

關鍵議題評析：

國際氫能政策發展概述

—氫能產業逐漸進入市場，但仍需要政府扶植技術研發和擴大市場需求

邱虹儒、王穎達、謝雯凱、林綉娟、闕棟鴻、劉家豪、林韋廷

工業技術研究院 綠能與環境研究所

摘要

2019年6月G20峰會，國際能源總署提出「氫能未來」展望報告，根據報告指出，氫能的發展歷史最早可追溯至19世紀，第一個電解水和燃料電池示範實驗。而在200年前，氫氣首次做為燃料啟動引擎。1975年開始，工業部門對氫氣的需求開始增長，2015年開始，每年氫氣需求超過7千萬噸，約為3.3億噸油當量，這類氫氣幾乎全是來自化石燃料，全球6%的天然氣和2%的煤炭用於產氫，因此每年約排放8.3億噸二氧化碳。2018年氫氣需求主要來自煉油和化學製程，單一年度新增電解槽容量超過20MW。同年年底全球燃料電池電動車累積11,200輛，單年銷售4,000輛，較2017年增加80%的銷售量，以美國加州銷量最高，其次為日本、韓國及德國。全球加氫站共376座，其中日本多達100座，其次為德國43座、美國38座。法國已於2018年成功將6%氫氣灌入天然氣管線，主要用於供暖，未來將持續試驗，將氫氣占比提高至20%。

「氫能未來」報告指出氫能未來重要的發展方向：增加低碳氫氣在工業用途氫氣中占比；擴大氫氣在新設備的使用；降低氫氣運輸成本。本研究建議制定氫能政策需特別注意依據不同國家稟賦和不同應用領域，是否設定目標值、制定具誘因的政策，皆取決於各國對氫能技術發展和預期市場規模的不同考量。

關鍵字：國際能源總署、氫能、國家能源政策

一、全球氫能趨勢和展望

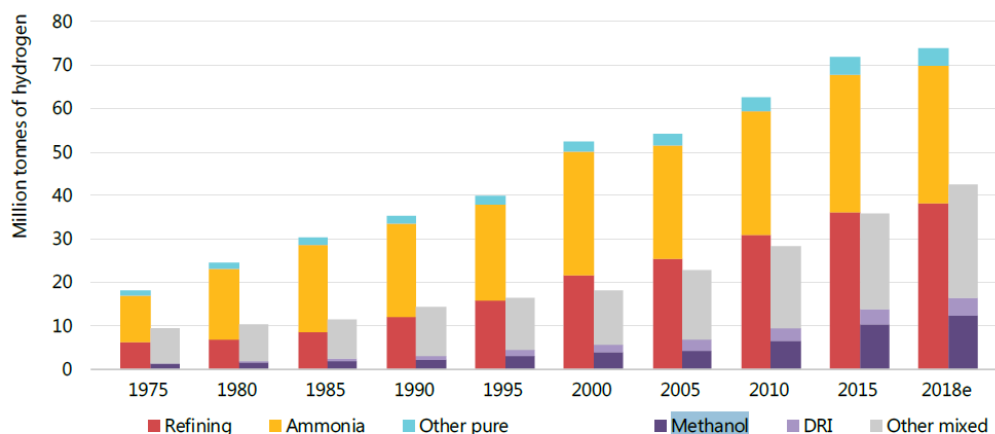
(一)全球氫能發展現況

根據國際能源總署(International Energy Agency, IEA)「氫能未來」(The Future of Hydrogen)報告[1]指出，氫能的發展歷史最早可追溯至 19 世紀，第一個電解水和燃料電池示範實驗，而在 200 年前，氫氣首次做為燃料用於啟動引擎。過去燃燒氫氣使熱氣球升空，並且在 1960 年代用於人類登月任務。氫氣也做為氮肥用於農業，並且在 20 世紀中葉以後，用於精煉石油。1975 年開始，工業部門對氫氣的需求開始增長，2015 年起，每年對氫氣的需求超過 7 千萬噸，這類氫氣幾乎全是來自化石燃料，全球 6%的天然氣和 2%的煤炭用於產生氫氣，因此產生每年約 8.3 億噸二氧化碳排放量，相當於印度和英國兩國加起來的碳排放貢獻。全球氫氣需求大約 3.3 億噸油當量，比德國初級能源需求總量還高。

IEA「氫能未來」報告指出，氫氣對能源部門的主要貢獻來自：

1. 氫氣的生產有更潔淨的替代方式和做為能源多元來源之一，可以在既有的應用基礎之上，減少碳排放和增加多元性。
2. 氫氣可以廣泛應用在許多新的設施，取代現在的燃料或材料，甚至式補充現在相關電子設備的電力需求。例如運輸、供暖、鋼鐵製造或電力生產。氫也可以直接使用在製程中氫燃料或用於肥料。

本研究綜觀各國制定之氫能政策，依據不同國家稟賦和不同應用領域，是否設定目標值、制定具誘因的政策，宜取決於各國對氫能技術發展和預期市場規模的不同考量。

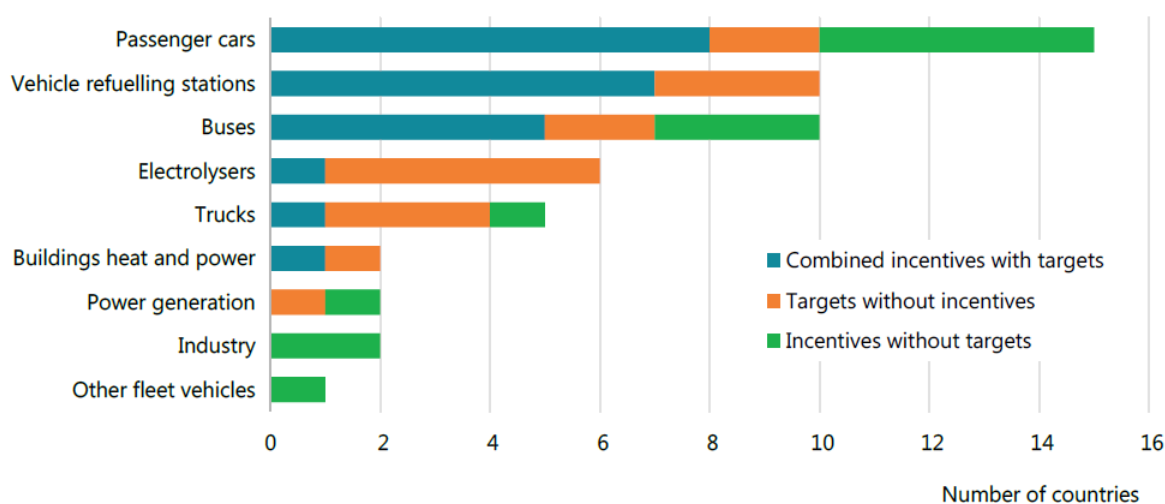


Notes: DRI = direct reduced iron steel production. Refining, ammonia and "other pure" represent demand for specific applications that require hydrogen with only small levels of additives or contaminants tolerated. Methanol, DRI and "other mixed" represent demand for applications that use hydrogen as part of a mixture of gases, such as synthesis gas, for fuel or feedstock.

Source: IEA 2019. All rights reserved.

圖 1、1975-2018 年全球氫能需求(依使用別)[1]

圖 1 顯示自 1975 年至 2018 年，全球氫氣依使用別需求，2015 年起需求氫氣約每年 7,000 萬噸，特別是用於精煉石油和製造氮肥，精煉石油對氫氣的需求更是每年持續增加，另外每年有約 4,500 萬噸氫氣並未從天然氣中萃取，而是直接應用在工業製程中。



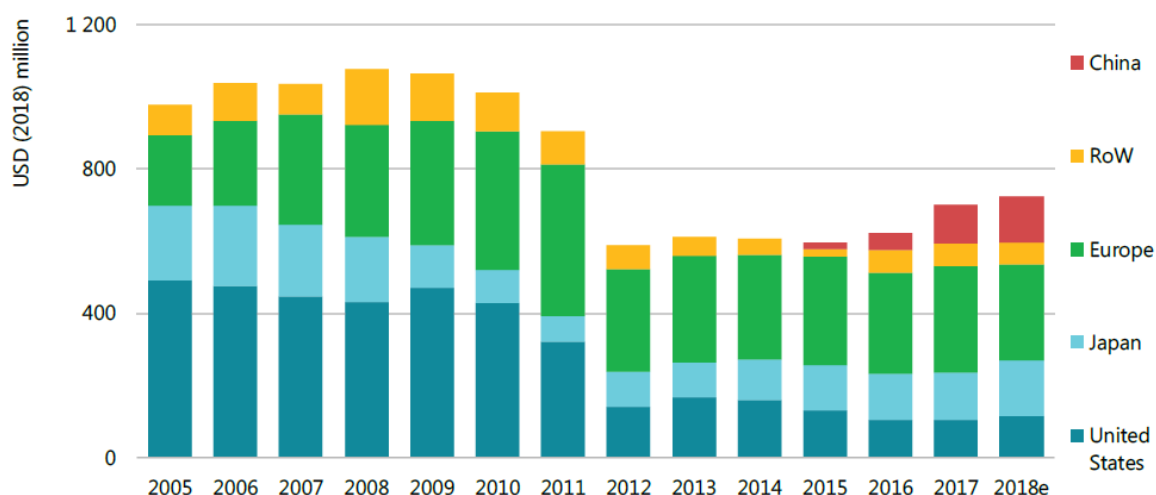
Note: Based on available data up to May 2019.

Source: IEA analysis and government surveys in collaboration with IEA Hydrogen Technology Collaboration Programme; IPHE (2019), Country Updates.

圖 2、政策直接支持氫氣應用於目標用途[1]

圖 2 統計目前全球有制定相關政策，直接支持氫氣應用於目標用途，截至 2019 年中，全球大約有 50 個目標、規範或政策誘因，在 G20 國家和歐盟

中，11 個國家有相關政策，9 個國家有設定目標。以小客車為大宗，其次是針對交通運具加氫站、公車、電解、貨車、建築供暖及供電、電力生產、工業和其他交通運具。



Notes: Government spending includes European Commission funding, but does not include sub-national funding, which can be significant in some countries. 2018e = estimated; RoW = rest of world.

Source: IEA (2018a), *RD&D Statistics*.

圖 3、2005 至 2018 年全球政府氫氣和燃料電池研發預算[1]

圖 3 統計 2005 至 2018 年全球政府氫氣和燃料電池研發預算，近年來中國政府啟動對氫能的投資，使全球政府預算略有增長，但仍與 2008 年的峰值相距甚遠，而 2012 年美國大量刪減預算也大幅影響氫氣及燃料電池研發投資和後續的發展。

此外，根據統計 2018 年相關數據，2018 年氫氣需求主要來自煉油和化學製程，單一年度新增電解槽容量超過 20MW。2018 年底全球燃料電池電動車累積 11,200 輛，單年銷售 4,000 輛，較 2017 年增加 80% 的銷售量，以美國加州銷量最高，其次為日本、韓國及德國。全球加氫站共 376 座，其中日本多達 100 座，其次為德國 43 座、美國 38 座。法國已於 2018 年成功將 6% 氫氣灌入天然氣管線，主要用於供暖，未來將持續試驗，將氫氣占比提高至 20%。

「氫能未來」報告指出氫能未來重要的發展方向：

1. 增加低碳氫氣在工業用途氫氣中占比。
2. 擴大氫氣在新設備的使用。

3. 降低氫氣運輸成本。

(二) 氫能價值鏈

儘管氫能具有完整的產業上下游，然而由於跨技術領域及多元應用可能性，產業價值鏈仍十分複雜，IEA 整理氫能價值鏈如圖 4。

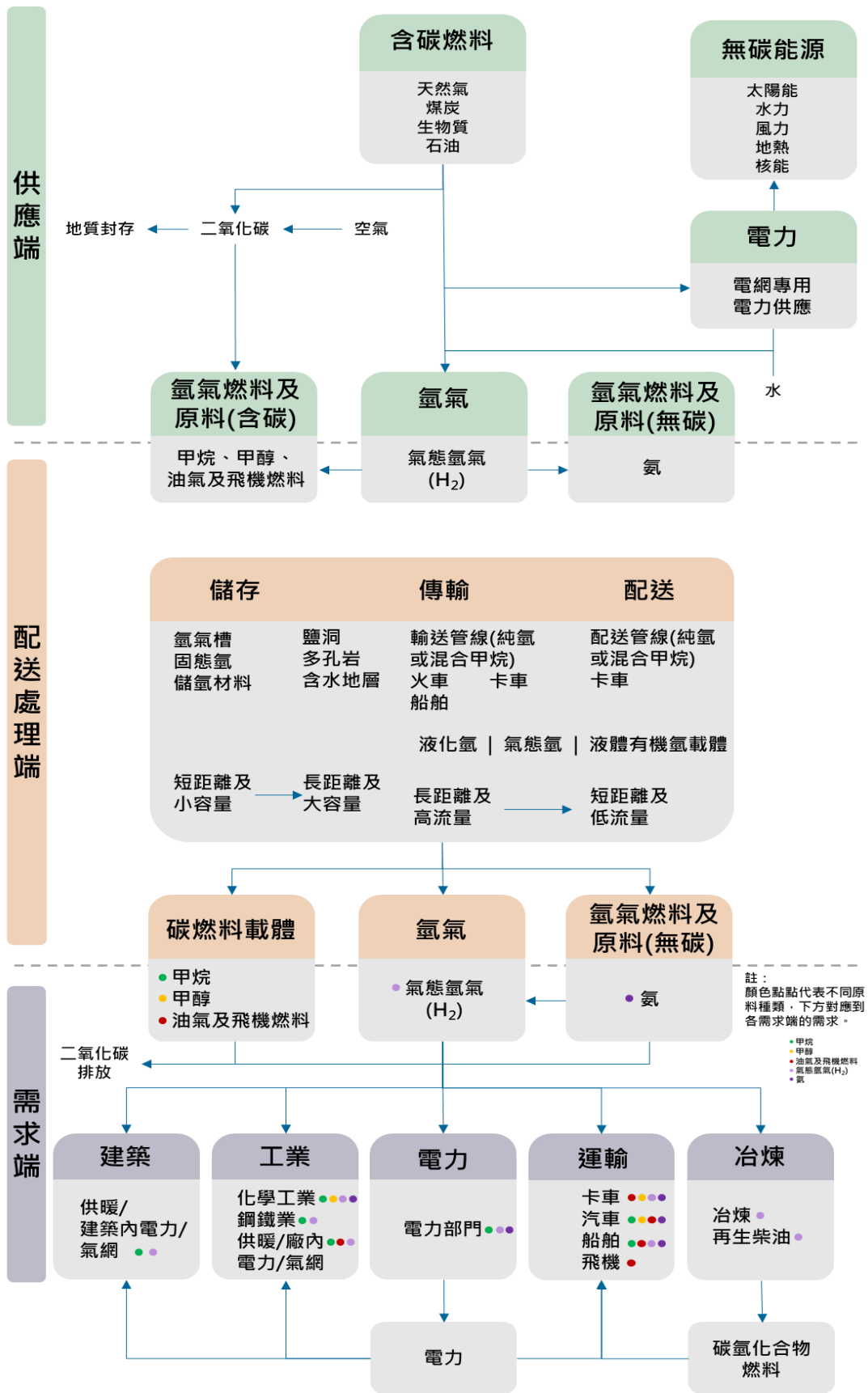


圖 1、氫能供應面、輸配面及需求面價值鏈[1]

二、主要國家氫能政策

本文以國際氫能及燃料電池夥伴關係(International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy, IPHE)的 20 個成員國為基礎，整理其中 13 個國家(澳洲、奧地利、巴西、加拿大、中國、法國、德國、日本、韓國、荷蘭、挪威、英國、美國)及葡萄牙，共 14 個國家的氫能政策規劃，條列各國氫能在未來能源供給面及需求面各類別之目標與作法，各國詳細歷程與內容整理如下。

(一)日本 2017 年「氫能基本戰略」及 2019 年「氫燃料電池技術發展戰略」[\[2\]\[3\]](#)

日本政府於 2017 年 12 月 26 日召開「第 2 回氫能與再生能源內閣會議」，為領先世界實現氫能社會，以 2050 年願景為未來展望，揭示「氫能基本戰略」。其願景為氫氣是安全的(Safety)，利用多餘的變動性再生能源製造氫氣，將有助提高能源供應的多樣化與安全(Energy Security)；日本希望擴大氫氣應用，建構國際氫氣供應鏈，建立零碳氫氣供應(CO2 free hydrogen)系統，目標 2030 年實現氫能社會，階段目標如下：

1. 第一階段，2015-2020 年將推廣家用燃料電池及燃料電池車。
2. 第二階段，2020 後半年，正式將氫氣發電和大規模氫氣供應系統確立。
3. 第三階段，2040 年前，利用再生能源確立「零碳氫氣供應系統」

在供應面，日本政策方向與內容包括：

1. 氫氣發電：2030 年商用化；2020 年左右在現有火力發電設備引進氫氣混燒發電所需的條件；氫氣專燒發電(1MW 級燃氣輪機)的發電效率從 2019 年的 26%提高至 2020 年的 27%。
2. 家庭用燃料電池系統(Ene-Farm)：希望邁向自立化普及，逐步替代家庭的傳統能源系統，目標 2030 年累計銷售達到 530 萬台。
3. 商業用、工業用燃料電池(FC)：2025 年左右實現市電同價，包括餘熱利用。低壓設備 50 萬日元/kW (約新台幣 14 萬元)，發電成本 25 日元/度(約新台幣 7 元)；高壓設備 30 萬日元/kW (約新台幣 8.3 萬元)，發電成本 17 日元/度(約新台幣 4.7 元)。發電效率：2025 年左

右超過 55%，未來超過 65%；耐久性：從目前 9 萬小時提高至 2025 年左右 13 萬小時。

4. 氫氣成本：希望 2030 年成本降至 30 日元/Nm³(約新台幣 8.3 元)、並以未來達 20 日元/Nm³(約新台幣 5.6 元)為目標。
5. 再生能源(綠能)製氫：電解水裝置成本從 2019 年 20 萬日元/kW，於 2030 年降至 5 萬日元/kW (約新台幣 1.4 萬元)，電解水效率從 5 度/Nm³，於 2030 年提高至 4.3 度/Nm³。
6. 建構國際的供應鏈：將海外廉價的剩餘能源，結合碳捕集與封存(CCS)技術，或者大量採購從廉價的再生能源製造的氫氣等方式，促進氫氣成本的降低。為建構國際的供應鏈，開發能夠高效輸送和儲存氫氣的能源載體(energy carrier)技術，例如以氨(NH₃)和甲烷(CH₄)等做為能源載體。

在需求面，日本政策方向與內容包括：

1. 燃料電池汽車(Fuel Cell Vehicle；FCV)：2025 年 20 萬台、2030 年 80 萬台。FCV 與混合動力車(Hybrid vehicle)的價差，從目前的 300 萬日元縮減至 2025 年約 70 萬日元(約新台幣 19.5 萬元)。2025 年 FCV 主要設備成本，燃料電池系統從目前約 2 萬日元/kW 降至 5,000 日元/kW(約新台幣 1,390 元)，氫氣儲存系統從目前約 70 萬日元(約新台幣 19.5 萬元)降至 30 萬日元(約新台幣 8.3 萬元)。
2. 加氫站：2025 年 320 座、2030 年 900 座。2025 年建置費從目前 3.5 億日元降至 2 億日元(約新台幣 9,700 萬元)降至 2 億日元(約新台幣 5,600 萬元)，營運費從目前 3,400 萬日元(約新台幣 945.7 萬元)降至 1,500 萬日元(約新台幣 417 萬元)。兩項主要設備成本，壓縮機從目前 9,000 萬日元(約新台幣 2,503 萬元)降至 5,000 萬日元(約新台幣 1,391 萬元)，蓄壓器(高壓容器)從目前 5,000 萬日元(約新台幣 1,391 萬元)降至 1,000 萬日元(約新台幣 278 萬元)。
3. 燃料電池巴士：2030 年 1,200 台。價格從目前 1 億 500 萬日元(約新台幣 2,921 萬元)降至 2020 年 5,250 萬日元(約新台幣 1,460 萬元)；2030 年左右市場化。
4. 燃料電池堆高機：2030 年 1 萬台。
5. 擴大氫氣在卡車、船舶、鐵道領域的應用。

(二)韓國 2020 年《促進氫經濟和氫安全管理法》[4][5]

韓國產業通商資源部(MOTIE)於 2020 年 2 月 4 日宣布通過《促進氫經濟和氫安全管理法》，並於 2021 年 2 月 5 日施行，以促進氫經濟過渡期與氫工業系統性的發展，並應制定氫經濟基本計畫。

在供應面，韓國政策方向與內容包括：

1. 韓國產業通商資源部部長制定氫經濟基本計畫、奠定氫經濟委員會成立之基礎。
2. 政府可協助氫能專業公司行政與財政支持，並補貼或資助與氫業務相關之技術開發、人力、國際合作；亦可提供氫能試點相關服務。
3. 政府確保用於燃料電池之天然氣價格穩定，以促進燃料電池開發與分配。工業園區與國道休息站經營者如要設置氫設施，可要求其提供安裝計畫。
4. 可指定有關組織與協會作為氫工業促進或分配機構、安全組織。亦規定氫的管理包括製造計畫批准、製造登記、安全管理規定、產品檢查、安全培訓、氫燃料設施檢查。
5. 通過擴大(發電用燃料電池)安裝，降低發電單價和出口，謀求產業化，實現關鍵零部件 100%國產化。
6. 氫燃氣輪機等技術研發，推進 2030 年後商業化。

在需求面，韓國政策方向與內容包括：

1. 2040 年前達到 290 萬輛氫動力汽車、4 萬輛氫動力公車、3 萬輛貨車及 1,200 座加氫站。
2. 大規模生產與利用氫產品，使其價格降低 25%。

(三)澳洲 2019 年「國家氫能策略」[6][7]

澳洲在「國家氫能策略」中，提出願景成為亞洲前三大氫能出口國、取得優良氫能安全規範、創造國內經濟與工作機會。目標 2030 年前成為全球氫能經濟主要國家，以 2025 年為研發和導入市場之分野，建置氫能中心以創造產業規模需求，國家氫能策略共列示 57 個行動方案，並發布國家氫能路徑圖。

在供應面，澳洲政策方向與內容包括：

1. 生產氫能：建置氫能廠、建立原產地證明機制、研發增加效率和生

產技術、強化技術可行性和碳封存與利用的安全性。

2. 儲存和運輸氫氣：縮短儲存廠與利用端距離、檢視天然氣管線安全規定並評估天然氣混氫運送之可能性，研發液化氫、純氫氣管線設計、高效壓縮和地下儲存技術。

在需求面，澳洲政策方向與內容包括：

1. 氫能燃料運輸：設置加氫站、定義車輛排放標準，提供氫動力汽車購買誘因，確保既有加氫站設施安全，強化社會對氫動力汽車認知程度。
2. 工業原料：設備關機時加裝氫能輸入孔，增加工業使用氫能誘因。
3. 出口：簽署國對國出口備忘錄、於雙邊合約中進行有利氫能價格談判，於國際海洋組織等機構導入氫能海運規範框架。
4. 電網加強與偏遠地區供電：增加使用氫能供應偏遠地區電力之誘因。
5. 合成燃料：修正低排放燃料供應目標、增加在航空與船舶使用合成燃料誘因、投資「由電製造燃料」儲存技術。

(四)法國 2018 年「能源轉型中的氫能發展計畫」[8][9]

法國「能源轉型中的氫能發展計畫」提出三大願景：1. 透過(水)電解方式製造工業所需氫氣，並減少使用化石燃料製氫。2. 搭配氫燃料電池，可使得運輸更容易達到電氣化。3. 有助於中長期能源網絡穩定，減少對進口天然氣的依賴。並設定工業用途的氫氣具體目標—2023 年前 10%工業用氫氣不再以化石燃料生產(脫碳化)，2028 年增至 20-40%。

在供應面，法國政策方向與內容包括：

1. 2020 年建立氫氣追溯系統。
2. 確認氫氣對環境的影響，在溫室氣體法規中依據氫氣生產方式區分為：(1)通過環境與能源管理局管理的 BaseCarbone 網站註冊；(2)透過強調氫氣在能源、電力、熱蒸氣等之應用。
3. 電解水製氫方式可立即產生電力挹注電網，也能將再生能源發電的剩餘電力用以製氫。此技術將儘速於偏鄉地區展開試驗。
4. 配電網運營商應區分由電解水製氫方式產生的氫能，以及由傳統方式產生的氫能，並賦予其價值。

5. 確認每個無電網併聯地區的氫能儲存需求—EDF 電力在法屬離島領地的子公司 EDF SEI 和環境與能源管理局須因地制宜提供服務，使電解製氫方式能應用於當地。

在需求面，法國政策方向與內容包括：

1. 特別以商用車隊為基礎，將氫能運輸建置於地方環境體系中，目標 2023 年達到 5,000 輛輕型商用車與 200 輛重型車(公車、卡車、區域鐵路電聯車、船艇) 使用氫能，並建造 100 座加氫站。2028 年擴增至 2-5 萬輛輕型商用車、800-2,000 輛重型車、400-1000 座加氫站。
2. 協助推動氫燃料公路用重型車輛、船舶及火車發展。
3. 在氫能產業起始階段，將協助建置區域性氫燃料車隊(卡車、商用車、公車等)。
4. 2018 年組成議會代表團，評估氫能於鐵路體系中的應用空間，找出障礙予以排除。
5. 環境與能源管理局將肩負領導任務，特別是指引法規、融資等問題，以協助各計畫之進行。
6. 追蹤已施行的重要工作，以釐清安全、風險預防方面的規範。2018 年中之前，針對配送氫能的服務站點制訂出專責管制規範架構。
7. 指導並協助建立國際資格認證中心，為公路、航空、海運、水運、鐵路運具提供高壓氫構件的認證服務。

(五)加拿大 2019 年「氫能路徑圖-確保加拿大國民一個潔淨成長未來」[\[10\]](#)[\[11\]](#)

加拿大政府於 2019 年發布「氫能路徑圖-確保加拿大國民一個潔淨成長未來」政策文件，列出氫能在運輸、社區、工業使用及電力生產的主要應用發展，此外「電動車及替代燃料設備發展計畫」已多年滾動投資氫動力交通運輸工具及加氫站。目前已建置 9 座加氫站、17 輛氫動力汽車、1 輛氫動力巴士、2 輛氫動力貨車、超過 400 部氫動力起重機。

在供應面做法，運輸、社區、工業部門及氫供應方面的資源示範和試點項目，運用從其他司法管轄區汲取經驗，確保制定標準以定義這些措施將如何支持未來的實際部署。

在需求面上，加拿大根據 2019 年「氫能路徑圖-確保加拿大國民一個潔淨成長未來」政策文件，提出：

1. 組織利害關係專家諮詢委員會，指導未來行動，確保既有及未來氫能相關政策推展規劃周全。
2. 各部會定期提供反饋訊息予諮詢委員會，各部會應研析所有氫能經濟領域應用（運輸、社區和工業用途）以及氫供應鏈。
3. 以此路徑報告作為基礎，定調應進行的特定領域其他深入分析，以促進加拿大經濟中的氫氣使用。
4. 加拿大政府、產業、學術界和其他利益關係人應持續參與重要國際組織，並投入資源強化資訊共享與和趨勢協調。
5. 確立並集中投資重點研發方向，掌握當前發展與未來趨勢，制定上位研究計劃。
6. 持續修法、設計標準及監管活動，並關注北美氫能市場的發展狀況，滾動調整投入資源。
7. 建置氫燃料基礎設施，鼓勵參考德國、美國加州、美國、歐盟和日本的經驗，結合輕型、中型及重型車輛的加油需求。
8. 針對國內利害相關人，提高氫能意識、推行教育措施，並建立交流平台。

(六)德國 2020 年將提出「國家氫能策略」[12][13]

德國內閣政府預計在 2020 年 3 月底提出國家氫能策略，目標在 2030 年前，運輸部門再生能源燃料占 20%，包括氫能。

目前相關資料顯示，供應面上將於 2030 年有 3~5GW 容量的氫能電解設備，並優先建置加氫站與氫能供應產業，目標 2020 年 100 座加氫站、2025 年 400 座加氫站。

(七)葡萄牙 2020 年「國家氫能計畫」[14]

預計 2020 年 4 月通過國家氫能計畫，擬訂定 2030 年天然氣管線混 10% 氫氣目標。

目前相關資料顯示，供應面上相關政策包括：

1. 葡萄牙預計在 2020 年 4 月通過國家氫能計畫，將訂定氫氣發展目標及與荷蘭合作興建氫能設施。
2. 荷葡二國將在葡萄牙錫尼什港合作，興建歐盟境內首座 GW 規模設施，供給歐洲北部能源密集工業。

3. 未來出口氫氣擬用船運，而非經由穿越法國的陸上管線運送。
4. 目標在 2030 年前天然氣管線將混合 10% 氫氣。

(八)荷蘭 2019 年「國家氣候協議」[15]

2019 年 6 月通過第一部「國家氣候協議」，聚焦發展綠氫，做為大規模生產與儲存再生能源的搭配措施，目標 2030 年以前建置 3-4GW 的氫能電解設施。

在供應面，荷蘭政策方向與內容包括：

1. 2019-2021 規劃期：評估分階段推動氫能的規模跟 2030 後的目標。
2. 2021-2025：跟區域基礎設施與需求發展搭配，連結工業聚落，蓋出 500MW 氫能設施。
3. 2026-2030：在再生能源有額外成長的前提下，累積至規模 3-4GW 的氫能電解設施，連結儲存設施。

在需求面，荷蘭政策方向與內容如表 1 所示，包括：

1. 目標 2050 年車輛零排放。
2. 2030 年起，新出廠車輛應全數符合全電動規格。除了刺激電動運輸與生質燃料外，發展氫燃料作為電動車運輸燃料也應扮演運輸部門永續轉型的關鍵角色，特別是在重型運輸產業。

表 1、荷蘭氫能產業目標[15]

產業目標		現狀(2019)	近期目標 (2020 年前)	中期目標 (2025 年前)	遠期目標 (2030 年前)
裝備	加氫站 (座)	7	40	100	--
	氫動力貨車 (輛)	16	500	3,500	--
製造	氫動力公車 (輛)	12 輛預備中 8 輛已上路	100	300	--
	氫動力汽車 (輛)	162	2,000	15,000	300,000

(九)中國 2016 年國家策略框架「運輸部門潔淨能源」[16]

2011 年以來，中國政府相繼發布了《「十三五」戰略性新興產業發展規劃》《能源技術革命創新行動技術 (2016-2030 年)》《節能與新能源汽車產業發展規劃 (2012-2020 年)》《中國製造 2025》等上位規劃，鼓勵並引導

氫能及燃料電池技術研發，2019年6月中國氫能聯盟發布《中國氫能源及燃料電池產業白皮書》。

根據《中國氫能源及燃料電池產業白皮書》，中國氫能及燃料電池產業總體目標詳表2，供應面相關政策目標詳表3。

表 2、中國氫能及燃料電池產業總體目標[16]

產業目標		現 狀 (2019)	近期目標 (2020-2025)	中期目標 (2026-2035)	遠 期 目 標 (2036-2050)
氫能源比例 (%)		2.7%	4%	5.9%	10%
產業產值 (億元人民幣)		3,000	10,000	50,000	120,000
裝備 製造 規模	加氫站 (座)	23	200	1,500	10,000
	燃料電池車 (萬輛)	0.2	5	130	500
	固定式電源/電站 (座)	200	1,000	5,000	20,000
	燃料電池系統 (萬 套)	1	6	150	550

表 3、中國氫能及燃料電池產業供應面目標[16]

技術指標		現狀 (2019)	近期目標 (2020-2025)	中期目標 (2026-2035)	遠期目標 (2036-2050)
技 術 路 線	氫能製取	氫氣主要用於工業原料，由化石能源重整製取，平均成本不高於20元/公斤(約新台幣84.6元)	因地制宜發展制氫路線，積極利用工業副產氫，大力發展可再生能源點解水制氫示範。平均制氫成本不高於20元/公斤(約新台幣84.6元)	積極發展規模化可再生能源電解水製氫和煤製氫集中式供氫。平均制氫成本不高於15元/公斤(約新台幣63.5元)	持續利用可再生能源電解水製氫，大力發展生物製氫、太陽光解水製氫、「綠色」煤製氫技術，平均製氫成本不高於10元/公斤(約新台幣42.3元)
	氫能儲運	35MPa 氣態存儲；20MPa 長管拖車運輸	70MPa 氣態、低溫液氫存儲、固態儲氫；45MPa 長管拖車、低溫液氫、管道(示範)輸運	低溫液態、固態儲氫；液態氫罐、管道輸運；儲氫密度5.5wt%	高密度安全儲氫；氫能管網；儲氫密度6.5wt%

技術指標	現狀 (2019)	近期目標 (2020-2025)	中期目標 (2026-2035)	遠期目標 (2036-2050)
燃料電池系統	比功率：3kW/L; 壽命： >5,000h；環境 適應性：- 20°C；成本： >8,000 元/KW (約新台幣 3.4 萬元)	比功率： 3.5kW/L；壽命： 5,000h (乘用 車)、15,000h (商用車)、 20,000h (固定 式發電)；環境 適應性：- 30°C；成本： 4000 元/KW(約 新台幣 1.7 萬元)	比功率： 4.5kW/L；壽命： 6,000h (乘用 車)、20,000h (商用車)、 50,000h (固定 式發電)；環境 適應性：- 30°C；成本： 800 元/KW(約 新台幣 3,385 元)	比功率： 6.5kW/L；壽命： 10,000h (乘用 車)、30,000h (商用車)、 100,000h (固定 式發電)；環境 適應性：- 40°C；成本： 300 元/KW(約新 台幣 1,270 元)

(十)挪威 2019 年「國家氫能策略」[17][18]

2005 年公布「國家氫能策略」報告，規劃兩階段至 2015 年，並建立挪威氫能平台落實科研政策，原預計 2019 年 12 月提出第二份「國家氫能策略」，但目前尚無公開資料。

在供應面相關政策，主要方向是以可與汽油或柴油競爭的成本，從天然氣搭配碳捕集生產氫能，並輸往歐洲市場；此外，發展國際領先的儲氫能力。

在需求面則儘早在挪威引進氫能汽車，並發展氫技術產業，包括：使挪威公司進入國際氫能供應鏈中；建設電解加氫站；於船舶使用氫能燃料電池；研發氫相關領域國際標準。

(十一)英國 2018 年「氫能為低碳社會發展主力」報告[19]

英國氣候變遷委員會(CCC)在 2018 年 11 月 22 日提出「氫能為低碳社會發展主力」報告，氫能可做為取代傳統天然氣的主力，進而減少英國供暖上的碳排放量。在供應面上，相關政策包括：

1. 水泥、陶瓷、化工、食品加工、玻璃、石油與煉油、造紙等 7 個最耗能的工業部門發布聯合工業脫碳和能源效率行動計劃(Industrial decarbonisation and energy efficiency action plans)。
2. 通過與英國的全球合作夥伴合作並在碳捕集利用和封存(CCUS)上投資 1 億英鎊(約新台幣 37 億元)以降低成本，強化英國在(CCUS)方面的國際領導地位。

3. 投資約 1.62 億英鎊(約新台幣 60.7 億元)的公共資金用於能源、資源和流程效率的研究和創新,其中包括高達 2,000 萬英鎊(約新台幣 7.5 億元)的資金,以鼓勵改用低碳燃料。
4. 投資約 8.41 億英鎊(約新台幣 315 億元)的公共資金用於低碳運輸技術和燃料的創新。

(十二)奧地利 2016 年國家策略框架「運輸部門潔淨能源」[20]

依據歐盟 2014/94/EU 替代燃料設施發展決議,設置加氫站,並於 2016 年 11 月提出國家策略框架「運輸部門潔淨能源」,並已於 2016 年達成建置 5 個加氫站、12 輛氫動力汽車。考量國內市場規模有限,未來將視德國等鄰國加氫站及氫動力車市場發展調整國內政策。

(十三)美國加州 2018 年提出 2025 年加氫站及氫動力車目標[21]

加州燃料電池合作聯盟發布了加州 2030 年燃料電池革命的願景,目標要在 2030 年達到 1,000 個加氫站和 100 萬輛燃料電池車。美國加州州長 Jerry Brown 在 2018 年提出政府目標,期 2030 年加州零排放汽車達到 500 萬輛;2025 年加氫站數量達到 200 座。

在供應面上,相關政策包括:

1. CaFCP 將開發至 2030 年利用再生能源有效率生產綠氫的方法。
2. 根據 2006 年加州通過的 SB-1505 法案,紐約州要求加氫站出售的氫氣的三分之一來自可再生能源。
3. 2019 年 9 月,美國能源部宣布,將在 2019 年為 29 個 H2@Scale 項目提供約 4000 萬美元(約新台幣 12 億元)的資金,以推進氫能產業規模化。

在需求面,根據美國加州州長 Jerry Brown 在 2018 年簽署的行政命令 B-48-18 (EO B-48-18),要求每年至少提撥兩千萬美金和至少蓋 200 座加氫站的目標。加州政府為私人購車消費者提供 5,000 美元/輛(約新台幣 15 萬元)的補貼。氫燃料電池汽車企業還會提供 3 年免費加氫,補償高達 15,000 美元/輛(約新台幣 45 萬元)的加氫成本。

(十四)巴西 2018 年國家科技和創新計畫「再生能源和生質燃料」[22]

巴西國家政策願景為分散能源配比風險,強化能源安全與能源效率,加

快再生能源生產鏈的科技技術和創新發展，將氫能列為再生能源之一。目標 2020 年 1 台氫動力汽車、2 台氫動力公車。

在供應面研發方向為氫能儲存、永續運輸、生產電力和供暖、合成燃料及偏遠地區既有用能設備導入再生能源燃料可行性，並培育氫能技術研發人才。

三、「氫能未來」報告政策擬定方向建議

(一)氫能發展的新契機與挑戰[1]

氫能為一種低碳能源技術，但相較其他再生能源或儲能技術，發展速度相對緩慢。但隨著成本下降、對抗氣候變遷的野心，以及解決空污排放的問題，國際能源總署提出氫能在未來能源系統中，值得期待的貢獻：

1. 協助最難以降低碳排的部門，進行深度減碳

各國紛紛提出 2050 年零碳排目標，包括航空、船舶、鋼鐵製造業、化學產業、高溫工業用熱、長途運輸以及高密度都市離網建築供暖等過去各種措施下難以降低碳排的部門，氫能做為低碳化學能源，可與化石燃料類似的方式儲存、燃燒和化學反應，有潛力成為化石燃料的替代能源，大幅減少碳排。

2. 氫能應用廣泛，可跨部門提供減緩氣候變遷貢獻

包括透過電能和燃料轉換，增加能源安全；取代化石燃料能源減少空氣污染；氫能價值鏈完整，從製造、輸配、利用等，牽涉不同領域既有技術、基礎設備和創新應用層面，可創造就業機會。

3. 氫能可提供高再生能源占比電力系統支援

各國太陽能與風力發電占比持續增加，並且設定 100% 再生能源發電目標，氫氣可儲存並應用於不同部門，將氫能納入發電來源之一，可提供低碳電力、也可取代運輸部門化石燃料；隨著太陽能和風力發電成本下降，也帶動電解氫能成本下降，使氫能更具市場競爭力。

4. 過去扶植潔淨能源技術的成功經驗，可複製在推動氫能上

太陽光電及風機早期由政府預算支持研發和市場初期導入，至今已能夠在私部門取得足夠的資金研發和量產，電動車目前也依循此模式，逐步從政府補貼進入市場機制，氫能產業鏈亦期待能效仿這些成功案例，特別是在燃

料電池、電解水、氫能充電及氫氣管線，技術發展已到一定的階段，準備進入需求量產和規格化階段。而燃料電池成本是否能夠壓低，則取決於未來大規模生產。

在報告中，國際能源總署亦指出發展氫能必須注意的挑戰：

1. 政策和技術的不確定性

氫能目前的市場信心不足，高度仰賴政府制定長期政策以鼓勵投資進場，不僅全球許多國家及地區並未發展任何氫能技術或設施，氫能也非多數國家制定中長期規劃的標的潔淨技術，這些都將影響對未來市場規模的評估。

在技術和成本面，氫氣長距離運輸以及如何轉換送達消費者使用仍有許多技術挑戰；成本上，倘若缺乏政府預算支持，也難以在目前儲能、電動車、生質燃料或供暖電氣化上取得競爭力。

2. 複雜的價值鏈及需要前置相關基礎建設

氫能從供應、中間輸配和處理，到終端應用，每個階段均牽涉多部門和跨領域不同技術，形成一個相對複雜的價值供應鏈，增加氫能產業的管理和協調難度，必須強化在建立上下游產業之間的信任關係。

基礎建設如輸配管線和系統是氫能發展的關鍵議題，也牽涉到氫能生產地點，電解氫更具區域在地特性，但目前主流的化石燃料產氫則更傾向集中生產的方式。此外，將氫能用於交通運輸，加氫站的配置和管線設計在初期階段也有一定的規劃難度，取決於氫動力車輛的使用範圍和政府相關政策引導作用，而涉及到跨國運輸又增加國際合作的環節。

3. 法規、標準和接受度

目前許多氫能相關法規制定，因技術和價值鏈仍在發展階段，而無法周全。如加壓或液化氫可使用的範圍、處理氫氣和氫能的相關專業要求、氫動力車輛可以行駛的道路範圍、相關稅法規定、二氧化碳封存的地點，以及氫氣透過天然氣管線運送的安全規範等，在技術和市場發展雛型尚未成熟前，相關法規亦難以接續討論和制定完整。

加氫站、天然氣與氫能混合輸送、安全規範、許可證發放、材料標準、環境影響評估等標準仍尚未取得各方共識，特別是二氧化碳密集度的計算，

氫能跟其他電力不同，可能從化石燃料中取得，也可能從電解槽中取得，如何計算碳排放量仍未有共識，也將影響氫能是否能做為一種潔淨技術而在國際社會上認可。

氫能在安全處理和成本負擔上，社會大眾仍有憂慮，特別是氫能目前需要的基礎建設成本高，工業將氫能結合碳捕集、封存與利用的成本和彈性，社會大眾是否會因為對環境的影響而持反對意見，對應用氫能的設備存有安全疑慮，以及質疑氫能長遠而言對環境永續的效果有多大。

(二)政策走向與發展機會[1]

國際能源總署「氫能未來」報告歸整了五個政策制定的主要方向，提供給各個國家政策制定者參考：

1. 設定目標或長期政策里程碑

鼓勵公部門及私部門承諾提出 2030 年願景以及 2050 年氫能的定位，跨部門(能源、環境和工業)政策框架推動氫能供應及應用。如提出國家氫能路徑圖和氫能應用標的、減碳目標、國家工業策略、國際協議和承諾等。

為了使各方利害關係人對氫能的未來市場和技術發展更具信心，提出目標和長期願景增加私部門間和國家政策單位間的合作及投資。

相關案例如巴黎協定的國家自定貢獻目標、歐盟 2050 年氣候中和策略、英國氣候變遷法、法國和德國的 2050 年碳中和目標、日本氫能基本戰略、中國生態文明建設承諾、印度「來印度製造」(Make in India)政策，以及荷蘭氣候法和氣候協議。

2. 創造需求

政策方向朝向增加氫能應用於新設備或新來源的經濟效益，或整合擴大不同設備對氫能的需求。透過跨國合作擴大氫能需求，降低貿易相關部門競爭壓力所可能造成的風險，鞏固在製造量能的投資。

制定需求面政策，啟動規模商業發展，導入資金確保專案運作。特別是部分氫能技術已經成熟可進入市場量產，透過政策支持降低成本門檻，扶植產業進場獲得資金投資。如標準組合(portfolio standards)、二氧化碳和污染定價、限制與禁令、績效標準、公共採購規則、電力和天然氣市場規則(包含輔助服務和短期地域性定價等)、減稅額度、競標條件。建議避免制定對技術研

發細節的政策，開放定義與氫能相關，如在競標中設定低碳電力儲能整合。

相關案例如加拿大的潔淨燃料標準(Clean Fuel Standard)、美國加州低碳燃料標準(Low Carbon Fuel Standard, LCFS)、零碳排車輛(Zero Emissions Vehicle, ZEV)要求、荷蘭公部門低碳材料採購規範、英國再生能源運輸燃料義務、美國碳捕集、利用及封存 45Q 減稅額度，歐盟的碳交易系統、潔淨車輛指令(Clean Vehicles Directive)和汽車及貨車碳排標準等。

3. 降低投資風險

當風險由不確定的需求、不熟悉的市場運作和結構複雜的價值鏈主導的早期階段時，降低風險的投資政策有助於擴大平衡，有利於私人投資設施分散風險。

解決進入「死亡之谷」(Valley of Death)的許多氫能設備困境，亦即相關創造需求導向政策本身不足以使設備項目取得融資或克服市場失靈的挑戰。建議採用解決與資金融資和管理營運成本相關風險的政策。如借貸、出口信貸、風險保證、可追蹤「原產地保證」的會計交易系統、減稅、固定收益，以及水資源和碳捕集、利用與封存規劃。

相關案例如中國銀行貸款政策、澳洲潔淨能源金融公司(Clean Energy Finance Corporation)、歐盟共同利益工程(projects of common European interest)、歐洲投資銀行的能源貸款政策、多邊銀行融資、歐盟連接歐洲設施(Connecting Europe Facility)、南加州天然氣公司再生能源天然氣認證、

4. 鼓勵研發、指標示範計畫和知識共享

政府必須持續扮演積極制定研究路徑的核心角色，以支持早期階段風險較高的專案，協助私部門經費進場投資。而針對已經較為成熟的技術，則可透過政策工具增加私部門投資和擴產誘因，促使盡快進入市場，良性競爭。

滿足對高性能及低成本的技術需求，可導入系統並且易於生產製造及安裝。如直接和合資投資計畫、減稅誘因、優惠貸款、創業股權、多邊協作倡議、具針對性的宣傳活動，以及獎勵競賽等。

目前跨領域、非特定部門業務範疇需積極發展的氫能議題，包括：

- (1)電解：效率、壽命、製造和安裝成本、回收、氧氣生產。
- (2)燃料電池：貴重金屬含量、效率、回收、製造成本、儲存槽成本。

- (3) 氫、氨、甲苯安全性：瞭解新用途的含義、管理技術。
- (4) 碳捕集、利用與封存及甲烷熱解：捕集率超過 90%、商業化前整合示範。
- (5) 氫燃料和氫原料：哈伯法、甲烷化、費托合成氫氣的彈性與效率。
- (6) 儲存：固態氫、輕量主燃料槽、多孔性介質。
- (7) 頂砧容器技術(DAC)：資本成本、效率、吸收劑成本、整合加熱反應(如費托合成法)
- (8) 生質能：氣化效率和成本。

相關案例如美國能源部氫能及燃料電池計畫、H2@Scale 計畫、日本新能源產業技術總合開發機構(NEDO)燃料電池和氫能路徑圖、歐盟「展望 2020」(Horizon 2020)和燃料電池與氫能公私夥伴關係、德國國家氫能和燃料電池技術創新計畫、法國氫能計畫、使命創新(Mission Innovation)計畫、潔淨能源部長倡議等。

5. 調合標準規範、降低門檻障礙

降低或去除不必要的法規框架，建立共同標準，以促進貿易和確保價值鏈中所有環節要素安全。促進地方社群參與，確保對新氫能計畫的風險和衝擊有充足的知情和表意機會。

透過降低設置門檻、可能增加之風險和民眾可能關切等障礙，協助市場接受氫能技術。跨領域議題包括安全標準、避免雙重課稅(能源的申請、輸配和加壓等)、二氧化碳密集度和氫能供應許可的認證、替代現有流程的基準、規範原產地原則和氫能燃料及原料二氧化碳排放的國際框架。

相關案例如氫能技術協作計畫(Hydrogen Technology Collaboration Programme)、國際氫能及燃料電池夥伴關係(International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy, IPHE)、國際標準化組織氫能技術委員會(International Organization for Standardization TC 197)、國際電工委員會燃料電池技術委員會(International Electrotechnical Commission TC 105)、CEN Sector Forum Energy Management、氫能做為能源載體的安全協會(HySafe)，以及歐盟 CertifHy 等。

儘管氫能具有許多潔淨能源技術發展的優點，而相關技術亦持續努力在

輸配、設備應用，甚至是減少從化石燃料產氫等方向發展，但回到各國是否制定明確的氫能政策，仍必須考量不同國家稟賦和不同應用領域，評估各國氫能預期市場規模，相關基礎設備投資成本等現實因素而決定。回歸到減緩氣候變遷及能源部門轉型的大方向，進行最好的資源配置，設定合理且符合國家發展戰略的中長期路徑，與社會進行完整的資訊溝通，取得社會最大共識與利益。

參考文獻

- [1] 國際能源總署(IEA)，2019，氫能未來(The Future of Hydrogen)報告。
- [2] 能源知識庫，日本政府公布「氫能基本戰略」，提出 2030 年家庭用燃料電池 530 萬台、燃料電池汽車 80 萬輛、加氫站 900 座、氫氣成本 30 日元/Nm³ 等目標，2017 年 12 月 26 日。
https://km.twenergy.org.tw/Data/db_more?id=2468
- [3] 能源知識庫，日本發表「氫氣・燃料電池戰略路線圖」，設定新的基本技術規格和細項成本目標，提出實現該目標的必要措施，2019 年 3 月 12 日。
https://km.twenergy.org.tw/Data/db_more?id=3615
- [4] 第三次能源基本計畫，2019 年 6 月。
http://www.motie.go.kr/common/download.do?fid=bbs&bbs_cd_n=81&bbs_seq_n=161753&file_seq_n=1
- [5] 國際氫能及燃料電池夥伴關係，韓國國家資料庫，2019 年 11 月。
<https://www.iphe.net/republic-of-korea>
- [6] 澳洲國家氫能策略，2019 年 11 月。
<https://www.industry.gov.au/data-and-publications/australias-national-hydrogen-strategy>
- [7] 澳洲國家氫能路徑圖，2018 年。
<https://www.csiro.au/en/Do-business/Futures/Reports/Hydrogen-Roadmap>
- [8] 法國能源轉型中的氫能發展計畫，2018 年 6 月。
https://docs.wixstatic.com/ugd/45185a_5674644ba353434392a8d80bf755eb3

2.pdf

[9] 能源知識庫，法國宣布氫能佈署計畫，力推氫能技術在工業、運輸與儲能等能源領域的應用，2018年6月。

https://km.twenergy.org.tw/Data/db_more?id=2552

[10] 國際氫能及燃料電池夥伴關係，加拿大國家資料庫，2018年5月。

https://docs.wixstatic.com/ugd/45185a_c97fd186fc7343be85f5f533d0afb7da.pdf

[11] 2019年「氫能路徑圖-確保加拿大國民一個潔淨成長未來」，2019年10月。

<https://www.nrcan.gc.ca/energy-efficiency/energy-efficiency-transportation/resource-library/2019-hydrogen-pathways-enabling-clean-growth-future-canadians/21961>

[12] Montel, Portugal takes lead in launching hydrogen strategy, 2020/3/11.

<https://www.montelnews.com/en/story/portugal-takes-lead-in-launching-hydrogen-strategy/1096171>

[13] 德國氫能策略政策宣示文件，2019年11月5日。

<https://www.bmbf.de/files/Kurzpapier%20Wasserstoff.pdf>

[14] 國際氫能及燃料電池夥伴關係，德國國家資料庫，2019年11月。

<https://www.iphe.net/germany>

[15] 能源知識庫，荷蘭內閣公布氣候協議，擬定五大部門減碳措施，預計2030年再生能源電力占比將達七成，2050年達成零碳電力系統，2019年7月4日。

https://km.twenergy.org.tw/Data/db_more?id=3672

[16] 首部《中國氫能及燃料電池產業白皮書》出爐！2050年全國加氫站將超10000座，2019年6月。

<https://kknews.cc/zh-tw/news/jlkmkmp1.html>

[17] Fuel Cells and Hydrogen in Norway, 2012/12。

http://www.fuelcelltoday.com/media/1838763/fuel_cells_and_hydrogen_in_norway.pdf

[18]國際氫能及燃料電池夥伴關係，挪威國家資料庫，2020年1月。

<https://www.iphe.net/norway>

[19]國際氫能及燃料電池夥伴關係，英國國家資料庫，2020年1月。

<https://www.iphe.net/united-kingdom>

[20]CaFCP(2019), The California Fuel Cell Revolution

<https://cafcp.org/sites/default/files/CAFCCR.pdf>

[21]奧地利國家策略框架「運輸部門潔淨能源」，2016年11月。

<https://eafo.eu/sites/default/files/npf/1%20AUSTRIA%20NPF.en.pdf>

[22]國際氫能及燃料電池夥伴關係，巴西國家資料庫，2019年11月。

<https://www.iphe.net/brazil>