

颱風及豪大雨期間桃園地區自來水系統供水穩定度之探討

經濟部水利署北區水資源局

正 工 程 司

蘇 俊 明

摘 要

去(94)年海棠、馬莎及泰利颱風繼前(93)年艾莉風災再一次嚴酷考驗桃園地區面臨石門水庫高濁度原水之供水應變能力，雖於艾莉風災後至海棠颱風來襲前，陸續完成平鎮淨水場第二原水取水口工程及壩頂備用抽水 30 萬噸，外加緊急抽用打鐵坑溪水源稀釋及打開石門大圳退水路排淤等加速降低濁度措施，有效縮短影響供水天數，然停水期間仍造成民眾生活及產業生產之衝擊。

今(95)年 5 月汛期前已完成提升壩頂緊急抽水能力至 96 萬噸、改善尖山中繼加壓站、石門淨水場增設 50 萬噸原水蓄水池等短期措施，有效改善桃園地區自來水系統原水水源供應，於今年 0609 豪大雨無再上演缺水事件。

本文係統計桃園地區各淨水場於海棠、馬莎及泰利等三場颱風期間不同原水濁度之出水能力，以分析自來水系統供水穩定度，藉此探討自來水系統供水問題所在，提出增強供水穩定度之策略，以期擺脫颱風及豪大雨期間缺水壓力。

一、前言

近年桃園地區颱風期間因石門水庫原水濁度過高造成停水，主因為上游山林崩坍將大量泥砂流入水庫，進而影響淨水場處理能力而停水。石門水庫颱風期間操作重點為防洪，保護下游及大壩安全，而非淨水或穩定水質。94 年海棠、馬莎及泰利颱風繼 93 年艾莉風災再一次嚴酷考驗桃園地區面臨石門水庫高濁度原水之供水應變能力，雖於艾莉風災後至海棠颱風來襲前，陸續完成平鎮淨水場第二原水取水口工程及壩頂備用抽水 30 萬

噸，外加緊急抽用打鐵坑溪水源稀釋及打開石門大圳退水路排淤等加速降低濁度措施，有效縮短影響供水天數，然停水期間仍造成民眾生活及產業生產之衝擊。95 年 5 月汛期前已完成提升壩頂緊急抽水能力至 96 萬噸、改善尖山中繼加壓站、石門淨水場增設 50 萬噸原水蓄水池等短期措施，有效改善桃園地區自來水系統原水水源供應，於 95 年 0609 豪大雨無再上演缺水事件。

二、桃園地區水源供需

2.1 供水區域概述

桃園地區隸屬臺灣省自來水公司第二區管理處管轄，範圍包括桃園縣、台北縣林口鄉及新竹縣湖口鄉，如圖 2.1 所示，供水普及率約為 95%，現況總供水人口約 197 萬人。

僅就桃園縣而言，腹地廣闊且製造業發達，並靠近台北都會區，且縣境內國道、省道、線道遍佈，同時有中正國際機場，故陸空交通便捷。因交通的便利性與區域經濟活動的聚集作用，使得桃園成為人口成長快速的區域，民國 77 年時桃園縣尚不足 130 萬人，然至民國 95 年人口數已達 190 萬人，若以此趨勢成長，民國 100 年前桃園縣人口預計將突破 200 萬人。

桃園縣為全國製造業最密集的區域，目前區內工業區大多集中於桃園、中壢、龜山、大園、觀音、楊梅等地區，至於龍潭與大溪則以發展觀光遊憩與設置研究發展園區為主。目前桃園縣無論是工廠數目或是產能均佔全省重要地位，本區亦因製造業的蓬勃發展而造就了繁榮進步的厚實基礎。截至 92 年為止，桃園全縣工業區之總面積約 4,560 公頃，其中 1,910 公頃為開發中之工業區，占全省工業區總面積一成以上。

2.2 水源供需分析

桃園地區目前(民國 95 年)由自來水系統供應之生活及工業用水需求約 108 萬噸/日，主要由石門水庫、大漢溪下游及調用加強灌溉節餘水供給所需。預估未來用水需求低成長(民生及現有工業成長及開發中

工業區)，含展茂光電公司、華通電腦公司、大潭發電廠，民國 100、105、110 年用水需求分別為 100、103、105 萬噸/日。中成長(低成長+編定及報編中工業區)，含桃園科技工業區、桃園觀塘工業區、宏碁智慧園區、龍潭工業區、大潭濱海工業區、華映桃園八德廠、華亞科技園區、龍潭科技工業園區、華映桃園龍潭廠，民國 100、105、110 年用水需求分別為 127、130、132 萬噸/日。高成長(中成長+規劃及研擬中之新增工業區)，含濱海地區整體開發建設計畫、秀才科技園區，民國 100、105、110 年用水需求分別為 157、163、167 萬噸/日，如圖 2.2 所示。為滿足民國 110 年之中成長之需求，推動板新二期工程改善計畫、桃園海淡廠及規劃高台水庫等水源開發計畫予以因應。

圖 2.1 桃園地區自來水系統供水區及淨水場佈置圖

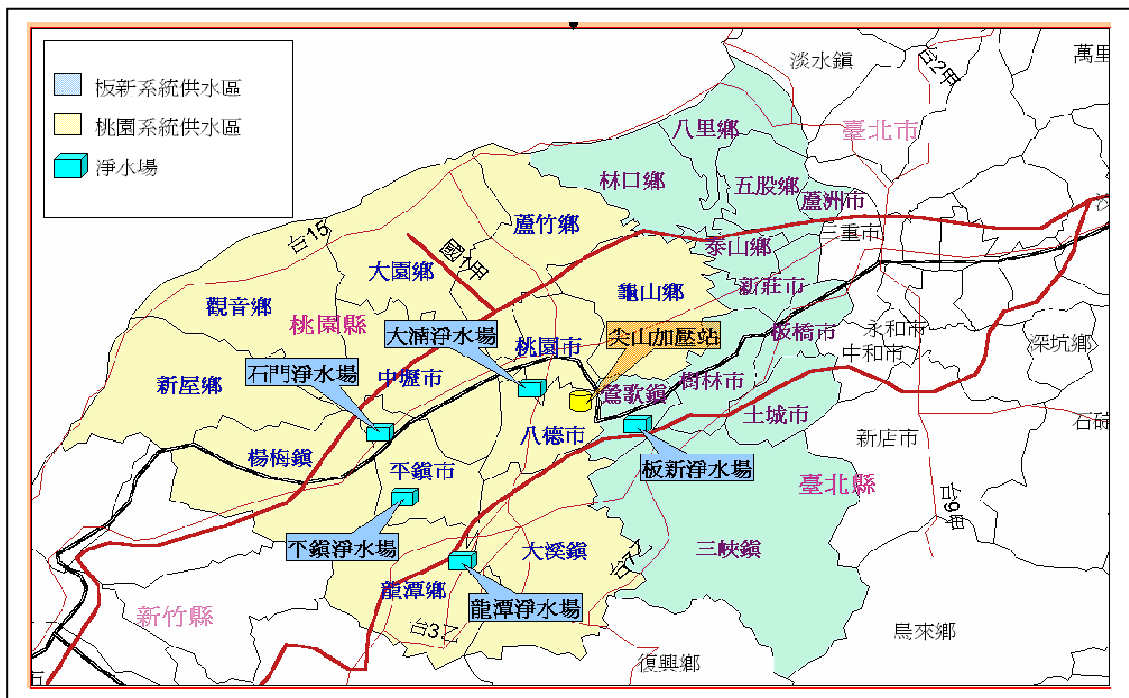
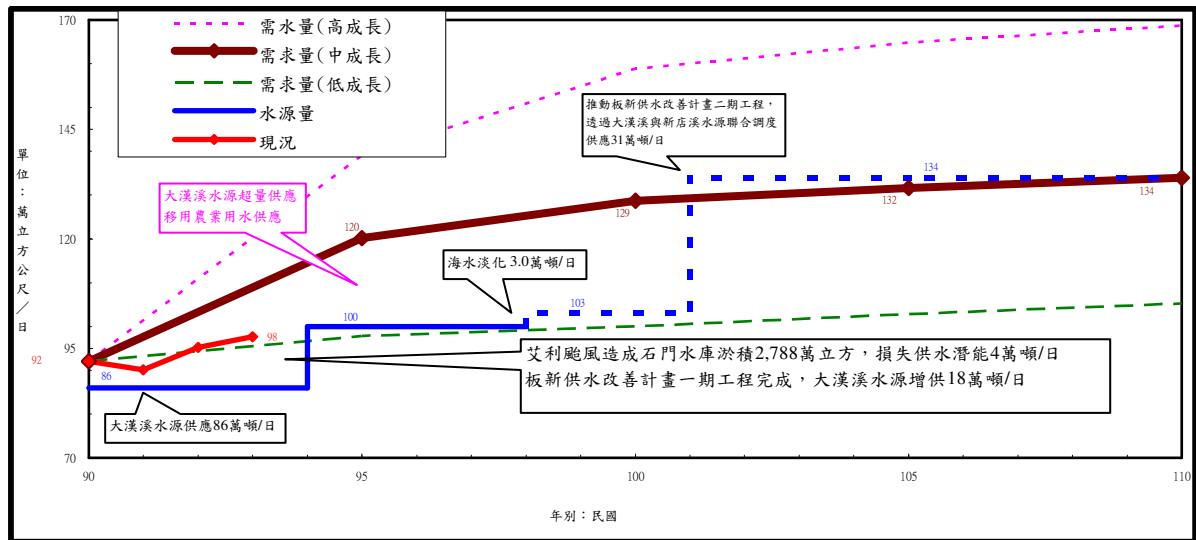


圖 2.2 桃園地區自來水系統民生及工業用水供需圖



三、供水穩定度探討

3.1 自來水系統淨水能力

桃園地區自來水系統有龍潭、石門、平鎮及大湳等四個淨水場，各淨水場可處理水量隨原水濁度升高而減量，依據臺灣省自來水公司第二區管理處提出淨水場於不同濁度下設計處理能力，原水濁度 1000NTU 以下出水處理能力可達 100%，1000NTU~2000NTU 以下出水處理能力可達 80%，3000NTU~5000NTU 以下出水處理能力可達 75%-50%，5000NTU~9000NTU 以下出水處理能力可達 50%-23%，10000NTU 以上無法處理出水，如表 3.1 所示。

表3.1 各淨水場因應原水濁水變化設計處理能力

淨水場	設計出水能力(m ³)	濁度(NTU)	可處理出水量(m ³)	處理出水能力
龍潭	50,000	1000 以下	50,000	100.0%
		1000~2000 以下	40,000	80.0%
		3000~5000 以下	37,500	75.0%
		5000~9000 以下	25,000	50.0%
		10000 以上	無法處理出水	0.0%
石門	120,000	1000 以下	120,000	100.0%
		1000~2000 以下	96,000	80.0%
		3000~5000 以下	90,000	75.0%
		5000~9000 以下	60,000	50.0%
		10000 以上	無法處理出水	0.0%
平鎮	600,000	3000 以下	520,000	86.7%
		3000~5000 以下	420,000	70.0%
		5000~9000 以下	240,000	40.0%
		10000 以上	無法處理出水	0.0%
大湳	300,000	1000 以下	300,000	100.0%
		1000~2000 以下	250,000	83.3%
		3000~5000 以下	150,000	50.0%
		5000~9000 以下	70,000	23.3%
		10000 以上	無法處理出水	0.0%
總設計出水量		1,070,000m ³		

3.2 颱風事件原水濁度

桃園地區於 94 年海棠、馬莎、泰利等三場颱風及 95 年 950609 豪大雨事件侵襲北臺灣，於石門水庫集水區分別累積雨量為 504 公厘、818 公厘、384 公厘及 251 公厘，洪峰流量分別為每秒 3199 立方公尺、5322 立方公尺、3689 立方公尺及 940 立方公尺；經統計分析得龍珠灣尖峰原水濁度分別為 24050NTU、26350NTU、19200NTU、1578NTU，其發生時間距尖峰流量發生時間延時分別為 20 小時、44 小時、30 小時、29 小時；石門大圳取水口尖峰原水濁度分別為 27800NTU、46300NTU、96400NTU、4935NTU，其發生時間距尖峰流量發生時間延時分別為 49 小時、67 小時、49 小時、18 小時；後池堰尖峰原水濁度分別為 14900NTU、

36490NTU、5990NTU、3930NTU，其發生時間距尖峰流量發生時間延時分別為 80 小時、117 小時、46 小時、6 小時，如表 3.2 及圖 3.1-圖 3.4 所示。

表 3.2 94 年海棠等三場颱風及 95 年 0609 豪大雨事件降雨量、尖峰流量及尖峰濁度統計

颱風名稱	集水區降雨量 (mm)	尖峰入流量		濁度								
				龍珠灣			石門大圳取水口			後池堰		
		尖峰流量 (CMS)	發生時間	濁度 (NTU)	發生時間	距尖峰流量發生時間 (hr)	濁度	發生時間	距尖峰流量發生時間 (hr)	濁度	發生時間	距尖峰流量發生時間 (hr)
海棠	504	3198.6	94/7/18 10:00	24,050	94/7/19 06:00	20	27,800	94/7/20 11:00	49	14,900	94/7/21 18:00	80
馬莎	818	5322.17	94/8/5 13:00	26,350	94/8/7 09:00	44	46,300	94/8/8 08:00	67	36,490	94/8/10 10:00	117
										36,625	94/8/11 10:00	141
泰利	384	3689.31	94/9/1 02:00	19,200	94/9/2 08:00	30	96,400	94/9/3 03:00	49	5,990	94/9/3 12:00	46
										5,870	94/9/5 10:00	104
950609 豪大雨	250.6	940.1	95/6/10 14:00	1,578	95/6/11 19:00	29	4,935	95/6/11 8:00	18	3,930	95/6/10 22:00	6

圖 3.1 海棠颱風石門水庫原水濁度圖

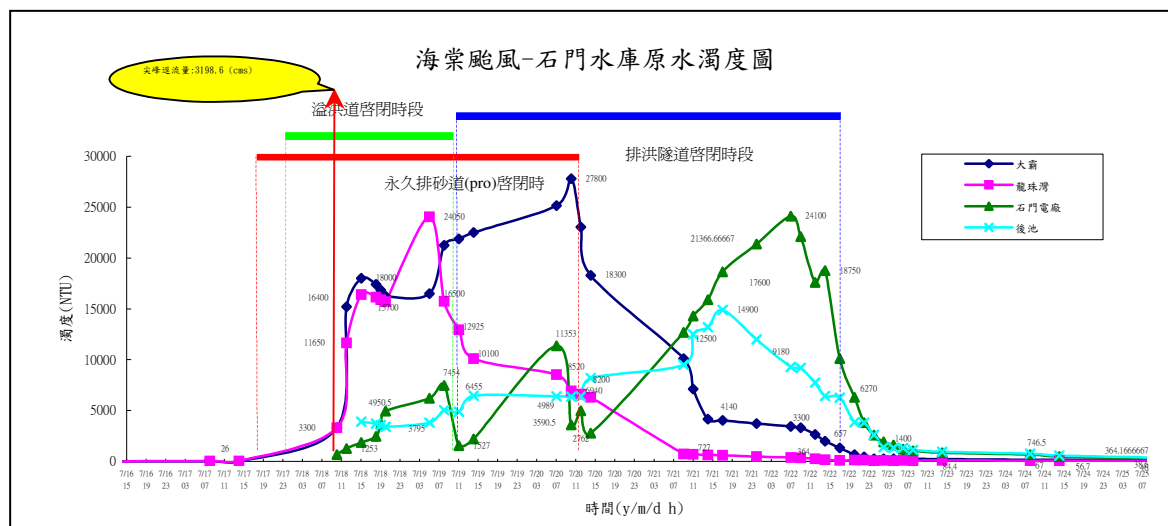


圖 3.2 馬莎颱風石門水庫原水濁度圖

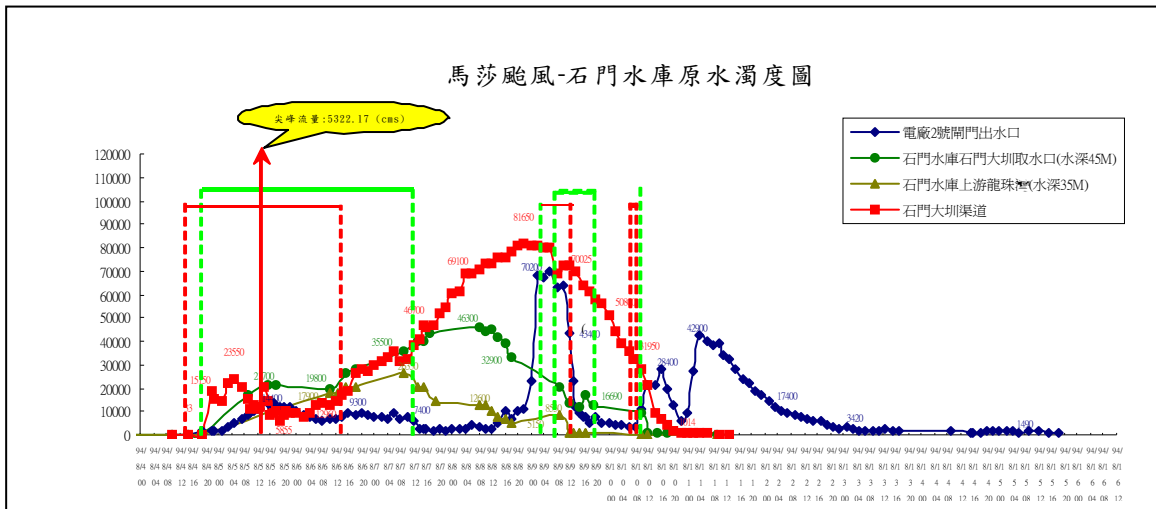


圖 3.3 泰利颱風石門水庫原水濁度圖

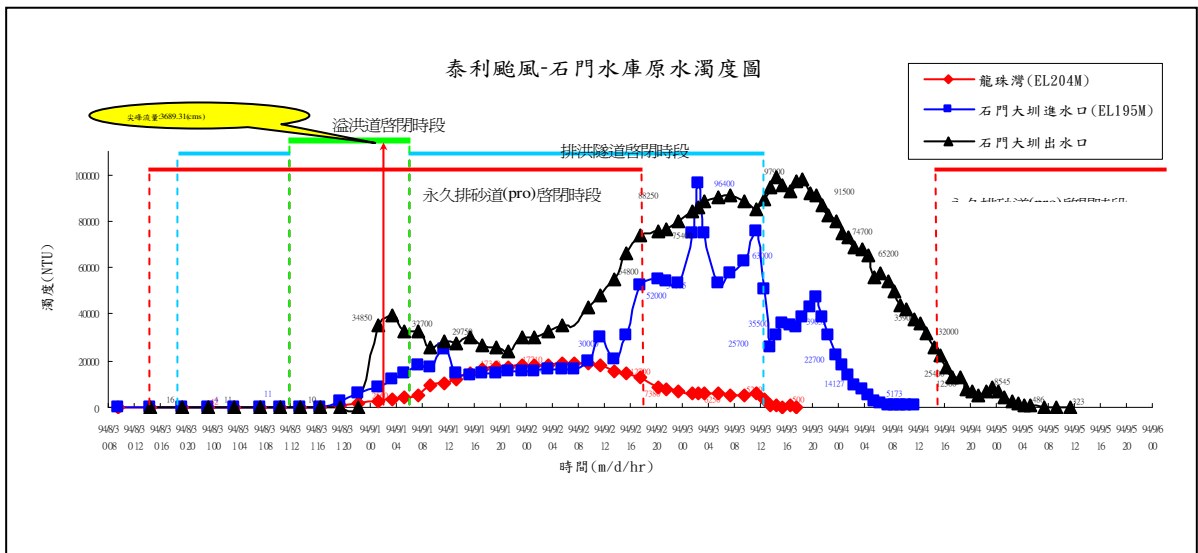
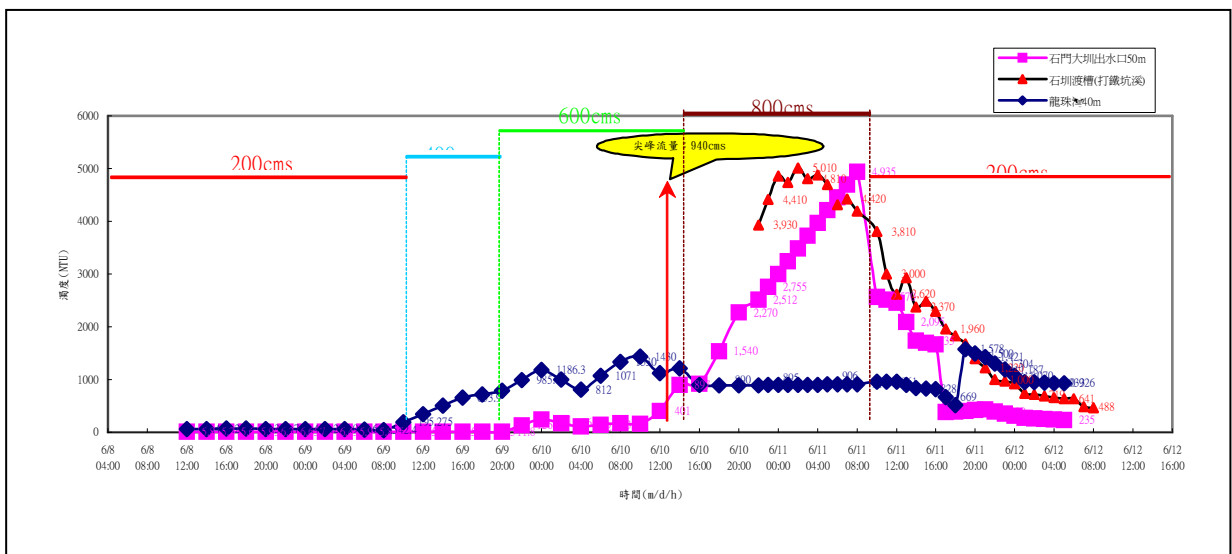


圖 3.4 950609 豪大雨事件石門水庫原水濁度圖



3.3 颱風事件淨水場出水狀況

94 年海棠、馬莎、泰利等三颱風事件桃園地區自來水供水系統平鎮、大湳、石門、龍潭等四淨水場實際平均處理出水能力統計，淨水場在原水濁度 1000NTU 以下出水率處理能力可達 66%-100%以上，1000NTU~2000NTU 以下出水處理能力可達 56%-99%，3000NTU~5000NTU 以下出水處理能力可達 54%-75%，5000NTU~9000NTU 以下出水處理能力可達 47%-57%，10000NTU~20000NTU 出水處理能力可達 8%-33%，如表 3.3 及圖 3.1 所示，另圖 3.5 至圖 3.8 分別所示海棠、馬莎、泰利等三颱風桃園地區淨水場處理出水能力，圖中顯示了各淨水場在不同濁度下的處理出水能力。

各淨水場實際平均處理出水能力與原設計不同原水濁度處理出水能力之整體趨勢一致，均為隨原水濁度增加而出水能力減少，惟引用分析資料係以 2 小時一筆，於淨水場實際操作過程中，為配合政策供水策略，時有超出設計能力之運轉及初沉池淤滿之情況發生，致部份淨水場出水能力數值非隨原水濁升高而減少。

選用各淨水場處理出水能力於海棠、馬莎、泰利等三颱風事件不同濁度下之最大值作為基準值，與其相對應之原水濁度趨勢不合理處進行線性分析，得到各淨水場在不同濁度情況下之修正後平均處理出水能力，將其整理如表 3.4。

表 3.3 94 年海棠、馬莎、泰利颱風桃園地區淨水場平均處理出水能力

淨水場	平鎮(60 萬 CMD)	大湳(30 萬 CMD)	石門(12 萬 CMD)	龍潭(5 萬 CMD)
取水點	石圳+壩頂抽水+打鐵坑溪	桃圳+鳶山堰	石圳	石圳+壩頂抽水+打鐵坑溪
濁度(NTU)	處理出水能力(%)	處理出水能力(%)	處理出水能力(%)	處理出水能力(%)
1000 以下	75%	104%	66%	104%
1000-2000	56%	99%	71%	83%
2000-3000	67%	90%	57%	64%
3000-4000	55%	78%	97%	80%
4000-5000	54%	71%	55%	75%
5000-6000	36%	69%	55%	69%
6000-10000	51%	57%	47%	55%
10000-20000	33%	8%	25%	31%

圖 3.5 94 年海棠、馬莎、泰利颱風桃園地區淨水場實際處理出水能力

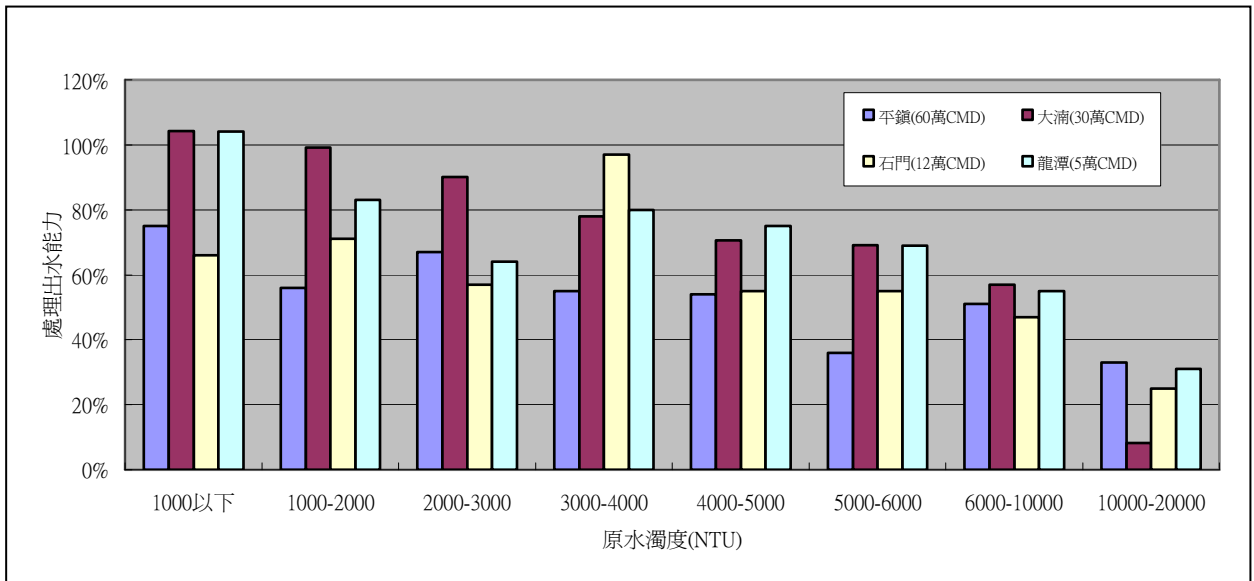


圖 3.6 94 年海棠颱風桃園地區淨水場處理出水能力

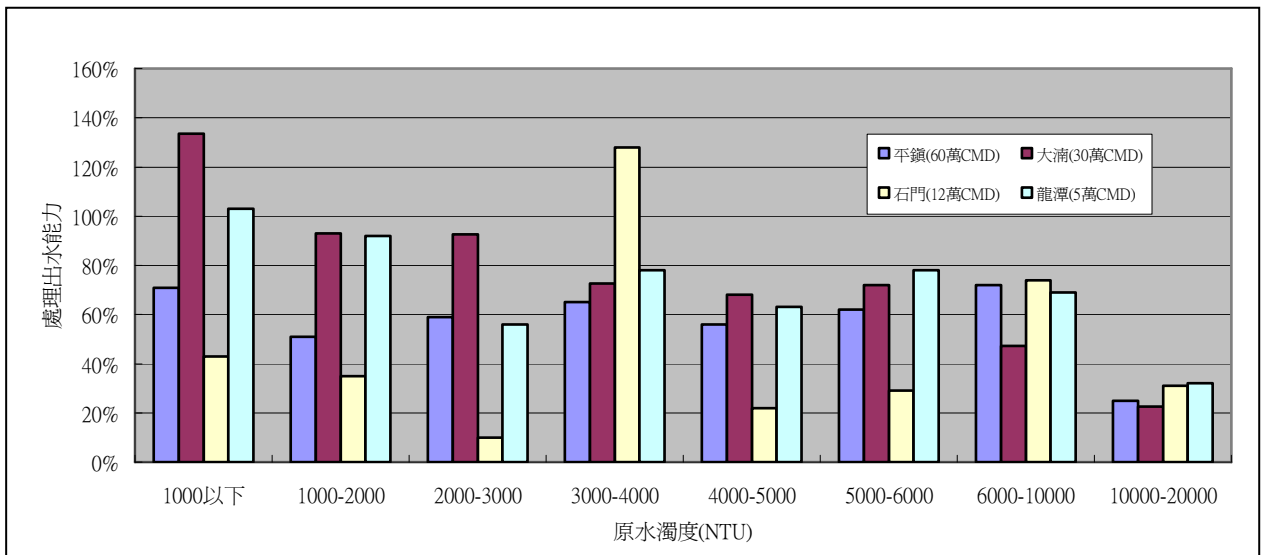
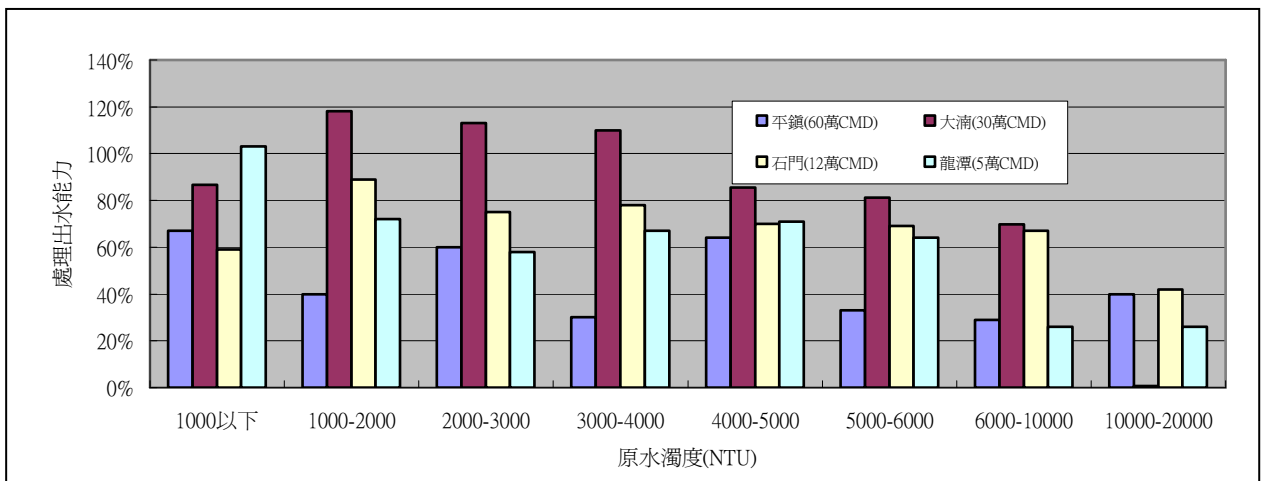


圖 3.7 94 年馬莎颱風桃園地區淨水場處理出水能力



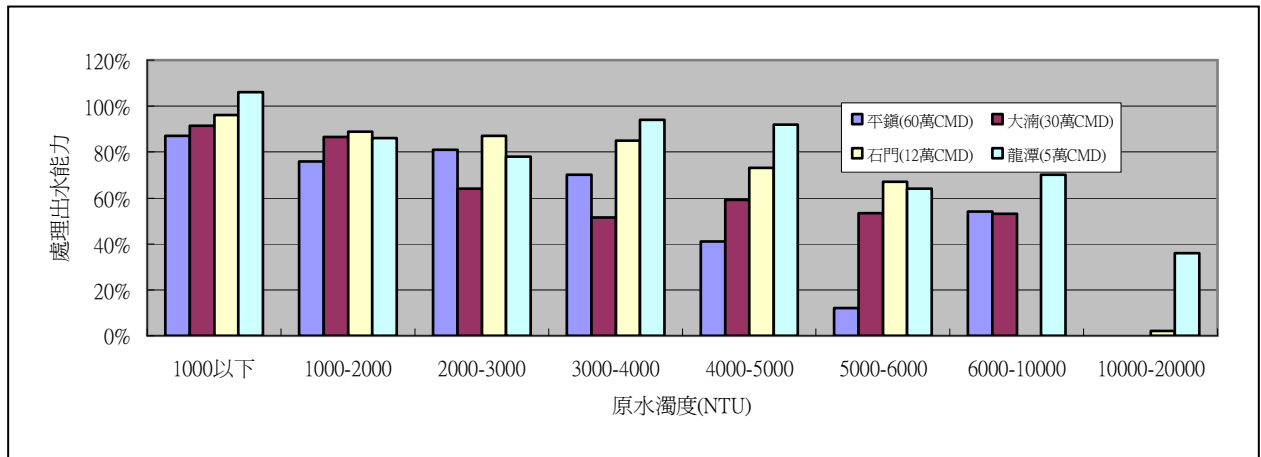


表 3.4 94 年海棠、馬莎、泰利颱風桃園地區淨水場修正後平均處理出水能力

淨水場	平鎮(60 萬 CMD)	大湳(30 萬 CMD)	石門(12 萬 CMD)	龍潭(5 萬 CMD)
取水點	石圳+壩頂抽水+打鐵坑溪	桃圳+鳶山堰	石圳	石圳+壩頂抽水+打鐵坑溪
濁度(NTU)	處理出水能力(%)	處理出水能力(%)	處理出水能力(%)	處理出水能力(%)
1000 以下	87%	134%	96%	106%
1000-2000	76%	118%	89%	92%
2000-3000	73%	113%	87%	78%
3000-4000	70%	110%	80%	77%
4000-5000	64%	86%	73%	76%
5000-6000	62%	81%	69%	75%
6000-10000	51%	70%	56%	70%
10000-20000	40%	23%	42%	36%

3.4 供水穩定度分析

桃園地區每日需水量約 108 萬噸，由平鎮、石門、龍潭及大湳淨水場供水每日 97 萬噸，板新淨水場支援每日 11 萬噸。依上節分析所得修正後平均處理出水能力予以推算各淨水場於不同濁度出水量與應出水量比，在原水濁度 1000NTU 以下供水可靠度 100%，1000NTU~2000NTU 以下供水可靠度 99%，2000NTU~3000NTU 以下供水可靠度 95%，3000NTU~4000NTU 以下供水可靠度 91%，4000NTU~5000NTU 供水可靠度 79%，5000NTU~6000NTU 供水可靠度 76%，6000NTU~10000NTU 供水可靠度 64%，10000NTU~20000NTU 供水可靠度 39%，如表 3.5 所示。

表 3.5 桃園地區桃園地區淨水場不同濁度下供水可靠度統計

淨水場	平鎮 (60 萬 CMD)	大湳 (30 萬 CMD)	石門 (12 萬 CMD)	龍潭 (5 萬 CMD)	出水量 (萬 CMD)	出水量/ 應出水量	供水 風險度	供水 可靠度
1000 以下	52.20	40.05	11.52	5.30	109.07	1.12	0%	100%
1000-2000	45.60	35.40	10.68	4.60	96.28	0.99	1%	99%
2000-3000	43.80	33.90	10.44	3.90	92.04	0.95	5%	95%
3000-4000	42.00	32.95	9.60	3.84	88.39	0.91	9%	91%
4000-5000	38.40	25.65	8.76	3.79	76.60	0.79	21%	79%
5000-6000	37.20	24.35	8.28	3.73	73.56	0.76	24%	76%
6000-10000	30.60	20.90	6.66	3.50	61.66	0.64	36%	64%
10000-20000	24.00	6.75	5.04	1.80	37.59	0.39	61%	39%

四、供水穩定因應策略

4.1 自來水系統供水問題

自來水系統淨水場處理能力隨著原水濁度升高而出水量減少，甚至無法出水，主因淨水場初沉池因引入高濁度原水而加速淤積，須清除淤泥後得以正常處理，未來增設或擴大現有淨水場初沉池，以加速原水濁度沉降速度，可有效增加高濁度原水情形下之出水量。

4.1.1 原水渾濁

石門水庫集水區自然環境欠佳，地質原本脆弱，又經過 921 大地震影響，地層表土鬆動，加以人為開發活動頻繁，土地超限利用情形嚴重，經調查結果，集水區濫墾面積即達 1,850 公頃，遇有颱風豪雨，崩塌沖蝕，難以避免，去年艾利颱風災害為集水區帶來平均 970 公釐雨量，部分地區更高達 1,600 公釐，造成集水區崩塌面積達 854 公頃，入流泥砂達 2,000 萬立方公尺水質異常渾濁，重創水庫供水功能；今年馬莎颱風亦帶來可觀降雨，經調查集水區崩塌面積增加 26.81 公頃，並造成水庫水質渾濁導致桃園地區輪流分區供水，因此如何減少上游砂源為重要課題。

4.1.2 淨水設施及備用水源

桃園地區停水真正原因為水場太老舊且處理能力太小，桃園地區石門、平鎮、大湳及龍潭四座淨水場，總處理量每日約為 107 萬噸，僅台

北市直潭淨水廠單一水廠處理量 270 萬噸之 40%，確需支撐全國 10%人口及工業產值用水。桃園地區淨水場僅平鎮淨水場為因應用水量增加而增設 30 萬新式處理設施外，均因受限於土地購置所需經費而未加以改善，龍潭淨水場甚至沒有初沉池，一滴備用水源都沒有，濁度偏高，立即停水。水庫為惟一水源再加上處理能力不足，稍有水質壓力便需停水。龍潭淨水場供應龍潭鄉及大溪鎮每日只能出水 5 萬噸，平常都很難保平安了更別說颱風非常時期了，台北市直潭淨水場處理能力每日 270 萬噸，供應 220 萬噸，50 萬噸備援用水，小一點的公館淨水場也有每日 40 萬噸供水能力，可是龍潭淨水場供應兩鄉鎮只有 5 萬噸，風險甚大。另於淨水場附近應增設至少 5 天備用水源之蓄水池，以因應緊急供水之需。鑑此，要解決桃園地區停水問題最快的方法應從加強淨水場處理能力及備用水源方式著手。

4.2 供水穩定因應策略

就上節所探討之原水混濁與淨水設施及備用水源等問題，經濟部、農委會及原委會依據立法院 95 年 1 月 13 日三讀通過之「石門水庫及其集水區整治特別條例」第三條規定研擬『石門水庫及其集水區整治計畫』，分兩階段共六年執行，其策略為石門水庫上游集水區保育治理及水庫庫區緊急供工程暨水庫更新改善與下游供水區穩定供水設施及幹管改善等三面向著手，以有效降低原水濁度及提升供水能力。策略推動方案如下：

4.2.1 水庫上游集水區保育治理

- (1). 土地使用管理計畫：土地使用計畫通盤檢討、原住民保留地整體保育、水庫集水區土地利用管理、山坡地違規案件取締及移送法辦及國有林出租造林地補償收回。
- (2). 土地使用與環境生態、防災監測計畫：水庫集水區土地使用與環境生態防災監測及建立水庫集水區保育監測系統。
- (3). 水庫集水區保育計畫：道路水土保持、蓄水範圍保育、山坡地保育及國有林班地保育及漂流木處理。
- (4). 保育防災教育宣導計畫：生態媒體教材製作暨生態教育推廣計畫及加

強保育及防災宣導。

4.2.2 水庫庫區緊急供工程暨水庫更新改善

- (1). 提升壩頂緊急抽水能力至 96 萬噸及下游輸送管線：抽取低濁度表層原水。
- (2). 電廠及永久河道放流口緊急修復：穩定下游供水及增加排砂效益。
- (3). 桃園、新竹工業區地下水備援供水執行計畫：增加備用水源。
- (4). 低水位時供水應變工程：水庫水位低於 220 公尺緊急供水設施。
- (5). 增設水庫取水工程：取用高層低濁度原水。
- (6). 後池改善、備援水池及河槽人工湖：增加備用水源。
- (7). 水庫既有設施防淤功能改善工程：提升水力排砂效益。
- (8). 增設水庫防砂設施工程：減少泥砂入庫。

4.2.3 下游供水區穩定供水設施及幹管改善

- (1). 改善尖山中繼加壓站：增加供應北桃園地區用水量約 6 萬 CMD。
- (2). 石門淨水場增設 50 萬噸原水蓄水池：供應石門淨水場低濁度原水約 7 天。
- (3). 龍潭淨水場擴建：二場新建增加出水 14 萬 CMD。
- (4). 板新大漢溪水源南調桃園(含南北桃連通計畫)：板新系統新增支援量 60 萬 CMD。
- (5). 桃竹雙向供水計畫：新竹支援桃園能力提升至 10 萬 CMD。

以上推動計畫各項工程完成後，可望解決近年颱風豪雨事件造成原水濁度異常及水庫淤量驟增之問題，以達颱風及豪大雨期間穩定供應水庫下游桃園地區用水之目標。

五、結論

桃園地區人口約佔全國人口 10%，年產值 1 兆 7 千億，為全國近年人口成長及工業發展急遽之地區。目前每日需水量約 108 萬噸，由平鎮、石門、龍潭及大湳淨水場每日供水 97 萬噸，板新淨水場每日支援 11 萬噸。94 年海棠、馬莎及泰利等三場颱風均造成石門大圳原水濁度及鳶山堰第

二取水口升高，分析結果顯示當原水濁度升至 4000NTU 時，平鎮、龍潭、石門及大湳淨水場處理能力供水可靠度 91%，飆升為 5000NTU 時供水可靠度降至 79%，減少二成供水將造成民眾及產業不小衝擊。為提高供水穩定，經濟部、農委會及原委會正加速推動石門水庫及其集水區整治計畫，並於期程完成石門水庫上游集水區保育治理及水庫庫區緊急供工程暨水庫更新改善與下游供水區穩定供水設施及幹管改善等各項工作，以達成「優質且充足之水源量」、「充裕之備載供水能力」及「越區供水備援系統」穩定供水環境。

六、參考文獻

1. 台灣省自來水公司第二區管理處因應汛期下游取水緊急應變計畫，民國 94 年，台灣省自來水公司第二區管理處。
2. 北部地區水源及自來水系統最佳化調配及可靠度分析，民國 95 年，經濟部水利署北區水資源局。
3. 石門水庫既有設施防淤功能改善工程計畫可行性規劃報告(初稿)，民國 95 年，經濟部水利署北區水資源局。
4. 「北部地區水資源利用整體檢討規劃—北部地區水資源系統備用水源及管網之分析檢討」，民國 95 年，經濟部水利署水利規劃試驗所。
5. 馬莎颱風桃園地區供水問題檢討報告，民國 94 年，經濟部。
6. 海棠颱風石門水庫運轉報告，民國 94 年，經濟部水利署北區水資源局。
7. 馬莎颱風石門水庫運轉報告，民國 94 年，經濟部水利署北區水資源局。
8. 泰利颱風石門水庫運轉報告，民國 94 年，經濟部水利署北區水資源局。
9. 石門水庫海棠颱風供水檢討報告，民國 94 年，經濟部水利署北區水資源局。
10. 馬莎颱風桃園及新竹地區供水問題檢討報告，民國 94 年，經濟部水利署北區水資源局。
11. 泰利颱風桃園地區供水問題報告，民國 94 年，經濟部水利署北區水資源局。
12. 石門水庫及其集水區整治計畫，民國 95 年，經濟部。