此只要每一次

變動  $\Delta P_I$ , 求得  $\Delta Y$ , 如  $\Delta Y$  為正即表示總年成本尚可再減少, 再變  $\Delta P_I$ , 直到  $\Delta Y$  為負值 (則最小年成本介於  $Y_n$  與  $Y_{n+1}$  間) 此時可求得  $P_I$  最適水頭 (亦即介於  $P_{I(n)}$  與  $P_{I(n+1)}$  間;  $n$  指變動  $n$  次時  $P_I$  值)。如欲得更精確值, 則將得  $\Delta Y$  為負值之  $\Delta P_I$  再分為若干個  $\Delta p_i$  (即  $\chi \Delta p_i = \Delta P_I$ ) 再代入求  $\Delta Y$ , 所求  $\Delta Y$  為負值時即可求得更精確值。

## 七、結 論

逐步接近法, 用人計算, 要花相當時間, 但假使先假設較大的  $\Delta P_I$  再細求亦很快可求出。假使用電子計算機則可迅速且隨我們要求精度地求得, 但要把一些不能用數學式表示的表格事先安排於電子計算機之記憶中。(  $K_s$  與  $D$  關係; 管子單價與  $D$  之表格; 動力單價與馬力數之表格) 筆者利用此法, 分析過去若干件設計, 發現此法為較有條理且能迅速判斷。但本文未能考慮系統中若干細節, 因此不能求得真正的年成本, 如欲求確實的年成本, 必須把所有一切附屬構造物所花成本加以分析再加上本文所提年成本即得。

## 八、附 錄

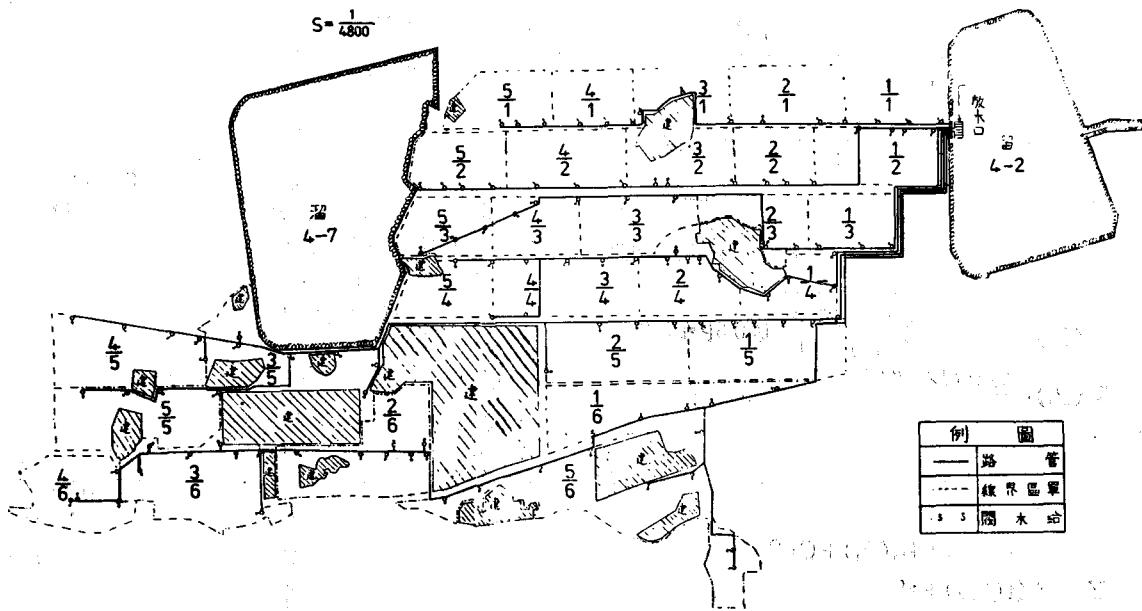
(計算例)

A: 桃園大 圳4 支線二號水塘管路系統灌溉設計例 (第一支線) 已知條件: 如下: 進水口高程 95.67m.

項目 區別	A(ha) 面積	Q (g.p.m) 本田用水 需氣量	N 開孔數	E1 (m) 單區首 高	E2 (m) 單區末 高	LL (m) 進水口到 單區首長度	L 本區長度	Pa(m)	Po(m)
一	1.584	92	4	95.67	94.72	11	150	0.3	0.5
二	1.549	90	3	94.72	93.65	150	150	0.3	0.5
三	1.416	83	5	93.65	91.42	300	250	0.3	0.5
四	1.552	91	3	91.42	90.25	550	150	0.3	0.5
五	1.435	84	5	89.62	87.42	700	220	0.3	0.5

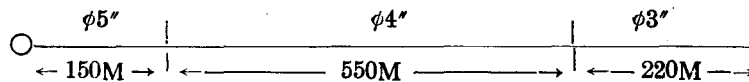
此系統中採用輪流灌溉即任區施灌時, 其他各區均停灌。  
池塘經常水位保持 2m 高。

第一支線即圖中之第一支渠，各區即  $\frac{1}{1}, \frac{2}{1}, \frac{3}{1}, \frac{4}{1}, \frac{5}{1}$ 。



桃園大圳第四之二號池灌溉系統圖

首先假設該系統不加壓為最經濟，即  $P_1 = 2M$  代入 (3-6) 及 E 法判斷求得系統管徑 150M  $\phi 5''$ ，550M  $\phi 4''$ ，220M  $\phi 3''$  最適當



B. 年成本經濟分析：

假設 A 系統中使用動力型態是馬達（事實上是柴油發電機；發電機之購買費及年使用費均較馬達貴。）

下列已知

1. 管子單價

管 徑 $\phi''$	8''	6''	5''	4''	3''
單價元/公尺	176	55.3	46.0	37.0	22.0

2. 62 年農度業用電 1 度 0.5 元

3. 各種馬力數之抽水機與馬達價格(包括安裝費)

馬力數 (匹)	1/2	1	1 1/2	2	3
金額 (元)	2,000.00	700.00	10,000.00	13,000.00	17,000.00

4. 上述系統經濟使用年限為 16 年。

5. 銀行信用貸款年利率 15 %。

6. 抽水機與馬達總效率為 50 %。

由附錄 A 項求得該支線管徑，150M 的 5''，

550M 的 4'' 220M 的 3''

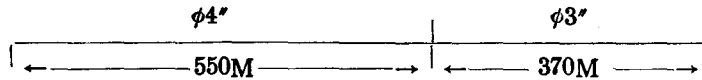
$$\text{則 } F_1(f(P_1)) = \frac{0.15(1.15)^{16}}{(1.15)^{16} - 1} [46 \times 150 + 550 \times 37 + 220 \times 22]$$

$$H_1(P_1) = 0 \quad \text{因 } P_1 = P_0$$

$$G(P_1) = 0 \quad \text{因沒使用動力}$$

如現在把  $P_1$  提高至 3.65M，即  $\Delta P_1 = 1.65M$  亦即希望加壓水頭達 1.65M；以  $P_1 = 3.65M$  代回

(3-6) 式計算及 E 法判斷又得系統中管徑之安排法為 550M 的 4" 370M 的 3"



$$F_2(f(P_1)) = \frac{0.15(1.15)^{16}}{(1.15)^{16} - 1} [46 \times 550 + 370 \times 22]$$

$$HP = \frac{92 \times (12 - 6.56)}{3960 \times 0.5} = 0.3P \quad (92 \text{ 是該系統中最大流量 } 92 \text{ gpm 見表 A. 12 是 } 3.65M \text{ 之英制 } 12ft \text{ } 6.25ft = 2m)$$

$$H_2(P_1) = 3000 \times \frac{0.15(1.15)^{16}}{(1.15)^{16} - 1} \quad \text{因 } 0.3P \text{ 採用 } 0.5P$$

$$G_2(P_1) = \frac{92 \times (12 - 6.56)}{3960 \times 0.5} \times (2 \times 110) \times 24 \times 0.7$$

註：1hp-hr = 0.7 度

水稻一期天 110 二期為 220 天

每天使用 24 小時

$$Y_1 = F_1(f(P_1)) + H_1(P_1) + G(P_1) + C$$

$$Y_2 = F_2(f(P_1)) + H_2(P_1) + G(P_1) + C$$

$$\Delta Y = Y_1 - Y_2 = \frac{18.4 \times 0.15(3800 - 3000)}{18.4 - 1} - 924 < 0$$

如上分析知該系統水田在本田用水時以不加動力所得之管徑為最經濟之設計。如在整田用水及秧田用水，流量變大，欲放大管徑或加壓需視再分析始得。

### 參 考 文 獻

1. Mathematical Foundations for Design Civil Engineering System (Robert M. stark)
2. Irrigation principle and practices (ISRAELSEN HANSEN)
3. 水田自動灌溉之研究 曹以松
4. 灌溉系統自動化與自動示範計劃報告 曹以松
5. 旱作灌溉參考資料專輯 農復會特刊 No. 3
6. 管路灌方法及技術 農復會特刊 No. 15
7. 管路灌溉遙控與自動 曹以松 (水利復刊 21 期 62.11)
8. 管路灌溉管理農探討 甘俊二 (水利復刊 21 期 62.11)
9. 管路灌溉之設計 陳文祥 (水利復刊 21 期 62.11)
10. 桃園大圳 4-2 池塘管路試驗報告 桃園水利會大園工作站

### 感 謝 詞

此文之完成得助於筆者參予恩師曹教授以松先生所做桃園水利會管路灌溉遙控及自動化之計劃，得恩師曹教授理論與實際之指導，劉師佳明先生在建立分析方法惠予指正。張兄占傑及湯英遠先生給予核校。最後得葉師政秀教授指點而完成。且得桃園水利會提供資料，筆者僅以此研究初步感謝諸師長於萬一。

表一

62年第一期灌溉用水記錄表

輪區	面積	項目	單位	月別																		本期 合計
				2			3			4			5			6			7			
				上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上			
		計用水	mm	11.3	6.0	67.4	88.0	66.6	72.0	72.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	51.0	6.0	860.30			
		實際有效雨量	mm					18.0	21.0	24.0	12.0	12.0	15.5	43.0	12.0	36.0	24.0		261.5			
1	7.49 (公頃)	計用水量	m <sup>3</sup>	846.4	449.4	5,048.3	6,591.7	4988.3	5392.8	5392.8	4494	4494	4494	4494	4494	4494	4494	3819.9	449.4	64,437		
		灌溉有效雨量	m <sup>3</sup>	900	1165	1705	6400	7324	4215	900	2926	2290	1642	864	1634	821	1090	2940	1357	38,174		
		灌溉有效雨量	m <sup>3</sup>					1348	1798	4494	898	899	1161	3596	898	2696	1798				19,586	
		灌溉有效雨量	m <sup>3</sup>	900	1165	1705	6400	8672	6013	5394	3824	3189	2803	4460	2532	3517	2888	2940	1357	57,760		
2	8.66 (公頃)	計用水量	m <sup>3</sup>	978	520	5836	7621	5767	6236	6236	5196	5196	5196	5196	5196	5196	5196	4417	520	74,503		
		灌溉有效雨量	m <sup>3</sup>	1054	1348	1883	7362	8346	4858	1054	3154	2730	1684	943	1877	942	1264	3440	1566	43,705		
		灌溉有效雨量	m <sup>3</sup>					1559	2078	5196	1040	1039	1343	4156	1040	3118	2078				22,647	
		灌溉有效雨量	m <sup>3</sup>	1054	1348	1883	7362	9905	6936	6250	4194	3769	3227	5099	2917	4060	3342	3440	1566	66,352		
3	7.50 (公頃)	計用水量	m <sup>3</sup>	847	450	5057	6602	4995	5398	5398	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	3825	449	64,521		
		灌溉有效雨量	m <sup>3</sup>	916	1166	1642	6360	7440	4231	916	2741	2376	1644	822	1635	822	1090	2976	1358	38,105		
		灌溉有效雨量	m <sup>3</sup>					1350	1800	4500	900	900	1163	3600	900	2700	1800				19,613	
		灌溉有效雨量	m <sup>3</sup>	916	1166	1642	6360	8790	6001	5416	3641	3276	2807	4422	2535	3522	2890	2976	1358	57,718		
4	6.79 (公頃)	計用水量	m <sup>3</sup>	767	408	4578	5976	4524	4888	4888	4074	4074	4074	4074	4074	4074	4074	3463	407	58,417		
		灌溉有效雨量	m <sup>3</sup>	814	1090	1503	5806	6694	3813	814	2472	2169	1470	744	1479	735	986	2662	1228	34,449		
		灌溉有效雨量	m <sup>3</sup>					1222	1630	4074	814	815	1052	3260	814	2444	1630				17,755	
		灌溉有效雨量	m <sup>3</sup>	814	1080	1503	5806	7916	5443	4888	3286	2984	2522	4004	2293	3179	2616	2662	1228	52,224		
5	11.41 (公頃)	計用水量	m <sup>3</sup>	1289	682	7690	10041	7599	8214	8214	6846	6846	6846	6846	6846	6846	6846	5819	684	93,256		
		灌溉有效雨量	m <sup>3</sup>	1384	1807	2508	9700	11240	6388	1384	3959	2425	2490	1237	2480	1245	1660	4288	2065	56,260		
		灌溉有效雨量	m <sup>3</sup>					2054	2738	6846	1370	1369	1769	5476	1370	4109	2738				29,838	
		灌溉有效雨量	m <sup>3</sup>	1384	1807	2508	9700	13294	9126	8230	5329	3794	4259	6713	3850	5353	4398	4288	2065	86,098		
6	11.85 (公頃)	計用水量	m <sup>3</sup>	1338	714	7988	10431	7891	8532	8532	7110	7110	7110	7110	7110	7110	7110	6045	711	101,952		
		灌溉有效雨量	m <sup>3</sup>	1434	1811	2555	10060	11600	6650	1434	4335	3707	2590	1296	2583	1296	1728	4682	2151	59,912		
		灌溉有效雨量	m <sup>3</sup>					2133	2844	7110	1422	1422	1837	5688	1422	4265	2844				30,988	
		灌溉有效雨量	m <sup>3</sup>	1434	1811	2555	10060	13733	9494	8544	5757	5129	4427	6984	4005	5562	4572	4682	2151	90,900		
合計	53.70 (公頃)	計用水量	m <sup>3</sup>	6,065.4	3,225.4	36,197.3	47,262.7	35,764.3	38,660.8	38,660.8	32,220	32,220	32,220	32,220	32,220	32,220	27,388.9	3,220.4	462,086			
		灌溉有效雨量	m <sup>3</sup>	6,502	8,379	11,796	45,688	52,644	30,125	6,502	19,587	15,697	11,720	5,906	10,527	5,861	7,818	20,988	9,725	270,625		
		灌溉有效雨量	m <sup>3</sup>					9,666	12,888	32,220	6,444	6,444	8,325	25,776	6,444	19,322	12,888				140,427	
		灌溉有效雨量	m <sup>3</sup>	6,502	8,377	11,796	45,688	62,310	43,013	38,722	26,031	22,141	20,045	31,682	18,132	25,193	20,706	20,988	9,725	411,052		



表二

62年第二期灌溉用水記錄表

輪區	面積	項目	單位	月別			7			8			9			10			11			本期 合計	
				旬別	上			中			下			上			中			下			
					上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中		下
		計用水	mm		50.0	103.0	68.8	76.0	76.0	64.0	64.0	64.0	64.0	64.0	64.0	54.4	6.4			818.6			
		實際有效雨量	mm			12.0		15.0	12.0	28.0		3.0	3.0	24.0	14.0		7.0			118.0			
1	7.49 (公頃)	計用水量	m³	3745	7715	5154	5692	5692	4794	4794	4794	4794	4794	4794	4075	479				61,316			
		灌溉用水量	m³	1270	2540	4510	4510	4510	2782	2601	3250	3250	3190	2876	3142	1573	935				40,939		
		有效雨量	m³		899		1124	898	2097		225	225	1798	1048		524					8,838		
		利用田水	m³	1270	3439	4510	5634	5408	4879	2601	3475	3475	4988	3924	3142	2097	935				49,777		
2	8.66 (公頃)	計用水量	m³	4330	8920	5958	6582	6582	5542	5542	5542	5542	5542	5542	4711	554				70,889			
		灌溉用水量	m³	1485	2972	5220	5220	5220	3227	2993	3736	3736	3688	3343	3664	1823	1098				47,426		
		有效雨量	m³		1039		1299	1040	2425		260	260	2078	1213		606					10,220		
		利用田水	m³	1486	4011	5220	6519	6260	5652	2593	3996	3996	5766	4556	3664	2429	1058				57,646		
3	7.50 (公頃)	計用水量	m³	3750	7725	5160	5700	5700	4800	4800	4800	4800	4800	4800	4080	480				61,395			
		灌溉用水量	m³	1296	2592	4528	4528	4528	2790	2601	3250	3250	3180	2895	3162	1598	960				41,158		
		有效雨量	m³		900		1125	900	2100		225	225	1800	1050		525					8,850		
		利用田水	m³	1296	3492	4528	5653	5428	4890	2601	3475	3475	4980	3945	3162	2123	960				50,008		
4	6.79 (公頃)	計用水量	m³	3395	6994	4671	5160	5160	4346	4346	4346	4346	4346	4346	3694	434				55,584			
		灌溉用水量	m³	1175	2350	3976	3976	3976	2514	2342	2920	2920	2894	2617	2870	1427	866				36,823		
		有效雨量	m³		815		1019	814	1901		204	204	1630	747		475					7,809		
		利用田水	m³	1175	3165	3976	4995	4790	4415	2342	3124	3124	4524	3364	2870	1902	866				44,632		
5	11.41 (公頃)	計用水量	m³	5705	11753	7850	8672	8672	7302	7302	7302	7302	7302	7302	6207	730				93,401			
		灌溉用水量	m³	1970	3940	6676	6676	6676	4225	3853	4924	4924	4857	4425	4840	2239	1443				61,669		
		有效雨量	m³		1369		1712	1370	3195		432	432	2738	1598		799					13,645		
		利用田水	m³	1970	5309	6676	8388	8046	7420	3853	5356	5356	7595	6023	4840	3038	1443				75,313		
6	11.85 (公頃)	計用水量	m³	5925	12206	8152	9006	9006	7584	7584	7584	7584	7584	7584	6446	758				97,603			
		灌溉用水量	m³	2050	4100	6982	6982	6982	4405	4100	5140	5140	5059	4580	5000	2334	1497				64,351		
		有效雨量	m³		1422		1778	1422	3318		356	356	2844	1659		830					13,985		
		利用田水	m³	2050	5522	6982	8760	8404	7723	4100	5496	5496	7903	6239	5000	3164	1497				78,336		
合計	53.70 (公頃)	計用水量	m³	26,850	55,313	36,945	40,812	40,812	34,368	34,368	34,368	34,368	34,368	34,368	29,213	3,435				439,588			
		灌溉用水量	m³	9,247	18,494	31,892	31,892	31,892	19,943	18,490	23,220	23,220	22,868	20,736	22,978	10,994	6,799				292,365		
		有效雨量	m³		6444		8057	6444	15,036		1702	1702	12,888	7,315		3,759					63,347		
		利用田水	m³	9,237	24,938	31,892	40,349	38,336	34,979	18,495	24,922	24,922	35,756	28,051	22,678	14,753	6,799				355,712		