

潰壩根源的探索及防範

林祥欽*

一、前言

蓄水壩安全的維護，好比一個人身體保健的實踐。身體屬於一種生理結構系統，它的健康狀況，本質上也是一種動態過程，惟有講求養生之道，方能不斷地維護它的最佳狀態。1970年代醫學界依據疾病病譜的改變，將過去單純的生物醫學模式，發展為生物-心理-社會醫學模式，此乃因現代人多少都曾感受到生活、工作，甚至人際關係的壓力，壓力處理得宜，會變成一種動力，產生生命的活力，否則壓力可能成為諸病之病源(或病根)。1977年世界衛生組織(WHO)將健康概念確定為“不僅僅是沒有疾病和身體虛弱，而是兼顧身體、心理和社會適應的完滿狀態”。因此，界定了一種不易察覺，介於健康與疾病間灰色地帶稱之為「亞健康」(Subhealth)狀態的新醫學概念。目前中國大陸將符合法規安全標準的蓄水壩稱之為正常壩，否則為病壩，甚至為問題嚴重的險壩，具有異曲同工之妙。此三者狀態可能隨時間而互換。因此，瞭解並找出形成潰壩模式根源的危險因子是治理潰壩根源的必要根本手段。

吾人一旦發現身體形態病變的證據，要即時就診；反之，若諱疾忌醫而延醫誤時，甚至到病入膏肓，醫藥罔效之時，悔之晚矣。是故，在病癥出現前，即要作預防的保養功夫；癥候出現後，即要問診。同樣，一座壩在出現影響安全的缺陷(Deficiency)前，平時即要安檢維護；當發

現問題時，要防微杜漸，採取補救或補強措施，重視「加固改造」工程的適時性和科學的適切性。PFM的分析(Potential Failure Mode Analysis, PFMA)好比找各科良醫會診的健檢，具有預防PFMs發生，強化有效管理壩安的優點。因此，追根溯源，如何恰當地定義辨識造成PFMs的根源，以提供壩安工作從源頭做起的一些理念和方法，是撰寫本文的動機，期盼增進讀者對此問題的重視，瞭解並控制危險因子，以避免發生潰壩的災難後果。至於有關設計問題所造成的危險因子，屬於壩安先天不足的因素(例如於1963年潰決的巴溫崗(Baldwin Hills)土壩，係建在不穩定的基礎上，事後勞民傷財的補救措施和設置完備的安全監測設施，仍於事無補)，則不在本文討論範圍之內。本文係筆者個人意見，未必代表美國聯邦政府的政策和作法。

二、壩安維護的簡易醫理概念

中醫講的“標與本”，是用來表示疾病的主要與次要病情的緩急，採行「急則治標，緩則治本」的法則。“標”乃疾病症狀，而“本”指疾病發生的機制(即疾病的本質)。從發病而言，病因是本，症狀是標。故“標與本”是一個相對的概念，用以表明各種病症因果雙方的主次關係。中醫有“治病必求於本”的說法，指出任何疾病在其發生、發展過程中，會出現許多症狀，這些只是疾病的現象。治療疾病須收集瞭解這些疾病

* 美國聯邦政府水壩安全工程師；聯邦跨部會水文諮詢委員會前主席

的各種症狀，從複雜多變的臨床表現中，通過綜合分析與推理，透過疾病的現象，找出病變的體質，制訂出正確治療方案，才能收到滿意的治療效果。然而，在某些情況下，新病甚急，不及時治療，可能危及患者生命，需採取「急病治標，慢病治本」的法則；而在治療中若新舊病並重的情況下，可一併治療是為「標本同治」法則。

上述治病的醫理法則，同樣可作為壩安維護的原則。例如，一土壩發現異常滲流問題，除立即預警地方緊急處理單位外，採取必要應變措施，諸如降低水庫水位、放置濾層材料在滲流處等治標工作，然後進行詳細調查及分析，以求治本之道。一座壩的安全問題若多於一種，不可將某一問題因治標而增加其他問題的嚴重性，故最好適時適法，標本同治。或避免為治理一個問題而造成新的其他潰壩根源副作用，例如 2003 年美國銀湖壩 (Silver Lake Dam) 的潰決，係在增建一安全栓溢洪道 (Fuse Plug) 後發生，即為一典型例子。此種全面性「治療」，從周遭大環境，乃至體內小環境，將各個不同層次問題克服。但就「找出病變的本質」而言，許多潰壩的例子蘊涵了諸多「必然因素」，而有些潰壩更多是一種「偶然因素」，出乎預表，並沒有前者那麼容易把握。此說明當探究潰壩根源的必然原因時，也應關注後者的變數，換言之，在偶然中追究必然的因素，尤其是其他潰壩歷史教訓中，曾造成悲劇導因的偶然因素，不但不可忽略，更要預先防範，否則也可能難逃潰壩因果律的咒詛。藉風險導向安檢原則的 PFMA 方法，發掘潛在問題根源。因集思廣益，對檢討這些因素，能收慎思明辨，群策群力之功。

本文從淺顯的醫理，說明壩安工作的重要性和必要性。以宏觀大格局和微觀小格局兩者平衡的觀點，洞悉 PFMs，再配合天時、地利、人和的條件及有利因素，破解潰壩發生前的「亂碼」，以治標為手段，以治本為目的。壩安要達

到「零風險」，因多種因素影響，不易做到，需代以「風險控制」概念。降低潰壩風險，標本兼治，對症下藥有為者當如是，方可成為一位名至實歸的「醫術高明」或「妙手回春」的壩安工程師。

三、潰壩根源探索

如前所述，壩安的維護類似個人的保健。為保持長期身心健康，一個人平時的保健，包括注重調養，定期健康檢查，生病看醫生等等都是不可或缺的手段。蓄水壩平時的觀測、監測、定期安檢、維護，以及發現問題時，立即採取補救措施等也是確保壩安的必要手段。因此，將壩安專業工程師比擬成「維護水壩健康的醫生」也不為過，且有專科或一般科目之別。然而，一位良醫看診，不僅看外表的症狀，更要篩檢、診斷症狀的病源所在。同理，壩安工程師要能發現、確認問題的根源所在，並能分析及解決問題的根源，才算稱職。

前述提及，治病醫學上講求的是標本兼治方法；長期策略是為了成就治本之計，而短期為治標，則就問題焦點，尋求突破。所謂「長治久安」，貴在治本之道，而「本」即身體違和的「根源」，即非常基本的原因或主要理由。而潰壩的根源，根據其結構性，一般將在靜力、水文和地震等三種載重情況下，會破壞壩完整性的直接或間接的靜態或動態風險因素（即危險因子），可區分歸納為結構、基礎、自然、人為及水庫操作等五大類。其中自然、人為和水庫操作等因素，屬於外部承受的危害 (External Hazard) 屬性，而其他兩者則屬內部承受的危害 (Internal Hazard) 屬性。因此，以組成潰壩不同根源的各類風險因素，來詮釋、探討 PFMs，是值得深究的重要課題。

潰壩的起始根源或肇因 (Initial Cause)，或

稱主要肇因 (Primary Contributing Cause)，或引信肇因，固然要將之消除，但不能忽視的是通常重大意外事故的發生，往往並非是單一失誤或疏忽造成的潰壩根源，而是多重失誤一連串發生所促成的，或累加造成的後果。因為潰壩發生的機制，若非肇因於此一因素，即彼一因素所構成的根源，在受到某種外力載重作用下，如火種般點燃引信，這些潛藏的根源因素，可能被一次引爆開來。職是之故，為要強固蓄水壩的安全性，審視問題需全面，且要微觀與洞見並俱，追根究底，然後自最弱點著手做起，再逐步改善他處的弱點。例如，2005年湯溯 (Taum Sauk) 抽蓄水庫計畫上池壩的潰決，其起始潰壩根源固然是並聯式的主要及備用兩種自動控制水位計皆失準而導致庫水超抽溢頂造成的，但壩系統中其他一些基本元件的缺陷所構成的配合 (或次要) 潰壩根源或肇因 (Secondary, Subtle or Associate Contributing Causes)，包括堆石壩體的施工品質不良、壩壩下游邊坡穩定性不足、壩體沉陷，以及壩基處理不良等的問題，在庫水溢頂後，迅即產生了潰壩根源的骨牌效應，一發不可收拾。是故，除了要拆除 (Defusing) 潰壩可能導火線的引信肇因外，尚需排除所有可能構成潰壩配合根源的風險因素，才是確保壩安的治本之道。

然而，當發現壩安緊急或重大問題時，「治本」或許費時曠日，緩不濟急；或成本過高，不合乎經濟原則。因此，應急的搶險措施 (Interim Risk Reduction Measures)；或解決部份問題的期中治理措施 (Intermediate Measures)，是必要的「治標」手段。例如，為容納設計洪水量而擴大溢洪道容量，是「治本」之道，而「治本」之前，為免洪流溢頂，大洪水來臨前，在壩頂堆置臨時砂包，如同一個人患了有立即威脅生命危險的急病，必須送急診室作緊急的救治一樣，是屬應急的「治標」手段。又如，溢洪容量設施不足，需擴建之前，採取修訂臨時性的洪前調節

性放水水庫防洪操作規則及應急性的 EAP，以及召開鎮 (市) 民說明會 (Town or City Hall Meeting)，除公開釋疑外，並以利害關係曉諭大眾爭取合作等措施，皆屬期中治理的「治標」方法。

四、潰壩根源解碼實例

潰壩根源，如前所述有主次之分，而各根源又可能是由數個風險因素構成的。今列舉兩例，說明其壩安癥結背景如下。

實例一 2005年12月位於美國密蘇里州的湯溯抽蓄水庫計畫的上池堆石壩，因庫水超抽溢頂而潰決。發電抽水自動控制的水位計失準是潰壩肇事主因，但一連串其他結構性弱點，暴露於溢流的沖擊下，遂產生連鎖性破壞，短時間內即導致壩潰決。根據專家調查報告，潰壩的根源可歸納成三類。第一類是造成水位計失準的四個風險因素，包括：(1) 2004年完成水庫內面防漏襯砌 (Lining) 後，兩支放置水位計探針保護 (Protecting Probes) 用的塑膠管，未放回原位置加以固定，又因鄰近壓力鋼管的取水口，周而復始受抽水或供水發電時的水力攪動，遂產生顯著垂直位移而影響原水位計的讀數，故當庫水達正常最高水位時，未能按原設計啟動溢流保護系統的功能，此為潰壩的起始因素；(2) 水位觀測儀器與控制系統的設計規範，從壩安觀點而言，並不恰當；(3) 當初儀器支撐系統設計不當，一旦現場改變，易導致支撐系統損壞及誤讀水位的後果，以及 (4) 修護受損儀器支架的措施不夠保守。第二類是加速造成水壩壩體沖蝕崩塌的邊坡和基礎不穩定風險因素，包括：(1) 溢頂的水流，使壩內滲水面 (Phreatic Surface) 及在壩與基礎交界面產生的水壓快速上升；(2) 壩基情況因未按設計及施工規範處理，顯得脆弱。第三類是結構風險因素，包括：(1) 因未按設計及施工規

表一 Taum Sauk 上池壩潰決的主、次要根源（肇因）

壩體載重情況	潰壩根源及貢獻因素		直接影響	FM
	主要肇因	次要(或配合)肇因		
水庫蓄水位之高度	發電抽水自動控制的水位計失準（貢獻因素：如上所述）	邊坡和基礎不穩定，以及壩體結構脆弱（貢獻因素：如上所述）	庫水溢頂而出	土石壩因溢流而潰決

範建造，壩體抗剪力不當；(2) 施工不良，未達設計規範的要求，致堆石壩高度沉陷過大，喪失原設計的出水高度（Freeboard）。

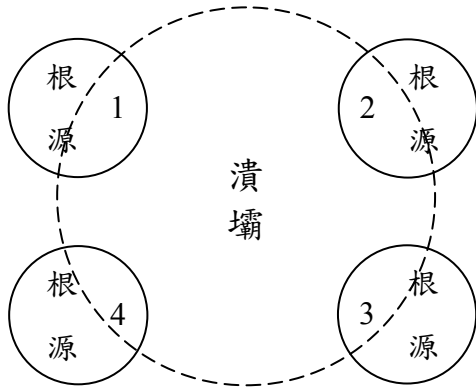
如表一內所示，上述第一類潰壩根源可歸納稱之為主要肇因風險因素，即水庫水位觀測儀器未能發揮應有的功能，包括具有自動控制功能的主要水位儀和具有保險功能的備用水位儀，兩者原設計在庫水上升至某一高度時，本當自動切斷抽蓄發電循環的運轉，卻因同時位移，發生了並聯式失靈的事件。第二、三類潰壩根源則屬潰壩的次要肇因風險因素，兩者係被第一類所激發，產生破壞水壩結構的串聯式事件而造成潰壩的結果。

實例二 2005年5月位於美國紐約州的搖晃橋（Swinging Bridge）土壩，在壩頂靠近下游面發生面積大約10公尺直徑，3公尺深的大陷坑（Sink Hole）事件。該壩於1930年蓄水後，由於受軟弱壩基導致壩體長期沉陷的影響，通過壩體內包裹壓力鋼管與其下方通行隧道的馬蹄型混凝土結構物，出現一些龜裂痕跡。根據調查，壓力鋼管的漏水經裂縫噴出的細流，進入壩體內，又經混凝土裂縫回流到混凝土通道中，故其底部堆積一些經壩體沖蝕而出的極細泥砂。在該陷坑事件發生前約一個半月，一次大洪水漫過溢洪道頂上的插板（Flashboard），但插板未如原設計般地傾倒，因而壅高的水位可能加速上述內部沖蝕作用，導致陷坑提早發生。此乃不幸中的大幸，若非該洪水及時發生，陷坑或許會在下次更

大洪水時產生，倘若如此，由於大洪水壅昇的高水位可能輕易滲過陷坑，而沖跨堤壩，對下游一連串壩及人口密集的城鎮，將造成不堪設想的嚴重後果。潰壩果真如此發生，該倒而未倒的插板，即是該滲流潰壩模式的主要肇因風險因素。輸水道穿過土壩往往造成許多壩安問題，宜儘量避免此種工程佈置。例如本例滲流的發生，係壩體長期沉陷，導致下方設有板樁（Sheet Pile）的通道上、下游段，因不均勻沉陷，使鋼管綻裂，噴流沖蝕壩心材料，再經管湧進入通道，遂造成壩體大陷坑的後果。因此，壩心沖蝕過程、設置不當的板樁、軟弱壩基、壩體的沉陷等，皆屬潰壩次要肇因風險因素。

睽諸上述二例，廣義言之，一座壩潛藏由風險因素構成的任何安全缺陷，都可能成為不同組合的潰壩根源，潰壩發生前，並無主、次根源之分，而是隨機先後發生的，故任何潰壩風險因素，都必須祛除。此如同各個預先設定號碼的鎖（Combination Lock）一般，各鎖都有0到9的號碼，只要當號碼組合正確時，鎖即可打開。各潰壩根源，又如各環節，形成一鏈條後，在某種外力作用下運轉，此好比圖一所示，一旦四個獨立潛在潰壩根源的第一者形成FM後，將其他三者依序串聯牽動起來，遂而導致潰壩的結果。狹義言之，一般潰壩所指的根源，乃指最先導致潰壩FM的主要根源。例如，大洪水形成一水庫高水位的載重後，土壩體內的滲流面升高，若壩下游坡面甚陡，且無壩趾滲水管，即可能造成滑坡

而潰決，此陡坡為潰壩主要根源。若坡面不陡，但因施工品質不良，壩體夯實未達最低標準，以致孔隙率過大，且無濾層，即可能造成滲流管湧的潰壩結果，此大孔隙率即為潰壩主要根源。



圖一 FM 發展過程中之潰壩根源連鎖反應示意圖

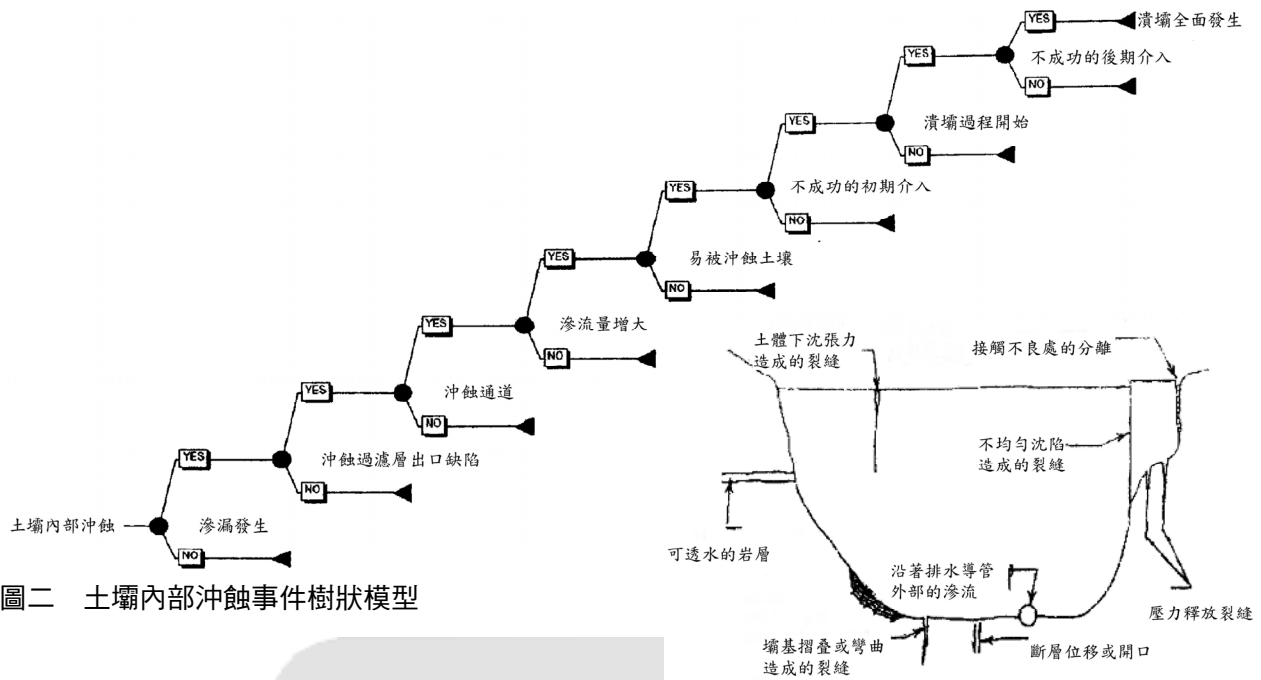
五、滲流PFM根源舉例

壩安工作，主動優於被動，治本勝於治標。主動、積極發掘可能潰壩根源，乃「趨吉避凶」的首要工作，然後採取必要的補強或補救措施，以維繫壩安於不墜。雖然世間百病叢生，但致命的殺手病症有其排行榜。同樣，根據統計，世界各地土壩潰決的主要「元兇」是壩頂溢流和滲流造成管湧的 FMs。本文茲舉土壩滲流為例，建構重要信息，並簡單說明消弭 PFM 的方法如下。預期或預測滲流事件的發生，瞭解壩址特徵與設計特性，以及執行壩址觀測儀器的監測等，都扮演了重要的多元角色。一般滲流經過土壩的構件 (Components) 包括心牆、壩基截水牆、灌漿隔幕 (Grout Curtain)、壩趾排水管、基礎處理以及煙囪式 (Chimney) 或覆面式 (Blanket) 濾層和排水管等。而滲流 PFM 通常有三種：穿越壩體的管湧，流經壩體穿越壩基的管湧，以及直接穿越壩基的管湧。謹此說明第一、二種的壩體內

部沖蝕管湧如下。

土壩內部沖蝕潰決的機制，若從壩體橫切面審視，可分成六個階段：水壓負載、沖蝕開始、沖蝕延續、沖蝕擴展、緊急介入行動 (Intervention) (與時效有關)，以及處置不當而潰壩，其過程如圖二所示 FM 機制的事件樹狀分布圖。因此，壩體內下游宜設置級配濾層 (Graded Filters)，可止住或減緩內部沖蝕，否則此類快速沖蝕一旦發生，無法即時採取緊急介入行動以阻止潰壩的發生。例如於 1976 年潰決的堤頓壩 (Teton Dam)，即發生此一無法「救亡圖存」的憾事。若從壩體縱切面審視，可能成為潰壩根源的管道 (Avenue)，以及影響各滲流階段發展的內、外在因素，如圖三所示。因此，一般調查滲流包括五個步驟：確認問題，確認根源，確認路徑，確認後果，以及評定反應行動；而滲流調查，可採用包括鑽探 (例如裝置觀測井、水壓管，或作滲透性試驗)，試驗坑，地球物理試驗方法，以及染色試驗等四種方法進行。有關滲流發生的背景資訊，則可分成兩大類：一類為滲流的歷史，包括發生的位置，隨時間的變化，與水庫水位變化的關連性、滲流量，以及混濁度等；另一類為現有的資料，包括：歷年檢查報告、設計報告，以及設計與施工圖與照片等。

在壩址，一旦發生主要壩安問題時，例如上述的滲流現象，業主須按照規定，立即向政府主管機關呈交「事件報告書 (Incident Report)」 (FERC, 2007)，其內容應詳實記載所發現的事實以及緊急應變的措施，除供主管機關審查外，並作為日後壩安維護工作的重要參考文件。報告書應包括如下七點要項：事件發生的根源；在事件發生前的異常現象或有關工作的情况；防止事件惡化所採取的措施；事件



圖二 土壩內部沖蝕事件樹狀模型

圖三 土壩內部沖蝕通路(即滲流根源的危險因子)示意圖

對壩相關結構物的破壞及修護狀況；對人員造成的傷亡情況；對他人財產造成的損害與範圍；以及後續所要呈報與事件有關的進一步資訊內容等等。

六、討 論

(一) 一個能改變蓄水壩安全狀況的潰壩根源及其構成的危險因子，在發生時，往往是隱而未顯的，或當發現時，卻輕忽其最終對壩安影響的嚴重性。但是「引信」再長，仍有危險，不確定何時會引燃潰壩的火藥庫（即PFM）。因此，防範 PFM 是蓄水壩公共安全領域中的當務之急，而從源頭探索構成 PFM 的根源及其構成的危險因子，將潰壩引信拆除，是減小潰壩風險，事半功倍，成本最低的「正本清源」之道。本文以最基本的定義，探討潰壩根源作為主題，從學習歷

史教訓中，獲得啟迪，期盼壩安工作能從「大處著眼，小處著手」。而治理潰壩根源的潛在威脅，標本分治或兼治，或擇一治理，使新發現的問題，或曠日的「沉痾」得解，此需視優先順序的緊急性以及技術與經濟等可行性而定。

治標是解決眼前問題的手段，而治本則是達成終極目標的根治方法。依照此種思維，治標係戰術，著重特定、短程的需要，而治本乃戰略，是全局，更長遠的考慮及行動，方不致發生「贏了戰鬥，卻輸了戰爭」的結局。例如，情況危害壩安嚴重者，需要「釜底抽薪」，代替「揚湯止沸」的作法。而情況輕微者，只需適當處理，持續觀測發生的變化。治標或治本的科學方法，或許沒有絕對的對錯，但基本要求是需有周全的配套措施，根本方法是要統籌兼顧，而不是「頭痛醫頭，腳痛醫腳」的抄短線作法；相

對而言，治標是解燃眉之急，而治本則是長治久安之計。

- (二) 工程管理思想是一種非科學計量的人文思考。壩安全管理制度化有其主體性與結構性，需要建章立制，並非蓄水壩業主可以自行圈限、設定的。壩安相關執行機構的整體觀，應包括三個組成部份的工作執行計畫 (Programs)：業主的壩安計畫、獨立工程師的五年安檢計畫、以及政府主管機關的監督計畫。這三方面計畫的執行，必須整合為一體，各方都有明確權責的界定且具有互補性，以建構一個防範潰壩周密的三層保護網。三者需齊心努力，各盡職能，務實求治，方能落實工作成效，達成壩安三贏的局面。

上述二者中，以業主全時間在等一線工作與應變的責任最大。為責備求全，一般可從以下八大面向，評估業主壩安計畫 (Dam Safety Program) 的周全性及務實性，包括管理的政策與要求，組織、工作及責任的設定，計畫質量的要素，內部的溝通和報告，外部的溝通和報告，壩安主任工程師的授權，壩安員工的訓練計畫，以及壩安的檢查計畫等。按照壩安問題困難度的需要，業主可邀請經主管機關同意，組成至少三人的工程顧問團，審查獨立工程師的設計、施工、工程分析等報告，並開會討論，提出治標治本，兼顧安全性與適切性 (Safety and Adequacy) 的評審意見與建議。獨立工程師與顧問工程師承受業主托付，要發揮專業能力，善盡職業道德；而政府監督單位，則是人民的公僕，置公共安全為首要目標，考驗其決策與執行能力。例如，政府審查業主提出的工作計畫內容、時程及聘雇的工程師資格等，以避免業主「病急亂投醫」的後果。

七、結論與推論

- (一) 正常人有生命就有希望，而健康之於人的生命長短則有切身利益關係，故本文將壩安工作的施行類比為易於心領意會的個人健康維護，企盼激發此重要公安工作的深層思考，否則潰壩一旦發生，悔之晚矣。養生之道在於平日保養，為求持盈保泰需作定期體檢。若身體不適，卻無明顯臨床症狀，可按實際需要，採臨床儀器量測，或影像檢查，以判斷眼不能見的可能病變，以及確定病症的原因與危險因子，決定治療方法與療程，以避免健康問題不斷接踵而至。同理，瞭解潰壩的危險因子，積極將之找出，有助於 PFM 的防治。因此，對於潰壩問題，要認清問題的本質，究竟何者是造成 PFM 的根源，要掌握到重點。前者是病源，後者是病態。發生病症徵兆的初期，通常不易察覺，但較易治癒，而施藥過與不及，或延醫誤診，錯過時效，嚴重者醫石罔效，恐後悔莫及。同理，壩安工作貴於平時的維護工作，定期安檢的執行，妥善治理發現的問題，是一種出於防禦心態的主動出擊行動，故屬於一種偏重預防性與主動性的 (Preventive and Proactive) 風險管理 (Risk Management) 事業，惟有藉著壩安風險管理政策的落實，才能徹底消滅潰壩的夢魘。
- (二) 如上所述，眺視功德圓滿結果的壩安成效貴於平時採取積極主動出擊方式，才能有備無患 (Precaution)，惟一旦發現壩安問題，或壩安問題發生後，須即時採取必要的「損害管制」措施，藉著平時建立的緊急應變程序，進行適當的處理。同時，也藉著問題處理的機會，分析可能發生潰壩的風險因子，直接掌握壩安問題源頭治理的時機和目的。壩風險的估計，經常建立在相對，並非絕對

的評估基本上，以決定處理優先順序。PFMA 屬於一種定性風險分析，而定量風險分析是利用事件發生可能性可供量化的數據指標上的一種估量方法。一般人易於活在經驗法則的慣性中，渾然不覺所處情勢的改變，往往貽誤「救亡圖存」的良機。因此，戒慎恐懼之心和求真務實以及勇於任事的態度，是壩安工作的金科玉律。俗云：「態度決定高度」，當與我們有切身利益關係的事情發生時，如何看待問題，要比只看問題表面，更能反應出我們是否站在制高點上看利害的態度。眼見的，通常是「短視」，惟有居高看全局，站在未來的高度看問題的後果，才是正確的認知態度，在有了價值取向後，才能決定行動準則的高度。否則，將面臨的，會是一宗等候發生的意外。因此，建構務實的壩維安計畫，具有前瞻且具宏觀視

野的表徵，就能跳脫抄短線的思維，從整體安全戰略的高度來思考，最終目的是要確保壩計畫的永續經營。「禍福無門，唯人自招」，是否從歷史的高度看潰壩的潛在威脅，在於人一念之間。此外，壩安工作成本的節約，將有限資源用在刀口上，在乎良質的工作態度，在壩安問題發生前或發生後初期，消除潰壩根源或 PFM，將可避免其轉嫁為潰壩所付出的高昂社會成本。

八、後 記

二〇〇六年十一月筆者在中興顧問社的「蓄水壩潛在潰決模式分析實施綱要與蓄水壩安全管理」講習會中，承 陳執行長利明的醫理妙喻，以及從與學員的互動過程中，獲得一些啟發而為此文，謹此敬致衷心的謝意。

水利工程應用程式 公開發售

SEC-HY11 (河川水理與輸砂模擬分析程式)：售價新台幣 3 萬元

SEC-HY20 (攔河堰二維水理模擬分析程式)：售價新台幣 1 萬元

程式之詳細介紹：請進入 網頁 www.sinotech.org.tw/chrc-ctr/
點選「中文版」、「電腦軟體」查看

訂購電話：(02)2769-2131 轉 21406 馬小姐

傳 真：(02)2766-9184

E-MAIL：pony@sinotech.org.tw