

## 本月專題

### 葡萄牙2050年碳中和路徑草案初探

侯仁義<sup>1</sup>

#### 摘要

依據巴黎協定第 4 條規範，締約方應於 21 世紀下半葉達成碳中和，並應提交長期低碳發展策略。葡萄牙甫於 2018 年 12 月完成該國 2050 年碳中和路徑草案，刻正進行公眾意見徵詢程序，作為該路徑規劃修正參考。本文首先將介紹該路徑規劃背景，其次則說明其情境設定、減量規畫與評估結果，接著將介紹其公眾參與情形，最後則於結語提出對我國政策建議。

## 一、葡萄牙 2050 年碳中和路徑規劃背景

(一)巴黎協定規範於 21 世紀下半葉達成碳中和，並要求締約方於 2020 年前提報長期低碳發展策略：

1. 依據巴黎協定(Paris Agreement)第 4 條第 1 項：「為了實現第 2 條規定的長期氣溫目標，締約方旨在儘快達到溫室氣體排放的全球峰值，同時認識到達峰對發展中國家締約方來說需要更長的時間；此後利用現有的最佳科學迅速減排，以聯繫可持續發展和消除貧困，在公平的基礎上，在本世紀下半葉實現溫室氣體的人為排放與匯的清除之間的平衡。」
2. 依據巴黎協定第 4 條第 19 項：「所有締約方應當努力擬定，並通報長期溫室氣體低排放發展戰略。」
3. 依據 COP21 第 35 項決議：前述戰略應於 2020 年前提交。

<sup>1</sup>財團法人台灣綜合研究院 研究員

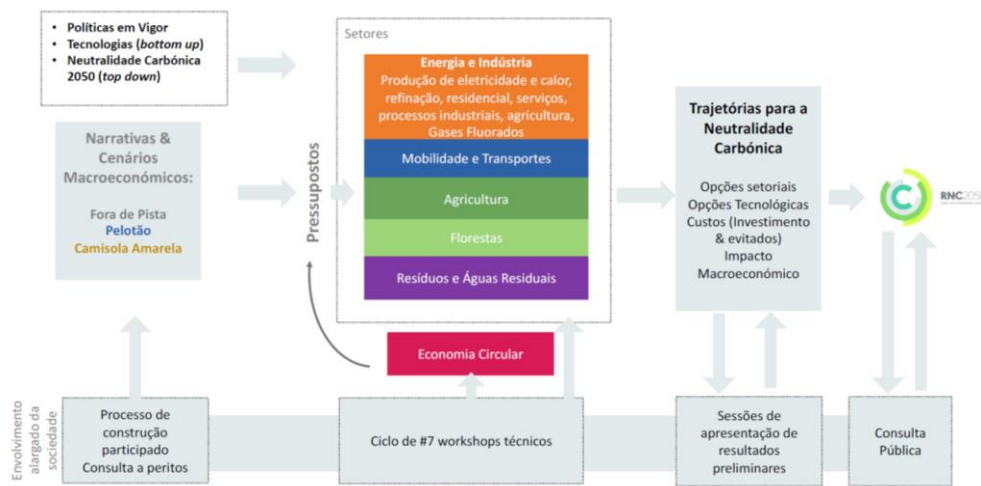
(二)葡萄牙總理 António Costa 2016 年 12 月於 COP22 會議宣示，葡萄牙承諾於 2050 年前達成碳中和：葡萄牙環境與能源轉型部(Ministério do Ambiente e da Transição Energética)2017 年 10 月 12 日正式啟動 2050 年碳中和路徑規劃作業。

(三)歐盟法令規範會員國每 10 年提交 1 次 30 年長期策略，並每 5 年檢討更新：依據 2018 年 12 月通過之歐盟能源與氣候行動法(Regulation (EU) 2018/1999 on the Governance of the Energy Union and Climate Action)第 15 條第 1 項：「會員國應於 2020 年 1 月 1 日前提交歐盟執委會該國未來 30 年以上之長期策略，隨後則於 2029 年 1 月 1 日前再次提交，每 10 年提交 1 次。如有必要，會員國應每 5 年更新 1 次長期策略。」

## 二、情境設定與評估結果

### (一)評估步驟

1.社經情境設定：包含經濟展望與發展願景，葡萄牙將未來發展願景分為落後(Fora de Pista)、居中(Pelotão)與領先(Camisola Amarela)3 種情境。



資料來源：Ministério do Ambiente e da Transição Energética (2018), Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (Resultados Preliminares)

圖1、葡萄牙2050年碳中和路徑評估步驟

2.部門減量規劃：設定循環經濟發展程度，據以進行能源與工業(Energia e Indústria)、運輸(Mobilidade e Transportes)、農業(Agricultura)、森林(Florestas)、廢棄物與廢水(Resíduos e Águas Residuais)等部門在各情境之減量規劃。

3.碳中和路徑評估：依國家發展願景情境與部門技術選項設定，評估各情境減量路徑、投資成本與經濟衝擊。

4.公眾意見諮詢：分區徵詢公眾意見，作為修改部門減量規劃與碳中和路徑之參考。

**(二)各情境部門減量規劃**

1.願景情境設定：由國家競爭力、人口結構、產業經濟(產業結構、循環經濟、農業生產)、運輸型態等面向，進行發展願景情境設定，落後情境為維持現況不變之基線情境，並依各面向改善幅度強弱，設定居中情境與領先情境。

**表1、葡萄牙2050年碳中和路徑各願景情境設定**

		落後情境	居中情境	領先情境
競爭力	競爭力	低	中	高
	GDP年均成長(2050)	0.9%	1.3%	1.7%
	對外開放程度(2050)	119%	124%	134%
人口結構	總人口數(2020/2050)	-15.6%	-10.5%	-0.3%
	都市化程度	74% 鄉村/中型城市 人口外移	75%	72% 中型城市人口增加
產業經濟	產業結構	維持現況	微幅改善	企業化程度高
	能源系統 分散化與數位化程度	維持現況	中度	高度
	循環經濟	低度	中度	高度
	主要農業型態	傳統	有機/整合	有機/節約
運輸	新型運輸普及程度	維持現況	中等	高度

資料來源：Ministério do Ambiente e da Transição Energética (2018), Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (Resultados Preliminares)

**2.部門減量規劃**

**(1)能源部門轉型規劃**

a.策略思維：能源部門逐步轉型為 100%再生能源，配合再生能源發展時程，逐步淘汰火力發電，並新增建置儲能系統。

b.再生能源：以太陽光電為主，風力為輔，其中離岸風力至 2050 年達 1GW。

c.火力發電：燃煤發電機組於 2029 年完全除役，燃氣發電機組僅使用至 2040 年，燃氣汽電共生則持續使用至 2050 年。

d.儲能設施：2050 年電池儲能、氫氣儲能、抽蓄水力裝置容量合計達 6.6GW，約占總發電裝置容量 12%。

表2、能源部門轉型規劃

		2020		2030		2040		2050	
		居中 情境	領先 情境	居中 情境	領先 情境	居中 情境	領先 情境	居中 情境	領先 情境
火力 發電	燃煤 發電			2029 煤炭退場					
	燃氣 發電							2040起 燃氣退場	
再生 能源	最終 消費 占比	59%		86%	88%	97% 裝置容量 增加2倍		100%	
	太陽 光電	2020增加 1.3倍	2020增加 9倍			2030-2040 裝置容量超過風力 發電			
	離岸 風力					2030-2040 達成本有效		裝置容量達1GW	
儲能 系統	電池 儲能			2020-2030 離網光電應用 達成本有效		裝置容量 占比3%	裝置容量 占比4%	裝置容量占比6%	
	氫氣 儲能					發電量占 比2%	發電量占 比4%	發電量占 比5%	發電量占 比7%
	抽蓄 水力							發電量減少9%	

資料來源：Ministério do Ambiente e da Transição Energética (2018), Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (Resultados Preliminares)

(2)運輸部門轉型規劃

a.策略思維：分為客運與貨運，客運逐步朝電氣化轉型，並強調共享經濟；貨運使用燃料則朝氫能與生質能轉型。

b.客運

(a)小客車：電動車自 2020 年起逐漸主流化，至 2030 年市占率達 1/3，至 2050 年達 100%，導致汽油車於 2030 年以前即不具成本效益，柴油車自 2040 年即不具成本效益。此外，共享經濟將日趨普遍，居中情境估計達 1/3，領先情境則估計達 100%。

(b)大客車：大客車常用於長程運輸，估計將較晚電氣化，並將有部分大客車以生質油品為燃料。

**c.貨運**

(a)小貨車：規劃於 2030 年全面電氣化。

(b)大貨車：大貨車常用於長程運輸，估計將以氫能為主要燃料，預計於 2040 年以前完全取代柴油大貨車。

(c)運輸機：將增加生質能應用，短程空運則將電氣化。

**表3、運輸部門轉型規劃**

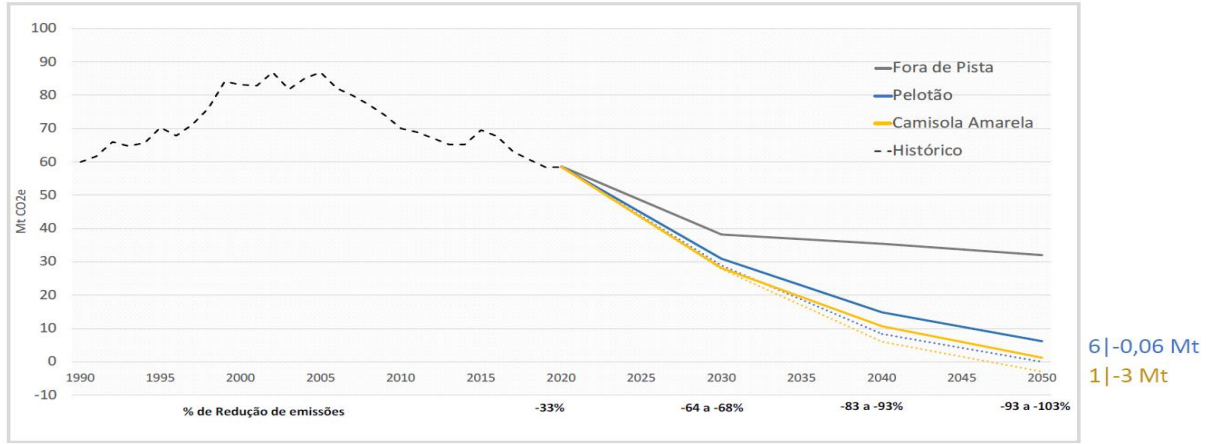
		2020	2030		2040		2050		
			居中 情境	領先 情境	居中 情境	領先 情境	居中 情境	領先 情境	
電氣化比例 (%)		1	12	12	46	43	72	68	
能源消費(PJ)		236	179	187	116	121	86	94	
GHG減量% (vs 2005)		-17	-53	-50	-84	-85	-98	-99	
再生能源%		-	27	30	64	69	100	100	
客運	小客車	電動車	開始 主流化	1/3				100%	
		汽油車		不再成本有效					
		柴油車				不再成本有效			
	大客車							2050 電力與生質能完全取代柴油	
	共享車輛							1/3	100%
貨運	小貨車		2030 全面電氣化						
	大貨車	氫能 電動車			50%	2/3			
		電動車			30%				
		氫能車				1/3			
	動力貨車				達成本有效	20%		60%	
運輸機					生質能占1/4		短程空運 電氣化		

資料來源：Ministério do Ambiente e da Transição Energética (2018), Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (Resultados Preliminares)

**3.評估結果**



**(1)領先情境可望於 2050 年達成碳中和：**居中情境 2050 年溫室氣體排放估計介於 6~0.06 百萬噸 CO<sub>2</sub>e；領先情境溫室氣體排放則估計介於 1~3 百萬噸 CO<sub>2</sub>e，顯示應用現有技術與製程，可望於 2050 年達成碳中和。



資料來源：Ministério do Ambiente e da Transição Energética (2018), Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (Resultados Preliminares)

**圖2、葡萄牙2050年碳中和路徑評估結果**

**(2)各情境碳密集度皆顯著下降：**落後情境 2050 年碳密集度估計為 131 公噸 CO<sub>2</sub>e/百萬歐元，較 2020 年下降 57%；居中情境碳密集度估計為 22 公噸 CO<sub>2</sub>e/百萬歐元，較 2020 年下降 93%；領先情境碳密集度估計為 4 公噸 CO<sub>2</sub>e/百萬歐元，較 2020 年下降 99%。

**表2、葡萄牙2050年碳中和路徑各願景情境碳密集度**

單位：公噸CO<sub>2</sub>e/百萬歐元

		落後情境	居中情境	領先情境
碳密集度	2020	308	308	308
	2030	182	140	124
	2040	159	60	40
	2050	131	22	4

資料來源：Ministério do Ambiente e da Transição Energética (2018), Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (Resultados Preliminares)

**(3)各部門減量趨勢**

**a.2020-2040 年深度減碳重點集中於能源、運輸、建築部門：**2040 年能源、運輸、建築部門溫室氣體排放量分別較 2005 年減少 93~94%、74~75%、84~85%。

**b.工業與農業部門 2030 年以前減碳空間較小，2040-2050 年逐漸擴大：**2030 年工業與農業部門溫室氣體排放量分別較 2005 年減少 40~42%與

19~20%；但 2030 年後排放減量逐漸加速，2050 年工業與農業部門溫室氣體排放量分別較 2005 年減少 72~88%與 21~48%。

**表3、各部門減量貢獻評估結果**

單位：百萬公噸CO<sub>2</sub>e；%

	2015	2030		2040		2050		
		居中情境	領先情境	居中情境	領先情境	居中情境	領先情境	
排放量	68	38	38	23	21	15	12	
較 20 05 年	合計	-33%	-65%	-68%	-83%	-88%	-93%	-100%
	能源	-25%	-53%	-84%	-93%	-94%	-98%	-98%
	工業	-15%	-40%	-42%	-55%	-57%	-72%	-88%
	建築	-41%	-43%	-43%	-74%	-75%	-84%	-84%
	運輸	-17%	-50%	-53%	-84%	-85%	-98%	-99%
	農業	0%	-19%	-20%	-19%	-37%	-21%	-48%
	廢棄物	-36%	-57%	-58%	-71%	-71%	-77%	-80%

資料來源：Ministério do Ambiente e da Transição Energética (2018), Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (Resultados Preliminares)

### 三、公眾參與情形

葡萄牙 2050 年碳中和路徑規劃過程皆有納入公眾參與程序，以使路徑規劃更為完善與可行。

**(一)社經情境設定階段：**諮詢相關領域專家，透過參與式情境建構程序，共同完成社經情境設定。

**(二)部門減量規劃階段：**於 2018 年 3 月 27 日至 4 月 17 日，以公民咖啡館型式召開 7 場次減量技術工作坊，邀請來自 100 個單位 163 位參與者與會，依序進行 2050 運輸、2050 森林、2050 農業、2050 建築、2050 廢棄物與廢水、2050 城市、2050 能源等議題討論，相關討論結果皆由葡萄牙環境與能源轉型部彙整於「2050 筆記(Cadernos 2050)」，可於官網下載。

**(三)碳中和路徑評估階段：**葡萄牙政府於 2019 年 1 月 8 日至 3 月 29 日辦理 6 場次初步結果發表會，蒐集公眾意見，以作為後續修正參考。

### 四、結語

**(一)訂定長期低碳發展策略，確保分期減量行動與長期目標一致性：**葡萄牙透過長期低碳發展策略制定，引導各部門分期減量行動，有助於凝聚共識與

策略溝通，建議我國階段管制目標訂定亦應導入長期策略觀點，以確保分期減量目標路徑與長期目標一致性。

**(二)明確部門轉型願景，具體落實規劃：**葡萄牙在 2050 年碳中和目標前提下，同時在產業面設定循環經濟願景，在能源面設定 100%再生能源願景，在運輸面則設定電氣化與去碳化願景，並配合相關技術進程，具體務實規劃分期發展目標。前述規劃程序可確保各部門發展願景與減量目標一致性，並引導各部門低碳轉型，可作為我國減量策略規畫參考。

**(三)強化政策研訂階段公眾參與，降低減量行動衝擊：**公眾溝通為減碳推動重要關鍵，透過清楚傳遞減量願景，引領公眾理性討論，有助及早發現問題，降低對利害關係人衝擊，以利減量目標落實推動。



## 參考文獻

1. European Union (2018), Regulation (EU) 2018/1999 on the Governance of the Energy Union and Climate Action.
2. Ministério do Ambiente e da Transição Energética (2018), Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (Resultados Preliminares), [https://descarbonizar2050.pt/uploads/RNC2050\\_Consulta\\_Publica\\_Vol1.pdf](https://descarbonizar2050.pt/uploads/RNC2050_Consulta_Publica_Vol1.pdf)
3. Ministério do Ambiente e da Transição Energética (2018), Cadernos 2050, [https://descarbonizar2050.pt/uploads/RNC\\_Cadernos2050.pdf](https://descarbonizar2050.pt/uploads/RNC_Cadernos2050.pdf)