

中|華|技|術|135

CECI ENGINEERING TECHNOLOGY

2022. 7. 31 出版

蓄氣穩能—— 能源政策橋接者LNG



台北郵局許可證
台北字第3758號

專訪人物／

經濟部曾文生政務次長

經濟部能源局游振偉局長

建構臺灣穩固的天然氣供氣系統

建置LNG碼頭之特殊考量

淺談長途天然氣管線規劃、設計及施工關鍵課題

第三座液化天然氣接收站友善環境之設計考量

第三座液化天然氣接收站棧橋工程設計理念



財團法人中華顧問工程司 發行

CECI



台灣世曦工程顧問股份有限公司 編製

蓄氣穩能—— 能源政策橋接者LNG



CONTENTS

中華技術 135

目錄

專輯前言

1 | 人物專訪

8. 訪經濟部政務次長曾文生談
「能源轉型規劃願景及液化
天然氣發展藍圖」.....

.....整理：張雅涵・攝影：詹朝陽

18. 訪經濟部能源局局長游振偉
談「臺灣邁向淨零轉型的能
源發展方向」.....

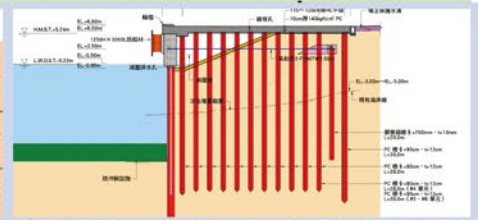
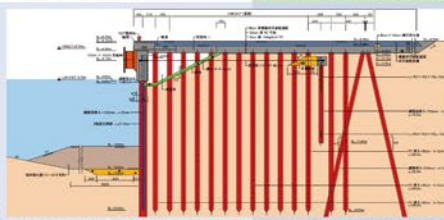
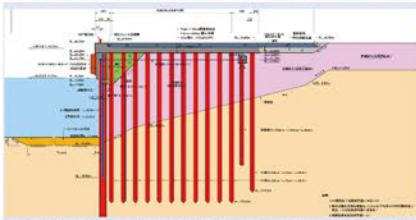
.....整理：呂其軒・攝影：詹朝陽

發行人 周永暉
發行所 財團法人中華顧問工程司
地址 台北市辛亥路二段185號28樓
電話 (02)8732-5567
網址 <http://www.ceci.org.tw>

編審工作小組
總召集人 施義芳
副總召集人 廖學瑞
135期召集人 黃炳勳
135期審查委員 張欽森、蔣啟恆

總編輯 張鈺輝
副總編輯 李志宏
執行編輯 袁雅玲
編輯 詹朝陽、吳妍瑱、李綺馨、許舜雅
設計 台灣世曦工程顧問股份有限公司
地址 台北市內湖區陽光街323號
電話 (02)8797-3567
網址 <http://www.ceci.com.tw>

◎ 經刊登之文章，文責由作者自負 ◎



2 | 工程論著

26. 臺灣國際商港於政府能源政策扮演之關鍵角色.....王錦榮、鄭志宏、盧佩玢

40. 全球LNG市場介紹及我國之氣源規劃.....林志明、李皇章



3 | 專題報導

48. 建構臺灣穩固的天然氣供氣系統.....王佩文、張欽森、劉宏道

58. 建置LNG碼頭之特殊考量.....曾彥智、張文奐、劉宏道

76. 淺談長途天然氣管線規劃、設計及施工關鍵課題.....陳榮嵩、周展名、劉宏道、張欽森



92. 第三座液化天然氣接收站友善環境之設計考量.....

.....陳建中、張欽森、朱志誠、吳宗儒、胡瑋靖

100. 第三座液化天然氣接收站棧橋工程設計理念.....

.....黃榮裕、李孟嘉、陳昭壹、蔣啟恆、劉珊、陳明谷、許肇安

編後語



專輯前言

隨著全球氣候變遷與溫室效應的影響日益明顯，地球暖化加劇使得暴雨、熱浪、乾旱、野火等極端氣候威脅於全球各地不斷發生，不僅對能源、水資源及糧食造成衝擊，更導致人類居住地及生物棲地的破壞與流失；基此，世界各國持續針對減少碳排放及發展新能源進行討論，從1997年「京都議定書」對先進國家賦予強制減碳責任，2015年「巴黎協定」規範所有國家提出減排承諾並訂定限制升溫目標，到2021年COP26氣候變遷大會「格拉斯哥氣候協議」達成「2050淨零排放(2050 Net Zero)」之國際共識，各國陸續提出淨零轉型規劃，期能透過積極的減碳作為及能源轉型政策減緩暖化速度，以因應日益嚴峻之氣候衝擊風險。

參考國際推動能源轉型之經驗，在再生能源及儲能技術發展純熟並能穩定供電之前，低碳且能維持供電穩定的過渡性能源即成為不可或缺之重要角色；依國際能源總署(IEA)分析，就算考慮各地不同的洩漏率，全球98%以上的天然氣用於發電與供熱來源時，溫室氣體排放量均可較以燃煤為燃料來源時為低；因此，天然氣在全球能源轉型過程被視為重要的橋接者，以燃氣取代燃煤的減碳效果已普遍獲得全球認同，成為能源轉型的必經之路。

觀察臺灣推動能源轉型的歷程，亦可發現天然氣肩負能源轉型過渡期橋接能源的重任；為達成國際減碳承諾，並因應國內外政經情勢及能源環境的快速變遷，臺灣於2016年起積極推動能源結構轉型的「新能源政策」，以2025年達20%(再生能源)-30%(燃煤)-50%(天然氣)之低碳潔淨發電能源配比為目標，增建天然氣卸收、輸儲設備，以擴大天然氣的使用，發揮其橋接功能；另為逐步實現2050淨零排放之永續社會，政府於2022年提出「臺灣2050淨零排放路徑及策略」，短中期推動以燃氣取代燃煤，提高天然

氣使用以降低燃煤占比，加速減少碳排放，長期隨再生能源供給增加，天然氣仍扮演提供電力系統輔助服務的重要角色，以維持供電穩定，並可透過導入碳捕捉封存再利用(CCUS)技術解決碳排問題。

在邁向2050淨零目標的路徑上，能源配比的調節是確保電力系統維持穩定的重點，考量依我國再生能源的發展，短期內無法完全取代燃煤，需以低碳之天然氣取代以確保穩定供電，而為保障國內天然氣供需平衡，需仰賴明確的政策目標及足夠的基礎設施以進行完善之彈性調度；基此，本期中華技術以「蓄氣穩能-能源政策橋接者LNG」為主題，探討因應國家能源政策下，政府部門及產業界針對LNG需求之思維對策。

本期特別專訪經濟部政務次長曾文生，分享推動能源轉型之歷程，及以液化天然氣做為能源轉型的橋接能源之階段目標及配套措施，並說明全臺天然氣調度之整體藍圖；同時亦邀請能源局局長游振偉，暢談推動臺灣能源轉型兩大主軸-再生能源及天然氣之重要性，及天然氣在能源及淨零轉型上扮演的角色，並分享能源部門於國家淨零碳排路徑中所推動之關鍵作為。透過兩位能源政策重要推手的分享，讓我們感受到政府積極推動能源轉型及淨零碳排的決心，並從中瞭解各項政策推動的策略及措施。

為瞭解業界因應產業轉型及能源供需平衡之思維對策及相關作為，本期特邀請兩位經驗豐富之專家率領團隊針對本期主軸提出專業論著，其一為臺灣港務公司工程副總經理王錦榮等，以「臺灣國際商港於政府能源政策扮演之關鍵角色」為主題，分享為順應國家能源政策推動，臺灣港務公司所扮演的角色及港區發展方向的改變趨勢；另一為台灣中油公司副總經理李皇章等，以「全球LNG市場介紹及我國之氣源規劃」為主題，分享國內外LNG市場現況、COVID-19疫情及俄烏戰爭下對亞洲市場之需求影響，及台灣中油公司配合能源政策下所採取之氣源規劃。



專輯前言

為呼應本期主題，另擇定台灣世曦工程顧問股份有限公司(以下簡稱台灣世曦)近期辦理液化天然氣接收站之相關計畫，分享台灣世曦協助天然氣接收站建設之實務經驗，計有「建構臺灣穩固的天然氣供氣系統」、「建置LNG碼頭之特殊考量」、「淺談長途天然氣管線規劃、設計及施工關鍵課題」、「第三座液化天然氣接收站友善環境之設計考量」及「第三座液化天然氣接收站棧橋工程設計理念」等五篇專題。

■ 建構臺灣穩固的天然氣供氣系統

本篇專題透過天然氣供氣製程之說明，及我國LNG卸收設施及供氣系統之現況分析，分享如何透過完善的營運調度及規劃適當的興建與擴建計畫，以建構穩固的天然氣供氣系統，達成確保電力供應穩定，兼顧降低空污及減碳之政策目標。

■ 建置LNG碼頭之特殊考量

本篇專題依過去參與LNG專用碼頭之相關工作經驗，說明在規劃設計LNG碼頭時，其碼頭平面配置、斷面型式及繫泊監控系統設置等所需注意之特殊考量，以利完工後LNG專用船於停靠及卸料時均能安全無虞。

■ 淺談長途天然氣管線規劃、設計及施工關鍵課題

本篇專題以計畫案例採淺顯易懂方式分享此類型工程之技術內容，透過探討長途天然氣管線規劃及設計之路徑檢討、管線設計及銜接介面等關鍵課題及其影響因子，對規劃、設計及施工等階段易遭遇問題進行說明及提出相關建議。

■ 第三座液化天然氣接收站友善環境之設計考量

本篇專題分享第三座液化天然氣接收站於設計階段，為達成「藻礁保護最大化、供電影響最小化」之目標所採取之友善環境設計，除透過外推方案減輕藻礁影響及海岸淤沙外，於外廓防波堤之設計上亦採用消波沉箱、開孔護基方塊及多孔隙之保護塊石，以增加生物資源之效果。

■ 第三座液化天然氣接收站棧橋工程設計理念

本篇專題分享台灣世曦進行台灣中油第三座液化天然氣接收站棧橋工程之設計階段，在考量政府能源政策及配合環評承諾下，如何就建設期程、功能需求及降低海床環境影響面積等因素進行考量，並對於安全性、施工性及橋梁耐久性等進行妥善規劃。

全球正值能源轉型的關鍵時期，以燃氣取代燃煤是為達淨零碳排必經之路，面對國際2050淨零排放的時間壓力下，國內能源及產業亦面臨淨零轉型的重大挑戰；因此，本期以「蓄氣穩能-能源政策橋接者LNG」為主題，除邀請政府部門及業界專家分享能源轉型政策下的相關作為外，亦綜整台灣世曦辦理液化天然氣接收站相關計畫之規劃建置、設計考量等工程實例，期能藉由本期中華技術的發表提供經驗分享，提升業界對於LNG之瞭解。



台灣世曦工程顧問股份有限公司

代理副總經理

黃炳勳



訪經濟部政務次長

曾文生

談

能源轉型規劃願景及
液化天然氣發展藍圖

整理：張雅涵 · 攝影：詹朝陽

壹、前言

曾文生政務次長畢業於國立臺灣大學土木工程學系，曾任行政院青年輔導委員會專門委員、民進黨青年部主任，民國97年起進入高雄市政府，陸續擔任都發局專員、高市府顧問、經發局專員、經發局局長，民國107年起擔任經濟部政務次長迄今，負責督導能源、國營事業等相關業務，並於民國111年3月起兼代台灣電力公司董事長。

曾次長上任時正值我國力推能源轉型之際，從2025非核家園到2050淨零轉型，從太陽能、風電等再生能源的建置，到第三天然氣接收站的開發推動，次長均親自坐鎮，督導能源及國營事業共同朝淨零排放目標邁進，實為我國能源轉型政策的重要推手之一；期藉由專訪曾次長，呼應本期中華技術主題，明確瞭解國家能源政策推動方向及液化天然氣之發展藍圖。

本(135)期很榮幸能獲曾次長允諾，在百忙之中抽空接受專訪，茲將專訪內容重點整理如後，以饗工程界先進。

貳、訪談紀要

問：曾次長您好！首先感謝您接受中華技術期刊的專訪，您上任時正值我國力推能源轉型之際，請問您過去督導國營事業及能源業務的過程中，在進行跨部會及業界之間的整合管理有遇到什麼困難嗎？您是如何協助解決的？

答：謝謝中華技術本次專訪的邀請，臺灣能源政策的推動，有賴於政府各部會、業界、學界及民間團體等許多單位的共同合作，在進行整合的過程中難免會遇到立場不一致的情形，但大家的目標其實都一樣，都希望臺灣能夠往能

源轉型、環境永續的方向發展，成為更好的臺灣；如果碰到需要各單位之間協調的議題，就會掌握「花時間、說事實、找解方」這三個重點，來進行有效、有誠意的溝通，才是積極解決問題的態度。

一、花時間

在進行跨部會及業界間的整合時，大家雖然各有立場，但目標都是能源轉型，需要透過花時間溝通彼此的困難，並站在對方的立場思考，才能找出方法。

二、說事實

溝通最重要的是要站在事實的基礎上，比



1

人物專訪

方說，我們算出來若三接無法興建將影響大潭2部機組，一年的供電量是137億度，換算成燃煤，是500萬噸的煤，這不是恐嚇，是事實；外推案我們提出地質調查的科學資料，迴避了潮間帶的藻礁，這也是事實；許多環團朋友是了解這些事實才接受外推方案的推動。

三、找解方

願意花時間站在對方的立場上思考、願意以事實的基礎做溝通，就有尋找到最大公約數的機會；也許這個解方並不完美，但民主政治，並不只是數人頭的政治，它也是一種協調的政治。

問：依國際能源總署分析，就算考慮各地不同的洩漏率，全球98%以上的天然氣用於發電與供熱來源時，溫室氣體排放量均可較以燃煤為燃料來源時低，因此，以燃氣取代燃煤成為全球能源轉型過程的必經之路；液化天然氣做為能源政策的橋接者，各階段發展目標及配套措施為何？

答：

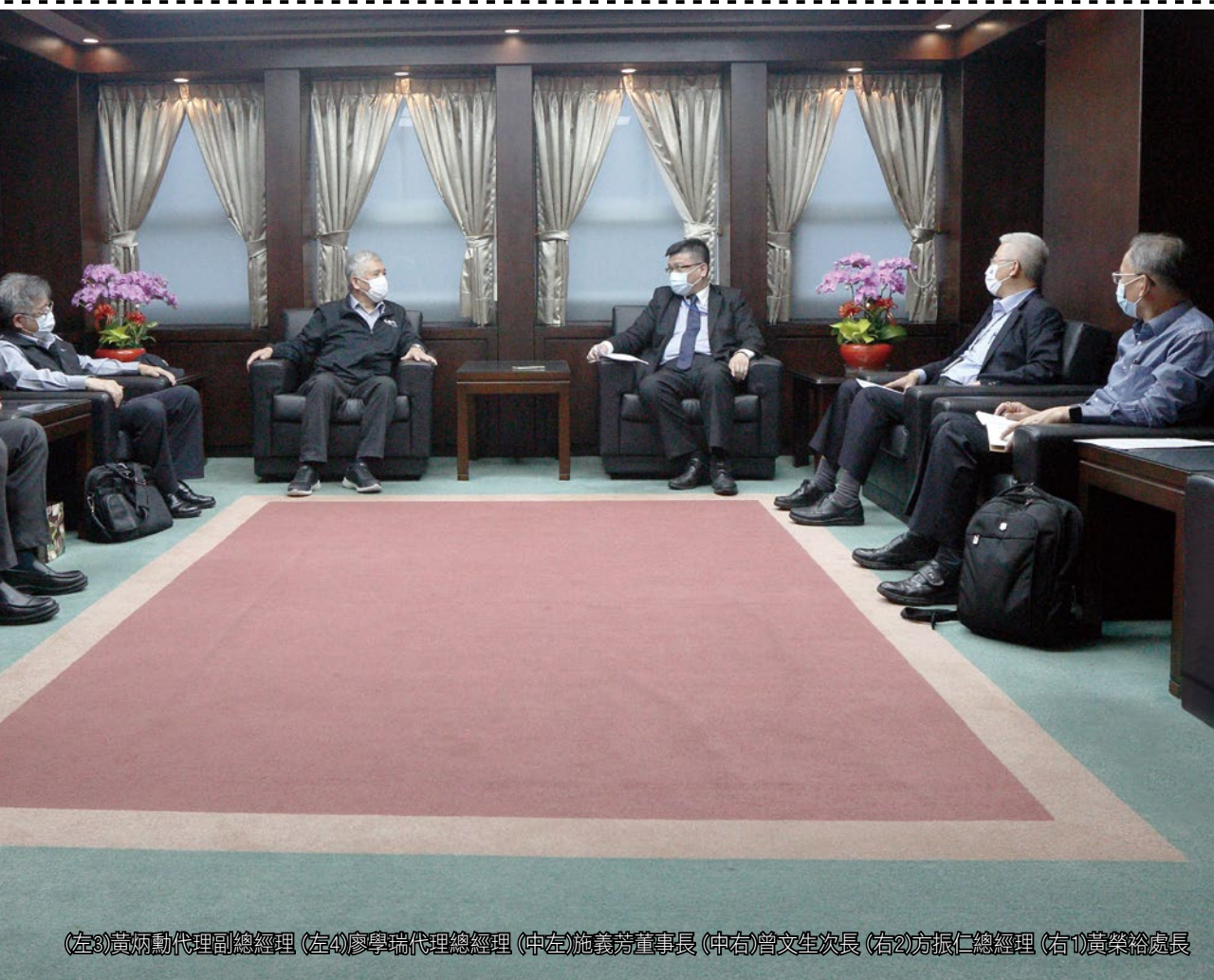
一、天然氣是我國能源轉型過程中重要的橋接能源：

依據國際能源總署(IEA)報告，天然氣具有低碳特性，每單位燃氣發電碳排放不到燃煤



(左1)王婉文副理 (左2)張欽森代理副總經理

發電一半，透過燃煤轉燃氣的減碳效果，使得天然氣在能源轉型上扮演關鍵角色。擴大天然氣不僅可達到減碳的目的，且因燃氣機組具有快速起停、可配合調度等特性，以其搭配間歇性再生能源可發揮備援與穩定電網供電可靠度等綜合效益；因此，天然氣是臺灣邁向淨零轉型過程中的重要關鍵，也是支持長期再生能源發展不可或缺的橋接能源。



(左3)黃炳勳代理副總經理 (左4)廖學瑞代理總經理 (中左)施義芳董事長 (中右)曾文生次長 (右2)方振仁總經理 (右1)黃榮裕處長

二、天然氣在臺灣2050淨零排放路徑短中長期策略：

從國發會今年3月公布了臺灣2050淨零排放路徑藍圖(詳圖1)可以發現，未來再生能源需求達到60%、70%，在能源轉型的過程中，我們可以藉由短中長期的天然氣策略，透過「先低碳再零碳」的淨零架構來協助這個目標的達成。

(一) 短中期(～2030)：推動以氣代煤，以及加氫混燒示範

在短中期階段，我們以「提升燃氣發電以取代燃煤」為目標，透過以天然氣取代相對高碳的煤炭，新增燃氣機組，來因應燃氣發電占比增加；另透過新擴建天然氣接收站，並提升儲槽容積、安全存量，以確保供氣安全。而台電公司已與西門子能源公司簽署「混氫技術」合作備忘錄(MOU)，目標2025年興達電廠氣渦輪機混氫5%發電示範，藉由導入氫氣混



燒，可進一步降低碳排放，實踐氫氣潔淨能源應用。

(二) 長期(2030~2050)：打造零碳電力

長期極大化再生能源規劃下，其發電占比將逐步提高，為維持穩定供電，具有快速

升降載特性的燃氣機組，將是搭配再生能源的最佳發電組合，因此，未來仍會保留部分燃氣機組，並結合碳捕捉、再利用及封存(Carbon Capture, Utilization and Storage, CCUS)技術，將燃氣發電排放的二氧化碳捕捉下來，封

存或再利用；或進口碳中和天然氣，這是一種由天然氣業者透過購買國際森林保育計畫發售之碳權，來抵減天然氣自開採至終端燃燒所產生碳排放的方式。另外，導入氫氣混燒的燃氣機組，並逐步增加混燒比例，長期發展氫氣渦輪專燒機組，邁向零碳電力目標。

(三) 為確保供電穩定，仍將適度保留既有天然氣機組

當長期再生能源穩定發展，零碳能源系統逐步成形後，為因應未來高再生能源占比，

電力系統除搭配儲能系統外，仍應規劃適度保留既有天然氣機組，但會透過前面提到的加氫混燒、進口碳中和天然氣、以及管末端加裝CCUS等方式來降低碳排放，仍可以達到零碳之目的並確保供電安全。



註：圖片摘自 國發會〈臺灣2050淨零排放路徑及策略總說明〉

圖1 2050淨零排放能源轉型策略

問：除了中油公司現有的三個接收站外，台電公司的協和與台中接收站、台塑公司麥寮接收站及中油公司洲際接收站等四個接收站，都在辦理可行性研究或環評等前置作業，對於全臺接收站的使用調度有整體藍圖的規劃嗎？

答：

一、三站雙環

回顧臺灣天然氣接收站的設置，首座接收站在高雄永安，第二個接收站在臺中港；最早



1

人物專訪

曾文生次長說明形成「三站雙環」的天然氣調度系統，達到相互備援、提高發電穩定性的作用。



1

人物專訪

只有高雄永安一個接收站時，高雄永安的天然氣必須透過海底輸氣管線及陸上輸氣管線，將永安卸收的天然氣往北輸送到通霄及鄰近的興達電廠，當台中第二個接收站蓋好後，透過埋設臺中到桃園大潭海管，可以將天然氣從臺中送到通霄，再送到大潭；目前高雄、臺中都設有海管及陸管，把天然氣從中、南部往北送。

隨著近年國內天然氣需求逐年增加、需求地區逐漸北移，既有兩座接收站之年卸收量及海管操作能力均趨近上限，為考慮區域供氣平衡及大潭電廠增建機組用氣期程，故規劃於桃園觀塘興建第三座接收站；待第三接收站完工後，我們將有北、中、南三座接收站可分散接收、提升整體供氣能力，再透過海管及陸管的串聯，每一個天然氣電廠都有雙氣源，形成「三站雙環」的天然氣調度系統，達到相互備援、提高發電穩定性的作用。

台電的協和電廠是北東電網最大的電源，台塑的麥寮電廠則供電予六輕使用，雖然一個在北部，一個在中部，但它們有一個共同的特性，就是它們沒有管線與現在三站雙環串連，因此，若要達成協和電廠燃油轉燃氣、麥寮電廠燃煤轉燃氣的目標，就必須就近建立接收站，才能得到氣源。



永安液化天然氣接收港

二、新接收站保留空間，為未來氫能接收站做準備

進口LNG要蓋接收站，進口氫一樣也要蓋接收站！液態氫與LNG，因沸點溫度不同，故LNG儲槽、管線、氣化標準，尚不能符合液態氫的要求，但在碼頭部份，液態氫體積較小，運送船隻理論上會比LNG船小，所以LNG碼頭的空間，可評估轉化或加設氫能船的碼頭。中油目前新做的規劃，將保留部份腹地，做為未來進口液態氫使用。



問：您同時身為經濟部政務次長及台電公司之代理董事長，兩個角色之間是如何取得平衡？

答：站在次長的角色來看，次長兼任台電董事長，是加量不加價！部裡為了互相支援，部長、另外兩位次長也都增加了工作，等於是四個人打五個位置、一起分擔工作，能源與淨零碳排的重要政策，還是由部長領導團隊持續前進。

但站在台電董事長的角度來說，因為具有次長的身分，而能幫助公司強化涉及跨部會局處政策的垂直整合與橫向聯繫，並統合資源。希望盡量給予台電政策支持，減少溝通界面，讓大家工作起來能夠更順暢。

問：當未來能源配比以再生能源為主時，供電穩定性可能因再生能源之間歇性特質而受影響，我國儲能系統之發展現況及未來展望為何？如何透過再生能源與儲能系統的相輔相成，提升能源系統韌性，達到穩定供電兼顧減碳之目標？環團質疑未來接收站可能發生設備閒置的狀況，您的看法如何？

答：

一、我國儲能系統之發展現況及未來展望

為因應2025年間歇性再生能源之穩定供電，我國妥善規劃抽蓄水力、快速起停燃氣機組、化學電池儲能等多元化做法來提高供電可靠度，其中儲能電池即為選項之一。

臺灣目前有大觀二廠及明潭2座抽蓄水力發電廠，裝置容量共2,602MW，可放電4~6小時，而在前瞻基礎建設已完成高雄永安、臺中龍井、彰濱3處共7MW/7MWh儲能電池系統，成功引導國內電池、電力零組件及系統業者整合，已有初步成效。另為穩定再生能源與供電



系統平衡，台電公司於2020年開辦「儲能自動頻率控制（Automatic Frequency Control, AFC）調頻備轉輔助服務」採購，結合民間企業推出電力頻率調整儲能系統。

透過政府與業界的共同努力，確認國內廠商有能力自主設計與生產儲能系統，未來將持續整合國內儲能電池、電力技術的零組件及系統業者共同合作開發，提升國內組件及設備自製率，增強產業國際競爭力，創造國內產值；並鼓勵國內學研單位、法人持續投入高安全性及低成本儲能電池技術研究。

二、擴建儲能系統以強化電網韌性

為強化電網韌性，可以透過擴建儲能系統及擴大再生能源併網容量等方式來確保供電穩定；能源局規劃太陽光電發電結合儲能設備之推動做法，藉由再生能源與儲能結合，不僅能讓再生能源輸出平滑化、穩定電網，也能讓新建案場充分利用土地與饋線，可透過再生能源電能躉購費率機制提供鼓勵誘因，並徵詢相關業者意見後，逐步推動，規劃2025年太陽光電發電結合儲能設備目標500MW；而台電公司已規劃2025年併網型儲能目標為1,000MW，並於2021年正式啟動電力交易平台，併網型儲能業者只要符合台電公司所定管理規範、作業程序或其他相關公告事項規定，即可成為電力交

易平台之合格交易者，均得以自有資源或代理資源方式參與每日競價交易。

三、新建接收站確有需求，且可降低負載率、有助供應安全，2050年天然氣接收站不會閒置

有些人可能會覺得，既然天然氣是橋接能源，那未來當再生能源目標達成後，既有的天然氣接收站是不是就閒置了，現在真的需要再進行接收站的建設嗎？其實從前面提到的2050淨零排放路徑就可以瞭解，為了要降低溫室氣體排放，必須降低燃煤發電、提高再生能源及燃氣發電的比例，因此，新建天然氣接收站確有其需求。

北部地區天然氣需仰賴高雄永安及台中兩座接收站供應，導致目前接收站已滿載運作，接收站負載率高達118%，遠高於亞洲鄰近國家(日本33%、韓國42%)，不利於穩定供氣。因此，目前已規劃於北、中、南推動新(擴)建接收站及儲槽，若如期完工，可逐步降低負載率，有利於分區供氣、相互調度備援、降低操作風險、增加安全裕度。

面對未來高再生能源占比，我們透過電力系統除搭配儲能系統、規劃適度保留既有天然氣機組，來確保供電穩定。天然氣機組亦將嘗試透過加氫混燒、進口碳中和天然氣、及管末



(中左)施義芳董事長 (中右)曾文生次長
 (右5)方振仁總經理 (右4)黃榮裕處長 (右3)李熙文副執行長 (右2)劉宏道經理 (右1)簡德深計畫經理
 (左1)張雅涵計畫工程師 (左2)王珮文副理 (左3)張欽森代理副總經理 (左4)黃炳勳代理副總經理 (左5)廖學瑞代理總經理

端加裝CCUS等方式降低碳排放，來滿足淨零排放及確保供電安全之雙贏目標。

後記

承蒙曾次長於日理萬機之中撥冗接受本刊專訪，謹表達由衷謝忱。在專訪的過程中，我們深刻地感受到同為土木人的曾次長對於能源轉型的推動有其堅持與熱忱，除暢談臺灣能源轉型的未來發展目標，並分享他對於LNG發展藍圖的擘劃與期許外，更強調再生能源為地球科學最重要的應用，而能源需求則需要憑藉土木技術來落實，當土木工程與環境永續相交融時，工程所扮演的角色將不再是破壞環境的源頭，而會產生新的工程樣態，創造出多元性價值。

感謝曾次長的不吝指教與分享，使我們得以由臺灣能源轉型政策重要推手的訪談中，勾勒出臺灣再生能源的發展願景及LNG產業的規劃藍圖；能源轉型是臺灣通往永續發展的必經之路，相信在曾次長的帶領下，能穩健邁向淨零排放之終極目標。謹將本次的訪談內容與大家分享，以供各界參考。



(左)施義芳董事長 (右)曾文生次長



訪經濟部能源局局長

游振偉

談

**臺灣邁向淨零轉型的
能源發展方向**

整理：呂其軒 · 攝影：詹朝陽

壹、前言

游振偉局長為中國文化大學建築及都市設計系博士畢業，具產業規劃、工安環保、產業園區規劃開發管理專業，歷任經濟部工業局主任秘書、副局長，現任經濟部能源局局長，主力推動太陽光電、離岸風電及穩定電力供應等能源轉型工作。

本刊很榮幸能獲游局長允諾，在百忙之中抽空接受專訪，茲將專訪內容重點整理如後，以饗工程界先進。

貳、訪談紀要

問：臺灣近年來重要的能源發展方向為何？政府在推動再生能源採取什麼策略？是否有遭遇困難？針對再生能源的間歇性特質，是否有解決之道？

答：

- 一、臺灣自產能源缺乏，過去在發電結構上又高度依賴化石能源，為因應國際減碳趨勢、扭轉臺灣能源情勢，政府從2016年起推動能源轉型政策，以展綠、增氣、減煤、非核為方向，來打造潔淨能源發電結構。其中，最重要的關鍵就是發展再生能源，不但能提升能源自主、降低空污及二氧化碳排放，還能創造綠色產值與就業機會。
- 二、臺灣具有優良日照環境以及全球數一數二的風場，同時太陽光電夏季發電多，可提

供尖峰用電需求，離岸風電冬季發電多，可減少燃煤發電，有助降低污染，因此，我國再生能源推動以太陽光電及離岸風電做為主要發展項目。

- (一) 在太陽光電方面，依據設置位置的不同，可分為「屋頂型」與「地面型」兩種。推動上以2016年核定之「太陽光電2年推動計畫」為基礎，在屋頂型部分進一步擴大新增盤點，包含農業設施屋頂、工業屋頂、學校屋頂、公有房舍等；另外，在地面型部分則透過劃設專區、各級政府解決行政程序、業者整合土地等，由各部會及地方政府合作，優先推動具社會共識且無環境生態爭議之漁電共生、已整治污染土地、國有非公用土地、風雨球場等。



1

人物專訪

(二) 在離岸風電方面，採取「先示範、次潛力、後區塊」3階段推動策略，達成2025年離岸風電5.6GW目標。

三、截至今(2022)年5月，太陽光電裝置容量已達8.38GW，較2016年1.245GW增加573%，風力發電累計裝置容量已達1062MW，較2016年682MW增加55.7%，綠能推動已展現豐盛成果，政府也將持續擴大再生能源設置，以達成能源轉型目標。

四、為因應2025年大量再生能源併網需求及間歇性特性，經濟部已督導台電公司持續強健電網及靈活調度，並就不同情境規劃補充輔助服務之需求，包含調整抽蓄水力調度模式、建置快速起停新型燃氣機組、擴建儲能系統、以及用電大戶參與自動需量反應措施等，可以確保再生能源優先併網及穩定電力供應。

問：目前國際上掀起了一股淨零排放趨勢，我們知道政府在今年3月底也公布了「臺灣2050淨零排放路徑與政策」，能否請您談談能源部門在國家淨零排放路徑中的關鍵是什麼？能源部門的淨零排放策略為何？

答：

一、能源部門在國家淨零排放路徑中之所以重要，在於各部門的能源使用為國家溫室氣體排放的主要來源，因此，能源部門肩負起提供無碳電力與燃料給各部門的責任，所以策略上就是要推動零碳電力系統、以及建構無碳燃料供應，來打造一個「零碳能源系統」，主要規劃包含：



(左1)游振偉局長 (左2)廖學瑞代理總經理

(一) 最大化再生能源

1. 短中期(～2030年)：優先建置技術已成熟的太陽光電、風力發電，致力達成2025年太陽光電累計設置20GW、離岸風電5.6GW，以及2026～2030年太陽光電每年2GW、離岸風電每年1.5GW目標。

2. 長期(2030～2050年)：最大化光電與離岸風電的布建，目標2050年光電設置量達40～80GW、離岸風電達40～55GW，另外提供誘因扶植具本土化優勢前瞻能源，包含地熱、海洋能、生質能等，目標2050年前瞻能源裝置量達8～14GW。



(左3)張欽森代理副總經理 (左4)張雅涵計畫工程師 (右2)黃炳勳代理副總經理 (右1)劉宏道經理



(二) 零碳化火力發電

1. 在低碳天然氣方面：短期推動以氣換煤政策，提高燃氣使用、降低燃煤占比，同時導入氫能混燒示範；長期則將搭配CCUS[註]或進口碳中和天然氣來減少排放，並持續提高氫能混燒比例。
2. 在燃煤機組方面：短期推動混燒氫示範來降低碳排；長期將擴大導入與提高混燒比例，或是搭配CCUS技術來減少排放，並視低碳能源供給增加，基於國家安全戰略考量，將未屆齡燃煤機組轉為備用。

3. 規劃強化氫能發電技術發展及應用：發展混燒 / 專燒氫氣技術與示範驗證，逐步擴大燃氣機組氫能混燒比例或直接做為燃料發電降低碳排。

(三) 建構零碳燃料供應系統：為提供產業與民生所需無碳燃料，建置國內外生質能源供應鏈、集運系統，輔導廠商投入建構集中處理系統，推動設置專區應用。

二、依據上述的規劃，臺灣2050淨零排放路徑中，發電結構初步將呈現60~70%之再生能源，並搭配9~12%之氫能，加上兼顧能源安全下使用搭配碳捕捉之火力發電20~27%，以達成整體電力供應的去碳化(如圖1所示)。

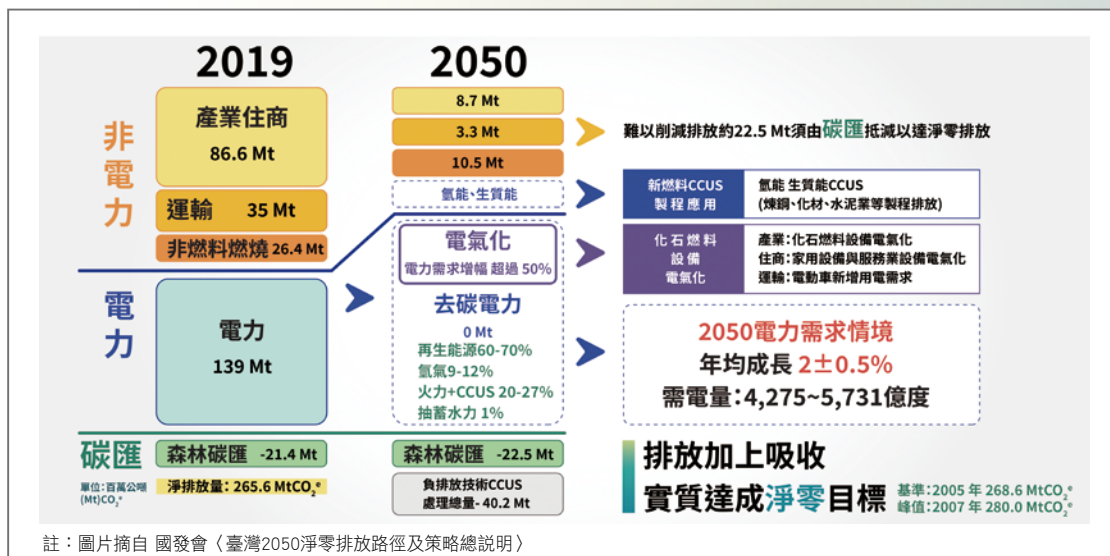


圖1 2050淨零排放規劃

[註] CCUS為碳捕捉、利用與封存技術(Carbon Capture, Utilization and Storage, CCUS)，主要為解決來自工業產品生產、化石燃料轉換能源過程中，所產生的二氧化碳碳排放，透過不同的技術捕捉二氧化碳進而利用或封存。其中捕捉技術可區分成：燃燒後捕捉、燃燒前捕捉、富氧燃燒、工業製程等四大類(參照IPCC Special Report on Carbon dioxide Capture and Storage, 2018)；因CCUS技術成本仍存在很多不確定性，聯合國歐洲經濟委員會(UNECE)2021年報告指出，CCUS技術是否發展成熟，其成本將是關鍵。



太陽光電
2年推動
計畫

離岸風電
規劃場址
分配機制

1

人物專訪

游振偉局長說明「臺灣2050淨零排放路徑與政策」能源部門在國家淨零排放路徑中的關鍵策略。



問：除了前面提到的再生能源外，天然氣在能源及淨零轉型上扮演什麼角色？由於臺灣的天然氣來源主要都是靠進口，政府採取哪些措施來確保供氣安全？在擴大天然氣使用的方向下，是否有規劃透過哪些技術來削減碳排，來達成淨零排放目標？

答：

一、天然氣具低碳的特性，是支持再生能源發展不可或缺的橋接能源：國際上普遍將天然氣視為低碳能源，我國擴大天然氣使用的目的之一就是為了減碳；除此之外，燃氣機組還具有快速起停、可配合調度的特性，適合搭配間歇性再生能源，也就是前面提到的輔助服務項目之一，因此，低碳

天然氣發電是臺灣能源及淨零轉型過程中的重要關鍵，也是支持長期再生能源發展中不可或缺的橋接能源。

二、天然氣可穩定供應：政府已採行購氣來源多元分散、並以中長約為主、以及提高安全存量等措施，來確保天然氣的供應安全。

（一）進口來源多元分散：臺灣的天然氣進口國自2015年11國增至2021年包括美國在內的14國(全球僅20國)，以澳洲、卡達、俄羅斯(占比少於1成，且合約至2022年3月到期)、美國及巴紐為主。



(二) 購氣係以中長約為主：台灣中油公司購氣以中長約為主，2021年中長期合約占71%，可穩定供應合約量，且合約價格與原油價格連動，波動較現貨價變動小。

達電廠的燃氣機組導入氫能混燒進行示範，並且規劃推動台電台中減碳技術園區建立碳捕捉技術示範先導廠。



(中左)廖學瑞代理總經理 (中)游振偉局長 (中右)黃炳勳代理副總經理
(左1)張雅涵計畫工程師 (左2)劉宏道經理 (右2)張欽森代理副總經理 (右1)王婉文副理

(三) 提高安全存量：現行法定安全存量天數為至少8天，2027年將提升為至少14天。

三、低碳燃氣發電可搭配減碳手段達成淨零排放：當然，天然氣雖然低碳，但不是不排碳，所以在2050淨零排放目標下，我們也規劃透過碳中和燃氣、在源頭端加氫混燒、或是在管末端加裝CCUS等技術，來進一步降低天然氣的碳排放。其中，在2020年3月台灣中油公司已經首度進口碳中和天然氣；另外，台電公司也規劃在興

後記

承蒙經濟部能源局游局長於百忙之中撥冗接受本刊專訪，在訪談過程中，游局長清楚說明面對國際減碳趨勢，我國能源部門淨零排放路徑與規劃，同時暢談推動臺灣能源轉型的兩大主軸—再生能源與天然氣的重要性。感謝游局長不吝指教與分享，藉由此專訪，讓我們了解經濟部能源局在規劃能源部門淨零轉型上所做的考量，以及推動策略背後的目的。僅將本次的訪談內容與大家分享，以供各界參考。

臺灣國際商港於政府能源政策扮演之關鍵角色

Key Role of Taiwan's International Commercial Ports in the Government's Energy Policy

關鍵字(Key Words)：國際商港(International Commercial Ports)、臺中港(Port of Taichung)、臺北港(Port of Taipei)、離岸風電產業(Offshore Wind Power Industry)、液化天然氣接收站(LNG Terminal)、天然氣(Natural Gas)、能源政策(Energy Policy)

臺灣港務股份有限公司／工程副總經理／王錦榮 (Wang, Jin-Rong) ❶

臺灣港務股份有限公司／工程處／督導／鄭志宏 (Zheng, Zhi-Hong) ❷

臺灣港務股份有限公司／工程處／經理／盧佩玟 (Lu, Pei-Wen) ❸

摘要

為順應我國的能源轉型政策，經濟部持續推動離岸風電及液化天然氣發電，而臺灣港務股份有限公司提供了臺北港、臺中港、布袋港、安平港及高雄港等離岸風電所需土地及碼頭關鍵資源，如：重件碼頭、離岸風電園區、國產化專區、製造及儲運基地、運維基地等，以及在基隆港、臺中港及高雄港各規劃了液化天然氣接收站開發場域，提供台電及中油公司興建液化天然氣接收站。

港務公司轄下包含港務港勤公司(TIPM)、臺灣風能訓練公司(TIWTC)及港務重工公司(TIPH)，亦可提供海上人員運輸船、海上風機組件運輸及風機裝卸、培訓離岸風電產業人才及重件運輸等，形成完整的服務鏈，期能對能源產業的發展有所助益。



Abstract

In order to comply with the energy transition policy formulated by Taiwan's government, the Ministry of Economic Affairs has continued to promote projects in offshore wind power and LNG power generation, while Taiwan International Ports Corporation, Ltd. (TIPC) has provided land and key port resources at the Port of Taipei, Port of Taichung, Port of Budai, Port of Anping, Port of Kaohsiung and others, which are required for the offshore wind farms. These include heavy cargo terminals, offshore wind power parks, localization zones, manufacturing, storage and transportation bases, operations and maintenance bases, etc. Sites at the Port of Keelung, Port of Taichung and Port of Kaohsiung have also been planned for the Taiwan Power Company and CPC Corporation to develop and build LNG terminals.

A number of organizations under TIPC's jurisdiction, including TIPC Marine Corporation, Ltd. (TIPM), Taiwan International Windpower Training Corporation Ltd. (TIWTC) and Taiwan International Ports Heavy Machinery Corporation Ltd. (TIPH) can also provide marine personnel carriers, transportation for the offshore wind turbine components, assistance with the wind turbine loading and unloading operations, training for the offshore wind power industry talent, as well as heavy cargo transportation services to form a complete service chain which is envisioned to be of great benefit for the development of the energy sector in Taiwan.

2

工程論著

壹、前言

一、臺灣港務公司

臺灣港務股份有限公司(以下簡稱港務公司)成立於民國101年，總部位於高雄，為交通部百分之百持有的國營公司，統轄全臺所有七大國際商港，並代管澎湖、布袋兩處國內商港(圖1)，主要業務負責商港區域之經營管理、觀光遊憩之開發等，近年來持續推動轉投資國內、外相關事業，港區事業發展日益多元，各港依不同的區位特性及市場需求，結合在地產業發展出能源產業基地、汽車物流基地等聚落化產業基地，並依循產業及能源政策，朝新能源事業、循環經濟產業及國際發貨中心等方向發展，由港埠核心朝向外延事業擴張，以發揮整體港口營運之綜效。

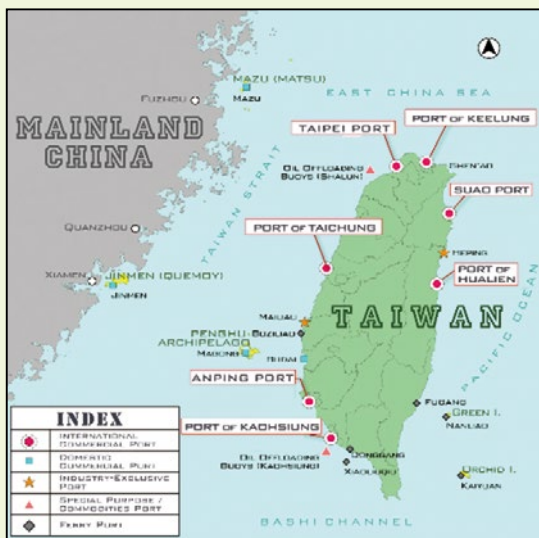


圖1 臺灣國際商港位置圖

近年來，為因應全球氣候變遷與節能減碳之趨勢，國際間均在覓尋替代能源，風力、太陽能、天然氣、氫能…等綠色能源產業已成為國際間積極發展的重點，藉以減輕對傳統能源之依賴。港務公司為配合政府能源政策之推動，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

自建或開放企業合作興建風電重件碼頭、LNG卸收站、儲槽區及太陽能光電等專區，除滿足政府的能源政策外，並期讓綠能、風電發展成為國際商港的重要業務之一。

二、臺灣能源政策

(一) 臺灣離岸風電政策

經濟部為配合政府能源政策與提高能源自給率，規劃於2025年再生能源發電量占總發電量的20%，並優先推動具發展潛力之離岸風電，設定離岸風電設置量能達5.5GW，再運用內需市場開發以帶動相關產業的升級轉型，創造就業機會再提升產業價值，期能達成能源政策及產業發展的雙贏目標。為引導產業朝向離岸風電產業技術發展，鼓勵業者切入國際供應鏈市場，以提升新興離岸風電產業製造能量與附加價值率，塑造臺灣新興離岸風電產業聚落，經濟部推動「離岸風力發電產業政策」，依照不同年度，分為前置期、第一階段、第二階段等期程，循序漸進以落實各風力機組關鍵零組件的在地化，另外，也綁定各項目核心製造能量，期望可將完整的供應鏈落實於國內，並將臺灣本地市場的產值最大化。

(二) 臺灣天然氣政策目標

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，政府調整各項能源之使用比例；核能降至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。

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，分別為位於高雄市永安區的永安LNG接收站及位於臺中港西碼頭區的台中LNG接收站，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。

未來興建及規劃中的LNG接收站，包含中油公司觀塘第三接收站、台中接收站(三期、四期)及高雄洲際液化天然氣接收站，另台電公司亦規劃興建協和接收站及台中接收站等，於2030年時，預期全國LNG相關設備供應能力可達3,540萬噸的目標。

貳、臺灣能源產業政策

一、離岸風電產業概況—我國離岸風電3階段推動策略

(一) 第一階段示範獎勵

臺灣離岸風電發展最早始於2012年能源局發表的風力發電四年計畫，該計畫明訂示範獎勵計畫，規劃於2020年完成示範風場的設置。第一階段共有兩個示範風場：一為由當時開發商上緯領軍的海洋風電，於2019年併網正式商轉，海洋風電專案也是臺灣第一座商轉中的離岸風場；另一風場則為台電的示範案場，風場總容量為109.2MW。

(二) 第二階段潛力開發

經濟部能源局於2015年公布36處潛力場址，正式啟動第二階段潛力開發。開發商須針對場址進行環境影響評估，通過者才能取得參與資格。第二階段總容量達5.5GW，其中3.8GW採用遴選方式，共計7家開發商、10座風場獲

選，核配3,836MW，獲得遴選風場之開發商得採躉購費率，但必須滿足不同時期的產業關聯性要求；其餘1.7GW採競價方式，2家開發商、4座風場得標，核配1,664MW，第二階段總計14案，總容量達5.5GW。

潛力開發階段中，風場總容量最高者為沃旭，4座合計高達1.8GW；其次是CIP，若將與中鋼合作的中能風場一併納入計算，合計分配容量高達900MW，其中外資開發商分配容量的占比高達90%，可知本階段在政策上，臺灣相當歡迎外資開發商來台投資。

至於眾所關注的國產化要求，其目的是從產業發展的角度出發，希冀藉由開發商在風場開發的帶動下，促成臺灣完整的產業生態鏈，企盼能帶動臺灣未來產業轉型升級，進而在技術面或人才面往海外市場輸出。根據工業局規定，潛力場址產業國產化將分為前置期、第一階段與第二階段來進行，2021至2022年的前置期要實現水下基礎、電力設備、風機及海事工程四大項目中的10項，2023年進入第一階段，須滿足前置期所有項目及該階段新增項目，2024年則進入第二階段，再增加齒輪箱、發電機、功率轉換系統、葉片等新增項目，總共需要滿足27項。

(三) 第三階段區塊開發

經濟部近期公告「離岸風電區塊開發容量分配作業要點」，正式定案選商規則，區塊開發從2026至2035年將釋出15GW。第1階段2026至2031年先釋出9GW容量，2032至2035年再釋出6GW容量。預計2022年8月啟動選商，併網年度會在2026至2027年間，獲選的業者有四年的籌備時間，單一風場與相同開發商得分配之容量均以500MW為上限，最高可達600MW。

二、規劃興建的港區LNG接收站

（一）中油公司

1. 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。
2. 中油公司現有位於臺中港區西13號碼頭的1席接收碼頭，考量LNG卸收需求的增加，遂計畫於臺中港西11號碼頭興建第二席卸收碼頭，同時於碼頭後側興建2座18萬公秉地上型儲槽。此外，考量LNG屬於危險性物品卸收有其風險，宜遷移至外港，故搭配臺中港外港區之開發，後續其將遷至臺中港未來北填方區（III）的區位，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的用氣需求。
3. 為與永安廠相互備援供氣，中油公司規劃於高雄港區範圍內原規劃第三港區範圍，興建2席LNG卸收站，並與港務公司合作填築後線495公頃之土地。

（二）台電公司

1. 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，台電公司規劃於中部地區推動「台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；上述兩計畫的年用氣量初估超過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。

2. 協和電廠為北部主要的供電來源之一，在配合能源政策及108年起既有4部燃油機組陸續除役的前提下，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，該計畫於協和電廠外海以填海造地方式興建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能符合安全需求；並於西防波堤內側設置1席可停靠17.7萬公秉LNG運輸船的卸收碼頭，及劃設直徑約650m、水深CD.-18m以上迴船池（資料來源：「協和電廠更新改建計畫可行性研究」）。

參、商港離岸風電整體規劃

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雲林、苗栗、彰化外海及北臺灣沿海區域；而離岸風機屬大型重件機具，組裝需較大的土地空間，基於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，行政院所擬定離岸風電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發展之產業專區，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。

風電下構基礎製造基地；布袋港可做為運維基地；高雄港則做為水下基礎及海工支援基地，



圖2 臺灣港群配合離岸風電推動規劃構想

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，朝向四大營運主軸：「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、人才培訓中心與工作船靠泊母港；臺北港成為

其規劃構想配置詳圖2。

茲就臺灣港務公司風電四大營運主軸說明如下：

一、臺灣港務公司風電四大營運主軸

(一) 風機預組裝→風力機上構預組裝

表1 臺中港離岸風電碼頭改建彙整

項目	概述	興建期程
#2 碼頭	- 碼頭長度250m - 水深11m - 碼頭承載力3ton/m²、10ton/m² - 後線約7公頃土地	#2碼頭於108年啟用
#5A、#5B 碼頭	- 碼頭長度400m - 水深11m - 碼頭承載力50ton/m² - 後線約12.8公頃土地	#5A碼頭於108年底完工 #5B碼頭於109年6月完工
#36 碼頭	- 碼頭長度340m - 水深12m - 碼頭承載力20~40ton/m² - 後線約15公頃土地	#36碼頭於109年Q4完工
#106 碼頭	- 碼頭長度450m - 水深13m - 碼頭承載力10~40ton/m² - 後線約5.4公頃	#106碼頭於109年底完工

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175m，須具備寬廣的土地方利於裝卸、組裝。基此，離岸風電政策推動初期，臺中港即規劃將原供貨運使用之#2、#5A、#5B、#36及#106等5席碼頭，改建為可供高載重風機（零組件、構件）上下岸之重件碼頭（詳見表1），各碼頭之斷面及用途分別說明如下：

1. #2碼頭

臺中港#2碼頭原屬一般碼頭，經改建為重件碼頭後，碼頭承载力提升至10ton/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的需求，亦針對碼頭船席區施作海床加固，以穩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3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。

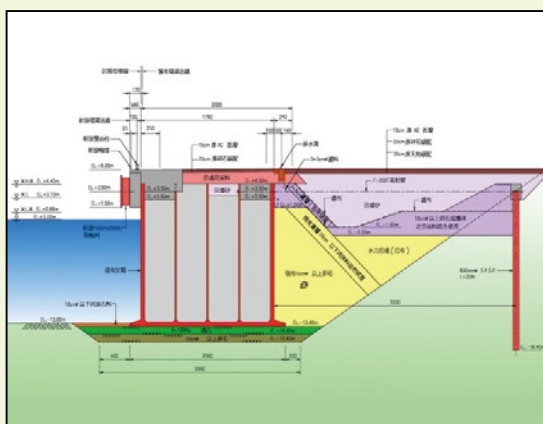


圖3 臺中港#2碼頭標準斷面圖

2. #5A、#5B碼頭

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，總長度400m、船席水深11m。同時將#5A及#5B碼頭主體結構承载力強化至50ton/m²，並於船席區域鋪設平均厚度1.5m碎

石以強化承载力，其區位與標準斷面詳圖4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。

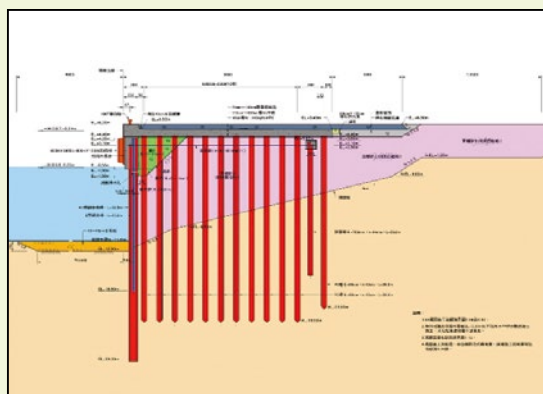


圖4 臺中港#5A、#5B碼頭標準斷面圖

3. #36碼頭

兼具風電施工船與貨櫃船靠泊裝卸，為因應風電尖峰期需求，興建#36碼頭做為重件碼頭使用，初期可供風電業者承租，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20ton/m²及

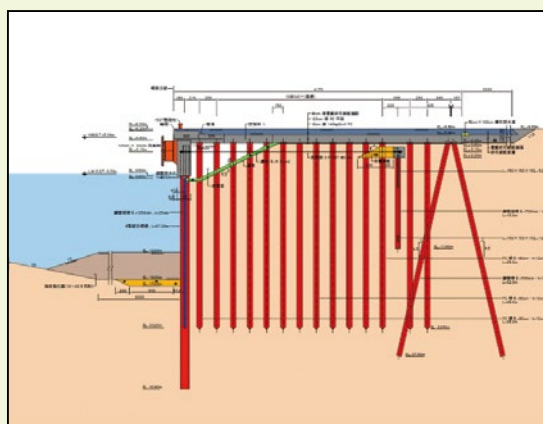


圖5 臺中港#36碼頭標準斷面圖(重載區)

40ton/m²兩種設計，未來可轉型為貨櫃碼頭使用，如圖5所示。

4. #106碼頭

兼具風電施工船與貨櫃船靠泊裝卸，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（設計承載力（40ton/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離岸風電零組件進出口裝卸/運輸、施工專用碼頭；同時為配合實務船席利用長度的調配需求，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270m，可做為煤炭等大宗散雜碼頭使用；#106碼頭調整後長度為310m，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200m，做為風電專用重件碼頭，如圖6所示。

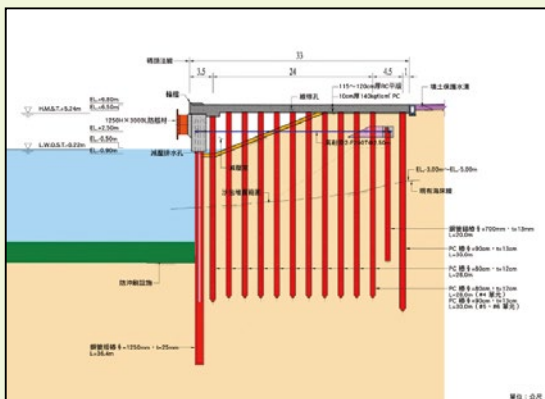


圖6 臺中港#106碼頭標準斷面圖

5. 未來規劃

經濟部日前公布離岸風電第三階段區塊開發草案，其中2026～2035年十年間共釋出15GW，每年釋出的開發量也提升到1.5GW，隨開發容量增加，經濟部工業局更提高國產化之彈性機制。為此，港務公司評估在臺中港持續增建#37、#38號碼頭及其後線場地，並擬投資興建位於#106號碼頭後線的南填方區III約36公頃填地工程，完成後可提供約27公頃做為國產化製造基地。

(二) 風機預組裝→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80m，重量達1,200～1,600ton。欲供此大構件產品進行製作、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基地，而S9碼頭負責載運其水下基礎設施之重責（設計承載力20ton/m²），該重件碼頭及S9-1填築區於110年完工，可供離岸風電水下基礎及相關設施裝卸作業使用，如圖7所示。

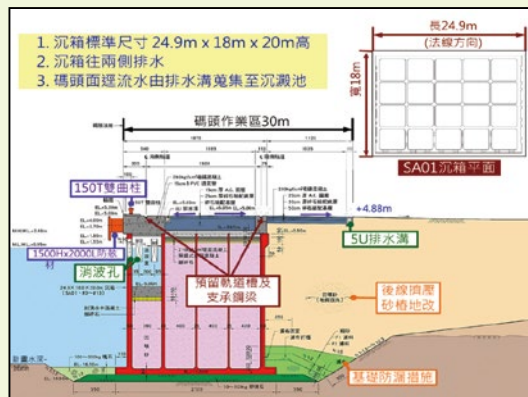


圖7 臺北港S09碼頭標準斷面圖

(三) 風機預組裝→進口水下基礎儲轉用地：安平港

安平港11號碼頭為短期因應離岸風電施工船舶及風機組件運輸裝卸需求，於111年啟動興建，採鋼管板樁式碼頭，長度210m，設計水深12m，設計活載重30T/m²，預定於113年完成啟用，可併同近期完成的10、17、18號碼頭及後線，提供做為風電進口水下基礎儲轉使用，如圖8所示。

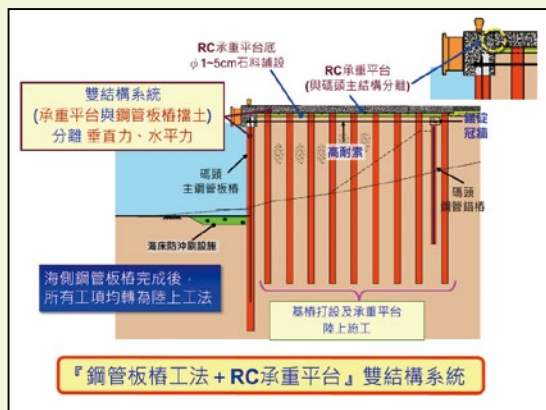


圖8 安平港#11碼頭標準斷面圖

二、風電國產化基地

為配合政府將離岸風電產業在地化之目標，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）做為風機國產化的基地，目前產業專區已有約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60~80m淨空區，不得設置路燈等垂直構造物，以避免影響多輪車或拖板車之運行。基此，臺中港於109年底在工業專業區（II）內完成寬度30m、南北向1,068m、東西向725m之風機運輸道路，藉此道路串連風機產業與碼頭，促進國內風電產業鏈發展，並帶動零組件國產化，如圖9所示。

三、港勤運維（運維基地）

（一）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。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之需求。目前海洋、海能風電業者已承租使用，有關臺中港淺水及工作船渠之運維基地規劃，如圖10所示。

（二）布袋港囿於航道水深條件（-3.0m~-3.5m），以發展鄰近風場運維業務為主，預定可做為運維之區域地點如表2及圖11所示。

四、人才培訓

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

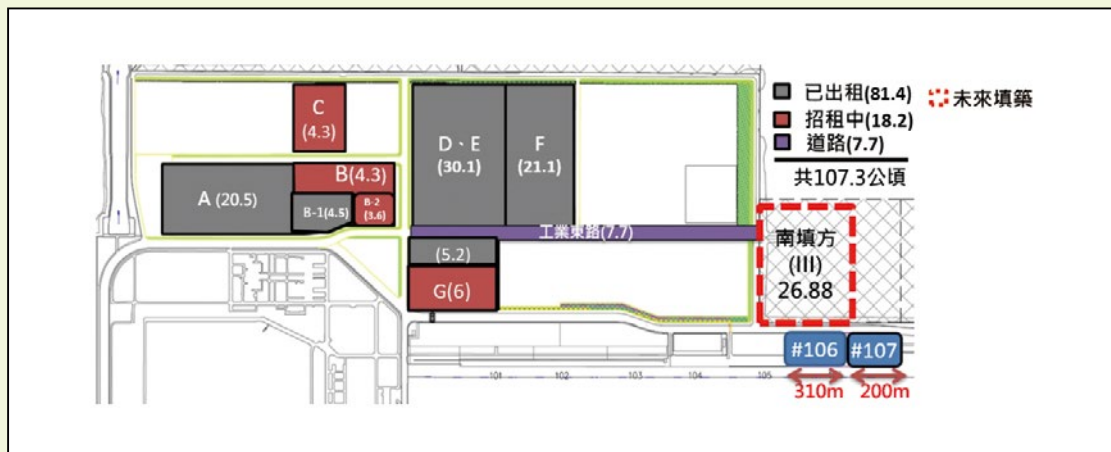


圖9 臺中港離岸風電國產化製造基地示意圖



圖10 臺中港離岸風電運維基地規劃示意圖

表2 布袋港離岸風電運維基地諸元彙整

區位地點		土地/碼頭資訊	使用項目	預計提供時間
布袋港	小型船渠	碼頭長度75m、0.15公頃、後線土地0.45公頃	運維基地	北3碼頭訂於111.3.4點交，船席調整後此區位即可提供使用
	東1 碼頭	倉庫約0.03公頃、露置場約0.18公頃	運維基地	112年第3季
	小型船渠	碼頭長度88m、0.17公頃	運維基地	113年第2季
	N4、N5 碼頭	目前為護岸(長度342m) N3西側浚港土方去化後，可提供約2.5公頃土地。	運維基地	未定



圖11 布袋港離岸風電運維基地規劃示意圖



圖12 臺中港風能訓練中心

證，為國內唯一開辦基礎技術訓練課程（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，如圖12所示。

肆、商港液化天然氣接收站規劃

一、基隆港一協和電廠

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650m、水深CD.-18m以上迴船池，其配置如圖13所示。



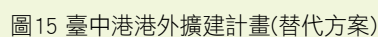
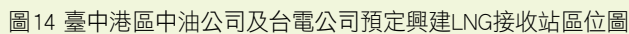
圖13 協和LNG接收站平面配置圖(環評案)

二、臺中港

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，同時於碼頭後側興建2座18萬公秉地上型儲槽。此外，搭配臺中港外港區擴建計畫(外廓防波堤興建)之推動，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。

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「台中電廠新建燃氣機組計畫」及

惟臺中港外港區擴建計畫在進行環境影響評估時，部分學者認為該區域位於白海豚保育區範圍，涉白海豚棲地減少及影響南北迴游，應研議更具體的保護內容，遂於110年底，提出了替選方案(詳圖15)，將規劃的南、北防波堤各延伸775m及1,250m，減少白海豚誤入港口的



機率，並對港內靜穩度、漂砂回淤更具正面效益，目前持續辦理環境影響評估作業中。

三、高雄港

中油公司近期規劃在高雄港洲際二期的倉儲物流區分階段興建6座18萬公秉地上式儲槽、並向外興建外廓防波堤及2席卸收碼頭，目的為加強LNG裝卸能量、提升儲槽容積天數、降低供氣穩定風險，提供高雄南部與鄰近地區既有及新增電廠、工業及民生用戶之穩定氣源與鍋爐改燃需求。

中油公司配合政府能源政策，將於第一階段興建1席LNG卸收碼頭及外廓防波堤、4座18萬公秉地上型儲槽、1,600噸/時(含400噸/時備用)氣化設施、聯外輸氣管線(路徑長度約7km)等，目標年營運量600萬噸，並與港務公司協商

採合作興建方式開發辦理，由港務公司代辦興建外廓堤及填築新生地，中油公司則自行興建LNG卸收站、儲槽及輸氣管線等。本案經視環境影響評估結果辦理，以及後續權利義務持續協商，如圖16所示。

結語

為配合達成2025非核家園的政策目標，國際商港協助提供港區土地及資源做為LNG接收站興建廠址已為不可避免之方向。除選擇適當的區位做為LNG接收站興建廠址外，考量國際商港的本質為服務各種航商所需運儲功能，故應對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。

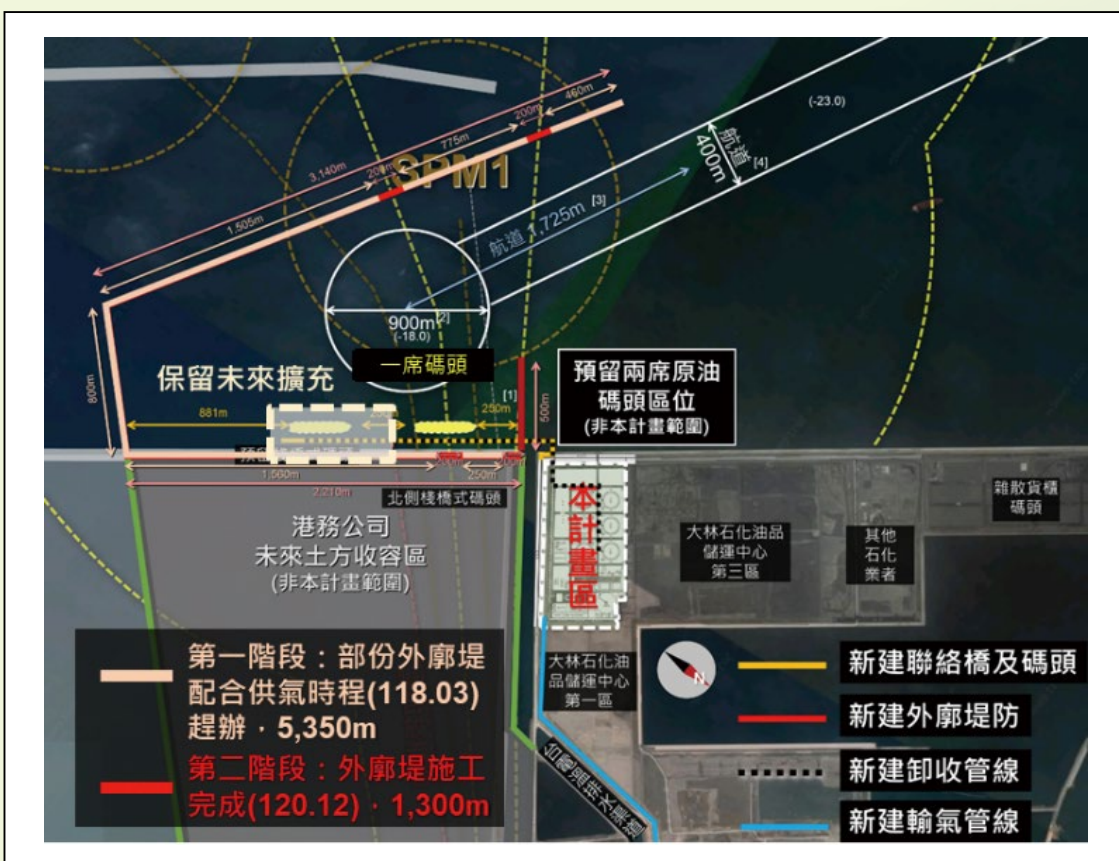
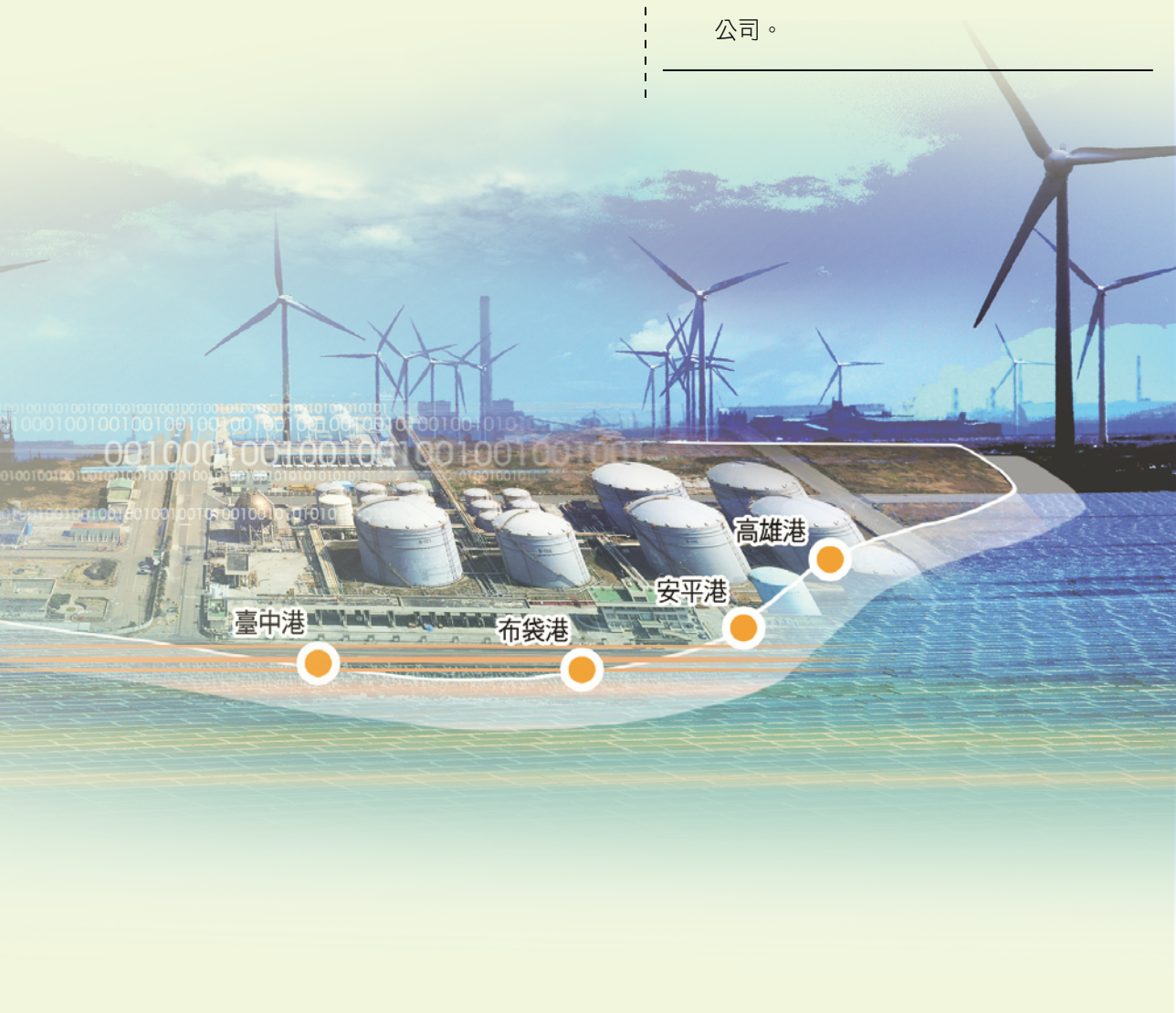


圖16 高雄港洲際LNG接收站示意圖

在配合國家綠能政策推動下，統籌規劃離岸風電產業所需碼頭與土地，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. 「國際商港未來發展及建設計畫111-115年」，港務公司。
2. 「臺中港40年期主計畫」，港務公司。
3. 「能源局公投後能源政策重新評估資料（108.01）」，經濟部能源局。
4. 「台中廠港外擴建可行性研究」，台電公司。
5. 「協和電廠更新改建計畫可行性研究」，台電公司。



全球LNG市場介紹及我國之氣源規劃

Global LNG Market Introduction and Natural Gas Source Planning in Taiwan

關鍵字(Key Words)：天然氣市場 (Natural gas market)、氣源規劃 (Natural gas source planning)、能源轉型政策 (Energy transition policy)、液化天然氣接收站 (LNG receiving terminal)

台灣中油公司／天然氣事業部／購運室／管理師／林志明 (Lin, Zhi-Ming) ❶

台灣中油公司／副總經理／李皇章 (Li, Huang-Zhang) ❷

摘 要

天然氣是全球公認相對潔淨的能源，政府基於能源多元化及環保考量，自民國79年4月國內第一座液化天然氣接收站完成啟用後，即持續推動擴大國內天然氣使用方案，因此，國內進口天然氣的需求即逐年持續增加，天然氣市場亦由南部逐步往北擴展，國內天然氣相關基礎設施，如接收站、儲槽、管線系統等，在台灣中油公司持續投資下，已逐漸完備。現政府正進一步推動非核、減煤、增氣及展綠的能源轉型政策，未來燃氣發電占比將再增加至50%，國內天然氣需求將會進一步增加，確保穩定供氣所需的相關基礎在未來幾年也會持續投資興建；在進口天然氣氣源掌握部分，台灣中油公司身為國內唯一的進口業者，為確保氣源穩定，在氣源採購規劃上，一直以「分散氣源、多元佈局」為最高指導方針，並採「中、長期約為主，短約現貨為輔」的採購策略，均能維持國內天然氣的充分穩定供應，未來仍將持續。目前雖有俄烏戰爭影響LNG市場的供需，但長期來看仍將回歸市場基本面，縱然在全球逐步邁向淨零排碳不算短的路途上，天然氣仍將扮演橋接能源的關鍵角色。



Abstract

Natural gas is generally recognized as a relatively clean energy source. Considerations of environmental protection as well as energy diversification have prompted Taiwan's government to continue implementing natural gas related projects following the commissioning of the first LNG terminal in April 1990. This included a gradual completion – with continuous investments from the CPC Corporation (CPC) – of the natural gas receiving stations, storage tanks, pipeline systems, and other relevant infrastructure. Currently, the government is further pursuing an energy transformation policy which focuses on phasing out nuclear power, reducing the use of coal-fired energy, increasing the portion of natural gas and green renewable energy sources. The share of natural gas in the domestic power generation is thus set to reach 50%. With such a steady increase in the demand for gas, over the next few years, CPC will continue its investment in the construction of all relevant infrastructure required for an uninterrupted gas supply. To ensure sufficiency and stability of its supply flows, with regard to the management of the natural gas import sources, CPC, as Taiwan's only importer, has adopted "variation and diversification" as its key principle and a procurement strategy which prioritizes mid- and long-term contracts, and views short-term spot ones as supplementary. And, although at present the supply and demand in the international LNG market are being affected by the Russia-Ukraine conflict, they can be expected to return to the market fundamentals in the long run. Moreover, it can be foreseen that natural gas will continue playing a key "bridging" role in the world's lengthy transition towards net zero carbon emissions.

壹、天然氣之介紹

天然氣主要係由甲烷所組成的化石燃料氣體，其甲烷(CH₄)成份佔85%以上，主要存在於油田、天然氣田及煤層之中，可用於燃燒，因此，可做為火力發電的一種燃料，經處理過後污染低且發電效率好，碳排放僅約為燃料油之65%或燃煤之一半，為目前世界各國用於低碳能源轉型的主要能源之一。天然氣運送主要可以陸上管線輸送，當陸上管線所不及之處，則可將天然氣經低溫處理至-162℃成為液化天然氣(LNG)後，利用船舶運輸並儲存。全世界前三大天然氣蘊藏國分別為俄羅斯、伊朗及卡達，而目前全世界前三大LNG出口國則分別為澳洲、卡達及美國。

貳、臺灣天然氣市場之介紹

臺灣天然氣之發展，早於日治時代便已鋪設全臺第1條天然氣管線，1949年，台灣中油公司(以下簡稱中油公司)開發自產天然氣，並開始提供竹苗地區。隨著臺灣經濟蓬勃發展，天然氣需求亦蒸蒸日上，臺灣自產天然氣產量已無法滿足國內市場需求。1984年，中油公司開始興建國內第一座液化天然氣接收站，座落於高

雄永安，1990年中油永安液化天然氣接收站開始營運，同年3月26日進口卸收全臺第1船LNG貨氣，氣源來自印尼，展開臺灣進口LNG的歷史新頁；2009年中油台中液化天然氣接收站開始營運，進一步擴大LNG進口能量，臺灣LNG年進口量亦由2009年之882萬噸一路成長至2021年之1,944萬噸，需求成長約125% (如圖1)。

中油公司在輸氣管網的建設，主要位於臺灣西部，天然氣管線，總長約1,908km，包含1,535km的陸管及373km的海管，海陸管線形成一個8字型的天然氣輸氣管線，由8個供氣中心及48個配氣站配銷，並設置天然氣監控系統，24小時全日監控國內的供氣狀況。鑑於政府政策，未來天然氣將占臺灣發電能源配比50%，永安及台中兩座接收站能量將不足以因應臺灣所需LNG進口數量，中油公司除持續投資增設LNG儲槽外，2016年亦於桃園觀塘投資興建第三座液化天然氣接收站，預計於2025年開始營運 (如圖2)。中油公司持續加強天然氣基礎設施之完備，肩負全臺穩定供氣之重責。

液化天然氣於天然氣接收站卸收至儲槽後，經熱值調整後由儲槽輸出，經過加壓、加溫的氣化流程，使其從液體轉變回氣體，再依市場之熱值需求，透過輸氣管線提供予用戶使用。

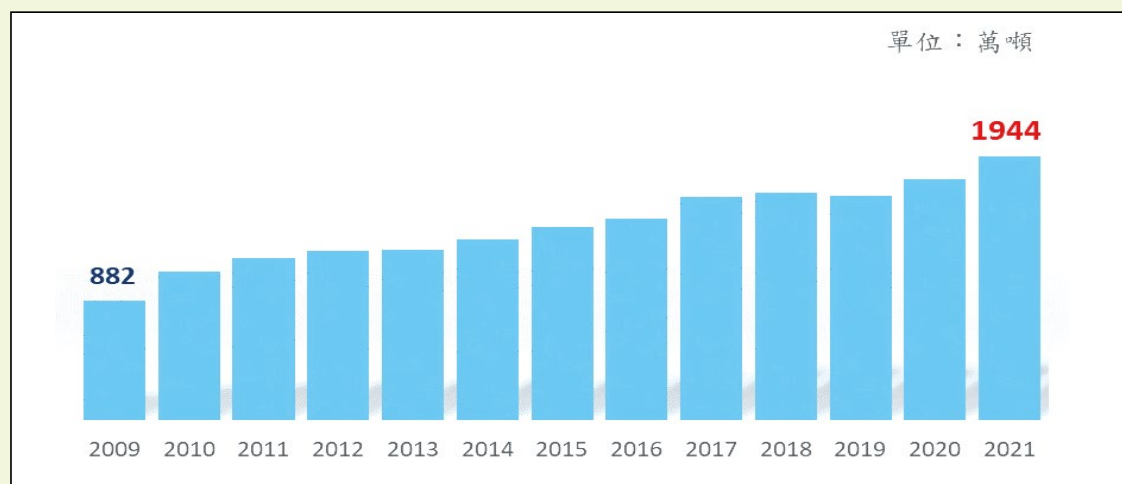


圖1 2009~2021年臺灣天然氣年進口量統計圖

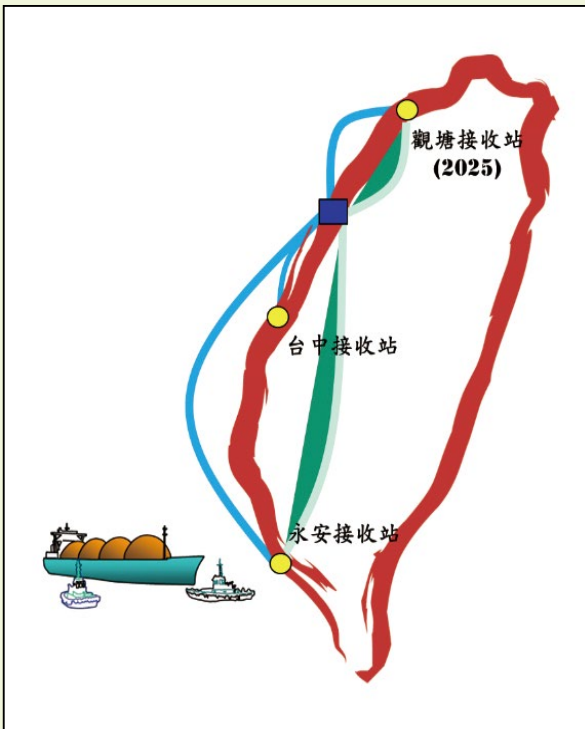


圖2 台灣中油液化天然氣接收站及天然氣管網示意圖

國內天然氣用戶分為台電、民營電廠（IPP）、工業用戶及瓦斯公司等，約有80%天然氣供應予台電及民營燃氣電廠做為發電使用，天然氣規範分為NG1和NG2兩類彙整如下表。

種類	規範熱值 (kcal/Sm ³)	計價熱值 (kcal/Sm ³)	銷量占率 (%)	備註
NG1	8,800 9,600	8,900	7.9	由自產天然氣(5,850Kcal/ Sm ³)與台中廠進口天然氣摻配而成，供應北部市場。
NG2	9,200 10,000	9,700	92.1	· 包含永安廠及台中廠進口之天然氣。 · 大潭電廠由台中廠供應，熱值約9,450kcal/Sm ³ 。

表1 2021年全球LNG前5大出口國

出口國	出口量(萬噸)	占全球交易量比例(%)	與2020年相比 出口量增加/減少之比例(%)
澳洲	7,852	21.1	1.0
卡達	7,696	20.7	-0.2
美國	6,703	18.0	49.8
俄羅斯	2,961	7.9	-3.7
馬來西亞	2,494	6.7	4.6

資料來源：2022 GIIGNL Annual Report

參、全球LNG市場之介紹

依國際LNG進口業者組織(GIIGNL)2022年報指出，2021年全球LNG出口國共計19國，LNG進口國共計44國。2021年全球天然氣總液化產能為4.62億噸，較2020年增加740萬噸產能，其中500萬噸新產能來自美國；全球LNG進口量為3.72億噸，較2020年3.56億噸增加4.5%，在全球走向低碳排之背景影響下，LNG需求量仍逐年成長。

出口部分，2021年全球LNG前5大出口國分別為澳洲(21.1%)、卡達(20.7%)、美國(18%)、俄羅斯(7.9%)及馬來西亞(6.7%)。澳洲LNG出口量計7,852萬噸，超越卡達LNG出口量7,696萬噸，成為全球最大LNG出口國；值得注意的是，美國2021年出口量為6,703萬噸，較2020年出口量大幅成長近50%，(詳表1)。

進口部分，主要受限於地理位置及產氣國陸上管線無法直接連接的地區，亞洲地區為LNG主要的進口地區，亞洲地區進口量占全球LNG進口量的73%。2021年，全球最大LNG進口國

為中國(21.3%)、次為日本(20%)、韓國(12.6%)及印度(6.5%)，而臺灣現為全世界第5大LNG進口國，進口量占全球進口量5.2%。值得注意的是，自2017年中國開始推行煤改氣政策，期間雖受Covid-19疫情影響，但整體LNG需求仍不斷成長，2021年較2020年同期成長15%，增加約1,000萬噸需求，並取代日本成為全球最大的LNG進口國，(詳表2)。

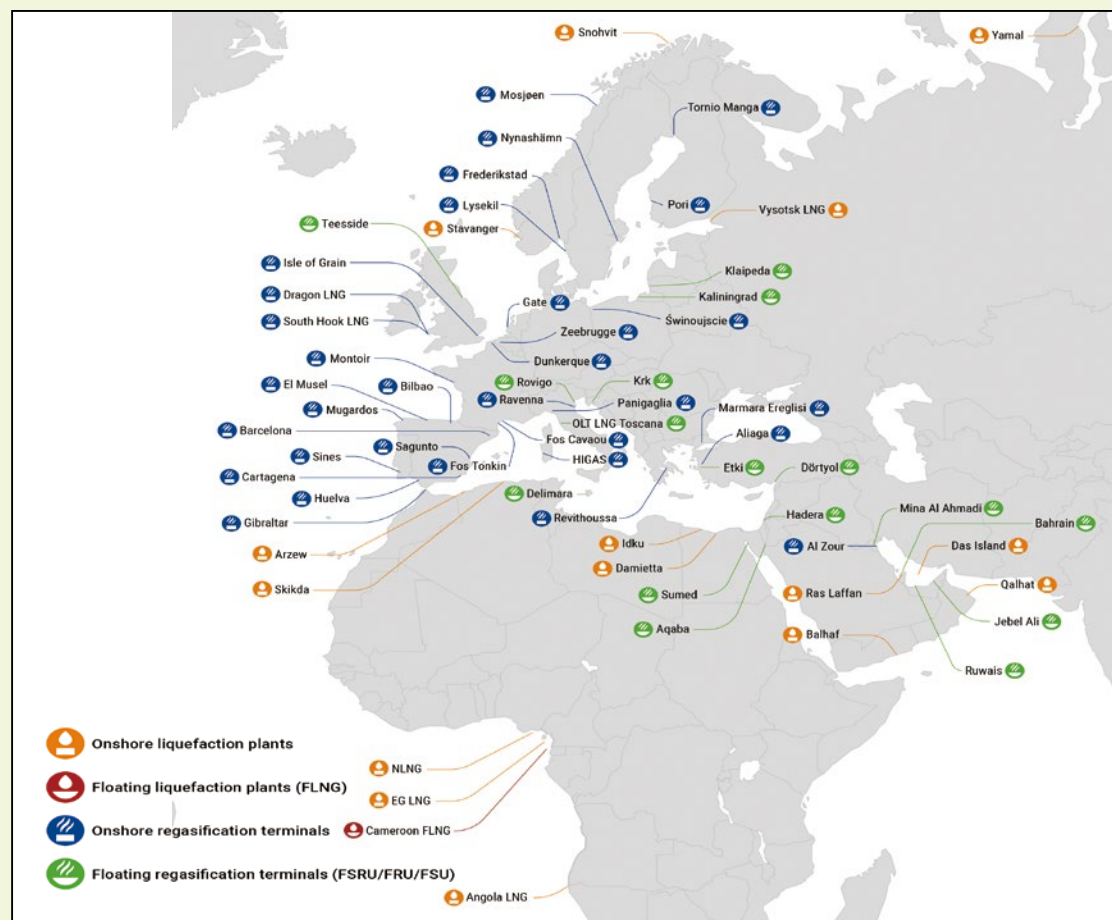
表2 2021年全球前5大LNG進口國

進口國	進口量(萬噸)	占全球交易量比例(%)	與2020年相比進口量增加/減少之比例(%)
中國	7,927	21.3	15
日本	7,435	20.0	-0.1
南韓	4,692	12.6	15
印度	2,402	6.5	-9.8
臺灣	1,944	5.2	9.5

資料來源：2022 GIIGNL Annual Report

肆、俄烏戰爭之影響

自2021年下半年起，歐洲天然氣即受俄羅斯未增加管道天然氣的供應所影響，使歐洲地區天然氣存量降為近5年來最低，俄羅斯新建的北溪2號(Nord Stream 2)天然氣管線雖已完工，卻因政治干預而無法開始供氣，導致天然氣價格一路攀升，不斷創下新高。2022年2月24日，



資料來源：2022 GIIGNL Annual Report

圖3 歐洲地區各接收站圖

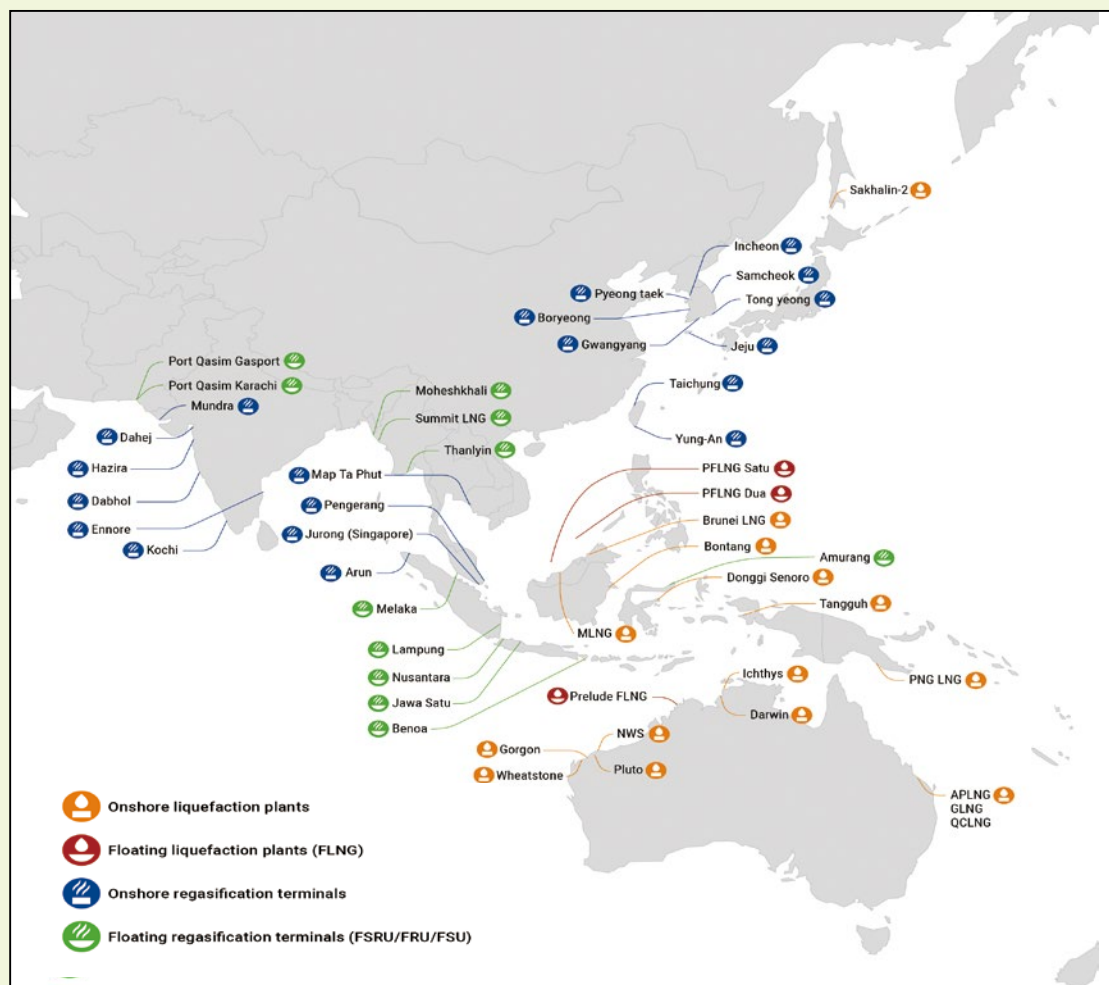
俄羅斯對烏克蘭展開特別軍事行動，戰爭爆發後，市場對俄羅斯天然氣是否繼續供應產生極大的疑慮，LNG便成為世界目光的焦點，歐洲此次能源危機或可藉由LNG紓解？

戰爭爆發後，歐洲轉向美國和卡達尋求更多液化天然氣的供應，但並不意味著美國及卡達可單方面決定LNG的去向，主因在全球LNG產能已經接近滿載，且受長期合約的約束，LNG的供應必須以滿足長期合約需求為優先。再者，歐洲過往均仰賴管道天然氣的供應方式，部分國家雖設有LNG接收站，但基礎設施能量有限，且天然氣的輸送管網未能遍及整個歐洲地區，故LNG未必能成為歐洲能源危機的解方。

然而，短期LNG雖無法解決歐洲長期仰賴俄羅斯天然氣的問題，歐洲仍可藉由LNG之採購，降低對俄羅斯天然氣的依賴，但是地區性競爭仍是無法避免。亞洲向來為LNG的消費中心，歐洲與亞洲的競爭將導致全球LNG供應的緊縮，且可能將持續至2025年以後（如圖3、圖4）。

伍、亞洲地區的需求展望

2019年12月，中國武漢爆發Covid-19疫情，迄今歷時2年6個月，世界各地疫情仍起伏伏。疫情爆發初期，中國各地封城管控，嚴重影響能源需求，加上美國LNG新興產能大量開出，2020年LNG市場呈現供過於求之情形，LNG



資料來源：2022 GIIGNL Annual Report

圖4 亞洲地區各接收站圖

現貨價格一度低於US\$2/MMBtu。然而，隨著各國疫情逐漸受到控制，經濟漸漸復甦，中國市場需求逐漸回升並大幅成長，使得中國正式超越日本成為全球最大LNG進口國，臺灣及韓國的LNG需求亦在成長，而日本的需求則持平。

俄烏戰爭爆發後，歐洲市場開始大量吸收國際LNG現貨，LNG價格亦創下歷史新高，隨著3月、4月氣候變暖，日本及中國方將多餘的合約量轉往歐洲銷售。亞洲需求是否因此變弱？估計問題其實仍需回歸到中國的需求上。中國上海於3月初爆發Omicron疫情，中國政府在3月底實施封控，並堅持清零政策，彷彿又回到2020年初Covid-19疫情爆發時期，嚴重影響中國市場之能源需求。恰巧碰上歐洲正在尋求LNG供應，以因應其能源危機，因此，LNG的市場供需自然的產生平衡。馬上迎接而來的將是年底冬季，因寒冷地區之供暖需求，冬季向來為LNG的需求旺季，中國、日本及韓國於冬季的需求旺盛，在疫情、歐洲競爭及冬季供暖等因素相互交迭下，2022年底及2023年初之LNG市場仍充滿變數。

陸、我國氣源規劃

一、中油公司氣源布局

2021年天然氣進口量達1,944萬噸，其中中長約貨氣占71%，短約、現貨占29%。2022年仍將依「中、長期約為主，短約現貨為輔」之採購方向執行，並配合政府「減煤、增氣、展綠、非核」之能源政策，滾動式檢討。

中油公司LNG貨氣進口來源遍及全球，並以「分散氣源、多元佈局、穩定供應」為策略目標，以確保長期穩定的供應民生及發電燃料用氣需求。目前中油公司液化天然氣中長期進口合約，主要氣源來自卡達、澳洲、俄羅斯、巴布亞紐幾內亞(如圖5)。自2021~2022年起分別有自美國、卡達、澳洲等新增中長期契約的氣源啟運供應，以補足陸續屆期之契約供給量。

針對國內市場用氣需求的臨增變動部份，係以適時採購短約、現貨貨氣予以因應。中油公司已簽署多紙LNG採購預定契約，可視市場

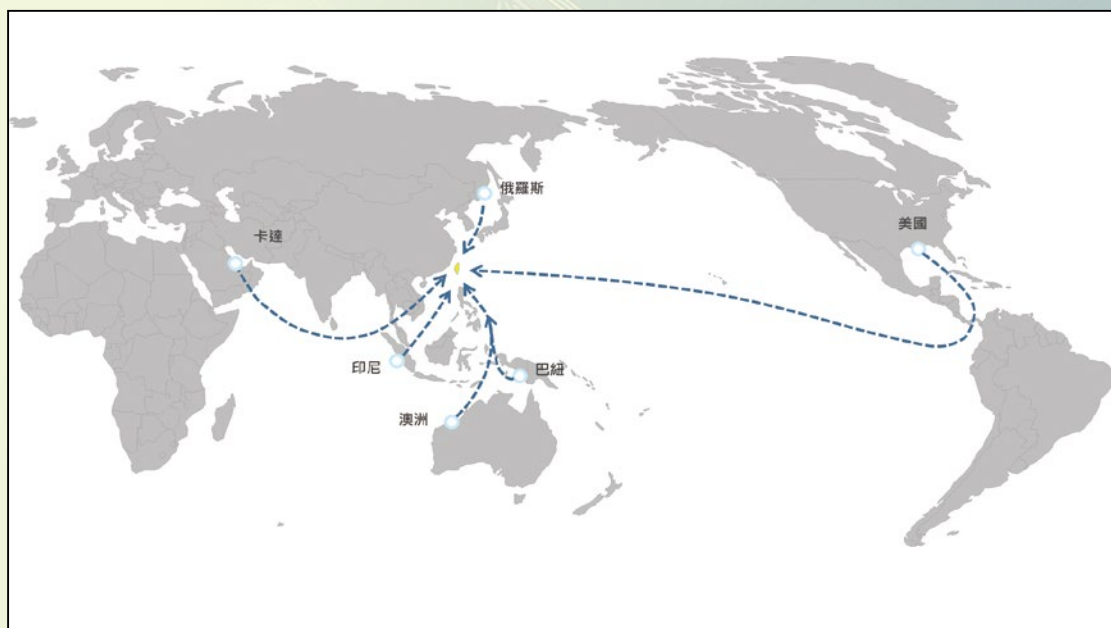
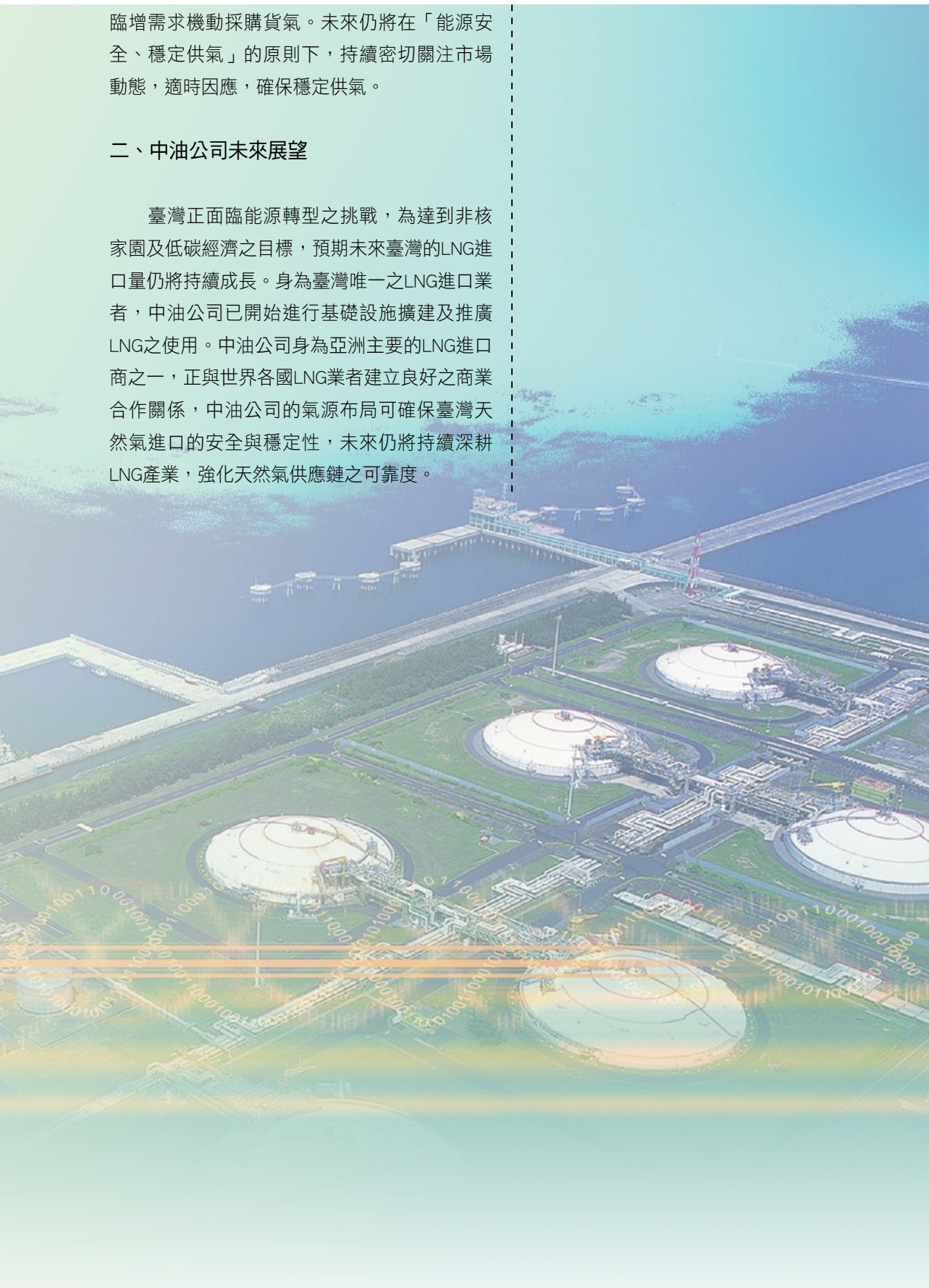


圖5 臺灣LNG進口主要來源國圖

臨增需求機動採購貨氣。未來仍將在「能源安全、穩定供氣」的原則下，持續密切關注市場動態，適時因應，確保穩定供氣。

二、中油公司未來展望

臺灣正面臨能源轉型之挑戰，為達到非核家園及低碳經濟之目標，預期未來臺灣的LNG進口量仍將持續成長。身為臺灣唯一之LNG進口業者，中油公司已開始進行基礎設施擴建及推廣LNG之使用。中油公司身為亞洲主要的LNG進口商之一，正與世界各國LNG業者建立良好之商業合作關係，中油公司的氣源布局可確保臺灣天然氣進口的安全與穩定性，未來仍將持續深耕LNG產業，強化天然氣供應鏈之可靠度。



建構臺灣穩固的天然氣供氣系統

關鍵詞(Key Words)：液化天然氣(Liquefied Natural Gas, LNG)、接收站(Terminal)、天然氣(Natural Gas, NG)、新能源政策(New Energy Policy)

台灣世曦工程顧問股份有限公司／港灣工程部／副理／王佩文 (Wang, Pei-Wen) ❶

台灣世曦工程顧問股份有限公司／港灣工程部／代理副總經理／張欽森 (Chang, Chin-Shen) ❷

台灣世曦工程顧問股份有限公司／港灣工程部／技術經理／劉宏道 (Liu, Horng-Daw) ❸

摘要

為配合政府能源轉型以減煤、增氣、展綠、非核之潔淨能源發展方向，天然氣的用量增加是必然的趨勢。透過完善的營運調度及規劃適當的興建與擴建計畫，除可確保國內天然氣安全穩定供應之外，亦能達成確保電力供應穩定，兼顧降低空污及減碳之政策目標。



Establishment of a Safe and Stable Natural Gas Supply System in Taiwan

Abstract

Implementation of the government's energy transition promotion scheme with its clean energy development goals of minimizing coal-fired power, increasing the portion of natural gas, promoting green energy, and achieving a nuclear-free status, implies an inevitable rise in Taiwan's future use of natural gas. Ensuring its safe and stable supply domestically requires sound operational and dispatching capabilities, as well as careful planning of the necessary construction and expansion projects, so as to enable the realization of the key policy goals of creating a stable power supply, while at the same time achieving reductions in air pollution and carbon emissions.

3

專題報導

壹、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。行政院於民國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%。因此，天然氣的使用預估將持續增加，而穩固的供氣系統更是關鍵之所在。

貳、天然氣政策目標

一、能源轉型之原則

我國能源轉型以減煤、增氣、展綠、非核為步驟，逐步朝向潔淨能源方向發展，在確保電力供應穩定狀態下，兼顧降低空污及減碳方向前進。

(一)減煤

為達成能源轉型的目標與兼顧近程供需的穩定，於2025年前不會再規劃新、擴建任何燃煤機組，舊燃煤機組除役後，將改以燃氣機組替代。

(二)增氣

為達成我國能源轉型的目標，天然氣發電占比將提升至50%，並考量工業鍋爐改供天然氣，國內天然氣用量需求將大幅成長。為確保天然氣供應穩定，已實施以下因應措施：

1. 台灣中油公司(以下簡稱中油公司)正積極進行台中與永安接收站擴建計畫及第三接收站興建計畫，而台灣電力公司亦規劃新建協和接收站與臺中港接收站，以滿足國內天然氣新增需求。
2. 臺灣2018年增訂天然氣安全存量，逐步提高自備儲槽容積及安全存量。現行儲槽容積天數至少為15天，安全存量天數至少為7天，2027年儲槽容積天數至少為24天，安全存量天數至少為14天。
3. 為提供穩定貨源及分散風險，臺灣2019年起自16國進口液化天然氣，而美國Cameron LNG氣源亦自2019年9月開始供應。

(三)展綠

為擴大再生能源的利用與推廣，經濟部訂定2025年再生能源發電占比20%政策目標。現正積極推動太陽光電及風力發電，預計2025年太陽光電裝置容量達20GW，離岸風力裝置容量則達5.7GW以上。

(四)非核

政府歸零思考，無預設立場，務實檢視核能延役或核四重啟，但客觀事實不可行，地方也不支持，延役或重啟困難重重。

二、天然氣規劃用量

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，臺灣將建構成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)。

參、國內天然氣(NG)供氣系統現況

一、天然氣(NG)供氣製程說明

為使天然氣便於運輸，將天然氣田生產之天然氣，先經淨化處理，再經一連串超低溫(-162℃)予以液化。液化之後天然氣，體積縮小為原來的1/625，稱之為液化天然氣(Liquefied Natural Gas)，簡稱LNG，便於儲存與運輸，俾利用液化天然氣船由產地輸送至客戶端。

LNG由船舶運抵客戶端後，由液化天然氣接收站負責LNG的卸收，其主要作業程序可分為

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

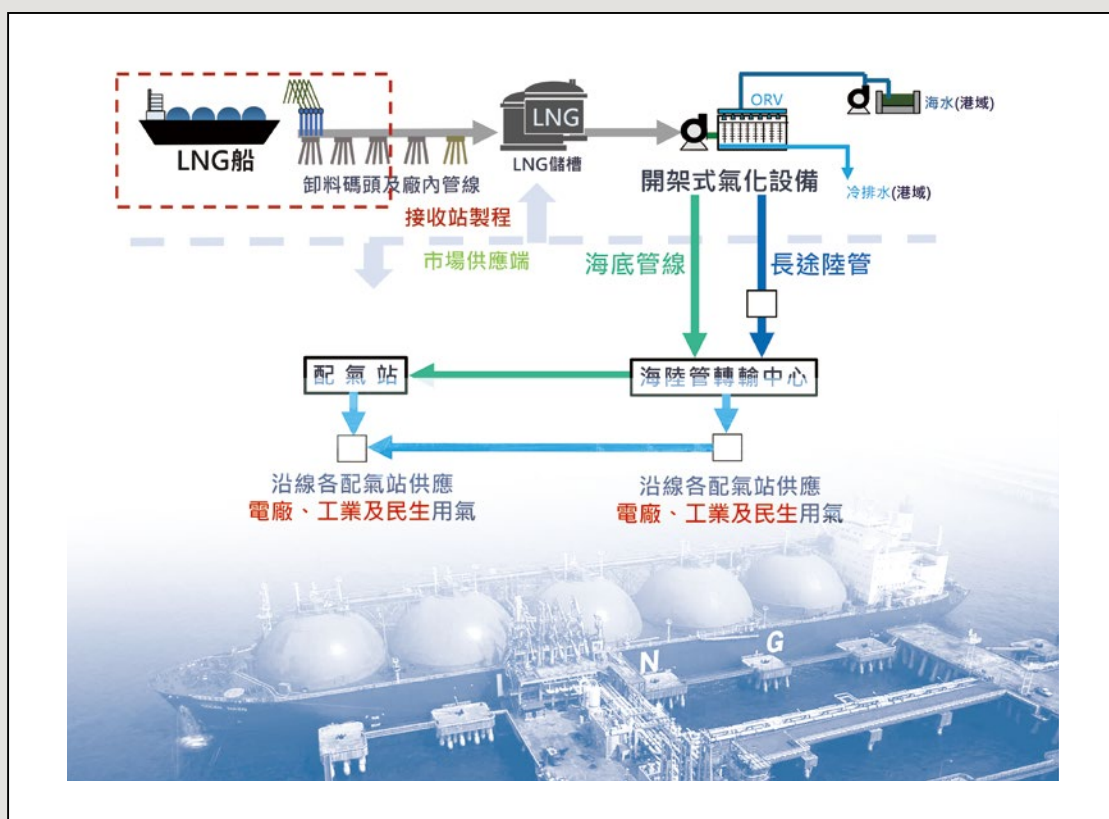
年 份		108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119
全國預估需求(能源局推估)		1,670	1,674	1,688	1,893	1,962	2,042	2,490	2,393	2,432	2,591	2,661	2,711
中油公司	觀塘第三接收站(一期)					100	200	300	300	300			
	觀塘第三接收站(二期)										350	450	550
	台中接收站(一二期)	600	600	600	600	800	800						
	台中接收站(三期)							1,000	1,000	1,000			
	台中接收站(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 台中接收站	協和接收站							90	90	90	90	90	180
					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			

資料來源：1. 經濟部能源局 2. 本文整理

卸料、儲存、加壓、氣化、計量後再經由輸氣管線輸送至客戶端。LNG接收站主要的操作單元有LNG儲槽、BOG再凝器、開架式氣化器、二級泵、海水進出水設備等，LNG卸收及製程概述詳圖1所示。LNG可利用海水簡單地將之氣化為用戶端使用的天然氣，簡稱NG(Natural Gas)，是極為方便、高效率的燃料，故被公認是地球上最乾淨的能源之一。

(一)永安接收站

永安LNG接收站位於高雄市永安區，是我國第一座LNG接收站，屬「十四項建設」中「油氣能源計畫」，73年7月1日始造，於76年3月26日完工，並於同年4月啟用。永安接收站歷經四期擴建，目前廠內有6座半地下式LNG儲槽，



資料來源：本文整理

圖1 LNG卸收及製程圖

二、營運中的LNG接收站

國內現有兩座LNG接收站均由中油公司負責營運，分別是位於高雄市永安區的永安LNG接收站及位於臺中港西碼頭區的台中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。

儲槽總容量是69萬公秉，營運量是1,050萬噸/年。

(二)台中接收站

台中LNG接收站位於臺中港西13號碼頭及其後線土地，於93年9月開始籌建，98年7月正式商轉。台中接收站歷經二期擴建，目前廠內有6座地上式儲槽，儲槽總容量是78萬公秉，營運量是600萬噸/年。



資料來源：本文拍攝

圖2 永安液化天然氣接收站



資料來源：本文拍攝

圖3 台中液化天然氣接收站

三、天然氣管網系統

國內現有兩座LNG接收站所生產的天然氣，分別經由海管及陸管送往客戶端，供電廠、家庭民生及工業使用。目前營運中的海管包括永安到通霄及台中到通霄到大潭的36吋海

管，總長度372.7km。陸管則由永安接收站提供天然氣，總長度2,166km，結合陸管沿線的配氣站、隔離站及開關站，供應陸管沿線的12座燃氣電廠。如圖4所示。



資料來源：台灣中油公司

圖4 全台供氣管網圖

肆、興建及擴建中的LNG接收站及輸氣管線

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，積極推動台中及第三接收站的擴(興)建計畫，各項工程均已全面展開。

一、台中接收站

台中接收站現正進行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112年完工)，同時推動第三期擴建計畫，於二席碼頭後線興建2座18萬公秉地上型儲槽及相關氣化設施，預計116年底完工，屆時台中接收站的營運量將提升為1,100萬噸/年，如圖5所示。

二、第三接收站

第三接收站位於桃園市觀音區海域，採外推方案，規劃興建2座16萬公秉地上型儲槽及相關氣化設施，現正進行各項工程。第三接收站預計114年初期營運，117年底完工，營運量為300萬噸/年，如圖6所示。



資料來源：本文繪製

圖5 台中接收站三期計畫完工示意圖



資料來源：本文繪製

圖6 第三接收站完工示意圖

三、台中通霄36吋陸管

因台中接收站原規劃僅有一條36吋海管對外輸送天然氣，中油公司規劃興建台中到通霄36吋陸管，除可以備援既有的海管外，亦可增加供氣調度的彈性。36吋陸管全長約45km，預計112年完工。

伍、穩固天然氣(NG)供氣系統之組成

由於天然氣使用量預估將持續增加，為建構全臺穩固的天然氣供氣系統，將由以下構面予以考量。

一、接收站分區設置

中油公司目前營運中的永安及台中接收站，分別位於臺灣的南部及中部，然目前超過40%天然氣使用量都在北部，倚靠南氣北送提供

天然氣。為提供用戶端所需之天然氣，必須從供氣的接收站提供足夠壓力的天然氣，方能順利到達客戶端，經長途輸送天然氣的方式將造成能源的耗損。因此，透過第三接收站的設置，北、中、南各有一座接收站可卸收國外進口的天然氣，透過分區供氣的規劃，可增加調度的彈性，降低管線等輸送設備及能源的耗損。

二、備援管線設置

接收站產生的天然氣仰賴管線對外輸送，管線系統越綿密，可避免單一管線無法供氣時，接收站可能無法對外供氣之窘境。永安接收站已有36吋海管、30吋陸管及24吋興達專管共三條對外的輸氣幹管，台中接收站除以36吋海管為目前主要輸送幹管外，尚有一條26吋的陸管可對外供氣，112年36吋陸管完工後，則可直接與既有供氣管網銜接，提供既有海管完整的備援功能。因永安接收站營運迄今已逾30年，另規劃設置永安至通霄第二條海管，以降低營運風險。第三接收站規劃供氣大潭電廠，採兩條36吋幹管方式設

置，提供完善的備援功能。

三、分階段規劃擴建

相較於同樣以LNG進口為主的日、韓兩國，其接收站儲槽的數量均遠大於我國。為滿足持續增加的天然氣用量，中油公司持續規劃既有接收站的擴建計畫，包括台中四期及永安五期等。搭配臺中港外港區之開發，中油公司擬於臺中港北填方區(III)區位，擴建4座18萬公秉LNG儲槽及相關氣化設施，增加營運調度彈性，並充分穩定供應國內用氣需求，其區位詳圖7所示。台中廠四期計畫預估120年完工，屆時運量可提升至1,300萬噸/年。因永安廠營運迄今已逾30年，永安廠亦積極規劃第五期擴建計畫，興建兩座LNG儲槽，以增加儲槽總容量。

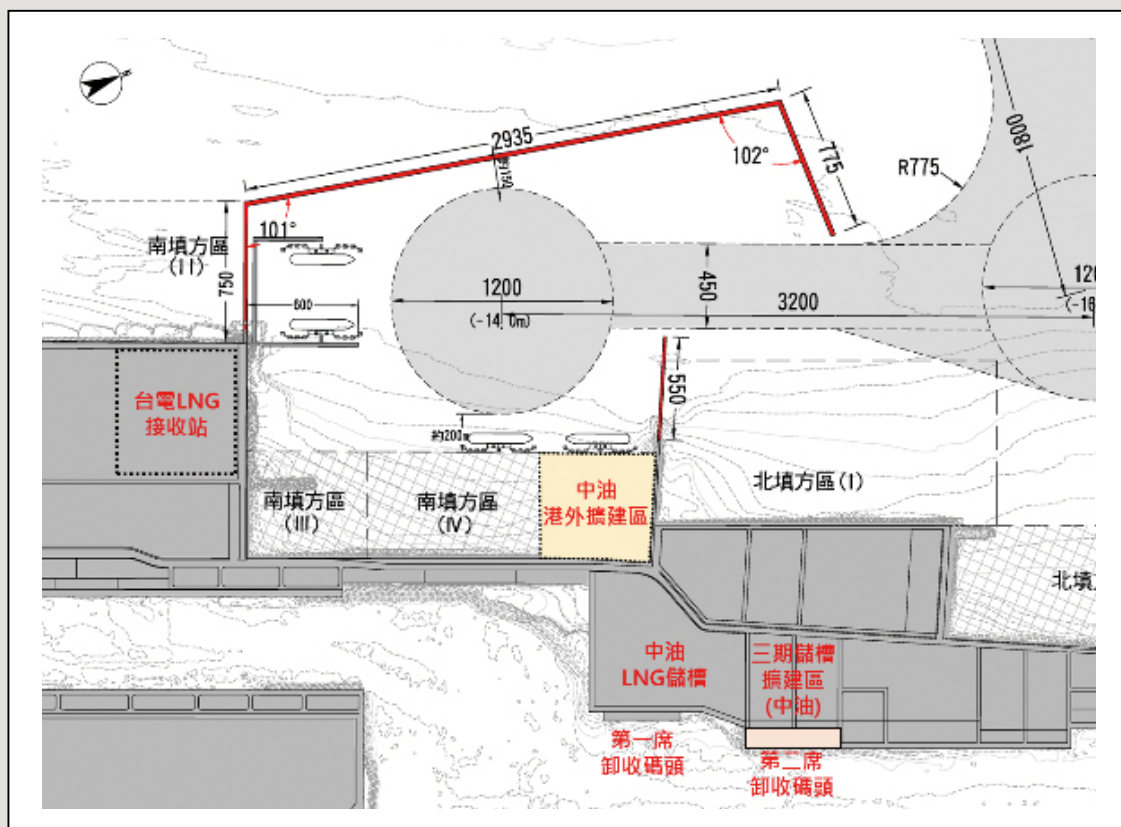
除既有的接收站外，中油公司亦規劃在高雄港洲際二期興建接收站，除可備援永安接收站外，亦可供應位於高雄港區之客戶所需的天然氣。

四、電廠自建接收站

因電廠是天然氣的主要用戶，若電廠能部分自行供應天然氣，對供氣管網而言，可減輕系統的負擔，亦能在突發狀況時，有緊急應變能力支援電廠用氣，減少損失及災害。

(一)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「台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



資料來源：「臺中港40年期主計畫」，本文整理

圖7 臺中外港區中油公司及台電公司預定興建LNG接收站區位圖

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7所示，包括4座16萬公秉地上型儲槽及1席LNG碼頭，所需之外廓設施則與臺中港務分公司共同投資興建。

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儲槽及所需之外廓設施，其配置如圖8所示。

(二) 麥電公司

麥寮工業區內興辦工業人—麥寮汽電股份有限公司(以下簡稱麥電公司)，為配合政府能源政策，擬規劃先行設置2部×120萬瓩±10%=240萬瓩天然氣複循環機組，以逐步取

代現有燃煤機組。為供應新設燃氣機組所需之天然氣，於麥寮港南碼頭區規劃設置4座16萬公秉地上型儲槽及1座LNG碼頭，以達自給自足之目標。

結語

為配合政府能源轉型以減煤、增氣、展綠、非核之潔淨能源發展方向，天然氣用量增長是必然的趨勢。為確保國內天然氣可安全穩



資料來源：「協和電廠更新改建計畫可行性研究」

圖8 台電公司預定興建協和LNG接收站區位

定的供應，屬目前國內唯一天然氣供應者之中油公司，正積極規劃接收站及管線的各項擴建計畫；台電公司及麥電公司亦配合其電廠更新需求，規劃自行興建所需LNG接收站，所有的計畫旨在增加全臺天然氣供應系統的彈性。然受國內環保意識所限，各項興建計畫推動所需之期程，都較原規劃期程有所增加。穩固的天然氣供氣系統有賴供氣端及使用端互相的配合，方能確保電力供應穩定，兼顧降低空污及減碳之政策目標。

建置LNG碼頭 之特殊考量

關鍵詞(Key Words)：液化天然氣(Liquefied Natural Gas ,LNG)、接收站(Terminal)、天然氣(Natural Gas ,NG)

台灣世曦工程顧問股份有限公司／港灣工程部／正工程師／曾彥智 (Tserng, Yann-Jyh) ❶

台灣世曦工程顧問股份有限公司／港灣工程部／副理／張文奐 (Chang, Wen-Huan) ❷

台灣世曦工程顧問股份有限公司／港灣工程部／技術經理／劉宏道 (Liu, Horng-Daw) ❸



摘要

配合政府「邁向2025非核家園目標推動能源政策」，以長、短期策略相互搭配方式，確保電力供應能力，燃氣比例將提升至50%，但由於國內天然氣產量少，需賴國外進口。所運送之天然氣需於國外先行液化，再由LNG專用船舶運送至國內，並於專用碼頭進行卸收。

惟LNG專用碼頭之規劃設計有別於一般碼頭，有其需特別留意之處。本文將依過去參與LNG專用碼頭之相關工作經驗，略述規劃設計LNG碼頭所需注意之特殊考量。



1



2



3

Building LNG Terminals: Special Considerations

Abstract

Implementation of Taiwan government's "Promotion of the 2025 Non-Nuclear Homeland Energy Goal Policy" relies on a combination of interrelated long- and short-term strategies to ensure sufficient power supply capacity, with the proportion of natural gas increasing to 50%. However, as its quantities produced domestically are low, much of it will be imported from abroad, where it is liquefied before being transported to Taiwan by specialized LNG carriers and then unloaded at dedicated wharves.

Planning and design of such LNG terminals differs considerably from that of other types of terminals, with a number of special considerations requiring particular attention. These considerations applied in the planning and design of LNG terminals are further outlined in this article based on the authors' relevant experience in working on LNG terminal projects.

3

專題報導

壹、前言

對於發電廠及工業用燃料而言，天然氣不僅效率佳，燃燒時相較燃煤、燃料油更潔淨，已為世界各地所廣泛使用。由於國內所需天然氣需仰賴國外進口，運送時於出口國先行液化後，由LNG專用船舶運送至國內，再由專用碼頭進行卸收。台灣世曦公司於民國70年代，即完成全臺第一座LNG卸收碼頭設計(永安港)，並已順利運作迄今。爾後更參與台中、觀塘、協和等接收站之LNG碼頭規劃設計，本文將就規劃設計LNG碼頭需特殊考量部份進行說明。主要內容包含：LNG專用運輸船型分析、LNG船操航靠泊氣海象條件、港區LNG碼頭區位規劃、LNG碼頭平面配置之特殊需求、碼頭斷面型式選擇、LNG船繫纜需求分析及繫泊監控系統設置建議等。

貳、LNG碼頭計畫船型確認

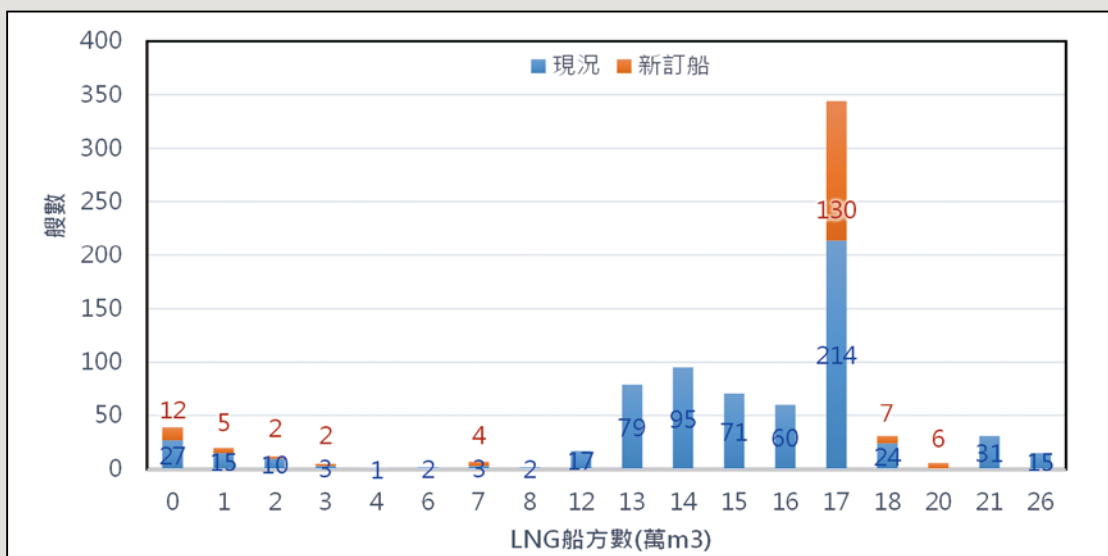
設計碼頭船席長度及水深，應考慮計畫靠泊船型之長度及吃水，以船舶能安全且順利靠泊及裝卸為原則。因此，必先探討LNG碼頭計畫船型。

一、LNG現有及新訂船型趨勢

依據110年10月之Clarksons Research資料庫統計，現有LNG船舶艘數及新訂船舶艘數分布，詳圖1所示。由該圖可知，現有LNG船舶分布集中在12~18萬 m^3 級間，並以17萬 m^3 級為最大宗，約214艘，其次為14萬 m^3 級，約95艘，而現況大於21萬 m^3 級之LNG船舶約46艘。

未來至2025年，新訂LNG船舶交船期間仍以17萬 m^3 級船舶為大宗，約130艘；其次為小於1萬 m^3 級LNG船，約12艘；再其次為18萬 m^3 級及20萬 m^3 級，分別約7艘及6艘；大於21萬 m^3 級LNG船則暫無新訂單，顯示近年鮮少訂製該等級超大型LNG船舶。

綜合分析LNG現況及新訂船舶之船型分布，顯示17萬 m^3 級船型仍為未來之主力船型，而市場上最大船型仍以26萬 m^3 級船型為最大(多屬卡達液化瓦斯公司Qatar Gas所有，其中僅一艘屬商船三井公司(Mitsui OSK Line)所有)。



資料來源：Clarksons Research (110.10)；本文彙整。

圖1 LNG船型艘數統計分布圖

二、LNG現有及新訂船尺寸分析

統計LNG現有及新訂船平均船型尺寸分布，詳表1及表2所示。由該表可知，現有LNG船以17萬m³級為大宗，平均船噸數為92,624DWT，平均船長294.8m、平均船寬46.5m、平均滿載吃水深12.4m、平均船齡3.4年；最大LNG船型為26萬m³級，平均船噸為

136,569DWT，平均船長345.3m、平均船寬54.1m、平均滿載吃水深12.6m。

新訂LNG船型以17萬m³級為大宗，平均船噸為95,400DWT、平均船長為297.1m、平均船寬46.2m、平均滿載吃水深12.5m。整體而言，LNG現有與新訂主力船型，滿載吃水深多在12.5m內，其間差異主要來自船長與船寬，且船

表1 現況LNG船之平均船型統計表

船級大小 (方)	艘數	平均 DWT	平均船長 (m)	平均船寬 (m)	平均滿載吃水深 (m)	平均船齡 (年)
0-9,999	27	3,406	95.5	17.0	5.1	9.1
10,000~19,999	15	10,667	141.7	23.1	7.8	13.1
20,000~29,999	10	19,548	177.0	26.8	9.0	6.5
30,000~39,999	3	17,773	181.9	28.2	7.9	3.4
40,000~49,999	1	31,712	195.3	30.0	10.3	1.8
60,000~69,999	2	35,760	219.2	34.0	9.5	24.0
70,000~79,999	3	38,383	219.7	35.0	10.0	14.1
80,000~89,999	2	48,817	239.0	40.0	11.0	28.0
120,000~129,999	17	70,274	278.7	45.5	11.3	35.2
130,000~139,999	79	75,179	284.2	44.5	11.8	20.6
140,000~149,999	95	80,560	286.7	45.2	12.1	14.4
150,000~159,999	71	84,887	289.3	45.4	12.2	9.3
160,000~169,999	60	85,972	288.2	44.8	12.2	7.2
170,000~179,999	214	92,624	294.8	46.5	12.4	3.4
180,000~189,999	24	95,172	297.3	47.5	12.4	1.7
210,000~219,999	31	114,895	315.0	50.0	12.9	13.0
260,000~269,999	15	136,569	345.3	54.1	12.6	11.7
總計/平均值	669	81,473	278.3	43.9	11.8	10.0

資料來源：Clarksons Research (110.10)；本文彙整。

表2 新訂LNG船之平均船型統計表

船級大小 (方)	艘數	平均 DWT	平均船長 (m)	平均船寬 (m)	平均滿載吃水深 (m)
0-9,999	12	4,591	113.5	18.6	6.5
10,000~19,999	5	12,000	137.7	23.2	-
20,000~29,999	2	12,250	159.7	24.0	-
30,000~39,999	2	19,000	176.8	28.8	-
70,000~79,999	4	40,000	239.0	36.4	-
170,000~179,999	130	95,400	297.1	46.2	12.5
180,000~189,999	7	98,000	-	-	-
200,000~209,999	6	110,000	-	-	-
總計/平均值	168	83,843	243.4	38.4	10.3

資料來源：Clarksons Research (110.10)；本文彙整。

長部分常主控航道、迴船池及船席水域等空間需求。

考量不同等級LNG船之船長、船寬及吃水深分布變異性較大，為瞭解各船級所代表船型尺寸，故統計各船級涵蓋75%船型的尺寸，詳表3所示，以做為水域空間規劃之參考。

三、國內現有LNG專用碼頭之計畫船型

國內使用中之LNG專用碼頭包括永安港2席碼頭，臺中港1席(W13)；施工中則包括臺中港1席(W11)、桃園觀塘專用港1席，規劃設計

中則有基隆港協和電廠1席，臺中外港(台電)2席，臺中外港(中油)2席，各碼頭之計畫船型，詳列如表4。

參、LNG船操航、靠泊氣象條件

蒐集國內外LNG接收站於操航及靠泊的氣象限制條件，如表5～表7所示。於LNG船進出港時，各國多以1.0～1.5m波高做為限制條件，而比利時、法國及美國則以風速取代波高做為限制條件。於LNG船進出港之風速限制條件，經查多以10～15m/sec為界線，其中，日

表3 現況LNG船之代表船型統計表

船級大小 (方)	船長 (m)	船寬 (m)	吃水深 (m)
0-9,999	115.8	19.0	5.9
10,000-19,999	152.3	25.7	8.3
20,000-29,999	180.3	26.9	9.4
30,000-39,999	184.7	28.4	8.4
40,000-49,999	195.3	30.00	10.3
60,000-69,999	219.19	34.00	9.48
70,000-79,999	219.8	35.0	10.0
80,000-89,999	239.0	40.0	11.0
120,000-129,999	285.3	47.2	11.6
130,000-139,999	290.0	45.8	12.1
140,000-149,999	289.5	49.0	12.4
150,000-159,999	290.0	48.9	12.5
160,000-169,999	293.0	45.6	12.5
170,000-179,999	297.5	46.4	12.5
180,000-189,999	299.0	48.0	12.5
210,000-219,999	315.0	50.0	13.6
260,000-269,999	345.3	55.0	13.3

資料來源：Clarksons Research (110.10)；本文彙整。涵蓋75%之船型統計。

表4 國內現有LNG專用碼頭計畫船型

LNG專用碼頭	船級大小 (方)	船長 (m)	船寬 (m)	吃水深 (m)	備註
永安港2席	149,000	290.0	49.0	11.92	已完工
臺中港W13	149,000	290.0	49.0	11.92	已完工
臺中港W11	180,000	299.9	48.9	12.7	施工中
觀塘專用港	216,000	315.0	50.0	12.0	施工中
基隆港協和電廠	177,000	298.4	46	11.9	規劃設計中
臺中港外港(台電)	177,000	298.4	46	11.9	規劃設計中
臺中港外港(中油)	266,000	345.3	53.8	12.2	規劃設計中

資料來源：本文彙整。

表5 國內外LNG船進出港波高限制

國 別	接 收 站	波高限制(m)
中華民國	永安	1.2
	台中	1.5
日 本	NEGISHI	1.5
	FUTTU	1.2
	CHITA LNG	1.0
	SENBOKU NO.1	1.5
	SENBOKU NO.2	1.2
	TOBATA	1.5
	NIHONKAI LNG	1.2
比 利 時	ZEEBRUGGE	(以風速限制)
法 國	MONTOIR	(以風速限制)
美 國	LAKE CHARIS	(以風速限制)

資料來源：1.「臺中港設置液化天然氣儲卸規劃之研究」，臺中港務局，92年
2.本文整理

表6 國內外LNG船進出港風速限制

國 別	接 收 站	風速限制(m/sec)
中華民國	永安	12
	台中	15
日 本	NEGISHI	15
	FUTTU	12
	CHITA LNG	10
	SENBOKU NO.1	13
	SENBOKU NO.2	12
	TOBATA	12
	NIHONKAI LNG	10
比 利 時	ZEEBRUGGE	13.9
法 國	MONTOIR	11
美 國	LAKE CHARIS	13

資料來源：1.「臺中港設置液化天然氣儲卸規劃之研究」，臺中港務局，92年
2.本文整理

表7 國內外LNG船進出港能見度限制

國 別	接 收 站	能見度限制
中華民國	永安	1.0 nm
	台中	1.0 nm
日 本	NEGISHI	1.0 km
	FUTTU	1.0 mi
	CHITA LNG	1.0 mi
	SENBOKU No. 1	1.0 mi
	SENBOKU No. 2	1.0 mi
	TOBATA	1.0 mi
	NIHONKAI LNG	1.5 mi
比 利 時	ZEEBRUGGE	0.5 nm
法 國	MONTOIR	1.0 nm
美 國	LAKE CHARIS	3.0 mi

資料來源：1.「臺中港設置液化天然氣儲卸規劃之研究」，臺中港務局，92年
2.本文整理

本NEGISHI港LNG船進出港之風速限制為15m/sec，為風速限制之最大值；而日本NIHONKAI港進出之風速限制為10m/sec，為風速限制之最小值。至於能見度限制方面，多以1英里(mi，約1.61km)～1海里(nm，約1.852km)為允許LNG船進出港之最低限制範圍。LNG碼頭規劃設計應考慮其相關自然條件要求後再進行。

肆、港區LNG碼頭區位配置特殊需求

港內LNG碼頭配置有安全距離要求，相關規定如下：

一、裝卸設施間距

依據美國國家消防法規NFPA 59A規定，裝卸設施間距應依以下規定規劃。

(一) 以管線輸送LNG的碼頭或港區配置規劃，應使船舶在裝卸時距離跨越航道的任何橋梁至少30m，裝卸歧管(Manifold)則應距離前述橋梁至少61m。

(二) LNG及可燃性冷媒的裝卸接頭(Connections)應距離未受管制火源、製程作業區、儲槽、控制室、辦公室、工廠及其他廠內重要建築物至少15m以上。但本規定不適用於與傳輸

作業相關的建築物或設備。

二、儲槽側壁至LNG運輸船

Code of Federal Regulations Title 49 Section 193.2057規定「至少122m」。

三、LNG船及相關設施

LNG船與燃燒塔間安全距離至少應為90m。

四、二席LNG碼頭

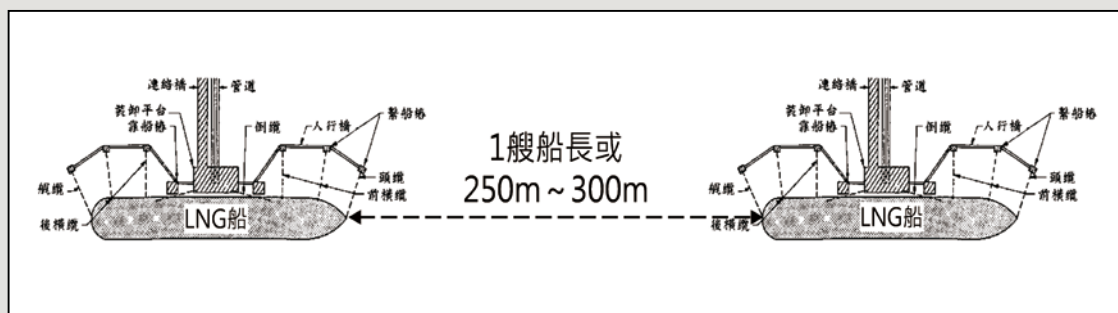
LNG船相當於LNG儲槽，安全距離依「Port designer's handbook 3rd, p.88」建議，兩艘LNG船同時靠泊時，兩船間需有安全距離限制，該限制為至少要保留1艘船之船長或250～300m間距，詳圖2所示。

伍、LNG碼頭平面配置特殊需求

一、繫泊中船體運動情形

(一) LNG船繫泊及作業期間之容許運動範圍

當船舶靠泊於碼頭進行卸收作業時，常因風、浪、流等外力因素作用，產生船體晃動現象，以致影響裝卸作業進行，船體運動現象主



資料來源：Port designer's handbook 3rd, p.88；本文繪圖。

圖2 兩LNG船同時靠泊時淨間距需求

要包括：縱移(Surging)、橫搖(Rolling)、橫移(Swaying)、縱搖(Pitching)、起伏(Heaving)及平擺(Yawing)等六種，各種運動型態之定義，如圖3所示。

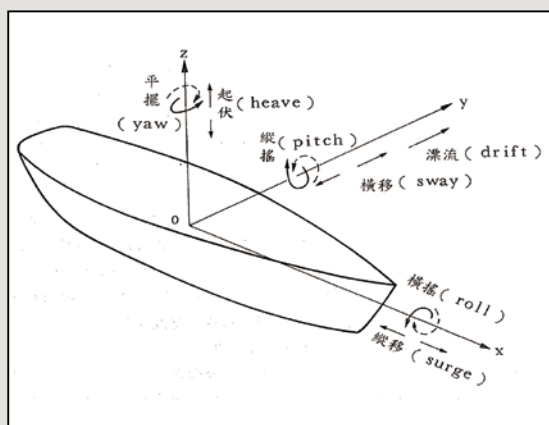


圖3 船體運動型態示意圖

依日本港灣協會「港灣設施技術基準及解說」，繫泊及裝卸作業期間，船體容許運動範圍將視貨物包裝型式、船舶種類及裝卸機具不同等因素而有區別，如表8所示，依該表可知，LNG船舶容許縱移量為 $\pm 2.0\text{m}$ ，橫移量為 $\pm 2.0\text{m}$ ，平擺量則為 ± 2 度以下。

表8 繫靠船舶之容許運動範圍

船 型	縱 移 Surging (m)	橫 移 Swaying (m)	起 伏 Heaving (m)	橫 搖 Rolling ($^{\circ}$)	縱 搖 Pitching ($^{\circ}$)	平 擺 Yawing ($^{\circ}$)
一般散雜貨輪	± 1.0	± 0.75	± 0.5	± 2.5	± 1.0	± 1.5
穀類船	± 1.0	± 0.5	± 0.5	± 1.0	± 1.0	± 1.0
礦砂輪	± 1.0	± 1.0	± 0.5	± 3.0	± 1.0	± 1.0
油輪(國際線)	± 1.5	± 0.75	± 0.5	± 4.0	± 2.0	± 2.0
油輪(國內線)	± 1.0	± 0.75	± 0.5	± 3.0	± 1.5	± 1.5
貨櫃船(LO/LO)	± 0.5	± 0.3	± 0.3	± 1.5	± 0.5	± 0.5
渡輪、貨櫃船(RO/RO)、汽車船	± 0.3	± 0.6	± 0.3	± 1.0	± 0.5	± 0.5
LNG船	± 2.0	± 2.0	-	± 2.0	± 2.0	± 2.0

資料來源：日本港灣協會「港灣設施技術基準及解說」。

(二) LNG船繫靠泊平面需求

考量LNG船卸收時具有一定之風險，為減少船體搖晃程度，須藉由船纜及繫船平台之快速解纜鉤間妥善連結，並以靠船平台之防舷材保護。依OCIMF(石油公司國際海事論壇)建議，

安全繫纜模式將由卸收平台>Loading Platform)、靠船平台(Breasting Dolphin)、繫船平台(Mooring Dolphin)、人行橋及連絡橋組成，並含艏艉纜(Head Lines、Stern Lines)、橫纜(Breast Lines)、倒纜(Spring Lines)，快速解纜鉤及防舷材等設施，如圖4所示。

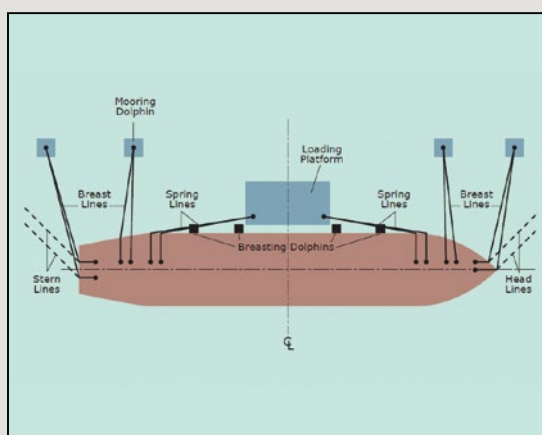


圖4 典型繫纜模式

靠船及繫船平台為提供LNG船繫靠之主要構造，靠船平台位在碼頭法線上，於卸料平台兩側各設2座，平台上設有防舷材及快速解纜鉤；繫船平台自法線向內推縮，以減少纜繩受

力並提升繫纜效果，且於卸料平台兩側依繫船需求各設3~4座，平台上設有快速解纜鉤。至於卸料平台則為LNG船卸氣臂之作業空間，且向法線內側退縮，不與LNG船接觸，平台上設有卸料臂、卸氣台架、機房及管架等設施。

陸、LNG碼頭斷面的型式選擇

LNG碼頭主要構造包含卸收平台、靠船平台及繫船平台，因一般LNG碼頭為離岸式，常選用之構造型式，包括樁基式平台(如臺中港W13碼頭及永安港北碼頭、東碼頭，如圖5)及沉箱式平台(如觀塘第三接收站卸收碼頭)等兩種，針對上述兩種平台結構形式之適用性，整理如表9所示。由該表可知，沉箱式平台具有施工便

利性佳及維護管理性簡易等優勢，但因其構造自重較大，較適合卵礫石或堅硬土層等承載力較高之海床；而樁基式平台須在海上採直樁及斜樁施作，並將樁底落於具有較佳承載條件土層，可克服淺層海床為疏鬆砂層或軟弱土層之影響，故多為LNG碼頭之主要構造型式。

表9 卸收碼頭斷面型式比較表

評估項目	樁基式平台	沉箱式平台
波浪條件	- 波浪可穿透，對入侵後方護岸之波高降低助益不大。 - 基樁上方平台受波浪揚壓力影響，須提高平台高度或特別固定考量。	- 波浪不可穿透，形成繞射現象，對入侵後方護岸之波高有降低效果。 - 沉箱不受壓力，但底面承受上揚力，但因自重大不需特別考量。
地質條件	可將平台載重傳遞至深層承載層，適合海床為疏鬆砂層或軟弱土層。	沉箱式碼頭屬淺基礎，適合海床屬卵礫石或堅硬土層時使用。
使用條件	- 基樁承受水平外力時，變位量較大。 - 由基樁來提供碼頭所需承載力，碼頭垂直變位小。	- 沉箱壁體厚重，抵擋水平外力時，水平變位極小。 - 海床需有良好地質，減少沉陷量。
施工條件	- 使用船機數量及種類較多，包含頂升式平台船、鋼管樁運補船、混凝土拌合船、拋石船及拖船等。 - 海上打樁易受海氣象環境變化，較適合具有遮蔽之水域施工。	- 須準備沉箱製造碼頭及面積較大之沉箱儲存水域，船機則包含浮沉台船、拋石船及拖船等。 - 沉箱穩定性及強度佳，若施工期間尚無遮蔽水域，可克服波浪影響。
維護難易	- 鋼管樁需妥善防蝕處理，且定期檢測維護。 - 管理維護作業量大且費用較高。	- 堤體堅實耐久，利用目視或簡單儀器檢視即可。 - 管理維護簡單容易。
使用案例	臺中港W13碼頭(詳圖5)及永安港東碼頭、北碼頭。	觀塘第三接收站卸收碼頭。

註：本文彙整。



(a) 平面配置



(b) 樁基式平台

圖5 臺中港W13碼頭樁基式平台

柒、LNG船繫纜需求分析

一、評估方法及安全標準

(一) 依循規範

有關繫泊分析係依國際遵循之港灣設計規範而定，其主要參考規範如下：

- "港灣構造物設計基準"，交通部，ROC，1995
- "Mooring of ships to Piers and Wharves"，ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No.129，2014
- "Mooring Equipment Guidelines(MEG)"，Oil Companies International Marine Forum(OCIMF)，2008

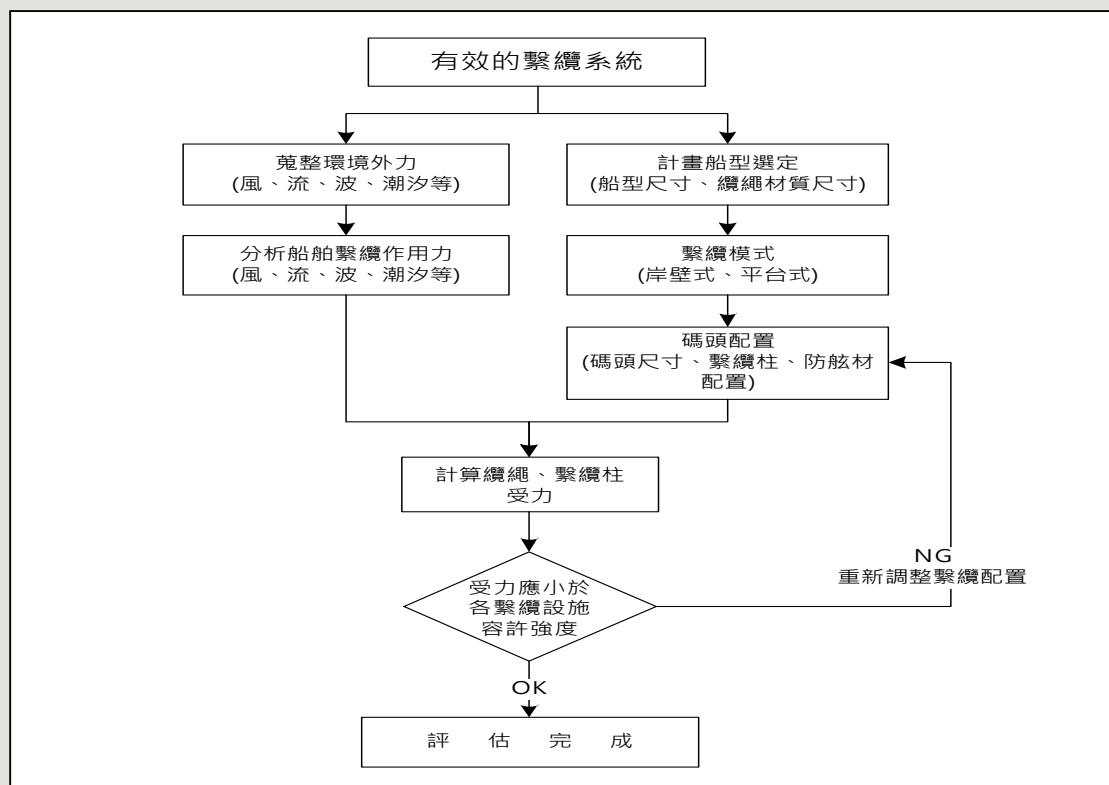
• "Port Designer's Hand Book"，Thoresen，2014

• 港灣の施設の技術上の基準・同解説，日本港灣協會，2018

(二) 評估方法及使用程式

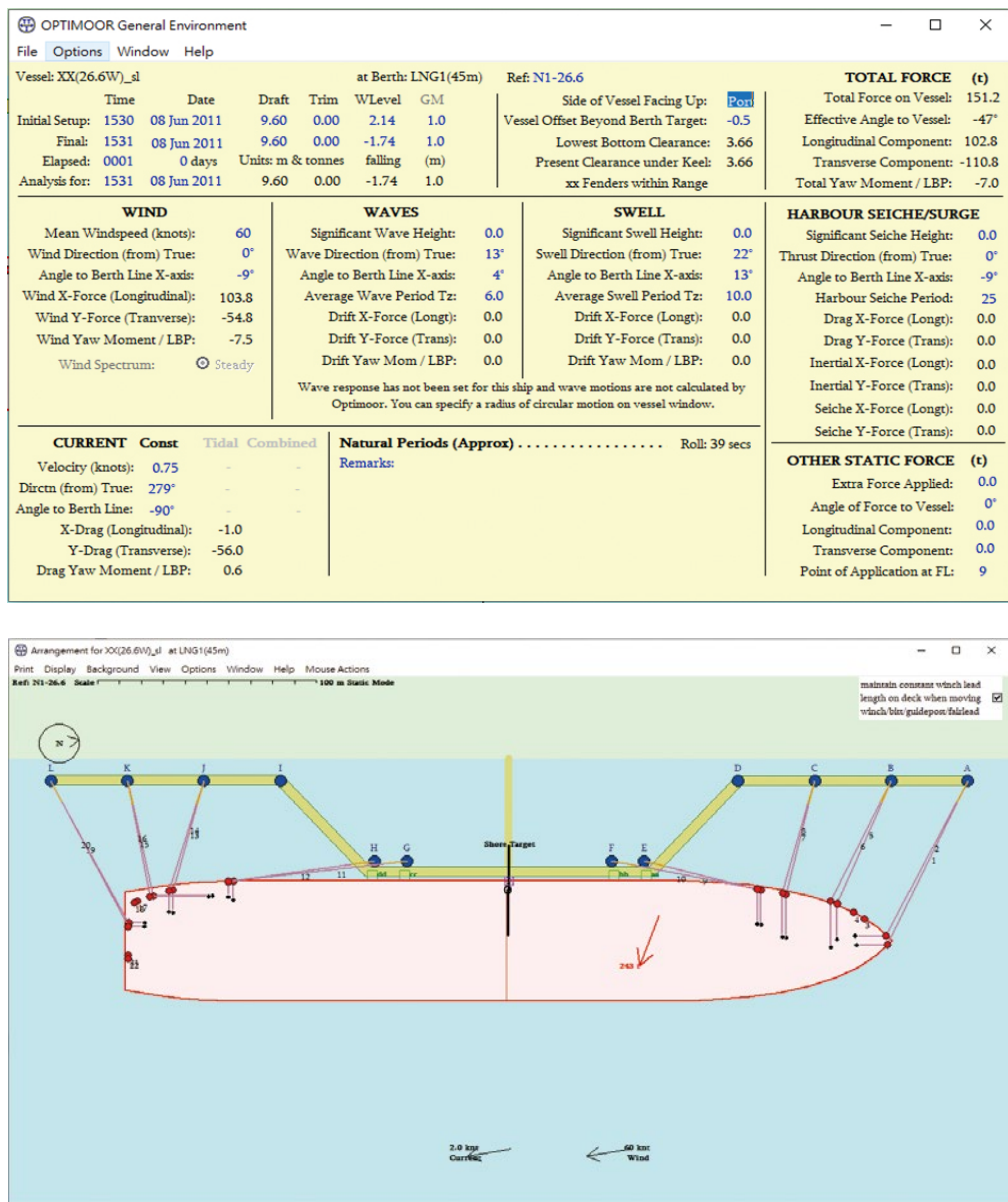
為確保LNG船繫泊及卸收作業安全，應依繫泊船體運動的情形，建構有效之繫靠系統，步驟如圖6所示。首先，分析船舶繫靠所受環境作用力(風、波、流等)；再依計畫船型選擇有效之繫纜模式；最後，以此模式將作用力分配至繫靠設施(纜繩、防舷材、快速解纜鉤)，架構出安全有效之繫靠系統。

依上述原則，可採OCIMF(石油公司國際海事論壇)所建議之繫靠設施評估條件，並使用OCIMF認證之繫泊分析程式(如圖7所示之



註：本文繪製。

圖6 有效的繫纜系統建構步驟



註：本文繪製。

圖7 OPTIMOOR繫泊分析程式

OPTIMOOR等)，就所規劃之碼頭配置，於不同情境(包括LNG船型及繫纜方式、風、浪、流及潮汐等因素)下，分析各纜繩所受拉力，並比對各纜繩受力及容許拉力之比值，及防舷材反力及船殼壓力等，以了解該繫纜模式是否屬有效且安全範圍，如不符合安全規定，則需再研擬不同之繫纜模式，反覆計算至可接受程度。

(三) 繫纜設施安全標準

纜索材料種類繁多，材質選用亦為設計之一環，常用材質以鋼索或纖維索(聚脂、尼龍、聚丙烯和聚乙烯或採上述材料混合)為主，纜繩材質及強度標準可依OCIMF之建議選擇，如表10所示。由於纜索材質及編織構造等影響纜索強度，且選用的繫纜材質於規劃階段多屬不明

表 10 纜繩材質之強度標準

裝 置	安全工作負荷 (SWL)	安全係數=最小斷裂負荷/ 安全工作負荷 (SF=MBL/SWL)	% MBL	測試負荷
纜繩	最大負荷係採標準環境 規範計算	鋼：1.82 聚酰胺(俗稱尼龍)：2.22 其他合成纖維：2.00	55% 45% 50%	確認最小 斷裂負荷(MBL)
鋼質纜尾索	同上	聚酰胺(俗稱尼龍)：2.50 其他合成纖維：2.28		同上
合成纜尾索	同上	聚酰胺(俗稱尼龍)：2.75 其他合成纖維：2.50		同上
連接卸扣	需大於或等於所連接纜 繩能承受之負荷	2.00		驗證負荷
備註： (1) 因纜尾索承受大部分疲勞及磨損，故其安全係數(SF)較纜繩(鋼與合成纖維)為大。 (2) 聚酰胺(俗稱尼龍)材質，於潮濕時強度變化不大，故安全係數(SF)較大。 (3) 最小斷裂負荷(MBL)定義為新纜於斷裂前所能承受之最小負荷，其中鋼纜與人造纖維纜繩之材料試驗方法可分別參考ISO 3108及ISO 2307				

確，尚待LNG船東確認後提供，故多先採纖維索進行繫泊纜繩受力分析。

基此，纜繩最小斷裂負荷(MBL)可先比照快速解纜鉤之容許拉力進行設定，為確保纜繩受力時不致於損及快速解纜鉤，纜繩安全係數常採其他合成纖維(HMPE，高強度聚乙烯繩)之2.0，纜繩受力應可小於繫纜最小斷裂負荷之50%，以此標準進行LNG船繫纜安全檢核，確保卸收碼頭作業安全及繫纜設施之適切性。於營運前再參照所提供之繩型配置進行分析，以提供足夠之安全負荷，航商亦可依其選用船型與纜繩特性重新校核繫纜安全性。

(四) LNG船繫泊及作業期間環境作用力

LNG船於繫泊及作業期間所受環境作用力，包含風、水流、潮汐、船跡波、波浪及吃水變化等，有效之碼頭繫靠系統必須能抵抗前述各因素所生之作用力，依據OCIMF建議，一般

標準繫靠系統若能承受最大風力及水流力時，則該系統負荷強度應足以抵抗其他中等作用力，惟若屬特殊碼頭，如未有良好遮蔽之碼頭區位，有明顯湧浪或波浪作用下，或潮差較大之碼頭，則需單獨考量其對繫靠系統負荷之影響。有關風力、水流力及波浪力選用說明，及計算公式不在此多贅述。

(五)分析情境及泊靠條件

卸收碼頭需彌足所服務計畫船型之繫泊需求，依OCIMF建議之基本泊靠條件及繫泊設施受力評估條件，考量計畫區潮差特性與LNG船卸收作業之吃水深變化，一般可擬訂12種分析情境，如表11所示，且相關情境依計畫LNG船型以OPTIMOOR繫泊分析程式進行分析。依分析經驗，纜繩受力較大之情境多為滿載時，且集中於船艏側橫、倒纜，建議應注意其繫纜情況，避免產生斷纜。

表11 繫泊設施之基本分析情境

情境	風速	風向	吃水	潮位	流速	流 向
1	60節	全風向	滿載	高潮位 H.W.L.	3節	艏艉向
2					2節	偏離艏艉向10°
3					0.75節	橫向
4				低潮位 L.W.L.	3節	艏艉向
5					2節	偏離艏艉向10°
6					0.75節	橫向
7			空載	高潮位 H.W.L.	3節	艏艉向
8					2節	偏離艏艉向10°
9					0.75節	橫向
10				低潮位 L.W.L.	3節	艏艉向
11					2節	偏離艏艉向10°
12					0.75節	橫向

捌、繫泊監控系統設置需求

為確保LNG船繫纜及卸收作業安全，於卸料平台相關機房內，具有整合完整之繫泊系統，所需系統(如圖8)之設置概要說明如后。

一、靠泊雷射輔助系統

靠泊輔助系統旨在提供LNG船於靠岸前最後300m內之靠泊距離、船速與角度等資訊，協助船舶安全靠泊。靠泊數據可顯示與記錄於中央電腦系統，並即時顯示於大型顯示面板與無線手持顯示器，如圖9所示。輔助系統應包括以下項目：

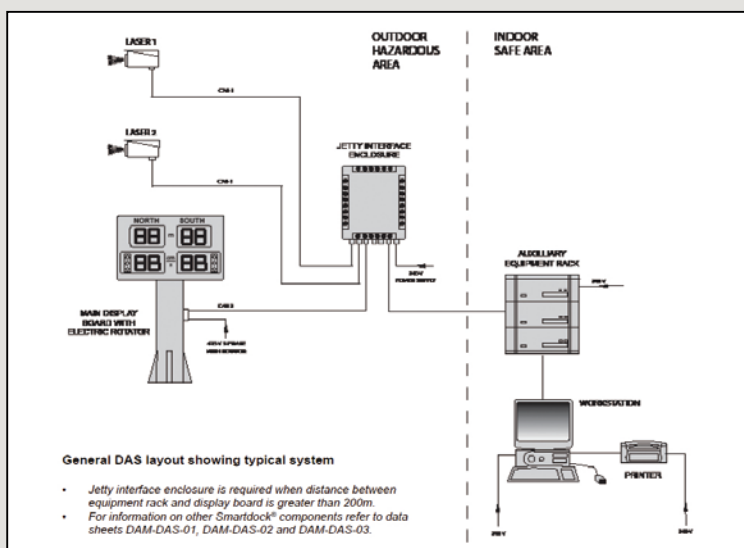
(一) 雷射測距儀

系統包含兩個安裝在碼頭兩端的雷射測距儀與大型顯示面板(含塔架)、一個碼頭控制器接收並處理來自測距儀的信號



資料來源：SAMGONG CO., LTD型錄

圖8 卸收碼頭繫泊系統示意圖



資料來源：TRELLEBORG GROUP型錄

圖9 靠泊雷射輔助系統組成圖

並記錄數據，然後通過MODBUS通訊數據傳送至中央監控電腦。

雷射測距儀及其電子元件應安裝在防爆外殼內，並安裝在不鏽鋼框架上，內置遮陽罩。

(二) 室外大型顯示面板

大型顯示面板安放在碼頭上，由中央監控電腦輸出信號，提供離碼頭200m內之靠岸速度及距離，使船上人員可目視掌握靠岸訊息，如圖10所示，並設兩套警報燈以供船舶及船艙在預設報警速度帶內之靠岸速度指示。



圖10 室外大型顯示面板示意圖

(三) 無線手持顯示器

含2個手持式無線顯示器及1個發送器。

二、環境監測系統

環境監測系統可讓卸收碼頭及船上人員在靠岸和停泊過程中，獲得有效之環境數據，以供船舶操作參考。系統包含測候站、流速計、

波高計與整合式基座含現場控制箱各1組：

(一) 測候站

安放在控制室屋頂上，負責測量風速、風向、溫度、濕度、大氣壓力與雨量。

(二) 流速計

流速計應為底碇式聲波都卜勒流剖儀，並放置於繫船平台外水域，進行流速、流向與水溫等資訊監測。

(三) 雷射波高計

安裝在碼頭側面，負責監測波浪高度、波

形和潮汐數據。

(四) 整合式基座含現場控制箱

上述環境監測儀器將固定安裝於一組整合式基座，監測數據經現場控制箱內模組轉換以PROFIBUS或RS422或MODBUS通訊格式傳回碼頭作業室。

三、快速解纜鉤與遙控脫纜系統

(一) 碼頭快速解纜鉤

提供快速釋放繫泊纜繩功能，組裝於基座的每組解纜鉤，可於作業範圍內，水平與垂直任意調整位置，如圖11所示。



圖11 快速解纜鉤示意圖

(二) 遠程脫纜系統

遙控脫纜系統旨在提供快速解纜鉤除手動釋放操作外，由碼頭作業室遠端遙控釋放或現場控制箱釋放功能。碼頭作業室內遙控釋放系統可進行單一纜鉤個別釋放或緊急時所有纜鉤集體釋放。

快速解纜鉤須於安全作業拉力下，由碼頭作業室內遙控系統或現場控制箱按鈕遙控釋放解纜；亦可於緊急時以手動方式解纜。碼頭作業室內遙控系統或現場控制箱按鈕可於主電源跳脫時，全系統或個別解纜至少一次，其系統組成方式如圖12所示。

四、拉力監控系統

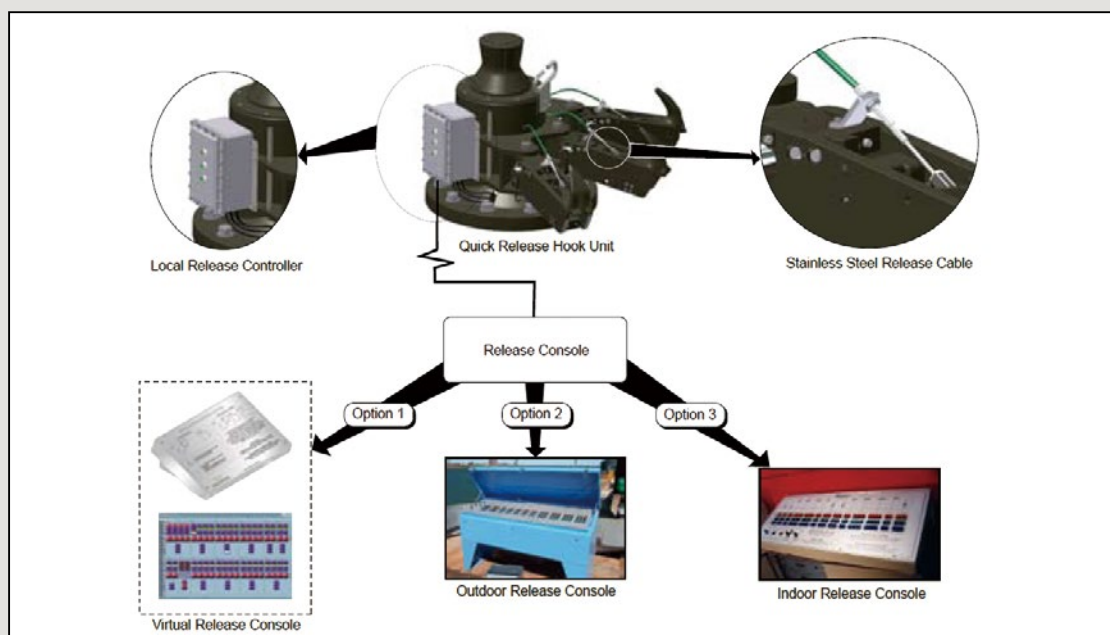
纜繩荷重監測、靠泊測距和環境監測等數據，將即時由MODBUS傳輸至碼頭控制室之中央電腦系統上，提供船舶停泊和卸收期間之安全管制。如荷重、靠岸或環境監測數據超過設定範圍時，系統將發出警報以利因應，其組成如圖13所示。

(一) 拉力荷重元

拉力荷重元安裝於快速解纜鉤內並受妥善保護，避免纜鉤於作業範圍內相互碰撞，造成拉力荷重元損壞。

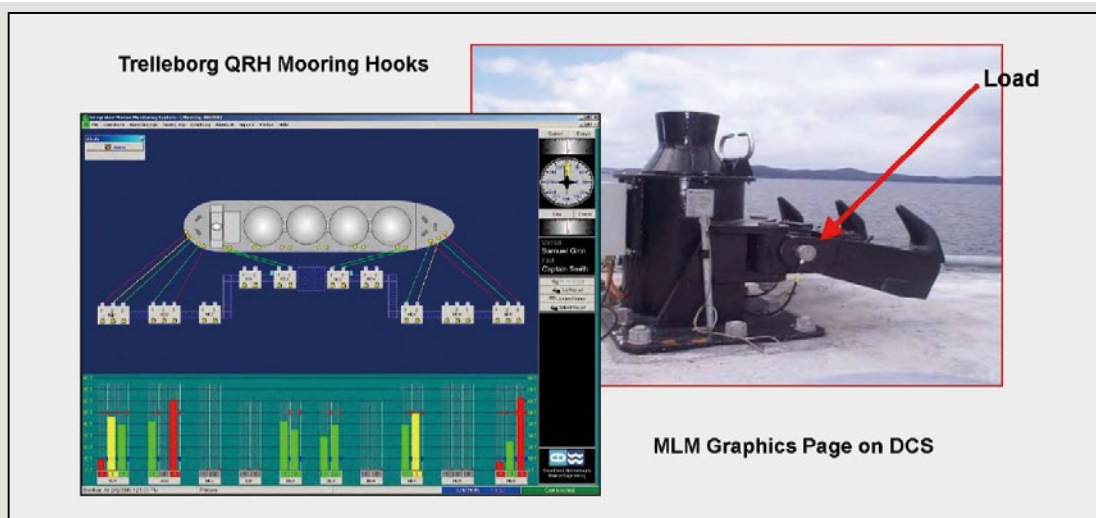
(二) I/O 模組

每組快速解纜鉤之拉力狀態，透過拉力荷



資料來源：TRELLEBORG GROUP型錄

圖12 遠程脫纜系統示意圖



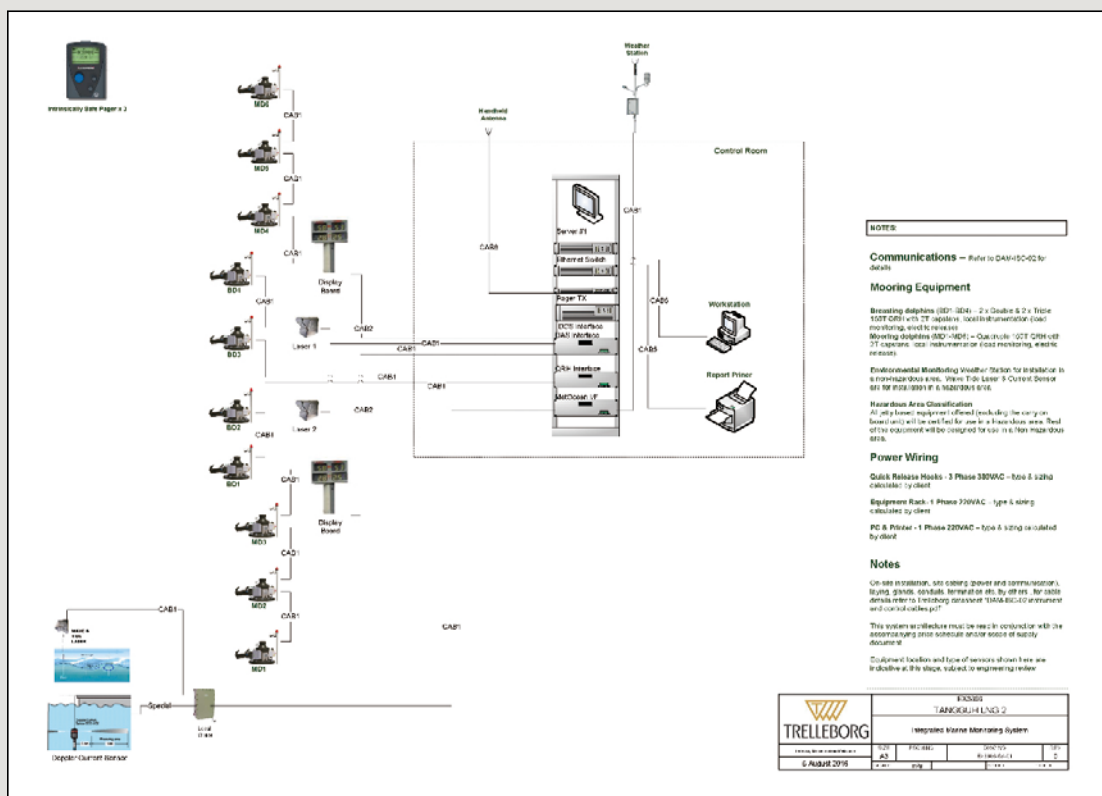
資料來源：TRELLEBORG GROUP型錄

圖13 拉力監控系統及軟體系統示意圖

重元經現場控制箱內I/O模組，以現場類比訊號轉換為數位訊號後，採PROFIBUS或MODBUS通訊格式回傳至碼頭作業室，利用BMS(泊船監控系統)將資訊顯示於中央控制室之監控面板，BMS系統架構示意詳圖14。

五、船岸通訊聯結(Ship Shore Link)系統

依據SIGTTO(Society of International Gas Tankers and Terminal Operators)建議，SSL應遵循ISO 28460規定辦理，為配合各種可能的靠泊



資料來源：TRELLEBORG GROUP型錄

圖14 BMS系統架構示意圖

船型，須兼具光纖聯結、電聯結與氣動聯結系統，及聯結選擇系統(光纖、電纜或氣動)與電源選擇系統。

SSL提供船舶與碼頭(ESD)監控系統之通信，系統設備包括控制盤、熱線電話通信機組、光纖纜箱、電氣纜箱、氣動纜箱等設備，該系統可將SSL系統狀態、電話語音及MLM資訊整合後經由光纖、電氣或氣動傳輸等方式，與

料情況發生，其組成如圖15所示，船岸聯結系統架構詳圖16。通常建議SSL系統設置在碼頭卸料臂平台(與船平行)，便於與船連結。

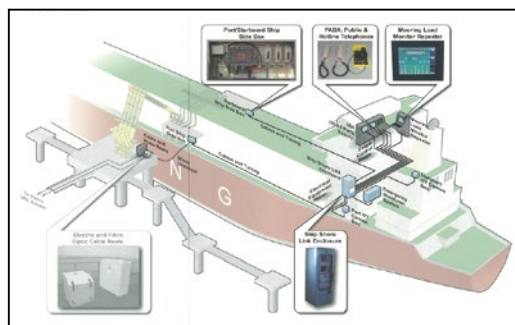
六、碼頭電腦系統

碼頭電腦系統安裝於碼頭作業室內，包含必要之軟體設計、介面整合及硬體供應，以接收、顯示並記錄拉力監測系統、靠泊協助系統、



資料來源：TRELLEBORG GROUP型錄

圖15 SSL系統(光纖聯結、電聯結與氣動聯結系統)硬體設備示意圖



資料來源：TRELLEBORG GROUP型錄

圖16 船岸通訊聯結系統示意圖

船上系統連結並將相關訊號傳輸至CCR中控室或手提電腦進行監視，如有緊急事故發生時，將透過光纖、電氣或氣動訊號觸發船上及岸邊的緊急停俾作業，確保卸料作業的安全，防止洩

環境監測系統等資訊，並監控快速解纜鉤狀態，以及提供個別纜鉤或緊急全部釋放功能。

結語

LNG碼頭規劃設計有其特殊考量，碼頭平面配置和LNG專用船型、操航靠泊海氣象條件、港區LNG廠位置等特殊安全需求、LNG碼頭平面規劃需求、LNG船繫纜需求有關，碼頭斷面型式選擇則與所在地質及施工條件相關，繫泊監控系統設置則與專用船舶停靠卸料時安全有關，故規劃設計人員應詳加考量，以利完工後LNG專用船於停靠及卸料時均安全無虞。



淺談長途天然氣 管線規劃、設計 及施工關鍵課題

關鍵詞(Key Words)：長途天然氣管線 (Long-Distance Natural Gas Pipeline)

LNG
液化天然氣

台灣世曦工程顧問股份有限公司／港灣工程部／計畫經理／陳榮嵩 (Chen, Rong-Song) ❶

台灣世曦工程顧問股份有限公司／港灣工程部／計畫工程師／周展名 (Jhou, Jhan-Ming) ❷

台灣世曦工程顧問股份有限公司／港灣工程部／技術經理／劉宏道 (Liu, Horng-Daw) ❸

台灣世曦工程顧問股份有限公司／港灣工程部／代理副總經理／張欽森 (Chang, Chin-Shen) ❹

摘要

依據行政院於民國97年6月5日核定之「永續能源政策綱領」，將由能源供應面的「淨源」與需求面的「節流」做起，在「淨源」方面，推動能源結構改造與效率提升，增加低碳天然氣（NG）使用。為落實前述政策，經濟部於109年11月18日核定「能源轉型白皮書」，確立國家能源占比將以燃氣及再生能源為主，預計於2025年時佔燃氣發電系統的50%以上。台灣世曦公司亦積極搭上此國家政策工程之興辦列車，初次參與相關之長途天然氣輸氣管線工程規劃與設計。本文主要以計畫案例採淺顯易懂方式分享此類型工程之技術內容，並對規劃、設計及施工等階段易遭遇問題進行說明及提出相關建議，期望透過本次長途天然氣陸管案例初體驗，提供後續類似工程參考，略盡棉薄之力。



A General Overview of the Key Issues in the Planning, Design and Construction of Long-Distance Natural Gas Pipelines

Abstract

On June 5, 2008, Taiwan's Executive Yuan approved the Sustainable Energy Policy Framework, which proposes—starting with "clean energy sources" on the energy supply side, and "reduction and saving" on the demand side—to transform the nation's energy source structure and improve efficiency, increasing the use of natural gas (NG), which has lower carbon emissions. To achieve these policy goals, on November 18, 2020, the Ministry of Economic Affairs approved the Energy Transformation White Paper and established natural gas and renewable energy sources as key components of the future national energy consumption, with the proportion of gas-fired power generation expecting to account for over 50% by 2025. For CECI Engineering Consultants, Inc., Taiwan, an active contributor in the construction of these national policy undertakings, performing engineering planning and design was the first time it participated in a long-distance natural gas pipeline project. Taking this experience as an example, this article explores in a simple and easy-to-understand manner the technical aspects of such type of projects, delving into issues typically encountered at the planning, design and construction stages, and making a number of suggestions, which hopefully will make this initial experience in building a long-distance natural gas land pipeline useful as engineering reference material for future similar projects.

3

專題報導

壹、前言

記得大約96年時，新聞報導政府要依國際公約及京都議定書等規範制訂國家能源政策，將燃煤發電轉型成燃氣發電，還要建構天然氣接收站及天然氣管網等設施，那時老爸問了一句：「你不是學工程的嗎，啊這天然氣管線到底是在做什麼碗糕？」，當下對什麼是LNG、LPG跟NG完全沒概念，僅知其然但又覺得不能漏氣，就隨便唬人的回答：「那只是地上挖個洞把管子擺進去，沒什麼大學問。」自己覺得雖不滿意，但騙騙外行總是可以。

6年後，時值102年仲夏，因為強烈且無知的使命感驅使，自告奮勇勝任了台中天然氣接收站到烏溪隔離站長途輸氣管線設計案的計畫(L10101計畫26吋陸上輸氣管線工程)主辦，老爸知道後可能記性不太好，又問了同樣的碗糕問題。經過幾年來的專業訓練，我想應該可以好好的描述一下，沒想到因為瞭解多了，想從非專業人員角度切入較容易懂，但千頭萬緒找不到重點，只好又回答：「那只是地上挖個洞把管子擺進去，沒什麼大學問，不過做不好可能會出人命！」，雖然專業知識已增加，卻同樣做了個不長進的回答，不過還好專業訓練讓我多補了後面那句。

貳、長途天然氣管線規劃及設計關鍵課題

基本上，天然氣陸管設計技術服務所涉專業包含有：地權取得及地目變更等地政專業、製程邏輯、災害風險邏輯、天然氣供氣系統邏輯及控制設計、線型敷設規劃及配置、機械管線及閥件設計、管線應力分析及管墩設計、管線防蝕設計、監測儀控系統及介面整合、站體建築設計及建造申請、消防設計、閥件及儀控設備用電規劃、地工深開挖、潛鑽及推管工

程、鄰房保護及開挖監測、交通量評估、施工交維及替代路線規劃等。

綜整上述規劃及設計最重要的三大關鍵，分別為路徑檢討、管線設計及銜接介面。為方便閱讀，先將各項主要影響因子及次要因子列表如後，詳如表1所示。

表1 長途天然氣管線規劃及設計關鍵課題及影響因子

項次	關鍵課題	主要因子	次要因子
一	路徑檢討	1.環評及承諾 2.文化遺址 3.斷層 4.用地及權屬 5.交維可行性 6.民情掌握	1.路權機關要求 2.文資審查時程 3.斷層位置探查 4.業主公關協調
二	管線設計	1.法規及標準 2.設計等級 3.管材選擇 4.強度計算 5.耐震設計 6.液化分析 7.防蝕設計 8.障礙物穿越	1.管線厚度決定 2.耐壓等級 3.管墩設計 4.銲接設計 5.近斷層考量 6.強震自動關斷系統 7.管線包覆 8.外加電流深井地床
三	介面銜接	1.銜接點確認 2.SCADA系統銜接 3.各分標介面 4.與鄰近工程介面	1.既有儀控系統 2.業主協調介面會議 3.停氣時程協調 4.防蝕系統整合

註：本文彙整

因影響因子甚多，且又多互為交叉影響，以下就上述重要影響因子摘要進行說明。

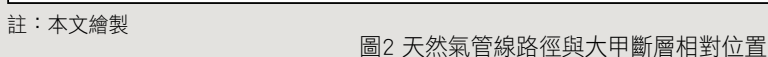
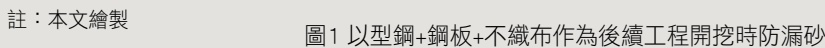
一、路徑檢討

(一) 環評承諾及文化遺址影響

天然氣輸氣管線依環評認定標準，位於非都市土地，其鋪設長度超過30公里以上，方須進行環評審議；因本計畫管線鋪設長度未超過規定，故不需進行環評，惟當初陸管計畫係與台中二期接收站計畫合併同一申請，以致後續許多不符工程慣例的環評承諾造成施工上的不

以留置型鋼+鋼板及不織布方式，避免後續工程開挖時，本計畫管線形成漏砂現象。

本計畫管線路徑與當時暫列為第一類活動斷層之大甲斷層斜交，詳圖2。管線路徑預計無可避免此斷層，則須在設計端預想當地震發生斷層錯動時，對管線造成之損害，並依環說書決議規劃之災害減輕措施，即在斷層帶外的兩側設置緊急斷斷系統。此系統於後續設計階段

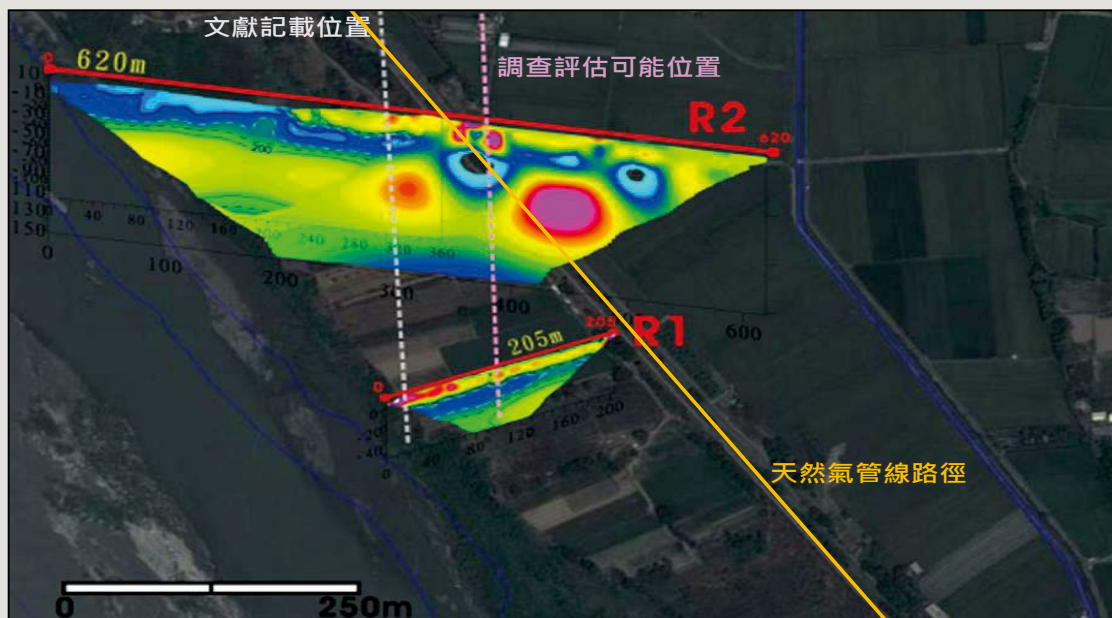


發想為設置即時監控之應力計，將監控資料傳至控制中心，可於地震狀況下，第一時間掌控管線應力變化情形，並配合採自動或人為等適當之處置措施。

為進一步掌握斷層及其擾動帶位置，本計畫遂進行地電阻影像剖面探測，測線長度約800公尺，以比對文獻記載位置及實測調查評估可能位置，如圖3所示，並提供後續設計階段佈設管線應力計之監測系統所用。

況，建議未來若有類似長途管線工程建置需求，於基本設計定線階段，建議業主審查時，亦同時邀請各路權單位進行會審，以避免路權單位於施工階段方提出過多的新增需求。

另長途管線所經多非都市土地，多數地籍資料保存迄今已逾百年，因年代久遠，致圖紙伸縮、破損嚴重，且因土地分割、天然地形變遷及人為界址變動等影響，常有圖、地、簿不符之情形。就地籍圖而言，多數為圖解數化



註：本文繪製

圖3 斷層文獻記載位置與調查評估可能位置

(三) 用地及權屬

關於用地權屬部分，在選線規劃階段盡量以國有地為主，因其讓售或租用程序相對單純，也避免於私有地上有較多的交易談判糾紛。惟就本計畫而言，理論上如此，實際上部分公有地路權單位礙於本位主義亦難溝通，導致進入施工階段後，路線變更設計情形一再發生，造成設計單位巨大的負擔與壓力。加上基本設計及細部設計階段，各路權單位並非審查單位，亦無權責於設計階段給予太多建議及意見，故僅能於施工階段以施工許可核發為手段，要求設計端配合變更路徑。面對此一狀

區，界段常重疊或無法接合，甚至有地號錯誤及未更新的情形，另因地政機關所提供之圖檔與現地狀況已有落差，以清冊與地主洽談難以說服地主，必要時設計階段在管線或站體用地範圍確定後，建議業主先至地政事務所專案辦理預為分割或鑑界，以避免施工階段鑑界時與設計圖不符，衍生後續不必要之爭議。

(四) 交維及民情

交維是長途管線工程裡很重要的一環，因為管線工程承包商通常施工能力及資源不若一般大型營造廠，倘若承包商在施工上若無法

完善規劃，就必定影響交維申請或導致民眾抗爭，此時設計單位就會被推到第一線滅火。以本計畫經驗，長途管線途經每處重要路口、匝道、無尾巷及民宅等，皆需先考慮好交維之可行性，以避免工程發包時遇到只會雙手一攤的承包商。另長途管線不管在選線階段或是施工階段，都需充分掌握民情走向，因為民情的操作方式，非為傳統設計單位工程師所能解決，通常需藉由開發單位協助，惟此問題通常都不會在設計階段進行溝通時產生，冥冥中有股不知力量會驅使民情循著既定的SOP在施工階段才發酵出來。

二、管線設計

(一) 法規及標準

天然氣管線設計一般依ASME B31.8規定進行設計，於廠區內之管線則輔以ASME B31.3，另涉及管線材質、管閥件及相關測試部分參考API 5L與其他相關規範如AWS、ASTM、MSS SP等。防蝕設計部分則參考NACE及2017年新頒佈之CNS15993-1。

(二) 設計等級

長途天然氣管線設計依照規範ASME B31.8，以聚落密集程度考量設計等級，Class 1為最疏，在距管中心長1.6公里及寬0.64公里的範圍少於10棟建築物，而Class 4屬建築物大於

46棟，且須包含多層樓房及交通繁忙等特性，如表2所示。設計等級確定後，將影響後續管線強度計算及管材的選擇，本計畫設計等級除依規範外，亦考量需銜接既有管線系統的設計等級（Class 4）來進行選定，以避免銜接（Tie in）管線厚度不一，造成管網系統之鋼管強度不同，亦避免現場施工銲接或管閥件選擇上之困擾。

(三) 管材選擇及強度計算

管材選擇一般係依據ASME B31.8及API 5L “Specification for Line Pipe” 規範，採用之材料為碳鋼管，常用材質為API 5L之PSL1。

在管材及管徑訂定後，需以設計壓力計算符合規範之管壁厚度，計算公式依ASME B31.8如下：

$$t = PD / 2SFET \quad ; \quad t_n = t + CA$$

式中

P =設計壓力 (kg/cm²)

t =管壁厚度 (公式計算值)(mm)

t_n =管壁厚度 ($t_n = t + CA$)(mm)

CA =內部容許腐蝕裕度 (腐蝕裕度=0)(mm)

D =管線外徑 (mm)

F =設計係數(位置等級=4、係數=0.4)

E =焊接係數 (API 5L SAW PIPE，係數=1)

前述公式是考量直管之管壁厚度，因長途陸管需依地形地物變化，搭配諸多的彎管，在

表2 設計等級及參數對照表

設計等級	等級區域範圍內 (沿管線中心線1.6公里長，寬0.64公里之區域)之居住狀況	設計係數	隔斷最小間距 (公里)
Class1	建築物≤10，荒地、沙漠、山區、放牧地區及農地等人煙稀少地區。	Div1:0.8 Div2:0.72	32
Class2	11≤建築物≤45，人口密度中等介於Class 1與Class 3之間。	0.6	24
Class3	建築物≥46，但不含Class 4之條件。如鄉村、工業區等。	0.5	16
Class4	建築物≥46，且普遍是四樓及以上之多層樓房、交通繁忙、和地下有大量公用設施之區域。	0.4	8

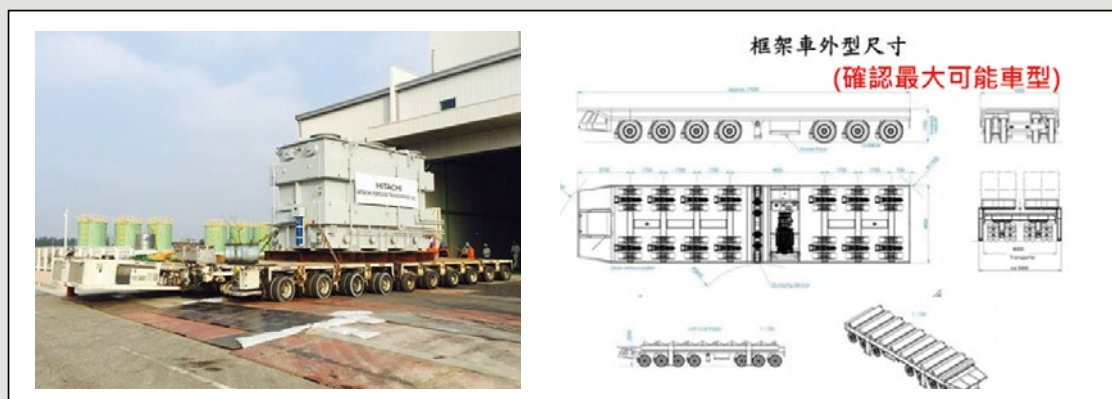
註：本文彙整

彎管考量上，因國內熱彎管廠商製程因素，無法符合ASME B16.49規定，於直管彎曲後進行熱處理，故造成降伏強度大幅下降，且彎製後壁體將減薄，故厚度需另外保留餘裕，以使彎製後之管壁可符合設計強度。

在強度計算時，亦須考量檢核鋼管空管狀態之受載情形；以本案為例，需考量港區內最大運載車輛通過，如圖4所示，其應力檢核結果，如圖5所示。

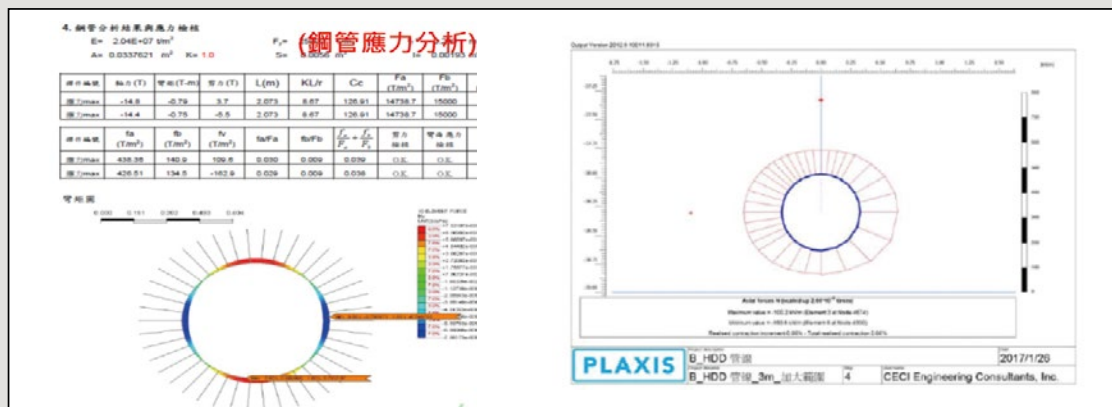
下，管線因土壤變形而產生過大的軸向變形而導致破壞。第二類為地盤破壞，即土壤發生如山崩、地層下陷、斷層錯動、邊坡滑動或土壤液化等嚴重的永久性地盤破壞模式，造成管線產生拉、壓應變或彎曲應變而破壞。

對於天然氣管線耐震設計，可參考“Guidelines for the seismic design of oil and gas pipeline systems, ASCE (1984)”及R.P.Kennedy (1997)的研究作為分析設計依據；管線與其周圍土體間即就其交互影響行為進行



註：本文繪製

圖4 港區最大運載車輛示意圖



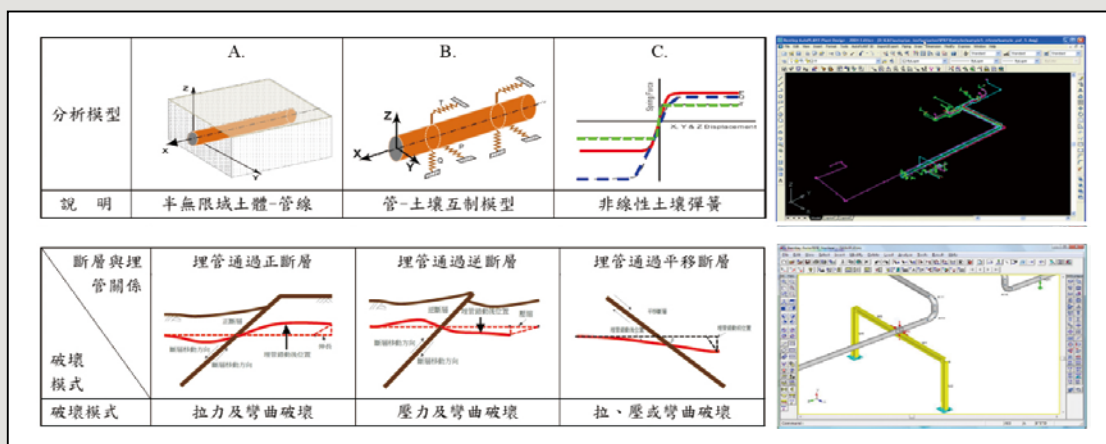
註：本文繪製

圖5 管線應力分析模型

(四) 耐震設計

地震對天然氣地下管線的影響，一般分為兩類：第一類為地盤震動，即地震波在土壤中傳播時，在土壤未失去連續性與穩定性的情況

探討，進而解析管材應力、設計，分析架構概念如圖6模型所示；對於所欲分析之管材，其與周圍土體間之邊界關係，可以軸向(Axial)、橫向(Lateral)及垂直向(Vertical)非線性彈簧（如圖C部分所示）連結模擬，各自由度彈簧則依相互



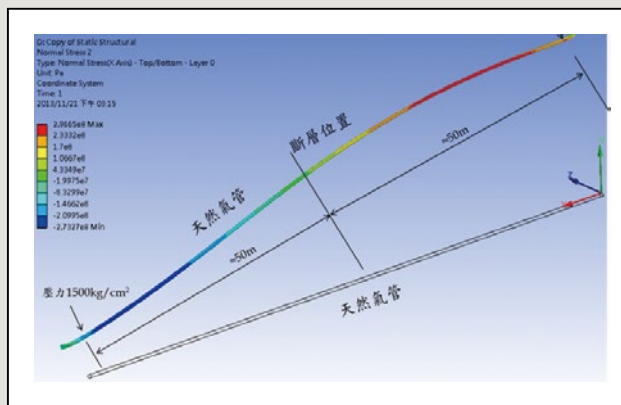
註：本文繪製

圖6 不同斷層型式衍生之管線破壞模式

間之應變量(Strain Level)反映彼此間之交互影響關係，或以管線土壤互制方式模擬。上述分析概念在於說明地下埋設管線，其須考慮地震波造成地盤變位所致之管線額外應變，對於此應變分析方法亦可佐以Shinozuka和Koike所推演的計算方法作為驗證。廠區內之管線則輔以AutoPIPE或Caesar II程式驗證受震下管線、管線支撐設計及設備管嘴、銜接點負荷等應力行為。

本計畫管線研判與大甲斷層成一交角，故斷層變位對於埋地管線的影響亦須納入考量。不同的斷層與埋管相互關係，所可能造成的破壞模式亦如圖6所示。

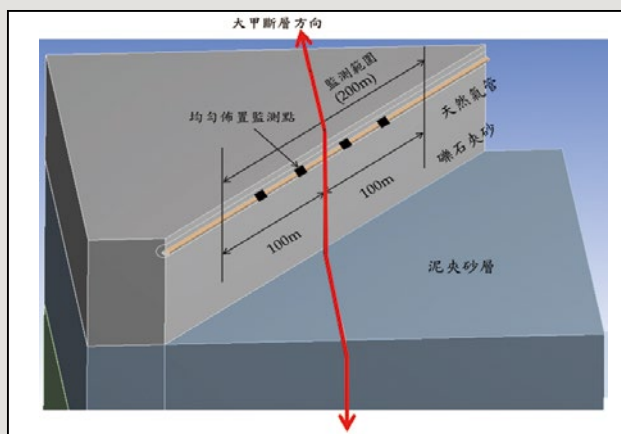
氣的供應，以因應未來即使大甲斷層發生錯動位移時，也不致造成天然氣外洩而危害環境及百姓生命安全，詳圖8所示。



註：本文繪製

圖7 斷層上抬錯動所造成之天然氣管線位移分佈

藉由三維FEM數值模擬計算結果，可模擬出斷層上抬錯動所造成之天然氣管線位移分佈，如圖7所示。此上抬位移對於跨過斷層區段的天然氣管，將造成額外的拉伸及壓縮應力，依據數值計算結果顯示，跨過斷層區段的天然氣管，位於斷層左右兩側各約50m範圍內，部份天然氣管的拉伸或壓縮應力將超過實際設計容許應力。為保守計，於斷層左右兩側天然氣管線各約100m範圍內，設置監測系統監控地下天然氣管的變位及受力狀態，並傳送監測數據到監控中心，必要時須能及時阻斷天然



註：本文繪製

圖8 天然氣管跨過斷層區段監測系統示意圖

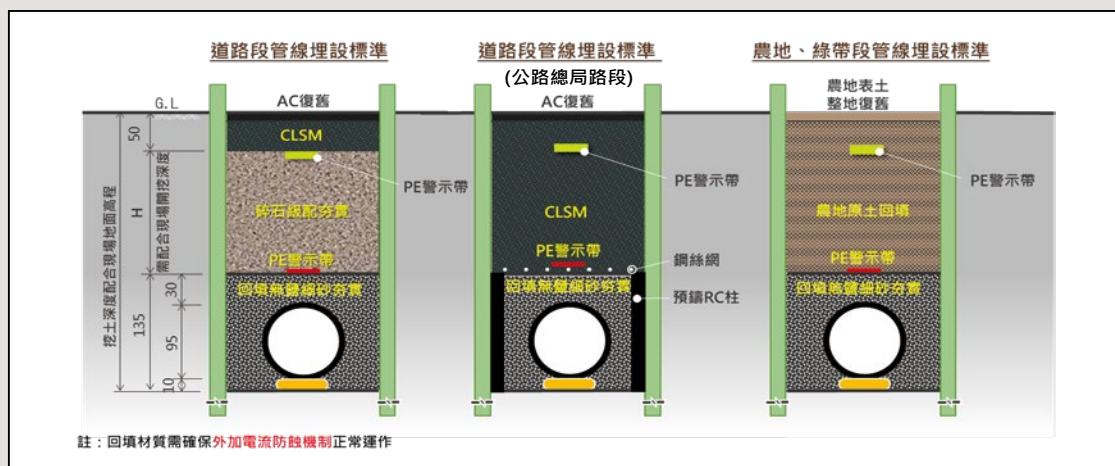
(五) 埋設斷面設計

管線埋設斷面設計，通常採道路段及農地綠帶兩種埋設方式，惟不同路權單位恐有不同要求，如圖9所示，公路總局所轄道路使用斷面係要求以全CLSM回填並加設預鑄RC柱方式。其標準主要分層為(1)潔淨無鹽細砂（考量管線防蝕電流保護效果及後續電位檢測）(2)碎石級配（考量路基承載、後續維修及孔隙較大以利孔隙水壓消散避免液化後管線上浮）(3)CLSM（作為路基）。

96、RP0572-85及API RP1632，應用於長途天然氣管線的防蝕手段主要有：內部環氧樹脂塗裝、外部防蝕包覆以及外加電流陰極防蝕等方式，本節茲就外部防蝕包覆及外加電流防蝕保護說明如下。

1. 外部防蝕包覆

外部防蝕包覆為以具有防蝕效果的材料包裹，達到防蝕的效果，常見的種類有：聚乙烯防蝕（PE）、柏油防蝕帶、煤焦油防蝕帶、熱塑套筒等，得視個案特性據以



註：本文繪製

圖9 天然氣管線埋設示意圖

(六) 防蝕設計

防蝕設計主要的參考規範有NACE RP0169-

採用，本案主要採用之PE防蝕包覆及熱塑套筒詳圖10所示。



註：本文彙整

圖10 防蝕包覆示意圖

長途管線佈設時，常遭遇各式既有障礙物，如航道、跨越河川及排水設施、堤防護岸以及橋梁等。常見的工法為水平導向鑽掘工法（HDD）、推進工法以及明挖覆蓋工法等，相關工法的比較如表3所示。本案極具指標性之穿越工法為穿越臺中港南北航道（寬約870m）之HDD工法，依國際管線研究協會建議之PRCI方法，計算評估最大回拉阻力，以檢核管材拉應力及規劃適合之潛鑽機級數，並控制HDD深度與兩側既有圓筒式護岸及棧橋碼頭鋼管樁基礎保持安全距離，總施工長度約1.4km，詳圖12所示。

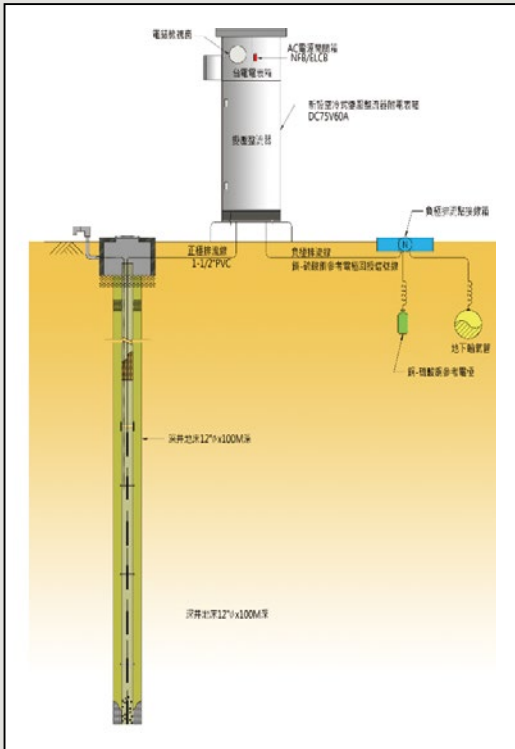
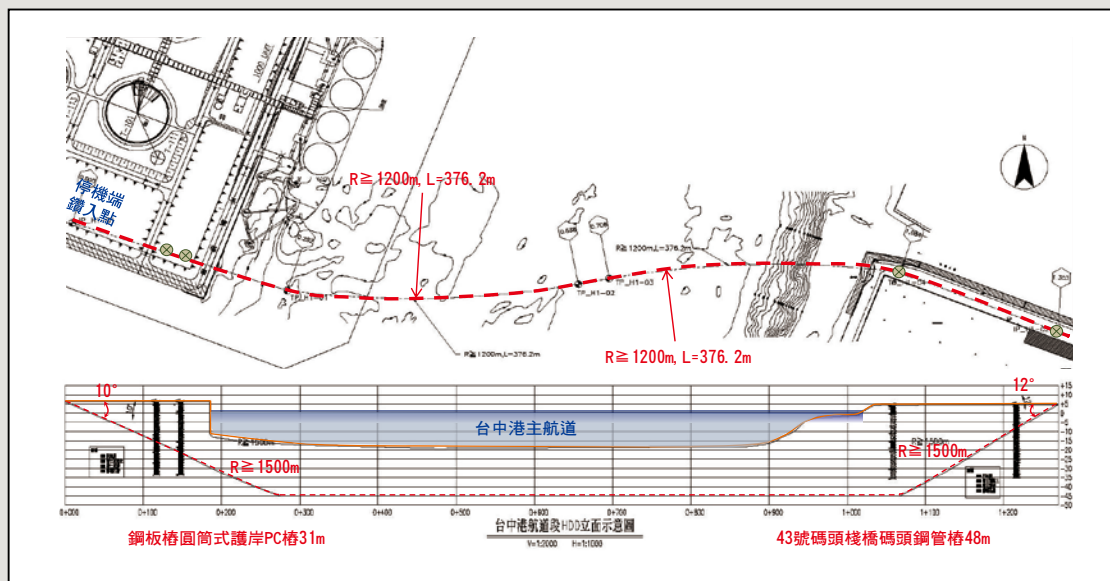


圖 11 深井式陽極外加電流防蝕系統示意圖

表3 常見障礙物穿越工法比較表

工法	水平導向鑽掘工法 (HDD)	推進工法 (Pipe Jacking)	明挖覆蓋 (半半施工)
示意圖			
優勢	1. 可穿越大深度及寬度之障礙 2. 不影響通水 3. 路面開挖範圍及開挖量少 4. 施工效率高	1. 減少對路口交通影響 2. 不影響通水 3. 路面開挖範圍及開挖量少	1. 工期較短 2. 工程費用較低 3. 施工較易
劣勢	1. 需有較大後線施工用地 2. 工程費用較高 3. 施工風險較高 4. 無法埋設警示帶 5. 施工準確度相對較低	1. 埋設深度較深時，工作井為深開挖，工程費用亦增加 2. 推進距離受限制，長距離推管需加設中押設備 3. 工期較長 4. 無法埋設警示帶	1. 恐需管線遷移及影響通水 2. 無法於結構物下方施作，須繞行結構物側面及確認用地取得 3. 僅適用寬度較小之渠道及困難路段

註：本文彙整



註：本文繪製

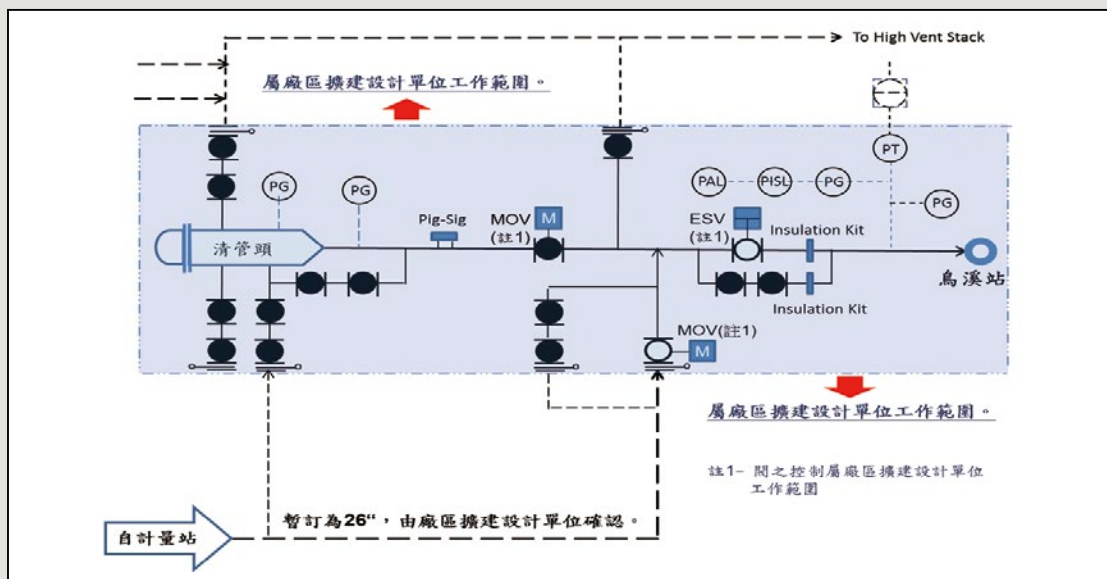
圖12 HDD穿越台中港南北航道

三、介面銜接

(一) 工作範圍及銜接點確認

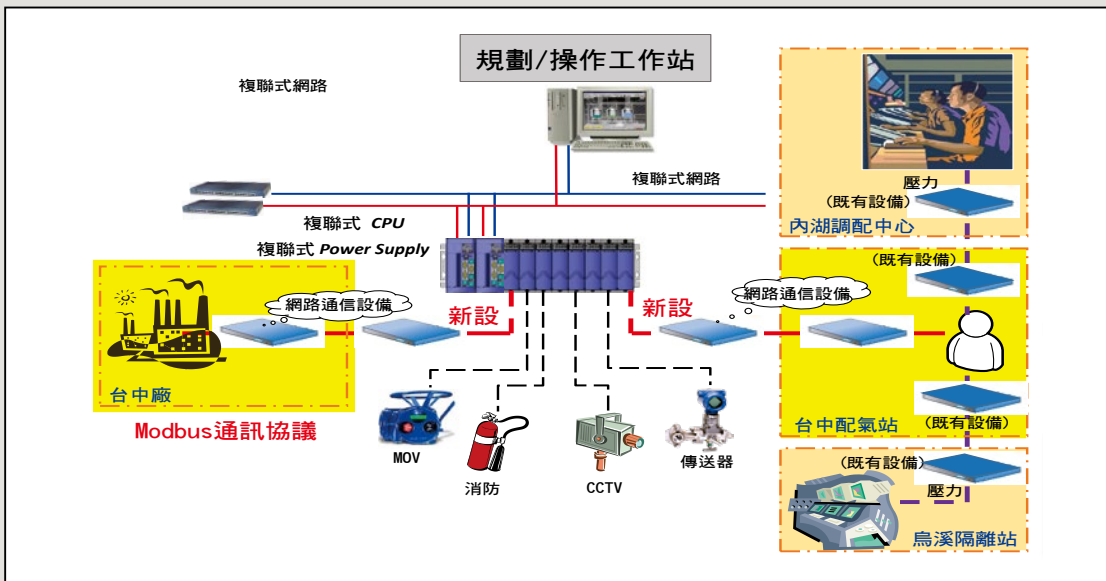
因長途天然氣管線主要係將廠區與新設（或既有）站體作銜接，故在管線的頭與尾，或有中間新增站體等之管線銜接點及其工作範圍界定，應於起始會議前先釐清，避免銜接介

面定義不清，工作範圍界定方式詳圖13所示。其中又以於既有廠區或站體內銜接難度更高，除需考量各項既有之設備及管線的空間，作合理的佈置外，在施工期間如何不影響既有系統運作，或協調於歲修停氣時施工，亦是介面銜接及協調時一大重點。所以於設計階段，除透過既有竣工圖資的蒐集及現場實際調查外，施工前亦需與操作單位進行密切的討論。



註：本文繪製

圖13 工作範圍及銜接介面示意圖



註：本文繪製

圖14 SCADA系統銜接架構示意圖

(二) SCADA系統銜接

在SCADA系統銜接的部分，因考量銜接既有系統而有所限制，且須考量操作單位既有且已習慣之操作介面需求，來訂定各項傳輸訊號資料規格，並配合安裝各式儀表設備，其銜接架構如圖14所示。

(三) 各分標介面與鄰近工程介面

在完成各項設計成果後，因工程規模較大之因素，業主有時會依其發包需求，請設計公司將設計成果拆分成不同標案，所以在訂定各標介面時須考量如：進場的先後順序、施作時是否干涉、分標間之銜接以及是否有不可拆分的部分等因素。另外，因廠區內有時會發生與他標工程之介面衝突，而在陸管部分，則因路線較長，亦有可能面臨與鄰近他標工程相互干涉的情況，面對這些介面在設計階段若能從路線的調整上來解決，亦可降低後續施工難度。

參、長途天然氣管線施工易遭遇問題

本計畫在規劃設計階段已通過各式審查會的重重考驗，原以為施工階段無虞，但「代誌絕對不是所想的那麼簡單」，真正的考驗來自施工階段所遭遇的各種五花八門議題。本章節將本計畫於施工階段所遭遇的各種問題，歸類為以下幾種：1.不可抗力因素；2.路權機關因素；3.介面銜接；4.設計監造之橫向溝通；5.使用需求變更；6.施工廠商因素。每種類型的問題，搭配案例解析，期望透過血汗經驗回饋，將樹種好種滿，以供後人乘涼。

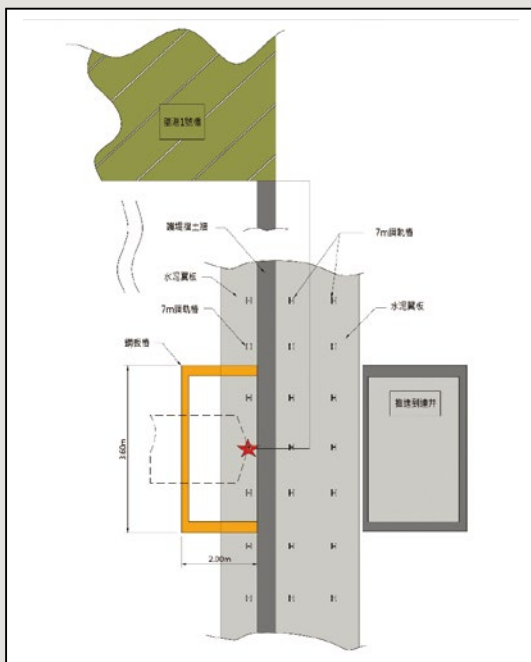
一、不可抗力因素

在施工階段不可抗力因素有很多種，如遇不明地下障礙物、民眾陳抗事件、遭遇天災及市場波動等。因設計階段之現場調查作業無法涵蓋全部管線的範圍，僅點狀採用鑽探、試挖及透地雷達等方式，輔以沿線地形地物測量資料來完成設計，惟於施工階段仍可能遭遇不明地下障礙物，以下就本計畫實際案例說明。

(一) 推進工程卡鑽

1. 案例說明

本計畫管線途經台中市安良港大排，於設計階段已套繪大排竣工圖資進行設計。惟本案設計完成發包後尚未施工前，因大排護岸遭遇杜鵑颱風後損毀，市水利局遂進行緊急災修整建完成，因新建護岸下方基礎為基樁，經調整管線路徑後遂邀集水利局現勘確認，以避開新建護岸範圍內。惟調整後仍遭遇不可預期之護岸雙層水泥板及鋼軌樁障礙物，如圖15所示。

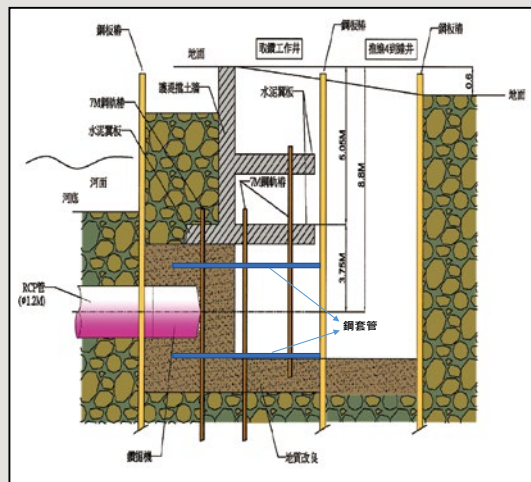


註：本文繪製

圖15 推進遭遇護岸水泥板障礙物示意圖

2. 後續解決方案

為使卡鑽推管機頭脫困，採用鋼板樁圍堰方式，搭配地質改良後在到達井側推鋼套管（鋼套管尺寸大於RCP），再以人工挖掘方式配合破除地下障礙物，將機頭推出後予以吊出，其相關解決方案，詳圖16所示。



註：本文繪製

圖16 推進脫困方式示意圖

3. 經驗學習與建議

以本次推管機頭卡鑽為例，脫困處理耗時約一年，故於發現既有竣工圖資年代久遠或無法參考的情形時，除與權責單位確認外，應建議施工承商執行補充障礙物調查，如：TEM探深等方式，並配合補充調查成果，調整管線通過深度，以避免遭遇不明障礙物。

二、路權機關因素

因本計畫為線型工程，其管線長度約近21.5公里，所涉及的路權機關甚多，必須滿足各機關之要求，修正設計成果、管路線型、補充分析報告並提供各種可行方案，以下就本計畫列舉兩案例說明。

(一) 案例一 由既有道路埋設改至綠帶埋設

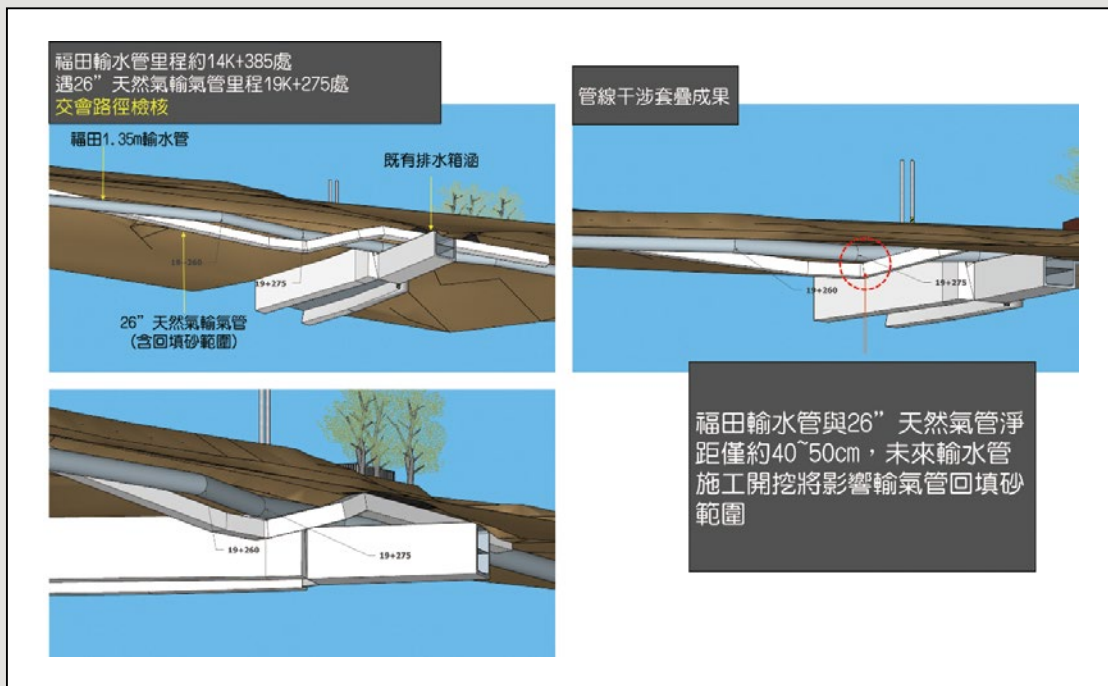
1. 案例說明

本計畫管線埋設原則，依環評規定以儘量埋設於道路下方為優先考量，亦利於後續維修管理。惟在申請施工許可階段，路權機關要求將線型改至路側綠帶，此一變更衍生綠帶移植及復舊相關事宜。

2. 後續解決方案

因設計階段未有綠帶之調查資料（測量、鑽探、管調及植栽等），原規劃在既有道路以明挖工法通過，但在移到綠帶後，因鄰近既有區域排水幹線，故施工階段遭遇與既有箱涵橫交，必須新增三處推進工程，以通過此三處箱涵，並協助進行綠帶植栽調查及相關規範擬定。

突點共7處，舉其中一段交會路線為例說明。於本計畫管線里程約19K+275處，因既有箱涵所佔空間，使得兩處管線僅能以上下交會的方式通過，且因兩管線淨距較小，後續福田案施工時可能影響天然氣管線回填砂範圍，如圖17所示。



註：摘自福田案設計討論會議(中工處)

圖17 與福田管線及既有箱涵交會段示意圖

3. 經驗學習與建議：

建議於設計階段即盤點各路權機關，並請業主通知相關機關先行會審設計成果，以避免施工階段做出重大變更。

(二) 案例二 與福田輸水管線共同埋設

1. 案例說明

因本計畫與福田輸水管線部分路段重疊，後續於路權機關三河局及水利局施工許可申請時，機關以需配合尚在可研及基設階段之輸水管位置為由，重新檢討本陸管敷設，並要求配合進行變更設計，其衝

2. 後續解決方案

考量福田管線埋設深度需求，藉由3D圖套繪各相關管線相對位置，以調整本計畫天然氣管線水平向及縱向轉角（A角及B角），以保持與既有箱涵及後續施工之福田管線安全距離。

3. 經驗學習與建議

因天然氣管考量防蝕電流穿透性以達保護效果，管線四周以填無鹽細砂為原則，故管線交會時需預先考量鄰近工程後續開挖施工時，是否會造成天然氣管線漏砂，影響管線防蝕功能。

三、施工介面處理

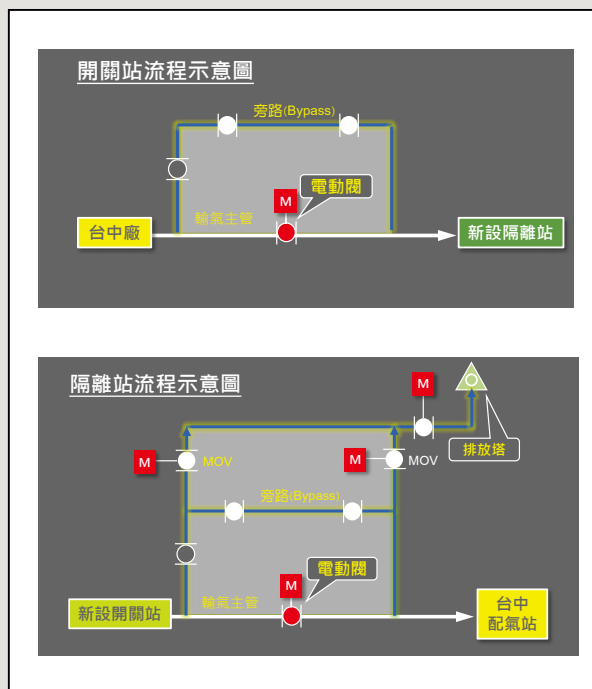
因本計畫除了陸管佈設外，尚有儀電設備、管路閥件、站體建築等介面，特別是於既有站體內與既有儀電系統的銜接介面，需在P&ID圖上明確標示。另外，即使是新設站體，如若有預留後續擴充需求，亦需於P&ID圖上註明。而在站體建築物內，因有諸多介面，包括：電力、電信、儀控、閥體管件、給排水以及消防等需整合，即便為有經驗的建築師，亦可能無法完全盤點各項介面，故在檢視其設計成果時，亦需特別注意。

四、承包商、監造及設計公司間橫向協調

本計畫為業主自辦監造，故在設計與監造間的溝通與協調則變得相對困難，如承包商現場施工與設計書圖有差異時，即發文請設計公司說明「設計原意」，更甚者施工廠商無能力發展施工圖時，監造單位只能要求設計公司協助解決，導致所有大小事皆須發文澄清；如設計採 0.5mm^2 2C訊號線，而施工廠商因材料取得方便，欲採用 0.65mm^2 2C訊號線，監造單位即函文請設計公司澄清「設計原意」，諸如此類大小議題，造成大量公文往返，亦使工程進度推動緩慢。

五、使用需求變更

在長途管線工程中，P&ID圖（Piping & Instrumentation Drawing，如圖18示意）可視為整個製程或操作邏輯的主架構，無論廠內或廠外的需求訂定，仰賴有實務經驗的操作單位提出各項操控需求，再依照需求發展出P&ID圖，在完成流程的確認後，即可再行發展出ISO圖、敷設圖以及儀電迴路圖等；所以在設計完成後，若在施工階段使用單位才有新的操作想法，就會有調整P&ID圖的可能，相關的圖說也將受影響而需配合變更。



註：本文繪製

圖18 開關站及隔離站P&ID示意圖

六、施工廠商能力

長途天然氣管線工程能否在施工階段順利完工，施工廠商的能力至關重要，因本工程特性除需結合土木、結構、大地、環工、機械、電機、文化考古、建築、地政、防蝕、儀控、化工及製程等各項專業外，更需具天然氣管線相關實務經驗及與地方協調的交涉能力。鑒此，建議本類型工程應採最有利標方式招標，以篩選具經驗及解決現場問題能力之廠商；加上天然氣管線屬線型工程，如此長的路徑在施工時中將會遭遇各式各樣的問題，倘若導致管線路徑變更敷設時又需再考慮用地、民情、路權單位許可、既有管線、施工可行性、彎管角度、管線防蝕及交維等眾多影響因素，故建議可採統包方式進行招標，減少變更設計行政流程以利工進。

結論與建議

- 長途管線現地調查部分（如測量、鑽探及管線調查）可分階段或主張以實做方式進行，建議採基本設計及細部設計兩階段進行為原則，以避免基本設計審查後路線變更或調整，則現地調查工作將重新進行。
- 因應民情所衍生之配合事項（如臨時或永久替代道路、電桿遷移、交通號誌增設等等），應於招標書中註明不另計工期，以利承包商於投標前審慎評估。
- 因此工程類型為線型工程，其各路段挖掘時遭遇地下不明障礙物的可能性甚高，應要求施工計畫中緊急應變計畫應含挖掘至地下障礙物時之處置，避免不肖廠商藉此拖延以要求工期。
- 管線路徑及站體位置盡可能以避開私地方式進行規劃，以避免私地取得不易，且建議業主開發單位應於基設階段即進行辦理用地取得，以免於施工階段才辦理時，造成施工工期無法配合。
- 基設階段及細設階段應邀集路權單位進行會審確認，以避免施工階段路權單位有新增需求或因本位主義導致施工許可申請的困難。
- 長途天然氣管線工程發包資格訂定及招標方式應審慎為之，以篩選適合之承包廠商。
- 由LNG接收站輸出之天然氣所含甲烷及乙烷等可燃性氣體佔99%以上，發生閃燃需可燃氣體和氧氣（空氣）混合達一定可燃極限（約4.4%～17%濃度範圍），

當濃度太高或太低都不會發生閃燃。受限於管線內可燃性氣體濃度、溫度及壓力條件等因素，故無此項風險。惟若管線有洩漏且恰位於如箱涵等密閉空間內，當洩漏量達前述可燃濃度範圍且洽有可接觸火源，則會發生閃燃現象，如火焰速度達每秒800～2,000公尺(稱為爆轟)將產生強烈衝擊波，對周圍將造成很大的破壞。

- 為降低管線系統對生命及財產損失可能之風險，天然氣管線在規劃、設計及操作邏輯上，相關規範均有嚴格的規定，整體系統須搭配相應之緊急關斷機制、緊急排放、測漏及相關監測系統等應變措施，以降低風險與確保安全。
- 長途天然氣管線做得好，確實能為大家的生活帶來便利與安全；做不好真的會出人命。

參考文獻

1. L10101計畫26吋陸上輸氣管線工程設計技術服務工作細部設計報告書
2. ASME B31.8 Gas Transmission and Distributing Piping Systems
3. API 5L Specification for Line Pipe
4. Guidelines for the seismic design of oil and gas pipeline systems, ASCE

第三座液化天然氣接收站友善環境之設計考量

關鍵詞(Key Words)：藻礁 (Algal Reef)、外推方案 (3rd Terminal Revised Proposal)、消波沉箱 (Wave Absorbing Caisson)、開孔方塊 (Perforated Blocks)

台灣世曦工程顧問股份有限公司／港灣工程部／副理／陳建中 (Chen, Chien-Chung) ❶

台灣世曦工程顧問股份有限公司／港灣工程部／代理副總經理／張欽森 (Chang, Chin-Shen) ❷

台灣世曦工程顧問股份有限公司／港灣工程部／技術經理／朱志誠 (Chu, Jyh-Cheng) ❸

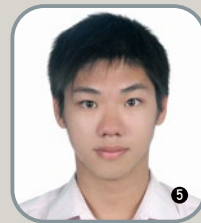
台灣世曦工程顧問股份有限公司／港灣工程部／正工程師／吳宗儒 (Wu, Tsung-Ju) ❹

台灣世曦工程顧問股份有限公司／港灣工程部／正工程師／胡瑋靖 (Hu, Wei-Ching) ❺



摘要

第三座液化天然氣接收站最終採用「外推方案」，將碼頭法線與防波堤堤址外推至水深15m以外，再輔以棧橋方式連接港區與陸域，除以外推策略以減輕藻礁與海岸淤沙影響外，另於外廓防波堤設計上採用消波沉箱、開孔護基方塊及多孔隙保護塊石等措施，以期產生增加生物資源之效果，達成「藻礁保護最大化、供電影響最小化」之目標。



Environmentally Friendly Design Considerations for Third LNG Receiving Terminal

Abstract

A revised proposal to build Third LNG receiving terminal includes moving the terminal's breakwater further away from the shore to the depth of over 15 m and using a trestle bridge to connect it with the on-shore facilities, which will reduce the impact on the nearby algae reefs and help mitigate coastal silting. In addition, the outer breakwater design utilizes wave-absorbing caissons, perforated foundation-support blocks and a porous protective rock-fill layer which will have a beneficial effect on the local biological resources and helps achieve the goal of "maximizing protection for the algal reefs while minimizing the impact on energy supply".

3

專題報導

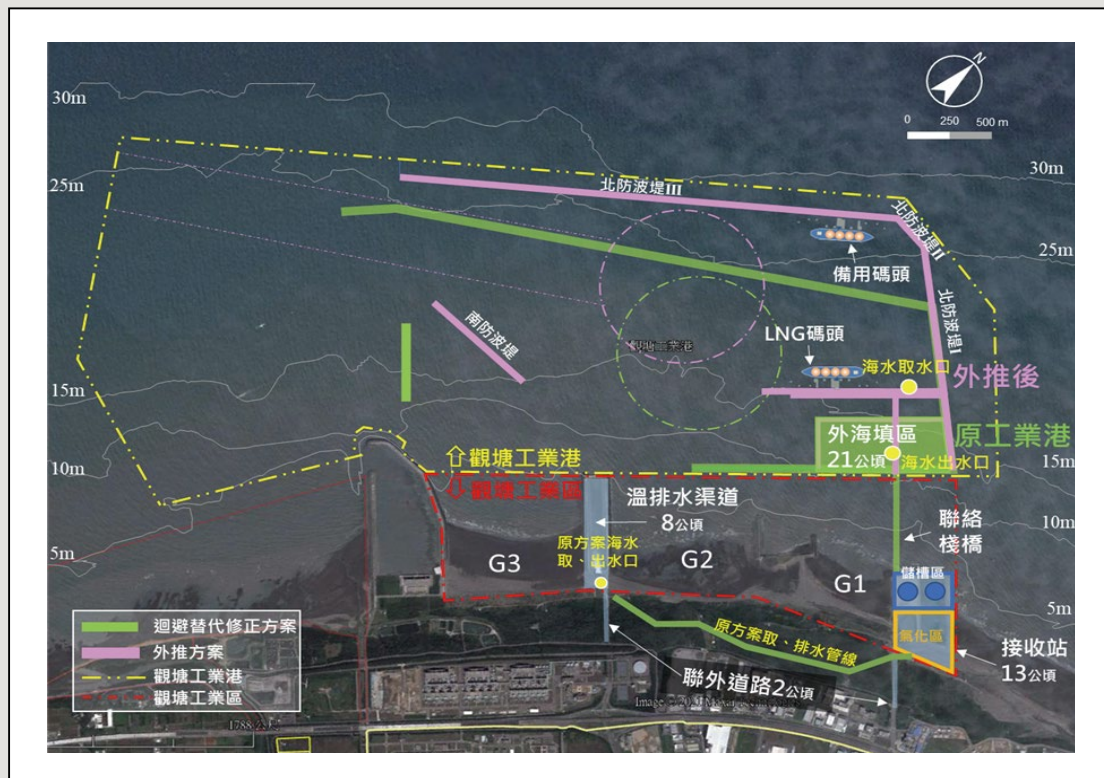
壹、環境條件

台灣中油公司(以下稱中油公司)為配合供應台電公司計畫於大潭電廠增建3~4部燃氣複循環發電機組的新增用氣需求，以及未來北部地區民生、工業用及民間燃氣發電廠天然氣市場持續成長之需求，規劃於北部地區興建「第三座液化天然氣接收站」(以下簡稱第三接收站)，中油公司為加速興建期程，遂依法定程序取得東鼎液化瓦斯興業股份有限公司於觀塘工業專用港相關土地所有權及權利以承續興建。

第三接收站計畫區址位於桃園市觀音區之觀塘工業專用港範圍，附近生態敏感區域包括桃園觀新藻礁生態系野生動物重要棲地、永安人工魚礁禁漁區、觀音人工魚礁禁漁區、區域計畫劃定之森林區及保安林，依相關環評資料顯示，觀塘工業專用港開發範圍並未與鄰近生態敏感地區重疊。

惟因計畫區水域尚有藻礁，且於開發期間發現柴山多杯孔珊瑚等特殊物種，為兼顧藻礁、柴山多杯孔珊瑚等重要生態議題及達成國家的能源政策與穩定供氣目標，因此，觀塘工業專用港進一步修訂原方案，改採「迴避替代修正方案」，利用離岸配置方式，輔以棧橋連接港區與陸域，以期創造生態與產業共存之目的。

原方案於施工執行階段，為回應環團對藻礁生態保育及第三接收站興建必要性之訴求，中油公司經過審慎評估後，提出「環境影響差異分析報告(外推方案)」，再次修正「迴避替代修正方案」，變更採行「外推方案」，再進一步避開水下礁體，將觀塘工業港防波堤及碼頭堤線往外海推移，港域水深由原先10m以外，外推至水深15m以外，工業區(港)維持採開放式配置，工業港與工業區間之聯絡棧橋，配合由742m延伸為1,197m，詳圖1。期望藉由外推方案，更能達到保護當地珍貴自然環境之目標。



資料來源：經濟部

圖1 第三接收站「外推方案」及「迴避替代修正方案」配置圖

貳、外推方案變更之差異性

在「環境影響差異分析報告(外推方案)」中，針對地形地質、水文水質、海域生態、其他物種及景觀美質等環境因子之關鍵課題，進行包含海岸地形變遷數值模擬、外推後工業港範圍藻礁調查、高解析地質調查、台電溫排水擴散、冷水排放擴散、海流與營養鹽交換數值模擬、海域生態與底棲生物等相關之數值模擬、現場調查及資料蒐集整理分析，詳如表1所示，由分析結果發現，外推方案更能達到保護當地珍貴自然環境之目標。

參、友善環境之設計考量

由前節方案變更差異性分析結果得知，為達到保護當地珍貴的自然環境，第三接收站除採外推配置方案以減少對環境的影響外，設計者亦需考量外廓設施雖為維持船舶安全靠泊之必要設施，如能將該等構造物採用對環境友善之設計，將更能達到對環境保護之目標。針對外推方案友善環境之設計理念與作為說明如后。

一、外推方案減少對環境之影響

為降低港域工程對藻礁之影響，中油公司提出「外推方案」取代原「迴避替代修正方案」之理由，主要在外推後港域不浚深、不填地，且港區範圍仍位於原工業港區報編範圍內。將防波堤配置離岸更遠後，可增加海水自然流通的空間，對環境影響明顯比原「迴避替代修正方案」更小；外推後潮間帶藻礁區同樣得以完整保留，且因外推後可預留安全餘裕，進而減低施工期間對藻礁或其他近岸海域生態之影響。另外，因取消外填區之設置，工業港內水域將可採不浚深、不填地之開發方式，可避免浚挖施工衍生之懸浮污染，降低對港域生

態影響，並可保留港域海床被沙埋之藻礁地質，或因施工不慎而遭挖除破壞。

(一) 減輕對藻礁影響

為確認藻礁的分布範圍，茲詳加彙整歷年多音束、側掃聲納、淺層地質剖面儀的調查資料、並委由中央大學進行高解析火花放電反射震測調查，經彙整民國88、92、108~110年等總共103孔鑽探岩芯資料，由中央大學地科院院長帶領團隊及地質學者，逐一判讀岩芯，研析相關調查，詳圖2，獲致以下結論：

1. 地質藻礁厚度約在0.1~4.7m間，且隨水深增加呈現遞減趨勢，水深超過18m即未發現地質藻礁存在。
2. 地質藻礁的平面分布範圍，約在水深15~18m以內，離岸約1.2~1.7km。

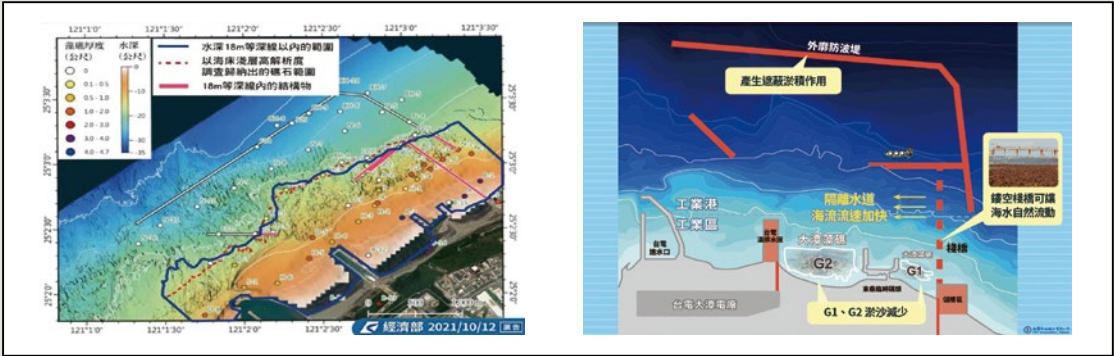
經由前述現場調查結果，採行「外推方案」將港域外推至水深15m以外，避開藻礁範圍，以達到保護當地珍貴自然環境之目標。

(二) 減輕海岸淤沙

由於外推方案係採離岸開放式配置，於建港完成後，由北往南於自然水域環境之漂沙活動將自離岸式北防波堤開放處流入港區，因進入遮蔽區流速變緩後，主要會在G1區北側棧橋附近沉降，最南約到G2區附近，不會有大量漂沙帶向南邊觀新藻礁區位之情形。外推方案因港區離岸更遠，近岸側開口更大，進入開口的海水流通量(漲退潮)變大，G1、G3區因流速增加，沉沙量較先前的迴避替代修正方案減少，G2區流速與現況接近。對近岸藻礁沙埋現象減少，均有正面效益。

綜合評估外推方案較迴避替代修正方案的影響更為輕微，南側觀新藻礁區受到台電進水口導流堤及永安漁港等沿岸構造物阻滯漂沙之影響，長期以來皆是侵蝕情形，外推方案建

港後，觀新藻礁區海岸仍可維持侵淤互現之現況，且G1、G2藻礁區可減少海岸淤沙，對未來藻礁之生長有正面助益，詳圖2。



資料來源：經濟部
圖2 第三接收站外推方案對藻礁及海岸地形之影響

表1 外推方案變更環境影響差異分析彙整表

環境因子	關鍵課題	影響程度	
		變更前 (迴避替代修正方案)	變更後 (外推方案)
地形地質	海岸地形變遷影響	海岸輸沙由隔離水道進入量微幅增加，大部分輸沙先在入口附近之G3、G1藻礁區靜穩水域沉積，再隨水流沉積到居中之G2區。	依數值模擬及水工模型試驗結果顯示，外推方案離岸更遠，進入開口流通量(漲退潮)大，流速亦較大，漂沙沉積量較迴避替代修正方案減少。
	外推後工業港範圍藻礁調查情形	依105年現場試挖結果顯示，浚挖區為卵礫石夾雜礁岩，浚挖範圍有礁岩覆蓋，礁岩層厚度自0.4~1.2m不等。	依88、92、108~110年鑽探結果，水深18m以淺為泥沙、卵礫石夾雜礁岩或上覆礁岩，其珊瑚礁岩厚度介於0.1~4.7m之間。鄰近之離岸風場鑽探資料，包括桃園離岸風場及桃新離岸風場皆未發現珊瑚礁岩。
	觀塘工業港高解析地質補充調查	工業港海床覆蓋薄沙，沙層厚度0.02~0.8m，部分裸露礁體上亦覆蓋薄沙，水深10~15m，外海填區礁體厚度0.4~1.1m，覆蓋薄層細沙；水深18m以外，北防波堤區域沒有礁體存在。	礁岩厚度隨水深越深而遞減，水深18m以外已無藻礁礁體存在。
水文水質	台電大潭電廠溫排水擴散影響	台電溫排水口納入港域內，經模擬在距放流口500m處之綜合溫升為3.58℃。	因工業港外推後港與區間水域加寬，海水自然流通量增加，經模擬距排放口500m之綜合溫升3.54℃。
	本計畫冷排水擴散影響	依據模擬結果最大溫差出現於低潮位及背景流速低之狀況下，近域溫差為-0.94℃，遠域溫差為-0.35℃，綜合溫差為-1.29℃，低於法規標準之4.0℃，符合法規對海域環境影響之規範。	
	外推後海流變化	工業港採離岸及開放式配置，沿岸海流維持自然流通交換，依據成大水工所之數值模擬分析，建港後對觀新藻礁保護區海岸地形變遷影響不顯著。	外推方案防波堤配置離岸更遠，更有助維持G1、G2區及港區海水流動性。
	外推後是否影響潮間帶營養鹽交換	本計畫區營養鹽主要係由陸地河川帶入海，提供計畫區潮間帶藻礁生態所需。	依據海流變化模擬結果，外推方案離岸更遠，有助G1、G2區及港區海水流動性，故不會影響潮間帶營養鹽之交換。

表1未完，請接下頁

環境因子	影響程度 關鍵課題	變更前 (迴避替代修正方案)	變更後 (外推方案)
水文水質	外推後是否造成突堤效應	工業港採離岸開放式配置，海水可自然流動交換，大幅度降低建港後之突堤效應(南侵蝕北淤積)。	外推方案維持工業港開放式配置，且計畫區沙源有限，突堤效應不明顯。
海域生態	外推後生態系統影響分析	21公頃外海填區(水深約10~15m)，已超過柴山多杯孔珊瑚生長熱區(水深5m以淺)，此區之礁體佔桃園整體藻礁比例不高。	外推方案對海域表層及底層生態衝擊都有限，甚至對刺細胞動物(珊瑚類)有助益。對浮游生物的影響，因隨海流來去，衝擊有限。
	工業港海域生態系實際情形	106年3月及107年7、8月水下攝影補充調查結果，港區海水濁度高，透光度很低，海床被沙質覆蓋，僅有零星底棲生物，生物多樣性不豐富，屬於較為貧瘠的底棲生態。	110年3月進行水下遙控無人載具(Remotely Operated Vehical, ROV)水下攝影作業，此區屬泥沙水質和懸浮微粒較高的海域，多數為硬質海床上覆蓋薄沙，未發現豐富的生態與生物多樣性。
	工業港完工後之生態魚礁效益	工業專用港之沉箱及防波堤工址水深超過10m，應用增加孔隙之消波式沉箱及開孔式方塊，提供近似魚礁功能，提供魚、貝、介類棲息場所，達到生物多樣性保育，與鄰近藻礁生態系互補有餘，維持生態穩定。	
景觀美質	景觀美質變化分析	迴避替代修正方案在遠方地平線能稍微視及北防波堤及21公頃填區，對該區視覺景觀不會太唐突，能減低視覺衝擊，屬於輕度負面影響等級。	外推方案在遠方地平線能稍微視及棧橋及北防波堤，對該區視覺景觀亦不會太唐突，因離岸更遠，能減低視覺衝擊，屬於輕度負面影響等級。

資料來源：「環境影響差異分析報告(外推方案)」定稿版，本計畫彙整。

二、港內消波沉箱及開孔方塊的友善環境設計考量

消波沉箱係以消波艙達成減輕反射波及緩減波力之效果，同時能促進氣泡之混入、增加海水曝氣能力，由於消波艙可增加海水接觸面積且艙內可提供海域生物遮蔽及隱藏空間，故具有類似魚礁功能，對於生態環境有正面的助

益。同時消波沉箱於波能消滅後，鄰近水域波高變小有利於提高船舶繫靠與岸邊作業之安全性。茲參考日本有關消波沉箱相關設計案例多採用條狀開孔，可達消波功能與施工便捷之需求，詳圖3所示，高雄港洲際貨櫃中心第二期工程設計案例，詳圖4所示，第三接收站外推之消波沉箱詳圖5所示。

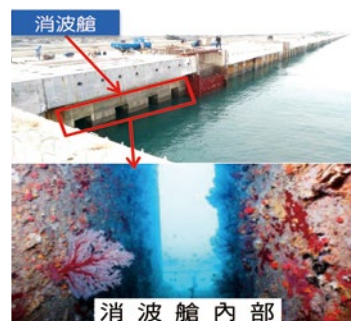


註：橫濱市港灣局南本牧埋立工事



註：兵庫縣沼島漁港防波堤

圖3 日本消波式沉箱構造案例



註：高雄港洲際貨櫃中心第二期工程，計畫照片。

圖4 高雄港洲際貨櫃中心第二期消波沉箱構造案例



註：第三座液化天然氣接收站建港及圍堤造地新建工程，計畫照片。

圖5 第三接收站消波沉箱案例

除前述沉箱採用開孔消波沉箱外，為增加海水接觸面積與孔隙性，將保護堤趾基礎安全之護基方塊，由一般整體澆鑄無孔隙之混凝土方塊，調整為多孔隙之開孔方塊，以增加可供生物附著與藏密的空間；外側坡腳保護同樣亦使用消波塊及天然塊石，所增加之孔隙可供附著性生物附著生長、繁殖或提供隱蔽躲藏空

間，進而吸引魚類的棲息、覓食、聚集、滯留及繁殖；另外所形成之孔隙，亦為魚、貝、介類棲息產卵及庇護成長之良好場所，能達到增加生物資源之效果，達成生態保育的目標，詳圖6所示。另彙整第三接收站防波堤友善環境之規劃效益，詳圖7所示。



註：第三座液化天然氣接收站建港及圍堤造地新建工程，計畫照片。

圖6 第三接收站開孔方塊案例

第三座液化天然氣接收站棧橋工程設計理念

關鍵詞(Key Words)：基礎施工(Foundation Construction)、橋梁耐久性(Bridge Durability)、跨海橋梁(Cross-Sea Bridge)

台灣中油股份有限公司／液化天然氣工程處／處長／黃榮裕 (Hwang, Roung-Yuh) ❶

台灣中油股份有限公司／液化天然氣工程處／組長／李孟嘉 (Li, Meng-Chia) ❷

台灣中油股份有限公司／液化天然氣工程處／工程師／陳昭壹 (Chen, Jhao-Yi) ❸

台灣世曦工程顧問股份有限公司／第二結構部／協理／蔣啟恆 (Chiang, Chi-Heng) ❹

台灣世曦工程顧問股份有限公司／第二結構部／經理／劉珊 (Liu, Shan) ❺

台灣世曦工程顧問股份有限公司／第二結構部／副理／陳明谷 (Chen, Ming-Ku) ❻

台灣世曦工程顧問股份有限公司／第二結構部／正工程師／許肇安 (Hsu, Chao-An) ❼

摘要

台灣中油第三座液化天然氣接收站(下稱三接)棧橋工程位於桃園市觀音區，三接原規劃採圍堤填築方式，後因環保因素考量，為避開藻礁、柴山多杯孔珊瑚等敏感環境生態區及保留原棲地環境，並提供港區內藻礁所需之營養鹽，改採棧橋型式連接LNG碼頭與儲槽、氣化區，後續配合行政院以「保護藻礁最大化、影響供電最小化」所提之外推方案再將港區外推455公尺，考量原規劃港區沉箱已預製完成，於港區內採沉箱堤方式延伸至LNG碼頭。因當地屬生態敏感區位，須盡量拉大棧橋跨徑減少落墩以降低對藻礁產生影響，且配合政府能源政策，棧橋工程需於民國112年年底前完成，以供後續氣化廠商布管需求，故在橋型選擇上，須就建設期程、功能需求及降低海床環境影響面積等因素進行考量。而工址水深達18公尺，棧橋基礎施工另需對於安全性、施工性等進行妥善規劃，另海域橋梁之設計尤須對於橋梁耐久性詳加考量，以降低後續維管需求。本文將說明上述議題之考量與因應對策及本工程之特色。



Design Philosophy Behind the 3rd LNG Receiving Terminal Trestle Construction Project

Abstract

Located in Taoyuan City's Guanyin District, the 3rd LNG Receiving Terminal Trestle Construction Project is surrounded by sensitive environmental areas with preserved ecological habitats of algal reefs and coral species (particularly *Polycyathus chaishanensis*). To avoid creating negative impacts to these areas, as well as disturbances to the flow of nutrients required by the algal reef in the port area, a trestle bridge was proposed to replace the embankment envisioned in the project's original planning to connect the jetty with the storage tanks and the gasification area. Furthermore, in accordance with the Executive Yuan's pledge of "maximizing protection for the algal reef while minimizing the impact on Taiwan's energy supply", it was decided to move the terminal's jetty a further 455 meters away from the shore, however as the caissons intended for constructing the embankment under the original plan have already been precast, some of them will be utilized to extend the trestle bridge to the jetty's new location. A number of key factors had to be considered by the project team in the design and construction of the bridge. First, to lessen the impact to the algal reef, the span of the trestle bridge needs to be enlarged so as to decrease the number of piers. Second, construction is to be completed by the end of 2023 to make the bridge available for the piping installation work by the gasification contractor. Further, key factors related to the construction progress, functional requirements, and the reduction of the seabed environment affected area needed to be taken into consideration in selecting the bridge type. In addition, with the water depth at the project site reaching 18 meters, planning of the bridge foundation construction requires careful consideration with regard to safety, constructability and other issues. And of course particular attention is paid to the matter of bridge durability – an aspect in the design of cross-sea bridges critical for the minimization of future maintenance needs. This article explores these considerations, countermeasures, as well as project issues and features.

3

專題報導

壹、前言

一、緣起

台灣中油公司為配合政府「確保核安、穩健減核、打造綠能低碳環境、逐步邁向非核家園」之新能源政策，考量若核一、核二與核三廠機組如期除役，及未來北部地區電力需求成長產生之電力缺口，配合台電公司刻正辦理「大潭電廠增建燃氣複循環機組發電計畫」，規劃於大潭電廠增建3-4部燃氣發電機組，第一部新增機組預定自民國111年開始商轉之用氣需求。另評估未來北部民生及工業用天然氣市場將持續成長、中油公司永安及台中兩座接收站卸收能量、管輸能力已接近上限及臺灣地區北中南整體性天然氣穩定供應策略等因素，經審慎評估後於觀塘工業區興建第三座LNG接收站。

惟因第三接收站站址有藻礁、柴山多杯孔珊瑚等敏感環境生態，台灣中油公司依據環

評審查會議決議提出「迴避替代修正方案」，「迴避替代修正方案」乃以縮小開發規模方式並避開藻礁、柴山多杯孔珊瑚等敏感環境生態區及保留原棲地環境進行規劃，為提供港區內藻礁所需之營養鹽，工業港採離岸配置，期望能同時滿足工程開發需求與生態永續發展。110年5月3日行政院再以「保護藻礁最大化、影響供電最小化」為評估策略，另提出外推方案將工業港往海側外推455公尺，將遠離海岸線約1.2公里，也取消浚挖及填海造地工程，避免對於藻礁及礁體可能的破壞，「迴避替代修正方案」與「外推方案」示意如圖1。

二、工程範圍及內容

本工程位處桃園市觀音區塘尾、大潭地區，連絡棧橋主要功能為銜接LNG儲存槽與離岸卸收碼頭，以利相關管線鋪設及人員通行之用。

配合LNG儲存槽與離岸卸收碼頭位置及高程需求，本工程配置依工址條件區分為儲存槽

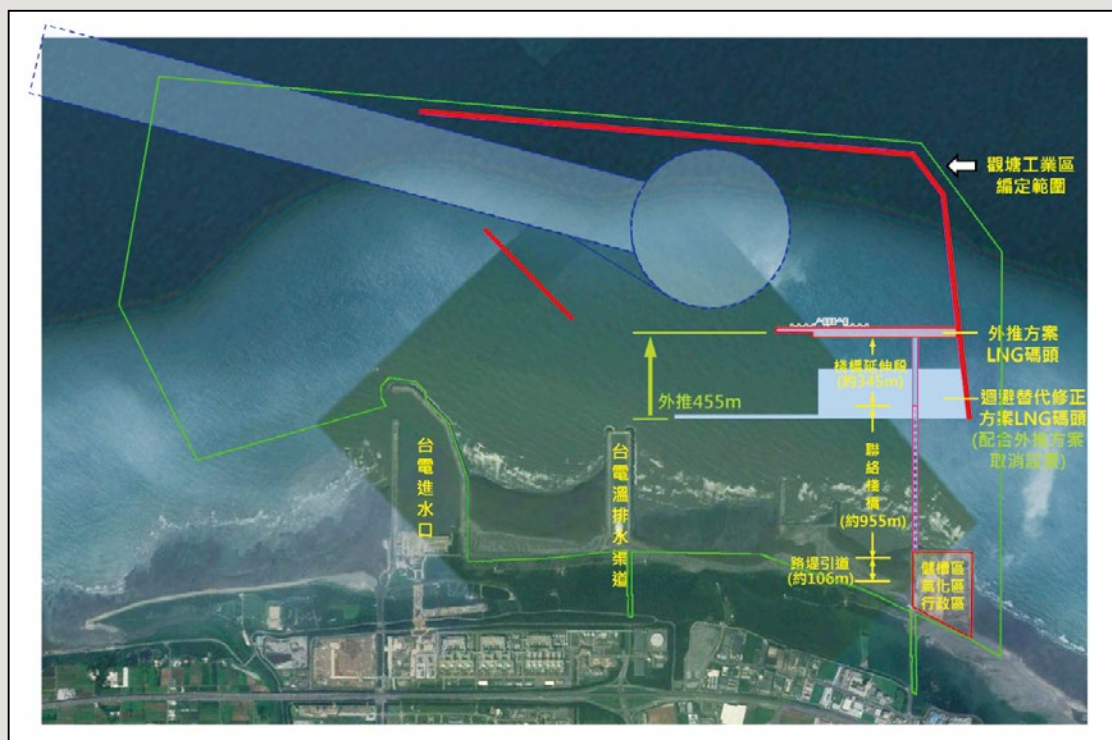


圖1 連絡棧橋(含外推方案)示意圖

側路堤長度約106公尺、橋梁段長度約955公尺及外推後沉箱路堤長度約345公尺，如圖1所示，棧橋及路堤寬度視管線配置需求分為8.5公尺寬及21.5公尺寬，於中央設置雙向2車道，並於車道兩側配置管線，另考量管線配置膨脹彎管之需求，配合橋墩及外推沉箱配置，約每110-115公尺設置一處橫向10.4公尺×縱向15公尺之彎管平台，本工程彎管平台配置及管線布設如圖2及圖3所示。

座液化天然氣接收站區內之新建棧橋暨聯絡道路工程，計畫道路為銜接LNG儲存槽區與離岸卸收碼頭之連絡棧橋(含外推方案之沉箱段)，棧橋主要將跨越LNG儲存槽區與離岸卸收碼頭間之近岸海域範圍，因此，於路線定線規劃設計原則，首要考量橋下淨高及沉箱高程需能滿足因應波浪潮升高程之棧橋使用需求及船隻通行需求，並依據實際環境條件與交通需求，使計畫道路線形最佳化，以發揮最佳交通服務功能。



圖2 本工程彎管平台配置圖

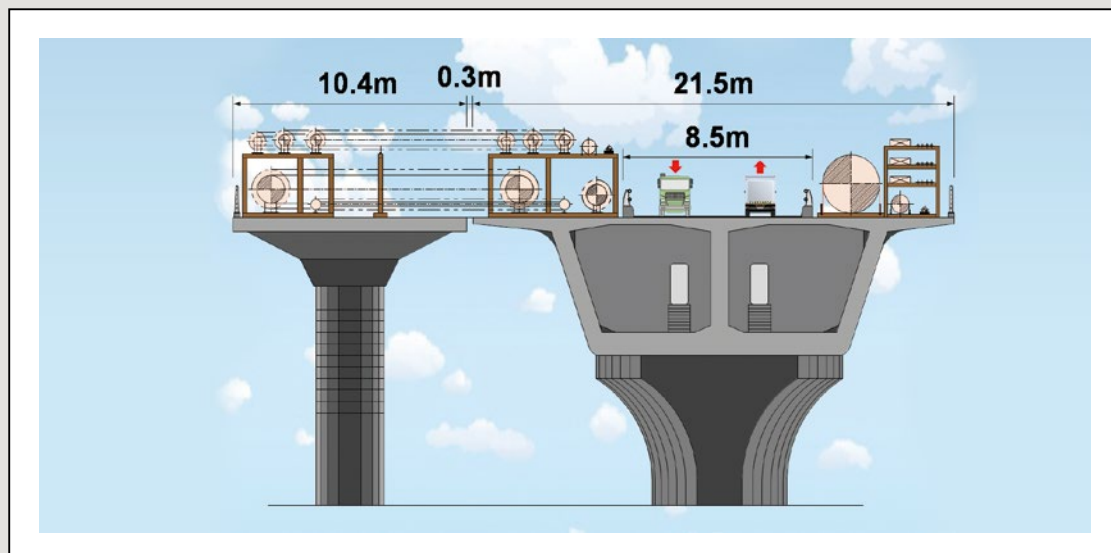


圖3 橋面管線及車道配置圖

貳、工程設計與考量

一、道路及交通工程

(一) 設計原則

本計畫為觀塘工業區開發計畫之中油第三

(二) 路線平縱面設計

計畫路線以離岸卸收碼頭為棧橋西端起點，路線往東藉由外推方案之沉箱路堤(EL.+5.5m)銜接至棧橋原工程A1橋台後，以橋梁型式跨越近岸海域範圍(EL.+17.0m)，再銜接至儲存槽區最南側之區內道路(EL.+6.0m)。計畫路

線之平面線形，依據路線起終點銜接位置，布設為直線段，並無設置平曲線。而縱面線形之布設，則考量跨海域之波浪潮升高程與起終點銜接區內道路之路面高程，縱面線形之設計高程控制點訂定方式如圖4所示，計畫路線於跨海域橋梁段布設縱坡度為0%，而路線兩端引道段最大縱坡度則為4.5%。

提供作為道路之空間，寬度為8.5公尺，配置雙向2車道，每車道寬3.5公尺，並留設0.25公尺寬外路肩，以及設置0.5公尺外側護欄，其餘則作為管線設置空間使用，有關起點沉箱引道段標準斷面配置詳參圖6，彎管平台處斷面配置詳圖7。

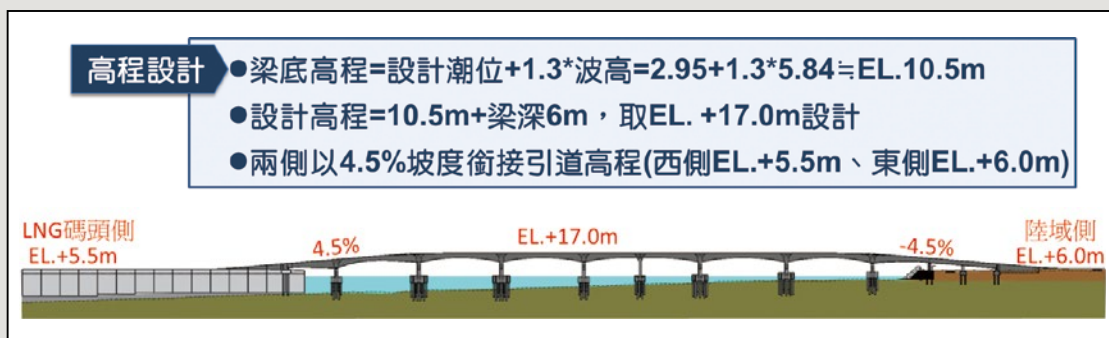


圖4 縱面線形設計原則

(三) 標準斷面

本計畫道路依據維修車輛行駛需求，將規劃配置雙向2車道之道路斷面，並依據道路結構型式，劃分為起點沉箱引道段、21.5m寬橋梁段、8.5m寬橋梁段及終點陸域引道段四種橫斷面配置，分段示意詳如圖5，並說明如下：

1. 起點沉箱引道段

起點沉箱引道段係因應外推方案連接棧橋原工程及外推LNG碼頭，布設於原工程里程0K+136.2以西，延伸至-0K+209為止，採沉箱基礎型式，並視縱坡需求配置箱涵。本段全寬為21.5公尺，主要提供車輛通行與管線設置之使用，其中

2. 21.5m橋梁段

計畫道路跨越海域之橋梁段，規劃為21.5公尺與8.5公尺兩種不同寬度之橋梁斷面，於里程0K+145~1K+001之路段，橋寬規劃為21.5公尺，主要提供車輛通行與管線設置之使用，其中提供作為道路之空間，寬度為8.5公尺，配置雙向2車道，每車道寬3.5公尺，並留設0.25公尺寬外路肩，以及設置0.5公尺外側護欄，其餘則作為管線設置空間使用，有關21.5m橋梁段之標準橫斷面配置詳參圖8。

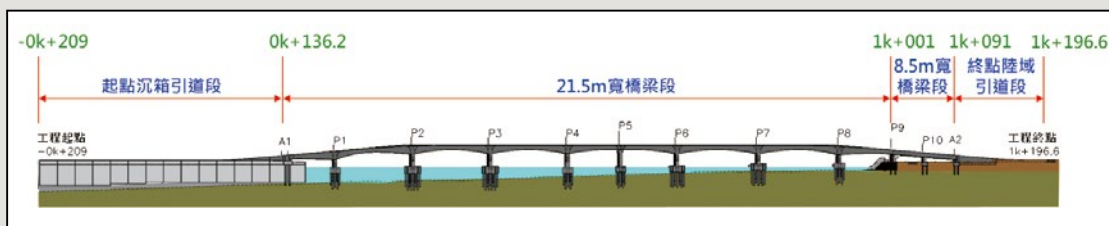


圖5 本工程立面圖

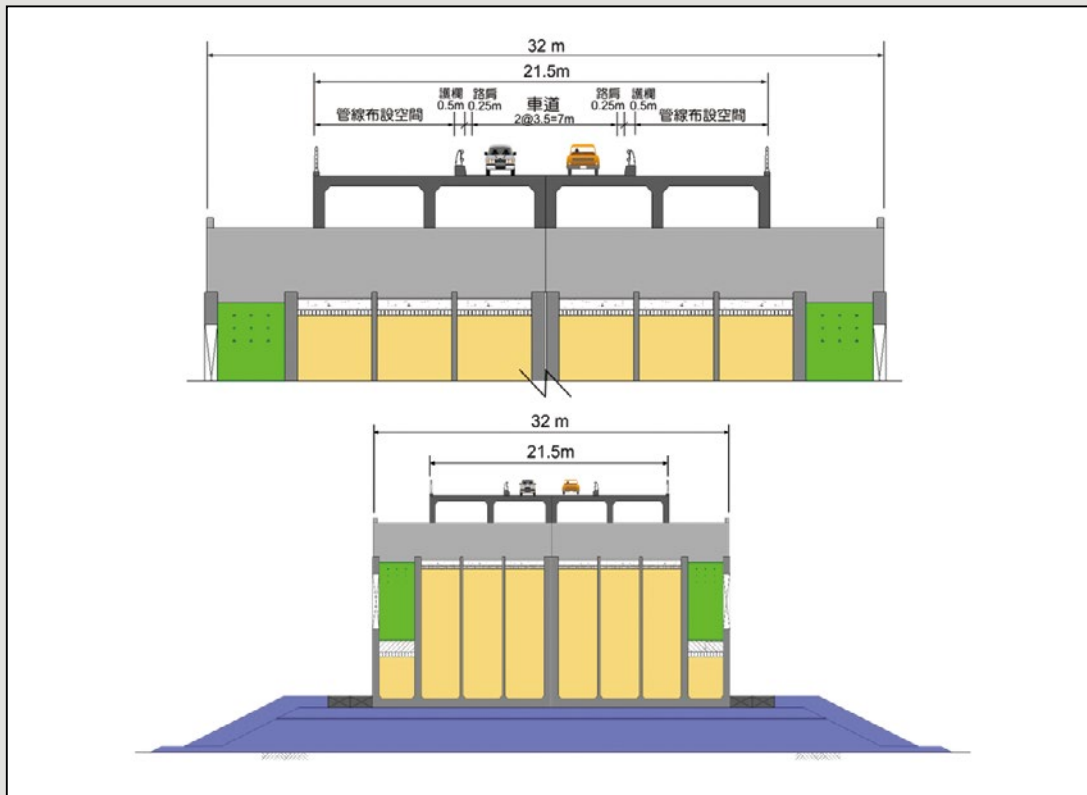


圖6 起點沉箱引道段標準斷面圖

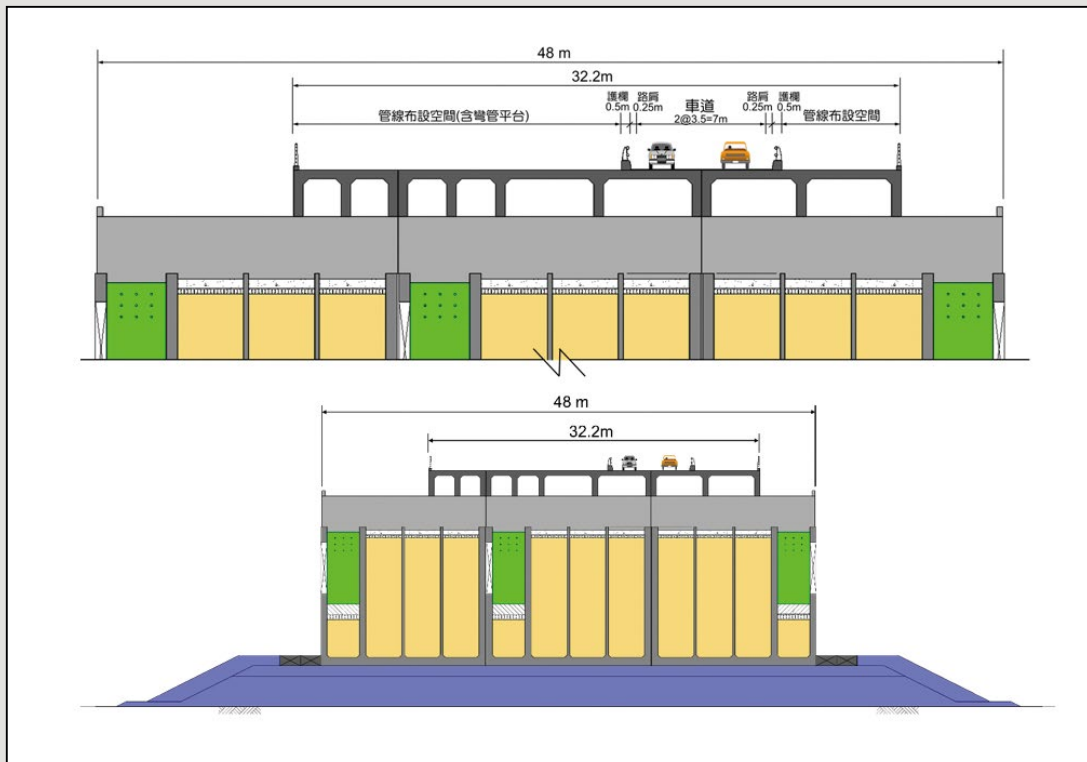


圖7 起點沉箱引道段標準斷面圖(彎管平台處)

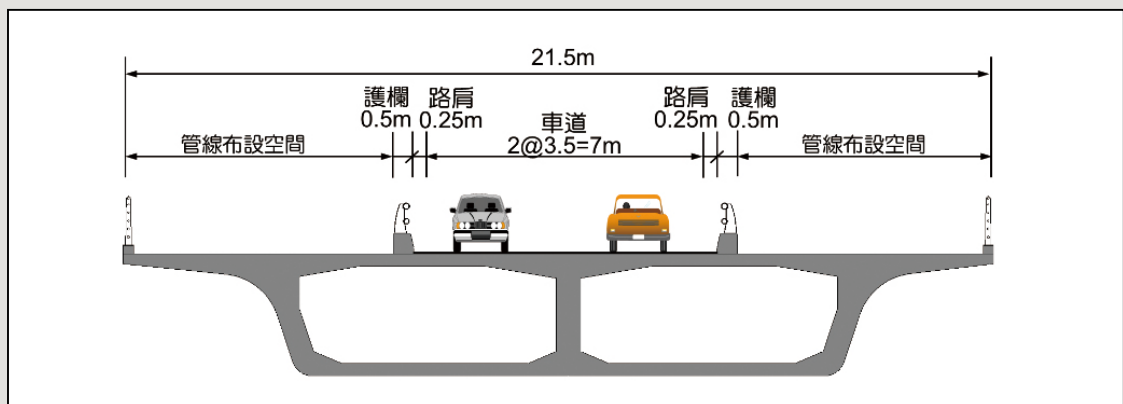


圖8 21.5m寬橋梁標準斷面圖

3. 8.5m橋梁段

另於里程1K+001~1K+091之路段，橋寬規劃為8.5公尺，主要提供車輛通行使用，配置雙向2車道，每車道寬3.5公尺，並留設0.25公尺寬外路肩，以及設置0.5公尺外側護欄，有關8.5m橋梁段之標準橫斷面配置參見圖9。

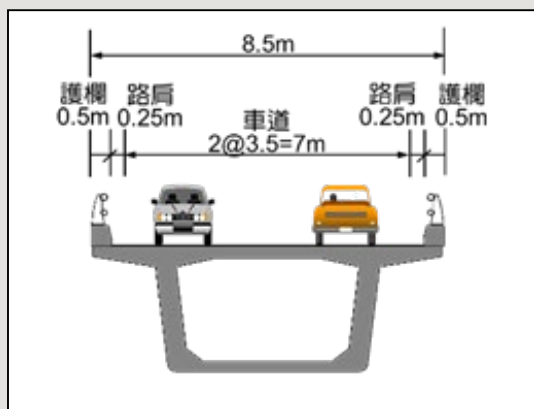


圖9 8.5m寬橋梁標準斷面圖

4. 終點陸域引道段

終點陸域引道段為跨海域棧橋向東連接儲槽區平面道路之橋梁引道，引道段道路布設於里程1K+091~1K+196.6，採路堤結構型式，全寬為8.5公尺，配置雙向2車道，每車道寬3.5公尺，並留設0.25公尺寬外路肩，以及設置0.5公尺外側護欄，有關終點陸域引道段標準橫斷面配置詳參圖10。

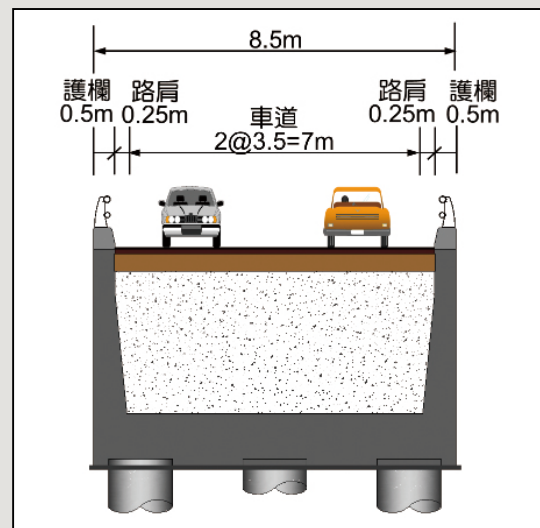


圖10 終點陸域引道段標準斷面圖

二、結構工程

(一) 橋梁工程

橋梁工程為本計畫關鍵項目，橋梁配置須綜合考量環境保護、期程配合、海上施工安全、經濟性與維護性，本計畫於設計初期即依據功能需求，訂定相關評估因子及配分，針對鋼箱型梁橋及懸臂工法預力混凝土箱型梁橋進行評選，評選結果決議採預力混凝土箱型梁橋做為本計畫之橋型，橋梁型式評選表如表1所示。

表1 橋梁型式評選表

方案研擬背景		中油公司為配合國家能源政策，須完成可承載LNG管線及後續維修車輛通行之跨海橋梁以於供氣時程內完成配管，並請本團隊進行相關設計工作								
類別	評選項目及權重 方案概述	功能 (5%)	技術 (5%)	成本 (10%)	工期 (25%)	工址環境 (20%)	安全 (25%)	維護 (10%)	評分	排序
橋梁型式	鋼橋	3	5	6	22	12	18	5	71	2
	預力混凝土橋	5	5	8	20	15	21	9	83	1

1. 橋梁配置

橋梁配置綜合考量海床擾動範圍及工期需求等，本工程橋梁段自西向東依序區分為海域二個橋梁單元及陸域一個橋梁單元。考量減少於海域落墩，海域橋梁單元分別為第一單元 $65+3@110+75=470\text{m}$ 及第二單元 $80+2@115+76=386\text{m}$ ，採懸臂工法施作；陸域部分之第三單元 $2@45=90\text{m}$ ，則採場撐工法施作。

上部結構第一、二單元為變梁深(3-6公尺)，橋全寬為21.5公尺，第三單元為等梁深預力箱型梁橋(3公尺)，橋全寬為8.5公尺。下部結構P1-P8(含棧橋橋墩及彎管平台橋墩)為海域施工，P9-P10、A2橋台及路堤段擋土牆則於陸域施工。

2. 基礎型式

本工程共計有10座橋墩及2座橋台。由前期大地工程調查成果顯示本路段沿線工址地盤多為卵礫石夾砂，前期試挖報告中亦顯示卵礫石最大礫徑可達60公分以上，橋梁基礎型式之選擇，須依據地形、地質狀況、水位、施工條件、施工環境、荷重條件、基礎特性、環境維護及經濟性等研擬適用之基礎型式，尚需考量本工程為海上施工，且工址位於敏感生態藻礁區域，故須特別考量施工之風險性及對週遭環境之影響，故本工程基礎規劃採全套管基樁，考量施工性、

結構穩定並減少海床開挖，位於海域之橋墩樁帽置於海床面以上，以退潮時不露出基樁為原則，基樁突出海床面之部分配合外套鋼管施工，基礎施工期間透過鋼管之圍束保護，除基樁打設之點位以外，對海床完全無干擾。基樁樁徑考量工址地質條件及國內機具之動員，基樁樁徑採2公尺，並配合內徑至少為2.2公尺之外套鋼管施工。各墩位基樁承载力參考國內「公路橋梁設計規範」、「建築物基礎構造設計規範」及日本道路協會之「道路橋示方書・同解說」之設計公式，並根據地盤強度參數、單位重、地下水位及考量群樁效應來評估，本工程全套管基樁示意圖如圖11所示。

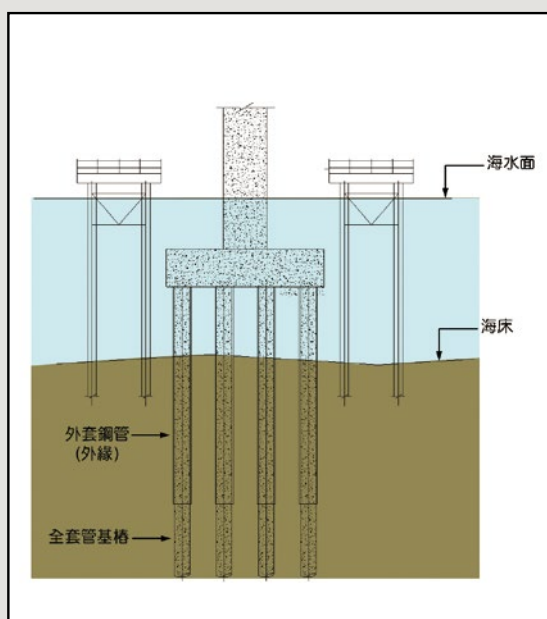


圖11 本工程全套管基樁示意圖

3. 施工補充鑽探

為確認本工程地質條件及確保基樁承載能力，本計畫另規劃於施工階段進行補充鑽探工作，鑽探位置為各橋墩(台)處，鑽孔數除P2、P3、P6、P7因基樁數量較多規劃為兩孔外，其餘均為一孔，補充鑽探成果回饋設計單位確認樁長後，現場方能施工。

(二)沉箱工程

1. 沉箱配置

本工程沉箱設置範圍之需求為里程-0K+209~0K+136.2之起點引道段，考量原外海圍堤之沉箱再利用，本段沉箱尺寸採25公尺×16公尺，另因道路斷面需求及後續維修考量，採二座沉箱合併方式配置，即單組沉箱斷面為25公尺(縱向)×32公尺(橫向)，全段共配置15組(B01-B30)，約每4組於北側另設置一

座沉箱作為彎管平台使用(B31-B33)，因應水深由西向東漸淺，採用之沉箱區分為16.0公尺(B01-B08及B31)、14.5公尺(B09-B11)及13.5公尺(B13-B30、B31及B32)三種高度，沉箱東端與原棧橋工程銜接段，則配合縱坡於沉箱頂施作箱涵，沉箱平立面配置如圖12所示。

沉箱頂部高程，考量便於陸上施工作業條件，應在高潮位上，設計採用EL.+2.50m，較平均高潮位(EL.+1.31m)高出1.19公尺以上，屬兼顧施工便利性與經濟性之考量。

2. 沉箱段與橋梁之介面

原工程以A1橋台與延伸段沉箱之路堤箱涵銜接，一側為橋梁上部結構，另一側為沉箱箱涵，因沉箱箱涵一般存在沉陷可能，為避免A1橋台因沉陷而產生非預期之橋梁結構破壞，本處橋台與沉箱結構

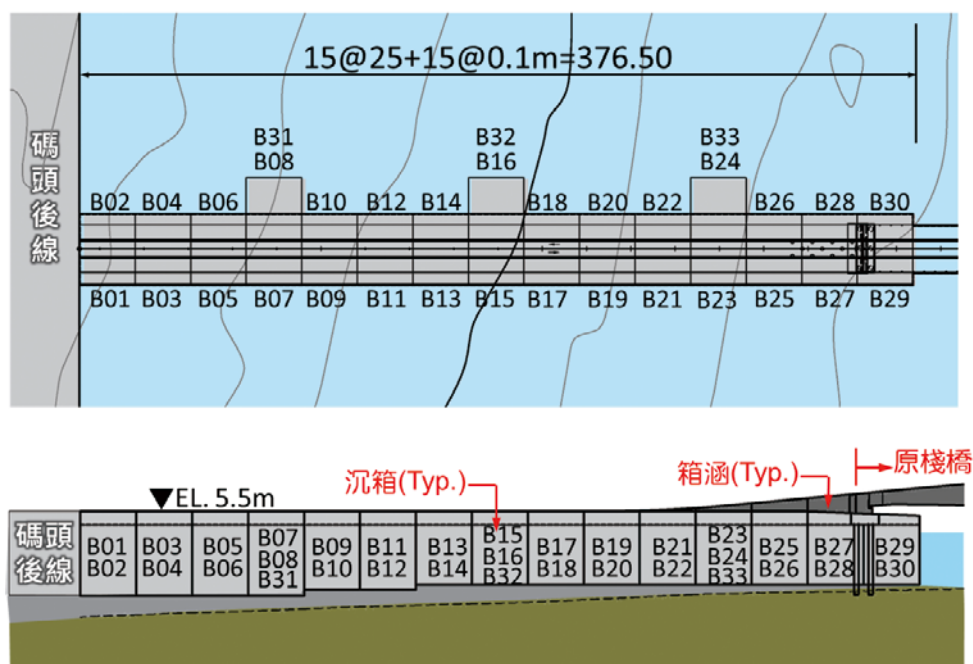


圖12 沉箱平立面配置圖

不共構而採獨立設置，橋台仍以基樁型式承載，基樁於沉箱完成封頂後即可進場施作。另於橋台與沉箱箱涵銜接介面處，於橋台背後配設進橋板以維持行車舒適性。

A1橋台完成後，鄰近之橋梁上構可於封頂混凝土完成或場鑄混凝土完成後分別採取相關配套措施，確認施工架穩定性，以進行現場支撐、組模及混凝土澆置。沉箱段與橋梁介面處立面圖詳圖 13。

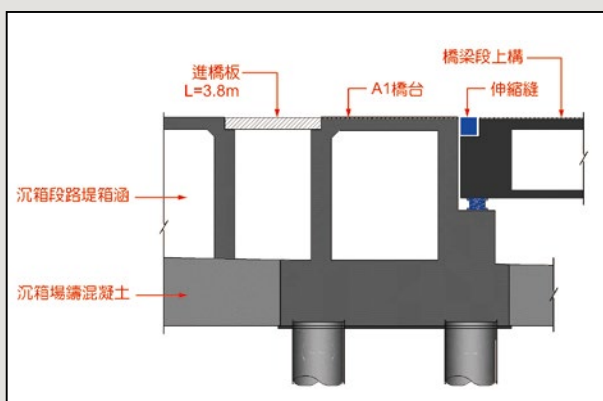


圖 13 沉箱段與橋梁介面處立面圖

三、結構耐久性考量

本工程屬海中構造物(位於極嚴重鹽害區)，為提升耐久性考量，藉由採用II型水泥及添加卜作嵐材料，抑制混凝土原材料中鹼的釋出、降低混凝土孔隙中OH⁻離子量、降低PH值；另要求配比設計降低混凝土滲透性，本計畫要求混凝土56天齡期抗氯離子穿透能力須符合CNS 14795之低等級標準。本計畫也藉由提升混凝土設計強度及明訂最大水膠比等方式，確保混凝土膠結緻密性，降低腐蝕物質侵入速度，本工程混凝土設計強度及最大水膠比詳表2。

有關鋼筋之耐久考量，其保護層厚度依據公路橋梁設計規範第十二章海洋環境下防蝕設計之規定，應符合表2之規定，另為避免因混凝土微裂縫產生鋼筋鏽蝕，本工程所有鋼筋均採鍍鋅鋼筋防蝕；惟設計階段考量本工程基樁大部分皆永久浸於水中，且基樁鋼筋皆配合有外套鋼管保護，腐蝕危害相對較低，另基樁鋼筋籠續接施工須配合銲接，銲接作業後甚難滿足鍍鋅要求，故基樁鋼筋並不採鍍鋅防蝕之方式進行規劃。

表 2 混凝土強度、最大水膠比及保護層厚度規格表

類型	混凝土28天 最小抗壓強度 f' c(kgf/cm2)	最大 水膠比	部位	保護層
箱形梁橋	420	0.4	預力橋橋面板頂面	7.5cm
			箱形梁外側	7.5 cm
			箱形梁內側及隔梁	4.0 cm
下部結構 與擋土牆	350		橋墩(主鋼筋)	12.0 cm
			橋墩(繫筋、箍筋及螺箍筋)	10.0 cm
	385		橋臺、翼牆及擋土牆	10.0 cm
			橋墩、橋臺、翼牆及擋土牆等之基礎、沉箱	10.0 cm
沉箱段	350		場鑄基樁	10.0 cm
			沉箱	10.0 cm
			箱涵	10.0 cm
雜項	350		橋護欄、橋隔欄	4.0 cm
			進橋板頂面及側面	7.5 cm
			進橋板底面	10.0 cm

本工程原棧橋段P1橋墩及A1橋台，為銜接卸收碼頭，以4.5%縱坡由橋面高程EL.+17.0m向西漸降，考量P1橋墩及A1橋台原已位於碼頭回填之陸域範圍，受海水、波浪等影響程度較低，原設計支承採熱浸鍍鋅方式防蝕；惟考量本次外推方案，將使P1橋墩及A1橋台落於海域範圍內，腐蝕條件更加嚴格，將研擬此二墩位支承改為SUS 316不鏽鋼支承。

參、施工規劃構想

本工程施工規劃須考量減低對環境之衝擊、縮短工期、經濟性、安全性等原則，另須配合工址環境如現場地形、海象條件及支撐架設條件等因素。初步研擬本工程海域橋梁段以場鑄懸臂工法施工，陸域段則採場撐工法施工；而延伸段為符合供氣時程並盡量節省經費，規劃將原圍堤工程已預製完成之沉箱作為路堤段再利用。

而本工程海象環境因受台灣海峽束縮地形影響，易有強風、大浪發生及高低潮位差異大等不良海象因素，設計時均須納入詳細評估。本工程基本潮位資料如表3，工址潮差最大可達

5.8公尺以上，另依據模擬結果，工址波高最高可達5.84公尺，相關資料須納入施工規劃考量。

一、施工便橋及構台規劃考量

本工程因位處海上施工環境，易因天候因素影響施工工率及安全，故本計畫於設計階段，即規劃設置施工便橋作為人、機、料之運輸通道，並於海上各橋墩處設置施工構台，以利基樁、基礎、橋墩施作，並作為上構柱頭場撐段支撐使用。施工便橋及構台由H型鋼組合而成，鋼構廠加工及現場組裝快速，施工便橋及構台完成後，即可如一般陸域施工環境，本工程施工便橋及構台施工考量之重點如下：

- 施工期間施工機具動線與施工場地之規劃。
- 船機施工運補碼頭之規劃。
- 藻礁保護與監測。
- 空氣、污水及噪音等污染防制作業。
- 考量施工車輛動線，每跨設置一處避車彎。
- 配合環評承諾，便橋、構台所影響面積須小於1.3公頃。

有關本案施工便橋及構台配置及施工照片詳圖14及圖15。

表 3 本工程工址潮位資料表

設計潮位	D.W.L	EL:+2.950m
最高潮位	H.H.W.L	EL:+2.110m
大潮平均高潮位	H.W.O.S.T	EL:+1.648m
平均高潮位	M.H.W.L	EL:+1.311m
小潮平均高潮位	H.W.O.N.T	EL:+0.940m
平均潮位	M.W.L	EL:-0.232m
小潮平均低潮位	L.W.O.N.T	EL:-1.151m
平均低潮位	M.L.W.L	EL:-1.740m
大潮平均低潮位	L.W.O.S.T	EL:-2.322m
最低潮位	L.L.W.L	EL:-2.880m

- 1、便橋、構台所影響面積需<1.3公頃
- 2、每跨設置一處避車彎

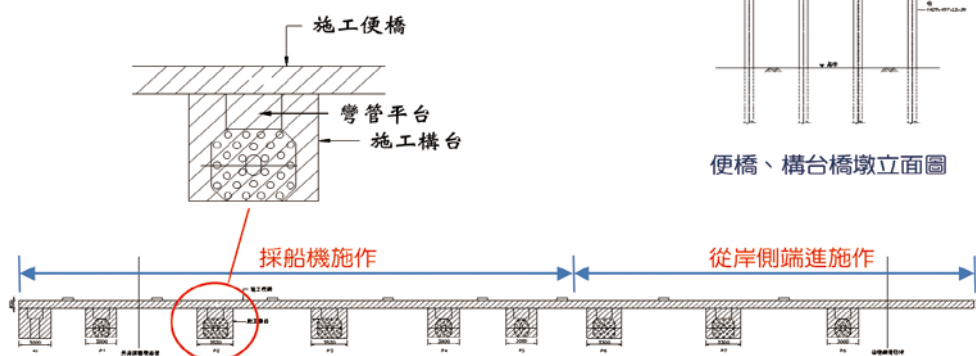


圖 14 本案施工便橋及構台配置圖

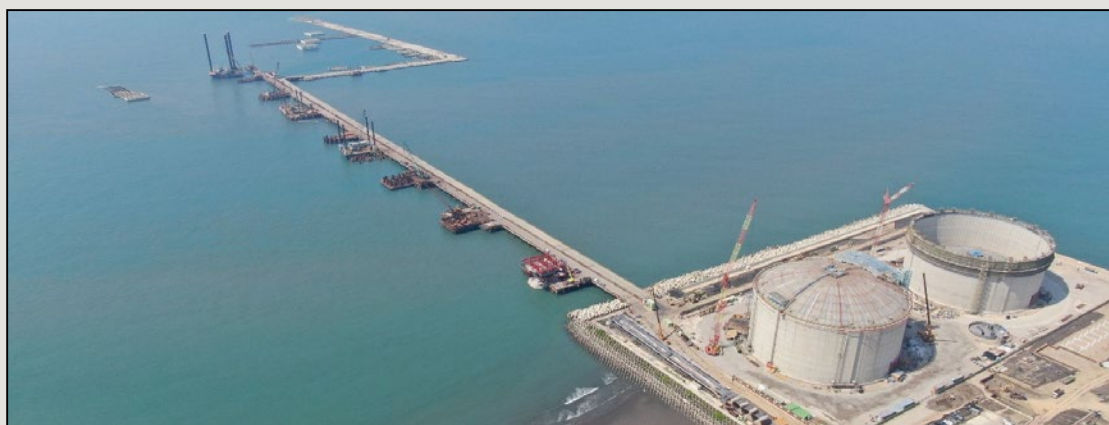


圖 15 本案施工便橋及構台施工照片

二、全套管基樁配合外套鋼管施工規劃

本工程基礎規劃採全套管基樁型式，海水中因施工需求採外套鋼管作為基樁之外模使用，並考量外套鋼管自立性，另需能提供施工載重及樁帽圍堰抗浮摩擦力，故須打設入海床中一定深度。施工時，首先於施工構台打設外套鋼管後，挖除內部土石，此時外套鋼管內部充滿海水，吊放鋼筋籠後澆置水中混凝土，使海水逐漸排出，最後於基樁上固定鋼箱圍堰來施作基礎板。本工程外套鋼管及全套管基樁施工照片如圖 16。



圖 16 本工程外套鋼管及全套管基樁施工照片

三、樁帽圍堰施工規劃

本工程工址位於敏感生態藻礁區域，且落墩處水深達12公尺，考量海域環境施工及樁帽施工時臨時圍堰之施工性及經濟性，故位於海域之墩位(橋台A1、橋墩P1~P8)基礎規劃採樁帽圍堰方式施工，樁帽高程規劃以退潮時可露出樁帽但不露出基樁為原則。施工時，首先將樁帽圍堰於構台上組立，將圍堰底板逐步下放至

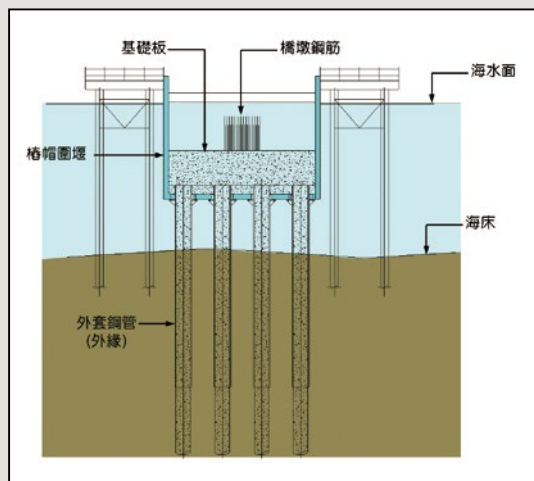


圖17 本工程樁帽圍堰示意圖



圖18 本工程樁帽圍堰施工照片

基礎底高程，藉由懸吊支撐於外套鋼管上，並於圍堰內抽水時架設內支撐系統，使圍堰內部形成乾式環境，供基礎板及橋墩施工，另配合規劃適當之施工監測系統，如支撐應變計及反光規標等，以利樁帽之順利施作。有別於傳統鋼板樁圍堰，完全無須擾動既有海床，可大幅降低施工對既有藻礁之影響。本案樁帽圍堰示意圖及施工照片如圖17及圖18。

四、懸臂工法

本工程位於敏感生態藻礁區域，橋梁採大跨度懸臂工法配置，除可盡量減低橋墩及基礎對於海床之影響，並可於施工構台直接進行柱頭場撐段之施作後，藉由懸臂工作車之推進，避免施工期間於海中進行支撐，且懸臂工法於國內施工經驗相當豐富，工程品質穩定。另本工程考量落實減少支撐以保護特殊生態環境，於各單元邊跨規劃多懸臂施工一節塊，詳圖19，說明如下：

- (一) P1墩柱施工單元以懸臂工法外伸至A1橋台處前約6公尺處，即P1向A1懸伸59公尺，向P2懸伸54公尺，邊跨採現場支撐於樁帽或構台上施作。
- (二) P4及P6以懸臂工法外伸至P5橋墩前約16公尺處，即P4向P5懸伸59公尺，向另側懸伸54公尺；P6向P5懸伸64公尺，向另側懸伸59公尺，邊跨採現場支撐於樁帽或構台上施作。

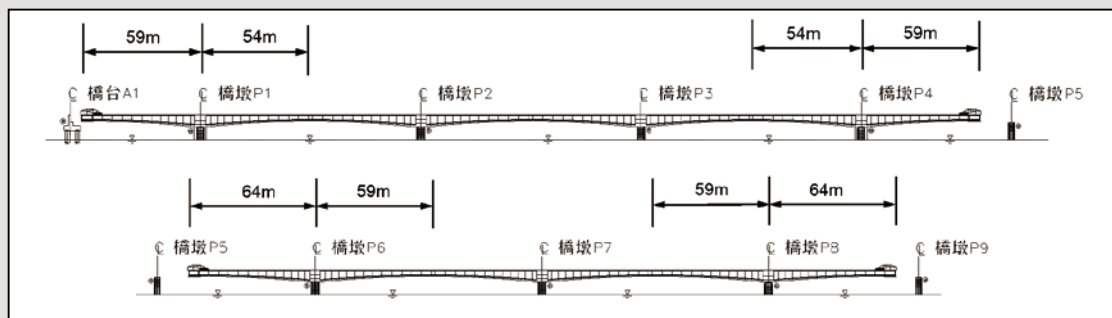


圖19 本工程不平衡節塊配置示意圖

(三) P8墩柱施工單元外伸至P9前約12公尺處，即P8向P7懸伸59公尺，向P9懸伸64公尺，邊跨採現場支撐於既有堤防上。

本工程懸臂工法施工示意圖如圖20(以第一單元為例)，施工照片如圖21。

放座數約24~30座，而參酌臺北港以往案例，年拖放速度最大可達約49座，高雄港則為80座。依現況中油公司第三接收站施工標案例，正常之沉箱拖放速率大致為40座/年，做為工期規劃之目標，本工程延伸段沉箱施工工序如下：

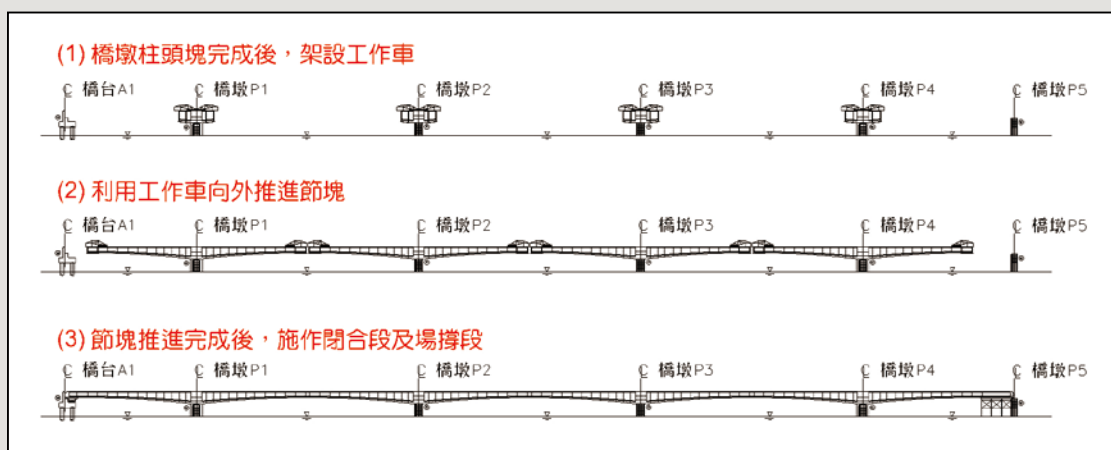


圖20 本工程懸臂工法施工程序示意圖(第一單元)



圖21 本案懸臂工法施工照片

五、沉箱施工規劃

近年海事工程案例中，沉箱拖放效率逐年增進，以往傳統海事施工案例中，沉箱拖放速度約為每週1座，以可施工季6個月而言，一般年拖

- 整地、鋪放襯墊、拋石
- 沉箱起浮、拖放
- 沉箱填充
- 沉箱封頂
- 護基方塊吊放

沉箱施工作業流程圖如圖22。

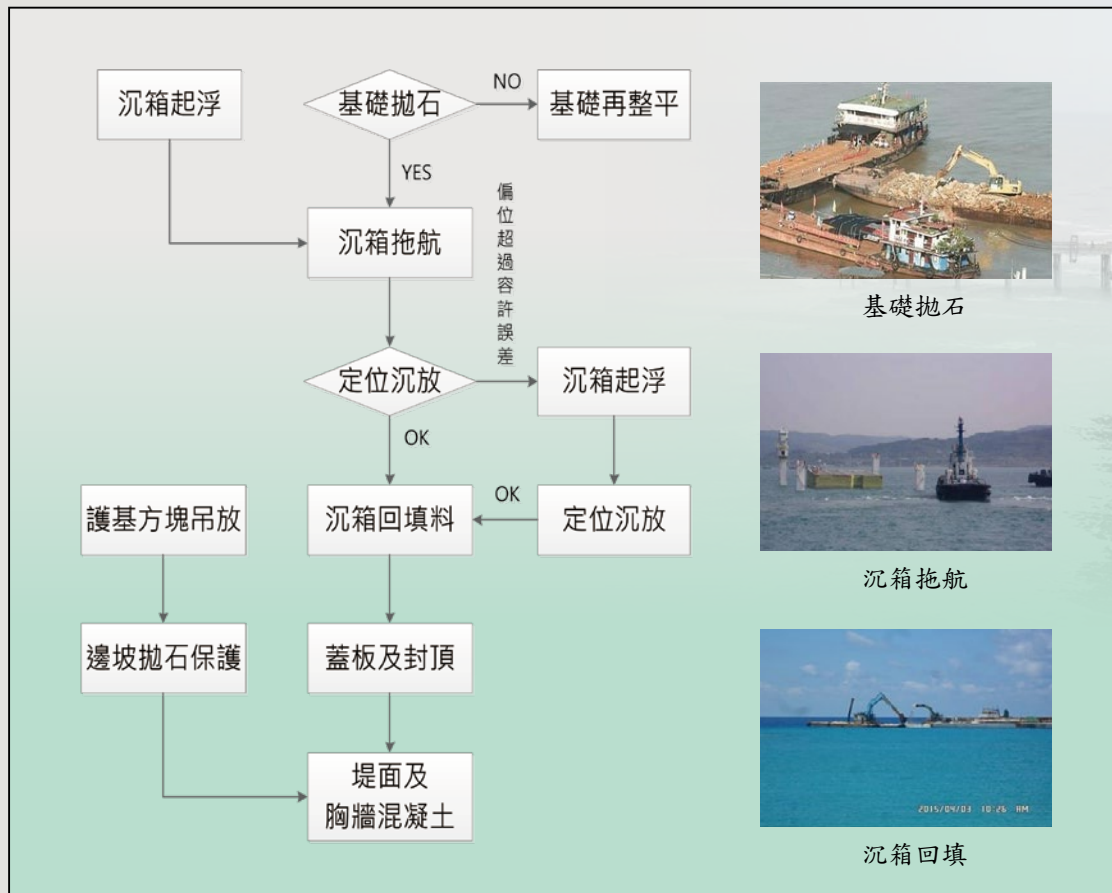


圖22 沉箱施工作業流程圖

結論

台灣中油第三座液化天然氣接收站棧橋工程為配合政府能源政策，施工期程緊迫，且因當地屬生態敏感區位，除減少落墩並須限制施工便橋及構台之設置面積，以降低對藻礁之影響，故於橋型規劃及整體施工規劃務需完善。本工程因位處海上施工環境，容易因天氣因素而影響施工工率及安全，故本計畫於設計階段，即規劃設置施工便橋作為人、機、料之運輸通道，並於各橋墩處設置施工構台，以利基樁、基礎、橋墩施作，並作為上構柱頭場撐段支撐位置。而為避免東北季風影響工進，亦規劃在第一年冬季前完成所有便橋及構台打設，後續於構台上施作基樁及後續作業則可較不受冬季風浪影響，另考量各橋墩工作面需同時展

開不翻用，於工程費中納入相關經費編列。

海上之橋梁工程，尤需注意結構之耐久性，藉由鋼筋、混凝土、鋼腱等材料多方面的防蝕考量，以及在橋梁配置上盡量避免結構遭受飛沫侵襲，以降低橋梁在海洋環境中銹蝕的產生。

後續因應外推方案變更，在不變動原工程已完成工項之前提下，僅僅取消外海填築引道部分，並考量鄰標已製作沉箱再利用之可行性，採沉箱方式銜接至外推LNG碼頭，不論對於中油供氣期程、工程經費等面向，都已朝向最佳化設計之考量，希望藉由各單位戮力配合之下，如質如實完成任務。



3

專題報導

稿約格式

一、文字：稿件應以中文或英文撰寫，中文及英文摘要以400字為限。

二、單位：所有含因次之量須採用SI單位公制。

三、打字：

來稿請使用電子檔（以Word編排）圖、文需以單欄橫向編排方式，共同排列在文稿內(過大的圖或表可以附件方式呈現)，論文之長度(含圖)字數限5-6,000字以內；左、右邊界2.5公分，上、下邊界3公分，內文字體為細明體12點字，行距為1.5倍行高。

四、題目／作者：

論文題目宜簡明，作者姓名、任職機構、部門、職稱、技師科別列於論文題之下方，其服務部門及職稱以1，2，3編號註記在首頁末，另附上作者之生活照高畫質之電子檔。

五、關鍵詞：在題目中須選出中文及英文二至四個關鍵詞，並置於作者姓名下方。

六、章節及標題：論文之章節標題須列於稿紙之中央對稱位置，且加編號。小節標題亦應加編號但必須從文稿之左緣開始，例

壹、大標題（居中）

一、中標題（齊頭）

（一）子標題（齊頭）

1、小標題（齊頭）

（1）次小標題（齊頭）

七、數學式：所有公式及方程式均須書寫清楚，其後標式號於圓括弧內。為清晰起見，每一式之上下須多空一列。

八、長度：論文之長度(含圖)，內文以不超過6,000字或其相當之長度為準(以A4規格約8頁(含圖)計算)。

九、插圖與圖表：不論在正文中或圖裡本身，所有圖表、照片必須附有編號及標題或簡短說明，其編號請用阿拉伯數字，不加括號表示。如圖1、表2；Table 1、Figure 2，表的標題置於表的上方中間，圖的標題置於圖的下方中間。

十、符號：內文所有符號須於符號第一次出現時加以定義。

十一、參考文獻：

所有參考文獻須按其在文中出現之先後隨文註號碼於方括弧內，並依序完整列於文末；文中引用提及作者時請用全名，未直接引用之文獻不得出現。

參考文獻之寫法須依下列格式：

(1)期刊

林銘崇、王志成，「河口海岸地形變化之預測模式」，中國工程學刊，第六卷，第三期，第141-151頁(1983)。

Bazant, Z. P., and Oh, B. H., "Strain-rate effect in rapid triaxial loading of concrete," Journal of Engineering Mechanics, ASCE, Vol.108, No.5, pp.764-782(1982).

(2)書籍

張德周，「契約與規範」，文笙書局，台北，第177-184頁(1987)。

Zienkiewicz, O. C., "The Finite Element Method," McGraw-Hill, London, pp.257-295(1977)。

(3)論文集

蔡益超、李文友，「鋼筋混凝土T型梁火災後彎矩強度之分析與評估」，中國土木水利工程學會71年年會論文集，臺北，第25-30頁(1982)。

Nasu, M. and Tamura, T., "Vibration test of the underground pipe with a comparatively large cross-section," Proceedings of the Fifth World Conference on Earthquake Engineering, Rome, Italy, pp.583-592(1973)。

(4)學位論文

陳永松，「鋼筋混凝土錨座鋼筋握裹滑移之預測」，碩士論文，國立成功大學建築研究所，台南(1982)。

Lin, C. H., "Rational for limits to reinforcement of tied concrete column," Ph.D. Dissertation, Department of Civil Engineering, University of Texas, Austin, Texas (1984).

(5)研究報告

劉長齡、劉佳明、徐享崑，「高屏溪流域水資源規劃系統分析之研究」，國立成功大學臺南水工試驗所研究報告，No.53，台南(1983)。

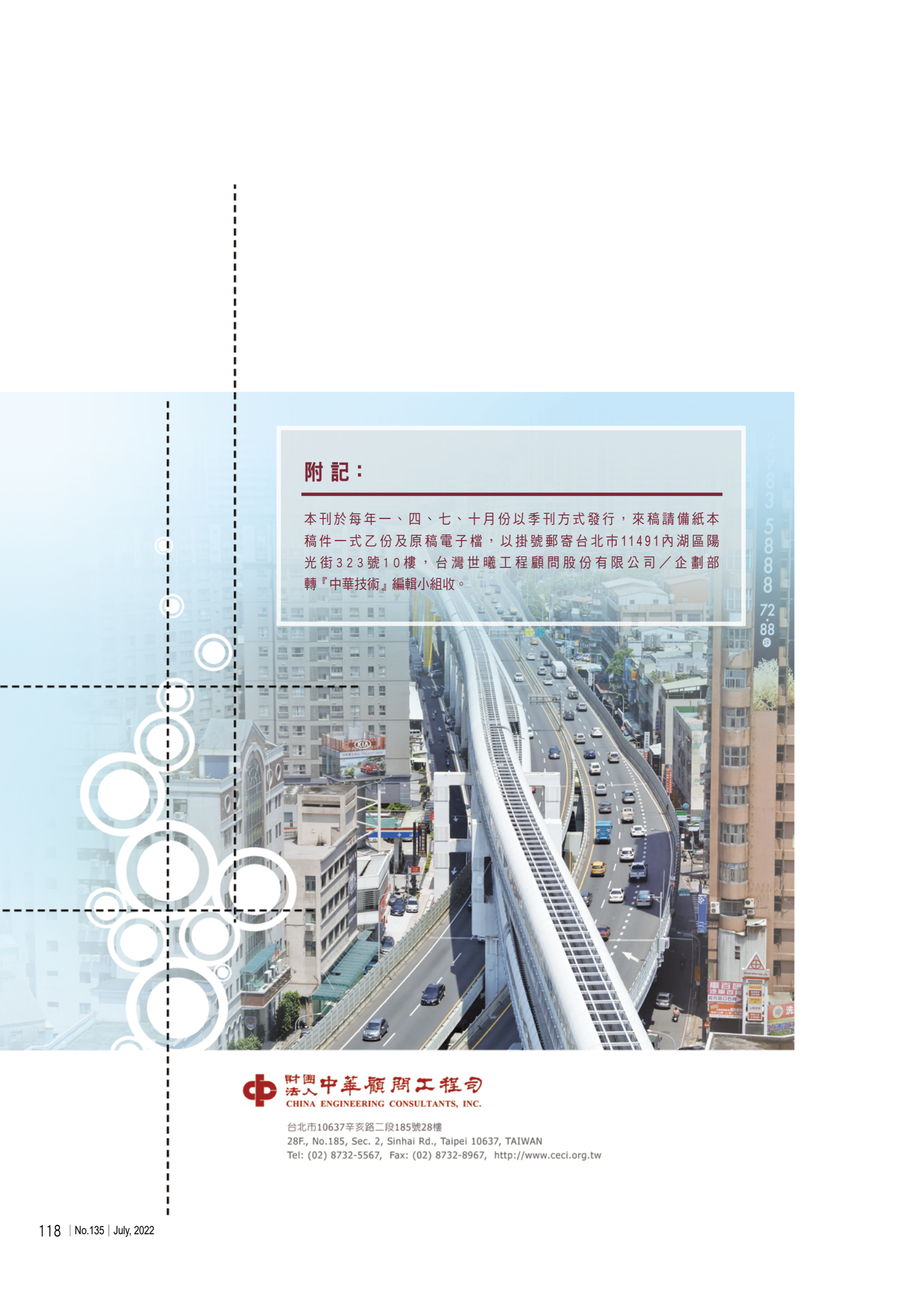
Thompson, J. P., "Fire resistance of reinforced concrete floors," PCA Report, Chicago, U.S.A., pp.1-15(1963).



編後語

本135期「中華技術」係由台灣世曦工程顧問股份有限公司土建事業群之港灣工程部主編，主題為「蓄氣穩能-能源政策橋接者LNG」。在邁向能源轉型的路程中，LNG扮演著至關重要的橋接角色，當燃氣取代燃煤成為淨零排放的必經之路時，明確的政策目標及完善的彈性調度即成為能源轉型的成功關鍵。僅此特別感謝經濟部曾文生政務次長及能源局游振偉局長，於公務繁忙之中，撥冗接受本刊專訪，同時感謝臺灣港務公司工程副總經理王錦榮及台灣中油公司副總經理李皇章等撥冗賜稿，他們對我國能源轉型推動及能源產業發展之精闢見解及經驗分享，特予整理報導以饗工程專業讀者。最後，感謝土建事業群同仁的協助，於公忙之餘整理執行計畫之成果，撰寫5篇專題報導，不吝將寶貴的實務經驗分享予各界參考，在此一併致上謝忱。

期盼藉由本期中華技術的發行，在產官學各界的努力下，激發能源轉型及天然氣發展之創新思維，一同為達環境永續、淨零排放之目標而努力。



附記：

本刊於每年一、四、七、十月份以季刊方式發行，來稿請備紙本稿件一式乙份及原稿電子檔，以掛號郵寄台北市11491內湖區陽光街323號10樓，台灣世曦工程顧問股份有限公司／企劃部轉『中華技術』編輯小組收。



財團中華顧問工程司
法人
CHINA ENGINEERING CONSULTANTS, INC.

台北市10637辛亥路二段185號28樓
28F., No.185, Sec. 2, Sinhai Rd., Taipei 10637, TAIWAN
Tel: (02) 8732-5567, Fax: (02) 8732-8967, <http://www.ceci.org.tw>

CECI



台灣世曦

工程顧問股份有限公司

www.ceci.com.tw



金門大橋建設計畫第CJ02-2C標金門大橋接續工程
21屆公共工程金質獎／公共工程品質優良獎—土木工程類／特優



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

<http://www.ceci.com.tw> E-mail: pr@ceci.com.tw

用心，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

用心
做好每一件事情