

出國報告（出國類別：考察）

## 考察英國安全衛生執行署離岸風電職業安全衛生檢查政策與實務

服務機關：勞動部職業安全衛生署

姓名職稱：陳志祺簡任技正、楊尚書檢查員

派赴國家/地區：英國 **Buxton**、**Chelmsford**

出國期間：112 年 9 月 11 日至 9 月 22 日

報告日期：112 年 12 月 6 日



# 摘 要

為延續台英雙邊職業安全衛生合作，勞動部職業安全衛生署於 2023 年 9 月 11 日至 9 月 22 日派 2 員赴英考察與交流，拜訪英國安全衛生執行署(Health and Safety Executive, HSE) 及科學研究中心，實地瞭解英國離岸風電職業安全衛生政策監管機制、重大事故危害控制措施及監督檢查實務經驗。英國為當前全球離岸風電發展最快速之國家，也是全世界最先設置的官方職業安全衛生專責機構，期望藉此次考察行程吸收離岸風電之安全實務經驗，促進我國離岸風電產業安全衛生的正向發展。

英國 HSE 對於離岸風電職業安全衛生的監督主要依據《健康及安全工作法》(Health and Safety at Work Act 1974) 及《離岸安全法》(Offshore safety Act 1992)，並發展相關的安全評估規則、應變程序規則、海上設施和管線工程(急救)規則等，同時基於離岸作業特性，訂定相關之作業安全規範，包含高處作業規則、潛水作業規則等。除強化法令規定外，英國 HSE 也致力於健康及安全領域之研究，包含《風力發電機維修升降機:嚴重受傷的風險》、《風力渦輪機對人員造成的風險和傷害的評估方法之研究》等，顯示其對於離岸風電作業安全之重視。

英國 HSE 除制定規範、指引及研究外，亦訂定離岸風電職業安全衛生檢查計畫，據以執行監督檢查作業，並提供執法政策聲明(Enforcement Policy Statement, EPS) 及執法管理模型(Enforcement Management Model, EMM) 供檢查員作為檢查執法決策依據。

本次考察英國離岸健康及安全監管制度與離岸風電 IoT 維修技術、CCTV 遠端監控技術等最新防災技術，以及其檢查實務經驗等，收穫頗豐，考察結果有助台灣在發展離岸風電的過程中，持續檢討及精進作業安全的監督檢查業務及發展相關作業安全規範。



# 目錄

目錄 .....	I
圖目錄 .....	II
表目錄 .....	II
壹、考察緣起與目的 .....	1
貳、考察行程及說明 .....	2
參、考察行程及內容 .....	4
一、    考察英國離岸風電職業安全及健康管理政策 .....	4
(一)    英國離岸風電職業安全衛生檢查政策概況 .....	7
(二)    監管高風險產業策略 .....	8
(三)    離岸風電的職業安全衛生管理 .....	10
(四)    離岸風電設計與建造階段管理規範 .....	12
(五)    離岸風電安全（風險）評估 .....	13
(六)    離岸設施作業安全 .....	17
(七)    離岸設施緊急應變計劃 .....	20
(八)    離岸風電事故通報 .....	21
二、    考察英國 HSE 執法模式及離岸風電職業安全衛生檢查實務 .....	23
(一)    HSE 執法管理模型交流重點說明 .....	27
(二)    離岸風電職業安全衛生監督檢查實務作法 .....	36
(三)    離岸風電自動化維修技術發展 .....	37
肆、    結論與建議 .....	39

## 圖目錄

圖 1. 與 Tim Plowright 討論 HSE 執法原則與目標 .....	4
圖 2. Jules Tuvey 分享風力發電領域的研究成果和經驗 .....	5
圖 3. Nic Rigby 討論事故調查的經驗和方法 .....	5
圖 4. 與 Chris Austin 討論 HSE 教育訓練 .....	6
圖 5. 與 Nic Rigby 於 HSE 研究中心合影 .....	6
圖 6. 離岸風電設計 .....	13
圖 7. 領結分析方法 .....	15
圖 8. 風力發電機組件和零件 .....	16
圖 9. 離岸風電潛水作業 .....	19
圖 10. 與 Adam Hills 於 Chelmsford 辦公室合影 .....	23
圖 12. 與 Adam Hills 討論 HSE 檢查重點 .....	24
圖 11. Anglian water 廢水處理廠職業安全管理文件審視 .....	25
圖 13. Anglian water 廢水處理廠勞動檢查 .....	25
圖 14. Ardmore Group 建築工地勞動檢查 .....	26
圖 15. Advanced Metalcraft Ltd 金屬加工廠勞動檢查 .....	26
圖 16. The Stone Company 石板加工廠勞動檢查 .....	27
圖 17. 單一後果矩陣 .....	30
圖 18. 多重後果矩陣 .....	30
圖 19. 負責人因素：停工通知 .....	31
圖 20. 負責人因素：改善通知 .....	32
圖 21. 負責人因素：通知信 .....	33
圖 22. 負責人因素：口頭警告 .....	34
圖 23. 策略因素流程圖 .....	35
圖 24. 離岸風電工作船舶 .....	37

## 表目錄

表 1. 考察行程安排表 .....	2
表 2. 風力發電組件名稱 .....	16

## 壹、 考察緣起與目的

綠能科技為台灣能源發展主軸之一，其中以離岸風力發電為最關鍵之發展項目，預計至 114 年將達 5.7GW 發電容量，估將可新增約 2 萬個就業機會。而英國為目前世界上離岸風電設置容量最多之國家，自 2000 年於北海完成第一座離岸示範風電迄今已 23 年，2022 年 4 月發布的英國能源安全策略（**British Energy Security Strategy**），已經訂定至 2030 年實現高達 50 GW 離岸風力發電的目標，意即英國離岸風電發電量將從 11 GW 增加到 50 GW，其中包括 5 GW 來自浮動式離岸風電創新技術。

然而，離岸風電之建造、營運、維修涉及岸邊、海上及水下等特殊環境，易發生墜落、物體飛落、倒塌、感電、被撞、溺水等災害，因此，職安署與全世界最先設置的官方職業安全衛生專責機構-英國安全衛生執行署（**Health and Safety Executive, HSE**）確立實質合作關係，並建立溝通諮詢管道，希望藉由英國擁有的離岸風電產業專業知識、技術和服務，汲取其作業安全監督的實務作法及經驗，讓我國離岸風電政策及職業安全衛生監督併行，促進產業環境正向發展。故職安署本次特別於 2023 年 9 月安排 2 員赴英國，在安全衛生研究中心及英國 HSE 地方之安全衛生檢查機構進行交流，考察英國對於離岸風電職業安全衛生政策與檢查實務經驗。

## 貳、 考察行程及說明

本次考察行程從 9 月 8 日出發至 9 月 23 日返抵國門，期間至英國 HSE 位於 Buxton 的安全衛生科研中心及位於 Chelmsford 的辦公室考察英國對離岸風電作業安全衛生政策及監督檢查的實務作法，相關行程安排如表 1。

表 1. 考察行程安排表

日期	預定地點	行程
9/8 (五) 9/10 (日)	台灣 → 英國 倫敦 (London) → 巴克斯頓 (Buxton)	去程，自倫敦前往巴克斯頓
9/11 (一)	Buxton	HSE Science and Research Centre 再生能源檢查策略探討、HSE 檢查與調查制度討論及安全衛生科研中心導覽
9/12 (二)	Buxton	HSE Science and Research Centre 英國離岸風電檢查政策概況、HSE 監管高風險產業策略交流
9/13 (三)	Buxton	HSE Science and Research Centre 離岸風電的職業安全衛生管理及離岸風電的職業安全衛生管理交流
9/14 (四)	Buxton	HSE Science and Research Centre 事故調查方法交流、離岸設施作業安全規範及緊急應變、事故通報機制交流
9/15 (五)	Buxton	HSE Science and Research Centre HSE 離岸風電檢查重點探討、檢查員教育訓練計畫交流
9/16 (六)	Buxton	資料蒐集，會議準備
9/17 (日)	Buxton - Chelmsford	資料蒐集，會議準備
9/18 (一)	Chelmsford	HSE 執法管理模型 (EMM) 交流
9/19 (二)	Essex	與 HSE 檢查員現場觀摩學習、離岸風電職業安全衛生監督檢查實務作法
9/20 (三)	London	與 HSE 檢查員現場觀摩學習、離岸風電設計與建造階段管理模式交流
9/21 (四)	Norfolk	與 HSE 檢查員現場觀摩學習、離岸風電自動化維修技術發展交流
9/22 (五)	Essex	與 HSE 檢查員現場觀摩學習

日期	預定地點	行程
9/23 (六)	London	倫敦-桃園/歸賦
9/24 (日)	倫敦-台灣	桃園

## 參、 考察行程及內容

### 一、 考察英國離岸風電職業安全及健康管理政策

2023年9月11日至2023年9月15日之考察地點位於英國 HSE 在 Buxton 的安全衛生科研中心，了解離岸風電的職業安全衛生風險管理，包括離岸風電運作生命週期從設計、建造、運營、維護到拆除的各個階段之監管重點。

英國 HSE 安排負責國際事務的 Tim Plowright 於此週介紹 HSE 的執法原則與目標，包括制定及執行職業安全衛生的法律規範、進行事故調查與訴訟、提供指引、監督事業單位、建立職業安全衛生的訓練資格等。

Tim Plowright 也邀請負責風力及海洋能源團隊的 Jules Tuvey 分享英國 HSE 在風力發電領域的檢查執行成果和經驗，包括離岸風電的風險評估方法、離岸風電升降機的安全風險、離岸風電潛水作業的要求、離岸風電緊急應變計畫等，透過簡報及雙向交流深入瞭解英國 HSE 研究成果與檢查經驗。

另外，災害事故調查為英國 HSE 的關鍵任務之一，因此安排前資深主管 Nic Rigby 分享事故調查的經驗與方法，包括事故調查的目的與原則、事故調查的團隊與責任、事故調查的過程與階段、事故調查的資訊收集與分析、事故調查的建議制定與報告撰寫等。



圖 1. 與 Tim Plowright 討論 HSE 執法原則與目標



圖 2. Jules Tuvey 分享風力發電領域的研究成果和經驗



圖 3. Nic Rigby 討論事故調查的經驗和方法



圖 4. 與 Chris Austin 討論 HSE 教育訓練



圖 5. 與 Nic Rigby 於 HSE 研究中心合影

## (一) 英國離岸風電職業安全衛生檢查政策概況

英國是一個海島國家，海上作業佔其國民經濟的重要一部分，尤其是離岸風電產業，已成為全球最大的離岸風電市場。英國政府和相關機構對海上作業的安全管理非常重視，制定了一系列的法律、規範、指引和標準，並由 HSE 負責監督和執行。

根據離岸風電產業委員會 (Offshore Wind Industry Council, OWIC) 的統計，英國現有離岸風電勞動力已增至 3.2 萬人，離岸風電產業到 2030 年預計超過 10 萬人。另外，根據 G+ 統計 2022 年英國離岸風電發生虛驚事件共 113 件，設施損壞 54 件，潛在引發事故的狀況或情況共 36 件，離岸作業人員受傷共 145 人。海上作業的主要受傷原因包括不當的作業程序、設備故障、人為疏失、環境因素等。

因此，英國 HSE 對於離岸設施的安全管理，藉由法令要求事業單位建立相關的管理制度，並基於以下法規：《健康及安全工作法》(Health and Safety at Work Act 1974)、《離岸安全法》(Offshore safety Act 1992)、《健康及安全管理規則》(Management of Health and Safety at Work Regulations 1999)、《建設設計與管理規則》(Construction Design and Management Regulations 2015)、《離岸設施和管線工程 (管理和行政) 規則》(Offshore Installations and Pipeline Works (Management and Administration) Regulations 1995, MAR)、《離岸設施 (安全案例) 規則》(Offshore Installations (Safety Case) Regulations 2005)、《離岸設施 (離岸安全指令) (安全案例) 規則》(Offshore Installations (Offshore Safety Directive) (Safety Case) Regulations 2015)、《離岸設施 (應變程序) 規則》(Offshore Installations (Emergency Procedures) Regulations 1992, EPR)、《海上設施和管線工程 (急救) 規則》(Offshore Installations and Pipeline Works (First-Aid) Regulations 1989)。

另外，英國 HSE 透過主要危害監管模型 (Major Hazard Regulatory Model, MHRM)，對離岸風電等具重大危害風險產業的安全風險進行評估、監測、檢查和執法，並提供指導、建議和支援，以促進工作者的安全與健

康。

若離岸風電發生重大的災害事件，依據英國 HSE 的規定，應該遵循《報告傷害、疾病和危險事件規則》（Reporting of Injuries, Diseases and Dangerous Occurrences Regulations, RIDDOR）進行通報。英國 HSE 並對通報的事件進行調查，根據調查結果，採取必要的措施，如發出警告、改善通知、停工通知、起訴等。

## （二）監管高風險產業策略

英國 HSE 依據主要危害監管模型，要求陸上及海上具重大危害風險建立管理制度和風險控制方法，確保重大危害風險得到適當管理。在主要危害監管模型中，定義事業單位責任及英國 HSE 監管原則，以確保事業單位妥善執行職業安全衛生管理：

1. 事業單位應負責管理他們產生的風險，而非英國 HSE。
2. 具重大危害風險之事業單位，英國 HSE 會針對事業單位的風險和事故紀錄進行相對應的監管及審查要求。
3. 英國 HSE 建立許可制度，並在審查事業單位的操作許可過程中，參考事業單位實際的事故紀錄，確認事業單位的安全評估報告中的內容和承諾是否如實。
4. 不論事業單位是否曾發生事故，英國 HSE 將定期執行一定程度的檢查，以確保事業單位的主要危害得到適當的管理。
5. 英國 HSE 與具重大危害風險產業建立良好的溝通橋樑，促進產業持續改善。

英國 HSE 要求事業單位應管理危害風險，而英國 HSE 則訂定監管原則，以有限資源督促事業單位管理風險確保勞工安全，其監管原則如下：

1. 藉由風險排序，針對高風險活動和事故紀錄不佳者，制定監管計畫。
2. 透過抽樣執行檢查，確認事業單位是否將風險管理的重點放在重大事故危害預防的層面上。
3. 利用事業單位的各項資訊（包括安全評估報告、事故紀錄及既有危害風險），規劃最有效地檢查資源。

英國 HSE 依據監管原則訂定監督檢查計畫後，規範執行檢查作業之程序如下：

1. 應向事業單位說明檢查的目的、內容和時間安排。
2. 針對關鍵區域進行抽樣檢查，並詳細檢視最關鍵的保護層及事故預防屏障是否持續有效。
3. 要求事業單位合適的組織層級出席配合檢查，特別是與負責人或高層主管進行溝通，討論風險管理或確定檢查結果。
4. 評估事業單位提出之安全評估報告，藉此確認事業單位已建立適當的安全管理系統，預防重大事故發生。
5. 在審查操作許可過程中，藉由檢查或過往事故調查結果，確認事業單位提出的安全評估報告之危害控制措施及安全管理系統是否合理可行，並符合實際運作情形。若實際運作情形與安全評估報告內容不符者，將適當地採取相應之執法措施。
6. 事故調查應關注在風險控制（保護性和緩解性屏障）的層面，以辨識事業單位職業安全衛生管理之任何核心失誤，並判斷所發現之技術或管理失誤是否嚴重到需要採取必要的執法措施，如發出警告、改善通知、停工通知、起訴等。

英國 HSE 建立檢查員執行要點，要求檢查員在執行具重大危害風險之事業單位檢查作業時，如發現重大危害缺失時，依據執法管理模型（Enforcement Management Model, EMM）採取適當的執法措施，以利與事業單位有效溝通及作為執法依據，同時持續追蹤事業單位是否已確實執行改善，說明如下：

1. 以清楚的方式與事業單位溝通，明確說明哪些地方沒有合法，需要採取哪些措施以達到合法，以及要求其達到符合法令規範的期限。
2. 在檢查作業結束時，檢查員會以書面形式通知事業單位，說明所有應注意的事項。

3. 針對具重大危害風險之事業單位，應考慮以下關鍵因子執行監管決策，並在與英國 HSE 期待風險有差距的情況下，使用執法管理模型（EMM）要求事業單位進行改善。
  - (1). 事業單位應以系統化的方法辨識、說明及處理重大危害風險，並遵守這些風險所對應的法令要求。
  - (2). 良好的技術、組織和職業安全衛生管理能夠有效控制風險。
  - (3). 高層主管的領導能力是事業單位管理重大危害風險的關鍵因素。
4. 採取適當的行動（包括執法措施），以確保事業單位能夠確實執行改善。
5. 在做出監管決定之前，檢查員運用其專業能力判斷事業單位職業安全衛生管理狀況及缺失的根本原因。
6. 追蹤事業單位改善情形，確認必要的改善措施皆已完成。

### (三) 離岸風電的職業安全衛生管理

離岸風電之建造及營運維護，涉及陸域前置作業及海事工程之海域作業，涵蓋離岸風力發電機預組裝及測試、水下基礎製造、陸上變電站及地下電纜施工、岸邊準備等前置作業與離岸風電建置、運維期間之海事操作，包括依序安裝基礎樁、轉接段、機間陣列電纜、塔架、機艙、葉片等構件及試運轉與後續維修保養等，面臨人員進出（人員於載台間之轉移）、海上吊裝作業、海上高處作業、水下作業、電氣作業（含臨時用電、活線作業及活線接近作業）、局限空間作業、葉片化學塗佈與修補、手工具作業、高溫作業等風險問題，可能涉及墜落、物體飛落、倒塌、感電、被撞、溺水等風險。

英國《健康及安全工作法》（Health and Safety at Work Act 1974）要求雇主有保護勞工和其他可能受到影響的人之安全與健康的義務，此法對前述各項勞工作業之健康及安全危害已明確規範。雇主對於海上作業應制定全面和系統性的職業健康及安全計畫，並確保勞工在離岸作業中確實依據健康及安全計畫執行。根據英國《離岸安全法》（Offshore safety Act 1992）及《健康及安全工作法》（Health and Safety at Work Act 1974），

僱主應辦理以下事項：

1. 確保離岸設施與管路工程的職業安全及健康，並遵守相關的法律及規範。
2. 制定及實施有效的職業安全管理系統，並定期進行審核及改善。
3. 向英國 HSE 通報離岸設施及管路工程的相關資訊，並及時更新。
4. 確保離岸設施及管路工程的所有設備與材料都符合職業安全及健康的標準，並定期進行檢查及維護。
5. 離岸設施應該有適當的安全標誌與標示，以及對應的安全指示與警告。
6. 離岸設施應有適當的安全管理系統，以確保所有人員的安全。
7. 事業單位應制定職業安全及健康管理政策，敘明僱主如何實施職業安全及健康管理，內容應包含三個層面，第 1 部分：意向聲明，說明關於工作健康及安全的一般政策，包括對管理職業安全及健康的承諾以及目標。僱主或公司最高層主管的人，應該簽署並定期審查；第 2 部分：職業安全及健康責任，列出事業單位中對職業安全及健康負有具體責任的人員之姓名、職位與角色；第 3 部分：職業安全及健康計畫，詳細說明已制定的實際規劃，並說明如何實現健康及安全政策目標。
8. 提供資訊及訓練，確保離岸設施及管路工程的所有人員（包括承包商和自營作業者）皆已接受適當的訓練、指導與監督，並具備必要的技能、知識與經驗。並對勞工的訓練進行認證，保留訓練紀錄，並決定是否需要提供勞工進階之訓練。
9. 需就職業安全及健康層面諮詢所有勞工，允許勞工提出疑慮，並據以調整有關健康及安全的管理決策。
10. 應提供勞工合適的工作場所設施，應具備三個層面，第 1 部分，福利設施，適當數量的廁所與臉盆、飲用水及休息與用餐之場所；第 2 部分，健康的工作環境，乾淨之作業場所、適當之作業環境溫度、通風良好、合適照明等；第 3 部分，安全的工作場所，設備維護良好，地板與作業動線無障礙物。

11. 指派合適的管理人員，具備專業技能、知識與經驗，能夠辨識工作場所中的危害，並說明應採取的合理控制措施，以保護勞工和其他人員暴露於危害中。
12. 提供勞工在工作中受傷或因工作而生病之保險。

#### (四) 離岸風電設計與建造階段管理規範

英國的《建設設計與管理規則》（**Construction Design and Management Regulations 2015, CDM**）於 2015 年 4 月 6 日生效，規範英國所有規模與類型的建築工程之安全管理，適用於所有陸上與海上結構，包括陸上與離岸風力發電場。CDM 的主要目的是確保建築工程的健康及安全，並提高工程的品質與效率，並定義設計、施工過程中的角色及職責，包括營運商、設計商、承攬商及勞工。根據建築設計管理規範，離岸風電應該注意以下事項：

1. 責任與義務：定義離岸風電設計及建造各方，包含營運商、設計師商、主要設計商、承包商與主要承包商之職責及義務。例如，設計商必須考慮預防原則，消除或減少可預見的健康或安全風險；主要承包商必須制定及執行施工階段計畫，管理及監督施工過程中的風險。
2. 監管生命週期：CDM 管控離岸風電設計及建造的各個階段，包括選址、勘測、設計、施工、維護、組件更換和拆除。
3. 文件審查：檢查員需在離岸風電設計階段審核相關文件，如風險評估、建造計畫、設計商之責任等。

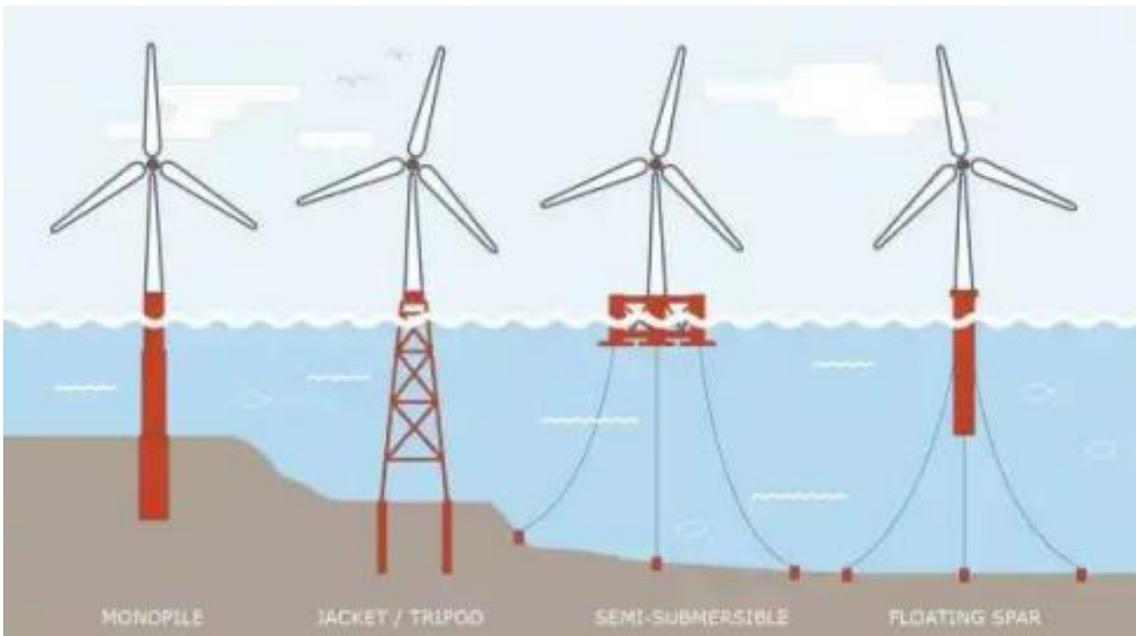


圖 6. 離岸風電設計

4. 實地檢查：檢查員於施工階段至離岸風場進行實地檢查，檢查作業環境、安全措施、設備維護等。
5. 與各方溝通：檢查員須與離岸風電營運商、主設計商、設計商、主承攬商、承攬商等各方進行溝通，確保其瞭解並遵守 CDM 之規定，並及時反應安全管理情形。

#### (五) 離岸風電安全（風險）評估

英國 HSE 要求離岸風電必須控制重大事故的風險，並確實遵守《健康及安全工作法》（Health and Safety at Work 1974）、《離岸設施（防火防爆和緊急應變）規則》（Offshore Installations (Prevention of Fire and Explosion, and Emergency Response) Regulations 1995）、《離岸設施和井（設計和建造等）規則》（Offshore Installations and Wells (Design and Construction) Regulations 1996)及其他與重大危害風險相關規定之要求。另外，《離岸設施(離岸安全指令)(安全案例)規則》(Offshore Installations (Offshore Safety Directive) (Safety Case) Regulations 2015)要求事業單位提交安全評估報告，HSE 在審查安全評估報告時，將評估事業單位已辨識的控制措施是否符合上述法令的要求。

為符合上述法令規範，負責人須全面性評估風險，並評估既有風險是否為最低合理可接受（As Low As Reasonably Practicable, ALARP）之風

險，《健康及安全工作法》（**Health and Safety at Work 1974**）要求消弭風險至最低合理可接受範圍內。

另外，根據《離岸安全法》（**Offshore safety Act 1992**）要求離岸設施營運商/負責人必須確實執行以下事項：

1. 完成一份安全評估報告，證明有能力及方法有效控制重大事故風險，並得到英國 **HSE** 的認可。
2. 在執行、修改或審查安全評估報告時，需諮詢設施的安全代表。
3. 確實依安全評估報告對設施進行操作、維護及安全控制。
4. 採取有效措施，防止易燃易爆物質意外釋放。
5. 維持設施結構、加工場、臨時避難所和所有其他設備的完整性。

而《離岸設施（離岸安全指令）（安全案例）法》（**Offshore Installations (Offshore Safety Directive) (Safety Case) Regulations 2015**）要求安全評估報告必須提供「足夠的細節」，意即足夠的資訊已呈現於安全評估報告中，英國 **HSE** 建議安全評估報告應考量事項如下：

1. 建立有效的安全管理系統（**SMS**），並且確保符合相關的健康及安全法規。所建立的安全管理系統應評估整體的適當性，包含安全管理系統如何與其他營運管理系統整合。
2. 辨識並評估可能導致重大事故的風險，應分析可能發生重大事故的情境、可能性和後果，以及預防重大事故或將事故降低至最低合理可接受風險之措施。

《離岸設施（離岸安全指令）（安全案例）法》中，建議安全評估報告中應對已辨識的重大事故危害執行以下事項：

1. 辨識所有減緩風險的安全措施。
2. 對每個安全措施進行系統分析，以評估其安全性。
3. 確認每個安全措施的相關效益。
4. 評估已辨識安全措施的合理可行性。
5. 實施（或計畫實施）合理可行的措施。
6. 執行過程和結果的紀錄。

英國 **HSE** 對於具重大危害風險的事業單位，希望其負責人瞭解重大

危害，並且以「多層級方式進行管理」，確認保護或控制措施的各個層次，以確保所有保護或控制措施涉及之技術、管理與程序等皆妥善規劃。保護層的結構可藉由「領結分析方法」呈現，「領結分析方法」為一種圖形化的方法，可以顯示一個風險事件的原因、後果、預防和應變措施，並評估其有效性及可靠性，用來辨識與管理離岸風場的主要風險

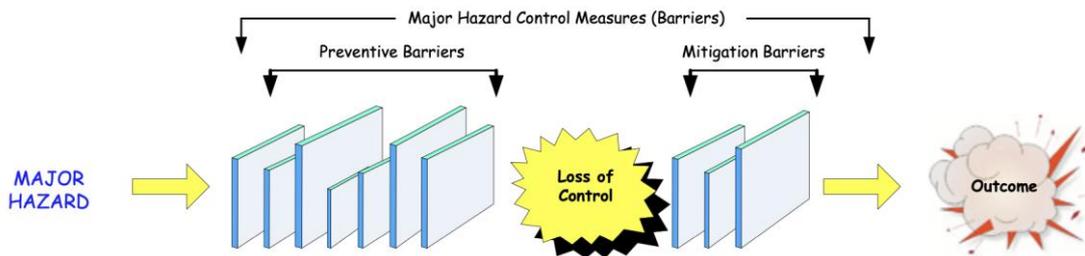


圖 7. 領結分析方法

另外，針對安全評估報告的審查，1989 年《海上設施（安全代表和安全委員會）規則》要求負責人在審查安全評估報告時應向工作場所勞工（安全）代表諮詢。而《離岸設施（離岸安全指令）（安全案例）法》（Offshore Installations（Offshore Safety Directive）（Safety Case）Regulations 2015）要求負責人定期對現有的安全評估報告進行全面檢討。審查必須在最後一次安全評估報告被接受的時間或上次審查後的五年內進行。

重新審查應該檢視自上次審查後設施之變更、法令規範或工程實務作法之更新，以安全評估報告確保其有效性。

此外，針對風險評估方法，HSE 亦提供一個運用 FMEA 評估風力發電機對人員造成危害之風險評估研究案例，其分析過程及結果如下說明：

1. 風力發電機的故障數據與故障分析：從不同的來源收集與評估風力發電機的故障頻率及故障模式，特別是與葉片脫落或碎片飛散有關的故障。HSE 透過文獻搜索及行業調查，收集了公開可用的風力發電機失效數據及失效頻率，並與美國國家可再生能源實驗室（NREL）合作，獲得了更多關於風力發電機的設計、結構、操作及失效的資訊，分析風力發電機的主要組件及失效模式，特別是與風車葉片相關的失效，如塔架倒塌、火災、葉片脫落或碎裂等。

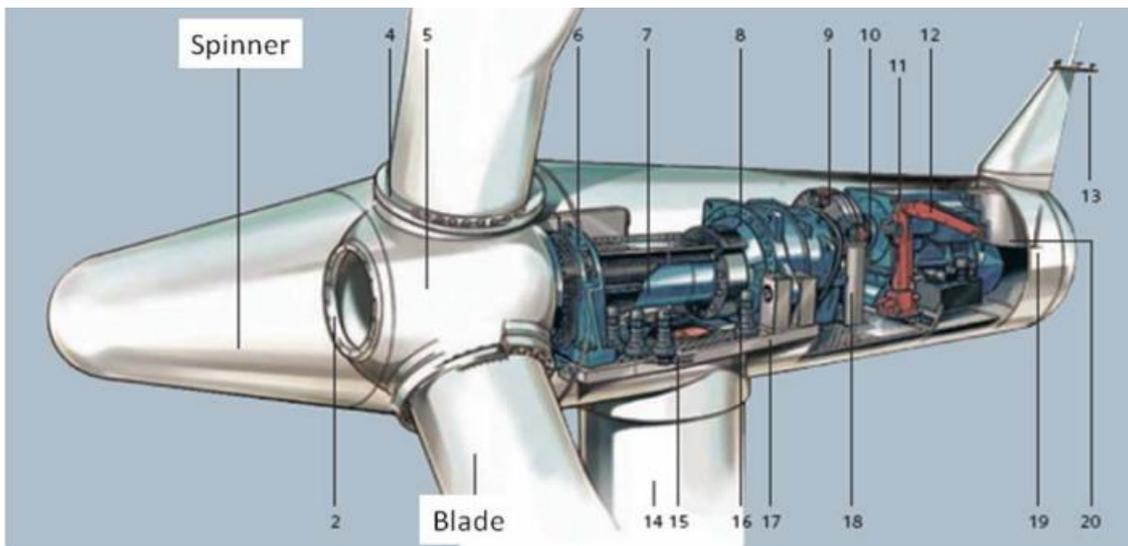


圖 8. 風力發電機組件和零件

表 2. 風力發電組件名稱

Subassembly name	Subassembly name used in Germany	Subassembly name used in Denmark
Rotor blades	Rotor	Blades, hub
Air brake	Air brake	Air brakes
Mechanical brake	Mechanical brake	Mechanical brake
Main shaft	Main shaft	Main shaft, coupling
Gearbox	Gearbox	Gearbox
Generator	Generator	Generator
Yaw system	Yaw system	Yaw system
Electrical controls	Electrical controls	Electrical control
Hydraulics	Hydraulics	Hydraulic control
Grid or electrical system	Electrical system	Electrical control
Mechanical or pitch control system	Mechanical control	Pitch Control
Other	Other, instrumentation, sensor, windvane	Other

2. 人員的脆弱性模型：根據文獻及數據，建立模型，用於確定風力發電機故障產生的碎片直接撞擊及間接撞擊兩種情況下，不同大小與形狀的碎片對人員造成傷害或死亡所需的能量。
3. 危害傳遞模型：利用牛頓運動定律，並考慮空氣阻力及風速等因素，建立模型，用於計算風力發電機故障時碎片的飛行軌跡及落地位置。
4. 風險評估方法：結合人員的脆弱性模型及危害傳遞模型，計算風力發電機周圍的傷害概率及死亡機率的等高線。這些機率可以與風力發電機的故障頻率相乘，得到特定位置的個人風險。英國 HSE 針對案例進行風險評估，並與其他社會風險進行比較，結果顯示，對於一個 2.3 MW 的風力發電機，因葉片失效或碎片撞擊導致的死亡風險是很低的。
5. 風力發電機的可靠性及安全性：此研究中發現風力發電機的可靠性及安全性受到多項因素影響，如風力發電機的類型、規模、材料、控制系統、風速、風向、故障檢測及保養等。

#### (六) 離岸設施作業安全

對於離岸設施作業可能涉及人員進出（人員於載台間之轉移）、海上高處作業、水下作業，英國 HSE 訂定《高處作業規則》（Work at Height Regulations 2005）、《潛水作業規則》（Diving at Work Regulations 1997），並研究《風力發電機維修升降機：嚴重受傷的風險》（Wind turbine generator service lifts: risk of serious injury）。

對於離岸設施的海上高處作業，英國 HSE 訂定《高處作業規則》（Work at Height Regulations 2005），要求事業單位在執行高處作業時，應考量以下層面：

1. 考慮可能危及勞工安全的天氣條件。
2. 檢查高處作業的場所是否安全。每個進行高處作業的地點，在使用前都需要進行檢查。

3. 防止材料或物體掉落，如果無法合理地防止物體掉落，則採取適當及充足的措施確保沒有人會受傷，例如設置管制區域，或在施工架上使用網格防止材料掉落；
4. 安全存放材料及物體，以防止物體飛落時導致傷害；
5. 規劃緊急應變及救援，例如設定疏散程序，並考慮可能之情境，確保勞工熟悉應變程序。

對於離岸設施的潛水作業，英國 HSE 訂定《潛水作業規則》(Diving at Work Regulations 1997)，要求在執行潛水作業時應確保符合以下事項：

1. 潛水承包商責任：潛水作業規則明確訂定潛水承包商的責任，潛水承包商必須確保潛水作業的安全規劃、管理及執行，並指派合格的監督員與潛水員，同時向英國 HSE 提供自己的身份及聯繫方式，並保持更新。
2. 潛水作業計畫和風險評估：潛水作業計畫必須基於潛水作業中所有參與者的健康及安全風險評估，並包含所有必要資訊與指示及應變程序。另潛水作業計畫還必須辨識每個潛水操作的危害，並確保執行安全監督。
3. 潛水團隊及相關工作規範：潛水團隊必須有足夠的人員、設備和資源，以確保潛水作業安全。潛水團隊必須遵守適當的工作規範，例如溝通、監測、第一次援助及醫療處理等。
4. 潛水設備：潛水設備必須符合相關的標準與規範，並經過定期的檢查及維護，且有證書與紀錄。
5. 監督員：監督員必須具備相應的資格與能力，並按照潛水作業計畫指導及控制潛水操作，確保潛水員的健康及安全，同時紀錄潛水操作的詳細情況。
6. 潛水員：潛水員必須具備相應的資格和能力，並按照監督員的指示與潛水作業計畫執行潛水操作，並遵守相關的法律規定，同時保持自己的體檢和日誌紀錄。

7. 體檢：潛水員必須定期接受體檢，並取得合格的醫療證明，以證明自己適合潛水，同時必須向監督員報告任何可能影響自己潛水適能的醫療狀況或用藥情況。
8. 潛水深度和時間限制：使用壓縮空氣或氧氮混合氣的最大潛水深度為 50 m，最大氧分壓為 1.4 bar，超過 50 m 的潛水應使用閉鈴或飽和潛水技術。
9. 水流、吸入和排放：潛水員容易受到水流、吸力或渦流的危害，無論是自然的還是由水吸入或排放造成的，應採取適當的措施，包括在實際可行的情況下進行物理或機械隔離。
10. 污染水域：潛水可能使潛水員暴露在可能受到污染的水域中。潛水計畫應確定保護潛水員的方法。
11. 潛水設備：潛水設備包括呼吸氣體、潛水鈴、壓力艙、通訊系統、起重設備、切割和燒焊設備等，應符合相關的國家、歐洲或國際標準。
12. 醫療和生理考慮：應確保潛水員體檢合格，並在潛水前、中、後監測潛水員的狀況，並應制定緊急及應變計畫，包括潛水員的撤離、治療與轉移，同時考慮潛水員可能面臨的風險，如氧中毒、氮醉、減壓病、高低溫壓力、噪音暴露、聲納及地震操作等。



圖 9. 離岸風電潛水作業

而英國 HSE 也針對風力發電機所造成的災害事件進行研究《風力發電機維修升降機:嚴重受傷的風險》(Wind turbine generator service lifts: risk of serious injury)，評估風力發電機之升降機可能的危害，研究成果摘要如下：

1. 風場升降機的安全風險：使用或靠近風場升降機的工作人員有受到嚴重傷害或死亡的風險。工作場所負責人必須確保控制措施，防止工作人員與移動的升降機車廂或部件接觸。
2. 設備的供應及安裝要求：升降機應遵循英國標準 BS EN 81-44 「升降機的建造與安裝安全規則-用於運輸人員及貨物的特殊升降機。-第 44 部分：風力發電機中的起重設備」。
3. 使用及維護的控制措施：工作場所負責人應確實檢查風場中所有升降機是否有必要的控制措施。
4. 負責供應、安裝、使用、檢查、維修、保養及檢查風力發電機之升降機的人員必須確保升降機有聯鎖裝置，且作動測試正常，升降機的操作保持良好狀態。

#### (七) 離岸設施緊急應變計劃

根據英國《離岸設施（防火防爆和緊急應變）規則》（Offshore Installations (Prevention of Fire and Explosion, and Emergency Response) Regulations 1995）及《離岸安全法》（Offshore safety Act 1992），離岸風場應建立緊急應變計畫，且須定期審查、修改緊急應變計畫（尤其發生重大變化時，包含建造、維護操作、拆除等），以確保其有效性，並注意以下事項：

1. 離岸設施應建立緊急應變計畫，以應對可能發生的火災、爆炸或其他緊急情況，且應變計畫應易於取得，
2. 離岸設施應該有適當的消防設備，以及緊急照明與通訊設備。
3. 離岸設施該有適當的逃生及救援設備。
4. 應變組織、計畫中，皆需提供各角色足夠的訊息及教育訓練，且安排年度演練以確保其應變能力，同時熟悉應變狀況。
5. 確保離岸設施與管路工程有足夠的醫療、救援設施及人員。

而緊急應變計畫的重點，包括但不限於警報、緊急聯繫服務、實施指揮與控制安排、點名、疏散、逃生及救援等，緊急應變計畫內容應適當且充分，並至少涵蓋以下內容：

1. 緊急情況下的警報，包括內部與外部的告警方式及設備。對警報的通訊應確保有效、可靠，包含前往、離開設施的人員皆須能夠有效接收到訊息，且至少應有兩種以上的通訊方法。
2. 溝通的安排和設備，包括離岸可再生能源設施（Offshore Renewable Energy Installations, OREI）、船舶、飛機、岸上、緊急服務及醫療支持之間的有效聯繫。
3. 避免事故擴大的規劃，包括適當的設備與遠端操作等。
4. 適時檢討及修訂緊急應變計畫，以確保其有效性和及時性。
5. 指定區域為緊急集合點，並提供安全且具獨立性的疏散與逃生途徑，必要時提供替代路徑及集合點。所有人應被告知相關安排，集合人員名單應保持更新狀態。
6. 疏散的安排，包括適當的疏散方式及設備。
7. 逃生的安排，包括適當的逃生方式及設備。
8. 救援的安排，包括適當的救援方式及設備，救援計畫應涵蓋海上救援，包含降落/靠岸、起飛/離岸操作的安排。需確保有足夠急救人員，並進行初步處置。
9. 醫療撤離的安排，包括適當的醫療人員、設備及程序等。
10. 緊急情況下的個人防護裝備，包括適當的防護服、救生衣等，並定期安排穿戴練習及測試。
11. 救生設備，包括適當的救生艇、救生圈、定位器等，並應將救生衣放置點設於集合點附近或是路線上，避免人員返回內部才能取得，且應確保救生艇吊掛方式，避免吊掛點錯誤的情形發生。
12. 消防設備，包括適當的滅火器、滅火系統等。

#### (八) 離岸風電事故通報

依據英國 HSE 規定，應該遵循《報告傷害、疾病和危險事件規則》（Reporting of Injuries, Diseases and Dangerous Occurrences Regulations 2013），離岸風電若發生重大的災害事件，雇主、自營作業者和負責管理場所的人員應向 HSE 或當地政府進行通報導致的嚴重傷害、疾病和危險事件。根據該規則，作業場所發生以下災害事件，其負責人應進行通報：

1. 任何人因為離岸風電相關的工作而死亡或受到嚴重傷害，不論是勞工、承包商還是一般民眾。
2. 任何人因為離岸風電相關的工作而罹患指定的職業疾病，例如職業性皮膚病、職業性哮喘、職業性聽力損失等。
3. 任何人因為離岸風電相關的工作而發生的危險事件，例如船舶碰撞、火災、爆炸、氣體釋放、結構物倒塌、設備故障等。

《報告傷害、疾病和危險事件規則》中，要求通報的方式及時限如下說明：

1. 死亡或嚴重傷害的事件，應該在發生後立即通報英國離岸重大事故監管機構(Offshore Major Accident Regulator, OMAR)，並在 10 天內提交書面報告。
2. 職業疾病的事件，應該在確診後立即通報英國離岸重大事故監管機構(Offshore Major Accident Regulator, OMAR)，並在 10 天內提交書面報告。
3. 危險事件的事件，應該在發生後立即通報英國離岸重大事故監管機構(Offshore Major Accident Regulator, OMAR)，並在 10 天內提交書面報告。

《報告傷害、疾病和危險事件規則》中，要求通報的內容應該包括以下資訊：

1. 事件的日期、時間及地點。
2. 事件的類型及原因。
3. 事件的影響及後果。
4. 事件的受害者之姓名、職位及聯絡方式。
5. 事件的處理及預防措施。

## 二、考察英國 HSE 執法模式及離岸風電檢查實務

2023 年 9 月 18 日至 2023 年 9 月 22 日考察主題為 HSE 執法管理模型以及離岸風電檢查實務，9 月 18 日由英國 HSE 負責國際事務的 Tim Plowright 及在 Chelmsford 的辦公室檢查團隊的主管 Adam Hills 與接待，並於 HSE 位在 Chelmsford 的辦公室進行會議，討論英國職業安全衛生執法的經驗，並介紹英國 HSE 的組織架構、工作方式、統計數據，同時說明檢查員的權力、職責、工作範圍、執法方式、檢查報告撰寫、檢查區域劃分及離岸風電檢查實務等議題。



圖 10. 與 Adam Hills 於 Chelmsford 辦公室合影



圖 11. 與 Adam Hills 討論 HSE 檢查重點

2023 年 9 月 19 日至 2023 年 9 月 22 日英國 HSE 安排隨行 Jill Mead、Connor Stowers、Saif Deen、Natalie Prince 等檢查員實施勞動檢查，因離岸風電檢查作業需事先與營運商協調及規劃，於此次行程中無法安排至離岸風電場，爰此，英國 HSE 安排不同產業類型、企業規模之勞動檢查，包含混凝土工廠、廢水處理廠、建築公司以及中小型製造業等，瞭解英國 HSE 檢查員如何透過執法管理模型（EMM）進行執法作業，隨行檢查交流情形如圖 12 至圖 16。





圖 14. Ardmore Group 建築工地勞動檢查



圖 15. Advanced Metalcraft Ltd 金屬加工廠勞動檢查



圖 16. The Stone Company 石板加工廠勞動檢查

(一) 英國 HSE 執法管理模型交流重點說明

執法管理模型（EMM）為一套邏輯系統，幫助檢查員依據英國 HSE 之執法政策聲明（Enforcement Policy Statement, EPS）原則，做出符合法律的執法決定。執法政策聲明（EPS）規定了檢查員在處理違反職業安全及健康法規的情況時，應該採取的執法行動，基本原則是執法行動應該與

健康、安全風險及違法嚴重程度成比例。英國 HSE 相信健康及安全法 (Health and Safety at Work Act 1974) 的執行應該嚴格而公平，而執法的目的包含以下層面：

1. 確保負責人立即採取行動，處理高危害的風險。
2. 督促負責人持續遵守法規。
3. 依據英國 HSE 的執法政策聲明 (EPS)，將違反職業安全及健康要求的負責人，以及未履行職責的董事及經理，送交法院審判，或建議起訴。

檢查員使用各種執法技巧督促事業單位實施風險管理，並確保事業單位遵守法令，除提供建議、發出執法通知外，在必要情況下檢查員也可以建議起訴。做出適當執法決定為檢查員的基本職責，執法管理模型 (EMM) 為英國 HSE 及地方政府提供了一個符合執法政策聲明 (EPS) 原則的執法決策框架，它涵蓋了檢查員在行使專業判斷時考慮的因子，執法管理模型 (EMM) 的七個步驟，包括：

1. 第一步：執法優先事項。檢查員在監管時，收集有關危害和控制措施的資訊，並根據此資訊判斷各種活動相關的職業安全及健康風險，確定需要立即處理的嚴重風險。
2. 第二步：嚴重傷害的風險評估。檢查員應該優先處理可能導致嚴重人身傷害的問題，並有權將造成風險的物品或物質停工或扣押，以確保勞工安全，同時視危害情況可兩者同時執行。在評估風險時，檢查員應使用第三步中的“風險差距分析”掌握“實際風險”。
3. 第三步：風險差距分析。檢查員應該評估實際風險 (事業單位的現狀) 和基礎風險之間的差距，以確定執法的必要性。
  - (1). 在監管過程中，檢查員收集有關危害和控制措施的資訊。利用這些資訊對各項作業的職業安全及健康風險進行初步評估，並確定實際風險。檢查員應將此與法律或指引所接受的風險進行比較，並確定基準風險。事業單位目前風險與期待風險之間的差距即為風險差距。

- (2). 風險差距的概念對於決策過程至關重要。風險差距分析係確保遵守法律需要執行的改善作業，並確認是否對於不合法令部分進行起訴。確定風險差距首先應評估事業單位相關作業產生的實際風險值，檢查員應該依據訓練、經驗、指引和其他相關資訊來判斷有關危害和控制措施的資訊，在這個過程中，應該考慮到的是潛在的危害，亦即實際現場環境中之作業風險。
- (3). 檢查員通常不使用詳細或定量的評估技術來確定實際風險或基準風險。執法管理模型（EMM）中採用更實際方法，將風險分成三個元素，如下：
- A、後果：可合理預期的危害性質
  - B、發生可能性：事件發生的機率
  - C、範圍：可能受到影響的人數
- (4). 有些安全或預防措施用於降低後果嚴重性、而有些安全或預防措施則減少發生的可能性、有些同時解決了後果及發生可能性。例如，考慮將速度限制器安裝在貨車上。這些裝置降低了碰撞發生的可能性，而且在發生碰撞時，降低的速度也減少了事件的後果。因此執法管理模型（EMM）採取綜合性後果評估方式。
- (5). 發生的可能性是一種主觀評估，會依行業別而有所不同。檢查員會根據其對於行業/作業的了解，依據英國 HSE 訂定之指引，綜合考慮多方因素，並運用其專業判斷力，來確定可能性等級。而可能性的範圍是透過兩個風險差距表來衡量，一個是用於單一和低傷亡的情況（如圖 17），另一個是用於多重傷亡的情況（如圖 18）。

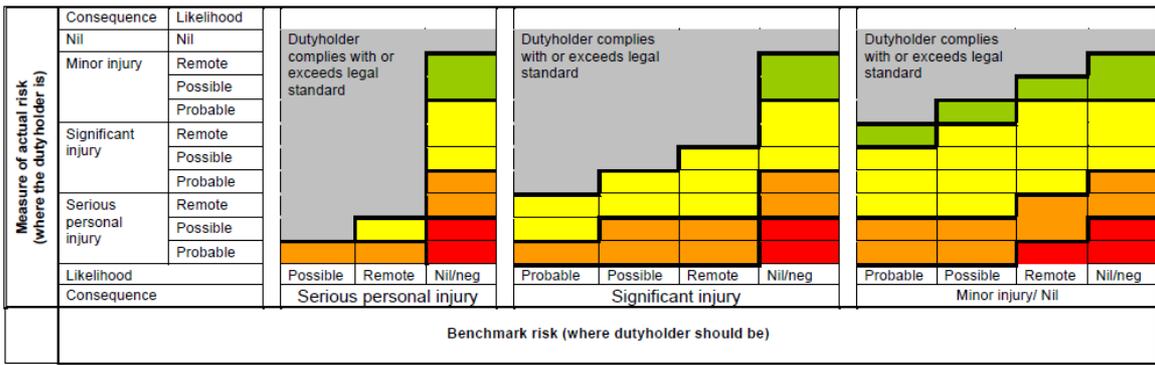


圖 17. 單一後果矩陣

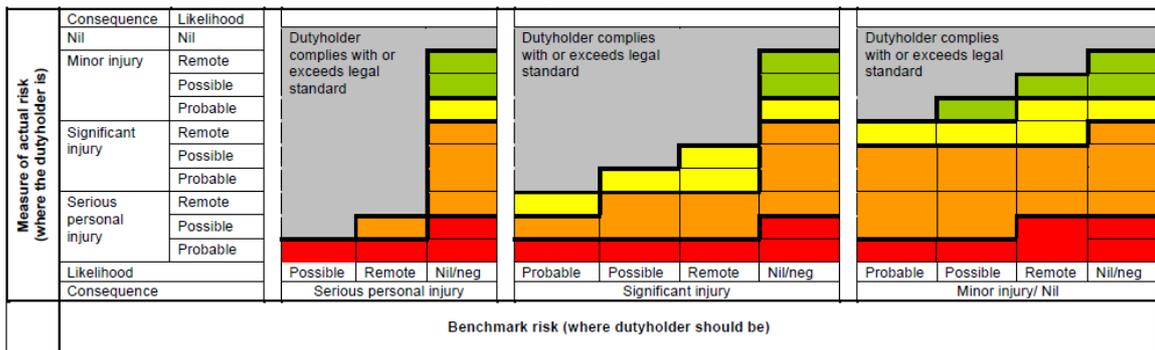


圖 18. 多重後果矩陣

4. 第四步：初始執法期望。檢查員應該根據風險差距與相關的標準，確定使事業單位遵守法律或對其違法行為預期採取初始的執法行動。
5. 第五步：負責人因素。檢查員應該考慮負責人的特定情況，例如過去的記錄、合作程度等，再依據圖 19、圖 20、圖 21、圖 22，判斷「過去的事故紀錄」、「之前的相關執法狀況」、「是否刻意追求生產營運」、「實際傷害程度」、「過往檢查紀錄狀況」、「一般條件標準」、「事業單位負責人是否有能力且願意遵守檢查員對事業單位的檢查結果」依序判定，決定發出口頭警告、信件通知、停工通知、改善通知或起訴。

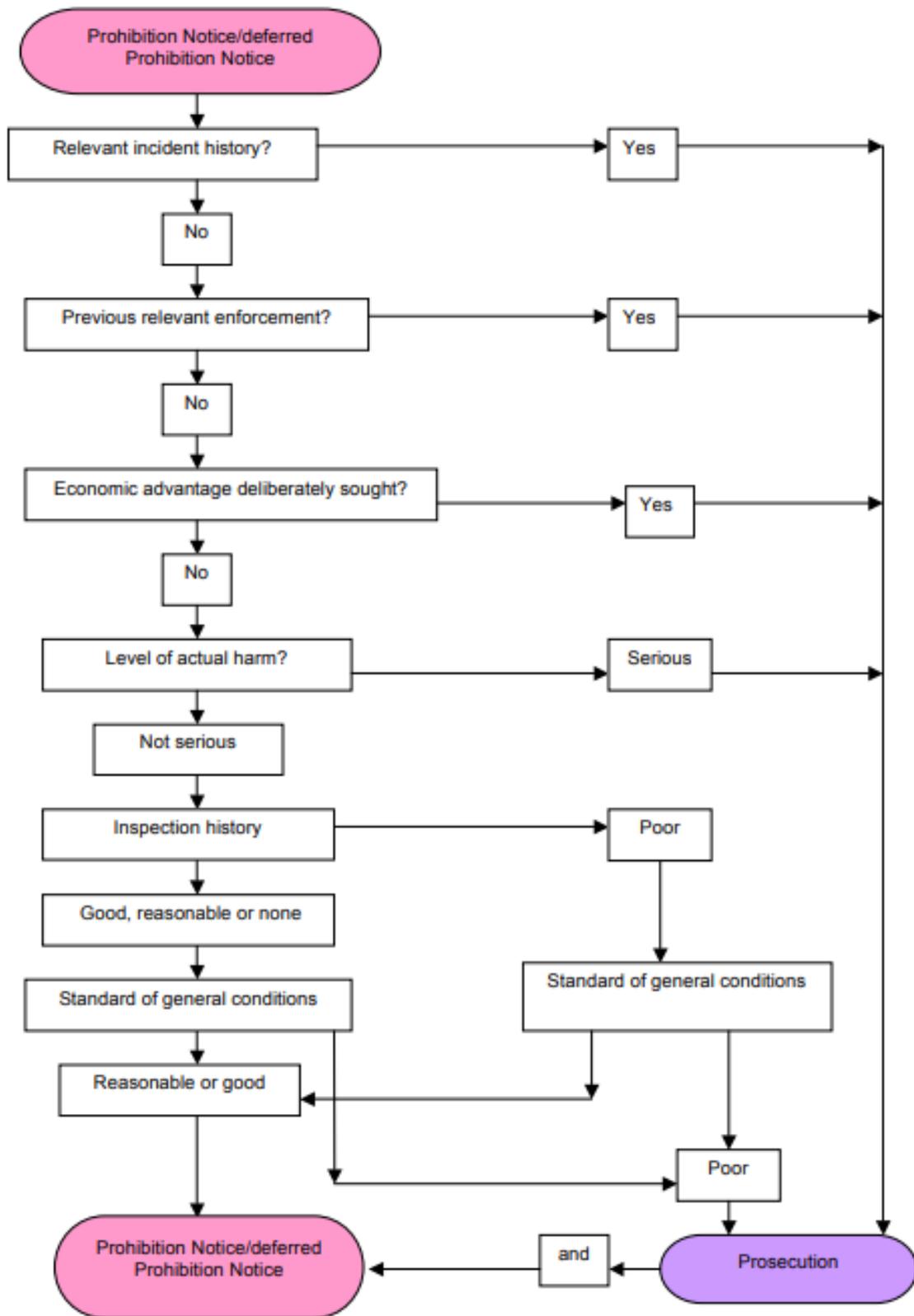


圖 19. 負責人因素：停工通知

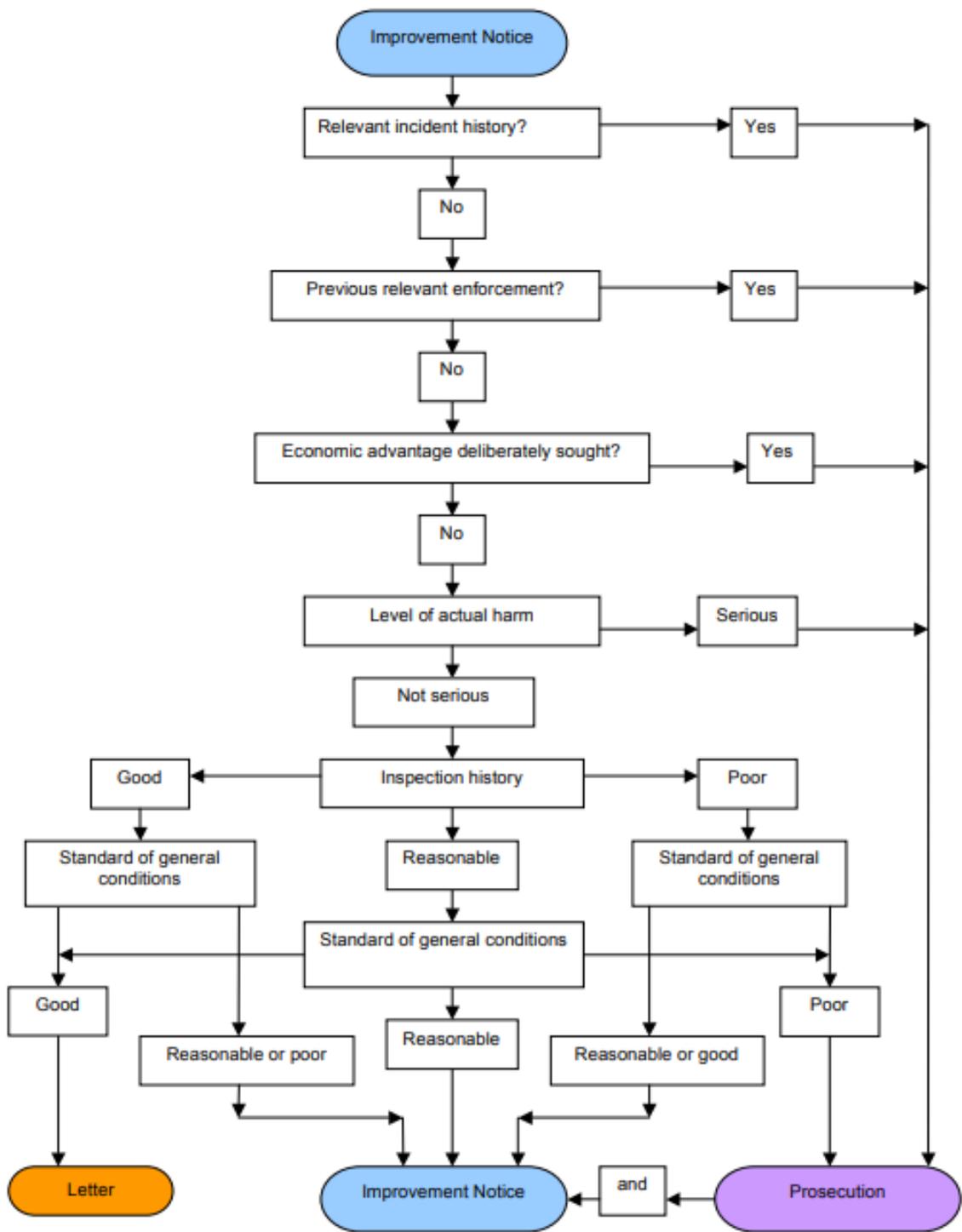


圖 20. 負責人因素：改善通知

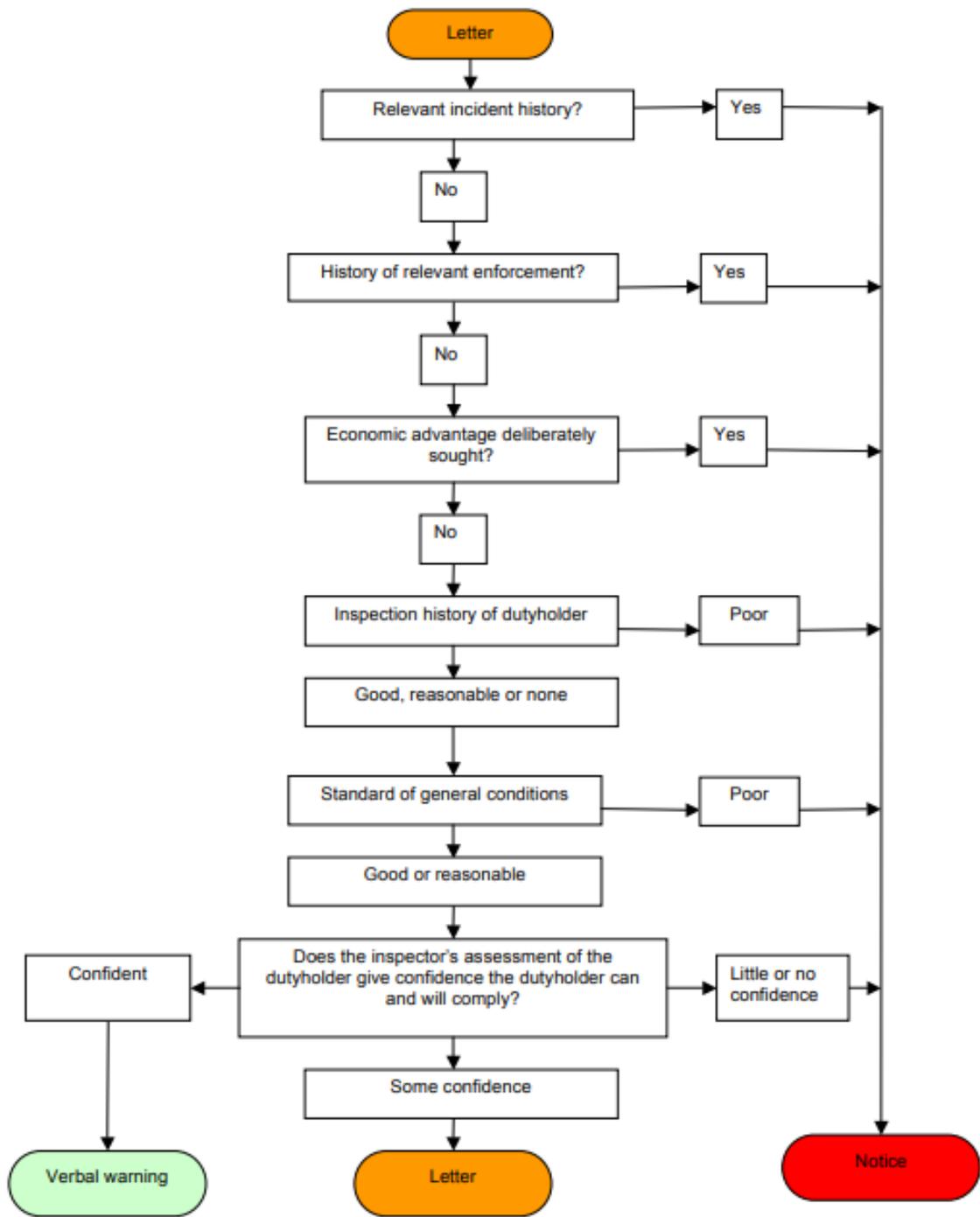


圖 21. 負責人因素：通知信

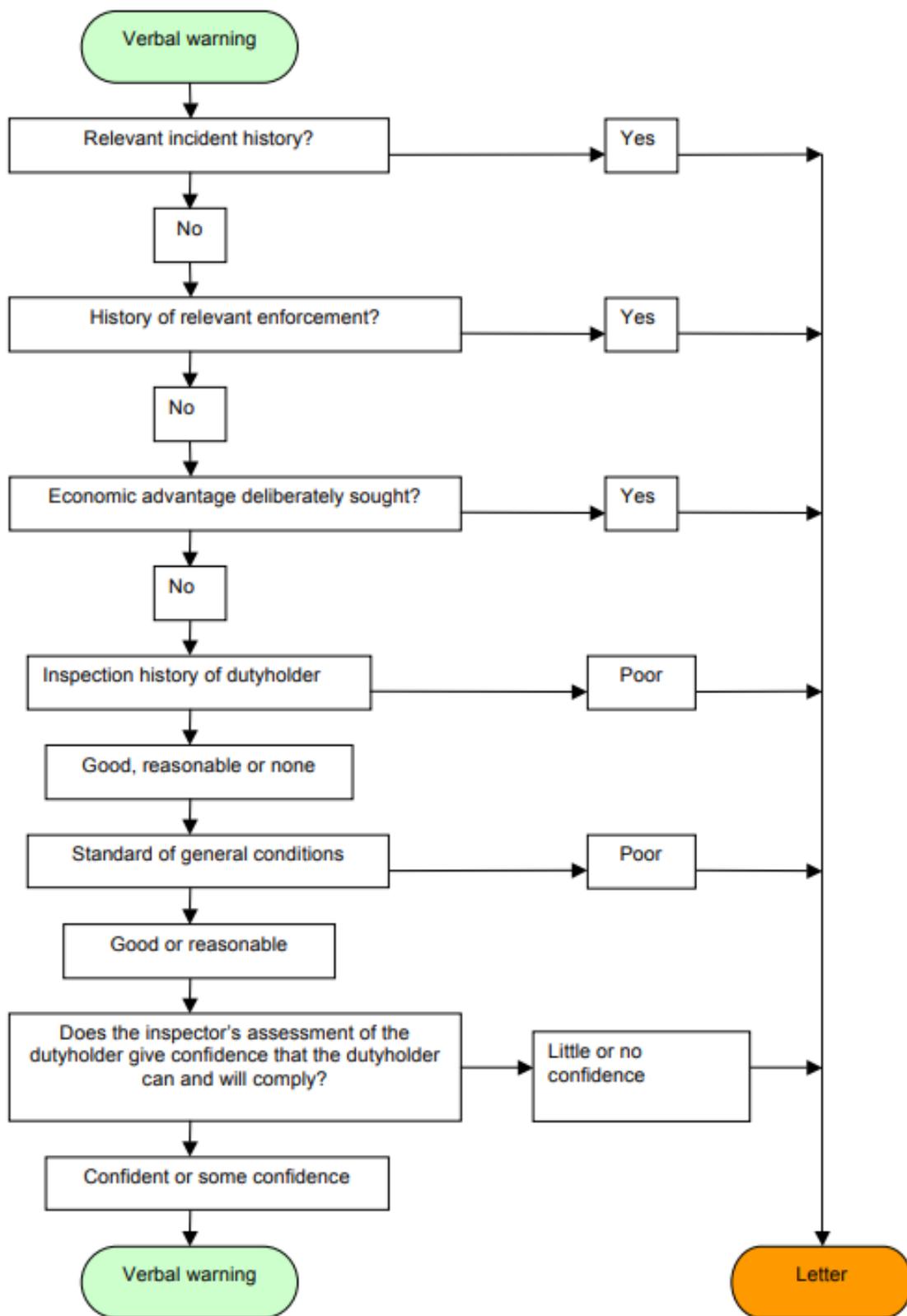


圖 22. 負責人因素：口頭警告

6. 第六步：策略因素。檢查員於執法前必須確保考慮到公眾利益、脆弱群體（例如兒童和病人）及其他政策目標，同時考慮到執法行動對社會之廣泛影響，並依策略因素流程圖（圖 23）進行考量。

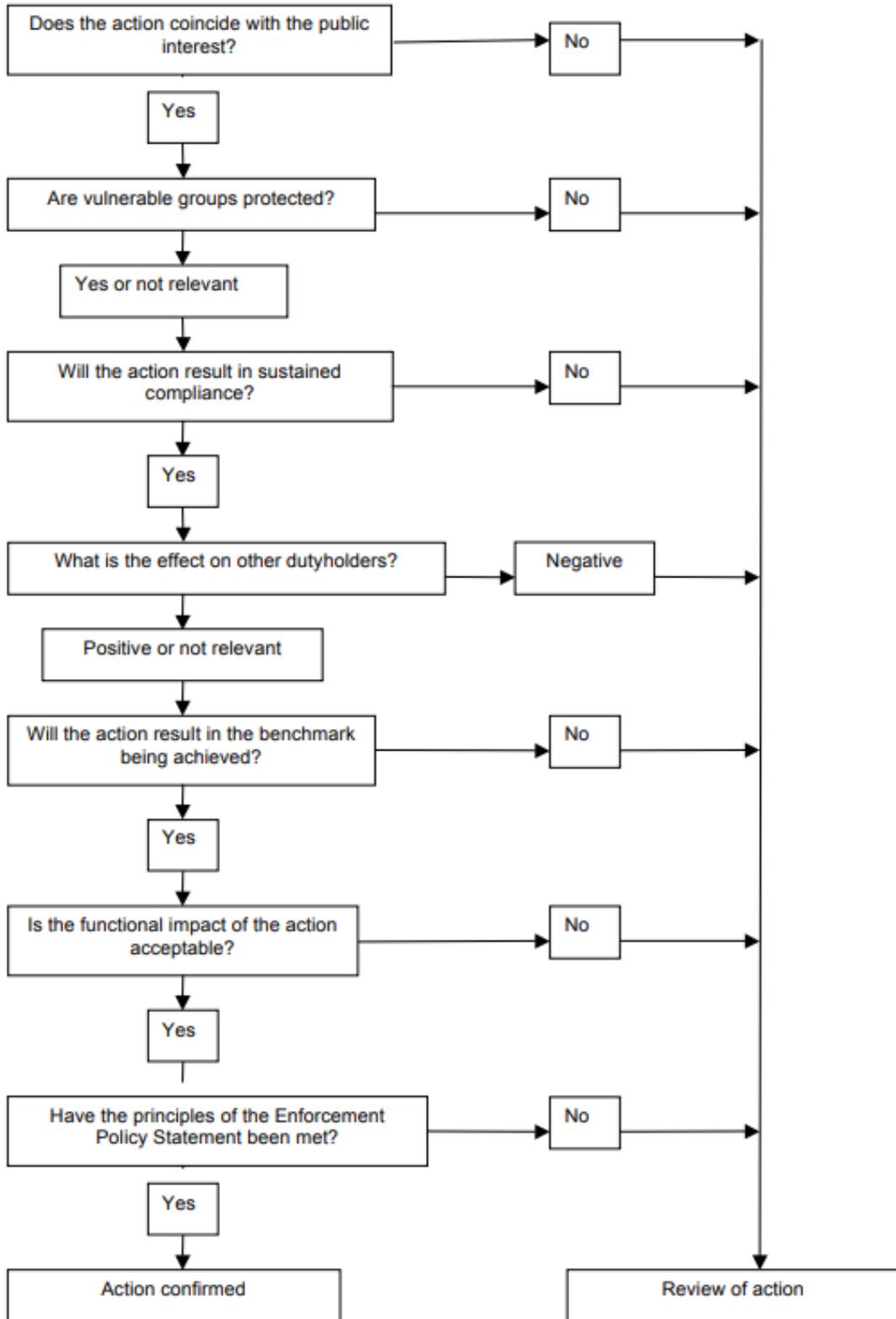


圖 23. 策略因素流程圖

7. 第七步：執法結論。檢查員應該依據執法期望及相關因素，確定最適當的執法行動，並在合理的時間內執行。

英國 HSE 以執法管理模型（EMM）作為執法的邏輯框架，協助檢查員依據 EPS 原則做出符合規範的執法決策，不僅能確保執法決策的公正性和有效性，也能夠根據實際情況及法令要求，做出最適當的決策。

## （二）離岸風電職業安全衛生監督檢查實務作法

英國 HSE 表示，由於離岸風電海域作業之高風險性，離岸風電產業工作者之防災意識與自主查核落實度都較陸域風電產業高，且依據長期統計資料顯示，離岸風電海域作業職災發生率亦遠低於陸域作業，因此 HSE 執行離岸風電海域作業安全衛生監督檢查之方式如下：

1. 每個離岸風電均有主責的專案檢查員，執行離岸風電海域作業安全衛生監督檢查時，採相互彈性支援方式進行，可安排其他檢查員或相關部會權責單位聯合參與。
2. 執行離岸風電海域作業安全衛生監督檢查之檢查員，需接受世界風能組織（GWO）認可之高處作業（Working at Heights）及海上求生（Sea Survival）等 2 項基本安全訓練，取得證照並定期回訓，同時視業務執行需求接受直升機水下逃生訓練（HUET）。
3. 至乘船出海實施離岸風電海域作業安全衛生監督檢查之頻率，每個離岸風電以一年檢查 1 次原則，並以離岸風電建造階段之海域作業為優先。
4. 專案檢查員執行離岸風電海域作業安全衛生監督檢查，須事前通知離岸風電開發商或運維商依其風電進出安全規範，安排無償之人員運輸船（Crew Transfer Vessel, CTV）等接駁船隻，並提供檢查員必要之安全防護裝備，保護檢查員乘船出海至離岸風電之運送轉移安全。
5. 考量離岸風電海域作業安全衛生監督檢查具相當辛苦及危險性，依檢查員乘船出海實施檢查之天數，每天提供額外津貼。

6. 召開監督檢查行前會議，掌握乘船出海當日海域作業之施工項目與風電進出安全注意事項，並特別注重海域作業使用手工具之安全，因風浪致工作者晃動或失去平衡時，手工具如未繫固，可能脫手自傷或傷及他人。

### (三) 離岸風電自動化維修技術發展

英國離岸風電產業預計開發離岸風電自動化維修技術，規劃結合無人船、無人機及爬行機器人等自動化系統，執行離岸風力發電機之例行檢查及葉片維修作業，減少工作者乘船出海從事登塔作業（人員自船舶載台轉移至離岸風力發電機之轉接段）、高處作業、繩索作業等，大幅降低工作者執行離岸風電運維任務面臨之風險。

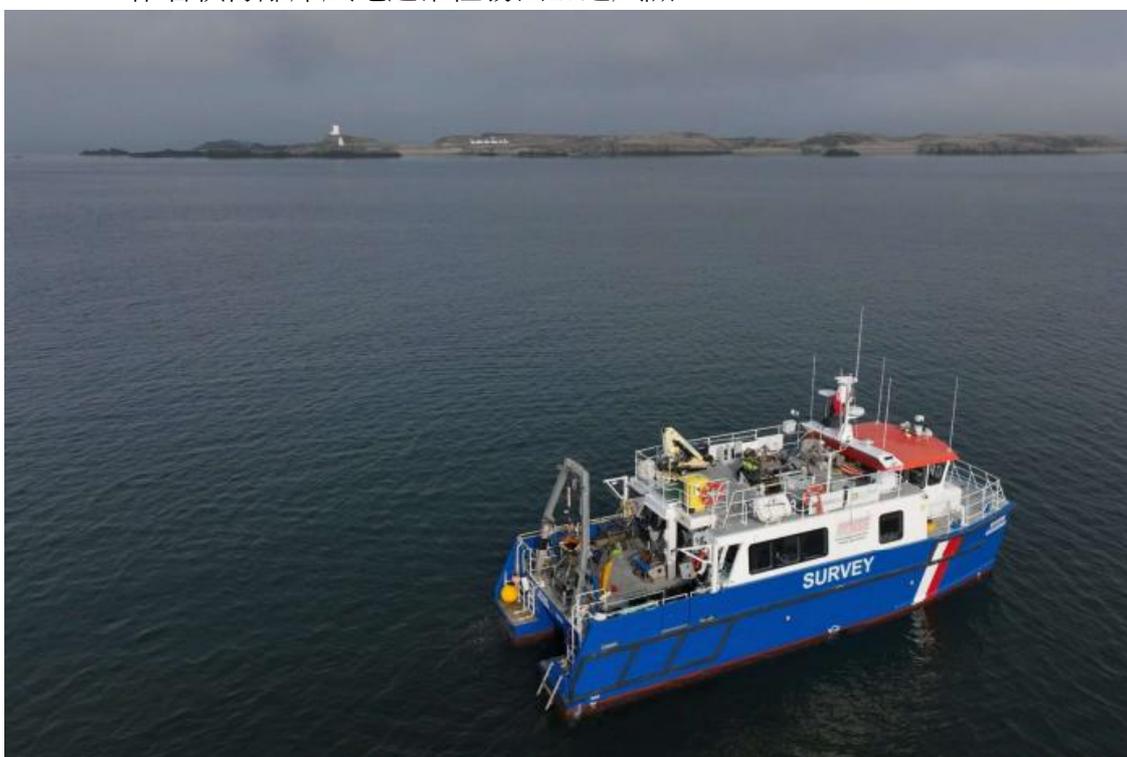


圖 24. 離岸風電工作船舶

離岸風電自動化維修技術係規劃透過無人機對離岸風力發電機之葉片進行影像及高光譜成像檢查，並將爬行機器人運送至葉片上，以爬行機器人之創新機械手臂修復葉片，且需設計遠端監控、干預操控等人機界面，處理運維任務中發生之意外情況，於必要時以人為干預方式進行操控；該項技術之發展，亦將大幅降低離岸風電運維之人員運輸船（CTV）費用，並減少葉片檢查及維修作業之停機時間，降低電能損失，預估每個離岸風電之生命週期平均可節省 2,600 萬英鎊成本。

西門子歌美颯公司（SGRE）已配合英國發展離岸風電自動化維修技術，其無人船系統已非常完善，而爬行機器人技術目前仍處試驗階段。現階段，部分離岸風電之施工及運維已導入無人機進行監控，亦展開以無人船搭載爬行機器人自動登塔進行維修檢查之試驗。

## 肆、 結論與建議

- 一、 英國 HSE 極為重視事業單位風險評估，對於離岸風力發電系統之設計或施工，要求開發商考量本質安全，從源頭控制風險，於設計及施工規劃階段即針對工作環境及作業危害實施辨識、評估，並採取控制措施，避免發生職業災害，英國 HSE 針對離岸風電的風險評估已建立技術指引與研究，建議我國可參考其所建立之指引強化離岸風電的風險管理。
- 二、 英國 HSE 透過主要危害監管模型（Major Hazard Regulatory Model, MHRM），規範陸上及海上具高危害風險產業管理及風險控制，確保重大危害風險得到適當管理，並對離岸設施之管理建立許可制度，要求離岸設施應進行安全評估，提供安全評估報告，同時定期審查事業單位之安全評估報告，且不論事業單位之事故紀錄如何，英國 HSE 定期執行檢查，以確保事業單位的主要危害得到適當的管理。勞動部職業安全衛生署目前已要求離岸風電開發商於施工前提供職業安全衛生管理文件，確認離岸風電已實施風險評估。有關英國對離岸風電之審查制度，可作為我國後續實施離岸風電職業安全衛生管理的參考。
- 三、 英國 HSE 對於具重大危害風險的事業單位，協助其負責人瞭解重大危害，並且以「領結分析方法」的多層級方式進行管理，確認風險事件的原因、後果、預防及應變措施，以降低主要危害風險。建議協助我國離岸風電開發商參考英國 HSE 引用之「領結分析方法」建立多層級管理模型，做為安全評估報告的風險分析方法。
- 四、 英國為目前世界上離岸風電設置容量最多之國家，自英國第一座離岸示範風電迄今已 23 年，對於緊急應變計畫之法令已相當完善，根據英國《離岸設施（防火防爆和緊急應變）規則》（Offshore Installations（Prevention of Fire and Explosion, and Emergency Response）Regulations 1995）及《離岸設施（應變程序）規則》（Offshore Installations（Emergency Procedures）Regulations 1992, EPR），離岸風場應建立緊急應變計畫，且需定期審查、修改緊急應變計畫（尤其發生重大變化時，包含建造、維護操作、拆除等），以確保其有效性。緊急應變計畫應包含災害應變通訊設備、海上救

援規劃、海上救生設備等，建議協助我國離岸風電開發商參考英國 HSE 緊急應變法令及規範制定完整之緊急應變計畫，保障工作者之安全。

- 五、英國對於離岸設施作業可能涉及人員進出（人員於載台間之轉移）、海上高處作業、水下作業，英國 HSE 已訂定《高處作業規則》（Work at Height Regulations 2005）、《潛水作業規則》（Diving at Work Regulations 1997），並研究《風力發電機維修升降機：嚴重受傷的風險》（Wind turbine generator service lifts: risk of serious injury），建議未來可與相關權責機關共同研議，參考英國於離岸風電作業安全的經驗，並且根據台灣的實際情況，制定合適的作業指引，以提升離岸風電產業的作業安全。
- 六、AIoT 技術技術已成為現行產業的趨勢，AIoT 的智慧化安全案例更是不勝枚舉，英國的離岸風電產業已經成功的導人物聯網（IoT）技術，包括無人船和爬行機器人等，建議我國鼓勵離岸風電推動 AIoT 安全防災技術，實現離岸風電設施的即時監控和智能化管理，從而提高風電設施的運營效率，減少人工操作的時間和成本，避免人員暴露於惡劣的作業環境中，並可根據風電設施的營運數據和環境數據，預測可能出現的設備故障和風險，及時發出警告，使人員可以提前採取控制或應變措施。