

山东省“十一五”科技攻关计划项目

黄河三角洲国土防护 与生态修复技术研究

李殿魁 杨玉珍 程义吉 杨作升 王厚杰
刘高焕 杨晓阳 庄会江 黄 翀 等编著



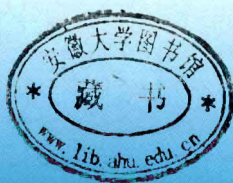
黄河水利出版社



山东省“十一五”科技攻关计划项目

黄河三角洲国土防护 与生态修复技术研究

李殿魁 杨玉珍 程义吉 杨作升 王厚杰
刘高焕 杨晓阳 庄会江 黄 翀 等编著



黄河水利出版社

内 容 提 要

本书是山东省“十一五”科技攻关计划项目的研究成果,主要是在已完成的国家“八五”科技攻关计划增列专题《延长黄河口清水沟流路行水年限的研究》和省“十五”科技攻关计划项目《巧用海动力输沙建设黄河口双道堤工程技术研究》的基础上,持续对黄河三角洲的国土淤蚀、生态演进、海况变迁、海岸防护等进行监测研究。前两个成果是研究如何在黄河河口前沿强化海动力、提高河口输沙能力、保证河口长期稳定;本成果则是研究如何在海岸带弱化海动力,促进泥沙沉降、维持岸线稳定、防治国土蚀退和恢复湿地生态,同时对利用渤海湾和莱州湾两大潮流系统的结合部强力输送黄河泥沙等进行了探索分析。

本书将为“黄河三角洲高效生态经济区”和“山东半岛蓝色经济区”两大国家战略的实施提供重大治理工程决策依据,亦可作为科研部门及大专院校师生的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

黄河三角洲国土防护与生态修复技术研究 / 李殿魁
等编著. — 郑州: 黄河水利出版社, 2013.1
ISBN 978-7-5509-0420-0

I. ①黄… II. ①李… III. ①黄河-三角洲-国土资源-
资源管理-研究 ②黄河-三角洲-生态恢复-研究
IV. ①F129.9 ②X321.252

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第015566号

组稿编辑: 王路平 电话: 0371-66022212 E-mail: hhslwlp@163.com

出版社: 黄河水利出版社 网址: www.yrep.com

地址: 河南省郑州市顺河路黄委会综合楼14层 邮编: 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: hhslcbs@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: 24

字数: 570千字

版次: 2013年1月第1版

插页: 2

印数: 1—1 100

印次: 2013年1月第1次印刷

定价: 120.00元



2010年9月11日黄河口TM遥感影像



2009年12月29日，山东省科技厅组织召开“黄河三角洲国土保护和生态修复技术研究科研项目鉴定会”。



山东省副省长贾万志（前中），省政协副主席赵玉兰（前右4），中国科学院院士、鉴定委员会主任胡敦欣（前左4），山东师范大学校长、鉴定委员会副主任赵彦修（前左3），清华大学教授、鉴定委员会副主任张红武（中排左5），省政协原副主席、项目组负责人李殿魁（前右3），省有关部门与东营市领导、全体专家、项目组部分研究人员合影。

项目承担单位与人员

项 目 名 称 黄河三角洲国土防护与生态修复技术研究

承 担 单 位 东营市黄河口泥沙研究所

黄河水利委员会黄河河口研究院

中国海洋大学河口海岸带研究所

中国科学院地理科学与资源研究所

项目总负责人 李殿魁

项目总论撰写 李殿魁

课题研究人员

第一课题 杨玉珍 庄会江 李宝文 于利涛 盖振宇

第二课题 程义吉 杨晓阳 陈声建 刘文斌

第三课题 杨作升 王厚杰 毕乃双 李志冰

第四课题 刘高焕 黄 翀 刘庆生

目 录

总 论	李殿魁 (1)
-----------	---------

第一课题 典型河口海岸带防护与生态修复工程技术研究

第1章 海岸带的概念、特征及研究理念的更新	(11)
1.1 海岸带的概念与特征	(11)
1.2 海岸带的开发历程与研究观念的转变	(14)
1.3 世界主要国家海岸带开发概况与研究	(16)
参考文献	(22)
第2章 河口海岸带的淤蚀及洪水管理	(23)
2.1 美洲典型海岸带——新奥尔良区域的飓风灾害与基线重建计划	(23)
2.2 典型欧洲国家海岸带防洪管理：以德法两国为例	(26)
2.3 典型海岸带成功治理的案例——荷兰莱茵河口海岸带管理	(29)
2.4 荷兰海岸带综合防洪——ComCoast计划	(36)
2.5 三角洲工程——荷兰综合防洪治理典型工程	(40)
参考文献	(43)
第3章 海岸带的侵蚀防护与管理	(44)
3.1 我国海岸侵蚀状况及原因分析	(44)
3.2 亚洲海岸侵蚀与管理：以我国台湾省为例	(47)
3.3 地中海海岸侵蚀与管理	(64)
3.4 波罗的海地区海岸侵蚀治理	(72)
3.5 北海海岸侵蚀管理	(76)
3.6 美国墨西哥湾地区海岸侵蚀管理	(80)
参考文献	(88)
第4章 河口海岸带生态系统的保护与修复	(89)
4.1 河口海岸带生态系统现状研究	(89)
4.2 河口海岸带生态系统退化机制分析	(91)
4.3 河口海岸带生态系统的恢复与重建	(93)
参考文献	(97)

第5章 典型河口海岸开发治理对黄河三角洲生态海岸建设的启示	(98)
5.1 海岸带环境变异对海岸资源可持续利用的影响	(98)
5.2 黄河三角洲海岸带的生态演化与侵蚀防护	(103)
5.3 实现河口海岸带生态环境协调有序发展的有效途径	(109)
5.4 建造黄河三角洲生态海岸的基本构想	(110)
参考文献	(111)

第二课题 黄河三角洲海岸带变迁、国土进蚀状况的研究

第6章 黄河三角洲自然概况	(112)
6.1 地理位置	(112)
6.2 黄河三角洲地形特征	(112)
6.3 黄河三角洲地貌类型	(113)
6.4 气象特征	(113)
6.5 黄河三角洲河流水系	(114)
6.6 黄河三角洲沉积模式	(114)
6.7 湿 地	(115)
6.8 河道情况	(116)
第7章 黄河三角洲海域海洋动力特征及输沙能力分析	(117)
7.1 黄河河口海洋动力特性	(117)
7.2 黄河口海洋动力的输沙作用	(124)
第8章 黄河三角洲海岸蚀退区、淤积区和稳定区划分	(127)
8.1 利用卫星遥感资料分析海岸线演变	(128)
8.2 黄河三角洲固定测量断面多年变化特征	(135)
8.3 黄河三角洲海岸剖面类型划分	(149)
第9章 黄河口刁口河流路的演变及海域冲淤变化	(154)
9.1 刁口河流路基本情况	(154)
9.2 刁口河流路时期河道及来水来沙情况	(158)
9.3 刁口河流路时期造陆情况	(170)
9.4 刁口河流路滨海区等深线变化	(174)
9.5 刁口河海域水下地形冲淤分布变化	(188)
9.6 利用不等时距GM (1,1) 模型预测刁口河岸线演变	(202)
9.7 刁口河流路海岸保持动态平衡所需沙量	(214)
第10章 黄河口清水沟流路演变及海域冲淤变化	(219)
10.1 清水沟流路不同等深线演变	(219)

10.2 黄河三角洲水下地形冲淤分布	(231)
10.3 黄河三角洲入海泥沙扩散动边界的确定	(256)
第11章 莱州湾海域冲淤变化	(260)
11.1 来沙情况分析	(260)
11.2 莱州湾海域冲淤演变	(260)
第12章 结 论	(264)
12.1 黄河三角洲海区海洋动力特征	(264)
12.2 海洋动力输沙作用	(264)
12.3 黄河三角洲海岸线演变特点	(264)
12.4 黄河三角洲海岸剖面类型划分	(265)
12.5 刁口河流路河口及海域冲淤变化	(265)
12.6 清水沟流路沿岸各断面演变特点	(266)
12.7 莱州湾海域冲淤变化特点	(266)
12.8 1855年以来黄河三角洲演变特征	(267)
参考文献	(267)

第三课题 巧用海动力输沙、建造新型海岸带工程技术研究

第13章 前 言	(269)
13.1 概 述	(269)
13.2 研究方案	(272)
第14章 黄河三角洲泥沙动力过程	(273)
14.1 现行河口区域泥沙动力过程	(273)
14.2 刁口三角洲区域泥沙动力过程	(282)
第15章 三角洲泥沙输运三维数值模型	(284)
15.1 模型简介	(284)
15.2 模型验证	(287)
第16章 数值模拟试验及工程效果对比	(294)
16.1 工程方案设计	(294)
16.2 方案1模拟结果	(295)
16.3 方案2模拟结果	(296)
第17章 莱州湾与渤海湾潮流系统的输沙效应	(299)
17.1 潮流系统输沙状况	(299)
17.2 强潮流带对黄河泥沙向东北方向输移的作用	(300)
第18章 主要结论	(304)

参考文献..... (305)

第四课题 海岸防护工程对黄河三角洲海岸带生态系统演变的影响

第19章 现代黄河三角洲海岸带景观生态格局	(306)
19.1 黄河三角洲海岸带景观分类系统	(306)
19.2 景观遥感信息提取	(309)
19.3 黄河三角洲海岸带景观格局分析	(313)
第20章 近20年来黄河三角洲海岸带生态系统演变	(320)
20.1 基于多时序遥感的海岸带地表覆被信息提取	(320)
20.2 近年来黄河三角洲海岸带景观生态过程分析	(320)
20.3 黄河三角洲海岸带景观生态演变的驱动因素	(327)
第21章 道路网络对黄河三角洲海岸带生态的影响	(330)
21.1 基于模型约束的多时相道路网络提取	(330)
21.2 道路边际景观格局变化及其生态过程分析	(337)
21.3 道路边际景观稳定性研究	(343)
21.4 道路边际景观分布格局与动态的主要生态过程	(345)
第22章 黄河三角洲海岸防护工程的生态效应	(349)
22.1 数据获取	(349)
22.2 数据处理	(352)
22.3 人工堤坝对土壤环境的影响	(357)
22.4 开放海岸与封闭海岸带区域景观生态效应	(364)
第23章 结 论	(369)
后 记	(371)

总 论

项目组总负责人 李殿魁

自1993年在东营市立项开展《根治黄河口的理论与实践与工程实践》系列课题研究以来,至今已历时20年,计开展了在国家和省科技部门立项的三大课题的研究。第一是在1994~2001年期间,开展了国家“八五”科技攻关计划增列专题《延长黄河口清水沟流路行水年限的研究》;第二是在2002~2006年期间,开展了山东省科技攻关计划项目《巧用海动力输沙建设黄河口双导堤工程技术研究》;第三就是本课题《黄河三角洲国土防护与生态修复技术研究》,起始于2007年,结束于2011年,也是山东省科技攻关计划项目,主要是在前两个重要研究成果的基础上,持续对黄河三角洲生态演进、国土淤蚀、环境变迁、海岸防护及为适应黄河三角洲高效生态经济区、山东半岛蓝色经济区发展建设应采取的工程措施等进行攻关研究。前两大课题是研究如何在黄河口前沿强化海动力,提高河口疏沙能力,保证河口长期稳定;本课题则是弱化海动力,促进泥沙沉降,维持海岸线稳定,防治国土蚀退流失,促进淤滩造陆,同时对利用渤海湾、莱州湾两大潮流系统的结合部强力输送黄河泥沙等问题进行探索分析。以上系列创新成果将为黄河三角洲百年历史发展提供顶层研究框架,为“黄”、“蓝”经济区建设的重大决策提供科学依据。

一、项目立项背景、目的及意义

列入“国家战略”的黄河三角洲高效生态经济区陆地总面积2.6万 km²,海岸线长度745 km,最大陆域纵深159 km,属于典型的河口海岸带沉积平原,因此从宏观意义上讲,黄河三角洲这一高效生态经济区属于一种海岸带经济。海岸带防护的内容应当包括:黄河口及黄河入海流路治理;为防护海岸蚀退、风暴潮侵蚀等自然灾害而建设的防潮坝体系;为保护和恢复湿地功能而实施的生态建设工程及工程后生态环境的优化、监测与评价等。

(一) 黄河入海流路由大摆动到长期稳定是黄河历史的最终选择

黄河和黄河三角洲历史发展的全过程,大体经历了古代黄河、近代黄河、现代黄河三个历史发展时期,相应形成了古代黄河三角洲、近代黄河三角洲和现代黄河三角洲。古代黄河三角洲以河南省巩义为顶点,北到天津,南到江苏射阳县,基本覆盖了整个黄淮海平原,总面积25万 km²;近代黄河三角洲以垦利县宁海为顶点,北到套尔河河口、南到小清河河口,共计5 400 km²;现代黄河三角洲以垦利县渔洼为顶点,北到刁口河河口,南到支脉河河口,国土面积3 000 km²。古代、近代、现代黄河三角洲的发展,反映出一个总的规律,新的黄河三角洲的形成,意味着原黄河摆动点的下移,原来的三角洲摆脱了黄河改道的干扰,就获得了社会经济发展的基础条件,发展速度自然加快。伴随近代黄河三角洲摆动点由宁海下移至渔洼,形成现代黄河三角

洲,也为近代黄河三角洲经济社会发展创造了条件,发展速度显著加快。其社会经济发展加快的共同原因是摆脱了黄河在黄河三角洲上频繁改道的干扰、促进了生产要素的有效组合。伴随黄河摆动点的下移,摆动范围越来越小,展示出黄河口长期稳定的发展前景。能否让黄河沿着这个正确的方向发展,达到黄河口入海路的长期稳定,为整个黄河三角洲可持续发展创造条件呢?我们治理稳定黄河口的实践和黄河三角洲的系列研究的理论成果圆满、深入、肯定地回答了这个问题。黄河三角洲前方的海域存在着输沙能力最强的M2分潮点,也称无潮区,这是黄河流路可以长期稳定的自然基本条件。只要我们正确认识和充分利用海动力输沙,让黄河口靠近海动力最强的渤海M2无潮区入海,并指向东北方向,黄河口就可以长期稳定。1988年人工治理稳定黄河口试验工程,我们采取了“截支强干,工程导流,疏浚破门,巧用潮汐,定向入海”的工程措施,达到河口畅、下游顺、全局稳的效果,实现了黄河口的初步稳定,并从黄河口和黄河口现行流路长期稳定出发,提出了“一主一副,双流定河,高位分洪,导堤入海”的黄河口流路科学安排,为黄河的长期稳定选定了正确的地点,指明了向东北发展的正确方向和切实有效的工程保障措施。

这一河口流路的科学安排是建立在黄河古代三角洲、近代三角洲和现代三角洲发展规律之上的。黄河的发展史表明,黄河天津流路、沧州流路、千乘(利津)以北的所有流路,均没有稳住;1228年宋末金兵南侵,开封留守杜充扒黄河御金兵,黄河南迁夺淮,从江苏注入黄海,黄淮合流,加重了皖苏水灾;黄河口距长江口近,长江口泥沙向北扩散,增加河口淤积,进一步加剧了治黄的困难。在明代黄河困境中孕育出一位伟大的治黄专家潘季驯,他提出了以淮治黄、蓄清刷黄、坚堤束水、以水攻沙、卑堤分洪等一系列开创性的治黄措施,并努力付诸实践,有效延长了黄河在徐淮流路的行水年限。但终因这条流路违背黄河的自然规律和社会规律,治理难度越来越大,至清乾隆年间,黄河水灾矛盾已十分尖锐,名臣孙家淦上书,建议黄河重回山东流路,明确指出:“山东北有大清之畅,南有泰山之固,天造地设,无有善于此者。”但清庭不做决策,黄河遂于1855年自行改道山东,破运、夺大清河于利津铁门关入海。显然,山东千乘以南的流路也没有稳定。

黄河山东千乘流路是汉代王景早在公元69年就选定的流路,至今是历史上行水时间最长的流路。史书载:“王景治黄,千年无河患,为隋唐盛世的出现奠定了基础。”现代科技治黄的先行者李仪祉先生给予高度评价:“王景治黄,必有大规划。”我们黄河三角洲的系列研究,最终揭示了黄河千乘流路过去行水时间长、当代更可以长期稳定的根本原因。

近代和现代黄河三角洲发展的历史,更加清楚地展示出黄河必然由摆动走向长期稳定的规律,近代黄河三角洲自然摆动范围北到套尔河口,南到小清河河口,在144年间大扇面往复摆动10次;而在宁海向东北方向的延长线上,刁口河流路和清水沟流路不到 45° 的夹角中行水6次,占整个行水时间的73.68%,清楚地反映河口发展的总趋势是逐步稳定在现行清水沟流路海域。

现代海动力研究的成果表明,黄河三角洲的前沿存在着渤海湾潮流和莱州湾的分潮区,即无潮区。其机理在于来自大连附近老铁山水道逆时针旋转的渤海湾北潮流与

来自登州水道顺时针旋转的南潮流在黄河三角洲前沿相会，因时相异步、此起彼伏，相互抵消了潮位而成为潮差小、流速大的强力输沙区，让黄河口在该区入海并向东北方向发展，是利用渤海湾、莱州湾两大海流交汇区形成的巨大海动力多向强能输沙的基本条件。从1988年选定这一河口入海方向以来的实践证明，只要采取必要的辅助措施，完全可以利用海动力冲刷掉黄河口的泥沙，保持河口的长期稳定。1996年进一步优化黄河口流路从清8改汉点指向东北方向，使渤海湾、莱州湾协调分输黄河口泥沙，并使渤海东北方向的风暴潮和风暴激流发挥最大的输沙作用，有效阻止了黄河口流路的延长，黄河西河口至口门的长度一直在58 km左右，延伸与蚀退交替进行，清楚地展示出现行黄河口长期稳定的美好前景。可以预见，只要把《巧用海动力建设黄河口双导堤工程技术研究》课题成果落到实处，建起黄河口双导堤至4 m水深以外海域，一定可以实现黄河口长期稳定的目标。

传统治黄观点认为，黄河泥沙多，决定了河口淤积、延伸、摆动、改道的“规律”。其实不然，是因为传统治黄不能正确认识和充分利用海动力输沙，在河口不治的情况下，河口入海地点不当，发展方向错误，才导致了河口和流路的反复摆动。因为长期的统计和调水调沙的试验，都证明即使在丰水期黄河水沙量大、造陆速率快的条件下，只要让黄河稳定在东北方向而且落实导流、疏浚等配套工程措施，仍然可以实现黄河入海流路的长期稳定。

黄河流路自1855年改道山东的实践和黄河三角洲系列课题的深入研究，清楚地说明，这次大改道带来了黄河的科技回归，现代科学技术的运用将使黄河的频繁摆动、洪灾遍地成为历史，将使黄河口稳定安澜、利国利民成为常态，因而可以说这是黄河发展历史的最后一次大改道。对此，政治上腐败、经济和科技落后的清末和民国不认识是当然的；新中国成立初期，治水尚无经验的情况下不认识是可以理解的。但在新中国成立60多年后，在黄河口的科学研究成果已取得重大突破并已得到工程治理验证，已得到李鹏、朱镕基、温家宝三届总理的肯定，得到陈俊生、田纪云、姜春云、温家宝四任防总的肯定和支持，并且得到钱正英、杨振怀、钮茂生三届水利部部长的肯定和支持；在黄委已得到亢崇仁、綦连安两届主任和总工的支持；在国际上也得到广泛的理解和支持，1994年联合国开发计划署住北京首席代表亚瑟·贺尔康来东营考察，明确指出“利用海动力把黄河口稳住，对世界大河的治理都有重大示范意义！”在这一背景下，仍对运用科技治黄、长期稳定黄河入海流路的可行性和重大意义不认识，则是违背“与时俱进”的时代潮流、滞碍正确决策之举了！

（二）在20世纪80年代取得固定黄河口、长期稳定黄河现行流路的科技突破，适应了现代生产力迅速发展和根治黄河的时代需要

自1978年党的十一届三中全会推动改革开放以来，现代生产力石油工业的代表胜利油田活跃起来，响亮地提出了“建设第二个大庆，献给开国四十周年”的口号，引起了党中央的重视，山东省为了加强对胜利油田的支援，于1983年10月成立东营市，胜利油田的发展和东营建市都与黄河口的摆动发生了尖锐的矛盾。那时水利部、黄河水利委员会对黄河口的指导思想仍是黄河口摆动论，认为黄河口十年一摆动是不可改变的“规律”。黄河口在1976年由刁口河流路改为清水沟流路，至1986年已经十年，

黄河口已到了改道的“周期”时段，黄河自1985年连续出现水灾，特别是1987年一年两灾，夏季发生 $1\,700\text{ m}^3/\text{s}$ 洪灾，冬季发生 $230\text{ m}^3/\text{s}$ 凌灾。每次水灾都造成河口油田大面积停产，都要请济南军区动用空军直升机抢救石油工人。黄河口摆动对胜利油田的生产造成严重干扰。从东营讲，新成立的东营市急需确定建市的地点，但黄河主管部门认为东营市所提出的建市地点都是黄河未来预备流路的预留区，使东营市各级领导班子长期蜗居在胜利宾馆里。在这种情况下，稳定黄河入海流路成为胜利油田和东营市的共同要求。

这时黄河口的形势越来越严峻，又赶上气象部门预测1988年是丰水年。在这种情况下，水利部、石油部、黄委形成共识，下达红头文件，要求黄河口1988年改道走北汉，当时的黄委副主任杨庆安专程来东营落实。这个文件遭到胜利油田的坚决抵制，因为按文件要求黄河口改道北汉，将冲毁国家投资18亿元刚刚建成的年产500万t的孤东油田，严重危害年产300万t的孤岛油田的安全，并直冲黄河海港，即后来的东营港。在这种情况下，我说服黄委杨庆安副主任，请求通过人工治理，继续稳定使用清水沟流路。杨庆安深入实际，作风民主，从善如流，倾听基层的正确意见，并支持我们以海动力治理河口的创新观点，于是东营市政府于1988年开始了黄河三角洲国土开发试验和黄河口人工治理试验两项工程。这两项工程的成功，为国家最终批复《黄河三角洲高效生态经济区发展规划》奠定了基础。2008年国家发改委会常务副主任杜鹰同志来山东考查时，明确指出：“山东解决了黄河口稳定问题，为国家解决了一个天大的难题。”

（三）黄河三角洲系列研究形成了黄河治理“三约束”理论的基本框架，为科技治黄提供了宏观理论依据

我们在研究稳定黄河口的过程中，逐步发现黄河的运动受到三大因素的制约，河道及两岸大堤是硬约束，河滩植被是软约束，即生物约束，以及海动力、地转流克氏力的牵引性约束。这三大约束在河口的表现最为清楚完整。当黄河在河口失去堤防约束时，河道进入滩区很容易散乱；当黄河漫滩、在河滩植被的约束下，洪水流速明显减慢，而沉沙明显加快，产生淤滩刷槽的效果；当河流向东流入大海后，立刻受到海流和克氏力的双重影响，逐步向南偏移。显然，这三大要素决定黄河口的流势、流向和整体状态。由此我们引进能量平衡理论，概括治黄的本质，就是优化、强化“三约束”，使黄河在任何时空条件下，约束能量都大于黄河洪水的能量，黄河就处于安全状态。否则，黄河洪水就会在其薄弱环节的区段冲破约束而发生水灾。

黄河的能量是由流量、比降、流速、河道宽度、河道的曲率状况五大因素决定的，而流量是由每个河段的汇水面积、瞬时暴雨强度和地势决定的。在漫长的历史过程中，黄河下游选择了上宽下窄的整体结构，符合黄河下游的实际，但个别卡口太窄，像艾山卡口，只有273 m，应按冻口466 m、利津460 m卡口的宽度优化，使黄河下游三卡口大体平衡；有的河段河道大堤转向急，应按适当半径内切圆的方式，实现平顺转向。整个黄河下游堤防体系应根据中常水窄河行水、坚堤束水、宽滩滞洪、委堤护滩、格堤制横的原则优化河道和堤防体系。

据以上理论，我国根治黄河的全过程，要经过“稳定流路、优化河势、增水复

航”三大阶段。在山东省委、省政府的支持下，在水利部、黄委的关心指导下，东营市于1988年开始人工治理、稳定黄河口取得成功，从理论与实践的结合上创造了“固住河口”的山东经验，为根治黄河，推进“优化河势、增水复航”的进程创造了条件。因此，彻底抛弃黄河口摆动论、黄河口改道、黄河悬河不可逾越论，沿着“三约束”理论和根治黄河三步走的正确方向发展，根治黄河的任务一定会在本世纪中期即新中国建国百年大庆时完成。

二、主要做法及项目完成情况

黄河三角洲系列研究的第一个项目《延长黄河口清水沟流路行水年限的研究》，从理论上解决了黄河口稳定的关键在于正确认识和充分利用海动力输沙的问题；第二个项目《巧用海动力建设黄河口双导堤工程技术研究》，解决了建设长期稳定黄河口双导堤保障工程的有关技术问题；本项目要解决黄河口在长期稳定的条件下，黄河三角洲今后百年发展的总趋势及其建造生态海岸应该建设的工程保障体系问题。项目分为以下四个课题。

（一）典型河口海岸带防护与生态修复工程技术研究

我国海岸带特别是黄河三角洲海岸带的研究、开发虽已取得多方面的成就，但开发总体程度还很低，研究的系统集成水准不高，与发达国家相比差距很大，因此科学考察研究当今世界典型性海岸带的治理和开发经验，对于黄河三角洲海岸带的国土防护和生态修复，乃至对于我国漫长海岸带的开发与管理，都具有重要的借鉴和指导意义。

（1）阐述了海岸带的概念、特征，解释了海岸带开发历程与研究理念的更新，介绍了世界主要国家海岸带开发研究概况，从而为全面系统汲取发达国家海岸带管理的主要经验做了基础性研究。

（2）鉴于河口海岸带在整个海岸带系统中所占据的重要地位，分别选取美国的密西西比河河口海岸带、德法两国的主要河口海岸带作为美洲和欧洲海岸带的典型，对其防洪管理做了深入研究。考虑到荷兰在世界著名河口与海岸带治理中取得的显著成效，又从其河口海岸带管理、综合防洪计划以及三角洲工程三个方面进行了研究探讨，为黄河三角洲海岸保护与治理提供借鉴。

（3）对海岸带的侵蚀防护与管理进行了研究。课题分析了我国海岸带侵蚀状况及原因，接着分别以我国台湾省以及地中海、波罗的海、北海及墨西哥湾为例，介绍了世界各地在侵蚀防护与管理方面所采取的措施及取得的成效。海岸带的淤积侵蚀和过度开发利用最终将导致生态系统的退化，课题对世界各地海岸带生态系统研究现状进行了梳理，并对生态系统退化机制进行了分析。重点研究了典型河口海岸带开发治理对黄河三角洲生态海岸带建设的示范意义，提出了实现河口海岸带生态环境协调有序发展的有效途径，为今后黄河三角洲的“生态海岸”建设提出了基本构想。

（二）黄河三角洲海岸线变迁、国土变化状况的研究

黄河河口是黄河来水来沙的承泄区域，自然状态下为弱潮、多沙和堆积性河口，尾闾摆动频繁。自1976年黄河人工改道清水沟以来，流路单一，沙嘴突出东北方向，植被生态良性发展，而长期未行河的刁口河等流路，已是海岸蚀退、植被稀疏。

课题首先介绍了黄河三角洲地理位置、地形地貌、河道水系、沉积模式、动植物分布等特征,并对与黄河入海泥沙输移扩散密切相关黄河三角洲海域的潮汐、潮流、余流、波浪、风暴潮等海洋动力条件进行了特性分析,研究了其对入海泥沙输移的影响。海洋动力本身是一个统一体,无法将各种动力分离开来。泥沙的输送运移是各种海洋动力综合作用的结果。

课题通过对卫星遥感资料、海域流场调查资料、水沙资料、海域地形资料等的信息提取、对比分析,运用ENVI、SURFER等软件技术进行演算,分析清水沟流路拦门沙的发育演变过程、黄河三角洲海岸线的淤蚀变化、滨海区海底地形的冲淤变化、不同等深线演变特点等,寻求黄河入海水沙与海岸线演变之间的关系。

课题根据黄河三角洲口门海岸线的冲淤性质对海岸线进行分类,并对海岸类型的转换进行了研究。把黄河三角洲沿岸岸线进行划分,分别对刁口河流路行水期间和停水后的河道及口门附近岸线、黄河改走清水沟流路后入海口门附近岸线及广利河附近岸线的演变过程进行了分析,得出黄河入海泥沙的沉积、输移、扩散受黄河入海水沙、海洋动力因子、海岸带地形及人类活动等多种因素共同作用,表现为滩海剖面、海域地形及海域海底质的变化,是一个比较复杂的过程。

课题最后利用不等时距的灰色系统模型,对刁口河岸线变化进行预测分析;利用海滩剖面塑造的中立线理论来确定现行黄河入海泥沙扩散的动态边界。

(三) 巧用海动力输沙、建设生态海岸带工程技术研究

黄河为我国第二大河,是世界知名的高含沙量河流,以水少沙多、水沙异源、时空分布不均匀等特征而著称。1855年黄河入海流路由黄海改道渤海,大量泥沙在渤海沉积,三角洲快速向海淤进。然而,近几十年来,受流域人类活动的影响,黄河入海泥沙锐减,由过去的10亿t/a减低至1.5亿t/a,入海泥沙供应不足,导致三角洲整体向陆蚀退。而1976年黄河尾闾河道改道清水沟后,刁口三角洲叶瓣由向海淤进迅速逆转为向陆蚀退,海岸侵蚀对三角洲国土资源防护和生态环境保护提出了重大的挑战。

本课题在前期针对黄河清水沟流路稳定和海动力输沙的研究工作基础上,进一步阐明了黄河三角洲海域泥沙沉积动力过程的时空分布特征,不仅与每年的来沙量有关,而更重要的是与黄河入海点的选择和发展方向有关,选择从M2无潮点南侧入海并向东北方向发展,输沙效果最好,可以实现黄河口的长期稳定。这是因为M2无潮点海平面最低,渤海湾、莱州湾潮位的变化有利于河口泥沙的多向扩散;向东北方向发展,河口迎着多发的东北风,从大海吹向河口的海水无泥沙,而返回的海水多泥沙,加大了河口的疏沙能力。因此,选择清水沟流路从M2无潮点南侧入海,向东北方向发展是正确的。1996年把清水沟流路发展方向从清8调整至东北方向后,至今河口流路单一、顺直,河道稳定,充分证明以上分析是正确的。

本课题对近年来黄河入海水沙发生重大变化情况下的河口沉积动力过程和地貌演变进行了全面分析;在此基础上,选择海岸蚀退典型的刁口三角洲叶瓣区,采用三维水动力泥沙输运模型,研究不同海岸防护措施对海域泥沙输运过程和海底冲淤分布格局的影响。

研究结果表明,数值模拟结果能够反映该区域水动力场和悬浮泥沙浓度分布特

征,研究发现刁口河三角洲区域存在着由东营港向西延伸的沿岸带状冲刷区,这与该区域的强潮流场以及强风浪作用相对应,得到卫星遥感资料和历年实测冲淤结果的印证。在设置离岸防护丁坝后,局部流场有明显变化,并引起悬浮泥沙浓度的变化,丁坝附近的冲淤分布在空间上不均匀,形成堤头冲刷、内侧淤积的分布形态;丁坝的防护区形成淤积并减弱海岸侵蚀。当缩短丁坝长度、加大坝头宽度后,丁坝对海岸侵蚀的防护效应增强,丁坝防护区的淤积区和淤积厚度增大,防护效果明显增强。

两种工程方案防护效果的对比表明,不同几何参数的丁坝作用下区域的冲淤分布有显著的差异,在通过工程措施进行三角洲国土防护时,需要综合考虑防护效果和工程造价,优化工程设计和方案,并对不同方案的防护效果进行评估。

根据大量卫星遥感数据和站位实测数据,莱州湾潮流系统和渤海湾潮流系统相融汇的海域已形成黄河口外流场中最强的输沙带。据两套数据的融合判读,环流系统与卫片有很好的对应关系。夏季渤海南部存在5个主要漩涡系统,三山岛附近两个;黄河口南北两个;黄河口东面开阔水域一个,这是莱州湾中最重要的一个,向辽东半岛延伸的高浓度泥沙带由它引起,它从渤海海峡流来,到黄河口前面转向北,将口门前高浓度泥沙带向5号桩海区,到5号桩附近与渤海东向余流相遇,然后继续向东北向流去,形成带走高浓度泥沙的水体。这一研究成果,将为黄河入海泥沙找到一条稳定的运移通道。这对于真正实现黄河口的长期稳定具有非常重大的意义。但尚需布局大量的实地数据采集和试验观察工作予以进一步验证。至于莱州湾与渤海湾之间的强流带同过去专家论证的5号桩以外的无潮区和强流带属何种关系,是否因现黄河口沙嘴向东北方向的延伸越来越超过5号桩前突的位置,从而引起渤海湾、莱州湾两大潮流系统相交汇的挟沙区亦从5号桩以东向现黄河口以外海域转移,并合成一个强潮流输沙带;这一形势变化是否亦导致无潮点位置的南移,这些均应在下一步通过更深入的试验与研究予以确认。

(四) 海岸防护工程对黄河三角洲海岸带生态系统演变的影响

由于河口海岸带脆弱的生态系统本底,海岸防护工程实施对区域生态环境演化的影响复杂而深远,必须加强对海岸防护工程实施前后区域景观及生态变化的监测与预测,为海岸带防护工程实施的生态效益评估奠定基础,并进一步为海岸带综合管理提供技术支撑。本研究集成地面采样调查、遥感(RS)、地理信息系统(GIS)、景观信息分析等技术对黄河三角洲海岸带景观生态演变的时空特征、道路及堤坝工程的生态影响进行综合模拟与预测。取得以下主要成果:

(1) 以景观生态学原理为基础,在RS和GIS技术支持下,分析了1986~2006年间黄河三角洲海岸带湿地的景观格局变化,获得了不同海岸湿地类型的演化规律,结合近20年来黄河三角洲自然环境及社会经济的发展特点对海岸带演化进行了驱动力分析。

(2) 通过对不同道路堤坝类型、不同缓冲区范围和不同景观类别的动态演变特征分析表明,道路堤坝边际景观的演变规律受道路发展过程、道路功能差异和区域发展背景的影响。人类对道路边际景观的开发利用短期内降低了景观的多样性,增加了景观的破碎化,造成了自然湿地景观的减少,使景观边界形状趋于规则化发展。提出