

出國報告（出國類別：考察）

考察德國綠能 新興產業發展及職業安全衛生政策

服務機關：勞動部職業安全衛生署

姓名職稱：鄒子廉署長、林志展副組長

派赴國家/地區：德國/科隆、多特蒙德、黑爾滕、布萊梅、

庫克斯港、聖奧古斯丁、法蘭克福

出國期間：112年7月29日至8月8日

報告日期：112年9月19日

摘要

綠色能源發展將是我國驅動經濟發展的新引擎，行政院已將綠能科技列入「5+2」產業創新計畫，致力於 2025 年達成再生能源發電占比達 15.1%的目標。為因應綠能產業發展可能衍生之作業危害，強化我國職業安全衛生及勞動保護，勞動部職業安全衛生署於 112 年 7 月 29 日至 8 月 8 日派員至德國拜訪德國聯邦職業安全衛生研究所、德國法定意外保險協會、國際第三方檢驗機構與綠能產業相關事業單位等，並實地考察廠場及實驗室等，以相互分享綠能產業安全衛生資訊及建立合作夥伴關係與溝通諮詢管道，期借鏡德國綠能產業(風能、氫能)發展經驗，提升我國產業安全效能及競爭力。

本次德國的考察參訪行程獲得許多寶貴的經驗及交流，重點說明如下：

- (一) 離岸風電作為綠能產業發展重要的一環，為確保離岸風場能正常有效的運轉，需要做好全生命週期的風險管理。德國由風場開發商、經營商導入第三方驗證單位或機構進行相關檢查或檢驗，以利資源有效利用，並有效降低工程施工的風險，德方作法值得借鏡。
- (二) 面臨 2050 年淨零轉型目標，氫能為其中關鍵的能源轉型技術；然而氫氣製造、輸送及儲存的製程都存在著安全風險，必須謹慎處理，以確保工作場所的氫氣儲存和處理設施符合嚴格的安全標準，並進行定期檢查和維護，持續監控工作場所的安全性，並提供員工足夠的培訓和資源，於氫能發展的同時，確保氫能源的發展是可持續和安全的。
- (三) 德國對於職業安全衛生研究亦有雙軌制，即隸屬於公部門德國聯邦勞動暨社會事務部(BMAS)下的聯邦職業安全衛生研究所(BAuA)與隸屬於私部門德國法定意外保險協會(DGUV)下的職業安全與健康研究所(IFA)。兩研究所各依其組織職掌各司其職，BAuA 任務著重於由安全衛生出現的風險，獲取相關知識並加以預測及研究，並且擔任 BMAS 的決策智庫及提供諮詢與建議；IFA 其職責在事故預防、職業病和與工作相關的健康風

險領域之研究，以及提供事故預防產品安全和質量管理體系的測試和驗證。

- (四) 此次考察除對德國政府相關勞動監管單位之政策、法律及安全衛生推動實務有更深入瞭解外，並邀得德國聯邦職業安全衛生研究所人因及 AI 專家於 12 月來台出席綠能產業職業安全衛生國際研討會，也分享我國職業安全衛生的經驗及推動策略，對於後續深化台德雙方產業安全衛生推展，助益良多。

目 錄

	頁次
摘 要.....	1
壹、 考察緣起與目的.....	7
貳、 考察行程及說明.....	9
參、 參訪交流與紀要.....	10
肆、 心得與建議.....	46

表目錄

頁次

表 1. 考察行程安排表	9
--------------------	---

圖目錄

	頁次
圖 1. 拜訪 BAuA 雙方交流情形.....	11
圖 2. BAuA 歡迎告示及致贈 DASA 館長紀念品與職安署年報.....	12
圖 3. 參觀 DASA 展覽館並聽取工作人員簡介情形.....	13
圖 4. 與工業革命時期所使用的動力織布機及成品合影.....	14
圖 5. 體驗 DASA 展覽館中的人體工學設計.....	14
圖 6. 試駕 DASA 展覽館中的虛擬實境貨車.....	15
圖 7. 參訪 BAuA 技術中心的人體 3D 掃瞄實驗室.....	15
圖 8. 參觀 BAuA 技術中心的消音實驗室.....	16
圖 9. 拜訪德國 DGUV 結束後與接待人員合影.....	20
圖 10. 操作 3D 虛擬實境高空工作車之應用情形.....	22
圖 11. 利用影像辨識技術顯示人員臉部之抗 UV 情形.....	22
圖 12. 德國聯邦職業安全衛生體系雙軌系統.....	23
圖 13. 氣候變化對 DGUV 不同部門的直接和間接影響.....	24
圖 14. 雙方於 TÜV Rheinland 總部合影留念.....	26
圖 15. 致贈 TÜV Rheinland 代表紀念品.....	26
圖 16. TÜV Rheinland 於全世界之據點分布情形，在台灣亦設有公司.....	28
圖 17. TÜV Rheinland 在氫能產業鏈上的核心服務及認證.....	28
圖 18. TÜV Rheinland 利用數值模擬分析風機重要零件之應力.....	29
圖 19. 參觀 TÜV Rheinland 總部實驗室情形.....	29
圖 20. 與 TÜV Rheinland 氫能實驗室展示海報合影.....	30
圖 21. Herten 地區原有氫氣管線與未來氫氣管線路徑圖.....	33
圖 22. 利用風電產生綠氫之製程流程示意圖.....	33
圖 23. 參訪 h2herten 氫能應用中心情形（氫氣儲存槽）.....	34

圖 24. 參訪 h2herten 氫能應用中心情形（水過濾系統及電解槽）	35
圖 25. 加氫設備分為 350bar 和 700bar 兩種壓力	36
圖 26. 體驗加氫設備之情形	36
圖 27. 於天豐總部交流德國離岸風電安全衛生執行現況	38
圖 28. 天豐新能源公司事業規劃版圖	39
圖 29. 離岸風機機艙運輸過程	40
圖 30. 西門子歌美颯公司庫克斯港組裝工廠參訪後合影	42
圖 31. 拜訪 MRCC 海上救援協調中心（勤務中心與救援船）	44
圖 32. 拜訪 MRCC 海上救援協調中心（救援船維修）	44
圖 33. 與經濟組洪敬庭組長討論交流	45
圖 34. 風機的延長使用壽命示意	48
圖 35. 救援人員準備從直升機投降繩索到過渡平台為傷者救援	49
圖 36. 海上救援演練利用直升機於過渡平台吊運傷者到直升機上	49

壹、考察緣起與目的

隨著溫室效應造成之全球氣候變遷日益嚴重，「碳中和」與「淨零排放」等減少溫室氣體排放的策略逐漸受到全球重視，世界各國陸續加入淨零排放的宣示與行動。我國的淨零路徑已經在 2022 年規劃完成，2050 淨零排放將會以「能源轉型」、「產業轉型」、「生活轉型」、「社會轉型」為四大轉型路徑，就能源、產業、生活及社會轉型政策預期增長的重要領域制定行動計畫，落實淨零轉型目標。綠色能源及其產業發展將是未來驅動經濟發展的新引擎，故行政院將綠能科技列為「5+2」產業創新計畫之一，其中以風電、光電、氫能及電動化為首要發展項目。

德國作為全歐洲工業及科技發展最為發達的國家，長年以來以汽車製造與重工業聞名全球，在過去 20 年的碳排放量一直都是歐盟國家之最，其淨零推動有其難度與挑戰。而德國在 2019 年提出期望能在 2045 年達到淨零碳排的目標，此目標較世界其他先進國家更早了五年，顯示德國的淨零之路的決心，積極發展及推動綠能產業。

在德國推動綠能產業的路徑中又以離岸風力發電及氫能應用為最關鍵。在離岸風電方面，依全球風能協會(GWEC)統計報告截至 2022 年止，全球離岸風電裝置容量達 64.3GW，德國設置容量占全球 13%以上。又德國所建造之離岸風場多位於北海海域，勞工作業環境特殊且離岸遙遠，與我國目前開發之大彰化風場及海龍風場情況相似。鑑於離岸風力發電產業為我國新型態產業，其海事操作受到天候海況、載台運動影響甚大，作業特性與陸域迥異，從業人員需於載台間轉移、海上吊裝、水下作業、海上高處作業如葉片化學塗佈與修補等，這些都屬於高風險作業，如何預防職業災害發生，亟需我們進一步了解與學習國際間已有之技術與管理經驗；在氫能方面，德國自 1939 年以來已有氫氣之相關應用，境內並擁有一條 130 英里長之地下管線用以輸送壓力 20Bar、每小時 20,000 磅之氫氣到化工廠，直到現在該管線仍在使用中，且德國近期亦開始研究於家用天然氣中混氫

20%以供居民使用。

有鑑於此，勞動部職業安全衛生署今年特別與中華民國工業安全衛生協會偕同參訪考察德國上述綠能發展之現況，實地瞭解德國離岸風場與氫能相關安全技術以及政府單位在職業安全衛生監督上的相關制度與措施，希望藉由本次的考察可以協助我國縮短學習曲線，並使勞動部職業安全衛生署可以做為我國 2050 淨零排放發展上防止勞工發生職業災害的堅強後盾。

本次考察參訪涉及職業災害保險及勞動政策國際交流與合作，特請勞動部派駐歐盟兼駐比利時代表處莊副組長美娟陪同參訪德國法定意外保險協會(DGUV)及拜訪駐德國台北代表處法蘭克福辦事處，並提供相關行政協助。

貳、考察行程及說明

本次德國考察行程從 112 年 7 月 29 日至 8 月 8 日，期間參訪德國聯邦職業安全衛生研究所(BAuA)、德國法定意外保險協會(DGUV)、德國萊茵總部、氫能公司、天豐新能源公司、達德能源監控中心、布萊梅海上救援協調中心、西門子歌美颯公司機艙組裝工廠以及拜會駐德辦事處等，相關之考察行程安排如表 1 所示。

表 1. 考察行程安排表

日期 星期	地點	主要行程
7/29 星期六 7/30 星期日	桃園→法蘭克福→科隆	去程，搭乘飛機至德國法蘭克福再搭乘汽車自法蘭克福前往科隆
7/31 星期一	科隆→多特蒙德	1. 拜訪德國聯邦職業安全衛生研究所(BAuA)並進行交流 2. 參觀 BAuA 之 DASA 展館
8/1 星期二	科隆	1. 拜訪德國萊茵總部並進行交流 2. 參訪太陽光電及氫能等實驗室
8/2 星期三	科隆→黑爾滕→布萊梅	參訪 Anwenderzentrum h2herten 氫能公司
8/3 星期四	布萊梅	1. 拜訪天豐新能源並進行交流 2. 參訪達德能源監控中心 3. 參訪布萊梅海上救援協調中心
8/4 星期五	布萊梅→庫克斯港	參訪西門子歌美颯公司庫克斯港機艙組裝工廠
8/5 星期六	布萊梅→波恩	蒐集資料、會議準備，搭乘火車自布萊梅前往波恩
8/6 星期日	波恩	蒐集資料，會議準備
8/7 星期一	波恩→聖奧古斯丁→法蘭克福	1. 參訪德國法定意外保險協會 DGUV 並進行交流、參觀 DGUV 所屬之 IFA 職業安全與健康研究所實驗室 2. 至駐德辦事處拜會交流
8/8 星期二	法蘭克福→桃園	回程，搭乘飛機返回台灣

參、參訪交流與紀要

一. 拜訪德國相關政府單位

(一)聯邦職業安全衛生研究所（簡稱 BAuA）

本次拜訪德國聯邦職業安全衛生研究所是我國第一次有機會至德國政府勞動部相關部門進行拜訪，並交流勞工保護制度與經驗，為台德外交上的一大新突破。以下就本次考察德國勞工保護制度及參訪過程的幾項重點摘述：

1. BAuA 機構簡介

聯邦職業安全衛生研究所(Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, BAuA) 是隸屬於聯邦勞動暨社會事務部(Bundesministerium für Arbeit und Soziales, BMAS)的聯邦機構，負責全德國的職業安全與健康的研究和開發任務。總部位於多特蒙德，在柏林、德累斯頓和開姆尼茨等地設有辦事處。其執掌包括法律的執行(execution of laws)、建構網路(networking)、提供資訊(information)、研究(research)、提供建議(advice)、成果展示(exhibition)、資料管理(generation of data)等。

在職業安全衛生法規制定過程，BAuA 會透過對各種有關職業安全衛生及社會政策的問題進行研究，從而獲得對新興風險的認知和預測，針對具體挑戰制定解決方案，並就所有安全和健康問題以及人性化工作設計向 BMAS 提供諮詢與建議，輔助規則和法規的制定，擔任 BMAS 的決策智庫，但不會直接參與政策制定。另外，聯邦職業安全衛生研究所(BAuA)相當於我國勞動部的勞動及職業安全衛生研究所，不過，BAuA 並不是政府的行政機關，而是一個不具法律能力的公法人(A public law institute without legal capacity)，今年有 8570 萬歐元的經費，而經費來源全是由聯邦政府提供，研究獨立，不受政府政策影響。

2. BAuA 與會代表出席情形

本次參訪 BAuA 出席人員較多，包含人因部門主管 Sascha Wischniewski 博士 (Head of Human Factors, Ergonomics)、有害物質與生物製劑部門科學主管 Rolf Packroff 博士 (Scientific director of Hazardous substances and biological agents)、工作時間和靈活性部門主管 Nils Backhaus 博士 (Head of Working time and flexibilization)、DASA 世界工作展覽館館長 Gregor Isenbort (Director of DASA working world exhibition)、公共關係經理 Christian Schipke (Public Relations Manager, BAuA) 等。可以看出 BAuA 對於我方參訪的重視程度，雙方交流情形如圖 1 所示，對方製作歡迎告示以及參訪團致贈對方紀念品與職安署英文年報如圖 2 所示。



圖 1. 拜訪 BAuA 雙方交流情形



圖 2. BAuA 歡迎告示及致贈 DASA 館長紀念品與職安署年報

3. BAuA 參訪紀要（參訪現場情形可參考圖 3 至圖 8 所示）

- (1) 德國民眾對 DASA 世界工作展覽館的熱愛：在展覽館中年齡層廣泛，自牙牙學語的幼兒至銀髮老人皆可見。DASA 展覽館是全球最大關於勞工工作內容的常設展覽，佔地約 13,000 平方公尺，從工業 1.0 機械化工業到工業 4.0 智慧化工業演變過程中的機械和職業生態的改變，到介紹關於各式勞工工作的基本資訊，以及解決環保、不平等工作條件與勞工安全議題的方案，每年有將近 20 萬的參觀人數。
- (2) 進行 DASA 世界工作展覽館參觀及導覽：DASA 展覽中有對電腦座椅的人體工學設計，利用電腦座椅底下加裝 3 個不同方位的彈簧，讓使用者坐下來的同時間需要利用自身的小肌肉來保持平衡，有助辦公室從業員的身體健康，亦可以幫助長時間臥床的康復者重新學習走路。另外，在展覽館中可以模擬試駕貨車，看著電腦螢幕的圖像模擬重型車輛在城市和四周山路駕駛的情況，讓駕駛者模擬感受職業司機工作

的情況。

- (3) 參觀 BAuA 技術中心：在消音實驗室展示對工作場所中所使用的電子設備作噪音測定及研究，例如測試高價位和低價位吸塵器之間的聲浪水平以探討如何改善設備設計來減低噪音水平；此外技術中心也有對室內空間如大眾運輸的車廂、醫療場所或工作場所內使用空氣清淨機以過濾空間中的病菌以降低傳染的主動防護的研究。而技術中心亦有針對德國大眾作人體數據的測量統計，利用 3D 掃瞄設備準確地收集各人體身高、體重、頭圍、三圍等，以建立完整的人因工程數據來為職業健康安全作新的探討和改善建議及建立以人為本的工作標準。



圖 3. 參觀 DASA 展覽館並聽取工作人員簡介情形

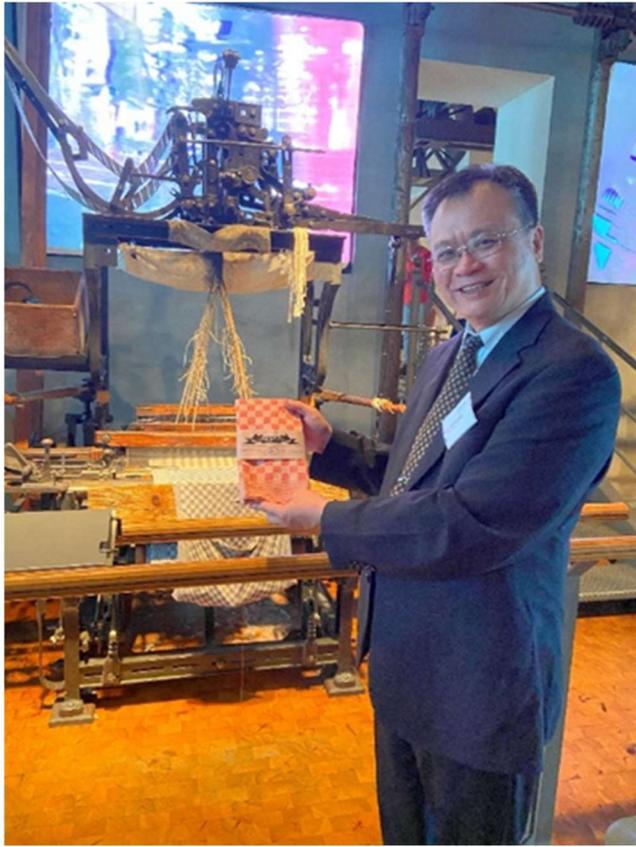


圖 4. 與工業革命時期所使用的動力織布機及成品合影



圖 5. 體驗 DASA 展覽館中的人體工學設計



圖 6. 試駕 DASA 展覽館中的虛擬實境貨車

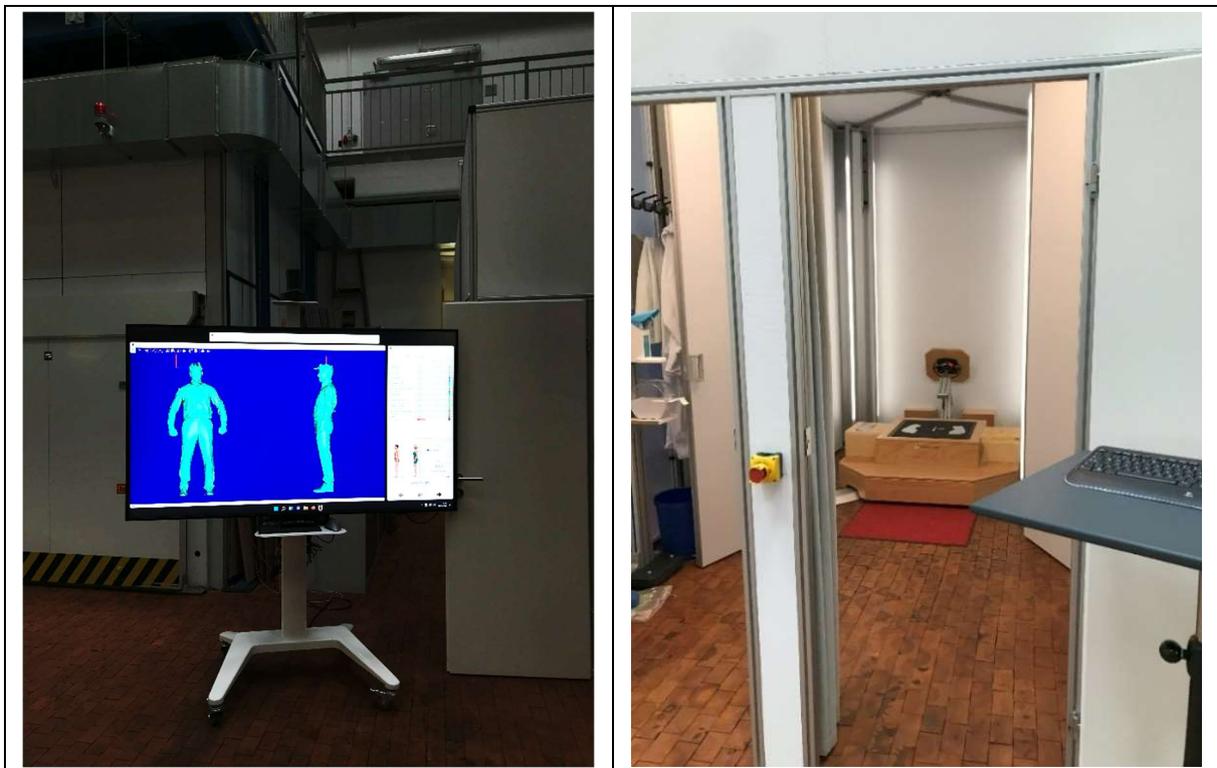


圖 7. 參訪 BAuA 技術中心的人體 3D 掃瞄實驗室



圖 8. 參觀 BAuA 技術中心的消音實驗室

4. BAuA 討論重點摘錄

- (1) 每周 4 天工作議題：如工作量沒有增多的情況下，每周 4 天工作是利多於弊；但如果將每周工作時間調整為 4 天，把 5 天工作量壓縮為 4 天完成之結果會使休息時間不足，身體沒法復原，工作風險將會提高。研究顯示每天工作時數超過 10 小時，發生意外風險將會提高 1.5 倍。
- (2) 超過額外工時限制議題：離岸風場工作場域屬彈性工時，一般正常的工作時間為每天 8 小時，連續 1-2 星期待在船上，因為事業單位想提高生產效率，工作時間要求提高為每天 14-16 小時，雖然發生意外風險會提高 1.5 倍以上，但員工普遍接受，因想盡快完成工作離開離岸風場，對於此情況在德國也面對同樣的問題，事業單位向德國聯邦勞工部提出豁免，容許他們可以把每天工作時間提高最高至 16 小時，而事業單位舉證說明在離岸風場的勞工，當天工作結束後能馬上回工

作船休息，無須通勤時間，休息時間足夠 8 小時。

- (3) 在勞工法規方面：德國各地的地方政府都要統一遵守規定，但在市民的福利或地方教育，地方政府有一定的自主權。
- (4) 有關太陽能板回收產業中的重金屬職業暴露問題，德方認為充分的數據統計研究及提早對安全保護性的規劃，並設計合適的工作指引才能有效減低職業安全健康的風險。
- (5) 在德國產業中機械外骨骼使用情況：目前來說，在德國產業上使用機械外骨骼仍不普及，對於這個問題德方認為機械外骨骼雖能減低勞工的物理性傷害，但外骨骼的限制仍有很多，只針對單一的工序才有顯著的效果，而普通的機械亦能有效輔助勞工工作，例如吊升機、機械手臂，故應先考慮一般的機械輔助就足夠了。

(二)拜會德國法定意外保險協會(簡稱 DGUV)

本次拜訪德國法定意外保險協會是繼民國 99 年勞工保險監理委員會及民國 106 年臺中市政府拜訪後第 3 度拜訪，也是我國第一次中央行政機關有機會至德國法定意外保險協會(聖奧古斯丁)及其下的職業安全與健康研究所(IFA)進行拜訪，並交流職業災害保險制度與經驗，及研究所之研究。以下就本次考察及參訪過程的幾項重點摘述：

1. DGUV 機構簡介

德國法定意外保險協會 (Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, DGUV)是針對產業與公部門意外保險所設置之傘狀協會(umbrella association)，分別由 9 個產業及商業等專業協會(簡稱 BGs)跟 24 個事故保險公司共同成立，在六個地區設有分區協會，由各地區協會執行其成員機構在意外事故預防和復健的任務。DGUV 的職責為統整意外災害的預防、補償及重建事宜，提供給意外事故的勞工及學生完整的保障。另 DGUV 代表強制意外險機構負責與政策制定者、地方、國家、歐洲與國際機構、資方代表以及勞工代表進行交涉。

DGUV 設有會員大會和理監事會，理監事之成員是透過會員大會選舉產生，理事長(Managing Director)由理監事會推選，每年至少舉行一次會員大會，討論重要的議題並進行決議。總部位於柏林，並在聖奧古斯丁(波恩附近)設有辦事處。另設有三個職業安全和醫學研究所，如下：

- (1) 職業安全與健康研究所(Institute for Occupational Safety and Health, IFA) (位於 St. Augustin)
- (2) 工作與健康研究所(Institute for Work and Health, IAG) (位於 Dresden)
- (3) 德國社會事故保險預防和職業醫學研究所(Institute for Prevention and Occupational Medicine, IPA) (位於 Bochum)

2. IFA 機構簡介

IFA 是德國法定意外保險協會(DGUV)下的一個研究和測試機構，它位於德國波恩附近的聖奧古斯丁，屬非營利機構。其職責 1/4 在事故預防領域，3/4 在職業病和與工作相關的健康風險領域。IFA 的前身研究所成立於 1935 年，並於 1953 年重組，致力於粉塵防治。1976 年，美因茨的噪音防治研究所也被納入其中。1980 年，該研究所（當時名為 BIA）遷至波恩附近的聖奧古斯丁。2003 年更名為 BGIA，2007 年德國社會意外保險協會在商業和公共部門合併之際，該機構更名為現在的名稱。自 2010 年初起，縮寫名稱為 IFA。

IFA 支援德國社會意外保險機構及其組織並解決與職業安全和健康相關的科學和技術問題。其使命包含以下目標：(1)研究、開發和調查；(2)產品和材料樣品的測試；(3)工作場所測量和建議；(4)參與標準化和監管制定機構；(5)提供技術資訊和專業知識；(6)為製造商和公司提供產品和質量管理體系的測試和認證，獲得認證的產品及製造商可在已認證的數據庫中查閱。而 IFA 涉及的領域包括(1)化學/生物危害（粉塵、氣體、煙霧）；(2)物理危害；(3)人體工學；(4)流行病學；(5)事故預防/產品安全。

3. DGUV 與會代表出席情形

本次參訪 DGUV 由戰略合作處副組長 Sabine Herbst 女士(Deputy Section Manager Strategic Co-operation) 和職業安全與健康研究所所長 Dietmar Reinert 博士(Director of IFA)負責代表接待並進行簡報，但因參訪過程多為實驗室不方便拍照，另於會後在 DGUV 大門雙方合照如圖 9 所示。

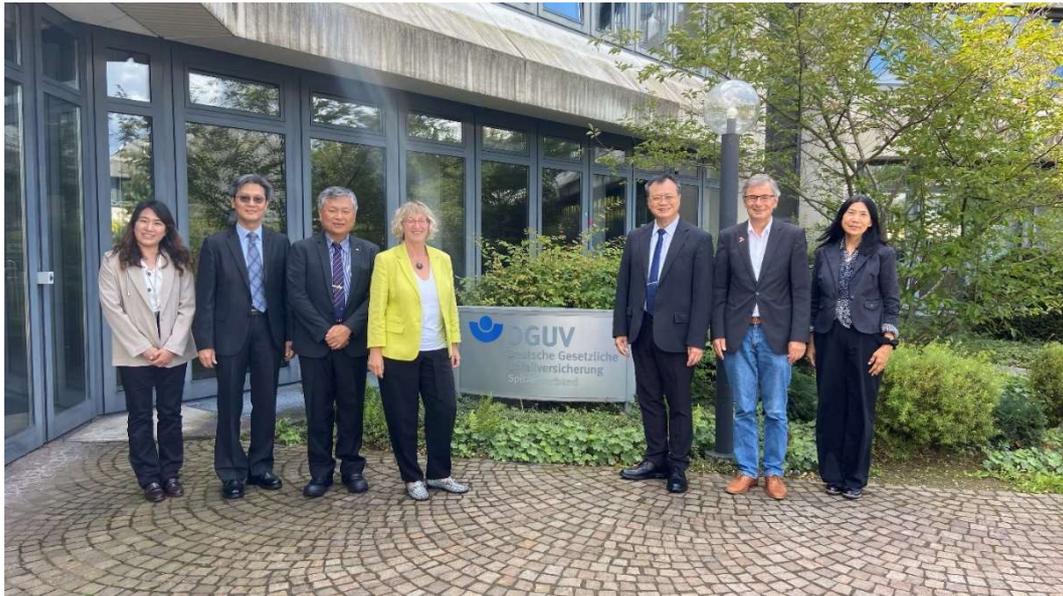


圖 9. 拜訪德國 DGUV 結束後與接待人員合影

(左起為)工安協會黃信慈專案經理、黃建平副秘書長、職安署林志展副組長、DGUV 戰略合作處副組長 Sabine Herbst、職安署鄒子廉署長、DGUV 職業安全與健康研究所所長 Dietmar Reinert、台北駐歐盟暨比利時辦事處莊美娟副組長

4. IFA 實驗室參訪紀要

本次的參訪非常榮幸由 IFA 的所長親自帶領參訪團一行至下列八個實驗室參觀與討論，各實驗室之說明如下：

- (1) 石綿實驗室：利用個人採樣泵收集老舊建築物周邊的空氣樣品，利用電子顯微鏡分析樣品，以建立老舊建築物石綿對大眾的影響之數據。
- (2) 口罩實驗室：使用含鹽霧氯化鈉(NaCl)微粒作試驗，透過測試人員在跑步機上運動，檢測從口罩洩漏出來的氯化鈉微粒來測試口罩之穿戴密合性。另外如口罩需要進入到歐洲市場賣買及使用前需得到認證及批准(不論是否已合乎其他國家的標準)，主要針對 KN95 等口罩進行測試，並於通過後給予 CE0121(IFA Notified Body number)的認證，而 IFA 是少數在歐洲可給予 CE 認證的口罩實驗室之一。
- (3) 消音實驗室：IFA 為事故保險機構執行複雜或需要特殊儀器的工作場

所測量，例如在峰值聲壓極高的情況下利用頭盔或使用模擬人頭的模型進行測量，並收集數據，向公司提供噪音控制方面的建議，例如改善工作場所的室內聲學狀況，以建議如何在新工作場所進行規劃。實驗室也展示了為減低切割時噪音而設計的具有減低共振的砂輪機靜音鋸片。

- (4) 展示 IFA 研發的電磁場(EMF)輻射測量機，利用手機鏡頭實景測試區域，而在手機中該測試點會以球體標示出 EMF 數據，也可以在手機顯示 EMF 的安全區域。
- (5) 實驗室展示對機械手臂的力量測量，以測量機械手臂對勞工接觸時的痛楚感受，可作為協作型機械手臂之安全標準設計閾值。
- (6) 3D 虛擬實境(VR)高空工作車的實驗室：利用 6 台電腦打造虛擬的高空作業情景，以職業使用者為本來設計及測試工作車控制器的使用，探討對使用者的影響。參訪團親自參與體驗，其操作虛擬高空工作車之情形如圖 10 所示。
- (7) 人工搬運的實驗室研究，利用最新的壓力感受器測試人工搬運對身體壓力的評估。
- (8) 紫外線 UVradiation 保護測試實驗室:全球氣溫上升，原本相對寒冷的國家亦面臨高氣溫問題，為保護長時間戶外工作如營造業、農業等之工作者，實驗室有針對長期暴露紫外線下的實驗研究，分析不同年齡對紫外線的影響，也對防曬乳等防曬保護用品作測試，又塗完防曬乳後的抗 UV 檢測辨識如圖 11 示。



圖 10. 操作 3D 虛擬實境高空工作車之應用情形

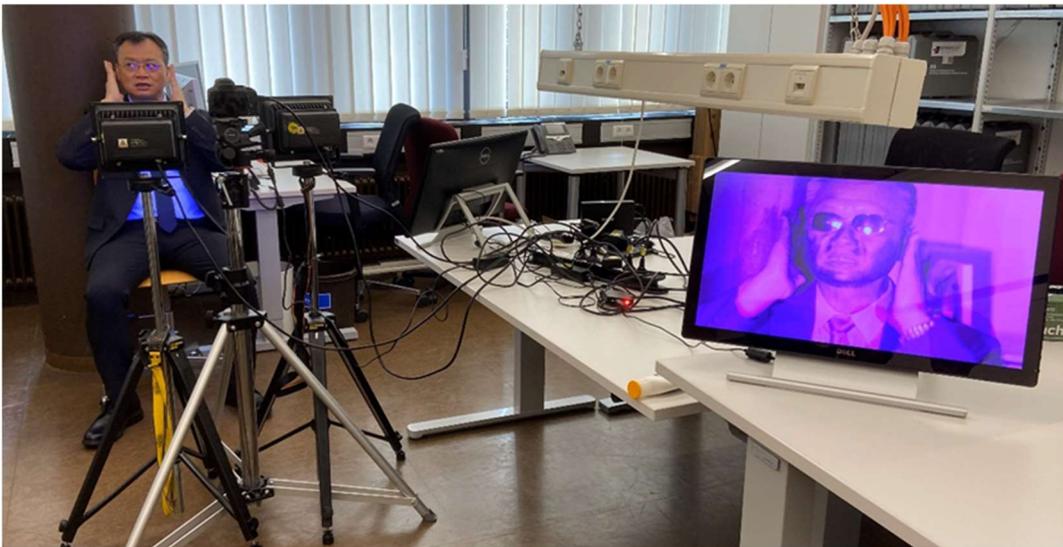


圖 11. 利用影像辨識技術顯示人員臉部之抗 UV 情形

5. DGUV 討論重點摘錄

- (1) 德國社會安全系統及法定意外保險制度始源於 1884 年，現屬隨收隨付(pay-as-you-go)制度，當中健康、醫護、年金及失業保險保費來自勞資雙方，但意外保險則強制規定所有雇主加保，及保費全由雇主負擔。另如勞工請領意外保險給付可直接向保險機構申領而不必透過雇

主。

- (2) 在德國消防自願者或社團志工都受到社會意外保險保障，而按照受傷程度得到不同的賠償，有別於台灣現況。
- (3) 在德國通勤時所發生的事故會計算進工傷率，雖然會讓雇主需付出更多的保險費用，但勞工在通勤時發生意外都能受到保障。
- (4) 德國聯邦職業安全衛生體系雙軌系統：德國職業安全衛生採雙軌制 (Dual system)，除了法令規定外另包含了德國意外保險，為預防、重建及補償三位一體之特色。最重要的兩個行為者是政府和法定職災保險機構，從立法、政策執行到檢查均採雙軌進行。職業安全衛生的任務含蓋工作場所健康危害的查核、評估、設計工具與作業條件、推動職業安全衛生預防措施、職業傷病的診治(現已擴大包含工作相關疾病)、復健與重建措施以及最後的補償給付措施，其雙軌系統之運作架構可參考圖 12 所示。

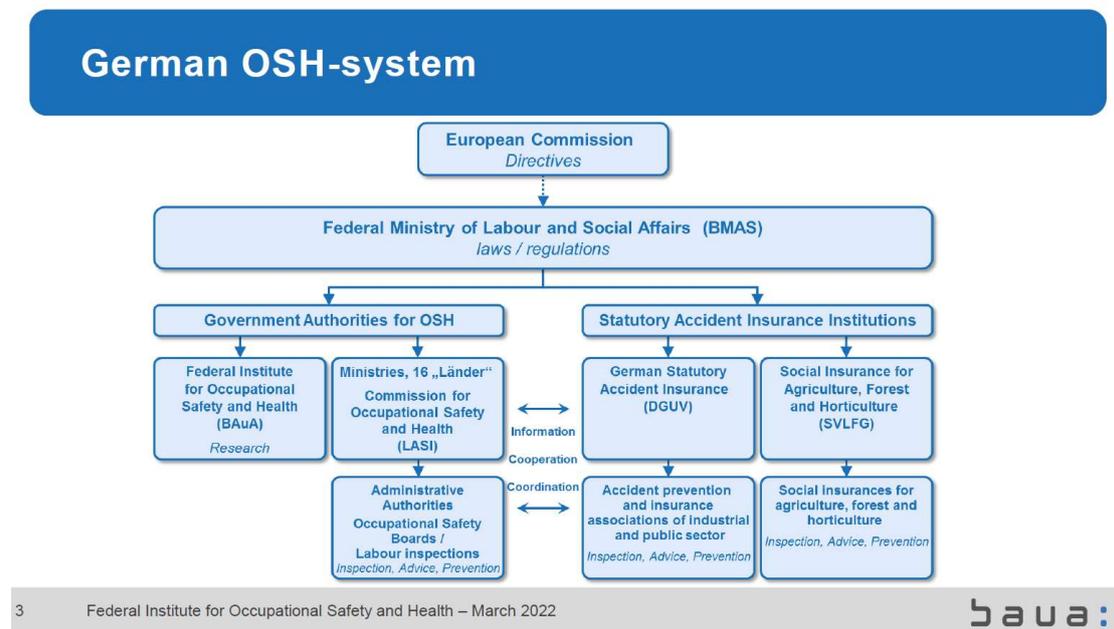


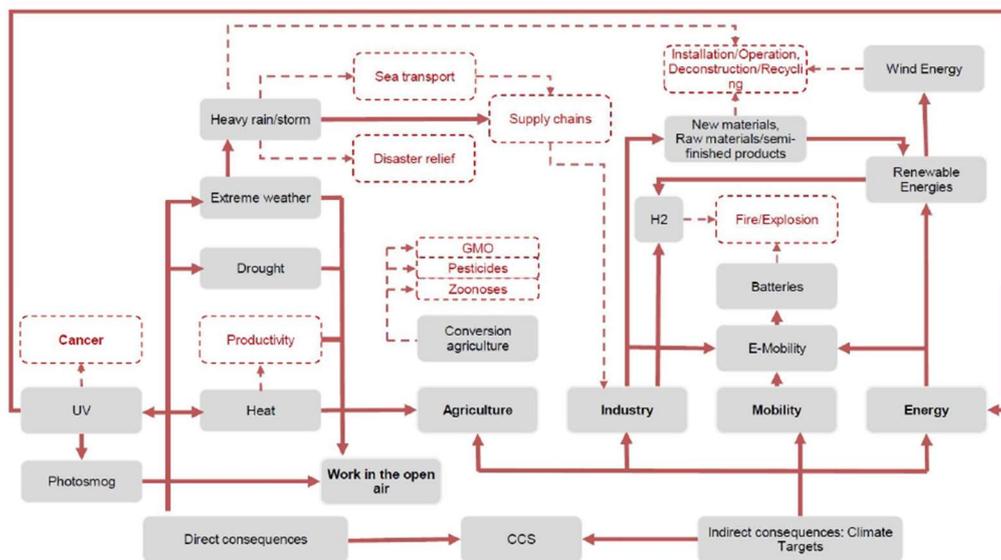
圖 12. 德國聯邦職業安全衛生體系雙軌系統

- (5) 德國社會意外保險機構的法律授權：

- A. 採取『一切適當手段』(all suitable means)預防職業事故、職業病和與工作相關的健康危害。
- B. 在發生職業事故或職業病後，通過『一切適當手段』(all suitable means)恢復被保險人的健康和表現。
- C. 向被保險人或其倖存家屬提供金錢補償。

而“all suitable means”的意思指意外險之含括範圍包括治療的費用、復原所需之費用等，其目的在於確保員工可以正常地回到職場，為企業服務。讓員工可以重回職場可以減低倚賴政府的救助，對於經濟的發展而言，員工有薪資之後，可以繳稅，政府可以從員工得到稅收，可以支持此保險制度，永續發展。

- (6) 德國社會意外保險機構約有 80%資金來自保險，保險來自雇主，剩餘部分來自於實驗室進行測試的收入，而 IFA 在 2022 年有 2320 萬歐元的經費。又 IFA 針對氣候的變化對 DGUV 不同部門間的影響亦整理相關流程圖如圖 13 所示，其可作為我國後續研析之參考。



Source: https://www.denkfabrik-bmas.de/fileadmin/user_upload/Auswirkungen_Klimawandel_auf_Technologie_und_Arbeitssicherheit.pdf

圖 13. 氣候變化對 DGUV 不同部門的直接和間接影響

二. 拜訪事業單位

(一)拜會德國萊茵 TÜV Rheinland

1. TÜV Rheinland 機構簡介

德國萊茵 TÜV 集團（德語：TÜV Rheinland），是一家德國技術服務供應商，自 1872 年成立，擁有 140 多年歷史，為國際權威的獨立第三方驗證機構，在全球 69 個國家和地區設有 500 家分支機構。專門為專業技術設備、耐用品、電源設備與消費品等，提供安全、性能、品質檢測與驗證，確保產品品質符合國際標準。

2. TÜV Rheinland 與會代表出席情形

本次拜會 TÜV Rheinland 出席討論會議的代表包含執行副總裁 Markus Dohm 先生(Executive Vice President of Business Stream Academy & Life Care)、全球業務職業健康與安全負責人 Norbert Wieneke 先生(Head of Occupational Health and Safety)、全球氫能中心負責人 Thomas Fuhrmann 先生(Head of Global Hydrogen Competence Center)、大中華區亞太區非洲及中東地區地區經理 Gorica Glisic 女士(Area Manager Greater China, Asia/Pacific, IMEA)、全球業務發展經理 Kristine Kexin Ding 女士(Global Business Development Manage)、風力渦輪機檢驗部負責人 Pascal Schulze 先生(Head of Inspection body wind turbines)、台灣區董事總經理 Jennifer Wang 女士(Managing Director, TÜV Rheinland Taiwan)、台灣區能源與環境部門經理 Jonas C.H. Yen 先生(Section Manager of Energy and Environment)等，對於本次的參訪相當重視，並給予參訪團充分的意見交流時間，會後雙方與會人員並於德國萊茵科隆總部大樓門口合影留念如圖 14 所示，另參訪團贈與對方紀念品與職安署英文年報如圖 15 所示。



圖 14. 雙方於 TÜV Rheinland 總部合影留念



圖 15. 致贈 TÜV Rheinland 代表紀念品

(左起為)全球業務職業健康與安全負責人 Norbert Wieneke、TÜV 執行副總裁 Markus Dohm、職安署鄒子廉署長、全球氫能力中心負責人 Thomas Fuhrmann

3. TÜV Rheinland 參訪紀要

- (1) 本次參訪先於會議室中進行集團的簡介，其於全世界的據點分布如圖 16 所示，後續則針對其在離岸風電及氫能的相關技術與事業範圍做一簡介說明，其中在氫能產業鏈上的核心服務及認證如圖 17 所示，而利用數值模擬分析風機重要零件之應力以作為延長使用壽命之參考如圖 18 所示（以上圖片參考 TÜV Rheinland 提供之簡報）。
- (2) 參訪太陽光電板檢測實驗室，展示太陽光電板除了使用金屬進行耐撞測試外，因應全球氣候問題，亦進行冰雹撞擊測試，進行浸水測試，以模擬雨中防水情形，進行高強度閃光測試，以瞭解瞬間電壓及電流對於太陽能板的能源轉換之穩定性；此外另有包含高低溫測試、燃燒測試、效率測試等試驗。
- (3) 參訪氫能實驗室:TÜV 萊因協助德國的天然氣城市利用既有的天然氣管網混氫輸送的 5 個階段安全驗證計畫，驗證混氫佔比從 10%增加至 20%的長輸送管線的風險變更及適用性評估工作之可行性。其次，更對天然氣混氫氣體(25-30%)及 100%純氫氣體之燃燒效率、安全性測試、其所產生之廢氣排放檢測如氮氧化物（NO_x）的濃度，及其設備之耐久性作測試，除了傳統低碳鋼作為管道材料，並建議使用含鉻和鉬的合金鋼作為材料，驗證天然氣混氫氣體普及化之可行性。另因實驗室不便拍照，僅附上相關參觀情形如圖 19 與圖 20 所示。

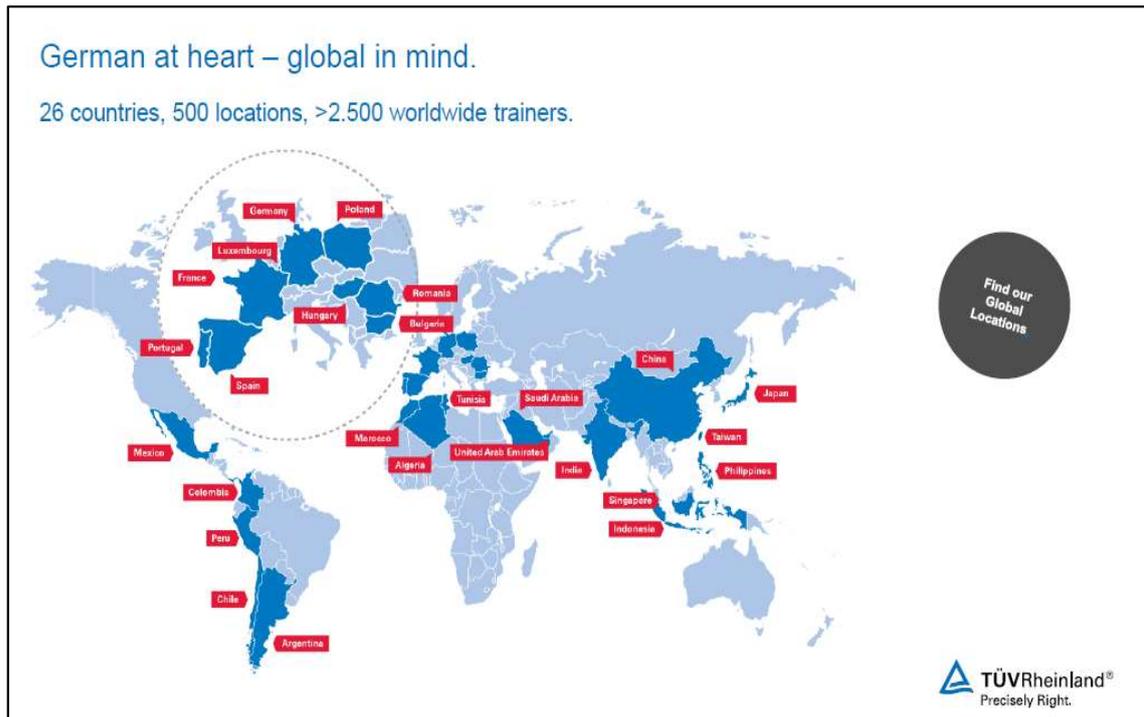


圖 16. TÜV Rheinland 於全世界之據點分布情形，在台灣亦設有公司

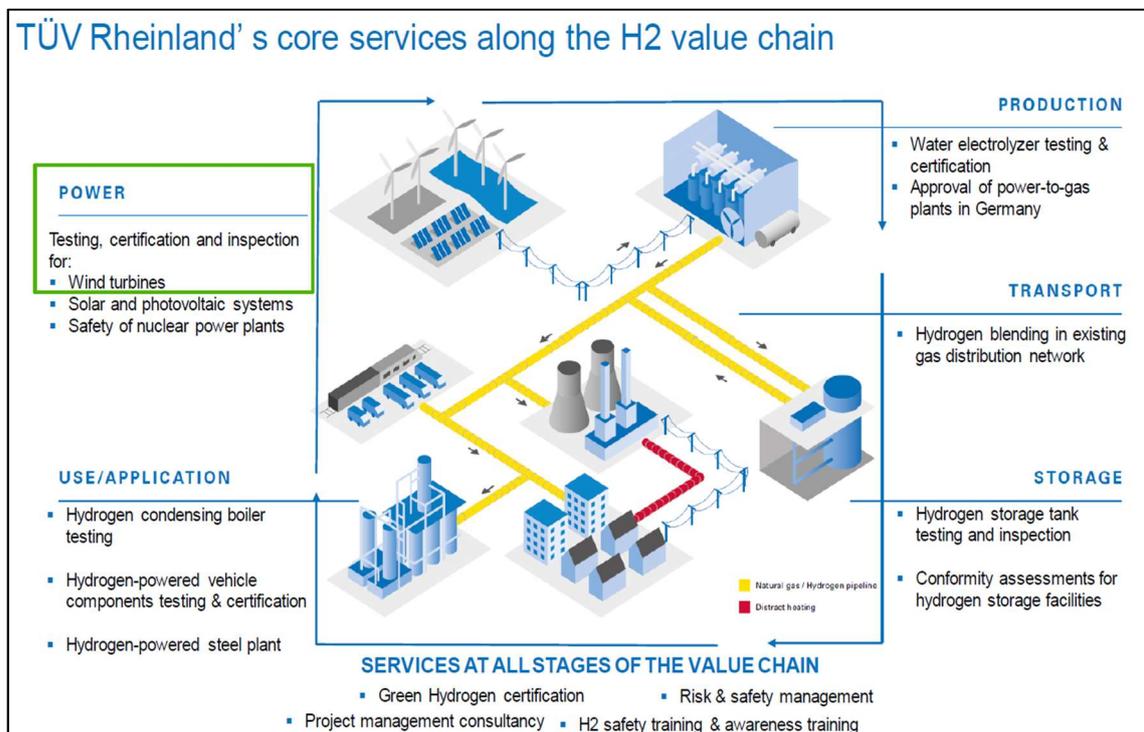


圖 17. TÜV Rheinland 在氫能產業鏈上的核心服務及認證

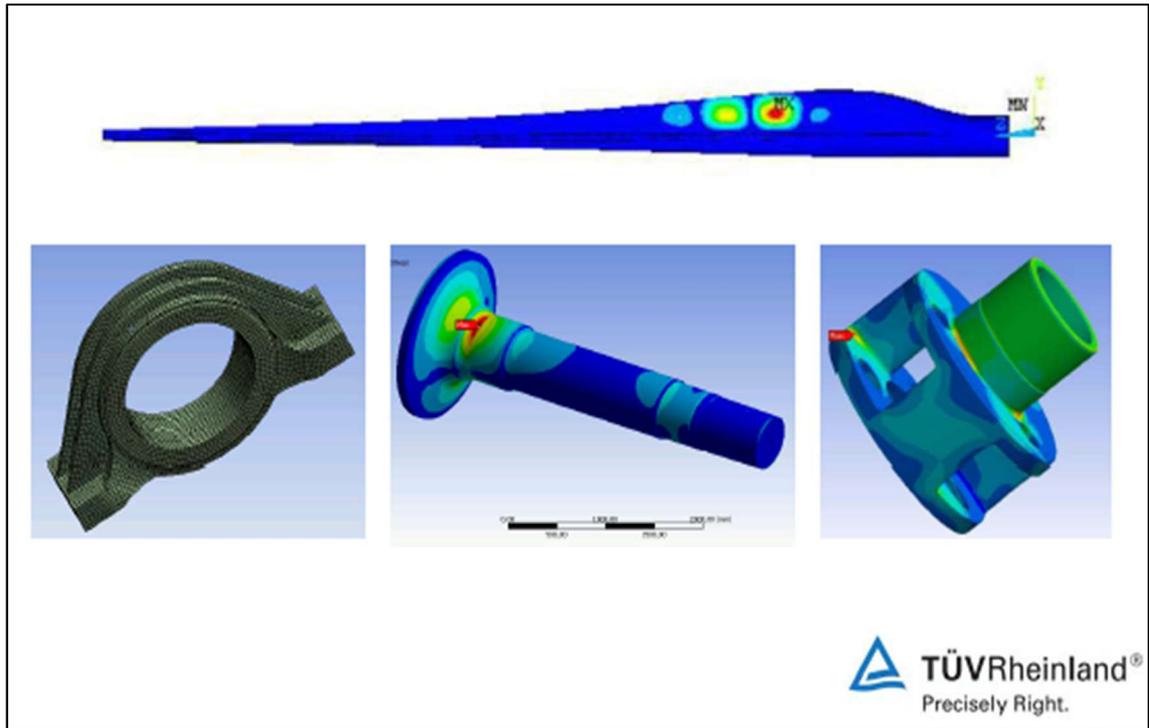


圖 18. TÜV Rheinland 利用數值模擬分析風機重要零件使用之應力



圖 19. 參觀 TÜV Rheinland 總部實驗室情形



圖 20. 與 TÜV Rheinland 氫能實驗室展示海報合影

4. TÜV Rheinland 討論重點摘錄

- (1) 介紹 ASiG 及 ArbSchG 的立法：1973 年 12 月 12 日頒布的關於職業醫師、安全工程師和其他職業安全專家的德國法律，簡稱《職業安全法、ASiG》，最後經 2006 年 10 月 31 日法令第 226 條修訂，規定了以下義務：雇主任命職業醫生、安全工程師等職業安全專家，明確其任務和操作崗位，要求在職業安全和事故預防方面進行配合；德國《職業安全與健康法》(Arbeitsschutzgesetz 縮寫為 ArbSchG)於 1996 生效，是德國在歐盟 89/391/EEC 職業健康與安全框架指令下，所訂定的職業安全與健康措施實施法，有關致命工傷事故由 1960 年代 4000 件到 2022 年下降為 427 件。
- (2) 聯邦政府及保險協會針對意外保險各別訂定規範，通常兩者之間不會有很大的差異，一般情況下，兩方會進行討論以取得共識，制訂未來五年的執行戰略，包含相關法規及指引。

- (3) 因小規模公司受限經費及員工人數等因素，無法固定聘用職醫或職護，事業單位可透過 TÜV 雇用兼職的職醫或職護，並執行每年半小時至 2.5 小時的服務。
- (4) 起重設備必須每年檢查一次，而且吊索、吊鉤等使用的任何起重設備都必須由授權人員進行測試，如為可承載人員的設備，則設備需要由經過授權的第三方的驗證機構進行驗證。
- (5) 瞭解德國電解產氫之電解槽體屬於壓力設備，另氫氣用於鍋爐，可能有高溫氫攻擊問題，如果使用混氫氣體其氫氣含量高於 20%，應使用歐洲 1.43 高規格的鋼材燃燒器及管線，而燃燒未完全的氫氣排放到廢氣管線中，則剩餘氫含量低於 100ppm，含量低，對後端影響小。

(二)參訪 Anwenderzentrum h2erten 氫能應用中心

1. h2erten 氫能應用中心簡介

黑爾滕(Herten)這座城市原本是煤礦城市，由於空氣污染問題，德國境內燃煤發電廠將於 2030 年全面關閉，這促使黑爾滕從歐洲最大的礦業城鎮轉型到最重要的氫能據點，而這個區域擁有的資源、工業、學術及設備是能源轉型的重要基礎。過往黑爾滕周遭為一個化學、煉油廠及工業群聚的地區，擁有許多小型化工產業，因為能源的轉型使大量傳統產業的員工面臨失業，因為氫能驅動經濟和工業的生態轉型，而能量可以儲存在氫氣中，並可以再次用作燃料電池的能量，氫被認為是 21 世紀的煤炭，所以氫能應用能提供很多新的工作機會。

迄今為止，已有 17 家涉及氫能的公司和機構落戶於氫能應用中心。他們致力於生產、運輸或使用氫氣的技術，通過與科學研究、工業界以及相關協會的聯繫，幫助相關氫能初創企業完成資助計畫，支持項目的啟動和開發以及調解。而該區域的二氧化碳製造及抵銷是平衡的，達成氣候友

好的城市。h2herten 氫能應用中心該區域並擁有小型風場、生質能及焚化爐製氫等再生能源。另外擁有兩大氫電解槽進行營運，訂定可永續發展目標，目前共計約有 70 個氫能相關項目進行中，規劃至 2030 年，相較於 1990 年溫室氣體減少 70%，並將氫能應用至工業，且預計將氫能混合其他能源達到佔比 20%。

2. h2herten 氫能應用中心及 TÜV Rheinland 與會代表出席情形

本次參訪 h2herten 氫能應用中心代表出席人員包含氫能應用項目經理 M.Sc. Steffen Laubrock 先生(Project manager for hydrogen applications)、Emscher-Lippe 地區氫能協調員 Dr. Babette Nieder 女士(Hydrogen Coordinator in the Region Emscher-Lippe)，又本次參訪行程為 TÜV Rheinland 協助安排，故其陪同參與人員包含全球氫能中心負責人 Thomas Fuhrmann 先生(Head of Global Hydrogen Competence Center)、全球業務發展經理 Kristine Kexin Ding 女士(Global Business Development Manage)、台灣區董事總經理 Jennifer Wang 女士(Managing Director, TÜV Rheinland Taiwan)、台灣區能源與環境部門經理 Jonas C.H. Yen 先生(Section Manager of Energy and Environment)等。

3. h2herten 氫能應用中心參訪紀要

(1) 本次參訪先由 h2herten 氫能應用中心出席代表針對其地區背景資料、現有運作狀況與未來發展等作介紹，而該區現有氫氣管線與 2030 年規劃之氫氣管線路徑可參考圖 21 所示。又利用風電產生之電力用以製作綠氫的製程流程示意圖則如圖 22 所示。

Our baseline 2020

Our vision for 2030



圖 21. Herten 地區原有氫氣管線與未來氫氣管線路徑圖

Hydrogen Based Energy Complementary System (HECS)

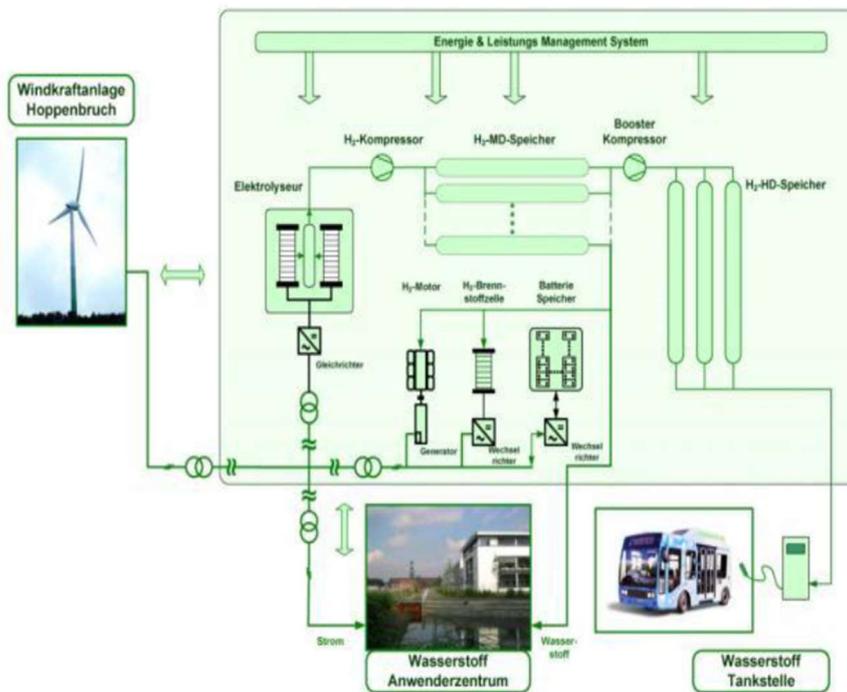


圖 22. 利用風電產生綠氫之製程流程示意圖

(2) 實地參訪氫能實驗室及工廠，參觀前置水過濾系統、電解槽體及氫氣儲存槽，而整個應用中心的電力亦同樣來自於附近風場的電網，當風場無法運作或產電量不足時，中心會利用氫燃料電池轉為電力，而在周末電力需求較低時，則利用多餘再生能源電力生產氫氣(綠氫)並儲存，以進行電力調節及節省綠色能源。參訪之情形如圖 23 及圖 24 所示。



圖 23. 參訪 h2herten 氫能應用中心情形（氫氣儲存槽）

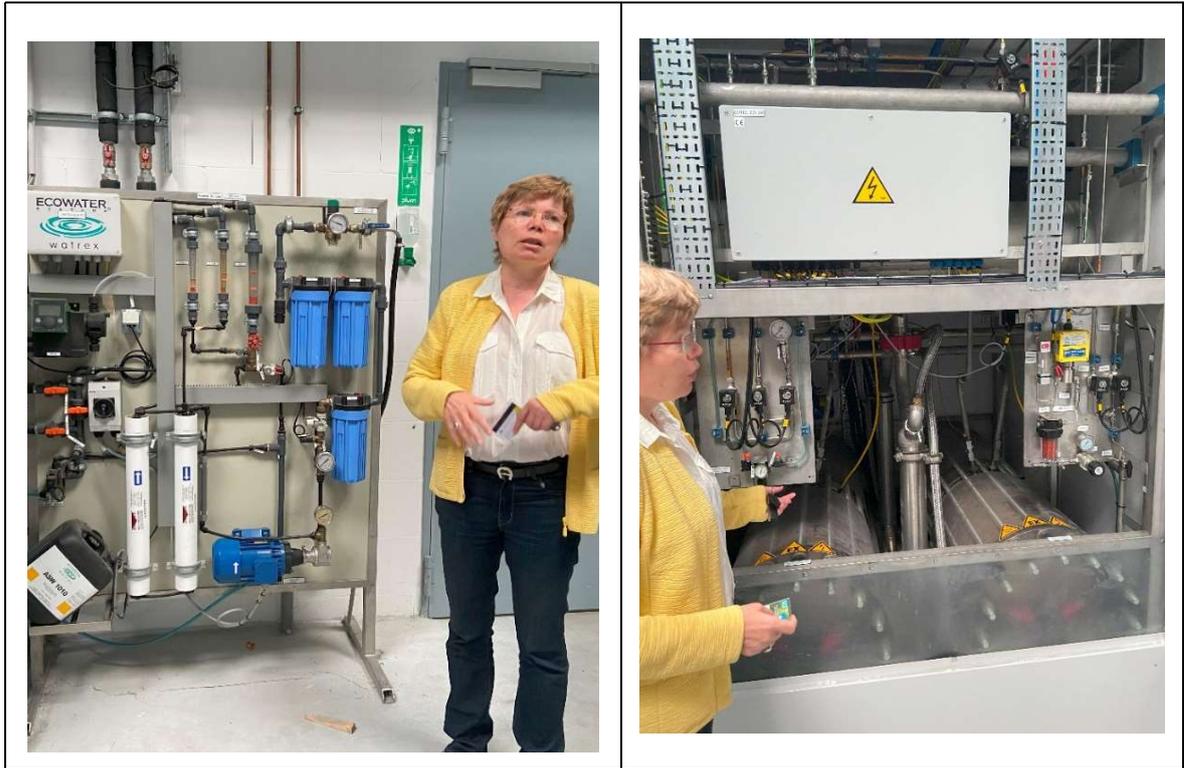


圖 24. 參訪 h2herten 氫能應用中心情形（水過濾系統及電解槽）

- (3) 除了參訪製氫工廠外，一行人亦參觀位於工廠旁之加氫站，而加氫站氫氣來源係利用附近的小型風場風機所產生的可再生能源電力電解水產製氫氣而來。中心代表實際示範對氫能汽車進行加氫作業，加氫設備分壓力 350bar(小型車專用)和 700bar(重型巴士、貨車等商用車專用)如圖 25 所示。加滿一輛小型汽車所需時間約 5 分鐘，加氫槍內有電子感應器，檢查車內的氫氣儲存壓力，並會在注入氫氣前自動鎖上以免在加氫過程中因加氫槍與車輛氫氣注入口位置不正確而洩漏；參訪團親自體驗加氫設備如圖 26 所示。目前德國加氫價格為每公斤 13.85 歐元，而添加 1 公斤氫氣約可行駛 100 公里距離，而一般車輛只需要 5 公斤就能加滿。參訪團亦實際乘坐氫能車環繞氫能公司，感受氫能車的乘坐感。



圖 25. 加氫設備分為 350bar 和 700bar 兩種壓力



圖 26. 體驗加氫設備之情形

(三)參訪天豐新能源公司 Skyborn Renewable

1. 天豐新能源公司簡介

天豐新能源公司(Skyborn Renewables, Skyborn) 是一家全球海上風電開發商和運營商，總部位於德國布萊梅。業務包括海上風電整合、綠地開發、工程和設計、採購、融資、施工管理和資產管理，通過加速全球海上風能的發展，推動全球脫碳策略。目前天豐新能源公司於瑞典、德國、法國、芬蘭、波蘭、印度、韓國、日本、台灣及澳大利亞都有運維中的風場，合計共 7GW 的發電量。

2. 天豐新能源公司與會代表出席情形

本次參與訪視座談之天豐新能源公司與會代表包含投資組合管理主管 Jan Patrick Daniel 先生(Head of Portfolio Management)、環安衛經理 Armin Heinsohn 先生(HSE Manager)、環安衛經理 Julian Fell 先生(HSE Manager)、環安衛經理 Martin Myhre 先生(HSE Manager)、總裁特助 Pei-Hsuan Tsa 小姐(President's Assistant)、台灣區副總經理 Jeffrey Tsai 先生(Vice General Manager)、台灣區環安衛經理 Jeff Li 先生(HSE Manager)、台灣區助理公關 Esme Huang 小姐(Associate of Public Affairs)等，包含了經營管理、全球與區域性環安衛主管以及其他部門人員，與會成員極多，顯示該公司對於本次參訪的重視。又本次與會人員進行交流討論之情形如圖 27 所示。



圖 27. 於天豐總部交流德國離岸風電安全衛生執行現況

3. 天豐新能源公司參訪紀要與討論重點摘要

- (1) 天豐新能源經歷組織變革及改變，從達德能源公司(WPD)離岸風電部門獨立成立天豐新能源公司，目前在各國的項目開發，包含在德國 3 個風場、瑞典、法國、澳洲、韓國、日本及台灣等風場，並且在台灣擁有一支強力的團隊，台灣為亞太區最重要的市場之一，其參與世界各國離岸風電發展之概況如圖 28 所示。
- (2) 雖然海上浮動式平台並非近年才研發出的新技術，這類浮體式結構在過去數十年內，大規模應用在海上鑽油平台、天然氣井等海事工程，但加上風力發電的商業運轉考量，浮動式風機是一項新的挑戰，目前已在歐洲有實際開發項目，針對台灣的示範風場目前較小，仍尚未考慮加入示範計畫，但會持續關注及研發，未來考慮導入歐洲發展經驗引入台灣。

- (3) 歐洲的離岸風電電力為自行找尋電力買者競標，市場自由化，台灣潛力場址只有沃旭及海龍需自行找尋買者，其他開發商皆為售電予台電公司。在歐洲的經驗，離岸風場的融資方及購電方對於風場工安問題皆非常重視，故從風場的建造到運維階段的工安事故率以及風場的風險評估等都是融資方及購電方會考量的。
- (4) 天豐新能源公司對於風場的 HSE(健康 Health、安全 Safety 和環境 Environment) 管理，著重於風險的源頭管理，而非單純只提供個人防護具。又德國海上救援演習的重要性，因風場的勞工都是來自世界各地，對於救援溝通十分重要，海上救援演習時利用救援直升機實地於過渡平台(transition platform)快速吊運並轉移傷者到直升機再送住醫院救治，另外遇到需要救援時會與 WPD 控制中心協調，讓 WPD 控制中心把風機停轉。

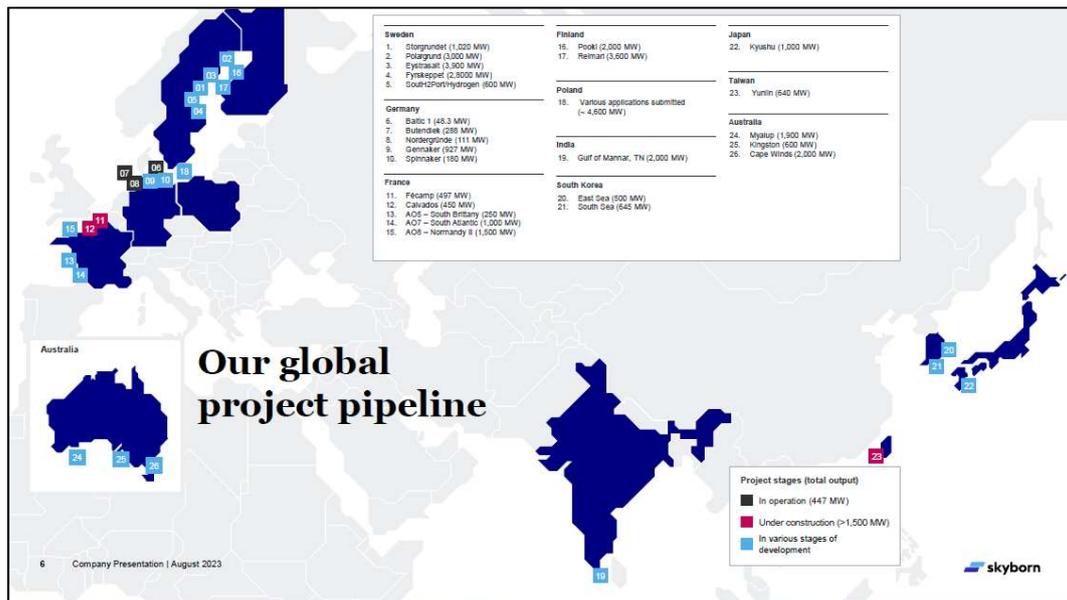


圖 28. 天豐新能源公司事業規劃版圖

(四)參訪達德能源公司 WPD 控制中心

1. WPD 控制中心簡介

WPD 是一家德國可再生能源開發服務提供商，總部於德國布萊梅，

公司致力於風能和太陽能發電場的建造和運營，事業發展版圖擴及全球近 30 個國家與地區。自 1998 年以來，WPD 的姊妹公司 WPD Windmanager 承擔了與風電場商業和技術運營管理相關的所有任務，其為德國風電場管理的市場領導者。

2. WPD 控制中心參訪紀要與討論重點摘要

- (1) 中心為各國陸、海域風機的控制中心，可以觀察氣候及環境狀況，包含颱風、風暴及風機設備狀況，可以遠端進行異常狀況排除，如果無法透過遠端軟體排除狀況，則指派合作機構進行風場現地實際維修。
- (2) 超過 1MW 以上風機，需裝設電力數據蒐集監控通訊系統(SCADA)，亦有裝設 CCTV 觀測，可遠端監控土地狀況及操控風機運作，如接獲通報或監控到地面有農作物進行施作或候鳥遷徙，則可暫時關閉風機運轉，以保護農民或鳥類。
- (3) 電力數據蒐集監控通訊系統(SCADA)可以透過風速計算產生電力量，並回報電網。又有關鳥傷一事，WPD 表示有研究指出因風機而引起的鳥傷只佔千分之一。另外，如遇到陸域風機火災，監控系統可以觀察到並接到通知以進行下一步的應變措施。

(五)參訪西門子歌美颯公司庫克斯港組裝工廠

1. 西門子歌美颯公司簡介

西門子歌美颯公司(Siemens Gamesa Renewable Energy S.A., SGRE) 是一家以風力發電機系統設計與製造為主的可再生能源公司，提供陸上和離岸風電服務。以歷年累計裝置量計算，該公司為全球第二大風力發電機製造商。1991 年啟用的溫德比離岸風力發電廠為全球第一座離岸風電發電廠，其風力發電機為該公司的前身紅利能源所提供。

2. 西門子歌美颯公司與會代表出席情形

本次參訪由離岸風場環安衛全球執行主管 Graeme Paterson 先生 (Global Head of HSE in Offshore Execution)、客戶關係經理 Lennart Mottlau 先生(Customer Relations Manage)、台灣區環安衛經理蘇怡君女士(HSE Manager)負責接待、導引與說明。

3. 西門子歌美颯公司庫克斯港組裝工廠參訪紀要與討論重點摘要

- (1) 工廠於 2017 年開始興建並於 2018 年完工，佔地 373,000 平方公尺，目前員工約有 700 人。因為風力渦輪機變得越來越大，尤其是海上風力渦輪機，目前的轉子葉片長約 94 公尺，機艙重達 400 公噸，這對於傳統運輸方式來說是一個嚴重的問題。因此，庫克斯港組裝工廠便成為替代解決方案，將所有零件集中組裝成為中央生產基地，利用沿海港口之優勢將大型和重型風力渦輪機部件通過滾裝船(ro/ro)直接從工廠船運到海上風力發電場，而不再需要經過繁複的陸上運輸。
- (2) 實地參訪庫克斯港組裝工廠內部生產線，一進入便是工廠整齊有序的貨倉，勞工使用電動側座式堆高機在高架倉庫中進出貨物，電動側座式堆高機視野較好，而且工廠內有劃分行人通道。而不同的組裝區中，因應不同的工序而會使用不同的起重吊升機械，而高空作業有獨立安全錨定點或安全母索可供勾掛救生安全帶。組裝廠有使用 3 台的全自動機械人自動化組裝發電線圈，使用機械人分配磁鐵並充磁。因為本次參訪不接受攝影，圖 29 所示為工廠外觀察到機艙搬運之情形，另圖 30 為本次參訪雙方人員在風機機艙組裝半成品前合影留念。
- (3) 庫克斯港組裝工廠作業為 24 小時輪班，每周工作 5 天，最後的工作班是星期五的傍晚，星期六、日是固定休息日，讓勞工有充分的休息。
- (4) 西門子歌美颯公司對於其零件的外包廠、加工廠需要經過該公司技術部門事前審核，符合 HSE 等相關要求。
- (5) 對於工廠內事故的處理會因在不同的國家或地區有不同的標準程序

及適應性(例如在法國發生事故時在醫師到現場檢查前不得移動傷者)。

- (6) 工廠內的勞工來自世界各地不同的地方，德語未必是母語，偶有因語言溝通問題而發生事故，所以每個分區中間會有告示板列出每項工作的程序及在工作開始前需有工具箱會議。



圖 29. 離岸風機機艙運輸過程



圖 30. 西門子歌美颯公司庫克斯港組裝工廠參訪後合影

三. 拜訪非官方安全衛生組織

(一) 布萊梅海上救援協調中心 MRCC Bremen

1. MRCC 簡介

布萊梅海上救援協調中心負責協調德國北海和波羅的海海域的海空救援。由德國海上搜索和救援服務公司在其位於布萊梅漢薩提市的總部運營。它涵蓋了 3660 公里長的海岸線，在沿海岸線一共有 55 個設站，而總控制中心每一輪班會有四個人員，包括管理主管、接線員、技術人員及醫療的人員 24 小時輪班工作。

當 MRCC 接到緊急呼叫時，總控制中心會與位於庫克斯港的德國聯邦海上緊急事故指揮中心合作，進行其職責範圍內協調搜索和救援活動。有別於一般的官方救援組織，MRCC 為非營利組織，主要靠民間捐款維持營運，非政府或軍方資助特性，以保持中立，不受政治及軍事影響搜救，而他們唯一接受離岸風場的公司或機構資助。

2. MRCC 參訪紀要

協調中心職員進行所擁有的船隻類型介紹，救援船由 7 米長小船到 46 米的中大型船隻，因應配合不同的海域而選擇合適的救援船。例如在波羅的海海水平緩，冬天會結冰，適合使用新型噴射引擎可航行於冰上；而北海潮差有 4 公尺，不易搜救，需要使用噴射引擎的船。而 MRCC 共有 800 位志工(volunteers)，每 3 人一小隊出海救援，2 周工作 2 周休息。近年，救援小隊女性隊員佔約 4~7%，因新型船隻有一些體力輔助器具減輕了傳統非常重視力量及耐力的動作，使女性隊員更易執行工作，提供一個職場友善的環境。

而救援小隊為 24 小時待命進行海上救助，每年約有二千多件事件需要救援小隊救助，當中近百件事件中如果沒有搜救會導致人員死亡，可見救援小隊的重要。負責救援的相關政府單位中原有 5 架直升機用於工作救

援，但海事活動日益頻繁，直升機不足以應用，因此救援協調中心跟各風場間有聯防機制，透過中心去調度各風場所擁有的直升機進行搜救。本次參訪情形如圖 31 及圖 32 及所示。



圖 31. 拜訪 MRCC 海上救援協調中心（勤務中心與救援船）



圖 32. 拜訪 MRCC 海上救援協調中心（救援船維修）

四. 拜訪我國駐德單位

(一)駐德國臺北代表處法蘭克福辦事處

1. 法蘭克福辦事處簡介

駐德國臺北代表處法蘭克福辦事處，是中華民國政府派駐德意志聯邦共和國黑森邦第 1 大城法蘭克福的代表機構。辦事處負責推動台灣與法蘭克福之間的雙邊關係以及辦理護照等，功能等同邦交國的領事館。

2. 法蘭克福辦事處拜訪紀要

法蘭克福辦事處由經濟組洪敬庭組長接待，雙方就德國離岸風電發展、氫能發展及其職安衛議題交換意見，並了解我國事業單位在德設廠、國民當地就業情況及勞工保障制度等相關資訊。

最後說明此行訪德目的及情形，希望透過駐德國辦事處在當地的網絡與綠能相關產業事業單位及官方機關搭起橋梁，保持友好的關係，強化職安衛之國際交流和發展，以促進綠能產業在台繁榮。該項訴求也獲得辦事處洪組長的允諾，後續會協助勞動部職業安全衛生署的資料收集與交流需求，會後與洪組長於辦事處外合影留念如圖 33 所示。



圖 33. 與經濟組洪敬庭組長討論交流

肆、心得與建議

藉由本次德國的參訪考察行程可以獲得許多寶貴的經驗，以下藉由職業安全衛生推廣與國際交流、離岸風電職業安全衛生技術與管理、氫能職業安全衛生技術與管理三大面向予以說明：

一. 職業安全衛生推廣與國際交流

- (一) 德國法定意外保險協會(DGUV)係雇主辦理職災意外保險的機構，職責為統整意外災害的預防、補償及重建事宜，職災保險較為強調雇主的責任，對因工作而導致失能的職災勞工，不僅需提供醫療給付，也提供輔具與復健費用，已行之有年。我國已訂定勞工職業災害保險及保護法，並由勞動部捐助成立財團法人職業災害預防及重建中心，職災預防的工作多仰賴政府，由財團法人職業災害預防及重建中心協助推展國家規劃之職業災害預防與重建政策工作，建議我國財團法人職業災害預防及重建中心可與德國 DGUV 進行職業災害預防與重建業務交流，保護職業災害勞工權益，確保安全健康勞動力。
- (二) 職業安全衛生的推廣應該是全面性的，可借鏡 DASA 世界工作展覽館的理念，工作是人生必須經歷的過程，從小教育各種的職業及相關的職業安全健康理念。展覽館的展示是從上世紀蒸汽機的發明到最新的 AI 機械人，以真實的呈現在進程中發生了什麼樣的故事並寓教於樂的方式提供教育，注重不斷反思過往教訓，而不用過份強調專業，讓每個人都能體會到職業安全健康的重要。
- (三) 加強職業安全衛生數位化 AI 的應用，如可參考 BAuA 技術中心的人體 3D 掃描設備，以 3D 數位收集勞動年齡人口身高體重及身型的數據，以建立數據伺服器俾利創建更好的職安衛人體工程學設計及保護設施。另可參考 DGUV 利用 3D 虛擬實境的技術做為訓練勞工操作機械設備的一項工具。

- (四) 對於新興職業安全衛生議題的推廣，建議對數位化工作制定以人為本的人性化工作設計之標準和指引。可使職業安全與健康的前瞻性發展成為可能，使將來的工作不僅更加高效、富有成效，而且能夠利用數位化轉型帶來的安全、健康和良好工作機會。
- (五) 本次出訪德國交流具有一定意義，與世界各國的交流應該持續且深化地進行。本次為拓展台德雙邊職業安全衛生合作機制，瞭解德國職業災害保險制度及產業職業安全衛生監督制度實務做法，並建立溝通諮詢管道，拜訪德國聯邦職業安全與健康研究所及德國法定意外保險協會，以借鏡其防災政策發展經驗。後續勞動部職業安全衛生署將邀請德國聯邦職業安全衛生研究所之安全衛生專家來台參加綠能產業職業安全衛生國際研討會，促進我國綠能發展政策及職業安全衛生監督併行，並維持台灣與其他國家的交流。

二. 離岸風電職業安全衛生技術與管理

- (一) 德國離岸風電建造之風場多位於北海，勞工作業環境特殊且離岸遙遠，與我國目前開發之大彰化風場及海龍風場情況相似。鑑於離岸風力發電產業為我國新型態產業，其海事操作受到天候海況、載台運動影響甚大，作業風險高，建議未來持續與德國推動國際合作，以協助臺灣縮短學習曲線，避免離岸風場施工及運維階段發生重大職業災害。
- (二) 現有風機的使用壽命概以 20 年估算，然離岸風電投入的資金龐大，後續必然會面臨延長使用的議題。有關離岸風機的延長壽命，建議可參考德國萊因對風機的延長使用壽命評估及認證的制度，通過檢查實際機件及基樁狀況和負載假設，在設計壽命結束後以更低的運行負載使風力渦輪機允許額外的運行時間，以降低同一時間內大量風機同時除役時資源的利用及環境的污染，減低重金屬或塑料碳纖維等職業暴露風險。其相

關概念可參考圖 34 所示。

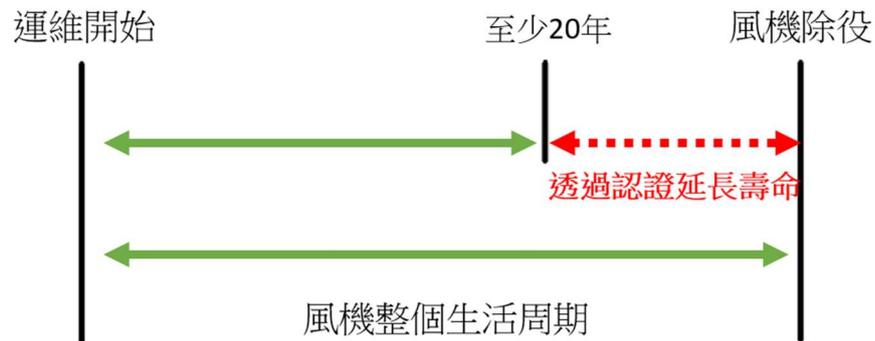


圖 34. 風機的延長使用壽命示意

(三) 有關離岸風電的跨部門演練，在德國海事救援中離岸風場開發商或經營商和救援機關都有定期的救援演練，海上救援演練時會利用救援直升機實作於風機的過渡平台(transition platform)吊運傷者到直升機上，模擬在風場海上的救援情境，建議可參考實作演練來提高救援間共識，提升團隊指揮、調度、協調能力及救災能量整合之效率。有關德國離岸風電之救援演練可參考圖 35 及圖 36 所示。

(四) 讓海事救援能迅速進行，在德國離岸風場的開發商或經營商和救援機構在海事救援上有聯防機制，救援機構會協調在事故海域的救援船及救援直升機以最短時間內到達事故地點提供救援，而開發商或經營商在救援的過程中會一同輔以協助，以加快救援過程。隨著台灣離岸風電風場開發陸續進入施工與營運階段，產業對職業安全衛生相關需求亦日漸增加，在離岸事故發生時，如何在救援黃金時間內採取最佳緊急應變措施，考驗了我國政府與產業間防災應變的能力。目前國內除了國家隸屬的直升機外，私營直升機尚未具備吊掛能力，由於自主救援的救援效率較高，對於掌握風場狀況的因應機制也會較為完整，建議可參考以發展專屬的海事救援，或與風場開發商、經營商跨部門及中央機關共同籌組救援團隊，配合實際操作經驗，執行緊急應變計畫。



圖 35. 救援人員準備從直升機投降繩索到過渡平台為傷者救援



圖 36. 海上救援演練利用直升機於過渡平台吊運傷者到直升機上

(五) 離岸風電作為綠能產業發展重要的一環，為確保離岸風場能正常有效的運轉，需要做好全生命週期的風險管理。由於政府人力及資源有限，在離岸風場數量、範圍及規模都在增長的同時，無論是施工或運維風場的安全維護都須仰賴更多的人力投入，建議可參考德國勞動檢查制度作法，由風場開發商、經營商導入第三方驗證單位或機構進行相關檢查或檢驗，以利資源有效利用，並有效降低工程施工的風險。

三. 氫能職業安全衛生技術與管理

- (一) 我國面臨 2050 年淨零轉型目標，已全面推動十二項關鍵戰略，氫能即為其中關鍵的能源轉型技術；然而氫氣製造、輸送及儲存的製程都存在著安全風險，必須謹慎處理，以確保工作場所的氫氣儲存和處理設施符合嚴格的安全標準，並進行定期檢查和維護，持續監控工作場所的安全性，並提供員工足夠的培訓和資源，於氫能發展的同時，確保氫能源的發展是可持續和安全的。
- (二) 有關氫氣製造安全部分，現行製氫技術係使用碳氫燃料水蒸氣轉化法製氫(灰氫)，惟過程中會產生大量二氧化碳，爰未來各國將朝水電解製氫(綠氫)為主；此次德國參訪 h2herten 氫能應用中心，該區域擁有小型風場、生質能及焚化爐製氫等再生能源，整個應用中心的電力來自於附近風場的電網，當風場無法運作或產電量不足時，中心會利用氫燃料電池轉為電力，而在周末電力需求較低時，則利用多餘再生能源電力生產氫氣(綠氫)並儲存，朝向淨零排放脫碳化發展。我國目前積極開展建置風能、太陽能發電等再生能源，未來可利用再生能源結合氫能，電解水產製綠氫；相關製氫設施之安全，如氫氧氣之常用狀態達高壓氣體狀態者，其壓力容器屬高壓氣體特定設備應檢查合格方得使用，相關高壓氣體設備應依高壓氣體勞工安全規則規定設置，另防爆電氣部分，因國際標準 IEC 60079 系列中，尚未特別針對氫能或氫氣應用發布特定標準，將密切注意發展，目前應依 CNS3376 或 IEC 60079 規範實施危險區域劃分，使用之電氣機械、器具或設備，應具有適合於其設置場所危險區域劃分使用之防爆性能構造。
- (三) 有關加氫站安全部分，現時在德國對加氫站設備已有設備認證標準，主要的加氫站設置規範是採國際標準 ISO 19880 系列規範，而整個加氫站過程的流程標準目前正在擬定中；我國台灣中油公司準備於高雄市設立

首座加氫示範站，規劃除符合國內相關法規外亦參照國際上多數採行之相關國際標準 ISO 19880 或 CNS 19880 建置，經濟部能源局已於今(112)年 7 月 4 日指定氫燃料為能源管理法第 2 條第 6 款之能源，並著手訂定「加氫站銷售氫燃料經營許可管理辦法」，對於加氫站之設立有了相關法源依據，目前建議將來可參考德國相關的做法，以利我國後續在法規及安全指引的制訂上更加完善。

(四) 有關天然氣混氫安全部分，目前德國 Emscher-Lippe 地區已有利用原有的天然氣管線作運送天然氣混氫氣體供給家用鍋爐之實驗研究，研究包括對鋼材脆化可能性、接頭處的密封防止氫氣逸出，以及鍋爐燃燒效率和安全等問題，初步研究成果為混氫比例 20%以內，其風險尚在可接受範圍內。我國台灣電力公司近來積極發展新能源應用，與德國西門子能源公司簽署混氫發電示範合作備忘錄，目標於 2025 年達燃氣混氫 5%發電示範，未來更預期可搭配技術發展，逐步提高混燒比例至 15%，針對天然氣混氫的管線、設備安全的評估，德方之研究成果是值得參考的。另我國經濟部技術處科技專案「氫能燃燒工業應用暨高壓輸儲技術開發計畫」中，亦已透過法人單位金屬中心投入關鍵技術研發，主要投入應用於高壓輸儲工業的抗氫脆銲接材料開發、銲接技術及防氫滲透表面處理技術，以及應用於加熱製程的氫氣與天然氣混燒技術、燃燒器設計開發與工業爐之整合等；建議可參考德國對原有天然氣管線作為混氫氣體管線之檢查標準、相關安全研究結果，結合國內在地化之研發，確保相關機械設備完整性，以使我國在氫能應用上能安全順利進行。