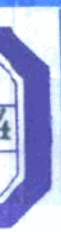




P753-53

第八届全国海岸工程 学术讨论会暨1997年 海峡两岸港口及海岸 开发研讨会论文集

(上)



海洋出版社



前 言

由海洋工程学会、河海大学、台湾成功大学、中国水利学会、海洋湖沼学会海岸河口学会、广东省海洋湖沼学会联合主办的“第八届海岸工程学术讨论会暨1997年两岸港口及海岸开发研讨会”于1997年4月在西安市召开。

自1993年在珠海市召开“第七届全国海岸工程学术讨论会”以来，我国海岸工程事业有了进一步的发展，许多新概念、新技术、新方法应用于海岸工程事业中，并以自力更生、艰苦奋斗的精神使海岸工程事业取得了显著的成绩，并有台湾部分专家在海岸港口方面的经验与成就。

本届会议自发出征文通知后，得到了广大海岸工程科技人员的支持，共收到论文190篇经审定录用133篇，其内容：河道、河口演变及航道治理；海岸动力、海岸泥沙、港口淤积及海涂围垦；港口波浪及防浪建筑物；港址选择、港口规划、设计、施工技术、环境工程、港工建筑物的材料、结构及地基基础等。这些论文凝聚着广东科技工作者的心血，展示了四年来我国海岸工程领域中所取得的重要科研成果和经验，希望通过本届学术会议的交流 and 论文集的出版能对我国海岸工程事业的发展有所帮助。

本论文集是印影件，因为时间紧，编辑工作量大，部分论文中有的错误未能通知作者修正。还有一些计量单位不符合法定计量单位，请各位代表谅解。并能通过会议交流共同提高。

值此机会谨向关心和支持本届会议的单位和个人以及论文作者表示衷心感谢。祝第八届全国海岸工程学术讨论会暨1997年两岸港口及海岸开发研讨会圆满成功。

目 次

一、河道、河口演变及航道整治

海南岛南渡江三角洲的废弃演变和海岸保护利用问题	李春初 田 明 罗宪林 (1)
海岸开发对海岸环境之冲击	郭金栋 (7)
开辟大洋山深水航道的初步分析	戴贤凯 陆培东 杨正己 (15)
三峡工程对长江口盐水入侵和航道的影晌分析研究	王义刚 冯卫兵 金 鹰 李 宇 王 谅 (21)
深圳西部港区岸线合理利用问题的讨论	陈 勇 刘家驹 (29)
珠江崖门口航道研究与工程实践	罗肇森 辛文杰 马启南 李举国 麦志权 (36)
海口东水港拦门沙的演变与航道整治	罗宪林 罗章仁 (45)
黄河口未来入海流路安排对三角洲开发的影响	王恺忱 王开荣 (51)
感潮河网地区水污染物总量控制的数学模型研究	肖成猷 沈焕庭 (60)
河口粘性泥沙再悬浮和再夹运的声散射观测	时 钟 (67)
利用潮汐治理河口拦门沙的探讨	李泽刚 李东风 (75)
断流对黄河河口尾间河段的回淤影响	王开荣 王恺忱 (80)
潮汐河口治理后的变化规律	邢福麟 王淑玲 (87)
崖门口航道泥沙的物化性和絮凝沉降	孙献清 (95)
上海宝钢马迹山航道工程数学模型计算分析	金忠贤 赵安昌 张全根 (101)
防城港总体规划港口航道回淤研究	罗肇森 罗 勇 凌永宁 (107)
论湛江港在国内外港口群中的优势及拦门沙航道的开发	罗肇森 罗 勇 郭永强 陈秉光 (115)
新开挖渠道一维推移质泥沙数学模型计算	朱立俊 洪大林 (122)
港口浮泥层动态连续测量的最新技术——适航水深测量系统	郑乔雄 李纪元 章泳明 (130)
汉江航道整治中水深遥感技术应用研究	尤玉明 唐惠明 赵宗纲 王桂林 张晓淮 (138)
黄河口的演变规律新论	王万战 王 敏 席凤仪 (148)
虾峙门口外航道浅滩的发育机理	蒋国俊 周起舞 姚炎明 (154)
深圳港铜鼓航道选线分析	吴明阳 (164)
论甬江泥沙运动的沉积效应	沈承烈 (170)
清澜港航道演变分析与整治	余力民 (176)
加速港口城市群体建设, 发挥苏锡常区位优势	彭世银 (196)
三峡枢纽电厂泥沙问题的分析	樊 明 (199)
八尺门潮汐电站对污染物输移扩散影响的数值分析	姚炎明 张志忠 蒋国俊 阮文杰 周大成 (209)

温州市洞头“半岛工程”的重大意义和效益分析	王国俊 (217)
开辟长江口北支深水航道的设想	黄志良 仇锦梅 陆伟 (224)
长江近口段河床演变和开发利用	夏益民 (232)

二、海岸动力、海岸泥沙、港口淤积及海涂围垦

关于淤泥质海岸大型围海工程若干技术的新进展	金 镠 虞志英 呼和敖德 (252)
花莲海岸侵蚀防护对策之研究	欧善惠 许泰文 张宪国 (257)
波浪和潮流共同作用下浑水动床整体模型的比尺设计及模型沙选择	徐 啸 (265)
新竹渔港港口漂砂改善对策之研究	许永诚 张瑞欣 郭一羽 (277)
台风暴潮流场与三门湾的海床变形	张君伦 赵有皓 (284)
潮汐汉道动力地貌体系及其演变	张乔民 张叶春 (292)
砂质海滩特征点水深的计算方法	王 谅 金 鹰 李 宇 王义刚 (299)
湄州湾南埔电厂煤码头港池回淤试验	曾小川 吴 中 盛祖荫 (307)
螺线海湾岸线平衡及港口回淤问题	王文介 (315)
开敞水域波浪折射变形数值计算	宋志尧 钟瑚穗 严以新 过 达 (320)
汕头海湾跨海大桥桥墩对船舶航行影响的试验研究	黄建维 欧阳炳明 刘建军 郭 颖 (328)
粒子成像测速(PIV)的双 CCD 图象采集及分析系统	康海贵 李玉成 代 钦 (336)
石浦渔港岸线工程潮流数学模型和 GIS 多年地形冲淤分析研究	诸裕良 钟瑚穗 严以新 过 达 (341)
对江苏海岸港口及围海工程建设有关问题的认识	金 镠 张庆曙 虞志英 樊杜军 (348)
珠海伶仃洋大桥通航问题工程潮流计算	辛文杰 (355)
人工干扰对港口回淤影响的讨论	陈 勇 刘家驹 (367)
莱州湾防潮堤工程水位计算新方法	武桂秋 张就兹 孟祥东 (374)
南黄海的潮流特征与江苏东部的海岸形态	张东生 郑桂兰 (380)
上海市滩涂使用情况调查分析	金忠贤 苏德源 周俊德 (387)
近岸区人工岛周围波生流系统数学模型	李绍武 柴山知也 (395)
细颗粒泥沙实验研究方法探讨	金 鹰 王 谅 王义刚 李 宇 (403)
开发崇明岛滩涂对长江南支的影响及意义	金忠贤 刘锡铭 卞为民 (410)
碭石湾西部近岸带地形动力与泥沙运输趋势分析	陈子燊 (418)
在简谐振荡流作用下水平圆柱所受升力的数值模拟	康贵海 翟钢军 (425)
杭州湾泥沙数学模型计算应用	张金善 (432)
淤泥质海湾潮流输沙数学模型	王 震 谭 亚 丁 坚 (439)
黄河入海口渤海湾海区余流特性分析	董年虎 (445)
侵蚀性粉砂淤泥质海岸平衡剖面的塑造——以苏北废黄河三角洲海岸为例	徐 敏 喻国华 (450)

黄骅港抛泥区泥沙运动规律研究			孙连成 (457)
海南清澜潮汐通道及其口外海滨泥沙运移研究	陈沈良	王宝灿	王兴忠 (464)
钱塘江涌潮动力浅析			陈希海 (474)
多种数学模型在石油化工厂水域环评中的联合运用	耿兆铨	倪勇强	毛献忠 程杭平 (480)
北黄海淤泥质海岸湿地资源的开发与利用			程 岩 (488)
东海涂围垦工程开发目标浅析			陈琳谦 (494)
综合治理龙王河口拦门沙工程试验研究			郑世岩 (499)
宽阔潮滩海域流体动力学变边界模型分析与探讨		史峰岩	陈吉余 (507)
上海浦东三甲港水闸南侧围滩工程的影响分析研究	金忠贤	张全根	赵安昌 (512)

海南岛南渡江三角洲的废弃演变 和海岸保护利用问题*

李春初 田 明 罗宪林

(中山大学河口海岸研究所, 广州 510275)

摘 要 本文在分析海南岛南渡江三角洲形成演变特点的基础上, 指出该三角洲的海岸可分为东部废弃侵蚀岸、北部泥沙转运岸和西部淤涨堆积岸等三个不同的岸段。不同岸段, 岸滩的性质和运动状态不同, 开发利用方向亦应不同。

关键词 海南岛 南渡江 三角洲废弃破坏 沿岸泥沙转运 海岸保护利用

1 前言

南渡江三角洲是海南岛最大的三角洲, 面积约 120Km^2 , 属海口市和琼山县管辖。自从海南建省后, 海口市城区范围迅速扩大, 城市人口增多, 南渡江三角洲的大片土地被征用, 三角洲沿岸的开发更是进入高潮, 各种形式的人为改造活动, 如筑港及航道开挖、围海造地、挖沙吹填、滨海浴场、长丁坝与短潜坝等工程接踵而至。但南渡江三角洲的沿海岸滩并不稳定, 一些重要的岸段海滩侵蚀现象明显, 该三角洲沿岸能否承受如此大量的开发活动, 很为人们所关切。本文在研究分析海南岛南渡江三角洲形成特点及其演变趋势的基础上, 指出该三角洲海岸的不同地段, 岸滩的性质和运动状态不同, 因而认为不同岸段的开发利用内容应该有别。

2 南渡江三角洲形成演变特点

2.1 三角洲东废西淤

近6千年来, 南渡江三角洲先从南向北、尔后由东向西地发展, 沉积中心逐渐向西转移, 由此造成东部三角洲的被废弃和西部三角洲的淤积发展, 即形成东部废弃三角洲(2000~6000 aB. P.) 和西部活动三角洲(<2000aB. P.) 两大部分^[1], 见图1。

2.2 琼州海峡制约三角洲向北发展

南渡江三角洲从南向北推进趋势的中断并转而向西淤积发展, 与其受水盆地为琼州海

* 国家自然科学基金项目, 批准号 49271015。

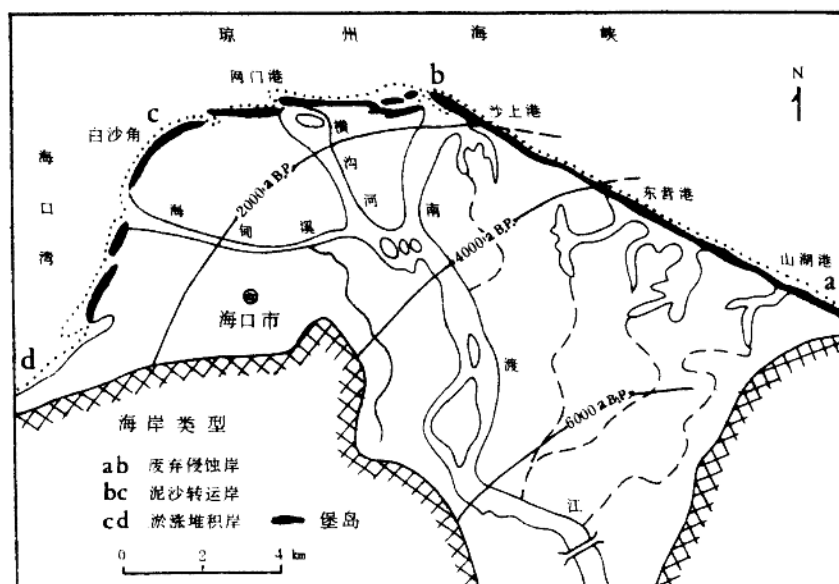


图1 南渡江三角洲发展阶段与海岸类型

峡这一特定的背景条件有很大的关系。琼州海峡近乎东—西向的往复潮流的侵蚀作用，使海峡形成规模巨大的水下冲刷深槽地形，其最大水深超过100m。南渡江三角洲向北推进至海峡深槽边缘后已无再发展的余地，其前缘斜坡—5m以下即逼近海峡冲刷深槽，—5~—11m间的三角洲前缘水下斜坡已实属海峡潮流冲刷深槽的槽壁，其坡降大于0.12 (7°)，最陡处在白沙角附近。受水盆地的这一特点约制了南渡江三角洲的向北发展，这主要表现在两个方面：一是南渡江输出的泥沙（主要是悬移质泥沙，亦有部分推移质泥沙），易于被横向潮流带走，使建造三角洲的物质（泥沙）遭受损失；二是岸坡较陡，波浪一般要到近岸才破碎，这样便增强了近岸波浪力（经计算，南渡江三角洲近岸波力达26.6 foot—lb/s，此与著名的波控型三角洲—圣佛朗西斯科三角洲的近岸波浪力^[2]相近），加强了波浪沿岸和向岸的输沙活动，不利于三角洲的向前（向海）推进。

2.3 河流入海泥沙及沿岸漂沙主要向偏西方向搬运

南渡江三角洲沉积中心向西转移还与入海泥沙及沿岸漂沙分别在海峡潮流和波浪作用下，主要向偏西方向搬运有关。南渡江河口地区（秀英）多年平均潮差1.10m，属弱潮地区，但琼州海峡的狭管效应使海域潮流作用较强。海峡潮流主要作向东或向西的往复流动，一般涨潮中水位以后至落潮中水位之前的时期为东流，而落潮中水位以后至涨潮中水位之前的时期为西流，最大东、西流流速分别出现在涨潮高水位和落潮低水位之时。这就是说，落潮中水位以后至涨潮初期河口泄水量和泄沙量最大的时候，海峡潮流是向西流的，故南渡江入海悬浮泥沙由海峡潮流挟带主要向西搬运。

南渡江三角洲沿岸的波浪以风浪为主,其频率为86%。夏季为偏S向的离岸浪,秋、冬、春季为以NNE向浪为主的向岸浪。常浪向和强浪向均为NNE,这一浪向与南渡江三角洲北部(活动三角洲部分)海岸的走向(东—西向)呈现锐角相交,引起该岸段较强的沿岸输沙活动。据白沙角1984年1~12月实测波浪资料推算^[3],该岸段一年中向东的沿岸输沙量仅 $0.87 \times 10^4 \text{ m}^3$,而向西的沿岸输沙量达 $14.3 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。沿岸泥沙在波浪作用下的大量向西搬运,不利于三角洲向北伸展而较有利于三角洲向偏西方向扩大。

2.4 洪、枯季河口过程和泥沙搬运趋势不同

南渡江多年平均径流量 $60.14 \times 10^8 \text{ m}^3$,径流过程主要发生在夏、秋季(6~11月),其最大洪峰流量可达 $8750 \text{ m}^3/\text{s}$ (1954.10.17);而冬、春季(12~5月)流量很小,平均径流量小于 $120 \text{ m}^3/\text{s}$,其中1~4月平均流量仅 $45 \text{ m}^3/\text{s}$ 。南渡江洪、枯季径流动力的这种变化,正好与沿岸波浪动力的情况相反,即冬、春枯水季节南渡江径流量小的时期,恰恰是沿岸波浪作用最活跃和最强的时候。这样,河流动力和波浪动力在时间上错开,它们分别在洪、枯季对河口过程和沿岸泥沙运动施加不同的作用和影响。具体而言即,洪季河口过程主要由河流(径流)动力控制,口外可形成较强的下泄喷射流,干流河口的喷射流向向外扩散距离可达1000~1500m,河流携带的推移质和悬移质泥沙亦随之输出口外,其时口门通畅,河口泥沙以垂直离岸向外搬运趋势占优势;但冬、春枯水季节,河口过程主要由波浪动力控制,洪季入海泥沙(主要是推移质)在口外堆积形成的淤积体以及河口东侧海岸侵蚀产生的沿岸漂沙,在NNE向常浪和强浪作用下,大量沿岸(平行于海岸)向西和垂向离岸搬运转移,此时口门趋于淤塞而较为封闭。东部三角洲的被废弃,即与波浪及其搬运的泥沙对一些古河流的河口产生的淤塞封闭作用有关。

3. 海岸类型及特征

南渡江三角洲东废西淤和向北推进受阻于琼州海峡的发展变化特点,使三角洲沿岸从东向西形成三种不同的海岸类型(图1)。

3.1 东部(东段)废弃侵蚀岸

南渡江三角洲东部山湖港至干流河口长约10km的岸段,为三角洲废弃后,原淤进型三角洲海岸遭受波浪作用的侵蚀夷平而形成。南渡江三角洲沉积中心向西转移后,东部废弃三角洲上的一些古河道如道孟河—山湖港、迈雅河—东营港和潭浈河—沙上港等皆成为废弃河道,故此段海岸已无陆域河流泥沙供给,海岸在波浪作用下表现为净的侵蚀后退,后退速率每年达数米。海岸过程的特点是,波浪破坏改造废弃三角洲的物质,使其海岸形态尽力与波动力相适应以趋平衡,具体地讲就是夷平海岸,调整其走向使之趋于与NNE常浪向和强浪向相垂直。废弃历时愈久的岸段(如山湖港、东营港),夷平程度愈好和调整作用愈趋于减弱;废弃历史较短的岸段(如沙上港),其夷平程度较低或仍处在较强的调整过程

中。夷平调整作用主要是通过岸滩泥沙向陆和向西搬运(即岸滩的超覆后退和向西运动)来实现的,风力吹扬海滩泥沙的向陆搬运和沉积作用加强了这种运动趋势。因此,本段海岸地貌的特点是,海岸呈NW—SE走向近乎与常浪向垂直,岸滩水下斜坡较陡,沿岸连绵延伸分布地势高起的、由风成沙丘和海滩沉积物构成的沙坝(亦可称“海岸障壁”或“堡岛”)堆积体,沿岸沙坝由东向西依次呈现为三种分布形式或运动状态:一是已后退登陆超覆堆积在古三角洲平原之上,滨面及潮间带暴露三角洲平原相粘土沉积物(如在山湖港);二是紧贴三角洲海岸分布,仅沙丘部分超覆后退登陆三角洲平原(如在东营港);三是离岸分布(如在沙上港)。沿岸沙坝的这三种分布形式或运动状态表明,愈是向东,三角洲海岸侵蚀破坏的程度愈深和废弃的历史愈久。

3.2 北部(中段)泥沙转运岸

南渡江三角洲北部(中段)干流河口至白沙角长约7km的海岸,是南渡江三角洲沿岸供沙最丰富的岸段。因为今南渡江三条入海汉河中最主要的两条汉河——干流水道和横沟河(图1)都在本岸段注入琼州海峡,南渡江大约80%以上的悬移质泥沙(每年 $>25 \times 10^4 \text{t}$)和90%以上的推移质泥沙(每年约 $5 \times 10^4 \text{t}$)均直接进入本岸段搬运或沉积。本岸段另一个重要的也是最主要的泥沙来源,是东部废弃三角洲海岸侵蚀破坏产生的由东向西的沿岸输沙。据我们1993年10月至1994年3月对南渡江干流河口东侧由东部沿岸输沙形成的自东南向西北延伸发展的河口沙咀实际淤积量的测量资料推算,由东部废弃三角洲海岸进入本岸段的沿岸年输沙量的数量级为 $10 \times 10^4 \text{m}^3$ 左右。然而,如前所述,琼州海峡的地形限制三角洲向北淤积前展,海峡潮流和波浪动力不利于这些泥沙在本岸段停积,即悬移质泥沙大多被海峡潮流搬运带走,推移质泥沙在NNE向浪的作用下,要继续向西和向岸搬运转移。这样就造成了下述本岸段独特的岸滩运动和沿岸泥沙转运现象。

(1) 河口西侧向海突出的人字型岸外沙坝地貌:干流河口和横沟河口的西侧都发育带“鹿角”的、向海突出的人字型岸外沙坝地貌,这种岸外沙坝主要由中、粗砂组成,它是激浪向上和向陆越冲(Overwash)沉积作用的产物,宽20~150m不等,前坡陡、后坡缓,一般高潮位不能淹没,坝后为泻湖环境。这种沉积地貌的出现,是口外偏东侧的、由东部海岸的沿岸输沙和河流入海推移质泥沙组成的沉积体,在波浪(枯季)或洪水(洪季)冲刷的作用下,通过外坝(拦门沙)转运或决口转运,搬迁至河口西侧堆积的结果。

(2) 岸滩运动及泥沙向西和向岸转运:但是,河口西侧向海突出的岸外沙坝地貌,不论形态、位置和规模,都是极不稳定的。一方面,它要不断接受主要通过河口外坝(拦门沙)转运和决口转运而来的河口东侧的泥沙,以增大其体积和规模;另一方面,在NNE向波浪作用下,它又要继续向西运动和向岸转移,以消散或减少其体积与规模。如南渡江干流河口西侧的人字型岸外沙坝,仅一个秋、冬季,其西侧沙咀的前端就向西南方向延伸加长了290m;而整个岸外沙坝通过前坡侵蚀和后坡堆积向岸后退移动了24.25m(1993年10

月至1994年3月实测),岸外沙坝向西转移的目的地,是要到达横沟河口(网门港)的东侧并通过横沟河口(网门港)的接力向西转运最终达于本岸段的最西端——白沙角;而岸外沙坝向岸转移的结果是最终贴岸或近于贴岸对海岸起良好的保护作用。

因此,南渡江三角洲北部(中段)海岸存在明显的、大规模的泥沙向西和向岸转运的现象,这种泥沙转运是通过岸外沙坝有节奏、有规律地向西和向岸运动来实现的。岸外沙坝前坡(包括-3m以浅的水下部分)的侵蚀,只是这种岸滩有节奏、有规律向岸后退运动的一种表现(另一种表现是后坡堆积),故不能简单地据此定性为本岸段“海岸侵蚀”,并将“侵蚀”之原因归结于“流域修筑水库和水坝使入海泥沙减少”所致。

3.3 西部(西段)淤涨堆积岸

南渡江三角洲海岸在白沙角以西进入西部岸段,岸线走向突然向SW方向转折。这是现代南渡江三角洲向海发展和岸线外伸最显著的岸段,南渡江三角洲东部遭受废弃破坏,北部又受琼州海峡深槽的限制,只得向西在海口湾淤进发展。这一岸段的海洋动力有两个特点:一是NNE向常浪和强浪随着白沙角以西岸段走向的转折,在海口湾东侧沿岸发生绕射折射作用,波能逐渐减弱;二是琼州海峡西向落急潮流绕过白沙角后,在海口湾东侧产生回流。海口湾东侧波浪和潮流动力的这两个特点,有利于北部海岸向西转运的沿岸推移质泥沙(漂沙)和海峡西向潮流搬运的河流入海悬移质泥沙在西部沿岸或近岸沉积,故西部海岸表现为净的向海淤积推进,其淤进速度为 $2\sim 4\text{m/a}$ 。

4 海岸保护利用问题

南渡江三角洲海岸带的开发利用缺少统一的、科学的规划,一些岸段的开发甚至呈一片混乱状态。此种状态如不改变,将对沿岸环境的改变带来严重的影响。因此笔者建议,应立即着手研究该三角洲海岸的保护和规划利用问题,而这必须建立在对该三角洲海岸特性有充分及正确认识的基础上才有可能。根据本文研究指出的该三角洲海岸的特点,我们认为,南渡江三角洲海岸利用的总方针,应以保护为主,在保护的前提下,根据不同岸段的具体情况,进行合理的开发利用。以下分不同岸段,对这一方针做一些初步说明。

4.1 东部岸段的保护利用问题

南渡江三角洲东部海岸属废弃侵蚀岸性质,沿岸泥沙供给不足,海岸物质呈亏损状态。因此,这段海岸经不起人为作用的再破坏,必须加以保护。该岸段目前基本是自然状态,环境较优美。预计,随着海口市人口的迅速增加,今后该岸段有可能与其东部琼山县境的著名旅游点“桂林洋”连成一片,辟为旅游度假地而加以利用。但该岸段水下岸坡较陡(特别是其西段),颇不利于泳场的开发,却利于开展冲浪等体育活动(在冬季)。

4.2 北部岸段的保护问题

南渡江三角洲北部海岸目前基本上呈相对稳定状态,以“监测站”为标志的海—陆分

界线的位置, 30 多年来并未发生变化, 虽然局部地段海岸受到侵蚀 (如南渡江干河口以西的“弼堡”岸段和横沟河口以西游泳场西边的岸段), 但这是由于河口西侧向海突出的人字型岸外沙坝发育成“岬角”状态后, 在常浪向波浪作用下, 其下波侧岸段侵蚀后退自动调整成弧形海岸, 以与波动力及其一定的沿岸输沙率相适应的结果。一旦岸外沙坝向西延伸发展并向陆推移并岸, 这里又将恢复为淤积岸。本岸段较为稳定的主要原因, 是这里有较充足的泥沙补给。然而由于地形条件的限制和波动力对沿岸泥沙搬运的作用, 这种“稳定”是相当脆弱的。人为开发活动稍不小心, 就会破坏这段海岸的动态平衡, 对环境的改变产生巨大的影响。例如, 80 年代曾经议拟的“白沙门港”建设, 若当时付诸实现, 将使本岸段面貌彻底改观; 又如, 有关单位为开发新埠岛, 拟在南渡江干流河口西侧垂直于海岸修筑数条长丁坝、短潜坝, 以保护该岸段免受“侵蚀”, 若如此, 将严重妨碍岸外沙坝的西移和向岸推移运动, 亦即破坏沿岸泥沙的向西和向岸搬运转移, 其后果将不堪设想; 再又如, 海甸岛、新埠岛房地产开发需大量填土和建筑用沙资源, 近年来, 对本岸段海滩及其水下斜坡上的沙资源进行了大量勘测调查, 欲进行开采, 实际上已进行了大量的挖掘提取, 这使本来就欠稳定的南渡江三角洲前缘底坡变得更不稳定, 危害性很大。因此, 必须制止这种掠夺性的破坏行为, 重视南渡江三角洲北部海岸的保护问题。该岸段应以维持其自然状态为好, 不适于进行重大的开发利用活动, 只宜作旅游观光用。

4.3 西部岸段的利用问题

西部岸段属淤涨堆积岸性质, 滩涂可围垦开发利用。该岸段的岸滩泥沙, 由北部海岸的沿岸漂沙经白沙角转运供给。70 年代后期, 海口新港的建设在白沙角美丽沙下端开挖的入海航道, 改变了海甸溪的入海位置, 并切断了经白沙角转运到本岸段的沿岸漂沙, 影响了西部海岸的淤积前展。但沿岸漂沙总是不时越过航道北侧拦沙堤的堤头进入航道使海口新港的通海口门淤浅。行之有效的办法是定期在美丽沙末端的拦沙堤根部清淤人工取沙, 以防沿岸漂沙淤满“充填角”后越过堤头进入航道。

参考文献

- 1 罗宪林, 李春初, 罗章仁, 1997, 海南岛南渡江三角洲的废弃与侵蚀, 海洋学报 (已接受)。
- 2 Wright, L. D. and Coleman, J. M., 1973, Variations in morphology of major river deltas as functions of ocean wave and river discharge regimes, A. A. P. G., 57 (2): 370—397.
- 3 董风舞, 徐敏福, 潘洋, 1987, 海南岛白沙角和秀英海岸建港泥沙淤积计算, 海洋工程, 5 (3): 54—65.

海岸開發對海岸環境之衝擊

郭金棟

(成功大學，台南 701)

摘 要 本文調查台灣西部海岸目前為止土地開發利用之情形，並分析開發利用後對海岸環境所帶來之衝擊，同時研擬可能之開發因應對策，以提供相關單位往後評估開發位址、開發範圍及利用種類之參考，以避免重複開發或開發不當之問題。

關鍵詞：海岸開發、減緩措施、環境衝擊

1 前言

欲於海岸地區進行開發工作，首要當須了解當地海岸性質如地質、歷來海岸變遷情形、海象條件等，以能確保工程設施能安全的提供須期之防護效益而不致發生破壞或引起鄰旁海岸地形之不安定現象。另外在開發前、後也須了解鄰近土地利用情形、評估所需之開發範圍及該開發事業之遠景，才不致造成過度開發浪費資源及造成土地資源利用競合之情形，再者應考慮沿海開發後目前失去經濟利用價值之土地更生再利用問題。另一方面也須研擬此種土地開發利用後可能伴隨之生態、環境及海岸地形改變之防護對策，以期於開發、保護之過程中取得調和，達到海岸資源永續利用之目的。

2 台灣海岸開發呈現之問題

2.1 自然海岸線消失之比例

由於近數十年以來海埔新生地之開發，自然海岸線已漸減少。最近幾個開發案推出後自然海岸線消失速度將更為加速。因實際海岸線曲折凹凸不平，而開發計畫則成整齊之直線，二者比較難定出實際比例。

2.2 抽砂填海土方問題

填土造地之土方非來自陸地山區開採，即來自海底砂土挖掘。目前開發計畫僅有香山區及通霄區，開發計畫預定自山坡地開挖及棄土土方填土，其餘均取之於海域。隔離水道挖方及浚港航道挖方成為必然之供給來源，但其量畢竟有限故大部份填方砂源仍需取之他處海域。

取土區愈近開發區、愈在淺水區開挖成本愈低，因此開發者必定提出種種理由爭取近距離開挖，殊無從環保立場加以評估對生態及海岸（包括海底）地形之影響。

依據過去抽砂行為抽砂船都盡量定點抽砂，而盡量避免移動挖泥船，除非已到相當深度影響其抽砂效率。因此往往抽砂深度超過設計深度，所以雖然規定只抽挖至原海底下4~5m，但超過10m者常有之。抽挖後之深坑經十餘年仍然無法填平，成為陷阱切斷漂砂移動。如興達漁港及安平外海抽砂坑痕跡猶在。

即使依照規劃深度抽砂，仍然有以下問題：

- 1) 計畫抽砂深度約4m小於填方高度，因此抽砂水域面積大於造地面積約2-3倍。抽砂水域之底棲生物生態完全被破壞無一倖免。抽砂平均深度如小於填土平均高度則抽砂區面積大於造地面積。如果開發區在零米水深則因填土高程約在+3.8m，如果抽砂深度4m則抽砂區面積約等於造地面積。倘如圍堤深度在-5m則抽砂面積則增為2倍。由觀音工業區開發計畫圖知抽砂區約為填土區之3倍，彰濱工業區約為一倍，即知抽砂面積通常不會小於開發面積。
- 2) 抽砂區之海床降低水深增加，波浪及潮流之底床流速降低，使得掃流質移動滯緩或不移動，漂砂下游區之土砂供應量因而減少或完全被切斷。波浪質量輸送速度降低，泥砂向岸速度降低，向岸輸砂量減少。由於當地海岸得不到向岸輸砂補充，下游海岸也得不到沿岸漂砂之補充，海岸輸砂失衡，海岸侵蝕勢難避免。
- 3) 抽砂區內海床回淤速度非常緩慢，即使有河川輸砂或沿岸漂砂之補充往往需20~30年時間。以漂砂聞名之台中港為例，北防波堤北側淤砂區2.5km範圍，在65~82年間年淤積量110萬 m^3 ，約為其主要輸砂源大甲溪年輸砂量403萬 m^3 之27.3%，平均年淤高高度29.4cm。

安平港外海於69年3月至73年2月間抽砂681.8萬 m^3 ，供台南市五期重劃區填土之用。73年抽砂坑最深處水深為-18m(原地形約為7.7m)。79年回淤至-13.1m，六年間回淤高度為5m，回淤土方量268萬 m^3 ，故需約經15年後才能完全復元。興達漁港於66年抽砂填新生地，其抽砂坑痕跡於79年測量時痕跡尚在，可知抽砂坑回淤之慢。以上二例抽砂量尚屬微小猶須經15年時間，大量抽砂更需愈久時間。如以烏溪年輸砂量679萬 m^3 ，將其按大甲溪輸砂量淤積於海岸之比例27.3%計算，其海岸年淤積量為185.3萬 m^3 ，彰濱工業區預定於外海抽砂量為9,203萬 m^3 ，需經50年方能回復原狀。

觀音工業區填土方5,001萬 m^3 ，其上游並無大河川提供輸砂源，情況當比彰濱工業區惡劣。雲林離島工業區抽砂量未知，故尚難加以評估，但防波堤伸出-20m已足可完全切斷濁水溪南向沿岸漂砂，防波堤以南地區海岸需以自身砂源作為漂砂源，對海岸安定及外傘頂洲之影響不言而喻。

- 4) 抽砂區水深變深，波動能量損失率減少，波高減衰率變小，沿岸波高可能較未開挖時大，波浪尖銳度變大，可能因水深變深不發生碎波或碎波線接近海岸，海灘被侵蝕之可能性增加。
- 5) 開挖區與未被開發區之交界區，因水深突變或漸變使得波速產生變化發生波浪折射之改變，波向線收斂處易發生能量集中，破壞力較原先者大。

由以上數點可知抽砂填海所產生後遺症之嚴重性，對環境之影響不得不注意，此一潛伏在海底看不見的殺手，應有詳加評估因應之策。

2.3 利用區位競合問題

從以上之開發計畫相互位置知工業與港灣居於絕對優勢，生態保育區、養殖漁業及休閒遊憩區被排除，或夾於工業區之間。例如竹圍海水浴場被涵蓋在竹圍漁港內，八里海水浴場及八仙樂園被劃入淡水國內商港內，觀音海水浴場被觀音工業吞沒，南寮及浸水里垃圾掩埋場居於香山開發區之上風側，新竹市港南風景區介於二垃圾掩埋場間水質惡臭讓人難忍。彰濱及雲林工業區使台灣最佳之淺海養殖區幾乎全滅，彰化垃圾掩埋場及濱南工區對野鳥生態之影響及對離岸砂洲之破壞，高雄永安海洋休閒區夾在興達電廠與永安LNG站之間等等，都發生利用區位上之適合性與競合問題。

利用型態與區位

就海岸開發利用型態而言，大概可分為如下數種：

1. 農漁業生產：淺海養殖、海洋牧場、鹽田、漁港、農田墾殖、植林。
2. 工業基地：工業用地、能源基地。
3. 交通運輸設施：港灣、碼頭、航道及橋樑、機場。
4. 都市用地：漁村新市鎮及都市更新、自然公園和遊憩場所。
5. 休閒設施：海濱遊樂設施、青年育樂營、海水浴場、海上休閒活動。
6. 廢棄物處理：廢水處理排放、廢棄物處理廠、垃圾掩埋場。
7. 生態資源保護：珍貴動植物、水質保護。
8. 海岸保護設施：防浪禦潮等防災設施、海灘保護工、防風林、防砂欄柵。
9. 能源及礦物開採：海底礦物、資源、砂石。
10. 水庫：河口湖、海岸水庫。

以上分類中除生態資源保護對自然環境無破壞以外，其他九種利用或多或少均對海岸造成若干程度之衝擊。為保護沿岸居民生命財產之安全及國土保全，興建堤防、突堤、人工海灘、防潮及排水閘門乃不得已之舉且屬破壞性較小之設施，應予容許即使如此，在國外仍需經謹慎之評估才實施。淺海養殖雖破壞較小但不當使用也會使海底土壤及水質污染。都市及休閒用地直接與當地居民生息相關且利用價值高，但如規模過大對自然及社會環境影響也不可忽視。工業用地、廢棄物處理及礦物開採、國際商港及機場等用地大且有其他層次之影響，一般較不受歡迎。

從利用區位而言又可分為：

1. 海岸背後土地利用：高潮位以上平常不受浪潮影響，而高程低之沿岸濱海土地之利用。過去尚無施工機械，完全依靠人力開墾，如鄭成功以後日人佔據以前，漢人利用濱海低窪土地開闢魚塢、鹽田，乃至小規模填土做城堡、岸壁及市街等之低度開發。
2. 海埔地利用：高潮位至低潮位間受漲落潮明顯影響地帶之土地利用，使用簡陋之施工機械做小、中規模之開發。例如自鄭氏渡台以來即利用海埔地養殖貝蛤、牡蠣，直至公元1970年代前以圍堤方形開發中小規模之農墾用地、鹽田、漁港漁村及社區、養殖池塘。
3. 近岸土地利用：低潮位以下至水深約20m範圍，受浪潮高、中度影響範圍之土地利用，需以重機械設備興建堅固之海堤及填土工程。如最近十年來能源基地、港灣、工業用地、新市鎮、掩埋場、污水處理場等。開發面積由數百至數千公頃不等，此範圍亦可做箱網養殖及海洋牧場等用，使用密度高。
4. 遠岸土地利用：離岸數公里或水深20m以上，受波流影響大之地區。如定置網、浮漁礁、定礁養殖場、未來之機場、離島能源及工業區、深水港、連絡橋及抽砂場等，需高度之科技施工技術設備。

以上四類中海岸背後地區陸域部份邊緣地帶目前多開發為魚塢從事各種養殖事業。遠岸水深較深地帶，生態密度較低對波流較不敏感，開發行為對環境衝擊較小。海埔地海水交流旺盛，各種海生動植物繁殖，屬於生態敏感地區，同時浪潮變幻無窮亦屬海岸地形敏感地區。近岸地區生態繁殖雖不如海埔地複雜，但仍然屬於主要海洋生態繁殖、水產生產主要地區，而且碎波、漂砂作用激烈為海岸地形脆弱地區。

從利用角度看，海岸背後地帶最易開發、填土量少、成本低。隨著水深增加開發技術難度增加、填土量多、開發成本提高。國外先進國家較有爭議性之海岸利用如機場、核能及火力電

廠、石油廠等有不少於離岸數公里外興建人工島，以避免噪音、空氣及水污染等公害。

在規劃時應使相容性之利用區為相鄰，避免競合者相鄰。具相容又競合者可經由妥善之規劃避免競合。

3 對環境衝擊

以上從利用型態及利用區位做大致之瀏覽。如再深一層從開發行為所衍生對物理、化學、生態及社會環境之影響，當可了解衝擊之大小。本節將就海岸開發工程技術觀點加以探討。

1. 對海岸地形之影響——不可逆性改變

填海造地海岸水域即消失成為陸地，對海岸地形言乃不可逆性之改變。海中興建防波堤、海堤、突堤等結構物或僅填土改變水深，則波浪因水深改變或因結構物之阻擾，產生反射、折射、繞射等現象。波浪、海嘯及暴潮不僅進行路徑發生變化，產生能量集中或發散現象，水位抬升，流速分佈亦因之改變，使得過去經長時間波浪作用後形成之平衡海岸因而破壞，必須重新調整其地形。波浪能量集中流速強處發生侵蝕，反之，波浪能量發散流速小處土砂沉澱發生堆積，地形發生激烈變化。通常防波堤、突堤或填土區之漂砂上游會有堆積現象發生，而其漂砂下游區則砂源被切斷產生嚴重侵蝕。填土土方如取自海中，不但施工中水質會混濁，水深改變亦對波浪之進行產生影響發生與離岸堤同樣之效果。填土過高，土質不良或工程設計不當地盤會下陷，地震時潛伏土壤液化結構物破壞危機。

2. 對生態影響——消失或減產

由於填海造地之水域海灘及海床消失，生物失去棲息地，貴重之動植物群消滅。開發區四周海域亦因波、流、水質透明度及鹽份濃度等生態環境之改變而不適於生存，因而減產或消失。施工中及施工後對水質之影響，噪音及震動等化學及物理環境之改變對生息環境影響更大。比如抽砂填土過程中懸移質之增加阻塞蛤貝、珊瑚氣孔，乃至挖掘排水渠道改變鹽份濃度均會導至蛤貝死亡等。

3. 對氣候之影響——兼有正負面

水域一般較陸域溫度安定而低，填土造地原有水域成陸地後，內陸溫差會因而略為升高。水面風速亦較陸域風速快，因此內陸風速減低，氣溫不易降低。風速變化使鹽份水汽分佈改變，原海岸地帶鹽害、飛砂因而減少或消失。海岸地區開發後原有排水溝入海長度增加，需較大之能量輸送內水及泥砂，排水功能將減低，但原海岸地帶則受到保護暴潮回溯不到。

4. 對社會之影響——正負互現

生產型態、人口結構因土地利用型態改變而變化。沿海氣候、交通條件改善，使沿岸經濟活潑，生活居住條件獲得改善大批外來人口流入導致社會治安惡化，並改變民俗風土生活形式，歷史文物之破壞等負面之影響。而海岸私有化阻絕或妨害人民親海通行權，在國外先進國家尤其受重視。

以上之影響開發面積愈大影響層面愈大，沿岸及近岸開發較之遠岸開發大，石化、煉鋼、核能或火力發電等工業及能源基地影響最大，廢棄物處理場次之，其次為大型港灣及機場，砂石及礦物開採，都市及休閒設施，農墾及淺海養殖。

4 減輕衝擊之對策

海岸開發自然會對環境有所衝擊，而開發行為又為現代社會追求經濟建設所不能避免，則應設法減緩其衝擊到最小甚至於零，即使會因而增加開發成本，為海岸資源永續利用計應嚴格要求實施。減輕方法如同一般環境保護對策；首應建立正確環保意識、推行減量運動、採取必要之緩和措施及加強海岸管理。

1. 減少開發面積

任何資源皆應珍惜避免浪費使用，減少開發量，盡量保存給下代子孫。海岸土地資源包括海域空間、海床及土砂均屬資源，如欲使用應僅就確實必要面積申請開發使用，盡量縮小開發面積，同時設法減少填土土方。蓋土方不論來自陸地或海中必再破壞另一環境，造成雙倍以上破壞。政府亦應精打細算慎重核算開發許可範圍。任何開發行為都會對環境造成影響，範圍愈小恢復之可能性愈大，大範圍開發常造成不可逆之破壞。

2. 高品質海岸利用

日本海岸在1955~1965年間大量填海造地開發海岸工業區，不但對沿岸漁業造成很大的衝擊，對自然海岸之維護，生活及社會環境亦造成很大的影響。隨著經濟條件之改善、產業升級，工業用填海造地萎縮，而新市鎮住宅用地之造地計畫興起。配合舊市區之都市更新計畫，在大都市濱海地區興建不少高品質之新市區與休閒設施，提高了都市環境與生活品質，更提供了優良的經濟活動環境，創造優美的親水環境。自1991年以來如何能使得產業利用、休閒利用與自然保護三者取得平衡成為調整海岸利用型態之中心議題。

目前先進國家海濱地區之開發都由工業用地走向高品質小面積利用，如開發高科技園區、商業活動、貿易展示場、休閒遊憩、文化、住宅、綠地、環境改善之用等，使得沿岸生態、自然環境仍能保存並與開發利用共存。

3. 保留淺海區，開發外海人工島

濕地、潟湖、海埔地等淺水區域水體循環交換量大且迅速，水鳥類海生動植物繁殖、水產價值高，應盡量予以保存不予開發，即使開發也只能用於低密度使用小面積之開發，以免對自然及生態環境造成太大之影響。不幸這些水鳥、動植物最愛棲息之地卻是最容易開發，開發成本最低之地區。淺水區通常在地形上屬於脆弱地區，對波潮非常敏感，地形最易變化。堆積性海岸常形成海埔地、潟湖、砂洲地形，這類地形最受開發者垂愛，爭先恐後欲予利用，蓋因易開發成本低且不必高度工程技術。

水深10m以內之範圍屬於生態尚豐富比較適宜於漁業利用之地區，亦為未來休閒活動所必需應保留之地帶，也是比較容易受波浪影響之地形脆弱地區。

站在長期觀點言，這些淺水海域地區應保留做為上述高度開發之用，而應將有公害性之機場、電廠，大型工業區設置於水深較深約在10~30m離岸較遠約在4km外之外海人工島上，也許外海人工島之建設費用較高，不如淺海開發容易但技術上均可克服。日本政府基於此種觀點於1987年第四次全國綜合開發計畫中之沿岸域綜合利用計畫策定指針中即提出此一指導方針，而有關西機場、東京灣人工島建設構想和歌山海洋都市等之計畫，於外海興建大型人工島。人工島興建之後，人工島與陸地間形成穩靜水域，不但可減少海岸災害有利防災亦可提供靜水海域供養殖與海洋性休閒活動空間，可謂一舉所得。

4. 抽砂總量管制、遠岸抽砂

形成砂質海岸之土砂來源主要來自河川輸砂，海崖侵蝕土砂次之。這些土砂經過長期堆積

運搬作用才形成今日之海岸地形。昔日荒山溪流水保不良未予整治，河川輸砂量大於波浪搬運量而有堆積海岸之形成。今日臺灣致力於山地水保工作之改善，河川整治與水庫興建，使河川輸砂量大為減少，再加大量採取河砂使得海岸砂源大為減少，而波浪搬運量依舊不變，支出多於收入，大部份海岸線已不再生長且有侵蝕後退現象，如果在這些海岸再大量抽砂填海則支出更多。

海岸有如土砂之銀行，有河川輸砂、海崖崩潰及來自漂砂上游面之土砂不斷輸入，亦有河川採砂、漂砂流到下游及外海等支出。輸入大於支出海岸堆積，反之侵蝕。如果在短期內大量抽砂填海，支出突然增加，有如擠匯銀行必倒閉，海岸輸砂勢必失去平衡，引起海岸迅速侵蝕。或謂可分期分區抽砂，分期故可避免一次大量抽砂，緩衝衝擊程度，分區則未必能緩衝，因同一開發區分數區抽砂，該區內一年中抽砂總量仍可能超過河川輸入量，故分區無意義。必需控制某區域內一年之總抽砂量不得超過一年河川輸入量減去波浪輸出量所剩餘儲蓄於該地區之土砂量乘以權數為極限，甚致留些庫存。土砂橫向及縱向之總量管理乃為維持海岸平衡之基本對策。

分期分區也罷，不但在年抽砂總量上應有控制，抽砂範圍亦應限制，不得在淺水區抽砂。蓋淺水區不但屬生態敏感、水產價值高之地區，而且地形亦敏感。抽砂不但破壞海床，生物棲息無所據，水深淺深使波浪分佈改變海岸將失去平衡。在愈淺水之處抽砂衝擊量愈大，愈近海岸影響愈深刻。如果能移至水深15~20m以上或離岸4公里之遠岸區，水深超過土砂完全移動臨界水深外，因泥沙受波流運動影響較小，對地形影響減輕，對生態環境之影響亦大為減少。不應因抽砂設備經費增加及填土成本會提高而遷就開發者就近抽砂。

填土最好能配合工程棄土、爐石、煤灰、河川及航道疏浚及水庫浚渫舉行，使得棄土有處倒一舉兩得。最佳之海岸開發面積應依可能之廢棄土及浚渫土量規劃開發面積之大小並予許可。

5. 要有防止海岸變化及災害之減緩設施

減緩(Mitigation)措施之方法包括有回避(Avoidance)、最小化(Minimization)、修正(Rectify)、減低(Reduce)及補償(Compensation)措施等五項之基本措施。開發海岸既然已知對海岸自然環境及生態會有所影響就應事先防範於未然採取減緩措施。圍堤填海開發土地或興建大型結構物，對四周海域於施工中造成之水質噪音振動都應做減緩措施，施工後對四周地形之破壞以及可能引發之災害亦應有減輕之工程設施相配合。例如以土砂側渡法、突堤、潛堤、離岸堤、養灘等工法防止侵蝕，以堤坊、防潮閘及改善排水設施等減輕水災災害。使用後亦需配合海域淨化採取必要措施，對佔用之海面及砂灘也應設法於臨近海岸提供新海灘補償並開闢通海道路等。總之應積極致力於因開發而失去或破壞之海岸環境早日恢復。

6. 減緩海岸地形衝擊之工程考慮

1) 採用能使漂砂順利通過之設計：

圍堤兩端與海岸線交角應放小到沿岸漂砂能繼續流向下游不致形成堆積區。圍堤水深不可過深，堤防坡度放緩減少反射，避免影響沿岸漂砂之活動。如能於堤前以人工養灘恢復失去之海灘更佳。

2) 採取土砂迂迴法：

使一旦被圍堤、突堤、防波堤等結構物切斷而淤積之土砂能再回復到正常之漂砂帶繼續流