

貨櫃儲區配置與作業機具指派之研究

A Study of Container Block Deployment and Equipment Assignment

吳清慈 (Ching-Tsyr Wu)*

摘要

貨櫃碼頭不僅是海上運輸服務的大門，其整體的營運績效亦影響航商之航線規劃，對航商而言，港埠經營績效乃以貨櫃碼頭裝卸作業效率作為評估指標，而其又與碼頭後線支援有極為密切之關聯。本研究以直線型碼頭為主要研究對象，探討不同貨櫃儲區配置與後線裝卸機具種類及數量之指派對裝卸作業績效的影響。以六個方案進行比較分析，儲區配置型式、卡車行駛路徑、儲區裝卸機具種類及數量作為影響變數，而船席作業績效及橋式起重機作業績效作為兩大指標，並運用 Flexsim CT 軟體，建構貨櫃碼頭模擬系統進行模擬分析。研究結果顯示儲區配置分散、適當作業機具指派與卡車行駛路徑愈短，卡車行駛於岸肩與儲區間的速度愈快，有助於降低橋式起重機等候時間，縮短船席靠港時間，並且提升貨櫃碼頭作業績效。

關鍵字：貨櫃碼頭、裝卸作業績效、評估指標、模擬系統

Abstract

Container terminal is the gate of marine transport service and its overall operational performance affects the route planning of ship companies. The loading and unloading operations are the evaluation indicator for the performance of container terminal, and which is in turn related to the quay's support. This study discusses the influence of block deployment and charging cranes' types

* 國立臺灣海洋大學商船學系助理教授；聯絡地址：202 基隆市中正區北寧路 2 號，國立臺灣海洋大學商船學系；E-mail: ctwu@mail.ntou.edu.tw。

and quantities on the operational performance of a linear container terminal. Six scenarios in four influential variables of block deployment, trucks' route, charging crane type and quantities in the yard, and two indicators of the operational performances of berth and gantry cranes are considered. A simulation system of container terminal is built via Flexsim CT software. The results show that dispersal block deployment, moderate equipment assignment, shorter truck driving path, and faster truck move between berth and yard would decrease gantry cranes' waiting time and ship's staying time, and promote the operational performance of container terminal.

Keywords: Container terminal, Loading and unloading operational performance, Evaluation indicator, Simulation system

壹、前言

貨櫃運輸在整體物流體系中係屬重要的一環，港埠運輸中如何選用適當的運輸模式使得船邊貨櫃裝卸壅滯狀況在限度內降至最低，考慮到港口前線岸肩與後線儲區之間的裝卸作業，此作業為船邊作業裝卸作業過程之一，若後線儲區動線規劃與機具設置最佳，將提升整體裝卸之效率。

貨櫃碼頭的船席佈設配置方式(凸堤或平行)與橋式起重機(Gantry Crane, GC)數量，配合後線貨櫃儲區配置形式與不同裝卸運載作業機具，包括拖車、跨載機(Straddle Carrier, SC)、軌道式門型起重機(Rail Mounted Gantry Crane, RMG)及膠輪式門型起重機(Rubber-Tyred Gantry Crane, RTG)，以及管制站卡車進出時段與數量等，均具有密不可分與相輔相成的關係，

會影響貨櫃碼頭的裝卸作業績效，進而影響貨櫃碼頭整體營運績效。

本研究以直線型平行碼頭為設計對象，依堆積場儲區之配置型式，探討貨櫃碼頭前後線資源設施配置問題，藉由發展貨櫃儲區配置與作業機具指派的模式為碼頭作業之規劃，一方面減少岸邊橋式起重機進行貨櫃裝卸作業之總作業時間，另一方面也使貨櫃儲區作業平均時間均勻化，並且降低貨櫃儲區之平均等候時間，進而使裝卸作業時間縮短，港埠船席利用更有效率的目的。

本研究存在一些限制，經蒐集與探討相關文獻研究，選取較為重要之四項投入變數及兩大指標進行效率評比，惟礙於各貨櫃航運公司相關資料蒐集完整性，本研究尚無法將所有可能影響貨櫃航商經營績效之投入與產出變數完全納入研究中。

本文在確立研究主題後，第二節進行國外及國內關於港埠系統模擬與港埠系統評估指標之相關文獻加以蒐集與探討；第三節介紹貨櫃碼頭模擬系統之軟體功能與選用之貨櫃碼頭模擬指標；第四節深入剖析本研究研擬六個方案之貨櫃儲區佈設與作業模式設計並針對實驗結果做評估分析；最後第五節提出結論與建議，以作為貨櫃航運公司研擬經營策略與調整資源分配的參考。

貳、文獻回顧

本研究係以碼頭堆積場規劃配置為問題，運用系統模擬為方法進行研究間的探討。因此，文獻亦以此方向進行蒐集及整理。茲將所蒐集的文獻之閱讀後心得加以歸納和整理如下：

2.1 國內相關文獻

林美利 (2008) 曾研究依據貨櫃碼頭作業管理問題之相關文獻探討與彙整，經由問卷調查結果，利用因素分析法篩選出重要的評選指標，並將貨櫃場儲區作業模式評選指標，接著導入個案分析並結合模糊層級分析法，計算出各評估準則及方案之權重，以建構一個儲區作業模式模糊評選模式。黃治 (2008) 曾研究新舊橋式機具裝卸作業效率的問題，以及貨櫃碼頭作業效率如何影響橋式機表現的問題。採用現場

訪談、觀察法與資料蒐集，瞭解實際作業狀況與搬運貨櫃過程與延滯情況，作為判斷裝卸作業問題的癥結。使用統計驗證方式與港埠業務統計之績效指標計算方法，並探討影響貨櫃作業效率之問題與提出改善措施。

趙時樑 (2009) 運用資料包絡分析法分析兩岸國際貨櫃港口經營績效，使用六項投入變數 (貨櫃船席數、貨櫃船席長度、貨櫃碼頭面積、貨櫃碼頭儲區容量、橋式起重機數量與冷凍櫃插座數)，一個產出變數 (貨櫃裝卸量) 為指標訂定資源配置之策略。趙時樑 (2010) 研究岸肩與儲區之裝卸作業機具在運輸模式下，考慮建構成本，將多準則決策問題進行運輸模式最佳化，研究對象為高雄某一新建貨櫃碼頭，以模糊分析層級程序法並驗證分析層級架構之合理性與實用性。該文研究結果顯示拖車搭配儲區門式起重機之方案最適合該研究貨櫃碼頭。

近幾年有關貨櫃碼頭儲區指派和績效研究方面，周貞寧 (2011) 曾研究建構一多層時空網路，並以多元商品流動問題建構一自動化碼頭出口儲位指派之數學模式，目標是最小化新進儲區貨櫃之指派成本、變動成本以及取出裝船時機具柱停最少次數之總成本，最後以敏感度分析中提出四種情境，並對各情境之特性做是當規劃之特性。盧佳言 (2012) 使用資料包絡分析法 (Data Envelopment Analysis, DEA) 之超級效率模式 (Super-Efficiency Model) 分析

世界前 20 名貨櫃港口效率值。其選取的投入指標包括貨櫃船席數(座)、船席長度(m)、橋式起重機(台)、貨櫃碼頭面積(平方公尺)及貨櫃場堆載容積(TEU)等五項,作為績效評估之投入變項;同時,以貨櫃裝卸量作為績效評估之產出變項。

2.2 國外相關文獻

Park et al. (2006) 針對整合自動化貨櫃碼頭之作業方式進行研究,該研究使用 ATC re-stacking 規則、AGV 調度規則等方法,縮短裝卸作業時間。透過多次模擬實驗,以儲區編排組合、貨櫃數量與 AGV 作為變數,在不同情況下結合多種作業方法進行模擬實驗,建立一套最好且有效率的模型,使延遲時間最小化。

Li et al. (2009) 認為有效率之貨櫃起重機調度可減少拖車等待時間,進而增加貨櫃場吞吐量。因此,在營運上需開發一個有效率的貨櫃起重機調度模型並考慮現實運作上的限制,如起重機間之干擾、調整貨櫃起重機間隔距離並同步貨櫃儲存及取出。該文研究結果顯示可以迅速解決啟發式和滾動平面法,在幾秒鐘內產生接近最佳的解決方案。

Cao et al. (2010) 研究提出一個拖車與貨櫃起重機裝卸調度問題的新型整體模式並制定混合整數規劃模型。由於計算困難,於班德式分解(Benders' Decomposition)基礎上,建立兩個有效的解決方法,發展問題的解決方案,即使用一般班德式

分解和組合班德式分解方法。計算實驗的有效性以進行評估提出方案之效率。

Petering et al. (2009) 該研究建構完全整合的離散模擬模式,評估港埠貨櫃堆積場之櫃區寬度(Block Width)從二到 15 排之作業效率。實驗考慮相當多組堆積場的配置組合且設計在多個船席設施的四個貨櫃中心,重新展現微觀、統計、真實的模擬環境。研究結果顯示,當堆積場堆放容量與機具設施數量是固定的,橋式機之作業效率隨著櫃區寬度呈現向下凹的趨勢。最佳之櫃區寬度介於六至 12 排,取決於配置機具數量、大小、機型與堆積場吞吐量。

Petering (2011) 使用設計在多泊位設施環境中,呈現微觀、隨機、即時船到船轉運碼頭的完全整體和離散事件模擬模式,得到新的數值結果包括貨櫃場容量、車隊組合、拖車可替代性及場站可擴展性。此研究為第一個以使用完全整體模擬模式的非自動化貨櫃碼頭。

Christian (2011) 曾指出船席配置 BAP (Berth Allocation Problem) 是船席裝卸作業相當棘手之問題,解決這些問題必須針對船席配置及堆積場機具設備,這會影響堆積場之作業與工作計畫。由於許多技術設備與貨櫃碼頭之配置,研究會產生許多有關 BAP、QCAP (Quay Crane Assignment Problem) 及 QCSP (Quay Crane Scheduling Problem) 之最佳化模式。

Agostino et al. (2012) 建立一個模擬真

實的貨櫃場的模式，經過初步分析後，首先使用 DOE (Design of Experiment) 和 ANOVA (Analysis of Variance) 調查不同資源分配 (堆高機及牽引機數目) 及參數 (間隔時間及貨櫃卸載時間) 對營運效率的影響——就一天總共處理的貨櫃數而論。再者，依 DOE 和 ANOVA 調查所得知結果，使用基因演算法建立模擬模式，求得船舶指派最佳化，最佳化目標為最小化每艘船平均靠港時間 (若為平均靠港時間減少，成本減少且服務水準提供給最終顧客會上升)。

Kemme (2012) 該研究模擬透過 385 個貨櫃儲區之堆疊，以不同的貨櫃儲區長度、寬度與高度作為變數，評估不同情況下自動化軌道式門式起重機 (RMG) 系統之效率，提高貨櫃場站之儲存密度與作業效率。

綜觀幾篇文獻的內容，係由碼頭設施能量的研究為出發點，先是探討研究碼頭設施的不同方法和各種觀念的引導，再延伸至從系統模擬方法朝向以利用數學規劃相關技巧，建構目標式及限制條件，來分析與作業效率各種相關問題之趨勢。

參、研究方法

3.1 貨櫃碼頭模擬系統

港埠模擬重點在於運用系統管理之概

念，將系統管理之觀念帶入模擬中，對於港埠裝卸營運提出一套有效之改善方法，不著重硬體工程之建設，而是強調運用軟體功能之管理，本研究運用 Flexsim CT 套裝軟體建構港埠系統模擬進行模擬實驗，此系統可分為以下三大部分。

3.1.1 船席配置子系統

船席規劃 (Berth Planning)：含到港船舶船席之配置 (Berth Layout)、船舶貨櫃貨艙之配置 (Hatch Profiles)、靠泊船舶船型之配置 (Services)、到港船期安排之配置 (Ship Schedule) 等功能。

- 到港船舶船席之配置 (Berth Layout)：配合現有港區地形，進行船席區位及長度配置、機具數量之調度與安排、機具裝卸效率等之設計。
- 船舶貨櫃貨艙之配置 (Hatch Profiles)：依照貨櫃之型態 (例如進口櫃、出口櫃及空櫃) 安排於貨櫃船之貨艙的裝卸順序、數量及貨櫃之起迄位置等。
- 靠泊船舶船型之配置 (Services)：靠泊貨櫃船舶之設計，包括船長、船寬、裝卸容量、到港時間、吃水及總裝卸量等。
- 到港船期安排之配置 (Ship Schedule)：可設計貨櫃船到港時間、離港時間、停靠船席之位置、機具配置之數量與優先權之指派 (充分應用機具之調度)、機具之移動次數、裝卸效率與裝卸量、每週與整年之裝卸量等。

3.1.2 堆積場配置子系統

堆積場規劃 (Yard Planning)，含櫃場貨櫃儲區之配置 (Block)、櫃場貨櫃區位之配置 (Area)、貨櫃裝卸策略之配置 (Container Placement)、貨櫃儲區指派之配置 (Block Assignments)、儲區裝卸機具之配置 (Resource Assignments)、機具優先權限之配置 (Resource Priorities)、櫃場裝卸作業之配置 (Yard Operations) 等功能。

- 櫃場貨櫃儲區之配置 (Block)：貨櫃儲區之長度、寬度、高度及最大容量等之設定，貨櫃堆放順序之指定，可依貨櫃型態、尺寸、到港船舶、裝卸貨艙位置等進行貨櫃堆放之分類。
- 櫃場貨櫃區位之配置 (Area)：可設定不同航商之貨櫃區位或不同貨櫃類型 (例如進口櫃、出口櫃或轉口櫃) 之貨櫃區位，有效管理貨櫃儲區之辨識與管控。
- 貨櫃裝卸策略之配置 (Container Placement)：可設定各種貨櫃裝卸策略之設計，有效安排貨櫃進入貨櫃儲區之堆放策略，可提升裝卸效率、減少翻櫃與整櫃之時間。
- 貨櫃儲區指派之配置 (Block Assignments)：依照貨櫃型態、尺寸、起迄位置、服務船舶到港船期順序設定貨櫃堆放之儲區之設定與堆放裝卸策略之指派等。
- 儲區裝卸機具之配置 (Resource Assign-

ments)：依照作業型態 (裝載或卸載)、貨櫃型態、尺寸、起迄位置、服務船舶、貨櫃分類配置等指派貨櫃儲區之裝卸機具指派。

- 機具優先權限之配置 (Resource Priorities)：可設計堆積場機具等候作業指派策略之決定。依照船邊作業、管制站作業、堆積場作業、貨櫃儲區轉換、運送距離等。
- 櫃場裝卸作業之配置 (Yard Operations)：包含兩種作業，貨櫃儲區間的貨櫃搬運 (Relocate) 與貨櫃儲區內之整櫃 (Consolidate)。

3.1.3 管制站配置子系統

管制站規劃之配置 (Gate Planning)，可規劃貨櫃拖車到達管制站之進出管制，進入堆積場車道之管制與派送模式。

3.1.4 建構模擬系統之功能

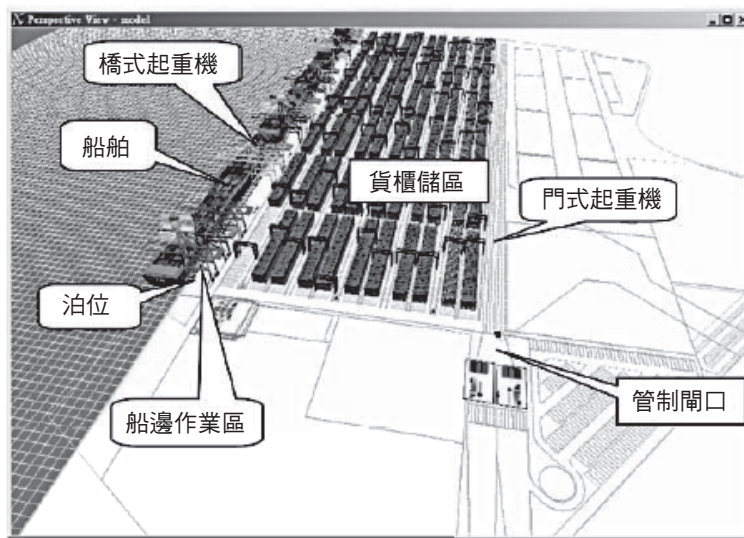
Flexsim CT 建構的模擬系統能夠用來改善多層面的貨櫃碼頭作業流程，並能夠協助達到以下功能：

- 提高貨櫃碼頭裝卸吞吐量。
- 提高搬運機具的使用率。
- 減少船席等候時間。
- 減少管制站之交通瓶頸。
- 平衡儲區作業量並有效率的調派設施資源。
- 可以設計不同的方案。
- 可以研究新設施機具的處理能力。

- 可以 3D 立體模式模擬現有港區之船席及儲區之配置、車流動線。

Flexsim CT 可以依據出口或進口貨櫃所需要的流程進行模擬，並設定貨櫃型態的儲放及儲區內翻櫃或整櫃之處理作業，亦可依照貨櫃船之船期表進行靠泊船席的

規劃及貨櫃堆積場儲區的配置，同時可將貨櫃裝卸作業及管制站的車流管控一併納入考量，可模擬典型貨櫃碼頭之組成，如圖 1 所示，所以本研究採用 Flexsim CT 貨櫃碼頭模擬系統進行方案之設計與比較評估方案。



資料來源：陳家明、趙時樑 (2010)。

圖 1 Flexsim CT 模擬典型貨櫃碼頭組成之畫面

3.2 貨櫃碼頭模擬績效指標

本研究建構之 Flexsim CT 港埠模擬系統，可透過五大類之作業績效指標，如表 1 所示，再由各作業績效指標選出適合評估方案之指標，將模擬模式產生之結果進行比較，以瞭解其績效程度，作為評估研擬方案之優劣。選用之作業績效指標，如下所述：

- 船席作業績效：以平均占有 (或使用) 船席時間 (Average Berth Occupancy, ABO) 與船席占有百分率 (Percent Berth Occupancy, PBO) 作為評估指標。
ABO：船舶實際進行裝卸占有船席之時間。即指船舶占用船席程度的一種指標 (單位：分)。
PBO：船舶實際裝卸作業時間與船舶靠港時間之比值 (單位：百分率)。

表 1 作業績效評估指標

類型	評估指標
船席 作業績效	船舶平均等候量 (Average Ship Queue Content)、船舶最小等候量 (Min Ship Queue Content)、船舶最大等候量 (Max Ship Queue Content)、平均占有船席時間 (Average Berth Occupancy)、船席占有百分率 (Percent Berth Occupancy)
橋式起重機 作業績效	橋式起重機工作百分率 (Working%)、橋式起重機每小時毛裝卸量 (Gross Moves Per Hour)、橋式起重機每小時淨裝卸量 (Net Moves Per Hour)

- 橋式起重機作業績效：以橋式起重機 (GC) 工作率 (Working%, GWR) 與橋式起重機淨裝卸量 (Net Moves Per Hour, GNMPH) 作為評估指標。
GWR：GC 之實際作業時間與整體可供作業時間之比值 (單位：百分率)。
GNMPH：機具裝卸作業時間內，GC 每小時實際裝卸移動之趟次 (單位：次 / 小時)。

拒絕虛無假設 (H_0)、 H_1 為真，模擬次數為 10 次所取得之平均值與模擬次數為 5 次所取得之平均值其結果差異不大，為求得更加精準的數據，故本研究在每個方案做比較時均採 10 次模擬結果加以平均所得之值來衡量。

本研究六個方案，共建構六個檔案，每個方案均模擬 10 次，取 10 次之平均值，有關船舶到港貨櫃裝卸量、船型、船期之安排、橋式起重機數量之配置及貨櫃儲區之裝卸貨櫃種類與數量等之基本條件均假設相同作為控制變數，如下所述，預定指派兩艘定期貨櫃船並安排一週之船期，兩艘到港船舶 Service1 (如圖 2 所示) 及 Service2 (如圖 3 所示) 之基本資料如下。

Service1 為第一艘船，靠泊軸心港之大型船，其船長為 300 米，寬 30 米，吃水 15 米深；船舶靠泊港口時，預計安排三個貨艙進行裝卸貨櫃，第一貨艙 (Hatch1-1)，由 GC1-1 負責岸肩之裝卸，先卸載 45 個轉口櫃 1 (trans1) 及 45 個轉口櫃 2 (trans2)，再裝載 90 個出口櫃 1-1 (expo1-1)；第二貨艙 (Hatch2-1)，由 GC2-1

肆、研究模擬結果

4.1 貨櫃儲區佈設與作業模式設計

4.1.1 船舶貨艙之配置

本研究每個方案均採 10 次模擬之結果加以平均的值以作為比較數據，下表將評估指標做 T 檢定 (兩個母體平均數差之檢定，假設變異數相等)，假設 H_0 為模擬次數 (10 次) 與 (5 次) 有顯著差異、 H_1 為模擬次數 (10 次) 與 (5 次) 無顯著差異。如表 2 所示，YADT 與 BADT 的 P - 值分別為 0.392 與 0.450， P - 值大於 α - 值 (0.05)，

表 2 YADT 及 BADT 之 T 檢定

YADT	模擬 10 次	模擬 5 次	BADT	模擬 10 次	模擬 5 次
平均數	3.028	3.043	平均數	2.524	2.528
變異數	0.008	0.011	變異數	0.004	0.005
觀察值個數	10.000	5.000	觀察值個數	10.000	5.000
Pooled 變異數	0.009		Pooled 變異數	0.004	
假設的均數差	0.000		假設的均數差	0.000	
自由度	13.000		自由度	13.000	
t 統計	-0.279		t 統計	-0.128	
$P(T \leq t)$ 單尾	0.392		$P(T \leq t)$ 單尾	0.450	
臨界值：單尾	1.771		臨界值：單尾	1.771	
$P(T \leq t)$ 雙尾	0.785		$P(T \leq t)$ 雙尾	0.900	
臨界值：雙尾	2.160		臨界值：雙尾	2.160	

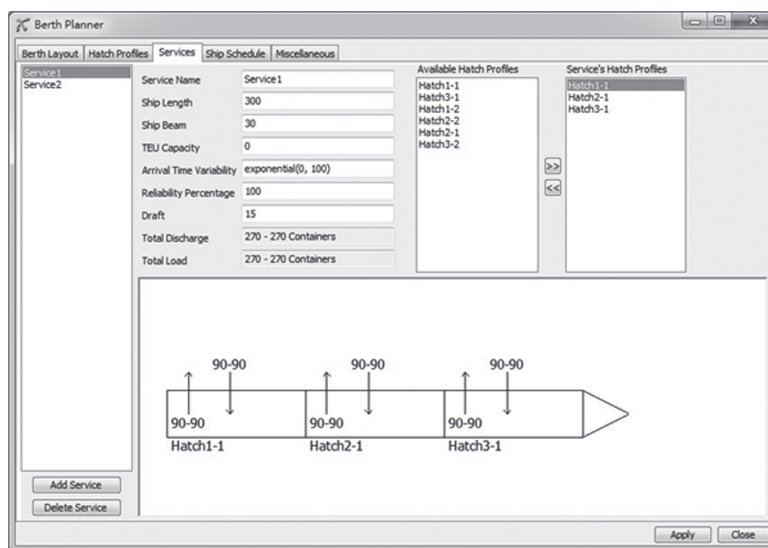


圖 2 Service1 貨櫃船基本資料

負責岸肩之裝卸，先卸載 90 個進口櫃 2-1 (imp2-1)，再裝載 90 個出口櫃 2-1 (expo2-1)；第三貨艙 (Hatch3-1)，由 GC3-1 負責岸肩之裝卸，先卸載 90 個進口櫃 1-1 (imp1-1)，再裝載 90 個空櫃 2-1 (empt2-1)。全部卸載 270 個及裝載 270 個

貨櫃，總計裝卸載 540 個貨櫃；詳細配置資料如表 3 所示。

Service2 為第二艘船，靠泊軸心港之大型船，其船長為 300 米，寬 30 米，吃水 15 米深；船舶靠泊港口時，預計安排三個貨艙進行裝卸貨櫃，第一貨艙

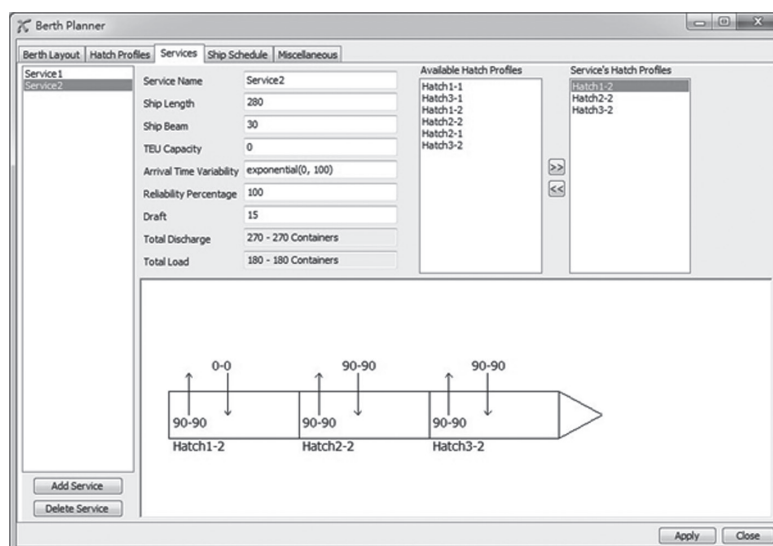


圖 3 Service2 貨櫃船基本資料

(Hatch1-2)，由 GC1-2 負責岸肩之裝卸，先卸載 90 個進口櫃 1-2 (imp1-2) 再裝載 45 個轉口櫃 1(trans1) 及 45 個轉口櫃 2 (trans2)；第二貨艙 (Hatch2-2)，由 GC2-2 負責岸肩之裝卸，先卸載 90 個空櫃 1-2 (empt1-2)，再裝載 90 個出口櫃 2-2 (expo2-2)；第三貨艙 (Hatch3-2)，由 GC3-2 負責岸肩之裝卸，先卸載 90 個進口櫃 2-2 (imp2-2)，再裝載 90 個出口櫃 1-2 (expo1-2)。全部卸載 270 個及裝載 270 個貨櫃，總計裝卸載 540 個貨櫃；詳細配置資料如表 3 所示。

圖 4 為一週之船期安排，星期一、星期三與星期五為 Service1 進港，星期二、星期四與星期六為 Service2 進港。第二週船期安排與第一週相同。

4.1.2 方案設計原則

在相同基準點下，研擬六個方案，假設相同基準點為六個方案之船型、船期、裝卸貨櫃種類與數量均相同，Service1 之第一貨艙由橋式起重機 1-1 (GC1-1) 裝卸，第二貨艙由橋式起重機 2-1 (GC2-1) 裝卸，第三貨艙由橋式起重機 3-1 (GC3-1) 裝卸，並由指派之卡車搬運至後線儲區。Service2 之第一貨艙由橋式起重機 1-2 (GC1-2) 裝卸，第二貨艙由橋式起重機 2-2 (GC2-2) 裝卸，第三貨艙由橋式起重機 3-2 (GC3-2) 裝卸，並由指派之卡車搬運至後線儲區。

將方案分成兩個群組 (Group) 比較，第一群組係方案一至方案三，後線儲區機具均為 RTG 作為分類，卡車僅能由靠近船邊之海側進入儲區，第二群組係方案四

表 3 六方案整體裝卸作業與儲區配置資料

Plan1-Plan6														
裝卸機具配置														
船	Service1						Service2							
船艙	hatch1-1		hatch2-1		hatch3-1		hatch1-2		hatch2-2		hatch3-2			
岸肩機具	crane1-1		crane2-1		crane3-1		crane1-2		crane2-2		crane3-2			
裝/卸櫃	D	D	L	D	L	D	L	D	L	L	D	L	D	L
裝卸順序	1	1	2	1	2	1	2	3	4	4	3	4	3	4
櫃種	trans1	trans2	expo1-1	impo2-1	expo2-1	impo1-1	empt2-1	impo1-2	trans1	trans2	empt1-2	expo2-2	impo2-2	expo1-2
數量	45	45	90	90	90	90	90	90	45	45	90	90	90	90
儲區機具														
plan1-3	RTG2	RTG7	RTG1	RTG6	RTG3	RTG5	RTG4	RTG12	RTG2	RTG7	RTG9	RTG10	RTG11	RTG8
plan4	RMG1	RMG3	RMG1	RMG2	RMG1	RMG2	RMG2	RMG4	RMG1	RMG3	RMG4	RMG3	RMG4	RMG3
plan5	RMG1	RMG4	RMG1	RMG3	RMG2	RMG3	RMG2	RMG6	RMG1	RMG4	RMG5	RMG5	RMG6	RMG4
plan6	RMG2	RMG2	RMG1	RMG4	RMG1	RMG4	RMG5	RMG6	RMG2	RMG2	RMG5	RMG3	RMG6	RMG3
貨櫃儲區配置														
plan1	b1	b4	b1	b3	b2	b3	b2	b6	b1	b4	b5	b5	b6	b4
plan2	b4	b4	b1	b6	b2	b3	b5	b6	b4	b4	b5	b8	b9	b7
plan3	b4	b7	b1	b6	b2	b3	b5	b9	b4	b7	b8	b11	b12	b10
plan4	b1	b3	b1	b2	b1	b2	b2	b4	b1	b3	b4	b3	b4	b3
plan5	b1	b4	b1	b3	b2	b3	b2	b6	b1	b4	b5	b5	b6	b4
plan6	b1	b1	b1	b2	b1	b2	b2	b2	b1	b1	b2	b1	b2	b1

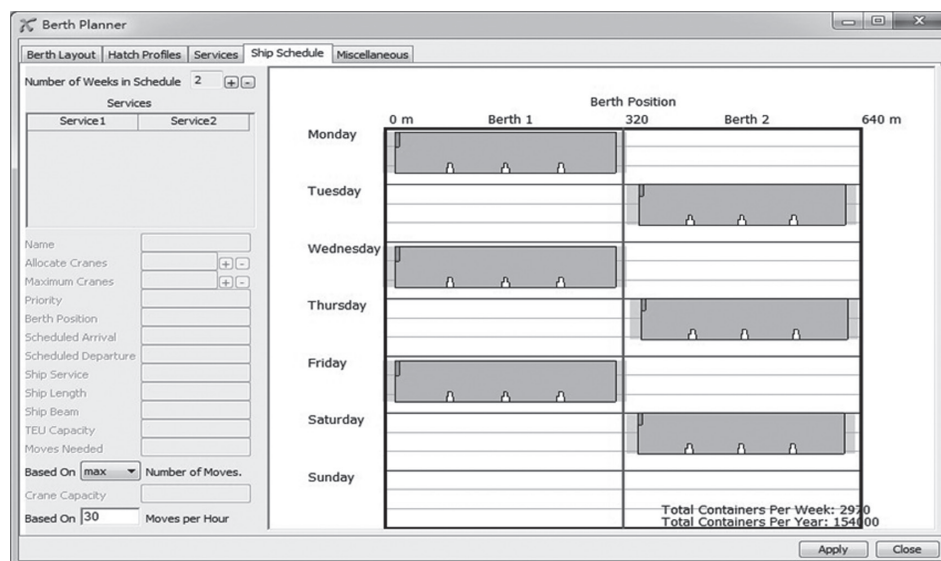


圖 4 船期安排

至方案六，後線儲區機具均為 RMG 作為分類，卡車可由靠近船邊之海側或靠近管制站之路側進入儲區。

本研究之觀察變數，包括如表 3 所

示之儲區機具 RTG、RMG 配置數量及貨櫃儲區大小之組合配置，提出六種設計方案，透過表 1 之作業績效指標進行方案之評估。

圖 5 ~ 圖 10 之方案圖例說明，其上方的方框編號，代表指派之岸肩機具編號，以 hatch1-2 為例，表示第二艘船(後面數字代表第幾艘船)之第一船艙(前面數字代表船艙序)。六個方案設計原則，將出口櫃與轉口櫃配置在靠岸肩之儲區，空櫃設在中間儲區，進口櫃則設於較靠近內陸之儲區。貨櫃裝船的順序，第一艘船(Service1)貨櫃的裝卸順序分成 ① 與 ②，順序 ① 先卸轉口櫃與進口櫃，順序 ② 再裝出口櫃與空櫃。第二艘船(Service2)貨櫃的裝卸順序分成 ③ 與 ④，順序 ③ - 先卸空櫃與進口櫃，順序 ④ 再

裝轉口櫃與出口櫃。所以六個方案每一 hatch 負責裝卸的貨櫃型態與裝卸順序均相同，其差異在於儲放之儲區不同，其詳細資料如表 3 所示。

1. 方案一

每個儲區均為長 × 寬可放置 24 × 8 個 20 呎 (TEUs) 貨櫃，每一 Block 單層可堆放 192 TEUs 並配置兩台 RTG，共六個儲區，並由卡車配合 RTG 裝卸貨櫃，拖車直接進入儲區後，與 RTG 搭配，負責儲區貨櫃之裝卸，如圖 5 所示，其中 1-A 為含括 b1、b2 與 b3 三個儲區之區域，1-B 為含括 b4、b5 與 b6 三個儲區之區域。

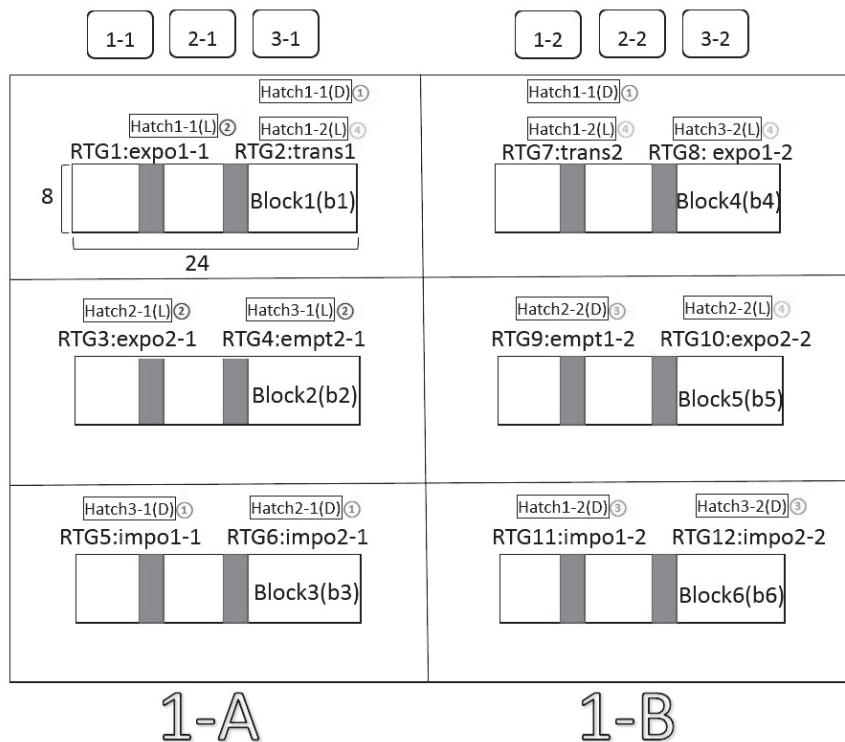


圖 5 方案一配置圖

2. 方案二

將儲區分為三個區塊，左側與右側儲區為長×寬可放置12×8個20呎(TEUs)貨櫃，每一Block單層可堆放96 TEUs並配置一台RTG。中間儲區為長×寬可放置24×8個20呎(TEUs)貨櫃，每一Block單層可堆放192 TEUs並配置二台RTG，共九個儲區，12台RTG，如圖6所示，其中2-A為含括b1、b2與b3三個儲區之區域，2-B為含括b4、b5與b6三個儲區之區域，2-C為含括b7、b8與b9三個儲區之區域。

3. 方案三

每個儲區均為長×寬可放置12×8個20呎(TEUs)貨櫃，每一Block單層可堆放96 TEUs並配置一台RTG。共12個儲區，12台RTG，如圖7所示，其中3-A為含括b1、b2與b3三個儲區之區域，3-B為含括b4、b5與b6三個儲區之區域，3-C為含括b7、b8與b9三個儲區之區域，3-D為含括b10、b11與b12三個儲區之區域。

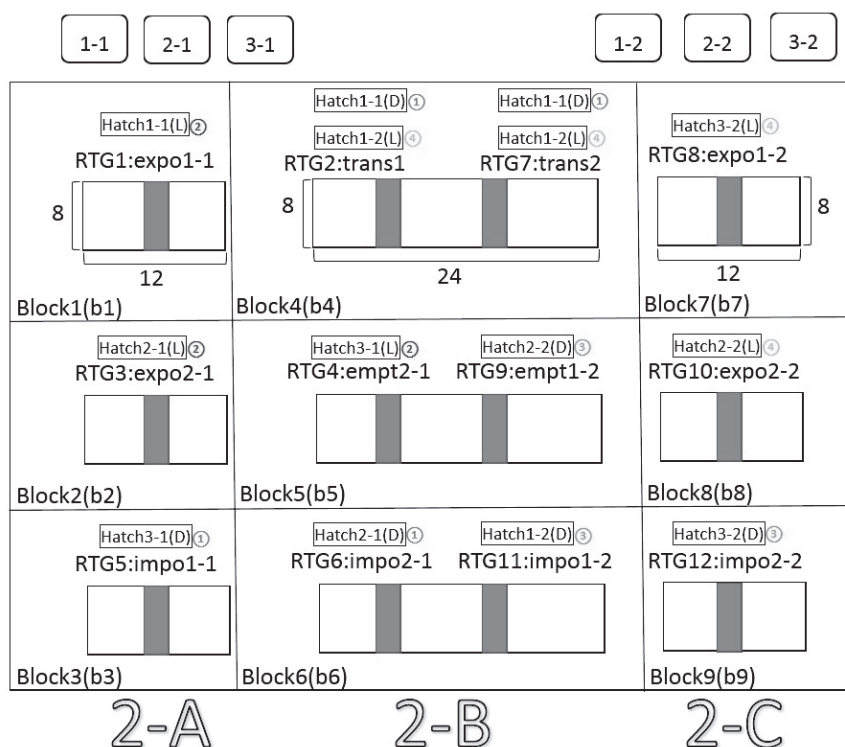


圖 6 方案二配置圖

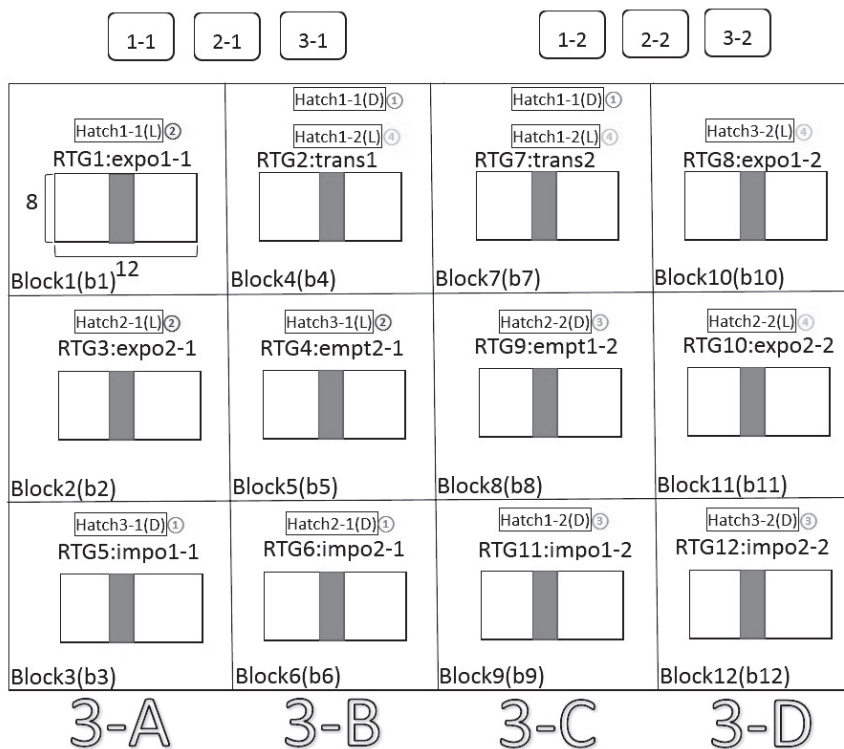


圖 7 方案三配置圖

4. 方案四

儲區為長 × 寬可放置 24 × 12 個 20 呎 (TEUs) 貨櫃，每一 Block 單層可堆放 288 TEUs 並配置一台 RMG。共四個儲區，四台 RMG，如圖 8 所示，其中 4-A 為含括 b1 與 b2 兩個儲區之區域，4-B 為含括 b3 與 b4 兩個儲區之區域。

5. 方案五

儲區為長 × 寬可放置 24 × 8 個 20 呎 (TEUs) 貨櫃，每一 Block 單層可堆放 192 TEUs 並配置一台 RMG。共六個儲區，六台 RMG，如圖 9 所示，其中 5-A 為含括 b1、b2 與 b3 三個儲區之區域，5-B 為含

括 b4、b5 與 b6 三個儲區之區域。

6. 方案六

每個儲區為長 × 寬可放置 48 × 12 個 20 呎 (TEUs) 貨櫃，每一 Block 單層可堆放 576 TEUs 並配置三台 RMG。共兩大儲區，六台 RMG，如圖 10 所示。

4.2 實驗結果與評估分析

4.2.1 船席作業績效

船席作業績效評估，如表 4 所示，代表方案一至方案六船席作業之模擬結果，透過模擬結果比較不同作業方式對於船席作業績效之影響。

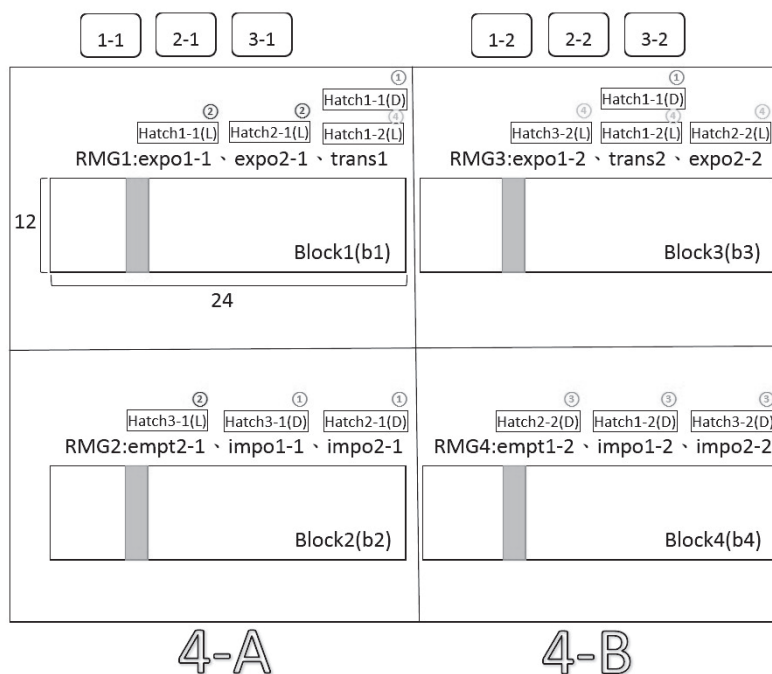


圖 8 方案四配置圖

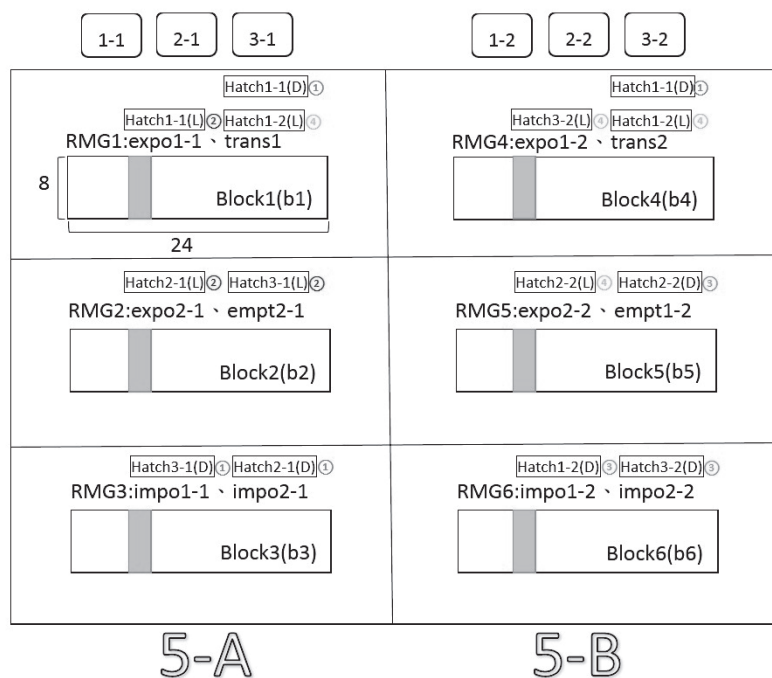


圖 9 方案五配置圖

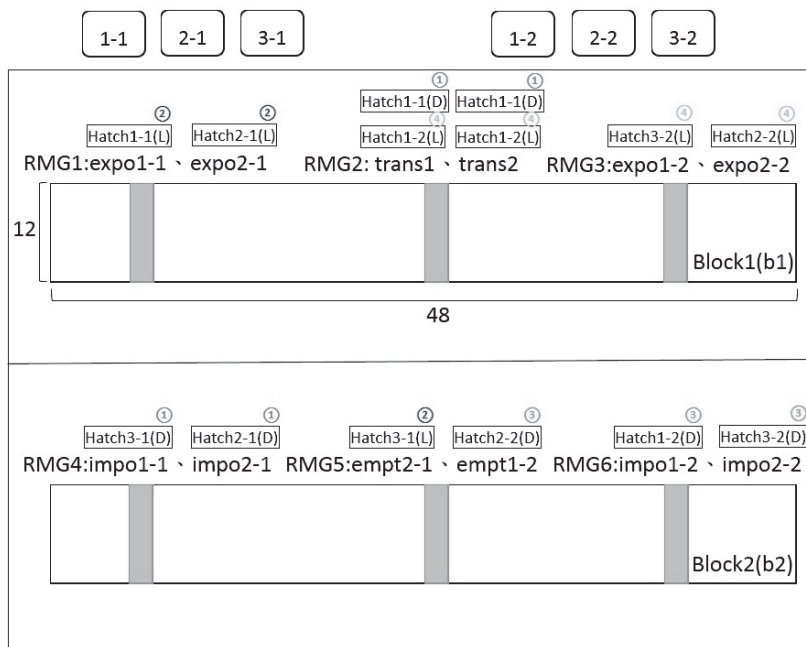


圖 10 方案六配置圖

表 4 船席作業績效模擬結果

Alternatives	方案一	方案二	方案三	方案四	方案五	方案六
ABO (平均占有船席時間 / 分)	81.979	82.682	81.671	118.594	99.515	90.056
PBO (船席占有百分率 %)	12.809	12.919	12.761	18.530	15.549	14.071

船席作業績效以 ABO 與 PBO 來評估，兩個指標排序結果具有一致性，ABO 值愈低，表示船舶靠泊船席時間短，機具作業績效愈高。又將方案分成兩個群組 (Group) 比較，第一群組係方案一至方案三，後線儲區機具均為 RTG 作為分類，其中以方案二之 ABO 值最高、方案三最低，顯示方案三，因儲區規劃設計較分散，每一儲區由一台 RTG 負責裝卸單一貨櫃型態，使貨櫃裝卸效率最快，縮

短船舶靠港時間。第二群組係方案四至方案六，後線儲區機具均為 RMG 作為分類，其中以方案四之 ABO 值最高、方案六最低，顯示方案六，每一儲區設置三台 RMG，每一台 RMG 負責裝卸兩種貨櫃，可有效縮短 RMG 之行駛距離，能充分配合船席機具之作業，改善卡車之延滯，縮短船舶靠港時間，如表 5 所示。若以群組一與群組二相比較，卡車路徑群組二由二個通道進出、群組一由一個通道進出，群

表 5 船席作業績效之方案排序

	群組 1- 排名	群組 2- 排名
ABO	3>1>2	6>5>4
PBO	3>1>2	6>5>4

組一之方案，一台 RTG 單一次負責一種貨櫃型態，但群組二之方案，一台 RMG 每次負責 2~3 種貨櫃型態，產生卡車停等現象，因此所花時間較長。

4.2.2 橋式起重機作業績效

橋式起重機作業績效評估，如表 6 與表 7 所示，代表方案一至方案六橋式起重機作業之模擬結果，透過模擬結果比較不

同作業方式對於橋式起重機作業績效之影響。

橋式起重機作業績效以 GWR 與 GNMPH 來評估，兩個指標排序結果具有一致性，GWR 值愈高表示工作量負荷較大，作業績效較不佳，而 GNMPH 值愈高表示 GC 單位時間移動次數愈多，表示愈快速配合裝卸，作業績效較佳。另外，將方案分成兩個群組比較，分類準則同 4.1.2 節所述，方案排序之模擬結果，如表 8 所示，第一群組（方案一至方案三），其 GWR 值與 GNMPH 值均以方案三最佳、方案二最差；而第二群組（方案四至方案

表 6 橋式起重機作業績效模擬結果 - GWR

GWR (橋式起重機工作率) (%)	方案一	方案二	方案三	方案四	方案五	方案六
Crane 1-1	10.273	10.417	10.346	12.541	10.989	10.401
Crane 2-1	10.451	10.506	10.505	13.570	14.211	10.520
Crane 3-1	10.292	10.278	10.324	12.348	13.011	10.645
Crane 1-2	10.199	10.528	9.950	17.762	11.876	10.060
Crane 2-2	10.520	10.293	10.506	17.962	10.516	12.491
Crane 3-2	10.417	10.376	10.298	18.106	11.843	12.779
Average (平均值)	10.359	10.400	10.321	15.381	12.074	11.149

表 7 橋式起重機作業績效模擬結果 - GNMPH

GNMPH (橋式起重機淨裝卸量) (次 / 小時)	方案一	方案二	方案三	方案四	方案五	方案六
Crane 1-1	31.290	30.857	31.067	25.630	29.249	30.903
Crane 2-1	30.756	30.425	30.597	23.687	22.619	30.553
Crane 3-1	31.232	31.128	31.135	26.031	24.705	30.197
Crane 1-2	30.757	31.011	31.198	17.594	26.314	30.917
Crane 2-2	30.554	30.650	30.595	17.895	30.564	25.733
Crane 3-2	30.856	30.979	31.214	17.753	27.142	25.154
Average (平均值)	30.907	30.842	30.968	21.432	26.766	28.909

表 8 橋式起重機作業績效之方案排序

	群組 1- 排名	群組 2- 排名
GWR	3>1>2	6>5>4
GNMPH	3>1>2	6>5>4

六)，其 GWR 值與 GNMPH 值均以方案六最佳、方案四最差。

第一群組中，方案三，將後線分為 12 個儲區，一個儲區設置一台 RTG 且一台 RTG 只負責一種貨櫃型態，此種設計使得後線儲區，卡車之交通動線流暢，裝卸效率高、橋式起重機之作業效能達到最高，船舶能達到快速離港之最佳原則，縮短滯港時間，繼續航行至下一港口。

方案二，將儲區配置為九個儲區，比方案一之儲區較為分散，如前述之配置方式，方案二之儲區配置分成三個區域 2-A、2-B 與 2-C，而方案一則分為兩個區域 1-A 與 1-B，因此，當 Service1 進行裝卸貨櫃時，卡車行駛之路徑：方案一之路徑為 1-A，而方案二之路徑為 2-A 及 2-B，使得 Service1 與 Service2 裝卸貨櫃的儲區變得更分散，卡車行駛路徑更遠，造成方案二的船邊作業無法達到較佳的效能。雖然儲區作業由方案一，六個大小均一的儲區，指派兩台 RTG 裝卸兩種貨櫃型態，而設計成方案二之三個儲區，由兩台 RTG 裝卸兩種貨櫃型態與六個較小的儲區，由一台 RTG 裝卸一種貨櫃型態。

方案一之作業績效優於方案二，主要是因為方案一縮短 RTG 的作業時間與

卡車行駛時間，另外，由於船舶停靠船席之位置，更有利於方案一的前後線裝卸作業，方案二之 Service1 貨櫃需分別儲放於 2-A 及 2-B，Service2 貨櫃需分別儲放於 2-B 及 2-C，雖可分散車流，但 RTG 之作業無法相互支援。

第二群組中，方案六為最佳，重要關鍵因素在儲區之配置僅設置兩大儲區，指派三台 RMG，較方案五更為簡化且卡車路線行駛總距離最短。因此，岸肩橋式起重機愈快速裝卸，船舶也愈加速離港。第二群組中又以方案四最差，雖然方案四，卡車行駛總距離較方案五短，但方案四，一台 RMG 負責三種貨櫃型態，較方案五的一台 RMG 負責二種貨櫃型態之作業負荷量增加，使得方案四之卡車需等候 RMG 較久之時間，導致作業績效最差。

伍、結論與建議

5.1 結論

研究結果顯示，卡車行駛路徑愈短，往復船邊與儲區速度愈快，GC 移動次數愈多，使整個裝卸流程愈快速完成。當橋式起重機作業績效指標 GWR 與 GNMPH 愈好代表橋式起重機作業效率愈佳，船舶愈快速離港，使得船席作業績效指標 ABO 與 PBO 亦愈佳，橋式起重機作業績效指標與船席作業績效指標具有一致性結果。

當後線儲區作業效率愈高，前線岸肩作業亦愈高，卡車來往前線岸肩與後線儲區的頻率愈高，GC 移動次數多愈快完成作業，整個裝卸作業，縮短停靠船席時間，可得到船席作業績效與橋式起重機作業績效有相同的模擬結果。

本研究將六個方案分成兩類探討，在第一群組儲區均為 RTG 作業，此三個方案一台 RTG 均只負責一種貨櫃型態，方案三之卡車行駛路徑最短，且一個儲區配置一台 RTG 情況下作業最為簡化，為本群組之最佳方案。

而第二群組儲區均為 RMG 作業下，方案六為卡車行駛路徑最短、一台 RMG 負責兩種貨櫃型態，為本群組之最佳方案。

5.2 建議

1. 本研究為初步嘗試建構方案模擬系統，由於受限相關資料取得完整性，所套入之相關變數值與實際值有些許差異，應將已建構之模式，導入實際訪談與調查之值，並將蒐集之實際值進行模擬驗證與校估，將模式產生之結果進行比較。
2. 本研究所使用之研究方法主要以 Flexsim CT 港埠系統模擬進行模擬實驗，後續研究者可輔以其他研究方法或加入考慮投資的成本、作業自動化、綠色櫃場對節能減碳的要求、碼頭工人罷工風險等因素加以探討，使整體評估機制更加完備。

3. 不同搬運機具種類與數量是影響貨櫃裝卸作業績效之重要因素之一，拖車與跨載機各有其特色，本研究為將跨載機列入考慮因素，在未來後續研究可將其影響納入考慮範圍。每台起重機所需要配置的搬運機具數量之變化又值得納入探討，建立有效之貨櫃拖車管理系統以控制裝卸作業成本與效率，使拖車週轉率達到最高。

參考文獻

- 黃治，2008，港埠貨櫃裝卸作業效率分析與探討——以西岸貨櫃場為例，國立臺灣海洋大學航運管理學系碩士論文，基隆市。
- 林美利，2008，港區貨櫃場儲區作業模式評選之研究，國立臺灣海洋大學航運管理學系碩士論文，基隆市。
- 趙時樑，2009，應用資料包絡分析法評估兩岸三地國際貨櫃港經營績效之研究，*運輸學刊*，第 40 卷，第 3 期，233-260。
- 趙時樑，2010，貨櫃碼頭岸肩與儲區間運輸模式選擇之研究，*國立海洋大學海運學報*，第 19 卷，第 1 期，1-29。
- 陳家明、趙時樑，2010，淺談貨櫃碼頭 3D 系統模擬 Flexsim CT 的應用，*中華技術*，第 85 卷，一月，52-63。
- 周貞寧，2011，貨櫃碼頭出口儲區規劃之最佳化之研究——配置自動化軌道式門型

機儲區之儲位預劃策略，國立臺灣海洋大學航運管理學系碩士論文，基隆市。

盧佳言，2012，運用資料包絡分析法評估全球前 20 大貨櫃港埠經營經績效之研究，國立臺灣海洋大學航運管理學系碩士論文，基隆市。

Agostino, B., 2012. Simulation and genetic algorithms for ship planning and shipyard layout. *International Journal of Modeling, Simulation, and Scientific Computing*, 71(2), 74-83.

Cao, J.X., Lee, D.H., Chen, J.H. and Shi, Q., 2009. The integrated yard truck and yard crane scheduling problem: Benders' decomposition-based methods. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 46(3), 344-353.

Christian, B., 2011. A unified approach for the evaluation of quay crane scheduling models and algorithms. *Computers & Operations Research*, 38, 683-693.

Kemme, N., 2012. Effects of storage block layout and automated yard crane systems on the performance of seaport container terminals. *OR Spectrum*, 34, 563-591.

Li, W., Wu, Y., Petering, M.E.H., Goh, M. and Souza, R.D., 2009. Discrete time model and algorithms for container yard crane scheduling. *European Journal of Operational Research*, 165-172.

Park, B., Choi, H., Kwon, H. and Kang, M., 2006. Simulation analysis on effective

operation of handling equipments in automated container terminal. *Advanced in Artificial Intelligence*, 4304, 1231-1238.

Petering, M.E.H. and Murty, K.G., 2009. Effect of block length and yard crane deployment systems on overall performance at a seaport container transshipment terminal. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 45(4), 591-610.

Petering, M.E.H., 2011. Decision support for yard capacity, fleet composition, truck substitutability, and scalability issues at seaport container terminals. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 47(1), 85-103.