

核能議題面面觀

南臺科技大學 電機系 趙春棠

一、核能科技基本知識

◎ 核分裂與核融合？

核能分為兩種，其一為核分裂能，另一種即核融合能。前者係重元素(如鈾，鈾等)分裂所發出之能量；後者為輕元素(如氫及其同位數氘、氚)結合成重元素(如氦等)所發出之能量。目前世界上所有的核電廠皆以分裂原子的核分裂技術來發電，核融合則是太陽和恆星產生能量的方式，日本正積極發展核融合發電技術。

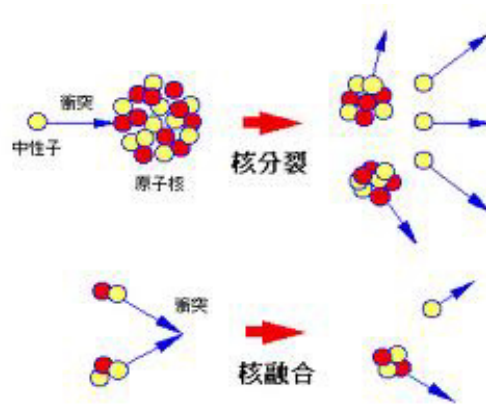


圖 1. 核分裂與核融合

◎ 核能電廠、反應爐之結構？

以圖 2 為例說明，左方長得有點像砲彈頭的建築物稱為圍阻體 (Containment building)，其中心為核子反應爐 (Reactor)，乃核電廠之心臟。核子反應爐內有燃料棒，燃料棒進行核分裂產生大量熱能加熱蒸氣製造器 (Steam generators) 中的水，使成為高溫的水蒸氣。

高溫水蒸氣經過管線，通過渦輪機 (Turbine)，使得渦輪機旋轉，帶動發電機 (Generator)，產生電能。電能經過變壓器 (Transformer) 升壓後，經高壓電塔將電力輸送出去。

右方形似錐形瓶，或像火山之建築物是為冷卻塔 (Cooling tower)，是核能電廠之循環水冷卻裝置，讓核電廠內部的水能夠不斷的循環。

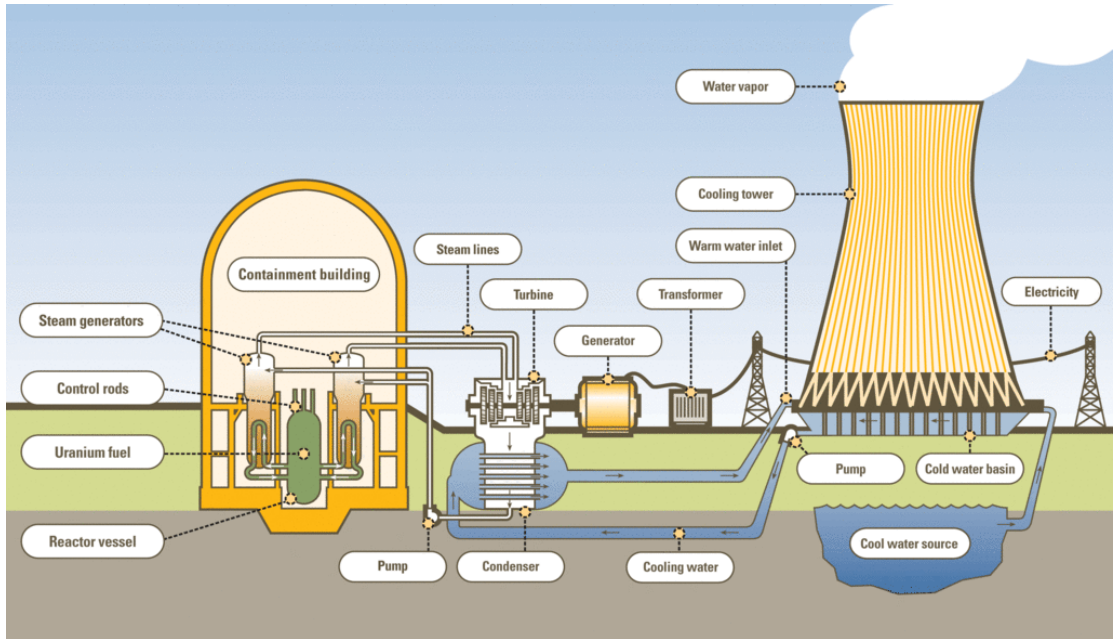


圖 2. 核能電廠結構

(資料來源：核電與科技-核電廠結構知多少

<http://medialiteracy.pixnet.net/blog/post/81657686>)

二、支持核能的論點

- ◎ 核能是穩定、潔淨、可持續發展的能源。太陽能、風力及其他再生能源不夠穩定，核能已存在四十年。
- ◎ 核能所產生的核廢料極少。(如果你一生所用的電力都來自核能，終身用電所產生的廢棄物將可裝進一個可樂罐，大約兩磅)
- ◎ 核能產生極少二氧化碳，不會造成溫室效應。(反觀以十億瓦的燃煤發電廠來說，煤炭一日發電所產生的二氧化碳總量十分驚人。大量二氧化碳一數十億噸一進入大氣層後，無法將其回收)
- ◎ 核能是很經濟的能源。(風力及太陽能，相對來說是十分不經濟的能源。它佔用十分廣大的土地，耗費大量建材，為核能電廠的五到十倍)

三、反對核能的論點

- ◎ 相較於真正的再生能源系統(風力、太陽能、地熱能、潮汐能等)，實際上核能會製造更多二氧化碳。
- ◎ 使用再生能源將減少空氣污染，大大降低因空氣汙染所造成的死亡人數。
- ◎ 使用核能將造成核武擴張，例如，印度和巴基斯坦藉由核能設施所提煉的濃縮鈾秘密發展核武；北韓在某種程度上這麼做；伊朗目前正採取這種做法。

- ◎ 人們將佔地面積與佔據空間混為一談。目前世上各種電力來源當中，風力發電所佔面積最小。風力發電機之間的空間可作許多用途，包括農地、牧地或遊憩用地，如果建在海上，甚至不須佔用土地。
- ◎ 核廢料的安置是難解的問題。（註：核廢料分低放射性廢料和高放射性廢料兩種）

四、歷史上重大核災

- ◎ 1979. 03. 28 美國東岸的賓州薩斯奎哈納河畔三哩島核電廠二號反應爐悄悄停機；連串系統故障加上人為疏失，放射性物質開始外洩，2 天後核電廠五英里內的民眾被強制疏散；雖未造成人員傷亡，但直接經濟損失高達十億美元。
- ◎ 1986. 04. 26 前蘇聯車諾比核變廠的 4 號反應器發生了兩起爆炸，將反應器與圍阻體的頂端炸開並且使反應爐心暴露在外。產生的大火將輻射塵吹進大氣層，散佈在前蘇聯西部的廣大區域、歐洲並橫跨整個北半球。
- ◎ 2011. 03. 12 日本福島縣由於強烈地震，威力驚人，導致一號核電廠冷卻系統發生故障，一直未能降溫，終於導致壓力爆表，令核電廠大爆炸。

五、各國之核能發電政策

1970 年代石油危機之後，各國都在積極尋求穩定、便宜的「能源」，能源發展政策也成為經濟發展的重要指標之一，而當時強調便宜、乾淨的「核能」也成為新能源時代的寵兒！但歷史上發生的重大核災，震驚了全世界，許多國家開始質疑核能的安全性，省思新的能源政策。

香港城市大學校長、國際核電安全早衰期研究的先驅郭位教授表示，目前已明確宣布逐漸終止核電的國家有三個——德國、瑞士、比利時，核電探討最認真的國家，是日本與台灣。而擁有核電且續建核電機組的，有美國、大陸，與台灣鄰近的韓國，也大力推展核能。一些過去沒有核電廠、正計畫興建機組的國家接近 20 個，包括中東產油國家。他表示，世界各國對核電的反應有落差，與各國的政治文化有關，無法去評論對錯。以下簡介日本、德國、法國、美國，及英國能源政策方向。

◎ 日本：

2011 年福島核災前，日本原本積極發展核能，30%電力仰賴核電，並規畫 2030 年將核能發電比率提高至 53%；但福島核災發後，民間興起反核聲浪，核電廠相繼因維修停機或因安全問題關閉，目前處於「零核電」狀態。不過，基於發電成本的壓力考量，四大電力公司已申請 20 幾座反應爐重啟作業，同時日本首相安倍晉三亦宣布重啟核電。

◎ 德國：

德國積極發展再生能源，經歷 1986 年車諾比核災後，1998 年公告廢核計劃；2000 年公布「再生能源法」，以保證收購 20 年方式鼓勵發展再生能源；2011 年福島核災發生後，德國政府更是宣布 2022 年全面廢核的目標。然而，推行能源轉型政策以來，電價高漲已衍生為國內另一個重大議題。

◎ 法國：

身為全球最大電力輸出國的法國（共有 19 座核電廠，58 座反應爐），從 1990 年代開始，由於核能安全及核廢料問題透明化，法國人逾半挺核。法國核工技術出口，每年約 60 億歐元，占 GDP 的 2%，相關領域的就業機會約 40 萬個，占全國就業機會 4%。目前法國亦積極發展再生能源，如公共電動車之研發，目前維持核能發電政策，不會降低核電發電總量，但會逐漸提高再生能源發電量；目標 2025 年核電發電比重降至 50%。

◎ 美國：

雖然歷經「三哩島事件」重大核安事故，但美國歷屆政府仍視核能為國家能源戰略的一部分；尤其 21 世紀初始，化石燃料價格不斷上漲，全球暖化效應浮現，美國政府更是用行動宣示力挺核電業的決心。例如 2013 年 5 座核子反應爐因低價天然氣廠競爭被迫關閉，美國能源部為此承諾將與國會合作，確保美國核能可以繼續穩定成長。

◎ 英國：

在極端氣候帶來的災難越來越多時，核電的低碳、自主能源特性，成為英國混合能源政策不可或缺的選項；英國政府在 2013 年宣布將建新核電廠，2023 年啟用。2014 年 2 月初的英、法高峰會後，兩國更簽署聯合聲明：未來要加強核能合作因應氣候變遷。

六、台灣核四電廠大事記

臺灣核電廠的建設，可追溯於 1973 年，時任行政院院長蔣經國所提出的十大建設計畫。核能一廠兩部機組分別於 1977 年與 1978 年完工，第二核能發電廠、第三核能發電廠則為核能發電的延伸計畫，後續列入十二大建設計畫，分別於 1981 年與 1984 年完工，核能電廠對於臺灣經濟的起飛，有一定的貢獻。圖 3 所示為臺灣核電地圖

核四電廠爭議最多，支持核四電廠的台電及部分專家學者表示，核四廠採用最先進的進步型沸水式電廠(ABWR)，其安全設計較核一、核二等傳統型沸水式電廠(BWR)安全度高十倍以上，故核安無虞；反核者則主張核安難有百分之百的保證，甚至指出「我支持核能發展，我反核四」，以下茲列出核四電廠相關重要大事記錄。圖 4 所示則為核一、二、三廠之除役時間點。

- ◎ 1955. 6. 2 行政院成立原子能委員會。
- ◎ 1978. 11. 16 第一核能發電廠一號機首次併聯發電。
- ◎ 1980. 05 台電提出核四案
- ◎ 1985. 05 行政院指示，核四暫緩進行並加強民眾溝通
- ◎ 1992. 02 行政院核定恢復核四計畫
- ◎ 1996. 05 立法院通過廢止核四計畫案
- ◎ 2000. 09. 30 經濟部長林信義建議停建核四
- ◎ 2000. 10. 03 主張續建核四的行政院長唐飛，在晚間以健康為由，向陳水扁統請辭獲准
- ◎ 2000. 10. 27 新任行政院長張俊雄宣布停建第四核能發電廠。
- ◎ 2000. 11. 24 清大原子科學院全院教授連署聲明：《澄清行政院停建核四決策文核能專業資訊錯誤》
- ◎ 2001. 1. 15 大法官作成釋字第 520 號解釋，認為行政院停建核四的程序有瑕疵
- ◎ 2001. 02. 13 行政院長張俊雄與立法院簽署核四復工協議，宣布復建核四
- ◎ 2014. 04. 22 林義雄宣布將以無限期禁食的方式，呼籲政府應停建核四，隨後引起政界波瀾與反核團體聲援。
- ◎ 2014. 04. 28 行政院長江宜樺宣布核四廠 1、2 號機分採封存、停工(等同「實質停建」)，並承諾自即日起不動支或編列核四預算，消除外界對核四停工與否的疑慮。
- ◎ 2014. 04. 30 林義雄宣布停止禁食，對台灣人民致謝

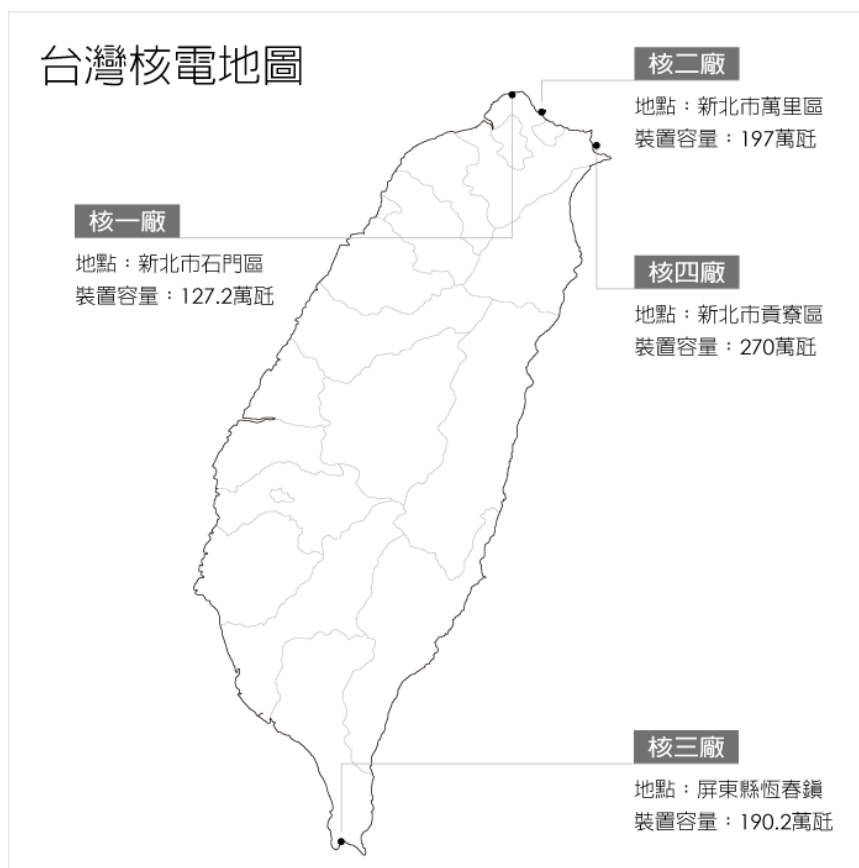


圖 3. 臺灣核電地圖

核一、二、三廠 除役時間點

廠	最晚申請除役時間	預計除役時間
核一	一號機：2015/12	2018/12
	二號機：2016/07	2019/07
核二	一號機：2018/12	2021/12
	二號機：2020/03	2023/03
核三	一號機：2021/07	2024/07
	二號機：2022/05	2025/05

資料來源／台電、原能會 製表／王茂臻 聯合報

圖 4. 核一、二、三廠除役時間點

七、核能以外的能源探討

根據台電的資料顯示，102 年台灣的電力發電構成比，火力占 76.31%、核能占 18.8%、水力占 3.43、抽蓄水力占 1.49%，其餘風力、太陽能發電

更僅占不到1%，圖5為2013年之臺灣電力結構圖。

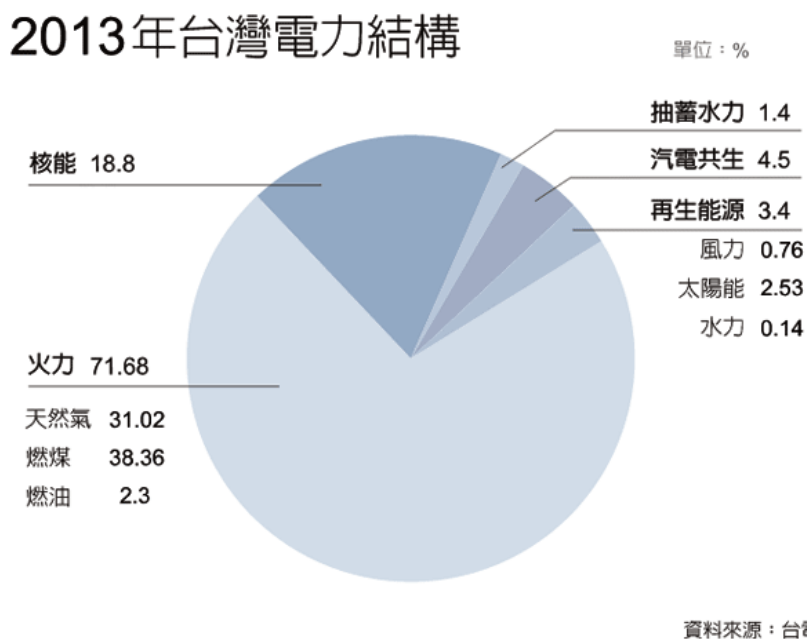


圖 5. 臺灣電力結構

若全面停止核電，等於直接抽掉台灣近兩成的電力供應來源。欲補充這個空缺的最大可能，就是增加火力發電量，但火力發電能源轉換效率不高，加上煤礦、天然氣等資源並非取之不盡、用之不竭，化石燃料終有耗盡的一天。而燃燒產生的二氧化碳、二氧化硫，不僅造成空氣汙染、酸雨問題，為冷卻機件所引用的大量海水，也對海洋造成嚴重的水汙染。

所幸台灣再生能源的發展，在 2009 年通過再生能源發展條例後，特別是在風力、太陽能上取得極大進展。如中彰以北沿岸，已設置約 250 架風機；艷陽高照的南臺灣，則是太陽能的大本營。

2014 年馬英九總統邀媒體進行能源之旅，經濟部門透露，美國在台協會 (AIT) 已向台當局表達，有意出售頁岩氣給台灣。經濟部門負責人張家祝表示，美國頁岩氣與天然氣都是在當地生產，以天然氣為例，在美國每單位(兆立方英尺)約 3 美元，但賣到台灣加上管線和運輸等成本約 15 美元，即使頁岩氣在美價格可低到 1.5 美元，但加上台灣後端成本，應與天然氣價格差不多，目前天然氣供電成本約燃煤和核電的 2 倍。

史丹佛大學的 Mark Z. Jacobson 教授在《科學美國人》雜誌中指出：「大規模的風力、水力和太陽能系統足以可靠地供應世界能源需求，對氣候、空氣品質、水質、生態及能源安全十分有利…主要障礙在於政治，而非技術。」，這些話鼓舞了所有的反核人士。隨著氣候變遷，以及地球資源日漸枯竭，節電是世界趨勢，也是擁核者與反核者，最大的共識。不論你選擇用什麼能源，隨手、隨時節電是做為地球公民應盡責任，也是留給下一代最美好的資產。

八、問題與討論

- ◎ 核能發電的原理是屬於物理或化學反應？
- ◎ 就一般的認知來說，核能產生較少的二氧化碳，減少地球暖化，為何反核學者，提出證據顯示實際上核能會製造更多二氧化碳？
- ◎ 有那些可行的再生替代能源，可以取代核能？是否衍生其他問題？
- ◎ 歷史上核災之後的修復狀況以及對人類健康的影響情形？
- ◎ 試針對臺灣「是否缺電」？「核安」？等議題，探討專家學者、環保團體、臺電、及經濟部等說法，及你個人的看法？
- ◎ 有那些可行的再生替代能源，可以取代核能？是否衍生其他問題？
- ◎ 試由輸電系統特性探討發電系統供電問題，以及經濟部能源局推廣「智慧電網」之影響？
- ◎ 目前台灣如何處理「核廢料」問題？世界各國的做法又是如何？
- ◎ 大家腦力激盪，談談節能減碳的創意發明？

參考資料：

1. [YouTube 影音] 唐從聖：從從 核分裂撞擊實驗 Nuclear Fission Impact ...
<http://www.youtube.com/watch?v=8EK3J02v9AQ&feature=related>
2. [YouTube 影音] 核能電廠- 結構與反應爐 Fission Reactor Structure
http://www.youtube.com/watch?v=srRhNZ_f-Pk
3. [TED 影音] TED 辯論-這個世界需要核能嗎？
http://www.ted.com/talks/lang/zh-tw/debate_does_the_world_need_nuclear_energy.html (TED 首度舉辦的辯論會，Stewart Brand 與 Mark Z. Jacobson 將各自提出核能的利弊)
4. 《核電真相》，牛頓雜誌編輯部編著，台北，2000
5. 《核能兩面觀》，卡庫 (Kaku, Michio) 與崔娜 (Trainer, Jennifer) 著，陳晴美譯，1991，台北：遠流。
6. [影音教學] 「The Unseen Force～ Wind Energy (風力發電)」，片長約 30 分鐘，新世紀能源觀-綠能趨勢，德國國家電視台出版，文采實業發行，2008，台北。
7. [影音教學] 「An Inexhaustible Resource～Solar Energy (太陽能)」，片長約 30 分鐘，新世紀能源觀-綠能趨勢，德國國家電視台出版，文采實業發行，2008，台北。
8. 接上太陽能，科學人雜誌，第 72 期 (2008 年 2 月號)，台北。選讀文章：太陽能，美國夢—以 2050 年供應全美七成電力為目標／齊威柏 (Ken Zweibel)、梅森 (James Mason)、佛德納奇斯 (Vasilis Fthenakis)、台灣如何利用太陽能發電？／黃秉鈞、取不盡的能源—太陽能發電／李名揚、奈米發電機／王中林

(Zhong Lin Wang)。

9. 為核而反？你是反核能還是反核四？魯皓平著，遠見雜誌，2014。

http://www.gvm.com.tw/webonly_content_2344.html

10. 明天的電-核去核從，聯合報專題報導 <http://nuclear.udn.com/>