

參與核能發展三十年

大舜基金主席、

廣東省大亞灣核電站、嶺澳核電站核安全諮詢委員會主席

何鍾泰博士

自中國宣佈在相距香港 50 公里的大亞灣興建第一座大型核電站至今剛好 30 年，回想當年香港市民嘩然，更有人發起 100 萬人簽名的反對運動，氣氛頃刻緊張起來。

當時的新華社香港分社社長對筆者說，中國必須急切發展，無論在工業改革或提升人民生活質素，其能源需求勢必急劇增加。而火力發電對環境的污染，水電發展有其地理限制，可再生能源發展速度慢且昂貴，所以須同時發展核能以解決這個迫在眉睫的問題。大亞灣核電站將採用法國電力公司(EDF)具有多年運行經驗，安全系數達國際水平的設計。他希望筆者能即時成立一個展覽會籌備委員會，以 4 星期時間，安排一個大型核技術展覽會，邀請國家核能的相關部門及單位協助，把許多大型核技術展品運來香港展出。由於這是一個極具意義的科普活動，筆者一口答應了。籌委會成員包括新華社的部長、核能專家、知名學者、醫生及工程師。正好當時政府統計署所租的尖沙咀星光行辦事處還有兩個半星期才遷進，我們便利用這空檔，舉辦這個重要而別開生面的展覽會。

為了場地的安全問題，還特地邀請了筆者時任其中一個聯隊副會長的聖約翰救傷隊在現場當值，以滿足大型公眾活動的需要。正如所料，公眾對展覽會的反應相當熱烈，總參觀人數達 18 萬人。當時有多位反核人士進場表達訴求，他們與筆者經兩個多小時的討論，最後握手離去。自此，港人便開始有更多與核能有關的

討論。

兩年後，廣東省大亞灣核電站核安全諮詢委員會成立，數年後嶺澳核電站一期及二期相繼動工，委員會更名為廣東省大亞灣核電站、嶺澳核電站核安全諮詢委員會(下稱安諮會)，同時關注 3 個核電站的核電安全，營運核電站的公司邀請香港的資深學者、醫生、工程師和核能專家擔任委員，初期由黃保欣先生擔任主席，筆者任副主席。(其後筆者接任主席至今)。每年舉行兩次例會，初期每次例會時還邀請傳媒朋友一起前往深圳參觀、聆聽我們的簡報和對他們提問的回應。安諮會委員曾到內地許多興建核電站的工地及核能研究所參觀考察，加強委員對國家核電發展的認知。

安諮會例會基本議程包括由廠方作詳細報告，然後委員提問及廠方逐一回應，最後主席作總結。完成議程一般約需兩個多小時，實際長短視乎核電站的工程進度。廠方在會後經常安排視察核電站的各項有關基建及工程進行的狀況和設備的安裝。筆者曾於核電站每 5 年的維修與每 10 年的大維修時，由廠方人員陪同進入核電站視察維修狀況及內部各種設施。最難忘的是視察每 10 年的大維修時，進入最重要的核反應堆廠房；核反應堆共有 41,448 根用於釋放核能量的鈾燃料棒，在核電站運作期間每 18 個月便要更換約三分之一的物料，相等於 13,816 根的鈾燃料棒，換出的鈾燃料棒存放在核反應堆廠房側的一個大型儲水池內長時間冷卻。

多年來安諮會委員的提問都非常認真深入，例如早期在籌備興建階段，我們關心派往法國核電站學習設計及運作的人員的法文法語能力，更何來學習技術？後來得知原來獲派的人員必須完成一年嚴格的法語訓練，在充份掌握了法文及法語後，才開始學習有關核能的知識。為確保有足夠人數符合資格，廠方更派出百多人赴法。

委員會又查詢各類的技術問題，廠方向我們詳細解釋壓水式核電站的 3 個迴路及 3 重屏障、核堆芯的鈾燃料棒的構造、在需要時怎樣停堆、怎樣由蒸氣推動發電機發電、第三迴路的冷卻系統運作。我們又常到工地視察核島及常規島的興建過程、核電站外的土建工程，包括 17 米高的海堤，而 900 毫米厚的巨大圓桶型的安全殼廠房形成的第三重屏障，採用預應力鋼筋混凝土，在 900 毫米厚度的鋼筋混凝土裏面還有一層 6 毫米厚的鋼板，在美國的技術論證的結論是這類的安全殼廠房可以抵禦大型商用飛機的撞擊！英國提供的汽輪機發電機組亦是非常龐大，整個機組的長度達 50 米。

委員多有問及有關核電站選址的問題。大亞灣過往數個世紀沒有超過 6 級地震的記錄，它離開兩個最接近的地震帶最少有 1,000 公里，即中國西部、以西到中東等地的地震區，以及太平洋火圈，包括台灣、日本、阿拉斯加、北美洲西部、南美洲、紐西蘭、菲律賓、印尼等地，大亞灣位於單一地球板塊上(即歐亞板塊)，地質較為穩定，附近沒有可以產生地震的能動斷層，因此這處不會發生嚴重地震，不若日本位於歐亞、北美和太平洋三板塊兼是板塊俯衝帶；大亞灣外的海床較淺，有島嶼在大亞灣外圍，沿岸廣闊的大陸架外亦不屬遼闊的深海，不可能湧起超巨浪或形成嚴重海嘯，所以是一個合適的選址。

1994 年，大亞灣核電站落成啟用，由李鵬總理主持開幕典禮。猶記得董事總經理咎雲龍演講時，我們獲派一份厚厚他的演講辭，他竟能手不執稿，一口氣便完成演講，當中只差了數個字，我們都驚歎不已。

廠方代表向委員會表示，運作初期由法國人員擔任廠長，到適當時才由中國人員擔任。初期廠內有不少法國和英國專家，後者負責發電機組；直至今天，仍有數位法國專家在廠內擔任顧問。

大亞灣安全穩定地運作 20 年，其一號機組曾經創下沒有非計劃自動停堆 4,300 天的世界紀錄；而嶺澳一號機組到現在亦達 3,500 天，與全球同類的 60 多台機組比較，大亞灣排名第一。平均來說，去年各機組的非計劃自動停堆事件只有 0.33 次/堆-年，生產繼續保持高度穩定，而全球平均水平 0.65 次/堆-年，美國和法國均與世界水平差不多，大亞灣基地在此顯然較為優勝。大亞灣及嶺澳核電站曾獲不少國家及國際獎項，在世界核營運者協會(WANO) 的指標中去年約有 6 成位於世界卓越水平。過去 20 年，大亞灣已輸送香港的電量超過 2,000 億千瓦時，香港約有 2 萬人次參觀了大亞灣。

港人已逐漸習慣了核電站的存在。必須一提的，我們成功爭取到當有無需應急的核事件，就算低於國際核事故分級標準(INES)2 級，無論是 1 級，或是完全不涉及安全問題的 0 級事件時，核電站在 2 個工作天內就啟動公眾通報機制，在核電站的網上發放有關資料，早於世界其他地方各大核電企業(0 至 3 級稱為「事件」、4 至 7 級稱為「事故」，而需要應急的核事件或核事故則已有安排，由國家的相關應急部門按實際情況及時通告公眾)，所以我們的核電管理在這方面的透明度，實在全世界最高的。

2011 年 3 月 11 日日本福島發生嚴重核事故，國家重新嚴謹審核了所有正在運行、興建或在設計階段的核電站，在可行範圍內增添了各類的安全設備和措施，提高核安全的水平。在福島嚴重事故之前，特區政府曾提出增加核電比例至 50%，以改善空氣的污染，但福島事故之後，已由 23%微調至 25%。

大亞灣與嶺澳亦已完成以下三種新設備，以加強核電站應對完全失去電力連接的能力：

(一) 非能動應急高位冷卻水源系統：可以在核電站遭遇到地震、超級颱風、海嘯等極端天然特大災害，造成全廠斷電和喪失給水時，能為核電站提供超過 72 小

時的備用應急冷卻水源。

(二) 移動柴油車：可利用移動柴油機泵，把高位水箱的冷卻水直接注入蒸氣發生器、反應堆冷卻系統及安全殼噴淋系統，實現堆芯冷卻淹沒、安全殼降溫降壓和放射性物質沉降。實現嚴重事故的預防和緩解，大大提高了核電站的安全水平。

(三) 大容量儲電能系統：當核電站發生嚴重事故或極端自然災害，引致失去現有的所有應急電源時，該系統能夠為核電站專設安全設施的監控功能供電，應付緊急之需。

核電站繼續強化核安全管理，在輻射管理、應急狀態評估等領域引入先進的訊息系統，以提高管理效率和水平：

(一)、優化放射性工作的管理。大亞灣基地三個核電站統一採用「輻射工作許可證系統」(Radiation Work Permit, RWP) 管控放射性作業。RWP 系統有效提升核電站輻射防護管理的規範化和精細度，增強數據統計分析能力，促進對放射性工作的風險控制。

(二)、引進法國核安全與輻射中心研發的機組狀態診斷與預測系統(SESAME)與輻射事故後果評核系統(C3X 系統)。

至於核電站的化學品管理，持續提升和完善其程序和制度，並定期舉行大亞灣基地危險化學品應急處理綜合演習。

大亞灣核電站及嶺澳核電站 6 台機組都嚴格遵照國家相關規定，有序定期每月在營運核電站的公司網頁及香港核電投資公司網站公開通報核電站的運行數據及輻射安全信息，包括能力因子、輻射防護、工業安全、運行條件、環境監控等數據。

中國的核能發展，不斷努力研發和參考外國設計和建造，除了購入法國的 EPR，美國的 AP1000，中國亦研發了華龍 1 號，都是最先進、第三代的核電設計，並列世界核能發展先鋒。現在中國積極輸出核電技術，加強與各國技術及管理層面的交流，繼續爭取更多核電站各項技術及管理的獎項。

新一年的來臨，安諮會亦將踏入第十屆。筆者十分榮幸能夠繼續擔任安諮會主席，為中國核能事業作出貢獻！

(3381 字)