

二、社經環境

本風力發電計畫係利用彰化縣外海豐富之風力資源產生電力，營運後可以提供教育觀摩及海上風場參觀的標的，因此風力機組興建完工後，有助於本地區觀光事業之發展。

三、漁民活動與漁業經濟

任何一座機組施工，考量航行安全在其周遭至少 500 公尺範圍內依國外慣例視為施工區，除施工船舶外，任何其他船隻不得靠近，由於風場施工可能數架風機同時進行施工，再加施工船及材料運送船舶往來於施工區，因此定會影響漁船航行路線或作業範圍，亦或增加漁船往來魚場之距離，因而增加其捕魚成本；經濟漁場亦可能因施工作业之水下噪音、懸浮物質揚起、以及海床破壞等影響，致使魚群逃避原經濟漁場等魚類資源與能源資源發生競合。本計畫除依循行政院農委會漁業署已於民國 105 年 11 月 30 日發布「離岸式風力發電廠漁業補償基準」之補償基準，未來本開發單位將遵行該基準補償因本開發案而蒙受損失之漁民，依規定該補償金總額之百分之十費用，將作為漁會協助處理及發放等事宜之行政管理費。

有關在施工及營運階段協助漁民轉型及提供在地居民工作機會方面，目前已和彰化區漁會及彰化縣政府進行初步溝通，詳細拜訪記錄詳表 7.4.3-1 所示。

表 7.4.3-1 拜訪與溝通紀實

序號	日期	拜訪與溝通紀實
1	105.08.22	拜訪彰化區漁會，說明籌備處離岸風力發電計畫進度及相關漁業議題，傾聽其需求、想法並交換意見。
2	105.08.23	拜訪彰化縣鹿港鎮公所及鹿港鎮代表會，說明籌備處規劃於彰化外海設置離岸風力發電計畫，傾聽其需求及想法並交換意見。
3	105.08.29	拜訪彰化縣線西鄉公所，說明籌備處規劃於彰化外海設置離岸風力發電計畫，傾聽其需求及想法並交換意見。
4	105.09.06	拜訪彰化縣線西鄉代表會，說明籌備處規劃於彰化外海設置離岸風力發電計畫，傾聽其需求及想法並交換意見。
5	105.09.13	拜訪彰化縣福興鄉公所及福興鄉代表會，說明籌備處規劃於彰化外海設置離岸風力發電計畫，傾聽其需求及想法並交換意見。 拜訪彰化縣芳苑鄉公所及芳苑鄉代表會，說明籌備處規劃於彰化外海設置離岸風力發電計畫，傾聽其需求及想法並交換意見。
6	105.09.29	拜訪彰化縣政府，說明籌備處規劃於彰化外海設置離岸風力發電計畫及本計畫執行後可能對地方產生的影響、帶來的發展及效益。
7	105.09.30	於彰化縣線西鄉公所辦理環評公開會議，說明本計畫執行後可能對地方產生的影響、帶來的發展及效益。 安排籌備處外資代表拜訪彰化區漁會，說明籌備處離岸風力發電計畫進度，並進一步商討漁業權補償及合作議題的意見交換。
8	105.10.27	拜訪彰化區漁會理事長、常務監事及總幹事，說明籌備處離岸風力發電計畫進度及相關漁業補償、合作議題，傾聽其需求、想法並交換意見。
9	105.11.30	拜訪國立彰化彰化師範大學，商討離岸風力發電產業相關金融操作及專業技能培訓合作，利於培養國內離岸風力相關人才及技術養成在地化，落實政府產業在地化的政策。
10	105.12.13	拜訪澎湖縣政府，說明籌備處規劃於彰化外海設置海龍三號離岸風力發電計畫位於澎湖縣管理海域內之情況，另詳述本計畫執行後可能對地方產生的影響、帶來的發展及效益。
12	105.12.14	拜訪澎湖區漁會，說明籌備處規劃於彰化外海設置海龍三號離岸風力發電計畫位於澎湖縣管理海域內之情況，傾聽其需求、想法並交換意見。

表 7.4.3-1 拜訪與溝通紀實(續)

序號	日期	拜訪與溝通紀實
13	105.12.21	與彰化縣縣政府及國立彰化師範大學簽署產、官、學三方 MOU，將產業透過政府組織及學術單位共同合作，落實產業在地化，增加民間投資並創造就業機會。
14	106.02.08	拜訪澎湖縣政府及澎湖區漁會，報告海龍三號離岸風力發電計畫相關進度及遭遇困難，交換想法與意見。
15	106.02.09	於澎湖縣赤崁村辦理海龍三號環評公開會議，說明本計畫執行後可能對地方產生的影響、帶來的發展及效益。
16	106.02.14	拜訪彰化縣政府討論彰化漁港轉型為離岸風力發電運維港的規劃，以落實漁民轉型及產業能在彰化本地深耕。 拜訪彰化區漁會討論以補償金、協助金及共存共榮為框架協商架構，並由漁會同意簽署”協商會議紀要”。
17	106.03.30	參加 2017 彰化芳苑社區再生能源資訊交流及知識分享平台活動，與當地居民，意見領袖及環保團體溝通意見及想法。
18	106.04.14	拜訪國立彰化師範大學，討論於十月份開融資相關課程事宜，落實雙方合作事宜。
19	106.05.04	彰化縣府召開”彰化漁港運維碼頭與運維服務發展專案會議”，提供籌備處相關需求，供縣府研議辦理後續事宜。
20	106.06.01	拜訪彰化區漁會，討論未來協商及合作模式相關流程，期將雙方過往討論各種想法訴之文字，並將各階段期程化，利於日後協商。

四、鄰近縣市經濟環境

離岸風場由建置開始的風機結構設計、零件製造，以及工作碼頭運送與安裝作業，到建置後機組運轉及維護，藉此供應鏈引進相關技術，帶動整體就業結構轉型、增加就業機會。基於鼓勵產業在地化及與地方互利共進之原則，施工期間將聘用當地所需之建廠人力，包括管理技術人員及當地營建工人或來自外地聘僱人員，對營造業產生的就業有正面影響；另亦引入有關工作人員創造中游產業的繁榮。在運轉期間設置之運維中心將配置環安衛管理師一職，專門負責每日了解當天維修風機之任務，並告知維修技術員環境、安全與健康之風險，並要求維修技術人員確實遵守相關之安全規定，以防止意外事故發生。初步評估可能會依實際營運需求和與該地區其他風場的潛在協同效應進行調整。援此，可以預期未來離岸風場之營運將在當地社區內產生一系列間接工作機會，包括不同的部門和行業，如居住服務(住宿、飯店、住房等)、交通運輸服務、設施維護、船舶和其他設備的維護。

五、整體國家利益

本風力發電計畫係利用彰化縣海域豐富之風力資源產生電力，有助於招商引資，吸引國內外離岸風力發電產業進駐，期盼帶動國內風機零組件供應鏈產業在地化，打造台中港或其他工作港之指標性產業重鎮，帶動國際性離岸風電產業永續發展新據點。除提供能源之外，可透過整合性政策作與其他產業之鏈結，以提供多元化之使用方式；並且設計風機時可以配合多功能風場方式考量船隻通行之距離，現有的漁船可以作為風力機組的維修船；亦或季節性開放船隻作為遊客觀光船前往參觀，規劃海域生態教育熱線，以降低海域空間使用者之間的衝突，有助於協調不同使用者之需求。

7.5 交通環境

一、施工期間

(一) 陸上運輸

本計畫開發時對鄰近道路系統所造成之交通衝擊與施工人數及通勤工具、工程材料或填土運送方式及來源、施工車輛行駛路線有較大影響，本節將預估施工尖峰時段衍生之車旅次，以評估施工目標年(民國 109 年)對交通環境之影響衝擊。

1. 交通背景環境

一般推估目標年背景交通量的方式主要以自然成長法為主，參考彰化縣主計處統計資料，彰化縣近 5 年機動車輛成長數量如表 7.5-1，自有小客車平均年成長率約 2.23%，機車平均年成長率約-3.43%，將以此成長率進行目標年基地開發前之道路交通量預測與平日、假日尖峰路段服務水準評估。

表 7.5-1 彰化縣近五年機動車輛登記數統計表

年期 (民國)	自用小客車(輛)		機車(輛)		總計(PCU)	合計 年成長率 (%)
	登記數	年成長率(%)	登記數	年成長率(%)		
100 年	357,348	—	932,730	—	823,713	—
101 年	364,740	2.03	923,743	-0.97	826,612	0.35
102 年	372,143	1.99	852,061	-8.41	798,174	-3.56
103 年	381,016	2.33	824,255	-3.37	793,144	-0.63
104 年	391,055	2.57	816,564	-0.94	799,337	0.77
平均	—	2.23	—	-3.43	—	-0.77

資料來源：彰化縣政府主計處統計年報，http://gas.chcg.gov.tw/pxweb/dialog/statfile9_n.asp。

2. 衍生交通量

(1) 施工車輛

本計畫陸域輸電系統工程及降壓站工程之剩餘土石方載運車輛運輸頻率分別約為每小時 4 車次(單向)及 3 車次(單向)，另外進出工區可能衍生的車輛還包括施工材料的載運(以大貨車每小時單向 2 車次推估)及施工人員增加所衍生的車輛(以汽機車每小時單向 30 車次推估)，則衍生車旅次每小時合計為 39 車次(單向)。

(2) 交通影響評估

依 2011 年臺灣公路容量手冊，號誌化路口之影響區間距小於 3 公里且車流受上游號誌化路口影響，由於本計畫主要交通要道不受上游號誌化路口之影響，故相關路段宜以非阻斷性車流路段進行分析，其評估說明如下：

施工期間對主要進出道路沿線之平日、假日尖峰路段服務水準評估

如表 7.5-2 至表 7.5-3 所示，對於主要運輸道路之道路仍可維持在 A 級路段服務水準。

(二)海上運輸

由於施工期間之大型作業船機數量較多，且頻繁航行往來於工址至台中港間海域，考量船機航行安全與作業順利，應規劃安全航道供作業航行船機運航，避免妨礙鄰近漁船或進出台中港船舶安全。依本計畫施工船機型、噸數等與作業船數量，初步依據海軍大氣海洋局所出版之台灣沿海航行指南之航道範圍，規劃於台中港至風場的施工船舶航路，施工單位於施工前須提送台中港務分公司核備，並公開發佈於各港口與相關漁、商船公會等單位。

二、營運期間

本計畫營運期間因風力機組運轉採用全自動監控系統且位於離岸，除維修時有維修人員至風力機組區內維修外，平常無操作人員在區內，故營運期間主要衍生交通量為位於彰濱工業區崙尾區之陸域降壓站及位於彰濱工業區或台中港區之運維中心工作人員通勤所使用之交通機具。因營運期間風場及陸域設施皆係以自動化監控系統為主，工作人員預估為 50 人(降壓站 10 人、運維中心 40 人)，以每部車乘載 1 人保守計算，則陸上降壓站及海上風機等維護作業人員所增加衍生之交通車次分別約為每小時 10 車次(單向)及 40 車次(單向)，其以評估營運目標年(民國 114 年)對交通環境之影響衝擊如表 7.5-4~表 7.5-5 所示，對於主要運輸道路之道路仍可維持在 A 級路段服務水準。

表 7.5-2 計畫區施工車輛運輸影響交通服務水準評估表
(平日尖峰)

路口	路段	方向 (往)	道路容量 (C) (車輛/hr)	施工目標年 (民國 109 年)交通背景			施工期間交通影響		
				尖峰小時 車輛數 (V) (車輛/hr)	V/C	服務 水準	尖峰小時 車輛數 (V) (車輛/hr)	V/C	服務 水準
慶安南一路 與彰濱路 (三岔口)	彰濱路	南	5626	21	0.004	A	60	0.011	A
	慶安南一路	東	2618	34	0.013	A	73	0.028	A
		西	3415	15	0.004	A	54	0.016	A
西濱快速道 路與台 17	西濱快速道 路	北	7570	1561	0.206	A	1600	0.211	A
		南	7555	942	0.125	A	981	0.130	A
	台 17	東	7542	1070	0.142	A	1109	0.147	A
		西	7555	1309	0.173	A	1348	0.178	A
彰濱路與彰 濱東五路、 彰濱西二路	彰濱路	北	5664	117	0.021	A	156	0.028	A
		南	7554	432	0.057	A	471	0.062	A
	彰濱東五 路、彰濱西 二路	東	3790	269	0.071	A	308	0.081	A
		西	3787	20	0.005	A	58	0.015	A
西部濱海公 路與北堤 路、漁港路	西部濱海公 路	北	7532	731	0.097	A	761	0.101	A
		南	5631	758	0.135	A	788	0.140	A
	北堤路、漁 港路	東	7544	706	0.094	A	736	0.098	A
		西	7532	393	0.052	A	423	0.056	A
西部濱海公 路與西濱快 速公路支線	西部濱海公 路	北	5670	820	0.145	A	859	0.151	A
		南	5669	612	0.108	A	651	0.115	A
	西濱快速公 路支線	東	3788	393	0.104	A	432	0.114	A
		西	5662	658	0.116	A	697	0.123	A
台 61 與線工 路、中華路	台 61	北	5663	618	0.109	A	657	0.116	A
		南	5668	452	0.080	A	491	0.087	A
	線工路、中 華路	東	7557	1842	0.244	A	1881	0.249	A
		西	5667	1402	0.247	A	1441	0.254	A

表 7.5-3 計畫區施工車輛運輸影響交通服務水準評估表
(假日尖峰)

路口	路段	方向 (往)	道路容量 (C) (車輛/hr)	施工目標年 (民國 109 年)交通背景			施工期間交通影響		
				尖峰小時 車輛數 (V) (車輛/hr)	V/C	服務 水準	尖峰小時 車輛數 (V) (車輛/hr)	V/C	服務 水準
慶安南一路 與彰濱路 (三岔口)	彰濱路	南	5672	20	0.004	A	59.4	0.010	A
	慶安南一路	東	2511	20	0.008	A	59.3	0.024	A
		西	3404	12	0.003	A	50.7	0.015	A
西濱快速道 路與台 17	西濱快速道 路	北	7576	725	0.096	A	764.2	0.101	A
		南	7559	606	0.080	A	644.5	0.085	A
	台 17	東	7555	793	0.105	A	832.4	0.110	A
		西	7561	584	0.077	A	623.1	0.082	A
彰濱路與彰 濱東五路、 彰濱西二路	彰濱路	北	5656	80	0.014	A	118.8	0.021	A
		南	7552	336	0.044	A	374.8	0.050	A
	彰濱東五 路、彰濱西 二路	東	3790	150	0.040	A	188.9	0.050	A
		西	3787	31	0.008	A	70.2	0.019	A
西部濱海公 路與北堤 路、漁港路	西部濱海公 路	北	7552	719	0.095	A	749.4	0.099	A
		南	5664	583	0.103	A	613.1	0.108	A
	北堤路、漁 港路	東	7558	1199	0.159	A	1229.3	0.163	A
		西	7556	411	0.054	A	440.8	0.058	A
西部濱海公 路與西濱快 速公路支線	西部濱海公 路	北	5669	424	0.075	A	463.4	0.082	A
		南	5652	338	0.060	A	376.8	0.067	A
	西濱快速公 路支線	東	3785	466	0.123	A	505.3	0.133	A
		西	5664	354	0.063	A	393.3	0.069	A
台 61 與線工 路、中華路	台 61	北	5661	398	0.070	A	437.1	0.077	A
		南	5662	179	0.032	A	218.1	0.039	A
	線工路、中 華路	東	7556	831	0.110	A	870.3	0.115	A
		西	5669	763	0.135	A	802.2	0.142	A

表 7.5-4 營運期間計畫區施工車輛運輸影響交通服務水準評估表
(平日尖峰)

路口	路段	方向 (往)	道路容量 (C) (車輛/hr)	營運目標年 (民國 114 年)交通背景			營運期間交通影響		
				尖峰小時 車輛數 (V) (車輛/hr)	V/C	服務 水準	尖峰小時 車輛數 (V) (車輛/hr)	V/C	服務 水準
慶安南一路 與彰濱路(三 岔口)	彰濱路	南	5626	21	0.004	A	31	0.006	A
		東	2618	33	0.013	A	43	0.017	A
	慶安南一路	西	3415	14	0.004	A	24	0.007	A
西濱快速道 路與台 17	西濱快速道 路	北	7570	1540	0.203	A	1550	0.205	A
		南	7555	929	0.123	A	939	0.124	A
	台 17	東	7542	1055	0.140	A	1065	0.141	A
		西	7555	1291	0.171	A	1301	0.172	A
彰濱路與彰 濱東五路、 彰濱西二路	彰濱路	北	5664	115	0.020	A	125	0.022	A
		南	7554	426	0.056	A	436	0.058	A
	彰濱東五 路、彰濱西 二路	東	3790	265	0.070	A	275	0.073	A
		西	3787	19	0.005	A	29	0.008	A
西部濱海公 路與北堤 路、漁港路	西部濱海公 路	北	7532	721	0.096	A	761	0.101	A
		南	5631	748	0.133	A	788	0.140	A
	北堤路、漁 港路	東	7544	696	0.092	A	736	0.098	A
		西	7532	388	0.052	A	428	0.057	A
西部濱海公 路與西濱快 速公路支線	西部濱海公 路	北	5670	808	0.143	A	818	0.144	A
		南	5669	604	0.107	A	614	0.108	A
	西濱快速公 路支線	東	3788	388	0.102	A	398	0.105	A
		西	5662	649	0.115	A	659	0.116	A
台 61 與線工 路、中華路	台 61	北	5663	610	0.108	A	620	0.109	A
		南	5668	446	0.079	A	456	0.080	A
	線工路、中 華路	東	7557	1817	0.240	A	1827	0.242	A
		西	5667	1383	0.244	A	1393	0.246	A

表 7.5-5 營運期間計畫區施工車輛運輸影響交通服務水準評估表
(假日尖峰)

路口	路段	方向 (往)	道路容量 (C) (車輛/hr)	營運目標年 (民國 114 年)交通背景			營運期間交通影響		
				尖峰小時 車輛數 (V) (車輛/hr)	V/C	服務 水準	尖峰小時 車輛數 (V) (車輛/hr)	V/C	服務 水準
慶安南一路 與彰濱路 (三岔口)	彰濱路	南	5672	20	0.004	A	30	0.005	A
		東	2511	20	0.008	A	30	0.012	A
	慶安南一路	西	3404	12	0.003	A	22	0.006	A
西濱快速道 路與台 17	西濱快速道 路	北	7576	715	0.094	A	725	0.096	A
		南	7559	597	0.079	A	607	0.080	A
	台 17	東	7555	783	0.104	A	793	0.105	A
		西	7561	576	0.076	A	586	0.078	A
彰濱路與彰 濱東五路、 彰濱西二路	彰濱路	北	5656	79	0.014	A	89	0.016	A
		南	7552	331	0.044	A	341	0.045	A
	彰濱東五 路、彰濱西 二路	東	3790	148	0.039	A	158	0.042	A
		西	3787	31	0.008	A	41	0.011	A
西部濱海公 路與北堤 路、漁港路	西部濱海公 路	北	7552	710	0.094	A	750	0.099	A
		南	5664	575	0.102	A	615	0.109	A
	北堤路、漁 港路	東	7558	1183	0.157	A	1223	0.162	A
		西	7556	405	0.054	A	445	0.059	A
西部濱海公 路與西濱快 速公路支線	西部濱海公 路	北	5669	419	0.074	A	429	0.076	A
		南	5652	333	0.059	A	343	0.061	A
	西濱快速公 路支線	東	3785	460	0.122	A	470	0.124	A
		西	5664	350	0.062	A	360	0.063	A
台 61 與線工 路、中華路	台 61	北	5661	393	0.069	A	403	0.071	A
		南	5662	177	0.031	A	187	0.033	A
	線工路、中 華路	東	7556	820	0.109	A	830	0.110	A
		西	5669	753	0.133	A	763	0.135	A

7.6 文化資源

陸域田野調查結果顯示，海纜上岸點與陸纜沿線及周圍地區均無發現具有文化歷史價值之建築或考古遺址、遺留等，並與現有的文化資產相距甚遠。綜合評估陸纜對文化資產未有直接影響。

本調查已依文化部「水下文化資產保存法」及「水域開發前水下文化資產調查及處理辦法」等法規提送「水下文化資產調查報告」供文化部審查，並於 105 年 12 月 28 日通過文化部審議。未來本計畫將遵照文化部水下文化資產審議會之審查決議，於籌設許可取得前，另提調查計畫，針對這些目標物進行細部調查，調查計畫提送文化部同意後，據以執行。並於完成調查後，復提具細部調查報告送文化部審查。由文化部就其所司專業進行相關審查及為必要要求。

本籌備處已於民國 106 年 6 月 29 日向文化部提送「水下文化資產調查計畫書」，並歷經民國 106 年 7 月 6 日、8 月 3 日、9 月 11 日三次專案小組會議，並於民國 106 年 9 月 29 日通過文化部審議。於民國 106 年 11 月 10 日提送水下文化資產調查計畫書(最終版)供文化部文資局備查。本計畫水下文化資產調查計畫書(最終版)內容詳附錄八所示。

本計畫調查結果顯示，並未在計畫範圍陸域及海域發現明顯且具文化歷史價值之文化資產，但為避免施工期間有所發現，本計畫將遵照文化資產保存法第 33 條、57 條、77 條、88 條、水下文化資產保存法第 13 條相關辦法辦理。

7.7 安全評估

依據本計畫由地質鑽探資料顯示，計畫場址附近海域海床主要以砂質、粉砂質及泥質堆積組成，於前期規劃時時已考量場址地質特性、地層分佈、地震及颱風所致極端海象、雷擊等因素，針對風機基礎、型式、結構及整體安定做初步設計分析，並進行天然災害及施工營運風險評估，提出安全評估對策。

一、地形/地質風險：

海上風場因基礎設置於海底，工程環境變數較大，易受海浪、洋流、特殊地質與海底地形之影響，因此取得足夠地形/地質資料常成為海事工程成功與否的關鍵因素之一。本計畫已於 105 年完成場址及路由的海床地質調查工作。後續將在適當時間進行第二次比較精細的調查取得更仔細的數據作為設計的基準以減低設計風險。陸域降壓站及陸纜設計時將依現地高程及土壤調查結果納入設計考量以防範淹水、地層下陷甚至液化之情形發生。

二、環境天候與人為因素

海上風場的風場位於海上，主要以船舶為工作運具，船舶運輸因受海象條件之影響甚大，經常受海浪、暗流、颱風、水深等因素影響工程進度及成果。又海上及海底工作環境較特殊，需工程團隊緊密配合，且亦需特殊技術之人員施作，工程團隊之默契與專業技能亦為成功與否的關鍵因素之一。

三、工法風險

海上及海底工程並無任何絕對適用之工法，端視風場環境天候及工程團隊豐富的經驗等密切配合。不同的工法，都有其成功的關鍵因素，施工前的調查規劃、現地條件的配合、船隻動員能力及具有經驗與機動應變能力之工程團隊可說是缺一

不可。

參考國外離岸風場事故的統計請詳圖 7.7-1，結果顯示雷擊、強風以及電源組件失誤容易造成火災；而過大的風速以及紊流強度會造成塔架倒塌及葉片損壞。因此，在本計畫開發初期即針對環境風險度高之機構做完整的研究，特別注意機電設備及風機結構製造安裝的品質；並於施工與運維階段，擬定相關安全計畫，以避免風機意外事故的發生。

7.7.1 天然災害風險

一、地震危害風險

(一) 地震背景

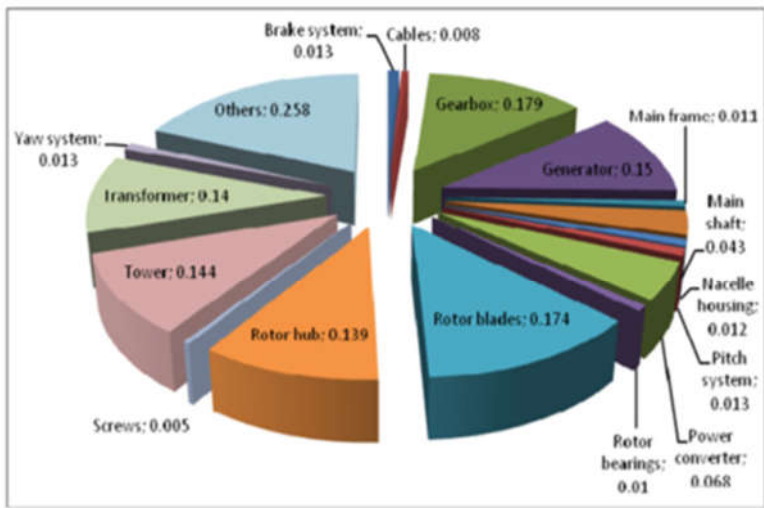
綜合台灣地區地震觀測資料，就時間分布而言，由於西元 1973 年前台灣地區地震觀測儀器功能及數量之限制，無法偵測小地震之活動，因此難以窺知本地區地震活動情形。而在 1973 年後計畫區鄰近區域內發生地震之數少於 1,000 次，平均每年地震次數僅約為 22 次，且絕大多數為規模小於 3 之微震。而由地震震央位置分布(如圖 7.7.1-1)來說，本地區地震活動主要分佈於東方南投縣一帶，多為 1999 年 921 地震之餘震。計畫區附近有感地震稀少，本地區地震活動相對於台灣其他地區而言屬平靜區域，顯示其地殼或構造活動較不活躍。計畫區之地震威脅主要來自上述地震發生頻繁之地區，距計畫區甚遠，造成之影響亦小。距計畫區最近之彰化斷層為經濟部中央地質調查所公布之第一類活動斷層，為可能之震源；惟斷層距計畫區 50 公里以上，實際影響亦微。

(二) 地震危害

台灣地區位於環太平洋地震帶上，地震頻繁，工程結構物須慎重考慮耐震因素，因此研訂設計地震參數為工程建設中重要課題。本計畫相關工程結構受震安全性評估，將依據本計畫工址之設計地震參數分析結構物受震時之反應，以評估結構物之受震安全性。

本計畫機率地震危害度分析之最大回歸期為 1000 年，距離本案場址 150 公里內的震源都將列入考慮。1604 年泉州地震與福建外海濱海斷裂帶距離場址約為 110 公里，因此目前正在進行之機率地震危害度分析會考量所述震源。

內政部「建築物耐震設計規範及解說」，係針對陸上構造物；本計畫的主要結構物風機塔架為離岸構造物，目前國內並無明確規定其適用耐震設計規範。本階段暫依「建築物耐震設計規範及解說」推算計畫場址之地震危害，以供與其他計畫作為比較。實際上，風機塔架結構物若因地震因素而有所損壞，而造成之人員傷亡機率極低；且風場計畫之設計年限僅 20~25 年，遠低於一般建築物之 50 年壽齡；另考量計畫場址已遠離陸上已知震源之實事，其相同基準之設計地震參數應小於鄰近之陸域鄉鎮。故本計畫耐震設計中採用之設計地震參數，預期應低於依「建築物耐震設計規範及解說」所推算者。



ID	Sub-assemblies	Failure rate (1/year)
1	Brake system	0.013
2	Cables	0.008
3	Gearbox	0.179
4	Generator	0.150
5	Main frame	0.011
6	Main shaft	0.043
7	Nacelle housing	0.012
8	Pitch system	0.013
9	Power converter	0.068
10	Rotor bearings	0.010
11	Rotor blades	0.174
12	Rotor hub	0.139
13	Screws	0.005
14	Tower	0.144
15	Transformer	0.140
16	Yaw system	0.013
	Others	0.258
$\lambda_{\text{offshore}}$		1.38

(b)

圖7.7-1 國外離岸風場事故統計圖

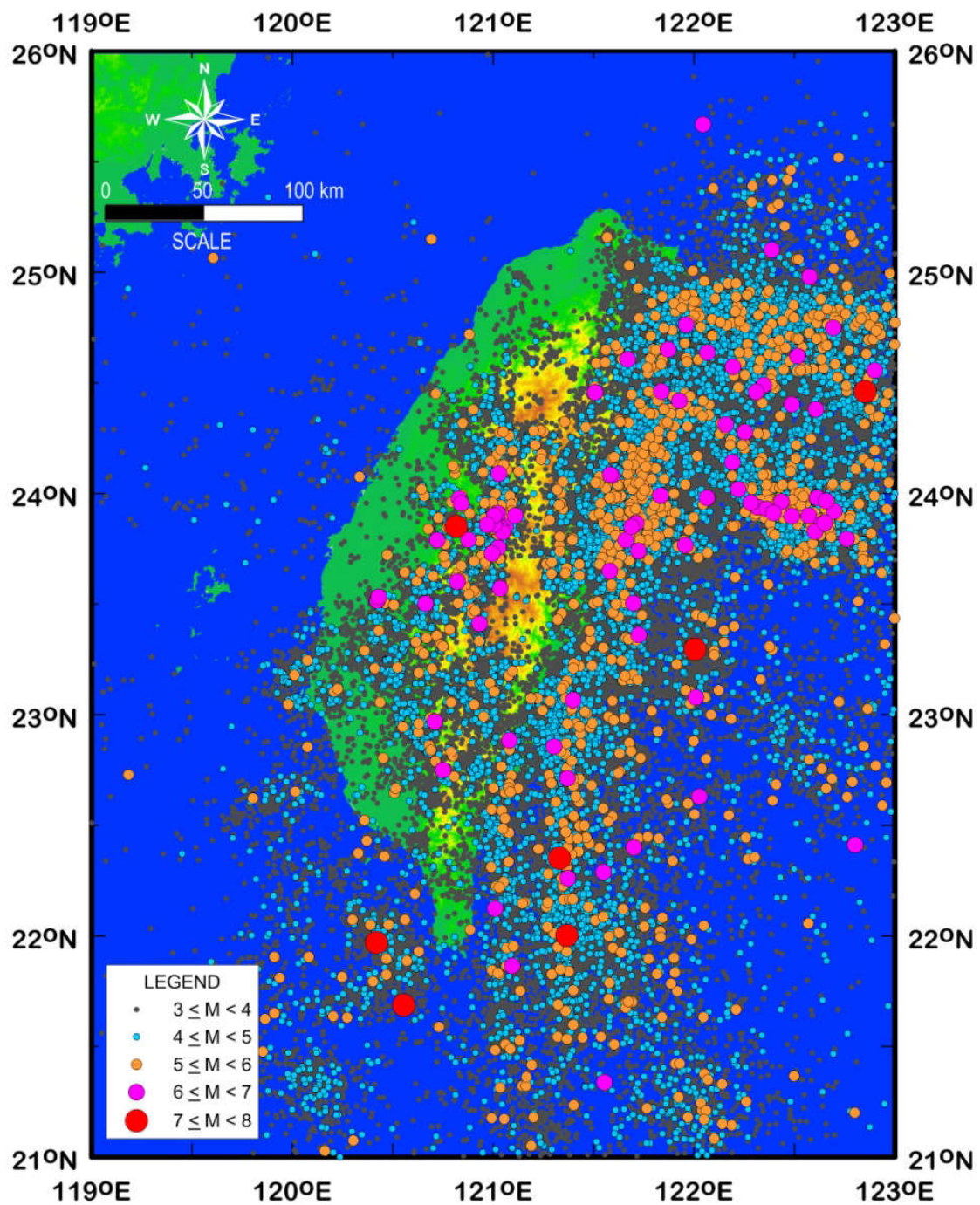


圖7.7.1-1 1973迄今台灣地區規模3.0以上地震震央分佈圖

「建築物耐震設計規範及解說」之構造物耐震設計考慮之設計基準地震(DBE)以 475 年再現週期之強地動水準為標的，即考慮使用年限為 50 年以下，超越機率 10% 的強地動水準；最大考量地震(MCE)則以 2500 年再現週期之強地動水準為標的，即考慮使用年限為 50 年以下，超越機率 2% 的強地動水準。根據該規範於民國 100 年公佈修正版本，本計畫預定場址 S_s^D (震區短週期設計水平譜加速度係數)、 S_1^D (震區一秒週期設計水平譜加速度係數)、 S_s^M (震區短週期最大水平譜加速度係數)、 S_1^M (震區一秒週期最大水平譜加速度係數)等係數，依距離最近之澎湖縣白沙鄉，分別為 0.5、0.3、0.7 及 0.4。

根據本計畫地質調查結果，風場地表面下 30 公尺內之平均剪力波速略小於 200 公尺/秒，依照建築物耐震設計規範及解說(2011)之地盤分類，應屬第二類地盤(普通地盤， $180 \text{ 公尺/秒} \leq VS30 < 270 \text{ 公尺/秒}$)。而依據上述規範規定，可查得第二類地盤之短週期風場放大係數 $F_a = 1.1(S_s^D = 0.5)$ 及 $1.0(S_s^M = 0.7)$ 、長週期風場放大係數 $F_v = 1.5(S_1^D = 0.3)$ 及 $1.3(S_1^M = 0.4)$ 。場址非屬近斷層區域，故無需考慮近斷層調整因子 NA 及 NV。據此可計算出本計畫場址之短週期譜加速度係數為 $0.55(S_{DS})$ 及 $0.70(S_{MS})$ ，長週期譜加速度係數則為 $0.45(S_{D1})$ 及 $0.52(S_{M1})$ 。

依據前述規範，地表水平向加速度值為短週期譜加速度值之 0.4 倍，故本工程址 475 年再現週期(DBE)及 2500 年再現週期(MCE)之水平向地表加速度值分別為 0.22g 及 0.28g。地表垂直向 PGA 值亦依照規範一般震區規定，取為水平向值之 1/2，故為 0.11g 及 0.14g。

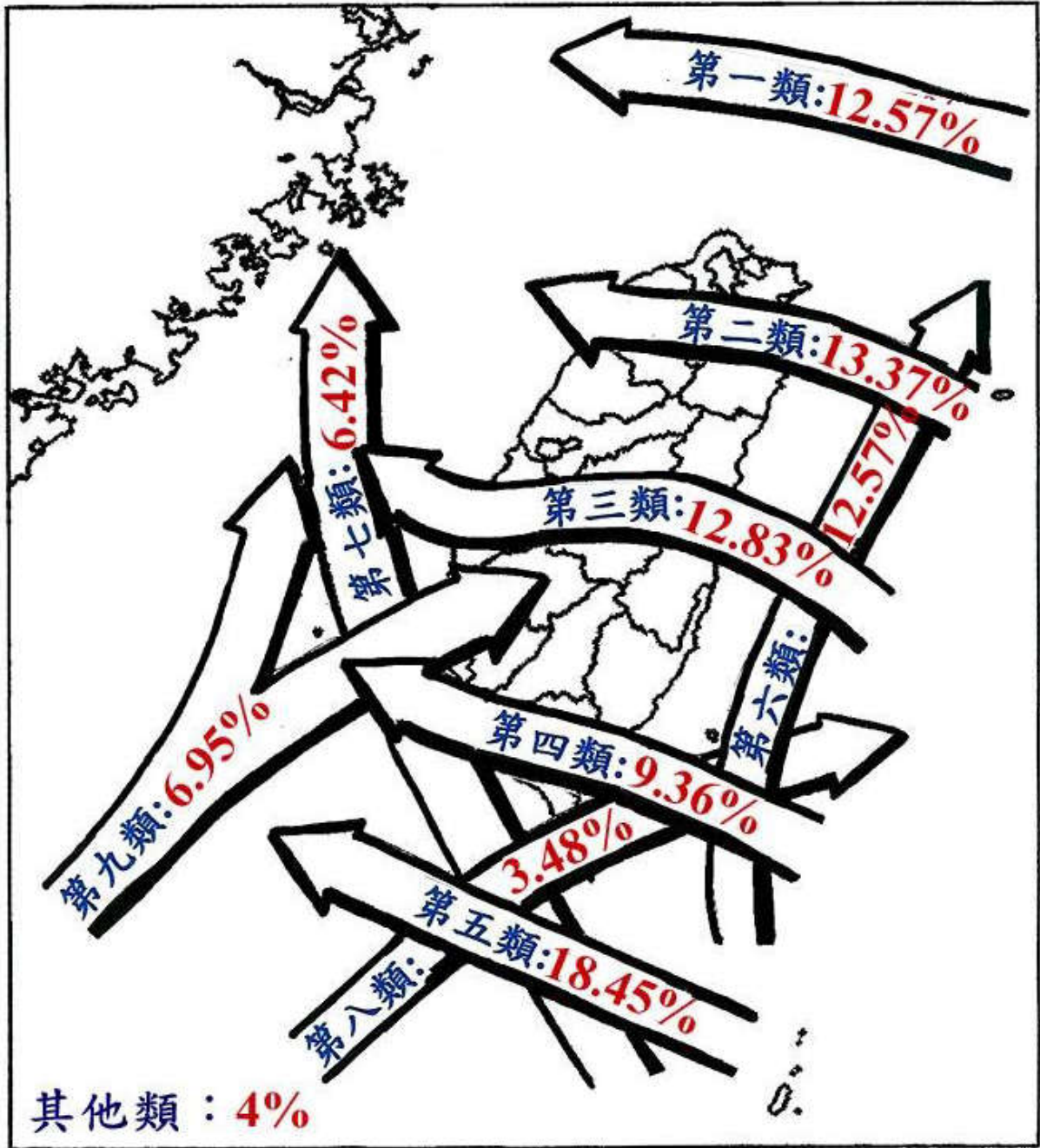
經由評估本場址地質特性，場址有發生土壤液化之可能，最大液化深度為海床面以下 20 公尺。以上的控制斷層、G-level、土壤液化潛能等資料將於工程結構設計前再依臺灣活躍的地質構造背景進行更詳細評估後確定。依據以上初步資料，基樁設計深度為海床面以下 65 到 100 公尺。

二、颱風(極端風速)危害風險

中央氣象局將侵台之颱風路徑分成九類，其中以 2、3、4、7 及 9 路徑對本計畫區附近海域造成直接或間接之影響，統計歷年颱風資料(如圖 7.7.1-2)，可知經此 5 路徑侵襲本計畫區之颱風，平均每年約有 1.8 個颱風直接影響本計畫附近海域。

由中央氣象局梧棲氣象站(位於台中港)所測得最大陣風可知(詳表 7.7.1-1)，此站有紀錄以來(1977~2015)發生之最大陣風為蘇迪勒颱風(104 年)之 54.2m/s，可做為本計畫風場在考慮極端風速時之參考。

此外，由中央氣象局統計資料可知，颱風於每年 7~9 月間，每月約將有 1.5 次之颱風侵台，而此期間亦為本計畫區域海域平均波浪較小，適合施工作業之工作時節，因此，將來於施工階段應密切注意颱風之動向，如中央氣象局有發佈颱風警報，則相關之施工船隊應事前做好防颱準備，以降低可能之施工風險。另如施工期間發生之颱風較預期多時，則可能影響施工進度，因此亦需預先做好因應方案，以降低工期增加、工程延宕之風險。



資料來源：中央氣象局網頁，<http://www.cwb.gov.tw/V7/knowledge/encyclopedia/ty041.htm>。

圖7.7.1-2 侵台颱風路徑分類統計圖(1911~2015年)

於颱風情境下，風切剖面以及風向與風速因常快速變化，因此風機除了需要能夠耐受足夠大之風速外，也應具備適應颱風情境的條件。在開發初期選擇風力機時，將以風況調查資料為本挑選適當機型，並於協商時請風機廠商提供涵蓋颱風情境的保固與訂定專用防颱操作策略，並針對抗颱補充保固範圍列入相關保險保障內。

於施工計畫訂定的過程中，應評估颱風事件所造成之施工窗期縮短來進行合理的進度規劃與預留彈性，避免後續施工進度及介面問題。在風場開發施工階段，於颱風接近期間應隨時檢視氣象與海象條件，避免於天候狀況不佳的狀況下施工以致暴露於風險中。

於後續營運期間，應配合颱風前後進行不定期檢修，於可利用率與發電量分析時也應考量颱風致災所造成之影響。

表 7.7.1-1 梧棲站風速資料統計表(最大陣風>45m/s)

颱風名稱	最大陣風(m/s)	最大陣風風向(360degree)	觀測時間
韋恩	45.9	45	
艾貝	49.4	45	
艾貝	49.7	22.5	
琳恩	47.9	45	
泰利	48.6	320	2005/9/1 00:06
柯羅莎	46.4	320	2007/10/6 17:11
薔密	46.1	350	2008/9/28 17:48
蘇迪勒	54.2	350	2015/8/8 05:05
杜鵑	45.3	10	2015/9/28 20:01

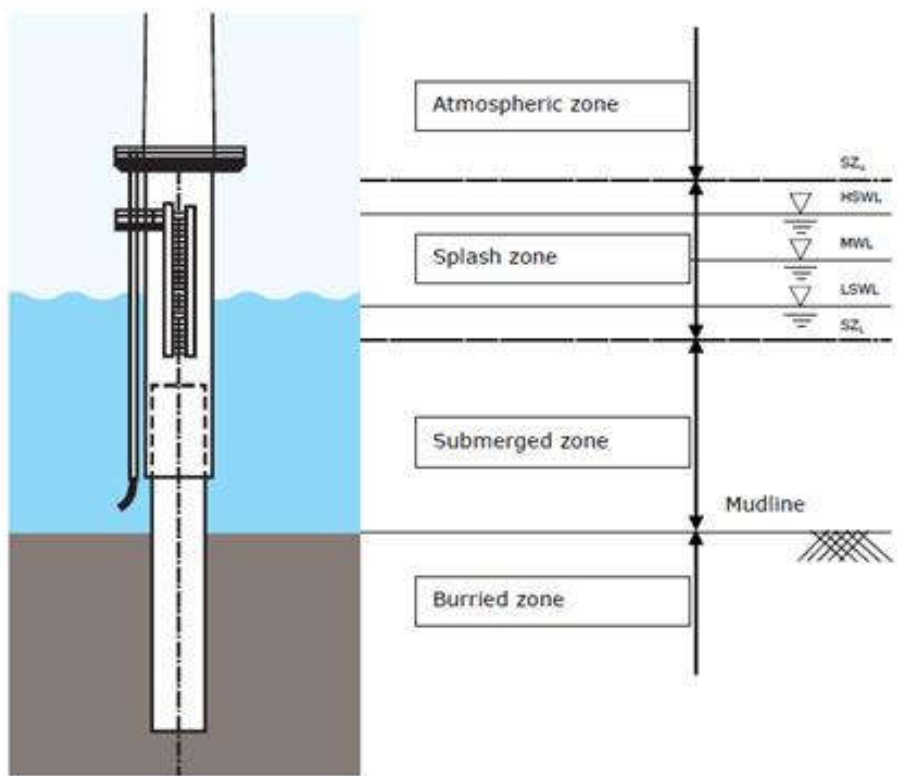
資料來源：中央氣象局，本研究統計。

三、海蝕危害風險

鋼為離岸風機支撐結構與海上變電站之主要材料，海洋存在化學性、物理性、生物性因子導致腐蝕，如表 7.7.1-2 所示。目前國際離岸風機基礎之防蝕方案主要依據防蝕相關標準 (DNVGL-ST-0126:2016、DNVGL-RP-0416:2016、DNV-RP-B401:2011、NORSOK M-501:2012) 予以保護之；此外不同區位採用的防蝕方法亦不同，可分為下列區位(圖 7.7.1-3)：

表 7.7.1-2 腐蝕因子

化學性因子	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 溶氧濃度—濃度愈高腐蝕愈嚴重。 ◆ 鹽—海水鹽分所含之氯離子造成腐蝕增加。 ◆ pH 值—影響不大，但在河口或污染造成 pH 值變化，並影響腐蝕。
物理性因子	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 流速—高流速增加腐蝕速度。 ◆ 潮汐—近海水面之空氣含有充足鹽、氧與水分，可加速腐蝕。 ◆ 海水溫度—高溫可加速腐蝕反應，但海水溶氧量減少，故同時存在有利與不利因子。
生物性因子	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 附著海生物—海生物之排泄物與死亡後之身體分解物產生硫化氫與其它酸性物質，會加速腐蝕速率。 ◆ 微生物—其腐蝕機制與海生物類似，腐蝕速率取決於微生物輸送之溶氧量，通常呈現局部腐蝕。



資料來源：DNVGL-RP-0416。

圖7.7.1-3 防蝕保護區域

(一) 大氣區(Atmospheric zone)

空氣中之鹽分可導致金屬腐蝕，通常以塗裝系統隔開風機結構鋼材與腐蝕因子，以達到防蝕目的。

(二) 飛濺區(Splash zone)

飛濺區之上限為高水位加上一個迴歸期之有義波高，下限為低水位減去一個迴歸期之有義波高。潮汐導致水位改變，而乾濕交替作用不利於結構外表面之防蝕塗裝。同時，船舶與浮木之撞擊可能導致塗層脫落，其損傷於該區域難以修補，故於設計時須考慮腐蝕餘裕。塗裝系統至少應自大氣區延伸至平均海水面下 1 公尺，以考慮安裝誤差之高程不確定性。平均海水面以下之部分可假設由陰極防蝕系統所保護。

(三) 浸沒區(Submerged zone)

此區之外表長期浸沒於海水中，陰極防蝕系統須應用於此區域，塗裝系統為進階之選項，可減少陰極防蝕系統能量需求與微生物腐蝕。

(四) 埋入區(Buried zone)

通常鋼管樁在埋入區之腐蝕可忽略，有些研究(K.A. Chandler, "Marine and Offshore Corrosion," Butterworth & Co Ltd, 1995)指出，鋼管樁埋入海床超過 25 年後，其年腐蝕速率自無腐蝕至 30 μm 之間變化，其年平均腐蝕速度為 10 μm 。然而，海床面下 2 公尺範圍內須考慮以陰極防蝕系統保護，亦可採塗裝系統進行保蝕保護，以減少陰極防蝕系統能量及抵抗各種環境條件(如高流速與腐蝕性微生物等，詳圖 7.7.1-4~圖 7.7.1-5 所示)。

離岸風機基礎主要採用下列三種保護方法：

1. 塗裝系統

由於環境因子造成鋼材腐蝕，最直接之策略係以塗裝系統將鋼材與腐蝕因子隔離，如圖 7.7.1-6 所示。

塗裝系統之選擇與應用程序須適當考量製造、安裝與服務期間之條件，並考慮下列事項：

- (1) 防蝕保護特性
- (2) 安全、衛生與環境需求
- (3) 應用條件、個人與設備等特性
- (4) 塗裝材料與系統之應用經驗
- (5) 塗裝系統之有效性與經濟性

塗裝系統主要包含兩部分：底層漆與面層漆。底層漆提供主要之保護，面層漆則依據海事與航空法規之要求提供表面顏色，如圖 7.7.1-7 所示。

塗裝系統須應用於大氣區與飛濺區，鋼管樁在海床面上下數公尺範圍內亦可採塗裝系統以阻止微生物腐蝕。此外，有機塗層在一些區域(如法蘭面)無法承受高壓力，須採用其它塗層，如鋅鋁熔射。DNVGL-RP-0416 建議，離岸風機基礎之塗裝系統應符合 NORSOK M-501，ISO 12944 或 ISO 20340 標準之要求。

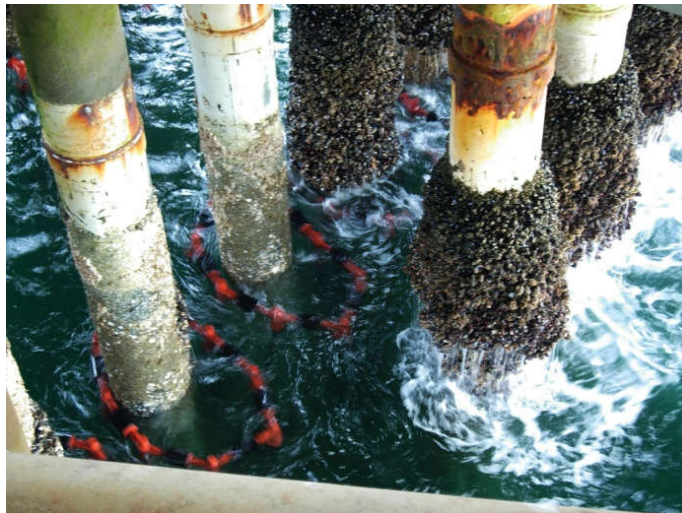
2. 陰極防蝕系統

活性較高金屬(如鋁、鋅、鎂等)可作為犧牲陽極，在海水中減少鋼結構腐蝕，如圖 7.7.1-8 所示。



資料來源：<http://www.offshoreenergytoday.com/wp-content/uploads/2013/08/DNV-Ohio-Declare-War-on-Corrosion.jpg>。

圖7.7.1-4腐蝕的離岸風機基礎



資料來源：<http://www.offshorewind.biz/>。

圖7.7.1-5海生物附著於基礎表面



資料來源：<http://fspcorp.com/wp-content/uploads/2014/05/Painting-2.jpg>。

圖7.7.1-6塗裝系統



資料來源：<http://www.offshorewind.biz/2012/10/11/uk-douglas-westwood-discusses-world-offshore-wind-market-over-2012-2016-period/>。

圖7.7.1-7典型顏色配置



資料來源：http://stoprust.com/media/1752/platform-anode-tb_1024x768.jpg。

圖7.7.1-8鋁合金陽極塊

陰極防蝕主要有兩種方法進行保護：犧牲陽極法與外加電流法。前者利用活性高之金屬(如鋁、鋅或鎂)釋放電子，形成腐蝕電池之消耗性陽極，使結構鋼呈現陰極；後者提供電源，供應電子予受保護之金屬，使其成為電池中之陰極，而達到防蝕之目的。

通常離岸結構採用犧牲陽極作為防蝕系統，其設計簡單，無需外部電源。此外，營運期間之維護工作僅需定期檢視犧牲陽極消耗情形。一般多採用鋁或鋅為基底之合金作為犧牲陽極，鋁合金陽極具較高之電化學能量，成為普遍採用之材料。然而，鋅合金陽極在海洋沉積物或具高細菌活性之環境較為可靠。鋅合金與鋁合金陽極之化學組成可參考 DNV-RP-B401 之建議，如表 7.7.1-3 所示。

表 7.7.1-3 鋅合金與鋁合金陽極塊之化學組成

Alloying/Impurity Element	Zn-base	Al-base
Zn	rem.	2.5-5.75
Al	0.10-0.50	rem.
In	na	0.015-0.040
Cd	≤ 0.07	≤ 0.002
Si	na	≤ 0.12
Fe	≤ 0.005	≤ 0.09
Cu	≤ 0.005	≤ 0.003
Pb	≤ 0.006	na

3. 腐蝕餘裕

通常塗裝系統壽齡比風機基礎短，在海上重新塗裝可能面臨技術困難。若無法進行修補，則假設腐蝕將在該區域發生，而塗裝系統失效後之腐蝕量即為腐蝕餘裕，在設計時即須考量增加鋼材厚度。

塗裝系統之壽命一般僅有 15 至 20 年，不足以在風機基礎之全生命週期提供保護，在塗裝系統損壞後，鋼結構表面開始腐蝕。若塗裝系統無法修復，則須考慮腐蝕餘裕。對於主要結構，腐蝕餘裕量(CA)可依據 DNVGL-RP-0416 建議，以下式表示

$$CA = V_{corr} \times (T_D - T_C)$$

其中， V_{corr} 為最大腐蝕速率， T_C 為塗裝系統設計壽命， T_D 為結構壽命。在飛濺區，內表面與外表面之最低年腐蝕速率分別為 0.2 毫米與 0.4 毫米。

四、氣候變遷對本計畫造成之天然災害風險及相關影響與因應對策

氣候變遷對本計畫離岸風場開發，主要的天然災害影響為颱風異常氣象衍生的區址海域波浪、暴潮偏差與極端風速變大。本計畫將於細部設計階段參酌如：「DNVGL-ST-0437 Loads and site conditions for wind turbines」及「DNVGL-ST-0126 Support structures for wind turbines」等，設計階段最新版的離岸風力發電相關國際設計規範，並考量氣候變遷因素，可供後續風機選擇及風力發電相關結構物及設備設計之參考依據；此外，本計畫於施工前將擬定各項天然災害風險及其相關影響與因應對策據以執行。

五、雷擊損害風險

(一) 雷擊損害資料

依據台電公司之雷擊對地閃絡觀測系統(Lightning Location System, LLS)監測台灣地區落雷資訊，可知彰化外海之「年平均落雷密度圖」，本計畫風場位置年平均落雷密度約為 0.13~0.21 次/平方公里。

(二) 因應對策

本計畫風力發電機遭受雷擊損害機率占比最大者，依歐洲國家德國、丹麥及瑞典經驗推測仍為葉片，故慎選葉片良好的防雷保護，可以有效降低雷擊對風力發電機組之損害。

良好的接地系統可降低風力發電機組遭受雷擊時雷電流對電力系統及控制系統感應暫態電壓之損害，本計畫風場塔架基礎建置於海水中，海水接地電阻係數遠低於岸上陸地，故若接地設計及施工得宜，應可降低雷擊對風力發電機組電力系統及控制系統之損害。電源回路及控制訊號回路設置突波吸收器，可降低雷擊異常電壓對設備之破壞。

7.7.2 船舶碰撞風險

一、海域航行環境及船舶交通分析

海軍大氣海洋局出版之涵蓋本計畫場址最大比例尺海圖為五十萬分之一，圖號 0313 的「臺灣及附近島嶼」海圖，如圖 7.7.2-1。在本計畫場址以南，澎湖群島北側有一經過 C 通過點進入麥寮港的兩岸直航航道，另有比例尺十五萬分之一圖號 0336 的「澎湖水道」海圖涵蓋。從 0336 海圖可得在該直航航道南側的漲潮流概況，位置較接近的是漲潮流 0.5 節流向 346 度，退潮流 1.25 節流向 122 度，如圖 7.7.2-2。

二、船舶交通流的時間空間密度分析

進行船隻碰撞風險分析前，先行瞭解本計畫區域範圍通行之船舶於時空密度之流量分析，此項分析係依據交通部運輸研究所船舶自動辨識系統 (Automatic Identification System, AIS) 資料庫 2015 年全年資料，而風險分析工具(含模型與預設參數等)係採用 IMO 所見亦且為多國採用的 IALA 定量風險評估工具，海域航行環境相關資料則自海圖與相關航海刊物。先就以船舶交通流的時間空間密度分析如下：

(一) 穿越本計畫風場區域之空間密度分布

就 2015 年全年而言，穿域本計畫風場的船舶，往北 290 艘次，往南 306 艘次(取涵蓋整個風場區域與航段左右共 10 哩寬雙向角度差 45 度內的航跡)；若角度差取 90 度(亦即全部納入)，則往北 406 艘次，往南 424 艘次，其中大約有 234 艘次應歸類於東西向的交通量。

穿越此離岸風電場址的船舶種類、長度分布與交通組成如圖 7.7.2-3。南向的油品輪比例明顯高出北向。

(二) 通行鄰近計畫區域及周界之時間密度分布

就時間上的密度分布而言，在鄰近區域(東經 120.25~190.25 度，北緯 23.75~24.25 度之間，涵蓋計畫區域及其周邊 10 哩範圍)內平均每小時 2.53 艘次，平均每日約 58.9 艘次，分布情形如圖 7.7.2-4、圖 7.7.2-5。該區域內漁船航速大約 6~7 節。

三、航行風險評估方法

採用的船舶碰撞擱淺理論模型是機率式的：從幾何機率算出各種可能的碰撞或擱淺數再乘以各自的因果係數，得出碰撞或擱淺的頻度，以每年發生的事故數量 (Incident/Year) 表示，或是改以多少年發生一次 (Year/Incident) 呈現結果。估算幾何機率時必須依據航路模型、交通組成之船舶總類、數量、長寬、各別與相對船速、吃水等、航路上船舶交通的橫向分佈，以及水深分布。評估公式與參數係依據 IALA 與 IMO 的建議。

對於船舶與船舶之間碰撞風險的評估分為：在沿同一航段航行船舶之間迎艙正

遇或追越時的碰撞風險；以及兩航路互相橫越、合併、或於航道轉彎處相交時的橫越碰撞風險。

以迎船碰撞風險之評估為例，圖 7.7.2-6 是假設分道航行且船舶交通之橫向分佈為高斯分佈的航道與交通模型示意圖。

迎船正遇或追越的碰撞風險的因素包括：

1. 航道的區段長度 L_w
2. 交通組成，亦即單位時間以 (1) 方向與 (2) 方向通過的每一種船舶的數量 $Q_i^{(1)}$ 與 $Q_j^{(2)}$ ，及其船速 $V_i^{(1)}$ 與 $V_j^{(2)}$
3. 幾何機率分佈，即航道橫向上的交通分佈 $f_i^{(1)}(y)$ 與 $f_j^{(2)}(y)$

評估迎船正遇碰撞危機數量的公式如下：

$$N_G^{head-on} = L_w \sum_{i,j} P_{Gi,j}^{head-on} \frac{V_{i,j}}{V_i^{(1)}V_j^{(2)}} (Q_i^{(1)}Q_j^{(2)}) \text{ 其中：}$$

$$V_{i,j} = V_i^{(1)} + V_j^{(2)}$$

V 是通過的速度； i 與 j 標示船舶種類；(1) 與 (2) 標示兩航路方向；

$V_{i,j}$ 是船舶之間的相對速

L_w 是該段航路的長度

Q 是單位時間通過的船數

P_G 是兩船可能在迎船正遇會遇狀況下碰撞的機率

$P_{Gi,j}$ 是 i 與 j 類船舶迎船碰撞的幾何碰撞機率，以船舶寬度與船舶交通橫向分佈的坐標變數算出

迎船碰撞的頻度 $\lambda^{Head-on}$ 是由迎船碰撞危機數 $N_G^{Head-on}$ 再乘上一個因果關係機率因素 $P_c^{Head-on}$ (參考 Fujii 的研究，設為 0.5×10^{-4})。

追越碰撞的幾何碰撞數的算法與迎船碰撞大致相同，如下：

$$N_G^{overtaking} = L_w \sum_{i,j} P_{Gi,j}^{overtaking} \frac{V_{i,j}}{V_i^{(1)}V_j^{(2)}} (Q_i^{(1)}Q_j^{(2)})$$

$$V_{i,j} = V_i^{(1)} - V_j^{(2)}, V_{i,j} > 0$$

船舶相對速度改用 $V_{i,j} = V_i^{(1)} - V_j^{(2)}$ ， $V_{i,j} > 0$ (i 船追越 j 船)； $\mu_{ij} = \mu_i^{(1)} - \mu_j^{(2)}$ ；船舶間橫越碰撞風險之評估則需再以船舶長寬與航速、航道夾角等計算兩船的幾何碰撞直徑 D_{ij} 。

$$N_G^{crossing} = \sum_{i,j} \frac{Q_i^{(1)}Q_j^{(2)}}{V_i^{(1)}V_j^{(2)}} D_{ij} V_{ij} \frac{1}{\sin \theta} \quad \text{for } 10^\circ < |\theta| < 170^\circ$$

$$V_{ij} = \sqrt{(V_i^{(1)})^2 + (V_j^{(2)})^2 - 2V_i^{(1)}V_j^{(2)}\cos\theta}$$

對於擱淺風險的評估分為：有動力情況下的擱淺 (Powered Grounding) 以及失去動力漂流情況下的擱淺 (Drift Grounding) 這兩大類。以漂流擱淺而言，係依各類船舶在各航段上的時間、於航段上失去動力的機率、以及依流向流速漂流進入水深不足 (依各船舶吃水而定) 區域的機率。

對於誤闖離岸風場碰撞風力機組等結構物的風險評估 (同樣依是否失去動力，區分為 Powered Allision 與 Drift Allision 兩種狀況)，可採用類似擱淺風險評估的模型。在有動力情況下擱淺或碰撞風力機等固定物的可能情境又區分為：(1) 因航行控制不準確或海況等外力因素，使船舶航跡偏離航路中心線太遠而導致擱淺，以及 (2) 應轉向未轉向而導致擱淺。



圖7.7.2-1 涵蓋計畫區域的圖號0313海圖擷圖

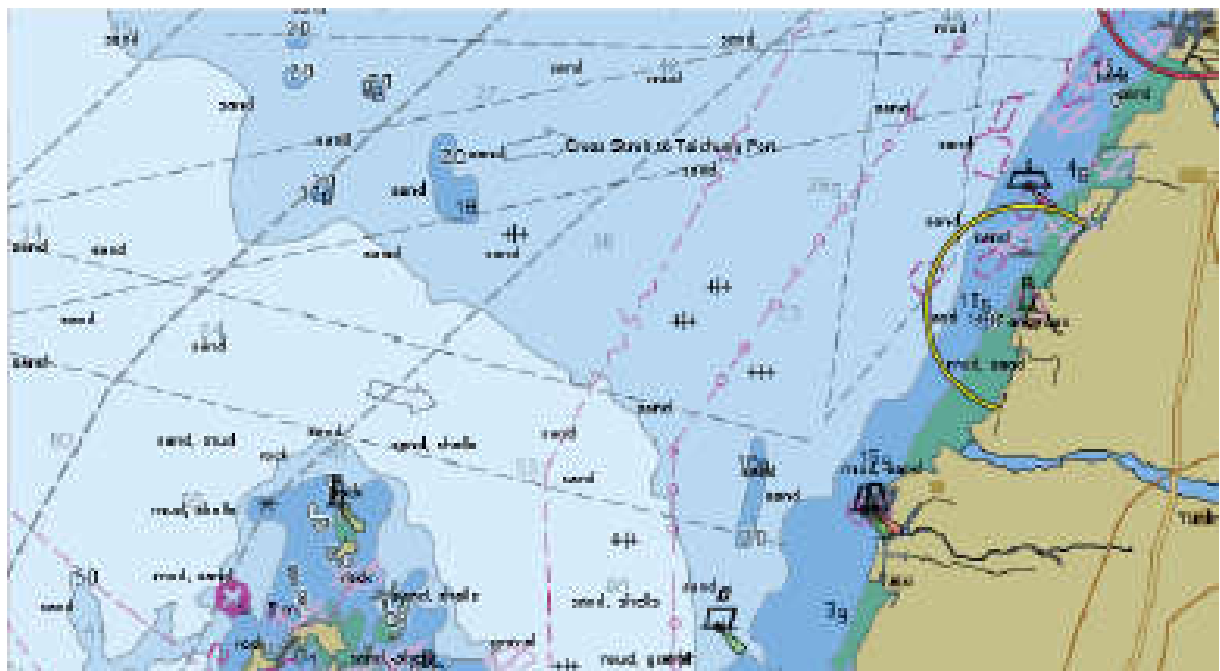
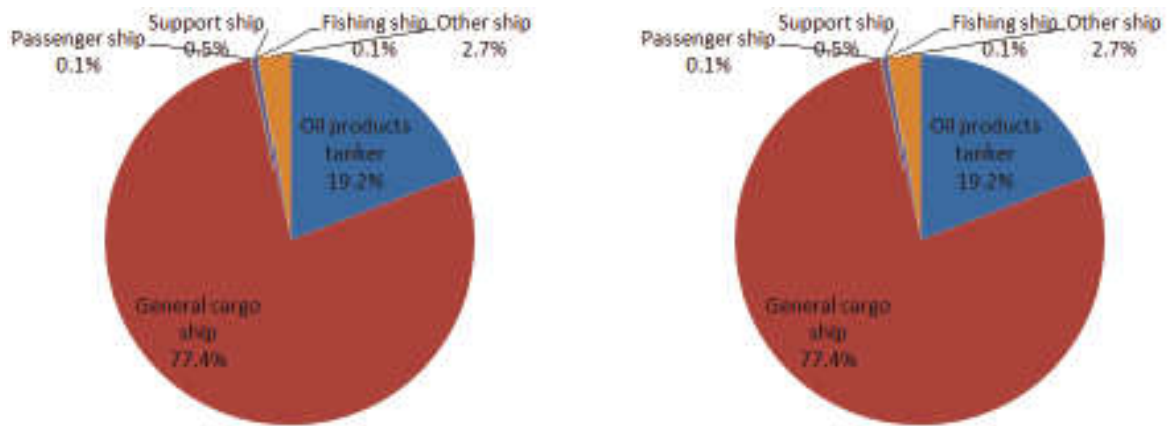
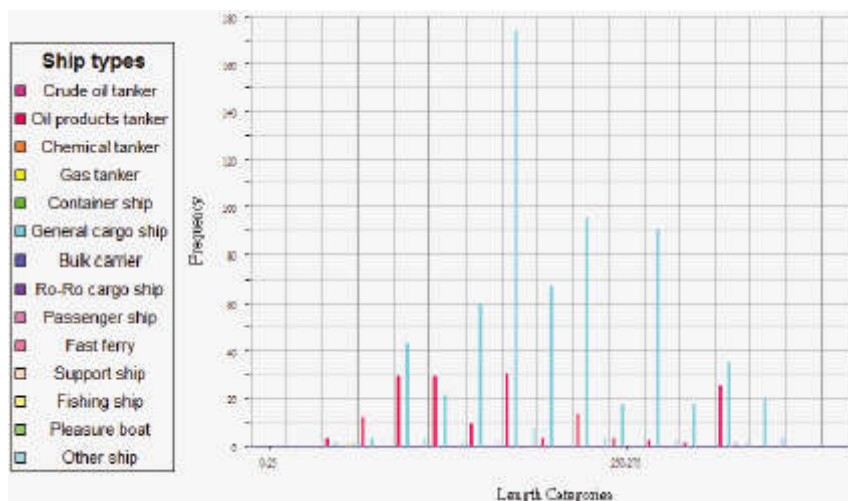


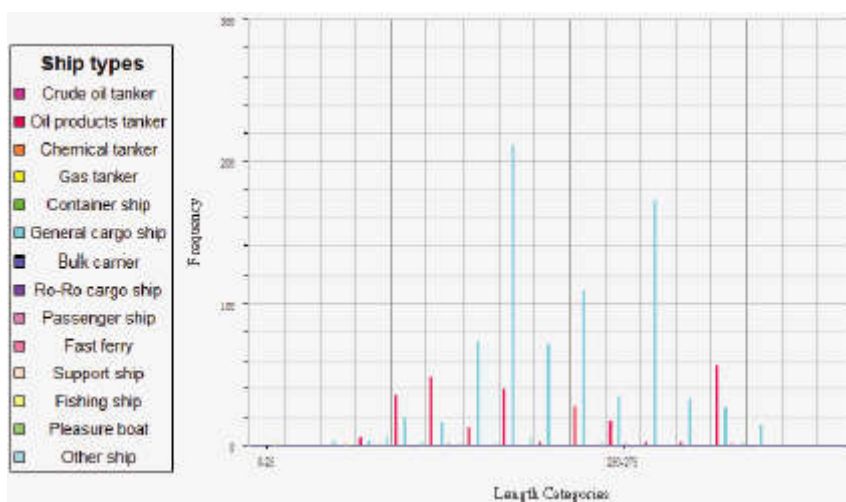
圖7.7.2-2 位於計畫區域南方的圖號0336海圖擷圖



(a) 北向(左圖)與南向(右圖) 45 度範圍內穿行風場交通量組成



(b) 北向45 度範圍內穿行風場船舶種類與長度分布



(c) 南向45 度範圍內穿行風場船舶種類與長度分布

圖7.7.2-3 穿越本計畫風場區域的船舶交通組成

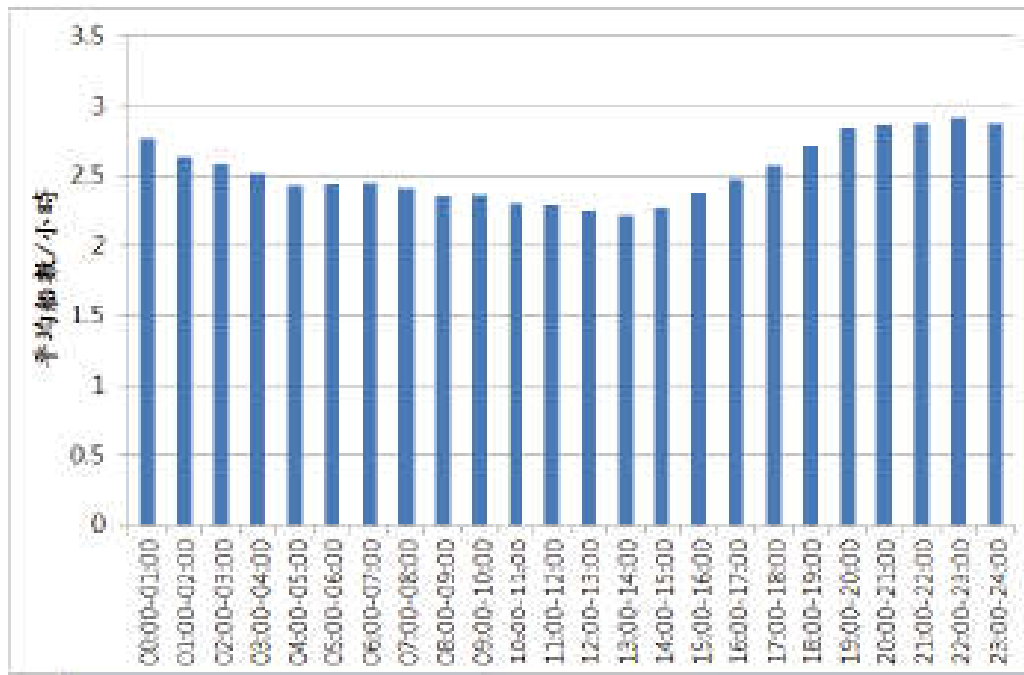


圖7.7.2-4全日每小時通過鄰近區域的平均艘次分布

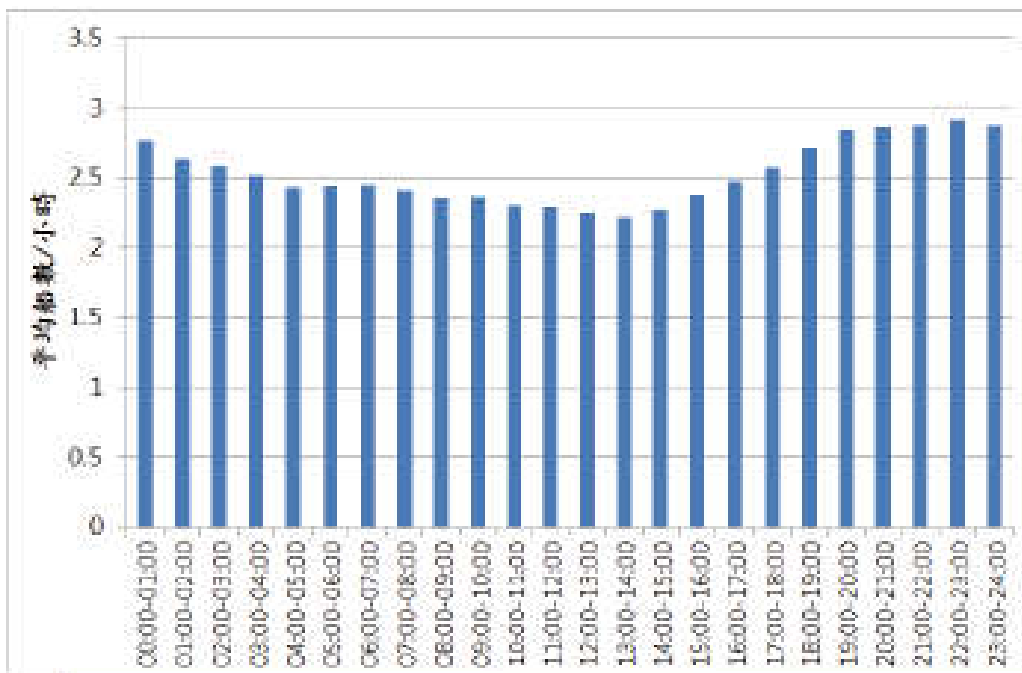


圖7.7.2-5從AIS概估之全年每日通過鄰近區域艘次

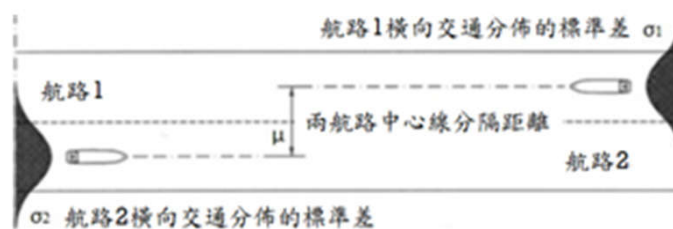


圖7.7.2-6 迎艏碰撞風險評估之中心線距離與橫向交通分佈

四、航行風險評估之限制

- (一) 因果關係機率因素 (Causation Factor) 係以國際通用的假設值，以臺灣海域在航安相關基礎建設與管理方面的情況而言，相對於歐洲國家，此因素可能低估。唯相關國際組織也強調，定量航行風險評估主要應用於比較方案。
- (二) 因我國未要求漁船安裝 AIS，漁船航跡資料僅限於自願安裝者。漁船航行及捕撈等海上行為也較難以有效建模用於定量的航行風險評估。在風場具體技術資料以及風場內漁船航行作業規範都未明的情況下，更難以定量預估其未來狀況。目前定量評估的部分未特意區分漁船。

五、各航線船舶種類與交通量組成

鄰近區域(計畫區域及其周邊至少 10 浬距離範圍內)的交通流密度分布如圖 7.7.2-7，各航段雙向交通量數值如表 7.7.2-1。由此表可知：本計畫風場西側 LEG_9 的交通量 70%~80%是漁船；東側的 LEG_7、LEG_8、LEG_4 的交通量則是 70%~80%為貨輪；北側 LEG_10 以貨輪為主，客輪次之。油品輪 LEG_10 以外，都是往南(往麥寮港)多於往北，往東多於往西。

表 7.7.2-1 本計畫風場鄰近航路交通量與組成

航段	方向	總交通量	油品輪	貨輪	客輪	漁船	其他
LEG_10	East	125	13%	49%	36%	1%	2%
LEG_10	West	228	10%	70%	19%	0%	0%
LEG_4	North	2421	20%	77%	0%	0%	2%
LEG_4	South	2710	23%	73%	0%	1%	2%
LEG_5	West	253	52%	37%	0%	6%	5%
LEG_5	East	268	64%	24%	0%	11%	1%
LEG_6	West	149	67%	31%	0%	2%	0%
LEG_6	East	155	79%	17%	0%	1%	3%
LEG_7	North	839	14%	82%	0%	1%	3%
LEG_7	South	1028	22%	76%	0%	0%	1%
LEG_8	North	1281	20%	77%	0%	0%	2%
LEG_8	South	1644	23%	74%	0%	0%	2%
LEG_9	North	291	2%	21%	0%	76%	1%
LEG_9	South	380	4%	9%	0%	87%	1%

六、船舶長寬與航行速度等特徵

鄰近區域內航行船舶的長度分布，以東側 LEG_4 的北向船舶為例，如圖 7.7.2-8，主要在 175 公尺~200 公尺之間。各類型船舶的平均船速分布如圖 7.7.2-9，就船舶長度 175~200 公尺的貨輪而言，平均船速 12.8 節。各類型船舶的平均吃水深度分布如圖 7.7.2-10。南側 LEG_5 東向航行船舶的長度分布則如圖 7.7.2-11，主要是 75 公尺~125 公尺長的油品輪，速度在 9.9~10.6 節之間。

七、船舶錨泊或漂航情況

取 AIS 航速小於 2 節的資料分析得航跡密度如圖 7.7.2-12。

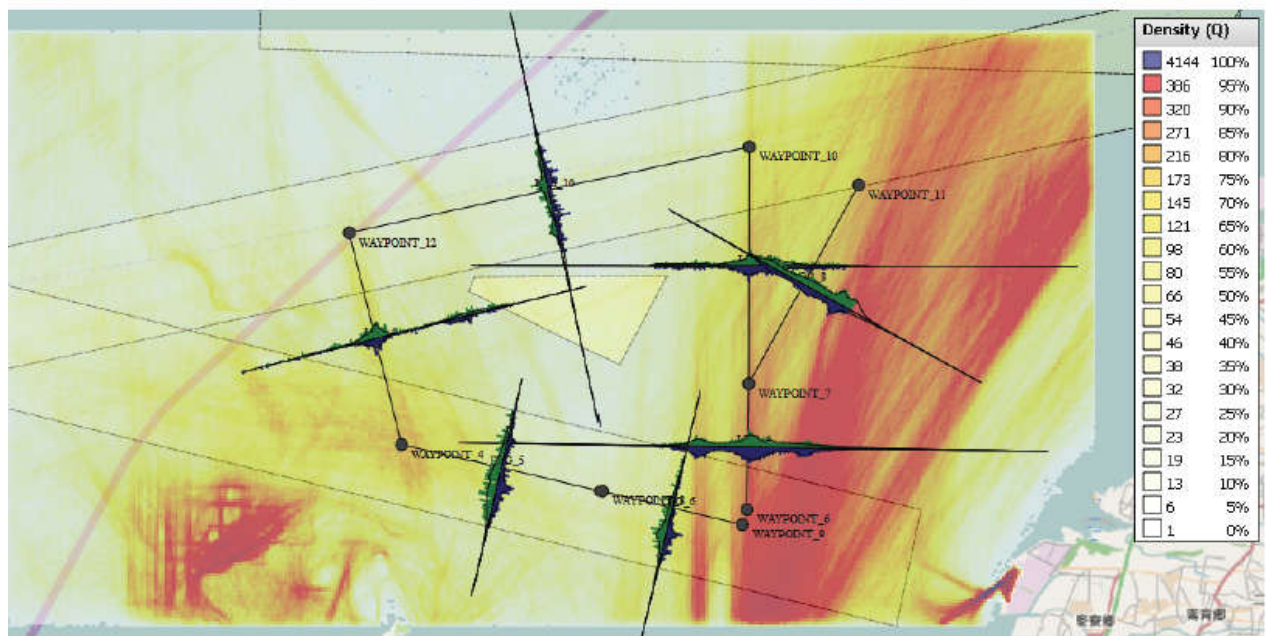
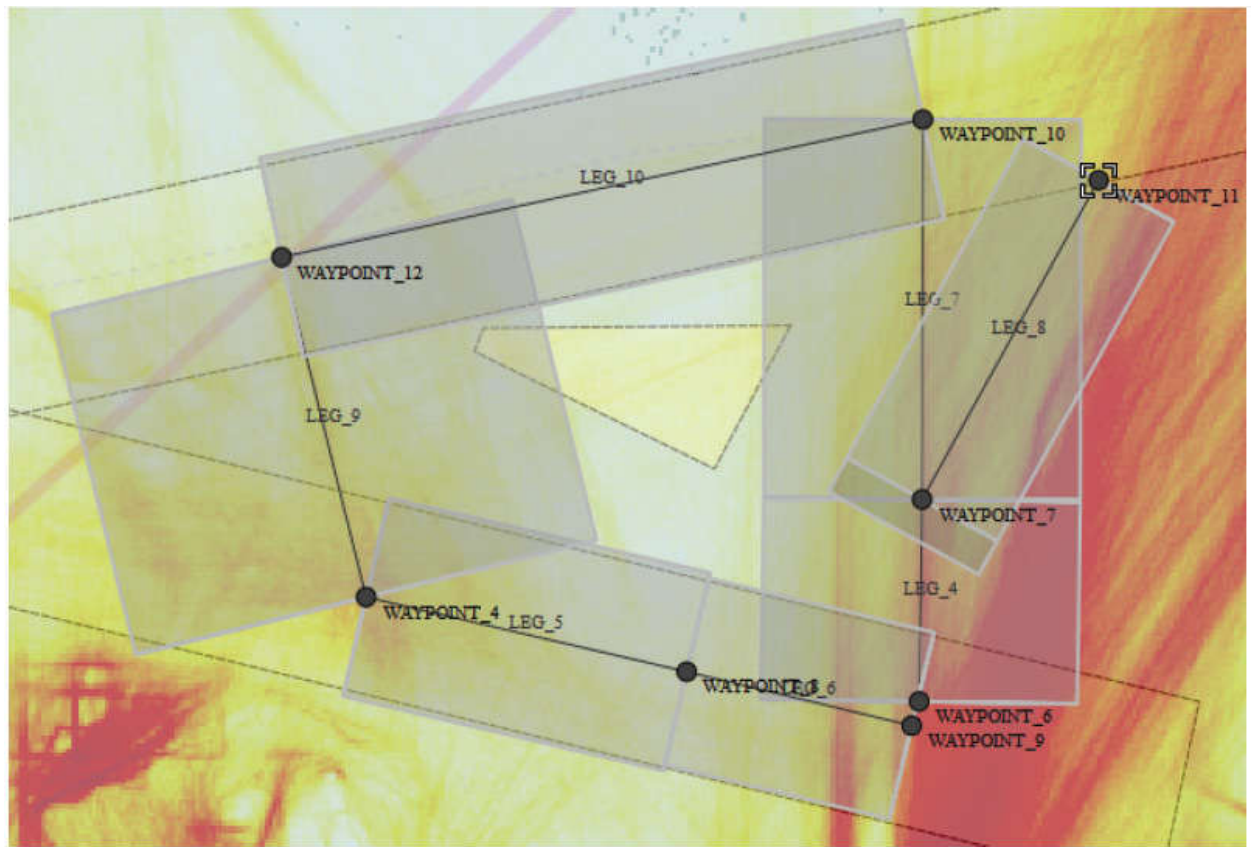


圖7.7.2-7 鄰近區域航路模型與全年交通流密度橫向分布

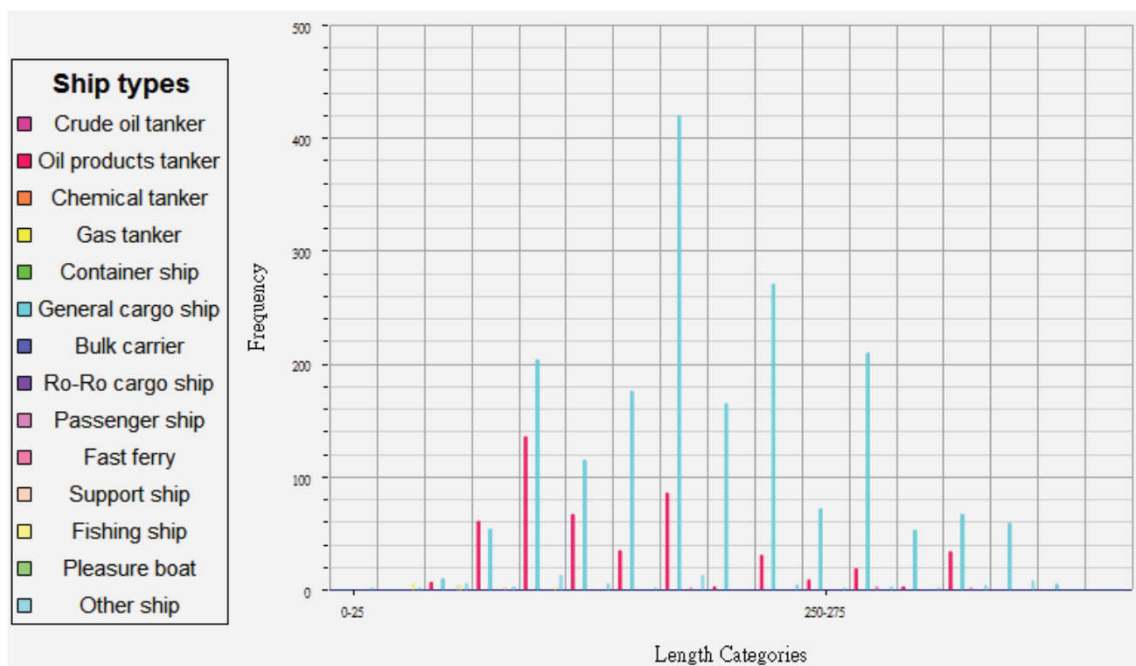


圖7.7.2-8 本計畫風場東側沿岸北向航行船舶之長度特徵

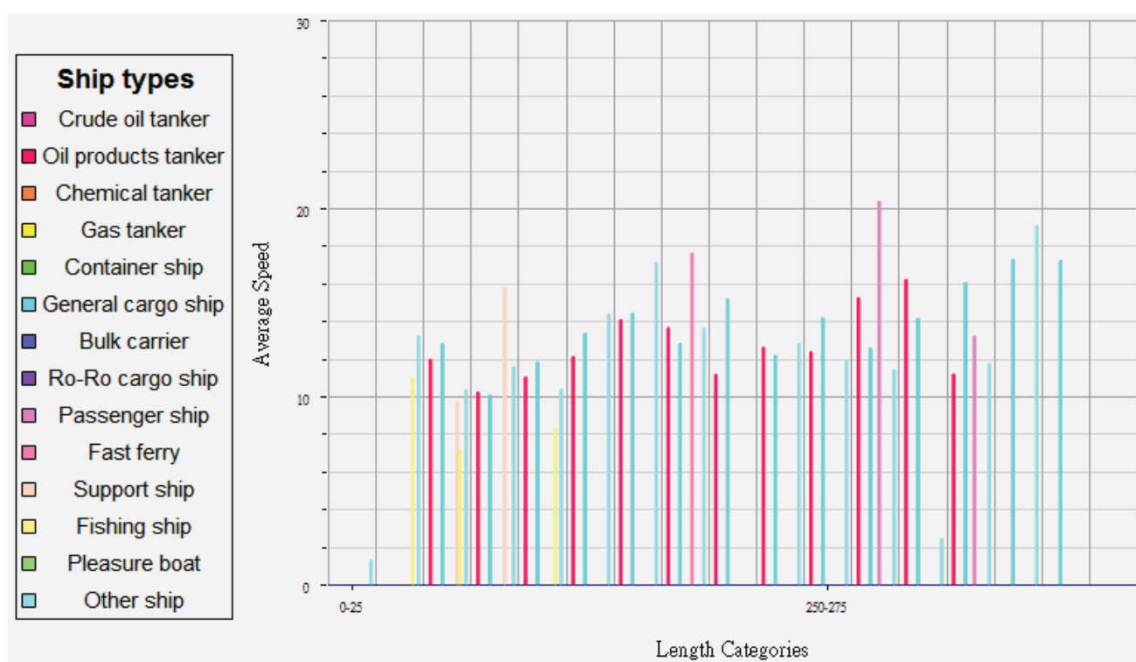


圖7.7.2-9 本計畫風場東側沿岸北向航行船舶之船速分布

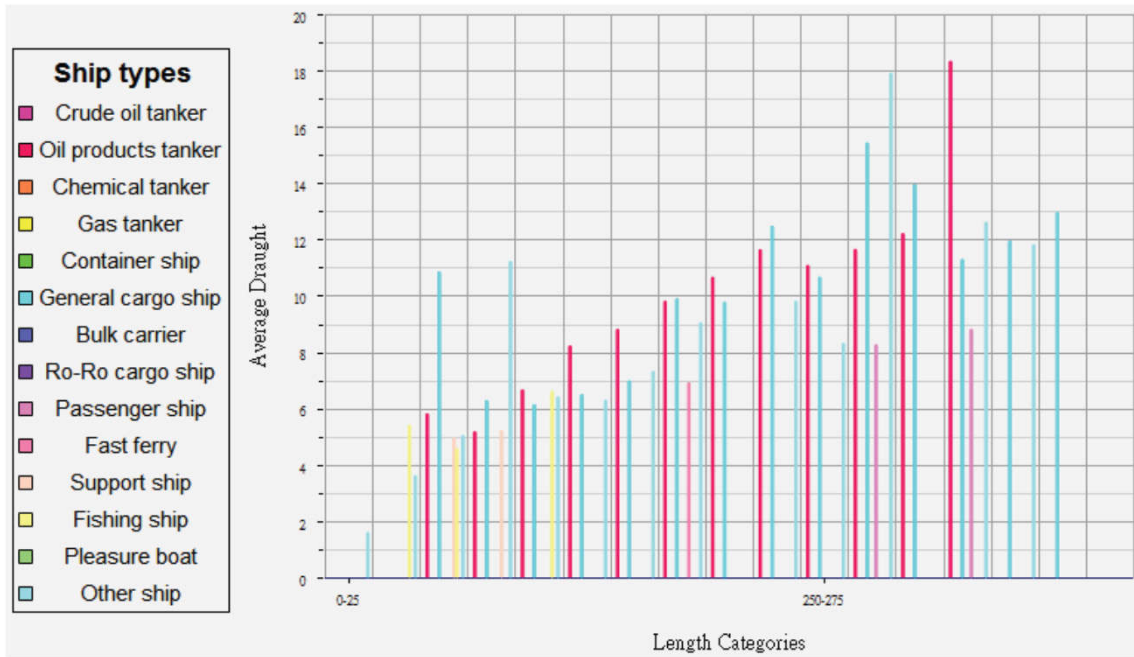


圖7.7.2-10 本計畫風場東側沿岸北向航行船舶的吃水深度分布

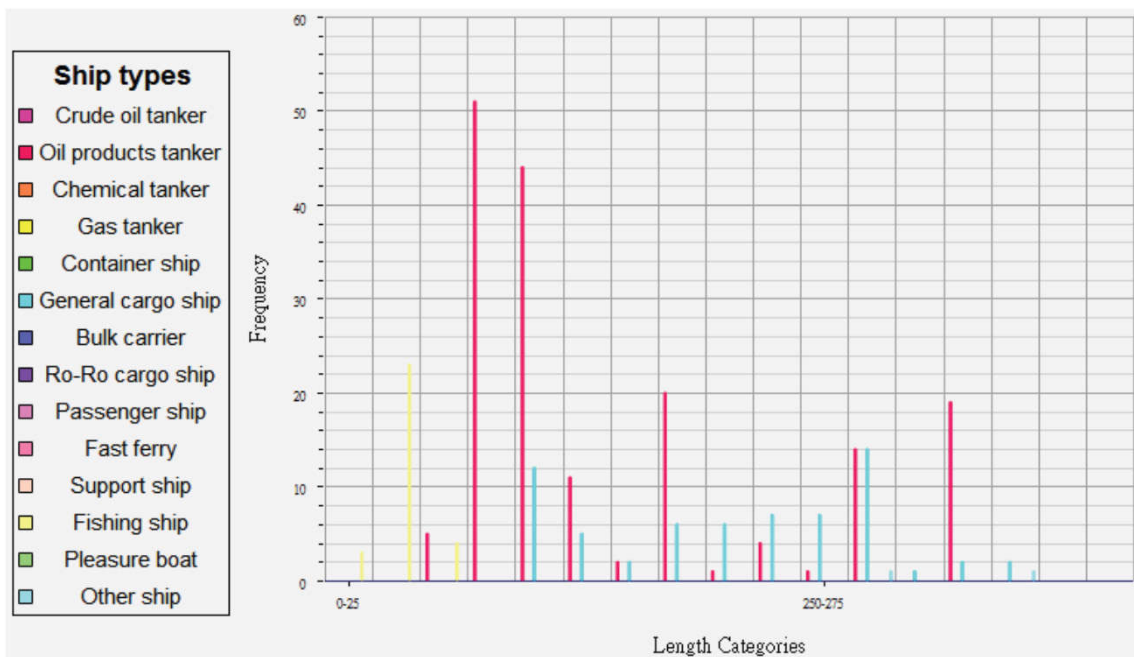
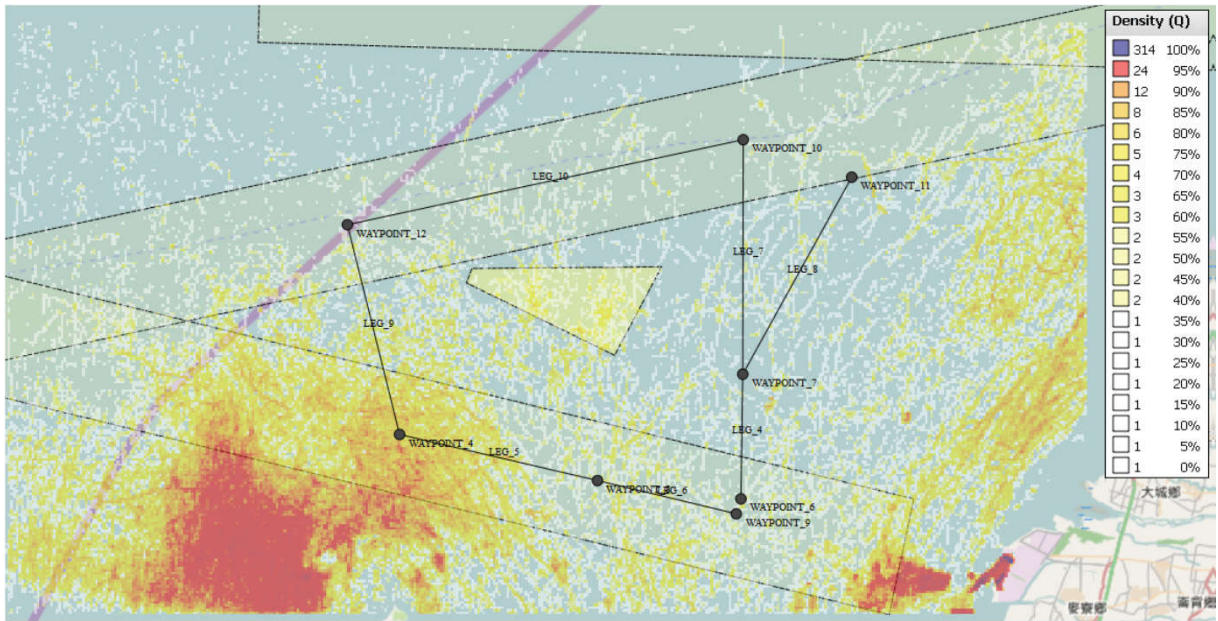
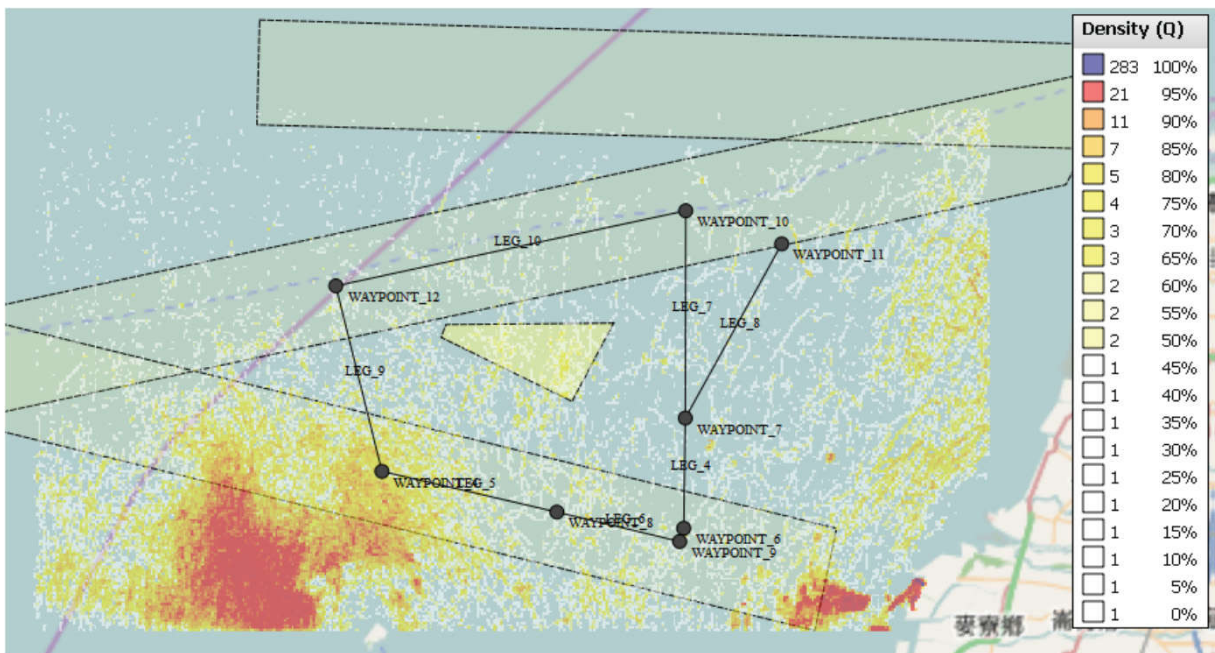


圖7.7.2-11 本案風場南側東向航行船舶之長度特徵



(a)航速< 2節



(b)航速< 1.5 節

圖7.7.2-12 鄰近區域內錨泊漂航或作業中船舶的航跡密度

八、對航行風險的影響評估

(一) 現行交通流情況下的航行風險

分析擱淺觸礁所需的水深資料取自 0313、0336 與 0356 等海圖，如圖 7.7.2-13，圖中色階分別表示水深範圍分別為 0-10 公尺、10-20 公尺和 20-30 公尺的水深區域。

依此航路模型之交通分布以及水深資訊評估，得出在現有交通流分布情況下的風險評估結果如圖 7.7.2-14。船舶間的碰撞風險以各航段與航路點的顏色標示，顏色愈深表示風險愈高；擱淺的風險則以水深區域邊界的顏色標示，顏色愈深表示風險愈高。

由圖 7.7.2-15 可見，船舶之間碰撞風險最高的是東南方的 LEG_4，擱淺風險較高的位置在目斗嶼附近，該處海圖如圖 7.7.2-16。船舶與風機碰撞風險最高的區段是在風場的西南側。

現有交通流情況下的擱淺風險以及船舶間的碰撞風險分別如表 7.7.2-2 與表 7.7.2-3。若設置風電場，在完全不改變現有航路與交通分布的情況下，擱淺以及船舶之間的碰撞風險不變。但新增了船舶在有動力或失去動力漂流的情況下誤入離岸風場碰撞風力機等結構物的風險，如表 7.7.2-4。

表 7.7.2-2 現有交通流情況下的擱淺風險

	事故的發生間隔(年)	事故的發生頻度(次/年)
動力擱淺	1.31×10^6	7.63×10^{-7}
漂流擱淺	2.34×10^6	4.28×10^{-7}
擱淺(總計)	839,500	1.19×10^{-6}

表 7.7.2-3 現有交通流情況下的船舶碰撞風險

	事故的發生間隔(年)	事故的發生頻度(次/年)
追越碰撞(Overtaking)	35,530	2.82×10^{-5}
迎艏碰撞(HeadOn)	4,859	0.0002058
交叉碰撞(Crossing)	17,420	5.74×10^{-5}
匯流碰撞(Merging)	15,370	6.51×10^{-5}
轉彎碰撞(Bend)	17,810	5.62×10^{-5}
碰撞(總計)	2,424	0.0004125

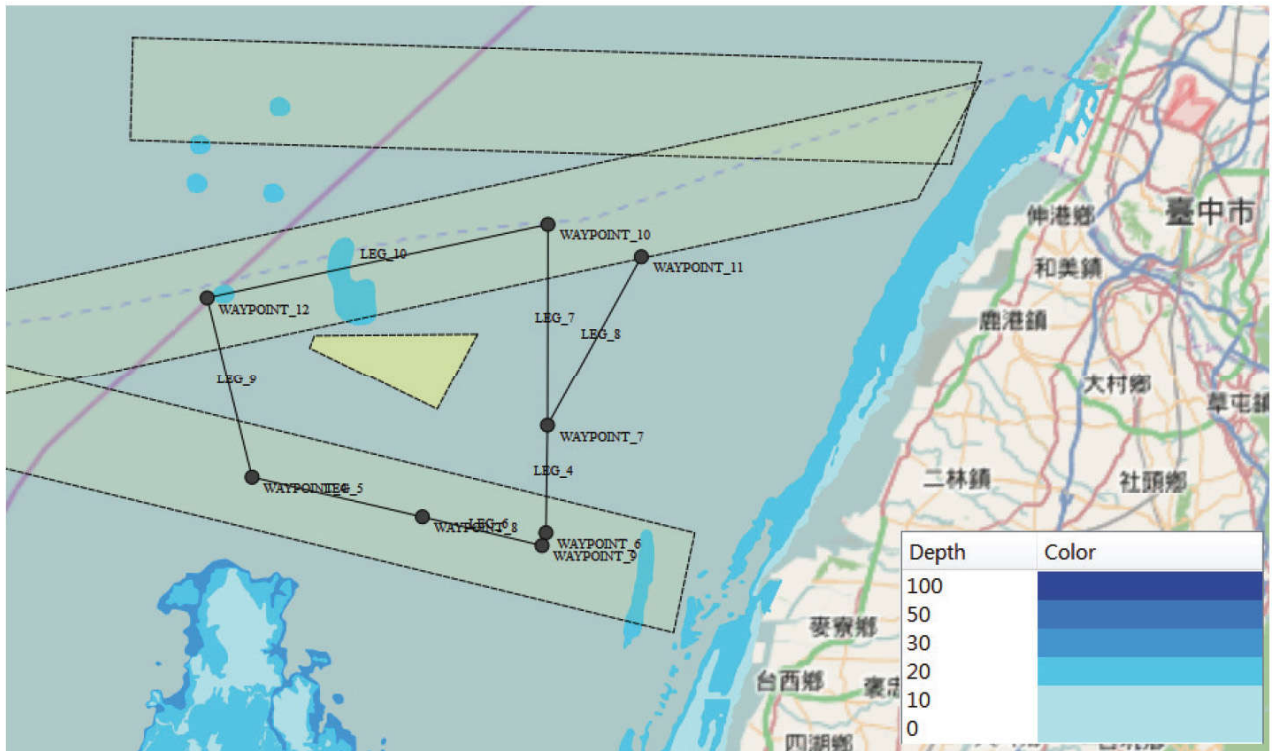


圖7.7.2-13 加入水深資料與航路模型

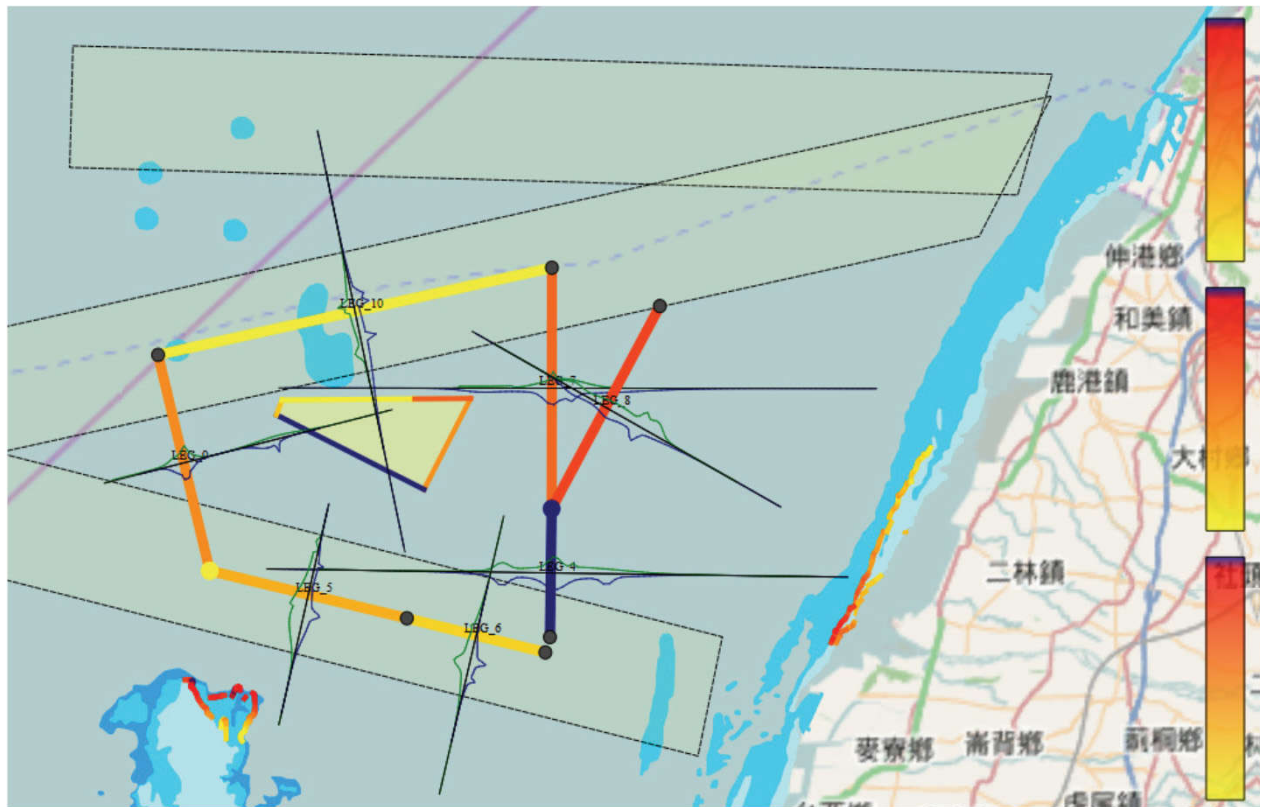


圖7.7.2-14 現有交通流分布的航行風險評估結果

表 7.7.2-4 依交通流情況下誤入風電場碰撞結構物的風險

	事故發生間隔(年)	事故發生頻度(次/年)
動力碰撞結構 Powered Allision	4,151	0.0002409
漂流碰撞結構 Drifting Allision	56.96	0.01756
碰撞結構 (Total Allisions)	56.19	0.0178

(二) 重組交通流情況下的航行風險與影響評估

1. 以分道航行改變航路模型上的橫向交通分布

經模擬評估，若LEG_9 上的交通分布改為如航道般的高斯分布，則當標準差1.5 浬時誤入風電場碰撞結構物的風險降低7%，當標準差1浬時誤入風電場碰撞結構物的風險降低16%，事故間隔拉長至67.16年。

若再於LEG_4 引進分道航行的航路措施，南北雙向中心線分隔2浬，橫向交通分布標準差1浬，已可將誤入風電場碰撞結構物的風險降低47%，事故發生間隔拉長至105.6年。

如果所有航路上的橫向交通分布都如LEG_4般引進航路措施，則誤入風電場碰撞結構物的風險降低83%，事故發生間隔可再拉長至328.7年，風險較高的位置變成是風場東北側。船舶之間的碰撞風險也降低了5%。此時的航路交通模型以及風險評估結果如圖7.7.2-16所示(船舶間的碰撞風險以各航段與航路點的顏色標示，顏色越深表示風險越高；擱淺的風險則以水深區域邊界的顏色標示，顏色越深表示風險越高)。

2. 因應區塊開發而調整航道的可能情形

為因應離岸風電區塊開發之整體規劃，據悉政府跨部會協商因應風電區塊開發而調整航道，已初步決定調整兩岸直航航道，取消經C點進臺中港的直航航道，原航道改由經I點進臺中港，且航道略為北移；此外亦考慮潛力場址20~25號區塊位置劃設航道供南北向船舶分道航行。未來落實施上述航道措施，重新組織船舶交通流，如圖7.7.2-17所示，其中風場距離圖中的南北向航道邊界約4.5浬，則誤入風電場碰撞結構物的風險較高的位置仍是風場南側，但事故發生間隔已拉長百萬倍，達 6.37×10^7 年。

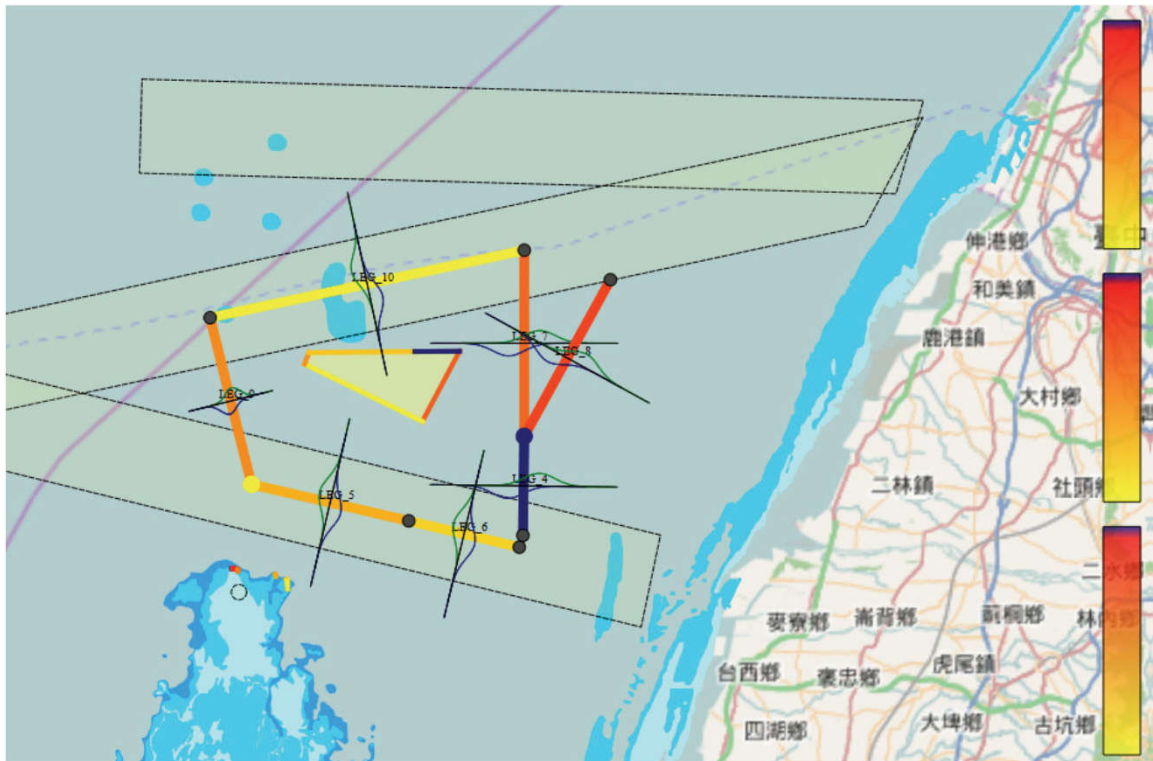


圖7.7.2-15 以航路措施改變橫向交通流分部後的航行風險

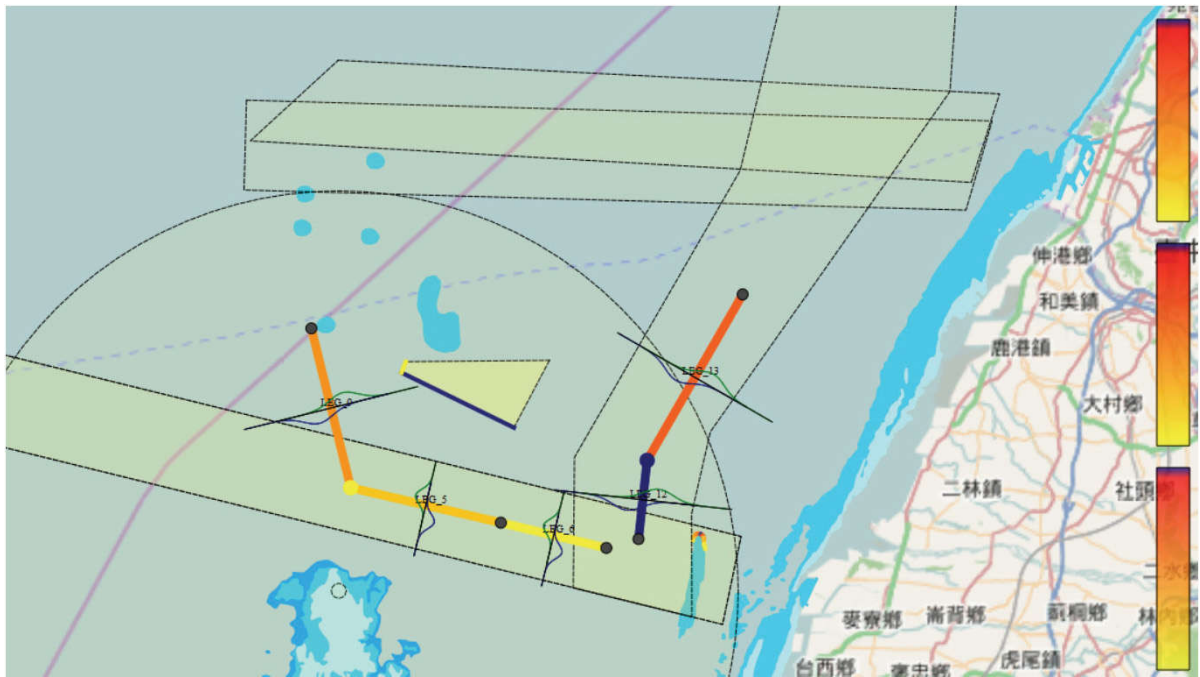


圖7.7.2-16 本計畫風場附近可能的航道規劃調整及風險評估結果

九、 施工船舶航路規劃及航安評估

(一) 施工船舶特性及航行作業相關規劃

本計畫建造期需使用的施工船舶大致如表 7.7.2-5 所列之船舶種類與數量組合。可能使用的各類船舶，其長、寬、吃水以及航行速度等參考資料如表 7.7.2-6。表 7.7.2-7 則是初步的估施工船舶作業時程及航次規劃草案。

表 7.7.2-5 規劃之施工船舶組合 (暫定)

活動	船舶種類與數量
運輸船 (Transportation vessel)	1×人字架起重船或重型起重船
風力機基礎安裝 (WTG foundation installation)	1×自昇式平台船、海事人字架起重船或重型起重船 2×拖船 >大於 50 噸的 300 公尺 x90 公尺 Bollard 拖拉拖船 1×DP2 PSV
變電站安裝 (OSS installation)	1×海事人字架起重船或重型起重船
電纜安裝/佈纜 (Cable installation)	2×貨輪 1×電纜鋪設駁船(風機陣列間電纜) 1×電纜鋪設駁船(輸出電纜)
風力機組件安裝 (WTG components installation)	1×自昇式平台船
人員運輸船	營運期間：4×工作人員運輸船

表 7.7.2-6 候選之各類施工船舶的特性範例

船舶種類	長 (m)	寬 (m)	吃水 (m)	航速(knots)
自昇式平台船	111.8	50	7.4	6.5/5.5 (AIS)
自昇式平台船	147.5	42	7.33	12
海事人字架起重船	91.35	43.35	7.25	7
海事人字架起重船	107	47	8	
海事人字架起重船	120	55	4.2	
重型起重船	183.3	36	8.9	9
重型起重船	95	45	7.5	
拖船 >大於 50 噸 Bollard 拖拉拖船	48.81	13.8	6	16.5(service)
動態定位 PSV	92.7	22	7.8	12
電纜鋪設駁船	66.36	25	3.5	
動態定位電纜鋪設駁船	122.68	27.45	5.82	
工作人員運輸船	19	7	2	25
工作人員運輸船	26	9	2.1	24
服務營運船	84	18	6.5	14

表 7.7.2-7 施工船舶作業時程及航次規劃（草案）

Activity Description	Hai Long Preliminary Construction Schedule												
	2020				2021				2022				
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1
SITE 18 CONSTRUCTION	連通期 臺中到場址 (CTV 每 15 日一來回，約每年 48 航次)												
Foundations													
Pile fab and delivery to marshalling port	高雄到臺中 (Tug>50Te bollard pull+ 300x90' barge)*31												
Seabed intervention - levelling sites	場內												
Shipment from marshalling port	臺中到場址 [(Tug>50Te bollard pull+ 300x90' barge)*(31+26+2+2=61)]												
Jacket fab and delivery	高雄到臺中 (Tug>50Te bollard pull+ 300x90' barge)*26												
Pre-piling & Jacket Install	場內												
Grouting	臺中到場址 (DP2 PSV)*16												
Turbines													
Manufacture & delivery to marshalling port	國外至臺中												
Collect from Marshalling port & install	臺中到場址 (Jack-up)*34												
Cabling													
Array - Delivery	國外至場址												
Seabed intervention	場內												
Array - Install	場內												
Export - Delivery & Install	國外至場址/場址至線西												
Commissioning	臺中到場址 (CTV 每年 1095 航次)												

(二) 施工船舶航路規劃與檢核

如前節表 7.7.2-7 所示，施工船舶的航行路線主要包括：高雄港至臺中港、臺中港至場址、以及場內各點位之間。施工期間的風場區域 500 公尺範圍內並不開放其他船舶通行。高雄港至臺中港以及臺中港至場址的航路規劃如圖 7.7.2-18。各轉向點坐標分別如表 7.7.2-8 與表 7.7.2-9。

圖 7.7.2-18 從高雄港至臺中港之規劃航路總長度 244.709 公里(約 132 浬)；從臺中港至場址附近之規劃航路總長度為 68.753 公里(約 37 浬)。

這兩條規劃的航路已依前節施工船舶特性，以電子海圖執行安全檢核，結果均無水深不足或其他礙航危險的情況。

表 7.7.2-8 從高雄港至臺中港規劃航路之轉向點

ID	經度(Longitude)	緯度(Latitude)
1	120.4895	24.291
2	120.1563284	24.1515606
3	119.8893883	23.7730865
4	119.8883942	23.0043590
5	120.1600414	22.5447946
6	120.2942736	22.5484094

表 7.7.2- 9 從臺中港至場址附近規劃航路之轉向點

ID	經度(Longitude)	緯度(Latitude)
1	120.44227	24.3095786
2	120.1330029	24.2453032
3	119.9299299	23.9732972

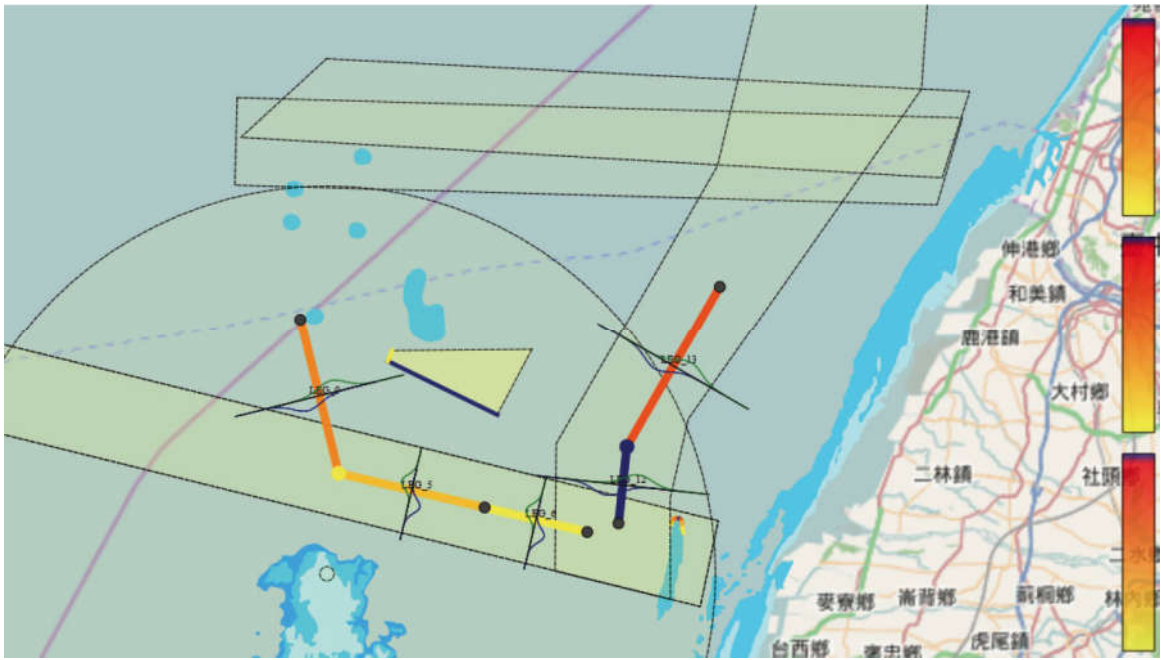


圖7.7.2-17 本計畫風場附近可能的航道規劃調整及其結果

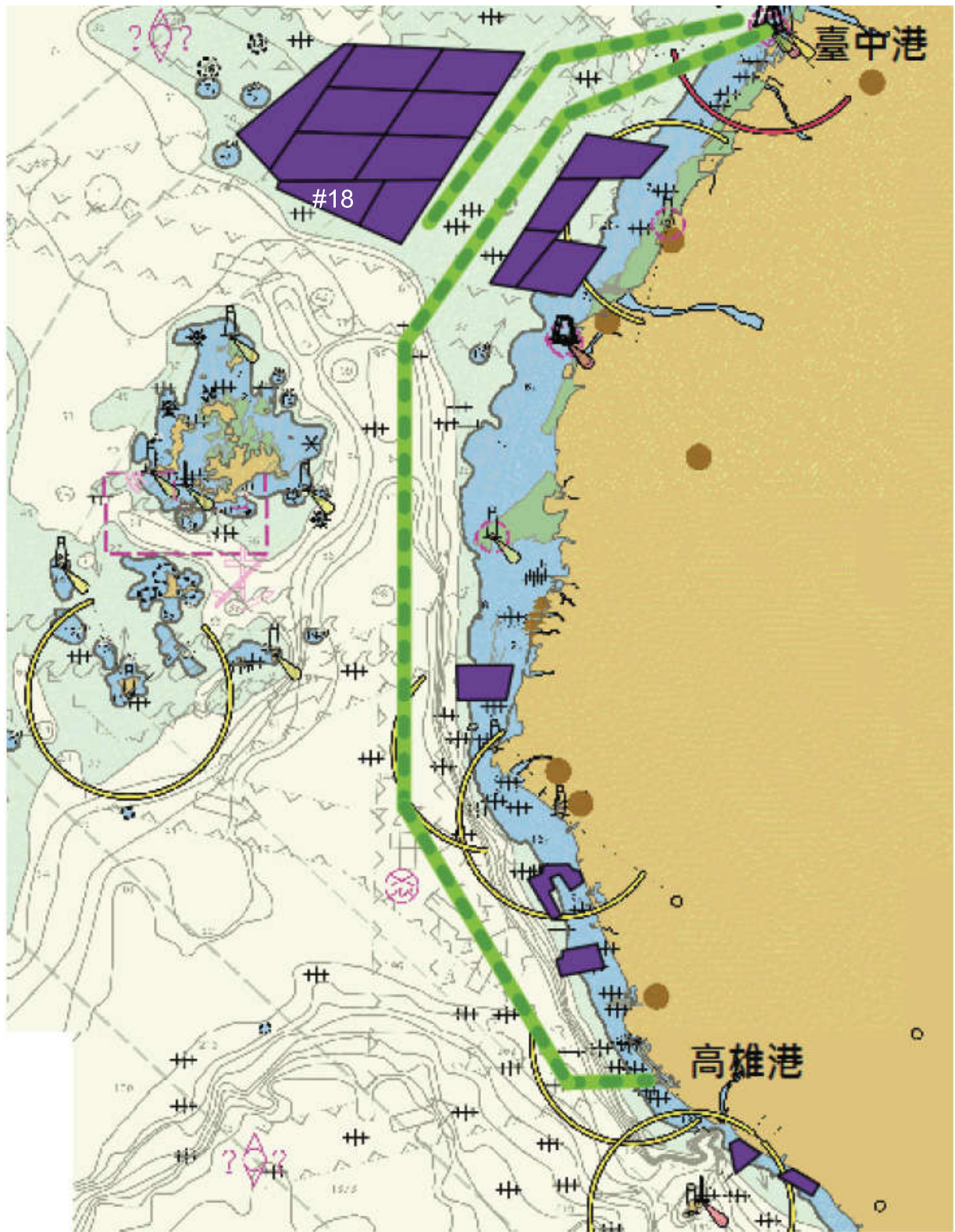


圖7.7.2-18 高雄至臺中港及臺中港至場址的航路規劃

(三) 施工船舶的航安評估

1. 漁業活動相關的影響或干擾

施工船舶的航路規劃與漁業活動之間的空間關係大致可從漁船監控系統 (Vessel Monitoring System, VMS) 的漁船航跡密度 (如圖 7.7.2-19)，以及以低速移動之 AIS 軌跡密度 (如圖 7.7.2-20) 看出。

由圖 7.7.2-19 可知從高雄港至澎湖水道這段會遭遇一些從將軍漁港與興達港出發至西部漁場作業的航行漁船；從澎湖水道到臺中港這段則已避開漁船作業區。圖 7.7.2-20 的低速 (<2 節) AIS 船舶軌跡密度來自停泊漂航的船舶或是低速作業的漁船，而規劃之航路已盡量避開其影響。

2. 航運相關的影響或干擾

施工船舶的航路規劃與航運交通流密集區的相對關係如圖 7.7.2-21。圖中的 AIS 歷史航跡密度分布呈現的是 2015 年西部離岸風電開發尚未啟動的狀況。對照圖 7.7.2-18 的離岸風電潛力區塊分布可知，隨著離岸風電區塊開發的推動，未來的航道規劃將使得航運路線往西偏移。施工船舶的航路規劃大致避開現有船舶密集區而位於未來航道規劃的位置，且遵循分道航行的方向。主要的會遇位置在於從臺中港至本計畫場址時與南北向穿行交通的交叉相遇，如圖 7.7.2-21(a)；從高雄港至臺中港時，與進出麥寮港以及澎湖與本島之間的馬公-布袋/龍門-布袋航線的交叉相遇，如圖 7.7.2-21(b)。

整體而言，只要離岸風場與各風機等結構物本身皆依據 IALA 的建議予以設置適當標誌，並標繪於海圖，將可有效抵銷前述可能的干擾或影響，甚至提供更好的航路標誌與定位效益。

IALA 對於個別獨立的風力機組、海氣象觀測塔等結構的標誌方式，建議說明如下：

- 一、以白閃光 $Mo(U)W \leq 15s$ 標誌，公稱光程 10 浬。
- 二、航標應裝置於扇葉最低點的下方，高出最高天文潮位(HAT)至少 6 公尺。
- 三、航標應符合 IALA 建議，可用率不小於 99%(IALA Category 2)。

各風機/結構物的閃光之間應予同步。

若有更多的風機，離岸風場的結構物群組應依 IALA 的建議，在位於角落的重要邊緣結構物以及中間的邊緣結構物加標誌。SPS 與 IPS 都應加黃閃光，公稱光程分別是 5 浬與 2 浬，兩者的燈質應能區別。

此外可再考慮加裝 Racon 與 AIS 航標。

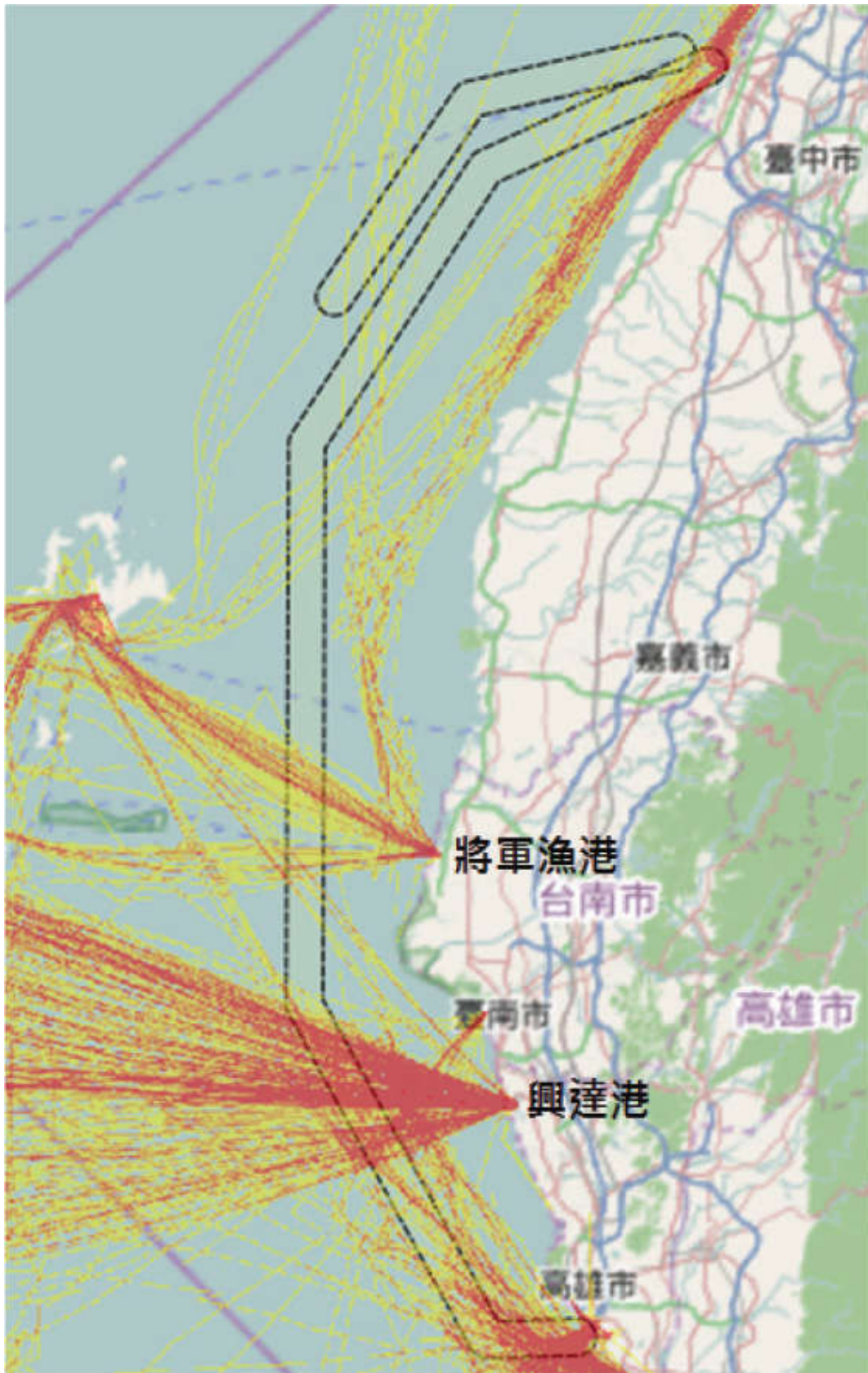
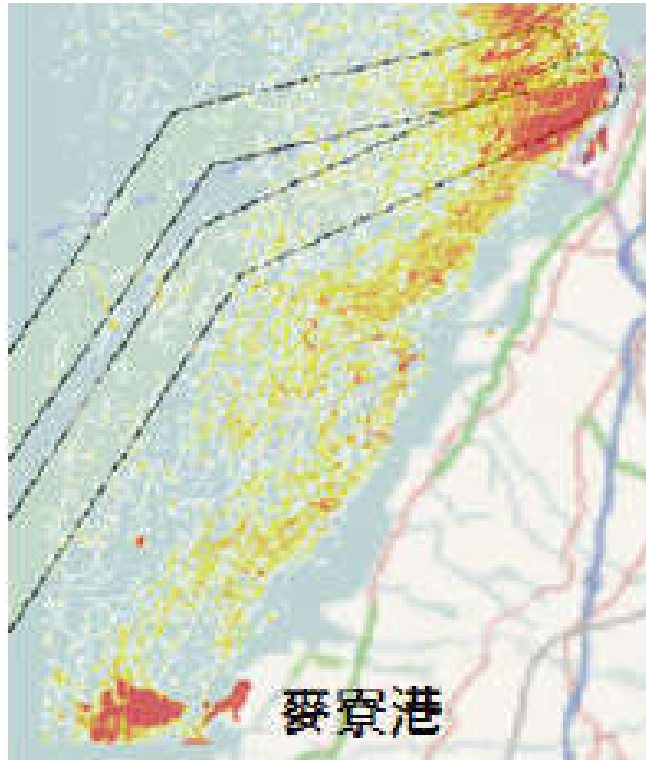
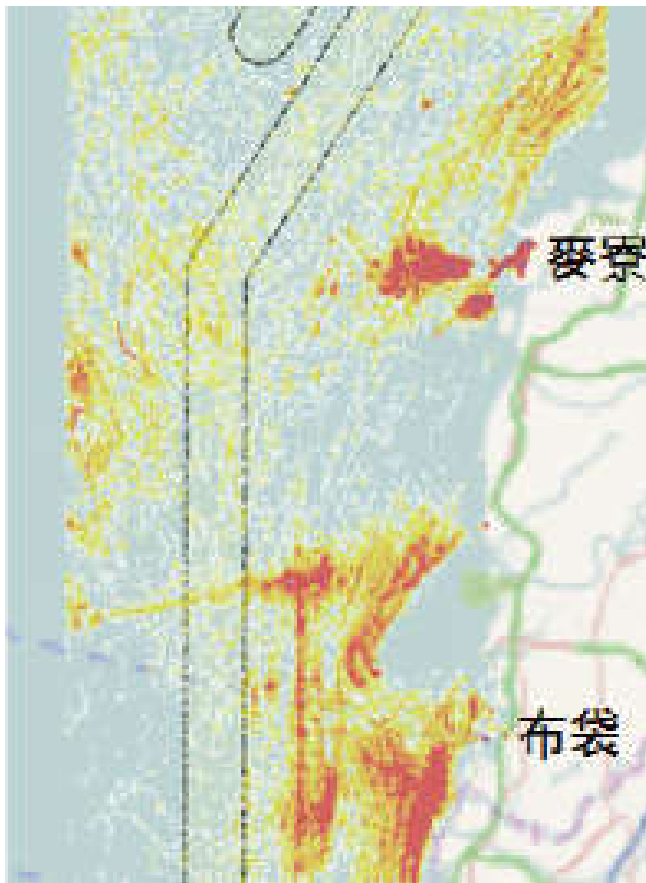


圖7.7.2-19 航路（3浬寬度）套疊VMS漁船航跡密度

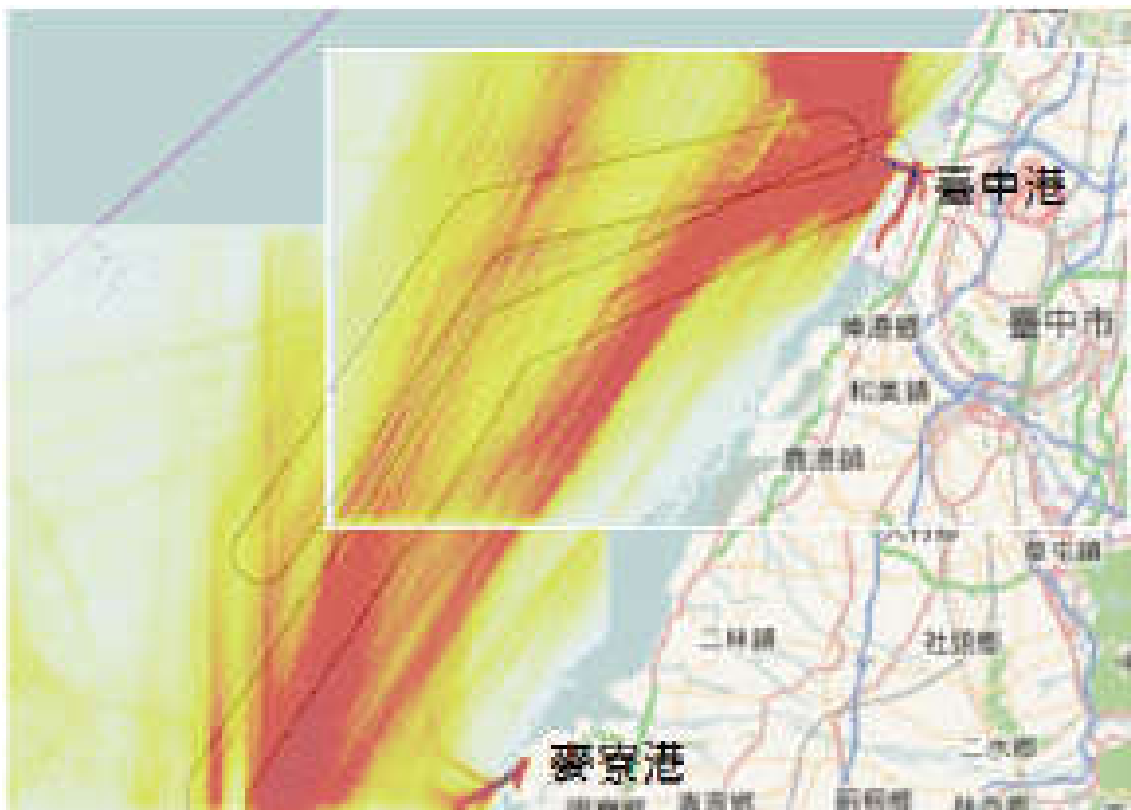


(a)

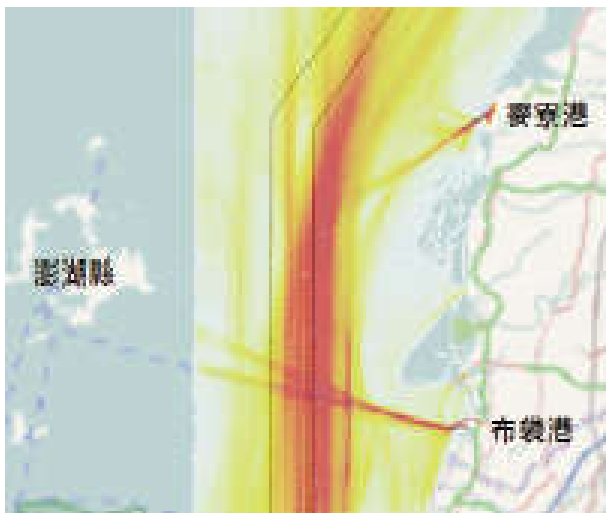


(b)

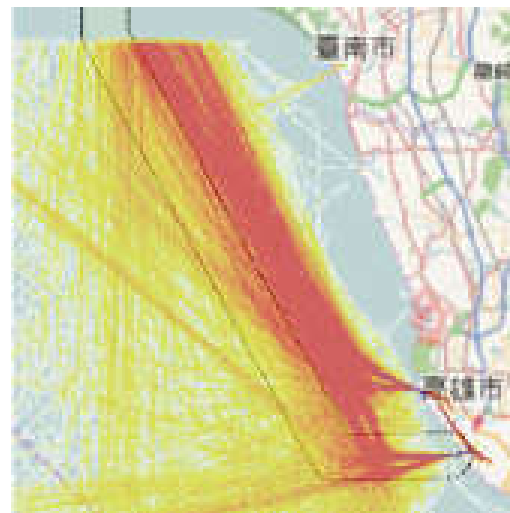
圖7.7.2-20 航路（3浬寬）套疊停泊漂航或作業AIS航跡密度



(a)



(b)



(c)

圖7.7.2-21 航路（3浬寬）套疊AIS歷史航跡密度

7.7.3 施工營運風險

開發單位針對風力發電廠開發各個階段，將採用以風險為本的步驟來管理其環安衛政策。此一風險管理辦法規定，所有可危及人員健康、安全和環境保護之各項危害，須於施工、安裝、測試、試車和營運期間加以清除；或其有關風險至少須於設計和作業規劃期間及相關活動開始前降低到容許風險以下。有關風險更應進一步降低到合理可行之最低限度。風險評估將定期評估審視，同時在情勢變遷而有可能影響風險評估假設之虞時亦應審視。情勢變遷包括但不限於過程變遷、技術變遷、發生嚴重事故或虛驚事件、以及某些情況下的人員變更。本計畫已初步評估施工營運維護風險並研擬發生時之影響減輕對策，詳表 7.7.3-2~表 7.7.3-6。

本計畫以風險管理矩陣(表 7.7.3-1)進行施工、營運、維護等不同階段之風險評估，並透過控制措施降低風險影響並比較其中差異性。表 7.7.3-1(A)為衝擊評量表，以評估衝擊影響的程度可依照其對成本、時間及工程品質的成效而評估。首先先由表的左方，決定針對特定風險對決策因素中的哪一項會有影響，接著在同一行中可以由一至五的嚴重程度來判斷評量風險的高低並且評分(亦即表上方的數字)。某些風險會牽涉到不只一項的決策，因素此時應選擇嚴重性及影響最大的一項。表 7.7.3-1(B)為機率評分表，係指以頻率為主的評分系統，界定大部份的風險情況。表 7.7.3-1(C)為風險影響度評分表，界定風險可能發生的機率及建議回應措施。

一、施工風險評估

施作海上風力機組主要施工項目，大致有海上基礎套筒組裝打設、塔架、主風力機組與葉片銲接組裝等作業。施工規劃階段，針對陸上場地及海上施作工期限制及風險，皆須進一步評估，以供後續作業參考，茲說明如下：

(一) 陸上施作組裝場地面積、租用場地限制

施工安裝時，先將風機各元件運抵台中港，規劃以台中港 5A、5B 碼頭作為本計畫泊靠港與陸上工作站之場址，距離附近最近之民宅或學校皆有 1 公里以上的距離，待元件初步檢查完畢後即可組裝風機相關組件，然後利用風機安裝船或平台運輸船運將風機元件送至計畫區點位進行吊裝作業。

(二) 海上施作工期限制

合適之海事工程施作期間，一般都安排在每年 3 月至 9 月風浪較小期間，但每年夏季 5 月至 8 月又屬颱風頻繁季節，施工前須審慎評估海象資料，預估颱風間期與可施工時期之百分比，預先擬妥施工計畫與準備事宜，以確保施工的安全。

(三) 打樁船機與大型超高起重船機作業條件與使用限制

施工前對打樁船機與大型超高起重船機之作業能力與特性，以確保施工的安全。

(四) 海上支撐塔架、風力機組之運搬與架設作業

本工程上部結構的施作，要嚴選施作船機組合與研擬妥善施工計畫，於施工前相關施作人員須做專業船機吊裝訓練，以提高海上施作安全與工作效率，降低工安危害與成本損失風險。

(五) 漁民溝通

施工前將做好海上施工環境污染防治計畫，並與當地漁民及漁會加強協調溝通，將施工內容、影響範圍與施工時程公告附近作業船隻，同時做好敦親睦鄰工作；施工中，加強環境污染監督工作，維持並控制海域環境污染擴散，工作船隻進出海域作業，應遵循施工計畫，於劃定之施工區與航道內作業與航行，並隨時保持警戒，避免碰撞漁船或損害漁業設施。

有關本計畫施工風險評估整理如表 7.7.3-2 所示。

表 7.7.3-1 風險管理矩陣評估表

(A) 衝擊評量

		影響評分 (依嚴重程度) 及舉例描述符號				
		1	2	3	4	5
決策因素		細微	輕微	中度	重大	極嚴重
成本		細微損失或是成本小額增加	影響總資本支出小於百分之十 需要額外投資	影響總資本支出介於百分之十至百分之三之間 需要額外投資	影響總資本支出介於百分之三及百分之八之間 需要額外投資	影響總資本支出大於百分之八 需要大量的額外資金
時間		稍微落後於內部設定的目標	些微落後於主要的里程碑 (數日)	落後於主要的里程碑 (數週)	大幅落後於主要的里程碑 (數月)	嚴重落後可能導致工程的可行性 (一個安裝時程)
品質、環境及商譽	工程及目標	對品質及工作範圍影響十分輕微 不易察覺	對品質及工作範圍有少許的影響	對品質及工作範圍有一些主要的影響	無法達成次級目標	無法達成初級主要目標
	服務及業務中斷	沒有影響	有些微業務中斷,對服務的影響非常有限	有中等程度業務中斷,對服務有負面影響	有重大業務中斷,對服務會有嚴重影響	有嚴重業務中斷,對服務有重大的影響並且涉及營運收入
	法定責任 / 檢查	對法定責任標準則沒有影響 或是影響些微	違約 降低工程品質	對法定責任有中等程度的違約 外部的改善建議將被提出 改善通知	對法定責任造成多次或重大的違約 失誤報告 改善通知 補強計畫	對法定責任造成多次或重大的違約 被起訴 需要完全變更系統並編寫嚴重生疏報告
	負面宣傳及對商譽的影響	謠傳	地方媒體報導	地方媒體報導	全國性媒體報導	超過3天全國性媒體報導
	永續發展以及對環境的影響	可能造成公眾關切	短期內減低大眾的信賴	長期減低公眾信賴	服務及工程品質會低於合理的公眾期待	服務及工程品質會低於合理的公眾期待 或者完全失去大眾信心
	永續發展以及對環境的影響	對永續目標或環境只有極輕微的影響	對永續目標或環境有少許的影響	對永續目標或環境有中等程度的影響	對永續目標或環境有重大的影響	對永續目標或環境有極為嚴重的影響

(B) 機率評分

機率評分	1	2	3	4	5
描述符號	細微	輕微	中度	重大	極嚴重
發生頻率: 多久或多常可能會發生	應該永遠不會發生 (發生機率低於百分之五)	並不預期會發生但是還是有可能性 (百分之六至百分之二十的機率)	有可能會發生或重複發生 (百分之二十一至百分之五十的機率)	應該會發生但不會一直持續 (百分之五十一至百分之八十的機率)	幾乎一定會發生而且有可能會常常發生 (百分之八十一至百分之百的機率)

(C) 風險影響度評分

(a) 施工及維護

影響度評分	可能發生的機率				
	1	2	3	4	5
	細微	輕微	中度	重大	極嚴重
5 極嚴重	5	10	15	20	25
4 重大	4	8	12	16	20
3 中度	3	6	9	12	15
2 輕微	2	4	6	8	10
1 細微	1	2	3	4	5

分數	風險層級	建議回應措施
15 - 25	高風險	應立即採取行動, 或是制定執行計畫並包含詳細的制程
8 - 14	中度風險	應將相關行動列入執行清單並監控
1 - 7	低風險	適度的行動及複查

(b) 營運

發生機率/可能性	影響程度				
	非常輕微 磨損或耗損可正常供電/運維	輕微 設備受損但未危及供電安全/運維	普通 造成設備受損, 經備援系統啟動仍可部分供電	嚴重 造成部分風機無法安全供電/維修	非常嚴重 造成整個風場無法安全供電/維修
高度不可能/非常低	1	2	3	4	5
不太可能/低	2	4	6	8	10
可能/中等	3	6	9	12	15
非常可能/高	4	8	15	16	20
確定/非常高	5	10	15	20	25

表7.7.3-2 施工安全風險管理評估表(1/8)

介定風險			降低風險的因應對策		風險矩陣 -- 風險評分		
編號	風險	後果	風險類別	降低風險的因應對策	發生的機率 1代表極低 5 代表極高	衝擊 1代表極低 5 代表極高	風險等級
套管式基礎							
1	由於不可預見的環境限制(例如保護海洋生物及珊瑚礁)對套管基礎在安裝過程具有微觀場址的風險	- 雙重處理套管基礎, 並延誤遠端遙控作業船隻調查時間 - 可能導致安裝套管的失敗	施工	- 確保在設計階段有良好的環境、地球物理以及完整地質的相關資訊 - 以水下無人載具勘查每個基礎位置	1	2	2
2	因為不可預測的地理物理因素(比如巨石)對套管基礎在安裝過程中微觀場址的風險	- 雙重處理套管基礎, 並延誤遠端遙控作業船隻調查時間 - 可能導致安裝套管的失敗	施工	- 確保在設計階段即有良好的環境、地質的相關資訊 - 以水下無人載具勘查每個基礎位置	3	2	6
3	無法打樁至預定的深度	額外的打樁工程 例如使用更大的樁錐、研磨切割設備或岩石鑽探	施工	- 確保在設計階段即有良好的環境、地質的相關資訊 - 仔細檢視打樁過程的風險評估 - 調查每個基礎的位置區 - 採用比實際需求更大的樁錐	2	4	8
4	專家在安裝基礎過程中遭遇到比預期更高的氣候因素, 如颱風	增加安裝過程所需的時間 額外加的天氣寬限期 對後續工項可能造成的影響	施工	- 如果安裝的時程是在所有氣候許可的時程內, 則安裝的過程不應超過計畫所制定的時間 - 堅守計畫的時程 尤其是在計畫的初期 - 在不同階段的工項容許足夠的緩衝期 - 確保基礎在初期即已完成製造, 以致可將工時極大化並考慮日夜連續的施工 - 佈放浮標以改善對場址的天氣預測 - 依同意的計畫以及可施工的天氣情況下進行工作管理, 以確保工作的時程最佳化	4	3	12
5	基樁或套管未能達到製造容許誤差內的要求	需要額外的灌漿作業並增加船隻費用	施工	- 在合約允許內對額外的灌漿制定額外折讓時間並確保所需物件和原料可以取得 - 在灌漿船啟動前完成所有測量及場址勘查	2	2	4
6	基樁(若採用預打樁法)高度超過可容許範圍	額外的固樁的作業	施工	- 對打樁位置先行測量及調查以減低打樁時產生的風險 - 仔細監控打樁過程及其風險評估 - 在設計階段考慮加入應變計畫 - 比如在基樁增加焊縫並確保有可用的切割工具(齒輪切割)	2	2	4
7	因為套管基礎延遲交貨, 導致基礎安裝船費時待命	增加取船的開支費用	施工	- 有足夠可儲存套管的空間 - 確保生產的路徑圖皆經過調查並建立模型 - 在合約中制定清算損失 - 對基礎供應及安裝採用單一的工程總承包合約	2	3	6

表 7.7.3-2 施工安全風險管理評估表(2/8)

界定風險				降低風險的因應對策	風險矩阵 -- 風險評分		
編號	風險	後果	風險類別	降低風險的因應對策	發生的機率 1代表極低 5 代表極高	衝擊 1代表極低 5 代表極高	風險等級
8	灌漿過程比計畫容許時程更長	- 增加灌漿船隻的費用 - 因為延遲造成的成本及工程時程的增加	施工	- 合約中制定違約賠償金 - 船隻動員前有詳細的規劃 - 在計畫中加入緩衝期 - 詳細的灌漿管線設計 - 詳細的灌漿材料設計、灌漿檢驗以及控掘疏濬法 - 對基礎供應及安裝採用單一的工程總承包合約	3	2	6
9	因為施工期間的外力損害造成離岸構造需要額外的油漆（例如船隻靠上結構）	因為結構侵蝕 減短生命週期並增加維護成本	施工	- 執行損害調查以向其他承包商求償 - 商議含有同意工程範圍及價格的小型工程合約	4	2	8
10	轉接段不能完全防止天氣/污垢/鳥糞的進入	在安裝塔架前轉接段內部需先清潔	施工	- 安裝工程合約包含清潔風力機組 - 和當地廠商簽訂小型合約以確保結構清潔 - 只有安裝轉接段及風力機組的過程有長時間空擋時才需要	1	1	1
11	無法將套管架設於容忍的水平範圍 無法將基礎定位在預定位置	對離岸機組的安裝造成中斷（風力機組基礎）並超支預算	施工	- 針對海床場址進行前期地球物理及沙浪進行地質研究 - 高品質的離岸調查，以確保基礎的定位 - 製造設備有完善的尺寸控管	2	3	6
12	無法取得打樁用的樁錐	時程延誤	施工	- 在設計上採取已經量產的樁錐 - 和供應商及早洽談	1	2	2
13	樁錐周圍過量的淘刷	需要補強工程，在強勁海流區域可能必須雇用潛水工事	施工	- 最適化防淘刷設計 - 如果需要的話在設計的階段進行風險評估並且引進防淘刷的保護措施	1	2	2
14	樁錐或鐵站受損	需要額外補強工事 造成時程延遲並超支預算	施工	- 聘用有經驗的安裝承包商 - 檢閱安裝承包商的風險評估及施工綱領 - 完成的地質調查以完全瞭解土壤的特質 - 準備備品	1	2	2
15	套管入場	中斷或延誤套管安裝	施工	- 設計套管以利安裝的簡易性 - 風力機組基礎的EPCI - (工程總承包合約)在設計及安裝的部份是和同一法人簽署	2	3	6
16	套管安裝前已有沙石或海洋生物在基礎生成	中斷或延誤風力機組基礎的安裝架構，超支預算	施工	- 執行設計計算以將風險極小化 - 預打樁作業及噴射水流完整計畫 - 預打樁時間盡量靠近套管安裝的時間	3	2	6
17	噪音超出容許範圍	環境衝擊，延誤時程	施工	- 及早判斷出噪音的程度 - 需要時採取減噪措施（平穩啟動，持續監視，等等）	1	2	2
18	無預期的海洋哺乳動物	停止施工以利海洋哺乳動物離開工地	施工	- 施工之前先對該區進行勘察 - 平穩啟動以利海洋哺乳動物可以離開工地	1	2	2

表 7.7.3-2 施工安全風險管理評估表(3/8)

介入風險				降低風險的因應對策	風險矩阵 --- 風險評分		
編號	風險	後果	風險類別	降低風險的因應對策	發生的機率 1代表極低 5 代表極高	衝擊 1代表極低 5 代表極高	風險等級
風力機組							
19	風機安裝過程遭遇不可預知的延遲，例如其他船隻在施工區域內	無可挽救的延誤	施工	- 與港務員及後勤中心建立緊密的合作關係 - 施工期間有效率的海事協調 - 適當計畫以確保工時的最佳化 - 以其他交通船停泊問題為中心的計畫 - 船隻代表人按日管理工作進度	2	2	4
20	若預組裝和調度廠沒有包括在風力機組的合約，導致風力機組零件組裝流程未被明確規範	在調度廠需要運用更多的儀器工具或吊車	施工	- 責任區分矩陣應被應用在管理承包商的界面及關係 - 各方間經常性的會議或通訊會議	1	2	2
21	若風機安裝沒有包含在風力機組的合約，導致風力機組安裝的流程未被明確規範	為了要儲存及組裝風力機組零件，調度廠需要額外的空間	施工	- 安裝廠商應在合約（施工綱領）中界定所需的規格 - 所提供的裝置清單應在合約中列舉	2	2	4
22	因為時程短以致於當風力機組在調度廠組裝時可能面臨的專業人力不足	需要更多時間 陸上的裝置預組也需要更多人力	施工	- 可能的話考慮全天二十四小時施工以儘速達到要求 - 組裝廠人員的訓練 - 工地經理必須監督工程以確保採用有效率的工作方法	3	2	6
23	因為電力設施的架構或是供應體的延遲造成額外使用柴油發電機（若並聯點在各週階段無法使用時）	在風力機組的下部需要使用超出預期的柴油發電機（由船隻供應的大型柴油發電以及加油所需的支援）	施工	- 詳細制定發電機規格並縮小尺寸 - 安裝過程越快越好 - 有效管理執照合約以減低供電延遲的可能性	3	2	6
24	因為對工程未詳加規範定義導致供給施工團隊的臨時性硬體設施不足	不符合環安衛要求 預算不足	施工	- 及早決定工程範圍及議價	1	1	1
25	支援離岸運轉的人員輪送船不足	延誤時程	施工	- 跟風力機組供應商達成施工法及資源運用的最佳化 - 確保人員運輸船隻的維修計畫如期進行 - 確保計畫及時間表中詳載人員運輸船的所需數量 - 確保人員運輸轉的零組件可以快速取得 - 考慮建構離岸宿舍	2	3	6

表 7.7.3-2 施工安全風險管理評估表(4/8)

介定風險			降低風險的因應對策		風險矩阵 --- 風險評分		
編號	風險	後果	風險類別	降低風險的因應對策	發生的機率 1代表極低 5 代表極高	衝擊 1代表極低 5 代表極高	風險等級
26	對離岸機器設備完工及銜接的操作員不足	預算不足(超出原本的規劃) 增加成本、工程延期或中斷	施工	- 在風力機組合約中簡化團隊人員的數量 - 事先制定綱領及程序並包含在合約中 - 在工程計畫中管理因延遲造成的影響以求資源運用的極佳化 - 制定訓練計畫	2	3	6
27	在運輸及離岸安裝過程中對風力機組零件造成的損害	零件修理工作或更換 安裝延遲	施工	- 清楚的界定工地職責及角色 - 應確定所有的機器及工具都是可以用的狀態 - 維修的工具應在當地可取得 - 經常性的檢查並監視以瞭解任何損害的原因 並且對相關支出收費。 - 風力機組的供應商應有適當的訓練及管理準則 - 足夠的保險 - 在風力機組合約中加入運輸及安裝的條款	3	3	9
28	由於不可預知的限制造成風扇機組零件運送至調度廠的產生問題	超出預算的調度廠支出 無法從風機承包商獲得補償	施工	- 確保 風機承包商在初期及進行海上運輸及後勤的調查 - 良好的規劃並且詳細考慮港口的限制	1	1	1
29	風機延遲交付	延誤時程、並超支預算	施工	- 在製造過程中嚴格的品質 - 密切的注意風機承包商的製程及產品的測試 - 在專案的時間計畫中容許些許時間的緩衝期 - 風機承包商的業務範圍應包括安裝	2	3	6

表 7.7.3-2 施工安全風險管理評估表(5/8)

介定風險			降低風險的因應對策		風險矩陣 --- 風險評分		
編號	風險	後果	風險類別	降低風險的因應對策	發生的機率 1代表極低 5 代表極高	衝擊 1代表極低 5 代表極高	風險等級
傳輸及監控與資料獲取系統							
30	直到交接給營運方 必須保養維護傳送儀器（如陸上電纜 配電站 監測及資料搜尋系統等等）	電力承包的合約必須延展	施工	- 同意業務範圍及需求並且同意資產維修的成本或成本預估總值	2	2	4
31	大型電力零件（輸電器或濾波器）延遲交 件	工程延誤並導致後續的工項連鎖效應	施工	- 確保合約中載明延遲賠償的條例 - 在設計過程及界面中有效的管理 - 確保主要的訂購日期及生產時程都跟計畫緊密的連接	3	3	9
32	傳輸電纜的安裝過程遭遇不可預知的問題	對未掩埋的區段造成損害並且造成電纜故障 ，例如像因為光纖的故障而延遲完工日期 (尚不包括錯失發電機會的成本)	施工	- 施工流程的研究 - 如果需要需進行個別評估 - 良好的離岸督導或戒護船 - 在拋石或噴射水洗之前採取採取電纜的保護措施	2	4	8
33	無法將離岸電纜埋至需求的深度	需要更多的石塊或石床以保護電纜線	施工	- 及早制定工程路線以確保明白需求 - 容許額外的金額以包含其他的成本	2	3	6
34	因為惡劣氣候必須派遣電纜安裝船隻以剪 斷電纜	需要額外的電纜密封以及銜接處的修復	施工	- 收集計畫過程所需的氣象資訊 - 清楚的陸上規則及監管 - 合約中載名銜接所用器材	2	3	6
35	電纜安裝船隻延遲調時	衍生額外的電纜倉儲成本並對之後的工事有 連鎖影響（潛在影響到風機的安裝）	施工	- 管理合約上的工程 - 同意施行計畫並且減低延遲，尤其是有連鎖效應的延遲 - 應及早規劃並採用當地船隻電纜鋪設 - 採用當地船隻的規劃 - EPCI contract - (工程總承包合約) 應包含水下電纜的供應及安裝	2	3	6
36	由於風機或機械完工的延誤，導致電纜終 端工作必須延遲	影響電纜裝設完工團隊的計畫 影響後續風機營運	施工	- 管理合約上的工程 - 在風機組安裝前在轉接段完成安裝海纜終端	1	2	2

表 7.7.3-2 施工安全風險管理評估表(6/8)

介定風險			降低風險的因應對策		風險矩陣 --- 風險評分		
編號	風險	後果	風險類別	降低風險的因應對策	發生的機率 1代表極低 5 代表極高	衝擊 1代表極低 5 代表極高	風險等級
37	因為營運方延遲或風機承包商的要求導致監控與資料截取系統的時程延遲	延遲發電及營運	施工	- 確保後期的要求不會延遲已計畫的工程 - 有效率的管理設計流程及界面 - 由營運方取得設計及規格 - 在設計階段考慮需求	2	2	4
38	海下電纜的供應和安裝船隻的介面	中斷或延遲海下電纜安裝時程並造成成本超支	施工	- 針對電纜的供應及安裝簽訂單一的工程總合約 - 及早在設計階段發展出界面整合制定的機制	2	2	4
39	台電的並聯點連接時程表	延遲增產及營運的計畫 潛藏發電損失的機會	施工	- 及早跟台電展開對話溝通 - 聘用電力網路的專家管理和台電的關係 - 確保各項時程都先經過同意且能和總計劃時程契合	2	4	8
40	內部陣列電纜不足或過長	增加拉纜及電纜在風機基礎連接的困難	施工	- 依地籍物理調查決定電纜路線的最適化 - 有專業經驗的電纜設計團隊 - 船上要有船隻代表	1	3	3
41	陸上電纜安置受到利益關係人或一般大眾的反對活動	延誤時程	施工	- 及時申請同意及許可 - 舉行公眾說明會 - 管理參與者的計畫	1	2	2
42	出船前還未完成離岸變電站在陸上的建造或初級移交	延誤時程, 因為大型起重船待命時間而增加成本	施工	- 工程總合約應包含供應及安裝並和一家廠商簽約 - 在時間表上容許一些可能的延遲 - 密切監控製造地點的製程	1	3	3
43	與離岸輸出電纜交錯時，對現有的水下設施（管線或通訊線路）的損害	對其他相關單位或個人的賠償、延誤時程 並造成成本增加	施工	- 及早確認並和市場上的硬體製造商協力合作 - 決定適合的交錯技術並依水下聲學工程規範及標準設計	1	3	3
44	不良或缺乏電力安全規範定義	延遲營運 (錯失發電機會) 增加營運成本	施工	及早建立符合電力安全規則的法規，並包含適當的合約內以確保施工方法在通電時能互相整合 - 額外 來自承包商的修改通知單 所衍生的成本不記在內	1	2	2

表 7.7.3-2 施工安全風險管理評估表(7/8)

介定風險			降低風險的因應對策		風險矩阵 --- 風險評分		
編號	風險	後果	風險類別	降低風險的因應對策	發生的機率 1代表極低 5 代表極高	衝擊 1代表極低 5 代表極高	風險等級
一般							
45	港務首長或港務局可能的限制	操作的限制導致額外的成本增加及工程延遲 (不能全天施工) 船隻必須待命	施工	- 及早並積極的與港務主管單位及安裝承包商合作	4	3	12
46	在移交給經營商之前所需的額外儀器 文件或服務 (比如風機所提供的通話器必須符合安全 衛生的要求)	增加資本支出 / 無法符合工程交接的條件	施工	- 確保所有的業務範圍都含括在合約中 - 確保有暫時的資金或因應對策已應付未包含的業務範圍	2	2	4
47	施工期間對合約界面管理不當	延誤時程 並超支成本	施工	- 有經驗的專案團隊 - 制定公司法規 - 在各部的承包作業和責任界定的界面上採取有效管理控制	1	4	4
48	和離岸工程的其他裝置在施工時程上無法 配合	延誤時程 / 成本超支/ 船隻需要待命且衍生額外成本	施工	- 在設計階段及早規劃工程的計畫 - 在前端設計作業時即已明確定義海事工程的管理	3	2	6
49	因為工程物件延遲交付或是製造未完成以 及營運，導致增加離岸工程工項，並對時 程受到影響	延誤時程 並超支成本	施工	- 將工程總合約視為優先的簽約策略	3	2	6
50	無法取得所有的海洋擴散資訊以配合安裝 時程	延誤時程	施工	- 及早界定離岸施工時間表以及船隻分派的需求 - 及早和供應商合作 - 及早簽署預定合約	2	3	6

表 7.7.3-2 施工安全風險管理評估表(8/8)

介定風險			降低風險的因應對策		風險矩阵 --- 風險評分		
編號	風險	後果	風險類別	降低風險的因應對策	發生的機率 1代表極低 5 代表極高	衝擊 1代表極低 5 代表極高	風險等級
51	同時作業期間海事或相關界面的干擾	延誤時程 / 超支成本 / 並有可能需要組裝船隻待命	施工	- 在早期的危害可操作性準則中 - 注重於同步作業以形成海事工程管理的早期設計 - 明確界定的海事協調程序	2	2	4
52	離岸通訊系統故障	嚴重安全顧慮, 中斷或阻撓海事協調	施工	- 確保通訊系統的正規規格安裝並提供證據證明性能 - 需要定期的系統保養	1	2	2
53	緊急回應程序失效 或是人員訓練不足	嚴重安全顧慮 / 工程被迫停止	施工	- 人員必須受到緊急處置要求回應的訓練 - 風險評量必須制定而且公告 - 緊急回應程序必須制定並公告 - 必須提供足夠的緊急回應程序及設備並需經常性保養	1	4	4
54	未經許可的船隻進入作業區域	中斷或延遲完工時程, 安全顧慮	施工	- 可以考慮派遣或護船以監測離岸施工區域外圍的船隻 - 劃定離岸施工的區域 - 船舶布告	2	2	4
55	船隻互相碰撞	嚴重安全顧慮	施工	- 施工船上派遣有經驗的船員 - 具備海事協調計畫 - 具備緊急應變措施	1	4	4
56	安裝船隻失去控制/ 漂流至風機下部或是離岸變電站	嚴重安全顧慮, 對船隻及風機下部結構的損害, 成本超支	施工	- 雇用有經驗的船員 - 審查安裝風險評估及施工綱領, 確保安全顧慮在計畫設計階段便已包含在內	1	3	3
57	船隻在惡劣氣候中擱淺	嚴重的安全顧慮 有可能危及船隻並耽擱工程	施工	- 氣象預測 - 具備海事協調和緊急應變計畫 - 暫時避難所 - 保險	1	3	3
58	許可取得延遲或是狀況增加導致船隻費用 上升	延誤時程, 船隻必須待命	施工	- 認清台灣主管單位的要求並及早申請許可	3	3	9
59	施工期間辨識未爆彈的位置	離岸工程停擺	施工	- 施工前進行詳細的未爆彈調查	1	3	3
60	船隻登記國籍的限制, 造成船隻供應的限制	延誤時程, 增加成本	施工	- 在設計階段及早建立需求清單 - 及早簽署預定合約	2	3	6

二、營運風險評估

離岸風場營運風險評估之目地是根據離岸風機發生危害運轉事故之統計分析，使我們預先了解這些危害運轉事故可能造成之結果，並應在設計或工程上提出更嚴謹的規劃，來減少運轉危害發生之風險。另外本計畫未來也將進行第三者認證及保險規劃，來降低營運之風險。有關本計畫營運風險評估整理如表 7.7.3-3、表 7.7.3-4 所示。

離岸風場維修風險評估之目地是根據離岸風機發生危害維修事故之統計分析，使我們預先瞭解這些危害維修事故可能造成之結果，維修風險評估之分析如表 7.7.3-5、表 7.7.3-6 所示。離岸風場維護風險主要求在於維修船舶的可取得性及備品是否供應得當，因此我們在營運維護上要特別對相關提供服務之外包商進行審慎的合約談判及尋求更多的外包商做為替代方案。

三、天然災害風險評估

本計畫以風險管理矩陣(表 7.7.3-1)進行天然災害風險評估，其考量情境分別為颱風、地震液化、沙波、受水氣、鹽霧與海浪侵蝕，及雷擊，並透過控制措施降低風險影響並比較其中差異性。上述各項考量風險情境、影響後果(即負面衝擊)、以及改善因應對策分述羅列如表 7.7.3-7 所示。

7.8 健康風險評估

依據環保署「開發行為環境影響評估作業準則(104年7月3日修正公告)」第三十條之一規定，開發行為可能運作或運作時衍生危害性化學物質者，開發單位應依健康風險評估技術規範進行健康風險評估，並將其納入說明書或評估書初稿。惟本開發計畫係屬潔淨再生能源風力發電之開發計畫，營運階段於機組運轉期間僅以天然風力提供機組運轉發電，並無使用或衍生如環保署「健康風險評估技術規範(100年7月20日修正公告)」第三條所稱之危害性化學物質，對於鄰近地區居民健康並無增量風險，故應無須進行健康風險評估。

表 7.7.3-3 營運風險評估

	項目	危害事故	危害發生造成之結果	防止危害事故發生之對策
1	離岸風場因海上電網損壞造成所發之電力無法送回陸上	強制性關掉風場	發電收入損失造成虧損	1. 台電電網除颱風地震造成系統臨時性之故障外一般發生機率不高 2. 對風場輸電系統經常性之檢點與維修以減低輸電系統之故障
2	海底電纜接頭損壞	海底電纜接頭損壞和發電中斷	瞬間發電傳送喪失而且可能持續	嚴謹處理電纜接頭部份之日常檢點與維修
3	海底電纜受到船舶錨的撞擊或牽引之損壞	第三者船舶或業主之維修船之下錨拉扯電纜或升降平台之腳柱壓到電纜	瞬間發電中斷或維修時部份電力中斷	除在風機附近設警告標誌外，遇有船舶接近風機時即需注意其行進路線及錨定位置以避免事故發生
4	船舶碰撞風機基座	船舶碰撞一支或更多風機	基座修復需要一支或多支風機停機	1. 除在風機附近設警告標誌外，遇有船舶接近風機時即需注意其行進路線及錨定位置以避免事故發生 2. 使用閃光及起霧時發出警笛聲
5	遠端監控失效	系統故障	無法監控風機而必需停機	確保風機公司提供之監控系統可正常操作使用，必要時設置另一套輔助系統供緊急使用
6	緊急發電機失效	系統故障	無法提供電力給風機	確保緊急發電機在台灣的海象條件是耐用並且要確實維護
7	部份風機部件之未能正常運轉時數比率超過平均值	經長性的故障代表風機較差的可靠度	較低的發電量將導致售電的減少	合約中明定風機之可用率若未達合約要求值時，應向風機廠商請求補償
8	風機的發電效率低於保證值	風機開始發電效率變差	較低的發電量將導致售電的減少	合約中明定風機之效率若未達合約要求值時，應向風機廠商請求補償
9	海底電纜壽命比預期短	發電效能變差	昂貴的汰換成本及修復時沒有發電之損失	確保海底電纜之設計與耐用年限簽約要求保固
10	光纖電纜之通訊能力不良	通訊中斷	喪失資料及控制，風機需停機造成發電損失	確認廠商使用成熟光纖技術並有合約之保固
11	海底電纜曝露於海床上	在海床上可以看見回送電纜	曝露的電纜有可能被船錨破壞	確定電纜達到設計之埋入深度，如果太淺的區域電纜要有外殼保護

表 7.7.3-4 營運風險管理評估表

項次	風險情境	影響後果	風險值(風險改善前)			風險改善對策	殘餘風險值(風險改善後)		
			發生機率/可能性	影響程度	風險值		發生機率/可能性	影響程度	風險值
1	風場及其海纜鋪設海域之漁業行為可能對海纜設備造成不良影響	捕魚作業造成海纜損壞或造成海纜埋設深度減少，使輸電設備可靠度降低	3	5	15	1. 於規劃設計階段詳加調查漁業區域及捕獲方式，並將漁業行為可能造成之海纜損壞納入海纜埋設深度之設計考量 2. 保險	1	5	5
2	因風場鄰近海運航道，較頻繁船行/錨定作業可能對海纜設備造成不良影響	於正常或緊急狀況下造成海纜損壞或造成海纜埋設深度減少，使輸電設備可靠度降低	3	5	15	1. 於規劃設計階段詳加調查船舶路線及船隻規格，佈纜路徑已迴避高密度船舶路線，並將船行/錨定作業可能造成之海纜損壞納入海纜埋設深度之設計考量 2. 於電子海圖系統標示風場位置與範圍，降低船舶誤入風場之風險 3. 依照 IALA 規範設置燈號等警示設施降低船舶誤入風場之風險，並定期巡檢更新，確保警示設施可靠 4. 海纜循台電規劃之共同廊道上岸，避免四散於近岸海域 5. 保險	1	5	5
3	因風場海床多為砂質沉積物組成，可能受潮流而移動，造成沙	沙波 (sand wave or megaripple) 受潮流而移動，造成海纜埋設深度減少	3	4	12	於規劃設計階段詳加調查沙波影響範圍和程度，佈纜路徑應盡量迴避上述範圍，並將沙波可能造成影響納入海纜埋設深度設計考量	2	4	8
4	因海纜埋設鄰近港口，港口疏浚作業可能影響場設備	疏浚作業損壞海纜或造成海纜埋設深度減少	2	4	8	於規劃設計階段詳加調查疏浚區域及方式，佈纜路徑應盡量迴避疏浚區域	2	2	4
5	因本案場址鄰近海域之海上作業，可能影響場設備	如海上拋石、海上調查、休憩等行為造成海纜損壞或造成海纜埋設深度減少	2	3	6	應於規劃階段盡量迴避已知各類海上作業範圍來佈纜路徑，或選擇對海纜影響最小之方式進行	2	2	4
6	因鄰近海運航道，存有船舶碰撞風險	船隻碰撞風機或變電站設備或船舶受損	2	4	8	1. 於電子海圖系統標示風場位置與範圍，降低船舶誤入風場之風險 2. 依照 IALA 規範設置燈號等警示設施降低船舶誤入風場之風險，並定期巡檢更新，確保警示設施可靠	1	4	4