

離岸風力發電機設置危害分析 及安全規範研究

.....
**Study on Hazard Analysis and Safety Specifications of
Offshore Wind Turbine Installation**



離岸風力發電機設置危害分析及
安全規範研究

**Study on Hazard Analysis and Safety
Specifications of Offshore Wind Turbine
Installation**

勞動部勞動及職業安全衛生研究所

離岸風力發電機設置危害分析及 安全規範研究

Study on Hazard Analysis and Safety Specifications of Offshore Wind Turbine Installation

研究主持人：沈育霖、簡連貴

計畫主辦單位：勞動部勞動及職業安全衛生研究所

研究期間：中華民國 107 年 01 月 1 日至 107 年 12 月 31 日

本研究報告公開予各單位參考
惟不代表勞動部政策立場

勞動部勞動及職業安全衛生研究所
中華民國 108 年 06 月

摘要

離岸風電是政府規劃未來綠能發展的主軸之一，離岸風電在施工設置過程中，所面對的複雜度遠超過陸上風電之建置工程。本計畫將從離岸風場海事工程作業之關鍵施工項目與安全作業有關之議題進行探討，了解各施工階段所面對的各類危害，提供產業建立關鍵海事施工作業項目之安全評估能量及危害預防技術。

本研究主要目的係針對德國、丹麥、英國及美國等先進離岸風電國家之海事工程安全相關法規進行研析，並彙整國內現行法規規定，藉由探討運輸、吊裝、打樁及固著等關鍵施工作業之建置過程與步驟，了解整體施工建置流程，對人員可能造成安全疑慮之危害進行分析。解析離岸風電施工建置流程中之安全衛生環境(HSE)之相關危害，搜集國內外離岸施工及風電設置相關職災案例分析，探討運輸與吊裝、打樁與固著等作業之危害分析與辨識，提供產業建立關鍵海事工程作業項目之安全評估能量及危害預防技術，以確保離岸作業安全。

本案完成歐美等國外有關離岸風電設置之相關法規、標準之彙整，從離岸風電組建置各階段之細部過程及步驟、作業方式、施工人員動態環境管理等面向，完成危害分析及安全操作技術探討，提出離岸風電設置安全注意事項及相關法規標準建議。

關鍵詞：離岸風電、海事工程作業、危害分析

Abstract

When Taiwan's energy is undergoing transformation, the government expects to achieve a 5.5GW target for offshore wind farm development in 2025. However, in the past, Taiwan lacked experience in offshore large-scale project development projects. It is important to conduct hazard analysis for the key construction operations as a reference for local engineering safety and management practices.

The main purpose of this study is to investigate the maritime engineering safety regulations of advanced wind power countries such as Germany, Denmark, the United Kingdom and the United States, and the current domestic regulations were discussed. The key construction operation process of offshore wind power marine engineering such as transportation, lifting, piling, and grouting is explored. And steps to understand the overall construction and construction process, and conduct a hazard analysis that may cause safety concerns for personnel. The health and safety environment (HSE) hazards in the construction process of offshore wind turbines are described. On the other hand, the relevant occupational disaster cases at domestic and overseas were collected and analysis, and the hazard analysis and identification of transportation and lifting, piling and grouting operation were also performed. The results could provide the industry to establish safety assessment energy and hazard prevention technology for key maritime engineering operations. And as a reference for the safety guidelines for the construction of maritime engineering to ensure the safety of offshore operations.

Keywords : Offshore wind power, Key construction operation, Transportation and lifting, Piling and grouting, Hazard analysis.

目次

摘要.....	i
Abstract	ii
目次.....	iii
圖目次.....	v
表目次.....	vii
英文縮寫簡字中英文對照表.....	viii
離岸風電常用名詞定義.....	x
第一章 緒論.....	1
第一節 研究緣起.....	1
第二節 研究流程.....	2
第二章 離岸風力發電機組建置過程及危害分析.....	4
第一節 離岸風電機組運輸作業流程解析.....	10
第二節 離岸風電機組吊裝作業流程解析.....	14
第三節 離岸風電機組打樁施工作業流程解析.....	16
第四節 離岸風電機組固著施工作業流程解析.....	21
第五節 建置各階段之危害及風險評估模式.....	24
第六節 運輸、吊裝、打樁及固著危害分析.....	29
第三章 國內外離岸風電設置相關職災案例搜集分析.....	49
第一節 國外離岸風電設置/維修職災案例搜集分析.....	49
第二節 國內陸上風電設置/維修職災案例搜集分析.....	55
第四章 國內外海事工程施工安全行政管理及法規標準.....	61
第一節 德國、丹麥等歐洲國家海事工程施工安全規範及標準.....	66
第二節 美國海事工程施工安全規範及標準.....	73
第三節 國外海事工程之法規規範現況.....	80
第四節 我國近年近海工程施工安全規範彙整.....	90
第五節 國內職安衛法規於海事工程規範之現況.....	128
第五章 擬訂離岸風電施工關鍵作業安全準則.....	139

第一節 召開專家座談	140
第二節 離岸風電施工安全要點	144
第三節 離岸風電施工關鍵作業安全準則	168
第四節 研擬離岸風電施工安全法規增修建議	175
第六章 結論與建議	181
第一節 結論	181
第二節 建議	184
誌謝	188
參考文獻	189
附錄一 專家座談會意見回覆及處理情形	191

圖目次

圖 1	本研究執行流程圖.....	3
圖 2	離岸風場整體施工作業.....	4
圖 3	全程排除風險圖.....	5
圖 4	運輸流程圖.....	11
圖 5	船舶操作之安全確認.....	13
圖 6	運輸風力機部件至安裝現場.....	13
圖 7	吊裝作業示意圖.....	16
圖 8	單樁安裝之工序.....	18
圖 9	單裝安裝示意圖.....	19
圖 10	預打樁之工序.....	20
圖 11	駁船將 jacket 運至風場.....	20
圖 12	後打樁之工序.....	21
圖 13	固著作業實景.....	24
圖 14	風險評估的參考作業流程.....	26
圖 15	2004~2018 年離岸風場發生職災相關案例.....	49
圖 16	2004~2018 年離岸風場發生職業傷害事件.....	50
圖 17	各國離岸風場職業傷害事件.....	50
圖 18	世界風能組織的組成單位.....	53
圖 19	事故後果摘要.....	54
圖 20	跨國性離岸法規架構圖.....	64
圖 21	Jurisdiction of Offshore Wind Farm.....	74
圖 22	USDOJ Regulatory Responsibility and Resources(1982 to Present).....	76
圖 23	API 安全海上作業標準.....	81
圖 24	60M 大跨度箱型鋼梁海上吊裝實景.....	93
圖 25	鋼管樁海上打設實景.....	94
圖 26	出水道出水端剖面圖.....	101

圖 27	肘管海上吊裝實景(使用全回旋起重機船)	101
圖 28	排水頭海上吊裝實景	102
圖 29	外傘頂洲離岸測風塔現場施工情形	108
圖 30	上緯兩部離岸示範風力機工程現場施工情形	111
圖 31	上緯兩部離岸示範風力機	111
圖 32	工程安全規劃架構	113
圖 33	P-D-C-A 循環管理過程	114
圖 34	降低風險之管理研究	114
圖 35	降低風評估	115
圖 36	工作許可系統作業流程	125
圖 37	專家座談會議情形	143
圖 38	人員運輸吊車(Personnel transfer basket)示意圖	146
圖 39	舷梯(Gangway ladder or accommodation ladder)示意圖	146
圖 40	動態平衡舷梯(Motion-compensated hydraulic gangway)示意圖	147
圖 41	緊急應變與撤離研究流程圖	165
圖 42	火災風險與防護手段、相關作業、防災系統維護之相互關係圖	166

表目次

表 1	各施工船所需之文件.....	12
表 2	運輸與吊裝危害分析.....	34
表 3	打樁與固著危害分析.....	42
表 4	離岸風場工安事故分類統計表.....	50
表 5	2013~2017 年 G+事故發生統計分類表.....	55
表 6	風力發電機一般故障問題.....	56
表 7	風力發電機可能故障因素.....	57
表 8	國內陸域風力發電機事故案例.....	58
表 9	各國法規管理之負責單位.....	65
表 10	荷蘭安全衛生相關規範.....	69
表 11	國際海事工程之技術法規.....	79
表 12	美國 API 與離岸風電施工安全可參考之實務作法.....	81
表 13	國外海事工程法規.....	87
表 14	工程會海事工程相關施工綱要規範一覽表.....	91
表 15	海上打樁安全作業標準一覽表.....	95
表 16	潛水安全作業標準一覽表.....	98
表 17	海上工程作業中止基準.....	106
表 18	船舶避難基準.....	106
表 19	表國內職安衛相關法規涉及海事工程研析表.....	130
表 20	潛水作業休息時間與作業深度規定.....	156
表 21	PPE 種類與配戴選用.....	159
表 22	火災與風險評估.....	167

英文縮寫簡字中英文對照表

英文縮寫	英文全名	中文全名
API	American Petroleum Institute	美國石油協會
ALARP	As low as reasonably practicable	最低之合理可行範圍
ABS	American Bureau of Shipping	美國驗船協會
AUV	Autonomous underwater vehicle	自主式水下航行器
AIS	Automatic Identification System	船舶動態資訊系統
BSH	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie	聯邦海事水文局
BG Verkehr	Berufsgenossenschaft für Transport und Verkehrswirtschaft	運輸經濟專業協會
BSU	Bundesstelle für Seeunfall untersuchung	聯邦海上事故調查局
BWEA	British Wind Energy Association	英國風能協會
BST	Basic Safety Training	基本安全培訓
BOEM	Bureau of Ocean Energy Management	海洋能源管理局
BSEE	Bureau of Safety and Environmental Enforcement	安全環境執法局
CDM	Construction Design and Management Regulations	施工設計與管理規定
DOI	Department of the Interior	美國內政部
DEA	The Danish Energy Agency	丹麥能源機關
DMA	The Danish Maritime Authority	丹麥海事機關
DCA	The Danish Civil Aviation Administration	丹麥民航機關
DECC	Department of Energy & Climate Change	能源與氣候變化部
DNV-GL	Det Norske Veritas and Germanischer Lloyd	國際認證組織
ERC	Emergency Response Committee	緊急應變委員會
ERP	Emergency Response Plan	緊急應變研究
GPS	Global Positioning System	全球定位系統
GW	Gigawatt	1000 megawatts, 10 億瓦
GWO	Global Wind Organisation	全球風能組織
G+	Global Offshore Wind Health and Safety Organisation	全球離岸風電健康與安全組織, 前身為 G9
HSE	Health and Safety Executive	英國安環衛機關
HSE	Health, Safety and Environmental	健康、安全與環境
IEC	International Electro Technical Commission	國際電工委員會
IMCA	International Marine Contractors Association	國際海事承包商協會
IMO	International Maritime Organization	國際海事組織
ISM	International Safety Management code	國際安全管理規範
ISO	International Organization for Standardization	國際標準化組織

英文縮寫	英文全名	中文全名
LOLER	Lifting Operations and Lifting Equipment Regulations	起重作業與起重設備規範
MMO	Marine Management Organisation	海事管理組織
MCA	Maritime and Coastguard Agency	海事和海岸警衛署
MAIB	Marine Accident Investigation Branch	海事事務調查處
MW	Megawatt	百萬瓦
MWS	Marine Warranty Surveyor	海事保證鑑定師
MMS	Minerals Management Service	聯邦礦業管理局
OSHA	Occupational Safety and Health Administration	職業安全健康管理局
OCS	Outer Continental Shelf	大陸棚
ONRR	Office of Natural Resources Revenue	天然資源收入辦公室
OIM	Offshore installation manager	專案經理
PPE	Personal Protective Equipment	個人防護設備
PUWER	Provision and Use of Work Equipment Regulations 1998 (UK)	1998 年工作設備條例之規定與使用(英國)
RA	Risk Assessment	風險評估
RP	Recommended Practice	建議實務
ROV	Remotely operated underwater vehicle	水下無人載具
RAMS	Risk Assessment Method Statement	風險評估方法說明
SOLAS	Safety Of Life At Sea	海上人命安全公約
SMS	Safety Management System	安全管理系統
SNAME	Society of Naval Architects and Marine Engineers	造船暨輪機工程師協會
STCW	Seafarers' Training, Certification and Watchkeeping (STCW) Code	海航人員訓練、發證及當值標準國際公約
SOLAS	International Convention for the Safety of Life at Sea	國際海上人命安全公約
TOSHMS	Taiwan Occupational Safety and Health Management System	臺灣職業安全衛生管理系統
USCG	United States Coast Guard	美國海岸防衛廳
WTG	Wind Turbine Generators	風力發電機組，風力機
WTIV	Wind Turbine Installation Vessel	風力機安裝船

離岸風電常用名詞定義

1. 工件：施工過程中的一個產品組件，可以是單一零件，也可以是數個零件之組合體、或半成品、或整機構造等。
2. 工序：工件在製造、加工、組合、安裝、或測試之連續工程步驟的程序。
3. 工法：以工件為對象，以工藝為核心，以工程原理為依循，結合成熟技術、安全法規、合理工序與科學管理，形成配套的施工方法，做為實際作業之執行準據。
4. 工期：指建設項目或單項工程從正式開工到全部建成所投入生產的經歷期間。
5. 工廠：產品、工件被製造、加工、組合、成品或測試等之場所。
6. 工址：工程發生之地點、場所、空間等，或稱現場、工地，離岸方面包含載台、海上、海床。
7. 風場(離岸)：主要由離岸風力機、海底基樁、支撐結構、離岸變電站、海底電纜、陸上電纜以及陸上變電站等硬體構成。
8. 風力機：基本上由機艙、輪軸、葉片所組構，外加塔架、平台及水下支撐結構而形成完整機組，是離岸風場的必要構件之一。
9. 水下基礎：離岸風電機組之水下支撐結構與海床下基礎。
10. 運維：營運與維護作業
11. 業主或事業主：事業擁有者，可以是自然人、法人和其它組織，可以是本國公民或組織，亦可以是外國公民或組織。
12. 事業單位：係指適用勞動基準法僱用勞工從事工作之機構。
13. 主要承攬商：在施工階段由雇主指定出面協調數家承攬商執行同一研究之承攬商。
14. 承攬商：接受統包商某項承攬業務，就其承包部分，負職安法所定雇主之責任。
15. 主要設計人員：針對特定工程，協助雇主判斷與引導承攬商執行研究之關鍵設計人員，必須具有專業知識、了解實況、長年歷練、牢靠實績、引領技術與執行績效之能力。
16. 設計人員：係有關系統、產品或工程之規劃、佈置、繪製、計算、分析、依循法規、合約、備料等之上游技術作業人員，以書面文件為主要產出成果，先送審，核可後供後續作業與執行人員依循，過程中有協調、解釋、修改、確認等動作。
17. 檢驗人員：針對出貨成品、工程執行結果進行檢驗的人員，防止產出之性能、品質與規格不符。
18. 作業人員：指接受僱用從事各作業相關業務者。
19. 船長：駕控全船相關作業之主要負責人。
20. 船員：從事船舶相關作業之專業人員，如航海、輪機、事務等。

21. 潛水人員：從事水下相關作業者。
22. 主管：各相關工程作業指揮、管理之主要負責人。
23. 製造：各相關工程作業工件之生產、裝配作業過程。
24. 預組：各相關工程作業工件在安裝工序前之預先組裝作業。
25. 裝船：各相關工程作業工件裝載在作業相關載台或載具之過程。
26. 運輸：各相關工程作業人員或工件在相關載台或載具上之轉移過程。
27. 定位：精準位設載台或載具或工件於預定位置上所進行之作業。
28. 安裝：各相關工程作業工件在現址進行組裝之過程。
29. 起重：俗稱吊掛，通常就地將工件進行上下的移動，稱之為起重(Hoist)，若有左右遠近之變化就位之要求，則須增加前後(Luffing)、迴旋(Slewing)兩個動作，可在能力範圍內作 xyz 軸的定位。
30. 起重機：俗稱吊車，也有稱起重設備或起重設施，以起重(Hoist)動作為主，視況可逐一增加前後、迴旋兩個動作，將達成起重工件及就位的需求。
31. 試運轉：在正式運轉階段前之測試作業。
32. 工作載台或載具：
 - (1) 在陸上使用者：如汽車、貨車、拖車、拖板架、活動式吊車等。
 - (2) 在海上使用者：如浮船、浮具、自升船等。
 - (3) 在海底使用者：如潛水艇、ROV 等。
 - (4) 在空中使用者：如飛機、直升機、無人機等。
33. 船級：船舶之等級。
34. 第三方認證：指具有歷史悠久公信力之執行認證的能力，並在認證過程能夠客觀、公正、獨立地從事認證活動的機構，且被相關之保險公司承認與接受。
35. 穩度(Stability)：船舶安全之首要指標，有完整穩度、動穩度、破損穩度等查驗。
36. 繫固(Sea Fastening)：裝船工件透過適當規劃設計之繫固確保運輸期間不致鬆脫。
37. 專案認證(PC, Project Certification)：符合 IEC61400-22 法規要求進行風力機、水下基礎、離岸變電站、海纜之設計、製造、安裝、試運轉，確認風場財產的安全而得認證，藉以取得投保資格，方能獲得投資者或貸款銀行之財務支援。
38. 海事保證鑑定(MWS)：針對海事操作之安全進行保證鑑定，從裝船、運輸、定位、安裝、返航等逐項查驗，獲得認證後，藉以取得投保資格。
39. 檢查表：以簡單的數據，用容易理解的方式，製成圖形或表格，必要時記上檢查記號及備註，並加以統計整理，作為進一步分析或核對檢查之用。
40. 高處作業：在沒有任何預防措施，墜落距離可能造成人身傷害之作業場所皆稱高處作業。

41. 固著：等同灌漿(**grouting**)，將液體狀材料加壓，藉由鑽孔注入地層空隙或地層和鄰近構造物之間的空間。

第一章 緒論

第一節 研究緣起

過去風電之發展主要從歐洲地區開始，從 1980 年發展至今，風力發電機也逐漸從陸域推展至離岸風力發電。在西歐洲地區因強盛西風加上過去離岸開採石油與天然氣之離岸工程技術使得歐洲逐漸掌握離岸風電之關鍵技術。隨著歐洲國家離岸風電技術之發展，技術成本逐漸下降，位於歐洲之離岸風電開發商與施工商逐漸掌握技術。因此，離岸風電產業已經成為綠色能源中最具規模與成熟之再生能源選項。近年，隨著綠色能源以及永續發展之概念於全世界逐漸形成新趨勢，臺灣政府也逐漸開始投入綠色能源產業，其中主要分成兩大再生能源項目，即太陽能以及風能。依 Offshore 4C 所公布之全球風場潛力場址中，臺灣西部海域之風場名列前茅。因此，離岸風電對於政府而言，儼然成為後續綠色能源發展之主要趨勢。

有鑑於臺灣風場極具潛力，且恰好臺灣能源結構欲進行轉型之際，經濟部能源局先後公告「風力發電離岸系統示範獎勵辦法」。因此，自 2012 年開始，在本土風電開發商的努力與臺灣持續推動之能源政策下，離岸風機示範計畫目前已在臺灣西部海域完成兩座 4MW 之示範離岸風機，並正式進入商轉階段。此外，政府預計在 2025 年離岸風場區塊開發達成 5.5GW 之目標採「先遴選後競價」，並於 107 年 4 月 30 日公佈遴選 3.84GW 分配結果共 7 家廠商。107 年 6 月 22 日公布第二階段競價結果，共有 2 家開發商、4 座離岸風場獲選，發電容量共達 1.66GW。希冀可將再生能源發展繼續向上推進。為達到政策目標，各家風場開發商準備著手進入臺灣進行建設。然而過去臺灣較為缺乏離岸相關大型專案開發計畫之經驗，因此針對工程流程進行危害分析，以及建立臺灣本土工程安全及管理規範便顯得格外重要。

本所為配合離岸風電是政府規劃未來綠能發展的主軸之一，離岸風電未來在設置過程中，所面對的複雜度遠超過陸上風電之建置工程。本案將從離岸風場海事工程作業，包含運輸與吊裝、打樁與固著等之關鍵施工項目中與安全作業有關之議題進行探討，了解各施工階段所面對的各類危害，提供產業建立關鍵海事工程作業項目之安全評估能量及危害預防技術。比較國外現有法規及國內離岸風場海域環境、施工條件等之既有法規規範，並提出離岸風電施工安全管理規範之建議，本計畫希冀能夠藉由研究成果作為後續推動本土化海事工程安全作業規範之基石。

第二節 研究流程

本研究藉由蒐集國外海事工程相關安全法規，研析並統整上述工程作業準則之可借鏡之處，並探討國內現行法規規定與相關海事工程案例，充分將臺灣海域環境、產業能量以及國內現有之工作安全規範納入整體規劃評估考量。尤其海事工程在運輸、吊裝、打樁、固著等階段與臺灣過去在架設陸上風機的經驗有很大的差異。本研究綜合研析適宜臺灣海域環境之海事工程作業準則，透過危害分析及運輸、土建、吊裝等各階段之安全操作技術探討，提出離岸風電設置安全注意事項及相關法規標準建議，可供相關海事工程業者施工參考，以提升臺灣自主之離岸風場施工安全管理能力，可做為後續推動本土化海事工程施工規範的參考依據。

本案蒐集國內外海事工程施工安全之管理法規，並於後續章節中介紹各國施工安全之相關規定，釐清「法規」與「規範」，以及「技術法規」與「管理法規」之差異，管理法規為當地政府保護國家人民所做之規定，是本計畫論述之重點，藉由彙整各國之管理法規，再將各國管理法規所依循之技術法規進行整理，以期提供我國離岸風電後續管理法規之訂定參考。

為達成研究目標，本研究擬定實施策略包括國內離岸風場可能施工方案彙整，同時也借鏡先進國家經驗，將較適合臺灣之施工方案納入考量，做為研析工程危害及管

理規範之範疇。依據前述範疇，將分析先進國家或認證單位及國內現行法規規定所對應之情況，並蒐集國外離岸風場及國內陸上風場職災案例，及各施工步驟所可能帶來之危害風險，將上述統整後擬訂離岸風電施工關鍵作業安全準則；並召開國內專家座談會議針對施工準則進行研討，期建立本土化離岸風場海上施工作業安全準則，以確保離岸施工作業安全與品質。研究整體執行流程如圖 1 所示。

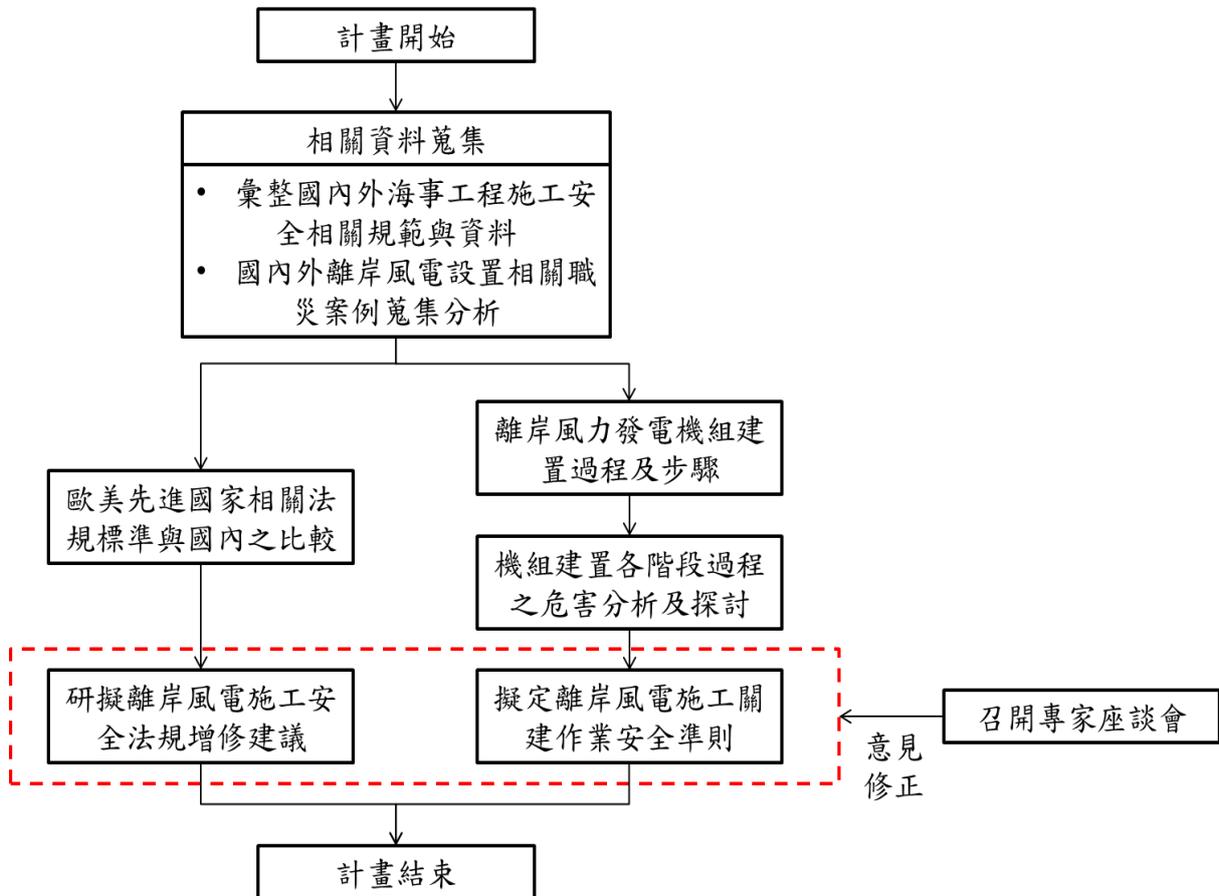


圖 1 本研究執行流程圖

第二章 離岸風力發電機組建置過程及危害分析

離岸風場整體施工建置作業如圖 2 所示，其需考量條件包括海氣象條件，管理制度等，離岸風力發電機組之定義包括風力機、海纜及離岸變電站等，本章節主要探討離岸風力發電機組之運輸、吊裝、打樁及固著階段建置過程與步驟，了解整體施工建置流程，並進行可能對人員造成安全疑慮之危害分析，以作為研擬離岸風機施工作業安全準則之參考。作業之相關健康安全體系，本研究主要參考英國安環衛機關(Health and Safety Executive, HSE)所制定之相關法規。

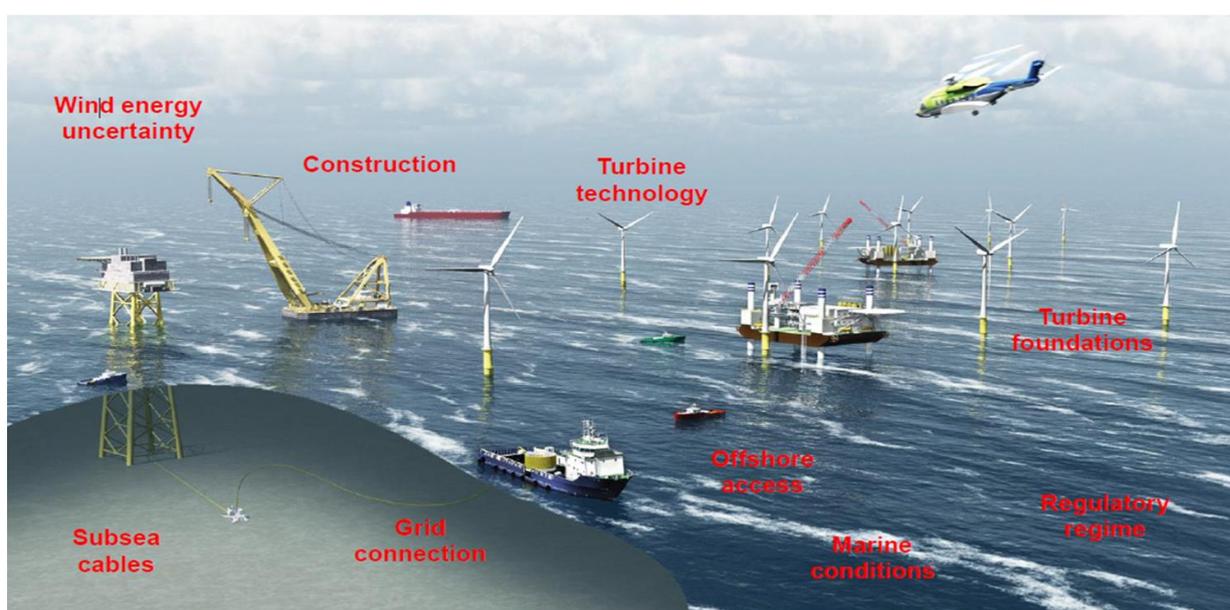


圖 2 離岸風場整體施工作業

(資料來源：EDF Energy)

在進行施工前，必須進行施工設計管理(Construction Design and Management, 簡稱 CDM)及海底未爆彈、障礙物等海床調查。CDM 係管理各種工程法規及類型之計劃，旨在改善施工人員整體健康，安全和福利，應於調查設計階段評估可能產生之危害，接著依序評估製造，施工，營運與維護各階段可能產生之危害，以關卡式全程排除各階段可能疏失，避釀災害發生，確保人員安全，如圖 3 所示。若從調查設計階段即產生危害，後續各階段亦無防範措施，則可能釀成重大損失或人員傷亡。戰爭或演習所殘留的

未爆彈，必須事前調查及清理。第二次世界大戰期間在海底所留下之未爆投彈、炮彈、魚雷、水雷等未必全部清除乾淨，故於施工前應進行全面海底調查，避免自升式平台船作業及鏟埋鋪纜時，因觸碰未爆彈導致人員傷亡之災難發生。

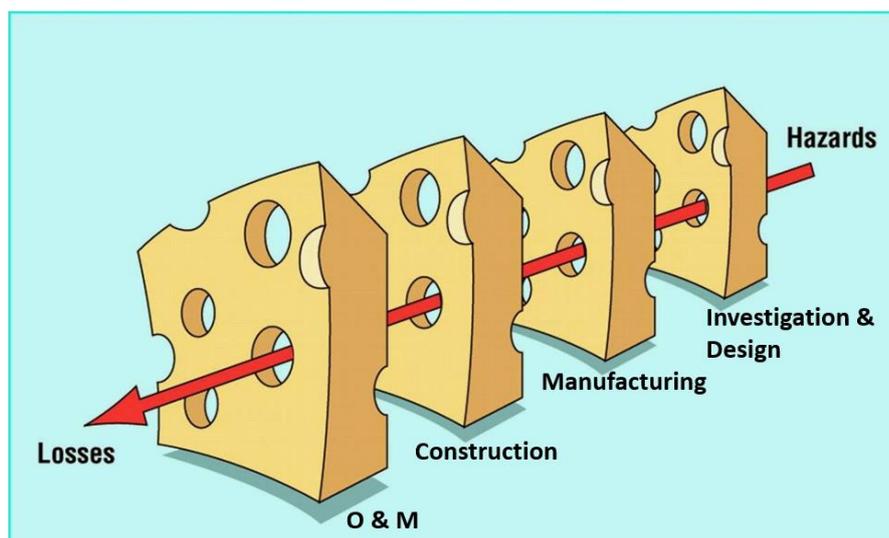


圖 3 全程排除風險圖

(本研究繪製)

施工設計管理(Construction Design Management)

一、確保施工健康和 safety 關鍵要素包括：

(一) 運用一般性預防原則管理風險

此規定現場負責人應採用哪些原則，以確定採取哪些措施來控制特定工作項目之健康及安全風險，一般預防原則為：

1. 避免風險
2. 評估無法避免之風險
3. 由源頭控制風險
4. 適應工作環境，包括工作場所配置，施工設備選擇，施工和作業方法選擇，減輕重複性高之工作，以預定工期推動作業項目，降低對作業人員健康影響
5. 適應技術發展速度

- 6.以非危險或較不危險作業方式替代危險作業方式
- 7.制定整體預防政策，其中涵蓋技術，工作流程，工作條件，社會關係及對工作環境產生影響之因素
- 8.群體保護措施應比個人保護措施優先考量
- 9.提供受僱者適當指導

這些原則為“管理條例”之要求，適用於所有產業。主要提供辨識和控制施工項目風險及措施。

(二)在適當時間運用適合人員及團隊

運用適合之人員及團隊為成功完成特定項目之基礎，包括健康及安全績效。在個人或團隊執行任務時，負責調度之設計師及承攬商必須確保所指派工作人員具備工作之技術，知識和經驗條件，以確保人員健康和 safety。

雇主必須在可行情況下及施工階段開始前，盡快委任主要設計師及承攬商，以便有足夠時間在施工前和施工階段，分別進行規劃和管理。

(三)確保每位施工人員皆獲得工作上之所有信息、指導、培訓和監督，以確保人員健康與安全

所需之監督，指導及信息取決於工作項目涉及之風險高低，及施工人員技術，知識，培訓和經驗能量。承攬商必須確保監督品質，並提供適當現場指導及相關信息，如發生嚴重或迫切健康及安全危險時，應遵循哪些程序等。

(四)現場負責人彼此合作、溝通、協調工作

負責人必須相互合作，溝通，協調工作以確保所有人員皆了解風險和控制風險之措施，保障健康及安全。如透過雇主、主要設計人員和總承攬商之間定期研商，確保有足夠時間和資源來規劃，管理，監控和協調施工前及施工階段程序。

(五)諮詢施工人員並合作，提升和製定有效措施，確保健康、安全及福利

諮詢施工人員並參與健康和安全措施決策，提升工作場所健康和安全性。現場負責人透過工人所提供之信息，在施工前做出適當之規劃，如在施工前召開會議，討論當天工作計劃，識別風險並商定適當控制措施。由工人在旁輔助現場健康和安全性，並透過以下方式管理：

1. 協助提出工作場所可能之風險，並提出應對措施
2. 確保適當之健康和安全性
3. 提高施工時健康和安全性

二、離岸風場各角色之職責

(一)CDM 人員定義如下：

1. 僱主： 進行建設研究，為管理研究做出適當規劃。
2. 設計人員： 準備或修正與施工工程相關之結構、產品或系統之人員。
3. 主要設計人員： 僱主與多個承攬商進行研究項目時所指派之設計人員，其必須具有足夠專業知識、經驗和執行能力。
4. 承攬商： 從事實際施工工程之人員。
5. 主要承攬商： 由僱主指定之承攬商，以協調施工階段時，多個承攬商執行相同研究。
6. 工作人員： 隸屬於承攬商並工作於現場作業者。

(二)一般健康與安全

1. 指派執行工作項目之設計人員或承攬商必須具備其技術，知識和經驗，確保工作項目所有人之健康安全。
2. 設計人員或承攬商若不符合規定 1.，不得執行工作項目。
3. 指派設計人員或承攬商執行工作項目之僱主，必須根據合理步驟進行工作項目，以確保設計人員或承攬商符合規定 1.之條件。

4. 在施工現場，負責人必須與從事工作項目之所有工作人員協調合作。
5. 從事某一施工項目時，施工人員需報告提醒該項目任何可能危害健康安全之操作。
6. 提供信息或指示之人員，必須確保有效率提供並理解信息及指示。

(三) 雇主管理研究職責

施工前，雇主應將已擁有之相關文件信息進行彙整，可能包括初步的施工作業或調查相關健康安全文件。對於涉及多個承攬商之研究，雇主必須在指派主要設計人員後儘快將信息傳達給承攬商。

1. 雇主必須為工作項目作出適當研究，包括分配足夠時間及分配其他資源。
2. 確保研究為合適須符合以下規定：
 - (1) 在合理可行之範圍內進行施工，對任何工作項目人員健康或安全不構成風險。
 - (2) 為任何進行施工作業之工作人員提供所需設備，如衛生設備、清洗設備、飲用水、更衣室和儲物櫃、休息區等。
3. 雇主必須確保整個項目執行期間維護和控管研究。
4. 雇主必須在可行之施工前情況下，向每位委任之設計人員和承攬商提供信息。
5. 雇主必須確保以下事項：
 - (1) 在施工階段前，若僅有一家承攬商，需製定施工階段計劃。
 - (2) 主要設計人員為該研究編制健康及安全檔案。
6. 雇主必須按照合理施工程序執行研究

(四) 設計人員職責

設計人員於施工階段計劃沒有特定責任。但設計人員必須提供有關設計方面充分的資訊，以協助承攬商（包括主要承攬商）履行其職責，隨著施

工階段進展，設計人員必須持續與承攬商協調合作，以確保能夠及時了解任何設計變更。

1. 設計人員不得著手工作相關項目，除非雇主了解本條例所承擔之責任。
2. 準備或修改設計階段，設計人員必須考慮到預防一般原則及任何施工前信息，以便在可行範圍消除對健康安全之風險，其包括：
 - (1) 進行建造施工
 - (2) 維修或清理支撐結構
 - (3) 支撐結構設計之施工現場
3. 若無法消除風險，設計人員必須在可行範圍內：
 - (1) 於每個設計過程降低並控制風險
 - (2) 向主要設計人員提供所有風險資訊
 - (3) 確保適當之健康和安全管理信息
4. 設計人員必須按照合理作業流程來提供支撐結構設計，建造或維護信息，以充分協助雇主及其他設計人員與承攬商遵守條例職責。

(五) 承攬商職責

承攬商在施工前沒有特定的責任。但對於涉及多個承攬商之研究，承攬商必須與雇主、主要設計人員和總承攬商協調合作，以確保施工前所有信息皆了解且無誤。

1. 承攬商不得進行施工相關工作，除非雇主了解本條例所承擔之責任。
2. 承攬商必須計劃，管理和監督工作者之施工作業及品質。
3. 凡某項工程有多個承攬商，其必須遵從：
 - (1) 主要設計者或總承攬商發出之指示
 - (2) 施工階段計劃中與該承攬商之該工作項目部分

- (1)若僅一間承攬商於該研究作業，在以下情況必須考慮一般預防原則：
 - A. 決定設計，技術和組織方面，以便規劃並同時進行工作階段項目。
 - B. 估計完工或工作階段所需時間。
- (2)若僅一間承攬商於該研究作業，承攬商必須於施工前盡快制定或安排施工階段計劃。
- (3)承攬商不得任意雇用一般人員進行施工作業，除非該人員取得所需之技術，知識，訓練及經驗，以確保施工現場所有人之健康和 safety。
- (4)承攬商必須為所有施工人員提供適當監督，指示和信息，以便於可行範圍內進行施工，確保不會對健康和 safety 構成威脅。
- (5)承攬商所提供資訊必須包括：
 - A. 在主要承攬商尚未提供督導時，進行適當現場指導。
 - B. 在嚴重危害健康安全情況下，應遵循適當程序。
 - C. 有關健康和 safety 風險資訊，可遵循管理條例第三條或由承攬商訂定之風險評估。
 - D. 使工人遵守有關法定條文之所有資訊。
- (6)承攬商必須在施工可行範圍內，確保符合(施工現場所需之最低福利)規定。

第一節 離岸風電機組運輸作業流程解析

運輸為將人員或物體從港口運送到離岸施工現場，載台與載台間運輸，及海上結構物與載台間運輸。船舶類行包括貨船，拖船，駁船等，海事操作之施工船文件條件如表 1 所示。

船舶在出港前應先確認出航目的，貨物重量及重心確認文件，運送過程中有任何異動情況應予以考慮，確保運輸船不會受到貨物之載重而影響其行進間之動態，增加作業風險。往返時間預估及海氣象預估如圖 4 所示。海氣象直接影響海上作業之效率

與安全，天候海況需考量包括風向、風速、雨勢、落雷、大霧、波高、海流、潮汐、湧浪等條件。為避免遭受惡劣天候影響，可工作期限採天氣預測及回歸週期推算，其安全評估依據第三方認證 MWS 核可之航程研究為準，提送相關之海氣象資料、風險分析與對策等核可資料文件，供為備查。航行路線確認，若開發商於施工期間重複使用多艘船隻於同個風場作業，可能發生動線重疊與作業項目相同之問題，應進行工作協調或訂立專門管理辦法，避免事故衝突或對施工期間船隻作業之影響。選擇船舶類行及數量，船隻根據其用途分為幾種類型，包括自升式平台船，駁船，拖船等，正確的選用船舶係降低成本、工時及安全風險之關鍵。接著確認船體穩度評估，船體穩度是否合乎要求。駁船拖帶要求，拖曳之設備及流程是否合乎要求。進行船體及繫固結構強度評估，若上述皆確認完畢即可出航，如圖 5、圖 6 所示。

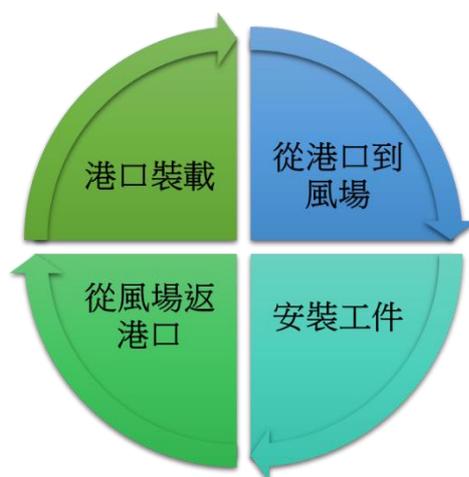


圖 4 運輸流程圖

(本研究繪製)

表 1 各施工船所需之文件

Document	Cargo vessels (Note 1)	Tugs (Note 1)	Barges (Note 2)	FPSO / FPU etc towages	Demolition towages	Other towages
Certificate of registry	✓	✓	✓		*	*
Certificate of class (hull)	✓	✓	✓	✓		*
Certificate of class (machinery)	✓	✓	✓			*
Tonnage certificate	✓	✓	✓	*		*
Cargo ship safety construction certificate	✓	✓	✓	*		*
Cargo ship safety equipment certificate	✓	✓	✓	*		*
Certificates for navigation lights & shapes			✓	✓	✓	✓
Certificate for Civil Liability for Bunker Oil Pollution	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Load line certificate or load line exemption	✓	✓	✓	*	✓	
Load line exemption (if unmanned)				✓	*	✓
Air Pollution Prevention (IAPP) certificate	*	*	*	*	*	*
IOPP Certificate	✓	✓	✓	✓	*	
Safety Management Certificate (SMC)	✓	✓				
Customs clearance	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Ship Sanitation Control Certificate or exemption	✓	✓	✓	✓		✓
Radio certificate, including GMDSS	✓	✓				
Trim and Stability booklet	✓	✓	✓	✓		
Bollard pull certificate		✓				
Certificates for bridle, tow wires, pennants, stretchers and shackles		✓	✓	✓	✓	✓
Suez or Panama Canal documentation (if relevant)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Transportation or Towing manual	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Manned towed objects						
Load line or Load Line Exemption	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Certificates for life saving appliances	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Crew list	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Radio Certificate	✓	✓	✓	✓	✓	✓

若於下列條件情況下，則可免除表 1 之認證要求。

- 一、較小型船舶（通常<500 gt）。
- 二、無人駕駛駁船不需認證設備證書，衛生證書或 IOPP(國際防止油污染證書)，除非配有機械設備。
- 三、內陸航行或內陸拖曳不需要這些文件。

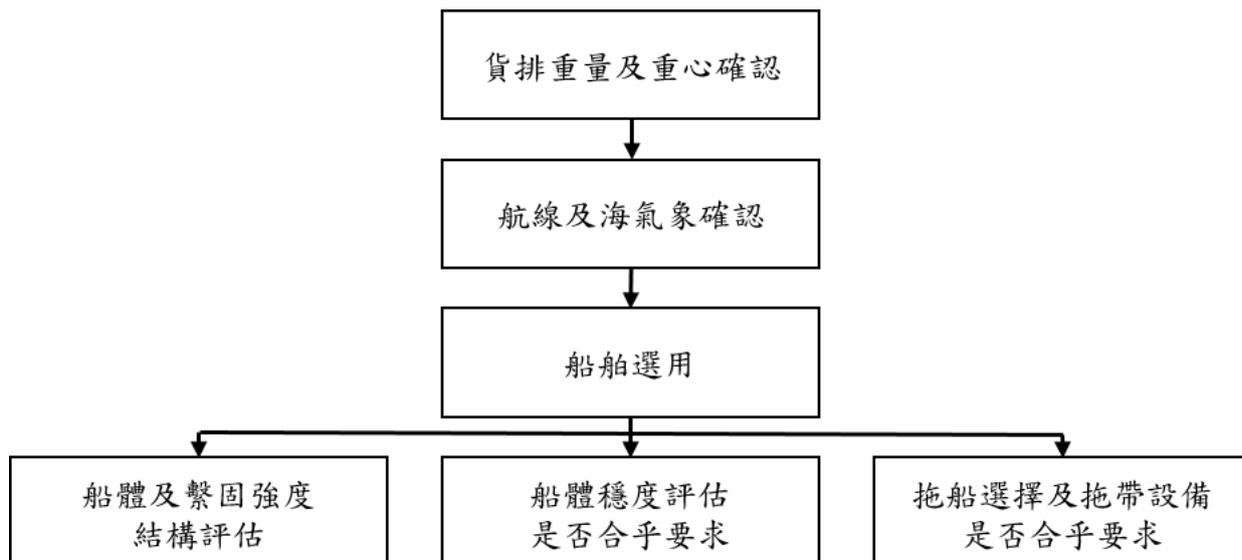


圖 5 船舶操作之安全確認

(本研究繪製)



圖 6 運輸風力機部件至安裝現場

(資料來源：GE Power)

第二節 離岸風電機組吊裝作業流程解析

在流程規劃、設備與文件紀錄等應符合開發商要求或相關工作規範，主要規範對象為各式起重船或自升平台船（barges, ships, vessels），以及其起重機、絞車、起重架，以確保在施工階段之人員財產安全。

一、 認證流程

一般海上之吊裝作業（如塔架或風力機、樁體）等，作業進行流程時應該提供一定之考慮條件，建立一套認證流程與提供記錄文件。

(一) 作業程序方面應認證項目：

1. 塔架之安裝作業
2. 模板與其他水下設備之安裝
3. 吊掛樁體時之移動控制作業
4. 載重物之移出與移入
5. 運輸船與工作船之間物品調度

(二) 認證過程中應考慮之項目：

1. 實際與預測之天氣狀況
2. 所有設備之適用性與準備狀況
3. 吊裝物體之狀態
4. 任何的現地作業程序異動
5. 作業前的一般準備流程

二、 吊裝配置流程，如圖 7 所示。

(一) 輸入吊裝資料，其包括：

1. 吊車資料

- 2.吊車與吊勾數量
- 3.吊耳之幾何形狀
- 4.駁船壓艙資料
- 5.吊裝系統佈置
- 6.吊件淨空
- 7.空中或淨水吊裝

(二) 吊件與吊索重量數據

(三) 決定吊裝因子

- 1.DAF 因子(動態放大因子)
- 2.SKL 因子(多吊點傾斜負荷因子)
- 3.Tilt 因子(雙鉤吊裝)
- 4.Yaw 因子(雙鉤吊裝)
- 5.CoG 重心偏移因子(雙鉤吊裝)
- 6.吊裝時最小吊索角度

(四) 計算靜態與動態下之吊勾載重

(五) 決定吊具橫向負載及吊裝需求及用途

(六) 完成吊裝配置檢驗

三、吊車流程檢驗

- (一) 與吊裝配置流程 1~4 相同
- (二) 確認工作半徑下吊車載重(靜負荷與動負荷)
- (三) 確認吊件於上下水面之安全距離；防撞墊、導軌設計與幾何分析
- (四) 完成吊車檢驗

四、吊點與擴張桿流程檢驗

- (一) 與吊裝配置流程 1~5 相同
- (二) 選用結果因子供吊點與擴張桿設計檢查
- (三) 吊件結構受力分析
- (四) 吊點與擴張桿分析
- (五) 完成吊點與擴張桿檢驗



圖 7 吊裝作業示意圖

(資料來源：Vattenfall)

第三節 離岸風電機組打樁施工作業流程解析

一、單樁式安裝作業

單樁安裝之工序，如圖 8 所示，單裝安裝示意圖，如圖 9 所示。

(一) 前置作業

1. 製定鋼管樁打設分項施工研究書並經監造單位審查同意後據以施工。
2. 船機動員整備：
 - (1) 事前研判打設鋼管樁當天之海象、氣候是否適合打樁作業。
 - (2) 打樁船機械、電腦系統及油壓樁錘性能測試。

(3)交通船及警戒船之安排。

3.鋼管樁載運：運載鋼管樁之工作平台船甲板須清理乾淨並準備墊木。裝載上船之鋼管樁編號、管徑、支數、樁身完整性確認。

(二) 樁位放樣

1.打樁船利用 GPS 事先定位並於桁架上安置反射菱鏡，以利 GPS 及 光波測距儀自動追蹤控制樁位。測量人員以光波測距儀追蹤打樁船上菱鏡，必要時事先架設鉛錘線輔助監測直樁打設之垂直度。

2.GPS 系統及光波測距儀交互確認船上 GPS 系統樁位座標。

(三) 打設前樁位檢測(GPS)

1.鋼管樁置於樁架：工作平台船載運鋼管樁至打樁現場，利用打樁船上吊車(鉤)吊起鋼管樁安置於樁架，油壓樁錘咬緊樁帽。

2.插樁定位(GPS)：利用桁架上菱鏡透過 GPS 自動追蹤及光波測距儀交互確認樁位，完成插樁定位。

3.樁位檢測

(1)鋼管樁的座標、編號、樁徑輸入電腦設定資料。

(2)光波測距儀交互監測確認。

4.油壓樁錘打設鋼管樁。

(四) 油壓樁錘打設鋼管樁

1.樁位之保持、校正：

(1)油壓樁錘與樁帽、樁身三者之軸線在同一直線上。

(2)打樁進行中，隨時校正樁位；若有偏向應於隨時拉回，直至打設完成，其中中心位置及樁身垂直或斜度偏差均需規定誤差線度內。

2.打擊紀錄表包含下列各項：

- (1)樁號、打樁日期、中斷續打時間及工程人員姓名。
- (2)樁型、尺寸、長度及用途(試樁或永久樁)。
- (3)貫入深度每 1m 之打擊數、最後 10cm 之打擊次數及最後 10 次之貫入量。

(五) 樁位測繪

- 1.打設完成後經由光波測距儀檢測座標及高程。
- 2.下載電腦報表計算支持力判讀是否達設計規定。
- 3.測繪實際樁位：完成檢測後於打樁紀錄表內繪出樁頭位置。
- 4.是否符合本工程鋼管樁打設許可差。

(六) 次樁打設確認

- 1.打設完成之鋼管樁經檢測後若在規範許可差值內，即可解脫樁錘。
- 2.移動船機準備進行次樁打設打設作業。

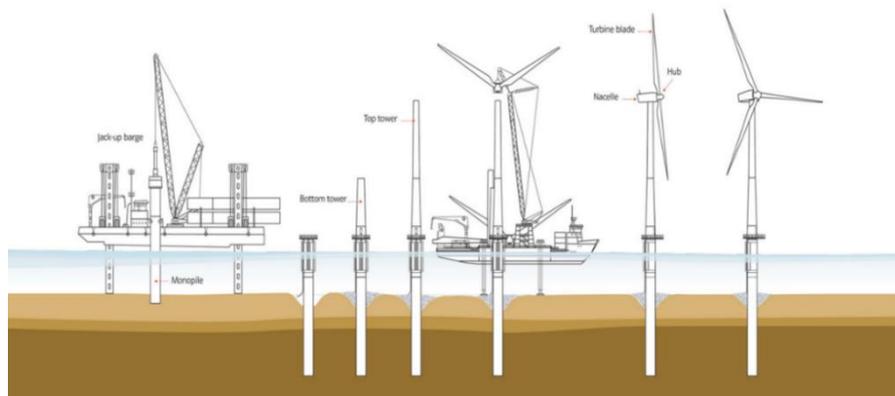


圖 8 單樁安裝之工序

(資料來源：A2sea)

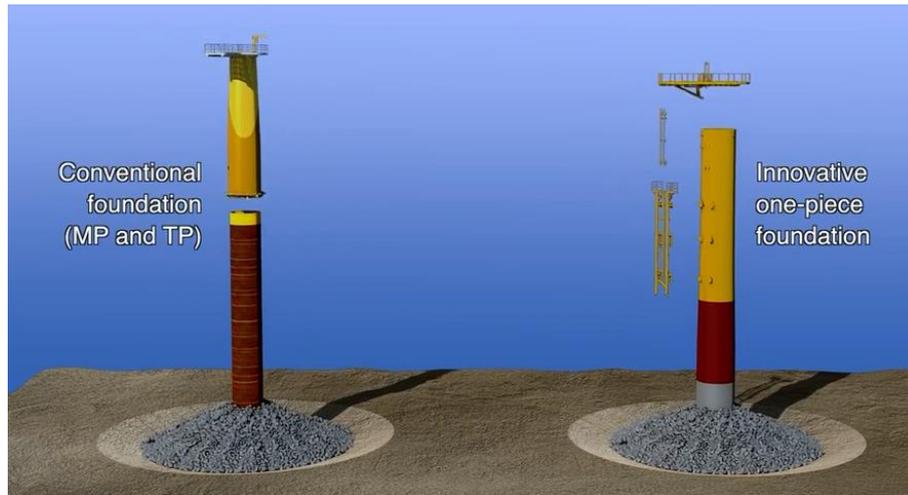


圖 9 單裝安裝示意圖

二、多樁式安裝作業

(一) 預打樁

預打樁安裝遵循以下步驟，如圖 10 所示：

1. 放置打樁模板：使用液壓夾鉗(hydraulic clamps)或遠程控制的鐵鍊將打樁模板從船上抬起，模板由穩定的擋泥墊和樁組成，樁模板的平整度可以用液壓千斤頂完成。
2. 放置基樁：一旦打樁模板平整放至海床，基樁就從船上升起，用液壓夾鉗抬升，將樁放入具有足夠穩定性的樁套中。
3. 安裝液壓錘：接著收回樁的夾具，放在船上，液壓錘連接到起重機上。了將液壓錘放在地基樁上，可能需要 ROV 配合。
4. 操縱基礎樁：將液壓錘放在樁上後，可以將基礎驅動到目標深度。
5. 回收打樁模板：一旦所有基樁打入目標深度，打樁模板即可從海底取回，並重新用於其他風力機。打樁模板之大小通常可調整，視不同 Jacket 而定。
6. 抬升 Jacket 底座：Jacket 底座通常以直立姿態運輸，以減少所需的甲板空間，避免岸上複雜的抬升操作，如圖 11 所示。

7.放置 Jacket 底座：將 Jacket 下部結構降入水中，Jacket 支架插入已完成的基礎樁中。

8.灌漿基礎樁：基礎樁和 Jacket 之間是透過灌漿連接，灌漿管線通過 Jacket 支架，灌漿連接器通常位於過渡(transition deck)平台上，因此不需要海底作業，灌漿量約每個樁 10 立方米。

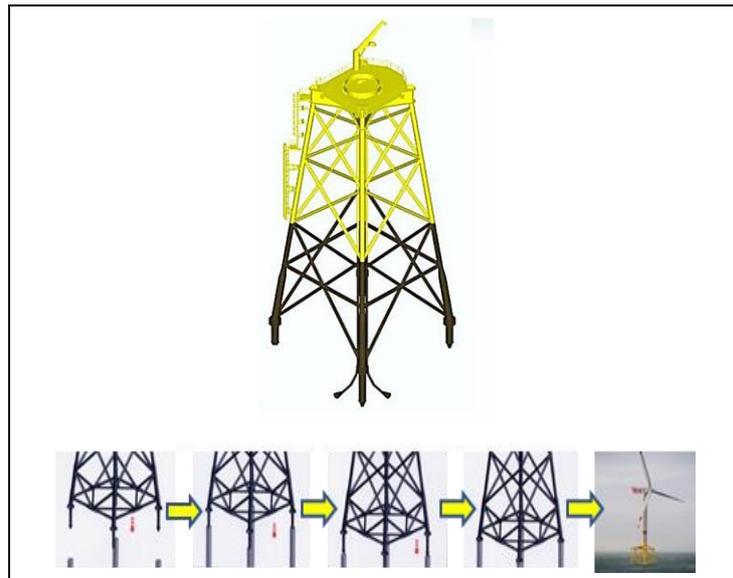


圖 10 預打樁之工序



圖 11 駁船將 jacket 運至風場

(資料來源： Vattenfall)

(二) 後打樁

此方法透過支架外部的套管來安裝樁，使用灌漿將套管與樁之間固定並將荷載從 jacket 腿架轉移至樁上。後打樁過程需於海床放置擋泥墊(Mudmats)，擋泥墊

為平底狀，可暫時支撐 jacket 並防止其在安裝樁期間，腿架下沉至軟弱海床。在樁安裝完畢後，jacket 固定於樁上灌漿已固化，擋泥墊及可移除，接著安裝塔架及風力機。

後打樁安裝遵循以下步驟，如圖 12 所示：

1. 整地
2. 安裝水下基礎
3. 進行打樁作業
4. 調整漿固
5. 安裝塔架
6. 安裝風力機



圖 12 後打樁之工序

第四節 離岸風電機組固著施工作業流程解析

- 一、灌漿材料的材料特性與相關條件應嚴格遵守相關法規的訂定，預先透過在岸上的大型設計模型先行測試，並就灌漿操作進行紀錄，並利用運用於現場之灌漿輸送管資料(直徑或長度等)進行測試灌漿，以評估材料可泵性。

- 二、灌漿管材質應符合國家標準或是國際認證的規範，灌漿通常必須在一星期內完成，若有耽擱等情況，則應對灌將材料進行保護，相關保護措施可參考中華民國之訂定法規或是承攬商所採取之法規等。
- 三、灌漿作業可保護鋼筋或是相關材料免受腐蝕損害，可灌入材料包括有混凝土、蠟或是其他材料等。
- 四、灌漿材料的製作完成後，擺放在特定區域時，其溫度應要在 10°C 至+25°C 左右。
- 五、若使用水泥基底灰漿灌漿時，環境溫度必須在 5°C 至+30°C，若有其他材料在更低溫或更高溫測試通過，則不在此限。

固著作業

(一) 固著作業程序應包括，如圖 13 所示：

- 1. 水泥漿的材料特性檢查，如黏度、密度等
- 2. 灌漿配料混合要求
- 3. 灌漿的運輸方法
- 4. 灌漿設備檢測
- 5. 灌漿所造成之壓力
- 6. 灌漿時間
- 7. 灌漿管通風口數量
- 8. 灌漿品質採樣
- 9. 設備故障之應急措施

(二) 固著前應要檢查：

- 1. 對於灌漿知識的了解，並透過考試進行考核。
- 2. 灌漿管的特性是否可以讓任何灌漿材質通過。

3. 灌漿管中是否有影響灌漿品質的物質。
4. 灌漿管中是否有通風口，以免空氣稀少造成阻礙。
5. 灌漿管在安裝與固定的過程中應避免搖晃，造成空氣與水過多，影響灌漿。
6. 灌漿設備之預應力系統應被允許後才能使用。
7. 是否準備足夠之灌漿材料。

(三) 固著期間應要注意：

1. 灌漿試驗的參數是否符合場址，例如流動性與隔離性。
2. 灌漿材料若使用膨脹劑，應在 30 分鐘內進行灌漿施工。
3. 灌漿設備與灌漿材料是否可以和諧運作。
4. 灌漿期間的所造成的壓力，除非提供設計資料，不然通常不允許超過 2Mpa。
5. 預防措施，可使灌漿管道保持暢通。
6. 在大直徑的灌漿管中，灌漿時應隨時去除水分並填滿灌漿管之空隙，但非常情況下，可使用真空灌漿。
7. 真空灌漿的情況下，管道中的體積應該和灌漿材料注入量相同，尤其在垂直灌漿的情況下，應先透過測試後，方可進行灌漿。
8. 對於有害氣候或是事故的風險評估。
9. 灌漿位置資訊與細節。
10. (灌漿時應確認混凝土是否完整通過管線，確認是否要進行補充灌漿，確認場址全填充灌漿材料。
11. (若灌漿作業中斷，則應該採取糾正措施，例如將導管沖刷乾淨後，再將新的灌漿材料放入。

(四) 固著後應注意：

1. 灌漿結束後，灌漿當中所記錄的數據，例如混凝土混合比、灌漿時的溫度、灌漿材料消耗量、攪拌時間或參照測試樣本等都應記錄在施工報告中，未來可作為修正之資料。
2. 灌漿結束後，應防止灌漿材料從灌漿管中溢出，為了防止溢出的情況，應讓壓力降低至 0.5Mpa，並持續一分鐘以上。



圖 13 固著作業實景

第五節 建置各階段之危害及風險評估模式

本節將針對離岸風力機之施工建置流程中之安全衛生環境(HSE)危害進行說明，考量機組建置各階段之危害，將針對施工前進行危害分析並探討與人相關之危害因子。前段將針對安全衛生環境危害定義、危害之程度分級進行說明，後續則針對打樁、固著、運輸以及吊裝作業相關施工流程中之潛在危害因子進行說明，目的在於了解各施工環節中之關鍵風險因子，並分別進行說明。

首先，需要先釐清何為危害？危害意指傷害、損毀或損失的情況發生，或損失的可能性之程度。而管理施工流程之危害，需依照 ISO 31000：2018，風險評估（Risk Assessment）於危害事件發生之前，針對潛在風險事件可能給人們的生活、生命、財產

等各個方面造成的影響和損失進行量化評估的工作。目前風險評估之工具與方法論眾多且已廣泛使用於各大產業之中。不論是工業工程、基礎工程、人員安全管理或是生醫工程等等，風險評估已成為目前廣為使用之風險管理手段。

以陸域工程與離岸工程而言，最有可能會導致工程產生重大災變的因素主要可分為以下類型：

- 一、環境因子：其包括地理、氣候、氣象、水文、地質以及生態。
- 二、人為因子：其包括規劃、設計、施工、運維、管理、政治、社會、經濟。
- 三、複合式災害：上述兩種災害同時發生。

後續針對打樁、固著、運輸、吊裝等等進行危害辨識與分析。

過去，有許多工程相關風險原則主要採用國際之風險評估相關規範如 ISO 31000 和 IEC 62198 中規定的風險管理準則進行。以離岸風電研究為例，各開發商為取得相關銀行融資，皆須經由第三方認證機構之認證。因此，在各開發商、承攬商所使用之作業器械、船舶、設備、安全作業研究皆有所差異之情況下，其風險評估若經過第三方認證亦代表已取得認證許可。然而，考量到主要針對離岸風電施工作業之安全衛生環境相關危害，擬採用我國勞動部所提供之「風險評估技術指引」，本目的在於了解其施工流程職業安全衛生風險，作適當之辨識、分析及評量以確保勞工之安全與健康。以下將針對其適用進行說明。

該風險評估技術指引主要依照「職業安全衛生管理辦法」第十二條之一規定，雇主應依其離岸風電開發商或是相關承攬商之規模、性質，訂定職業安全衛生管理研究，並依職業安全衛生法施行細則（以下簡稱本法施行細則）第三十一條規定，執行工作環境或作業危害之辨識、評估及控制、採購管理、承攬管理、變更管理與緊急應變措施等職業安全衛生事項。而我國勞動部為協助相關離岸風電開發商或是相關承攬商建立及推動職業安全衛生管理系統，勞動部除已發布我國職業安全衛生管理系統（Taiwan

Occupational Safety and Health Management System，TOSHMS）指引外，特別研訂風險評估技術指引，提出建立及執行各項安全衛生管理制度應有的基本原則、作業流程及建議性作法等，作為離岸風電開發商或是相關承攬商規劃及執行的參考。

因此，本研究將簡單介紹”風險評估技術指引”之格式，依此建議若後續須進行詳盡之施工流程之危害分析，將可依此指引進行風險管理。而本研究於此階段將針對施工流程之危害進行說明。

一、風險評估技術指引介紹

本章節主要針對風險評估技術指引之內容進行說明。由於本研究後續會針對離岸風力機之施工流程進行危害分析與辨識。因此，若後續開發商於施工研究、施工承攬商擬定後亦可針對開發商之需求進行相關安全衛生之風險評估。其風險評估的參考作業流程如下圖 14 所示，而其執行搭基本原則及考量分述於後續說明。



圖 14 風險評估的參考作業流程

以下將針對逐項進行說明。

(一)辨識出所有的作業或工程

此階段的目標是針對特定研究確定其所有之相關風險。從先前離岸風電研究中之經驗辨識風險，並進行分析。風險應根據該研究之自然環境，法律及法規、基礎設施，研究規模，文化等項目之具體特點進行調整。為了辨識新風險，風險管理人員參加所有討論會議，必須針對會影響研究風險狀況的問題進行探討。此外，如有需要，風險主管應與可能的承攬商（申請人）、主管部門、電網營運者和其他外部專家經常參加會議，以辨別出新的風險。其執行流程如下列條列。

- 1.離岸風電開發商或是相關承攬商應依職業安全衛生法規及職業安全衛生管理系統相關規範等要求，建立、實施及維持風險評估管理研究或程序，以有效執行工作環境或作業危害的辨識、評估及控制。
- 2.離岸風電開發商或是相關承攬商應依職業安全衛生法規要求、工作環境或作業（包含製程、活動或服務）的規模與特性等因素，選擇適合的風險評估方法，並明確規範執行及檢討修正的時機。
- 3.離岸風電開發商或是相關承攬商執行或檢討風險評估時，應有熟悉作業的員工參與。
- 4.對於執行風險評估的人員應給予必要的教育訓練，提升其安全衛生知識及評估技能，必要時應尋求外界專業機構的協助。
- 5.風險評估的範圍應涵蓋離岸風電開發商或是相關承攬商所有的工作環境及作業，且須考量過往危害事件的經歷。
- 6.離岸風電開發商或是相關承攬商應依其施工流程辨識所有的相關作業或工程（以下簡稱為作業）。
- 7.前述的作業應涵蓋例行性及非例行性的作業，亦應包含組織控制下可能出現在離岸風電開發商或是相關承攬商及其組織控制下之人員（如承攬人、供應商、訪客及其他利害相關者等）所執行的各項作業。

(二)辨識危害及後果

- 1.離岸風電開發商或是相關承攬商應事先依其工作環境或作業(製程、活動或服務)的危害特性，界定潛在危害的分類或類型，作為危害辨識、統計分析及採取相關控制措施的參考。
- 2.對所辨識出的作業，應蒐集相關資訊，作為風險評估的依據。
- 3.離岸風電開發商或是相關承攬商應針對作業的危害源，辨識出所有的潛在危害、及其發生原因與合理且最嚴重的後果。

(三)確認現有防護設施

- 1.離岸風電開發商或是相關承攬商應依所辨識出的危害及後果，確認現有可有效預防或降低危害發生原因之可能性及減輕後果嚴重度的防護設施。
- 2.必要時，對所確認出的現有防護設施，得分為工程控制、管理控制及個人防護具等，以利於後續的分析及應用。

(四)評估危害的風險

- 1.風險為危害事件之嚴重度及發生可能性的組合，評估時不必過於強調須有精確數值的量化分析，離岸風電開發商或是相關承攬商可自行設計簡單的風險等級判定基準，以相對風險等級方式，作為改善優先順序的參考。
- 2.離岸風電開發商或是相關承攬商對所辨識出的潛在危害，應依風險等級判定基準分別評估其風險等級。
- 3.執行有害物和有害能源暴露之健康風險評估時，須參考作業環境測定及監測的結果。

(五)採取降低風險的控制措施

- 1.離岸風電開發商或是相關承攬商應訂定不可接受風險的判定基準，作為優先決定採取降低風險控制措施的依據。
- 2.不可接受風險的判定基準並非持續固定不變，離岸風電開發商或是相關承攬商應依實際風險狀況及可用資源等因素，適時調整不可接受風險判定基準值，以達持續改善的承諾。
- 3.對於不可接受風險項目應依消除、取代、工程控制、管理控制及個人防護具等優先順序，並考量現有技術能力及可用資源等因素，採取有效降低風險的控制措施。
- 4.風險控制措施確認後，應指派相關人員負責規劃及實施，並定期追蹤其執行狀況。

(六)確認採取控制措施後的殘餘風險

- 1.離岸風電開發商或是相關承攬商對預計採取降低風險的控制措施，應評估其控制後的殘餘風險，並於完成後，檢討其適用性及有效性，以確認風險可被消滅至預期成效。對於無法達到預期成效者，應適時予以修正，必要時應採取其他有效的控制措施。
- 2.離岸風電開發商或是相關承攬商對已執行或所採取之風險控制措施，應定期或不定期進行監督與量測，以確保其遵循度及控制成效。

第六節 運輸、吊裝、打樁及固著危害分析

一、危害因子介紹

離岸風力機基礎之運輸、吊裝、打樁及固著、流程請參考前述章節，本節後續亦針對各施工流程之相關潛在安環衛風險危害分析進行說明。考量到該施工流程要針對基礎施工相關職業安全衛生危害進行分析。故，本研究將其基礎施工流程進行整合，從一開始之基樁運輸、定點、架起自升式平台、吊裝、打樁、固著等一系列作業流程。

本章節主要針對職業安全衛生安全之施工危害分析。在進行危害分析之前，本研究將其危害項目進行說明。

(一) 危害因子介紹

為利於辨識危害的執行，一般可將危害的類型分為：

1. 墜落/滾落：指人體從建築物、施工架、機械、設備、梯子、斜面等處墜落而言。
2. 跌倒：指人體在近於同一平面上跌倒而言，即因絆跤或滑溜而跌倒之情況。
3. 衝撞：指除墜落、滾落、跌倒之外，以人體為主碰撞靜止物或動態物而言。
4. 物體飛落：指以飛來物、落下物等主體碰撞人體之情況。
5. 物體倒塌/崩塌：指堆積物（包含積垛）、施工架、建築物等塌崩、倒塌而碰撞人體之情況。
6. 被撞：指飛來、落下、崩塌、倒塌外，以物體為主碰撞人體之情況。
7. 被夾、被捲：指被物體夾入或捲入而被擠壓、撻挫之情況。
8. 被刺、割、擦傷：指被擦傷之情況，及以被擦的狀況而被刺、割等之情況。
9. 踩踏/踏穿：指踏穿鐵釘、金屬片之情況而言，包含踏穿地板、石棉瓦等情況。
10. 溺斃：包含墜落水中而溺斃之情況。
11. 與高低溫接觸：高溫係指與火焰、電弧、熔融狀態之金屬、開水、水蒸汽等接觸之情況，包含高溫輻射熱等導致中暑之情況；低溫包含暴露於冷凍庫內等低溫環境之情況。
12. 與有害物等之接觸：包含起因於暴露於輻射線、有害光線之障害、一氧化碳中毒、缺氧症及暴露於高壓、低壓等有害環境下之情況。
13. 感電：指接觸帶電體或因通電而人體受衝擊之情況。

14. 火災：指火燒 原料或物質快速的氧化而發出熱與光。
15. 爆炸：指壓力之急激發生或開放之結果，帶有爆音而引起膨脹之情況。
16. 物體破裂：指容器、裝置因物理的壓力而破裂之情況，包含壓壞在內。
17. 不當動作：指起因於身體動作不自然姿勢或動作反彈等，引起扭筋、扭腰及形成類似狀態，如不當抬舉導致肌肉骨骼傷害，或工作台/椅高度不適導致肌肉疲勞等。
18. 化學品洩漏：指容器或設備之危害性物質外洩，但未造成人員傷害之事件。
19. 環保事件：指危害物質洩漏到廠外而足以影響大眾安全及健康或環境品質等之情況。
20. 職業病：指暴露於有害健康的不良工作環境，或經常重覆執行危害健康的作業方法或動作，因而發生之疾病，例如振動引起之白指症、噪音引起之職業性重聽、非游離輻射引起之白內障、異常氣壓（如沉箱作業）、水下作業、坑道作業等引起之減壓症(潛水夫病)等。
21. 交通事件：指員工在上下班時間內於必經之路線所發生之交通事件。
22. 落水：從船舶、施工平台、風機墜落至海。
23. 落地：從船舶、施工平台、風機或是高處作業時墜落至海。
24. 其他：係指無法歸類於上述任一類之事件，包含生物性因子所引起之危害，如退伍軍人症、被針刺感染等。

事業單位可由作業清查所獲得的資訊，並從人員、環境、設備、物料等方面辨識出各項作業所有可能的潛在危害類型。

二、環境(環境因子)

環境－須考量在不同環境下作業，可能引起的危害，如：

- (一) 長期於噪音環境下作業，容易造成聽力損失。
- (二) 在高溫環境下作業，容易引起脫水或中暑等危害。
- (三) 在防爆區域內執行動火作業，易引起火災或爆炸。
- (四) 在擁擠環境下執行維修保養作業，容易因碰撞或擦撞而受傷。
- (五) 局限空間作業，易引起缺氧或中毒等危害。
- (六) 高處作業會有墜落的危害。
- (七) 在通風不良的作業場所使用或處理化學物質，人員易因吸入化學物質而使健康受到影響等。

三、人員(人為因子)

人員－除須考量作業人員本身可能引起的危害，亦須考量周遭人員或其他利害相關者對作業人員可能造成的危害，如：

- (一) 人員在精神不濟情況下，進行高處作業，易引起墜落危害。
- (二) 人員進行船舶操作時產生航行之意外。
- (三) 人員進行離岸交通時發生墜落相關事件。
- (四) 為節省時間，人員在未斷電情況下清洗機台，易引起捲入、切割等危害。
- (五) 人員吊運過程中，因吊運作業員間之協調不足，易引起碰撞、掉落等危害。
- (六) 人員在槽車卸料前未依規定接妥接地設施，易導致卸料過程累積過多的靜電，可能會有火災爆炸之危害。
- (七) 人員誤啟動攪拌槽之攪拌器開關，導致內部清洗人員受到嚴重傷害等。
- (八) 工作量、主管的管理方式等因素，是否會影響到員工的心理狀態或壓力，進而導致工作上之傷害或影響其健康狀況。

四、機械(人為因子)

機械/設備/工具一須考量所使用、接觸或周遭的機械、設備或工具對作業人員或周遭人員可能造成的危害，如：

- (一) 轉動設備、輸送帶等可能會引起捲入危害。
- (二) 船舶相關運輸工具之操作不妥。
- (三) 船舶操作時發生爆炸。
- (四) 吊裝系統發生故障導致人員傷亡
- (五) 電氣設備可能會引起感電、火災爆炸等危害。
- (六) 反應器、高壓設備等可能會因操作不當而引起高壓破裂的危害。
- (七) 在動火管制區使用易產生火花之工具，易導致火災爆炸之危害。
- (八) 起重機在吊物過程中會有碰撞或物品掉落等危害。
- (九) 堆高機在搬貨物過程中，可能會撞傷附近作業人員等。

五、化學物質(人為因子)

化學物質一須依據化學物質危害特性鑑別可能引起的危害，如：

- (一) 毒性化學物質可能會引起人員中毒危害。
- (二) 易燃性物質易引起火災爆炸危害。
- (三) 人員接觸腐蝕性物質會有灼傷危害。
- (四) 不相容的化學物質接觸後可能有反應性危害。
- (五) 須低溫儲存的化學物質，在處理時須考量溫度升高可能引起的危害。
- (六) 化學物質對設備若具有較強的腐蝕性，易導致化學物質外洩，而引起火災、爆炸、或危及人員的安全與健康。
- (七) 另須考量化學物質之使用量或儲存量與危害後果嚴重度的關係等。

六、運輸及吊裝作業危害分析

本章節主要針對離岸風力機之運輸與吊裝進行危害分析辨識。考量到開發商所使用之儀器、船舶、工法之不同。目前之運輸與吊裝作業之危害分析主要皆針對離岸風電機運輸與吊裝之主要項目進行危害辨識之作業。本研究目前較無針對詳細之運輸及吊裝作業規劃之考量在於了解各階段之主要風險。藉由了解其主要風險後，本研究將於後續章節中將離岸風電施工相關之主要安全作業準則進行架構內容之探討，如表 2。

表 2 運輸與吊裝危害分析

作業名稱	危害辨識及後果		現有防護措施		
	作業條件	危害可能造成後果之情境描述	工程控制	管理控制	個人防護具
登船航行	橡皮筏 (Raft) 交通艇(適合操作浪高: 0.8m 以下)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 注意登船時船位偏低，船底不甚穩固，人員若不慎，將有跌落或落海之虞。 2. 船穩定性差：風浪過大(如浪高大於 1.5m)或海流流速不穩(如天候不佳引致)會導致船體大搖或人員暈船， 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 登船時須相互協助 2. 確認安全掛鉤完整 3. 設置輔助梯 4. 每人配備追蹤式手環或識卡 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 標準作業程序及教育訓練 2. 人員登船管制 3. 個人防護器具管理辦法 4. 人員登船訓練 5. 海上求生訓練 	安全帽 安全索 防濺衣 救生衣 安全鞋
登船航行	單胴船 (Single Hull) 交通船	<ol style="list-style-type: none"> 1. 注意登船略有高低差，人員若不慎，將有跌落或落海之虞。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 人員追蹤手環或隨身識卡 2. 確認船舷安全護欄完整 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 標準作業程序及教育訓練 2. 人員登船管制 3. 個人防護器具管理辦法 4. 海上求生訓練 	安全帽 工作服 救生衣 安全鞋

作業名稱	危害辨識及後果		現有防護措施		
	作業條件	危害可能造成後果之 情境描述	工程控制	管理控制	個人防護具
登船 航行	(適合操作 浪高：1m 以下)	2. 船穩定性佳：唯風浪過大(如浪高大於2m)或海流流速不穩(如天候不佳引致)會導致船體大搖或人員暈船。 1. 注意登船略有高低差,人員若不慎,將有跌落或落海之虞。	1. 人員追蹤手環或隨身識卡 2. 確認船舷安全護欄完整	1. 標準作業程序及教育訓練 2. 人員登船管制 3. 個人防護器具管理辦法 4. 海上求生訓練	安全帽 工作服 救生衣安全鞋
登船 航行	雙胴船 (Catamaran) 交通船 (適合操作 浪高： 1~2m)	2. 船穩定性較優：唯風浪過大(如浪高大於2m)或海流流速不穩(如天候不佳引致)會導致船體大搖或人員暈船。 1. 注意登船略有高低差,人員若不慎,將有跌落或落海之虞。	1. 人員追蹤手環或隨身識卡 2. 確認船舷安全護欄完整	1. 標準作業程序及教育訓練 2. 人員登船管制 3. 個人防護器具管理辦法 4. 海上求生訓練	安全帽 工作服 救生衣安全鞋

作業名稱	危害辨識及後果		現有防護措施		
	作業條件	危害可能造成後果之情境描述	工程控制	管理控制	個人防護具
登船航行	服務操作船(SOV)兼交通船(適合操作浪高: 2~3m)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 注意登船略有高低差, 人員若不慎, 將有跌落或落海之虞。 2. 船穩定性較優: 唯風浪過大(如浪高大於2m)或海流流速不穩(如天候不佳引致)會導致船體大搖或人員暈船。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 人員追蹤手環或隨身識卡 2. 確認船舷安全護欄完整 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 標準作業程序及教育訓練 2. 人員登船管制 3. 個人防護器具管理辦法 4. 海上求生訓練 	安全帽 工作服 救生衣安全鞋
登船航行	自升式安裝船(WTIV)(適合操作浪高: 航行3m; 作業1.5~2.5m)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 注意登船頗有高低差, 又遠離碼頭, 人員若不慎, 將有跌落或落海之虞。 2. 船的穩定性特優。 3. 當船升起離開海面, 船身可能升離水面8m上下, 有高的危險。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 岸邊架設梯道 2. 人員追蹤手環或隨身識卡 3. 確認船舷安全護欄完整 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 標準作業程序及教育訓練 2. 人員登船管制 3. 個人防護器具管理辦法 4. 海上求生訓練 	安全帽 工作服 救生衣安全鞋
陸域至船舶	服務操作船(SOV)兼交通船(適合操作浪高:)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 船體較大, 但仍有六個自由度的晃動。 2. 船之穩定及安全性能雖優, 但若人員不 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 設置 DP2 動態定位系統 2. 船舷架設六個自由度動態補償梯道供交通。 3. 人員追蹤手環或隨身識卡 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 標準作業程序及教育訓練 2. 人員登船管制 3. 個人防護器具管理辦法 4. 海上求生訓練 	安全帽 工作服 救生衣 安全鞋

作業名稱	危害辨識及後果		現有防護措施		
	作業條件	危害可能造成後果之情境描述	工程控制	管理控制	個人防護具
	2~3m)	<p>慎，仍將會有落海之虞。</p> <p>3. 船體較大，若失去動力而飄移可能撞損風力機或鄰物。</p>			
自船登風機或海上工作平台	橡皮筏 (Raft) 交通艇 (適合操作浪高：0.8m 以下)	<p>1. 船舷靠船登設施 (Boat Landing) 有高低差，人員若不慎，將有落海或夾傷之虞。</p> <p>2. 船穩定性差，搖晃猛，安全差。</p> <p>3. 船身頂住船登設施，兩者互相摩擦，船舷容易磨損。</p>	<p>1. 架設輔助導索</p> <p>2. 確認船登設施尺寸吻合可頂。</p> <p>3. 確認靠船處夠強壯。</p> <p>4. 人員追蹤手環或隨身識卡</p>	<p>1. 標準作業程序及教育訓練</p> <p>2. 人員登船管制</p> <p>3. 個人防護器具管理辦法</p> <p>4. 人員登船與離船訓練</p> <p>5. 海上求生訓練</p>	<p>安全帽</p> <p>防濺衣</p> <p>安全索</p> <p>救生衣</p> <p>安全吊帶(Harness)</p> <p>安全鞋</p>
登風機或海上工作平台	單胴船 (Single Hull) 交通艇 (適合操作浪高：1m 以下)	<p>1. 船艙頂緊船登設施 (Boat Landing) 會上下動，人員若不慎，將有落海或夾傷之虞。</p> <p>2. 船穩定佳，安全尚可。</p> <p>3. 船艙直接頂緊摩擦，容易磨損。</p>	<p>1. 確認船登設施尺寸吻合可頂。</p> <p>2. 確認頂船處夠強壯。</p> <p>3. 人員追蹤手環或隨身識卡</p>	<p>1. 標準作業程序及教育訓練</p> <p>2. 人員登船管制</p> <p>3. 個人防護器具管理辦法</p> <p>4. 攀登船登設施訓練</p> <p>5. 海上求生訓練</p>	<p>安全帽</p> <p>工作服</p> <p>救生衣</p> <p>安全吊帶(Harness)</p> <p>安全鞋</p>

作業名稱	危害辨識及後果		現有防護措施		
	作業條件	危害可能造成後果之 情境描述	工程控制	管理控制	個人防護具
登風機海上工作平台	雙洞船 (Catamaran) 交通船 (適合操作浪高: 1~2m)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 船艙頂緊船登設施 (Boat Landing) 會上動, 人員若不慎, 將有落海或夾傷之虞。 2. 船穩定優, 安全性佳。 3. 船艙直接頂緊摩擦, 容易磨損。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 確認船登設施尺寸吻合可頂。 2. 確認頂船處夠強壯。 3. 人員追蹤手環或隨身識卡 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 標準作業程序及教育訓練 2. 人員登船管制 3. 個人防護器具管理辦法 4. 攀登船登設施訓練 5. 海上求生訓練 	安全帽 工作服 救生衣 安全吊帶(Harness) 安全鞋
登風機海上工作平台	小水面雙洞 (SWATH) 交通船 (適合操作浪高: 1.5~2.5m)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 船艙頂緊船登設施 (Boat Landing) 會上動, 人員若不慎, 將有落海或夾傷之虞。 2. 船穩定優, 安全性佳。 3. 船艙直接頂緊摩擦, 容易磨損。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 確認船登設施尺寸吻合可頂。 2. 確認頂船處夠強壯。 3. 人員追蹤手環或隨身識卡 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 標準作業程序及教育訓練 2. 人員登船管制 3. 個人防護器具管理辦法 4. 攀登船登設施訓練 5. 海上求生訓練 	安全帽 工作服 救生衣 安全吊帶 安全鞋
登風機海上工作平台	服務操作船 (SOV) 兼交通船 (適合操作浪高: 2~3m)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 船體較大, 但仍有一個自由度的晃動。 2. 船之穩定及安全性雖優, 但若人員不慎, 仍將會有落海之虞。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 設置 DP2 動態定位系統 2. 船舷架設六個自由度動態補償梯道供交通。 3. 人員追蹤手環或隨身識卡 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 標準作業程序及教育訓練 2. 人員登船管制 3. 個人防護器具管理辦法 4. 海上求生訓練 	安全帽 工作服 救生衣 安全鞋

作業名稱	危害辨識及後果		現有防護措施		
	作業條件	危害可能造成後果之情境描述	工程控制	管理控制	個人防護具
登機或海上工作平台		3. 船體較大，若失去動力而飄移可能撞損風力機或鄰物。			
自升式安裝船(WTIV) (適合操作浪高：航行3m；作業1.5~2.5m)		1. 船體較大，未升起時仍會晃動。 2. 船之穩定及安全雖優，但使用吊籃送先遣人員，若不慎，會有落海之虞。 3. 船體較大，若失去動力而飄移可能撞損風力機或鄰物。	1. 設置 DP2 動態定位系統 2. 升起前，不送人上平台。 3. 升起後，架設伸縮梯道供人員交通。 4. 人員追蹤手環或隨身識卡	1. 標準作業程序及教育訓練 2. 人員登船管制 3. 個人防護器具管理辦法 4. 海上求生訓練	安全帽 工作服 救生衣 安全鞋
自船舶搭乘海上運輸工具	吊掛工具	1. 風速過大造成運輸工具搖晃造成人員掉落 2. 懸梯連結風機套筒不良，造成人員交通上產生危害	1. 確認船登設施尺寸吻合可頂。 2. 設置 DP2 動態定位系統 3. 人員追蹤手環或隨身識卡	1. 標準作業程序及教育訓練 2. 人員登船管制 3. 個人防護器具管理辦法 4. 攀登船登設施訓練 5. 海上求生訓練	安全帽 工作服 救生衣 安全吊帶 安全鞋

作業名稱	危害辨識及後果		現有防護措施		
	作業條件	危害可能造成後果之情境描述	工程控制	管理控制	個人防護具
攀爬	岸邊預組狀況	跌落摔傷	防墜裝置	1. 標準作業程序及教育訓練 2. 個人防護器具管理辦法	安全帽 工作服 安全吊帶 安全鞋
攀爬	裝船檢查狀況	跌落摔傷	防墜裝置	1. 標準作業程序及教育訓練 2. 人員登船管制 3. 個人防護器具管理辦法	安全帽 工作服 安全吊帶 安全鞋
爬高	海上安裝狀況	跌落摔傷	防墜裝置	1. 標準作業程序及教育訓練 2. 人員登船管制 3. 個人防護器具管理辦法 4. 海上求生訓練	安全帽 工作服 安全吊帶 安全鞋
爬高	海上試運轉	1. 電梯故障停機 2. 停電不能動	電梯試車確認	1. 標準作業程序及教育訓練 2. 人員登船管制 3. 個人防護器具管理辦法 4. 海上求生訓練	安全帽 工作服 安全鞋
吊裝	岸邊預組、海上安裝	1. 人員傷亡 2. 機具翻覆 3. 其餘機具被墜落重物壓損毀壞	1. 確認吊車與重件間之繩索牢固 2. 確認鐵件、連接件部分牢固 3. 吊車與機具之上下方不得有閒人逗留	1. 標準作業程序及教育訓練 (包含定期檢查吊車等機具有無故障損壞) 2. 人員操作機具管制	安全帽 工作服 安全鞋 繩索吊勾

作業名稱	危害辨識及後果		現有防護措施		
	作業條件	危害可能造成後果之 情境描述	工程控制	管理控制	個人防護具
				3. 個人防護器具管理辦法	

七、打樁及固著營造施工危害分析

打樁與固著作業之危害分析與辨識主要針對各施工階段重要任務，如船機動員、基礎運輸、定位與打樁以及固著。考量到開發商所使用之儀器、船舶、工法之不同。目前之打樁與固著作業之危害分析主要皆針對打樁之主要項目進行危害辨識之作業。本研究目前較無針對詳細之打樁及固著作業規劃之考量在於了解各階段之主要風險。藉由了解其主要風險後，本研究將於後續章節中將離岸風電施工相關之主要安全作業準則進行架構內容之探討，表 3。

表 3 打樁與固著危害分析

作業名稱	危害辨識及後果 危害可能造成後果之 情境描述	現有防護措施		
		工程控制	管理控制	個人防護具
船機動員整備	<ol style="list-style-type: none"> 1. 注意登船時船位偏低，船底不甚穩固，人員若不慎，將有跌落或落海之虞。 2. 船穩定性差：風浪過大(如浪高大於1.5m)會導致船體大搖或人員暈船。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 登船時須相互協助 2. 確認安全掛鉤完整 3. 設置輔助梯 4. 每人配備追蹤式手環或識卡 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 標準作業程序及教育訓練 2. 人員登船管制 3. 個人防護器具管理辦法 4. 人員登船訓練 5. 海上求生訓練 	安全帽 安全索 防濺衣 救生衣 安全鞋
鋼管樁載運	<ol style="list-style-type: none"> 1. 繫固鬆脫 2. 船舶穩定議題 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 工件傾斜 2. 工件晃動 3. 工件遊走 4. 工件落海 5. 工件傷人 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 事前依照 MWS 圖文送審、現場檢查，檢查出廠證明及實品，避免鬆脫、變形，斷裂。 2. 設置備套之保險索防止落海。 3. 出航前，多做確認演練。 4. 人員嚴禁停留在吊裝工件之上方或下方。 	安全帽 安全索 救生衣 安全鞋

鋼管樁載運	人員落海	<ol style="list-style-type: none"> 1. 嗆傷 2. 溺斃 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 事前依照 MWS 圖文送審、現場檢查，檢出廠證明及實品，避免鬆脫、變形，斷裂。 2. 設置備套之保險索防止落海。 3. 出航前，多做確認演練。 4. 人員嚴禁停留在吊裝工件之上方或下方。 	<p>安全帽 安全索 防濺衣 救生衣 安全鞋</p>
鋼管樁載運	泛水傾斜	<ol style="list-style-type: none"> 1. 工件落海 2. 機具落海 3. 人員落海 4. 穩度不足，棄船 5. 穩度不足，翻覆 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 聘請老練的船長主導航行及控制船況，一切以安全為優先。 2. 在甲板，一律穿著救生衣。 3. 準備救生艇及救生筏，等候命令。 4. 上船前，乘員須經過救生訓練，懂得自救。 	<p>安全帽 安全索 防濺衣 救生衣 安全鞋</p>
鋼管樁載運	觸礁	<ol style="list-style-type: none"> 1. 船體破洞 2. 船體穩度降低 3. 泛水傾斜 4. 泛水沈船 5. 沈船致人員受傷或溺斃 6. 棄船 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 聘請熟悉航區的船長主導航行及控制船況，一切以安全為優先。 2. 在甲板，一律穿著救生衣。 3. 準備救生艇及救生筏，等候命令。 4. 上船前，乘員須經過救生訓練，懂得自救。 	<p>安全帽 安全索 防濺衣 救生衣 安全鞋</p>

鋼管樁載運	失火	<ol style="list-style-type: none"> 1. 船體損失 2. 工件損失 3. 機具損失 4. 人員傷亡 5. 救火灌水傾斜 6. 救不了，棄船 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 聘請老練的船長主導航行及控制船況，一切以安全為優先。 2. 空間盡量減少放置可燃物，也盡量避開火源。 3. 上船前，乘員須經過滅火訓練，群力滅火。 4. 準備救生艇及救生筏，等候命令。 5. 上船前，乘員須經過救生訓練，懂得自救。 	<p>安全帽 安全索 防濺衣 救生衣 安全鞋</p>
定位安裝 (定位過程)	人員高處落海	<ol style="list-style-type: none"> 1. 水傷(高處撞水) 2. 嗆傷 3. 昏迷 4. 溺斃 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 在甲板作業，一律穿著救生衣。 2. 上船前，乘員須經過救生訓練，懂得自救。 	<p>安全帽 安全索 防濺衣 救生衣 安全鞋</p>

<p>定位安裝 (自聲勢平台船升 起)</p>	<p>穿傾 (Punch Through)</p>	<p>1. 工件傾斜 2. 工件落海 3. 機具傾斜 4. 機具落海 5. 人員落海 6. 人員傷亡</p>	<p>1. 聘請老練的船長主導頂升及控制船況，嚴謹監控樁腿人士狀況，一切以安全為優先。 2. 事前依照 MWS 圖文送審、現場檢查，檢出廠證明及實品，避免鬆脫、變形，斷裂。 3. 在甲板作業，一律穿著救生衣。 4. 準備救生艇及救生筏，等候命令。 5. 上船前，乘員須經過救生訓練，懂得自救。</p>	<p>安全帽 安全索 防濺衣 救生衣 安全鞋</p>
<p>定位安裝 (人員吊掛)</p>	<p>人員高處落地</p>	<p>1. 輕傷 2. 重傷 3. 死亡</p>	<p>安全掛索 安全繩 安全網</p>	<p>安全帽 安全索 防濺衣 救生衣 安全鞋</p>
<p>定位安裝 (元件、工具移 動)</p>	<p>送料受阻</p>	<p>1. 工件擋路 2. 工期延誤</p>	<p>工件移動作業，先解決其交通準備問題。</p>	<p>安全帽 安全索 防濺衣 救生衣 安全鞋</p>

<p>定位安裝 (元件吊掛)</p>	<p>吊重墜落</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 工件損失 2. 船體受損 3. 吊具受損 4. 人員傷亡 5. 補貨不及 6. 工期延誤 	<p>事前依照 MWS 圖文送審、現場檢查，檢查出廠證明及實品，避免鬆脫、變形，斷裂。</p>	<p>安全帽 安全索 防濺衣 救生衣 安全鞋</p>
<p>定位安裝 (打樁作業)</p>	<p>上浪</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 工件鬆脫 2. 工件落海 3. 人員落海 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 在甲板作業，一律穿著救生衣。 2. 事前依照 MWS 圖文送審、現場檢查，檢查出廠證明及實品，避免鬆脫、變形，斷裂。 	<p>安全帽 安全索 防濺衣 救生衣 安全鞋</p>
<p>定位安裝 (打樁作業)</p>	<p>失火</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 船體損失 2. 工件損失 3. 機具損失 4. 人員傷亡 5. 救火灌水致船體傾斜(安全) 6. 救不了，棄船 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 聘請老練的船長主導航行及控制船況，一切以安全為優先。 2. 空間盡量減少放置可燃物，也盡量避開火源。 3. 上船前，乘員須經過滅火訓練，群力滅火。 4. 準備救生艇及救生筏，等候命令。 5. 上船前，乘員須經過救生訓練，懂得自救。 	<p>安全帽 安全索 防濺衣 救生衣 安全鞋</p>

定位安裝 (打樁作業)	棄船	<ol style="list-style-type: none"> 1. 離船登艇入海 2. 離船登筏入海 3. 離船單人入海 4. 離船搭直升機 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 一律穿著防寒及救生衣。 2. 準備救生艇及救生筏，分區集合，等候命令。 3. 上船前，乘員須經過救生訓練，懂得自救。 	安全帽 安全索 救生衣 安全鞋
定位安裝 (打樁作業)	人員高處落海	<ol style="list-style-type: none"> 1. 水傷(高處落水) 2. 嗆傷 3. 昏迷 4. 溺斃 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 在甲板作業，一律穿著救生衣。 2. 上船前，乘員須經過救生訓練，懂得自救。 	安全帽 安全索 救生衣 安全鞋
灌漿基礎樁(固 著)	人員高處落海	<ol style="list-style-type: none"> 1. 水傷(高處落水) 2. 嗆傷 3. 昏迷 4. 溺斃 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 在基樁內部進行作業時，一律穿著救生衣。 2. 上船前，乘員須經過救生訓練，懂得自救。 	安全帽 安全索 防濺衣 救生衣 安全鞋
灌漿基礎樁(固 著)	人員交通時落海	<ol style="list-style-type: none"> 1. 水傷(高處落水) 2. 嗆傷 3. 昏迷 4. 溺斃 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 在基樁內部進行作業時，一律穿著救生衣。 2. 上船前，乘員須經過救生訓練，懂得自救。 	安全帽 安全索 防濺衣 救生衣 安全鞋

<p>定位安裝 (船舶移動前往新 定點)</p>	<p>作業交通受阻</p>	<p>1. 人員危險 2. 工期延誤</p>	<p>所有移動作業，以解決交通為首，人員 可及必要之區域等待或作業。</p>	<p>安全帽 安全索 防濺衣 救生衣 安全鞋</p>
----------------------------------	---------------	----------------------------	--	--

第三章 國內外離岸風電設置相關職災案例搜集分析

第一節 國外離岸風電設置/維修職災案例搜集分析

統計 2004~2018 年世界離岸風場工作人員發生職災事件如圖 15~圖 16 所示，於此 15 年間總共發生 21 次工安事故，其中以 2007 年發生 5 次最高，而 2005、2009 及 2011 年則無事故發生。若以發生事故的國家進行分類統計並繪製成圖 17，可以發現以英國、德國、比利時及中國大陸為主，其中以英國佔 70%第一，德國 20%次之。若更進一步針對事故發生原因進行探討並整理成表 4，可以發現以潛水人員、工作人員落海、物體墜落及發生火災事故最嚴重，都造成人員死亡事件；另因風機零組件有體積龐大與重量相當重的特性，不管在運輸過程及吊裝安裝過程中，都會有零組件是否固定妥當的問題與安裝維護過程中掉落的風險存在，並且工作人員都必須在風機外部高空進行安裝與維護工作，也存在人員墜落的高度風險。

類別	時間	地點	國家	細節
Human injury	10/2004	October 2004 North Hoyle offshore wind farm	UK	技術員扭傷背部，在取出備件塔中的服務電梯。
Human injury	25/08/2006	Beatrice Oil Field, Highlands, Scotland	UK	一操作員在駁船事故中重傷致截肢，將一台巨型風力發電機拖到北海油田。
Human injury	14/02/2007	Barrow offshore wind farm	UK	維斯塔斯的技術人員嚴重扭傷了他的右腳踝。
Human injury	23/05/2007	Barrow offshore wind farm	UK	一操作員扭傷了他的腳踝。
Human injury	18/09/2007	Barrow offshore wind farm	UK	棘輪扳手滑倒並將一個男子斬首。
Human injury	22/10/2007	Barrow offshore wind farm	UK	一作業員用刀割傷手。
Human injury	21/12/2007	Barrow offshore wind farm	UK	一作業員操作升降時，急性背部受傷。
Human injury	21/02/2008	Barrow offshore wind farm	UK	平台艙口下降時，撞到了技術員頭上。
Human injury	23/11/2008	Robin Rigg offshore windfarm, Solway Firth, Scotland	UK	風電場工作人員被砍掉手指頂部。
Fatal	21/05/2010	Greater Gabbard offshore wind farm, England	UK	風力渦輪機葉片落下致一死一傷。
Fatal	27/07/2010	Bard Offshore 1, Germany	Germany	一海上風場維護期間，潛水員死亡事故。
Human injury	27/11/2010	Alpha Ventus offshore wind farm, Germany	Germany	保險絲盒落在工人的頭上，傷了他。
Fatal	22/04/2012	Bard Offshore wind farm, near Emden	Germany	工人遇難溺水在海上風電場。
Fatal	04/05/2012	North Sea		在維護期間，潛水員死於風力渦輪機。
Fatal	15/07/2013	Riffgat offshore wind farm, north of Borkum, Germany	Germany	潛水員在英國進行海上風力作業時遇難。
Human injury	04/04/2014	Offshore, Great Yarmouth, England	UK	維護期間，轉運船和風力渦輪機碰撞致三人受傷。
Fatal	16/05/2014	Walney offshore wind farm, Barrow coast, north west England	UK	風場船工墜入了五層甲板致死。
Human injury	21/02/2016	Gunfleet Sands offshore wind farm, Essex coast, England	UK	海上風電場的一名工人遭受了嚴重撕裂傷。
Human injury	13/05/2016	Wick Harbour, Caithness, Scotland	UK	將風力渦輪機部件從船上移除碼頭，導致一名操作員墜落30英尺。
Fatal	17/07/2017	SPIC Binhai North offshore wind farm, off Jiangsu	China	離岸風場火災，一人失蹤。
Human injury	18/06/2018	Rentel off-shore project, Belgian North Sea	Belgium	西門子哥美瀾的離岸風機工程師在工作風場左臂嚴重受傷。

圖 15 2004~2018 年離岸風場發生職災相關案例

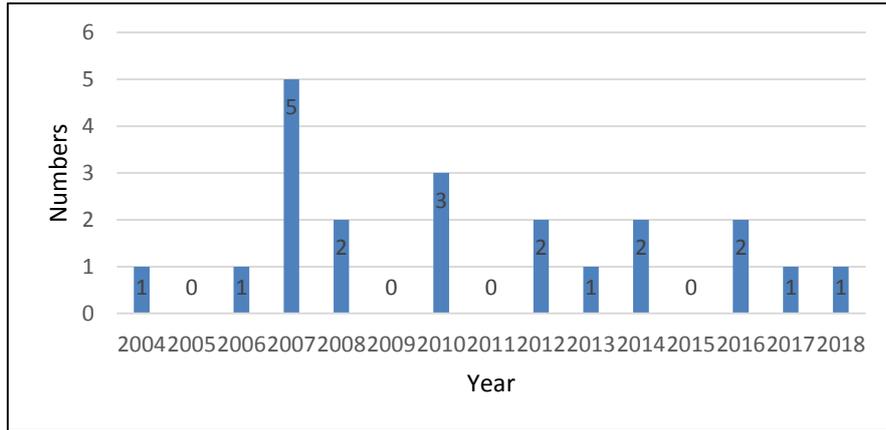


圖 16 2004~2018 年離岸風場發生職業傷害事件

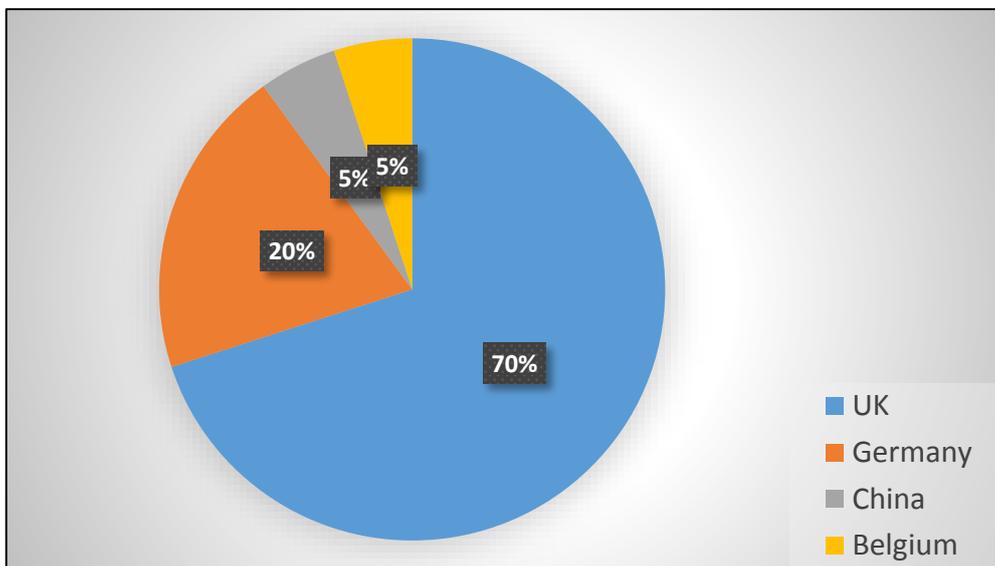


圖 17 各國離岸風場職業傷害事件

(本研究繪製)

表 4 離岸風場工安事故分類統計表

項次	工安事故分類	次數	事件死亡次數
1	運輸過程	3	1
2	潛水事件	3	3
3	物體墜落	2	1
4	人員墜落	1	0
5	工作人員溺水	1	1
6	火災	1	1
7	工作場所一般事故	10	0

(統計時間自 2004~2018 年)

因目前台灣並無針對離岸風電勞工安全法之規範，也無特別制定針對離岸施工職業安全衛生相關的法規，增加職業勞工海上施工作業安全風險，且責任歸屬並不明確，使職業勞工權益並無完善之保障。職業安全衛生法第 5 條明定：「雇主使勞工從事工作，應在合理可行範圍內，採取必要之預防設備或措施，使勞工免於發生職業災害。」以及「機械、設備、器具、原料、材料等物件之設計、製造或輸入者，及工程之設計或施工者，應於設計、製造、輸入或施工規劃階段實施風險評估，致力防止此等物件於使用或工程施工時，發生職業災害。」；第 6 條則提及「雇主對下列事項應有符合規定之必要安全衛生設備及措施」，其中許多事項皆出現在離岸風電之工作環境。在營造安全衛生設施標準中第 14 條提到在港灣、海岸等場所作業，致勞工有落水之虞者，應依相關規定辦理。

由上述法條可見目前已有相關法源依據，但在離岸風電此一新開發領域而言，尚未有詳細條例規範工作人員應接受之教育訓練內容、工作環境的詳細安全規定，足以避免人員發生職業災害。參考國外離岸風電先進國家丹麥作法，說明如下：丹麥海事局 (Danish Maritime Authority) 與 DNV · GL 曾合作出版一份探討離岸風電法規之報告，針對在離岸設施上從事的工作活動已有許多規範，在與海事法規標準間仍存在巨大的介面議題，例如當技術人員與承攬商搭乘船隻時，風電訓練標準與海事規範要求間的一致性議題。而於從業人員 (Industrial personnel) 內文中，描述 IMO (International Maritime Organization, IMO) Recommendations for MOU (Mobile Offshore Unit, MOU) training 定義出三類離岸人員 (海事船員除外)：

A 類：訪客以及非定期往返之特殊人員 (special personnel)，在船上只待不超過有限期間內 (通常不超出三天)，並且其任務與可移動的離岸船隻 (MOU) 一般作業無關。

B 類：其他特殊人員，對他人不具有安全或生存責任。

C 類：定期往返之特殊人員，對他人有安全或生存責任。

A 類離岸人員應受到包含基本安全知識以及緊急應變之安全介紹；而其他類別之人員應受到更完整的離岸安全訓練，類似航海人員訓練、發證及航行當值標準國際公約(International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers, STCW) Basic Safety 課程內容。

同時亦探討海事標準在離岸工作中扮演的角色。雖然許多離岸基礎安全訓練近似 STCW 的要求，仍存在許多訓練功能上的不同，也反映出船員與離岸設施工作人員的角色差異，也因此離岸產業也自行發展出一系列標準。文中也認定在海事標準上一般接受的海上求生訓練為世界風能組織(Global Wind Organization, GWO) Basic Safety 以及 STCW Personal Survival Techniques；實際上標準的適用性，主要仍端看公司政策與工作本質而定，相對 STCW 而言，目前 GWO 標準越趨受到一般風電相關產業的接受。

GWO 目前是由風場開發商與風機製造商組成之非營利組織，旨在為風電產業創造一零事故的工作環境，透過成員間的合作，共同設立安全訓練以及緊急事故處理流程的標準。在 2009 年 11 月 24 日，一次由 Falck Nutec 發起，於艾斯傑格(Esbjerg)的會議上，Vestas、RePower(現為 Senvion)、Suzlon、Siemens 等 13 家風電企業的支持下成立世界風能組織，詳見圖 18。此次會議上，各界皆同意成立一公正的機構，得以匯集由各家風機廠商提供的資訊。Falck Nutec 的管理部門負責提供相關協助，GWO 也同意 Falck Nutec 初期執掌行政秘書的功能，至 2014 年始，則與丹麥風電產業協會(DWIA)共同合作。世界風能組織旗下成員皆認可 GWO 制定的標準符合基本安全訓練的需求，也認為提供安全訓練之訓練中心必須符合相關標準(Criteria for a Training Provider)，並受到合格(Criteria for Certification Body)的認證單位的認可。此外全體會員也承認，除了國家級的法律要求外，各公司也可以制定 GWO Basic Safety Training 額外的要求。



圖 18 世界風能組織的組成單位

依據 G+2017 年的報告指出，有紀錄事件共 1867 件，事故後果摘要下，危害 1166 件、虛驚事故 319 件、緊急處置 225 件、醫療傷害 78 件、限制工作天事件 30 起以及停工事故 49 件。相關名稱定義如下：

- 一、危害(Hazards)：是指潛在導致事故的情況。
- 二、虛驚事故(Near hits)：任何可能導致工傷事故但不是偶然或及時干預的事件。有可能造成潛在的意外事件，但實際上並沒有造成人身傷害，環境或設備損壞或中斷正常操作。美國職業安全與健康管理局將近似漏洞定義為一項事件，其中沒有任何財產受到損害，也沒有造成人身傷害，但由於時間或位置略有變化，易發生損害或傷害。僥倖事故也可以被稱為接近事故，事故前兆，無傷害事件，以及在移動物體的情況下接近碰撞。
- 三、緊急處置(First aid cases)：需要進行自我管理或由醫生或護士進行簡單醫療的傷害，但不會導致失去時間或長期醫療護理。
- 四、醫療傷害(Medical treatment injures)：事故嚴重不足以報告為死亡事件，工作日事故或限制工作日事件，但比要求簡單的急救治療更嚴重。

五、限制工作天(Restricted work day)：事故不會導致死亡或失去工作日，但會導致一個人在職業傷害發生後的未來幾天不適合完成正常的工作。

六、失去工作天(Lost work day)：非致命事件導致雇工個人在職業傷害發生後不適合從事任何工作，包括休息日，週末日，休假日，公共假日或休息日後的就業機會。

七、意外事故死亡(Fatality)：涉及一名或多名因工作相關事件或職業病而死亡的人員的事件，如果死亡事件是事件的直接後果，那麼事件發生後的導致人員後來的死亡將被包括在內。

其中因意外事故死亡為 0，事故導致緊急反應或醫療後送計 17 件，因意外事件導致雇工停工失去工作天共 43 件。依離岸風場研究的各個階段分類，分別為營運階段 623 件，研究階段 353 件，另有 4 件在發展階段；若依工作類別分為海事操作 218 件，吊裝 133 件，高處作業 134 件，操作設備和機器合計 74 件。以發生事故區域分類，有 420 件發生在風機區，另有 284 起事故發生在船上；另將 2013 年~2017 年統計分析整理成表 5。

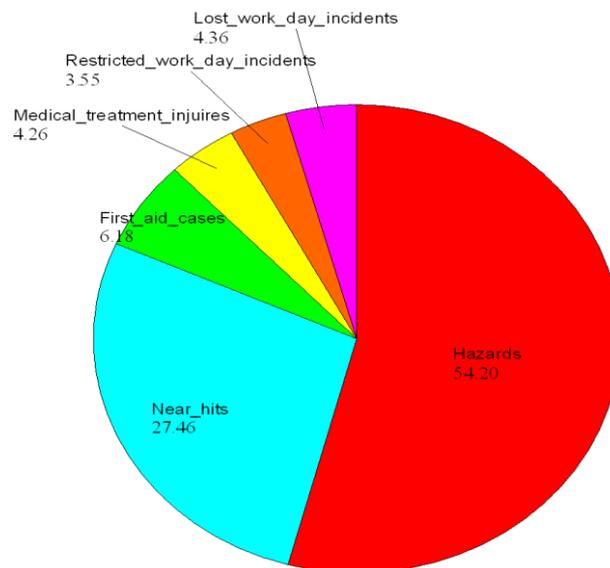


圖 19 事故後果摘要

表 5 2013~2017 年 G+事故發生統計分類表

年份 \ 分類	2013	2014	2015	2016	2017
危害(Hazards)	102	97	450	535	1166
虛驚事故(Near hits)	345	655	336	271	319
緊急處置(First aid cases)	61	95	70	61	225
醫療傷害(Medical treatment injuires)	30	89	54	42	78
限制工作天(Restricted work days)	12	14	32	35	30
失去工作天(Lost work days)	33	44	41	43	49
合計	616	994	983	987	1867

第二節 國內陸上風電設置/維修職災案例搜集分析

我國既有風力發電機組設置，包含以商轉、興建中及籌備中之風力發電機組，全部共約 380 支陸域風機，總裝置容量高達約 725MW，其中 200 餘隻由德國英華威 (Infravest)投資集團所投資興建,剩下風機皆由台電負責營運，英華威集團所興建風機皆採用德國 Enercon 製造之風機設備，台電則大部分採用丹麥 Vestas 風機，以及少部分美國 GE，西班牙 Gamesa,德國 Enercon 機型。

一、風力發電機故障概述

我國風力發電機組之一般故障問題如表 6 表示，一般風力發電機零組件故障，其故障原因複雜，不會只有單一原因；通常運轉狀況，大都由監控機制(包含電控通訊、潤滑油及承軸溫度、轉速、震動及噪音等)、維修系統掌控，即可分析故障原因。

表 6 風力發電機一般故障問題

故障項目	故障現象	故障說明
齒輪箱及傳動	<ol style="list-style-type: none"> 1. 齒面點蝕(corrosion of point) 2. 軸承或軸心磨損 3. 殼體破裂 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 冷卻不足，潤滑油過熱 2. 產生金屬粉粒，潤滑油劣化 3. 不適當之潤滑油種類 4. 軸承孔偏心或間隙過大，軸承偏移
發電機及電力轉換轉換器 (converter)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 轉子不平衡 2. 定子線圈損壞(coil damage) 3. RCC(rotor current control)失效 4. 軸承或軸心磨損 5. 冷卻系統失效 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 電力轉換控制模組失效 2. 轉子環滑失效 3. 定子溫度過高
葉片	<ol style="list-style-type: none"> 1. 雷擊破壞 2. 表面損傷 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 防雷擊系統失效 2. 葉片製造品質不佳
控制器及輪殼 (Hub)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感測器失效 2. 控制模組失效 3. 軟體失效 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 控制軟體失效 2. 螺距(pitch)控制模組，螺距馬達煞車失效 3. 輪殼密封及通風不佳 4. 通訊及監控不佳
塔架及轉向器	<ol style="list-style-type: none"> 1. 塔架液壓煞車失效 2. 塔架倒塌 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 轉向摩擦系統煞車失效 2. 塔架結合螺栓損壞 3. 通風不佳

(資料來源：林榮貴，2011)

風力發電機故障原因，依 Shanghui Zhang 研究，通常由許多不良因素合併產生。故有賴嚴密管控運維影響因素，其中包括天候條件、風場設計、風力發電機安裝、風力發電機設備、風力發電機品質及風力發電機服務，才能確保運維品質進而提升風機整體可靠度。

表 7 風力發電機可能故障因素

故障影響因素	可能故障原因探討
天候條件	<ol style="list-style-type: none"> 1. 暴風、颱風 2. 砂塵害、鹽害、高溫
風場設計	<ol style="list-style-type: none"> 1. 尾流(wake)等不良效應 2. 高度變異、超估風力資源 3. 葉片表面等性能不佳
風力發電機安裝	<ol style="list-style-type: none"> 1. 安裝扭矩不佳 2. 參數設定不佳 3. 基礎及塔架設計不佳
風力發電機設備	<ol style="list-style-type: none"> 1. 傳動軸偏心、軸承間隙過大 2. 設計不符合使用環境 3. 溫度控制系統不佳 4. 密封不佳 5. 電壓及功率異常 6. 防雷擊不佳
風力發電機品質	<ol style="list-style-type: none"> 1. 設計品質不佳 2. 製造品質不佳
風力發電機服務	<ol style="list-style-type: none"> 1. 製造商缺乏備用物品 2. 諮詢支援不足

(資料來源：林榮貴，2011)

二、風力發電機事故案例

依據職業安全衛生法 1 第 2 條第 5 款之定義，職業災害係指「因勞動場所之建築物、機械、設備、原料、材料、化學品、氣體、蒸氣、粉塵等或作業活動及其他職業上原因引起之工作者疾病、傷害、失能或死亡」。本章節搜集國內陸上風電毀損案例如表 8 所示，其中七起案例僅一起發生人員受傷，一般除了定期維修檢查以外時間，檢修人員不會進入風力發電機內，因此職災案例發生較少，但往後應考量風力發電機發生故障，部件疲勞鏽蝕掉落或颱風等因素進行防範，避免發生人員傷亡之可能。

表 8 國內陸域風力發電機事故案例

事故時間	事故地點	事故說明	事故圖片
2006 年 10 月		<p>台電其中一座風力發電機組，於 2006 年 10 月 17 日下午冒出濃煙，事故後曾通報風機製造商西班牙原廠派員前來臺灣察看維修，研判意外由機艙內變壓器過熱燃燒導致整座風力發電機起火，機組全毀，損失至少 5000 萬元，這也是國內首起風力發電機火警。</p>	 <p>(圖片來源：台灣水鳥研究群 彰化海岸保育行動聯盟)</p>
2007 年 8 月	新竹縣竹北市	<p>天隆造紙廠位在鳳山溪出口，廠內兩座風力發電機輔助工廠部分電力需求，其中一座機組八日凌晨近一時開始冒煙，事後丹麥 3 名技術人員進入機艙檢修，初步研判機艙內齒輪機油外洩，機組發電機溫度過高導致起火。</p>	 <p>(圖片來源：我國既有大型風力機組故障原因探討分析)</p>
2008 年 1 月	苗栗縣後龍過港	<p>風機疑似機組故障，葉片旋轉時發出異常聲響，最後導致葉片掉落，無人員傷亡，掉落原因不明。</p>	 <p>(圖片來源：我國既有大型風力機組故障原因探討分析)</p>

<p>2008 年 9 月</p>	<p>台中港防風林區</p>	<p>台電公司風力發電二號機組遭薔蜜颱風吹倒，台電人員初步發現係塔架法蘭連結螺栓斷裂造成，下、中塔架連接部份斷裂，上、中塔架倒塌變形，機艙及三支葉片皆嚴重毀損，成為國內第一部因颱風而倒塌之風機</p>	 <p>(圖片來源：https://www.nownews.com)</p>
<p>2012 年 4 月</p>	<p>台中市大安區</p>	<p>七日兩名維修人員在台中市大安區臨海風力發電處，進行機組纜線維修，疑管理人員疏失，突然開啟電力，導致維修人員遭高壓電擊，其中一人昏迷，另一人手部及臉部局部燒傷。</p>	 <p>(圖片來源：https://game.ettoday.net/article/37453.htm)</p>
<p>2015 年 8 月</p>	<p>台中高美濕地</p>	<p>蘇迪勒颱風吹倒台中高美濕地 6 支、石門 1 支的風力發電機，台灣電力公司再生能源處副處長李文彬 12 日表示，災損風機為台灣第 1 次招標採購之機組，採購是未經量產設計之機組，品質才有疑慮。</p>	 <p>(圖片來源：http://www.setn.com/News.aspx?NewsID=89102)</p>
<p>2016 年 4 月</p>	<p>彰濱工業區</p>	<p>失火之風力發電機組位於線西鄉，民國 99 年底設立，起火原因不明。</p>	 <p>(圖片來源：http://www.setn.com/News.</p>

			aspx?NewsID=142175)
--	--	--	---------------------

(本研究彙整)

目前台灣風力發電政策最大問題，即是政府並無制定風機與建物間之適當距離規範。世界上許多國家皆定有風機與建物間之距離規範，其中重要之原因，即為避免風車發生事故時，危害周遭人民生命財產安全。

第四章 國內外海事工程施工安全行政管理及法規標準

世界各國離岸風場開發程度及政策有所不同，對應於海事施工安全之規範隨著國際法規、海事保險及各國法令等制度而有不同之規範，而本案藉由蒐集及彙整世界重要之風場開發國，如德國、丹麥、英國及美國等國家對於施工過程安全法規之制定或依循之原則為借鏡，提供我國離岸風電後續管理法規之訂定參考。

歐洲地區過去主要海事工程類型為天然氣與石油探採。隨著能源轉型以及綠色能源趨勢，越來越多歐洲國家投入再生能源的產業，其中，離岸風電即為其中技術相對成熟之再生能源。由於離岸風電為跨領域之大型工程，其工程所涉及之範圍從前期工程可行性研究、工址調查、工程初步設計、工程施工至後續之商轉與維護管理皆涵蓋在內。考量安全之範圍主要包含船舶設計、施工及人員之訓練三個層面。

一、船舶設計、船體結構以及船舶安全

船舶乃海事工程之基礎，若船舶不佳或是無法承受海況。則對安全考量將出現以下問題：

- (一) 船舶穩定程度
- (二) 船舶航行安全
- (三) 機械與電力系統故障
- (四) 船舶碰撞
- (五) 船舶之緊急應變
- (六) 救難救生
- (七) 人員運輸安全問題
- (八) 特殊船舶之相關安全需求(自升式船舶、駁船、鋪纜船舶、地工調查船...等等)

二、海事工程及施工

- (一) 海事工程合作界面(離岸風電施工中之不同工程介面間協調)
- (二) 緊急救難應變(施工期間之緊急應變研究)
- (三) 海上救生
- (四) 勞動與工作場所之安全

三、人員訓練

- (一) 專業船舶團隊之人員訓練
- (二) 海事工程專業人員訓練
- (三) 海事工程協同人員安全訓練

上述三大安全議題將會是後續探討施工安全與危害分析之重點。本章節後續亦會探討丹麥、德國與歐洲國家是否具有相關之施工安全法規，若當地無相關安全法規，則可參照第三方認證法規與國際母法。舉例來說，若某些國家並無特別針對海事工程人員安全訓練進行規範，則這些國家會參照具有聲譽之國際機構規範，如目前已受世界認可之世界風能組織(Global Wind Organization, GWO)。該機構主要協助培訓海事工程安全訓練，如緊急應變、海上生存等。

然而，就離岸施工安全法規而論，以歐洲國家為例，英國屬相關離岸風電施工或是勞動安全法規相對完備之國家，原因除英國致力於成為離岸風電大國、政府大力支持外，其國內之安環衛機關(Health and Safety Executive, HSE)亦相對貢獻良多。而德國、丹麥等國其國內制定之離岸風電工作安全法規相對較少，大多開發商、風場運維商仍多參照第三方認證單位如 DNV-GL、TUV(德國萊茵)或是國際組織所制定之海事安全”規範”。至於為何開發商或風場運維商大多採用第三方認證或是國際組織之技術規範、海事安全規範，主要與海事保險與銀行團融資相關，此外，國際組織、第三者認證單位、大國研究機構或協會等，這些單位都擁有龐大且持續的人力組織與長久公信力，故若提及實務面之海事工程相關安全，開發商與相關海事工程廠商仍遵照第三方認證機構

與國際組織之規範，目前而言，除英國以外之國家鮮少針對海事安全相關法規進行完整規劃。台灣與英國政府目前正面對大力推動離岸風電的相同課題，因此，為建立本土之海事工程相關安全法規，則可參採作為離岸風電相關作業安全要求之基本標準。

一般有關海事技術法規之類別如下：

- (一) Internationally Recognised Codes (國際公認之法規)，如 IEC。
- (二) Recommended Practices (建議實務)
- (三) Standard (技術標準)
- (四) Service Specification (申辦內容程序)

離岸風電之母法係 IEC，部分參考 ISO，國際用字上，Codes 為法規，Specification 為規範，兩者內容與執行完全不同，不應將兩者混為一談。IEC 法規即為基本紅線定義，無法做執行法使用，上述後三者 Recommended Practices(建議實務)、Standard(技術標準) 及 Service Specification(申辦內容程序)屬執行法，其大都由國際組織或第三方認證單位訂定，這些單位擁有龐大且持續的人力組織與長久公信力，如英國 Renewable UK，美國 API 等。相關技術法規，性質上，有 A、B、C、D、E、F、G、J 分類如圖 20 所示，時程上有 Design、Construction、Operation 三階段。申辦內容程序係業主與承攬商簽訂之技術或服務規範，其內會註明採用何種法規、實際作法、標準，再加上業主本身要求之功能、品質、壽命等後，形成規範(Specification)，以供簽約使用。

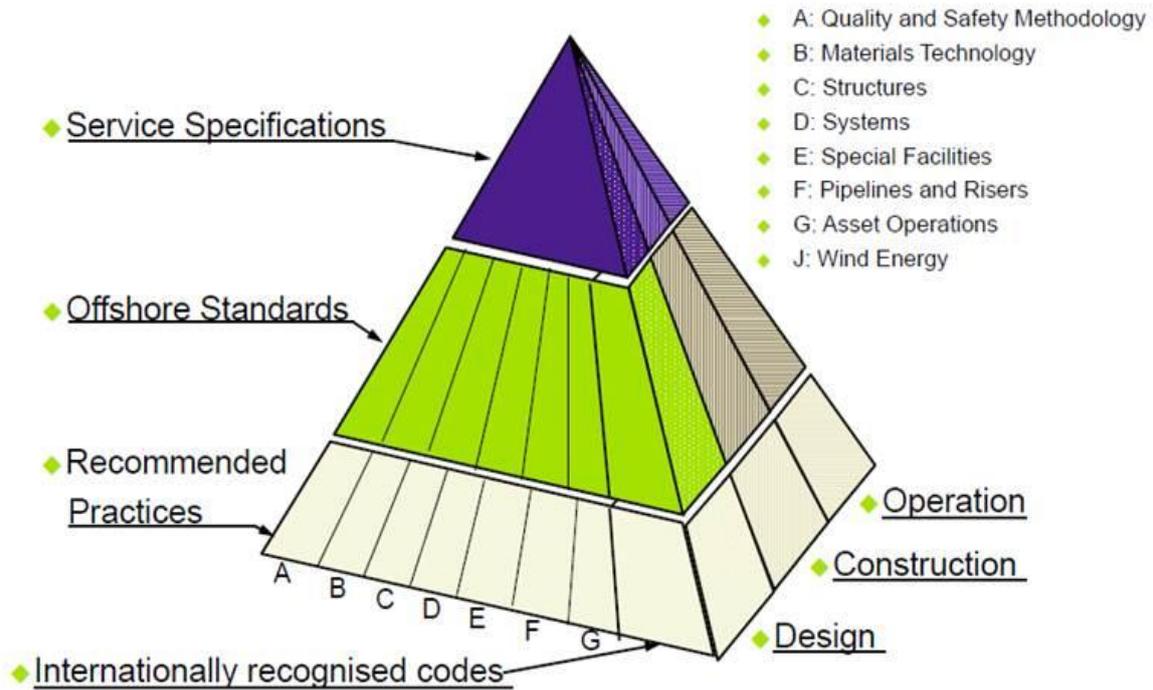


圖 20 跨國性離岸法規架構圖

(資料來源：DNV_GL)

MWS 為 IAMWS(the International Association of Marine Warranty Surveyors)聯盟組織之成員，其中，以 LOC, DNVGL-Noble Denton, Global Maritime 最為著名，國際較常用之法規為 DNV-GL 所訂，另還有 ISO 19901 及 ISO294002015-2，可供參考。

國際海事之技術法規方面，其與多家 MWS 認證公司如 Noble Denton、LOC、Global Maritime 等當面協商訂定，有些係由實務實案運作之 MWS 所提供，具相當可靠度。國際再保公司核可之 Marine Warranty Survey (MWS)第三者認證單位，如下：

- (一) London Offshore Consultants (LOC)
- (二) DNV GL Noble Denton
- (三) Global Maritime
- (四) Mwaves
- (五) Con4Mare

(六) Red Penguin

ClassNK：日本，主再保險人 CodenGroup 近期同意 NK 成為台灣、日本、韓國、香港、越南及中國大陸地區 MWS 之一。

表 9 為各國法規管理之負責單位，將於 2.1 及 2.2 小節詳細論述。

表 9 各國法規管理之負責單位

項次	國家	能源主管機關	航政主管機關	海防主管機關	職安主管機關	離岸風電作業安全法規
1	英國	DECC	MCA	DECC MMO	HSE	MCA 配合 OREIs 訂定航駕安全指引，如船舶安全、安全導航及操作等法規。 HSE 早期為 Offshore O&G 制定如 CDM、PPE、Jack-up、Personnel Transfer、Working time、Risk Assessment 等安全衛生、工作環境法規，供離岸風電沿用。 開發商另依循 G+指引
2	德國	BSH	BG Verkehr	BSH WSV	BSH BG Verkehr	針對船舶安全、海事工程安全及人員訓練(符合 GWO)等訂定法規，開發商另依循 G+指引
3	丹麥	DMA	DMA	DEA	DWEA	由 DWEA 與 European Agency for Safety and Health and Work 合作訂定，開發商另依循 G+指引
4	荷蘭	MEA、 MIE	NSI	RWS	SSM	尚無訂定專屬離岸風電作業之安全法規，開發商依循 G+指引
5	美國	BOEM	MARAD	USCG	BOEM： 大陸棚	BOEM 制定再生能源法規，解決安全、環境保護問題，並與各州地方政府及其他聯邦

項次	國家	能源主管機關	航政主管機關	海防主管機關	職安主管機關	離岸風電作業安全法規
					OSHA： 水域及 大湖	機構互動。大陸棚區由 BOEM 管轄。

第一節 德國、丹麥等歐洲國家海事工程施工安全規範及標準

一、德國海事工程施工安全規範及標準

德國相關海事管轄單位說明如下：

- (一) 海事與水利相關管轄單位：屬於聯邦海事水文局(Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, BSH)。
- (二) 相關海事問題：主管部門是聯邦海事和水文局（BSH）或聯邦海事和水文局，及聯邦水道和航運管理局（聯邦水道和航運管理局）。
- (三) 海事安全及保護海洋環境和海上安全：由 BSH 和 Berufsgenossenschaft für Transport und Verkehrswirtschaft（BG Verkehr）運輸經濟專業協會的船舶安全部為聯邦主管部門負責。
- (四) 海事事故：由 Bundesstelle für Seeunfall untersuchung（BSU）或聯邦海上事故調查局調查。此外，私營部門公司的法定意外保險運營商 Berufsgenossenschaft（或專業貿易協會）是負責預防職業健康危害和事故。

而德國政府針對先前所提及之三大議題：船舶安全、海事工程安全以及人員訓練之相關法規列表如下：

(一) 船舶安全相關法規

- 1.Small Special Service Craft/15/ (applies to craft < 100 GT)
- 2.Offshore Service Craft –based on exemption from Cargo Craft requirements /16/

carrying ‘offshore service personnel’

- 3.Flame resistant machinery space insulation
- 4.Machinery space fixed fire-extinguishing system (2 fire pumps)
- 5.Immersion suits 100% total SOLAS liferaft capacity

(二) 海事工程安全法規

- 1.National requirements for safety zones(500 m will normally apply)
- 2.德國風場內為禁航區 German wind farms are closed as a rule.

另外人員安全訓練部分主要為國際知名機構替專業人員進行訓練，如(Global Wind Organization, GWO)。德國政府本身並無特別針對海上人員安全訓練進行規範。

二、丹麥海事工程施工安全規範及標準

丹麥政府丹麥海事局(Danish Maritime Authority)針對離岸風電所制定之法規為再生能源法(Renewable Energy Act)，該法規主要針對離岸風電相關發展所制定。然而特別針對離岸風電施工安全之法規較少。該國之施工安全與勞工安全相關法規主要由丹麥工作環境管理局(The Danish Working Environment Authority)與歐洲安全與衛生與工作署(European Agency for Safety and Health and Work)的合作，並在丹麥政府之主持下運作，該法負責確保遵守適用於丹麥所有職業的職業健康和立法。

以下簡單闡述丹麥政府推動離岸風電業務之相關官方單位，丹麥主要幾個負責離岸風電相關之目的事業主管機關為：丹麥能源機關(The Danish Energy Agency, DEA)、丹麥海事機關(The Danish Maritime Authority, DMA) 以及丹麥民航機關(The Danish Civil Aviation Administration,DCA)，其相關單位權責如下：

- (一) 碼頭設施：屬於 DCA 管轄
- (二) 船舶由岸邊至風場：DMA 管轄
- (三) 風場：由 DEA 及風場營運者管轄

在港口進行裝卸和卸載設施之操作，有關設備之安全參數和安全措施是由管理裝載作業和港口安全的 DCA 和管理岸上工作安全措施의 DWEA 進行維護與管理。而船舶運輸與人員運輸則由 DMA 維護與管理。

由於本研究蒐集資料後發現丹麥與德國之離岸風電及海事工程施工安全法規之現況一樣，皆缺乏海事工程安全之國家法規，故本研究建議丹麥法規之部分可做為輔助，僅作為參考即可。另外，如上述之說明，大型專案融資與保險皆需要第三方認證機構進行認證，丹麥開發離岸風電之開發商在尋無當地法規規範之下，亦與德國相同，參照第三方認證規範與國際母法以進行離岸風電與海事工程施工安全管理。

三、其他歐洲國家海事工程施工安全規範及標準

本研究除收集德國、丹麥等歐洲國家海事工程施工安全規範外，本章節針對英國以及荷蘭進行說明如下：

(一) 荷蘭

荷蘭由於位處接近北海，自過去以來即為海事工程技術相當優異之國家。在離岸風電這領域當中，荷蘭主要有幾個法規與離岸風電有關。第一個即為離岸風電法(Offshore Wind Energy Act)，其負責之單位為荷蘭經濟部(Ministry of Economic Affairs)以及基礎建設與環境發展部(Ministry of Infrastructure and Environment)。其中，荷蘭與台灣相同點為，荷蘭亦有 2020 年之綠色能源目標，該國打算在 2020 年時達成 14%再生能源占比。

另外本研究蒐集荷蘭海事工程安全相關法規後，發現荷蘭亦無特別針對離岸風電施工安全進行法規制定，但有針對勞工安全衛生相關議題之法規。相關荷蘭安全衛生規範列表如下：

表 10 荷蘭安全衛生相關規範

法規文號	法規名稱	簡述
Arbeidsomstandighedenbesluit incl Bouwveiligheid (1997)	Dutch Health and Safety at Work Regulation including Construction Safety	荷蘭營建工程安全衛生法
Arbeidsomstandighedenwet (1998)	Dutch Health & Safety at Work Act	與我國之勞動安全衛生法相似
ATEX 94/9/EC	Approximation of the laws of the Member States concerning equipment and protective systems intended for use in potentially explosive atmospheres	針對工作場所與環境之器械管制與安全保護進行規範
B101 and B116 of VBG	Reference Designation System for Power Plants, with clarifications for WTGs	針對電力系統進行規範

綜整來說，荷蘭與德國、丹麥相同，並無特別針對離岸風電之施工安全進行相關規範。故後續將著重於英國整體法規與體制之介紹，並整理其值得借鏡處進行討論。

(二) 英國

目前英國為推動離岸風電大國，其建置之離岸風電總容量已為歐洲最多。根據 The crown estate 所述，目前英國已有超過 4GW 支離岸風場已經進行商轉，超過 5GW 之離岸風場正進行規劃。而依照本研究蒐集之結果顯示，英國目前為歐洲地區離岸風電相關法規與環境最完善的國家。不論是針對離岸風電施工技術部分，還是離岸風電相關工程安全部分，英國都充分展現其作為離岸風電大國之能力。

英國政府中掌管離岸風電之相關單位為能源與氣候變化部 (DECC)，該單位負責海上能源工作研究，儘管英格蘭和威爾士的一些責任被授予海事管理組織 (MMO)，該部門仍對於英國離岸風電發展中扮演關鍵角色。

海事和海岸警衛署 (MCA) 作為運輸部和大不列顛及北愛爾蘭健康與安全執行官 (HSE & HSENI) 的執行機構，負責英國海上風力發電行業的健康與安全監管。

海事事故調查處 (MAIB) 也有責任在海洋環境中發生事故之調查權。

一般而言,浮動結構物由 MCA 管理,固定在海床上的結構(在英國大陸架上)由 HSE 監管。MCA 的主要職能是開發,促進和執行高標準的海事作業安全,儘全力減少海員和沿海使用者的生命損失,並儘量減少海洋和海岸線的污染。同時還負責在英國海上搜尋和救援區內開展和協調所有海上搜索和救援。

MCA 負責執行所有關於商船之職業健康和 safety、船舶安全及安全導航和操作的法規。商船航運健康和 safety 規定適用於所有在船上工作的人員以及船員在船長控制下進行的所有船上活動。

而另一個單位 HSE 則為本章節至關重要之重點介紹。本節將以英國安環衛機關(Health and Safety Executive, HSE)所制定之相關規範為例。英國安環衛機關(HSE)主要為英國制定安全相關法規,其權責在於制定相關安全、衛生、工作環境之規範。其宗旨在於確保工作人員的健康,安全和福利並保護公眾遭受工作與工作場所帶來之危害。例如,HSE 相關檢查人員,若欲針對工作環境進行安全檢查時,其權責可使其進入所有工作場所(包括碼頭和海上設施)以進行工作場所檢查。當事故發生時亦可調查事故,並進行相關工安紀錄與工安情況通報。

四、國際通用標準

除了各國本身制訂之海事工程施工安全規範外,亦有各國皆通用之海事工程施工安全國際標準,本小節介紹全球風力組織(Global Wind Organisation, GWO)、國際海事承包商協會(International Marine Contractors Association, IMCA)及 G+,說明如下:

(一) 全球風力組織(GWO)

規範之目的是建立一個最佳通用風能產業培訓之健康與 safety 標準,降低全球風能產業現場工作人員之施工風險,以確保海上作業之工作人員了解海上作業環境之相關危害及勝任其工作。規範內描述有關 GWO 推薦之風能產業基本安全培訓(Basic Safety Training, BST)要求,培訓內容如下:

- 1.高處作業訓練(Working at Heights)：在高處作業的人員需要進行高處作業訓練，並確保高處作業人員的安全工作和在風力環境下的高空救援。
- 2.海上求生訓練(Sea Survival)：離岸工作人員，均需接受海上求生訓練。
- 3.手動操作訓練(Manual Handling)：對需要在離岸工作場所進行手動作業的人員，需要此項培訓。
- 4.消防意識訓練(Fire Awareness)：對火災應變的人員進行防火知識培訓，以利火災之應變及人員之疏散。
- 5.急救訓練(First Aid)：離岸工作人員的急救知識及技能培訓。

(二) 國際海事承包商協會(IMCA)

IMCA 成立於 1995 年，旨在為從事離岸，海洋和海下行業提供建議及解決方案之組織，提出完善的實作指南，統計和事故分析，以確保作業人員了解工作內容之關鍵要點。實作指南主要著重在潛水，海事作業，海上調查，遠端系統和 ROV 技術，在法律地位上，屬於參考建議，需勞資雙方同意採納並將之列入合約條文才會生效。

1.潛水實作指南

IMCA 國際潛水規範提供有關如何安全有效地進行潛水作業之建議。內容概述最低安全標準，如何分析雇主與承攬商在商業要求之安全影響建議，潛水設備指南，潛水人員培訓等。

2.海事作業實作指南

海事部門經營專業船舶，旨於保障海上施工和支援工作。其活動涉略廣泛，包括重型起重機操作，水下施工，電纜敷設及施工支援船舶，如潛水船舶，勘測船等。

海事部門亦提供 eCMID 系統及海事人員培訓。eCMID 為海上船舶文件檢查和審核標準格式。有助於提高安全性和效率，減少重複檢查船隻次數，滿足船舶操作員和僱主之要求。

3. 海上調查實作指南

海上測量員於勘探和開發階段需進行水文調查與定位服務，具體任務可包括擬議地球物理和水文調查及土壤勘察之管道路線，以便設計海床上之支撐結構，工作期間使用包括 ROV 和 AUV 等設備。

4. 遠端系統和 ROV 技術

ROV 可執行各種施工支援任務，且不受水深限制，大多數商業工作 ROV 水深為 3,000 至 4000 米。實作指南包括 ROV 技術指導，ROV 人員培訓，能力認正和評估等。

(三) G9/G+

G9 為 G+之前身，成立於 2012 年，是離岸風電產業的全球健康安全組織，由離岸風電產業之團隊與專家組成，推動良好的實踐作法，以提升整個離岸風電產業之安全品質，為讓組織於國際更有影響力及包容性，蘇格蘭電力可再生能源公司董事總經理 Jonathan Cole 和 G9 組織歡迎新參與者加入並將組織名稱更改為 G+。

G+ 2015 年 11 月 25 日，英國環安衛機關（HSE）在英國 Bootle 舉辦一次離岸風能研討會，G+被賦予授權可以領導離岸風電產業健康與安全績效方面並加以改善。

自 G+成立以來，公司成員透過每月召開會議，討論離岸風電事故發生的經驗及分享事故所得到的教訓，目的係更進一步了解其風險、發生根本及可能採取之預防措施，以避免事故發生率。其制定離岸風電高處作業及離岸風電使用小型服務船舶之安全管理兩個實作建議指南，於 2014 年 11 月發佈，並於 2018 年修定第二版。

第二節 美國海事工程施工安全規範及標準

根據美國勞動部統計數據，過去勞工在職業災害中，每年有一萬多人死亡、兩百多萬人受傷，三十幾萬人罹患職業病。有鑑於此，美國在 1970 年通過職業安全健康法 (Occupational Safety and Health Act)，並成立職業安全健康管理局(Occupational Safety and Health Administration，OSHA)，在 1970 年後美國成功使勞工於工作場所傷亡人數大幅降低。現今美國領海地區海事工程之安全健康標準由 OSHA 管轄，基本上美國各州政府可依循各州之職業安全健康法來制定海事工程規範，但其條件至少需達聯邦 OSHA 標準，。

大陸棚地區海事工程之安全健康標準由海洋能源管理局(Bureau of Ocean Energy Management，BOEM))管轄，BOEM 制定可再生能源法規，以解決安全問題，環境保護，並協調其與各州和地方政府及其他聯邦機構之互動，但 BOEM 主要係開發和管理離岸資源，而非安全及環境執法，故向承攬商訂定一份安全管理系統(Safety Management System，SMS)，其將在 2.2.1 章節做詳細說明。

一、管理法規

經本研究彙整，美國有制定屬於自己之管理法規如圖 21 所示。美國領海地區之離岸風場由 OSHA 管轄，船隻航行及性能檢查由美國海岸防衛廳(United States Coast Guard，USCG)。大陸棚地區之風場所有活動，包括安全管理系統(SMS)皆由 BOEM 管轄，船隻航行及性能檢查亦由 USCG 管理。

Regulator	Jurisdiction of Offshore Wind Farm	
	State Waters and the Great Lakes	Outer Continental Shelf (OCS)
BOEM	No jurisdiction*	Jurisdiction of wind farms on the OCS including SMS. The scope of the SMS should discuss all activities and all facilities, regardless of jurisdiction.
BSEE	No jurisdiction	No jurisdiction
USCG	Safety of navigation, life, and property on inspected and certain other vessels	Safety of navigation, life, and property on inspected vessels on the OCS, but interaction between vessel and facility for wind farms on the OCS is still unclear.
OSHA or state OSHA	Jurisdiction and regulations for specific hazards of offshore wind farms in state waters and the Great Lakes	No jurisdiction; BOEM intends to exercise statutory authority.
Federal Energy Regulatory Commission	No jurisdiction	No jurisdiction
USACE	No jurisdiction	No jurisdiction.

*BOEM does not have jurisdiction in State waters; however the wind farm SMS should discuss all activities and all facilities from fabrication through decommissioning regardless of jurisdiction

圖 21 Jurisdiction of Offshore Wind Farm

(一) 職業安全健康管理局(OSHA)

OSHA 位於美國勞工部，負責制定和實施一般工業(29 CFR 1910)，建築業(29 CFR 1926)，海事和造船業工作場所(29 CFR 1915, 1917 和 1918)安全及健康規定。OSHA 分為八個部份，包括評估與分析，標準與指導，管理管理方案，各州合作方案，技術支援與應急管理，執法方案，施工方案及教育培訓。所有 OSHA 之健康安全規定都包含在 29 CFR 中，離岸風場之工人安全標準在 1910(一般工業)、1915(船廠就業安全標準)、1917(海運碼頭)、1918(海運安全健康標準)。

1. 29 CFR 1910 包含幾乎所有危害法規，其施工安全相關法規規定如下：

- (1) 電氣安全 (CFR 1910.269)
- (2) 墜落防護 (CFR 1910.27、CFR 1910.132)
- (3) 逃生方法(CFR 1910.33 - CFR 1910.39)
- (4) 進出密閉空間 (CFR 1910.146)
- (5) 防火措施(CFR 1910.155 - CFR 1910.165)
- (6) 潛水作業(CFR 1910.401 - CFR 1910.440)

2. 29 CFR 1915 主要包括造船，修船及拆船，其相關法規規定如下：

- (1)進出密閉空間(章節 B)
- (2)支架，梯子及其他工作面(章節 E)
- (3)一般工作條件(章節 F)
- (4)索具使用及物體搬運(章節 G)
- (5)個人防護配備(章節 I)
- (6)船艙防火措施(章節 P)

3. 29 CFR 1917 主要為碼頭作業各方面處理，其相關法規規定如下：

- (1)貨物裝卸設備(章節 C)
- (2)個人防護(章節 E)
- (3)碼頭設施(章節 F)

4. 29 CFR1918 提供海操作與船上作業規定，其相關法規規定如下：

- (1)舷梯與其他通道設備(章節 C)
- (2)一般工作面(章節 D)
- (3) 船舶貨物裝卸設備(章節 F)
- (4)船舶以外之貨物裝卸設備(章節 G)
- (5)個人防護配備(章節 J)

(二) 海洋能源管理局(BOEM)

美國內政部(DOI)在 1982 年創建礦業管理局(MMS)，負責監督海上能源生產和礦產收入，MMS 主要為管理石油和天然氣。2005 年“能源政策法案”修訂並授予 MMS 管理大陸棚(OCS)可再生能源之權利，因此除石油和天然氣，MMS 亦管理 OCS 其他海上電力發電設施。

2010 年 4 月發生“深水地平線爆炸”事故後，DOI 分別成立海洋能源管理局(BOEM)，安全環境執法局(Bureau of Safety and Environmental Enforcement, BSEE)，

及天然資源收入辦公室(Office of Natural Resources Revenue, ONRR)。2010年6月將MMS名稱改為海洋能源管理執法局(BOEMRE), DOI將BOEMRE之稅收及收益管理轉讓給ONRR, 此舉將租賃及收入分開管理, 消除所有職權皆由同部門進行時, 可能產生之利益衝突。

2011年DOI將BOEMRE劃分為BOEM及BSEE兩個獨立機構, 其重組目的為加強兩機構之環境審查和分析功能, 以及將能源管理與安全環境執法功能分開管理。

Responsibility	Resource Area			
	Oil and Gas and Renewable Energy (after 2005)	Oil and Gas and Renewable Energy	Oil and Gas	Renewable Energy
Promote resource development	MMS	BOEMRE	BOEM	BOEM
Economic analysis				
Leasing				
Environmental assessment			BSEE	
Safety and environmental enforcement				
Revenue collection	ONRR after October 1, 2010	ONRR	ONRR	
	1982 to May 2010	May 2010 to October 1, 2011	Since October 1, 2011	

圖 22 USDOJ Regulatory Responsibility and Resources(1982 to Present)

1. 海洋能源管理局(BOEM)

BOEM負責管理國家離岸資源開發, 包括可再生與不可再生能源。作為實現2005年能源政策法案任務的一部分, BOEM制定可再生能源法規, 以解決安全問題, 環境保護, 並協調其與州和地方政府及其他聯邦機構的行動, 從初步研究和租賃發行, 施工及運營, 到工程退役, 由於BOEM的主要重點是開發和管理離岸資源, 而不是安全環境執法, 因此BOEM需要依靠BSEE之工程專業知識進行許

可審查及可再生能源審查程序。

2.安全環境執法局(BSEE)

在目前組織結構下，BSEE 權力並無擴展到風力發電，在 30 CFR 250 法規中規定，允許 BSEE 管理大陸棚上之石油天然氣操作，其主要任務包括檢查石油和天然氣設施，制定法規和標準，協助健康和安全管理研究，審查操作員溢油應急計劃，以及為檢查員新建一個國家培訓中心。

3.美國海岸防衛廳(USCG)

USCG 主要負責海域安全，海事安全和海事管理，大陸棚之通航安全和生命財產安全由 33 CFR 法規訂定，但 USCG 僅間接參與有關可再生能源業務的活動。通過協議備忘錄，USCG 與 BOEM 協議各自管理角色，釐清管理海上可再生能源設施之法規及管理設施與船舶相關服務之責任，以避免雙方規定重疊。

在 2012 年 4 月，BOEM 和 OSHA 及 USCG 在代表會議上討論離岸風場施工人員健康和安全管理方面管轄權問題及執法責任。最後由 BOEM 獲得管理大陸棚施工人員健康及風場安全，其要求通過安全管理系統(SMS)進行監管，SMS 應涵蓋現場評估研究，施工和運營計劃及一般活動研究。承租人必須在所有研究開始前確保 SMS 無誤，而承租人無需將 SMS 信息提報 BOEM 審查。

SMS 主要必須包括以下內容：

- (1)如何確保所有人員之安全
- (2)遠程監控，控制和關閉功能
- (3)緊急應變程序
- (4)滅火設備(如需要)
- (5)如何檢驗自身 SMS
- (6)如何保障操作設施人員得到適當之培訓

評估 BOEM 目前 SMS 要求之充分性，委員會審查了相關報告和已發布之 SMS 標準指南，審查文件包括以下內容：

- (1)(API) Recommended Practice (RP) 75, Recommended Practice for Development of a Safety and Environmental Management Program for Offshore Operations and Facilities, 3rd ed., May 2004
- (2)(IMO),ISM Code and Guidelines, 2010 ed
- (3)國際勞工組織，Guidelines on Occupational Safety and Health Management Systems, 2001
- (4)(ANSI) Z10-2012, Occupational Safety and Health Management Systems
- (5)Occupational Health and Safety Management Systems— Requirements, July 2007
- (6)(TA&R) Project 633, Template for a Safety Management System for Offshore Wind Farms on the OCS, October 2009
- (7)Cape Wind Project Safety Management System, Rev. B1, October 2010
- (8)(OSHA’s) Process Safety Management (see 29 CFR 1910.119)
- (9)OSHA’s Safety and Health Program Management Guidelines (see Federal Register, Vol. 54, pp. 3904–3916, January 26, 1989)
- (10)(BSEE) TA&R Project 709, Sample Safety Management System, Draft, Version 1.

委員會認為，SMS 可以為組織提供持續改善健康和 safety 之機制。SMS 可以透過識別災害及風險，並針對離岸風場發展過程各個方面（如管理政策，人員安全，結構和培訓）提出緩解措施，為工作人員健康及 safety 提供更全面的指導。上述列出之文件和重要概念將作為引導參考，這些概念提供應遵循期過程，但不提供必要過程。

二、技術法規

本研究蒐集彙整 2010 年後各國參詢之海事工程相關技術法規，如表 11 所示，其中美國有關離岸技術安全法規主要係以 API、SNAME 及部分 ABS 為主，包含吊車之操作、人員安全、訓練等項目，後續將於第七章「國外法令在海事工程規範現況」詳細敘述。

表 11 國際海事工程之技術法規

Guidelines/Standards	Document Title	Edition
ISO standards		
ISO 19901-6	Petroleum and natural gas industries — Specific requirements for offshore structures — Part 6 : Marine operations	Dec-09
ISO 19905-1	Petroleum and natural gas industries -- Site-specific assessment of mobile offshore units -- Part 1 : Jack-ups	2012
Others		
	AISC Steel Construction Manual, 13th Edition	2005
API RP 2A	Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms— Working Stress Design-21st Edition	2002
API RP 2SK	Design and Analysis of Stationkeeping Systems for Floating Structures -3rd Edition	2005
	IMO CSS Code - Annex 13	2011
SNAME 5-5 and 5-5A	Guidelines For Site Specifec Assessment Of Mobile Jack-up Units	2008 Rev.3
ABS	Marine Operation	2010

(一) 美國石油協會(API)

美國石油協會(API)係美國國家標準學會(ANSI)認可之標準制定組織。超過 500 份之 API 標準和建議在美國石油和天然氣行業安全推廣使用，其定製協調石油和天然氣開採行業設備之安全。API 係世界著名行業協會組織，是美國商業部和美國貿易委員會承認之石油機械認證機構，其所制定之技術標準被多國採用。

API 通常將 Recommended Practice，RP)稱之建議實務作法，國際亦稱呼之。

(二) 造船暨輪機工程師協會(SNAME)

美國 SNAME 是適用於全球海洋領域之專業工程協會，該協會成員之工程師和專業人士類型廣泛，致力於推動造船和海洋工程之技術、科學和實務作法。

SNAME 法規 5-5A： Guidelines For Site Specific Assessment Of Mobile Jack-up Units 為自升式平台船相關技術法規，自升式平台特定結構和基礎評估之指南，其目的係鑑定自升式平台現場評估主要關注之因子。

(三) 美國驗船協會(ABS)

美國 ABS 成立於 1862 年，其宗旨是促進財產、生命和自然環境之安全性，主要係透過海洋相關設備之設計，建置、運營與維護的開發和驗證標準，評估船舶及現有海洋結構基礎之完整性，其與英國 Lloyd's Register, LR、挪威 DNV 並稱為三大驗船機構。

第三節 國外海事工程之法規規範現況

前節提到之海事工程相關規範如 API、SNAME、ABS 等，其包含吊車之操作、海上結構物之設計、人員安全、訓練等項目，以上皆屬於技術法規，其執行法被保險公司認可，形成國際共識之安全標準，國際慣例，係藉由第三者認證公司針對海事操作進行安全認可。後續將聚焦回本研究重點，以人員安全為主之管理法規，如上述提及之英國安環衛機關(HSE)、全球離岸風電健康與安全組織(G+)等，茲分述如下：

一、美國石油協會(API)

API 離岸作業安全標準如圖 23 所示，可大致分為水上及水下作業標準，本章節彙整 API 海事工程施工安全相關規範，其中包括起重機操作，非緊急作業之離岸人員培訓，首次離岸人員進入風場研究，人員資格培訓在海上設備操作及技術之建議實務作

法等之推薦做法，如表 12 所示。



圖 23 API 安全海上作業標準

表 12 美國 API 與離岸風電施工安全可參考之實務作法

RP 2D	Operation and Maintenance of Offshore Cranes
RP 2MOP/ISO 19901-6 : 2009	Marine Operations
RP T-1	Orientation Programs for Personnel Going Offshore for the First Time
RP T-4	Training of Offshore Personnel in Nonoperating Emergencies
RP T-6	Recommended Practice for Training and Qualification of Personnel in Well Control Equipment and Techniques for Wireline Operations on Offshore Locations
RP T-7	Training of Personnel in Rescue of Person in Water
RP 75	Recommended Practice for Development of a Safety and Environmental Management Program for Offshore Operations and Facilities

二、造船暨輪機工程師協會(SNAME)

SNAME 浮船最大風險來自對於海況本身反應，而自升船之風險有定位、升起與拔出等，參考「Guidelines for Site Specific Assessment of Mobile Jack-Up Units」之建議及注意事項如下：

(一) Guidelines For Site Specific Assessment Of Mobile Jack-up Units

1. 規範目的：辨識任何對自升船可能有關之因子進行現場評估。
2. 各個現地資料
 - (1) 平台操作資料
 - (2) 現地資料
 - (3) 環境資料
 - (4) 大地工程數據
3. 組態(configuration)
 - (1) 操作模式
 - (2) 氣隙
 - (3) 腿架(Leg)長度保留
4. 荷載
 - (1) 荷載案例
 - (2) 波浪和潮流力
 - (3) 風力
 - (4) 反作用點和基礎固定性
 - (5) 暴風路徑角
 - (6) 重心
 - (7) 位移相關荷載
 - (8) 動力影響

(9)其他荷載

5.抵抗力

(1)一般

(2)傾倒穩定性

(3)機處和預載重

(4)結構完整性

(5)相鄰結構

(6)其他

三、美國驗船協會(ABS)

ABS 所訂定規範多為船級，並無投入海事操作，與本研究相關之規範為 Guide for Building and Classing Offshore Wind Turbine Installations 之 Marine Operation。

(一) Marine Operation

1.一般

海上作業可能對支撐結構的安全和完整性造成影響，對於所有的海上作業，調查員應具備成熟的監督，作業才能順利的執行，有關海上作業期間的探勘需求，請參閱第 1 章第 2 節

2.所需文件

海上作業之文件和分析程度應與支撐結構之規模和類型相應，支撐結構強度和完整性不因海上作業而減少或受其他危害。其包括下列信息：

(1)描述海上作業的執行及採用程序

(2)海床條件和應變措施的預安裝驗證程序

(3)對於不管海上風機支撐結構設計的操作，從工程的邏輯來看，經驗或初步計算支持這個論點

(4)管理海上風機支撐結構設計的操作

3.分析

(1)荷載

(2)穩定性

世界各國對離岸風電政策不同，對應海事施工安全之看法，隨著國際法規、海事保證鑑定、自身國內法令及當地特殊環境等不同而有所作為。安全維護之範圍主要包含工法之規畫設計、船舶運用、海事操作、航程研究、人員進出及人員資格與訓練等六個層面進行處理。

四、工法之規畫設計

先要有最低安全標準之法規依循，在工件、工法之規劃設計階段，針對當地特殊環境及選用載台，尤其是在文件處理過程，就將多數之風險事先排除或降低，盡量不要讓風險殘留在現場才去解決，以得事半功倍。所以在工法之規畫設計上，要提前將各工安議題提出求解之道或預防。

五、選用船舶安全

船舶乃海事工程之載台，若船況不佳而無法承受海況，必將驚險萬分，嚴重者可能導致船難，危害貨物與人命，事先應有如下之考量與檢查：

- (一) 船舶穩度
- (二) 船舶運動與繫固措施
- (三) 航行安全，包括拖曳
- (四) 船舶碰撞
- (五) 船舶之緊急應變
- (六) 機械與電力系統
- (七) 救難救生逃生

特殊船舶之相關安全需求(自升式船舶、駁船、鋪纜船舶等)

六、海事操作

- (一) 定位(含自升船之下腳、預載、升起等)
- (二) 海上吊裝
- (三) 海事工程界面合作(施工中之不同工程介面協調)
- (四) 緊急救難應變(施工之緊急應變研究書)
- (五) 海上警衛、觀測
- (六) 離岸工作場所之各式安全、避難

七、航程研究

- (一) 天氣海況預測
- (二) 用船性能判斷
- (三) 母港與避難港航程距離
- (四) 工項作業時間
- (五) 全程往返評估

八、人員進出

- (一) 人員運輸安全
- (二) 人員登機安全
- (三) 人員電感安全
- (四) 人員高空作業
- (五) 人員水下作業

九、人員訓練

- (一) 專業船隊與航運人員訓練
- (二) 海事工程人員安全訓練

(三) 海事工程專業人員訓練

(四) 一般訪客安全講習

若國內無特別針對海事工程人員安全訓練之規定，則建議參照具有聲譽之國際機構所為，如已受到諸離岸風電開發商認可之世界風能組織(Global Wind Organization, GWO)，該機構主要協助離岸風電海事工程安全訓練，受訓項目如高處作業訓練、海上求生訓練、消防意識訓練、急救訓練及手動工具操作訓練等。

離岸風電海事工程較常發生之人員作業安全風險，包括人員進出安全、電力作業、海上吊裝作業、潛水作業、高處作業、手動工具操作、局限空間作業、物體墜落等，本研究之施工關鍵作業(運輸、吊裝、打樁及固著)存在著以上較高風險項目，尤其人員進出之介面問題，以部分國內法規較為缺乏，海上環境條件亦與陸域環境截然不同，頗具差異，部分國內法規不宜直接延用至離岸作業。

本章節主要針對國外海事工程之施工安全規範。先前第六章節評估英國針對人命安全之管理法規較為完善，除了第二章介紹之英國安環衛機關 HSE 外、亦將英國再生能源協會 Renewable UK 所制定之海事工程相關”指引”與”規範”納入參考列表。除此之外，同時亦納入英國風能協會(BWEA)所制定之相關海事工程安全規範。另外，全球風能健康安全組織 G+係目前歐洲開發商及相關廠商所依循之 HSE 基準。經本研究將上述規定彙整如下列表 13 所示。

表 13 國外海事工程法規

法規文號	法規名稱	簡述(可借鏡之處)
HSE	Health and Safety at Work etc Act 1974	英國安環衛法規之主要母法。該法針對勞工安全、建康管理相關議題進行諸多規範。可說是英國勞工安全法規之首。
HSE	Guidance on Risk Assessment for offshore Installation	針對離岸結構物之安裝進行風險評估。
HSE	Study and development of a methodology for estimation of the risk and harm to person from wind turbines	針對風機相關作業人員傷亡與風險評估系統進行建置與研究。
HSE	Personal protective equipment(PPE) at work	針對個人防護設施進行規劃。
HSE	HSE-Offshore working time in relation to performance, health and safety	針對離岸作業人員之安環衛進行評估，並規範離岸作業之工時、離岸環境以保證作業人員健康與安全。
HSE	Guidance on procedures for the transfer of personnel by carriers	針對從岸上至離岸工址之人員運輸安全指南。
HSE	Jack-up (self-elevating) installations : review and location approval using desk-top risk assessments in lieu of undertaking site soils borings	針對自升式平台船座立於海床上之風險評估。利用相關事前評估工具以避免直接進行鑽探。
HSE	Construction (Design and Management) Regulations 2015-Managing health and safety in construction	主要規範基礎設施營建期間之人員安全管理系統。
HSE	Lifting Operations and Lifting Equipment Regulations 1998- Safe use of lifting equipment	針對吊掛作業與吊掛器械之安全使用進行規範。
HSE	Lifting Operations and Lifting Equipment Regulations 1998-Lifting equipment at work	針對吊掛作業所需工具與器械進行規範。
Renewable UK	Guidance & Supporting Procedures on the Application of Wind Turbine Safety	針對離岸風機相關安全法則進行制定。

	Rules	
Renewable UK	Wind Turbine Switchgear Safety	針對風機內部零件進行安全監測。
Renewable UK	Working at Height & Rescue Training Standard	針對高處作業與救難訓練進行規範。
Renewable UK	Wave & Tidal Health & Safety Guide	針對海況(浪潮)可能所帶來之人員安全影響進行說明，並提供離岸作業人員安全相關指引。
Renewable UK	Vessel Safety Guide-Guidance for Offshore Renewable Energy Developers	船舶安全相關指引—特為離岸再生能源進行規劃。
Renewable UK	Fire Awareness(FA)	火災預警與急救。
Renewable UK	Offshore Wind and Marine Energy Health and Safety Guidelines	離岸風電相關安全原則指引。
Renewable UK	Safety & Emergency Response in Offshore Wind	離岸風電之緊急應變與安全救援研究。
Renewable UK	First Aid Wind Turbines (FAWT)	於風機周圍作業之人員發生工安事故時之現場急救指引。
Renewable UK	First Aid Needs Assessment	現場急救狀況評估，並第一時間確認需要哪些資源涉入急救。
Renewable UK	Marine Safety Training Standard	海事安全訓練指南。
BWEA	Guidelines for the Selection and Operation of Jack-ups in the Marine Renewable Energy Industry	針對自升式平台船之選擇與作業進行規範。
BWEA	Guidelines for Health and Safety in the Marine Energy Industry	海事工程之安全與健康管理指引。
G9 Safe by design	Workshop report : Marine transfer/access systems	海上進出系統
G+	Working at height in the offshore wind industry	離岸風電高處作業指南
G+	The safe management of small service vessels used in the offshore wind industry	離岸風電使用小型服務船舶之安全管理

G+ Safe by design	Workshop report : WTG service lifts	風力機服務升降設備
G+ Safe by design	WTG access and egress	風力機進出
G+ Safe by design	Workshop report : Davit cranes	小型起重機
G+ Safe by design	Escape from a turbine Nacelle in the event of a fire	發生火災時撤離風力機機艙

根據上述所搜集之資料，國內運輸相關法規較為缺乏，可參考 G+ 「The safe management of small service vessels used in the offshore wind industry」，主要針對小型服務船舶進行探討，其定義為小於 500 GT 且無涉及主要海上作業船舶，包括如下：

- (一) 人員運輸船(CTV)
- (二) 警戒船(guard vessels)
- (三) 備用船(stand-by vessels)
- (四) 調查船;
- (五) 工作船;
- (六) 拖船和供應船
- (七) 建造支援船

當人員進出碼頭港口、海上結構物與載台，其介面最具風險，G+小型服務船舶之安全管理提供離岸風場現場管理，天候狀況評估，船舶管理，海事協調員，海事操作等相關資訊，目前為歐洲開發商及相關廠商所依循之安環衛基準，係我國法規可借鏡之建議實務做法。

國內之吊裝相關法規於「起重升降機具安全規則」、「職業安全衛生法」皆有訂定，但鑒於海上吊裝與陸上吊裝具落差，海上吊裝易受天候海況影響，相關工件必須承受風速、海浪、海流等環境因子，準確定位與陸上相比更加困難，可參考英國安環衛機關 HSE HSE-Lifting Operations and Lifting Equipment Regulations (LOLER) 1998： Open

learning guidance」，其吊裝安全研究、作業位置、吊掛環境等皆為國內法規可借鏡之處。

打樁及固著作業於國內主要依循「職業安全衛生管理辦法」與「營造安全衛生設施標準」，打樁作業現今多採自動打樁，作業人員於作業期間較無安全上之疑慮，然而噪音振動可能於打樁作業造成人員聽力受損，可參考表 20 國際常用之人員防護設備，或 HSE「Personal protective equipment(PPE) at work」。固著作業如人員須於水下進行作業，國內依循異常氣壓危害預防標準，可參考 IMCA 潛水作業指南。

第四節 我國近年近海工程施工安全規範彙整

目前我國可資參考之正式施工規範，僅有行政院公共工程委員(簡稱工程會)頒布之公共工程施工綱要規範，並製訂各類施工綱要規範工具書，如海洋放流工程、港灣工程等，其餘多為特殊專案工程研究之施工要求。本研究將以工程會相關規範為主，並補充國內相關海事工程案例包括「興達火力電廠離岸輸煤棧橋碼頭打樁工程」，「龍門研究海上肘管與四噴頭吊裝施工」，「外傘頂洲離岸風速觀測塔工程」等施工作業準則資料，以下將分別摘列其基本項目：

一、港灣工程施工綱要規範

工程會會為推動公共工程施工品質具有一致性標準，於 90 年 11 月頒布公共工程施工綱要規範來規定各工項之基本且具共通性之品質要項，並不定期更新規範內容，個案工程再視其需求及施工條件等特性，引用施工綱要規範時酌情增訂所需之特定或較詳細之規定。依據工程會頒布之施工綱要規範，蒐集整理與海事工程相關之章節如表 14 所示。

表 14 工程會海事工程相關施工綱要規範一覽表

篇名	章碼	章名	概要
一般要求	第 01310 章	施工管理及協調	執行契約工作之施工管理及協調事項。
	第 01320 章	施工過程文件紀錄	施工之過程中相關文件紀錄之有關規定。
	第 01321 章	施工照相及攝(錄)影	工程施工期間，對於工程施工之過程以照相、攝(錄)影紀錄之相關規定。
	第 01450 章	品質管理	執行契約工作之品質管理規定，確保工程之成果符合設計及規範之品質目標。品質管理範圍：成立品管組織，訂定施工要領，訂定施工品質管理標準，訂定檢驗程序，訂定自主施工檢查表，建立文件、紀錄管理系統。
	第 01500 章	施工臨時設施及管制	有關執行契約工作之施工臨時設施、管制及清潔維護等事項之規定。
	第 01572 章	環境保護	承攬商於工程施工期間，應辦理之各項環境保護工作。
	第 01574 章	勞工安全衛生	有關工地勞工安全衛生事項之相關規定。
	第 01581 章	工程告示牌	施工地區周圍應設置之工程告示牌，包括材料、施工及檢驗等相關規定。
	第 01725 章	施工測量	執行施工測量作業之規定。
	第 01726 章	水深測量	海岸、港灣等相關水深測量一般規定。
	第 01781 章	竣工文件	工程竣工後，有關竣工文件之提報及送審之相關規定。
現場工作	第 02325 章	浚挖	處理一般浚挖工程之相關規定。
	第 02392 章	碼頭	板樁式、棧橋式、重力式等型式碼頭、護岸之材料、設備、施工及檢驗等相關規定。
	第 02395 章	港灣用沉箱	港灣採用混凝土沉箱時之材料、設備、施工及檢驗等相關規定。
	第 02460 章	鋼管樁	一般構造物所使用之鋼管樁，包括材料、設備、施工及檢驗等相關規定。
	第 02496 章	基樁載重試驗	基樁軸向載重試驗之方法、設備、程序及判斷等相關規。

混 凝 土	第 03050 章	混凝土基本材料及施工一般要求	使用於混凝土結構物之水泥混凝土，其基本組成材料與混凝土之材料品質規定，及於拌和、運送、儲存（指混凝土組成材料）、檢驗及施工等之一般要求。
	第 03110 章	場鑄結構混凝土用模板	模板、支撐、斜撐及所需金屬繫桿、五金附件等之設計、材料、設備、製作、安裝、維護及拆除等相關規定。
	第 03210 章	鋼筋	鋼筋之材料、設備、裁切、彎曲、排紮、組立、續接及檢驗等相關規定。
	第 03310 章	結構用混凝土	混凝土構造物的場鑄混凝土之材料、施工及檢驗等相關規定。
	第 03371 章	無收縮混凝土	無收縮混凝土之相關規定。
	第 03390 章	混凝土養護	卜特蘭水泥混凝土養護之材料、設備、施工及檢驗等相關規定。
	第 03410 章	工廠預鑄混凝土構件	工廠預鑄混凝土構件之材料、設備、施工及檢驗等相關規定。
	第 03610 章	無收縮水泥砂漿	無收縮性水泥砂漿之材料、施工及檢驗相關規定。
金 屬	第 05081 章	熱浸鍍鋅處理	鍍鋅鋼材所需鍍鋅之材料、設備、施工、檢驗等相關規定。
	第 05090 章	金屬接合	一般金屬構件（包含鋼鐵及非鐵金屬）無論在工廠或現場將其接合組構成一單元或整體，其接合方式所需之材料、施工與檢驗等之相關規定。
	第 05091 章	銲接	鋼結構銲接相關規定。
	第 05122 章	鋼構造	鋼構造結構物包括以鋼板、鋼梁、鋼板梁、型鋼、組合鋼、管形鋼及冷作成形之薄輕特殊鋼料，利用結合鋼材建造之結構物等鋼構造施工之相關規定。
	第 05124 章	結構用鋼材	建築鋼結構包括以鋼板、鋼梁、鋼板梁、型鋼、組合鋼、管形鋼及冷作成形之薄輕特殊鋼構料，利用結合鋼材建造之建築物鋼構造工程施工之相關規定。
	第 05523 章	不銹鋼欄杆	不銹鋼欄杆之材料、施工及檢驗等之相關規定。
裝	第 09971 章	防蝕塗裝	防蝕塗裝之材料、施工、檢驗等之相關規

修			定。
特殊構造物	第 13100 章	避雷設備	建築物或危險品倉庫之避雷設備及其附件之設計、供應、安裝及試驗。
電機	第 16061 章	接地	一般接地及避雷保護系統之接地材料、施工、測試及檢驗等相關規定。
	第 16132 章	導線管	導線管之材料、施工及檢驗等相關規定。

二、興達火力電廠離岸輸煤棧橋碼頭打樁工程

「興達火力電廠卸煤系統改善研究外海卸煤碼頭及連絡棧橋新建工程」為電廠卸煤系統改善研究之主體港灣工程，其現場作業實況分如圖 24 及圖 25 所示。其目標為 28 個月內完成於興達火力電廠外海 1.8km 無任何遮蔽之開放海域處，興建乙座 310m 長、水深-17m 深水卸煤碼頭及 13 座獨立之繫纜/靠船樁叢，並以全長 2,190m 連絡棧橋與電廠連接、供於外海碼頭及連絡棧橋裝設 2 部 2,000TPH 連續式卸煤機、2 條 4,000TPH 輸煤皮帶機系統、機電儀控設備...等。



圖 24 60M 大跨度箱型鋼梁海上吊裝實景



圖 25 鋼管樁海上打設實景

(一) 工程主要內容

1. 外海卸煤碼頭乙座、長 310m、寬 27~35m、水深-17m。
2. 繫纜樁叢(MD) 3 座、靠船樁叢(BD) 13 座。
3. 碼頭附屬設施：卸煤機軌道及埋件、輸煤皮帶機及運轉塔及碼頭作業室基礎配合設施、人行連絡橋、爬梯、電力、電信、排水、安全設施...等。
4. 連絡棧橋全長約 2,190m，由跨距 60m 寬度 15m 之鋼橋 35 座及跨距 30m 寬度 6m 之鋼橋 3 座組成。
5. 車行引道：由 20m×25m RC 平台、及 1 段 36m 長 RC 橋樑，110m 岸上道路組成。
6. 碼頭及聯絡棧橋導航警示燈杆(共 5 座)。

(二) 海上打樁安全作業標準

本工程卸煤碼頭與連絡站橋以鋼管樁為基礎，海上打樁作業為一重要工程項目，其安全作業標準如表 15 海上打樁安全作業標準一覽表所示。

表 15 海上打樁安全作業標準一覽表

工作步驟	工作方法	不安全因素	安全措施	事故處理
1. 作業前打樁機、起重機、駁船等機械檢查	(1) 燃油、液壓油、機油、黃油是否足夠；電瓶水、冷卻水是否水位正常？ (2) 風扇皮帶，各固定螺絲、螺桿有否鬆動脫落？ (3) 空氣濾清器是否清潔？ (4) 車體、門窗玻璃、後照鏡、各種燈號是否正常？ (5) 剎車、胎壓、儀表、迴旋噲鳴器是否正常？ (6) 吊桿、極限開關、後仰保險桿、過負荷裝置、外伸撐座有否完好？ (7) 鋼索是否斷裂、磨損、扭結、鬆散、有否適當潤滑？ (8) 吊鉤防滑舌片、安全門是否正常？ (9) 各種操作桿是否正常？	(1) 零件損傷未更新仍繼續使用。	(1) 剔除不良品並更新後，方可使用。 (2) 自動檢查做成紀錄。	
2. 警告標示設置	(1) 以浮燈標於作業範圍內設置警告標示。	(1) 其他船隻誤入作業區域。	(1) 非作業人員禁入操作範圍內。 (2) 標示能使受警告者清晰獲知。	

3. 測量、定位	<p>(1) 採用 GPS 系統，用陸上基地台及打樁船上移動台及自動追蹤系統，進行樁位定位測量。</p> <p>(2) 依據 RTK-GPS 時動態測量定出樁位。</p>			
4. 起重機、打樁機定位	<p>(3) 定位位置之海域安全狀況。</p> <p>(4) 採用 GPS 系統，用陸上基地台及打樁船上移動台及自動追蹤系，進行樁位定位測量。</p> <p>(5) 由錨船將錨纜拉至定位後下錨。</p>	(1) 其他船隻誤入作業區域。	<p>(1) 非作業人員禁入操作範圍內。</p> <p>(2) 標示能使受警告者清晰獲知。</p>	
5. 鋼管吊樁放	(1) 將鋼管樁吊運至欲打設之位置。	<p>(1) 吊索、吊物脫落、晃動、未靠。</p> <p>(2) 吊索打結或捲纏。</p> <p>(3) 吊索未掛妥即起吊，傷及人。</p> <p>(4) 防止吊索意外斷裂之事故。</p> <p>(5) 撞擊人員及設備。</p> <p>(6) 由於慣性作用撞擊他物造成意外事故。</p> <p>(7) 操作員錯誤</p>	<p>(1) 確認吊索與吊物絆牢，起重機吊鉤應裝防滑舌片。</p> <p>(2) 避免吊索打結捲纏。</p> <p>(3) 吊掛作業人員必須以標準手勢明確指揮。</p> <p>(4) 嚴禁吊掛物通過人員站立處所。</p> <p>(5) 禁止人員隨吊物一起吊運。</p> <p>(6) 操作員應隨時注意吊掛</p>	人員受傷送醫急救治療。

		動作，吊掛作業員指揮不當。	物通過途徑或附近人員時應發出警鈴驅散。 (7) 禁止二人以上同時指揮起重機操作人員。	
6. 鋼管樁打設	(1) 利用打樁船在正確位置打設鋼管樁。	(1) 打樁機噪音影響周遭環境。 (2) 附近魚船、舢舨誤入打樁區。	(1) 採用低噪音、低振動機械。 (2) 必要時加派人員監視周圍安全狀況，確認非作業人員、船隻是否進入操作範圍。	
7. 完工收拾	(1) 收拾機具、工具。 (2) 整理作業場所。 (3) 打樁機械撤離。 (4) 撤除安全設備。			

(三) 潛水安全作業標準

本工程卸煤碼頭及連絡棧橋鋼管基樁防蝕包覆及電氣防蝕須由潛水伏於水下進行安裝作業，其安全作業標準如表 16 潛水安全作業標準一覽表所示。

表 16 潛水安全作業標準一覽表

工作步驟	工作方法	不安全因素	安全措施	事故處理
1. 作業前準備	<ul style="list-style-type: none"> (1) 注意海象是否適合潛水作業。 (2) 空氣壓縮機、呼管、空氣過濾供輸器設備及潛水衣準備。 (3) 兩人一組作業。 (4) 若於水面交通頻繁處作業，作業區須置聯結式浮球，以警告水面船隻。 	<ul style="list-style-type: none"> (1) 海象不良容易發生意外。 (2) 潛水人員單獨作業，無法得知岸上異常狀況，易發生危險。 (3) 水面船隻不慎進入潛水作業區，發生危害。 	<ul style="list-style-type: none"> (1) 判定海象不適合潛水作業即停止。 (2) 每組作業需有連絡員。 (3) 設置聯結式浮球，警告水面船隻。 	人員受傷送醫急救治療。
2. 作業前檢查	<ul style="list-style-type: none"> (1) 空氣壓縮機的檢查：檢查壓力安全閥、壓力調閥、逆流防止閥否妥善調整配壓閥的負荷調整裝置，運轉時是否異狀等情況。 (2) 空氣過濾器是否有油味或不淨之味道？ (3) 呼吸管是否有漏氣？ 	<ul style="list-style-type: none"> (1) 空氣壓縮機異常，無法正常造成危害。 	<ul style="list-style-type: none"> (1) 空氣壓縮機壓力表指示，不得高於10kg/cm²，過高或過低時，須作適當調整。 (2) 有油味或不淨之味道，應予更換。 (3) 有漏氣時，應立即更換。 	
3. 潛水人員就位	<ul style="list-style-type: none"> (1) 潛水人員身體調適。 (2) 潛水人員必須聽命於連絡員之指揮。 	<ul style="list-style-type: none"> (1) 身體不適，易發生意外。 	<ul style="list-style-type: none"> (1) 身體不適禁止作業。 (2) 連絡員必須指導適當下潛或上浮。 	

4. 進行潛水作業	<ul style="list-style-type: none"> (1) 空氣壓縮機在開動時，須經常監視，不得無故離開工作地點。 (2) 在運轉中，不許用手碰觸機器。 (3) 呼吸管延放時，不得放於走道上。 (4) 連絡員與潛水人員密切聯繫。 (5) 水下工作時間過長、潛入深度過深，必須遵守減壓。 	<ul style="list-style-type: none"> (1) 防止設備之異常。 (2) 人員不慎碰觸開關及受傷。 (3) 絆倒行人及被壓裂漏氣。 (4) 防止不安全情況發生。 (5) 造成昏迷及減壓症、空氣栓塞症等職業病。 	<ul style="list-style-type: none"> (1) 主管人員派員經常檢查。 (2) 禁止人員碰觸機器及其他防護措施。 (3) 連絡員應隨時注意呼吸管通過途徑或附近人員接近時應予以驅離。 (4) 遵守減壓守則。 	予以維修及調整。人員受傷送醫急救或減壓治療。
5. 完工收拾	<ul style="list-style-type: none"> (1) 清理工作範圍環境。 (2) 潛水設備收拾歸位。 			

(四) 防颱及施工船機避颱研究

1. 研究目的

確保本工程於每年颱風季節(約每年 6 月至 10 月)，已完成之結構物及施工船舶機具，避免因颱風侵襲造成災害損失。

2. 颱風處理程序

(1)需考量其海上施工船機於中央氣象局預測之颱風抵達本工區前以能撤離至安全位置之標準作業程序與準則。

(2)訂定海上作業船機撤離工區路線圖。

3. 颱風情報等傳達系統

(1)須訂定颱風情報傳達系統，俾第一時間掌握第一手颱風資料。

4. 施工現場應變措施

- (1) 鋼管樁打設防颱作業：進行必要之臨時支撐設施，防止鋼管樁受波浪衝擊而移位，影響後續預鑄件吊裝作業。
- (2) 預鑄構件吊裝前防颱作業：預鑄件裝船作業應延後，俟天氣穩定再實施吊裝作業。
- (3) 預鑄構件吊放完成防颱作業：應加派一組作業人員儘速完成固定作業。避免強風豪雨導致預鑄構件掉落海中。

5. 緊急應變

- (1) 緊急意外事故應變處理流程。
- (2) 緊急救援連絡單位及電話。
- (3) 鄰近醫療機構急救後送路線圖。

三、龍門研究海上肘管與四噴頭吊裝施工

「龍門研究循環冷卻水出水道工程」為核能四廠工程之一，負責核能電廠反應爐機組之冷卻水排放。不同於過去核電廠之冷卻水排放方式，本次改採地下出水隧道方式，將冷卻後之溫水導入排水隧道中，經過海底至外海約一公里處到達井之肘管，再以四噴口排水頭將冷卻水排入大海中(如圖 26 所示)，藉由海流快速散熱，降低因海水溫度升高造成對沿海生態的影響與傷害。因此，本工程結合陸上、地下、海上及海下多樣之施工技術，來建構此出水道工程。如何有效整合不同的施工技術相互配合及如何掌握有限的海上施工期，進行海上施工作業；不論施工方式的選擇、先期規劃與施工過程之應變修正，有許多經驗值得相互參考。

(一) 工程主要內容

1. 本工程之肘管(總重約 560 公噸)係使用於台灣電力公司龍門(核四)研究循環冷卻水出水道工程之冷卻水排水裝置，2 座肘管及鋼構構造由台朔重工麥寮工廠製作，裝載於 1600t 全回旋起重機船上運搬至龍門施工海域。載運肘管之 1600t 全

回旋起重機船到達龍門施工海域後，進行固縛解除及吊掛作業，吊掛作業完成後立即進行肘管之設置作業，如圖 26 所示。

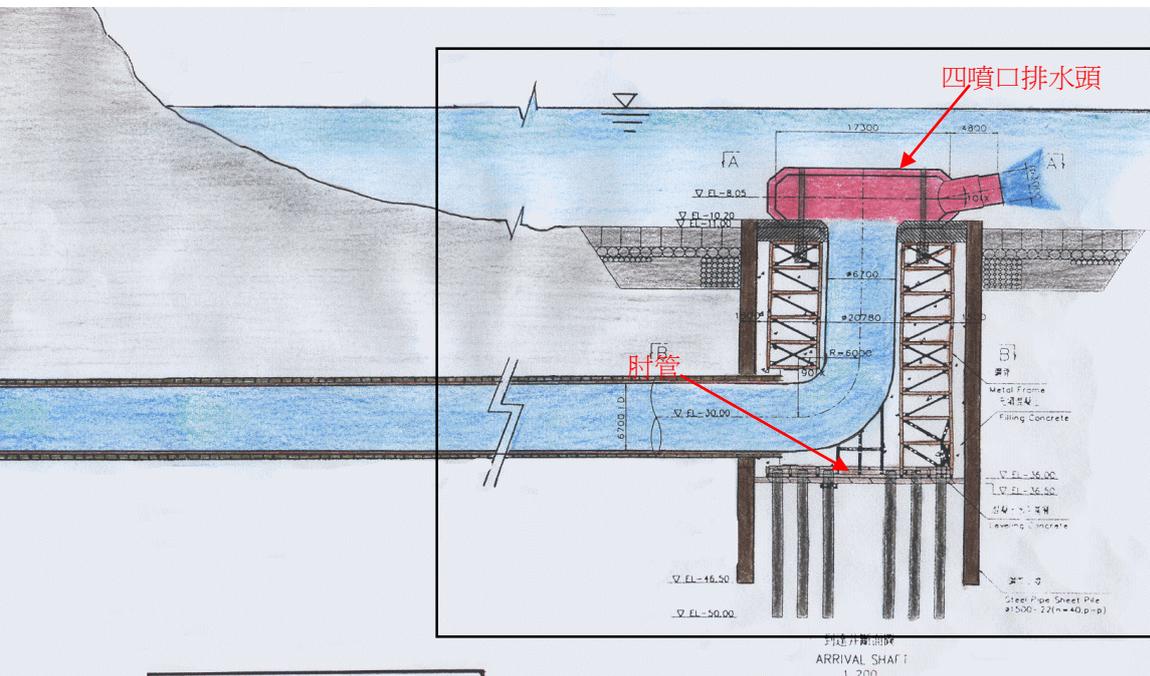


圖 26 出水道出水端剖面圖



圖 27 肘管海上吊裝實景(使用全回旋起重機船)

2. 四噴口排水頭是由 4 個 Multi-nozzle 的形式設置肘管在上方。1 座重量為 450t，共設置 2 座。排水頭的下面安裝有設置時的導引及設置後具有臨時固定機能的鋼構(安裝支架)。四噴口排水頭是在高雄港製作。製作完成後將 2 座排水頭搭載至

全旋迴起重機船(神翔 1600)的甲板上，載運至施工海域吊裝設置在肘管上，如圖 28 所示。



圖 28 排水頭海上吊裝實景

(二) 肘管吊裝作業準則

1. 起重機船之準備

(1) 配合肘管之運搬，起重機將至麥寮進行搭載準備作業。

2. 肘管運載上起重機船

(1) 2 座肘管皆在麥寮工廠製作。製作完成後移動至貨運碼頭，將 2 座肘管裝載上起重機船。

(2) 2 座肘管裝載完成後，為防止海上運搬時因船體搖動導致貨物傾倒，應以鋼材及鋼纜繩固定縛緊。

(3) 肘管須經甲方檢查核准後，方進行肘管之搭載作業。

3. 起重機船海上運輸(麥寮港→龍門施工海域)

(1) 使用主拖船(3600ps)將 1600t 全回旋起重機船從麥寮港拖至現場海域。

(2) 1600t 全回旋起重機船回航，途中調整時間於清晨進入施工海域。

4. 肘管設置

- (1) 1600t 全回旋起重機船進入現場海域前，移動自升式平台船至肘管設置位置附近作為肘管設置誘導基地。
- (2) 進入現場海域後，於設定位置投錨，移動至設置位置。因鋼管板樁工作井頂端架設圍樑，除使用誘導裝置確認正確位置外，於肘管沉放前應使潛水夫下水監視，注意避免肘管與其碰撞謹慎吊放。
- (3) 於導樁將插入底座插孔前 1m 時停止，遣潛水夫潛至底部再次確認 B 樁及 C 樁之狀態後再繼續進行作業。
- (4) 肘管之設置最終位置決定於工作井內 3 支導樁(C 樁)插入肘管鋼構下端導引管後完成。
- (5) 肘管之設置最終高程決定於肘管鋼構之重量完全轉由工作井內 3 支支撐樁(B 樁)支撐時完成。
- (6) 肘管設置完成後，1600t 全回旋起重機船之起航，使用主拖船(3600ps)從現場海域拖曳至蘇澳港靠岸。
- (7) 肘管之設置最終位置決定於工作井內 3 支導樁(C 樁)插入肘管鋼構下端後完成。
- (8) 肘管之設置最終高程決定於肘管鋼構之重量完全轉由工作井內 3 支支撐樁(B 樁)支撐時完成。
- (9) 肘管設置完成後，1600t 全回旋起重機船之起航，使用主拖船(4200ps)及輔助拖船(3600ps)從現場海域拖曳至基隆港 E -6,7 靠岸。

5. 肘管吊裝 (第 2 座)

- (1) 1600t 全回旋起重機船於基隆港東-6、7 防波堤錨定完成後，同樣使用 1600t 全回旋起重機船進行肘管吊裝作業。
- (2) 肘管之臨時放置，為防止海上運搬時因船體搖動導致貨物傾倒，應以鋼材製

架台及鋼纜繩固定縛緊。回航準備完成後迅速出港。

(三) 四噴口排水頭運送作業準則

1. 搭載作業

- (1) 排水頭的積載在高雄港第 74 號碼頭舉行。自蘇澳港至高雄港以主拖船「第 2 協榮丸」(3600ps) 將 1600t 起重機船『神翔-1600』拖航。
- (2) 在起重機船的甲板上，將排水頭的吊載用鋼索及夾具等組立，裝置掛勾。排水頭搭載位置作上記號及準備進行固定捆紮。
- (3) 先由 2 號排水頭開始，往起重機船運載。排水頭自組裝場地陸運至碼頭。
- (4) 起重機船停靠至排水頭吊裝指定之位置，先將鋼索放下。將排水頭的 8 點吊裝位置以吊具組裝好。完成後，逐漸地將荷重增加之。荷重自 30%、50%、70%...分階段的增加負荷，吊起，載吊離地面後，回轉吊車至甲板上所定的位置進行搭載。NO.2 排水頭裝載完成後，撤除吊具。如 NO.2 排水頭同樣之施工順序進行 NO.1 排水頭搭載作業。搭載完成後，進行各排水頭的固定捆紮。

2. 海運航程

- (1) 排水頭自高雄港將 2 座排水頭吊載至神翔 1600 固定捆紮後，以主拖船「第 2 協榮丸」(3600ps)，自高雄港以順時鐘方向拖曳至現場。航行的速度約為 4 knot。

(四) 四噴口排水頭設置作業準則

1. 排水頭設置作業是依氣象預報及現場的波高記錄為依據，並依天候惡劣作業中止基準、避泊基準辦理。
2. 自升式平台船移動至到達井的中間位置。
3. 1600t 起重機船到達現場海域後，以揚錨船進行船首停泊用錨定設置。
4. 先設置的 1 號排水頭進行解除固定捆紮。
5. 解除固定捆紮後，進行鋼索吊掛作業。以 $\phi 64\text{mm}$ 的鋼索 8 條(4 掛勾、8 點吊掛)，

以 100t 夾具吊掛。

- 6.吊掛作業完成後，排水頭吊起進行設置作業。決定排水頭的位置，以潛水夫進行誘導作業。
- 7.排水頭設置完成後，進行完成檢查。
- 8.完成檢查合格後，將吊掛用吊具及鋼索解除。
- 9.將起重機船甲板上裝置掛勾之吊裝用鋼索解除。
10. 排水頭設置後，馬上進行臨時固定作業。

(五) 天候惡劣作業中止基準、避泊基準

本工程海域為颱風常襲地區，颱風發生至襲來為止時間非常短暫，所以確定颱風發生後再行避難為時已晚。故為了及早獲取氣象情報及進行分析，在現場常駐氣象預報士 1 名，注意氣象變化提早為惡劣天候作準備。根據氣象情報設定避難基準以避免誤判。

1. 氣象資料之獲得

(1)氣象資料由氣象預報公司提供。再由常駐現場之氣象預報士對獲得之資料進行分析，用以預測現場海域附近之風、波、天氣等。

2. 作業中止基準及避難基準

(1)海上工程之作業中止基準如表 17 海上工程作業中止基準所示，船舶種類如拖船、駁船、自升式平台船，當施工作業時面臨平均風速 10 m/s 以上、有義波高 0.7m 以上或能見度 1000m 以下之情況，應禁止海上作業；而起重機船或吊車船之作業中止條件為平均風速 10 m/s 以上、有義波高 0.5m 以上或能見度 1000m 以下應禁止海上工程作業。

表 17 海上工程作業中止基準

NO	作業船區分	作業中止基準		
	船舶種類	平均風速	有義波高	能見度
1	拖船、推船、台船	10m/s 以上	0.7m 以上	1,000m 以下
2	起重機船、吊車船	10m/s 以上	0.5m 以上	1,000m 以下

(2)如有下列情形時，中止作業：

- A. 發生意外事態，現場監督人員判斷為危險時。
- B. 經業主、監督單位指示時。

(3)若根據氣象資料判斷將船錨定於現場海域有可能發生危險時，應及早避難、避泊。船舶避難基準如如表 18，若起重機船或拖船達航行限界之情況，應至具國際商港規格之港口做為避難港口。

表 18 船舶避難基準

船舶種類	有義波高	航行限界	避難港
起重機船	2.0m	2.0m	國際商港
拖船	2.0m	2.0m	國際商港

3. 颱風避難

- (1)波浪在超過船舶避難基準前應事先進行避難作業。
- (2)根據颱風資料顯示波浪有變高趨勢時，應將船舶移至避難港避難。
- (3)為避免避難不及發生危險，在熱帶低氣壓形成時即早注意其後續發展。
- (4)颱風之避難港應以國際商港為主。

4. 地震、海嘯

- (1)強烈地震發生時，迅速將作業船移動至水深海域。
- (2)發佈海嘯警報時與作法與前項同。
- (3)發佈海嘯注意報時，中止作業以便隨時避難，並注意海面變化。若有異常時進行避難作業。
- (4)若有錨定於碼頭之船時，離岸錨定，並使作業員迅速下船。

5. 人為因素中止作業之安全措施及處理程序

核四工地為反核人士及漁民團體抗爭之敏感地帶，在施工人員作業過程中可能遭遇反核人士或漁民訴諸不理性之抗爭而危及人、貨、船等之安全。茲擬定相關作業安全措施及處理程序如下：

(1)起重機船出港前 48 小時由施工單位(或代理人)函告各相關單位(含龍門施工處、海巡隊、瑞芳分局、保二第一中隊)，自麥寮啟航後，航行時間約 48 小時至龍門施工海域。

(2)拖船船長(或代理人)應於每半小時以電話報告龍門政風課船隊所在位置。

四、外傘頂洲離岸風速觀測塔工程

「外傘頂洲離岸風速觀測塔工程」如圖 29 所示，主要於嘉義外海設置海域風速觀測塔，施工期限為 120 日曆天，基礎工程採用基樁型式(群樁 4~8 支)，塔架高度 60 公尺以內，並將儀器裝置於 10M、30M、50M、60M 各高度觀測，儀器設置位置及機房需俱備工作維護平臺，觀測塔架除觀測儀器外，尚需安置避雷與航空及海上航行警示等相關安全設施。觀測儀器規劃量測風速風向、氣溫、氣壓、溼度等項目，海域觀測塔各項量測項目為每 10 分鐘紀錄一組觀測數據，其中風速資料需包含每 10 分鐘之平均風速與其標準差，以及最大陣風風速與對應之風向。資料儲存傳輸方面，除現地資料暫存器需可連續紀錄 2 個月觀測數據外，將以 GPRS 無線傳輸方式至少每日 1 次將當日以前之量測資料傳回工業技術研究院以進行資料監測。

(一) 設計及監造單位：浩海工程顧問公司

(二) 工程主要內容

1. 觀測塔設置地點為外傘頂沙洲南側水域，設置水深約為中潮系統-5.0 公尺，因此基礎結構物之設計必須以水中結構物之形式考慮。
2. 本工程位置潮差接近 3m，高潮時觀測塔設置區水深估計約在 8m 以內，且地形平坦。

3. 整個觀測塔結構受力仍以波力、風力、地震力為主，基礎工程建議採用基樁型式(群樁 4~8 支)。
4. 依照設計條件，每支基樁入土深度約 20~25 公尺、樁徑採 $\phi 80\sim 100\text{cm}$ 、厚度採 1.6cm。
5. 塔架高度 60 公尺以，並將儀器裝置於 10M、30M、50M、60M 各高度觀測，儀器設置位置及機房需俱備工作維護平臺。



圖 29 外傘頂洲離岸測風塔現場施工情形

(三) 工程特別說明

由於現場施工均位於海面上，施工時間受到限制，為降低影響，本案盡量減少海上現場施工之項目；例如基樁工程及塔身桁架工程在施工機具能力許可的情況下，應儘量於工廠完成以減少基樁海上接樁次數及塔身海上施工數量；如此，不但可以提高品質且可以降低海上施工費用及風險。由於工址位於外傘頂洲外海，初步研擬施工場地應用方式將使用自動升降多用途駁船上施作，施工機具不下船完全於平臺船上施作，平臺船以固定樁固定於海面上，不受漲、退潮之影響。此種方式施工，對週遭環境改變最小。

(四) 主要施工船機需求

1. 拖船、交通船
2. 多用途起重船
3. 吊車、打樁機

(五) 施工相關規範研析

本案施工地點距陸地約 10 公里，機具、人員、材料之運送，均需海事施工機具，如平台船、拖船、交通船等參與。依工程內容及施工地點之特性，本工程擬採用之施工機具包括：

1. 由於目前尚未確認目的事業主管機關且我國亦無領海或內水地區施設相關人工構造物法令，因此需藉由經濟部、內政部、交通部及環保署之跨部會協商，以釐清我國海域內離岸設施之目的事業主管機關及其所需遵循之法規。
2. 風能評估首重風力觀測，設置風速塔進行長期風速觀測，至少需觀測滿一年以上的時間，才能進行年季分析、韋伯機率分布以及風花圖等，且資料的可用率需達 95 %，否則此觀測資料則不具代表性。
3. 海域風速觀測塔建置在臺灣仍屬較新的技術課題，加上海域條件現有資料有限，相關設計仍須待時間驗證，要加速海域風能推動工作，仍需做更多研究。

五、上緯離岸示範風力機工程

「上緯兩部離岸示範風力機工程」如圖 30 所示，位於臺灣苗栗縣竹南鎮龍鳳漁港外海約 2 至 6 公里處，海洋風電公司依據經濟部能源局「風力發電離岸系統示範獎勵辦法」，已完成第一階段示範機組開發，設立 2 部示範風機，發電容量 8MW，並預計於 2017 年第一季開始商轉；第二階段示範風場之開發，將增設 30 部風機，合計第一階段 2 部風機，總發電容量 128MW，預計於 2019 年年底完成商業運轉。海洋風電公司經調查了解國外於進行離岸風場的規劃與施工尚無整體發包的實例，並多採分包採

購再進行介面整合策略。目前除離岸風機供應，因亞洲產業不成熟，短期間需仰賴歐洲資源外，其它工程，上緯新能源將盡力協助尋求亞太地區之資源以降低成本。

(一) 設計及監造單位：海洋風力發電股份有限公司

(二) 工程主要內容

1. 海洋風電公司研究開發的離岸風力發電風場（以下簡稱「海洋風場」）係位於苗栗縣竹南鎮外海，中港溪以北至苗栗、新竹交界，與台中港距離約 60 公里，離龍鳳漁港南側海岸線距離約為 2 至 6 公里之間。
2. 水深約為 15 公尺至 35 公尺之間；岩盤深度約在 MWL-20 公尺至 MWL-44 公尺之間；預估沖積土層厚度約為 2 公尺至 18 公尺左右。風場最大開發面積約 10.27 平方公里。
3. 海洋風電公司為兼顧離岸風場開發的風險與成本，借重歐洲顧問之實務經驗，於採購發包時採取 Multi-EPC（Engineering, Procurement, Construction）原則，由承包商統籌負責各工程的設計、供料與施工。整個工程分成四個發包案：風機設備與吊裝、基樁設備與施工、海纜設備與佈放，以及陸上變電站。

(三) 關於海洋離岸風電示範風機

1. 每台發電容量 4MW。
2. 下為基樁，上為風機。基樁重 500 噸，長度 60 米，海床下 34 米，海中 20 米，海上 6 米。風機重 200 噸，高度 90 米，葉片長度 60 米。
3. 21 號與 28 號風機相隔 1 公里，離岸 3 公里，水深約 20 米。
4. 21 號風機至升壓站海纜長度 5.4 公里。
5. 施工船 Torban 號總噸位 11730 噸。



圖 30 上緯兩部離岸示範風力機工程現場施工情形



圖 31 上緯兩部離岸示範風力機

(四) 工程特別說明

於施工階段所遭遇之困難，2016 年 6 月底，托本號因翻樁器失敗，回基隆港檢修。7 月初，尼伯特颱風發佈海上警報，基隆港務公司依據港口避颱風 SOP 要求所有大船必須及時駛離港區。因施工船設計無法在 3 米以上浪高安全行駛，幾經交涉，最終以加油的要求，得於高雄港避颱風，但也因為海氣象之多變性而無法按預定工期來進行。

(五) 主要施工船機需求

1. 拖船、交通船
2. 多用途起重船
3. 吊車、打樁機

六、勞工安全衛生管理研究

離岸風力機組設置屬於海域工程，與陸域施工之安全管理規劃機制有所不同。在離岸風場建置的過程中，其中主要的離岸作業潛在危害包含人員運送、高處作業及攀爬、侷限空間作業、吊掛作業、潛水員安全、觸電(高壓及中壓電)、火警、惡劣天候作業、溝通不良、機具設備人員操作資格、高處救援等。

鑑於離岸風電特有之潛在危害，本研究針對海域工程性質、施工船舶機具、環境等因素周詳規劃全面的安全規劃，參與本研究之員工與所有承攬商及分包商皆須依本研究之安全規劃，制訂相對應之安全規劃，徹底落實各項工程之安全衛生管理，確保施工安全，降低勞工災害，達到工程零災害之目標。除了透過最根本的職業安全衛生管理系統來降低已知的風險危害外，每個風場都有其特殊性及差異性，如作業差異性及使用不同的機具。故在職業安全衛生管理系統的基礎架構下，須另外針對每個風場的安全特殊元素(Safety Critical Elements)去規劃相關研究，以完善離岸風場安全衛生規劃。

每個風場之特殊性包含緊急應變、建築物或結構、吊裝機具設備等相異性，故須依

據每個研究其特殊性，量身訂作相對應的管理系統。如專案環安衛研究(Project HSE Plan)即依因不同的風場，而有不同的內容。



圖 32 工程安全規劃架構

(一) 職業安全衛生管理系統

職業安全衛生管理系統架構乃依循 OHSAS 18001 職安衛管理系統標準建置而成。透過執行 P-D-C-A 循環管理過程，確保施工安全，降低勞工災害，達到工程零災害之目標。

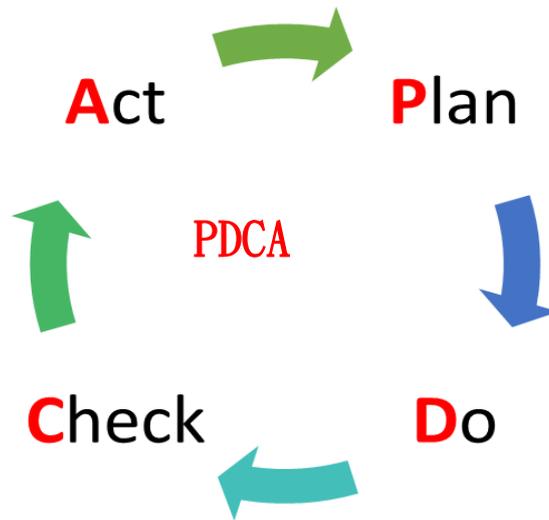


圖 33 P-D-C-A 循環管理過程

(二) 職業安全衛生管理研究

針對研究之特性及相關要求，訂定職業安全衛生管理研究(Project HSE Plan)，作為研究安全衛生管理規劃之基礎。研究所僱用之員工、所有承攬商、分包商、臨時工作人員、訪客及其他相關人員均須遵循並落實此研究。承攬商也須於施工前提送其相應作業之環境安全衛生研究並經批核。

(三) 危害鑑別、風險評估及決定控制措施

依據研究特性，於施工作業前辨識未來施工時之可能潛在危害及評估其風險，進而提出對應之有效控制措施，將風險降低。採用以下五步驟進行。

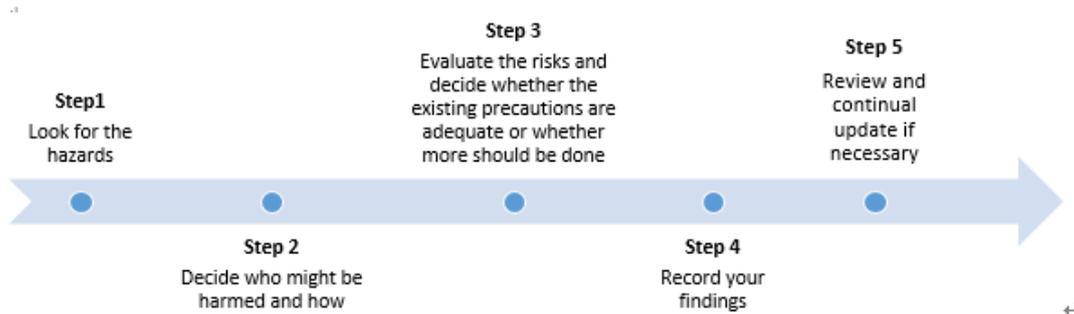


圖 34 降低風險之管理研究

承攬商於施工前必須依其作業範疇及項目進行危害鑑別及風險評估，並提送評估報告，且於施工前將召集承攬商進行危害辨識及風險評估會議，針對實際施工方式確認相關潛危害並確認控制措施。於設計規劃階段即考量施工中及日後維護營運時之安全問題，讓潛在危害降至最低。當危害辨識出來後，須針對該危害設法決定適宜的危害控制措施，以降低風險，保護勞工安全。控制措施之採取，應依下方順序考量以降低風險。即消除、替代、工程管制、標誌\警告\行政管制、個人防護具。

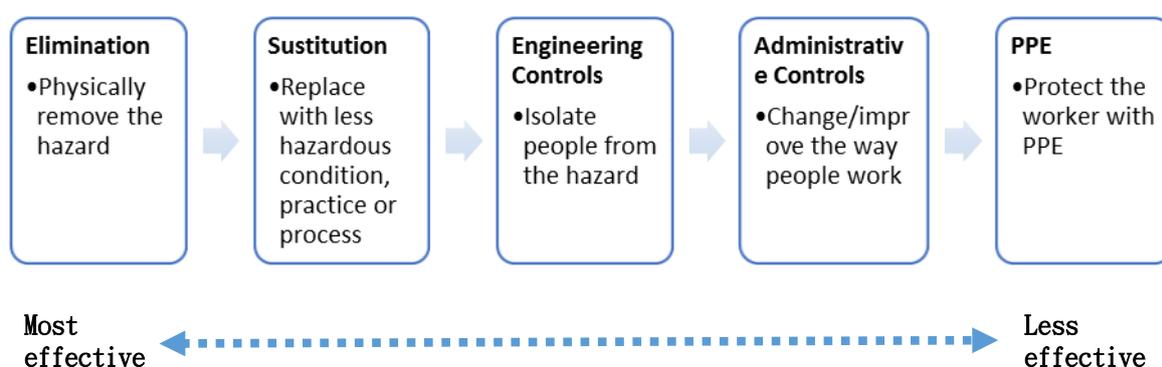


圖 35 降低風險評估

風險評估報告應保持與現場施工狀態一致，除定期檢視評估報告外，如遇下列情況時，亦須進行審查和更新風險評估報告，確保風險評估報告始終保持最新狀態並符合施工方法：

- 1.採用新的作業流程或施工方式
- 2.新的機器設備或物料
- 3.當作業人員發現問題
- 4.從事件/事故或虛驚事故中學到的教訓。
- 5.相關法規、標準或工序改變
- 6.作業環境的改變或移動

(四) 教育訓練及認知

勞工的安全衛生教育訓練乃為提昇勞工安全衛生的認知，認知工作場所環境、危害因素以及職業安全衛生法令相關規定。另也透過教育訓練，確保各階層人員能勝任其職安衛工作和責任之作法，以確保勞工生命之安全，進而達到零災害之目標。

將依據國內相關安衛法令要求及參考國際離岸風場專案或指引相關訓練資訊，制訂安全衛生教育訓練研究，規劃相關工作人員所需之訓練需求並落實之。訓練類別如下：

(一) 職前訓練

新僱勞工或在職勞工(包含本計畫員工、承攬商及分包商之作業勞)於變更工作前，應使其接受適於各該工作必要之入職安全衛生教育訓練。

(二) 在職訓練

工作場所之主管或相關人員透過日常業務計畫性的針對知識、技能態度等事項而對於所屬勞工實施勞工教導或教育之教育訓練。

(三) 工地入職訓練(Site Induction Training)

所有現場工作人員(包含訪客)於進入工地前應使其接受此項訓練，以確保所有進入工地作業的人員了解環安衛政策、目標、工作場所相關危害及風險、安全作業要求、工地安全守則、個人防護裝備要求、緊急應變及急救程序等。

(四) 離岸風電作業基本安全訓練(GWO Basic Safety Training)

此項訓練乃參考世界離岸風電組織(GWO)之基本安全訓練規範規劃，以確保海上作業之工作人員了解海上作業環境之相關危害及勝任其工作。基本安全訓練包含以下項目：

- 1.高處作業訓練(Working at Heights)：在高空作業的人員需要進行高空作業訓練，並確保高空作業人員的安全工作和在風力環境下的高空救援。
- 2.海上求生訓練(Sea Survival)：離岸工作人員，均需接受海上求生訓練。
- 3.手動操作訓練(Manual Handling)：對需要在離岸工作場所進行手動作業的人員，需要此項培訓。
- 4.消防意識訓練(Fire Awareness)：對火災應變的人員進行防火知識培訓，以利火災之應變及人員之疏散。
- 5.急救訓練(First Aid)：離岸工作人員的急救知識及技能培訓。

(五) 其他特殊安全訓練

執行相關特殊或高風險作業之作業人員亦須接受相關之安全訓練，如局限空間、吊裝作業、潛水...等，遵循相關安全衛生法令要求(如”職業安全衛生教育訓練規則”...)。

- 1.勞工安全衛生人員及安全衛生相關作業主管。
- 2.危險性機械、設備操作人員。
- 3.特殊作業人員。
- 4.其他經中央主管機關指定之人員。

(六) 執行相關特殊或高風險作業之作業人員亦須接受相關之安全訓練，如局限空間、吊裝作業、潛水...等，遵循相關安全衛生法令要求(如”職業安全衛生教育訓練規則”...)。

- 1.勞工安全衛生人員及安全衛生相關作業主管。
- 2.危險性機械、設備操作人員。
- 3.特殊作業人員。
- 4.其他經中央主管機關指定之人員。

(七) 溝通、參與與諮詢

計畫的安全衛生為全體同仁及承包商共同的責任，規劃下列溝通管道，提升整體安全衛生績效。

1. 每日工具箱會議(Toolbox Talk)

每日工作前，要求所有承攬商工作人員，召開工具箱會議，針對作業項目及工作場所相關危害及應注意的安全重點進行宣導以降低施工風險。

2. 每月進度會議(Progress Meeting)

和承攬商每月召開進度會議除審查研究進度、合約事宜、技術問題...外，仍須針對現場環安衛事項進行討論或提出相關改善建議。

3. 安全衛生協議組織會議(HSE Committee Meeting)

因有多個不同工項承攬商可能於同一共同時段作業或接續作業，界面頗多，故將設立共同作業之管理機制，成立安全衛生管理組織，透過有效的協調、溝通、解決各承攬商間相關安全衛生事項，以有效管理環安衛風險，保障全體人員之安全及健康。

4. 環安衛月報

要求承攬商每月提交月報，於月報內列出環安衛之工作情形及相關統計數據，報告至少須包含以下內容：

- (1) 損失工時傷害事件數量，包括每次事件的實際缺勤天數。
- (2) 每個損失工時傷害(LTI)的簡要描述，以及為防止再次發生而採取的根本原因分析及預防措施。
- (3) 受限制工作日個案，包括每事件已知的實際限制工作天數。
- (4) 急救及醫療事件，包括事件描述和受傷人員接受的治療方法。
- (5) 虛驚事件(Near miss)的數量，包括預防措施和改進。
- (6) 危害觀察事項(Observation)數量，包括預防措施和改進。

(7)稽核、工具箱會議，緊急演習和現場安衛巡檢次數及關鍵問題。

(八) 作業管制

1.高處作業

- (1)實施防墜落保護計劃，包括攀爬技術和使用防墜落保護措施的培訓；檢查、維護、和更換防墜落保護設備。
- (2)制定對防墜落的保護措施。
- (3)確保對起重設備進行定期的維護。
- (4)繩索安全帶在出現老化現象或纖維出現明顯磨損前對安全帶進行更換。
- (5)高空工作展開前，應將結構處各種障礙物移除。
- (6)要使用經過合格的升降裝置保護作業人員安全。
- (7)避免在惡劣的天氣條件下(特別是在有雷擊風險的情況下)，進行維護工作。

2.海上人員接送

(1)海上氣候條件

於進行海上作業前，相關人員均要先確認下方之氣候條件，所有海上作業必須在安全的海況下進行，在安全無虞的前提下，始可進行維修作業。

- A. 風速和風向
- B. 海浪的高度、方向和週期
- C. 能見度(霧況、天黑時間)
- D. 潮汐影響
- E. 海象變化造成交通船劇烈起伏時，禁止進行海上人員運送

(2)工作場所位置

工作場所需考量與陸地的距離，確認相關維修任務之工作安排以及考量緊急應變的處置。

(3)登船設施及要求

- A. 於海上人員運送前，須確認登船設施的設置恰當，且設施結構穩固。
- B. 交通船必須配置兩名作業人員，在人員上下船提供協助，當人員落水時即時進行救援。
- C. 上下船時，轉乘人員禁止手提行李，行李應由作業人員傳遞上下船。

(4)船舶

- A. 海上人員接送之船舶必須符合 SOLAS。
- B. (International Convention for the Safety of Life at Sea)之安全規範要求。
- C. 確認船隻適宜當下的海洋氣候條件並可順利出海。
- D. 船員的能力與經驗必須足夠，並受過相關專業訓練及取得相關資格。
- E. 船舶裝設之登陸設備必須是完備，以利人員登塔作業，並降低登塔作業風險。
- F. 夜間轉乘時，平台工作梯、交通船甲板，及周圍海面應以適當照明設備照亮。

(5)人員因素

- A. 所有維修及相關作業人員均須接受相關專業及安全訓練，未經訓練者不得出海工作。
- B. 所有人員均須穿戴適當的個人安全防護具。

(6)出航前安全會議

- A. 所有登船人員都必須全程參與出航前之安全會議，且會議記錄須由與會人員簽署後歸檔。會議論要項應包括：海氣象預報、交通船狀態報告含預估可航行距離、航行路徑、轉乘程序、預估作業時間、個人安全防護具要求及安全告知、通訊聯絡表、緊急應變計畫。
- B. 交通船駛離現場前，應清點人數並確認人員安全無虞。

(九) 登塔作業

1. 使用之船隻應有較寬之甲板，供人員上下，不致絆倒。
2. 若船隻需橫靠時：船隻需緊靠本樁，盡量減少(防止船隻)橫搖，以減少人員落海。
3. 人員上下船時，應有一人在旁協助，減少危險。
4. 海象變化造成交通船劇烈起伏時，禁止進行海上轉乘。所有海上作業必須在安全的海況下進行。
5. 攀爬作業必須有適當的防墜措施。
6. 交通船體應設置適當的避碰緩衝器，避免人員在攀爬上梯子時被船舶擠壓、撞擊。
7. 塔筒內需儲備足夠之飲用水與乾糧，以備不時之需。

(十) 局限空間作業

1. 進入塔筒內工作，應測定氧氣濃度、可燃性氣體濃度、CO₂、H₂S 氣體，且應派人監視，入內人員須使用安全帶，應將救命繩通出人孔，於近處配置氧氣救生器。
2. 局限空間工作人員應攜帶氧氣警報器及可燃性氣體警報器。
3. 從事局限空間工作，相關作業人員必須通過相關職業安全衛生訓練課程及取得相關資格。
4. 局限空間作業場所，不可使用純氧換氣。
5. 局限空間作業應指派缺氧作業主管在場指導及監督；塔槽或人孔外面應指派一人以上隨時監視，不得擅離現場。
6. 局限空間作業場所應有同時抽氣與送風設備。
7. 應於安全位置準備緊急救生相關設備以供人員意外時急救之需。
8. 作業前應置備測定氧氣、一氧化碳、二氧化碳、硫化氫及可燃性氣體之偵測器及通風換氣設備。
9. 經初次測定有害氣體雖符合安全容許濃度，仍須先通風 15 分鐘後，再測定一次。通風換氣時，應將送風機置於上風處。

10. 各種氣體安全容許濃度

- (1)氧 (O₂) : 18%以上。
- (2)一氧化碳 (CO) : 0.0035% (35PPm) 以下。
- (3)二氧化碳 (CO₂) : 0.5% (5000PPm) 以下。
- (4)硫化氫 (H₂S) : 10PPm 以下。
- (5)可燃性氣體 : 爆炸下限值之 30%。

(十一) 起重吊掛作業

- 1.避免吊掛物經過人員上方及禁止人員經過吊掛物下方。
- 2.相關的操作人員、指揮人員及起重吊掛設備須具備國內或國際足夠之相關認證與檢驗。
- 3.捲揚預防裝置、吊鉤防滑舌片以及過負載保護裝置必須能正常作用。
- 4.起重吊掛作業的額定荷重必須考量風浪狀況進行調整，必要時停止吊掛作業。
- 5.確認吊掛設備結構未受海風腐蝕導致影響強度。

(十二) 潛水作業

- 1.實施潛水作業勞工是否具備以下任一資格：並依異常氣壓危害預防標準進行作業。
- 2.潛水作業特殊安全衛生訓練合格，領有證書者。
- 3.領有中央主管機關認可之各級潛水人員技術士證照者。
- 4.領有國外相當職業潛水之執照，經報請中央主管機關認可者。
- 5.作業現場應設置救援潛水員一名。該救援潛水員應於潛水作業全程穿著潛水裝備(水面供氣之頭盔及配重帶除外)，待命下水。
- 6.潛水作業前，應確認指定潛水作業主管，負責規劃及指揮潛水作業。確認潛水作業性質、預估時間、船機、設備及人員之計畫書面報告。

7. 潛水作業前，必須確認潛水人員進出工作水域時與潛水作業現場主管之快速連繫方法及當有任何緊急狀況時，相關救起潛水人員之待命船隻及人員。
8. 確認潛水員置備之工作手冊中，記載各種訓練、醫療、保險、作業經歷、緊急連絡人等紀錄。
9. 潛水作業進行前，應確認現場是必要之急救藥品及器材須備妥，以及公告減壓艙所在地、潛水病醫療機構及醫師、海陸空運輸有關資訊以及國軍或其他急難救援單位之資料。
10. 從事潛水作業時，如有來往船隻進入或進行拖網等危害勞工作業之虞時，應確認作業現場設置必要而顯著之警告標示及措施。
11. 從事特殊危險潛水作業時，應依其作業特性，提供必要之潛水作業裝備與工具，並確認其是否熟知特殊危害預防事項。
12. 從事潛水作業時，該潛水員自開始下潛至開始上浮之潛水時間，應依其潛水深度、潛水時間、至第一站時間、減壓站深度之停留時間、總上浮時間等依規定作成紀錄(不同類型之潛水作業，需留下之記錄亦有所差異)。
13. 實施減壓作業時，減壓艙深度、進入減壓艙時間、在艙內時間等均應依規定辦理並作成紀錄保存。
14. 從事潛水作業時，應供給下潛或上浮使用之安全索，並監督勞工確實使用。前項安全索，應依減壓站之停留深度以木標或布條作記號。
15. 於潛水作業前，依相關規範要求之規定確實檢點，如有異常應採取必要措施(包括停止作業)。
16. 實施潛水作業所需之供氣，不得使用純氧。

(十三) 勞工健康管理

要求所有工作人員(包含承包商及分包商)於職前完成相關勞工健康檢查，確保本計畫之所有工作人員的健康狀況能適合其工作內容，透過了解勞工健康

狀況，進一步有效分配工作，以達到保護勞工健康與安全的目標。

(十四) 各項作業安全作業標準及安全衛生自動檢查

依各項工作要項，研擬各項作業安全作業標準，並編撰相關安全衛生自動檢查表，隨時要求施工人員及相關安全衛生管理人員落實辦理，以維護海上及陸上作業安全。主要相關作業包含電氣作業、高處作業、動火作業、離岸運輸(Offshore Transfer)、吊裝作業、局限空間、開挖作業、危害物標示及通識、潛水作業、燃油補給作業、高架作業、惡劣天氣條件下之作業、個人防護具之管理、其他作業(視現場實際工項作業需求)

(十五) 工作許可系統(Permit to Work System)

要求所有承包商遵循並實施相關工作許可系統於潛在高風險作業，如動火作業、局限空間作業、高處作業、開挖作業、吊掛作業、潛水作業等。工作許可系統之作業流程如下。

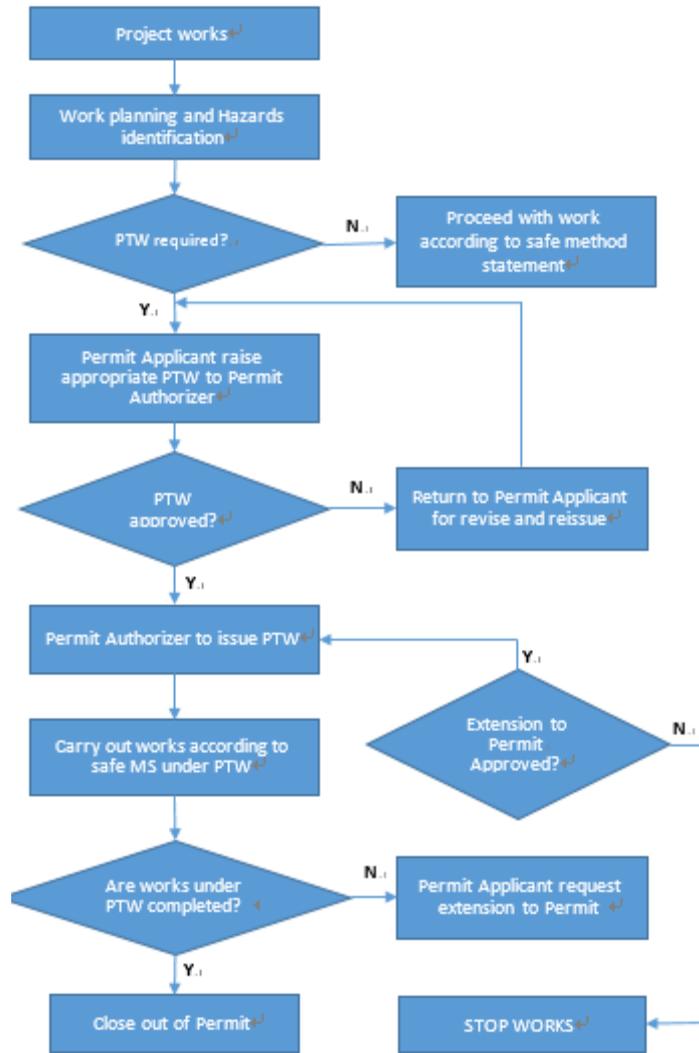


圖 36 工作許可系統作業流程

(十六) 施工機具設備之安全管理

對於經中央主管機關指定具有危險性之機械或設備，非經檢查機構或中央主管機關指定之代行檢查機構檢查合格，不得使用；若使用超過規定期間者，非經再檢查合格，不得繼續使用。且危險性機械、設備之操作人員亦應由具主管機關指定訓練或經技能檢定合格人員充任。

(十七) 海域施工安全

承商於施工前必須提出相關計畫，確保海上航行及施工作業的安全，計畫應包括，但不限於下列項目：

- 1.航行維持方案構想及施工影響區
- 2.航道配置及航行動線相關規劃
- 3.航行管制配合措施(包括相關號誌、標誌之設置與管制等)
- 4.施工航行管制(含日、夜間安全設施)
- 5.漁船航行系統之規劃
- 6.施工期間航行衝擊及減輕方案
- 7.施工期間航行管理權責分工

(十八) 安全預警計畫

施工前，須先掌握工址位置短期(3 天內或 7 天內)之海氣象資訊，確實掌握可施工之海氣象期間(Weather Window)，即時管控航行及施工之安全。

- 1.在施工前提送本計畫施工位置等資料，報請相關單位(如港務公司)發布航海通告，俾往來船隻知所避讓。
- 2.航行作業船舶均依規定設置之警示旗誌燈標，航行中並確實遵守避碰規定，以確保海域航行安全。
- 3.施工前，將於作業範圍之周邊佈設警示標誌旗號。
- 4.駛出外海作業前確認主、副機狀況良好，救生設備檢查無誤及天候因素許可後再出海進行作業。
- 5.施工期間，派小艇於周邊海域巡邏警戒，如遇有其他船隻即將進入工區範圍時，巡邏船隻應以汽笛鳴聲警告，及以無線電告知對方船隻。
- 6.將要求專人駕駛船舶，未經許可不得轉交他人駕駛。隨時保持警覺，作業中如遇狀況緊急或有危及本船安全顧慮時採取必要之安全措施。

7. 駕駛船舶接近他船或臨時水中工程或基礎吊裝作業區時，保持適當距離，必要時並減速慢行，以免本船行駛所生之浪湧，影響他船或其他作業人員之安全。
8. 航行或作業時，遵照航行規章施放汽笛信號，夜航按規定開啟號燈。
9. 發現船員落海時，應立即停船，將落水船員儘速救上船，必要時施行人工呼吸同時通知調度站準備救護車，迅速靠碼頭送醫急救。
10. 拖船拖帶無動力工作船或平台船時，先行確認拖纜之強度是否足夠，並於航行中隨時注意風向水流，及航路之安全，保持適當速度。
11. 選用經潛水專業訓練合格潛水人員，並於下水前檢視其體是否能適合潛水作業。
12. 所有參與作業海域工程之工作人員皆穿著救生衣等安全防護設備。
13. 於執行本工安風險管理時，隨時維持足夠之海域安全巡邏船機(含人員)、警告設施及其他安全設施，並注意鄰近施工區域之通行船隻(包括漁船、漁筏、交通船及其它海上航行器)，以保證海上施工安全。

(十九) 採購管理、承攬管理及變更管理

於採購階段將承攬商之環安衛管理系統及其相關績效表現列入採購評鑑項目之一並於招標及承攬契約中，訂定相關之環安衛要求，承攬商均須受合約規範要求並履行其安全衛生之義務。

制訂承包商安全衛生管理規章，除要求承攬商除不得違反政府法令外，也須遵守本計劃各項安全衛生管理具體規定，以防止承包商於履約其間發生職業災害。

如遇變更事項，將針對欲變更之狀況或其設計實施危害辨識及風險評估，並依評估結果提出相關控制措施，期使原有危害及風險不會因變更而有所加劇，並將變更中或完成後所產生之危害及風險控制在可接受範圍內。

(二十) 現場巡檢及稽核

於施工階段，依據現行法規擬定安全衛生自動檢查計畫，積極尋找不安全衛生狀態及行為，及時著手進行預防意外事故發生，確保工作人員安全，使工程順利進行。並由相關管理單位及工安單位對所有承包商實施定期或不定期之查核，適時發現隱藏性危害。對於稽核或巡檢所發現之不符合事項，必須進一步採取相應之矯正及預防措施。

(二十一) 事件調查、矯正及預防措施

詳實記錄事件及進行相關之事件調查處理及統計分析，了解引發事件之根本原因。進而鑑別出矯正措施需求或預防措施之機會以預防再發。

第五節 國內職安衛法規於海事工程規範之現況

本研究茲以下列國內海事工程案為例，說明目前國內相關海事工程於作業過程中所遭遇的困境，並研析目前國內既有之相關職安衛法規適用之情形。

一、興達火力電廠卸煤系統改善研究外海卸煤碼頭及連絡棧橋新建工程

以台電「興達火力電廠卸煤系統改善研究外海卸煤碼頭及連絡棧橋新建工程」為電廠卸煤系統改善研究之主體港灣工程為例，本工程卸煤碼頭與連絡站橋以鋼管樁為基礎，海上打樁作業為一重要工程項目，其所涉及之職業安全衛生管理辦法第 63、67 條，請參考表 19 國內職安衛相關法規涉及海事工程研析表。

二、龍門研究海上肘管與四噴頭吊裝施工

「龍門研究循環冷卻水出水道工程」為核能四廠工程之一。本工程之 1600t 全回旋起重機船到達龍門施工海域後，進行固縛解除及吊掛作業，吊掛作業完成後立即進行肘管之設置作業。以吊裝、運輸為例，涉及起重升降機具安全規則第 2、5 條、危險性機械及設備安全檢查規則第 3、12 條、職業安全衛生法第 16、20、23、53 條、職業安全衛生設施規則第 233 條等，請參考表 19 國內職安衛相關法規涉及海事工程研析表。

三、外傘頂洲離岸風速觀測塔工程

外傘頂洲離岸風速觀測塔工程，主要於嘉義外海設置海域風速觀測塔，海上打樁、吊裝、運輸等作業向目皆有所相關，以打樁、運輸為例，涉及職業安全衛生管理辦法第 63、67 條、職業安全衛生設施規則第 233 條等，請參考表 3 國內職安衛相關法規涉及海事工程研析表。

四、上緯示範風力機工程

上緯兩部示範風力機於施工階段中，海上打樁、吊裝、運輸等作業向目皆有所相關，以吊裝、運輸為例，涉及起重升降機具安全規則第 2 條、危險性機械及設備安全檢查規則第 3、12 條、職業安全衛生法第 16、20、23、53 條、職業安全衛生設施規則第 233 條等，請參考表 18 國內職安衛相關法規涉及海事工程研析表。

五、適用之目前法規(吊裝、打樁、固著、運輸)

上述章節表 15 海上打樁安全作業標準一覽表、表 2 運輸與吊裝危害分析、表 3 打樁與固著危害分析為例說明研析情形，請參考表 19 國內職安衛相關法規涉及海事工程研析表。

表 19 表國內職安衛相關法規涉及海事工程研析表

項目	適用法規類別	辦理流程	條文內容
1. 運輸	職業安全衛生設施規則 (民國 103 年 07 月 01 日修正)	僱主須遵守「職業安全衛生設施規則」第 233 條，來進行作業。	<p>第 233 條</p> <p>僱主對於以船舶運輸勞工前往作業場所時，不得超載，且應備置足夠數量救生衣、救生用具或採取其他方法，以防止勞工落水遭致危害。</p>
2. 吊裝	起重升降機具安全規則(民國 103 年 06 月 25 日修正)	業者須遵守「起重升降機具安全規則」第 2 條，以進行海上吊掛安裝作業。	<p>第 2 條</p> <p>本規則適用於下列起重升降機具：</p> <p>一、固定式起重機：指在特定場所使用動力將貨物吊升並將其作水平搬運為目的之機械裝置。</p> <p>二、移動式起重機：指能自行移動於非特定場所並具有起重動力之起重機。</p> <p>三、人字臂起重桿：指以動力吊升貨物為目的，具有主柱、吊桿，另行裝置原動機，並以鋼索操作升降之機械裝置。</p> <p>四、升降機：指乘載人員及（或）貨物於搬器上，而該搬器順沿軌道鉛直升降，並以動力從事搬運之機械裝置。但營建用提升機、簡易提升機及吊籠，不包括之。</p> <p>五、營建用提升機：指於土木、建築等工程作業中，僅以搬運貨物為目的之升降機。但導軌與水平之角度未滿八十度之吊斗捲揚機，不包括之。</p> <p>六、吊籠：指由懸吊式施工架、升降裝置、支撐裝置、工作台及其附屬裝置所構成，專供勞工升降施工之設備。</p> <p>七、簡易提升機：指僅以搬運貨物為目的之升降機，其搬器之底面積在一平方公尺以下或頂高在一點二公尺以下者。</p>

項目	適用法規類別	辦理流程	條文內容
			但營建用提升機，不包括之。
		業者須遵守「起重升降機具安全規則」第 5 條，以進行海上吊掛安裝作業。	<p>第 5 條</p> <p>本規則所稱吊升荷重，指依固定式起重機、移動式起重機、人字臂起重桿等之構造及材質，所能吊升之最大荷重。具有伸臂之起重機之吊升荷重，應依其伸臂於最大傾斜角、最短長度及於伸臂之支點與吊運車位置為最接近時計算之。具有吊桿之人字臂起重桿之吊升荷重，應依吊桿於最大傾斜角時計算之。</p>
	危險性機械及設備安全檢查規則 (民國 105 年 11 月 21 日)	業者須遵守「起重升降機具安全規則」第 3 條，以進行岸邊預組作業、海上吊掛安裝作業	<p>第 3 條</p> <p>本規則適用於下列容量之危險性機械：</p> <p>一、固定式起重機：吊升荷重在三公噸以上之固定式起重機或一公噸以上之斯達卡式起重機。</p> <p>二、移動式起重機：吊升荷重在三公噸以上之移動式起重機。</p> <p>三、人字臂起重桿：吊升荷重在三公噸以上之人字臂起重桿。</p> <p>四、營建用升降機：設置於營建工地，供營造施工使用之升降機。</p> <p>五、營建用提升機：導軌或升降路高度在二十公尺以上之營建用提升機。</p> <p>六、吊籠：載人用吊籠。</p>
	業者應依「起重升降機具安全規則」第 12 條，於固定式起重機設置完成或變更設置位置時，應填具固定式起重機竣工檢查申請書向所在地檢查機構申請竣工檢查。包含下列文件： <p>一、製造設施型式檢查合格證明</p>	<p>第 12 條</p> <p>雇主於固定式起重機設置完成或變更設置位置時，應填具固定式起重機竣工檢查申請書（附表三），檢附下列文件，向所在地檢查機構申請竣工檢查：</p> <p>一、製造設施型式檢查合格證明（外國進口者，檢附品管等相關文件）。</p> <p>二、設置場所平面圖及基礎概要。</p> <p>三、固定式起重機明細表（附表四）。</p> <p>四、強度計算基準及組配圖。</p>	

項目	適用法規類別	辦理流程	條文內容
		二、設置場所平面圖及基礎概要。 三、固定式起重機明細表 四、強度計算基準及組配圖	
	職業安全衛生法 (勞委會 95 年 1 月 13 日勞檢 2 字第 095000 2376 號函釋)	雇主依「職業安全衛生法」第 16 條，對於經中央主管機關指定具有危險性之機械或設備，非經勞動檢查機構或中央主管機關指定之代行檢查機構檢查合格，不得使用。代行檢查機構應依本法及本法所發布之命令執行職務。檢查費收費標準及代行檢查機構之資格條件與所負責任，由中央主管機關定之。	第 16 條 雇主對於經中央主管機關指定具有危險性之機械或設備，非經勞動檢查機構或中央主管機關指定之代行檢查機構檢查合格，不得使用；其使用超過規定期間者，非經再檢查合格，不得繼續使用。代行檢查機構應依本法及本法所發布之命令執行職務。檢查費收費標準及代行檢查機構之資格條件與所負責任，由中央主管機關定之。 第一項所稱危險性機械或設備之種類、應具之容量與其製程、竣工、使用、變更或其他檢查之程序、項目、標準及檢查合格許可有效使用期限等事項之規則，由中央主管機關定之。
		雇主須遵守「職業安全衛生法」第 19 條，在高溫場所，不得使勞工每日工作時間超過六小時，並在工作時間中予以適當之休息。	第 19 條 在高溫場所工作之勞工，雇主不得使其每日工作時間超過六小時；異常氣壓作業、高架作業、精密作業、重體力勞動或其他對於勞工具有特殊危害之作業，亦應規定減少勞工工作時間，並在工作時間中予以適當之休息。前項高溫度、異常氣壓、高架、精密、重體力勞動及對於勞工具有特殊危害等作業之減少工作時間與休息時間之標準，由中央主管機關會同有關機關定之。
		雇主須遵守「職業安全衛生法」第 20 條，僱用勞工時，應施行體格健康檢	第 20 條 雇主於僱用勞工時，應施行體格檢查；對在職勞工應施行下列健康檢查：

項目	適用法規類別	办理流程	條文內容
		<p>查。包含：</p> <p>一、一般健康檢查。</p> <p>二、從事特別危害健康作業之特殊健康檢查。</p> <p>三、經中央主管機關指定為特定對象及特定項目之健康檢查。</p> <p>檢查作業應由中央主管機關會商中央衛生主管機關認可之醫療機構之醫師為之。</p> <p>檢查紀錄雇主應予保存，並負擔健康檢查費用。</p> <p>實施特殊健康檢查時，雇主應提供勞工作業內容及暴露情形等作業經歷資料予醫療機構。</p> <p>檢查之對象及其作業經歷、項目、期間、健康管理分級、檢查紀錄與保存期限及其他應遵行事項之規則，由中央主管機關定之。</p> <p>醫療機構對於健康檢查之結果，應通報中央主管機關備查，以作為工作相關疾病預防之必要應用。</p>	<p>一、一般健康檢查。</p> <p>二、從事特別危害健康作業之特殊健康檢查。</p> <p>三、經中央主管機關指定為特定對象及特定項目之健康檢查。</p> <p>前項檢查應由中央主管機關會商中央衛生主管機關認可之醫療機構之醫師為之；檢查紀錄雇主應予保存，並負擔健康檢查費用；實施特殊健康檢查時，雇主應提供勞工作業內容及暴露情形等作業經歷資料予醫療機構。前二項檢查之對象及其作業經歷、項目、期間、健康管理分級、檢查紀錄與保存期限及其他應遵行事項之規則，由中央主管機關定之。醫療機構對於健康檢查之結果，應通報中央主管機關備查，以作為工作相關疾病預防之必要應用。但一般健康檢查結果之通報，以指定項目發現異常者為限。</p> <p>第二項醫療機構之認可條件、管理、檢查醫師資格與前項檢查結果之通報內容、方式、期限及其他應遵行事項之辦法，由中央主管機關定之。勞工對於第一項之檢查，有接受之義務。</p>
		<p>雇主應依「職業安全衛生法」第 23 條，其事業單位之規模、性質，訂定職業安全衛生管理研究；並設置安全衛生組織、人員，實施安全衛生管理及自動檢查。</p>	<p>第 23 條</p> <p>雇主應依其事業單位之規模、性質，訂定職業安全衛生管理研究；並設置安全衛生組織、人員，實施安全衛生管理及自動檢查。前項之事業單位達一定規模以上或有第十五條第一項所定之工作場所者，應建置職業安全衛生管理系統。</p>

項目	適用法規類別	辦理流程	條文內容
			中央主管機關對前項職業安全衛生管理系統得實施訪查，其管理績效良好並經認可者，得公開表揚之。前三項之事業單位規模、性質、安全衛生組織、人員、管理、自動檢查、職業安全衛生管理系統建置、績效認可、表揚及其他應遵行事項之辦法，由中央主管機關定之。
		雇主須遵守「職業安全衛生法」第 40 條，來進行作業。	第 40 條 違反第六條第一項或第十六條第一項之規定，致發生第三十七條第二項第一款之災害者，處三年以下有期徒刑、拘役或科或併科新臺幣三十萬元以下罰金。法人犯前項之罪者，除處罰其負責人外，對該法人亦科以前項之罰金。
		雇主須遵守「職業安全衛生法」第 41 條，來進行作業。	第 41 條 有下列情形之一者，處一年以下有期徒刑、拘役或科或併科新臺幣十八萬元以下罰金： 一、違反第六條第一項或第十六條第一項之規定，致發生第三十七條第二項第二款之災害。 二、違反第十八條第一項、第二十九條第一項、第三十條第一項、第二項或第三十七條第四項之規定。 三、違反中央主管機關或勞動檢查機構依第三十六條第一項所發停工之通知。法人犯前項之罪者，除處罰其負責人外，對該法人亦科以前項之罰金。
		雇主須遵守「職業安全衛生法」第 43 條，來進行作業。	第 43 條 有下列情形之一者，處新臺幣三萬元以上三十萬元以下罰鍰： 一、違反第十條第一項、第十一條第一項、第二十三條第二項之規定，經通知

項目	適用法規類別	辦理流程	條文內容
			<p>限期改善，屆期未改善。</p> <p>二、違反第六條第一項、第十二條第一項、第三項、第十四條第二項、第十六條第一項、第十九條第一項、第二十四條、第三十一條第一項、第二項或第三十七條第一項、第二項之規定；違反第六條第二項致發生職業病。三、違反第十五條第一項、第二項之規定，並得按次處罰。四、規避、妨礙或拒絕本法規定之檢查、調查、抽驗、市場查驗或查核。</p>
		<p>雇主須遵守「職業安全衛生法」第 52 條，來進行作業，並尊重委辦之相關專業團體。</p>	<p>第 52 條 中央主管機關得將第八條驗證機構管理、第九條抽驗與市場查驗、第十二條作業環境監測機構之管理、查核與監測結果之通報、第十三條新化學物質之登記與報告之審查、第十四條管制性化學品之許可與優先管理化學品之運作資料之備查、第二十條認可之醫療機構管理及健康檢查結果之通報、第二十三條第三項職業安全衛生管理系統之訪查與績效認可、第三十二條第二項訓練單位之管理及第三十九條第二項疑似職業病調查等業務，委託相關專業團體辦理。</p>
		<p>雇主須遵守「職業安全衛生法」第 53 條，來進行作業。</p>	<p>第 53 條 主管機關辦理本法所定之認可、審查、許可、驗證、檢查及指定等業務，應收規費；其收費標準由中央主管機關定之。</p>
<p>3. 打樁</p>	<p>職業安全衛生管理辦法(民國 105 年</p>	<p>雇主須遵守「職業安全衛生管理辦法」第 63 條，來進行打樁機、起重機、駁船等機械檢查作業。</p>	<p>第 63 條 雇主對營建工程施工架設備、施工構台、支撐架設備、露天開挖擋土支撐設備、隧道或坑道開挖支撐設備、沉箱、圍堰及壓氣施工設備、打樁設備等，應</p>

項目	適用法規類別	辦理流程	條文內容
	02 月 19 日修 正)		於每日作業前及使用終了後，檢點該設備有無異常或變形。
		雇主須遵守「職業安全衛生管理辦法」第 67 條，來進行打樁機、起重機、駁船等機械檢查作業。	第 67 條 雇主使勞工從事營造作業時，應就下列事項，使該勞工就其作業有關事項實施檢點： 一、打樁設備之組立及操作作業。 二、擋土支撐之組立及拆除作業。 三、露天開挖之作業。 四、隧道、坑道開挖作業。 五、混凝土作業。 六、鋼架施工作業。 七、施工構台之組立及拆除作業。 八、建築物之拆除作業。 九、施工架之組立及拆除作業。 十、模板支撐之組立及拆除作業。 十一、其他營建作業。
4. 固著	營造安全衛生設施標準(民國 103 年 06 月 26 日)	雇主須遵守「營造安全衛生設施標準」第 78 條，來進行作業，並設置警告標示。	第 78 條 雇主對於露天開挖作業之工作場所，應設有警告標示，禁止與工作無關人員進入。
		雇主須遵守「營造安全衛生設施標準」第 108 條，來進行開挖作業。	第 108 條 雇主對於傾斜地面上之開挖作業，應依下列規定辦理： 一、不得使勞工同時在不同高度之地點從事作業。但已採取保護低位置工作勞工之安全措施者，不在此限。 二、隨時清除開挖面之土石方。 三、二人以上同時作業，應切實保持連繫，並指派其中一人擔任領班指揮作業，如有崩塌、落石之虞，應即清除或裝置防護網、防護架或作適當之擋土支撐等承受落物。 四、勞工有墜落之虞時，應使勞工佩帶

項目	適用法規類別	辦理流程	條文內容
			安全帶。
		雇主須遵守「營造安全衛生設施標準」第 114 條，來進行灌漿基礎樁作業。	第 114 條 雇主對於基樁等施工設備，應能充分抗振，且各部份結合處應安裝牢固。
		雇主須遵守「營造安全衛生設施標準」第 120 條，來進行灌漿基礎樁作業。	第 120 條 雇主不得使基樁等設備之操作者，於該機械有荷重時擅離操作位置。
		雇主須遵守「營造安全衛生設施標準」第 123 條，來進行灌漿基礎樁作業。	第 123 條 雇主對於基樁等施工設備之作業，應訂定一定信號，並指派專人於作業時從事傳達信號工作。基樁等施工設備之操作者，應遵從前項規定之信號。
		雇主須遵守「營造安全衛生設施標準」第 124 條，來進行灌漿基礎樁安全作業標準作業。	第 124 條 雇主對於基樁等施工設備之裝配、解體、變更或移動等作業，應指派專人依安全作業標準指揮勞工作業。
		雇主須遵守「營造安全衛生設施標準」第 128 條，來進行灌漿基礎樁安全作業標準作業。	第 128 條 雇主對於基樁等施工設備之作業，為防止損及危險物或有害物管線、地下電纜、自來水管或其他埋設物等，致有危害勞工之虞時，應事前就工作地點實施調查並查詢該等埋設之管線權責單位，確認其狀況，並將所得資料通知作業勞工。
		雇主須遵守「營造安全衛生設施標準」第 171 條，來進行作業，以維護環境衛生整潔。	第 171 條 雇主對於營造工程工作場所應保持環境衛生。寢室、廚房、浴室或廁所應指定專人負責環境衛生之維護，以保持清潔。
		雇主須遵守「營造安全衛生設施標準」第 172 條，來進行臨時房舍之管理作業。	第 172 條 雇主對於臨時房舍，應依下列規定辦理： 一、應選擇乾燥及排水良好之地點搭建。必要時應自行挖掘排水溝。

項目	適用法規類別	辦理流程	條文內容
			<p>二、應有適當之通風及照明。</p> <p>三、應使用合於飲用水衛生標準規定之飲用水及一般洗濯用水。</p> <p>四、用餐地點、寢室及盥洗設備等應予分設並保持清潔。</p> <p>五、應依實際需要設置冰箱、食品貯存及餐具櫥櫃、處理廢物、廢料等衛生設備。</p>

第五章 擬訂離岸風電施工關鍵作業安全準則

本研究除收集歐洲德國、丹麥等國家海事工程施工安全規範外，另亦收集英國、荷蘭及美國等國家海事工程施工安全規範彙整研析，英國作為致力發展離岸風電之國家，其法規相較其他國家而言，相對完善，初步評估認為英國相關離岸風電安全衛生法規值得我國借鏡之一大參考依據。當然，若台灣自行建立離岸風電施工安全相關法規，除參採國外離岸風電施工安全法規外，亦需考量天候、環境、災害種類、政府部門設置之差異，以及產業發展之差異程度。

作為安全法規，其最重要之原則與我國「職業安全衛生法」之原則相同，意旨於防止職業災害、保障勞工安全與健康。因此，回顧先前所提及之三大安全議題，船舶、海事工程安全以及人員訓練。人員訓練必為基礎，具備基礎安全觀念之專業作業人員方能於船舶航行或是海事工程進行過程中降低可能發生災害，提高對於安全意識之警覺。此外，具有良好的安全管理體系亦為相當重要且關鍵之要點。一個具有良好框架之安全管理體系不僅可以保護相關作業人員安全，亦可減少整體工程之安全風險，進而提升整體工程建置之效率。最終，藉由安全管理體系可使離岸風電作業的勞工獲得更佳之安全性與保障。

本所為配合離岸風電是政府規劃未來綠能發展的主軸之一，離岸風電未來在設置過程中，所面對的複雜度遠超過陸上風電之建置工程。本研究「離岸風電海事工程危害分析及管理規範探討」，將從離岸風場海事工程作業中，包含運輸與吊裝、打樁與固著等之關鍵施工項目中與安全作業有關之議題進行探討，蒐集各國先進離岸風電之管理規範，並了解各施工階段所面對的各類危害，提供產業建立關鍵海事工程作業項目之安全評估能量及危害預防技術。比較國外現有的法規及國內離岸風場海域環境、施工條件等之既有法規規範，並提出離岸風電施工安全管理規範之建議。而後利用所蒐集之相關工程安全規範草擬出適宜我國離岸風電關鍵作業安全準則，本研究希冀能夠藉由研究成果作為後續推動本土化海事工程安全作業規範之基石。

第一節 召開專家座談

一、座談會內容

(一) 座談會時間：107 年 10 月 8 日（星期一）上午 10 時 30 分

(二) 座談會地點：國立臺灣海洋大學河海工程學系一館 104 會議室

(三) 會議議程

時間	座談會發表內容	主持人/簡報人/參與貴賓
10：00-10：30	報到	
10：30-10：50	1. 貴賓致詞(勞研所長官) 2. 介紹專家學者及與會代表 3. 研究背景說明	主持人： 簡連貴教授
10：50-11：20	「離岸風電海事工程危害分析及管理規範探討」簡報	簡報人： 王迦擘研究助理
11：20-12：30	【綜合座談】 議題討論：離岸風電關鍵作業安全準則草案	1. 勞動及職業安全衛生研究所 2. 專家學者 3. 研究團隊

(四) 主持人：簡連貴教授

(五) 諮詢顧問出席人員：社團法人中華民國水利技師公會全國聯合會劉進義理事長、榕聲工程顧問有限公司徐順憲總經理、宏華營造股份有限公司陳宗邦總經理、宇泰工程顧問有限公司王志成總經理、上緯新能源股份有限公司李宏道協理、財團法人中興工程顧問社-大地工程研究中心冀樹勇主任、英商勞氏檢驗股份有限公司台灣分公司林倣寬技術長、英商海德益有限公司馮宗緯區域經理

(六) 議題討論：修訂「離岸風電關鍵作業安全準則(草案)」，請討論。

(七) 議題說明

依職業安全衛生法施行細則第 31 條規定，一般職業安全衛生管理研究，包括下列事項：

1. 工作環境或作業危害之辨識、評估及控制。
2. 機械、設備或器具之管理。
3. 危害性化學品之分類、標示、通識及管理。
4. 有害作業環境之採樣策略規劃及監測。
5. 危險性工作場所之製程或施工安全評估。
6. 採購管理、承攬管理及變更管理。
7. 安全衛生作業標準。
8. 定期檢查、重點檢查、作業檢點及現場巡視。
9. 安全衛生教育訓練。
10. 個人防護具之管理。
11. 健康檢查、管理及促進。
12. 安全衛生資訊之蒐集、分享及運用。
13. 緊急應變措施。

惟離岸風電作業環境特殊，易受到天候海況、載台運動影響，海事操作之安裝與陸上營造不同，尤其是人員進出於載台、海上結構之間，作業安全性之差異頗鉅。本研究主要針對離岸風電施工關鍵作業運輸、吊裝、打樁、固著等項目，施工人員之安全準則進行探討，分為一般安全規定與特別安全規定，一般規定為任何離岸施工作業皆需注意之事項，屬於通則。特別安全規定主要針對運輸、吊裝、打樁、固著項目進行各別探討所研擬出「離岸風電關鍵作業安全準則(草案)」

二、綜合意見

專家座談會針對議題一「修訂離岸風電關鍵作業安全準則(草案)」綜合意見如下：

(專家委員意見回覆及處理情形，詳如附錄一)

- (一) 本研究之運輸、吊裝、打樁、固著及緊急應變研究，其工程品質，工期及工安研究由何單位審核？施工中之查核及違規之處罰應有主管單位負責，才能落實本研究之目標。
- (二) 準則中涉及人員名稱及作業名詞很多，建議加以定義，條款用字建議簡潔，應檢視條款項目是否有重複。
- (三) 建議於指引納入人員自我求生訓練。
- (四) 離岸工程施工期間對海氣象的精確掌握，會直接影響工程進度、人員及船機設備的安全，建議於「施工關鍵作業特別安全規定」內容增加每個風場施工期間必須委託專業單位進行每天至少 2 次的氣海象預報作業。
- (五) 建議一般規定中增加每一風場施工期間投資業者及統包廠商均應聘用領有勞動力發展署技能檢定中心核發乙級技術士證照的職業安全衛生管理員，負責各風場安衛研究審核及監督。因國內過去沒有離岸風電產業，建議相關單位應對有意願參與離岸風電產業的職安衛管理員，開設專案訓練課程，並取得完訓證明。
- (六) 建議將人員資格及訓練納入準則考量。
- (七) 訂定 RAMS 之 work flow 作為依循。
- (八) 依據 RAMS，就 risk 部分需有緊急應變研究。
- (九) 建議將準則條文來源、權責單位等列表對照，並融合國際 MWS 規範，以利實務執行。
- (十) 準則中建議加強提送文件與審查機制，以利責任釐清。

- (十一) 建議於船舶載台作業，如樁之焊接，設備修改等人員作業之安全規範納入。
- (十二) 規範之實施成功與否，在於能否落實，故建議在規範上應特別規定演練操作，包括陸上預前教育訓練，海上載具航行過程中之演練，人員安全緊急應變操演等。
- (十三) 第五章危害分析部分，參考危害度辨識，危害度高低，產生之後果，減輕對策，減輕後之危害度降低情形製成表格，其中減輕對策將成為後續作業安全規範，如此才能串聯。
- (十四) 惟外籍工作船不熟悉台灣海峽海況，合適的規範及緊急應變研究至關重要，故建議納入船舶救援及機具救援。



圖 37 專家座談會議情形

第二節 離岸風電施工安全要點

一、人員運輸、登船以及風機組

人員運輸不論是從港口至現場，船舶至船舶，船舶至風機皆存在一定風險，我國營造安全衛生設施標準第 14 條至第 16 條有訂定相關環境條件之條例。

進出人員管制與作業人員證照登錄主要參考「HSE-Offshore working time in relation to performance, health and safety」，此規範主要針對進出人員管制措施與登錄規定。

參考英國北海離岸工程以及天然氣與石油工程之先例。利用人員登錄與追蹤系統(Personnel on board tracking system)，以確認任何欲進入離岸風場工作之人員皆以登錄其身份。人員種類如下：

- (一) 離岸風力機作業相關人員
- (二) 工作船與直升機之操作人員
- (三) 非經常性作業人員

登錄人員身分除可用於人員控管，同時也可以利用該系統紀錄人員之工作時間，以避免超時工作造成疲累進而發生危害。此外，人員登錄系統亦可記錄各作業人員所接受過之特殊訓練(安全訓練、專業執照)以便於理解作業人員對於作業之熟悉程度。另外，若發生緊急事件時，可利用該系統進行人員追蹤以維護作業人員之生命財產安全。同時，無災害發生時亦可隨時掌控人員動向以控管離岸風電工程施作時之風險。針對船舶動向則可利用船舶動態資訊系統(Automatic Identification System, AIS)以便管理整體離岸工程作業。因此，若船舶停泊在特殊地點如離岸基樁旁、或是測風塔附近時，監控人員可隨時通知鄰近地點之作業人員進行安全管理。

另外利用人員登錄與追蹤系統，任何工作人員皆需要攜帶個人登錄卡以通過審核。不論是登船、離船抑或是登離離岸工作平台接受系統之控管，以相關監控人員了解該登船或離船動作為合理許可，以避免作業人員進入不適當之地點。其中心原則為人員運輸應將人員安全應作為最高原則。任何涉及船舶間或離岸運輸之人員應了解人員運輸之器械與運輸方法。同時應了解運輸期間應配戴之個人防護設備(Personal protective equipment, PPE)。其中個人防護設施應包括安全帽、工作靴以及救生衣等。

人員登船、登上工作平台之安全準則亦可參考以下：

- (一) 「IMCA-Guidance on the Transfer of Personnel to and from Offshore Vessel」
- (二) 「Offshore Wind and Marine Energy Health and Safety Guidelines」
- (三) 「HSE-Guidance on procedures for the transfer of personnel by carriers」
- (四) 「MGN-Safety during Transfers of Persons to and from Ships」
- (五) 「RenewableUK-Vessel Safety Guide」

此部分規範主要針對人員運輸方面之運輸安全規範。其涵蓋範圍包含：

- (一) 風險評估
- (二) 人員培訓與權責
- (三) 人員溝通
- (四) 工作船隻、拖船、人員運輸船以及離岸風力機工作平台之人員運輸

此部分規範主要針對之運輸器械如下：

- (一) 小型船隻之運行
- (二) 大型人員運輸船以及補給船(Larger crew boat or support vessel)
- (三) 人員運輸吊車(Personnel transfer basket)(如圖 38)
- (四) 舷梯(Gangway ladder or accommodation ladder) (如圖 39)

(五) 動態平衡舷梯(Motion-compensated hydraulic gangway)(如圖 40)



圖 38 人員運輸吊車(Personnel transfer basket)示意圖

(資料來源： Vin Marine Corporation Website)



圖 39 舷梯(Gangway ladder or accommodation ladder)示意圖

(資料來源： Vin Marine Corporation Website)



圖 40 動態平衡舷梯(Motion-compensated hydraulic gangway)示意圖

(資料來源： Vin Marine Corporation Website)

另外，安全評估亦為相當重要之一環。安全評估須著重於各式可能產生危害之因子(如人員運輸之時間長短、人員當下之疲累程度、災害發生時之危害程度以及等)，並針對各因子以進行綜合評估。最後若無法避免之意外發生時，緊急救護之流程亦為相當重要之項目。

(一) 海上人員運輸之風險評估

於此規範之中之運輸皆為海上運輸，如船舶之間之人員運輸、船舶與離岸結構物之運輸等。因此進行人員運輸前須經過風險評估，以確保人員運輸時不需承受額外風險。此外，亦須考慮海上環境變化以及這些變化是否對人員產生影響，例如暈船、增加疲憊程度或是增加運輸時間等。若有其他因素可能導致作業人員產生安全問題處亦須極力避免。

若有非經常性之人員運輸或是並非參與離岸工程作業之人員運輸。為避免發生危險，此類人員運輸須經過合法之程序許可或紀錄才可進行人員運輸。相關合法程序與海上安全作業規範可遵循本土法規抑或國際法規。以下評估主要針對運輸前之風險評估。

該海上人員運輸之風險評估需囊括以下項目：

- 1.人員運輸之必要性與運輸替性方案
- 2.人員運輸之頻率與被運輸之人員數量
- 3.海上環境條件
- 4.風速與風向
- 5.海浪高度與方向
- 6.海流與潮湧之速度與方向
- 7.海上之能見度
- 8.降雨、冰雹或降雪
- 9.船隻之作業行為(傾斜或吊掛等)所產生之晃動與擺動
- 10.當船隻與離岸結構物接近時，海流與浪所造成之影響
- 11.海上人員運輸之照明
- 12.人員發生滑倒或絆倒之危害
- 13.船隻保持穩定之能力(Station-keeping ability)
- 14.各式船隻之適航性(Seaworthiness)
- 15.人員運輸時所使用之設備之週全程度與相關設備是否已經過檢查
- 16.確認人員登船或離船時之設施類型，如人員運輸吊車(Personnel transfer basket)，
舷梯(Gangway ladder or accommodation ladder)以及動態平衡舷梯(Motion-
compensated hydraulic gangway)
- 17.船隻或是工作平台之吊掛設備之可操作程度與操作限制
- 18.相關急救與救生設備之週全性與可取得性
- 19.人員溝通程度
- 20.附近是否有同時進行之作業(Simultaneous operations, SIMOPS)可能影響人員運輸
所在之區域

21. 負責進行人員運輸相關作業之人員訓練
22. 人員運輸途中若落入水中之相關處理辦法
23. 人員在運輸過程中若受傷之相對應處理辦法

(二) 人員培訓與權責

不論是哪種運輸方式與運輸船類，相關作業人員與被運輸人員皆須接受完整且完善之訓練。使每位人員了解在運輸過程中可能發生之災害風險，例如吊車運輸之過程可能發生之危險或是不同工作船類之穩定性。

而運輸安全系統之責任應由以下人員共同擔當：

1. 相關人員運輸之專家
2. 工址主任或是專案經理(Offshore installation manager, OIM)
3. 負責航行工作船隻之船長、舵手或相關負責人
4. 進行人員運輸之吊掛人員
5. 人員運輸作業進行之作業指揮者
6. 被運輸之人員

二、吊裝作業

吊裝作業和起重設備規範主要參考「HSE-Lifting Operations and Lifting Equipment Regulations (LOLER) 1998： Open learning guidance」，其目的在於了解工作場所使用吊升設備之規定，確保每位操作與接觸吊升設備人員之作業安全。規定內之(Approved Code of Practice and Guidance，ACOP)提供安全實務指導，每項 ACOP 均經 HSE 批准，為如何遵守法律提供實質上建議。

(一) 作業人員操作起重設備之要求

1. 僱主應確保施工人員操作起重設備時，避免從吊升平台上跌落或遭到輾壓與撞擊。
2. 操作人員應配備適當防護設備避免跌落。

3. 確認吊升平台備掛之懸掛繩索或吊鏈之安全性。
4. 懸掛繩索或吊鏈須有合格人員進行日行性之檢查。
5. 作業人員需有操作許可證照，吊掛人員亦同。

如吊升人員在使用施工非專門設計之設施，應採取必要之預防措施以確保安全，適當監督亦是必要。注意事項包括：

1. 吊升人員使用之設備極限範圍。
2. 使用非專業設備來吊升人員，應規劃預防措施保障人員安全。
3. 起重設備若未標示設備強度，則不可使用。

(二) 操作非完全封閉起重設備之作業人員安全

設備應於周邊設有保護裝置，以確保施工人員進出設備時，不會造成跌落之風險，規定包括如下：

1. 設備門扉不得設計向外推開。
2. 應在門上設計預防裝置，以防無意間開啟之意外。

ACOP 吊裝作業研究包括：

1. 規劃作業人員應具備足夠經歷與理論知識，及規劃吊裝作業之經驗。
2. 該計劃需要解決風險評估所確定之風險，並確定所需資源、程序和責任，以便安全的進行所有吊裝作業。
3. 計劃應確保吊裝作業中，被使用之吊裝設備對於作業要求是安全的。
4. 如同時使用兩件或多件吊裝設備來吊運貨物，應制定書面計劃並確保其安全。

(三) 確保進行吊升作業之安全性

ACOP 詳細說明進行起重作業時需考慮之 12 項因素包括：

1. 於吊掛環境下作業

- (1) 在作業可行之情況，不得於人員上方區域運載或懸掛貨物。

- (2)若不可避免，則應建立作業安全系統，使懸掛載重對人員之風險最小化。
- (3)如需使貨物懸空，則應防止人員進入危險區域，並確保正確固定貨物。

2.能見度

當操作人員因懸掛貨物而無法辨識行進路徑時，此時應使用通信方式引導操作吊裝設備人員。其強調溝通之必要，並防止懸掛貨物撞擊任何人及物品。

3.安裝/拆卸與固定貨物

- (1)固定貨物之配件需與其相容。
- (2)固定貨物防止期分離或脫落。
- (3)需縮短吊索和吊鍊長度。
- (4)僅合格操作人員可安裝和拆卸貨物。

4.作業環境

在戶外時，吊裝設備和操作人員可能遇到惡劣且不可預測的之天氣和其他條件。何時停止操作與使用吊裝設備時場域淨空為主要考量。

5.傾倒

此部分透過以下方式控制風險：

- (1)防止在設備傾倒狀況下運作。
- (2)採取防止傾斜和傾倒措施。
- (3)不使用吊裝設備拖動貨物。
- (4)設備不得承受超過其限度之重力。
- (5)需了解在重量不確定之情況下，估計重量之可靠方法。
- (6)了解吊裝設備在吊升作業時相互之風險關聯。

6.周邊危害

- (1)當前狀況下，周邊可能發生之危害。
- (2)如何制定措施，防止設備掉落。

7.降低操作速度

降低吊裝設備運行速度來控制風險，以此方式來提供額外安全因素。

8.吊裝人員

使用非吊升人員之起重設備來吊升人員，起重設備控制台需有人員控管，確保被抬升人員與設備操作員或其他負責人之間，有可靠之通信方式，應確保在起重設備發生故障時，被抬升人員不會面臨危險，並可獲得救援。

9.過載情形

- (1)當無法得知設備最大安全負載應如何規劃操作。
- (2)當設備超過最大安全負載時之預防措施。

10. 使用前之檢查

操作人員應最具識別設備故障能力。雇主需確定操作人員接受適當培訓和指導，以確保吊裝設備使用之安全。

11. 維持設備可用性

應確保起重設備存放位置，不會導致損壞或變質。

三、自升式平台船(Jack-up)

本章節主要參考 HSE- Jack-up (self-elevating) installations : review and location approval using desk-top risk assessments in lieu of undertaking site soils borings 和 RenewableUK - Guidelines for the Selection and Operation of Jack-ups in the Marine Renewable Energy Industry。海床地質的未知與不確定性可能對自升式平台操作構成危害，若抬升於軟弱地盤或未爆彈上，發生穿傾或爆炸將造成作業人員嚴重傷亡。因此，在施工作業前應進行縝密之工程規劃，包括地球物理與土層分析調查，海上結構物位置，海底電纜透和防冲刷材料位置，透過現地調查以降低施工危害風險。

為確保施工之安全性與高效率，自升式平台操作人員必須對設備操作程序有詳細的了解，並由操作人員或主承攬商提供平台作業期間與後續組裝之信息。

若在無法取得土層資訊情況下，從附近鑽孔收集之數據，與現場土壤條件結合，可用風險評估取得有效資訊。

將設施移動至現場前進行風險評估時，此需要具有土壤特徵相關知識，以便提高對風險之了解，確保人員於海上作業期間之安全。SNAME 5-5A 提供了海底基礎可能產生之危害列表，其包括：

- (一) 穿傾
- (二) 沉陷/承載失效
- (三) 滑動
- (四) 掏刷
- (五) 海底泥滑動(mud slides)
- (六) 海底淺層氣
- (七) 海底斷層
- (八) 金屬或其他碎片，沉船殘骸，錨等障礙物
- (九) 海底凹陷，珊瑚礁，木質殘骸等
- (十) 過去自升式鑽孔遺留之痕跡
- (十一) 自升式平台收腿狀況
- (十二) 基腳樁之間相互作用

負責人必須表明，選定升降自升式平台之位置為可適用且安全，並預估抬升時間，確保管理結構之完整性。HSE 建議，若在無法取得土壤參數情況下，負責人可能利用風險評估指出，基底失效導致人員傷亡機率極低，但使用其方法必須涵蓋以下事項：

- (一) 在無鑽孔而導致土壤數據不確定之情況，使用 SNAME 5-5A 定義之做法進行評估。

- (二) 由平台操做人員及海事保證鑑定師(Marine Warranty Surveyor)審查並接受風險評估。
- (三) 使用現有附近土壤鑽孔數據，透過地球物理探測表名，規劃現場與鑽孔處於同一層土壤
- (四) 從附近鑽孔識別局部地質和淺層地震數據相關性，並選擇不易發生較大風浪導致沖刷，或經較大風浪導致土壤強度降低，或避開軟黏土層之地點
- (五) 在開始作業前，將根據實際預載滲透曲線，來推算土壤承載力和地層參數，以確認在風險評估中所做的假設是否合適。
- (六) 自升式平台應在設計能力範圍內之水深和環境下運行，應考慮若腿架強度隨抬升高度和結構動態而受影響。
- (七) 根據先前在相似地點運行之自升式平台經驗來收集資訊，包括荷載貫入、腿架承壓、鑽孔數據和地球物理調查。
- (八) 自升式平台擁有者應詳細審查關鍵安全部件之完整性管理研究，如齒輪荷載監測或腿架相位差測量，減少操作平台結構失效之可能性

四、潛水作業

職業安全衛生法第十九條：異常氣壓作業，應規定減少工作時間，並在工作時間中予以適當休息。

異常氣壓危害預防標準第十四條：水面供氣之潛水作業應對每一從事潛水作業勞工分別設置可調節供氣之儲氣槽及備用氣槽(槽內空氣壓力維持 1.5 倍最大潛水深度壓力)。

異常氣壓危害預防標準第十五條：水面供氣之潛水作業應設空氣清淨裝置，流量計及壓力表。

異常氣壓危害預防標準第三十七至五十七條：實施潛水作業應僱用合格勞工，設

置聯絡員、救援潛水員、潛水作業現場主管，採取安全衛生管理(含特殊危害預防事項告知，潛水時間、減壓時間、氧氣減壓、空氣減壓、上浮速率、監督勞工使用安全索、作業前對器具、設備、人員裝備等之檢查)備置必要器材設備(如減壓艙、緊急用氣瓶、安全帶、緊急用水肺、信號索、水中計時器、深度表、潛水刀救生衣等)，警告標示、個人防護具，並加管理。

異常氣壓危害預防標準第五十八至六十一條：從事潛水作業，應依潛水深度供氣方式及工作環境特性，供給適用設備，並加維護、保養與檢查清潔工作。

異常氣壓危害預防標準第七十八至九十三條：提供之減壓艙應符規定，並加管制，使用時應依規定，減壓艙應設主艙、副艙並設供氣系統，材質與配備應符規定，並設置通風與警告、標示設施水下潛水作業。

- (一) 依據異常氣壓危害預防標準在潛水部分已有相當深入之了解，從作業設備、潛水作業管理與潛水設備的要求都有詳細的說明，由於外國潛水設備與作業的標準與我國所制定之要求並不完全一致，建議應先行參考本土之異常氣壓危害預防標準法規進行基礎撰寫與論述。
- (二) 潛水工作展開時，必須考慮潛水員之水底可見性、操作限制、低溫水域或其他因素會導致工作時間拉長或是無法在預期時間完成相關任務。
- (三) 作業團隊應盡量減少潛水作業之需要性，但是潛水作業不可或缺時，應將潛水活動進行風險評估，潛水研究界定程序應與健康安全風險結合，潛水作業應滿足法律規定的項目，並符合國際企業要求。
- (四) 若要進行替代潛水作業，例如使用潛水載具(ROV)等，操作方法應該要淺顯易懂，避免操作不當，增加工作時間。
- (五) 進行相關潛水工作時，考慮潛水類型之深度與工作時間如表 20 所示：

表 20 潛水作業休息時間與作業深度規定

潛水作業項目	敘述
休息時間	潛水員在過去的二十四小時內若沒有休息足夠八小時，就不能要求潛水人員工作超過十二小時。
水肺潛水 (減壓艙)	進行水肺空氣潛水時，並具減壓艙的操作能力，潛水作業最大深度限制為三十九點六公尺(一百三十呎)
水肺潛水 (水面供氣潛水)	進行水肺空氣潛水時，並具水面供氣空氣潛水能力，潛水作業最大深度限制為五十七點九公尺(一百九十呎)
人工調和混合氣潛水	使用人工調和混合氣潛水作業時，應具備前款空氣潛水作業操作能力、人工調和混合氣供氣系統檢驗與潛水鐘之操作能力者，其潛水作業深度限制也有所規定
混和氣體潛水	潛水最大作業深度限制為九十一點五公尺(三百呎)。但使用氮氧混合氣體從事潛水作業時，不得超過四十二點七公尺(一百四十呎)
潛水鐘	潛水深度為六十七點一公尺(二百二十呎)至九十一點五公尺(三百呎)，或減壓時間超過一百二十分鐘者，需使用潛水鐘

五、高處作業

- (一) 高處作業前必須先獲得相對應的許可證，若遇到嚴重情況時，視情況減少高處作業的次數，以降低危害。
- (二) 作業時應確保作業平台是穩定且堅固的，應擬定適合作業之尺寸與疏散通道，以防止工作時發生意外，降低風險發生。在高處作業設備上應貼上警語，提醒其他人員應避免接近設備，以免造成危險。
- (三) 使用固定式作業設備時，應考慮固定的方法、繩索的控制與梯子的設置等，在作業前應要有所檢查，若工作高度超過兩米，其繩梯與固定樁柱將不會被使用，除非有相關人士確認可使用，進行檢查後，應要附上檢驗報告，且須包含以下細節：
 1. 雇用檢查人員之姓名
 2. 工作設備的位置、視察

- 3.工作設備或場所的描述
- 4.檢驗日期
- 5.可能會造成危險的情況之器具的詳細說明
- 6.委託人員姓名
- 7.若有更進一步檢查的必要，應附上說明與原因

(四) 作業前應制定與高處作業的行動計劃，考慮適當之法律規定與國際標準等，應考慮如下：

- 1.避免高處作業
- 2.進行高處作業的風險評估
- 3.施行監督研究
- 4.確保安全工作之方式
- 5.防止掉落之設施
- 6.作業前的應急處置辦法
- 7.天氣許可規定
- 8.應篩選具備高處作業能力之人員
- 9.確保高處作業之設備於正常基礎上檢查
10. 進出路線規劃、可預見的緊急狀況與救援部署

六、個人防護設備(Personal Protective Equipment)

個人防護設備(Personal Protective Equipment, PPE)係保護使用者在工作場所安全和降低風險之設備，其包括安全帽、手套、眼睛保護、高能見度服裝、安全鞋和安全帶等。表 21 為國際上通用之 PPE 檢查表，選用適當的 PPE，需要評斷施工地點的危害與需求，對工作內容進行風險評估後，再決定使用何種個人防護設備，如進行打樁作業時，須配備耳罩、安全鞋等護具，固著作業時，須配備安全帽、防護面罩等，冬季進行海上作業，須配備保暖內依、防寒衣物。所選用的防護裝備必須符合國際認可標準或法例所

指明的標準以保證裝備提供足夠的保護。防護裝備應持續追蹤，若有損壞，應予以紀錄並進行更換或維護清潔等。

表 21 PPE 種類與配戴選用

PPE 種類	裝備標準	備註	標準	冬季	控制危害健康之物質 (COSHH)	切割或磨碎	拆卸	攀爬和/或運輸	焊接	現場電氣工程系統
1 兩點類帶式安全帽	EN397		0							
2 四點式類帶安全帽 (適用於攀登)	EN397	作業於離岸結構物						0		
3 電力工程安全帽	EN397 & EN50365									0
4 護目鏡	EN166 & EN170		0							
5 防護面罩	EN166 with viewing pane	COSHH 評估之機械性危害			0	0				
6 電器用防護面罩	EN166 marked 8(arc)									0
7 焊接用防護面罩	EN175 & filter acc.to EN169	焊接作業							0	
8 耳罩	EN352	可以做耳塞使用	0							
9 防滑手套	EN388 min.classed 4131		0							
10 防切割手套	EN388 min.classed 4542	剝離切割工具					0			
11 化學用防護手套	EN372	根據 COSHH 評估			0					
12 焊接用手套	EN 407, EN 12477A								0	
13 電器用手套	EN 60903	現場工作								0
14 雨衣和雨褲	EN343		0							
15 安全鞋	EN20345 53		0							

個人防護設備是雇員的最後一道防線，用以輔助而並非替代安全措施。我國勞工安全衛生設施規則第二百七十七條至第二百九十條有訂定個人防護具之標準程序，本研究亦參考「HSE- Personal protective equipment(PPE) at work」，將部分規定進行彙整，補強國內標準提供適當參考。

(一) 評估合適之 PPE

1. 為確保選擇正確類型之 PPE，每項工作可能有所不同，考慮不同危害工作場所，為其提供充分 PPE。
2. 向供應商諮詢在不同工作場合應配戴何種 PPE 類型及其適用性。
3. 另一信息來源為英國安全工業聯合會（British Safety Industry Federation），在評估適用性時考慮以下因素：
 - (1) PPE 是否保護佩戴者免受風險並考慮到任務發生之環境條件？
 - (2) 使用 PPE 會降低風險或增加新風險，例如配帶設備使溝通更為困難？
 - (3) 設備是否可調整以適合佩戴者？
 - (4) 工作需求和對穿著者之要求為何？例如需要佩戴 PPE 之時間長度。
 - (5) 對於佩戴多個 PPE 設備是否兼容？如使用面罩是否影響正確配戴護目鏡？

(二) 選擇和使用

1. 選擇適合佩戴者之設備，考量尺寸、是否合身與重量，亦需考慮佩戴者健康狀況，如設備過重，或佩戴者有健康上問題，則配戴標準 PPE 可能不合適。
2. 指導和培訓作業人員如何使用 PPE。
3. 說明為何需配戴 PPE，該何時使用，及其局限性。
4. 凡進入工作場所，不論時間長短，皆需配戴個人防護具。

七、應急處理與海上生存

(一) 離岸風力發電作業前應對作業人員及雇員進行安全救生的培訓，並具備下列內容：

- 1.海上個人生存訓練
- 2.了解工作場所場地與法規
- 3.高處作業與救援
- 4.消防訓練與突發狀況的自救
- 5.救生艇(封閉式 TEMPSC)操作
- 6.醫療服務與安全維護

(二) 若作業中有人受傷，需立刻進行急救等相關作業，應包含台灣地區的法律作為最低要求：

- 1.洗眼器、除顫器、緊急淋浴設備、充足之擔架與設施要求之項目
- 2.急救設備與急救人員
- 3.針對觸電、暈眩與燒傷應有額外的急救培訓
- 4.急救紀錄(依照法律規定之記錄格式)

八、災害事故文件與紀錄

(一) 藉由了解災害產生的原因與危害程度，在之後的作業過程中持續改進，災害事故的文件紀錄是不可缺少的，將其文件整理並回報給作業單位，希冀降低災害對作業的影響。

(二) 進行災害文件記錄與回報時，應注意下列選項是否有納入考量：

- 1.事件報告調查之鑑定
- 2.案件回報之格式與時間
- 3.報告要求

4. 責任歸屬
5. 進行調查的方式
6. 編寫報告內容是否屬實
7. 持續追蹤
8. 因果分析
9. 承攬商或是相關人員的責任義務

九、「緊急應變與撤離研究」

主要參考 Renewable UK_Offshore_Marine_HealthSafety_Guidelines、BWEA_Guidelines for Health and Safety in the Marine Energy Industry、EWEA_Working the wind safely-Guidelines on emergency arrangements including first aid、Catacult offshore_Responding to an emergency： the power of teamwork and real-life experience in improving health and safety 進行歸納。

離岸風電「緊急應變與撤離研究」不拘限於任何階段。不論是施工階段還是維護與營運階段，只要遇上災害皆需啟動緊急應變與撤離。因此，不論「緊急應變與撤離」之內容為撤離、疏散或是搭乘救生艇或直升機。沿岸後勤(Onshore logistics)皆須預備以立即啟動緊急應變與撤離。

「緊急應變與撤離」主要為離岸電開發商針對風場場址發生不同危害時所需立即採取之動作與急救啟動研究。為預防面臨災害時之混亂而事先規劃之研究即為離岸風電緊急應變(Offshore renewable energy installations Emergency Response Plan, OREI's ERP)。該研究主要在災害發生之第一時間啟動，並通知相關救難單位以隨時待命或準備進行緊急應變或救難。其研究實施之流程圖如 41，研究操作步驟如下：

- (一) 當災害來臨時，啟動緊急應變研究(Emergency Response Plan, ERP)，並立即評估該災害之危害程度以便進行適當急救資源調度。
- (二) 現場之救援與應變人員進行第一時間支援，同時通知岸上後勤並提醒後勤可能

會需要相關救援動作。

- (三) 若發生災害或危害程度在現場救援與應變人員可操作之範圍內，則不需要額外支援。
- (四) 若發生現場人員無法應付之災害，則需要額外船舶、直升機與相關救難人員支援。
- (五) 若發生相當規模之災害，則需要立即通報相關國家急救小組(以英國為例，國家海事救援中心(Marine Rescue Co-ordination Centre)會被告知已預備進行救援行動)進行專案救援行動。此刻即需要啟動聯合緊急救援研究(Emergency Response Co-operation Plan, ERCoP)。政府專案海事救援小組將接手救援任務並進行人員調度與指揮。
- (六) 政府接手救援任務後亦會通知各支援單位以進行人員調度，如派遣專案現場協調人員、相關救援船舶、直升機與人員支援、國家救難小組支援、緊急醫療支援以及岸上醫療機構、設備與救護人員支援。

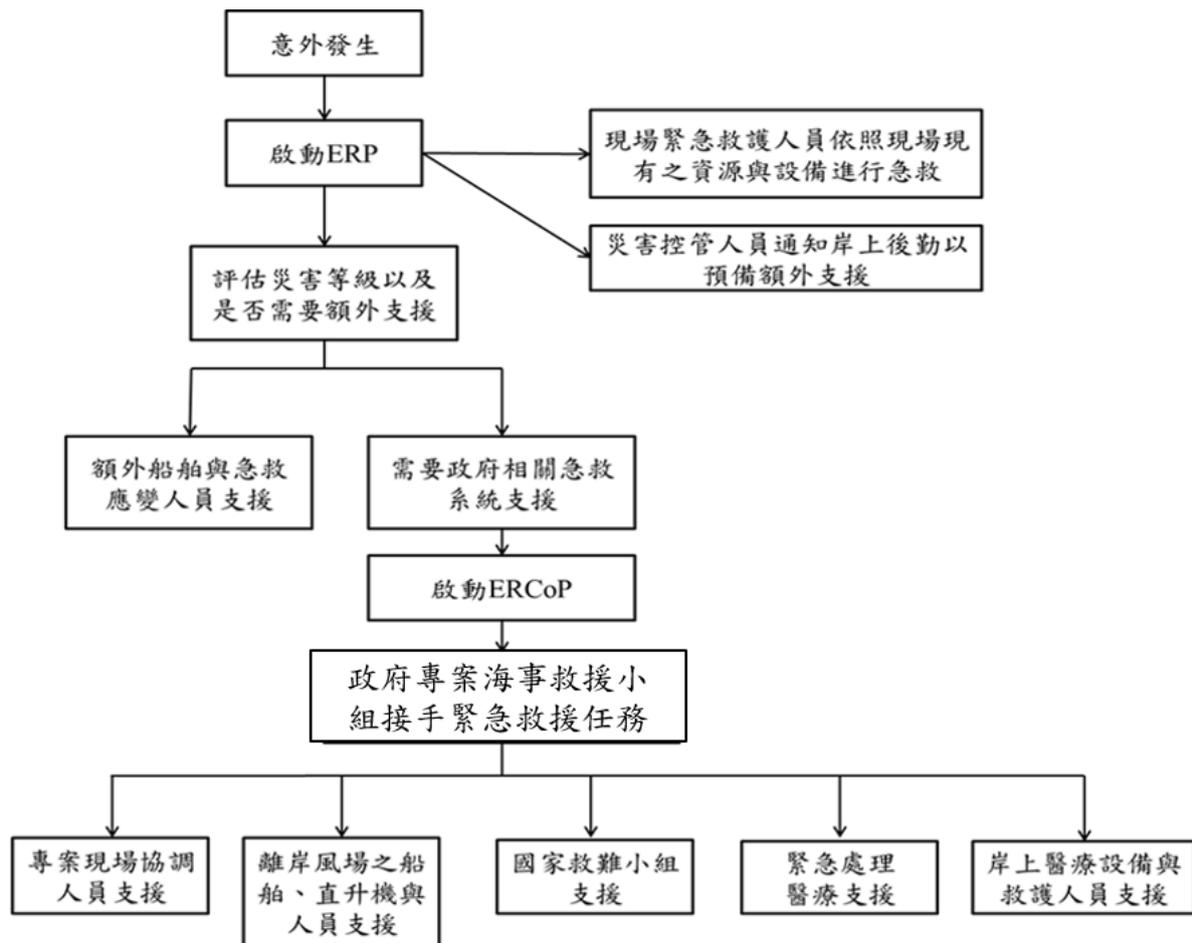


圖 41 緊急應變與撤離研究流程圖

(資料來源：Renewable UK_Offshore_Marine_HealthSafety_Guidelines)

(流程圖為本研究繪製)

十、船舶碰撞

風力機上應搭載照明系統以警示航行中之船舶以避免造成碰撞損害。此外，亦須考慮到風場是否在於商船航線上，同時亦須登記並標註於海圖上以供船隻航行做為參考。除此之外，由於風力機管控系統(TCM)會偵測其風力機組運作是否異常。因此，若發生相關船舶碰撞事件則可立即發現且啟動緊急應變，立即停機。

(一) 船舶交通問題通常在支撐結構設計與離岸風力機之規畫期間發生。

(二) 船舶風險可以經由妥善設計航行路線進而降低風險。而在風力機結構設計時亦須考慮到工址處所經過的船舶種類與航行速度。風力機與船舶行駛間相對距離應該保持五百公尺。

(三) 船機設備應注意事項

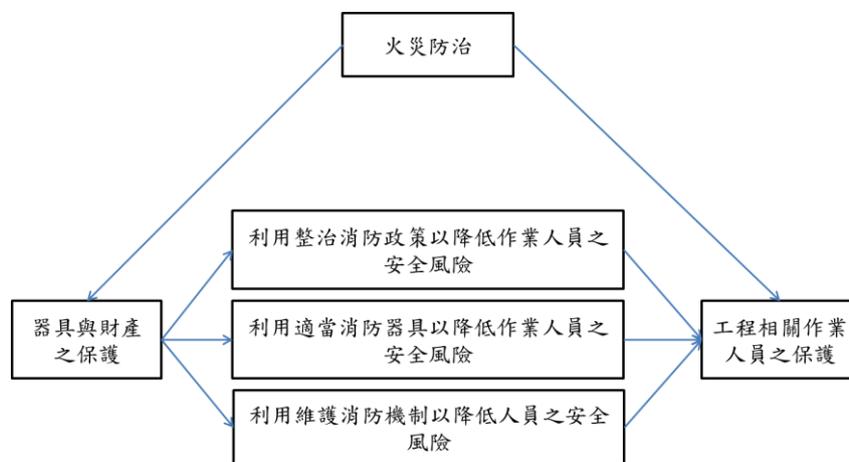
1. 船機四周必須設置夜間警示燈。
2. 須設置適當足夠的救生設備。
3. 須設置人員安全上下設備。
4. 船機靠岸時，須利用纜繩加以固定。

十一、 6.1.11 火災

發生火災時的首要行動是保護人員，包括：

- (一) 有效的消防系統可減少火災發生的機率與降低潛在風險。
- (二) 滅火器的選擇十分重要，滅火器設備有可能使工人受傷。
- (三) 消防系統的維護與要求可減少工人暴露在災害的機率。

在執行作業前應檢核易發生火災之高風險作業項目，提出完善之整治、消防研究、防護手段等相互關係圖，如圖 42 所示。



圖示為火災風險與防護手段與防護相關作業與防災系統維護之相互關係圖

圖 42 火災風險與防護手段、相關作業、防災系統維護之相互關係圖

藉由表 22 之相互關係，可對於火災之風險進行評估，相關評估項目及敘述項目如災害來源、風險、減災措施。

表 22 火災與風險評估

項目	敘述
火災來源	<p>風力機組在海上運行時會透過海上變電站，而工作人員施工或維護時也會在上方搭載宿舍等住宿需求，需要長期的維護與修繕，若發生疏失就會有火災發生：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 風力機組的缺乏管理 2. 臨時發電機的缺乏管理 3. 宿舍或是工作船 4. 工作平台 <p>以上結構物會使火災的機率上升，原因可能有：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 直升機降落與加油 2. 宿舍之廚房與洗衣間 3. 變壓器與供電開關 4. 運輸船與安裝維護作業之船舶 5. 存儲之維護作業材料有高度揮發性
健康與安全風險	<p>火災會使工人造成嚴重的傷害，即使起初只是小火災之情況，但隨著煙囪效應會使工人受到嚴重的傷害：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 灼傷 2. 煙霧窒息 3. 一氧化碳中毒 4. 電弧閃光爆炸使其重傷
減災措施	<p>火災會阻止正常避難路線，也會影響照明的功效，火災撲滅後，許多設備必須再進行評估：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 主要零件部分，如風力機本身應更換零件，其他零件如樓梯，地板等應全部更換。 2. 電纜絕緣部分可能因高溫而熔毀，為使安全，應將其隔離直到修復完成

項目	敘述
	<p>3. 因為發生火災時揮發性氣體使火災越發嚴重，應禁止高揮發性產物堆積於火源附近</p> <p>4. 滅火器或是滅火系統所使用之物質原料應慎重選擇</p> <p>同時，作業時的防火等規範應遵照消防法之內部規定，以確保員工的安全與工作場所的低風險性，普通的消防安全措施如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 減少火災的蔓延性 2. 確保工人逃生便利 3. 撲滅火災的手段 4. 檢測火災與警告標示 5. 員工培訓 6. 減少火災的影響

第三節 離岸風電施工關鍵作業安全準則

依職業安全衛生法施行細則第 31 條規定，一般職業安全衛生管理，包括下列事項：

- 一、工作環境或作業危害之辨識、評估及控制。
- 二、機械、設備或器具之管理。
- 三、危害性化學品之分類、標示、通識及管理。
- 四、有害作業環境之採樣策略規劃及監測。
- 五、危險性工作場所之製程或施工安全評估。
- 六、採購管理、承攬管理及變更管理。
- 七、安全衛生作業標準。
- 八、定期檢查、重點檢查、作業檢點及現場巡視。

- 九、安全衛生教育訓練。
- 十、個人防護具之管理。
- 十一、健康檢查、管理及促進。
- 十二、安全衛生資訊之蒐集、分享及運用。
- 十三、緊急應變措施。

惟離岸風電作業環境特殊，易受到天候海況、載台運動影響，海事操作之安裝與陸上營造不同，尤其是人員進出於載台、海上結構之間，作業安全性之差異頗鉅。本研究主要針對離岸風電施工關鍵作業運輸、吊裝、打樁、固著等項目，施工人員之安全準則進行探討，盤點國內現有的法規，再將國外法規可借鏡之處納入作業準則，使離岸風電各關鍵施工規範得以更加完善，確保作業人員施工時之安全品質。以下分為一般安全規定與特別安全規定，一般規定為任何離岸施工作業皆需注意之事項，屬於通則。特別安全規定主要針對運輸、吊裝、打樁、固著項目進行各別探討所研擬出，另針對業主(或雇主)及承攬商之定義，分別說明如下：

一、離岸風電施工關鍵作業一般安全規定

- (一) 依職業安全衛生設施規則第 233 條、234 條規定。
- (二) 離岸風電作業個人防護設備應滿足職業安全衛生設施規則 277~290 條規定，以及符合 EN 國際認可標準，若國內法與國際法具差異時，應以國際法優先考量。
- (三) 海上施工安全管理研究，內容應包括危害控制—工址調查、危害辨識、安全評估，施工研究訂定要領，管理組織、人員、管理系統，機械設備管理，協議組織，自動檢查，教育訓練，緊急應變機制及演練等。
- (四) 風力機上應搭載照明系統及提供夜間作業所需照明光線以警示航行中之船舶，避免造成碰撞損害，施工過程中施工區域應設立警示標誌，並向相關主管機關申請發佈航行布告，並依海事安全資訊國際標準相關規定，透過「航行警

告電傳(NAVTEX)」發布，同時輔以船舶自身之 AIS(船舶自動辨識系統)進行船位與航行狀態廣播，以利同水域航行之其他船隻提早注意並避讓。

(五) 作業人員必須了解所有個人防護具之正確配戴方法，於不同工作場所，應配戴該工作適當之個人防護具。凡進入工作場所，不論時間長短，皆需配戴個人防護具。

(六) 發生災害時，應詳實記錄災害文件並回報作業單位，以降低災害重複發生機率。

(七) 應確認所有可能突發狀況，擬定應對的緊急應變與撤離研究及相關規劃，海上施工前應評估緊急狀況時之緊急避難路線及避難港等，並確認意外事故應變處理流程及緊急救援聯絡單位。

(八) 離岸風場作業人員及雇員必須接受過安全救生培訓，施工人員應具備相應資格證書或經過相關訓練(含海事安全訓練如 GWO)，執行海事工程作業前應確立主要參與人員的組織與職責，並確實辦理事前防災演練。如涉及水下作業，應配合工址水文及水深條件等限制擬定相關人員、設備及作業(潛水)方式。

(九) 執行作業前應檢核易發生火災之高風險作業項目，並提出完善之整治、消防研究。若發生火災後，應對所有部件進行評估，受損之部件需全數更換或直至修復完全。

(十) 主管或隨船工程師須隨時注意作業人員身心狀況及安全，不適工作者須立即暫停或中止其工作，並隨時清點施工之人數。

(十一) 離岸風電 場址海上工程作業中止基準及避難基準。

- 1.應制定相關措施或方案來處理惡劣天候狀況的工作作業，例如惡劣之天氣、基礎狀況不佳、燥熱天氣、結構遭遇雷擊。由於惡劣之天候容易造成危險，工作團隊應判斷狀況停止施工，並將工作設備或是船隻置放於安全處。相關中止機制應制定流程圖，指定裁決人員。

- 2.承攬廠商應依風場場址海象條件及研究期程選擇適當海事工程作業船機，依使用船隻特性及環境作業要求，提出海上工程作業中止基準與避難基準(包括風力、波高及海流)，經業主核定後實施。

二、離岸風電施工關鍵作業(運輸、吊裝、打樁、固著)特別安全規定

(一) 運輸作業安全準則

- 1.海上施工運輸前，應向中央主管機關及各縣市政府申請許可，建立海上施工安全作業區。海上運輸時，應遵守運輸安全操作規程和各分隔航道的通航制度，制訂特殊航線的安全運行措施。
- 2.海上施工運輸前，應考慮天候海況條件，即時掌握短期預報資料，選擇合適的運輸時間，規避大風大浪、暴雨情況下運輸；船舶航行作業之氣象與海況控制條件，應根據船舶配置情況及性能、設備技術要求等綜合考慮後確定。
- 3.人員運輸主要利用小型船艇(Small boat)，易產生不穩定情況，危害風險大。因此，若使用小型船艇進行人員運輸需配戴救生衣(Inflatable life jacket)並避免於夜晚進行作業，船艇內皆配備急救物品(Emergency equipment)，如水、雷達、求救信號彈等。
- 4.若不得以需於夜晚進行運輸作業，應於人員運輸作業前進行詳盡之風險評估以確保生命安全。
- 5.施工作業前，應對施工安全作業區進行掃海，並對外提供一定比例之工程施工專用海圖，供施工船舶和過往船隻使用，保障船舶航行安全。
- 6.使用人員登錄與追蹤系統，任何工作人員必需攜帶個人登錄卡以通過審核，確保維護作業人員之生命安全。
- 7.船舶利用船舶動態資訊系統定位，若發生沈船或位於特殊地點皆能第一時間通知鄰近地點之作業人員進行安全管理。
- 8.進行人員運輸前須經過 RAMS 評估，以確保人員運輸時不需承受額外風險。

9. 進行運輸作業時，船員、不登風力機之人員、登風力機之人員等，應接受其最低之人員培訓需求，如登風力機之作業人員需接受 GWO 高處作業訓練。

(二) 吊裝作業安全準則

1. 依職業安全衛生設施規則 87 條~103 條規定。
2. 操作人員必須對設備操作程序有詳細的了解，所有人工皆須為有經驗之熟練作業人員，遇有特殊工作時，應聘各該項之專長人才擔任之。凡有關工程安全之技工，如電工、焊工等，應依國內法規相關規定僱用持有執照之合格技工。
3. 施工過程，承攬商應定期實施自動檢查並留存紀錄，同時影印送相關單位備查。
4. 本工程各種起重機械及各式施工船機之操作人員及吊掛人員，均應經訓練合格且領有政府機關核發之相關合格證明或證照，否則不得所用。如該機械設備或施工船機為國外進口且為國外分包商所有及負責操作，則負責該機械設備或施工船機之非本國籍操作人員及吊掛人員，需具有該進口國政府核發之證照或相關合格證明。
5. 所有吊裝設備在施工前應先進行檢查。
6. 雇主應確於作業前保施工人員操作起重設備時，避免從吊升平台上跌落或遭到輾壓與撞擊。
7. 施工前，應確認吊升平台備掛之懸掛繩索或吊鏈之安全性。
8. 懸掛繩索或吊鏈須有合格人員進行日行性之檢查。
9. 所有作業人員需有操作許可證照，吊掛人員亦同。
10. 如吊升人員在使用施工非專門設計之設施，應採取必要之預防措施以確保安全，注意事項包括：
 - (1) 吊升人員使用之設備極限範圍
 - (2) 使用非專業設備來吊升人員，應規劃預防措施保障人員安全
 - (3) 起重設備若未標示設備強度，則不可使用

11. 操作非完全封閉起重設備，設備門扉不得設計向外推開。
12. 操作非完全封閉起重設備，應在門上設計預防裝置，以防無意間開啟之意外。
13. 如同時使用兩件或多件吊裝設備來吊運貨物，應制定書面計劃並確保其安全。
14. 於吊裝環境下作業：
 - (1) 進行吊裝作業時，不得於人員上方區域運載或懸掛貨物。
 - (2) 若不可避免之情況，則應建立作業安全系統，使懸掛載重對人員之風險最小化。
 - (3) 如需使貨物懸空，則應防止人員進入危險區域，並確保正確固定貨物。
15. 當操作人員因懸掛貨物而無法辨識行進路徑時，使用通信方式引導操作吊裝設備人員。
16. 使用非吊升人員之起重設備來吊升人員，起重設備控制台需有人員控管，確保被抬升人員與設備操作員或其他負責人之間，有可靠之通信方式。
17. 應準備防颱研究，該研究須考量其海上施工船機於中央氣象局預測之颱風抵達工區前已能撤離至安全位置之標準作業程序與準則，且須妥慎考慮其施工船機拖航至安全位置、錨碇及做好防颱準備措施(如人員疏散、機具固定等)所需時間。
18. 應設有專人或專責組織每日負責蒐集中央氣象局或其他單位之氣海象預報資料，並妥為紀錄。上述專人或專責組織應能隨時考量氣海象條件對施工船機之作業安全威脅與施工精度影響，決定是否暫時撤離施工船機至安全位置。
19. 吊裝作業過程中，須隨時注意船上風速及風向儀，若風速超過允許值，即須廣播停止作業，尤其是高處作業。
20. 現場須設置有充分照明設備，及提供夜間作業所需照明光線。
21. 主管或隨船工程師須隨時注意作業人員身心狀況及安全，不適工作者須立即暫停或中止其工作，並隨時清點施工之人數。
22. 操作手須具海事吊掛之專業執照，若離岸風場有 24/7 全勤之輪流值班作業需求，

須依勞基法相關法規申請辦理。

(三) 打樁作業安全準則

- 1.承攬商應撰寫海上打樁研究，依樁徑、樁長及現場地質條件選用適當之樁錘，並提供樁錘製造廠商之使用說明，包括最大錘速、錘擊能量等，且樁錘能量不可過大造成基樁損壞。施工期間乙方應儘量將施工噪音、振動對四周環境之影響減至最低程度。
- 2.施工前應依據工程實際情況及施工區海域的氣象、水文條件等規劃詳細的施工方案。
- 3.打樁前應先確認海底地質狀況，及應檢查打樁區有無障礙物、有無未爆彈，對施工區域有礙打樁的水下管線或拋石棱體等障礙物進行清理。
- 4.施工過程中施工區域應設立警示標誌，並向相關主管機關申請發佈航行通告。
- 5.施工過程中每一道程序均應有施工記錄，並存入海上風力發電工程施工檔案。
- 6.操作人員必須對設備操作程序有詳細的了解，人員於甲板作業時，須穿著救生衣，船緣四週並須圈圍約一公尺高度之欄杆。

(四) 固著作業安全準則

- 1.職業安全衛生法第十九條：異常氣壓作業，應規定減少工作時間，並在工作時間中予以適當休息。
- 2.在施工及使用設備前，操作人員須進行培訓和指導。
- 3.作業時，除須穿戴和使用一般個人防護裝備，另在倒入灌漿料等過程中會有粉塵散出，施工人員須要配置護目鏡、耳塞、手套及呼吸篩檢裝置，且須事先準備洗眼器，如發生灌漿料接觸到眼睛須馬上沖洗並就醫。潛水作業前，應確認潛水作業人員身體狀態良好。
- 4.異常氣壓危害預防標準第十四條：水面供氣之潛水作業應對每一從事潛水作業勞

工分別設置可調節供氣之儲氣槽及備用氣槽(槽內空氣壓力維持 1.5 倍最大潛水深度壓力)。

- 5.異常氣壓危害預防標準第十五條：水面供氣之潛水作業應設空氣清淨裝置，流量計及壓力表。
- 6.異常氣壓危害預防標準第三十七至五十七條：實施潛水作業應僱用合格勞工，設置聯絡員、救援潛水員、潛水作業現場主管，採取安全衛生管理(含特殊危害預防事項告知，潛水時間、減壓時間、氧氣減壓、空氣減壓、上浮速率、監督勞工使用安全索、作業前對器具、設備、人員裝備等之檢查)備置必要器材設備(如減壓艙、緊急用氣瓶、安全帶、緊急用水肺、信號索、水中計時器、深度表、潛水刀、救生衣等)，警告標示、個人防護具，並加管理。
- 7.異常氣壓危害預防標準第五十八至六十一條：從事潛水作業，應依潛水深度供氣方式及工作環境特性，供給適用設備，並加維護、保養與檢查清潔工作。
- 8.異常氣壓危害預防標準第七十八至九十三條：提供之減壓艙應符規定，並加管制，使用時應依規定，減壓艙應設主艙、副艙並設供氣系統，材質與配備應符規定，並設置通風與警告、標示設施水下潛水作業潛水員在過去的二十四小時內若沒有休息足夠八小時，就不能要求潛水人員工作超過十二小時。
- 9.潛水作業時，連絡員必需與潛水人員保持密切聯繫。
10. 潛水作業時，一組至少兩名以潛水人員。
11. 空氣過濾器、呼吸管等相關器具應於作業前檢查是否完善。

第四節 研擬離岸風電施工安全法規增修建議

離岸風電施工作業較易發生工安事故之作業，包含人員進出、電力作業、海上吊裝作業、潛水作業、高處作業、手動工具操作、局限空間作業、物體墜落、設備操作等，國內目前較缺乏海上運輸相關法規，尤其人員進出作業，於港口碼頭往返載台，載台之

間往返，載台往返海上結構物，甚至是直升機往返風力機之介面易發生人員落海等風險，其為與陸上作業最大不同之處，因此考量海域與陸域環境具差異性，部分法規應對海上作業環境的危害性做適當之調整。

根據上述章節，針對離岸風電施工關鍵作業(運輸、吊裝、打樁、固著)之危害及安全需求，並參考國外規範及國內之特殊環境需求，研擬「離岸風力發電施工安全管理辦法」草案，提出現行「職業安全衛生設施規則」、「職業安全衛生教育訓練規則」、「職業安全衛生教育訓練規則」之法規增修建議，供作為後續建立完整離岸風電施工安全法規或準則之參考依據，以期確保離岸風電施工作業安全。

一、擬訂「離岸風力發電施工安全管理辦法」(草案)

- (一) 雇主對於登入離岸結構物之作業人員，應確保作業人員接受高處作業訓練。
- (二) 雇主於離岸運輸作業前，應向中央主管機關及各縣市政府申請施工許可，建立海上施工安全作業區。海上運輸時，應遵守運輸安全操作規程與各分隔航道之通航制度，制定特殊航線之安全運行措施。
- (三) 於離岸施工作業前，應對施工作業區實施掃海，並對外提供一定比例之工程施工專用海圖，供施工船舶和過往船舶使用，保障船舶航行安全。
- (四) 雇主於離岸運輸作業前，應考慮天候海況條件，如風速、風向、浪高、能見度、潮汐等，即時掌握預報資訊，選擇合適之運輸時段。若遇大浪、暴雨等不利天候條件時，禁止實施海上人員運輸；船舶航行之天候海況控制條件，應視船舶配置及性能、設備技術要求等綜合條件而定。
- (五) 所有登船人員皆須全程參與出航前之安全會議，會議紀錄由與會人員簽署後歸檔。會議要項應包括：海氣象預報、交通船狀態報告(含預估可航行距離)、航行路徑、轉乘程序、預估作業時間、個人安全防護具要求、通訊聯絡表、緊急應變計畫等。

- (六) 僱主對於交通船，應配置一名船員於甲板，協助作業人員上下船。
- (七) 僱主對於人員運輸作業前，需實施經風險評估，若無同等級之風險評估證明安全性，不得實施人員運輸。
- (八) 僱主對於吊升荷重在三公噸以下之小型現場起重作業(補給品、輕型工具等)，至少須由專人訂定規劃載重、吊掛點與淨空區，同時必須實施風險評估。
- (九) 僱主對於所有吊裝設備，應於施工前實施檢點。施工過程應定期實施自動檢查並留存記錄，同時提送影本至相關單位備查。
- (十) 僱主對於國外進口之機械設備或施工船機，需具有該進口國政府核發之證照或相關合格證明。
- (十一) 僱主對於海上起重機操作人員需具有海事吊掛操作之專業執照，海上作業若有輪班需求，須依勞基法相關法規申請辦理。
- (十二) 僱主對於從事海上吊裝作業前，應實施各工件施作之風險評估，並實施上下迴轉路徑之演練。
- (十三) 僱主對於海上吊裝作業，應訂定作業風速限制並取得第三方海事保證鑑定之核可。
- (十四) 僱主對於吊裝作業，應隨時注意船上風速及風向儀，若風速超過允許值須立即停止作業。
- (十五) 僱主對於海上吊裝作業，應訂定作業風速限制並取得第三方海事保證鑑定之核可。
- (十六) 僱主對於勞工實施吊掛作業，若作業期間遇雷擊之天候變化應使勞工立即停止作業。
- (十七) 僱主於夜間實施吊裝作業，現場須設有充分照明設備。
- (十八) 僱主對於操作人員因懸掛貨物而無法辨識行進路線時，應使用通信設備引導操作吊裝設備人員。

(十九) 雇主對於吊裝作業環境，應依下列規定辦理：

(1) 實施吊裝作業時，不得於人員上方區域運載或懸掛貨物。

(2) 貨物懸空時，應防止人員進入危險區域並確保正確固定貨物。

(二十) 雇主對於同時使用兩件或多件吊裝設備來吊運貨物，應制訂書面計劃及完成風險評估，以確保其安全。

(二十一) 現場主管或隨船工程師應隨時注意作業人員身心狀況及安全並隨時清點人數，身心不適工作者須立即中止其工作。

(二十二) 有關吊裝設備及必要措施，除本節之規定外，並應依其他相關職業安全衛生法規規定辦理。

(二十三) 雇主於打樁前應依據工程實際情況及施工區海域氣象、水文條件等規劃詳細施工方案，若作業期間遇雷擊之天候變化應使勞工立即停止作業。

(二十四) 雇主於打樁前應調查海底地質狀況及作業區內有無拋石稜體、未爆彈等障礙物並以適當之方式清除。

(二十五) 雇主對於打樁船吊裝時，其吊點、吊具起吊方式應實施詳細設計，應按實際需求規劃。

(二十六) 雇主對於作業期間，當船航行波影響打樁船穩定時，應暫停錘擊。

(二十七) 雇主對於從事潛水作業，應採用具主管機關認可之海上生存與急救訓練證照之勞工，且確認其之身心狀況。

二、增修「職業安全衛生設施規則」

(一) 運輸作業

1. 雇主對於使用小型船舶實施人員運輸，應規定作業人員配戴救生衣等個人防護設備並避免於夜晚時施作業，船舶內應配備急救物品，如水、雷達、求救信號彈等。

2. 雇主對於勞工於人員運輸時，應使用相關人員登錄配備及追蹤系統。

3. 僱主對於各種船舶之設備，應配有船舶動態資訊定位系統。
4. 僱主對以搭乘設備實施海上人員運輸前，該搭乘備需經風險評估及主管機關核准之單位簽認合格者。

(二) 吊裝作業

1. 僱主對於離岸吊裝作業，應依本規則第 87 條~103 條規定辦理。
2. 僱主對於使用非施工專門設計之設施，應依下列規定辦理：
 - (1) 說明並標示使用之設備極限範圍。
 - (2) 起重設備若未標示設備性能及使用範圍，則不可使用。
3. 僱主於夜間實施吊裝作業，現場須設有充分照明設備。
4. 僱主對於操作人員因懸掛貨物而無法辨識行進路線時，應使用通信設備引導操作吊裝設備人員。

(三) 打樁及固著作業

1. 僱主對於打樁之作業人員，應要求全程配戴聽力防護具，甲板上之作業人員一律穿著救生衣，船緣四周須圈圍約一公尺高度之欄杆。
2. 僱主對於從事固著作業之勞工，須配置護目鏡、耳塞、手套及呼吸篩檢裝置，並設置急救用品，如洗眼器。
3. 僱主對於勞工於潛水作業時，應確認作業現場設置必要且顯著之警告標示及措施。
4. 僱主對於固著作業，應避免勞工執行潛水作業並由水下遙控無人載具(ROV)替代。
5. 僱主對於水下遙控無人載具(ROV)之技術、操作、安全管理、危機處理與排除、聲納探測、水下定位系統等皆須由專業操作員執行。

三、增修「職業安全衛生教育訓練規則」

- (一) 僱主對擔任海上施工或作業之勞工，應於事前使其接受海上基本安全衛生教育訓練，基本安全訓練包含：高處作業訓練、海上求生訓練、消防意識訓練、急救訓練。
- (二) 僱主對擔任海上施工或作業主管之勞工，應於事前使其接受海上施工或作業主管之安全衛生教育訓練。
- (三) 僱主對下列海上施工或作業之勞工，應使其接受特殊作業安全衛生教育訓練：
 - 1. 侷限空間作業人員
 - 2. 起重機吊掛作業人員
 - 3. 起重機操作人員
 - 4. 潛水作業人員
- (四) 僱主對擔任海上施工或作業之勞工，應依工作性質使其接受安全衛生在職教育訓練。

第六章 結論與建議

第一節 結論

一、國內外海事工程施工安全相關規範

- (一) 本研究蒐集德國、丹麥、荷蘭以及英國相關行政法規、國際法規以及第三者認證相關施工安全規範。國際法規包含 ISO、IMO、IMCA 相關國際法規；第三者認證法規包含 DNV-GL、Renewable UK、BWEA 等，並分別針對德國、丹麥、荷蘭以及英國等歐洲國家之離岸風電施工安全衛生法規，以及職業安全衛生行政法規完成蒐集與整理。
- (二) 英國與德國、丹麥、荷蘭等國家相異。英國為致力發展離岸風電之國家，其法規相較其他國家而言相對完善，經本研究評估建議，英國相關離岸風電安全衛生法規是值得我國借鏡之主要參考依據。台灣應考量天候、環境、災害種類、政府法令背景及產業發展之程度差異，建立適用於國內之離岸風電施工安全相關規定。
- (三) 美國有訂定屬於自己之管理法規，領海地區之離岸風場由 OSHA 管轄，船隻航行及性能檢查由 USCG 管轄，外大陸棚地區海事工程之安全健康標準由 BOEM 管轄並制定安全管理系統(SMS)進行監管，其包括現場評估研究(SAP)，施工和運營計劃(COP)及一般活動研究(GAP)。承租人必須確保所有 SMS 無誤，否則無法進行海上開發。美國之技術法規主要參照 API，SNAME 及 ABS，係保險公司認可之規範，API 之建議實務作法包含吊車之操作、人員安全、訓練等項目，SNAME 著重自升式平台特定結構和基礎評估之指南，ABS 部分海上作業之荷仔及穩定分析。
- (四) 本研究完成國內近年近海工程相關案例施工安全資料收集研析，彙整港灣工程施工綱要規範及「興達火力電廠離岸輸煤棧橋碼頭打樁工程」，「龍門研究海上肘管與四噴頭吊裝施工」，「外傘頂洲離岸風速觀測塔工程」及「勞工安全衛生管

理研究」等施工作業準則資料，離岸作業潛在危害彙整包含如海上打樁、潛水安全作業、人員運送、高處作業及攀爬、侷限空間作業、吊掛作業、潛水員安全、觸電(高壓及中壓電)、火警、惡劣天候作業、溝通不良、機具設備人員操作資格、高處救援等，彙整一覽表可提供後續研擬離岸風電施工作業準則之一般性規定之參考。

二、離岸風力發電機組建置過程

- (一) 離岸風力發電機組之於運輸、吊裝、打樁及固著等階段進行施工前，應進行建置之設計、規劃管理(CDM)及海底未爆彈、障礙物等海床調查。於調查設計階段評估可能產生之危害，接著依序評估製造，施工，營運與維護各階段可能產生之危害，以關卡式全程排除各階段可能疏失，避釀災害發生，確保人員安全。
- (二) 英國藉由 CDM 的作法以確保施工健康和 safety，運用一般性預防原則管理風險，確保每位施工人員皆獲得工作上之所有信息，指導、培訓和監督，以確保人員健康與安全。
- (三) 運輸在出港前應先確認出航目的，貨物重量及重心確認文件，往返時間預估及海氣象預估，航行路線確認，選擇船舶類型及數量，確認船體穩度評估，駁船拖曳要求，進行船體及繫固結構強度評估，上述皆確認完畢方可出航。
- (四) 吊裝主要規範對象為各式起重船或自升平台船等，需確認認證流程、吊裝配置流程、吊裝流程檢驗、吊點與擴張桿流程檢驗，才可進行後續施工作業。
- (五) 打樁安裝可分為單樁式安裝與多樁式安裝，相關內容請參閱內文。
- (六) 固著灌漿管材質應符合國家標準或是國際認證的規範，灌漿通常必須在一星期內完成，若有耽擱，則應對灌漿材料進行保護，並描述灌漿前，灌漿期間及灌漿後應注意事項。

三、機組建置各階段危害分析

- (一) 完成離岸風電施工流程之危害與情境解析說明，並針對施工流程之危害來源與項目進行危害分析與辨識，開發商應訂定其施工承攬商、施工設計、施工器械、施工工法、施工船舶等等較詳盡之施工規劃，以及進行相關安全衛生之風險評估。
- (二) 考量個開發商之所使用之工法、船舶不同，除對施工流程主要項目進行危害辨識、提出危害項目外，亦說明危害可採用之補償措施。
- (三) 藉由離岸風力機運輸、吊裝、打樁以及固著之重點危害項目的瞭解，可作為相關職安作業安全準則架構擬定之參考。

四、離岸風電施工關鍵作業安全準則

- (一) 離岸風電作業環境特殊，易受到天候海況、載台運動影響，海事操作之安裝與陸上營造不同，尤其是人員進出於載台、海上結構之間，作業安全性之差異頗鉅。
- (二) 完成人員運輸、吊裝作業、自升式平台、潛水作業、高處作業、PPE、海上生存、緊急應變研究、災害文件記錄、船舶碰撞及火災等之施工安全要點。
- (三) 施工人員之安全準則分為一般安全規定與特別安全規定，一般規定為任何離岸施工作業皆需注意之事項，屬於通則。特別安全規定主要針對運輸、吊裝、打樁、固著項目進行各別探討所研擬出施工安全作業準則。
- (四) 召開「離岸風電關鍵作業安全準則(草案)」專家座談，藉由與會專家意見，完成施工作業安全準則草案。

五、提出離岸風電施工安全法規增修建議

以「擬訂離岸風電施工關鍵作業安全準則」為基礎，參考英國 HSE 與 G+之規範，針對人員之專業教育訓練、離岸風電施工關鍵作業(運輸、吊裝、打樁、固著)可能面臨之作業安全進行探討，如人員進出、海上吊裝作業、高處作業等，提出離岸風電施工安全法規增修建議，供國內建立離岸風電施工安全法規或準則之參考依據，以期確保離岸風電施工作業安全。

第二節 建議

- 一、建議於「職業安全衛生教育訓練規則」中，增加規範人員從事海上作業前，應實施必要之教育訓練內容及項目，提昇勞工對海上工作場所環境及危害因子的認知。
- 二、建議參考國際離岸風場專案或指引等之海上作業相關教育訓練資訊，規劃及制訂海上作業之安全衛生教育訓練之課程，落實工作人員所需之教育訓練，符合職場作業所需智能，例如：
 - (一) 職前訓練：新僱勞工或在職勞工(包含本計畫員工、承攬商及分包商之作業勞)於變更工作前，應使其接受適於各該工作必要之入職安全衛生教育訓練。
 - (二) 在職訓練：工作場所之主管或相關人員透過日常業務計畫性的針對知識、技能態度等事項而對於所屬勞工實施勞工教導或教育之教育訓練。
 - (三) 工地入職訓練(Site Induction Training)：所有現場工作人員(包含訪客)於進入工地前應使其接受此項訓練，以確保所有進入工地作業的人員了解環安衛政策、目標、工作場所相關危害及風險、安全作業要求、工地安全守則、個人防護裝備要求、緊急應變及急救程序等。
 - (四) 離岸風電作業基本安全訓練(GWO Basic Safety Training)：參考現行世界離岸風電組織(GWO)之基本安全訓練規範規劃之內容，確保海上作業之工作人員了解海上作業環境之相關危害及勝任其工作。基本安全訓練包含：
 1. 高處作業訓練(Working at Heights)：在高空作業的人員需要進行高空作業訓練，確保高空作業人員的安全工作和在風力環境下的高空救援。
 2. 海上求生訓練(Sea Survival)：離岸工作人員，應接受海上求生訓練。
 3. 手動操作訓練(Manual Handling)：對需要在離岸工作場所進行手動作業的人員，需要此項培訓。
 4. 消防意識訓練(Fire Awareness)：對火災應變的人員進行防火知識培訓，以利火災之應變及人員之疏散。
 5. 急救訓練(First Aid)：離岸工作人員的急救知識及技能培訓。

(五) 其他特殊安全訓練：執行相關特殊或高風險作業之作業人員亦須接受相關之安全訓練，含侷限空間、吊裝作業、潛水...等，例如：

1. 勞工安全衛生人員及安全衛生相關作業主管。
2. 危險性機械、設備操作人員。
3. 特殊作業人員。
4. 其他經中央主管機關指定之人員。

三、 鑑於離岸風電機組施工是屬海上作業，船舶為人員的主要工作現場，為提升作業環境之安全，建議於現行「職業安全衛生設施規則」中酌予增加相關安全設施，例如：

(一) 風力發電機上應搭載照明系統以警示航行中之船舶以避免造成碰撞損害。

(二) 船機設備應設置之附屬設備包含：

1. 船機四周設置夜間警示燈。
2. 須設置適當足夠的救生設備。
3. 須設置人員安全上下設備。
4. 船機靠岸時，應利用纜繩等物件加以固定。

(三) 船機上應設置足夠的消防器材或消防系統。

四、 為提升海上施工作業安全，建議針對離岸風力發電機組施工及相關作業另行制訂安全管理要點，以規範施工時之必要作為，以避免意外事故，例如：

(一) 施工作業前應進行必要之工程規劃，包括地球物理與土層分析調查，海上結構物位置，海底電纜透和防沖刷材料位置，透過現地調查以降低施工危害風險。

(二) 自升式平台之設計強度應能符合工作範圍內之水深和環境，平台之腿架強度應考量抬升高度和結構動態的影響。

(三) 依據異常氣壓危害預防標準實施潛水作業。

(四) 進出人員管制與作業人員應完成必要之教育訓練課程並具備相關證照，應實施出海登錄等管制措施。

- (五) 人員進行海上運輸前應實施風險評估，以確保人員運輸時不需承受海上環境變化等額外風險。
- (六) 操作與接觸吊升設備人員應具備專業證照，熟悉工作場所使用吊升設備之規定
- (七) 應指定專人實施吊升設備、繩索或吊鏈等之日行性檢查。
- (八) 吊掛作業中，則應防止人員進入危險區域或懸掛貨物下方，並確保貨物正確固定。
- (九) 操作人員因懸掛貨物而無法辨識行進路徑時，應使用通信方式引導操作吊裝設備人員，並防止懸掛貨物撞擊人及物品。
- (十) 高處作業前應先獲得相對應的許可證，若遇到不預期之嚴重情況時，視情況減少高處作業的次數。高處作業設備上應貼上警語，提醒其他人員應避免接近設備。
- (十一) 在災害發生時啟動「緊急應變與撤離」，通知相關救難單位隨時待命或準備進行緊急應變或救難。
- (十二) 風力機與船舶行駛間相對距離應該保持五百公尺以上。

五、 建議可參考英國行政法規作為後續研究之基礎，持續進行離岸風電施工安全之船舶、海事工程安全、人員訓練等三大議題之相關研究。

六、 英國相關離岸風電安全衛生法規相對較完整，值得我國作為借鏡之參考依據，但因國考量台灣在地環境、現行法規背景及產業發展之差異，建議不宜直接採用英國離岸風電施工安全法規，而以適用及符合國內本土化安全需求為主。

七、 為建立完整離岸風電施工安全法規或準則之參考依據，保障離岸風電施工作業安全，建議可針對國內法規較缺乏部分進行後續研究，彙整國外有關離岸風電海域作業較高危險之海域作業項目包括：人員進出(船、直升機等)、海上吊裝作業(風力機各式吊裝)、海上高空作業(風力機安裝、葉片維修)、海面或近海作業(操錨、近岸鋪纜、結構運維)、水下作業(含潛水、ROV、基礎建置、鋪纜作業)、未爆彈之處理等，收

集研析相關離岸風電安全規範，透過危害分析，提出離岸風電人員進出與海域作業之安全管理安全注意事項及相關法規標準建議。

誌謝

本研究計畫參與人員除本所沈研究員育霖等人外，另國立臺灣海洋大學河海工程學系近海防災科技研究中心簡教授連貴、廖銘洋、林伯峯、許顯騰、林敏清、郝宗曄、王迦曄等共同協助完成本研究，謹此敬表謝忱。

參考文獻

- [1] American Petroleum Institute, API Recommended Practice 2D (2003) “Operation and Maintenance of Offshore Cranes”
- [2] British Wind Energy Association, BWEA(2013) “Guidelines for the Selection and Operation of Jack-ups in the Marine Renewable Energy Industry”
- [3] Committee on Offshore Wind Farm Worker(2013), “Worker Health and Safety on Offshore Wind Farms” Special Report 310
- [4] G9 Offshore Wind Health and Safety Association(2016), “2016 Incident Data Report”
- [5] G+(2018), “The safe management of small service vessels used in the offshore wind industry”
- [6] G+(2018), “Working at height in the offshore wind industry”
- [7] G+ (2017) Global Offshore Wind Health & Safety Organisation 2017 incident data
- [8] Global Wind Organisation, GWO(2018) “Criteria For Training Providers Offering GWO Basic Safety Training”
- [9] Health and Safety Executive, HSE “HID Inspection Guide Offshore”
- [10] Health and Safety Executive, HSE(2007) “Guidance on procedures for the transfer of personnel by carriers”
- [11] Health and Safety Executive, HSE(2010) “Offshore working time in relation to performance”
- [12] Health and Safety Executive, HSE(2015)” Construction (Design and Management) Regulations - Managing health and safety in construction”
- [13] Health and Safety Executive, HSE(1998) “Lifting Operations and Lifting Equipment Regulations - Safe use of lifting equipment”
- [14] Health and Safety Executive, HSE(1998) “Lifting Operations and Lifting Equipment Regulations - Lifting equipment at work”
- [15] Health and Safety Executive, HSE(2008) “Jack-up (self-elevating) installations : review and location approval using desk-top risk assessments in lieu of undertaking site soils borings”
- [16] Health and Safety Executive, HSE(1992) “Personal protective equipment(PPE) at work”
- [17] Renewable-UK(2014) “Offshore Wind and Marine Energy Health and Safety Guidelines”
- [18] Renewable-UK(2013) “First Aid Needs Assessment”

- [19] Society of Naval Architects and Marine Engineers(2008) "Guidelines for Site Specific Assessment of Mobile Jack-Up Units" 5-5A
- [20] 勞動部(2013), 「職業安全衛生法」。
- [21] 勞動部(2014), 「營造安全衛生設施標準」。
- [22] 勞工安全衛生設施規則(2014), 「個人防護具之標準程序」。
- [23] 洪添英、劉家誠(2007), “澎湖縣風力發電機組消防搶救之研究”
- [24] 林榮貴(2011), 「我國既有大型風力機組故障原因探討分析」, 機械月刊
- [25] 行政院公共工程委員, “港灣工程施工綱要規範”, 公共工程施工綱要規範。
- [26] 台灣電力公司興達施工處(2008), “興達電廠卸煤系統改善研究外海卸煤碼頭及聯絡棧橋新建工程竣工報告書”, pp1-372
- [27] 廖銘洋(2009), “龍門研究海上肘管與四噴頭吊裝施工”, 第十四屆中國海洋(岸)工程學術討論會。
- [28] 簡連貴(2014), “離岸式風力發電海事工程規劃設計與施工規範之研究(I)”, 行政院科技部補助專題研究研究。
- [29] 簡連貴、邱淑宜、許硯蓀、廖銘洋、徐順憲、林淑寬、郝宗曄、吳佳騏(2015), “海事施工作業準則與安全評估研議”。

附錄一 專家座談會意見回覆及處理情形

勞動部勞動及職業安全衛生研究所職業安全組

107 年度科研採購案「離岸風電海事工程危害分析及管理規範探討」

專家座談會意見回覆表

會議日期：107 年 10 月 8 日上午 10 時 30 分

審查意見	處理情形
一、劉諮詢顧問	
<ol style="list-style-type: none"> 本研究之運輸、吊裝、打樁、固著及緊急應變研究，其工程品質，工期及工安研究由何單位審核?施工中之查核及違規之處罰應有主管單位負責，才能落實本研究之目標。 準則中涉及人員名稱及作業名詞很多，建議加以定義 準則用字建議簡潔，應檢視準則項目是否有重複。 	<ol style="list-style-type: none"> 離岸風電工程品質、工期、工安研究屬開發行為，基本上由開發商、業主自主管理，相關工期及工安研究建議可配合職安主管機關相關查核或備查規定辦理，以落實研究目標。 感謝寶貴意見，將於報告書前述補充相關名詞定義 感謝寶貴意見，將修正準則內容，若國內現有法規以列出法規條例呈現，其他建議之準則將簡潔扼要敘述。
二、徐諮詢顧問	
<ol style="list-style-type: none"> 準則之用字建議進行修正(如運輸作業準則第四條等)，避免執行時之困擾。 名詞定義需明確，避免執行時之困擾。 	<ol style="list-style-type: none"> 感謝寶貴意見，準則將用字不當處進行修正補充 感謝寶貴意見，將於報告書前述補充相關名詞定義
三、陳諮詢顧問	
<ol style="list-style-type: none"> 建議於準則納入人員自我求生訓練 	<ol style="list-style-type: none"> 感謝寶貴意見，將於「擬訂離岸風電施工關

審查意見	處理情形
	鍵作業安全準則」章節納入自我求生訓練。
四、王諮詢顧問	
<ol style="list-style-type: none"> 1. 離岸工程施工期間對海氣象的精確掌握，將直接影響工程進度、人員及船機設備的安全，建議於「施工關鍵作業特別安全規定」內容增加各風場施工期間必須委託專業單位進行每天至少 2 次的海氣象預報作業。 2. 建議一般規定中增加各風場施工期間，投資業者及統包廠商均應聘用領有勞動力發展署技能檢定中心核發乙級技術士證照的職業安全衛生管理員，負責各風場安衛研究審核及監督。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝寶貴意見，後續將建議補充至「離岸風電施工關鍵作業一般安全規定」。天氣預報系統係專業工作，各風場施工期間應依需求進行每天海氣象預測作業，以確保離岸風電施工期間作業安全。 2. 感謝寶貴意見，後續將建議納入「離岸風電施工關鍵作業一般安全規定」。
五、李諮詢顧問	
<ol style="list-style-type: none"> 1. 建議將人員資格及訓練納入準則考量。 2. 訂定 RAMS 之 work flow 作為依循。 3. 依據 RAMS，就 risk 部分需有緊急應變研究。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝寶貴意見，將於「擬訂離岸風電施工關鍵作業安全準則」章節納入人員資格及訓練。 2. RAMS 提出可能產生哪些風險，針對風險提出風險之嚴重性。 3. Risk 中緊急應變研究已於第六章中敘述。
六、冀諮詢顧問	
<ol style="list-style-type: none"> 1. 建議於章節前補充名詞定義。 2. 建議將準則條文來源、權責單位等列表對照，並融合國際 MWS 規範，以利實務執行。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝寶貴意見，將於報告書前述補充相關名詞定義 2. 準則內容若國內現有法規以列出法規條例呈現，並參考國外相關法

審查意見	處理情形
<p>3. 準則中建議加強提送文件與審查機制，以利責任釐清。</p>	<p>規納入準則。國際MWS屬於“no rule”，如參考第三方認證DNV GL ST-N001 & ST-N002等，其他規範則屬建議實務。</p> <p>3. 離岸風電目前一般審查機制皆由開發商、業主自主檢查，。</p>
七、林諮詢顧問	
<p>1. 建議於船舶載台作業，如樁之焊接，設備修改等人員作業之安全規範納入。</p> <p>2. 規範實施成功與否，在於能否落實，故建議於規範上應特別規定演練操作，包括陸上預前教育訓練，海上載具航行過程中之演練，人員安全緊急應變操演等。</p> <p>3. 第五章危害分析部分，參考危害度辨識，危害度高低，產生之後果，減輕對策，減輕後之危害度降低情形製成表格，其中減輕對策將成為後續作業安全規範，如此才能串聯。</p>	<p>1. 樁之焊接，設備修改等原則應於陸上完成，故可依循陸上相關法規。</p> <p>2. 感謝寶貴意見，將建議「規範上應特別規定演練操作，包括陸上預前教育訓練，海上載具航行過程中之演練，人員安全緊急應變操演」納入準則</p> <p>3. 感謝委員寶貴意見，本研究工作內容僅針對施工建置流程中之危害分析進行說明，其危害度高低，產生之後果，減輕對策，減輕後之危害度降低情形將列入後續研析辦理事項。</p>
八、馮諮詢顧問	
<p>1. 惟外籍工作船不熟悉台灣海峽海況，合適的規範及緊急應變研究至關重要，故建議納入船舶救援及機具救援。</p>	<p>1. 感謝委員寶貴意見，建議將船舶救援及機具救援列入後續辦理事項。</p>

國家圖書館出版品預行編目資料

離岸風力發電機設置危害分析及安全規範研究/沈育霖、簡連貴著.-- 1 版.-- 新北市：勞動部勞研所，民 108.06

面；公分

ISBN: 978-957-8277-72-8(平裝)

1. 離岸風電 2. 海事工程作業 3. 危害分析

離岸風力發電機設置危害分析及安全規範研究
著（編、譯）者：沈育霖、簡連貴

出版機關：勞動部勞動及職業安全衛生研究所
22143 新北市汐止區橫科路 407 巷 99 號

電話：02-26607600 <http://www.ilosh.gov.tw/>

出版年月：中華民國 108 年 6 月

版（刷）次：1 版 1 刷

定價：260 元

展售處：

五南文化廣場

台中市區中山路 6 號

電話：04-22260330

國家書店松江門市

台北市松江路 209 號 1 樓

電話:02-25180207

本書同時登載於本所網站之「研究成果／各年度研究報告」，網址為：

<https://laws.ilosh.gov.tw/ioshcustom/Web/YearlyReserachReports/Default>

授權部分引用及教學目的使用之公開播放與口述，並請注意需註明資料來源；有關重製、公開傳輸、全文引用、編輯改作、具有營利目的公開播放行為需取得本所同意或書面授權。

GPN: 3232: 23: 76

ISBN: 978-986-05-9508-6

勞動部勞動及職業安全衛生研究所

INSTITUTE OF LABOR, OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH, MINISTRY OF LABOR



地址：新北市汐止區橫科路407巷99號

電話：(02) 26607600

傳真：(02) 26607732

網址：<http://www.ilosh.gov.tw>

ISBN 978-986-05-9508-6



9 789860 595086

GPN:1010801854

定價：新台幣260元