

# 東南亞國家興建核能發電廠之需求

蕭國鑫、洪嘉業、洪明龍、黃啟峰  
工業技術研究院 綠能與環境研究所  
發表日期：2011 年 12 月 16 日

## 摘要

隨著經濟發展，東南亞各國亦努力開發電力資源，以因應未來用電成長需求；日本福島核子事件後，有意願興建核電廠的東南亞國家，均重新修訂核能政策，並致力於檢討興建核電廠後的可行性與安全性。目前越南已經著手興建第一座核電廠，泰國、馬來西亞與印尼也有興建核電廠的規劃，菲律賓則希望重新啟動 1987 年關閉的巴丹核電廠；新加坡因為地理環境與安全因素，目前暫不興建核電廠，但仍預做準備，評估在西南島嶼海底興建較小型、較有效率、安全的核電裝置之可能；另緬甸於 2007 年亦提出興建核能廠的需求。

東南亞國家興建核電廠時，會考慮到經濟需求的用電量與核電廠的安全問題；我國的能源政策是備用容量需達到最低 16% 的需求，而目前核能發電仍是穩定提供電力的重要來源，所以在沒有更佳方案之前，需要確保核能廠的運轉安全；特別是地處於西太平洋地區火環地帶，不僅地震頻繁，且有鄰近海溝所產生之地震海嘯威脅，所以提高核能廠的安全標準與防震與防嘯能力，是當前核能運轉重要課題。

關鍵字：核能發電、核能政策、核能安全

## 一、前言

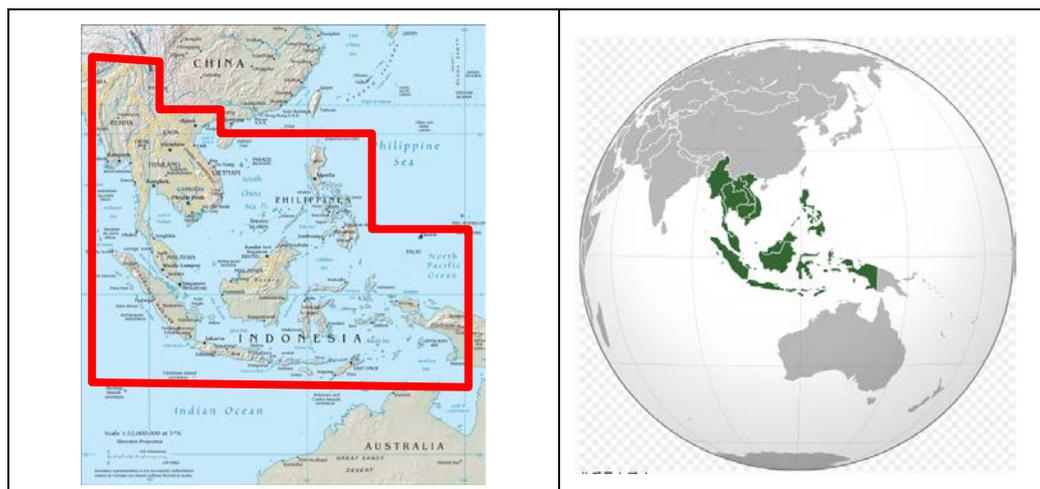
2010 年以前，對於電力有龐大需求的東南亞國家，除了增加石油進口及加速發展再生能源外，尚沒有其他更佳的选择方案被推出；因此，乃規劃在未來的 20 年內加強推動核能電廠的興建，特別是 2010 年的東協高峰會中，東協領袖在聯合聲明中陳述支持核能的立場。但在日本福島核子事件後，各國均重新檢討核電廠的安全性，並重新修訂核能政策；而東南亞地區因為地質因素，地震與火山活動頻繁，所以有意願興建核電廠的國家，對於發展核電的態度轉趨謹慎，並重新檢視核能政策與安全措施，及檢討與評估發展核電之必要性。

根據能源顧問 Wood Mackenzie 表示，東南亞的電力需求將於 2020 年提高至 163,000MW(目前約為 92,000MW)；因此，2011 年 11 月在新加坡的能源會議中，產業界及政府代表在日本福島事件後表示，泰國和馬來西亞雖然宣佈重新考慮核電政策，但由於放棄核電後的損失恐怕難以承受，日前已表示將重新思考核能政策。儘管東南亞各國政府積極考慮減少由外國進口天然氣及石油等資源，且興建核電廠仍需超過十年時間，但如越南、印尼、菲律賓、新加坡

及緬甸等國仍表達對核電的興趣；且目前越南已開始興建核電廠，其他國家亦積極評估興建核電廠的可行性。

## 二、東南亞各國的核能政策

東南亞地區的範圍如圖一所示，包含中國以南，印度以東，新畿內亞以西與澳洲以北的地區；主要包含陸域區域之中南半島的柬埔寨、寮國、緬甸、泰國、越南與馬來半島，海域區域之馬來群島的汶萊、東馬來西亞、東帝汶、印尼、菲律賓、聖誕島與新加坡等國所組成。



圖一、東南亞各國位置圖

二次世界大戰後，東協領袖在 1971 年簽署並建立「和平、自由與中立區」，以確保東南亞事務不受區域外國家所干預。東協領袖們更於 1995 年第 5 屆東協高峰會簽署「東南亞無核區條約」，以確保該區域和平發展，此條約確保該區域發展和平使用核能源的規範性文件。但基於核能發電具有高效能與減少碳排的特性，於是東協國家對於發展核能發電計畫逐步產生共識，到 2010 年同意建構「核能合作次部門網絡(Nuclear Energy Cooperation Sub Sector Network)」，以協助東協各國發展核能計畫。目前東南亞國家中，曾表示對興建核能廠有興趣者，包含越南、泰國、馬來西亞、印尼、菲律賓、新加坡與緬甸等國；其規劃或興建中之核能廠如表一所示。

表一、東南亞國家規劃或興建中之核能廠

國家	規劃或興建中之核能廠
越南	福島事故後，仍維持原定之 2030 年前完成 8 個廠址共 14 部核能機組商轉的核電長期發展計畫(2030 年時，完成 1,500-1,600 萬瓩的核電廠，占全國總發電設備容量的 10%)；目前俄羅斯正在其南部建造兩座核反應爐，預估於 2020 年開始商轉。
泰國	預計 2020-2028 年興建 5 部 100 萬瓩核能機組。福島事故後，5 部核能機組預計延後商轉 3 年，即第 1 部機組延至 2023 年商轉(延轉期間將興建 3 部 80 萬瓩的複循環電廠替代核能計畫延期的電力)。

馬來西亞	馬來西亞核能管理委員評估至少需要建立兩座核反應廠，且大約花費 15 年的時間來完成。其中已於 2010 年 5 月初批准設立該國的第一座核電廠，預計 2021 年開始運轉。
印尼	印尼曾有三座小型的核反應堆--萬丹的塞爾彭，日惹和西瓜哇的萬隆，合計年發電量可達 90 百萬瓩；另也有興建核電廠的規劃。福島核電事故後，印尼之全國能源委員會表示，興建核電廠工程計劃將繼續予以落實，可望在 2019 年完成規劃工程。另亦宣稱，核能發電為印尼最終的選擇，只要還有其他選擇，政府是不會採用核電的。
菲律賓	菲律賓曾經在 1984 年斥資 23 億美元興建核電廠，因鄰近皮納圖波 (Pinatubo) 火山(2001 年爆發)與位於斷層帶等安全因素，於 1987 年關閉；目前菲律賓有意重新啟動巴丹核電廠，研究核能發電的問題。
新加坡	新加坡經濟戰略委員會 2010 年初公布七大戰略中，建議探討以核能發電可行性，隨後四月宣布不排除在西南島嶼海底興建核子發電廠之可能。
緬甸	2007 年 5 月 15 日，俄羅斯與緬甸簽署協定，為緬甸建造一所核研究中心以及 1 座 10 百萬瓦 (MW) 的核反應爐，並培訓相關的專業人員。

(資料整理: 工業技術研究院)

### 三、越南等國之電力能源與發展趨勢

#### 3.1 電力能源

##### (一) 越南

越南的用電量需求每年約以 12% 之幅度增加(2011 年上半年電力耗量實質成長率 10.31%)，導致實際電力需求明顯不足；特別是供應 40% 越南電力的水力發電，在乾季季節時的缺電問題更為嚴重；依據越南電力公司卻表示，目前尚有 3 成的供不應求缺口存在。

為促進經濟發展，1995 年起越南政府即開始進行發展核能發電的可行性研究；經過評估後，於 2009 年 11 月國會批准建設第 1 座核電廠計畫。另越南原子能研究院亦公布「核電長期發展計畫」，將核能發展計畫分成 3 階段進行；並於 2010 年 6 月 23 日由越南政府核准於 2030 年時，在 8 個廠址完成 14 座核電廠商轉的核電長期發展計畫(日本原子力產業新聞，2010)；目標為完成 1,500-1,600 萬瓩的核電廠，並占全國總發電設備容量的 10% (約佔發電總量 15~20%)。其中三個階段規劃興建核電廠的工作內容如表二。

表二、越南原子能研究院規劃之三個階段興建核電廠內容

階段別	工作內容	年期
第一階段	完成第 1 號機組建設必要的準備工作，包含投資計畫及廠址的認可、總包商選定、計畫成員的訓練等。並擬定未來與核電發展各部門密切相關的核能產業政策與建立相關體制。	2015 年
第二階段	寧順第一核電廠 1 號機組建設完成，並成為越南首號機組商轉(預定 2020 年達成設備容量 100 萬瓩的商轉)；另寧順第二核電廠開始建設，同時選定後續電廠廠址。	2020 年

第三階段	2021 年 2 號機組商轉，並推展核能成為國家的主力電源之一；2025 年擴大到 800 萬瓩，2030 年達到 1,500 萬瓩(約占總發電設備容量的 10%)。另亦共同參與設計，希望能達到分擔契約總額的 30-40%的工作量。	2030 年
------	--	--------

## (二)泰國

2010 年泰國全國的電力系統總容量為 39 百萬瓩 (GW，我國與韓國的系統總容量總量分別為 41 百萬瓩及 70 百萬瓩)；電力需求的使用分類，分別是產業占 46%、家庭為 22%、一般企業占 15%、中小企業 11%和其他 6%。

由於泰國的用電需求高於經濟成長，即國內生產總值 (GDP) 每成長 1%，用電量就提高 1.2%；因此，泰國能源部認為電力局應積極開發電力資源，並將煤炭發電歸入系統中(泰國商務部，2011)；因為泰國現階段的電力來源，主要是依靠約占總發電量 70% 的天然氣發電，但估計天然氣儲備估計將於 10~15 年耗盡；因此，評估未來的發電方式，將同時考量發電價格、安全和環境影響等三個因素，以決定下階段的能源政策。

泰國在排放 CO<sub>2</sub> 方面不被認為是主要排放國，目前約僅佔世界 CO<sub>2</sub> 排放總量的 1%；所以泰國政府認為尚可多利用煤作為發電燃料，而暫時不使用核能；但為因應急速成長的用電需求，因此亦規劃在 2020-2028 年興建 5 部 100 萬瓩核能機組。福島事故後，因應安全考量，5 部核能機組預計延後商轉 3 年商轉(延轉期間將興建 3 部 80 萬瓩的複循環電廠替代)。

## (三)馬來西亞

據馬來西亞電力事業公司推估，2011 年的電力消費將同比增長 6.5% 以上，且規劃 2020 年時，需要新增裝機 1,080 萬瓩 (相當於當前 16% 的裝機容量)，才能滿足用電所需。

面對用電量持續上升，馬來西亞核管理委員會認為，核能是替代現在主要的發電能源石油和天然氣最理想的替代能源；因此，馬國政府擬開發核能來降低對石油的依賴，並已於 2010 年 5 月初，批准設立該國的第一座核電廠，預計花 15 年的時間完成。另馬來西亞核能管理委員亦評估，未來至少需要建立兩座核反應廠，才能滿足用電需求。

## (四)印尼

2009 年印尼主要的能源蘊藏量，包括 37 億桶原油、3.18 兆 m<sup>3</sup> 天然氣、43.28 億公噸煤炭及水力與地熱資源(約供應印尼 70% 用電量需求)；其天然氣產量約為 560~600 億 m<sup>3</sup>/年，2008 年石油供需量為日產 105.1 萬桶、日消費量 115.9 萬桶。而全國的總發電裝機容量為 2007 年的 2,426 萬瓩增加到 2010 年的 2,908.3 萬瓩，規劃 2015 年裝機容量為 3,424.4 萬瓩；另 2009 年印尼全國的發電量為 155.47 TWh，2010 年的發電量成長稍大於 10%。

自 2002 年以來，印尼宏觀經濟保持年均 5% 的速度增長，對電力的需要日益增加，但因電力投資建設仍難不足，導致電力供應吃緊，其經常用電普

及率約為 60%；而推估最近幾年的電力需求年均增長 10~15%，預計到 2026 年的電力年均需求增長率為 7.1%（中國駐印尼大使館經商參處）。

印尼政府曾表示核能是最平價的能源，可提供平價與潔淨的能源；在全球煤價與油價不斷高漲，國內石油與煤礦產量也在下滑，核能是解決之道，如此每年能省下 3,000 萬噸煤與 7,000 萬桶石油，也能減少 20% 污染物排放。印尼曾有三座小型的核反應爐-萬丹的塞爾彭，日惹和西瓜哇的萬隆，這些反應爐年發電量達 90 百萬瓩（印尼星洲日報）。另印尼政府原本計畫在未來十年內興建國內首座核電廠，福島事故後，考量與日本同樣位於「太平洋火環帶」，時常面臨地震與火山爆發威脅，故興建核電廠之構想曾因日本核災而擱置；但印尼全國能源委員會表示，核電廠工程計劃未來將繼續予以落實，並希望在 2019 年完成規劃工程（國際能源透視，2011）。同時亦宣稱，只要還有其他選擇，印尼是不會採用核電的。

### （五）菲律賓

菲律賓於 1980 年代，就已興建巴丹核電廠，且核電廠生產所需的鈾元素早在 1984 年就已到；但當時的車諾爾核災及政治因素，導致耗資約 23 億美元的巴丹核電廠一直沒有營運（現在每天約需繳付超過 1 萬美元的維修和保養費）。目前菲律賓政府準備將廢棄多年的巴丹核電廠改造成旅遊景點，順便宣傳並爭取讓核電廠啟用的機會。

由於巴丹核電廠位置靠近地震斷層帶，為了要說明電廠能夠安全運作，所以選擇在日本福島核災後開放巴丹核電廠，除為了籌措維修經費外，也趁機宣示核電廠能夠安全投入運作。而菲律賓當局宣導的核安問題，除了向外界證明與福島的不同外，並保證同樣的災難不會在這裡重演；當局也介紹核電廠的安全措施，包括其抵禦 9 級地震的能力等（星洲日報／國際）

### （六）新加坡

近三十年來新加坡之發電量逐年提高，其中約佔全國六分之一的電力來自火力發電，其餘約 80% 的能源來自於鄰國馬來西亞管線所輸送的天然氣。

鑑於石油價格的不穩定性與全球暖化問題，2010 年新加坡總理曾公開表示，新加坡需要具備使用核電的能力；且強調新加坡適合的是一種較小型、較有效率、安全的未來核電裝置，所以現在還不是建造核電廠的時候，但需預作準備，包括人才培訓，然後才能在未來決定核電應用是否可行。另為了分散能量來源及避免停機會造成嚴重的電力缺口；2008 年新加坡能源市場管理局總裁表示，新加坡不排除使用核電（慕容理深，2011），且新加坡正在觀望美國核能管制委員會對於「球床反應爐」（pebble bed reactor）技術的決定，再評估是否可利用此技術建造迷你反應爐，等到技術發展到足以適應新加坡的安全要求，可能在未來二、三十年內採用核電（可能在西南島嶼海底建核能發電廠）。

新加坡興建核能電廠最大的問題在於缺乏足夠的土地面積，無法創造核能反應爐周圍足夠的安全緩衝地帶；萬一核電廠發生嚴重事故，將會造成重大

的影響(慕容理深, 2011); 因此, 新加坡政府對未來發展核電抱持著非常謹慎的態度。目前除透過 ASEAN 的架構來獲得更穩定的天然氣供應、積極管理能源需求與能源技術研發外, 在沒有絕對安全的情況下, 新加坡暫時不考慮興建核電廠, 但會做好興建核電廠的準備。

### (七)緬甸

緬甸具有相當豐富的天然資源, 特別是天然氣(蘊藏量居全球第十位)與石油資源。而由於政治因素, 導致開發程度較為落後, 如 2009 年時全國的總發電量僅有 5.85TWh, 2010 年人均 GDP 為 701 美元。鑒於此, 近年來緬甸政府乃推動多項經濟計畫, 尤以跨國合作開發之石油產業及天然氣為最。

由於緬甸的經濟仍具備龐大潛力, 這幾年不斷積極與鄰近國家, 如中國、印度與泰國等建立經濟合作關係, 而能源資源的開發就是最重要的合作項目; 例如從緬甸建造石油管線到雲南昆明, 每年可運送約四千萬噸石油, 另與印度及泰國合作, 開發孟加拉灣的海底油氣及緬甸西部的天然氣管線興建計畫等。而 2007 年 5 月與俄羅斯簽署協定, 規劃興建核能廠, 包括建造一所核研究中心及 1 座 10 百萬瓦(MW)的核反應爐, 並培訓相關專業人員等。

### 3.2 越南等國電力發展趨勢

由於東南亞地區內複雜的政治情勢, 且又有 1995 簽署之東南亞無核區條約影響; 因此, 對於發展核能的政策相對較保守, 導致目前的能源使用與發電能源, 大多仰賴水力及天然氣、石油與煤碳等化石能源; 而對於可再生能源的發電利用, 其發電比例亦無法與歐盟及美國等國家相比擬。

目前東南亞各國有意願興建核子電廠的國家, 在 2009 年使用傳統能源的發電情形如表三所示(IEA, 2011)。由於東南亞地區近幾年快速的經濟成長, 而電力需求又大於經濟成長比例, 所以未來對於不斷攀升的用電需求, 尋求新的電力來源, 如核能發電等, 是東南亞各國謀求經濟發展的重要課題之一。

表三、2009 年東南亞地區各類別電力生產量(單位: TWh)

國別	核能	水力	地熱	太陽能、風能、 潮汐、溫差等	化石能源	生物燃料 和廢棄物	合計
越南		29.98			53.21		83.19
泰國		7.15	0.00	0.01	135.25	5.98	148.39
馬來西亞		6.67			98.41		105.08
印尼		11.38	9.30		134.79		155.47
菲律賓		9.79	10.32	0.07	41.74		61.92
新加坡					41.72	0.08	41.80
緬甸		4.18			1.67		5.85
<b>中華民國</b>	<b>40.00</b>	<b>7.00</b>		<b>0.90</b>	<b>145.80</b>		<b>193.70</b>

資料來源: IEA statistics\_electricity information, 2011

## 四、我國對於東南亞國家發展核能的省思

### 4.1 備用容量最低安全需求

國家能源政策對於目前備用容量最低安全要求的臨界值為 16% (民國 99 年，我國發電機組備用容量為 23.4%，預估 100 年降至 22.2%)；若目前運轉中的三個核能廠均除役，則備用容量僅剩 7.4%，遠低於能源局將備轉容量的要求(資料來源，能源局)；因此，在確定核四安全，全國不缺電、維持電價合理化及承諾減碳量的前提下，可研議核一電廠提前除役的政策(核二、核三不延役)，以推動「確保核安、穩健減核，打造綠能低碳環境、逐步邁向非核家園」能源發展願景。

### 4.2 核能安全

#### (a) 斷層帶

依據經濟部地調所資料，核一電廠 5 到 7 公里處有山腳斷層通過；核四廠址 5 公里內有亦有多條非活動斷層(經濟部中央地質調查所)。為減少目前尚無法預測的地震發生時間、地點及其可能發生的規模，因此，國內核電廠耐震設計的加強是必須的。

#### (b) 海嘯

臺灣本島位於西太平洋地區火環地帶，不僅地震不斷，且有太平洋火環之鄰近海溝所產生之地震海嘯威脅。依據發生於台灣周圍的地震規模與地質紀錄分析，吳祚任(2011)模擬可能造成侵台之海溝型海嘯以及近域之斷層型海嘯規模，當發生地震規模為 8.2Mw 時，其所引發的最大海嘯高程為接近核三廠地區的 10.0 公尺，綜觀我國核電廠廠址設計高程均在 12 公尺以上，因此，若在地震規模小於 8.2Mw 時，發生海溝型海嘯對核電廠主體尚不會構成威脅，但是核電廠的附屬設施則需要提昇其防海嘯的能力。

### 4.3 評估建造小型核電廠的可行性

由於地理條件與高度安全需求，新加坡目前並不會籌建核電廠；但是因應未來之石油價格波動與 CO<sub>2</sub> 排放造成的全球暖化問題，新加坡正在研擬建置在海底中，具有較小型、有效率且安全特性的未來迷你反應爐，目前這項技術正在評估中。因應我國未來的用電成長需求，所以也可再進一步了解這種小型反應爐的特性、籌建技術與相關的地理環境與海象條件等；如果評估技術成熟且安全度無虞，此也可以納入未來開發新電力的方向之一。

### 4.4 東南亞各國發展核能對我國能源進口之影響

自 2007 年起，我國的煤炭進口以印尼、澳大利亞和中國大陸為主(比例約為 6:3:1)；另 2010 年我國的液化天然氣(LNG)進口量 14,525.8 百萬 m<sup>3</sup> 中，約有 80% 來自印尼、馬來西亞與卡達等國家(比例約為 4:3:3)；而參考表三的資料，印尼與馬來西亞目前仍以化石能源為發電主體，若配合未來的經濟發展，大量

使用煤炭與液化天然氣為發電能源，則我國從此兩國進口的能源會受到影響；但若興建核能建廠來舒緩未來的用電需求，則能源進口的影響因素相對減少。

## 五、討論與建議

從經濟發展層面分析，東南亞國家在全力推展經濟成長過程，將需耗費較多的能源，若能藉由核能發電取得潔淨且高效率的電力來源，將可大量降低缺電的風險；但東南亞國家經濟規模較小，核能技術力量較為薄弱，災害應變與安全是一大考量，特別是因為地質條件影響，東南亞地區存在許多地震帶，所以地震與海嘯對於核電廠的基礎建設，亦是我國需要高度注意的。

能源局國家能源政策，若要備用容量需達到最低安全 16% 的需求，在核四沒有穩定商轉之前，若運轉中的三個核能廠均除役，則 2011 年的備用容量僅剩 7.4%，遠低於能源局將備轉容量的要求；因此，配合未來的用電成長需求，除了確保核四安全運轉外，評估其他的替代能源是必須的。

依據模式推估，台灣周圍發生 8.2 級地震所引發的海嘯，對於我國的核能廠仍不會受到影響；但基於安全考量，亦應提高核能廠的安全標準與防震及防海嘯能力。

因應石油價格波動與全球暖化問題，新加坡正積極尋找穩定且可靠的能源；鑑於地理條件因素，新加坡政府正評估在西南島嶼海底，興建較小型、有效率且高安全的核電裝置的可行性。由於我國要尋找籌建發電廠址已屬不易，因此，新加坡之評估在海底興建小型核電廠的方案，亦可以提供我國在未來興建迷你核電廠的參考。

## 參考文獻

- 經濟部中央地質調查所，台灣地質服務網\_核一核二廠\_緊鄰活動斷層，  
<http://twgeoref.moeacgs.gov.tw/>。
- 慕容理深，新加坡為什麼沒有核電廠，2011。
- 印尼星洲日報，印尼電力補貼\_增至 66.33 兆盾，2011-07-13。
- 國際能源透視，日本 311 地震對東南亞國家核能政策的影響，2011 年 06 月。
- 中國駐印尼大使館經商參處，印尼電力市場總體情況，<http://www.caexpo.com>
- 中國能源報，馬來西亞可再生能源迎來新契機，2011-11-11。
- 星洲日報／國際，菲律賓供遊客參觀爭取啟用\_開放巴丹核電廠，2011-06-27。
- 泰國商務部，泰國電力發展\_火力發電將成主角，2011，  
<http://www.electric.hc360.com>
- 吳祚任，台灣潛在海嘯災害研究，2011 海峽兩岸地質災害防治研討會，國立中央大學。
- IEA, 2011, statistics\_electricity information.
- Tin Maung Maung Than, 2006, Is Southeast Asia Ready for Nuclear Power? ,  
<http://www.iseas.edu.sg/viewpoint/tin7jun06.pdf>.