

中国科学院海洋研究所编辑

海洋科学集刊

STUDIA MARINA SINICA

The Institute of Oceanology, Academia Sinica

31

科学出版社

1990年10月

《海洋科学集刊》编辑委员会

主 编 刘瑞玉

副主编 秦蕴珊 吴超元

编 委 (以姓氏笔划为序)

马秉琨 毛汉礼 方国洪 纪明侯

刘发义 吴尚勤 杨纪明 赵一阳

费修绶 顾宏堪 崔玉珩 曾呈奎

管秉贤

海洋科学集刊

第 31 集

中国科学院海洋研究所编辑

*

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100707

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1990 年 10 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

1990 年 10 月第一次印刷 印张: 17 1/4

报纸本 1—480 插页: 2

印数: 道林本 1—320 字数: 394 000

ISBN 7-03-002096-0/P · 406

定价: 21.20 元

海洋科学集刊 第 31 集

(1990 年 10 月)

目 录

白沙口潮汐电站前海区泥沙冲淤规律及防淤对策的研究.....	林宝荣、杨光复、李 凡、周天成、韩有松、张铭汉 (1)
南海西部灾害性地质研究.....	李 凡 (25)
台湾海峡中、北部海域夏季温、盐度的垂直分布类型和细结构.....	张启龙、翁学传、李鹏程 (51)
江豚声信号的记录与分析.....	张思照、宋政修、齐孟鸢、许兰英、徐如彦 (63)
青岛港三突蛀木水虱繁殖习性的研究.....	黄修明、尹建德、 张枫轩 、彭树杰 (75)
东海水母类、浮游贝类及被囊类的垂直分布.....	高尚武 (83)
渤海蓝点马鲛食物链结构的研究.....	李 军 (93)
东海鱼类的复殖吸虫 V. 寄生于石首鱼类体内的两种新吸虫.....	申纪伟 (109)
长江口区鱼类的复殖吸虫.....	申纪伟 (115)
山东和浙江沿岸唇口类(苔藓虫)三新种.....	刘锡兴 (121)
中国近海合甲虫属一新种.....	孙道元、陈必达 (129)
胶州湾多毛类名录及新纪录的描述.....	孙道元 (133)
浙江近海裸鳃类的研究.....	林光宇、尤仲杰 (147)
中国近海锉蛤科的研究.....	王祯瑞 (163)
中国近海隔鳃类的研究 I. 杓蛤科.....	徐凤山 (177)
东海深水区双壳类软体动物.....	徐凤山 (185)
中国北部近海涟虫目的初步研究.....	刘 恒、刘瑞玉 (195)
中国长臂虾亚科研究 II. 长臂虾属、白虾属、小长臂虾属、细腕虾属.....	刘瑞玉、梁象秋、严生良 (229)
渤海辽东湾现代沉积速率和沉积通量.....	李凤业、袁 巍 (267)

STUDIA MARINA SINICA, No. 31

(Oct., 1990)

CONTENTS

Study on the Erosion and Accumulation of Sand in Front of the Baisha-kou Tidal Power Plant.....	Lin Baorong, Yang Guangfu, Li Fan, Zhou Tiancheng, Han Yousong and Zhang Minghan (23)
Study on Hazard Geology in West Part of the Northern South China Sea	Li Fan (49)
The Vertical Distribution Patterns and Fine Structures of Temperature and Salinity in the Middle and Northern Taiwan Strait in Summer	Zhang Qilong, Weng Xuechuan and Li Pengcheng (61)
Record and Analysis of Acoustic Signals of the Finless Black Porpoises (<i>Neophocaena phocaenoides</i>)	Zhang Sizhao, Song Zhengxiu, Qi Meng'e, Xu Lanying and Xu Ruyan (74)
Study on the Breeding Habits of <i>Limnoria tripunctata</i> Menzies in the Qingdao Harbour	Huang Xiuming, Yin Jiande, Zhang Fengxuan and Peng Shujie (81)
The Vertical Distribution of the Medusae, Pteropoda, Heteropoda and Thaliacea in the East China Sea	Gao Shangwu (92)
The Food Chain Structure of Japanese Spanish Mackerel in the Bohai Sea	Li Jun (106)
Digenetic Trematodes of Fishes from the East China Sea V. Two New Parasitic Trematodes from Sciaenoid Fishes	Shen Jiwei (112)
Digenetic Trematodes of Fishes from the Changjiang River Estuary.....	Shen Jiwei (119)
Three New Cheilostome Bryozoans from the Coasts of Shandong and Zhejiang Provinces	Liu Xixing (125)
A New Species of <i>Synelmis</i> from Offshore Waters of China.....	Sun Daoyuan and Chen Bida (131)
New Records and List of Polychaeta from the Jiaozhou Bay.....	Sun Daoyuan (146)
Studies on Nudibranchia from the Zhejiang Coast.....	Lin Guangyu and You Zhongjie (161)
Study on Offshore the Species of Family Limidae from Waters off China	Wang Zhenrui (173)
Study on the Septibranchia from Chinese Waters I. Cuspidariidae.....	Xu Fengshan (184)
The Bivalvia in the Deep-Water Area of the East China Sea.....	Xu Fengshan (193)
Study on Cumacea (Crustacea Malacostraca) of the Offshore Waters of North China	Liu Heng and Liu Ruiyu (J. Y. Liu) (225)
A Study of the Palaemoninae (Crustacea Decapoda) from China II. <i>Palaemon</i> , <i>Exopalaemon</i> , <i>Palaemonetes</i> and <i>Leptocarpus</i>	Liu Ruiyu (J. Y. Liu), Liang Xiangqiu and Yan Shengliang (261)
The Recent Sedimentation Rates and Sediment Flux in the Liaodong Bay	Li Fengye and Yuan Wei (273)

白沙口潮汐电站前海区泥沙冲淤 规律及防淤对策的研究*

林宝荣 杨光复 李 凡 周天成 韩有松 张铭汉

(中国科学院海洋研究所)

白沙口潮汐电站的淤沙问题在 1972 年就由中国科学院海洋研究所与山东省水文总站合作进行了研究,并于 1974 年提出了研究结果和淤沙防治措施的建议。但由于某些原因有关建议未能得以实施。近几年来淤沙又有发展,严重威胁着潮汐电站(图 1)的寿命。1983 年 9 月国家科委海洋专业组与山东省科委决定对白沙口电站的淤沙问题开展进一步的研究。解决淤积问题,不仅是白沙口潮汐电站的迫切任务,而且对开发我国潮汐资源也有着重要的意义。本文根据此项研究的成果撰写,主要阐明电站泥沙运动的基本规律,在此基础上提出防治措施的建议。

一、自然概况及地质地貌基础

白沙口海湾位于山东半岛南岸,地貌上属沙坝潟湖海岸(图 2)。

1. 地质地貌基础 本区在地质构造上位于鲁东隆起的东南部,基底由古老的混合花岗片麻岩构成。注入本区的主要河流是白沙滩河,属季节性间歇河流,年输沙量约 $3.5 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。河流挟带的泥沙入海堆积是本区沉积物的主要来源。

大约在 11 000—8 000 年前的全新世早期,海水侵入本区,海岸受海洋动力因子的改造,经过长期的海蚀作用,在白沙滩—常家庄—小滩—官家庄村南一带形成高差 2—3m 的古海蚀崖。约在 8 000—6 000 年前白沙滩河出口处形成河口三角洲。后来随着海蚀与堆积作用的发展,白沙滩河输入和东部海岸侵蚀下来的物质在东向海浪作用下向西南运移和堆积,逐渐形成从官家庄出发,经小滩至常家庄南的海岸沙坝,并围绕部分湾域形成常家庄以南的古潟湖。据老沙坝贝壳层的 ^{14}C 测年为 6830 ± 120 年。推测早期的沙坝—潟湖形成于 6 000 年前。距今 6 000 年至 5 000 年间海面比较稳定,5 000 年前开始转向下降趋势。此时的海岸堆积作用加强,大量堆积体相继并岸,形成了白沙口大型的海岸沙坝,进一步包围了较大部分的海域,形成了白沙口潟湖,此即目前电站的库区。测得沙坝中部贝壳层的 ^{14}C 年龄为 5610 ± 105 年,最外一条沙堤上海滩岩的 ^{14}C 年龄为 4115 ± 130

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 1512 号。参加现场调查的有宋欢龄、郑开云、姜秀珩、黄秋荻、毛彦平、高淑贤、张捷阳等同志,图件由蒋孟荣、高淑贤等清绘。国家科委海洋专业组和山东省科委提供研究经费,谨致谢意。

收稿日期: 1988 年 5 月 10 日。

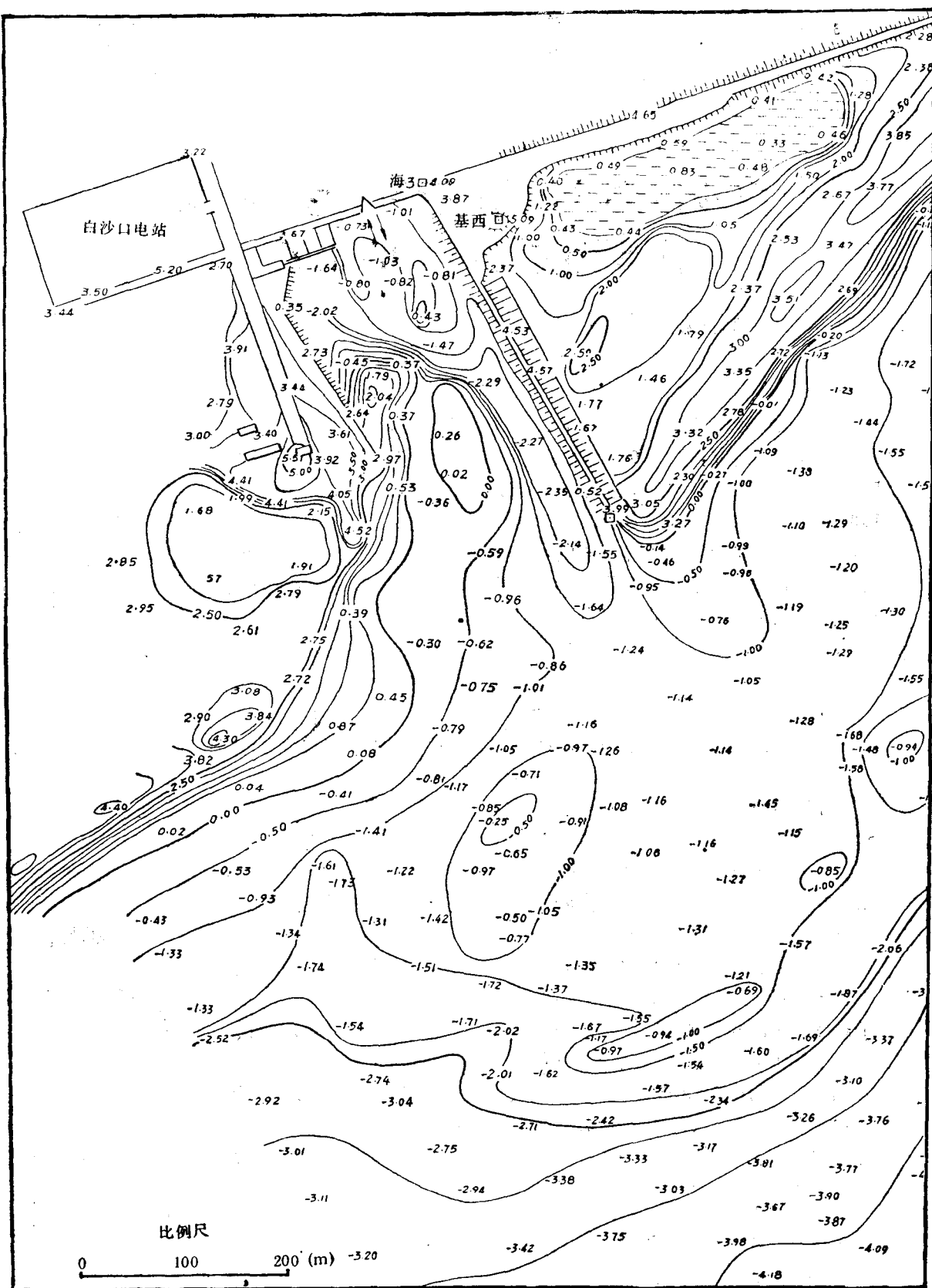


图1 白沙口电站尾水渠地形图
(1956年黄海高程系, 1984年8月测)

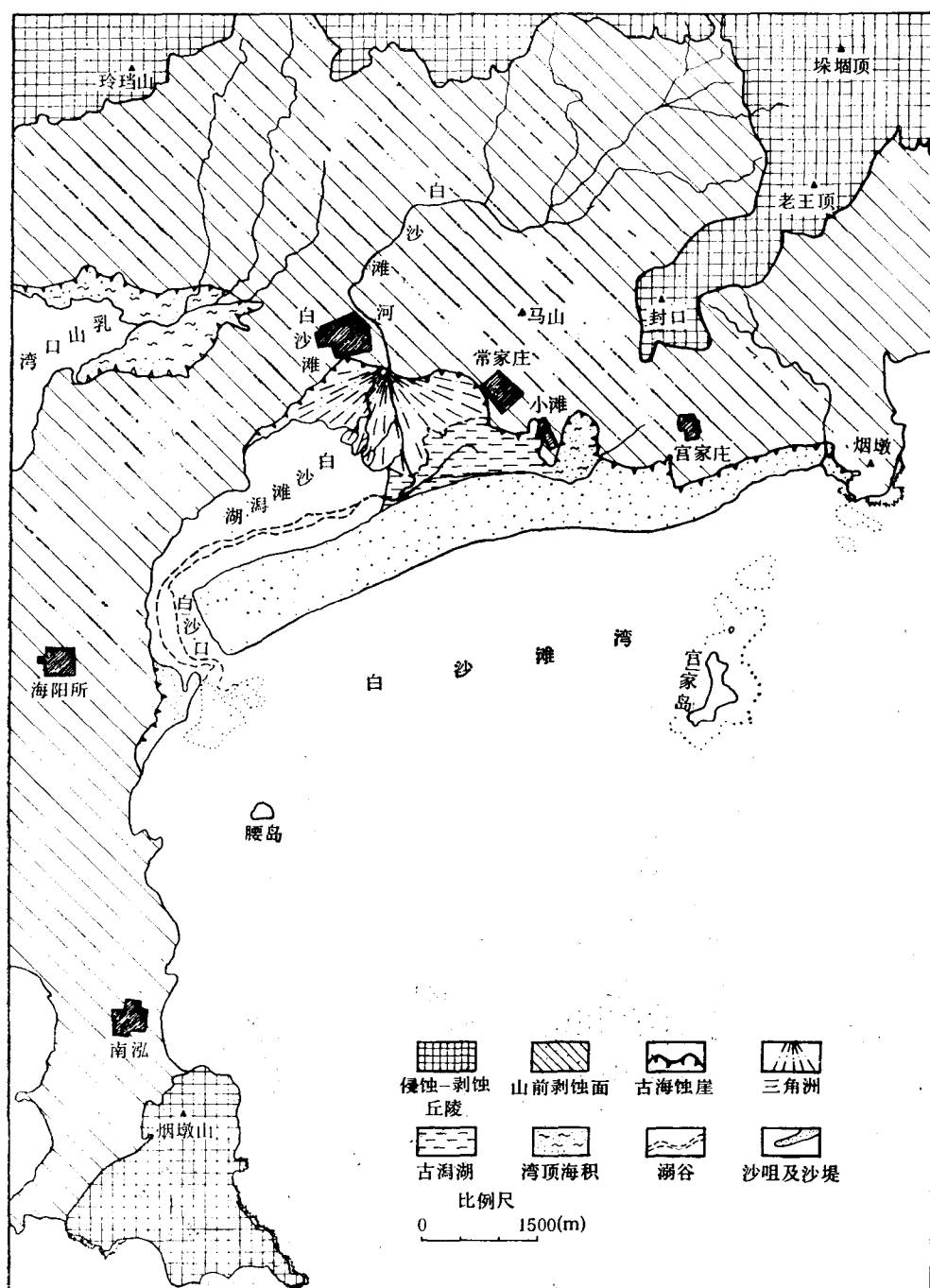


图2 白沙口海岸地貌略图

年,据此可以认为大沙坝于5 000—6 000年前已基本形成。5 000年来沙坝进一步扩大、增高,经过长期演变形成了现在的沙坝-潟湖体系,为潮汐能源的开发奠定了地质地貌基础。

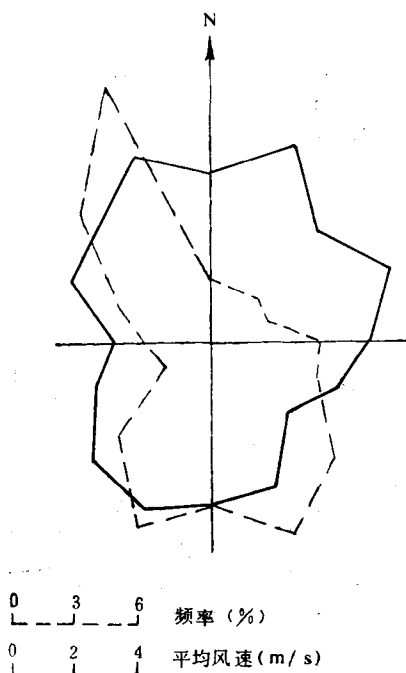


图3 腰岛风玫瑰图 (1972年8月—1973年8月)

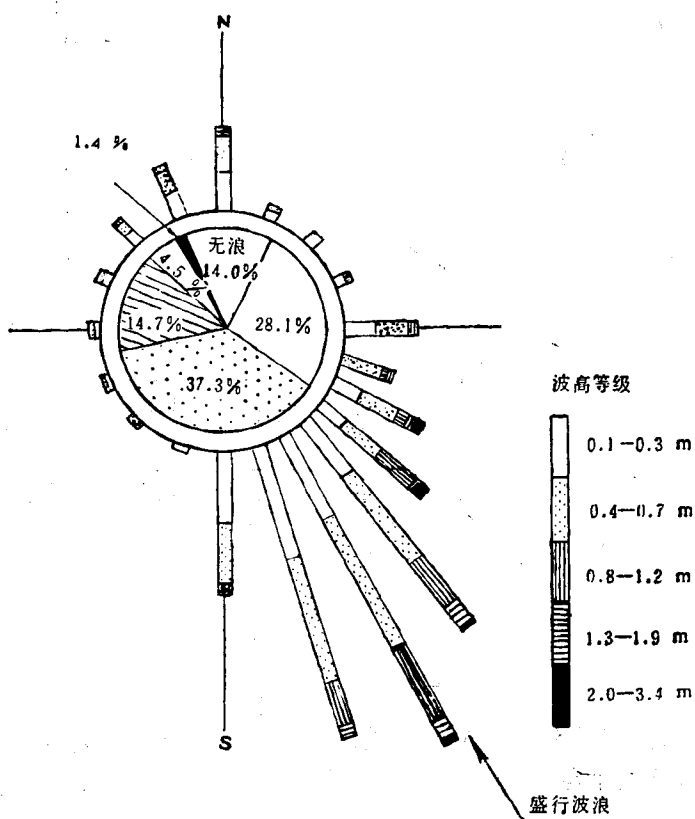


图4 白沙口海浪玫瑰图

2. 水文气象特征

(1) 风、雨：本区属季风区，1972年8月至1973年8月的观察结果如图3。夏季受东南季风的影响，风向一般为S-E，平均风速一般不超过10m/s，最大风速20m/s，有时受台风影响，冬季风向多为NNW-WNW，平均风速小于9m/s，最大为22m/s。本区多年平均降水量820mm，约70%集中在6—9月份汛期。

(2) 潮汐：据腰岛水尺1973年8月31日至9月30日观察结果，经调和分析，属不正规半日潮；平均潮差2.48m，最大3.32m，最小0.79m，平均水位为+0.62m，平均涨潮延时(0602)小于落潮延时(0622)，平均高潮间隙2.7小时。

(3) 潮流：属不规则半日潮流，湾内潮流近于往复流，在水深—5—10m处涨潮流向为SSW，落潮流向为NNE，流速较大，一般为20—46cm/s；腰岛至电站口门之间流速减弱，一般在20—30cm/s之间，涨潮流向为210°—240°，落潮流向60°—30°。余流流速在10cm/s左右，余流从腰岛西侧向北流入，然后从东侧向东、南流出。

(4) 波浪：本区海浪玫瑰图如图4和表1所示。夏季以涌浪为主，波向集中在E-S，最大波高3.3m，平均周期 $\bar{T} = 4-7s$ ；冬季主要为风浪，波高较小，平均周期 $\bar{T} = 2-5s$ ，波向较分散，波能合成方向为139°。本区的泥沙运动主要受E-SSW方向海浪作用。

表1 腰岛站波浪统计表

波 向	1972年8月—1973年8月		
	频率 (s^{-1})	平均波高 (m)	平均周期 (s)
N	4.80	0.434	2.417
NNE	0.49	0.247	2.721
NE	0.41	0.322	2.309
ENE	0.50	0.489	2.845
E	3.96	0.456	3.962
ESE102°—112°	3.26	0.603	4.648
ESE113°—124°	5.07	0.712	4.526
SE135°—136°	7.21	0.743	5.067
SE136°—146°	12.36	0.632	5.282
SSE147°—157°	16.63	0.617	4.987
SSE158°—168°	14.99	0.520	4.707
S	7.37	0.393	3.202
SSW	0.17	0.200	1.500
SW	0.51	0.298	2.173
WSW	0.54	0.255	2.608
W	0.38	0.330	3.201
WNW	0.97	0.436	3.058
NW	1.86	0.377	2.412
NNW	3.82	0.384	2.107

二、白沙口前海区的泥沙来源

我们从白沙口前海区淤沙的物质组成出发，探讨其物质来源。

1. 前海区底质分布特征及变化 电站口外, 海底沉积物由岸边向外由粗变细呈扇形带状分布(图 5)。

中粗砂: 分布在自岸边至-2m 水深以内, 呈扇形明显突出于口门之外, 组成三角洲的主体部分。由于地形和水动力的差异, 局部地区有粗砂分布, 个别样品含砾石。

中砂及细砂: 中砂主要分布在三角洲西南边缘, 基本不含泥粒。由浅到深(-2—-3.5m)依次为中砂、细砂, 两者之间无明显分界。

砂质粉砂及粉砂质砂: 分布在-3.5m—-4.5m 水深之间。在三角洲的正前缘沉积物相对较粗, 为粉砂质砂; 三角洲前缘的两侧沉积物相对较细, 为砂质粉砂。

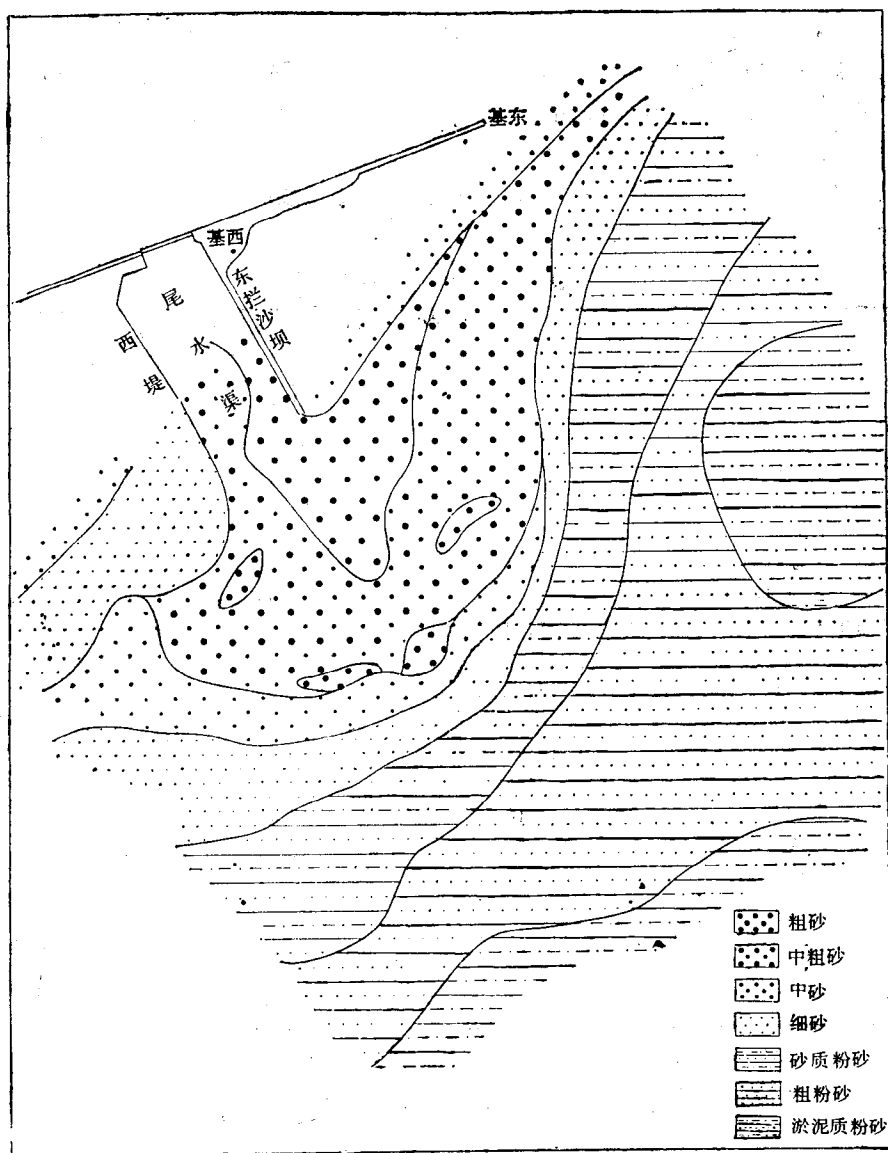


图 5 白沙口底质类型分布图

粗粉砂：分布于—4.5—5.0m 水深之间，在主通道出口的三角洲东南前缘地区，可延伸至 5m 水深以外。

淤泥质粉砂：分布于—4.5—5.0m 水深以外的三角洲前缘的两侧。—5m—8 m 水深以外所含粘土粒级变化不大。

在潮汐通道中，受涨落潮强流的作用，沉积物普遍较粗，分布的主要是粗砂。

自 1972 年以来，由于海浪对三角洲的改造侵蚀，电站前落潮三角洲地区的沉积物普遍变粗(表 2)。

表 2 1972 年与 1984 年底质变化对比表

1972 年		1984 年	
水深范围	底质类型	水深范围	底质类型
0—2m	粗砂、中砂	0—2m	粗砂
—2—4m	细砂	—2—3.5m	中砂、细砂
<—4m	淤泥质粉砂	—3.5—4.5m	砂-粉砂
		—4.5—5.0m	粗粉砂
		<—5.0	淤泥质粉砂

2. 前海区重矿物的分布特征 沉积物中的重矿物组合和标志矿物是追溯泥沙来源的最好天然指示剂。白沙滩河流经混合花岗岩区，其输出泥沙中的重矿物主要是角闪石和绿帘石，约占总量的 80%，褐帘石和纤维状集合体磷灰石是其标志矿物。它们主要分布在电站以东的沿岸沙堤上，其含量有自东向西降低的趋势。电站西部沿岸为胶东群变质岩系，也富含角闪石，但多为深绿色，没有或少见颗粒矿物包裹体，不含有褐帘石，未见呈纤维状磷灰石的集合体，有别于白沙滩河的输出物。它们主要分布在西部海滩。在电站出口的落潮三角洲上，这两组特征矿物在沉积物中均有出现。

根据上述矿物的分布特征，可将沿岸海滩分为东部矿物区、西部矿物区和混合区。混合区的东界约在 BM17 (断面号)附近，西界约在 81-1(BM1) 附近(图 6)。

海底沉积物中重矿物的特征是，比重较大的磁铁矿、锆英石、金红石、柘榴子石的含量自岸边向外由高变低，而黑云母和绿泥石等片状矿物则与此相反。

综上所述可以看出，本区重矿物的分布特征是自岸向海的分带性和东西两部的差异性，这是物质来源的不同和水动力条件的差异所造成的。白沙滩河的特征矿

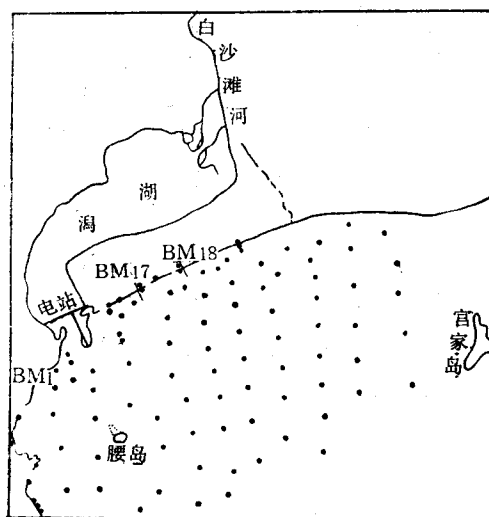


图 6 白沙口海滩和海底取样站位

BM18 为断面号；· 取样点

物——褐帘石在本海湾都有分布,说明白沙滩河输出的泥沙对整个海湾都有影响(李凡、张秀荣,1984)。

3. 前海区的泥沙来源 从上述底质和重矿物的分布特征不难看出,电站以东沿岸海滩的矿物组合与白沙滩河冲积物中的矿物组合是一致的,只是在其搬运和沉积过程中,沿程含量有所变化而已。因此,可以认为电站以东地区沉积物的泥沙来源主要是白沙滩河的输沙和东部沿岸侵蚀下来的产物。电站以西地区沉积物中的矿物组合则与西部沿岸的矿物组合相似,所以它的主要来源是西部沿岸的冲刷物。这两组物质来源在电站尾水渠前汇集,形成了一个混合区。但是白沙滩河输出泥沙的影响可遍及整个海湾的海底。

根据1974年的调查分析,对电站尾水渠有影响的泥沙是在东至BM18,西至BM1,水下至-4m水深的范围内¹⁾。但经十多年来的演变,本区泥沙运动状况已有了很大的变化。至1985年,对尾水渠能产生影响的泥沙范围缩小了。估计东部海滩的影响范围由BM18(距拦沙坝800m)西移至东拦沙坝以东300m之内的地区;西部海滩的影响范围估计仍在BM1以内。海底泥沙对尾水渠有实质性影响的是一2m水深以内的三角洲平台上的泥沙。但是由于海滩长期经受侵蚀下降(见后文),三角洲平台上参与运动的泥沙已大大减少,因而它们对尾水渠的威胁已大为减轻。

三、三角洲浅滩地区的冲淤变化

建坝以前白沙口是一个天然的潮汐海口,经受潮汐、潮流和波浪的共同作用,其出口由东部沙坝末端与西部角滩束窄而成。由于涨落潮流的作用,在口门内外各形成了涨潮三角洲和落潮三角洲。落潮三角洲上的主潮流通道位于三角洲的中偏东侧(图7),将三角洲分割成东、西两部分,边缘涨潮沟分别位于东西三角洲平台与东部次生沙咀和西部角滩之间。由于波浪季节性变化的影响,主潮流通道的位置时有摆动,但以-2m等深线为界的三角洲前缘的扇形形态基本保持左右对称。

1971年初白沙口被大坝堵塞,随后又修建了一条与大坝近于垂直的拦沙丁坝(东拦沙坝),从而大大改变了坝前海区的水动力状况。自此之后,拦沙坝以东地区只经受海浪的作用,拦沙坝以西地区在水库放水以前也只经受海浪作用,放水以后才恢复潮汐海口的性质。现以拦沙坝为界分东、西两区叙述其地形演变。

1. 东区

(1) 岸滩的冲淤变化及坝间潟湖的形成和封闭过程: 大坝与东拦沙坝建成以后,两坝之间的原潮流通道成为集水凹地,东部沙堤向西延伸的次生沙咀受海浪作用,起初后退增高并出露于高潮位以上成为岸线,它与原三角洲西部的内端对峙,围绕了原来的部分潮汐通道,从而形成坝间的小潟湖。沙咀不断向西延伸,经过三次淤塞与决口,最后因海底沙洲并岸,坝间小潟湖于1974年前后完全堵塞,变成了死潟湖(李凡,1981)(图8),从而形成了新的岸线。据1972年与1973年测图的比较,在此期间,距拦沙坝240m以东的岸滩普遍遭受冲刷,岸线后退5—20m,冲走的沙量约 $0.5 \times 10^4 \text{ m}^3$;而240m以西至拦沙坝之

1) 中国科学院海洋研究所,山东省水文总站,1976。白沙口潮汐电站淤积调查报告(内部资料)。

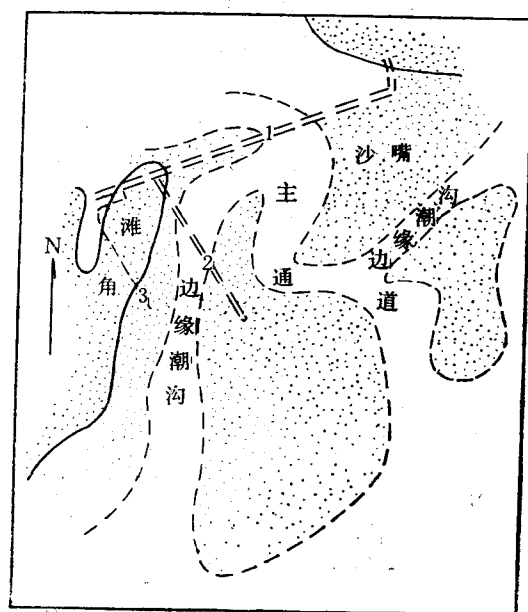


图7 建坝前的白沙口地貌略图

1. 大坝; 2. 东拦沙坝; 3. 西护堤

间岸线淤积增长, 岸线向海推进 10—20m, 淤积量约 $2.7 \times 10^4 \text{m}^3$, 小潟湖口处最后淤至 +2m 高程。距拦沙坝 240m 以东的岸滩冲沙量比以西的淤积量少, 为 $2.2 \times 10^4 \text{m}^3$ 左右 (表3), 说明有部分淤沙来自海底。

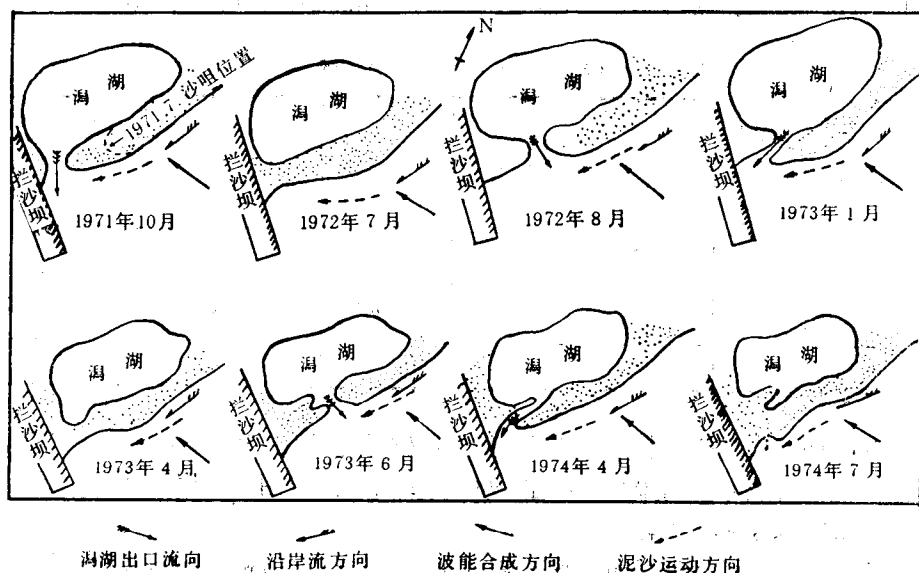


图8 坝间潟湖演变过程示意图

(2) 水下沙洲的形成与发展: 根据水下地形的重复测量资料, 1972 年起东部水下浅滩在水深 $-0.5 \sim -1.0\text{m}$ 处普遍形成与海岸大致平行的水下沙洲, 这些沙洲在东南向海浪的作用下不断推进、扩大。

沙洲在向岸移动的过程中, 不断从外斜坡海滩取得沙量, 使向海斜坡受冲刷后退, 向陆斜坡堆积、增长、推进。根据 1972 年 9 月与 1973 年 9 月两次测图的比较, 沙洲的增沙量与外斜坡海滩的冲沙量基本相当, 分别为 $2.11 \times 10^4\text{m}^3$ 和 $2.06 \times 10^4\text{m}^3$ 左右(表 3), 沙洲向岸推进了 90m(图 9)。

表 3 1972 年 9 月至 1973 年 9 月海滩冲淤量计算表

地貌部位 冲淤量 (m³)		岸 滩		水 下 浅 滩			合计
		距拦沙坝 240m		堤间凹地	沿岸沙洲	外斜坡	
分区		以西	以东				
东 区		27075	- 4742	- 20688	21093	- 20612	2125
		22332					
西 区		-(冲)29449		(淤)32671			3222

这些沙洲于 1974 年以后相继并岸, 致使岸线迅速向海推进。1972 年至 1985 年东拦沙坝东侧岸线的 2m 等高线向海推进了 150 m(图 10), 淤高达 3.5m 的高程, 1973 年至 1984 年淤沙量约 $8.8 \times 10^4\text{m}^3$ 。岸线淤长的沙源主要是水下浅滩的冲刷物。在此 11 年间水下浅滩的冲沙量合计约 $10.4 \times 10^4\text{m}^3$ (表 4), 其中绝大部分(85% 左右)被推上海岸, 少量被移向西区和 -3.5m 至 -4.0m 的三角洲前缘。由于水下浅滩受冲刷下降, -1.0m 等深线后退逼近滩脚。自 1972 年至 1985 年, -1.0m 等深线后退了 75—160m, 三角洲东侧前缘的 -2m 等深线后退了 50—80m(图 10)。三角洲平台被夷得平坦(图 11)。

表 4 1973 年 9 月至 1984 年 9 月海滩冲淤量计算表

冲淤量 (m³)		地貌部位	岸滩	水下浅滩	合 计	水下浅滩 刷深(m)	
						平均	最大
分区							
东 区		88023	—103942	—15919	—0.74	—1.8	
西 区	尾水渠 前伸区		—42684	—42684	—0.63	—1.5	
	西 部	—80364	6720	—73644			

1984—1985 年, 海底地形没有明显变化, 仅在拦沙坝东 200m 处出现一个小沙岗。它基本上沿波能合成方向向岸移动, 在 1985 年 9 号台风作用下向岸移动约 40m, 增高 0.5 m, 最终它将并岸, 对尾水渠不会产生影响。

2. 西区 东拦沙坝以西, 受腰岛的屏蔽和扇形三角洲的影响, 为波能辐聚区, 水库放水之前, 潟湖与外海隔绝, 涨落潮流不起作用, 滩地泥沙主要受海浪的作用。水下浅滩

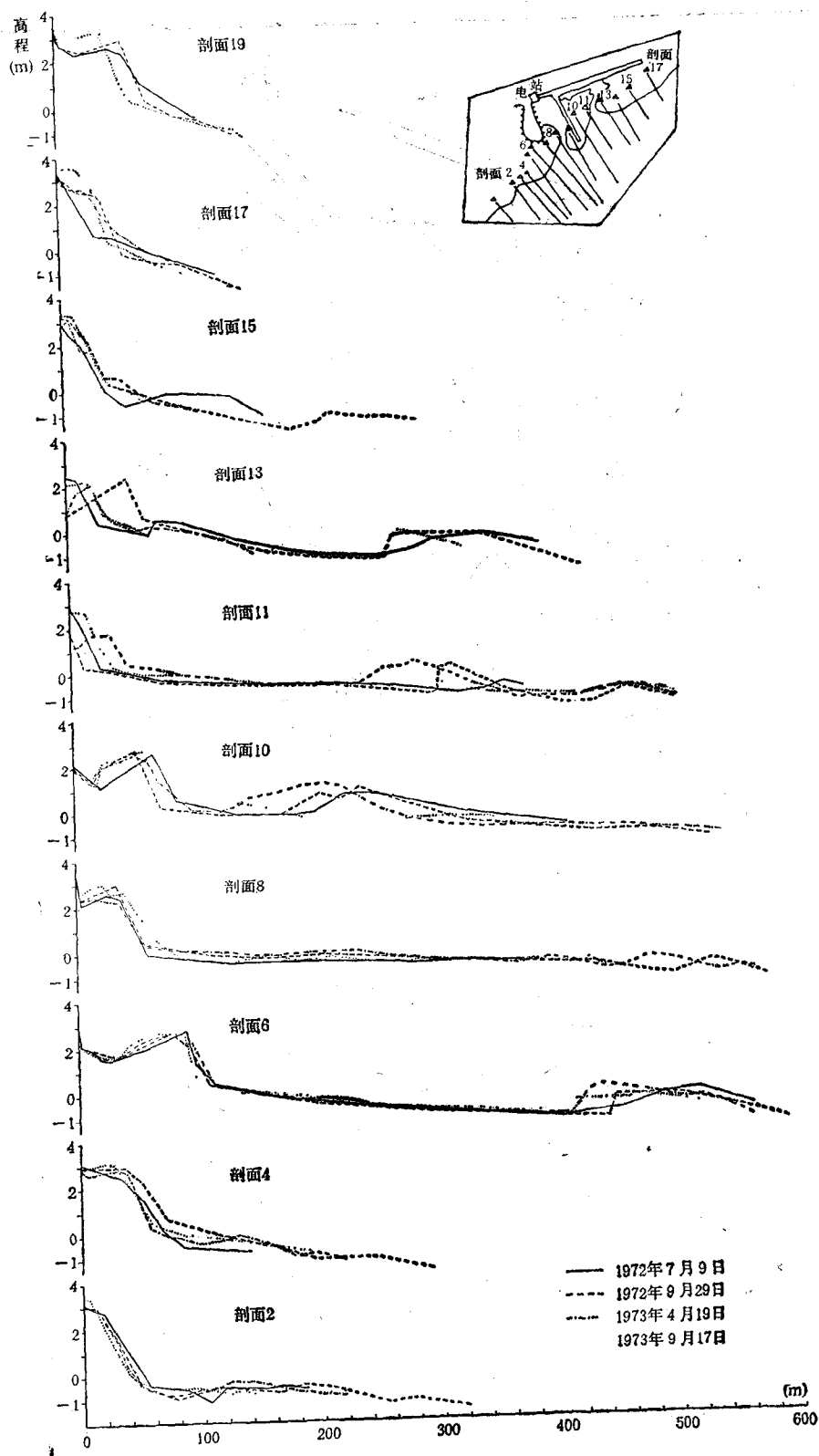


图9 岸滩重复水准测量剖面图

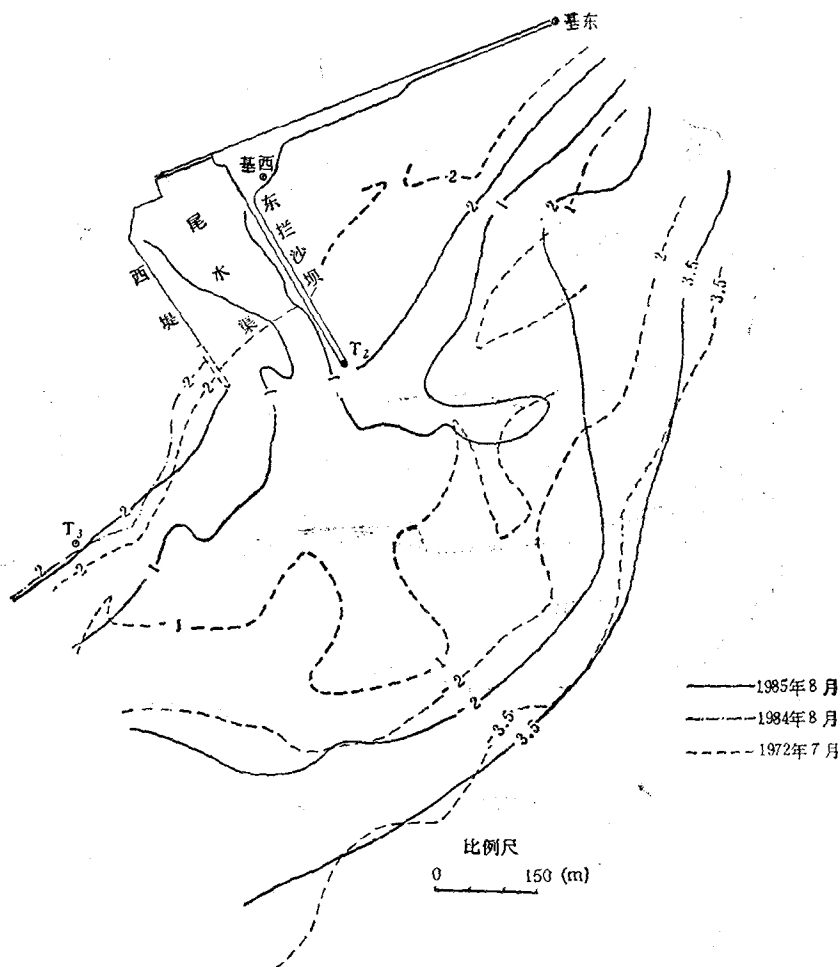


图10 海滩及落潮三角洲前缘的变化

+2m 与 -1m 为海滩, -2m 与 -3.5m 为落潮三角洲

形成一些与海岸近于垂直的堆积体。有冲有淤,高处冲,低处淤(原潮汐通道),据1972年与1973年测图比较,冲刷量约 $2.9 \times 10^4 \text{m}^3$,淤积量约 $3.2 \times 10^4 \text{m}^3$,净淤量为 $0.32 \times 10^4 \text{m}^3$ 。(表3)岸滩主要受冲刷后退,三角洲前缘堆积推进。

水库放水后,此处又恢复了潮汐海口的性质,除受海浪的作用外,主要受潮流的作用。按所受潮流作用的强弱,将西区分为尾水渠及其前伸区和西区两部分予以叙述。

(1) 尾水渠及其前伸区: 此处是潮汐通道作用的主要地区。1973年7月前后,水库断续放水,这里已有一潮汐通道向东南方向入海。1973年7月受台风的影响,原位于东拦沙坝东南端的沙咀被拥入尾水渠,形成高程为2.66m的沙丘,横亘于尾水渠口门之中,迫使主流线西偏,潮汐通道几乎被堵塞。1973年8月以后,经疏浚和水库放水,沙咀根部被切断,潮汐通道主流线又返向东南入海。尾水渠的淤沙大部分被冲走,起初冲刷剧烈,至1974年8月基本已形成高程为-1.5m至-2.0m左右的稳定通道,至今这个通道的行向和水深没有多大变化。

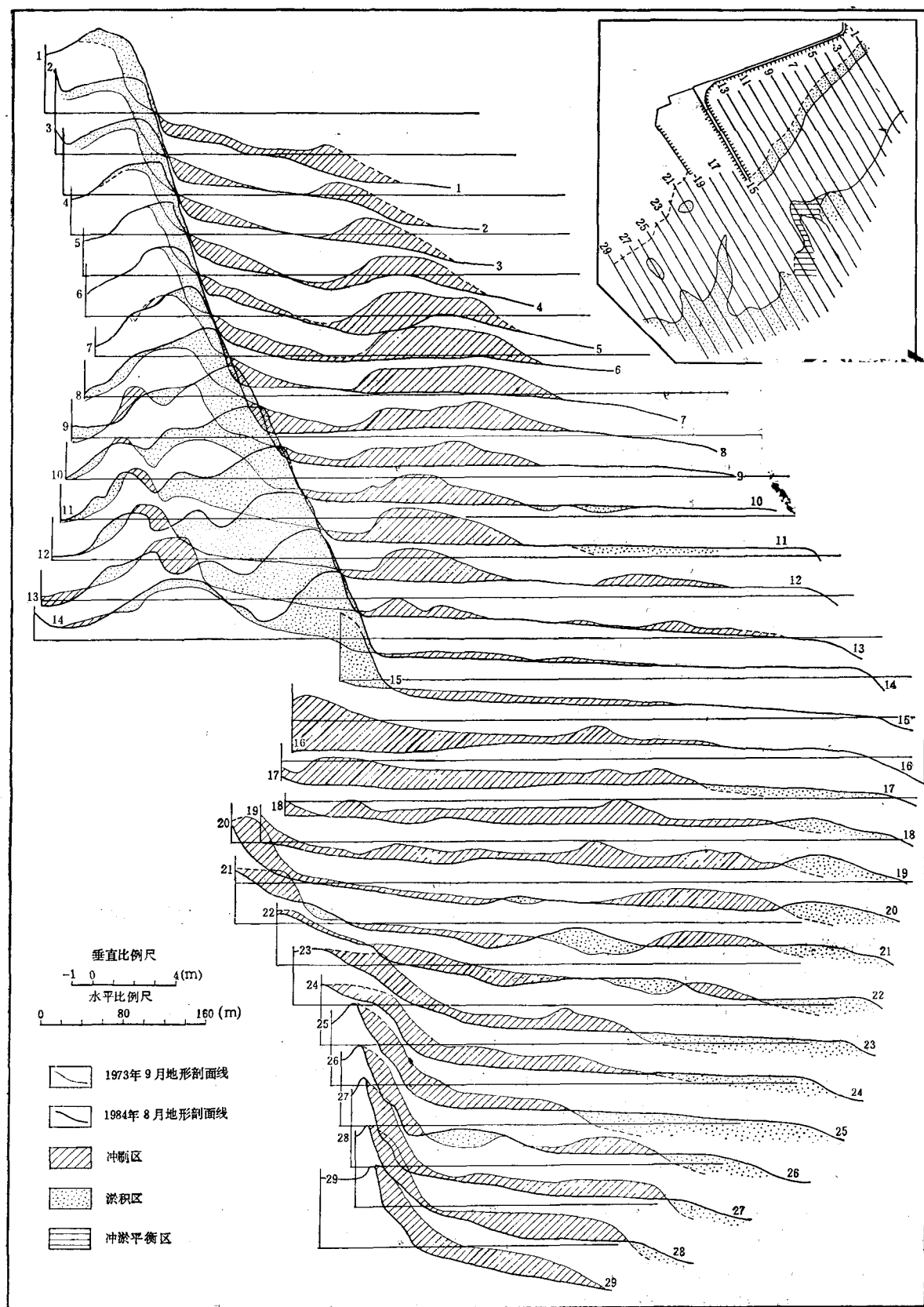


图 11 1973 年 9 月—1984 年 8 月地形剖面对比图
(据 1973 年 9 月及 1984 年 8 月实测 1:2000 地形图绘制)