

SHUILI
CHABAN

水力插板成套技术 研究与应用

CHENGTAO JISHU

何富荣 程义吉 许国辉 著

YANJIU
YU
YINGYON



黄河水利出版社

山东省自主创新成果转化重大专项项目(2009ZHZX1C1102)

水力插板成套技术研究与应用

何富荣 程义吉 许国辉 著

黄河水利出版社

· 郑州 ·

内 容 提 要

本书论述了黄河三角洲区域自然灾害、特点以及水力插板成套技术的形成背景,阐述了水力插板施工工艺、施工技术和施工设备机具的研制。本书通过对水力插板工程的试验研究,提出了水力插板工程建设的设计与施工规程,对获得国家发明和实用新型的 28 项专利做了介绍。根据水力插板建设工程成功应用实例,展望了水力插板技术推广应用的领域和前景。

本书可供从事水利工程、海洋工程、桩基工程和建筑工程等专业的施工、科研工作者阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

水力插板成套技术研究与应用/何富荣,程义吉,许国辉
著. —郑州:黄河水利出版社,2010.4

ISBN 978 - 7 - 80734 - 806 - 1

I. ①水… II. ①何… ②程… ③许… III. ①水力发电工程 IV. ①TV7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 043098 号

组稿编辑:王琦 电话:0371 - 66028027 E-mail:wq3563@163.com

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 14 层 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371 - 66026940、66020550、66028024、66022620(传真)

E-mail:hhsclbs@126.com

承印单位:河南省瑞光印务股份有限公司

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:19

字数:438 千字

版次:2010 年 4 月第 1 版

印数:1—1 000

印次:2010 年 4 月第 1 次印刷

定价:60.00 元

项目研究机构与承担人员

项 目 名 称:水力插板成套技术研究与应用

完 成 单 位:山东河海水力插板工程有限责任公司

黄河水利委员会黄河河口研究院

中国海洋大学

项目负责人:何富荣 程义吉 许国辉

主要完成人:何富荣 程义吉 许国辉 计万军 邓国利

马俊德 刘德辅 史宏达 蒋济同 孙寿森

徐洪增 杨俊杰 杨晓阳 刘红军 付永林

刘文彬

主要参加者:徐金波 燕峒胜 顾学林 荆少东 刘小丽

窦春先 孙 健 孙东信 陈友媛 张亚胜

李凤军 刘 维 刘 涛 毕立泉 李凤涛

杨秋平 李雪飞 计慧锋 郑建国 王秀海

陈声建 应华素 潘振元 徐喜林 张秀兰

杨永春 王爱群 董 胜 郭 静

序

古语说：“工欲善其事，必先利其器”，先进的工具是防治水患灾害、治理大河、整修河道、建设城市、发展实业、优化和改造自然环境的重要手段。在胜利油田发展、黄河三角洲开发、东营市兴起的过程中，胜利石油管理局原副局长、教授级高级工程师何富荣同志创造发明的水力插板成套技术就是这样的先进工具和创新技术。

现在何富荣同志和黄河水利委员会黄河河口研究院院长、教授级高级工程师程义吉同志以及中国海洋大学环境科学与工程学院许国辉与项目组人员已把水力插板技术发展水力插板成套技术开发，并通过国家鉴定，从而进入推广应用阶段。如果说胜利油田为黄河三角洲的开发、东营市的兴起注入了第一经济推动力，那么从胜利油田钻井核心技术转移、发展、再创造形成的水力插板成套技术则为黄河三角洲的开发、东营市的兴起注入了第二科技推动力。这样评价这项新技术对东营和国家的贡献，实不为过。

这一新技术是水工桩基工程技术的真正革命，是防治水患灾害，建设优化海岸线，建设冲积海岸的海港、河港的先进武器和杀手锏。这一先进技术使过去在涨落潮干扰下异常艰难的海堤建设变为工厂化、机械化作业，而且使工程造价大大降低、工期大大缩短、安全稳定性能大大提高。这种工程技术的设想产生于1992年黄河三角洲地区遭受第16号风暴潮孤东大堤被摧毁之后，1997年正式进入现场试用，至今已12年之久，目前已累计获得28项国家发明和实用新型专利，并已通过国家鉴定，表明该项技术已经成熟，进入实用推广期；几年来已在黄河河道整治、利津渔港、东营市中心渔港、胜利油田海底管线运输航道、吉林省松花江防洪堤坝等多项工程中应用，并取得预期成功。

这项自主创新的工程技术产生于东营市，应首先在东营市大力推广应用，为黄河三角洲的开发、东营市的兴起发挥应有的作用，为向全国的推广树立榜样，并在这个基础上创办组建水力插板高科技工程集团，为黄河三角洲的开发乃至全国海岸线优化、海域开发、京杭大运河恢复和发展作出大贡献。历史证明，科学技术的创新和发展推动着社会经济的变革，蒸汽机的发明引起一场世界范围内的工业革命，电、计算机、网络、基因技术等无不如此。相信《水力插板成套技术研究与应用》一书的出版，对水利工程、桩基工程、港口航道工程建设，防治水患，优化海岸线，进行海洋高效养殖开发都将发挥重要的作用，产生重大而深远的影响。我深信，水力插板成套技术研究与应用将为黄河三角洲带来新的面貌，给东营市人民带来巨大效益，由此及远，凡采用这种先进工程技术的地区均会如此。

李殿魁

2009年7月

前 言

水力插板技术是胜利石油管理局原副局长、教授级高级工程师何富荣带领项目组人员,在黄河三角洲地区与严重的风暴潮灾害进行长期斗争的过程中,经过十几年潜心研究和近百项工程的试验,发明创造出的一种新技术,目前已累计获得 28 项国家发明和实用新型专利。它是根据石油行业中喷射钻井、油田固井的原理与建筑行业中水利工程、海洋工程和桩基工程进行跨行业技术嫁接之后形成的一种工艺技术。其原理是用水力喷射切割地层,将具有导向定位功能的钢筋混凝土板插入地层,并且在地下连接成一个整体的施工技术。应用水力插板建设工程,可省去传统施工过程中修围堰、开挖基础坑、打降水、打基础等大量的工作,同时具有预制化程度高、施工速度快、工程造价低、根基深、整体连接好、抗水毁能力强、维修管理少等优势。这项技术已在河流、港口、水利、海岸等工程中得到成功应用并发挥了巨大的经济效益和社会效益。

全书主要内容如下:

第一章,水力插板技术的由来。论述了黄河三角洲区域自然灾害、特点,以及水力插板成套技术的形成背景。

第二章,水力插板施工工艺及技术。阐明了水力插板是根据石油喷射钻井和油田固井的原理与水利工程、海洋工程和桩基工程进行技术嫁接之后发明的一种新技术、新工艺,其核心技术是整体连接技术和快速进桩技术。

第三章,水力插板专用施工设备和机具的研制。重点介绍了水力插板起吊设备、喷射动力水泵设备和注浆固缝装置的研制过程及独特技术。

第四章,水力插板工程试验。从水力插板堤坝安全稳定性能、承载能力、控制泥沙自流回淤、防止泥沙淤积航道以及深水海域地层液化淤积航道等方面进行了试验。

第五章,水力插板工程设计与施工技术标准。在第四章试验的基础上,制定了水力插板工程设计规定、钢筋混凝土水力插板设计指南和水力插板工程施工技术规定。

第六章,应用水力插板建设工程实例。主要对应用水力插板建设黄河护岸工程和建设航道拦沙堤坝进行详述,同时对应用水力插板建设港口码头、道路交通桥、水中人工岛、污水处理池、地下涵洞、泵站、水闸、输水渠道等也作了典型介绍。

第七章,水力插板技术推广应用前景。分析对比了水力插板技术的优势,提出了该技术在水利工程、海洋工程、桩基工程和建筑工程等有广阔的推广应用前景。

附录,水力插板获国家专利情况。对获得的 28 项国家发明和实用新型专利作了介绍。

本书第一章、第二章、第三章、第六章由何富荣、程义吉编写;第四章由刘德辅、荆少东、窦春先编写;第五章由许国辉编写;第七章、附录由何富荣编写。全书由程义吉统稿。

在项目研究与实施过程中,胜利石油管理局生产部、供水公司,胜利油田勘察设计院,中国海洋大学工程学院,黄河水利委员会黄河河口研究院,山东省公路桥梁检测中

心,东营市桩建水力插板技术有限公司,东营市科学技术局等单位领导和专家给予了多方面的关心和支持。在此,本项目组向所有为《水力插板成套技术研究与应用》一书付出辛勤劳动的同志们致以崇高的敬意和深切的感谢!

感谢山东省政协原副主席、教授级高级工程师李殿魁为本书作序。

项目在研究和实施过程中,得到了许多领导和专家的大力支持,在此表示衷心的感谢!

作 者

2009 年 8 月

目 录

序

前 言

第一章 水力插板技术的由来	(1)
第一节 黄河三角洲区域概况	(1)
第二节 黄河三角洲风暴潮灾害及特点	(9)
第三节 水力插板技术的形成	(11)
第二章 水力插板施工工艺及技术	(13)
第一节 进桩技术	(13)
第二节 水力插板整体连接技术	(17)
第三节 水力插板进桩技术与整体连接技术	(20)
第三章 水力插板专用施工设备和机具的研制	(22)
第一节 水力插板起吊设备	(22)
第二节 喷射动力水泵设备	(25)
第三节 注浆固缝装置	(27)
第四节 专用运载设备及其他辅助设备	(27)
第四章 水力插板工程试验	(30)
第一节 水力插板堤坝安全稳定性能试验	(30)
第二节 水力插板承载能力试验	(39)
第三节 海上水力插板工程安全稳定性能试验	(49)
第四节 控制泥沙自流回淤提高水力插板稳定性试验	(50)
第五节 水力插板堤坝防止泥沙淤积航道试验	(50)
第六节 深水海域地层液化淤积航道试验	(51)
第五章 水力插板工程设计与施工技术标准	(53)
第一节 水力插板桩工程设计规定	(53)
第二节 钢筋混凝土水力插板设计指南	(60)
第三节 水力插板工程施工技术规定	(99)
第六章 应用水力插板建设工程实例	(109)
第一节 黄河口水力插板险工护滩工程	(109)
第二节 应用水力插板建设多种工程	(130)
第七章 水力插板技术推广应用前景	(144)
第一节 水力插板技术的优势	(144)
第二节 水力插板技术具有广阔的应用前景	(145)

附录 水力插板获国家专利情况	(170)
附录一 水力插板及使用方法	(173)
附录二 水力插板桩板及其加固与形成大脚桩的方法	(179)
附录三 海上高效养殖区建设方法	(185)
附录四 水力插板平衡吊机	(190)
附录五 水力插板限位滑道与限位滑板	(196)
附录六 水力插板防潮堤坝	(201)
附录七 水力插板航道拦沙堤坝	(205)
附录八 水力插板围海透水防浪墙	(208)
附录九 设有伸缩缝的水力插板	(212)
附录十 水力插板喷射管	(216)
附录十一 水力插板滑道、滑板	(219)
附录十二 水力插板透水防潮堤坝	(222)
附录十三 水力插板套筒桩	(225)
附录十四 水力插板闸	(228)
附录十五 水力专用插板	(232)
附录十六 插板码头	(238)
附录十七 堤坝和桥梁插入施工的组合桩体	(243)
附录十八 插板航道	(247)
附录十九 插板堤坝	(251)
附录二十 插板涵洞	(255)
附录二十一 水力插板桥	(258)
附录二十二 水力插板喷射管与过水管	(262)
附录二十三 水力插板导流回淤自动填沙装置	(265)
附录二十四 海上水力插板施工脚手架	(268)
附录二十五 建设海上深水航道的方法	(271)
附录二十六 水力插板桥与堤坝及施工建设方法	(275)
附录二十七 滩海作业吊机	(283)
附录二十八 海上水力插板施工平台	(290)
参考文献	(293)

第一章 水力插板技术的由来

第一节 黄河三角洲区域概况

一、地理位置

黄河三角洲位于渤海湾南岸和莱州湾西岸,地处东经 $117^{\circ}31' \sim 119^{\circ}18'$ 、北纬 $36^{\circ}55' \sim 38^{\circ}16'$,如图 1-1 所示,主要分布于山东省东营市和滨州市境内,是近代、现代三角洲叠加形成的复合体。近代三角洲是黄河 1855 年从河南省铜瓦厢决口夺大清河入海,以垦利县宁海为顶点,西起套尔河口、南抵支脉沟口的扇面,面积约为 $6\,000\text{ km}^2$;而现代三角洲是自 1934 年以来至今,以渔洼为顶点,西起挑河、南到宋春荣沟的扇面,面积约为 $2\,400\text{ km}^2$ 。

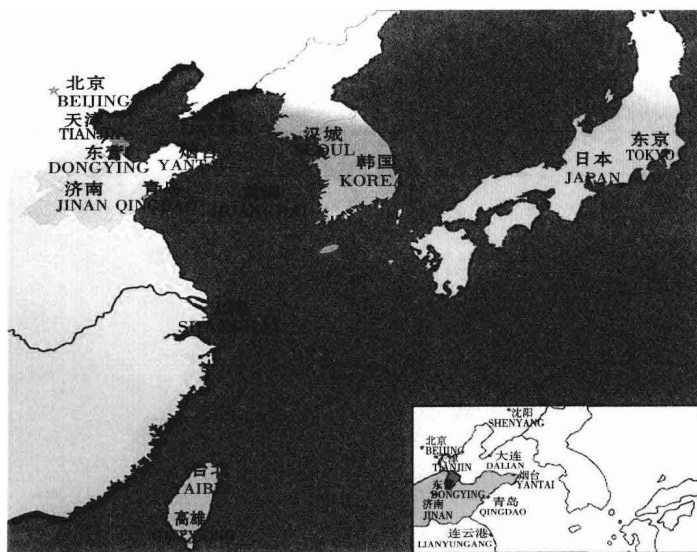


图 1-1 黄河三角洲位置图

二、演变情况

黄河自 1855 年在河南省铜瓦厢决口,夺大清河注入渤海至今已达 150 余年,期间因人为因素或自然因素的作用,入海流路在三角洲范围内决口、改道达 50 余次,其中较大的改道有 10 次,如表 1-1、图 1-2 所示。

表 1-1 1855 年以来黄河入海河道演变情况

次序	改道时间 (年-月)	改道地点	入海位置	流路历时	流路实际 行水历时	累计实际 行水历时	说明
1	1855-07	铜瓦厢	利津铁门关以下 肖神庙牡蛎嘴	33 年 9 个月	18 年 11 个月	19 年	铜瓦厢决口
2	1889-04	韩家垣	四段下毛丝垞 (今建林以东)	8 年 2 个月	5 年 10 个月	25 年	凌汛漫决改道
3	1897-06	岭子庄	丝网口(今宋家坨子)	7 年 1 个月	5 年 9 个月	30.5 年	伏汛决口改道
4	1904-07	盐窝	老鸱嘴	22 年	17 年 8 个月	48 年	伏汛决口改道
5	1926-07	八里庄	经汀河由刁口河 东北入海	3 年 2 个月	2 年 11 个月	51 年	伏汛决口改道
6	1929-09	纪家庄	南旺河、宋春荣沟、 青坨子	5 年	3 年 4 个月	54.5 年	人工扒口改道
7	1934-09	李家呈子	老神仙沟、甜水沟、 宋春荣沟	18 年 10 个月	9 年 2 个月	63.5 年	堵岔未成改道
8	1953-07	小口子	神仙沟	10 年 6 个月	10 年 6 个月	74 年	人工裁弯改道
9	1964-01	罗家屋子	刁口河河口与洼 拉沟之间	12 年 4 个月	12 年 4 个月	86.5 年	人工爆堤改道
10	1976-05	西河口	经人工引河、清水沟 入海	32 年	32 年	118.5 年	人工截流改道

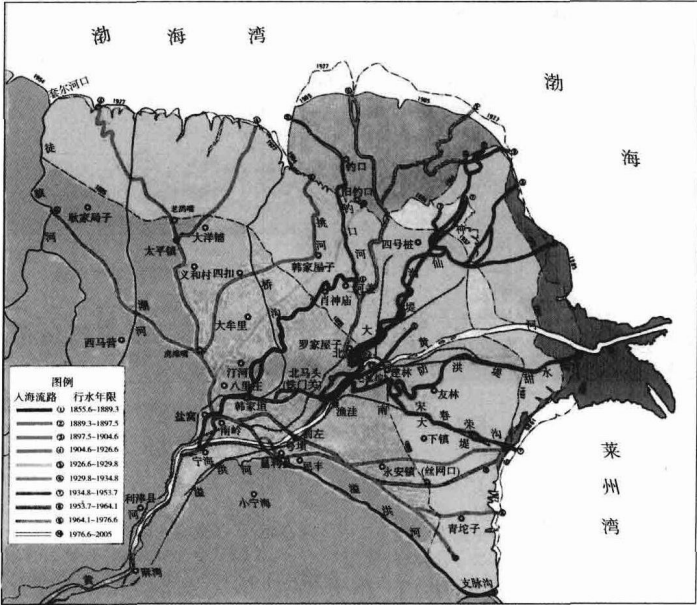


图 1-2 黄河三角洲入海流路演变图

三、地形特征

黄河三角洲平原地势低平,西南部海拔 11 m,最高处利津南宋乡河滩高地高程为 13.3 m,老董—垦利一带高程为 9~10 m,罗家屋子一带高程约为 7 m,东北部最低处高程小于 1 m,自然比降为 1/8 000~1/12 000。区内以黄河河床为骨架,构成地面的主要分水岭。三角洲是由黄河多次改道和决口泛滥而形成的岗、坡、洼相间的微地貌形态,分布着砂土、黏土土体结构和盐化程度不一的各类盐渍土。这些微地貌控制着地表物质和能量的分配、地表径流和地下水的活动,形成了以洼地为中心的水、盐汇积区,是造成“岗旱、洼涝、二坡碱”的主要原因,如图 1-3 所示。

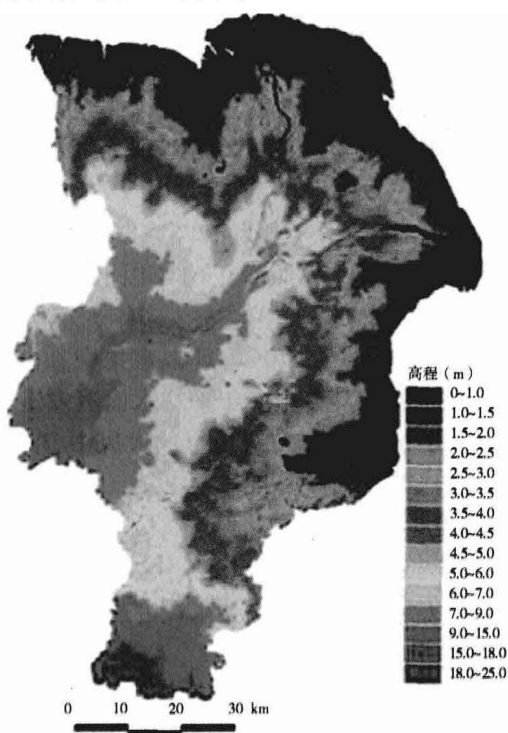


图 1-3 黄河三角洲地形特征

四、地貌类型

黄河三角洲是一典型扇形三角洲,属河流冲积物覆盖海相层的二元相结构。由于黄河三角洲新堆积体的形成以及老堆积体不断被反复淤淀,造成三角洲平原大平、小不平,微地貌形态复杂,主要的地貌类型有河滩地(河道)、河滩高地与河流故道、决口扇与淤泛地、平地、河间洼地与背河洼地、滨海低地与湿洼地以及蚀余冲积岛和贝壳堤(砂岛)等。其中,河滩高地是黄河尾间故道摆荡泛滥而成的河流堆积地貌,地势比周围低地相对高 2~3 m,物质组成以黄河洪泛相粉砂为主;河流故道为历次尾间迁徙后的河床遗迹,多构成河滩高地的中轴,并与之紧密连成一体;河间洼地指分布于河滩高地之间的低平洼地;背河洼地是黄河大堤背河侧沿堤呈带状分布的洼地,其形成既与人工筑堤取土有关,又与

黄河地上河道因侧渗而积水有关;决口扇是黄河洪水决口破堤后,大股水流流向泛滥平原低处所形成的扇状堆积体,扇柄与河道相连;淤泛地指人为控制下黄河摆荡泛滥的堆积或者引黄放淤区的堆积,后者有的外形似决口扇;滨海低地指海陆交互作用带,即海岸带,呈带状展布;湿洼地泛指沼泽化的生长芦苇等植被的积水洼地;蚀余冲积岛是故道河口沙嘴或三角洲平原受海洋动力作用冲刷后退过程中的蚀余体,残留于潮滩之上;贝壳堤是由大量贝壳及其碎屑在波浪作用下成层堆积而成的,后经潮流冲刷破坏,成为断续分布的贝壳砂岛,代表古黄河三角洲的海岸线。

五、气象特征

黄河三角洲地处中纬度,位于暖温带,背陆面海,受欧亚大陆和太平洋的共同影响,属于暖温带半湿润大陆性季风气候。基本气候特征为冬寒夏热,四季分明。春季干旱多风,早春冷暖无常,常有倒春寒出现,晚春回暖迅速,常发生春旱;夏季炎热多雨,温高湿大,有时受台风侵袭;秋季气温下降,雨水骤减,天高气爽;冬季天气干冷,寒风频吹,雨雪稀少,主要为北风和西北风。

黄河三角洲四季温差明显,多年平均气温为 $12.3\text{ }^{\circ}\text{C}$,极端最高气温为 $41\text{ }^{\circ}\text{C}$,极端最低气温为 $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。年平均光照 $2\,724\text{ h}$,日照率在 61% 以上。初霜期一般发生在 10 月中下旬,终霜期在 4 月上旬,年平均无霜期 210 d 左右。多年平均降水量为 561.6 mm ,年内降雨多集中在 6~9 月,约占全年降雨量的 70% ,且常常集中在几场降雨中,极易造成洪涝灾害,其他季节降雨较少,又易形成旱灾。多年平均水面蒸发量为 $1\,167.2\text{ mm}$ 。

黄河三角洲地区的大风主要是东北风,8 级以上的大风中,东北风约占 $1/2$ 。四季中,春季(3~5 月)大风最多,约占全年发生大风日数的 $1/2$ 。西部海岸的大风日数又多于东南部海岸。因此,风暴潮也多发生在春季和西部海岸。百余年来,黄河三角洲发生特大风暴潮灾害有 8 次,即 1845 年、1890 年、1938 年、1964 年、1969 年、1992 年、1997 年及 2003 年,其中 1997 年 8 月发生的特大风暴潮在无棣县东风港出现了 3.26 m 的最高潮位,波高达到 4 m ,造成的经济损失和人员伤亡最为严重。

六、河流水系

按照国家水资源利用分区,黄河三角洲以黄河为分界线,将全区划分为两个流域:黄河以北属海河流域,黄河以南属淮河流域。

流经黄河三角洲的客水河道有黄河、小清河和支脉河。后两者均位于黄河以南。

黄河:从东营市中心穿过,是黄河三角洲流经最长和影响最深刻、最广泛的河流。河道在东营市境内最长达 139 km (1996 年),直接控制影响的面积为 $5\,400\text{ km}^2$ 。

小清河:源于济南诸泉。东营市境内河道长 34 km ,流域面积为 594 km^2 ,多年平均入境水量 5.823 亿 m^3 。小清河水质污染比较严重。其支流有淄河、阳河、泥河等。

支脉河:源于淄博市高青县前池沟。东营市境内河长 48.2 km ,控制流域面积 $1\,129\text{ km}^2$ 。由于沿途地下水补给和引黄尾水排入,多年平均入境水量 2.862 亿 m^3 。近年来,由于上游纳污,水质趋于恶化。区内控制流域面积在 100 km^2 以上的排涝河道有 11 条。黄河以北有马新河、沾利河、草桥沟、挑河、草桥沟东干流、褚官河、太平河,前 5 条独

流入海,后2条汇入潮河;黄河以南有小岛河、永丰河、溢洪河、广利河,皆独流入海。

七、沉积模式

黄河三角洲的基底是现代沉积层,大致以1855年海岸线为界,北部为渤海浅海沉积层,该层广泛而稳定,厚4~8 m,由灰黑色黏土质粉砂组成,平均粒径为7 mm左右,含有大量浅海有孔虫及介形虫。有些地方,在渤海浅海沉积层的顶部可见一层厚10~20 cm的粗粉砂-极细砂层,含有大量贝壳碎片,是浅海沉积物经多次风暴潮改造形成的滞留沉积。南部为大清河等短源河流沉积层,沉积比较复杂,1128~1855年间,黄河经徐淮入海,短源河流在渤海西岸堆起复杂的河道沉积、河口沉积、三角洲沉积和滨海沉积,沉积层厚4~8 m,沉积物为黄色粉砂。

黄河三角洲是河流和海洋共同作用的堆积体,沉积过程复杂,由陆向海方向,包括3个相组合带:

(1)三角洲平原相。三角洲平原相在近代、现代黄河三角洲体系中发育最好,是多种亚环境的复合组。

(2)三角洲前缘相。三角洲前缘相是三角洲体系中沉积速度最快、沉积砂最纯、含重矿物最多的浅水环境,是水下三角洲的主要组成部分。强河流作用使海岸线不断向海推进,三角洲前缘砂逐渐超覆在前三角洲粉砂质淤泥相之上,形成沉积物自下而上变粗的海退序列。黄河三角洲前缘沉积物主要是粒径为0.125~0.025 mm的细砂至粗粉砂粒级,黏土和有机质以淤泥形式沉积在河口沙嘴外缘回流区、河间浅海湾和潮间带上部。

(3)前三角洲相。前三角洲地区位于三角洲前缘的向海方向,从三角洲前缘平缓地向外延展,其边缘在水深17~20 m处过渡到浅海陆架区。前三角洲相沉积物主要是粒径小于0.015 mm的厚层灰色、深灰色、棕灰色淤泥或粉砂质黏土层夹薄层细粉砂透镜体,有时见有淤积与粉质黏土的互层,有机质含量高,含有少量海生甲壳碎片和许多黑色的、极细的植物碎末,发育不太清晰的水平层理。

黄河三角洲的沉积模式主要与黄河来水来沙有关。据观测,黄河入海泥沙除一部分粒径小于0.015 mm的极细颗粒扩散到外海,大部分粒径为0.125~0.025 mm的极细砂和粗粉砂都沉积在三角洲前缘地带,以河口沙坝、沙嘴形式造陆,使海岸线向前推进。沙嘴不断向外延伸,行水河道纵比降逐渐减小,当沙嘴延伸到一定长度,比降减小到一定临界值,在适当水流条件下尾间河道就发生决口改道,至三角洲其他部位入海,以后又重复这一过程。由于黄河含沙量高、淤积快、决口改道频繁,因而难以形成伸长型的三角洲指状沙坝,主要发育为河口沙嘴和沙坝,使三角洲前缘朵状砂体及其外缘的席状砂体向前延伸,逐渐覆盖前三角洲泥相,形成沉积物向上变粗的层序,这就是黄河三角洲的沉积模式。

八、海域特性

(一) 海域环境

渤海为半封闭式内海,仅有辽东半岛与山东半岛之间狭窄的渤海海峡(宽约106 km)与黄海相通,其余受陆地包围,洋流影响微弱,受温带季风气候影响较明显。渤海由渤海湾、莱州湾、辽东湾3个海湾和中央区组成,其岸线轮廓如图1-4所示,是东北西南向的浅

海。海底地形从 3 个海湾向渤海中央及海峡方向倾斜,坡度平缓,平均水深 18 m。有 26% 的海域水深小于 10 m,中央海盆最深处水深约 30 m,海峡老铁山水道附近局部水深 80 m。

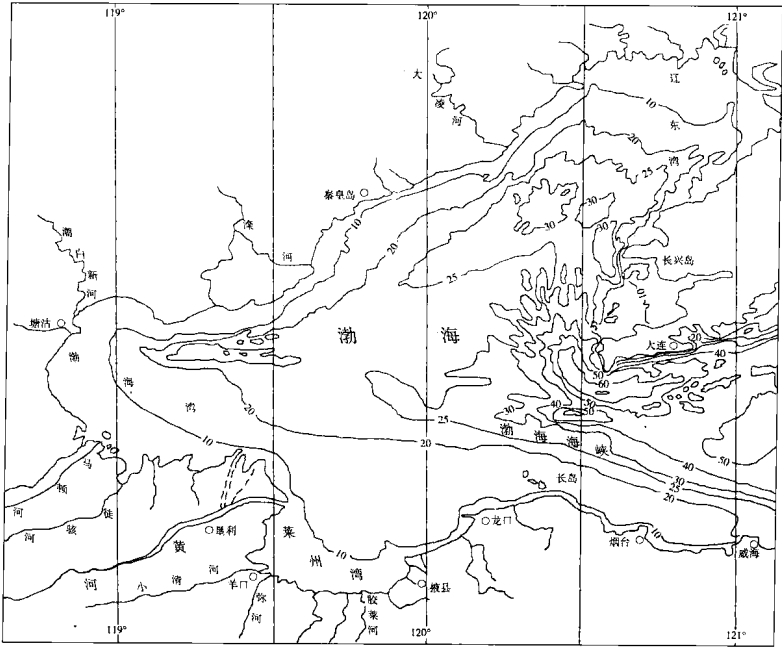


图 1-4 渤海形势图

黄河入海口位于渤海西南岸,在渤海湾和莱州湾之间。黄河三角洲海域水深较浅,坡度较缓,但各个岸段有较大的差别,以中部神仙沟口外海域最深,5 m、10 m、15 m 等深线分别距岸 3.3 km、7.5 km、17 km,最大水深可达 20 m;西部渤海湾次之;南部莱州湾最浅,10 m 等深线距岸达 34 km。

(二) 海域水文、物理特性

1. 潮汐

黄河三角洲海域潮汐的固有振动很小,观测到的潮汐主要是大洋潮汐的胁迫振动。潮波进入渤海后,由于受渤海南部特定的海底地形形态和水深的影响,使人射潮波和反射潮波在神仙沟口附近(渤海湾和莱州湾两湾口交接处附近)形成驻波节点,从而出现 M2 分潮无潮点,无潮点位置受三角洲地形变化而有所变化,但变化不大,位于北纬 38°、东经 119°附近。因此,黄河三角洲沿岸潮差分布是以神仙沟口外的无潮点区最低,向两海湾里逐渐增高的“马鞍形”。平均潮差 0.73 ~ 1.77 m,为弱潮河口。黄河口的潮区界较短,一般不足 20 km;潮流界更短,枯水期约 6 km,洪水期潮流界几乎为零。

潮汐类型除神仙沟口局部海区为不正规全日潮外,其余海域为不正规半日潮。日潮不等现象比较明显,而且渤海湾沿岸与莱州湾沿岸涨潮时差 6 h,对于半日潮区来说,恰好是渤海湾涨潮,莱州湾落潮;反之,莱州湾涨潮,渤海湾落潮。此起彼伏。

2. 潮流

黄河三角洲沿岸潮流为半日潮流,潮流速以 M2 分潮“无潮点”区为最强,最大潮流速

大于 120 cm/s , 其分布形势恰与潮差分布相反, 向两海湾里潮流速逐渐减小。黄河河口附近表层潮流椭圆短长轴之比小于 0.1 , 且椭圆长轴平行于岸线, 显现为往复流, 涨落潮方向基本与海岸平行。刁口河以西海域最大涨潮流向指向西稍偏北, 落潮流向指向东南稍偏南, 旋转方向为逆时针; 神仙沟以南东部海域最大涨潮流向指向南, 落潮流向指向北, 旋转方向为顺时针。受海底摩擦影响, 在海区西部, 一般涨潮流历时短于落潮流历时, 因而涨潮流速大于落潮流速。但黄河河口附近海区多数潮位站落潮流平均历时大于涨潮流平均历时, 而落潮流平均流速却大于涨潮流平均流速, 这主要是由于河流径流加入而引起的。沿海涨落潮流平均流速与流向有利于黄河入海泥沙向两侧输送。

清水沟流路河口潮流, 1976 年前在甜水沟沟口前潮流流速最大为 90 cm/s , 清水沟河口沙嘴突出于海中, 超过甜水沟沙嘴之后, 潮流流速不断增大, 1984 年海岸调查测到最大潮流流速为 187 cm/s , 比以前增大 1 倍, 并在沙嘴前端右侧形成高流速中心。

黄河三角洲沿岸流速场的特点是构成了流速等值线封闭式高流速辐射区, 最大流速值不紧靠岸边, 一般发生在海岸坡角附近。海岸坡度大、等深线密集的海区(如沙嘴前缘), 流速等值线分布密集, 说明流速分布与地形变化关系密切。海岸坡度越陡, 高流速位置距岸越近。在河道单一、水流集中、沙嘴突出、岸坡逐渐变陡的条件下, 口门与口外高流速区的距离缩短, 有利于把黄河泥沙输送到较远的海域。

3. 余流

在海洋中实际观测的流动总称海流。从海流中去掉周期性的潮流, 剩余的非周期性流动, 称余流。黄河口余流很复杂, 按产生的主导因素不同, 分为风生余流, 在黄河口附近海区是主要的, 分布范围广; 潮汐余流, 在海口强潮流区占主导地位; 径流余流, 主要发生在河口区, 尤其发生在洪水期; 另外还有环流、斜压流等。黄河河口表层余流都是风生余流, 流向主要取决于优势风向。据国家海洋局北海分局观测资料, 低层余流在 5 m 等深线以外主要流向东北, 余流流速一般在 20 cm/s 左右。余流的数值虽不大, 但由于在较长时间内流向不变, 在波浪、潮流等海洋动力因素共同作用下, 对黄河入海泥沙能起到长距离搬运的作用。

4. 波浪

根据五号桩沿岸水域观测资料, 黄河河口附近海区的波浪主要是风浪, 波浪的大小随风速大小而变化。强浪向为 NE, 次强浪向为 NNW, 常浪向为 S。该海区寒潮形成的波浪最大, 1985 年 11 月 22 ~ 23 日测得最大波高为 5.7 m , 周期为 9.0 s 。该海区寒潮每年一般自 10 月开始, 7 ~ 15 d 出现 1 次, 波高在 3 m 以上。台风海浪出现频率较小, 渤海平均 3 ~ 4 年 1 次, 最多一年 2 次, 1986 年测得波高为 4.2 m 。气旋每年出现 2 ~ 3 次, 最大波高为 2.1 m 。一般情况下波高不超过 1.5 m 。波浪侵入浅水区, 当水深为波高的 1.28 倍时, 波浪便发生破碎。根据中国科学院海洋研究所 1987 年 3 ~ 11 月在东营海港北水深 5 m 处的观测资料, 波浪玫瑰图如图 1-5 所示。

5. 温度、盐度分布变化

黄河三角洲附近海区的温度、盐度变化受海区的地理纬度、海岸形状、海底地形、气象气候及径流等影响, 具有季节性、径流性和年变幅大等三大特征。

春季(3 ~ 5 月), 气温上升, 海水处于吸热过程。表层水温日较差显著增大, 一般为

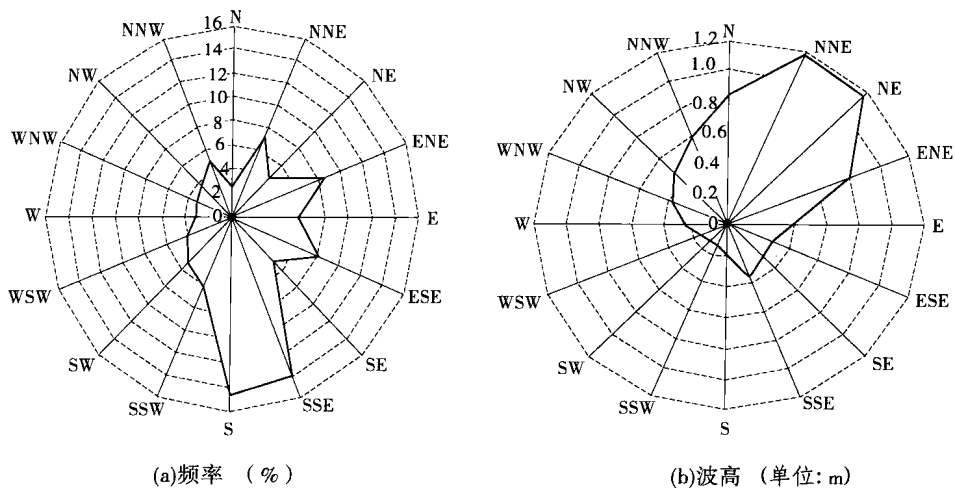


图 1-5 黄河河口波向分布玫瑰图

2℃,底层水温变化很小。5月开始出现温度跃层。注入渤海的淡水量有所增多,海水的盐度开始减小。

夏季(6~8月),气温上升至全年最高,径流量最大,表层水温变幅最大(日较差达3℃以上)。表层水温高,径流浮在上层,约5m水深出现上均匀层。在上均匀层下端一般有较大的温度梯度、盐度梯度,也就是较强的温度跃层、盐度跃层,起到阻止风浪、海流等扰动掺混的作用,不能向下层发展,而下层海水比较稳定,垂向分布仍比较均匀。因此,渤海区夏季海水在垂向上形成典型的三层结构模式。温度极大值出现在7月和8月,表层最大水温为25~26℃。随着海区水深的增大,下层极值出现时间逐渐错后,量值也逐渐减小。

盐度的垂向分布与温度相类似,跃层现象显著,年变化周期明显。由于7月和8月是黄河的伏汛期,入海径流量比较大,黄河口附近沿岸海域淡水堆积较多,因此盐度的日变化也比较明显,在离海岸约10km的测站,盐度的日较差为5‰,在离海岸约20km的测站,盐度的日较差为1‰~2‰,并且周期过程线为两高两低,与潮流的变化周期对应,表明这个海区盐度日较差主要受潮流的影响,同时在黄河口附近海域表层海水盐度还有趋向性变化,也表现了径流作用特征。

秋季(9~11月),水温下降,垂向对流混合活跃起来。海水温度日较差变小,为1~4℃,温度跃层消失,垂向趋于均匀。9月是黄河的秋汛期,但洪水量比伏汛期小,黄河水量已经处于减小阶段,10月入海径流量迅速减小。当渤海水与黄海水交换比较快时,渤海海区盐度应该开始增加,而实际上渤海水与黄海水交换得比较慢,一般情况下流出渤海的淡水量与径流量并不相等,而是淡水在海区内有一定的堆积现象。因此,渤海海区盐度最小值一般出现在9月,比黄河径流峰值推迟1~2个月。此季节表层最小盐度为16‰~29‰,其中三角洲岸边盐度为16‰,距河口海岸一定距离增大到29‰。在黄河丰水年份,29‰等盐度线可移动到渤海海峡附近。

冬季(12月~翌年2月),2月水温为全年最低,表层最低水温为-1~0.5℃。其日