

翡翠水庫防洪運轉規則檢討

Review of Flood Operation Rule of Feitsui Reservoir

臺北翡翠水庫管理局	國立成功大學水利及海洋工程研究所		
科長	工程員	副教授	博士研究生
郭常康	朱孝恩	周乃昉	鄭子璉
Chang-Kang, Guo	Shiaw-En, Ju	Frederick N. Chou	Tzu-Lien, Cheng

摘要

翡翠水庫防洪運轉操作係根據「臺北翡翠水庫運用規則」，由於法規規定、運轉環境變化及歷年實地經驗，洪水調節規則應進行檢討修正為運用要點。原水庫洩放洪水是參採中央氣象局預估之總降雨量，規定在某一範圍的水庫蓄水位及進水量內之一定應洩放水量。因此於沿用原始設計方案針對不同雨量、水位、流量關係下之洩放水量規則做檢討及進行必要之修訂，以適切增加放水彈性，確保溢洪道閘門及大壩安全。

多目標水庫均遵循水庫操作規則調節放水量，以兼顧各標的之用水需求，擬定水庫防洪運轉規則，需綜合考慮水庫之安全、水文及用水運用特性，其中涉及最大可能洪水、下游河道之無害通過水量、及水庫各運用標的之協調等問題，依據新蒐集分析之集水區水文特性，檢討分析翡翠水庫之防洪運轉，探討洪水時期之適當操作方法，並據以建議該水庫之防洪運轉規則條文。

關鍵字：翡翠水庫、防洪運轉、運用要點

Abstract

Feitsui reservoir flood operation is according to "Operation Rule of Taipei Feitsui Reservoir". As a result of the laws, the operation environmental variation and all previous years' experiences, the flood operation rule should carry on the self-criticism to revise. The original reservoir release flood is refer to the Central Weather Bureau estimate the total rainfall depth, stipulated and inflow in some scope reservoir store water level certainly to be supposed release outflow. Therefore to continues to use the primitive design proposal in view of under the different rainfall, the water level, the current capacity relations release outflow rule does examines and carries on revision the necessity, turns on the water the elasticity by the appropriate increase, guarantees the spillway gates and the dam security.

The multi-objective reservoir follows the reservoir operating instruction adjustment to release outflow, gives dual attention to various signs the water used demand, draws up the reservoir flood operation rule, must synthesize considered security of, the hydrology and the water used, in which involves the possible maximum flood, the downstream of river allow to pass safe discharge, and the reservoir each objective question and so on coordination, rests on the new collection data analysis of basin, review the flood operation rule of Feitsui reservoir, the discussion flood stage the suitable operating procedure, and according to suggests flood operation rule of this reservoir.

Keywords: Feitsui reservoir, flood operate, operation rule

一、研究背景與目的

翡翠水庫過去運轉操作係根據民國 78 年啟用之「臺北翡翠水庫運用規則」^[1]（以下簡稱運用規則），洩放洪水參採中央氣象局（以下簡稱氣象局）預估之總降雨量，規定

在某一範圍的水庫蓄水位及進水量內之一定應洩放水量。其次翡翠水庫蓄洪容積有限，應變調整放水量彈性不足，可能造成溢洪道閘門需短時間內進行大幅度的開啟。由於運轉環境變化及歷年經驗，須對不同雨量、水位、流量關係下防洪運轉規則做檢討及進行必要之修訂，以適切增加放水彈性，確保溢洪道閘門及大壩安全。防洪標的與其他標的在水庫蓄水量上呈競爭特性，擬定適切的防洪運轉規則可減少水庫所需蓄洪容積，增加蓄水利用運轉蓄水容積，需綜合考慮水庫安全、水文及用水運用特性，最大可能洪水、下游河道無害通過水量（以下簡稱無害流量）、及水庫各運用標的之協調等問題，需經複雜的演算後方得以文字規定之。

二、防洪運轉

水庫防洪運轉為令洪水能通過且無損水庫為目的。依據水利法施行細則第一二四條：『有閘門之水庫於洪水期間，其最高放水流量，不得大於流入水庫之最高流量。水庫放水流量之增加率，不得超過該水庫流入量之最高增加率。前項放水流量，在水庫下游設有下池或相當於下池功能之設施，供以調節上游水庫放水者，為調節後之放水流量。』在符合水利法施行細則下之水庫防洪運轉操作，因最高放水流量及最高放水量增加率均小於天然洪水流量，故可確保水庫防洪運轉附帶削減洪災效益。

在發生洪水期間，水庫進水體積可能為水庫總蓄水體積的數倍，因此發生洪水時，水庫必須在符合法規小於已發生過之天然洪水流量的前提下，盡量排放洪水，而預留之蓄洪容積僅可蓄存受法規限制下水庫進水與放水差量，在發生洪水期間，水庫因應減緩水位上升而排放洪水為確保水庫安全的唯一法門。

經濟部水利署（以下簡稱水利署）為促進各水庫運用要點一致性，發布水庫運用要點所用名詞含義統一訂定彙整表^[2]，與防洪運轉有關之名詞含義統一解釋條文如下：

蓄水利用運轉	以水庫蓄水調節供應家用及公共給水、農業用水、水力用水或工業用水功能之需要。
防洪運轉	颱風或豪雨期間，經由溢洪道或其他放水設施放水之運轉。
緊急運轉	在發生特殊洪水或災變，危及水庫安全，情況危殆，嚴重威脅公眾生命及財產之安全時，所採取之因應運轉。
洪峰流量	一次洪水過程中，最大之瞬時流量。
洩洪量	防洪運轉時，經由溢洪道及其他放水設施放水之總放水量。
調節性放水	防洪運轉時，在水庫水位趨近滿水位時，經由溢洪道或其他放水設施預先排放水量以調節水庫水位之放水。
颱風情況	中央氣象局發布海上陸上颱風警報，且本水庫集水區列入警戒區域者。
豪雨情況	中央氣象局發布本水庫集水區豪雨特報或因颱風引進西南氣流之豪雨。

在洪水發生期間，水庫必須因應入流量在各時刻不同的變化，動態調整各時刻之放水量，在防洪運轉過程中，除確保水庫在未來各時刻安全外，亦須同時考慮防洪運轉結束時，達成蓄水利用運轉目標，維持水庫正常供水。

水庫由蓄水利用運轉進入防洪運轉後，依照即時進水量可分為數個階段，洪水來臨前階段（以下簡稱洪水前）、洪峰發生前階段（以下簡稱洪峰前）、洪峰發生後階段（以下簡稱洪峰後）及恢復蓄水利用運轉，防洪運轉期間由符合颱風情況或豪雨情況開始，至關閉洩洪設施為止。在防洪運轉期間，即時操作並無法預知即將發生之實際洪峰流量發生時刻或是確實流量，因此在即時操作下僅能假定已發生之最大進水量為洪峰流量，在實際操作上依進水量變化可能發生洪峰前、後多次交替變更。在部分水庫視水庫開啟閘門最低放水量或水庫下游河道設計無害通過水量之放水量為一彈性區間，在水庫進水量大於此一區間前，視為洪水前，允許水庫在此區間彈性洩放水量。本文中定義洪水前

之放水為預先洩放，在蓄水利用運轉時為調節水庫水位，超過供水量之放水部分為調節性放水，此定義與水利署發布之統一名詞含義稍有不同，但在擬定防洪運轉規則部分則採與水利署相同之名詞。防洪運轉過程示如圖 1[3]所示，圖中數量為示意之假設值，並非翡翠水庫之實際操作過程。

水庫安全性並非與進水過程直接相關，而與水庫水位升降相關，水庫水位越高，則水庫風險越大。水位漲升時，即表示進水量大於放水量，水位下降時，即表示進水量小於放水量。因此為確保水庫安全下，不管在防洪運轉哪個階段，均有可能需要增加放水量或減少放水量，非常見錯誤觀念僅在洪峰前增加放水、洪峰後減少放水。盡量減小進水量與放水量差量，才可避免水庫水位迅速升降。

防洪運轉操作指令需變換閘門開度，通常受限電力系統及閘門吊升速率改變各閘門開度需一定時間，為確保操作指令能順利達成，吊升設備有足夠時間冷卻避免過熱故障無法進行操作，一般水庫操作以小時為操作單位，緊急時才採半小時操作乙次。

水庫進水量由水位變化換算蓄水體積變化後，加上水庫放水量推估得來，水庫放水量多經水工構造物實驗與率定，被認定為可靠數據。各時刻進水量為當時刻蓄水量減去前時刻蓄水量除以單位時間後，登錄在該時刻整點數據，亦即該時刻數據代表前一時刻至該時刻內之平均進水量，放水量亦同，整點時刻登錄之放水量為平均放水量。

當該整點時刻登錄水位後，再經過簡易計算供決策主管挑選放水策略，其放水策略由下一時刻開始執行，平均放水量登錄在下兩時刻。例如 2:00 登錄水位後，在 2:05 完成 2:00 平均進水量計算及可放水量推算，2:10 完成放水決策，3:00 開始執行放水，登錄在 4:00 平均放水量，因此最大進水量及最大進水增率限制對模擬模式或優選模式而言，必須用在兩時刻後之放水量決策。

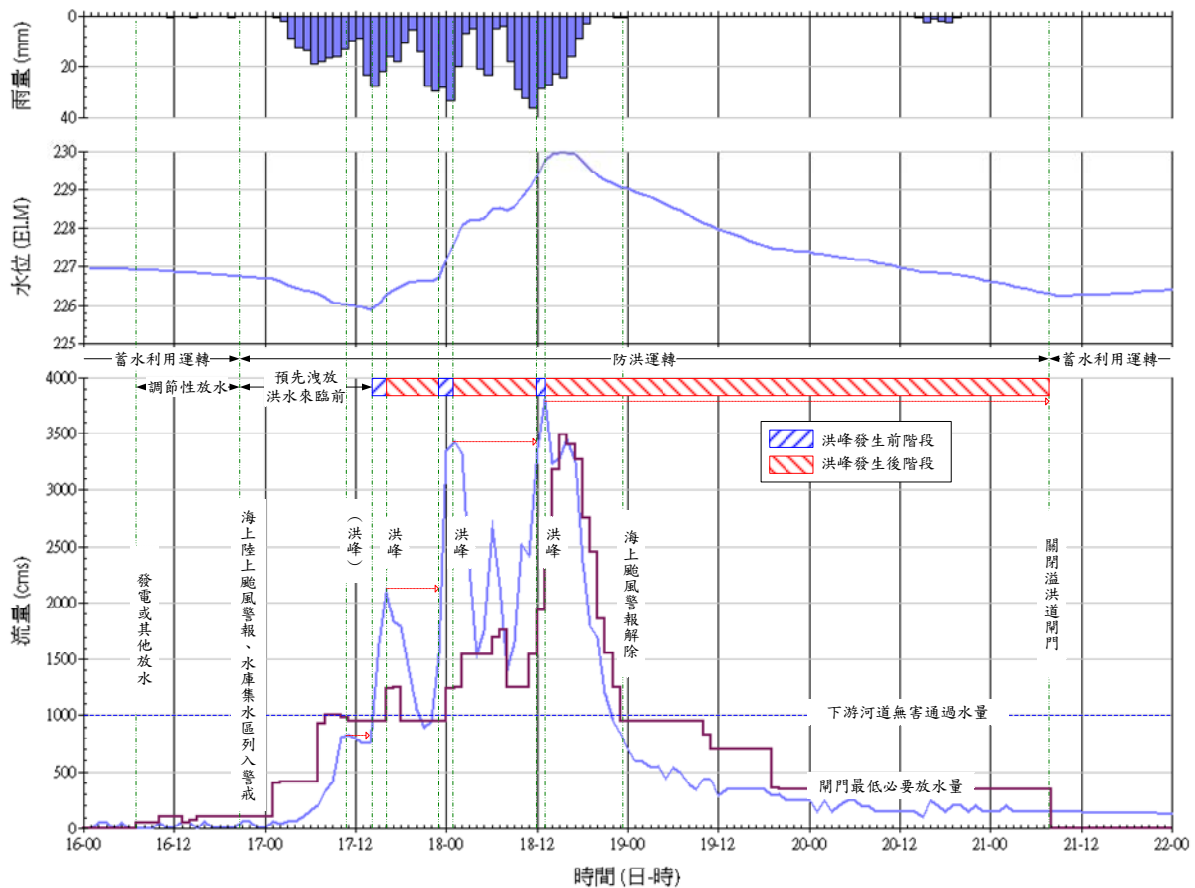


圖 1 防洪運轉過程示意圖

依據運用規則第一條：「臺北市政府（以下簡稱本府）為有效運用翡翠水庫（以下

簡稱本水庫)之公共給水及發電功能,特依水利法第四十八條及同法施行細則第一百二十四條規定訂定本規則。」,翡翠水庫於設計階段與運用規則中,並未將防洪標的作為水庫運用標的之一,因此翡翠水庫除防洪運轉所附帶之減洪效益外,無額外降低洪水標的。另在「翡翠水庫運轉維護手冊」[4](以下簡稱維護手冊)中有較細部的防洪運轉規定與設計條件,故研究中分別依兩規則進行模擬,並依水利法施行細則一二四條規定加入限制。

臺北翡翠水庫管理局為提高應變能力減少決策時間推移,在該整點時刻發生前 10 分鐘預估整點時刻水庫水位後,並藉由電腦計算模式在短時間內完成計算分析與下達決策,可由該整點時刻開始執行,並在下一時刻登錄平均放水量。因此翡翠水庫防洪運轉放水決策可參照前一時刻之進水量進行分析或規則研擬。

三、翡翠水庫概要

翡翠水庫位於新店溪支流北勢溪,水庫集水區面積 303 平方公里,初期水庫容量 4.06 億噸。依「新店溪中上游治理規劃報告」[5],翡翠水庫放水流入新店溪之流量設計標準採百年頻率洪水,洪峰流量為 5,300 cms。自建庫以來尚未放水達到百年頻率洪水。

在集水區面積雨量估算採用鄭子璉、周乃昉[6]發展徐昇網自動分析模式,計算出各種情境之雨量站加權因子,以配合觀測雨量分析。本文以總降雨量 200~2,000 mm 內每 100 mm 為一級,建立不同大小設計暴雨歷程,選用既有之計算分析系統[7]中已建有單位歷線法、貯蓄函數法針對短缺進水量之歷史事件及不同設計雨量估算下之水庫進水量。藉由過去曾經發生之颱風事件,來探討水庫進水量與水庫放水量特性。

運轉分析依既有二規則及建議修訂規則分別建立模擬模式與優選模式進行歷史暴雨及設計暴雨在不同起始運轉水位運轉特性。

四、最大可能洪水檢討

翡翠水庫設計洪水採用可能最大洪水(PMF),由中興工程顧問社於民國 67 年設計[8],由可能最大降雨(PMP)及單位歷線合成,最大可能洪峰為 10,500 cms。「翡翠水庫第二次整體安全檢查與評估」目前仍建議採原設計之最大可能洪水。起始水位採運用規則分段之水位分別模擬,設定為標高 163、165 及 167.5 公尺,重要數據整理如表 1。

表 1 最大可能洪水模擬成果重要數據

依據	起始水位	最高蓄水位	期末蓄水位	最大小時放水量
臺北翡翠水庫運用規則	163.00	175.05	166.89	9,326
	165.00	173.54	166.48	9,851
	167.50	172.73	166.50	10,197
翡翠水庫運轉維護手冊	163.00	175.07	166.89	9,326
	165.00	173.54	166.48	9,851
	167.50	172.73	155.50	10,197
翡翠水庫運用規則修訂研究	165.00	173.20	166.60	9,870

註：「翡翠水庫運用規則修訂研究」各重要數據係直接引用該報告研究成果

表 1 中所示,最高蓄水位均超過設計之最大可能洪水位標高 171 公尺,大部分亦超出翡翠大壩壩頂高程標高 172.5 公尺,表示現況之防洪運轉規則若遇上最大可能洪水,恐不能順利完成防洪運轉,其分析成果與台大水工試驗所於民國 86 年「翡翠水庫運用規則修訂研究」[9]模擬成果類似,此外,設計最大放水量 9,870 cms 係為水庫在最大可能洪水位標高 171 公尺下可放出水量,當水位高於 171 公尺,其可放水量亦可增加,故

不採 9,870 cms 限制。

檢討最大可能洪水防洪運轉失敗可能原因如下：

1. 原始設計與運轉規則及水理現象不符

摘錄民國 67 年設計最大可能洪水防洪運轉如圖 2，依運轉規則翡翠水庫洪峰前放水量參照採前一時刻水庫進水量乘上放水係數，故在洪峰前各時刻放水量應與進水量有位移差量，圖 2 中並未產生位移現象。

當翡翠水庫在閘門全開自然溢流狀態下，進水量與放水量在自然平衡前，不會短時間立即密合，故在洪峰前自然溢流之各時刻放水量應與進水量有差量，圖中並未產生位移現象。

2. 排洪構造物變更

在「翡翠水庫運轉規則」[10]提及相關排洪構造物設計變更，總排洪量與民國 67 年設計相當，但並未提及最大可能洪水防洪運轉過程是否重新檢討，「淡水河、石門水庫與翡翠水庫防洪聯合作業研究報告」[11]亦未重新檢討最大可能洪水防洪運轉過程，「翡翠水庫第二次整體安全檢查與評估」[7]僅檢討最大可能洪水歷線及洪峰，亦未檢討最大可能洪水防洪運轉過程。

3. 放水係數與實際可放水量無法銜接

運轉規則採用之放水係數，在部分水位與對應之進水量下，實際上已超過壩頂溢洪道閘門全開可放水量，在進水量滿足壩頂溢洪道閘門全開條件下，依壩頂溢洪道自由流況查表推估，反較應放水量為小，然運用規則中表二備註 2 規定現時刻放水量不得小於前時刻之放水量，故放水歷線於此段為水平，實際上若真採此量放水，需另增排洪管道（沖刷道、排洪隧道）方能達成。

由於運轉規則無法順利排放最大可能洪水，故檢討翡翠水庫在最大可放水能力下之起始運轉水位，考量在放水量達閘門全開前，採放水率為 1（放水量等於前時刻進水量），俟達到閘門全開（最大可放水量）後，不再關閉閘門以自然溢流方式至防洪運轉結束模擬。不同起始運轉水位下之水位歷線、流量歷線如圖 3，另由優選模式採前述相同最大可放水能力下，另納入水利法施行細則一二四條限制，以蓄水量最低為目標進行分析，分析成果與模擬模式成果比較繪如圖 4。

由模擬成果得知，最大可能洪水在起始水位標高 130 ~ 165 公尺間，最高洪水位為標高 170.67 ~ 170.94 公尺間，亦即在發生最大可能洪水水庫起始水位低對水庫防洪運轉之最高洪水位降低助益不大，反而可能增加洪水未發生或不如預期時，防洪運轉過後之缺水風險。

優選模式發生水庫水位低於標高 155 公尺時，水庫放水受水利法施行細則第一二四條水庫放水增率不得大於水庫最大進水增率限制，水庫最高洪水位反超過設計洪水位標高 171 公尺。圖 3 模擬模式在起始水位 155 公尺以下，水庫水位超過溢洪道底高標高 161 公尺前均已進入閘門全開狀態，因此自然溢洪下之放水增率會大於最大進水增率，屬於違反水利法施行細則第一二四條規定。

防洪運轉起始水位決定後，可依水庫下游河道兩岸保護之標準及放水規定，推算在

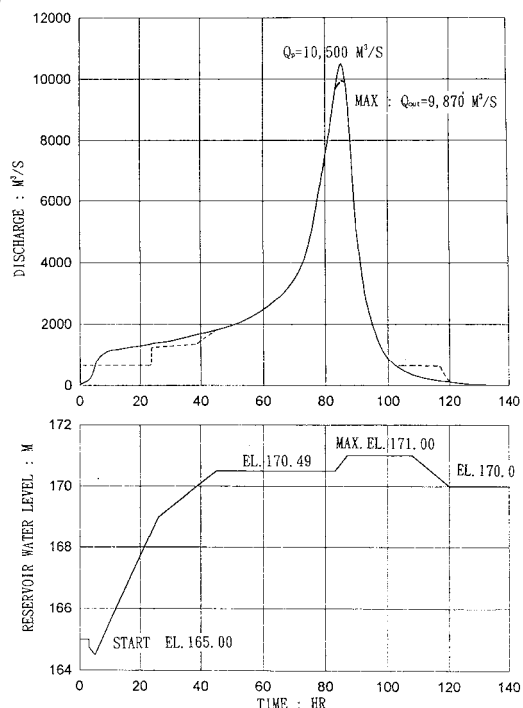


圖 2 原設計最大可能洪水運轉過程

颱風警報發布後至侵襲該水庫間以無害流量預先洩放，可增加之蓄存水量加上防洪起始運轉水位之蓄水量即為最大可蓄水量。

中央氣象局颱風警報發布與解除時機與意義[12]說明如下：

1. 海上颱風警報：預測颱風之七級風暴風範圍可能侵襲台灣或金門、馬祖一百公里以內海域時之前二十四小時，即發布各該海域海上颱風警報，以後每隔三小時發布一次，必要時得加發之。
2. 陸上颱風警報：預測颱風之七級風暴風範圍可能侵襲台灣或金門、馬祖陸上之前十八小時，即發布各該地區陸上颱風警報，以後每隔三小時發布一次，必要時得加發之。

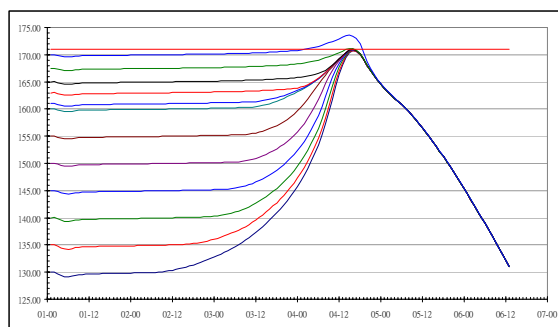
一般視颱風路徑及相關行政作業程序決策約需 8 小時，故自海上颱風警報發布後至降雨發生前約有 16 小時可以無害流量洩放，依翡翠水庫。故可由防洪運轉起始水位加上無害流量洩放水量，以 500 cms 洩放約可排放 2,880 萬噸，在不超過水位 170 公尺下，決定最大可蓄水量。

歸納最大可能洪水分析結果建議針對最大可能洪水起始運轉水位仍採標高 165 公尺，加上 2,880 萬噸後可蓄水至標高 168.27 公尺，建議在 7~10 月水庫最高可蓄水至標高 168 公尺。當發生最大可能洪水或近似時，宜在水利法允許範圍下盡速達到閘門全開放水，而當起始運轉水位小於標高 155 公尺時，則可能發生放水增率超過水利法規定最大放水增率。

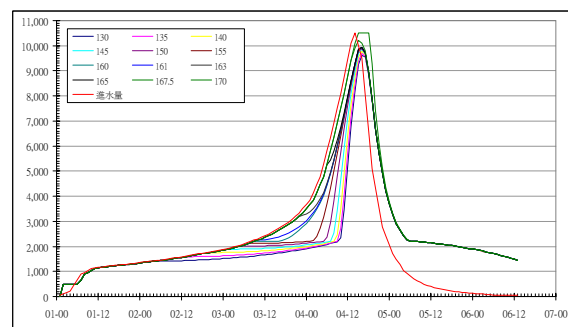
五、歷史颱風事件檢討

選擇 32 場歷史颱風事件模擬，分析之起始水位採運用規則分段水位分別模擬，起始水位分別為標高 163 公尺、165 公尺及 167.5 公尺。歸納運轉特性如下：

1. 在洪水前水庫蓄水位由標高 167.5 公尺以 500 cms 流量洩放至標高 165 公尺，配合實際入流量情況，約需 1~2 天，若各起始運轉水位在進入洪峰前水位已達到接近標高 165 公尺，則放水過程與蓄水過程幾近相同。
2. 洪峰後當蓄水位介於標高 165 ~ 167.5 公尺且流量小於 5,000 cms 時，規定放水量等於進水量，即表示水位不再升降，導致需逐時調整放水量符合進水量，防洪運轉除非進水量降為 0 cms，否則將無法結束，放水量恐低於最小放水量等問題，且操作過於頻繁，實際操作亦將產生困擾。
3. 若水庫蓄水位在接近或超過洪峰發生時方超過標高 165 公尺或超過標高 163 公尺但進水量小於 1,000 cms 下，依據洪峰後發生階段不大於洪峰時期之最大放水量放水，恐將造成水庫蓄水位持續抬昇，如露絲颱風起始運轉水位由標高 163 公尺開始運轉。



(a) 水位歷線



(b) 放水歷線

圖 3 最大可能洪水在最大可放水能力下不同起始運轉水位過程

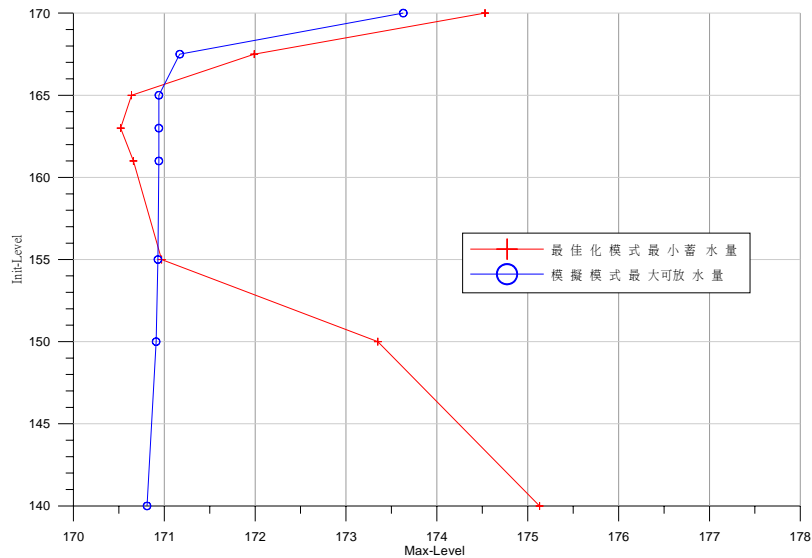


圖 4 最大可能洪水在不同起始運轉水位之最高洪水水位圖

六、洪水調節運轉規則檢討

6.1 無害流量

無害流量係指自翡翠大壩至屈尺堰間，運用規則中缺乏明確無害流量規定，僅在維護手冊隱含提及設計時採 500 cms，在放水增量部分亦未明確建議規定，維護手冊建議每半小時不超過 0.4 公尺，亦即一小時不超過 0.8 公尺，建議目前洪水運轉在無害流量仍採 500 cms，放水流量增率在放水量 500 cms 以下時，由洪水演算得知，此時大部份流況仍以河谷為主。如無立即運轉壓力或需求，建議每小時以開門增開一級(30 公分)，即低於 200 cms 為宜。

6.2 調節性放水

經過水庫防洪運轉分析，翡翠水庫壩頂溢洪道在水庫水位標高 163 公尺時，放水量僅 580 cms，標高 165 公尺時，放水量僅達 1,736 cms，排洪能力十分有限，颱風事件若未如預期發生，將導致水資源浪費，因此翡翠水庫除蓄水超過標高 168 公尺以上，無調節性放水必要。

6.3 洪水來臨前階段與預先洩放研擬

當進水量低於無害流量時，水庫放水量視水庫蓄水量及可能之進水量而定，並得提高至無害流量。因放水特性不明確，一般於現場多由操作人員憑經驗視狀況決定放水量，惟應參照關閉閘門條件，注意進水量與水位的配合，以保證進水消退時仍可蓄水至期望水位。運用規則中並未明定進入洪峰前條件，以致操作時不易判定，此階段除蓄水超過標高 165 公尺以上，無預先洩放必要。

6.4 洪峰發生前階段

防洪運轉除洩放適當之洪水量外，進水量與放水量之差值，在漲水時有賴蓄洪容積蓄存，退水時則關係蓄水位之洩降速率。在特定流量差值下，應考量蓄滿或放出單位水位蓄洪容積所需之時間。就大壩安全著眼，在水位超過某特定高水位時，溢洪道流量傾向以最大容許流量放水，或完全自由溢流為佳；若為兼顧蓄水需求，可在低水位時攔蓄進水量，此點應反應在關閉閘門之水位一流量條件中，例如在低水位時之進水量值應較高水位時為大。運用規則經檢討及修改建議如後：

1. 無明確定義由洪峰發生前階段進入洪峰發生後階段之時機。

(1) 原規則無明確定義，增加此規定可減少現地人員操作困擾。

(2) 運用規則第十二條第二款，當洪峰前水庫進流量不大於 500 cms 情況。

在洪峰前水庫進流量不大於 500 cms 情況下，運用規則並未明確規範應放水
量，翡翠局傾向解釋應放水量為 0 cms，然若持續發生進水量大於電廠滿載發電放
水量且小於 500 cms 情況，水庫蓄水將持續抬昇。

2. 洪峰前之放水率部份超過實際可放水量需重作檢討。

開門開啟順序依序壩頂溢洪道開門流、壩頂溢洪道自由流、沖刷道開門全開及排
洪隧道開門全開。視水庫水位不同下電廠全載放水量約為 75~95 cms，在運用規則表
二中部分放水率即使電廠全載放水搭配壩頂溢洪道自由流亦無法達成規定放水量，以
第六級雨量為例，水庫蓄水位分別在 165 及 167.5 公尺時，壩頂溢洪道自由流分別為
1,736 及 3,828 cms，無法達成表中 4,000 及 5,000 cms。

考慮洪峰前屬蓄水情況，水庫尚可蓄水空間與尚未流入水庫之降雨體積決定放水
率，故宜採預估總降雨量減已降雨量後得「預估待降雨量」為雨量分級依據。放水率
下限依水庫蓄水增率模擬，並考慮總降雨量高估情形，依模擬經驗，在初始降雨期間，
宜採用較大之放水率，以增加水庫蓄洪能力與放水彈性，故宜在規則中另增「除考量
聯合運轉及消滅下游洪災外，得採規定之最大放水量放水。」。

3. 增加開啟沖刷道與排洪隧道之時機

當水庫水位低於標高 161 公尺以下時，若發生最大可能洪水或接近最大可能洪
水，若未能適時開啟沖刷道與排洪隧道，可能發生受限於最大增率影響而導致防洪運
轉失敗，在設定蓄水快速升至標高 165 公尺可忍受最短之蓄水時間下，推估各水位開
啟沖刷道與排洪隧道之時機，示如表 2，亦即當水庫水位在標高 161 公尺以下，無法
以壩頂溢洪道進行洪水調節，為避免水庫水位漲昇過快而無法應變，宜於進流量大於
表列值時，得開啟沖刷道與排洪隧道放水，不受開門啟閉順序限制。

表 2 開啟沖刷道與排洪隧道之時機

水位	蓄水差量	Rsw+Rts	蓄水時間	蓄水流量	進流量	歸納進流量
El.M	萬噸	Cms	hr	cms	cms	cms
165	0	2,205	-	-	-	-
164	858	2,190	1.00	-	-	-
163	1,706	2,174	1.29	-	-	-
162	2,544	2,158	1.57	-	-	-
161	3,373	2,141	1.86	5,045	7,186	7,200
160	4,192	2,124	2.14	5,433	7,557	7,350
159	5,000	2,106	2.43	5,719	7,824	7,500
158	5,797	2,087	2.71	5,932	8,019	7,650
157	6,580	2,068	3.00	6,093	8,161	7,800
156	7,348	2,049	3.29	6,212	8,261	7,950
155	8,103	2,028	3.57	6,302	8,331	8,100
154	8,844	2,007	3.86	6,369	8,376	8,250
153	9,572	1,986	4.14	6,418	8,404	8,400
152	10,286	1,964	4.43	6,451	8,415	8,550
151	10,985	1,941	4.71	6,473	8,414	8,700
150	11,673	1,918	5.00	6,485	8,403	8,850

6.5 洪峰發生後階段

此階段為彈性操作，實際操作多由水庫管理單位自行決定，唯有三類原則可循：定流量、定水位及定閘門開度。因顧慮第二波可能進水之洪峰，應儘速降低水位，因此水位標高較大時宜儘量放水，必要時可採自由溢流。當水位降下以後，可視下游狀況採取固定閘門開度或定水位方式減少放水量，亦可斟酌下游河道及洪水平原之洪水狀況以減少放水。若中央氣象局有豪雨特報則可考慮以超量方式放水，適切的超出水量應予研究，以加速水位洩降達安全的蓄水位，但仍不應大於水庫進水歷線之洪峰流量。

防洪運轉的另一重點為洪峰通過後之水資源攔蓄，期能儘量蓄存進水，當進水量及水位降至可關閉閘門之狀況時，即應停止防洪運轉。本文將設定各月份進行防洪運轉的適當終了目標蓄水位，在閘門關閉後進水量須使蓄水能回升至蓄水操作運轉所需之目標蓄水位。通常關閉閘門之時機均在洪峰通過後，對進水歷線而言此時為退水段，故需估計退水段之進水量以保證達成蓄水要求。經檢討及修改建議如後：

1. 運用規則第十二條第三款，當洪峰發生後階段蓄水位介於標高 165~167.5 公尺且流量小於 5,000 cms 時，規定放水量等於進水量。

規定放水量等於進水量，即表示水位不再升降，導致需逐時調整放水量符合進水量，防洪運轉除非進水量降至為 0 cms，否則將無法結束，規定放水量恐低於最小可放水量等問題，且操作過於頻繁，實際操作亦將產生困擾。

2. 運用規則第十二條第三款洪峰發生後階段應依不大於洪峰時期之最大放水量為原則放水，類似規定亦出現在運用規則第十三條，然此規定在水庫蓄水起始水位為低水位時，恐將發生防洪運轉失敗，因水庫蓄水未在洪峰前進入開啟閘門放水，在洪峰後導致無法放水。在水利法施行細則一二四條並未明確規範，因此沿用原意不造成人造洪水前提下，分成兩種情況：

- (1) 前時刻進流量較放水量大，放水量可增加至前時刻進流量或五百秒立方公尺中較大者。

在退水段增加至前時刻進流量可保證水庫不再增加蓄水，進入洪峰發生後階段之必要條件為「當水庫進流量小於已發生之最大水庫進流量時，則進入洪峰發生後階段。」，故亦可確保放水量不超過水庫最大進流量及消滅洪峰之目的。

- (2) 前時刻進流量較放水量小，以不大於前時刻放水量為原則，且放水量應介於上限流量至下限流量間。

在退水段前時刻放水量若較進流量大時，水庫已減少蓄水，故優先考慮消滅洪峰之目的，要求放水量不得增加。放水量下限係針對聯合運轉及消滅下游洪災時，依水庫水位漲昇 5 小時內不超過標高 170 公尺為原則設計。

3. 增加得關閉調節洪水閘門之條件，當進水量高於此條件時，不需考慮關閉閘門，當進水量小於此條件得視情況逐步關小閘門。

6.6 非颱風豪雨發生期間

1. 運用規則第十三條，非颱風豪雨發生期間且流量小於 500 cms 時。

現況運用規則未明確規範應放水量，翡翠局傾向解釋應放水量為 0 cms，然若持續發生進水量大於電廠滿載發電放水量且小於 500 cms 情況，水庫蓄水將持續抬昇。

2. 運用規則第十三條當洪峰已通過時，翡翠局為調節洪水應依不大於洪峰時期之最大放水量為原則放水。然此規定在水庫蓄水起始水位為低水位時，恐因水庫蓄水未在洪峰前進入開啟閘門放水，在洪峰後導致無法放水。

七、運用要點防洪運轉規則修訂

7.1 使用名詞定義

使用名詞定義	說明
洪水來臨前階段：在颱風或豪雨情況時，水庫進水流量達五百秒立方公尺前。	明確以無害流量 500 cms 為界，定義洪水前區間。
洪峰發生前階段：在颱風或豪雨情況時，當水庫進水流量大於五百秒立方公尺且繼續增大至洪峰流量發生後，或在洪峰發生後階段，當水庫進水流量大於已發生之最大水庫進水流量時。	在現場操作僅能以目前已發生最大水庫進水量判定是否為洪峰，當決策時刻發生比前時刻流量為低時，才得判定洪峰已發生。增加定義由洪峰後返回洪峰前之情況，並改以洪峰前規則操作。
洪峰發生後階段：在洪峰發生前階段，當連續兩小時發生水庫進水流量小於前一小時進水流量的情況時，則進入洪峰發生後階段。	增加明確定義由洪峰前進入洪峰後情況。為避免因洪峰震盪，導致水庫操作規則迅速變化，以連續退水兩時刻做為進入洪峰後條件。

7.2 防洪運轉

條號	臺北翡翠水庫運用要點	條號	臺北翡翠水庫運用規則	說明
13	本水庫於颱風情況之防洪運轉，應於洪水將發生之初期，先依中央氣象局颱風降雨預報之總量予以分級，再按洪水發展過程依下列原則執行操作： (一) 洪水來臨前階段：應視當時水庫之水位，依預報總降雨量及分級將水位降至附表四之擬維持水庫水位以下，以增加可供調節洪水之容量。本階段水庫之最大放水流量應以不得超過五百秒立方公尺為原則。	12	本水庫於颱風降雨時之洪水調節運轉，應於洪水將發生之初期，先依中央氣象局颱風降雨預報之總量予以分級，再按洪水發展過程依左列原則執行操作： 一、洪水來臨前階段：當中央氣象局發布海上陸上颱風警報，且集水區開始降雨，水庫進水流量達五百秒立方公尺前，翡翠局應視當時之水位，優先使用壩頂溢洪道預先調節放水，以降低水庫水位。每年第一次洪水來臨前水庫水位宜儘可能降至運轉規線上限標高以下，如水位因攔蓄洪水而升高至標高一百六十五公尺以上時，在次一洪水來臨前宜儘可能降至標高一百六十五公尺，以增加洪水期間可供調節洪水之容量。本階段水庫之洩放最大流量應以不超過五百秒立方公尺為原則。	颱風情況、防洪運轉依統一名詞調整。 將進流量改為進水流量，放水量改為放水流量，依統一名詞調整。 名詞定義移除。 且集水區開始降雨：額外降雨限制恐將導致無法利用洪水來臨前階段將水庫水位洩降至起始運轉水位，故予以刪除。 規定蓄水目標及放水上限，使翡翠局在此操作可更加彈性。
	(二) 洪峰發生前階段：應依不大於水庫進水流量之原則放水，並儘可能調節洪水，本階段之可洩洪量示如附表五。		二、洪峰發生前階段：當水庫進水流量大於五百秒立方公尺且繼續增大至達尖峰流量時，翡翠局應依不大於水庫進流量之原則放水，並儘可能利用其洪水調節容量調節洪水。	名詞定義移除。 放水率調整為一區間，使水庫操作有足夠彈性配合石門水庫聯合防洪。
	(三) 洪峰發生後階段：本階段洩洪量不得大於洪峰流量，並參照附表六之規定放水，以調節水庫水位使之回復正常運轉水位。		三、洪峰發生後階段：當集水區降雨明顯減少且水庫進流量下降，洪峰已通過時，翡翠局應依不大於洪峰時期之最大放水量為原則放水，以調節水庫水位使之回復正常運轉水位。	名詞定義移除。 在起始運轉水位較低之情況下，可能發生洪峰後才需進行防洪運轉，依水利法施行細則第一二四條規定，應指洪峰進水流量而非放水流量，予以修改。 放水率調整為一區間，使水庫操作有足夠彈性配合石門水庫聯合防洪。
	(四) 若水庫水位低於標高一百六十一公尺且進水流量超過附表七各水位對應之流量時，得開啟沖刷道、排洪隧道洩洪。		前項颱風降雨期間水庫洪水調節運轉之雨量、水位、流量關係如附表一至表三。	各附表之參照說明已納入各款中，本說明刪除。 考慮水庫蓄水在低於標高一百六十一公尺以下時，遭遇或近似最大可能洪水時，提前運轉可降低水利法施行細則最大增率限制影響之應變措施。
14	本水庫於豪雨發生期間，當水庫進水流量小於五百秒立方公尺，應依不大於五百秒立方公尺之原則放水。當水庫進水流量大於五百秒立方公尺且繼續增大至達洪峰流量時，應依不大於水庫進水流量之原則放水。當洪峰已通過時，依颱風情況時洪峰發生後階段之規定運轉。	13	本水庫於非颱風豪雨發生期間，當水庫進流量大於五百秒立方公尺且繼續增大至達尖峰流量時，翡翠局應依不大於水庫進流量之原則放水。當洪峰已通過時，翡翠局為調節洪水應依不大於洪峰時期之最大放水量為原則放水。	水庫進水流量小於五百秒立方公尺且大於電廠滿載發電水量時，仍可能須進行防洪運轉。 增訂洪峰通過後規定依照颱風情況放水，以期確保水資源。 同洪峰後在起始運轉水位較低之情況下，可能發生洪峰通過後才需進行防洪運轉，予以修改。
15	在非颱風及非豪雨情況下，在水庫水位高於標高一六八公尺時，得經由壩頂溢洪道或其他放水設施排放水量以調節水庫水位，放水流量以不超過五百秒立方公尺之為原則。			新增非颱風情況、非豪雨情況所造成之降雨

臺北翡翠水庫運用要點				臺北翡翠水庫運用規則				說明		
附表四 颱風降雨水庫洪水調節運轉要點—洪水來臨前階段				表一 颱風降雨水庫洪水調節運轉規則—洪水來臨前階段				考慮不同總降雨量所需之運轉容積及防洪運轉終了維持最大水資源運用		
放水量 R：立方公尺/秒				放水量 R：立方公尺/秒						
預估總降雨量及分級(公厘)	洩降期內擬維持之水庫水位(公尺)	運轉開始時水庫水位觀測值(公尺)	放水量(立方公尺/秒)	預估總降雨量及分級(公厘)	洩降期內擬維持之水庫水位(公尺)	運轉開始時水庫水位觀測值(公尺)	水庫水位(公尺)			
0-600 I~III	167.5	< 167.5 ≥ 167.5	R = 0 R ≤ 500	各雨量 I~VI	165	165-170	161 162 163 164 165 166 167 168 169 170			
≥ 600 IV~VI	165	< 165 ≥ 165	R = 0 R ≤ 500							
附表五 颱風降雨水庫洪水調節運轉要點—洪峰發生前階段				表二 颱風降雨水庫洪水調節運轉規則—洪峰發生前階段				本表修訂不同放水率區間,使現地操作人員可配合現況彈性放水		
放水量 R：立方公尺/秒				放水量 R：立方公尺/秒						
預估待降雨量(公厘)	運轉開始時水庫水位觀測值(公尺)	進流量(立方公尺/秒)		預估總降雨量及分級(公厘)	網管階段擬維持之水庫水位(公尺)	運轉期間水庫水位觀測值(公尺)	進流量 I (立方公尺/秒)			
0-200	< 163	R = 0		I II	167.5	165-170	500 1000 2000 3000 4000 4500			
	163-165	R = 0	α = 0				< 163	R = 0		
	165-167.5	R = 0	α = 0 ~ 0.09				163-165	R = 0, α = 0.35, α = 0.45		
	≥ 167.5	R ≤ 500	α = 0 ~ 0.79				165-167.5	R = 500, α = 0.45, α = 0.55		
200-400	< 163	R = 0		III	170	165-170	500 1000 2000 3000 4000 4500			
	163-165	R = 0	α = 0 ~ 0.35				< 163	R = 0		
	165-167.5	R = 0	α = 0 ~ 0.66				163-165	R = 500, α = 0.75, α = 0.50		
	≥ 167.5	R ≤ 500	α = 0 ~ 0.88				165-167.5	R = 500, α = 0.75, α = 0.60		
400-600	< 163	R = 0		IV	170	165-170	500 1000 2000 3000 4000 5000 6000 7000 8000 9000 10000			
	163-165	R = 0	α = 0.18 ~ 0.54				< 163	R = 0		
	165-167.5	R ≤ 500	α = 0.35 ~ 0.79				163-165	α = 0.85, α = 0.60, α = 0.70		
	≥ 167.5	R ≤ 500	α = 0.50 ~ 0.95				165-167.5	α = 0.85, α = 0.70		
600-800	< 163	R = 0		V	170	165-170	500 1000 2000 3000 4000 5000 6000 7000 8000 9000 10000			
	163-165	R = 0	α = 0.44 ~ 0.68				< 163	R = 0		
	165-167.5	R ≤ 500	α = 0.54 ~ 0.88				163-165	α = 0.95, α = 0.70, α = 0.80		
	≥ 167.5	R ≤ 500	α = 0.66 ~ 1.00				165-167.5	α = 0.95, α = 0.80, α = 0.90		
800-1000	< 163	R = 0		VI	170	165-170	500 1000 2000 3000 4000 5000 6000 7000 8000 9000 10000			
	163-165	R = 0	α = 0.56 ~ 0.77				< 163	R = 0		
	165-167.5	R ≤ 500	α = 0.68 ~ 0.95				163-165	α = 1.0, R = Rcs, R = Rcs + Rsw		
	≥ 167.5	R ≤ 500	α = 0.79 ~ 1.00				165-167.5	α = 1.0, R = Rcs, R = Rcs + Rsw		
> 1000	< 163	R = 0		備註：1. 由指定值 α，前時刻之進流量 I(t-1) 及式 R(t) = Min(Rcs + Rsw + Rts, α[I(t-1) - 500] + 500) 可計算現時刻應放水流量 R						
	163-165	R ≤ 500	α = 0.66 ~ 1.00	2. 本階段現時刻放水流量不得小於前時刻之放水流量						
	165-167.5	R ≤ 500	α = 0.77 ~ 1.00	3. Rcs：八扇壩頂溢洪道開門全開時之放水流量						
	≥ 167.5	R ≤ 500	α = 0.88 ~ 1.00	4. Rsw：三扇沖刷道開門全開時之放水流量						
備註：1. 由指定值 α，前時刻之進流量 I(t-1) 及式 R(t) = Min(Rcs + Rsw + Rts, α[I(t-1) - 500] + 500) 可計算現時刻應放水流量 R				表二 颱風降雨水庫洪水調節運轉規則—洪峰發生前階段(續)				在低水位遇到總降雨量 1,000 mm 以上,有可能受限於水利法施行細則一二四條放水增量限制而無法順利洩放洪水		
放水量 R：立方公尺/秒				放水量 R：立方公尺/秒						
預估總降雨量及分級(公厘)	網管階段擬維持之水庫水位(公尺)	運轉期間水庫水位觀測值(公尺)	進流量 I (立方公尺/秒)		備註：1. 由指定值 α，前時刻之進流量 I(t-1) 及式 R(t) = Min(Rcs + Rsw + Rts, α[I(t-1) - 500] + 500) 可計算現時刻應放水流量 R					
600-800	170	165-170	500 1000 2000 3000 4000 5000 6000 7000 8000 9000 10000		備註：2. 本階段現時刻放水流量不得小於前時刻之放水流量					
			< 163	R = 0	3. Rcs：八扇壩頂溢洪道開門全開時之放水流量					
			163-165	R = 0, α = 0.85, α = 0.60, α = 0.70	4. Rsw：三扇沖刷道開門全開時之放水流量					
			165-167.5	R = 500, α = 0.85, α = 0.70	5. Rts：排洪隧道開門全開時之放水流量					
800-1000	170	165-170	500 1000 2000 3000 4000 5000 6000 7000 8000 9000 10000		備註：3. Rcs：八扇壩頂溢洪道開門全開時之放水流量					
			< 163	R = 0	4. Rsw：三扇沖刷道開門全開時之放水流量					
			163-165	α = 0.95, α = 0.70, α = 0.80	5. Rts：排洪隧道開門全開時之放水流量					
			165-167.5	α = 0.95, α = 0.80, α = 0.90						
> 1000	170	165-170	500 1000 2000 3000 4000 5000 6000 7000 8000 9000 10000		備註：4. Rsw：三扇沖刷道開門全開時之放水流量					
			< 163	R = 0	5. Rts：排洪隧道開門全開時之放水流量					
			163-165	α = 1.0, R = Rcs, R = Rcs + Rsw						
			165-167.5	α = 1.0, R = Rcs, R = Rcs + Rsw						
備註：1. L：運轉期間水庫水位觀測值(公尺)				表三 颱風降雨水庫洪水調節運轉規則—洪峰發生後階段				本表以水位公式規範放水區間,使現地操作人員可配合現況彈性放水		
放水量 R：立方公尺/秒				放水量 R：立方公尺/秒						
預估總降雨量及分級(公厘)	回復階段擬維持之水庫水位(公尺)	放水量(立方公尺/秒)		預估總降雨量及分級(公厘)	回復階段擬維持之水庫水位(公尺)	運轉期間水庫水位觀測值(公尺)	進流量 I (立方公尺/秒)			
降雨級數 I~VI	165	放水 上限	R = min(I(t-1) + 200(L-165), Rcs+Rsw+Rts)	I II III IV V VI	165	165-170	500 1000 2000 3000 4000 5000 6000 7000 8000 9000 10000			
		放水 下限	R = min(I(t-1) - 400(170-L), Rcs+Rsw+Rts)				> 167.5	R = 1-500, R = Rcs + Rsw, R = Rcs + Rsw + Rts		
備註：1. L：運轉期間水庫水位觀測值(公尺)				備註：1. L：運轉期間水庫水位觀測值(公尺)				備註：2. 當水庫進流量小於附表八水位與進流量關係,得考慮關閉排洪設施,以期將水庫蓄水回復至標高 170 公尺		
備註：2. 當水庫進流量小於附表八水位與進流量關係,得考慮關閉排洪設施,以期將水庫蓄水回復至標高 170 公尺				備註：2. 當水庫進流量小於附表八水位與進流量關係,得考慮關閉排洪設施,以期將水庫蓄水回復至標高 170 公尺				備註：3. 若需配合石門水庫聯合防洪運轉,此時放水流量允許暫時小於進水量,但不得低於放水下限,以免水位漲升過快,累積數個時刻後,仍需調大放水量高於進水量,降低水庫水位		

附表七 開啟沖刷道與排洪隧道之時機		在遭遇或近似最大可能洪水情況下，水庫起始運轉水位若低於標高 165 公尺以下，可能發生違反水利法施行細則第 124 條規定，建議於大於表中該水位進水流量下，開啟其他放水設施排水量。
水庫水位（標高公尺）	水庫進流量（立方公尺／秒）	
161	7,200	
160	7,350	
159	7,500	
158	7,650	
157	7,800	
156	7,950	
155	8,100	
154	8,250	
153	8,400	
152	8,550	
151	8,700	
150	8,850	

備註：水庫水位在標高一百六十一公尺以下時，表上所未列載之水庫水位與水庫進流量關係得用 $I = 7200 + 150(161 - L)$ 推估。

7.3 建議修改規則特性與分析結果

建議修改規則係考量翡翠水庫放水能力須在高水位方有較大彈性，故設計運轉期間維持之水庫水位介於標高 167.5 公尺至 170 公尺間，原規則在總降雨量超過 1,000 mm 即發生防洪運轉失敗，建議修改規則針對洪水應變能力較高。防洪運轉期間發電仍滿載運轉，故模擬至進水量小於電廠放水量時視為模擬結束，模擬結果期末蓄水稍低於標高 170 公尺，若無連續洪水發生，防洪運轉結束後，可透過發電滿載運轉來調節水庫水位至目標水位。

建議修改規則模擬歷史颱風事件，運轉成果均可儘量抬昇水庫期末蓄水蓄水量，並控制水庫最高蓄水位低於標高 170 公尺。其中僅有象神颱風於標高 167.5 公尺開始運轉，水庫最高洪水位超過標高 170 公尺，仍在設計洪水位標高 171 公尺以下，比對翡翠管局提供之資料庫，氣象局開始預報總降雨量前，已降下 128 mm 雨量，發布預報總降雨量 300 ~ 500 mm 期間，共降下 406 mm，在洪峰通過後，修正總降雨量 600 ~ 800 mm 後，再降下 118 mm 雨量，模擬誤差主要發生在發布預報總降雨量前降下之 128 mm，模式採總降雨量為 0 mm 分析，故水位在僅有發電放水情況下不斷升高，翡翠水庫防洪運轉仰賴中央氣象局預報之總降雨量，在發布總降雨量前，宜由現地操作人員憑觀測資料及經驗概估以利參考運轉，另經測試若象神颱風總降雨量預報能在開始降雨前取得，不論是 300 ~ 500 mm 或為 600 ~ 800mm，均可不超過標高 170 公尺下完成運轉。

前述規則為研究中建議調整，定案運用要點經水利署審核後於在文字上稍有修正，並於民國 93 年 5 月底公告上網。

八、結論與建議

8.1 結論

1. 若遇上最大可能洪水，在起始運轉水位標高 165 公尺以上將不能順利完成防洪運轉，宜盡速在水利法允許放水量下，將排洪設施全數開啟。在起始運轉水位標高 155 公尺下，受水利法施行細則規定最大放水增率限制無法完成防洪運轉，故建議增加水位低於溢洪道底之開啟沖刷道與排洪隧道之時機，不受開門開啟順序限制。
2. 過去在進行水庫安全檢討多針對最嚴峻的條件，如最大可能洪水及高水位下進行防洪運轉檢討，因而遺漏低水位下的潛在威脅。在水庫連續營運過程中，實際在低水位遭遇洪水機率較大，未來針對相關情況分析時，應分別針對大小洪水及不同運轉水位進行分析。

3. 在預估總降雨量達 1,000 mm 以上時，水庫幾無調節洪水之彈性空間，運轉過程應以儘量洩放洪水為宜。
4. 翡翠水庫因水位低於標高 165 公尺以下時，排洪能力十分有限，無預先洩放洪水之必要。在總放水量 500 cms 以下時，若無立即運轉壓力或需求，建議每小時放水量增率以閘門增開一級（30 公分），即低於 200 cms 為宜。
5. 建議修改規則對洪水應變範圍較原規則高，且規則所對應之放水率於各水位下以統一，較利於現地人員操作，亦針對石門水庫聯合防洪運轉提供小範圍彈性。由於翡翠水庫防洪空間有限，仍宜盡量以上限放水，以確保水庫安全。
6. 若有防洪運轉必要，洪峰前初期宜優先以上限放水，確保水庫蓄洪空間及調升放水量不受最高放水增率限制之彈性，並可縮短開啟閘門所需必要之行政時間。

8.2 建議

1. 最大可能洪水之防洪運轉過程，宜深入研究分析。
2. 得考慮關閘時機後之減放水量宜後續繼續深入探討，以減少閘門動作。
3. 建議於後續研究壩頂溢洪道閘門是否需八門同開、同閉，及閘門開度最大允許增量相關分析，以利彈性調整閘門放水量。
4. 未來宜配合無害流量條件，修正緊急情況下運轉之放水增率及放水上限。
5. 未來宜依據最新水文及用水情況、水庫安全評估成果，定期檢討水庫運用要點及水門操作規定，以利永續利用。
6. 水庫受限物理條件之最小啟用閘門開度及無害流量之運用，均可能違反水利法施行細則第一二四條規定，其他有閘門之水庫運用要點及水門操作規定亦有類似情況，建議釐清該條文所允許之必要情況與彈性。
7. 氣象局於民國 93 年 9 月 12 日宣布自該日起將豪大雨特報分為超大豪雨、特大豪雨、豪雨與大雨等四級，此調整將影響現有水庫運用要點之定義與操作，本水庫運用要點以氣象局預報之總降雨量為分級對象，受到影響較低，未來宜調整相關定義，以免發生衝突。
8. 宜依修正後之運用要點變更調整即時分析模式，以利水庫防洪即時操作。

參考文獻

1. 臺北翡翠水庫管理局，「臺北翡翠水庫運用規則」，民國 78 年 8 月。
2. 經濟部水利署，「研商「堰壩及水庫水門操作規定與運用要點訂定注意事項（草案）」會議」會議紀錄，民國 92 年 4 月。
3. 財團法人成大研究發展基金會，「納莉颱風期間曾文水庫防洪運轉過程鑑定報告」，經濟部水利處，民國 91 年 3 月。
4. 中興工程顧問社，「翡翠水庫運轉維護手冊」，台灣電力公司，民國 77 年 2 月。
5. 台灣省水利規劃試驗所，「新店溪中上游治理規劃報告」，台灣省政府水利處，民國 87 年 4 月。
6. 鄭子璉、周乃昉，「徐昇多邊形網法之數值計算」，台灣水利，第四十八卷，第三期，台北，第 43-51 頁，民國 89 年 9 月。
7. 中興工程顧問股份有限公司，「翡翠水庫第二次整體安全檢查與評估」，臺北翡翠水庫管理局，民國 89 年 11 月。
8. 中興工程顧問社，「台北區自來水第四期建設計畫 水源工程定案研究專題報告 p 水庫運轉研究」，民國 67 年 1 月。
9. 國立台灣大學水工試驗所，「翡翠水庫運用規則修訂研究」，台北翡翠水庫管理局，民國 86 年 6 月。

10. 中興工程顧問社，「翡翠水庫運轉規則」，台灣電力公司，民國 74 年 3 月。
11. 中興工程顧問社，「淡水河、石門水庫與翡翠水庫防洪聯合作業研究報告」，經濟部翡翠水庫建設委員會，民國 75 年 3 月。
12. 中 央 氣 象 局 ， 「 氣 象 常 識 」 ，
http://service.cwb.gov.tw/docs/V3.0/knowledge/dict/dict_index.htm 。

謝誌

承蒙經濟部水利署經濟部水利署洪銘堅簡任正工程司於 SOBEK 軟體應用上的協助，曾仁宏先生指正，水利規劃試驗所梁政聰正工程司、王淑如小姐提供新店溪河道斷面資料及相關報告，台灣電力公司許智安組長建議閘門操作及臺北自來水事業處李叔龍先生提供新店溪水文資料，臺北翡翠水庫管理局林瑞廷技正、陳秋種科長、王為森股長、羅慧麗股長參與協助，使研究成果更臻完備，謹致謝忱。