臺灣港群智慧港口的發展規劃及建設

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

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

一、前言

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

二、全球智慧港口發展趨勢

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

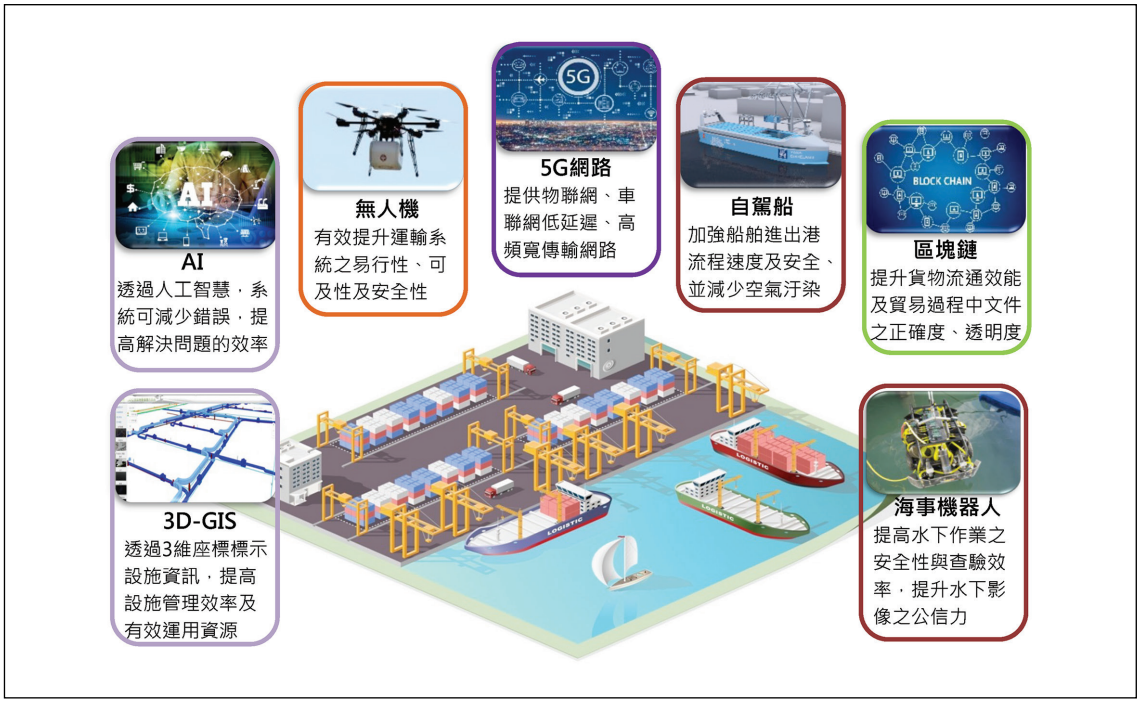


圖 1　智慧港口應用新興科技發展示意圖

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

三、智慧港口應用新興科技案例

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

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

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

（二）人工智慧（AI）

人工智慧（Artificial Intelligence, AI），是指以人工方式來實現人類所具有之智慧的技術，人腦是藉由多重神經傳遞運算，做出複雜的判斷，AI運算邏輯如圖2所示，為模擬人腦結構，在外部資料進入時，已創造多層類別標籤，用以加總邏輯分數，最後推斷出可能的結果，在多層模型建立時，須餵入大量的原始資料，提供電腦建立正確的模型，以得到更加精準決策，各國AI在港口應用彙整如表2所示，如透過航運物流巨量資料分

表 1　國際港口應用 5G 技術案例

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

資料來源：參考文獻 [3]

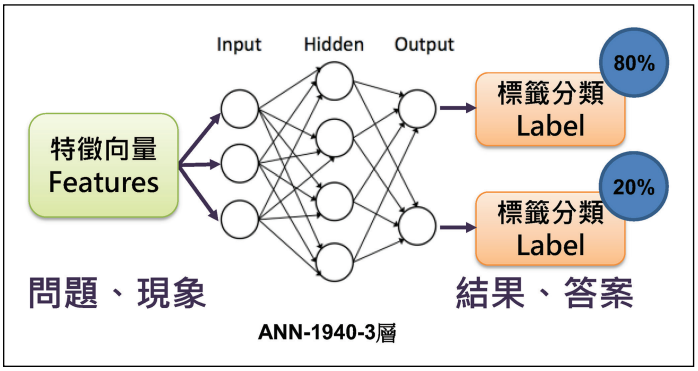


圖 2　AI 運算邏輯示意圖

表 2　國際港口應用 AI 技術案例

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

資料來源：參考文獻 [3]

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

（三）區塊鏈（Blockchain）

區塊鏈主要將資料分別儲存在不同的雲端上，計算和儲存都是分散式的，每個節點都需要自我驗證、傳遞和管理，去中心化的核心宗旨讓使用者可不依靠管理機構和硬體設施達到資料共享性，2018年1月IBM與馬士基（Maersk）合作推出全球航運區塊鏈解決方案TradeLens區塊鏈平台，所有參與區塊鍊之利害關係人（stakeholders），如貨主、航商、報關行、海關、理貨業及港口管理單位、陸地運輸物流業者乃至收貨人等，都可以利用這個平台進行業務流程及訊息交流，區塊鏈應用架構如圖3所示，以確保鏈上所有成員可取得一致性且正確資訊。

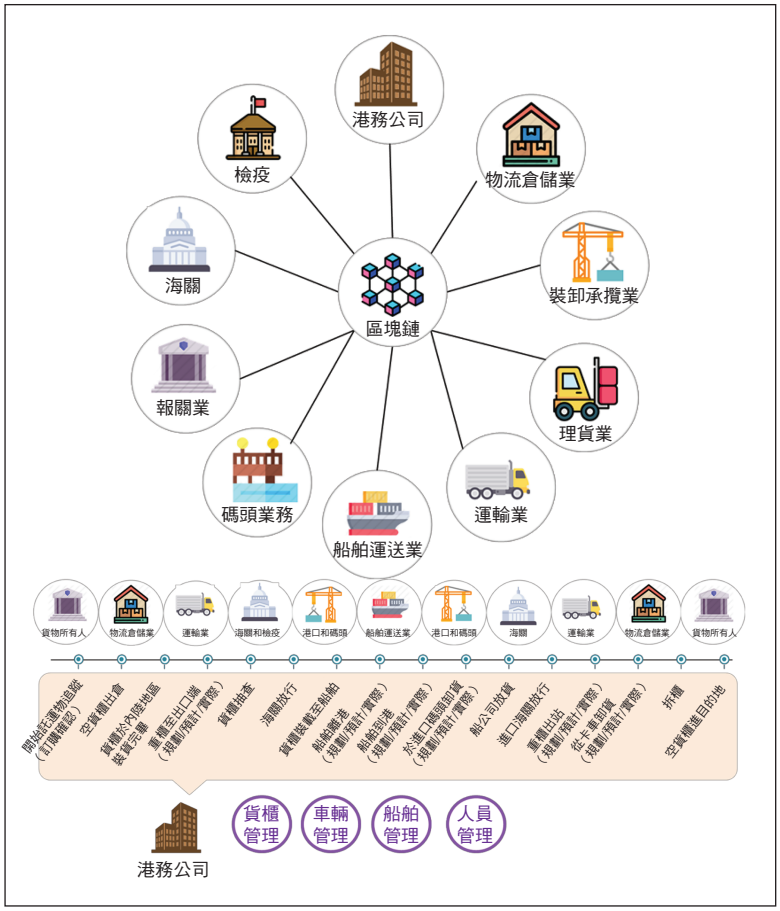


圖 3　區塊鏈資料傳遞架構示意圖

四、國際標竿港口智慧化發展

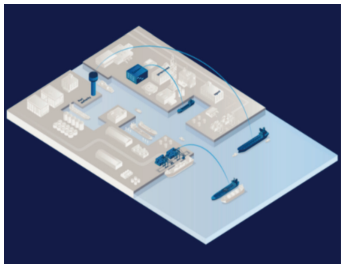
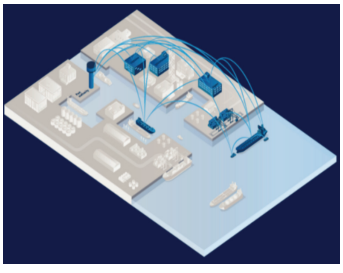
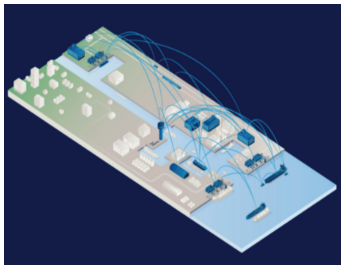
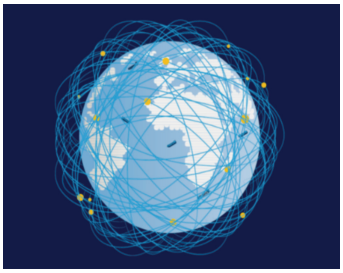
國際港口繁多，茲列舉歐洲最大港－鹿特丹港、東南亞－新加坡港、德國最大港－漢堡港在港口智慧化之發展現況，分述如下。

（一）鹿特丹港

鹿特丹港為歐洲的最大港，一直是歐洲貨物海運的中心，也是亞洲貨物到達歐洲最重要的轉運港，鹿特丹港每年須處理超過4.61億噸的貨物，並為超過14萬艘船舶提供服務，因此鹿特丹港務局（Port of Rotterdam Authority, PRA）利用物聯網技術改善港口經營環境，於鹿特丹市到北海一段長達42公里沿岸，安裝IoT感測器，蒐集各式各樣的數據，包括潮汐與潮流的水氣濕度和天氣氣象資料、溫度、風速與風向、水位高度、泊位的可用性、能見度及船泊航行資訊等數據，透過雲端物聯網技術連接數據並進行分析，供鹿特丹港管理層進行擬訂決策的參考及依據，如減少船舶等待時間、協助判斷船舶最佳靠港、裝卸貨物的時機、最佳的船席停靠規劃以等，能讓港務管理單位能更精準地預測船舶在港內行駛之最佳時機，同時使船舶能夠在安全、便捷地出入鹿特丹港及提供最佳化的作業調度。

鹿特丹港務局提出智慧港口發展四個階段的藍圖規劃，如表3所示。鹿特丹港智慧化

表 3　鹿特丹港智慧港口發展進程彙整表

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

資料來源：參考文獻 [4]

發展策略及行動方案摘錄整理如表4所示。

（二）新加坡港

新加坡港位於東南亞，同屬海島型國家，土地狹小也缺乏天然資源，其高效率的海關、便捷的進出口貿易流程，主要為結合國貿易資訊平台National Trade Platform及TradeNet等公共電子平台結合，讓航運生態系基本實現了運作過程自動化與無紙化，在進出口貨物時，可透過平台申請進出口許可證、申報海關、安排和追蹤貨運、申請融資等手續，相關文件資料（如發票和許可證等）也以數位形式儲存在平台後端的資料庫可供隨時取得，實現政府部門、船運、商務、物流、金融和法律等服務機構共同運作，以及電子商務和通關服務單一平台、單一窗口，改善航運的經營效率、安全性和透明度，使得新加坡港更加高效，更加具有競爭力。新加坡港智慧化發展策略及行動方案摘錄整理如表5所示。

（三）漢堡港

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

表 4　鹿特丹港智慧化發展策略及行動方案彙整表

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

資料來源：參考文獻 [4]

表 5　新加坡港智慧化發展策略及行動方案彙整表

願景	目標	發展策略	行動方案		
			效率	安全	永續
成為全球性的互聯，創新和人才海事中心	1. 擴大和深化海洋結盟 2. 加強相互聯繫和網絡影響 3. 發展充滿活力的海洋創新生態系統並促進數位化 4. 培養具有全球思維的多技能海事人才 5. 建立新加坡為全球海事標準	1. 提高收集、傳輸和分享資料的水準 2. 建置全國性的感測器網絡 3. 推動港口數位化	1. 船舶調度統 2. 海事單一窗口平台 3. 無人機應用 4. 自駕船應用 5. 自動導引車 6. 海洋創新實驗室	1. 電子海事地圖 2. 海事感測器布建 3. 下一代船舶管理系統（VTMS） 4. 自動碼頭 5. 自動堆場 6. 海事事件及狀態感知系統 7. Gas-Free 檢查應用程式 8. SAFE 海上事件識別分析專案 9. 整合港口指揮、控制、通訊、資訊系統 10. AI 影像分析人員違規行為	1. 綠色和社區融合的港口。 2. 投入建造 LNG 船

資料來源：參考文獻 [4]

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

五、臺灣港群智慧港口的發展藍圖

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

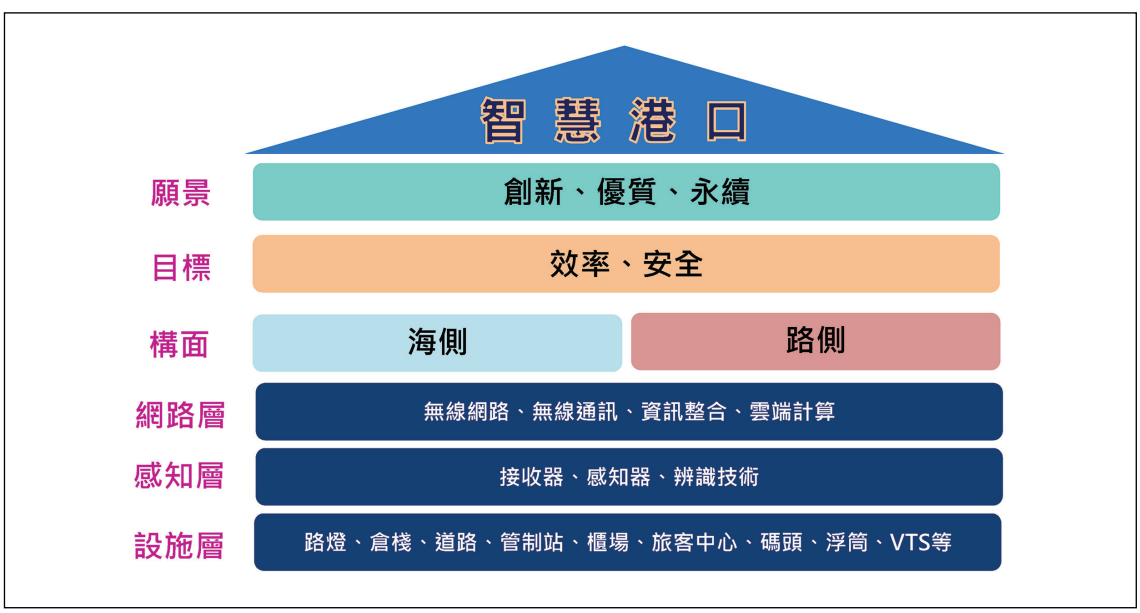
Trans-SMART計畫以航港產業及港埠活動為核心，內容涵蓋海側、陸側二大構面，並以船、車、貨、人為核心，擬定各項具體行動方案，在海側部分包含「船舶操航智能輔助系統」、「物聯網海氣象即時資訊系統」、「智能港灣調度整合系統」及「海事機器人」，陸側部分則有「智慧監控管理系統」、「港區智慧交通系統」、「自動化貨櫃碼頭」等方案，如圖5所示，以帶動臺灣港群朝智慧化轉型，並以打造安全、效率及環保之智慧港口之目標。

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

表 6　漢堡港智慧化發展策略及行動方案彙整表

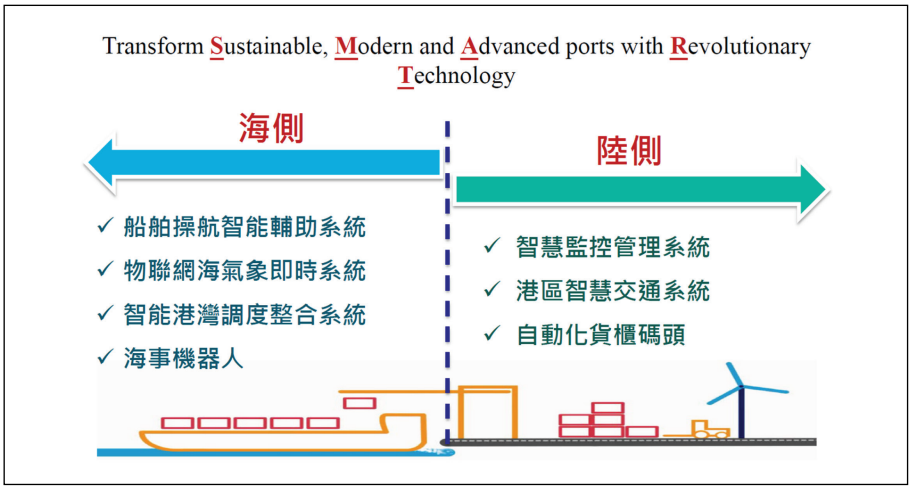
願景	目標	發展策略	行動方案		
			效率	安全	永續
擴大集裝箱吞吐、土地開發戰略以及加強公路、鐵路及水路等交通基礎設施，增加漢堡港的價值	1. 智慧能源（smartPORT energy）：降低港口相關能耗與排汙，讓漢堡港成為永續能源港，保護環境和氣候 2. 智慧物流（smartPORT logistics）：增進港口經濟效率，創造漢堡港更多的價值，保證安全和預防危害，以融入全球供應鏈的一環	1. 連結亞洲、斯堪地那維亞半島的港口，通往中歐和東歐 2. 提供高質量的職業培訓和就業環境 3. 根據經濟原則進行透明交易 4. 發展綠色港口 5. 根據需要拓展與港口相關的基礎設施 6. 鼓勵再生能源的使用、降低依賴傳統能源 7. 從基礎設施、交通流、貿易流，應用資訊科技（IT）設施	1. 提供即時交通狀況信息 2. 即時鐵路數據傳輸 3. 港口基礎設施移動裝置監督系統 4. 為讓空櫃最小化引進虛擬存儲空間 5. 港口停車管理	1. 港口監控裝置 2. 智慧維護，使用平板電腦或智能手機等移動終端設備進行監控維護	1. 使用可再生能源的土地電力 2. 港口內電動汽車普及化 3. 風能、太陽能和生物能源等可再生能源使用

資料來源：參考文獻 [4]



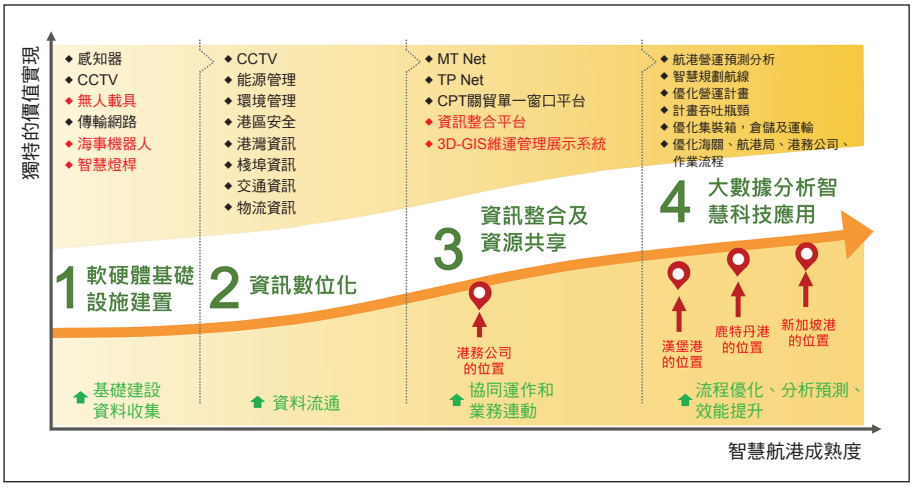
資料來源：參考文獻 [3]

圖 4　臺灣港群智慧港口發展架構



資料來源：參考文獻 [3]

圖 5　臺灣港務公司 Trans-SMART 推動現況



資料來源：參考文獻 [3]

圖 6　港口智慧化發展路徑示意圖

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

六、結論與未來發展

綜觀國際標竿港口智慧化發展項目，均主要以航運、物流、碼頭作業、交通、港口

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

1. 持續推動交通車流分析與規劃於各商港整合與聯外道路即時資料，以提供用路人完整港區交通資訊，並以港區各項數據進行大數據分析，針對港區車流進行預測，提供貨櫃車作為進出港路線及時間之參考。

2. 發展資訊整合平台，依其系統目的統一收容港區資訊，並作為資訊發布中心，預期可加速運輸流程、提高營運管理成效等效益。

3. 持續建置輔助導航設施、優化各港船舶交通管理系統（Vessel Traffic Service, VTS）功能、進行海氣象資訊整合及電子海圖更新，並導入新一代船舶操航智能輔助系統（Vessel Traffic Management Information Services, VTMIS）架構，進行船舶航行安全資訊整合，提供使用者及管理者完整、單一資訊介面，以達到提供船舶安全可靠之港灣服務目標。

4. 提供新創科技產業與服務試驗場域，發展概念性驗證案（POC），針對已屬成熟之智慧科技，將透過獎勵方式，促使業者於港區導入智慧科技應用，如無人船、無人機、無人搬運車及水下機器人等，以驅動產業創新發展，提升港埠營運管理效能。

5. 目前船班、申報文件、貨櫃等資訊等，分散於各港口產業主要利害關係人，除不易查詢調閱外，易發生資料正確性及版本不一致之情形，可評估國際海運資訊平台未來發展趨勢，鼓勵港口產業主要利害關係人加入國際物流平台，以有效獲取物流貨櫃資訊及進行貨櫃追蹤管理。

6. 透過ICT、水下機器人、無人機、感測器等設備及BIM、3D-GIS技術之應用，促進檢查診斷及數據分析技術的發展，以提高港區管線、設施保養、檢修等工作效率，透過設施智慧化管理，有效延長設施之生命週期及降低故障造成之運作損失，以落實港埠永續經營之理念。

參考文獻

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