



100 年度

## 山上淨水場清水池出水管線改善之研究

撰寫單位：第六區管理處 台南給水廠

撰寫人員：工程師兼廠長 吳富祥

                  工程員兼股長 林信忠

                  技術士 方世寶

                  技術士 邱建良

撰寫期程：99 年 08 月至 100 年 05 月

# 山上淨水場清水池出水管線改善之研究

## 目 錄

	頁次
壹、緣起 .....	1
貳、現況說明 .....	2
參、研究及改善過程 .....	3
肆、效益分析 .....	7
伍、結論 .....	11
參考文獻 .....	13

# 山上淨水場清水池出水管線改善之研究

## 壹、緣起

山上淨水場隸屬於台灣自來水公司第六區管理處台南給水廠，位於台南市山上區山上里 16 號，創建於民國元年，原水取自曾文溪及菜寮溪下游水體，原設計出水量為 18,332 CMD，歷經三次擴建後，現設計出水量為 45,000 CMD。本場原供應台南市大內、山上、左鎮及新化等區約 12,000 CMD 清水，其餘 33,000 CMD 清水則以重力或 125Hp 抽水機 2 台加壓輸送至潭頂淨水場，民國 87 年檢驗發現原水中  $\text{NH}_3\text{-N}$ (mg/L) 含量和大腸桿菌群(MPN/100 ml) 兩項水質檢驗項目，超過環保署於民國 86 年 9 月 24 日公告飲用水水源水質標準  $\text{NH}_3\text{-N} < 1.0 \text{ mg/L}$  和大腸桿菌群  $> 20,000 \text{ MPN/100 ml}$ ，不得做為飲用水水源。因此，將曾文溪及菜寮溪下游抽取 45,000 CMD 原水經山上淨水場的初步處理，達到符合飲用水水源水質標準後，再輸送至潭頂淨水場快混池進行第二次淨水處理。

為降低山上淨水場輸送清水至潭頂淨水場所需抽水機動力費，節約能源及降低營運成本，穩定清水池輸送水量，增加操作和水質穩定性並提昇淨水處理操作效率，提出清水池出水管線改善工程及研究。

## 貳、現況說明

山上淨水場抽取 45,000 CMD 原水，經初步處理符合飲用水水源水質標準清水進入清水池，再以重力流直接進入  $\phi$  500 m/m DIP 或經 125Hp 抽水機 2 台加壓從  $\phi$  350 m/m 出水管進入  $\phi$  500 m/m DIP 接約 150 公尺  $\phi$  500 m/m PSCP 後接  $\phi$  900 m/m DIP 至淨水場大門再接  $\phi$  1,100 m/m PSCP 輸送至潭頂淨水場快混池。經查閱山上淨水場歷年機電操作工作日誌，發現清水池出水管線輸送水量能力如下表所示：

輸送模式	每小時輸送水量 (CMH)	每日輸送水量 (CMD)
重力流	600~700	14,400~16,800
1 台 125HP 抽水機	1,300~1,400	31,200~33600
1 台 125HP 抽水機	2,300~2,400	55,200~57,600

另從相關管線資料發現山上淨水場清水池與潭頂淨水場快混池間管線總長度為 5,300 公尺，高程差達 13.43 公尺，初步認為只要將影響輸送水量能力的管線進行改善，將可完全採重力流方式輸送，無須經抽水機加壓輸送，可節省抽水機所需動力費，節約能源及降低營運成本。

## 參、研究及改善過程

由廠長召集有關人員，共同針對山上淨水場清水池出水管線改善案進行探討研究：

一、影響山上淨水場清水池出水輸送能力的管線，主要是從清水池出水之  $\phi 500$  m/m DIP 連接約 150 公尺之  $\phi 500$  m/m PSCP，因管徑太小，導致管線輸送水量不足的主要因素，可利用 Hazen-Williams Formula 進行概略計算。

二、Hazen-Williams Formula 計算平均流速 (V) 和流量 (Q)：

$$V = 0.84935CR^{0.63}S^{0.54}$$

$$Q = 0.27853CD^{2.63}S^{0.54}$$

V：平均流速 (m/s)

Q：流量 (立方公尺/秒)

C：Hazen-Williams 流速係數 (PSCP  $\doteq$  110，SP  $\doteq$  110)

R：水力半徑 (m)

D：管徑 (m)

S：水力坡降 (h/l)

h：摩擦損失水頭 (m)

l：水管長度 (m)

(一)、假設以管徑  $\phi 500$  m/m PSCP 管線輸送水量計算(因  $\phi 500$  m/m PSCP 只有約 155 m，後接 900 m/m DIP 約 345 m，再接  $\phi 1,100$  m/m PSCP 約 5,300 m 輸送至潭頂淨水場，摩擦損失小，故不計摩擦水頭)：

Sol：PSCP 的 Hazen-Williams 流速係數  $C=110$

$$D=0.5 \text{ m}$$

$$h=13.43 \text{ m}$$

$$l=5,800 \text{ m}$$

$$S=13.43/5,800=0.002316$$

$$Q=0.27853CD^{2.63}S^{0.54}$$

$$Q=0.27853 \times 110 \times 0.5^{2.63} \times 0.002316^{0.54} = 0.1868 (\text{m}^3/\text{sec})$$

$$Q=0.1868 (\text{m}^3/\text{sec}) \times 86,400 = 16,143 (\text{m}^3/\text{d})$$

(二)、管徑  $\phi 800$  m/m SP 管線輸送水量計算(因  $\phi 800$  m/m SP 只有約 66 m，後接 900 m/m DIP 約 434 m，再接  $\phi 1,100$  m/m PSCP 約 5,300 m 輸送至潭頂淨水場，摩擦損失小，故不計摩擦水頭)：

Sol：PSCP 的 Hazen-Williams 流速係數  $C=110$

$$D=0.8 \text{ m}$$

$$h=13.43 \text{ m}$$

$$l = 5,800\text{m}$$

$$S = 13.43/5,800 = 0.002316$$

$$Q = 0.27853CD^{2.63}S^{0.54}$$

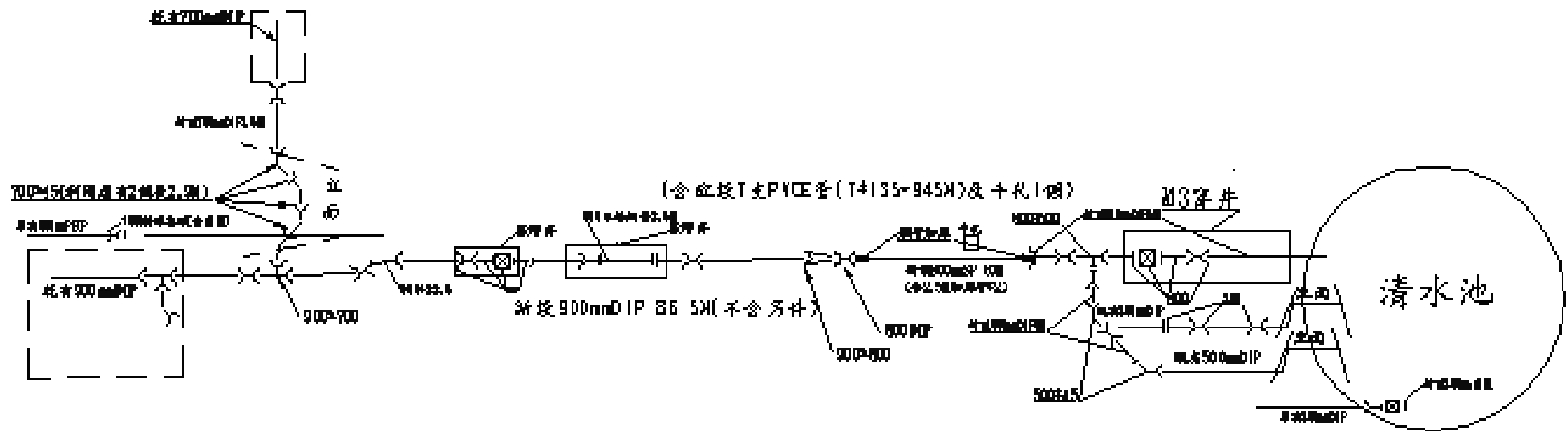
$$Q = 0.27853 \times 110 \times 0.8^{2.63} \times 0.002316^{0.54} = 0.6431(\text{m}^3/\text{sec})$$

$$Q = 0.6431(\text{m}^3/\text{sec}) \times 86,400 = 55,567(\text{m}^3/\text{d})$$

三、計畫將清水池出水之 $\phi 500$  m/m 管線約 155 公尺，抽換成 $\phi 800$  m/m 管線(其中 60 公尺 SP 從曾文備用淨水場移裝)約 66 公尺和 $\phi 900$  m/mDIP 管線約 89 公尺，成立工程預算金額為新台幣 4,495,000 元整，施工期限 60 工作天。

山上淨水場清水池出水管線改善工程於 99 年 10 月份竣工完成後，6 個多月來，受限於淨水場處理能力，清水池重力流出水瞬間最大出水量 2,500 CMH 約為 60,000 CMD；工程實際結算金額為新台幣 2,623,902 元整。

## 山上淨水場清水池出水管線改善施工圖



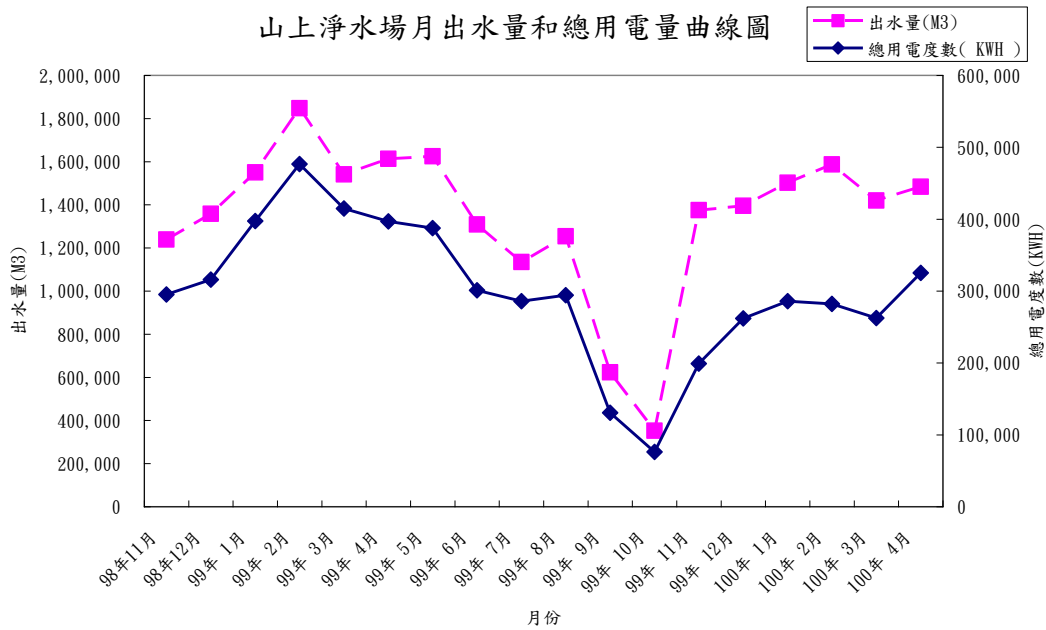


## 肆、效益分析

- 一、山上淨水場清水池出水管線改善工程完成前後，淨水場在正常出水量下，因為清水池出水 125HP 抽水機停止運轉，總用電度數明顯降低。

山上淨水場清水池出水管線完成前、後單位用電量(費)統計表

月份	出水量 (M <sup>3</sup> )	總用電度數 ( KWH )	基本電費 (含稅)	電費總金額(不 含基本電費)	單位用電量 (KWH/M <sup>3</sup> )	單位用電費 (元/M <sup>3</sup> )
98年 11月	1,238,570	295,200	75,939.5	353,806	0.238	0.286
12月	1,358,260	315,900	75,939.5	389,946	0.233	0.287
99年 1月	1,550,300	397,500	75,939.5	483,297	0.256	0.312
2月	1,848,066	476,500	75,939.5	605,299	0.258	0.328
3月	1,540,884	414,800	75,939.5	505,261	0.269	0.328
4月	1,613,457	396,800	75,939.5	483,515	0.246	0.300
5月	1,625,025	387,500	75,939.5	474,340	0.238	0.292
6月	1,308,675	300,900	75,939.5	367,686	0.230	0.281
7月	1,134,411	285,900	97,438.2	415,624	0.252	0.366
8月	1,253,850	294,200	101,738.0	423,187	0.235	0.338
9月	623,138	130,800	101,738.0	201,860	0.210	0.324
10月	352,590	76,300	101,738.0	102,224	0.216	0.290
計	15,447,226	3,772,300		4,806,041	0.244	0.311
99年 11月	1,374,800	199,000	78,519.3	240,687	0.145	0.175
12月	1,395,400	261,800	75,939.5	318,699	0.188	0.228
100年 1月	1,502,499	285,900	75,939.5	347,904	0.190	0.232
2月	1,587,042	282,000	75,939.5	342,711	0.178	0.216
3月	1,419,753	262,300	66,593.1	295,235	0.185	0.208
4月	1,483,510	325,200	58,415.0	391,634	0.219	0.264
計	8,763,004	1,616,200		1,936,868	0.184	0.221



二、由於淨水場總用電度數降低，因此可向台灣電力公司申請降低台電契約容量，從原契約容量 650 KW 降低為 500 KW，預計每年將可節省基本電費新台幣 223,020 元。

台電契約容量與基本電費比較表

	原契約容量	降低後契約容量	每月節省基本電費	每年節省基本電費
	650KW	500KW		
年平均每月基本電費	80,535	61,950	18,585	223,020
夏月(6-9)基本電費	96,915	74,550	22,365	89,460
非夏月基本電費	72,345	55,650	16,695	133,560
計			39,060	223,020

說明：經常契約容量於 100 年 2 月 10 日降低為 500KW，俟運轉狀況再行檢討調整(降低)契約容量。

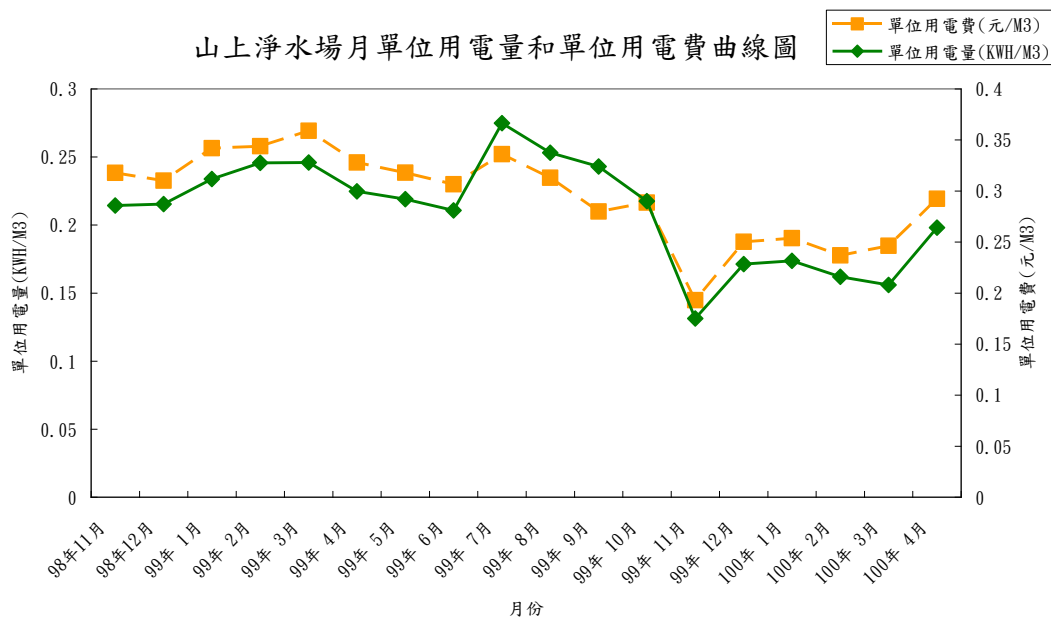
### 三、單位用電量及單位用電費：

改善前：98年11月至99年10月累計出水量 15,447,226 M<sup>3</sup>  
和總用電度數 3,772,300 KWH，平均單位用電量  
0.244 KWH/M<sup>3</sup>。

改善後：99年11月至100年04月累計出水量 8,763,004 M<sup>3</sup>  
和總用電度數 1,616,200 KWH，平均單位用電量  
0.184 KWH/M<sup>3</sup>。

改善前：98年11月至99年10月累計出水量 15,447,226 M<sup>3</sup>  
和用電總金額 4,806,041 元，平均單位用電費 0.311  
元/M<sup>3</sup>。

改善後：99年11月至100年04月累計出水量 8,763,004 M<sup>3</sup>  
和用電總金額 1,936,868 元，平均單位用電費 0.221  
元/M<sup>3</sup>。



#### 四、成本效益分析：

##### (一)、工程施工成本：

山上淨水場清水池出水管線改善工程工程經費實際結算金額為新台幣 2,623,902 元整。

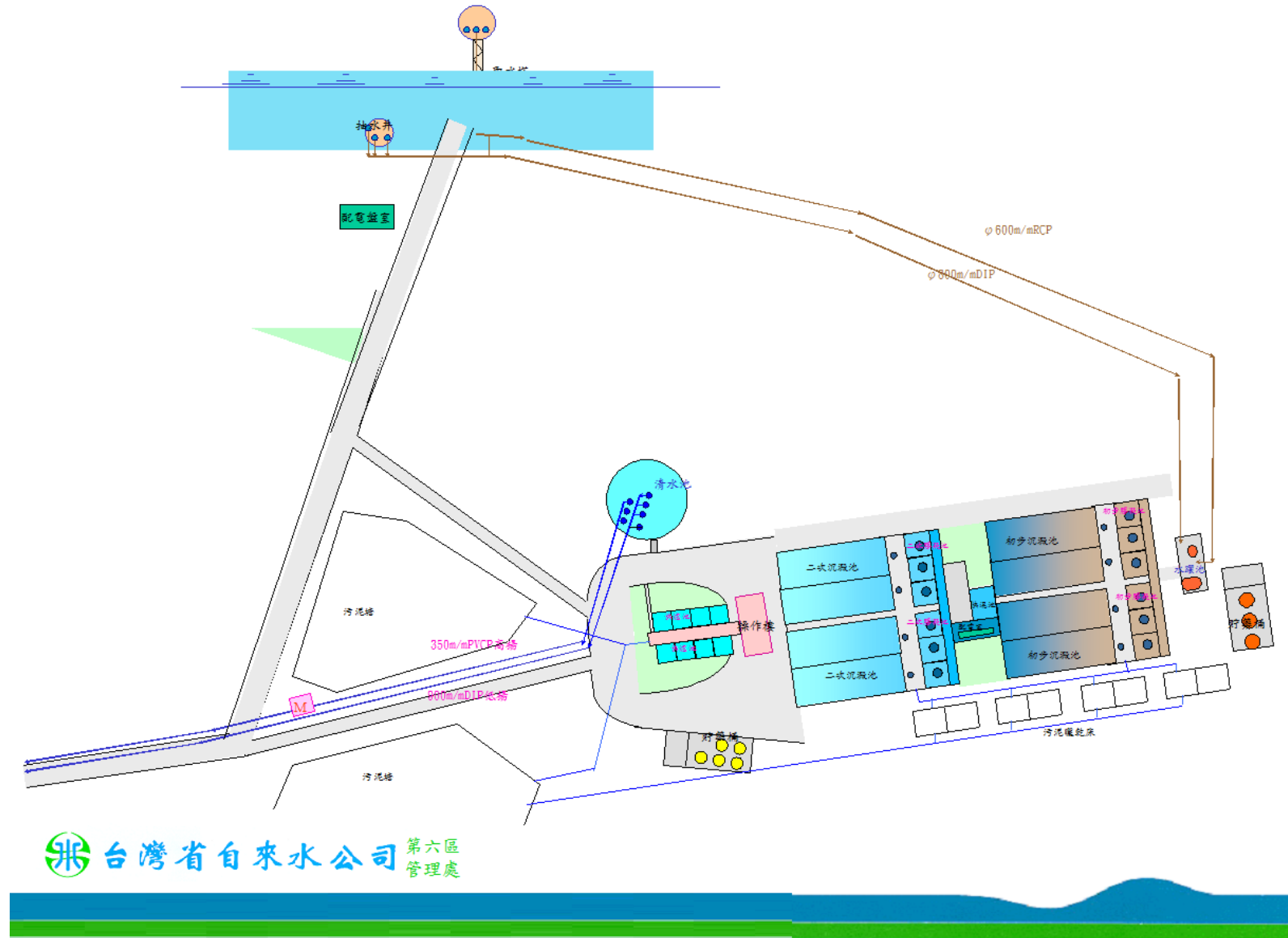
##### (二)、工程效益：

1. 降低台電契約容量，從原契約容量 650 KW 降低為 500 KW，預計每年將可節省基本電費新台幣 223,020 元。
  - 2 山上淨水場清水池出水管線改善前平均單位用電費 0.311 元/M<sup>3</sup>，改善後平均單位用電費 0.221 元/M<sup>3</sup>，改善後平均單位用電費降低多少？假設以 98 年 11 月至 99 年 10 月為全年度出水量，計算每年可節省多少？  
$$0.311 \text{ 元/M}^3 - 0.221 \text{ 元/M}^3 = 0.09 \text{ 元/M}^3$$
  
98 年 11 月至 99 年 10 月為全年度出水量 15,447,226 M<sup>3</sup>  
$$0.09 \text{ 元/M}^3 \times 15,447,226 \text{ M}^3/\text{年} = 1,390,250 \text{ 元/年}$$
  - 3 清水池出水 125HP 抽水機 3 台，每台年保養維護費 20,000 元，合計 60,000 元/年。
- 總計每年可節省新台幣 1,673,270 元整。

## 伍、結論

- 一、山上淨水場清水池出水管線改善後輸送清水能力增加，淨水場整體處理容量將不再受制於清水池出水管線的限制，因出水端的穩定出水，可提昇淨水場操作效率，確保出水水質。
- 二、山上淨水場清水池與潭頂淨水場快混池間管線完全採重力流方式輸送，管線內流體壓力穩定，不會有抽水機加壓輸送停、開俾時因管線內壓力劇變，產生水錘(Water Hammer)或孔蝕(Cavitation)現象，造成管線破裂或洩漏發生的風險，減少管線維護管理成本。
- 三、山上淨水場清水池出水管線改善後完全採重力流方式輸送，無須經抽水機加壓輸送，每年可節省抽水機所需動力費、維護保養費等，總計新台幣 1,673,270 元。

附件一、台南給水廠山上淨水場場區配置圖



參考文獻：

1. 高肇藩，1990，給水工程（衛生工程，自來水篇），國立成功大學環境工程學系。
2. 台南廠淨水管線設備改善工程（WR-99-0601-40）工程預算書圖及工程結算書圖。