

## 滯洪池原理在新冠疫情的應用

在中大開永續 / 綠色土木工程，期末考出了一道題：如何應用海綿城市和滯洪池原理於新冠，解決疫情泛濫造成的死亡危機？

下面是我心目中的答案：洪水突然來時，流量與時間關係呈現一非常陡峭的曲線（見圖 1）。但若有海綿設施和滯洪池，就可讓洪水在超過滯流容許量時才會溢流，使這條流量曲線變得緩和，而不致造成下游泛濫成災。

新冠疫情也是一樣，染疫人數相當於洪水，我們需要把重症控制至醫院可容納的程度。即採取各種防範措施（如同海綿設施），如衛生教育、邊境管制、疫苗施打、防疫旅館、居家隔離、輕中重症分流等等，務必使每天的染疫人數控制在醫院的容量之內。疫情較緩和的曲線雖然使疫情時間拖久一點，但重症者不致暴增，使醫院無法消化，造成無名屍遍野。這就相當於利用海綿城市、分流、滯洪等手段使入院的重症人數降低，而不致因醫院容量（滯洪池量）不足而致死。

在疫情期間，歐美採道家，口罩也不要求，幾乎完全不設防，不採任何滯洪措施，但來的快去的也快。大陸採法家，堅壁清野，層層清零，滯洪嚴謹，疫情也最後結束。台灣比較中庸，看似儒家，但却未能超前部署（採取足夠的海綿措施和及早配置滯洪池），比較可惜。

如今疫情趨緩，從結果論，滯洪和海綿措施仍有必要。

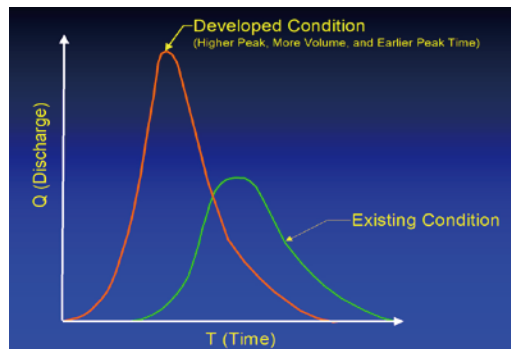


圖 1 新冠確診量相當於洪水量 (Q)，會突然增如紅線。採用各種手段（相當於滯洪池和海綿措施）使確診數平緩下降如綠線，以避免醫療設施不足造成死亡人數遽增。

## 重啟核四安全嗎？

楔子：有個奇怪的人，新車不開而只開二十年的老車，還一直強調自己很怕開車，因為日本多年前曾因水災掩車而發生過一次車禍 ……

有些政治大人物說：核四很不安全，不值得重啟。我願從工程師的觀點重新審視核四（即龍門電廠）的安全問題。

台灣廢核之舉是肇始於 2011 年 3 月 11 日的日本福島核災。但是福島電廠出事，不是因為核能電廠無法承受規模 9.0 的強震（福島附近的女川核能電廠即安然無恙），而是因 13 公尺高的海嘯入侵（福島核電廠高程僅 5.7 m），造成柴油發電機停止運作，反應爐無法冷卻，再加上核電廠工程師久久未獲得主管單位授權而貽誤戎機。未能斷然處置的結果使得幅射外洩。但根據調查，其實日本並沒有人因福島電廠幅射而死亡，遠遠低於我們的想像。

筆者曾服務的中興工程顧問公司曾做過電腦海嘯模擬研究：假設台灣東側發生與日本規模相同的地震，震央在與福島相同的距離情況下，因台灣東側有琉球深海溝，由海嘯引起的浪高不超過 2 公尺，而核四電廠之高程為海拔 12.3 m，因此造成日本福島電廠失靈的海嘯肇因並不會發生。何況台灣的斷層破裂面最長僅 100 多公里，與日本 311 地震近 500 公里的斷層長度不可同日而語，台灣的地震規模從未超過 8，與日本地震的規模 9，能量差了數十倍以上。在福島核災後，國科會曾委託學者檢視現有核電廠（核一到核三廠）及核四廠的設計準則，在海嘯來臨時是否能夠確保電廠安全無虞？根據 22 種海嘯在各核電廠造成的溯上高度，海溝地震在核一、核二、核四造成的最大值分別是 2.8、2.6 其 3.4 米，只有核三（墾丁）在馬尼拉海溝可能上溯至 10 m。因此類似日本地震引發的大海嘯，於核四完全不構成任何威脅。

就實際操作之安全性言，核一、核二、核三在 2013 年 3 月被經濟合

作暨發展組織核能署（OECD/NEA）專家評定為 **Good Practice**，由此證明此三座電廠營運經驗受國際肯定。核四廠方圓 35 公里內沒有活動斷層，遠遠超過美國核電廠 8 公里的標準。核四廠至少能承受目前震度分級中最高的 7 級劇震與 14.5 公尺高海嘯。1,600 位工程師在現場進行試運轉測試及問題的解決，且經過台電 45 名工程師與奇異公司 12 名顧問組成的強化安全檢測小組通過。台灣核電廠比福島多出 7 重防護措施，75 分鐘內可以執行斷然處置措施。綜上歸納核四廠具有值得信賴的安全性。

據實際參與核四電廠施工的新亞建設總工程師劉泰儀博士（時任核四專案經理兼土木技師）告訴筆者：核四工程的確做得非常嚴謹，也克服了諸多整合困難，過程中均經 GE 等外國公司專家指導或審核，絕非某些媒體報導的品質不佳。比較可惜的是當時基於建廠時程壓力和政府機關的保守作風，沒有讓利害關係團體、民意代表及專業學協會前來參訪，以至於大家對於核四有些誤解。工程師也比較不擅於在第一時間以清晰易懂的語言說明，導致被擁有話語權的媒體和政治人物操弄成為政治議題，實為遺憾。辛辛苦苦花了三千億蓋了十幾年的龍門電廠，在一場政治人物的絕食抗議後，成為遭封存的蚊子電廠，豈不令這些樸實的工程師留下壯志未酬的英雄之淚。

根據前核四廠廠長王伯輝的說明：當年封存時曾為啟封而做了諸多準備，派了二個團隊分別赴日本及美國實際了解封存狀況，而且找加拿大具有封存 8 年電廠經驗的運轉主管前來協助。團隊把一個系統一個系統慢慢的封存，把管內的水洩光而且保持溼度在 40% 以下，儀器就不至於生鏽。而且最近檢驗也顯示，管路內部、閥、泵等都保存著好好的！原子爐內的溼度幾乎近乎零，而儀控、電氣系統仍然按照規定定期保養，都有留下記錄。換句話說，封存後一切如原狀，絕非某些政治人物說的已過期或不堪使用。如果尚未啟用的設備就已老舊過期，如何解釋幾十年前設計、目前還在運轉的其他核能電廠呢？

至於核廢料的處理，目前核反應爐內使用過的核料棒皆暫儲存在燃料

池中，利用循環水加以降溫並減少幅射。除非已滿載，也並無大礙，只要儲存的空間足夠並維持運轉即可。核一廠的乾式貯存設施第一期已蓋好，但因未通過新北市的水土保持審查（應只是藉口），尚未啟用，若能啟用即可延役數十年。

近年來日新月異的科學發展已有一些新的處理技術產生。美國西北太平洋國家實驗室（PNNL）表示成功發明了一種抗輻射材料，該材料能夠很輕易的在核廢料回收過程中，捕捉仍有其他用途的放射性氣體，這不僅減少了核廢料體積，同時還能再製為麻醉劑、照明設備、發動機推進器等等。其他如法國、俄國、日本等更是研發核廢料再利用有成，甚至法國還有些商轉的成績。假以時日，核廢料未必需要埋藏，或許能開發為循環經濟，並能將真正的廢料減量至十分之一。

事實上福建沿海遍佈許多核能電廠，其中平潭島旁邊的福清核電廠距離台灣也只有 164 公里，台中距它的距離比核四還近，而且規模遠大於核四，且仍在擴建第五、六號機組。無論我們如何廢核，也無法改變這地理位置帶來的宿命。而中國為了減碳，正大力發展核電，五年之後大陸的核能發電量將是目前的三倍，而這也是世界的趨勢。

根據 2000 年統計資料，全台再生能源只占台電系統的 5.8%，而更容易產生碳排放的火力電廠則高達 78.5%，核電則占 12.7%。以碳足跡觀點，核電真還是綠能，其碳排放量僅為燃煤發電的廿分之一和天然氣發電的七分之一。

微軟創辦人比爾 蓋茲近期在新書中具體指出，預計到了 2100 年，氣候變遷要比新冠病毒致命 5 倍。經濟情勢也很黯淡，未來一、二十年內，氣候變遷造成的經濟損失就像每 10 年發生一次新冠病毒大流行。無論他的預測是否正確，碳排放量才是我們當前最需注意的大敵，相對而言，核能風險反而是被搞錯對象的假議題。何況火力發電造成的空污更製造了多少的肺癌冤魂？而天然氣發電除了成本較高、碳排量大，更有運輸及儲存高風險及三接破壞大潭藻礁的顧慮。尤其近年兩岸兵凶戰危，只有儲存量

不到二週的天然氣不啻是最危險的能源。風能和太陽能的確是綠能，可惜都不是可靠的能源，只能做為輔助。風力發電成本很高，夏天缺電却風力不強，冬天有風却不缺電；太陽能只有在日照時才能發電，而儲能設備既貴又佔空間，何況還有國土利用和有毒面版廢棄處理的問題。

所謂風險，是數學中期望值的概念，即發生事故之機率乘以事故的損失。一個是發生機率微乎其微的核災潛勢（目前台灣還未曾發生過），另一個則是機率頗高的 **PM 2.5** 導致的死亡和健康受損（已成千上萬），以及因碳排放量日增而必定造成的高氣候風險。因此從風險管理角度來看，重啟核四造成的風險遠遠小於燃煤或燃氣。

（原載獨家報導筆陣：工程新語專欄 2021 年 10 月；2023 年 6 月增訂）