

出國報告(出國類別：開會)

出席「第 28 屆臺澳能礦諮商會議」報告

服務機關： 台灣電力公司

姓名職稱： 莊一麟 工程師

派赴國家： 澳洲布里斯本

出國期間： 112 年 7 月 25 日至 112 年 7 月 30 日

報告日期： 112 年 9 月 23 日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：出席「第 28 屆臺澳能礦諮商會議」報告

頁數：36 頁含附件：是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：台灣電力公司/翁玉靜/(02)2366-7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

莊一麟/系統規劃處/工程師/02-2366-7743

出國類別：開會

出國期間：112 年 7 月 25 日至 112 年 7 月 30 日

出國地區：澳洲布里斯本

報告日期：112 年 9 月 23 日

分類號/目

關鍵詞：臺澳能礦諮商會議

內容摘要：(200~300 字)

本次出國計畫核定前往國家為澳洲，臺澳能礦諮商會議為臺澳雙方重要的能源對話管道，會議中就能源、礦產供應、貿易合作等相關議題進行意見交流，有助於穩定及擴展雙方能礦合作關係。本次會議除針對低碳科技所需關鍵礦物、天然氣、再生能源、氫能儲能/電池儲能等項目持續建立臺澳合作機制。議程包含了「碳科技與再生能源」，本公司配合政府 2050 年淨零排放政策，擬定強化電網韌性建設計畫，其中針對開發模式較明確、潛力案場集中之熱點縣市，積極推動加強再生能源電力網工程，藉由本次會議可就綠能併網之相關規劃與澳方交流意見，作為本公司日後在綠能併網之系統規劃層面、電網瓶頸改善應用及思索高佔比再生能源併網因應對策等事宜之重要參考。

本報告內容共分伍章：

壹、出國緣起與任務

貳、出國行程

參、出席「第 28 屆臺澳能礦諮商會議」

肆、結論與建議

伍、參考文獻

本文電子檔已傳至出國報告資訊網(<http://report.gsn.gov.tw>)

目錄

目錄.....	i
表目錄.....	ii
圖目錄.....	iii
壹、出國緣起與任務	1
貳、出國行程.....	3
參、出席「第 28 屆臺澳能礦諮商會議」	4
肆、結論與建議	33
伍、參考文獻.....	35

表目錄

表 2.1：出國行程表	3
表 3.1 第 28 屆臺澳能礦諮商會議議程	5

圖目錄

圖 3.1 第 28 屆臺澳能礦諮商會議會場	4
圖 3.2 臺澳代表簽署合作備忘錄	13
圖 3.3 第 28 屆臺澳能礦協商會議與會人員合影	14
圖 3.4 昆士蘭州政府大地資源部常董 Darren Moor 開場 ...	15
圖 3.5 理學院 Anthony O'Mullane 教授介紹綠氫微電網計畫	18
圖 3.6 昆科大 H2XPORT 研究計畫太陽能製氫流程	19
圖 3.7 昆科大 H2XPORT 研究計畫-太陽能綠氫微電網(1/2)	19
圖 3.8 昆科大 H2XPORT 研究計畫-太陽能綠氫微電網(2/2)	20
圖 3.9 60kWh NMC622 鎳鈷鋰電池電動車各礦物含量	21
圖 3.10 CSIRO 昆士蘭先進技術中心(QCAT)	23
圖 3.11 Jason Williams 博士介紹 CSIRO 機器人系統	24
圖 3.12 DARPA 地下(SubT)挑戰賽道圖	25
圖 3.13 綠氨(green ammonia)生產流程	28
圖 3.14 氨氣透過金屬膜分離出純氫氣	29
圖 3.15 在模擬月球表面上的可遙控月球著陸器	30

圖 3.16 模擬月球表面塵埃之戶外測試區域30

壹、出國緣起與任務

澳洲為本公司主要的燃煤供應國，對於燃料供應安全助益良多，為不可或缺堅實的貿易夥伴。臺澳能礦諮商會議(Joint Energy and Minerals, Trade and Investment Cooperation, JEMTIC consultations)為雙方重要的能源對話管道，會議中就能源、礦產供應、貿易合作等相關議題進行意見交流，有助於穩定及擴展雙方能礦合作關係。

另本屆會議議程包含「碳科技與再生能源」，配合政府 2050 年淨零排放政策規劃，本公司於強化電網韌性建設計畫中，針對開發模式較明確、潛力案場集中之熱點縣市，積極推動加強再生能源電力網工程，藉由本次會議可就綠能併網之相關規劃與澳方交流意見。

「臺澳能礦諮商會議」緣起於民國 81 年 10 月底，澳洲工業觀光暨資源部前部長 Mr. Alan Griffiths 訪問我國時，提議希望雙方能建立能源與礦產部門政策諮商管道，加強能源、礦產貿易與合作關係，並由雙方定期討論相關事務，就天然氣、煤炭、電力等合作相關議題廣泛進行意見交換。爰此，第 1 屆會議於民國 82 年 12 月順利於澳洲坎培拉市舉行。爾後並逐年分別在臺、澳兩地舉行，迄今已歷 27 屆。

今年第 28 屆會議 7 月 27-28 日於澳洲布里斯本舉行，討論議題包含四大面向：能源政策、低碳科技與再生能源、能源效率技術與研

究、資源概況等，本公司應邀於本會議資源概況議程進行「台電公司
煤炭供需展望」簡報。

貳、出國行程

本次出國計畫共計 6 天(含交通時間)，行程概要如表 2.1。

表 2.1：出國行程表

日期	工作地點	工作內容紀要
112/7/25-112/7/26	布里斯本	去程 (桃園-墨爾本(轉機)-布里斯本)
112/7/27-112/7/28	布里斯本	出席「第 28 屆台澳能礦諮詢會議」
112/7/29-112/7/30	布里斯本	返程 (桃園-布里斯本)

參、出席「第 28 屆臺澳能礦諮商會議」

一、會議議程

第 28 屆臺澳能礦諮商會議於民國 112 年 7 月 27 日至 7 月 28 日舉行，會議地點位於布里斯本海關大樓，會議中就能源、礦產供應、貿易合作等相關議題進行意見交流，有助穩定及擴展雙方能礦合作關係。



圖 3.1 第 28 屆臺澳能礦諮商會議會場

本屆會議臺方由經濟部能源局游振偉局長，澳方由其產業、科學暨資源部油氣司長 Robert Jeremenko 擔任共同主席，臺方由經濟部能源局、經濟部礦務局、駐布里斯本台北經濟文化辦事處、駐澳大利亞代表處、工業技術研究院綠能與環境研究所、台灣中油公司、台電公司、中國鋼鐵公司、台灣經濟研究院等我方代表團成員出席會議；澳

方則由澳洲產業、科學暨資源部(Department of Industry, Science and Resources, DISR)、澳洲氣候變遷、能源、環境暨水資源部(Department of Climate Change, Energy, the Environment and Water, DCCEEW)、澳洲聯邦科學與工業研究組織(Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, CSIRO)、澳洲地球科學局(Geoscience Australia)等機構出席。本屆會議議程如表 3.1。

表 3.1 第 28 屆臺澳能礦諮商會議議程

議題	簡報題目	報告機構
議程一： 能源政策概觀	澳洲能源與資源出口概況	澳洲產業、科學暨資源部
	澳洲減碳保障機制說明	澳洲氣候變遷、能源、 環境暨水資源部
	台灣礦業現狀及礦產需求	經濟部礦務局
	台灣邁向淨零之能源策略	經濟部能源局
議程二： 低碳科技與再生 能源	碳捕捉、利用與封存 (CCUS) 及氫能概況	澳洲氣候變遷、能源、 環境暨水資源部
	澳洲能源轉型- 氫能研究與發展	澳洲聯邦科學與 工業研究組織
	台灣氫能與電網規模儲能	工業技術研究院 綠能與環境研究所
	降低鋼鐵製程二氧化碳排 放之 CCS 技術解決方案	中國鋼鐵公司
	離岸風電及其他再生能源 計畫最新進展	工業技術研究院 綠能與環境研究所
議程三： 能源效率技術與 研究	澳洲電池製造技術	澳洲產業、科學暨資源部
	邁向低碳經濟	澳洲地球科學局
	綠能轉型-儲能	工業技術研究院 綠能與環境研究所
	能源效率技術研究	工業技術研究院綠能與 環境研究所

議程四： 資源概況	澳洲液化天然氣策略概況- 天然氣、離岸碳捕集與封 存策略及除役規劃	澳洲產業、科學暨資源部
	台灣液化天然氣展望	台灣中油公司
	澳洲關鍵礦物策略	澳洲產業、科學暨資源部
	台灣煤展望	台灣電力公司
	澳洲燃料煤與冶金煤及 甲烷減排	澳洲產業、科學暨資源部
	綠色鋼鐵之國際合作	澳洲聯邦科學與 工業研究組織
	會議紀錄同意書簽署及 工作計畫更新	臺灣及澳洲代表團團長

二、臺澳雙方主要關切議題

(一)澳方關切議題

1.臺灣能源政策發展概況

針對重工業減碳相關政策，澳洲訂有氣候變遷保障機制 (Safeguard Mechanism)，希望瞭解臺方相關法規，以及如何在要求重工業生產去碳與確保產業競爭力之間取得平衡。

2.臺灣低碳科技與再生能源發展

希望瞭解臺灣對區域二氧化碳封存的要求及時程規劃，澳洲在這方面可以提供什麼協助。另澳洲有所謂的原產地保證 (GO) 方案，以追蹤及驗證澳洲製造氫氣、再生能源和其他潛在產品相關的碳排放量，澳方希望瞭解臺灣是否有專門的氫能國家級戰略或藍圖，包含自主產氫的相關規劃、生產氫氣時如何衡量製氫過程的碳排放量，以及臺灣預計進口多少氫能等。

3.臺灣提升能源效率相關技術與研究

因澳洲國內電池產業在世界上頗具優勢，鼓勵台灣企業到澳洲投資，以促成電池產業供應鏈合作，共同掌握貿易與投資商機，加速綠色轉型；另在臺灣儲能系統規劃上，希望臺方可投資購買澳洲製電池協助臺灣達到再生能源發展目標。

4.臺灣資源概況

澳方希望瞭解澳洲可以提供臺方什麼協助以滿足臺灣在資源及能源上的需求，在邁向 2050 年淨零碳排的能源轉型過程，哪些資源及能源貿易項目有較多合作契機，臺方對於澳洲資源的投資優先順序為何，而隨著時間推進，這些項目的優先順序是否會有所調整。

澳洲為燃料煤(thermal coal)出口大國，澳方希望瞭解在臺灣逐漸轉型為低碳排的綠色經濟的過程中，澳洲燃料煤在確保臺灣能源充足安全上將扮演什麼樣的角色，以及臺灣在 2025 年前燃料煤佔總能源比例下調為 30%之相關因應措施及規劃。

有關半導體原料，澳方希望瞭解臺灣在尋找更新、更多元的半導體原料進口管道的同時，半導體產業關鍵的進口原料為何，是否有哪些原料是澳洲可以提供來幫助臺灣半導體工業發展。臺方是否有考慮發展半導體產業下游加工的相關機構或部

門，若有，哪些國家可能會是合作夥伴。

(二)臺方關切議題

1.能源政策總覽

澳洲為臺灣煤礦與天然氣主要進口國之一，近年來環保意識抬頭，澳洲減碳保障機制對能源設施(如電力、石油、天然氣)已進行較為嚴格的碳排放管制，對其造成之減碳壓力可能導致開發成本上升，進而影響能源供應量。另為防止碳排放較大的產業將產線轉向管制較為寬鬆的國家，澳方是否有相應對策(如歐盟 CBAM)或保障機制防止碳洩漏。

澳洲將天然氣監管框架擴展到氫氣、生物甲烷和其他再生氣體，在推動《天然氣法》修正所遭遇挑戰及解決方案，可供台灣參考。

2.低碳技術與再生能源

國際海上運輸氫氣技術主要為液氫、氨及液態有機氫載體，澳洲氫氣出口將以何種形式為主，港口位置選擇及基礎設施建置如何規劃，澳洲用於電網需求及產氫之再生能源整體發展規劃，可供台灣未來氫能發展及應用參考。

台灣近年在風力發電有整體的政策規劃及施行推廣經驗，澳洲政府是否有相關鼓勵措施來促成雙方合作台灣近年在風力

發電有整體的政策規劃及施行推廣經驗，澳洲政府是否有相關鼓勵措施來促成雙方合作。有關增加能源生產力，澳洲未來是否有太陽光電裝置容量的擴大計畫，以吸引台灣高效率太陽光電產品與系統的合作機會。

另外台灣正在擴大地熱資源的探勘調查工作，澳洲是否可協助引介專業鑽井公司，來臺與我國現有開發業者進行開發合作，亦為臺方關切合作項目之一。

3.能源效率技術研究

針對表後儲能，希望可瞭解澳洲中央及地方政府的支持程度，是否採取實質措施來推動表後儲能的發展，在推動表後儲能時是否面臨法規面、民眾意識或安全性考量的障礙。

希望瞭解澳洲目前的能源效率措施對其未來能源需求與溫室氣體排放可能造成的影響，以及澳洲如何利用新興技術，例如人工智慧和機器學習，來優化空調系統和壓縮空氣乾燥機的能源效率。

4.資源展望

為逐步減少二氧化碳放，澳洲自 2016 年 7 月實施的氣候變遷保障機制(Safeguard Mechanism)，依據個別產業訂定不同標準之「碳排放限制」(emissions limit)基線/上限(baseline)，自

2023 年 7 月 1 日起，氣候保障機制適用的工業設施碳排放上限將逐步降低，並在碳排放超過規定的基線時，購買碳信用額 (carbon credit)，此將增加計畫之營運成本。由於保障機制有利於低碳項目，將抑制對新天然氣和煤炭項目的投資，然而新的天然氣供應對於實現淨零排放、煤炭轉型、以及為可再生能源提供可靠的備用能源至關重要，臺方希望瞭解澳洲政府如何能兼顧減碳目標和滿足市場能源需求。

在天然氣資源上，澳洲有國內天然氣安全機制 (ADGSM)，以確保有充足的天然氣供應滿足用戶需求，該機制是否會影響國際投資者未來參與澳洲天然氣計畫開發權益與意願。另隨著天然氣生產商競相遵守減碳要求，改革後的氣候變遷保障機制可能會引發一連串的碳捕存 (CCS) 項目投資，臺方希望了解澳洲政府是否會主導並整合全國的 CCS 發展策略，並提出更多激勵措施來幫助天然氣生產商減少碳排放。

有關澳洲煤炭出口，各銀行為落實 ESG 議題，將縮減融資予化石燃料產業，勢必影響全球煤炭產業發展，進而影響煤炭貿易的出口供應量。近年來陸續聽聞澳洲煤炭礦區減產或關閉訊息，臺方希望對於未來新煤礦之開採政策及出口展望情形。

在油氣資源方面，根據台灣中油公司過往在澳洲進行油氣

投資的經驗，近期獲得外資審議委員會(FIRB)和國家海域石油礦權管理局(NOPTA)的批准時間似乎比較長。臺方希望了解澳洲政府對外資的審查流程是否變得更加嚴格，以及今後提交外資提案時需要注意哪些事項。

有關氫能應用，中油公司未來規劃建設液氫接收站，澳洲如有新的液態氫出口計畫，希望亦能協助介紹給本公司。澳洲綠氫出口計畫中，規劃以氫、MCH 及液態氫運送的方式比例為何。日韓兩國多採用哪種方式進口綠氫，澳洲 2021 年在首都坎培拉建置首座加氫站，希望可瞭解澳洲未來擴充建置加氫站及氫能車之規劃。

三、臺澳合作成果(簽署「合作備忘錄」)與未來持續合作項目

臺澳雙方於會中簡報並充分討論後，臺方由經濟部能源局游振偉局長，澳方則由產業、科學暨資源部油氣司長 Robert Jeremenko，代表臺澳雙方共同簽署第 28 屆臺澳能礦諮商會議之臺澳合作備忘錄。

(一)液化天然氣投資機會與供應

延續第 20 屆臺澳能礦諮商會議合作項目，請澳方提供澳洲目前對內天然氣供應及對外液化天然氣出口之國家政策資訊，並提供澳洲液化天然氣計畫投資機會相關訊息。

(二)針對天然氣供需政策建立臺澳雙邊溝通機制

延續第 23 屆臺澳能礦諮商會議合作項目，由於臺灣自澳洲進口之液化天然氣佔總進口量比例甚高，若天然氣供應相關政策有任何改變，故請澳方隨時讓臺方及臺灣相關產業獲得第一手資訊，以利臺方即時因應。

(三)再生能源合作機制

延續第 23 屆臺澳能礦諮商會議合作項目，請澳方經常分享再生能源發展計畫，尤其是風力與太陽能相關計畫，相信對達成長期政策目標及相關合作上皆有所助益。

(四)氫能儲存及電池儲能

延續第 24 屆臺澳能礦諮商會議合作項目，臺澳共同合作評估氫能儲存技術，包含氫氣之製造、壓縮、儲存及運輸所需費用，並鼓勵臺澳在氫能相關領域之學者就科技經濟面評估氫能儲存之發展，比較澳洲以液化氫氣、氨及甲烷形式賣給臺灣之綠色能源的出口管道，包括利用澳洲豐富的生質能、沼氣資源及太陽能，請臺澳雙方交換相關發展觀點、科技進展與運轉資訊，並引薦相關公司合作參與。

(五)探討低碳科技(如潔淨氫能及低碳排鐵礦與鋼鐵)合作機會

延續第 26 屆臺澳能礦諮商會議合作項目，澳洲和臺灣經濟

部將保持聯繫，以促進低碳排科技資訊與見解交流。

(六)推動潔淨氫能計畫之商業合作

延續第 26 屆臺澳能礦諮商會議合作項目，請澳方分享澳洲潔淨氫能在商業化前後，於能源、煉鋼、運輸等其他面向之合作機會。

(七)協調促進臺澳技術交流之連繫管道以支持合作提案

增進地熱技術可行性評估能力，並針對場址發展遭遇困難提出對應解方。



圖 3.2 臺澳代表簽署合作備忘錄



圖 3.3 第 28 屆臺澳能礦協商會議與會人員合影

四、參訪機構與心得

澳方並安排臺方代表團於 7 月 27 日上午拜訪昆士蘭州政府，並參訪昆士蘭科技大學，下午前往參訪澳洲聯邦科學與工業研究組織(CSIRO)。

(一)昆士蘭州政府

能源產業，尤其以金屬、礦物、煤炭及天然氣為主，是支持昆士蘭州經濟發展的重要基礎，也是昆士蘭州在澳洲境內及國際間主要的市場定位。當今全球各國產業及投資去碳化已成為趨勢，為達到淨零碳排目標，對發展低碳排科技所需之關鍵礦物及傳統金屬需量持續增加，昆士蘭州政府能源部結合業界及昆士蘭州所有社區團體，於 2022 年 6 月共同發布了「昆士蘭州能源產業發展計畫」，為後續 30 年的昆士

蘭資源產業製定明確的願景：成為一個在轉型中不斷成長且具彈性、企業責任和永續的資源產業。



圖 3.4 昆士蘭州政府大地資源部常董 Darren Moor 開場

此次拜訪昆士蘭州政府，由其能源與公共工程部、天然資源與礦業部向臺方介紹其能源產業發展計畫(Queensland Resources Industry Development Plan, QRDIP)，以及昆士蘭州關鍵礦物發展策略(Queensland Critical Minerals Strategy)，能源產業發展計畫目的在幫助未來 30 年昆士蘭州資源產業轉型鋪路，說明能源產業在全球面臨的挑戰與改變，應運產業持續成長並更趨多元化而生之商機，以及政府和產業界為實現這前述願景所需之合作和承諾；關鍵礦物發展策略是以能源產業發展計畫為基礎，針對昆士蘭州關鍵礦物發展擬定四大明確目標：更快速且有智慧的礦物開採流程、投資最大化、建構價值鏈、促進相關研究與 ESG 永續發展。[1][2]

昆士蘭州政府能源與公共工程部亦向臺方說明澳洲的保障機制(Safeguard Mechanism)，該機制於 2014 年首次立法，自 2016 年 7 月 1 日起開始實施，要求澳洲境內機構若一個財政年度溫室氣體排放量超過 10 萬公噸二氧化碳當量，則須將其排放量維持於排放限制值（基準值）以下，如果排放量超過其基準值，則必須進行超額排放管理，若無法遵守保障機制，則必須支付罰款；然當保障機構的排放量低於基準值時，保障機構會自動生成可交易的保障機制信用額（SMC）。機構可放棄 SMC 以履行其自己的保障機制合規義務，將其出售給其他保障機構以履行其保障機制合規義務，或保留供將來使用。

該機制涵蓋行業廣泛，澳洲境內大約有 215 個機構受到保障機制管制，包括發電、採礦、石油和天然氣開採、製造、運輸和廢物處理業，這些機構產生的溫室氣體排放量約佔澳洲溫室氣體排放量的 28%。

為朝淨零碳排目標邁進，澳洲針對保障機制進行改革，2023 年 7 月 1 日保障機制要求須遵守保障機制的機構根據澳洲的氣候目標減少溫室氣體排放，而須遵守保障機制的機構之排放限制值將根據其年度產量進行調整。然而，為符合

澳洲氣候目標，溫室氣體總排放限制值呈現逐年減少的趨勢，在 2030 年以前，限制值下降率將設定為每年 4.9%；2030 年後的下降率，則根據《巴黎協定》更新澳洲國家自定貢獻 (Nationally Determined Contribution, NDC) 後，將按可預測的五年期設定，例如，2030-31 年至 2034-35 年的下降率將於 2027 年 7 月 1 日前確定。

電力產業須符合的保障機制與其他產業有所差別，舉例來說，對併網的所有發電機是採用單一電力產業基準值，只要併網發電機的總排放量不超過電力產業基準值，單一併網發電機就不在保障機制規定範圍內。電力產業基準值設定為 1.98 億噸二氧化碳當量，由於該基準係根據 2009-10 年至 2013-14 年電力產業的二氧化碳排放量設定，而未來排放量將逐年下降，故推估皆能維持在該基準值以下。[3]

(二) 昆士蘭科技大學

昆科大(Queensland University Technology, QUT)擁有超過 50,000 名學生，九大學院提供涵蓋商學、創意產業、教育、健康醫療、法律、建築環境與工程、人文與社會科學、科技學院及理工學院等領域的學術課程，是一所現代化大學。

當天參訪由 QUT 國際和對外關係之副校長 Scott

Sheppard 接待臺方，理學院、化學與物理學院、地球與大氣科學學院等學院的教授與臺方分享其研究領域與成果。其中，理學院 Anthony O'Mullane 教授介紹了「H2Xport」太陽能綠氫微電網研究計畫，該計畫係由澳洲再生能源署(Australian Renewable Energy Agency, ARENA)「出口綠氫」研發計畫以及其他合作機關資助，由 QUT 主持，合作機關有格里菲斯大學、斯威本理工大學、東京大學、能源發展公司、CS 發電公司、住友電氣工業、昆士蘭州政府等。

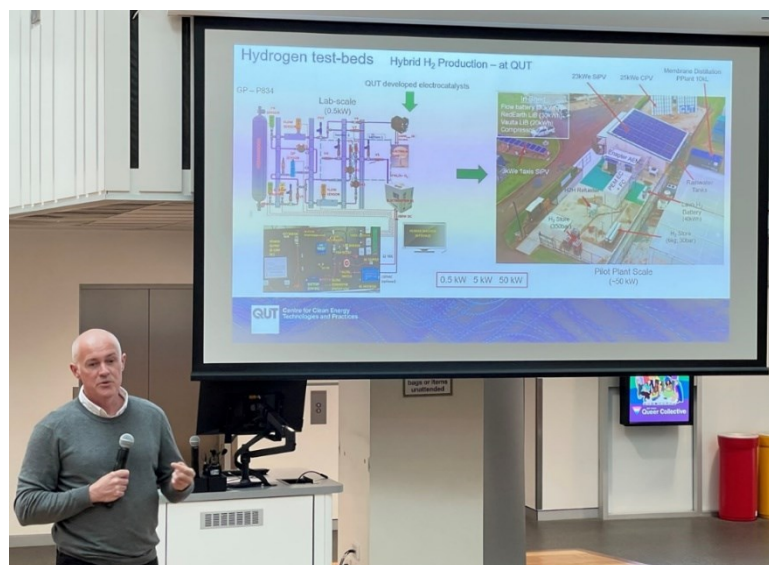


圖 3.5 理學院 Anthony O'Mullane 教授介紹綠氫微電網計畫

H2Xport 計畫目的在建立一微電網並利用再生能源產生之電力電解水以產生氫氣。該微電網設置於布里斯本東部的紅土市 (Redlands)，使用運轉中的 25kW 聚光光伏 (Concentrated Photovoltaic, CPV)陣列、23kW 標準矽光伏(Si-

PV)陣列及電池模組發電所產生之電力來將非飲用水(如：海水)轉成純水，再將純水電解以產生氫氣並壓縮儲存，該微電網也作為昆士蘭州第一個氫燃料電池電動車的加氫站(於2021年8月啟用)使用，為全程不使用化石燃料，不會排放二氧化碳的發電循環。該微電網可作為未來企業規模的製氫場域開發參考。[4][5]

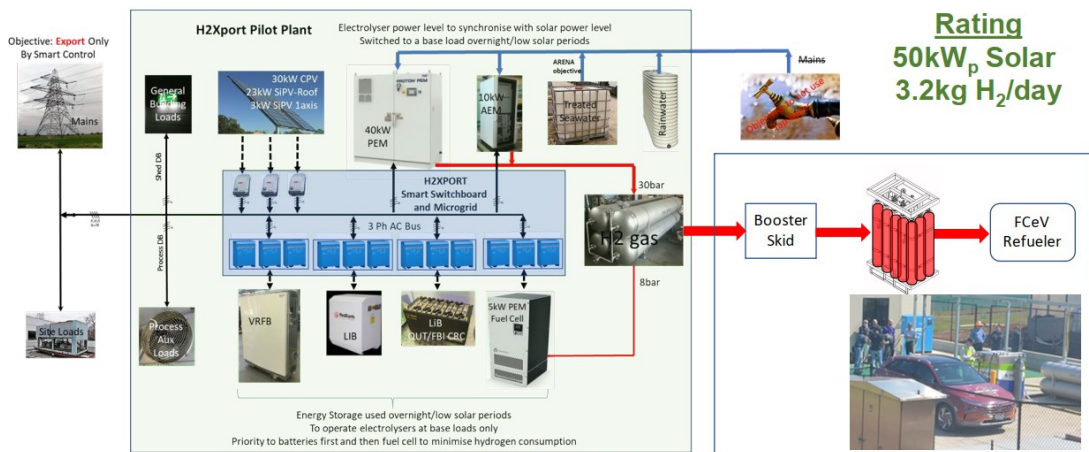


圖 3.6 昆科大 H2XPORT 研究計畫太陽能製氫流程[4]

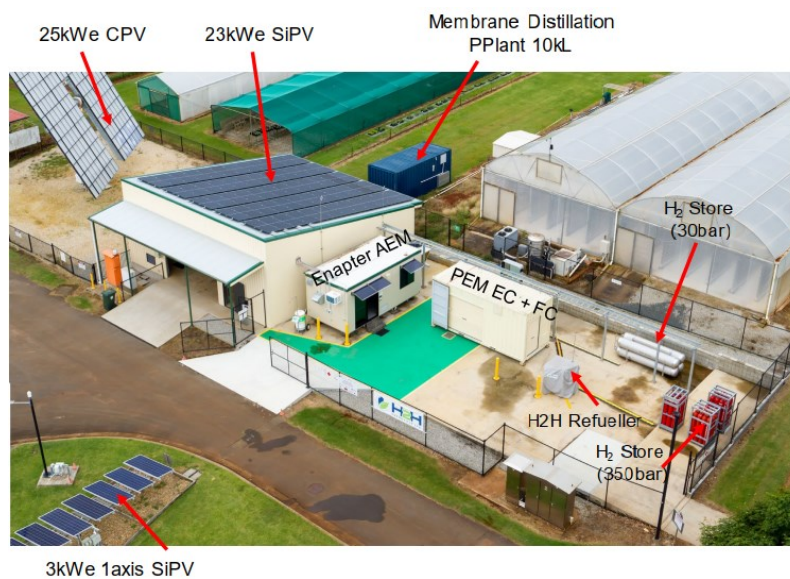


圖 3.7 昆科大 H2XPORT 研究計畫-太陽能綠氫微電網(1/2)[5]



圖 3.8 昆科大 H2XPORT 研究計畫-太陽能綠氫微電網(2/2)[5]

另外，QUT 擁有強大的儲能研究團隊，以擴展，支持、推動及發展澳洲的電池行業，成為全國領先、全球公認的電池研究、技術、標準、安全與認證中心為成立宗旨，QUT 的先進電池機構(The Advanced Battery Facility, ABF)是澳洲唯一能製造標準規格、商業級圓柱形鋰離子電池的機構。該機構提供標準規格且具商業代表性的電池級材料驗證服務，使早期研究和開發能順利過渡到工業先導規模製造與量產。

此外，QUT 正計畫成立國家級電池測試中心，以發展澳洲所需標準化電池儲能系統之測試、驗證與認證，該項目將有助於澳洲電池標準的製定，QUT 亦建立了儲能科技中

心，以發展並強化昆士蘭州的電池品質與供應鏈，並利用昆士蘭州的礦產，發展澳洲自產儲能系統所需的關鍵技術，以達到未來潔淨能源目標。[6]

參訪當天，QUT 安排了化學與物理學院的 Deepak Dubal 教授向臺方介紹燃料電池及回收電池內關鍵礦物所使用的相關技術，尤其占比日益增加的電動車所使用的燃料電池即由大量礦物所組成，以使用 60kWh NMC622 鎳鈷鋰電池為動力來源的電動車為例，每台電動車包含的礦物就有 207 公斤重，故如何將礦物回收再利用以降低全球礦物開採量體，是非常重要的課題。[7]

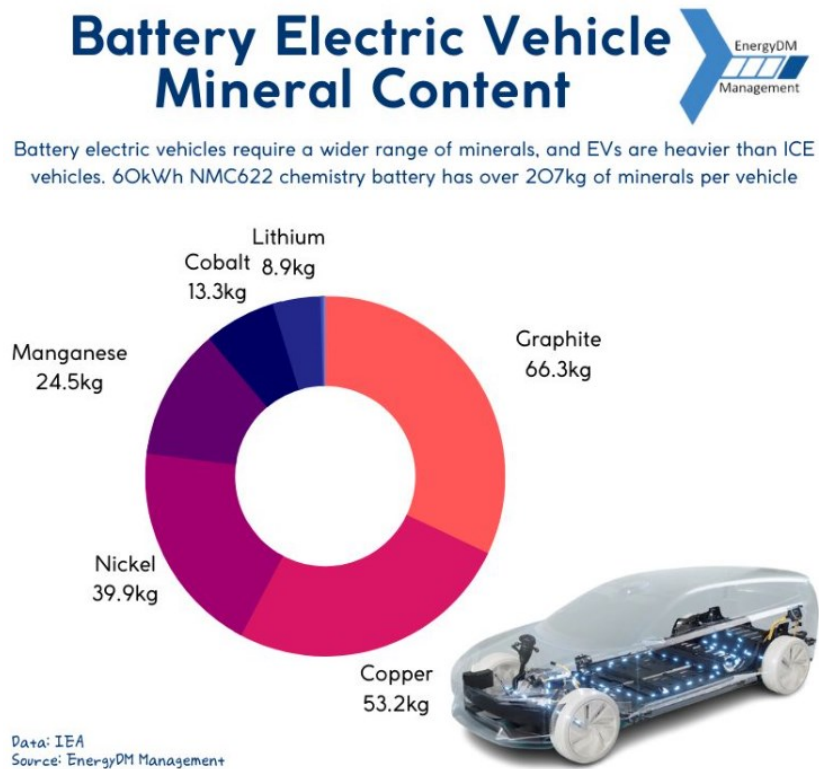


圖 3.9 60kWh NMC622 鎳鈷鋰電池電動車各礦物含量[7]

除理學院、化學與物理等學院教授向臺方簡報說明研究內容，QUT 也安排教授導覽其材料科學中心，當天參觀的實驗室主要研究領域為各種材料分析與檢驗。該中心於 2019 年成立，致力於發明新材料、調整材料特性和功能及材料科學新技術的實際應用，至今該中心擁有 100 名研究人員和 200 名學生，研究領域橫跨化學、物理和工程學。

(三)澳洲聯邦科學與工業研究組織(CSIRO)

CSIRO 是澳洲最大的國家級科技研究機構，係由澳洲政府產業、科學、能源與資源部所管轄，統計至 2022 年，CSIRO 在澳洲有 50 個據點，海外則有 3 個據點，CSIRO 有 5,672 名員工，洽談合作的企業及政府合計超過 4,000 個，其中包含 1,600 個中小企業，而在全球 69 個國家中有 550 個合作夥伴。

CSIRO 主要任務為將科學與創新應用研究成果，轉化於產業界及科學領域之研究。CSIRO 所涉及領域廣泛，包含農經、資訊、建築設備、機械、環境與自然科學設備等，CSIRO 與其合作夥伴利用這些領域相關知識來處理以下 6 個面向所遭遇的挑戰與問題：健康與福利、糧食安全與品質、澳洲國防與資安、環境保護、永續能源與資源，以及未來產業。

基於國家整體經濟利益之提昇，CSIRO 除進行研發工作外，內部設有一獨立單位負責產學合作、技術移轉事宜；此外，為推動研發成果商品化，CSIRO 亦提供實驗室及研究設備，以實現科學技術商業化，促進產業升級。[8]



圖 3.10 CSIRO 昆士蘭先進技術中心(QCAT)

本次參訪的是 CSIRO 與昆士蘭州政府合作設立於布里斯本普倫維爾(Pullenvale)的昆士蘭先進技術中心(QCAT)，該中心於 1993 年啟用，主要研究領域為採礦、能源和製造業，至今有約 400 多位研究人員。參訪當天由 CSIRO 在礦產探勘領域的首席研究工程師 Mark Dunn 代表接待臺方，並安排臺方參觀 CSIRO 開發的自動化工業機器人、氦製程及金屬膜技術分解純氫技術、月球測試台等。[9]

1. 自動化工業機器人

CSIRO 的機器人研究領域主要由其 Data61 業務部

負責，CSIRO 的 Data61 業務部係 2015 年 8 月 28 日由 CSIRO 數字生產力業務部門將澳洲國家信息通信技術卓越研究中心(NICTA)合併後而成立的組織，Data61 業務部在昆士蘭州有 3 個研究據點：達頓公園 (Dutton Park)、毅力谷 (Fortitude Valley) 和普倫維爾 (Pullenvale)，是一個澳洲國家科學機構的數據和數字專家部門，擁有龐大的人工智慧(AI)和數據科學研發專業知識庫，研究領域包括人工智慧、機器人、網絡安全、建模和分析。[10]

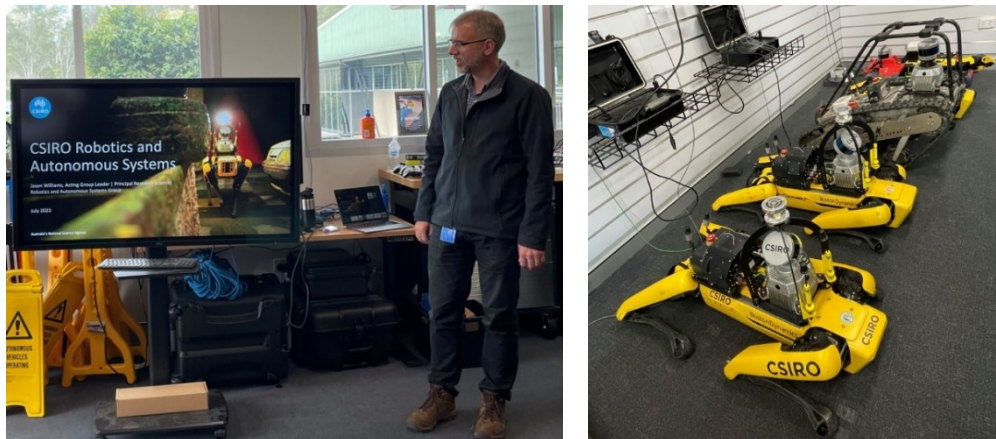


圖 3.11 Jason Williams 博士介紹 CSIRO 機器人系統

Data61 業務部致力於開發世界一流的機器人技術，可用於確保生物多樣性和生物安全、進行環境研究和監測、維護文化遺產和結構等。自動化機器人參訪項目主要由 CSIRO 的 Data61 業務部之機器人和自主系統小組 Jason Williams 博士負責簡報，Williams 博士向臺方介紹

其研究團隊參加由美國國防高級研究計劃局(DARPA)發起，為期3年的地下(SubT)挑戰賽，並於2021年9月獲得亞軍的CSIRO's Data61機器人和自主系統小組。[11]

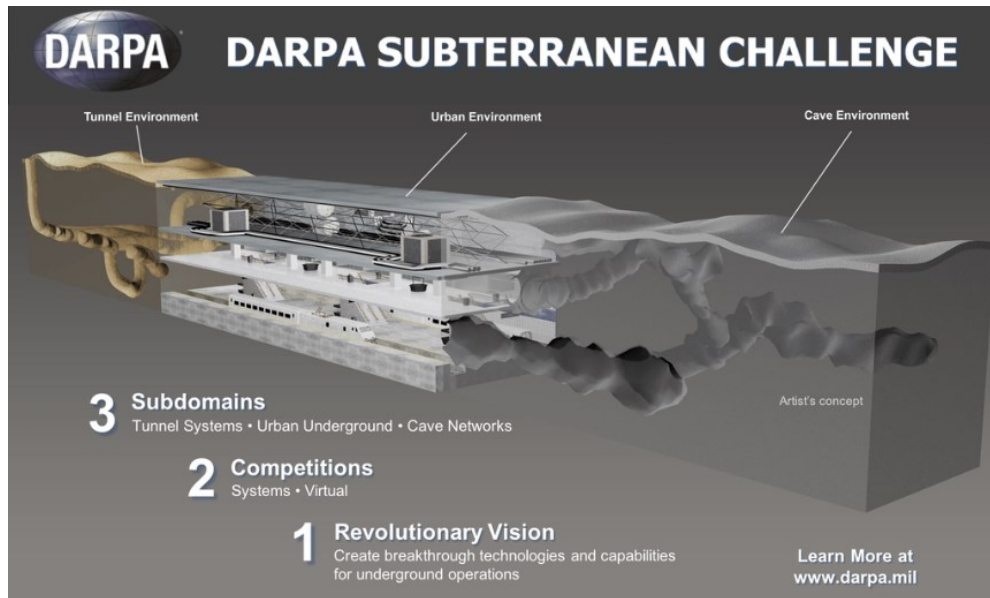


圖 3.12 DARPA 地下(SubT)挑戰賽道圖[11]

2017年開始舉辦的DARPA地下(SubT)挑戰，是美國國防高級研究計劃局(Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA)的一項計劃，旨在開發可增強地下作業的創新技術。[12]

眾所皆知，要在複雜的地下環境移動，對軍事或救災行動都是重大的挑戰，不同領域危險差異甚大，且通常會隨著時間的推移發生變化，對於進入地下環境的人員來說風險極高，故該挑戰賽要求各團隊部署自主機器人團隊，必須能在三個賽道（人造隧道、城市地底和天

然洞穴)成功導航和繪製複雜環境的地圖,同時識別環境中的人類(人體模型)倖存者、手機、背包、鑽頭、滅火器、通風口、充氣室、頭盔、繩索等物體,分析每個物體的位置和狀態,並與賽道中的其他車輛進行交流。未來可應用於倒塌礦井的救援工作、城市地下環境的震後搜救以及受傷或迷路的洞穴探險者的洞穴救援行動。

2. 氫製程及金屬膜技術分解純氫技術

在 2022 年 3 月 30 日國發會公告「2050 年淨零排放策略及路徑」中,規劃未來電力部門的氫能發電預計將占 2050 年整體發電量 9~12%,而非電力部門之工業製程及交通載具等氫能多元應用,顯見氫能在我國邁向淨零轉型路上將扮演重要角色。

在國際能源總署(IEA)淨零報告、全球技術關注及國家策略中,「氫能」是各界引頸期盼的技術選項,由於氫具有零碳分子特性,在化學反應過程會產生能量但不會排放二氧化碳,且因熱值高、燃燒速度快,國際技術評估為傳統化石燃料之最佳替代方案;而在我國規劃未來再生能源為主導的電源結構中,氫能亦被視為穩定電力系統的關鍵輔助燃料。[13]

氫氣(Hydrogen, 分子式 H_2)是一種可以輸送或儲存大量能量的能量載體(energy carrier), 而不是能源(energy resources 或 primary energy), 氫有非常高的能量密度, 每公斤氫氣含有的能量約為天然氣的 2.4 倍, 氫的能量可以透過燃燒轉化為熱量, 也可以透過燃料電池, 藉由氫與氧產生化學反應, 將化學能轉換為電能來驅動馬達運轉。[14]

在自然界中, 氫元素分佈廣泛, 但僅少數以氫分子(H_2)形式存在, 大多是存在於化合物中, 如水、石油、碳水化合物蛋白質等有機化合物, 由於氫可以和許多化學元素結合, 在日常生活中幾乎是無所不在, 故可藉由電解、化石燃料重組產氫、生質物產氫、熱水解產氫、光熱/催化產氫等方式製造氫氣, 以水(H_2O)為例, 利用電能來電解水, 就能夠產生氧氣及氫氣。然而, 氫氣為可燃性氣體危險性較高, 若要讓氫氣可以在世界各地流通, 安全的運輸技術將是必須克服的挑戰。[15]

因氨氣(Ammonia, 分子式 NH_3)由氮氣(N_2)及氫氣(H_2)構成, 屬相當穩定的物質, 且已有安全的運輸技術, 可作為實用的氫能載體, 故將氫氣轉換為氨氣運送, 要使用時再轉換回氫氣在技術上是可行的。澳洲擁有大量太陽能和

風能等再生能源，利用再生能源產生的電力來電解海水經淡化處理後的純水以產生氫氣，利用哈伯法(Haber-Bosch process)混合空氣中的氮氣產生氨氣(製程電力來源為再生能源，故亦稱為綠氨)，再將氨氣液化儲存以便利用船舶或卡車等交通工具運輸，進口氨的國家可利用 CSIRO 花費 10 年開發的金屬膜技術(metal membrane technology)將氨再分解回純氫供交通、能源和工業領域使用。[16]

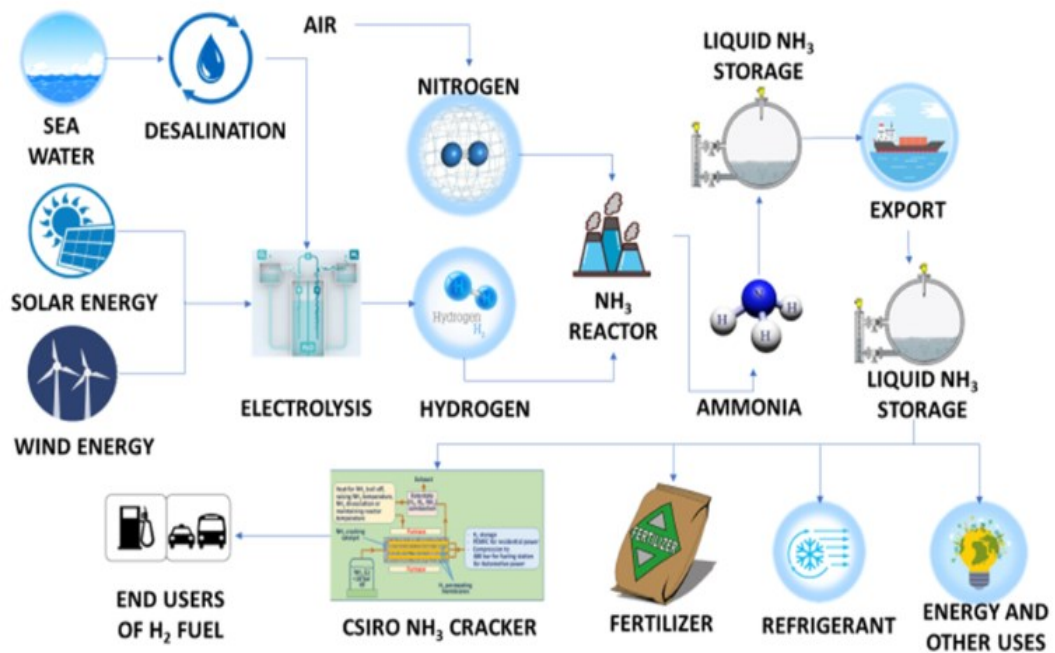


圖 3.13 綠氨(green ammonia)生產流程[16]

被分解的氨透過金屬膜，可以分離出超高純度的氫氣，金屬膜同時可阻擋其他氣體通過，而再裂解、純化的氫氣可作為燃料電池汽車的氫燃料，或作為其他能源應用所需燃料。[17]

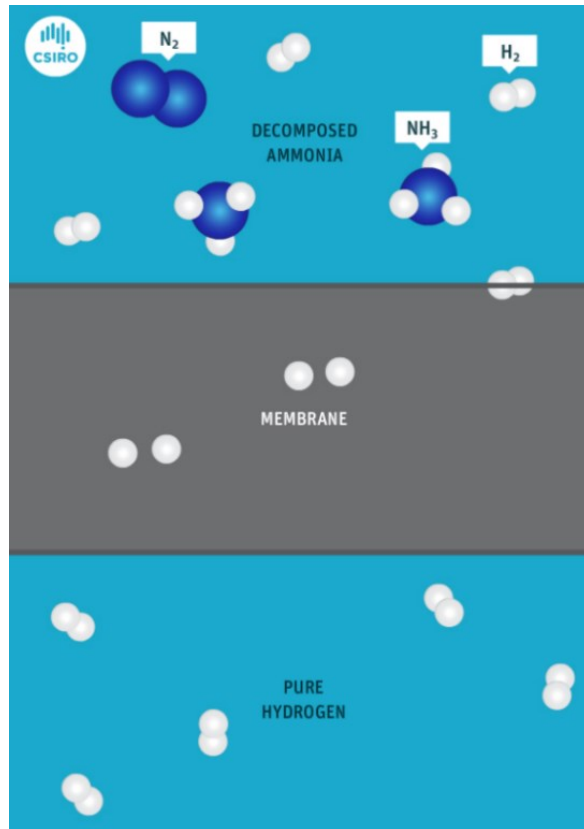


圖 3.14 氨氣透過金屬膜分離出純氫氣[17]

3. 月球測試台

昆士蘭先進技術中心裡有一個月球測試台，稱為現場測試資源利用(In-situ Resource Utilization, ISRU)設施，測試發送到月球的設備是否能夠承受其惡劣的環境，設有可以遠端監控和控制設備的任務控制室、裝有偽月球塵埃並運用空間投影系統建造的密封空間、具有擴展現實的可重構景觀、模擬覆蓋月球表面 5 到 10 公尺的月球風化層材料、有效負載和子系統測試區域的專用區域，以及可提供商業化月球有效負載服務(CLPS)的月球著陸器比例模型。

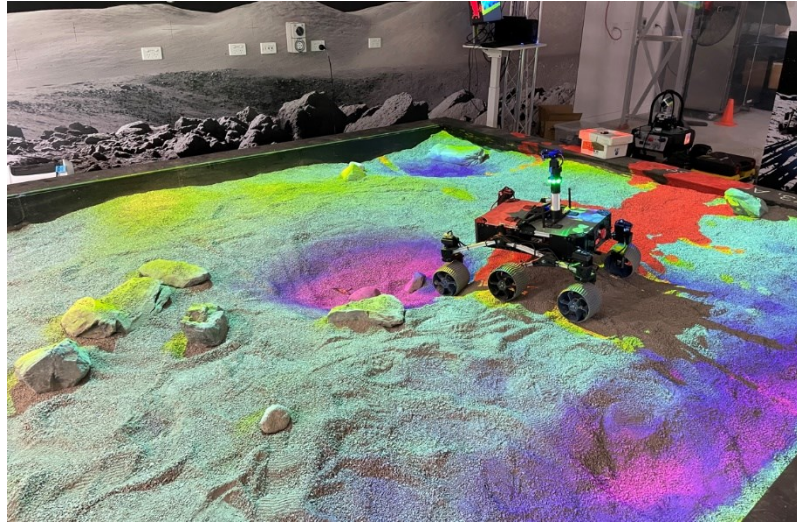


圖 3.15 在模擬月球表面上的可遙控月球著陸器



圖 3.16 模擬月球表面塵埃之戶外測試區域

該測試台為月球車和其他運往月球的設備提供了真實的環境，可用來模擬月球表面的一些物理特徵，特別是月球塵埃，該塵埃是參考美國太空總署阿波羅任務帶回的塵

埃設計，旨在建立更接近月球的環境，對月球車和相關設備等資產進行實際測試及評估，這些測試有助於 CSIRO 參與符合澳洲太空總署的國民太空優先研究項目，包含小型衛星技術、地球觀測、太空通訊和追蹤、先進材料、機器人和遠端操作以及太空生命科學等項目。[18]

由於澳洲擁有世界上最先進的採礦產業，若可充分利用其地球科學、採礦專業與數據科學知識，成功使用遠端自主移動機器人，例如 CSIRO 之 Data61 機器人和自主系統小組研發的自動化機器人，在月球或火星採礦，則能利用月球礦物來補充返回地球或前往其他行星所需要的資源，想必對將來登月任務或其他行星的載人任務定能有所幫助。

此外，在月球南北兩極附近陰影隕石坑中所發現的冰沉積物，或許可作為來訪太空人的資源井，利用 Data61 團隊產生詳細的互動式虛擬地圖，顯示月球上冰沉積物的位置，可以協助搜尋月球上最有可能發現冰儲量的地方。這些冰沉積物可以為人類和農作物提供飲用水，並且是製造火箭燃料所需的關鍵資源，若能透過在月球上製造火箭推進劑，那麼穿越太空就可以像長途飛行一樣進行，在繼續

前往最終目的地火星之前，就能在月球上作短暫停留並補充能量和休息。[19]

肆、結論與建議

首先，感謝系統規劃處的處長、兩位副處長及公司長官給我這個機會到澳洲參加「第 28 屆臺澳能礦諮商會議」，不管在理論及實務上都獲益良多。以下是此次會議的心得彙整。

本屆會議澳方由昆士蘭州政府相關領域部門以及澳洲聯邦科學與工業研究組織，與臺方就能源政策、低碳科技與再生能源、能源效率技術與研究、資源概況等四大議題進行討論，其中有關澳洲最新發布的減碳保障機制對能源設施(如電力、石油、天然氣)的碳排放管制，其減碳壓力可能導致開發成本上升，進而影響能源出口價格，由於臺灣自澳洲進口之液化天然氣及煤炭佔總進口量比例皆甚高，若澳洲在能源出口相關政策有任何改變，對台灣能源進口都可能大幅影響，未來本公司向澳洲進口煤炭或天然氣時須多加考慮。在氫能生產及應用方面，澳洲此次會議分享如何建置製氫基礎設施，用於電網需求及產氫之再生能源整體發展，以及擴充建置加氫站及氫能車之規劃，可作為台灣未來氫能發展參考。

此次訪澳除參與會議，澳方所安排昆士蘭州政府、昆士蘭科技大學(QUT)，以及澳洲聯邦科學與工業研究組織(CSIRO)參訪行程，亦收穫良多，其中，昆士蘭州政府說明其能源產業發展計畫及關鍵礦物發

展策略，政府和產業界如何合作，來更快速且有智慧進行礦物開採、投資最大化、建構價值鏈，以及促進相關研究與 ESG 永續發展，其構想與作法對臺灣而言都有很寶貴的參考價值。

昆士蘭科大分享其「H2Xport」計畫，利用再生能源發電所產生之電力來將非飲用水(如：海水)轉成純水，再將純水電解以產生氫氣並壓縮儲存，作為氫燃料電池電動車的加氫站，臺灣未來在建置綠氫生產及應用案場可參考。CSIRO 利用再生能源電力來電解純水產氫，再混合空氣中的氮氣產生氨氣，並將氨氣液化儲存運輸，要使用氫時將氨透過金屬膜技術分解回純氫，建議未來臺灣可向澳洲洽談該製氫技術合作，CSIRO 所開發之自動化工業機器人可應用於地震後搜救及受傷洞穴探險者的救援行動，建議臺灣研發救災資源可納入參考。

未來在燃料電池、再生能源，以及氫氣之製造、壓縮、儲存及運輸所需費用、儲能系統等領域，若臺灣能參考澳洲先進技術與實務經驗，相信對於臺灣逐步邁向 2050 淨零碳排定能有所助益。

伍、參考文獻

- [1]https://www.resources.qld.gov.au/__data/assets/pdf_file/0005/1626647/gridp-web.pdf, “QUEENSLAND resources industry development plan,” June 2022.
- [2]https://www.resources.qld.gov.au/__data/assets/pdf_file/0005/1726430/critical-minerals-strategy.pdf, “Queensland Critical Minerals Strategy.”
- [3]<https://www.dcceew.gov.au/sites/default/files/documents/safeguard-mechanism-reforms-factsheet.docx>, “Safeguard Mechanism Reforms,” May 2023.
- [4]<https://arena.gov.au/assets/2021/07/qut-hydrogen-process-rd-project-mid-term-activity-report.pdf>, “QUT Hydrogen Process R&D project Mid-Term Activity Report,” April 2021.
- [5]https://www.fenex.org.au/wp-content/uploads/2022/06/Hybrid-renewable-energy-systems-for-hydrogen-production-and-use_Ian-Mackinnon_QUT.pdf, “Hybrid renewable energy systems for hydrogen production and use,” June 2022.
- [6]<https://research.qut.edu.au/energystorage/>
- [7]https://hr.linkedin.com/posts/matt-damasceno_energydm-electricvehicles-lithiumionbatteries-activity-6981802480665821184-1fe_
- [8]https://www.csiro.au/-/media/About/Files/YearInReview_WEB.pdf, “CSIRO Highlights 2022.”
- [9] <https://research.csiro.au/qcat/>
- [10]<https://science.des.qld.gov.au/research/capability-directory/data61-bu>

siness-unit-fortitude-valley

[11]<https://www.csiro.au/en/research/technology-space/robotics/DARPA-Challenge>

[12]<https://www.darpa.mil/program/darpa-subterranean-challenge>

[13] “臺灣 2050 淨零轉型「氫能」關鍵戰略行動計畫(核定本),” 經濟部, 112 年 4 月.

[14]<https://research.csiro.au/hyresource/about/hydrogen/>

[15]前田雄大 (童小芳譯), “SDGs 系列講堂 綠色經濟學 碳中和：從減碳技術創新到產業與能源轉型，掌握零碳趨勢下的新商機,” 台灣東販, 2022.

[16]<https://research.csiro.au/hydrogenfsp/our-research/projects/technoeconomics/>

[17]<https://www.csiro.au/en/research/environmental-impacts/fuels/hydrogen/membrane>

[18]<https://www.csiro.au/en/work-with-us/industries/mining-resources/resourceful-magazine/issue-25/moon-in-a-room>

[19]<https://algorithm.data61.csiro.au/how-data-science-is-helping-astronauts-prospect-for-lunar-ice/>