

93-34-782

MOTC-IOT-92-H1-BB01

港灣構造物功能性設計分析方法之研究 - 港灣水域浚挖探討及規範訂定之研究 -



交通部運輸研究所
中興工程顧問股份有限公司
合作辦理
中華民國九十三年三月

93-34-782

MOTC-IOT-92-H1-BB01

港灣構造物功能性設計分析方法之研究 - 港灣水域浚挖探討及規範訂定之研究 -

著者：賴瑞應、曾文傑、張道光
林澤熙、鄧耀里、陳斌哲

交通部運輸研究所
中興工程顧問股份有限公司
合作辦理
中華民國九十三年三月

港灣構造物功能性設計分析方法之研究

港灣水域浚挖探討及規範訂定之研究

交通部運輸研究所

GPN : 1009300862

定價 元

港灣構造物功能性設計分析方法之研究
- 港灣水域浚挖探討及規範訂定之研究 -

著 者：賴瑞應、曾文傑、張道光、林澤熙、鄧耀里、陳斌哲

出版機關：交通部運輸研究所

地 址：台北市敦化北路 240 號

網 址：www.iot.gov.tw/chinese/lib/lib.htm

電 話：(02)23496789

出版年月：中華民國九十三年三月

印 刷 者：

版(刷)次冊數：初版一刷 150 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定 價： 元

展 售 處：

交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)23496880

三民書局重南店：台北市重慶南路一段 61 號 4 樓•電話：(02)23617511

三民書局復北店：台北市復興北路 386 號 4 樓•電話：(02)25006600

國家書坊台視總店：台北市八德路三段 10 號 B1•電話：(02)25787542

五南文化廣場：台中市中山路 6 號•電話：(04)22260330

新進圖書廣場：彰化市中正路二段 5 號•電話：(04)7252792

青年書局：高雄市青年一路 141 號 3 樓•電話：(07)3324910

**PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS
INSTITUTE OF TRANSPORTATION
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS**

TITLE: Performance - based Seismic Design Method of Port Structures / Harbor Basin Dredging Technique and Dredging Standard Specification			
ISBN(OR ISSN)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1009300862	IOT SERIAL NUMBER 93-34-782	PROJECT NUMBER 92-H1-BB01
DIVISION: Harbor & Marine Technology Center DIVISION DIRECTOR: Chiu Yung-Fang PRINCIPAL INVESTIGATOR: Lai Jui-Ying PROJECT STAFF: Tseng Wern-Jier, Chang Tao-Kuang PHONE: (04) 26587115 FAX: (04) 26564418			PROJECT PERIOD FROM 04/2003 TO 12/2003
RESEARCH AGENCY: SINOTECH ENGINEERING CONSULTANTS, LTD. PRINCIPAL INVESTIGATOR: Lin Tse-Hsi PROJECT STAFF: Teng Yao-Li, Chen Pin-Tseh ADDRESS: 171, NANKING E. RD. .SEC. 5, TAIPEI 105, Taiwan REPUBLIC OF CHINA PHONE: (02) 27698388 ext 20558			
KEY WORDS: Dredging Specifications ; Public Construction Commission ; Draft			
ABSTRACT: <p style="text-align: justify;">Because the harbor basin dredging specifications formulated by the Harbor Bureaus in Taiwan and the Public Construction Commission of the Executive Yuan vary, this study aim to solve the problems in differences. In order to provide a consistent standard to prevent the same problems from occurring again, and to improve the quality and technique of dredging, the dredging technique and covenant specifications were studied. Meanwhile, the existing dredging specifications of each Harbor Bureau and the Public Construction Commission of the Executive Yuan were also reviewed and modified to provide standard specifications (draft) of coincidental application principle.</p>			
DATE OF PUBLICATION March 2004	NUMBER OF PAGES 170	PRICE	CLASSIFICATION SECRET CONFIDENTIAL <input checked="" type="checkbox"/> UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

港灣構造物功能性設計分析方法之研究

- 港灣水域浚挖探討及規範訂定之研究 -

目 錄

中文摘要	I
英文摘要	
圖目錄	
表目錄	X
第一章 前言	1-1
1.1 研究背景與目的	1-1
1.2 工作範圍及方法	1-2
1.3 報告內容	1-2
第二章 浚挖技術發展概況	2-1
2.1 概述	2-1
2.2 浚挖技術發展趨勢	2-1
2.2.1 歷史沿革	2-1
2.2.2 發展趨勢	2-2
2.3 浚挖船機概述	2-2
2.3.1 國內船機現況	2-2
2.3.2 國外船機現況	2-4
2.4 岩盤及軟質底床之浚挖	2-6
2.4.1 岩盤底床之浚挖方法	2-6
2.4.2 軟質底床之浚挖方法	2-9
2.5 浚挖作業方式	2-9

第三章 浚挖機具種類及適用性	3-1
3.1 浚挖機具分類	3-1
3.1.1 機械式(Mechanical)	3-1
3.1.2 水力式(Hydraulic)	3-1
3.1.3 氣壓式(Pneumatic)	3-1
3.1.4 噴水式(Jet)	3-1
3.2 挖泥船基本型式	3-3
3.2.1 機械式挖泥船(Mechanical Dredgers)	3-3
3.2.2 水力式挖泥船(Hydraulic Dredgers)	3-6
3.2.3 氣壓式挖泥船(Pneumatic Dredgers)	3-8
3.2.4 噴水挖泥船(Water Injection Dredgers)	3-11
3.3 浚挖方法優缺點及其比較	3-13
3.3.1 機械式浚挖法	3-13
3.3.2 水力式浚挖法	3-13
3.3.3 氣壓式浚挖法	3-14
3.3.4 噴水式浚挖法	3-15
3.3.5 浚挖方法比較	3-15
3.4 浚挖機具適用性	3-17
3.4.1 浚挖機具選用原則	3-17
3.4.2 浚挖機具與土壤性質	3-23
3.4.3 浚挖機具施工誤差	3-26
3.4.4 浚挖機具對預處理岩石之要求	3-30
第四章 浚泥輸送方式	4-1
4.1 概述	4-1
4.2 路運	4-1

4.3 水運(船舶運輸)	4-1
4.4 管線運輸	4-2
4.5 絞刀吸管式挖泥船浚填能量	4-2
4.6 自航耙吸式挖泥船挖泥效率	4-3
第五章 浚泥最終棄置處理	5-1
5.1 概述	5-1
5.2 浚泥海洋棄置	5-1
5.2.1 相關法令規定	5-1
5.2.2 海拋區選址原則	5-7
5.2.3 最適海拋區研選	5-7
5.2.4 海拋污染防治對策可行性	5-10
5.2.5 監測計畫	5-14
5.3 浚泥棄置替代方案	5-15
5.3.1 替代方案介紹	5-15
5.3.2 浚泥填地之粒料性質限制	5-22
5.4 浚泥資源化再利用	5-23
5.4.1 農漁用途方面	5-24
5.4.2 生態環境提升方面	5-25
5.4.3 浚泥資源化決策方式	5-26
5.5 浚挖作業與環境保護	5-29
5.5.1 浚挖與水質污染	5-29
5.5.2 防止浚挖污染之措施	5-30
第六章 浚挖規範訂定之研究	6-1
6.1 浚挖規範課題分析	6-1
6.1.1 基本資料之不足	6-1

6.1.2 浚挖機具之功能.....	6-1
6.1.3 浚挖土方處理.....	6-2
6.1.4 水深測量及土方計算.....	6-3
6.1.5 計量及驗收.....	6-3
6.2 浚挖規範蒐集評析.....	6-4
6.2.1 浚挖規範蒐集.....	6-4
6.2.2 浚挖規範評析.....	6-5
6.3 浚挖邊坡設計與實際開挖方式.....	6-9
6.3.1 浚挖邊坡設計.....	6-9
6.3.2 實際開挖方式.....	6-10
6.4 合理考量浚挖期之回淤量.....	6-12
6.5 浚挖測量及土方計算.....	6-12
6.5.1 測量精度.....	6-13
6.5.2 測線間距規定.....	6-13
6.5.3 土方計算方式.....	6-15
6.6 浚挖規範草案訂定.....	6-16
6.6.1 規範架構.....	6-16
6.6.2 浚挖施工.....	6-18
6.6.3 許可差.....	6-19
6.6.4 檢 驗.....	6-20
6.6.5 驗 收.....	6-22
6.6.6 計量及計價.....	6-23
6.6.7 浚挖規範草案.....	6-24
第七章 結論與建議.....	7-1
7.1 結論.....	7-1

7.2 建議.....	7-2
參考文獻	R-1
附錄 A 港灣水域浚挖規範(草案)	A-1
附錄 B 浚挖技術及規範草案諮詢訪談記錄表	B-1
附錄 C 第一次諮詢會議審查意見及處理情形	C-1
附錄 D 第二次諮詢會議審查意見及處理情形	D-1
附錄 E 期末報告審查意見處理情形表	E-1
附錄 F 期末簡報資料	F-1

圖目錄

圖 1.2-1	港灣水域浚挖探討及規範訂定作業流程.....	1-5
圖 2.4-1	直接放置炸藥爆破法示意圖.....	2-6
圖 2.4-2	巨型炸箱爆破法示意圖.....	2-7
圖 2.4-3	鑽孔爆破法示意圖.....	2-8
圖 2.4-4	鑿擊法示意圖.....	2-8
圖 3.2-1	自航抓斗式挖泥船基本型式示意圖.....	3-3
圖 3.2-2	鏈斗式挖泥船基本型式示意圖.....	3-4
圖 3.2-3	挖斗式挖泥船基本型式示意圖.....	3-5
圖 3.2-4	鏟斗式挖泥船基本型式示意圖.....	3-5
圖 3.2-5	絞刀吸管式挖泥船基本型式示意圖.....	3-7
圖 3.2-6	自航耙吸式挖泥船基本型式示意圖.....	3-8
圖 3.2-7	氣力泵循環過程示意圖.....	3-9
圖 3.2-8	氣送式挖泥船配置示意圖.....	3-10
圖 3.2-9	Oozer 挖泥船示意圖.....	3-10
圖 3.2-10	Oozer 挖泥船吸泥部位示意圖.....	3-11
圖 3.2-11	噴水式挖泥船示意圖.....	3-12
圖 3.2-12	噴水式挖泥船作業示意圖.....	3-12
圖 4.6-1	泥艙裝載率與流失率關係圖.....	4-4
圖 5.2-1	最適海拋區評選作業流程圖.....	5-9
圖 5.3-1	荷蘭鹿特丹港南岸浚泥棄置區.....	5-16
圖 5.3-2	麥寮港南公用碼頭浚泥棄置區.....	5-17
圖 5.3-3	浚泥作為堤心料示意圖.....	5-17

圖 5.3-4	浚泥作為離岸堤案例參考圖.....	5-19
圖 5.3-5	浚泥作為離岸堤堤心外覆塊石斷面示意圖.....	5-19
圖 5.3-6	潮間帶突堤案例參考圖	5-20
圖 5.3-7	浚泥應用於防砂堤案例參考圖	5-21
圖 5.3-8	覆蓋作業施工駁船設備配置示意圖	5-22
圖 5.4-1	淤泥資源化決策流程圖	5-27
圖 5.5-1	採用砂簾防污施工參考圖	5-31
圖 5.5-2	圍堤後抽砂前施工現場參考圖	5-31
圖 6.3-1	邊坡開挖示意圖.....	6-11
圖 6.3-2	梅花型挖泥法示意圖	6-11
圖 6.5-1	浚挖土方計量說明圖	6-15
圖 6.5-2	浚挖不足土方計量說明圖	6-16

表 目 錄

表 2.3-1	國內抽砂造地主力船隊現況表	2-3
表 2.3-2	國際市場挖泥船現況統計表.....	2-4
表 3.1-1	浚挖機具依船舶機械之分類.....	3-2
表 3.3-1	浚挖方法特性比較表	3-16
表 3.4-1	各型挖泥船作業水深限制參考表	3-18
表 3.4-2	英國標準規範對挖泥船操作限界之規定.....	3-20
表 3.4-3	大陸對挖泥船主要尺度及所需水域條件之規定	3-21
表 3.4-4	浚挖土壤分類及辨識法(PIANC,1984).....	3-24
表 3.4-5	標準貫入擊數 N 值之土壤分類標準	3-25
表 3.4-6	土壤性質及適合作業船舶	3-25
表 3.4-7	各型浚挖機具浚挖施工之垂直向誤差.....	3-27
表 3.4-8	各型浚挖機具浚挖施工之水平向誤差.....	3-28
表 3.4-9	各型浚挖機具之計算超寬與計算超深.....	3-29
表 3.4-10	常用挖泥船對預處理岩石的一般要求.....	3-30
表 4.5-1	絞刀吸管式挖泥船浚填能量表	4-3
表 5.2-1	我國海洋棄置物之分類	5-4
表 5.2-2	浚泥海拋污染防治對策可行性檢討表.....	5-12
表 6.3-1	各類土質設計的水下邊坡	6-10
表 6.5-1	港灣水域及海岸工程水深相關測量精度表.....	6-14
表 6.6-1	工程會綱要規範與本研究浚挖規範草案架構對照表	6-17

第一章 前言

1.1 研究背景與目的

台灣本島四面環海，海岸線長達 1,250 公里，計有基隆、台中、高雄及花蓮等四個國際商港及其輔助港；麥寮、和平、永安及深澳等四個工業港；以及漁港、船澳多達二百餘處。這些港口為國家對外經濟活動的命脈及廣大漁民生計之所寄，然其中大部份重要港口都集中在台灣西海岸的砂土質海岸興建，臨近港區之河川及大小排水，其夾帶入海之土石、污染、漂砂等，極易隨潮流及波浪的作用，帶入港區水域造成淤積及水深不足等問題。因此，各港務單位為維持船舶進出便利及靠泊安全之需求，每年均須投入相當的費用，辦理港池及航道的疏浚工作，並成為維持港埠正常營運的重要工作之一。

港灣水域浚挖係指對航道(channel)、迴船池(turning basin)、泊地(anchorage)、船渠(basin)及碼頭船席(berth)等水域設施之維護疏浚、加深或新闢工作，由於浚挖對象為海床，除地質種類及地形變化等，較陸地開挖工程難以掌握外，施工中受海氣象因素影響極大，由於施工船機規模較大及費用較高，在施工管理方面也較複雜。故浚挖工程規劃設計時，除需考慮上列因素外，應檢討疏浚之目的，並採取合宜的施工方式，以達確保工程品質之目的。

依國內以往之浚挖施工經驗瞭解，浚挖工程常造成問題衍生糾紛，例如浚挖中之回淤造成驗收糾紛、浚挖測量與土方計算方式爭議、施工規範無部份驗收機制、提供地質資料不足，以及浚挖機具選擇不當造成局部超挖成坑洞影響鄰近結構物安全等。鑑於目前公共工程委員會僅提供浚挖工程之綱要規範，而各港務主管單位之浚挖工程規範亦不盡相同，為使浚挖施工有統一之規範依循，以確保施工品質，有必要針對浚挖工程研擬施工規範，提供港灣水域浚挖工程施工規範研擬的依據。基此，進行本研究工作，期能達成下列目的。

1. 藉浚挖工程技術之探討，提升國內浚挖工程品質
2. 依近年國內累積之浚挖施工經驗，評述過去產生之問題及提出對策，以防止問題重演
3. 研提港灣水域浚挖規範(草案)，供未來業界訂定港灣水域浚挖規範及工程會修定浚挖綱要規範之參考。

1.2 研究範圍及方法

依據前節所示之研究背景與目的，本研究之工作範圍可概分為兩大部份，即：

1. 港灣水域浚挖工程之探討
2. 港灣水域浚挖規範訂定之研究

本研究之實施首為建立基本資料庫作為後續規範研訂之依據，蒐集國內外有關浚挖技術發展、相關法規規定及浚挖施工規範等資料，進行分類整理分析及綜合評述，並研訂港灣水域浚挖規範(草案)供各界參考。此外，為縮小理論與實務間之落差，在研究實施階段，除參考資料庫之相關規範、文獻外，期間並訪談業界以了解浚挖施工易遭遇之糾紛及思考解決之對策，並辦理諮詢會議，邀請工程顧問公司、港務局及施工單位等產官學界專家學者，對本研究探討內容及港灣水域浚挖規範(草案)提供卓見，最後依諮詢意見修正成果完成本研究，期能對國內浚挖工程品質之提升有所助益。本研究之作業流程如圖 1.2-1 所示。

1.3 報告內容

本研究報告共分為七章及附錄 A~附錄 F，其內容摘述如后。

第一章 前 言

簡述本研究之研究背景與目的、工作範圍及方法、執行情形及報告內容摘要。

第二章 浚挖技術發展概況

介紹浚挖技術發展趨勢、國內外浚挖船機現況、岩盤及軟質底床之浚挖方法及浚挖作業方式等之概況。

第三章 浚挖機具種類及適用性

對浚挖機具分類、挖泥船基本型式、浚挖方法優缺點及其比較、浚挖機具適用性等進行評析。

第四章 浚泥輸送方式

就浚泥之路運、水運(船舶運輸)、管線運輸，以及絞刀式挖泥船浚填能量及自航式挖泥船浚挖效率等方面進行探討。

第五章 浚泥最終棄置處理

對浚泥海洋棄置、浚泥棄置替代方案、浚泥資源化再利用、浚挖作業與環境保護等方面進行分析探討。

第六章 浚挖規範訂定之研究

進行浚挖規範課題分析、評析蒐集之浚挖規範、介紹浚挖邊坡設計與實際開挖方式，合理考量浚挖期之回淤量，浚挖測量及土方計算，說明規範之架構及研提許可差、檢驗、驗收、計量計價等之規定，並據以提出港灣水域浚挖規範(草案)。

第七章 結論與建議

對以上研究內容之成果提出結論，並建議今後檢討之課題。

附錄 A 港灣水域浚挖規範(草案)

依第六章之分析探討成果，參考國內各港之浚挖施工規範內容，依照工程會綱要規範架構研擬港灣水域浚挖規範(草案)。

附錄 B 浚挖技術及規範草案諮詢訪談記錄表

為對港務局浚挖業務單位之訪談記錄。

附錄 C、D 第一、二次諮詢會議委員意見及處理說明

附錄 E 期末報告審查意見辦理情形

附錄 F 期末簡報資料

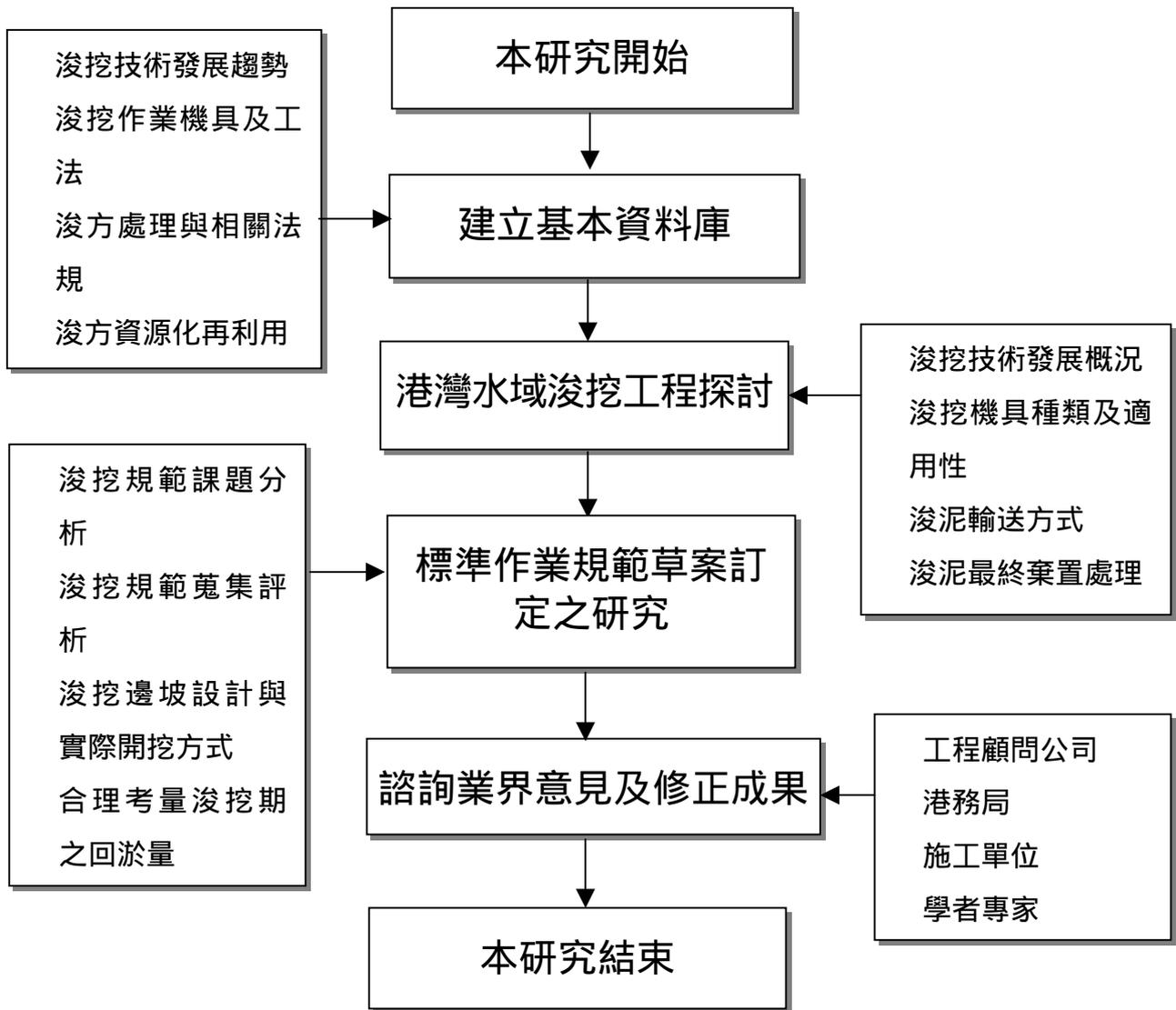


圖 1.2-1 港灣水域浚挖工程探討及規範訂定作業流程

第二章 浚挖技術發展概況

2.1 概 述

水面下之土石方挖棄稱為「浚挖」，港區水域中之航道、迴船池、船席之水深加深、拓寬及維持，均需依賴浚挖作業達成，又防波堤、碼頭等港灣結構物之海床基礎浚挖、海底土砂之採取、海底堆積淤泥之去除等也是廣義之浚挖作業。通常使用挖泥船直接從海床浚挖為一般之浚挖工事，而岩盤、礁岩、硬土盤或卵石之混合盤等堅硬地盤，須以擊錘、碎岩棒、炸藥或化學膨脹劑等碎裂岩體後，再以浚挖船挖除之，浚挖工事則屬特殊浚挖，其施工順序均依浚挖、運送、棄方等步驟進行。浚挖產生之棄方如河海砂、卵礫石、淤泥或粘土等，為便於說明以下各章統一以「浚泥」稱之。

2.2 浚挖技術發展趨勢

2.2.1 歷史沿革

浚挖(Dredging)技術為應用新興科學研發之一種近代施工技術，使浚挖工作由人力以鏟斗挖除方式，提升為以能源為動力之機械挖除方式，開啟了浚挖方法之發展風潮。浚挖機具型式之發展初期在各地幾為同時展開，當時之設計主要受欲浚挖地點之地質條件影響，機械式浚挖方法之發展始於十九世紀，係由歐洲低窪國家地區開始；而使用泵浦為動力之水力浚挖方法，則以美國為先鋒，當歐洲地區還在使用受泥船將棄方運至外海拋棄時，美國已開始使用管線輸送，大幅提升抽砂作業效率，後來此種以水力抽吸方式及由管線輸送之浚挖方式廣為世界各地採用，自 1970 年代起，自航式挖泥船逐步朝向大型化發展，開始建造 9,000m³ 到 11,300m³ 級挖泥船，以供全天候工作且可航行到世界各主要港埠工作，特別是鹿特丹(Rotterdam)必需浚深至 35m，1990 年代，自航耙吸式挖泥船之泥艙容量達 17,000m³，2000 年以後自航耙

吸式挖泥船之泥艙容量已達 35,508m³，浚挖深度達 136m。另外值得注意的是可開挖岩質地盤之絞刀式浚挖機具之發明，1970 年代中東地區曾以此機具進行過許多岩盤之開挖計畫；最近之浚挖機具之設計則往環境防護污染控制之方向發展，如氣壓式之浚挖方法，以及港口快速清理保養為目的之噴水式浚挖法，在可預見之未來，浚挖機具之設計發展仍為由市場需求為導向。

2.2.2 發展趨勢

早期浚挖工程技術之發展，係考量港灣工程開挖及港區土地填築等需求，在人力及效率不符需求情況，而有機械式浚挖機具之研發，後來隨著經濟快速之發展，一些地小人稠的國家如荷蘭、日本、台灣、新加坡及香港等，因陸上大面積土地取得不易，故需使用大量之土石方填地，在陸地上不易覓得足夠料源之情況，轉而向海岸地區填海造地，並就近於鄰近海域取砂作為填地料源，自此有水力式浚挖機具產生，配合管線之輸送方式，其抽砂效率較機械式大幅提高數倍，使海岸地區之開發技術愈趨成熟，期間尚有使用於水庫等大水深之淤泥清除技術研發，例如液壓驅動沉水抽砂泵浦之製作應用，惟其含砂率僅約 30%效果有限，後來氣壓式浚挖法發明後，其含砂率可提升至 60% 以上。近年因環保意識高漲，資源之永續利用受世界各國重視，發展趨勢則著重於污染控制浚挖、浚泥安置處理及浚泥資源化再利用等問題之研究，在浚挖料源無重大變化之前提，浚挖機具不致有革命性之發明出現。

2.3 浚挖船機概述

2.3.1 國內船機現況

1. 港務局維護營運之船機

各港務局維護管理之船機曾達 207 艘，其拖船、錨船與自航式挖泥船於空檔可支援各項海事工程，經本研究查訪後，目前基隆港與台

中港之挖泥船因老舊報廢，已無挖泥船，港灣水域浚挖均發包委外辦理；高雄港有自航式挖泥船(泥艙 1,600m³)一艘、抓斗式挖泥船(抓斗 3m³)兩艘，以及四艘自航受泥船(300m³)，年浚挖量可達 38 萬 m³，超出部份則發包委外辦理；可知，目前國內港務局之挖泥船僅可作為港域碼頭船席、航道、迴船池等之年度浚深維護工作，不適合作大規模港區水域浚深或拓寬施工之主力機種。

2. 民間之工程船機

國內民間使用浚挖船機有近五十年之歷史，船機曾達 298 艘，然因國內工程未若先進國家有明訂之策略，有後續或延伸之工作持續進行，民間船機多因工作中斷而出售，部份因老舊已解體，致原抽砂造地主力船隊已大幅汰減，經本研究訪查後，目前民間所剩之主力船隊名稱如表 2.3-1 所示。過去民間與公立事業投入之船機歷程可概分建港與填海造地兩階段，前者為十大建設之台中港興建期間，已累積相當豐富之港灣擴建經驗；後者為港域如航道、迴船池、碼頭浚挖及填地為主之絞刀及吸管式挖泥船，如麥寮工業港、和平工業港、彰濱工業區、離島工業區等，亦累積豐富之浚挖(抽砂)與造地經驗。

表 2.3-1 國內抽砂造地主力船隊現況表

單位名稱	船隊名	馬力	最大浚深 (m)	經濟排距	年產能 (萬 m ³)	備註
台灣打撈	台浚貳號	7,950	20	2.5-3.5	350	拍賣中
	台浚參號	12,600	26	3.5-4.5	400	
榮工公司	大武號	3,300	20	1.0-2.4	275	
宏華營造	(大華號)	6,600	20	2.5-4.0	255	榮工轉售， 括號表舊名稱
	(大漢號)	4,600	20	2.0-3.5	225	
	(大隆號)	11,400	25	3.5-5.5	600	

2.3.2 國外船機現況

依據 2003 年 8 月 DPC(Dredging and Port Construction)期刊所統計之國際抽砂船目錄，可知目前國際市場上之各型抽砂船機之船名、是否能自航、機具能量、最大作業水深限制及所屬公司資料，由於數量甚多(高達 1,116 艘)故不予詳列，僅將各型抽砂船之機具能量、作業水深限制及數量整理於表 2.3-2，目前國際市場挖泥船主力船型為 416 艘之絞刀吸管式挖泥船(Cutter Suction Dredgers)，其總馬力最大船舶為 Jan De Nul 公司 "JFJ De Nul"之 36,924 HP，其次為 Suez Canal Authority 公司"Mashour"之 30,800 HP，兩者之作業水深限制均為 35m，其它尚有總馬力在 12,000 HP 以內，但最大水深可達 40~60m 之船舶；其次為 311 艘之自航耙吸式挖泥船(Trailing Suction Hopper Dredgers)，其泥艙容量最大船舶為 Royal Boskail Westminster NV 公司"WD Fairway"之 35,508m³，其次為 Jan De Nul Group 公司"Vasco da Gama"之 33,000m³，兩者最大作業水深分別可達 120m、136m，其他相關之船名、所屬公司及自航能力等資料可另行參閱 DPC 期刊。

表 2.3-2 國際市場挖泥船現況統計表

挖泥船型式	機具能量、水深限制及數量		
	Bucket Ladder Dredgers	鏈斗(m ³)	最大水深(m)
	0.07~0.90	1.5~50	66
Cutter Suction Dredgers	總馬力(HP)	最大水深(m)	艘數
	75~36924	2.5~60	416
Dipper / Backhoe Dredgers	挖斗(m ³)	最大水深(m)	艘數
	1.3~25	3~27	89
Dustpan Dredgers	-	最大水深(m)	艘數
	-	-	7
Grab and Clamshell Dredgers	抓斗(m ³)	最大水深(m)	艘數

	1~38	-	165
Remotely Operated Dredgers	總馬力(HP)	最大水深(m)	艘數
	225~1100	4.5~40	3
Suction Dredgers	泥艙(m ³)	最大水深(m)	艘數
	165~5558	6~70	49
Trailing Suction Hopper Dredgers	泥艙(m ³)	最大水深(m)	艘數
	200~35508	10~136	311
Water Injection Dredgers	-	最大水深(m)	艘數
	-	7~30	10
小 計			1,116

1. 資料來源：2003年8月,DPC 期刊
2. 本研究整理

2.4 岩盤及軟質底床之浚挖

2.4.1 岩盤底床之浚挖方法

浚挖水域底床如係岩石或硬粘土土質，因岩石連為一體且硬度甚大，通常難直接以抓斗或鏟斗式等挖泥船進行挖掘，即使利用絞刀式挖泥船，亦須為硬度較低之軟岩如沉積岩和珊瑚礁才可直接挖掘，火成岩和變質岩如非嚴重風化，不宜採用挖泥船直接挖掘。因此，岩盤底床之浚挖，必須先以其他方法將岩石碎裂成碎塊，然後挖泥船之抓斗或鏟斗等始可進行浚挖，此種先期碎裂岩石之作業可以爆破或鑿擊方式進行，最後再以斗式挖泥船清除散佈於底床之碎岩塊，有關岩石之爆破、鑿擊、化學藥劑及其適用船機分述如下：

1. 爆破處理

(1) 直接放置炸藥爆破法

岩石組織成結晶狀如珊瑚礁等，因其多孔且組織鬆散，可以支裝炸藥直接放置於岩面上或抽入岩孔中而引爆。圖 2.4-1 為此法之示意圖，因其炸藥爆炸後，壓力向四外飛散，故開炸效果甚差，僅能使用於鬆散之珊瑚礁類底床之開炸。

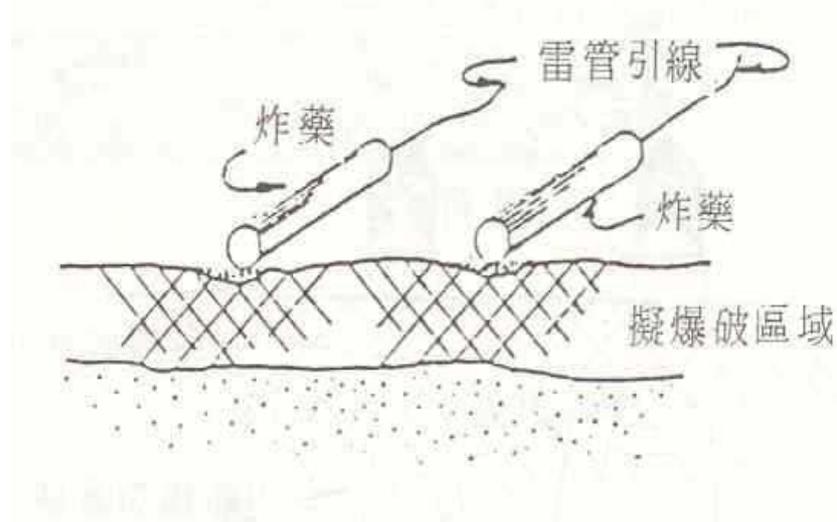


圖 2.4-1 直接放置炸藥爆破法示意圖

(2) 巨型炸箱爆破法

將大量之支裝炸藥裝於特殊設計之大型炸箱中，炸箱之上端及四周均為厚鋼板蓋片或鋼筋混凝土壁，堅固而水密，向下一面則為薄板蓋片，放置時以此薄板蓋片覆向擬開炸岩石面，爆破時向上及四周散逸之壓力減少，因而大量壓力乃向岩石面襲擊，達到開炸岩面之效果。此法示意如圖 2.4-2，其爆破效果遠大於直接放置炸藥爆破法，惟所用之巨型炸箱須自行設計，目前國內已有擁有專利之設計並供應者，對於大面積之堅硬且緊密之岩盤效果仍有限。

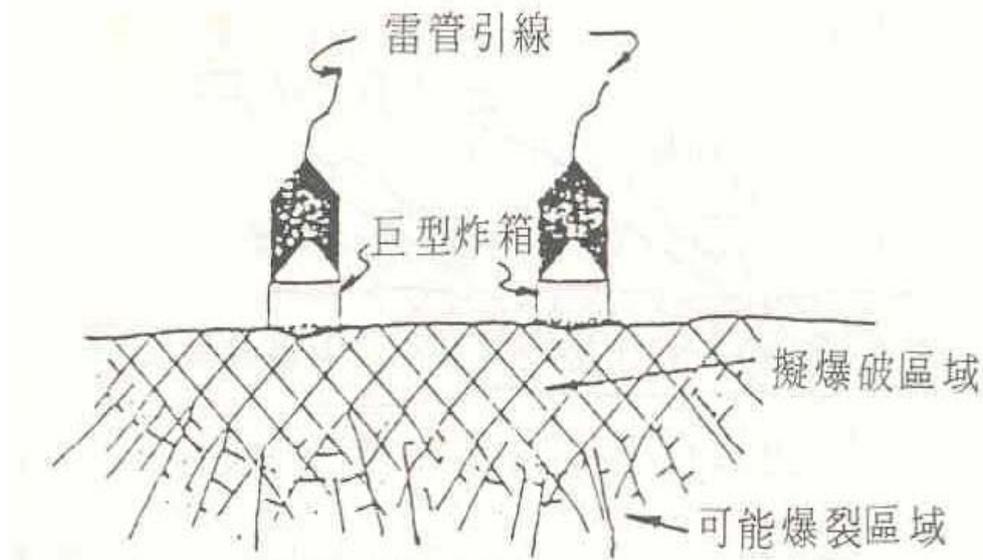


圖 2.4-2 巨型炸箱爆破法示意圖

(3) 鑽孔爆破法

本法為爆破之正常方法，即在欲爆破岩石面上向內鑽孔，然後於孔中裝填炸藥進而爆破。此法示意如圖 2.4-3，係為最有效之爆破方法，其鑽孔間距及深度，可依需要而設計，惟水底鑽孔較困難，通常係使用浮式鑽台進行水底鑽孔。

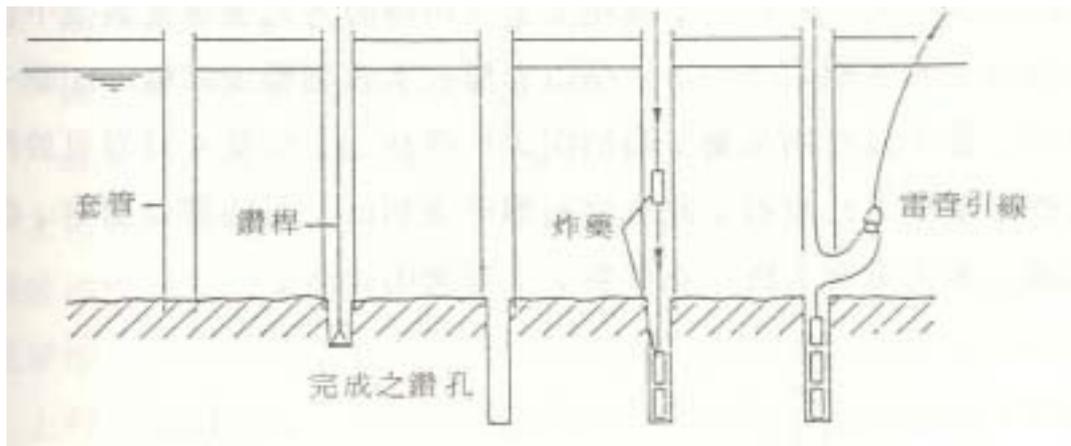


圖 2.4-3 鑽孔爆破法示意圖

2. 鑿擊處理

以碎岩錘(棒)(rock breaker)鑿擊岩石，在浚挖工程中已不常見，亦即已為爆破方式所取代，目前僅在不宜使用爆破方式或爆破效果不佳時使用。水底鑿岩係以岩鑿於水底削鑿或錘鑿(如圖 2.4-4 所示)，將岩面鑿碎，碎岩錘上以長柄吊繫，長柄固定於浮台上之工作架，作業人員即可於浮台上操作岩鑿上下，鑿擊水底岩石。此法速度慢，大量之水底岩石碎裂時，不宜使用此法。

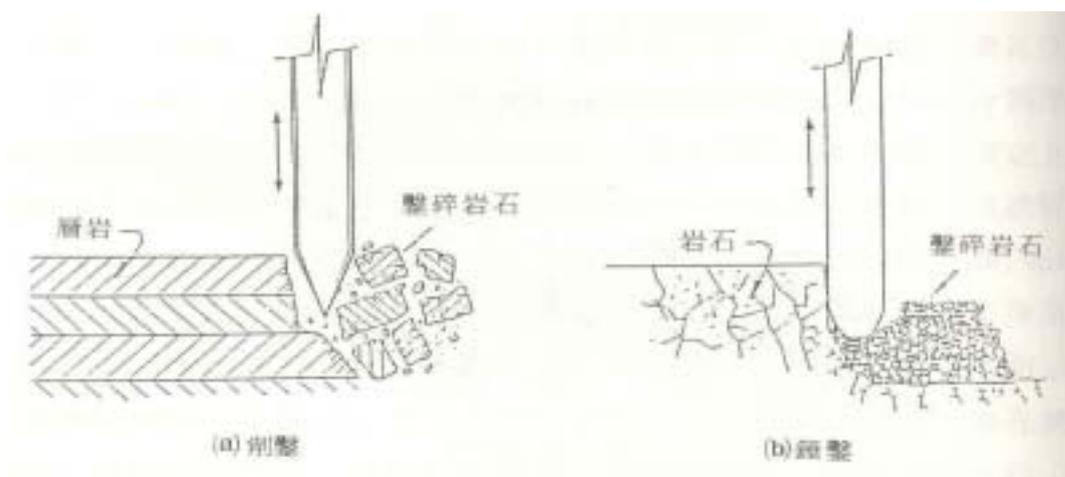


圖 2.4-4 鑿擊法示意圖

3. 化學藥劑

以化學藥劑如膨脹劑等預先碎裂岩層。

4. 岩石浚挖

經先期處理予以爆破之碎岩塊仍堆存於底床，此等塊石清除，通常使用機械式挖泥船方可勝任，且須配合受泥船運輸碎岩塊，機械式挖泥船之種類、性能及限制等於第三章有詳細說明。

2.4.2 軟質底床之浚挖方法

軟質底床係指其組成為軟質土壤，包括泥質土壤、粘土土壤、砂質土壤及礫石土壤等，亦即凡非岩石或硬粘土(hardpan)之地質均屬之。軟質土壤之浚挖，雖可使用斗式機械挖泥船，惟效果不彰，浚挖量大時不符經濟效益。目前常用於軟質土壤之浚挖機具為水力式抽砂船，如絞刀式吸管挖泥船、自航式耙吸式挖泥船，其工作原理、作業性能詳見第三章。

2.5 浚挖作業方式

浚挖作業因使用之機具、輸送方式及棄方區之不同，其施工方式有多種不同之組合，但基本上，浚挖之作業方式可概分為四個階段，即浚挖(Dredging)、輸送(Transport)、棄置(Placement)及處理(Treatment)等過程，四個階段中之處理階段，係為浚泥棄置完成之後處理，如浚泥用於填地時之地盤改良、出水口淤泥之改善或清理、堆置場之浚泥經脫水去鹽後之再利用等，與浚挖作業較無直接關連。由於可供浚挖使用之機具種類繁多，其操作性能及適合之土壤性質互異，且機具對浚挖施工之成敗影響甚大，應依據施工條件慎選適當之機具；浚泥之

輸送方式直接影響浚挖效率及環境之污染程度，應考量能否滿足工期及數量之需求；浚泥之最終棄置例如海洋棄置及其他替代方案應符合之法規及環境保護對策等，將於以下各章加以分析探討，期使本研究之成果臻於完善。

第三章 浚挖機具種類及適用性

3.1 浚挖機具分類

浚挖機具依其使用船舶機械之作業方式不同，可概分為機械式、水力式、氣力式及噴水式四類，詳如表 3.1-1 所示，其挖泥作業方式分述如後。

3.1.1 機械式(Mechanical)

係藉機械之方法(通常為各種挖掘斗)利用裝斗從海床面挖泥後提出水面，然後開斗卸於駁船(barge)或船上泥艙(hopper)，故又可稱為斗式，此類挖泥船有抓斗式、鏈斗式、挖斗式及鏟斗式等。

3.1.2 水力式(Hydraulic)

使用絞刀或沖水法使水下海床被切割破碎、沖散，而從底部借助於挖泥泵浦及排泥管將水下泥漿提出水面，並排卸於泥艙或遠處填區，故又稱為吸式。此類挖泥船有吸管式、絞刀吸管式等。

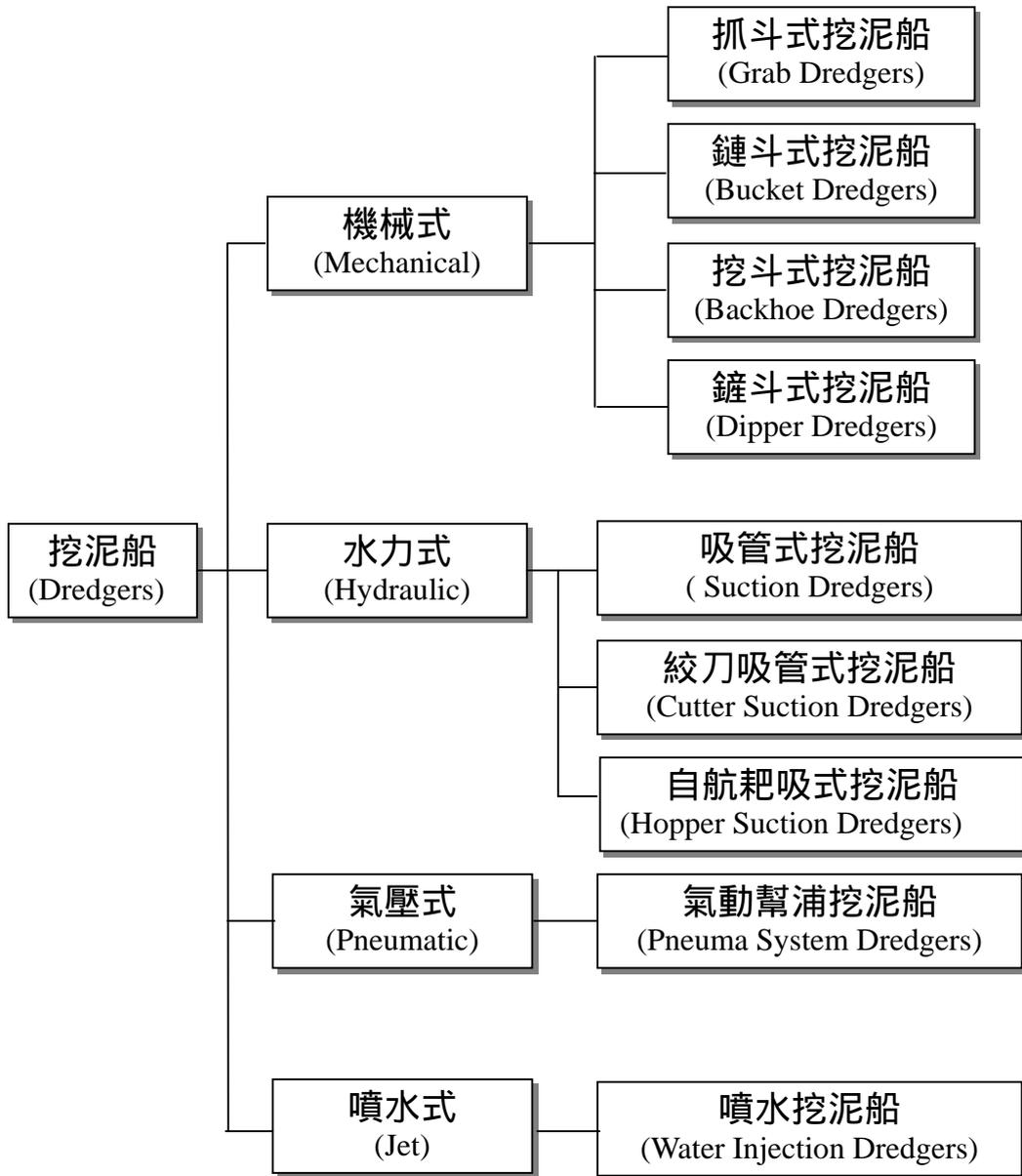
3.1.3 氣壓式(Pneumatic)

此法係以壓縮空氣之能量使水底泥砂由入口閥進入壓力容器，再經出口閥由排泥管輸送至遠處指定區域，又稱氣力式，目前發展此法之國家有義大利及日本。

3.1.4 噴水式(Jet)

此法為一具革命精神之全新浚挖技術，係透過人工方法使水下海床之沉積物(如軟土或細砂等)液化，隨後在海床表面被水流沖走，這種方法稱為「噴水疏浚」。此法與前述各法最大差異為不需浚泥之運輸過程。

表 3.1-1 浚挖機具依船舶機械之分類



3.2 挖泥船基本型式

3.2.1 機械式挖泥船(Mechanical Dredgers)

1. 抓斗式挖泥船(Grab Dredgers)

抓斗式挖泥船之基本型式如圖 3.2-1 所示，船體如為平台船，則為非自航抓斗式挖泥船，吃水約在 1 2m 間；船體如為一般船體且有航行裝置者，則為自航抓斗式挖泥船，自航式通常設計具有泥艙，吃水約在 3 5m 間，其挖泥裝置設於船身一端之甲板(deck)上，主要為動力基座及抓斗，基座上裝有一可作 360° 旋轉桁架及一鋼索絞盤，絞盤上鋼索沿桁架伸至頂端滑輪下垂，下垂端懸吊一抓斗，其上下及開合以鋼索操縱，是為鋼索駛動(cable actuated)。此型挖泥船可抓挖岩石或泥砂，但通常多利用其抓挖岩石，如用以抓泥砂，其效率遠不如水力式挖泥船。

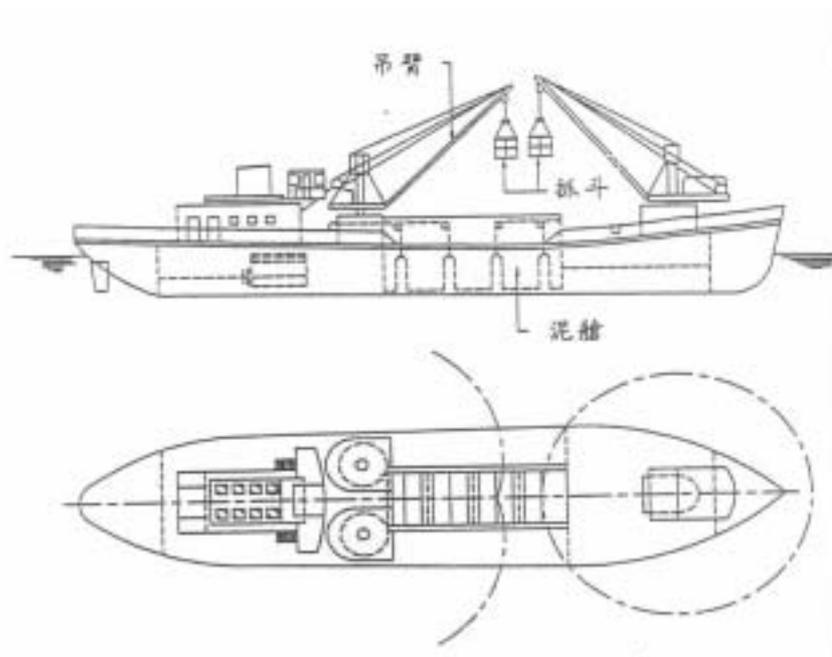


圖 3.2-1 自航抓斗式挖泥船基本型式示意圖

2. 鏈斗式挖泥船(Bucket Dredgers or Ladder Dredgers)

鏈斗式挖泥船之基本構造如圖 3.2-2 所示，船體為無自航能力之平台船，挖泥裝置為一連串之挖斗裝於一閉合式鏈條上，故稱鏈斗。鏈條沿一梯架(ladder)裝設，梯架上端為固定端，下端為昇降端，下端裝如圖示之吊索，以為昇降，上下端各裝置一滾輪(tumbler)，以滾輪帶動鏈條迴轉，由鏈條迴轉，鏈條上之挖斗即經梯架下端挖裝土(石)方。

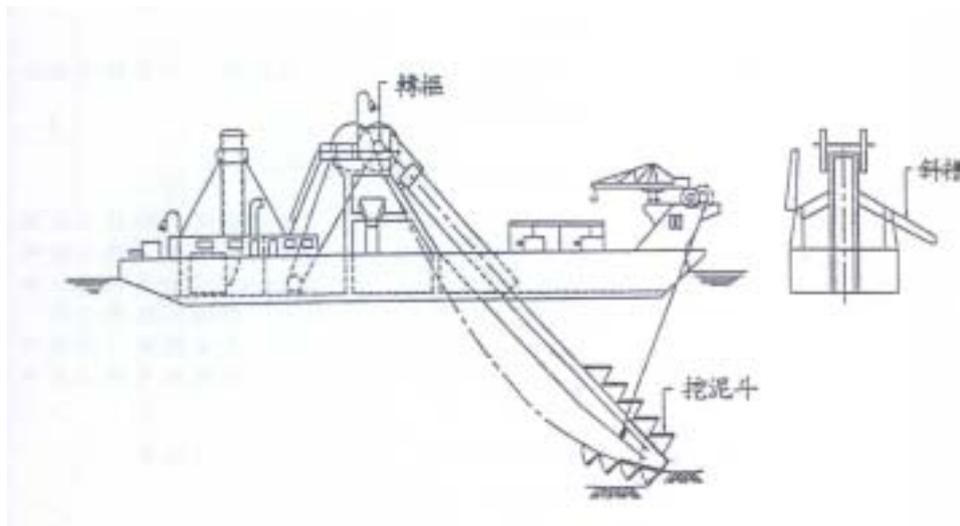


圖 3.2-2 鏈斗式挖泥船基本型式示意圖

3. 挖斗式挖泥船(Backhoe Dredgers)

挖斗式挖泥船基本上為一長臂挖溝機(backhoe)裝置於平台船上所構成，如圖 3.2-3 所示，此型挖泥船適合爆碎後之岩盤、卵塊石及砂質地層之挖掘，挖掘作業時其挖斗(bucket)係向內向下掏挖，挖掘深度受挖溝機臂長限制，挖泥量受挖斗大小及挖掘深度影響，一般挖斗容量在 1 m^3 時，其挖深多在 5 m 以內，挖斗容量在 5 m^3 以上時，其挖深多可達 10m 以上。挖斗式挖泥船雖為挖泥船之一種，但在挖泥船市場屬少見，如挖泥量不大而又無適當挖泥船可資利用時，即可依此原則將陸上長臂挖溝機置於平台船上應用，用畢再將挖溝機駛回岸上。

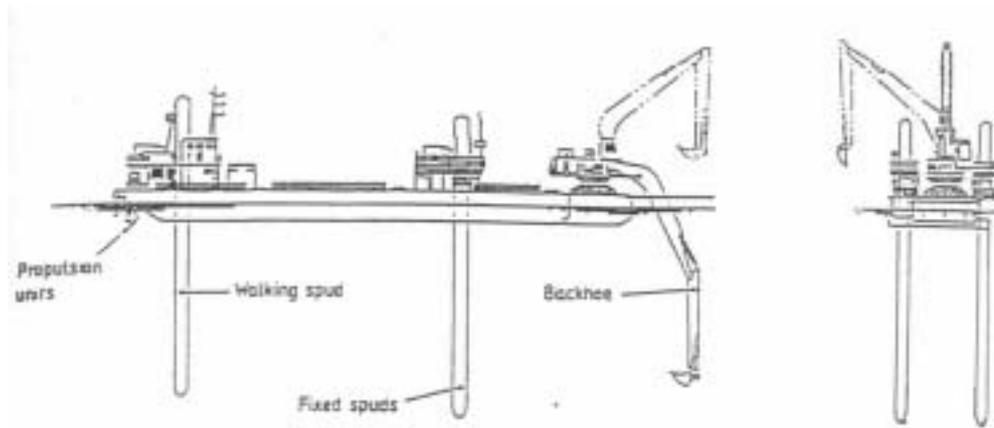


圖 3.2-3 挖斗式挖泥船基本型式示意圖

4. 鏟斗式挖泥船(Dipper Dredgers)

鏟斗式挖泥船之基本型式如圖 3.2-4 所示，船體可為無自航能力之平台船，亦可為自航船體，浚挖設備裝置於甲板前端，其中桁架固定於約可旋轉 180° 之座盤上，桁架中安裝一挖臂，可按需要伸縮及俯仰及挖掘時施加挖力，挖臂前端裝置一鏟斗，用以直接鏟挖海底地層，鏟斗向上面為敞口，敞口鏟挖邊裝有鏟齒，用以集中鏟力，俾可適應緊密而堅硬泥土之鏟挖，鏟斗底面為開關門，當鏟滿一斗卸土時，將底門開起，因此時挖臂已高舉至約略水平狀態，斗內所鏟泥土即因重力自行卸落。

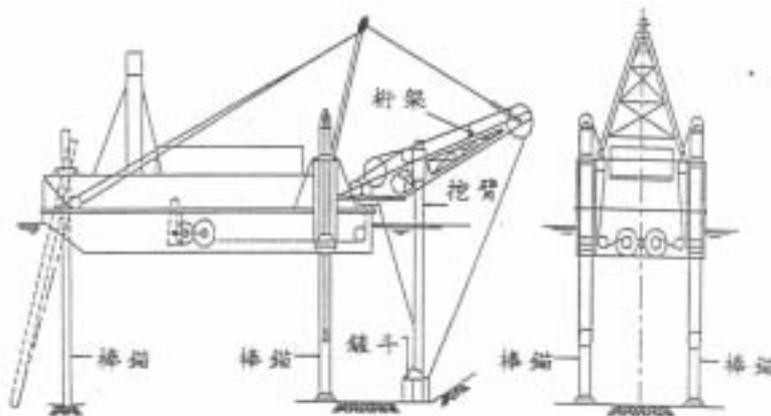


圖 3.2-4 鏟斗式挖泥船基本型式示意圖

3.2.2 水力式挖泥船(Hydraulic Dredgers)

水力式挖泥船又名吸管式挖泥船(Suction Dredgers),船上設置強力離心式泵浦(Centrifugal Pump),連接吸泥管(Suction Pipe)伸達水底,將泥砂連水吸起,或於管口加裝絞刀(Cutter)或泥耙(Drag Head),將較硬土質予以刨削或耙鬆,以便隨水同時吸入。此種將水底固體泥砂與水混合成泥漿,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)。此類挖泥船航行能力可分為下列兩類:

1. 定位式挖泥船(Stationary Suction Dredgers)

此型挖泥船吸管位於船身正前方,船艙以錨棒固定,藉兩側拋錨及收放兩邊之鋼索,將船艙左右擺動,使吸泥口作弧形移動以吸取泥砂。船身前進係利用船身擺動,以及船艙兩側錨棒交互自海床插入或吊起而移動船位。定位式挖泥船依吸管頭端構造型式不同,可再分為絞刀式與無絞刀式兩種。

(1)絞刀式(Cutter Head Dredger)

吸管前端裝置有削泥絞刀,以絞鬆土砂。

(2)無絞刀式

或稱為噴射管式,即裝以噴射管(Jet)代替絞刀,用以沖鬆土砂。

2. 自航式挖泥船(Trailing Dredger or Self-Propelling Suction Hopper Dredgers)

大部份屬大型挖泥船,具有航行能力及泥艙(Hopper),此類挖泥船可再分為繫泊式及拖耙式兩種。

(1)繫泊式(Mooring Suction)

挖泥時與定位式相似,操作繫於錨碇之鋼索或錨鏈以移動船位,泥艙裝滿後,自航至外海拋放地點開底門棄泥。

(2)拖耙式(Drag Suction)

吸管前端裝有泥耙(Drag Head)，船一面航行，一面將泥耙拖在海底吸泥，泥艙裝滿即駛往外海棄泥。

以下將定位式及自航式挖泥船中，較具代表性之絞刀吸管式挖泥船及自航吸管式挖泥船詳予介紹，提供研究參考。

1. 絞刀吸管式挖泥船

絞刀吸管式挖泥船之基本型式，如圖 3.2-5 所示，船體為單一平台船構造，亦可為兩個平台船組合而成，挖泥裝置主要為絞刀(cutter head)與抽泥泵(dredging pump)，絞刀裝置於梯架之一端，梯架另端以銷鍊(pinconnection)固定於船體上，梯架絞刀端並以鋼索懸吊，藉以操縱絞刀昇降，抽吸泥砂之吸管(suction pipe)即由絞刀處沿梯架向另端延伸，直至與抽泥泵啣接，抽泥泵抽吸之泥漿經輸泥管(或排泥管，即disposal pipe)排送至棄方地點。

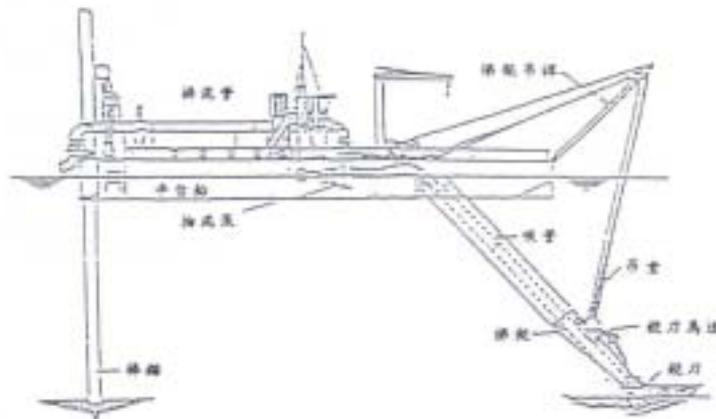


圖 3.2-5 絞刀吸管式挖泥船基本型式示意圖

2. 自航耙吸式挖泥船

自航耙吸式挖泥船之基本型式，如圖 3.2-6 所示，基本上為一海運自航船隻，其一側裝置可抽吸泥砂之抽吸管，抽吸管昇降端有一吸頭或稱泥耙(drag head)，即以此吸頭吸取海底之泥砂，抽吸泥砂之動力為裝於船身之抽吸泵，連同水份(即泥漿)泵送至船身所設之巨大泥艙

(hopper)之內，泥漿於進入泥艙內後，即因泵送壓力消失而失去流速，於是泥砂顆粒因比重較大而沉澱，待泥漿滿艙時，餘水即滿溢外流而至船外回歸海中，繼續不斷抽吸，泥漿不斷進入艙內，艙內泥砂不斷沉澱，艙面餘水亦不斷外溢，直至泥艙裝滿約 70% 即自行航向外海拋放區卸棄，再回航至挖泥位置，作下一次之挖泥循環作業。本型挖泥船挖泥深度約在 10—30m 之間，視挖泥船大小及設計功能而定，泥艙容量在 300—11,000m³ 之間，最大高達 33,000 m³，然以 500—3,500m³ 容量者居多。

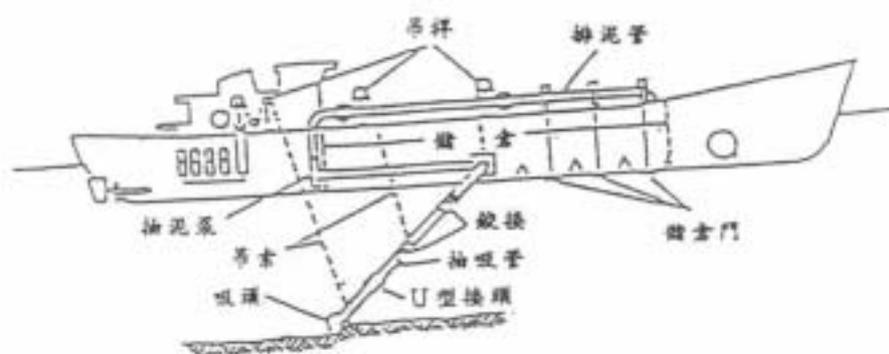


圖 3.2-6 自航耙吸式挖泥船基本型式示意圖

3.2.3 氣壓式挖泥船(Pneumatic Dredgers)

1. 氣送式挖泥船(Pneuma Dredgers)

氣送式挖泥船之主要設備為氣送系統，係由義大利 SIRSI 公司研發而得，為第一套使用壓縮空氣替代傳統離心式幫浦泵送泥漿之裝置。氣送系統係以幫浦主體(由三個圓柱型氣力泵組成)、空氣壓縮機、鏟機及一個能自動控制輸送壓縮空氣至氣力泵之分配系統組合而成。當幫浦潛入水中時，泥砂及水便經由進口閥吸入其中一個空氣力泵內將進口閥關閉，同時壓縮氣力泵內之泥砂及水經由出口閥進入輸泥管內排送。當氣力泵內之泥砂及水排送完畢時，氣力泵內之壓力將降至一般大氣壓力，此時出口閥將關閉而進口閥再度開啟準備進行下一次抽砂作業。

氣力泵為一壓力容器，設有三個開口分別連接底部進泥管，上部排泥

管及輸氣管，詳圖 3.2-7 所示。吸泥過程中三個氣力泵均反覆進行上述吸、送動作，為使挖泥效率充份發揮，三個氣力泵間之循環相位必須控制得宜，此控制作業便由氣送系統中之分配系統完成，經由分配系統控制，三個氣力泵在操作中只有一組執行輸泥，而其他兩組則為吸泥，如此周而復始反覆循環。氣送式挖泥船之配置可參見圖 3.2-8，最大挖泥深度可達水下 50m，其另一優點為吸泥過程因擾動而產生之懸浮質其量甚微。

2. "Oozer"挖泥船

"Oozer"幫浦係由日本 TOYO 建設公司研發而得，其幫浦作業方式與氣送式大致相同，惟其僅有兩個圓柱泵體，而其中一個在吸泥過程中，係以真空方式存在以加速其吸泥作業。"Oozer"幫浦通常安裝於梯架末端，並視底泥性質而裝置特殊之吸頭或絞刀頭，大型"Oozer"幫浦之挖泥效果可達 300 500m³/hr。圖 3.2-9 為 Oozer 挖泥船示意圖，其吸泥部位之構造可示意如圖 3.2-10。

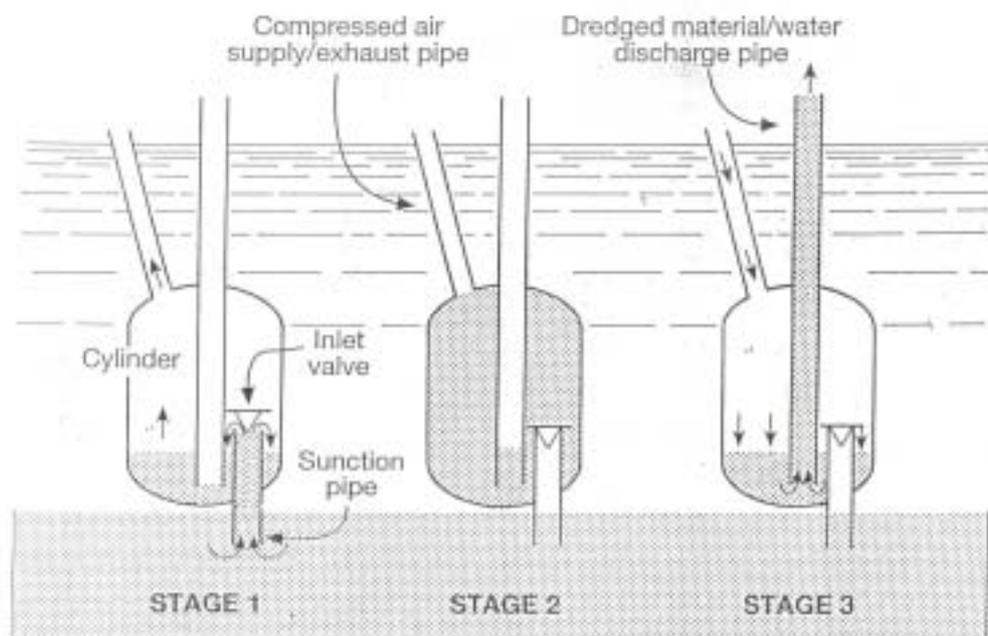


圖 3.2-7 氣力泵循環過程示意圖

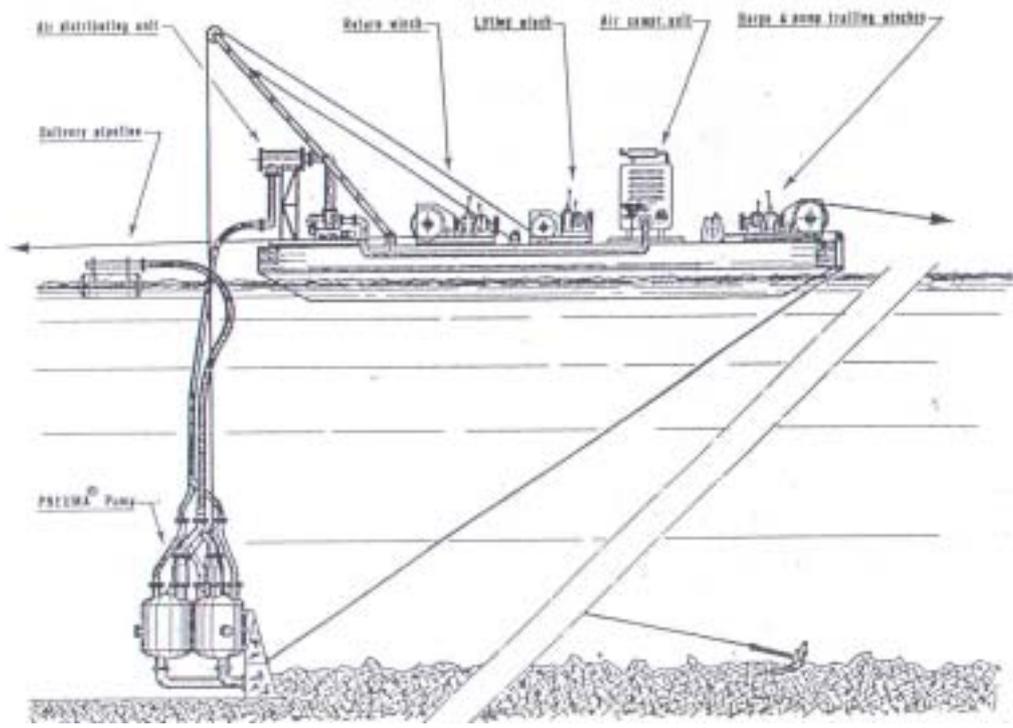


圖 3.2-8 氣送式挖泥船配置示意圖

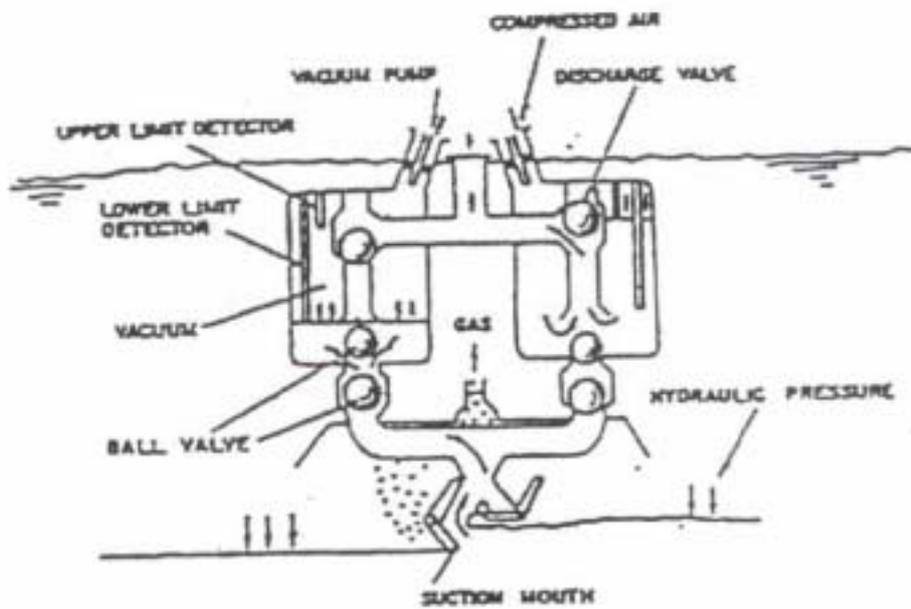


圖 3.2-9 Oozer 挖泥船示意圖

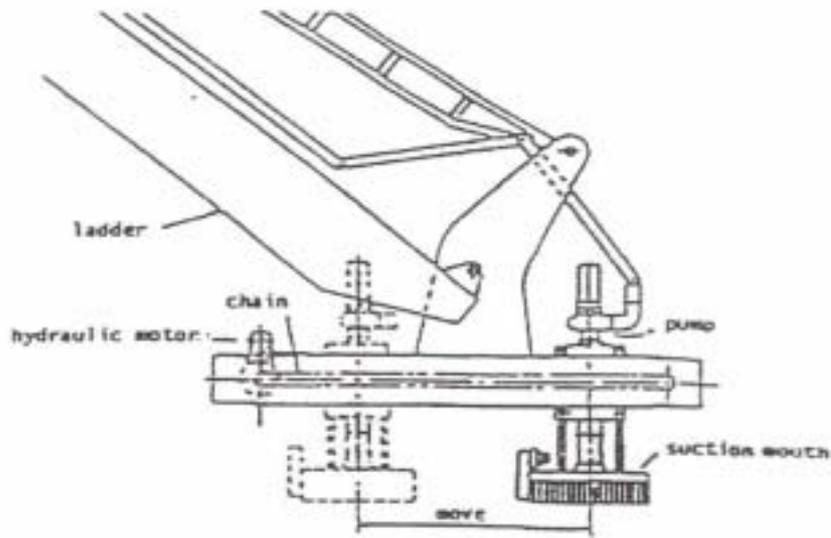


圖 3.2-10 Oozer 挖泥船吸泥部位示意圖

3.2.4 噴水式挖泥船(Water Injection Dredgers)

噴水挖泥技術係由荷商漢茂(ham)公司研究開發，1987年10月第一艘 Jetsed 型噴水挖泥船使用於澤蘭省(Zeeland)西斯海爾德水道(Westerschelde)的一系列港口保養工作。從此以後，這一新系統被成功地在許多地方投入使用，至2003年8月止已有十艘噴水挖泥船投入浚挖市場。圖 3.2-11、3.2-12 分別為其構造及作業示意圖。



圖 3.2-11 噴水式挖泥船示意圖

3.3 浚挖方法優缺點及其比較

浚挖方法一般可分為機械式、水力式、氣力式及噴水式四種，其優缺點分別說明如下：

3.3.1 機械式浚挖法

機械式浚挖法之優點為：

1. 大型障礙物清除容易，浚挖作業不易受水下或海床下雜物所影響。
2. 浚泥含砂量較高，回填時體積膨脹較小。
3. 若採挖土機與平台船之組合方式，則機具操作及搬運容易，較不受鄰近地理因素限制。

其缺點為：

1. 浚挖作業時攪動泥砂及海水，造成水體懸浮質及濁度大，可能產生臭氣及水質污染等問題，且費用較貴。
2. 於軟泥或含水量過高之淤泥挖取不易，挖泥效率差。
3. 浚挖深度及作業量易受機具限制，深水浚挖或大型浚挖工程較不適合。

3.3.2 水力式浚挖法

國內常使用者為絞刀吸管式及吸管式挖泥船，水力式浚挖法之優點為：

1. 浚挖深度及作業量大，大型挖泥船浚挖深度可達 25m 以上，作業量可達 1,000m³/hr。
2. 浚泥(泥砂)於水底中進行且多利用密閉管線輸送，較無水質污染及臭氣問題。

3. 軟泥或污染性污泥較適用。

其缺點為：

1. 清除障礙物能力較差，但絞刀式可改善此缺點。
2. 浚挖作業含砂率低，產生大量廢水，回填時體積膨脹較大。
3. 挖泥船體積較大，易受航道水深及橋梁淨高限制，不適合小型及橋樑多之河道浚挖。

3.3.3 氣壓式浚挖法

其優點為：

1. 高含砂量，由於吸泥口係置於土層中不與水接觸，因此最高含砂量可達 80-90%，
2. 於相同排砂量之條件下，輸砂管之管徑較其他浚挖方法所用者小，費用較便宜。
3. 適合污染區浚挖使用，能避免擾動水底造成二次污染。
4. 操作設備簡單且佔用面積小，維護保養容易。
5. 浚深不受限制。
6. 泵之吸力大，可再加裝剷刀增加破壞土砂凝聚力之力量，如剷刀柵外被堵塞，可上下移動剷刀使障礙物脫落，不須將泵昇出水面，故障排除次數降低。
7. 可控制至僅挖除 10cm 厚之薄層淤泥。

其缺點為：

1. 消耗能量大，在浚深超過 20m 時，即需使用潛水空氣分配器 (submerged air distributor)；如不使用而繼續作業，分配器至氣力泵間之距離太長，使每一排泥循環過程中，該段管內之壓縮空氣皆排入

大氣而浪費。

2. 潛水空氣分配器可能不易維護保養而故障多。
3. 大型之沉樹、沉木無法用氣力泵清除。

3.3.4 噴水式浚挖法

噴水式浚挖法之優點為：

1. 船體輕，活動靈巧精確，易於駕駛，適合港口繁忙之保養浚挖工作。
2. 可清洗整個港口，如堤牆、碼頭設施上之泥砂。
3. 沒有浚泥運輸費用，作業量可達 1,500m³/hr. 。
4. 節約能源，投資少，作業期間風險小。
5. 為理想之平整港底設備。
6. 適用堤牆附近，可用來應付不易達到的位置。

其缺點為：

1. 不適合卵礫石海床。
2. 海域污染性較大。
3. 無法作資源再利用。

3.3.5 浚挖方法比較

除前述各種浚挖方法之優缺點外，另就施工效果、施工限制、施工費用等方面，將四種浚挖方法進行比較，其結果整理如表 3.3-1 所示。

表 3.3-1 浚挖方法特性比較表

比較項目		機械式	水力式	氣壓式	噴水式
施工效果	挖溝效率	浚挖效率低，無法以管線排送浚砂	浚挖效率中等，含砂量約 25%，有大量廢水需沉澱處理，易污染附近水域。	浚挖效率高，含砂量約 60%以上，需處理廢水量少，不易造成附近水域污染。	浚挖效率高
	對海水之擾動	對泥質底床污染大	需先擾動吸頭附近底土以利吸取，易造成吸頭附近水質混濁。	利用空氣壓力直接吸取底砂，不致擾動海水。	易造成附近水質混濁。
	浚挖面平整度	浚挖面不平整	屬吸除式，易造成浚挖面坑洞。	屬刮除式，刮除後浚挖面平整。	屬自然流去式，浚挖面平整
	障礙物	可清除水中或土中之大型障礙物	作業受大型障礙物影響	作業受大型障礙物影響	作業受大型障礙物影響，但不受底床突起土丘影響
施工限制	適用土質	適合任何地質，但岩層與堅硬土質須預先碎裂，挖淤泥效果差	絞刀式適合任何土質，吸管式適合鬆軟砂質土壤、淤泥，部份絞刀亦可浚挖軟岩及小於 20~25cm 以下礫石	僅適用於鬆軟砂質土壤、淤泥	僅適用於鬆軟砂質土壤、淤泥
	配合設備	如無自航能力，作長距離輸送時，須配合受泥船運至棄方區	配合管線輸送，可長距離大量施工，經濟排距依幫浦能量而定，大型抽砂船可達 10 公里	須配合管線輸送，適合大水深之浚挖，水深超過 20m 須輔以潛水空氣分配器	不需浚泥輸送過程
	機具動復員	為整船動員，易受航道深度、寬度、淨高等限制	為整船動員，易受航道深度、寬度、淨高等限制。	可拆卸組裝經陸運抵達施工現場，可避免航道各種限制。	部份型式可拆卸，裝箱後運輸。
施工費用	維護保養	故障率高，維護保養較複雜	故障率低，維護保養容易	故障率低，維護保養容易	故障率低，維護保養容易
	抽砂費用	低(量少時) 中(量大時)	中(量少時) 低(量大時)	高	低

3.4 浚挖機具適用性

3.4.1 浚挖機具選用原則

浚挖機具之選擇應依現場施工條件選擇合適之浚挖設備，錯誤之機具常造成工期延誤與成本虧損之嚴重後果，不可不慎。各類挖泥船根據其設計方式，皆有其最適當之作業環境，通常機械式挖泥船適合較硬土質之浚挖，惟其工作能量較水力式挖泥船為差且產率低；而一般水力式挖泥船則較適合普通砂石之抽填作業，且其浚挖單價便宜，工作能量大，較適合大數量之浚挖工程；氣力式僅適用於軟泥，可進行控制(薄層)浚挖，工作能量大，但單價較高目前尚未被普遍應用於港灣水域之浚挖。浚挖機具選擇主要係考量土壤性質及浚泥之處理方式等因素，當然其他如抽砂數量、施工期限、現場船隻擁擠程度、排砂管之佈設及浚泥排距等亦有關。表 3.4-1 為本研究整理自 2003 年 DPC 期刊之各型挖泥船作業水深限制參考表；表 3.4-2 為英國標準規範(BS)對各型挖泥船之操作限界之規定，是為較完整之參考資料，但並未包括近十年新增之船舶；表 3.4-3 為大陸疏浚工程技術規範對挖泥船主要尺度、水域條件等之規定；上述資料可作為各型挖泥船選用之參考，惟近年挖泥船之製造有大型化趨勢，選用新挖泥船時，應對其性能、作業限制、營運維護等細節有深入瞭解。一般而言，挖泥船之選擇應符合下列原則。

1. 能滿足工程進度、工程質量和泥土處理的要求。
2. 應對影響浚挖工程的因素進行分析。
3. 同一工程有多種浚挖設備選擇方案時，應選擇浚挖方法合理、浚挖設備能力可得到充份發揮之方案。
4. 應考慮使用現有設備的可能性及調遣的困難度，應避免多次調遣或浚挖設備閒置。

表 3.4-1 各型挖泥船作業水深限制參考表(1/2)

挖泥船型式	機具能量	水深限制
Bucket Ladder Dredgers	鏈斗(m ³)	最大水深(m)
	0.90 以上	16~32
	0.7~0.9	20~36
	0.4~0.7	12~50
	0.1~0.4	1.5~40
	0.1 以下	7~32
Cutter Suction Dredgers	總馬力(HP)	最大水深(m)
	30,000 以上	35
	20,000~30,000	25~32
	10,000~20,000	16~35
	5,000~10,000	13~60
	2,000~5,000	3.05~24
	2,000 以下	2.5~50
Dipper / Backhoe Dredgers	挖斗(m ³)	最大水深(m)
	20 以上	20~27
	10~20	18.3~25.3
	5~10	12~27
	2~5	7.1~25
	2 以下	3~23
Remotely Operated Dredgers	總馬力(HP)	最大水深(m)
	1,100	40
	300	25
	225	4.5

表 3.4-1 各型挖泥船作業水深限制參考表(2/2)

挖 泥 船 型 式	機具能量	水深限制
Suction Dredgers	泥艙(m ³)	最大水深(m)
	3,000 以上	20~43
	2,000~3,000	20~58
	1,000~2,000	8.4~50
	500~1,000	8~40
	500 以下	6~70
Trailing Suction Hopper Dredgers	泥艙(m ³)	最大水深(m)
	30,000 以上	120~136
	20,000~30,000	60~110
	15,000~20,000	30~112
	10,000~15,000	24~71.5
	5,000~10,000	22.7~55
	4,000~5,000	20~50
	3,000~4,000	18~30
	2,000~3,000	16~45
	1,000~2,000	10~35
	1,000 以下	10~30
Water Injection Dredgers	-	最大水深(m)
	-	7~30

表 3.4-2 英國標準規範對挖泥船操作限界之規定

操作限界	單位	挖 泥 船 型 式									
		自航吸 管式	吸管式	絞刀吸 管式	輪斗式	定位式 吸管	抓斗式 有泥艙	浮台抓 斗式	鏈斗式	挖斗式	鏟斗式
1.最小水深	M	4	3	1	3	1.5	3	3	3	2	1.5
2.最大水深	M	35	35	35	20	8.5	45	80	35	25	1.5
3.最大波高	M	3	2	2	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
4.最大湧高	M	2	1.5	1	0.6	1	1	1	1	0.7	0.7
5.最大橫流	節	3	2	2	2	2	1.5	1.5	1.5	1.5	0.5
6.最小寬度	M	NA	NA	5	5	NA	5	5	10	2	3
7.最大寬度	M	NA	NA	175	105	NA	15	70	200	50	25
8.最小迴轉	M	75	75	NA	NA	NA	75	NA	NA	NA	NA
9.最小耗水量	m ³ /h	NA	NA	300	350	450	NA	NA	NA	NA	NA
10.最大粒徑	Mm	500	200	500	450	150	450	3500	2500	3000	2500
11.最大土壤剪應力	Kn/m	75	NA	500	400	NA	100	300	350	450	500
12.最大岩石壓碎強度	Kn/m	100	NA	30000	10000	NA	500	1000	3000	10000	5000
13.最大冰層厚度	Mm	200	NA	200	200	NA	200	100	100	200	200

註:1.NA^{*}:Not usually applicable 通常不適用。

2.資料來源:BS6349-PART5 : 1991。

表 3.4-3 大陸對挖泥船主要尺度及所需水域條件之規定(1/2)

船舶 類型	主要尺度(m)				最大 挖深 (m)	最小 挖深 (m)	施工所需 水域條件	
	長(m)	寬(m)	吃水				水深 (m)	寬度 (m)
			空載	重載				
耙吸式(m ³)								
500	70	14	2.4	3.2	10		2.8~3.6	
800	72	13	2.8	4.2	10		3.2~4.8	
1500	85~87	13~15	2.6	4.5	15~18		4.3~5.0	
2300	80	14.6	2.6	4.4	18		6.0~8.0	
4500	102~129	17~19	3.4~7.5	7.2~7.5	20~60		6.1~8.1	
5000	113	18		7.3	30		6.6~7.3	
6500	200	29	4.5	8	24		6.6~8.6	
絞刀吸管式(m ³ /h)								
40	18	3.8		0.7	3.2		1.2	16
60	24	4.6		0.8	6		1.1	23
80	23	5.5		0.9	6		1.1	23
200	38~40	7.2~7.5		1.1~1.4			1.4	42
350	55~64			1.8~2.3	15		2.4	46
400				2.3	15		2.7	
980	48.5	10.3		1.6	16		1.9	41
1250	51	11.9		1.8	18	4.5	2.2	47
1450	51	13.5		1.9	18	4.5	2.3	49
1600	85~96	17		3.2~3.3	22	5	4	96
2500	112	19		4.3	30	6	5.2	110

資料來源:大陸疏浚工程技術規範

表 3.4-3 大陸對挖泥船主要尺度及所需水域條件之規定(2/2)

船舶 類型	主要尺度(m)				最大 挖深 (m)	最小 挖深 (m)	施工所需 水域條件	
	長(m)	寬(m)	吃水				水深 (m)	寬度 (m)
			空載	重載				
鏈斗式(m ³ /h)								
25	12	4		0.7	4		1	
40	17	4		0.8	3		1	
60	17	5		1.1	4.5		1.5	
150	21~28	6.5~8.5		1.0~1.4	7		1.5	29
180	28	8		1.2	9		1.5	30
350	56	11.4		1.3	16		1.6	40
500	50~60	12		2.4~2.8	16		3	41
750	74~80	14		3.1~3.4	20		3.6	43
鏟斗式(m ³)								
0.25	11	4.3		0.6	3		0.9	21
0.75	23	7.5		1.4	4.5		1.7	29
4	44	15		2.6	15		2.9	42
抓斗式(m ³)								
0.75	22	6.8		1	5.5		1.3	28
1	22.9	7.8		1	15		1.3	30
1.5	26	8		1.3	22		1.6	31
2	33.4	10.8		1.5	20		1.8	33
4	36~37	14		1.8	30		2.2	43
8	35~40	16		1.5~2.2	40~50		2.6	45
13	45.4	19.2		2.6	50		3	48
自航雙抓式(m ³)								
350	49	10		3.5	20			
拖船(kw)								
90	18	4		1.7				
295	27	6.8		2.3				
720	30	8		2.8				

3.4.2 浚挖機具與土壤性質

挖泥船之工作對象為水下海床，其土壤之性質直接影響挖泥船之效率、產能、機具磨損及浚挖成本，甚至能決定浚挖工程之成敗。土木、建築工程對土壤特性之試驗研究著重於地基之承載力、沉陷及結構物之安定等，而浚挖工程所探討之土壤特性則著眼於水下海床土壤之切割、破壞、掘取及輸送等之難易程度，目的與前者迥然不同，且浚挖土壤之研究起步較晚，故現今一般之土壤分類法，實難反應水下土質之浚挖特性。

1. 國際航運會議常設委員會(PIANC)之建議

近年來，由於對浚挖土壤之重視，新的研究報告不斷推陳出新，國際航運會議常設委員會(PIANC)曾就浚挖土壤提出其分類研究報告，並已獲得國際浚挖工程界之認可，該研究報告提出土壤、岩石之分類方法，及其應予以描述之特性及指標，對浚挖工程界相當具有參考價值，其分類法如表 3.4-4 所示。

2. 日本之建議

日本習慣利用標準貫入法之 N 值，作為浚挖土壤軟、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，其分類標準詳如表 3.4-5。根據此 N 值對土壤之分類，並考量挖泥船之特性，建議之不同土壤狀況下所通用之挖泥船種類如表 3.4-6 所示，依據該表之建議，可就浚挖區之土壤特性選擇適宜之挖泥船，作為浚挖作業之重要參考指標。

表 3.4-4 浚挖土壤分類及辨識法(PIANC,1984)

土壤分類	顆粒大小(mm)	辨識法	顆粒特性及塑性	強度與結構特性
巨礫(boulder) 粗礫(cobble)	>200mm 介於60 200mm	。不同顆粒及不同大小之比例 。可由肉眼靜態辨識出	顆粒形狀 圓滑 不規則 角狀 薄片狀 細長狀 薄片細長狀 紋理 粗糙 平滑 光滑	不適用
礫石(gravel)	粗20 60mm 中6 20mm 細2 6mm	。可由肉眼靜態易辨識		。礫石中可能具有膠質以結合礫岩 。可能混有砂質
砂(sand)	粗0.6 2mm 中0.2 0.6mm 細0.06 0.02mm	。顆粒可由肉眼辨識 。乾燥時具有少量凝聚力		。鬆密膠狀砂，其強度各不同 。混雜有沉泥 黏土
沉泥(silt)	粗0.02 0.06mm 中0.06 0.002mm 細0.002 0.006mm	。極少部份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容現象(dilatancy) 。具有部份塑性，但沉泥於乾燥後極易由手搗碎	非塑性或低塑性	。基本為非塑性，其原始成份為粗粒砂，則特性上與砂類似 。細顆粒口與黏土類似，則具塑性 。與細砂與黏土常混在一起
黏土(clay)	<0.002mm 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	。黏土具高黏帶力與塑性，不具擴容現象 。糊狀黏土可黏於手指上，並具有平滑、油膩之感覺 。乾燥過程中具高韌強度	中塑性或高塑性	。 soft- < 20 kn/m ² 。 firm- 20 40 kn/m ² 。 stiff- 40 75 kn/m ² 。 hard- 75 150 kn/m ²
腐質土及有機土 (peat and organic soil)	變化不定	通常由呈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木狀		強度與結構在水平與適宜方向均不同

表 3.4-5 標準貫入擊數 N 值之土壤分類標準

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
$25 < N$	極硬

表 3.4-6 土壤性質及適合作業船舶

土 質		適合挖泥船								N 值
分 類	狀 態	Ps	Pl	Gs	Gl	D	Dr	碎	B	
黏土質 土 砂	軟 質	↕	↑		↑		↕		↑	$N < 10$
	中 質	↓		↕			↓			$N = 10 \quad 20$
	硬 質			↓		↑				$N = 20 \quad 30$
	最硬質							↕		$N > 30$
砂 質 土 砂	軟 質	↕		↕			↕			$N < 10$
	中 質			↓			↓			$N = 10 \quad 20$
	硬 質	↓								$N = 20 \quad 30$
	最硬質							↕		$N > 30$
礫石混合 黏土質土砂	軟 質			↕			↕			$N < 30$
	硬 質									$N \quad 30$
礫石混合 砂質土砂	軟 質	↕		↕			↕			$N < 30$
	硬 質					↓		↕		$N \quad 30$
砂 粒	軟 質	↕	↓		↓				↓	
	硬 質									

註:Ps:未滿 500 馬力之小型吸管式挖泥船

Pl:500 馬力以上之大型吸管式挖泥船

Gs:小型抓斗式挖泥船

Gl:大型抓斗式挖泥船

D :鏟斗式挖泥船

Dr:自航耙吸式挖泥船

碎:碎岩船

B :鍊斗式挖泥船

3.4.3 浚挖機具施工誤差

浚挖作業之施工誤差與施工計畫、人員經驗、測量精度、使用機具及工址環境條件等息息相關，英國標準規範(BS, The British Standard)有對不同之地質及施工條件下，各型浚挖機具於垂直與水平向之施工誤差，提出粗略之估計值，如表 3.4-7、3.4-8 所示，可供研擬浚挖施工計畫及選擇機具之參考。

大陸之疏浚工程技術規範中，對各型浚挖機具施工時，每邊之計算超寬及計算超深之標準值，訂定如表 3.4-9 所示，工程施工的最大超寬、最大超深不應超過計算超寬、計算超深的 2 倍，可作為研擬浚挖施工計畫及選擇機具的參考之一。

表 3.4-7 各型浚挖機具浚挖施工之垂直向誤差

Site condition	Standard trailer	Light trailer	Cutter suction	Bucket wheel	Grab hopper	Grab pontoon	Bucket	Backhoe	Dipper
Bed material	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Loose silt	200	200	200	200	200	200	200	150	200
Cohesive	300	300	150	150	250	250	150	150	150
Fine sand	200	200	150	150	200	200	150	150	150
Medium sand	200	200	150	150	200	200	150	150	150
Gravel	200	200	150	150	200	200	150	150	150
Soft clay	250	250	150	150	250	250	150	150	150
Medium clay	300	300	150	150	300	300	150	150	150
Stiff clay	250	250	150	150	250	250	200	150	200
Very week rock	300	N	300	250	N	300	300	350	300
Week rock	N	N	300	250	N	350	300	350	300
Moderately week rock	N	N	300	N	N	N	N	350	350
Pretreated rock	350	N	350	350	350	350	350	350	375
Sea condition	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Sheltered water	125	150	150	150	175	175	100	100	100
Small plant	100	150	125	125	150	150	100	100	100
Medium plant	75	150	100	150	150	150	75	75	
Large plant									
Exposed water	300	350	N	N	500	N	N	N	N
Small plant	250	350	350	350	400	400	350	300	300
Medium plant	200	350	300	300	350	300	300	250	250
Large plant									
Currents	0	0	0	0	100	100	0	0	0
Moderate(0.5m/s)	100	100	50	0	200	200	100	0	0
Strong(1.0m/s)									

註：N 表 Not usually appropriate

表 3.4-8 各型浚挖機具浚挖施工之水平向誤差

Site condition	Standard trailer	Light trailer	Cutter suction	Bucket wheel	Grab hopper	Grab pontoon	Bucket	Backhoe	Dipper
Bed material	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Loose silt	2500	2000	500	500	500	500	500	250	500
Cohesive	2500	2500	500	500	500	500	500	250	500
Fine sand	2500	2000	500	500	500	500	500	250	500
Medium sand	2500	2000	500	500	500	500	500	250	500
Gravel	2500	2000	500	500	500	500	500	250	500
Soft clay	2500	2500	500	500	700	700	500	250	500
Medium	2500	2500	500	500	700	700	500	250	500
Stiff clay	2500	2500	500	500	700	500	500	250	500
Very week rock	2500	N	500	500	N	700	700	700	700
Week rock	N	N	500	500	N	800	600	600	600
Moderately week rock	N	N	600	600	N	N	700	800	700
Pretreated rock	2500	N	1000	800	1000	1000	1000	700	800
Sea condition	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Sheltered water									
Small plant	500	700	700	700	1000	700	700	400	400
Medium plant	500	700	500	500	1000	500	700	350	350
Large plant	500	700	500	500	1000	500	700	300	300
Exposed water									
Small plant	2000	2500	N	N	2000	N	N	N	N
Medium plant	1750	2500	1000	1000	1750	1500	1500	700	1000
Large plant	1500	2500	1000	1000	1750	1500	1500	700	700
Currents									
Moderate(0.5m/s)	1000	1500	500	500	1500	1000	1000	200	300
Strong(1.0m/s)	2500	3000	1500	1800	3000	2000	2000	700	700

註：N 表 Not usually appropriate

表 3.4-9 各型浚挖機具之計算超寬與計算超深

類 別		每邊計算超寬(m)	計算超深(m)
耙吸挖泥船	艙容 2000m^3	7.0	0.6
	艙容 $>2000\text{m}^3$	9.0	0.7
絞吸挖泥船	絞刀直徑 $<1.5\text{m}$	2.0	0.3
	絞刀直徑 $1.5\sim 2.5\text{m}$	3.0	0.4
	絞刀直徑 $>2.5\text{m}$	4.0	0.5
鏈斗挖泥船	斗容 $<0.5\text{m}^3$	3.0	0.3
	斗容 0.5m^3	4.0	0.4
抓斗挖泥船	斗容 $<2.0\text{m}^3$	2.0	0.3
	斗容 $2.0\sim 4.0\text{m}^3$	3.0	0.4
	斗容 $4.0\sim 8.0\text{m}^3$	4.0	0.6
	斗容 $>8.0\text{m}^3$	4.0	0.8
鏟斗挖泥船	斗容 $<4.0\text{m}^3$	2.0	0.3
	斗容 4.0m^3	3.0	0.4

3.4.4 浚挖機具對預處理岩石之要求

大部份的火成岩和變質岩及監固的沉積岩，必須經過預處理，才可進行浚挖，預處理的方法應根據岩石的強度、數量、厚度，以及預處理後浚挖所採用之挖泥船類型及性能進行選擇，常用有第二章所介紹之表面爆破、炸箱爆破、鉗孔爆破及錘擊打碎等處理方法。預處理後的岩石浚挖，可根據岩石的破碎程度、鬆散係數、岩石的數量選擇適當的浚挖機具，大陸疏浚工程技術規範對常用挖泥船預處理岩石之要求如表 3.4-10 所示，可供選擇浚挖機具參考。

表 3.4-10 常用挖泥船對預處理岩石的一般要求

挖泥船型式	要求的破碎程度	要求的鬆散係數
絞刀式吸管挖泥船 吸管直徑 750mm 吸管直徑 800mm	D ₉₅ 200mm，越小越易泵送 D ₉₅ 250mm，大塊容易堵管	1.10~1.15
鏈斗式挖泥船 (0.65m ³)	D ₉₅ 600mm，若個別大塊石能 通過泥井也可接受	1.10~1.20
鏟斗式挖泥船(4m ³)	D ₉₅ 700mm，根據斗的尺寸和 有效功率，可開挖更大的塊石	1.10~1.20
反鏟斗式挖泥船(3m ³)	D ₉₅ 500mm，根據斗的尺寸和 有效功率，可開挖更大的塊石	1.10~1.20
抓斗式挖泥船(5m ³)	D ₉₅ 500mm，偶爾可開挖較大 塊石	1.20~1.30
耙吸式挖泥船 吸管直徑 900mm	D ₉₅ 200mm，較大塊石可能堵 塞耙頭	1.25~1.40

註: 1.破碎程度用 D₉₅ 表示。

2.鬆散係數指破碎後的體積與破碎前的體積比值。

3.在挖泥船類型中，挖斗和吸管尺寸不是絕對的，但尺寸較小時，施工困難。

第四章 浚泥輸送方式

4.1 概 述

浚泥輸送乃指水下土方於浚挖之後，送至最終處理設施或棄置場前的傳輸作業，除噴水式浚挖法係隨自然水流帶走較特殊外，大致可分為陸運、水運(船舶運輸)及管線輸送三種方式，分別於下列各節說明。

4.2 陸 運

陸運主要是利用車輛作為運輸工具，其機動性大，且不論短程或長程之往返運輸均適用。雖然陸運於輸送作業上具相當的彈性，然因卡車載重容積有限，故並不適合載運濕泥，且所需投入的人力、燃料、管理等各項經費亦可能不符經濟效益；此外，大量卡車於陸地進行運輸作業，勢必產生噪音、交通、空氣污染等各項環境問題，故應先行規劃運輸計畫，包含運輸路線、運輸設備、平均及尖峰車次、運輸時間、相關環保措施等，必要時考量興建專用之聯外運輸道路，以免因運輸及回填時之噪音、震動及空氣污染、水質污染等問題，形成環保糾紛。

4.3 水運(船舶運輸)

水運乃利用船舶作為運輸工具。一般而言，船舶的盛裝量超過陸上卡車，但因受限於水上航行時之操船基本需求，其作業水域面積必須寬廣且有足夠水深，浚泥之最終棄置場若在陸上或非緊臨海岸，則仍需部份之陸運支援配合。此外，水運靠船舶輸送，其機動性略遜於陸上運輸，因此作業時間可能加長，故依最終棄置場的位置，評估船體大小及適合水運之區段，均為浚泥採水運時必須考慮之因素。然不論是機械式、水力式或氣壓式浚挖方式，三者均適以水運作考慮，例

如機械式與氣壓式可利用底開式或傾斗式受泥駁船盛裝浚泥後，以水路運至最終棄置處理場；水力式挖泥船則可利用附有泥艙之挖泥船盛裝浚泥，俟泥艙近滿載後再運至最終棄置處理場拋放。

4.4 管線運輸

由於浚泥於浚挖過程中含大量之水，故管線輸送很適合高水量之浚泥運輸，通常使用大型動力幫浦之運送距離可達 10 公里之遠。當在高速的運送過程中，若速度降低至某一臨界速度時，浚泥因重力而沉積於底部，故在使用長接管時應注意保持穩定流量之抽送，以防由於抽送不穩而阻塞運輸管線。在運輸管線的選擇上應注意摩擦力問題和運輸點之高程，以防止在運輸過程中不必要之動力浪費和倒抽之現象發生。基本上管線輸送方式可區分為抽泥船本身所產生的動力或陸上機械設施所具備的動力兩種方法。可利用管線輸送的浚挖方法有水力式挖泥船及氣壓式挖泥船兩類，機械式挖泥船之浚泥則不適管線輸送。

4.5 絞刀吸管式挖泥船浚填能量

絞刀吸管式挖泥船浚填能量與挖泥船之抽砂泵浦馬力、輸砂管管徑及輸送距離有關。依國內彰濱工業區開發之抽砂單價估算基準，在不設加壓站情況下，即經濟排距內時，絞刀吸管式挖泥船不同抽砂泵浦馬力之浚填能量，如表 4.5-1 所示。

表 4.5-1 絞刀吸管式挖泥船浚填能量表

抽砂泵浦馬力	使用管徑 公尺,(吋)	浚填能量 (m ³ /小時)	浚填能量 (m ³ /月)	經濟排距 (m)
600hp(浚挖)	0.30,(12")	111.97	50,385	<1,500
600hp(浚填)	0.30,(12")	95.17	42,827	<1,500
3,300hp(浚填)	0.36,(14")	143.90	64,755	<2,500
4,400hp(浚填)	0.61,(24")	462.79	208,254	<3,000
8,000hp(浚填)	0.76,(30")	902.30	406,035	<3,500
11,000hp(浚填)	0.76,(30")	954.36	429,461	<5,000
12,000hp(浚填)	0.81,(32")	1183.00	532,350	<6,000
13,000hp(浚填)	0.81,(32")	1277.22	574,749	<7,000

4.6 自航耙吸式挖泥船挖泥效率

具有泥艙之自航耙吸式挖泥船於抽砂裝艙期間，其作業效率隨泥艙裝砂量升高而降低，即泥艙愈滿時其流失率越高，自航耙吸式挖泥船泥艙裝砂量與流失率之關係如圖 4.6-1 所示，故通常自航耙吸式挖泥船抽砂作業時，其每一航程之裝砂量約為泥艙容積之 65%~70%之間，其所抽取之砂水混合液中之砂料流失率約在 10%~15%之間；至於每一循環航程所需時間，與往返航行距離、航行速度、棄砂方式(接管泵送、底開拋棄)及抽砂船馬力等因素有關。

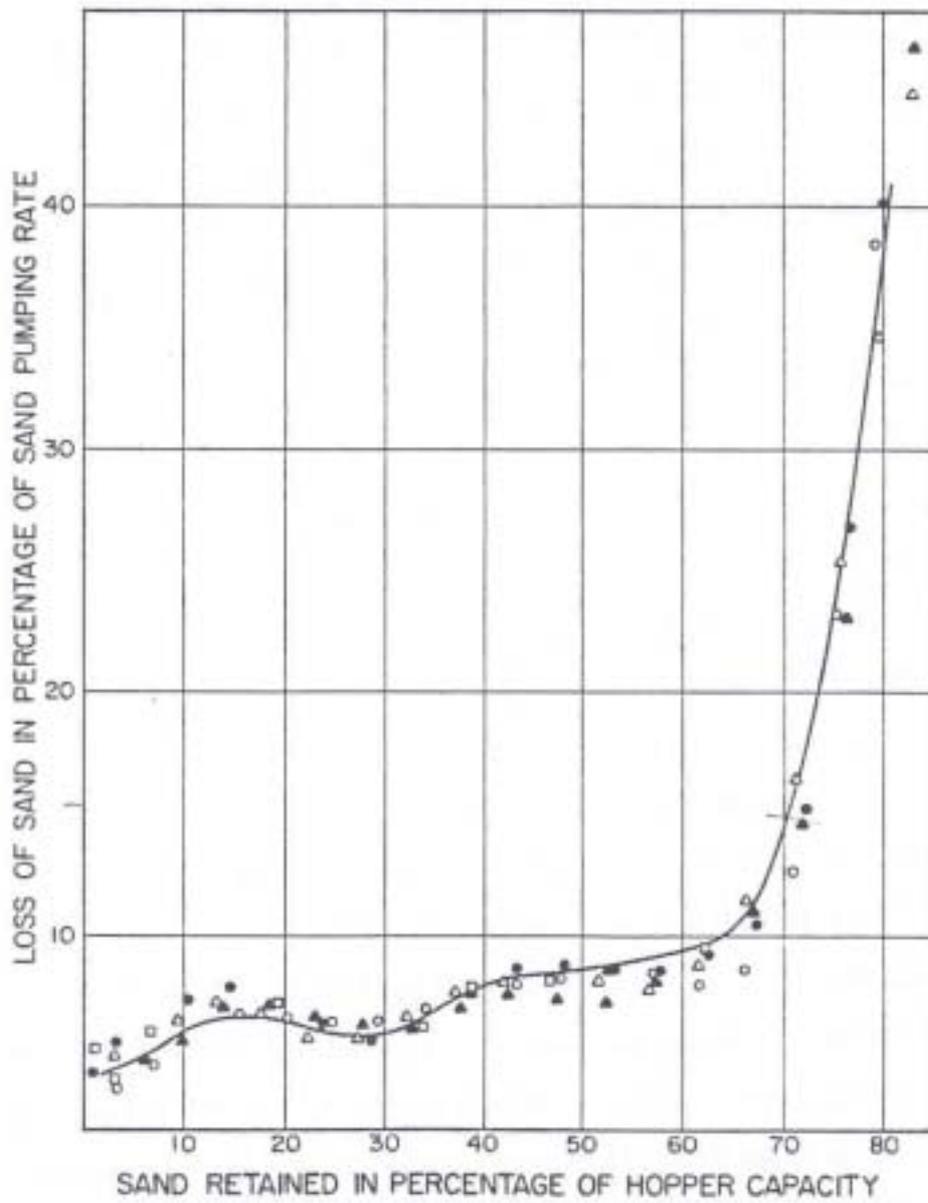


圖 4.6-1 泥艙裝載率與泥砂流失率關係圖

第五章 浚泥最終棄置處理

5.1 概 述

依「海洋棄置及海上焚化管理辦法」第三、四條之規定，海洋棄置申請必須提出海洋棄置必要性說明，內容應包括海洋棄置前棄置物之再利用或最佳可行處理技術，以及海洋棄置與其他替代方案之比較，國內各港之浚泥最終棄置處理方式，常見的有海洋棄置、填築港區新生地或碼頭背填等，其他浚泥棄置處理方式有填海造地、人工養灘、陸域掩埋、海岸保護...等替代方案。以下就浚泥海洋棄置、替代方案、浚泥資源化再利用，以及環境保護等方面進行分析探討。

5.2 浚泥海洋棄置

5.2.1 相關法令規定

1. 國外法令

(1)美國之浚泥棄置規定

未受人為活動汙染且符合下列三項要求之浚泥為可視為環境同化者，不需進行特殊之試驗，僅需申請許可後即可進行海洋棄置。

- (a)浚泥主要成份為砂、礫石、岩石或其他自然存在之底層物質，顆粒大小在亞黏土以上，且存在於高能量之海域。
- (b)用來作為海灘補充或重整之浚泥，只要組成為砂、礫石、貝殼，且顆粒大小與投棄海灘所具有之大小分佈類似。
- (c)被投棄之浚泥與投棄地點之底泥具有及類似之特性，或浚泥之來源遠離所有以往或現存之污染源，因而可確定此浚泥未受汙染者。

其他來源之浚泥，則需使用美國環保署所規定之實驗方法及步驟分

析，而能符合微量污染物之原則者，方可進行海洋棄置。

(2)日本之海洋棄置物分類

日本海洋棄置之相關法規，以「海洋污染及海上災害防止法」及其施行令與「廢棄物處理令」為主，其允許海洋棄置之事業廢棄物，依來源、特性與物態分成下列四種：

(a)固化廢棄物

(b)燃燒殘渣、污泥、礦渣、集塵灰塵

(c)有機性污泥、水溶性無機污泥、廢酸、廢鹼等液相關廢棄物及去除浮游性雜物之動物糞尿。

(d)水底土砂(浚挖或其他船舶通常活動產生，如為含微量污染之特定水底土砂，須依運輸省之規定固化)。

2. 國內法令

國內對於海洋棄置物質之要求主要為「海洋污染防治法」，其中有關防止海上處理廢棄物污染之條文有六，分列如下：

第二十條：公私場所以船舶、航空器或海洋設施及其他方法，從事海洋棄置或海上焚化者，應向中央主管機關申請許可。前項許可事項之申請、審查、廢止、實施海洋棄置、海上焚化作業程序及其他應遵行事項之管理辦法，由中央主管機關會商目的事業主管機關定之。

第二十一條：實施海洋棄置或海上焚化作業，應於中央主管機關指定之區域為之。前項海洋棄置或焚化作業區域，由中央主管機關依海域環境分類、海洋環境品質標準及海域水質狀況，劃定公告之。

第二十二條：中央主管機關應依物質棄置於海洋對海洋環境之影響，公告為甲類、乙類或丙類。甲類物質，不得棄置於海洋；

乙類物質，每次棄置均應取得中央主管機關許可；丙類物質，於中央主管機關許可之期間及總量範圍內，始得棄置。

第二十三條：實施海洋棄置及海上焚化之船舶、航空器或海洋設施之管理人，應製作執行海洋棄置及海上焚化作業之紀錄，並定期將紀錄向中央主管機關申報及接受查核。

第二十四條：公私場所因海洋棄置、海上焚化作業，致嚴重污染海域或有嚴重污染之虞時，應即採取措施以防止、排除或減輕污染，並即通知主管機關及目的事業主管機關。前項情形，主管機關得命採取必要之應變措施，必要時，主管機關並得逕行採取處理措施；其因應變或處理措施所生費用，由該公私場所負擔。

第二十五條：棄置船舶、航空器、海洋設施或其他人工構造物於海洋，準用本章之規定。為漁業需要，得投設人工魚礁或其他漁業設施；其申請、投設、審查、廢止及其他應遵行事項之許可辦法，由中央主管機關會同中央漁業、保育主管機關及中央航政政主管機關定之。

「海洋污染防治法」第二十二條所規定之甲類、乙類或丙類海洋棄置物之分類如表 5.2-1 所示。

表 5.2-1 我國海洋棄置物之分類

分類	海洋棄置物質
<p>甲類： 完全禁止海拋作業</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 有機鹵化合物 2. 汞及其化合物 3. 鎘及其化合物 4. 不易被消化而在自然界長久存在之塑膠類和其他人工合成物質。如網和繩經海洋投棄後，可長期漂浮在海域，而干擾到漁業、航運等合法海域活動之運作。 5. 廢油 6. 含有放射性之物質或廢棄物。 7. 有害事業廢棄物及其固化處理後之固化物。 8. 含酚類或含油份在一百毫克/公升以上之污泥、廢酸或廢鹼。 9. 不易沉澱之灰渣、礦渣、塑膠屑、橡膠屑、紙屑、木屑、纖維屑或非水溶性無機泥。 10. 其他經中央主管機關公告者
<p>乙類： 每次棄置都均應取得中央主管機關許可</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 具有相當濃度之下列物質 <ul style="list-style-type: none"> 砷及其化合物 鉛及其化合物 銅及其化合物 鋅及其化合物 有機矽化合物 氰化物 氟化物 鉍及其化合物 鉻及其化合物 鎳及其化合物 釩及其化合物。 2. 未列入甲類之一般事業廢棄物及污泥 3. 未列入甲類之農藥及其副產品 4. 含廢酸、廢鹼性廢棄物質經海水起始混合後，所造成之氫離子濃度使周圍海域酸鹼度達 10% 以上之變化。 5. 可行生物分解之物質，其起始混合後之濃度達周圍海域溶氧減少 25% 以上之變化。 6. 不能與海水完全混合之廢棄物(如苯、二甲苯、二硫化碳、甲苯等)，其投棄之濃度高於其棄置海域海水溶解度。 7. 會沉降到海底而對漁業和航運造成嚴重阻礙之容器、金屬碎塊和其他大型廢棄物。 8. 其他經中央主管機關公告者
<p>丙類： 於中央主管機關許可之期間及總量範圍內，始得棄置</p>	<p>非甲乙兩類皆屬之</p>

註：起始混合之定義為物質經棄置四小時後之擴散狀況

行政院環保署依「海洋污染防治法」第二十條規定訂定之「海洋棄置及海上焚化管理辦法」，已於民國 91 年 12 月 25 日公告實施，其有關海洋棄置之相關規定如下：

第三條：依前條規定申請海洋棄置許可者，應繳納審查費並檢具下列文件：

- 一、申請書。
- 二、公私場所經政府機關核准登記之證明文件。
- 三、公私場所負責人之身分證明文件、住址及聯絡電話。
- 四、海上運送船舶或機具名稱及其負責人身分證明文件、住址及聯絡電話。
- 五、海洋棄置物質之名稱、種類、數量、物理及化學分析報告。
- 六、海洋棄置次數及預定期間。
- 七、海洋棄置作業計畫書，包含下列事項：
 - (一)棄置區域。
 - (二)裝載作業、棄置方法及流程。
 - (三)棄置速率及其控制設備。
 - (四)監測計畫。
 - (五)緊急應變計畫。
- 八、海洋棄置必要性說明。
- 九、海洋棄置作業影響評估：包括棄置區域背景調查、海洋棄置對於海洋環境、海洋生物以及其他海洋用途可能造成的影響。
- 十、其他經主管機關指定之文件。

第四條：前條第八款所稱海洋棄置必要性說明，應包括下列事項：

- 一、海洋棄置前棄置物之再利用或最佳可行處理技術。
- 二、海洋棄置與其他替代方案之比較。

第五條：公私場所從事海洋棄置應於裝船或出港二十四小時前，將海上運送航程、棄置作業區域及時程，通知當地海岸巡防機關

及各級主管機關。

第六條：實施海洋棄置之船舶或機具，應備妥下列文件以供檢查：

- 一、緊急應變計畫書。
- 二、船舶證書或機具經目的事業主管機關核准之文件。
- 三、船舶或機具之保險單影本。

前項實施海洋棄置之船舶或機具，應於明顯位置標示棄置物質及許可文號。

第七條：實施海洋棄置之船舶或機具，應裝設具備下列功能之自動連續監測系統：

- 一、船舶或機具啟動引擎時，該系統應即自動監測並記錄。
- 二、航行中每十五分鐘至三十分鐘自動以全球導航系統記錄船舶或機具位置及時間一次；實施棄置時，每五分鐘記錄船舶或機具位置及時間一次。

第八條：海洋棄置許可文件應記載下列事項：

- 一、基本資料：
 - (一) 公私場所名稱、負責人姓名及住址。
 - (二) 海洋棄置船舶或機具名稱、負責人姓名及住址。
- 二、許可內容：
 - (一) 棄置物質之名稱、種類、數量。
 - (二) 棄置區域。
 - (三) 棄置方法、棄置速率。
 - (四) 棄置次數及棄置頻率。
 - (五) 監測項目及監測頻率。
 - (六) 棄置期間之限制。
 - (七) 其他經中央主管機關規定之事項。
- 三、海洋棄置許可文件之有效期間及許可文號。

第九條：乙類物質海洋棄置許可文件之有效期間，為中央主管機關當次核准之期限。丙類物質海洋棄置許可文件之有效期間為三

年，期滿仍繼續棄置者，應自期滿六個月前起算四個月之期間內，重新向中央主管機關申請許可。

上述「海洋棄置及海上焚化管理辦法」僅訂定海洋棄置許可申請應備妥之文件及其內容，並未依「海洋污染防治法」第二十一條「海洋棄置區由中央主管機關劃定公告之」之規定劃定海拋區，顯示我國法令目前對海洋棄置區位址係採審議許可制。

5.2.2 海拋區選址原則

浚泥海拋作業前須先完成海洋棄置作業影響評估及許可申請，其中最重要之海拋區(棄置區域)區址選擇，本研究建議之選址原則如下：

1. 不宜接近計畫海域內之自然保留區、生態保育區、特別景觀區等各項自然資源、環境生態限制區域，並保留適當緩衝距離。
2. 浚泥海拋作業將因海潮流帶動擴散，為避免對漁業環境產生不利衝擊，必須避開重要漁業作業區、人工漁礁及漁業資源保護區。
3. 浚泥海拋之運距應在合理範圍內，以減輕運送成本、作業監督及應變措施之可及性。
4. 應避開海底電纜、海底管線、廢彈區、禁錨區等危險海域，以及其他使用或規劃中之海拋區。
5. 待選場址於海拋作業時，應能避免干擾附近其它海洋活動，例如海底採礦、海洋遊憩、軍事活動、海洋研究及其它合法之海洋使用活動。

5.2.3 最適海拋區研選

圖 5.2-1 為本研究建議之最適海拋區評選作業流程，選擇最適海拋區首須蒐集相關之法規要求，並進行鄰近海域之環境敏感區位及特定區位限制調查，例如自然保留區、生態保育區、特別景觀區、海底電纜與管線、水上遊憩活動區、重要漁場、漁業資源保護區及其他經中

央主管機關公告需特別加以保護之區域等，依前述原則於鄰近海域中篩選出可能之海拋地點，然後進行最適海拋區評選及相關驗證，初步建議之評選考量因素及原因說明如下：

1. 海域地形水深

就海域地形水深而言，相對水深較深時，可供海拋物投棄置容量較大，故水深較大海拋區較具優勢。

2. 沉降物質累積影響程度

就投棄沉降性物質而言，在深水處投棄時投棄物沉降至海底的時間較淺水處來得長，投棄物在水體內所受擴散及傳送影響時間亦長，所造成海底之累積範圍較大，故以同樣之投棄數量言之，水深大區位所造成之累積厚度與整個水深比較起來較小，影響程度也較小。

3. 海域水流狀況

一般而言，不同海域因流速大小差異，具有不同的能量及混合傳送特性，一般海流流速大時海域能量較高，能在短時間內將注入其中的物質加以混合、擴散及稀釋，而減低其影響程度，所以海流流速大之可能海拋區，較適合作為海洋投棄之場址。

4. 海象作業條件

海拋作業因使用之船機不同，將有允許之作業限制、施工費用及拋放效果亦不同，應考慮海拋區之海象條件。港灣底泥浚挖作業一般以挖泥船之抓斗或以挖土機置於平台船上，將淤泥挖起放至受(拋)泥船中，再運至海拋區水域，以重力方式投棄。受(拋)泥船拋泥方式可分為側傾式及底開式，側傾式拋泥船造價較低廉，但拋放作業緩慢、位置不易控制；底開式拋泥船則造價較高，拋放作業迅速且位置較易控制，污染擴散範圍較小，故海拋作業以採底開式較適宜，近來有自航式挖泥船直接將浚泥抽至本身泥艙後再自行運至海拋區投棄，其耐波力較一般受(拋)泥船佳，可耐受較大波浪。

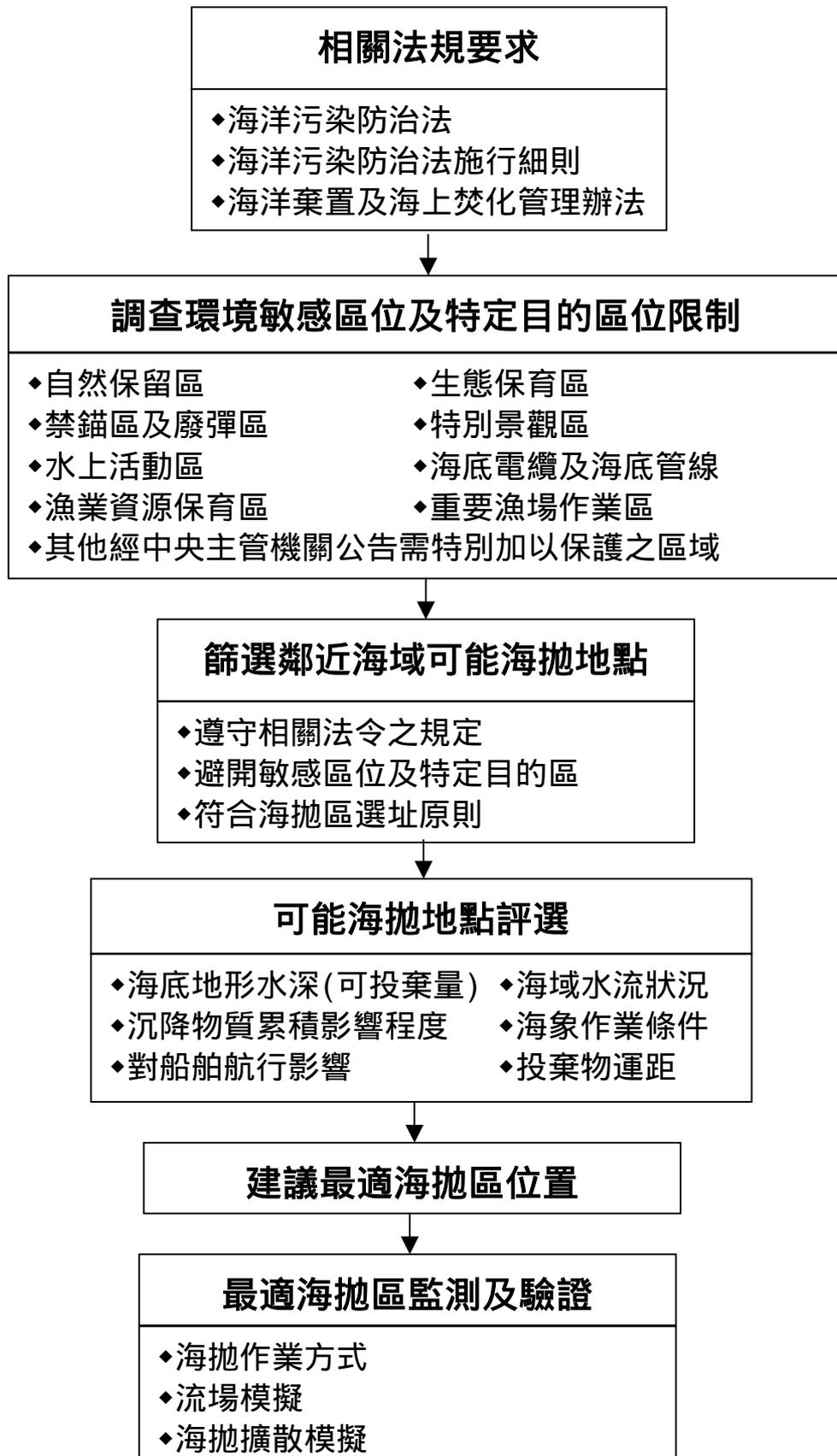


圖 5.2-1 最適海拋區評選作業流程圖

5. 投棄物運距

海洋投棄地點與投棄物產地的距離應在合理範圍內，一般而言，最好在運泥船一天能夠來回數趟為佳，若投棄運距太遠，則其作業成本將大為提高，甚者在經濟上無法與其他陸上處置方案相競爭。此外，由於行駛距離遠，除了投棄作業監理及海域環境的監測較為複雜外，投棄者違規投棄的可能性誘因也將大為增加。

5.2.4 海拋污染防治對策可行性探討

港灣浚挖底泥與其他如生垃圾、放射性廢料、廢酸、廢鹼等海洋投棄物質之差別，乃在於其成份多屬未經污染或屬低污染性的自然沉積物，其在處置方式上一般可考慮直接進行海洋投棄，依國際海事組織 2000 年 10 月分報告指出，1993 年間其會員國有 18 個申請海拋許可，其中屬浚挖底泥海拋物部份，香港總共海拋了 2 億 5 千萬噸(約 1 億 4 千 7 百萬方)、中國大陸 5000 萬噸(約 2 千 9 百萬方)、日本 9 千 5 百萬噸(約 5 千 6 百萬方)及韓國 1 百萬噸(約 60 萬方，1994 年)等。

對於不具污染性之港灣浚挖底泥海拋，其較為顯著之不利影響，為海拋後細料含量高之淤泥雲團，若無海流稀釋交換，易長期累積懸浮於水體造成背景濃度增加及透光度降低，進而影響浮游性生物，或是大量海拋底泥沉積於海床，覆蓋底棲生物而產生負面效應。依據國外相關港口進行港池浚挖、抽沙填地等施工作業所採取之污染防治措施，有限定海拋時間、海拋地點、採用特定棄拋船機、棄投方式等作業管理之污染防治方式，亦有利用地工織物包封、污濁防止膜設置等設施式污染防治方式，其隨工程性質、環境限制、作業條件、海拋數量及投棄物質成份等不同而各有適用性。常見之海拋控制作業管理對策如下：

1. 帶狀分區輪拋

由於海拋區海流主要為具週期性往復動之潮流流況，其流向約略平行於海岸方向，海拋底泥即受此一流況攜帶而呈帶狀沉積分佈，故海拋

作業可將海拋區規劃細分數個平行海岸方向之帶狀輪拋區，由每年輪流更換拋區，期使受影響區之底棲生物在間斷拋放沉積影響後，有足夠回復生長之機會。

2. 均佈拋放控制

利用先進 GPS 定位系統配合精確之漲退潮流預報，於海流上游側進行海拋作業，控制高濃度之懸浮質水團局限於海拋區範圍，並使浚挖底泥均佈沉積，以減少底床沉積影響範圍。

另參照美國、荷蘭及日本等先進國家，近年來較常引用之設施式污染防治對策有口地工砂袋包覆口污濁防止膜圍堵等兩種，其可行性分析檢討結果如表 5.2-2 所示，分述如下：

1. 地工砂袋包覆方案

有關本項地工砂袋包覆浚挖底泥海拋之污染防治方案，主要係將高拉力織布置於底開式船內，俟浚泥置入後將織布封口形成砂袋，再由駁船連同砂袋運至海拋區後將艙底打開，砂袋即沉降入海底。

(1) 適用水深

地工砂袋係由底開船運至海拋區後將艙底打開，讓砂袋沉降入海底，一般水深只要大於駁船吃水及砂帶高度(一般在水深 5m 以上)即可拋放。

(2) 作業方便性

實際作業係將浚挖底泥直接置入底開船上砂袋，並予封裝後，運至海拋區拋放，可直接利用國內現有船機設備，不需特別技術人力配合，作業方便容易。

(3) 海象環境適應性

以浚挖底泥充填之地工砂袋因其單一量體重量大，拋入海中後，即

迅速沉降於海底，基本上並不受波浪、水流等作用力影響，而減低其污染防治功能。

表 5.2-2 浚泥海拋污染防治對策可行性檢討表

方案別 檢討因素	土工砂袋包覆方案	污濁防止膜圍堵方案
適用水深	透過底開式船，運至海拋區後打開艙底拋放，水深 5m 以上即可拋放，本案海拋區水深超過 100m，無拋放限制	一般多用於水深較淺之"浚挖區"，"海拋區"少見應用例，本案海拋區水深超過 100m，污濁防止膜設置有困難
作業方便性	浚挖底泥直接置入底開船上砂袋並予封裝後，直接運至海拋區拋放，作業方便容易	需配合施作水下錨碇、繫纜及水面浮具等，程序繁複，遇惡劣海象(如颱風)需拆卸收回
海象環境適應性	砂袋單一量體大，不受波浪、水流等作用力影響其防治功能	波浪作用力可能損壞水面浮具，另水流對防止膜及繫纜亦可能造成損壞
防治效果	浚泥完全包覆於砂袋內，拋放時可有效避免海水水質濁度增加及懸浮質擴散，防治效果極佳	因水深限制，防止膜僅懸浮於水面至水下有限深度，懸浮質僅能侷限於上層防止膜範圍內水域，防止膜未及之中下層水域，懸浮質仍會逸散出來，防治效果差
相關應用實績	國內外實績豐富，國內彰濱工業區有成功實例	國外多為淺水海域案例，無深水相關案例，國內無應用實例
經濟性	經濟規模門檻低，相對經濟性較高	經濟規模門檻高，相對經濟性低
聚漁效果	砂袋單體於海底堆置後，形同"人工魚礁"有聚漁效果，對海域生態及漁民收益等，均有助益	無其他間接效益
總 評	土工砂袋包覆方案，以其不受大水深限制、作業方便容易、不受波浪水流影響功能、懸浮質擴散防治效果極佳、國外實績豐富、國內有成功實例、相對經濟性較高及有聚漁效果等優勢特性，可作為本計畫防治污染對策方案。	

(4)防治效果

浚泥完全包覆於土工砂袋內，拋放時可有效避免海水水質濁度增加

及懸浮質擴散，污染防治效果極佳。

(5)相關應用實績

地工砂袋國外實績甚豐富，屬純熟技術，國內彰濱工業區鹿港區有成功引用實例。

(6)經濟性

本污染防治方案較直接海拋方式，需增加地工砂袋費用，相較於污濁防止膜而言，其經濟規模門檻較低，相對經濟性較高。

(7)聚漁效果

地工砂袋不但不會對海域水質、海域生態等造成影響，多個地工砂袋單體堆置於海底後，即形同"人工魚礁"而可有吸收魚群聚漁之效果，對海域生態及漁民收益等，均有助益。

2. 污濁防止膜圍堵方案

主要使用地工織物，自海面向海床方向延伸，配合施作水下錨碇、繫纜及水面浮具等形成一侷限水域範圍，可避免浚挖底泥向外擴散。

(1)適用水深

污濁防止膜一般多用於水深較淺之"浚挖區"，"海拋區"特別是水深較深水域應用例少。

(2)作業方便性

污濁防止膜需配合施作水下錨碇、繫纜及水面浮具等，除程序繁複外，在錨碇、繫纜作業上有困難，較大波浪亦會對作業造成困擾。

(3)海象環境適應性

台灣地區海域夏季颱風波浪甚或冬季季風波浪作用力可能損壞水面浮具，另水流對防止膜及繫纜亦可能造成損壞。

(4)防治效果

防止膜僅能懸浮於水面至水下有限深度，因此，懸浮質僅能侷限於上層防止膜範圍內水域，而防止膜未及之中下層水域，懸浮質仍會逸散出來，防治效果差。

(5)相關應用實績

防止膜國外多為淺水海域案例，無深水相關案例，國內亦無應用實例。

(6)經濟性

防止膜及相關水下錨碇、繫纜及水面浮具等設施所需費用極鉅，經濟規模門檻高，相對經濟性低。

(7)聚漁效果

聚漁效果較地工砂袋差。

5.2.5 監測計畫

為掌握海域在海拋作前之背景海洋及生態環境資料，以及浚挖海拋對海域海洋生態實際影響情況，須透過監測調查手段來達成，同時可藉監測結果瞭解實際海域水質及海洋生態變動狀況，進而採取適當且具體之污染防治對策。有關監測計畫之監測項目、內容，可參照依據「海洋污染防治法」第九條第三項規定訂定之「海域環境監測及監測站設置辦法」以為遵循，其相關規條文如下。

第三條：海域環境監測項目應依污染源類別或海域特性，按下列方式辦理：

1. 應監測項目

(1)海域水文：流速、流向、水溫。

(2)海域水質：鹽度、氫離子濃度指數(pH)、溶氧量(DO)、懸浮固體

(SS)。

(3)其他經中央主管機關指定之項目。

2. 選擇監測項目

(1)海域水文：波高、波向、波浪週期。

(2)海域水質：水中光強度、葉綠素 a、大腸桿菌群、重金屬、營養鹽(硝酸鹽、亞硝酸鹽、氨氮、磷酸鹽、矽酸鹽)。

(3)海域生物：浮游生物(動物性浮游生物與植物性浮游生物)、底棲生物。

第四條：海域環境監測頻率以每季一次為原則。但發生海上重大污染時，應依中央主管機關指定之頻率辦理。

第五條：海域環境水質與海域環境生物採樣、樣品保存及檢驗分析方法，應依中央主管機關公告之方法為之。

5.3 浚泥棄置替代方案

5.3.1 替代方案介紹

常見之浚泥棄置替代方案主要作為工程用途，利用就地取材之優勢，將浚泥本身或經加工作為替代材料，以減少材料用量達到節省成本及資源之目標，例如直接作為填地或養灘材料，或灌裝於土工織物中作為圍堤材料或取代部份堤心石料。浚泥利用於工程用途之最大限制，為工程地點必須臨近海邊地區，運輸距離過長施工機具將受限制且工程費將提高。浚泥棄置常見之工程用途替代方案介紹如下：

1. 填海造地

一般浚渫底泥供作填海造地填地料源，多於岸邊透過圍堤方式，提供浚渫底泥填棄空間，浚填完畢後增加之新生地尚可進一步利用，有關於岸邊圍堤供浚渫底泥填棄之方式，國內外不乏相關案例，國外如荷

蘭鹿特丹港南岸供港區及航道水域浚泥棄置之填築區(見圖 5.3-1)，該浚泥填築區容量達 3 億立方公尺，配合航道水域浚渫底泥分期分區填築；另外國內麥寮工業專用港，其後期南公用碼頭區(目前尚未圍堤施工)亦計畫利用港區及航道浚渫砂土以填築新生地(見圖 5.3-2)。

填海造地通常採先圍堤後填築方式以降低對海域之污染，其圍堤或其堤心料，亦可使用浚泥作為填料(見圖 5.3-3)。浚泥使用於填海造地時，其前置規劃作業及相關許可申請所需時間甚久，故在實際執行時，必須規劃有一長期計畫。



圖 5.3-1 荷蘭鹿特丹港南岸浚泥棄置區



圖 5.3-2 麥寮港南公用碼頭浚泥棄置區

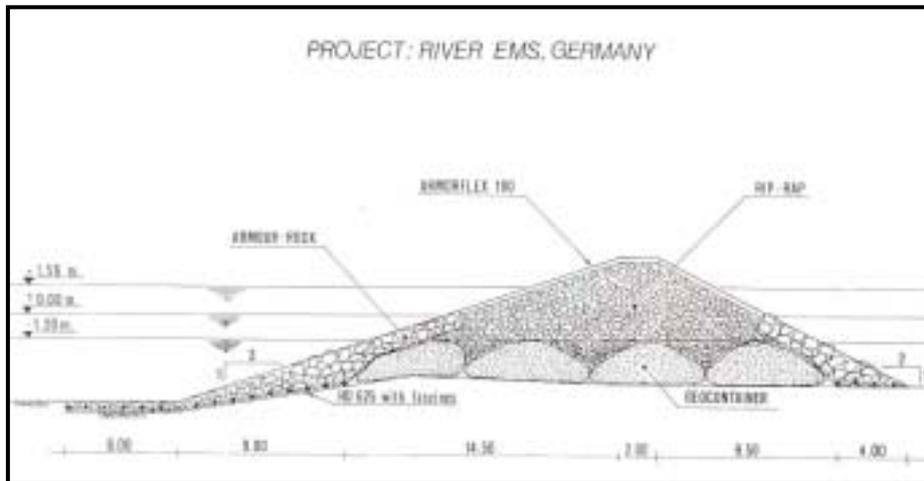


圖 5.3-3 浚泥作為堤心料示意圖

2. 人工養灘

海岸受波力及潮流影響，海灘砂料經常在變動中，即受所謂搬砂運動 (Littoral transpost)，海灘砂料受暴潮影響會移向外海而流失，若淘失之砂料無法藉海流自然力量補回，海岸線將受到侵蝕。可考慮以人工養灘方式補救而保護海岸，人工養灘之合適填料，宜為粗粒或較擬保護海岸沿岸較粗之砂料，因通常此類人工養灘工程數量較大，故應利用大型船機以降低成本。

一般浚渫底泥供作人工養灘料源，多用於海岸漂砂活動顯著之侵蝕海岸地區，透過人工砂源補注方式，以保全海岸，惟因人工養灘多位處近岸淺灘水域，養灘期間可能對鄰近生態或漁業資源造成影響，國內西海岸部份區段雖漂砂活動明顯而有部份海岸侵蝕，惟因淺灘水域砂洲附近多遍布牡蠣等淺海養殖業，養灘易釀污染糾紛，故少見相關案例，國外人工養灘案例則相對較普遍。

3. 陸域掩埋

陸域窪地掩埋處置方式，國內一般多用於建築廢棄土、垃圾等掩埋使用，較少作為港灣水域浚泥之棄置處理場。

4. 海岸保護

(1) 離岸堤

就經濟性考慮，若自浚挖處將浚泥運到離岸堤施工點，遠較將其運至棄置點之距離為短，將使離岸堤之替代方案更具吸引力。此種利用浚泥施作離岸堤作法之唯一缺點，為其易遭淘刷而流失，不若傳統方式，以塊石作為離岸堤材料不易淘失。為改善此缺點，歐洲(荷蘭、德國)、美國工兵署及日本有將浚泥置於"土工織物袋"中，利用開底式駁船將其置於海床作為離岸堤堤心，外部再加敷塊石或消波塊之成功案例，分見圖 5.3-4、圖 5.3-5。



圖 5.3-4 浚泥作為離岸堤案例參考圖

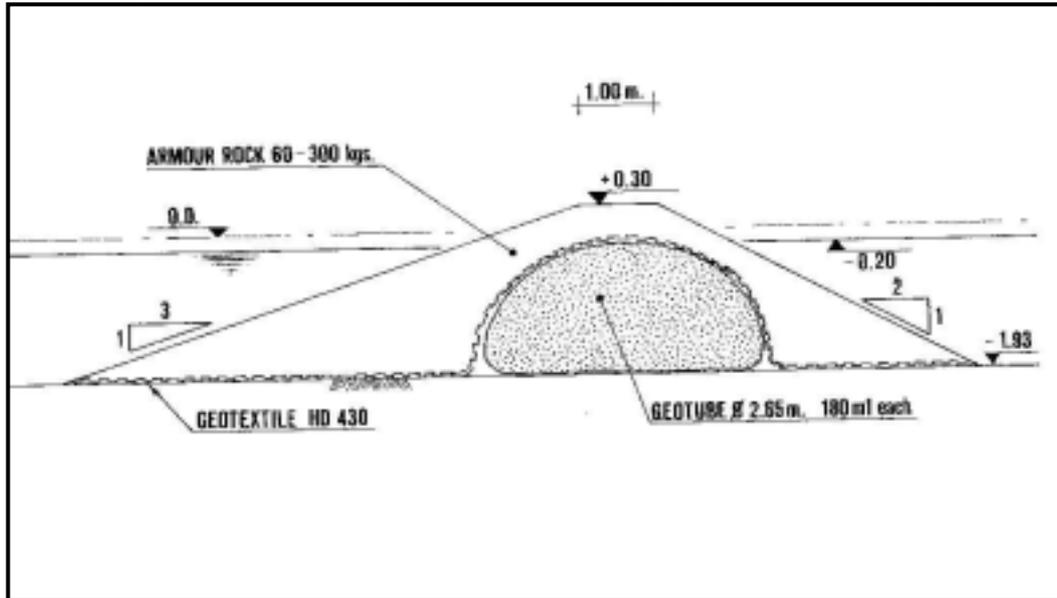


圖 5.3-5 浚泥作為離岸堤堤心外覆塊石斷面示意圖

(2)突堤(Groin)

於侵蝕海岸潮間利用浚泥填充 "土工織物管" 方式設置突堤，以達海岸保護目的，美國北卡諾萊納州禿頭島海灘養護，即有一成功案例（見圖 5.3-6）。



圖 5.3-6 潮間帶突堤案例參考圖

(3)防砂堤

將砂岸向下挖深，將 "土工織物管" 置入槽溝，以水力裝填將浚泥灌入後，可形成 $4.5^H \times 9.8^W$ m 之實體，再覆蓋海砂其上可栽植耐鹽植物。若遭逢暴潮襲擊時，其覆蓋砂遭捲失後，可立即補充，但實心體之結構性未損，發揮保護海岸之功能。此種工法(見圖 5.3-7)，已漸獲河海工程界認可，同時符合所謂永續發展之新穎觀念，此種工法若能被採用則可摒棄目前全有海岸到處可見混凝土或消波塊之醜陋景觀，同時又達到海岸保護之目標。

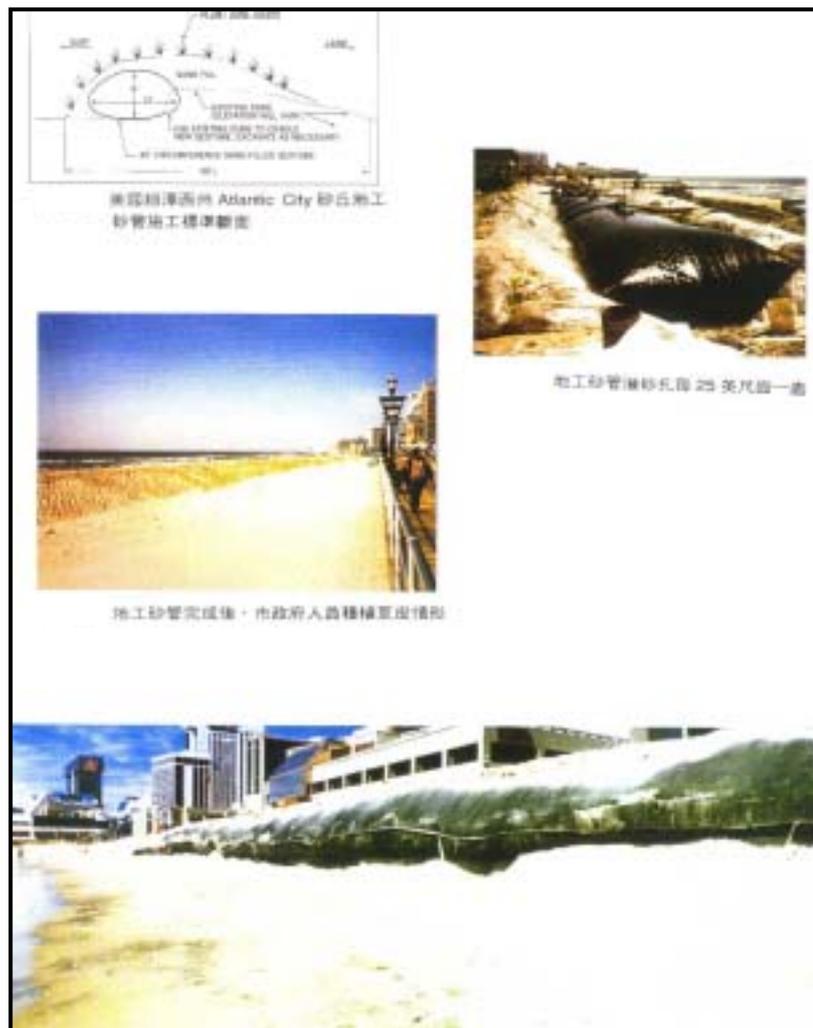


圖 5.3-7 浚泥應用於防砂堤案例參考圖

5. 土壤改良

若原土壤質地不良，當浚泥之產生源頭來自於表土之沖積且富有機質，則可將之用於土壤改良後調整土壤結構，即使浚泥含鹽份較高，若經稍加處理後，亦可用作為表土使用。浚泥再利用於土壤改良最成功之案例為荷蘭公共工程部門，其工程為將低地欲改良之地區(原土壤為 "泥炭土")劃分成若干區，將浚泥依序將各區採輪作方式陸續填滿，如此可藉蒸發及排水達到最適化，然後使用低壓之耕作機具埋設透水盲管，藉以加速排水。另為加速表面排水，亦可將粗砂混入表層之細料中，俟浚泥中水份，完全除去後，即可從事農作。但因浚泥中細料較多，承載性差，故此經土壤改良後之土地，

僅合適作酪農場、遊樂區，高爾夫球場及公園，另視現地情況，亦有作輕型工業及倉儲區。

6. 海床覆蓋(Capping)

為達阻絕(Isolate)目的使置於海底之污染物不與水體接觸或防止其逸出，經選用後之浚泥可以覆蓋方式棄置。此項覆蓋(Capping)作業，美國工兵署甚富經驗，惟作業中之排放標準，須符合對 "濁度" 及 "懸浮固體物擴散" 兩項要求。其覆蓋作業施工駁船配置有(1) Sidecast(2)水下擴散管，參見圖 5.3-8。

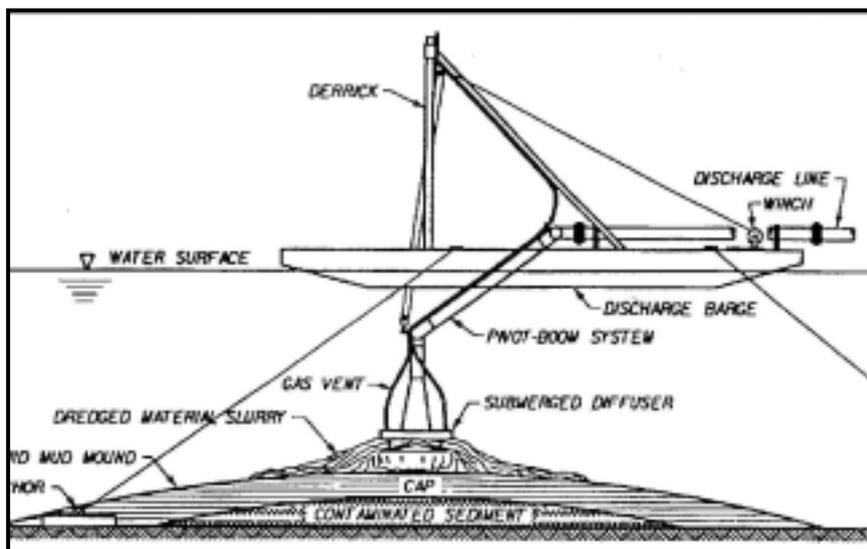


圖 5.3-8 覆蓋作業施工駁船設備配置示意圖

5.3.2 浚泥填地之粒料性質限制

浚泥棄置處理若採填海造地方案時，其填築方式可概分為水力回填及乾式回填兩種，本研究為探討港灣水域之浚挖工程，故僅討論水力回填之粒料限制。依美國海軍 NAVFAC DM-7.3 規範之建議，水力抽砂回填若須承受結構物之荷重時，須考慮下列準則之規定：

1. 粗顆粒回填

一般水力回填區之土壤必須符合非塑性細料含量少於 15% 或塑性細料少於 10% 之要求。此因細料在回填時易引致鄰近海域水質混濁不

清，並造成細料於局部區域大量沉澱。NAVFAC 規範此類土壤在回填時不必夯實，即可獲得相對密度約 50~60%。承載力視允許沉陷量而定，一般約 2.5~10.0t/m²。

2. 細顆粒回填

若取土區土壤屬於沉泥和黏土，則挖泥回填之初始仍將維持相當高之含水量。由於沉泥和黏土透水性低，所需壓密時間很長，因此可在回填至一定深度時，即加鋪 0.3~1.0m 之粗粒土層，以有效改良排水狀況及縮短壓密時間。此外，回填土壤透水係數若小於 1×10^{-4} cm/sec，其壓密時間將持續很長一段時間，且對於回填土壤之力學行為預測將非常困難。

3. 水力回填流失量

水力浚挖作業將底質與海水混合後，輸送至填地區，如填地區無適當圍堵設施，部份細料泥質將隨海水漂移他處。故回填土方量視封閉狀況而定，水力回填流失量可概估如下：

- (1) 封閉式回填之流失量損耗，一般與臨時圍堵之型式結構、尾水處理方式、尾水出水口位置範圍有關。以小於 200 號篩之土質佔 25% 之回填料而言，一般封閉式回填方式將有 5%~15% 之流失損耗。
- (2) 開放式回填一般將有回填量 15%~30% 之流失損耗。

5.4 浚泥資源化再利用

浚泥棄置處理除 5.3.1 所述之工程用途替代方案外，尚有農漁用途、生態環境提升等二類再利用途徑，若干再利用方案之歸屬亦不僅限於某一類，例如屬工程用途之人工養灘亦可歸於生態環境提升；使用 "地工織物袋" 包覆浚泥海洋棄置，因可利用拋放後之 "地工織物袋" 作為海底圍堤及海洋牧場，亦可屬生態環境之提升。在尋找最適浚泥資源化再利用方式前，宜先對浚泥特性有一透澈瞭解，浚泥若能予以資源化，不但可避免視浚泥為廢棄物棄置，同時可達到永續經營之目

標。除工程用途外之浚泥資源化再利用方案及其決策模式說明如下：

5.4.1 農漁用途方面

1. 農業用表土

若有足夠土地空間，浚泥可以噴砂方式噴入近海陸上圍堤中。為便利蒸發及脫水，每次噴入浚泥厚度不宜太厚，約 0.5 ~ 1m 間。如浚泥取自近海，以藉雨水自然淋洗以去除或減輕鹽份，則堆置時間須費時達數年之久，經蒸發脫水併去除鹽份之浚泥可直接或經土壤加工方式，作為農業用表土，此項回收之表土，另有使用於都市垃圾掩埋場供作每日覆蓋之用途。

2. 養殖池及海洋牧場

利用近距離之優點，浚泥可直接抽送至海邊陸地以形成土堤，作為養殖池，因國外若干海岸國家對瀕海之養殖池限制及嚴格法令，使用浚泥圍地與養殖池同時合併規劃之構想甚為可行。兩者共同處計有圍堤，尾水排放及排水措施等等。本省近年來近海漁獲量因過度捕漁造成日漸減少，有關漁政單位為提高漁獲量，或有設置人工漁礁，但成本甚高，若能配合 "浚泥海拋環保袋" 在海底作堤，減緩流速，使魚類迴遊，而在海床加鋪粒砂或碎石，便利魚卵附著下卵，可提高漁獲量。

3. 加工建材骨材

浚泥一般組成份子為砂，粉土及黏土之混合物，於資源化再利用前，必須先經過分離手續，此可藉分離機 (Hydrocyclone) 達成，另因浚泥含水量較高，故須經脫水程序後方能使用。若浚泥中粗粒或碎石成份較高，則可經篩選後，再利用作混凝土中之骨材；若浚泥中所含鹽份不高，則粗粒可用於柏油混凝土及水泥砂漿；另經過脫水後之細料，亦有被利用作為河道護面工之不透水層；若浚泥中之含砂量不超過 30%，另通過合格測試，浚泥亦可作為製磚材料。但因為浚泥之形成，係經過沖積而成，經浚挖取得之浚泥中所含之含泥量極不均勻，故在

用於製磚原料時，宜極審慎。荷蘭及德國河海工程單位亦有成功將浚泥再利用製造磚、絕緣用之膨脹骨材及人工輕骨材。

5.4.2 生態環境提升方面

若干特定物種棲息地環境，如人工濕地、河川上游區、鳥類保護區及潮間物種棲息帶等，均可藉妥善規劃及管理手段，有效再利用浚泥將此類生態保護擴大及改良。

1. 濕地復育及新設

以浚泥作為填料，藉以新設立或復育濕地之先例，歐美國家甚多，祇要有適當地點，工程技術多屬平常無特殊可言，與新設立一濕地相較，以浚泥將已有現成之濕地予以改良復育更能為社會接受。常見實例有以浚泥改善瀕海遭淘失之海岸線、墊高沉陷之地層，或將已脫水後之沉泥池恢復其圍堤高度，亦有利用浚泥施作防風及防潮堤。不同於剛性堤，此類以浚泥為材質之海岸保護措施，便利植物生長，確為一可行之生態工法。而利用浚泥建濕地之考慮則較應審慎，依國外經驗平均一完整溶入現有生態環境之新濕地須費時 15 年以上。

2. 河川下游保護區及鳥類棲息地

以浚泥作為此類用途之實例不勝枚舉，其設計考慮因素如下：

- (1) 水岸坡度須為緩坡
- (2) 鳥類孵卵區之土壤篩選
- (3) 接近水域
- (4) 填土高度須高過平均高潮線 1 ~ 3m
- (5) 適合棲息鳥類之植物種
- (6) 不可距離成鳥覓食區過遠
- (7) 避免過多人類活動

3. 改善漁獲及海洋牧場

漁獲量之改善有多種形式，而藉浚泥海洋棄置時之配套措施，改善漁貝類棲息地之繁殖及成長環境為其中一種。譬如，藉浚泥棄置在海床堆置成土堆(或可稱堤)，形成一滯流區，而成為一甚為理想之漁類棲息區，浚泥棄置區若位於淺水或潮間帶，而浚泥中含細粒成份較高時，易遭波或流力淘失，此缺失可藉下列方法改善。

- (1)以海床上種植海草或加鋪粗粒料、貝殼類加以覆蓋。
- (2)以浚泥置於土工織布製作之 "浚泥海拋環保袋"，在海床上堆置成土堤，並形成大小不同之格框，海床底部或再加鋪粗細不同之浚泥作為供魚類魚卵著床，及供無脊髓類、貝殼類等之棲息地。

此種以浚泥直接在海床上或包覆於 "浚泥海拋環保袋" 中之築堤方式，等同人工漁礁作用。因此種海底土堤可改變流速及流向，並可形成渦流(eddies)使浮游生物(food organi & ms)得以集中，吸引水中魚類覓食，同時浚泥棄置區本身亦可成為漁類食物之生長區，此點可由國外實例發現，當浚泥棄置於海床上時，將原海床上附著於浚泥中之海蟲，如 mollusks crustaceans 擾動翻出而提供魚貝類之食物。

國外以浚泥作為提高漁獲量之實例甚多，如美國東北部新英格蘭區，以浚泥於海床上築堤供龍蝦棲息地。同時漁民亦發現在浚泥棄置區形成 "土堤" 之下游區帶，常能吸引大批底棲魚種如梭子魚(flounder)，以及大型釣魚如劍魚(macherel)、金槍魚(jacks)等。

5.4.3 浚泥資源化決策方式

台灣海岸地區大小港口約 300 餘處，每年因航道及迴船池維護浚深需要，產生之浚泥估計約在 200 300 萬立方公尺之間，如此龐大數量之浚泥實為一極具回收價值之資源，故凡任何浚挖作業規劃均應將資源化列入考量範圍。浚泥資源化決策方式，可以一簡化之流程架構表示，詳如圖 5.4-1 所示。資源化決策途徑中，各項作業 (Activity) 之考量因素及內容，分析如下：

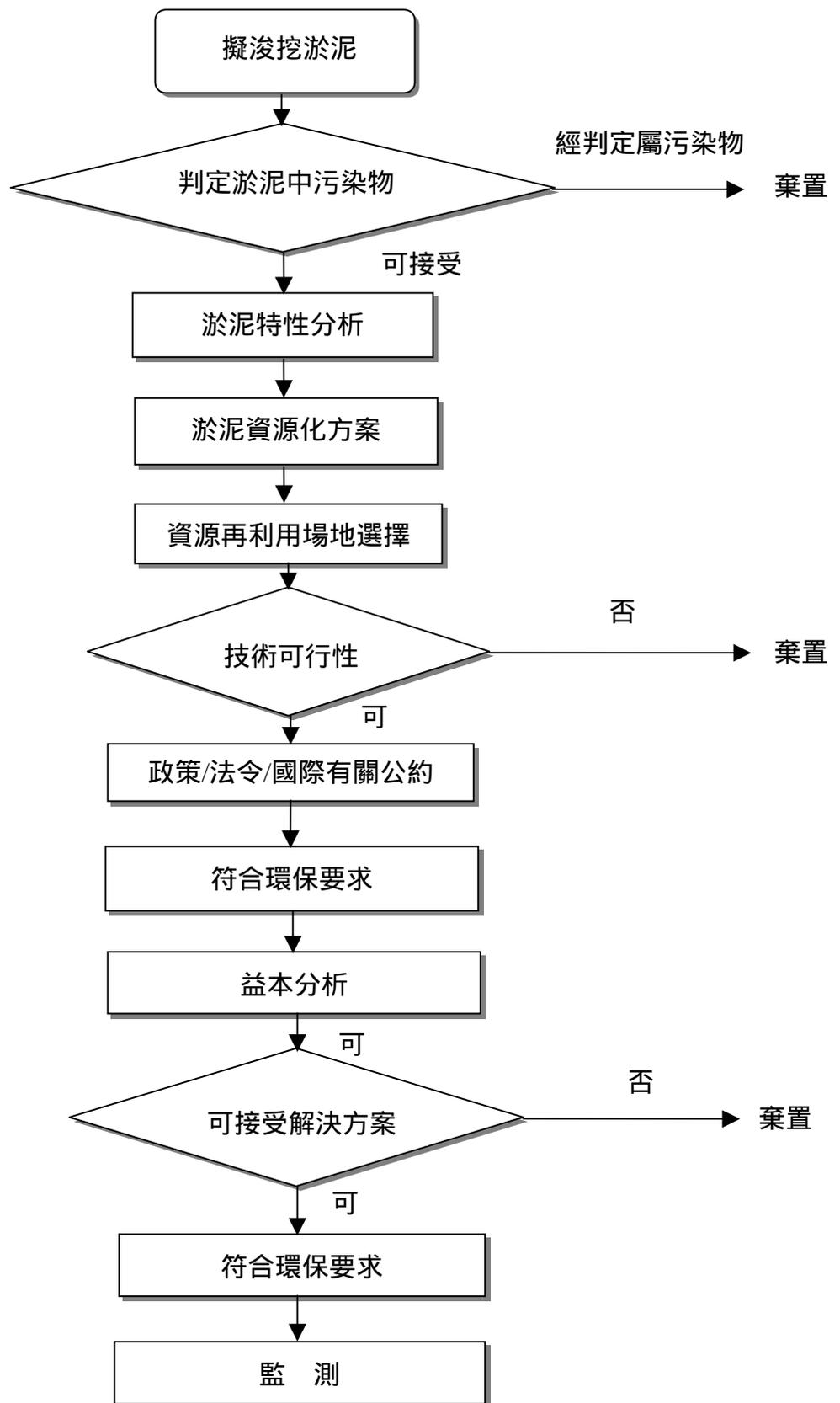


圖 5.4-1 淤泥資源化決策流程圖

1. 污染物判定

浚泥資源化規劃首在判定浚泥所含污染物是否視為可接受程度。一般而言，嚴重污染之浚泥排除在外，尤其不得作為野鳥保護生態區之填土。然而若經過嚴格環保測試標準，並經過適當加工處理後，則仍可屬於可資源化之材料。

2. 浚泥材質特性

浚泥首先經過物理分析，其主要分析項目有：

(1)土壤成份

(2)粒徑分佈(依據美國 ASTM 之 USCS 分類標準，或國際航海協會 PIANC 之標準)。若考慮作為農業用途，則浚泥中之肥力如有機質，酸鹼度、鹽度及營養鹽等均應作分析。

3. 資源化方案

對浚泥特性掌握後，即可擬出最合適之資源化方案，若計劃浚泥無法適用，則再往棄置方面研擬。

4. 資源化場地選擇

適當之資源化方案與其場地之選擇實則互為表裡，應同時加以考量。各特定資源化方案對場地有不同之需求，如海埔地造地所使用之砂，即不同於離岸潛堤所需要者，故場地初步評估時，就應立即評估浚泥注入時，對“場地”周遭所產生之影響。

5. 技術可行性

各浚泥資源化方案之技術可行性，主要考量浚泥排距、水深及運送路徑等項目。

6. 政策、法令及國際公約

當選定一可行之資源化方案後，尚須考量政府有關政策、現行法令

以及國際有關公約(如 IMO , APEC), 瞭解該方案是否可能為符合上述規定, 而造成不合經濟原則。

7. 詳估環保上之接受性

若浚泥資源化之某方案屬重大工程時, 則須先從事 "環境影響說明 (EIS)", 內容多屬 "屬性" 說明, 或經過 "環境影響評估 (EIA)" 則較嚴格。同時工程執行前及執行中, 經抽樣測試、監測均須以數據量化, 無論 EIA 或 EIS, 均須對資源化工程影響所及之所有生物, 包括動植物, 以及對周遭環境之影響, 作出詳估。

8. 益本分析

當某項資源化方案經選定後, 同時工程施工方法亦確定, 則進一步須進入益本分析。若干資源化之成本甚至較棄置案為低, 但在某種場合, 資源化方案之成本可能較棄置案為高, 但產生之效益可以抵銷。若即使在效益納入考量時, 成本仍屬偏高時, 資源化方案亦不應立即被摒棄, 此係因無形效益經常被忽視或低估。近年來, 益本分析中, 對無形效益如生活環境之水準提昇、景觀視覺、活化社區生活等均納入效益面, 而給予適當之認定。

9. 可接受之資源化方案

經過上述各決策途徑之作業, 作成某一最適之資源化方案。若無法達到此決定, 則應改弦易轍, 往棄置一途規劃。

10. 監測

經採用某資源化方案後, 立即訂出可行之監測計畫, 對行動方案之影響及成果予以監測。

5.5 浚挖作業與環境保護

5.5.1 浚挖與水質污染

浚挖施工及其浚泥之排放對水質之污染為近年來各界所重視之一

項新課題。浚挖施工時，由於被浚挖之沉積物大多數為細顆粒之淤泥、粒土及膠體成份，一般為帶陰電荷之離子，同時由於細顆粒之總表面積較大，因而可吸附大量陽離子。此外，一些工業廢水常帶有大量之有毒物質，如汞、鎘、鉛及聚氯苯物質，以及工廠及油輪所排出之含油沉積物、人口稠密區之大量有機物等，均沉積吸附於海床泥土表面，在挖泥及排泥作業時，由於擾動水底沉積物並使之重新懸浮，將引起二次污染，下列為常見之污染現象。

1. 在拋泥作業時，使水中氮及磷化物等大量釋出，造成水質 "肥化"，因此引起浮游生物、藻類大量產生，將大量消耗水中溶解氧，嚴重影響魚類之生長。
2. 各種有機物、油類污染物、氧化物等，經過擾動後均需大量消耗水中溶解氧，進一步使水質缺氧產生無氧分解過程，即 "腐敗作用"，尤其夏天水溫較高時更甚。
3. 有害物質重新翻起，如鉛、汞、鎘及農藥等，將直接毒害水質。
4. 泥砂懸浮，濁度增高，影響取水品質。

5.5.2 防止浚挖污染之措施

人們常將浚挖與污染視為同義詞，認為凡浚挖就有污染產生，事實上，浚挖之土方絕大部份經化驗後並不附帶污染物，但在環保意識日益高漲之台灣，如欲使浚挖施工順利，其防止污染措施不得不慎。根據目前之研究報告，浚挖作業可採下列措施，以減少對附近環境及生態之影響。

1. 在挖泥時採取措施，不使泥漿及有害氣體擴散，並保證在高濃度情況下抽吸沉積物，即能有效抽吸沉積物且不污染附近水體。為此，應在吸頭安裝活動封口，阻止外面水向內流動，同時並安裝氣體吸引裝置，即時對水體渾濁度及疏浚後污染物進行測定。
2. 採用 "砂簾(sand curtain)" 之方法，於挖泥區或圍堤之出水口一定範

圍內，用封閉式網簾數層圈住，使渾水不得外流，同時網簾將帶動懸浮泥砂下沉及過濾等作用。其作業情況示如圖 5.5-1。

3. 建立不滲漏之拋泥區，如先圍堰圈地以容納廢棄物，使砂水能在圍堰中保存一定時間沉澱，或經沉澱池由出水口排出清水。圍堤後抽砂前施工現場如圖 5.5-2 所示。
4. 採用化學固定法，以少量之凝固劑，將疏浚之浚泥變成無污染之填充料。

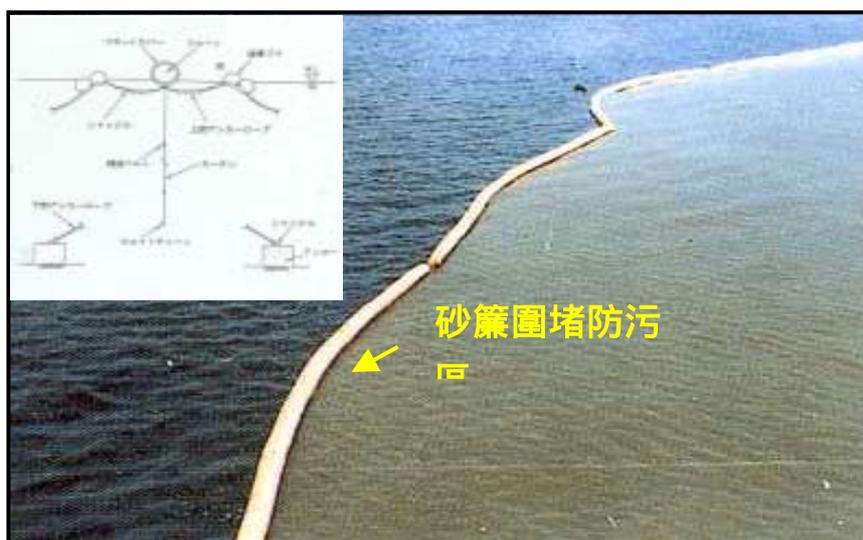


圖 5.5-1 採用砂簾防污施工作業參考圖

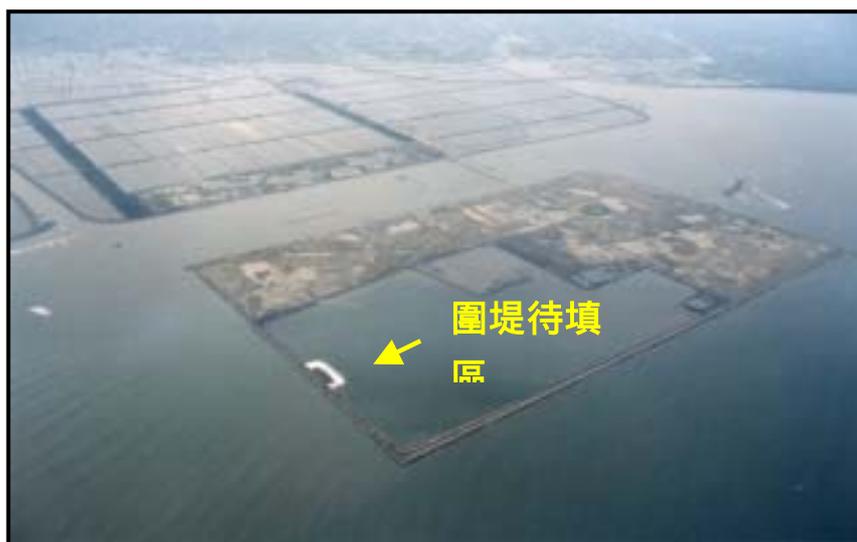


圖 5.5-2 圍堤後抽砂前施工現場參考圖

第六章 浚挖規範訂定之研究

6.1 浚挖規範課題分析

6.1.1 基本資料之不足

工址施工環境條件資料不足或不確實，投標廠商無法評估風險，例如施工中遭遇沉埋消波塊、流失滑落之卵塊石、隱沒岩盤等障礙物。為避免造成合約糾紛，業主對浚挖區地質土壤性質、回淤情況等應提供適當之調查資料，供廠商投標及施工參考。建議於補充說明中，須敘述工址氣海象、地形水深、地質土壤、河川水文、回淤情況等施工環境條件，作為招標文件之一部份。若招標時，無法提供完整基本資料，亦須於設計階段考量配套措施，例如施工前進行補充地質鉆探及回淤量調查，並將費用及相關規定分別納入預算及浚挖規範中。

6.1.2 浚挖機具之功能

目前國內浚挖規範對挖泥船型式多為原則性規定，或由承商自行規劃提出施工計畫送審方式。為避免承商選用之船機性能無法順利達成設計要求，設計階段即應依該浚挖工址之施工限制、設計要求及工期需求等明定於規範中，並於補充說明中提供工址之特性與限制、泥砂之特性、浚泥之處理方式做為承商自行選擇機具之限制，以避免承商所送施工計畫書因審查作業往返費時延宕工期。一般原則性之挖泥船機選取方式如下：

1. 浚挖高程精確度及環境污染防治要求高時，宜要求使用具氣壓式性能之機具，如使用水力式或機械式，則需有配套污染防治措施。
2. 船舶進出頻繁之航道附近抽砂宜採具自航性能之船機。
3. 浚挖深度淺宜採絞刀吸管式挖泥船以避免產生深洞；浚挖深度深可採吸管式挖泥船以提升抽砂效率。

4. 堅硬岩盤地質如火成岩，應先以爆破預處理，再以機械式挖泥船配合開底船或傾卸船挖運。
5. 稍軟岩盤地質如沉積岩或珊瑚礁，可直接以絞刀式挖泥船配合排泥管輸棄。

6.1.3 浚挖土方處理

依「海洋棄置及海上焚化管理辦法」第三、四條之規定，海洋棄置申請必須提出海洋棄置必要性說明，內容應包括海洋棄置前棄置物之再利用或最佳可行處理技術，以及海洋棄置與其他替代方案之比較，國內各港水域浚挖產生之浚泥，常見處理方式主要有海洋棄置、填築港區新生地或碼頭背填等，其施工應注意事項說明如下：

1. 海洋棄置

依海洋污染防治法之規定，浚泥採海洋棄置方式處理，應向中央主管機關申請許可，實施海洋棄置之管理人，應製作執行海洋棄置作業之紀錄，並定期將紀錄向中央主管機關申報及接受查核。故當浚泥採棄置外海之工程，依據「海洋棄置及海上焚化管理辦法」之規定，浚挖規範應規定承商應逐日填報施工日報表(含棄方地點、時間之 DG.PS 衛星導航定位記錄,此 DG.PS 足以顯示挖泥船拋泥航程之過程)供工程司查核，以避免承商未依規定棄土，因而引起環保抗爭、賠償與法令不符等問題而影響工進。

2. 填築新生地及碼頭背填

一般採先圍堤後填築之施工方式，須設置迴水路、沉澱池及出水口等以降低尾水之混濁，如上述措施之尾水水質仍無法符合排放標準，可於出水口外增設污濁防止膜改善排放水質，以免污染鄰近海域。此外，填築區內為避免抽砂回填時造成地下水位上升，影響鄰近居民與作物，應設置臨時排水溝，同時應進行飛砂防治之定砂措施。

6.1.4 水深測量及土方計算

依目前國內港灣水域水深測量規範執行水深測量，其潛在之問題與糾紛，分述如下：

1. 水深測量規範不一致，易引起認定問題或合約糾紛，公部門宜訂定統一之標準規範以供執行水深測量之依循。此外，公共工程委員會所頒佈之施工綱要規範，其中「施工測量及水深測量」之內容需再詳細說明，以作為水深測量規範研擬之參考依據。
2. 港灣水域水深之檢測及驗收作業無標準化程序，海床變化劇烈之浚挖區，若無法掌握水深量測之時效性，造成時間已過難以追溯，易生糾紛。
3. 港灣水域水深測量規範應可視測區範圍調整比例尺，不宜採單一比例尺規定，且水深檢測應加入監督機制，以防發生弊端。
4. 疏浚測量之土方計算之方法及軟體使用差異，易因甲乙方之認定不同，而產生爭議。
5. 測線密度及儀器精度不足、測量範圍未全覆蓋(full coverage)，易產生計量驗收問題，水深測量規範應詳予規定。

6.1.5 計量及驗收

浚方如作為填地之料源，通常係以填方計量，只要計量時含合理之流失及沉陷率，由以往之施工經驗其爭議較少。浚方如非作為填地料源而須採挖方計量時，因水底情形變化無常如水流作用之回淤、崩塌或施工控制等因素，浚挖規範若未釐清責任區分易滋生糾紛。為防止發生上述問題，浚挖規範中有關計量及驗收時應釐清之事項說明如下：

1. 依省交通處之港灣工程施工說明書(標準規範)之規定，於開工前由甲、乙雙方應會測疏浚區域之水深一次，以作為開挖後估算實際挖

泥量之依據。

2. 水下浚挖施工要使浚挖完成後之深度等於設計水深幾乎不可能為之，應有合理之誤差範圍。一般為滿足疏浚後之水深須大於設計水深及預防水流作用之崩塌回淤，浚挖作業均超挖使較設計水深還深些，故因施工之必須且與疏浚斷面在合理範圍內之誤差量應可酌予計量，超過合理範圍外之超挖則不予計量。
3. 目前港內浚挖邊坡均採緩坡設計，無自然崩塌之可能性，但位於水流速度大之疏浚區，其疏浚斷面因水流作用產生變化，亦非施工單位所能控制，浚挖規範可考慮依水流速度規定合理回淤量，或採較疏浚區域稍大之範圍估算數量以避免爭議，但驗收時影響該浚挖水域功能之回淤，施工單位應無條件配合清除。
4. 許可差僅為驗收時評估是否合格之依據，並非浚泥計量之標準。浚挖計量範圍應著眼於浚挖機具之施工誤差，但不考慮人為之操作誤差方式合理決定之，並明定於浚挖規範中。

6.2 浚挖規範蒐集評析

6.2.1 浚挖規範蒐集

本研究蒐集之國內近年浚挖施工說明書、國外浚挖技術規範及工程會綱要規範如下列，相關分析詳見 6.2.2 節。

1. 基隆港航道拓寬及浚挖工程施工說明書
2. 台中港航道疏浚拓寬工程(第五標)施工說明書
3. 92 年度布袋港航道疏浚工程施工說明書
4. 安平港第一期新建工程三十一號護岸新建工程施工說明書(浚挖部份)
5. 高雄港 55、56 號碼頭前主航道浚深工程施工說明書

6. TECHNICAL SPECIFICATIONS FOR DREDGING AND RECLAMATION WORKS , demas , (1992.2)

7. 工程會第 02325 章浚挖、第 02326 章浚填等綱要規範

6.2.2 浚挖規範評析

本研究所蒐集到之國內浚挖規範，其內容差異及比較分析結果，整理如下：

1. 施工方法(浚挖船機部份)

- (1)不限施工機具，廠商應視本工程施工期限，計算每日產能後配合適當船機施工，如因船機產能不足，經甲方提出後應於兩星期內改善更換船機。(基隆港)
- (2)乙方應選擇適當之定位絞刀吸管式挖泥船或自航自載耙吸式挖泥船施工。(台中港)
- (3)承商應採用適切船機進行疏浚作業，以免影響進出港船舶航行及逾期受罰。(布袋港)
- (4)採工程會浚挖綱要規範之適用規定如下。(安平港)
 - (a)自航吸管泥艙式挖泥船浚挖後，運至指定地點拋放（排填）。
 - (b)絞刀（吸管）式挖泥船浚挖後，以排泥管排填至指定地點。
 - (c)其他工程司同意之施工方法。
- (5)原則採用自航泥艙拖曳吸管式挖泥船。(高雄港)

可知目前國內浚挖規範對抽砂船機性能已有原則性之規定，但未根據工址施工之特性及限制、泥砂之特性及浚泥之處理方式等明確規定其選用限制。工程會綱要規範對施工機具之規定亦為原則性，建議浚挖規範研擬時應對挖泥船選用有具體之限制規定。

2. 容許誤差及計量規定

- (1)本工程容許超挖及量方計價範圍為設計水深-50cm 以內，如浚挖未達設計水深屬浚挖不足，不得報驗，如屬超挖則以最大容許超挖量方計價[即海床底及邊坡超挖至低於設計深度-50cm 以下者，不予計方]。(基隆港)
- (2)計方容許誤差只限於設計線下 50cm 範圍內，高於設計線之土方須重新浚挖，深度超出設計線下 50cm 之土方不予計價，如有危及建物時須予以回填不另計價。邊坡部份應按 1:6 修坡浚挖，浚挖修坡未達 1:6 坡度不予驗收，超過 1:6 至 1:7 坡度間為邊坡容差範圍，按實際之情形收方，超過 1:7 部份不予計方。(台中港)
- (3)本工程浚挖區完成後，其海床面水深需達設計水深，其允許誤差與土方計量以海床面下加 20cm 計量即海床面下 20cm 內依實測斷面計量，超出部份不予計量。(布袋港)
- (4)邊坡部份：小於 30cm，底床部份：小於 50cm。基槽底床：小於 30cm，基槽寬度：每側+2m，基槽邊坡：坡度小於設計值，深度小於 30cm。航道底床：[+0cm]，[-50cm]，航道邊坡：坡度小於設計坡度。(安平港)
- (5)本工程浚挖區完成後，其海床面水深需達設計水深，其允許誤差與土方計量以海床面下加 50cm 計量即海床面下 50cm 內依實測斷面計量，超出部份不予計量。浚挖之下限不規定[特別註明者除外]，但以不危及邊坡穩定及附近設施結構之穩定、安全為原則。超挖部份若影響鄰近結構物安全及附近工程設施區域安定與穩定時，乙方應無條件予以回填，不另給價。(高雄港)

以上規範對容許誤差有明確之規定，但彼此間之誤差值不盡相同，由於無足夠之施工場所環境及地質土壤資料，不便對數值評論，但本研究所提之標準規範，將參考國外規範訂定情形及工程會綱要規範之要

求，依機具作業限制、地質土壤等研提適合國內港灣水域之容許誤差，供國內浚挖規範研擬之參考。

3. 部份驗收

- (1)在整標工程進行期間，若甲方基於實際需要，對已按合約規定所完成之一部份得先進行驗收作業，乙方對已按合約規定所完成之每一單元，亦得申請辦理部份驗收，其作業程序按一般正常驗收程序辦理。雖經部份驗收合格，但其與尚未驗收範圍交接 100m 範圍，仍應由乙方負責維護。部份驗收合格後若發現水深不足係因乙方施工所造成，仍應由乙方無償負責挖除。(台中港)

所蒐集規範中僅台中港例有部份驗收規定可供參考；其他案例可能因工程規模較小或置於一般規範中，並未見部份驗收之規定。另工程會綱要規範並未提及部份驗收，本研究將提出部份驗收之規範供參考。

4. 工程估驗及付款

- (1)浚挖中之估驗計價由承包商申請本局派員會同測量後辦理。每次辦理估驗依已完成疏浚之碼頭船席水深測量成果圖作為量方計算之依據，按實作數量百分之九十五計付，(每期均應扣除百分之五作為保留款)，尾款於工程全部完成並經正式驗收後結算一次付清。(基隆港)
- (2)本工程依合約內訂造價，按照規定辦法分期估驗給付乙方。逐期估驗給付乙方之款項，不能視為彼時工場內相應材料及已完成工程之代價，亦不能視為該項材料及已完成工程已達最後驗收合格。本工程每月估驗乙次，每次估驗前，承包商須提交浚挖土方測量資料，以為估驗之依據，含平面水深圖；數量計算表等。(台中港)
- (3)本工程分四期付款，即滿 25%、50%、75%、100%時，各付款一次，付其合約總額 23.75%，唯第二期申請工程款時，其航道抽砂

必須完成 45% 以上(以測量計算結果為準), 始能請款, 否則須繼續抽砂至合乎規定進度後, 再申請測量計算, 再次申請測量時, 需付費, 此次中間期測量水深圖, 僅供估驗核算方數請款用, 不得作為驗收之用, 但完工期之水深圖可作為竣工驗收依據(完工期之水深測量, 其範圍涵蓋中間期測量範圍)。尾款百分之五俟驗收合格及辦妥所有相關手續, 一次付清。(布袋港)

(4)為工程會綱要規範之格式。其付款係隨主工程每月或半月付一次。(安平港)

(5)本工程施工進度完成至 35%、70%、100%時, 由承商申請中間測量, 經土方計算進度確滿 35%[第一期]、70%[第二期]及 100%[完工期]時, 付款一次, 付承包總額 33%[第一期]、33%[第二期]及 29%[完工款, 合計 95%], 中間期及完工期測量以一次為限, 如計算後不滿 35%、70%、100%時, 必須重新浚挖後, 再次申請測量時需付費, 付費辦法依相關規定辦理, 中間期測量水深圖僅供估驗核算方數, 但完工期須全面施測水深, 其完工期水深測量可作為竣工驗收依據。尾款百分之五俟驗收合格及辦妥所有相關手續, 一次付清。(高雄港)

為免承商須自備龐大資金, 因無法周轉而影響工進, 各規範均訂有請款估驗及申請估驗之付費辦法, 應依工程規模、估驗會測方式, 由甲方自行決定, 惟估驗方式宜有一致性, 以免甲方同為公部門時, 不同單位卻有不同之估驗標準。

5. 工程驗收

(1)驗收時以浚前測量成果圖及浚後測量成果圖作為驗收之依據, 不再另行檢測。(基隆港)

(2)疏浚完成後, 乙方應先自行檢測, 以確定全部皆符合設計水深後, 再檢具施測成果圖等向甲方提出申請竣工測量, 經甲方相關人員

會測後，依此測量成果繪製竣工圖，藉以計算土方數量，並以實作數量計價。(台中港)

(3)本工程完工後，以本局工務組測量隊所測之浚後水深圖為驗收依據，驗收時不再進行測量。(布袋港)

(4)為工程會綱要規範之格式，未有明確之驗收規定。(安平港)

(5)全面浚挖結束經本局測量隊測量結果，其合格報告作為驗收依據，驗收時不再進行測量。(高雄港)

工程驗收原則採檢驗甲乙雙方之會測資料方式，不再另行施測，但工程會綱要規範在工程驗收方面，目前並無相關說明及規定，現階段本研究將參考各港務局之驗收規定納入規範草案中，提供工程會作為後續修訂綱要規範之參考。

6.3 浚挖邊坡設計與實際開挖方式

6.3.1 浚挖邊坡設計

浚挖邊坡設計時應對邊坡之穩定性進行分析計算，應根據土質特性和水力動力條件確定水下邊坡之穩定性，並對下列因素進行分析：

1. 邊坡設計應根據土的類別、物理力學指標等，對邊坡的穩定性進行計算。
2. 水下邊坡的穩定應考慮土壤性質、水流、潮汐及波浪作用等之影響。另潮間帶與水下之邊坡不同，通常潮間帶及其下方因受波浪作用坡度會較緩。
3. 水下土層通常不是全部固結的，且具有剩餘孔隙水壓力的特性，強度較低，特別在潮間帶潮汐水流作用下，必須考慮其穩定程度。
4. 對含水量小於塑限的粘土和軟土在水流和波浪作用下，仍存在不穩定的因素，因此需要有長期的觀測資料，應該透過調查類似土質和

水流條件的資料以確定邊坡之穩定性。

5. 對於流動性之淤泥層，當其開挖淤泥層厚度較大且水深較小時，邊坡的設計應以泥砂傳動為重點進行考量。
6. 為同一航道，但土質特性和動力環境出現較大變化時，應分段設計成不同的邊坡，如果航道較短而採用同一邊坡設計時，應採用較緩之邊坡。
7. 邊坡的設計應考慮邊坡的穩定性，同時尚宜考慮採用的疏浚設備類型和施工方法。
8. 對邊坡精度有特殊要求的工程，如基槽、水工結構物附近的開挖、水下管溝的開挖等，應對疏浚設備、施工方法、定位措施、監測方法等進行周密的考慮，並提出相應的限制條件和措施。

在缺乏資料的情況下，無法進行前述之分析計算時，各類土質的設計水下邊坡可參考表 6.3-1 所示之坡度比。

表 6.3-1 各類土質設計的水下邊坡

土質類別	坡比	土質類別	坡比
基岩	1:0.2~1:1.0	中等及軟粘土	1:3.0~1:5.0
塊石	1:1.0~1:1.5	密實及中密實砂土	1:3.0~1:5.0
弱脆結碎石	1:1.5~1:2.5	鬆散砂土	1:5.0~1:10
卵石	1:2.5~1:3.0	很軟淤泥	1:5.0~1:10
堅硬及硬粘土	1:2.0~1:3.0	流態淤泥	1:20~1:50

6.3.2 實際開挖方式

一般疏浚設備浚挖邊坡時，其開挖方式可根據具體條件選擇下列開挖方法：

1. 開挖成矩型斷面，並允許邊坡倒塌形成自然安息角。
2. 開挖成梯型台階斷面近似達到設計坡度，且台階開挖高度宜在

1.0~2.5m 之間進行選擇。

3. 由經驗豐富之駕駛員操縱絞刀式吸管挖泥船，通過橫移並同時提升絞刀架形成邊坡。
4. 絞刀式吸管挖泥船利用定位樁台車和絞刀自動控制儀及顯示器進行控制。

基槽邊坡開挖之開挖應根據設計要求，計算放樣寬度，按矩形斷面開挖，若泥層較厚，則分層按階梯形斷面開挖，使挖槽自然坍塌後，接近設計邊坡，圖 6.3-1 為此法之示意圖；當泥層厚度較薄，土質鬆軟時，可採用梅花挖泥法施工，此法示意如圖 6.3-2。另外，絞刀吸管式挖泥船、鏈斗式挖泥船開挖最下一層土時，厚度宜薄一些，並應適當放慢橫移速度，耙吸式挖泥船挖底層時，宜定深下耙以免留下淺點。

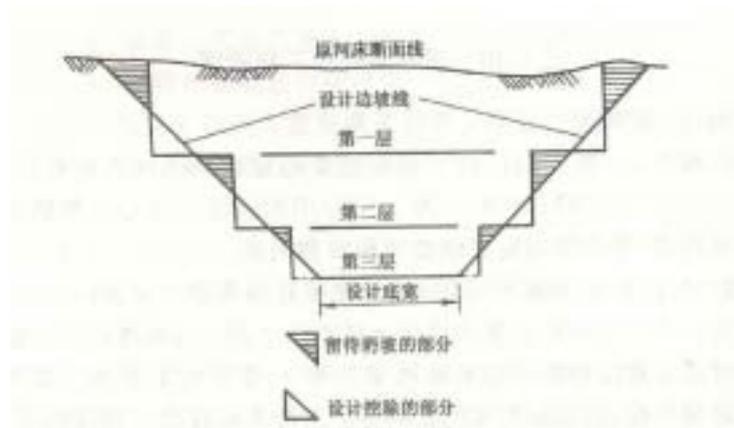


圖 6.3-1 邊坡開挖示意圖

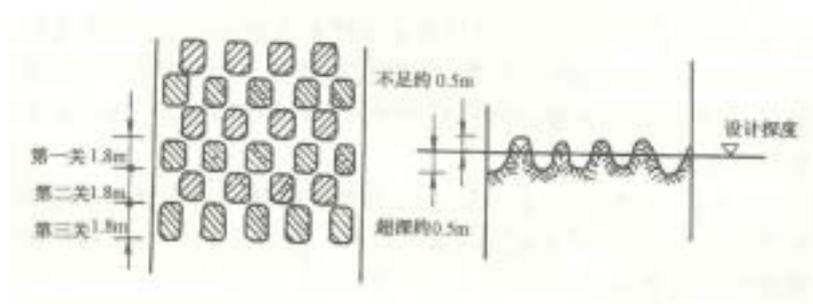


圖 6.3-2 梅花型挖泥法示意圖

6.4 合理考量浚挖期之回淤量

浚挖工程在規劃設計時，應合理考量施工期間之回淤量，以正確估算總開挖量，一般可採用下列方法確定回淤量。

1. 用經驗公式計算。
2. 回淤情況嚴重或水力條件複雜的工程，可透過數值模擬、水工模型試驗等確定之。
3. 利用該地區多年回淤觀測資料，確定施工期間對應之回淤量。
4. 利用水文、氣象、土質相類似的其他地區回淤量資料估算之。
5. 利用可行性研究之成果。
6. 透過試挖觀測估算回淤量。
7. 在施工期間以實測方式計算回淤量。

對於回淤速度較快需經常維護或回淤集中在某個季節或某個時期的現有港口、航道及迴船池等的維護浚挖，其回淤量宜根據歷年維護浚挖之挖泥量、水深測量圖及水文觀測資料進行估算，可估算出月或年之最大回淤量、最小回淤量和平均回淤量，並以平均回淤量作為計算維護浚挖土方量之基礎。惟實務上，施工期之回淤量以事先預估，並含於抽砂單價內之方式處理，執行時較不易產生糾紛。惟對於突發狀況如颱風期間，大量回淤及地形變遷之情形，此非正常之回淤應有處理機制，以避免產生糾紛，最好能在颱風前後進行測量比對。

6.5 浚挖測量及土方計算

依據本研究第三篇港灣水域水深測量探討及規範訂定之研究成果，有關浚挖測量之相關精度要求、測線間距規定及土方計算方式摘錄如后，詳細內則參見本研究第三篇。

6.5.1 測量精度要求

表 6.5-1 為港灣水域及海岸工程量測最小標準，各浚挖工程之測量可依浚挖目標訂定更嚴格的標準。由表知水深測量之精度分級有三級，即工程特等量測、工程一等量測及工程二等量測，其適用之工程類別、特性說明如下：

1. 工程特等量測：適用於導航及疏浚測量之硬底質海床，硬底質指足以影響航行安全及水下淨空原則的海床或特徵物，重要的區域量測覆蓋率可達 200%。
2. 工程一等量測：適用於導航及疏浚測量之軟底質海床，軟底質指不足以影響航行安全及水下淨空原則的海床特性，例如：沙質或泥質海床。
3. 工程二等量測：如非導航及疏浚用途的港灣水域水深測量。

6.5.2 測線間距規定

有關港灣水域之水深檢測之測線間距，依本研究第三篇之建議如下：

1. 船席：[5]公尺。
2. 泊地及其他：[10]公尺。
3. 航道：橫斷方面：[10]公尺。
4. 外港錨泊區：[20]公尺。
5. 浚挖作業：[10]公尺。

表 6.5-1 港灣水域及海岸工程水深相關測量精度表

工作分類	導航及疏浚測量		其他港灣工程水深測量
	硬底質	軟底質	
精度分級	工程特等	工程一等	工程二等
垂直(高程/水深)量測精度(95%信賴區間)			
機械式(水深<5m)	±8cm	±8cm	±15cm
音響式(水深<5m)	±15cm	±15cm	±30cm
音響式(水深 5 至 13m)	±30cm	±30cm	±60cm
音響式(水深>13m)	±30cm	±60cm	±60cm
特徵物/淺灘偵測能力			
最小特徵物尺寸(95%信賴區間)	>0.5m ³	>1m ³	非必要
最少音響測深點數	>3	>3	非必要
水平定位量測精度			
水平定位精度(95%)	<2m	2m	5m
特徵物之水平位置精度(95%信賴區間)			
圖面水深值	2m	5m	5m
固定之平面特徵物	3m	3m	3m
固定輔助導航裝置	3m	3m	3m
浮動輔助導航裝置	10m	10m	10m
補強控制測量精度			
水平控制	三等	三等	三等
高程控制	三等	三等	三等
測量密度	100%底床量測	測線間距<60m	測線間距<150m
品管/品保條件			
聲速品管校正	>2 次/日	2 次/日	1 次/日
平面位置檢校	1 次/日	1 次/計畫	1 次/計畫
品管測試	強迫	視需求而定(多音束測深)	選擇性
最大容許偏差(bias)	±3cm	±6cm	±15cm

6.5.3 土方計算方式

1. 浚挖土方量估算

計量土方估算分為設計水深及設計曲面，預估浚挖至一定的水深值為設計水深，預估浚挖渠道、浚挖邊坡或其他非設計水深的曲面為設計曲面。設計水深及設計曲面的土方估算可參照圖 6.5-1。

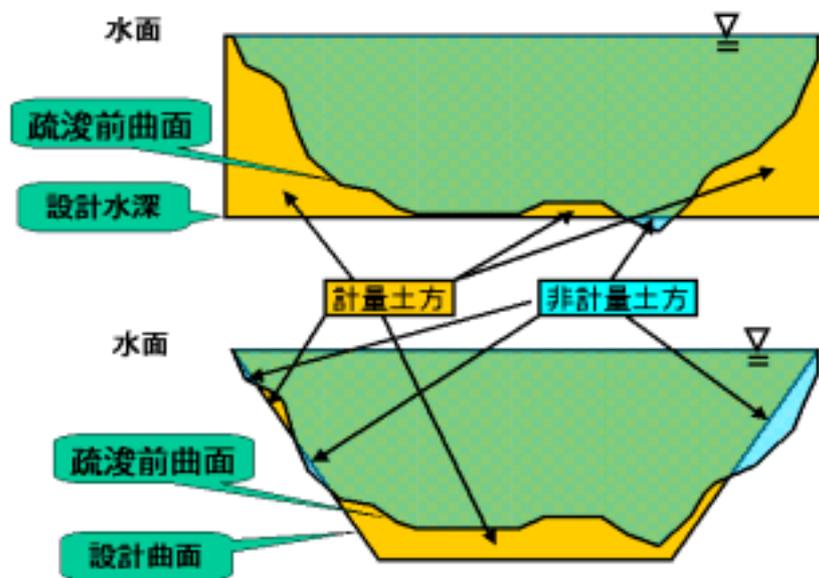


圖 6.5-1 浚挖土方計量說明圖

2. 浚挖不足土方估算

不足土方估算分為設計水深及設計曲面，疏浚後曲面與設計水深或設計曲的正值為不足土方，負值為超挖土方，原則上不足土方與超挖土方應分別計算，可參照圖 6.5-2。

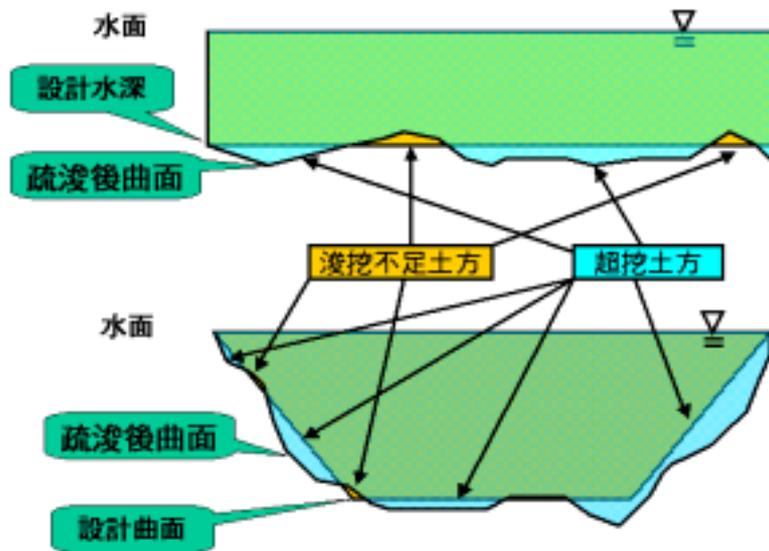


圖 6.5-2 浚挖不足土方計量說明圖

6.6 浚挖規範草案訂定

6.6.1 規範架構

本研究之成果期能提供工程會作為綱要規範修訂時之參考，為利工程會後續參考應用，規範架構原則上以工程會之綱要規範為藍本，依其章節架構編排，惟考量執行實務方面之需求，本研究參酌國內近年之浚挖規範內容酌予增列。工程會「第 02325 章浚挖」綱要規範架構與本研究浚挖規範草案架構之對照如表 6.6-1 所示，草案中重要內容之依據及考量則分述於以下各節。

表 6.6-1 工程會綱要規範與本研究浚挖規範草案架構對照表

工程會綱要規範	本研究浚挖規範草案
1.通則	1.通則
1.1 本章概要	1.1 本章概要
1.2 工作範圍	1.2 施工範圍
1.3 相關章節	1.3 施工數量
1.3.1 第 01330 章--資料送審	1.4 施工期限
1.3.2 第 01450 章--品質保證	2.資料送審
1.3.3 第 01725 章--施工測量	2.1 品質管制計畫
1.3.4 第 01726 章--水深測量	2.1.1 計畫提送
1.3.5 第 02326 章--浚填	2.1.2 計畫內容
1.4 資料送審	2.1.3 計畫修正
1.4.1 品質管制計畫書	2.1.4 變更通知
1.4.2 施工計畫	2.2 施工計畫
1.4.3 廠商資料	2.2.1 計畫提送
2.產品	2.2.2 計畫內容
3.施工	2.2.3 計畫變更
3.1 準備工作	3.施 工
3.2 施工方法	3.1 施工設備
3.3 檢驗	3.2 準備工作
3.3.1 水深與邊坡之檢驗	3.3 浚挖施工
3.3.2 檢驗基準	3.4 許可差
3.4 許可差	3.4.1 航道
3.4.1 邊坡部分	3.4.2 迴船池
3.4.2 底床部分	3.4.3 船席
3.4.3 基槽	3.4.4 其他水域
3.4.4 航道	3.4.5 碼頭基槽
4.計量與計價	3.5 檢驗
4.1 計量	3.5.1 水深檢測
4.2 計價	3.5.2 檢驗申請
	3.5.3 工期及費用
	3.5.4 工程估驗
	3.5.5 付款辦法
	3.5.6 完工檢驗
	4.驗收
	4.1 竣工驗收
	4.2 部份驗收
	5.計量與計價
	5.1 計量
	5.2 計價

6.6.2 浚挖施工

1. 施工方法

依浚挖地質之不同，可採用下列適當施工方法。

- (1) 堅硬岩盤(如火成岩)：先將岩盤進行爆破預處理，再以機械式挖泥船配合開底船或傾卸船挖運至指定地點拋放。
- (2) 稍軟岩盤(如沉積岩、珊瑚礁)：先以爆破預處理或化學藥劑或絞刀碎裂岩層，再以機械式挖泥船配合開底船或傾卸船挖運至指定地點拋放。
- (3) 鬆軟海床：以具泥艙之自航耙吸式挖泥船浚挖後，運至指定地點拋放(排填)。
- (4) 鬆軟海床：以機械式挖泥船配合開底船或傾卸船挖運至指定地點拋放。
- (5) 乙方自行選擇且經工程司同意之施工方法。

施工方法選定後，應考量浚挖數量、施工工期、工址限制等因素，將浚挖機具、設備選用之作業限制、作業能量等之要求明訂於此。若乙方選擇採其他工法送審方式，亦應要求乙方依前述要求提出施工計畫書，經甲方審核同意後，依所載工法進行浚挖作業。

2. 障礙物清除

施工中如遇沉埋消波塊、滑落流失之卵塊石、隱沒岩盤等障礙物與原設計不符時，乙方應提出調查計畫及所需費用，經甲方同意後會同工程司進行調查並確認數量，如設計預算已有相關障礙物之清除單價，則以此單價及會勘數量於工程準備金內勻支，乙方不得異議。若設計預算未考慮障礙物清除單價或無適用單價，如為特殊大型障礙物，非特殊機具無法清除，乙方得檢具相關調查、報價資料，以書面報請甲方同意後，請甲方辦理變更設計。

3. 回淤處理

施工期間遇颱風及季風之回淤，乙方應無條件予以挖除至符合設計水深要求為止。若經甲方同意並有會同甲方或由甲方認可之公正單位進行颱風及季風期前後之回淤量調查，得以經甲方同意之調查結果另外計價，所增加費用由工程準備金云支，公正單位之測量費用則由乙方依 6.6.4 之規定給付，未經甲方同意，本工程所有因外力影響之回淤，如颱風期、季風期或水流作用等，其回淤量清除費用均已含於浚挖單價中，乙方不得要求另外給價。

6.6.3 許可差

依據各國標準規範建議及國內實際執行狀況，建議港灣水域浚挖容許誤差僅供驗收時，檢驗浚挖成果是否符合設計要求之依據，不作為土方計量許可範圍。本研究考量施工機具、施工環境條件及水深對測量誤差之影響(水深之 0.25%)等，規定容許之驗收許可差如下，其中 "+" 表容許高出設計之上限值、" - " 表容許低於設計之下限值。

1. 航 道

- (1)底床深度：[+ 0cm] , [- 30~ - 50cm]。
- (2)底床寬度：每側[- 0m]、[+ 1.0~ + 3.0m]
- (3)邊坡：坡度小於設計坡度，但不影響鄰近結構安全。

2. 迴船池

- (1)底床深度：[+ 0cm]、[- 30~ - 50cm]。
- (2)底床邊界：[- 0m]、[+ 1.0~ + 2.5m]。
- (3)邊坡：坡度小於設計值，但不影響鄰近結構安全。

3. 船 席

- (1)底床深度：[+ 0cm]、[- 10~ - 50cm]。
- (2)底床邊界：[- 0m]、[+ 0~ + 1.0m]

(3)邊坡：坡度小於設計值，但不影響鄰近結構安全。

4. 其他水域(指上述以外之港灣水域)

(1)底床深度：[+ 0cm]、[- 0~ - 30cm]。

(2)底床邊界：[- 0m]、[+ 0~ + 2m]。

(3)邊坡：坡度小於設計值，但不影響鄰近結構安全。

5. 碼頭基槽

(1)底床深度：[+ 0cm]、[- 0~ - 20cm]。

(2)底床寬度：每側[- 0cm]、[+ 0~ + 20cm]

(3)邊坡：坡度小於設計值，但不影響鄰近結構安全。

6.6.4 檢 驗

依據國內浚挖工程實務面，浚挖工程應考量中間期之請款估驗、部份完工之驗收及完工期之竣工驗收等，各階段之浚挖成果應予以檢驗確認是否合格，本研究提出之規範草案其檢驗規定內容如下，提供參考。

1. 水深檢測

本工程施工前中後之水深檢測，其測量基準、測量精度、定位及測線間隔等，須依「港灣水域水深測量規範(草案)」之規定辦理。

2. 檢驗申請

(1)施工前水深檢測，乙方須會同甲方共同辦理，再檢具測量成果資料送工程司認可後，提送正式浚前水深測量成果資料，作為計量之依據。

(2)施工中及完工時之檢驗，乙方需先進行自主水深檢測，確定合乎設計水深後，再檢具測量成果資料送工程司認可後，向甲方提出檢測申請。

(3)檢測可由甲方測量隊或由乙方提出經甲方認可之公正單位會同甲方施測，公正單位之界定標準詳「港灣水域水深測量規範(草案)」。

3. 工期及費用

(1)甲方接獲乙方申請檢測至完成檢測之期間不計工期，若經檢測不符設計水深，則視為不合格與未完工，乙方除應再浚挖至符合設計水深外，再浚挖及再檢測期間之工期再續計。

(2)乙方向甲方申請請款檢驗或完工檢驗，其所需測量費由乙方負擔，且費用已包含在相關單價中不另給付。若由甲方測量隊擔任測量時，測量面積在[五公頃]以內者，每次收費[85,000 元]，超出[五公頃]者，以每[五公頃]為單位，不足[五公頃]部份亦視為 1 單位，每單位加收[85,000 元]，乙方不得異議。

4. 工程估驗

為利工程施工進度計算，本工程每月估驗 1~2 次，乙方不需辦理檢驗申請，但須提交浚挖土方實測或船上量方資料，以及平面水深圖、數量計算表等。乙方每月自主估驗之數量僅供施工進度計算參考，不得為工程請款之依據。本工程之付款方式依 5.辦理，惟工程規模小時，乙方得放棄中間期之請款。

5. 付款辦法

除本契約另有規定者外，浚挖工期超過[6 個月]或浚挖數量超過[50,000m³]，乙方得依下列規定辦理工程請款。

(1)本工程施工進度完成至[35%]、[70%]、[100%]時，由乙方申請中間測量，並經土方計算進度確滿[35%]、[70%]及[100%]時，各付款一次，分別付承包總額[33%]、[33%]及[29%]。尾款百分之五俟驗收合格及辦妥所有相關手續，一次付清。

(2)每次中間期([35%]、[70%])及完工期([100%])之檢測申請以一次為

限，如土方經計算後不滿[35%]、[70%]、[100%]時，必須重新浚挖後申請複測，每次申請檢測或複測時均需付費，付費辦法依 3.5.2 工期及費用之規定辦理。

- (3)中間期測量之水深圖僅供乙方請款時核算方數，竣工或部份驗收時原則上仍須重新施測。

6. 完工檢驗

- (1)檢測結果是否合格，原則上按許可差之規定辦理，不合格時則按下列(3)(4)兩點辦理。
- (2)完工期檢測合格之浚後水深測量成果圖及測量記錄，為估算浚挖數量之依據，如有部份驗收，則該部份以部份驗收報告為準，乙方自主測量所得之斷面水深圖及測量記錄，僅供校核浚挖數量估算結果之參考。
- (3)檢測結果浚挖深度超過容許誤差下限，若此超挖深度屬水流影響之自然變化範圍，而非施工控制不當造成，經工程司認為不影響鄰近結構物安全或附近工程設施區域安定時，可報請甲方同意核備後視為合格，否則乙方應無條件予以回填，且不得要求另外給價。
- (4)檢測結果若邊坡未達設計坡面，而工程司認為該坡面可穩定，經甲方同意核備後，可視為合格不需浚挖，並依實際完成斷面計算土方數。

6.6.5 驗 收

工程驗收原則以全區方式進行，但甲方基於實際需要時或乙方認為有必要經甲方同意，可先行部份驗收。基此，本研究規範草案之驗收內容包括下列二部份。

1. 竣工驗收

浚挖完成後，乙方應先自主檢測，以確定全部皆符合設計水深，再檢具施測成果資料，依前述檢驗申請、工期及費用等之規定，申請竣工檢測，符合規定，則依此測量成果繪製浚後水深測量成果圖，驗收時以浚後測量成果圖作為驗收之依據，不再另行檢測。

2. 部份驗收

在工程進行期間，若甲方基於實際需要或乙方申請經甲方同意，得先進行部份驗收，其作業程序按上述竣工驗收辦理，竣工驗收時不再另行檢測。雖經部份驗收合格，但其與尚未驗收範圍交接[100m]範圍，仍應由乙方負責維護，部份驗收合格後若發現水深不足係因乙方施工所造成，仍應由乙方無償負責挖除。

6.6.6 計量及計價

1. 計量

- (1)斷面之底床以設計水深加 [20cm]為計量基準線，計量基準線以上之浚挖數量依實測斷面計量，計量基準線以下之浚挖數量，概不予計土方數；底床計量寬度同設計寬度，超出設計寬度之浚挖量，亦不予計土方數。
- (2)斷面之邊坡以設計邊坡線下方[20cm]為計量基準線，低於計量基準線之超挖數量不予計量，高於計量基準線且經甲方同意不再浚挖之邊坡，則依邊坡實測斷面計量。
- (3)颱風或季風期間之回淤，若經甲方同意且有會同甲方測量隊或由乙方提出經甲方認可之公正單位進行回淤前後之回淤量調查，得以經甲方同意之調查結果另外計量。

2. 計價

浚挖作業以本契約單價計價，此單價包括完成本工作之一切直接、間

接使用之人工、材料、船舶、機具、設備、動力、檢驗及保險等所需費用在內。

6.6.7 浚挖規範草案

本研究依據工程會綱要規範之架構，參考國內各浚挖規範之實質內容，以及前述之評析，綜合考量後所研擬之「港灣水域浚挖規範(草案)」如附錄 A 所示，期間並進行浚挖技術及規範草案諮詢訪談，在此感謝高雄港務局浚港課李政彥課長、陸正琨先生，基隆港務局測量隊李政元隊長，以及台中港務局浚港課呂芳甫課長、潘敏宗先生等提供寶貴之經驗，使本研究對各港之浚挖施工實務有深入瞭解，訪談內容摘要記錄如附錄 B 所示。另外，由於浚挖土方採陸域回填時，其所考量之施工要點與海洋棄置不同，例如測量範圍、水深檢測、填築區要求、計量方式、工程估驗、竣工驗收等方面，建議將陸域回填列於浚填規範討論，並作為後續研究探討之課題。

第七章 結論與建議

7.1 結 論

1. 目前國際市場上之各型抽砂船機數量達 1,116 艘，其中主力船型為 416 艘之絞刀吸管式挖泥船(Cutter Suction Dredgers)，其總馬力最大船舶為 36,924 HP，其次為 30,800 HP，兩者之作業水深限制均為 35m；其次為 311 艘之自航耙吸式挖泥船(Trailing Suction Hopper Dredgers)，其泥艙最大容量為 35,508m³，其次為 33,000m³，最大作業水深分別可達 120m 及 136m。
2. 國內浚挖市場未若先進國家有明訂之策略，有後續或延伸之工作持續進行，民間購買之船機多因工作中斷而出售或因老舊而解體，目前國內缺乏挖泥船機，第二章所整理之國際市場挖泥船現況，可供選擇挖泥船時參考。各型挖泥船之作業限制、施工誤差及適合之土壤性質等資料則整理於第三章，可依工址環境條件選擇適合之挖泥船。
3. 浚挖機具依其使用船舶機械之作業方式不同，可概分為機械式、水力式、氣力式及噴水式四類。其中，氣力式係以壓縮空氣之能量使水底泥砂由入口閥進入壓力容器，再經出口閥由排泥管輸送至遠處指定區域，目前發展此法之國家有義大利及日本；噴水式為一具革命精神之全新疏浚技術，係透過人工方法使水下海床之沉積物(如軟土或細砂等)液化，隨後在海床表面被水流沖走，這種方法稱為「噴水疏浚」，目前國際市場已有十艘投入浚挖市場。
4. 浚泥輸送乃指土方於浚挖之後，送至最終處理設施或棄置場前的傳輸作業，過去常見方式有陸運、水運(船舶運輸)及管線輸送三種方式，目前之噴水式浚挖法係使浚泥隨自然水流帶走，為較特殊之方法。

5. 行政院環保署依「海洋污染防治法」第二十條規定訂定之「海洋棄置及海上焚化管理辦法」，並於民國 91 年 12 月 25 日公告實施，有關浚方海洋棄置須依其相關規定辦理。
6. 「海洋棄置及海上焚化管理辦法」僅訂定海洋棄置許可申請應備妥之文件及其內容，然並未依「海洋污染防治法」第二十一條海洋棄置區由中央主管機關劃定公告之之規定劃定海拋區，顯示現階段我國法令對海洋棄置區位址係採審議許可制。
7. 為掌握海域在海拋作業前之背景海洋及生態環境資料，以及浚挖海拋對海域海洋生態實際影響情況，可藉監測手段瞭解實際海域水質及海洋生態變動狀況，進而採取適當且具體之污染防治對策。有關海洋棄置監測計畫之監測項目、內容，可參照依據「海洋污染防治法」第九條第三項規定訂定之「海域環境監測及監測站設置辦法」以為遵循。
8. 依據兩次諮詢會議委員們之意見及本研究之探討，工程會綱要規範對於許多浚挖施工執行上之問題並未釐清，尚待檢討修訂，例如障礙物清除、回淤量、浚挖前後水深檢測標準、工程估驗、計量方式、竣工驗收等方面，本研究所擬之浚挖規範(草案)可作為其修訂時之參考，詳見附錄 A。

7.2 建 議

1. 本計畫完成之港灣水域浚挖規範(草案)，建議應提送公共工程委員會參考，並建請該會於修訂施工綱要規範時參考列入，方有強制執行之力量，以落實研究目的。
2. 建議環保署儘速依海污法設定海拋區供浚泥海洋棄置使用，浚泥棄置若採填海造地處理時，抽砂填地之尾水排放標準，依據放流水標準規定最大上限為 50PPM，實際抽砂作業(達 150PPM)甚難符合規定，建議環保署「放流水標準」修定時，應依填海造地特性訂定適

合之懸浮固體限值標準。

3. 建議設計階段編製浚挖預算時，應以可行工法中之最經濟機具估列預算。
4. 建議設計階段應考量浚挖施工中遭遇如沉埋消波塊、流失卵塊石及隱沒岩盤等障礙物之可能性，並於預算編製時，以事先編訂障礙物清除單價方式因應，避免發包後產生糾紛。
5. 工址施工環境條件資料不足或不確實，投標廠商無法評估風險，為避免造成合約糾紛，業主對浚挖區土壤性質、回淤情況等應提供適當之調查資料，供廠商投標及施工參考。建議於補充說明中，須詳述工址氣海象、地形水深、地質土壤、河川水文等施工環境條件，作為招標文件之一部份。若招標時，無法提供完整基本資料，亦須於設計階段考量配套措施，例如施工前進行補充地質鉆探及回淤量調查，並將費用及相關規定分別納入預算及浚挖規範中。
6. 由於浚挖土方採陸域回填時，其所考量之施工要點與海洋棄置不同，例如測量範圍、水深檢測、填築區要求、計量方式、工程估驗、竣工驗收等方面，建議將陸域回填列於浚填規範討論，並作為後續研究探討之課題。
7. 為提升國內港灣水域浚挖工程規劃、設計、施工之技術及品質，並趕上國外浚挖技術水準，建議後續研究可考慮訂定浚挖技術準則，以提供國內業界依循。

參考文獻

1. DEPARTMENT OF THE ARMY U.S. Army Corps of Engineers Washington, DC 20314-1000, EM1110-2-1003(2002.1)
2. HANDBOOK OF DREDGING ENGINEERING , second edition, JOHN B.HERBICH, (2000)
3. Dredged material management guide, Special Report of the permanent Environmental Commission, (1997)
4. Dredging a handbook for engineers, Second Edition, R N Bray, A D Bates & J M Land, (1997)
5. Handling and Treatment of Contaminated Dredged Material from Ports and Inland Waterways “ CDM”, Report of Working Group No.17 of the Permanent Technical Committee I, (1996)
6. ICE design and practice guide Dredging, Denis Yell and John Riddell, (1995)
7. Managing Dredged Material, US Army Corps of Engineers New York District, NY10278, (1989.12)
8. 疏浚工程技術規範 , 中華人民共和國交通部 , (1999, 12)

附錄 A 港灣水域浚挖規範(草案)

1. 通則

1.1 本章概要

本規範適用於航道、迴船池、船席、其他水域及碼頭基槽開挖等港灣水域浚挖施工及海洋棄置，若浚方作為陸域回填則請依「港灣水域浚填規範(草案)」辦理。有關工址之氣海象條件(如風力、颱風、降雨量、氣溫、霧日、潮汐、波浪、海流等)、地形水深、地質土壤(如土壤分類、粒徑分析、重金屬含量等)、河川水文(如流量、流速、輸砂量等)等施工環境現況條件詳見補充說明。

1.2 施工範圍

浚挖作業施工地點、浚挖範圍、浚挖深度及棄方地點等，應依設計圖說規定加以說明列出。

1.3 施工數量

本次浚挖作業預估挖泥數量約[]m³。

1.4 施工期限

浚挖作業預定於[]年[]月[]日前完成(或開工日起[]日曆天內完成)，逾期依本契約規定辦理。

2. 資料送審

2.1 品質管制計畫

2.1.1 計畫提送

乙方應建立品質管制計畫。該計畫必須由乙方直接管制施工、製造及安裝之品質，辦理檢驗與試驗，並確保本契約下之全部材料、設備、施工品質及所辦理之工程或工作均符合本契約之規定。如甲方製成品保作業要點並明訂於契約附件中，乙方應依據該項要點，編訂本工程須用之「品質管制計畫」。在收到開工通知書後[30]日內，乙方應提出其品管計畫，送請甲方及工程司核定。

2.1.2 計畫內容

所擬訂之品管計畫應明列實施品質管制所需之人員組織、工作程序、設備及儀器、紀錄及報表格式，包括下列各項：

- (1) 品管組織之說明，應包括組織表，顯示品管組織與乙方內部其他部門間之關係。
- (2) 人員之人數、分類、資格、職務、責任及授權。
- (3) 處理本契約下所應提送資料之作業程序。
- (4) 應辦理之檢驗及簽證作業，檢驗程序，檢驗結果之紀錄及提報。
- (5) 品管作業檔案之格式及建檔。
- (6) 由乙方負責人簽署之品管主管任命函，應列明品管主管之職務、責任及授權。
- (7) 確保專業協力廠商執行品質計畫之方法。乙方於品質計畫核准前，不得對本工程需要品質鑑定之部分進行施工。

2.1.3 計畫修正

如甲方或工程司認定品質計畫中或其中任何部份或任何特殊規定，未能確保品質符合本契約之規定與要求，工程司應以書面通知乙方，乙方於接獲工程司書面通知後，應立即採取行動修正該項缺失。

2.1.4 變更通知

品質管制計畫經核定後，乙方若欲變更該計畫，應將擬予以變更之處以書面通知工程司及甲方，並經工程司核定後，方得實施該項變更。

2.2 施工計畫

2.2.1 計畫提送

乙方須於浚挖作業施工前[15]日內，提送浚挖之施工計畫，經甲方審核同意後施工，修正時亦同，甲方初次審核同意期間(指甲方與乙方實際收到之日期)如超過[7]天以上，超過日期得不計工期。如甲方認為乙方所提之計畫無法依限期完成或有礙品質時，得退回乙方重擬或補充必要資料，甲方複審時間則續計工期。施工計畫雖經甲方審核同意，惟甲方並不負保證之責，工程成敗與否均由乙方負責。

2.2.2 計畫內容

(1)工程概要

- a. 說明施工工期、施工環境、施工方法、施工程序等施工細則。
- b. 根據甲方所訂之施工工期，並配合工址自然環境條件，訂定合理之可工作天及工作時數。
- c. 依據工程數量及工期限限制，訂定每工作天必須完成之工作量，以供機具數量安排。

(2)工程設施

依施工需求，擬定使用工地範圍及其設施佈置計畫，並繪製臨時設施之施工圖。

(3)相關執行計畫

說明與本浚挖工程相關之配合計畫，如臨時圍堤、既有設施拆遷、回填定砂及緊急應變等計畫。

(4)施工機具、設備與人力運用計畫

- a. 各項機具設備性能(作業限制、作業能量)、數量、使用計畫。

b. 人力運用計畫。

(5) 施工預定進度表及網狀圖

(6) 交通維持、安全衛生、環境保護計畫

a. 人事組織任務編組。

b. 教育訓練計畫。

c. 交通維持實施計畫

d. 依中央頒佈「營造安全衛生設施標準」擬定實施計畫。

e. 依本工程規定之環境保護計畫執行。

2.2.3 計畫變更

施工中，若發現計畫不合適時，乙方應即變更施工方法或增加施工機具，修正原施工計畫並提報甲方審核同意後實施，乙方不得有任何異議或要求補償。

3. 施 工

3.1 施工設備

3.1.1 本工程施工所須之船隻、機具、設備、臨時措施及維護等所需使用之材料及人工全部由乙方自行負責。

3.1.2 乙方使用之工作船機需符合國家法令規定，並於開工前備妥各項證件向有關機關辦妥進出港手續，施工前應先將工作船證照及報准進出港文件影本送工程司備查，乙方若因使用不合法船機而不能申請進出港手續導致延誤工期或發生任何問題，均由乙方負責。

3.1.3 工作船於施工期間暫停作業時，除另有規定，其繫泊位置應報請甲方認可，並應依「國際海上避碰規則」日夜設置警示避碰號燈及號標；如遇颱風警報或特殊狀況，須停泊碼頭時，得依港埠管理程序向相關單位申請停泊於碼頭，避颱風之碼頭碇泊費用由乙方負擔，

工作船進出港與航行須遵照商港法及國際商港港務規則與相關規定辦理。

3.2 準備工作

3.2.1 施工前，乙方應依「港灣水域水深測量規範(草案)」之規定，由甲方、乙方雙方會同測量，所得浚前水深測量成果圖，將作為竣工收方計量之依據。

3.2.2 甲方將於施工範圍附近區域提供控制點供乙方引用，乙方依據甲方提供之控制點，先行校核無誤後，進行施工區參考點佈設，必要時並每隔[3個月]進行檢測一次。

3.2.3 無論是否包含於標單項目內，必要時，須設置簡易潮位計，作為浚挖高程控制之用。

3.2.4 施工計畫經甲方審核同意後，施工船機、設備始得進場。

3.2.5 佈設安全設施

(1)施工前乙方應於浚挖區與附近航道界面線佈設警告燈標，夜間須為燈浮。

(2)各項安全措施之維修及消耗品，其更換或遺失重新購置均由乙方負責，不另給價。

(3)若因乙方疏於注意發生事故，均由乙方負責處理，若有向甲方求償或要求國家賠償者，甲方將向乙方求償，若乙方不付給甲方賠償金，將由工程費中扣除，乙方不得異議。

3.2.6 挖泥機具配合事項

除因工程規模小另有規定者外，挖泥船應具備自記式衛星導航定位系統與浚挖監視儀器，並將每日定位及浚挖數量等記錄隨日報表呈報工程司。

3.2.7 棄方地點配合事項

- (1) 海拋區必須為已依「海洋棄置及海上焚化管理辦法」規定提出申請且獲得主管機關許可之地點。
- (2) 當浚挖土方棄置外海時，實施海洋棄置之船舶或機具，應裝設具備下列功能之自動連續監測系統：
 - a. 船舶或機具啟動引擎時，該系統應即自動監測並記錄。
 - b. 航行中每十五分鐘至三十分鐘自動以全球導航系統記錄船舶或機具位置及時間一次；實施棄置時，每五分鐘記錄船舶或機具位置及時間一次。
- (3) 乙方應檢送逐日逐次之棄方地點、時間等之自動連續監測紀錄供工程司查核，若未依規定地點棄土，除該部份數量不予計價外，因此而引起之環保抗爭、賠償等問題，均由乙方負責。
- (4) 若本工程須申請海洋棄置許可，則開工後其主管機關審查期間不計工期。

3.3 浚挖施工

3.3.1 施工方法

依海床地質之不同，浚挖可採用下列適當施工方法。

- (1) 堅硬岩盤(如火成岩)：先將岩盤進行爆破預處理，再以機械式挖泥船配合開底船或傾卸船挖運至指定地點拋放。
- (2) 稍軟岩盤(如沉積岩、珊瑚礁)：先以爆破預處理或化學藥劑或絞刀碎裂岩層，再以機械式挖泥船配合開底船或傾卸船挖運至指定地點拋放。
- (3) 鬆軟海床：以具泥艙之自航耙吸式挖泥船浚挖後，運至指定地點拋放。
- (4) 鬆軟海床：以機械式挖泥船配合開底船或傾卸船挖運至指定地點拋放。

(5) 乙方自行選擇且經工程司同意之施工方法。

施工方法選定後，應依 2.2 施工計畫之規定提出施工計畫書，經甲方審核同意後，依所載工法進行浚挖作業。

3.3.2 作業規定

(1) 為避免妨礙船舶正常進出港，乙方於施工中應確實依據航船佈告規定及須與相關單位保持聯繫，凡船舶進出港經過施工地點時，工作船應配合避讓，如確妨礙航行，應暫停施工，並移位以維安全。

(2) 施工期間若浚挖區以外地區，如航道發生突發性之淤淺而影響船舶航行安全時，甲方得要求乙方優先浚挖淤淺區，若有追加數量，則依合約單價及實作數量計價，工期則依比例增加，乙方不得異議，

(3) 乙方應逐日填報施工日報表送交工程司簽認，浚挖中之請款估驗或完工期之浚後測量，乙方均應依 3.5.2 檢驗申請之規定，向甲方提出檢驗申請。

3.3.3 障礙物清除

本浚挖工程施工中如遇沉埋消波塊、滑落流失之卵塊石、隱沒岩盤等障礙物與原設計不符時，乙方應提出調查計畫及所需費用，經甲方同意後會同工程司進行調查並確認數量，如設計預算已有相關障礙物之清除單價，則以此單價及會勘數量由甲方依實際計算數量給付，乙方不得異議。若設計預算未考慮障礙物清除單價或無適用單價，如為特殊大型障礙物，非特殊機具無法清除，乙方得檢具相關調查、報價資料，以書面報請甲方同意後，請甲方辦理變更設計。

3.3.4 回淤處理

施工期間遇颱風及季風之回淤，乙方應無條件予以挖除至符合設計水深要求為止。若經甲方同意並由甲方測量隊或由乙方提出經甲方認可

之公正單位進行颱風及季風期前後之回淤量調查，得以經甲方同意之調查結果另外計價，所增加費用由甲方依實際計算數量給付，未經甲方同意，本工程所有因外力影響之回淤，如颱風期、季風期或水流作用等，其回淤量清除費用均已含於浚挖單價中，乙方不得要求另外給價。

3.4 許可差

容許誤差僅供驗收時，檢驗浚挖成果是否符合設計要求之依據，不作為土方計量許可範圍。本工程之容許誤差考量施工機具、施工環境條件及水深對測量誤差之影響(水深之 0.25%)等，規定容許之驗收許可差如下，其中" + "表容許高出設計之上限值、" - "表容許低於設計之下限值。

3.4.1 航道

- (1)底床深度：[+ 0cm]，[- 50cm]。
- (2)底床寬度：每側[- 0m]、[+ 3m]
- (3)邊坡：坡度小於設計坡度，但不影響鄰近結構安全。

3.4.2 迴船池

- (1)底床深度：[+ 0cm]、[- 50cm]。
- (2)底床邊界：[- 0m]、[+ 2.5m]。
- (3)邊坡：坡度小於設計值，但不影響鄰近結構安全。

3.4.3 船席

- (1)底床深度：[+ 0cm]、[- 50cm]。
- (2)底床邊界：[- 0m]、[+ 1m]
- (3)邊坡：坡度小於設計值，但不影響鄰近結構安全。

3.4.4 其他水域

- (1)底床深度：[+ 0cm]、[- 30cm]。

(2)底床邊界： [- 0m]、 [+ 2m]。

(3)邊坡：坡度小於設計值，但不影響鄰近結構安全。

3.4.5 碼頭基槽

(1)底床深度： [+ 0cm]、 [- 20cm]。

(2)底床寬度：每側 [- 0cm]、 [+ 20cm]

(3)邊坡：坡度小於設計值，但不影響鄰近結構安全。

3.5 檢驗

3.5.1 水深檢測

本工程施工前中後之水深檢測，其測量基準、測量精度、定位及測線間隔等，須依「港灣水域水深測量規範(草案)」之規定辦理。

3.5.2 檢驗申請

(1)施工前水深檢測，乙方須會同甲方共同辦理，再檢具測量成果資料送工程司認可後，提送正式浚前水深測量成果資料，作為計量之依據。

(2)施工中及完工時之檢驗，乙方則需先進行自主水深檢測，確定合乎設計水深後，再檢具測量成果資料送工程司認可後，向甲方提出檢測申請。

(3)檢測可由甲方測量隊或由乙方提出經甲方認可之公正單位會同甲方施測，公正單位之界定標準詳「港灣水域水深測量規範(草案)」。

3.5.3 工期及費用

(1)甲方接獲乙方申請檢測至完成檢測之期間不計工期，若經檢測不符設計水深，則視為不合格與未完工，乙方除應再浚挖至符合設計水深外，再浚挖及再檢測期間之工期再續計。

(2)乙方向甲方申請請款檢驗或完工檢驗，其所需測量費由乙方負

擔，且費用已包含在相關單價中不另給付。若由甲方測量隊擔任測量時，測量面積在[五公頃]以內者，每次收費[85,000]元，超出[五公頃]者，以每五公頃為單位，不足[五公頃]部份亦視為 1 單位，每單位加收[85,000]元，乙方不得異議。

3.5.4 工程估驗

為利工程施工進度計算，本工程每月估驗[1~2]次，乙方不需辦理檢驗申請，但須提交浚挖土方實測或船上量方資料，以及平面水深圖、數量計算表等，乙方每月自主估驗之數量僅供施工進度計算參考，不得為工程請款之依據。本工程之付款方式依 3.5.5 辦理，惟工程規模小時，乙方得放棄中間期之請款。

3.5.5 付款辦法

除本契約另有規定者外，浚挖工期超過[6 個月]或浚挖數量超過[50,000m³]，乙方得依下列規定辦理工程請款。

- (1)本工程施工進度完成至[35%]、[70%]、[100%]時，由乙方申請請款檢測，並經土方計算進度確滿[35%]、[70%]及[100%]時，各付款一次，分別付承包總額[33%]、[33%]及[29%]。尾款百分之五俟驗收合格及辦妥所有相關手續，一次付清。
- (2)每次中間期([35%、70%])及完工期([100%])之檢測申請以一次為限，如土方經計算後不滿[35%]、[70%]、[100%]時，必須重新浚挖後申請複測，每次申請檢測或複測時均需付費，工期及費用依 3.5.3 之規定辦理。
- (3)中間期測量之水深圖僅供乙方請款時核算方數，竣工或部份驗收時原則上仍須重新施測。

3.5.6 完工檢驗

- (1)檢測結果是否合格，原則上按許可差之規定辦理，不合格時則按下列(3)(4)兩點辦理。
- (2)完工期檢測合格之浚後水深測量成果圖及測量記錄，為估算浚挖

數量之依據，乙方先行測量所得之斷面水深圖及測量記錄，僅供校核浚挖數量估算結果之參考。

(3) 檢測結果浚挖深度超過容許誤差下限，若此超挖深度屬水流影響之自然變化範圍，而非施工控制不當造成，經工程司認為不影響鄰近結構物安全或附近工程設施區域安定時，可報請甲方同意核備後視為合格，否則乙方應無條件予以回填，且不得要求另外給價。

(4) 檢測結果若邊坡未達設計坡面，而工程司認為該坡面可穩定，經甲方同意核備後，可視為合格不需浚挖，並依實際完成斷面計算土方數。

4. 驗收

4.1 竣工驗收

浚挖完成後，乙方應先自主檢測，以確定全部皆符合設計水深，再檢具施測成果資料，依 3.5.2 檢驗申請及 3.5.3 工期及費用等之規定申請竣工檢測，符合規定，則依此測量成果繪製浚後水深測量成果圖，驗收時以浚後測量成果圖作為驗收之依據，不再另行檢測。

4.2 部份驗收

在工程進行期間，若甲方基於實際需要或乙方申請經甲方同意，得先進行部份驗收，其作業程序按上述竣工驗收辦理，竣工驗收時不再另行檢測。雖經部份驗收合格，但其與尚未驗收範圍交接[100m]範圍，仍應由乙方負責維護，部份驗收合格後若發現水深不足係因乙方施工所造成，仍應由乙方無償負責挖除。

5. 計量與計價

5.1 計量

5.1.1 計量單位

土方數以浚前、浚後水深測量成果圖之斷面計算之，並以立方公尺為計量之數量單位。

5.1.2 計量方式

- (1)斷面之底床以設計水深加 [20cm] 為計量基準線，計量基準線以上之浚挖數量依實測斷面計量，計量基準線以下之浚挖數量，概不予計土方數；底床計量寬度同設計寬度，超出設計寬度之浚挖量，亦不予計土方數。
- (2)斷面之邊坡以設計邊坡線下方[20cm] 為計量基準線，低於計量基準線之超挖數量不予計量，高於計量基準線且經甲方同意不再浚挖之邊坡，則依邊坡實測斷面計量。
- (3)本工程回淤量以總浚挖數量之[1%] 估算，颱風或季風期間之回淤，若經甲方同意且有會同甲方測量隊或由乙方提出經甲方認可之公正單位進行回淤前後之回淤量調查，得以經甲方同意之調查結果另外計量。

5.2 計價

浚挖作業以本契約單價計價，此單價包括完成本工作之一切直接、間接使用之人工、材料、船舶、機具、設備、動力、檢驗及保險等所需費用在內。

附錄 B 浚挖技術及規範草案諮詢訪談記錄表

浚挖技術及規範草案諮詢訪談記錄表(1/3)

受訪單位	高雄港務局港埠工程處浚港課		
地 址	高雄市蓬萊二路 1 號		
電 話	07-5622254	日 期	92.10.09
諮 詢 議 題	訪 談 記 錄		
■ 浚挖使用之機具型式	高雄港水域地質僅一港口附近有岩盤，其餘水域均為軟土，目前浚挖機具，有自航耙吸式挖泥船 1 艘(高慶號)，抓斗式挖泥船 2 艘，自航受泥船 4 艘(惟僅使用 2 艘)，負責港區維護性浚挖。浚挖機具資料如下： 自航耙吸式挖泥船：總馬力 1800hp(抽砂泵 750hp)，泥艙 1600m ³ (鬆方) 抓斗式挖泥船：抓斗容量 3m ³ 自航受泥船：容量 300m ³		
■ 港灣水域浚挖範圍	維護性浚挖主要為航道及船席，船席浚挖每年約 10 m ³ ，航道浚挖每年約 38 m ³ ，高港浚挖船機每年最大浚挖能量約 50 萬 m ³ ，其他改建或新建碼頭之浚挖工作則委外辦理。		
■ 棄方地點及方式	80 年代有用管線陸填，目前維護性浚挖均採海拋，棄方地點為 12 海浬外之外海約須航行 2 小時，自航式 1 天可 2 航次，受泥船則為 1 天 1 航次。船上採 DGPS 定位系統，施工船舶進出港區均接受信號台指揮。碼頭基槽浚挖通常含於該碼頭改建工程中辦理。		
■ 海氣象條件限制	六級風以上或波高 1~2m 則不進行海拋作業。		
■ 浚挖深度坡度之容許誤差	30~50 公分不等		
■ 檢測及驗收	檢測間距：航道為 30 m，船席為 10m。驗收由測量隊執行，測量隊作業時間不含行政時間約需 2 天，浚後測量至少 1 個月才會驗收。曾有承商不服要求自己找測量公司檢測，測量結果對承商更不利。		

浚挖技術及規範草案諮詢訪談記錄表(2/3)

受訪單位	基隆港務局港埠工程處測量隊		
地 址	基隆市中正區東海街一號		
電 話	02-24206376	日 期	92.10.20
諮 詢 議 題	訪 談 記 錄		
■ 浚挖使用之機具型式	基隆港之浚挖機具因老舊早已報廢，自 86 年起均改採委外發包方式進行水域浚挖。但施工船機需報航政組監理科審查合格。岩盤浚挖均為絞刀式挖泥船，並未使用爆破方式。		
■ 港灣水域浚挖範圍	每年檢測一次港域水深並報到繫船課，由其研判是否需浚挖，維護性浚挖主要為船席，尤其是煤、磁土、砂等散貨碼頭面清洗之殘料淤積於船席，因港外漂砂極少，且因近年進港船舶大型化，航道之加深浚挖差不多都已浚至岩盤，航道之淤積較少，港內主要淤砂來源為流入港區之四大河川。		
■ 棄方地點及方式	維護性浚挖均採海拋，以往棄方地點為水深 60m 外，由於基港外海約 2.4km 水深即達 100m，故於 3 海浬處海拋，後來有人工魚礁之設置，又改為 6 海浬處海拋。目前正依法令規定評選最適海拋區專案研究中		
■ 海氣象條件限制	每年 4~10 月為海拋最佳季節。		
■ 船席浚挖	離碼頭岸邊 2.5m 內一般不必浚挖，讓其自然崩塌。		
■ 浚挖深度坡度之容許誤差	深度、邊坡之計量及驗收容許誤差均同為 50 公分。		
■ 工程估驗	浚挖工程估驗每月 2 次，由監工日報表估計施工進度，通常一座碼頭船席浚深完成即檢測。		
■ 遭遇問題	工程規模大有分段驗收問題，岩土比例差異問題、施工需配合船席空檔，以及乙方機具調度問題影響進度。		
■ 檢測及驗收	檢測間距：航道 20 m 一條測線 20m 測一點、船席 5m 一條測線 5m 測一點，乙方會同甲方檢測，甲方人員有主辦及會測人員二人會同乙方檢測，作業時間乙次約需 2 天。		

浚挖技術及規範草案諮詢訪談記錄表(3/3)

受訪單位	台中港務局港埠工程處浚港課		
地 址	台中縣梧棲鎮中橫十一路 2 號		
電 話	04-26562611	日 期	92.10.28
諮 詢 議 題	訪 談 記 錄		
■ 浚挖使用之機具型式	台中港原有自航式挖泥船 1 艘(中港號)及抓斗式挖泥船 2 艘，但 84 年賣給台灣航運公司，自 86 年起均改採委外發包方式進行水域浚挖。		
■ 港灣水域浚挖範圍	航道拓寬及浚深，船席水深維護，台中港以往每年維護性之浚挖量約在 20~30 萬方之間。		
■ 棄方地點及方式	中港號(2000m ³)於 65 年~83 年間共浚挖 1300 萬方，都採海拋方式，原海拋地點因漁業問題曾為自北防波堤外 3 海浬、5 海浬、12 海浬、水深 30m 以上。		
■ 大型障礙物	施工中遇大型障礙物，採另外議價方式處理。		
■ 浚挖深度坡度之容許誤差	驗收及計量之容許誤差底床同為 50cm，浚挖修坡未達 1:6 坡度不予驗收，超過 1:6 至 1:7 坡度間為邊坡容差範圍。		
■ 土方計量	採平均斷面法		
■ 檢測及驗收	測線間距 30m 以內(實際航道 25m、船席 10m)，測點間隔 10m 以內，竣工後 1 個月內驗收。		

附錄 C 第一次諮詢會議審查意見及處理情形

「港灣水域浚挖探討及規範訂定之研究」第一次諮詢會議委員意見及處理說明(1/4)

委員意見		處理說明
樊處長重光		
1.	基港地質變化差異極大，挖泥船機型式選擇非常重要，此外錨棒式較下錨式適合港內浚挖施工。	遵照辦理，擬於浚挖規範(草案)施工方法中之機具部份考量之。
2.	以台北港為例，海底量方易產生糾紛，最好採陸上量方(填方)計量；回淤量之估計建議於颱風來臨之前要測量，且測量費用要納入預算中。	遵照辦理，擬建議於後續研究浚填規範(草案)中考量陸填計量方式，並於浚挖規範(草案)中考量回淤量及颱風季風期前後之檢測及計價機制。
戴隊長文誠		
1.	建議對浚挖海氣象、水文資料及地表至浚挖標的約一公尺以下之相關物理性資料，考量以較合適之數量化表示或建議該等資料蒐集處所。台中港近年有發生兩件有關浚挖數量爭議案：一為海氣象因素及挖泥船型作業方式引起，和解不成提交仲裁；一為附近有排填工程施工致發生不正常回淤，合解成立；以結果觀之：合約中文字規定對實質幫助不大，業主損失較大。	遵照辦理，一般基本資料係列於補充說明中，本研究將於浚挖規範(草案)中明定補充說明至少應提供之基本資料，若基本資料不足，建議設計階段應考量配套措施，以避免不確定因素造成合約執行糾紛。
2.	建議考量對承商採用替代船機可增減單價比例之規定，並要求船上備定位與監視儀器隨日報表呈報，以及浚挖後基槽之邊坡、底面高程與寬度允許誤差	遵照辦理。

「港灣水域浚挖探討及規範訂定之研究」第一次諮詢會議委員意見及處理說明(2/4)

委員意見		處理說明
	予以規定。	
3.	浚挖數量與水深測量關係密切，建議浚挖標的測量所使用的儀器精度及軟體予以規定；浚挖數量之浚前計量線考量以原設計為原則，如遇問題較有事先協調解決之空間。	遵照辦理，請參閱期末報告書。
4.	建議合理浚挖數量認定方式並明確規範水深檢測相關規定；實際浚挖數量以由檢驗單位檢測之成果來計算浚挖量。	遵照辦理。
5.	建議建立驗收檢驗之標準作業程序，有關分段(部份)驗收中，可能對自然回淤情況較嚴重部份，建議將「衡平原則」納入考量其可行性。	遵照辦理。
黃副主任盛才		
1.	浚泥安置處理時，抽砂填地之尾水排放標準，依放流水標準規定最大上限為 50PPM，實際抽砂作業達 150PPM，請考量如何處理尾水排放問題。	遵照辦理，擬於本研究中建議放流水標準應依填海造地工程特性訂定適合之懸浮固體限值標準。
2.	建議以可行工法之最經濟機具估預算，廠商可提替代工法經審核後使用。	遵照辦理，擬於本研究中建議設計時，浚挖預算編列時，應以可行工法之最經濟機具估預算，本研究將於浚挖規範(草案)中明定使用替代工法之相關規定。
宋教授國士		

「港灣水域浚挖探討及規範訂定之研究」第一次諮詢會議委員意見及處理說明(3/4)

委員意見		處理說明
1.	應有資訊可供判斷是否回淤、回淤土壤性質、回淤速度等，以減少發包後之糾紛。	遵照辦理，浚挖規範(草案)中，將述明補充說明中所含之資訊內容，工址環境資訊若不足，應於設計階段及規範中妥擬對策處理之。
2.	規範應有完整基本資料提供廠商參考，例如地質資料、測量資料，至少為近 4 個月內之資料，以供廠商選擇機具、評估風險、估算成本之依據。	遵照辦理，一般於補充說明中詳述工址施工環境條件，若無法提供完整基本資料，設計階段及規範中應具有配套措施。
王總經理自成		
1.	浚挖工程國外通常不指定船型，但甲方須提供明確地質及回淤率等資料，供承商投標參考；國內甲方提供相關資料較欠缺情況，請考量不指定船機型式可能遭遇之問題。	遵照辦理，擬於浚挖規範(草案)研擬時考量。
2.	國際間浚挖工程對於回淤風險的處理方式是由業主提供回淤資訊，廠商自行評估回淤風險並且自行吸收風險成本。	擬參考辦理。
3.	應考量浚挖遇沉船、錨鍊、障礙物等之處理均包含於浚挖單價內之不合理性，建議遇障礙物應於浚挖完成後，甲乙雙方會測重新變更或另案辦理障礙物之清除工作。	遵照辦理，浚挖規範(草案)研擬時將加以考量。
4.	浚挖施工如需過冬常有大量回淤，承商無法自行吸	遵照辦理。

「港灣水域浚挖探討及規範訂定之研究」第一次諮詢會議委員意見及處理說明(4/4)

委員意見		處理說明
	收，規範研擬應考量回淤之計量計價。	
5.	民間業主不像港務單位有測量隊，考量將檢驗工作及費用編於監造單位之可行性。	納入浚挖規範(草案)研擬時之參考。

附錄 D 第二次諮詢會議審查意見及處理情形

「港灣水域浚挖探討及規範訂定之研究」第二次諮詢會議委員意見及處理說明(1/9)

委員意見		處理說明
樊處長重光		
1.	海拋浚泥區是否應辦監測，若必須配合辦理，則海域污染監測計畫是否配合列入。	「海洋棄置及海上焚化管理辦法」第三條規定海拋作業應提送監測計畫，故海拋浚泥區應辦監測，法規及監測內容詳第四篇 5.2.1、5.2.5 節。惟為避免球員兼裁判之嫌，監測計畫宜由業主另案辦理，不宜由浚挖廠商執行，故浚挖規範(草案)不考量納入監測計畫，但該辦法對實施海洋棄置之船舶或機具之相關規定，則予以納入。
2.	浚挖船機可配合挖方種類而建議採用何種適宜挖泥船，至於浚挖能量則依據工期妥適設定最低之浚挖能量。	遵照辦理，已於浚挖規範(草案)3.3.1 中，建議不同性質地質土壤浚挖之適用船機，以及選定施工方法後，應考量浚挖數量、施工工期、工址限制等因素，將浚挖機具、設備選用之作業限制、作業能量等之要求明訂於規範。個案之浚挖規範則可依本浚挖規範(草案)之建議，妥適研擬具體之施工船機要求。
3.	工程中依實際需要，有採部份驗收必要時，其驗測方式如何要訂明，例如採部份驗收之浚挖工程，是否宜規定先行擇派一驗收人員負責全部工程之驗	在工程進行期間，若甲方基於實際需要或乙方申請經甲方同意，得先進行部份驗收，其作業程序按竣工驗收規定辦理，即由甲方測量隊或經甲方認可之公正單

「港灣水域浚挖探討及規範訂定之研究」第二次諮詢會議委員意見及處理說明(2/9)

委員意見		處理說明
	收。	位進行檢測。此外，雖經部份驗收合格，但其與尚未驗收範圍交接 100m 範圍，仍應由乙方負責維護，部份驗收合格後若發現水深不足係因乙方施工所造成，仍應由乙方無償負責挖除，內容詳浚挖規範(草案)4.2 及 4.1。
4.	工程估驗及付款：預估數量估驗之方法，採實測或船上量方或兩者皆可。若分 33%、33%、29%。三次估驗，與每月估驗是否抵觸。	已修正，將工程估驗及付款分開為工程估驗及付款辦法，詳第六章 6.3 或浚挖規範(草案)3.5.4 及 3.5.5。工程進度估驗可採乙方實測或船上量方資料。
5.	驗收時需不需實際測量，驗收人員之驗收方法為何？	驗收時不需另行測量，而以查驗浚後測量成果圖是否符合設計要求方式取代，詳浚挖規範(草案)4.1 竣工驗收。驗收方法為驗收人員可依據本規範之驗收規定，查驗浚後測量成果圖，並將查驗結果填寫於驗收記錄表即可。
6.	檢驗測量與檢測語義如何？公證人員之費用是否可訂一標準，公證人員之界定標準如何？	檢驗測量即檢測之義，為免混淆已統一修改為檢測。公正人員已修改為甲方測量隊或由乙方指定經甲方認可之公正單位，公正單位之界定，詳水深測量標準作業規範(草案)，公正單位檢測費用由乙方負擔，若由各港測量隊檢測，其費用由各港務局視其人員設備訂定費用標準，以高雄港為例每 5 公頃收費 85,000 元，離

「港灣水域浚挖探討及規範訂定之研究」第二次諮詢會議委員意見及處理說明(3/9)

委員意見		處理說明
		開高雄港則為每 5 公頃收費 100,000 元。
7.	颱風與季風迴淤處理方式如何？要在規範訂明。	遵照辦理，詳浚挖規範(草案)3.3.4 及 5.1.2。
8.	驗收檢測測線之距離應訂定標準或依完工測量數據於書面抽核驗收。	遵照辦理，詳浚挖規範(草案)3.5.1 水深檢測。
戴隊長文誠		
1.	工程估驗考量加列「每月」估驗次數，以利工程施工進度計算。	遵照辦理，已修改工程估驗內容，詳浚挖規範(草案)3.5.4 工程估驗。
2.	坡度部份考量增列容許誤差。	邊坡許可差均採坡度小於設計坡度，但不影響鄰近結構安全，係為驗收之標準，詳浚挖規範(草案)3.4 許可差乙節；而邊坡之計量則有考量許可範圍，詳浚挖規範(草案)5.1.2 計量方式。
3.	計量方式，考量增加[]空格，與容許差對應。	浚挖斷面之底床及邊坡之允許計量範圍已加[]空格，詳浚挖規範(草案)5.1.2 計量方式。
4.	障礙物清除費用，訂定規範時請考量，請考量是否可以百分比方式加以規定。	已增加障礙物清除之計費內容，詳浚挖規範(草案)3.3.3 障礙物清除。
5.	檢測費用，不宜發生比浚挖工程費還高之情況。	遵照辦理，檢測費用及最小面積單元改為[]空格，由

「港灣水域浚挖探討及規範訂定之研究」第二次諮詢會議委員意見及處理說明(4/9)

委員意見		處理說明
		甲方視工程規模斟酌填寫。另外，為工程進度計算之估驗不須申請檢測，須付費檢測部份僅為請款檢測及完工檢測，且工程規模小時，乙方亦得不申請請款檢測，
6.	修改文字, IV-A-2 缺施(失) IV-A-10 工(公)正人員、IV-A-9 3.5.2(3)節。	已修正。
黃副主任盛才		
1.	請蒐集較完整之挖泥船資料，並列表說明各類船機之性能、適應土質、能量，以供業主參考。	遵照辦理，已修正表 2.3-2 納入國外挖泥船之能量、最大作業水深、數量等資料。另增不同能量各型船舶作業水深限制如表 3.4-1，表 3.4-2 係引用英國標準規範(BS)之資料，為選用挖泥船時參考用，經查該規範並未有更新之版本，未免誤會已於該節增加「惟近年挖泥船之製造有大型化趨勢，選用新挖泥船時，應對其性能、作業限制、營運維護等細節有深入瞭解」，詳本篇 3.4.1 節。
2.	地質調查資料不足或不確實，投標廠商無法評估風險，業主對浚挖土質應提供適當之鈣探報告，供設計施工參考。	一般於施工規範之補充說明中，須詳述工址施工環境條件，作為招標文件之一部份，內容詳浚挖規範(草案)1.1。若無法提供完整基本資料，可於設計階段考量

「港灣水域浚挖探討及規範訂定之研究」第二次諮詢會議委員意見及處理說明(5/9)

委員意見		處理說明
		配套措施，如施工前進行補充地質調查，並將費用及鑽探規定分別納入預算及浚挖規範中。
3.	關於海污法之棄方規定，建議就單純浚挖棄方是否請環保署放寬規定，或及早設立海上棄土區供使用，且排泥放流尾水之混濁度可研究予以放寬。	遵照辦理，擬於本研究中建議及早設立海上棄土區供使用，放流水標準應依填海造地工程特性訂定適合之懸浮固體限值標準。
史教授天元		
1.	「底質調查」部份，建議訂定規範，但應與水深測量規範區隔。	底質調查應為規劃、設計階段應完成之工作，依據底質調查結果，才能決定浚挖工程之浚泥處理方式，而本研究之主軸為浚挖規範，故不考慮底質調查規範之訂定。
王總經理自成		
1.	本計畫完成之規範草案建議應提送公共工程委員會參考，並於該會修訂施工綱要規範時列入，方有強制執行之力量。	遵照辦理，此亦為本研究之目的，擬於第七章提出此項建議。
2.	浚挖規範草案 3.3.2 作業規定中(2)規定施工中如遇硬質土、障礙物時乙方應挖除運棄不另給價，此點可能引起合約爭議，建議考慮修訂更有彈性。	遵照辦理，已修改草案內容，詳浚挖規範(草案)3.3.3 障礙物清除。同時於第七章結論與建議中建議設計階段應考量浚挖施工中遭遇如沉埋消波塊、流失卵塊石及隱沒岩盤等障礙物之可能性，並於預算編製時，以
「港灣水域浚挖探討及規範訂定之研究」第二次諮詢會議委員意見及處理說明(6/9)		
委員意見		處理說明

		事先編訂障礙物清除單價方式因應，避免發包後產生糾紛。
3.	浚挖規範草案 4.1 竣工驗收中載明乙方申請竣工檢驗測量，甲方指定公正人員測量後依此驗收。建議應加註費用由那一方支付，公正人員建議改為公正單位，最好說明公正單位選定標準。	已修正內容加註付費說明，內容詳浚挖規範(草案)4.1。公正人員已改為公正單位，其界定標準，詳水深測量規範(草案)。
港研中心(書面意見)		
1.	P. -3-16 中，表 3.3-1 施工費用機械式為低，而水力式為中，是否有誤，請查明。	已補充說明，詳表 3.3-1。
2.	P. -3-17 中，3.4.1 節第 8 行，浚挖機具選擇主要係考量土壤性質及浚挖沙之處理方式較妥。	遵照辦理。
3.	P. -3-23 中，表 3.4-5 中似有錯誤，如 Dr 所示範圍應錯誤。Ps 對硬質黏土質應不符合。	已修正。
4.	P. -4-3 中，表 4.5-1 表中兩個浚填能量且單位相同，但數值不同似有錯誤，請澄清。	表 4.5-1 中 600hp 係有浚挖及浚填兩種不同作業能量，其中浚填能量有扣除流失率。
5.	P. -5-1 中，浚泥最終之處置，直接以海洋處置似與目前法令有所不合，建議應先瞭解浚泥性質及海拋之可能性再做論斷較佳。	已依「海洋棄置及海上焚化管理辦法」規定，修改內容，詳見 5.1(P.IV-5-1)。

「港灣水域浚挖探討及規範訂定之研究」第二次諮詢會議委員意見及處理說明(7/9)

委員意見		處理說明
6.	P. -5-2 中，浚泥最適海拋區評選中 3. 考量對船舶	遵照辦理，取消 3. 考量對船舶航行之影響，並修改圖

	航行之影響。以目前海洋棄置之規定其拋放位置水深均大於 100M 水深，對船舶航行因素不大。目前要求的是對於拋放區生態之影響為最主要之因素。另外對於漁場亦是需避開之處。建議圖 5.2-1 最適海拋區評選作業流程圖亦應重新考量。	5.2-1 最適海拋區評選作業流程圖。詳見 5.2.3(P.IV-5-9)。
7.	P. -6-1 中，6.1.1 節第 5 行規範浚挖機具之噸位、抽沙馬力、抽沙效率等是否必要？且是否會遭致違反採購法功能性設計及非特殊情況不定特定資格之原則。建議浚挖機具應於契約中提供工作場所之特性與限制、泥沙之特性、浚沙之處理方式做為承包商自行選擇機具之限制。	應非必要，故已遵照建議修正內容，詳見 P.IV-6-1 之 6.1.2 節。
8.	P. -6-2 中，於 1.海洋棄置目前非 G.P.S 而是 D.G.P.S。	已修正。
9.	P. -6-5 中，對於目前規範只對船機做原則性規定而未做噸位、抽沙馬力、效率之規定，主要為避免綁標，故對於建議應規定實不宜，應以前述規定作業限制及需求由承包商自行選定較妥。	已修正，詳見 P.IV-6-6。
10.	P. -6-8 中，(4) 對於安平港採用浚挖採公共工程	已修正，詳見 6.2.2 節之 4.(4) (P.IV-6-9)。

「港灣水域浚挖探討及規範訂定之研究」第二次諮詢會議委員意見及處理說明(8/9)

委員意見	處理說明
施工綱要規範之格式，未明確規定付款之主要原因	

	為浚挖為該工程之一部分，其付款隨主工程每月或半月付一次。	
11.	P. -6-10 中，6.3.1 節浚挖邊坡設計 2.對於水下邊坡之穩定應考量水流、潮流及波浪作用，建議改為應考量土壤性質、水流、潮汐及波浪作用。另潮間帶與水下之邊坡不同，通常潮間帶及其下方因受波浪作用坡度會較緩。	遵照辦理，詳見 6.3.1 節(P.IV-6-11)。
12.	P. -6-12 中，6.4 節合理考量浚挖期之回淤量。其中所述經驗公式、數值模擬、水工模型、多年觀測或其他所述之方式，對於工程設計及施工估價均有困難。且浚挖導致地形之改變，海流及波浪之條件亦改變，所用之推斷皆不足以準確判斷回淤量。故建議施工期回淤量預估並含單價中是可行方式。惟需掌握對於突發狀況如颱風期間，大量回淤及地形變遷之情形，此為爭議最大之部分。最好能在颱風前後進行測量比對。	遵照辦理，詳見 6.4 節(P.IV-6-13)及浚挖規範(草案)3.3.4。
13.	P. -6-1 中，6.5.2 節浚挖作業測線間距建議與前述船席、泊地等間距。	遵照辦理，詳見 6.5.2 節(P.IV-6-16)。

「港灣水域浚挖探討及規範訂定之研究」第二次諮詢會議委員意見及處理說明(9/9)

委員意見	處理說明
------	------

14.	P. -6-17 中，6.6.2 節許可差之規定，對於各項誤差建議需考量深度對測量誤差之影響，而以不同數值表現。	遵照辦理。惟本浚挖規範(草案)之許可差為包含施工機具、施工場所環境、水深測量等之綜合誤差值，水深之影響為較小者(約水深之 0.25%)，擬於浚挖規範(草案)中言明水深對測量誤差影響值，供研擬許可差者參考。
15.	P. -6-17 中，6.6.2 節 4.何謂港域，請予以定義。	已修正，將港域改為其他水域，係泛指航道、迴船池、船席以外之港灣水域，詳見 6.6.3 節許可差 4. (P. IV-6-21)。
16.	P. -6-19 中，6.6.3 節 3.工期及費用(1)第 3 行「符合設計水深外，檢測期間之工期再續計」，修正為「符合設計水深外，再浚挖及再檢測期間之工期再續計」。	遵照辦理，詳見 6.6.4 節之 3.(P. IV-6-22)。
17.	P. -6-19 中，6.6.3 節 3.工期及費用(2)此收費為高雄港務局因有測量隊可做水深測量，但其他港並不一定適用。建議修改為「乙方向甲方申請估驗或完工檢驗，其所需測量費由乙方負擔，其費用已包含在相關單價中不另給付。測量單位可由甲方測量隊擔任或由乙方提出經甲方認同之機構擔任測量。若由甲方測量隊擔任測量時，測量面積..」，	遵照辦理，詳見 6.6.4 節之 2.、3.(P. IV-6-22)。

附錄 E 期末報告審查意見處理情形表

交通部運輸研究所合作研究計畫

期中期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：港灣構造物功能性設計分析方法之研究

- 港灣水域浚挖探討及規範訂定之研究 -

執行單位：中興工程顧問股份有限公司

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
邱主任永芳		
一、請研究單位未來協助本所辦理本研究相關之講習會或研討會。	遵照辦理。本研究團隊將全力協助 貴中心辦理與本研究相關之講習會或研討會。	同意。
二、水深測量和浚挖使用儀器精度是否要規定請說明並增加討論。	水深測量使用之儀器精度，IHO 及 USACE 要求平面定位精度達到 2 公尺以內。對於測深及搭配相關儀器之精度要求，因水深成果，涉及測深儀、聲速剖面、潮位儀、船隻姿態收集器等之綜合效應，故 IHO 及 USACE 僅以綜合性評估測深精度，唯其已提出綜合傳播誤差(TPE)之概念，以期在測量前預先瞭解所使用船隻、設備及測量區域狀況，是否可達到水深測量之精度要求，但此概念仍在發展當中。	請於定稿報告內加強說明或討論。
三、水深與浚挖之準則訂定應有說明。	遵照辦理，有關浚挖及水深之技術準則，建議與人員訓練之研究一併建議於後續研究辦理。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
鍾科長英鳳		
本期末報告包含四篇不	謝謝肯定!	

<p>同之題目，中興工程顧問股份有限公司於短短數月中完成，報告內容在質與量中均有專精及突破，也使港灣工程未來之方向更明確，值得肯定。下列有數項小缺失，敬請於定稿時參酌修正。</p>		
<p>第四篇：港灣水域浚深探討及規範訂定之研究</p>		
<p>一、針對附件一「港灣水域浚深標準作業規範」(草案)如要列入公共工程施工綱要規範建請名稱修改為「港灣水域浚深」</p>	<p>遵照辦理。已將「港灣水域浚挖標準作業規範」(草案)改為「港灣水域浚挖規範(草案)」。</p>	<p>同意合作研究單位之說明與處理情形。</p>
<p>二、附件一中建議 1 中應加入地質、海氣象條件之項目。</p>	<p>遵照辦理。增加項目詳附錄 A 中 1.通則。</p>	<p>同意合作研究單位之說明與處理情形。</p>
<p>三、附件一中 2.1.2 計畫內容中本節品管計畫對浚挖並不適用，建議修正。</p>	<p>遵照辦理。已將不適合浚挖工程之試驗、供應商、製造商、試驗程序等取消重新編寫，詳 2.1.2 計畫內容。</p>	<p>同意合作研究單位之說明與處理情形。</p>
<p>四、附件一中 3.3.1(5)以下之文字，相關語詞請修正以符合規範之寫法。</p>	<p>遵照辦理。已將 3.3.1(5)以下文字修正為符合規範用語，並配合修正 2.2 施工計畫內容。</p>	<p>同意合作研究單位之說明與處理情形。</p>
<p>五、附件一 3.3.3 中以工程準備金內勻支，基於規範係對承包商，金額由何處支出並不需述名，建議改為由業主依實際計算數量給付。</p>	<p>遵照辦理。已依委員建議修正內容，詳附錄 A 3.3.3、3.3.4。</p>	<p>同意合作研究單位之說明與處理情形。</p>
<p>六、附件一中 3.4 節中最後二行語詞請修正。另各許可值是否容許未來依實際狀況調整，如是建議每項數值後加[]。零本規範中其他地方亦有類</p>	<p>遵照辦理。已修改 3.4 節最後二行語詞。各許可值為本研究之建議數據，容許未來依實際狀況調整，並將建議值統一以[]表示。</p>	<p>同意合作研究單位之說明與處理情形。</p>

似情形，請一併考量。		
七、附件一 3.5.2 檢驗之申請對於施工前、中及完工後應有不同之步驟，請考量修正。	遵照辦理。已增加條文將施工前與施工中、完工時之檢驗區分開，詳附錄 A3.5.2。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
八、附件一 3.5.4 文字有前後矛盾之處請修正。	遵照辦理。已修正語義矛盾之處，詳附錄 A3.5.4	同意。
王研究員慶福		
一、本研究能在此有限的時間內完成如此多的內容，研究單位之付出值得肯定。	謝謝肯定!	
主辦單位意見		
四、附錄中的委員意見及處理情形對照表的格式與本所規定不符，會後再提供正確的格式給研究單位。	遵照辦理。已依主辦單位提供之審查意見處理情形對照表的格式重新調整。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
五、最後感謝研究單位能在合約的期限內完成所有合約規定的研究項目，也替我們蒐集到許多的寶貴資料，並將整理分析出的研究成果完整的呈現在期末報告內，研究人員的付出值得肯定。	謝謝肯定!	



第四篇 港灣水域浚挖探討及規範訂定之研究

第四篇

港灣水域浚挖探討及 規範訂定之研究

報告人：鄧耀里 工程師



第四篇 港灣水域浚挖探討及規範訂定之研究

簡報內容

- 一. 計畫執行情形
- 二. 審查意見及處理說明
- 三. 期末修正或新增內容
- 四. 結論與建議

IV-1





二. 審查意見及處理說明

☆ 歷次會議審查意見及處理說明

歷次會議審查意見依其相似性、代表性及重要性整理後，歸納為11點說明如下：

審查意見	處理說明
1. 規範應有完整基本資料提供廠商參考，例如地質資料、測量資料，至少為近4個月內之資料，以供廠商選擇機具、評估風險、估算成本之依據。	一般係於補充說明中詳述工址施工環境條件，提供投標廠商參考。若無法提供完整基本資料，應於設計階段及規範研擬時提出配套措施。
2. 民間業主不像港務單位有測量隊，考量將檢驗工作及費用編於監造單位之可行性。	考量結果檢測費用仍以含於浚挖單價內方式較可行。

IV-4



二. 審查意見及處理說明

審查意見	處理說明
3. 測量及浚挖規範之撰寫，建議依工程會之重要規範格式撰寫，並於完成後建議工程會修訂原規範。	詳附件一浚挖規範(草案)，及第七章之建議。
4. 未來測量及浚挖建議應訂出允許誤差，品管方式、驗收標準。	詳附件一浚挖規範(草案)之2.1品質管制計畫、3.4許可差及4.驗收等章節。

IV-5



二. 審查意見及處理說明

審查意見	處理說明
5. 浚挖規範訂定應先考慮提供承商之資料，如土質、海流、挖填區位址，以及對於各種土質在海況下邊坡穩定之條件。	已於規範(草案)1.1 本章概要中說明須於補充說明應提供之資料內容，以及於報告 6.3.1 浚挖邊坡設計中說明各類土質之設計水下邊坡，提供浚挖設計時參考。
6. 浚淤船機應加上外國船機，表 2.3-1 資料太舊請更新，表 3.4-4 部分範圍有誤，請修正。	已補充國外船機資料於表 2.3-2，並將國內船機之表 2.3-1、及土壤性質及適用船舶之表 3.4-4 修正完畢。

IV-6



二. 審查意見及處理說明

審查意見	處理說明
7. 目前海拋需依海洋污染防治法，其拋放有一定之程序及規定，如土質之取樣檢驗，拋泥時之監測船舶設置 DGPS、申請之程序等，建議未來應加強。	已於報告 5.2.5 監測計畫及規範草案 3.2.7 棄方地點配合事項，加強有關監測、記錄提送及申請程序之相關規定。
8. 關於海污法之棄方規定，建議就單純浚挖棄方是否請環保署放寬規定，或及早設立海上棄土區供使用，且排泥放流尾水之混濁度可研究予以放寬。	已於第七章建議及早設立海上棄土區供使用，放流水標準應依填海造地工程特性訂定適合之懸浮固體限值標準。

IV-7



二. 審查意見及處理說明

審查意見	處理說明
9. 檢驗測量與檢測語義如何？公證人員之費用是否可訂一標準，公證人員之界定標準如何？	檢驗測量即檢測之義，為免混淆已統一改為檢測。公正人員已修改為甲方測量隊或由乙方指定經甲方認可之公正單位，公正單位之界定，依採購法之規定辦理，公正單位檢測費用由乙方負擔，若由各港測量隊檢測，其費用由各港務局視其人員設備訂定收費標準仍由乙方負擔。
10. 淤泥最終之處置，直接以海洋處置似與目前法令有所不合，建議應先瞭解淤泥性質及海拋之可能性再做論斷較佳。	已依「海洋棄置及海上焚化管理辦法」規定修改內容，詳見 5.1 概述乙節。

IV-8



二. 審查意見及處理說明

審查意見	處理說明
11. 6.4節合理考量浚挖期之回淤量，其中所用之推斷皆不足以準確判斷回淤量，故建議施工期回淤量預估並含單價中是可行方式，惟需掌握對於突發狀況如颱風期間大量回淤及地形變遷之情形，此為爭議最大之部分，最好能在颱風前後進行測量比對。	已遵照辦理，並增加颱風期大量回淤處理機制，詳見報告 6.4 節及規範草案 3.3.4。

IV-9



三. 期末修正或新增內容

☆ 國外浚挖船機概述

挖泥船型式	機具能量、水深限制及數量		
	鏟斗(m ³)	最大水深(m)	艘數
Bucket Ladder Dredgers	0.07-0.90	1.5-50	66
Cutter Suction Dredgers	總馬力(HP)	最大水深(m)	艘數
	75-36924	2.5-60	416
Dipper / Backhoe Dredgers	挖斗(m ³)	最大水深(m)	艘數
	1.3-25	3-27	89
Dustpan Dredgers	-	最大水深(m)	艘數
	-	-	7
Grab and Clamshell Dredgers	抓斗(m ³)	最大水深(m)	艘數
	1-38	-	165
Remotely Operated Dredgers	總馬力(HP)	最大水深(m)	艘數
	225-1100	4.5-40	3
Suction Dredgers	泥艙(m ³)	最大水深(m)	艘數
	165-5558	6-70	49
Trailing Suction Hopper Dredgers	泥艙(m ³)	最大水深(m)	艘數
	200-35508	10-136	311
Water Injection Dredgers	-	最大水深(m)	艘數
	-	7-30	10
小計			1,116

資料來源:2003年8月 DPC期刊

IV-10



三. 期末修正或新增內容

☆ 絞刀吸管式挖泥船浚填能量

抽砂泵浦馬力	使用管徑 公尺, (吋)	浚填能量 (m ³ /小時)	浚填能量 (m ³ /月)	經濟排距 (m)
600hp(浚挖)	0.30, (12")	111.97	50,385	<1,500
600hp(浚填)	0.30, (12")	95.17	42,827	<1,500
3,300hp(浚填)	0.36, (14")	143.90	64,755	<2,500
4,400hp(浚填)	0.61, (24")	462.79	208,254	<3,000
8,000hp(浚填)	0.76, (30")	902.30	406,035	<3,500
11,000hp(浚填)	0.76, (30")	954.36	429,461	<5,000
12,000hp(浚填)	0.81, (32")	1183.00	532,350	<6,000
13,000hp(浚填)	0.81, (32")	1277.22	574,749	<7,000

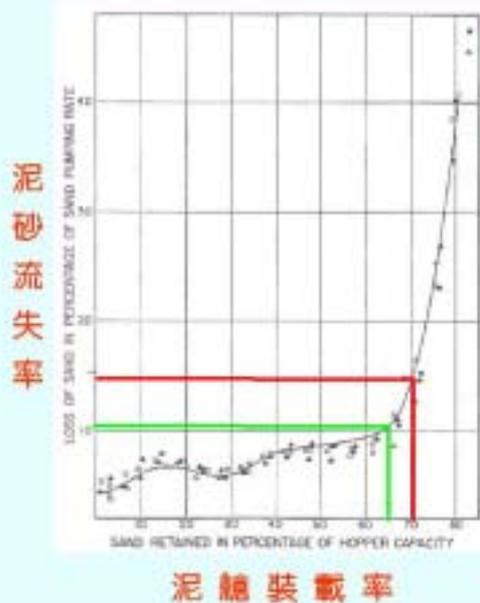
資料來源:彰濱工業區抽砂單價估算基準

IV-11



三. 期末修正或新增內容

☆自航耙吸式挖泥船挖泥效率



每一循環航程所需時間應考量下列因素估算

1. 抽砂船往返航行距離
2. 抽砂船航行速度
3. 泥艙棄泥方式(接管泵送、底開拋棄)
4. 抽砂船抽砂泵浦馬力

IV-12



三. 期末修正或新增內容

☆浚泥海洋棄置

國內法令規定

環保署依「海洋污染防治法」第二十條規定，於91. 12. 25公告實施「海洋棄置及海上焚化管理辦法」。惟並未依第二十一條規定，劃定海拋區並公告之，顯示我國法令對海洋棄置區選址目前係採審議許可制。

海拋區選址原則

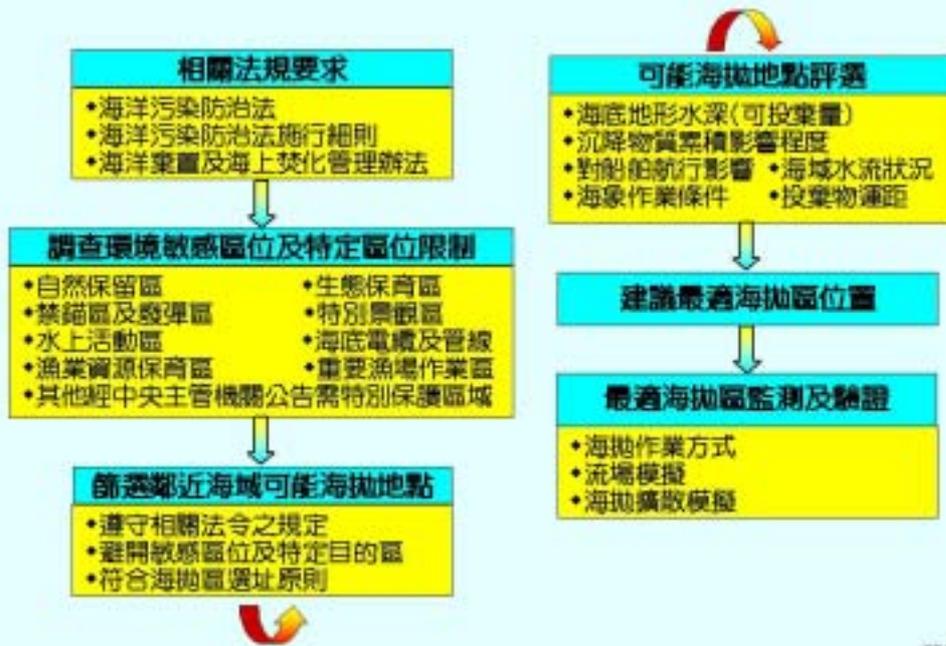
1. 不宜接近環境敏感區位，並保留適當緩衝距離。
2. 必須遠離重要漁場及漁業資源保護區。
3. 運距應在合理範圍內，以減輕運送成本及應變措施之可及性。
4. 海拋區之海拋作業，應避免干擾附近其它海洋活動。

IV-13



三. 期末修正或新增內容

☆ 最適海拋區評選建議流程



IV-14



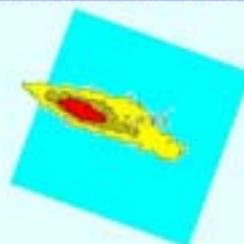
三. 期末修正或新增內容

☆ 常見海拋作業控制對策

帶狀分區輪拋



均佈(上游側)拋放



☆ 常見設施式污染防治對策

土工砂袋包覆

將高拉力織布置於底開船內，俟浚泥置入後將織布封成砂袋，再由駁船運至海拋區將砂袋沉入海底。

污濁防止膜圍堵

使用土工織物，自海面向海床方向延伸，配合水下錨碇、繫纜及水面浮具等形成一個限水域範圍，可避免海拋泥向外擴散。

IV-15



三. 期末修正或新增內容

☆ 浚泥棄置替代方案

工程用途

1. 填海造地
2. 人工養灘
3. 陸域掩埋
4. 海岸保護(離岸堤、突堤、防砂堤)
5. 土壤改良
6. 海床覆蓋

☆ 浚泥資源化再利用

農漁用途方面

1. 農業用表土
2. 養殖池及海洋牧場
3. 加工建材骨材

生態環境提升方面

1. 濕地復育及新設
2. 河川下游保護區及鳥類棲息地
3. 改善漁獲及海洋牧場

IV-16



三. 期末修正或新增內容

☆ 國內浚挖規範評析

本研究蒐集基隆港、台中港、布袋港、安平港、高雄港等近期之浚挖施工規範進行綜合評述，結果說明如下：

1. 施工方法

國內浚挖規範對挖泥船性能僅有原則性規定(基本型式)，但並未根據設計要求、施工限制及工期需求等，於規範中明訂對施工船舶之要求，建議研擬浚挖規範時，施工方法之機具部份應有較具體之規定。

2. 容許誤差及計量規定

國內規範對施工及計量之容許誤差雖有規定，但誤差值不盡相同，本研究將參考國內規範採用值、國外機具誤差資料，以及工程會綱要規範之規定，建議適當合理之容許誤差標準值供參考。

IV-17



三. 期末修正或新增內容

3. 部份驗收

所蒐集規範中僅台中港案例有部份驗收規定，其他案例可能因工程規模較小，並未有部份驗收之規定，另工程會綱要規範並未提及部份驗收。故本研究將建議部份驗收規範條文供參考。

4. 工程估驗及付款

為免乙方須自備龐大資金，因無法周轉而影響工進，各規範案例均訂有請款估驗及申請估驗之付費辦法，惟估驗方式宜有統一標準，以免甲方同為公部門時，不同單位卻有不同之估驗標準。故本研究將建議估驗條文供參考。

5. 工程驗收

原則探查驗甲乙雙方之會測資料方式驗收，不再另行施測，由於工程會綱要規範在工程驗收方面，並無相關說明及規定，故本研究將綜合各案例之驗收規範建議驗收條文，提供工程會作為修訂綱要規範之參考。

IV-18



三. 期末修正或新增內容

☆ 浚挖規範草案訂定

工程會綱要規範內容	本浚挖規範草案內容
1. 總則	1. 總則
1.1 本章範圍	1.1 本章範圍
1.2 工程範圍	1.2 施工範圍
1.3 有關法規	1.3 施工範圍
1.3.1 第 81328 條--營造法要	1.4 施工原則
1.3.2 第 81458 條--品質保證	2. 疏淤區劃
1.3.3 第 81725 條--施工標準	2.1 品質管理計畫
1.3.4 第 81726 條--水質標準	2.1.1 計畫提議
1.3.5 第 82228 條--查驗	2.1.2 計畫內容
1.4 資料區劃	2.1.3 計畫修正
1.4.1 品質管制計畫書	2.1.4 變更通知
1.4.2 施工計畫	2.2 施工計畫
1.4.3 廠商資料	2.2.1 計畫提議
2. 產品	2.2.2 計畫內容
2.1 產品工法	2.2.3 計畫變更
2.2 施工方法	2.3 施工
2.3 檢驗	2.3.1 施工規範
2.3.1 水質與疏淤之規範	2.3.2 檢驗工作
2.3.2 檢驗基準	2.3.3 浚挖施工
2.4 許可證	2.4 許可證
2.4.1 填海部分	2.4.1 填海
2.4.2 疏挖部分	2.4.2 疏挖
2.4.3 標誌	2.4.3 標誌
2.4.4 航運	2.4.4 其他水障
4. 計畫與計畫	2.4.5 碼頭系統
4.1 計畫	2.5 檢驗
4.2 計畫	2.5.1 水質檢測
	2.5.2 檢驗申請
	2.5.3 工廠與資料
	2.5.4 工程估驗
	2.5.5 付款辦法
	2.5.6 完工檢驗
	4. 驗收
	4.1 施工驗收
	4.2 移份驗收
	5. 計畫與計畫
	5.1 計畫

綠色表綱要規範內容中，非本研究之探討內容部份

藍色表本研究依據綱要規範之標題，撰寫具體內容部份

紅色表綱要規範未提及，本研究認為有必要，而增加之內容部份

IV-19



四. 結論與建議

☆ 結論

92年8月前國際市場之挖泥船達1,116艘，其中絞刀吸管式挖泥船最多有416艘，最大作業水深達35m；其次為自航耙吸式挖泥船之311艘，泥艙最大容量達3.55萬 m^3 ，最大作業水深達136m。

環保署於91年12月25日公告實施「海洋棄置及海上焚化管理辦法」，然並未依「海洋污染防治法」第二十一條劃定海拋區，顯示現階段我國法令對海洋棄置區位置係採申請審議許可制。

為掌握海拋前之海域生態環境，可藉監測手段達成，進而採取適當之防治對策。海洋棄置監測相關規定，可參照「海洋污染防治法」第九條第三項之「海域環境監測及監測站設置辦法」為依循。

工程會編要規範對於許多浚挖施工執行上之問題並未釐清，例如障礙物清除、回淤量、水深檢測標準、工程估驗、計量方式、竣工驗收等，本研究提出之浚挖標準作業規範(草案)可作為其修訂時之參考。

IV-20



四. 結論與建議

☆ 建議

建議環保署儘速依「海洋污染防治法」第二十一條劃定海拋區供國內各港浚泥海拋時使用。浚泥若採填地處理時，依據環保署「放流水標準」之規定最大上限為50PPM，實際抽砂填地之尾水排放(達150PPM)甚難符合規定，建議「放流水標準」修定時，應依填地特性訂定適合之懸浮固體限值標準。

建議浚挖設計階段即考量施工中遭遇如沉埋消波塊、流失卵塊石及隱沒岩盤等障礙物之處理機制，並於預算編製時，以事先編訂障礙物清除單價方式因應，避免發包後產生議價爭議。

建議於規範之補充說明中，詳述工址氣海象、地形水深、地質土壤、回淤量估計等條件，作為招標文件之一部份。招標時，無法提供完整基本資料，亦須於設計階段考量配套措施，並將相關費用及規定納入預算及施工規範中。

由於浚挖土方採陸域回填時，其所考量之施工要點與海洋棄置不盡相同，建議將陸域回填列於浚填規範討論，並作為後續研究工作，以提供工程會參考。

IV-21