

離岸風力發電製造及施工技術指引

經濟部標準檢驗局 編印

中華民國 112 年 2 月

序

離岸風力發電為我國再生能源開發與建設的重點項目，歷經示範獎勵、潛力場址階段後，即將邁入區塊開發階段，除顯示臺灣擁有良好風場條件外，亦代表離岸風力發電將成為我國達成 2050 年淨零排放目標的關鍵推力之一。經濟部(以下簡稱本部)考量我國場址條件之特殊性(如極端天氣、腐蝕、地震、軟弱土層及海生物附著等)，實與國外經驗不甚相同，可能影響離岸風場之設計、製造施工至運轉維護階段之參數設定或工法選定，進而影響離岸風場之整體供電穩定性與可靠度。因此，本部自 109 年起，責成標準檢驗局(以下簡稱標準局)推動我國離岸風力發電工程技術指引之建置，以國內外離岸風電相關法令、標準、規範、要點、指南及辦法等為主要參考依據，並綜整考量我國特殊場址條件、法規環境、產業現況以及技術成熟度等因素，著手訂定「離岸風力發電廠全生命週期之『場址調查及設計』、『製造及施工』及『運轉及維護』三大篇章之技術指引」(以下簡稱本技術指引)，俾作為國內離岸風力發電廠之開發業者、工程設計顧問、技師、驗證機構、製造及施工業者、運轉及維護業者之參考指引，乃至落實國內離岸風電工程技術深耕以及工程人才之培育。

為順利推動離岸風力發電技術指引，標準局於 109 年 10 月 29 日訂定離岸風力發電技術規範指導審議會設置要點，成立離岸風力發電技術指引指導審議會並下設各篇技術指引之技術審議會以及資料庫平臺諮詢小組，除本部相關單位外，亦邀請行政院環境保護署、行政院農業委員會、內政部、交通部、勞動部、國家科學及技術委員會、文化部、海洋委員會等部會主管機關代表擔任審議委員，並廣邀國營事業單位、產業界、學術界及研究法人單位等各界專家，以臺灣本土工程環境特質為經，國際離岸風電工程技術經驗為緯，藉蒐集及盤整我國各部會海洋氣象數據資料建置場址條件研究資料庫，輔以相關議題研究及國內研究計畫成果，編訂本技術指引之主文與解說。歷經 2 年期間，召開共計近百場次技術

指引審議會議、業者說明會以及對外意見徵詢程序後，完成本技術指引，本部將持續以本技術指引，推動與國內外離岸風力發電產業各界之技術交流與合作。

本技術指引為行政指導，僅為參考性質，不具法律上強制力，業者仍應依相關法規要求或視實際工程及技術需求辦理。

※離岸風力發電製造及施工技術指引

財團法人船舶暨海洋產業研發中心（以下簡稱船舶中心）在 101 年起更名轉型後，積極拓展與探索海洋能源領域之技術，自 108 年起作為標準局離岸風力發電案場專案驗證審查團隊一員，致力協助標準局執行我國離岸風場專案驗證審查相關業務，並已建立製造品質檢驗與施工安全評估技術能量，且因擁有離岸風電施工及海事工程相關技術開發經驗，船舶中心於 110 年至 111 年受標準局委託負責「離岸風力發電製造及施工技術指引」（以下簡稱本指引）之編撰，為使本指引更切合現今離岸風電工程技術發展及國內外產業實務，船舶中心於 109 年起即開始進行資料蒐集及指引架構研擬，並協助標準局依「離岸風力發電技術規範指導審議會設置要點」，邀請產業、學研界及實務專家擔任審查委員，於 110 年組成「製造及施工技術指引技術審議會」，負責本指引內容的編修及審閱，另鑑於本指引內容與離岸風電開發乃至施工之整體設計概念息息相關，自 110 年底起即舉辦技術指引說明會，與開發商、製造商、供應商及各領域公協（學）會等相關利害關係人溝通協調，確保本指引之內容與國際作法接軌並滿足我國相關產業現況與需求。

本指引之編訂架構係以原則性之本文併列其詳細解說，進行各章節之編寫，內容主要著重於離岸風力發電製造及施工階段的品質與人員安全之管理，其章節架構係依照離岸風力發電製造施工之工程順序編排訂定，共分為四個章節，第一章屬於本指引之共通性事項說明以及專有名詞、參考文獻、繳交文件清單；第二章係以離岸風力發電支撐結構之製造與檢測為撰寫主軸，製造階段的銲接施

作、非破壞檢測及防蝕保護系統之要求，皆依據相關國內外標準撰寫其對應之人員資格、施作工法及允收準則等規定；第三章係以離岸風力發電施工階段為撰寫主軸，著重於港口限制與船舶要求、環境條件設定、裝船與運輸操作及海事工程的主要安裝作業要求；第四章則提供離岸風力發電廠製造及施工階段應注意之風險評估、環安衛法規及緊急應變措施等內容。目前本指引針對技術要求皆係參考國家標準或國際標準為擬訂原則，惟部分考量離岸結構複雜性及國內產業鏈現況，經業界專家討論後納入其他業界標準提供使用者參考，後續亦配合國內產業發展進行滾動式調整。有關各章節內容之參考依據請參考「1.5 相關法令與標準」。

本指引係揭櫫離岸風場系統與設備之製造及施工階段要求，惟採用之場址調查結果、設計方法、系統與設備之運轉及維護方法，均會影響製造及施工計畫之安排，因此於規劃製造及施工作業時，應同時參考「離岸風力發電場址調查及設計技術指引」及「離岸風力發電運轉及維護技術指引」之內容，以達到預期之離岸風力發電廠全生命週期性能及安全目標。

離岸風力發電技術指引審議會

離岸風力發電技術規範指導審議會

召集人

經濟部標準檢驗局謝代理局長翰璋

國立臺北科技大學王校長錫福

主管機關

行政院環境保護署、行政院農業委員會漁業署、海洋委員會海洋保育署、海洋委員會國家海洋研究院、內政部營建署、內政部消防署、內政部地政司、內政部國土測繪中心、交通部中央氣象局、交通部航港局、交通部運輸研究所、勞動部職業安全衛生署、文化部文化資產局、國家科學及技術委員會、經濟部標準檢驗局、經濟部能源局、經濟部工業局、經濟部水利署、經濟部中央地質調查所、台灣電力股份有限公司、臺灣港務股份有限公司

專家學者（依姓氏筆劃排序）

任職單位	姓名	職稱
國立臺灣大學工程科學及海洋工程學系	江茂雄	特聘教授暨工學院副院長
國立臺北科技大學土木工程系	宋裕祺	特聘教授
財團法人船舶暨海洋產業研發中心	周顯光	執行長
台灣世曦工程顧問股份有限公司	施義芳	董事長
國立臺灣海洋大學	許泰文	校長
中興工程顧問股份有限公司	陳仲賢	董事長
財團法人中國驗船中心	鄭志文	執行長
國立成功大學水利及海工系	蕭士俊	特聘教授兼水工所所長

※製造及施工技術指引技術審議會

召集人

財團法人船舶技海洋產業研發中心周執行長顯光

國立臺灣大學工學院江副院長茂雄

審議委員（依姓氏筆劃排序）

任職單位	姓名	職稱
國立臺北科技大學 離岸風電工程研究中心	方賢健	顧問
大葉大學 材料科學與工程學系	李義剛	副教授
金屬工業研究發展中心	汪立德	組長
國立成功大學土木工程學系	倪勝火	教授
國立成功大學土木工程學系	張文忠	教授
東海大學國際學院	張欽然	助理教授
美國驗船協會	許首雄	總經理
國立臺北科技大學	黃育賢	教務長
上緯新能源股份有限公司	楊迅	經理
國立臺灣大學 工程科學及海洋工程學系	趙修武	教授
國立臺灣海洋大學 河海工程學系	簡連貴	教授

工作小組

任職單位	姓名	職稱
財團法人船舶暨海洋產業研發中心 專案室	鍾承憲	主任
	金尚聖	專案經理
	許顥騰	資深工程師
	許淑雯	工程師
	黃政彰	資深工程師
	吳香怡	工程師
	吳彥威	工程師
	江宗霖	工程師
	陳韋廷	工程師
	邱方伶	工程師
	陳裕文	工程師

目錄

第一章 總則.....	1
1.1 目的.....	1
1.2 主管機關.....	1
1.3 適用範圍.....	2
1.4 名詞與定義.....	2
1.5 相關法令與標準.....	8
1.6 設計、施工與運維之配合.....	14
1.7 製造及施工階段送審文件.....	15
第二章 支撐結構之製造與檢測.....	16
2.1 一般規定.....	16
2.1.1 承包商之選定.....	16
2.1.2 製造技術.....	16
2.1.3 品質管理.....	16
2.2 銲接.....	17
2.2.1 銲接人員資格.....	17
2.2.2 銲接材料規格.....	17
2.2.3 鋼結構材料規格.....	18
2.2.4 銲接程序規範書.....	18
2.2.5 銲接程序檢定紀錄.....	19
2.2.6 鋼材試片檢測要求.....	21
2.3 製造與公差.....	21
2.3.1 製造檢驗人員資格.....	21
2.3.2 檢驗要求.....	21
2.3.3 銲接接頭準備與成形.....	22
2.3.4 組裝、銲接、銲後熱處理.....	23
2.3.5 幾何公差範圍.....	25
2.4 銲道非破壞檢測.....	25
2.4.1 非破壞檢測人員資格.....	25
2.4.2 相關文件、程序書及報告.....	27

2.4.3	非破壞檢測方法.....	27
2.4.4	非破壞檢測範圍.....	29
2.4.5	允收準則.....	32
2.5	防蝕保護系統.....	34
2.5.1	塗裝系統.....	34
2.5.2	犧牲陽極.....	37
2.5.3	外加電流系統.....	38
2.5.4	允收準則.....	38
2.6	緊固件材料與連接.....	39
2.6.1	緊固件材料規格.....	39
2.6.2	緊固件前處理.....	40
2.6.3	緊固件連接.....	40
2.7	其他相關聯設備.....	40
2.7.1	離岸風力機.....	40
2.7.2	海纜設備.....	41
2.7.3	海上變電站.....	41
第三章	施工計畫與方法.....	42
3.1	一般規定.....	42
3.1.1	組織.....	42
3.1.2	品質管理.....	42
3.2	港區.....	43
3.3	載具要求.....	43
3.3.1	基本標示.....	43
3.3.2	設備規格.....	44
3.4	環境條件.....	44
3.4.1	受氣象限制作業.....	45
3.4.2	非受氣象限制作業.....	46
3.4.3	施工之海洋氣象資料.....	47
3.5	負荷及結構強度.....	48
3.5.1	負荷.....	49
3.5.2	結構強度.....	50

3.6 陸上運輸.....	50
3.6.1 安全性要求.....	50
3.6.2 運輸路線規劃.....	52
3.7 裝船操作.....	53
3.7.1 負荷.....	54
3.7.2 裝船設備.....	55
3.7.3 裝船能力.....	55
3.7.4 裝船操作.....	56
3.8 海上航程.....	56
3.8.1 繫固設計.....	57
3.8.2 穩度計算.....	60
3.8.3 拖帶設計.....	61
3.9 繫泊與動態定位系統.....	62
3.9.1 環境條件.....	62
3.9.2 繫泊系統.....	62
3.9.3 動態定位系統.....	63
3.10 安裝操作.....	63
3.10.1 吊裝作業.....	63
3.10.2 打樁操作.....	65
3.10.3 灌漿作業.....	67
3.10.4 海纜鋪設.....	69
3.10.5 浮裝操作.....	70
3.10.6 自升作業.....	72
3.11 除役.....	74
第四章 安全與管理.....	75
4.1 工程管理.....	75
4.1.1 承包商基本資料.....	75
4.1.2 工程勘查與設計資料.....	75
4.1.3 工程契約資訊.....	76
4.2 風險評估.....	77
4.2.1 颱風應對措施.....	78

4.2.2 地震應對措施.....	78
4.2.3 工作時限管理.....	78
4.2.4 離岸工作場所與人員安全.....	79
4.3 環境保護暨職業安全衛生.....	79
4.3.1 人員資格與要求.....	80
4.3.2 環境保護.....	81
4.3.3 職業安全衛生管理.....	81
4.4 緊急應變措施.....	82
4.4.1 緊急應變措施之作業流程及基本原則.....	82
4.4.2 緊急應變計畫書.....	82
4.4.3 急救、消防設備與逃生出口.....	83
附錄一	A

第一章 總則

1.1 目的

為有效管理離岸風力發電廠的製造與施工階段之品質與人員安全，特訂定離岸風力發電製造及施工技術指引（以下簡稱本指引）。

【解說】

1. 離岸風力發電製造及施工技術指引（以下簡稱本指引）之建置目的在於確保離岸風電之製造及施工階段品質與人員安全之管理，惟製造及施工階段之作業若涉及場址調查及設計技術指引、運轉及維護技術指引，亦須參照兩技術指引之內容。
2. 離岸風力發電廠製造與施工階段之品質管理與人員安全，應依本指引各章節要求事項進行，並考量各專案特性進行綜合考量。
 - (1) 品質管理
 - A. 製造階段品質管理要求，參與製造的承包商應具備 ISO 9001 或同等標準之相關證明，且依其標準所建立之品質系統進行品質管理。製造階段涉及其他專業工法領域之品質管理要求，則應加以參考相對應領域之標準，各項標準可參考本指引各章節解說處。
 - B. 施工階段品質管理要求，參與施工的承包商應具備 ISO 9001 或同等標準之相關證明，且依其標準所建立之品質系統進行品質管理。
 - (2) 人員安全
 - A. 製造與施工階段之人員安全皆應依職業安全衛生相關法令規定，建立職業安全衛生管理計畫、實施自動檢查，以實現安全衛生管理目標，提升安全衛生管理水準。
 - B. 執行離岸特殊作業，如高空作業、登船（塔）、局限空間作業、海面作業、水下作業、夜間作業、電力作業及吊裝作業等，應評估工作場所及作業內容潛在危害，以維護施工人員安全。

1.2 主管機關

本指引之主管機關為經濟部。

【解說】

1.3 適用範圍

本指引適用於離岸風力發電廠之製造及施工階段；其內容涵蓋轉子機艙總成、支撐結構及輸電系統。

【解說】

1. 本指引之適用範圍如圖 1-1 呈現。
2. 轉子機艙總成 (Rotor-Nacelle Assembly, RNA)：由支撐結構承載離岸風力機動力之一部份。
3. 支撐結構 (Support Structure)：離岸風力機的一部分，由塔架、下部結構及基礎組成。
4. 輸電系統：包含風力機陣列電纜 (Array Cable)、輸出電纜 (Offshore Export Cable) 及變電站連接海纜 (Platform Connection Cable) 及變電站。

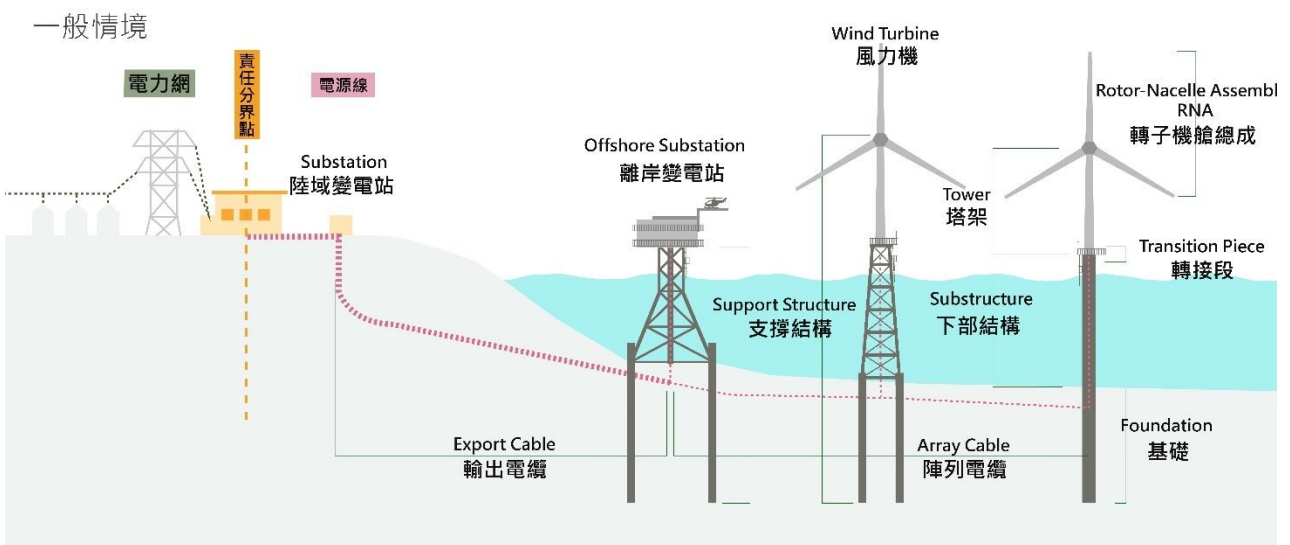


圖 1-1 製造及施工技術指引適用範圍 (來源：驗船中心)

1.4 名詞與定義

本指引之名詞、定義、縮寫及符號，參照本指引之解說。

【解說】

本指引使用之名詞與定義可參照「場址調查及設計技術指引」，惟與本指引較為相關之技術名詞及其定義、縮寫及符號，請參考本節解說。

1. 用語及定義

(1) 磨料噴射清理 (Abrasive Blast-Cleaning)

高動能流動磨料衝擊於欲處理表面。

(2) 容許應力設計法 (Allowable Stress Design, ASD)

結構構件計算應力不大於相關規範所給定的材料容許應力，固定原則下進行設計方法。

(3) 船舶自動識別系統 (Automatic Identification System, AIS)

AIS 是安裝在船舶上的一套自動追蹤系統，藉由與鄰近船舶、岸台、衛星等設備交

換電子資料，並且供船舶交通管理系統辨識及定位。

(4) 母材 (Base Material)

被銲接或切割的材料。

(5) 彎曲試驗 (Bend Test)

為測定材料變形能力之試驗，通常將試片以規定內側半徑彎曲至規定之角度，以檢查彎曲部之外側裂痕與其他缺陷。

(6) 泌水性 (Bleeding)

指的是混凝土體積已固定，但還未凝結前，水分上浮的現象。

(7) 塗層銲 (Buttering)

為表面銲接之一種主要用於異材銲接上扮演緩衝之效果，目的在使熔填銲層能與銲層在冶金上相熔合，銲層有一層或以上而且材質可能為逐漸變化。

(8) 碳當量 (Carbon Equivalent)

將鋼材中合金元素（包括碳）的含量依其作用換算成碳的相當含量，可作為評估鋼材銲接性的一種參考指標。

(9) 沙丕 V 型缺口衝擊韌性試驗 (Charpy V-notch Impact Toughness Test)

用沙丕衝擊試驗機，將試片以相隔 40 mm 之兩個支持台支持，凹口放於支持台間中央，用錘向凹口背面一次衝斷試片，以測定吸收能量、衝擊值、破面率，轉移溫度等之試驗。

(10) 覆面銲接 (Cladding)

為表面銲接的一種，目的在增強工件表面耐腐蝕或耐熱的能力。

(11) 撓度 (Deflection)

物體在連接橋因歪斜負荷產生的變形量。

(12) 斷裂力學試驗 (Fracture Mechanics Test)

銲道用外力破斷後，觀察破斷面缺陷的試驗。通常使用在填角銲道。

(13) 開槽 (Groove)

要作銲接之母材接合面所設之溝槽。

(14) 硬度試驗 (Hardness Test)

用硬度試驗機，在試片或製品表面以一定負載壓入一定形狀之壓具，或用從一定高度使錘落下等方法測定硬度之試驗。

(15) 危害辨識 (Hazard Identification, HAZID)

確認危害的存在，並定義其特性的過程。

(16) 填料 (Insert)

銲接作業（包括硬銲、軟銲及表面銲接等）中所填加的金屬（材料）。

(17) 檢驗 (Inspection)

對符合規定的要求事項之決定。

(18) 樁腿連接裝置 (Leg Mating Unit, LMU)

為吸收安裝過程中垂直和水平運動和負荷，而設計和安裝在上部結構和基礎之間的裝置。

(19) 連接橋 (Link Beams)

碼頭與載具間的連接橋，它提供結構間連接，在滑槽座 (skidshoes) 或 SPMT 間提供順暢路徑。

(20) 載重及強度係數設計法 (Load and Resistance Factor Design, LRFD)

極限狀態當結構處於超過此狀態時，就不能夠滿足設計標準，視為一種結構設計方法。

(21) 巨觀金相試驗 (Macro-Section Test)

將鐸道之斷面或經表面磨光或用浸蝕液處理後，以肉眼或低倍率放大鏡觀察 滲透深度、熱影響區、缺陷狀態等之試驗。

(22) 磁粒檢測 (Magnetic Particle Testing, MT)

是一種非破壞檢測方法，利用瑕疵所形成的磁漏磁場吸引磁粒形成顯示，用於檢測鐵磁材料的表面及次表面之瑕疵。

(23) 最小斷裂負荷 (Minimum Breaking Load, MBL)

設備斷裂的最小負荷。

(24) 非破壞檢測方法 (Non-Destructive Testing method, NDT method)

應用物理原理以達成非破壞檢測效果之方法。例：超音波檢測。

(25) 堆鐸 (Overlaying)

依母材表面硬化、耐蝕、修補、再生之目的，將滿足其所需組織、尺度之金屬熔填的作業。

(26) 液滲檢測 (Penetrant Testing, PT)

非破壞檢測方法之一種，係將滲透劑施加於被檢物表面，經過適當的滲透時間後，清除表面多餘的滲透劑，再施加顯像劑，使瑕疵內的滲透劑滲出被檢物表面形成明顯之顯示，再實施檢視作業過程之液滲檢測。

(27) 分解 (Piece Small)

分解係指將每個要拆除的大構件拆分為較小的單元。

(28) 多孔性 (Porosity)

塗層中的不連續性(包含針孔、裂縫等)。

(29) 預熱 (Preheating)

鐸接作業或熱切割之前先將母材加熱之作業。

(30) 鐸後熱處理 (Post Weld Heat Treatment)

鐸接完成後，為改善鐸道的組織、性能或消除殘留應力所進行的熱處理。

(31) 檢定前鐸接程序規範書 (Preliminary Welding Procedure Specification, pWPS)

為臨時的鐸接程序規範書，此文件含有鐸接程序所要求之各種參數，須依相關標準

進行檢定。

(32) 射線檢測 (Radiographic Testing, RT)

以具有穿透能力之輻射線如 X 射線、伽瑪射線、中子射線等，穿透被檢物，於底片或螢幕形成影像之記錄，然後研判影像以瞭解被檢物品質的一種非破壞檢測方法。

(33) 逆向安裝 (Reverse Installation)

係指採用與安裝過程中順序相反的步驟來拆除風機上部結構的作業。

(34) 安全工作負荷 (Safe Working Load, SWL)

該設備在使用條件下可以承受的最大靜態負荷。

(35) 封孔劑 (Sealer)

應用於多孔表面以降低吸收率的塗層材料。

(36) 自走式模組化運輸車 (Self-Propelled Modular Transporter, SPMT)

一種拖車系統，擁有自身的推進、轉向、頂升、控制和動力系統。

(37) 防鏽底漆 (Shop primer)

工場中塗布於組件之保護性塗料，接著當場完成表面塗裝。

(38) 歪斜負荷 (Skew Loads)

滑道、滾動面與支撐點沒有水平而在物體支撐處產生額外負荷。

(39) 歪斜載重係數 (Skew Loads Factor)

考慮由索具本身的製造公差、吊裝結構的製造公差和其他與索具佈置中的不對稱性和相關力分佈有關的不確定性引起的附加負荷的因素。

(40) 滑動負荷 (Skidding Loads)

使物體持續移動所需的負荷。

(41) 滑軌道 (Skidway)

較低的連續軌道，安裝在碼頭與載具上，通過滑槽座將結構從碼頭移動至載具。

(42) 修邊補漆 (Strip coat)

為讓困難塗裝的區域，如邊、銲道等，達到均勻的塗裝覆蓋所做的修補性質的塗裝。

(43) 暫銲 (Tack Welding)

在正式銲接之前，為使母材能保持規定位置所作之間斷性定位用銲接。

(44) 超音波檢測 (Ultrasonic Testing, UT)

以超音波偵檢被檢物的一種非破壞檢測方法。

(45) 目視檢測 (Visual Testing, VT)

由肉眼或藉其它輔助器具，如放大鏡、工業用內視鏡等，觀察被檢物之表面狀況、輪廓外形、相關位置、接合面之對齊、有無洩漏等。

(46) 銲接接頭 (Weld Joint)

採用銲接接合的接頭，例如對接接頭、搭接接頭等。

(47) 銲接金屬 (Weld Metal)

銲接過程中金屬熔融並凝固的區域。

(48) 銲接材料 (Welding Material / Welding Consumables)

用於銲接之消耗性材料，如被覆銲條、銲線等填料金屬及銲藥、遮護氣體等之總稱。

(49) 銲接操作員 (Welding Operator)

執行自動銲接、機器人銲接、機械化銲接之銲接作業人員。

(50) 銲接程序檢定紀錄 (Welding Procedure Qualification Records)

為檢定某一特定銲接程序規範書，將銲接作業的的實際參數、銲道各項試驗及非破壞檢測結果詳細列明，以證明能符合規定標準的文件。又稱銲接程序資格檢定紀錄。

(51) 銲接程序檢定試驗 (Welding Procedure Qualification Test, WPQT)

為建立銲接程序規範書 (WPS) ，依檢定前銲接程序規範書 (pWPS) ，製作標準化試驗材，並據以進行的試驗。

(52) 銲接程序規範書 (Welding Procedure Specification)

為銲接施工所依據的書面文件，內容涵蓋所有的銲接參數及應注意事項；銲工及銲接操作人員據以施銲可確保銲接品質之一致性。又稱銲接程序規範。

(53) 極限工作負荷 (Working Load Limit)

該設備可容許最大靜態負荷。

(54) 工作應力設計法 (Working stress design, WSD)

設計載重下，其工作應力不超過材料之容許應力的使用方法。

(55) X 射線 (X-ray)

原子內層軌道之電子被激發並釋放能量時，所產生的電磁輻射線。通常係由高速電子撞擊金屬靶而產生。

2. 符號與單位

符號	定義	單位
T_R	作業基準工期	hr
T_{POP}	計畫作業工期	hr
T_C	應急工期	hr
OP_{WF}	預測作業條件	-
α	折減係數	-
OP_{LIM}	作業限制標準	-
H_{max}	最大波高	-

符號	定義	單位
STF	風暴係數	-
T_{ass}	對應最大波高之波浪週期	-
T_{eff}	拖船效率	%
LOA	載具總長度	m
BP	繫纜拖力 (Bollard Pull) ，拖船認證連續靜態之繫纜柱拉力，在發動機的最大連續額定值 (MCR) 的 100% 下進行超過 10 分鐘拖船測試	tons
T_z	零越週期	-
T_p	主週期	-
DAF	動態放大係數 (Dynamic Amplification Factor) ，由設備運動和外部負荷所引起的全局動態效應。	-
SKL	歪斜載重係數 (Skew Load Factor)	-
γ_f	吊掛係數 (Lifting Factor)	-
γ_c	結果係數 (Consequence Factors)	-
γ_s	終點係數 (Termination Factor)	-
γ_b	彎曲係數 (Bending Factor) ，彎曲係數應計算在任何鋼索或索環圍繞卸扣、耳軸、吊耳或起重機吊鈎彎曲的情況下所導致強度降低。	-
γ_m	材料係數 (Material Factor)	-
γ_w	磨損係數 (Wear and Application Factor)	-

1.5 相關法令與標準

本指引係以離岸風力發電廠製造及施工所需相關工程技術為基準作原則性規定，除電業法及其他相關子法或其他法令另有規定外，依本指引之規定；本指引未規定者，應參照相關法令及標準據以辦理。

【解說】

1. 本指引尚應參考相關標準，包含國家標準 (CNS)、國際標準 (IEC、ISO 等) 及原廠建議標準等；惟採用原廠建議標準，應提出原廠佐證文件備查。
2. 本指引中若涉及其他部會規定者應遵從其他部會之法規、規範或相關要求。

(1) 國內法規、規範及標準

水下噪音測量方法

台灣鯨豚觀察員制度作業手冊

外國人從事就業服務法第四十六條第一項第一款至第六款工作資格及審查標準

各類場所消防安全設備設置標準

非本國籍工作船申請停泊國際商港以外之其他港灣口岸作業要點

氣象法

從事氣象海象預報業務許可辦法

海洋污染防治法

消防法

勞工作業場所容許暴露標準

勞工作業環境監測實施辦法

勞工健康保護規則

道路交通安全規則

電業法

電業登記規則

緊急應變措施技術指引

臺灣職業安全衛生管理系統指引

鋼船建造與入級規範

鋼構造建築物鋼結構施工規範

營造工程風險評估技術指引

營造安全衛生設施標準

環境影響評估法

環境影響評估法施行細則

職業安全衛生法

職業安全衛生法施行細則

職業安全衛生設施規則

職業安全衛生管理辦法

離岸風力發電規劃場址容量遴選承諾書

離岸風場建置及營運期間工作船航行安全規範

離岸風電海域作業安全指引

在中華民國大陸礁層鋪設維護變更海底電纜或管道之路線劃定許可辦法

(2) 國家標準(CNS)

CNS 12112	室內工作場所照明
CNS 12670	銲後熱處理法
CNS 13519	陰極保護用鋅合金犧牲陽極
CNS 13521	陰極防蝕用犧牲陽極性能檢驗法
CNS 13521-1	陰極保護用鋁合金及鋅合金犧牲陽極性能試驗法
CNS 13588	非破壞檢測人員資格檢定及驗證
CNS 15876-1	金屬材料銲接程序規範書及其檢定－銲接程序試驗－第 1 部：鋼的電弧銲接及氣銲、鎳及鎳合金的電弧銲接
CNS 15876-7	金屬材料銲接程序規範書及其檢定－銲接程序試驗－第 7 部：堆銲
CNS 15877-1	金屬材料銲接程序規範書及其檢定－銲接程序規範書－第 1 部：電弧銲接
CNS 15878	金屬材料銲接程序規範書及其檢定－通則
CNS 15985 (系列標準)	銲工檢定試驗
CNS 15985-1	銲工檢定試驗－熔融銲接－第 1 部：鋼材
CNS 15986-2	金屬材料熔融銲接的品質要求－第 2 部：完整的品質要求
CNS 15986-5	金屬材料熔融銲接的品質要求－第 5 部：宣告符合 CNS 15986-2、CNS 15986-3 或 CNS 15986-4 時應符合之文件
CNS 15986-6	金屬材料熔融銲接的品質要求－第 6 部：CNS 15986 系列標準實施指引
CNS 16050	銲接材料－熔融銲接及相關程序用氣體及混合氣

CNS 16119	銲接人員－金屬材料機械化及自動銲接之銲接操作員與銲接設定員的檢定試驗
CNS 16157	銲接－預熱溫度、道間溫度和預熱維持溫度的量測
CNS 2473	一般結構用軋鋼料
CNS 2947	銲接結構用軋鋼料
CNS 4234-1	不銹鋼結件之機械性質－第1部：螺栓、螺釘及螺樁
CNS 12112	室內工作場所照明

(3) 國際規範及業界標準

海上人命安全公約 (International Convention for the Safety of Life at Sea, SOLAS)

ASME IX Boiler and Pressure Vessel Code - Section IX: Welding and Brazing Qualifications

API RP 2SIM Structural Integrity Management of Fixed Offshore Structures

BSH Standard Design Minimum requirements concerning the constructive design of offshore structures within the Exclusive Economic Zone (EEZ)

CIGRE TB 490 Recommendations for testing of long AC submarine cables with extruded insulation for system voltage above 30(36) to 500(550) kv

Code on Intact Stability

DNV-CG-0051 Non-destructive testing

DNV-CP-0069 Welding consumables

DNV-OS-B101 Metallic materials

DNV-OS-C101 Design of offshore steel structures, general - LRFD method

DNV-OS-C201 Structural design of offshore units - WSD method

DNV-OS-C401 Fabrication and testing of offshore structures

DNV-OS-C401 Fabrication and testing of offshore structures

DNV-RP-0359 Subsea power cables for wind power plants

DNV-RP-0360 Subsea power cables in shallow water

DNV-RP-0416 Corrosion protection for wind turbines

DNV-RP-B401	Cathodic protection design
DNV-RP-C201	Buckling strength of plated structures
DNV-RP-C202	Buckling strength of shells
DNV-RP-C203	Fatigue design of offshore steel structures
DNV-RP-N102	Marine operations during removal of offshore installations
DNV-ST-0126	Support structures for wind turbines
DNV-ST-0145	Offshore substations
DNV-ST-C502	Offshore concrete structures
DNV-ST-N001	Marine operations and marine warranty
DNV-ST-N002	Site specific assessment of mobile offshore units for marine warranty
EN 12495	Cathodic protection for fixed steel offshore structures
IACS Rec.47	Shipbuilding and repair quality standard
IEC 61400 (系列標準)	Wind Turbine Generator Systems
IEC 61400-1	Design requirements
IEC 61400-3	Design requirements for offshore wind turbines
IECRE OD-501	Type and Component Certification Scheme
IECRE OD-502	Project Certification Scheme
IMCA M 190	Guidance for Developing and Conducting Annual DP Trials Programmes for DP Vessels
IMO MSC.1-Circ.1580	GUIDELINES FOR VESSELS AND UNITS WITH DYNAMIC POSITIONING (DP) SYSTEMS
International Convention on Load Lines	
ISO 10474	Steel and steel products — Inspection documents
ISO 12944 (系列標準)	Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures by protective paint systems
ISO 13916	Welding — Measurement of preheating temperature, interpass temperature and preheat maintenance temperature
ISO 14175	Welding consumables — Gases and gas mixtures for fusion welding and allied processes

ISO 14732	Welding personnel — Qualification testing of welding operators and weld setters for mechanized and automatic welding of metallic materials
ISO 14922	Thermal spraying — Quality requirements for manufacturers of thermal sprayed coatings
ISO 15257	Cathodic protection — Competence levels of cathodic protection persons — Basis for a certification scheme
ISO 15607	Specification and qualification of welding procedures for metallic materials — General rules
ISO 15609-1	Specification and qualification of welding procedures for metallic materials — Welding procedure specification — Part 1: Arc welding
ISO 15614-1	Specification and qualification of welding procedures for metallic materials — Welding procedure test — Part 1: Arc and gas welding of steels and arc welding of nickel and nickel alloys
ISO 15614-7	Specification and qualification of welding procedures for metallic materials — Welding procedure test — Part 7: Overlay welding
ISO 17633	Welding consumables — Tubular cored electrodes and rods for gas shielded and non-gas shielded metal arc welding of stainless and heat-resisting steels — Classification
ISO 17635	Non-destructive testing of welds — General rules for metallic materials
ISO 19901 (系列標準)	Petroleum and natural gas industries — Specific requirements for offshore structures
ISO 19901-5	Petroleum and natural gas industries — Specific requirements for offshore structures — Part 5: Weight control during engineering and construction
ISO 19902	Petroleum and natural gas industries — Fixed steel offshore structures
ISO 19903	Petroleum and natural gas industries — Concrete offshore structures
ISO 19905-1	Petroleum and natural gas industries — Site-specific assessment of mobile offshore units — Part 1: Jack-ups
ISO 2063-2	Thermal spraying — Zinc, aluminium and their alloys — Part 2: Execution of corrosion protection systems
ISO 23277	Non-destructive testing of welds — Penetrant testing —

Acceptance levels

ISO 24656	Cathodic protection of offshore wind structures
ISO 3506-1	Fasteners — Mechanical properties of corrosion-resistant stainless steel fasteners — Part 1: Bolts, screws and studs with specified grades and property classes
ISO 3506-2	Fasteners — Mechanical properties of corrosion-resistant stainless steel fasteners — Part 2: Nuts with specified grades and property classes
ISO 3834 (系列標準)	Quality requirements for fusion welding of metallic materials
ISO 3834-6	Quality requirements for fusion welding of metallic materials — Part 6: Guidelines on implementing ISO 3834
ISO 5817	Welding — Fusion-welded joints in steel, nickel, titanium and their alloys (beam welding excluded) — Quality levels for imperfections
ISO 898 (系列標準)	Mechanical properties of fasteners made of carbon steel and alloy steel
ISO 898-1	Mechanical properties of fasteners made of carbon steel and alloy steel — Part 1: Bolts, screws and studs with specified property classes — Coarse thread and fine pitch thread
ISO 9001	Quality management systems — Requirements
ISO 9606 (系列標準)	Qualification testing of welders — Fusion welding
ISO 9606-1	Qualification testing of welders — Fusion welding — Part 1: Steels
ISO 9692 系列	Welding and allied processes — Types of joint preparation
NACE MR0175	Petroleum and natural gas industries - Materials for use in H ₂ S-containing environments in oil and gas production (Identical to ISO 15156 Part 1, 2 and 3)
NACE SP0108	Corrosion Control of Offshore Structures by Protective Coatings
NORSOK M-501	Surface preparation and protective coating
SOLAS	

港湾における洋上風力発電設備の施工に関する審査の指針

1.6 設計、施工與運維之配合

製造及施工須以設計階段之圖說及施工規範為基準，施工廠商依據該內容鑑別危害及分析風險，並編纂完整製造及施工計畫書，以確保施工過程如期如質進行與降低各種意外事件發生之風險。

【解說】

1. 製造及施工計畫除依參考設計階段之圖說及施規範外，應參照本指引「第二章 支撐結構的製造與檢測」及「第三章 施工計畫與方法」訂定之。
2. 為滿足本指引預期之離岸風力發電廠全生命週期性能及安全目標，離岸風力發電廠之製造及施工應考量「離岸風力發電場址調查及設計技術指引」與「離岸風力發電運轉及維護技術指引」及本指引之三部指引間有關工程技術要求之配合。

1.7 製造及施工階段送審文件

製造及施工前須先提送相關計畫書，完工後須提送相關監督紀錄與驗收報告，經專業技師簽證及/或第三方驗證單位覆核後，提送主管機關辦理專案驗證審查及審議。

【解說】

1. 本節之主管機關、法源依據與製造及施工階段須提送相關報告與成果，如附件一。
2. 技師監造比例依 IECRE OD-502、DNV-SE-0190 規定，最低 10%。

第二章 支撐結構之製造與檢測

2.1 一般規定

2.1.1 承包商之選定

承包商之選定應依工程之規模及程度，並考量承包商之設備、實績技術與品質管理，選定合適之承包商。

【解說】（參考 DNV-OS-C401、鋼構造建築物鋼結構施工規範）

1. 承包商為買方以契約方式指定的一方，以完成與製造和檢測相關的所有活動。

2.1.2 製造技術

1. 承包商應依製造計畫書、銲接管制作業程序書、防蝕塗裝程序書及相關之檢查、測試、製造等文件進行製造。
2. 若製造條件改變，應再修訂經審查者或審查部門（機構）認可。審查者或審查部門（機構）泛指第三方驗證單位及／或內部管理人員及部門。

【解說】（參考 DNV-OS-C401、鋼構造建築物鋼結構施工規範）

1. 承包商於施工前應提出製造計畫書、檢查和測試計畫、作業指導書等。製造計畫書之內容應包括工程概要、組織系統、機具設備、工程預定進度表、製作圖及材料使用及管理、冷作加工、銲接、塗裝、自主檢查表等。
2. 承包商應確保製造人員（含分包商），依所施工項目證明其能力，並按照既定的製造程序、檢測和測試計畫、作業指導書進行施工，並確實掌握各個階段施工狀況且紀錄。
3. 結構構件製造必須依據經核可之施工圖及製造計畫書進行施工。若有變更製造細節時，應經審查認可。
4. 在不利因素的環境條件下，如：通風、潮濕、冷風和低溫等，不應進行銲接工作。除非審查者或審查部門（機構）依情況特別允許，否則不應進行銲接。

2.1.3 品質管理

承包商應符合國家標準 (CNS) 或其他國際標準之品質管理規範，以確保產品品質的穩定性及可追溯性。

【解說】（參考 DNV-OS-C401、鋼構造建築物鋼結構施工規範）

1. 參與結構構件製造的承包商應擁有按照 ISO 9001 或等同標準形式文件並按照前述標準已實施的品質系統。銲接的品質要求可參照 ISO 3834 或 CNS 15986 系列。
2. 結構構件於購料及製造時，應詳細查驗證明其材料組成、施工品質及安全。為確保施工成品能達到設計標準，承包商應指定合格專業人員辦理查驗工作，詳細記載查驗事項，並提出不合格部分及改善方案。在工廠施工部分，亦須同樣查驗。所有查驗及缺失之紀錄，應由檢查人員簽認存查。

2.2 銲接

2.2.1 銲接人員資格

銲接人員應具符合國家標準 (CNS) 或其他國際標準檢定合格資格，且銲接資格有效期間內，方准予進場施工。

【解說】（參考 DNV-OS-C401、ISO 9606、CNS 15985、鋼構造建築物鋼結構施工規範）

1. 銲接人員指銲接技術員、銲接操作員及暫銲人員的總稱。
2. 銲接人員檢定可參考 CNS 15985-1、CNS 16119、ISO 14732、ISO 9606-1 或其他公認標準。
3. 銲接人員應就其預備使用之銲接方法及姿勢，經由銲接管理者或審查者或審查部門（機構）依相關標準進行資格檢定。並依其檢定合格之銲接方法、接頭型式、銲接姿勢、銲接材料及板厚等項目，方有資格從事銲接工作。
4. 承包商必須提供銲接人員名冊及證照資料，並於上工前逐一核對銲接人員身份、銲接方法、銲接姿勢等是否符合要求；必要時舉行銲接人員考試，重新檢定銲接人員資格。
5. 銲接人員若要從事檢定範圍之外的銲接工作或原檢定範圍改變時，則應重新檢定合格後，方可施工。
6. 銲接人員資格應由銲接工作的負責人員（例：銲接管理者）或審查者或審查部門（機構）進行檢定，自檢定合格日期起算每六個月應再次檢定。若銲接人員在資格檢定認可範圍內持續工作，則可延長六個月資格有效期間。
7. 當銲接人員銲接品質不符合品質要求時，銲接管理者得視該員銲接品質不合格頻率或瑕疵嚴重程度，廢止或撤銷該銲接人員在此項目之銲接資格。然而，其餘合格項目仍然有效。

2.2.2 銲接材料規格

銲接材料應依鋼板材質、銲接方法及銲接程序規範書 (Welding Procedure Specification, WPS) 選用適合且符合國家標準 (CNS) 或其他國際標準之銲接材料。

【解說】（參考 DNV-OS-C401、DNV-CP-0069、ISO 14175、鋼構造建築物鋼結構施工規範）

1. 銲接材料選用應符合 CNS 16050、DNV-OS-C401、DNV-CP-0069 或其他公認的標準。
2. 銲接材料購入時須確認其尺寸、種類、材質、製造日期等資訊並檢附銲接材料製造商之材料品質證明文件。
3. 銲接材料（包括銲劑、襯墊、銲接氣體等輔助材料）應確保銲接接頭性能適配對應母材並滿足產品使用要求。
4. 銲接材料應依其種類、尺寸、材質、特性、使用範圍選擇適當的存放地點且清楚標示，避免銲接材料存放時氧化、受損、受潮。銲接材料領用時需有詳細紀錄並滿足先進先出原則。若銲接材料經領用、生產後回收再利用，應另行存放並清楚標示。對於已經開封的回收銲材的使用需要滿足銲接材料製造商的相關要求。
5. 應依銲接程序規範書及待銲接母材之尺寸、化學成分、機械性質和抗裂性能等要求選用等於或高於母材之強度的銲接材料且經審查認可。若異種母材或特殊要求銲接，則應經審查認可。
6. 當銲接兩種不同強度等級的母材時，應以強度等級較低之母材為考量，銲接材料的機械性質應高於強度等級較低母材。
7. 對有耐腐蝕要求之結構構件，應選用為其配套的專用銲材。若使用其他銲材，則應經審查認可。
8. 為降低氫裂的發生，使用低氫銲接材料時，應考慮待銲接母材的尺寸、化學成分、機械

性質，選擇適當含氫量的銲接材料。制訂銲接程序規範書時，應參考銲接材料製造商所提供之使用方法、範圍及相關要求。

2.2.3 鋼結構材料規格

1. 鋼結構所使用材料應符合國家標準 (CNS) 或其他國際標準，且滿足結構設計性能者方可使用。
2. 鋼結構所使用之材料規格應符合設計圖說要求。

【解說】（參考 DNV-OS-C401、DNV-OS-B101、鋼構造建築物鋼結構施工規範）

1. 鋼結構所使用的材料，應由原材料製造商提供材料品質證明，以證明該材料符合所指定之材料標準。
2. 鋼結構所使用之材料其機械性質、化學成分、銲接性、衝擊值等特性，應符合 CNS 2473、CNS 2947、DNV-OS-C401、DNV-OS-B101 或其他標準。若有未能符合規定之材料，除經審查認可且設計單位同意，否則不應使用。
3. 應建立材料識別系統，記錄材料等級以確保安裝正確性和可追溯性。材料存放時，應清楚標示、整齊置放且適當防護，避免產生變形、銹蝕、擦傷等影響材料外觀及特性。
4. 銲接結構應使用可銲性認證的母材來製造，詳細請參見 DNV-OS-B101。
5. 碳當量 (Carbon Equivalents) 計算：
鋼的碳當量就是把鋼材中包括碳元素在內的對冷裂紋及脆化等，有影響的合金元素含量換算成碳元素的相當作用含量。通過對鋼的碳當量或冷裂紋敏感性 (Cold Cracking Susceptibility) 的計算，可以初步評估母材的銲接性，這對銲接條件如預熱、銲後熱處理、入熱量具有重要的參考作用。碳當量計算可參考 DNV-OS-C401。
碳當量及冷裂紋敏感性之限制範圍，受材料化學成分及檢測試體尺寸所影響，相關標準請參照 DNV-OS-B101。

2.2.4 銲接程序規範書

1. 銲接方法應符合國家標準 (CNS) 或其他國際標準。
2. 承包商或分包者提出之銲接程序規範書 (Welding Procedure Specification, WPS)，應依國家標準 (CNS) 或其他國際標準列出所有相關項目之容許範圍。
3. WPS 應由合格之銲接程序檢定紀錄 (Welding Procedure Qualification Record, WPQR) 證明其適用性。
4. 承包商完成之 WPS，可應用於已納入同一品質管理系統，並由同一銲接管理人員負責的工作區（含分包商）。透過技術管理、品質查核系統落實 WPS 之程序操作及各項必要參數之控制。

【解說】（參考 DNV-OS-C401）

1. 本章節所提及之銲接方法係指 CNS 16074 或 DNV-OS-C401 等國際規範中所列之銲接方法。
2. WPS 相關規定應符合 CNS 15877-1、CNS 15878、CNS 15986-6、ISO 15607、ISO 15609-1、ISO 3834-6 或其他公認的標準。
3. 堆銲 (Overlaying) 和覆面銲接 (Cladding) 的 WPS 應符合 CNS 15876-7、ISO 15614-7、ASME IX 或其他公認的標準。
4. 每個新的銲接程序檢定試驗 (Welding Procedure Qualification Test, WPQT) 都需要相對應的檢定前銲接程序規範書 (Preliminary Welding Procedure Specification, pWPS)，並由審查者或審查部門（機構）認可。pWPS 應包含 WPS 所需的相關資訊，pWPS 可以在銲接

過程中進行修改和修正。如果按照 pWPS 銲接的試片，其試驗或檢驗結果為不合格，則應由承包商或分包者對 pWPS 進行調整，並準備新的 pWPS，按照新的 pWPS 進行試驗。

5. 檢定銲接應在能代表實際銲接生產的廠房或符合現場環境條件下進行。
6. WPQT 應逐道記錄銲接道次、WPS 驗收需要之相關銲接參數、銲道寬度和銲接檢測結果，將結果彙整成 WPQR。
7. 用於銲接程序的母材應通過材料記號和證書來標識。該材料應提供符合 ISO 10474 的 3.1 類型或 3.2 類型的品質證明書。
8. WPS 應與參照的 WPQR 一同提交，以供審查及驗收。
9. WPS 應參照相對應的 WPQR 進行制定，或是根據其他認可的 WPS 編制。
10. 如果銲接程序中主要參數保持在可接受的範圍內，則可以基於一或多個 WPQR 的參數來制定一或多個 WPS，而 WPS 應規定銲接的所有主要參數之限制與範圍。
11. 對於使用多個銲接方法的 WPS，應要求每個銲接方法都要有 WPQT 支援或有組合銲接方法的 WPQT 支援。

2.2.5 銲接程序檢定紀錄

1. WPQR 結果應符合國家標準 (CNS) 或其他國際標準。
2. WPQR 應記錄合格檢定試件所使用的材料、消耗品、參數和熱處理，並記錄之後的非破壞檢測和破壞檢測。
3. 非破壞檢測和破壞檢測應符合國家標準 (CNS) 或其他國際標準。

【解說】（參考：DNV-OS-C401、ISO 5817）

1. WPQR 相關規定可參照 CNS 15876-1、ISO 15614-1 或其他公認的標準。
2. WPQR 應記錄檢定銲接過程中與最終應用相關的所有主要參數，並在每個銲道位置記錄實際相關之銲接參數，每個銲道應記錄銲道寬度範圍。
3. WPQR 文件應有 WPQT 中使用的母材和銲接材料之原製造廠商所提供的品質證明文件。
4. 寬間隙銲接：
當銲道大於 16 mm 且最大不超過 1.5 倍鄰接構件的板厚度（最大 25 mm）時，對接接頭、T 型、Y 型和 K 型接頭的寬間隙銲接應經 WPQT 進行檢定，應使用最大的生產銲道（用於修補銲）。除非特別的允許，否則超過 25 mm 的銲道應通過填料 (Insert) 進行修復。在以下情況下，應通過單獨的 WPQT 對銲道的塗層銲 (Buttering) 進行檢定：
 - (1) 塗層銲的主要參數與常規銲接不同。
 - (2) 塗層銲的厚度超過 8 mm。為了使銲接程序 WPQT 合格，在開始填充凹槽之前，應使用磁粒檢測或液滲檢測對塗層銲區域進行 100% 測試。
5. 一般 WPQT 須遵守相關的檢測要求和驗收標準，且對於不同的構件和材料之銲接組合應遵守不同材質和等級之間的銲接標準。
6. 用於 WPQT 所有相關銲接監視測量的工具（例如測溫槍、電流表、電壓表）均應檢查並記錄校正合格證書或證明文件。
7. WPQT 的非破壞性檢測 (Non-Destructive Testing, NDT) 要求如下：
 - (1) 檢測比例：
 - A. 100% 目視檢測 (Visual Testing, VT)。
 - B. 100% 射線檢測 (Radiographic Testing, RT) 或超音波檢測 (Ultrasonic Testing, UT)。
 - C. 100% 表面裂紋檢測，若鐵磁性材料採磁粒檢測 (Magnetic Particle Testing, MT)，非鐵磁性材料則採液滲檢測 (Penetrant Testing, PT)。

註：全滲透接頭和 T/Y/K 型接頭，上述 NDT 均須執行。對於填角銲和部分滲透接頭，可不要求 RT 或 UT。

(2) 驗收標準：

除非另有規定，否則銲道瑕疵驗收標準應符合 ISO 5817 的 B 級要求。對於銲蝕(501)、銲冠過高（適用於對接銲，502）、銲道凸出過高（適用於填角銲，503）、滲透過度（504）、銲趾角過小（505）等瑕疵，應符合 ISO 5817 的 C 級要求。

(3) 重新檢測要求：

如果 WPQT 未能通過 NDT，則應重新銲接一塊附加 WPQR 並接受相同的檢測。若附加試樣也未能通過，則 pWPS 視為不合格。在進行新的檢定試驗前，應重新編制 pWPS。

8. WPQR 的破壞性試驗 (Destructive Testing, DT) 抽樣測試要求依銲接製程不同，可參照 DNV-OS-C401：

(1) 檢測方法：

A. 橫向拉伸試驗 (Cross-Weld Tensile Test)

檢測要求和驗收標準，可參考 DNV-OS-C401，2.5 節 3.3.2 項。

B. 彎曲試驗 (Bend Test)

檢測要求和驗收標準，可參考 DNV-OS-C401，2.5 節 3.3.3 項。

C. 巨觀金相試驗 (Macro-Section Test)

檢測要求和允收準則，可參考 DNV-OS-C401，2.5 節 3.3.4 項。

D. 硬度試驗 (Hardness Test)

檢測要求和允收準則，可參考 DNV-OS-C401，2.5 節 3.3.5 項。

E. 沙丕 V 型缺口衝擊韌性試驗 (Charpy V-notch Impact Toughness Test)

檢測要求和允收準則，可參考 DNV-OS-C401，2.5 節 3.3.6 項。

F. 斷裂力學試驗 (Fracture Mechanics Test)

檢測要求和允收準則，可參考 DNV-OS-C401，2.5 節 3.3.7 項。

G. 十字接頭拉伸剪切試驗 (Cruciform Joint Tensile Shear Test)

檢測要求和允收準則，可參考 DNV-OS-C401，2.5 節 3.3.8 項。

(2) 重新檢測要求：

A. 除衝擊試驗和巨觀金相試驗以外的破壞性試驗

若上述任何破壞性試驗（不包括衝擊試驗和巨觀金相試驗）的結果未達到允收準則，在試樣材料足夠的情況下，可在原銲接接頭上再取兩組試樣。如果原銲接件材料不夠無法取樣，則可以使用相同的 pWPS 重新銲接一個新的試樣進行取樣。

B. 衝擊試驗

若有一組三個衝擊試樣的結果未達到驗收要求，則可以再取一組三個衝擊試樣。附加試樣的結果與之前三個的結果合併平均值。該平均值應不小於要求值。同時這六個試樣中，最多僅能有兩個的衝擊值小於要求的平均值，且這兩個值中，僅能有一個小於要求值的 70%。

C. 巨觀金相試驗

如果 WPQT 因為裂紋和未熔合缺陷未能達到巨觀金相試驗的允收準則，可重新銲接一個 WPQT 並進行相同的檢測。

如果上述附加試樣中任何一個的試驗結果未達到允收準則，則該 pWPS 被認為不合格，需要進行修改。

2.2.6 鋼材試片檢測要求

鋼材試驗檢測應符合國家標準 (CNS) 或其他國際標準。

【解說】 (參考 DNV-OS-C401)

1. 碳鋼及低合金鋼試片規格之取樣數量、位置
試片的尺寸規格應能滿足試驗取樣需求和可能出現的附加試驗取樣需求，抽樣測試要求依銲接製程不同、參照 DNV-OS-C401：
 - (1) 全滲透的板對接接頭
 - A. 試片尺寸規格可參照 DNV-OS-C401，2.5 節 4.1.1 項。
 - B. 取樣數量和位置可參照 DNV-OS-C401，2.5 節 4.1.3 項。
 - (2) 全滲透的管對接接頭
 - A. 試片尺寸規格可參照 DNV-OS-C401，2.5 節 4.2.1 項。
 - B. 取樣數量和位置可參照 DNV-OS-C401，2.5 節 4.2.3 項。
 - (3) 全滲透的 T 型，Y 型和 K 型接頭
 - A. 試片尺寸規格可參照 DNV-OS-C401，2.5 節 4.3.1 項。
 - B. 取樣數量和位置可參照 DNV-OS-C401，2.5 節 4.3.3 項。
 - (4) 支管連接
 - A. 試片尺寸規格可參照 DNV-OS-C401，2.5 節 4.4.1 項。
 - B. 取樣數量和位置可參照 DNV-OS-C401，2.5 節 4.4.3 項。
 - (5) 填角銲
 - A. 試片尺寸規格可參照 DNV-OS-C401，2.5 節 4.6.1 項。
 - B. 取樣數量和位置可參照 DNV-OS-C401，2.5 節 4.6.3 項。
 - (6) 非全滲透接頭
非全滲透接頭的試片尺寸規格、取樣數量和位置、檢測方法、允收準則以及 WPS 的主要參數不能直接套用本規範要求，需要按照實際需求逐一檢定。

2.3 製造與公差

2.3.1 製造檢驗人員資格

承包商的檢驗人員應具有檢驗資格，並提供有效證明文件，相關資格應符合國家標準 (CNS)、其他國際標準或經專業協會或認證機構認證。

【解說】 (參考 DNV-OS-C401、CNS-15986-2)

1. 檢驗人員可參照 CNS 15986-2、CNS 15986-5 或其他公認標準。
2. 承包商應依相關要求安排檢驗人員，進行計畫執行及督導製造之檢驗。
3. 銲接檢驗應由合格的銲接檢驗師與非破壞檢測人員執行。
4. 銲接檢驗師通常由銲接專業協會認證，例如：AWS、IIW、台灣銲接協會等。
5. 非破壞檢測人員參照 2.4.1 章節。
6. 有效證明文件為專業協會或機構所核發的合格證書，且在有效期限內。

2.3.2 檢驗要求

1. 檢驗應依已核定之品質和檢驗計畫進行，確認工作按照規定之專案程序和計畫進行，確保符合專案要求。
2. 檢驗項目應符合產品標準以及國家標準 (CNS) 或其他國際標準規定。

【解說】 (參考 DNV-OS-C401)

1. 製造後應考慮適當的等待時間再進行檢驗。

2. 檢驗應包括以下內容：
 - (1) 材料的正確識別、紀錄和使用。
 - (2) 製造程序和人員資格的檢定和認可。
 - (3) 準備工作的檢驗（組裝、工裝夾具、加固等）。
 - (4) 銲接檢驗。
 - (5) 檢驗製造作業是否符合規範和製造程序的要求。
 - (6) 非破壞檢測、控制和試驗。
 - (7) 銲接修補檢驗。
 - (8) 檢查防蝕系統。
 - (9) 對於製造時所用機械設備，確保其量測功能、運行操作正常。
3. 製造檢驗不合格時應進行複查以確定原因，並應採取適當的矯正措施。
4. 製造檢驗或產品本身不合格率偏高時，可要求與審查者或審查部門（機構）達成特殊補救措施。
5. 特殊補救措施，包括：承包商的檢驗頻率增加、審查者或審查部門（機構）的檢驗頻率增加、人員資格重新確認及其他認可之補救措施。

2.3.3 銲接接頭準備與成形

1. 應提供銲接接頭之準備型式及設計相容之形狀，接頭準備型式公差應符合國家標準 (CNS) 或其他國際標準。
2. 銲接前應檢查銲件尺寸及定位精度，以確保符合製造或檢驗測試程序書和合格 WPS 的銲道開槽形狀、根部間隙和定位規定。

【解說】（參考 DNV-OS-C401）

1. 銲接接頭可參照 ISO 9692 系列、DNV-OS-C401、IACS Rec. No.47 或其他公認的標準。
2. 使用熱切割時，應避免造成材料的局部硬化和碳污染。
3. 剪切方式切割材料時，應考慮加工硬化的效果和邊緣破裂的風險。
4. 切割不當需要使用銲接進行修復時，應按銲接修補的程序進行。
5. 承包商應控制材料的成形和校正皆按照程序進行。
6. 除非審查者或審查部門（機構）同意，否則銲道不得進行冷作加工。
7. 鋼的熱作成形應考慮材料性能之不利影響，650°C 以上之鋼的熱成型程序應經審查者或審查部門（機構）同意。
8. 最小降伏強度大於 500 MPa 且厚度大於 50 mm 的高強度材料，應在火焰切割之前根據製造廠商的建議進行預熱，且火焰切割表面應通過 100% 磁粒檢測。
9. 除非另有規定並經過檢定，否則特殊和普通結構所用的強度等級不超過 VL 690 的材料冷作變形率不得超過 5%。承包商需要在生產開始前準備冷作成型程序書，該程序書需獲得審查者或審查部門（機構）同意。
10. 如果要在冷作變形率超過 5% 的區域進行銲接，要考慮其可能的裂紋傾向，增加 NDT 檢測比例。對於所有超過 5% 的冷作變形且經過熱處理的區域，要在所有冷作加工、銲接、熱處理工作完成後，進行 100% 的 MT 檢測。如果材料為不銹鋼，可以改為 PT 檢測
11. 理論塑性變形 ϵ (%) 應通過以下簡化公式計算：
 - (1) 單曲率變形
 - A. 將板冷軋或壓制成圓柱形：

$$\epsilon = \frac{t}{2R_c + t} \times 100 \quad \text{式 2-1}$$

B. 將直管冷彎成彎頭：

$$\epsilon = \frac{D}{2R_C} \times 100 \quad \text{式 2-2}$$

(2) 雙曲率變形
板卷成球體：

$$\epsilon = \frac{t(1 + \nu)}{2R_C} \times 100 \quad \text{式 2-3}$$

其中，

D =管道或容器的外徑，mm

ϵ =理論塑性變形，%

R_C =成型半徑（彎曲內半徑），mm

t =材料厚度，mm

ν =泊松比 (Poisson's Ratio)（塑性條件下為 0.5）。

2.3.4 組裝、銲接、銲後熱處理

1. 銲接之構件應正確對齊，並用夾具、組立銲接或其他合適之裝置固定在適當位置，組裝和銲接操作應在有合格銲接檢驗人員監督下進行，銲接管理人員應確保製造程序及施工過程皆在有效控制下進行組裝。
2. 兩相鄰對接銲道最小距離與須避開銲道區域之規定須符合國家標準 (CNS) 或其他國際標準；組立銲接時應由合格的銲接技術員或組立銲接人員執行，組立銲接銲道並應符合最小長度要求。
3. 預熱溫度應依 WPS 之規定，銲接過程中應注意道間溫度控制，使被銲接物體有適當的冷卻速率。
4. 碳鋼銲後熱處理需考慮銲接材料和鋼種據以選擇持溫溫度和時間，並應符合國家標準 (CNS) 或其他國際標準。
5. 銲接修補應按照 WPS 進行，其材料之機械性質應在規定性質內，且銲接修補應符合國家標準 (CNS) 或其他國際標準。

【解說】（參考 DNV-OS-C401）

1. 組裝

- (1) 夾板、臨時性繫帶和定位銷應由與母材具有相似成分的材料製成，且非必要時不應使用。拆卸時造成的母材損傷需要進行銲接修補。
- (2) 銲接前，應檢查銲件尺寸精度，以確保符合製造文件和合格 WPS 的銲道形狀和根部間隙。如果在有限的區域內局部超過了允許的間隙大小，則應在 IACS Rec.No.47A 中的要求進行補救作業。
- (3) 對接銲道的板厚差超過 4 mm，則較厚的板應逐漸減薄，斜度應不大於 1：3，特殊區域和有疲勞風險的對接接頭斜度應不大於 1：4。
- (4) 管構件應經過仔細處理接頭輪廓使對接能準確。管接頭銲接時，應盡可能選擇封底銲的銲接方式。
- (5) 銲接生產中應用到暫銲時，應由檢定合格的銲接人員依照合格的 WPS 施銲。WPS 中應規定最小暫銲長度。除非另有規定，暫銲的長度應至少為 50 mm 且數量應足夠，以避免構件斷裂。

- (6) 如果暫鉚熔入最終鉚道，應保證其無缺陷且不影響後續鉚道鉚接。暫鉚中不得出現裂紋。
- (7) 使用橋型或子彈型臨時附件進行暫鉚時，臨時附件的材料必須與母材等效。並且需要使用檢定合格的 WPS 進行鉚接。此類臨時附件需要從最終產品中移除。臨時附件切除時要保留至少 3 mm 再通過研磨的方式去除；研磨區域應進行目視檢測和 MT/PT 檢測。
- (8) 鉚接管時，縱向鉚道應間隔至少 50 mm。除非另有規定，直徑小於 600 mm 管的環鉚道應間隔至少一倍圓管直徑的距離或 300 mm，兩者取較大值；而直徑不小於 600 mm 的管的環鉚道應間隔至少 600 mm。
- (9) 對於支管連接，鉚道的間隔距離應如下：
 - A. 支管連接主管鉚道和支管上任何環鉚道之間的距離：至少 1 倍支管直徑或 600 mm，兩者取較小值。
 - B. 支管連接主管鉚道與主管上任何環鉚道之間的距離：至少 1/4 主管直徑或 150 mm，兩者取較小值。
 - C. 支管連接主管鉚道與主管上的縱向鉚道之間的距離：至少 2 倍主管厚度或 75 mm，兩者取較小值。

2. 預熱

- (1) 預熱溫度及道間溫度量測可參照 CNS 16157、ISO 13916 或其他公認的標準。
- (2) 當鉚接生產中需要進行預熱時，需要按照獲得同意的預熱程序進行預熱。預熱時要注意控制預熱溫度，確保受鉚接影響的區域的預熱溫度均勻一致。
- (3) 預熱時優先使用電加熱方法。在條件可控時，也可以使用燃氣加熱。嚴禁使用切割火炬進行加熱。

3. 鉚接

- (1) 鉚接生產時，鉚道道間溫度不得低於最小預熱溫度，且各層鉚道於下一道鉚道開始鉚接前應確認道間溫度符合 WPS 規定範圍。
- (2) 設計時存在疲勞風險的鉚接接頭，使用永久性襯墊前應進行全面的抗腐蝕評估。
- (3) 除非設計時另有規定，否則永久性襯墊應使用與母材同等強度的材料。對應的鉚接程序也需要經過檢定。
- (4) 鉚接時要避免出現弧擊裂紋。鉚接完成且鉚道冷卻後，要及時去除引弧板、息弧板。鉚道末端應平整且與鄰近的零件的邊緣齊平。
- (5) 如果有弧擊，需要在鉚後通過機械手段去除。對於高強度鋼和超高強度鋼上的弧擊，去除後還需要進行附加 NDT 以避免產生裂紋。
- (6) 鉚接完成後應清除鉚道及其附近區域所有飛濺物、水垢、鉚渣、氣孔、不規則物和雜質。如清除後發現缺陷則需進行非破壞檢測，且不允許敲擊。

4. 鉚後熱處理

- (1) 鉚後熱處理可參照 CNS 12670、ISO 17633 或其他公認的標準。
- (2) C-Mn 鋼需要進行鉚後熱處理時，熱處理規範中至少要規定以下資訊：
 - A. 加熱和冷卻速率。
 - B. 溫度梯度。
 - C. 保溫溫度範圍和最小保溫時間。
 - D. 熱處理設施。
 - E. 隔熱措施。
 - F. 控制裝置。
 - G. 記錄設備。
 - H. 如果需要進行現場熱處理時，對於欲進行熱處理的鋼結構應具有詳細規定。
- (3) 全程的熱處理記錄都需要保存。

(4) 除非另有規定，否則銲後熱處理應通過 WPQT 檢定合格。

5. 銲接修補

(1) 銲接修補可參照 IACS Rec.47、DNV-OS-C401 或其他公認的標準。

(2) 銲道中出現的缺陷可以通過研磨或機械加工的方式去除，隨後再進行銲接。材料允許的情況下且獲得同意的情況下，也可以使用鏟修去除缺陷。為了驗證研磨或機械加工是否完全去除了缺陷，相關區域應選用合適的 NDT 方法進行檢測。強度、延展性和衝擊韌性不足的銲道也需要在修補前完全去除。修補銲道的機械性質應滿足對應母材的最低要求。

(3) 在獲得審查者或審查部門（機構）同意的情況下，對於銲後輕微的不連續缺陷，可以研磨或機械加工的方式使銲道周圍平滑。經處理後，減少的材料厚度不能小於公稱尺寸的 93%，且不能超過 3 mm。

(4) 銲接修補應按照檢定且經同意的修補程序執行。

(5) 對於超高強度鋼，銲道修補深度如果超過母材厚度的 1/4，應對其銲接修補程序單獨檢定。

(6) 除非另有規定，否則對於較厚結構（如母材厚度 ≥ 50 mm 時），在對結構件進行淺層和局部修補時，預熱溫度和道間溫度應比銲接生產時的要求再提高 50°C，且不能低於 100°C。除非另有規定，否則道間溫度不得超過 250°C。在修補完全結束前都需要進行保溫。

(7) 對於線性缺陷，缺陷兩端的修補長度應比 NDT 的發現的缺陷尺寸再各延長 50 mm。

(8) 除非另有規定，否則銲後熱處理的結構在進行銲接修補後，還需要進行新的銲後熱處理。

(9) 所有修補後的銲道應使用相同的 NDT 方法再次檢測。必要時，應增加檢測比例。

(10) 同一個區域的銲接修補次數不得超過 2 次。獲得同意的情況下可以進行更多次數的修補。

2.3.5 幾何公差範圍

1. 鋼材尺度允許公差應符合國家標準 (CNS) 或其他國際標準。
2. 製造公差檢驗應依經核可之測試及檢驗程序書規定執行。最大製造公差應符合設計圖規定、國家標準 (CNS) 或其他國際標準。

【解說】（參考 DNV-OS-C401）

1. 構件平直度與公差範圍可參考 DNV-RP-C201 和 DNV-RP-C202 的挫屈計算。
2. 十字形接頭和對接銲道中非連續板的對準之公差，可參考 DNV-OS-C401。
3. 在設計計算中需考慮到較大的缺陷時，製造公差之影響可以參考 DNV-RP-C203。

2.4 銲道非破壞檢測

2.4.1 非破壞檢測人員資格

非破壞檢測人員應參照國家標準 (CNS) 或等同的國際標準之規定通過檢定與獲得證書。

【解說】（參考 CNS 13588、DNV-OS-C401、DNV-CG-0051）

1. 目視檢測應由合格人員執行，執行目視檢測的人員可依下列方式之一取得資格：
 - (1) 依 CNS 13588、ISO 9712 或等同標準要求之第三方驗證單位所簽署之資格證書，且資格等級為中級檢測師 (Level 2)；
 - (2) 依台灣銲接協會的銲接檢驗師、國際銲接協會 (IIW) 的國際銲接檢驗員中級 (IWI-S)、英國劍橋皇家銲接研究所 (TWI) 的銲接檢驗師 (CSWIP 3.1, 2 級)、美國銲

接協會 (AWS) 的銲接檢驗師 (CWI) 或等同的驗證方案進行訓練和資格檢定。

2. 除目視檢測人員之外，其餘非破壞檢測操作員及監督人員應取得符合 CNS 13588、ISO 9712 或等同標準要求之第三方驗證單位所簽署之資格證書。資格證書應清楚說明該人員通過的非破壞檢測方法、等級和領域。
3. 磁粒檢測與液滲檢測的操作員應取得相關檢測方法和領域的初級檢測師 (Level 1) 證書。
4. 射線檢測與超音波檢測的操作員應取得相關檢測方法和領域的中級檢測師 (Level 2) 證書。
5. 所有非破壞檢測的監督人員之資格應比執行檢測人員高一等級。
6. 依 CNS 13588、ISO 9712 或等同標準要求之執行的人員驗證機構應符合 ISO/IEC 17024。
7. 特定檢測作業（如管狀節點銲道執行超音波檢測等）人員，除了取得上述資格之外，應通過具備典型連接結構的相關瑕疵試件之實務檢測考驗。

2.4.2 相關文件、程序書及報告

1. 製造前，承包商應提交非破壞檢測計畫書、非破壞檢測程序及非破壞檢測人員之合格證明文件。
2. 非破壞檢測程序應符合 ISO 國際標準。可視情況，接受其他公認的標準。
3. 非破壞檢測應依經核可之非破壞檢測計畫和程序進行。檢測儀器應有校正、校準或查驗（核）之紀錄與有效期限，作業請參考相關國家標準（CNS）。
4. 所有非破壞檢測應妥善記錄，以利重複執行該檢測。
5. 非破壞檢測之紀錄應表示出所有不符合驗收標準之缺陷。
6. 非破壞檢測報告應由相關責任人員簽署。

【解說】（參考 DNV-OS-C401、CNS 13588）

1. 非破壞檢測計畫書應說明檢測位置和區域，且明確識別關鍵區域；應特別注意檢測以下部位的銲道：高應力區域、主要和特殊結構、疲勞敏感區、其他重要結構元件、在使用中難以接近或很難檢測的區域、現場建造的銲道、疑似問題區，以及在承包商和分包商處建造銲道的區塊。若欲使用特殊檢測方法，亦應陳述於非破壞檢測計畫。
2. 非破壞檢測程序：
 - (1) 非破壞檢測應建立相關之程序及指引等文件，說明產品執行非破壞檢測作業中所有必要參數及注意事項，提供人員據以執行。
 - (2) 非破壞檢測應符合 DNV-CG-0051、ISO 國際標準、CNS 和其它相關公認的標準，詳見第 2.4.3 節。
 - (3) 產品製造過程中，應考量檢測所需的時間和空間。
 - (4) 所有非破壞檢測的程序應經由相關檢測方法和領域的監督人員批准和簽署。
 - (5) 使用高階非破壞檢測程序〔例如：使用數位偵測矩陣 (Digital Detector Arrays, DDA) 的射線檢測、相位陣列式超音波檢測 (Phased Array Ultrasonic Testing, PAUT) 和飛行繞射時間 (Time Of Flight Diffraction, TOFD) 〕之前，這些高階非破壞檢測應通過程序檢定測試。
3. 檢測前、中、後之作業、記錄及注意事項，應依上項程序及指引執行。
4. 若有要求應陳列於報告的瑕疵，應記錄於非破壞檢測報告之內。
5. 如果需要進行熱處理時，應在所有熱處理完成後進行最終的非破壞檢測。
6. 所有銲道修復工作的非破壞檢測應記錄之。

2.4.3 非破壞檢測方法

1. 目視檢測 (Visual Testing, VT)、磁粒檢測 (Magnetic Particle Testing, MT) 與液滲檢測 (Penetrant Testing, PT) 應用於表面瑕疵或缺陷；射線檢測 (Radiographic Testing, RT) 與超音波檢測 (Ultrasonic Testing, UT) 應用於次表面(Sub-Surface)/內部瑕疵或缺陷。
2. 非破壞檢測方法之選擇應適當考量檢測方法之靈敏性，以及檢測方法對於因採用之銲接方法而可能出現之缺陷具有偵檢能力。

【解說】（參考 DNV-OS-C401、ISO 17635、DNV-CG-0051）

1. 非破壞檢測作業之程序及指引等文件，應由具備該檢測方法和領域有效資格之檢測人員，依相應等級及權責建立；其應用之材料、製造、製程、產品性質和技術應依據相關之政府法規、標準（ISO、CNS）、規範及業主需求，選擇適當之非破壞檢測方法與技術。
2. 選擇非破壞檢測方法前，宜考慮下列因素：
 - (1) 銲接方法。

- (2) 母材、銲接材料和處理方法。
 - (3) 接頭類型和幾何。
 - (4) 組件配置（易接近性、表面條件等）。
 - (5) 品質等級。
 - (6) 期望檢出瑕疵的類型和方向。
3. 目視檢測：
- (1) 目視檢測應依 DNV-CG-0051、ISO 17637 或等同標準執行，目視檢測設備應符合 EN 13927 歐盟目視檢測設備。
 - (2) 直接目視檢測：
 - A. 待檢表面的照度應至少 500 lux。
 - B. 進行直接目視檢測時，在待檢表面 600 mm 之內，應提供人眼足夠的觀測空間且檢測角度在 30° 以上。

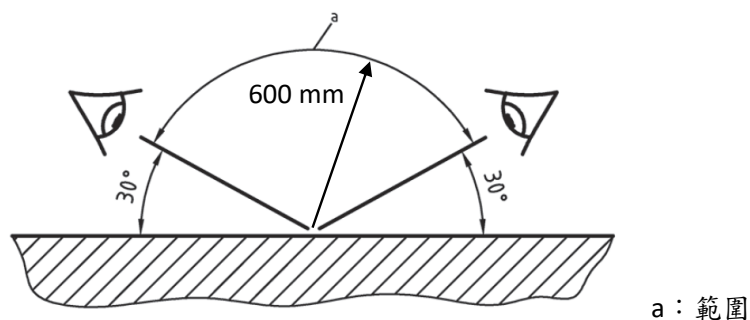


圖 2-1 直接目視檢測（來源：ISO 17637，SOIC 調整）

- (3) 當不能滿足執行直接目視檢測之規定時，應考慮採用鏡子、工業用內視鏡 (Boroscope)、光纖電纜或相機進行檢測。
4. 磁粒檢測：
- (1) 磁粒檢測應依 DNV-CG-0051、ISO 17638 或等同標準執行，其觀察條件應依 ISO 3059 執行，檢測介質和磁化設備應分別符合 ISO 9934-2 和 ISO 9934-3。
 - (2) 磁粒檢測的一般原則請參閱 ISO 9934-1。
 - (3) 在可能的情況下，應對銲道的兩面進行磁粒檢測。
 - (4) 不允許使用永久磁體。
 - (5) 若有退磁需求，應在一定的範圍內執行且達到預先設定的等級。退磁方法應在磁粒檢測程序中說明。
5. 液滲檢測：
- (1) 液滲檢測應依 DNV-CG-0051、ISO 3452-1 或等同標準執行，其觀察條件應依 ISO 3059 執行、設備應符合 ISO 3452-4 規定。
 - (2) 系統性能測試應使用符合 ISO 3452-3 的參考試塊 (Reference Test Blocks)。
 - (3) 在可能的情況下，應對銲道的兩面進行液滲檢測。
 - (4) 滲透劑、顯像劑和清潔劑應有追溯至證明符合 ISO 3452-2 或等同標準的批次 (Batch) 證書或數據表。經審查者或審查部門（機構）同意後，可接受其他標準。
6. 射線檢測：
- (1) 視成像技術之不同應依適當標準執行，如 DNV-CG-0051、ISO 17636-1、ISO 17636-2 或等同標準。
 - (2) 視成像技術之不同應依適當標準執行，如 DNV-CG-0051、ISO 17636-1、ISO 17636-2 或等同標準。

- (3) 應儘可能使用 X 射線 (X-ray sources)。伽瑪射線源 (Gamma-ray sources) 種類可為 Se 75 和 Ir 192，其適用範圍應依 DNV-CG-0051 辦理。
 - (4) 由射線檢測結果疑似平面瑕疵時，應由超音波檢測確定類型、位置和尺寸。
 - (5) 底片在約定的保存期間內應保持品質良好，射線照相應免除因沖洗引起瑕疵。
7. 超音波檢測：
- (1) 脈波反射式 (Pulse-Echo) 超音波檢測：
 - A. 應依 DNV-CG-0051、ISO 17640 或等同標準執行。
 - B. 用於時間軸校準和角度決定的校準規塊 (Calibration Blocks) 定義於 ISO 2400 和 ISO 7963。校準規塊最好應與待測材料具有相同聲學特性。
 - C. 耦合劑 (Coupling Media) 應符合 ISO 16810。
 - D. 範圍和靈敏度的設置應在每次檢測前按照 ISO 16811 和相關文件 (例如：DNV-CG-0051 或 ISO 17640) 進行，並考慮溫度的影響。
 - E. 指示的特性 (Characterization of Indications) 之指南可參閱 ISO 16827 和 ISO 23279。
 - (2) 超音波飛行繞射時間差法 (TOFD) 檢測技術：
 - A. TOFD 檢測應依 DNV-CG-0051、ISO 10863 標準執行或等同標準執行。
 - B. TOFD 技術的一般原則描述於 ISO 16828。
 - (3) 相位陣列超音波檢測 (PAUT) 技術：
 - A. PAUT 技術應依 DNV-CG-0051、ISO 13588 或等同標準執行。
 - B. 用於 PAUT 的超音波設備應符合 ISO 18563-1、ISO 18563-2 和 ISO 18563-3 的要求 (如適用)。
 - C. 依 ISO 19675 定義，標準校準規塊 (Standard Calibration Block) 宜用於速度、楔形延遲 (Wedge Delay) 和角度校正增益 (Angle-Corrected Gain, ACG) 校準。
 - (4) 超音波檢測應在厚度在 10 mm 以上的鐸道中實施；在厚度低於 8 mm 的情況下，可以考慮接受適當的高級超音波檢測，例如：TOFD 或 PAUT。
 - (5) 斜束探頭的選擇取決於母材厚度、鐸道斜面和欲尋找的缺陷類型。

2.4.4 非破壞檢測範圍

1. 所有鐸道應由承包商指定的合格人員先進行 100% 的目視檢測，並經審查同意後執行其他非破壞檢測。
2. 對於以百分比方式進行鐸道檢測時，在選擇欲檢測之鐸道，應考量結構之完整性。
3. 應適當考量製造、組裝和鐸接方法之情況下，對鐸道進行代表性採樣。
4. 鐸接接合 2 種不同結構類別之組件時，其鐸道的檢驗類別應選取此 2 個組件中較高者。
5. 若對於技術品質有疑義，驗證者可依非破壞檢測計畫改變檢測位置及／或擴大非破壞檢測範圍。
6. 鐸道檢測應檢討非破壞檢測失效率 (Failure Rate) 且送審；若失效率過高，則應提高非破壞檢測之範圍。

【解說】 (參考 DNV-OS-C401、DNV-OS-C101、API RP 2SIM、DNV-OS-C201)

1. 決定非破壞檢測範圍時，宜考慮下列：
 - (1) 應力位準 (Stress Level) 和應力方向。
 - (2) 循環負荷。
 - (3) 材料韌性。
 - (4) 構件的冗餘 (Redundancy)。

- (5) 結構的整體完整性。
 - (6) 運轉（操作）中進行檢測的易接近性。
 - 2. 僅以規定的百分比進行鉚道檢測時，應優先考量結構完整性較重要者（例如：損壞風險較高者及／或危害後果較嚴重者）。
 - 3. 結構鉚接的非破壞檢測之最低檢測範圍：
結構鉚道的非破壞檢測依結構類別而有不同的最低檢測範圍。結構類別有特殊 (Special)、主要 (Primary)、次要 (Secondary)，其分類原則：
 - (1) 特殊：結構零件失效將招致重大後果，並且受到應力條件的影響可能增加脆性斷裂之機率。
 - (2) 主要：結構零件失效將招致重大後果。
 - (3) 次要：結構零件失效將不會招致顯著後果。
- 上述 3 種結構類別的非破壞檢測之最低檢測範圍如表 2-1 所示：

表 2-1 結構類別的非破壞檢測之最低抽樣比例 (來源：DNV-OS-C401)

結構類別	檢驗類別	連接類型	目視檢測	檢測方法	
				磁粒檢測／液滲檢測 ¹	射線檢測／超音波檢測
特殊	I	• 對接銲道	100%	100%	100% ²
		• 全滲透銲道之十字與 T 形接頭	100%	100%	100% ³
		• 部分滲透銲道與填角銲道之十字與 T 形接頭	100%	100%	-
主要	II	• 對接銲道	100%	20% ⁴	10% ²
		• 全滲透銲道之十字與 T 形接頭	100%	20%	20% ³
		• 部分滲透銲道與填角銲道之十字與 T 形接頭	100%	20%	-
次要	III	• 對接銲道	100%	抽樣 ⁵	抽樣 ^{2,5}
		• 全滲透銲道之十字與 T 形接頭	100%	抽樣 ⁵	抽樣 ^{3,5}
		• 部分滲透銲道與角銲道之十字與 T 形接頭	100%	抽樣 ⁵	-

1. 鐵磁性材料採用磁粒檢測；非鐵磁性材料採用液滲檢測。
 2. 射線檢測是必須的。經審查者或審查部門（機構）同意，射線檢測可部分或全部由超音波檢測取代。
 3. 超音波檢測是必須的。檢核點 (Checkpoint) 應包括整個銲道長度或與驗證者商定的長度，其中非破壞檢測計畫中規定每個檢核點的最小檢測銲道長度。
 4. 對於不承受高殘留應力的銲道連接，可以接受抽樣檢查。
 5. 大約 2%~5%。

4. 位於主要和次要結構類別中的疲勞關鍵部位應依檢驗類別I類的要求進行檢測。營運中不能檢修的關鍵銲道應依檢驗類別 I 類的要求執行。

5. 非破壞檢測失效率：

(1) 非破壞檢測失效率是不合格缺陷的總長度除以檢測的銲道長度（以百分比表示）。

$$\text{失效率} = \frac{\text{不合格缺陷的總長度}}{\text{檢測的銲道長度}} \times 100\% \quad \text{式 2-4}$$

(2) 若具有持續性低的非破壞檢測失效率，經審查者或審查部門（機構）同意後，可減少結構類別屬於主要類別之元件的非破壞檢測範圍，但不得少於檢驗類別III。

(3) 用於增加非破壞檢測範圍之非破壞檢測失效率基準量，應與驗證者達成共識。

6. 銲道鏟修後的非破壞檢測區域為鏟修區域每側至少增加 100 mm，且至少應採用與規定相同的非破壞檢測方法再次檢測。

2.4.5 允收準則

1. 各類別鐸道應符合國家標準 (CNS) 或其他國際標準之相應等級之規定。
2. 鐸道之完整性應符合所用的各類非破壞檢測方法之允收準則。

【解說】（參考 DNV-OS-C401、DNV-CG-0051、ISO 17635、ISO 23277）

1. 特殊類別的鐸道應符合 CNS 16092、ISO 5817 或等同標準之等級 B 規定；主要和次要類別的鐸道應符合上述標準的等級 C 規定。
2. CNS 16092 或 ISO 5817 各等級與各種非破壞檢測技術驗收等級之關係，應依 ISO 標準，如表 2-2 至表 2-9。各種非破壞檢測技術的允收準則所依循的標準如下：
 - (1) 目視檢測允收準則應符合 CNS 16092、ISO 5817 或等同標準。

表 2-2 目視檢測的驗收等級關聯表
(來源：DNV-CG-0051 和 ISO 17635)

依據 CNS 16092、ISO 5817 或等同標準的品質等級	依 DNV-CG-0051 或 ISO 17637 檢測技術和等級	驗收等級 ^a
B	未指定	B
C	未指定	C

a 目視檢測的驗收等級和 CNS 16092、ISO 5817 或等同標準的品質等級相同。

- (2) 磁粒檢測允收準則應符合 ISO 23278 或等同標準。

表 2-3 磁粒檢測的驗收等級關聯表
(來源：DNV-CG-0051 和 ISO 17635)

依據 CNS 16092、ISO 5817 或等同標準的品質等級	依 DNV-CG-0051 或 ISO 17638 檢測技術和等級	依據 ISO 23278 的驗收等級
B	未指定	2 X
C	未指定	2 X

- (3) 液滲檢測允收準則應符合 ISO 23277 或等同標準。

表 2-4 液滲檢測的驗收等級關聯表
(來源：DNV-CG-0051、ISO 17635 和 ISO 23277)

依據 CNS 16092、ISO 5817 或等同標準的品質等級	依 DNV-CG-0051 或 ISO 3452-1 檢測技術和等級	依據 ISO 23277 的驗收等級
B	未指定 ^a	2 X ^c
C	未指定 ^b	2 X

a. 滲透劑宜採用 ISO 3452-2 中的 2 級或 3 級靈敏度之螢光滲透劑，或者 2 級靈敏度之色比滲透劑。
b. 滲透劑宜採用 ISO 3452-2 中的任一級等級之螢光滲透劑或 2 級靈敏度之色比滲透劑。
c. 高應力區域可選用驗收等級 1。

- (4) 射線檢測允收準則應符合 ISO 10675-1 或等同標準。

表 2-5 底片成像技術的射線檢測之驗收等級關聯表
(來源：DNV-CG-0051 和 ISO 17635)

依據 CNS 16092、ISO 5817 或等同標準的品質等級	依 DNV-CG-0051 或 ISO 17636-1 檢測技術和等級	依據 ISO 10675-1 的驗收等級
B	DNV-CG-0051 或 ISO 17636-1 的 B 級	1

C	DNV-CG-0051 或 ISO 17636-1 的 B 級 ^a	2
a. 環銲道檢測的最小曝光次數與 ISO 17636-1 等級 A 相對應。		

表 2-6 使用計算射線照相術或數位偵測矩陣的射線檢測之驗收等級關聯表
(來源：DNV-CG-0051 和 ISO 17635)

依據 CNS 16092、ISO 5817 或等同標準的品質等級	依 DNV-CG-0051 或 ISO 17636-2 檢測技術和等級 ^a	依據 ISO 10675-2 的驗收等級
B	DNV-CG-0051 或 ISO 17636-2 的 B 級	1
C	DNV-CG-0051 或 ISO 17636-2 的 B 級 ^b	2
a. 經合同雙方同意，影像增強器或螢光鏡可用於具有數位影像採集(A/D 轉換 \geq 12 位元)的射線檢測。銲道檢測要求，例如：最小曝光次數、曝光幾何形狀和像質計要求，應符合 ISO 17636-2。按照合同雙方的協議，雙線 (Duplex Wire) 像質計的要求可依據 EN 13068-3 來選擇。		
b. 環銲道檢測的最小曝光次數與 ISO 17636-2 等級 A 相對應。		

(5) 超音波檢測相關的允收準則：

A. 脈波反射式檢測技術允收準則應符合 ISO 11666 或等同標準。

表 2-7 脈波反射式檢測技術的等級關聯表
(來源：DNV-CG-0051 和 ISO 17635)

依據 CNS 16092、ISO 5817 或等同標準的品質等級	依 DNV-CG-0051 或 ISO 17640 檢測技術和等級 ^a	依據 ISO 11666 的驗收等級
B	DNV-CG-0051 或 至少 ISO 17640 的 B 級	2
C	DNV-CG-0051 或 至少 ISO 17640 的 A 級	3
a. 如需評定顯示特徵時，應依 ISO 23279 評定。		

B. 超音波繞射時差法檢測技術允收準則應符合 ISO 15626 或等同標準。

表 2-8 超音波繞射時差法檢測技術的驗收等級關聯表
(來源：DNV-CG-0051 和 ISO 17635)

依據 CNS 16092、ISO 5817 或等同標準的品質等級	依 DNV-CG-0051 或 ISO 10863 檢測技術和等級	依據 ISO 15626 的驗收等級
B	DNV-CG-0051 或 ISO 10863 的 C 級	1
C	DNV-CG-0051 或 ISO 10863 的 C 級	2

C. 相位陣列超音波檢測技術允收準則應符合 ISO 19285 或等同標準。

表 2-9 相位陣列超音波檢測技術的驗收等級關聯表
(來源：DNV-CG-0051 和 ISO 17635)

依據 CNS 16092、ISO 5817 或等同標準的品質等級	依 DNV-CG-0051 或 ISO 13588 檢測技術和等級	依據 ISO 19285 的驗收等級
B	DNV-CG-0051 或 ISO 13588 的 B 級	2
C	DNV-CG-0051 或 ISO 13588 的 A 級	3

2.5 防蝕保護系統

2.5.1 塗裝系統

<p>1. 塗裝系統施工</p> <p>(1) 塗裝工作應由具有適當資格之人員執行。</p> <p>(2) 塗裝系統之生產和施工應依公認的技術標準、圖面和商定之規範進行。</p> <p>(3) 處理塗裝系統時，應依塗料製造商的材料加工說明和施工要求。</p> <p>2. 塗裝系統檢驗應由檢定合格的檢驗人員執行。</p> <p>3. 塗裝完工構件儲存、運輸和安裝應避免損壞；若有任何損傷應按照本小節第 1 項之(2)執行。</p>

【解說】(參考 DNV-OS-C401、NACE SP0108、NORSOK M-501、ISO 12944、ISO 2063-2)

1. 塗裝系統施工

(1) 人員資格：

- A. 熔射金屬廠商應有符合 ISO 14918、等同標準或受過充分指導和培訓之熔射人員 (Thermal Sprayers) 進行施工，且應配置適當的熔射協調人員 (Thermal Spraying Coordinator) 負責熔射金屬層的施工計畫和監督，其資格和培訓宜符合 ISO 12960。
- B. 熱浸鍍鋅層廠商之資格應符合下列情形之一：
- (a) 通過相關單位驗證合格之廠商（例如：中華民國熱浸鍍鋅協會或 NORDCERT approved galvanizer 等）。
- (b) 通過 ISO 9001 和當地政府對環境安全衛生要求之廠商。
- C. 非金屬塗層的相關施工人員之資格應符合下列情形之一：
- (a) 符合國家海洋研究院的離岸作業塗裝維護人員職能基準。
- (b) 通過相關驗證方案或訓練課程（例如：CSWIP¹驗證方案文件編號 CSWIP-BP-25-16、AMPP²/SSPC³ Coating Application Specialist Program、AMPP/NACE⁴ NII Certified Coating Applicator Program 等）。

¹ CSWIP：銲接檢驗人員驗證方案(Certification Scheme for Weldment Inspection Personnel, CSWIP)是由銲接協會驗證有限公司(The Welding Institute Certification Ltd, TWI CL)提供，該公司是英國銲接協會(The Welding Institute, TWI)的全資子公司。在 2006 年，CSWIP 所代表的最新含義為「人員驗證方案(Certification Scheme for Personnel)」。

² AMPP：材料性能與防護協會(Association for Materials Protection and Performance)

³ SSPC：美國鋼結構油漆委員會(Steel Structures Painting Council)

⁴ NACE：國際防腐蝕工程師協會(National Association of Corrosion Engineers)

- (c) 無相關技術證書之人員依 NORSOK M-501 應具有同等級別的相關培訓和檢定，具有熟悉相關健康安全危害、防護設備運用、塗裝機具設備、塗料的性能、塗料的混合與稀釋、塗料混合後使用壽命、表面處理要求和塗裝作業要領等相關知識。
- 非金屬塗層的相關施工應受到監管，監管應由通過相關驗證方案或訓練課程(例如：CSWIP 驗證方案文件編號 CSWIP-BP-25-16 或 BGAS⁵ ATC87 Level 4 等) 或者具有適當資格之人員負責。
- (2) 商定的規範內容應包含下列事項：
- A. 使用的塗裝系統規格(例如：產品、製造商、以及符合製造商建議之塗層數和厚度)。
 - B. 與指定膜厚的偏差。
 - C. 使用的顏色。
 - D. 參考區域的數量、大小和位置。
 - E. 生產用於建造階段的測試板。
 - F. 塗裝系統製造商對塗裝工作所提出的建議。
- (3) 熔射金屬層的施工計畫書應經熔射協調人員簽核。熱浸鍍鋅層的施工計畫書應由熱浸鍍鋅廠編寫。非金屬塗層的施工計畫書〔內含塗裝程序規範書 (Coating Procedure Specification, CPS)〕應由塗料供應商協助編寫，並經相關施工人員之主管簽核。施工計畫書應提交至主管機關審核。
- (4) 金屬塗層：
- A. 熔射金屬層 (Thermal-sprayed Metallic Coatings)：
 - (a) 熔射金屬層應依 ISO 2063-2 或相關標準執行。
 - (b) 熔射金屬層應多道施工，且噴槍每次噴塗時都要與上一槍有交疊。每道熔射金屬層必須在整個表面保持均勻。
 - (c) 封孔劑(sealer) 應具有不同於熔射金屬層的顏色以便進行目視檢驗。
 - (d) 熔射金屬層的最小局部厚度應符合設計文件提出的厚度要求，其附著強度測量於測試板上執行。熔射金屬層檢驗結果應符合 NORSOK M501 的要求。
 - (e) 若熔射後的鋼結構進行油漆塗裝，油漆塗層應依據 SSPC-PA1 和油漆製造商對使用於熔射金屬層系統的建議施工。熔射金屬層和其他塗料形成的塗裝系統之檢驗應符合 NORSOK M501 要求，且附著強度測量於測試板上執行。
 - B. 熱浸鍍鋅層：
 - (a) 應適用於 ISO 12944-2 的離岸結構環境。鋼結構事先經熱浸鍍鋅處理者，熱浸鍍鋅應依 NORSOK M501、NACE SP0108 或 ISO 1461 要求進行。
 - (b) 熱浸鍍鋅層的相關檢驗應依 CNS 10007、ISO 1461 或 ASTM A123 執行，且最小局部厚度應滿足設計值。
 - (c) 若熱浸鍍鋅後的鋼結構進行油漆塗裝，鍍鋅層的表面處理應依 SSPC-SP16 與 ASTM D6386 標準執行，即掃砂的結果須符合表面粗糙度最小為 19 μm，且鍍鋅層最多 25 μm 可被消耗之要求。
 - (d) 若熱浸鍍鋅後的鋼結構進行油漆塗裝，熱浸鍍鋅層和其他塗料形成的塗裝系統之檢驗應符合 NORSOK M501 要求，且附著強度測量於測試板上執行。
- (5) 非金屬塗層：
- A. 處理非破壞金屬塗裝系統期間，應遵守塗裝製造商的產品資料表 (Product Data Sheet, PDS) 和安全資料表 (Safety Data Sheet, SDS)。

⁵ BGAS：英國天然氣認可方案(British Gas Approval Scheme, BGAS)由 TWI 管理。

- B. 可能受到前處理及／或塗裝而損壞的組件和區域（例如：陽極）應予以遮護。
- C. 構件前處理，銳利的邊緣、角落和銲道應透過研磨使之圓滑或平順；填角銲應研磨成內圓角形狀。
- D. 非破壞金屬塗裝工程進行時（不限於車間內或現地），應有塗裝檢驗人員全程在場依品管計畫書執行並記錄，其內容至少包含：表面瑕疵的預處理、表面處理、表面清潔度、水溶性污染物、粗糙度、閃鏽程度、周圍氣溫及相對濕度、底材表面溫度、預塗、塗層的乾濕膜厚和總乾膜厚度、量測位置及方法、外觀目視、多孔性(Porosity) 和附著力測試等。

E. 工廠施工：

- (a) 鋼結構的磨料噴射清理(Abrasive Blast-Cleaning)和第一道塗層應在廠內執行且於相對濕度不大於 85%和鋼表面溫度高於露點至少 3°C 的情況下進行。磨料噴射清理完工到第一道塗層實施的間隔時間與環境控管應符合離岸風電業的公認標準或規範，若有污染或閃鏽情況應重新處理達到原要求的清潔度與粗糙度。若有噴射清理不可行的部位，才應依 SSPC-SP 11 採用動力工具清理至裸金屬，且應小心操作以確保經動力工具清理後，表面沒有被拋光。
- (b) 鋼材的表面瑕疵預處理、磨料噴射清理、塵尖量和水溶性污染物應符合 DNV-RP-0416 或 DNV-OS-C401，且鋼表面應無閃鏽情況。鋼表面的粗糙度依 ISO 8503 系列進行檢驗，且應符合塗料製造商建議值。
- (c) 每道塗層施工前，應預先對邊緣、銲道和角落處進行塗層施工，以達到規定的膜厚。預留於現場施工的部位而形成的裸露表面應塗刷底漆或防鏽底漆 (Shop Primer)；若防鏽底漆作為最終整個塗裝系統的一部份，應符合 NORSOK M501 要求且通過相應的檢測。
- (d) 塗層外觀目視結果應良好、多孔性的偵檢依 ISO 29601 執行且結果應無檢出。塗層膜厚依 ISO 19840 進行測量，其值應不低於最小設計厚度且不超過製造商的最大建議值。附著力測試依 ISO 16276-1 以拉脫檢測 (Pull-off Testing) 於測試板上進行，其測試結果應符合 NORSOK M501。

F. 現場補塗：

- (a) 在鋼的表面溫度高於露點至少 3°C 且相對濕度小於 85%時進行塗裝工作。如果環境溫度和構件溫度不在塗料的施工條件內，應與塗料製造商確認其適用性。
- (b) 對於預留現場施工的部位和運輸、安裝過程中造成的塗層破壞和缺陷，應進行塗層修補。

G. 適當的固化時間 (Curing Times) 應在製造商建議和塗裝規範規定的容許範圍之內。

- (6) 塗裝間隔時間的延誤、施工中的塗裝修補、檢驗後不合格處的修補等，應依施工計畫書的程序處理。

2. 塗裝系統的品管檢驗

(1) 人員資格：

- A. 熔射金屬廠商應依 ISO14922 配置稱職的人員以根據要求進行熔射金屬層之檢驗和檢測（例如：AMPP Thermal Spray Inspector、Corrodere Academy Thermal Metal Spraying Inspector 或具有適當資格之人員等）。依 ISO14922，執行熔射金屬層的非破壞檢測人員之資格應符合 CNS 13588、ISO 9712 或等同驗證方案。
- B. 熱浸鍍鋅層之檢驗應由通過相關驗證方案或訓練課程之熱浸鍍鋅檢驗員（例如：中華民國熱浸鍍鋅協會的熱浸鍍鋅品管人員或 ICorr Hot Dip Galvanizing Inspector 等）或具有適當資格之人員執行。

- C. 非金屬塗層之檢驗應經 2 級檢定合格的塗裝檢驗人員（如：AMPP Certified Coating Inspector、NACE、SSPC、FROSIO⁶ Level 2 或同等資格⁷之人員）執行。
- (2) 熔射金屬層的品管計畫書應經檢驗人員之主管簽核。熱浸鍍鋅層的品管計畫書應經檢驗人員之主管簽核。非金屬塗層的品管計畫書〔內含檢驗和檢測計畫書及檢驗表格 (Inspection and Testing Plan and Inspection Log Sheet) 〕應經 3 級檢定合格的塗裝檢驗人員（如 AMPP Senior Certified Coating Inspector、NACE、SSPC、FROSIO Level 3 或同等資格之人員）簽核認可。品管計畫書應提交至主管機關審核。
3. 塗裝完工後的儲存、運輸和安裝
- (1) 在完全固化且達到能抵抗搬運損傷的硬度前，構件不應隨便移動且應儘可能減少搬運。
- (2) 在裝卸、堆放、移動、運輸和安裝過程中，塗裝完工後的構件應使用合適的襯墊來保護已塗裝好的構件。吊索應為織帶型，且吊點與吊索接觸構件的棱角處應儘可能使用橡皮軟管或類似材料保護，不得使用裸鋼絲繩。
- (3) 為避免運輸或其他過程中造成損壞，應採取保護表面的預防措施，如表面採用薄膜或其他軟材料來隔離。
- (4) 檢驗後的成品，不宜長期存放於露天環境。安裝前，應確認塗裝系統的損傷情況；若有任何損傷，應按照規範進行修補。

2.5.2 犧牲陽極

1. 犧牲陽極之製造和安裝應依公認的技術標準、圖面和商定之規範進行。
2. 犧牲陽極應至少出具出廠檢驗合格證明、化學成分分析報告和品質控制之電化學性能檢測報告。
3. 犧牲陽極之安裝監督應由檢定合格的檢驗人員執行。
4. 犧牲陽極於結構物安裝完畢之後，應進行檢驗及記錄之。

【解說】（參考 DNV-OS-C401、DNV-RP-B401、ISO 15257、CNS 13519、CNS 13520、CNS 13521、CNS 13521-1）

1. 鋅合金和鋁合金犧牲陽極的電化學特性應遵循設計單位之需求，並考量使用之環境條件，選擇適當的規格，請參照 CNS 13519、CNS 13520、DNV-RP-B401 或其他公認的標準。
2. 除了犧牲陽極化學成分及電化學特性之外，犧牲陽極的製造與安裝應符合 DNV-RP-B401 和 NACE SP0387。
3. 犧牲陽極品質控制的電化學性能檢測應依 CNS 13521-1 執行。犧牲陽極的製造商應具備 ISO 9001 品管證明，犧牲陽極製造後應由具有 ISO 17025 認證之實驗室進行品質確認。犧牲陽極應具備有效的型式認可證書 (Type Approval Certificate) 或通過長期的操作經驗來證明其產品性能；犧牲陽極的長期性能證明應依 DNV-RP-B401 執行。
4. 犧牲陽極的檢驗和檢測計畫及操作和維護手冊宜經具有有效期內的 ISO 15257 海洋金屬結構領域等級 4、AMPP/NACE 陰極保護專家 (CP4) 資格或同等資格檢定的陰極保護人員執行簽核。
5. 犧牲陽極安裝監督宜經具有有效期內的 ISO 15257 海洋金屬結構領域等級 3、AMPP/NACE 陰極保護技師 (CP3) 資格或同等資格檢定的陰極保護人員執行簽核。
6. 所有與犧牲陽極安裝相關的銲接作業，應由合格的銲接人員依合格的銲接程序規範書執

⁶ FROSIO：挪威表面檢驗員培訓和驗證專業委員會 (Faglig Råd for Opplæring og Sertifisering av Inspektører innen Overflatebehandling)

⁷ 同等資格人員的舉例：1) DIN CERTCO、2) 離岸結構或離岸風電標準文件允許的人員。

行。

7. 犧牲陽極的安裝應符合安裝圖說。
8. 犧牲陽極安裝檢驗應至少包括：目視檢驗銲道和任何硬銲連接(Brazed Connections)部位；對於銲接到結構部件處，可依適用的製造規範進一步執行非破壞檢測。對於採用硬銲或機械連接方法者，應進行電氣連續性（電連通）檢測。

2.5.3 外加電流系統

1. 外加電流系統之製造和安裝應依公認的技術標準、圖面和商定之規範進行。
2. 外加電流之陽極、電纜及參考電極應提供相關的合格證明書和操作手冊，並且使用適當標記，以供識別。
3. 外加電流系統之安裝監督應由檢定合格之人員執行。
4. 外加電流系統於結構物安裝完畢後，應進行檢驗及記錄之。

【解說】（參考 DNV-OS-C401、ISO 15257、離岸風電海域作業安全指引）

1. 外加電流系統的檢驗和檢測計畫及操作和維護手冊宜經具有有效期內的 ISO 15257 海洋金屬結構領域等級 4、AMPP/NACE 陰極保護專家 (CP4) 資格或同等資格檢定的陰極保護人員執行簽核。
2. 外加電流系統的安裝監督宜經具有有效期內的 ISO 15257 海洋金屬結構領域等級 3、AMPP/NACE 陰極保護技師 (CP3) 資格或同等資格檢定的陰極保護人員執行簽核。
3. 安裝過程中應詳細檢驗以確保設備的尺寸和材料符合規範。
4. 電氣安裝安全應符合國內離岸風電海域作業安全指引要求，並且所有安裝工作均應有下列電氣安全措施：
 - (1) 交流電纜與低壓直流電纜、參考電極測量電纜分開。
 - (2) 直流電源輸出端、接線盒及其連接端的電纜都應有標識。
 - (3) 電纜應有完善的支撐和保護，以避免環境、人和其他的破壞。
 - (4) 外加電流的陽極和參考電極的電纜連接接頭應在密封罩或接線盒內。
 - (5) 密封罩和接線盒應採取完善的防水密封措施。
 - (6) 對設備的電氣安全、測試和維護進行標示。
5. 安裝過程的每個迴路應含下列檢驗：
 - (1) 極性檢驗。
 - (2) 電氣連續性檢驗。
 - (3) 絕緣檢驗範圍，應證實直流電源的正極電纜與負極電纜、參考電極電纜與測量接地電纜間皆為電氣絕緣。
6. 安裝後，應進行直流電源功能測量。

2.5.4 允收準則

防蝕保護系統應提供施工計畫書、檢驗和檢測計畫書及檢驗報告。

【解說】（參考 DNV-OS-C401、DNV-RP-0416、ISO 24656、EN 12495）

1. 塗層的塗裝前底材表面狀態之允收準則：
 - (1) 熔射金屬層的熔射前檢驗結果應符合 ISO 2063-2 或相關標準。
 - (2) 熱浸鍍鋅塗層鍍鋅前底材表面狀態應依據 CNS 8503、ASTM A385 或 ISO 14713-2 標準處理。
 - (3) 非金屬塗層塗裝前的鋼材表面檢驗和檢測內容應依核定的品管計畫書和前述要求執行。

2. 塗裝系統的塗裝後檢驗之允收準則應依核定的品管計畫書和前述要求執行。
3. 犧牲陽極的允收準則：
除了犧牲陽極化學成分及電化學特性外，犧牲陽極的其餘要求和犧牲陽極插入材 (anode insert materials) 的允收準則應符合 DNV-RP-B401 和 NACE SP0387。
4. 外加電流系統陽極的允收準則：
外加電流系統的陽極應具備檢驗合格證明，其內容至少包括：出廠證明、組成材料證書、電化學性能（最大電流密度、最大放電電壓與消耗率符合 EN 12495 規定）、尺寸與外觀目視檢驗、陽極與電纜端的防水、電氣絕緣性（電連通）檢測和機械完整性檢測。
5. 對所有陰極防蝕系統的組成構件進行全面的外觀檢驗，確認安裝無誤且標識正確，以及系統正常運行的檢測報告；最終檢測和驗收應在結構安裝於場址後進行。
6. 檢驗紀錄：
 - (1) 熔射金屬層之檢驗紀錄應經檢驗人員的主管簽核。熱浸鍍鋅層之檢驗紀錄應經檢驗人員的主管簽核。非金屬塗層的檢驗紀錄應經 3 級檢定合格的塗裝檢驗人員（如 AMPP Senior Certified Coating Inspector、NACE、SSPC、FROSIO Level 3 或同等資格之人員）簽核。
 - (2) 犧牲陽極和外加電流系統的陸上階段施工檢驗紀錄宜經由具有有效期內的 ISO 15257 海洋金屬結構領域等級 3、AMPP/NACE 陰極保護等級 3(CP3)資格或同等資格檢定的陰極保護人員簽核。

2.6 緊固件材料與連接

2.6.1 緊固件材料規格

螺栓、螺帽、墊圈所使用材料應符合設計要求及國家標準 (CNS) 或其他國際標準。

【解說】（參考 DNV-OS-C401、DNV-OS-B101）

1. 碳鋼與合金鋼緊固件相關材料規格，請參照 ISO 898-1、DNV-OS-B101 等其他國際標準。
2. 不銹鋼緊固件相關材料規格，請參照 CNS 4234-1、ISO 3506-1、ISO 3506-2 等其他國際標準。
3. 緊固件之機械性質應遵循設計單位之需求，並考量使用之環境條件，選擇適當的緊固件等級，請參照 ISO 898-1、DNV-OS-C401。
4. 緊固件之金屬疲勞要求應遵循設計單位之需求，可參考「場址調查及設計技術指引」第 5.3.6 章節相關要求。
5. 緊固件之防蝕要求應遵循設計單位之需求，可參考「場址調查及設計技術指引」第 5.5 章節相關要求。
6. 若設備所處環境含有硫化氫 (H₂S) 成分，且其螺栓接合設計為硫化物應力破裂點，螺栓抗拉性質應小於 ISO 898 規定 8.8 級之抗拉性質。其他相關標準請參照 NACE MR0175。
7. 若因其他因素，欲使用不同規格的材料滿足要求，應參照相關國際標準，且提供替換材料的相關資訊於原設計單位，經審查者或審查部門（機構）認可後，方可替換製造材料。

2.6.2 緊固件前處理

緊固件連接前，緊固件與構件接觸面應符合其設計要求，且進行前處理。

【解說】（參考 DNV-OS-C401、DNV-OS-B101、DNV-OS-C101）

1. 產品連接前，其接觸面的摩擦等級應符合 DNV-OS-C101 或其他標準之要求。
2. 使用在結構或持壓條件 (Pressure Retaining) 且最小降伏應力大於 490 MPa 的螺栓與螺帽，應由合金鋼製造，其材料成分 (Cr、Mo、Ni) 含量百分比總和應大於等於 0.5 且依情況進行熱處理。
3. 組裝時，產品接觸面除防滑塗料外，應保持潔淨無污。其毛邊也應去除，避免影響接觸面之密合性。
4. 接觸面的油汙應使用化學清除法進行處理，不可使用火焰清除法。

2.6.3 緊固件連接

緊固件安裝時，應選用匹配之對鎖件且依設計要求進行鎖固。

【解說】（參考 DNV-OS-C401、鋼構造建築物鋼結構施工規範）

1. 緊固件連接應選擇相同材質、等級的緊固件進行鎖固。
2. 緊固件群鎖緊工作，應由中間向兩側，依上下、左右交叉之方式進行，以避免相對應之螺栓受影響而鬆動。
3. 若緊固件使用於結構的外部環境，如閘門，應做適當的防護減緩腐蝕的發生。
4. 緊固件鎖緊時，應依循設計要求鎖緊至特定條件（例如：特定鎖緊軸力等）。

2.7 其他相關聯設備

2.7.1 離岸風力機

離岸風力機設備製造商應提供風力機型式驗證證書。

【解說】

1. 離岸風力機設備製造商應提供符合 IECRE OD-501 及 IECRE OD-502 所要求之安裝、操作和維護設計文件。風力機類型應符合 IEC 61400 中適用標準且應確認製造過程、構件規格、檢驗程序的文件與設計文件一致，經第三方機構驗證單位驗證後取得風力機型式驗證證書。
2. 應經風力機型式驗證取得風力機型式驗證證書，型式驗證包含強制模組及選擇性模組，其流程及各模組順序可參考圖 2-2，通過之模組給予符合性聲明，完成強制模組後可取得型式驗證證書。
3. 風力機型式驗證之各構件應通過下列強制性模組：
 - (1) 設計基準評估。
 - (2) 設計評估。
 - (3) 製造評估。
 - (4) 型式試驗。
 - (5) 最終評估。另有選擇性模組：
 - (1) 風機基礎設計評估。
 - (2) 風機基礎製造評估。
 - (3) 型式特徵量測。

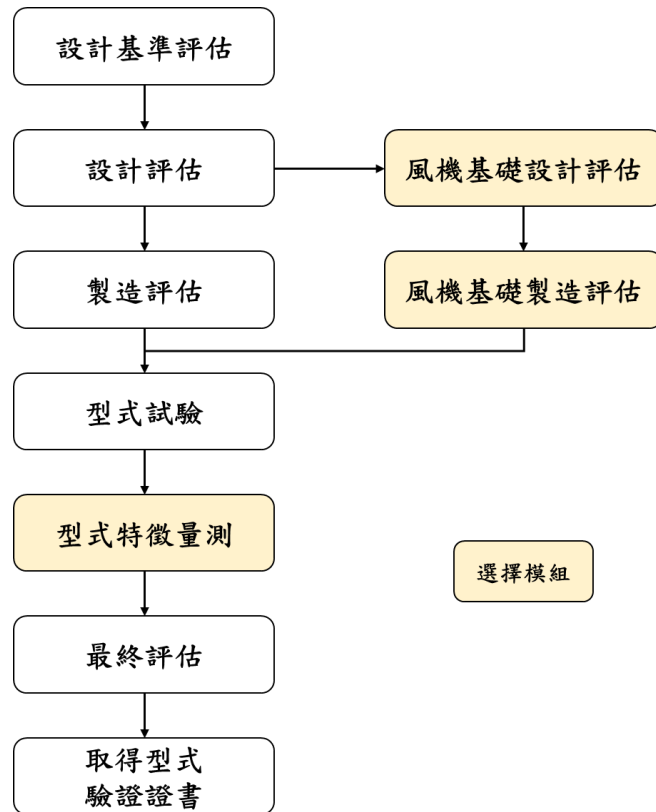


圖 2-2 型式驗證證書流程（來源：IECRE OD-501）

4. 有關風力機型式驗證證書評估細節可參考 IECRE OD-501 第 7 章。

2.7.2 海纜設備

海纜設備製造商應提供海纜型式驗證證書。

【解說】

1. 海纜設備製造商應提供符合 IECRE OD-501 及 IECRE OD-502 要求的安裝、操作和維護設計文件，以及現場負荷條件應至少符合 IEC61400-1 或 IEC61400-3 中的安全級別標準，經第三方機構驗證單位驗證後取得海纜型式驗證證書。
2. 海纜的型式驗證可參照 DNV-CP-0399 第 1.2 節繳交文件。
3. 海纜測試項目應符合相關 IEC 標準及 CIGRE 建議。

2.7.3 海上變電站

1. 變電站設備應由具有 ISO/IEC 17025 認證之實驗室進行設備測試，並符合電業法相關規定。
2. 變電站鋼結構應符合本指引第二章之製造規範。

【解說】

1. 變電站設備之防火安全應符合 DNV-ST-0145 之保護措施。
2. 機械設備與附屬結構吊裝安全可參考 DNV-ST-0145、DNV-ST-N001。
3. 若變電站設置位置需考量地震，應進行結構地震分析，可參考 ISO 19902。
4. 變電站鋼結構所在海域之環境負荷分析可參考 DNV-OS-C101。

第三章 施工計畫與方法

3.1 一般規定

3.1.1 組織

1. 組織與人員資格：

在執行海上作業之前，應確認參與海上作業的關鍵人員的組織和職責。每項職責皆應明確定義，以減少不確定性和職責重疊。

2. 聯絡體系：

承包商應建立聯絡體系。施工現場包含數項相互關聯的工程時，相關人員應確保施工安全資訊的暢通，並依據需求組成工程關係聯絡會議。

【解說】（參考：DNV-ST-N001）

1. 作業監工或作業經理，應按照設計條件、已核准文件和良好的施工規範進行操作，以免造成不必要的風險，可能的緊急狀況之責任歸屬需釐清。
2. 應針對每位人員的職責和情況進行適當的訓練，包括工作訓練、現場安全訓練、情況通報訓練、海上安全和求生訓練等。
3. 聯絡體系，包括無線電頻道、電話號碼、電子郵件地址和非工作時間號碼，應予以識別並檢查。
4. 依據 DNV-ST-N001，承包商應在通訊圖中定義包括以下項目：
 - (1) 客戶代表和第三方/MWS 代表（如果有）。
 - (2) 整體項目管理。
 - (3) 作業管理。
 - (4) 相關作業船舶。
 - (5) 靠泊系統。
 - (6) 壓載系統操作。
 - (7) 現場監測。
 - (8) 天氣預報。
 - (9) 支援服務。
 - (10) 現場工程師根據需要提供之專業知識。
 - (11) 安全與應變管理。
 - (12) 涉及之主管機關。
 - (13) 災害管理。
5. 主要通訊系統應用於管理施工作業中所需的訊息，重要訊息應指定專用線路。易被誤解之重要訊息，應輔以書面進行確認，如現場監測結果。

3.1.2 品質管理

品質管理係承包商依據離岸風力發電設備之設計圖說規範為基準，確認使用的材料、機具、資材的品質，且須確認施工精度是否在基準值以內。

【解說】

1. 本節參照 DNV-ST-N001 中關於安裝承包商所需遵守之品質管理要求，包含 ISO 9001 中所規範之品管系統之建立、設計及實施要點。
2. 與離岸風力發電工程有關的品管/監造人員資格、品管架構、管理項目、管理內容、管理計畫等，皆應附於相對應之工項計畫書內。

3.2 港區

1. 離岸風力發電廠運輸及安裝作業之港區、設備及組件置放地或其他所需場地應詳細評估以下事項：
 - (1) 作業船舶、機具或物件之規格，至少應包含長度、寬度、高度、重量及船舶吃水。
 - (2) 場地或碼頭之規格，至少應包含面積、動線、承载力、附屬設施及潮差。
 - (3) 其他事項，如可用時段或出入管制，以及存放時的構件結構完整性分析。
 - (4) 跨港區作業時，應考量對外聯絡道路之交通衝擊。
2. 各場地管理單位另有規定者，離岸風力發電業者及其承包商從事作業時，應從其規定。

【解說】（參考 DNV-ST-N001、DNV-ST-N002）

1. 承载力評估
 - (1) 承载力應按照公認的標準進行土木工程計算和測試。
 - (2) 對於拖車運輸，路面承载力應要求適用於整個計畫的路徑，且每側至少 2 m 以上。
 - (3) 應根據公認的記錄裝卸碼頭的允許水平和垂直裝卸能力。如果有關碼頭的資料有限且因此難以通過計算來記錄其能力，則可以採用替代方法，根據以前的歷史紀錄來對碼頭的能力進行記錄。
 - (4) 計算需表明裝載期間的實際負荷不超過允許負荷。
2. 結構完整性分析應考慮耐風及耐震性能，並參照「建築技術規則建築構造編」第一章第四節及第五節之規定計算。

3.3 載具要求

3.3.1 基本標示

1. 離岸風力發電廠運輸及安裝作業之船舶，應取得相關主管機關委託之驗船機構核發之船級證書，且船舶航行亦應依相關主管機關之規定。
2. 離岸風力發電業者執行重大維修工程時，應依第三方驗證海事保證鑑定或同等級驗證單位認可之航程計畫執行作業，並由海事協調員執行稽核管控。

【解說】

1. 本節相關主管機關為交通部。
2. 非本國籍工作船，應符合非本國籍工作船申請停泊國際商港以外之其他港灣口岸作業要點。
3. 離岸風力發電廠運輸及安裝作業之船舶應遵守「離岸風場建置及營運期間工作船航行安全規範」之規定，裝設船舶自動識別系統 (Automatic Identification System, AIS)。
4. 運輸或安裝承包商之載具應遵守各款標誌之要求標示清楚。
 - (1) 若載具為船舶，應符合船舶法第 10 條之規定。
 - (2) 若載具為車輛，應符合道路交通安全規則第 39、39-1、42 條之規定。
5. 海事協調員工作項目可參考離岸風電海域作業安全指引。

3.3.2 設備規格

用於離岸風力發電廠運輸及安裝作業之機械、設備、器具應取得原廠證明及保養紀錄，且應符合第三方驗證單位確認符合國際安全規範，並依操作手冊規定之環境與限制條件下使用。

【解說】

1. 若應裝卸貨物之需求而於船舶上裝設貨物裝卸設備（包含桅柱及支索、吊桿、絞機、起重機、動索及靜索），其型式、結構、材料與製造，應經船舶所屬國家航政機關或驗船機構檢驗合格。

3.4 環境條件

離岸海事作業皆應考慮海洋氣象條件，藉由定義出作業基準工期、計畫作業工期及應急工期，可將作業種類分為受氣象限制以及非受氣象限制。

【解說】

1. 作業基準工期：
離岸作業的持續時間應由作業基準工期確定，且應明確定義預期作業或部分作業的起點和終點。作業基準工期可參考式 3-1。

$$T_R = T_{POP} + T_C \quad \text{式 3-1}$$

其中，

T_R ：作業基準工期

T_{POP} ：計畫作業工期

T_C ：應急工期

2. 作業工期：
如果可能，作業基準工期應基於詳細的運行時間表。每個任務的估計時間，應基於對相同或相似任務經驗的保守評估，且應包含經常發生之延遲事件。
3. 應急工期：
應急工期應考慮以下狀況
 - (1) 作業基準工期內之不確定性。
 - (2) 作業基準工期內的非生產時間。
 - (3) 可能的意外情況。
4. 如果未詳細評估計畫作業工期的不確定性以及應急工期，應將作業基準工期調整為計畫作業工期的至少 2 倍。另外，對於未定義應急工期的情況，應急工期應至少為 6 小時。在下列情況下，可接受應急工期為作業基準工期的 50% 的緊急情況：
 - (1) 對於此工程已具有對類似工程的豐富經驗，如：定位等。
 - (2) 使用多餘拖船，並正確評估拖曳速度來進行拖曳作業。
 - (3) 重複性作業，其計畫作業工期可根據作業經驗及施工船準確定出。

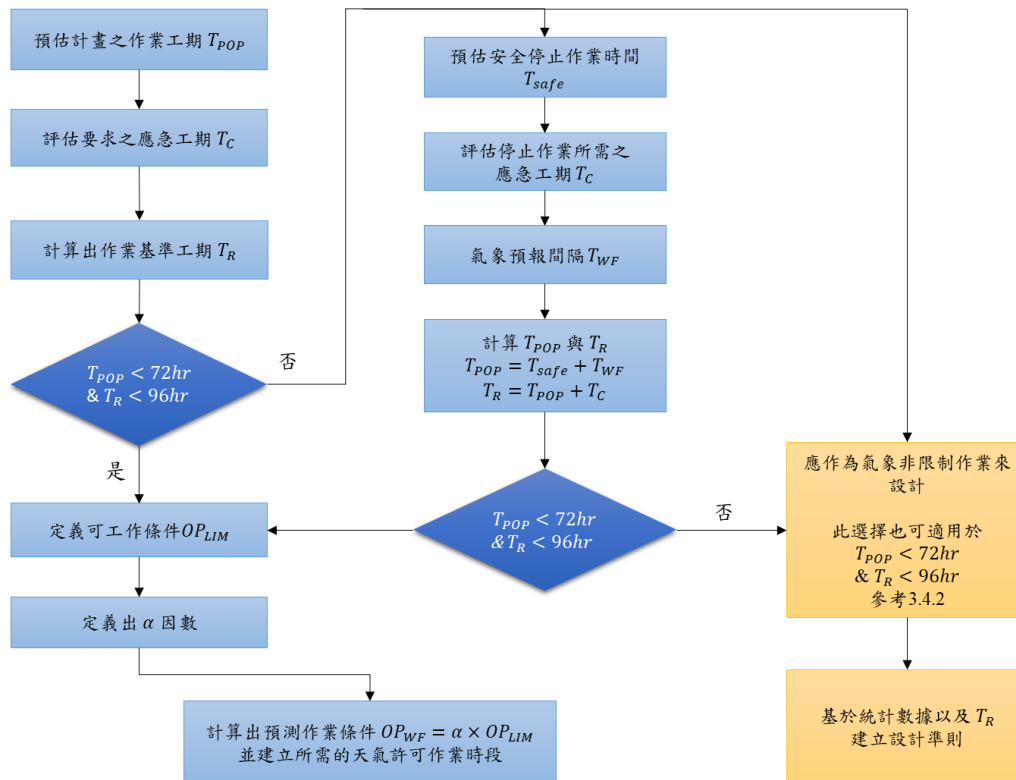


圖 3-1 氣象限制作業定義流程圖
(來源：DNV-ST-N001)

3.4.1 受氣象限制作業

作業基準工期小於 96 小時，且計畫作業工期小於 72 小時之離岸作業定義為受氣象限制作業。

【解說】（參考：DNV-ST-N001）

1. 施工應在最大容許工期內完成，當氣候條件未超過可工作條件 OP_{LIM} 時，若有以下情況可考量暫停施工：
 - (1) 進行額外的操作，導致機具停機或重啟的風險上升。
 - (2) 不適當的臨時安全場所導致風險上升。
 - (3) 總作業時間的增加導致氣象造成之風險上升。
2. 對於航行或離岸作業的每個階段，應定義設計標準，包括設計波況、海況、風況等。應注意在同一地理區域內同時出現極端波況和風況的可能性。
3. 海洋氣象準則適用於分析公認的標準（包括相關的安全係數）。在該標準中，用於容許應力設計法 (Allowable Stress Design, ASD) / 工作應力設計法 (Working Stress Design, WSD) 的環境標準與用於載重及強度係數設計法 (Load and Resistance Factor Design, LRFD) 的環境標準不同。
4. 極限環境基準
 - (1) OP_{LIM} 表示為作業極限波高和風速，係基於施工可承受之環境條件而定。 OP_{LIM} 需被定義於施工計畫中且不得超過以下項目之最小值：
 - A. 環境設計基準。
 - B. 為確保安全工作、物件搬運和人員轉移所使用之最大風浪條件。
 - C. 裝備之氣象限制。

- D. 潛水系統之極限氣象條件。
 - E. 定位系統之極限條件。
 - F. 根據涉及的船舶、設備、工具等等，並經過危害辨識 (HAZID)、危害與可操作性分析 (HAZOP) 識別出的限制。
 - G. 執行應急計畫所需極限氣象條件。
- (2) 環境條件的監測及預測的不確定性，應通過定義預測作業條件 OP_{WF} 作為可作業標準，該標準定義為：

$$OP_{WF} = \alpha \times OP_{LIM} \quad \text{式 3-2}$$

其中， α 係數係考量氣候預報的不確定性而加入的折減係數。與發佈氣候預報單位數量、監測環境資料儀器、可工作波高以及工作時數有關。

- (3) 出航前，應確認 OP_{WF} 與 α 係數之比值是否低於 OP_{LIM} 後才能核發該操作之許可證書。

5. 設計環境條件

- (1) 設計環境條件係指為特定離岸作業的設計所規定的風、波、流和其他相關之環境條件。環境設計資料應包括協議中涉及的地理區域、地點。
- (2) 有義波高以及相關週期的選擇，應考量以下因素：
- A. 已計劃的作業之可行性和安全性。
 - B. 現場的典型氣象情況。
 - C. 作業週期。
 - D. 天氣預報之不確定性。
- (3) 受氣象限制作業的最大波高 H_{max} 應根據以下公式計算。其中，風暴係數 (Storm Factor) STF 為 2.0 適用於所有的參考期間：

$$H_{max} = STF \times H_s \quad \text{式 3-3}$$

應考慮與 H_{max} 相關的波浪週期 T_{ass} 的適當範圍。在沒有其他資料的情況下， T_{ass} 範圍可以視為：

$$2.55\sqrt{H_{max}} \leq T_{ass} \leq 3.32\sqrt{H_{max}} \quad \text{式 3-4}$$

3.4.2 非受氣象限制作業

當離岸作業之計畫作業工期超過 72 小時，則定義為非受氣象限制作業，環境標準應基於極值統計。

【解說】（參考：DNV-ST-N001）

1. 環境統計

- (1) 環境現象通常由統計數據以建立典型的環境條件，必須記載可能的極端條件以及長、短期變化，且應涵蓋足夠長的時間。
- (2) 關於監測方法／準確性和可能的長期氣候變化，應仔細考慮歷史（通常超過 20 年）統計數據的有效性。如果假定統計環境數據遵循雙參數韋伯分佈的形式，則應進行迴歸分析。

2. 決定環境準則之迴歸週期（不包含繫泊作業）

- (1) 除 3.4.1 說明中定義的以外，非受氣象限制作業的離岸作業（繫泊設備和升降式平台的高架作業除外）的環境標準的迴歸週期，應與其作業基準工期相關。對於升降式平台的作業，請參見 DNV-ST-N002；對於繫泊系統之迴歸週期，請參見 DNV-ST-N001。

- (2) 對於非受氣象限制作業條件，在同時考慮互不相關的極端條件的前提下，可以應用表 3-1 來計算海洋氣象最小設計迴歸週期。
- (3) LRFD 方法中使用的迴歸週期以及負荷、安全性和材料因素的目的是為了確保每次作業的結構故障機率小於 1/10000。需注意的是，該機率等級定義了結構能力的參考值。當包括作業錯誤的機率時，總體故障機率將會增加。
- (4) 由於 ASD/WSD 方法中的安全餘裕小於 LRFD 方法，因此需要更高的設計值才能實現等效的安全性。
- (5) 制定迴歸週期時可以使用季節性變化或定向性變化。應當使用作業月份和下個月的數據。如果要在每月的 前 10 天進行作業，則使用的數據應包括前一個月。

表 3-1 非受氣象限制條件下之最小設計迴歸週期

(來源：DNV-ST-N001)

作業 基準工期	ASD/WSD		LRFD	
	風況	浪及洋流	風況	浪及洋流
3 至 7 天	10 年 迴歸週期	1 年 迴歸週期	10 年 迴歸週期	3 個月 迴歸週期
7 天至 1 個月	1. 25 年迴歸週期 2. 10 年與 50 年迴歸週期來計算	10 年 迴歸週期	10 年 迴歸週期	1 年 迴歸週期
1 個月至 1 年	1. 75 年迴歸週期 2. 50 年與 100 年迴歸週期來計算	50 年 迴歸週期	100 年 迴歸週期	10 年迴歸週期
超過 1 年	100 年迴歸週期	100 年 迴歸週期	100 年 迴歸週期	100 年 迴歸週期

3.4.3 施工之海洋氣象資料

1. 天氣預報宜包括短期、中期和遠期，除了對天氣情況及其預測發展的一般描述之外，天氣預報應包括：
 - (1) 風況、波況、海流。
 - (2) 潮差、暴潮。
 - (3) 降水、雷雨。
 - (4) 能見度、溫度、氣壓。
 - (5) 發生無預警強風之可能性。
 - (6) 預報之信賴區間。
2. 預報時間至少需等於作業基準工期加上 24 小時，並需以每 12 小時間隔進行資料記錄。此外，通常應至少包括未來 24 小時的預測。
3. 在離岸作業前和作業期間，應定期接收天氣預報。此類天氣預報應來自具有公信力之來源，且與施工項目相關。

【解說】（參考：DNV-ST-N001）

1. 海流、潮汐及湧浪可能與特定操作相關，故除了海事操作之前與操作過程中之定期天氣預報外，可能還需要加上即時量測。宜特別注意本土洋流效應，例如台灣附近海域之黑潮。

2. 天氣預報應來自具公信力的來源，並要針對具體項目。應明確定義預測參數，例如：風的平均時間和高度、特徵波週期（包含零越週期 T_z 或主週期 T_p ）。天氣預報的內容、格式應在作業開始前與天氣預報團隊達成協議。
3. 天氣預報應根據作業敏感度與作業基準工期劃分所需之等級。依據 DNV-ST-N001 定義如下：
 - (1) A 級：對環境條件敏感之主要海事作業。
 - (2) B 級：在作業風險上對環境條件敏感，且價值與結果重要之作業。
 - (3) C 級：定期進行且對環境條件不敏感之常規海事作業。
 若預報等級為 A1 級，應配置專門的氣象專家在現場。有關選擇天氣預報級別和其對應的作業範例，請參見表 3-2。

表 3-2 天氣預報等級（來源：DNV-ST-N001）

天氣預報等級	A1	A2	B	C ¹
作業敏感度	高		中	低
作業範例	1. 對接作業 2. 離岸浮裝 3. 多艘駁船拖曳 4. 主結構(如:重力式基礎)拖航作業 5. 離岸安裝作業 6. 自升式平台船移動 7. 敏感的佈纜作業		1. 拖帶作業 2. 氣象定航的海事作業 3. 離岸舉升作業 4. 海底安裝 5. 半潛式平台船移動 6. 標準佈纜作業	1. 近岸或陸上舉升作業 2. 裝載作業 3. 遮蔽水域內的短程拖曳或港內拖曳 4. 無波浪限制條件之標準海上運輸
需現場海洋氣象預報團隊	是	否	否	
需專業海洋氣象預報團隊	是	是	否 ²	否
所需最小天氣預報來源數 ³	2 ⁴		2 ⁵	1
最大預報間隔	12 小時 ⁶		12 小時	12 小時
1. 可以將公共的天氣預報作為 C 級天氣預報，但應考慮增加的不確定性。 2. 如氣象狀況不穩定且/或接近施工定義之極限，應諮詢海洋天氣預報團隊。 3. 獨立的天氣預報應來自不同的提供者，且各自應為不同的組織或機構。各機構皆應記錄其進行預測時考慮了何種大氣及海洋學模型。 4. 假設專業海洋氣象預報團隊（或其他關鍵人員）將能從所有可用之來源考慮氣象資訊與預報。 5. 應採用最嚴苛的天氣預報。 6. 如預報更新間隔少於 12 小時，則該更新需基於足夠資料以佐證其準確性與普通預報相同。				

3.5 負荷及結構強度

為了確保離岸風力發電廠海上作業安全要求，應驗證負荷與結構強度。

【解說】（參考 DNV-ST-N001、ISO 19901-5）

1. 主要鋼結構應符合結構強度要求，其他材料結構應通過公認的標準達到足夠的安全級別。

- 應使用允許應力設計、工作應力設計和負荷及阻力係數設計，進行鋼結構強度檢查或利用概率方法，檢查不同級別之安全性。

3.5.1 負荷

- 施工階段應對負荷與狀態進行分類，以便後續計算。
- 施工階段應依 ISO 19901 標準所定義重量與重心位置之不確定性等級，選擇適合之安全係數。

【解說】（參考 DNV-ST-N001）

- 應定義及分類負荷類別與狀態，定義如下：
 - 永久性負荷、可變負荷、變形負荷、環境負荷、意外負荷。
 - 最終極限狀態、疲勞極限狀態、意外極限狀態、使用極限狀態。
- 應定義最適合之重量控制及報告結果，根據不同項目重量/重心位置敏感度，依據 ISO 19901-5 定義可分為以下三類：
 - 等級 A：高層次的重量與重心，應適用於對任何預期重量負荷情況的重量及/或重心敏感，或有許多承包商接口的項目。
 - 無論來源如何，對所有重量和重心數據都有完整的可追溯性。
 - 詳細記錄開始使用的重量和重心數據，並將供應商、製造商及秤重結果的加權結果匯集到系統中。
 - 通過物理秤重方式驗證組件、模塊或頂部構件的重量及重心計算數據。
 - 在設計階段至構件製造階段竣工，更新每個重量構件的重量資料。
 - 等級 B：中層次的重量與重心，應適用於對任何預期重量負荷情況的重量及/或重心敏感關注不如等級 A 重要的項目。
 - 根據項目的複雜性，確認是否需要使用數據庫或電子表格單來記錄重量及重心數據。
 - 通過物理秤重方式驗證組件、模塊或頂部構件的重量及重心計算數據。
 - 更新構件製造階段竣工狀態的要求較不嚴格。
 - 等級 C：低層次重量與重心，適用於在製造階段中更新竣工狀態較為不重要的項目。
 - 至少使用電子試算軟體記錄重量和重心數據。
 - 通過物理秤重方式驗證組件、模塊或頂部構件的重量及重心計算數據。
 - 提供重量及重心的相關文件，應包含設備重量和總和的散裝重量相關圖紙。
 - 沒有更新製造階段竣工的要求。

透過類別與用途選擇重量控制等級，基本定義如下：

- 在設計基礎，以不超過重量及重心標準；而概念階段結束時，需確認重量與負荷餘裕，作為選擇重量控制等級要考慮之要素。
- 選擇重量控制類別前，需評估特定負荷條件下之潛在重量與重心問題。
- 表 3-3 為選擇類別等級，確定各項目重量與重心控制指標。

表 3-3 選擇重量控制類別等級（來源：ISO 19901-5）

用途	類別		
	等級 A	等級 B	等級 C
概念型式	新概念	部分知道	眾所皆知
重量敏感度	高	中	低
重心位置敏感度	高	中	低
重量數值處理需求度	高	中	低

合約需求	詳細	一般	最低要求
影響重量數據之外部介面(其他承包商)	≥6	4-6	1-3

3. 應注意材料的機械性質，有些材料當暴露於低溫下時，機械性質會產生變化，並造成結構脆化。
4. 考量不同設計型式影響之負荷狀態。

3.5.2 結構強度

1. 離岸風力發電廠施工階段應依檢核方法選定適合之安全係數。
2. 為確保結構安全要求，施工階段所涉及之材料與銲接過程均應符合本指引第二章之相關規定。

【解說】（參考 DNV-ST-N001、DNV-ST-0126、DNV-OS-C101、ISO 19901-5）

1. 測試相關內容請參考 DNV-OS-C401。
2. 結構強度檢核請參考 DNV-ST-N001 及 DNV-OS-C101，結構強度應根據 DNV-ST-0126 選定適合之安全係數，如下：
 - (1) ASD/WSD 強度檢核方法。
 - (2) LRFD 強度檢核方法。
 - (3) 不同海事作業下之安全係數。

3.6 陸上運輸

3.6.1 安全性要求

1. 陸上運輸之設計負荷，應考慮裝載物載重、動態負荷及環境負荷。
2. 陸上運輸過程中，應確保裝載物安全、車輛承載能力與繫固設備符合設計強度要求。
3. 用於運輸之車輛、設備及器具應檢附原廠證明及定期維護紀錄，且應符合相關主管機關之安全標準，並於操作手冊建議之環境與限制條件中使用。

【解說】（參考 DNV-ST-N001）

1. 本節相關主管機關為交通部。
2. 陸上運輸應符合道路交通安全規則之規定，至少包含以下資料：
 - (1) 裝載物：
 - A. 重量與重心。
 - B. 尺寸。
 - C. 裝載物上允許的繫固點之定義與強度，如有禁止繫固的位置應註記。
 - D. 運輸時的支撐點和裝載物結構強度。
 - (2) 車輛、設備及器具：
 - A. 綁紮點和脊柱的負荷強度。
 - B. 負荷彎矩和剪力計算。
 - C. 輪胎和車軸壓力計算。
 - D. 液壓詳細信息以及穩定性計算。
 - E. 足夠的牽引能力來進行計劃的路線進行運輸。
 - F. 原廠證明及維修保養紀錄。
 - (3) 運輸規劃：
 - A. 運輸程序，其中包括故障的應急計畫，到達點和目的地，以及是否需要交通警察協助。
 - B. 開始位置和目的地。

- C. 關鍵轉彎點。
- D. 橋下或天橋經過點。
- E. 架空電力和公用事業線路以及相關的交通信號和路牌高度。
- F. 時間上的任何相關使用限制。

(4) 繫固計畫：

- A. 繫固設備之最小斷裂負荷 (Minimum Breaking Load, MBL)、安全工作負荷 (Safe Working Load, SWL) 或極限工作負荷 (Working Load Limit)。
- B. 一般佈置圖並標示裝載物之重心位置與捆綁角度。
- C. 設計加速度定義與說明，並以計算證明繫固強度。

3. 陸上運輸之設計負荷應包含以下：

(1) 裝載物載重

應列出裝載物之重量與重心，及運輸過程中可能發生之變化。

(2) 動態負荷

應考慮運輸過程中車輛加/減速與轉彎離心力造成之負荷。表 3-4 提供陸上運輸之常用設計加速度。

表 3-4 典型陸上運輸之設計加速度
(來源：DNV-ST-N001)

	設計加速度
側向	0.5g
前進方向	0.8g
後退方向	0.5g
垂向	1.2g (如有佐證資料可使用 1.0g)

曲線上之結構物應考慮所有車道上載重所產生之離心力，其大小應依照下式百分比乘以載重設計之：

$$C = \frac{0.79S^2}{R} \quad \text{式 3-5}$$

其中，

C：不含衝擊力之活載重產生之離心力百分比

S：設計速率，km/h

R：曲線之半徑，m

(3) 風力

應列出裝載物受風面積及運輸過程設計風速條件與計算方法。

4. 陸上運輸應證明以下條件符合設計要求：

(1) 裝載物結構強度

(2) 裝載物穩定性

當裝載物放置在車輛上時，傾斜線所指的是裝載物最接近的一組外輪位置，傾斜距離則是在傾斜線和最接近極端的裝載物重心的水平距離，傾斜角度是量測最高的極端裝載物重心與傾斜線的夾角最小值，車輛在陸上運輸時應考慮下列的負荷情形，以確保系統具有足夠的穩定性，見圖 3-2：

- A. 負荷狀況 A：考慮重心最極端的水平和垂直位置，並結合任何已知道路面傾角至少 2° 來計算此段道路運輸的不確定性，在此負荷情形下最小的傾斜角應大於 7° 。
 - B. 負荷狀況 B：在考慮負荷情況 A 下，再加上結構因風、慣性或自由液面而引起的任何特徵性水平負荷，在負荷情況 B 下最小的傾斜角應大於 5° 。
- (3) 車輛承載能力
- A. 最大輪軸負荷應符合車輛製造商提供之建議限制值。
 - B. 拖車脊柱結構上承受之剪力與彎矩曲線應計算，且最大值應符合製造商之允許範圍。
 - C. 對於運輸路徑應證明有足夠的迴轉能力。
- (4) 繫固設備
- A. 裝載物應固定在車輛結構上，以避免裝載物位移在運輸作業期間。進行安全計算時應考慮上節中所述之負荷。
 - B. 應說明繫固方法與繫固設備詳細資料與證明文件。

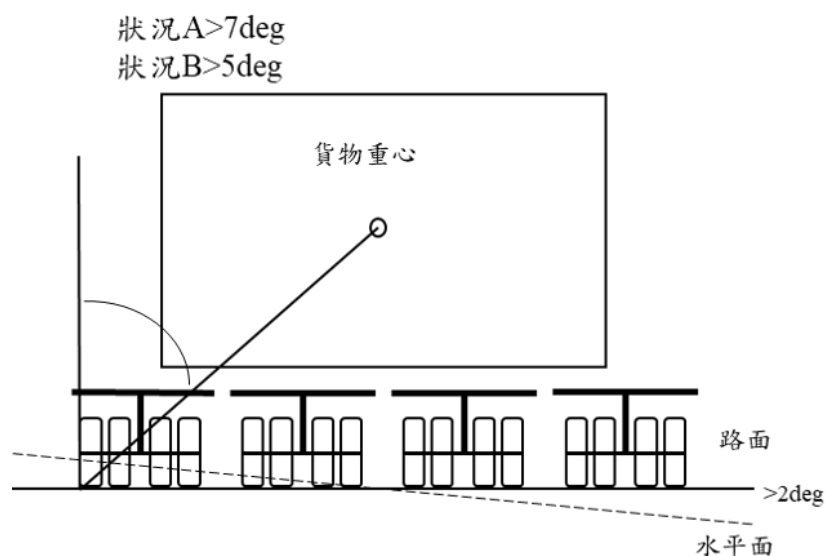


圖 3-2 裝載物穩定性定義

3.6.2 運輸路線規劃

車輛尺寸、裝載物尺寸與載重限制應符合相關主管機關要求規定，如超出規定，應依道路交通安全規則相關規定取得臨時通行證。

【解說】（參考 DNV-ST-N001）

1. 本節相關主管機關為交通部。
2. 運輸路徑應包含以下要點：
 - (1) 應符合道路交通安全規則第 80 條之規定。
 - (2) 應計畫完整的運輸路徑，其規劃中須包含起始位置、預定目的地、行經路線上的定位點和關鍵轉彎位置。
 - (3) 在整個路線中，車輛承載能力和地面壓力應保持在允許範圍內。
 - (4) 關鍵轉彎點確保不與路邊障礙物發生碰撞。

- (5) 在橋下或天橋下通過時有足夠的高架淨空距離。
- (6) 架空電力和公用事業線路以及相關的交通信號和路牌淨空距離。
- (7) 橋樑負荷的任何相關限制。
- (8) 時間上的任何相關限制。
- (9) 應注意地下涵洞與橋梁等公用設施相關的使用限制。
- (10) 如果過境機場經過且裝載物有相當的高度，請證明與飛機場，包括任何必需的航空警告燈，已包括在運輸程序中。

3.7 裝船操作

將風力機支撐結構及水下基礎結構、轉接段、風力機發電機艙及零組件等構件，藉由自走式模組化運輸車（Self-Propelled Modular Transporter, SPMT）或吊裝從陸地運送至載具之過程。

【解說】

1. 主結構 (Primary Structure) 應具備高品質之鋼結構工藝，包含完整的材料證明、非破壞檢測證書等足以展現適當的檢驗水準。裝船時依據天氣與潮汐決定裝船類別，如表 3-5 規定。

表 3-5 依據天氣與潮汐定義裝船類別
(來源：DNV-ST-N001)

潮汐範圍	潮汐限制	天氣限制	裝船類別
重要	有	有/無	1
重要	無	有	2
重要	無	無	3
不重要	無	有	4
不重要	無	無	5

- (1) 壓艙泵系統來補償潮汐變化，則潮汐範圍應定義為重要。
- (2) 壓艙泵系統不能補償一個完整的潮汐週期，應分類為（潮汐限制）。
- (3) 考慮天氣狀況，應分類為（天氣限制）。若對構件移動或裝船階段沒有天氣限制，則選擇相應的裝船類別。
- (4) 裝船操作時，需注意以下幾點：
 - A. 構件位置、載具的尺寸和強度。
 - B. 載具上的構件位置和支撐高度。
 - C. 淨空區域和障礙物之間的路線調查。
 - D. 碼頭強度與裝卸場土壤強度、水深。
 - E. 環境影響與滑道水平度之公差。
- (5) 裝船類別定義裝船操作時壓艙泵系統負荷轉移發生故障/部分故障與備用之容量，如表 3-6。

表 3-6 裝船類別之負荷轉移容量

裝船類別	負荷轉移	潮汐補償(負荷停止)
1	載具上完好泵系統加備用共 200% 容量/所有泵系統 80% 故障加備用共 120%	泵系統故障 50% 加備用共 150% 容量/所有泵系統 100% 故障加備用共 100%
2	泵系統故障 30% 加備用共 130% 容量/所有泵系統 100% 故障加備用共 100%	裝船類別 1
3	泵系統故障 30% 加備用共 130% 容量與應急計畫	裝船類別 1
4	裝船類別 2	無
5	裝船類別 3	無

3.7.1 負荷

裝船作業應考慮相關構件由 SPMT 或吊裝運至載具上時，避免造成滑動或歪斜負荷，以滿足整體結構強度。

【解說】

- 特殊裝備需載明：最大承載負荷、任何吊裝物件整體尺寸之限制，及任何環境限制條件，如容許風況與波況。

(1) 滑動負荷 (Skidding Loads)

在滾動面 (Rolling Surface) 移動構件所需的負荷可表示：

$$F_1 = \mu_1(W + W_{eq}) + P_1 \quad \text{式 3-6}$$

$$F_2 = \mu_2(W + W_{eq}) + P_2 \quad \text{式 3-7}$$

其中，

F_1 ：所需負荷

F_2 ：移動構件所需的負荷

μ_1 ：分離之上限設計摩擦係數或滾動阻力

μ_2 ：移動之上限設計摩擦係數/滾動阻力

W ：構件重量

W_{eq} ：設備重量

P_1 ：分離時發生的任何負荷

P_2 ：在打滑/牽引過程中的任何負荷

表 3-7 使用的設計摩擦係數/滾動阻力值不應小於下表中之值
(來源：DNV-ST-N001)

滑動表面	分離	移動
鐵/鐵	0.3	0.2
	0.25	0.1
不鏽鋼/鐵氟龍	0.2	0.07
鐵氟龍/未打蠟木材	0.4	0.1
鐵氟龍/打蠟木材	0.25	0.08

鐵/打蠟木材	0.28	0.15
滾動表面	/	
鐵輪/鐵	0.02	0.02
橡膠輪胎/鐵	0.02	0.02
橡膠輪胎/瀝青	0.03	0.03
橡膠輪胎/礫石	0.05	0.05

(2) 歪斜負荷 (Skew Loads)

- A. 有三點支撐系統的裝船作業，可忽略歪斜負荷；對於沒有三點支撐系統（橫向裝船）的情況，應考慮支撐結構、滑軌道 (Skidway) 或連接橋 (Link Beams) 造成的撓度 (Deflection) 來確定歪斜效應。
- B. 在裝船過程中定義壓力限制並檢查結構，應測得壓力變化控制在設定極限的 75% 以內。例如：對角線上的極限負荷（壓力）變化是該對角線總值的 20%，測得變化不應超過 15%。
- C. 若使用四組 SPMT 運輸，應考慮 SPMT 組合中歪斜負荷在對角線上的影響。

3.7.2 裝船設備

裝船設備各部分均應有備品，並依持續操作時間與複雜性進行更換，以確保設備可安全操作；若使用 SPMT 應計算運輸構件時的整體強度。

【解說】（參考 DNV-ST-N001）

1. 在裝船過程中使用到的滑軌道、連接橋、滑槽座 (Skid Shoes) 應準備證明文件確保其強度足以符合結構強度。
2. SPMT 應根據製造商的規格及懸掛液壓系統的配置有足夠的迴轉能力與預期移動路線。軸負荷應標示在限制範圍內，且應指定的極限或整體強度計算 SPMT 的力矩和剪應力，操作時 SPMT 轉彎半徑應最小化，且速度應保持在最低，避免橫向加速度。
3. 應考慮 SPMT 活動部件及電源在故障後不修理的情況下是否可進行裝船作業，否則應在指定時間範圍內修復，可參考 DNV-ST-N001 Table10-3。
4. 若採用橫向裝船，當構件藉由連接橋運送至載具上時，應計算構件與載具的重心移動位置來調整載具壓艙水。

3.7.3 裝船能力

在裝船過程中應滿足該載具之完整穩度、破損穩度及整體強度。

【解說】（參考 IMO 穩度章程 Code on Intact Stability、SOLAS chapter II-1）

1. 碼頭條件：
 - (1) 計算碼頭在裝船期間的實際負荷不超過允許負荷。若難以計算其負荷，可參考以前碼頭的卸貨歷史紀錄來記錄碼頭的負荷能力。
 - (2) 對該裝載區地面的強度和可能發生的負荷變形進行計算並記錄。
2. 吃水條件：

裝船階段都應具有至少 1m 的定傾高度進行壓艙。對於裝卸作業，應考慮載具的最小有效乾舷。

$$F_{min} = 0.5 + 0.5 \times H_{max} \quad \text{式 3-8}$$

其中，

F_{min} ：最小有效乾舷，m

H_{max} ：裝船期間最大波高，m

- (1) 有效乾舷定義為從靜止水面到開放甲板區域的最小垂直距離。
- (2) 使用乾舷少於載重線之證書所定義的船舶，需要獲得驗船機構的批准。
- (3) 應制定在船舶 1/4 處監測乾舷的程序；若未實施，則 F_{min} 應增加 0.3 m。

3.7.4 裝船操作

應依裝船程序準備操作手冊，並包含基本的環境條件、壓艙和容許誤差。

【解說】（參考 DNV-ST-N001）

1. 餘裕水深與預防措施：
在裝船作業期間，計算和調查確定裝船所有階段有適當最小間隙，包括餘裕水深 (Under-Keel Clearance, UKC)。裝船期間及之後餘裕水深不得小於 1 m。若裝船區域的預測最低水位以及調查的可信度高，則餘裕水深要求可以降低到 0.5 m。
2. 操作手冊
以下所列項目應在手冊中說明：
 - (1) 描述設備設置、記錄可接受的誤差以及操作期間的程序。
 - (2) 說明所有操作活動時間與嚴苛海況條件。
 - (3) 說明所有在風險評估期間確定的意外事件的應急計畫。對於壓艙資訊
 - (1) 裝船日期、持續時間以及潮汐限制。
 - (2) 每階段的壓艙計算應說明：
 - A. 時間、潮汐、壓艙分配吃水、俯仰差等。
 - B. 載具上構件、連接橋的重量。對於負荷位置：
 - (1) 場地平面圖、標示裝卸碼頭、構件位置和碼頭承载力等。
 - (2) 繫泊柱、絞盤與其它連接點之能量規範。
 - (3) 載具、連接橋和護墊高度的圖說或滑軌道、滑槽座的結構圖。

3.8 海上航程

應先決定航行路線與緊急應變措施，並驗證繫固條件、載具的穩度與拖船牽引能力。

【解說】（參考：DNV-ST-N001）

1. 航程設計之細項如圖 3-3：

航程設計流程圖

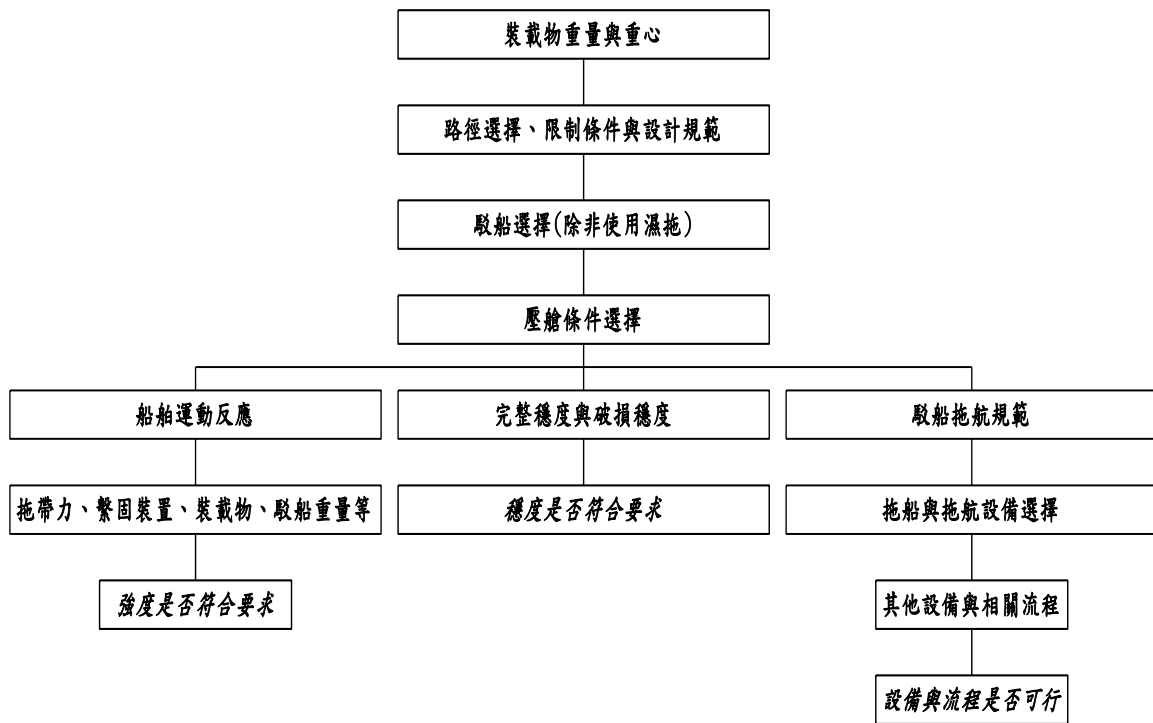


圖 3-3 航程設計圖
(來源：DNV-ST-N001)

2. 船上裝載物之結構，應證明其具有足夠強度以抵抗因船體運動及風造成之負荷。
3. 關於海上運輸計畫，事先檢視以下項目，製作計畫書且周知相關人員。
 - (1) 運輸距離、運輸路徑。
 - (2) 裝載物的種類、形狀、重量。
 - (3) 運輸海域的交通、漁場狀況與氣象。
 - (4) 運輸路徑的水中障礙物、海底電纜線、水深等限制條件。
 - (5) 停泊地與避難港。

3.8.1 繫固設計

繫固裝置強度應能承受船舶運動所產生之慣性力負荷，並考量應力傳遞途徑之結構強度。

【解說】

1. 設計流程：
 - (1) 計算載具加速度，可透過船舶運動理論計算、船模實驗、查表進行計算。
 - A. 查表方法中，載具加速度可以 ASD/WSD 方法或 LRFD 方法求得。
 - (a) ASD/WSD 檢查可使用下表 3-8 中的船舶運動加速度條件作為設計條件。

表 3-8 載具加速度運動標準 (ASD/WSD 方法)
(來源: DNV-ST-N001)

航行	案例	LOA	B	L/B	Cb	T	Roll(°)	Pitch(°)	Heave(g)
非受氣象限制	1	> 140 & > 30		n/a	<0.9	10	20	10	0.2
	2	> 76 & > 23		n/a	任意	10	20	12.5	0.2
	3	≤ 76 or ≤ 23		≥2.5	<0.9	10	30	15	0.2
	4				≥0.9	10	25		
	5	≤ 76 or ≤ 23		<2.5	<0.9	10	30	30	0.2
	6				≥0.9	10	25	25	0.2
非平緩海域受氣象限制<24小時, L/B<1.4不受限制	7	任意		≥2.5	任意	10	10	5	0.1
	8	任意		<2.5 ≥1.4	任意	10	10	10	0.1
平緩海域受氣象限制, L/B<1.4不受限制	9	任意		≥2.5	任意	10	5	2.5	0.1
	10	任意		< 2.5 ≥1.4	任意	10	5	5	0.1
備註:									
1. LOA: 載具總長度(m), B: 最大水線寬度(m), L: 水線長度(m), Cb: 方塊係數, T: 週期(s), g: 重力加速度, n/a: 不適用。									
2. 關於自升式載具之拖行與移動要求可參考 DNV-ST-N001 Table 11-4。									

(b) LRFD 方法可參考 DNV-ST-N001 Table 11-5-7。

(2) 載具加速度與裝載物摩擦力加速度相減, 得出總加速度。

A. 裝載物摩擦加速度計算

計算出載具加速度後, 參考表 3-9 計算裝載物摩擦力的相關摩擦係數及表 3-10 裝載物需抵抗最小海事繫固力之加速度。

表 3-9 裝載物最大容許摩擦係數
(來源: DNV-ST-N001)

裝載物尺寸 (m)	裝載物重量 W(ton)				
	W<1,000	1,000<W<5,000	5,000 <W<10,000	10,000 <W<20,000	20,000 ≤W
	計算最大容許摩擦係數				
無	0.10	0.20	0.20	0.20	0.20

<15	0	0.10	0.20	0.20	0.20
15-25	0	0	0.10	0.20	0.20
25-35	0	0	0	0.10	0.20
35-45	0	0	0	0	0.10
>45	0	0	0	0	0

表 3-10 最小繫固力加速度
(來源：DNV-ST-N001)

最小繫固力加速度					
	$W < 1,000$	$1,000 < W < 5,000$	$5,000 < W < 10,000$	$10,000 < W < 20,000$	$20,000 \leq W$
橫向	0.15g	線性插值	0.10g	線性插值	0.05g
縱向	0.10g	線性插值	0.05g	線性插值	0.03g

- (3) 依不同波向求得 12 個負荷狀況之貨物慣性力。
(4) 貨物慣性力不得大於允許設計負荷。

3.8.2 穩度計算

載具航行前應驗證輕載、滿載與預計裝載之完整穩度與破損穩度是否符合穩度規範。

【解說】（參考 DNV-ST-N001、IMO 穩度章程、International Convention on Load Lines）

1. 穩度計算須符合 IMO 穩度章程 (Code on Intact Stability)、國際載重線公約 (International Convention on Load Lines、SOLAS chapter II-1)。
2. 應考慮穩度計算時任何繫泊錨鏈在系統中添加或移除的影響。
3. 應考慮穩度計算中自由液面的影響。
4. 若載具不在表 3-11 的分類範圍內且具非對稱幾何，或是起始橫傾角或俯仰角差遠大於 0° ，則需要驗船機構特別考量。
5. 完整穩度範圍包含所有水平軸，水平軸定義為從 0° 的橫傾角到最小扶正力臂 (GZ) 小於等於 0 的角度應不低於表 3-11 中數值。
6. 完好無損的情況下，扶正力臂曲線下的面積應不低於傾覆力臂曲線下的面積之 140% 以上。

表 3-11 完整穩度範圍

(來源：DNV-ST-N001)

載具尺寸及形式	完整穩度範圍
中大型載具，全長(LOA) $\geq 76\text{m}$ 及載具寬(B) $\geq 23\text{m}$	36°
大型載貨載具，全長(LOA) $\geq 76\text{m}$ 及載具寬(B) $\geq 23\text{m}$	36°
小型載貨載具，全長(LOA) $< 76\text{m}$ 或載具寬(B) $< 23\text{m}$	40°
小型載具，全長(LOA) $< 76\text{m}$ 或載具寬(B) $< 23\text{m}$	44°
載具營運範圍為內陸水域	24°

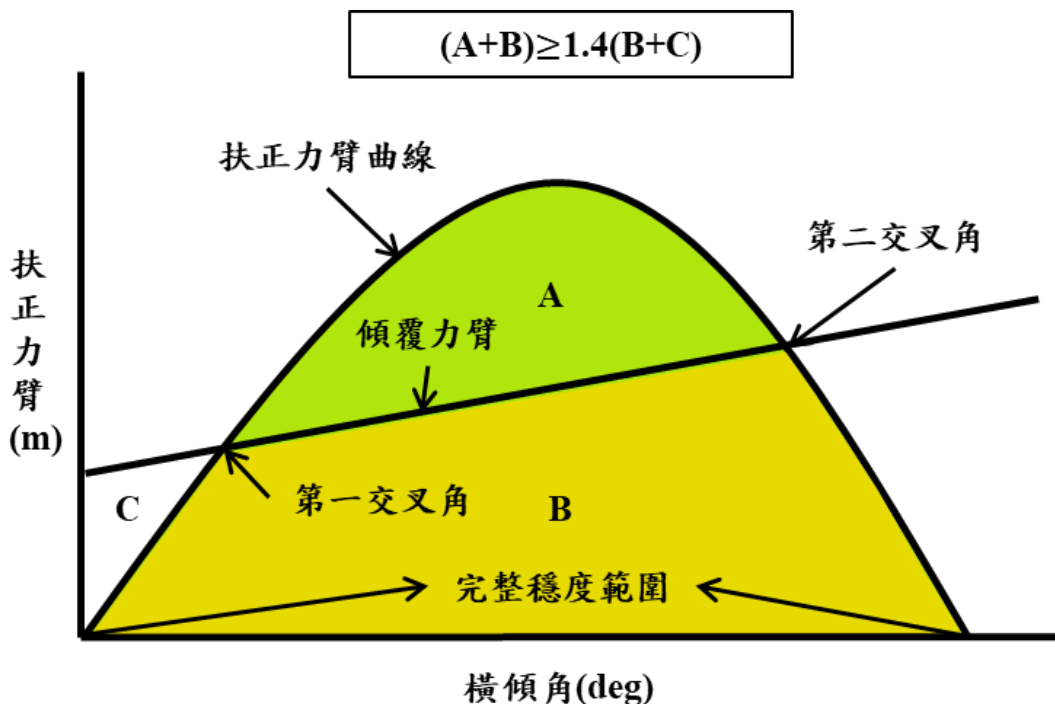


圖 3-4 載具穩度示意圖

(來源：DNV-ST-N001)

3.8.3 拖帶設計

1. 拖船可供之拖力應符合牽引力需求 (Towline Pull Requirement, TPR)。
2. 拖帶設備包含纜繩、卸扣、繫船柱等應符合強度需求。

【解說】 (參考 DNV-ST-N001)

1. 參考圖 3-5，拖船效率(T_{eff}) 在有義波高 1 m 以上，5 m 以下的狀況，根據式 3-9 估算出拖船效率。TPR 應根據拖帶狀況進行計算，考慮海況及所達到的拖帶速度。TPR 計算時應包括風、波浪和水流 (即被牽引物與水之間的相對速度) 之作用力。拖船可供的拖力應不小於 TPR，如式 3-10 所示：

$$T_{eff} = 80 - \left(18 - 0.0417 \times LOA \times \sqrt{BP - 20}\right) \times (H_s - 1) \times 100\% \quad \text{式 3-9}$$

$$\sum \frac{BP \times T_{eff}}{100} \geq TPR \quad \text{式 3-10}$$

其中：

T_{eff} ：拖船效率(%)

LOA ：載具總長度，m

BP ：繫纜拖力(Bollard Pull)，ton

2. 有關拖船設備，包括纜繩、卸扣、繫船柱等強度分析請參考 DNV-ST-N001。

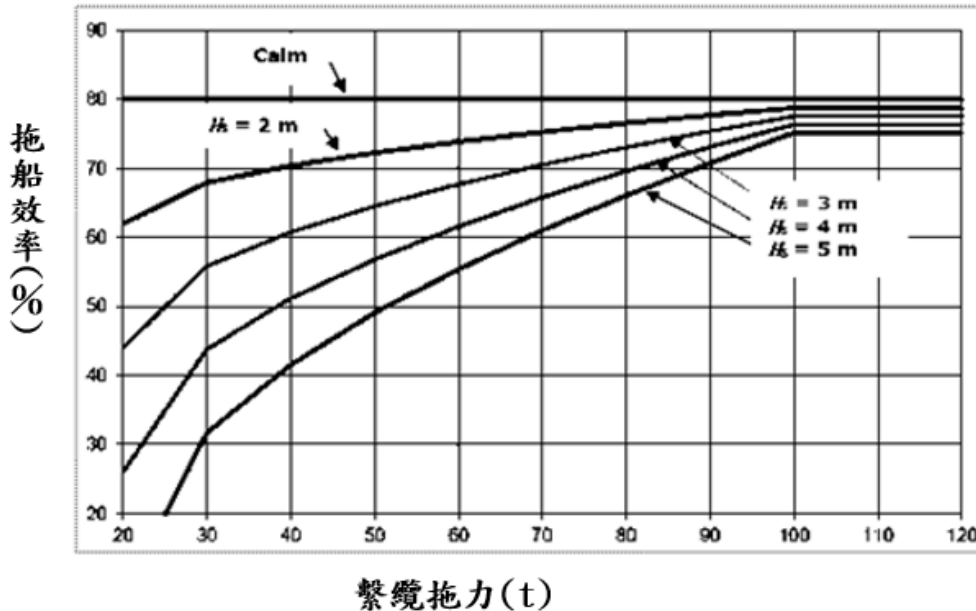


圖 3-5 拖船效率與繫纜拖力關係圖
(來源：DNV-ST-N001)

3.9 繫泊與動態定位系統

進行碼頭繫泊、電纜或管線鋪設作業、吊裝或安裝作業、浮動作業時，應比照浮式移動離岸裝置 (Mobile Offshore Unit, MOU)、浮式儲藏裝置 (Floating Storage Unit, FSU) 的受氣象限制作業或非受氣象限制作業要求。

【解說】

1. 承包商繳交繫泊作業計畫書須包含以下資料：
 - (1) 碼頭繫泊：停泊及裝卸載作業。
 - (2) 作業性質：永久繫泊或暫時繫泊。
 - (3) 設計標準：使用之規範（含年分）。
 - (4) 設計環境條件：允許的極限環境條件。
 - (5) 地理位置條件：地形、土層分佈、海底障礙物（含表面和海底的任何現有的設備或基礎設施）分佈。
 - (6) 停泊船舶：周圍船舶配置。
 - (7) 繫泊系統：使用之設備。
 - (8) 分析報告：分為繫泊整體分析和故障分析。
 - (9) 程序書：作業流程。

3.9.1 環境條件

繫泊設備於繫泊位置應能承受作業期間所預期最惡劣的海洋氣象環境條件。

【解說】（參考 DNV-ST-N001）

1. 對於潮汐範圍大於水深 10% 的位置的繫泊設備，應在作業期間確定繫泊位置的最高和最低靜水位，並在分析中予以考慮。
2. 對於碼頭泊位，應考慮潮汐的影響，以根據可能的方法調整線長，以適應潮汐變化，並在可能的情況下通過規定的監控系統（需要 24 小時監控）來監控線的張力。
3. 應考慮風波流之環境負荷的影響。

3.9.2 繫泊系統

繫泊系統的所有構件應具備原廠證明及維修保養紀錄。

【解說】（參考 DNV-ST-N001）

1. 繫泊系統每 5 年須通過第三方驗證單位驗證，製造商的證書必須確認最小斷裂負荷 (Minimum Breaking Load, MBL)。
2. 繫泊系統設備詳細資訊應包含：
 - (1) 錨：數量、型式及重量。
 - (2) 繫泊纜：長度、型式、已使用年份、標稱直徑、最小斷裂負荷、每單位長度的乾濕重、軸向剛度（鋼索或鎖鏈）、負荷伸長曲線（纖維纜）。
 - (3) 最新的繫泊纜檢查報告。
 - (4) 詳細的浮漂或滑輪重量。
 - (5) 連接設備的詳細的資訊。
 - (6) 設備的條件和操作狀態。
 - (7) 錨鉸位置與繫泊預張力。
 - (8) 有關的操作人員或鑽井承包商或標準錨樣式，和必要的預張力之詳細訊息。

3.9.3 動態定位系統

1. 動態定位(Dynamic Positioning, DP)系統的所有構件應具備原廠證明及維修保養紀錄。
2. 應依作業類型選擇適當之 DP 系統。

【解說】（參考 IMO MSC.1-Circ.1580、IMCA M 190）

1. 動態定位系統應符合 IMCA M 190 的年度 DP 試驗計畫，並應提供年度 DP 試驗的歷史證明。
2. DP 設備等級及 DP 系統等級選定要求請參照 IMO MSC.1-Circ.1580。

3.10 安裝操作

3.10.1 吊裝作業

1. 吊裝作業應提出吊裝施工計畫書，包含施工地點、施工圖、構件資料、機具資料、起重吊掛作業相關人員合格證照等。
2. 吊掛佈置圖應清楚地顯示吊裝物與其周圍物體之間隙，並依陸上、水上及水下之不同吊裝情境選擇適合之安全係數。

【解說】（參考 DNV-ST-N001）

1. 吊裝作業於施工階段使用相當頻繁，如裝載作業、打樁作業、海纜鋪設、安裝作業等，皆有可能會動用到吊裝作業。DNV 建議之吊掛評估程序如圖 3-6 所示。（圖 3-6 之流程圖僅作為指引之用。）

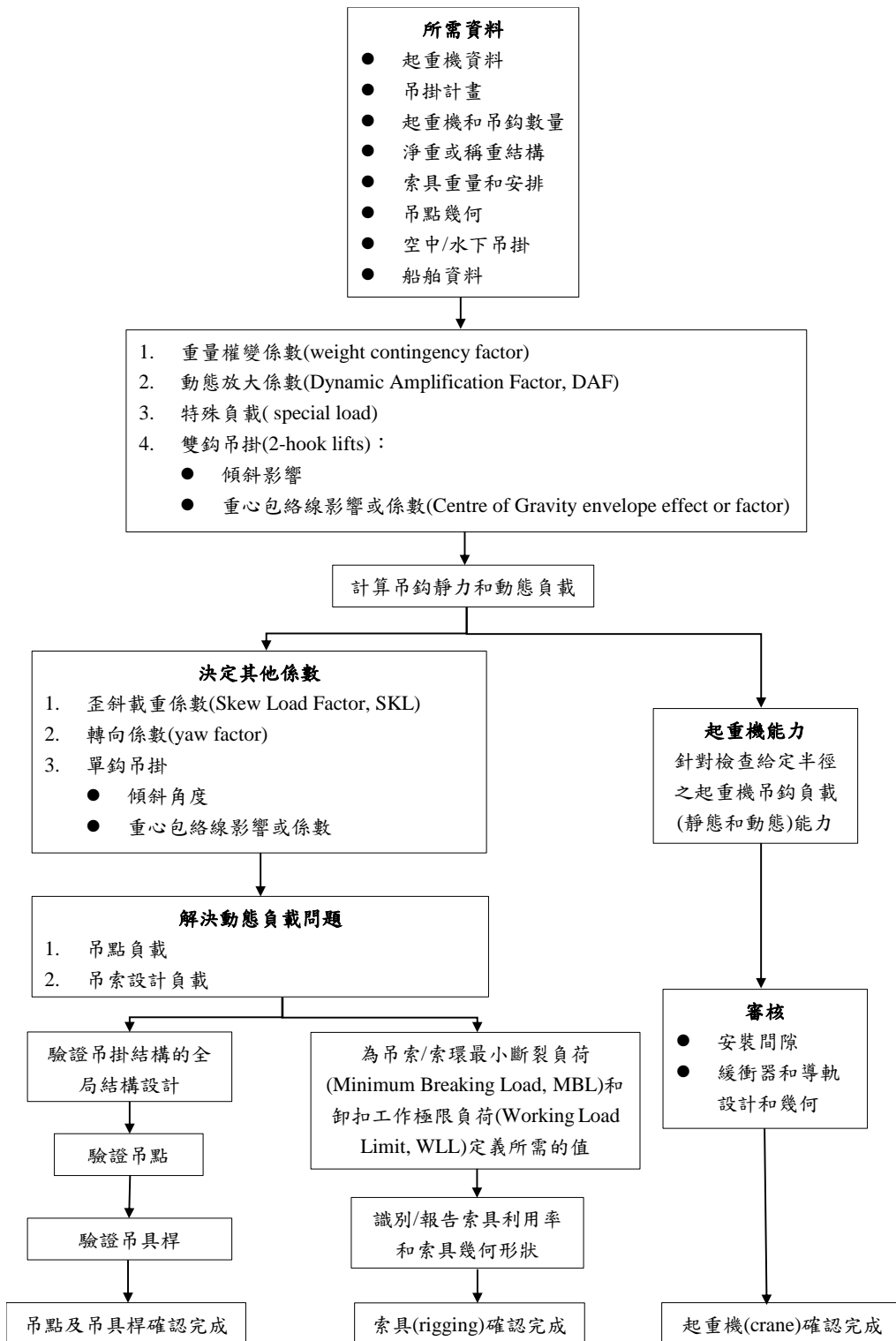


圖 3-6 吊掛評估程序

(來源：DNV-ST-N001)

2. 施工計畫書詳細資料如下：

- (1) 設計標準：採用之規範（含年份）。
- (2) 施工之氣象資料：詳細請參照本規範第 3.4 節之要求。若於施工期間遇到颱風、地震、雷擊應參照「離岸風電海域作業安全指引」之建議。
- (3) 施工圖：應包含吊索 (Sling)、卸扣 (Shackle)、吊具桿 (Spreader Bars)、吊具框架 (Spreader Frames) 及其他索具之設計組合圖、銲接工藝規範和程序、非破壞檢測報

告、吊掛路徑規劃、周圍其他支援機具或船舶位置等。

- (4) 吊掛佈置圖：應清楚地顯示吊裝物與其周圍物體之間隙，並應符合 DNV-ST-N001 標準之最小值。
 - (5) 構件規格：重量和重心的證明、顯示主要結構構件的平面圖、立面圖和剖面圖。
 - (6) 機具合格證書：陸上吊車應符合「移動式起重機安全檢查構造標準」、「固定式起重機安全檢查構造標準」。機具合格證書應符合「危險性機械及設備安全檢查規則」第三章之規定，設置於離岸風力機及海上變電站等處所之起重機應由第三方驗證單位確認符合國際安全規範。
 - (7) 吊車規格：吊車荷重曲線圖表、配重塊重量。起重船之繫泊系統配置或動態定位系統的詳細訊息。
 - (8) 吊具規格：吊索、卸扣、吊具桿、吊具框架及其他索具之規格。
 - (9) 分析報告：構件的結構分析報告與吊鈎、吊索及卸扣負荷計算書。
 - (10) 人員資格：起重機操作人員須具備「職業安全教育訓練規則」第 12 條規定起重機操作人員訓練合格證明(「吊掛作業人員訓練證明」、「操作人員技術證照」或國際足夠之相關驗證)，並應依「起重升降機具安全規則」第 64 條規定指派專人指揮。
 - (11) 各項係數包括：重量權變係數 (Weight Contingency Factor)、重心偏移係數 (CoG Shift Factor)、動態放大係數 (Dynamic Amplification Factor, DAF)、歪斜載重係數 (Skew Load Factor, SKL)、傾斜係數 (Tilt Factor)、轉向係數 (Yaw Factor)、吊掛係數 (Lifting Factor, γ_f)、結果係數 (Consequence Factors, γ_c)、終點係數 (Termination Factor, γ_s)、彎曲係數 (Bending Factor, γ_b)、材料係數 (Material Factor, γ_m)、磨損係數 (Wear and Application Factor, γ_w)。各項係數數值請參照 DNV-ST-N001 第 16 章。
 - (12) 施工位置場所勘查資料。
3. 起伏補償：
- (1) 主動起伏補償 (Active Heave Compensation, AHC)：
起伏補償器的所述文件紀錄效率（行程長度或最大輸出/速度）應乘以 0.9 的安全係數，並且不得高於理論操作值的 80%。
 - (2) 被動起伏補償 (Passive Heave Compensation, PHC)：
起伏補償器在行程長度或最大輸出/速度的效率通常不應高於理論工作範圍的 80%。
4. 對於不需要擬訂起重計畫的小型現場起重作業（補給品、輕型工具等），至少必須由起重作業監管人員（吊掛工程師）、吊車操作手及吊車指揮手（吊掛手）決定並規劃載重、吊掛點與淨空區，同時必須進行風險評估。

3.10.2 打樁操作

1. 打樁作業應提出打樁施工計畫書，包含基樁資料、施工方法與機具資料等。
2. 打樁施工前應根據地工資料，計算打樁土壤阻抗並進行打樁分析，並確認基樁應力與疲勞損傷符合設計強度要求；施工時應對施工狀況、錘擊能量、錘擊數及其錘擊貫入長度等品質管理資料製作打樁紀錄表。

【解說】（參考 DNV-ST-N001）

1. 在打樁計畫中，基樁資料應至少包含：
 - (1) 數量與配置。
 - (2) 直徑與鋼管樁板厚。
 - (3) 重量與長度。
 - (4) 結構設計強度。

- (5) 打樁施工之設計疲勞損傷。
2. 施工方法應至少包含以下資料：
- (1) 打樁工法。
 - (2) 樁錘型號與規格。
 - (3) 施工步驟與施工時間。
 - (4) 打樁施工對施工船、鄰近船隻與結構物之安全考量與要求。
 - (5) 施工程序與打樁誤差標準。
 - (6) 基樁應打擊至大於設計承载力之高程。若達設計承载力但無法貫入指定樁尖高程，應重新檢核，並提出改善辦法，經設計端確認後，方可辦理截樁工作。
 - (7) 施工期間，基樁之偏心與垂直度偏差須隨時校核，使偏差控制在容許範圍內。
3. 施工機具資料應至少包含：
- (1) 施工船基本資料，如船長、船寬、定位方法與規格。
 - (2) 吊車性能。
 - (3) 導樁樣架之尺寸與規格。
 - (4) 吊具規格。
 - (5) 機具資料應包含原廠證明與維修保養紀錄。
 - (6) 其他，如警戒船、輔助拖船與氣泡幕工作船配置與規格。
4. 打樁土壤阻抗 (Soil Resistance to Driving, SRD) 分析
5. 打樁分析 (Pile Drivability Analysis)
- 打樁分析至少使用波動方程式 (Wave Equation)，將基樁模擬為質點、彈簧與阻尼等元件組成模型進行動態分析，打樁分析須確保打樁工程之可行性，內容至少包括：
- (1) 土層分佈與土壤參數。
 - (2) 基樁之樁徑、板厚與重量。
 - (3) 打樁分析所需樁錘之相關參數。
 - (4) 基樁之垂直度。
 - (5) 欲貫入之樁長。
 - (6) 波浪與海流。
 - (7) 穩定性分析。
 - (8) 基樁自貫穿分析與溜樁 (Pile Run) 評估。
 - (9) 貫入過程中，樁錘預計輸入能量及其擊打次數預估。
 - (10) 打樁中止 (Pile Refusal) 標準與樁擊次數評估。
 - (11) 打樁應力與結構強度評估。
 - (12) 打樁疲勞損傷評估。
6. 打樁施工紀錄表應至少包含以下資料：
- (1) 施工日期與時間。
 - (2) 樁錘之能量與總錘擊數。
 - (3) 貫入單位長度所用的錘擊數。
 - (4) 基樁之垂直度。
 - (5) 在打樁過程中，樁錘與基樁任何異常的行為。
 - (6) 任何在打樁過程中的施工記錄。
 - (7) 打樁中止 (Pile Refusal) 之緊急應變計畫。
 - (8) 如有切除基樁，應記錄基樁斷面及切斷處之尺寸。

3.10.3 灌漿作業

1. 灌漿作業應提出灌漿施工計畫書，包含材料檢測、施工步驟和檢驗資料等。
2. 灌漿材料檢測
施工中使用之組成材料、加勁材（Reinforcement）、預應力系統、新拌／硬化混凝土、砂漿等材料測試應按照 ISO 或其他國際標準要求，在施工前和施工期間進行。
3. 灌漿作業施工
 - (1) 進行施工前，應準備所有施工作業的執行和控制程序，並記錄之，確保達到需求品質。
 - (2) 涉及運輸與安裝的施工作業，應依照 ISO 或其他國際標準規定進行。
 - (3) 所有施工階段之規畫，應確保有足夠之混凝土／砂漿硬固時間，並足以支撐施加之負荷。
4. 灌漿作業檢驗
灌漿作業之查驗程序，應依 ISO 9001 之要求進行。

【解說】（參考 DNV-ST-C502）

1. 材料檢測
 - (1) 可在獨立的認證實驗室進行檢測。所有進行的檢測紀錄應予以保留，以備日後納入施工紀錄。
 - (2) 對於新拌混凝土以及混凝土硬化之材料檢測項目，應參照 ISO 19903、DNV-ST-C502 或 ASTM 相關標準進行。
2. 施工階段應準備以下文件，且應得到設計者和其他施工相關方的批准：
 - (1) 相關結構佈置、尺寸圖。
 - (2) 所有相關材料之規格書。
 - (3) 銲接附屬物、銲道等部位的詳細資訊。
 - (4) 鋼筋和預應力系統的圖紙和說明。
 - (5) 對製造 (Fabrication)、施工、檢驗、檢測程序的要求。
 - (6) 防蝕系統規範。
 - (7) 由於設計階段的假設條件產生之任何限制與公差。
3. 灌漿施工程序應至少包含以下內容：
 - (1) 對新拌混凝土性能的要求，如泌水性 (Bleeding)、流動性、密度等。
 - (2) 硬化混凝土的要求。
 - (3) 配料和拌合要求。
 - (4) 新拌混凝土的運輸方式。
 - (5) 泵和其他設備的要求。
 - (6) 灌漿壓力與速度限制。
 - (7) 保溫時間。
 - (8) 通風口的數量和位置。
 - (9) 高困難的操作細節，例如：對較長的垂直管道進行灌漿。
 - (10) 灌漿品質抽樣點和程序。
 - (11) 設備故障、阻塞等情況的應急措施。
4. 灌漿過程紀錄應包含：
 - (1) 原料識別。

- (2) 組成材料。
 - (3) 原料重量。
 - (4) 泵送體積。
 - (5) 拌合日期、時間。
 - (6) 灌漿管道。
 - (7) 灌漿溢流後之觀察點、溢流體積。
 - (8) 取樣時間。
5. 品質保證 (Quality Assurance, QA) 、品質管理 (Quality Control, QC) 工程之檢驗程序應包含以下階段：
- (1) 組織架構階段。
 - (2) 設計、採購階段。
 - (3) 設備的建造階段。
 - (4) 設備的儲存及運輸階段。
 - (5) 施工階段。
6. 結構連接處之灌漿作業檢驗
- (1) 在作業開始前，須檢驗以下項目：
 - A. 相關驗證、執行程序、品質管理檢驗程序等所有文件。
 - B. 管道、入口、通氣孔、溢流口於設計圖之位置及其固定性。
 - C. 填縫材 (Seals) 及臨時模板應完好無損，其可撓性或勁度應如同其產品規格，並確認是否清潔與正確安裝。
 - D. 應清除隔間中不需要的材料。
 - E. 確保所有管道暢通。
 - F. 應急程序與設備可正常使用。
 - G. 施工設備可正常運行，並且已完成功能測試。
 - (2) 灌漿作業期間，需檢驗以下項目：
 - A. 新拌砂漿試驗特性，如：坍度與空氣含量等（請參考 DNV-ST-C504 附錄 J）。
 - B. 設備和砂漿的特性。
 - C. 灌漿過程的實際泵壓速度和壓力。
 - D. 實際泵送量。
 - E. 拌合速度與水的用量。
 - F. 測試中目視檢查退料。
 - G. 發生事故和惡劣的氣候條件應採取的措施。
7. 為避免灌漿結構間發生早期循環 (Early age cycling, EAC) 導致混凝土在固化期間產生裂痕。假設灌漿連接無剛性，則內管與外管間的最大相對位移應根據灌漿 24 小時內的預期最大海況來決定；若對於樁-套筒灌漿部位，則其最大相對位移應對未灌漿樁進行坐底分析來決定。若相對位移大於 1 mm，則需施加位移限制以確保達到預定灌漿強度。

3.10.4 海纜鋪設

1. 海纜鋪設作業應提出海纜施工計畫書，包含路徑設計、船舶與機具資料、海纜規格文件、環境條件、施工方法、可工作區間評估、埋設與保護程序、調校作業等。
2. 在海纜鋪設中，避免干擾現有結構物及周圍海域的使用，並確實確認安全才可執行。
3. 海纜鋪設後，宜使用水下無人機確認海纜埋設深度並提供海纜鋪設路徑紀錄，以確認符合設計要求。

【解說】（參考 DNV-ST-N001、DNV-RP-0360、DNV-RP-0359）

1. 施工地點
 - (1) 應依「在中華民國大陸礁層鋪設維護變更海底電纜或管路之路線劃定許可辦法」申請並審查通過。
2. 環境條件
 - (1) 施工氣象資料。
 - (2) 受氣象作業或非受氣象作業標準，參照 3.4 環境條件之要求。
3. 構件資料
 - (1) 材料證書
 - A. 防水裝置。
 - B. 材料特性。
 - (2) 電器證書
 - (3) 尺寸證書
 - A. 直徑。
 - B. 重量。
 - C. 強度。
 - (4) 品質管理保證
 - (5) 電纜保護系統
 - (6) 合格檢驗
 - (7) 安裝需求書
 - A. 最大允許張力。
 - B. 側向擠壓力。
 - C. 最小彎曲半徑。
4. 機具資料
 - (1) 船級證書。
 - (2) 操舵證書。
 - (3) 錨鍊及動態定位系統證書。
 - (4) 起重設備證書。
 - (5) 儲放設備證書。
 - (6) 符合動態定位系統資格。
 - (7) 人員資格（完整專業訓練）。
 - (8) 輸纜設備規格書。
 - (9) 監測系統證書。
5. 施工流程
 - (1) 上岸鋪設
 - A. 水平定向鑽探工法。
 - B. 浮標及浮球工法。
 - (2) 海纜鋪設

- (3) 引上鋪設
 - A. 第一端引上作業。
 - B. 第二端引上作業。
- (4) 海纜裝載程序
 - A. 儲放。
 - B. 裝船。
 - C. 運輸。
- (5) 海纜維修
- 6. 施工方法及施工工程計算
 - (1) 應考慮海纜施工中可能會影響可工作區間之環境因素條件，施工工程計算應考慮電纜各種動態行為包含張力、摩擦力、彎距、剪切力、扭轉力矩等。
- 7. 埋設及保護程序
 - (1) 埋設機具類型／證書
 - (2) 起重設備證書
 - (3) 鋪設後覆蓋保護（石墊、格箱、拋石擺放）。
 - (4) 鋪設後掩埋保護
 - A. 機械埋設。
 - B. 溝槽埋設。
 - C. 潛水員埋設。
 - D. 防護管保護。
- 8. 調校作業（調校測試）
 - (1) 相關測試要求可參考 CIGRE TB 490，但實際測試要求，會依業主和廠商討論專案特性，進行測試規劃。

3.10.5 浮裝操作

浮裝作業應提出浮裝施工計畫書，包含船舶與機具資料、連接裝置、壓載系統、施工步驟與環境條件等；在安裝過程中，應確保施工船舶、套筒式基礎、連接裝置與上部結構之安全。

【解說】（參考 DNV-ST-N001）

浮裝操作泛指海事作業中將上部結構透過施工船舶以壓載系統或主動式油壓操作的方式，將上部結構的負荷逐漸轉移並安裝至離岸基礎上，見圖 3-7，浮裝施工計畫與分析計算應注意以下事項：

- 1. 施工船舶與機具
 - (1) 船舶幾何與甲板佈置狀況。
 - (2) 吃水與穩度分析。
 - (3) 甲板貨物裝載量與縱向強度。
 - (4) 定位方法與能力。
 - (5) 壓載計畫與壓載能力證明，並考慮潮汐影響。
 - (6) 拖船與拖帶設備。
 - (7) 其他船舶資料，如警戒船舶、起錨船舶等。
- 2. 連接裝置與其他結構
 - (1) 樁腿連接裝置 (Leg Mating Unit, LMU) 安裝在上部結構和套管式基礎之間作為緩衝，以防止兩者間的鋼材損傷，見圖 3-8。
 - (2) 甲板支撐裝置 (Deck Support Unit, DSU) 與 LMU 的構造類似，安裝在甲板與上部

結構之間作為緩衝，以防止兩者間的鋼材損傷。

- (3) LMU 與 DSU 尺寸、位置與容許負荷。
- (4) 支撐腳尺寸與容許負荷。
- (5) 護舷材尺寸、位置與容許負荷。
- (6) 上部結構尺寸、負荷。

3. 施工步驟應包含以下的工作規畫階段：

- (1) 待命階段：於離岸基礎前等待可工作區間，在此階段需準備繫泊系統操作或動態定位操作計畫，以及起錨船與警戒船安排，並進行一部分繫固件的切割與分離等工作。
- (2) 船舶進場階段：施工船舶駛入離岸基礎安裝槽中，使 LMU 與套筒式支撐腳對準，並透過定位系統與壓載系統使施工船舶、離岸基礎與上部結構之間保持安全間隙。
- (3) 負荷轉移階段：LMU 與套筒式支撐腳對準後，透過施工船壓載裝置或主動式油壓系統，將上部結構的負荷從施工船轉移至支撐腳的過程。
- (4) 船舶退場階段：切除與分離所有繫固件，保持安全間隙將施工船舶拖離離岸基礎。

4. 為確保施工船、套筒式基礎、連接裝置與上部結構之安全，浮裝分析報告應包含以下資料：

- (1) 各施工階段的可工作區間與所需施工時間。
- (2) 繫泊分析或動態定位能力分析。
- (3) 船舶進退場階段的拖帶分析。
- (4) 壓載規劃與穩度分析。
- (5) 主動式油壓管理系統。
- (6) 繫固件切割與分離計畫。
- (7) 施工船舶、上部結構、套筒式基礎的容許間隙。

施工船舶、上部結構、套筒式基礎與連接裝置等結構在施工期間的負荷分析與結構強度。

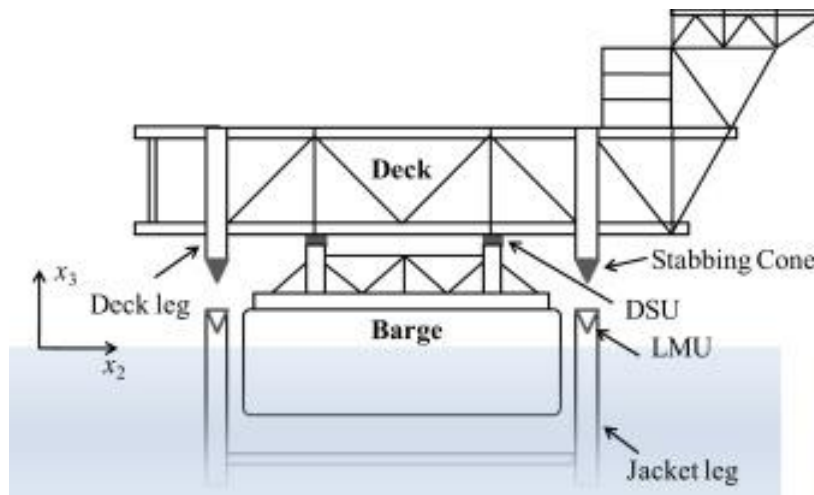


圖 3-7 浮裝操作示意圖

來源：Mingsheng Chen, Rodney Eatock Taylor, Yoo Sang Choo, "Investigation of the complex dynamics of float-over deck installation based on a coupled heave-roll-pitch impact model." *Ocean Engineering*, vol 137, p.262-275, Jun 2017

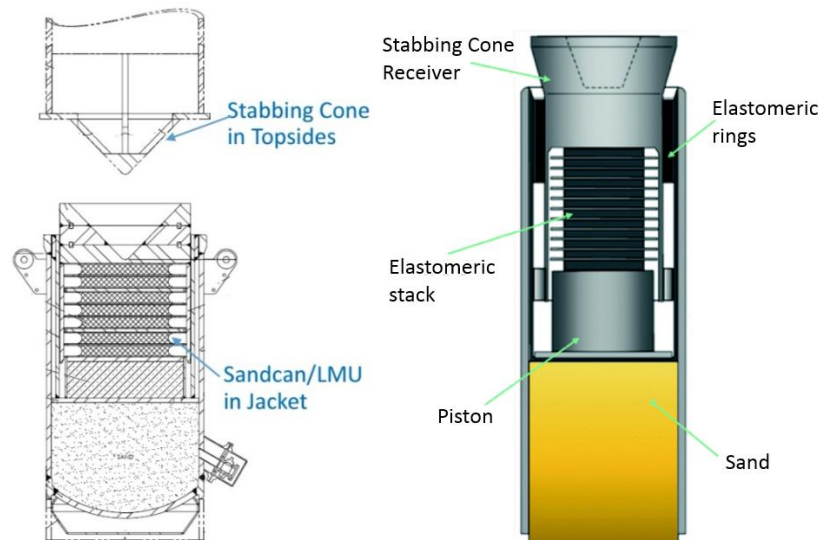


圖 3-8 LMU 構造示意圖

來源（左）：K. kurojjanawong, Floatover Hardware, Leg Mating Unit (LMU) Type. Retrieved from <https://kkurojjanawong.wordpress.com/2019/10/01/floatover-hardware-leg-mating-unit-lmu-type/>

來源（右）：Gengshen Liu, Huajun Li, Engineering Analysis and Model Test. *Offshore Platform Integration and Floatover Technology*, p.191-228, Jun 2017.

3.10.6 自升作業

自升作業應提出自升施工計畫書，包含船舶資料、自升系統操作手冊、海洋環境條件、施工地點、特定場址評估等。

【解說】（參考 DNV-ST-N001、ISO 19905-1）

1. 建議之特定場址評估如圖 3-9 示。(圖 3-9 之流程圖僅作為指引之用。)

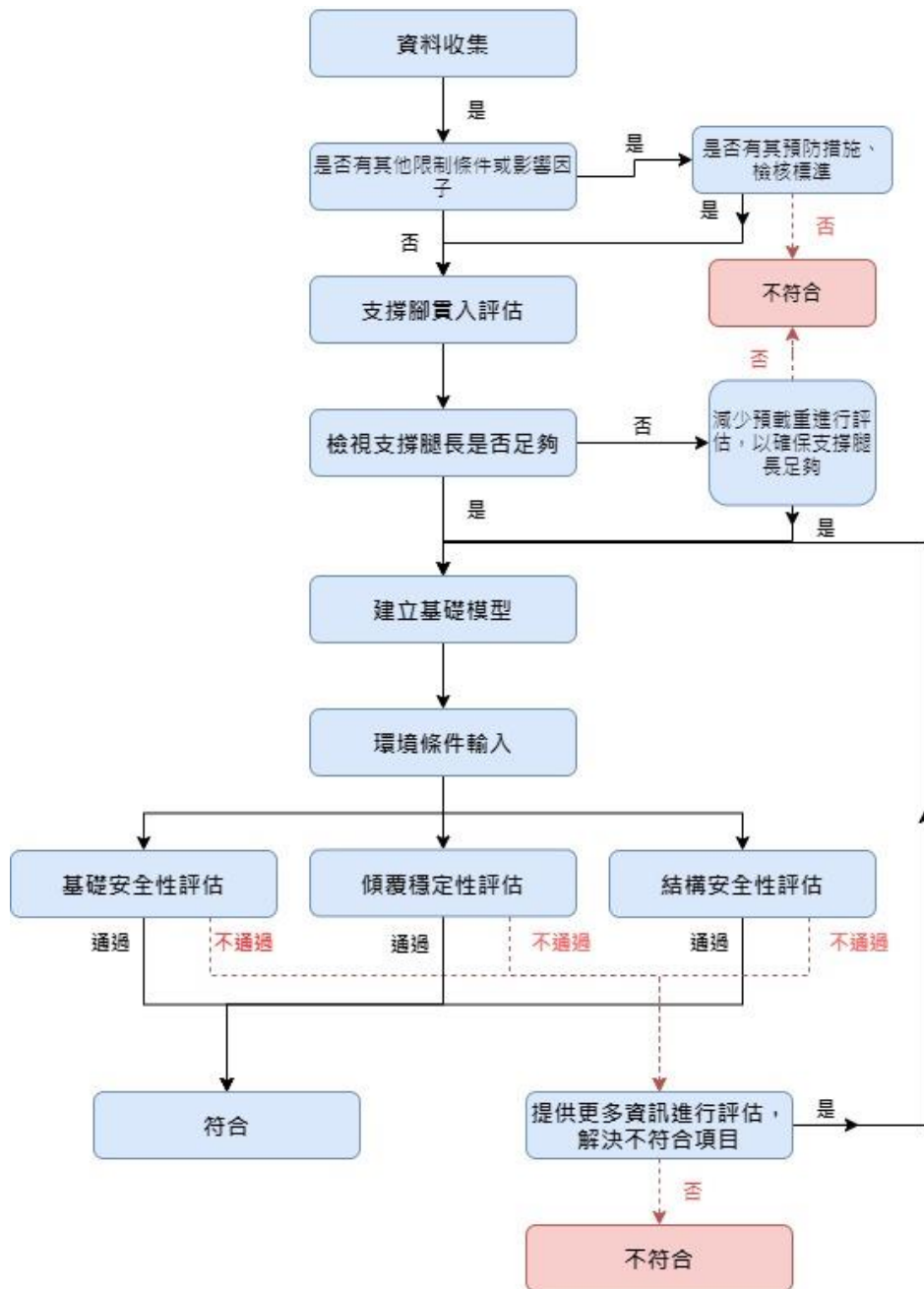


圖 3-9 自升評估程序 (來源：ISO 19905-1)

2. 承包商繳交自升施工計畫書應包含以下資料：

- (1) 船舶詳細資料，含船體結構圖。
- (2) 基礎（土壤承載力）分析、腿部穿透分析 (Leg Penetration Analysis, LPA)、特定場址評估 (Site Specific Assessment, SSA)。
- (3) 自升系統的詳細資料與操作手冊。
- (4) 對於每個進行自升作業位置的樁腳站立地點，提供 50 年極端迴歸海洋環境數據（建議同時提供 1 年與 10 年極端迴歸之數據）：
 - A. 在平均海平面 (Mean Sea Level, MSL) 上 10 m 的 1 分鐘平均風速 (m/s)。
 - B. 極限波高 (m)。
 - C. 波浪週期 (s)。
 - D. 波浪尖峰週期 (s)。
 - E. 有義波高 (m)。

- F. 順風方向之最大表層潮流 (m/s)。
- (5) 場址水文與地質調查：位置座標、水深、潮差、風暴潮、海床表面及土壤調查。
- (6) 作業環境條件：作業極限環境條件、作業空隙 (Air Gap)。

3.11 除役

離岸風力發電業者應擬定除役施工計畫概念，建議包含設計文件、拆除與運輸作業及風險評估。

【解說】（參考 DNV-ST-N001、BSH Standard Design）

1. 離岸風力發電業者至少應於預計執行除役措施的 12 個月前，向相關主管機關遞交更新之除役計畫。
2. 逆向安裝 (Reverse Installation)
 - (1) 逆向安裝係指採用與安裝過程中順序相反的步驟來拆除風機上部結構的作業。
 - (2) 若牽涉到大尺寸重量構件之運輸及吊裝，應定期製作其重量歷史紀錄。
3. 分解 (Piece Small)
 - (1) 分解係指將每個要拆除的大構件拆分為較小的單元，並將其放入合適的貨櫃中，以運輸到處置設施。此拆除方法可能不在 MWS 範圍之內，但應遵循行業慣例的標準。
 - (2) 若牽涉到大尺寸重量構件之運輸及吊裝，應定期製作其重量歷史紀錄。
4. 套筒式基礎及其他相似結構
 - (1) 移除套管上方的結構後，須考慮整體結構的重量、重心變化；若套管無法立即移除，仍需要滯留在原地較長時間時，則須考量其結構是否能承受環境設計條件（參照 3.4 節）。
 - (2) 若需進行基樁切割，則應結合套管拆除作業的天氣預報進行計劃，以符合 DNV-ST-N001 中對底部穩定性的要求。
 - (3) 環境標準的任何變化都應獲得 MWS 公司同意。
 - (4) 若套管及其他類似結構仍需要滯留在原地時，應根據交通部「航路標識條例」及「航路標識設置技術規範」進行航路標識設置。
5. 浮裝
任何海上航程皆須符合 3.8 節的規定，且若安裝不合乎要求。若安裝不合乎規範要求或需要拆解時，可能需要設置臨時航路標識、緊急錨定及繫泊設備。
6. 其他準則
若作業情況不包含在本規範中，可參照 DNV-RP-N102 的規定進行。

第四章 安全與管理

4.1 工程管理

離岸風力發電業者應依電業法與電業登記規則提交工程計畫書及其他書圖至相關主管機關。

【解說】

1. 本節之相關主管機關係指電業法第3條所指之電業管制機關。
2. 離岸風力發電業者應依據電業法第24條及電業登記規則第3條，備齊相關書圖以取得施工許可。施工許可：發電業應於籌設或擴建許可有效期間內，開始施工；施工前，應備下列書圖申請核發工作許可證；工作許可證有效期間為五年。但有正當理由者，得於期限屆滿兩個月前申請延展；每次延展，以一年為限：
 - (一) 工程計畫書（含初步圖樣及規範書）。
 - (二) 發電廠廠址土地完成變更或容許使用證明文件。
 - (三) 發電廠廠址土地使用同意證明文件。
 - (四) 設置離岸式風力發電廠應檢具海底電纜路線劃定鋪設許可。
 - (五) 自有資金至少占總投資額百分之十五之財力證明文件。但公營發電業，不在此限。

4.1.1 承包商基本資料

工程管理文件應包含製造、施工與監造單位之基本資料。

【解說】

1. 為了建立製造、施工與監造單位的基本資訊及聯絡方式，工程管理文件應至少提供以下資訊：
 - (1) 承包商名稱及連絡電話。
 - (2) 製造／施工單位負責人姓名、住址及電話。
 - (3) 監造負責人姓名、住址及電話。
 - (4) 製造／施工現場負責人姓名、住址及電話。
 - (5) 環安衛負責人姓名、住址及電話。
 - (6) 協議組織。

4.1.2 工程勘查與設計資料

1. 工程管理文件應包含工程所需之設計資料。
2. 為有效管理製造與施工之環境安全衛生，應在製造與施工前進行與計畫相關之勘查。

【解說】（參考港灣における洋上風力発電設備の施工に関する審査の指針）

1. 工程勘查及設計資料應紀錄於工程管理文件中以備查，製造／施工單位應參考此資訊，根據工程的性質，設計資料應至少包括：
 - (1) 設計圖紙。
 - (2) 材料選定規格。
 - (3) 精度及公差。
 - (4) 場址調查資訊。
 - (5) 備品資訊。
2. 根據工程的性質，工程勘查資料應至少包括以下方面：

- (1) 自然條件勘查：應掌握製造與施工現場及運輸路線可能危及環安衛的自然條件議題，包含：
 - A. 氣象條件：風、降雨、霧、氣溫等，可能影響製造與施工過程的設備與人員安全性，另外，應考慮災害（雷擊、颱風及地震等）發生的可能性，關於海洋氣象資訊觀測數據的要求，詳見 4.2 節。
 - B. 海洋氣象條件：施工及運輸過程應了解場址歷史的波浪、潮位及潮流資訊，以利施工規劃。
 - C. 地質條件：針對施工需要的土壤及地質資訊，除了設計階段所取得的場址資訊，自升式平台船所需的場址條件調查也需要納入施工管理文件。
- (2) 危險物勘查：應調查在風力發電場與佈纜路線的施工現場海域是否有殘存的水雷，並向目的事業主管機關回報處理。另外，施工過程發現的危險廢棄物，均應記錄以管控施工安全，並提供後續運維工作參考，並提交相關的風險評估資訊於目的事業主管機關，詳見 4.2 節。
- (3) 相關設施的勘查，對於大型構件的儲放及運輸，應調查必要的資訊以確保工程順利的進行，並避免公眾安全或環境破壞的意外，包括：
 - A. 作業船的供應商及航線。
 - B. 主要構件的供應商及運輸路線。
 - C. 重件碼頭、儲放基地及組裝場地的空間及地面承載力。
 - D. 施工所應裝船設施及壓艙設備。
 - E. 作業船的靠泊位置及防颱靠泊位置。
 - F. 既有海域利用狀況及海底構造物。
 - G. 水下文化資產調查。
 - H. 空域限制。

4.1.3 工程契約資訊

開發商與承包商擬定之工程契約應包含一般條款及技術條款，應明確地規定權責，以確保雙方權益。

【解說】

工程契約應附於工程管理文件備查，以確保開發商及承包商等權責分配，內容至少包括以下內容：

- (1) 契約之當事人。
- (2) 工程名稱、地點及內容。
- (3) 工程開工日期、完工日期及工期計算。
- (4) 契約變更之處理。
- (5) 依物價指數調整工程款之規定。
- (6) 契約爭議之處理方式。
- (7) 驗收及保固之規定。
- (8) 工程品管之規定。
- (9) 違約之損害賠償。
- (10) 契約中止或解除之規定。
- (11) 製造／施工應符合之技術標準。

4.2 風險評估

1. 為有效地管理風險，製造與施工計畫中的每個過程（包含但不限於場址調查、道路運輸、基礎結構、風機設施、作業安全、海事安全、自然災害、人員轉移）皆應對人員安全衛生、環境及資產進行風險評估並採取因應措施，以降低發生風險。
2. 風場施工時應設置一組海洋氣象預報團隊，其所用模式與作業流程應經第三方驗證單位審核通過，海洋氣象預報團隊內必須包括國內團隊預報證照，或預報團隊成員應具備有相關的預報證照及預報經驗。預報會議的決策紀錄應留存以供檢查；風場現場應設置海況回報系統（設備建置前應進行校驗），即時將海況後傳供預報團隊研判。

【解說】（參考職業安全衛生法、氣象法第 18 條、從事氣象海象預報業務許可辦法第 2 條、職業安全衛生管理辦法、職業安全衛生法施行細則、職業安全衛生設施規則、外國人從事就業服務法第四十六條第一項第一款至第六款工作資格及審查標準、離岸風電海域作業安全指引、營造工程風險評估技術指引、港灣における洋上風力発電設備の施工に関する審査の指針）

1. 離岸風力發電設備的施工為政府許可由民間施作的工程，因為在使用度高的海域或港灣施作的工程，目的事業主管機關應評估其安全性確實可行，也應確認海域及港灣之利用是在沒有其他因素的阻礙下。在歐洲的離岸風力發電設施事故統計方面，依據 G+ Organisation” 2020 incident data report”的報告，顯示在 2020 年的事故有 743 件，其中有 306 件發生在風場建設中的事故。若依作業的種類分類，其前三順位分別是「起重作業」、「人力操作作業」、「人員進出作業」。相關廠商可參考勞動部職安署「離岸風電海域作業安全指引」，針對製造與施工計畫中的每個重大施工步驟進行風險辨識、風險衡量與控制。應涵蓋以下內容：
 - (1) 辨識出所有的作業或工程。
 - (2) 辨識危害及後果。
 - (3) 確認現有防護設施。
 - (4) 評估危害的風險。
 - (5) 採取降低風險的控制措施。
 - (6) 確認採取控制措施後的殘餘風險。
2. 風場施工時參與作業人員須依不同職務擔負相關風險管控工作。此外離岸風力發電業者與承攬其工作之製造及施工廠商應指派風險經理（Risk Manager）與工程師（Risk Engineer）依實際狀況持續更新風險評估結果與減災對策。
3. 另臺灣地理與自然環境與歐洲不同，天然災害如地震及颱風的危害相當大，因此，透過熟知施工海域的海洋氣象等特性的人員，基於我國自然狀況來制定對策，特別是因應颱風來襲，以及在施工時的地震防護對策也是不可欠缺的。雖然風場開發商的施工計畫，是參考第三方驗證單位的施工建議，對於臺灣特有的自然災害如颱風及地震等應慎重評估，以降低風險。
4. 海洋氣象預測應含即時資料輸出，供氣象團隊分析判讀，故團隊人員應有氣象局認可之預報證照及預報經驗，才不致因經驗缺乏導致誤判，影響工程作業。氣象局認可之預報證照依「外籍人士／團隊申請證照作業流程（預計於 111 第一季完成）」及「氣象相關服務證照（預計於 111 年底完成）」辦理。（本條解說將配合氣象局相關規定調整）
5. 預報會議的決策紀錄應簽名留存，供目的事業主管機關檢查。若離岸風力發電廠距離岸邊遙遠或範圍遼闊，可在現場適當位置設置海洋氣象量測儀器，直接取得離岸風力發電廠當地即時之海洋氣象資料，若現場無法設置海洋氣象觀測儀器，也應建立海況影像辨識系統，供出海前作更精確的判斷，以避免因距離及時間之落差而造成誤判。
6. 留意天氣預報訊息，若對作業員以及施工設備有危險的話應立即中止作業，待危害過去後

才可重新啟動作業，並確立防災體制讓災害的發生隨時維持在最低限度。

4.2.1 颱風應對措施

建立完善之颱風侵襲時應對措施，未完成之工程應進行保護措施，相關船機及人員也應建立完善的颱風應對措施。

【解說】（參考職業安全衛生法、職業安全衛生法施行細則、職業安全衛生管理辦法、離岸風電海域作業安全指引、港湾における洋上風力発電設備の施工に関する審査の指針）

1. 在颱風來臨時針對未完成的工程作業，應進行工程保護計畫，以降低颱風造成的破壞，而船機人員的撤退計畫，也應事前詳細規劃，以降低工程的風險。此計畫應包括：
 - (1) 決策小組的成員（應含海洋氣象預報團隊主管）及其聯繫方式，啟動時機與訊息的發布，應確實依據氣象局發布海陸颱風警報的期間與颱風影響風場的時間，進行規劃與說明。
 - (2) 颱風來襲的臨時工程與岸邊露天綻放設施（如機艙及塔架）保護措施。
 - (3) 船隻人員的撤退計畫，應包含船隻路線規劃；若船隻應進入臨時避難港口，相關作業的分配與申請應事先規劃。
 - (4) 颱風結束後（依氣象局解除颱風警報的發布時間與颱風影響風場的時間綜合研判）決策小組的訊息發布、災損檢查程序與措施、重新啟動作業的時機與訊息的發布與確認。
 - (5) 事件過後二周內，決策小組成員應依據前述 4 點召開檢討會議，作為下次避險作業的改進參考。
2. 當中央氣象局發布海上颱風警報時，建議採取適當措施，出航者獲知消息後，相關返航避險及解除海上颱風警報後之復工，可參考「離岸風電海域作業安全指引」辦理。

4.2.2 地震應對措施

1. 在陸上的預組裝作業及完成之元件放置，應事先勘查相關的作業流程或是設置狀況，預想地震的發生而不會危害作業，以及導致組裝元件的傾倒，事先預防地震危害。
2. 應能即時接收國家級地震警報、地震速報及海嘯警報，且應使現場作業人員可同步接收警報訊息，並注意其人身安全。
3. 當發生地震時，則暫時停止作業，等待地震過後，視情況復工。

【解說】（參考職業安全衛生法、職業安全衛生法施行細則、職業安全衛生管理辦法、離岸風電海域作業安全指引、港湾における洋上風力発電設備の施工に関する審査の指針、DNV-ST-N001）

1. 陸地上預先組裝作業，例如執行長物件的直立作業時，應先勘查作業期間或是其設置狀況，預想地震的發生而不會導致如吊裝作業的事故以及物件的傾倒，事先規劃預防傾倒措施，對於作業員或船隻操作者也應事先說明危險的防止對策。
2. 地震發生當下，則暫時停止作業，作業人員也應遵守事前的地震規劃進行避險等待地震結束，若當次地震對於施作現場沒有影響，應依據規劃的作業流程通報現場管理者，發布復工訊息。若為四級以上之地震，則應依職業安全衛生管理辦法 43 條及 52 條辦理。

4.2.3 工作時限管理

承包商應瞭解每項作業的時間與船機設備的作業極限。

【解說】（參考職業安全衛生法、職業安全衛生管理辦法、港湾における洋上風力発電設備の施工に関する審査の指針）

1. 在海上作業，對於使用船機設備的能力及其作業極限，現地特有的自然條件、社會條件、特別是風及波浪條件或周邊的航行船舶機械的作業極限和該海域的海洋氣象數據為基礎考量稼動率制訂出適當的計畫日數。在工程管理上，製作適合施工進度（完成度）的工程管理曲線，進行適當的管理。
2. 若計畫工程發生延宕，或是預測會有延遲的可能時，重新評估施工體制、施工方法、使用船機設備、施工順序、施作從業人員的人數等，對於會發生預期之外的要因也應有適宜的對應進行管理。
3. 重要作業判斷是否可施工，建議參考 DNV-ST-N001 的工程管理，預定的實質作業時間為 72 小時以內（有不測的事態等）但卻追加時間到 96 小時以內時，應依據天氣預報來計畫作業。還有，關於天氣預報的精度，對應作業時間的長度，乘上安全係數（ α 係數）作為安全的判斷。

4.2.4 離岸工作場所與人員安全

應依據職業安全衛生相關法令，針對離岸特殊作業，例如：高空作業、登船／登塔、局限空間作業、海面作業、水下作業、夜間作業、電力作業及吊裝作業等，評估工作場所及作業內容潛在危害、以減少落水、墜落、物體飛落、缺氧、潛水夫症、感電、撞擊、熱危害及機具、工程受損等人員安全或財產損失風險。

【解說】（參考職業安全衛生法、勞工健康保護規則、各類場所消防安全設備設置標準、離岸風電海域作業安全指引）

1. 相關的風險管理內容可參考「離岸風電海域作業安全指引」。

4.3 環境保護暨職業安全衛生

1. 離岸風力發電業者應採取必要之設備或措施，使人員避免發生職業災害，並應訂定並落實執行職業安全衛生管理計畫。
2. 為維護環境生態，離岸風力發電業者及其承包商執行製造及施工作業時，應採取避免環境污染之措施，且應以最佳可行技術減緩對環境之影響。

【解說】（參考職業安全衛生管理辦法、職業安全衛生法施行細則、勞工作業環境監測實施辦法、離岸風電海域作業安全指引、公共工程生態檢核注意事項）

1. 依「職業安全衛生法第 5、6、23 條」、「職業安全衛生法施行細則第 31 條」，以及「職業安全衛生管理辦法第 12-1 條」之規定辦理。
2. 依「海洋污染防治法」與「離岸風力發電規劃場址容量遴選承諾書」第 4 項辦理。
3. 依「職業安全衛生管理辦法」第 2 條規定，離岸風電在危害風險分類應屬顯著風險事業，雇主應依其事業之規模、性質，設置安全衛生組織及人員，建立職業安全衛生管理系統，透過規劃、實施、評估及改善措施等管理功能，實現安全衛生管理目標，提升安全衛生管理水準。
4. 應採取必要的監控防護措施，以防止船上工作人員落海，若不幸發生疑似人員落海事件，可以在最短時間內確認該人員位置，以免因船移動及海流帶離作用影響救援工作。
5. 雇主對於海域作業應參考「離岸風電海域作業安全指引」訂定職業安全衛生管理計畫，據以執行，並留存相關執行紀錄。
6. 雇主必須將合格之安全衛生管理人員登錄至勞動部設置之工作安全衛生履歷系統。

4.3.1 人員資格與要求

海上作業人員應依國際現行作業標準取得相關訓練證照，另依職業安全衛生法及職業安全衛生教育訓練規則相關規定辦理。

【解說】（參考職業安全衛生法、職業安全衛生教育訓練規則、離岸風電海域作業安全指引）

1. 可參照「離岸風電海域作業安全指引」中提及的相關專業訓練（表 3-12），各式人員訓練檢核表如下所列，包含但不限於：

表 3-12 各式人員訓練檢核表
（節錄自「離岸風電海域作業安全指引」）

項目	檢核細項	檢核結果說明
海上作業訓練	<ol style="list-style-type: none"> 1. 職前訓練 2. 在職訓練 3. 進入工址訓練 4. 離岸風電作業基本安全訓練 (GWO Basic Safety Training) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 確認新僱勞工或在職勞工接受適於各該工作必要之入職安全衛生教育訓練。 2. 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、技能態度等事項對所屬勞工實施勞工教導或教育訓練。 3. 確認所有現場人員(包括訪客)接受過工址訓練，使其了解環安衛政策、目標、工作場所相關危害及風險、安全作業要求、工址安全守則、人員防護裝備要求、緊急應變及急救程序等。 4. GWO 基本安全訓練包括高處作業訓練、海上求生訓練、手動操作訓練、急救訓練及消防意識訓練，作業人員應依作業項目接受相關訓練。
專業訓練	<ol style="list-style-type: none"> 1. 離岸風電基本技術訓練 (GWO Basic Technical Training) 2. 特殊訓練 	<ol style="list-style-type: none"> 1. GWO 基本技術訓練包括液壓操控裝置訓練、機械操作訓練及電氣系統操作訓練，作業人員應依作業項目接受相關訓練。 2. 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，如職業安全衛生人員、危險性機械、設備操作人員、特殊作業人員及急救人員。

2. 海上作業人員除具備上述的有效證照外，並應取得第三認證單位核發的基本安全訓練證書。
3. 作業人員應注意證照的有效期，以供目的事業主管機關查驗。

4.3.2 環境保護

離岸風力發電業者應依環境保護法規，各個環境保護相關之項目應提出專責人員，並受相關主管機關監督。

【解說】（參考環境影響評估法、環境影響評估法施行細則、水下噪音測量方法、台灣鯨豚觀察員制度作業手冊）

1. 本節之相關主管機關係指各環境保護相關項目其相對應權責機關，可能係指中央或地方環保主管機關、海洋環保主管機關。
2. 環境保護對策相關項目可能包含但不僅限於：空氣污染防治、水污染防治、水下噪音監測、廢棄物處理、景觀維護、動植物生態維護、道路交通維持、施工災害防範及水下管道管理等。
3. 水下噪音監測
 - (1) 水下噪音的監測應根據環保署「水下噪音測量方法」監測並記錄，施工期間須進行即時監測。
 - (2) 打樁作業期間若有規劃鯨豚觀察員進行觀測，其作業程序須遵照海洋委員會海洋保育署之「台灣鯨豚觀察員制度作業手冊」，並完成相關觀察紀錄。

4.3.3 職業安全衛生管理

1. 為防止職業災害，保障工作者安全及健康，雇主應依其事業之規模、性質，設置安全衛生組織及人員，建立職業安全衛生管理系統，透過規劃、實施、評估及改善措施等管理功能，訂定職業安全衛生管理計畫、實施自動檢查，以實現安全衛生管理目標，提升安全衛生管理水準。
2. 製造與施工作業現場如有職業安全衛生法第 12 條規定之作業場所，雇主應訂定作業環境監測計畫，另在職勞工應實施定期健康檢查。

【解說】（參考職業安全衛生法、職業安全衛生管理辦法、職業安全衛生法施行細則、勞工作業環境監測實施辦法、離岸風電海域作業安全指引、職業安全衛生設施規則、勞工作業場所容許暴露標準、營造安全衛生設施標準、CNS 12112）

1. 職業安全衛生法第 1 條：為防止職業災害，保障工作者安全及健康，特制定本法；其他法律有特別規定者，從其規定。
2. 職業安全衛生管理辦法第 23 條第 1 項：雇主應依其事業單位之規模、性質，訂定職業安全衛生管理計畫；並設置安全衛生組織、人員，實施安全衛生管理及自動檢查。
3. 職業安全衛生法第 5 條：（第 1 項）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。（第 2 項）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。

4.4 緊急應變措施

4.4.1 緊急應變措施之作業流程及基本原則

緊急應變措施之作業流程及基本原則至少應包含：

- (1) 緊急應變組織與組織內成員所擔負責任和聯絡方式。
- (2) 事前預防與準備措施。
- (3) 緊急應變措施與演練。
- (4) 復原工作。
- (5) 事故後檢討報告。

【解說】（參考緊急應變措施技術指引、離岸風電海域作業安全指引第十九章）

1. 緊急應變組織與組織內成員所擔負責任

離岸風力發電業者應建立各級人員之角色與權責、應變組織之架構與權責。

2. 事前預防與準備措施

- (1) 離岸風力發電業者應於製造及施工前進行風險評估、應變能力及資源評估，並依其評估結果作為依據擬訂緊急應變計畫。
- (2) 應變能力及資源評估包含人員及裝備，應盤點人員專業技能、經驗或訓練；應評估裝備、器材及後勤支援供應等情況。
- (3) 離岸風力發電業者應依所有可能的緊急狀況，置備所需之應變器材，且應定期維護保養，確保其隨時可發揮功效。
- (4) 緊急應變計畫應包含項目應參考 4.4.2 緊急應變計畫書之本文及解說。

3. 緊急應變措施與演練

離岸風力發電業者應提供全體人員相關緊急狀況之資訊和訓練，並施予必要之教育訓練，且應定期演練緊急應變計畫，以加強緊急狀況發生時之人員安全。

4. 復原工作

- (1) 如有明確之災區現場，應配合相關主管機關需要保持原狀並配合調查，待相關主管機關確認可復原後，方可進行復原。
- (2) 妥善擬定復原作業計畫，內容應包含但不限於，
 - A. 善後處理工作重點。
 - B. 復原作業程序的安排。
- (3) 應適時檢討並修正復原計畫，直至所有作業恢復正常為止。

5. 事故後檢討報告

在演練或實際狀況發生後，緊急應變措施應適時檢討修正，且緊急應變措施執行之紀錄應予保存。

4.4.2 緊急應變計畫書

1. 為使緊急應變管理得以實質保障離岸風力發電廠運作與作業人員安全，離岸風力發電業者應設置緊急應變編組，並訂定緊急應變計畫，以利於發生緊急事故時，得依照該計畫採取因應措施。
2. 前項緊急應變計畫應方便取得，且須依各式緊急狀況內容分類，並制定對應之因應措施。

【解說】（參考職業安全衛生法、緊急應變措施技術指引、「臺灣職業安全衛生管理系統指引」4.3.6 緊急應變措施）

1. 依照勞動部「緊急應變措施技術指引」建議，緊急應變措施之作業流程及基本原則如下：

- (1) 一般事業單位製作緊急應變計畫時，多追求淺而易見的績效，常以舉辦演練、訓練與購置應變設備為主，而忽略了應變計畫應依據危害辨識與風險評估之結果為制訂改善的原則。收集分析工作場所的情境 (Scenarios) 與資料，可有效預防改善高風險標的，降低事故發生的可能性，且事故發生時，也可有效提升現場第一時間搶救的熟悉度與安全性。此外，緊急應變計畫也應包括應變指揮官及應變人員的訓練、建立共通應變語言、擬定疏散時機與應變指揮系統架構、建立跨部門應變指揮系統、強化後勤支援能量、評估應變裝備器材與擺放區域、建置應變中心與應變監控系統、確認通訊與聯防支援的有效性、演練等相關要素。
 - (2) 事業單位在制定緊急應變措施之管理程序或辦法時，應向相關技術或服務機構查詢，並應符合最新職業安全衛生法規、本身實際需求及職業安全衛生管理系統相關規範等之要求，予以適度修正或調整。
2. 依照勞動部「緊急應變措施技術指引」建議，緊急應變計畫書至少應包含下列要素：
- (1) 明確辨識適用之場所或地點。
 - (2) 明確辨識危害性物質及其存量。
 - (3) 明確辨識可能發生危害事件的地點，以及可能發生意外緊急事件之本質特性。
 - (4) 明確界定應變組織各階層人員的職掌。
 - (5) 明確訂定指揮作業系統，包含指揮權移轉等。
 - (6) 明確訂定緊急狀況之處理方法，包含：通報、人員搶救、疏散及集合、降低後果持續擴展（如滅火、阻漏、倒塌物搬離等）、請求支援、災區再進入、復原等。
 - (7) 明確規範必要的教育訓練及應變演練之執行。
 - (8) 明確規範對外發布給政府機構、鄰近事業單位及社區民眾、媒體等有關緊急狀況訊息之權責及機制。
 - (9) 應有稽核及定期管理審查的機制。
3. 事故通報相關要求可參考「運轉及維護技術指引」第 2.9 章。

4.4.3 急救、消防設備與逃生出口

1. 對於不同規格之工作場所，應依各類場所相關規定設置消防安全設備。
2. 逃生出口及路線之設置應足夠讓每個人順利逃生，逃生出口應連接至安全區域並保持淨空，逃生出口標示燈及避難方向指示燈應依規定設置並定期檢查。

【解說】（參考職業安全衛生法、職業安全衛生教育訓練規則、勞工健康保護規則、消防法、各類場所消防安全設備設置標準、國際海上人命安全公約、鋼船建造與入級規範）

1. 「職業安全衛生教育訓練規則」第 16 條第 1 項：雇主對工作場所急救人員，應使其接受急救人員之安全衛生教育訓練。但醫護人員及緊急醫療救護法所定之救護技術員，不在此限。
2. 「勞工健康保護規則」第 15 條第 1 項本文：事業單位應參照工作場所大小、分布、危險狀況與勞工人數，備置足夠急救藥品及器材，並置急救人員辦理急救事宜。
3. 製造階段工作場所，若為消防法及相關法規規定之適用範圍，應遵守相關法規之要求；施工船舶場所則應參考國際海上人命安全公約及財團法人中國驗船中心之鋼船建造與入級規範第 IX 篇。
4. 「消防法」第 6 條第 1 項前段：本法所定各類場所之管理權人對其實際支配管理之場所，應設置並維護其消防安全設備。
5. 「各類場所消防安全設備設置標準」第 7 條規定，各類場所消防安全設備如下：
 - 一. 滅火設備：指以水或其他滅火藥劑滅火之器具或設備。
 - 二. 警報設備：指報知火災發生之器具或設備。

- 三. 避難逃生設備：指火災發生時為避難而使用之器具或設備。
- 四. 消防搶救上之必要設備：指火警發生時，消防人員從事搶救活動上必需之器具或設備。
- 五. 其他經中央主管機關認定之消防安全設備。

附錄一

製造及施工階段送審文件

表 A-1 製造及施工階段送審文件

製造及施工階段					
項次	送審文件	標準局 專案 驗證	第三方 驗證單位	章節	備註
1.	製造計畫書	○	○	2.1.2	[1]
2.	銲接程序規範書 (WPS)	○	○	2.2.2	[1]
3.	銲接程序檢定紀錄 (WPQR)	○	○	2.2.4	[1]
4.	銲接人員 合格證明文件	○	○	2.2.1	[1]
5.	非破壞檢測計畫書	○	○	2.4.2	[1]
6.	非破壞檢測程序	○	○	2.4.2	[1]
7.	非破壞檢測人員 合格證明文件	○	○	2.4.2	[1]
8.	非破壞檢測報告	○	○	2.4.2	[1]
9.	塗裝施工、檢驗人 員合格證明文件	○	○	2.5.1	[1]
10.	陰極防蝕人員 合格證明文件	○	○	2.5.2- 2.5.3	[1]
11.	防蝕保護系統 施工計畫書	○	○	2.5.4	[1]
12.	防蝕保護系統檢驗 和檢測計畫書	○	○	2.5.4	[1]
13.	防蝕保護 系統檢驗報告	○	○	2.5.4	[1]
14.	風力機 型式驗證證書	○	○		[1]
15.	海纜型式驗證證書	○	○		[1]
16.	變電站電力設備	○	○		[1]
17.	變電站消防設備	○	○		[1]
18.	變電站空調設備	○	○		[1]
19.	設備原廠證明文件	○	○	3.3.2	[1]
20.	設備保養紀錄	○	○	3.3.2	[1]
21.	繫泊系統 原廠證明文件	○	○	3.9.2	[1]
22.	繫泊系統維修保養 紀錄	○	○	3.9.2	[1]
23.	動態定位系統 原廠證明文件	○	○	3.9.3	[1]
24.	動態定位系統 維修保養紀錄	○	○	3.9.3	[1]
25.	吊裝 施工計畫書	○	○	3.10.1	[1]

製造及施工階段					
項次	送審文件	標準局 專案 驗證	第三方 驗證單位	章節	備註
26.	打樁 施工計畫書	○	○	3.10.2	[1]
27.	灌漿 施工計畫書	○	○	3.10.3	[1]
28.	海纜 施工計畫書	○	○	3.10.4	[1]
29.	浮裝 施工計畫書	○	○	3.10.5	[1]
30.	自升 施工計畫書	○	○	3.10.6	[1]

[1]：離岸風力發電案場專案驗證審查示範輔導作業要點

[2]：依據電業設備及用戶用電設備工程設計及監造範圍認定標準需繳交技師簽證之支撐結構監造紀錄報告