

# 整合資源規劃流程與評估項目解析

吳東諺 / 工研院 綠能所 太陽光電技術組, 副工程師

自 2015 年聯合國通過巴黎協定之後，世界各國陸續開始以降低溫室氣體為己任，持續推動再生能源建置及碳交易制度，在這樣的全球共識底下，IRP 已是各國進行電源規劃之重要方法，其能夠在最小化電力成本之條件下滿足多種電源規劃目標，考量電力生產過程中所有內、外部成本再進行探討或最佳化，有效整合各類電力資源。本文將著重介紹 IRP 須包含之評估項目與流程，並提供美國南卡羅來納州之現行 IRP 制度進行分析。

## 一、研究背景

IRP(Integrated Resource Planning, 整合資源規劃)是一種新興的電源規劃方式，在最小化電力成本之條件下滿足多種電源規劃目標，透過比較不同情境及電力資源組合的模擬結果，可幫助公共事業機關與業者、民眾釐清未來電業之相關決策，如圖 1 是南非政府在比較眾多資源組合在不同情境下之整體表現最終裁定之能源規劃走向，可以看到在不同能源別下每年預計新增或除役的裝置容量，後續能源相關單位將依據此表進行實務上的期程規劃。傳統電源規劃方式以滿足未來負載預測為基準來興建電廠，此外需於尖峰負載期間滿足一定的備轉容量，以電源供給端之角色進行規劃，但興建電廠成本高昂、過程耗時，往往需要提前好幾年規劃建置，且若負載預測準確度不足，使得負載成長不如預期，則可能須拆除過度興建之電廠，導致社會資源大量的浪費，而 IRP 則引入電源需求管理(Demand-Side Management, DSM)來降低負載需求及改善能源效率，所有的電力資源皆在 IRP 考量範疇內，如需求反應利用價格機制使部分用戶避開尖峰負載期間。IRP 之最終結果能夠帶來最大的社會效益，其電力成本除涉及傳統電源規劃已考慮的發電機建置成本，還包含輸、配電的設置成本、不同 DSM 選項之成本，以及近年來環保意識抬頭

而被討論的碳稅與空汙也在 IRP 的考慮範圍內。

	Coal	Coal (Decommissioning)	Nuclear	Hydro	Storage	PV	Wind	CSP	Gas & Diesel	Other (Distributed Generation, CoGen, Biomass, Landfill)	
Current Base	37 149		1 860	2 100	2 912	1 474	1 980	300	3 830	499	
2019	2 155	-2 323					244	300			
2020	1 433	-552				114	300			Allocation to the extent of the short term capacity and energy gap.	
2021	1 433	-1 403				300	818				
2022	711	-844			513	400	1 000	1 600			
2023	750	-589				1 000	1 600		500		
2024			1 860				1 600		1 000		500
2025						1 000	1 600				500
2026		-1 219					1 600				500
2027	750	-847						1 600	2 000		500
2028		-473				1 000	1 600				500
2029		-1 694			1 575	1 000	1 600				500
2030		-3 050		2 500		1 000	1 600			500	
TOTAL INSTALLED CAPACITY by 2030 (MW)		33 354	1 860	4 600	5 000	8 288	17 742	600	6 380		
% Total Installed Capacity (% of MW)		43	2.36	5.84	6.35	10.52	22.53	0.76	8.1		
% Annual Energy Contribution (% of MWh)		58.8	4.5	8.4	1.2*	6.3	17.8	0.6	1.3		

- Installed Capacity
- Committed / Already Contracted Capacity
- Capacity Decommissioned
- New Additional Capacity
- Extension of Koeberg Plant Design Life
- Includes Distributed Generation Capacity for own use

- 2030 Coal Installed Capacity is less capacity decommissioned between years 2020 and 2030
- Koeberg power station rated / installed capacity will revert to 1926 MW (original design capacity) following design life extension work.
- Other / Distributed generation includes all generation facilities in circumstances in which the facility is operated solely to supply electricity to an end-use customer within the same property with the facility
- Short term capacity gap is estimated at 2000 MW

圖 1、2019 南非未來電源規劃[1]

自 2015 年聯合國通過巴黎協定之後，世界各國陸續開始以降低溫室氣體為己任，持續推動再生能源建置及碳交易制度，而在這樣的全球共識底下，IRP 顯然已是各國進行電源規劃之重要方法，能夠有效整合各類電力資源，考量電力生產過程中所有內、外部成本再進行探討或最佳化。目前美國已超過 30 州規定需產出 IRP 相關報告，根據各州政府規定不同，IRP 報告更新的時間及能源規劃時間亦有所不同，如亞利桑那州規定 IRP 報告每兩年須更新一次，且規劃時間軸長度為 15 年[2]。以下將針對 IRP 評估項目與流程進行說明，並提供一國外 IRP 現行制度進行解析。

## 二、整合資源規劃評估項目與流程

IRP 之規劃方式大同小異，主要差別在於不同 IRP 報告中之假設情境與資源組合的分析方式不同，其流程圖如圖 2 所示，本文將 IRP 流程分為 5 個大

項目，分別為範圍與目標設定、負載資料蒐集與預測、供給端與需求端選項調查、制定與評估候選整合資源規劃、政策實施後之監控與檢討，以下將按順序針對上述重點要素進行說明：

#### (1) 範圍與目標設定

在執行 IRP 前首先須先設定執行的範圍及目標，執行範圍並不一定侷限在一個國家的資源規劃，有些甚至包含多個國家，亦可能在一個小區域範圍內，電力資源規劃的基礎是滿足規劃範圍內電力用戶的負載需求，而 IRP 必須在上述條件的基礎下滿足多種目標，如最小化成本、滿足電網可靠度及穩定度、降低對環境的影響，甚至是滿足政策開發的需求皆為常見目標。

#### (2) 負載資料蒐集與預測

負載預測對於電源規劃的整體結構具有重要的影響，足以影響電廠的建置與否，傳統負載預測常隨一國的經濟成長率作為基礎進行計算，常乘上一等效的負載量來推估負載成長，而在 IRP 中可建立電力終端使用者(end-use)數據庫來加強負載預測之精確度，如統計住宅區、工業區等電力設備的歷年使用情形進行分析，亦或是評估電價對於使用者需求的影響，藉此達到由下而上的負載預測。

#### (3) 供給端與需求端選項調查

電力供給端選項的調查包含各類發電機組的建置與其運轉的特性，裝置容量、燃料種類、使用年限等皆為 IRP 的考量範疇，同時輸配電基礎建設所帶來的影響也在其中。電力需求端選項最常見的是電業機構以獎勵機制的方式促使使用者改變其電力使用習慣，降低尖峰負載的使用需求，亦可藉由改良設備來降低能源使用及增加能源效率。供給端與需求端選項調查的重點在於將各類屬性數值化或進行優劣比較，以利後續進行不同電力資源組合的分配。

#### (4) 制定與評估候選整合資源規劃

在完成供給端與需求端選項的調查後，便可制定電力資源組合的分配，此制定過程可利用最佳化軟體產生多種組合，亦可先分析需求端選項透過降低尖峰負載可帶來的效益來決定合適的設置量，再決定供給端資源的分配。在資源組合分配確定的情況下，IRP 還將不確定性分析加入考量，假設基礎情境為最佳的預測量，則負載預測、燃料及碳稅價格預估量皆可以低/中/高進行區分，透過評估結果即可觀察在不同情境下各種資源整體的表現與其彈性，最終交由政府與公眾共同決定未來資源規劃之走向。

### (5) 政策實施後之監控與檢討

電業機構需根據前述所產生的資源組合進行相關建設及監控其表現，但這並非 IRP 流程之結束，隨著電源開發之進行可能會發現部分政策表現不如預期，實際負載及燃料成本費率亦可能與原始假設不同，為防止實務面與規畫面差異太大，IRP 流程需定期重複執行以貼近現實。

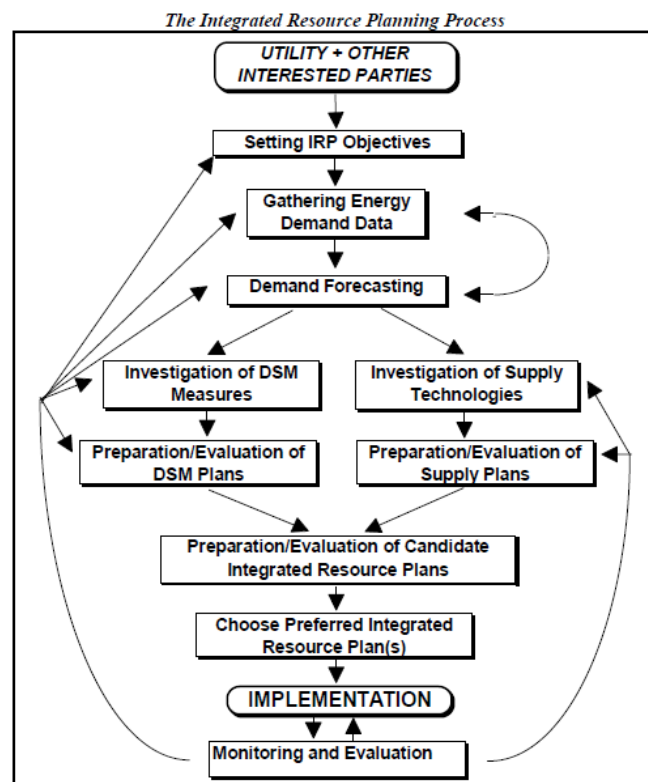


圖 2、IRP 流程圖[3]



### 三、整合資源規劃制度國外案例

美國目前是 IRP 執行最徹底的國家，許多州政府皆有明確規範 IRP 執行流程，以南卡羅來納州為例，其規定 IRP 每三年須進行更新，其中客戶數超過 10 萬人以上之電業機構與南卡羅來納州公共服務機關(South Carolina Public Service Authority, SCPSA)須提交各自 IRP 至公共服務委員會(Public Service Commission, PSC)，而 SCPSA 之規劃必須與向 SCPSA 購買電力之市政府所有電業機構(Municipally owned electric utilities)與電力合作社(Electric Cooperatives)進行協商；客戶數 10 萬人以下之電業機構、電力合作社及市政府所有電業機構則提交各自的整合資源規劃至州能源辦公室(State Energy Office, SEO)，最終於提交機構和各自網頁上發布整合資源規劃結果。投資者擁有之公用事業機構(Investor Owned Utilities, IOU)除每三年須向 PSC 提交總長至少 15 年之 IRP，每兩年還須提交短期行動規劃(short-term action plan)[4]。台灣並不像國外擁有龐大的國土面積，台電公司為唯一一家電力調度機構，呈現一家獨大的情形，但是 IRP 中心主旨為彙整各方的意見進行全面性討論，台灣則可加強台電公司與地方政府在政策推動上的溝通，以利未來能源規劃發展。

針對公眾參與的部分，不論 IOU 或是 SCPSA 皆須至少舉辦一場公眾說明會議說明整合資源規劃之變化作為三年期 IRP 流程的一個環節，內容可包含關鍵資源變化、模擬方法、輸入參數、情境說明...。會議前 30 日須透過 email、媒體等宣傳手段告知公眾，且必須至少有一名州政府辦公室(South Carolina Office of Regulatory Staff)之代表出席。

根據 South Carolina Code of Laws 段落 58-37-40 最新的說明，SCPSA 被特別要求至少需有一種資源組合反應 2028 年關閉 Winyah 發電廠及以 2050 年淨零碳排目標下提供安全與可靠的電力服務[5]，台灣除了可將 2050 淨零碳排目標納入考量外，可以根據我國爭議較大的核能、燃煤等機組進行討論。

PSC 會去檢視所有 IRP 計畫，規劃程序時間表來讓各方針對 IRP 計畫提出建議，包含計畫的合理性、審慎性或提出更佳的替代方案，在相關單位遞交 IRP 計畫予 PSC 後，300 天內 PSC 須針對該計畫進行最後裁決，同意、否決或修正該計畫內容。若最終裁示為拒絕或修改 IRP 計畫，則提交 IRP 計畫之申請人可於 60 天內針對委員會意見進行修改。完成修改後 60 天內，監管人員辦公室(Office of Regulatory Staff)須檢視 IRP 計畫是否按照委員會意見進行改善，並向委員會遞交報告，同時對於 IRP 計畫感興趣之相關團體可提供意見。自委員會收到報告後 60 天內須裁決是否同意該計畫，或提供額外的補救措施。

#### 四、結論

IRP 之完成涉及十分廣大的層面，除了各項能源之發電特性須納入考慮範圍內，還包含政治、土地、人文等因素，需要各領域人才彼此合作討論才能完善 IRP 之制定。臺灣目前尚處於 IRP 發展之階段，尚未建立相關制度及做法，但可透過研析國際建立 IRP 流程之經驗促使臺灣電源開發規劃技術成長，如南卡羅來納州在 IRP 相關法規制定上十分完整，權責分界清晰，能夠有效帶動公部門、台電公司、民眾共同參與能源規劃制定，最終達到永續發展目標。

#### 五、參考文獻：

- [1] Department of Mineral Resources and Energy. (2019). *Integrated Resource Plan (IRP 2019)*. Republic Of South Africa: Author
- [2] Rachel, W., & Paul, P. (2011). *A BRIEF SURVEY OF STATE INTEGRATED RESOURCE PLANNING RULES AND REQUIREMENTS*. Synapse Energy Economics.
- [3] Von Hippel, David, and David Nichols. (2000). *Best Practices Guide:*

*Integrated Resource Planning For Electricity*. 2. Tellus Institute, Inc.

[4] South Carolina Energy Office. *IRP GuideLines*. Retrieved March 8, 2022, from [http://www.energy.sc.gov/files/view/IRP%20Guidelines%20Consensus\\_LM2\\_0.pdf](http://www.energy.sc.gov/files/view/IRP%20Guidelines%20Consensus_LM2_0.pdf).

[5] South Carolina Code of Laws Unannotated. Section 58-37-40. Retrieved March 8, 2022, from <https://www.scstatehouse.gov/code/t58c037.php>.