



統計應用分析報告

「耐災城市 台北好水」建構水資源備援備載系統及防災應變供水系統效益分析

臺北自來水事業處會計室

鄭凱允

112年9月

摘要

面對氣候變遷，臺北自來水事業處建立水資源備援備載系統，以確保大臺北地區民生用水穩定，並支援鄰近地區用水需求，另建置因應都市防災需求之緊急應變供水系統，以強化災時緊急應變機制，提高臺北市供水韌性及應變能力，以提供量足質優的台北好水。

又因民國 104 年 8 月蘇迪勒颱風造成新店溪上游南勢溪土石崩塌、泥漿黃濁，原水濁度創下歷史新高紀錄，導致供水系統中斷。為避免停水事件重演，推動原水管工程，期維持供水量能及出水品質。

在原水系統備援方面，原水管預定於民國 113 年 6 月前可全線通水，直接引取翡翠水庫優質原水，每日取水能量達 270 萬立方公尺，可確保自來水供水穩定及品質，此外，經估算平均每年尚可節省淨水投藥成本約 1,232 萬元至 1,961 萬元，以及避免售水收入損失約 65 萬元至 988 萬元；111 年底淨水系統設備能量總計每日出水量 453.36 萬立方公尺，111 年淨水備載率達 40%以上；供水系統新建一清幹線備援幹管工程及三重二號配水池暨加壓站，俟完工後更能確保供水穩定；另為因應防災應變民生用水需求，111 年底已設置 46 處緊急維生給水站、124 處臨時供水站及 73 口防災地下水井，供民眾就近取水。

臺北自來水事業處建構完善自來水備援備載系統及防災應變供水系統，透過水資源有效調度及穩定供水策略，可有效降低災害所產生之缺水衝擊，並強化臺北市面對氣候變遷之調適能力及提升供水韌性，使臺北市成為安全、耐災的永續城市。

目 次

壹、前言.....	1
貳、建構水資源備援備載系統及防災應變供水系統.....	1
一、原水系統備援.....	1
二、淨水系統備載.....	2
三、供水系統備援.....	5
四、防災應變供水系統.....	5
參、水資源備援備載系統之預期效益分析.....	6
一、原水濁度天數估計及其統計檢定.....	6
二、節省淨水投藥成本及避免售水收入減少.....	9
肆、結語.....	11
伍、參考資料.....	12

表 目 次

表 1	北水處淨水場水池設備	3
表 2	北水處淨水場出水能力	4
表 3	北水處淨水場出水量	4
表 4	直潭淨水場各級原水濁度天數	7
表 5	原水濁度卡方適合度檢定	8
表 6	原水濁度天數高、低推估	9
表 7	淨水投藥成本節省估算-濁度 1,000 至 5,999NTU.....	10
表 8	淨水投藥成本節省估算-濁度 6,000 至 11,999NTU.....	10
表 9	北水處近五年售水收入	11

圖 目 次

圖 1	原水管工程概況	2
圖 2	原水淨水處理流程	3

「耐災城市 台北好水」建構水資源備援備載系統及防災應變供水系統效益分析

壹、前言

臺北自來水事業處（以下簡稱北水處）建立水資源備援備載系統確保大臺北地區民生用水穩定，並支援鄰近地區用水需求，另建置因應都市防災需求之緊急應變供水系統，以強化災時緊急應變機制，提高臺北市供水韌性及應變能力，以提供量足質優的台北好水。

又因民國 104 年 8 月蘇迪勒颱風造成新店溪上游南勢溪土石崩塌、泥漿黃濁，原水濁度創下歷史新高紀錄，導致北水處供水系統中斷。北水處為提升用水安全，避免停水事件重演，積極推動翡翠原水管（以下簡稱原水管）工程，當南勢溪原水濁度超過 1,000 NTU(nephelometric turbidity unit)¹時，能取用翡翠水庫低濁度原水，降低直潭淨水場處理原水之負荷，維持供水量能及出水品質。

以下將就原水、淨水與供水系統備援備載及防災應變供水系統之現況及未來佈建規劃進行說明，並對產生之相關預期效益作一分析。

貳、建構水資源備援備載系統及防災應變供水系統

為因應劇烈氣候變遷，避免再次發生供水系統中斷事件，北水處戮力推動原水管工程，透過源頭管理，完備高濁度原水取供機制，並持續優化供水、淨水備援備載能力，建置災害緊急供水系統，從而提高臺北市供水韌性及應變能力，確保災時穩定供水。

一、原水系統備援

原水管直接引取翡翠水庫優質原水，每日取水能量 270 萬立方公尺，確保自來水供水穩定和品質。

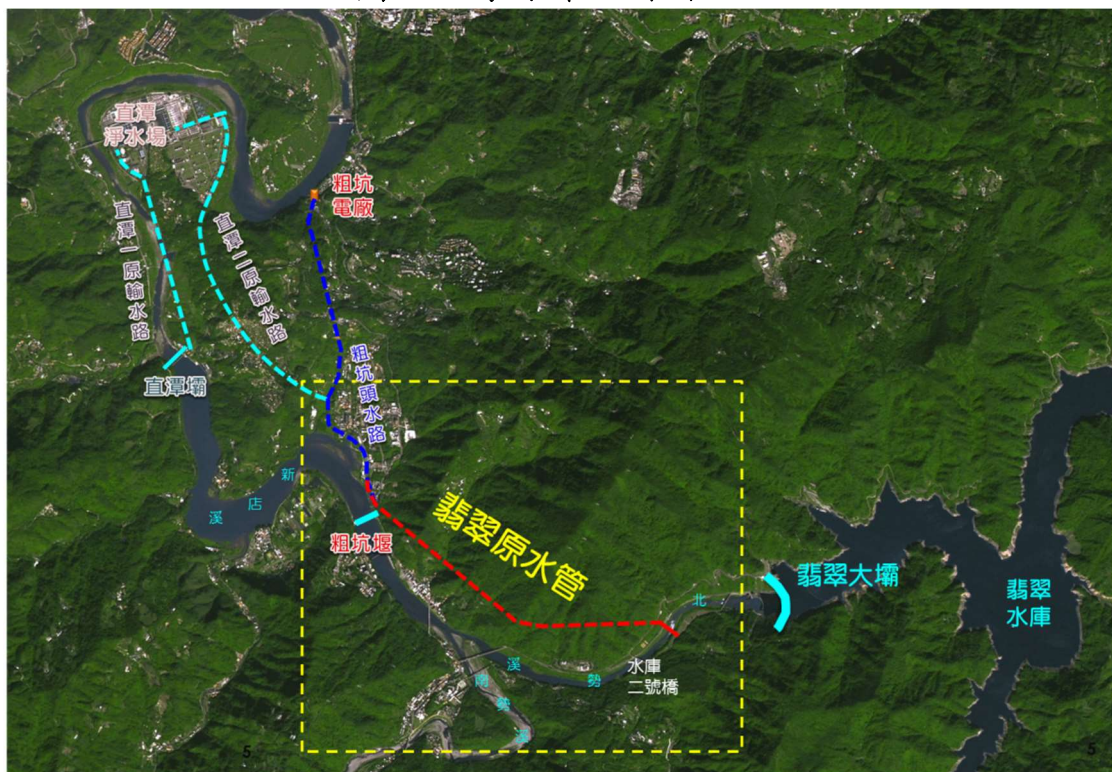
北水處原取水設施係引用南、北勢溪匯流後新店溪之原水，民國 104 年 8 月蘇迪勒颱風最大時雨量達 95 毫米，24 小時累積雨量高達 776

¹ 當 1 公升的水中含有 1 毫克(mg)的二氧化矽(SiO₂)時，此時水樣的渾濁程度稱為 1 NTU 或 1 度，濁度愈高，代表水樣愈混濁。

毫米，造成南勢溪原水濁度超過 12,000 NTU，最大達 39,300NTU，超過淨水場處理能力，並造成集水區溪流擴槽、新增坡面及岸坡崩塌等災害，致日後若遇豪大雨，可能造成原水濁度飆高，影響了大臺北地區供水穩定性。

為確保大臺北地區供水穩定及用水安全，並保障產業活動及民生用水在暴雨期間免遭受停水之風險，北水處積極推動原水管工程計畫，於翡翠水庫下游之北勢溪設置引水堰及取水口，取水後經直潭山至粗坑堰附近，銜接粗坑頭水路至二原分水工引接至直潭淨水場（詳圖 1），取水能量為每日 270 萬立方公尺（隧道工程已於民國 112 年 5 月全線貫通，預定 113 年 6 月前可全線通水）。

圖 1 原水管工程概況



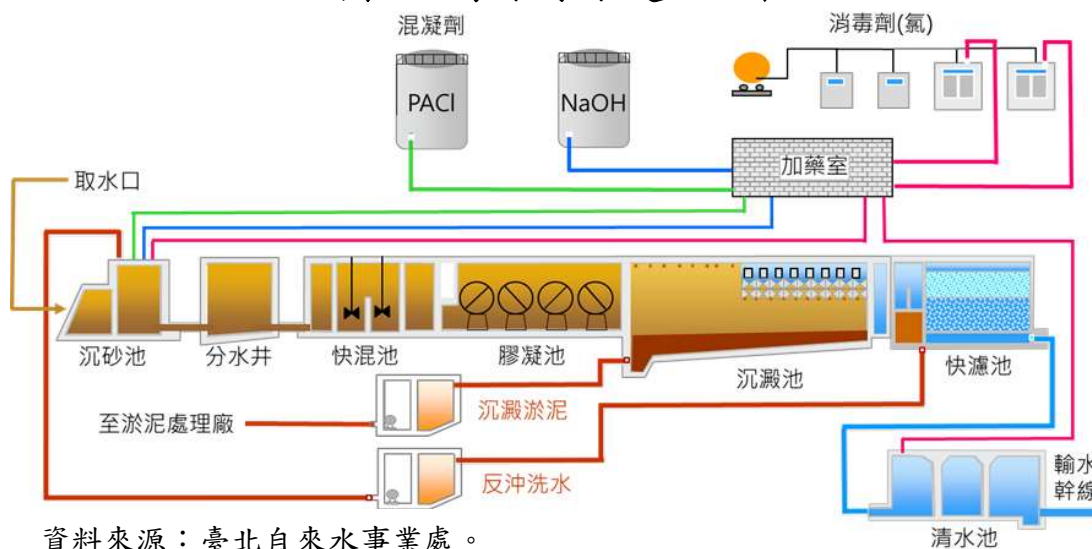
資料來源：臺北自來水事業處。

二、淨水系統備載

111 年底 5 座淨水場設備能量總計每日出水 453.36 萬立方公尺，其中以直潭場 340 萬立方公尺為最高；111 年全年出水量亦以直潭場 6 億 8,188.40 萬立方公尺為最多；111 年底淨水備載率達 40% 以上。

原水淨水處理流程係由取水口沉砂池初步沉降後經導水渠道輸送至淨水場，再經過混和、膠凝（將水中懸浮粒子凝結集中）、沉澱、過濾、消毒等淨水程序，以去除水中的雜質及病菌（詳圖 2）。

圖 2 原水淨水處理流程



資料來源：臺北自來水事業處。

北水處至民國 111 年底共有直潭、長興、公館、陽明及雙溪 5 座淨水場，各類水池總計 335 座，其中混凝池 82 座、沉澱池 82 座、快濾池 158 座、清水池 13 座（詳表 1）。

表 1 北水處淨水場水池設備

單位：座

淨水場別	總計	混凝池	沉澱池	快濾池	清水池
總計	335	82	82	158	13
直潭	204	49	49	100	6
長興	64	20	18	24	2
公館	31	8	8	14	1
雙溪	15	4	2	8	1
陽明	21	1	5	12	3

資料來源：臺北自來水事業處。

民國 111 年底淨水場設備能量總計每日出水 453.36 萬立方公尺（詳表 2），以直潭場 340 萬立方公尺為最高，長興場 64 萬立方公尺次之；111 年全年總出水量 8 億 7,782.12 萬立方公尺，以直潭場 6 億

8,188.40 萬立方公尺為最多，長興場 1 億 222.42 萬立方公尺居次；111 年平均每日出水量為 240.50 萬立方公尺，占出水能力 53.05%，淨水備載率²達 40%以上（詳表 3）。

表 2 北水處淨水場出水能力
111 年底

單位：萬立方公尺/日

淨水場	出水能力
總計	453.36
直潭	340.00
長興	64.00
公館	41.60
雙溪	2.77
陽明	4.99

資料來源：臺北自來水事業處。

表 3 北水處淨水場出水量
111 年

單位：萬立方公尺

淨水場	年出水量	平均每日出水量
總計	87,782.12	240.50
直潭	68,188.40	186.82
長興	10,222.42	28.01
公館	7,146.10	19.58
雙溪	967.49	2.65
陽明	1,257.72	3.44

資料來源：臺北自來水事業處。

說明：本表以原始數據計算，其尾數採用四捨五入法計列，細項加總或與總數未盡相同。

² 淨水備載率係淨水設備之餘裕度，計算方式為： $(1 - \text{平均每日出水量} / \text{每日出水能力}) * 100\%$ 。

三、供水系統備援

強化供水備援能力，109 年新建一清幹線備援幹管工程、111 年新建三重二號配水池暨加壓站。

為確保臺北市轄區供水及提高支援供應板橋、新莊等台水轄區供水之穩定性，推動一清幹線（中、永和成功路 PCCP）備援幹管工程，已於民國 109 年 12 月 22 日動工，預計 114 年完工，截至 111 年 12 月底已完成潛盾推進長度約 2,210 公尺。

另為強化區域備援能力，於三重二重疏洪道重劃區範圍內，新建三重二號配水池暨加壓站，已於民國 111 年 3 月 30 日取得建築執照，7 月 18 日工程決標，10 月 17 日開工，預計 116 年完工，完成後可加強三重地區供水穩定。

四、防災應變供水系統

因應防災應變需求，設立 46 處緊急維生給水站、124 處臨時供水站及 73 口防災地下水井。

（一）緊急維生給水站

北水處轄區至民國 111 年底共設置 46 處緊急維生給水站（含 12 處防災公園），可提供約 34.4 萬公噸維生飲用水，供給每人每日 3 公升維生用水，為期 28 天之防災短暫收容需求，以爭取搶修時間。

（二）學校供水站

以臺北市 124 所公立學校作為臨時供水站，汛期前派員至各學校訪查供水站，災前主動通知學校將水池水塔儲至滿水位，災時依緊急應變中心指示開設供水站便利民眾於天災停水時就近取水。

（三）防災地下水井

北水處至民國 111 年底於臺北市防災公園及防災學校或附近鄰里公園設置 73 口防災地下水井，可提供收容 10.9 萬人每人每日 110 公升生活雜用水，以因應防災期間環境清潔、廁所衛生等需求。

參、水資源備援備載系統之預期效益分析

一、原水濁度天數估計及其統計檢定

(一) 建置原水濁度天數中推估

原水濁度為影響原水取水及淨水場淨水操作的最主要原因，又考量翡翠原水管工程計畫係於翡翠水庫下游之北勢溪設置引水堰及取水口，取水後引接至直潭淨水場，故為估計未來高濁度需啟用原水管天數，本文運用民國 95 年至 111 年直潭淨水場各級原水濁度天數資料（詳表 4），採用各級濁度之歷年發生天數平均值，設定為未來平均每年原水濁度超過 1,000NTU 而需啟用原水管天數之中推估，其中原水濁度 1,000 至 5,999NTU、6,000 至 11,999NTU、高於（含）12,000NTU 平均發生天數，分別為 7.5882 天、0.4706 天及 0.2941 天。

(二) 原水濁度天數中推估之統計檢定

觀察民國 95 年至 111 年各級原水濁度發生天數資料，每年發生件數視為一隨機變數，又卜瓦松(Poisson)分配是一種間斷分配，適用於某一特定時間內計算事件發生天數的機率，爰本文假設其發生天數之機率分配服從卜瓦松分配，說明如下：

假設 1 年內發生重大事件致原水濁度上升之機率如下式：

$$\Pr(x) = \lambda^x \exp^{-\lambda} / x!$$

$x = 1$ 年內原水濁度 1,000 至 5,999NTU、6,000 至 11,999NTU、
高於（含）12,000NTU 天數

$\lambda = 1$ 年內原水濁度 1,000 至 5,999NTU、6,000 至 11,999NTU、
高於（含）12,000NTU 平均發生天數，分別為 7.5882 天、
0.4706 天及 0.2941 天。

經檢定結果發現，不拒絕上述各級濁水程度事件發生天數之機率分配服從 Poisson(7.5882)、Poisson(0.4706)及 Poisson(0.2941)的假設（詳表 5）。

表 4 直潭淨水場各級原水濁度天數

單位：天

年別	總計	濁度 <100	100≤濁 度<500	500≤濁 度<1,000	1,000≤濁 度<6,000	6,000≤濁 度<12,000	濁度≥ 12,000
95 年	365	335	28	2	-	-	-
96 年	365	321	36	4	4	-	-
97 年	366	292	54	9	10	1	-
98 年	365	315	36	7	7	-	-
99 年	365	303	51	8	2	1	-
100 年	365	256	79	22	8	-	-
101 年	366	293	54	10	8	-	1
102 年	365	306	42	8	8	1	-
103 年	365	333	28	1	3	-	-
104 年	365	249	72	18	21	2	3
105 年	366	268	52	13	30	2	1
106 年	365	326	19	5	14	1	-
107 年	365	332	26	4	3	-	-
108 年	365	350	9	3	3	-	-
109 年	366	355	10	1	-	-	-
110 年	365	332	24	5	4	-	-
111 年	365	332	24	5	4	-	-

資料來源：臺北自來水事業處。

表 5 原水濁度卡方適合度檢定

原水濁度 (NTU)	假設檢定	檢定 結果
1,000~5,999	H_0 ：原水濁度服從 Poisson(7.5882) H_A ：原水濁度非服從 Poisson(7.5882) 顯著水準： $\alpha=0.05$ p-value=0.3027	不拒絕 H_0
6,000~11,999	H_0 ：原水濁度服從 Poisson(0.4706) H_A ：原水濁度非服從 Poisson(0.4706) 顯著水準： $\alpha=0.05$ p-value=0.8486	不拒絕 H_0
$\geq 12,000$	H_0 ：原水濁度服從 Poisson(0.2941) H_A ：原水濁度非服從 Poisson(0.2941) 顯著水準： $\alpha=0.05$ p-value=0.4585	不拒絕 H_0

資料來源：本報告。

(三) 建置原水濁度天數高、低推估

若以平均值設定為未來平均每年需啟用原水管天數之期望值，或產生偏誤，爰利用上述平均值之資料另計算其 95%信賴區間，作為原水濁度天數高、低推估之依據（詳表 6）。

表 6 原水濁度天數高、低推估

單位：天

原水濁度 (NTU)	每年發生天數		
	平均值 (中推估)	平均值 95%信賴區間	
		下界 (低推估)	上界 (高推估)
1,000~5,999	7.5882	6.2787	8.8977
6,000~11,999	0.4706	0.1445	0.7967
≥12,000	0.2941	0.0363	0.5519

資料來源：本報告。

二、節省淨水投藥成本及避免售水收入減少

原水濁度 1,000 至 5,999NTU 平均每年發生 7.5882 天、6,000 至 11,999NTU 平均每年發生 0.4706 天，若無原水管挹注較低濁度之原水，淨水處理過程所產生之投藥成本將隨濁度上升而增加，而當原水濁度超過 12,000NTU 達停水標準時，北水處即因停止供水而減少售水收入。以下將分別估算新建原水管所節省之投藥成本及避免售水收入減少之金額。

(一) 節省淨水投藥成本

淨水處理過程需加入水處理藥品如多元氯化鋁、高分子助凝劑及氫氧化鈉，以淨化及中和水質，而藥品使用量隨濁度上升而增加，透過原水管取用濁度較低之原水，將可降低投藥成本。本文所估計其所節省之投藥成本係依各種原水濁度發生天數與 1,000NTU 以下之平均投藥量差異及藥品價格估算之³。

經估算結果，當原水濁度 1,000 至 11,999NTU 時，在其他條件不變下，中推估平均每年節省投藥成本約為 1,596 萬元，高、低推估則分別約為 1,961 萬元及 1,232 萬元（詳表 7、表 8）。

³ 依據臺北自來水事業處超高濁度淨水處理作業估算投藥量差異。

表 7 淨水投藥成本節省估算-濁度 1,000 至 5,999NTU

藥品別	每天使用 差異數量 (公斤)	單價 ① (元/公斤)	平均每年 發生天數 (天)			節省成本 (萬元)		
			低 推 估	中 推 估	高 推 估	低 推 估	中 推 估	高 推 估
			多元氯化鋁	140,990	9.0321	6.2787	7.5882	8.8977
高分子助凝劑	9,200	28.3500	6.2787	7.5882	8.8977	164	198	232
氫氧化鈉	36,800	9.3188	6.2787	7.5882	8.8977	215	260	305

資料來源：臺北自來水事業處。

附註：①108 年至 112 年平均採購單價（含稅）。

表 8 淨水投藥成本節省估算-濁度 6,000 至 11,999NTU

藥品別	每天使用 差異數量 (公斤)	單價 ① (元/公斤)	平均每年 發生天數 (天)			節省成本 (萬元)		
			低 推 估	中 推 估	高 推 估	低 推 估	中 推 估	高 推 估
			多元氯化鋁	278,990	9.0321	0.1445	0.4706	0.7967
高分子助凝劑	18,400	28.3500	0.1445	0.4706	0.7967	8	25	42
氫氧化鈉	64,400	9.3188	0.1445	0.4706	0.7967	9	28	48

資料來源：臺北自來水事業處。

附註：①108 年至 112 年平均採購單價（含稅）。

(二) 避免售水收入減少

當原水濁度超過 12,000NTU 時，淨水場取用翡翠水庫低濁度原水而不至於停止供水，北水處可避免售水收入減少。

根據北水處民國 107 年至 111 年資料，平均每天售水量為 193 萬 8,296 立方公尺，平均每度售水收入為 9.238 元（詳表 9），又每年原水濁度超過 12,000NTU 平均天數為 0.2941 天（中推估），在其他條件不變下，估算可避免售水收入減少之金額約為 527 萬元，高、低推估則分別約為 988 萬元及 65 萬元。

表 9 北水處近五年售水收入

年別	售水量 (立方公尺)	平均每天售水量 (立方公尺)	售水收入① (元)	每度 售水收入 (元)
107 年	672,130,541	1,841,454	6,479,040,479	9.640
108 年	677,897,162	1,857,252	6,498,865,513	9.587
109 年	743,139,573	2,030,436	6,703,266,482	9.020
110 年	746,197,111	2,044,376	6,547,722,718	8.775
111 年	700,055,834	1,917,961	6,417,917,659	9.168
五年平均	707,884,044	1,938,296	6,529,362,570	9.238

資料來源：臺北自來水事業處。

附註：①109 年售水收入含因應疫情水費減收金額。

肆、結語

面對不穩定的極端氣候，北水處積極擘建自來水備援備載系統，由上述統計分析可知，隨著攸關大臺北地區汛期用水安全的「翡翠原水管工程」完工，能確保自來水供水穩定及品質，此外，估算平均每年尚可節省淨水投藥成本約 1,232 萬元至 1,961 萬元，以及避免售水收入損失約 65 萬元至 988 萬元。

另北水處除建置防災應變供水系統，近期新建之三重二號配水池暨加壓站工程及一清幹線（中、永和成功路 PCCP）備援幹管工程，亦可強化轄區供水及提高支援板橋、新莊等台灣自來水公司轄區供水之穩定性。

完善自來水備援備載系統及防災應變供水系統，透過水資源有效調度及穩定供水策略，可有效降低災害所產生之缺水衝擊，並強化臺北市面對氣候變遷之調適能力及提升供水韌性，使臺北市成為安全、耐災的永續城市。

伍、參考資料

- 1.翡翠原水管工程計畫第 1 次修正核定版(111 年 4 月)，p31-p37。
- 2.臺北自來水事業處 2021 企業社會責任報告書(2022) ，p46-p48。
- 3.臺北自來水事業處議會工作報告(112 年 4 月) ， p6-p8 。
- 4.自由時報(2021 年 4 月 14 日) ，
<https://news.ltn.com.tw/news/life/paper/1442868> 。
- 5.臺北自來水事業處官網 ，
<https://www.water.gov.taipei/Default.aspx>
- 6.鄭錦澤(96 年 5 月) ，從風險管理探討提昇臺北自來水調度備載能力及效益 ，自來水會刊 ，第 26 卷第 2 期 ，p38 。