

國立交通大學

工學院專班工程技術與管理學程

碩士論文

海事工程挖泥船浚填作業
工期影響因素及因應策略

Factors Affecting The Duration of Dredger
Operations of Marine Construction Works



研究生：林松吉

指導教授：王維志 博士

中華民國九十七年七月

海事工程挖泥船浚填作業工期影響因素及因應策略

Factors Affecting The Duration of Dredger
Operations of Marine Construction Works

研究生：林松吉
指導教授：王維志

Student : Sung-Chi Lin
Advisor : Wei-Chih Wang

國立交通大學
工學院專班工程技術與管理學程
碩士論文



A Thesis
Submitted to Master Degree Program of Engineering Technology and Management
College of Engineering
National Chiao Tung University
in partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of
Master
In
Engineering Technology and Management
July 2008
Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十七年七月

海事工程挖泥船浚填作業工期影響因素及因應策略

學生：林松吉

指導教授：王維志博士

國立交通大學工學院專班工程技術與管理學程碩士班

摘 要

國內海事工程挖泥船浚填作業之施工環境多變與複雜性，常使工期難以掌握，由於海上施工存在諸多不確定性之因素，因此在專案工程預估工期時，必須確認可工作天數，但工期的影響，常隨著挖區作業環境與選用船機的不同而改變，使業者極易誤判情勢，導致船機毀損停工待修，而影響後續工程之施工。

有鑑於此，本研究針對海事工程挖泥船浚填作業部分，藉由文獻回顧、過去挖泥工程之實際案例、及 20 年以上工程經驗專家訪談等方法，來分析探討可能影響工期之因素，並進一步研擬其因應策略，目的為當有業者標到新工程時，可提供施工作業之參考依據，讓工程管理者依據工程性質及施工條件，能正確估算出可工作天數及排除可能延誤工期之障礙，使工程能如期順利完工。

經由研究結果，海事工程挖泥作業依挖區可分為港內作業及外海作業，工期影響兩相比較明顯為外海作業大於港內作業，而工期影響因素依影響程度及機率可分為：氣象及海象因素、挖區沉積物因素、作業船機因素，排泥管因素等 4 大母因素及颱風、東北季風、土質太黏、水下障礙物、船機老舊、超時限作業、排泥管老舊破損、飄失及沉入等 8 子因素。

關鍵詞：海事工程、浚填作業、施工工期、影響因素

Factors Affecting The Duration of Dredger
Operations of Marine Construction Works

student : Sung-Chi Lin

Advisor : Dr. Wei-Chih Wang

Department of Master Degree Program of Engineering Technology and Management
College of Engineering
National Chiao Tung University

ABSTRACT

Due to the varieties and complexities of dredging environment on domestic marine construction projects, the duration is frequently beyond control. Those uncertainties existing in marine construction lead to the necessity that when estimating duration, the workable days have to be ensured. However, the impact arising from duration often varies with the dredging environment and choice of dredging equipments, which easily results in the contractors' misjudgments on the overall project such as the machinery breakdown, damage and suspending for repairs which in turn impact the operation of follow-up construction.

In light of the above, this study, focusing on dredging operation of marine construction project, is to analyze and assess the liable factors affecting project duration through looking back relevant papers, practical case study of past dredging projects and interviews with professionals having more than 20 years in the said fields, which in turn may work out the countermeasures. The purpose is to provide the contractors with references for project execution, which would let project managers, according to the project nature and dredging conditions, estimate the workable days and preclude the possible factors delaying duration which in turn may complete the project smoothly and on schedule.

As per the study, in terms of dredging area, marine dredging engineering is to be classified into in-harbor and offshore operation. Comparing between them, project duration is to be largely impacted by the latter than the former, The factors affecting project duration, in terms of extent of impact and probability, can be categorized into four major elements inclusive of weather and sea state, deposit in dredging area, condition of the dredger and discharge pipeline, which can further be divided into eight sub-elements including typhoon, monsoon, cohesive soil, underwater obstruction, over-time operation, and damage, drifting-away and sinking of discharge pipeline.

Keywords : Marine Construction 、 Operations 、 Construction Duration 、 Factors

目 錄

中文摘要	
英文摘要	
目錄	
表目錄	
圖目錄	
第一章 緒論	1
1.1 研究動機	1
1.2 研究問題	1
1.3 研究目的	2
1.4 研究方法及步驟	2
1.5 論文架構	3
第二章 文獻回顧	5
2.1 營建施工延遲原因相關文獻	5
2.2 海事工程工期影響相關文獻	10
2.3 相關文獻之工期影響因素彙整	12
2.4 小結	15
第三章 海事工程之介紹	16
3.1 挖泥之定義	16
3.2 海事工程挖泥船發展過程	19
3.3 國內海事工程挖泥船發展過程	19
3.4 挖泥船型式及性能	22
3.5 附屬配合作業船	31
3.6 浚挖工程主要附屬設施	36
3.7 小結	37
第四章 挖泥船浚填施工作業	40
4.1 挖泥浚填作業前之工作準備事項	40
4.2 浚填施工前置作業之實例	58
4.3 挖泥船挖區就位及就位後之工作事項	62
4.4 挖泥船施工作業時應注意事項	65
4.5 小結	65

第五章	挖泥作業影響工期因素及因應策略	66
5-1	資料來源與專家訪談	66
5.2	影響工期因素之整理	66
5.3	影響工期因素分析及實例探討	70
5.3.1	挖區氣象及海象因素	70
5.3.2	挖區沉積物因素	78
5.3.3	作業船機因素	86
5.3.4	排泥管因素	93
5.3.5	作業人員因素	98
5.3.6	其他因素	100
5.3.7	實例驗證結果	102
5.4	小結	108
第六章	結論與貢獻	109
6.1	結論	109
6.2	貢獻	110
6.3	後續研究方向	110
參考文獻		111
附錄一	海事工程專家訪談姓名背景資料表	113
附錄二	專家訪談記錄	114



表目錄

表 2-1	工程施工期間影響工期因子彙整表	13
表 3-1	工程性質與使用挖泥船舶比較	31
表 3-2	海事工程挖泥浚填作業使用機具彙整表	38
表 4-1	一般浚淤土壤之分類及判別	41
表 4-2	一般浚淤土壤浚淤一小時之標準排泥量	42
表 4-3	浚挖土壤分類及辨識法	43
表 4-4	N 質與浚挖土壤之分類	44
表 4-5	59 年台灣海域附近颱風各月發生次數及頻率(1949-2007 年)	45
表 4-6	50 年各月侵台颱風之次數及頻率統計表(1958-2007 年)	46
表 4-7	(1998-2007) 侵台及影響作業颱風統計表	47
表 4-8	台中港各月份波高出現百分率	50
表 4-9	浪高與風力對照表	51
表 4-10	各種挖泥船適用土質及施工條件	52
表 4-11	土質及適合作業船舶	53
表 4-12	作業天數統計表	58
表 4-13	施工方法比較圖	61
表 5-1	海事工程挖泥船歷年挖泥作業影響工期因素統計表	67
表 5-2	台西浚挖 Y 區挖泥施工船機停工時數統計表	75
表 5-3	(1993-2008 年) 國內現有挖泥船調查表	87
表 5-4	(82-86 年) 榮民工程處海事工程隊重大損壞機具統計表	89
表 5-5	台中港航道浚深工程(第七標)大興號停工時數統計表	91
表 5-6	各類管線受損額度情況表	95
表 5-7	台中港航道浚深工程(第七標)大隆號停工時數統計表	96
表 5-8	大武號 88 年 1 月實施交辦統計表	100
表 5-9	挖泥作業工期影響因素之因應策略彙整表	104

圖目錄

圖 1-1	研究步驟流程圖	3
圖 3-1	挖泥船在水底下浚挖泥砂情形	16
圖 3-2	挖泥船利用排泥管線輸送泥沙情形	17
圖 3-3	利用挖泥船本身之船艙輸送泥沙情形	17
圖 3-4	利用受泥船輸送泥沙情形	17
圖 3-5	利用拋石船輸送砂石情形	18
圖 3-6	挖泥船將水底下砂石排放至填區造地情形	18
圖 3-7	榮工處大隆號挖泥船實體圖	20
圖 3-8	榮工處大興號挖泥船實體圖	20
圖 3-9	榮工處大華號挖泥船實體圖	21
圖 3-10	榮工處大漢號挖泥船實體圖	21
圖 3-11	榮工處大夏號挖泥船實體圖	21
圖 3-12	榮工處大禹號挖泥船實體圖	22
圖 3-13	榮工處大舜號挖泥船實體圖	22
圖 3-14	挖泥船作業方式分類	23
圖 3-15	抓斗式挖泥船基本形式圖	24
圖 3-16	抓斗船作業狀況實體圖	24
圖 3-17	鏈斗式挖泥船基本形式圖	25
圖 3-18	鏈斗式挖泥船示意圖	25
圖 3-19	鏟斗式挖泥船基本型式圖	26
圖 3-20	背儲式挖泥船構造及其挖泥示意圖	27
圖 3-21	背儲式挖泥船實體圖	27
圖 3-22	絞刀抽吸式挖泥船基本構造圖	28
圖 3-23	絞刀抽吸式挖泥船實體圖	29
圖 3-24	自航抽吸式挖泥船構造圖	29
圖 3-25	自航抽吸式挖泥船實體圖	30
圖 3-26	推船實體圖	32
圖 3-27	托船實體圖	32
圖 3-28	受泥船實體圖	33
圖 3-29	起錨船實體圖	33

圖 3-30	利用平台船裝運混凝土型塊情形	34
圖 3-31	油、水泊實體圖	34
圖 3-32	測量船實體圖	35
圖 3-33	水上加壓站內之泵浦、管路實體圖	35
圖 3-34	絞刀頭各種形式圖	36
圖 3-35	絞刀齒外型圖	37
圖 4-1	直接排填示意圖	54
圖 4-2	半直接排填示意圖	54
圖 4-3	間接排填示意圖	54
圖 4-4	二次排填示意圖	55
圖 4-5	直接排填+陸上運輸示意圖	55
圖 4-6	台南科技工業區浚渫造地施工方法圖	59
圖 4-7	安平港內浚挖迴船池與北支航道位置圖	59
圖 4-8	挖泥船浚挖前置作業流程圖	64
圖 5-1	工期影響特性要因圖	69
圖 5-2	港內作業時工區原地防颱圖	71
圖 5-3	港內作業時泊靠碼頭防颱圖	71
圖 5-4	彰濱工業區外海作業時隱蔽地區防颱圖	74
圖 5-5	台西浚挖 Y 區挖泥停工影響結構圖	77
圖 5-6	高壓黏土包覆絞刀頭圖	79
圖 5-7	清除絞刀頭黏土圖	80
圖 5-8	絞刀頭護板上焊接聲頭圖	80
圖 5-9	大漢號挖泥船挖泥及交通艇作業情形	83
圖 5-10	挖泥作業時挖到廢鋼筋水泥塊實體圖	83
圖 5-11	挖泥作業時挖到 40 公分以上大石頭實體圖	84
圖 5-12	挖到障礙物時液壓油管爆管洩油實體圖	84
圖 5-13	絞刀頭絞刀齒裝置圖	86
圖 5-14	故障率曲線圖 (浴盆曲線)	87
圖 5-15	挖泥船機泵浦零件倉庫佈置圖	89
圖 5-16	挖泥船傳動軸檢修圖	90
圖 5-17	船內管線檢修圖	90

圖 5-18	台中港航道浚深工程大興號停工影響結構圖	92
圖 5-19	挖泥船作業排放泥砂實體圖	94
圖 5-20	挖泥作業沉設管實體圖	94
圖 5-21	海上管橡皮接頭斷裂實體圖	94
圖 5-22	台中港航道浚深工程大隆號停工影響結構圖	97
圖 5-23	大興號台西、台中挖區工期影響比較長條圖	103



第一章 緒論

1.1 研究動機

台灣四面臨海，山多平原少，人口稠密，資源蘊藏有限，有導向經貿與工業之邊際發展更漸次沿海造地，期以離島工業區集中工廠，除提昇產量亦根治污染，以改善內陸與近海環保品質。工業之原料與成品端賴船舶大宗運輸銷國際，各商業、工業專用港亦配合亞太營運中心之需求加速擴建、浚深與新建。而海事工程乃達成上述填海造地、港灣擴建、新建、航道疏浚等之首要工作。

近幾十年來台灣濱海工業區及重大工程建設用地陸續的開發，各港區碼頭擴建、航道擴寬浚深等港灣重大建設，帶來台灣工商業經濟繁榮，海事工程佔有相當程度的貢獻，且基於西部海岸陸地不斷向西延伸，國內陸地的不敷使用及工業污染源需盡速逐離出海等事實，都亟需以後海事工程建設不斷的參予。

由於海事工程施工船機造價昂貴，平常保養費用高，及可用施工船機少，致船機故障時可替代性低。施工作業時，其挖泥施工項目費用佔所有承攬金額比例最高，且為工程中的要徑作業，一但施工船機故障或氣候影響無法施工時，其影響施工成本甚巨，所以工程的成敗全賴施工船機能否順利施工，但挖泥船機在海上施工及在深不可測之水底下作業浚挖土質，因不可預知之風險較大，致施工船機經常停船或施工時挖泥效率不佳，致工程經常延宕而無法如期完工，所以如何在挖泥施工作業時，找出工期延誤之因素及其因應策略，把損害降到最低，為本研究之動機。

1.2 研究問題

海事挖泥工程對台灣這個海島國家重要性無庸置疑，惟過去 40 幾年來鮮少有海事挖泥工程文獻，尤其是工程方面影響工期的研究探討，在面對高承攬金額、高風險作業環境下，稍微不慎就會影響工程甚巨，因此能否順利完成工程，當是海事工程業者最重要研究課題。所以本研究之研究問題，是以挖泥船過去數十年來在台灣中西部海域浚填作業時，所遭遇到的各種原因導致停船影響工期，來做探討及如何因應。

1.3 研究目的

基於上述事實說明挖泥工程存在之重要，及未來西部濱海尚待施工填海造地工程專案，有中油第八輕油裂解廠、民營大煉鋼廠、發電廠等均需大面積造地，每個專案動輒

1-2 千公頃以上用地，國內填海造地工程市場可期，因此如何在工程預算內如期、如質完工達成目標，成為一海事工程業者嚴峻之考驗。

由於目前國內海事挖泥工程有逐漸加溫現象，及挖泥船經汰舊、轉售國外等船機數量劇減，在工程量多、施工機具少之情況下，業者承攬海事挖泥新工程時，其所承受工程無法如期完工之風險程度相當高。因此本研究主要目的如下：

1. 本研究海事工程挖泥船學術方面資料少，因此藉本研究來了解海事工程挖泥船團等各種船機種類、浚挖施工方法、作業前之相關前置作業及船機就位後等相關作業資料。
2. 藉由文獻回顧及過去挖泥工程施工實例，來探討及確認海事工程挖泥船浚填作業影響工期之因素。
3. 藉由海事工程實例探討分析，併同專家訪談後，彙整出影響工期之因應策略，以作為爾後專案工程施工時，能正確的估算出挖泥可工作日期及排除各種可能延誤工程施工等因素，使工期能順利完工。

1.4 研究方法及步驟

本研究所採行之研究方法及步驟如下：

1. 蒐集國內外有關挖泥工程相關期刊、海事工程研討會論文、博碩士論文著作、研究報告。
2. 蒐集國內中西部海域水文資料、論文、期刊等並做整理以分析海象對挖泥作業之影響。
3. 蒐集參考作業船輪機日誌與挖泥日誌，對過去所發生之各種停船原因作統計分析，並以工程實例來作探討及作驗證，以作為後續工程施工參考之依據。
4. 以專家訪談（以實際從事海事工程者 20 年以上之資歷）方式，對其影響挖泥工期因素及因應策略等研究作參考比較研究。
5. 綜合分析結果產生結論。

本研究之研究步驟流程圖如圖 1.1 所示：



圖 1.1 研究步驟流程圖

1.5 論文架構

本論文內容主要分為六個章節說明如下：

1. 第一章緒論：

確定論文研究動機與目的，與本論文要研究之問題，以文獻回顧、專家訪談及實例分析方法來探討。

2. 第二章文獻回顧：

說明本論文之一般工程及海事工程等相關文獻回顧，並將文獻回顧各因素彙整成表，及說明本研究過去研究不足之處。

3. 第三章海事工程之介紹：

說明海事工程挖泥船發展過程，介紹各類挖泥船機及附屬設施和附屬配合作業船，以供本研究主題施工船機最基本之認識。

4. 第四章挖泥船浚填施工作業：

說明挖泥船機在浚填作業前之各種前置作業及挖區就位後之工作事項，一連串的準備

流程及應用，以供爾後施工參考之依據。

5. 第五章挖泥作業影響工期因素及因應策略：

依過去在台灣中西部海域不同挖區挖泥施工實例，來探討主要影響工期之因素，藉專家訪談後研擬因應策略，並以實例分析來求證。

6. 結論：

提出本研究之結論與貢獻度，並探討後續進一步之研究方向。



第二章文獻回顧

2.1 營建施工遲延原因相關文獻

營建施工過程中，由於時間長，參予團體多，複雜度高，加上外在因素影響，造成遲延的風險相對變高。營造業遲延之產業特性詳述如下（鄭明龍 2003）：

1. 時間長

一般營建工期短則數月，長則數年，期間有諸多因素可能造成施工遲延，較諸其他短工期專案更不易評估其風險，施工當中可能因為物價漲昇或政策改變，造成未完工就失去預估利潤，更不用說匯率、安全事故或其他變動更快的風險。

2. 參予團體多：

工程施工需有各項資源投入，各個協力廠商、供料商、業主單位、政府單位、居民百姓等，任一個團體應該配合之時程遲延；例如：合約專用混凝土供應商的環保出問題遭鄰近居民抗議而停工，轉由備用廠供料，就可能影響進度造成遲延；另外，施工過程中，除監造單位外，勞工安全單位、環保單位、品管稽核單位、甚至鄰近居民都有可能造成部分施工中斷，遲延完工日期。

3. 複雜度高：

營造業並非生產線作業，大部分的作業都必須將資源運送到現場就地配合，很多的過程是不可復原的，而且多數步驟都有很多的先行作業，任何一個先行作業，都有機會遲延到整個工程；例如：橋墩帽樑混凝土施工，其現場先行作業就有：剪力、支承墊、止震塊、排水孔、檢修凹槽、工作車錨定鋼鍵等預埋件、預留孔，都必須在混凝土澆鑄前完成並經檢驗，因為混凝土澆鑄是不可復原之步驟，也因此任一個先行工作之圖說、材料、施工方法、設備及位置出問題，就可能形成整個工作的嚴重遲延，這些複雜的配合工作，具有不重複性，無法像生產線一樣，試車成功便可大量生產。

4. 外在因素

營建工程絕大部分屬於戶外交貨地點現場施工，易受當地自然或人為因素影響；例如：臨近海邊的深開挖就很有可能因為潮汐造成感潮現象，使得開挖工作加倍困難，加上氣候的多變化將使工作的進度更難掌握；又例如遭遇到隱藏的地下不利條件，也不能遷地為良，或攜回處理，必須依現場狀況就地解決。

施工中常見的遲延原因可歸列如下：

1. 在業主方面有：

- (1) 遲延交付工地及通路
- (2) 設計變更
- (3) 設計錯誤

(4) 設計資源過遲頒給

(5) 審核逾時

(6) 增減工作數量等

2. 在承商方面有：

(1) 開工太遲

(2) 資源配當不良

(3) 管理不善

(4) 工人素質低落

(5) 打除重做

(6) 應負部分的設計不良

(7) 改變工法或順序

(8) 財務困難

(9) 供應商或協力廠商之遲延

(10) 針對承包商之罷工

(11) 損鄰事件等

3. 不可抗拒因素：

(1) 天候惡劣

(2) 非預期地下條件

(3) 第三者的界面阻礙

(4) 戰爭

(5) 罷工

(6) 法令修改

(7) 放射性物質污染等



一般營建工程施工中，造成工程進度落後的原因有（劉賢淋 1996）：

1. 業主方面：

(1) 財務不健全

(2) 不能確定需求

(3) 不能及時供應機具材料

(4) 提供資料與機具不符

(5) 決策延誤時效

(6) 協調連絡不良

2. 人員方面：

(1) 技能不足、經驗不夠

(2) 缺乏品管觀念

- (3) 對機具、工法操作不熟
- (4) 技術人員數量不足
- (5) 作業效率低落

3. 工法方面

- (1) 操作不正確、操作程序複雜、作業有安全顧慮
- (2) 受現場環境限制
- (3) 無法滿足設計要求、效率太低
- (4) 操作成本過高
- (5) 與現行法規抵觸
- (6) 未標準化

4. 機具方面：

- (1) 性能不符合需求
- (2) 採購費時
- (3) 故障率高、維修費時
- (4) 操作困難、操作安全有顧慮、操作成本高
- (5) 數量不足

5. 材料方面：

- (1) 規格不符、品質不符
- (2) 採購前置作業時間太長
- (3) 進料延誤、檢驗延誤。
- (4) 材料選擇錯誤、操作中損害率高、操作程序複雜



6. 其他方面：

- (1) 設計錯誤
- (2) 天候影響
- (3) 工期之擬定不合理
- (4) 意外事故
- (5) 規範限制過嚴

工程逾期依其發生原因可分為四類（王伯儉 1996），各類逾期說明如下：

1. 可歸責於業主

由於業主原因引起遲延的情況，大都因業主未盡協力業務，或業主代表工程師遲延之情形，如未按時間向承包商提供施工現場或施工道路、干涉施工進展、業主提出工程變更或額外工程、審核之時間拖延過久等，對承包商而言，此種遲延稱為可體諒且可補償之遲延。

2. 不可歸責於雙方

此種遲延稱為不可抗力因素或可體諒之遲延，如洪水、颱風、地震、或因非承包商故意或過失所引起之勞工糾紛、罷工等。

3. 可歸責於承包商

此種為承包商本身的財務困難導致工程無法順利進行、承包商施工組織不良、工效不高、設備材料供應不足，或承包商本身錯誤造成之遲延。

4. 共同遲延

遲延是由兩種以上原因同時發生而引起的，亦即同時遲延。共同遲延所造成之逾期，承包商是否可獲得工期或費用補償，需視遲延因素發生的時間先後而定。

工程施作過程中，造成遲延的原因有很多（顧美春 2003），例如：

1. 承攬人之設計、施工、管理等之疏失
2. 定作人之違約、遲發開工通知、變更設計等
3. 地震、颱風等不可抗力之停工
4. 不可預見之事變
5. 法令、政策變更（如核四停工案）
6. 關連介面廠商之影響等等

結果導致承包商未能在所約定期限內如期完工，於此許多之遲延原因，依歸責事由可區分為以下四類：

- (1) 可歸責於承包商，不可歸責於業主：此種情形大部分因承包商財務困難，施工能力不足，或者因其協商遲延或施工錯誤或人為災害所致，此種工程遲延，又稱不可原諒遲延。
- (2) 可歸責於業主，不可歸責於承包商：此種情形大部分因業主未盡契約之協力行為，如用地取得延誤，契約執行中變更設計，業主審核施工計畫或圖說時間過長等，此種工程遲延，係稱為可原諒的遲延。
- (3) 可歸責於雙方：此種情形之工期遲延，業主及承包商均有過失，且均應負責，一般稱為同時遲延，如業主未取得用地之遲延，而承包商亦無法依原時程進場施工之情形。
- (4) 不可歸責於雙方：常見者屬不可抗力之情形，一般工程所指不可抗力如：
 - A. 地震、颱風等天然災害
 - B. 異常氣候，如持續降雨不斷
 - C. 戰爭、恐怖活動等，造成國際情勢發生重大變化
 - D. 法令或政策變更
 - E. 政府機關依法或依行政命令之徵收、拆毀、或禁運等命令

此外，凡是有經驗之承包商在訂約時，無法預料及採預防措施，無法加以抵抗、排除者，均屬此種遲延，以承包商立場而言，係屬可原諒之遲延。

一般工期遲延原因，依發生影響事由之情況，可歸責性可分為下述三種類型（陳英本 2005）：

1. 不可歸責於雙方之事由：

- (1) 天災：如颱風、地震、海嘯、豪雨、濃霧、下雪、水災、火災等不可抗力因素
- (2) 地質異常情況
- (3) 法令變更、政策變更
- (4) 民眾抗爭
- (5) 其他第三者因素

2. 可歸責業主之事由：

- (1) 契約規範錯誤
- (2) 業主遲延交地
- (3) 民眾抗爭
- (4) 業主檢驗遲延
- (5) 工程變更
- (6) 契約漏項
- (7) 數量錯誤
- (8) 審圖遲延
- (9) 業主驗收遲延

3. 可歸責於雙方之事由：工程遲延發生於同一工作時段不同作業項目，為各歸責於單一方者，稱共同遲延。



營建工程的風險隨著工程的進行，可分為開工前、施工中及完工使用等三個階段，各類型項目的風險均有不同性質，分別摘列如下（劉福標 1999）：

1. 開工前期間

(1) 計劃階段：業主風險

- A. 專業顧問的選擇
- B. 工址的選擇
- C. 地質的測量
- D. 測量與查勘
- E. 財務計畫
- F. 其他（政治因素、經濟因素、戰爭行為）

(2) 設計階段：建築師或顧問風險

- A. 設計錯誤
- B. 施工規範遺漏或遺失
- C. 施工計畫不當（採用不適當的施工方式）

D. 承包商、材料供應商的選擇

2. 施工期間：營造廠商風險

(1) 與施工處所環境因素

A. 自然環境：雨量、洪水、風速、颱風、山崩、地震、地下水、地形、地質等

B. 政治環境、風俗習慣、公共設施以及其他相關配合性工程

(2) 工程技術

A. 工期的延誤

B. 新工法的使用

C. 工程實務經驗

D. 倒塌

E. 材料瑕疵

F. 動力設備或施工機具故障

G. 土地下陷

H. 地震

(3) 人為因素

A. 疏忽

B. 欺騙或不忠實行為

C. 施工計畫錯誤

E. 工地管理不當

F. 碰撞

G. 火災

H. 竊盜

I. 人為惡意行為

J. 罷工、暴動、民眾騷擾



3. 使用期間：但歸責於承攬人、設計者或顧問者，負連帶責任。

(1) 安全性

(2) 耐用性

(3) 火災及各項災害防制

(4) 保養維護

2.2 海事工程工期影響相關文獻

一般海事工程相關研究文獻如下：

1. 影響海事施工的因素

海事施工項目大致可分陸地施工與海上施工兩部份（湯麟武 1996）

- (1) **陸地施工**：包含了採砂場開闢、工程用地整地、施工道路、通棧與堆貨場、道路與排水系統、給水設施…等。
- (2) **海上施工**：包含了工作船渠興建工程、沉箱渠工程、浚填覆蓋工程、挖泥工程、防砂堤工程、基樁施工工程…等。

施工與陸地施工主要差異在於施工機具之不同，海上施工所使均屬大型機具，且並無穩定的基礎可供架設，機具多安置於船舶上，由於船舶傾斜、伏仰的運動直接影響施工機具操作的穩定度，是造成海上施工作業困難的主要原因。此點可由兩個方面加以說明：

- A. **船舶耐海性**：在海上施工時，有大小不同的施工船舶，每一艘船舶對於海況條件的承受度不同，因此船舶本身是否耐得住海況，是施工與否重要因素。
- B. **施工精度考量**：另一方面，即便是船舶能承受風浪的侵襲，但不可避免地必定搖晃不穩定，只要船舶受影響，對於施工精度就會受到影響。

工程專案中，工期的控制是施工中最重要考慮因素，其中以受天候影響之可工作日最難以精準估算，海事工程較陸地工程要承擔更多天候影響的不確定風險，因此在施工工期的估算更需有明確的施工天數，估算方法相對於陸上施工，主要差異在海事工程的不確定因素，包含了波高大小、風速大小、海流大小、降水多寡、結冰期等，而陸地施工僅受降水多寡此因素之影響（朱宗蔚 1990）。

在天候對工期影響的層面，分直接影響與間接影響兩方面考量（郭斯傑 1998）：

- (1) **直接影響**：直接影響指的是直接造成生產力降低的現象，而影響力則持續到天候因素結束後停止。
- (2) **間接影響**：間接影響指的是天候因素停止後，許多作業生產仍然無法完全回復正常，其影響力甚至可以持續至數天，造成這種現象的原因主要有：
 - A. 天候因素的影響造成人員或機具移位施作不便
 - B. 天候因素造成的積水、潮濕使得作業項目無法施作
 - C. 進行中的作業或材料受損使得作業無法進行

海事工程在施工前需先勘查及調查工地資料（汪燮之 1990）：

- (1) **氣象條件**：每年 12 月初至次年 2 月底為季風季節，風象為東北風，風力為 4-8 級之間，此季亦為雨季，但雨量不大；每年 7-9 月為颱風季節，平均每月有兩次颱風警報，颱風來臨時，風力在 8-16 級之間，並挾帶豪雨，颱風來臨如過境時，其延時平均為三日，如於鄰近掠過時，其延時平均為一日。
- (2) **海象條件**：季風季節海上浪高多在 2m-4m 之間，海上無法作業；颱風來臨時，浪高多在 4m-12m 左右，如屬過境，連同防颱及復原時間，約需 5 天不能海上作業，

- 3 天不能陸上作業；如屬鄰近略過時，海上約 3 天不能作業，陸上 2 天不能作業。
- (3) **工作天估算**：颱風季節即 7-9 月，每月工作天海上約為 18-22 天，視工作項目而定，陸上最多為 24 天；在季風季節及 12-2 月，海上不作業即為全停狀態，陸上最多 24 天作業。
 - (4) **地質條件**：海底小部份為珊瑚礁岩石，其餘部分為沙質泥土。
 - (5) **當地環境及交通狀況**：當地居民稀少，由於港灣工程所造成之環境汙染與噪音甚小，可以接受。

2. 海事工程挖泥船實際施工影響因素：

經與長年從事海事工程從業人員訪談、船體保險出險記錄、作業日報表、輪機日誌總結歸納出下列挖泥船作業之五種影響工程因子（溫蔚元 2004）

- (1) **惡劣海象**：挖泥船在外海浚填作業，必須面臨颱風及東北季風等引起之海象變化之風險，管理者要有豐富的海上經驗外，更要有正確的判斷決策能力，才不會引起人員船機傷亡損壞，在台灣中西部海域每年的颱風季節及每年十月至隔年四月為強烈東北季風期，風速達五級，浪高亦達 2 公尺以上，此種海象已不適宜海上作業。
- (2) **挖泥船機故障**：船體內各式機械、油壓、電機、自動控制及管路複雜，在超時限 24 小時作業下，導致船機故障及停船，造成工程延宕損失。
- (3) **填區沙土的飄失與沉陷耗損**：海底地質複雜，挖區若含大量軟泥土質，不能迅速沉澱亦隨沉澱池回水溢流口隨海水流出，造成填方效率低落，延宕填方時程，造成損失，而沉陷耗損係為自然壓密耗損，在挖泥船成本未變動的情形下，挖泥船填方與測量後實方之間差異損失。
- (4) **排泥管設備破損**：排泥管最遠由挖泥船至排泥口綿延 5-6 公里，其中只要一處破損即能造成損害，此種損害造成排泥效率降低，而使工程延宕，及造成賠償問題，若破損處為海底沉設管，則須停船將其打撈浮起後修補，尤其打撈曠日費時，難度高且具危險性。
- (5) **其他**：挖泥船絞刀與離心式吸泥泵在作業時，如為海底異物吸附，會造成挖泥效率降低，須停船清除，延宕工程。

2.3 相關文獻之工期影響因素彙整

在營建工程施工中，影響工期或工程延誤之原因很多，由上述營建工程工期遲延原因之 6 個相關文獻，及海事工程工期影響之 5 個相關文獻探討研究，可知兩種工程雖部分性質相異，但影響工期因素大部分雷同，因此綜合上述兩種不同工程之影響工期相關文獻，並彙整如表 2-1 所示，以利本研究後續之分析探討。

表 2-1 工程施工期間工期影響因素彙整表

項目	影響因素	說明
人員方面	1. 技能不足、經驗不夠	施工欠缺經驗，工程進行遲緩，且易造成施工缺失。
	2. 缺乏品管觀念	施工時未做好品管控制，導致工項缺失，修正改善甚至拆除重作，影響工程進度。
	3. 技術人員數量不足	人員數量不足，無法照正常作業施工，致工程延後完工。
	4. 作業效率低落	作業消極，敷衍了事，無法配合各項施工作業。
	5. 對機具、工法操作不熟	機具操作不熟，常造成機具損壞，停工待修，工程無法進行。
機具方面	1. 性能不符合需求	機具選用不當，無法發揮其功能，作業效率不如預期。
	2. 故障率高	精密機具損壞率高，經常停工待料、待修，工程停擺。
	3. 操作困難、操作安全有顧慮	機具不容易操作，工程無法順利進行，容易受傷造成工安事件，無人操作且停工待查。
	4. 數量不足	機具數量不足，無法消化既定之工作量及配合工程之進行。
	5. 採購費時	機具採購程序繁雜，從申請到交付期間無法掌控，以致影響工程的進行。
	6. 排泥管設備破損	老舊或不堪用排泥管線，銹蝕、破洞或爆管，停機檢修或更換，導致施工船機停擺。
	7. 船舶耐海性	大小不同船舶對海況的承受度不同，船舶本身是否耐得住海況，是施工與否重要因素。
	8. 海上施工精度	耐得住海浪，但船身晃動必定會影響到施工精度，致海上施工困難。
材料方面	1. 規格不符、品質不符	規格不符、品質不佳之材料，不但使用期間壽命縮短，且易造成機具不當之損壞，停工檢修影響工期。
	2. 進料延誤、檢驗延誤	施工材料延誤進場及延誤檢驗時機，致待料施工，後續施工項目無法進行。
	3. 採購時間太長	採購程序繁雜，時間冗長，無法符合材料即買即用之彈性原則，導致損壞機具待料檢修，影響工程進度。
自然環境	1. 颱風	每年 5 月至 10 月颱風來襲，防颱期間影響工程無法進行，且工地及機具易遭致毀損，影響後續工程進行。
	2. 季風	每年 10 月至 4 月東北季風期間外海浪大，海上作業無法進行，陸上填區砂土長期隨風飄失，間接影響工程之進度。

項目	影響因素	說明
自然環境	3. 海浪	海浪波高影響施工船機的抗浪性及施工精度，致海上工程作業困難，影響工程進度。
	4. 雨水	雨水造成人員或機具移位施作不便、積水造成潮濕使作業項目無法進行，進行中的作業或材料受損使得作業無法進行。惟海上施工因在水中作業，比較不受影響。
	5. 火災	施工中機具爆炸起火，造成人員傷亡，影響工程進行。
	6. 地質	堅硬地質及高硬度黏土常造成機具磨損、故障、清除，為隧道及海事等工程最常遭遇到之問題。
	7. 地震	地震引起山坡地崩塌或結構物倒塌，導致工地毀損或人員傷亡，使工程受阻，惟海事工程不受影響。
	8. 地下水	地下湧水導致工地積水造成潮濕，使作業項目或材料受損使得作業無法進行，惟海事工程不受影響。
工法	1. 受現場環境限制	受現場地形及作業環境限制，導致工作無法展開致效率不佳，影響工程進度。
	2. 無法滿足設計要求、效率太低	工法選用不當，未符合設計原意，致工作效率降低，嚴重影響工程進度。
	3. 操作成本過高	工法使用導致操作成本過高，影響承包商財務結構，致工程無法進行。
	4. 改變工法或順序	工法和順序改變，人員、機具、材料等檢討及調度，影響工程施工進度。
其他	1. 設計錯誤、變更設計	工程設計錯誤，業主指示變更設計，導致停工待命，工程無法進行。
	2. 意外事故	作業時發生工安意外事故，造成工地人員傷亡，停工待檢察單位調查。
	3. 環保事件抗爭	工地環境汙染，當地人士藉環保之名，阻擾工程進行及請求補償。
	4. 損鄰事件	工程施工時毀損周邊結構物，要求工程停工改善。
	5. 清除障礙物	海事工程施工時，水下有大石塊等障礙物，卡在絞刀頭上或泵浦殼內，影響作業效率，須停機清除。
	6. 開工太遲	廠商開工太遲，壓縮工程施工時間，致工程品質低落，影響後續施工，導致工程期限延誤。
	7. 戰爭	施工期間發生戰爭，影響工程施工，甚至工程停擺。
	8. 罷工	施工時有罷工行為，致工程停擺，影響到後續施工。
	9. 財務困難	承包商財務困難，人員、機具及材料難以調度，致工程無法推展。

項目	影響因素	說明
其他	10. 拆除重作	施工品質不佳或未照圖施工，甲方要求拆除重作及罰款，影響工程進度。
	11. 供應商或協力廠商之遲延	材料商供料遲延及供應廠商進場施工遲延，工項無法配合進行及後續工程無法施作。
	12. 法令修改	法令修改或改變工法等部分作變更設計，須停工待命影響工程進行。
	13. 審核逾時	施工計畫等計畫及材料檢驗逾時，影響正常作業之進行。
	14. 竊盜	工地進場材料或施工機具被偷竊，致後續工程無法施工。
	15. 地質的測量或工區測量錯誤	業主提供之地質鑽探資料不正確，至選用機具不符現況使用，工區測量錯誤，浪費施工人力、物力且要恢復原狀，嚴重影響到工程進行。

2.4 小結

由上述相關文獻可知，影響工期因素繁多，在施工前、中、後期間，業主、顧問公司及施工廠商等部分，任何一項皆可影響到工程進度，惟本研究是以挖泥作業期間之影響工期為主題，並藉由施工中之營建工程及海事相關工程文獻作彙整(如表 2.1 所示)，以確認所有不確定因素是否均在其內，而使本研究更具寬廣。

過去海事工程文獻，僅敘述一些影響工程風險之因素、船機介紹及使用之工法，鮮少有實例作深入的探討，尤其在挖泥工程方面實在乏善可陳，所以藉本研究來了解，以挖泥船過去數十年來在台灣中西部海域浚填作業時，所遭遇到的各種原因導致停船之實例來作探討及求如何因應，為本研究之研究問題。

第三章 海事工程之介紹

海上浚渫及港灣工程均為海事工程一部份，舉凡航道之開闢、加深與擴寬，碼頭、防波堤等港灣構造物之海床基礎浚挖，及濱海工業區之抽砂造地等，均有賴各種施工船機之參與，所以要了解海事工程挖泥作業，應先知道海上施工之各種形式挖泥船、附屬配合作業船及挖泥工程主要附屬設施及各種挖泥作業方式，方能對海事工程有進一步的認識。

3.1 挖泥之定義

浚渫為水域執行水下土石方開挖之行為，或曰疏浚，俗稱挖泥。其機具設備除具水下開挖土石方之能力外，亦需兼具船舶之浮體功能，是項裝配水中開挖機械之船舶，俗稱挖泥船，需使用挖泥船作業之工程，稱為挖泥工程或浚渫工程（黃申伯等 1992）。挖泥工程依施工順序可分三個步驟：

1. **浚挖**：係以挖泥船自水底挖除，被開挖物質通常多為泥砂（如圖 3-1 所示）。
2. **輸送**：係將被開挖物質運送到目的地，其方式概分三類：
 - (1) 使用排泥管或輸送帶等（如圖 3-2 所示）。
 - (2) 利用挖泥船本身之船艙等（如圖 3-3 所示）。
 - (3) 利用受泥船（如圖 3-4 所示）或拋石船（如圖 3-5 所示）等。
3. **排放**：將被開挖物質依設計用途以適當型態之執行，如造地（如圖 3-6 所示）、養灘、碼頭與沉箱回填、堤心填充、道路路基與壩心填築、外海拋棄等。



圖 3-1 挖泥船在水底下浚挖泥砂情形（資料來源：IHC HOLLAND）



圖 3-2 挖泥船利用排泥管線輸送泥沙情形（資料來源：IHC HOLLAND）



圖 3-3 利用挖泥船本身之船艙輸送泥沙情形（資料來源：IHC HOLLAND）



圖 3-4 利用受泥船輸送泥沙情形

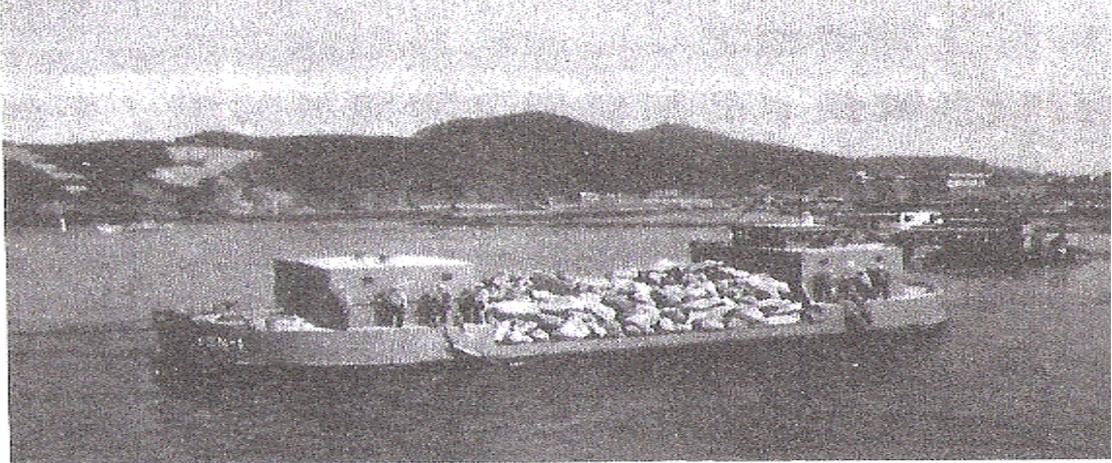


圖 3-5 利用拋石船輸送砂石情形（資料來源：汪燮之 1987）



圖 3-6 挖泥船將水底下砂石排放至填區造地情形

挖泥工程具多元化之用途，上述三項過程以達設計之目標，其主要功能可歸納下列四項（黃申伯等 1992）。

- (1) **浚深**：如開闢新港、港口航道與船席維護加深、放流管涵之基槽浚挖、水庫疏浚、河道浚深、沙灘沉箱下水、改變海床深度等。
- (2) **填築**：如造新生地、防波堤或沉箱與道路之基礎、沉箱回填砂、人工海灘、護岸養灘等。
- (3) **換料**：係挖除不良基礎之土質而改填良好者，如橋樑墩基、碼頭基礎、造地區之淤泥等。
- (4) **採礦**：如碎石與沙、錳土、金沙、錫礦、煤礦等。

3.2 海事工程挖泥船發展過程

依記載，世上第一艘挖泥船乃數千年前西歐之湯匙與皮袋挖泥船，係小木舟之樞軸安裝多支長竿，其外緣以籃子、袋子或其他容器，以挖泥沙，亦即日後鏟斗式挖泥船之鼻祖。

西元 1435 年荷蘭米得堡鎮造出名為水上耙船之挖泥船船艙設犁耙，水面上藉風力吹動風帆，水下則利用潮水衝擊兩邊側翼而移動船身。此型船於荷蘭某些地區直用至 1800 年。

約至西元 1600 年，阿姆斯特丹之「泥車」為蒸汽機發明前最進步之挖泥機，藉轉動木輪、鏈條傳遞帶動循環挖泥之斗桶，將砂土卸於旁邊之受泥船，初以人力踩動木輪，自 1640 年後及改以馬匹驅動，於 1778-1793 年間，船上使用五匹馬，兩匹馬作業，三匹休息，挖深 10~15 英尺泥砂，可達 400 噸/天，為現代機械式挖船之前身。

第一艘水利原理之離心式泵浦挖泥船於西元 1864 年由法國流體力學家 M. Bazin 建造，泵浦直徑約 24 吋，轉速約 350rpm，原設計葉輪四片，某次斷兩片而效率更佳，雙葉泵浦遂開始使用。

工業革命後，引擎取代馬匹，鋼鐵替換木材，科技文明一日千里，挖泥船亦隨工業之升級而蛻變，時至今日，挖泥船已可針對各種不同之施工目標與環境，而有各型類別之船機設計，而各類型之船機設計依其作業方式，可區分為兩大類：第一類是機械式挖泥船：係利用機械能直接挖取水中之土石方，如抓斗式挖泥船、鏈斗式挖泥船、鏟斗式挖泥船及背儲式挖泥船；第二類是水力式挖泥船：乃利用流體力學之真空吸力原理，間接將物質吸送至目的地（或泥艙內），如絞刀吸管式挖泥船及自航吸管式挖泥船（黃申伯等 1992）。

3.3 國內海事工程挖泥船發展過程

台灣自身之挖泥最早應係河床之抽砂，標準浚渫之開始或源自光復後高雄港航道之浚深。新型之挖泥船，係歐美日等先進國家於二次世界大戰後因應建港浚挖，外海造地等需求而研發建造。台灣於 1965 年因基隆河之整治方始引進，乃開創我國浚渫之新紀元，再經各港擴挖整治，安平港與十大建設建港之需求，而使浚渫技術更深入，各型挖泥船亦隨之增多（黃申伯等 1992）。

過去榮工處（榮民工程公司前身）為國內最具規模的海事工程組織，各式船機達百

艘之多，榮工處第一艘挖泥船，為 RSEA NO. 1，建造於民國 53 年，這是一艘由榮工處自行設計，建造裝配的自造挖泥船，排泥管徑是十英吋，在高雄前鎮漁港大武及林口等地區，均曾擔任過挖泥工作，有著不可磨滅的汗馬功勞。這一挖泥船雖其貌不揚，但它開創了榮工處的浚渫之河。

榮工處最大一艘挖泥船為榮工公司所購 1982 年份大隆號絞刀吸泥式挖泥船（如圖 3-7 所示），為荷蘭 IHC 造船廠製造，船型為 BEAVER10000 型，規格為（長）84.98M×（寬）15.03M×（深）4.25M，總馬力為 11,000 馬力，浚深 25M，掃寬為 70M，排拒達 6KM（超出可加壓輸送）為一艘非自航半自動化絞刀式挖泥船，其工作實績更集中、南部海域港口，亦曾遠赴泰國工區作疏浚工程，在此之前榮工處向荷蘭、日本購至多艘大小不等挖泥船如大興、大華、大漢、大夏、大禹、大舜等多艘挖泥船（如圖 3-8~3-13 所示）。

除榮民工程公司外，過去在民營海事工程公司組織擁有大型挖泥船如台灣打撈公司國造「台浚二、三號絞刀吸泥式挖泥船」及台塑六輕工程東怡營造公司向荷蘭 IHC 船廠購置二艘「彩虹」及「旭日」號沖吸式抽砂船，台灣港灣公司國造「浚渫三號」，另有原屬台中港務局德造「中港號」自航式吸泥船。



圖 3-7 榮工處大隆號挖泥船實體圖



圖 3-8 榮工處大興號挖泥船實體圖



圖 3-9 榮工處大華號挖泥船實體圖



圖 3-10 榮工處大漢號挖泥船實體圖



圖 3-11 榮工處大夏號挖泥船實體圖



圖 3-12 榮工處大禹號挖泥船實體圖



圖 3-13 榮工處大舜號挖泥船實體圖

3.4 挖泥船型式及性能

海事浚挖工程作業，對挖泥船之採用，因所浚挖土壤性質之不同，工作數量大小之不同，實際工作環境之懸殊與資金籌集之難易，及浚挖作業方式之不同，而採用不同形式、不同性能、不同工作能量之船舶以作為浚挖之工具。

一般挖泥船依其作業方式，可區分為三大類（侯和雄 1994）：

1. 機械式

用機械之方法（通常為各種挖掘斗）從底部挖泥裝斗並提出水面，然後開斗卸於駁船或船上泥艙，故又稱為斗式。此類挖泥船有鏈斗式、抓斗式、鏟斗式及背儲式等。

2. 水力式

使用機械方法或沖水法使水下土被切割破碎、沖散，而從底部將水下土提出水面，則藉助於挖泥泵浦及排泥管採用水力吸引之方法，並排卸於泥艙或遠處，故又稱為吸式，此類挖泥船有抽吸式及絞刀抽吸式等。

3. 氣力式

此法係以壓縮空氣之能量使水底泥砂進入管道並排出。

依據上述分類，可將挖泥船作業方式簡單分類，如圖 3-14 所示。



圖 3-14 挖泥船作業方式分類（資料來源：侯和雄 1994）

1. 機械式挖泥船：

(1) 抓斗式挖泥船

A. 作業方式（黃申伯等 1992）：

抓斗式挖泥船之基本形式如圖 3-15~3-16 所示，為機械式挖泥船中最普遍且種類較多者，作業係使用船上起重機，藉由鋼索或鐵鍊控制懸掛於吊臂下端抓斗之開、合、昇、降等動作。抓泥時先將抓斗張開，鬆吊索藉斗重力加速，使斗齒插入海床，次將抓斗閉合（裝滿泥砂）吊起，移至泥艙上空，再鬆鋼索使抓斗張開而卸泥砂於泥艙，空斗再移回浚挖下降位置，即完成一斗之循環作業，俟泥艙裝滿後，再卸裝他側受泥船並執行拋泥。

B. 性能（凌士彥 1971）：

抓斗式挖泥船之優點為：機械構造簡單，易於操作，購買費用低廉，不拘水位高低深淺，能在狹窄水域工作，以用於碼頭邊挖泥，或碼頭等基礎挖泥為

較宜，而不適合於大量挖泥之用，而且不適用於有海浪之處工作。其缺點為：所浚挖之水底面，不易平坦，且僅能對付泥土地質，效能不高，浚挖量不大。

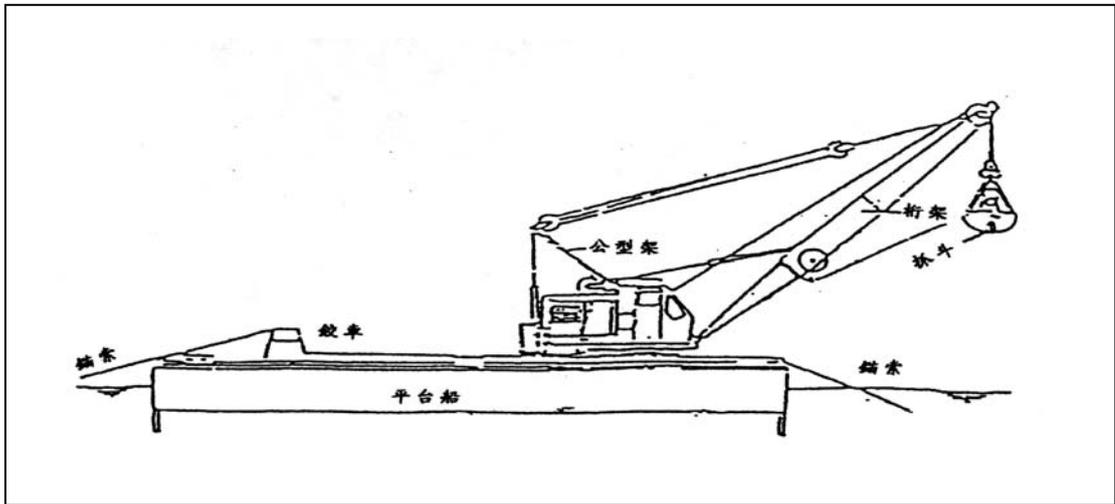


圖 3-15 抓斗式挖泥船基本形式圖（資料來源：汪燮之 1999）



圖 3-16 抓斗船作業狀況實體圖

(2) 鏈斗式挖泥船

A. 作業方式（黃申伯等 1992）：

鏈斗式挖泥船之構造如圖 3-17~3-18 所示，又稱梯式挖泥船，船上以梯形之牆固支架，自船頂斜撐伸到水底，支架上環繞鍊條與鋼齒鐵斗（40-70 個）而成斗鏈，斗內即自水底泥砂，沿梯面上昇，繞過頂端軛軸，斗身翻轉，泥砂即傾入斜槽而流入受泥船之泥艙，泥艙裝滿後則由拖船拖帶拋泥。

B. 性能（凌士彥 1971）：

鏈斗式挖泥船係連續動作，工作能量及效率大於抓斗式挖泥船，故挖泥之

單價低，適用於大量浚挖工程，尤其適合挖掘整齊之断面，且此種挖泥船之適航性甚高，能在較大波浪中出港入海拋泥，而為泥駁拖運所不能辦到者，此為其優點，但建造費較高，修理維持費亦大，當為財力所難接受。

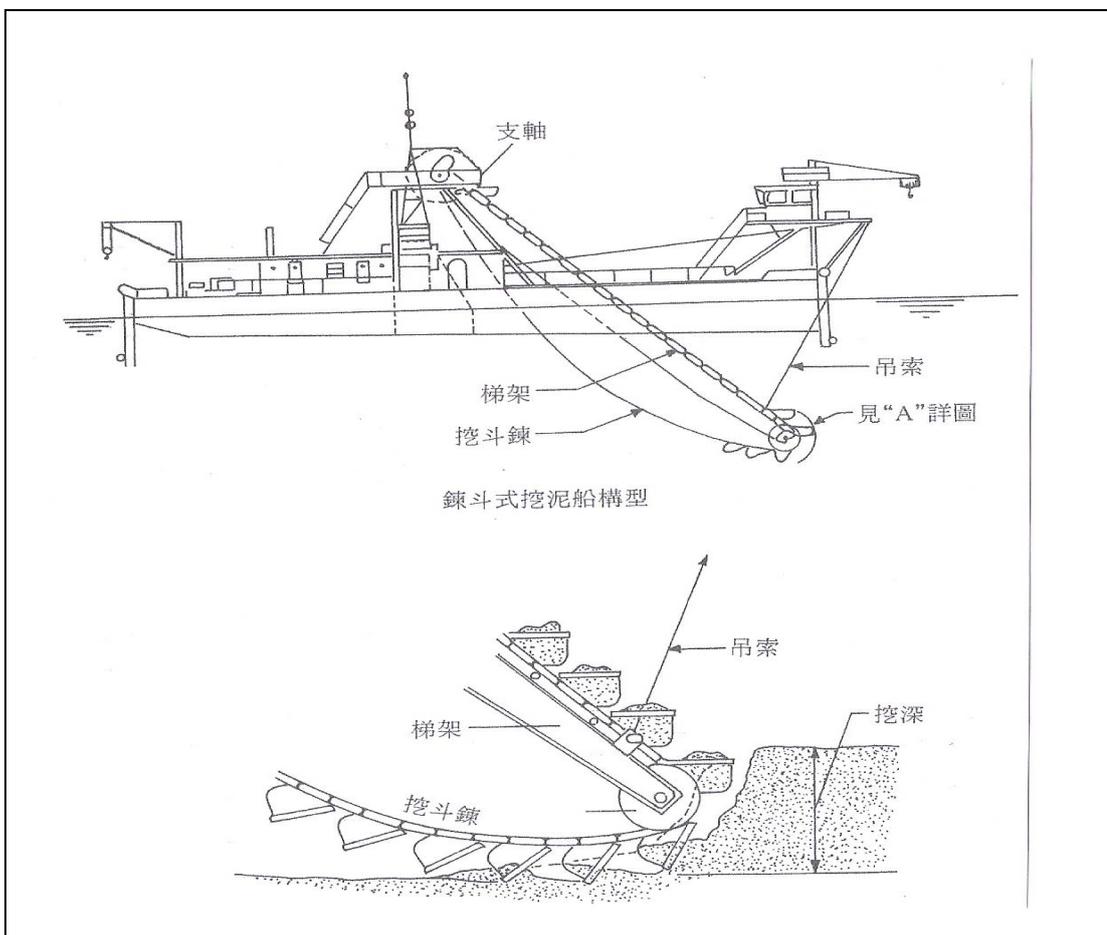


圖 3-17 鍊斗式挖泥船基本形式圖（資料來源：汪燮之 1999）

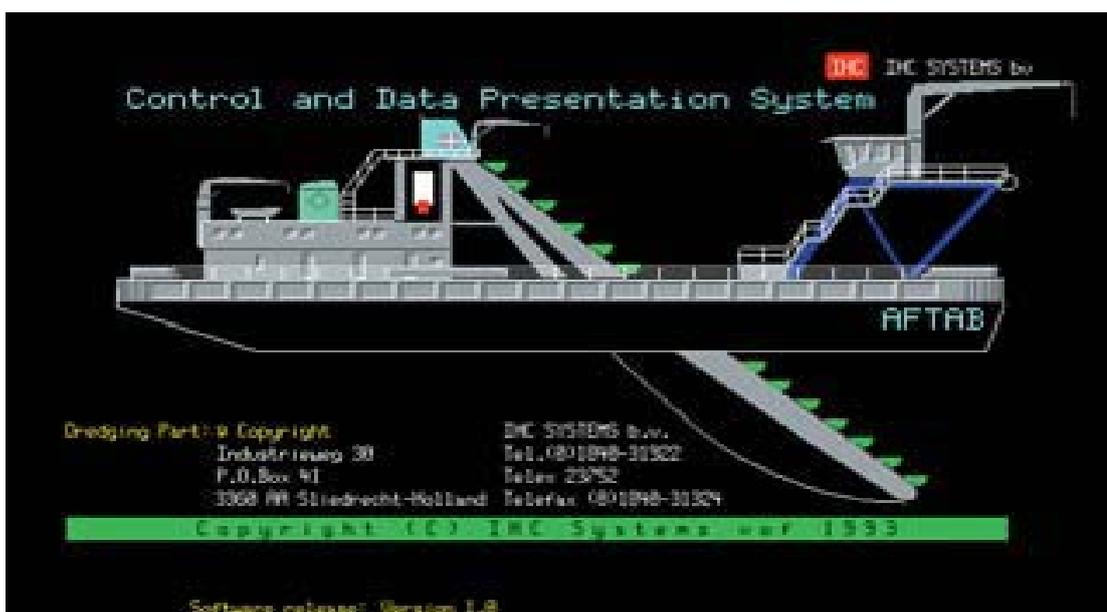


圖 3-18 鍊斗式挖泥船示意圖（資料來源：IHC HOLLAND）

(3) 鏟斗式挖泥船

A. 作業方式 (黃申伯等 1992):

鏟斗式挖泥船之構造如圖 3-19 所示，係於船體前方加裝長柄汽鏟，可在水底向前鏟起泥砂、礫石或鬆岩等，舉出水面後再移至受泥船上方，將鏟之背面開啟，挖掘物即卸入受泥船內，船身之固定與前進，均藉前二後一之三支棒錨。

B. 性能 (凌士彥 1971):

鏟式挖泥船之優點在於結構堅固，鏟挖力量強大，能克服吸式、抓斗或鍊斗式挖泥船所不能對付之堅硬地質。其缺點為工作較慢，挖掘量較低，挖方單價較大。其浚挖能量，自然亦視地質程度，馬力與鏟斗容量大小，以及水下深度與船舶新舊而定。

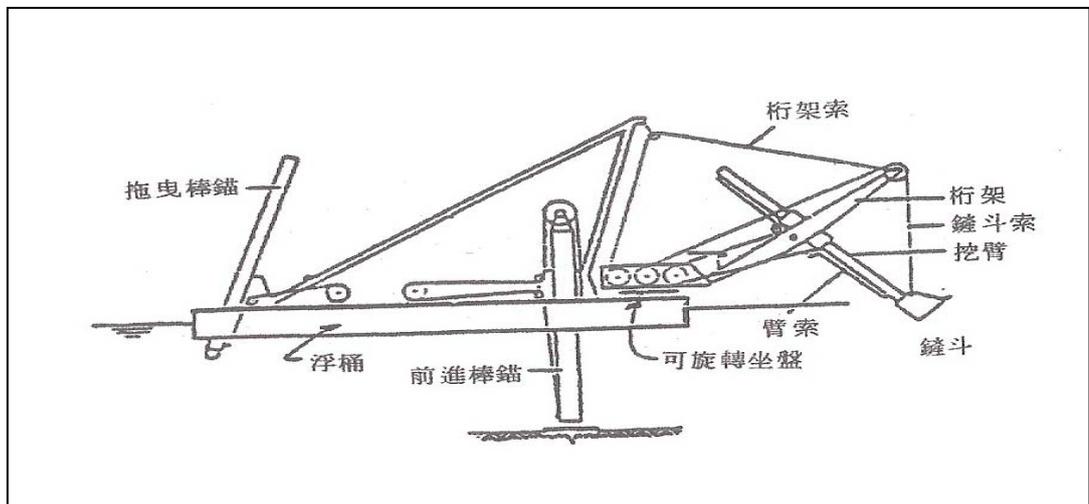


圖 3-19 鏟斗式挖泥船基本型式圖 (資料來源：汪燮之 1999)

(4) 背鋤式挖泥船

A. 作業方式 (黃申伯等 1992):

背鋤式挖泥船之構造如圖 3-20~3-21 所示，又稱怪手式挖泥船，乃平台船上裝置挖溝機，以直接挖取水下之泥砂，為增加船體之穩定，裝設三隻以上之棒錨，以棒錨支撐支持船重以抵消波浪起伏之侵襲與挖泥之反作用力。

臂鋤式挖泥船雖為挖泥船之一種，但通常少見於工程市場，如挖泥量不大而又無其他挖泥船可資應用時，即可依此原則將陸上長臂挖溝機裝置於平台船之上應用，用畢再將挖溝機駛抵岸上，另作他用。

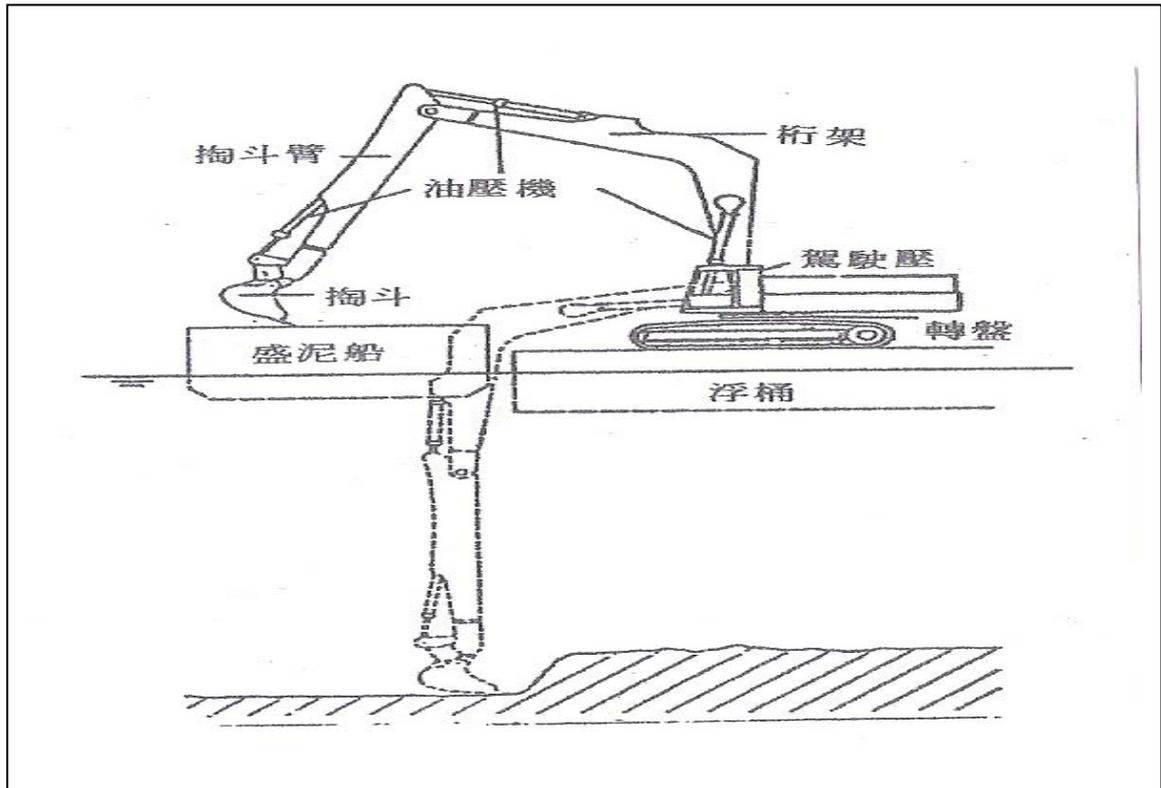


圖 3-20 背儲式挖泥船構造及其挖泥示意圖 (資料來源：汪燮之 1999)



圖 3-21 背儲式挖泥船實體圖 (資料來源：IHC HOLLAND)

2. 水力式挖泥船：

水力式挖泥船又名吸管式挖泥船，船上設置強力離心式泵浦，連接吸泥管深達水底，將泥砂連水吸起，或於管口加裝絞刀或泥耙，將較硬土質予以刨削或耙鬆，以並隨水同時吸入。此種將水底固體泥砂與水混成泥漿，藉吸管強大吸力抽起，屬間接浚

挖方式之挖泥船，統稱為水力式挖泥船（或吸管式挖泥船）。此類挖泥船又可分為絞刀抽吸式挖泥船及自航抽吸式挖泥船（侯和雄 1994）。

(1) 絞刀抽吸式挖泥船

A. 作業方式（黃申伯等 1992）：

絞刀抽吸式挖泥船之基本構型如圖 3-22~3-23 圖所示，又稱定位式挖泥船，俗稱絞刀式挖泥船。絞刀式挖泥船裝置強力離心式泵浦，連接吸管深達水底，將吸管外緣絞刀所切削或攪動之泥砂與水混合吸入，藉泵浦後連接之排泥管直接輸送至遠處指定地域，此乃他型挖泥船未具有之特性。絞刀式挖泥船一般均無自航能力，其船位之固定係靠船艏兩個運轉錨與船航之作業棒錨。運轉錨索經絞刀梯架前之滑輪繞於船之絞盤上，以控制絞刀頭移動之方向。挖泥時放下作業棒錨（主棒錨）為中心，升起行走棒錨（副棒錨），同時拉緊或放鬆左右錨索，船身隨之左右迴轉（可達 40~50rpm）。迴轉一次即將該弧狀地帶之泥砂挖除，再借船艏之棒錨運作，推動船體前進。

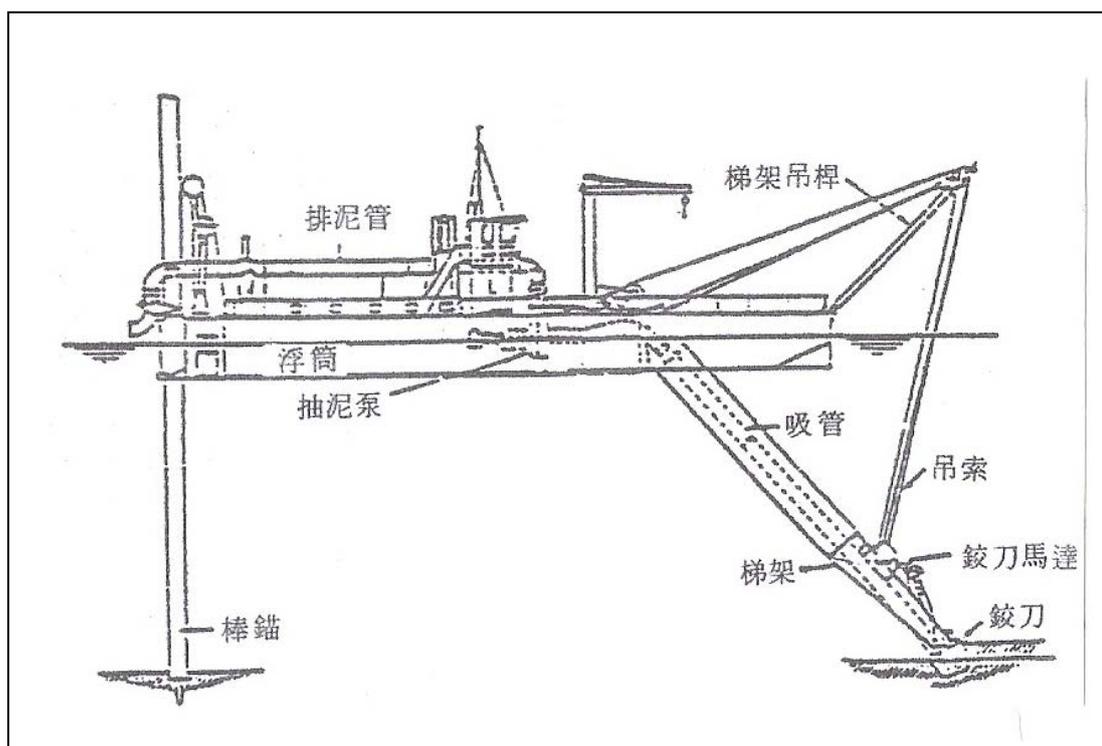


圖 3-22 絞刀抽吸式挖泥船基本構造圖（資料來源：汪燮之 1999）



圖 3-23 絞刀抽吸式挖泥船實體圖 (資料來源：IHC HOLLAND)

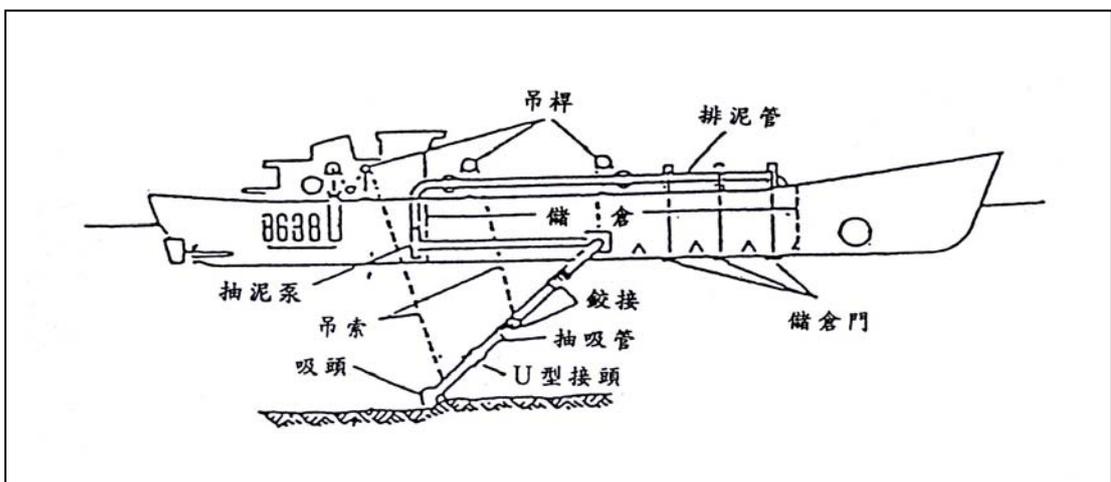
B. 性能 (凌士彥 1971) :

絞刀抽吸式挖泥船與其他各式固定挖泥船一樣，不但不能自航，需要拖船拖帶至工作區，且適應海上環境亦差，風浪較大水面工作困難，此為缺點之一，絞刀抽吸式挖泥船須在水中利用流體工作，高出海面沙灘無法浚挖，此為缺點之二，較硬地質及塊石不能吸收，此為缺點之三，其輸泥管只可鋪設於不通航之水面，若越過海面妨礙航行，此為缺點之四。但抽吸式挖泥船有其優越處，在適宜砂質土壤之浚挖，其工作效能甚大，挖方單價為各式挖泥船中之最低者。且水底土壤又常以泥砂為主要部份，航道泊地大量挖泥工作多採用之。

(2) 自航吸管式挖泥船

A. 作業方式 (侯和雄 1994) :

自航吸管式挖泥船之形式如圖 3-24~3-25 所示，基本上為一海運自航式船隻，其一側裝置可抽吸泥砂之抽吸管，抽吸管升降端有一吸頭或稱泥耙，即以此吸頭吸取海(河)底之泥砂，抽吸泥砂之動力為抽吸泵裝於船身，連同水份(即泥漿)泵送至船身所設巨大泥倉之內。



3-24 自航抽吸式挖泥船構造圖 (資料來源：汪燮之 1999)



圖 3-25 自航抽吸式挖泥船實體圖（資料來源：IHC HOLLAND）

B. 性能（凌士彥 1971）：

自航吸管式挖泥船本身隨時可調整船位，不必長久佔據固定位置，決不致妨礙其他船舶之航行。自帶泥艙吸取之泥沙，隨時可轉儲倉內，不必等待泥駁之來回輸運，及鋪設輸泥管之周折。如此，可解決已開放港口，因挖泥而妨礙航運之問題。況此種挖泥船適航性甚高，在波浪相當大海面，仍可繼續工作，對於長距離之浚挖帶，工作表現之優異，由非他式固定式挖泥船所能及。且其能量大，挖方單價低，兼能遠航拋泥，為他式挖泥所不能及之優點，不過其造價約為同量固定式挖泥船之一倍。

以上為挖泥船舶適於之工程性質與使用優缺點，歸納後如表 3-1 所示。

表 3-1 工程性質與使用挖泥船舶比較

適合之挖泥船舶	地質	附屬支援船舶	地質（沙土處理方式）	優點	缺點
鏟斗式挖泥船（非自航式）	堅硬之海底地質	拖船、受泥船	外海海拋	適於大規模之挖泥工程	不適風浪高大地區、浚渫能力低
鏈斗式挖泥船（非自航式）	細砂、黏土、軟岩	拖船、受泥船	外海海拋	效率低、水底下浚挖斷面整齊	不適潮差過大地區
抓斗式挖泥船（非自航式）	硬土、礫石、黏土	拖船、受泥船	外海海拋	適宜場地狹窄地區、不受潮汐高低影響、浚渫深度可隨鋼索及吊桿之長短調整	挖泥能量小、效率不高
吸管式挖泥船（非自航式）	細砂	拖船	以管線至固定排區填新生地	構造、設備簡單	不適合港口底面整修、效率較低
沖吸式挖泥船	砂、土	拖船	以管線至固定排區填新生地	適於大規模造地工程	受排距影響不能輸送到遠方
絞刀吸泥式挖泥船（自航式或非自航式）	砂、黏土、珊瑚礁岩	拖船（自航式無需拖船）	以管線至固定排區填新生地	不受潮差影響及船體移動影響，適於大規模造地	管線橫阻海上有礙船隻通行
自航式附泥艙吸管式挖泥船	砂、土	無須拖船	外海海拋	排泥距離無限制	效率低、不適合大規模造地工程

（資料來源：溫蔚元 2004）

3.5. 附屬配合作業船

本類作業船隻均為支援配合性質，但缺少了它海上工作便會受影響，甚至於停頓。

1. 推船

推船的形式如圖 3-26 所示，一般推船裝置為雙俾高出力之中速引擎，在淺海中可航行，具有良好旋轉性能，主機操作在操縱室內，一人即可控制該船航行，在船艙甲板裝有拖曳設備，可作為拖船使用（莊乾道 1982）。



圖 3-26 推船實體圖

2. 拖船

拖船的形式如圖 3-27 所示，凡不能自行航駛的船隻，即大多數均需拖船來拖曳，拖船的大小有自港內服勤小至數匹馬力大致外海工作之 12,000 匹馬力者。其功用亦廣泛較小馬力之拖船上增加救生設備可做交通船，裝上潛水仗用空氣壓縮機、減壓設備、小絞機時可作為潛水仗工作船之用（莊乾道 1982）。



圖 3-27 托船實體圖

3. 受泥船

受泥船亦可分為自航式及非自航式兩大類，容泥艙都為分格式，大多為底開門亦間有側開門式（如圖 3-28 所示），啟動裝置有油壓式及鏈條絞盤式之分，泥艙打開後可將整艙泥水棄入海底，因其吃水較淺，容量大，亦可載卵石及消波型塊利用滿潮時可填築潛堤之用，為其他各型泥船無法比擬的（莊乾道 1982）。



圖 3-28 受泥船實體圖（資料來源：IHC HOLLAND）

4. 起錨船

起錨即為一種小型起重船（如圖 3-29 所示），在船艙有一固定式吊桿並備有一絞機，其起重能力視海上工作需要而定，一般起吊能力為三十 ~ 四十噸左右。可協助非自航式船佈錨及起錨，亦可佈設海上浮管、海底沉設管等海上設施，若在艙部配上拖鈎可兼作拖船使用，因其小巧靈活，可說是施工船隊必備之船種。



圖 3-29 起錨船實體圖

5. 平台船

平台船係一隻鋼結構之大浮箱（如圖 3-30 所示），在甲板有繫船柱及艙蓋，甲板上可放置施工所需之各類物料，諸如混凝土型塊各類打樁用之樁料，以及塊石、卵石、木料、鋼筋、土砂等，舉凡海上施工所需之物料皆可搬運，若甲板上載挖土機載以二根棒錨固定平台，船身則可當作一簡單的挖泥船。

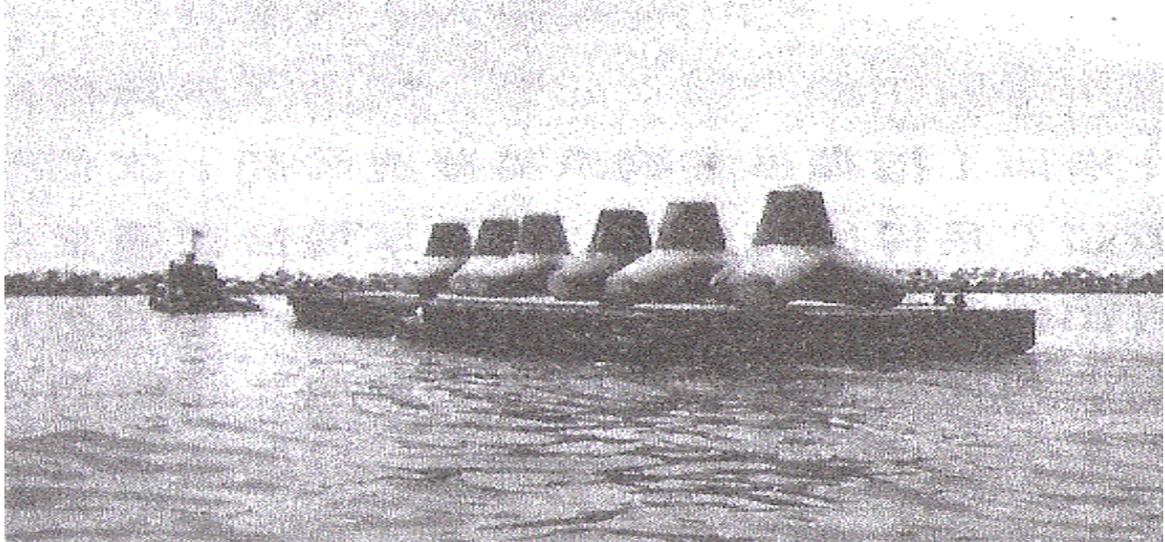


圖 3-30 利用平台船裝運混凝土型塊情形（資料來源：汪燮之 1987）

6. 油、水泊

油、水泊的形式如圖 3-31 所示，內至艙間專作為燃油、淡水補給，分自航式及非自航式兩種。



圖 3-31 油、水泊實體圖

7. 測量船

常見浚前及浚後測量，以計算海底方數，普通施工用測量船只要求船身及船速穩定之小船即可適用（如圖 3-32 所示），故常以小型拖船充用，在船中放置一台測深器，在舷架設一支音波發射音管（音鼓）船內置監測接收器，其原理為音波的反射，以數位化的方式顯示在監視器上，這是一般施工常用者，另可附以事務機裝置，列印測量成果。



圖 3-32 測量船實體圖

8. 加壓站

如挖泥船至排泥地點距離過長，超過其最大輸送能力，船上主泵浦壓力（動壓力）無法將泥漿送達排泥地點時，必須在距挖泥船最大輸送距離處增設一加壓泵浦以增加泥管內向前輸泥能力，此種能力有效距離一般約為 1 公里，亦即每延長輸泥管 1 公里，即需增設加壓泵浦一座，直至輸泥管到達最終目的地。此種增加輸泥能力之加壓泵浦所在地點，稱之為加壓站。

加壓站可區分成兩種，一為陸上加壓站，另一為浮式（水上）加壓站。通常浮式加壓站裝置在水上管之末端，吸管式挖泥船經過適當之改裝即可做此目的之用（如圖 3-33 所示）。大多數之陸上加壓站，由泵浦與裝載底架上之驅動機械裝置所組成，底架常設計成橈式（陳嘉元等 1998）。



圖 3-33 水上加壓站內之泵浦、管路實體圖

3.6 浚挖工程主要附屬設施

1. 絞刀頭

(1) 絞刀頭種類

於浚挖作業中，「挖泥」及「輸送」是有分別的，前者如採絞刀式吸管挖泥船作業，其挖泥即由絞刀頭所產生，而後者則由挖泥泵浦及吸口四周之流水來控制，而將泥漿輸送至排泥管。期間之配合則往往為挖泥工程界研究之重點，因為由絞刀頭絞切之泥土如無法瞬間由泵浦全數吸排，將產生漏失現象，漏失愈多對挖泥之效率即大打折扣。有鑑於此，荷蘭 IHC 公司研究發展各種形式之絞刀頭（如圖 3-34 所示），除適用於不同質地之土壤特性，並解決上述漏失問題（侯和雄 1994）。

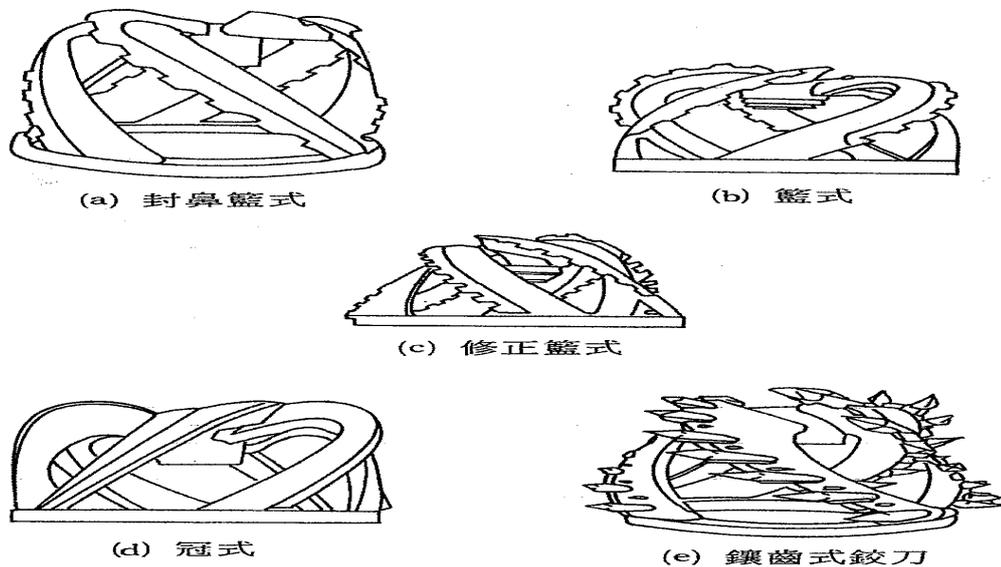


圖 3-34 絞刀頭各種形式圖（資料來源：汪燮之 1999）

(2) 絞刀頭之選擇

「工欲善其事，必先利其器」，絞刀吸管式挖泥船其作業效率若欲發揮極致，端視絞刀頭選擇適宜與否而定，而絞刀頭之選定則須配合挖泥船之特性及挖泥區土質狀況而定（侯和雄 1994）。

A. 依挖泥船之特性選用適宜之絞刀頭

絞刀頭之驅動馬力，即絞刀頭之轉速可確定絞刀頭之大小尺寸，絞刀頭轉速確定後即可確定其驅動馬力，強而有力之橫向位移絞機配上較小直徑之絞刀頭，將可產生較大之絞切扭力，則有利於硬質之挖泥區（如岩盤區）。當橫向運轉絞機之強度受到限制時，其最大之絞切扭力亦受到限制，簡稱為定絞刀扭力，此類之絞刀式挖泥船將不適用於硬質土壤。亦即在發展絞刀式挖泥船時，應發展較大之切力，橫向絞機能量增大，絞刀頭直徑縮小，可順利成功的完成該項，

假若此類型特殊絞刀頭必須使用於鬆質之泥區時，在全負荷下，該絞機將會有某些剩餘馬力，此剩餘馬力會使挖泥船挖泥不致產生阻礙，但在鬆質之泥區挖泥，欲產生高產量應增大絞刀頭之直徑。

B. 依挖泥區土壤狀況來選用適宜之絞刀頭

在鬆質之挖區時，絞刀頭之性質能力會由絞切成為掘穴（即由絞刀吸式挖泥船成為吸式挖泥船，挖泥船之絞刀頭能力因鬆質之砂地而減弱），故絞刀頭在較低速度時即可獲得適宜之絞切力之狀況下時，應選擇較大直徑之球型及籃型之絞刀頭，以便產生高能量。然絞刀頭直徑大小並非完全沒有限制，應配合吸泥管之吸嘴來使用。

在高密度及硬質之黏土區挖泥時，一般而言，應使用小直徑之絞刀頭，若絞刀頭直徑不變時，可使用錐形絞刀頭，如此，在全負荷下雖然產量減少，但浚挖之絞切力增大，其目的即為增加挖泥效果。在此應特別注意者，即於質密之黏土區挖泥時，絞刀頭之構架應盡量張大，以便所挖之大塊泥巴容易通過；反之，假若黏土黏附於絞刀頭上時，其挖泥效果即顯著降低。

2. 絞刀齒

由於土質之不同，所使用之刀片亦異（如圖 3-35 所示）。一般而言，在黏土區需平面刀片，而於硬質土壤及密度緊密之砂質土壤，則以齒刀代替平面刀片，以增加其絞切力。在極硬土質實施浚挖時，則由平齒型刀片改為尖齒型刀片，使絞切力集中在齒尖上，以增加其挖泥效果（侯和雄 1994）。

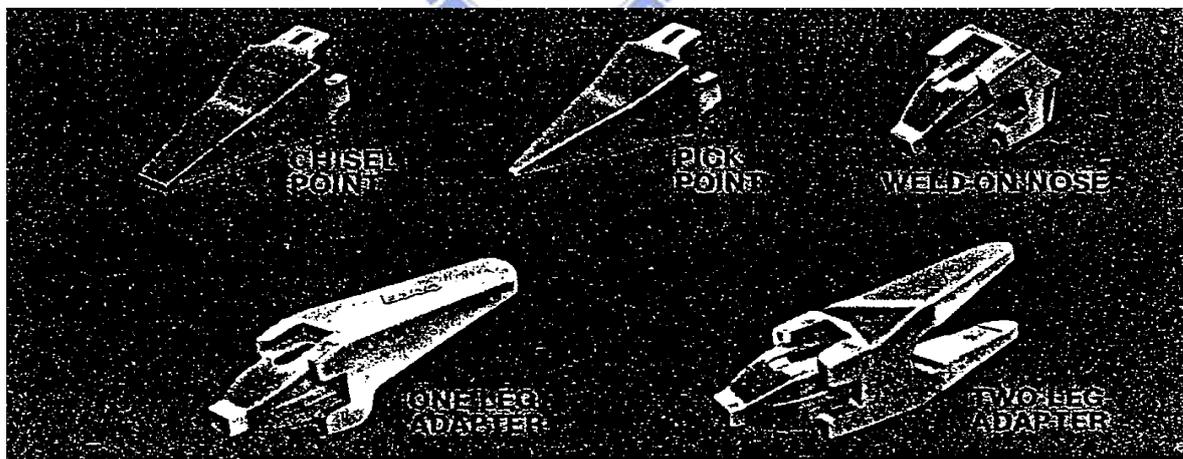


圖 3-35 絞刀齒外型圖（資料來源：ESCO）

3.7 小結

本章介紹各種形式挖泥船及配屬作業船、船機內主要附屬設施等，主要是說明挖區在任何狀況下，如何選用適當的船機，並在確認挖區地質情況下，選用適當的絞刀頭及齒（如表 3-2），在工欲善其事必先利其器之下，期能達到挖泥最大效率。

表 3-2 海事工程挖泥浚填作業使用機具彙整表

項目	機具總類	說明
挖泥船 形式	抓斗式 挖泥船	機械構造簡單，易於操作，購買費用低廉，不拘水位高低深淺，能在狹窄水域工作，適合水下障礙物之清除，但不適合大量挖泥，且不適用於有海浪之處工作。
	鏈斗式 挖泥船	工作能量及效率大於抓斗式挖泥船，挖泥單價低，適用於大量浚挖工程，抗浪性、適航性高，惟建造費用高，維護費用大。
	鏟斗式 挖泥船	結構堅固，鏟挖力量強大，能克服吸式、抓斗或鍊斗式挖泥船所不能對付之堅硬地質。惟工作較慢，挖掘量較低，挖方單價較大。
	背鋤式 挖泥船	適用於清除水底下障礙物，或挖泥量不大且又無其他挖泥船可用時。
	絞刀式 挖泥船	不能自航，適應海上環境差，浪大時工作困難，高出海面沙灘無法浚挖，較硬地質及塊石不能吸收，適宜砂質土壤之浚挖，工作效能大，挖方單價為挖泥船中最低者，適合航道泊地大量挖泥工作。
	自航吸管式 挖泥船	作業中隨時可調整船位，不妨礙其他船舶之航行，自帶泥艙輸送泥沙機動性強，適航性及抗浪性高，適合長距離之浚挖，非他式固定式挖泥船所能及，且其能量大，挖方單價低，兼能遠航拋泥，為他式挖泥船所不能及，惟其造價高，約為同量固定式挖泥船之一倍。
附屬配合 作業船機	推船	具雙車葉高出力引擎，在淺海中可航行，具有良好旋轉性能，單人可操控船機航行，裝有拖曳設備可作拖船使用。
	拖船	凡不能自行航駛的船隻，即大多數均需拖船來拖曳，其功用亦廣泛，較小馬力之拖船可做交通船，及可作為潛水俠工作船用。
	受泥船	分為自航式及非自航式兩大類，卸泥時迅速，泥艙打開後可將整艙泥水棄入海底，吃水較淺，容量大，亦可載卵石及消波型塊，利用滿潮時填築潛堤之用，為其他各型泥船無法比擬的。
	起錨船	為小型起重船，能吊起四十噸左右，可協助挖泥船佈錨、起錨，及海上管架設，可兼作拖船使用，船身小、機動性強，內艙部份可做油、水艙用，為施工船團必備之船種。
	平台船	為一鋼結構之大浮箱，可當施工各類物料之搬運，甲板上裝挖土機及二根棒錨，可改裝成一背儲式挖泥船。
	油水泊	油、水泊內艙間專作為燃油、淡水補給，分自航式及非自航式兩種。
	測量船	作為浚前及浚後測量以計算海底方數，測量時常以小型拖船或交通船充用。

項目	機具總類	說明
	加壓站	可分陸上加壓站及水上加壓站，吸管式挖泥船經過適當之改裝後可當水上加壓站用，陸上加壓站，由泵浦與驅動機械裝置所組成。
船機主要 附屬設施	絞刀頭	在鬆質之挖區時，選擇較大直徑之球型及籃型之絞刀頭；在高密度及硬質之黏土區挖泥時，使用小直徑之絞刀頭，絞刀頭之構架應盡量張大，以便所挖之大塊泥巴容易通過。
	絞刀齒	在黏土區作業時用平面刀片，在硬質土壤及密度緊密之砂質土壤，則以齒刀代替平面刀片；在極硬土質實施浚挖時，則由平齒型刀片改為尖齒型刀片。



第四章 挖泥船浚填施工作業

當業者標到海事工程時，選用的挖泥船團隨即動員，除整修施工船機、補充機料配件及選用排泥管線等至備便狀態外，還須至工地現場了解現況，如船機拖航的停靠點、排泥管線如何架設，當地的交通狀況、挖區地質資料的調查、及蒐集當地海象及氣象資料等前置作業事項，以作該工程浚填計畫的編寫，依照工程計畫進行，以期該工程能順利完工。

4.1 挖泥浚填作業前之工作準備事項

浚挖是一種專業的工作，它的每一個工程計畫都有其困難之處，大多受到作業需要以及作業地點的實際條件左右，在擬定浚漂計畫時，更要考量以現有之浚漂設備，於有限之時間內執行此計畫是否經濟可行，為探討此問題，必須先在浚填作業前，研究及斟酌所蒐集不同來源之資料（曾武龍等 1983）。

1. 挖區地質資料的調查

為施工船機選擇、施工計畫擬定之首要因素，一般業者所提供者僅供參考，當接獲資料有疑惑時，應即至工區現場踏勘及蒐集鄰近資料研判，或自行鑽探印證。在海事工程大量浚挖範圍中，其土壤之性質必不盡相同，浚挖方法與施工難易因此而異，浚挖單價亦相差懸殊，欲知各地點浚挖土質，必須從事浚挖鑽探，劃定其個別之地質範圍與深度，並計算各佔若干實方，從而擬定各種浚挖計畫，以利施工。

地質調查之目的，在瞭解土質之粒徑、砂所佔之比例及砂層厚度，以供選擇合適之抽砂船、計算抽砂成本、流失量及瞭解現有地盤之特性，供沉陷計算、液化潛能分析及結構物基礎設計之依據。一般地質調查方法可分物理震測及鑽探取樣兩種，彰化濱海工業區採用後者之地質鑽探及 CPT 鑽孔。

水下土壤為疏浚挖泥船之工作對象，其浚挖土壤之種類及性質（如表 4-1 所示）直接影響挖泥船之效率及產能（如表 4-2 所示）、機具磨損及疏浚成本，甚至能決定工程之成敗。由於土壤力學之發展起源於土木工程，其土壤特性之試驗研究著重於地基之承载力、沉陷以及結構物之穩定等，而疏浚工程所探討之土壤特性則著眼於水下土壤之機械切割、破壞、掘起及輸送等之難易程度，目的與前者迥然不同。且疏浚土壤之研究較晚，故現今一般土壤之判別法有如統一分類法，實較難反映浚挖土壤之特性（簡連貴 1996）。

表 4-1 一般浚挖土壤之分類及判別

名 稱	分 類	工期影響
1. 軟泥土	叫爛泥或軟黏土，不會沾在絞刀上。	最容易浚挖的土壤，惟黏附力不佳，最容易隨排水流失，未流失的也易造成地層沉陷，為造地工程中須另處理的土壤，間接影響工程效率。
2. 硬黏土	含黏土 70% 的泥土 (0.005mm 以上)，會沾在絞刀上，不好吸入之泥土。	高硬度黏土最不容易浚挖，且易黏附絞刀頭，需經常停船清絞刀頭及更換絞刀齒，嚴重影響工程進行。
3. 普通泥土	大部分的浚挖泥土屬之，以等比含有黏土、泥土及砂。	為經常浚挖到之土壤，一般浚挖工期的估算，均以此為作基準。
4. 砂	砂大小 2.0~0.05mm，含砂 80% 以上的泥土。2.0~0.5mm 為粗砂，0.25~0.05mm 為細砂。	為造地工程最佳之土壤，輸送至填區時，不會流失且迅速推積，造地效率甚佳，縮短工期，提前完工。
5. 砂含黏土	比普通黏土軟，比泥土還硬一點，黏土及泥土 50~70% 及含砂 50~30% 的泥土。	為造地工程次佳之土壤，且浚挖速度快，造地效率亦佳，浚挖工期可縮短。
6. 黏土含砂	黏土含砂量成分多砂 50~80% 黏土及泥土 50~20% 含砂	浚挖效率佳，不用清除絞刀頭，及更換絞刀齒，不影響工程進行。
7. 小石含砂	小石 (2.0mm 以上大小) 30% 以上含砂	70% 為石頭，挖泥效率差，小石極易被吸入挖泥泵，打壞泵浦殼，拆泵浦清除，間接影響工期。
8. 卵石含砂	卵石 (100mm 以上) 含砂	不易浚挖，且卵石經常打壞泵浦殼、排泥管及磨耗絞刀齒，致經常停船檢修，影響工程施工。
9. 鐵砂含砂	比重很重 (比重 3.2 以上) 鐵砂含砂，抽砂填地時形成黑條子圖案。	浚挖效率差，須經常停船更換絞刀齒，影響工程施工。
10. 硬土盤	硬黏土、頁岩、軟岩等絞刀不易攪動。	船機不易攪動，浚挖效率最差，需經常停船更換絞刀齒，影響工期甚大。

表 4-2 一般浚挖土壤浚挖一小時之標準排泥量

挖泥船主泵浦馬力	200	350	500	600	1000	1200	
標準輸送距離 (m)	500	800	900	1,000	1,200	1,500	
浚 淤 土 質 類 別 標 準 揚 土 量	1、軟泥土	135m ³	180m ³	240m ³	300m ³	450m ³	495m ³
	2、硬黏土	35	50	65	80	120	130
	3、普通黏土	90	120	160	200	300	330
	4、砂	75	100	135	170	255	280
	5、砂含黏土	100~ 110	130~145	175~190	220~240	330~360	365~395
	6、黏土含砂	80~85	110~115	145~150	180~190	270~285	300~315
	7、小石含砂	60	80	105	130	195	215
	8、卵石含砂	35	50	65	80	120	160
	9、鐵砂含砂	35	50	65	80	120	160
	10、硬土盤			30	40	50	90

近年來由於對疏浚土壤之重視，新的研究報告不斷推陳出新，國際航運會議常設委員會 (PIANC) 也就疏浚土壤提出分類報告 (如表 4-3 所示)，並已獲得國際疏浚工程界之認可，該報告提出土壤、岩石之分類法和應予描述之特性及指標，對疏浚工程界相當具有參考價值。此外，在日本則習慣利用標準貫入法之 N 值作為判別疏浚土壤軟、硬及開挖難易之主要指標。其測定辦法係使用標準貫入器，錘重 63.5 公斤，落距 76 公分，先將貫入器打入土中 15 公分，而後再打入 30 公分 (即深達 45 公分) 之錘擊數，稱為標準貫入擊數 N 值，其分類標準如表 4-4 所示 (簡連貴 1996)。

表 4-3 浚挖土壤分類及辨識法

土壤分類	顆粒大小	辨識法	顆粒特性及塑性	強度與結構特性
巨礫 粗礫	>200mm 介於 60~200 mm	不同顆粒及不同大小之比例可由眼睛辨識出	顆粒形狀： 圓滑、不規則、絞狀	不適用
礫石	粗 20~60 mm 中 6~20 mm 細 2~6 mm	可由眼睛輕易辨識	薄片狀、細長狀 薄片細長狀 紋理： 粗糙、平滑、光滑	<ul style="list-style-type: none"> ● 礫石中可能具有膠滑以結合礫岩 ● 可能混有砂質
砂	粗 0.6~2.0 mm 中 0.2~0.6mm 細 0.06~0.2 mm	顆粒可由肉眼辨識 乾燥時具有少量凝聚力	粗糙、平滑、光滑	<ul style="list-style-type: none"> ● 鬆、密、膠狀沉機物其強度各不同。 ● 混雜有沉泥、黏土。
沉泥	粗 0.02~0.006 mm 中 0.06~0.002mm 細 0.02~0.006 mm	<ul style="list-style-type: none"> ● 除極少部分粗沉泥可由肉眼看出外，通常均無法看出其顆粒。 ● 最佳測定法為測試其擴融現象。 ● 具有部分塑性，但沉淤泥乾後極易用手捏碎。 	非塑性或低塑性	<ul style="list-style-type: none"> ● 基本為非塑性，但若原始成分為粗粒或砂，則特性上與砂類似。 ● 細顆粒與黏土類似則具塑性。 ● 與細級與黏土長混淆。
黏土	<0.002 mm 沉泥與黏土不可僅由顆粒大小加以區分，因其兩者之重要物理特性僅間接與顆粒大小相關連。	<ul style="list-style-type: none"> ● 黏土具高黏滯力與塑性，不具擴融現象。 ● 潮濕黏土可黏於手指上，並具有平滑、油膩之感覺。 ● 乾燥過程中具高乾強度。 	中塑性或高塑性	<ul style="list-style-type: none"> ● soft — <kn/m² ● firm — 20—40kn/m² ● stiff — 40—75kn/m² ● bard — 75—150kn/m²
腐植土及有機土	變化不定	通常由成黑色或棕色加以辨識，並伴隨著強烈之有機味，其表面同時呈現有纖維狀或水狀。		強度與結構在水平與垂直方向均不同。

(資料來源：簡連貴 1996)

表 4-4 N 質與浚挖土壤之分類

N 值	土壤特性
$N < 2$	土壤鬆軟
$2 < N < 8$	土壤可塑鬆軟
$8 < N < 15$	土壤稍硬
$15 < N < 25$	土壤堅硬
$25 < N$	土壤極硬

(資料來源：簡連貴 1996)

2. 蒐集當地海象及氣象資料

一般土木工程施工時，雨天對工作之進行，影響甚大，一般除毛毛雨外，稍大雨天均不能作業，而台灣地區更有颱風過境，影響工作甚鉅，因此在施工前，必須調查下列各項氣象資料，必能據以計算在規定工期內實有之工作天，然後安排物力及人力：

- (1) 平均每年及每月雨天數（指時雨量在 3mm 以上之天數）。
- (2) 雨量集中季節。
- (3) 颱風季節。
- (4) 颱風季節中每月平均颱風來臨之頻率及延時。

而在海事工程施工時，海上風浪影響工程甚鉅，故必須調查下列各項海象資料，俾能據以安排作業程序。

- (1) 每月逐日潮位（包括高潮及低潮）。
- (2) 年最高潮及月最高潮日期及其潮位。
- (3) 季風季節時期及其平均浪高。
- (4) 颱風來臨之可能浪高。

而以上氣象及海象資料中，以夏季颱風季節及冬季東北季風期間所引起之風浪，對海事工程挖泥作業影響最大，其它有關下雨、潮位等海象對挖泥船影響不大，僅供參考，茲將影響海事工程挖泥作業氣象及海象資料分析如下：

(1) 颱風

颱風為威脅台灣地區最嚴重之自然災害，歷年來因颱風而損失之生命財產實不可勝數，尤其當颱風直接來襲時不僅影響海上船隻之作業，更對海岸結構物造成極大之衝擊，故對颱風之各項資料及特性，須予蒐集分析。

一般颱風多見於夏、秋兩季，冬、春期間則較少發生。過去 59 年間（1948～2007）台灣附近海域颱風各月發生次數及頻率如表 4-5 所示。由表可知台灣附近海域颱風每年平均發生 4.82 次，其中以 7、8、9 月最多，各佔總數之 20% 以上。

表 4-5 59 年台灣海域附近颱風各月發生次數及頻率 (1949-2007 年)

月份	總數	平均次數	頻率%
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	3	0.05	1.05
5	10	0.17	3.51
6	28	0.47	9.82
7	59	1	20.70
8	80	1.36	28.07
9	64	1.08	22.46
10	26	1.44	9.13
11	13	0.22	4.56
12	2	0.03	0.70
合計	285	4.82	100

侵台颱風最早出現於 4 月，最晚於 12 月，各月侵台颱風總次數及頻率，如表 4-6 所示。由表 4-6 可知，1958-2007 年之 50 年間，侵台總次數為 244 次，其中以 8 月份佔 68 次最高，約佔總數之 27.87%；9 月份居次，約佔總數之 23.36%；再次為 7 月份，每年侵台次數平均為 4.88 次。

表 4-6 50 年各月侵台颱風之次數及頻率統計表 (1958-2007 年)

月份	侵台次數	每月平均次數	頻率%
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	2	0.04	0.82
5	7	0.14	2.87
6	22	0.44	9.02
7	54	1.08	22.13
8	68	1.36	27.87
9	57	1.14	23.36
10	25	0.50	10.25
11	8	0.16	3.28
12	1	0.02	0.40
合計	244	4.88	100

海事工程與陸上工程兩者均受天候因素影響，其中又以海事工程所受環境之影響更為強烈，因此在施工工期的估算上，更需有明確的施工天數，由上述資料得知中央氣象局統計五十年侵台平均數 4.88 次。

本研究更以民國 93 年 (2004 年) 大興號挖泥船在台西外海作業，於 93 年 5 月 3 日至 93 年 11 月 5 日施工期間防颱，及發佈颱風警報前一日及解除警報後 2 日為有效停工日，並蒐集 1998-2007 年侵台且影響施工颱風之次數及日數，來計算在外海作業時，每年受颱風影響的次數及停船天數，如表 4-7 所示。

表 4-7 (1998-2007) 侵台及影響作業颱風統計表

颱風 名稱	發佈海上警報時間				解除時間			船機防颱損 失時間(天)	備註
	年	月	日	時	月	日	時		
妮蔻兒	1998	7	9	5	7	10	9	4	船機防颱損失時間： 為氣象局發布海上颶 風警報前一天，在海上 風浪大前將船機脫離 挖區防颱，直到解除海 上颶風警報後一天，海 浪減小時，將船機拖至 挖區就位，前後沒作業 之損失時間。
奧托	1998	8	3	9	8	5	9	5	
楊妮	1998	9	27	23	9	29	14	4.5	
瑞伯	1998	10	13	14	10	17	6	7	
巴比絲	1998	10	25	20	10	27	23	5	
瑪姬	1999	6	4	14	6	6	22	5	
山姆	1999	8	19	20	8	21	23	6	
丹恩	1999	10	4	14	10	9	20	8	
啟德	2000	7	6	11	7	10	3	7	
碧利斯	2000	8	21	8	8	23	20	5.5	
巴比倫	2000	8	27	20	8	30	14	6	
寶發	2000	9	8	15	9	10	15	5	
雅吉	2000	10	23	20	10	26	8	5.5	
象神	2000	10	30	20	11	1	20	5	
貝碧佳	2000	11	6	10	11	7	8	4.5	東北季風期停止作業
西馬隆	2001	5	11	11	5	13	20	5.5	
奇比	2001	6	22	3	6	24	8	5	
尤特	2001	7	3	14	7	5	23	5	
潭美	2001	7	10	9	7	11	21	4.5	
玉兔	2001	7	23	20	7	24	17	4.5	
桃芝	2001	7	28	5	7	31	14	6	
納莉	2001	9	8	23	9	19	23	14	第一次 9/8.23 發佈 9/10.9 解除、第二次 9/13.15 發 佈 9/19.23 解除
利奇馬	2001	9	23	20	9	28	9	7.5	
海燕	2001	10	15	8	10	16	23	4.5	
雷瑪遜	2002	7	2	14	7	4	17	4.5	
娜克莉	2002	7	9	5	7	10	23	4	
辛樂克	2002	9	4	5	9	8	5	6.5	
柯吉拉	2003	4	21	5	4	24	20	6	
南卡	2003	6	1	20	6	3	2	4.5	
蘇迪勒	2003	6	16	15	6	18	17	4.5	
伊布都	2003	7	21	20	7	23	14	5	

颱風 名稱	發佈海上警報時間				解除時間			船機防颱損 失時間(天)	備註
	年	月	日	時	月	日	時		
莫拉克	2003	8	2	17	8	4	23	4.5	
梵高	2003	8	19	12	8	20	11	4	
柯羅旺	2003	8	22	8	8	23	14	4	
杜鵑	2003	8	31	12	9	2	17	5	
米勒	2003	11	2	5	11	3	23	4	
康森	2004	6	7	17	6	9	23	5	
敏督利	2004	6	28	17	7	3	11	9	
康柏斯	2004	7	14	9	7	15	11	4	
蘭寧	2004	8	10	23	8	13	2	5	
艾利	2004	8	23	2	8	26	11	6	
海馬	2004	9	11	23	9	13	8	5	
米雷	2004	9	26	8	9	27	14	5	
納坦	2004	10	23	20	10	26	2	6	
南瑪督	2004	12	3	2	12	4	14	5	東北季風期停止作業
海棠	2005	7	16	14	7	20	2	7	
馬莎	2005	8	3	8	8	6	8	6	
珊瑚	2005	8	11	8	8	13	20	4.5	
泰利	2005	8	30	8	9	1	23	6	
卡努	2005	9	9	17	9	11	14	4.5	
丹瑞	2005	9	21	10	9	23	8	4.5	
龍王	2005	9	30	20	10	3	8	6.5	
珍珠	2006	5	16	17	5	18	17	4.5	
艾維尼	2006	7	7	23	7	9	5	4.5	
碧利斯	2006	7	12	2	7	15	2	5.5	
凱米	2006	7	23	14	7	26	2	5.5	
桑美	2006	8	9	2	8	10	23	4	
寶發	2006	8	7	20	8	9	14	4	
珊珊	2006	9	14	14	9	16	14	4.5	
帕布	2007	8	6	23	8	8	14	3.5	
梧提	2007	8	8	11	8	9	11	3.5	
聖帕	2007	8	16	8	8	19	14	6	
韋帕	2007	9	17	5	9	19	8	4.5	
柯羅莎	2007	10	4	17	10	7	23	6.5	
米塔	2007	11	26	5	11	27	11	4	
合計 65 個								331	季風期間 3 個 14 天

由表 4-7 可得外海作業期間平均每個颱風影響天數為：

$$\bar{x} = \sum x/n = 331/62 = 5.34 \text{ 天}$$

外海作業期間，影響作業之颱風平均次數為：

$$\bar{x} = \sum x/n = 62/10 = 6.2 \text{ 次}$$

故每年在外海作業影響天數

$$\begin{aligned} &= (\text{平均每個颱風影響天數} \times \text{每年影響作業颱風次數}) \\ &= 5.34 \times 6.2 = 33 \text{ 日} \end{aligned}$$

(2) 東北季風

台灣每年九月至翌年三月為東北季風，在此期間東北季風連續吹送時間甚長，影響最鉅者為海峽中部海面，以致產生較大之風浪，波高超過 104 公分之大波浪出現最多，約佔全部觀測數的 50~90%。其相對應之周期則在 5.5 秒至 7.0 秒間出現之頻率高佔 55%~80% (侯和雄, 1982)。

由過去台中港附近海域紀錄各月份浪高出現百分率如表 4-8 所示，在季風轉換期之 4 月及 10 月，適合挖泥作業平均浪高為 150cm 以下，不適合作業平均浪高分別佔全月之 21.65% 與 57.68%。以非自航絞刀式大興號為例，抗浪極限高 1.5m 波高，如表 4-9 參考可得知在 4 級風力最高波高以致 1.5m。

由挖泥船作業記錄 5 月 3 日拖至挖區作業，至 11 月五日結束挖區作業，故 4 月與 10 月為間歇性海象不穩定好發期，風浪大時採取停船避險措施，不可工作日的估算如下：

不可工作日數為工期與不可工作機率的乘積，本研究所謂不可工作機率是指 4 月與 10 月海象不穩定波高，高於 1.5m 以上之累加機率。

$$4 \text{ 月份不可工作日為：} 30 \text{ 日} \times 21.65\% = 6.5 \text{ 日}$$

$$10 \text{ 月份不可工作日為：} 31 \text{ 日} \times 57.68\% = 18 \text{ 日}$$

表 4-8 台中港各月份波高出現百分率

月 % 百分率 H 1/3 Hmax (cm)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年平均
0-73	0-49	2.58	10.42	18.30	32.54	29.90	29.43	43.62	33.25	23.76	10.53	3.82	1.77	19.99
74-110	50-74	5.20	11.03	10.05	17.99	31.70	38.88	31.37	36.59	18.30	9.09	5.23	1.82	18.10
112-148	75-99	7.23	6.52	9.06	16.25	16.67	20.33	15.98	11.93	17.89	12.37	7.36	4.78	12.20
149-185	100-124	10.89	7.99	11.15	11.66	10.46	9.52	5.55	7.70	14.54	10.30	11.39	11.42	10.21
186-222	125-149	15.15	10.13	16.0	7.91	4.60	1.33	2.15	4.59	11.89	9.62	13.68	17.14	9.68
224-297	150-199	33.01	26.25	24.81	8.21	6.21	0.44	1.42	3.34	12.10	18.53	24.41	31.38	15.83
298-372	200-249	15.92	19.31	9.12	3.73	1.47	0	0	1.54	1.42	14.23	22.41	17.68	8.89
373-446	250-299	6.90	7.61	1.25	1.00	0	0	0	0.56	0.09	10.01	9.75	9.48	3.89
447-520	300-349	3.00	0.60	0.27	0.48	0	0	0	0.56	0	3.49	1.74	1.99	1.01
521-595	350-399	0.14	0.15	0	0.32	0	0	0	0	0	1.59	0.44	0.45	0.26
596 以上	400 以上	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.21	0	0.18	0.03
紀錄年代		61 64	61 64	61 64	61 64	61 62 64	61 63	61 63	61 63	61 62 63	61 62 63	61 63	61 62 63	

(資料來源：陳炳燦等 1983)

表 4-9 浪高與風力對照表

風級	浪級	風速		浪高		工期影響 (以挖泥船可抗浪 1.5 公尺作說明)
		每時海哩	每秒公尺	一般	最高	
0		1 以下	0-0.2	公尺	公尺	正常作業，不受影響
1	微波	1-3	0.3-1.5	0.1	0	正常作業，不受影響
2	微波	4-6	1.6-3.3	0.2	0.3	正常作業，不受影響
3	小波	7-10	3.4-5.4	0.6	1.0	正常作業，不受影響
4	小波	11-16	5.5-7.9	1.0	1.5	可作業，些微受影響
5	中浪	17-21	8.0-10.7	2.0	2.5	勉強作業，影響工期
6	大浪	22-27	10.8-13.8	3.0	4.0	無法作業，影響工期
7	大浪	28-33	13.9-17.1	4.0	5.5	無法作業，影響工期
8	巨浪	34-40	17.2-20.7	6.0	7.5	無法作業，影響工期
9	猛浪	41-47	20.8-24.4	7.0	10.0	無法作業，影響工期
10	猛浪	48-55	24.5-28.4	9.0	12.5	無法作業，影響工期
11	狂濤	56-63	28.5-32.6	11.5	16.0	無法作業，影響工期
12	狂濤	64-71	32.7-36.9	14.0	16 以上	無法作業，影響工期
13	狂濤	72-80	37.0-41.4	14 以上	16 以上	無法作業，影響工期
14	狂濤	81-89	41.5-46.1	14 以上	16 以上	無法作業，影響工期
15	狂濤	90-99	46.2-50.9	14 以上	16 以上	無法作業，影響工期
16	狂濤	100-108	51.0-56.0	14 以上	16 以上	無法作業，影響工期
17	狂濤	109-118	56.1-61.2	14 以上	16 以上	無法作業，影響工期

(資料來源：中央氣象局)

3. 施工船機之選擇

海事工程施工船機依其功能、作業型態有許多種類之區別，而各種型式又有大、小型噸位之分，對開採海域土質的適用性及施工條件也不盡相同 (如表 4-10)，所以選擇何種施工船機，需由挖泥區之面積、水深，地質、地形、砂層厚度、海浪海流氣象及其季節性變化等地域環境、採砂地點及排填距離、預定產量與可作業期限等許多專業因素而定。大噸位、高性能、最新設施之挖泥船不一定是最適合的採砂船。另一種施工船機選擇之參考，則是日本常用之標準貫入試驗 N 值法，依據 N 值對浚挖土壤之分類，並考量抽砂船之特性，建議於各種不同土壤狀態下選擇適宜抽砂船之參考 (如表 4-11 所示)。由該表之建議，可就挖泥區之土壤特性選擇適宜之挖泥船，以作為疏浚作業之重要參考指標。所以在挖泥作業前，對挖區土壤未深入了解，則無法選擇最適當船機，且錯誤之選擇常造成工期延誤與成本虧損之嚴重後果。

表 4-10 各種挖泥船適用土質及施工條件

挖泥船類別	較適用土質	施工條件	備註	工期影響
吸管式挖泥船 (定位式、自航式)	鬆軟砂質土 壤、淤泥	排距 10 公里內,大量施工,深層浚挖、風浪稍大海域。	須以管線排泥	外海作業,風浪影響大,颱風及東北季風期間等長時間無法作業。
絞刀吸管式挖泥船(定位式、自航式)	任何土質(常用於砂、黏土)	排距 10 公里內,大量施工,精確浚挖,港內、河內水域平穩區域。	須以管線排泥	港內浚挖,風浪影響小,僅部份影響工期。
自航吸管式挖泥船	鬆軟砂質、淤泥	長距離輸送、大量施工,維護挖泥於海象較差與海運繁忙區域	船體設有泥艙	機動性強、浚挖量大,風浪影響小,不影響工期。
抓斗式挖泥船 (定位式、自航式)	任何土質但岩層與堅硬土質須先碎裂	長距離輸送、浚深可達百公尺以上、港外多採自航式	自航式多設有泥艙,定位式須配合受泥船	浚挖量小,長距離輸送,影響工期大。
鏈斗式挖泥船	黏土、卵礫石層 淤泥效果較差	長距離輸送、溝槽浚挖、多用於港內與內陸河流	須配合受泥船	浚挖量大,風浪影響小,部份影響工期。
背鋤式、鏟斗式挖泥船	任何土質但岩層與堅硬土質須先碎裂	長距離輸送、小區域浚挖	須配合受泥船	浚挖量小,長距離輸送,影響工期大。

(資料來源：黃盛才等 1996)

表 4-11 土質及適合作業船舶

土質		適合抽砂船表								N 值	工期影響程度
分類	狀態	Ps	Pl	Gs	GI	D	Dr	碎	B		
黏土質 土砂	軟質	V	V	V	V		V		V	N<10	小
	中質	V	V	V	V				V	N=10~20	中
	硬質	V	V	V	V	V			V	N=20~30	大
	最硬質	V	V		V	V		V	V	N>30	大
砂質土砂	軟質	V	V	V	V	V	V		V	N<10	無
	中質	V	V	V	V	V	V		V	N=10~20	無
	硬質	V	V	V	V	V	V		V	N=10~30	小
	最硬質	V	V		V	V		V	V	N>30	大
礫石混合 黏土質土砂	軟質	V	V	V	V	V	V		V	N<30	中
	硬質		V		V	V		V		N≥30	大
礫石混合 砂質土砂	軟質	V	V	V	V	V	V		V	N<30	中
	硬質		V		V	V		V		N≤30	大
砂粒	稀鬆	V	V		V	V	V		V		無
	緊密		V		V	V					無

(資料來源：簡連貴 1996)

註：Ps：未滿 5000 馬力之小型抽吸管式抽砂船

Pl：5000 馬力以上之大型抽吸管式抽砂船

Gs：小型抓斗式抽砂船

GI：大型抓斗式抽砂船

D：鏟斗式抽砂船

Dr：自航抽吸式抽砂船

碎：碎岩船

B：鏈斗式抽砂船

4. 浚填施工方法的選用

挖泥船在挖區抽砂作業，可根據當地條件及需求，研擬最合適且經濟可行之作業方式，其各種抽砂回填作業方式如下：

(1) 直接排填

定位式挖泥船從取砂區挖砂，藉由海上管、陸上管直接輸送至填土區，如輸送距離太遠，挖泥船浚送馬力不足時，在中間適當位置可增設加壓站，如圖 4-1 所示，採用此方法時通常其挖泥區即位於填區附近，由於挖泥區緊臨其附近，因此可設置多處抽砂區，以減少其泵送距離。

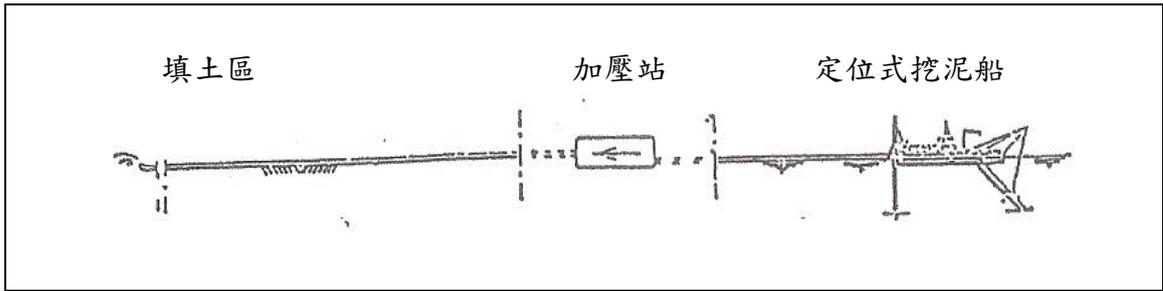


圖 4-1 直接排填示意圖

(2) 半直接排填

自航式挖泥船於取砂區將砂抽至船艙內，裝滿後駛至近海（或碼頭）錨泊，接原設定之海上管與陸上管輸送至排填區，如圖 4-2 所示，採用自航式抽吸式挖泥船作業時，由於其機動性高，因此挖泥範圍較大，且挖泥區可能不只一區，在航行距離愈長時，愈可顯現其經濟性。因此，若能配合採取多處拋泥點作業方式時，其效果將益形顯著。

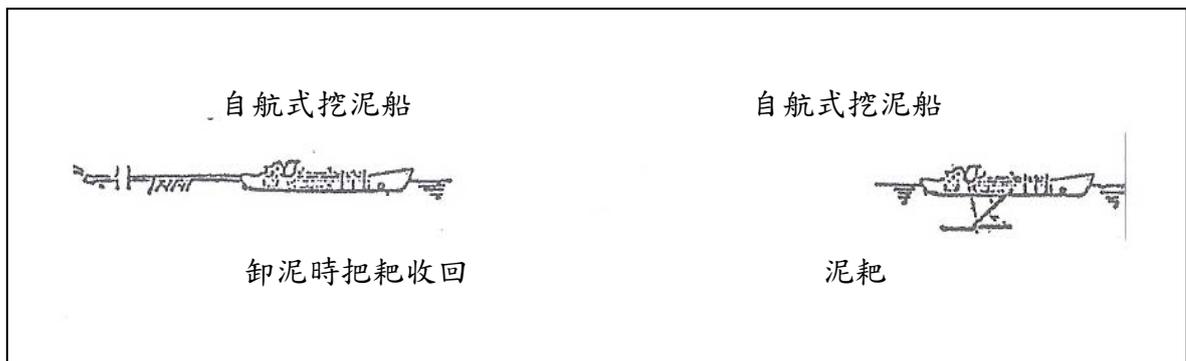


圖 4-2 半直接排填示意圖

(3) 間接排填

吸管式挖泥船由取砂區將砂先輸送於兩側之受泥船，裝滿後以拖船拖至岸邊，再以吸管式抽砂船（卸土）將受船內之砂藉由陸上管輸送至排填區，如圖 4-3 所示。

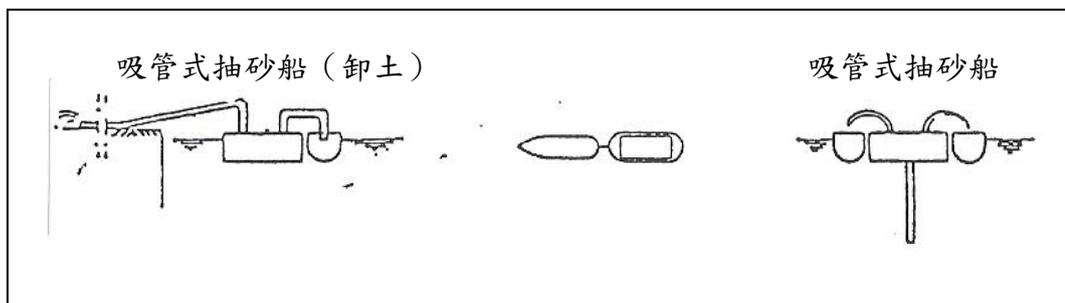


圖 4-3 間接排填示意圖

(4) 二次排填：

自航式挖泥船在取砂區挖砂，裝滿船艙後駛至卸泥位置，開啟船底艙門卸泥，再以定位式挖泥船浚挖，並藉海上管、陸上管輸送至排填區，如圖 4-4 所示。當自航式挖泥船缺乏自卸設備或需要更大泵送馬力及泥量需求高時，採用本方法唯一相當有效之解決方式，尤其在天氣良好且挖泥距離超過 2 海浬時，此一作業系統更是經濟可行。

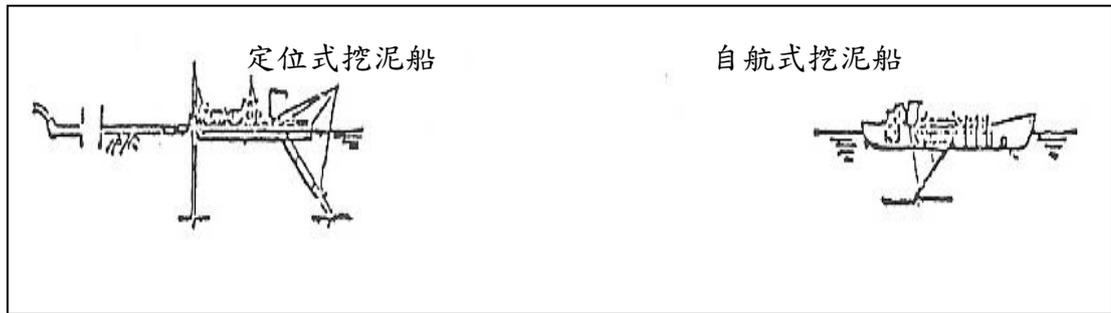


圖 4-4 二次排填示意圖

(5) 直接排填+陸上運輸：

定位式挖泥船預取砂區浚挖，以海上管與陸上管輸送至陸上臨時儲存場，再以裝載機傾卸車運至填區填地，如圖 4-5 所示，陸上係土方運輸工作，除上述陸上機具外，尚有刮運機、輸送帶等，視地形與成本而計畫採用。

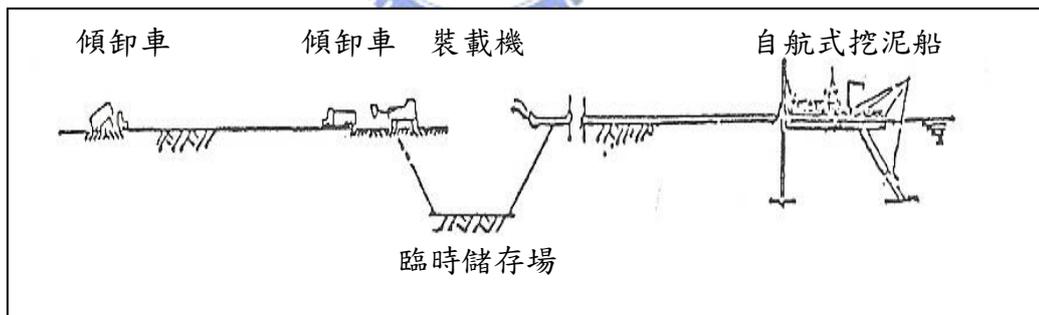


圖 4-5 直接排填+陸上運輸示意圖

5. 浚填計畫之編擬

除工期釐定與進度控制外，計畫中對取土位置及浚挖側坡選定，應考慮砂源之供需能在動態平衡下，辦理砂源分配。以彰濱工業區為例，造地即採分期分區方式辦理，於每年抽砂前後辦理海底地形測量與震測，同時持續進行各項環境監測，若顯示有影響時，即行調整位置及修改計畫（該項測量及監測由工程顧問公司執行或委託辦理），取土與回填區之間距離應盡量靠近，以省成本及工期，取土範圍應盡量作矩形區劃並予集中，避免零散及小面積，以減少船舶迴轉調度時間，損耗功率。另台灣夏季常有

颱風，船機及管線應列入防災計畫，人員機具之調動，附近港埠避風停泊及油物品補給等均應列入考慮。

6. 船機整備

整備係以單位時間達最高產量，工期內達持續浚挖之船機性能為原則。準則為：

- (1) 船機每日與定期之保養，達運轉時數機組之換件，大、歲修與上架之查驗，均已按規定徹底執行。
- (2) 於趕工或大型工程施工前，應對比長期紀錄，作船機性能之複檢與徹底之修復，方可釐訂合理之施工計畫。
- (3) 應預估工期各階段修護與磨損之組件，備妥立即供應之管道。

7. 船機動員

應依工程需求先釐訂各項動員計畫，屆時據以執行。

(1) 人員動員

配合工程準備、施工等兩期遣派。

(2) 船機動員

- A. 近程採拖航方式，則為嚴防海浪侵入之封艙計畫、安全為首配合海象之拖航計畫，須外海接船時增訂迅即接駁之接引計畫。
- B. 遠程或採裝運方式，則為裝載航行計畫，須外海接船時則封艙與接引計畫之原則同上。

(3) 管線動員

以經濟考量為首。國內可採陸上與海上運輸兩方式併進，各方式亦均須事先周詳規劃。陸上分吊裝、運卸等步驟，海上則為封艙、拖帶（同海上船機拖航、或加接駁計畫）。跨海之長距動員，則同船機之遠程裝運方式。

8. 測量控制

為工程執行成敗之關鍵，施工常見外海航道之錯挖，徒增成本、更損工期，是以儀器選擇、方式釐訂、基點校核，導界樁測定（必要時須先行大地與三角網測量）等，均須事先詳慎考慮。海上工程應測量與定位同步，沿岸或港域內可藉陸上點直接控制，遠海則須詳訂測繪計畫，故應依工程類別、可借用條件，作先期周詳之研討、規劃。

9. 管線佈置

航道設計以絞刀式船機浚挖，則合約均有固定之排區。

(1) 沿河、港造地

先檢討浚挖排距、挖區原進出船機航道之需求，參照設計圖，擬定佈管線，惟各段長度與陸上管之延伸、分叉管之佈置等，均須先予計算繪圖，管線運抵時據以架設，於施工中再依現況修正。

(2) 指定排棄外海

規範均有排區範圍或航道之距離，供海上管（或需沉設管）佈置計畫之擬定。外海排區有造地規定時，則管線佈設同上節（外圍分已有堤防或依規定造地）。曾有海床指定排區，排放土厚 30~50cm 嚴格規定之工程，則管線之排泥口應配合海流隨時移位，其管線佈置更須檢討。

當抽砂取土區及排填區確定後，就是排泥管路排距之選擇與架設技巧。總之應將就排泥過程之阻力，減至最小，以免消耗揚程，尤其是長距離排送，最為明顯。採取下述之排泥管線架設，將會提高排送效率。

- A. 選擇最近距離之排距。
- B. 轉彎處使用鑄造成型之彎型鋼管。
- C. 排泥管路中於適當位置，裝設自動排氣裝置，以解除排泥管路中之壓力。
- D. 排砂管路佈放之地床應力求平坦，並特別防止在海床中佈放之管線受浮力之移位。
- E. 陸上管線於適當距離利用橡皮接頭，以防止排泥鋼管因氣溫變化之熱漲冷縮，所引起的弊害，並利排泥管線組裝或維修。
- F. 在海上管架設中，應每根管線配一個橡皮接頭及浮桶，以避免海上作業時，因海浪過大而使排泥管斷裂。
- G. 在海上架設沉設管，應選擇最新及最堪用之排泥管，且要用雙螺帽鎖緊以防螺絲鬆脫，架設完後再做氣壓試漏試驗，以防氣體進入，及沉設管吸水自然沉入海底後，再僱用水下潛水人員檢查管線之擺置是否有平順及有否鬆脫情形，以避免挖泥作業時，因水壓過大砂石穿孔而出，而停船打管作業致工期延宕及耗費成本，在所有管線損壞檢修時，此種沉設管最難處理。
- H. 浮在海面上之海上管，應於適當距離安裝夜間警示標誌，以防夜間作業之漁船撞上。
- I. 海上管應於適當距離用管線錨固定住，以免挖泥作業時海上管糾纏紐結而爆管。
- J. 裝設管路三叉管及切換用制水閥，減少延長管線停車時間。
- K. 採用經濟流速，保持排泥管內砂土有良好之浮遊狀態。
- L. 其他。

4.2. 浚填施工前置作業之實例

綜上所述，為新工程承接時所必須做的前置作業，如何依現地工作條件選用工作船機或施工方法，方能順利完成後續施工作業，為施工前最重要課題，以台南科技工業區東一區浚淤造地為例作分析說明。

1. 施工條件（施工前調查）

(1) 海象

北門近海（東吉島）82年、83年可工作天統計，如表4-12所示。

表 4-12 作業天數統計表

年 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
82	4	7	9	16	25	28	30	21	17	6	11	--
83	--	7	9	30	31	26	28	16	16	17	--	--

註：H < 2M 船隻於外海可工作天

(2) 氣象

A. 降雨：每年七月～九月颱風影響較大，雨季短而集中。

B. 風：冬季及夏季分別受東北季風及颱風影響，全年風向以北西風最多，北北西風次之。

(3) 地質

區址之地質深層是中新世地層，以淺海相，濱海相之碎屑沉積物為主，以砂岩、粉砂岩和頁岩之互層為主要岩石。

(4) 取砂區

A. 安平港內：A區（迴船池）浚挖深度EL-11M，數量150萬方。

B區（北支航道）浚挖深度EL-11M，數量250萬方。

B. 外海：鹿耳門溪口距海岸線外10公里，水深EL-20M以夏之海域。

(5) 填土區：（如圖4-6所示）

A. 東區：開發面積472.4公頃，現有地面平均高層EL+0.2M，整地平均高層

EL+2.67M，為於鹿耳門溪與鹽水溪之間，90%以上面積是鹽田，填土1,262萬方，分成東一區，其中東一區第一期工程，面積243.2公頃，填土數量650萬方，400萬方於安平港取砂，不足250萬方以漸築棄土填築。東二區與後續工程於外海覓取砂源。

B. 西區：開發面積221.7公頃，原地面平均高程EL+0.3M，地平均度EL+2.0M，為於鹿耳門溪之西側，係漁塭地，填土數量443萬方。

(6) 臨時儲存場：（如圖4-6、4-7所示）

A. 遊艇碼頭預定地：位於安平港東側，面積16公頃。

B. 漁光里：位於安平港西側，面積21公頃。

C. 位於鹽水溪與嘉南大圳中間之魚塭，面積15公頃。

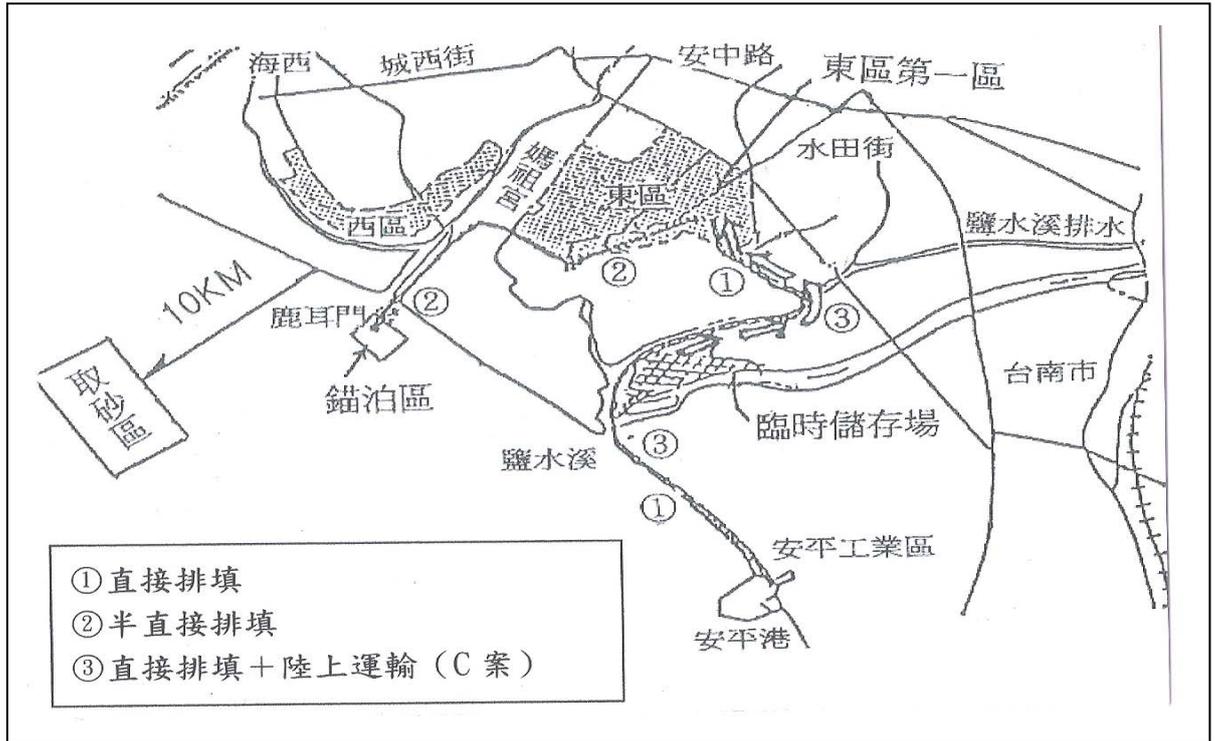


圖 4-6 台南科技工業區浚淤造地施工方法圖



圖 4-7 安平港內浚挖迴船池與北支航道位置圖

2. 施工方法應用

(1) 直接排填

安平港內採用定位式挖泥船浚挖迴船池，與北支航道二處之砂，藉由海上管、加壓站，陸上管輸送至東一區，排泥距離約 11KM，如圖 4-6 所示。

(2) 半直接排填

以自航式挖泥船在距鹿耳門溪口海岸 10KM 之外海抽砂，裝滿船艙後駛至海岸附近泊錨位置，藉由海上管、陸上管輸送至東一區，輸送距離海上部分 10KM，陸上部份 2KM，共 12KM。

(3) 直接排填+陸上運輸

A案：安平港內使用定位式挖泥船浚挖迴船池與北支航道，先排填於安平港東側遊艇碼頭預定地儲存，再以裝載機，傾卸車由安平港市區經台 17 省道，陸運至工業區東一區填築，直排 2KM 陸運 11KM，如圖 4-7 所示。

B案：定位式挖泥船浚挖安平港內砂方，排填至安平港西側之漁光里港埠區儲存，再以裝載機、傾卸車陸運，沿海岸陸側之漁光路，經四草橋至工業區東一區填築，直排 2KM，陸運 11KM，如圖 4-7 所示。

C案：定位式挖泥船由安平港內取砂，排填鹽水溪和嘉南大圳間之魚塢儲存，再以裝載機、傾卸車陸運，沿鹽水溪堤防道路東行至濱海公路後轉本田街進入東一區填築，直排 4.5KM 陸運 9KM，共計 13.5 公里，如圖 4-7 所示。

3. 施工方法比較：

依據前第 2 項所敘之各施工方法比較（如表 4-13 所示），由表可知，最佳方案應選用半直接排填工法，惟當時在台之自航式挖泥船機皆在其他工區作業中，無法臨時調度自航式挖泥船機。次佳方案為直接排填工法，但施工船機大武號挖泥船有效排距僅約 3 公里、排泥管數量不足鋪設 11 公里，及無足夠數量之加壓站，故本案採取直接排填+陸上運輸之 A 案工法。

本案經實施結果挖泥成效良好進度超前，惟本案採用之傾卸車或卡車陸運無法消化儲存場上之大量泥砂，故需經常停船配合陸運，俟儲存之泥砂清運至一定數量後，再繼續挖泥抽砂作業，本案工程雖停停挖挖，但還是依照進度提早完工。

表 4-13 施工方法比較表

施工方法 項目	直接排填	半直接排填	直接排填+陸上運輸		
			A 案	B 案	C 案
空氣品質	很好	很好	較差	較好	好
噪音與振動	很好	很好	較差	較好	好
交通狀況	很好	很好	較差	較好	好
河川水質	需迴水處理	簡易迴水處理	不需迴水處理	不需迴水處理	不需迴水處理
土地使用	容易	容易	較易	較易	難
海象影響	無影響	稍有影響	無影響	無影響	無影響
料源數量	不足	足夠	不足	不足	不足
施工成本	高	低	高	高	較高
工 期	易掌握	易掌握	較難掌握	較難掌握	難掌握

上述各種施工方法比較說明如下：

- (1) **空氣品質**：直接排填及半直接排填為藉管線直接排送砂石，不會在途中引起空氣污染；A 案用陸運卡車裝載沙土經過市區時，途中會引起塵土飛揚，導致空氣品質不佳，另 B 案、C 案沿著海岸路側及嘉南大圳郊區行駛影響較小。
- (2) **噪音與振動**：直接排填及半直接排填藉管線排送時，不會引起噪音及振動；而陸運卡車裝載沙土經過市區時，則會引起路面跳動及產生噪音，另 B 案、C 案沿著海岸路側及嘉南大圳郊區行駛影響較小。
- (3) **交通狀況**：直接排填及半直接排填藉管線排送時，不會影響當地交通；而陸運卡車經過市區時，會影響當地交通路況，造成交通擁塞，另 B 案、C 案沿著海岸路側及嘉南大圳郊區行駛影響較小。
- (4) **河川水質**：直接排填時需將海水經由迴水池排出，半直接排填在自航式挖泥船運送砂石途中，已將大部分海水排出，到定點時僅作簡易之迴水處理即可；而採直接排填及各方案之陸運時，因採陸運會影響路面，故不需做迴水處理。
- (5) **土地使用**：直接排填及半直接排填施工方法，直接以排泥管輸送至排填區，填土數量有 650 萬方和 443 萬方，土地使用容易；而採陸運方式，其臨時儲存場土地使用，在 C 案方面僅 15 公頃可利用，土地使用困難，另 A 和 B 方案，臨時儲存場面積較大，土地使用較易。
- (6) **海象影響**：半直接排填採自航式挖泥船來回 20 公里輸送，會受到海浪輕微影響，其他方案皆採固定式直接排填，不會受到海浪影響。
- (7) **料源數量**：本案填土數量東區 650 萬方、西區 443 萬方，共計 1,093 萬方，僅用

半直接排填方式之自航式挖泥船隨時更換挖區抽砂，沒有受到料源限制，其他直接排填及採陸運等施工方法方案，則沙源不足，尚需到外海取砂源。

- (8) **施工成本**：直接排填及陸上運輸等施工方法，因排距遠及採陸運，運輸效率低、單價成本高，故施工成本高；而自航式挖泥船大量挖泥效率佳，導致挖泥單價降低，故挖泥成本低。
- (9) **工期**：挖泥船直接排填或自航式挖泥船半直接排填，排泥距離僅 11 公里左右，無受到其他限制，不斷挖泥抽砂作業，每天可浚挖到砂石 2 萬方以上；而其他直接排填+陸上運輸 A、B 方案，則受到卡車陸運距離遠（11 公里）、載運量低（以 50 部車、每趟裝 18 方，每天來回跑 5 趟、共 4,500 方）影響，工期較難掌握，在陸運 C 方案中，則受到陸運距離較短（9 公里），工期影響有輕微改善，但工期亦是難以去掌握。

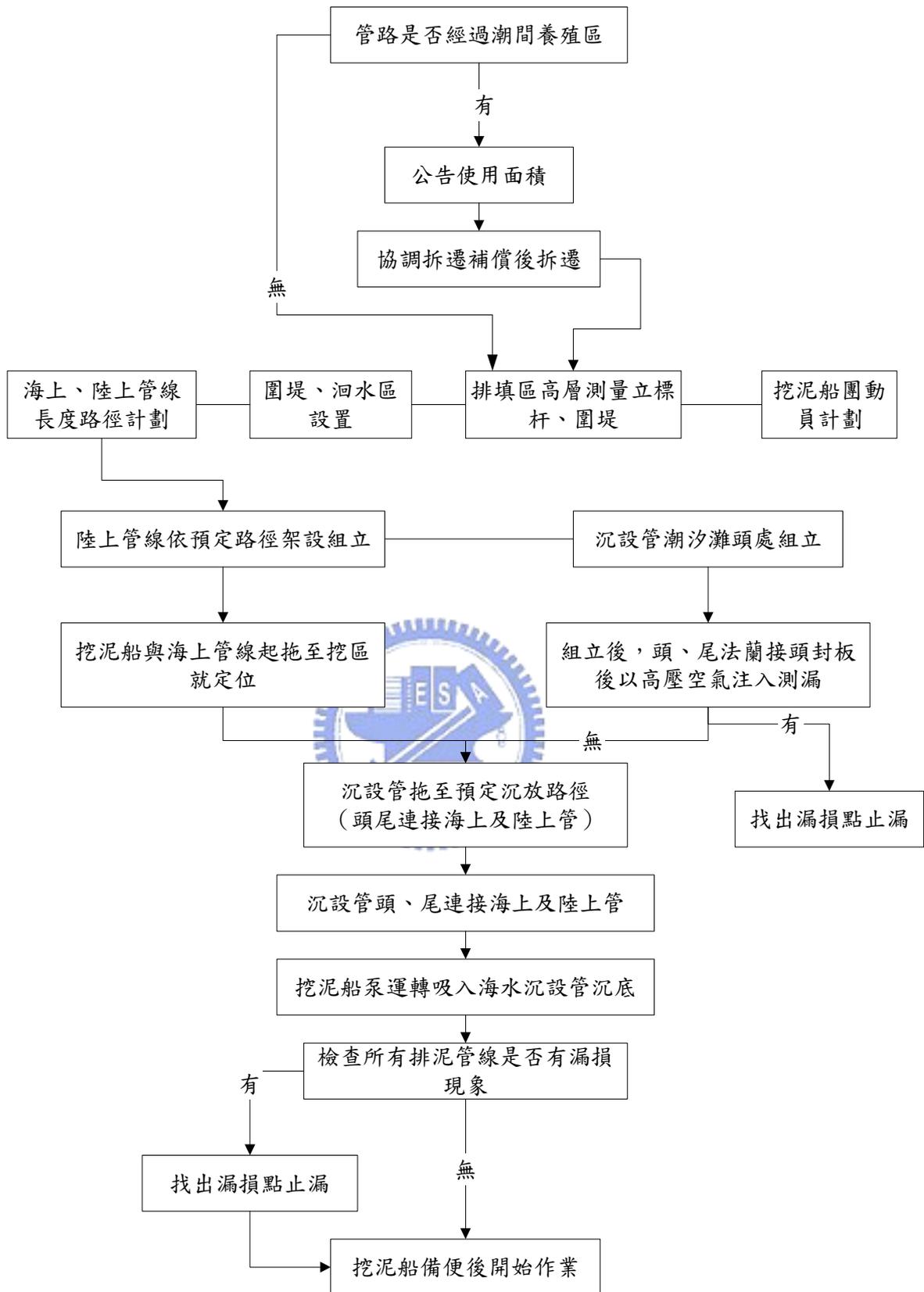
以上各項目僅空氣品質、噪音與振動、河川水質與工期影響較無直接關係，另其他交通狀況、土地使用、氣象影響、料源數量、施工成本等項目，與工期有息息相關，主要其中一項無法掌握，皆會連帶影響後續的施工而造成工程延宕。

4.3 挖泥船挖區就位及就位後之工作事項

當挖區工地確認、氣象、海象、地質、交通及環境等當地資料取得、施工方法及施工船機的選用、陸上管架設路線確定及施工計畫擬定後，接著各技術人員及船團等動員，俟挖區起挖點海上測量定位後，施工挖泥船團由拖船拖至定點就位準備挖泥作業如下：

1. 管路如經潮間淺灘池，海產養殖區公告徵收、協調補償事宜。
2. 排填區高程確定並設定標示竹桿。
3. 排填區範圍臨時圍堤。
4. 沉澱池及迴水排放設施：排泥管排送大量的砂水混合物至排填區，其中水的含量約佔 70%，為使排出的砂料不流失，並能匯集成澱，待廢水達符合規定的排放標準時，始由排放口流出海域，因此圍堤所圍堵之填區應達所需之沉澱空間，雖然提高填區表面水位，為未來增加有效容量是最直接之方式，可是若再考量陸上機具作業需求時程之急迫性，及有效沉澱空間隨填區之縮小而漸減時，變通方式為設定可調節的溢流排放設施來有效控制填區的水位。
5. 標定挖泥船進場船席位置及浚挖方向、範圍、深度及海上排泥管、沉設管路徑位置。
6. 排填區制灘地，陸上部分輸砂管路徑計劃及安裝銜接並預留陸上「零號」接頭與海上管備接（註：零號接頭為海上管與沉設管及沉設管與陸上管銜接之處接頭）。
7. 支援船機：一個挖方造地工程浚漂專案船團的基本配置，應不少於挖泥船、錨船、拖船、吊船、油水泊，並隨著施工環境艱困機動增援調度，若無替代方案應列出。

8. 挖泥船預定進場位置，若吃水未達適合作業深度，應以小型抽砂船先將船席挖出後，以利後續挖泥作業。
9. 選擇挖泥船最近距離，吃水適合地點，配以簡單土木施工作一臨時碼頭以為運補，供人員上下及船團避風繫覽之用。
10. 於海水漲潮時潮水可達之海灘處串接完成之沉設管線備用（每根管線 12m 長視挖泥船距海岸作業距離而定，通成串接總長度 1.5km~2km）。其沉設管設置的目的為綿延海上數公里管線，為不影響海上交通或夜間其它船隻碰撞，發生海事糾紛而陳設。
11. 測量艇先行出出海作海上測量，標定挖泥施工位置後投放浮標以利辨識，再將挖泥船以拖船（自航式則免）拖至挖區就定位。
12. 將安置於浮桶上之海上排泥管或橡膠製浮力管（通稱海上管）約 500 公尺長，以拖船由起拖點拖至挖泥船艏部排泥管活動接頭銜接（海上排泥管設置的目的為挖泥船掃寬及前進時留有餘裕緩衝之用，仍需以錨索固定，使其免於潮流漂浮不定）。
13. 潮水尚未漲潮時，以拖船將串接完成置於灘頭之沉設管，以封板封住凸緣接頭（Flange）首、尾，待漲潮時管線自然浮起，拖船即行起拖至海上「零號」管尾端處與沉設管首端與之銜接，而陸上管首端與沉設管尾端再行連結，觀察浮於海上沉設管確實平直無凹折後，以挖泥船吸泥泵抽取海水，迅即將沉設管沉於海底，至此排泥管線工作暫告一段落。
14. 挖泥船作業台與機艙備便（Stand By）完成後即行挖泥作業，作業時先行減壓試挖一段時間，檢查機艙主機、副機、液壓系統是否正常，及檢查各管路系統是否有漏油、漏水現象，如有則停。



圖：4-8 挖泥船浚挖前置作業流程圖

4.4 挖泥船施工作業時應注意事項

當挖泥施工作業時，作業人員要遵守挖泥作業守則或是領班臨時交待事項，以免作業時因一時疏忽或不注意造成非船機損壞之停船事件，而影響後續挖泥作業。

1. 在不明之水域裡實施挖泥作業，應先測量水深，以免水深超過棒錨長度時會使棒錨流失。
2. 在軟質挖區水域下錨時應緩緩下放，以免使棒錨插入泥中過深而難以拔起，而須等下個潮水漲朝時，水漲船高將棒錨自然升起。
3. 當棒錨懸昇時，棒錨上應刻有警戒點，絕不可懸昇高出此點，換言之，棒錨之懸昇高度不應超過在挖泥船底部之控制點，否則棒錨拔出，造成重大故障（該點應使用黃色或紅色油漆一環標誌）。
4. 永遠記住，當二棒錨放入海底時，嚴禁運轉，否則驚人之絞機拉力會造成棒錨彎曲。
5. 盡量將絞刀臂置於海底，絞刀頭保持靜止，然後將運轉錨置於海底絞刀臂兩側，收緊鋼索，檢查絞盤拉力，如果錨已抓牢出力，絞機絞力漸增，操作人員可由絞機系統之壓力表指示，繼續收緊鋼索至到絞機停止。
6. 操作時，應注意運轉錨之拉力，是否有溜錨之現象發生，克服溜錨之早期發現，應設計記號於左右鋼索上（適當之長度），例如當船運轉至右邊時若設計一長記號，則另設計二短記號於左舷之鋼索上，當船運轉至左舷側時記號相反。

4.5 小結

本章介紹挖泥船在施工作業前，為了解浚填工區的屬性，應至工地現場實際了解挖區的地質，以作施工船機的選擇及絞刀齒的選用；蒐集當地的氣象及海象資料，以作工區可工作天數的確認；當地交通狀況及挖區的選擇，以供施工方法的選用；填區路線的確認，以供排泥管線的架設，船機的動員及船機就位後之工作事項，等一連串的流程和應用，有助於對海事工程作業的認識，及本研究下一章節的主題討論。

第五章挖泥作業影響工期因素及因應策略

台灣四面環海，人類與海的接觸日漸頻繁，各種的海上施工日漸增加，施工工期日求考量精細化，而工期之計算，目前國內工程合約已漸漸採用日曆天的方式定義工期，與工作天不同的是，施工廠商必須承擔更多天候等影響工程的不確定風險，因此在工期的控制上除了管理上之問題外，必須特別注意天候等不確定因素。這種不確定的因素直接的影響可能造成施工廠商對於總工期預測之錯誤，間接的也就使得資源得投入情況及配置產生錯誤，以致於最後使工期無法如期完工，造成莫大的損失，因此海上挖泥作業時，要深入了解各種影響工期之不確定因素，並因應策略把損失降到最低，使工程順利完工。

5.1 資料來源與專家訪談

本研究為確認挖泥作業影響工期因素，蒐集榮民工程處大漢號挖泥船於民國 85 年浚挖「台中港 33、34 號貨櫃專用碼頭新建之挖泥工程案」、民國 88 年在台南安平港浚挖之「台南科技工業區安平港取砂工程案」等 2 案，及榮興港灣工程有限公司於民國 93 年在台西港浚挖「台西浚挖 Y 區工程案」、民國 93 年至民國 94 年在台中港浚挖「台中港航道浚深擴寬工程案（第七標）」等 3 案，共計 5 個挖泥作業實際案例來作探討。

為求本研究工期影響之因應策略，至台中港榮興港灣工程有限公司蒐集該公司近年來挖泥工程施工案例，並與該公司主要幹部張義輝等 5 位海事工程專家（如附錄一所示）談論有關挖泥作業影響工期因素、各因素影響工期之程度、影響工期之機率、工期影響時有何策略去因應等問題（如附錄二所示），及各種工法的應用，和海事工程未來發展方向等挖泥相關事宜，作一全盤性之了解。該公司目前是國內最大規模的海事工程業者，以前是榮工處海事工程的承包商，自榮工處海事工程隊單位解除後，主要施工船機皆由該公司採購，其主要幹部也來自榮工處退休員工，任職該公司船長、經理、顧問等職位，每個都是從事 25 年以上之海事工程專家，有豐富的海上工作經驗，因此本研究所訪談的 5 位海事工程專家位階多屬中高階階層以上，對本研究相當具代表性。

5.2 影響工期因素之整理

本研究依據工程實例之浚泊作業日誌、專家訪談（如附錄二所示）、及參考文獻回顧等所有影響工期之相關資料，以海事工程之工期影響為導向，彙整歸納出多年來海事工程挖泥作業時之主要影響工期因素（如表 5-1 所示），並以影響工期因素其中之因果關係，以特性要因圖展現以利風險辨識（如圖 5-1 所示）。

表 5-1 海事工程挖泥船歷年挖泥作業影響工期因素統計表

影響因素	子因素	說明
氣象及海象因素	1. 颱風	颱風常發生於每年的 6-10 月份，尤以 8 月份發生的頻率最高，每年平均發生 4.82 次，每次停船約 5.34 天，尤其在外海作業時，影響工期的程度高，直接造成工期損失，間接造成船機及排泥管損壞檢修，影響後續工程的進行。
	2. 季風	東北季風發生於每年 10 月至隔年 4 月，發生之頻率最高，在外海僅 10 月份及 4 月份可勉強作業，其他 11 月至 3 月份因風浪大，船機無法作業，影響後續工程施工，影響工程的程度最高，惟在港區內浚挖時，受到防波堤屏障，風浪影響較小，船機可正常作業。
挖區沉積物因素	1. 土質太硬	不易浚挖，挖泥效率低，且需經常停船更換絞刀齒，影響工程程度高，惟台灣中部沿海地層帶較少分布，浚挖到之頻率極低。
	2. 土質太黏	不易浚挖，嚴重影響挖泥效率，需經常停船除掉黏在絞刀頭上黏土，及更換絞刀齒，影響工期程度高，在台灣中部沿海地層帶平均分布黏土層，浚挖到之頻率極高。
	3. 砂源不足	挖區砂源不足導致挖泥效率不佳，挖泥工期無形增加，嚴重影響工程進度及施工成本，影響工程程度高、惟工程施工前可先作地質鑽探，發生機率較低，如發生時，請業主變更挖區，或在挖區周邊另尋砂源。
	4. 水下障礙物	過多如石頭、廢料等水底障礙物，導致需停船清除，或石頭打壞泵浦殼，需拆泵浦更換，嚴重影響工期，影響工期程度高，惟挖區水下障礙物過多，僅是挖區個案特例，發生之頻率低。
作業船機因素	1. 船機老舊	造成船內管、船身破洞進水、及主、副機、發電機等作業系統不定期故障，影響工期的程度最高，目前台灣現有挖泥船皆是 15 年以上之船機，作業時損壞機率極高。
	2. 超時限作業	長時間連續作業，致機具過度疲勞及磨耗，導致停船檢修，影響工期的程度高，因挖泥船皆是二班制 24 小時長時間作業，因此損壞之機率極高。
	3. 船機選用不當	船機選用不當，作業效率不彰，及船機損壞機率較高，直接影響工程的進行，惟施工前可評估作適當的選用，致發生之機率較低。
	4. 機件品質不佳	機件品質不佳，造成損壞停船檢修，影響工程的程度高，惟船機料件大部份為原廠料件，品質較佳，損壞之機率較低。
	5. 待料時間過長	耗損材料安全存量不足，採購作業慢半拍，導致停船待料更換，影響工程無法施工，惟經機料嚴格控管，發生之機率極低，致影響工程程度低。

影響因素	子因素	說明
作業船機因素	6. 待修時間過久	機具故障檢修，委外廠商檢修過久，無法配合工區作業，影響後續工程無法進行，惟經機件控管，皆有備份先行運轉施工，俟檢修後再做備品待換，故發生之機率極低，影響工程程度低。
	7. 油料補充不足	船機正常作業每天耗油 3 萬公升，每次油船加油 10 萬公升，加油頻率高，作業人員未做好控管，導致無油可加，以致停船待油作業，影響後續工程施工，惟施工單位皆有作油品控管，故發生之機率極低，影響工程的程度低。
排泥管因素	1. 老舊破損	老舊不堪用排泥管、橡皮接頭、及浮桶等常造成爆管、破洞及斷裂，造成停船檢修，影響工期程度高，因不定期損壞，檢修之頻率極高。
	2. 飄失及沉入	風浪過劇導致螺絲鬆脫或固定錨鍊斷裂，造成海上管、浮筒、橡皮接頭飄失，破洞進水沉入海底，或沉設管破裂，影響工期程度高，因颱風及東北季風發生頻率高，故本影響因素發生之頻率也高。
	3. 品質不佳	橡皮接頭品質不佳，無法承受高壓力，導致新橡皮接頭損壞率極高，經常損壞及停船檢換新品，嚴重影響工期及購料成本損失，惟品質不佳之供料廠商不再續購，故本因素再發生之機率極低。
作業人員因素	1. 操作不當	導致浚挖過深、棒錨脫落掉入海底、作業鋼索斷裂、管線溜錨或絞刀頭、吸管碰壞等船機損壞，影響工程程度高，惟作業人員皆是有多年挖泥經驗，故發生之頻率不高。
	2. 作業消極	半夜作業抬起絞刀頭睡覺，以油換水，並沖毀填區推砂作業，影響填區排泥口推土機整地作業，惟這僅是個人行為，故發生之機率極低，致影響工程的程度低。
	3. 人員不足	缺乏技術人員，導致挖泥無法全時作業，或人員超時作業，影響後續挖泥作業，影響工期程度低，發生之頻率也低。
	4. 管理不善	管理人員不在現場，或不盡管理之責，導致作業散漫，至挖泥效率降低，影響工期程度高，惟施工單位主管皆自負工程盈虧，故發生之機率極低。
其他因素	1. 變更設計	設計錯誤、填區不足、挖區砂源不足等因素，請求業主作變更設計，停船待命期間，嚴重影響後續工程進行，影響工期之程度極高，發生之頻率也極高。
	2. 漁民抗爭	利用該區漁作物污染影響捕獲、填區土地周邊受影響等請求補償之名，妨礙工程施工，影響工期的程度高，惟施工時做好環境管理，發生之頻率低。
	3. 機艙發生火災	作業時機艙管線破裂油料噴出，碰觸到溫度過高之機體，引起可燃氣體爆炸發生火災，停船滅火，本因素歷年來僅發生 3 次，發生之頻率極低，船機損壞情形輕微，皆在數日內恢復挖泥作業，

影響因素	子因素	說明
其他因素		影響工期之程度低。
	4. 測量錯誤	挖區原址測量地點測量錯誤，浪費人力、物力，還要恢復原狀，影響工期程度高，惟發生之頻率極低，僅台中港煤輪碼頭浚挖工程發生過一次。
	5. 油、水污染	作業期間爆管洩油、機艙排放艙底水，導致作業水面污染，港務局人員要求停船改善並罰款，影響工期程度低，多年來僅發生數次，發生之頻率極低。
	6. 意外事故	作業人員不慎落水溺斃、或被斷索打到人員傷亡等意外事故，船機停止作業待查，影響工期之程度低，發生之頻率低。

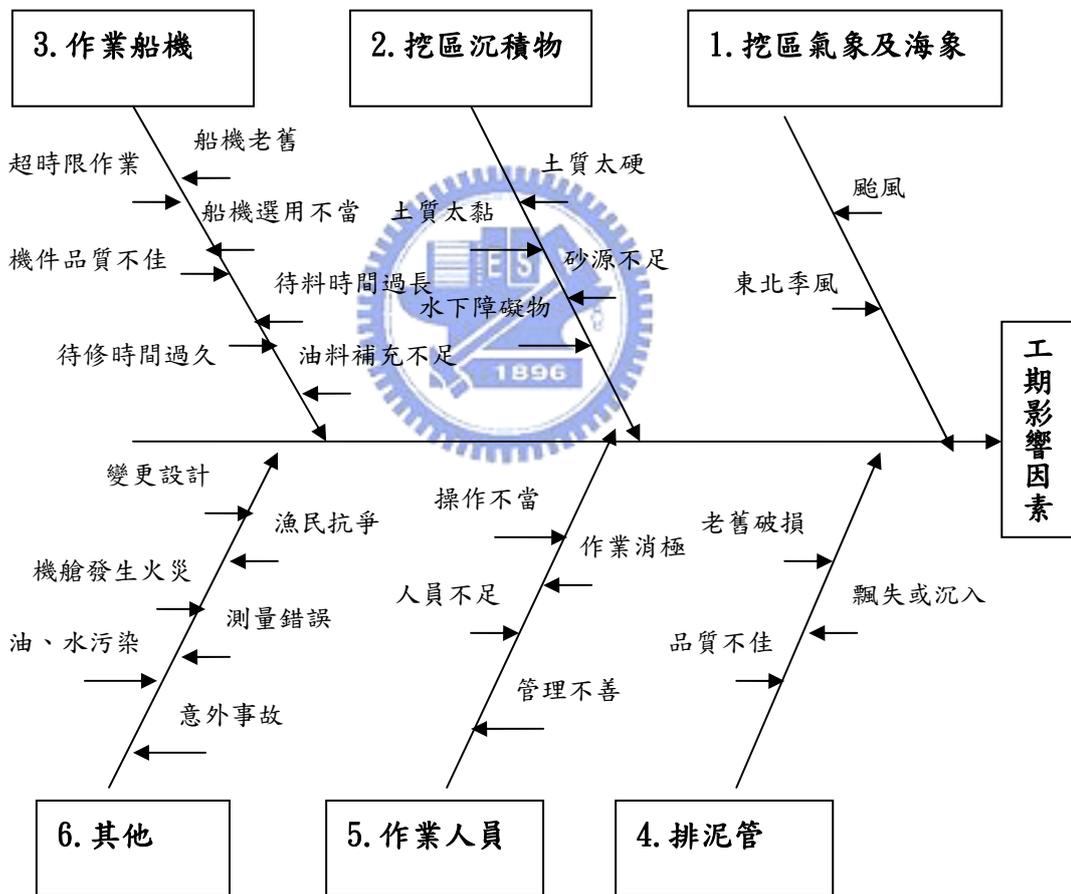


圖 5-1 工期影響特性要因圖 (魚骨圖)

5.3 影響工期因素分析及實例探討

本研究之挖泥作業影響工期因素以特性要因圖顯示，共有 6 大母因素、26 子因素(如圖 5-1 所示)，再依影響工期主要權重及發生頻率兩項分析，彙整出常態性影響工期因素計有 4 大母因素及 8 子因素，茲以下列 5 個工程實例說明主要影響工期之因素，並以個人 20 多年在大華號、大夏號、大舜號、大漢號、及大興號等榮工處主力挖泥船實際參予挖泥施工作業之經驗，及 5 位曾參予榮工處挖泥施工作業之海事工程專家訪談(如附錄二所示)，來探討說明各個影響工程因素發生時，如何去因應策略，並以實例作驗證，茲分述如下：

5.3.1 挖區氣象及海象因素

一般海事工程挖泥作業有兩大主要工作項目，一為港區航道加寬浚深另一為填海造地工作，工作的地點也因其工作項目之不同而有港區與外海之分，在港區內浚深施工作業時，受到氣象與海象影響因素較小，通常只有在冬季東北季風較大時及夏季颱風季節發布颱風警報時，才會採取停船泊靠碼頭及排泥管現場加強錨錠等措施；在外海大開挖施工作業時，因沒有受到防波堤之屏蔽，受到氣象與海象影響因素較大，通常在發布颱風警報或冬季東北季風來臨前，為了挖泥船之安全，就要準備應變停止挖泥作業，把挖泥船拖離到有屏蔽地區或是港內躲避風浪，這一工作不但要有足夠時間，來做拖運船隻與安排管線等事宜，而且行動要快。假如措手不及，就可能造成挖泥船和海上排泥管線嚴重損壞。因此從作業方面來說，挖泥作業小時減少，挖泥船因故停擺(Downtime)時間增加，致影響挖泥施工日期，及挖泥成本增加等。

1. 颱風來臨時之影響：

台灣西部沿海地區每年 6~9 月夏季、秋季期間，除颱風外風力較弱，平均 2~3 級，風力分散，主風向為 S 及 SW 為主，海上風浪較小，但當颱風來襲時，風力則在 7~17 級之間，並夾帶豪雨，海上浪高多在 4m~14m 左右(如表 4-11 所示)，致挖泥船機不能作業。颱風來臨如過境時，連同防颱及復原期間，約需 5 天海上不能作業，3 天不能陸上作業，如屬鄰近掠過，海上約 3 天不能作業，陸上約 2 天不能作業，這是颱風來臨做好防颱措施時，所帶來的一般工期損失概估，如沒有做好防颱措施時，造成船機毀損，浮筒飄失，水上排泥管及橡皮接頭斷裂，造成工期的損失。

2. 港區內的防颱設施(因應策略)：

遇颱風警報時，如為鄰近掠過且為輕度颱風時，挖泥船可於原位置加強下錨，下錨時切忌不可同時兩根棒錨一起下，以免棒錨斷裂，隨後調整左右兩邊的運轉錨至東

緊船身的最適當位置，並隨時調整船身頂著風勢，並將絞刀頭垂入海下當作錨錠用，以避免船身前後左右晃動，及做好船體防水等安全防護，以避免海水打入船艙裡面，另平常泊靠在挖泥船旁之工作錨船及交通艇，應駛離致較安全之避風處，以避免強風時船體相互碰撞而造成船損。以大隆號挖泥船於民國 85 年在台中港挖泥為例，當年凱姆颱風來襲時，因為在港區內作業受到防坡堤屏障，及該颱風規模為輕颱，致港內風浪不大，為避免拖船防颱影響工程施工，於原地加強下錨防颱（如圖 5-2 所示），並俟風浪小時，即馬上可以開始挖泥作業，避免再拖回原工區。

若為強烈颱風時，以大漢號於民國 85 年在台中港挖泥為例，當年發布賀伯強颱風時，挖泥船則拖入台中港內泊靠 36 號碼頭防颱（如圖 5-3 所示），泊靠碼頭時除了加強攬樁的繫帶外，其他一切防颱措施同前。另海上排泥管則移至避風處加強錨錠，防颱期間船上人員分兩班加強留守，以作防颱應變設施，並保持無線電對講機暢通，隨時報告防颱之狀況，一切將防颱之損失降到最低。



圖 5-2 港內作業時工區原地防颱圖



圖 5-3 港內作業時泊靠碼頭防颱圖

3. 在外海無屏蔽地區的防颱設施（因應策略）：

在外海作業因無防波海堤的屏蔽及距離碼頭和防颱時之屏蔽水道較遠，所以當颱風警報發布時，機動性較慢之非自航式吸管式挖泥船必須馬上停止挖泥，直到排泥管內的砂石全部排除至只出現海水後再停機，俟拆除船尾管及各運轉錨收至船邊繫緊後，由拖船拖至屏蔽區域之隔離水道躲避風浪；機動性較快之非自航式絞刀式挖泥船，為了多增取挖泥工作時效，則可視當天海面之波浪變化來決定何時停機拖船。另海上排泥管待挖泥船拖至屏蔽水道就定位後，再由拖船做下一次的拖帶。

挖泥船在外海可施工作業的工期不多，為了增加挖泥的工作時效，經常多是以二班制二十四小時作業，甚至在發佈颱風警報，海面尚未起大浪時，還在趕工作業，但往往為了多作業幾個小時卻換來船機的損壞，工期的延宕及作業成本的增加。依據過去挖泥船防颱之災後損失紀錄統計，損失之標的物大部分為海上排泥管，在港區內因有防波堤屏蔽，損失程度較為輕微，在外海則為海上浮筒破洞進水翻覆沉入海底及飄失，橡皮接頭、排泥管及加強錨錠的鋼索斷裂等，不但造成日後排泥管線組數量減少及增加災損善後工期之延宕，另飄失之浮筒漂至附近漁民的蚵田內造成損害，不但造成民怨還需花費補償，實在是得不償失。

為了防止颱風侵襲所造成船機的損壞，所以在挖泥施工作業前就先擬定防颱計劃，依工作區域之地理環境選擇防颱地點，譬如，在台中港等港區作業時，依颱風發布前的強烈程度來選擇是否泊靠在平常停靠的地點或就該作業的地點來作防颱；如在彰濱工業區等外海作業時，選擇週遭較屏蔽的區域或隔離水道來作防颱，或是選擇附近有防波堤做屏蔽之港口來作防颱，當颱風發布時，無論非自航式絞刀挖泥船或機動性比較強、抗浪性比較大之自航式絞刀挖泥船，都要掌握時效做好防颱措施，切勿貪圖多作業幾個工作小時，而造成更大的船機損害及工期延宕。

以大興號挖泥船團於民國 87 年在彰濱工業區鹿港區挖泥作業為例，當年發布奧托颱風警報，由於當時彰濱工業區鹿港沿海挖區風浪尚未變大，且因每年有限的作業期間，及當時挖泥工程嚴重進度落後，在密切注意海浪高度之情形下繼續挖泥作業，挖了幾個小時後，鑑於當時海浪越來越大，無法繼續挖泥作業且挖泥船必須儘快脫離挖區，因此船長下達停止挖泥並準備拖船，惟當時因風勢越來越大且狀況緊急，有兩個安全錨無法吊起而割斷錨索，及架有浮桶之海上管留在挖區海面，並俟在旁備便之拖船繫好纜繩後，從挖區拖帶至鹿港區內河道避颱，以防颱風災損繼續擴大，經此颱風過後，未作好防颱準備，至海上管線破洞大部分沉入海底，及浮筒飄失損失嚴重。經整理海上管、更換橡皮接頭、浮筒、打撈沉設管等排泥管線重整，耗費工期約 30 天，嚴重影響後續挖泥作業。

4. 東北季風來臨時之影響：

台灣西部沿海地區每年十月至次年三月東北季風盛行，風力在 5~7 級之間，主風向介於 NE 及 NNE 間，海上浪高多在 2m~5.5m 之間，在此段季節期間，除了機動性較高且較大型自航式吸管挖泥船的作業波高可達 2.5m 左右，可在東北季風期間視當時波浪是否達到警戒值時再決定拖航避風浪，可多做好幾十個工作天外（據了解該型式之挖泥船，浚挖抽砂量大，如在挖區砂源充足下，每天可達到 10 萬方左右，由於高造價達新台幣 20 億元以上，國內海事工程業者至今都尚未有該型式之挖泥船，都是由外國引進參與國內挖泥工作，因預定施作之工期滿檔，常在合約內註明，若挖泥工作達到一定程度，或挖區的砂源不足致挖泥成效不佳，或東北季風連續吹送時間過長致不能作業，都會有解約之條款。）另其他型式的挖泥船機則在 9 月底或 10 月初季風增強無法作業時（國內目前的挖泥船型式，全部都是非自航式絞刀或吸管挖泥船），就要停止挖泥工作拖航回至屏蔽地區長時間停機保養。

5. 東北季風來臨時之因應策略：

在挖泥作業所有影響工期因素內，就屬東北季風的影響層面較大，雖然不像颱風來臨時直接造成部分工期損失及間接造成船機毀損，但究竟挖泥船長時間無法作業對海事工程業者是一大傷害（目前國內最大的海事工程業者，每天一開門如無作業將損失新台幣 500 萬元），雖然此段期間挖泥船無法作業，合約內工期也不計算，但船機停擺就代表沒有挖泥成效，應另尋替代方案以求解決之道。以大興號挖泥船團於民國 87 年在彰濱工業區鹿港區挖泥作業為例：在東北季風期間，應徵求主辦單位業主的同意，在其挖區週邊尋找有防波堤或是有陸地作屏蔽之隔離水道等地區（如圖 5-4 所示）（在外海波浪高達 2.5 公尺以上時，該屏蔽地區波高則為 1.5 公尺以下），以繼續其挖泥施工作業；另一則是在該挖區沒有工期延宕之壓力下，利用此段時間拖航至有工作之港區內挖泥。

西外海沒有屏障區域作業，海浪波濤洶湧，為防船機受損或沉沒之風險，由拖船拖至港內防颱。

- B. **東北季風**：在 5 月初及 10 月初挖泥作業，正逢東北季風期間更替期，風浪由中變大（6-7 陣風 9，中浪轉大浪，浪高 2.5M 以上），為防船機受損，由船團配屬之拖船拖至港內防颱，但因季風更替期間風浪不穩定，為搶工程進度提早完工，船機經常拖進拖出，直至完全不能在外海作業為止。
- C. **挖區沉積物**：在台西外海作業，由於海底下之障礙物較少，及海床地層較少分佈高硬度黏土層，作業環境佳，作業期間較少更換絞刀齒及清除障礙物。
- D. **作業船機**：大隆號挖泥船船齡為 20 幾年之老機具，由於在 24 小時超時限作業下，經常會出現各種不同機具故障損壞。
- E. **排泥管**：部分堪用排泥管線及橡皮接頭受到海砂長期重力沖刷、腐蝕及颱風、季風期間強浪侵襲下，經常會出現破洞、爆管及整理沉設管等損壞情況。
- F. **其它**：挖泥船團配屬之工作錨船之損壞檢修等其他情況。

表 5-2 台西浚挖 Y 區挖泥施工船機停工時數統計表

因素 月份	颱風	東北 季風	挖區 沉積物	船機 作業	排泥管	備註
93.05	0	165.40	13.45	27.50	58.40	05.03 開工，東北季風
93.06	216	10.40	11.55	10.50	134.45	康森、敏督利颱風
93.07	186.10	0	0	16.55	359.20	敏督利、康柏斯颱風
93.08	192	48	0	40.40	109.30	蘭寧、艾莉颱風
93.09	238.40	0	3.05	16	31.20	海馬、米雷颱風
93.10	121.30	323.50	5.05	16.45	15.25	納坦颱風、東北季風
93.11	0	0	18.30	0	0	93.11.05 竣工
小計	954.20	548.10	52.20	129.50	709	
合計	2,394 小時（挖泥船每天 2 班制 24 小時作業）					

(4) **作業期間損失金額**：依民國 93 年之人工薪資、燃油價格及案例實際全年可供作業天數為計算基礎。

A. **基本資料**

- a. **人工費用**：雇主每日必需付出勞務人事費用，共計新台幣 2,016 元(含基本薪資、年節獎金、加班費、保險負擔比例等)。
- b. **工作人數**：船團總工作人員，共計 20 人。

挖泥船	人數	錨船	人數	拖船	人數	備註
船長	1	駕駛	2	駕駛	1	
輪機領班	1			輪機員	1	
輪機員	4			水手	1	
作業領班	1					
作業員	3					
廚師、銅匠	2					
水手	4					
小計	16		1		3	
合計共 20 人						

c. 每日油耗：作業燃油 30,000 升/日、停船燃油 2,500 升/日、泊岸燃油 400 升/日。

B. 颱風

a. 損失：作業期間 (93.05.03-93.11.05) 影響工期共 954 小時 (954/24=39.75 天)，作業安全錨索斷裂 4 條、海上浮筒 2 個損壞、10 個橡皮接頭損壞及 7 根海上管斷裂，及海底沉埋管爆管打撈整理共 6 次。

b. 船團人工費用損失：工作人數×平均日薪×停船日數=20 人×\$2,016 元/日×39.75 日=\$1,602,720 元。

c. 船團燃油費用損失：每日停船耗油×停船天數=(2,500 升/日×39 日)×\$16 元(作業期間高級柴油平均油價每公升 17 元，與中油簽約每公升油價 16 元)=\$1,560,000 元。

d. 船機及管線檢修費用損失：每個颱風檢修費用平均數×颱風影響次數=\$450,000 元/次(概估)×8=\$3,600,000 元

e. 合計金額：船團人工費用損失+船團燃油費用損失+船機檢修費用損失=\$1,602,720 元+\$1,560,000 元+\$3,600,000 元=\$6,762,720 元。

C. 東北季風期間(間歇性惡劣海象)

a. 損失：作業期間 (93.05.03-93.11.05) 影響工期共 548 小時 (548/24=22.8 天)，作業安全錨索斷裂 2 條、海上浮筒 1 個損壞、8 個橡皮接頭損壞及 4 根海上管斷裂。

b. 船團人工費用損失：工作人數×平均日薪×停船日數=20 人×\$2,016 元/日×22.8 日=\$919,296 元。

c. 船團燃油費用損失：每日停船耗油×停船天數=(2,500 升/日×22.8 日)×\$16 元=\$912,000 元。

d. 船機檢修費用損失：每次拖船船機損壞檢修費用×次=\$450,000 元/次（概估）×4=\$1,800,000 元。

e. 合計金額：船團人工費用損失+船團燃油費用損失+船機檢修費用損失
=\$919,296 元+\$912,000 元+\$1,800,000 元=\$3,631,296 元。

(5) 風險策略：由大隆挖泥船在台西浚挖Y區施工船機停工時數統計分析（如表 5-2 所示），可知挖泥船在外海作業期間，所有影響工期最大因素為颱風及東北季風兩大項（如圖 5-5 所示）。

A. 颱風：當海上颱風發布時，在外海作業的挖泥船機，應當機立斷拖至河道內屏蔽區域防颱，不要為了少數幾個作業小時，而造成更大的船機損壞及工期的延宕。

B. 東北季風期間（間歇性惡劣海象）：東北季風更換期間，在外海挖泥抽砂作業，海象時好時壞，經常深夜由小浪轉為中浪，清晨又轉為小浪，為避免船機拖進拖出，應加強作業船機之抗浪性，如絞刀式挖泥船可改裝成吸管式挖泥船，並去掉兩根主棒錨、改以 4 根作業錨前進作業，避免主棒錨因風浪大折斷，影響船機作業；加強拖船之機動性，可再配置以作起錨及托船用，另船艙管及海上管尾端加裝瞬間脫泵裝置，以其風浪大時，能迅速脫離海上管，將作業船機及海上管拖至水道內隱蔽區域。

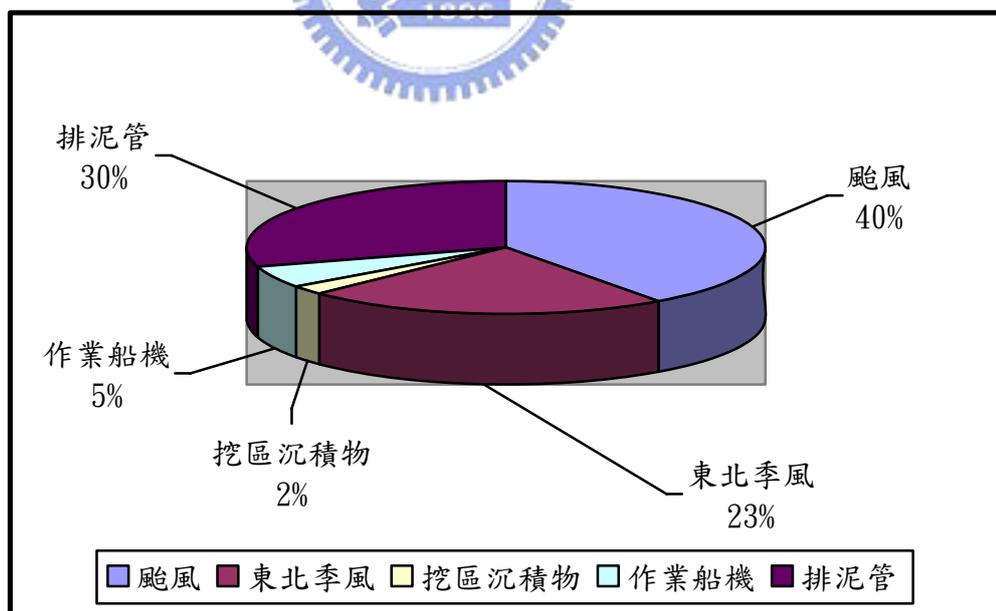


圖 5-5 台西浚挖 Y 區挖泥停工影響結構圖

7. 實例驗證結果：

(1) 挖泥船在外海挖泥作業時，主要影響工期因素為颱風、東北季風、挖區沉積物、

作業船機及排泥管等五大因素。

- (2) 由案例探討及挖泥停工影響結構圖顯示，在外海挖泥作業時，工期影響及成本損失以颱風因素影響權重最大，排泥管次之，東北季風第三，由此可證明，在外海挖泥作業時，當發佈颱風警報時，無論颱風等級大小，必須迅速將挖泥船及海上排泥管拖至港區或河道內防颱，以避免船機損壞影響後續挖泥作業。
- (3) 由挖泥停工影響結構圖及停工時數統計表顯示，大隆號挖泥船在短短 1 個多月之東北季風更替期間施工，工期損失達到 548 小時（約 23 天），佔所有工期影響權重約 23%，以東北季風期間施工效益而言，該段期間施工實是所有影響工期之最大因素；且當東北季風更替期過後，11 月初至隔年 4 月初東北季風期間，外海浪高 2.5 米至 5 米以上，挖泥船機絕對無法作業，由此可證明，挖泥施工必須趕在東北季風來臨前，完成所有挖泥施工作業。

5.3.2 挖區沉積物因素

一般挖泥施工作業除颱風及東北季風風浪太大時無法作業，而直接影響到工期的損失外，其它則在正常施工作業時，因挖泥效率不佳致挖泥產量降低，影響到工程的完工日期，而挖泥效率不佳最大的影響因素，則為挖泥區水下浚挖土壤的不確定。

挖泥作業是將挖區水下的沉積物（砂土）排送到填區，所以挖區水下浚挖土壤的不確定，直接影響到工程進度，而一般挖泥工程承攬合約，以挖區土方或填區土方方式計價，所以工程是否如期順利完工，是否虧損或獲利，端賴浚挖水下之沉積物而定。

1. 土質太硬

- (1) 影響：浚挖區如有珊瑚礁及各類岩盤等較厚岩層時，非挖泥船可直接浚挖，常嚴重影響進度更增加施工成本。故工程規劃設計前，應做詳盡之地質鑽探與研討以瞭解週遭環境，俾導向工程標準之設計與日後正確掌握與執行。
- (2) 因應策略：是項堅硬地質，浚挖清除前，均須預先確切處理，徹底予以破碎，常用的處理方法為先用抓斗式挖泥船之鑽炸法施工，後再以大型絞刀吸管式船機挾混泥砂予以清除。有了預先確切處理，可防止等待之浪費及爆破時船隊之安全，並可使作業順暢，避免重複移位之耗費。

浚挖區地質如有長帶狀之較薄岩層時，原應以抓斗式挖泥船之碎岩棒等工法施工，因為較薄岩層，亦可以絞刀式挖泥船勉予克服，執行時則採強而有力之橫向位移絞機配上較小直徑之尖齒絞刀頭，將可產生較大之絞切扭力，先於岩層旁測起挖，置絞刀於旁底測，旋轉擠碎該層併土壤浚排，唯絞刀齒耗損甚劇（於 48 小時內需經常更換絞刀齒，宜先準備足夠之絞刀齒），產量易降達砂直土壤之 5~10%。

2. 土質太黏

- (1) 影響：硬黏土與沉泥為浚填作業中最差之回填料，排水性差，承载力弱，固結時間長，浚挖時因土質黏硬不易被絞削及不易被吸入，排出時又容易流失造成環境污染，且因屬高黏度土壤，絞刀在作業時遭黏土整個包封（如圖 5-6 所示），導致真空壓力上升，排泥壓力劇降，立即停止作業清除黏土（如圖 5-7 所示），由於經常發生致嚴重影響工期。
- (2) 因應策略：在高密度及質硬的黏土區挖泥時，一般應使用較小直徑之絞刀頭，若絞刀頭直徑不變時，可使用錐形絞刀頭，如此在全負荷下雖然產量減少，但浚挖之絞切力增大，其目的即為增加挖泥效果。另挖泥時黏土不斷附著在絞刀上，原因在於其形成之初，未能立即予以清除，致其結構愈趨厚實，絞刀絞切效率因刀臂與刀臂間皆被黏土填滿，絞刀在海床上打滑，以致大幅降低。改善措施為利用絞刀頭黏土括除工法（如圖 5-8 所示）：此方法之原理係利用於黏土黏附之初即將其結構破壞，務使其繼續堆聚形成無法自行崩落之後果，在絞刀頭護板上焊接一條犁頭，尺寸依絞刀頭長短而定，沿絞刀頭內廓弧線伸展至頂端，因犁頭係固定不動，而絞刀頭卻不停轉動，以致該犁頭予絞刀頭行程相對運動，產生類似刮刀之作用，而自動將不斷侵入絞刀卻尚未緊密黏附於刀臂上之黏土刮除，此一構造看似簡單，確能發揮甚大功效，以致工程仍能如其它一般性土質工區順利進行。

採用本法之效益為：(1) 克服絞刀挖泥船致命傷，使無法作業之黏土區工程得以順利推展、如期完成。(2) 裝置簡單、節省大批人力、物力、增加效益、提升競標能力。



圖 5-6：高壓黏土包覆絞刀頭圖



圖 5-7 清除絞刀頭黏土圖

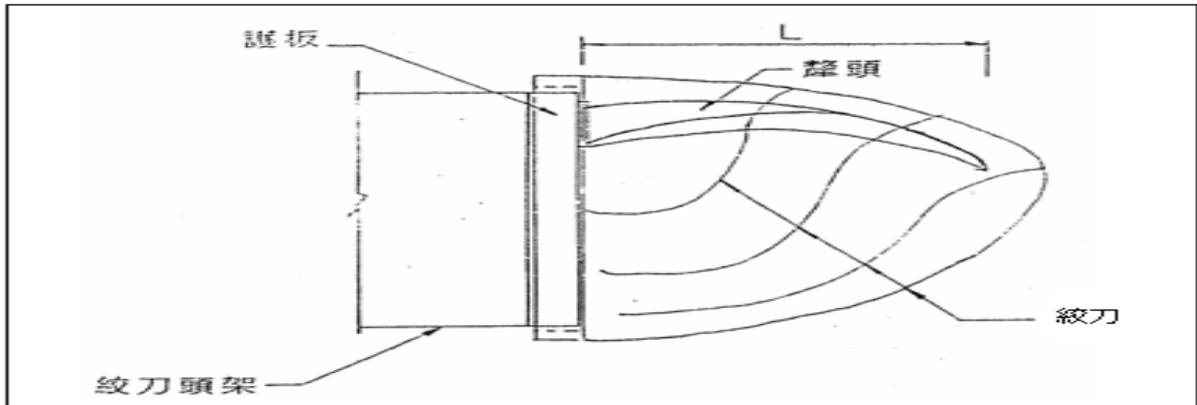


圖 5-8 絞刀頭護板上焊接聲頭圖

3. 砂源不足

- (1) 影響：挖泥船在港區內作業時，砂土的排放方式兩種，一為無填區可排放，砂土隨著排泥管之架設至圍堤外而排至外海，另一種則預定填區排放，這是一舉兩得的方法，港區內碼頭及航道不但可浚深，所排送的砂土還可浚填造地，國內大部分都採用此種方法。一般在港區內浚深作業時，所採用的計價方式均以浚挖區的土源數量計算，所以在施工作業前必須先做浚填前之測量，並在施工作業時，浚挖到合約內所規定的深度再加三十公分（多挖三十公分預防驗收時砂土的迴

餘)，以作為完工後與業主計價之依據，所以在港區施工時，比較沒有砂源不足之困擾。

- (2) 因應策略：在外海挖泥作業時，因以填方的土源數量計價，所以砂源是否足夠，關係該工程的成敗，一般在外海作業均用自航式或非自航式大型之吸管式挖泥船，在浚深之坡度至 4:1，浚挖至 42 公尺深之砂穴時，即可達到挖泥量 100 萬方之產量，如砂源不足及挖區多硬黏土，以吸管式挖泥船沖不出砂穴的深度時，則會嚴重影響到挖泥量，一部號稱每天可浚挖 10 萬方之吸管式挖泥船，如砂源不足時，每天能挖至 2 萬方就已經是萬幸了，挖區砂源不足時，只有一途，以地質鑽探或海上電子探測器另尋該挖區附近之砂源，或是請求業主作變更設計或更換挖區。

以榮民工程處於民國 87 年開發彰濱工業區鹿港西三區二期造地工程為例，由於彰濱外海含砂量少且夾帶爛泥巴，其砂層薄硬土層厚，砂層表面抽完後就是硬土層，浚挖不下去經常移船位找砂源，挖泥效率大打折扣，每艘挖泥船每月挖泥量僅在 15 萬方以下，與原預定之每月挖泥量 35 萬方有一大段落差，且夾帶之爛泥巴造成土層下陷，造成土層覆蓋的困擾，致該工程進度嚴重落後，無法於該年 11 月初東北季風來臨前竣工，僅剩 10 多萬土方尚未填築，還須待隔年 4 月份東北季風過後繼續挖泥作業。



4. 水下障礙物

- (1) 影響：浚挖區水下障礙物大致上有過大的卵礫石、石塊、碎物、岩屑、廢尼龍繩、廢輪胎、捕魚網、及雜草等，經常纏繞絞刀頭，堵塞吸泥管，挖泥泵浦或排泥管內，雖然無法目睹，但可由作業台真空壓力表之指示了解此類不正常之狀況並予以排除。
- (2) 因應策略：
- 障礙物若在絞刀頭中時，絞刀作業效率降低，挖泥產量減少，該類障礙物有時能感覺出來，有時亦能由真空壓力表中觀測得知，處理此等障礙物應升起絞刀臂設法取出，取出後不能任意丟棄，應將該等障礙物置於絞刀無法碰及之地方。
 - 在吸口或吸泥管中為障礙物所阻擋時，真空增高，流速減低，若堵塞狀況嚴重時泵浦僅能吸水，應升高絞刀臂少許，停止運轉打開離合器，讓障礙物由倒流之水沖出，假若無法達成處置目的，就必須清潔吸泥管。
 - 當障礙物在吸泥泵浦中，顯然會使泵真空下降而維持在低真空，嚴重時僅吸水而已，同時另會發現排泥壓力，流速都會降低，該等障礙物有時可由泵浦之聲響感覺出來，處理法則為拆下挖泥泵浦前之出渣短管，或僅打開出渣管之邊門取出障礙物。
 - 泥管有障礙物時，排泥壓力將升高，甚者排泥口僅有流水，而流速甚低，處理之

法必須先了解障礙物存於排泥管之那一節，再行停機處理，另注意之點必須先排水，建立正常之真空及排泥壓力後，始能再正常挖泥作業。

- E. 障礙物過多之浚挖區，如在外海浚填抽砂造地時，挖泥船應避開此區域，另尋附近區域作業，如在港區航道浚深時，無法選擇挖區，應先改用抓斗式挖泥船或用長臂挖溝機裝置於平台船上之簡易掏空式挖泥船清除，待清除完畢後，再由絞刀式挖泥船繼續挖泥作業。在清除附在海床表面且在一固定區域之障礙物後，另埋在較深底且散佈較廣區域的較大卵礫石及其他異物無法清除時，改善措施則在絞刀頭吸口處前端用鋼筋焊牢在絞刀頭上，防止過大石頭及異物進入挖泥泵，以避免在挖泥作業時，經常停船處理排除障礙物，耗費過多時間，導致挖泥效率降低及工期延宕。

5. 實例探討：

- (1) **探討目的**：挖區沉積物對挖泥作業之工期及損失金額分析（本案例為國內挖泥船浚挖到惡劣障礙物之特殊案例，其數據僅作參考）。
- (2) **案例基本資料**：此為榮民工程處海事工程隊大漢號挖泥船（如圖 5-9 所示），於民國 85 年施作台中港第 33、34 號貨櫃專用碼頭新建之挖泥工程案例，該工程主要施工內容為新建鋼管樁棧橋式碼頭，包括 32 號碼頭加長 38 公尺，33 及 34 號碼頭長 500 公尺及 35 號碼頭預建 36 公尺，碼頭寬 34.6 公尺，水深 14 公尺，該工程是由榮工處各單位團隊合作，其中海事工程隊負責該兩座碼頭之海床及槽溝浚挖作業，總共須浚挖 155 萬立方砂土。
- (3) **工期影響因素及狀況**：本工程總價 1 億 485 萬元，於 84.07.14 開工，工程期限至 86.06.30 止，因受填區區民抗爭及挖區原製作之沉箱鋼筋等障礙物之影響，工期延至 87.04.14 完成，以致工程虧損 2,008 萬元。本工程先後由榮民工程處海事工程隊大隆號及大漢號等 2 艘挖泥船負責浚挖作業，本案例僅就大漢號挖泥作業部份作探討，大漢號挖泥船於 85 年 9 月 1 日至 86 年 1 月 15 日於挖區作業總計 138 日，因各種狀況導致停工日為 42 日，故實際工作日為 96 日（近 3.14 月）。

- A. **浚挖區障礙物太多時**：由於該區工地原為台中港區初建時之臨時碼頭，整個港區防波堤箱涵之鋼筋綁紮及水泥預製全在此施作，及原有臨時碼頭拆除重建，致該區工地海下佈滿廢鋼筋、水泥塊、廢浮筒管線、廢鋼索纜繩、廢輪胎、大石頭等障礙物，使挖泥作業困難度增高，而使工期延宕，增加施工作業成本。

當本工程施工之大漢號挖泥船開始浚挖作業時，經常挖出廢鋼筋水泥塊及大石頭等障礙物（如圖 5-10、圖 5-11 所示），該障礙物堵住絞刀頭時，會使挖泥作業壓力驟增，輕則停船抬起絞刀頭處理排除障礙物，重則爆管洩油或棒錨、柴油

主機、葉輪等船機損壞（如圖 5-12 所示），當浚挖到大石頭堵吸泥管或廢鋼索、纜繩纏繞絞刀頭時，作業手從停船-拆主泵浦-清除大石頭等障礙物-至回裝主泵浦；同時水手用氧氣、乙炔氣切割纏繞絞刀頭之廢鋼索等障礙物；如有液壓油管爆管時，輪機員補充液壓油（每次約有 2,000 公升流失，約新台幣 6,000 元）及更換 2 隻液壓油管（每支油管約新台幣 12,000 元），俟完全解除狀況至開始作業時，約需有 1 天的工期損失，每月約 10 次，在清除挖區障礙物 2 個月期間共計有 20 天的工期損失。



圖 5-9 大漢號挖泥船挖泥及交通艇作業情形



圖 5-10 挖泥作業時挖到廢鋼筋水泥塊實體圖



圖 5-11 挖泥作業時挖到 40 公分以上大石頭實體圖



圖 5-12 挖到障礙物時液壓油管爆管洩油實體圖

- B. 浚挖高硬度黏土時：在清除海床上所有障礙物後，並挖到黏土層時，由於整個挖區黏土層質硬不易浚挖，致絞刀齒經常磨損更換及黏土層包住絞刀頭停機排除，且排出之黏土容易流失，致挖泥效率不佳，每月挖泥量由 10 萬立方降至 8 萬立方，綜合上述不確定性，經統計在浚挖黏土層 2 個多月期間，依原挖泥量效率降低增加挖泥工期 14 天及清除黏土停船損失工期 12 天，所損失的工期共計 26 天的工期延宕，及約 15,400 公升的柴油損失。
- (4) 損失金額：依民國 85 年之人工薪資、燃油價格及案例實際全年可供作業天數為計算基礎。

A. 基本資料

- a. 人工費用：雇主每日必需付出勞務人事費用，共計新台幣 1,488 元（含基本薪資、年節獎金、加班費、保險負擔比例、退休準備金等）。
- b. 工作人數：大漢號船長 1 人、副船長 1 人、輪機員 6 人、電機匠 2 人、鉸工 1 人、作業手 6 人、水手 4 人共計 25 人。
- c. 每日油耗：作業燃油 11,000 升/日、停船燃油 500 升/日、泊岸燃油 100 升/日。

B. 浚挖區障礙物太多時：

- a. 損失：影響工期 20 天。
- b. 船團人工費用損失：工作人數×平均日薪×停船日數=25×\$1,488×20=\$744,000 元。
- c. 船團燃油費用損失：每日停船耗油×停船天數=(500 升/日×20 日)×\$10.2 元(高級柴油每公升 10.2 元)=\$102,000 元。
- d. 船機檢修費用損失：每次船機檢修費用×20 次=\$72,000 元/次=\$1,440,000 元。
- e. 合計金額：船團人工費用損失+船團燃油費用損失+船機檢修費用損失=\$744,000 元+\$102,000 元+\$1,440,000 元=\$2,286,000 元。

C. 浚挖到高硬度黏土時

- a. 損失：影響工期 26 天。
- b. 船團費用損失：工作人數×平均日薪×影響日數=25×\$1,488×26=\$967,200 元。
- c. 燃油費用損失：每日停船耗油×停船天數+作業效率降低損失柴油 154,000 公升=(500 升/日×12 日+154,000)×\$10.2 元(高級柴油每公升 10.2 元)=\$1,632,000 元。
- d. 檢修費用損失：更換絞刀齒金額 1,600 元/個×12 個/次×12 次=\$480,000 元
- e. 金額：船團人工費用損失+船團燃油費用損失+船機檢修費用損失=\$967,200 元+\$1,632,000 元+\$480,000 元=\$3,079,200 元。

(5) 風險策略：

- A. 挖區障礙物太多時：作業時改用抓斗式挖泥船或用由長臂挖溝機裝置於平台船上之簡易掏空式挖泥船清除，待清除完畢後再由絞刀式挖泥船繼續挖泥作業；或在絞刀頭吸口處前端用鋼筋焊牢在絞刀頭上，以防止過大石頭及異物進入挖泥泵，以減少停機檢修的次數。
- B. 到高硬度黏土時：挖泥船可改用較高馬力之船機作業，及可選用齒腹較寬間距之絞刀頭，及更換短平絞刀齒，裝置時並拉長齒距，和採用絞刀頭黏土括除工法，在絞刀頭護板上焊接一條聲頭裝置，以防作業時黏土附著絞刀頭上，而影響挖泥施工（如圖 5-13 所示）。

6. 實例驗證結果：

- (1) 由以上實例分析，該工程在台中港區內浚挖，挖泥施工作業 138 天，因挖區沉積物因素影響工期 46 天，佔影響工期之 33%，施工成本損失新台幣 536 萬元，由此可知該工程最大影響工期因素，為挖區沉積物因素，而以土質太黏因素影響最大，水下障礙物因素次之，另土質太硬及砂源不足等因素為挖區個案特例，影響機率極小。
- (2) 挖泥船在海上作業時，浚挖水底下之土質不確定性因素大，在施工前業主提供地質鑽探僅供參考，真實性有待商榷，定要實際地質鑽探取樣，以了解該區地質結構，土層分布等資料，以作施工之因應，否則在施工期間，因挖區土質太硬、土質太黏、砂源太少各種狀況導致挖泥效率不佳，間接增長挖泥施工時間；或水下障礙物過多，打壞船機停船檢修，影響後續挖泥施工作業。

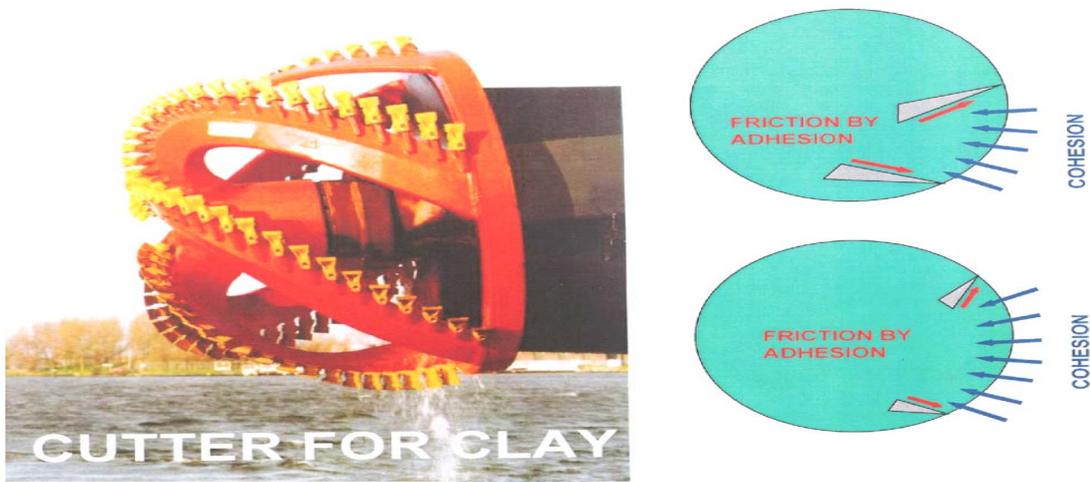


圖 5-13 絞刀頭絞刀齒裝置圖（資料來源：Training Institute for Dredging）

5.3.3 作業船機因素

從事海事工程之業者在挖泥船施工作業時，最怕的就是船機故障損壞，當船機損壞故障時就要停船檢修，不但直接影響到工期的損失，另委外檢修還要發費相當的修復費用及材料設備費用，尤其是挖泥船機造價昂貴，動輒新台幣數億元以上，及國內現有挖泥船數量僅有幾艘而已（如表 5-3 所示），要是挖泥船機毀損，無法於短期內修復，臨時調度其他船機恐非易事，因此，有關挖泥船機故障損壞因素之影響很值得去探討。

1. 作業船機因素之影響

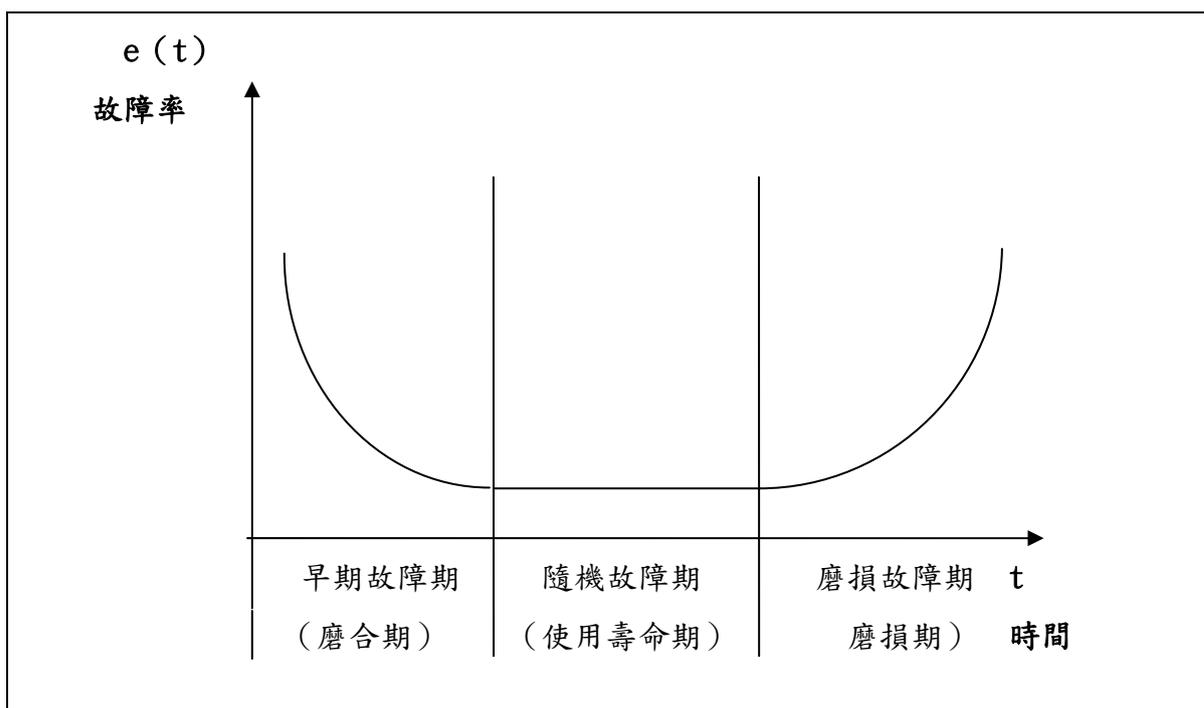
挖泥船是由絞刀系統、幫浦系統、液壓系統、主、副機系統、發電機系統及管線系統組合而成，任何一系統之機件故障，皆可導致整個船機停船修復。而造成船機損壞及檢修原因有前述之風損、海底障礙損害及船機作業期間自然損壞。

船舶機械及其零、部件自投入使用到損壞不能運轉的全部使用過程中，不同時間的

故障機率不同。大量的實踐和實驗表明，故障率與時間呈“浴盆曲線”關係，即故障曲線如圖 5-14 所示。

表 5-3 (1993-2008 年) 國內現有挖泥船調查表

公司	船名	馬力 (hp)	最大浚深 (m)	年產量 (萬 m ³)	備註
台灣打撈	台竣二號	7,950	20	350	已汰除
	台竣三號	12,600	26	400	已汰除
台灣港灣	浚潔一號	4,400	18	120	已汰除
	浚潔二號	4,000	18	120	已汰除
	浚潔三號	10,000	28	400	已汰除
王子公司	王子一號	2,300	15	120	已汰除
	王子二號	2,300	18	120	已汰除
東怡公司	東方旭日	10,000	34	600	已轉售國外
	東方彩虹	10,000	34	600	
榮工處	大武號	3,300	20	275	已轉售國外
	大漢號	4,600	20	225	已汰除
	大華號	6,600	20	255	轉售榮興港灣公司
	大興號	10,700	22	510	轉售榮興港灣公司
	大隆號	11,400	25	600	轉售榮興港灣公司
合計	14 艘				4 艘



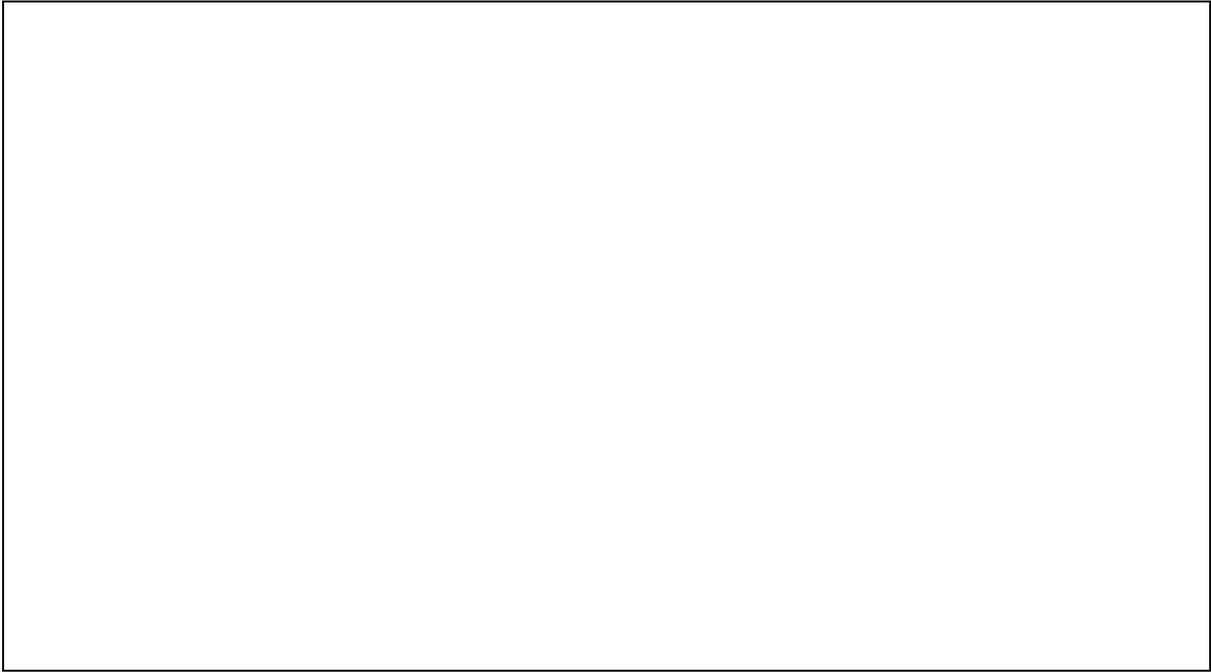


圖 5.14 故障率曲線圖（浴盆曲線）（資料來源：滿一新，1999）

如上圖所示，本挖泥船屬於磨損故障期，在船舶機械壽命的後期出現，特點是故障率隨時間的延長而迅速升高，是由於磨損、腐蝕、疲勞和老化造成的。（滿一新，1999）

由於挖泥船機造價昂貴，及國內未有大量開挖計畫，致國內海事工程業者 20 幾年來尚未新購挖泥船，因此國內現有挖泥船都是老舊機具，且挖泥施工時為趕工程進度，都是 2 班制 24 小時連續數天不停的超時限作業，致施工挖泥機具呈現上述磨損故障期，隨著長時間作業而不定期的呈現各種機具故障損壞（如圖 5-16 及圖 5-17 所示），而無數次累積的停船檢修，直接影響到挖泥工程的進度。

2. 船機損壞因應策略：

船機損害檢修為影響工程進度最直接因素，為使挖泥工程能順利進行，就是要如何減少船機檢修次數及時間，依過去挖泥船機檢修經驗，在作停船保養時，必須要根據船機原廠保養技術手冊進行，並依輪機日誌記錄累計運轉時數，定期作好季保養、月保養、週保養，使船機隨時保持備用狀態（Stand-by）；船機主要附屬設備應有備用系統處於待機情況，遇損壞即可迅速轉換，避免停船損失；船機主要機具應有足夠備換零件或替代總成（Assembly）（如圖 5-15 所示），遇故障時能迅速更換或維修，以減少停船待料時間。

船舶生命週期，尤其在後期為磨損故障高峰期，特徵是故障隨時間延長而增加，症狀為磨損、疲勞和老化，為了延長使用壽命，可採用定時維修方式。因此每年季風期（泊岸期）應詳細計劃列出修繕工作，鳩工將主要附屬裝備進行翻修，則年來作業期間因突發性故障搶修，均能有效減少，在其效益上船機生命週期定時翻修，猶如設備再投資，除了可降低船機故障損失外，另外對可能造成船機重大損壞長期停船，此種隱性成本損

失也能大幅降低。

除了上述作好定期保養、避免停機待料、待修及防止船機超時限作業外，另一個要因就是作好船機損壞風險控管，將船機經常損壞之機具統計列表，以榮民工程處海事工程隊 82 年至 86 年機具重大損壞為例可知（如表 5-4 所示），把經常損壞之機具如棒錨或棒錨千斤頂等，每次風浪大時或升降棒錨時，加強控管，防範於未然，將機具損壞率降到最低，以增長挖泥作業時間。

表 5-4（82-86 年）榮民工程處海事工程隊重大損壞機具統計表

項次	船機總類	損壞日期	損壞原因	損壞機具	備註
1	大隆號挖泥船	82.08.16	超時限作業	柴油主機	每年 11 月至隔 年 4 月份為東 北季風季節。 工作地點： 台中港
2		82.12.18	東北季風	棒錨千斤頂	
3		84.08.29	海底沉積物	棒錨	
4		84.09.11	海底沉積物	棒錨、絞刀頭、 絞刀軸、運轉錨	
5		84.11.18	海底沉積物	泵浦殼、葉輪	
6		86.10.10	東北季風	棒錨	
7	大興號挖泥船	82.10.19	東北季風	棒錨	工作地點： 鹿港彰濱工業 區
8		83.07.14	提姆颱風後	棒錨	
9		84.11.15	東北季風	棒錨	
10		85.08.15	風浪大	吸泥管、高壓沖 水管	
11		86.09.08	超時限作業	絞刀發電機	
12	大漢號挖泥船	84.03.28	風浪大	棒錨	工作地點： 台中港
13		85.10.20	風浪大	棒錨千斤頂	
14	大武號挖泥船	82.09.21	風浪大	棒錨	工作地點： 鹿港彰濱工業 區
15		82.11.22	東北季風	棒錨	
16		82.12.04	東北季風	棒錨	

17		84. 08. 19	風浪大	棒錨千斤頂	
18		85. 04. 28	超時限作業	絞刀齒輪箱	
19	榮進號拖船	85. 07. 31	賀伯颱風	擱淺船體損壞	每年 6-10 月份 颱風季節
20	榮新號錨船	84. 09. 15	疲勞損壞	柴油主機	



圖 5-15 挖泥船機泵浦零件倉庫佈置圖



圖 5-16 挖泥船傳動軸檢修圖



圖 5-17 船內管線檢修圖

3. 實例探討：

- (1) **探討目的**：作業船機等其他因素對挖泥作業之工期及損失金額分析
- (2) **案例基本資料**：此為榮興港灣工程有限公司大興號（榮民工程處轉賣），於民國 93 年至 94 年在台中港區內浚挖台中港航道浚深擴寬工程（第七標）挖泥作業案例，該工程主要施作台中港南北向航道 0K-50~2K+100 現有航道兩側拓寬，南迴船池 2K-100~3K+500 部份區域及工業泊渠 3K+500~4K+400 兩側拓寬加深，浚深至 E.L-16M，排填於南填方區東北側，浚深數量約 1,020 萬M³。
- (3) **工期影響因素及狀況**：大興挖泥船自 93 年 10 月 14 日至 94 年 11 月 14 日於挖區作業總計 397 日（每天 2 班制 24 小時作業），因各種狀況導致停工時數為 1,654 小時（如表 5-5 所示）。
 - A. **颱風**：施工期間中央氣象局發布海棠、馬莎、珊瑚、泰利、卡努、丹瑞及龍王等 6 個颱風，其中有 3 個屬於強颱，惟因在港區內施工，受到風浪影響較不大。
 - B. **東北季風**：同樣受到港區內防波堤之屏障施工，季節性強風浪影響層面較輕微。
 - C. **挖區沉積物**：台中港區內特有作業環境，海底下經常有大石塊、繩索、輪胎等廢棄物及部分區域有高硬度黏土層，致作業時經常停船更換絞刀齒。
 - D. **作業船機**：大興號挖泥船船齡為 20 幾年之老機具，在 24 小時超時限作業下，經常出現各種不同機具故障損壞。
 - E. **排泥管**：部分堪用排泥管線受到海砂長期重力沖刷、腐蝕及強浪侵襲下，經常出現破洞、爆管等損壞情況。
 - F. **其它**：挖泥船團配屬之工作錨船之損壞檢修等其他情況。

表 5-5 台中港航道浚深工程（第七標）大興號停工時數統計表

因素、 月份	颱風	東北 季風	挖區 沉積物	作業船機	排泥管	備考
93.10			12.20	70	9.25	
93.11			11.05	170.50	10.50	
93.12			7.45	126.55	0	
94.01			12.55	143.50	15.15	
94.02			10	19.45	28.40	
94.03		22.25	2	62.30	25.15	
94.04			3	52.20	4.25	

94.05			36.50	110.30	9.10	
94.06			17.15	90.45	17.35	
94.07	43		17.25	95.35	41.30	海棠颱風
94.08	19.20		10.10	66.30	37.45	泰利颱風
94.09	72		7.20	7.20	13.30	龍王颱風
94.10	24		3.15	15.20	23.10	龍王颱風
94.11			1.40	18.10	32.50	
小計	158.20	22.35	153	1050.30	269	
合計	大興號停機：1,654.25 小時					

(4) **作業期間損失金額**：依民國 93 年之人工薪資、燃油價格及案例實際全年可供作業天數為計算基礎。

A. **基本資料**：

a. **人工費用**：雇主每日必需付出勞務人事費用，共計新台幣 2,147 元(含基本薪資、年節獎金、加班費、保險負擔比例等)。

b. **工作人數**：大興號船長 1 人、輪機員 5 人、作業手 4 人、水手 4 人、銅匠、廚師、錨船駕駛各 1 人共計 17 人。

c. **每日油耗**：作業燃油 30,000 升/日、停船燃油 2,500 升/日、泊岸燃油 400 升/日。

B. **船機損壞**：

a. **損失**：作業期間影響工期 1,050.30 小時(44 天)。

b. **船團人工費用損失**：工作人數×平均日薪×停船日數=17 人×\$2,147 元/日×44 日=\$1,605,956 元。

c. **船團燃油費用損失**：每日停船耗油×停船天數=(2,500 升/日×44 日)×\$18 元(作業期間高級柴油平均油價每公升 19 元，與中油簽約每公升油價 18 元)=\$1,980,000 元。

d. **船機檢修費用損失**：船機損壞大部分皆由船上輪機人員自行維修，僅更換機具材料費用，約\$1,420,000 元。

e. **合計金額**：船團人工費用損失+船團燃油費用損失+船機檢修費用損失=\$1,605,956+\$1,980,000+\$1,420,000 元=\$5,005,956 元。

(5) **風險策略**：由圖 5-17 所示，船機盡量不要長時間連續作業，作業一段時間後，應更換備便主機，或是停船保養及檢修各主、副機，並拆挖泥泵浦檢查泵內組件是否有磨蝕穿孔現象，並予以檢修或更換；對經常損壞之機具，作業期間加強控管，防範於未然，將損壞率降到最低，以利船機之正常作業。

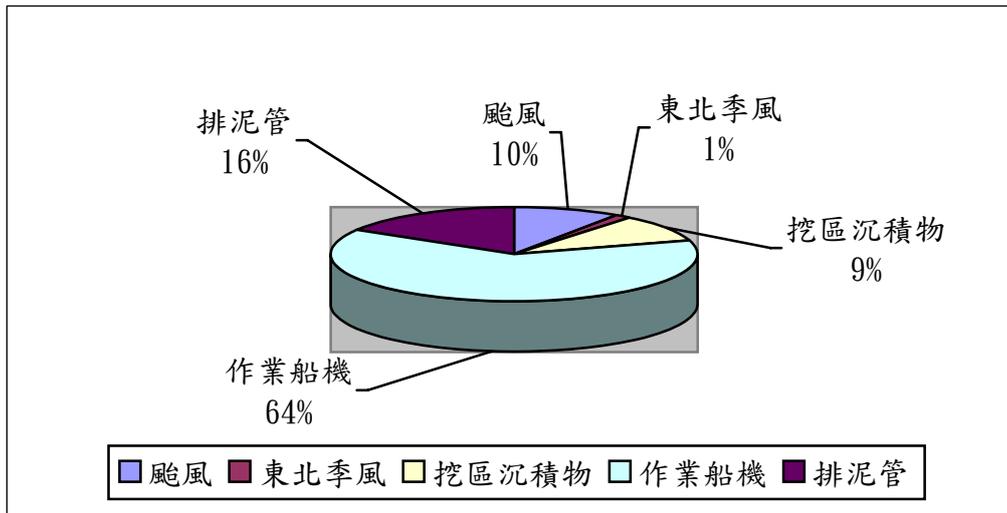


圖 5-18 台中港航道浚深工程大興號停工影響結構圖

4. 實例驗證結果：

- (1) 由以上實例分析說明及挖泥停工影響結構圖顯示，挖泥船在港區內施工時，受到防波堤屏障，致颱風、東北季風、排泥管等因素影響較小，而使挖泥船機長時間連續之超時限作業，致船機損壞影響工期達 1,050 小時（約 42 日），權重明顯偏高佔所有影響工期因素之 64%，該因素之施工成本損失共計新台幣 500 萬元，因此由本案例可知，挖泥船在港區內作業時，最大影響工期因素為作業船機因素。
- (2) 故在港區內施工作業時，定要加強控管挖泥船機長時間作業、應作業一段時間後適度做船機保養，更換超過使用時限之主、副機具組件，拆裝挖泥泵浦殼取出泵浦內異物、石頭，並更換葉輪進口圈等磨損消耗料件，使挖泥船機隨時保持最佳使用狀態。
- (3) 由榮民工程處海事工程隊重大損壞機具統計表顯示，船機損壞主要原因為颱風、東北季風、挖區沉積物、及超時限作業等因素所引起，由此可知，工期影響因素發生時是有重疊性，如颱風、東北季風來襲，導致挖泥船、排泥管損壞等。

5.3.4 排泥管因素

排泥管是挖泥船最主要的輸送管線，包含陸上管、海上管、沉設管，由管線、橡皮接頭、浮筒組合而成，以排距 6 公里計算，約要 60 根海上管（海上管含 60 個浮桶、60 個橡皮接頭，每根管線×30 吋×6 米長）、60 根沉設管（30 吋×12 米/根）、380 根陸上管（30 吋×12 米/根）、150 個橡皮接頭（30 吋×1.7 米長/個）方能架設完成，其總值約新台幣 6,000 萬元，5 年折舊攤提，管內徑隨著輸砂壓力逐漸磨薄，管外徑隨著海水腐蝕及海浪拍打扭轉，因此常隨著作業期間不定期損壞，停機檢修或換新，影響挖泥施工作業甚巨，所以排泥管亦是影響挖泥施工主要影響因素，其主要因素影響如下：

1. 排泥管線損壞因素影響

挖泥船在海上抽砂作業時，直接以排泥管線將砂石送至排填區（如圖 5-19 所示），因能連續不斷的輸送，其浚挖之效率遠超過其他水力回填作業方式，所以在大規模的海事挖泥抽砂作業，大都採用排泥管線輸送方式。排泥管線由挖泥船艙至排填區，輸送距離依各式船機排距而定，最遠可達 6 公里，如排填區過遠，可再設置加壓站，將管線距離再延伸，這排距之間由各式橡皮接頭、海上浮力管、沉設管（如圖 5-20 所示）、陸上管等，只要其中任一管線螺栓鬆脫、橡皮接頭斷裂（如圖 5-21 所示）、浮筒破漏或管壁破裂，都會造成停船處理，都可能影響作業的時程，眾所皆知，挖泥船作業時間的長短對浚挖量有絕對關係，過多的停船檢修事件，而使作業時數減少，則另端排填區填方數量亦隨之下降，各類管線可能受損情況與額度如表 5-6 所示。

在各種管線的損害中以沉設管不確定風險損失最高，除了承受海水、海砂在管內磨擦耗損外，更因崎嶇的海床地形成受彎曲應力，復受潮汐、海流影響與海水壓力，造成管路內、外承受極大應力，易造成破損且完全無法以目視預知，待發現海面有湧水或海砂屯積狀況時，破損程度已是非常嚴重，處理沉設管破損事件相當棘手，不但需停止挖泥作業而且打撈海底沉設管曠日費時，難度高且具危險性，故在整個排泥管線系統，沉設管是列為第一重點工作。



圖 5-19 挖泥船作業排放泥砂實體圖

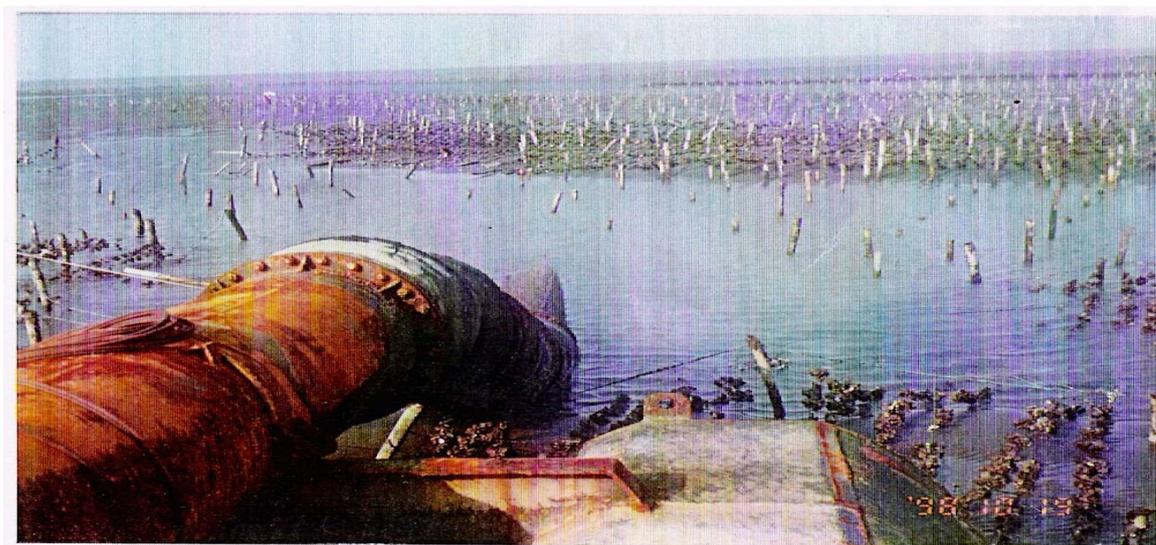


圖 5-20 挖泥作業沉設管實體圖



圖 5-21 海上管橡皮接頭斷裂實體圖

表 5-6 各類管線受損額度情況表

排泥管種類	損害原因	損失型態	損失額度
沉設管 (每支 12 米長)	銹蝕、磨損	1. 排泥管破裂 2. 海底打撈費用 3. 停工	7 萬元/支 (新購) 1.2 萬 (每日) 停工日數×每日工程費用
海上排泥管 (含浮筒、橡皮接頭)	銹蝕、磨損 風損	1. 飄失 (飄至潮間養殖區造成賠償) 2. 停工	45 萬元/組 (新購) 停工日數×每日工程費用
陸上排泥管	銹蝕、磨損	停工	停工日數×每日工程費用

2. 排泥管線、浮筒損壞因應策略：

依過去挖泥經驗及專家訪談，防止管線破損及飄失的因應策略有：

- (1) 架接管線時應盡量挑選新管或是較佳之管線，尤其是承受壓力大之前段海上管及海底沉設管，在灘頭組接橡皮接頭時，應盡量平順，螺栓應確實鎖緊，在架設完後試挖，並沿途檢查何處有漏水或螺栓鬆脫，處理完後再試挖，直至整條管線不漏水為止。
- (2) 挖泥作業期間應派潛水員不定期檢查海底沉設管，尤其是颱風過後經過海浪扭打，管線螺絲容易鬆脫，易造成管線破損停船檢修，更要加強檢查；作業一段期間後，為防管線被海砂深埋，破損時不易處理，要重新讓管浮起，順便檢查有無鬆脫或破洞，以利後續挖泥作業。

- (3) 為延長排泥管線之使用壽命，及避免管內長期受海砂重力沖刷，而形成管線下半部管壁嚴重磨損，應定期翻轉管線。
- (4) 為防止海上管及浮筒飄失和浮筒扭曲影響挖泥作業，浮桶之間加裝連接鋼索並加強錨碇。
- (5) 挖泥船剛開始作業時，吸泥泵應以較低轉速並緩慢增加，避免暴增壓力可能造成爆管。
- (6) 加強巡視管線，遇有小破損時立刻處理，夜間作業時，海上管應加裝夜間警示裝置，避免夜間航行之水上機具撞毀，造成管線斷裂及損鄰事件。

3. 實例探討：

- (1) **探討目的**：排泥管線損壞等其他因素對挖泥作業之工期及損失金額分析。
- (2) **案例基本資料**：此為榮興港灣工程有限公司大隆號挖泥船團（榮民工程處轉賣），於民國 93 年至 94 年在台中港區內浚挖台中港航道浚深擴寬工程（第七標）挖泥作業案例，該工程主要施作台中港南北向航道 0K-50~2K+100 現有航道兩側拓寬，南迴船池 2K-100~3K+500 部份區域及工業泊渠 3K+500~4K+400 兩側拓寬加深，浚深至 E.L-16M，排填於南填方區東北側，浚深數量約 1,020 萬 M3。
- (3) **工期影響因素及狀況**：大隆挖泥船自 93 年 11 月 22 日至 94 年 10 月 4 日於挖區作業總計 317 日（每天 2 班制 24 小時作業），因各種狀況導致停工時數為 1,881 小時（如表 5-7 所示）。
 - A. **颱風**：施工期間中央氣象局發布海棠、馬莎、珊瑚、泰利、卡努、丹瑞及龍王等 6 個颱風，其中有 3 個屬於強颱，惟因在港區內施工，受到風浪影響較不大。
 - B. **東北季風**：同樣受到港區內防波堤之屏障施工，季節性強風浪影響層面較輕微。
 - C. **挖區障礙物**：在台中港區內特有作業環境，海底下經常有大石塊、繩索、輪胎等廢棄物及部分區域有高硬度黏土層，致作業時經常停船更換絞刀齒。
 - D. **船機損壞檢修**：大隆號挖泥船船齡皆為 20 幾年之老機具，在 24 小時超時限作業下，經常出現各種不同機具故障損壞。
 - E. **管線浮桶損壞檢修**：該批使用的排泥管為老舊管線，在受到海砂長期重力沖刷、腐蝕及強浪侵襲下，經常出現破洞、爆管等損壞情況。
 - F. **其它**：挖泥船團配屬之工作錨船之損壞檢修等其他情況。

表 5-7 台中港航道浚深工程（第七標）大隆號停工時數統計表

因素 月份	颱風	東北 季風	挖區 沉積物	作業船機	排泥管	備考
93.11			9.15	27.20	8.50	
93.12			52.50	94.55	0	

94.01			35.45	52.50	33.40	
94.02		12	19.10	145.25	78	
94.03		4	21	54.25	151.05	
94.04			14.30	62.05	39.20	
94.05			13	68.40	16.55	
94.06			11.50	60.50	73.05	
94.07	23		21.45	92.40	75.55	海棠颱風
94.08	13.30		20	197.20	33.40	泰利颱風
94.09	24		27.35	163.10	7.55	龍王颱風
94.10	11		1.05	0	7.50	龍王颱風
94.11						
小計	71.30	16	247.45	1019.40	526.15	
合計	大隆號停機：1881.10 小時					

(4) **作業期間損失金額**：依民國 93 年之人工薪資、燃油價格及案例實際全年可供作業天數為計算基礎。

A. **基本資料**：

- 人工費用**：雇主每日必需付出勞務人事費用，共計新台幣 2,147 元(含基本薪資、年節獎金、加班費、保險負擔比例等)。
- 工作人數**：大隆號船長 1 人、輪機員 4 人、作業手 4 人、水手 4 人、銅匠、廚師、錨船駕駛各 1 人共計 16 人。
- 每日油耗**：作業燃油 30,000 升/日、停船燃油 2,500 升/日、泊岸燃油 400 升/日。

B. **管線浮桶檢修費用損失**：

- 損失**：作業期間影響工期 526 小時 (22 天)
- 船團人工費用損失**：工作人數×平均日薪×停船日數=16 人 \$ 2,147 元/日×22 日=\$ 755,744 元
- 船團燃油費用損失**：每日停船耗油×停船天數=(2,500 升/日×22 日)×\$18 元=\$990,000 元。
- 管線浮桶檢修費用損失**：船機損壞大部分皆由船上水手自行維修，僅更換新管材料費用。
- 合計金額**：船團人工費用損失+船團燃油費用損失+管線浮桶檢修費用損失=\$ 755,744 元+\$990,000 元+\$3,300,000 元=\$ 5,045,744 元

(5) **風險策略**：由大隆挖泥船在台中港航道浚深工程 (第七標) 停工時數統計分析，可知挖泥船在港區作業期間，影響工期因素權重占第二 (如圖 5-22 所示)。因此

要加強老舊排泥管線的汰換，尤其是沉設管及海上排泥管應使用新管或狀況較佳的管線。

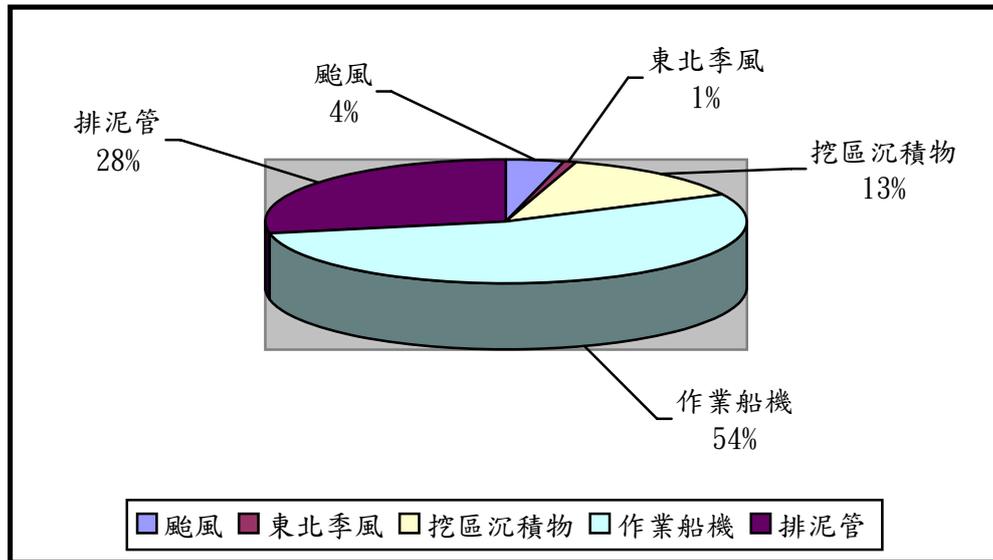


圖 5-22 台中港航道浚深工程大隆號停工影響結構圖

4. 實例驗證結果：

- (1) 由以上實例分析說明及挖泥停工影響結構圖顯示，大隆號挖泥船和大興號挖泥船同樣在台中港區內作業，同樣受到受到防波堤屏障，同樣受到颱風、東北季風、等因素影響較小，各佔影響權重約 4% 及 1%，同樣受到挖泥船機長時間連續之超時限作業，致船機損壞影響工期達 1,019 小時（約 42 日），佔所有影響工期權重最高之 54%，而排泥管因素則次之，影響工期達 526 小時（約 22 天），佔工期影響權重之 28%，由此可證明，不同船機在同挖區內挖泥作業，所受之工期影響因素及影響權重，大致上都是一樣的。
- (2) 由前三案例可知，挖泥船在外海或港區內作業時，排泥管因素影響工期權重皆佔所有影響工期因素之第二位，排泥管因素影響工期居高不下，可說明排泥管對挖泥作業之重要性，因此挖泥作業要架設排泥管時，必須加強老舊排泥管線的汰換，尤其是沉設管及海上排泥管應使用新管或狀況較佳的管線；施工作業時，要不定期巡視排泥管狀況，隨時排除障礙予以順利施工。

5.3.5 作業人員因素

作業人員為影響工期之隱性因素，雖沒直接反映在工期上，但因為操作不當，造成船機損壞影響施工，因為作業消極、人員不足、管理不善等造成作業效率不佳，間接延長施工期限，亦是影響工期之主要因素，其主要影響因素如下：

1. 作業人員因素影響

(1) 操作不當

海事工程挖泥作業是門專業性之技術工作，因船機構件複雜，由輪機、電機、作業、水手、電焊、船艇駕駛等各部門組合成一個工作團體，由於專業性高及作業環境多變化，面對不熟悉環境和海流多變化，工作時稍微不慎，就會引起鋼索斷掉、管線溜錨、棒錨斷裂及絞刀頭或吸管碰壞等，導致停船檢修而直接影響工期。

(2) 作業消極

由於挖泥船機造價昂貴，動員作業費時費力，且國內現有大型挖泥船僅有數艘，可替換性低，業者承攬工程時都有工期的壓力，以致挖泥作業都是 2 班制 24 小時作業，作業人員長時間在單一環境下作業，尤其是深夜作業時容易疲勞，以致無法專注施工，為防絞刀頭碰壞，經常微升絞刀頭未直接挖泥抽砂，導致大量抽送海水，沖毀原有排泥口堆沙作業，這種抽砂行為業者最忌諱，不但以油換水（每天作業耗油 2 萬公升左右，高級柴油每公升約 30 元），破壞原有施工成效，無形增加工期的延宕。

(3) 人員不足

海事工程業者最大隱憂，就是技術人員不足，目前國內最大海事工程機構宏華營造公司，所用機具、人員大都是榮工處退休人員，在欠缺專業技術養成教育之下，人員呈現嚴重不足，導致無法全時挖泥作業，而影響挖泥施工。

(4) 管理不善

挖泥作業很注重管理績效，一艘挖泥船月產量可挖 15 萬立方，要提高到月產量 35 萬立方，端賴是否管理得當，管理不當之船機作業，經常造成作業不積極、其結果易造成效率降低，及操作不當而使船機損壞。

2. 作業人員因素因應策略：

- (1) 在船機作業技術人員不足時，對船上現有人員實施其他專長訓練，各個部門皆可作其他部門的工作，互通有無，不至於到時無該項人員工作而船機停擺，惟這是臨時應變之道，最重要還是招募人員做該工程的養成教育。
- (2) 作業人員消極、操作不當及管理不善等因應策略，則是平常薪資改為績效獎金制度，藉工作效率的提高領取額外獎金，此舉很適合二班制 24 小時超時限作業，榮工處已行之多年，效果非常好。

3. 實例探討：

- (1) **探討目的**：作業人員因素對挖泥作業之工期影響分析。
- (2) **案例基本資料**：此為榮民工程處大武號挖泥船團，於民國 88 年在台南安平港區內浚挖「台南科技工業區安平港取砂工程」遊艇碼頭屯區第五次回填挖泥作業案例。

(3) **工期影響因素及狀況**：大武號挖泥船自 88 年 1 月 11 日至 88 年 2 月 10 日止，於挖區作業總計 31 日，停工待命 10 日，工作天數 21 日，本工程實施績效獎金制度，其員工薪資計算，以挖泥產量計價支薪代替固定領月薪方式，本制度實施時，各部門作業人員作業積極，主動發掘施工問題，將各種損害降到最低，以提高作業效率增加挖泥產量為第一優先。

(4) **當月作業影響金額**：依民國 88 年之人工薪資及案例隔月交辦收方數量計算為基礎。

A. **基本資料**：

a. **人工費用**：雇主每日必需付出勞務人事費用，共計新台幣 1,548 元(含基本薪資、加班費、施工津貼等)。

b. **工作人數**：大武號船長 1 人、輪機員 6 人、作業手 6 人、水手 4 人、機料技士 1 人、錨船駕駛 2 人共計 21 人。

B. **實施結果**：績效獎金制度每月支薪員工，是以當月實際挖泥數量計價，該船 88 年 1 月 11 日開始交辦浚填，於 88 年 1 月 25 日第 1 次收方數量為 177,842M³，交辦天數 15 天，基本產量應為 75,000M³，超方產量為 102,842M³(如表 5-8 所示)，由此結果，顯示該船實施績效獎金制度以後，挖泥成效明顯增加，進度大幅超前，不但降低挖泥施工成本，個人薪資所得增加，還明顯提早完成工程。

表 5-8 大武號 88 年 1 月實施交辦統計表

項目	產量/0.5 月	支薪方式	總薪資所得 (元)	作業人數	薪資/人 (元)	單價/方 (元/M)	損益 (元/M)
未實施	75,000M ³	固定領月薪	基本薪資+加班費+施工津貼，共支付 504,098 元	21	24,004	6.72	0
實施	177,842 M ³	產量計價支薪	基本產量 7.5 萬立方 ×7.51 元/M ³ 計價 =563,250 元 超方 102,842 方 ×3.67 元/M ³ 計價 =377,430 元 合計 940,680 元	21	44,794 元	9.14	2.42

4. 實例驗證結果：

(1) 作業人員因素雖未直接影響工期，但由於操作不當間接造成機具損壞，由於作業消極、管理不善及人員不足等無法配合作業，間接造成作業效率不佳，無形增加挖泥作業工期天數，因此作業人員雖是影響工期之隱性因素，但卻對工期影響有

相當程度之重要性。

- (2) 由實例可知，實施績效獎金制度，以增加作業人員薪資，及大幅增加挖泥效率，實為目前二班制 24 小時挖泥作業最佳之作業方案。

5.3.6. 其他因素

挖泥船作業影響停工因素，除了上述 5 項主要影響因素外，尚有變更設計、漁民抗爭、機艙發生火災、測量錯誤、油水污染、及意外事故等其他因素，其影響因素及因應策略說明如下：

1. 變更設計

- (1) 影響：以榮民工程處於 80 年在彰濱工業區，浚挖鹿港東二區內提及造地第一期工程為例，在本工區浚挖工程中，因設計單位缺乏本區詳細地質鑽探資料，部分挖區土質不適造地，及修改擴大填區，縮窄挖區，以致施工中數次變更設計，船機管線屢次配合挖區之更動而遷移，而排距由 400 公尺延長至 1500 公尺，管線設備之急促增補，更嚴重影響施工進度及成本。
- (2) 因應策略：本項影響工期因素，無法避免及事先因應，須配合業主要求辦理，有關在施工期間之一切損失，業者可擬定清單向業主索賠。變更設計時與設計單位及業主加強聯繫，以縮短作業流程時間，或以不影響該部分設計，先行施作其他工項。

2. 漁民抗爭

- (1) 影響：同上例，該工程施工區域為潮間帶，當地漁民利用沙灘植籬採收蚵、蛤、蝦等漁作物，不論挖區或填區之作業推進，均遭受漁民之抗爭阻擾，要求賠償，嚴重影響工程進度，須賴業主溝通協調，經獲得滿意賠償後，方可繼續施工，類似案例各個不同工區經常發生。
- (2) 因應策略：作業時漁民抗爭請求賠償，阻擋工程進行，請業主出面協調。施工期間做好油污、廢水及垃圾處理；或管線架設時海上排泥管加裝夜間警示器，以防漁船碰撞；沿著民地架設排泥管時，選用狀況較佳之排泥管，以免砂石、海水大量噴出，造成擾鄰事件。

3. 機艙發生火災

- (1) 影響：以榮工處大華號挖泥船於民國 73 年停靠在台中港工作船渠修船為例，該船在作年度大檢修時，船上輪機人員拆卸柴油主機零件，用柴油清洗料件，機艙內充滿可燃氣體，此時機艙內另一邊有焊工在焊接機件，不慎點燃可燃氣體致機艙起火冒濃煙，船上人員搶救無效，經港務局派消防船及消防車，耗時半天才滅火，

經清查機艙柴油主機及副機雖燒毀，但無人員傷亡，該船雖在檢修中無作業，但機具燒毀影響後續工程之進行。

- (2) 因應策略：防止類似情形發生，須徹底清除機體或艙底陳年油污，並保持機艙通風減少油氣；消防器材及滅火設備定期檢查更換；抽水馬達及水管保持備便狀態；各類狀況不佳之油管，即時更換，避免破管噴出導致機艙發生火災。

4. 測量錯誤

- (1) 影響：以榮工處大漢號挖泥船浚挖台中港 95、96 號煤輪碼頭為例，當工程動工時，大漢號挖泥船機動員就挖區起挖位置，開挖一個禮拜，港務局承辦人員至現場要求船機暫停工，說明挖區位置測量錯誤，已經挖到 97 號碼頭預定地 100 公尺位置，必須重新海測就挖位置及重移船位，拆掉多架設之 100 公尺陸上管，經過 3 天後再重新挖泥，原先多挖 7 天挖泥量不予計算，工期影響總計延誤 10 天。
- (2) 因應策略：所以挖區地點測量時，應會同設計單位、業主三方確認，避免誤測誤挖，影響後續工程施作；另收方計價時亦同，三方確認挖區浚挖深度，是否超挖或浚深不足，並以此為基準，避免日後重測挖區沙土迴淤致深度不足而有爭議。

5. 油、水污染

- (1) 影響：同上例，大漢號挖泥船在挖泥作業中，因挖區水下障礙物過多，在作業中絞刀頭不慎挖到水下廢浮桶，一時絞刀系統碰觸壓力過大，瞬間液壓管爆管，六千多公升宣洩而出，污染台中港一大片海面，經台中港務局環保小組要求停船改善並予罰款，經改善後第三天港務局同意後方可作業。
- (2) 因應策略：由上所述，施工期間不要亂排放廢油、廢水及垃圾，以致污染海面造成環保事件，致港務局勒令停工及改善罰款，或漁民因此影響漁獲量而抗爭影響工程施工，所以必須定期回收廢油及作廢水處理，及垃圾按時清除。

6. 意外事故

- (1) 影響：以民國 79 年榮民工程處浚挖台中港煤輪碼頭等工程為例，榮工處大隆號等七艘主力挖泥船全在台中港區浚挖，其工程浩大，光施工所成員約有三百多人，當天早上施工所測量站人員作海上挖方測量，由於是農曆 7 月 15 日，海上正逢大潮，測量船駛至某處大涵管旁時，被退潮之大水流吸住，無法前進船身翻覆，造成測量站長及主辦工程司等兩人落海溺斃之工安事故，船團為配合檢查單位調查而停船三天無作業。
- (2) 因應策略：為減少意外事故發生，應加強工區安衛環保觀念，並定期受工安訓練及再教育，以防範於未然；船上易燃物體及易爆炸容器，由工安人員加強控管，甲板上不要任意堆置物品，以防人員不慎落海，造成工安事件，而影響後續工程之進行。

由上所述，除變更設計為偶發事件無法預測外，其工期所受之影響也較大，惟按雙方合約關係，此部份承包商所受之損失可依約請求賠償；另漁民抗爭、機艙發生火災、測量錯誤、油污水污染，意外事故等其他子因素因可事先作預防，防範於未然，其發生頻率極低，所受之影響也較小。

5.3.7 實例驗證結果

綜合上述案例驗證結果顯示如下：

1. 挖泥作業工期影響因素分為氣象及海象因素、挖區沉積物因素、作業船機因素，排泥管因素、作業人員因素、及變更設計等其他因素，共計 6 大母因素及颱風、東北季風等 26 子因素。
2. 挖泥作業依影響權重及經常影響工期因素，可分為氣象及海象因素、挖區沉積物因素、作業船機因素，排泥管因素等 4 大母因素及颱風、東北季風、土質太黏、水下障礙物、船機老舊、超時限作業、排泥管老舊破損、飄失及沉入等 8 子因素。
3. 由工程實例可知，海事工程主要挖區分為外海作業及港區內作業，兩個挖區之工期影響因素權重，也常隨著作業區域及作業環境不同的改變而具差異（如圖 5-23 所示），外海挖泥作業時：主要影響工期為颱風、東北季風及排泥管線等因素；港區挖泥作業時，主要影響工期為船機檢修及排泥管線等因素。
4. 外海挖區與港內挖區作業，工期影響因素最大的區別，在於氣象與海象母因素之颱風與東北季風子因素，由案例可知，港內作業時因防波堤屏障，全年可作業，外海作業時，僅每年的五月份至 11 月份約 7 個月期間可以作業，因此當東北季風季節來到時，挖泥船外海強行作業是不可行的。
5. 挖泥船作業除外海挖區作業之氣象及海象因素外，其他如在內海作業時，端賴當時之施工環境狀況，決定影響工期權重是何因素，並無一定之準則，惟大部分之案例顯示，作業船機損壞之不確定性比較大，故損壞之機率也比較高。
6. 挖區沉積物因素是決定工程是否順利施工，是否盈虧之重要因素，雖不至於導致船機損壞，但因沉積物關係使挖泥效率不佳，影響工程施工，間接增加施工期限及施工成本，亦是影響工期之最大因素。

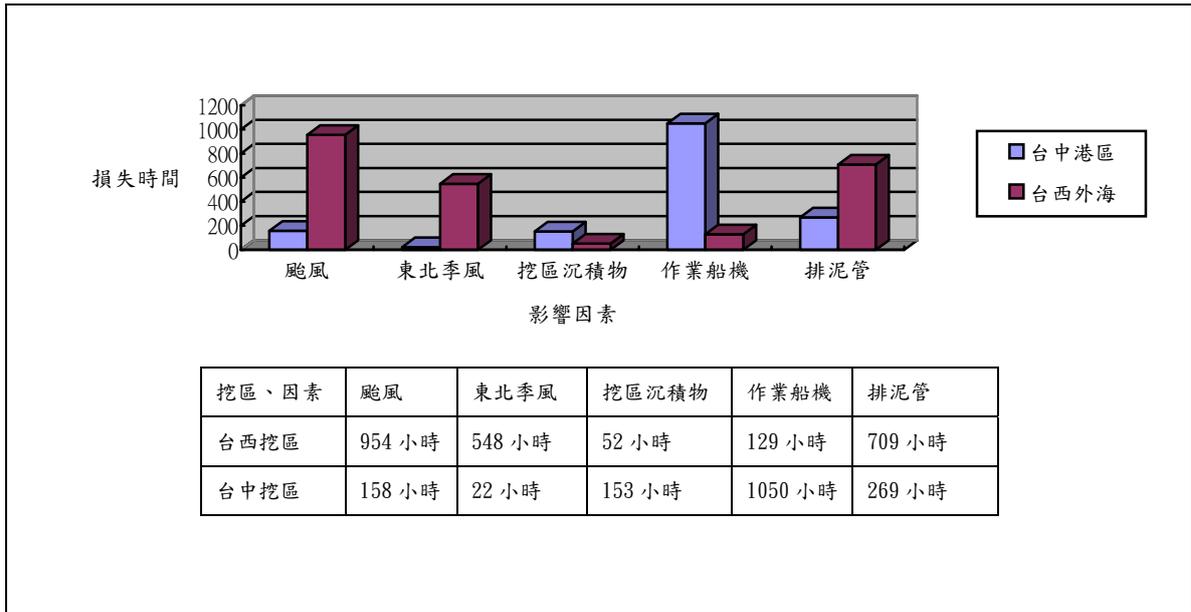


圖 5-23 大興號台西、台中挖區工期影響比較長條圖

綜上所述分析探討，本研究將挖泥作業影響工期因素及因應策略彙整如下表 5-9 所示。本研究之工期影響因素，是彙整榮民工程處及榮興港灣工程有限公司等兩單位多年來挖泥作業時，所遭遇影響挖泥施工之各種停船事件；其影響工期因素之因應策略擬定，是由本人 20 多年在大華號、大夏號、大舜號、大漢號、及大興號等榮民工程處主力挖泥船實際參予挖泥施工作業，排除各種挖泥施工障礙順利施工之經驗，及綜合 5 位曾參予榮民工程處挖泥施工作業，具有豐富海上施工經驗之專家訪談，(如附錄二所示)，以建立本研究更具有完整性及可靠性。茲將其影響工期因素之因應策略分述如下：

表 5-9 挖泥作業工期影響因素之因應策略彙整表

影響因素	子因素	因應策略
	1. 颱風	外海作業： (1) 停止一切挖泥作業，迅速將船拖入港區 及河道內屏蔽區域防颱。 (2) 海上排泥管及沉設管常隨著颱風造成更大損害，務必將海上管隨同挖泥船脫離，並將沉設管沉入海底。 (3) 颱風期間加強防颱，隨時掌握狀況，將損害降到最低。 港區作業： (1) 中颱以上颱風時，將船拖至港內泊靠碼頭，並加強攬樁繫帶，挖泥船旁錨船拖離以防碰撞，海上管拖離至隱蔽地區並加強錨碇。 (2) 颱風為輕颱時，於原地防颱並加強下錨；如繼續作業，將

影響因素	子因素	因應策略
5.3.1 氣象及海 象因素		船頭朝向風頭，海上管加強錨碇，以防管線扭曲爆管。
	2. 季風	<p>外海作業：</p> <p>(1) 東北季風更替期間（9月底至10月底），風浪不穩定，如繼續作業應加強挖泥船機動性，隨時準備拖船避風浪。</p> <p>(2) 東北季風更替期間過後（10月底至隔年4月初），外海風浪大，停止一切挖泥作業。</p> <p>(3) 東北季風期間，因風浪大約5個月無法作業，工程應及早因應，於東北季風來臨前完工，以免作業船團、排泥管線及施工人員閒置。</p> <p>(4) 外海作業應選用抗浪性高之船機，以延長船機作業時效。</p> <p>港區作業：</p> <p>(1) 受到港區內防波堤屏障，作業影響層面較小，但期間得視風浪大小，決定是否繼續挖泥作業或停船原地避風浪。</p> <p>(2) 東北季風期間作業，因海面風浪大，加強海上管線錨碇，船機保持機動性。</p>
5.3.2 挖區沉積 物因素	1. 土質太硬	<p>(1) 堅硬地質先用抓斗式挖泥船之鑽炸法施工，後再以大型絞刀吸管式船機挾混泥砂予以清除。</p> <p>(2) 浚挖區地質如有長帶狀之較薄岩層時，原應以抓斗式挖泥船之碎岩棒等工法施工，因為較薄岩層，亦可以絞刀式挖泥船勉予克服。</p> <p>(3) 選用較小直徑之尖齒絞刀頭，將可產生較大之絞切扭力。</p> <p>(4) 土質太硬時，絞刀齒磨耗率高，準備足夠數量絞刀齒以備更換。</p>

影響因素	子因素	因應策略
5.3.2 挖區沉積物因素	2. 土質太黏	<p>(1) 土質為高硬度黏土層時，絞刀齒更換較短平齒，裝置時齒距加長，以防黏土黏附絞刀頭上。</p> <p>(2) 在絞刀頭護板上裝置黏土刮除裝置，以免黏土黏附絞刀頭，影響挖泥施工。</p> <p>(3) 土質為高硬度黏土層時，絞刀齒磨耗率高，應準備足夠數量絞刀齒以備更換。</p>
	3. 砂源不足	<p>(1) 施工前先作地質鑽探試驗，如挖區地質為高硬度黏土且砂源不足時，請業主變更設計，更換挖區作業。</p> <p>(2) 如無法變更挖區作業，以海上電子探測器另尋挖區附近多處砂源，當排送壓力降低或排泥口連絡無沙源時，即刻移船位至附近砂區續挖。</p> <p>(3) 如作業船機為非自航吸口式挖泥船，可將吸口式改為絞刀式，以貫穿較硬黏土層。</p>
	4. 水下障礙物	<p>(1) 挖區有大石頭等障礙物時，在絞刀頭吸口處，裝置防柵鋼條，以防較大石頭被吸入砸壞挖泥泵，並不定期清除泵內障礙物，以免影響抽砂排送。</p> <p>(2) 挖區障礙物太多時，影響挖泥作業，可先行用抓斗式挖泥船或用長臂挖溝機裝置於平台船上清除障礙物後，再更換絞刀式挖泥船抽砂作業。</p>
5.3.3 作業船機	1. 船機老舊	<p>(1) 選用狀況較佳之挖泥船機施工，或船上主、副機、發電機等系統作檢修保養，以降低作業時停機檢修頻率。</p> <p>(2) 作業時管控經常損壞之機具，以降低作業中損害機率。</p>
	2. 超時限作業	<p>(1) 避免船機長時間連續作業，使機具過度疲勞及磨耗，導致施工船機損壞檢修。</p> <p>(2) 不定期停機檢查各系統狀況，並予以排除，防範於未然，以免船機重大損壞。</p>
	3. 船機選用不當	<p>(1) 施工前依地質鑽探、施工條件及施工方法等審慎評估，選用適當船機。</p> <p>(2) 施工中如遇突發狀況，影響工程進度，依狀況特質研用新工法或改裝船機。</p>
	4. 機件品質不佳	<p>(1) 機具檢修料件更換時，盡量採用原廠材料。</p> <p>(2) 不要使用庫存過久之材料，容易材質硬化（如油封、橡皮材料），應予以汰除。</p>
	5. 待料時間過長	<p>(1) 經常損壞機具及料件，庫存一定安全存量。</p> <p>(2) 調查各型船機可共用之庫存料件，以備檢修臨時調度用。</p> <p>(3) 縮短採購作業流程，並予供料廠商加強聯繫，調查所需料件存量。</p>

影響因素	子因素	因應策略
5.3.3 作業船機	6. 待修時間 過長	<p>(1) 對經常損壞之機具作控管，及機具總成庫存一定安全數量。</p> <p>(2) 修護廠商加強聯繫及維持一定廠家數量維修，避免機具送修時，承修廠商無暇修復，影響後續工程施工。</p> <p>(3) 檢討經常性備料之儲存，及船機修復人員素質及調配，採計畫性修復備料，減少臨時性之修復工作而造成停工之損失。</p>
	7. 油料補充 不足	<p>(1) 施工作業時，柴油採購補充，應予中油密切聯繫，避免假日時無油可加，影響後續施工作業。</p> <p>(2) 其他機油、液壓油、潤滑油、齒輪油及黃油等副油，應準備一定安全存量，避免臨時爆管洩油，導致停船待油。</p>
5.3.4 排泥管 因素	1. 老舊破損	<p>(1) 排泥管線架設前，先汰除不堪用排泥管線、橡皮接頭及浮桶，如數量不足時，速採購或租用。</p> <p>(2) 海上管及沉設管承受挖泥壓力較大，容易爆管，架設時選用新管或狀況較佳之堪用管。</p> <p>(3) 架設時減少管線轉折處，並等距離裝置排氣閥，使挖泥作業時平順。</p> <p>(4) 排泥管線經常使用，應加速攤提折舊，以免管線破損導致停工。</p>
	2. 飄失及 沉入	<p>(1) 海象變壞風浪增大時，加強海上排泥管錨錠，以防作業時管線扭曲爆管。</p> <p>(2) 颱風、東北季風期間，為防管線飄失或沉入，拖至隱蔽地區防風浪，加強鎖緊螺絲及錨錠，以防受風浪影響，造成更大損失。</p> <p>(3) 颱風期間沉設管損壞頻率較高，應於颱風過後加強沉設管檢查。</p>
	3. 品質不佳	<p>(1) 品質不佳之橡皮接頭等經常造成爆管，如有類似情況，予以退回不再使用。</p> <p>(2) 購置新管線時宜加強監造，尤其鐵管焊接部分不實，常造成管線沿著焊接處破裂。</p>
5.3.5 作業人員 因素	1. 操作不當	<p>(1) 加強作業手之在職專長訓練，新手操作時，作業領班在旁指導及監督。</p>
	2. 作業消極	<p>(1) 以績效獎金制度代替固定月薪，藉領取額外績效獎金，提高作業效率。</p> <p>(2) 作業時各管理幹部加強作業督導。</p>
	3. 人員不足	<p>(1) 技術人員不足時，對船上水手等非主要技術工種人員施予輪機及作業等專長訓練，屆時人手不足時，可做適度之調派。</p>

影響因素	子因素	因應策略
5.3.5 作業人員 因素		(2) 未施工之停船待命人員，依船上所缺工種，調派至工作船上工作。
	4. 管理不善	(1) 作業時不定期至排泥口抽查砂石排放情形。 (2) 各階層管理幹部留守崗位，並監督施工作業，遇有狀況時，適時予以排除。 (3) 作業台裝置產量監視記錄器，以作考核督導。
5.3.6 其他因素	1. 變更設計	(1) 挖區或填區等設計錯誤時，請業主變更設計，並視工程損失情形向業主求償。 (2) 變更設計時與設計單位及業主加強聯繫，以縮短作業流程時間，或以不影響該部分設計，先行施作其他工項。
	2. 漁民抗爭	(1) 作業時漁民抗爭請求賠償，阻擋工程進行，請業主出面協調。 (2) 施工期間做好油污、廢水及垃圾處理。 (3) 海上排泥管加裝夜間警示器，以防漁船碰撞。 (4) 沿著民地架設之排泥管，選用狀況較佳之排泥管，以免砂石、海水大量噴出，造成擾鄰事件。
	3. 機艙發生火災	(1) 清除機體或艙底陳年油污，並保持機艙通風。 (2) 消防器材及滅火設備定期檢查更換，抽水馬達及水管保持備便狀態。 (3) 各類狀況不佳之油管，即時更換，避免破管噴出發生火災。
	4. 測量錯誤	(1) 挖區地點測量時，會同設計單位、業主三方確認，避免誤測誤挖，影響後續工程施作。 (2) 收方計價時亦同，三方確認挖區浚挖深度，是否超挖或浚深不足，並以此為基準，避免日後挖區沙土迴淤深度不足有爭議。
	5. 油、水污染	(1) 施工期間不要排放廢油、廢水及垃圾，污染海面造成環保事件，致港務局勒令停工及改善罰款，或漁民抗爭影響施工。 (2) 定期回收廢油及作廢水處理，垃圾按時清除。
	6. 意外事故	(1) 加強工區工安環保觀念，並定期受工安訓練及再教育，以防範於未然。 (2) 船上易燃物體及易爆炸容器，由工安人員加強控管，甲板上不要任意堆置物品，以防人員不慎落海，造成工安事件。

5.4 小結

本章以海事工程實際案例及 20 年以上經驗之專家訪談，來確認挖泥作業有何影響工期因素，經探討及分析結果，把歷年來挖泥作業所有發生之各個影響工期因素彙整成表（如表 5-9 所示），再依案例分析統計，確認主要影響工期因素權重，及參考專家意見去做因應策略，讓海事工程施工作業能更靈活運用，把工程損失降到最低，以期達到工程順利完工。



第六章結論與貢獻

海事工程具有環境多變及船機不易替換等特性，不確定性影響因素複雜，工程是否順利完工，端賴施工船機是否在正常作業中，若工期受到影響，導致船機停工待命、檢修或造成工程逾期，此段期間機具的折舊、修護，人員的閑置及工程罰款等，所耗費的人力、物力造成業者的負擔，而直接、間接影響到後續工程進行。

有鑑於此，本研究針對挖泥船浚填作業影響工期部分，分析探討施工時可能遭遇之停工問題，並進一步研擬因應策略，期以縮短挖泥作業時限，發揮施工進度之最大效益。

6.1 結論

本研究針對目前海事工程挖泥船浚填作業之工期影響作深入之了解，並藉由文獻相關回顧、專家訪談、及案例分析探討結果，大致可獲得下列之結論：

1. 海事工程挖泥作業主要影響工期因子為：氣象及海象因素、挖區沉積物因素、作業船機因素、排泥管因素、作業船機因素、其他因素等 6 大母因素及颱風、東北季風、土質太硬、土質太黏、水下障礙物、砂源不足、船機老舊、超時限作業、船機選用不當、機件品質不佳、待料時間過長、待修時間過長、油料補充不足、老舊破損、飄失及沉入、品質不佳、操作不當、作業消極、人員不足、管理不善、變更設計、漁民抗爭、機艙發生火災、測量錯誤、油、水污染、意外事故等 26 子因素。
2. 挖泥作業依影響權重及經常影響工期因素，可分為氣象及海象因素、挖區沉積物因素、作業船機因素，排泥管因素等 4 大母因素及颱風、東北季風、土質太黏、水下障礙物、船機老舊、超時限作業、排泥管老舊破損、飄失及沉入等 8 子因素。
3. 由工程實例可知，海事工程主要挖區分為外海作業及港區內作業，兩個挖區之工期影響因素權重，也常隨著作業區域及作業環境不同的改變而具差異，外海挖泥作業時：主要影響工期為颱風、東北季風及排泥管線等因素；港區挖泥作業時，主要影響工期為船機檢修及排泥管線等因素
4. 兩種不同挖區工期影響權重，外海作業施工天數 186 天，停工 100 天，影響工期因素佔 54%；港內作業施工天數 317 天，停工 78 天，影響工期因素佔 25%，兩相比較，工期影響比率很明顯為「外海挖區作業」大於「港內挖區作業」。
5. 由工程實例可知，兩艘不同挖泥船機在同一挖區施工作業時，所受之工期影響因素及影響權重，大致上都是大同小異非常接近，由此可證明本研究之可靠性。
6. 外海挖區與港內挖區作業，工期影響因素最大的區別，在於氣象與海象母因素之颱風與東北季風子因素，由案例可知，港內作業時因防波堤屏障，全年可作業，外海作業時，僅每年的五月份至 11 月份約 7 個月期間可以作業，因此當東北季風季節來到時，挖泥船外海強行作業是不可行的。

7. 由該大隆號在外海挖泥作業影響停工統計分析，該船在短短 1 個多月之東北季風更替期間施工，工期損失達到 548 小時（約 23 天），佔所有工期影響權重約 23%，以東北季風期間施工效益而言，該段期間施工時是所有影響工期之最大因素；且當東北季風更替期過後，11 月初至隔年 4 月初東北季風期間，外海浪高 2.5 米至 5 米以上，挖泥船機絕對無法作業，由此可證明，挖泥施工必須趕在東北季風來臨前，完成所有挖泥施工作業。
8. 挖泥船作業除外海挖區作業之氣象及海象因素外，其他如在內海作業時，端賴當時之施工環境狀況，決定影響工期權重是何因素，並無一定之準則，惟大部分之案例顯示，作業船機損壞之不確定性比較大，故損壞之機率也比較高。
9. 挖區沉積物因素是決定工程是否順利施工，是否盈虧之重要因素，雖不至於導致船機損壞，但因沉積物關係使挖泥效率不佳，影響工程施工，間接增加施工期限及施工成本，亦是影響工期之最大因素。

6.2 貢獻

- (1) 本研究從應用船機及附屬設施的認識、施工船機的選擇、施工方法的應用等前置作業流程及施工中注意事項等完整介紹、並實例探討影響工期因子及專家訪談後的因應策略，從理論到實際案例分析，為目前對海事挖泥工程方面有較具完整敘述的文獻。
- (2) 本研究除可作海事工程挖泥作業深入的瞭解外，進一步可作爾後施工依據的參考。

6.3 後續研究方向

本研究主要是藉著海事工程各種挖泥施工船機的介紹，船機附屬設備功用的瞭解，及各種施工作業方法運用等基本認識後，如何在船機就位前做好各種前置事項，並透過實例來探討影響工期的因子及如何去因應，讓工程順利完工等一連串作業面最實際問題，但海事工程研究範圍相當廣泛，除了工期進度探討外，其他要如何降低施工成本、如何做好風險管理、將風險降到最低，研發降低波浪及提高施工效率等新工法之研究，以延長挖泥作業在外海施工時間及提前完工，及調查疏浚工程市場等分析，以因應未來工程之展望等，皆是後續值得再深入探討的方向。

參考文獻

1. 鄭明龍，「營建工程遲延分析」，國立高雄第一科技大學，碩士論文，民國 92 年 1 月。
2. 劉賢淋，「施工與材料題庫解析」，文笙書局，台北，民國 85 年八月。
3. 王伯儉，「工程契約中時間問題之探討」，營建管理季刊，第 27 期，台北，民國 87 年。
4. 顧美春，「工程契約風險分配與常見爭議問題之研究」，國立交通大學，碩士論文，民國 92 年 8 月。
5. 陳英本，「承包商因工期展延衍生工程成本之探討」，國立中央大學，碩士論文，民國 94 年 7 月。
6. 劉福標，「工程保險與保證」，漢天下工程管理顧問公司，初版，台北，民國 88 年 3 月。
7. 湯麟武，「港灣及海域工程」，中國土木水利工程協會，4 版，台北，民國 85 年 10 月。
8. 朱宗蔚，錢樺，高家俊，莊士賢，「海事工程可工作日分析」，第 22 屆海洋工程研討會，480~486 頁。
9. 郭斯傑，「台北市公共工程合理工期計算模式之研究」，市政建設專及研究報告第 277 輯，台北，民國 87 年。
10. 汪燮之，「實用港灣工程學」，明文書局，初版，台北，民國 79 年 5 月。
11. 溫蔚元，「挖泥船作業風險管理之研究」，國立高雄第一科技大學，碩士論文，民國 93 年 7 月。
12. 黃申伯，陸崧原，「海上浚渫技術」，海底砂石探勘利用研討會論文集，民國 81 年 6 月 19 日。
13. 侯和雄，「闢建深水港工程技術研究-抽砂回填工法之研究」，交通部運輸研究所，初版，台北，民國 83 年 2 月。
14. 凌士彥，「海港工程學」國立編譯館，初版，台北，民國 60 年 4 月。
15. 莊乾道，「港灣工程各型作業船舶研究」，經濟部編印，台北，民國 71 年。
16. 陳嘉元，連永順，駱承利，顏志偉，「海砂開採技術探討」，海下技術季刊，第 8 卷，第 3 期，台北，民國 87 年 9 月。
17. 曾武龍，張辰秋，「浚渫計畫之研討」，榮工報導，第 1022 期，第 6 版，台北，民國 72 年 5 月 16 日。
18. 簡連貴，「水力抽砂造地與回填土壤工程特性之探討」，85 年度港灣大地工程研討會，8-1~8-28 頁，民國 85 年 1 月 30 日。
19. 侯和雄，劉正忠，「台灣海峽風浪特性之研究」，第六屆海洋工程研討會論文集，民國 71 年。
20. 陳炳燦、劉進義，「彰化濱海工業區海堤之設計與施工」，第七屆海洋工程研討會論文集，29-1~29-19 頁，民國 72 年 9 月。

21. 黃盛才，黃申伯，李浩然，陸崧原，「浚渫工程與土壤調查」，海下技術季刊，第 6 卷，第 4 期，台北，民國 85 年 12 月。
22. 滿一新，「船機維修技術」，大連海事大學出版，台北，國 88 年。
23. Ports and Dredging Published by IHC Holland in 2002 E157。



附錄一：海事工程專家訪談姓名背景資料表

姓名	背景
1. 張○○ 經理	曾任榮民工程處海事工程隊機料組、規劃組、工務組工程司，挖泥船船長，施工所副主任，期間參予台中港區、彰化濱海工業區、台南安平港區、泰國宋達港區等重大挖泥工程，海事工程經驗豐富，相關工作經驗約 28 年。
2. 李○○ 經理	曾任榮民工程處海事工程隊中部施工所主辦工程司多年，負責挖泥工程業務，參予台中港、大陸、印度及國內等海事工程建設，海事工程經驗豐富，相關工作經驗約 30 年。
3. 楊○○ 船長	曾任榮民工程處海事工程隊挖泥船船長，參予國內台中港區、彰濱工業區、台南安平港區及國外泰國宋達港區等重大海事工程建設，海事挖泥工程經驗豐富，相關工作經驗約 28 年。
4. 陳○○ 副總經理	曾參予承攬榮工處海事工程業務，90 年代榮工處海事工程隊解體後，大華號、大興號、大隆號等挖泥船轉售給該公司，繼續參予國內及國外等海事工程建設，海上施工經驗豐富，相關工作經驗約 25 年。
5. 薛○○ 經理	曾任榮民工程處海事工程隊施工所主辦工程司及各施工所副主任，主辦挖泥工程業務，參予大陸、印度及國內等海事工程建設，海事工程經驗豐富，相關工作經驗約 30 年。

附錄二：專家訪談紀錄

(自然因素)

(工程專家人數：5人)

訪談要項	子項	工程專家	
		統計	%
1. 颱風來襲是否影響工期	無	0	0%
	有 (影響天數)	5	100%
2. 影響程度	10 天內	0	0%
	20 天內	1	20%
	30 天內	3	60%
	其他 (30 天以上)	1	20%
3. 影響機率	高	3	60%
	中	2	40%
	低	0	0%
4. 因颱風影響，有何因應策略 (可複選)	將船及排泥管拖進港區防颱	5	100%
	原地防颱，並伺機作業	3	60%
	其他 (視颱風等即決定是否作業)	3	60%

備註：1. 挖區分港內及港外作業，港內作業受防波堤屏障，風浪影響較小。

2. 颱風警報等級是風力大小分為強颱、中颱、輕颱等 3 等級。

3. 颱風直接造成工期損失，間接造成船機、排泥管損壞。

(自然因素)

(工程專家人數：5人)

訪談要項	子項	工程專家	
		統計	%
1. 東北季風來襲是否影響工期	無	0	0%
	有 (影響天數)	5	100%
2. 影響程度	10 天內	2	40%
	20 天內	1	20%
	30 天內	2	40%
	其他	0	0%
3. 影響機率	高	5	100%
	中	0	0%
	低	0	0%
4. 因東北季風影響，有何因應策略 (可複選)	拖船避風浪	2	40%
	繼續作業	3	60%
	其他 (視挖區決定是否作業或避風浪)	5	100%

備註：

1. 挖區分港內及港外作業，港內作業受防波堤屏障，風浪影響較小。

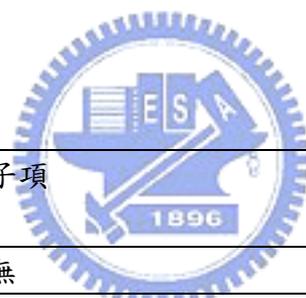
2. 每年 10 月至隔年 4 月為東北季風季節，10 月及 4 月為東北季風更替期，風浪不穩定，11 月至 3 月外海浪大，各式船機無法作業。

(自然因素)

(工程專家人數：5人)

訪談要項	子項	工程專家	
		統計	%
1. 雨天是否影響工期	無	5	100%
	有 (影響天數)	0	0%
2. 影響程度	10 天內		
	20 天內		
	30 天內		
	其他		
3. 影響機率	高		
	中		
	低		
4. 因雨天影響，有何因應策略 (可複選)	停工		
	繼續作業		
	其他		

備註：挖泥船在海上作業，不受雨水之影響，可照常作業。



(自然因素)

(工程專家人數：5人)

訪談要項	子項	工程專家	
		統計	%
1. 地震是否影響工期	無	5	100%
	有 (影響天數)	0	0%
2. 影響程度	10 天內		
	20 天內		
	30 天內		
	其他		
3. 影響機率	高		
	中		
	低		
4. 因地震影響，有何因應策略 (可複選)	停工		
	繼續作業		
	其他		

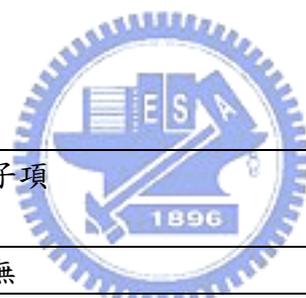
備註：挖泥船作業不受地震影響，可照常作業。

(自然因素)

(工程專家人數：5人)

訪談要項	子項	工程專家	
		統計	%
1. 地下水是否影響工期	無	5	100%
	有 (影響天數)	0	0%
2. 影響程度	10 天內		
	20 天內		
	30 天內		
	其他		
3. 影響機率	高		
	中		
	低		
4. 因地下水影響，有何因應策略 (可複選)	停工處裡		
	繼續作業		
	其他		

備註：挖泥船作業不受地下水影響，可照常作業。



(自然因素)

(工程專家人數：5人)

訪談要項	子項	工程專家	
		統計	%
1. 火災 (機艙起火) 是否影響工期	無	0	0%
	有 (影響天數)	5	100%
2. 影響程度	10 天內	5	100%
	20 天內	0	0%
	30 天內	0	0%
	其他	0	0%
3. 影響機率	高	0	0%
	中	0	0%
	低	5	100%
4. 因火災影響，有何因應策略 (可複選)	滅火及加強消防設施	5	100%
	機艙保持通風、清潔，避免油污發生	5	100%
	更換狀況不佳之油管	5	100%
	其他 (聘請工安顧問)	1	20%

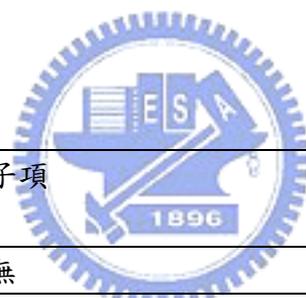
備註：挖泥船機艙及各船艙均配有各類滅火及消防器材。

(挖區沉積物因素)

(工程專家人數：5人)

訪談要項	子項	工程專家	
		統計	%
1. 土質太硬是否影響工期	無	0	0%
	有 (影響天數)	5	100%
2. 影響程度	1 個月內	3	60%
	2 個月內	2	40%
	3 個月內	0	0%
	其他	0	0%
3. 影響機率	高	0	0%
	中	0	0%
	低	5	100%
4. 因土質太硬影響，有何因應策略 (可複選)	改用適當船機及工法作業	5	100%
	繼續作業並更換絞刀頭及絞刀齒	3	60%
	其他	0	0%

備註：台灣中西部沿海地層分佈較少分布硬土層。



(挖區沉積物因素)

(工程專家人數：5人)

訪談要項	子項	工程專家	
		統計	%
1. 土質太黏是否影響工期	無	0	0%
	有 (影響天數)	5	100%
2. 影響程度	1 個月內	1	20%
	2 個月內	2	40%
	3 個月內	2	40%
	其他	0	0%
3. 影響機率	高	3	60%
	中	2	40%
	低	0	0%
4. 因土質太黏影響，有何因應策略 (可複選)	更換絞刀齒、加裝黏土刮除裝置，繼續作業	5	100%
	不管它，無法作業時，再清除黏土	1	20%
	其他	0	0%

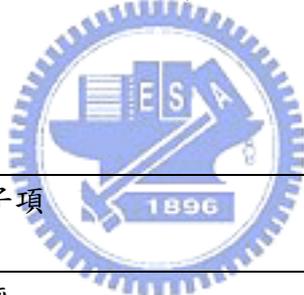
備註：台灣中西部沿海地層分佈高硬度黏土層。

(挖區沉積物因素)

(工程專家人數：5人)

訪談要項	子項	工程專家	
		統計	%
1. 水下障礙物是否影響工期	無	0	0%
	有 (影響天數)	5	100%
2. 影響程度	10 天內	1	20%
	20 天內	2	40%
	30 天內	2	40%
	其他	0	0%
3. 影響機率	高	1	20%
	中	1	20%
	低	3	60%
4. 因水下障礙物影響，有何因應策略 (可複選)	以適當船機施工、絞刀吸泥口加裝防柵鋼條	4	80%
	不管它，俟無法作業時再清除	1	20%
	其他	0	0%

備註：挖區水下障礙物，俟各挖區海床分布而定。



(挖區沉積物因素)

(工程專家人數：5人)

訪談要項	子項	工程專家	
		統計	%
1. 砂源不足是否影響工期	無	0	0%
	有 (影響天數)	5	100%
2. 影響程度	1 個月內	1	20%
	2 個月內	2	40%
	3 個月內	2	40%
	其他	0	0%
3. 影響機率	高	0	0%
	中	0	0%
	低	5	100%
4. 因砂源不足影響，有何因應策略 (可複選)	變更設計、更換挖區	1	20%
	繼續作業、尋求附近挖區砂源	4	80%
	其他	0	0%

備註：

1. 港內作業時，大都以挖區土方計價，沒有砂源不足困擾。
2. 外海作業時以填區土方計價，該挖區重複挖時會有砂源不足情形，可在挖區附近再找砂源。

(機具因素)

(工程專家人數：5 人)

訪談要項	子項	工程專家	
		統計	%
1. 船機老舊是否影響工期	無	0	0%
	有 (影響天數)	5	100%
2. 影響程度	1 個月內	1	20%
	2 個月內	4	80%
	3 個月內	0	0%
	其他	0	0%
3. 影響機率	高	3	60%
	中	2	40%
	低	0	0%
4. 因船機老舊影響，有何因應策略 (可複選)	選用狀況佳之船機	3	60%
	加強船機保養、控管經常損壞機具	4	80%
	避免超時限之長時間作業	5	100%
	其他		

備註：國內現有挖泥船機都是 20 年以上之絞刀吸口式挖泥船。



(機具因素)

(工程專家人數：5 人)

訪談要項	子項	工程專家	
		統計	%
1. 超時限作業是否影響工期	無	0	0%
	有 (影響天數)	5	100%
2. 影響程度	1 個月內	1	20%
	2 個月內	4	80%
	3 個月內	0	0%
	其他	0	0%
3. 影響機率	高	1	20%
	中	3	60%
	低	1	20%
4. 因超時限作業影響，有何因應策略 (可複選)	作業一定時數內，停船保養	3	60%
	照常作業，不定期檢查船機與以狀況排除，或損壞時予以停機檢修	4	80%
	其他	0	0%

備註：國內現有挖泥船機為趕工作業，皆是 2 班制 24 小時作業。

(機具因素)

(工程專家人數：5 人)

訪談要項	子項	工 程專家	
		統計	%
1. 船機選用不當是否影響工期	無	0	0%
	有 (影響天數)	5	100%
2. 影響程度	1 個月內	5	100%
	2 個月內	0	0%
	3 個月內	0	0%
	其他	0	0%
3. 影響機率	高	0	0%
	中	0	0%
	低	5	100%
4. 因船機選用不當影響，有何因應策略 (可複選)	施工前依地質鑽探，評估作業施工條件，選用適當船機	4	80%
	施工中依突發狀況，研用新工法或改裝船機	3	60%
	其他	0	0%

備註：目前台灣僅剩 4 艘絞刀吸口式挖泥船。



(機具因素)

(工程專家人數：5 人)

訪談要項	子項	工 程專家	
		統計	%
1. 機件品質不佳是否影響工期	無	0	0%
	有 (影響天數)	5	100%
2. 影響程度	10 天內	2	40%
	20 天內	2	40%
	30 天內	1	20%
	其他 (30 天以上)	0	0%
3. 影響機率	高	0	0%
	中	0	0%
	低	5	100%
4. 因機件品質不佳，有何因應策略 (可複選)	料件盡量採用原廠材料	5	100%
	容易變質且庫存過久材料，予以汰除	5	100%
	其他	0	0%

備註：挖泥施工船機大多是荷蘭製或日製之外國製造挖泥船。

(機具因素)

(工程專家人數：5人)

訪談要項	子項	工程專家	
		統計	%
1. 待料時間過長是否影響工期	無	0	0%
	有 (影響天數)	5	100%
2. 影響程度	10 天內	3	60%
	20 天內	2	40%
	30 天內	0	0%
	其他	0	0%
3. 影響機率	高	0	0%
	中	0	0%
	低	5	100%
4. 因待料時間過長，有何因應策略 (可複選)	經常損壞之機具及料件，庫存一定安全數量	5	100%
	調查各船機共用料件，以備檢修臨時調度用	5	100%
	縮短採購作業流程，調查材料商庫存數量，加強材料商聯繫	5	100%

備註：1. 挖泥船都有庫房，庫存一般消耗性料件。

2. 經常損壞之大型料件，均庫存一定安全存量。

(機具因素)

(工程專家人數：5人)

訪談要項	子項	工程專家	
		統計	%
1. 待修時間過長是否影響工期	無	0	0%
	有 (影響天數)	5	100%
2. 影響程度	10 天內	3	60%
	20 天內	2	40%
	30 天內	0	0%
	其他 (30 天以上)	0	0%
3. 影響機率	高	0	0%
	中	0	0%
	低	5	100%
4. 因待修時間過長影響，有何因應策略 (可複選)	經常損壞之機具控管，機具總成庫存一定安全數量	5	100%
	加強修復廠商聯繫，維持一定廠商數量檢修	5	100%
	其他	0	0%

備註：

(機具因素)

(工程專家人數：5 人)

訪談要項	子項	工程專家	
		統計	%
1. 油料補充不足是否影響工期	無	0	0%
	有 (影響天數)	5	100%
2. 影響程度	10 天內	5	100%
	20 天內	0	0%
	30 天內	0	0%
	其他	0	0%
3. 影響機率	高	0	0%
	中	0	0%
	低	5	100%
4. 因油料補充不足影響，有何因應策略 (可複選)	加強與中油連絡，避免假日無油可加	5	100%
	柴油及機油等副油庫存一定安全作業油量。	5	100%
	其他	0	0%

備註：挖泥船機作業之柴油及機油、液壓油、齒輪油及黃油等副油，因為用量大、消耗快，皆有與中油等油料供應公司簽合約。



(機具因素)

(工程專家人數：5 人)

訪談要項	子項	工程專家	
		統計	%
1. 船機數量不足是否影響工期	無	0	0%
	有 (影響天數)	5	100%
2. 影響程度	1 個月內	0	0%
	2 個月內	2	40%
	3 個月內	2	40%
	其他 (3 個月以上)	1	20%
3. 影響機率	高	0	0%
	中	0	0%
	低	5	100%
4. 因船機數量不足影響，有何因應策略 (可複選)	租用其他形式挖泥船機	5	100%
	其他	0	0%

備註：目前國內挖泥船僅有 4 艘繳刀吸口式挖泥船。

(排泥管因素)

(工程專家人數：5 人)

訪談要項	子項	工程專家	
		統計	%
1. 排泥管老舊破損是否影響工期	無	0	0%
	有 (影響天數)	5	100%
2. 影響程度	10 天內	0	0%
	20 天內	2	40%
	30 天內	2	40%
	其他 (30 天以上)	1	20%
3. 影響機率	高	5	100%
	中	0	0%
	低	0	0%
4. 因排泥管老舊破損影響, 有何因應策略 (可複選)	架設管線前, 先汰除不堪用排泥管、浮筒及橡皮接頭。	5	100%
	堪用管線等暫時先架接, 並速新購及租用。	5	100%
	加強狀況不佳之管線控管, 俟狀況隨時焊接補強。	5	100%
	其他	0	0%

備註：1. 排泥管線在海水腐蝕及海浪扭轉情況下，損壞率極高，通常在使用 3 年後，即已不堪使用。

2. 管線每根約 6 萬元，排距 6 公里約需 500 根管線，約需 3,000 萬元，因此可堪用就使用，俟有狀況隨時焊接補強在使用。

(排泥管因素)

(工程專家人數：5 人)

訪談要項	子項	工程專家	
		統計	%
1. 排泥管飄失及沉入是否影響工期	無	0	0%
	有 (影響天數)	5	100%
2. 影響程度	10 天內	0	0%
	20 天內	1	20%
	30 天內	2	40%
	其他 (30 天以上)	2	40%
3. 影響機率	高	3	60%
	中	2	40%
	低	0	0%
4. 因排泥管飄失及沉入影響, 有何因應策略 (可複選)	作業時加強管線錨錠	5	100%
	颱風、東北季風將管線拖進港內避浪, 並於颱風過後, 加強管線等檢查	5	100%
	其他	0	0%

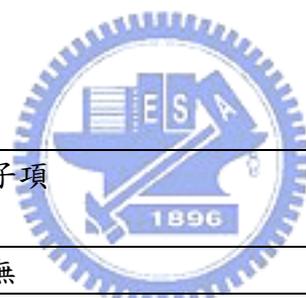
備註：

(排泥管因素)

(工程專家人數：5人)

訪談要項	子項	工程專家	
		統計	%
1. 排泥管品質不佳是否影響工期	無	0	0%
	有 (影響天數)	5	100%
2. 影響程度	10 天內	2	40%
	20 天內	1	20%
	30 天內	2	40%
	其他	0	0%
3. 影響機率	高	5	100%
	中	0	0%
	低	0	0%
4. 因排泥管品質不佳影響，有何因應策略 (可複選)	該批管線退回不再使用	5	100%
	新購管線時，加強現場施工監造	3	60%
	其他	0	0%

備註：



(作業人員因素)

(工程專家人數：5人)

訪談要項	子項	工程專家	
		統計	%
1. 操作不當是否影響工期	無	0	0%
	有 (影響天數)	5	100%
2. 影響程度	10 天內	2	40%
	20 天內	3	60%
	30 天內	0	0%
	其他 (30 天以上)	0	0%
3. 影響機率	高	0	0%
	中	0	0%
	低	5	100%
4. 因操作不當影響，有何因應策略 (可複選)	加強作業手專長訓練	4	80%
	新手操作時，領班在旁監督及指導	5	100%
	其他	0	0%

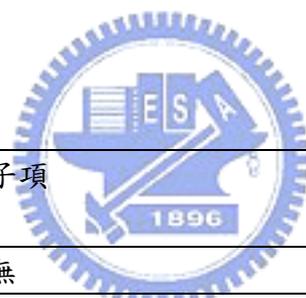
備註：

(作業人員因素)

(工程專家人數：5人)

訪談要項	子項	工程專家	
		統計	%
1. 作業消極是否影響工期	無	0	0%
	有 (影響天數)	5	100%
2. 影響程度	10 天內	2	40%
	20 天內	3	60%
	30 天內	0	0%
	其他	0	0%
3. 影響機率	高	0	0%
	中	0	0%
	低	5	100%
4. 因作業消極影響，有何因應策略 (可複選)	作業時加強各管理幹部監督	2	40%
	以提高薪資之績效獎金提高作業效率	3	60%
	其他	0	0%

備註：作業消極間接影響挖泥效率。導致工期增加。



(作業人員因素)

(工程專家人數：5人)

訪談要項	子項	工程專家	
		統計	%
1. 人員不足是否影響工期	無	0	0%
	有 (影響天數)	5	100%
2. 影響程度	10 天內	4	80%
	20 天內	1	20%
	30 天內	0	0%
	其他 (30 天以上)	0	0%
3. 影響機率	高	0	0%
	中	0	0%
	低	5	100%
4. 因人員不足影響，有何因應策略 (可複選)	加強其他作業專長訓練，屆時人員不足時，作適度之調派。	4	80%
	其他工區待命人員，依船上所需工種調派。	1	20%
	其他	0	0%

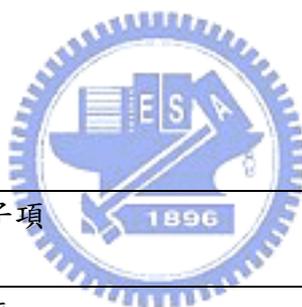
備註：

(作業人員因素)

(工程專家人數：5人)

訪談要項	子項	工程專家	
		統計	%
1. 管理不善是否影響工期	無	0	0%
	有 (影響天數)	5	100%
2. 影響程度	10 天內	2	40%
	20 天內	1	20%
	30 天內	2	40%
	其他	0	0%
3. 影響機率	高	0	0%
	中	0	0%
	低	5	100%
4. 因管理不善影響，有何因應策略 (可複選)	不定期至排泥口抽查砂石排放情形	2	40%
	管理幹部留所船上監督作業，	3	60%
	裝置產量紀錄器，以做考核監督	3	60%
	其他	0	0%

備註：



(其他因素)

(工程專家人數：5人)

訪談要項	子項	工程專家	
		統計	%
1. 變更設計是否影響工期	無	0	0%
	有 (影響天數)	5	100%
2. 影響程度	1 個月內	0	0%
	2 個月內	2	40%
	3 個月內	2	40%
	其他	1	20%
3. 影響機率	高	1	20%
	中	2	40%
	低	2	40%
4. 因變更設計影響，有何因應策略 (可複選)	視工程損失情形，向業主求償	4	80%
	與業主或設計單位加強聯繫，以縮短作業流程時間，	5	100%
	先行施作不影響部分之工項	5	100%
	其他	0	0%

備註：變更設計次數影響工程進度，故變更設計次數越少對於工期之掌控性愈佳，變更設計因素，以業主需求變更為主因，倘業主變更次數減少，有助

於縮短工期。

(其他因素)

(工程專家人數：5人)

訪談要項	子項	工程專家	
		統計	%
1. 漁民抗爭是否影響工期	無	0	0%
	有 (影響天數)	5	100%
2. 影響程度	10 天內	2	40%
	20 天內	2	40%
	30 天內	1	20%
	其他 (1 個月以上)	0	0%
3. 影響機率	高	0	0%
	中	0	0%
	低	5	100%
4. 因漁民抗爭影響，有何因應策略 (可複選)	請業主出面協調	2	40%
	作業期間做好油污、廢水及垃圾處理，海上管業間作業加裝警示燈。	5	100%
	排泥管線架設，盡量以不擾民為原則	5	100%
	其他	0	0%

備註：



(其他因素)

(工程專家人數：5人)

訪談要項	子項	工程專家	
		統計	%
1. 測量錯誤是否影響工期	無	0	0%
	有 (影響天數)	5	100%
2. 影響程度	10 天內	0	0%
	20 天內	0	0%
	30 天內	0	0%
	其他 (無法計算)	5	100%
3. 影響機率	高	0	0%
	中	0	0%
	低	5	100%
4. 因測量錯誤影響，有何因應策略 (可複選)	測量時會同業主、設計單位三方確認，避免誤挖	5	100%
	收方計價時海上測量亦同，避免超挖或浚深不足有爭議。	5	100%
	其他	0	0%

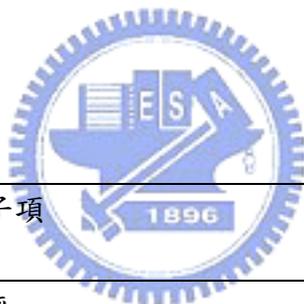
備註：

(其他因素)

(工程專家人數：5人)

訪談要項	子項	工程專家	
		統計	%
1. 油水、污染是否影響工期	無	0	0%
	有 (影響天數)	5	100%
2. 影響程度	10 天內	5	100%
	20 天內	0	0%
	30 天內	0	0%
	其他	0	0%
3. 影響機率	高	0	0%
	中	0	0%
	低	5	100%
4. 因油水、污染影響，有何因應策略 (可複選)	施工期間不要排放廢油、艙底水及垃圾污染海面	5	100%
	定期回收廢油、廢水處理	5	100%
	其他	0	0%

備註：



(其他因素)

(工程專家人數：5人)

訪談要項	子項	工程專家	
		統計	%
1. 意外事故是否影響工期	無	0	0%
	有 (影響天數)	5	100%
2. 影響程度	10 天內	5	100%
	20 天內	0	0%
	30 天內	0	0%
	其他 (30 天以上)	0	0%
3. 影響機率	高	0	0%
	中	0	0%
	低	5	100%
4. 因意外事故影響，有何因應策略 (可複選)	加強工安環保教育及請工安顧問	4	80%
	船上加強控管易爆容器及穀燃氣體	3	60%
	其他	0	0%

備註：

(其他因素)

(工程專家人數：5人)

訪談要項	子項	工程專家	
		統計	%
1. 開工太遲是否影響工期	無	0	0%
	有 (影響天數)	5	100%
2. 影響程度	10 天內	0	0%
	20 天內	0	0%
	30 天內	5	100%
	其他	0	0%
3. 影響機率	高	0	0%
	中	0	0%
	低	5	100%
4. 因開工太遲影響，有何因應策略 (可複選)	加強趕工計畫	5	100%
	可請協力廠商	1	20%
	其他	0	0%

備註：

