



工程

- ▶ 臺灣港群智慧港口的發展規劃及建設
- ▶ 港口對接聯合國永續方案之規劃及建設
- ▶ 配合國家能源政策於國際商港LNG接收站之規劃及建設
- ▶ 國際商港於離岸風電產業規劃
- ▶ 考慮雙向流固耦合效應之單樁式離岸風力機支撐結構受地震作用之分析與探討

智慧永續

港灣發展



臺中港首座離岸風電碼頭

臺中港106號碼頭

榮獲第20屆公共工程金質獎水利類一級優等

- 碼頭可作為風機材料輸入及組件輸出之主要碼頭。
- 後線可提供多功能用途兼供散雜貨裝卸使用。

總長度450公尺

設計水深-16.3公尺

碼頭主體結構寬度33公尺

臺灣港務股份有限公司於101年度配合政府組織改造，以「臺灣港群」為營運概念，整合基隆港、臺中港、高雄港、花蓮港、臺北港、蘇澳港、安平港等7大國際商港及布袋港和澎湖港2處國內商港，以提升港埠營運效能及企業化經營彈性，進而促進國際商港區域之發展，帶動區域產業經濟繁榮。

地址：804004高雄市蓬萊路10號 TEL：886-7-5219000





智慧永續 港灣發展

國際商港發展面臨市場變革的挑戰，不斷變動之國際政經情勢、疫情衝擊、港口間競爭與環保議題影響下，港口發展需營造兼顧流通與作業便捷之環境。朝善用先進科技為輔，以提升港口效能；藉引入多元服務，以創造價值優勢，並朝兼顧能源與環保發展演進，才能持續立足亞太，確保客、貨川流不息，成為國際樞紐及我國經貿發展基石。本專輯藉五篇文章闡述，概述我國國際商港在科技應用、能源與環保等議題之努力，與朝向智慧及永續發展之長遠期許。

特別報導

- 02 第71屆、72屆理事長交接典禮
- 04 施義芳理事長簡介
- 05 施理事長義芳的話
- 06 第72屆秘書長翁寶桂博士簡介

活動報導

- 07 GEOBIM 2020 Conference
- 08 109年度資源分享營

智慧永續 港灣發展

客座主編：張欽森 / 台灣世曦工程顧問股份有限公司
港灣工程部資深協理

- 15 臺灣港群智慧港口的發展規劃及建設 / 段人豪、彭成煥
- 25 港口對接聯合國永續方案之規劃及建設 / 陸曉筠、張展榮、蔡宗勳
- 37 配合國家能源政策於國際商港LNG接收站之規劃及建設 / 鍾英鳳、張欽森、王嫻文
- 44 國際商港於離岸風電產業規劃 / 鍾英鳳、張欽森、簡德深
- 59 考慮雙向流固耦合效應之單樁式離岸風力機支撐結構受地震作用之分析與探討 / 余嫻萱、蘇進國、許琦偉、宋裕祺

工程與技術

- 67 如何有效執行捷運統包工程之需求管理 / 林逸羣、于新源、王耀德

理事長：施義芳

常務理事：李世光 胡湘麟 許鈺漳 楊偉甫

理事：王宇睿 王錫欽 伍勝園 江秀丹

余信遠 宋裕祺 李順欽 杜俊

林聰利 俞克維 張武訓 莫仁維

陳仲賢 陳哲生 陳國隆 楊正宏

楊宗興 廖學瑞 歐善惠 鄭文隆

鄭光遠 賴建信

常務監事：廖慶榮

監事：李元唐 邱琳濱 高宗正 陳宗德

秘書長：翁寶桂

發行所：中國工程師學會出版委員會

主任委員：李元唐

委員：王宇睿 吳天寶 林建華 林根勝

孫幸宜 翁寶桂 莫仁維 陳哲生

陳榮貴 黃炳勳 楊正宏 廖學瑞

蘇程裕

總編輯：張鈺輝

客座主編：張欽森

編輯：李宥萱 李綺馨 林秀琴 袁雅玲

梁愛倫 許舜雅 蔣雪芬

聯絡地址：114710 臺北市內湖區陽光街323號

電話：(02) 8797-3567轉8200、8225、8234

傳真：(02) 8797-4585

會址：100026 臺北市仁愛路二段1號3樓

電話：(02) 2392-5128

傳真：(02) 2397-3003

網址：<http://www.cie.org.tw>

郵政劃撥：00059892

戶名：社團法人中國工程師學會

編印：英杰企業有限公司

地址：106411 臺北市大安區復興南路二段293-3號10樓之1

電話：(02) 2732-1234

行政院新聞處出版事業登記證局版臺誌0765號

中華郵政臺北誌字第721號執照登記為雜誌交寄入會申請手續請上本會網站查詢



第71屆、72屆理事長交接典禮

中國工程師學會第72屆理監事選舉已於109年11月6日舉行，會中經各會員代表投票選出27位理事、5位監事。學會續於11月20日召開第72屆第1次理監事聯席會議，在各理事的推舉下，由台灣世曦工程顧問股份有限公司施義芳董事長當選為本學會第72屆理事長。

第71屆、72屆理事長交接典禮於12月18日舉辦完成，交接當天，在邱琳濱常務監事的監交之下，廖慶榮前理事長將學會印信交

付到新任的施義芳理事長手中，儀式簡單隆重。現場計有前後任理監事、各委員會主任委員、各專門工程學會及相關公協會貴賓近80人與會。

廖前理事長於致詞時特別感謝理監事以及各委員會主任委員們過往的支持、協助與督導，並對新任施理事長表達祝賀之意，也期許中工會在施理事長的帶領之下開創一番新局。



▲ 第71屆廖慶榮理事長（左）將印信交接給第72屆施義芳理事長（右），由邱琳濱常務監事監交



▲ 出席理監事、主任委員及貴賓合影

施董事長亦以新任理事長身分致詞表示，很高興有機會為中工會服務，期盼未來在各位理監事及主任委員的支持與指教之下，將學會的精神更加發揚光大。同時表示中工會自成立以來，一直以國家發展為己任，在國家發展的各個階段中，都可以看到各領域的工程師孜孜矻矻付出的身影，如何將這些分散在各類工程專業中的智慧，融合成為政府與產業的磐石，是中工會應負起的責任。施理事長簡要說明在其任內的工作重點如下：

1. 匯集各領域工程師發揮社會影響力，成為政府信賴合作的長期中堅力量。
2. 落實各委員會功能，讓會員都有參與並貢獻心力的機會。
3. 加強各學科交流互動，打破學科界線，在不同領域中進行專業交流。
4. 促成跨界技術應用、資源整合與價值創



▲ 施義芳理事長（左）頒發榮譽會員證書予廖慶榮理事長（右）

造，協助政府提升國家整體競爭力。

施理事長接著代表學會頒贈廖前理事長榮譽會員證書及紀念品，感謝廖前理事長對學會的傑出貢獻。禮成後，新舊任理監事及主任委員齊聚一堂相互交流，所有出席與會貴賓於典禮後共同拍攝團體照留念。



施義芳理事長簡介

學歷：

國立高雄應用科技大學土木工程科技研究所
博士
國立中央大學土木研究所 碩士
國立臺灣科技大學營建系 學士

經歷：

第九屆立法委員
中華民國土木技師公會全國聯合會第八屆及
第九屆 理事長
社團法人臺灣省土木技師公會第九屆、第十屆
理事長及第十二屆 理事長（108年6月迄今）
臺北市土木技師公會第十屆及第十一屆 理事長
新北市土木技師公會第五屆 理事長
高雄市土木技師公會第十一屆 理事長
臺灣仲裁協會第二屆及第三屆 理事長
國立中央大學校友會 常務理事
國立高雄應用科技大學旅北校友會 理事長
國立臺灣科技大學營建系校友會 理事長
睿誠工程顧問（股）公司 董事長

技師：

民國 79 年土木技師高等考試



施理事長義芳的話

各位理監事、各位會員先進，大家好：

非常榮幸擔任第72屆中國工程師學會理事長一職，衷心感謝理監事們及會員的信任與支持。

當選，意味著責任的開始、是服務、更是使命。

回顧中工會自成立以來，一直以國家發展為己任，在國家發展的各個階段中，都可以看到各領域的工程師孜孜矻矻付出的身影，如何將這些分散在各類工程專業中的智慧，融合成為政府與產業的磐石，是中工會應負起的責任。

為此，義芳也為第72屆的中工會任期立下期許：

1. 匯集各領域工程師發揮社會影響力，成為政府信賴合作的長期中堅力量
2. 落實各委員會功能，讓會員都有參與並貢獻心力的機會
3. 加強各學科交流互動，打破學科界線，在不同領域中進行專業交流
4. 促成跨界技術應用、資源整合與價值創造，協助政府提升國家整體競爭力

再次感謝大家對義芳的支持，義芳定秉持初衷，努力擦亮中工會的招牌，讓中工會成為大家的中工會，為工程師服務。



▲ 第72屆施義芳理事長致詞



第72屆秘書長翁寶桂博士簡介

學歷：

吉林大學企業管理博士
國立臺北大學公共行政暨政策系碩士
東吳大學法律系學士

主要經歷：

立法院立法委員國會辦公室主任
立法院委員協會執行秘書
臺灣電視股份有限公司董事長秘書
臺北城市科技大學董事會秘書
財團法人大時代文教基金會執行長

工作經歷：

群曜醫電顧問
光群雷射顧問
大洋塑膠（常新欣業股份有限公司）顧問
力旺電子顧問
大豐有線電視股份有限公司發起人、顧問
英華威風力發電集團（達德能源）顧問
麥茵茲醫美集團顧問
苗栗縣關懷弱勢慈善協會理事長



秘書長的話

本人將秉持臨深履薄的態度，以承先啟後，繼往開來為努力的目標，全力以赴，如期、如質、如度、貫徹理監事會的決議；與理事長為擦亮中工會招牌所立下的服務、創新、交流到價值創造的期許。並且配合國家核心戰略產業政策，中工會更該擔負起培育優秀工程人才，成為國家智慧資本的搖籃，在國際競賽中，協助臺灣工程團隊進軍國際，讓臺灣的工程實力揚威海外。

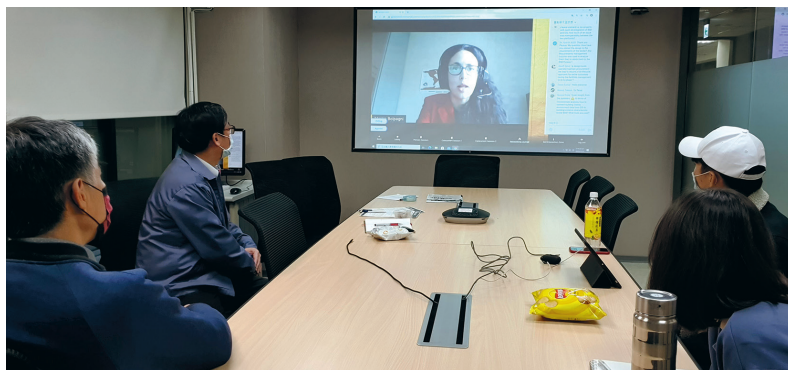
GEOBIM 2020 Conference

本學會受世界工程組織聯盟邀請參加 GEOBIM 2020 Conference 線上會議，活動於 109年12月3-4日舉辦，由對外關係委員會杜俊主委協調安排，邀請臺大土木工程學系電腦輔助工程組教授兼BIM研究中心謝尚賢博士、中興工程顧問股份有限公司周頌安總工程師及BIM聯盟會員代表出席。

GEOBIM是歐洲地區工程組織為促進工程技術所建立的重要平台，已成功舉辦多屆會議，本次會議主題為“Construction 4.0: Harnessing GEOBIM Readiness with 4IR Advancements”，邀請超過120位專家學者線上共同討論最新的技術及趨勢。



▲ 與會人員合影



▲ 參與線上會議



109年度資源分享營

109年度資源分享營於12月5日在國立臺灣科技大學隆重舉行，本次學生論文競賽分成工工組、資訊組、材料組、化工組、土木組、機械組、電子組、電機組等8組，共計34篇論文獲獎，由廖慶榮理事長、王錫福主委等頒發獎狀及獎金。

另會中頒發學生分會競賽獎狀與獎金，最高獎額3萬元，得獎名次依序為屏科大、彰師大、清華大學、中原大學、臺北市立大學與暨南大學。獲獎學生分會會員分別分享簡報與綜合討論，張武訓秘書長及委員會顏

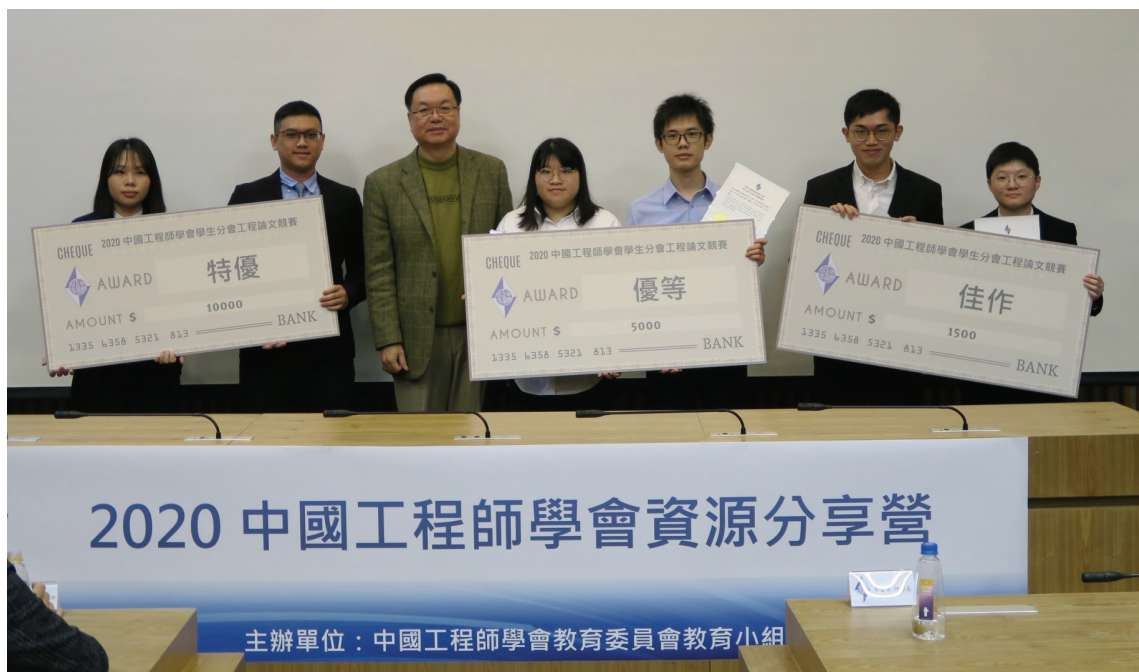
召集人、林委員、蔡執行秘書鼓勵同學們再接再厲，結合中工會的平台與資源更發揮效應。



▲ 國立成功大學王振興特聘教授演講



▲ 與會人員合影



▲ 廖慶榮理事長頒獎

本次分享營邀請曾獲傑出工程教授獎的國立成功大學王振興特聘教授演講「AI技術應用於未來工程之影響」，王教授強調工程師要技術和創業並重，又因世界進步太快，同學們務必努力躍進。另邀請綠學院創辦人楊雅雲女士演講循環經濟社群經營心法，特別強調講求精「準」。

感謝教育委員會王錫福主任委員兩年來的領導，教育小組顏怡文召集人，蔡孟霖執行秘書用心盡力籌辦，青年工程師委員會林元生委員提供同學們活力訊息和經驗分享。

學生論文競賽的踴躍及學生分會的活躍



▲ 綠學院創辦人楊雅雲女士演講

正是廖理事長兩年前上任時的期許，今天展現的成果，正符合期許的驗收。廖理事長與張秘書長特別出席與會予以肯定、感謝與鼓勵。



智慧永續港灣發展—專輯序言

台灣世曦工程顧問公司港灣部資深協理 / 張欽森

國際商港發展面臨快速市場變革的挑戰，在不斷變動的國際政經情勢、疫情衝擊、亞太港口競爭與環保議題等因素影響下，我國國際商港需同時具備便捷流通的作業環境、善用先進科技輔助經營及提升港口效能與效率、藉多元服務內涵以創造價值優勢，兼顧全球能源與環保發展之趨勢，才能持續在亞太地區立足，確保貨流與客流川流不息，並成為國際樞紐及我國經貿發展之基石。本專輯擬概述我國國際商港在科技應用、能源與環保等議題之因應，與擬朝向智慧及永續港灣發展之長遠期許。

一、科技應用面臨課題

第四次產業革命以來，數位轉型已成為各行各業重要的發展趨勢，而海運及其關聯產業亦逐步朝向智慧化轉型，除解決現行港埠經營的課題，提升作業效率、安全、降低長期營運成本，並期與相關利害關係人進行資訊銜接、分享，以維持國際競爭力。我國

國際商港發展在科技應用部分，擬分別就智慧港口、自動化設備、資訊平台三大類進行說明。

(一) 智慧港口

世界港口在不同時代背景下，因應當代需求衍生出不同定位及機能，2010年代起邁入智慧港階段，各先進港口多應用新興科技於營運管理、港埠作業等輔助及決策工作，試圖解決現代營運管理型態改變等問題，我國港口發展亦持續朝推動智慧化轉型方向發展，除利於與國際趨勢銜接、維持競爭力外，亦可解決我國港口營運所面臨之課題。

1. 國際各大港口、物流商、航商為因應多元化航運與港口發展之需求，致力導入最新科技，以提升服務與管理品質
因應國際貿易型態多元化，國際物流商、航商等業者多應用新興科技以強化服務水

準及效率，而港口為前述產業服務的提供者，更應具備足夠的技術銜接條件，方能結合地理位置、經濟能量，以發揮我國港口之最佳優勢。

2. 我國港口面臨勞動力減少，勞力成本增加等問題

我國高齡及少子化現象日漸顯著，衍生出勞動力不足的隱憂，港口作業需大量人力以維持運行，因此將面臨人力資源逐漸短缺的問題，為維持港口運作及服務品質，應儘早思考替代傳統人力工作之方法，同時節省所需營運成本。

3. 國際港口先進技術未必能符合我國港口需求

國際上，許多標竿港口所引進之科技項目及應用模式雖可供參考，然各港貨運量、客運量、土地容量、管理制度及發展目標等條件均有不同，其做法不一定適用於我國各港，因此應針對實際需求進行診斷，方能規劃引進適當之技術項目及應用標的。

4. 港口正值轉型發展階段，港口規劃與營運者須有相關技術與科技應用能力，以提升港口發展的格局

未來的港口發展著重在靈活的營運方式及強化科技的應用，藉以提升港口作業效率與管理價值，港口經營管理人才需具備相關知識與實務操作能力，才能加以導入與推動。故應重視營運管理能力訓練與人才培養，才能不斷提高港口經營與管理格局。

(二) 自動化設備

自動化設備於港口的應用，包含陸上自駕車、無人搬運車、裝卸機具，海上載貨船、作業船、海事機器人，及空中無人機等，皆可利用自動化輔助機制或自動駕駛技術，應對作業人力短缺、海上事故發生等問題，然該等技術尚待更多研究、實驗與精進，惟港口也需提早思考未來自駕船實際投入時，可能之因應配套策略。因此，現階段港口與技術開發業者可共同合作，扶植未來自駕產業的發展。

1. IMO設定自動駕駛作為國際船舶發展之重要方向

2017年IMO海上安全委員會將「自駕船規範制度論點整理」納入議題，預計2020年完成自駕船相關規範擬定；另2017年英國船級協會Lloyd's Register發表「LR Unmanned Marine Systems Code」，彙整無人船之性能要求，並界定自駕船分級及定義，NFAS、MASRWG等船級協會亦相繼著手擬定規範指南，顯示自動駕駛技術之應用可能為未來重要的發展方向。

2. 港區船舶作業勞動力不足或人為操作錯誤易導致海上事故

船舶駕駛、貨物裝卸及陸面運輸等作業中，人為失誤可能造成危險，而自動化設備的精準操作及危險迴避功能可降低事故發生率，例如自駕船和自動搬運車的衝突



迴避功能、橋式機控制系統的遠端操控功能等，除可提升作業精準度，亦減少對人力的需求。

（三）資訊平台

航運整體作業流程繁複，衍生關係人間資料拋接的需求，如航商、貨物代理、港灣作業業者、棧埠作業業者、倉儲業者、物流商、海關、疾管單位等不同單位間，資訊傳遞與進度動態顯示均致重要，因此近年關係者間資訊聯繫多採電子化、無紙化方式，以期增加效率，而我國現有資訊平台尚有發展空間。

1. 國際港口營運商及航商致力開發物流資訊平台、提升資訊傳遞速度已成為趨勢
貨物海運牽涉關係人廣泛，導致資料分散，傳遞效率低。近年國際港口營運商及航商致力開發物流資訊平台，透過標準化格式提高跨業者間資訊的聯結度，如國際大型航商積極加入TradeLens、GSBN等平台，顯示如何讓資訊傳遞速度提升已成為趨勢。
2. 既有平台尚未與國際標準連結，部分物流作業流程尚未電子化，不利國際接軌
我國雖已開發港口物流運作之相關資訊平台，但部分功能重複及資訊分散，造成資訊斷鏈的問題，不利於整合作業。此外，若未依循國際標準格式或編碼方式，將不利我國系統與國際系統的接軌，將降低國際航商使用我國港口的意願。於2020年

受大爆發的新冠肺炎疫情影響，導致許多國際業者無法直接到現場作業，國外港口為減少疫情對港區物流、通關順暢度之影響，積極改善作業流程數位化程度，以線上作業替代現場作業，成功做到數位轉型並與國際接軌。

二、能源與環保因應面臨課題

我國資源較為匱乏，能源需求主要來自進口，惟近年全球環保意識高漲，政府因此提出能源轉型政策，包含提升對液化天然氣（LNG）能源之需求與推動發展離岸風電等綠能政策，該等需求的推動過程，港口設施均扮演著重要的關聯角色。另外，港口自身的減碳及空污控管已成為國際間重視之議題，我國港口應持續跟進國際的發展趨勢，建設更綠化及環保之港口營運環境。我國國際商港發展在能源轉型與環保因應部分，說明如後。

（一）能源轉型政策

全球能源的使用，朝向綠能低碳發展已成趨勢，並以低碳排量的液化天然氣及零碳排之離岸風電為主，相關說明如下：

1. 增加液化天然氣之利用
 - (1) 因應我國燃氣需求目標（2025年達到50%）持續關注LNG接收站容量充足性。
目前臺灣中油於永安港及臺中港均設有



LNG接收站，未來中油在觀塘港及臺電在臺中港、協和電廠皆會建設新的LNG接收站，以因應我國2025年能源供給需求達50%燃氣之目標。預期2024年將解決我國LNG設備供給能力不符需求之課題。雖然短期內設施容量可滿足國內需求，長期而言，港灣發展仍需持續關注我國LNG使用概況及需求變化，即時調整因應方向。

2. 離岸風電政策之推動

(1) 離岸風電發展為我國重點能源政策，港口須配合政策提供適宜之發展空間

離岸風電產業為我國重點能源政策，其中離岸風電主要設施包含水下基礎、葉片、風機、塔架等，皆需透過港口運送，且需相關零組件上下游廠商之支持，爰港口須配合政策提供合適之發展空間，並善用我國港口自貿港區模式來發展風電產業。

(2) 現有風電產業專區配置較為分散，需評估集中配置之方法

由於離岸風電設備屬於大型零組件，若相關產業專區配置較為零散，其大型零組件之港內運輸，將易產生與既有港區其他貨物運輸動線的衝突；相關作業船亦可能影響貨運船隻進出港之效率及航道安全，故評估出適當的集中配置方法，將有利於產業發展與港口運作。

(二) 環保意識提升

環保意識提升為國際趨勢之一，針對國際港口間所重視課題及國內需因應部分說明如下：

1. 國際海運環保發展趨勢

(1) 國際上，日益重視港口營運在減少碳及空污排放、減少能源消耗等環境議題，並提出各項綠色港口應依循之標準

國際上，如歐洲海港組織（ESPO）指出前三大港口環保課題為空氣品質、能源消耗、氣候變遷；世界港口永續發展計畫（WPSP）也將氣候能源作為永續發展之主題。顯示國際貿易組織相當重視港口相關的環保議題，並期能加以改善與解決。未來我國亦應依循國際環保趨勢，追求再生與環境保護。

(2) 全球LNG動力船持續發展，我國應評估港口相關加注設施設置之需求

全球LNG動力船舶持續成長中，預計全球至2025年LNG動力船舶數量將達全球船舶數之5%。周邊國家如日本、中國大陸、新加坡、南韓將LNG加注服務視為港口基礎功能，已開始提供加注相關服務。然我國港口尚未有LNG加注服務，未來仍需掌握實際LNG船舶發展概況，評估設置之必要性與需求。此外，有關使用LNG所生低溫廢水處理問題、防災安全問題亦應同時關注，以掌握風險與處理方式。



2. 國內環保法規因應

(1) 須因應國內相關環保法令，減緩港口發展對生態之衝擊

我國與港口相關之環保法規包含海岸管理法、空氣汙染防制法、濕地保育法等。港口需因應相關環保規範，減緩港口發展對生態衝擊。例如持續推動岸電設施、加裝再生能源發電設施（例如太陽能），減少港區碳排量，或增加使用潔淨能源比例，如增加LNG能源使用、減少高硫燃油之排放，減緩對港區生態所生衝擊。

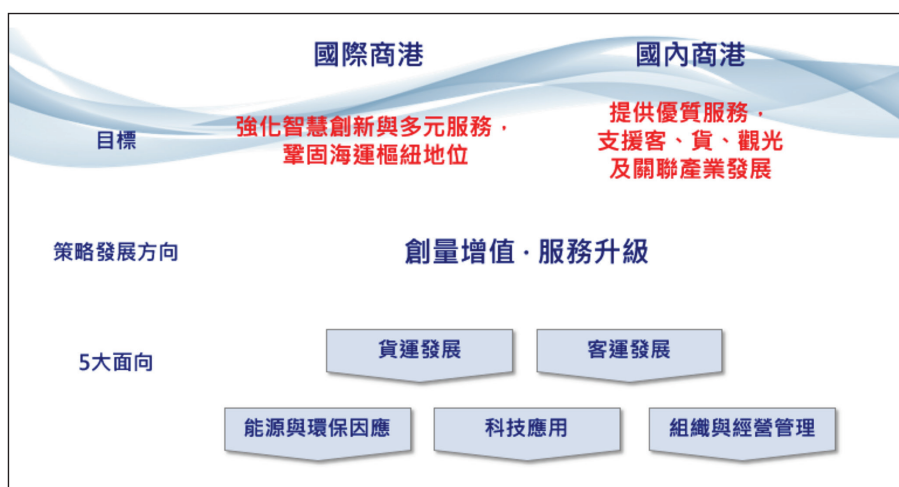
創量增值指出港口發展需持續創造貨流與客流，增加貨品價值及客單價，提升港口收入以達永續經營。而服務升級則指面對多變的市場環境，商港營運者應從使用者觀點持續提升服務品質，確保長期競爭力。國際商港將以此為發展依據。

在前述策略方向下，其進一步將眾多議題歸納為「貨運發展」、「客運發展」、「能源與環保因應」、「科技應用」、「組織與經營管理」等5大面向，並提出發展策略及中長期發展方針，架構如圖1所示。

三、商港發展目標與策略架構

國際商港整體發展規劃（111~115年）提出未來商港發展目標為「強化智慧創新與多元服務，鞏固海運樞紐地位」，並提出「創量增值，服務升級」的策略方向。

本專輯擬以其中「科技應用」與「能源與環保因應」二面向作為主題，期能增加讀者對我國港灣擬逐步朝向智慧、永續發展的長遠期許有所了解。



資料來源：交通部運輸研究所，商港整體發展規劃（111-115年）。

圖 1 國際商港整體發展規劃（111~115年）商港發展目標架構圖



臺灣港群智慧港口的發展規劃及建設

台灣世曦工程顧問股份有限公司電機部副理 / 段人豪
台灣世曦工程顧問股份有限公司電機部計畫工程師 / 彭成煥

關鍵字：智慧港口（Smart Port）、第五代行動通訊技術（5G）、人工智慧（AI）、區塊鏈（Blockchain）

一、前言

臺灣為四面環海之海島國家，在促進國際貿易和地區發展中，港口發展有舉足輕重之作用，全球約90%的貿易由海運業承載，因此港口已然成為全球經濟的核心基礎，隨著時代與科技的發展，各國港口的發展從工業化、資訊化、自動化到智慧化，以提供使用者多元服務及提高運作效率，確保港口在國際間的競爭優勢，綜觀國際各標竿港口智慧化之發展方向，近年來多導入物聯網（IoT）、第五代行動通訊技術（5G）、人工智慧（AI）、區塊鏈（Blockchain）等新科技，應用於整合港口與物流鏈系統、優化港埠營運系統以提升效能、加強港口安全與防護，並強調環境保護與能源永續，台灣港口智慧化發展在臺灣港務公司與政府的長

期努力之下，已有相當成果，目前持續導入新興科技應用於港務營運流程進行優化，逐步打造「效率」、「安全」、「永續」的智慧港口。

二、全球智慧港口發展趨勢

隨著新興技術的快速發展，新一代港口的發展潮流是智慧港口，然目前全球對智慧港口的發展尚無統一定義與整體架構，綜合所收集國際標竿港口智慧化發展之路徑可以發現，各港均依循建構軟硬基礎建設、資訊數位化、資訊整合及共享，促進海運鏈間資訊共用，並將人工智慧（AI）、區塊鏈（Blockchain）、物聯網（IoT）、第五代行動通訊技術（5G）及無人載具等（詳圖1所示）新興科技應用情境融入到既有港務



圖 1 智慧港口應用新興科技發展示意圖

營運流程中進行優化，逐步打造「效率」、「安全」、「永續」的智慧港口，而國內智慧海空港服務產業小組亦提出「建構智慧軟硬體基礎設施，營造優質發展環境」、「建立資訊共享平臺，提升營運決策效率」、「導入智慧科技，提升海空港營運管理效能」建議，與國際智慧港口發展趨勢相呼應。

三、智慧港口應用新興科技案例

全球智慧港口應用新興科技案例不勝枚舉，茲列舉5G、人工智慧（AI）、區塊鏈技術及應用案例，分述如下。

（一）第五代行動通訊技術（5th Generation Wireless System）

5G具備「高速度」、「低時延」、「多連結」特性及提供區域內大量設備之連線能力，能實現物聯網、車聯網通訊及智慧製造等應用，國際各標竿港口透過5G技術發展自動化碼頭及無人搬運車等應用，並透過物聯網技術，蒐集港區如洋流、氣候及交通等資訊，再透過大數據統計及人工智慧（AI）分析，藉此紀錄分析港口運輸環境，增進港口運輸效率及提升貨運量，如表1所示，考量港口特殊環境，5G發展將改變目前船舶、港口、貨物間之資料傳遞與互動方式。

(二) 人工智慧 (AI)

人工智慧 (Artificial Intelligence, AI)，是指以人工方式來實現人類所具有之智慧的技術，人腦是藉由多重神經傳遞運算，做出複雜的判斷，AI運算邏輯如圖2所示，為模擬

人腦結構，在外部資料進入時，已創造多層類別標籤，用以加總邏輯分數，最後推斷出可能的結果，在多層模型建立時，須餵入大量的原始資料，提供電腦建立正確的模型，以得到更加精準決策，各國AI在港口應用彙整如表2所示，如透過航運物流巨量資料分

表 1 國際港口應用 5G 技術案例

港口名稱	測試計畫	應用項目
深圳海西貨櫃港及青島港	中國通訊 vs 華為測試中心	無人化智能碼頭、遠端控制港口營運
Cargotec 港	LTE vs Nokia 兩年 5G 測試計畫	遠端控制港口營運
鹿特丹港	鹿特丹港與 IBM 物聯網合作實現數位化運營	利用物聯網 (IOT) 技術，蒐集處理分析即時水 (水文)、天氣 (氣象) 感測器資料和通信資料
新加坡港	吉寶企業 vs PSA vs 通訊管理局測試 5G 技術	遠端控制與自動導引車輛系統
漢堡港	HPA vs 德國通訊 vs Nokia	指派系統、交通流量控制、3D 眼鏡監控施工現場

資料來源：參考文獻 [3]

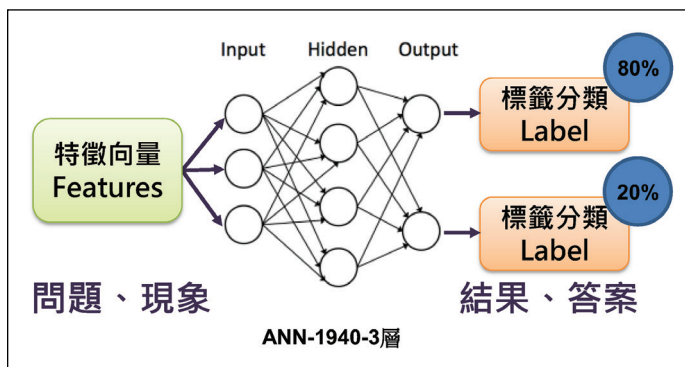


圖 2 AI 運算邏輯示意圖

表 2 國際港口應用 AI 技術案例

港口名稱	測試計畫	應用項目
上海港	洋山四期貨櫃碼頭	無人化智能碼頭、遠端控制港口營運
高雄港	Trans-SMART	自動化門哨系統
鹿特丹港	港內航運連網	AI 分析即時水文、海氣象和通信等資料，供船舶自動航行進出港與停泊使用。
新加坡港	第四代貨櫃港 (CP4.0) 之建設	貨櫃自動存取系統、自動導引車與自動裝卸起重機進行貨物運輸
漢堡港	智慧化港口管理方案	船舶及貨櫃車預計抵達時間、貨櫃車停車管控、虛擬倉庫、門哨管理

資料來源：參考文獻 [3]



析，發展新的航運商業模式，以降低作業成本及提高碼頭、櫃場、倉儲的調度，大幅提升港口效率。

(三) 區塊鏈 (Blockchain)

區塊鏈主要將資料分別儲存在不同的雲端上，計算和儲存都是分散式的，每個節點都需要自我驗證、傳遞和管理，去中心化的核心宗旨讓使用者可不依靠管理機構和硬體

設施達到資料共享性，2018年1月IBM與馬士基 (Maersk) 合作推出全球航運區塊鏈解決方案TradeLens區塊鏈平台，所有參與區塊鏈之利害關係人 (stakeholders)，如貨主、航商、報關行、海關、理貨業及港口管理單位、陸地運輸物流業者乃至收貨人等，都可以利用這個平台進行業務流程及訊息交流，區塊鏈應用架構如圖3所示，以確保鏈上所有成員可取得一致性且正確資訊。

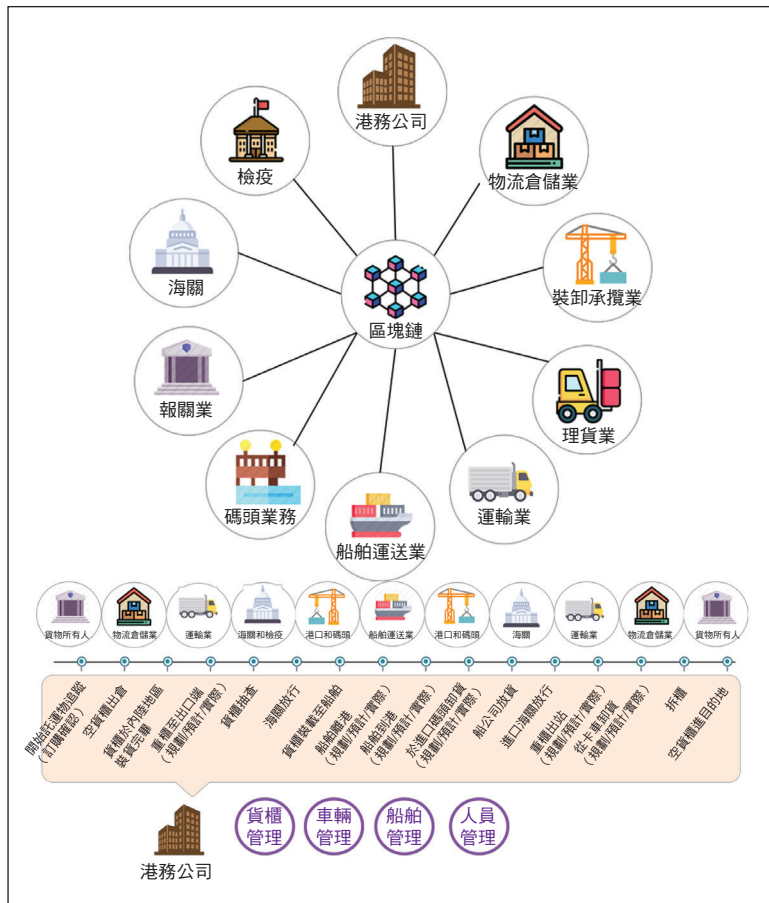


圖 3 區塊鏈資料傳遞架構示意圖

四、國際標竿港口智慧化發展

國際港口繁多，茲列舉歐洲最大港－鹿特丹港、東南亞－新加坡港、德國最大港－漢堡港在港口智慧化之發展現況，分述如下。

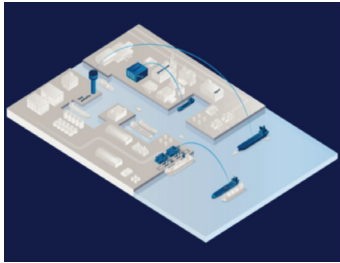
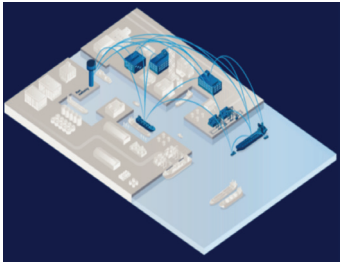
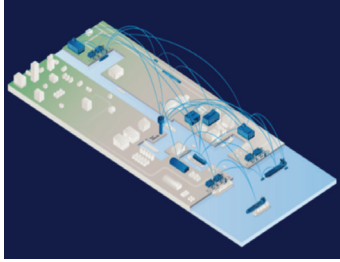
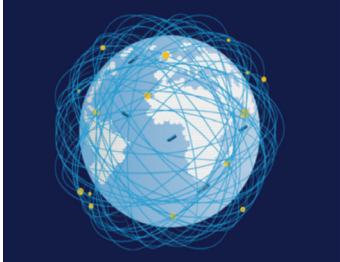
(一) 鹿特丹港

鹿特丹港為歐洲的最大港，一直是歐洲貨物海運的中心，也是亞洲貨物到達歐洲最重要的轉運港，鹿特丹港每年須處理超過4.61億噸的貨物，並為超過14萬艘船舶提供服務，因此鹿特丹港務局（Port of Rotterdam Authority, PRA）利用物聯網技術改善港口經營環境，於鹿特丹市到北海一段長達42公里

沿岸，安裝IoT感測器，蒐集各式各樣的數據，包括潮汐與潮流的水氣濕度和天氣氣象資料、溫度、風速與風向、水位高度、泊位的可用性、能見度及船舶航行資訊等數據，透過雲端物聯網技術連接數據並進行分析，供鹿特丹港管理層進行擬訂決策的參考及依據，如減少船舶等待時間、協助判斷船舶最佳靠港、裝卸貨物的時機、最佳的船席停靠規劃以等，能讓港務管理單位能更精準地預測船舶在港內行駛之最佳時機，同時使船舶能夠在安全、便捷地出入鹿特丹港及提供最佳化的作業調度。

鹿特丹港務局提出智慧港口發展四個階段的藍圖規劃，如表3所示。鹿特丹港智慧化

表 3 鹿特丹港智慧港口發展進程彙整表

第一階段：港口各項資訊數位化	第二階段：港口系統整合
	
第三階段：物流鏈整合	第四階段：全球物流鏈的連結
	

資料來源：參考文獻 [4]



發展策略及行動方案摘錄整理如表4所示。

(二) 新加坡港

新加坡港位於東南亞，同屬海島型國家，土地狹小也缺乏天然資源，其高效率的海關、便捷的進出口貿易流程，主要為結合國貿易資訊平台National Trade Platform及TradeNet等公共電子平台結合，讓航運生態系基本實現了運作過程自動化與無紙化，在進出口貨物時，可透過平台申請進出口許可證、申報海關、安排和追蹤貨運、申請融資等手續，相關文件資料（如發票和許可證等）也以數位形式儲存在平台後端的資料庫可供隨時取得，實現政府部門、船運、商務、物流、金融和法律等服務機構共同運作，以及電子商務和通關服務單一平台、

單一窗口，改善航運的經營效率、安全性和透明度，使得新加坡港更加高效，更加具有競爭力。新加坡港智慧化發展策略及行動方案摘錄整理如表5所示。

(三) 漢堡港

漢堡港是德國最大的海港，也是歐洲最佳轉口港之一，因土地有限，漢堡港務局強調科技優化效率是唯一的方式成長，因此港口智慧化發展以智慧能源（smartPORT energy）、智慧物流（smartPORTlogistics）為兩大發展策略。智慧能源主要為降低港口相關能耗與排汙，包括鼓勵再生能源旗使用、提高能源使用效率及促進創新和環保交通工具的使用三個目標，使漢堡港成為永續能源旗艦港。智慧物流主要為增進港口經

表 4 鹿特丹港智慧化發展策略及行動方案彙整表

願景	目標	發展策略	行動方案		
			效率	安全	永續
兼顧效率與永續的智慧港口領導者	全球樞紐及歐洲產業核心	1. 港內航運聯網。 2. 全球最智慧的港口。	1. 移動式物流鏈辨識與監控系統。 2. 港務資訊標準化。 3. 交通運輸供應鏈優先計畫。 4. 跨國區塊鏈貨櫃運輸。 5. DELIVER 全球自主貨運平台。 6. Boxinsider 貨櫃追蹤機制。 7. PortXchange 全球港口網絡。 8. BlockLab 區塊鏈創新研發。 9. 智能貨櫃 Container 42。	1. Navigate 路線規劃系統。 2. RiverGuide 內港導航規劃器。 3. 鹿特丹港沿岸物聯網應用建置 (IBM & Cisco)。 4. 浮動實驗室。 5. IoT 平台建設與感測器布建。	Pronto 平台

資料來源：參考文獻 [4]

表 5 新加坡港智慧化發展策略及行動方案彙整表

願景	目標	發展策略	行動方案		
			效率	安全	永續
成為全球性的互聯，創新和人才海事中心	<ol style="list-style-type: none"> 1. 擴大和深化海洋結盟 2. 加強相互聯繫和網絡影響 3. 發展充滿活力的海洋創新生態系統並促進數位化 4. 培養具有全球思維的多技能海事人才 5. 建立新加坡為全球海事標準 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 提高收集、傳輸和分享資料的水準 2. 建置全國性的感測器網絡 3. 推動港口數位化 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 船舶調度系統 2. 海事單一窗口平台 3. 無人機應用 4. 自駕船應用 5. 自動導引車 6. 海洋創新實驗室 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 電子海事地圖 2. 海事感測器布建 3. 下一代船舶管理系統 (VTMS) 4. 自動碼頭 5. 自動堆場 6. 海事事件及狀態感知系統 7. Gas-Free 檢查應用程式 8. SAFE 海上事件識別分析專案 9. 整合港口指揮、控制、通訊、資訊系統 10. AI 影像分析人員違規行為 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 綠色和社區融合的港口。 2. 投入建造 LNG 船

資料來源：參考文獻 [4]

濟效率，利用物聯網以及雲端計算之技術，將港區路運及海運交通資訊整合，提供船舶及貨櫃車較佳的進港時機及交通動線，促進港口運轉效率的最佳化，讓漢堡港為更有效的管理及使用現有港口設施。漢堡港智慧化發展策略及行動方案摘錄整理如表6所示。

五、臺灣港群智慧港口的發展藍圖

臺灣港務公司借鏡國際標竿港口智慧化發展趨勢，研析港埠作業現況與經營課題，導入創新科技提升港口效能，提出臺灣港群Trans-SMART計畫 (Transform Sustainable, Modern and Advanced ports with Revolutionary Technology)，擘劃我國智慧港口發展藍圖，計畫以創新、優質、永續為願景，如圖4所示。

Trans-SMART計畫以航港產業及港埠活動為核心，內容涵蓋海側、陸側二大構面，並以船、車、貨、人為核心，擬定各項具體行動方案，在海側部分包含「船舶操航智能輔助系統」、「物聯網海氣象即時資訊系統」、「智能港灣調度整合系統」及「海事機器人」，陸側部分則有「智慧監控管理系統」、「港區智慧交通系統」、「自動化貨櫃碼頭」等方案，如圖5所示，以帶動臺灣港群朝智慧化轉型，並以打造安全、效率及環保之智慧港口之目標。

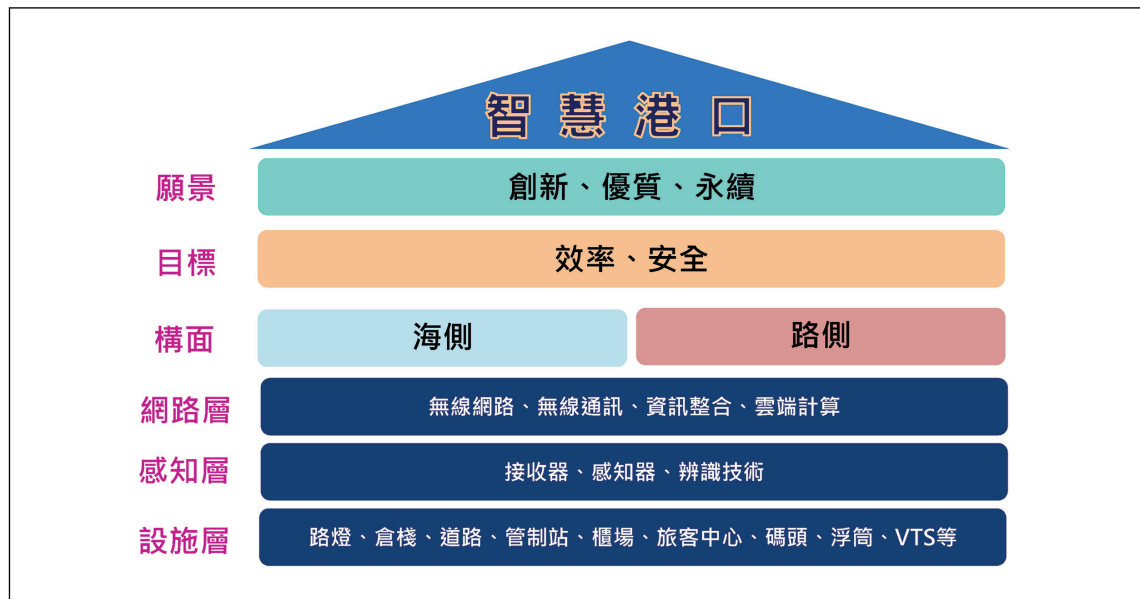
臺灣港務公司逐年檢視資訊化規劃與Trans-SMART計畫推展的成果，目前已進入智慧化發展的下一階段，逐步往資訊整合及共享的階段發展，如圖6所示，未來智慧化發展首在將Trans-SMART計畫成果延續至各



表 6 漢堡港智慧化發展策略及行動方案彙整表

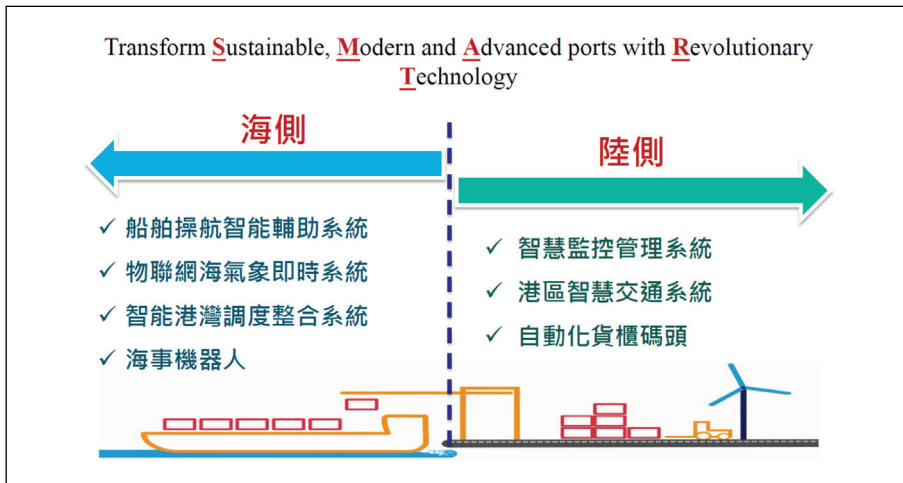
願景	目標	發展策略	行動方案		
			效率	安全	永續
擴大集裝箱吞吐、土地開發戰略以及加強公路、鐵路及水路等交通基礎設施，增加漢堡港的價值	<ol style="list-style-type: none"> 1. 智慧能源 (smartPORT energy)：降低港口相關能耗與排汙，讓漢堡港成為永續能源港，保護環境和氣候 2. 智慧物流 (smartPORT logistics)：增進港口經濟效率，創造漢堡港更多的價值，保證安全和預防危害，以融入全球供應鏈的一環 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 連結亞洲、斯堪地那維亞半島的港口，通往中歐和東歐 2. 提供高質量的職業培訓和就業環境 3. 根據經濟原則進行透明交易 4. 發展綠色港口 5. 根據需要拓展與港口相關的基礎設施 6. 鼓勵再生能源的使用、降低依賴傳統能源 7. 從基礎設施、交通流、貿易流，應用資訊科技 (IT) 設施 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 提供即時交通狀況信息 2. 即時鐵路數據傳輸 3. 港口基礎設施移動裝置監督系統 4. 為讓空櫃最小化引進虛擬存儲空間 5. 港口停車管理 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 港口監控裝置 2. 智慧維護，使用平板電腦或智能手機等移動終端設備進行監控維護 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 使用可再生能源的土地電力 2. 港口內電動汽車普及化 3. 風能、太陽能 and 生物能源等可再生能源使用

資料來源：參考文獻 [4]



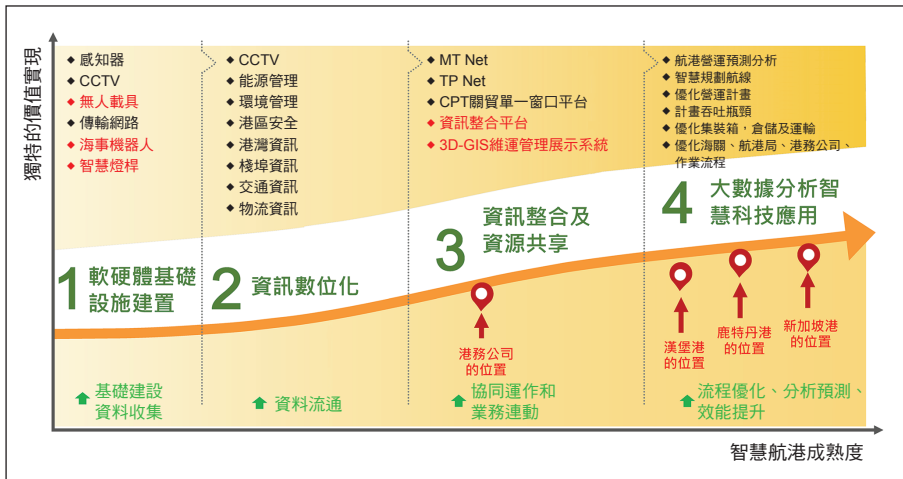
資料來源：參考文獻 [3]

圖 4 臺灣港群智慧港口發展架構



資料來源：參考文獻 [3]

圖 5 臺灣港務公司 Trans-SMART 推動現況



資料來源：參考文獻 [3]

圖 6 港口智慧化發展路徑示意圖

港，以持續建構各港軟體硬體基礎建設，後續推動智慧化方向將朝向內、外部資訊整合及資源共享，透過大數據分析達到優化預測分析服務，並於適合發展與推動新興科技試驗場域進行驗證，如無人載具、5G等技術，當各新興科技成熟後逐步擴大應用，以推動我

國航港朝向智慧化方向發展。

六、結論與未來發展

綜觀國際標竿港口智慧化發展項目，均主要以航運、物流、碼頭作業、交通、港口



管理等面向，導入創新科技應用及兼顧環境永續，來提升整體港口運作效率及安全，以提供更優質的服務，符合臺灣港務公司Trans-SMART規劃以「創新」、「優質」、「永續」為願景，「效率」、「安全」為目標的智慧港口發展藍圖，在航運港埠實務及作業上之應用，以及未來之機會及挑戰，建議如下：

1. 持續推動交通車流分析與規劃於各商港整合與聯外道路即時資料，以提供用路人完整港區交通資訊，並以港區各項數據進行大數據分析，針對港區車流進行預測，提供貨櫃車作為進出港路線及時間之參考。
2. 發展資訊整合平台，依其系統目的統一收容港區資訊，並作為資訊發布中心，預期可加速運輸流程、提高營運管理成效等效益。
3. 持續建置輔助導航設施、優化各港船舶交通管理系統（Vessel Traffic Service, VTS）功能、進行海氣象資訊整合及電子海圖更新，並導入新一代船舶操航智能輔助系統（Vessel Traffic Management Information Services, VTMISS）架構，進行船舶航行安全資訊整合，提供使用者及管理者完整、單一資訊介面，以達到提供船舶安全可靠之港灣服務目標。
4. 提供新創科技產業與服務試驗場域，發展概念性驗證案（POC），針對已屬成熟之智慧科技，將透過獎勵方式，促使業者於港區導入智慧科技應用，如無人船、無人

機、無人搬運車及水下機器人等，以驅動產業創新發展，提升港埠營運管理效能。

5. 目前船班、申報文件、貨櫃等資訊等，分散於各港口產業主要利害關係人，除不易查詢調閱外，易發生資料正確性及版本不一致之情形，可評估國際海運資訊平台未來發展趨勢，鼓勵港口產業主要利害關係人加入國際物流平台，以有效獲取物流貨櫃資訊及進行貨櫃追蹤管理。
6. 透過ICT、水下機器人、無人機、感測器等設備及BIM、3D-GIS技術之應用，促進檢查診斷及數據分析技術的發展，以提高港區管線、設施保養、檢修等工作效率，透過設施智慧化管理，有效延長設施之生命週期及降低故障造成之運作損失，以落實港埠永續經營之理念。

參考文獻

1. 林暹耀，物聯網技術應用於智慧港口及碼頭作業之研究，交通部運輸研究所，108年。
2. 臺灣港務公司，臺灣港群智慧港口發展藍圖，107年，https://www.epaper.twport.com.tw/?act=epaper&cmd=detail&ad_id=20181023001。
3. 臺灣港務公司，臺灣國際商港未來發展及建設計畫整體規劃報告，109年。
4. Port of Rotterdam, Port of Rotterdam Authority launches new Pronto application, 2018, <https://www.portofrotterdam.com/en/news-and-press-releases/port-of-rotterdam-authority-launches-new-pronto-application>。
5. Port of Singapore, Port Development of Singapore, 2018, <http://www.mpforum.org/uploads/xcpdf/2018-06-19/5b29085fa4083.pdf>。
6. Cisco, Port of Hamburg Paves the Way With Europe's First "smartROAD", 2015, <https://www.globenewswire.com/fr/news-release/2015/06/03/1271443/0/en/Port-of-Hamburg-Paves-the-Way-With-Europe-s-First-smartROAD.html>。



港口對接聯合國永續方案之規劃及建設

國立中山大學海洋環境及工程學系副教授 / 陸曉筠
臺灣港務公司安平港營運處資深處長 / 張展榮
臺灣港務公司職業及安全衛生管理處經理 / 蔡宗勳

關鍵字：綠色港（Green Port）、生態港（Eco-port）、聯合國永續發展目標（SDG）、世界港口永續方案（WSP）

摘要

世界大型商港與城市多為相互依存的關係，也讓港口的永續化發展在近代受到高度重視，肩負經濟重責的港口運作如何做到與環境、與城市、與周邊社區共存？歐美澳日等大港紛紛提出綠色港、生態港等政策及行動方案，冀望以環境友善之作為引領下一個世代的產業發展。航運為一全球性產業，當氣候與環境變遷壓力日益增加下，2017年國際港埠協會（International Association of Ports and Harbors）決定發起建置世界港口永續方案（WSP），對接聯合國2030永續發展目標（Sustainable Development Goals, SDGs），以氣候與能源、韌性基礎設施、安全和保安、社區和港口城市的對話、治理與

道德五個面向提出全面性之作為，港埠的環境友善不再是環保或職安單一部門的業務，而是整體產業鏈結應投入的責任。

一、國際港口永續發展趨勢

港口肩負一個國家及區域間之經濟重責，也需要在環境與社會關係做很大的權衡，港口環境因頻繁地船舶航行、停靠、補給、貨櫃進出等操作，加上因港而生的周邊大型產業，港口周邊地區往往面臨空氣、水質、底質污染的風險，不僅嚴重影響環境及生態體系，同時也與港口之永續經營及周邊社區的健康發展相衝突。因此，近幾十年來，環境友善之港埠發展已成為全球各大航運國積極發展的重點目標之一，美國及澳洲



等國主要稱之為「綠色港 (Green Port)」，歐洲及日本等國主要以「生態港 (Eco-port)」做為論述。由這些昔日的海上霸權國家，不難看出其企圖以「綠色」、「生態」及「永續」的港埠發展，再次領導世界海洋權力及航運的動向 (陸，2013)。

「綠色港灣」或「生態港灣」的定義依不同的國家而異，2005年美國長堤港 (Port of Long Beach) 港務局提出「綠色港灣」政策 (Green Port Policy)，是一套具積極性、全面性、且具整合協調功能的方法，冀望藉此減低港埠運作時對環境所產生的負面影響 (The Port of Long Beach, n.d.)。而「生態港灣」(Eco Port) 的概念於1990年代同時在歐洲及日本發酵，根據日本國土交通省的定義，生態港是政府意識對環境的責任，而提出「與環境共存 (co-existing)」的港埠。歐洲海港組織 (European Sea Ports Organisation, ESPO) 於1993年成立，隔年便發展出一套環境法規，展開友善環境的宣示，1997至1999年完成「生態資訊計畫」(Eco-Information Project)，提供港埠管理單位環境管理的工具及相互溝通的平台，1999年「生態港基金會」(EcoPorts Foundation, EPF) 成立，2002年展開「生態港灣」(EcoPorts) 計畫，旨在「強化歐洲的港埠操作為具有環境意識，並藉此提供資訊交換及影響評估之平台」(交通部運研所，2012)，無論是「綠色港灣」或「生態港灣」，都是以改善港埠營運模式及港區環境為

目的，強調不僅重視經濟效益外，能朝向發展減低污染、提高生物多樣性、復育環境、結合周邊社區利益等多目標性的港埠經營模式 (邱文彥，2008)。

進一步瞭解國際與港口及環境相關之環保公約，以利臺灣港群綠色港口策略之擬訂，初步由聯合國國際海事組織 (International Maritime Organization, IMO) 針對綠色航運 (Green Shipping) 制定之規範制度，以及全球國際環境相關之公約來看，研究初步依關注的議題分類為海洋、空氣、有害廢棄物、氣候變遷等 (表1)，其中以1973年簽訂的「防止船舶污染國際公約」(International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, MARPOL) 對航運影響最大，也同時涉及空氣、海洋等不同的污染議題。

近期預期影響最大的為IMO成員國分別在第70屆海洋環境保護委員會 (MEPC-70)，決議2020年1月起船舶採用硫含量0.5%以下之低硫燃油燃料；以及IMO於第72屆海洋環境保護委員會會議 (MEPC 72) 通過之協議，內容為「在2050年前將航運業的溫室氣體 (GHG) 總排放量較2008年減少50%」，除對航運業在船舶設計及營運的規範外，港口部門被認定在此議題上應扮演關鍵角色，目前開始因應的港口多採以經濟誘因的獎勵方式，如提供優惠給進行船舶減速或認定為綠色船舶的船隻 (美國長堤港、巴拿

表 1 航運涉及之重要國際環境公約

議題面向	公約	目標
海洋污染	倫敦公約（防止海洋環境受拋棄廢棄物或其他物質污染公約）	規範海拋行為
	防止船舶污染國際公約	規範油污、裝載有害液體物、污水、垃圾、空氣污染等相關評估與要求
空氣污染	蒙特婁議定書	管制 CFS，明定 CFS 和海龍的削減時程
	防止船舶污染國際公約	船舶的排放標準，包括：消耗臭氧層的物質、氮氧化物（NOX）、硫氧化物（SOX）、揮發性有機化合物、船上焚化設備、燃油質量等
有害廢棄物	巴爾賽公約	禁止有害廢棄物越境移動及規範在國內處理原則
	鹿特丹公約	締約國在輸出受禁用與限制使用之化學品與農藥前，必須先通知進口國並獲得預先同意始得輸出
	斯德哥爾摩公約	針對 12 項長效性有機污染物採取國際管制行動
氣候變遷	氣候變遷框架公約	公約強調對應氣候變遷是世界各國責任，但因各國發展狀況不同，容許各國負有不同責任
	京都議定書	減少溫室氣體排放，管制 38 個已開發國家及歐盟的溫室氣體排放
海域生態	生物多樣性公約	確保各國採取有效行動遏阻對物種、生物自然生長環境及生態系統的破壞
	控制船舶有害防污系統國際公約	使船舶停止使用對海洋環境釋放毒物的防斑垢手段，減少對海洋生物的潛在傷害
	國際船舶壓艙水及沉積物控管公約	處理外來種生物隨船舶壓艙水體入侵的問題

馬運河管理局)、或以排放交易稅控制總量(中國上海的碳排交易),英國港口更在今年提出2025年零排放的計畫。

歐盟生態港埠之綠色指南(Green Guide)自1996年起便持續追蹤分析所有通過認證港埠之重大環境議題,進而彙整出綠色港口前十項關注議題,由最近2018年的統計資料可了解歐洲港埠注重環境議題的變化趨勢(圖1),由於這些議題均對應到各國港口因應之行動方案及策略,通過認證的臺灣港群可加入此歐洲港群之知識平台,分享共同面臨之解決方案。由歐洲的統計可發現空氣品質自2013年起便同樣列為最關注的議題,

相對應的解決方案也較多,空氣污染每年在歐盟約造成40萬人的提早死亡,花費數千億歐元投注在與健康相關的外部成本,目前歐洲委員會努力落實法律的執行面,並針對成員國提出的關鍵污染物(如二氧化氮 NO_2 、微小顆粒 PM_{10} 等)訂定管制的訴訟程序,政府部門也以改善空氣品質並符合歐盟標準為目標。值得關注的是自2016年起,能源消耗便位於第二高需要關注之議題,另外,氣候變遷在2017年首次位於前十名的關鍵議題中,並在2018年攀升至第七位,可見氣候變遷的影響已快速被航運及港口管理者關注,也開始採取行動以調適氣候變遷影響並實現《巴黎協定》的目標。在歐洲的港口中,有



資料來源：ESPO Environmental Report 2018

圖 1 歐洲生態港近二十年關注環境議題之變遷



八成的港在開發新的基礎設施時均會將氣候變遷的因子納入考量，代表氣候變遷與港口的關係逐漸密切。根據分析，有59%的歐洲港口正採取調適措施來適應氣候變化，並有41%的港口因氣候變化而有運營挑戰，如更頻繁的暴風雨、洪水、風或波浪變化等。

在歐盟的生態港埠群中有超過一半的港口提供OPS站（岸電），高壓OPS站為商業船舶所需，但對電力徵收能源稅一直為船舶使用岸電最大的障礙。目前，船上使用海洋燃料電力是免稅的，在瑞典、德國和丹麥已根據《能源稅》可暫時降低船舶的岸電使用稅率。從2016年以來，儘管存在稅收的障礙，但高壓OPS站的使用在歐洲增加24%，在歐盟生態港埠群中，為綠色船舶提供的收費分級是港口普遍的做法，有54%的港口以此方式獎勵永續船舶的運營。整體而言，歐洲的港口逐年在環境保護和永續發展給予承諾和進步，通過認證的港口數量逐年增加，港口透過有系統地監測可提供更利於科學的證據，進一步提高環境報告的信效度。在過去幾年中，歐洲港口對噪音的監測也明顯增加，且港口與當地社區的關係議題排名提升至第四，說明港口與鄰近城市競合衝突的重要度將越來越受到重視。

二、臺灣港口朝向永續發展重要課題

臺灣航運政策亦因應全球永續發展之趨勢，為符合節能減碳等施政方向，交通部

持續推動永續綠運輸，且於民國102年便通過臺灣港務公司所提出之「臺灣港群綠色港口推動方案」，由「旅運」、「貨運」、「港口環境」、「城市/社區發展」四大面向訂定短、中、長期發展策略及行動方案計畫，落實臺灣綠色港口之發展。航運為全球性之產業結構，在與國際趨勢及環境保護標準對接上，臺灣港群不但參與國際港埠協會（International Association of Ports and Harbors, IAPH）、太平洋港口協會（APEC Port Services Network, APSN）等港口營運管理之國際相關組織，同時也通過取得國際綠色港口相關認證，其中以通過歐洲生態港口認證（EcoPorts Certification）最具代表。臺灣港群中高雄港於民國103年通過認證，成為亞太地區第一個取得EcoPorts認證之港口，目前七港均通過生態港認證並持續更新。繼國際生態港認證，臺灣港群也積極發展在亞洲地區環境友善系統，分別在民國107、108年由臺北港及臺中港代表，申請成為APEC推動之綠港獎勵系統港埠（Green Port Award System, GPAS），呈現臺灣港群在港口永續發展的推動效益。

綠色港口為臺灣港務公司整體的環境發展目標，但各港因環境與產業型態各異，所面臨的問題及綠色港口行動方案也不同，在通過歐洲生態港認證過程中，港群需審慎檢視自身前十項最需關注之環境議題，並依此訂定指標、行動方案及示範案例，表2為目前七港前十項環境議題，空氣品質、廢棄物、



表 2 臺灣港群目前關注之十大環境議題

關鍵議題	蘇澳港 (105年)	安平港 (105年)	臺中港 (106年)	基隆港 (106年)	高雄港 (107年)	花蓮港 (107年)	臺北港 (107年)
1	空氣品質	水質	空氣品質	空氣品質	空氣品質	揚塵	空氣品質
2	揚塵	空氣品質	土壤污染	垃圾/港埠廢棄物	船舶排放	噪音	揚塵
3	垃圾/港埠廢棄物	揚塵	垃圾/港埠廢棄物	噪音	垃圾/港埠廢棄物	船舶廢氣排放	車輛廢氣排放 (包括貨物裝卸)
4	噪音	垃圾/港埠廢棄物	河流污染	河流污染	危險貨物	車輛廢氣排放 (包括貨物裝卸)	危險貨物
5	港埠陸域發展	海洋沉積物污染	揚塵	危險貨物	港埠發展	空氣品質	垃圾/港埠廢棄物
6	與當地社區之關係	噪音	港埠陸域發展	船舶廢氣排放	海洋沉積物污染	水資源回收	港埠陸域發展
7	貨物溢漏處理	危險貨物 (處理/儲存)	船舶污水排放	船舶污水排放	土壤污染	貨物溢漏處理	疏濬: 處置
8	車輛廢氣排放 (包括貨物裝卸)	船舶排放 (污水)	危險貨物 (處理/儲存)	貨物溢漏處理	與當地社區之關係	水質	港埠水域發展
9	能源消耗	疏濬: 處置	港埠水域發展	車輛廢氣排放 (包括貨物裝卸)	陸域棲息地/生態系統損失	與當地社區之關係	噪音
10	船舶排放 (污水)	船舶廢氣排放	工業排放至空氣	水質	能源消耗	垃圾/港埠廢棄物	能源消耗

資料來源：臺灣國際商港未來發展及建設計畫，臺灣港務公司

噪音、揚塵等幾乎成為前幾大關鍵議題，促使各港提出各自的策略，在關鍵議題中亦可評估不同港埠的差異性，在四大商港中，陸域棲息地及生態系統損失的議題僅出現於高雄港、臺中港與基隆港對市區進入港池河川污染的關注度較高、花蓮港因產業的特性特別強調揚塵之議題。

前述氣候變遷及碳排放為國際港口關注的趨勢，目前能源相關議題僅出現在臺灣港群的高雄港、臺北港及蘇澳港，且相對應的關注比重都較輕，在歐盟的生態港群中，氣候變遷議題在2017年出現，2018年迅速增加

其關注度，但此議題目前尚未出現在臺灣港群關注範疇中，未來可預期國際航運對環境的要求會越來越高，例如前述國際海事組織（IMO）同意將在2020年採用硫含量0.5%以下低硫燃油，在2050年航運業至少減碳50%，相信未來能源及氣候變遷相關之議題將為臺灣港群需要關注之重點之一。

在制度上，目前臺灣港務公司於綠色港口認證已建立一套環境管理的機制，每兩年定期重新檢視各港之環境政策、環境目標與關鍵議題，到法規清單、評估指標與行動方案之建立，同時定期公開相關資

訊及示範案例。為提升港口在重要環境議題上之解決能力，歐洲海港組織針對各港所提出之港埠最佳實踐案例，提出以「建立範例 (Exemplifying)」、「促進效能 (Enabling)」、「鼓勵措施 (Encouraging)」、「參與執行 (Engaging)」和「強制執行 (Enforcing)」5Es管理策略，作為執行綠色港口環境管理策略之操作基本準則。從目前臺灣港群所提出之示範操作案例分析 (表3)，在四大構面中以「港口環境」之案例為主體，並偏向「建立範例」及「促進效能」之策略；未來建議除持續執行並滾動修正現有機制外，在鼓勵及參與執行之策略可逐步納入相關物流鏈及產業，擴大綠色港口之執行效益，同時增加構面中「城市/社區發展」與「旅運」的範例，減少推動綠色港口之衝突與挑戰。

三、港口永續責任 - 對接聯合國永續方案

前述世界港口均面臨全球環境變遷的共同壓力，同時間航運業、產業鏈、城市也面臨同樣的挑戰與困境，港埠被視為可作為地方及區域環境的轉換與整合者，並為氣候變遷、減緩與社會整合負責。這樣的趨向與聯合國永續發展目標一致，2017年國際港埠協會 (International Association of Ports and Harbors) 決定發起建置世界港口永續方案 (WPSP)，對接聯合國2030永續發展目標 (Sustainable Development Goals, SDGs)，目前美國港埠協會AAPA、歐洲海港組織

ESPO、國際港市協會AIVP、世界水運與基礎設施協會PIANC均為其中的策略夥伴。台灣港埠目前在認證制度的基礎下，已經發展建立港埠環境管理的基本架構及內涵，也因應各港環境與業務制定系統性之指標與行動方案，目前較欠缺評估整體對氣候變遷、社會區域在永續架構下的作為，對接世界港口永續方案WPSP可藉由國際港口聯盟的力量，建立台灣永續發展的架構，同時讓臺灣港埠現有的成果與國際交流分享。

世界港口永續方案WPSP分為氣候與能源、韌性基礎設施、安全與保全、社區與港市對話、港埠治理與道德五大面向，每一個面向均對接聯合國2030永續發展目標SDGs (圖2)，以下為五大面向之內涵與議題，每一個面向下均有世界港埠的實際操作方案，方案分為港埠及港埠相關產業、城市等共同夥伴兩大類，將港埠與整體環境視為一體，可提供較為全面之方案。

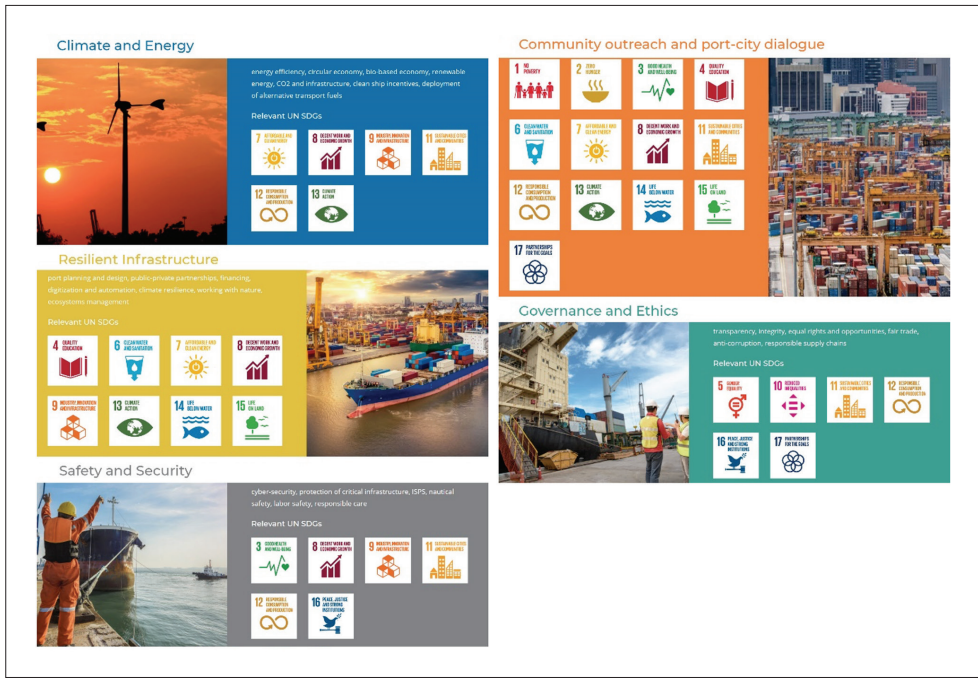
1. 氣候與能源Climate and Energy：港埠已加入巴黎氣候目標，該目標旨在將全球變暖保持在2°C以下，港口社區參與者可以合作或開發技術，以減少來自航運、港口和陸上的二氧化碳排放。另外，也可以採取主動行動，實現能源轉換改善空氣質量並刺激循環經濟。此面向解決之議題為能源效率、循環經濟、生物經濟、可再生能源、二氧化碳和基礎設施、清潔船舶激勵措施及替代性運輸燃料。



表 3 臺灣港群提出之綠色港口最佳實踐案例

港群	最佳示範案例	解決環境議題	目標構面
高雄港	車輛清洗池	空氣品質、揚塵	港口環境
	高明綠色科技碼頭	水質、空氣品質、能源消耗、車輛廢氣排放	貨運
	舊港蛻變再生計畫	與當地社區之關係	城市 / 社區發展
	棕地復育	土地污染	港口環境
	大宗散貨裝卸設施	空氣品質、揚塵	貨運
	港區船舶進出港減速資訊揭露	空氣品質	港口環境
	太陽能光電系統	氣候變遷、能源消耗	港口環境 / 貨運
	填海造地工程	疏濬、土方、危險物品儲運	港口環境 / 貨運
臺中港	臺中港生態及綠帶緩衝措施	與當地社區之關係、空氣品質、揚塵	城市 / 社區發展 港口環境
	綠色工法	陸域發展、空氣品質、揚塵	港口環境 / 貨運
	再生及綠色能源	能源消耗、空氣品質	港口環境 / 貨運
	港區道路節能照明	能源消耗、空氣品質	港口環境
	碼頭逕流水收集設施	水域水質	港口環境
	景觀綠美化	港區綠美化	城市 / 社區發展 港口環境
基隆港	碼頭逕流廢水處理	水質、海域沉積物污染	港口環境
	港區污水處理規劃	水質、海域沉積物污染、河流污染	港口環境
	24 小時自動環境監測站	空氣品質、噪音、揚塵、與當地社區的關係	港口環境
	軌道式電動門式機	空氣污染、全球暖化	港口環境 / 貨運
	微笑港灣工程	空氣污染、全球暖化	港口環境
	碼頭逕流廢水截流設施	水質、雨水處理、海域沉積物污染	港口環境
花蓮港	水資源銀行	水質、揚塵、雨水處理	港口環境
	北濱興建箱涵式外環道路	與當地社區之關係、噪音、陸域港埠發展	城市 / 社區發展 港口環境
	鐵路結合海運複合式運輸	空氣品質、與當地社區之關係	城市 / 社區發展 港口環境
	環境教育場所認證	與當地社區之關係	城市 / 社區發展
臺北港	24 小時自動連續環境監測系統	空氣品質、噪音、揚塵、與當地社區之關係	城市 / 社區發展 港口環境
	嘉北國際密閉式倉儲	空氣品質、噪音、揚塵，以及當地社區之關係	港口環境
	污水下水道納管	水質、海洋沉積物污染、港埠水域發展、棲息地 / 生態	港口環境
	貨櫃碼頭自動化操作	空氣品質、噪音、揚塵	貨運
	填海造地工程	空氣品質、噪音、揚塵、水質，以及港埠水域發展	港口環境 / 貨運
蘇澳港	太陽能發電設施	港口發展、能源消耗	港口環境
	水資源回收再利用	空氣品質、噪音、揚塵及當地社區之關係	港口環境
	港區疏浚土方回填區開闢工程計畫	港口發展、當地社區之關係、海洋污染	港口環境
安平港	紅樹林生態保育	土壤、水質、當地社區關係	城市 / 社區發展 港口環境
	大宗散裝貨密閉倉儲	空氣品質、揚塵	港口環境

資料來源：臺灣國際商港未來發展及建設計畫，臺灣港務公司



資料來源：WPSP

圖 2 世界港口永續方案 WPSP (對接之項目為 17 項聯合國永續發展目標 SDGs)

2. 韌性基礎設施 Resilient Infrastructure：與港埠相關的基礎設施需預測海上運輸和陸上物流的需求、適應氣候和天氣條件的變化，並與當地社區、自然和文化和平發展。此面向解決之議題為港口規劃和設計、公私合作、融資、數字化和自動化、氣候適應力、與自然合作、生態系統管理。
3. 安全和保安 Safety and Security：在港口中存在各種監管職責責任，以確保港內船舶和貨物運營的安全性，隨著全球恐怖主義和數位化的發展，安全問題須建立一個新的思維。此面向解決之議題為網絡安全、關鍵基礎設施保護、ISPS、航海安全、勞

工安全、負責任的照顧。

4. 社區和港口城市的對話 Community Outreach and Port-City Dialogue：港口社區參與者可以共同合作以解決港區內外的問題，例如腹地瓶頸、教育培訓和IT、市場營銷、創新以及國際化，而港口社區參與者努力與城市權益相關人溝通提供創新的跨界服務，並以此提高港口城市的吸引力和韌性。此面向解決之議題為權益相關人管理、永續發展報告、社區延伸、城港關係、就業、教育、空間規劃、港口性質、港口文化、港口運營外部性。



5. 治理與道德 Governance and Ethics：鼓勵所有港口社區參與者堅持高標準的道德規範和透明度。此面向解決之議題為透明、誠信、平權、機會、公平貿易、反腐敗、負責任的供應鏈。

在實際操作，WPSP下有不同操作的工作小組，以港埠氣候行動方案World Ports Climate Action Program (WPCAP) 為例，下有效率、政策、接船舶動力、燃料、設施五個工作小組，相關操作可供臺灣港埠建立各自港埠之氣候變遷因應架構。不同方案中也提出許多工具，如港埠碳足跡方案，Carbon Footprinting 工作小組提出不同目標（港埠直接來源、非港埠直接來源、港埠租賃操作）的碳足跡計算模式，可供臺灣港埠實際操作之架構參考。

四、臺灣港群對接聯合國永續方案

（一）臺灣港群永續方案藍圖

目前臺灣港務公司於綠色港口認證已建立一套環境管理的機制，每兩年定期重新檢視各港之環境政策、環境目標與關鍵議題，到法規清單、評估指標與行動方案之建立，同時定期公開相關資訊及示範案例。為了使臺灣港群能夠於2026年達成聯合國的17項永續發展指標，並能夠在接下來每兩年的生態港複檢中，持續實踐有利於港口永續發展之各項政策及目標，同時也能提出最佳實踐案

例。研究針對臺灣七大國際商港未來五年整體發展藍圖，以及過去於認證生態港過程中所提出的行動方案與最佳實踐案例，檢視其所對應之WPSP五大面向中符合的SDGs，再將各港口未來規劃項目列入綠色港埠評估中，提出臺灣港群對接世界港口永續發展之藍圖（圖3）。

在整體港群需符合的計畫下，各港因其定位及關注議題差異，強化及偏重的計畫有其差異性，基隆港在111-115定位為北部海運貨物進出及國際郵輪母港，近年最須關注之環境議題偏向空氣品質、港口廢棄物、噪音及河流污染，因此，重點規劃應包含可再生能源、氣候適應力、負責任的供應鏈、港城空間等；臺北港在111-115定位為北部海運貨物進出港、產業物流港及綠能產業港，近年最須關注之環境議題偏向空氣品質、揚塵、車輛廢氣及危險貨物，因此，重點規劃應包含循環經濟、可再生能源、氣候適應力、關鍵基礎設施保護等；蘇澳港在111-115定位為蘭陽地區貨物進出港及觀光遊憩港，近年最須關注之環境議題偏向空氣品質、揚塵及港口廢棄物，因此，重點規劃應包含可再生能源、權益相關人管理等；臺中港在111-115定位為中部海運及產業增值港、綠能中心及大宗物資儲轉港、臨港工商業發展基地、客運及觀光遊憩港，近年最須關注之環境議題偏向空氣品質、揚塵、港區危險貨物管理及船舶廢氣排放，因此，重點規劃應包含能源效率、循環經濟、可再生能源及氣候適應力



資料來源：臺灣國際商港未來發展及建設計畫，臺灣港務公司

圖 3 臺灣港群對接 WPSP 整體面向與定位

等；花蓮港在111-115定位為東部海運貨物進出港及觀光遊憩港，近年最須關注之環境議題偏向揚塵、噪音及船舶廢氣排放，因此，重點規劃應包含循環經濟、港口規劃設計、港城空間等；高雄港在111-115定位為洲際貨櫃樞紐港、智慧及物流運籌港與客運及觀光遊憩港，近年最須關注之環境議題偏向空氣品質、船舶排放、垃圾/港埠廢棄物、危險貨物及港埠發展，因此，重點規劃應包含能源效率、循環經濟、氣候適應力、網絡安全及權益相關人管理等；安平港在111-115定位為嘉南地區貨物進出港及觀光遊憩港，近年最須關注之環境議題偏向空氣品質、船舶排放及船舶貨物燃油溢漏處理，因此，重點規劃應包含能源效率、港口規劃設計、港

城空間等。

建設韌性基礎設施為港口逐漸重視的議題，也因為港口相關的產業鏈結日漸關注氣候變遷的問題，在歐洲的港口中，有八成的港埠在開發新的基礎設施時均會將氣候變遷的因子納入考量，代表氣候變遷與港口的關係逐漸密切。根據分析，有六成的歐洲港口正採取調適措施來適應氣候變化，並有四成的港口因氣候變化而有運營挑戰，如更頻繁的暴風雨、洪水、風或波浪變化等。目前臺灣港口尚未以因應氣候變遷之減緩與調適計畫，因此，參考國外港口的發展計畫，提出在未來五年提出整體港口韌性基礎設施計畫。



(二) 港口韌性基礎設施

在整體方案中，韌性基礎設施為下一階段應關注之重點，為解決氣候對港口的影響，同時也藉由減少氣候對港口產生之威脅，港口韌性基礎設施將協助港口做好因應調適氣候影響的準備及保護，也確保港口城市及港埠產業鏈結能為氣候目標及全球環境的危機作出貢獻，港口韌性基礎設施規劃之目標包括：1. 規劃及預測各港之關鍵基礎設施；2. 制定實施調適策略架構；3. 完成不同部門之基準排放清單並規劃未來的排放量；4. 確立關鍵之減排策略和措施。

港口韌性基礎設施計畫應針對不同極端氣候的影響施行各項行動，如：極熱產生對設施管線之影響、港埠運作效益及勞工安全等；乾旱對空氣品質及揚塵等之影響；海平面上升及淹水對港口基礎設施之影響等，適應策略分為短中長期的規劃：短期為制定相關政策並建立研究及監測系統；中期為規劃預算及關鍵的基礎建設；長期為調查因應災害的整體方案，並持續維護港口並調整其他基礎建設。

五、結論與建議

世界港口對於永續之承諾從「綠色港」及「生態港」的概念落實到對接聯合國永續發展目標 SDGs，背後之涵義從被動污染與衝突的解決，到主動成為永續主體，合作聯盟

的概念也從港群發展到港與所有產業鏈結、港與周邊城市共創，後續在永續的脈絡下進一步正視全球氣候的挑戰，成為永續韌性之港口。臺灣港群從綠港政策、生態港認證到下一階段對接聯合國永續之承諾，除落實企業應有的責任外，也增加臺灣港群的環境競爭力，成為世界永續港群的一份子。

參考文獻

1. The Port of Long Beach (no date), Port of Long Beach Green Port Policy, http://www.polb.com/environment/green_port_policy/default.asp, 2009/02/27.
2. The Port of Rotterdam (no date), Rotterdam Mainport Development, <http://www.maasvlakte2.com/en/dossier/detail/dossier/7/article/415>, 2011/01/16.
3. WPSP (no date), <https://sustainableworldports.org/>.
4. 邱文彥，「綠色港灣的概念與其對高雄港的意涵」，2008 高高屏區域永續治理研討會論文集，高雄，97 年：193-200。
5. 陸曉筠、李忠潘、陳陽益、薛憲文、吳濟華、黃紋綺。「臺灣綠色港埠建置之研究」。港灣報導季刊 96 (102 年)：26-32。
6. 交通部運研所。臺灣綠色港埠建置之研究(1/4-4/4)。101-104 年。



配合國家能源政策於國際商港 LNG 接收站之規劃及建設

臺灣港務股份有限公司業務副總經理 / 鍾英鳳
台灣世曦工程顧問股份有限公司港灣部資深協理 / 張欽森
台灣世曦工程顧問股份有限公司港灣部副理 / 王珮文

關鍵字：液化天然氣（Liquefied Natural Gas, LNG）接收站、天然氣、新能源政策、管理機制

一、前言

天然氣相對煤、石油等化石燃料屬潔淨低碳能源，天然氣每發一度電的碳排放量為燃煤的50%，燃油的65%，故擴大使用天然氣已成很多國家為因應二氧化碳減量排放及永續環境所採行方案之一。行政院於105年9月17日發布「為邁向2025非核家園目標推動新能源政策」，擬透過能源轉型與電業改革，以長、短期策略相互搭配方式，確保電力供應能力。為達成2025非核家園政策目標，政府對於已擬定各能源之使用比例；核能降低至0%、燃煤降低至30%、燃氣提升至50%、再生能源提升至20%。為達成燃氣提升至50%之能源政策目標，

國際商港設置接收站已成為無可避免的選項。

二、天然氣政策目標

民國98年全國能源會議（核心議題：永續發展與能源安全）總結報告，台灣將建構符合永續發展之低碳社會，其溫室氣體減量目標於105年至109年間回到97年排放量，於114年回到89年排放量；其在建構能源供應安全體系之健全能源儲運機制部份，將強化天然氣存量及儲槽與裝卸能量，將天然氣管線設置納入重要基礎設施，建構運輸供氣系統，推廣天然氣驅動車輛，並要求提高燃氣機組容量因數。



因應鄰國日本於民國100年3月11日發生福島核災事故後之衝擊，政府於同年11月3日宣布新能源政策將「促進低碳天然氣的合理使用，以保障供電安全」。經濟部能源局108年1月18日召開「公投後能源政策評估討論會議」，推估未來全國天然氣預估需求量，2025年為2,490萬噸，2030年為2,711萬噸（詳表1）。

三、國內液化天然氣（LNG）接收站建置現況

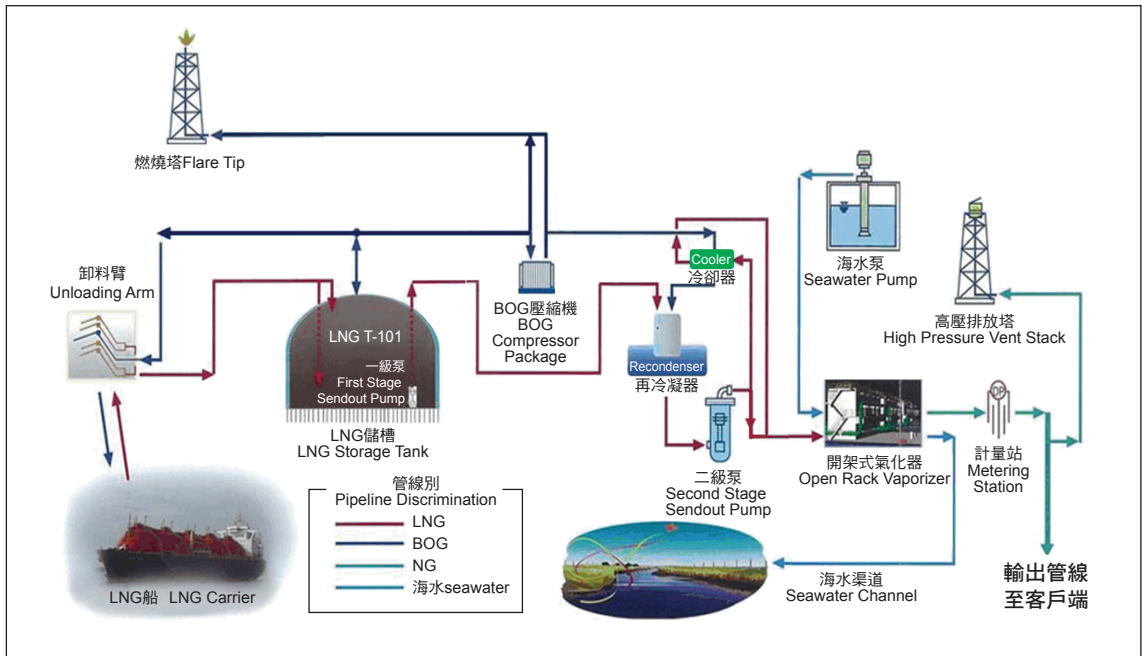
液化天然氣（Liquified Natural Gas，以下稱LNG）接收站主要作業程序可分為卸料、儲存、加壓、氣化、計量後經由輸氣管線輸送至客戶端，LNG卸收及製程概述詳圖1所示。

表 1 公投後能源政策推估全國天然氣預估需求量

單位：萬噸

年 份	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	
全國預估需求 (能源局推估)	1,670	1,674	1,688	1,893	1,962	2,042	2,490	2,393	2,432	2,591	2,661	2,711	
中油公司	觀塘第三接收站 (一期)				100	200	300	300	300				
	觀塘第三接收站 (二期)									350	450	550	
	台中接收站 (一二期)	600	600	600	600	800	800						
	台中接收站 (三期)						1,000	1,000	1,000				
	台中接收站 (四期)									1,300	1,300	1,300	
	永安接收站 (現況)	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050				
	永安接收站 (五期)									1,100	1,100	1,100	1,100
中油公司設備 供應能力	1,650	1,650	1,650	1,650	1,950	2,050	2,350	2,350	2,400	2,750	2,850	2,950	
台電公司	協和接收站						90	90	90	90	90	180	
	台中接收站				30	135	180	180	300	380	410	410	
台電公司設備 供應能力					30	135	270	270	390	470	500	590	
全國設備供應能力	1,650	1,650	1,650	1,650	1,980	2,185	2,620	2,620	2,790	3,220	3,350	3,540	
安全存量天數規範	7			8			11			14			
儲槽容積天數規範	15			16			20			24			

註：全國預估需求來源為「能源局公投後能源政策重新評估資料（108.01）」；中油公司需求與供氣能力資料來源為「台中廠港外擴建可行性研究」。



資料來源：本研究整理。

圖 1 LNG 卸收及製程圖

(一) 營運中的 LNG 接收站

國內現有兩座LNG接收站均由台灣中油公司（以下簡稱中油公司）負責營運，分別是位於高雄市永安區的永安LNG接收站及位於台中港西碼頭區的臺中LNG接收站，接收站現況如圖2及圖3所示。目前兩座LNG接收站的年總供應量約1,650萬噸，主要供氣對象為電廠，約佔80%，家庭民生用氣約佔13%，其餘則做為工業使用。永安LNG接收站屬「十四項建設」中「油氣能源計畫」，民國73年7月1日始造，於民國76年3月26日完工，並於同年4月啟用。臺中LNG接收站於民國93年9月開始籌建，民國98年7月正式商轉。

(二) 興建及規劃中的 LNG 接收站

1. 中油公司

因應政府能源轉型政策，加上國內天然氣需求逐年成長，中油公司為目前國內唯一的天然氣供應者，為符合天然氣事業法有關自備儲槽容積天數之要求，並滿足政府賦予穩定供氣的任務，現正於桃園觀音海域興建第三接收站及臺中港區進行擴建計畫。臺中港區的接收站擴建計畫包括於臺中港西11號碼頭興建第二席卸收碼頭（預計民國111年完工），同時於碼頭後側興建2座18萬公秉地上型儲槽。此外，搭配臺中港外港區之開發，擬於臺中港未來北填方區（III）區位，擴建



興建儲槽及相關氣化設施，以提升中油LNG儲槽容量，降低輸氣及營運風險，並充分穩定供應國內用氣需求，其區位詳圖4所示。

2. 台電公司

為配合政府2025年非核減煤及燃氣發電占比50%能源政策目標，台電公司已規劃於中部地區推動「臺中電廠新建燃氣機組計畫」及「通霄電廠第二期更新改建計畫」等

高效率燃氣複循環機組發電計畫；上述兩計畫年用氣量初估超過400萬噸，已達興建液化天然氣接收站經濟規模。因考量國內天然氣卸儲設備長期以來均有周轉率過高及安全存量不足的現象，台電公司為確保國內供電穩定與供氣安全，爰規劃113年起於臺中港外港區及工業專業區（II）自建LNG接收站，臺中港自建接收站區位詳圖3所示。



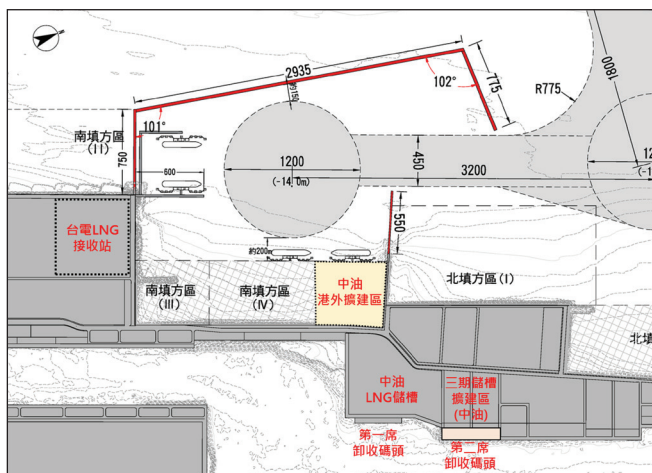
資料來源：本研究拍攝

圖 2 永安液化天然氣廠



資料來源：本研究拍攝

圖 3 臺中液化天然氣廠



資料來源：「臺中港40年期主計畫」，本研究整理。

圖 4 臺中港區中油公司及台電公司預定興建LNG接收站區位圖

協和電廠為北部主要供電來源之一，在配合能源政策及既有4部燃油機組於民國108年起陸續除役前提下，為因應北部地區用電需求，同時提升電廠整體營運績效及競爭力，降低二氧化碳與空污排放，台電公司持續推動「協和電廠更新改建計畫」，規劃更新改建為燃氣電廠，設置2部裝置容量約100~130萬瓩級燃氣複循環機組，總裝置容量為200~260萬瓩，其中新建之協1機規劃於民國114年7月取得電業執照及商轉。為供應電廠更新改建2部燃氣機組所需用氣，同時確保供氣穩定，該計畫將於協和電廠外海以填海造地方式自行興建LNG接收站，包含兩座16萬公秉地上型LNG儲槽，並於基隆

港航道兩側興建西防波堤與東防波堤，確保港池及卸收碼頭水域符合安全需求；並於西防波堤內側設置1席可停靠17.7萬公秉LNG運輸船卸收碼頭，及劃設直徑約650 m、水深CD.-18 m以上迴船池，其配置如圖5所示。

四、因應天然氣新能源政策國際商港所需扮演角色

由前節分析可知，為因應政府新能源政策，中油及台電兩家國營事業積極進行液化天然氣接收站的工程規劃與興建，由於液化天然氣接收站需引進海水將攝氏-162度的液



資料來源：「協和電廠更新改建計畫可行性研究」。

圖5 台電公司預定興建協和LNG接收站位



化天然氣氣化為常溫天然氣，且需滿足LNG船靠泊卸收安全，廠址選擇不易，故其選址多以現有國際商港作為興建計畫的區位。然LNG船所裝載的LNG性質特殊，與以服務航商為主要對象的國際商港如何共榮共存，亦有待進一步釐清。

(一) LNG 產業鏈區塊配置之關鍵課題

1. LNG能源產業須集中管理

國際商港辦理整體規劃之目標與精神，在土地產業之區塊發展上，係盡可能將相同的產業予以集中，避免相同的產業分散於港區各地，產生管理不易之情況。而在LNG產業之規劃上，考量其運載船舶的特殊性，則朝向遠離港區核心地帶為考量。基此，臺中港與基隆港之LNG產業規劃配置上均朝向外港區配置。

此外，從港區管理者角度來看，將屬性相同的產業予以整併係為較佳的管理方式，土地坵塊重整後，亦有利於港區土地活化再利用。而在臺中港區現況上，無論是台電公司或中油公司，其土地需求均位於西碼頭海側或工業專用區（II），且國際商港的整體規劃亦傾向將產業集中往港區南側規劃，重整後港區北側土地可重新開發為其他用途使用。另在基隆港區之土地配置上，因內港區可開發土地有限，加上基隆已為國際郵輪母港，以朝向觀光遊憩商業開發為主，為避免與定位發生衝突，故外港填地發展LNG為

唯一可行方式。

2. LNG碼頭區位考量外廓與管線卸收距離

LNG船所裝載的LNG性質特殊，於靠泊碼頭之興建區位選擇考量上有幾點需加以考量，包括操航安全、與往來船舶維持適當安全距離、碼頭與儲槽相關距離等；此外，LNG船需在穩靜水域進行卸收，故碼頭區位均需在有外廓堤條件下設置方有其效益。在此前提條件下，LNG碼頭需設置於有外廓遮蔽之水域，除可確保航道及碼頭維持所需之水深外，卸收碼頭上所設置的卸料臂及控制室等卸收設施，亦不受波浪侵襲而發生損壞，方可確保於卸收作業期間安全無虞。

(二) 臺中港與基隆港可擴建 LNG 接收站 區位合適性

1. 建置於臺中港外港區之合適性

配合政府能源政策之需求，在臺中港區部分，除中油公司已辦理相關LNG之儲槽與LNG碼頭建置作業外，且台電公司已規劃將台中電廠之燃煤機組陸續改為燃氣機組，以減少碳排放量及中部地區日益嚴重的空污問題。因此，未來LNG等潔淨能源需求勢必大幅成長。而臺中港在地處台灣西部海岸線中樞地帶，需配合政府LNG能源政策協助台電與中油公司提供必要之協助。此外，另配合整體規劃之精神，產業區位應盡可能將相同的產業予以集中，避免相同的產業分散於港區各地，產生管理不易之情況；在整體規劃



階段，遠期規劃之構想即將屬重工業或高污染產業，朝臺中港下風處與外海側佈設；此外，因LNG接收站主要需藉由LNG船載運並藉由碼頭進行卸收作業，而LNG船係屬高風險船舶，其碼頭與建置區位上應盡可能遠離港區核心地帶，降低可能如因操作不慎發生意外，進而衍生港區營運中斷之風險性。綜合上述，故台電與中油公司以臺中港港區西南側作為LNG接收站之基地，無論在風險、安全均已做充分評估及考量，已屬現況之最適區位。惟遠期階段，可搭配外港區之整體開發，再做適度擴建與調整。

2. 建置於基隆港外港區之合適性

基隆港在整體規劃策略上，客運以內港區為主，貨則移設至外港；目前協和LNG接收站計畫亦朝此方向佈設。然LNG船迴船池位於進港航道上，如LNG船於進出港過程發生突發事件，可能對港埠營運造成影響。雖佈設區位經台電公司研究結果均符合安全規範之要求，並經真實操船模擬確認操航可行性，然實際營運上仍有一定風險性，如LNG船靠泊期間，對郵輪進出操航影響性，未來正式營運前應加強實務操航作業，方可確保旅客安全。

(三) LNG 接收站營運與港埠營運之管理機制

國際商港配合政府能源政策提供土地作為接收站興建廠址，仍應建立相關管理機

制，並進行滾動式檢討，以避免影響原有服務航商之主要功能。中油公司於臺中港西碼頭區興建接收站，與臺中港務分公司簽訂土地租賃契約時訂有相關管控機制，需每年對商港區進出港船舶影響時間進行評估，達所設定之門檻時，即需啟動遷建之機制。此外，臺中港務分公司亦訂有「臺中港液化天然氣船進出港與繫泊作業規定」，包括限制LNG船進出港時間、拖船使用規定、天候條件的限制及LNG船繫泊船席作業相關規定等，以維護商港船舶進出的安全及服務功能。未來基隆港務分公司亦應參酌臺中港務分公司的執行經驗，訂定適當的管理規定，目的即為達成商港營運與LNG接收站可達共存共榮的目標。

五、結論

為配合達成2025非核家園政策目標，國際商港協助提供港區土地作為LNG接收站興建廠址已為不可避免之方向。除選擇適當區位作為LNG接收站的興建廠址外，考量國際商港的本質為服務航商提供運輸功能，應對LNG船進出及靠泊卸收作業，訂有完善的管理機制，並進行滾動式檢討，方能維護商港區其他船舶的作業安全。

參考文獻

1. 協和電廠更新改建計畫可行性研究，107年，台電公司。
2. 臺中港40年期主計畫，108年，臺灣港務公司。
3. 臺灣國際商港未來發展及建設計畫，109年，臺灣港務公司。



國際商港於離岸風電產業規劃

臺灣港務股份有限公司業務副總經理 / 鍾英鳳
台灣世曦工程顧問股份有限公司港灣部資深協理 / 張欽森
台灣世曦工程顧問股份有限公司港灣部計畫經理 / 簡德深

關鍵字：國際商港、臺中港、臺北港、離岸風電產業

摘要

為順應全球氣候變遷與節能減碳趨勢，政府積極推動離岸風電發展，並預定於民國114年達5.5GW發電目標，且在109年起陸續併聯電網。因離岸風機構件具大尺寸與高載重之特性，需提供寬廣土地供風力機構件組裝與儲放，同時亦需重件碼頭供組裝後之風力機組載運至離岸風場施作。此外，政府希冀結合國內離岸風力機相關組件業者，將離岸風力機之鑄件、葉片、發電機、變頻器、齒輪箱、塔架、電力設備、施工營造及運維服務、水下基礎、海底電纜、其他次零件等，採一條龍方式建立自主性技術。因國際商港具備離風場近、基礎設施完善與可使用土地充沛之優勢，故國際商港主要經營者—臺灣港務公司，積極辦理港口基礎建設之投資，同時針對離岸風電發展規劃四大營運主軸：「風機預組裝基地」、「風電國產化基

地」、「港勤運維」及「人才培訓」，希冀在整個離岸風場的四大週期內都能做為產業的最佳後盾，並將港區資源作最有效的利用，同時也為商港帶來新的發展動力。

一、前言

為提高臺灣港埠競爭力，政府於民國101年3月1日將港務機關管理與經營的角色分別成立「航港局」及「臺灣港務股份有限公司（TIPC）」（以下簡稱港務公司）。其中各國際商港之經營由港務公司以「港群」觀念統籌辦理，並以企業化精神推動國際商港事業發展。此外，為因應國內外經濟發展趨勢，國際商港每五年辦理一次整體規劃，並藉由滾動式檢討港埠需求，擊劃國際商港未來發展目標。基此，在經過多次五年整體規劃後，各國際商港之土地、碼頭與後線設施逐趨完善，除吸引貨櫃、倉儲、大宗原物料等航商及物流業者進



駐投資外，亦提供國內重要之電力、鋼鐵、石化、能源等民生重要產業進駐設廠，故國際商港已為臺灣不可或缺之貨運、能源、民生基礎產業之進出口基地。

近年來，為因應全球氣候變遷與節能減碳趨勢，國際間均已覓尋替代能源，風力、太陽能等綠色能源產業已成為國際積極發展重點，藉以減低對傳統能源之依賴，其中離岸風電產業為政府積極推動政策之一。港務公司為配合離岸風電政策之推動，於本期整體規劃（111~115年）中，除對各港原有之港埠發展需求進行檢討外，並積極規劃國際商港中風電重件碼頭，與風電產業鏈較適設置區位，並對離岸風電長期發展研提規劃構想與建設計畫，除可滿足政府能源政策外，並讓綠能、風電發展成為國際商港重要業務。

二、離岸風電發展歷程與推動現況

我國能源缺乏，石化能源進口依存度高，面對全球溫室氣體減量趨勢與國家非核家園共識，2011年3月11日日本大地震發生福島核災後，政府即於100年11月3日公布「確保核安、穩健減核、打造綠能低碳環境、逐步邁向非核家園」之能源發展願景，全力推廣再生能源，以太陽光電及風力發電為最關鍵發展項目，致力達成114年再生能源發電占比達20%，兼顧能源安全、綠色經濟及環境永續，穩健具體地落實政府推動再生能源及非核家園的目標。

臺灣海峽被國際工程顧問公司4C Offshore評定為全世界最優良的海上風場之一，為追求更穩定的再生能源來源，「離岸式風力發電」遂成為我國積極開發重點之一。經濟部能源局即於104年7月2日公告「離岸風力發電規劃場址申請作業要點」，劃設36處離岸風電潛力場址；並於106年8月16日奉行政院核定之「風力發電4年推動計畫」中，規劃由經濟部、農委會、環保署、交通部、內政部、文化部等進行跨部會合作，藉行政法規協調、基礎設施環境建構、環境及生態保護機制等面向，完善所需基礎配套，並確立「先淺海、後深海」模式，及「先示範、次潛力、後區塊」之3階段推動策略，以穩健推動風力發電，於114年達成4.2GW，包含陸域風電1.2GW，離岸風電3GW。

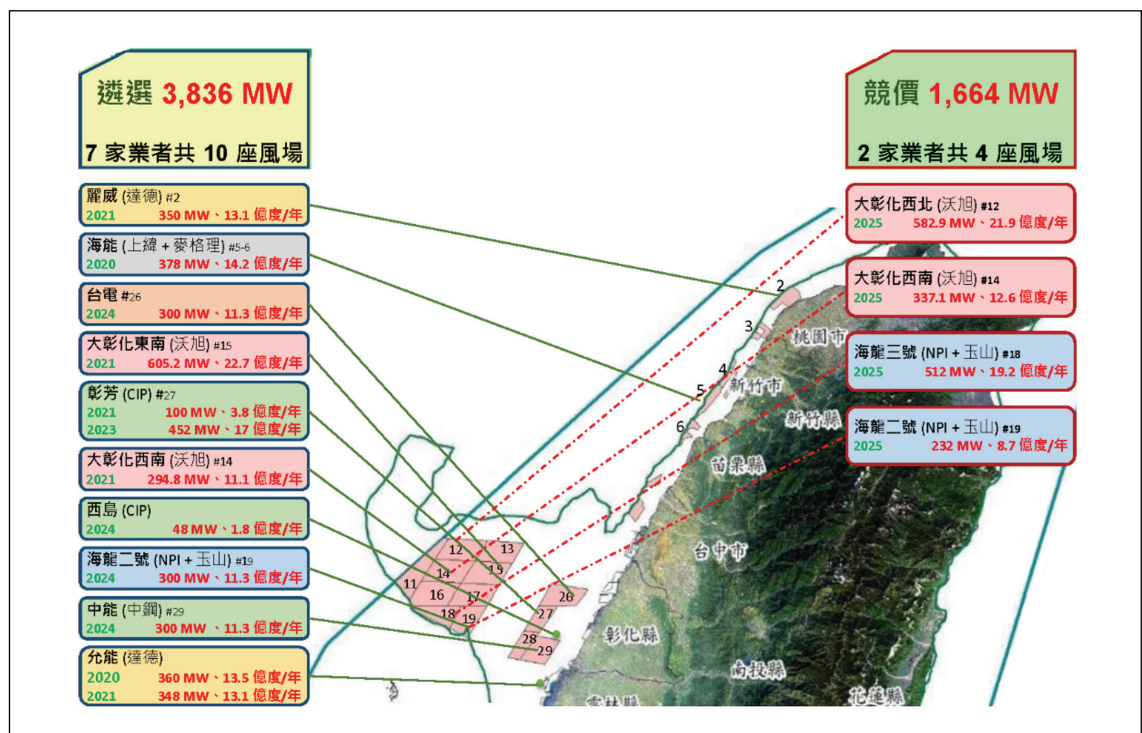
經濟部考量配合基礎設施建置期程、推動離岸風力發電產業發展及建構在地產業供應鏈，於107年1月18日進一步公告「離岸風力發電規劃場址容量分配作業要點」，採「先遴選3.5GW，後競價2GW」策略，以穩健有序的方式建置國內離岸風電，各場址規劃量詳表1所示。而目前離岸風電場址已於107年4月30日完成遴選作業，共核配3,836 MW；同年6月22日完成競價作業，共核配1,664 MW，遴選及競價合計共核配5.5GW，預計將於109至114年間陸續完成。經濟部能源局已完成遴選及競價作業，其遴選與競價之分配區位詳圖1所示。



表 1 離岸風電規劃場址彙整表

場址	籌備處	規劃量 (MW)	進度	場址	籌備處	規劃量 (MW)	進度
1	艾貴風能壺	256	備查失效	18	海龍三號	468-512	已備查
2	麗威	251	已備查	19	海龍二號	612-696	已備查
3	築能	151.8-159.3	備查失效	26	台電	812	已備查
4	竹風	410	已備查	27	彰芳	475	已備查
5 & 6	海能	555.45-736	已備查	27	海峽	500	備查失效
11	海鼎一	648-736	已備查	28	海峽	500	已備查
12	大彰化西北	598	已備查	28	福芳	500	備查失效
13	大彰化東北	570	已備查	29	中能	450	已備查
14	大彰化西南	642.5	已備查	非屬潛力場址	宇騰	232-239.7	備查失效
15	大彰化東南	613	已備查	非屬潛力場址	允能	632-707.8	已備查
16	海鼎二	666-760	已備查	非屬潛力場址	西島	305	已備查
17	海鼎三	648-760	已備查	非屬潛力場址	臺海第一	500	備查失效

資料來源：經濟部能源局，風力發電單一服務窗口。



資料來源：經濟部能源局。

圖 1 離岸風力發電規劃場址遴選及競價結果



三、國際商港於推動離岸風電所扮演角色

依經濟部所劃設具離岸風電開發潛力之場址，其潛力場址多座落於彰化外海及北台灣沿海區域；而離岸風機屬大型重件機具，組裝需較大土地空間，基於在海上作業風險與便利性考量下，選擇距離風場較近的港埠較具建設優勢。基此，行政院擬定之離岸風電4年發展計畫中，就前述離岸風電之施工特性指定適合離岸風電建置之基礎設施區位與可做為風機國產化之產業專區，包含施工組裝碼頭、水下基礎碼頭、運維基地及產業專區等部分，其規劃構想如下。

(一) 施工組裝碼頭

就離岸風電施工特性，其施工組裝碼頭係以離風場近之臺中港為主，且為配合105年建置示範機組之需求，初期選定臺中港既有#2碼頭予以因應，而108年起示範風場及潛力廠址所需之2席重件碼頭則規劃於臺中港建置#5A、#5B碼頭（分別於107與108年完成）予以因應（現階段已為台電公司做為風力機上部構件及塔架組裝之重件施工組裝碼頭）。

(二) 水下基礎碼頭

而水下基礎碼頭，短期先以興達港「海洋科技產業創新專區」協助建立自主水下基礎產業，中長期再評估臺中港或其他適合港

口（現階段已選定興達港與臺北港南碼頭區建置風電下構基礎製造基地，並分別由中鋼公司及世紀鋼鐵負責建置）。

(三) 運維碼頭（基地）

運維基地部分則考量無需高規格承载力，且宜盡可能靠近離岸風場以提高機動性，故規劃以彰化彰濱工業區之彰化漁港建置離岸風電運維碼頭及運維基地。

(四) 產業專區

政府考量為帶動本土離岸風電產業發展，初期規劃於臺中港工業專業區(II)建置產業專區，並推動#106重件碼頭新建工程，以提供大型離岸風電設備零組件裝卸。

綜上，因國際商港中之臺中港，具備距離風場運程最短、碼頭水深及後線場地足夠且可容納大型風機組裝船靠泊等優勢條件，經政府及產業界等單位評估後，擇定臺中港為離岸風機發展最佳基地。而在經濟部能源局發布「『離岸風力發電規劃場址申請作業要點』申設現況」後，更為臺灣離岸風場的運作揭開序幕，後續國內、外風電產業業者、風電商均積極搶進國際商港碼頭及後線腹地，布局臺灣風電產業之供應鏈。由此顯示，國際商港將扮演推動離岸風電發展之重要火車頭



四、國際商港配合離岸風電發展之因應歷程

離岸風電政策推展初期，港務公司即積極進行國際商港土地區位之規劃布局與投入港口基礎建設。其中於整體規劃（101~105年）階段，擬將臺中港電力專業區（II）規劃作為國家風電或低污染之電廠或風力發電機組設置使用，供相關公民營企業投資設置風電產業園區（區位詳圖2）。在港務公司超前布局下，提供政府推動離岸風電產業政策時，具有合適之發展基地。

然至前期整體規劃（106~110年）時，

臺中港為配合臺中市政府「海線雙星」計畫，將風電產業南移，其中有關鑄造與重加工部分規劃設置於工業專業區（II）、輕加工與研發部分則設置港埠產業專業區內，以因應國家推動風電政策、地方與港埠之均衡發展需求（區位詳圖3）。

而至本期整體規劃（111~115年）時，臺中港為配合政府達成2025年非核減煤及燃氣發電占比50%之能源政策目標，將於外港區沿南填方區（II）往外海興建外廓防波堤，以提供興建LNG卸收碼頭之靜穩操航空間（詳圖4）；同時為因應臺中火力發電廠後續煤灰填築所需，擬以南填方區（III）、

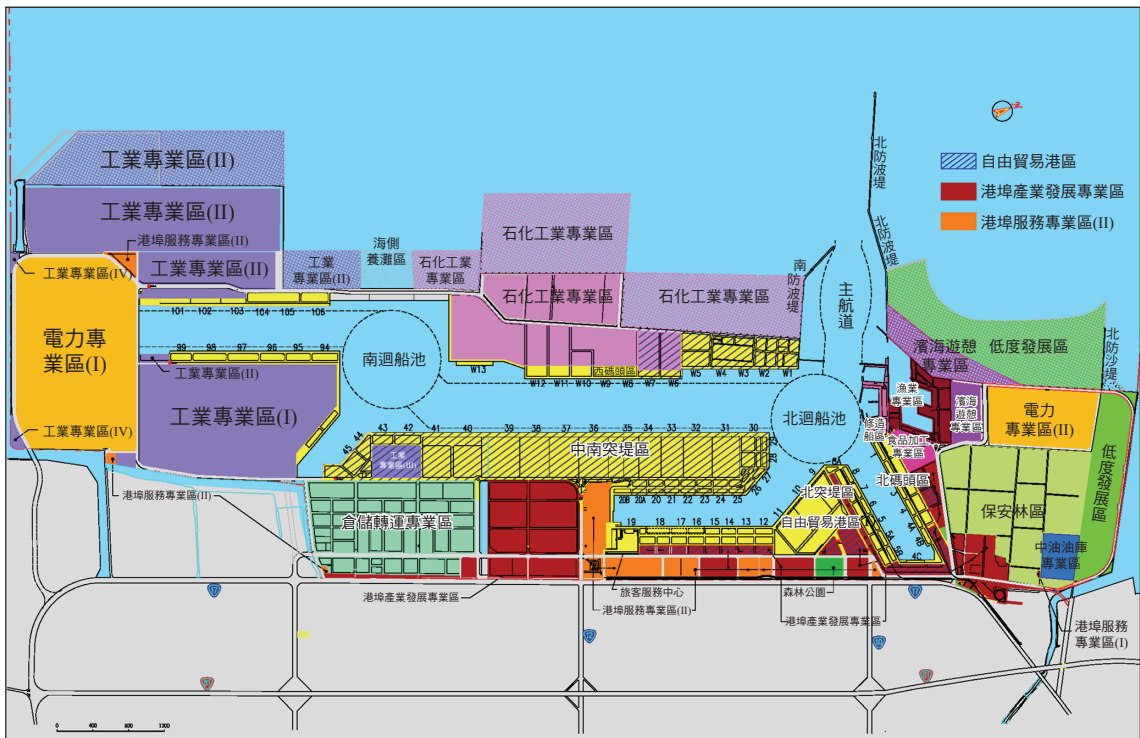


圖 2 臺中港整體規劃平面配置圖（101 ~ 105）-105 年發展藍圖

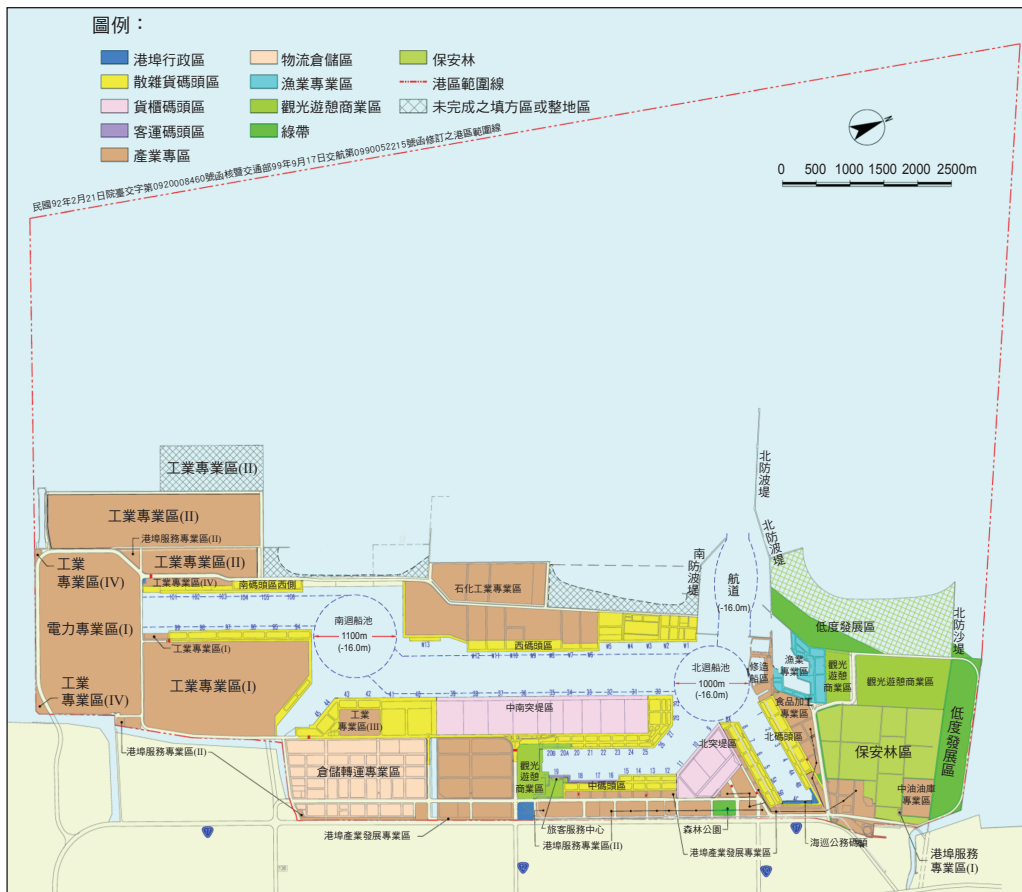


圖3 臺中港整體規劃平面配置圖(106~110)-110年發展藍圖

(IV) 作為灰塘填區(辦理環差作業中), 該區於中長程階段完成填築後, 可結合工業專業區(II)之風電國產化基地, 讓離岸風機作業可達一條龍服務, 達成離岸風電產業鏈發展基地之目標, 以因應政府能源政策長期需求。

五、國際商港對於離岸風電產業規劃現況

港務公司身為國際商港主要經營者, 除

對國際商港進行整體性檢討與規劃外, 為貫徹離岸風電政策, 發展整合性風電港口, 在離岸風電產業中, 朝四大營運主軸: 「風機預組裝基地」、「風電國產化基地」、「港勤運維」及「人才培訓」進行規劃, 其中臺中港將做為風力機組裝、零組件國產化基地、運維基地及人才培訓中心, 臺北港成為風電下構基礎製造基地, 其臺中港與臺北港之離岸風電規劃構想配置詳圖5、圖6所示。茲就臺灣港務公司風電四大營運主軸說明如下:

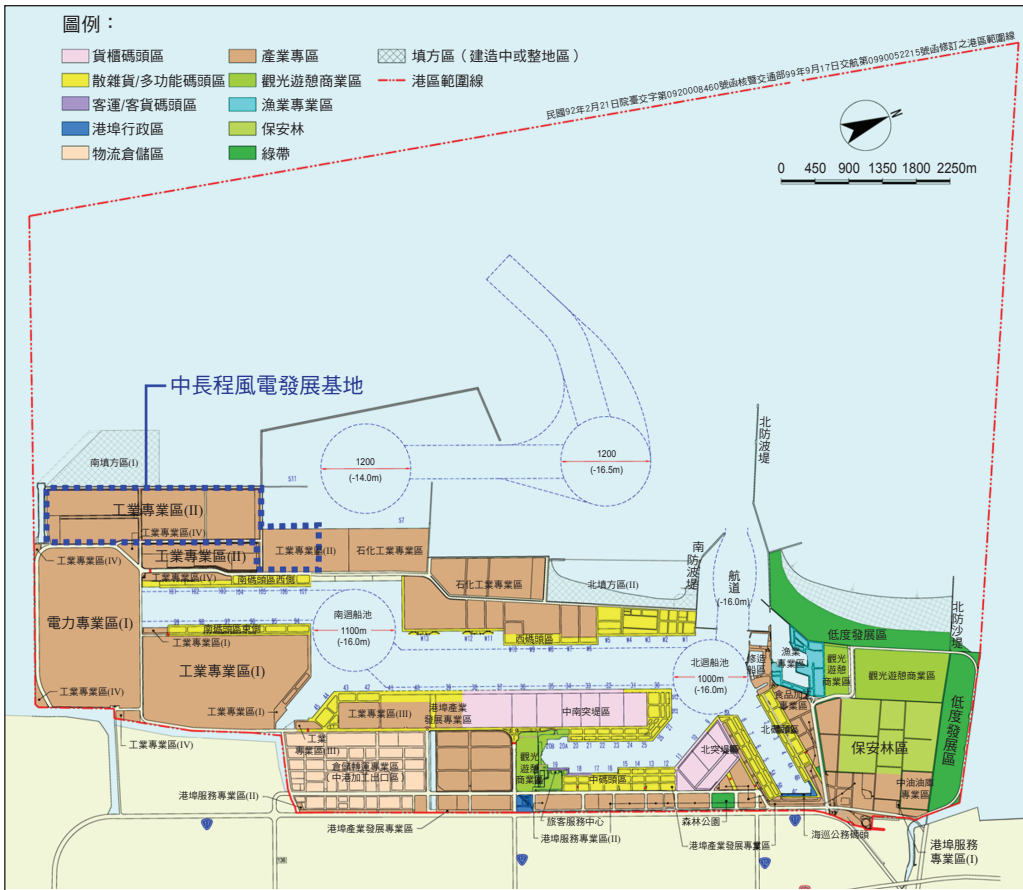


圖 4 臺中港整體規劃平面配置圖 (111 ~ 115) -115 年發展藍圖

(一) 風機預組裝 → 1. 風力機上構預組裝基地：臺中港

風機上部構造包含葉片、機艙、塔柱…等，屬超大型構件，以8MW風力機葉片其轉子直徑 (Rotor Diameter) 高達175 m，須具備寬廣土地方有利於裝卸、組裝。基此，離岸風電政策推動初期，臺中港即規劃將貨運使用之#2、#5A、#5B、#36及#106等5席一般性碼頭，改建為可供高載重風機（零組件、

構件）上下岸之重件碼頭，其各碼頭之斷面及用途茲分別說明如下：

1. #2碼頭：離岸風力機預組裝專用碼頭（107年Q4完工）

臺中港#2碼頭原屬一般碼頭，經改建為重件碼頭後，碼頭承載力提升至10 ton/m²，符合現場風機塔筒組裝作業環境；同時為滿足風機安裝船進行裝載作業時錨定承載需求，亦針對碼頭船席區施作海床加固，以穩



圖 5 臺中港離岸風電現況規劃配置示意圖

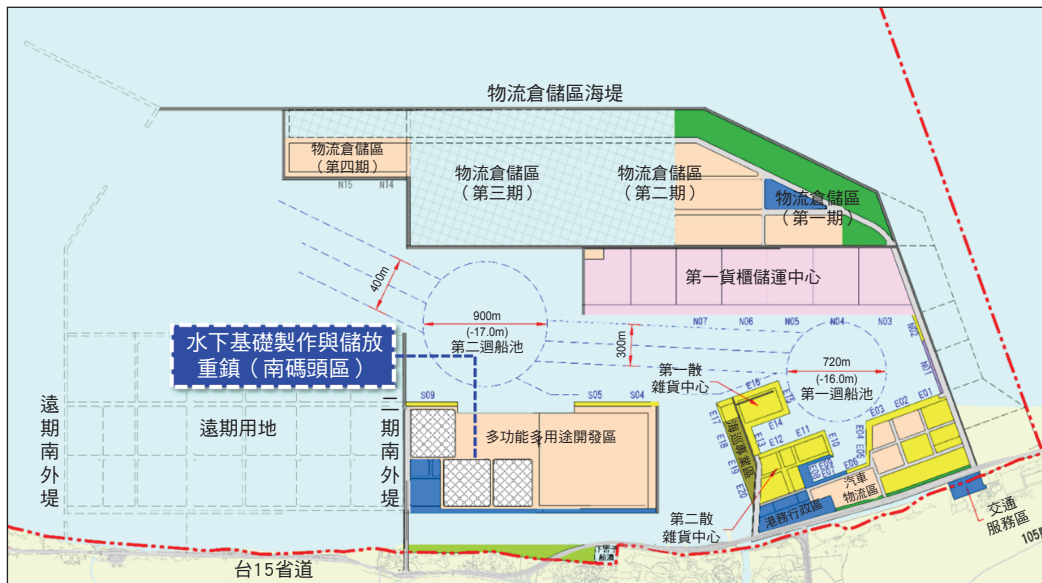


圖 6 臺北港離岸風電現況規劃配置示意圖

定進行風機上部構件（包含葉片、機艙、塔筒）儲運作業，其區位與標準斷面詳圖7所示。#2碼頭已於108年提供「Formosa_1」海洋示範風場風力機預組裝使用。

2. #5A、#5B碼頭：離岸風力機預組裝專用碼頭（108年Q4、109年Q2完工）

因應台電示範風場開發所需，配合興改建臺中港#5A、#5B等2座碼頭，其長度總計

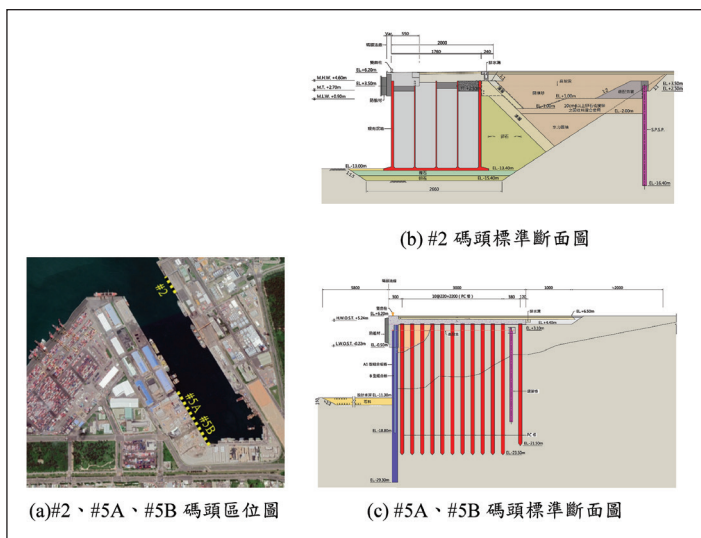


圖 7 #2、#5A、#5B 風電碼頭區位與標準斷面圖

400公尺、船席水深11公尺。同時將#5A及#5B碼頭主體結構承载力強化至50 ton/m²，並於船席區域鋪設1.5公尺碎石以強化承载力，其區位與標準斷面詳圖7所示。#5A碼頭已於108年提供台電示範風場使用，#5B碼頭已於109年提供允能風場使用。

3. #36碼頭：兼具風電施工船與貨櫃船靠泊裝卸（109年Q4完工）

依據歷年整體規劃原則，臺中港#32~#38碼頭均做為貨櫃碼頭使用（#32~#35碼頭現況為貨櫃碼頭、#36~#38尚未開發），然考量貨櫃運量成長需求趨緩，加上離岸風電政策之大力推動，故為因應風電尖峰期之需求，擬先興建#36碼頭做為重件碼頭使用，初期可供風電業者承租使用，後期則可配合貨櫃市場，恢復為貨櫃碼頭使用。#36碼頭全區採20 ton/m²及40 ton/m²兩種設計，可提供

6500TUE貨櫃船及重件船停靠及裝卸使用，其平、斷面詳圖8所示。

4. #106碼頭：兼具風電施工船與貨櫃船靠泊裝卸（108年完成100m重件段、109年Q4完工）

臺中港「工業專業區II」區域，目前規劃為離岸風電產業專區，並於南碼頭區西側既有#105碼頭北側興建#106碼頭（設計承载力（40 ton/m²）離岸風電專用深水碼頭），做為臺中港離岸風力發電產業專區專用的離岸風電零組件之進出口裝卸/運輸、施工主要碼頭；同時為配合實務船席利用長度需求，將#105~#106碼頭調整為#105~#107碼頭（總長度不變）；#105碼頭調整後長度為270 m，做為煤炭等大宗散雜碼頭使用；#106碼頭調整後長度為310 m，做為重件碼頭兼具調節散雜性貨物裝卸使用；#107碼頭調整後長度為

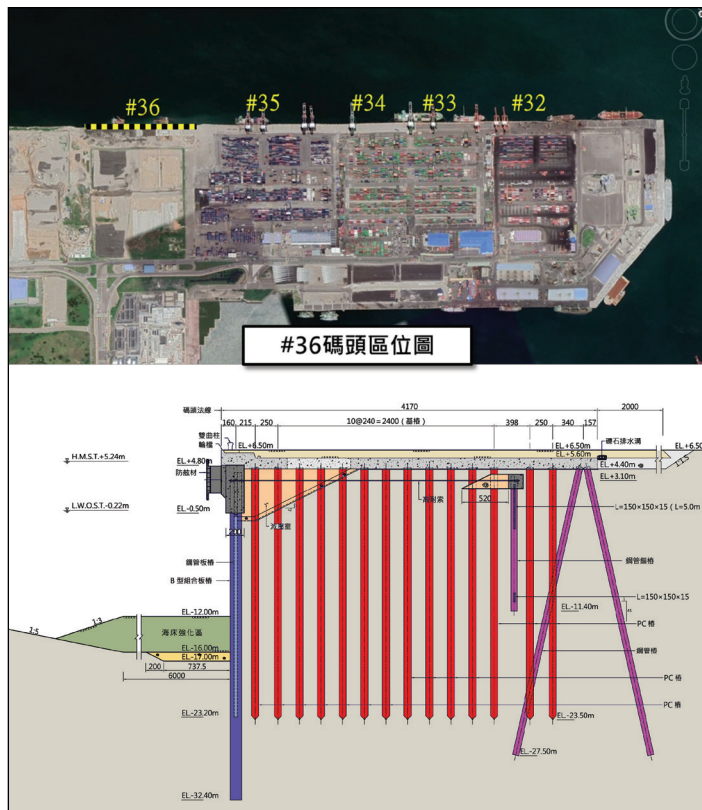


圖 8 #36 風電碼頭區位與標準斷面圖（重載區）

200 m，做為風電專用重件碼頭，其平、斷面詳圖9所示。

臺中港風電碼頭規劃資訊詳表2所示。

（一）風機預組裝→ 2. 水下基礎製作與儲放重鎮：臺北港

風機水下構造基礎包含套管式水下基礎（Jacket）、基樁水下基礎（Pinpile）、單樁式水下基礎（Monopile），其中套管式水下

基礎高達80公尺，重量達1,200~1,600噸。欲提供此大構件產品製作、組裝，則港口屬不可或缺之要素，目前臺北港已將南碼頭區承租予世紀集團（母公司世紀鋼構及子公司世紀離岸風電），做為興建離岸風電水下基礎之製造廠房基地，其第一期廠房為S8-2-1~S8-3-2區，第二期廠為S7-2-1區~S7-3-1區，廠區位置如圖10所示。

而負責載運水下基礎之碼頭設施將由S9碼頭擔負此重責（設計承載力20 ton/m²），該

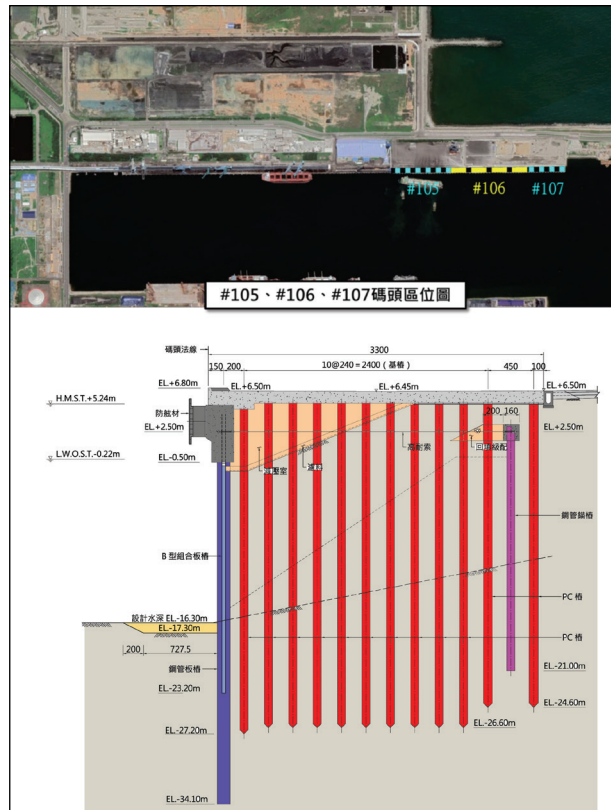
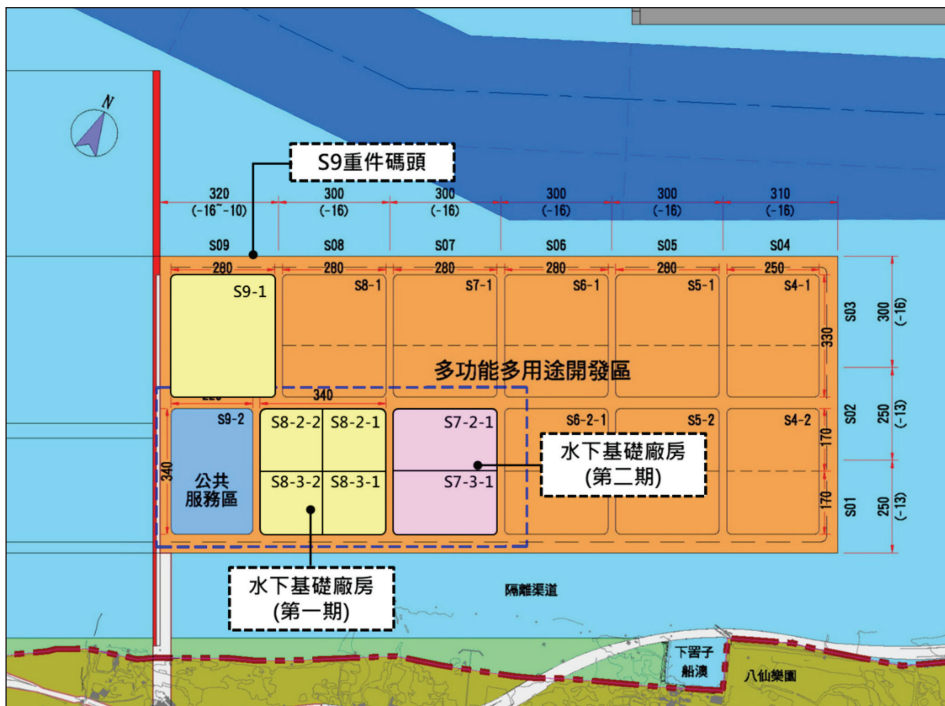


圖 9 #106 風電碼頭區位與標準斷面圖

表 2 臺中港風電碼頭規劃資訊

項目	概述	興建期程
#2 碼頭	<ul style="list-style-type: none"> • 碼頭長度 250 公尺 • 水深 11 公尺 • 碼頭承载力 3 噸/m²、10 噸/m² • 後線約 7 公頃土地 (含 #2、#4B 後線) 	<ul style="list-style-type: none"> • #2 碼頭已於 108 年啟用
#5A、#5B 碼頭	<ul style="list-style-type: none"> • 碼頭長度 400 公尺 • 水深 11 公尺 • 碼頭承载力 50 噸/m² • 後線約 12.8 公頃土地 (含 #5A、#5B、#4C 後線) 	<ul style="list-style-type: none"> • #5A 碼頭已於 108 年底完工 • #5B 碼頭已於 109 年 6 月完工
#36 碼頭	<ul style="list-style-type: none"> • 碼頭長度 340 公尺 • 水深 12 公尺 • 碼頭承载力 20~40 噸/m² • 後線約 15 公頃土地 	<ul style="list-style-type: none"> • #36 碼頭已於 109 年 Q4 完工
#106 碼頭 (碼頭長度與編號未調整前)	<ul style="list-style-type: none"> • 碼頭長度 450 公尺 (現況：其中 200 m 改為 #107 碼頭，現有 #105 碼頭由 330 m 調整為 270 m，#106 碼頭調整為 310 m) • 水深 13 公尺 • 碼頭承载力 10~40 噸/m² • 後線約 5.4 公頃 	<ul style="list-style-type: none"> • 已於 109 年底全段完工

資料來源：臺中港務分公司網頁 <https://tc.twport.com.tw/chinese/cp.aspx?n=E0A2303AE8AAB051>



資料來源：臺北港南碼頭區公共設施工程規劃設計，本計畫繪製

圖 10 臺北港南碼頭區水下基礎廠房設計區位圖

重件碼頭及填築S9-1區預訂110年完工，完工後將提供離岸風電水下基礎及相關設施裝卸作業使用。其中世紀鋼構之水下基礎第一期廠房已完工商轉，後續二期廠房亦正辦理施工中，未來前述工程完工後，可供未來製造、組裝及儲放各式離岸風電水下基礎、轉接段等地化風力發電鋼結構產品，臺北港將成為國際級離岸風電水下基礎生產基地。

(二) 風電國產化基地

整個離岸風電產業鏈可分為製造、技術服務及開發三部分，其中製造之產業鏈可細

分為原料、零組件與子系統、風機系統以及輔助控制（BoP）等項次；原料包括鋼、纖維以及環氧基樹脂，國內廠商如中鋼、台灣塑膠、上緯及其他若干相關公司均已具備成熟的技術；而零組件與子系統則包括電力系統、風機塔架、葉片、控制系統、變速箱及鑄件，國內除具有相關技術能力外，亦有若干廠商如上緯、台灣塑膠、信邦電子、永冠、中鋼…等公司為國際風電大廠零組件之供應商；在風機系統及輔助設備方面，國內之陸域風機系統廠商東元電機已有實務操作經驗，亦在雲林麥寮、澎湖中屯及新竹竹北有成功示範系統。



為配合政府將離岸風電產業在地化之目標，已於臺中港規劃工業專業區（II）107.3公頃土地（含道路7.7公頃），為風機國產化基地，目前產業專區約有74.7公頃土地承租予風電零組件製造商。因風機為大型構件，須藉由多輪車載運至碼頭，考量零組件具有超高、超寬、超重之特性，故道路設計在轉彎段需保留至少60~80 m淨空區，不得設置路燈等垂直構造物，避免影響多輪車或拖板車之運輸。基此，臺中港已109年底於工業專業區（II）內完成寬度30 m、南北向1,068 m、東西向725 m之風機運輸道路，藉此串連風機產業與碼頭道路促進國內風電產業鏈發展，帶動零組件國產化，其區位詳圖11所示。

（三）港勤運維（運維基地）

離岸風場供應鏈之建置，除需於施工階段規劃大型施工及組裝專用碼頭，供風力機組、水下基礎結構及電纜等大型構件材料組裝及儲放使用外，尚需有一完善運維港口做為後續聯繫及支援。目前除處於離岸潛力風場場址密集區域之彰化漁港擔此重責外，臺中港為另一重要支援港口。臺中港因具備鄰近風場區域、港區內備有修造船塢、工作船渠及淺水船渠等相關設施優勢，故可做為離岸風電運（中、重度）維基地使用，並與彰化（輕度）運維港相輔相成效果。

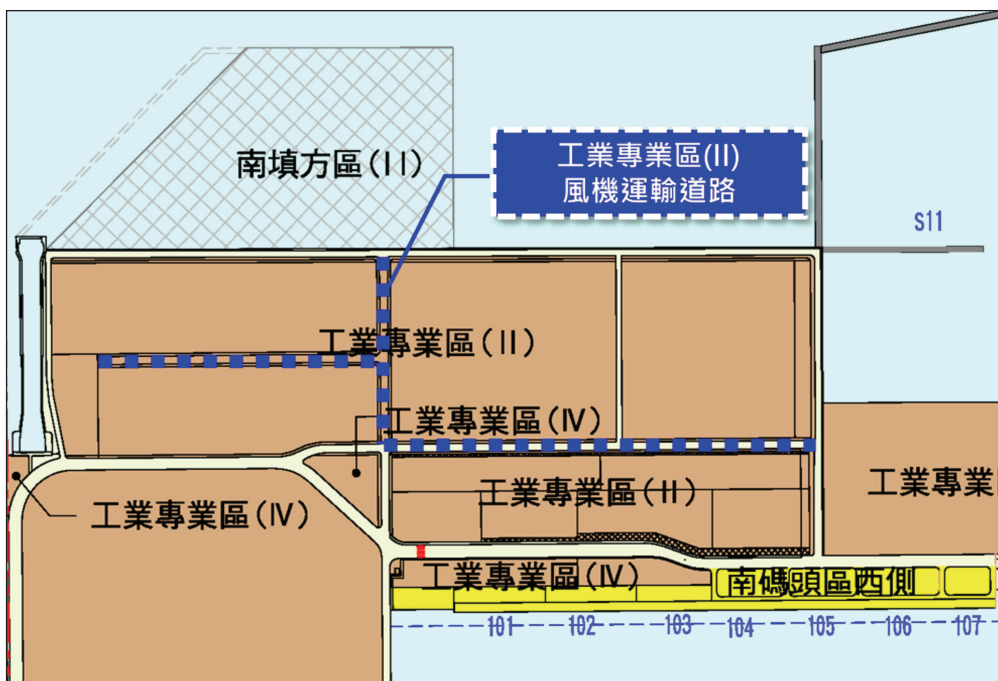


圖 11 臺中港工業專業區（II）風機運輸道路

臺中港將淺水及工作船渠規劃為多功能離岸風電運維基地，而基地內已規劃完整之運維設施（如倉庫、辦公室及監控中心、泊位），未來除提供相關風電專業人員進駐外，更能提供海上船舶運輸服務（如運維船、駁船），以全方位滿足風電業者需求。目前已有海洋、海能風電業者承租使用，其臺中港淺水及工作船渠之運維基地規劃示意圖詳圖12所示。

（四）人才培訓

離岸風電產業統合了海洋、大地、土

木、電機、機械、物流、運輸、商船等等領域，為高技術、高資本、高風險產業，故需有完整教育訓練制度，以降低風險之發生。臺灣已與歐洲同步，引進Global Wind Organization（簡稱GWO）國際認證課程，為國內從事離岸風電之工作人員提供最完整的課程訓練，以有效減少風險及人員損傷。

為協助政府進行人才培訓部分，臺灣港務公司轉投資之臺灣風能訓練公司，在臺中港設置風電訓練中心，臺灣風能訓練公司取得GWO認證，為國內唯一開辦基礎技術訓練



資料來源：臺灣港務公司，「臺灣港務公司經營離岸風電產業策略」簡報。

圖 12 臺中港工作船渠運維基地規劃示意圖



課程（BTT）之訓練中心，GWO基礎安全訓練課程（BST）109年已辦訓50梯次，發證超過2,000張。

六、結論

臺灣港務公司在配合國家綠能政策推動下，統籌規劃離岸風電產業所需要之碼頭與土地，以因應風力發電機組裝、儲存及運輸場地需求。其中臺中港#5A、#5B、#36、#106及臺北港#S09號重件碼頭已於109年陸續完工，其碼頭與後線土地可提供風機預組裝使用。同時，配合推展離岸風電政策，提供重件碼頭、風機生產製造基地、運輸補給基地，且設有產業人才培訓中心，形成產業聚落，打造離岸風電標竿港口，輔導離岸風電國際大廠來臺設立亞太地區總部及發貨中心，使臺灣成為亞太地區發展離岸風電之先驅，為離岸風電業者進入亞太市場之最佳入口，與成為國際性綠色能源之指標性產業據點。

參考文獻

1. 臺灣港務股份有限公司臺中港務分公司網站 (<https://tc.twport.com.tw/chinese/>)。
2. 臺灣國際商港未來發展及建設計畫（111~115年），臺灣港務股份有限公司，109年10月。



考慮雙向流固耦合效應之 單樁式離岸風力機支撐結構 受地震作用之分析與探討

國立臺北科技大學土木系碩士生 / 余佩萱
國立臺北科技大學離岸風電專案辦公室經理 / 蘇進國
國立臺北科技大學離岸風電專案辦公室經理 / 許琦偉
國立臺北科技大學工程學院院長 / 宋裕祺

關鍵字：單樁式離岸風力機、雙向流固耦合、Ansys Fluent

一、前言

自二十一世紀開始，能源議題成為全球至關重要的問題之一，各國家及產業都在積極尋求安全且穩定的再生能源，能源轉型勢必為長期仰賴進口能源的臺灣必經之路。臺灣擁有得天獨厚的良好風場能夠發展離岸風電，離岸風力機之動力分析有關海洋環境一般是使用附加質量法模擬之，該法為半經驗公式具有計算速度快速之優點，但是否能夠有效模擬流體之回授效果仍有待商榷，更遑論是否能夠準確計算上部結構體的振動反應，有鑒於此，本文將考量雙向流固耦合（Fluid-Structure Interaction, FSI）效應，探討海水對離岸風力機與其支撐結構有關流場

變化回授結構之影響，並將其應用於單樁式離岸風力機支撐結構受地震作用之分析。

二、研究背景

全球平均溫度逐年上升，氣候變遷之問題陸續於各國發酵，2015年12月12日聯合國氣候高峰會通過巴黎氣候協定，希望各國共同遏阻全球暖化趨勢，如何兼顧經濟發展與生態永續成為各國重要的課題，綠色能源勢必為未來驅動經濟發展的新引擎，目前離岸風電為各國積極發展的再生能源之一，依據4C Offshore提供的「23年平均風速觀測」全球風況最好的20處觀測點，有16處場址位於臺灣海峽上，臺灣擁有得天獨厚之良好風場能夠發展離岸風



電。以往我國能源高度依賴進口，為提升能源自主及響應節能減碳，臺灣正進行能源轉型政策，計畫於2025年前再生能源發電佔比達整體20%，有鑑於此，為追求更穩定之風能且避免造成環境視覺的衝擊，國內風力機逐步由陸域延伸至離岸海域，離岸風電遂成為積極開發之重點，中央與地方攜手共推綠電，目標於2025年達到5.7 GW的風電容量，2026年-2035年間風電發電容量超過10 GW，目前我國已於2019年底商轉第一座風場，該風場為海洋竹南風力發電場 (Formosa 1) 位於苗栗外海，使用單樁式基礎。

離岸風力機於設計階段應考量各種環境載重情況，如圖1所示，水平軸代表外力載重頻率範圍；垂直軸代表風速能量頻譜密度 (Power Spectral Density, PSD)；1P為風力機輪轂轉動頻率 (Rotor frequency)；3P為葉尖轉動頻率 (Blade passing frequency)；使用1P與3P做為振動頻率之區分，風力機結構

自然頻率低於1P時屬於SOFT-SOFT設計，其階段之結構撓曲勁度不足，且為大多大氣紊流與波浪作用之頻率範圍，若落於此範圍，將可能導致風力機產生過大之軸向變形，故於設計階段應避免此範圍；介於1P至3P間為SOFT-STIFF設計，為最佳之設計目標亦符合成本考量；大於3P範圍則屬於STIFF-STIFF設計，風力機勁度過大建造費用過高將不符合成本考量。

目前國內外支撐結構設計多半無考量流體空間變化對結構之影響，忽略雙向流固耦合效應之流體消散能量的效應，將可能高估上部結構體之振動反應，形成過於保守之簡化設計。本文將介紹雙向流固耦合效應對離岸風力機自然頻率影響，避免海洋環境之外力載重頻率過於接近風力機自然頻率，以致支撐結構因共振效應產生巨大損傷。此外亦將討論單樁式離岸風力機支撐結構受地震作用之分析。

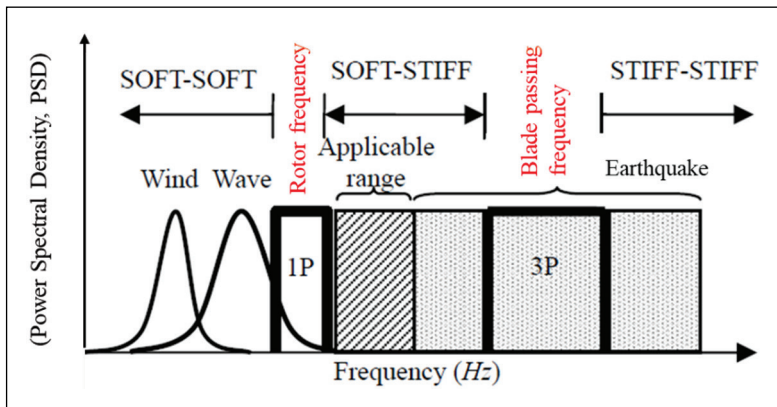


圖 1 離岸風力機結構功率頻譜密度示意圖 [1]

三、研究方式

流固耦合(fluid-structure interaction)涵蓋固體力學與流體力學之知識，隨著電腦科技之蓬勃發展，目前已有多套流體力學模擬分析軟體(Computational Fluid Dynamics, CFD)計算多項流(multiphase flow)問題，其多項流是指一系統中同時包含兩種或兩種以上之不同狀態的物質流動現象，且物質間具有介面，當不同性質的物質相互接觸時，接觸面的不連續性將產生介面自由能(interface free energy)，本文之多項流問題為兩項流系統中的氣液系統，其介面自由能為表面張力(Marangoni effect)，但介面隨著時間移動，故採用流體體積法(volume of fluid, VOF)技術追蹤整個系統下各物質的體積分率(volume fraction)，以有效又精確預測介面位置，該法適用於求解分層流和需要追蹤自由液面之問題，例如：空氣與液體無法相互參混的流體流動，如圖2所示，數字1代表該部分體積為滿水狀態；數字0代表該部分體積為滿氣狀態，數字介於兩者間則代表介面位置。

流固耦合一般可分為單向及雙向，單向流固耦合忽略結構變形對流場空間的改變，計算上較簡化快速，雙向流固耦合則考量結構變形對流場空間造成的影響，而流體之水壓再返回影響結構，故計算上較繁瑣，目前相關的商業分析軟體有ANSYS、COMSOL、GDS Studio與ABAQUS等，本文使用Ansys

Fluent之三維流體力學分析軟體計算多項流場搭配Mechanical 結構分析軟體建立雙向流固耦合模型，如圖3所示。

雙向耦合求解器(System Coupling)將流體分析之應力變化資料傳遞轉換影響結構物，而結構物之位移變化資料再返回影響流場，計算雙向流固耦合之效應，如圖4所示，流場將計算新的應力變化並調整網格大小(圖5)以確實追蹤其自由液面提升計算精度，並真實模擬流體阻力對結構物之影響，有別於以往之附加值量模擬。ANSYS FLUENT的動態網格適用於模擬多項流場隨時間改變之移動介面，將基於納維-斯托克斯方程式(Navier-Stokes equation)，以積分形式定義物質間相互作用的邊界移動方程式，如式(3.1)所示， ϕ 代表流體流速的速度位； V 代表任意控制體積。 ρ 代表液體密度； \vec{u} 代表

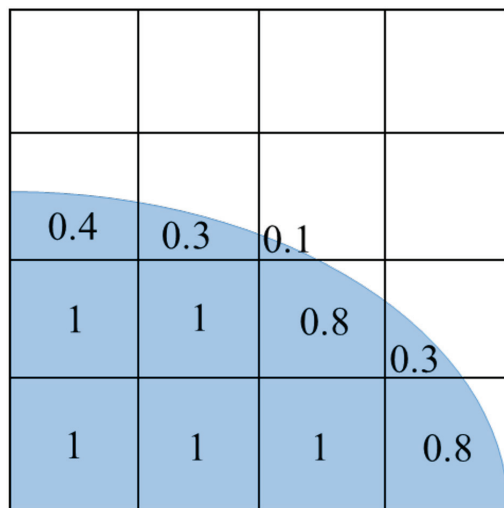


圖 2 有限體積法之體積分率示意圖

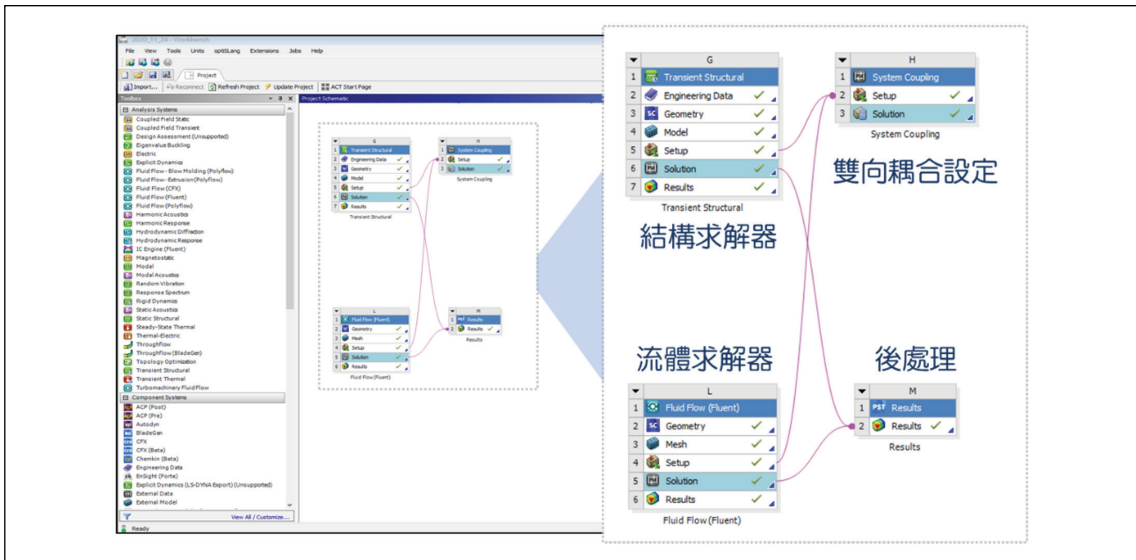


圖 3 ANSYS 雙向流固耦合設定介面

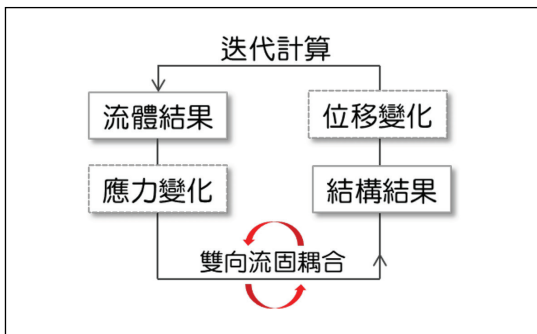


圖 4 雙向流固耦合

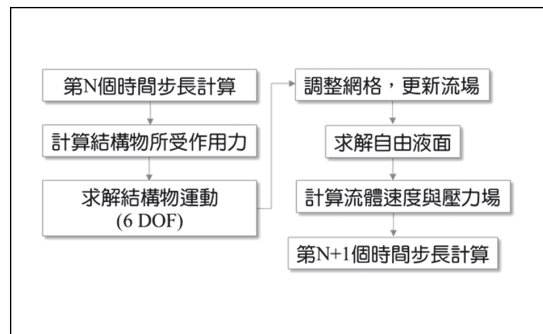


圖 5 流固耦合動態網格計算流程

流速向量； \vec{u}_g 代表移動網格向量； Γ 代表擴散係數，FLUENT使用六自由度（6 DOFs）求解器進行暫態分析，依據新的邊界位置更新網格樣式，動態網格共有三種方式模擬，分別為動態層法（Layering）、彈簧比擬法（Spring Analogy）、局部網格劃分法（Local Remeshing），如圖6所示，動態層法係依據

邊界的移動量動態的增減邊界上網格層之技術，其法適用於六面體網格、楔型網格等可於邊界上分層之網格系統；彈簧比擬法之網格系統可視為各節點利用彈簧相互連接之網格系統，初始系統為系統保持平衡的彈簧網路系統，任一網格節點的位移都將導致相互連接之彈簧產生彈性力，進而使鄰近網格點

無法力平衡，須經由反覆迭代使網格系統達到力平衡，計算新的變形後網格系統；局部網格法為彈簧比擬法之補充，若邊界之移動和變形過大，將使局部網格產生畸變或自穿透之體積為負情形，該法將初始網格經由彈簧比擬法變更之新網格利用局部網格法重新劃分。圖7為雙向流固耦合研究成果之網格變化。

$$\frac{d}{dt} \int_V \rho \phi dV + \int_{\partial V} \rho \phi (\bar{u} - \bar{u}_v) \cdot d\bar{A} = \int_V \Gamma \nabla \phi \cdot d\bar{A} + \int_V S_\phi + dV \quad (3.1)$$

四、案例分析

研究使用之數值分析模型係依據美國國家再生能源研究室（National Renewable Energy Laboratory, NREL）所開發的開源軟體FAST V8，其中，結構線彈性（ElastoDyn）檔案提供5MW發電容量的單樁式基礎（monopile）離岸風力機相關尺寸參數建立模型，如表1所示。本文針對支撐結構之分析，故風力機輪轂、機艙與葉片等

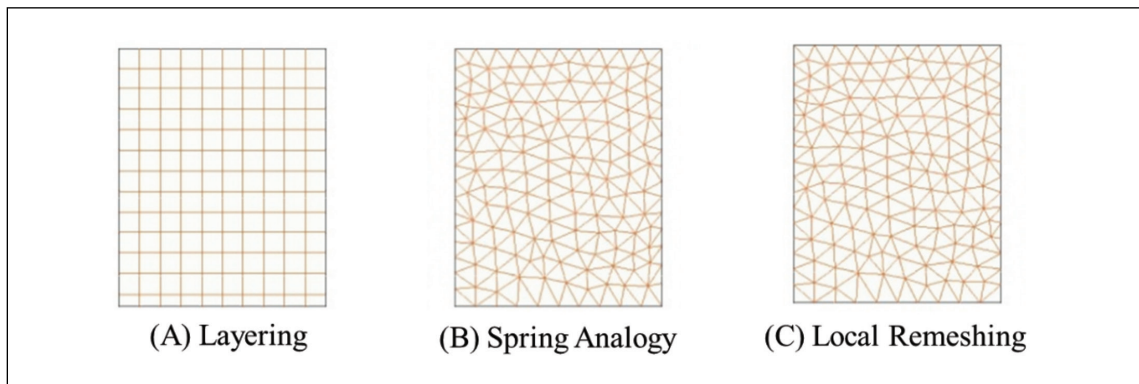


圖6 動態網格法

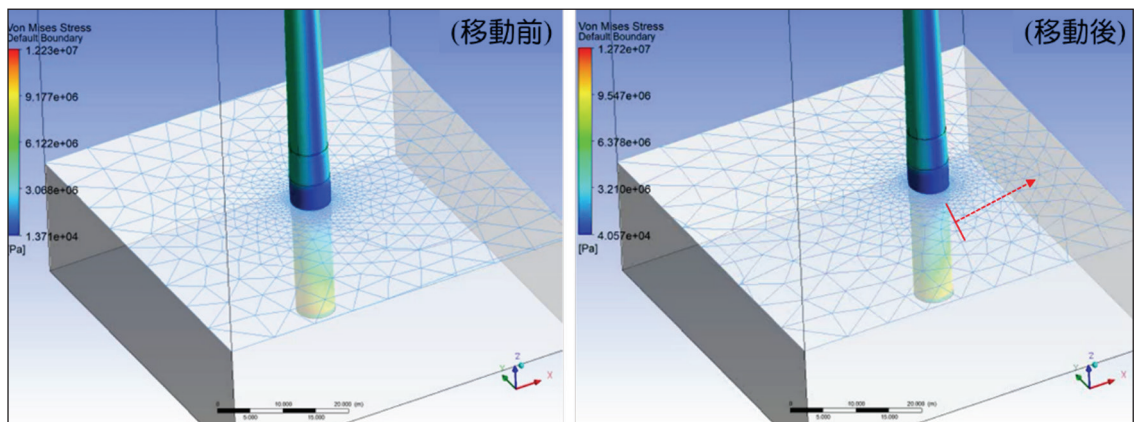


圖7 雙向流固耦合之動態網格



表 1 單樁式離岸風力機模型參數

項目	參數
輪轂高度 (m)	90
水平面上塔架高度 (m)	87.60
葉片加轉子質量 (kg)	110,000
機艙質量 (kg)	240,000
水深 (m)	20
上部塔架厚度 (m)	0.019
上部塔架直徑 (m)	3.87
下部塔架厚度 (m)	0.027
下部塔架直徑 (m)	6

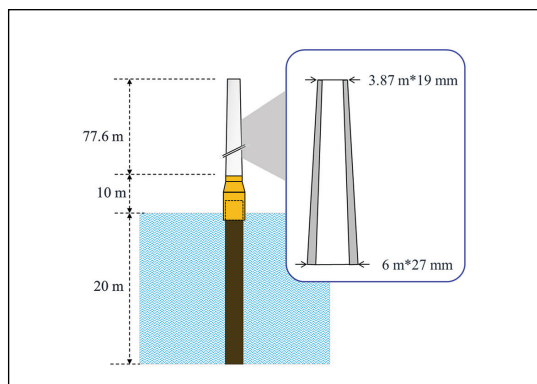


圖 8 單樁式離岸風機尺寸示意圖

將使用質量球模擬並考量其偏心與轉動慣量以簡化模型，並模擬該風力機於水深20公尺處。塔架（圖8）與基礎之材料為鋼，其材料特性之楊氏係數為 210×10^6 kPa，剪力係數為 80.8×10^6 kPa，密度為 $8,500 \text{ kg/m}^3$ ；轉接段（圖9）與基礎間之空隙將灌漿填滿，其水泥砂漿楊氏係數為 70×10^6 kPa，剪力係數為 29.412×10^6 kPa，密度為 $2,740 \text{ kg/m}^3$ 。流場尺寸係依據結構高度決定，本研究之流場尺寸取其高度為結構體高度之兩倍；寬度約結構體高度之三倍，如圖10所示。表2為結構自然頻率之驗證，確認結構模型正確後，再進行雙向流固耦合之分析研究。

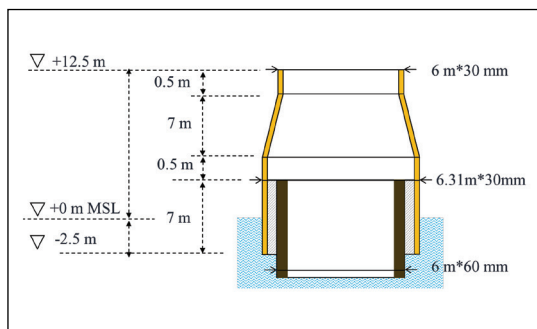


圖 9 轉接段尺寸

本文將考量一近斷層歷時作為動態外力進行分析，使用2016年美濃地震資料第63號測站東西向地表加速度視為風力機底部海床之加速度歷時資料如圖11所示。

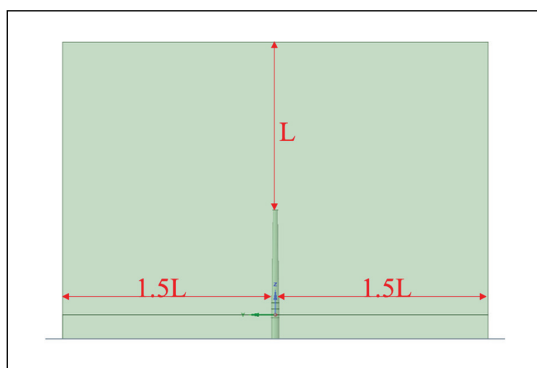


圖 10 流場與風力機結構體示意圖

地震力加載狀態下是否考量雙向流固耦合之塔底位移比對如圖12所示，藍色實線代

表無考量雙向流固耦合；綠色虛線代表已考量流固耦合，於第一波峰相差5.9公分，第

表 2 結構之自然頻率

自然頻率 (Hz)	ANSYS (本文)	文獻	差異 (%)
第一振型 - 前後	0.276	0.277	-0.36
第一振型 - 左右	0.278	0.278	0
第二振型 - 前後	1.592	1.573	1.207
第二振型 - 左右	1.859	1.838	1.142

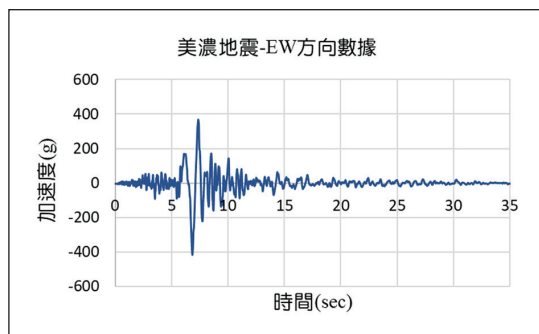


圖 11 風力機底部海床之加速度歷時資料

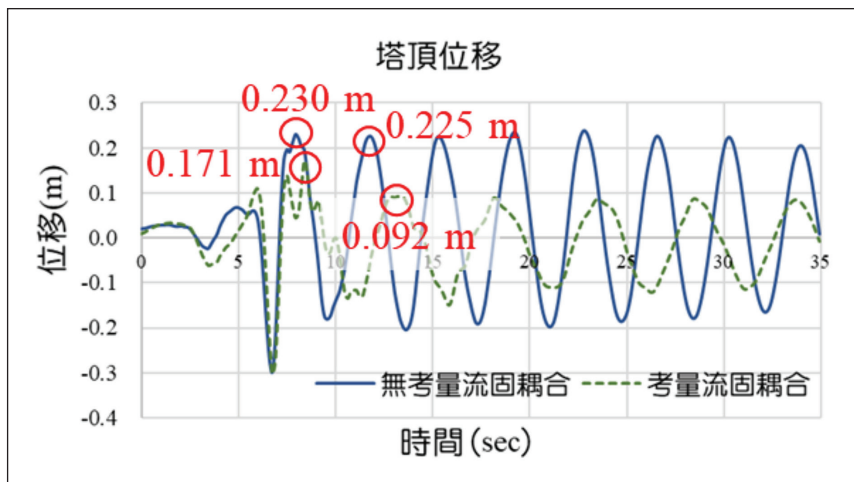


圖 12 有無考量流固耦合之塔頂位置位移

二波峰相差13.3公分，利用快速傅立葉轉換 (Fast Fourier Transform, FFT) 計算地震作用狀態下之頻率，計算結果顯示考量雙向流固耦合之頻率為0.1953 Hz，無考慮流固耦合狀態之頻率為0.2604 Hz，證實雙向流固耦合吸收能量與降低頻率之效果。

五、未來展望

我國正處於能源轉型與自主之階段，近

年來離岸風力機新興產業成長下，政府積極推動離岸風機在地化，培育本土產業鏈以期將技術國產化提升能源自主，目前國內外之離岸風力機支撐結構設計多半忽略流體空間變化對結構的影響，而使用簡化之附加質量法取而代之模擬海洋環境，但該法無法獲得風力機真實之自然頻率，未來可透過本文介紹之雙向流固耦合流程建立一套分析方法，並分析專屬於臺灣的本土數據，反饋於國內開發離岸風力機之顧問公司，提供合適臺灣



海岸環境之相關分析與參數，邁向風機產業國產化。

參考文獻

1. Schauman, P, "Einführung offshore wind-energieanlagen," Fachveranstaltung im Haus, Essn, Germany, 2008.
2. Bonnie Jonkman and Jason Jonkman, "FAST v8.16.00a-bjj," National Renewable Energy Laboratory, 2016.
3. Sezawa, K. and Kanai, K., "Decay in the Seismic Vibration of a Simple or Tall Structure by Dissipation of Their Energy into the Ground," Bulletin of the Earthquake research institute, pp. 698-714, 1935.
4. Theo Gentils, Lin Wang and Athanasios Kolios, Integrated Structural Optimisation of Offshore Wind Turbine Support Structures Based on Finite Element Analysis and Genetic Algorithm, Cranfield, 2017.
5. "Recommended Practice for Compliance of Large Land-based Wind Turbine Support Structures," ASCE/AWEA RP2011, 2011.
6. "Support structures for wind turbines," DNV GL-ST-0126, 2018.
7. "Wind turbines-Part 3 : Design requirements for offshore wind turbines," International Electrotechnical Commission, 2009.
8. API(American Petroleum Institute), Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms-Working Stress Design, 2002.

如何有效執行捷運統包工程之需求管理

新北市政府捷運工程局副總工程司 / 林逸羣

台灣世曦公司經理 / 于新源

台灣里卡多鐵路公司經理 / 王耀德

關鍵字：需求管理、業主需求、變更管理

摘要

需求管理計畫的目的，是確保所有專案需求都能被滿足，專案需求係由需求發展、需求驗證與認證所組成。需求管理計畫必須包括型態管理計畫、變更管理計畫及驗證與認證計畫完整納入考量。需求管理是廠商查證與確證（V&V）小組工作的源頭，統包商必須由上而下依層級逐級分解發展至子系統，最後再由下階層往上整合，並驗證與認證其需求是否滿足上位需求的預期目標，由此確保所有計畫需求均已獲得實現。

一、何謂需求管理？

需求管理的目的是要盡早發現規範及產品在建置中發生的錯誤或缺失，以免因為這

些錯誤或缺失在日後變得更為嚴重，且增大擴及之層面，同時將嚴重地影響專案的成功及增加成本。

需求管理是一種用於查找、記錄、組織和追蹤系統需求變更的系統化方法，可用於獲取、組織和記錄系統需求，並使客戶和計畫團隊在系統之需求變更上保持一致。有效的需求管理在於維護清晰明確的需求闡述、每種需求類型所適用的屬性，以及與其他需求和其他計畫工作之間的可追蹤性。

需求管理須確保專案組織能順利引出（elicitation）、發展、分析、配置與驗證，並滿足客戶內部或外部權責相關者的需求和期望。透過需求引出（elicitation）、需求發展的程序所產出的結果再行配置，整合上



階層需求內容再將需求配置給下階層單位執行，最後由下階層往上整合並驗證其需求是否滿足上階層需求的預期目標。

在需求發展、配置及驗證過程中所交付的資訊都必須進行完整的記錄，以確保內部需求、客戶指定需求、當地與國際法規、國際規範標準等資訊均得以被掌握、釐清，使得所有權責關係人均能清楚理解每個需求，並且建立其可追溯性之管理機制。

變更管理也是需求管理的一部分，透過需求分析來確認變更所造成的影響範圍，並建立可追溯性來監控這些變更項目的發展，此部份涉及專案團隊成員和權責關係人之間的溝通，以及在整個專案過程中對需求變化的調整，為了避免某一項需求與其它需求相抵觸或是無法完成界面功能的整合，專案團

隊成員之間的持續溝通至關重要，並且須要貫穿整個專案生命週期。（如圖1）

（一）需求管理組織及管理流程目的

需求管理團隊必須建立一個完整的組織架構，及發展出一套需求管理流程，並確認組織各成員之職掌與職位。經由管理的流程以確保在整個專案生命週期內，所有合約需求均得以被嚴格控管、精確得到滿足。各項流程作業是為了即時獲得並釐清所有業主需求，排除各項需求之間的不一致與矛盾，及確保每項需求均有一可量測的標準。完善的需求管理，可使所有需求在初期階段均得以獲得釐清，所有權責關係人對專案需求有相同的理解，以降低將來變更需求所帶來的成本損失。需求管理必須仰賴具有豐富工程經驗的團隊來執行。

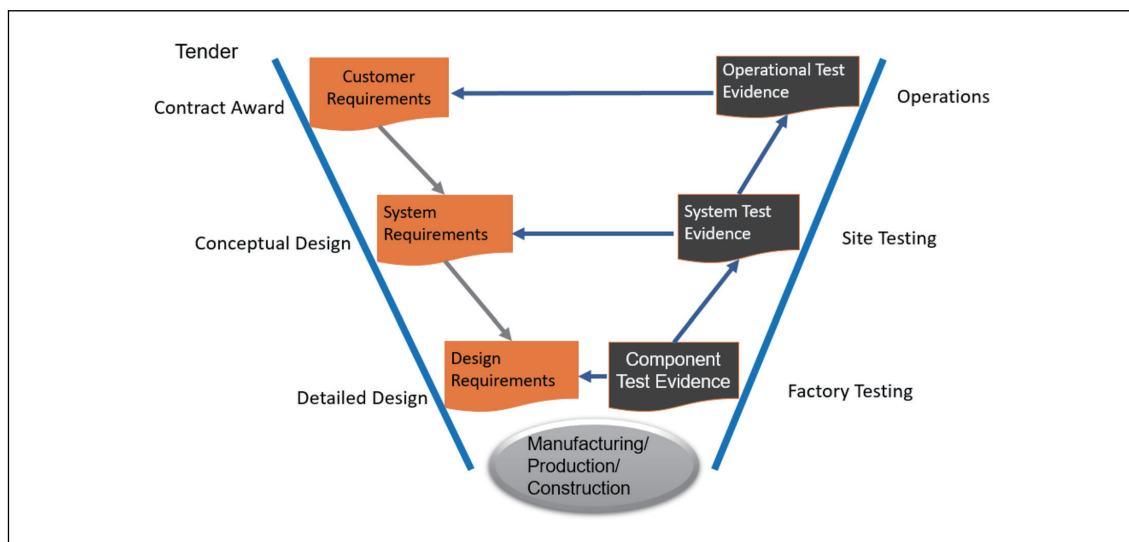


圖 1 需求管理 V 模型

(二) 需求管理流程

需求管理的流程主要分為3個階段

1. 需求準備階段

在需求準備階段，專案需求管理團隊應確認相關權責關係人對於需求的理解、需求來源以及專案使用的需求管理工具。此階段最重要的產出是完成所有權責關係人均同意的需求管理計畫書（Requirements Engineering Plan），並正式公告需求管理計畫書作為專案團隊成員的依據，需求管理計畫書的內容大致如下，但不限於：

- (1) 目的與範圍。
- (2) 需求管理團隊組織圖。
- (3) 指派專案需求管理過程中的責任分工角色。
- (4) 辨識所有需求的來源與原始文件。（譬如：業主需求）。
- (5) 需求分解架構。
- (6) 需求管理工具。
- (7) 供應商或子系統承商的需求管理流程。
- (8) 需求管理與型態、變更管理的關係。
- (9) 需求資訊的可追溯性。
- (10) 需求驗證與認證的方法。

值得探討的是，目前國內捷運系統專案管理團隊所建置使用的需求管理工具大多為Microsoft Excel。但是作為一個專業的需求管理工具，必須能以程式來自動拆解需求及以程式來基準化需求，以進行版本辨識與進一步的需求變更管理，並以程式來記錄所有變動細節，於全專案生命週期的發展過程中，能確實

追蹤需求，及能夠設定管理權限，以保護資料庫的安全，且可使多人同時於工具中來進行作業，並能與型態變更管理工具與型態管理工具相互連結，以確保需求與型態之間的一致性。為達此目的，僅採用Microsoft Excel是不夠的，因為Microsoft Excel無法進行需求項目所需之多重屬性建置、分析、雙向追蹤……等。建議可使用國際上普遍使用的專業軟體，譬如DOORS、ComplyPro、Polarion、或以Polarion為基礎建置的RCT（Ricardo Compliance Tool）……等。

2. 需求發展階段

需求發展階段之目的，是將所有需求建置出客戶期望的產品或系統，實質上是將位於系統分解架構圖（如圖2）之第一層級的需求細節，經由轉化（transform）並精煉（refine）成下一層級的需求細節。例如，自業主層級需求至系統層級需求，自系統層級需求至子系統層級需求等。此作業活動在捷運三鶯線合約規範中已有明確訂定。本階段是一個持續且反覆的活動，最重要的產出是獲得所有權責關係人同意，並認可所發展之需求，各區塊的需求負責人，也需要在此階段完成確認，需求發展又可分為需求引出（elicit）、需求識別、需求分析、需求配置以及需求確認5項流程。

(1) 需求引出（elicit）：

此作業的重點是在確認“輸入需求”（input requirements）的適用性，不管是明示或暗示的陳述，輸入包括業主需

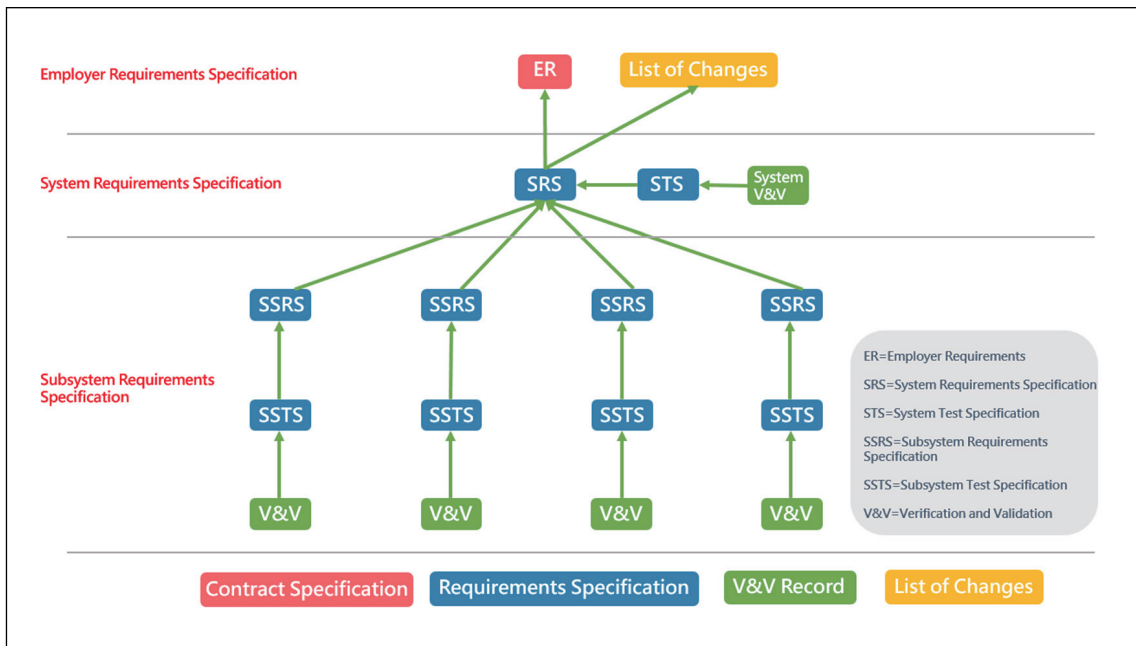


圖 2 系統分解架構圖

求、工程需求、界面需求、國際標準與規範及安全等需求。透過需求引出，可將所有之需求全部納入需求管理的項目內，以做到最大範圍的收集，而需求引出的流程需要仰賴對專案、系統具有豐富經驗的專業人員來執行。

(2) 需求識別 (identify) :

在需求識別流程，目的是要找出需要被管理的需求項目，如何有效攫取關鍵性的顧客需求，識別來自不同來源的需求、類別，並解決需求之間可能的歧異及刪除重覆的需求。另外，有些需求可能只是訊息資訊，並不需要納入管理，而有些需求是來自於各層級之危害分析後，而新增之安全相關的減輕措施，在

這個階段都要清楚地識別完成並且納入管理。一般廠商針對需求辨識僅分為技術需求與非技術需求、安全與非安全、內部與外部介面。上述這些識別的屬性，在實務上應再更詳細進行分析。

(3) 需求分析 (Analyze) :

本項需求分析流程係在呈現一套系統可供滿足權責關係人對所有需求分析，需求管理團隊應闡述其定義、分析與維持之系統需求、所採用的方法與及相關的作業與任務。

識別出需求項目後，就必須開始釐清需求項目之間的複雜關係。由於需求必須經過所有權責相關人的研讀，而每位權責相關人研讀需求的切入面向，將會影

響如何詮釋其所研讀之需求。故而需求必須以精確的、可溝通的、可量測的語言陳述，以確保所有權責關係人對需求的理解都是一致的。若需求無法被精確陳述，則會增加設計錯誤的風險。因為這些無法被精確描述與理解的需求，可能會在高階的系統架構層級中，滲入概念設計工作中，隨著需求的轉化經由錯誤的流向（errors flow），而滲入下階層的子系統細部設計工作中。而需求釐清目的，就是要用精確、可量測的語言來陳述需求，並且協助盡早揭露這些錯誤，持續追蹤這些以後可能成為問題的需求；精確的需求陳述例如：系統需能達成在早上7:00~9:00的尖峰時刻期間，以平均每90秒發出一班列車。

(4) 需求配置（allocate）

需求管理團隊必須先將整體需求，配置給下一層級或子系統層級的需求，直到上層級之需求能夠被清楚執行為止。這些配置的原則必須在需求管理計畫中明訂，以利於各權責關係人來執行，這些作業活動稱為需求配置。需求配置的具體成果，即是產生需求分解架構圖（Requirements Breakdown Structure, RBS），RBS是整個專案生命週期執行驗證與認證的唯一標準。需求分解過程將會決定每個需求區塊的負責人；同時也要在需求管理工具中，將需求管理權限指定給對應的需求區塊負責人，再透過需求管理工具的使用，在整個專案生

命週期中進行最有效地管理並追蹤。另外，在配置過程中，也會有識別與討論出各種界面的需求，這些界面需求的管理，對於設計階段制定系統功能，會扮演重要影響的角色。配置後的界面需求項目，應依循界面管理機制予以控管，同時併入架構設計解決方案，並且隨時反饋至需求管理系統。已完成配置的結果，可彙整予型態管理納入控管。對照至捷運三篤線計畫合約執行，因為合約規定廠商必須提出4階層的驗證與認證報告，但未明確要求執行需求管理，惟廠商內部已有針對部份子系統，展現發展需求管理的機制，用以確認其專案目標與業主需求是否相符；同時IV&V也將確認廠商驗證與認證計畫書中所述，將契約需求配置到系統需求、子系統需求、安裝測試需求，是否完成落實。

(5) 需求確認（整個專案生命週期都必須持續執行）

由上層級需求完成需求配置後，不表示需求發展階段已經結束。各區塊負責人接獲需求配置後，必須藉由會議、討論、審查機制，再行確認其適切性及可行性。需求確認是專案各階段過程一再被反覆循環執行，其重點是確認設計、施工、測試各階段的需求，是被一致理解並且達成共識。實際執行過程，需要與各子系統工程師不斷地確認需求已經被正確滿足，如果對於配置需求有疑



慮，仍須跟上層需求負責人持續溝通，直到能獲得配置的需求為止，尤其是界面需求在專案全生命週期期間，都必須持續去溝通確認，因為新的界面需求，會隨著專案生命週期於不同階段工作的開展，不斷被發現。必要時亦可循環至需求識別、需求分析、需求配置等流程，進行變更需求的屬性、類別及其負責人。（如圖3）。而設計審查也可透過專案稽核活動發現統包商的设计需求是否有失蹤的連結（missing link）項目，並且與廠商溝通確認該失蹤的連結（missing link）應於期末設計階段完成連結，設計審查單位也應該持續追蹤統包商辦理情形。

3. 需求管理階段

需求發展後的產出即是需求分解架構（Requirements Breakdown Structure, RBS），它必須獲得所有權責關係人一致同意並且認可的明確需求，這些需求必須被基準化（baseline）建立基準並且完善管理。通常是由需求管理經理來執行最終的管理。需求管理團隊應說明專案需求管理所使用的需求管理工具，該工具的使用是貫穿整個專案生命週期各個需求管理流程，並且儲存於這些需求管理工具中的資料，並須具備一致性。而需求管理的基本原則，就是要達到「可追溯性」、「可分析性」，同時也須執行「需求查核」。

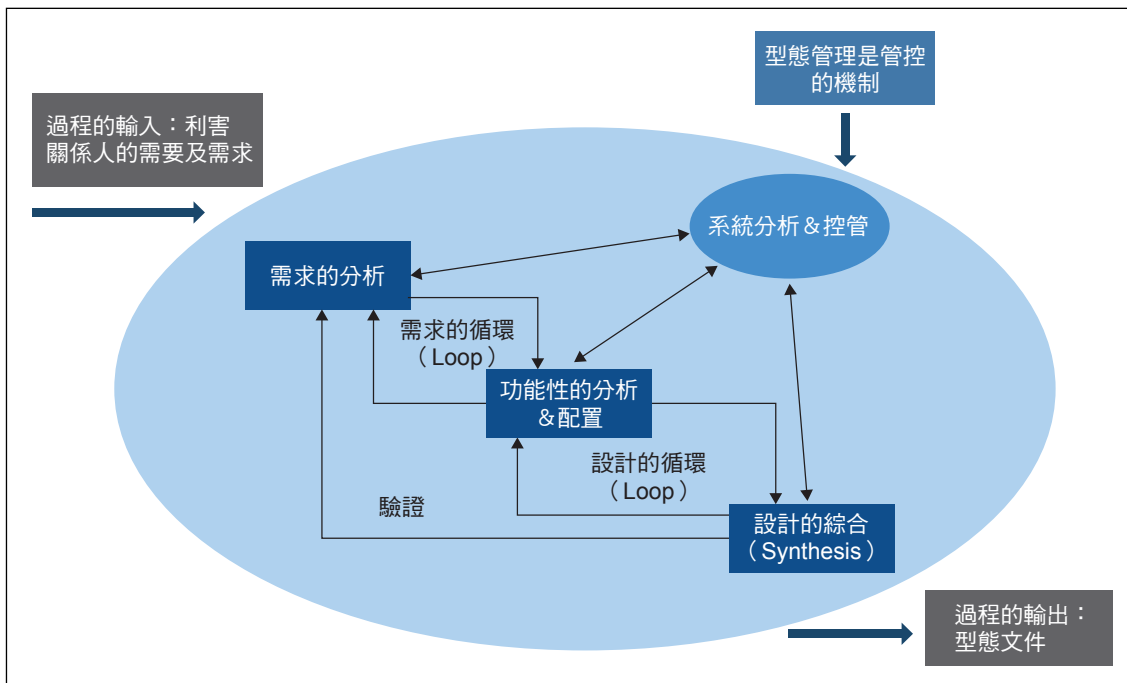


圖 3 需求發展說明 來源：張琇璋簡報資料

(1) 可追溯性

需求管理團隊應闡述自最頂層之業主需求規範，至最底層之子系統測試規範之需求可追溯矩陣（Requirements Traceability Matrix, RTM）的方式。此需求可追溯矩陣（RTM），應包括驗證並認證各層級規範的證據。通常是透過一個專業軟體完成由上層至下層之需求，及下層至上層的雙向連結。雙向連結的需求須為可追溯性，有助於確認所有上層的業主需求，均已被完全解決並滿足，所有下層需求可以被有論據的追溯至上層需求，同時也包括界面需求及安全相關需求的可追溯性。需求管理團隊必須定期審視需求符合性，並且提出「需求符合性可追溯矩陣報告」給予外部權責關係人進行查證與確證。

(2) 可分析性

在需求管理的流程中，需求管理團隊應使用專業軟體，執行各種需求分析並提出報告，需求相關統計資料，應包括但不限於以下項目：

- a. 需求的趨向。
- b. 需求變更的比率及待完成數量。
- c. 已完成查證之需求的比率。
- d. 已完成確證之需求比率。
- e. 需求發展的各種進度，譬如：待決定需求、待解決需求、待供應需求等。

(3) 需求查核

需求管理團隊應說明各種需求查核的方

式、時間點及頻率，而這些審查的執行細節應寫入需求管理計畫書內，並且提送專案團隊及業主審核，其中需求的查核應包括以下三種型式：

a. 專案團隊的需求查核

各種需求規範，包括系統需求規範、系統設計規範、系統測試規範、各個子系統之子系統需求規範、各個子系統之子系統設計規範、各個子系統之子系統測試規範、外部與內部界面需求規範等，均應先經由專案團隊完成審查。

b. 需求管理作業的查核

需求管理作業，包括需求管理團隊與專案團隊間、需求管理團隊與型態管理團隊間、以及需求變更與型態變更間的溝通機制，如何在需求管理資料庫〔工具〕中追蹤，並管理失蹤的連結（missing links）、需求管理計畫中的需求分解架構（RBS）與執行於需求管理資料庫〔工具〕中的需求分解架構（RBS）間之連結一致性等，均應經由組織層級之獨立資深管理團隊、內部／或外部獨立稽核機構等進行作業審查。

c. 業主的需求審查

需求管理團隊應建議業主對需求審查的機制與頻率，以供業主對需求管理的理解。



(三) 需求查證與確證

1. 全系統需求的查證與確證，依據ISO 15288技術流程的說明如下

- (1) 查證過程是確證設計需求已被系統完全滿足。
- (2) 確證過程是提供客觀證據，證明系統在使用時所提供的服務，符合權責相關人的要求，在其預期的營運環境中實現了預期之用途。

單一需求或一組需求的查證和確證方式，可以根據專案的不同給予客製化。需求查證與確證作業，將隨著專案生命週期不斷的持續進行著。而查證與確證流程與需求配置最大的差異，在於它是由下往上收集證據，來確認滿足上位的需求。

2. 需求的查證Requirements in Verification

在此查證過程中，需求管理團隊應詳細說明其計劃、方法、活動和任務，以確證系統滿足設計要求。針對系統需求確定之查證方法，該查證方法須確認每一個需求如何執行、誰執行、何時執行、及何處執行以達成可接受。而任何有關於系統架構、設計或參數的變更都必須在可追蹤的流程中被記錄，同時透過查證的系統元件、系統架構、設計也需要跟系統需求之間須保持雙向之可追蹤性。

3. 需求的確證Requirements in Validation

在此確證流程中，需求管理團隊應闡述

所做的規劃、採用的方法、相關的作業與任務，並且提供客觀證據以證明系統所提供的服務，可以符合權責關係人的需求，而權責關係人的要求通常在合約中指定。例如系統在其預期的操作環境中，達到其預期之功能。確證範圍取決於適合各專案生命週期階段的內容；它可以是系統或任何系統元素或工程的結果。執行確證過程的結果，將與預期結果進行比較，如果存在差異必須確定根本原因，啟動糾正或改進措施，並進行記錄；或是重新定義確證之程序或方法。

需求查證與確證只是需求管理的一部份，它並非是需求管理全部；而業界往往誤以為可用查證與確證報告，可用來取代需求管理作業，這部分需要加以澄清及說明，對於查證與確證的證據收集，可以透過外部審查先行確認，而IV&V也能透過稽核作業來確認其是否落實執行管理機制。

(四) 變更管理

當需求被基準化並且納入軟體管理之後，若是需要執行變更時，需求管理團隊應針對該變更之影響進行詳細分析，並且記錄、追蹤、管理、控制需求之變更。需求管理團隊應定義需求變更的管理方式，並闡述其用以產出變更可追溯矩陣的方式。

(五) 型態管理

需求管理計畫中的型態管理範圍，是指

建立並維持專案所有識別出之產出的完整性，並確保相關單位可隨時獲得這些產出。當需求發展完成基準後，即需要建置型態基準，並且開始執行型態管理。型態管理必須跟需求管理密切連結確認，當需求有變更，型態也必須跟著更新。

從需求發展到需求的管理，過程中結合型態與變更管理，最後完成需求的驗證與認證等一系列之管理機制才能統稱為需求管理。（如圖4）

二、結論

捷運系統是一個複雜的整合性專案，各

種產品、子系統發展必須從概念、研究、分析、發展、製造、組裝、測試、整合測試等階段進行管理。而專案的規範及產品於建置實現過程中可能發生之錯誤及缺失，必須要被盡早發現並解決，否則這些錯誤及缺失，日後會更形嚴重且擴及更大的層面，將嚴重影響專案的成功及整體成本。建置完善需求管理，是任何一個專案能否完善執行的關鍵跟基礎，因為有了需求管理，讓專案全生命的發展過程都有可追溯性、可分析性，使得專案可順利進行及符合預期目標，並且降低專案執行的風險與成本。另外，目前國內捷運系統專案管理團隊所使用的需求管理工具，建議能與世界接軌使用國際上普遍使用的專業軟體，並且需求管理團隊應完成相關

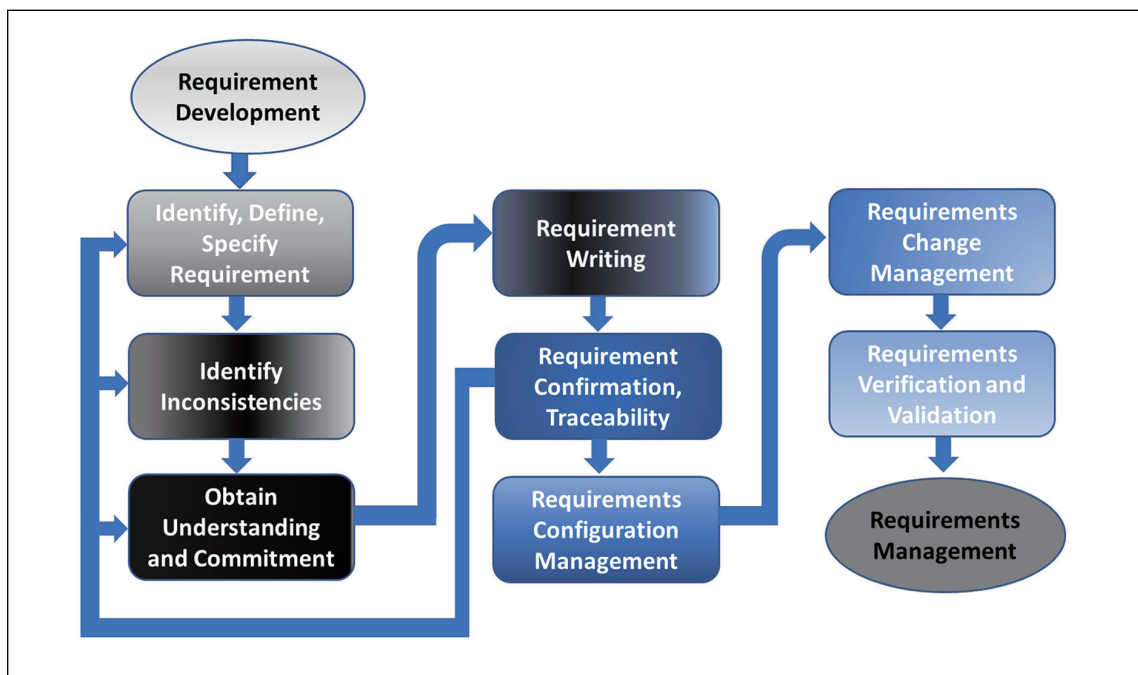


圖 4 需求發展 vs 需求管理



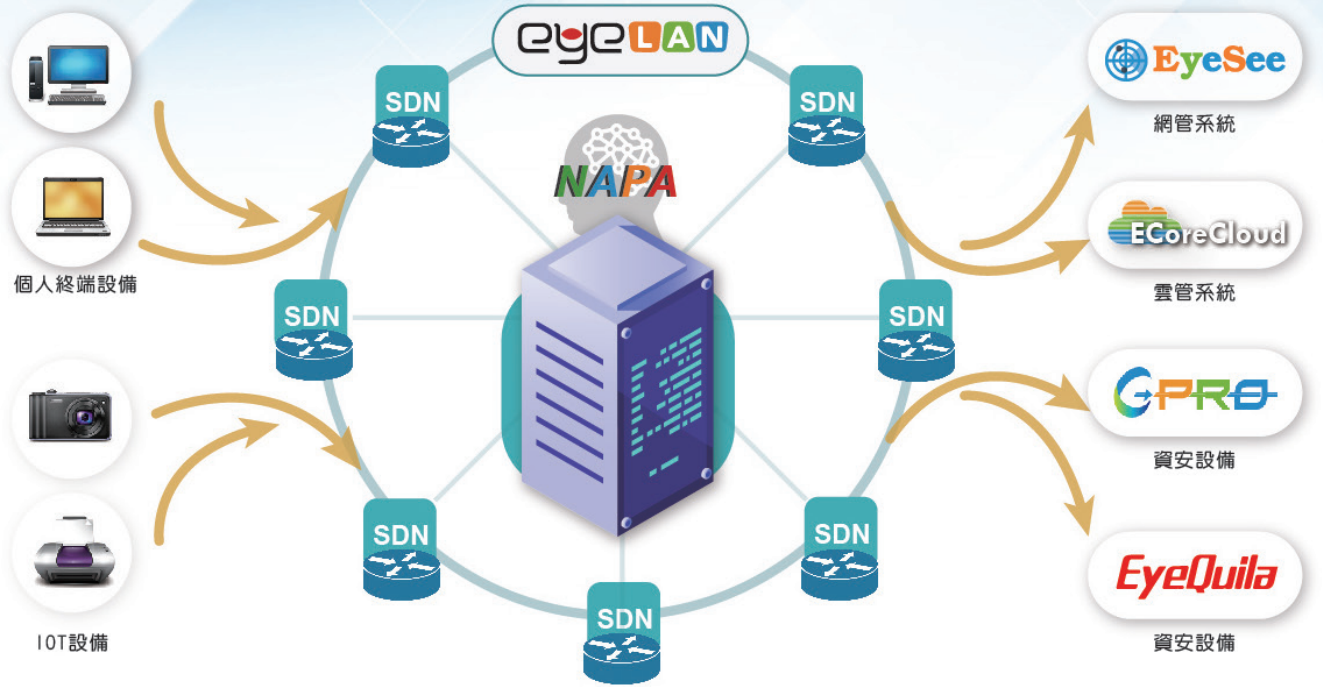
的訓練；同時也把「需求查證與確證」作業跟「需求管理」區分清楚，不可混為一談。落實專案管理機制必須重源頭做起，制定出符合國際慣例要求的契約規範，由專案廠商加以確實執行，才能達到事半功倍的效果，進而降低專案目標遺漏或是偏差的風險。

參考文獻

1. ISO15288-2008 Systems and software engineering - System life cycle processes
2. 三鶯線 業主需求書（一）整體服務需求及規定 8.11 驗證與認證管理。
3. 三鶯線捷運系統計畫統包工程驗證與認證管理計畫核定版。
4. Verification, Validation, and Testing of Engineered Systems, by Avner Engel.
5. The Requirements Engineering Handbook, by Ralph R. Young.
6. Requirements Management - The Interface between Requirements Development and all other Systems Engineering Processes, by Colin Hood, Simon Wiedemann, Stefan Fichtinger, Urte Pautz.
7. Requirements Management - A Practice Guide, published by PMI, Inc.
8. Requirements Engineering, by Elizabeth Hull, Ken Jackson and Jeremy Dick
9. Requirements Engineering Fundamentals, by Klaus Pohl, Chris Rupp.
10. Requirements Engineering for Software and Systems, by Phillip A. Laplante.
11. Model-Based Requirements Engineering, by Jon Holt, Simon A. Perry, Mike Brownsword.
12. Engineering and Managing Software Requirements, by Aybüke Aurum, Claes Wohlin.
13. Competitive Engineering - Handbook for Systems Engineering Requirements Engineering, and Software Engineering Using Planguage, by Tom Gilb.
14. ISO IEC 12207 2008 Systems and software engineering Software life cycle processes.
15. ISO 16404 2013 Space systems Programme Management Requirements Management.
16. BS ISO IEC 26551 2016 Software and systems engineering - Tools and methods for product line requirements engineering.
17. PD ISO IEC TR 24766 2009 Information technology Guideline to requirement engineering tool capabilities.

新一代網路管理系統 eyeLAN

高安全網路架構 集中管理 彈性調配



1

終端設備與IOT設備
連網管理

2

網路設備集中管理

3

與第三方資訊系統聯動

EyeLAN係中華電信自主研發的新一代網路管理系統，運用SDN技術提供終端設備連網管理、SDN網路集中管控及快速障礙查測等功能。相較於傳統網路方案，EyeLAN能提供自動化網路開通及異動設定，智慧偵測非法終端設備，主動阻擋異常行為的入侵連線。同時結合微隔離技術提供企業高安全分艙隔離網路架構，有效解決傳統網路需外購多種資安設備的問題。本產品具備開放介面可與第三方系統(如：資安設備、雲管系統、網管系統)整合，應用場域包括企業、校園及IoT等網路，建構自動化、高安全、易管理的網路架構。

服務專線： 朱煜煌 03-4244817 yhchu@cht.com.tw

中宇

卓越
誠信
技術
品質



澄清湖高級淨水處理設備工程
Chenchin Lake Advanced Water Treatment Plant



生技廠工程
Biopharmaceutical Plant



工業廢水純化場
Industrial Waste Water Purification Plant



化工廠工程
Chemical Plant



空氣污染防治系統
Air Pollution Control System

股票上市公司
ISO9001 / ISO45001

驗證通過

- 水處理及回收工程
Water Treatment & Recycling
- 汽電共生廠及發電廠工程
Co-generation Plant & Power Plant Turnkey
- 生物製劑及藥廠建廠統包工程
Turnkey Project for Biotech & Biopharmaceutical Facility
- 整廠機電及公共設施工程
Mechanical & Electrical & Utility Engineering Systems
- 廢棄物處理及空氣污染防治
Waste Treatment & Air Pollution Control
- 耐火材料工程
Refractory Engineering
- 工業級LED燈具之製作&銷售
Industrial-grade LED lighting (Production & Sales)



中宇環保工程股份有限公司
CHINA ECOTEK CORPORATION

高雄市前鎮區成功二路88號8樓
8F., NO.88, CHENGGONG 2ND ROAD, CIANJIEN DIST.,
KAHSIUNG CITY 80661, TAIWAN, R.O.C.
TEL : 07-336138 FAX : 07-3363030
E-mail address : guest@ecotek.com.tw
Web : http://www.ecotek.com.tw



CSC GROUP
中鈺集團



品質
Quality



泛亞工程





工 信 工 程



台中港106碼頭新建工程



林口電廠更新擴建計畫
新建工程

營業項目：

橋梁工程、道路工程、捷運工程
隧道工程、建築工程、機場工程、海事工程

TEL：(02)2751-4188

FAX：(02)2721-8027

URL:WWW.KSECO.COM.TW//TC/INDEX.ASPX



*花蓮和平工業區
接軌五洲七洋的雄心

台灣位處太平洋中一片蔚藍海所環繞的寶島
海岸及港灣工程是豐饒的基點，更是與國際接軌的要素
中興工程顧問公司以工程的專業，連結土地與海洋的關係
水岸工程與停泊的港灣，正是臺灣航向世界的出發點！

海岸&港灣建設

中興團隊專業服務

水利、大地、電力、結構、建築、軌道、交通、系統
機械、環境、海岸及港灣、都市設計、工業城鄉開發
園區規劃等之規劃、設計與施工監造管理

聯絡資訊

10570 臺北市松山區南京東路五段171號
電話：(02) 2769-8388 傳真：(02) 2763-4555
E-mail：sinotech@sinotech.com.tw
<https://www.sinotech.com.tw>



正派經營 · 品質保證 · 追求卓越 · 創新突破

中興工程顧問股份有限公司
SINOTECH ENGINEERING CONSULTANTS, LTD.



CTCI 中鼎集團

CTCI 中鼎集團 (TWSE: 9933、TPEX: 5209、TPEX: 6803) 為國際級工程統包公司，承攬多元化重大工程。創立於 1979 年，總部位於台灣台北市，業務範圍包括煉油石化、電力、環境、交通、一般工業等工程領域，致力提供全球最值得信賴的工程設計、採購、製造、建造施工、試車操作及專案管理等服務項目。在全球逾 10 個國家設立約 40 個據點，集團員工總數約 7,000 人，並入選道瓊永續指數 (The Dow Jones Sustainability Indices, DJSI)。

CTCI

Discover Reliable



業務領域

- 煉油石化
- 電力
- 環境
- 交通
- 一般工業

服務內容

- 專案管理
- 可行性研究及前端工程設計
- 工程設計
- 工程採購
- 設備製造
- 工程建造與維修
- 工廠試車
- 智能解決方案
- 自動化控制
- 無塵室與機電配管工程
- 智能頂進工法
- 地盤冷凍工法
- 操作及維護

產品項目

- 設備製造
- 化學添加劑
- 智慧化能源管理系統

CTCI
中鼎集團

11155 台北市中山北路六段89號
Tel: (886)2-2833-9999
Fax: (886)2-2833-8833

www.ctci.com

CTCIEF

財團法人中鼎教育基金會

10571 台北市南京東路五段188號2樓之2
Tel: (886)2-2769-8599
Fax: (886)2-2769-9299

www.ctcief.org



匯通藝文新地標／大港橋

全臺首座水平旋轉橋梁，串聯亞洲新灣、駁二、蓬萊商港區，完備港灣環鏈遊憩線，點亮港都海灣觀光新廊道。



Creativity · Excellence · Conservation · Integrity

台北市11491內湖區陽光街323號

No. 323 Yangguang Street, Neihu District, Taipei City 11491, TAIWAN

Tel: (02)8797-3567 Fax: (02)8797-3568

E-mail: pr@ceci.com.tw

用心
做好每一件事情

匠心，才得以淬煉「專業」品質
誠心，才足以貫徹「人本」信念
悉心，才可以恢宏「關懷」情操
台灣世曦永遠以「心」為出發
持續履行對土地、對人民不變的承諾
一個環境永續的生態樂園
一個幸福溫馨的生活家園