

淺論高雄港內浮塢設施設置議題

A Brief Discussion on the Re-establishment of Floating Dock in the Kaohsiung Harbour

陳彥宏^{*(1)}、黃振邦^{*(2)}、王郁茹^{*(3)}、楊韻潔^{*(4)}、吳建興^{*(5)}

摘要

浮塢，是一個完善的港口所必備的機構與設施。浮塢的存在與是否能順暢運作，代表的是船舶維修與建造的技術與服務的品質與水平，也代表的是船舶維修與建造等周邊產業的營運商機，更代表的是這個領域的專業人才與人力資源的能量展現。浮塢的設置首要考量是安全。場域操作的安全、進出作業的安全、浮塢水域的安全、航道的安全、港區的安全等等都是必須考量的。高雄港在 1976-2002 年間曾有座 174 公尺長的浮塢，如今原址擬重置一座 160 公尺長的浮塢，確有安全疑慮的質疑。當然，時空環境的變遷，考量的標準自然亦應有所變遷。為此，本文導入浮塢選址的基本規範以及安全評估的方法，並透過對資深引水人的開放式問卷調查，作為檢視與研究本議題的開端。

關鍵詞：浮塢、高雄港。

*⁽¹⁾ 陳彥宏 Solomon Chen, AFRIN, MNI, CMILT, Maritime Arbitrator, Lead Auditor 國立高雄海洋科技大學航運技術系副教授兼海事安全研究中心主任、行政院海岸巡防署海洋事務研究委員會研究委員、台灣海事安全與保安研究會秘書長、廈門大學南海研究院研究員、國立中山大學海洋事務研究所兼任副教授，英國威爾斯大學海洋事務與國際運輸學博士。Email: solomon@safetysea.org

*⁽²⁾ 黃振邦 Chun Pong WONG, 國立高雄海洋科技大學航運技術系助理教授，資深船長，造船廠總經理，國立高雄師範大學工業科技教育學系博士。Email: cp@webmail.nkmu.edu.tw

*⁽³⁾ 王郁茹 Rita Wang, 國立高雄海洋科技大學海洋事務與產業管理碩士學位學程研究生。Email: rita19900604@yahoo.com.tw

*⁽⁴⁾ 楊韻潔 Yun Jie Yang, 台灣海事安全與保安研究會研究助理。Email: nyyjay19@hotmail.com

*⁽⁵⁾ 吳建興 Chsing Wu, 國立臺灣海洋大學商船研究所碩士，船長，Email: chsingwu@pchome.com.tw

ABSTRACT

A floating dock is a necessitate port facility to assist the port in performing functions of ship maintenance and building. The existence of the floating dock with smooth operations represents a higher level of quality of ship maintenance skills, a good standard of ship building technology and service capabilities, and the business opportunities for ship repairs and building related industries. Additionally, it also represents the capability of professional human resources in this field. Nevertheless, safety is always considered as the first priority issue prior to establishing a floating dock at a port, including the safety of operations, docking around the operating site and waters, and the safety of the navigation channel and the port. During 1976-2002, Kaohsiung Harbour had a 174m floating dock on site, and recently a proposal of re-establishing a 160m floating dock has been initiated however questions and doubts were raised on the safety issues. Given a rapid change in the environment, the factors considered for establishing a floating dock may differ from a few decades ago. Therefore, by introducing site selection assessment criteria, safety assessment methodologies, and a questionnaire survey to senior pilots, this paper is set to initiate a discussion and an investigation on this issue.

Keywords: Floating Dock, Kaohsiung Harbour

壹、前言

高雄港係台灣第一大港口，集商、軍、漁港及工業區於一體的最大的多功能港，也是亞太地區主要散裝貨物裝運中心及世界貨櫃運輸港口之一。復加之以洲際一期貨櫃中心的啟用，以及洲際二期貨櫃中心、石化油品儲運中心、散雜貨碼頭的陸續準備開工興建，高雄港的航運地位，正蓄積實力的準備重新躍上更高端的國際舞台。

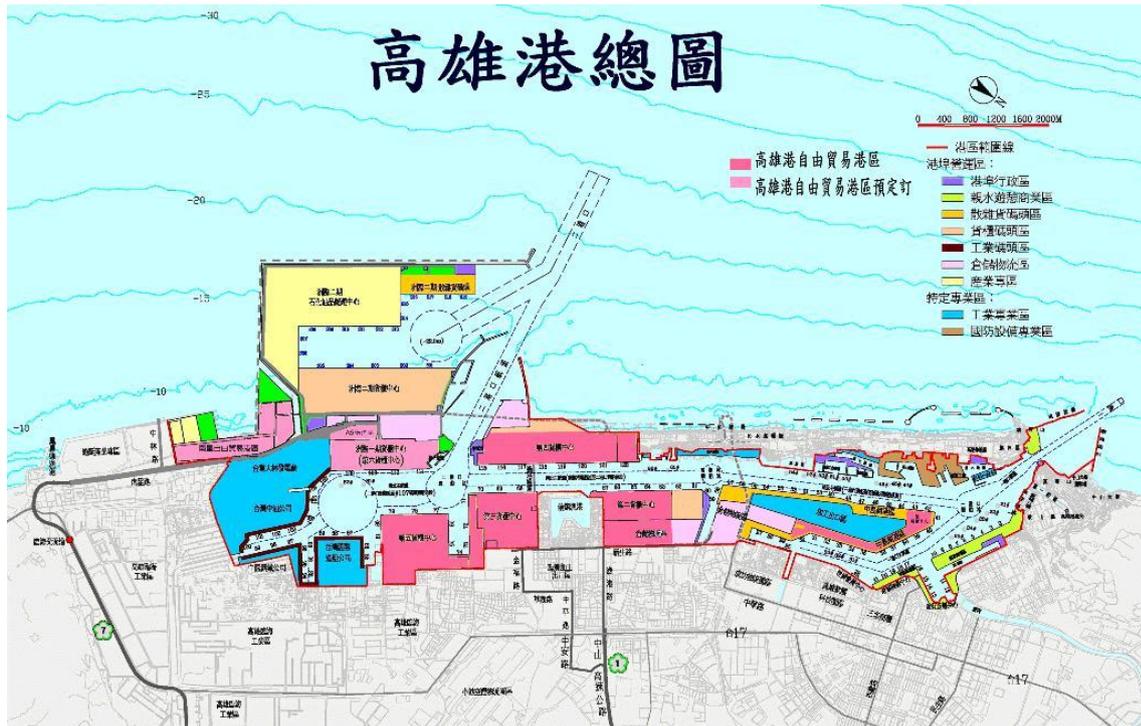


圖 1.1 高雄港港區與洲際二期

資料來源：海港自由貿易港區範圍，<http://taiwan-ftz.com/public/Data/42131043271.JPG>

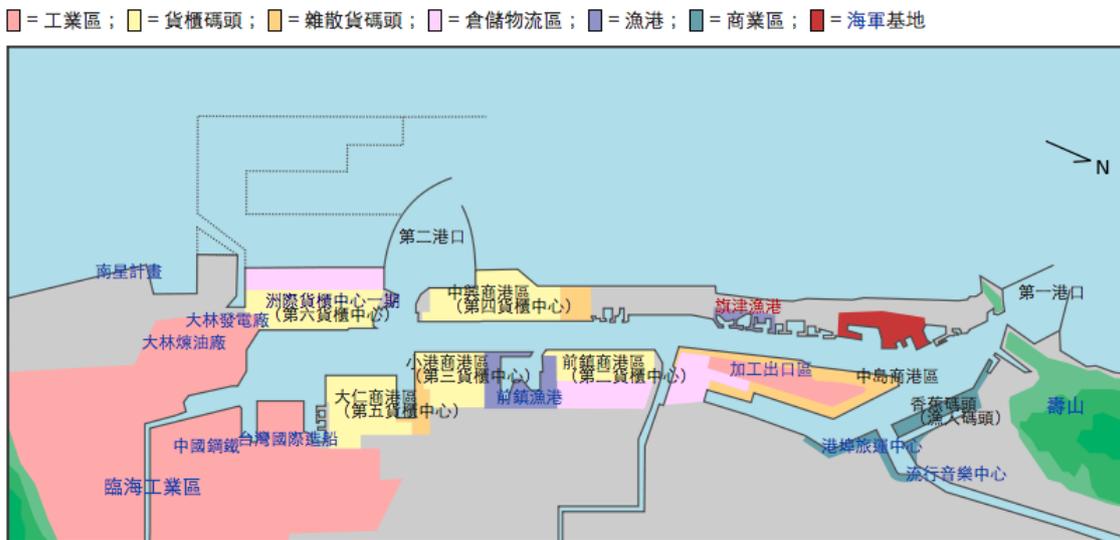


圖 1.2 高雄港港區與洲際二期

資料來源：<http://zh.wikipedia.org/wiki/高雄港>

完備的港埠周邊設施是做為一個完善的港口的最基本條件，其中，浮塢/乾塢 (Floating Dock/Dry Dock)即是一個港口不可或缺的港埠設施之一。簡而言之，浮塢/乾塢最直接的用意即是提供船舶維修服務之用。但實務上，浮塢/乾塢的存在，其所代表的即是該港埠的船舶維修能力以及船舶建造能力；也代表該港埠的業務能力、技術能力以

及相對競爭力；更代表著就業率、技術水平、外匯收益以及浮塢所帶動的週邊產業的效益，甚至是吸引外資對台投資的效益¹。

像浮塢/乾塢這類的設施高雄港當然也有，例如位於二港口台灣造船廠的 100 萬及 10 萬噸級乾船塢²，又例如高雄港務分公司設置在一港口十號碼頭邊，總噸數 6000 噸級乾船塢皆是。但顯而易見的是，此二者，一大一小，對於五萬噸級以降的船舶，似乎在高港一來不是未被考慮，就是必須半強迫的去排隊租用大型船塢。這樣的情形，不管是在效益與效率上都是有待商榷與檢討的。特別值得思考的是，高雄港是一個轉口港，有一艘從二港進出的母船，自然就會搭配數艘的子船，對於這些相對數量龐大的子船，似乎也應該要有一座合適的浮塢/乾塢提供作為其歲檢、特檢、臨檢、上架維修之用，否則不但造成船東之不便，更損及轉運港的競爭力，失卻商機。

供給與需求是人類活動的關鍵要素，也是經濟活動的一個激發點。在高雄港現有的船塢不能滿足市場需求的情況下，很自然的就有投資者的介入意願³，然而，據了解，主管單位對於擬投資浮塢者提出下列三大問題⁴：

1. 繫泊之位置，嚴重影響第一港口進出港船舶航行安全。同時旗津渡輪、遊港船及海軍交通艇及港區其他各類工作船亦經常通過該周遭水域，因此該水域不宜再增設浮船塢一浮船塢。
2. 若設置浮船塢，則未來該浮塢進行進出塢作業，更加影響進出港船舶航行安全。

¹ 以高雄港務分公司一港口十號碼頭船塢費表為例：除了船舶的進出塢費、駐塢費以外，船舶從進港開始，需要引水費、領港艇費用、僱用拖船費用、商港服務費、代理費、保全配置、船舶維修零件、船舶維修技術人員等費用。

高雄港務分公司船塢費表

總噸位	進出塢收費	駐塢收費
未滿600噸	140,000	17,500
600噸以上-未滿1200噸	150,000	20,000
1200噸以上-未滿2000噸	160,000	22,500
2000噸以上-未滿3000噸	172,500	25,000
3000噸以上-未滿4000噸	190,000	27,500
4000噸以上	210,000	30,000

高雄港務分公司船機處(船塢)對外營業收費表，<http://kh.twport.com.tw/chinese/cp.aspx?n=499A98FA86406BF4>，2014 年 6 月。

² 大船塢(百萬噸)：L950M × B92M × D14M；十萬噸船塢：L275M × B45M × D12M

³ 擬投入浮塢基本資料如下：

浮塢總長：160.00m；外塢牆間寬：46.00m，內塢牆間寬：40.00m；塢深：18.40m；塢牆高度(浮箱甲板以上，內塢牆處)：13.80m；安全甲板距基線：14.50m；工作吃水：4.20m；船舶駐塢後作業吃水：約 4.20m；最大入塢船舶重量：約 15,000mt；最大入塢船舶尺寸(長 x 寬)：約 160m x 36m。

⁴ 新建 160M 浮塢工程簡報(審查意見討論 1/3~3/3)，中信造船集團，103 年 1 月 12 日，pp 19-21。

3. 一港口航道自浚深後，進出港船舶逐漸大型化，所需運轉水域相對加寬，為維護航安，不宜在此增設浮塢。

安全掛帥！是個再好不過的事了，但這些憂慮安全的意見，倒也順勢的引發了撰寫本文的主要動機。特別是在上述第一點質疑的主要要項在於浮塢的設置地點，將嚴重影響第一港口進出港船舶航行安全。

此一議題的提出，似乎讓人回想起 1976 至 2002 年間，在同一地點，似乎有一座比現在擬投入設置的浮塢更長的一座 174 公尺的浮塢 Viva Island 坐落於斯⁵。也似乎更讓人回想起，在那個年代，一港口的交通流量似乎也遠比今日一港口的交通流量還要多。更何況就歷史的軌跡來看，Viva Island 浮塢置於該處長達 26 年，以高雄港每天進出港約 100 艘次船舶計算，過去 26 年間合計約 47 萬艘次的船舶進出記錄中⁶，並未有任何一起海事案例與此船塢有關，特別是在此期間亦有二大貨櫃航商定期的平安出入一港口⁷，這個記錄，或許可以說浮塢的設置在實務上是可以接受的安全，也或許可以說是高雄港引水們的操船技藝精湛。



圖 1.3 一港口與 Viva Island 浮塢

⁵ VIVA ISLAND 基本資料如下：

Ship's Name: VIVA ISLAND, NK Class No.: 763375, Flag: Panamanian, Ship Owner: Kong Kong Zenith Shipping Co., S.A., Class Notation: NS*(FD), Gross Tonnage: 10650, Over-all-length: 174.00 meters, (Working platform: 6 meters at both fore and aft ends), Registered L x B x D (m): 162.00 x 37.00 x 13.98, Moulded L x B x D (m): 162.00 x 37.00 x 13.98, Tank arrangement: Nos: No.1 ~ No.6 Center, P, S (Total 18 tanks), Water Ballast Tank Capacity: 28,340 cubic meters, Fuel Oil Tank Capacity: 57 cubic meters, Fresh Water Capacity: 157 cubic meters, Capacity of Generators: 3 sets, total 1,800 kVA, Shipbuilder: Nitchitsu Industries Co., Ltd. at Matsuura (HNo.6), Date of Build: August 1976, Date of Launch: July 1976, Stop of operation: around 2002.

⁶ 每日 100 艘次 x 365 日 x 26 年 ÷ 2 = 474,500 (註：”÷2”假設一二港口分流量對半)

⁷ 1976 至 2002 期間有韓國 Hanjin 與香港 OOCL 兩大航商之貨櫃船定期出入一港口，韓國 Hanjin 租用 #42 碼頭，定期出入四萬噸級貨櫃船，進港、調頭出港，船長在 250 米左右，歷時約八年。香港 OOCL 貨櫃船當時也都採二港進，一港出。



圖 1.4 一港口與 VIVA ISLAND 浮塢

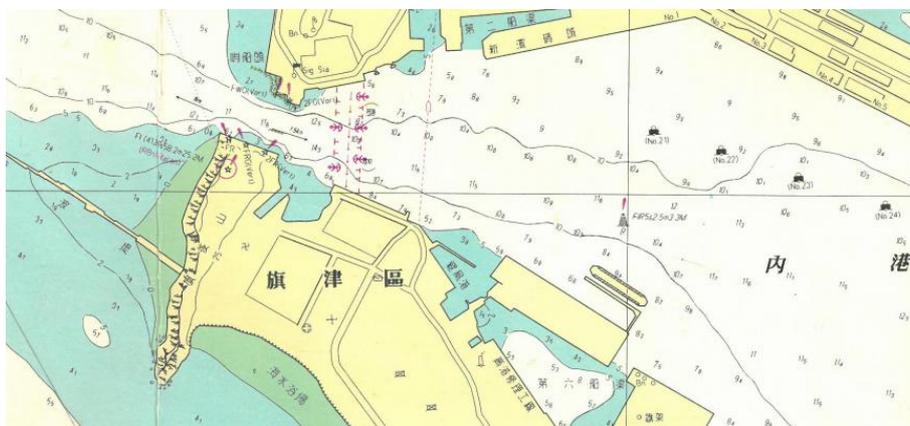


圖 1.5 含一港口與 VIVA ISLAND 浮塢之海圖掃描

貳、浮塢概說

所謂「船塢」係設置在岸邊以人工建造的特殊工程設施，做為檢修船舶及造建船隻，也可停泊船隻的地方。按照構造型式可簡單分為乾塢與浮塢等類型。乾塢是塢不動把船開進去，船進塢後用水泵抽出塢內水體，船即坐落在之墩上。它目前是修理萬噸以上大型船舶常用的一種型式；浮塢是船舶上墩前先向浮塢的艙室內灌水，使塢沉下，將船由塢的一端拖曳入塢內，然後用水泵排出壓艙水，船塢再將船承托起來。(如圖 2.1、2.2 所示)



圖 2.1 U.S. Navy submarine USS Greenville in dry dock, <http://en.wikipedia.org/wiki/Drydock>



圖 2.2 Australian Marine Complex Floating Dock, <http://www.ejelectrical.com.au/project-floatingdock.html>

乾塢，是一種凹型的工程設施，三面接陸、一面臨水，基本組成分為塢口、塢室、塢門、灌排水系統、拖曳繫覽設備、墊船設備、起重設備、動力及公用設施和其他設備組成。塢口用於船舶進出，其作用是固定塢門，結構上要求有足夠的鋼度，不易變形和不均勻沉陷小，以保證擋水塢門關閉緊密。塢室是船塢的主體，是容納船體的空箱，要有足夠的面積、水深和承載能力，還必須能保持塢室的乾潤。塢門的作用在於擋水，其主要的要求在於水密性要高。

另外，乾塢亦有水上施工的船塢結構。在某些情況下，如基坑無法排水，或船塢位於水域內而不能建造圍堰(如影響通航)或建造圍堰不經濟時，可採用水上施工的方法，目前有預制浮箱浮運下沉和水下澆築混凝土兩種結構。浮箱式結構減少造價和縮短工程；水下澆築混凝土結構，塢牆結構為無底的鋼筋混凝土沉井，在陸上預制後下水，用專門的施工船舶吊運到船塢現場安裝，塢牆與底板的連接構造能使底板所受的浮托力傳給塢牆。乾塢與浮塢的差別在於乾塢是固定的，浮塢是可活動的。

浮塢，是由塢體和船塢設備所組成的一種兩端開敞、橫斷面成槽型或 L 型的特殊船舶，分為浮船塢、浮船塢與船台及母子船塢等三種類型。塢體包括塢底和塢牆二部分，塢底和塢牆用縱向和橫向隔牆分成若干艙格，這些艙格包括空氣艙、壓載水艙、機器艙、操作艙和生活艙等。空氣艙係用以使船塢獲得必要之浮力；壓載水艙係用以灌排洩水，使船塢上升或下沉，機器艙係用以安設船塢如動力機械、水泵等各種機器設備；操作艙室設備操作及管理作用的空間；生活艙則是人員食宿和休息等功能的空間。浮塢除了應有足夠的浮力外，還需要有足夠的鋼度和浮游穩定性，以及有足夠的支承船舶場地和各種用途的艙室。⁸

⁸ 陳萬佳，港口水工建築物，人民交通出版社，2001。

若浮船塢與乾船塢做比較，浮塢具有造價較低、建造週期短、機動靈活，便於遷移等優點，且一般適用於船舶的小修、塢修和事故處理，單就依使用功能與建造成本而論，浮塢的設置相當具有價值。

參、浮塢選址要件

我國有關浮塢/乾塢的管理與操作規範並不多見，其中在「商港港務管理規則」第 22 條第二款⁹明定在港區從事船舶進出船塢作業應經商港經營事業機構、航港局或指定機關同意。但這些「同意」的核准要項，主要還是在於證書文件類的審查，至於進出塢安全與技術部分的把關，則在於塢方的船舶進出浮船塢操作程序(SOP)的管控上。例如：船舶進浮船塢前的準備工作、船舶進出浮船塢的配載計算與操作工藝、出塢前檢查、船舶在塢期間的安全注意、浮塢技術管理、浮性計算、穩性計算、縱向強度計算、橫向強度計算、局部強度計算等等^{10,11}。

至於有關浮塢的選址方面似乎在國內的文獻上較為少見，但總體而言，從港灣的設計與規劃角度，對於港灣、航道、碼頭的設計與規劃還是有些可以依循之處^{12,13,14}。

3.1 在平面的設計上應考量：

- (1) 平面布置應以港口發展規劃為基礎，合理利用自然條件、遠近結合和合理分區。並應留有綜合開發的餘地。各類碼頭的布置既應避免相互干擾，也應相對集中，以便於綜合利用港口設施和集疏運系統。
- (2) 新建港區的佈置應與原有港區相協調，並有利於原港區的改造，同時應減少建設過程中對原有港區產生的干擾。
- (3) 港口平面佈置，應力求各組成部分之間的協調配合，有利於安全生產和方便船舶及物流運轉。

⁹ 商港港務管理規則，民國 101 年 08 月 22 日，法務部全國法規資料庫，<http://law.moj.gov.tw/Law/LawSearchResult.aspx?p=A&k1=%E5%95%86%E6%B8%AF&t=E1F1A1&TPage=1>

¹⁰ 船舶進出浮船塢操作手冊，<http://wenku.baidu.com/view/74ada927482fb4daa58d4bfe>。

¹¹ 進出塢作業基準，台灣國際造船股份有限公司品保管制檔，2013。

¹² 中華人民共和國行業標準 JTJ 211-99，海港總平面設計規範，1999，中華人民共和國交通部發布，1999-12-01 實施。

¹³ 侯和雄，海岸、港灣規劃與設計，港灣技術研究所，民國 73 年 10 月。

¹⁴ 湯麟武，港灣及海域工程，中國土木水利工程學會，民國 85 年 10 月。

- (4) 平面設計應考慮方便施工，並根據建設條件，注意施工場地的安排。
- (5) 港口建設應考慮港口水域交通管理的必要設施，並應留有岸邊檢查和檢驗設施佈置的適當位置。

3.2 在港內水域的規劃上應考量：

- (1) 港內水域包括船舶制動水域、迴旋水域、碼頭前沿停泊水域、港地、連接水域以及航道、錨地等。各水域應根據具體情況組合設置，必要時可單獨設置。
- (2) 船舶制動水域宜設在進港方向的直線上，當布置有困難時，可設在半徑不小於 3~4 倍設計船長的曲線上。船舶制動距離可取 3~4 倍設計船長。當進港條件較差時，對 50000 噸以上的重載船舶，其制動距離可適當加大，但不宜超過 5 倍設計船長。
- (3) 船舶迴旋水域應設置在進出港口或方便船舶靠離碼頭的地點。其尺度應考慮當地風、浪、水流等條件和港作拖船配備、定位標誌等因素，可按表 3.2.3 確定。迴旋水域的設計水深可取航道設計水深。對貨物流向單一的專業碼頭，經論證後，其部分迴旋水域可按船舶壓載吃水計算。

表 3.2.3 船舶迴旋水域尺度

適用範圍	迴旋圓直徑(m)
有掩護的水域，港作拖船條件較好，可借岸標定位	2.0 L
無掩護的開敞水域或缺乏港作拖船的港口	2.5 L
允許借碼頭或轉頭墩協助轉頭的水域	1.5 L
受水流影響較大的港口，垂直水流方向的迴旋水域寬度為(1.5~2.0)L；沿水流方向的長度為(2.5~3.0)L	
註：(1) 迴旋水域可占用航行水域，當船舶進出頻繁時，經論證可單獨設置；(2) L 為設計船長(m)	

- (4) 碼頭前沿停泊水域為碼頭前 2 倍設計船寬 B 的水域範圍(如下圖 3.2.4)。



圖 3.2.4 碼頭前沿停泊水域的寬度

- (5) 順岸碼頭前沿港池，當考慮船舶轉頭要求時，其寬度不應小於 1.5 倍設計船長。對多泊位連續布置的順岸碼頭，當水域狹窄或疏浚困難時，經技術經濟論證，可在碼頭兩端設置迴旋水域，但碼頭前沿港池寬度不應小於 0.8 倍設計船長。
- (6) 對突堤或挖入式港池的布置，應綜合分析當地的自然條件，避免建築物或航道

對海岸或河口的自然平衡產生不利影響。例如，在航道附近，不宜設置小型港池船澳之類，即使消波海灘，亦須慎重考慮設置與否，因目前船型愈來愈大，船舶進入時，所擠出的水，湧入該地區，船舶經過後，該地區的水迴流，發生一相當大的流速，影響船尾，可使航行偏向，操舵不穩，故此種配置應予避免。

- (7) 港池朝向應根據當地的自然條件、船舶安全進出、鐵路進線、碼頭岸線的利用和連接水域挖泥數量等因素綜合分析比較確定。掩護條件差的港口應避免與強浪方向一致。
- (8) 港池寬度應根據船舶安全進出港池、考慮碼頭作業要求、岸線的合理利用和疏浚土方量等因素綜合比較確定。當港池兩側均有泊位且沿港池方向布置兩個以上泊位時，港池寬度不宜小於 1.5 倍設計船長；當港池兩側為單個泊位或風向對船舶靠離作業有利時，可適當縮窄港池寬度。對有水上過駁作業的港池，應按過駁作業要求相應加寬。港池的設計水深宜與航道設計水深一致。
- (9) 港池和航道間的連接水域，應滿足船舶進出港池的操作要求，其尺度可根據港池與航道間的夾角和船舶轉彎半徑確定。船舶轉彎半徑，自航為 3 倍設計船長；拖船協助作業為 2 倍設計船長。當船舶不能在港池內轉頭時，連接水域的尺度尚應滿足船舶轉頭的要求，其水深宜與航道設計水深一致。
- (10) 順岸碼頭端部泊位港池底邊線與碼頭前沿線的夾角 α (圖 3.2.10)，可採用 $30^\circ \sim 45^\circ$ 。當航道離碼頭較遠，並有拖船配合作業時，值可適當的加大。港池頂端泊位的 α 可不受上述規定限制。

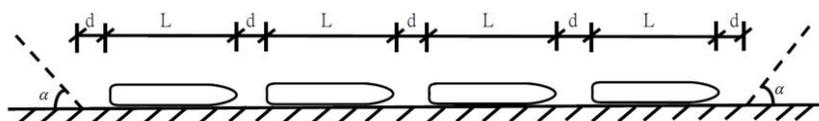


圖 3.2.10 順岸碼頭端部泊位港池底邊線與碼頭前沿線的夾角 α 、 d —餘裕長度(m)

- (11) 港內水域面積大時，漲退潮港口必有流速，無法避免，此種流動，當與船舶進行方向同向或反向，不致有側面影響，但仍須設法減低之。

3.3 在航道的設計上應考量：

- (1) 航道選線應結合港口總體規劃，適當留有發展餘地。必須在滿足船舶航行安全的前提下，結合當地自然條件、引航距離、航標設置、挖泥數量、施工條件和維護費用等因素綜合分析確定。
- (2) 航道選線應全面分析當地自然資料，宜利用天然水深，避免大量開挖岩石、暗

礁和底質不穩定的淺灘，並對航道泥沙回淤作出論證。通常情況下應減小強風、強浪和水流主流與航道軸線的交角。

- (3) 單向或雙向航道的選擇，應根據船舶航行密度、進出港船型比例、乘潮條件、航道長度、助航設施和交通管理等因素，經技術經濟論證確定。
- (4) 航道軸線宜順直，避免多次轉向。當受地形、地質條件限制必須多次轉向時，宜採取減小轉向角、加長兩次轉向間距、加大迴旋半徑或適當加寬航道等措施，使其達到設計要求。
- (5) 受潮汐影響的河口航道，宜利用天然深槽。當穿越河口淺灘時，應著重分析河流、海洋動力和泥沙對航道的影響，並進行河口演變穩定型分析。必要時應通過模型試驗，採取適當的工程措施。
- (6) 航道有效寬度¹⁵由航跡帶寬度、船舶間餘裕寬度¹⁶和船舶與航道底邊間的餘裕寬度組成(圖 3.3.6)。單、雙向航道寬度可分別按式(3.3.6-1)和式(3.3.6-2)確定。當航道較長、自然條件較差和船舶定位困難時，可適當加寬；在自然條件有利的地點，經論證可適當縮窄。

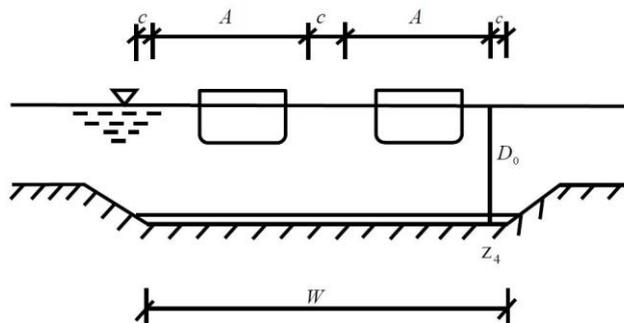


圖 3.3.6 航道有效寬度

$$\text{單向航道 } W = A + 2c \quad (3.3.6-1)$$

$$\text{雙向航道 } 2A + b + 2c \quad (3.3.6-2)$$

$$A = n(L \sin \gamma + B) \quad (3.3.6-3)$$

式中

W — 航道有效寬度(m)；

¹⁵ 當船舶駛離航道而接近兩岸時，因船舶相吸與相斥之力而產生偏航力矩。舵角必須抵補這些力以保持直的航線。因此在某一速度、水深及離岸距離情況下，始能保持直航線之舵角乃稱為平衡舵用 (Equilibrium rudder angle)。

¹⁶ 船舶間隔道之寬度係由一操縱航路邊線與另一操縱航路邊線間量取之寬度。但一般航行穿梭經過時，在航道內船舶與船舶之間會產生相吸與相斥力之水力現象。因此船舶間隔道寬度應適當選取，使這些力之危險性減至最小。領港及航海人員之經驗建議船舶間隔道所需之最小寬度為 100 呎(30.5 公尺)。

- A — 航跡帶寬度(m)；
 n — 船舶漂移倍數，採用表 3.3.6-1 中的數值；
 γ — 風、流壓偏角($^{\circ}$)，採用表 3.3.6-1 中的數值；
 b — 船舶間餘裕寬度(m)，採設計船寬 B ；
 c — 船舶與航道底邊間的餘裕寬度(m)，採用表 3.3.6-2 中的數值

表 3.3.6-1 滿載船舶漂移倍數 n 和風、流壓偏角 γ 值

風力 橫流 $V(m/s)$	橫風 ≤ 7 級			
	$V \leq 0.25$	$0.25 < V \leq 0.50$	$0.50 < V \leq 0.75$	$0.75 < V \leq 1.00$
n	1.81	1.69	1.59	1.45
$\gamma (^{\circ})$	3	7	10	14

註：當斜向風、流作用時，可近似取其橫向投影值查表。

表 3.3.6-2 船舶與航道底邊間的餘裕寬度 c

項目	雜貨船或貨櫃船		散貨船		油船或其他危險品船	
	≤ 6	> 6	≤ 6	> 6	≤ 6	> 6
c (m)	0.50B	0.75B	0.75B	B	B	1.50B

- (7) 航道水深分通航水深和設計水深(圖 3.3.7-1) (圖 3.3.7-3)，應分別按下列公式計算：

$$D_0 = T + Z_0 + Z_1 + Z_2 + Z_3 \quad (3.3.7-1)$$

$$D = D_0 + Z_4 \quad (3.3.7-2)$$

式中

- D_0 — 航道通航水深
 T — 設計船型滿載吃水(m)；
 Z_0 — 船舶航行時船體下沉值(m)，按圖 3.3.7-2 採用；
 Z_1 — 航行時龍骨下最小餘裕深度(m)，採用表 3.3.7-1 中的數值；
 Z_2 — 波浪餘裕深度(m)，採用表 3.3.7-2 中的數值；
 Z_3 — 船舶裝載縱傾餘裕深度(m)，雜貨船和貨櫃船可不計，油船和散貨船取 0.15m；
 D — 航道設計水深(m)；
 Z_4 — 備淤餘裕深度(m)，應根據兩次挖泥間隔期的淤積量確定，不宜小於 0.4m。

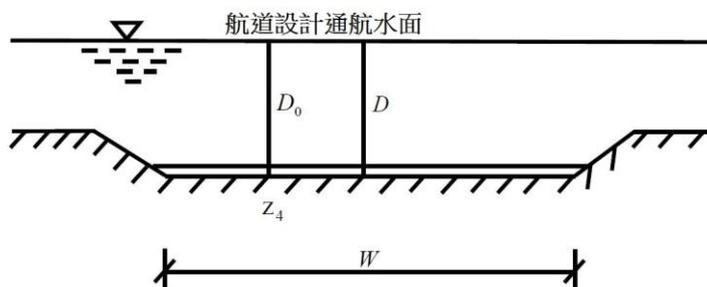


圖 3.3.7-1 航道通航水深與設計水深

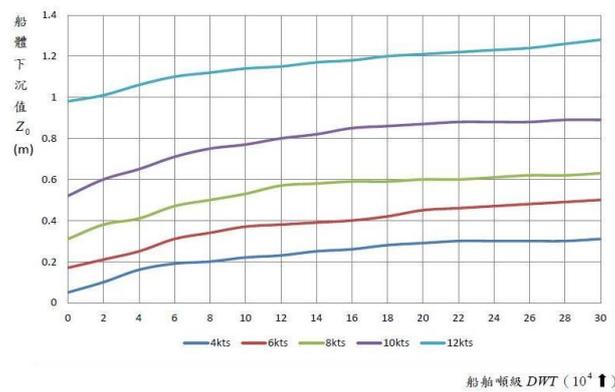


圖 3.3.7-2 船舶航行時船體下沉曲線值

表 3.3.7-1 航行時龍骨下最小餘裕深度 Z_1 (m)

土質特徵	船舶噸級(t)	DWT < 5000	5000 ≤ DWT < 10000	10000 ≤ DWT < 50000	50000 ≤ DWT < 100000	100000 ≤ DWT < 300000
淤泥土		0.20	0.20	0.30	0.40	0.40
含淤泥的砂、含黏土的砂和鬆砂		0.30	0.30	0.40	0.50	0.60
含砂或含黏土的塊狀土		0.40	0.40	0.50	0.30	0.60
岩石土		0.50	0.60	0.60	0.80	0.80

表 3.3.7-2 船、浪夾角 Ψ 與 $Z_2 / H_{4\%}$ 的變化係數值

Ψ (°)	0 (180)	10 (170)	20 (160)	30 (150)	40 (140)	50 (130)	60 (120)	70 (110)	80 (100)	90 (90)
$Z_2 / H_{4\%}$	0.24	0.32	0.38	0.42	0.44	0.46	0.48	0.49	0.50	0.52

註：(1)當 DWT < 10000t 時，表 3.3.4 中的數值應增加 25%；(2)當波浪平均周期 $\bar{T} \geq 10s$ 時，應對 Z_2 值進行專門論證。

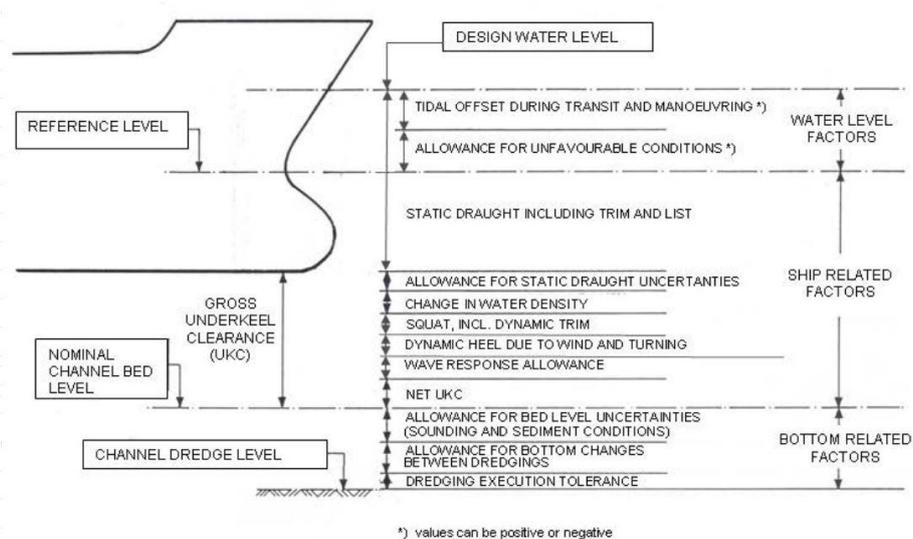


圖 3.3.7-3 PIANC 航道與水深概念圖

(8) 航道轉彎半徑 R 和加寬方式應根據轉向角 ϕ 和設計船長確定。

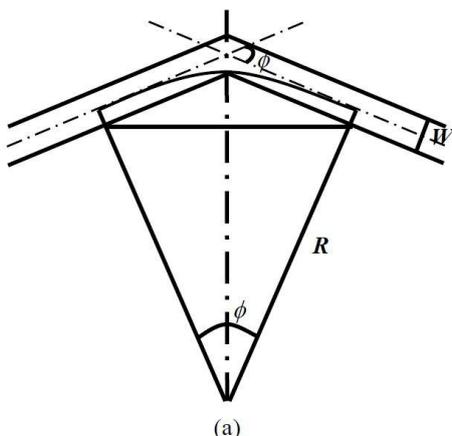


圖 3.3.8-1 航道轉彎段加寬示意(切角法)

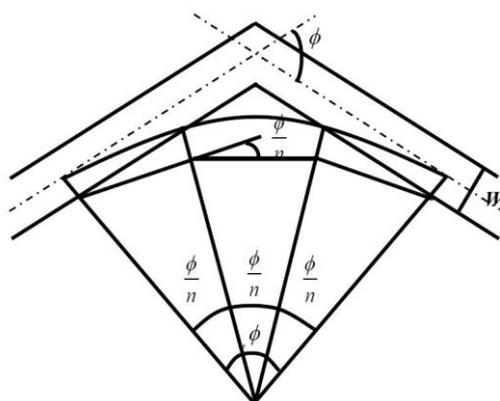


圖 3.3.8-2 航道轉彎段加寬示意(切割法)

$10^\circ < \phi \leq 30^\circ$ ， $R=(3\sim 5)L$ ，宜採用切角法(圖 4.8.9a)加寬，當水域狹窄，切角困難時，經論證可採用折線切割法(圖 4.8.9b)加寬；
 $\phi > 30^\circ$ ， $R-(5\sim 10)L$ ，可採用折線切割法加寬。

(9) 航道邊坡坡度宜通過試驗或按類似土質和水文條件的現有航道確定。當缺乏資料時，可採用表 3.3.9 中的數值。

表 3.3.9 各類土質航道邊坡坡度

土質特性	流塑淤泥	軟塑淤泥、 鬆散砂土	可塑黏土、 密實砂土	硬塑黏土、 強風化岩	岩石
邊坡坡度	1 : 20~1 : 50	1 : 10	1 : 5	1 : 3	1 : 1

(10) 乘潮水位是指船舶乘潮進出港口的某一潮位，並以該潮位做為航道和不包括碼頭前沿水域、錨地的港內水域的設計通航水位。乘潮水位應根據需要乘潮的船舶航行密度，港口所在地區的潮汐特徵和疏浚工程量等因素，經技術經濟論證確定。

- (11) 乘潮水位應根據每潮次船舶乘潮進出港所需的持續時間，選區每一潮峰上與此延時相當的水位，可取乘潮累積頻率 90%~95%的水位¹⁷。
- (12) 每潮次船舶乘潮進出港所需要的持續時間可按下式確定：

$$t_s = K_t(t_1 + t_2 + t_3) \quad (3.3.13)$$

式中

- t_s — 每潮次船舶乘潮進出港所需的持續時間(h)；
 K_t — 時間餘裕係數，取 1.1~1.3；
 t_1 — 每潮次船舶通過航道的持續時間(h)，其中包括船舶間追蹤航行的間隔時間；
 t_2 — 一艘船舶在港內轉頭的時間(h)；
 t_3 — 一艘船舶靠離碼頭的時間(h)。

3.4 在碼頭的設計上應考量：

- (1) 確定碼頭有關設計尺度時，應根據設計船舶船型尺度計算。
- (2) 碼頭前沿高程應考慮當地大潮時碼頭面不被淹沒，便於作業和碼頭前後方高程的銜接¹⁸。碼頭前沿高程應根據泊位性質、船型、裝卸工藝、船舶繫纜、水文、氣象條件、防汛要求和掩護程度等因素，並參照鄰近現有碼頭前沿高程確定。
- (3) 有掩護港口的碼頭前沿高程為計算水位與超高值之和，應按下表 3.4.3 中的基本標準和複合標準分別計算，並取大值。

表 3.4.3 碼頭前沿高程

基本標準		覆核標準	
計算水位	超高值(m)	計算水位	超高值(m)
設計高水位(高潮累積頻率 10%的潮位)	1.0~1.5	極端高水位(重現其為 50 年的年極值高水位)	0~0.5
註： 1. 計算水位應按現行行業標準《海港水文規範》的有關規定確定； 2. 位於陸沉地區的港口，碼頭前沿高程應適當留有沉降餘裕量； 3. 當碼頭附近陸域過高時，為便於同鐵路、道路在高程上的合理銜接，碼頭前沿高程經論證後可作式當調整			

- (4) 開敞式碼頭應滿足碼頭面不被波浪淹沒的要求，通常不考慮碼頭及銜接橋上部結構直接承受波浪力的作用，碼頭面高程可按式(3.4.4)確定。必要時，應通過

¹⁷ 中華人民共和國行業標準 JTJ 213-98，海港水文規範，1998-04-20，中華人民共和國交通部發布，1999-06-01 實施。

註：(1)當潮位受氣象影響季節性變化較大時，對所選用的乘潮水位，應核算低水位月份的航道通過能力及其對港口正常營運的影響；(2)乘潮水位的統計，應有一年以上的實測潮位資料。

¹⁸ 碼頭岸壁之高度，須研究暴潮位，波浪及地盤下陷慎重決定。普通大型碼頭，潮差在 3.0m 以上者，其高度在平均滿潮為上 0.5~1.5m，潮差在 0.3m 以下者，為 1.0~2.0m。小型碼頭潮差 3.0m 以上時，出水高為 0.3~1.0m，潮差不滿 3.0m 者，出水高無為 1.0~1.5m。

模型試驗確定。

$$E = HWL + \eta_0 + h + \Delta \quad (3.4.4)$$

式中

E —碼頭面高程(m)；

HWL —設計高水位(m)；

η_0 —設計高水位時重現期為50年的 $H_{1\%}$ (波列累積頻率為1%的波高)靜水面以上的波峰面高度；

h —碼頭上部結構的高度(m)；

Δ —波峰面以上至上部結構底面的餘裕高度(m)，可取0~1.0m。

註：當碼頭上部結構允許承受波浪力時，可根據結構的受力條件，適當降低碼頭面高程。

- (5) 碼頭前沿設計水深，是指在設計低水位以下的保證設計船型在滿載吃水情況下安全停靠的水深。其深度可按下式確定：

$$D = T + Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 \quad (3.4.5-1)$$

$$Z_2 = KH_{4\%} - Z_1 \quad (3.4.5-2)$$

式中

D —碼頭前沿設計水深(m)；

T —設計船型滿載吃水(m)；

Z_1 —龍骨下最小餘裕深度(m)，採用表 4.3.5 中的數值；

Z_2 —波浪餘裕深度(m)，當計算結果為負值時，取 $Z_2 = 0$ ；

K —係數，順浪取 0.3，橫浪取 0.5；

$H_{4\%}$ —碼頭前允許停泊的波高(m)，剝裂累積頻率為4%的波高，根據當地波浪與港口條件確定；

Z_3 —船舶因配載不均勻而增加的船尾吃水值(m)，雜貨船可不計，散貨船和油船取 0.15m；

Z_4 —備淤餘裕深度(m)，根據回淤強度、維護挖泥間隔期及挖泥捨備的性能確定，不小於 0.40m。

表 3.4.5 龍骨下最小餘裕深度 Z_1

海 底 底 質	Z_1 (m)
淤泥土	0.20
含淤泥的砂、含黏土的砂和鬆砂土	0.30
含砂或含黏土的塊狀土	0.40
岩石土	0.60
註：對重力式碼頭， Z_1 應按岩石土考慮。	

在可行研究或方案階段，當自然資料不足時，碼頭前沿設計水深可按下式估算：

$$D = kT \quad (3.4.5-3)$$

式中

k —係數，有掩護碼頭取 1.10~1.15，開敞式碼頭取 1.15~1.20。

註：對雜貨船和貨櫃船，根據具體情況可再考慮實載率對設計船型吃水的影響；對河口港可考慮淡水比重差對設計船型吃水的影響。

- (6) 碼頭泊位長度，應滿足船舶安全靠離作業和繫纜要求。對掩護港口的通用碼頭，

其單位泊位長度(圖 3.4.6)可按下式確定：

$$L_b = L + 2d \quad (3.4.6)$$

式中

L_b — 碼頭泊位長度(m)；

L — 設計船長(m)；

D — 餘裕長度(m)，採用表 4.3.6 中的數值。

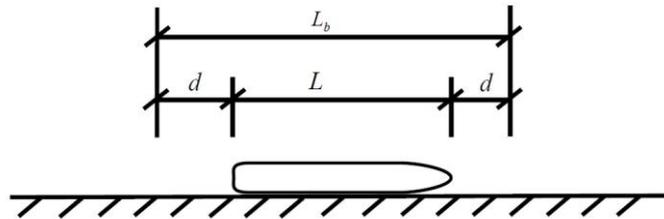


圖 3.4.6 單位泊位長度

表 3.4.6 餘裕長度 d

L (m)	< 40	41~85	86~150	151~200	201~230	> 230
d (m)	5	8~10	12~15	18~20	22~25	30

註：
 (1) 港作船碼頭可參照表 3.4.6 中的數值
 (2) 泊位長度在滿足平面布置的條件下，可採用艙艙繫纜墩及引橋連接方式，其泊位長度由繫纜墩外側邊緣計算；
 (3) 專業化碼頭的泊位長度，尚應滿足裝卸工藝要求

(7) 當在同一碼頭線上(圖 3.4.7)連續布置泊位時，其碼頭總長度宜根據到港船型尺度的概率分布模擬確定，也可按下式確定：

$$\text{端部泊位 } L_b = L + 1.5d \quad (3.4.7-1)$$

$$\text{中間泊位 } L_b = L + d \quad (3.4.7-2)$$

註：① 端部泊位尚應考慮帶纜操作的安全要求；

② 上述泊位長度的計算不適用於油品碼頭和其他危險品碼頭；

③ 兩相鄰泊位船型不同， d 值應按較大船型選取

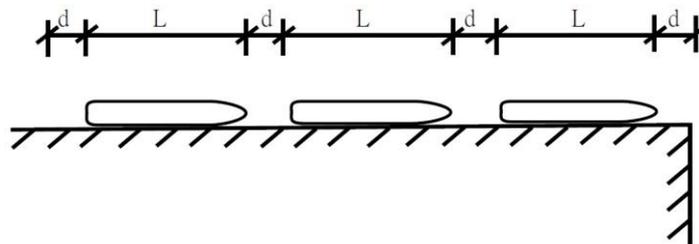


圖 3.4.7 連續布置多泊位長度

(8) 當碼頭布置成折線時，其轉折處的泊位長度(圖 3.4.8-1)，應滿足船舶靠離作業

的要求，並應根據碼頭結構形式及轉折角度確定。

- a. 直立式岸壁折角處的泊位長度(圖 3.4.8-1)，應按下式確定：

$$L_b = \xi L + \frac{d}{2} \quad (3.4.8)$$

式中 ξ — 船長係數，採用表 4.3.8 中的數值

表 3.4.8 船長係數 ξ

兩直立式岸壁間夾角 θ	60°	70°	90°	120°
$DWT > 5000t$	1.45	1.35	1.25	1.15
$DWT \leq 5000t$	1.55	1.40	1.30	1.20

註：① 對 1000 噸級以下船舶，折角處的餘裕長度可適當減小；② DWT 係指船舶載重噸(t)

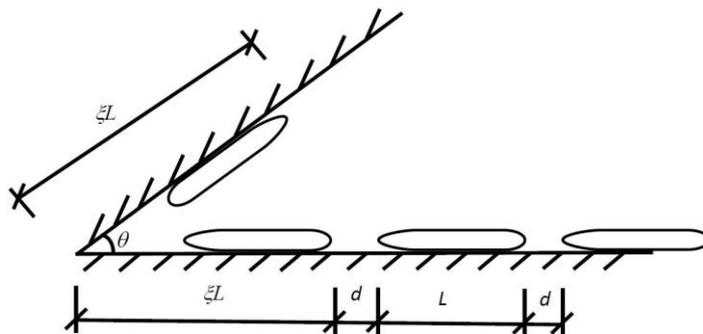


圖 3.4.8-1 直立式岸壁折角處的泊位長度

- b. 當直立式碼頭與斜坡式護岸或水下挖泥邊坡邊線的夾角 $\theta \geq 90^\circ$ 時，靠近護岸處的泊位長度(圖 3.4.8-2)，可按式(3.4.7-1)確定。

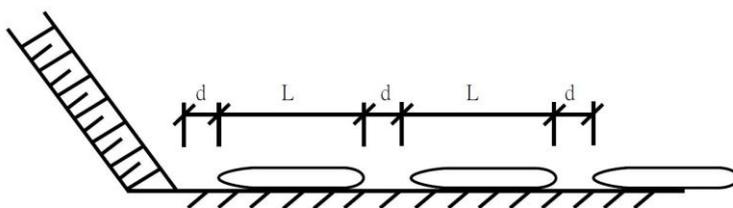


圖 4.3.8-2 直立式碼頭與斜坡護岸處的泊位長度

- (9) 開敞式碼頭的布置，應根據當地水深、潮汐、地質、泥沙、風、浪和水流等自然條件綜合分析確定。碼頭軸線方向，應已考慮船舶進港方向，且其與恆風方向一致，滿足港口營運和船舶靠離、繫泊和裝卸作業的要求，同時以通棧、倉庫、臨港交通設施等之佈置需能充分利用空間為原則，並宜與風、浪、水流的主導方向一致；當無法同時滿足時，應服從其主要影響因素。

(10) 對開敞式碼頭，其泊位長度(圖 3.4.10)可按式估算：

$$L_b = (1.4 \sim 1.5)L \quad (3.4.10)$$

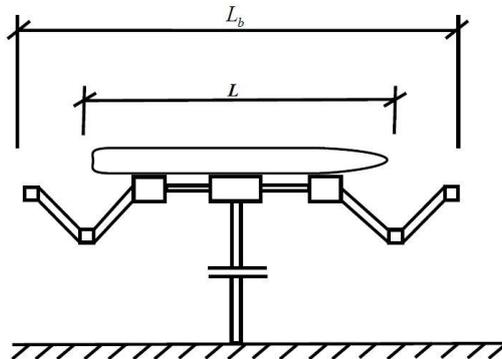


圖 3.4.10 開敞式碼頭的泊位長度

(11) 確定碼頭泊穩和作業條件時，應考慮下列主要因素：

- a. 港口的自然條件，包括風、浪、水流的大小及其分部特徵；
- b. 碼頭裝卸工藝、貨種和船舶安全裝卸作業的要求；
- c. 碼頭的掩護程度及其軸線方向與風、浪、水流的相互關係；
- d. 碼頭結構型式、防沖及繫纜設施的條件。

(12) 對不同載重噸的船舶、不同貨種的碼頭，船舶裝卸作業的允許波高和風力，不宜超過表 3.4.12 中的數值。

表 3.4.12 船舶裝卸作業的允許波高和風力

船舶噸級 DWT (t)	允許波高 (m)								允許風力
	順浪 $H_{4\%}$				橫浪 $H_{4\%}$				
	油船	散裝船	雜貨船	貨櫃船	油船	散裝船	雜貨船	貨櫃船	
1000	0.6	—	0.6	—	0.6	—	0.6	—	≤6 級
2000	0.6	—	0.6	—	0.6	—	0.6	—	
3000	1.0	—	0.8	—	0.8	—	0.6	—	
5000	1.0	—	0.8	—	0.8	—	0.6	—	
10000	1.0	1.0	1.0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.6	
15000	—	1.0	1.0	0.8	—	0.8	0.8	0.6	
20000	1.2	1.2	1.0	—	1.0	1.0	0.8	—	
25000	—	—	—	1.0	—	—	—	0.8	
30000	1.2	1.2	—	1.0	1.0	1.0	—	0.8	
35000	—	—	—	1.0	—	—	—	0.8	
40000	—	1.2	—	—	—	1.0	—	—	
50000	1.5	1.5	—	—	1.2	1.2	—	—	

船舶噸級 DWT (t)	允許波高 (m)								允許風力
	順浪 $H_{4\%}$				橫浪 $H_{4\%}$				
	油船	散裝船	雜貨船	貨櫃船	油船	散裝船	雜貨船	貨櫃船	
70000		1.5	—	—	—	1.2	—	—	
80000	1.5	—	—	—	1.2	—	—	—	
100000	1.5	1.5	—	—	1.2	1.2	—	—	
120000	1.5	1.5	—	—	1.2	1.2	—	—	
≥ 150000	2.0	2.0	—	—	1.5	1.5	—	—	

註：

- (1) 船、浪夾角 $\beta \geq 45^\circ$ 為橫浪； $\beta < 45^\circ$ 為順浪；
- (2) 表中所列波高的允許平均週期 \bar{T} ； $DWT \leq 20000t, \bar{T} \leq 6s$ ； $DWT > 20000t, \bar{T} \leq 8s$ ；
- (3) 根據碼頭防沖和繫纜設施條件，經論證表中數值可適當增減，必要時應通過模型試驗驗證
- (4) $H_{4\%}$ 為波列累積頻率 4% 的波高

肆、安全評估概念

4.1 評估範疇

高雄港一港口之內港口水深約 10~11 公尺，一港口主航道寬 98 公尺、一港口支航道寬 154 公尺、南北主航道(一港口迴船至前鎮河迴船池段)寬 115 公尺、迴船池 400 公尺。

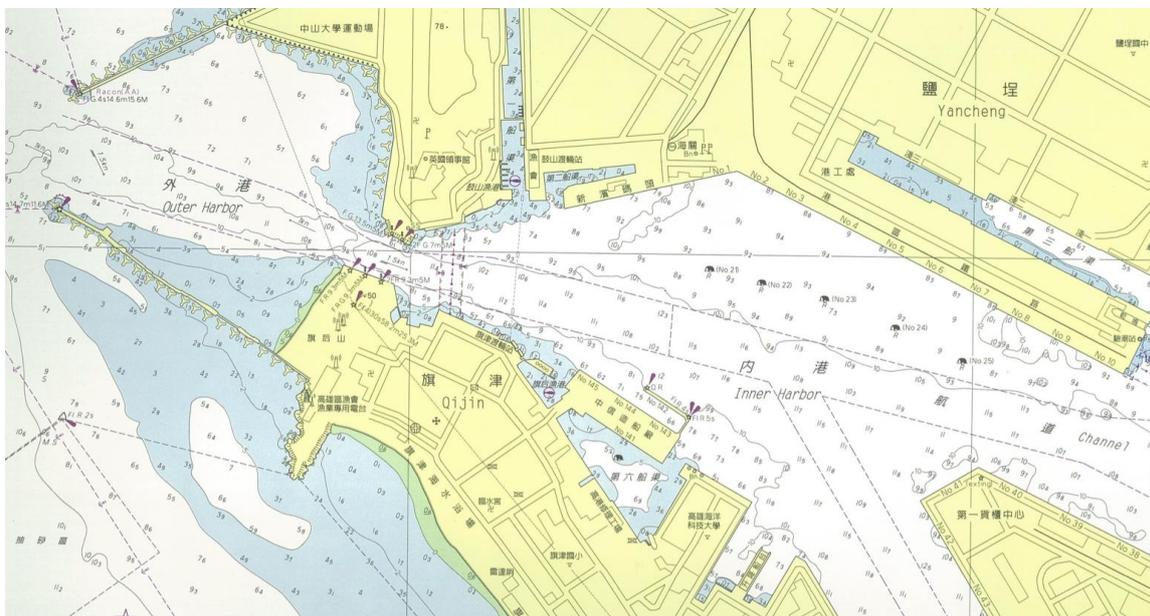


圖 4.4.1-1 一港口航道圖

5. 不存在的隱憂影響，或是存在的隱憂已採取改善措施或緩解；
6. 具備安全監管設施，並且處於隨時可使用的狀態；
7. 具備系統性的安全保障條件；
8. 船舶操縱技術和通航環境符合安全要求；
9. 滿足其它必要條件。

4.2 評估方法一：Quantitative IWRAP Model

國際航標協會定量航道風險評估(IALA Waterway Risk Assessment Program)²⁰，是由加拿大海岸巡防局與丹麥大學聯合開發，從船舶動態識別系統 (Automatic Identification System, AIS)的歷史數據對於船舶碰撞和擱淺率進行理論分析計算，碰撞原因種類眾多：動力擱淺(Powered Groundings)、漂流擱淺(Drifting Groundings)、追越碰撞(Overtaking Collisions)、艏遇碰撞(Head-On Collisions)、橫越碰撞(Crossing Collisions)、匯遇碰撞(Merging Collisions)、彎道碰撞(Bend Collisions)、區域碰撞(Area Collisions)。依據船舶相對位置靜止、直航、追越、避讓、安全、迎艏相遇等關係，評估在不同航道中的不同船舶類型和船舶流量進行碰撞率計算和分析比較，了解水域的航行安全及預測航道的風險。

IWRAP²¹根據船舶匯遇的地點將船舶碰撞方式分為兩種：

1. 發生在直線航路碰撞，艏遇碰撞和追越碰撞。
2. 發生在交叉相遇航行時所發生的碰撞，既橫越碰撞。

以橫越碰撞為例，將兩艘船舶夾角為 10 度到 170 度之間為交叉相遇，兩船舶在交叉相遇過程中，發生碰撞情形如下圖：

²⁰ Ómar Frits Eriksson, Maritime Safety Maritime Safety-IWRAP. Danish Maritime Safety Administration Chair IALA EEP Committee. April 2011.

²¹ 甘浪雄、馬全黨、周瑞賽。基於 IWRAP 模型的交叉航路船舶碰撞概率計算分析。中國水運期刊。第五期。2012。

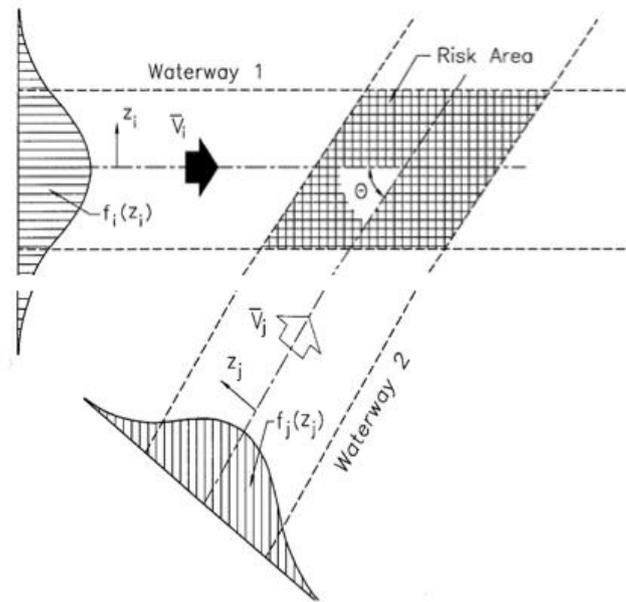


圖 4.4.2-1 船舶交叉相遇圖

根據IWRAP，兩船發生碰撞誘因情形頻率 $N_G^{crossing}$ 的計算公式如下所示：

$$N_G^{crossing} = \sum_{ij} \frac{Q_i Q_j}{V_i V_j} D_{ij} V_{ij} \frac{1}{\sin \theta}$$

Q_i 和 Q_j 分別表示交叉航路中的單位時間內的某種特定船舶交通流量；

V_i 和 V_j 表示交叉航路中的航速， V_{ij} 為兩船舶的相對航速；

D_{ij} 是當交叉相遇的兩艘船舶不做任何避讓，所造成的碰撞區域直徑； θ 為航路交叉角度。

4.3 評估方法二：Qualitative PAWSA Model

港口與航道安全評估²²(Ports and Waterways Safety Assessment)，是一個由美國海岸巡防局(USCG)對於美國港口和航道通行安全所建立的。將船舶動態識別系統(Automatic Identification System；AIS)和交通管理系統(VTS)長期統計的數據，找出主要航道的安全隱患，通過專家評判估算風險層級及緩解的措施，設定安全指標，並且設置因應層級以減少風險，確認船舶通過水道時的資訊，以及船隻在港內航道的安全，減少對海洋環境危害的風險。

²² IALA Recommendation O-134 IALA Risk Management Tool for Ports and Restricted waterways Edi May 2009。

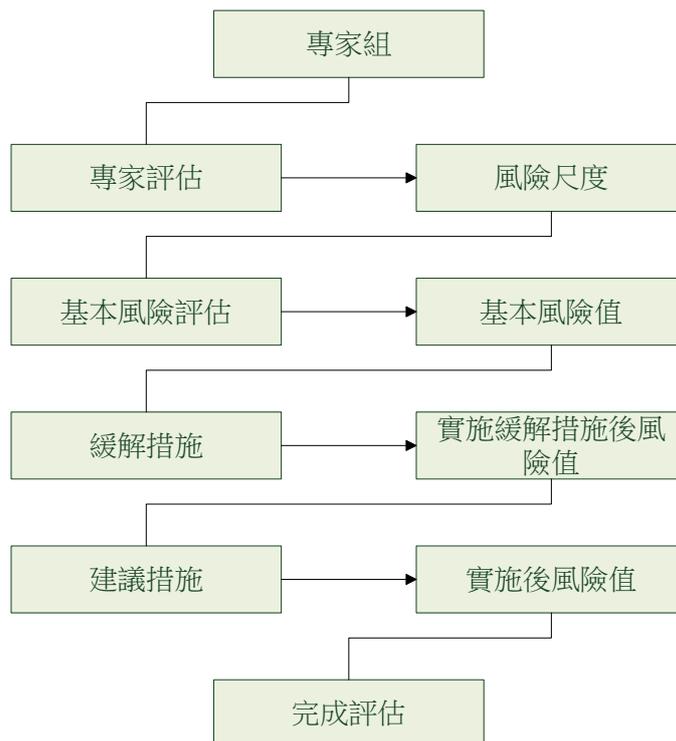


圖 4.4.2-2 PAWSA 基本流程圖

在 PAWSA 評估法²³中，對每個評估指標的危險性都有四種定性的描述(安全穩定狀態、安全需預防狀態、危險可承受狀態、危險警惕狀態)，運用配對比得到兩個描述定性因子的危險度定量值，進而得到評估整體風險尺度。

Waterway Risk Model					
Vessel Conditions	Traffic Conditions	Navigational Conditions	Waterway Conditions	Immediate Consequences	Subsequent Consequences
Deep Draft Vessel Quality	Volume of Commercial Traffic	Winds	Visibility Impediments	Personnel Injuries	Health and Safety
Shallow Draft Vessel Quality	Volume of Small Craft Traffic	Water Movement	Dimensions	Petroleum Discharge	Environmental
Commercial Fishing Vessel Quality	Traffic Mix	Visibility Restrictions	Bottom Type	Hazardous Materials Release	Aquatic Resources
Small Craft Quality	Congestion	Obstructions	Configuration	Mobility	Economic

圖 4.4.2-3 顯示六個風險類別和相應的風險因素

風險被定義為一事件造成破壞或傷亡的可能性及其後果，港口與航道安全評估²⁴(Ports and Waterways Safety Assessment) 將各類影響船舶安全的危險因素分為六個類別：

²³ 尹先明、王君。基於 PAWSA 對天津港復式航道通航環境的風險分析。天津航海期刊。第二期。2013。

1. 船舶狀況：航行在水道上船舶可能會因為當值人員忽略目視瞭望、過度依賴航儀，無法正確的判斷並採取措施，增加了碰撞的風險。
2. 交通條件：在同一個航道上的船隻是否會相互影響。
3. 航行條件：航道的能見度、風向、波浪、潮汐及潮流等氣候因素。
4. 航道條件：即使是容易操作的船隻，在港內航行時，由於船速較慢，受到風、水流的物理性質影響更為明顯。
5. 事故短期影響：在航道上的碰撞會影響；造成人員的受傷或死亡、石油和危險品的外洩、需要應對的資源以及港口運輸系統中斷。
6. 事故長期影響：當航道上發生事故可能會影響數小時，數天，數月，甚至是數年。如果岸上設備停擺，工人就得停工，貨物無法運輸、發生漏油事件破壞到漁區，魚種可能減少或滅絕、也會造成水源供應受到汙染，對於整個海洋相關產業造成直接的傷害。

4.4 評估方法三：SWOT Analysis

強弱危機分析(又稱：強弱危機綜合分析法，SWOT Analysis)，是一種企業競爭態勢分析方法，是市場營銷的基礎分析方法之一，通過評價企業的優勢(Strengths)、劣勢(Weaknesses)、競爭市場上的機會(Opportunities)和威脅(Threats)，用以在制定企業的發展戰略前對企業進行深入全面的分析以及競爭優勢的定位。進而需用 USED「用、停、成、禦」技巧來產出解決方案²⁵，例如：

- S 優勢(Strengths)：擁有經驗豐富的維修及造船人員，船隻能有效率的立即進入一港口進行維修。
- W 劣勢(Weaknesses)：中國沿海開放自由貿易商港，港埠採取低價策略。

²⁴ IALA Recommendation O-134 IALA Risk Management Tool for Ports and Restricted waterways Edi May 2009。

²⁵ USED 是「用、停、成、禦」四個方向的重點縮寫分別是：
如何善用每個優勢？ How can we Use each Strength?
如何停止每個劣勢？ How can we Stop each Weakness?
如何成就每個機會？ How can we Exploit each Opportunity?
如何抵禦每個威脅？ How can we Defend against each Threat?

- O 機會(Opportunities)：增加高雄港收益、船舶停靠費用、引水費用，僱用拖船、就業機會、維修零件周邊產業，提升高雄港維修大型船舶能力。
- T 威脅(Threats)：一港口港內航道為繁忙的水域，商船、渡輪、遊港船、海巡艦艇海軍軍艦、港內工作船及小型漁船航行於此。如果浮塢作業時，可能會影響航道航行安全的情況。

	S 優勢(Strengths)	W 劣勢(Weaknesses)
O 機會(Opportunities)	SO 策略(槓桿效應) (Max-Max)強化優勢、利用機會	WO 策略(抑制性) (Min-Max)減少劣勢、利用機會
T 威脅(Threats)	ST 策略(脆弱性) (Max-Min)強化優勢、避免威脅	WT 策略(問題性) (Min-Min)降低威脅、減少劣勢

伍、綜合評論

5.1 浮塢作業程序

浮塢將設置在高雄順榮廠廠址用地，地籍編號為旗津段 800，801，802 屬造船工業用地，計劃將設置在目前租賃廠址用地外碼頭外側水域，新建全長 160 公尺、寬 46 公尺浮塢乙座，作為新建與維修大型船舶用浮塢水域。

一般而言，浮塢作業時主要分為「移船」、「拖帶浮塢」及「浮塢下沉」三個過程。這三個過程相互關聯也相對獨立。但因為這座浮塢，為左右舷首尾設置棒錨系統，進行升降起伏固定用作業，最大深沉吃水 15m，船舶駐塢後吃水約 4.2m。浮塢僅會下潛上浮，不會橫向的影響航道水域，因此少了「拖帶浮塢」的動作，僅剩「移船」及「浮塢下沉」二個過程。從寬來看，依據廠商提供的浮塢作業的基本程序²⁶，其實真正可能會影響其他船舶航行或是作業的就是浮塢進出作業的約二小時時間。

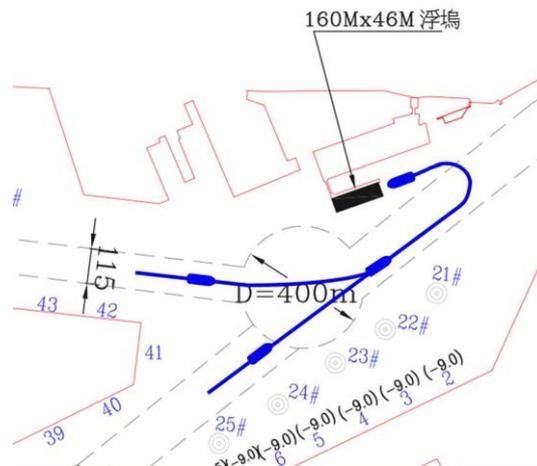
但是對於這二個小時的疑慮，首先，進出船塢的作業不會是每天的，一般而言，最快約 7 天時間，較慢約 15 天時間，因此在這 7-15 天的時間有二個小時的時間的交管，

²⁶ 新建 160M 浮塢工程簡報：(160M 浮塢作業安全守則)

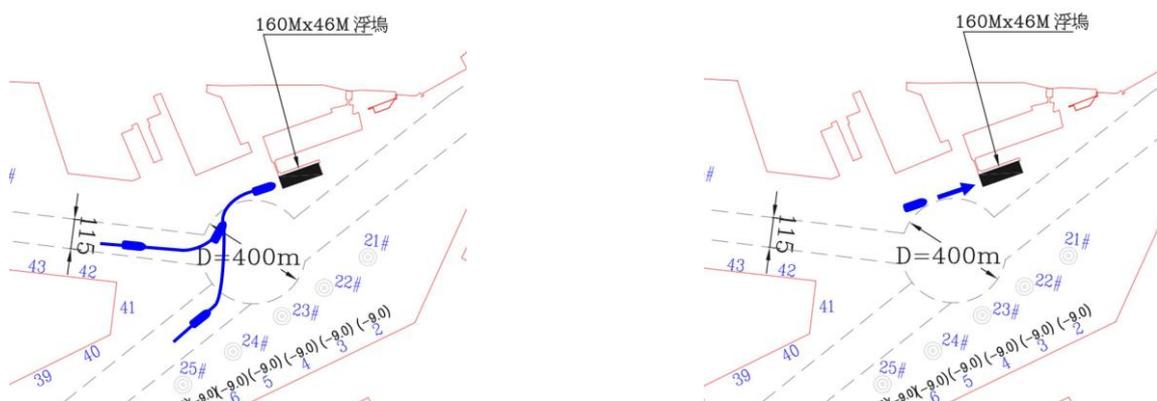
- 一、浮塢進出作業時間：約兩小時。
- 二、每次進出塢作業均配置兩至三艘工作船擔任警戒或支援浮塢作業。
- 三、船塢作業時，均不定時派遣工作船清潔附近水域，以確保港區環境清潔。
- 四、浮塢配置有警示燈光，全天二十四小時閃爍，確保航道安全。
- 五、岸邊配置二十四小時保全人員，隨時監控船塢及船舶狀況。
- 六、浮塢於每次進出塢作業時，左右兩舷前後甲板配置四名安全人員，可隨時回報各種狀況。
- 七、進出船塢作業前，均向台灣港務公司高雄分公司各有關單位提出作業申請。

應該也是可以接受的必要之惡；其次，船舶進出塢作業是要預先申請的，換言之，可以選擇在交通流量最小的時段進出，影響當然可以減至最小；其三，就地理位置觀察，此次船塢重置與先前 Viva Island 最大的差別是船之進出方向由原來的「東朝西向(西向)」改為「西朝東向(東向)」，這樣的設計變更，大幅縮減了被影響水域範圍²⁷；其四，船舶進出浮塢是必須全程保持專人嚴密監控船舶安全動態，理論上也應具備採取應急處理措施的能力。因此，相應的風險係數應該是可以降低的。

²⁷ 原 1976-2002 設置之「西開口」之 Viva Island 船塢當有進出塢作業時，多需要採用幾近 180 度繞行拖曳之方式進出塢口，其所拖曳調頭過程中所需作業水域與一港口窄口距離非常接近，以至於正常進出港船舶必須在過窄口前(後)作大角度之繞行，以避開進出船塢正在拖曳調頭中之無動力船舶，對於正常進出港船隻略有不便，也造成在操船方面之一些影響與顧慮。



擬重置船塢將改採「東開口」方式，由第六船渠與海軍碼頭航道夾角少有船舶經過之近岸真空地帶之間的水域進出，船舶進出塢作業，不論係由四線航道拖曳而來，或是由二、三線航道拖曳入塢，均可直行拖入不需調頭，大幅減少所需管制之水域面積及時間。



高雄港第一航道示意圖

(參考99.9.15 海軍大風海洋月刊)

103.03.04

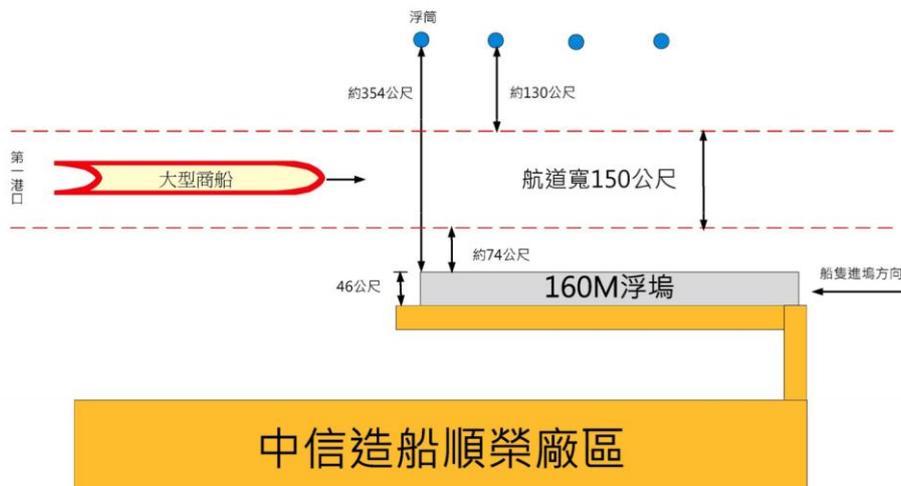


圖 5.1-1 船廠簡報資料的船塢與航道示意圖

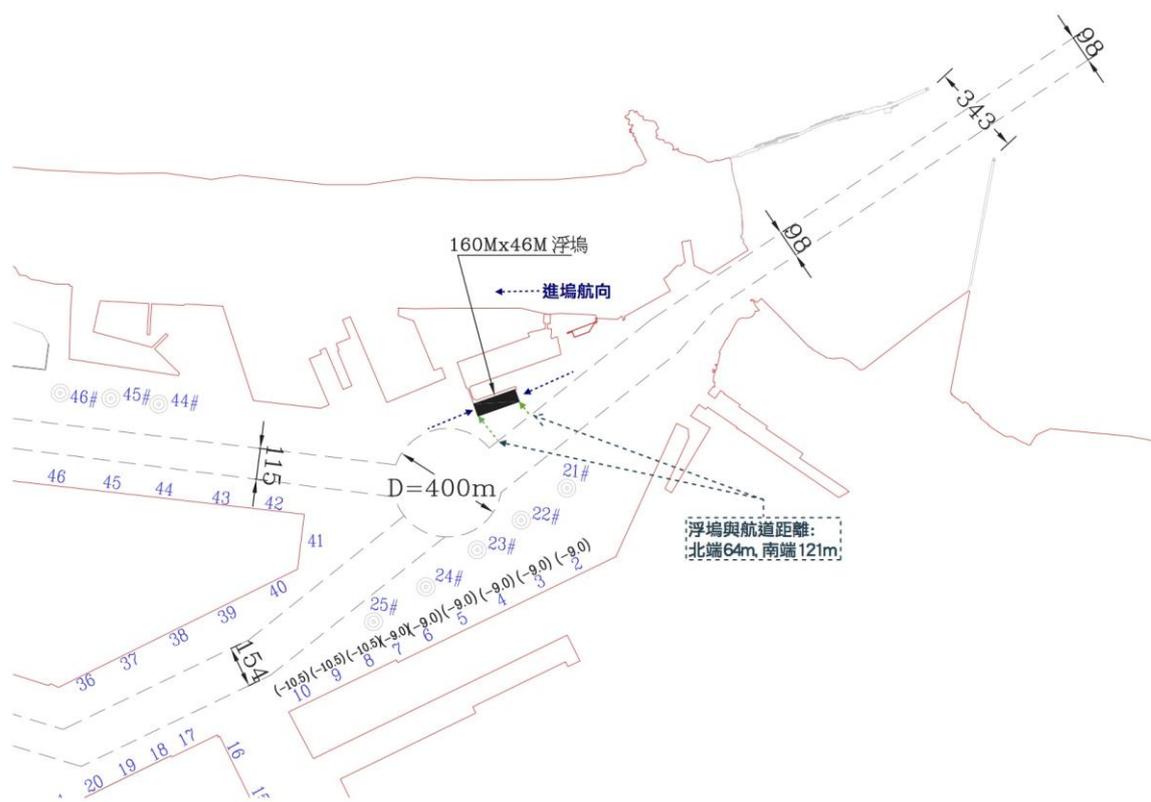


圖 5.1-2 依據海圖草繪的的船塢與航道示意圖

5.2 評估程序

浮塢的設置對於港口與航道的安全影響評估，最基本的認定在於「人」是否能接受的議題。從規劃、使用與管理的角度思考，最直接衝擊的當然是使用該水域的引水人以

及相關的航海人員，其次但也是根源的是港口及航道工程的技術專家，再其次是商港與海事管理機構的人們。

至於主要考慮的基本要素在於「環境」以及環境所相應對的「風險」。茲分述如下：

1. 自然環境議題：

- (1) 氣象：涉水活動水域風、氣溫、降水、霧及能見度、相對濕度、災害性天氣等與通航安全有關的氣象資料。
- (2) 水文：涉水活動水域水位、水勢流態、潮汐、波浪、冰況等與通航安全有關的水文資料。
- (3) 地質地貌：涉水活動區域河床、地質條件、泥沙情況等地質地貌資料。
- (4) 其它自然環境：涉水活動水域水道彎曲情況、水深分佈、以及礁石、淺灘分佈等情況。

2. 港口環境議題：

- (1) 港口：與活動密切相關港口的港口性質、港口現狀、碼頭分佈情況，岸線規劃、港口和海洋功能區劃、港口總體規劃等情況。
- (2) 航道：與活動密切相關港口的航道現狀(通航尺度、彎曲情況、水深分佈、通航等級等)及規劃情況。
- (3) 錨地：涉水活動及附近水域現有及規劃錨地的位置、功能、容量及錨泊條件等。
- (4) 其它：其它港口基礎設施。

3. 交通環境議題：

- (1) 交通流統計分析：統計近年活動水域船舶流量，分析交通流組成(船型、船舶噸級、船舶尺度等)、交通流行為特徵(交通流位置、方向、寬度、密度和速度)，有條件時附交通流 AIS 航跡圖及門線圖，並對未來交通流進行合理預測；必要時對活動附近水域船舶流量進行統計、分析。

- (2) 交通事故統計分析：分類別、等級統計活動水域近年水上交通事故，並進行時空分佈規律及致因分析。
- (3) 船舶航路及特殊區域：分析活動及附近水域船舶習慣航路、船舶定線制，分析特殊區域情況(附近警戒區、禁航區、附近漁場、養殖區、捕撈區、附近海底管道、電纜區等)。

風險評估的考量，當然在於上述規劃、使用與管理專業人士對於浮塢的基本看法。具體的研究與調查可以很直接的認定，也可以透過問卷與訪談進行調查，更可以輔與操船模擬佐證，甚至可以謹慎嚴苛的從本文第三章的「浮塢選址」要件來個逐一檢視、進行水工模擬檢驗；並從第四章的「安全評估範疇」逐項過濾，透過量化的 IWRAP Model 考驗、質性的 PAWSA Model 考驗，最後再透過 SWOT Analysis 取得最終的研究成果。但在實務操作上、決策判斷上、效益效率上等等的考量與選擇，可能又是一個值得思考的議題。

5.3 開放式問卷調查

為了解港域最直接「使用人」對於浮塢重置的意見，本研究依據前述的研究基礎，簡擬開放式問卷，並針對高雄港資深引水人進行問卷調查，問卷調查抽樣數量設定為 10~15 人，採隨機式的在引水人辦公室發放，請相對較資深的引水人填寫，調查時間六天，實際回收 12 份問卷，佔高雄港總引水人 12/44%(27.3%)；佔四年年資以上資深引水人 12/31%(38.7%)。

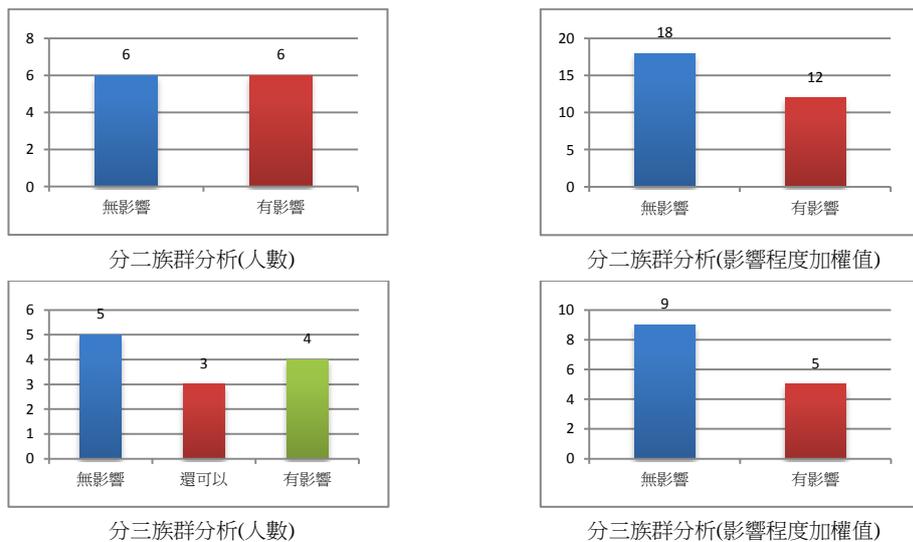
問卷調查結果，在受訪者基本資料部分，平均年齡 57.4 歲，最高 65 歲，最低 48 歲；平均船長年資 6.4 年，最高 10 年，最低 3 年；平均引水人年資 15.8 年，最高 24 年，最低 6 年。

在安全評估的意見調查方面，採強弱程度的認知問卷方式填寫，以 10 分為非常有影響，1 分為沒有影響，依中位數 5.5 為基準，分正反二極，採「有影響」與「無影響」二端加權計算。

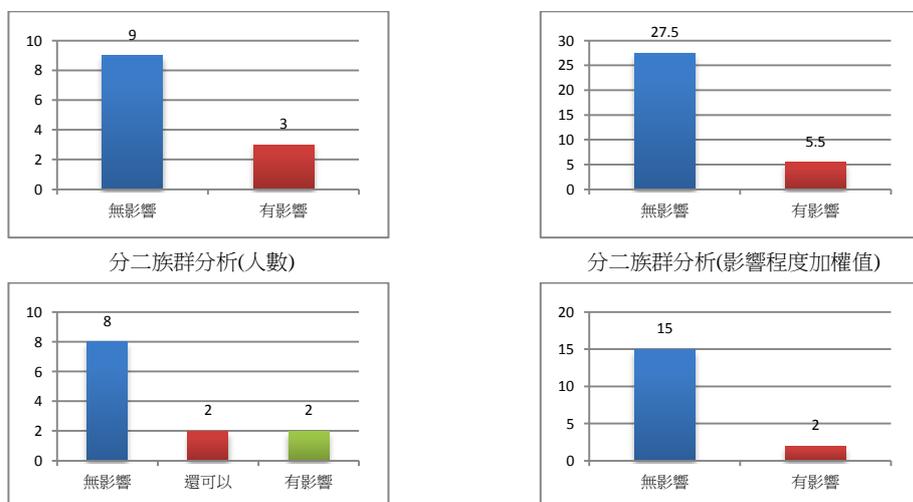
另依中位數 5.5，將影響值回答 5、6 者視為「差不多、還可以、無意見」，重新定義為 3；將影響值回答 1、2 者視為「幾乎沒影響」，重新定義為 1；將影響值回答 3、4 者視為「略微有影響」，重新定義為 2；將影響值回答 7、8 者視為「有影響」，重新定義為 4；將影響值回答 9、10 者視為「非常有影響」，重新定義為 5。重新分為五個族群，依新的中位數 3，分正反二極，採「有影響」與「無影響」二端重新加權計算。

全部 15 題問題的調查結果分二種分析方式陳述如下：

議題 1： 有關氣象議題的安全考量(涉水活動水域風、氣溫、降水、霧及能見度、相對濕度、災害性天氣等與通航安全有關的氣象資料。)，平均影響評分為 5.0 分，最高 10 分，最低 1 分。依中位數分二族群分析，無影響與有影響的加權比為 18:12；依五類影響強弱分三族群分析，無影響與有影響的加權比為 9:5。



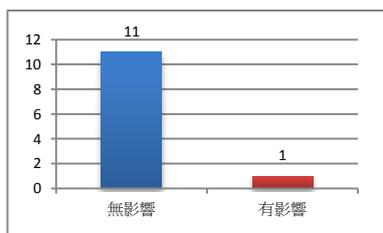
議題 2： 有關水文議題的安全考量(涉水活動水域水位、水勢流態、潮汐、波浪、冰況等與通航安全有關的水文資料。) ，平均影響評分為 3.67 分，最高 8 分，最低 1 分。依中位數分二族群分析，無影響與有影響的加權比為 27.5:5.5；依五類影響強弱分三族群分析，無影響與有影響的加權比為 15:2。



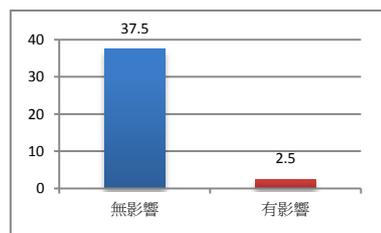
分三族群分析(人數)

分三族群分析(影響程度加權值)

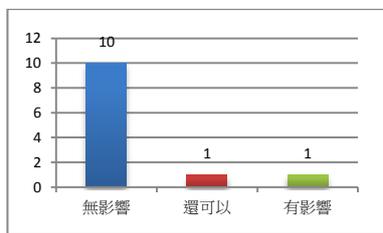
議題 3： 有關地質地貌議題的安全考量(涉水活動區域河床、地質條件、泥沙情況等地質地貌資料。) ，平均影響評分為 2.58 分，最高 8 分，最低 1 分。依中位數分二族群分析，無影響與有影響的加權比為 37.5:2.5；依五類影響強弱分三族群分析，無影響與有影響的加權比為 18:1。



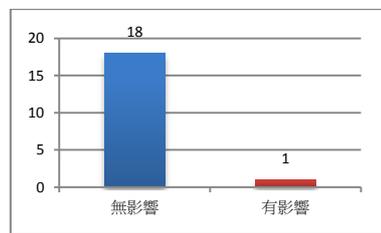
分二族群分析(人數)



分二族群分析(影響程度加權值)

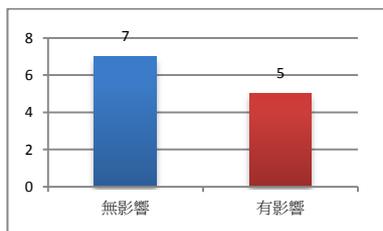


分三族群分析(人數)

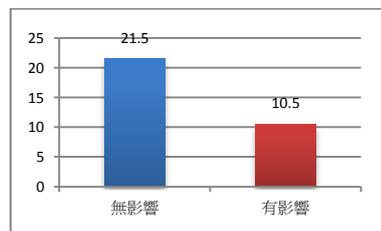


分三族群分析(影響程度加權值)

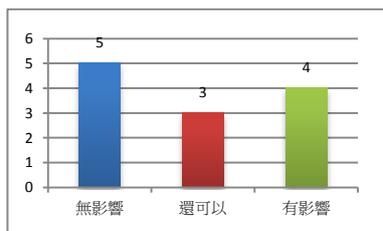
議題 4： 有關其它自然環境議題的安全考量(涉水活動水域水道彎曲情況、水深分佈以及礁石、淺灘分佈等情況。) ，平均影響評分為 4.58 分，最高 8 分，最低 1 分。依中位數分二族群分析，無影響與有影響的加權比為 21.5:10.5；依五類影響強弱分三族群分析，無影響與有影響的加權比為 10:4。



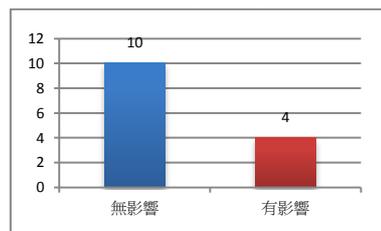
分二族群分析(人數)



分二族群分析(影響程度加權值)

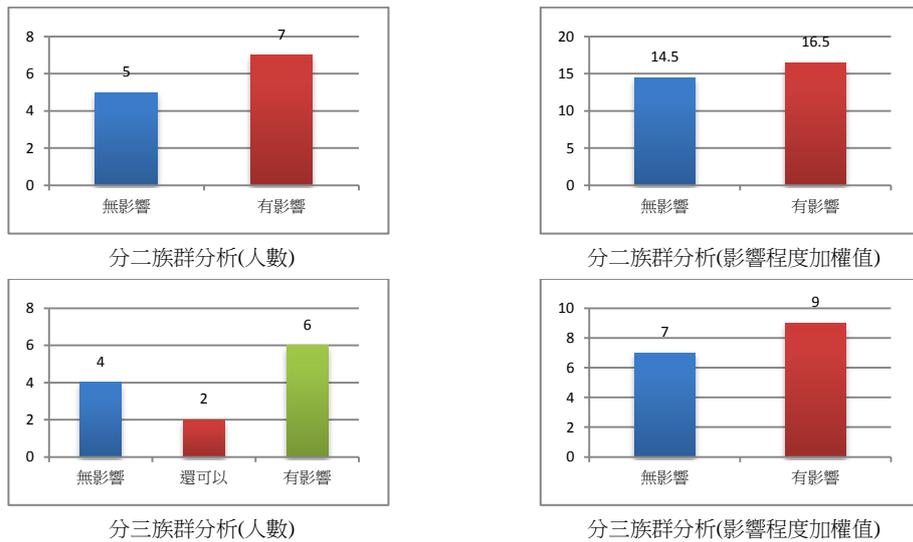


分三族群分析(人數)

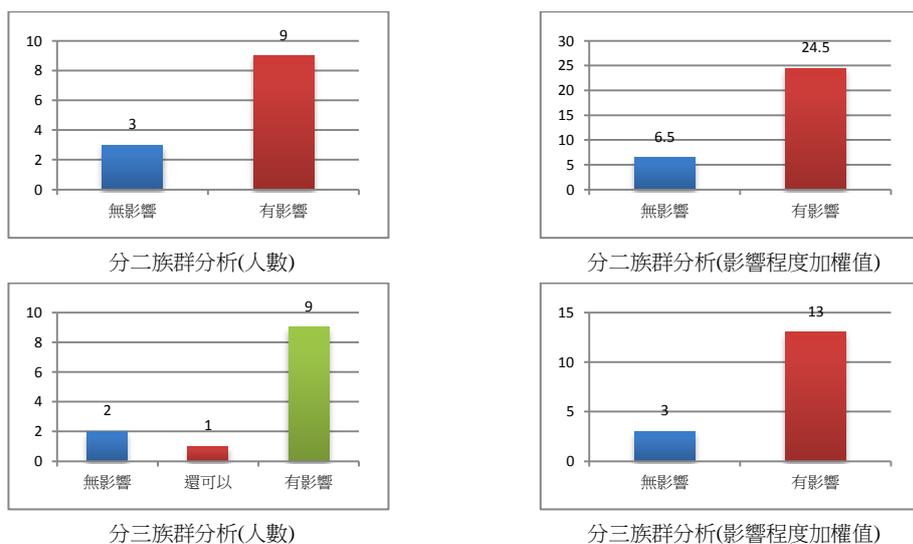


分三族群分析(影響程度加權值)

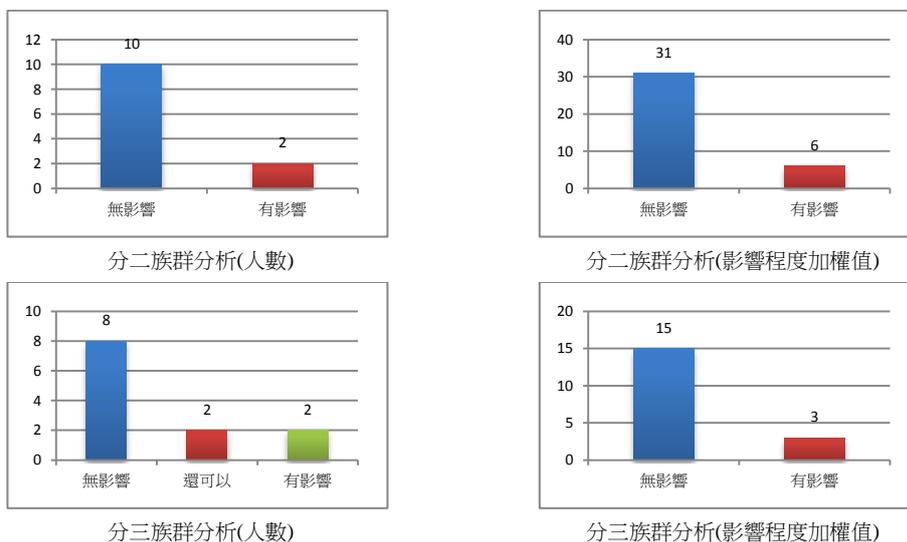
議題 5：有關港口環境議題的安全考量(與活動密切相關港口的港口性質、港口現狀、碼頭分佈情況，岸線規劃、港口和海洋功能區劃、港口總體規劃等情況。) ，平均影響評分為 5.67 分，最高 9 分，最低 1 分。依中位數分二族群分析，無影響與有影響的加權比為 14.5:16.5；依五類影響強弱分三族群分析，無影響與有影響的加權比為 7:9。



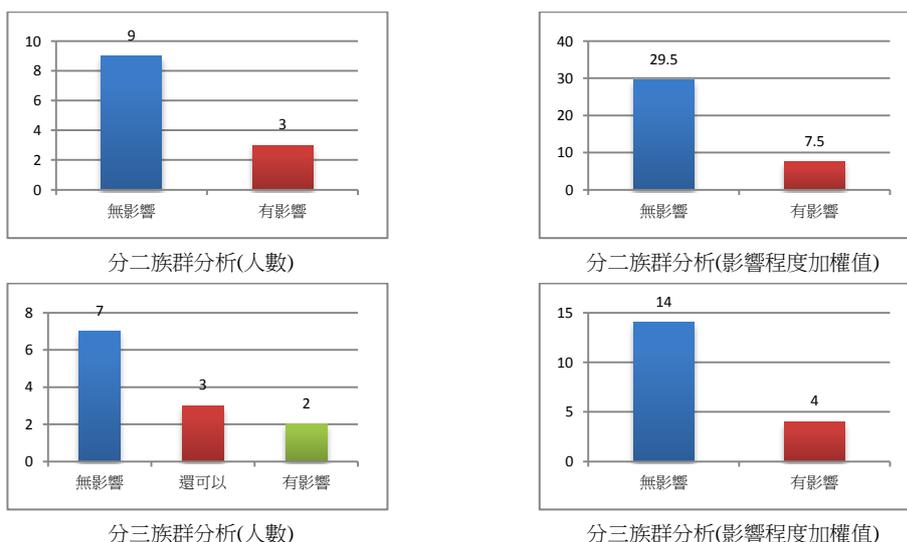
議題 6：有關航道環境議題的安全考量(與活動密切相關港口的航道現狀(通航尺度、彎曲情況、水深分佈、通航等級等)及規劃情況。) ，平均影響評分為 7.0 分，最高 10 分，最低 2 分。依中位數分二族群分析，無影響與有影響的加權比為 6.5:24.5；依五類影響強弱分三族群分析，無影響與有影響的加權比為 3:13。



議題 7： 有關錨地環境議題的安全考量(涉水活動及附近水域現有及規劃錨地的位置、功能、容量及錨泊條件等)，平均影響評分為 3.3 分，最高 9 分，最低 1 分。依中位數分二族群分析，無影響與有影響的加權比為 31:6；依五類影響強弱分三族群分析，無影響與有影響的加權比為 15:3。

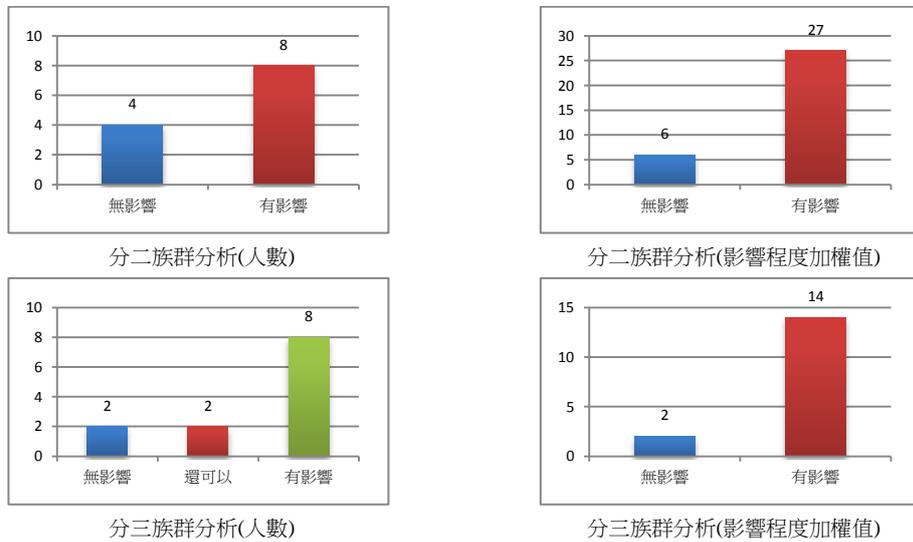


議題 8： 船塢對其它港口基礎設施與環境的安全考量，平均影響評分為 3.58 分，最高 9 分，最低 1 分。依中位數分二族群分析，無影響與有影響的加權比為 29.5:7.5；依五類影響強弱分三族群分析，無影響與有影響的加權比為 14:4。

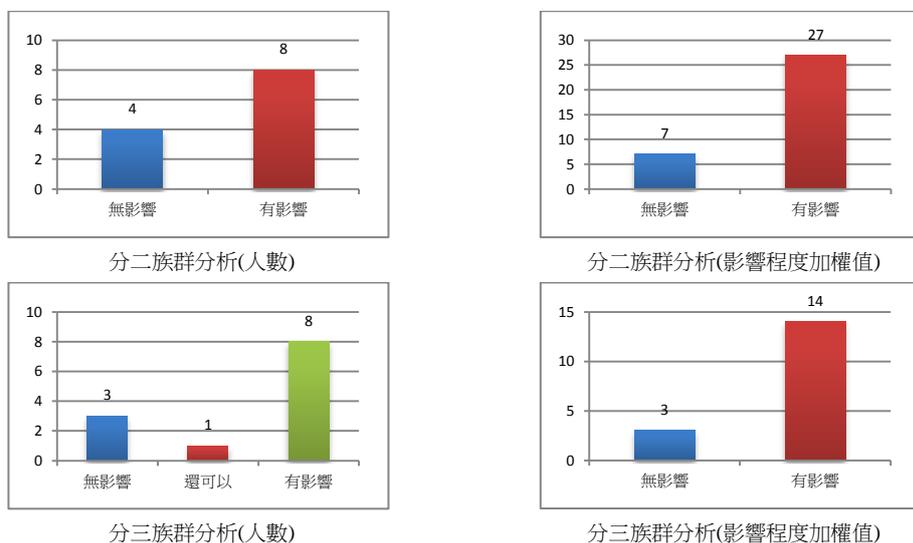


議題 9： 有關船塢對周邊水域船舶流量的安全考量，平均影響評分為 7.25 分，最高 10 分，最低 3 分。依中位數分二族群分析，無影響與有影響的加權

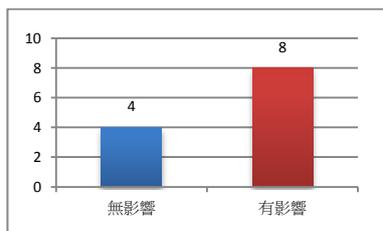
比為 6:27；依五類影響強弱分三族群分析，無影響與有影響的加權比為 2:14。



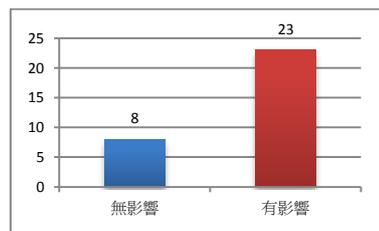
議題 10：有關船塢對周邊水域交通流組成的安全考量(船型、船舶噸級、船舶尺度等)，平均影響評分為 7.17 分，最高 10 分，最低 3 分。依中位數分二族群分析，無影響與有影響的加權比為 7:27；依五類影響強弱分三族群分析，無影響與有影響的加權比為 3:14。



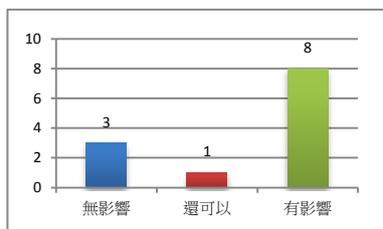
議題 11：有關船塢水域交通流行為特徵的安全考量(交通流位置、方向、寬度、密度和速度)，平均影響評分為 6.75 分，最高 10 分，最低 2 分。依中位數分二族群分析，無影響與有影響的加權比為 8:23；依五類影響強弱分三族群分析，無影響與有影響的加權比為 4:12。



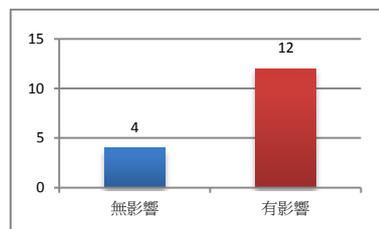
分二族群分析(人數)



分二族群分析(影響程度加權值)

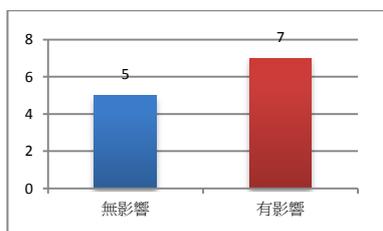


分三族群分析(人數)

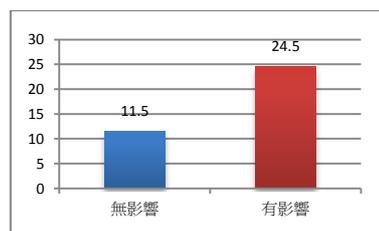


分三族群分析(影響程度加權值)

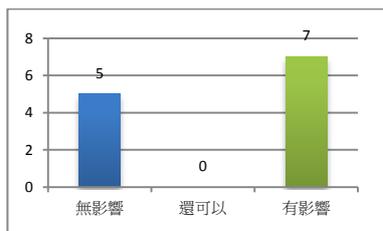
議題 12：我認為浮塢重置會影響一港口主航道船舶進出，平均影響評分為 6.58 分，最高 10 分，最低 2 分。依中位數分二族群分析，無影響與有影響的加權比為 11.5:24.5；依五類影響強弱分三族群分析，無影響與有影響的加權比為 6:12。



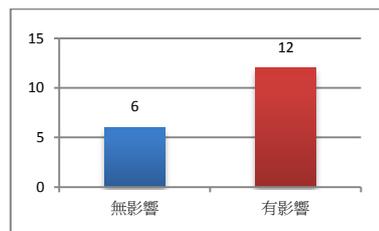
分二族群分析(人數)



分二族群分析(影響程度加權值)

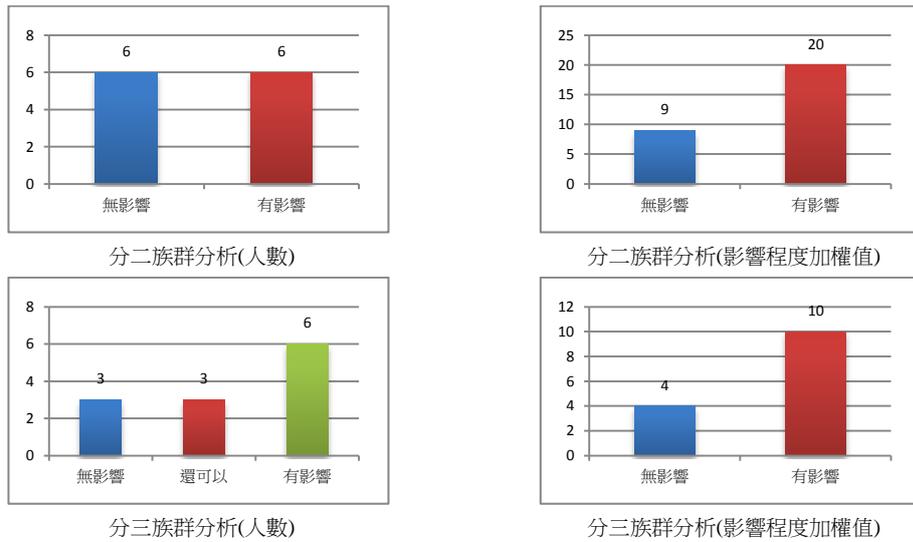


分三族群分析(人數)

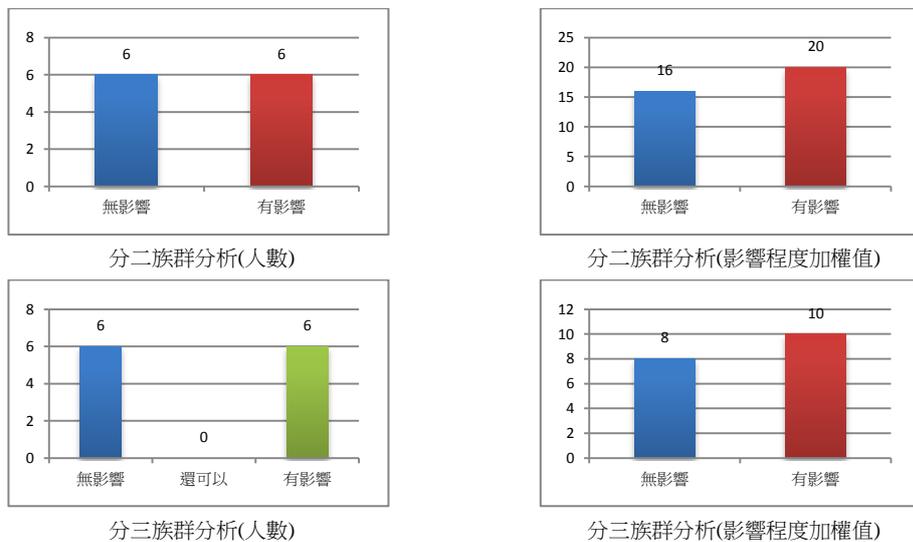


分三族群分析(影響程度加權值)

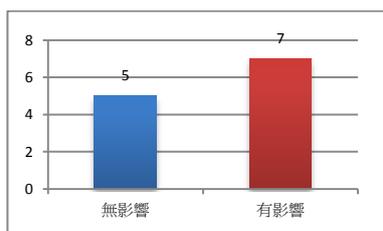
議題 13：我認為浮塢重置會影響到迴船池的作業，平均影響評分為 6.42 分，最高 10 分，最低 2 分。依中位數分二族群分析，無影響與有影響的加權比為 9:20；依五類影響強弱分三族群分析，無影響與有影響的加權比為 4:10。



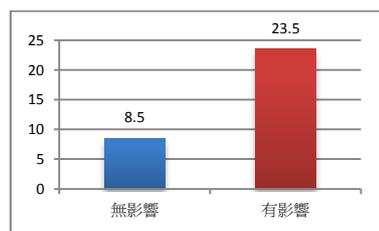
議題 14：我認為浮塢重置會使得我的操船感受額外的壓力，平均影響評分為 5.83 分，最高 10 分，最低 3 分。依中位數分二族群分析，無影響與有影響的加權比為 16:20；依五類影響強弱分三族群分析，無影響與有影響的加權比為 8:10。



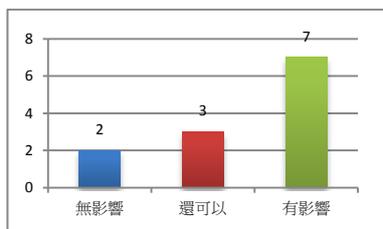
議題 15：整體而言我認為浮塢重置的對安全是有影響的，平均影響評分為 6.75 分，最高 10 分，最低 2 分。依中位數分二族群分析，無影響與有影響的加權比為 8.5:23.5；依五類影響強弱分三族群分析，無影響與有影響的加權比為 3:12。



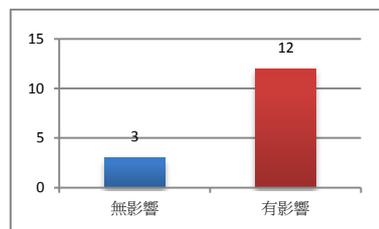
分二族群分析(人數)



分二族群分析(影響程度加權值)

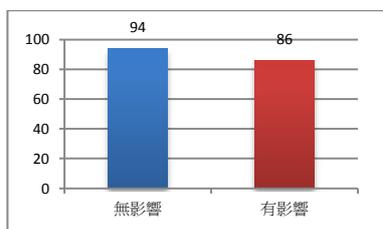


分三族群分析(人數)

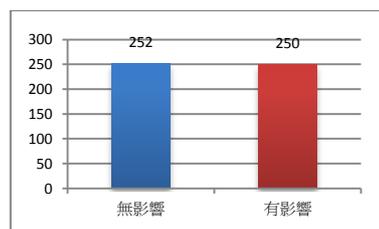


分三族群分析(影響程度加權值)

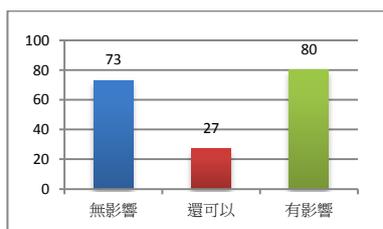
整體而言，依中位數 5.5 分二族群分析，這 15 個議題的問卷總平均值 5.49，無影響與有影響的加權比為 252:250，傾向無影響 0.01；依五類影響強弱，依中位數 3 分三族群分析，這 15 個議題的問卷總平均值 3.01，無影響與有影響的加權比為 121:125，傾向有影響 0.01。



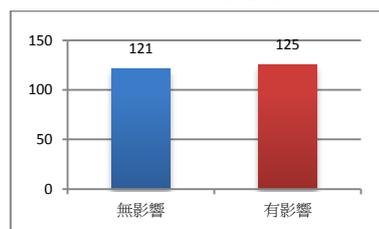
分二族群分析(人數)



分二族群分析(影響程度加權值)



分三族群分析(人數)



分三族群分析(影響程度加權值)

上述這一正一反的問卷統計結果是不能解釋問卷的，恰如 2000 年美國選舉，候選人高爾的總得票數高於候選人布希，但卻因選舉人票低而至落選的故事是一樣的²⁸。

²⁸ 2000 年美國大選，高爾得票率 48.38%，布希 47.87%；但選舉人票布希得 271 票，高爾得 266 票；雖然高爾較布希多得 543,895 票，卻終究輸了大選。<http://zh.wikipedia.org/wiki/2000年美國總統選舉>。

回歸問題本質，本問卷調查在有關「氣象」議題的安全考量上是通過的；在有關「水文」議題的安全考量也是通過檢驗的；在「地質地貌」議題、「自然環境」議題、「錨地環境」議題、「船塢對其它港口基礎設施與環境」等等有關「港口環境」議題的方方面面安全考量議題都是通過檢驗的。

問題的癥結在於填答問卷的資深引水們對於「航道」是會產生影響的；對於「交通流量」、「交通流組成」、「交通流行為」是會產生影響的；對「迴船池」的作業也會有影響；對引水人的操船也會構成一些額外的壓力。這些引水人們所提出「影響」，指的是「安全」？抑或是「不便」²⁹？是安全風險評估矩陣(Safety Risk Assessment Matrix)、安全風險容忍度矩陣(Safety Risk Tolerability Matrix)的「可接受」還是「不可接受」？是「可容忍」還是「不可容忍」³⁰？都是要繼續探討的。

RISK PROBABILITY	RISK SEVERITY				
	NEGLECTIBLE	MINOR	MAJOR	HAZARDOUS	CATASTROPHIC
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
FREQUENT (5)	5 A	5 B	5 C	5 D	5 E
OCCASIONAL (4)	4 A	4 B	4 C	4 D	4 E
REMOTE (3)	3 A	3 B	3 C	3 D	3 E
IMPROBABLE (2)	2 A	2 B	2 C	2 D	2 E
EXTREMELY IMPROBABLE (1)	1 A	1 B	1 C	1 D	1 E

安全風險評估矩陣

SUGGESTED CRITERIA	ASSESSMENT RISK INDEX	SUGGESTED CRITERIA
Intolerable region	5 B, 5 C, 5 D, 5 E, 4 C, 4 D, 4 E, 3 D, 3 E	Unacceptable under the existing circumstances
Tolerable region	5 A, 4 B, 3 C, 2 D, 2 E	Acceptable based on risk mitigation. It may require management decision
Acceptable region	3 A, 3 B, 2 A, 2 B, 2 C, 1 A, 1 B, 1 C, 1 D, 1 E	Acceptable

安全風險容忍度矩陣

固然在本章 5.1 節已略述船塢設置方所提的對應方式，但填答問卷的引水人仍然在開方式問卷處提出了一些問題，例如：必須配合良好的 VTS 管理與港口管制、必須考量領港操船技術等等。但如同這 12 份問卷的所呈現的統計結果一樣，意見好像就懸掛在天秤的二端，有說不會影響，有說會影響，甚至有說浮塢在一港口航道中心線附近者^{31 32}。

²⁹ 有關於「不便」有一則交通的小寓言：有人開車上路前祈禱，他祈禱，路是寬敞平順直達目的地的；他更祈禱，在他的行進方向運轉範圍不希望有其他車輛和障礙物。

³⁰ 安全的界限在於不能踰越安全風險評估矩陣(Safety Risk Assessment Matrix)、安全風險容忍度矩陣(Safety Risk Tolerability Matrix)的「不可容忍區(Intolerable Region)」，更高階一點的安全定義甚至更設定在不可以踰越「可容忍區(Tolerable Region)」，而僅有「可接受區(Acceptable Region)」的安全才可以視為安全。

³¹ 問卷主要書面意見彙整如下：

- 不建議重置
- 船舶噸位日趨大型，一港口大型巴拿馬極限型船舶及大型油化船進出日趨頻繁，浮塢位於一港口進出中心線附近，如浮塢設置於該處，則進出大型船必須做出 S 型路徑，方可安全通行實為不智之舉，建議設置於其他位置較佳。
- 浮塢處在一港口咽喉位置，其往來船隻川流不息，不論浮塢開口的朝向如何，均影響航行安全

這些有關實際操船的安全疑慮是否能透過溝通與宣導後獲得改善？是否能透過相應的配套措施後讓引水們覺得可以被接受？這些都是還可以持續探討的。但不管如何反對，一致的意見卻認為浮塢的設置在「自然環境」議題與「港口環境」議題上的考驗是可以被接受的。

陸、結論

安全至上(safety is the highest priority)的前提是絕對正確的，無論是專家學者抑或是普羅大眾對於浮塢的設置對於高雄港產生新的航安憂慮都是可以接受的，但是天底下畢竟沒有絕對的安全。

有關於高雄港浮塢重置的問題當然可以如本文三、四、五章所述繼續思考、繼續的分析、研究，繼續的問卷調查與訪談。但是，首先，我們還是再次回顧 1976 至 2002 年間浮塢 Viva Island 的歷史見證，過去的海事案例，好像並未有與 Viva Island 浮塢直接相關的案例；其次，也思考這個較 Viva Island 短的新浮塢的新的進出塢方式的影響水域似乎與現有航道間還有相當的安全緩衝，特別是改採「東開口」方式的重置船塢比原來的 Viva Island 浮塢大幅減少所需管制之水域面積及時間，似乎也是個利多；三者，我們也如實瀏覽本研究在三、四、五章所述的各種應思考的議題以及問卷調查統計結果，如果「自然環境」議題、「港口環境」議題都是可以接受的，剩餘有關「交通環境」

甚鉅，除非有良好港口管理，例如同一時段僅能進港或出港，否則不考慮。

- 一港口因線於水深及寬度等原因，無法進出大型船舶，重置浮塢應不會影響船舶迴船池作業及進出港船舶。但是要考慮整體引水人操縱船舶的能力，一般而言，一港口進出船舶大多由二等引水引領，應考慮二等引水操縱船舶的能力，會不會對二等引水造成壓力。
- 若採用東出口，對於領航作業影響極小，此為高明的想法，較以往朝西開口安全許多。
- 多年前順榮船塢邊，即設有中港浮，(後來拿掉了)，設浮標即在順榮塢外 50 米，此位置即正對進出港航道。所以第二頁所繪之地理位置圖有關「一港口航道」線應該更靠近順榮船塢才對。
- 船舶近年都大型化，常有數萬噸的船進出，如因順榮再設浮塢造成 S 形的運轉非常危險。
- 不要忘記十多年前一艘#65 號 OOCL 四萬噸貨櫃船一港口出港，即因在順榮前轉不過去而撞向新濱碼頭軍艦，造成慘重損失，前車之鑑，不可不慎重。
- 順榮浮塢重置後再營業，當然造成進出港經過該水域有安全上的影響。只是影響度較西開口時為小，若為該浮塢營運，而鄰近航道處設一障礙浮，則是限縮大船進出港的運轉水域，若不設障礙浮，並臨浮塢重置後營運時，有船隻出入船塢，設警艇警示，並 VTS 管制，協調的運作下，安全性才能有保障。

³² 本研究初稿完成後再度就教於引水人前輩，並在引水人間一度造成激烈的論戰，後來引水人辦事處舉行了一個單一命題投票：「你對順榮船塢設定永久性浮塢的意見，請勾選：1 同意，2 不同意」。投票結果：不同意 37 票，同意 5 票，廢票 1 票，出國未投 1 票。

的操船議題是否是一個可以被克服的問題？引水人們所提出的有影響，指的是「安全」？抑或是「不便」？還是清清楚楚屬於一個不能被妥協的「安全至上」的問題？

浮塢，是個完善的國際商港所必備的基礎設施之一，這座 160 公尺長的浮塢更是個能填補中間噸位船舶在高雄港維修與建造的能量空缺。如果能設置，對航商，將能提供更多樣的服務選擇；對港務單位，能吸引更多的業務；對浮塢提供者，也能創造更大商機。相對的，一個新產業、新事業的投入，也將能帶動台灣船舶維修與建造技術的生根與提升的作用，更能帶動就業機會以其相關周邊產業。這樣可以都贏(all-win)的決策似乎是可以逕為執行的。更何況如果我們從放任主義(laissez-faire)的觀點來思考，如果船舶可以得到服務、如果港口主管機關可以得到收益的前提下，那麼對於有投資者願意主動投入市場的舉動，政府主管部門不如就在其在自由競爭與消費者主權的旗幟下好好的當個 Adam Smith 在《國富論》理面所說的守夜人(The Night Watchman)吧！

浮塢的重置，辯證迄今，理論上似乎可以直接給個推論，但是對於一個被遺留的「操船有影響」的議題，到底是一個「可接受」的安全議題？還是屬於「可容忍」的安全問題？抑或是個「不可容忍」的安全議題？這個決策，就留給主管當局和更有智慧的專家學者們去細細思量了。