

國外整合資源規劃作法比較

吳東諺 / 工研院 綠能所 太陽光電技術組，副工程師

整合資源規劃 IRP(Integrated Resource Planning)為一能源規劃方式，其主要概念為透過最佳化模型評估未來各類能源的發展路徑，分析在不同不確定性因素或國家政策下之系統整體表現，最終以公開透明方式邀請利害關係人共同參與提供意見並改善模型。本文分析南非、美國新墨西哥州與南卡羅來納州之 IRP 報告中，IRP 流程各項目之共通性與差異性，藉由了解國外運作模式，可精進我國能源規劃作法。

一、整合資源規劃介紹

整合資源規劃 IRP 主要概念為透過最佳化模型評估未來各類能源的發展路徑(如各年度裝置容量、建置地點、發電技術等)，為一能源規劃方式，可分析在不同不確定性因素(燃料成本變動、負載高低等)或國家政策下之系統整體表現(如成本、碳排放、電網可靠度等)，並以公開透明方式邀請利害關係人共同參與過程並提供意見。IRP 組成可概分為制度與流程、目標設定、負載預測、電力資源選項、制定情境與評估候選資源組合資訊，各項目概述如下：

1. 流程與制度：

IRP 相關法規訂定包含流程之定義與公眾參與能源規劃之機制。

2. 目標設定：

能源規劃的基礎是滿足電力用戶的負載需求，而 IRP 在前述條件下還可制定其餘目標，如最小化成本、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。

3. 負載預測：

負載預測對於能源規劃的整體結構具有重要的影響，足以影響電廠建置與否，而 IRP 以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、工業區用電情形。

4. 電力資源選項調查：

電力資源選項分為供給端、需求端及電網資訊，一般利用各類能源進行發電的稱為供給端選項，需求端是以使用者為出發點降低負載需求，達到降低發電量之效用，電網則是在新增發電設備時對於傳輸設備的影響，將各類資源選項之特性納入模型中。

5. 情境制定與資源組合評估：

觀察不同最佳資源組合在不同情境下之系統表現為此項目之目的。

二、國際 IRP 各項目共通性與差異性

本文經完整分析南非、美國新墨西哥州與南卡羅來納州之 IRP 報告後，歸納 IRP 流程各項目之共通性與差異性如表 1 及表 2，流程與制度方面各地區皆會制定法規描述 IRP 之開發流程，並建立公眾參與機制，差異性不大；目標設定部分，近幾年以最小化成本、維持系統可靠度及降低環境影響為重點，各地區則依據系統組成及國假政策須滿足不同法律規範，如再生能源發電量占比、能源效率改善、特定能源建置量等；負載預測共通性部分為自終端進行預測，並依照不同種類電力用戶進行劃分，差異性部分則依地區規劃可能考量較特別的負載情境，如新大型開發計畫、電動車發展等；電力資源選項調查部分，供給端需調查各類能源機組特性與成本花費，不同地區可採納不同發電技術，需求端則主要分為能源效率改善及負載管理，差異為各國改善手段不一，電網部分相關評估方式差異較大，但能源規劃結果皆已擴充元電廠線路設備最具經濟效益；情境制定與資源組合評估部分，重要國家政策及大型機組之新增/除役與情境制定有關，也是主要差異部分，如南非利用 IRP 評估是否如期建置 Kusile 發電廠，所有情境皆須評估建置與否之整體表現；南卡羅來納州資源組合涵蓋燃煤機組以最快時間除役，評估此狀態下對系統所造成之影響；新墨西哥州資源組合以氫能發電技術考量與否制定了 2 種資源組合，關注此項發電技術對其他能源發展之影響。而資源組合評估常以成

本、系統可靠度、水資源消耗等為依據進行優劣判斷。

表1、國際IRP項目共通性與差異性比較I

IRP項目		共通性	差異性
流程與制度		• 制度皆會描述IRP開發流程 • 整合資源規劃須定期更新 • 皆注重民眾參與部份，能源規劃結果草案完成後皆須公告蒐集利害關係人意見，蒐集意見後更新能源規劃內容，由專門機構進行查驗	• IRP開發流程詳細程度不一致，甚至可要求進行特定情境分析 • IRP報告定期更新時間不一致
目標設定		共同目標如下： • 最小化成本 • 維持系統可靠度(備用容量、備轉容量、失載期望值) • 降低環境影響(空汙/碳排放、水資源使用) • 能源多樣化	共同目標設置之詳細數值依據各地區系統組成而不同，另因國家政策而須滿足不同法律規範(再生能源發電量占比、能源效率改善、特定能源建置量)
負載預測		• 自終端進行負載預測，針對不同電力用戶(住宅區、商業區、工業區、照明等)進行區分測，最終將各部門預測負載加總 • 皆包含低、中、高情境的負載預測	• 負載預測工具、方式不同 • 除低、中、高情境的負載預測外，還可考量較特殊負載情境，如新大型開發計畫、錶後太陽光電影響、電動車發展、能源效率改善等
電力資源選項調查	供給端	調查各類能源機組特性與成本花費	不同地區調查項目差異： • 能源類別不同(如氫能、空氣壓縮儲能) • 相同能源中對應不同技術開發 • 各能源能源規劃假設基礎(成本花費、容量等)因應不同國情有所差異
	需求端	分為能源效率改善及負載管理	各地區對應不同能源效率改善項目及負載管理機制
	電網	能源規劃結果皆以原電廠擴充線路設備最具經濟效益	• 南非以不同地區之建置電網成本差異，評估能源開發對於電網建置之花費 • 新墨西哥州以未來預計建制輸電線路作為限制 • 南卡羅來納州聚焦於燃煤機組替換對於電網花費的影響

表2、國際IRP項目共通性與差異性比較II

情境制定與資源組合評估																
共通性	•重要國家政策及大型機組之新增/除役決定情境制定與資源組合評估之方式 •資源組合評估依據： ✓ 成本 ✓ 系統可靠度 ✓ 水資源 ✓ 再生能源發電量 ✓ 各情境差異對於資源組合影響力 ✓ 碳排放 ✓ 各能源首次加入系統時間點及容量															
差異性	南非：															
	<table><tr><th>情境項目</th><th>說明</th><th>2017 Kusile發電廠建置</th></tr><tr><td>基本情境</td><td>不考量底下限制</td><td rowspan="5">所有情境須考量底下建置情形： 1.建置 2.不建置 3.延期24個月，Medupi延期12個月</td></tr><tr><td>排放限制</td><td>調整CO2每年限制量或於不同年份加入排放限制</td></tr><tr><td>碳稅</td><td>考量碳稅影響</td></tr><tr><td>區域發展</td><td>考量更多自外界引入能源作法(須考量建置線路成本)</td></tr><tr><td>強化DSM</td><td>自2015年起，增加額外6TWh的負載端管理</td></tr></table>	情境項目	說明	2017 Kusile發電廠建置	基本情境	不考量底下限制	所有情境須考量底下建置情形： 1.建置 2.不建置 3.延期24個月，Medupi延期12個月	排放限制	調整CO2每年限制量或於不同年份加入排放限制	碳稅	考量碳稅影響	區域發展	考量更多自外界引入能源作法(須考量建置線路成本)	強化DSM	自2015年起，增加額外6TWh的負載端管理	
	情境項目	說明	2017 Kusile發電廠建置													
	基本情境	不考量底下限制	所有情境須考量底下建置情形： 1.建置 2.不建置 3.延期24個月，Medupi延期12個月													
排放限制	調整CO2每年限制量或於不同年份加入排放限制															
碳稅	考量碳稅影響															
區域發展	考量更多自外界引入能源作法(須考量建置線路成本)															
強化DSM	自2015年起，增加額外6TWh的負載端管理															
新墨西哥州：																
情境	考量氫能發電技術 不考量氫能發電技術 2030年達成淨零碳排 加入傳輸線路線制															
敏感項目	✓ 新大型負載 ✓ 負載成長 ✓ 銻後太陽光電 ✓ 電動車發展 ✓ 建築電氣化 ✓ 天然氣價格 ✓ 碳成本 ✓ 科技成本 ✓ 稅收抵免 ✓ 新大型負載 ✓ 科技成本															
南卡羅來納州：																
資源組合	A 基本資源組合 不考慮碳排放政策 B 基本資源組合 考慮碳排放政策 C 燃煤機組 最早除役時間 D 降低70%碳排 離岸風能併網 E 降低70%碳排 離岸風能併網 F 無新建 天然氣機組															
情境設定	✓ 能源效率 ✓ 負載管理 ✓ 負載成長 ✓ 燃料成本 ✓ 再生能源發展 ✓ 太陽光電成本 ✓ 降低儲能成本 ✓ 調降天然氣機組壽命至25年 ✓ 新增抽蓄水力 ✓ 燃料成本低/中/高 ✓ 二氧化碳排放限制低/中/高 ✓ 共9種組合情境															

三、結論

本文分析了南非、美國新墨西哥州與南卡羅來納州 IRP 報告中各項目作法之共通性與差異性，可以發現 IRP 範疇極大，執行上需要各行政主管機關互相配合，如能源規劃模型相關參數，亦或是能源規劃結果判斷基準，仰賴各單位對於電力系統整體表現評估參數的敏銳度，且也仰賴實務上各類能源政策推動協助，除相關單位之意見外，還須以整體能源規劃結果召開公聽會，以公開透明方式蒐集利害關係人意見，並針對各項意見進行回復與改善，另外，本文最終提醒 IRP 能源規劃模型應依照實際現況滾動檢討，否則將產生未來目標與實際情形不符。

四、參考文獻：

- [1] Department of Mineral Resources and Energy. (2019). *Integrated Resource Plan (IRP 2019)*. Republic Of South Africa: Author
- [2] Department of Mineral Resources and Energy. (2017). *Power Generation Technology Data For Integrated Resource Planning*. Republic Of South Africa: Author
- [3] Department of Mineral Resources and Energy. (2010). *Integrated Resource Plan For Electricity* (8th ed.). Republic Of South Africa: Author.
- [4] Public Service Company of New Mexico. (2021). PNM 2020-2040 Integrated Resource Plan. Retrieved from <https://www.pnmforwardtogether.com/irp>
- [5] Duke Energy Carolinas. (2020). DUKE ENERGY CAROLINAS INTEGRATED RESOURCE PLAN. Retrieved from <https://dms.psc.sc.gov/Attachments/Matter/81fe90b2-7966-4435-b14a-6a79549bfa33>