

台灣增加再生能源使用的最佳途徑

電力系統最佳化白皮書



全球能源市場格局正在轉變，這主要是由於再生能源成本迅速下降所致。電力系統正朝更加彈性和可持續的能源系統發展，從而使再生能源的占比迅速增加、減少不彈性的基載發電，並加大彈性發電和儲能技術的廣泛應用。

在台灣，政府計劃在2025年實現的發電配比为：20%再生能源、30%燃煤和50%天然氣。所有現有的核能都將在2025年底之前完全除役，以達到「非核家園」的願景。目標是到2025年安裝27GW的再生能源，其中包括20GW的太陽光電光發電和6.7GW的風力發電。

在本研究中，我們使用了PLEXOS®能源模擬軟體，以建立台灣到2025年實現20%再生能源目標的最佳投資路徑模型，同時確保效率、可靠性和成本降低。該模型顯示，台灣可透過經濟、高效的方式將系統中的再生能源數量增加到20%以上。為了應對再生能源的間歇性，系統需要以天然氣為燃料的引擎發電廠來增加其彈性（可快速升降載發電量，以應對不斷變化的需求）。我們還將展示為什麼現在對傳統的基載火力機組進行投資會限制台灣未來的替代方案，而具有彈性的系統卻能使這個選項保持開放，未來高再生能源電力系統的可能性更快達成。

目錄

I. 市場背景	2
II. 確定適合台灣的最佳途徑	4
III. 建模結果	5
IV. 相關建議和效益	9
V. 結論	11



深入了解：
<https://www.wartsila.com/energy>

I. 市場背景



台灣經濟部（MOEA）和綜合公用事業台灣電力公司（TPC）計劃在2018年至2025年間安裝新的燃煤和燃氣複循環機組（CCGT），並在2025年之前除役所有的核能和燃油蒸汽發電廠。

發電機類型	煤		液化天然氣		油		核能	
	■	■	■	■	■	■	■	■
退除役		協和 #1 (500)						
		協和 #2 (500)						
年份	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
新安裝	大林新 #1 (800)	大林新 #2 (800)	通霄新 CC #3 (893)		大潭 CC #8 (1000)	大潭 CC #9 (1000)	台中 CC #1 (1000)	台中 CC #2 (1000)
	通霄新 CC #1 (893)	大林新 #3 (800)				興達新 CC #1 (1000)	大潭 CC #7 (1000)	協和新 CC #1 (1000)
	大潭 CC #7 (600)	通霄新 CC #2 (893)					興達新 CC #2 (1000)	新增北部燃氣 CC (500)

備註：台灣電力公司熱能和核能裝置在2018年至2025年之間的退役和新安裝計劃是基於MOEA在2019年3月4日發布的「針對全民公投結果進行的能源政策評估和審查」制定的。（括號內的數字為MW裝置容量）

上述計劃已發佈在台灣電力公司網站上（2019年3月7日）

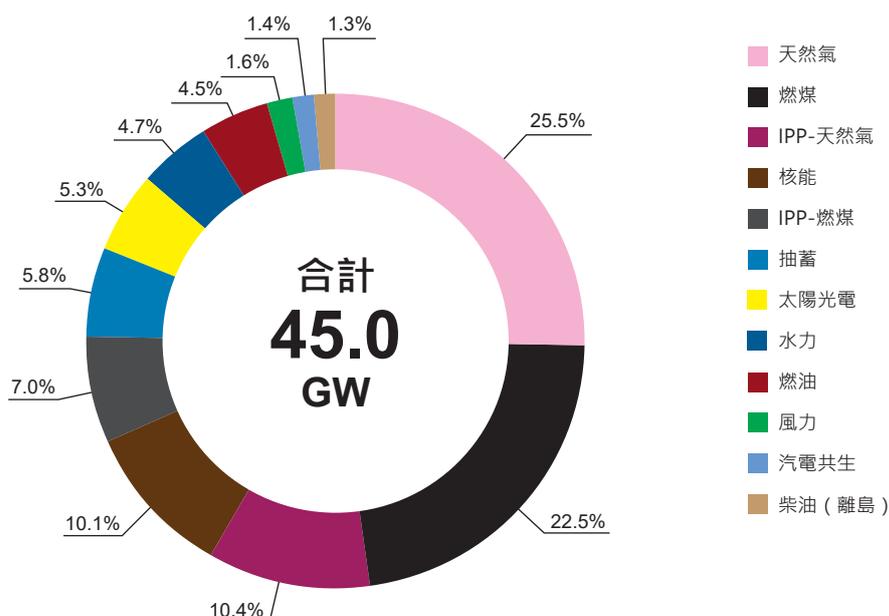
台灣的電力需求預計將以每年1-2%的速度緩慢增長。市場正逐步開放，以終止長達70年的電力銷售壟斷，並鼓勵綠色能源生產。台灣電力公司將重組為兩個獨立的公司：第一個公司為發電，第二個公司執行輸電、配電和銷售。其他電力供應商將能夠將再生能源電力直接出售給消費者。這與先前的私有公司向台灣電力公司出售能源的系統有所不同，台灣電力公司將收取傳輸處理費，然後按其設定好的價格進行輸送。

做為到2025年達到20%再生能源計劃的一部分，總共有5.5GW的離岸風電已被競標出去。從2026年到2035年，其還計劃每年增加1GW的新增離岸風電裝機容量。

安裝容量

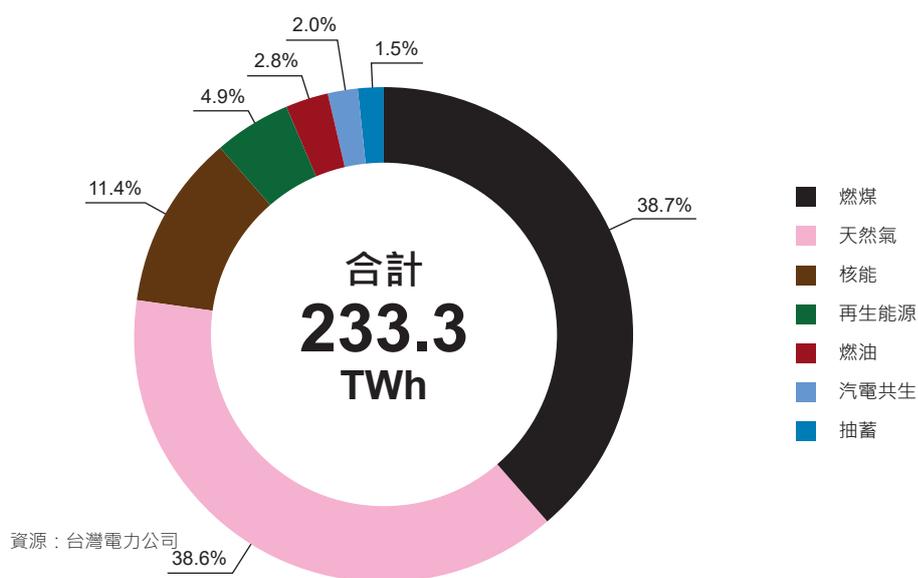
既有台灣電力公司、IPP和在躉售機制下再生能源的裝機容量約為45GW。其中，燃煤和天然氣機組占裝機容量的絕大部分，再生能源約占裝機容量的17%並占發電量的6%。

2018年系統裝機容量



資源：台灣電力公司

2018年發電配比 · TWh



資源：台灣電力公司

II. 確定適合台灣的最佳路徑

瓦錫蘭 (Wärtsilä) 的分析是使用 PLEXOS 進行的，其重點關注在彈性發電對輔助再生能源的重要性，因為再生能源的總量可能會因不具彈性的發電容量而受到限制。除此之外，其目的還包括觀察是否可以在確保高可靠性的同時降低總營運成本和空污排放量。PLEXOS 建模是以不同技術的營運成本和資本支出為基礎。此模型不考慮再生能源的躉售電價和市場價格，並根據 2016 年的實際負載情況推估 2025 年的系統負載情況。

考慮的情境

情境1 (基本案例) – 沒有彈性發電

增加了新的燃煤電廠、複循環和再生能源容量，以實現 20% 再生能源、30% 燃煤和 50% 天然氣的發電目標。

情境2 – 增加彈性發電

增加了新的燃煤發電廠、複循環、再生能源和以天然氣為燃料的引擎發電廠以及電池儲能的彈性發電，以實現 20% 再生能源、30% 燃煤和 50% 天然氣的目標。

情境3 – 高占比再生能源

其取消了 MOEA 目標限制。PLEXOS 根據最佳的可用選擇和結果，使發電配比達到最佳配置。

本研究的資料來源包括：台灣電力公司的 2017 年長期電源開發計劃、台電的 2016 年發電資料、以及經濟部的各類能源發電配比目標。

本研究透過 PLEXOS 建立長期開發模型。規劃範圍是 2020-2030 年，模型的解析度為 2 個小時。

關於 PLEXOS® 能源模擬軟體

Energy Exemplar 的 PLEXOS 是一種經驗證有效的能源模擬軟體，並且被世界領先的系統營運商、監管機構和計劃人員以及公用事業、貿易商、顧問和製造商所採用。不論是在長期容量開發最佳化還是在短期調度最佳化中，瓦錫蘭 (Wärtsilä) 都將 PLEXOS 用於全球範圍內的電力系統建模。PLEXOS 旨在根據適用的約束條件為各種情境找到最節省成本的解決方案。

III. 建模結果

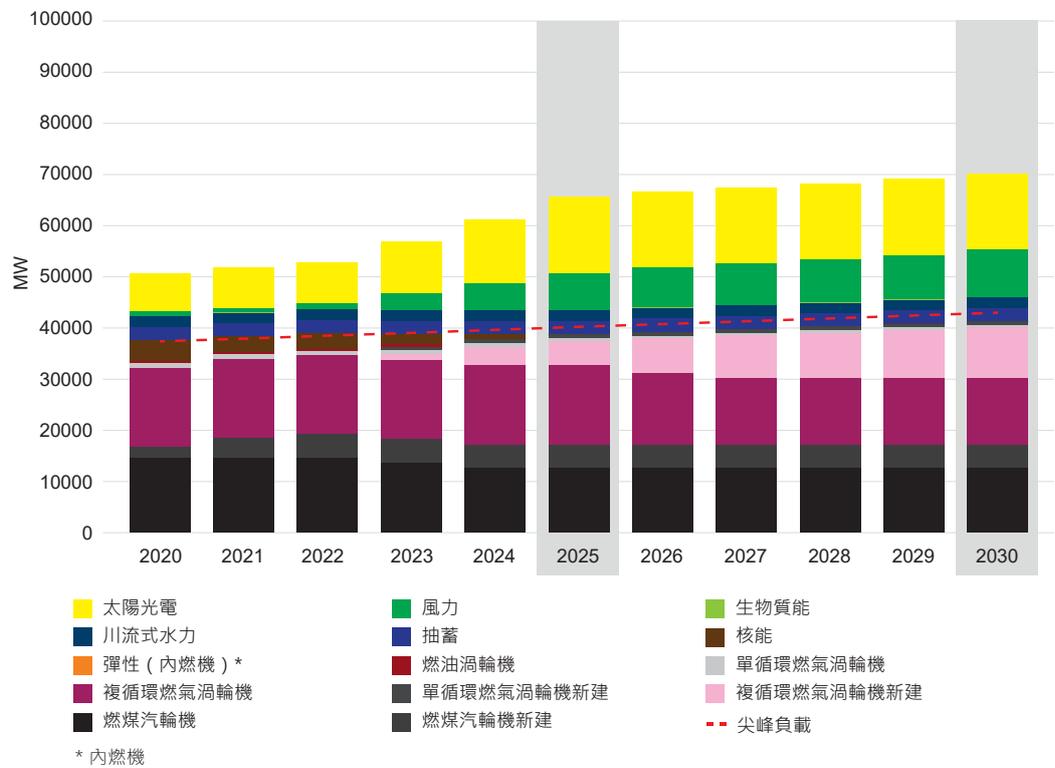
情境1 (基本案例) –沒有彈性發電

在情境1中，當系統具有較大比例的常規傳統火力基載時，它無法適應再生能源的波動發電，從而抑制了再生能源的使用。這表示，到2025年，僅11GW的新太陽光電可以新增到系統中。建模結果如下：

- 直到2022年為止都會增加燃煤電廠，此後僅增加天然氣電廠*
- 由於缺乏彈性的發電方式，從2025年到2030年將不增加新的太陽光電發電廠
- 最低備轉容量為15%，包括30%的太陽光電和20%的風電作為可靠容量

* 基本案例情境是以台電網站上發布的2017年電源開發計劃為基礎

無彈性發電的系統

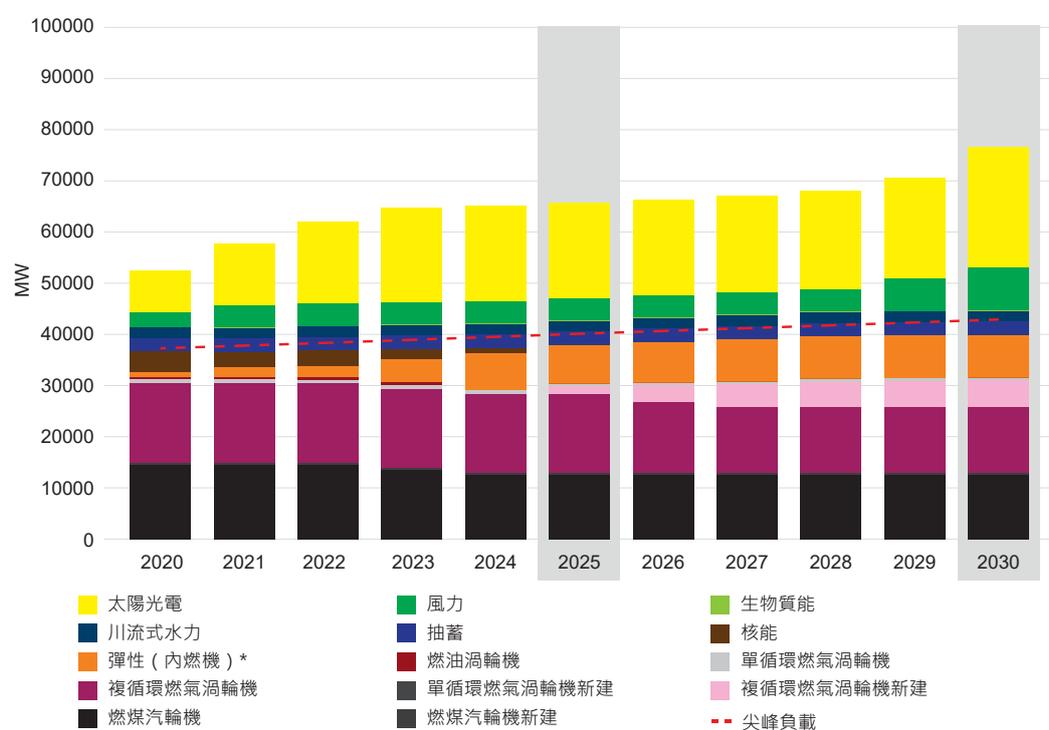


情境2-增加彈性發電

在情境2中，可以透過以天然氣引擎發電廠和電池儲能的形式增加彈性發電來實現20GW太陽光電的目標。建模結果如下：

- 不需增加新的燃煤電廠
- 到2025年，將增加1.5GW複循環和7.5GW內燃機電廠，到2030年將增加到5.1GW複循環和8.3GW內燃機電廠
- 到2025年，將增加4.3GW的風電，從2026年到2030年能有更多的風電裝置

有彈性發電的系統

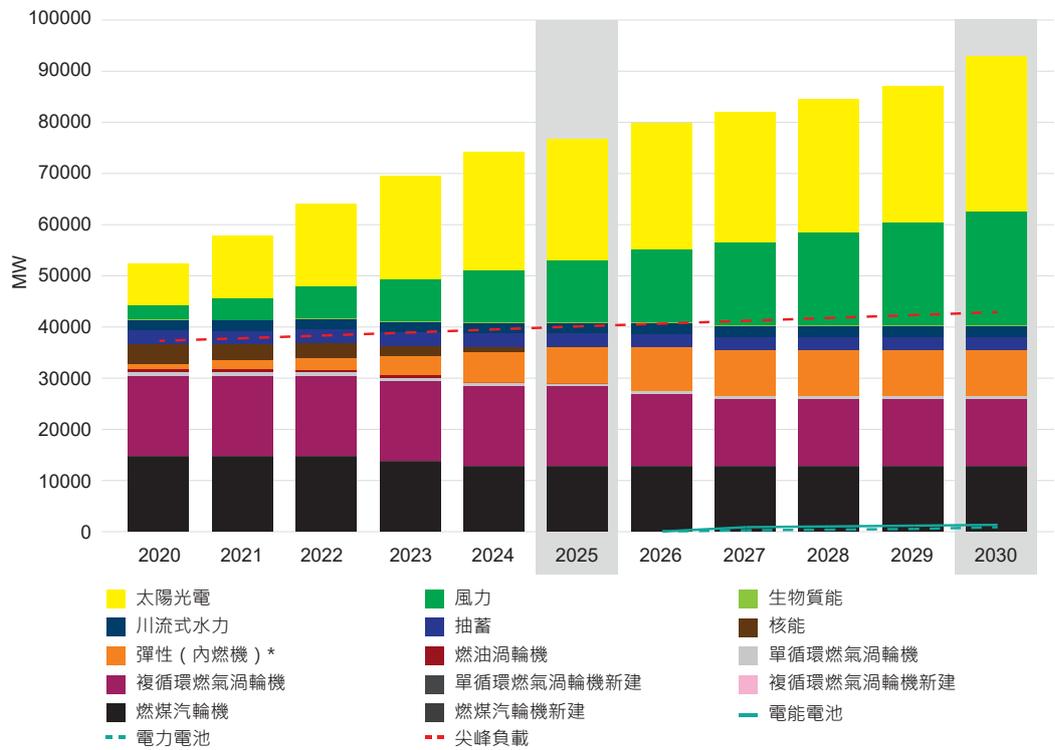


情境3-高再生能源占比的選項

在情境3中，最佳組合不受20%再生能源、30%燃煤和50%天然氣的目標限制。模型中沒有安裝空間或電網連接之類的約束。建模結果如下：

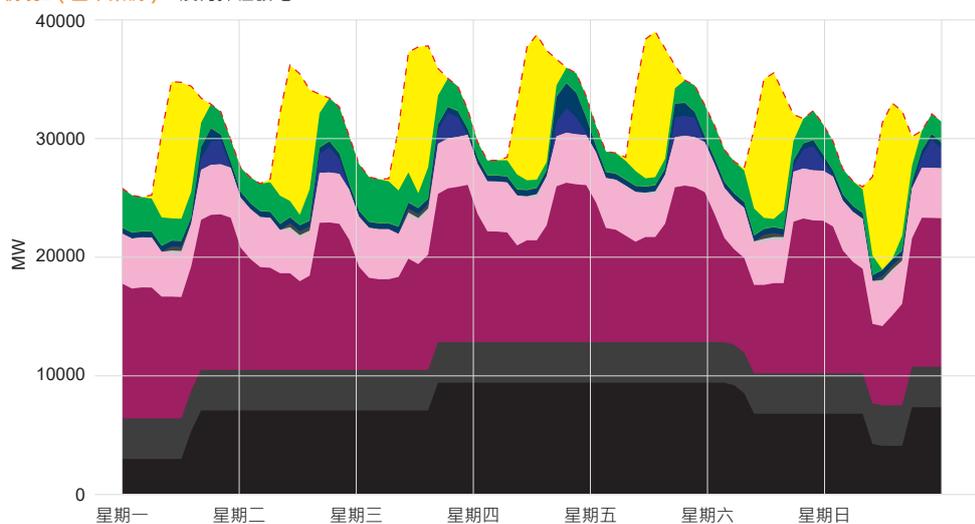
- 沒有建造新的燃煤電廠或複循環機組，僅新增了新的內燃機電廠、電池儲存和再生能源
- 到2025年將增加24GW的太陽光電，到2030年將上升到30GW，而到2030年還將增加22.3GW的風能
 - 2027年後電池變得經濟實惠，2027年至2030年之間將增加2.1GW電池

具有高再生能源占比的系統

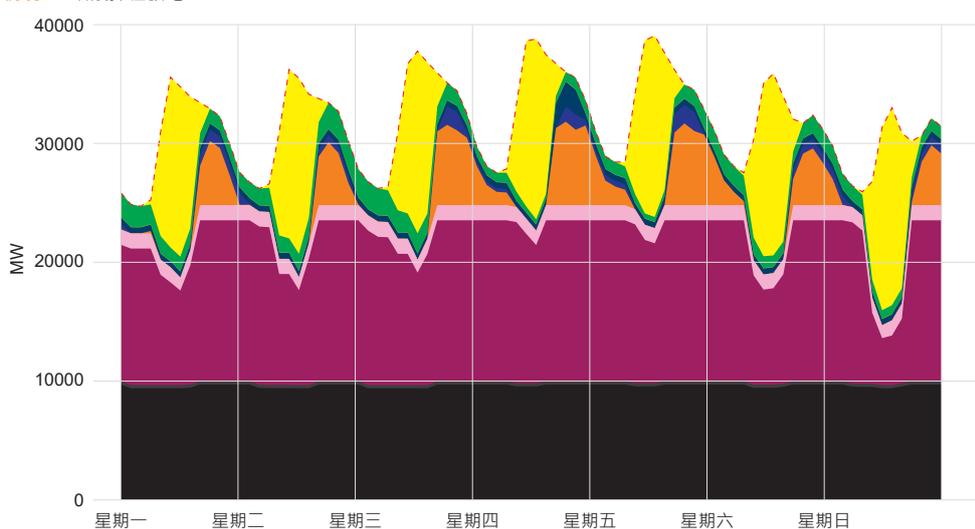


2025年調度圖表

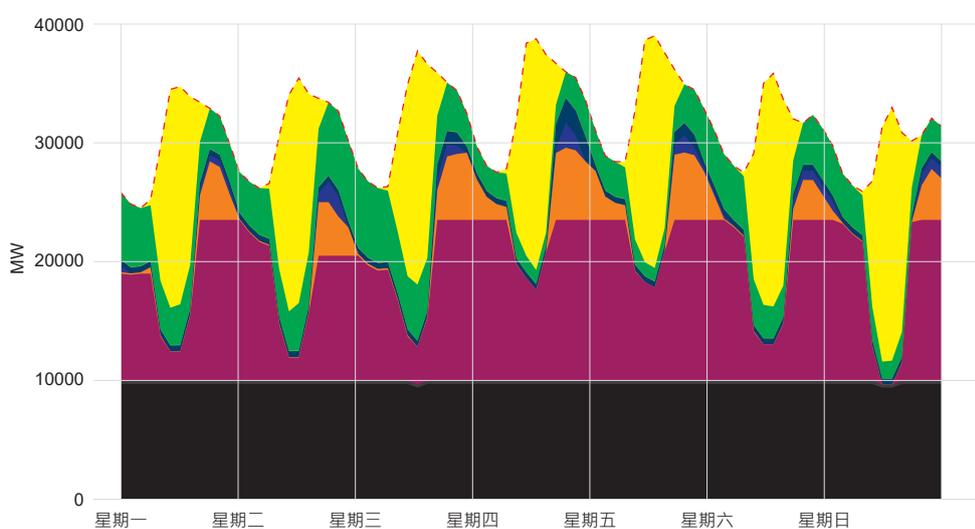
情境1 (基本案例) – 沒有彈性發電



情境2 – 增設彈性發電



情境3 – 高占比再生能源選項

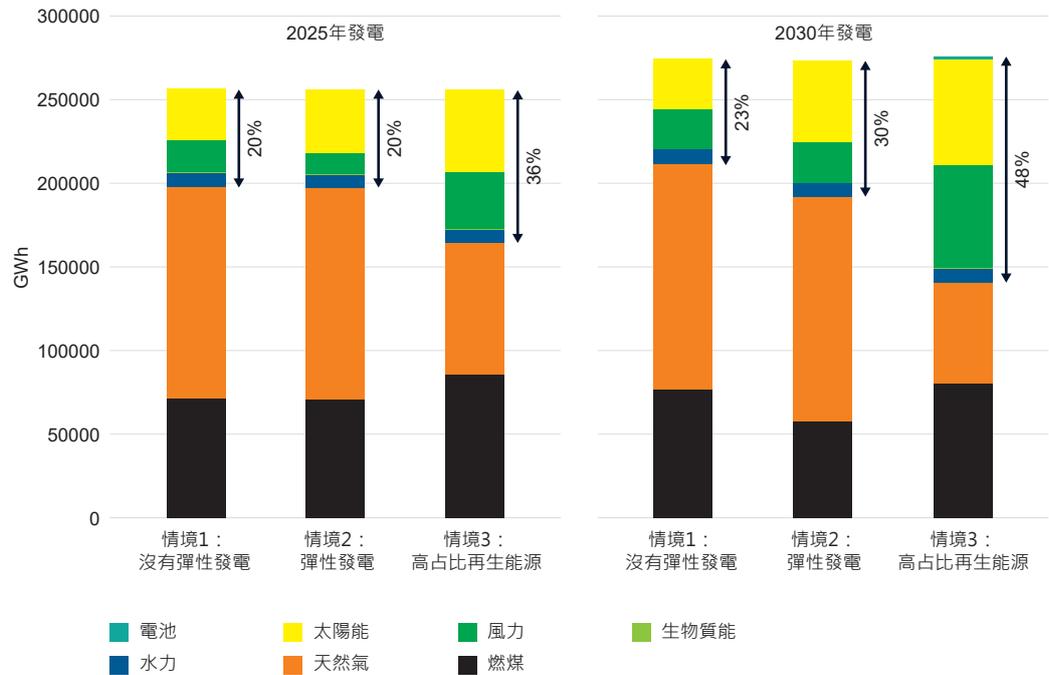


- 太陽光電
- 風力
- 生物質能
- 川流式水力
- 抽蓄
- 彈性 (內燃機)
- 開油循環燃氣渦輪機
- 單循環燃氣渦輪機新建
- 複循環燃氣渦輪機新建
- 複循環燃氣渦輪機
- 缺
- 燃煤汽輪機
- 燃煤汽輪機新建
- - - 需求

IV. 相關建議和效益

為了實現政府提出的20GW太陽能發電的目標，需要以天然氣為燃料的引擎發電廠帶來彈性容量。但是，將太陽光電發電量提高到20GW並不是實現成本最佳化的方法。在高占比再生能源的情境中，到2025年，再生能源發電的占比可從23%增加到36%，並在2030年增加到48%。在此情況下，PLEXOS建議僅建造再生能源和彈性的內燃機電廠，而不要依賴新的燃煤電廠和複循環機組。

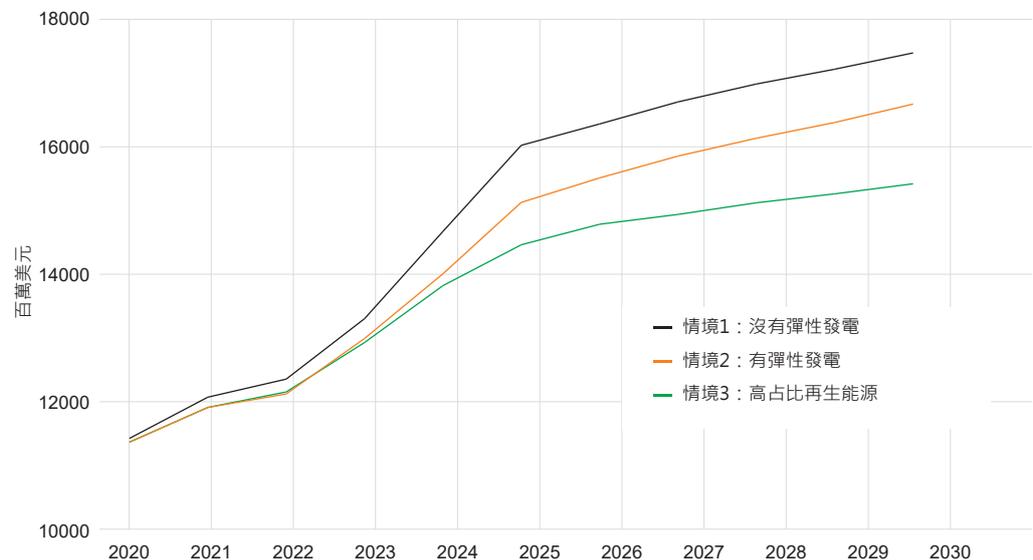
到2025年和2030年的建議發電量配比



在確保20/30/50目標的同時增加彈性容量的效益是，從2020年到2030年，系統總成本累計節省金額將達到65億美元。如果取消既定的發電目標，從2020年到2030年的累計節省金額將達到125億美元。這相當於節省了12%的系統成本。

*系統總成本=營運支出 (OPEX) + 固定操作與維護 (FOM) + 資本支出 (CAPEX)

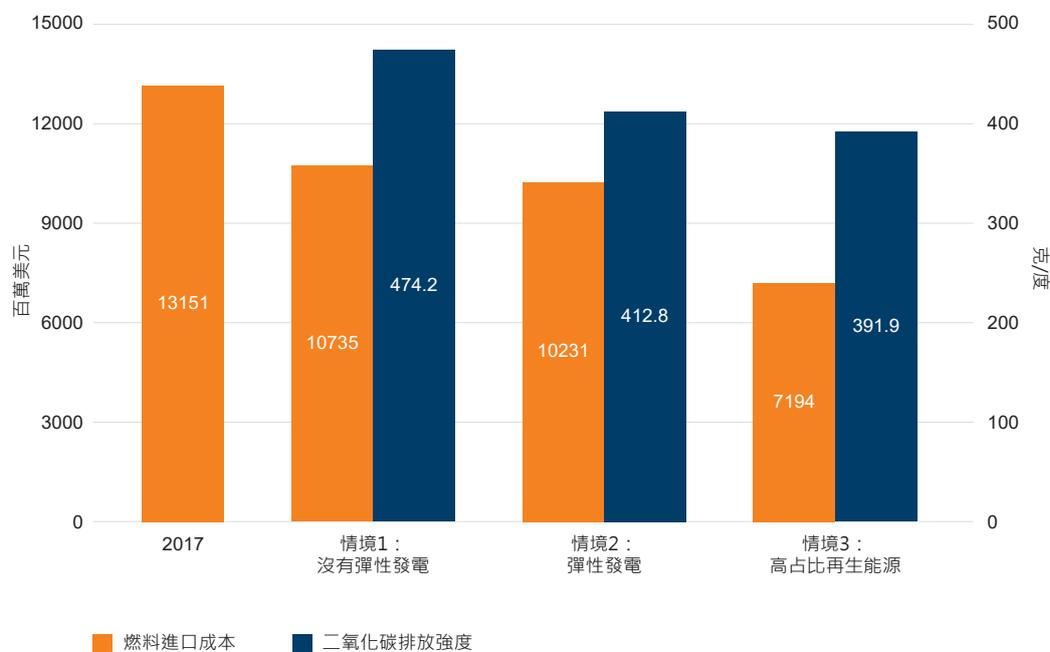
系統成本



除了節省成本之外，到2030年還將減少燃油消耗和二氧化碳的排放量。

在高占比再生能源的情境中，這相當於節省了33%的燃料進口，並減少了17%的二氧化碳排放量。

2030年燃料（燃煤和液化天然氣）的進口成本和二氧化碳的排放強度



效益



減少17%的
二氧化碳排放強度



燃料進口成本
節省33%



節省125億美元的
系統總成本

V. 結論

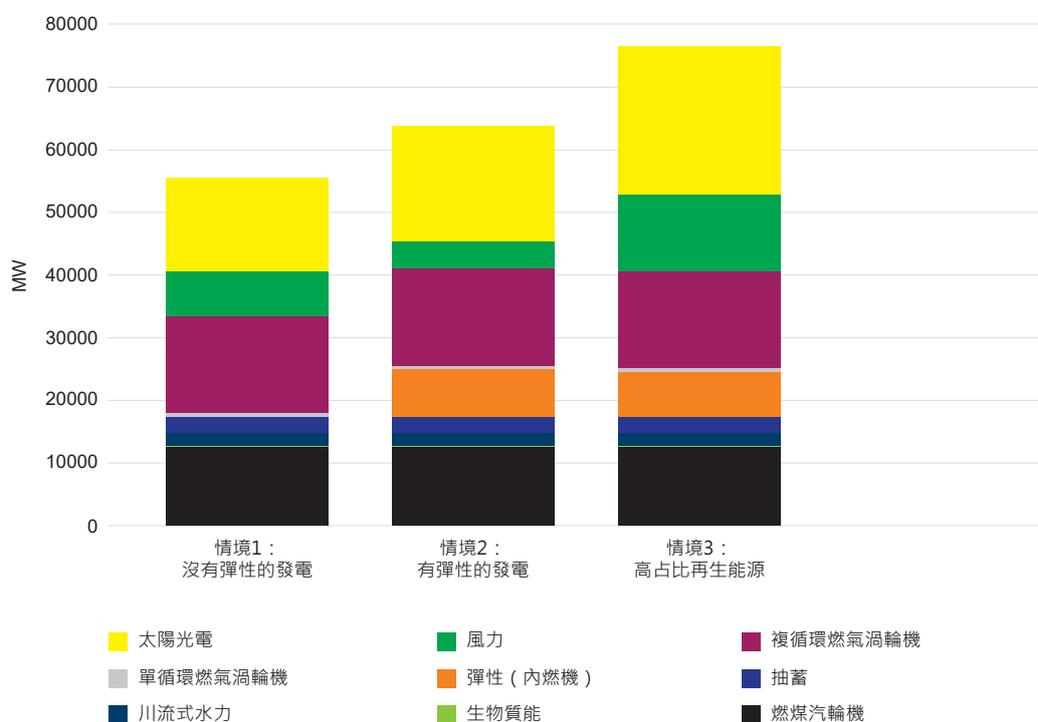
本研究探索了台灣2017年電力系統開發計劃的替代方案。本文採用嚴謹的分析和複雜的系統建模軟體，揭示了台灣如何計劃最具有彈性、最經濟實惠和最環保的電力系統。

如果沒有在電網新增彈性發電（基本情境），則基載容量將阻礙再生能源的部署，因為可以新增到電網的太陽光電總量限制為15GW。

如果增加以天然氣為燃料的引擎發電廠和電池儲存形式的彈性發電，則可以實現20GW的太陽光電目標。與使用複循環相比，此方法還降低了火力發電的營運成本，並且不需要新建燃煤電廠。

在高占比再生能源的情境中，台灣可進一步將再生能源的發電量從20%提高到2025年的36%，並在2030年提高到48%，而風電和太陽光電將成為主要的電力來源。

裝機容量 2025



	情境1 – 沒有彈性的發電 (MW)	情境2 – 有彈性的發電 (MW)	情境3 – 高占比再生能源 (MW)
太陽光電	14920	18501	23755
風力	7197	4374	12262
複循環燃氣渦輪機	20334	16961	15500
單循環燃氣渦輪機	1220	550	550
彈性 (內燃機)	0	7558	7158
抽蓄	2602	2602	2602
川流式水力	2089	2089	2089
生物質能	83	83	83
燃煤	17068	12852	12852
核能	0	0	0
燃油	0	0	0

關於瓦錫蘭能源事業部

瓦錫蘭能源事業部正引領各方轉型到100%再生能源的未來。作為能源系統整合商，我們了解、設計、建造並為後代提供最佳電力系統。瓦錫蘭的解決方案為整合再生能源和確保電力系統的可靠性提供了所需要的彈性。我們的產品包括基於引擎的彈性發電廠-其中包括：液化天然氣系統-混合式太陽光電發電廠、能源管理系統以及儲能和整合解決方案。我們在設備生命週期內為客戶提供支援，以提高效率和保證性能。瓦錫蘭在全球177個國家/地區擁有70GW的裝機容量。

[wartsila.com/energy](https://www.wartsila.com/energy)

© 2019瓦錫蘭公司-保留所有權利。

未經版權所有者的事先書面許可，不得以任何形式或方式（電子、機械、圖形、影印、記錄、錄音或其他資訊檢索系統）複製或複印本刊物的任何部分。瓦錫蘭芬蘭公司或任何其他瓦錫蘭集團公司均不對此刊物做出任何陳述或保證（明示或暗示），且瓦錫蘭芬蘭公司和任何其他瓦錫蘭集團公司均不對此刊物所含資訊的正確性、錯誤或遺漏承擔任何責任。本版物中的資料如有變更，恕不另行通知。

對於此處所含資訊，瓦錫蘭芬蘭公司或任何其他瓦錫蘭集團公司均不承擔任何責任（無論是直接、間接、特殊、附帶或相應責任）。本版物僅供參考。

