

出國報告（出國類別：考察）

廈門、上海及青島港貨櫃碼頭自動化作業考察報告書

服務機關：臺灣港務股份有限公司

姓名職稱：王錦榮總工程司等

派赴國家：中國大陸

出國期間：107年12月3日至12月8日

報告日期：108年1月

摘要

本次考察由臺灣港務公司王總工程司率企劃、工程、高雄分公司、基隆分公司等單位同仁赴中國大陸拜訪廈門、上海及青島港等碼頭營運與設備生產單位，深入了解各港貨櫃碼頭導入全自動化作業推動進程，並透過雙方意見交流與經驗分享及現地考察，進一步蒐整中國大陸現有自動化碼頭之作業機具形式、規劃建置過程及實際作業情形，俾作為臺灣港群未來導入全自動化碼頭作業之參考。此外，本次行程亦安排拜會上海相關航商業者包含萬海公司上海分部、中外運公司等，除了解兩岸航運市場發展趨勢並建立聯繫窗口，臺灣港務公司亦行銷基隆港及高雄港自營櫃場優勢，積極爭取未來合作機會。

目次

摘要	1
壹、出國目的.....	3
貳、出國期間.....	4
參、出國行程表	4
肆、考察內容.....	7
一、廈門港遠海貨櫃碼頭	7
二、上海港洋山四期貨櫃碼頭.....	14
三、上海振華重工集團暨長興生產基地.....	20
四、青島港前灣四期貨櫃碼頭.....	26
五、航商業務拜訪.....	35
伍、結論與建議	39
一、結論.....	39
二、建議.....	40

壹、出國目的

貨櫃碼頭依據作業功能可區分為前線碼頭及後線櫃場，前線碼頭主要作業機具為橋式起重機；後線櫃場設施則包含道路、重櫃區、空櫃區、冷凍櫃區、特殊及危險櫃區、洗（修）櫃區等，主要作業機具則為軌道式門式起重機、輪胎式門型起重機、跨載機及空櫃堆高機等；此外，傳統貨櫃碼頭係仰賴人工駕駛的場內解櫃車進行前後線場地水平運輸。

歐洲與北美市場為因應日漸高漲的人力成本及環境保護課題，荷蘭鹿特丹港自 1990 年起率先開發導入自動化設備，包含自動化導引車（Auto Guided Vehicle, AGV）及自動化軌道式門式機（Automated Rail Mounted Gantry Crane, ARMG）等，然而，自動化作業機具發展至今近 30 年，雖具備降低人力成本、環境污染以及因應惡劣天候等優點，惟仍存在建置成本高昂、碼頭前後線系統整合、作業效率低及無法因應碼頭作業需求機動調整等不利因素，因此，對於人工薪資水準相對較低且要求作業效率的亞洲市場而言，各大貨櫃碼頭經營業者仍僅導入技術發展成熟且作業效率高的後線櫃場自動化，前後線水平運輸仍較青睞穩定度與機動性較高且成本較低的場內解櫃車人工作業，臺灣目前則已在臺北港及高雄港（臺北港貨櫃碼頭公司、高明公司及長榮 115-117 碼頭等）導入後線櫃場自動化。

近年來，隨著貨櫃船舶大型化的趨勢及綠色港口課題的日益發酵，碼頭作業機具也朝向大型化、輕量化、高效化發展，以滿足與日俱增作業效率、作業安全及作業零排放等產業要求。此外，隨著碼頭作業規模及場地調度複雜程度持續增加，智慧化系統的導入也將現有的貨櫃碼頭管理系統依據其個別功能區分為裝卸設備調度管理與控制系統（ECS）及自動化碼頭生產管理系統（TOS），因此，全自動化作業將可能成為未來碼頭作業發展的主流趨勢。

中國大陸為因應碼頭作業自動化、智慧化及其國內產業發展需求，廈門港、上海港及青島港皆陸續自 2012 年起投入貨櫃碼頭全自動化作業評估及建置，並陸續於 2016 年完工啟用測試，本公司為深入了解建置全自動化貨櫃碼頭所需之基礎設施、成本、作業

機具、效率及營運管理與效益等面向，爰規劃本次考察行程，期能透過現地參訪及觀摩，進一步蒐整中國大陸現有自動化碼頭之作業機具形式、規劃建置過程及實際作業情形，俾作為臺灣港群未來導入全自動化碼頭作業之參考。

貳、出國期間

107年12月3日（星期一）至107年12月8日（星期六）。

參、出國行程表

一、出國人員名單

序號	公司別	職稱	姓名
1	臺灣港務股份有限公司	總工程司	王錦榮
2		經理	鄭志宏
3		管理師	繆靜宜
4	臺灣港務股份有限公司 高雄港務分公司	高級督導(公用貨櫃碼頭營運中心站長)	蔣昇建
5		高級工程師	鐘偉誠
6	臺灣港務股份有限公司 基隆港務分公司	副處長	廖勝樂

二、參訪單位人員

序號	公司別	職稱	姓名
1	廈門遠海集裝箱碼頭有限公司	商務部副總經理	王冰冰
2		工程技術部總經理	曾建維
3		工程技術部副總經理	施振海
4		操作部經理	朱少杰
5		商務部	倪妍
6	上海振華重工集團	執行董事副總裁	劉啟中
7		副總裁陸上重工設計研究院院長	山建國

序號	公司別	職稱	姓名
8	上海振華重工集團	青島自動化碼頭項目部副 總經理	雷晉生
9		港口機械經營部副總經理	楊天韋
10		港口機械經營部區域經理	劉萍
11		項目管理辦公室	奚建
12		智能軟件副經理	孫斐
13	宏鑫寶業技術顧問 股份有限公司	總經理	羅銘杰
14		副總經理	馮鼎安
15		董事長特助	陳冠州
16	上海國際港務集團	副總經理	孫金余
17	萬海航運股份有限 公司	華中北地區碼頭操作總代 表	李其灃
18	上海東亞運樞倉儲 有限公司	總經理	王耀宗
19	中外運集裝箱運輸 有限公司	副總經理	范曉艷
20		船舶營運中心主任	鄺凌
21		船舶營運經理	魯明
22		營運計畫部	栾航
23		企劃部	顧萍
24	青島港前灣集裝箱 碼頭有限責任公司	常務副總經理	楊杰敏

三、考察行程簡表

日期	地點	行程
12/3	廈門	自高雄小港及桃園機場搭乘航空直飛廈門，拜會廈門遠海集裝箱碼頭公司並參訪碼頭自動化作業
	上海	晚間搭乘廈門航空前往上海
12/4	上海	拜會上海振華重工集團，並參訪長興島生產基地
12/5	上海	拜會上海港務集團並參訪洋山四期碼頭自動化作業
12/6	上海	拜會萬海公司上海分部、上海東亞運樞倉儲有限公司、中外運集裝箱運輸有限公司
	青島	下午搭乘中國東方航空前往青島
12/7	青島	拜會青島港務集團並參訪前灣港區貨櫃碼頭自動化作業
12/8	青島	觀摩青島遊艇碼頭及其相關設施，下午至流亭國際機場搭乘中華航空返回桃園國際機場
	桃園	

肆、考察內容

一、廈門港遠海貨櫃碼頭

(一) 背景資料

廈門港遠海貨櫃碼頭位於廈門港海滄保稅港區西區，由廈門遠海集裝箱碼頭有限公司營運，該公司於 2008 年 11 月 28 日由中遠太平洋、廈門市政府及廈門海滄投資集團有限公司三方共同出資成立，所營#13-#17 號碼頭長度 1,806 公尺 (#13 為散雜貨碼頭)陸域縱深 810 公尺，占地 132.67 萬平方公尺，船席水深 15 公尺，年設計吞吐量為 260 萬 TEU。

重櫃堆場容量 84,630TEUs，空箱堆場容量 32,760TEUs，冷藏箱插座 1,176 個，平面配置詳圖 1，航線佈局詳圖 2

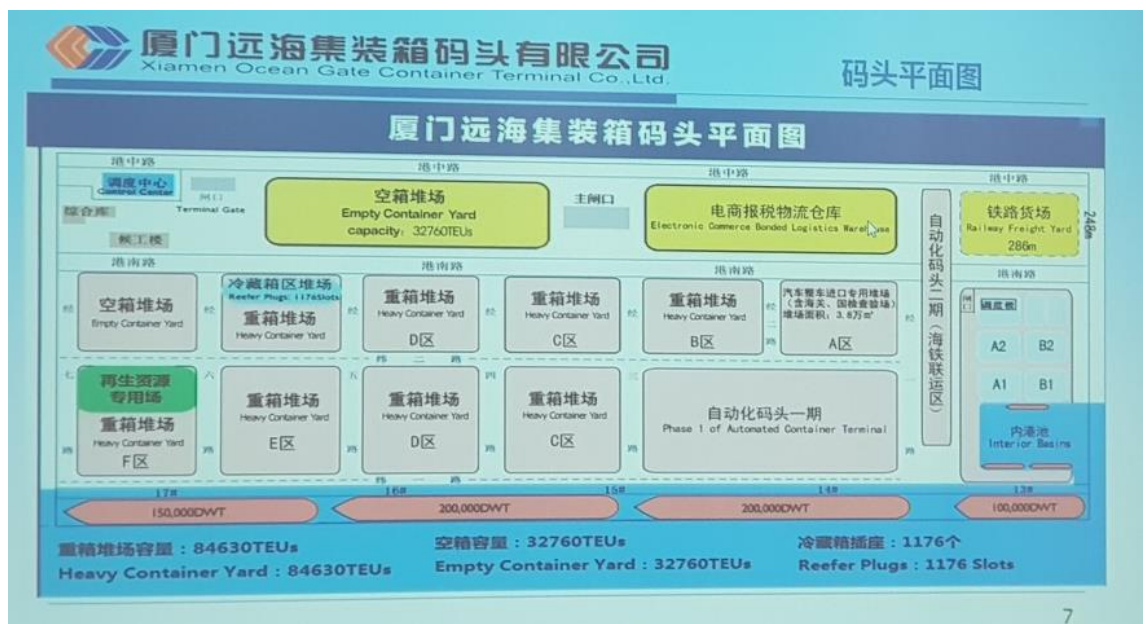


圖 1 廈門港遠海貨櫃碼頭平面圖

 廈門遠海集裝箱碼頭有限公司 2018年幹線總體情況及最大吃水 Xiamen Ocean Gate Container Terminal Co., Ltd.							
航線所屬	區域划分	航線 Route	公共代码	船舶投入情况 Vessel Input	船舶类型 Type of Vessel (TEU)	最大吃水 (米)	廈門窗口时间 Berthing time
海洋聯盟航線	歐洲線	西北歐	NEUR4	CMA*12	14000/18000	13.8	Sun1700-Mon1700
		遠東歐洲快航	NEUR1	11(COS*5/OOCL*6)	19000/21000	13.8	Fri1700-Sat1700
	美洲線	美東	USEC5	EVG*10	8500	12.8	Thu1800-Fri1800
		美東	USEC2	11 (COSC*5/OOCL*6)	13000	12.4	Tue1200-Wed1200
		美西北1線	PNW1	CMA*6	9500	12.6	Wed1900-Thu1000
		美灣快航	USEC7	COS*9	4250	11.4	Thu0300-Thu1300
		美西南1線	PSW1	CMA*6	14000	14.6	Sat1300-Sun1300
	地中海線	地中海	MED2	11(CMA*9/OOCL*2)	11400	14.8	Sat2000-Sun1300
		地中海	MED3	10(CMA*5/COS*5)	9000/10000	14.0	Mon1000Mon1800
	紅海線	紅海2線	RES2	8 (CMA*2/COS*2 /PIL*3/OOCL*1)	11400-10000	13.6	Tue0500-Wed0100
聯盟外航線	美洲線	南美西線	WSA3	11(COS*5)	8500	14.7	Fri1200-Sat0600
	澳洲線	澳洲快航	A3S	5(COS*3/OOL*2)	5600	12.8	Fri1500-Sat1100
		澳洲線	A3C	6(COS*3/OOL*2/CMA*1)	8500		Sat2100-Sun1900

圖 2 廈門港遠海貨櫃碼頭航線佈局

廈門遠海貨櫃碼頭為推動貨櫃碼頭自動化，其碼頭建設工程 2006 年 5 月開工後，於 2013 年 3 月變更設計打造#14 及部分#15 碼頭為中國大陸第 1 個自動化貨櫃碼頭，並於 2016 年通過竣工驗收。

歷年吞吐量：101 年 30 萬 TEU、102 年 60 萬 TEU、103 年 81 萬 TEU、104 年 104 萬 TEU、105 年 113 萬 TEU、106 年 170 萬 TEU、107 年已突破 200 萬 TEU。

(二) 自動化歷程

1. 規劃建設：遠海碼頭自 2012 年起即開始進行導入自動化作業評估，後於 2014 年 6 月接獲上級明確指示，將#14 碼頭改建為自動化碼頭（自動化一期），並於 2014 年 10 月完成所有土建、機具及軟體建置（耗時 4 個月），並立即投入測試，歷經 13 種船型及 300 多艘次測試後，於 2016 年 3 月正式驗收啟用。
2. 改建成本：遠海碼頭依據蒐整之歐美自動化櫃場資料，其雖考量碼頭前後線採垂直式配置具備較佳的作業效率，惟囿於整體後線改建成本及提供廈門港其他既有碼未來改建範例，故仍維持原有之平行式配置，總改建成本為 6.58 億人民幣（以下同），較原預算 4.9 億增加 1.68 億元。

- 3.機具設備：遠海碼頭目前配有 3 部單吊雙小車橋式起重機、16 部自動化軌道式門式機及 18 台自動導引車 (AGV)，其於規劃階段曾經考量導入作業彈性較佳的自動化跨載機 (ASC)，惟考量當時技術尚未成熟且中國大陸並無該製造技術，故仍採用上海振華重工集團生產的 AGV 系統。遠海 AGV 機體重 26 噸，最大荷重 65 噸，空車最高時速 21 公里，載重時速 10 公里，轉彎時速 7 公里，採用交換電池形式，電池效能可維持在 70%-90%之間，電池壽命約可使用 8-10 年。
- 4.作業效率：遠海碼頭於 16 個月測試期每小時作業速率僅 10 個動作數，歷經無數次修正後，目前卸船平均為 32 個動作數；106 年裝船目前約 22-24 個動作數，107 年已提升至最高 30.82 個動作數，(高雄港自營碼頭最高紀錄為每小時 40 個動作數)但仍不及於傳統人工櫃場之效率。



圖 3 作業效率情形

- 5.故障排除：遠海自動化碼頭為顧及作業安全性，AGV 作業場域以圍網進行實體隔離，僅有授權及維修人員可以進入，且由於該碼頭採水平布置，如果遇系統故障且無法立即修復，則可將近橋式機側的圍網拆除後，騰出前線空間恢復傳統作業。

6.碼頭作業量：遠海 4 座碼頭 2018 年作業量約 200 萬 TEU,自動化碼頭約占 1/4，其中自動化碼頭目前每周固定有 4 班幹線船彎靠，作業量在碼頭部分約 11.5 萬 TEU，後線櫃場約 71.18 萬 TEU，約佔 1/3 以上。

7.補助與收費：遠海碼頭為中國大陸第一座自動化碼頭，其建設成本係藉由廈門市政府及國家發改委分別就建設及營運提供智能補助與可循環再生能源獎勵，故現階段對航商裝卸船作業仍維持既有收費，並未針對 AGV 另訂收費標準。此外，遠海碼頭目前亦已建置岸電設備並提供航商進行船舶測試，雖有補助，惟就電費能較使用船舶動力昂貴，且轉換動力需要操作時間及人員，目前航商使用意願仍低落。

8.其他：

(1)廈遠集團後線櫃場屬於平行碼頭法線配置，屬於傳統櫃場的規劃，因配合中國政府推行自動化之政策，仍以平行碼頭法線之配置但改為自動化碼頭，故在 AGV 作業上，需要有較大迴轉範圍，且路徑較遠，效率無法有效提升。

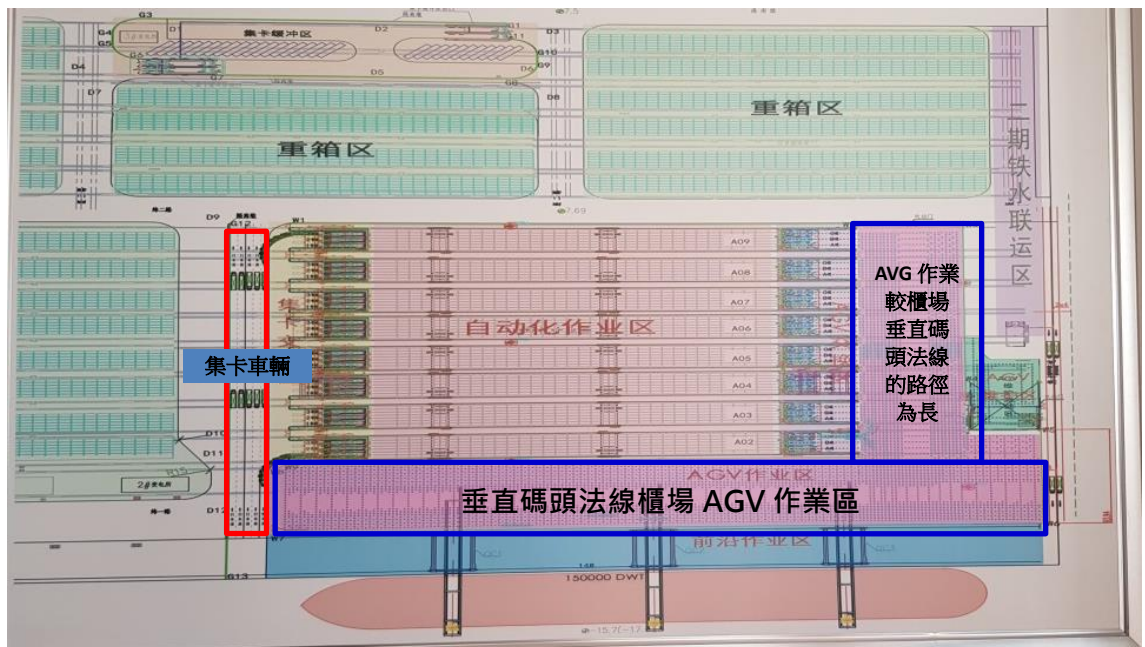


圖 4 廈門港遠海貨櫃碼頭航線布局

- (2)就 TOS 系統上，廈遠集團自動化碼頭與傳統碼頭均有獨立的 TOS 系統及作業場域，彼此無法搭配，須靠後線櫃場集貨卡調度。
- (3)冷凍櫃部分，目前無法自動插拔電，也無法在自動化碼頭操作，須在傳統碼頭裝卸。
- (4)廈門港為中國自動化貨櫃碼頭的第一個示範區，廈遠集團自動化碼頭有時程之急迫性，故在填築新生地時，未能有充裕時間進行地質改良及壓密，故於車行動線上鋪設連鎖磚，如有差異沉陷時，可立即維護辦理局部翻修。
- (5)未來規劃二期鐵水聯運區，將陸運貨櫃改以鐵路自動化運輸搬運，提升後線櫃場貨櫃作業效率。
- (6) AGV 無法自動充電，需要於電池交換區更換電池，在效率上，仍以上海、青島 AGV 可以自動充電，效率較佳。
- (7)危險品不能進自動化櫃場，第一類危險品不收，亦不能堆放。
- (8) 3 部單吊雙小車橋式起重機，主吊臂將貨櫃移至中轉區域進行解插銷動作，解插銷無法自動化須人為作業，再由中轉小車裝卸至 AGV 進行陸上搬運，如解插銷作業可以自動化，將可提升作業效率。

(三) 業務交流

本次考察行程除由廈門遠海集裝箱碼頭公司王冰冰副總及曾建維副總介紹自動化碼頭建設歷程並進行業務交流，亦安排實地參訪碼頭中控中心及自動化作業，其現場實景如圖 5 至圖 8 所示。



圖 5 本公司與遠海公司進行業務交流



圖 6 本公司與遠海公司進行業務交流



圖 7 遠海自動化碼頭現場實景



圖 8 遠海碼頭控制中心作業實景

二、上海港洋山四期貨櫃碼頭

(一) 背景資料

上海國際港務（集團）股份有限公司(簡稱上港集團，英文商標 SIPC)是中國大陸最大的港口企業，集團前後經歷了上海港務局，改制成為上海國際港務（集團）有限公司，由上海市國有資產監督管理委員會、招商局集團的招商國際等五家單位作為發起人發起設立，經國家商務部批准，於 2005 年 6 月 28 日正式成立。上港集團於 2006 年 10 月 26 日在上海證券交易所掛牌上市。上港集團現任董事長為陳戌源、總裁為嚴俊。

上港集團上海地區下轄分公司及內設機構 15 家，下轄子公司（全資及控股）及參股企業 43 家，主營業務分四大版塊，分別為「貨櫃碼頭業務」、「散雜貨碼頭業務」、「港口物流業務」及「港口服務業務」，整合上海港包括碼頭裝卸、航運、倉儲堆存、陸運及代理等服務在內的港口物流產業鏈。

上海港洋山四期位於洋山深水港區最西側，碼頭長度 2,350 公尺，興建 5 個 5 萬噸級和 2 個 7 萬噸級貨櫃船席，平均陸域縱深約 500 公尺，總用地面積 223 公頃，碼頭設計水深 17.1 公尺。設計年貨櫃吞吐量為 630 萬 TEU(初期年貨櫃吞吐量為 400 萬 TEU)，相關建設工程於 2014 年 12 月開工，2017 年 12 月開始營運，總投資金額約 139 億人民幣。

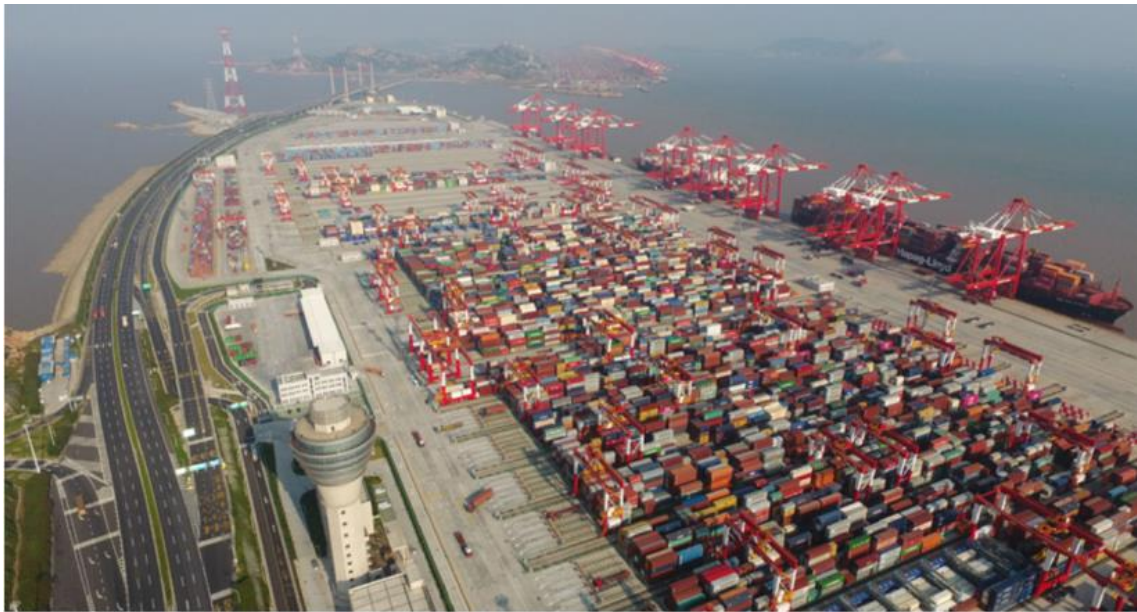


圖 9 上海港洋山四期自動化碼頭俯視圖

<p>上海洋山四期自动化码头 Yangshan Phase IV Automated Terminal</p>	<p>零排放绿色码头 Green Port</p>
<p>位于洋山深水港区最西侧 Located on the west side of Yangshan Deep Water Port 2014年12月开工建设，2017年12月开港试生产 Constructed in December 2014 and opened for trial operations in December 2017</p>	<p>码头装卸运输设备全部采用电力驱动 All-electric handling and transportation equipment</p> <p>港口船舶岸基供电 Shore power</p> <p>节能新光源、办公区域电能监控、太阳能辅助供热等技术应用 Green technologies: energy saving lighting, office area power monitoring and solar power assisted heating, etc.</p>
<p>码头概况 Terminal Specifications</p>	<p>自主研发的智能系统 Independent-Developed Intelligent System</p>
<p>设计年吞吐量630万TEU Designed annual throughput capacity: 6.3 million TEU</p>	<p>采用上港集团自主研发的自动化码头生产管控系统 Terminal Operation System independent-developed by SIPG</p>
<p>总面积223万平方米 Total terminal land area: 2.23 million M² (223 ha)</p>	<p>高效地组织生产调度和自动化装卸设备作业 High efficient planning, scheduling, and equipment dispatching</p>
<p>码头岸线2350米 Quay length: 2350 meters</p>	<p>实现桥吊远程操控和堆场装卸、水平运输的无人化，改善劳动环境，劳动强度，解放生产力 Realizing remote control of ship handling, unmanned yard handling and horizontal transportation, improving working environment and reducing labor intensity</p>
<p>7个集装箱深水泊位 7 deep water berths</p>	<p>衔接上海港各大数据信息平台，提升客户服务能级，提高港口物流效率，促进社会协同发展 Connecting with the information platforms of Shanghai port, and improving customer service and port logistics efficiency</p>
<p>自动化箱区61个，非自动化箱区8个（危险品和超限箱区） Yard: 61 automated blocks & 8 non-automated blocks (IMO and OOG)</p>	

圖 10 上海港洋山四期自動化碼頭簡介

(二) 自動化歷程

1. 規劃建設：上港集團於 2012 年啟動自動化評估，2014 年 10 月報國家發改委核准，土建（含填地及分層輾壓地改作業，惟因成本考量，致後續有差異沉陷問

題產生)於 2016 年底完成,相關自動化作業機具於 2017 年正式啟動測試作業, 2017 年 12 月開始營運,總投資金額人民幣 139.6 億元。

2.機具設備:洋山四期年設計能量 630 萬 TEU,初期自動化機具以 400 萬 TEU 規模配置,以 16 部遠端遙控雙吊雙小車橋式起重機搭配 80 部自動化軌道式門式機及 88 台 AGV 自動化導引車,未來將視營運規模擴增至 26 部橋式機搭配 130 部自動化軌道式門式機及 120 台 AGV 自動化導引車。

3.機具選擇:

- (1) 橋式機:採用遠端遙控雙吊雙小車橋式機,幹線船均採遠端遙控(海側)及自動化(陸側中轉平台)作業,單桿作業效率平均每小時 27-28 動作數,約與一般傳統人工作業效率相當。
- (2) AGV 自動化導引車:採遠端遙控作業。另在 AGV 動力部分,仍採用更換鋰電池型式作為交換動力執行方式,交換作業時間約十幾分鐘。
- (3) 門式機:依其門樑外伸與否,分為無伸臂式、單臂式及雙臂式等三種門式機混合使用,以增加運輸及傳送效率,另橋式機與門式機搭配比例約為 1:5。



圖 11 上海港洋山四期自動化碼頭作業流程

- 5.TOS 系統:AGV 的路徑規劃與安全控制系統由振華公司提供，車輛調度、橋式機及門式機自動化系統則由上港集團旗下軟體子公司自行研發。目前，橋式機採 1 對 1 遠端操控（未來可提升至 1 對 3），ARMG 則為 1 對 5。
- 6.岸電系統：每套設備約 600 萬人民幣，雖有設置，但航商使用意願較低，一來電力系統轉換需要時間，二來航商作業時間使用燃油較使用岸電便宜，且政府無有效的補貼方案，造成使用率不佳。另使用岸電目的在關閉船內大型動力機械之運轉，港內作業完畢，須在很短時限內將此等大型動力機械重新開機運轉以便出航，稍有延誤，就會歸咎輪機人員，將造成貨櫃船上輪機人員極大的工作負荷及壓力。此等動作在大型船舶而言，祇在新船或既有船舶在大修後離開乾船塢時為之，那時有很多船廠或維修商工作人員在旁協助。如果只是靠碼頭裝卸貨後，短時間就要離開，船上輪機人員應無意願執行停機再開機的動作。
- 7.系統測試:上港集團為縮短自動化碼頭測試期間，於土建期間即啟動機具採購程序（約 18 個月），並同步規劃測試區，於 2017 年 12 月開始營運。
- 8.重櫃區及空櫃區作業方式：採混合作業，即重櫃包含空櫃。
- 9.收費方式及成本回收:洋山港四期自動化碼頭與一~三期傳統碼頭收費一致，無額外加收費用，以吸引貨櫃航商進駐、增進使用誘因；另預估 7-8 年可回收成本。
- 10.未來規劃:上港集團除建置全自動化貨櫃碼頭外，未來亦規劃將鎖頭標準化(不同鎖頭須由人工進行裝卸)，以達全面自動化作業。

（三）業務交流

本次考察行程主要拜會上港集團尚東集裝箱碼頭公司孫金余副總經理（如圖 12），雙方除就洋山四期自動化碼頭進行意見交流，亦赴實地參訪作業現況，其現場實景如圖 13 及圖 14 所示。



上

圖 12 港集團進行業務交流



圖 13 上海洋山四期碼頭後線儲區作業



圖 14 上海洋山四期碼頭後線危險品儲區作業

三、上海振華重工集團暨長興生產基地

(一) 背景資料

- 1.上海振華重工(集團)股份有限公司(簡稱振華重工):振華重工成立於 1992 年,港機產品進入加拿大市場,原名上海振華港口機械(集團)股份有限公司,英文商標 ZPMC,是世界最大的港口機械和大型鋼結構製造商(橋式機與門式機全球市佔率 70%以上),旗下業務以港口機械子集團為主(營收占比達 60%以上),另尚有海工、投資及智慧等 6 個子集團,現任董事長為朱連宇、總裁為黃慶豐。

振華重工總部位於上海,下轄長興分公司、常州分公司、長興精密鑄造有限公司、江陰分公司、上海港機重工有限公司、南通分公司、上海振華重工集團(南通)傳動機械有限公司等達 10 個生產基地,佔地總面積 1 萬畝,總岸線 10 公里(含深水岸線 5 公里、承重碼頭 3.7 公里),目前包含廈門港遠海、上海港洋山四期及青島港前灣四期自動化貨櫃碼頭機具皆由該集團設計製造。

- 2.上海振華長興生產基地:長興分公司是上海振華重工(集團)股份有限公司最大生產基地之一,也是世界規模最大的重型裝備製造生產基地。長興基地位於長江口的長興島,占地約 304 萬平方公尺,其中廠房約占 78 萬平方公尺,碼頭岸線 4.65 公里,每年可生產 280 部橋式起重機和 47 萬噸鋼結構,目前員工總數約 28,000 人。

長興基地現有可承重 5,400 噸(單件)的重型碼頭 1 座,還有 7 座橋式起重機總裝碼頭,碼頭總長 2,390 公尺,可安放 100 台以上橋式機安裝及測試,並有 3 台大型浮吊,其中 1,600 噸兩台、2,200 噸一台,另有 10,200 平方公尺重型車間,內有 400 噸重型行車 8 台,車間淨高 28 公尺,地面承載力 2000 噸。此外,長興基地配有 26 艘六萬噸級整機運輸船,可利用鄰水優勢,整機運往全世界。

(二) 業務交流

本次考察行程主要拜會振華重工劉啟中副總裁及其自動化小組（如圖 15），並由振華集團分享貨櫃碼頭自動化作業機具開發歷程(包含廈門港遠海、上海港洋山四期及青島港前設備簡要說明如下。



圖 15 本公司與上海振華重工集團業務交流

1.遠端遙控橋式起重機：

- (1) 技術突破：振華集團設計製造的遠端遙控橋式機主要搭配 AGV 使用，其除具備船體掃描系統外，尚能抗風、防撞、防扭，且可透過軟體程式輔助作業。此外，設有遠端遙控橋式起重機之模擬機供測試使用，以增加作業精準度及增進操作人員舒適度。

振華集團在洋山港等，都有進行碼頭作業的監控，能即時掌握碼頭作業情形，也能協助現場故障排除，並針對作業效率，進行監測及研究，有助於未來自動化碼頭作業效能優化。

- (2)使用限制: 目前岸橋作業系統受限於船舶端仍為人工操作，以青島港為例，配合全自動化碼頭設備，其在陸側採用機械手臂拆解貨櫃扭鎖，惟目前尚處測試及研發階段，且囿於貨櫃扭鎖型式繁雜且不一致，短期內仍無法統一扭鎖規格。此外，海側作業仍有風浪及繫解貨櫃固定纜繩之需求，橋式機自動化作業仍僅限副小車系統，主小車仍需採遠端遙控，暫時無法達到全面自動化。橋式機與操作人員比例為 1:1。另門式機與操作人員比例為 3~5:1。
- (3) 製造方式：採用工業 4.0 方式，模塊化優化設計，並以智能焊接及儲放，增進製造效能及生產標準化。

2.自動化導引車輛設備：

- (1) 載具形式：上海振華為因應中國大陸自動化政策，於 2012 年研發出第一台 AGV，歷經測試改良，除傳統載具型 AGV 外，亦設計出改良版的舉升式 AGV (LO/LO)，可藉由載具本身的液壓裝置舉升貨櫃至後方儲區的欄架，有效縮短 AGV 等待時間，並節省 1/3 車輛數。AGV 目前設計壽年約 15 年。
- (2) 動力系統：上海振華設計的 AGV 可分為淺充淺放的機會充電式及可換電池式。其中，機會充電式 AGV 要求快充快放，可換電池式則講求續航力，其基本使用效能須達連續工作 8 小時以上，電池壽命約 6~10 年。
- (3) 行駛速度：AGV 載重目前可達 70 噸（可裝載雙 20 呎），空、重車最高時速皆可達 25km/hr，轉彎時速則約 7.2km，其非 AGV 本身硬體限制，主要考量為行駛安全及櫃場配置，如櫃場範圍空間較大，可略微提升其行駛速率。
- (4) 故障排除：AGV 依異常狀況及作業情況（裝載貨櫃與否），可區分為「系統重置」、「遠端遙控」、「劃設禁行區」及「人工排除」等 4 種方式，以將作業影響程度降至最低。

3.AGV 導引磁釘：於貨櫃碼頭自動化作業系統，AGV 之地面感應磁釘係採矩陣式埋設，間距大約為 2-4 公尺（依動作複雜程度），每個磁釘單價約 18 美元，成

本較高。另為配合碼頭預埋磁釘及 AGV 承載力需求，其鋪面以採剛性（RC）路面為宜，並須注意磁釘半徑 20 公分內勿有鋼筋結構以避免影響其磁力感應。

4.輪胎式與軌道式門式機比較：

	輪胎式門式機	軌道式門式機
作業方式	陸側作業	陸側作業，惟不能用端部作業
供電方式	柴油機、電纜捲盤、滑輪線	電纜捲盤
通訊方式	光纖、無線傳輸、5G、電纜	光纖
大車定位	大車 Flag 板、磁釘	視覺定位、磁釘、DGPS 定位
集卡、箱號識別	識別能力差	識別能力高
超車、大車防撞	視覺辨識、雷達、激光	物理隔離

5.碼頭機械設備改裝：振華集團針對已交貨之設備，亦提供改善的服務，可加高或加寬，或者進行自動化設備之優化，目前長榮及台北港貨櫃碼頭公司之橋式起重機，均於長興基地進行改裝。



圖 16 振華長興分公司長興基地實景概況



圖 17 遠端遙控橋式起重機控制系統介紹

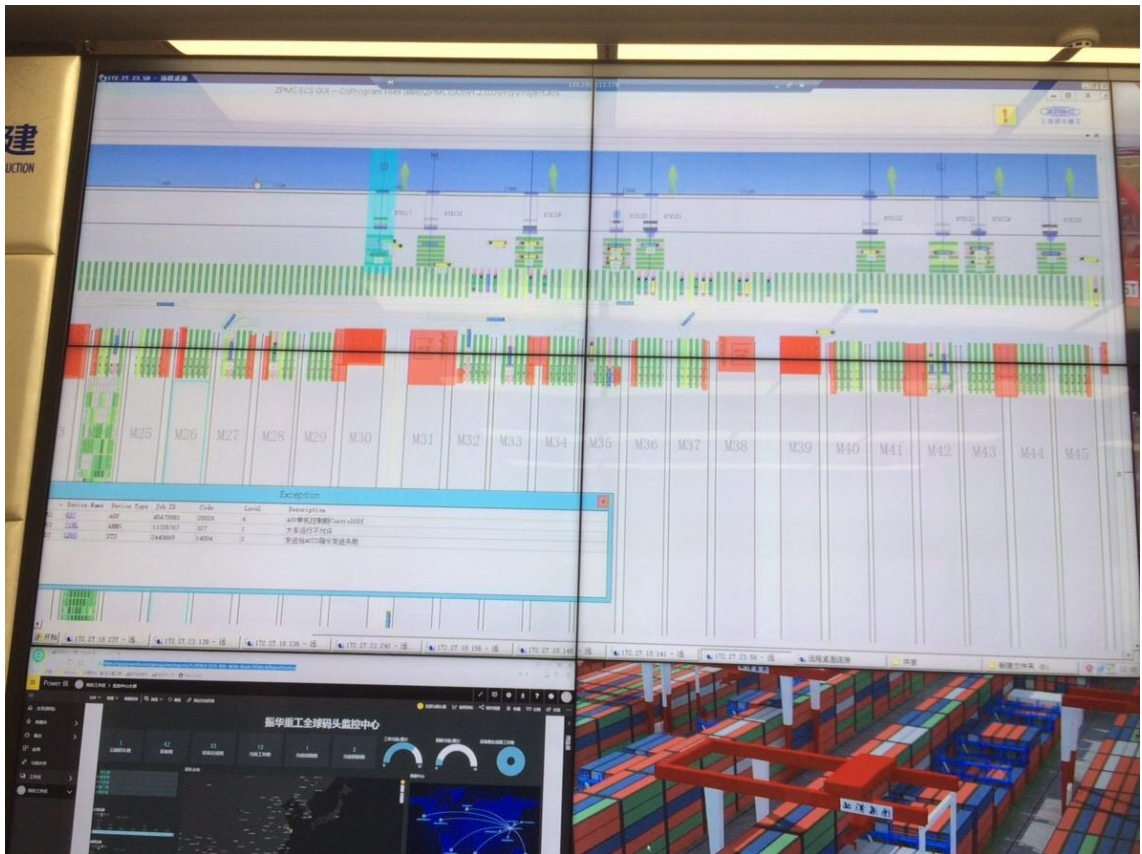


圖 18 遠端遙控橋式起重機控制系統(含機具設備監控、位置、異常情形排除等)



圖 19 橋式機小車裝配間導覽



圖 20 橋式機小車裝配



圖 21 長興基地橋式起重機整裝待送

四、青島港前灣四期貨櫃碼頭

(一) 背景資料

青島港位於黃海西海岸，山東半島南岸西部的膠州灣口附近，於 1892 年開始建設，主要從事各類型進出口貨物之裝卸、儲存、中轉等物流服務，以及國內外客運服務，其貿易往來對象包含 130 多個國家及 450 多個港口，為中國大陸在東北地區重要之國際貿易港口及海上貨運樞紐。青島港自然條件優越，水域廣闊，天然航道水深為-20 米，且終年不淤不凍，為世界著名之天然良港。青島港在 2017 年世界貨櫃運量排名為全球第 8 大貨櫃港，且為中國外貿貨物吞吐量達億噸之第二大重要港口，該港 2017 年貨物吞吐量為 5.2 億噸。

青島港港區範圍包含「大港(老)港區」、「前灣新港區」、「黃島油港區」及「董家口港區」，由青島港（集團）有限公司管理經營，青島港集團前身為青島港務局，並於 2003 年改制公司，旗下「青島港國際股份有限公司」（香港上市）專營碼頭業務，該公司現任董事長為鄭明輝、總裁為焦廣軍。



圖 22-青島港四大港區

以青島港四大港區發展定位而言，貨櫃業務發展以前灣港區營運為主，前灣港區為中國大陸港口中唯一一個在貨櫃、原油、煤炭、礦石四大貨種之年運量均超過 1,500 萬噸之港口。前灣港區目前發展至第四期(位置圖如圖 22)，第

四期部分係由「青島新前灣集裝箱碼頭有限公司」持有(該公司成立於 2007 年，其股東組成為青島前灣集裝箱碼頭有限公司 80%、泛亞國際航運有限公司 20%)，規劃建設 6 個泊位，岸線總長 2,088 米，縱深 784 米，碼頭前沿水深 -20 米，年裝卸能量達 520 萬 TEU，可停靠世界最大 24,000 萬 TEU 貨櫃船，目前其進出口櫃與轉口櫃比例為 20%:80%，仍以進出口貨櫃為主，而碼頭一期配置 7 台單起升雙小車橋吊(STS)、38 台電動自動導引車、38 台全自動高速軌道吊(ASC)。



圖 23 -青島港前灣港區第四期貨櫃碼頭位置圖

(二) 導入櫃場現代化先進作業系統歷程

1. 規劃建置階段：

青島港因應中國大陸政府大力推廣智能化碼頭建設，以及現今自動化櫃場發展趨勢，在考量當地天候對於港口作業影響等因素下，2013 年 10 月啟動碼頭自動化規劃作業，2015 年全面展開自動化碼頭工程建設，且於 2016 年 9 月完成碼頭自動化設備建置與完成數據傳輸中心，2017 年 5 月正式啟用投入商業運營。



圖 24 青島港前灣 4 期導入櫃場現代化先進作業系統推動歷程

依據青島前灣集裝箱碼頭有限公司楊副總裁表示，青島港自動化貨櫃碼頭建設時程僅歷時 3 年多完成常規需要 8-10 年的建設工程，且建設成本僅為國外同類碼頭之 65%-75%，並自主構建一套智能生產管理系統和設備控制系統，統籌協調上百個生產要素，兩個作業泊位，僅需 9 個遠程監控元就能完成傳統碼頭現場 60 多人之工作，並融入綠色發展理念，力求資源效能最優(追求零排放、低能耗)，首創自動導引車循環充電系統(世界最輕、自動充電，續航無限制之 AGV)，節省換電站建設成本上億元，首創軌道吊”一鍵錨定”系統，所有大型設備 2 分鐘完成自動錨定，目前僅有一台橋式機刻正進行機器人自動拆裝貨櫃扭鎖的測試作業，期能以智能技術代替人工作業。

2. 碼頭配置：

目前規劃於前灣港區四期建置 6 席自動化泊位，碼頭全長 2,088 公尺，縱深 784 公尺，水深 20 公尺，現階段啟用#5-#6 號泊位，#7-#8 號泊位屬第二期計劃，目前已啟動公共建設，預計 2020 年投入商業營運，而#9-#10 號則屬遠期計畫，將視營運狀況擴建。

3.機具設備：前灣自動化碼頭目前配置7部遠端遙控單吊雙小車橋式機、38台AGV及38部自動化軌道式門式機，其櫃場現代化先進作業系統模式分別說明如下：

(1)岸邊裝卸無人化：

- A.碼頭操作系統 TOS 取代繁瑣之人工作業模式，依據船箱訊息自動生成作業計畫，智能橋式機自動掃描船舶輪廓生成最佳作業路徑(岸邊裝卸無人化)，其橋式機軌距 35 公尺，採用單吊雙小車形式，海側主小車為人工遠端遙控作業，陸側副小車則為電腦自動化控制。
- B.建有光學辨識系統讀取貨櫃箱數據，取代人工理貨，且一部橋式機配有 4 具軌道式機械手臂，機器人手臂可自動完成拆裝貨櫃鎖栓作業，自動完成岸邊裝卸作業。

(2)櫃場水平運輸無人化：

38 台自動導引車(AGV)與地面下 2 萬多個磁釘相互感應，將位置訊息回饋於系統，動態調整最佳路徑，且藉由激光防撞系統與超聲波感知系統連結，建構有秩序之行車軌道，自動完成貨櫃水平運輸。前灣碼頭採用與廈門相同的「機會充電式」AGV，節省換電站建設成本上億元，且充電效能優於廈門遠海碼頭AGV，其中較特別的是，其電池、導向與充電迴路係由青島港與國內業者合作開發電池，元件則採用日本三菱製造之元件，非由振華製造，另 AGV 車體則由上海振華重工提供 10 年保固。



具有抬升功能之AGV



AGV 機會充電模式

圖 25-自動導引車建置功能



圖 26-自動導引車 AGV 作業



圖 27-自動導引車 AGV 移動及待命



圖 28-自動導引車 AGV 作業及待命

(3)櫃區作業無人化：

軌道基礎採用 pc 打樁方式，防止未來沉陷，後線作業部份，目前危險櫃及特殊櫃於橋式機跨距內之車道採人工作業專區存放，冷凍櫃及空櫃則與一般貨櫃相同，進入自動化區域儲放。高速軌道吊桿依據系統指示之任務，自動掃描堆場訊息、路徑，自動完成貨櫃的運輸作業。



圖 29-櫃場作業以高速軌道吊桿完成任務

(4) 閘口查驗無人化：

無人化閘口可自動查驗收發貨櫃訊息，並完成放射性檢測，完成外來貨櫃拖車運載貨櫃作業。



圖 30-無人化閘口自動採集貨櫃訊息示意圖

4. 成本回收：前灣四期 2 席碼頭總投資成本約 35-40 億人民幣（含土建及機具），較傳統碼頭增加 20-30%。另依青島港集團估算，機具折舊期以 10 年估算，預估約 10 年後將可回收初期建置成本。
5. 人力節省：依據前灣四期自動化碼頭設計，目前兩席碼頭櫃場包含操作人員、設備完修人員及 IT 人員，合計約 100 人，預期未來系統作業成熟後，人力將可再縮減。如與相同規模傳統碼頭相比，可節省 70% 人力；另以橋吊作業所需人力相比，傳統作業 2 個泊位之橋吊司機約需 60 人，在自動化碼頭規劃下，目前 7 台橋式起重機僅需 9 位遠程操控員即可完成，大幅減省人力運用成本。
6. 作業效率：依據前灣碼頭規劃設計，其模擬可達每小時 40 個動作數，優於半自動碼頭 36 個動作數，目前平均作業效率達 33.1 個動作數，已較人工碼頭作業效率為高，此外，碼頭外貨櫃運輸車單次進場總時間則可控制在 15 分鐘內完成，優於傳統碼頭約半小時之作業時間。

7.碼頭岸電：青島港因應國家政策，於每席碼頭皆有設置船舶高壓岸電系統，惟目前使用率低(不到 5%)，且政府未有補助相關費用，將以使用者付費方式，向航商酌收費用。

(三) 業務交流

本次青島港考察行程主要拜會青島前灣集裝箱碼頭有限公司楊杰敏副總裁，雙方除就前灣四期導入櫃場現代化先進作業系統進行現場作業觀摩及經驗分享交流外（如圖 31），楊副總裁亦分享未來無人化是貨櫃碼頭發展趨勢，在相關作業環節標準化後，更可實現無人化之目標。未來青島港在第二期規劃方面，將依據第一期 2 席泊位在碼頭土建、機電、設備、系統之規劃、設計、整合及採購之建置經驗，預期能在最短時間獲取最大整合效益。



圖 31 -本公司與青島港集團進行業務交流

青島港前灣四期導入櫃場現代化先進作業系統現場作業實景如圖 32 所示。

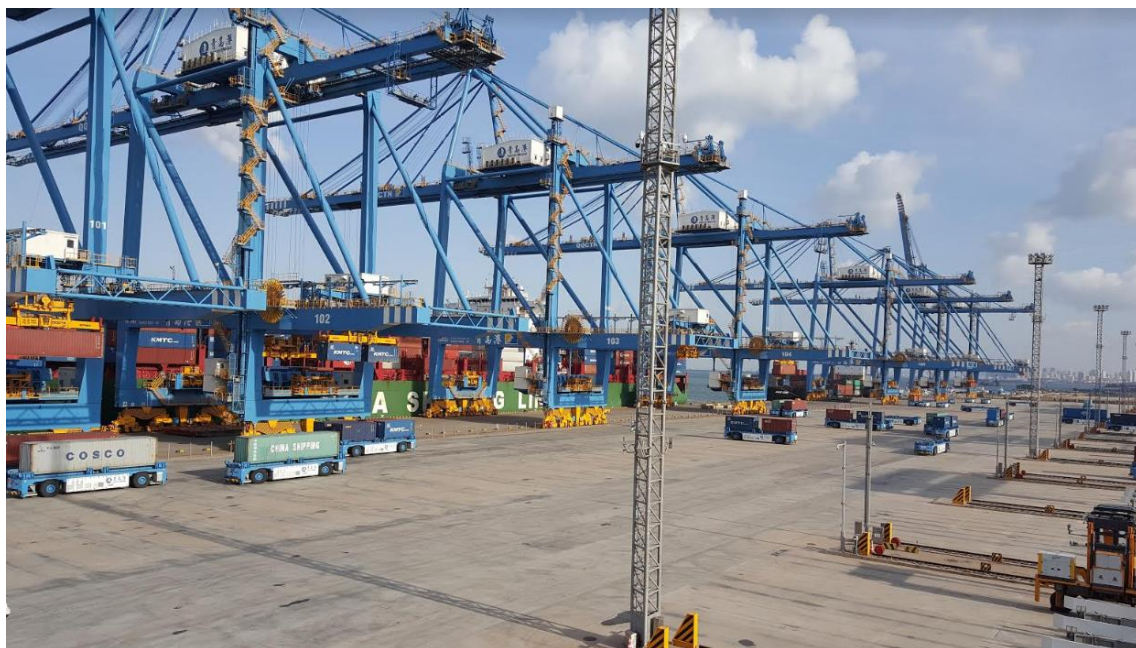


圖 32 -青島港前灣四期碼現場作業實景圖

五、航商業務拜訪

本公司為建立與航商良好顧客關係，且持續爭取兩岸航商增闢航線彎靠臺灣，本次考察行程安排拜會萬海航運股份有限公司、上海東亞運輸倉儲有限公司及中國外運有限公司，藉由雙方業務交流進一步了解兩岸航運合作發展趨勢，以及就中國大陸港口推動櫃場現代化系統對於航商運輸貨櫃作業產生之影響，並行銷本公司於基隆港及高雄港自營櫃場營運作業情形，以積極爭取未來雙方合作機會。

(一) 萬海航運股份有限公司暨上海東亞運輸倉儲有限公司

萬海航運為臺灣前三大國輪之一，其業務發展主要在亞洲，歐洲線較少，目前該公司在臺中港及高雄港皆有承租貨櫃碼頭，營運船隊共有 72 艘船及 24 艘外租船。依據該公司未來業務規劃，將利用近年船價低迷，訂造 20 艘全貨櫃船，預計 2020 年 10 月交船，此次訂造新船目的將為調整船隊與市場發展。另該公司在業務交流時，表示國際海事組織(IMO)制定 2020 年船舶最大硫排放

量需從目前 3.5%降至 0.5%，對於萬海影響也不小，因為萬海航運主要以近洋線為主，貨櫃船隻體積較小，不易安裝脫硫器，因此公司將規劃直接改用高價之低硫燃料油，燃料成本將大幅上升，預期佔總營運成本近 2 成。

萬海航運表示中國大陸近年積極推動櫃場現代化先進作業系統現場作業，主要係由轄管港口之管理單位進行主導，並透過區塊鏈之實施，將電子提單無紙化，並搭配 OCR 系統，貨運司機以預約方式完成提領櫃作業，航商需配合執行。另表示對於日前美中貿易戰帶來之提前出貨潮，帶動運送需求，對於以近洋線發展為主之萬海航運而言，亦受惠中國大陸廠商機及轉移生產線到東南亞，帶動營運表現成長，惟對於明年市場影響狀況，將有待觀望。

另本公司為拓展國際營運版圖，前於 107 年 5 月 15 日與陽明海運公司、東亞運輸倉儲公司及印尼所在地之業者合資成立臺印貨櫃物流公司，爰本次考察亦安排拜會上海東亞運輸倉儲公司之王耀宗總經理，依據王總經理表示上海東亞已由長榮物流獨資轉投資經營，其經營總部-浦東倉庫堆場總面積約 45,423 平方公尺，最大容量為 3,000TEU；另洋山堆場總面積為 7,600 平方公尺。對於日前中美貿易戰造成明年市場影響狀況，以東南亞線而言，預期應該影響不大。

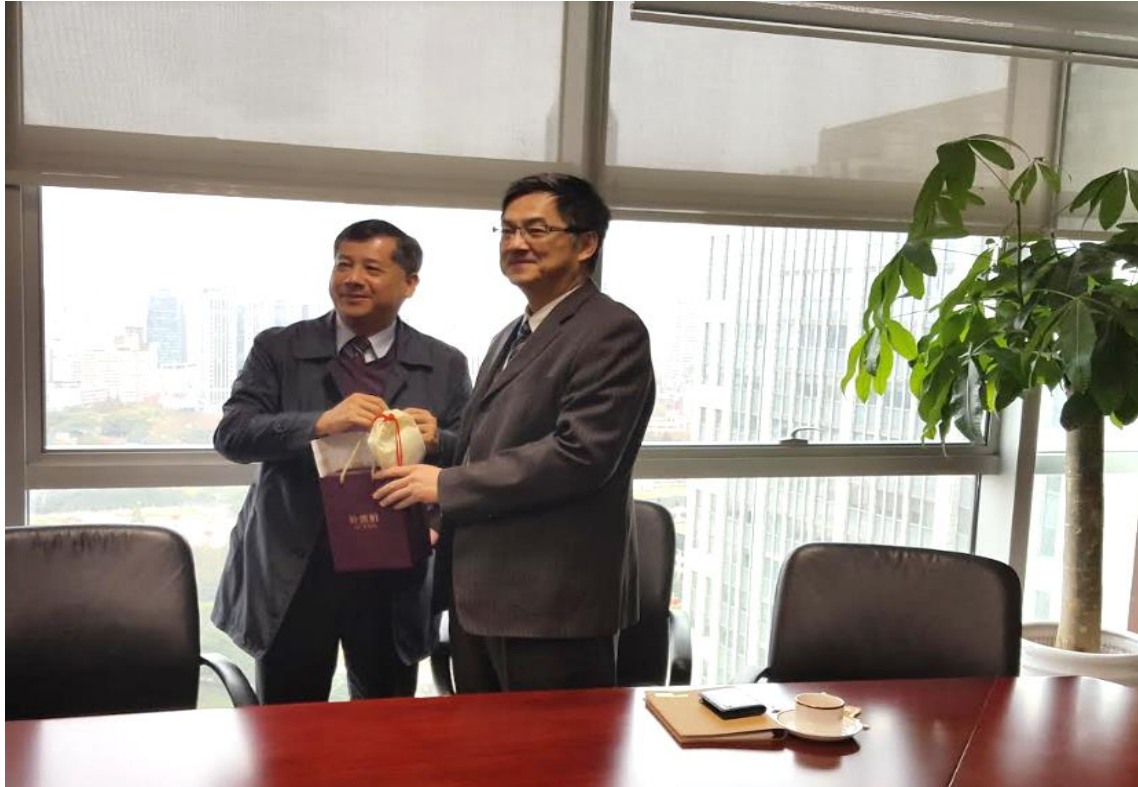


圖 33-本公司與萬海航運公司暨上海東亞運輸倉儲公司業務交流

(二) 中國外運股份有限公司

中國外運股份有限公司於 2016 年由招商局集團引資 10% 股權參與營運，其主要經營是以近洋航線為主，集中於亞洲區，亦有部分的澳洲航線，也有兩岸直航航線，並無參與航運聯盟，而是與山東海運、海豐集團、萬海集團等進行艙位互換，目前有靠泊本公司基隆港自營櫃場，以及高雄港之現代或萬海之碼頭進行裝卸作業，是基隆港自營櫃場最大的航運合作業者。對於未來兩岸直航增加運力方面，該公司表示受限中國大陸對於兩岸運力仍有其控制權，該公司未來發展規劃仍須由招商局同意後，才能執行。該公司未來航線佈局方面，將持續關注東南亞航線之運力變化，進行相關業務調整。

在洽詢對基隆港及高雄港合作部分，該公司對於港口設備及基礎建設表示滿意，未來仍以小型 feeder 船為主，並無換大船的規劃，惟就部分超重貨櫃需要有起重能力 45T 的橋式機作業，基隆港 W22、23 碼頭橋式機於 105 年更新後，已具有 45T 以上起重能力，該公司亦可事先申請。未來如在兩岸法規鬆綁或者合作環境改善的話，不排除增加兩岸航班。



圖 34-本公司與中外運集團業務交流

伍、結論與建議

一、結論

全自動貨櫃碼頭具備「減少天候因素對碼頭作業的影響」、「場域無人化提高作業安全」、「降低勞動強度減少人為錯誤」及「降低人工作業成本」等優勢，目前全球前 20 大貨櫃港中，以荷蘭鹿特丹港（1993 年）Delta Terminal、Euromax、Maasvlakte II 及 Rotterdam World Gateway 碼頭與漢堡港（2002 年）CTA 碼頭率先導入無人自動導引搬運車系統，進行貨櫃碼頭前後線水平運輸，美國洛杉磯港及長堤港亦於 2016 年陸續跟進。

中國大陸在貨源成長可期及綠港政策倡議的背景下，由中央政策主導於廈門港、上海港及青島港建置全自動示範碼頭，並由振華公司針對自動化碼頭機具進行一系列研發、生產及製造，且秉持「中國製造」指導原則，以上海振華重工集團自行研發的自動化作業機具為其發展後盾，本報告謹綜整前述大陸三港自動化發展規模如下表。

項目		廈門遠海 (2016 年 3 月啟用)	上海洋山四期 (2017 年 12 月啟用)	青島前灣四期 (2017 年 5 月啟用)
碼頭 配置	岸線	583(1 席)/1,508 公尺(4 席)	2,350 公尺(7 席)	670(2 席)/2,088(6 席)
	縱深	810 公尺	平均 500 公尺	784 公尺
	儲區形式	平行式(既有改建)	垂直式(新建)	垂直式(新建)
	設計運量	260 萬 TEU(每席 65 萬 TEU)	630 萬 TEU(每席 90 萬 TEU)	520 萬 TEU(每席 87 萬 TEU)
機具 設備	橋式機	3 部單吊雙小車(人工)；遠端遙控預計 2017 底導入測試	初期 16 部遠端遙控雙吊雙小車；遠期 26 部	7 部遠端遙控單吊雙小車
	AGV	18 台 AGV，空車時速約 20 公里，載重時速約 10 公里	初期 80 台 AGV，空重車時速皆可達 25km；遠期 130 台	38 台 AGV，空重車時速皆可達 25km
	ARMG	16 部(7 ROW)	初期 88 部(10 ROW)； 遠期 120 部	38 台(9 ROW)
作業 效率	實際運作	每小時約 22-25 個動作 目前可 30.82 個動作	每小時約 27-28 個動作 最高可約 40 個動作	每小時約 33.1 個動作 最高可約 40 個動作

投入	建設經費	6.58 億 RMB(含改建)	139.6 億 RMB(含土建)	40 億 RMB(含土建)
成本	回收年期	-	約 6-7 年(滿載營運)	約 10 年(滿載營運)

二、建議

全自動化貨櫃碼頭雖具備「場區無人化」、「不受天候與時間之影響」、「節省人事費用」等優勢，惟仍存在「投資金額龐大」且「作業效率不佳尚待提升」等劣勢，因此現階段多由環保要求、作業環境及人力成本較高或具罷工風險的歐美市場採用，相對於人力成本低、要求高作業效率的亞洲市場，碼頭業者仍較青睞穩定度與機動性高且成本低的場內拖車搭配自動化後線櫃場。

然而，全球航運市場在船舶大型化、智慧化及航線集中化的趨勢下，全自動化作業仍將成為貨櫃碼頭未來主流發展，新加坡港亦已於 2016 年採購 22 台 AGV（含 18 台芬蘭製、2 台法國製及 2 台日本製）進行測試，未來除預定於 Pasir Panjang Terminal 四期碼頭（PSA 及 CMA 合資經營）導入 AGV，亦將於建設中的 TUAS Terminal 建置遠端遙控橋式機，以搭配 AGV 及後線自動化軌道式門式機打造全自動化的貨櫃中心。因此，為因應市場變化及科技發展，本公司宜及早啟動相關評估作業，本報告謹依據本次考察經驗提出下列 5 點建議，俾作為臺灣未來港口發展及碼頭建設之參考。

- 1.臺灣港群既有貨櫃碼頭前後線場地配置已定型，改建成本高昂且影響現有作業效能，且自動化櫃場為減少 AGV 作業路徑，多採櫃場垂直碼頭法線配置，而傳統貨櫃碼頭多以橫向只與碼頭法線平行配置，如將傳統貨櫃碼頭改建為自動化碼頭，如廈門港之例，並無明顯提升碼頭裝卸效率，並且將付出更多碼頭改建成本，較不符合經濟效益，未來以新建碼頭導入全自動化作業系統為佳。
- 2.自動化碼頭之作業效率在青島港，已接近趕上傳統作業碼頭，如就中轉平台可以自動解鎖，以及冷鏈櫃場可以自動插拔電源時，作業效率定可大幅再提升，屆時傳統碼頭作業效率將不及自動化櫃場，將影響港口作業效率及競爭力，故自動化碼頭國際知名港口及相關專家所預測，將成為未來趨勢。新建貨櫃碼頭

導入全自動化作業設備需仰賴航商業者貨源支持方具經濟規模，故仍須兼顧碼頭作業效率，爰建議初期可優先導入遠端遙控橋式起重機搭配後線櫃場自動化作業，保留 AGV 升級空間並同步導入相關設備進行測試評估，再視實際作業效能逐步推動。

- 3.全自動化貨櫃碼頭雖具備低碳排放及高作業安全等優點，惟初期投入成本龐大，建議主管機關可考量納入「綠能科技產業推動方案」，除提供政策支持與實質補貼，亦能結合國內產、官、學界建立技術整合支援服務，以達成「以產業需求帶動研發能量，以研發能量驅動產業發展」的發展目標。
- 4.近期台灣國際商港有進行貨櫃碼頭新建之計畫，係為高雄港第七貨櫃中心的建置，已於 107 年簽約長榮公司投資開發，將於 111 年中交付 S3B-S5 碼頭及後線櫃場，112 年中交付 S1-S3A 碼頭及後線櫃場，可以考量以鼓勵或租金優惠方式，協助業者建置自動化碼頭，提升國際競爭力。
5. 兩岸直航未給我國港口或國輪航商，帶來突破的發展。主要國際貨櫃航商以大陸港口做為主要泊靠港，包含上海、深圳、寧波、廣州、青島、天津，運量都超過高雄港，且腹地廣大，導致我國港口在轉運樞紐港之地位備受挑戰，地理區位也有弱勢化之趨勢。

次依「臺灣地區與大陸地區海運直航許可辦法」、「加強臺灣海峽兩岸集裝箱班輪運輸管理的公告」等相關規定，中國大陸或臺灣資本的航運公司經營的國際幹線貨櫃船舶可以在同一航次中掛靠兩岸港口，經營兩岸的外貿貨物運輸。但國際貨櫃船舶就有諸多限制，未來也期待航運法規能夠加速開放，已提高台灣中轉貨運。