



中華民國自來水協會 106 年度研究計畫

強化新店溪水源

高濁度原水操作策略之研究

**Study on Strengthening the
Operation Strategy of High Turbidity
Raw Water in Xindian River**

委託單位：中華民國自來水協會

研究單位：中華民國自來水協會技術研究委員會

計畫主持人：陳曼莉

協同計畫主持人：許登發

研究人員：邱福利、張國馨、陳錦成、陳明仕、張聖德、

周宗毅

執行期間：106 年 3 月 1 日至 106 年 11 月 30 日

中華民國 106 年 12 月

期末報告審查 - 委員建議與回復

委員審查意見	意見回復
林委員財富	
1. 建議結論中說明主要計畫執行成果，包括脆弱度分析結果、針對各脆弱度採取的工作及其成效。	謝謝委員建議，以新增相關內容於第 5 章結論中。
2. 在報告第四章建議能補充一彙整表說明彙整各脆弱點的各项措施，相對應經費，施工日期及其成效，以更清楚說明計畫成果。	謝謝委員建議，請參表 4-1。
3. 請依委員意見修正定稿。	謝謝委員建議，已依委員意見修正定稿。
李委員嘉榮	
1. P54 提到 101 年及 102 年間測試兩種刮、吸泥機之適用性，最終選擇安裝刮泥機，對高濁度期間能加速排除沉澱池之污泥，對廢污泥處理設備並無說明是否擴充，能否吸納處理高濁度帶進來之污泥量能否要適處理，另沉砂池增加檔板亦可將砂泥於此單元大部分去除，惟後端廢污設備容量有否影響。	謝謝委員建議，直潭場已清理排泥渠道恢復原有容量，以提高沉澱池淤泥排除效率。
2. 法規面探討-環保署公佈高濁度期間清水濁度之限制，在本案能否酌予補充。	謝謝委員建議，請參見表 1-1。
3. P58 多元氯化鋁加藥系統 9 槽(1、3、5、7、8、9、10、11、12 號)對應圖 3-23 混凝劑加注系統(編號 1-10)無法對應，氫氧化鈉加藥槽(2、4、6)是否圖 3-23 未完整呈現。	謝謝委員建議，多元氯化鋁藥槽編號 11~12 槽係備用槽，已於文中說明，另氫氧化鈉加藥槽如圖 3-23 編號 2、4、6 槽。
葉委員宣顯	
1. 沉砂池濁度降幅之提升，是否應與未加檔板前之去除率加以比較?	謝謝委員建議，檔板裝設前，沉砂池濁度計設置於沉砂池入口處附近，並未於沉砂池出口裝設濁度計，因此無法計算去除率。
2. P71 反沖洗次數是否以反沖洗頻率(即	謝謝委員建議，已修正。

經歷多少過濾時間後需反洗)來比較，可能較為適當。	
3. 建議水源多元化可考量適度推動，以增加整個系統之穩定性。	謝謝委員建議，北水處自 105 年開始在臺北市規劃防災水井，以一般日常用水為主要用途，非飲用水；並規劃移動式水處理設備將處理後的水視狀況作為飲用水用途。
駱委員尚廉	
1. 1-1 節下之分段，若有需要標題，建議可再細分小節，例如 1.1.1，1.1.2 等。	謝謝委員建議，已細分為 1.1.1、1.1.2 及 1.1.3 節。
2. 圖 1-1 無法清楚表達，是否可重繪或改用表格說明。	謝謝委員建議，已重繪說明。
3. 刮泥機是否有備用動力?在停電時仍可持續操作。	謝謝委員建議，直潭場已設置 2 臺 2000kW 發電機，停電時刮泥機可持續操作。
4. 表 3-3 與表 3-4 成本費用分析，請再詳細說明之。	謝謝委員建議，請參 3.3.3 節。
5. 原沉砂池之停留時間為多久?改成緩衝沉降區是否能發揮功能?	原沉砂池停留時間雖僅 3 分鐘，惟高濁度期間配合取水口加注高分子，利用高分子促使懸浮粒子快速凝集沉降的特性，於擋板緩衝沉降區沉降，有效降低原水濁度，於高濁度期間實場驗證發揮功效。
史委員午康	
1. P. III 快濾池受高濁度影響之特殊情況? 反沖洗頻度受影響之情況(次/日)?	謝謝委員建議，反沖洗次數：梅姬颱風 27 次/日，蘇迪勒颱風 61 次/日，杜鵑颱風 48 次/日)。
2. P57 刮泥機之效益分析，迄今之回收減本%	謝謝委員建議，請參 3.3.3 節。
3. 結論 1.超出內控標準均小於 2%，建請釐清高濁度水處理之%，以利突顯本研究之重要性。	謝謝委員建議，超出內控標準皆發生在颱風侵襲高濁度原水期間，因此本研究探討高濁度對淨水場產生之脆弱點並研擬對策。
4. 建請釐清高濁度期間第一段加藥後濁度實際分層情形之掌握方式/機制.(如:分層取水 pump/自動稀釋線上偵測濁	謝謝委員建議，直潭場經數次高濁度原水經驗，已建立第一段高分子加藥以及後段多元氯化鋁加注操

<p>度...), 以利即時提供指揮官減水決策參考。</p>	<p>作模式, 將持續累積操作數據, 以利即時提供指揮官減水決策參考。</p>
<p>5. 鑑於完全停水不利復水(其實19,000NTU水處理OK, 20,000NTU就不會突然失敗), 超過2萬NTU時建議採1/2遞減, 而非完全停水。</p>	<p>謝謝委員建議, 惟特高濁度期間原水濁度變化難料, 以104年蘇迪勒颱風為例, 1小時內原水濁度即由10,000NTU飆升至39,300NTU, 因此須視實際狀況判斷決定。</p>
<p>6. 取上層水濁度雖低, 但屬小顆粒, 第二次加藥除須掌握第一次加藥之穩定性, 實際取水量外, 如何即時察覺加藥過量及電性逆轉等異常狀況?</p>	<p>謝謝委員建議, 直潭場經數次高濁度原水經驗, 已建立第一段高分子加藥以及後段多元氯化鋁加注操作模式, 相關操作數據持續累積中。直潭場已裝設流導電儀以及線上濁度偵測器, 必要時人員現場觀測, 可即時發現異常狀況並應變處置。</p>
<p>洪委員世政</p>	
<p>1. 策略部分是否包含對於集水區的崩塌地水土保持措施, 相對於水質安全計畫(WSP)能夠著力要求上游主管機關的地方。</p>	<p>經濟部於民國96年報行政院核定「臺北水源特定區保育實施計畫」, 並續於民國101年報行政院核定「臺北水源特定區保育實施計畫(第二期)」(民國102年~106年), 據以推動集水區崩塌地水土保持措施, 本研究亦就集水區崩塌強化原水預警機制, 以爭取應變時間(詳3.1節)。</p>
<p>2. 對於高分子凝聚劑種類的選擇及劑量的決定是否每次都有依杯瓶試驗來決定最佳藥劑及劑量。</p>	<p>謝謝委員建議, 直潭場目前使用環保署公告聚氯化己二烯二甲基胺[Poly(DADMAC)]高分子凝聚劑, 於高濁度期間密集進行杯瓶試驗並保存水樣進行實驗, 以決定最佳劑量。</p>

期中報告審查 – 委員建議與回復

委員審查意見	意見回復
吳委員振榮	
1. 「預警系統」、「取水系統」、「淨水系統」、「操作系統」四大面向的具體改善措施與創新策略；建議結合「提前預警」、「決戰場外」、「以退為進」、「迅速復原」四大綱要，圖示彼此間架構關係。	謝謝委員建議，請參表 3-1。
2. P6 缺圖 2.5-3	謝謝委員建議，如圖 2-2。
3. P20 缺表 2	謝謝委員建議，已新增表 2-2 (配合編碼方式修改，表 2 修改為表 2-2)。
4. P24 表 4 單價(元/CMD)數據建議再酌。	謝謝委員建議，本表係參考北水處工程總隊委託台灣世曦工程顧問有限公司進行多元水源方案評估報告內容，其中單價(元/CMD)為該顧問公司用以評估各方案的比較因素之一，該顧問公司評估結果建議以推動翡翠專管為主，主要考量因素係北水處供水系統龐大(約 200 餘萬 CMD)，目前各種多元取水方案均難以取代。
5. P36- P37 六大要點似乎漏列一項。	謝謝委員建議，應為五大要點，已修正。
6. P74 四表 6000 以下 0 誤植應改為 30。	謝謝委員建議，已修改。
7. 為增加閱讀性，建議檢討修正文章的層級標號編排方式，例如第三章壹、一、(一)、1、(1)及圖 1-1、表 3-2 等。	謝謝委員建議，已修改。

委員審查意見	意見回復
8. 建議將參考文獻出處與本文相結合，俾便參考及延伸閱讀。	謝謝委員建議，已修改(如圖 2-11、2-17、2-18、3-10、表 2-4)。
李委員丁來	
1. 水量單位應以 CMD 表示。	謝謝委員建議，已修改。
2. P5 第一及第二原水沉砂池功能建議另設小章節探討。	謝謝委員建議，請參 2.1.3 節。
3. P11~12 建議原水濁度及累積發生頻率圖。	謝謝委員建議，請參圖 2-7、2-8。
4. P13~27 有關淨水能力分析建議增加質能平衡及顆粒特性角度探討。	謝謝委員建議，請參 2.3 節。
5. P11~12 表 2 宜另設一頁不宜拆分。	謝謝委員建議，已修改(表 2-1)。
6. P34 圖 38 沉砂池設置擋板有無考慮淤砂堵塞情形？	謝謝委員建議，原初設計前後擋板時即考慮到前後擋板與原水入/出口處空間可能累積淤砂，因此於前後擋板底部均有開孔以利於淤砂排除；此外，擋板間設有 2 臺 30HP 抽砂泵於特高濁度期間持續抽砂，以避免前後擋板間累積淤砂。105 年梅姬颱風後放空沉砂池發現淤砂累積量少，驗證前述淤砂排除措施發揮功效。
7. 報告名稱建議刪除「原水」二字，較符合報告意旨。	謝謝委員建議，本專題研究計畫原名「強化新店溪水源高濁度淨水處理能力之研究」，已依前次技術委員會委員意見修正為「強化新店溪水源高濁度原水操作策略之研究」。
林委員財富	
1. 建議將簡報中重要圖納入報告本文。	謝謝委員建議，已納入(如圖 1-1、2-

委員審查意見	意見回復
	2、2-4、2-12、2-27)。
2. 建議將計畫內容彙以圖或表方式連結說明。	謝謝委員建議，請參表 3-1。
3. G 值單位建議以 sec^{-1} 表示。	謝謝委員建議，已修改。
陳委員立儒	
1. 報告中附圖不清楚部份建議應重製。	謝謝委員建議，已修改(如圖 3-23、3-25)。
2. 建議加入討論快濾池是否受高濁度影響。	謝謝委員建議，105 年梅姬颱風期間各項改善措施奏效，相對也減輕快濾池操作負荷，因此快濾池受到高濁度影響較小，濾程仍維持平日 72 小時的頻率，並未啟動緊急密集反沖洗操作，節省場內清水耗損(註：反沖洗次數- 梅姬颱風 27 次，蘇迪勒颱風 61 次，杜鵑颱風 48 次)。
史委員午康	
1. P12.圖 10 錯置。	謝謝委員建議，已修改(圖 2-9)。
2. P25~26.地下水受法規限制無常態供水，且水質不符飲用水標準。	謝謝委員建議，北水處自 105 年開始在臺北市規劃防災水井，以一般日常用水為主要用途，非飲用水；並規劃移動式水處理設備將處理後的水視狀況作為飲用水用途。
3. P46.建議”繞流”改為”部份原水繞流排放”。	謝謝委員建議，惟經團隊討論結果，為使操作化繁為簡及文字簡化為原則，暫不更改。
4. P62.表 9 濁度有效數字應為 2 位。	謝謝委員建議，已修改(如表 4-1)。
5. 現有策略 1~10 分，自評幾分?還可以	在本研究各項創新、改善措施奏效

委員審查意見	意見回復
<p>如何加分?</p>	<p>下，105 年歷經尼伯特、莫蘭蒂、馬勒卡以及梅姬颱風洗禮，仍能維持穩定的供水水質及水量，獲報章媒體肯定；106 年卡努颱風及東北季風共伴效應雖致原水濁度最高達 11,870 NTU，期間大於 6,000NTU 以上長達 10 小時，雖達減量取水標準，在北水處緊急應變下，除維持正常出水避免轄區缺水外，並仍能支援台水公司 33 至 36 萬噸水量(日平均 35 萬噸；相當於 70 萬人用水)，全體同仁備感欣慰。惟全球正面臨極端氣候旱澇交替，在未知的氣候侵襲下，北水處除加強員工內部訓練外，亦鼓勵同仁參與相關研討會，以加強淨水處理專業能力。</p>
<p>6. 建議將人事務有效串聯隨經驗修正並傳承，使成為組織文化，建立「淨水處理能力確保機制」。</p>	<p>謝謝委員建議，直潭淨水場訂定「原水繞流操作標準作業程序」並隨颱風經驗修正簡化程序，舉行數次全場「特高原水濁度淨水處理應變演練」，訓練人員因應瞬息萬變的特高濁度原水並藉此傳承經驗。</p>
<p>7. 既是「高濁度原水操作策略」除針對淨水處理技術尤其混凝加藥最佳化，建議建立有效累積並 update 各種原水水質最佳加藥量「持續有效學習進步機制」，讓淨水專業技術隨作戰經驗而自然精進。</p>	<p>謝謝委員建議，直潭淨水場混凝加藥依颱風經驗持續更新，讓淨水專業技術隨累積經驗而持續精進。</p>

摘要

全球暖化氣候變遷，造成旱澇交替以及颱風強度增加，臺北自來水事業處(北水處)於 104 年遭遇蘇迪勒颱風帶來超大豪雨襲擊，新店溪原水濁度最高達 39,300NTU 颯破歷史紀錄，遠超過淨水場最大處理能力，由近十年來颱風期間新店溪水源濁度趨勢分析，顯示濁度有上升趨勢；且最高濁度均發生在近 3 年(104~106 年)，高濁度延時亦增加。

為因應極端氣候對淨水場所產生的衝擊，本文首先針對直潭淨水場取水、淨水處理設施以及歷年水質數據等面向進行淨水場潛在風險與脆弱點分析，再針對諸項脆弱點採取因應對策，主要措施為：

- (1)原水預警系統：於南、北勢溪匯流處附近增設濁度偵測系統，為下游淨水場爭取約 1 小時應變時間；
- (2)取水系統：直潭壩清淤及取水設施改善，提高蓄水量並維持穩定取水功能；
- (3)淨水系統：於場內既有沉砂池入口及出口處分別新設不銹鋼檔板，檔板間形成緩衝沉降區，配合淨水場前端取水口加注高分子，使原水中絮凝較大之粒子於緩衝區域內先行沉降並排出，上層液濁度較低原水則進入後續淨水處理單元，可有效降低原水濁度，以 105 年梅姬颱風(原水濁度最高 19,800NTU)為例，濁度降幅最大 57%(平均 27%)；另於沉澱池新設刮泥設備，除了可在平時定期刮泥、穩定出水品質外，最大的效益是可於高濁度原水期間，進行連續去除淤泥操作，確保沉澱池有效處理容量；
- (4)操作系統：颱風高濁度停止取水後復水期間，因混凝能量不足及流量計空氣堵塞等問題，致復水困難亦增加淨水處理失敗的風險，為此直潭場活用既有雙取水系統，藉由取水系統單元間高程差，於第二原水系統空載狀態下，簡單調控原水蝶閥以重力流改變原水流向，將高濁度原水導入新店溪以保持原水持續流動，縮短復水時間；
- (5)水源系統：近年來，南勢溪原水濁度高峰及高濁度延時均較以往大幅提高，考量未來發生暴雨及颱風時發生之高濁度狀況，仍將造成大臺北地區供水危機，因此進行翡翠原水管

工程計畫，本研究亦作相關介紹。

前述改善措施經 105 年~106 年 7 月莫蘭蒂、馬勒卡、梅姬以及尼莎等數次颱風驗證，均獲致穩定水質水量的良好成效，另翡翠專管工程完工後，於颱風暴雨期間取北勢溪低濁度原水，避開南勢溪高濁度原水，可降低淨水場處理負荷，大幅提高大臺北地區供水穩定及安全。

關鍵字：颱風、淨水處理、特高濁度、取水系統、高分子。

Abstract

The increase of the intensity of typhoons and droughts has been caused by global warming and climate change. Due to the torrential brought by Typhoon Soudelor in 2015, the Taipei Water Department recorded the maximum turbidity of 39,300 NTU in Xidian River, not only soaring the historical record but also surpassing the maximum treatment capacity of water purification plant. According to the turbidity analysis of Xidian River for the past decade, there is clearly a rising trend, and the maximum turbidity occurred in the nearest three years (2015 – 2017) together with an increased time of duration.

In response to the impact produced by extreme weather towards water purification plants, this study firstly focuses on the water intake and water purification facilities at Jhihtan Water Purification Plant and the potential risks and vulnerabilities analysis using the water quality data of the past few years. Based on these vulnerabilities, response measures are provided, mainly: (1) Raw water early warning system: to set up a turbidity detector system at the confluence of the Nan Shih River and Bei Shih River, giving the downstream water purification plant an hour of response time. (2) Water intake system: to improve the dredging and water intake facilities at Jhihtan dam, not only to improve the storage capacity but also maintain a stable water intake function. (3) Water purification system: to set up stainless steel baffles at the grit chamber entrance and exit; a area can be formed between the baffles so the bigger particles in the raw water could settle and be discharged at the buffer area. The raw water with lower turbidity at the upper side can go to the subsequent water treatment unit, which can effectively reduce the turbidity of the raw water, with polymer is added at the water intake area. Taking Typhoon Megi in 2016 as an example (maximum turbidity of 19,800 NTU) the turbidity dropped by up

to 57% (an average of 27%). Scraper facilities are installed in the sedimentation basins; in addition to the scheduled sludge-scrappings and maintains stable water quality, the biggest benefit is that during the high turbidity time, it provides the sedimentation basins continuous removal of sludge that ensures sedimentation basins capacity. (4) Operation system: after water intake is restarted, due to the lack of mixing uniformity between raw water and coagulant, flowmeter air clogging, and other issues, the work of water treatment becomes more difficult which increases the risk of failed water treatment. Thus, the double-water intake system in Jhihtan Water Purification Plant shall be made good use. The raw water butterfly valves can be simply adjusted by using the height difference of the 1st water intake system and the non-loaded status of the 2nd raw water system. In this way, the highly turbid raw water can be introduced to Xindian River and keep the raw water flowing which can shorten the water recovery period. (5) Water source system: in recent years, the turbidity of Nan-Shih River has peaked while the duration time has largely increased. Taking into consideration of high turbidity incidence in torrential and typhoon time which may cause water shortage crisis at Great Taipei District, this study also has relevant introduction of the Direct Pipeline to the Feitsui Reservoir Project.

The above improvement measures were verified during Typhoon Meranti, Typhoon Malakas, Typhoon Megi and Typhoon Nesat during 2016 to July 2017. They all obtained good results by stabilizing the water quality and quantity. Also, after the end of the Direct Pipeline to the Feitsui Reservoir Project, low turbid raw water from Bei-Shih River was collected during typhoon and torrential time, while high turbid raw water from Nan-Shih River was avoided. This could reduce the load of water treatment plant and substantial increase the stability and safety of water supply in

Great Taipei District.

Key words : typhoon 、 water purification treatment 、 high raw water turbidity 、 raw water transmission mains systems 、 polymer

目錄	
摘要.....	VIII
Abstract	X
目錄.....	XIII
圖目錄.....	XVII
表目錄.....	XXI
第 1 章 緒論.....	1
1.1 研究緣起與目的	1
1.1.1 極端氣候日趨頻繁.....	1
1.1.2 原水濁度屢創新高.....	1
1.1.3 自來水業社會責任.....	1
1.2 研究內容與方法	3
第 2 章 潛在風險與脆弱點分析.....	5
2.1 直潭淨水場背景說明.....	5
2.1.1 原水取水設施現況.....	5
2.1.2 淨水處理設施現況.....	8
2.1.3 沉砂池	11
2.1.4 淤泥處理設施現況.....	12
2.1.5 整體效能評估.....	13

2.2	新店溪水源濁度變化趨勢.....	14
2.3	淨水處理脆弱點分析.....	17
2.3.1	脆弱點一- 水源集水區崩塌.....	18
2.3.2	脆弱點二- 壩區取水口淤塞.....	23
2.3.3	脆弱點三- 高濁度遞延效應.....	24
2.3.4	脆弱點四- 清水蓄容量不足.....	28
2.3.5	脆弱點五- 無多元取水方案.....	29
2.3.6	脆弱點六- 停水後復水耗時.....	33
第 3 章	淨水處理系統改善措施.....	34
3.1	預警系統-強化原水預警機制.....	34
3.1.1	新店溪上游流域災害監測預警系統(水利署).....	35
3.1.2	新店溪水源水文水質資訊系統(北水處).....	35
3.2	取水系統-強化取水設施功能.....	37
3.2.1	攔污設備改善.....	38
3.2.2	水庫蓄水區清淤.....	40
3.3	淨水系統-提升淨水處理效能.....	43
3.3.1	降低原水濁度-決戰場外.....	43
3.3.2	迴避特高濁度尖峰.....	49

3.3.3	快速排除沉澱池淤泥	53
3.3.4	整合加藥系統-提高加藥操作彈性	59
3.4	水源系統-翡翠專管確保供水穩定及安全	65
3.4.1	通盤檢討	65
3.4.2	翡翠專管效益評估	68
第 4 章	實場驗證與效益分析	69
4.1	有形效益	70
4.1.1	增加直潭壩庫容	70
4.1.2	降低原水濁度- 提高淨水承受能力	70
4.1.3	減輕沉澱池淤泥負荷-充分發揮設備潛能	73
4.1.4	減少經費支出	76
4.1.5	減量出水無須停水便民	76
4.2	無形效益	76
4.2.1	提升市府及北水處形象	76
4.2.2	信心重建士氣提振	76
4.3	精進方案	76
第 5 章	結論與建議	79
5.1	結論	79

5.2 建議.....	80
參考文獻.....	81
附錄 1 原水高濁度期間繞流操作標準作業程序.....	82
附錄 2 媒體專文報導.....	88
附錄 3 蘇迪勒與梅姬颱風比較.....	89
附錄 4 沉砂池重建方案.....	91

圖目錄

圖 1-1 近 10 年颱風新店溪雨量與濁度趨勢	2
圖 1-2 颱風前後沉澱池淤泥比較	2
圖 1-3 研究架構	4
圖 2-1 新店溪水系圖	6
圖 2-2 第一及第二原水輸水管線至直潭淨水場示意圖	7
圖 2-3 第一及第二原水輸水系統管線銜接示意圖	8
圖 2-4 直潭淨水場供水區域及人口數	9
圖 2-5 直潭淨水場場區圖	11
圖 2-6 淨水處理流程圖	13
圖 2-7 近十年(96~105 年)沉澱水日平均濁度頻度圖	14
圖 2-9 近十年颱風期間新店溪原水日平均濁度趨勢	16
圖 2-10 近十年颱風期間新店溪原水尖峰濁度趨勢	16
圖 2-11 馬勒卡(4,000 NTU)、梅姬(19,800 NTU)原水雷射粒徑	18
圖 2-12 札孔溪集水區	19
圖 2-13 札孔河流域崩塌分佈點	20
圖 2-14 札孔溪大規模崩塌情形	20
圖 2-15 札孔溪崩塌處下方河道淤積情形	20
圖 2-16 上龜山橋上游堤頂沖毀	21

圖 2-17 新店區福山里災前災後的受災情形空照相片	21
圖 2-18 歷年颱風集水區水降雨量比較圖	22
圖 2-20 直潭壩水庫蓄水區嚴重淤積	23
圖 2-21 一原取水口嚴重淤積	24
圖 2-22 直潭壩及取水口大量漂流物阻塞	24
圖 2-23 蘇迪勒颱風及蘇拉颱風時序比較圖	25
圖 2-24 歷年颱風高濁度遞延效應趨勢圖	27
圖 2-25 沉澱池淤泥累積高度統計圖	28
圖 2-26 北水處配水池及直潭場清水池有效蓄水量	29
圖 2-27 東湖加壓站相關監視點水壓、流量變化趨勢圖	33
圖 3-1 新店溪水源水文水質資訊系統監控畫面	36
圖 3-2 翡翠水庫一號橋濁度偵測點(左) 現場人員實測(右)	37
圖 3-3 一原取水口剖面圖	38
圖 3-4 攔污柵格柵底部向下延伸	38
圖 3-5 一原取水口耙污機安裝	39
圖 3-6 第二道水平輸送機改善	39
圖 3-7 取水口前庭淤積	41
圖 3-8 水庫蓄水範圍第一次空庫清淤	42

圖 3-9 水庫蓄水範圍第二次空庫清淤	43
圖 3-10 中庄調整池工程計畫位置圖(經濟部水利署，2016)	44
圖 3-11 原水加注高分子之沉降情形	46
圖 3-12 高分子沉降試驗	47
圖 3-13 沉砂池懸浮粒子沉降示意圖	49
圖 3-14 沉砂池俯視圖(左) 沉砂池前視圖(右).....	49
圖 3-15 原水繞流路徑圖	50
圖 3-16 原水路徑(正常狀態)	52
圖 3-17 原水路徑(繞流狀態)	52
圖 3-18 人工清洗因高濁度累積大量淤泥之沉澱池.....	54
圖 3-19 刮泥機組配置圖	55
圖 3-20 刮泥機建置施工中照片	55
圖 3-21 刮泥機安裝後照片.....	55
圖 3-22 刮泥機安裝後照片.....	55
圖 3-23 混凝劑加注系統	61
圖 3-24 加氯雙備援系統	62
圖 3-25 全流程的加氯加藥監控系統	64
圖 3-26 北水處原水輸水路架構圖	65

圖 3-27 北水處翡翠專管原評估路線圖	67
圖 3-28 北水處翡翠專管作業期程及新路線規劃圖	67
圖 4-1 梅姬颱風期間新店溪原水濁度	70
圖 4-2 取水口與沉砂池濁度比較.....	71
圖 4-3 沉砂池濁度降幅	71
圖 4-4 第 1、2 及 4 座的平均淤泥累積曲線	75
圖 4-5 平鎮淨水場原水調節池(初沉池).....	77
圖 4-6 北水局榮華壩導流牆設施.....	78
圖 4-7 北水處直潭壩取水口導流牆設施示意圖.....	78

表目錄

表 1-1 飲用水濁度標準修訂前後比較.....	3
表 2-1 近十年(96~105 年)原水濁度頻度統計表(日平均).....	15
表 2-2 歷年颱風遞延日數統計表.....	26
表 2-3 歷年北台灣 30 天期間連續 3 次颱風侵襲統計表.....	28
表 2-4 多元取水方案評估綜整表.....	30
表 3-1 各系統脆弱點改善策略研擬.....	34
表 3-2 調整池設置位置比較.....	45
表 3-3 單座淨水設備於不同原水濁度下每日處理淤泥費用推估表	58
表 3-4 第 2 座刮泥機組於 105 年 9 月 3 次颱風所節省之費用.....	59
表 3-5 翡翠專管主要工程項目及經費概估表.....	68
表 4-1 各項改善措施相關資訊彙整.....	69
表 4-2 梅姬颱風濁度降幅統計表.....	72
表 4-3 梅姬颱風淤泥減量統計表.....	74
表 4-4 梅姬颱風前後淤泥累積高度比較表.....	75
表 4-5 梅姬颱風期間各座沉澱水濁度.....	75

第1章 緒論

1.1 研究緣起與目的

1.1.1 極端氣候日趨頻繁

全球暖化與氣候變遷造成旱澇交替，亦直接影響原水濁度，若以原水濁度100NTU為分界並以103年與104年為例，103年原水濁度超過100NTU僅27天；而104年則增加為104天。此外，極端氣候型態不僅影響侵襲台灣地區的颱風災害程度，雨量密集和強度也越來越強，根據報導侵襲亞洲的颱風強度將增加14%(TVBS新聞，2016)，未來頻繁強颱侵襲臺灣恐成為常態，尤其颱風期間強降雨常導致上游集水區土石嚴重坍塌，河川泥沙量暴增，未來更嚴峻的颱洪天然災害已難以避免，使得淨水場面臨特高濁度原水的風險日漸升高。

1.1.2 原水濁度屢創新高

新店溪是大臺北地區自來水的主要水源，占整體取水量 97%以上，近十年(96~105 年)颱風期間，新店溪上游南勢溪集水區降雨量和原水濁度呈現明顯上升趨勢(圖 1-1)，進入淨水場的原水濁度經常飆高逾 10,000 NTU 以上，造成淨水場無法即時清除高濁度所衍生大量淤泥的困窘(圖 1-2)，一旦連續颱風來襲，即使降載減量處理，仍可能發生淨水場無法處理的供水危機。例如 104 年 8 月 8 日蘇迪勒颱風期間，原水濁度在極短的時間內快速飆高至歷史新高 39,300 NTU，遠遠超過淨水場最大 6,000 NTU 的處理能力，也造成大臺北地區自來水水黃及停水事件引發民怨。

1.1.3 自來水業社會責任

臺北自來水事業處(簡稱北水處)供應大台北包括新北市三重、中永和及新店等地區，肩負約 500 萬人用水的重責大任。北水處所屬直潭淨水場為國內最大規模淨水場，供應北水處總出水量約 75%，面對颱風特高濁度所造成之衝擊，且環保署於 106 年 1 月 10 日公布

之最新飲用水水質標準將高濁度原水期間的飲用水濁度標準加嚴(表 1-1)，如何自風災處置過程中吸取經驗並研擬出具體有效的因應對策及改善措施，以面對未來更嚴峻的考驗，避免水黃事件再度發生，確保民眾飲用潔淨且安全無虞的自來水，成為北水處更是直潭淨水場刻不容緩的重要課題。

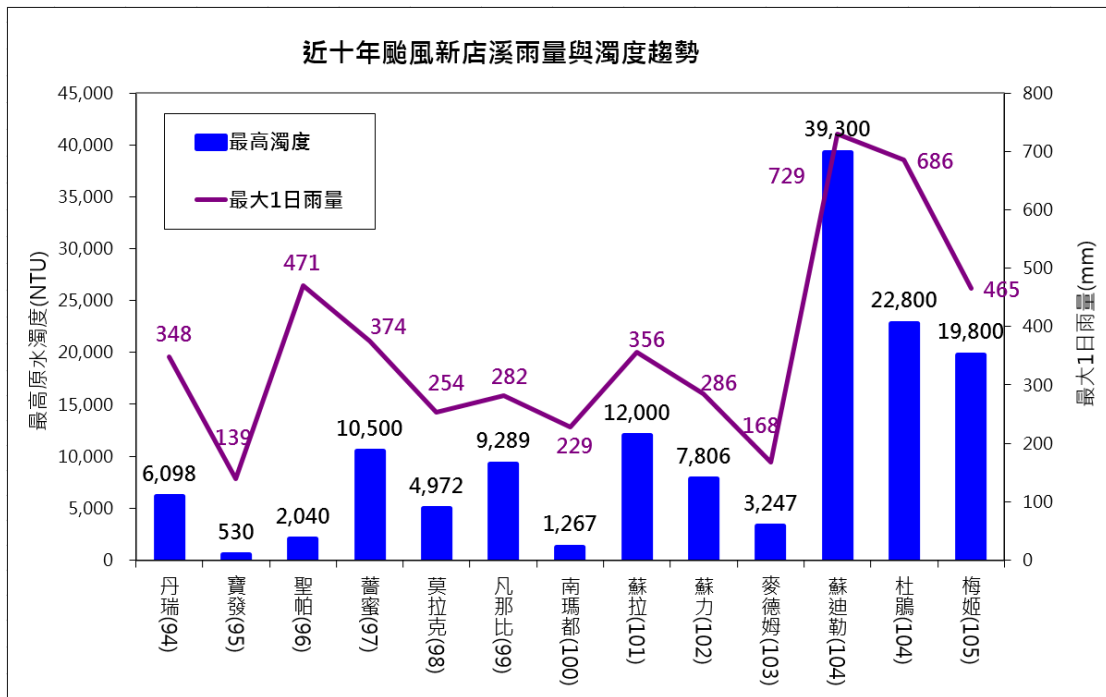


圖 1-1 近 10 年颱風新店溪雨量與濁度趨勢



颱風前



颱風後

圖 1-2 颱風前後沉澱池淤泥比較

表 1-1 飲用水濁度標準修訂前後比較

原水濁度	修訂前	修訂後
原水濁度 ≤ 200	2	2
200<原水濁度 ≤ 500	4	
500<原水濁度 $\leq 1,500$	10	
1,500<原水濁度	30	4

1.2 研究內容與方法

104 年北水處遭遇蘇迪勒及杜鵑颱風連續侵襲後，旋即進行通盤檢討，透過同仁團隊合作和腦力激盪，確立提前預警、決戰場外、以退為進及迅速復原等四大綱要，依 PDCA 方法進行問題分析，工程施作、測試演練及實場驗證等循環改善過程，研擬出超越傳統淨水處理程序和操作模式的創新策略，研究內容如下：

1. 脆弱點分析。
2. 檢討現行淨水處理策略及研擬改善措施。
3. 訂定特高濁度淨水處理標準程序。
4. 實場驗證與效益分析。

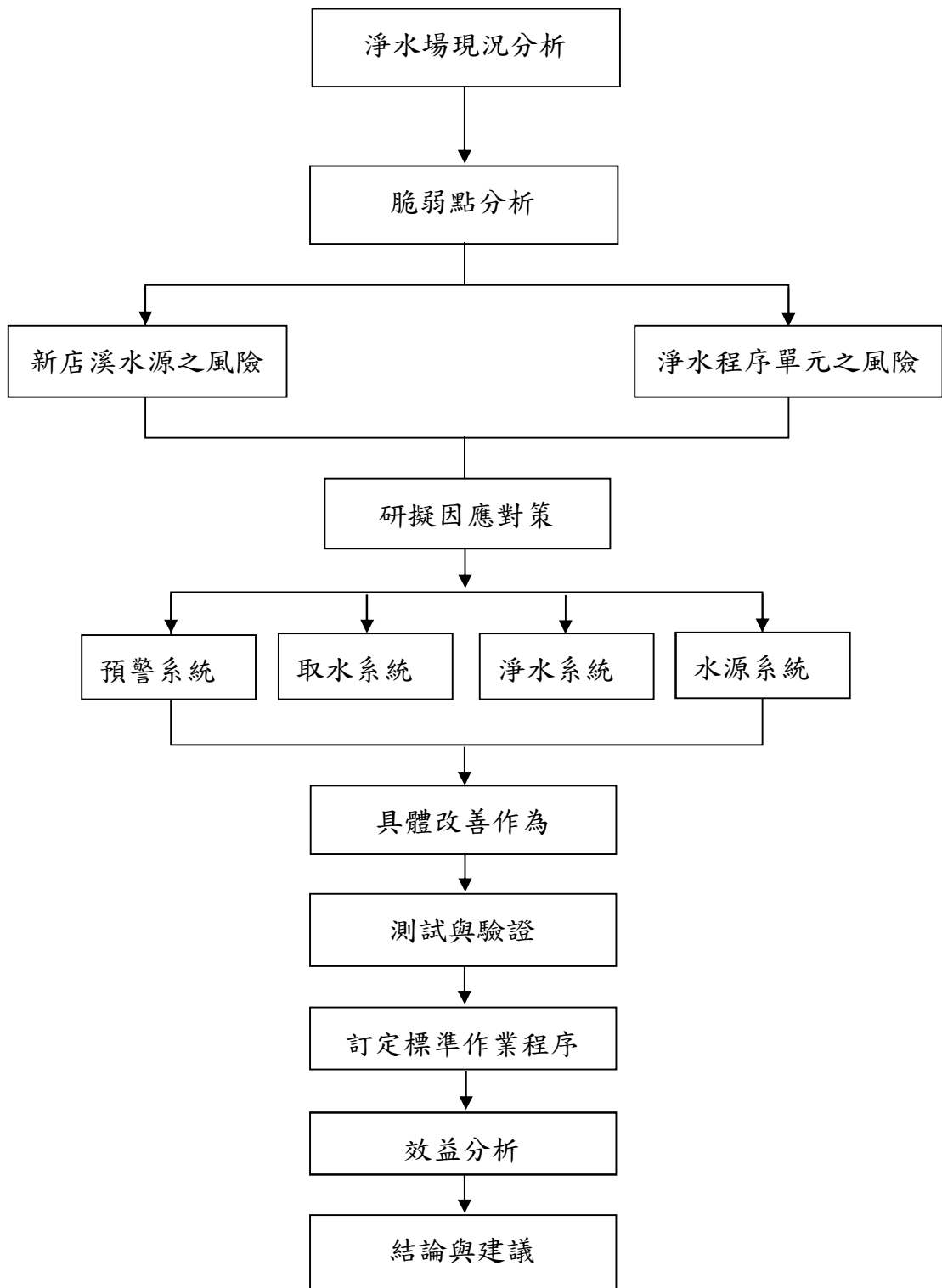


圖 1-3 研究架構

第2章 潛在風險與脆弱點分析

對自來水淨水場而言，風險必須是透過評估、監控、績效來管理，需要有計劃地審慎面對問題，採取有效改善措施，以保障淨水場順利運作。這需要在風險管理運作過程中，辨識可能產生的風險，預測各種風險發生後對淨水場營運造成的負面影響，研擬有效的因應策略，最終目的在於當面臨各種不可預期風險發生時，如何避免或將損害程度降至最低。

回顧近年來北台灣地區屢遭強颱風夾帶強降雨侵襲，致集水區原水濁度節節攀升，遠超出淨水場處理能力而導致供水不足或停水，例如民國 93 年艾莉颱風夾帶超大豪雨造成桃園地區多座淨水場幾近停擺長達 16 天的缺水事件；民國 94 年泰利、丹瑞、龍王颱風連續來襲造成板新、桃園及高雄等地區的缺水事件；民國 104 年蘇迪勒、杜鵑颱風造成大臺北部分地區的缺水事件。除了風災一再造成無法穩定供水之事件，另新北市對於共飲翡翠水之殷切需求，倘依行政院經濟部水利署所擬定板新二期計畫，計劃調配區域間水源，運用新店溪水源替代大漢溪水源開發，將板新地區劃由新店溪水源供水，而新北市現有板新淨水場之大漢溪水源則調度供應桃園地區，是故，北水處供應新北市板新地區之水量，將由目前最大 72 萬 CMD 增加至 100.5 萬 CMD (民國 109 年完成)，非但降低北水處對於供水風險之因應能力，尤以直潭淨水場肩負北水處總供水量之 75% 以上，更是嚴峻考驗。

2.1 直潭淨水場背景說明

2.1.1 原水取水設施現況

北水處直潭淨水場位於直潭壩下游，青潭堰上游，新店溪三面環繞所形成的谷地，土地面積約 43 公頃。所需原水全部取自新店溪，除汲取南勢天然流量外，不足量則由翡翠水庫放流調節，分別經由第一、第二原水系統以重力流導入淨水場(圖 2-1)。第一原水輸水隧道

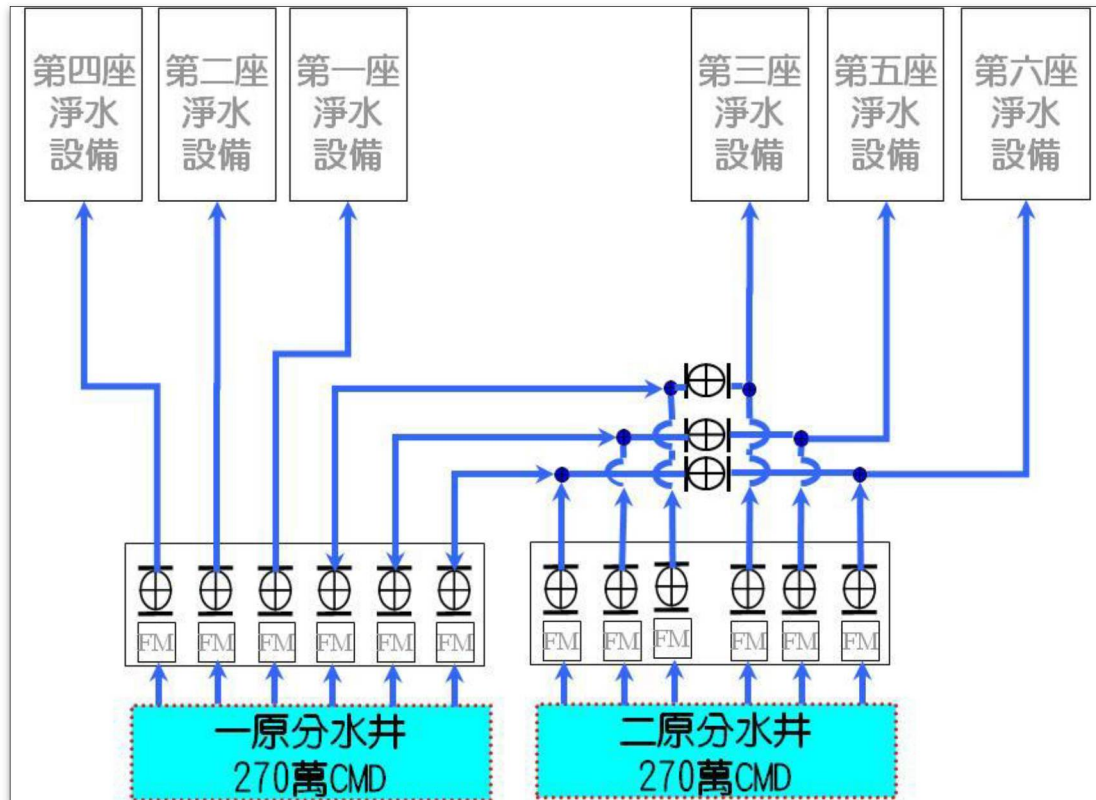


圖 2-3 第一及第二原水輸水系統管線銜接示意圖

2.1.2 淨水處理設施現況

直潭淨水場為混凝、沉澱、過濾、消毒等淨水處理程序之傳統淨水場，目前總計有 6 座淨水設備(圖 2-5)，第一座自民國 69 年開始施工，於民國 73 年建造完成，其後依計劃於民國 77 年、80 年、84 年、93 年及 102 年陸續完成第二～六座淨水設備，設計每日出水量 340 萬立方公尺，除供應新店、中和、永和、三重外，並經大同配水池轉供士林、北投；經民生配水池轉供南港、內湖等地區，平日除提供轄區用戶民生用水外，亦支援台灣自來水公司轄區，含板橋、新莊、淡水、蘆洲及汐止等非屬北水處供水範圍之用戶(圖 2-4)。

尺促進膠凝之傾斜管，經由膠(混)凝所形成的顆粒或膠羽，除了自然沉降之外，在沉澱池內，有些沉降速度較快的顆粒，常與沉降速度較慢的顆粒相互碰撞，並由於凝聚作用，形成較粗的顆粒或膠羽，再流經傾斜管，在設計的停留時間內自然沉降。

五、快濾池：第1至4座每座各14池；第5座分為五座(一) 14池，五座(二) 12池，計26池；第6座為18池，鋪設濾床，最高濾速約每日250M。在沉澱池未能去除的細微顆粒，或原水中之懸浮固體、有機物、浮游物、藻類、細菌及色度等物質，可經由濾層去除而達到淨水效果；當過濾操作一段時間後，雜質及水中溶解氣體逐漸聚積於砂層上，水損超出設定值時，即進行反沖洗作業。

六、清水池：第一~六座淨水處理設備之清水池總容量約170,000m³，各清水池內均設有水位傳訊器，將水位訊號傳送至管理大樓供操作人員參考。第二、四座清水池出水連絡水渠與第一座清水會合後，連接第一清水輸水幹線；第五座水池出水連絡水渠與第三座清水會合後，連接第二清水輸水幹線，第一座及第三座之清水會合并亦以出水連絡渠相互連通，第五、六座清水池亦相互連通。



圖 2-5 直潭淨水場場區圖

2.1.3 沉砂池

直潭淨水場目前共有二座沉砂池，分別與第一及第二原水輸水路連接(圖 2-2)，其尺寸均為長35m，寬10m，深14m，容量4,600立方公尺。可排除沉澱於原水隧道中及暴雨所帶來高濁度的大量砂礫，避免夾帶進入淨水設備而破壞設備，同時亦可減少沉澱池的負荷；兼具溢流井之作用，多餘的原水可溢流至集水井而排到場外，避免過多原水進入場內造成泛濫，並為水處理藥品前氯及混凝藥品之集中加注點，也是快濾池反沖洗水回流處。

一般而言，於原水進入淨水場前端設置大型沉砂池(或稱原水調節池)，例如台水公司坪頂給水場的原水調節池容積50,000立方公尺；平鎮給水場容積為72,000立方公尺，停留時間約170分鐘，且經過實際操作驗證，確實能夠進行緩衝沉降並有效降低原水濁度(6,000→2,000 NTU)。反觀直潭淨水場沉砂池容積僅4,600立方公尺，依沉砂池設計準則：溢流率300~700m/day，停留時間10~20min。直潭淨水場沉砂池以原水處理量平均每日180萬立方公尺計，溢流率

高達5,100m/day，停留時間則僅4 min，原設計僅具排砂溢流功能，即排除比重較大的砂粒和調節原水進流量，因容積太小，且原水流速太快，幾無有效沉降泥砂或降低原水濁度的效果。

考量直潭場若重建沉砂池，不僅土地取得困難，而且工程施作需耗費大量人力物力，因此思考的方向就在於如何提高懸浮固體的沉降速率。為此，北水處以創新做法於沉砂池新設檔板，即是以時間(提高沉降速度)換取空間(沉降空間不足)進行改善，如何讓原水懸浮固體在有限空間快速沉降並排除，是團隊思考突破的瓶頸，相關作法參見3.3.1節。

2.1.4 淤泥處理設施現況

基於環境保護及水資源永續經營，直潭淨水場於民國82年底完成淤泥處理廠之興建，後續之擴充改善工程已於民國94年4月完成試車運轉，淤泥處理能量由每日240噸提升至388.5噸，目前以委外方式由廠商代為操作維護管理。淨水處理流程中所產生之反沖洗水及沉澱淤泥，先分別集中於抽送站，反沖洗水回流至沉砂池再使用；沉澱淤泥則抽送至淤泥處理廠製成淤泥餅，民國92年起淤泥餅以再利用方式另行委外進行最終處置。

淤泥處理系統主要可分為調勻池1、調勻池2、重力式濃縮池、污泥貯池、污泥脫水機、廢水坑及濾液收集池等(圖 2-6)，淤泥來源為濾前單元所沉澱去除之淤泥。

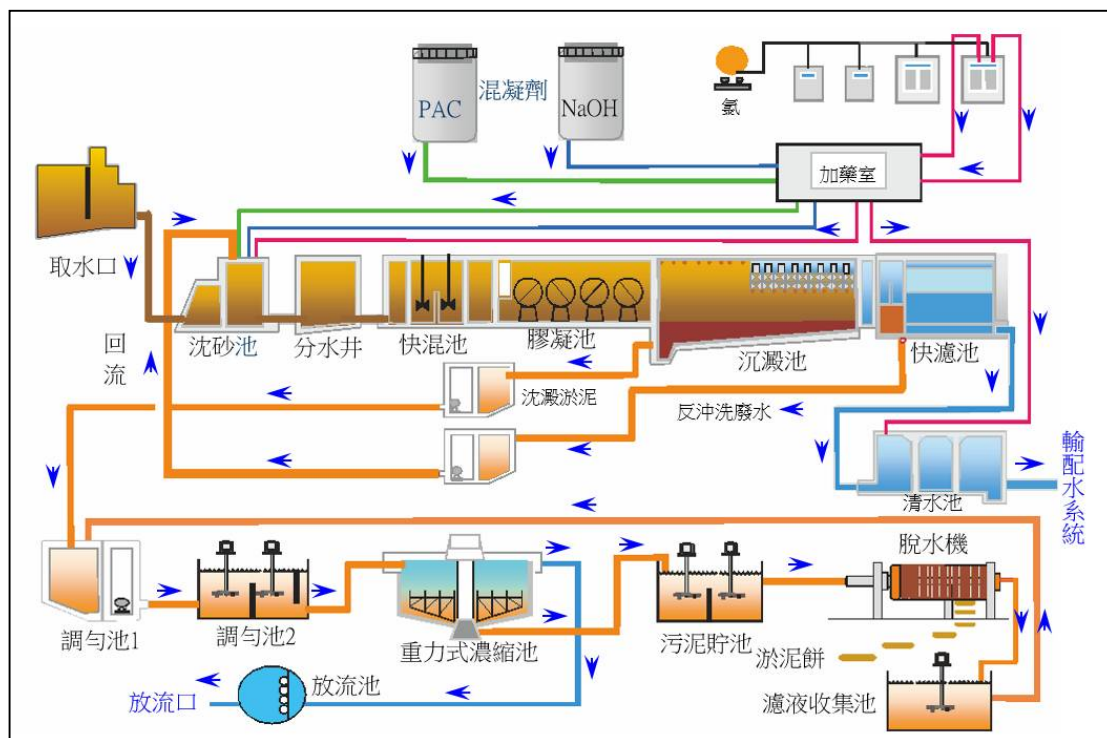


圖 2-6 淨水處理流程圖

2.1.5 整體效能評估

近十年(96~105年)沉澱水日平均濁度頻度如圖 2-7，其中全年沉澱水日平均濁度在2.0 NTU以下之低濁度範圍的頻度占98.3 %；在出水水質方面，全年出水水質日平均濁度在0.2 NTU以下之頻度占99.8%(圖 2-8)。進一步分析近十年程序水質，沉澱水日平均濁度超過內控標準(2.0 NTU)的頻度占1.7%，計63天；過濾水日平均濁度超過內控標準(0.2 NTU)的頻度僅占0.2%，計6天，皆發生在颱風侵襲期間。顯示面對颱風高濁度的影響，淨水場之處理效能仍存在一定程度的超內控風險。

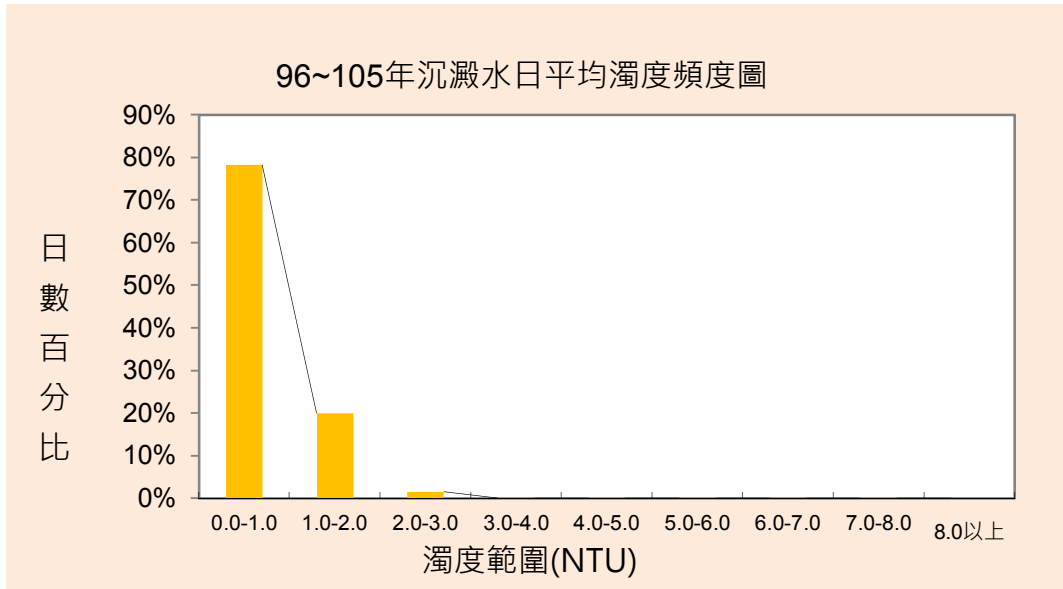


圖 2-7 近十年(96~105 年)沉澱水日平均濁度頻度圖

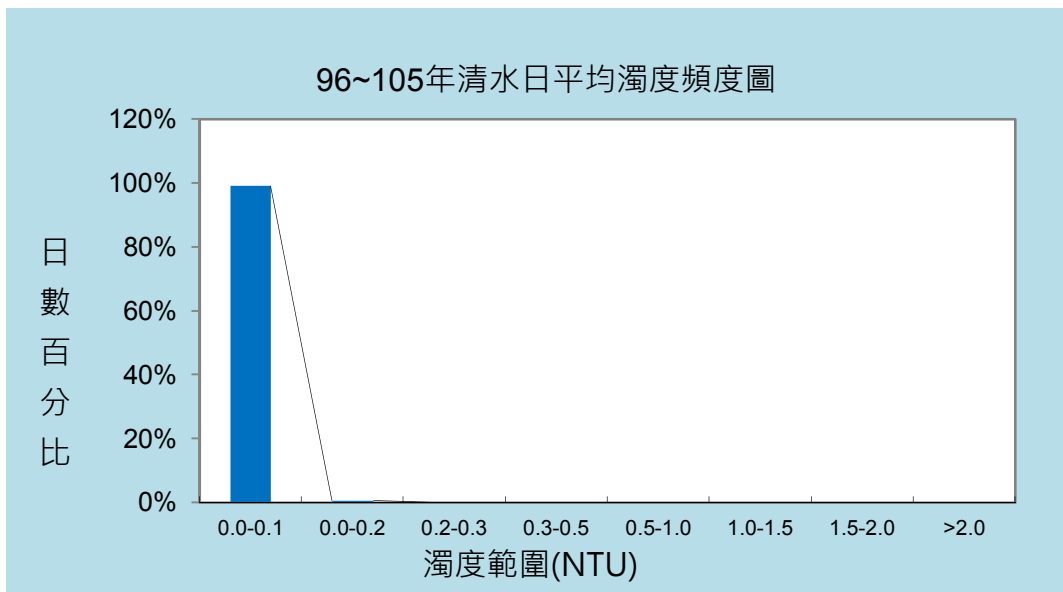


圖 2-8 近十年(96~105 年)出水濁度日平均頻度圖

2.2 新店溪水源濁度變化趨勢

近十年(96~105)期間，新店溪水源全年原水日平均濁度在 20 NTU 以下之低濁度範圍的頻度占 60.4 %，在日平均 100 NTU 以下之中濁度範圍的頻度占 88.8 %，大多在每年 11 月至隔年 4 月之非汛期時段；

在日平均 1,000 NTU 以下之高濁度範圍的頻度占 99.3 %；在日平均達 1,000 NTU 以上之超高濁度範圍發生頻度占 0.7 % (表 2-1)，皆發生在夏季季節性豪雨或夾帶超大豪雨的颱風侵襲期間，其中以 104 年 8 月 8 日蘇迪勒颱風發生日平均濁度達 13,729 NTU 為最高。

由統計數據及趨勢觀察，原水濁度日平均達 1,000 NTU 以上之高濁度發生頻度總計發生 25 天，雖然僅占 0.7%，仍發生 104 年蘇迪勒及杜鵑颱風期間的水黃、停水事件，進一步分析比較近十年颱風期間新店溪原水日平均濁度和尖峰濁度 (圖 2-9、圖 2-10)，可發現非但日平均濁度節節攀升，尖峰濁度更是屢創新高，顯示突發的特高原水濁度變化，若應變不及，也可能造成淨水場全面癱瘓的嚴重後果。

表 2-1 近十年(96~105 年)原水濁度頻度統計表(日平均)

原水濁度 (NTU)	天數	天數百分比	累積天數	累積百分比
≤5	82	2.2%	82	2.2%
5-10	993	27.2%	1075	29.4%
10-20	1133	31.0%	2208	60.4%
20-50	766	21.0%	2974	81.4%
50-100	271	7.4%	3245	88.8%
100-150	110	3.0%	3355	91.8%
150-200	65	1.8%	3420	93.6%
200-500	136	3.7%	3556	97.3%
500-1,000	72	2.0%	3628	99.3%
>1,000	25	0.7%	3653	100%



圖 2-9 近十年颱風期間新店溪原水日平均濁度趨勢

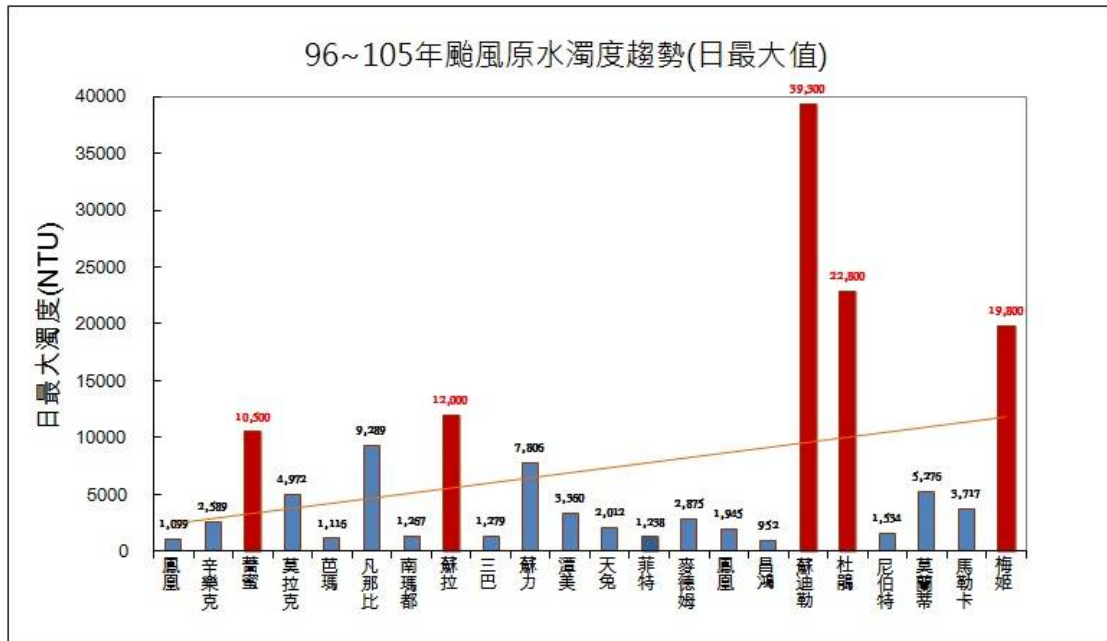


圖 2-10 近十年颱風期間新店溪原水尖峰濁度趨勢

2.3 淨水處理脆弱點分析

直潭淨水場原設計處理能力 6,000NTU，102 年 6 月第六座淨水處理設施完工後，總處理容量由 270 萬 CMD 增加為 340 萬 CMD。近年來極端氣候造成原水濁度屢創新高，以 104 年蘇迪勒颱風為例，最高原水濁度達 39,300NTU，出水量約 180 萬 CMD，以質量平衡計算： $39,300 \times (180 \times 10^4) = 7.074 \times 10^{10} > 2.04 \times 10^{10}$ ($6,000 \times 340 \times 10^4 = 2.04 \times 10^{10}$)，特高濁度期間淨水能力不足達 3 倍以上，直潭淨水場所面臨的風險無非在於短時間飆升特高濁度原水和衍生的大量淤泥對於淨水場的衝擊，也是亟需面對的最大難題，何況水源集水區、取水設施及淨水處理設施亦存在諸多脆弱點。

在淨水處理上，一般水中固體物質依粒徑區分為懸浮性固體(Suspended)、膠體(Colloidal)及溶解性(Dissolved)固體三大類：懸浮性固體是指粒徑大於 $1 \mu\text{m}$ 的固體顆粒，可藉由重力作用沉澱去除；溶解性固體物則屬分子大小，其粒徑小於 $10^{-3} \mu\text{m}$ ，依水質需求，可以吸附、離子交換及薄膜處理程序等高級淨水單元方式控制其含量至合理範圍；至於顆粒粒徑介於 $10^{-3} \sim 1 \mu\text{m}$ 之微小顆粒，其為濁度及色度之主要來源，由於體積甚小、表面積大，故在水體中呈現穩定的狀態，較難去除，並稱為膠體顆粒(陳建良，2012)。

為瞭解高濁度原水粒徑分佈，北水處工程總隊委託環興科技股份有限公司(2017)分析由直潭淨水場採集汛期時高濁度原水(馬勒卡及梅姬颱風原水)，進行粒徑與數量分析等物理試驗，分析結果如圖 2-11 所示，馬勒卡(4,000 NTU)與梅姬颱風(19,800NTU)兩者濁度值相差 4 倍，粒徑卻落在 $10^{-2} \sim 1 \mu\text{m}$ 範圍間，屬膠體顆粒性質，且主要粒數比以 $0.1 \mu\text{m}$ 附近呈現最高值，顯示兩次颱風具有相似的粒徑分佈特性。

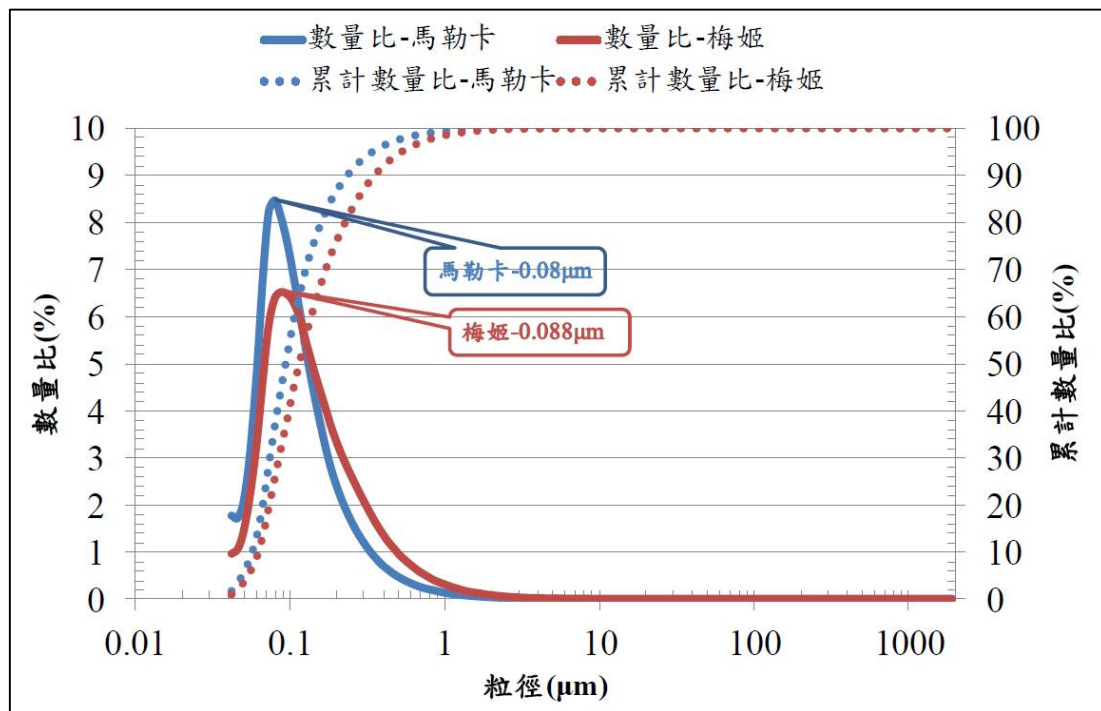


圖 2-11 馬勒卡(4,000 NTU)、梅姬(19,800 NTU)原水雷射粒徑
(環興科技股份有限公司，2017)

2.3.1 脆弱點一- 水源集水區崩塌

水源集水區一直都存在著坡地崩塌、土壤沖蝕等問題，為解決上述問題，並防止大量泥砂下移至水庫取水區，雖然農委會、農委會林務局、農委會林務局新竹林區管理處、經濟部水利署臺北水源局及新北市政府等相關權責機關持續執行防砂工程、崩塌地處理、溪流整治等水土保持工作，但囿於政府預算額度所限，效果並未如預期，水源集水區土石崩塌情形仍日趨嚴重。

一、札孔溪集水區崩塌調查(黎明工程顧問股份有限公司，2009)

農委會林務局新竹林區管理處有鑑於近年來颱風豪大雨侵襲過後，常造成新店溪下游水質濁度異常飆升，研判係新店溪上游札孔溪集水區(圖 2-12)大規模崩塌所導致，於民國 98 年委託「黎明工程顧問股份有限公司」進行「札孔溪集水區整體治理調查分析與規劃」，以瞭解新店溪水源集水區泥砂來源及造成下游原水濁度升高之原因，由委託研究報告書中之現地調查資料得知，南勢溪上游札孔溪集水區

內崩塌地面積由 93 年 10.08 ha 擴大至 98 年 90.07 ha，大規模崩塌地分佈於第 60 林班：11.28ha，第 58 林班：4.65ha，第 56 林班：3.46、2.72、2.29ha(圖 2-13)，新增崩塌處由 95 年 81 處增至 98 年 5 月 317 處，崩塌量約 248.95 萬立方公尺，且崩塌地表層為「覆土層」，遇雨極易沖刷，致札孔溪流域年平均河道土石淤積量高達 83 餘萬立方公尺。

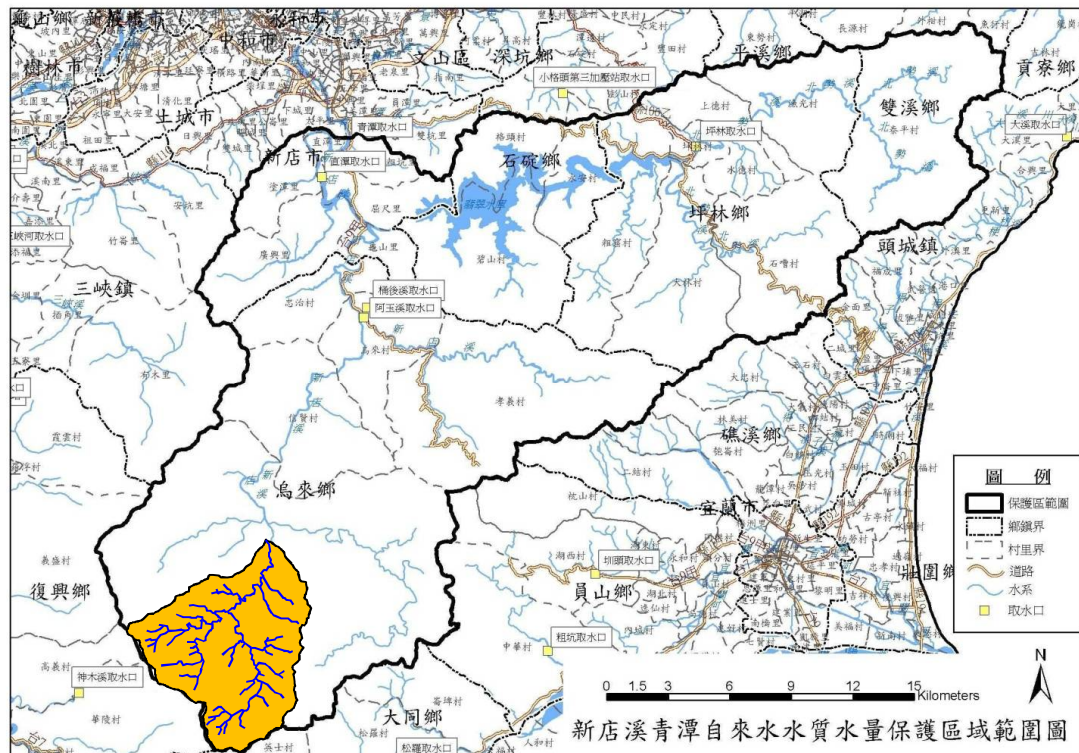


圖 2-12 札孔溪集水區

崩塌地區之札孔溪、東札孔溪及西札孔溪河道土石堆置，其中東札孔溪較為嚴重(圖 2-14、圖 2-15)，該區內林地保育及水土保持狀況仍屬良好，區內並無農業耕作與人為開發破壞行為，該區域因地質條件不佳且地形陡峭，崩塌原因主要為地形潛因、連續豪雨沖蝕及河道凹岸沖刷等自然因素所導致，應為原水高濁度主要的來源，而且崩塌地面積及河道土石淤積量更日趨嚴重，顯見該集水區問題之嚴峻，倘遇颱風強降雨時，可能發生林班地崩塌土砂及河道堆積之土砂受沖蝕下移及堰塞湖潰堤，使原水濁度暴增。

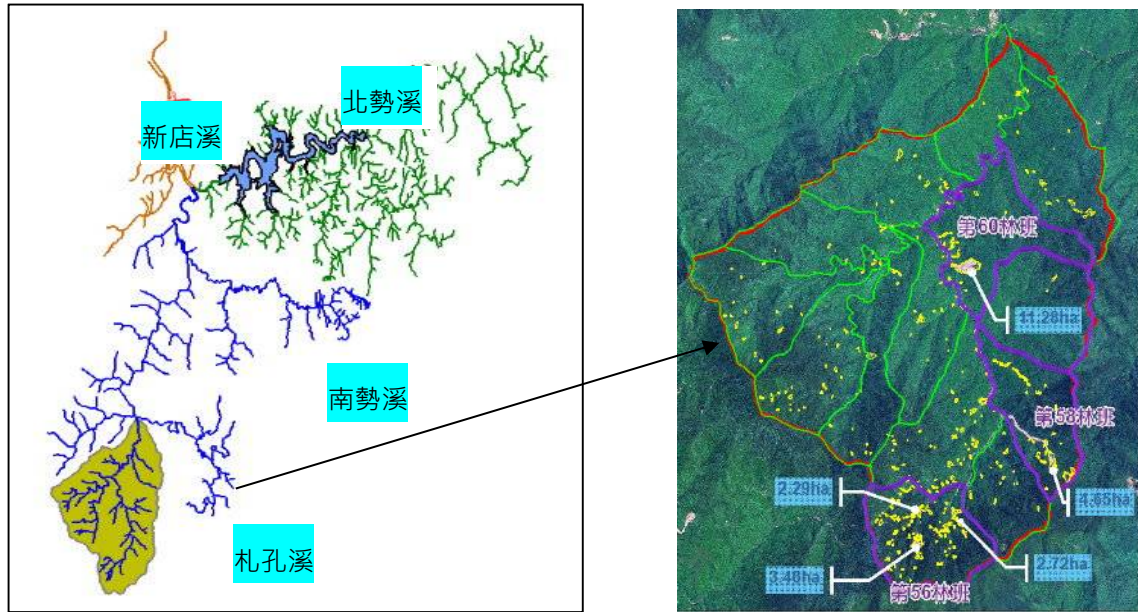


圖 2-13 札孔河流域崩塌分佈點



圖 2-14 札孔溪大規模崩塌情形



圖 2-15 札孔溪崩塌處下方河道淤積情形

二、南勢溪集水區崩塌調查(經濟部水利署，2015)

蘇迪勒颱風重創南勢溪流域烏來地區(圖 2-16 圖 2-17)，主因係上游的福山雨量站，3 小時累積降雨高達 253 毫米，6 小時累積雨量 442mm，重現期為 100 年到 200 年出現一次，24 小時的累積雨量 768 毫米，更是 200 年以上才會重現一次(圖 2-18)。烏來地區上游本就有厚層風化材料，或先前崩塌所堆積的崩積層土砂，這次蘇迪勒颱風累積雨量破紀錄，水流宣洩不及，沖刷原先就存在的土砂；而因為水位升高，大量沖刷地表風化材料，並向下侵蝕到了堅硬的岩層與土壤交界處，因此造成岩屑滑動和土石流。也就是岩屑崩滑加上短時強降雨導致爆發土石流，依國家災害防救科技中心(簡稱：NCDR)資料顯示，崩塌總面積：新北市共 175.18 公頃，其中烏來區 115.75 公頃。(福山里 40.53 公頃、信賢里 24.03 公頃、孝義里 21.16 公頃、忠治里 18.34 公頃、烏來里 11.69 公頃)，如圖 2-19 所示)。



圖 2-16 上龜山橋上游堤頂沖毀



圖 2-17 新店區福山里災前災後的受災情形空照相片
(蘋果日報，2016)

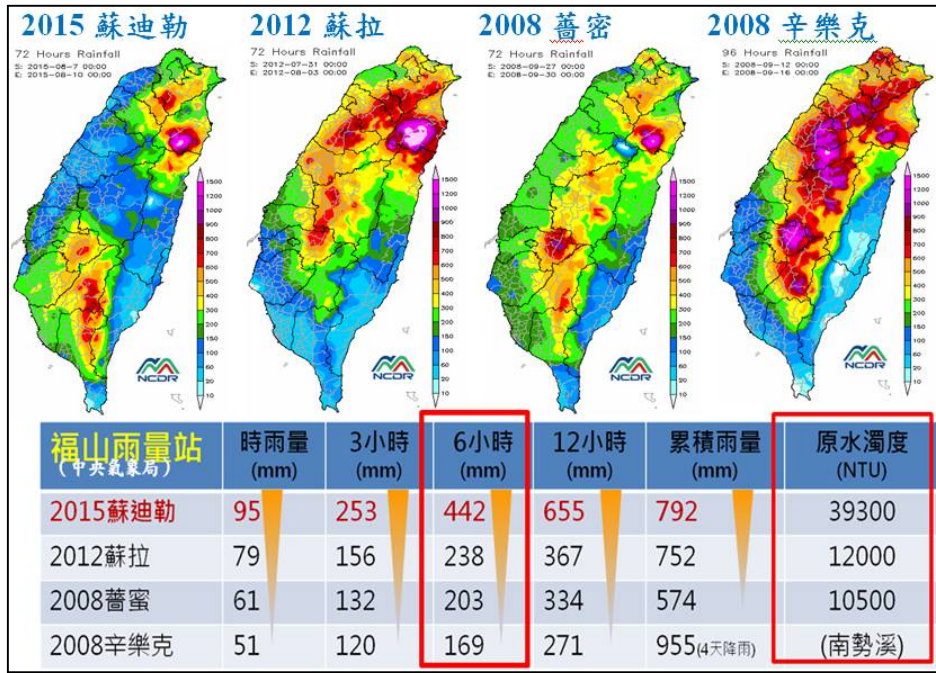


圖 2-18 歷年颱風集水區水降雨量比較圖

(國家災害防救科技中心，2016)

該地區地質與環境條件相對脆弱，坡面仍殘存大量土砂，短期內再遭逢短延時強降雨易致生土石流、河道堵塞(堰塞湖)及洪水溢淹、濁度飆升等災情，隨著短延時強降雨事件的增加，未來集水區之崩塌恐將更加劇烈，原水濁度突然飆升的機率也相對大增加。

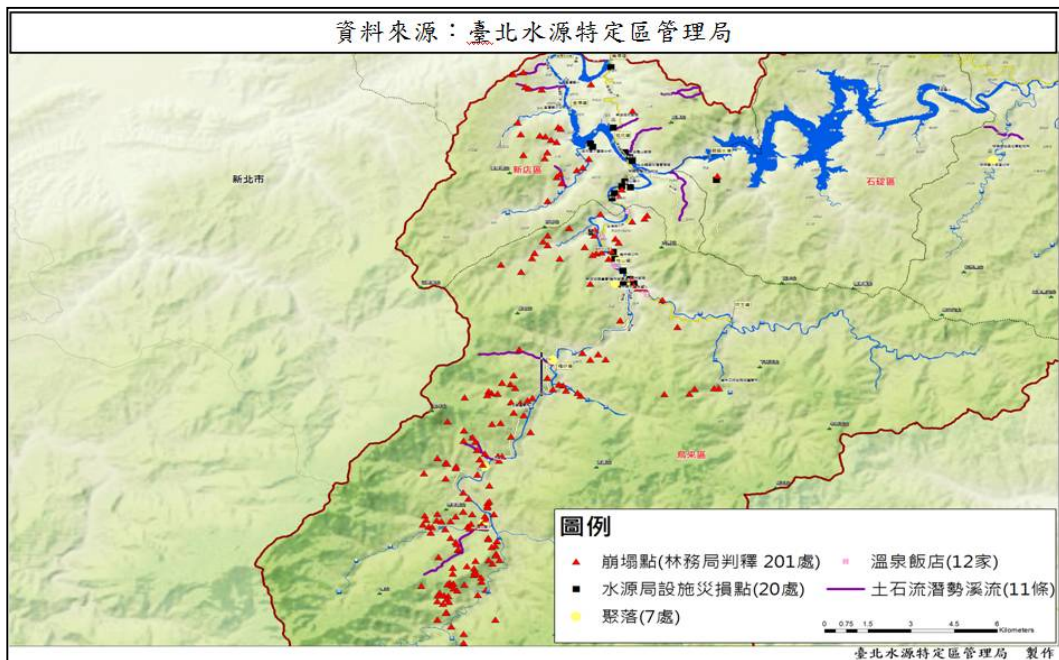


圖 2-19 新鳥地區蘇迪勒颱風塌點分佈圖

2.3.2 脆弱點二- 壩區取水口淤塞

直潭壩位於北勢溪與南勢溪匯流口下游約 4 公里處，在青潭堰、台電公司粗坑電廠之上游及粗坑壩之下游，水庫正常最高水位為標高 44.7 公尺，設置之目的係攔蓄新店溪溪水，經由直潭壩取水口以自然重力方式導入淨水場進行處理。

一、堰壩蓄水區淤積

長久以來，由於颱風期間新店溪上游集水區土石崩塌嚴重，且川流量常高達數千 CMS，夾帶大量泥砂湧入堰壩蓄水區(圖 2-20)，使得大量泥砂沉積於蓄水區內，庫容因此驟減而影響原水蓄存及調配，連帶的取水口前庭因淤砂抬高河床(圖 2-21)，若發生取水水位太低，則可能導致大量底層泥砂經由取水設施湧入淨水場，使原水濁度持續居高不下，取水品質受到威脅。



圖 2-20 直潭壩水庫蓄水區嚴重淤積



圖 2-21 一原取水口嚴重淤積

二、取水設施阻塞

颱風暴雨期間，湍流河水除夾帶大量泥砂，亦帶進大量漂流物，大型漂流物常阻塞攔污柵，小型漂流物則容易阻塞耙污機等取水設施，除影響取水之穩定性外，嚴重阻塞時，將導致瞬間拉進底泥，使原水濁度突然暴增，造成後端淨水場應變不及。



圖 2-22 直潭壩及取水口大量漂流物阻塞

2.3.3 脆弱點三- 高濁度遞延效應

新店溪原水濁度除由歷年強颱不斷刷新尖峰濁度數值，尤其 104 年蘇迪勒颱風期間，短時間內竟高達 39,300NTU，颯破 101 年蘇拉颱風 12,000NTU 之歷史紀錄，其高濁度之延時亦不斷增加，比較蘇迪勒颱風及蘇拉颱風的每半小時統計原水濁度資料顯示(圖 2-23)，蘇拉颱風自尖峰濁度 12,000NTU 降至 3,000NTU 僅 3 小時，而蘇迪勒颱風自尖峰濁度 39,300NTU 降至 10,000NTU 延時 12 小時，降至 3,000NTU 更長達 30 小時。除了颱風期間濁度延時不斷增加，颱風過

境後，上游大量沖刷而下的泥砂，使得原水濁度仍居高不下，高濁度延時長達數天(表 2-2)，原水濁度持續超過 1,000NTU 的颱風遞延天數也呈現不斷增加的趨勢(圖 2-24)，更有甚者，104 年蘇迪勒颱風之後至 105 年期間，每遭逢短時強降雨，原水濁度動輒超過 1 萬 NTU，原水中所夾帶上游大量沖刷泥砂量，使淨水場持續承受高濁度原水及淤泥無法及時清理的窘境，除造成前處理瓶頸外，也增加後處理負荷及反沖洗水量，嚴重影響整場的處理效能及水質安全。

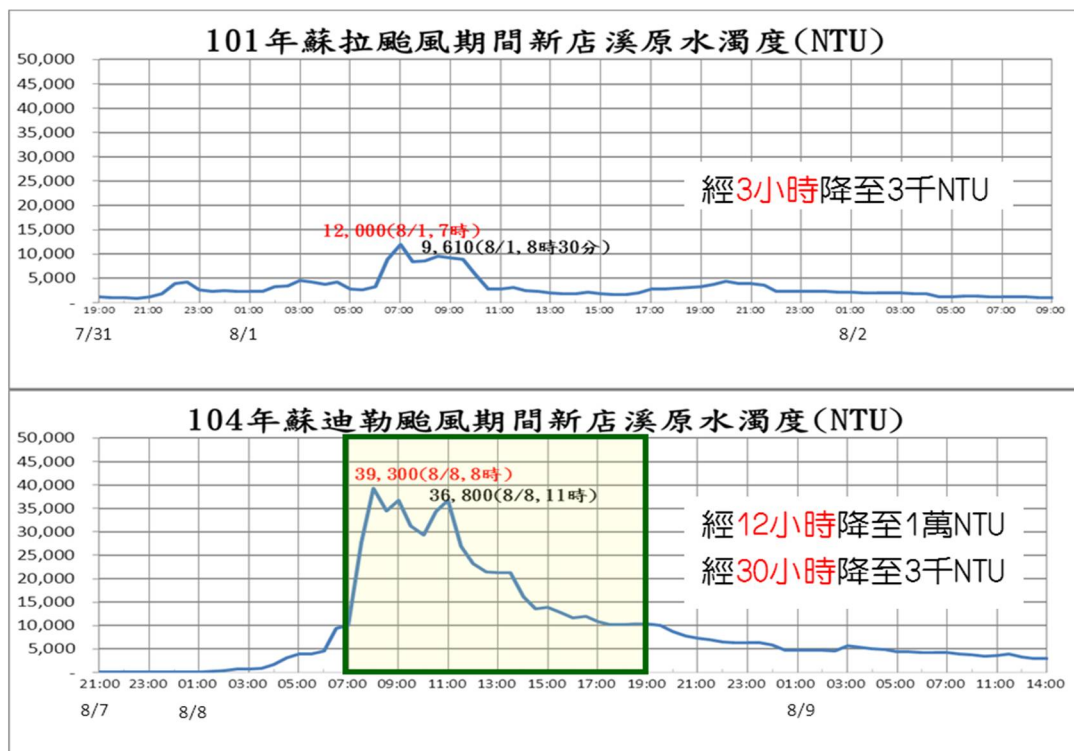


圖 2-23 蘇迪勒颱風及蘇拉颱風時序比較圖

表 2-2 歷年颱風遞延日數統計表

颱風名稱	日期	日平均值	200NTU 以上	500NTU 以上	1000NTU 以上
		NTU	遞延日數	遞延日數	遞延日數
納莉	90/9/17	1,902	7	3	---
艾利	93/8/24	3,095	8	3	1
海棠	94/7/16	1,367	3	2	2
馬莎	94/8/3	1,721	3	2	1
丹瑞	94/9/21	1,783	3	1	1
辛樂克	97/9/11	1,015	14	4	1
蕃蜜	97/9/28	2,034	13	4	2
莫拉克	98/8/6	1,600	5	2	1
凡那比	99/9/19	1,351	15	2	1
蘇拉	101/8/1	3,335	15	7	4
蘇力	102/7/13	2,130	3	1	1
麥德姆	103/7/22	1,095	2	1	1
蘇迪勒	104/8/8	13,729	14	9	5
杜鵑	104/9/28	7,149	41	13	5
莫蘭蒂	105/9/14	1,662	4	4	2
馬勒卡	105/9/18	2,040	3	2	1
梅姬	105/9/27	6,525	20	14	5

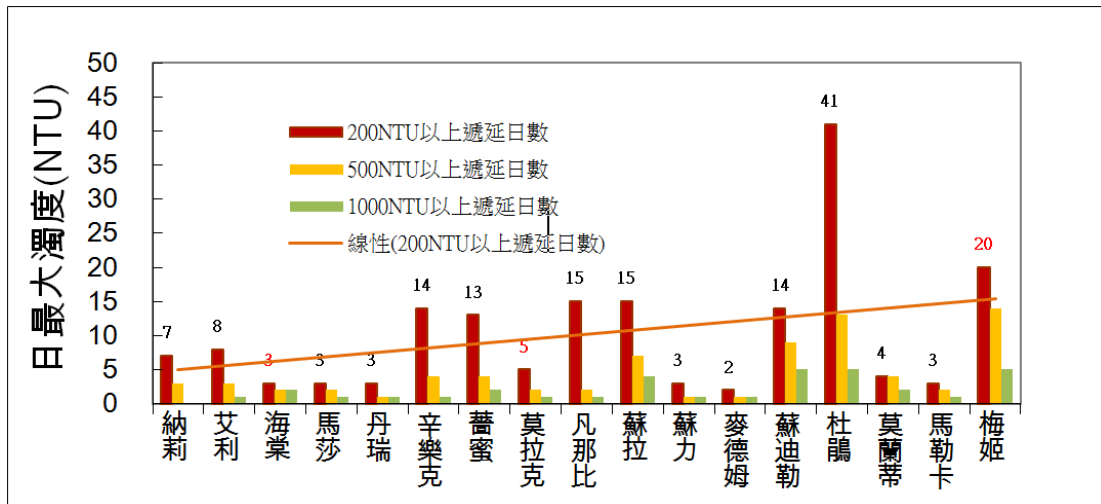


圖 2-24 歷年颱風高濁度遞延效應趨勢圖

在颱風過後，又受到上游堰壩接續進行蓄清排渾作業影響，持續高濁度原水的遞延效應，加上高劑量淨水處理混凝劑的加注，所產生的淤泥量相當可觀，致沉澱池快速累積淤泥，難以維持沉澱池有效容積，沉澱池採人工清理常緩不濟急，若短期間連續颱風侵襲將可能導致淨水設施不堪負荷而癱瘓之風險。

歷年汛期 30 天期間連續 3 次以上侵襲北臺灣的颱風總計 6 次(表 2-3)，每次都造成淨水場處理的困難，以 105 年 9 月 14 日至 9 月 30 日計 17 天期間，莫蘭蒂、馬勒卡及梅姬連續 3 次颱風為例，估算沉澱池淤泥承載量如下，即可見颱風遞延效應對淨水場的影響之劇烈(圖 2-25)。

1. 依設計處理容量基準，單一沉澱池處理量為 62,500CMD。
2. 以 9 月 14 日莫蘭蒂、9 月 18 日馬勒卡及 9 月 27 日梅姬連續 3 次颱風估算沉澱淤泥產生量及累積高度：
 - (1) 9 月 14 日~9 月 26 日計 13 天期間，莫蘭蒂和馬勒卡連續 2 次颱風侵襲，沉澱淤泥累積達 197 cm，接近沉澱池可承受操作之臨界深度 2M。
 - (2) 9/27 第 3 次梅姬颱風接續來襲，當日累積達 363 cm，俟後濁度超過 1,000NTU 遞延 4 天，沉澱淤泥累積更達 469 cm，超過操作

深度 4.5M，當時若未採行刮泥機連續排泥、人工緊急排泥相關應變措施，勢將造成沉澱池不堪負荷而癱瘓。

表 2-3 歷年北台灣 30 天期間連續 3 次颱風侵襲統計表

年度	日期	颱風	日期	颱風	日期	颱風
90 年	9/16	納莉	9/24	利奇馬	10/15	海燕
93 年	8/12	蘭寧	8/24	艾利	9/12	海馬
94 年	8/30	泰利	9/21	丹瑞	9/30	龍王
95 年	7/11	碧利斯	7/23	凱米	8/09	寶發
96 年	8/8	帕布	8/9	梧提	8/17	聖帕
105 年	9/14	莫蘭蒂	9/18	馬勒卡	9/27	梅姬

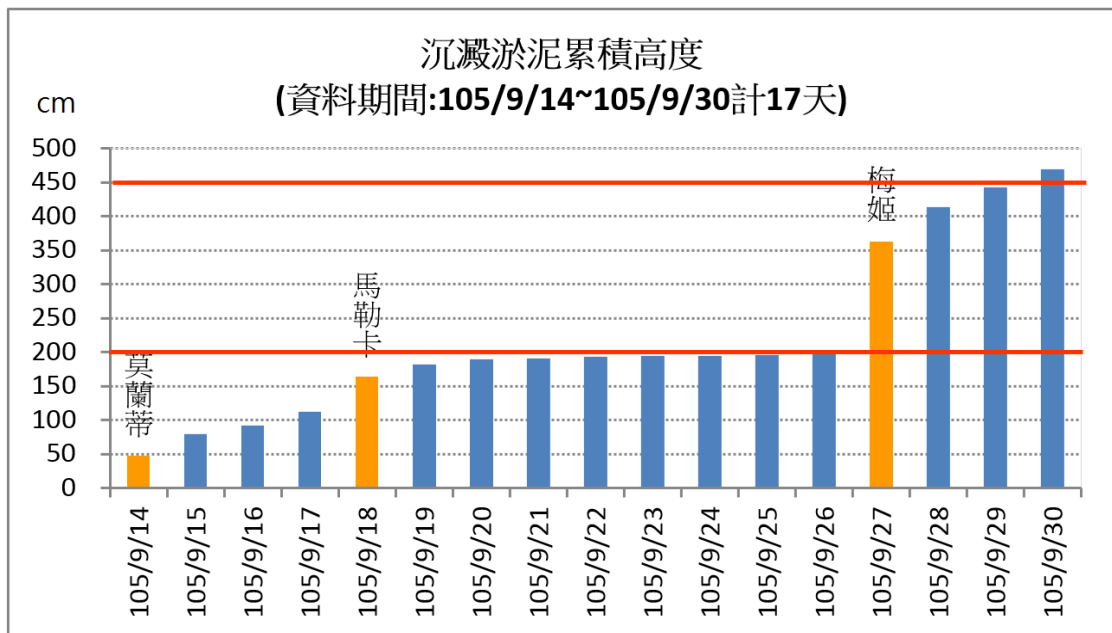


圖 2-25 沉澱池淤泥累積高度統計圖

2.3.4 脆弱點四- 清水蓄容量不足

直潭淨水場內共 6 座清水池，總蓄水容量約 170,000m³，有效蓄水量約 150,000 m³，僅約為現況平日 180 萬 CMD 出水量的 2.0 小時貯水容量(圖 2-26)。即當原水濁度超過 12,000NTU，淨水場必須依

SOP 停止取水，於清水池滿載情況下，僅能勉強供水約 2 小時，若原水濁度持續居高不下，將產生全面停止供水的危機。若為因應高濁度時淨水處理設備的調整，致短時間出水量減少的供水風險，北水處考量於淨水場內、外增設清水池，提高清水系統備載容量。

當淨水設施無法正常運轉時，必須以配水池進行調配應變，目前北水處供水轄區全數 108 座配水池，總蓄水量約 28.4 萬 CMD，有效蓄水量亦僅 25.6 萬 CMD，即 3.4 小時貯水容量(圖 2-26)。因而需全面檢討配水池容量，目前北水處仍持續擴建配水池中，104 至 110 年已編列 18.55 億元，擴建配水池容量 7.7 萬 CMD，未來也將視實際狀況，再檢討增設配水池。

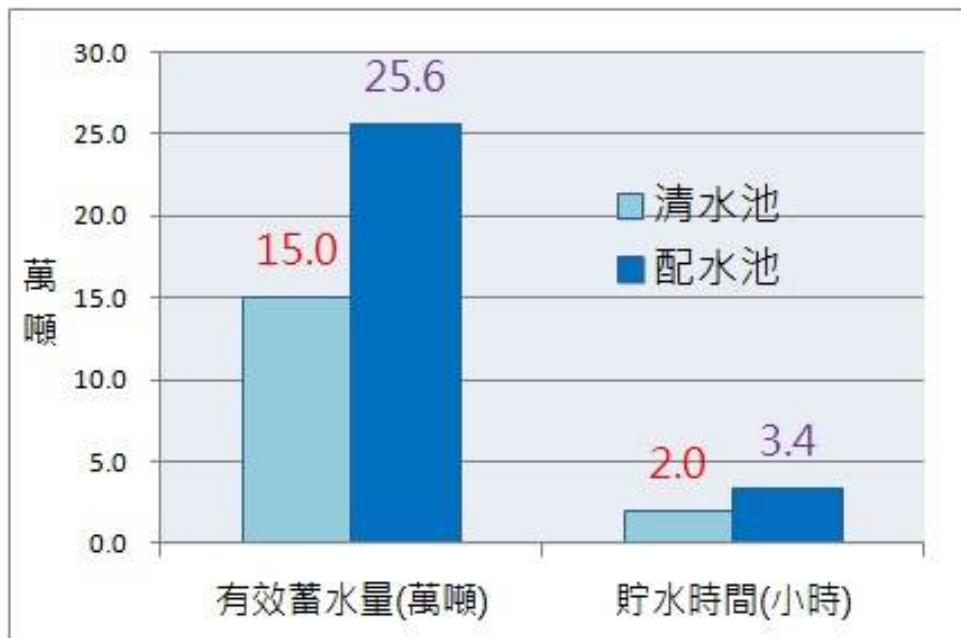


圖 2-26 北水處配水池及直潭場清水池有效蓄水量

2.3.5 脆弱點五- 無多元取水方案

環視國內外淨水場針對水源原水取得皆採取多元取水方式，常態大量之民生與農業供水大都使用川流水或水庫水，大台北地區主要之需求水量為民生用水，由於供水人口近 500 萬需求水量甚大，僅依賴單一新店溪水源，於颱風高濁度時期，川流水雖水量供應足夠但濁度高，透過淨水方式短期無法滿足供水量需求，只能採取降載，甚至停

止取水因應。

基此，北水處即於 105 年 5 月 16 日訂定翡翠水庫專管計畫，就相關水源取水方案資料，包括伏流水、地下水、海水淡化、再生水、大漢溪水源回供、及翡翠專管計畫等備援方案，並就水質、水量、水權、所需經費及期程進行評估，期能找出最適方案解決高濁度問題。各方案茲分析說明如後，多元取水方案評估綜整如表 2-4。

表 2-4 多元取水方案評估綜整表
(台灣世曦工程顧問有限公司，2016)

方案	說明	水量 (萬 CMD)	水質	水權	總工程費 (億元)	單價 (元/CMD)	期程 (年)	備註
伏流水		5	佳	須申請	5.4	10,800	3.5	1. 無需環評 (<2CMS) 2. 飲用水
地下水		2.1	不佳	須申請	1.7 (加高級處理 為3.7億)	8,000 (加高級處理為 18,500元)	3	1. 無需環評 (<0.2CMS) 2. 戰備雜用水為主
海水淡化		10	可	須申請	70.0	70,000	10	1. 需環評 (>1仟噸) 2. 飲用水
再生水		3*	不佳	不須 申請	—	40,000	5	1. 無需環評 2. 雜用水
水系備援		20	佳	—	—	—	5	1. 預計109年完成 2. 配合板新場效能
二原專管		270	佳	既有水 權修改	20.0	750	7	1. 需環評 (>2CMS) 2. 飲用水

* 臺北市目前可用再生處理量為 3 萬 CMD

一、伏流水

(一) 伏流水必須符合含水層厚、透水性佳、河床不沖刷情形，河道寬等特性。高屏溪水利署設置輻射井試驗模場，台水公司竹寮取水站及翁公園淨水場設置集水渠引取伏流水。

(二) 伏流水成本高，水利署輻射井取水量 1 萬 CMD，經費約 1 億元 (1 億元/萬 CMD)，台水公司集水渠取水量為 20 萬 CMD，經費約 9 億元 (4,500 萬元/萬 CMD)。

(三)水質及水量評估：

- 1.場址 A(永福橋近公館淨水場)：氨氮、大腸桿菌及亞硝酸鹽氮超標不合格。屬砂與透水性差土層集水阻塞機率高。
- 2.場址 B(直潭淨水場周邊)：水質合格，20m 內為卵礫石透水層，輻射井初估取水量約 3~4 萬 CMD。
- 3.場址 C(屈尺二原分水工附近)：地下 12m 遭遇岩盤，採集水暗渠初估取水量約 1~1.8 萬 CMD，接近原取水口合格。

(四)評估結果：新店溪因地層關係，伏流水取水量低，且建置及維護成本高，對於北水處供水系統並無幫助，建議不可行。

二、地下水

(一)法源說明：

- 1.預防戰爭、天然災害或其他重大變故，有設置備用水源之必要，並經中央主管機關同意。
- 2.應於原有供水系統無法供水時，始得使用備用水源。
- 3.為定期維護需要，得抽汲必要水量。

(二)水質評估：為鐵、錳、氨氮及總有機碳不符「飲用水水源水質標準」規定，須經高級淨水處理，符合規定後始可提供飲用水。

(三)水量評估：

- 1.場址臺北地區早年因過度抽取地下水，造成地層下陷，自 61 年開始全面管制後，地下水開始緩慢回升。
- 2.依經濟部「台北盆地備用地下水井規劃」，初估臺北盆地地下水每年約 1,835 萬噸可運用量，可考慮適當之開發運用。

(四)評估結果：因受限法規無法常態供水，且水質不符飲用水標準，必須另行處理，建議仍以防災雜用水為考量。

三、海淡廠

海淡考量臺北市並不臨海，廠址、管線及加壓站設置等成本高，且有土地取得及維護問題，現階段並無適合條件。

四、再生水

再生水成本高，僅作為非飲用水，且社會接受度低，政策必須於水資源管理法規系統中，藉由補貼、獎勵與強制措施等作為，以提高使用意願。

五、中水

由公務部門率先於公用設施增設雨撲滿，雨水回收利用，用於平時澆灌、洗地、工程車灑水等，帶動並鼓勵民間投入，減少對自來水依賴。

六、大漢溪水源回供(水系備援)

(一)板新二期計畫，係板新地區平時由新店溪支援，大漢溪多餘水源南調北桃園；遇緊急狀況時，大漢溪水源回供北水處轄區，達穩定供水之目標。

(二)板二計畫第一階段已執行完成(72萬CMD)，俟台水公司第二階段(101萬CMD)於109年完成後，方能發揮緊急回供效益，依台水公司評估約20萬CMD，須配合板新淨水場出水能力及系統建構後方能達成。

七、多元取水方案評估結論

(一)北水處供水量約200餘萬CMD，系統龐大，應以推動翡翠專管為主，目前各種多元取水難以取代。

(二)新店溪因地層關係，伏流水取水量低，且建置及維護成本高，對北水處供水系統，提供完全備援並不可行。

(三)地下水受限法規無法常態供水，且水質不符飲用水標準，建議以雜用水方式，於戰備或緊急狀況時，提供收容人用水需求。

(四)板二計畫完成後，大漢溪回供調度北水處轄區用水，將可發揮部分備援能力。

(五)考量北水處供水系統龐大，初步評估各種多元取水方案均難以取代，為確保供水穩定，應持續推動翡翠專管計畫，另規劃防災地下水井。

第3章 淨水處理系統改善措施

自第2章脆弱點分析結果顯示，淨水場在颱風期間，如短時強降雨，大量泥砂湧入或原水濁度急速飆升等突發狀況之應變能力仍有亟需改善的空間。處於特高濁度原水的惡劣條件下，如何維持淨水處理程序正常運作，需仰賴具有前瞻性的新思維，爰此，北水處在「提前預警」、「決戰場外」、「以退為進」等綱要下，自風災處置過程中吸取經驗並針對「預警系統」、「取水系統」、「淨水系統」及「操作系統」等面向，積極研擬出具體有效改善措施和超越傳統淨水處理程序和操作模式的創新策略(表 3-1)。

表 3-1 各系統脆弱點改善策略研擬

系統	脆弱點	綱要	因應對策
預警	水源集水區崩塌	提前預警	翡翠一號橋河堤旁新設濁度偵測系統
取水	壩區取水口淤塞	強化取水設施功能	耙/攔污設施改善、直潭壩/取水口前庭清淤
取水	無多元取水方案	可行方案評估	翡翠專管計畫
淨水	高濁度遞延效應	決戰場外	沉砂池新設擋板、沉澱池增設刮泥機
操作	停水後復水耗時	以退(迴避濁度尖峰)為進(迅速恢復出水)	原水繞流作業

3.1 預警系統-強化原水預警機制

蘇迪勒及杜鵑颱風侵襲過境後，104年8月27日行政院第3463次會議毛院長指示：「有關新店溪上游流域的中長程經理策略、方向及作為，在重要河川流域協調會報處理」。104年9月10日經濟部召開「行政院重要河川流域協調會報」第八次工作小組會議，決議立即成立「新店溪上游流域保育治理工作分組」作為跨部會專責推動平

台，由經濟部(水利署)邀集內政部(營建署)、原住民族委員會、國家災害防救科技中心、農委會(林務局、水土保持局)、交通部(公路總局)、臺北市政府(臺北翡翠水庫管理局、臺北自來水事業處)、新北市政府、經濟部(中央地質調查所、台灣電力股份有限公司、台灣自來水股份有限公司、水利署臺北水源特定區管理局、第十河川局)以及專家學者等組成，並研擬保育綱要，由中央與地方合作，跨部會共同推動、協調與追蹤列管流域保育治理工作。

俟後經各單位共同擬訂「新店溪上游流域保育治理綱要計畫」，於104年10月8日新店溪上游流域保育治理工作分組進行第一次會議討論，於綱要計畫完成後提「行政院重要河川流域協調會報」；該計畫以「建立流域災害監測預警系統」、「加速集水區保育治理與管理」、「加強河川治理、規劃與非工程措施」及「建構高濁度因應處理及備援能力」為四大工作區塊，以提升防災預警、保育集水區土地、改善防洪能力、降低濁度影響，保障居民生命財產安全，及產業合理發展，確保大臺北地區之水源水質水量。

3.1.1 新店溪上游流域災害監測預警系統(水利署)

依經濟部水利署「新店溪上游流域保育治理及區域穩定供水綱要計畫」，現已由國家災害防救科技中心(NCDR)完成整合建置「新店溪上游災害監測與預警系統」納入於其災害應變決策輔助系統中，提供即時監測及災害預警情資供相關單位決策參考。

3.1.2 新店溪水源水文水質資訊系統(北水處)

北水處既有「新店溪水源水文水質資訊系統」主要擷取翡翠水庫、氣象局、臺北水源特定區管理局等上游單位所屬涵蓋阿玉壩、羅好壩、桂山壩、粗坑壩、粗坑發電廠、翡翠水庫、翡翠發電廠以及北水處直潭壩、青潭堰、一原取水口、二原取水口之雨量、濁度及流量等資訊，可即時了解新店溪整條流域狀況，做為北水處取水運轉參考，及其他災害應變預警。現並介接「新店溪上游流域災害監測預警系統」及擴充更新，新建置之水源、水文及水質資訊系統，更完整方便掌握上游

水情變化。

另為爭取淨水場面臨高濁度時有充分應變時間及確保南勢溪重要水質資料颱風期間不中斷，透過翡管局協助，於南、北勢溪會流處增設濁度偵測站，再納入既有「新店溪水源水文水質資訊系統」，以即時掌握原水濁度變化(圖 3-1)。本濁度偵測站裝設於翡翠水庫一號橋下河堤旁，設備包含連續式濁度及懸浮固體偵測器，可將即時訊號傳輸至直潭淨水場，預估可為下游淨水場爭取約 1 小時的應變時間，另於現場設置 2 套沉水式抽水機組及桌上型濁度計供現場人員實測(圖 3-2)，更能精確掌握原水濁度的變化情形。

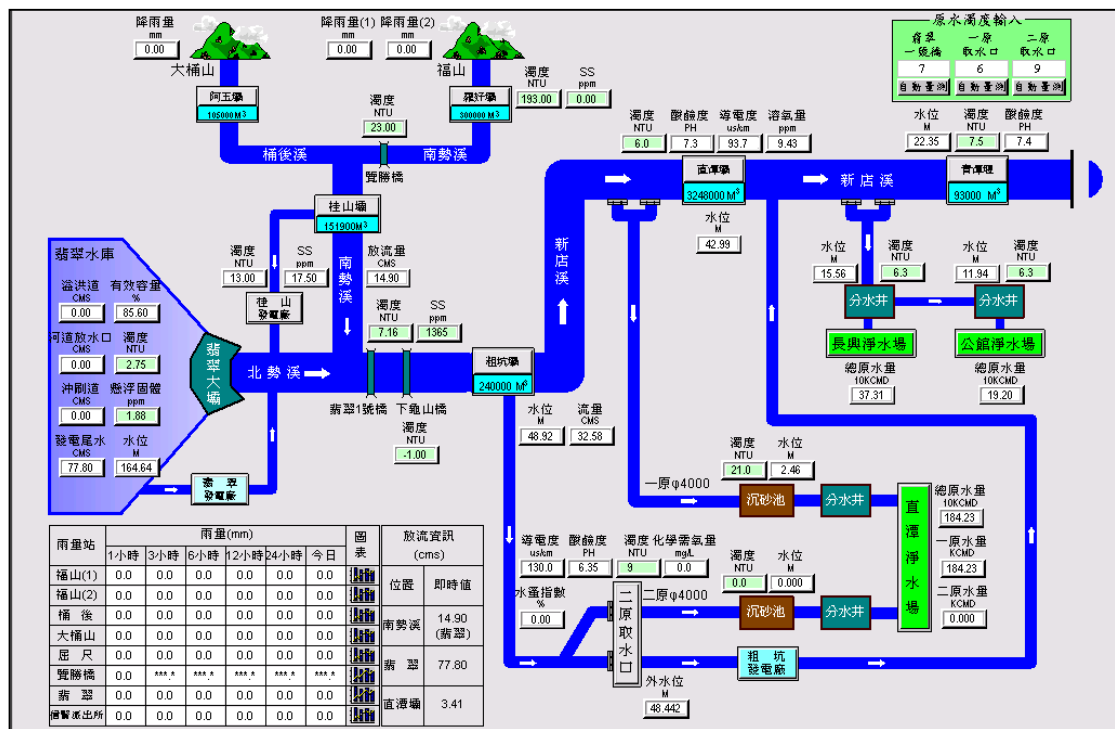


圖 3-1 新店溪水源水文水質資訊系統監控畫面



圖 3-2 翡翠水庫一號橋濁度偵測點(左) 現場人員實測(右)

3.2 取水系統-強化取水設施功能

取水設施主要的功能就是滿足一年當中的計畫取水量，尤其以地面水為水源的場所，在豐水與枯水期間，都要確實達到取水的目標量，因此有賴於正確的操作及適當的設施維護管理。

直潭淨水場原水取水主要係由直潭壩蓄高水位來確保取水口取水穩定(圖 3-3)，一原取水口最外緣(距直潭壩上游約 150 公尺)設有一道水泥墩柱作為第一道攔污柵劃分新店溪水道和一原取水口以減緩水流及攔污，其後面另裝設 9 處粗攔污柵，為第二道攔污設施，攔截大型枯木殘枝及比重較大之粗砂岩礫。第三道細攔污柵共 9 座，為去除體積較小、比重較輕的垃圾及污物，通過此三道攔污柵後流入取水口閘門，共計寬各 4 公尺閘門 2 座，依直潭淨水場原水需求量操控開度，設計總取水量為 31.25 CMS (約為 270 萬 CMD)。

新店溪青潭堰以上河段受翡翠水庫及其他堰壩設置造成因砂影響局部河段有逐年淤積情形，北勢溪之翡翠水庫歷年來均採水力排砂方式加以蓄清排混減少因砂，此外上游坡地水土保持較佳，故水庫並無大量淤砂問題，惟南勢溪其他堰壩則因近年受上游崩坍地影響，上游砂源來砂量大，造成堰壩蓄水範圍內淤積，尤其以直潭壩蓄水範圍內民國 92 年至 102 年淤積量約 81.9 萬立方公尺為最大。

蘇迪勒颱風過境期間，洪水除帶來驚人的泥砂量，上游集水區隨河道沖刷下來的殘木、枝葉及垃圾等漂流物易匯集至取水口攔污柵設施前，造成取水攔污柵垃圾阻塞與取水口前庭大量淤泥堆積，除減少

攔污柵可運行耙除的範圍外，厚重的淤泥更造成攔污柵的耙斗無法承受負載而發生故障，嚴重影響原水取水作業。

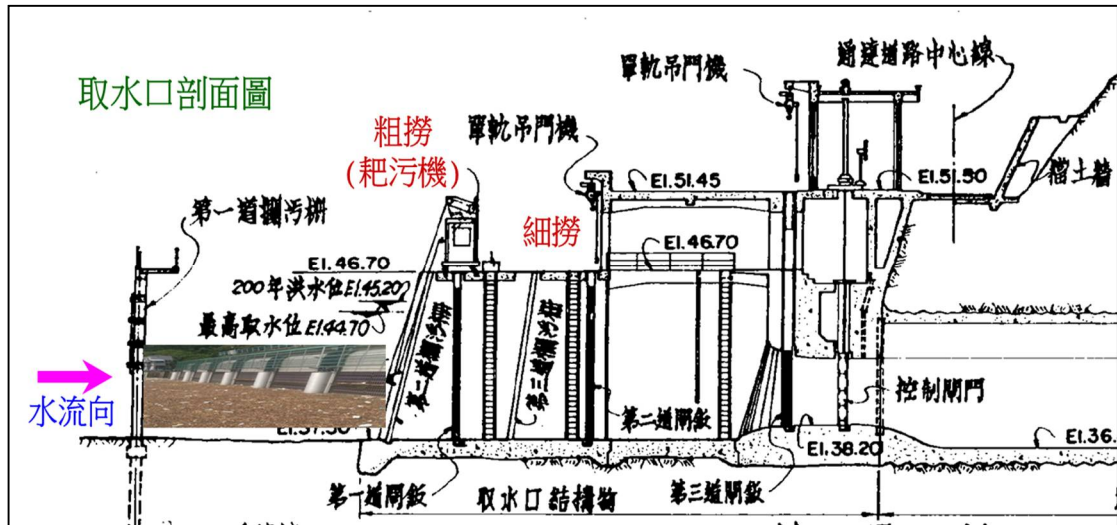


圖 3-3 一原取水口剖面圖

3.2.1 攔污設備改善

為避免大型漂流物影響取水功能，北水處至民國 103 年已完成設置第二道粗撈(7 門)、第三道細撈(全部 9 門)迴轉式耙污機。民國 104 年起，又陸續進行以下改善與防護措施：

第一道防護：為避免大型漂流物進入直潭壩取水口前庭，影響第二道粗撈與第三道細撈耙污機操作，於第一道攔污柵格柵(寬度 77 公尺)底部向下延伸 1.8 公尺(圖 3-4)，以穩定取水功能。



隔欄柵施工前

隔欄柵施工後

圖 3-4 攔污柵格柵底部向下延伸

第二道防護：為再提升直潭壩取水口耙污機功能，將第二道剩餘 2 臺走行式耙污機汰換為迴轉式(第 8、9 號) (圖 3-5)，底部同時墊高 1.8 公尺，避免大量泥砂阻塞影響耙污機運作，經 105 年梅姬颱風驗證雖可確保耙污功能正常，惟因後端滯流造成第三道相對應之細撈耙污機前端污泥累積致影響操作，106 年初再針對第三道相對應之細撈耙污機亦同步墊高，並將墊高部分改為格柵欄，讓底部水流通順，另再增設(最右側)第 1、2 號兩門底部墊高，確保分層穩定取水功能。



圖 3-5 一原取水口耙污機安裝

第三道防護：高濁度原水增加水平輸送機負載，因此將原 5Hp 驅動馬力提升為 7.5Hp，以防止馬達過載當機。另水平輸送機延長加設爬升輸送段(圖 3-6)，直接將垃圾、雜物運送至堆置場，可避免風雨中人力轉運之危險，並提高清運效率。



圖 3-6 第二道水平輸送機改善

3.2.2 水庫蓄水區清淤

蘇迪勒颱風過後因集水區土石崩塌嚴重，午後陣雨即造成原水濁度瞬時飆升，這種水量不大濁度卻超高的原水，使得大量泥砂沉積於蓄水區內，庫容因此驟減而影響原水蓄存及調配，連帶的取水口前庭因淤砂抬高河床，讓原水水質及水量受到威脅。

直潭壩於民國 67 年啟用，總蓄水量約 420 萬立方公尺，民國 103 年進行安全檢測時，約剩 238.6 萬立方公尺。民國 104 年蘇迪勒颱風帶來上游大量土石，直潭壩蓄水量更少，因此必須進行水庫清淤。直潭壩為底開式全河道控制閘門，具水力排砂優勢，當洪峰過後，可適時利用閘門開度之操作，控制水流方向及流速有效排除蓄水區前端淤砂，以維持庫容。

水庫清淤操作時機劃分為汛期（颱風暴雨期間）及非汛期（空庫維修期間）。其中汛期期間依「水門操作規定」視上游流量調整閘門開度進行排砂操作，藉由洪流進行水力沖刷自然排除泥砂，當水庫進水流量未達 3,000 秒立方公尺時，預先調降水庫水位至標高 42 公尺以上，利用大流量進行洪峰前水力排砂；當水庫進水流量達 3,000 秒立方公尺以上時，依最高放水流量，不得大於水庫最高流入量之原則，維持水庫水位於標高 42~43 公尺間操作，視上游流量進行洪峰階段水力排砂；當水庫進水流量減至 3,000 秒立方公尺以下時，提高水庫水位於標高 43.5~44.5 公尺間操作，視上游流量以不同開度輪流開啟各閘門進行洪峰後水力排砂。

當水庫空庫進行相關設施維修期間，藉由南勢溪及翡翠水庫發電尾水合流之新店溪水量，依施工需求及淤砂現況調整閘門開啟方式，以自然流量沖刷河道進行排除泥砂，並請下游青潭堰密切注意流量及濁度變化。

一、取水口前庭清淤

民國 104 年 10 月蘇迪勒颱風後，已緊急辦理直潭壩取水口前庭清淤 3,350 立方公尺，後續並配合水庫蓄水範圍第一次清淤期間，於 105 年 3 月將前庭淤積全部清除(約 1.3227 萬 m^3)(圖 3-7)。

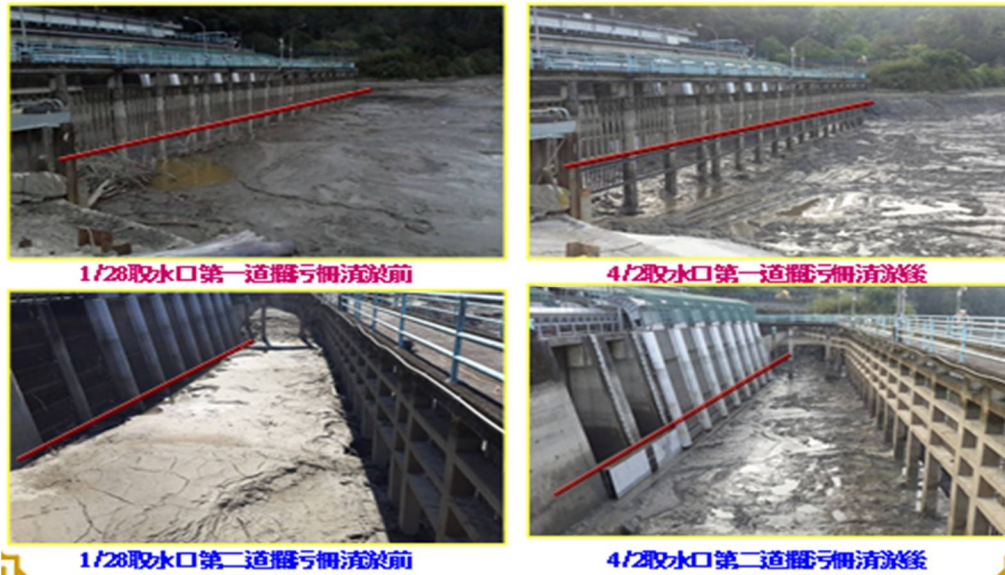


圖 3-7 取水口前庭淤積

二、水庫蓄水範圍第一次清淤

105 年配合北水處工程總隊「直潭壩維護更新工程及直潭第一原水輸水路檢修工程」，於 1 月 28 日及 2 月 17 日利用庫容水量放空及翡翠水庫發電尾水，以改變溢洪道閘門開度方式進行水力排砂，共計排放蓄水範圍內約 9 萬 m^3 淤砂，另空庫施工期間(105 年 2 月 27 日~3 月 31 日)配合工程圍水施作需求，以機具闢道引流改變河道方式，將蓄水區淤砂利用自然流量沖刷排砂約 9 萬 m^3 ，總計(包含前庭淤積)清淤量約 19.3 萬 m^3 ，蓄水區庫容由 63%提升至 82%(圖 3-8)，有效提高原水蓄存及調配空間，並避免拉動底泥進入淨水場，影響淨水設施。



圖 3-8 水庫蓄水範圍第一次空庫清淤
(上)105/1/28 拍攝；(下)105/4/2 拍攝

三、水庫蓄水範圍第二次清淤

北水處為了將直潭壩蓄水比率再提高及取水口耙污設備功能再強化，於 105 年 11 月再次進行直潭壩(105.11.15-106.1.26)第 2 次空庫清淤(圖 3-9)。

利用水庫庫容放空及翡翠水庫發電尾水，以改變溢洪道閘門開度方式進行水力排砂，共計排放蓄水範圍內約 1.5 萬 m^3 淤砂，另空庫施工期間(105 年 11 月 15 日~1 月 26 日)於取水口前庭進行人力及機具清淤約 1.3 萬 m^3 ，同時再配合工程圍水施作需求，以機具再闢道引流改變河道方式，將蓄水區淤砂利用自然流量沖刷排砂約 6 萬 m^3 ，總計清淤量約 8.8 萬 m^3 ，蓄水區庫容由 82%提升至 91%。

非汛期只要翡翠水庫水位高於 161 公尺，藉由溢洪道放流補充南勢溪不足之原水流量，二原即可取代一原取水，北水處計畫於每年非汛期間，視需要放空直潭壩水庫，進行短期水力清淤作業，以減緩蓄

水區內庫容淤積。



105.11.15全景照



106.01.26全景照

圖 3-9 水庫蓄水範圍第二次空庫清淤

3.3 淨水系統-提升淨水處理效能

改善淨水系統係著眼於颱風高濁度期間，如何降低原水濁度、迴避濁度尖峰、提高混凝能量、快速排除淤泥及穩定加藥操作等五大要點，目的在於有效提升整體淨水處理效能。

3.3.1 降低原水濁度-決戰場外

一、於取水口至淨水場間設置原水調整池

原水調整池可於原水高濁度發生時機提前蓄滿水池，待淨水場承受原水高負荷時即可開啟備載進水，以降低負荷衝擊並維持後續場內正常操作，不但可延長用水備援天數，更有效提升整體處理效能。

以水利署桃園中庄調整池為案例(圖 3-10)，在鳶山堰旁邊建設一座具有蓄水功能的調整池，由攔河堰自大漢溪取水，在颱風前蓄滿低濁度原水，提供高濁度備援供水需求，屬於離槽人工湖，具有用地取

得單純、鄰近既有取供水設施之優點，除能調蓄大漢溪剩餘水量，增加地區水源供水能力之外，最主要可於大漢溪鳶山堰水源濁度上升時發揮備援供水功能，以穩定桃園及板新地區供水；常態時期可增加供給原水能力，年調蓄供水量約為 1,650 萬噸，其中高濁度時期備援供水量約為每年 690 萬噸，故以調整池有效庫容 492 萬噸，備援供水 80 萬 CMD 計，高濁度時期水源備援天數可增加約 6.2 天。

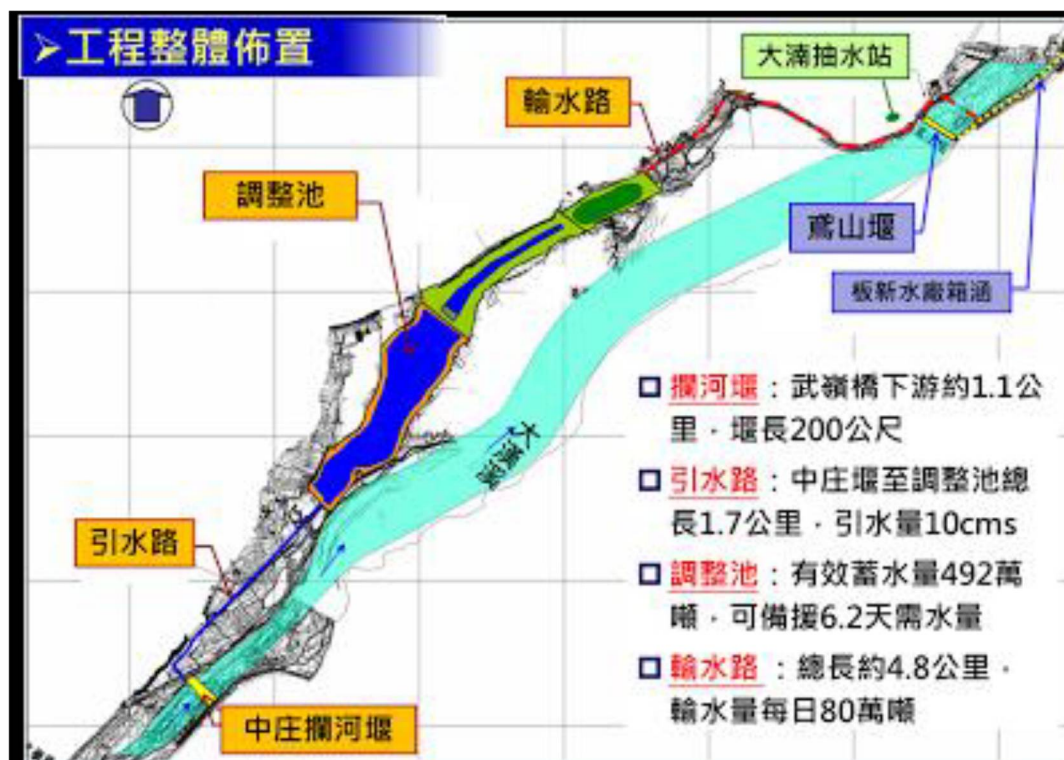


圖 3-10 中庄調整池工程計畫位置圖(經濟部水利署，2016)

據此，北水處參考中庄調整池設計理念，首先調查直潭場一、二原水輸水路周圍閒置用地情況，據以評估新設調整池之效益及可行性有關前述土地使用現況，直潭淨水場周圍鄰接住宅區、風景保護區、河川區及道路，一原輸水路現況除涉及直潭壩及取水口等二處自來水事業用地外，包含輸水路穿越湖子內等風景保護區，並延直潭社區邊界進入直潭場南端的排砂溢流井，其餘多作為農地/保護區及河川區等用途，較難尋找適合施作調整池的空地，至於二原輸水路位於本特定區東南側屈尺社區附近，多以文教住宅區、事業用地及河川地為主，適合用地亦難尋覓，但若延粗坑發電廠頭水路銜接二原分水井附近發

現多處閒置農地，土地以分水工劃分為南北兩區塊，面積合計約 6.5 公頃，其土地所有權需進一步調查與釐清歸屬，必要時須辦理土地使用分區變更等行政程序，無法立即興建。若直潭場藉由場外新設調整池，以現有全場取水量 200 萬 CMD，池槽深度以平均 5m 進行推估，其調節池容積達 26 萬噸，可備載直潭場僅約 3 小時的蓄水量(表 3-2 調整池設置位置比較)，於原水低濁度時先行蓄水，並於颱風豪雨期間運用為備載水源隨輸水幹管送抵場內進行處理，總共可提高備援水量的時間僅 3 小時，惟相較於中庄調整池最高可承載板新及大湳水場 6 天的備援水量，效益明顯不足。此外，未來翡翠專管完成後，可由北勢溪上游引取低濁度原水，與調整池方案有競合效應，而翡翠專管已為定案執行計畫且其可提供低濁度原水之時間較調整池長，故於直潭場外設置調整池並無急迫性。

表 3-2 調整池設置位置比較

調整池位置	一原取水口自來水用地	二原分水工農業地
備援容量	6.5 萬噸	30 萬噸
備援時間	<1 小時	3 小時
直接工程費	7 億	33 億
工期	3 年	5 年
與翡翠專管競合關係	與專管比較，調整池尚未完成規劃 與專管同取低濁原水，長期效益低	

二、沉砂池改善措施

於取水口加注高分子聚凝劑，利用其快速混凝沉降之特性(圖 3-11)，提高懸浮固體沉降速率，再配合沉砂池增設前/後擋板，讓高濁度原水進入淨水場前，將高粒徑懸浮固體沉降於沉砂池，再經由排砂閘門予以排除，應可有效降低原水濁度。

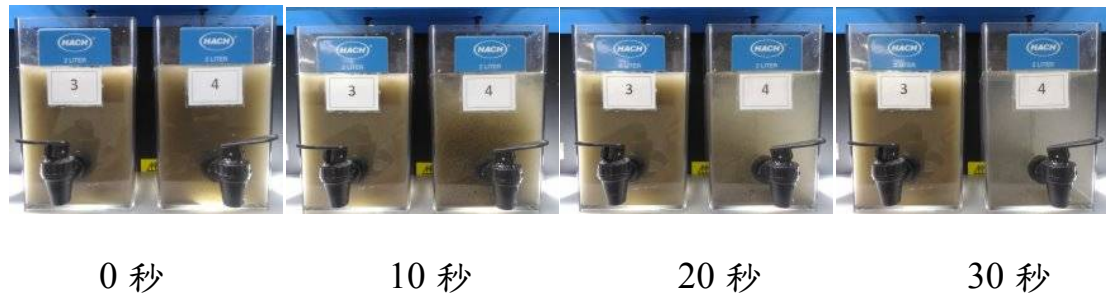


圖 3-11 原水加注高分子之沉降情形

(一) 高分子沉降試驗

1. 實驗目的：

沉砂池檔板施作前，模擬沉砂池設置檔板進行高分子沉降試驗評估檔板效能，即測試高濁度原水注入高分子凝聚劑，流經沉砂池檔板後，濁度可降低之程度。

2. 實驗步驟：

(1) 假設颱風期間維持處理量 100 萬 CMD。

(2) 計算水中懸浮粒子於沉砂池可沉降時間：

- 前後檔板上緣所構成的面積=255 平方公尺。
- 沉砂池流速=1,000,000(立方公尺)/255(平方公尺)/86,400(秒/天)=4.5(公分/秒)。
- 可容許沉降時間=24(公分)/4.5(公分/秒)=5 秒。

3. 將 1 公升高濁度原水(9,000NTU)加入高分子聚凝劑後，以杯瓶試驗機(Jar Testing Equipment)固定轉速 120rpm 持續攪拌 1 分鐘，迅速倒入 1 公升量筒。

(1) 上述水樣靜置 5 秒後，將 660 毫升倒入另一量筒，量測濁度(上層液濁度 A)。

(2) 將(1)所剩水樣靜置 3 分鐘後，倒出 220 毫升。

(3) 量測剩餘水樣濁度(底部濁度 B)。

(4) 估計排砂量(水量*濁度為定值)

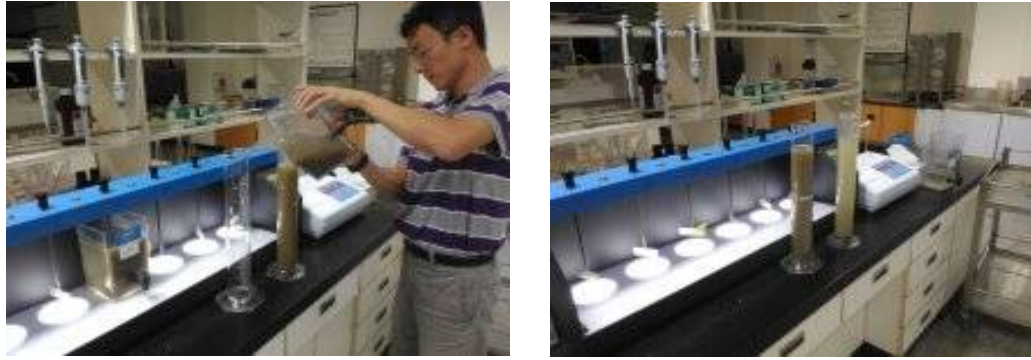


圖 3-12 高分子沉降試驗

4. 實驗相關參數及結果：

(1) 取水量 = 115 萬 CMD

(2) 排砂量 = 15 萬 CMD

(3) 處理量 = 100 萬 CMD

(4) 原水濁度 = 9,000NTU

(5) A(上層液濁度) = 4,500NTU

(6) B(底部濁度) = 47,800NTU

(7) 濁度降幅% = (原水濁度-上層液濁度) / 原水濁度 = 50%

(8) 計算：

取水量 x 原水濁度 = 處理量 x 上層液濁度 + 排砂量 x 底部濁度，即 115 萬 CMD x 9,000NTU = 100 萬 CMD x 4,500NTU + 15 萬 CMD x 47,800NTU

(9) 實驗結果：若維持 100 萬 CMD 處理量，原水濁度可自 9,000NTU 降至 4,500NTU。

(二) 增設沉砂池檔板

經由實驗證明沉砂池檔板具可行性後，實際作法即是在既設沉砂池入口端及出口端增設前/後檔板(圖 3-13)形成緩衝沉降區，並配合取水口加注高分子凝聚劑，利用其快速絮凝沉降的特性，提高原水中懸浮固體的沉降速率，在特高濁度原水進入淨水場前，讓大粒徑懸浮固體在沉砂池緩衝區域內先行沉降，再經由排砂閘門予以排除。

前/後檔板高度分別為 7 及 11 公尺，距離沉砂池入/出口皆為 5 公

尺，增設工程於 105/2/2 施作完成，另於沉砂池出口不同高程增設 3 處取樣馬達，以了解添加高分子聚凝劑後濁度分層情形，示意圖及實場建構圖(圖 3-14)所示。此外，考量前後擋板與原水入/出口處空間可能累積淤砂，因此於前後擋板底部均有開孔以利於淤砂排除；此外，擋板間設有 2 臺 30HP 抽砂泵於特高濁度期間持續抽砂，以避免前後擋板間累積淤砂，105 年梅姬颱風後放空沉砂池發現淤砂累積量少，驗證前述淤砂排除措施發揮功效。

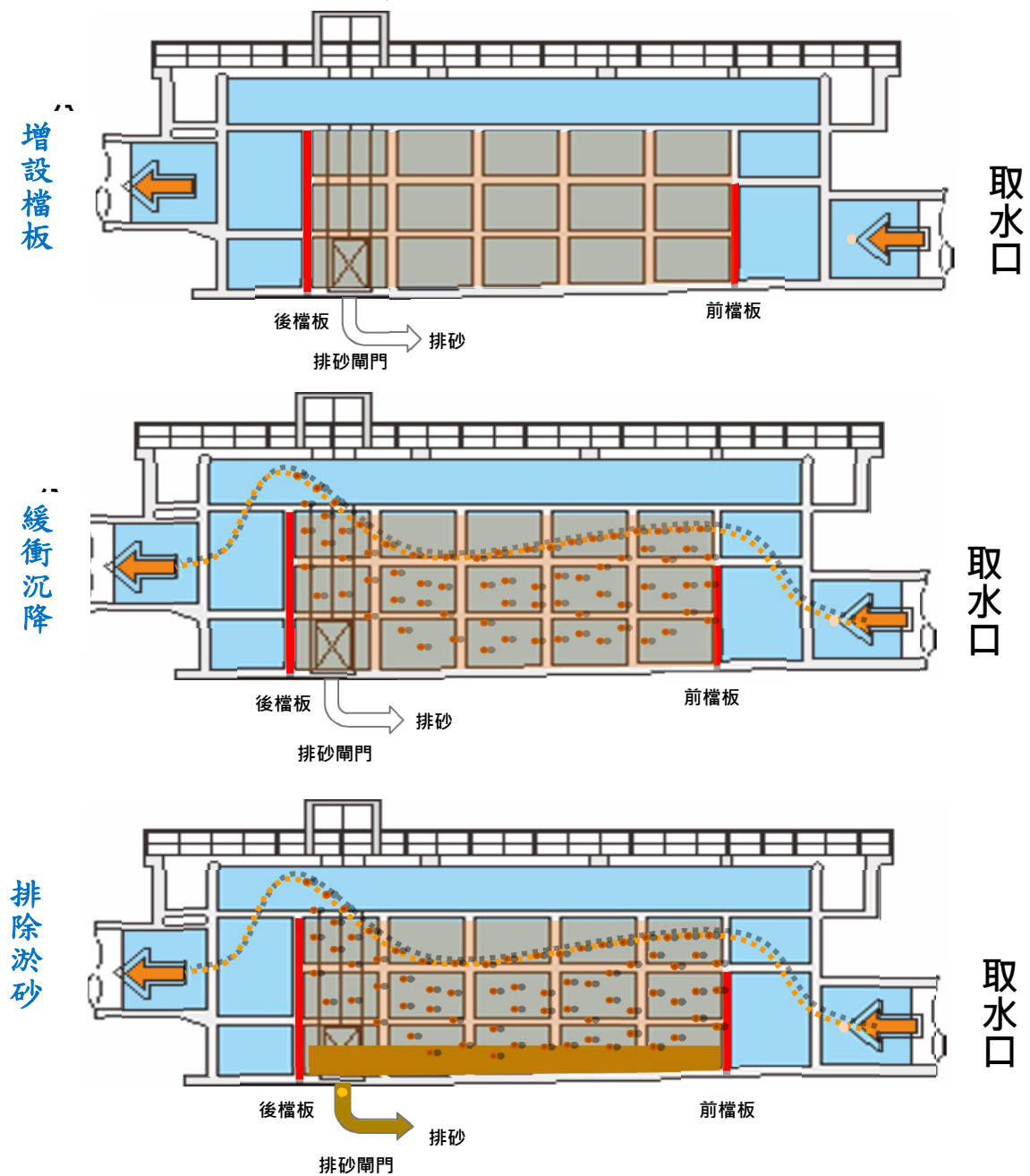


圖 3-13 沉砂池懸浮粒子沉降示意圖

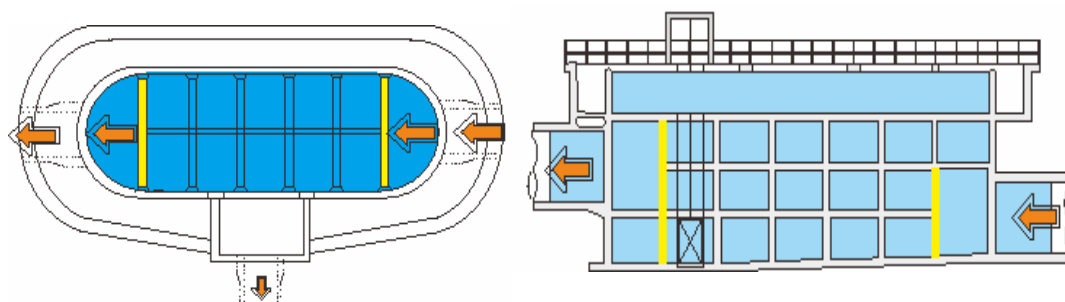


圖 3-14 沉砂池俯視圖(左) 沉砂池前視圖(右)

3. 突破困難積極施作

施作過程所遭遇困難為(1)時間緊迫：104 年強颱蘇迪勒以及杜鵑颱風後(104/8~9 月間)，北水處同仁旋即檢討並激發本創新作法，惟檔板施作務必於 105 年汛期來臨前完成；(2)工區限制：檔板施作期間必須排空沉砂池。經緊急協調並辦理變更設計後，終能利用「直潭第一原水輸水路檢修工程」排空沉砂池進行施作，工期約 1 個月(104/12/15~105/1/15)。

3.3.2 迴避特高濁度尖峰

直潭淨水場現有第一及第二原水系統相互備援，第二原水系統規劃興建之目的係因應未來取水量需求增加，亦可充當第一原水系統歲修停水時之備用系統。在颱風期間，通常使用第一原水系統，第二原水系統則為空載備援狀態。

創新作法即是活用前揭雙取水系統，利用第一原分水井與第二原沉砂池之間高程落差，透過原水蝶閥控制將特高濁度原水由一原分水井繞流導入二原沉砂池排出(圖 3-15)可達到以下效益：

一、可迴避濁度尖峰期，避免混凝失敗導致大量泥砂湧入淨水設備而癱瘓。

二、在原水濁度持續上升的繞流期間，維持原水流動狀態可即時觀察膠羽混凝情形，避免水處理失敗，待原水濁度降低後，可迅速恢復出水。

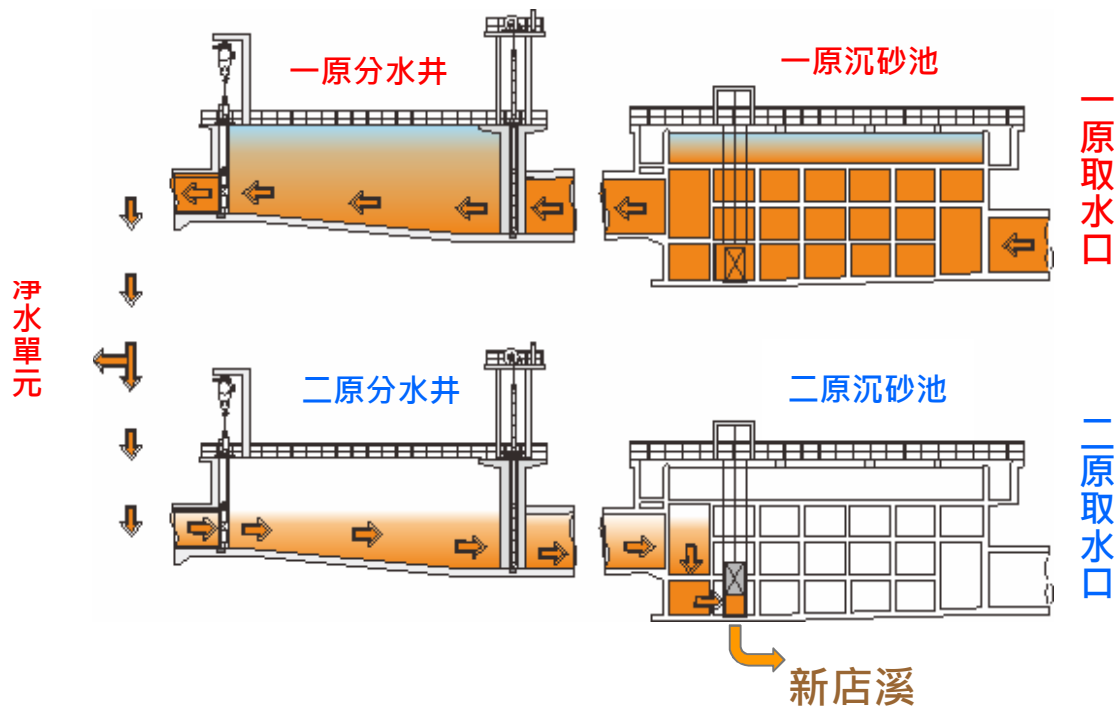


圖 3-15 原水繞流路徑圖

三、解決杜鵑颱風期間停水再復水所衍生之以下各項問題：

(一) 復水初期原水進流量太低，混凝能量不足。

直潭淨水場加藥快混的原始設計係於快混池裝設 2 台 50 HP 的快混機以達到快混 G 值 = 500 sec^{-1} (AWWA 建議 $> 300 \text{ sec}^{-1}$) 的快混能量，促成混凝劑於池中均勻分布並能使混凝劑充分和膠體顆粒接觸，民國 85 年間，將加藥點往前移至沉砂池，因為計算當時原水管中的紊流即可提供 500 sec^{-1} 以上的快混 G 值，經管中紊流即可提供足夠的快混能量。

進一步計算，若欲維持管中紊流達快混 G 值 = 500 sec^{-1} ，操作臨界流量約為 143 萬 CMD，若欲維持管中紊流基本快混 G 值 = 300 sec^{-1} ，操作臨界流量約為 89 萬 CMD，亦即處理量若低於 89 萬 CMD，則將導致原水管中流速不足無法產生足夠的快混 G 值。

因此杜鵑颱風期間停水再復水時，原水濁度仍處於 12,000 NTU 高峰，為避免混凝失敗導致大量泥砂湧入淨水設備，採分段緩步取水方

式開啟淨水設備，第一次復水時，引入原水量 30 萬 CMD，第二次復水時，引入原水量 50 萬 CMD，都因為原水流量遠低於臨界流量，管中紊流無法提供足夠的快混 G 值，混凝劑無法均勻分布和膠體顆粒充分接觸，致混凝效果不佳膠羽顆粒細小，直至第三次復水時，引入原水量 80 萬 CMD，復水操作始穩定。

(二) 原水流量計失準

直潭淨水場第一原水系統之第 1 座為管夾式超音波，第 2、3、4 座為文氏管，第 5、6 座為超音波。在颱風高濁度停水再復水時，或因為文氏管導壓管積泥或空氣阻塞；或因超音波流量計因音頻較低無法穿透計量，造成原水流量計量失準，影響混凝劑加注量之準確性。

(三) 復水操作過程繁複，耗時長達 6 小時。

復水階段需緩慢操作閥類，避免原水管內流速變化過大，造成管垢沖出，此外，原水水質可能發生變化，復水階段亦需動員大量人力進行水質水量控制和現場觀測，故復水過程相當耗時。

四、實施過程

(一) 檢視淨水設備基本設計尋求解決方法

首先從淨水場設計面探索有無迴避高濁度尖峰的可行方案，檢視場內設計圖後，發現一原分水井與二原沉砂池高程落差 7.6 公尺，因此在第二原水系統空載狀態下，只要簡單調控原水蝶閥，以重力流即可改變第一原水系統的原水流向，將特高濁度原水繞過淨水程序單元導出(圖 3-16、圖 3-17)。

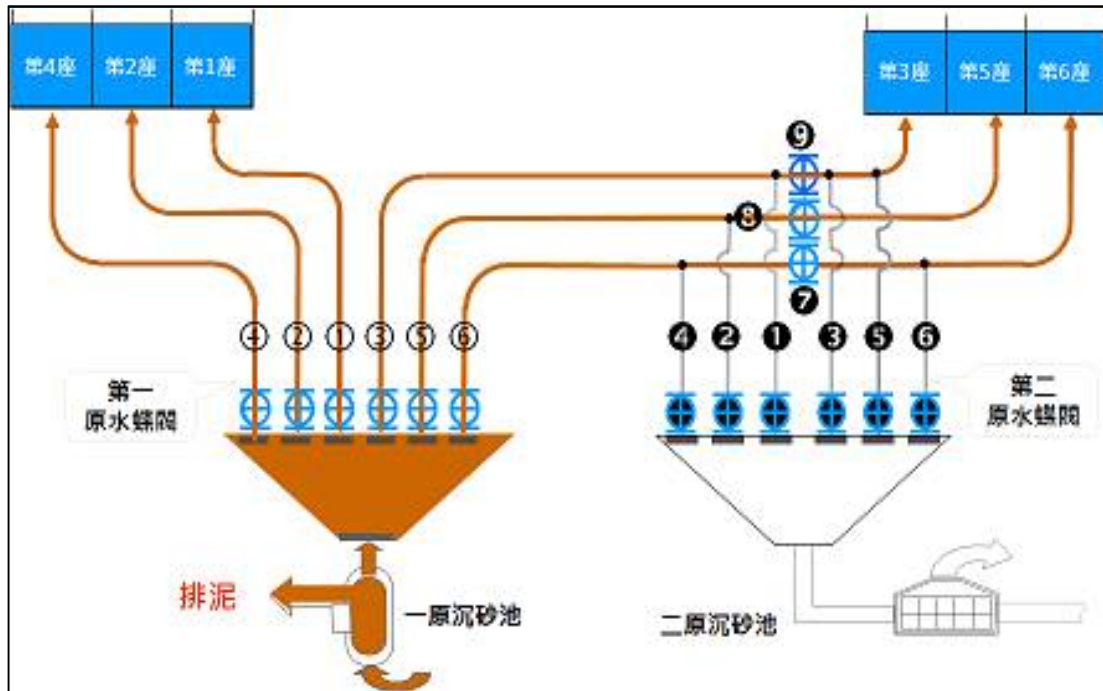


圖 3-16 原水路徑(正常狀態)

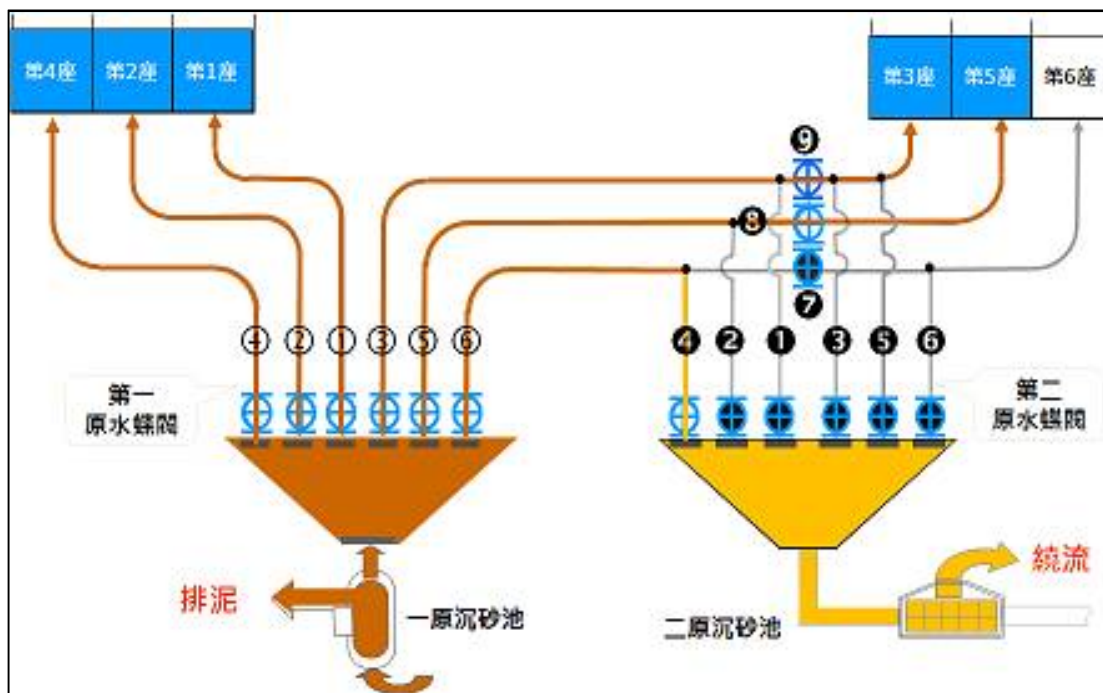


圖 3-17 原水路徑(繞流狀態)

(二)化繁為簡克服困難

本創新作法係活用場內既有淨水設備，只需改變操作模式不需投入任何成本，惟過程遭遇以下困難(1)蝶閥系統複雜：原水繞流需操作

大口徑 2600mm 蝶閥達 15 只，如何從複雜的蝶閥系統轉化為快速簡單操控模式；(2)全新操作模式：如何在短時間內，讓現場人員熟練全新的操作技術，是一大難題。

(三)訂定原水繞流操作標準作業程序

經同仁集思廣益後，明訂「原水繞流操作標準作業程序」(如附錄 1)，作為現場人員操作指南；再於 105 年 4~5 月密集進行 3 次全場「特高原水濁度淨水處理應變演練」，訓練人員克服恐懼沉著因應瞬息萬變的特高濁度原水

3.3.3 快速排除沉澱池淤泥

鑑於新店溪原水濁度日漸攀升加上颱風濁度遞延影響，如何快速且持續排除沉澱淤泥，以避免降低淨水處理效能，為目前淨水場操作面臨的重要課題。直潭淨水場建置第一、二座淨水設備時，沉澱池設置之鏈條式刮泥機，因故障率偏高且維修不易，功能不彰而全數予以拆除，嗣後第三至六座淨水設備即不再裝設刮泥機，在新設的刮泥機尚未完成前，直潭場以下列數種方式進行沉澱池淤泥的排除，以避免沉澱池之容積不足影響處理效能。

一、刮泥機建置前分析

(一) 自動排泥

係利用既設排泥設施採行自動排泥系統定時排除，但因為未設置刮泥機，當原水濁度飆高而產生大量淤泥、或沉澱淤泥經長時間壓密沉降而淤泥緊實度提高時，以電動閥自動排泥之方式在操作數分鐘後，集泥坑即形成漏斗效應，除漏斗中央的部分外，無法持續將淤泥排除，須以人工清理之方式始可排除沉澱池之淤泥。

(二) 人工清理

沉澱池人工清洗如(圖 3-18)，一般情況下，因沉澱池數量多達 49 池，每年之清洗頻率經統計僅約 4 次/年，經長期執行的經驗發現以下缺點且難以更進一步改進：

1. 清洗沉澱池期間所排空之程序水量(已加藥)與清洗時所耗用之水

量，均形成水資源浪費。

2. 單一沉澱池暫停使用以清洗之情況下，造成其餘沉澱池的停留時間降低、表面溢流率及水平流速增加、沉澱池效能減低，使沉澱水濁度上昇並提高快濾池負荷，影響出水品質。
3. 於颱風暴雨期間，無法及時清理原水夾帶進入沉澱池的大量淤泥，大幅降低沉澱池的處理效能，進而造成必需以降載之方式因應。



圖 3-18 人工清洗因高濁度累積大量淤泥之沉澱池

二、淤泥排除方案

目前市場上的刮、吸泥機組種類繁多，為了解其對直潭場運作之適用性，於 101 年 10 月第 1 座 7 號沉澱池內，同時安裝「軌道牽引式吸泥機」及「軌道牽引式刮泥機」兩種不同機種，期能在相同環境及條件下進行徹底比較，經過 101 年 11 月 1 日至 102 年 8 月 31 日進行的實場測試結果，兩種設備雖均可因應超過 5,000 NTU 之原水濁度，然刮泥機組所產生之廢水量僅吸泥機組之 42%；在充分考量產生之廢水量恐影響後端淤泥處理廠之尖峰負荷，進而限制過濾池反沖洗廢水排出，彼此交互影響形成惡性循環之情況下，直潭場最終決定採用符合實際需求之刮泥機組型式。

於 104 年度經歷蘇迪勒及杜鵑颱風肆虐後，針對前案試辦所得之成果，105 年度設計發包「直潭場沉澱池機械刮泥機新設工程」，此工程係於第 2 座及第 3 座、共計 16 池的沉澱池中設置 64 套刮泥機設備（每池 4 套），目前均已完成設置，其中第 2 座沉澱池共 32 套刮泥機歷經 105 年度汛期、9 月 14 日莫蘭蒂颱風、9 月 18 日馬勒

卡颱風及 9 月 27 日梅姬颱風的考驗，所有刮泥機均持續依淨水場需求正常運作中。本次施作之機械刮泥機於沉澱池中的配置、機械刮泥機安裝中及安裝後的照片等如圖 3-19 至圖 3-22 所示，以下針對刮泥機組的配置及運作方式進行介紹：

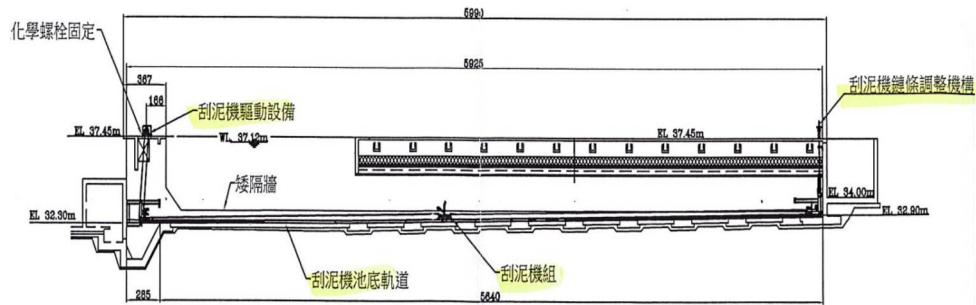


圖 3-19 刮泥機組配置圖



圖 3-20 刮泥機建置施工中照片



圖 3-21 刮泥機安裝後照片

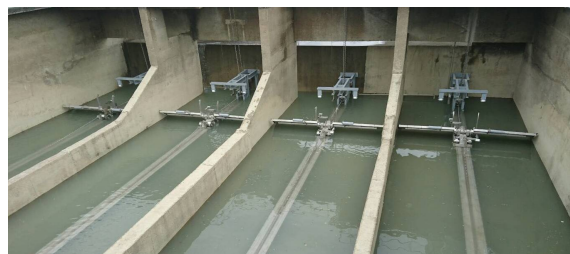


圖 3-22 刮泥機安裝後照片

沉澱池因內設隔牆而劃分為 4 道，每道各別設置 1 套機械刮泥機設備；各道的頭端（靠近膠凝池端）既設有集泥坑，而刮泥機設備則大致包含：軌道、台車（連同刮板）、牽引鏈條與其調整裝置、及驅動設備等部分。

首先，軌道安裝固定於池底各道的中央，台車則置於軌道上並設有導輪夾住軌道以避免脫軌或左右偏移及歪斜；台車前後均以牽引鏈條連結，並將鏈條環繞於驅動設備上，以驅動設備的轉動而帶動台車前進刮泥至沉澱池頭端的集泥坑以收集，並以虹吸排泥管進行淤泥之排除；此外，將刮泥板以機械方式翻轉為水平方向後，可退回至沉澱池的尾端（靠近沉澱水渠的出水端），再以相同的機械方式翻轉刮泥板至垂直方向以預備刮泥之動作，藉此反覆運行以刮泥、集泥並排泥；另外，牽引鏈條可經由調整裝置調整鏈條之鬆緊程度，以避免鏈條因長期之使用而日漸鬆馳。

三、成本效益分析

於沉澱池中設置刮泥機，除了可在平時持續刮泥、穩定出水品質外，最大的效益是可於高濁度原水期間，提供沉澱池即時及連續去除淤泥，並加速復水，亦可減低高濁度之受災風險，減少社會經濟龐大損失。

(一)人工清理費用

沉澱池清理頻率以 4 次/年計，單座淨水設備計 8 池沉澱池全年清理次數為 32 次/年：

單座淨水設備清理次數=4(次/年) \times 8(池/座)=32 次/年

可節省人工清理費用=32(次/年) \times 4,555(元/次)=145,760 元/年

(二)清理消耗水量

人工清理淤泥時，必須將膠凝池及沉澱池排空：

膠凝池水量=17.55m \times 60m \times 4.5m=4,698m³

沉澱池水量=15.5m \times 25m \times 5m=1,938m³

清理水量=2,400m³

單池之消耗水量=膠凝池水量+沉澱池水量+清理水量=9,036m³

單座淨水設備消耗水量=9,036m³ x 32 次/年=289,152m³/年

可節省水量成本=12.14 元/m³ x 289,152m³/年=3,510,305 元/年

(三)直接排放淤泥量

原水濁度超過 2,000NTU 時段單座淨水設備可直接排放之淤泥量
及可節省費用：

單座處理水量=500,000CMD

單一沉澱池面積=1,053m²

淤泥(乾基)比重=1.25

淤泥(溼基)含水率=97%

可直接排放之淤泥量(乾基)=966 噸(40%)

可直接排放淤泥體積(溼基)=25,764m³

(四)淤泥餅清運費

淤泥量(乾基)=966 噸

淤泥餅=1,610 噸(含水率以 40%計)

清運費=600 噸/元 x 1,610 噸=966,000 元

(五).操作動力費用

調勻池 1->重力式濃縮池之淤泥輸送動力

每台淤泥抽水機(溼井式)馬力=40Hp=29.84kw

每台淤泥抽水機(溼井式)容量=563m³/hr

操作時間=25,764m³ ÷ 563m³/hr ≒ 45.8hr

動力費用(1)=29.84(kw)x45.8(hr)x1.5(元/度)=2,050 元

重力式濃縮池->脫水機之淤泥輸送動力

每台濃縮淤泥抽水機馬力=50Hp=37.3kw

每台濃縮淤泥抽水機容量=1,080m³/hr

操作時間=25,764m³ ÷ 1,080m³/hr ≒ 23.9hr

動力費用(2)=37.3(kw)x23.9(hr)x1.5(元/度)=1,337 元

脫水機操作動力

每台注入泵馬力=150Hp=111.9kw

每台擠壓泵馬力=50Hp=37.3kw

$$\begin{aligned} \text{動力費用(3)} &= (111.9(\text{kw}) \times 7(\text{hr}) + 37.3(\text{kw}) \times 1(\text{hr})) \times 1.5(\text{元/度}) \\ &= 1174.9 \text{ 元} + 55.9 \text{ 元} = 1,231 \text{ 元} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{操作動力費用} &= \text{動力費用(1)} + \text{動力費用(2)} + \text{動力費用(3)} \\ &= 2,050 \text{ 元} + 1,337 \text{ 元} + 1,231 \text{ 元} = 4,617 \text{ 元} \end{aligned}$$

節省費用合計

$$\begin{aligned} \text{節省費用} &= \text{淤泥清運費} + \text{操作動力費用} \\ &= 966,000 \text{ 元} + 4,617 \text{ 元} = 970,617 \text{ 元} \end{aligned}$$

以第 2 座刮泥機組於 105 年 8 月施作完成投入運轉，經歷 105 年 9 月 3 次颱風所得之效益，可經由統計整理每次颱風各濁度區間之歷時，並結合表 3-3 之費用進行計算，計算結果如表 3-4 所示。結果顯示，第 2 座刮泥機組於安裝完成後，於颱風高濁度期間之平均處理水量約 35 萬 CMD，於 105 年 9 月的 3 次颱風共為直潭場節省約 289 萬的淤泥清洗、處理及清運費。

表 3-3 單座淨水設備於不同原水濁度下每日處理淤泥費用推估表

原水濁度 NTU	加藥量 ppm	淤泥量(乾基) 10 ³ kg/day	淤泥體積(溼基) m ³ /day	清運費 元	動力費 元	合計 元
2,000	70	1,005	26,809	1,005,355	4,751	1,010,106
3,000	80	1,506	40,163	1,506,120	6,505	1,512,625
4,000	90	2,007	53,517	2,006,885	8,258	2,015,143
5,000	90	2,507	66,850	2,506,885	10,009	2,516,894
6,000	100	3,008	80,204	3,007,650	11,762	3,019,412
7,000	100	3,508	93,537	3,507,650	13,513	3,521,163
8,000	110	4,008	106,891	4,008,415	15,267	4,023,682
9,000	110	4,508	120,224	4,508,415	17,017	4,525,432
10,000	120	5,009	133,578	5,009,180	18,771	5,027,951

表 3-4 第 2 座刮泥機組於 105 年 9 月 3 次颱風所節省之費用

原水濁度 NTU	單位費用 元/50 萬 CMD	颱風歷時(分)			節省費用(元)		
		莫蘭蒂	馬勒卡	梅姬	莫蘭蒂	馬勒卡	梅姬
2,000~2,499	1,010,106	165	165	90	81,019	81,019	44,192
2,500~3,499	1,512,625	225	375	195	165,443	275,739	143,384
3,500~4,499	2,015,143	105	90	165	102,856	88,163	161,631
4,500~5,499	2,516,894	90	-	15	110,114	-	18,352
5,500~6,499	3,019,412	-	-	45	-	-	66,050
6,500~7,499	3,521,163	-	-	60	-	-	102,701
7,500~8,499	4,023,682	-	-	30	-	-	58,679
8,500~9,499	4,525,432	-	-	15	-	-	32,998
9,500 以上	5,027,951	-	-	555	-	-	1,356,499
				合計	459,433	444,920	1,984,486
				總計	2,888,839		

3.3.4 整合加藥系統-提高加藥操作彈性

淨水處理的最大宗旨為有效去除原水中顆粒性物質及抑制微生物生長而產出潔淨的自來水。為達到淨化水質的目的，會添加適當的混凝劑、中和劑及消毒劑等藥劑來進行淨水處理。

直潭淨水場加藥室至沉砂池管線長：一原約 250 公尺；二原約 900 公尺，加藥期間若遇管線破損，依目前設計之控制模式，並無法即時發現，俟發現沉澱池濁度升高混凝失敗，已錯失最佳處理時間(15 分鐘內)，故為即時發現並即時切換為備援系統，我們的作為係在沉砂池藥管上加裝電磁流量計，藉由回授訊號與現有加藥室流量計進行比對分析，並設警報裝置輔助監控，除可確保藥品確實注入沉砂池，並可在第一時間掌控加藥管線異常，立即啟動應變措施。目前設有混凝劑(多元氯化鋁)、中和劑(氫氧化鈉)及消毒劑(液氯)等三套加藥系統：

一、多元氯化鋁加藥系統：

共設多元氯化鋁儲藥槽 9 槽(1、3、5、7、8、9、10、11、12 號)(圖 3-23)，每槽容量為 300 噸，總容量為 2700 噸，於滿槽時，平時可維持約 100 天之用藥，颱風暴雨高濁度時，則可維持約 15 天之用藥量。

加藥作業是淨水處理成敗的重要關鍵，加藥系統是由貯藥槽、加藥機、管線、閥類與流量計等構成，為確保加藥穩定及因應各種突發狀況，直潭場將 PAC 儲藥槽設計為 2 套獨立加注系統(1、3、5 號儲藥槽一套及 7、8、9、10 號儲藥槽一套，而 11、12 號為備用儲藥槽)，兩套加注系統各自運作互相支援，當加藥機組發生故障時，可由球閥連通控制，立即切換至備用加藥機組，大幅縮短應變時間，當使用中加注系統儲藥槽至低液位欲切換前，可先開啟另一套系統及儲藥槽同時加藥，俟加注量穩定後，再進行儲藥槽及系統切換，以避免於切換過程中，因加藥管路阻塞、管內空氣或清水及藥槽底部沉積物等因素影響加注量，進而導致淨水處理過程中混凝不佳而影響出水水質。

加藥設備大致可分為三段：藥槽濾網出藥段(儲藥槽至加藥控制系統：濾網、閥類與管線)、控制系統段(加藥控制系統：加藥機、管線、閥類與流量計)及藥劑加注段(加藥控制系統至加注點：管線、閥類與流量計)，為維持加藥設備正常功能，避免加藥量不穩定影響水處理效果，在藥槽濾網出藥段須注意定時清理藥槽濾網以防阻塞，控制系統段則須注意加藥機、管線、閥類與流量計的阻塞或設備故障，藥劑加注段則須注意管線的阻塞、接頭脫落，並須定時巡檢管線，並參照自來水設備檢驗項目及期程表進行維護管理。

二、氫氧化鈉加藥系統：

於原水濁度升高，多元氯化鋁劑量增加時，會使水中酸鹼度下降，進而影響混凝沉澱效果，此時必須添加中和劑來調整水中酸鹼度值，以維持多元氯化鋁在最佳酸鹼值下達到良好的混凝狀況。

直潭場以氫氧化鈉作為調整酸鹼度值之中和劑，共設儲藥槽 3 槽 (2、4、6)(圖 3-23)，每槽容量為 300 噸，總容量為 900 噸，於滿槽時，平時可維持約 150 天之用藥，颱風暴雨高濁度時，則可維持約 20 天之用藥量。

加藥系統及設備與多元氯化鋁系統一致，均是由貯藥槽、加藥機、管線、閥類與流量計等構成，直潭場氫氧化鈉系統雖只設計為 1 套加注系統，但加注系統設有兩條單獨的加注管線，可互相支援運用，確保加藥穩定及因應各種突發狀況，以避免淨水處理過程中混凝不佳而影響出水水質。

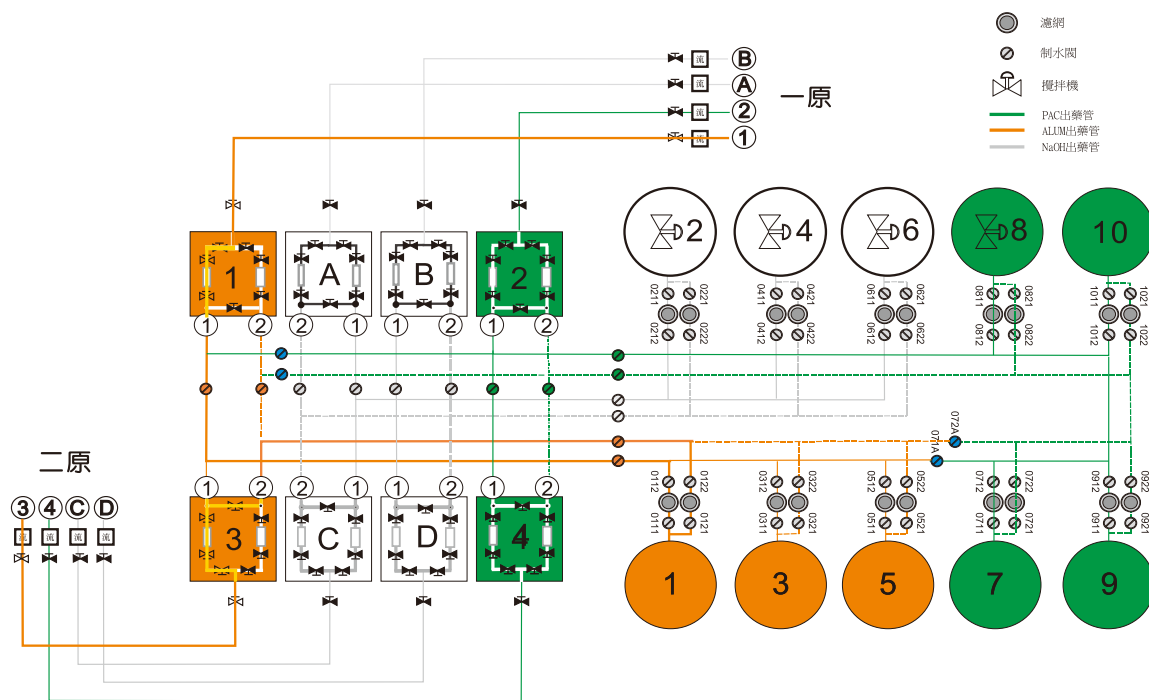


圖 3-23 混凝劑加注系統

三、液氯加藥系統:

自來水多以氯氣或次氯酸鈉消毒，當氯氣溶於水中會變成次氯酸或次氯酸根離子，即俗稱有效餘氯，因次氯酸具有極高的氧化能力，如自來水含有有效餘氯，它在配水管中停留時可預防細菌(病原菌)的滋生，有效餘氯在自來水的安全衛生上扮演極重要的角色。

由於氯具腐蝕性當發生加氯機器故障或鋼瓶洩漏，容易會造成人員的傷亡。所以相關運作設備需定期清洗與耗材更換，如可撓性銅管(建議每半年更換)，相關主要組件每年至少拆卸清洗一次並更換墊圈、墊片等耗材，如真空調節逆止閥、加氯機、蒸發器.....等，這些組件拆卸清洗時須注意殘留於設備管線中的氯，須先進行氯完全排除動作，而這些維護需委由專業廠商進行

氯水加注於淨水設施前端的稱為前加氯主要在於改善混凝、減少沉澱池有機物、分解異味與控制藻類生長延長快濾濾程，而加注於淨水設施後端的稱為後加氯主要在於維持配水系統足夠的有效餘氯。使用液氯作為消毒劑，平時存放約 30 只，重量 1,000 公斤(不含空桶重)之儲氯桶，可維持約 14 天之消毒殺菌用藥量。加注設備自液氯鋼瓶、減壓閥、加氯機、加氯管路、氯水加壓泵浦、清水管路至氯水注入器，均採獨立且雙系統方式進行加氯(圖 3-24)，以確保加氯量穩定及因應各種突發狀況時，互相支援。

自減壓閥、加氯機、加氯管路、氯水加壓泵浦、清水管路至氯水注入器，均採獨立且雙系統方式進行加氯。加氯機組經由化繁為簡設計後，具各期系統明確、控制閥易辨識、操作淺顯易懂等優點。另加氯機改為獨立系統運作後，搭配負壓開關，可即時對負壓偏離操作點發出警訊，大幅縮短值班人員應變時間。

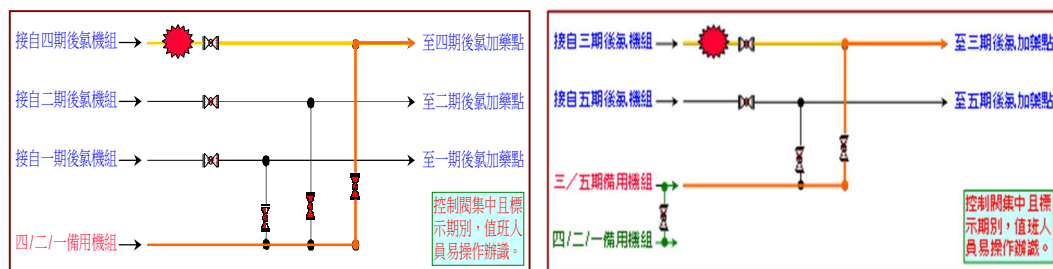


圖 3-24 加氯雙備援系統

後加氯管路改善部分：4、2、1 期及 3、5 期後氯，採各期獨立系

統方式進行加注，並增設 1 條備用管路，且控制閥集中、期別標示清楚，當後氣故障或維修時，值班人員能立即切換至備用管線供應後氣，避免影響正常後氣加注作業。另兩組備用系統並相互支援連通，具備雙備援功能。

四、儲藥槽系統:

直潭場將儲藥槽設計為 2 組獨立系統，可預防切換過程，因管路阻塞、管內空氣或清水、藥槽底部沉積物等因素，影響藥品加注，致混凝失敗情況發生；另當加藥機組發生故障時，可由新設不銹鋼球閥連通控制，立即切換至備用加藥機組，大幅縮短應變時間。

五、加藥儀控系統:

加藥室儀控改善部分：整合中和設備、氣筒組、液氯管路、蒸發器、加氯機、氯水加壓泵浦、儲藥槽、加藥控制設備、水質儀器、第 1、2 加藥室藥槽連通管路、原水系統控制閥及流量計、加氯及加藥設備操作桌等系統，並建置一套馬賽克流程板輔助操作(圖 3-25)。

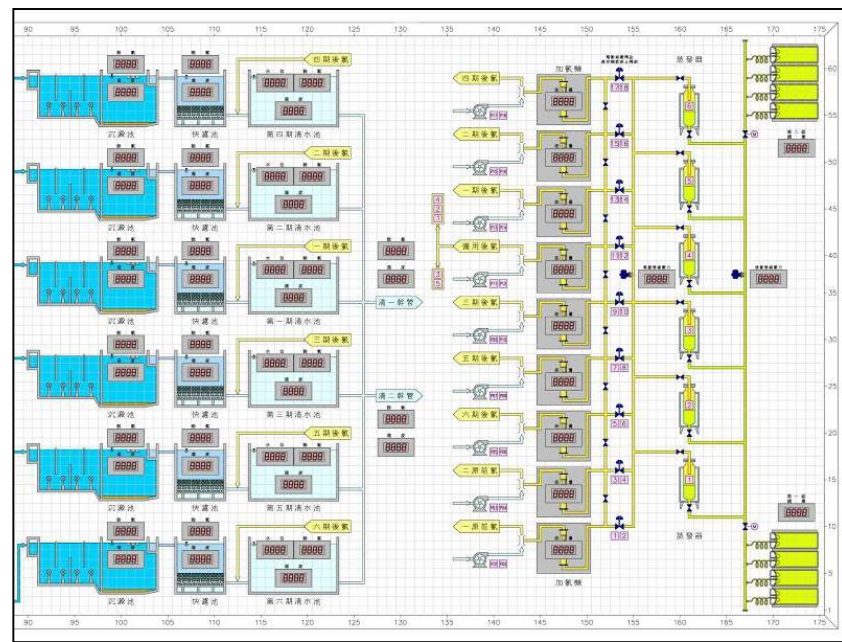
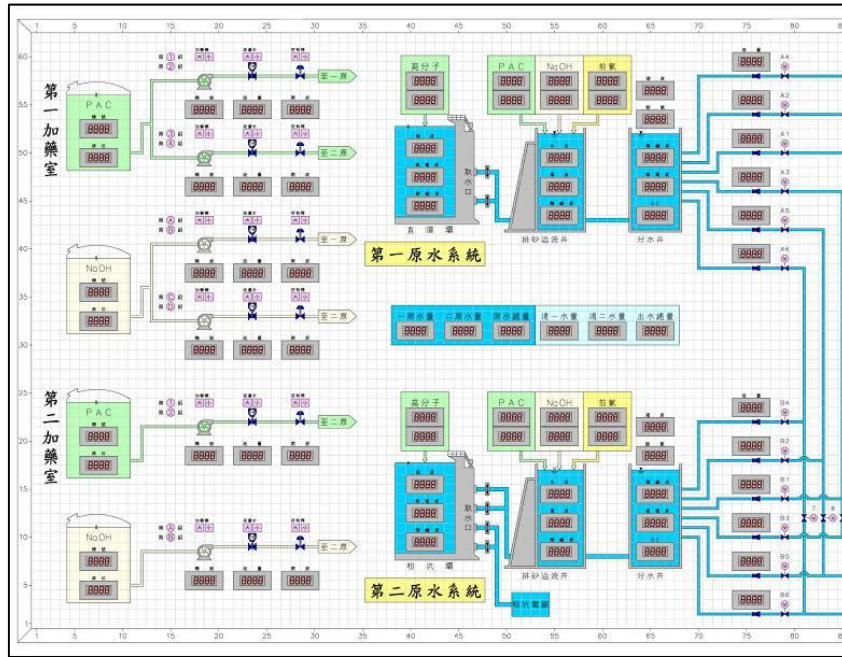


圖 3-25 全流程的加氯加藥監控系統

3.4 水源系統-翡翠專管確保供水穩定及安全

3.4.1 通盤檢討

臺北地區自來水之原水水源主要取自新店溪及其支流南、北勢溪，自來水系統中已完成 3 條主要原水輸水路，如圖 3-26 所示，包括 1 條由青潭堰取水口引取後，經原水輸水路分別將原水送至長興及公館淨水場之青潭原水輸水路。另 2 條為直潭淨水場的原水路，其中第一原水路由直潭壩取水口引取後，將原水送至直潭淨水場；第二原水路自粗坑堰取水口至仁和橋附近，係利用台電小粗坑電廠頭水路，於屈尺社區築設分水工引取原水進入新設原水輸水路至直潭淨水場。上述 3 條原水路均需於南北勢溪匯流後之新店溪河道取水。



圖 3-26 北水處原水輸水路架構圖

104 年 8 月 7 日蘇迪勒颱風來襲時，因上游集水區強降雨，新店溪上游土石流災情嚴重，造成南勢溪原水濁度大幅飆升至歷年來新高 39,300 度，超過淨水處理能力，且 1 萬度以上期間長達 12 小時，造成淨水處理極大困難，故有停水情事發生，考量目前水土保持不佳，

且土石已鬆動，未來發生暴雨及颱風時，可能再發生高濁度狀況，若水質持續惡化，將造成大臺北地區供水之危機，故如何於南勢溪高濁度期間只取較低濁度原水，以確保大臺北地區供水穩定及安全，實為當務亟需解決之難題。

自從 104 年 8 月 7 日蘇迪勒颱風南勢溪原水濁度飆升至歷年來新高 39,300 度後，同(104)年 9 月 28 日杜鵑颱風 22,800 度、105 年 9 月 27 日梅姬颱風亦達 19,800 度，顯見南勢溪特高濁度原水已成為常態，淨水場針對各種淨水處理設備進行改善，雖於梅姬颱風期間驗證確有成效，惟畢竟並非長久之計，是以，一勞永逸解決方式之重責大任，即加速翡翠專管的完成。

翡翠水庫既有設施已具有分層取水功能，惟當發生颱風或暴雨時，翡翠水庫清澈庫容水與南勢溪特高濁度川流水混合後，原水濁度仍無法有效降低。95 年 12 月北水處為因應未來可能發生原水濁度特高之狀況，即已研擬於翡翠水庫下游增設取水口，設置直潭二原延伸段專管可行性評估方案(如圖 3-27 所示)，於南勢溪高濁度時，可直接取用翡翠水庫濁度較低水源，降低淨水處理困難度。蘇迪勒颱風事件後，北水處再重新啟動該專管可行性評估方案。

目前翡翠專管已於 105 年 6 月完成可行性評估報告(相關作業期程及新路線規劃如圖 3-28)，並於 106 月 3 月 14 日完成委託技術服務決標作業，工程項目包括：隧道工程(輸水隧道、輸水涵渠)、水利工程(引水堰及取水口、出水口及涵渠銜接段)及其他配合工程等，工程經費總計為 20 億元，總計畫期程 6 年，預計 106 年~108 年辦理規劃設計作業(包含環評及土地取得)，施工期程為 108 年~111 年，預計 111 年完工，其主要工程項目及經費概估如表 3-5。

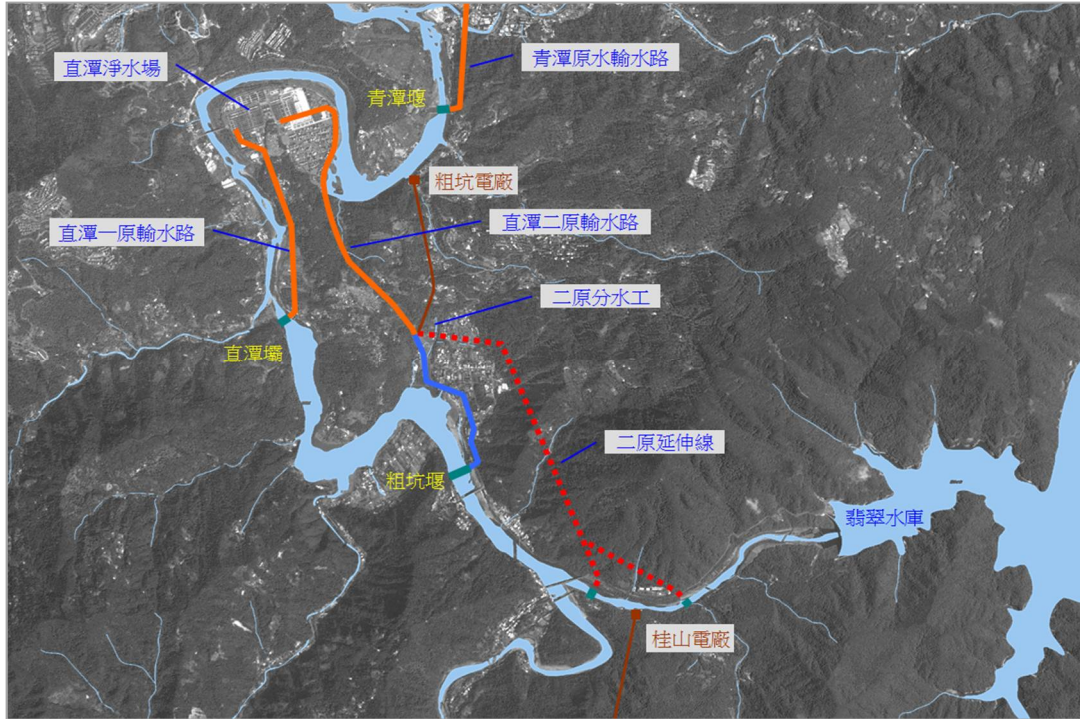


圖 3-27 北水處翡翠專管原評估路線圖

起迄點	翡翠水庫下游增設取水口，設置專管銜接至粗坑壩附近	
管線長度	2.8KM	
經費	20億元	
期程	規設(含環評)4年；施工4年	
辦理情形	可行性評估案已於105年9月完成，目前辦理設計及環評作業	
說明	1. 需辦理土地取得 2. 需進行環評(審查單位為新北市；本案取水量31.25CMS>規定2CMS)	

可行性評估	用地取得 (含都計變更)	委設招標	環評作業 (含調、審查)	設計及 招標作業	施工作業
104.11~105.9	105.06~107.12	106.01~106.04	106.05~107.06	106.05~107.12	108.01~111.05

圖 3-28 北水處翡翠專管作業期程及新路線規劃圖

表 3-5 翡翠專管主要工程項目及經費概估表

工程項目	工程費用概估 (仟元)
一、規劃及細設階段作業費用(測量、地質調查、環境影響評估、基本設計、細部設計費)	57,000
二、用地徵收取得及拆遷補償費	27,000
三、直接工程費	1,700,000
(一)隧道工程費(輸水隧道長約 2,400m，含隧道洞口結構設施)	800,000
(二)水利工程費(含取水工：取水堰體、固床工及取水口設施等、出水工：消能池、粗坑頭水路銜接結構及出水口設施等)	700,000
(三)其他配合工程費(取水口及出水口等相關既有設施配合改善)	200,000
五、間接工程費(工程管理、環境監測、空污、用地補償等費用)	116,000
六、工程預備費	50,000
七、物價調整費	50,000
經費總計	2,000,000

3.4.2 翡翠專管效益評估

一、可量化效益

(一)確保原水取水量

工程完成後於颱風暴雨時取得翡翠水庫低濁度之原水，可降低淨水場處理原水之負荷，以達成不斷水且出水品質優良成效，亦可確保直潭第二條原水輸水路 270 萬 CMD 之輸水量及提升原水系統備援能力。

(二)經濟效益

1. 降低淨水成本：蘇迪勒颱風期間，104年8月為降低原水濁度，用品費用增約1,900萬元，淤泥清運費增約4,000萬元，成本支出平均每天增加約245萬元。
2. 減少水費減免補償：蘇迪勒颱風後，北水處減免臺北市及新北市部分地區153萬用戶基本費和用水費，1戶平均可退約30元。計畫實施後將可減少退費狀況，亦為計畫直接效益。

二、不可量化效益

計畫執行後，可排除南勢溪高濁度原水因素，故北水處淨水設施可運作，系統不致中斷供水，避免供水管網系統內負壓產生污染水質風險效益，及避免造成人民生命財產、政治、社會、經濟龐大損失，有助提升政府形象，打造不缺水的城市(北水處工程總隊，2016)。

第4章 實場驗證與效益分析

本研究對於預警、取水、淨水、操作等系統行改善，其脆弱點、採取措施、經費、施工日期以及功效等資訊茲綜整如表 4-1。

表 4-1 各項改善措施相關資訊彙整

系統	脆弱點	採取措施	經費(仟元)	施工日期	功效
預警	水源集水區崩塌	翡翠一號橋河堤旁新設濁度偵測系統	5,300	105/1~105/4	提前預警
取水	壩區取水口淤塞	耙/攔污設施改善、直潭壩取水口前庭清淤	9,200	105/12~106/3	穩定取水
	無多元取水方案	翡翠專管計畫	2,000,000 (估計)	108/1~111/5 (估計)	
淨水	高濁度遞延效應	沉砂池擋板	10,200	104/12~105/1	降低原水濁度
		第2、3座沉澱池刮泥機	145,200	105/3~106/1	維持沉澱池效能
操作	停水後復水耗時	原水繞流作業	無(配合場內既有設施操作，不需施工)		縮短復水時間

自 104 年強颱蘇迪勒以及杜鵑颱風後，直潭淨水場積極完成一系列軟/硬體改善工程，歷經 105 年尼伯特、莫蘭蒂、馬勒卡以及梅姬颱風(最高濁度 19,800NTU，圖 4-1)考驗，茲以梅姬颱風為例，實場驗證結果之具體成效如下：

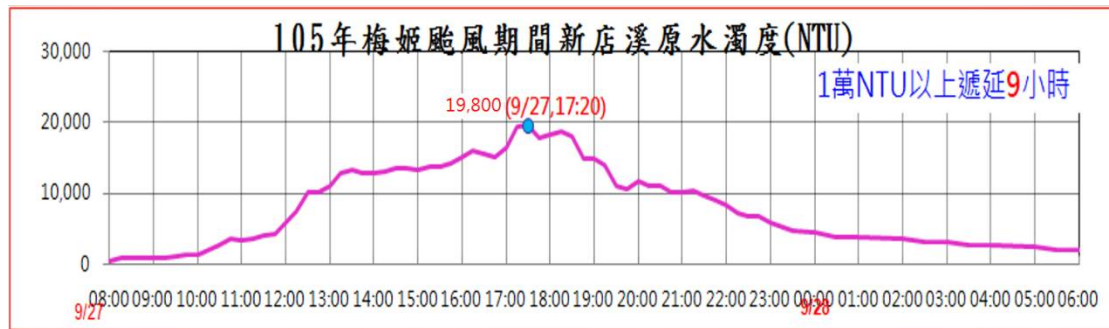


圖 4-1 梅姬颱風期間新店溪原水濁度

4.1 有形效益

4.1.1 增加直潭壩庫容

於 104 年 10 月至 106 年 1 月期間，利用汛期洪流進行水力排砂，可節省大筆庫區清淤費用，減緩庫容淤積，增加蓄水範圍內庫容蓄水量，第一次清淤量約 19.3 萬 m^3 ，蓄水區庫容由 63% 提升至 82%，第二次清淤量約 8.8 萬 m^3 ，蓄水區庫容由再 82% 提升至 91%，總計增加了 28% 的蓄容量(總清淤量約 28.1 萬 m^3)，有效提升取水穩定度。

4.1.2 降低原水濁度- 提高淨水承受能力

沉砂池增設檔板的沉降效果誠如預期，即颱風期間自取水口超高濁度原水加注高分子聚凝劑，約 25 分鐘後進入沉砂池，可明顯觀察到膠羽顆粒形成及分層沉降，且原水濁度愈高，沉降幅度愈大，可由梅姬颱風期間之淨水處理歷程得到驗證(圖 4-2、圖 4-3)。

梅姬颱風期間，取水口原水濁度高達 19,800NTU，加注 8ppm 高分子凝劑，經沉砂池檔板緩衝沉降後，沉砂池出口濁度明顯下降，以 10:15~23:45 取水口及沉砂池濁度進行沉降幅度統計結果，原水濁度於 2,400NTU 至 19,800NTU 區間，最小降幅為 6%，且濁度降幅隨

原水濁度上升而增加，最大降幅為 57%，平均降幅為 27%(表 4-2)。

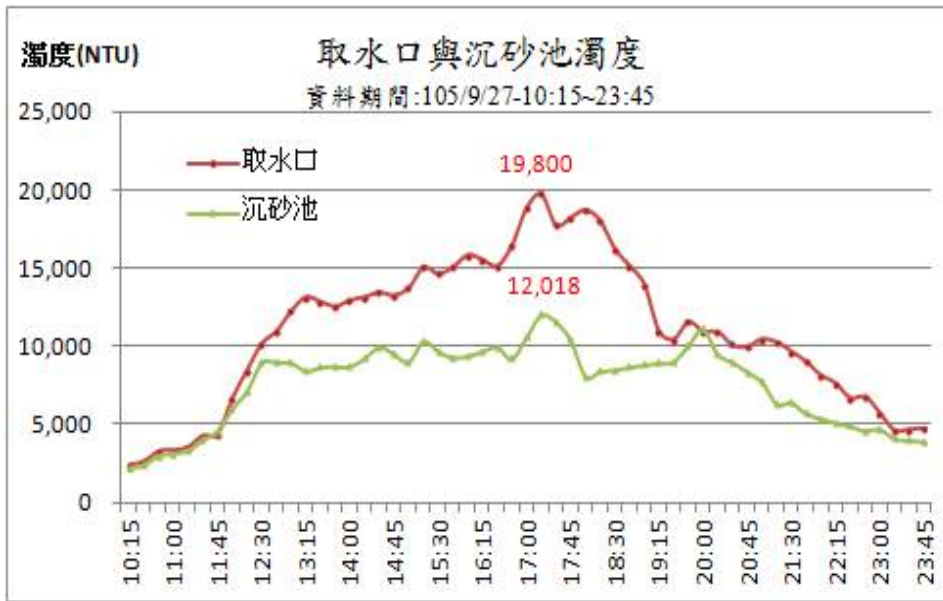


圖 4-2 取水口與沉砂池濁度比較

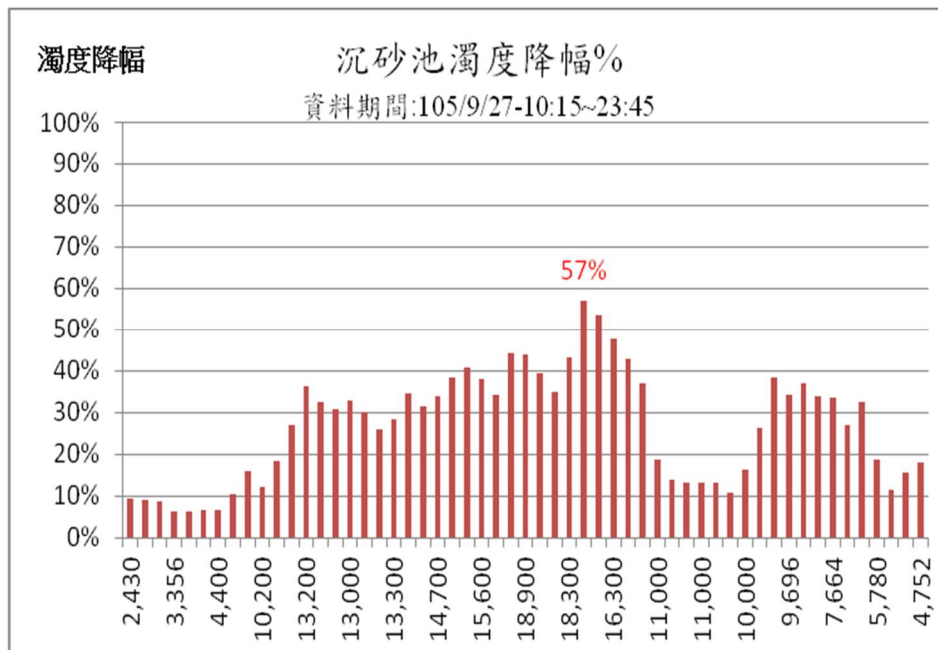


圖 4-3 沉砂池濁度降幅

表 4-2 梅姬颱風濁度降幅統計表

時間	取水口	沉砂池	差值	降幅	時間	取水口	沉砂池	差值	降幅
	NTU	NTU	NTU	%		NTU	NTU	NTU	%
10:15	2,400	2,200	200	8%	17:15	19,800	12,000	7,800	39%
10:30	2,700	2,400	300	11%	17:30	17,800	11,600	6,200	35%
10:45	3,300	3,000	300	9%	17:45	18,300	10,400	7,900	43%
11:00	3,400	3,100	300	9%	18:00	18,800	8,100	10,700	57%
11:15	3,600	3,400	200	6%	18:15	18,100	8,400	9,700	54%
11:30	4,300	4,000	300	7%	18:30	16,300	8,500	7,800	48%
11:45	4,400	4,600	(200)	7%	18:45	15,200	8,700	6,500	43%
12:00	6,700	6,000	700	10%	19:00	14,000	8,800	5,200	37%
12:15	8,500	7,100	1,400	16%	19:15	11,000	8,900	2,100	19%
12:30	10,200	9,000	1,200	12%	19:30	10,500	9,000	1,500	14%
12:45	11,000	9,000	2,000	18%	19:45	11,600	10,100	1,500	13%
13:00	12,300	9,000	3,300	27%	20:00	11,000	11,100	(100)	13%
13:15	13,200	8,400	4,800	36%	20:15	11,000	9,500	1,500	14%
13:30	12,900	8,700	4,200	33%	20:30	10,100	9,000	1,100	11%
13:45	12,600	8,700	3,900	31%	20:45	10,000	8,400	1,600	16%
14:00	13,000	8,700	4,300	33%	21:00	10,500	7,700	2,800	27%
14:15	13,200	9,200	4,000	30%	21:15	10,300	6,300	4,000	39%
14:30	13,500	10,000	3,500	26%	21:30	9,700	6,400	3,300	34%
14:45	13,300	9,500	3,800	29%	21:45	9,100	5,700	3,400	37%
15:00	13,800	9,000	4,800	35%	22:00	8,200	5,400	2,800	34%
15:15	15,100	10,300	4,800	32%	22:15	7,700	5,100	2,600	34%
15:30	14,700	9,700	5,000	34%	22:30	6,700	4,900	1,800	27%
15:45	15,100	9,300	5,800	38%	22:45	6,800	4,600	2,200	32%
16:00	15,900	9,400	6,500	41%	23:00	5,800	4,700	1,100	19%

16:15	15,600	9,700	5,900	38%	23:15	4,600	4,100	500	11%
16:30	15,200	10,000	5,200	34%	23:30	4,700	4,000	700	15%
16:45	16,500	9,200	7,300	44%	23:45	4,800	3,900	900	19%
最大值									57%
最小值									6%
平均值									27%

4.1.3 減輕沉澱池淤泥負荷-充分發揮設備潛能

以取水口及沉砂池濁度差距產生之濁度降幅估算原水經沉砂池檔板緩衝沉降，13.5 小時減少之乾淤泥量約 2,440 噸(表 4-3)。減少乾淤泥量之效益可自沉澱淤泥累積高度獲得驗證。特高濁度處理期間，包括沉砂池排砂、分水井繞流、第 2 座刮泥機自動連續刮泥及第 1、4、5、6 座手動強力排泥等單元操作，有效降低沉澱池累積淤泥，平均每池淤泥累積高度自颱風前為 0.53m，颱風後為 0.71m，僅增加 0.2m(表 4-4)，仍有效維持沉澱池應有之效能，有別於往年風災過後，除免於急需人工清理沉澱淤泥之困窘，距淤泥翻揚臨界高度 2m 尚有充分餘裕以因應接踵而至之颱風侵襲。減少沉澱淤泥的累積高度除可維持沉澱池應有的效能，亦使各座沉澱水濁度都維持在內控值 2.0NTU 以下，平均值僅 1.1 NTU(表 4-5)，相對也減輕快濾池操作負荷，因此濾程仍維持平日 72 小時的頻率，並未啟動緊急密集反沖洗操作，節省場內清水耗損(註：反沖洗次數- 梅姬 27 次/日，蘇迪勒 61 次/日，杜鵑 48 次/日)。

進一步針對第 1、2 及 4 座沉澱池之平均淤泥累積曲線整理如圖 4-4 所示，由圖可知即使於梅姬颱風前加速清洗第 1 座及第 4 座之沉澱池，使此兩座沉澱池淤泥可於颱風前降至平均 0.8 m 以下之高度，但於颱風過後其淤泥依舊迅速累積，且由於待清洗之沉澱池尚多達 33 池 (6 座共 49 池，扣除第 2 座 8 池設有刮泥機、第 3 座 8 池刮泥機施工中)，需依淤泥累積的緊急程度排定清洗，如清洗不及則會影響

沉澱池之處理效能；相反的，設有刮泥機的第 2 座則不受限於人力清洗及排程之影響，可長時間維持相對低的淤泥累積高度，確保沉澱池之效能。

表 4-3 梅姬颱風淤泥減量統計表

時間	取水口濁度	沉砂池濁度	處理量(萬 CMD)	PAC 劑量(ppm)	淤泥量估算 (公噸)*
10:15	2,400	2,200	156.97	73	4
10:30	2,700	2,400	164.22	80	4
10:45	3,300	3,000	175.34	80	6
11:00	3,400	3,100	177.08	80	4
11:15	3,600	3,400	177.13	80	4
11:30	4,300	4,000	178.61	81	6
11:45	4,400	4,600	178.27	100	不合理(剔除)
12:00	6,700	6,000	172.35	105	13
12:15	8,500	7,100	158.86	103	23
12:30	10,200	9,000	137.29	117	18
12:45	11,000	9,000	124.68	121	26
13:00	12,300	9,000	123.61	134	43
13:15	13,200	8,400	129.10	153	65
13:30	12,900	8,700	130.84	161	58
13:45	12,600	8,700	131.43	181	54
14:00	13,000	8,700	118.95	205	53
14:15	13,200	9,200	111.89	276	47
14:30	13,500	10,000	113.36	274	42
14:45	13,300	9,500	113.36	275	45
15:00	13,800	9,000	112.28	271	56
15:15	15,100	10,300	112.35	254	56
15:30	14,700	10,000	112.58	255	59
15:45	15,100	9,300	115.56	246	70
16:00	15,900	9,400	117.26	244	80
16:15	15,600	9,700	116.89	246	72
16:30	15,200	10,000	113.16	252	62
16:45	16,500	9,200	108.64	265	83
17:00	18,900	10,600	111.41	256	97
17:15	19,800	12,000	112.82	252	92
17:30	17,800	11,600	115.38	246	75
17:45	18,300	10,400	117.00	245	96
18:00	18,800	8,100	119.56	239	134
18:15	18,100	8,400	120.72	236	122
18:30	16,300	8,500	121.31	236	99
18:45	15,200	8,700	127.55	225	87
19:00	14,000	8,800	126.12	227	68
19:15	11,000	8,900	125.47	229	27
19:30	10,500	9,000	122.93	232	19
19:45	11,600	10,100	122.46	234	20
20:00	11,000	11,100	120.88	237	不合理(剔除)
20:15	10,960	9,500	120.38	238	19
20:30	10,100	9,000	130.52	218	15
20:45	10,000	8,400	137.23	210	24
21:00	10,500	7,700	140.07	207	41
21:15	10,300	6,300	136.93	215	57
21:30	9,700	6,400	126.40	228	44
21:45	9,100	5,700	126.30	235	45

22:00	8,200	5,400	140.13	212	41
22:15	7,700	5,100	151.89	180	41
22:30	6,700	4,900	156.57	177	30
22:45	6,800	4,600	161.68	178	38
23:00	5,800	4,700	163.24	168	19
23:15	4,600	4,100	164.27	159	10
23:30	4,700	3,980	161.46	164	13
23:45	4,800	3,900	161.67	162	15
				合計	2440

淤泥量=處理水量 x[原水濁度+0.153xPAC 加注率]/1000 (高肇藩，1980)

表 4-4 梅姬颱風前後淤泥累積高度比較表

單位：m	第 1 座	第 2 座	第 3 座	第 4 座	第 5 座	第 6 座	平均
9/26 颱風前	0.53	0.11	施工 停水	0.48	0.48	1.08	0.54
9/28 颱風後	0.81	0.17		0.87	0.73	1.12	0.74
淤泥累積高度	0.28	0.06	----	0.39	0.25	0.04	0.20

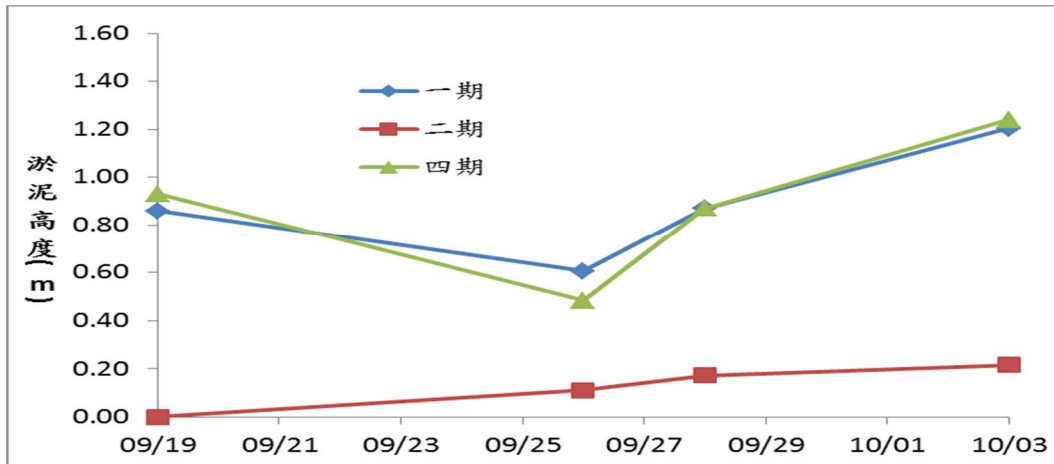


圖 4-4 第 1、2 及 4 座的平均淤泥累積曲線

表 4-5 梅姬颱風期間各座沉澱水濁度

單位：NTU	第 1 座	第 2 座	第 3 座	第 4 座	第 5 座	第 6 座	平均
最大值	1.7	1.9	施工 停水	1.6	1.8	1.7	1.7
最小值	0.8	0.6		0.5	0.6	0.5	0.8
平均值	1.1	1.1	----	0.9	1.0	1.1	1.1

4.1.4 減少經費支出

本案沉砂池檔板工程費用 1,020 萬元、需時 1 個月，若重建沉砂池並達到類似效益，經環興科技股份有限公司評估需耗費 2.4 億、需時 3 年 4 個月，故本創新大幅節省 2.3 億元經費支出並縮短工期提前展現效益。

4.1.5 減量出水無須停水便民

梅姬颱風期間平均出水量約 134 萬 CMD，而減水期間(約 6 小時)仍維持約 118 萬 CMD，約正常出水量 180 萬 CMD 之 2/3，可讓至少 236 萬市民免於缺水之苦。

4.2 無形效益

4.2.1 提升市府及北水處形象

特高濁度期間減量取水而不停水，原水繞流操作奏效，在短時間內即恢復正常出水，獲媒體專文報導(附錄 2)。另媒體比較 104 年蘇迪勒颱風與 105 年梅姬颱風，二者之路徑、雨量及風力皆相似(附錄 3)，而梅姬颱風影響臺灣的時間較長，惟梅姬颱風期間仍維持良好出水水質，有效提升北水處形象。

4.2.2 信心重建士氣提振

歷經 104 年蘇迪勒及杜鵑颱風殘酷考驗和挫敗打擊，直潭淨水場同仁士氣低落，對於如何面對未來更嚴峻的挑戰，信心重建成為首要之務。經由 105 年連續尼伯特、莫蘭蒂、馬勒卡及梅姬颱風的洗禮，雖梅姬颱風原水濁度驟升 12,000NTU 以上持續約 6 小時，在沉砂池檔板以及原水繞流操作等創新作法奏效下，水質水量皆達到預期目標，證明只要記取失敗的經驗，剖析危害因子尋求解決之道加以改善，我們絕對有成功處理特高濁度的能力。

4.3 精進方案

有鑑於颱風暴雨期間，原水夾帶大量漂流物及泥沙淤積取水口，直接影響取水水量及水質穩定性，在翡翠專管工程尚未完成前，淨水場如何精進淨水處理操作極為重要。因此，我們設定採取的策略是決

戰境外，也就是希望在場外即先行排出漂流物及淤泥，除了能夠確保取水之穩定性外，最主要可避免淤泥造成後端場內沉澱池負荷。

為了尋找最適的水工設施，北水處自 105 年年初起，除陸續參訪台水公司平鎮淨水場、南水局高屏溪攔河堰及北水局榮華壩等設備外，亦邀請專家學者辦理「因應高濁度原水淨水處理專家座談會」，期能將效益發揮至最大，相關參訪心得如下：

一、平鎮淨水場(105/1/12)

平鎮場座落於平鎮工業區內，總設計出水量為 60 萬 CMD，主要供應臨近 8 個行政區 30 萬戶民生用水及觀音、大園、中壢、平鎮、幼獅等五大工業區產業用水。平鎮場主要原水來源為石門水庫，為降低颱風暴雨所帶來特高濁度原水，於場區施作一座原水調節池(初沉池/容量 7.2 萬 CMD，如圖 4-5)，經實際操作驗證，確可進行緩衝沉降並有效降低原水濁度(6,000→2,000NTU)。



圖 4-5 平鎮淨水場原水調節池(初沉池)

二、北水局榮華壩(105/4/18)

榮華壩主要功能係攔截大漢溪砂石以免大量流進石門水庫造成淤積，並利用水位落差提供台電義興電廠發電使用。壩區淤積至民國 101 年已達 99.39%，目前並無攔砂功能，然為充分利用水資源維持發電功能，北水局於 102 年委託中興工程於發電取水口及排砂閘門前，施作導流牆設施(如圖 4-6)，經實際操作驗證，確可增加水力排砂效果及提高發電取水效能。



圖 4-6 北水局榮華壩導流牆設施

綜上所述，我們擬訂決戰境外的精進方案為：於取水口設置導流牆及於直潭場內設置初沉池等兩項策略，惟經環興科技股份有限公司於「直潭淨水場第一座快濾池設備改善工程委託技術服務案」直潭場原水高濁度因應方案評估報告(附錄 4)指出，若重建沉砂池需耗費 2.4 億、需時 3 年 4 個月，故本策略雖可減輕後續濾前處理沉澱池之負荷，惟完工後與翡翠專管相互競合，效益可能大幅降低。另外，若於取水口設置導流牆設施(示意圖如圖 4-7)，除可將第一道防線由場內沉砂池往前推移至上游取水口處，未來即使翡翠專管完成後，在專管取水期間，亦可把漂流物及淤泥導流至直潭壩排放，避免漂流物及河道底泥湧入取水口，俟系統取水由專管轉換至一原取水口時，始可確保取水穩定。



圖 4-7 北水處直潭壩取水口導流牆設施示意圖

第5章 結論與建議

5.1 結論

- 一、經淨水場綜合評估結果發現，直潭場並未存在難以改善的重大問題而阻礙較佳化的推動，惟顯示整體淨水處理效能尚未充分發揮，進一步分析程序水質，由數據顯示沉澱水及過濾水濁度超出內控標準均小於 2%，皆發生在颱風侵襲期間，顯示面對颱風高濁度的影響，淨水場之處理效能仍存在一定程度的風險。
- 二、經本研究分析後發現，颱風高濁度期間存在集水區崩塌、壩區取水口淤塞、取水方案不足、高濁度延時以及停水後復水耗時等諸多脆弱點，針對各項脆弱點採取了增設預警系統、壩區取水口清淤、翡翠專管計畫(執行中)、沉砂池增設檔板、沉澱池增設刮泥機、高濁度期間繞流作業等措施，經 105~106 年尼伯特、莫蘭蒂、馬勒卡、梅姬、尼莎以及卡努(共伴效應)颱風等驗證，有效提前預警、穩定取水、降低原水濁度、維持沉澱池效能以及縮短復水時間。
- 三、面臨強降雨導致札孔溪、南勢溪等水源集水區崩塌，稍有大雨新店溪濁度動輒數千 NTU，導致壩區取水口淤塞、颱風遞延效應等脆弱點，直潭場仍由預警、取水、淨水、操作以及水源系統等面向積極改善，105 年歷經尼伯特、莫蘭蒂、馬勒卡以及梅姬颱風洗禮，仍能維持穩定的供水水質及水量，獲報章媒體肯定；106 年卡努颱風及東北季風共伴效應雖致原水濁度最高達 11,870 NTU，期間大於 6,000NTU 以上長達 10 小時，雖達減量取水標準，在北水處緊急應變下，除維持正常出水避免轄區缺水外，並仍能支援台水公司 33 至 36 萬噸水量(日平均 35 萬噸；相當於 70 萬人用水)，全體同仁備感欣慰。
- 四、極端氣候仍持續著，面對無法預知的將來，北水處同仁仍不敢懈怠，持續依循 PDCA 精神不斷檢討改進並精進，目前翡翠專管計

畫工程持續進行中，取水口亦規劃設置導流牆，期能避免水濁事件再度發生，並確保民眾飲用清澈無虞的自來水。

- 五、在翡翠專管工程尚未完成前，淨水場在淨水處理操作極為重要。在面臨高濁度原水的狀態，如能精進淨水操作並加強應變演練，使停水時間逐漸縮短，儘早恢復供水，相信必能降低民怨，市民也比較能接受實際狀況。

5.2 建議

- 一、直潭壩定期清淤：

直潭壩淤泥經年累月累積，庫容量明顯下降，雖經 105~106 年水力排砂後庫容量增加，不僅可妥善保存水資源，亦可避免低水位取水時，湧入底泥造成淨水處理困難，然仍建議日後定期清淤以維持直潭壩庫容，妥善因應極端氣候的考驗。

- 二、取水口規劃設置導流牆：

有鑑於颱風暴雨期間，原水夾帶大量泥沙淤積取水口影響取水穩定性，未來建議參考南水局於高屏溪施作攔河堰及北水局於榮華壩發電取水口施作導流牆的作法，規劃在直潭壩取水口增設導流牆設施，把漂流物及淤泥導流至直潭壩排放，俾避免漂流物及河道底泥湧入取水口，除了能夠維持取水之穩定性，亦可將第一道防線由場內沉砂池往前推移至上游取水口處。

參考文獻

1. 中庄調整池工程計畫。經濟部水利署(2016)。
2. 札孔溪集水區崩塌調查，黎明工程顧問股份有限公司(2009)。
3. 汛期濁水因應對策簡報資料，臺北自來水事業處(2017)。
4. 直潭緊急防災二原延伸段引水取水隧道工程可行性研究委託技術服務。台灣世曦工程顧問公司(2016)。
5. 直潭場原水高濁度因應方案評估期末報告，環興科技股份有限公司(2017)
6. 南勢溪集水區崩塌調查，經濟部水利署(2015)。
7. 風災後烏來慘況，最新衛星影像曝光。網址：
<http://www.appledaily.com.tw/realtimenews/article/new/20150814/670196/>
8. 海水溫度上升，侵襲亞洲颱風強度增 14%。網址：
<https://news.tvbs.com.tw/life/676377>
9. 高肇藩，衛生工程，成功大學環境工程學系(1980)。
10. 陳建良，高濁度原水前處理之研究，成功大學資源工程學系學位論文(2012)。
11. 翡翠原水管期末成果報告，臺北自來水事業處工程總隊(2016)。
12. 模擬杜鵑颱風為情境高濁度停、復水作業方案，臺北自來水事業處(2016)。
13. 蘇迪勒颱風來襲應變處理檢討報告，臺北自來水事業處(2015)。

附錄 1 原水高濁度期間繞流操作標準作業程序

一、作業時機：

原水濁度達到 6,000 NTU，進行減水作業並啟動原水繞流操作；原水濁度達到 20,000 NTU 以上，全場暫停取水；原水濁度下降到 20,000 NTU 以下持續 2 小時，進行復水作業；原水濁度下降到 6,000 NTU 以下，停止原水繞流操作並恢復正常出水。

二、作業要點：

減水作業期間，依序關閉第 6、5、1、4、3、2 座淨水設備，復水作業期間，依前述反向順序開啟淨水設備；同時各程序單元固定下列操作參數：

- 直潭壩取水量 210 萬 CMD；
- 沉砂池排砂量 30 萬 CMD；
- 每座淨水設備處理量 30 萬 CMD。

三、作業程序：

(一) 減水作業

- 原水濁度達到 6,000 NTU，依序關閉淨水設備並啟動繞流。
 - 1.濁度 6,000 NTU 以上，關閉第 6 座淨水設備，繞流 30 萬 CMD。
 - 2.濁度 8,000 NTU 以上，關閉第 5 座淨水設備，繞流 60 萬 CMD。
 - 3.濁度 10,000 NTU 以上，關閉第 1 座淨水設備，繞流 90 萬 CMD。
 - 4.濁度 12,000 NTU 以上，關閉第 4 座淨水設備，繞流 120 萬 CMD。
 - 5.濁度 16,000 NTU 以上，關閉第 3 座淨水設備，繞流 150 萬 CMD。
 - 6.濁度 20,000 NTU 以上，關閉第 2 座淨水設備，繞流 180 萬 CMD。

(二)復水作業

● 原水濁度下降到 20,000 NTU 以下，依序開啟淨水設備：

- 1.濁度 20,000 NTU 以下，開啟第 2 座淨水設備，繞流 150 萬 CMD。
- 2.濁度 16,000 NTU 以下，開啟第 3 座淨水設備，繞流 120 萬 CMD。
- 3.濁度 12,000 NTU 以下，開啟第 4 座淨水設備，繞流 90 萬 CMD。
- 4.濁度 10,000 NTU 以下，開啟第 1 座淨水設備，繞流 60 萬 CMD。
- 5.濁度 8,000 NTU 以下， 開啟第 5 座淨水設備，繞流 30 萬 CMD。
- 6.濁度 6,000 NTU 以下， 開啟第 6 座淨水設備，關閉繞流。

四、原水繞流操作處理量參照表

原水濁度 NTU	總處理量 萬 CMD	各座淨水設施處理量						繞流量 萬 CMD
		四	二	一	三	五	六	
6,000 以下	180	30	30	30	30	30	30	0
6,000 以上	150	30	30	30	30	30	0	30
8,000 以上	120	30	30	30	30	0	0	60
10,000 以上	90	30	30	0	30	0	0	90
12,000 以上	60	0	30	0	30	0	0	120
16,000 以上	30	0	30	0	0	0	0	150
20,000 以上	0	0	0	0	0	0	0	180

五、原水蝶閥狀態表

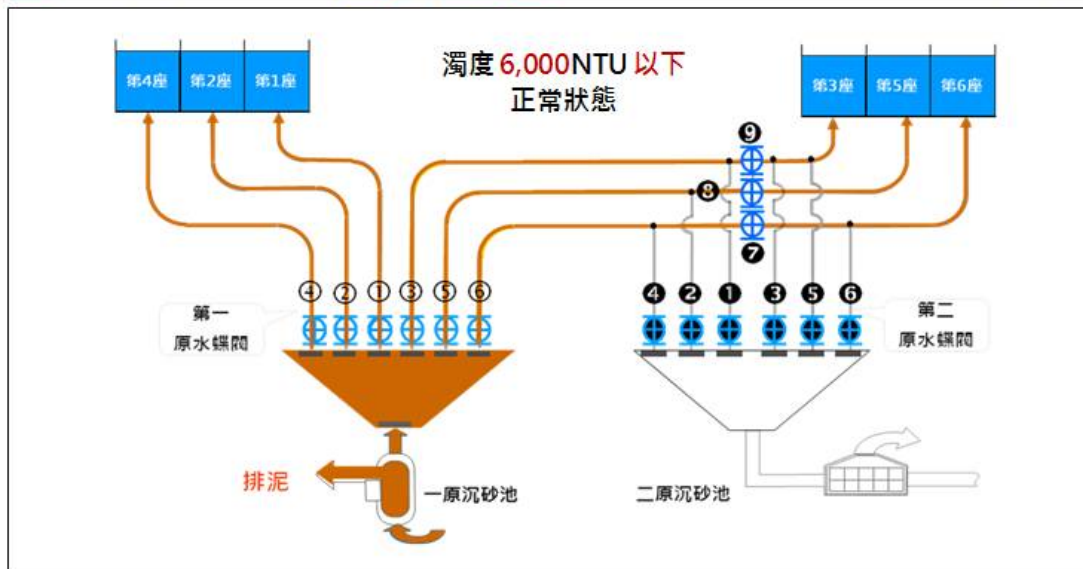
原水濁度 NTU	一原蝶閥(編號)						二原蝶閥(編號)				
	A4	A2	A1	A3	A5	A6	B7	B8	B9	B4	B2
6,000 以下	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
6,000 以上	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
8,000 以上	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎

10,000 以上	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
12,000 以上	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
16,000 以上	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
20,000 以上	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎

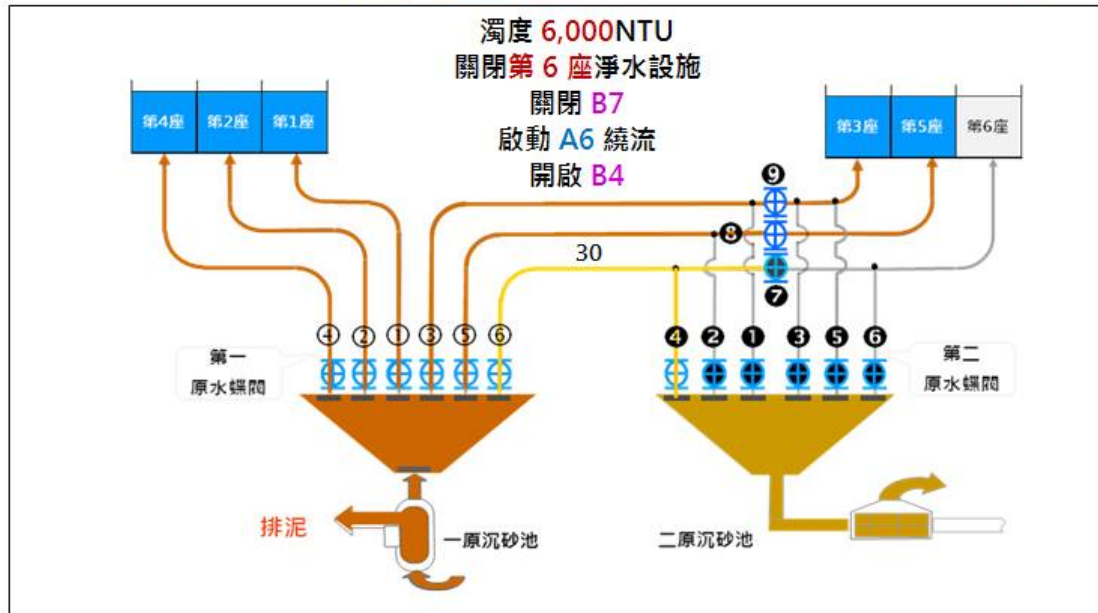
註：◎-關閉；◎-開啟

六、原水蝶閥操作指南

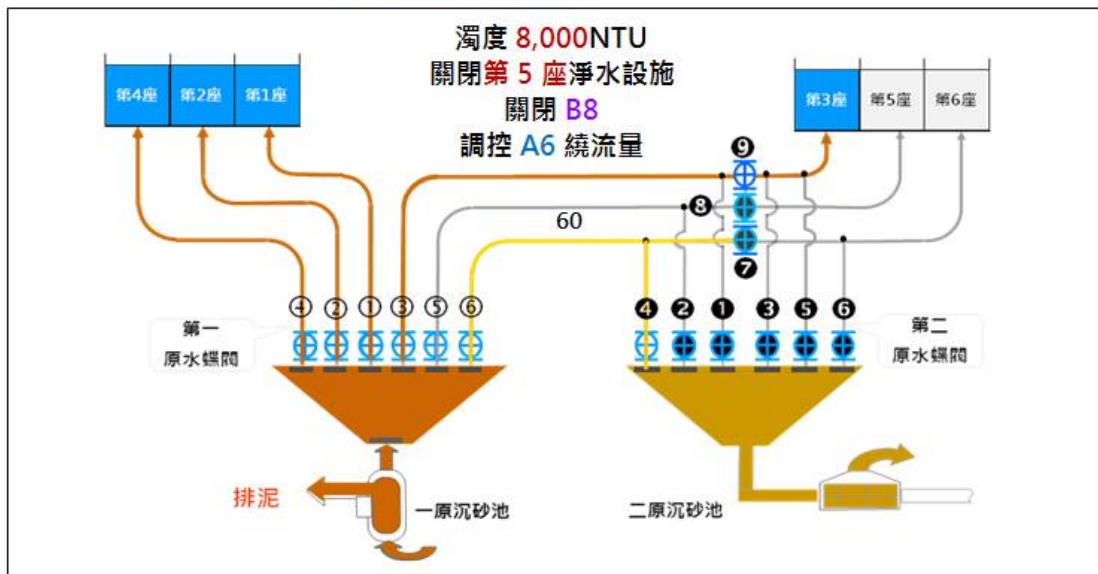
濁度	各座處理量						處理量 萬 CMD	統流量	排泥量	取水率	一原蝶閥						二原蝶閥					
	四	二	一	三	五	六					A4	A2	A1	A3	A5	A6	B7	B8	B9	B4	B2	
4,000	35	35	35	35	35	35	210	0	5	215	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎



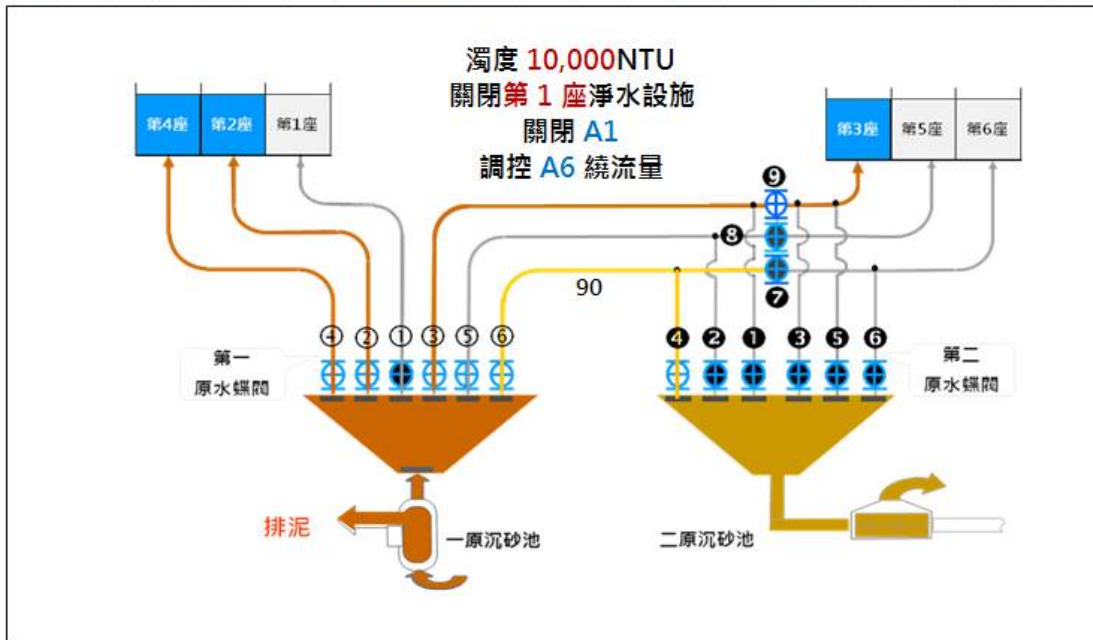
濁度	各座處理量						處理量	繞流量	排泥量	取水量	一原蝶閥						二原蝶閥													
	四	二	一	三	五	六					萬CMD						A4	A2	A1	A3	A5	A6	B7	B8	B9	B4	B2			
6,000	30	30	30	30	30	0	150	30	30	210	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙



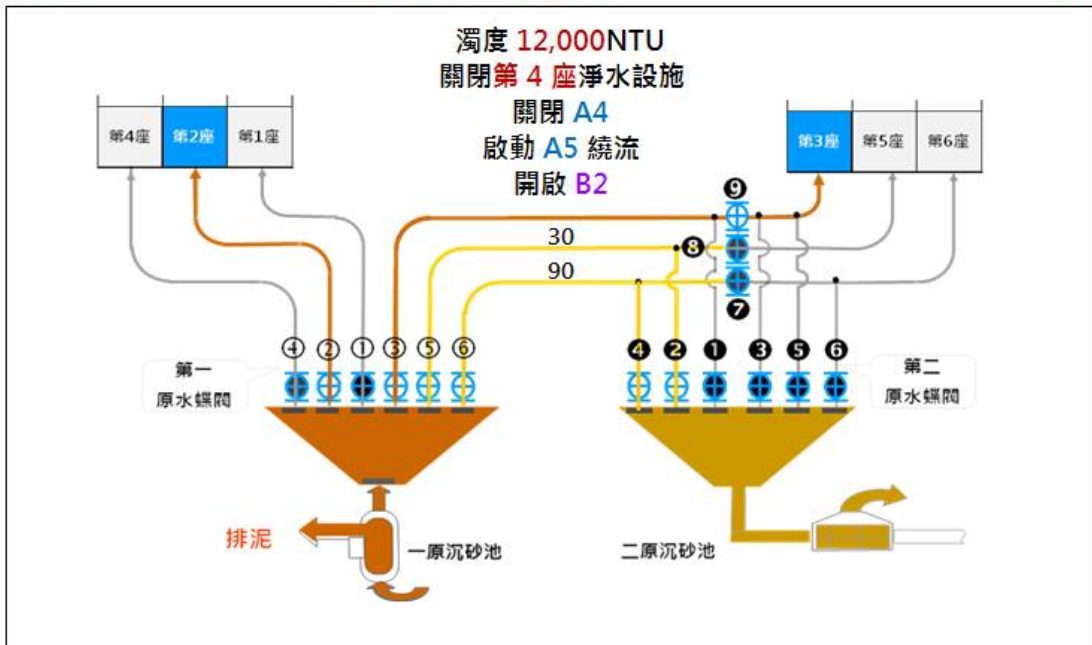
濁度	各座處理量						處理量	繞流量	排泥量	取水量	一原蝶閥						二原蝶閥												
	四	二	一	三	五	六					萬CMD						A4	A2	A1	A3	A5	A6	B7	B8	B9	B4	B2		
8,000	30	30	30	30	0	0	120	60	30	210	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙



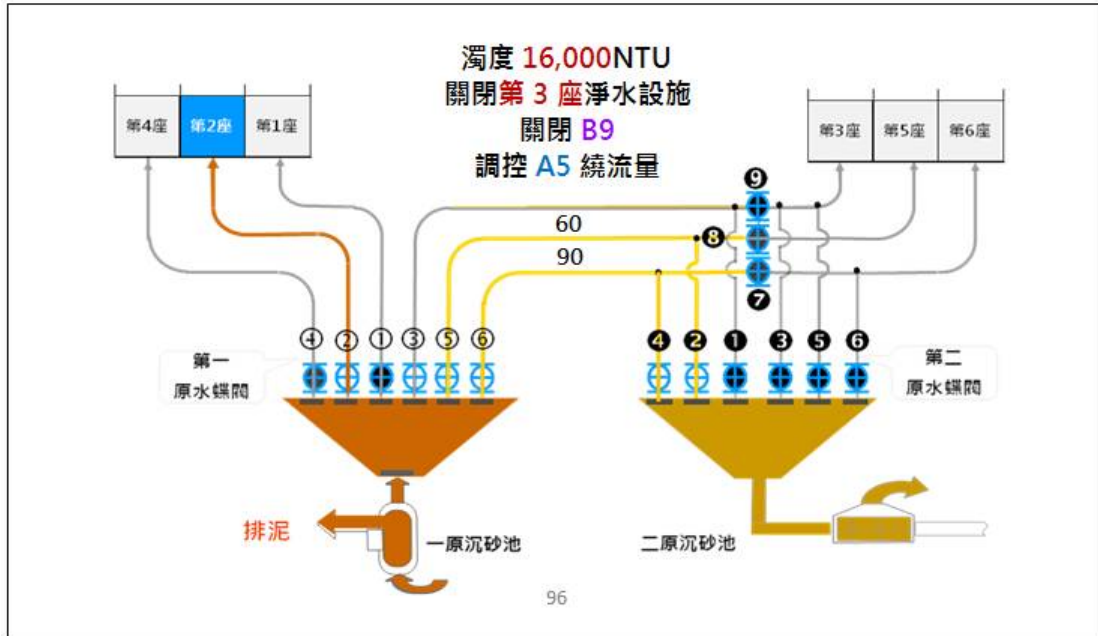
濁度	各座處理量						處理量	繞流量	排泥量	取水量	一原蝶閥						二原蝶閥										
	四	二	一	三	五	六					萬 CMD						A4	A2	A1	A3	A5	A6	B7	B8	B9	B4	B2
10,000	30	30	0	30	0	0	90	90	30	210	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎



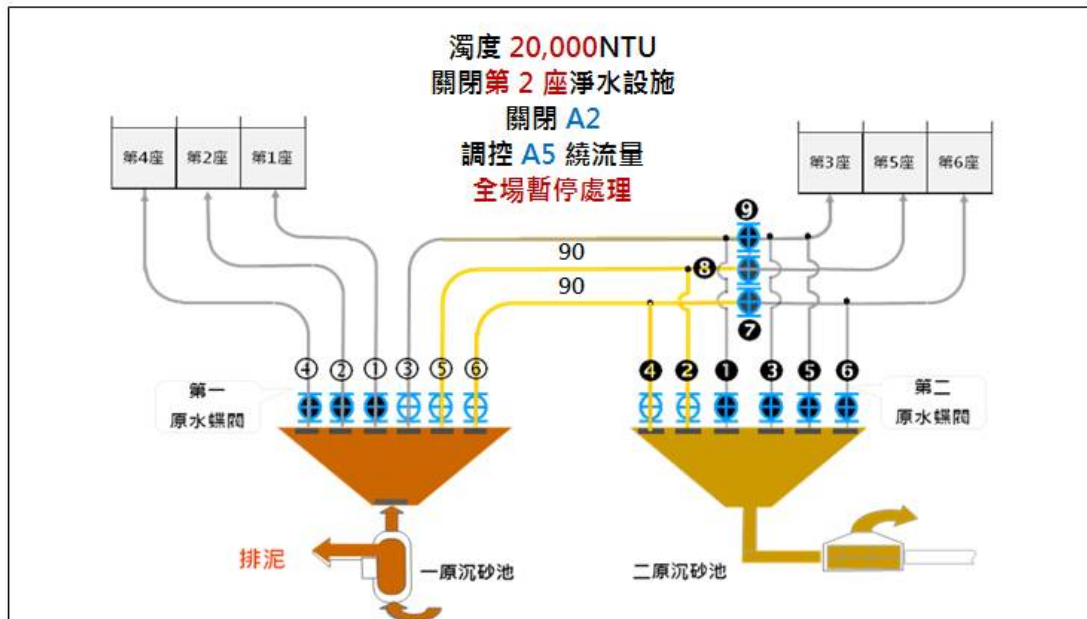
濁度	各座處理量						處理量	繞流量	排泥量	取水量	一原蝶閥						二原蝶閥									
	四	二	一	三	五	六					萬 CMD						A4	A2	A1	A3	A5	A6	B7	B8	B9	B4
12,000	0	30	0	30	0	0	60	120	30	210	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎



濁度	各座處理量						處理量	繞流量	排泥量	取水量	一原蝶閥						二原蝶閥										
	四	二	一	三	五	六					萬CMD						A4	A2	A1	A3	A5	A6	B7	B8	B9	B4	B2
16,000	0	30	0	0	0	0	30	150	30	210	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎



濁度	各座處理量						處理量	繞流量	排泥量	取水量	一原蝶閥						二原蝶閥									
	四	二	一	三	五	六					萬CMD						A4	A2	A1	A3	A5	A6	B7	B8	B9	B4
20,000	0	0	0	0	0	0	0	180	30	210	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎



附錄 2 媒體專文報導

危機處理！北水處漏夜復水 提早 3 小時供水

來源：TVBS 新聞 (<http://news.tvbs.com.tw/life/676414>)

2016/09/28 11:38

記者 謝佩穎 陳宥翔 報導

颱風狂掃全台，尤其在雨勢的沖刷之下，衝擊到了新店溪的上游，造成泥沙不斷被沖刷下來，原水濁度在 27 日下午飆高超過 1 萬 2 千多度，台北自來水處立即宣布停止供水。但其實這回颱風北水處不敢輕忽，就怕出現跟去年蘇迪勒颱風一樣的停水甚至黃汗水狀況，因此這次原水濁度一飆高，就立刻發訊息，讓民眾盡快儲水。

記者謝佩穎：「北水處淨水場的水，現在可以看到其實是非常的乾淨，但其實早在昨天原水濁度超過了 1 萬 2 千度，造成大台北地區是一度停止供水。」

梅姬颱風狂掃全台一整天，衝擊新店溪上游泥水沖刷，27 日下午 1 點半原水濁度超過 1 萬 2 千度，停止取水直到晚上 8 點，雨勢稍微緩和，原水濁度才逐漸下降，經過漏夜搶修，週三凌晨 3 點大台北地區全面恢復供水。

不過從 27 日下午 4 點宣佈停水之前，民眾的儲水應變早就準備好！

民眾：「網路上都有朋友`就是貼一些像是新聞網站的公告，所以有先準備儲水，大概 2、3 點的時候，有提早做準備。」

儘管昨天整天狂風暴雨，但還是有人急著出門買水。按照北水處的 SOP，只要原水濁度超過 6 千度，就開始減壓供水，超過 1 萬 2 千度，就會停止取水。

27 日週二一整天，在雨勢沖刷下北水處不敢輕忽，尤其在上一回蘇迪勒颱風經驗後，原水濁度一達到 6 千度，就會更加謹慎，幾乎每個小時都會發布訊息，只是颱風變化難測，北水處只能不斷提醒，要民眾提早備水，才讓這一次北水的危機處理，這麼快就生效。

附錄 3 蘇迪勒與梅姬颱風比較

蘇迪勒與梅姬簡直兄妹 驚人比較圖曝光



作者生活中心／綜合報導 | 今日新聞 NOWnews

(<http://www.nownews.com/n/2016/09/28/2252757>)

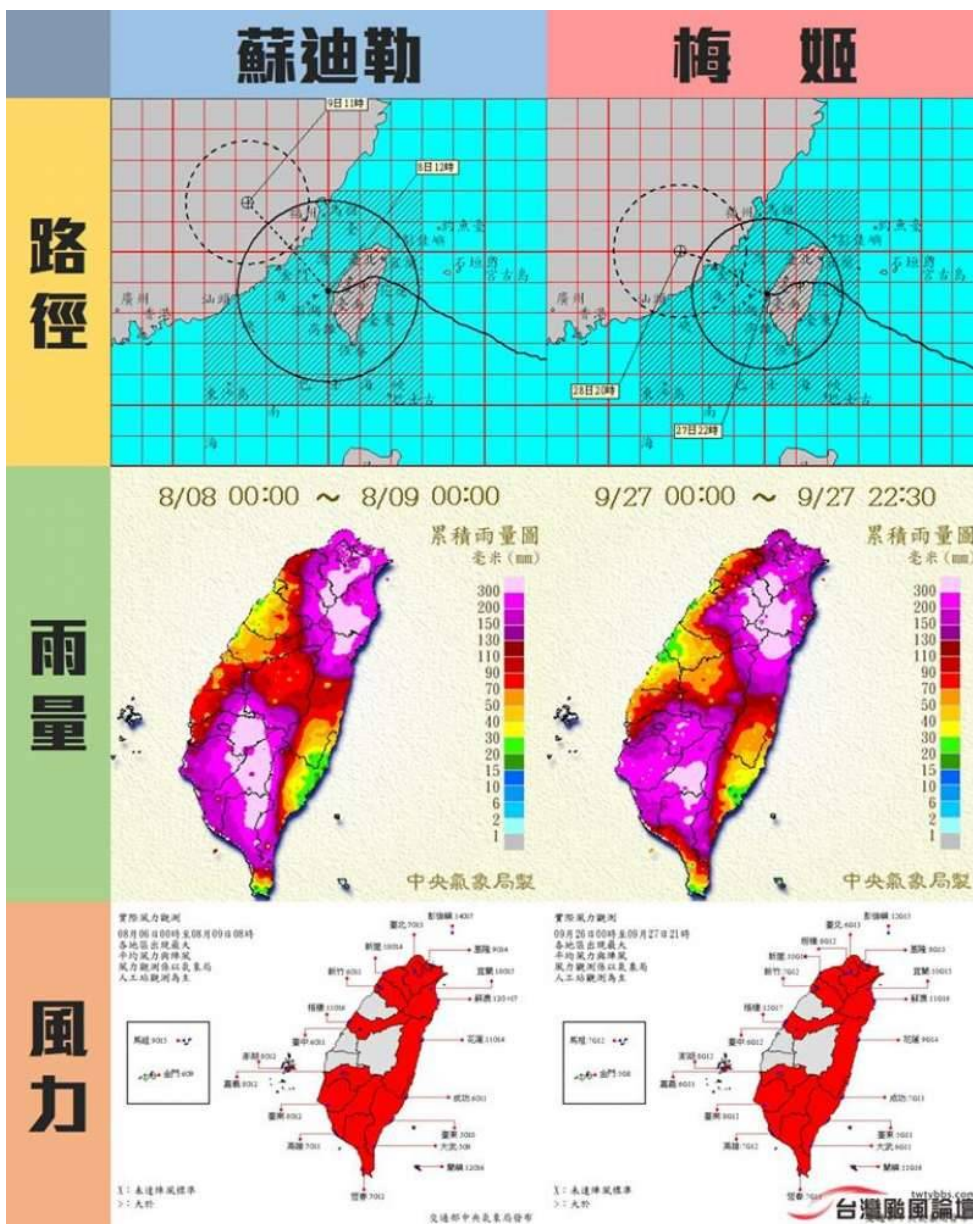
2016 年 9 月 28 日 上午 10:46

在去年 8 月，重創台灣的蘇迪勒颱風，根據中央災變中心統計，截至 104 年 8 月 11 日 18:00 止，計有 8 死 4 失蹤 437 傷，事實上，細看這次梅姬颱風的路徑圖，與蘇迪勒相似，無論是雨量、風力略有相同。

臉書粉絲專頁「台灣颱風論壇」分享一張蘇迪勒與梅姬的比較圖，圖中顯示路徑、雨量以及風力比較，兩者幾乎一模一樣，不過蘇迪勒的暴風圈是 300km，梅姬則是 250km。

文章引起網友熱議，有網友表示，「原來是前輩先探路，後輩再跟上」，「台灣颱風論壇」指出，「梅姬過山挺慢的，蘇迪勒 3 個多小時就搞定的事情，梅姬拖了 7 個多小時才出海，不過這也算普通速度啦，比她更慢的大有颱風在」。

根據中央災變中心統計，目前梅姬造成台灣 4 死、527 傷。雖然各地風勢已逐漸趨緩，但仍會出現強陣風，請民眾出門在外小心安全。



▲蘇迪勒與梅姬簡直兄妹，驚人比較圖曝光。(圖／翻攝自臉書粉絲專頁「台灣颱風論壇」)

附錄 4 沉砂池重建方案

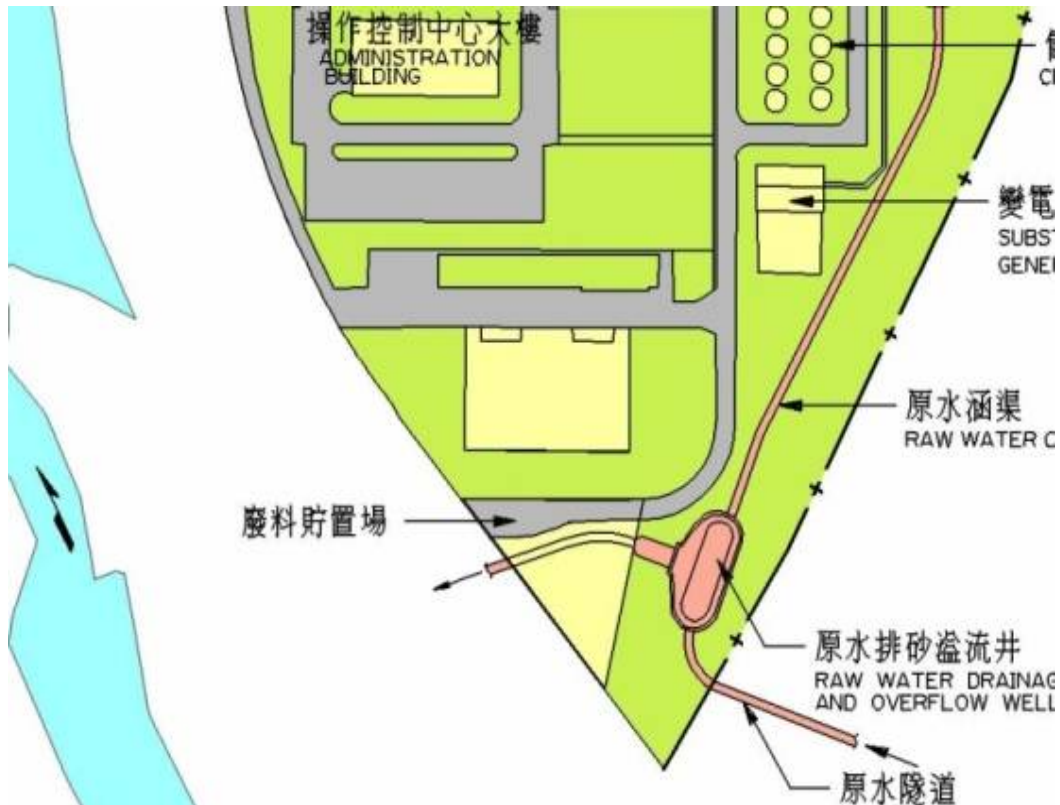
方案一：廢料場新設排砂溢流井(沉砂池)

建議方案：廢料儲存場用地新設排砂溢流井串接既有排砂溢流井，以提升停留時間，藉由閘門調控進出水流，並配合既有沉砂池增設擋牆增進沉降效率。

槽體大小：橢圓形 35公尺 (長)、10公尺(寬)、14公尺(深)。

工程費用：約1.47億元 效益(直接工程費)

預期效益：取水量以180萬CMD計，停留時間由4分鐘增至8分鐘；濁度去除率由20%提升至33%



方案二：給水倉庫新設矩形前沉池

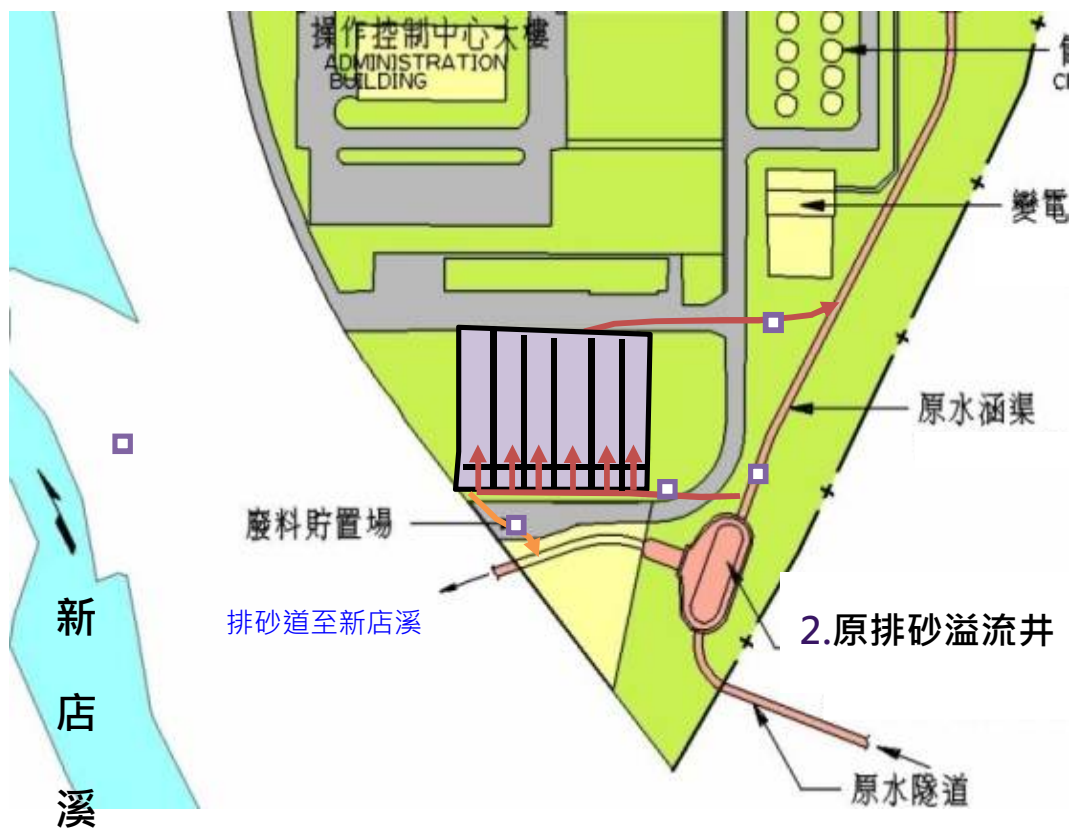
建議方案：給水倉庫用地設置矩形前沉池銜接既有排砂井，操作時藉閘門調控進出水流，並建議增設刮泥機增進排砂效率，唯考量設備動力費及與供應科協調遷移至直潭社區或長興場

槽體大小：矩形，共12池。

單池長30公尺（長）、4公尺（寬）、4公尺（深）

工程費用：約2.4億元（直接工程費）

預期效益：取水量以180萬CMD計，停留時間由4分鐘增至8~9分鐘；
濁度去除率由20%提升至40%



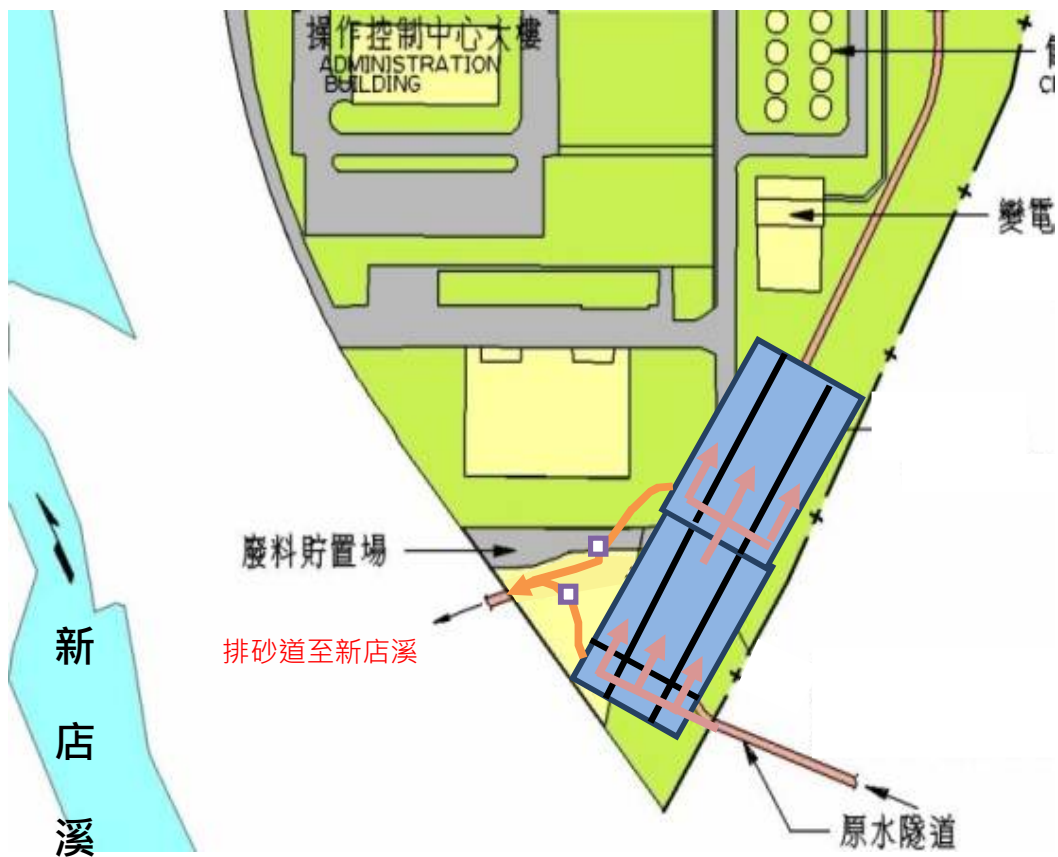
方案三：打除既有排砂溢流井，新設矩前沉池

建議方案：打除既有排砂溢流井，新設矩形前沉池，以提高表面溢流率，沉降面積增加。

槽體大小：矩形，90公尺(長)、32公尺(寬)、4公尺(深)。

工程費用：約1.47億元 效益(直接工程費)

預期效益：取水量以180萬CMD計，停留時間由4分鐘增至10分鐘；濁度去除率由20%提升至45%



方案優劣比較表

方案	廢料儲存場	給水倉庫	重建排砂溢流井
面積	0.10 公頃	0.32 公頃	0.40 公頃
總工期	3年	3 年2 個月	3 年4 個月
直接工程費	約1.47 億	約1.7 億	約2.4 億
排砂方式	人工清池	機械刮泥機	人工+機械刮泥機
方案優點	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 施工停水期間短 ✓ 工程期間一原排砂溢流井仍可使用，減少僅由二原取水風險 ✓ 可與既有沉砂池共用排砂道 ✓ 排泥點近河道 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 施工停水期間短 ✓ 工程期間一原排砂溢流井仍可使用，減少僅由二原取水風險 ✓ 可與既有沉砂池共用排砂道 ✓ 排泥點近河道 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 毋須遷移既有設施（給水倉庫）
方案缺點	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 需遷移既有廢料場 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 需遷移既有倉儲設施 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 施工期間僅由二原取水，增加操作風險
濁度去除率	✓ 提升至33%	✓ 提升至40%	✓ 提升至45%
翡翠專管競合關係	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 專管未完工前，長延時濁水仍可維持迅速沉砂排泥，提升原水濁度耐受度以爭取正常供水時效 ✓ 專管完工後，未啟用前仍可減輕後續濾前處理沉澱池之負荷 		