



HUANGHE JINDAI HEKOU YANBIAN JIBEN GUI LÜ
YU WENDING RUHAI LIULU ZHILI

黄河近代河口演变基本规律 与稳定入海流路治理

李泽刚 著



黄河水利出版社

黄河水利委员会治黄著作出版资金资助出版图书

黄河近代河口演变基本规律 与稳定入海流路治理

李泽刚 著

黄河水利出版社

内 容 提 要

本书系统论述了黄河近代河口演变的基本规律,提出稳定河口入海流路的治理对策。全书共分八章,其中第一章,绪论;第二章,黄河口自然地理概况;第三章,黄河口水文(包括陆地和海洋)物理特性;第四章至第六章是黄河口河道、河口拦门沙以及三角洲海岸的形成与演变;第七章,黄河入海泥沙扩散;第八章,稳定黄河口入海流路治理。

采用实测资料分析与数学模型计算相结合及相应图表论证,有许多创新点。本书适合于水利、海洋、地貌等专业的广大科技工作者、工程师,以及黄河管理、政府部门领导阅读,还可作为大专院校教学和师生参考书。

图书在版编目(CIP)数据

黄河近代河口演变基本规律与稳定入海流路治理 / 李泽刚
著. — 郑州:黄河水利出版社, 2006. 3
ISBN 7-80621-981-1

I. 黄… II. 李… III. ①黄河—河口—河道演变—研究
②黄河—河口—河道整治—研究 IV. TV882.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 143946 号

出 版 社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路 11 号 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940 传真:0371-66022620

E-mail:yrp@public.zz.ha.cn

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:13.25

字数:306 千字

印数:1—1 000

版次:2006 年 3 月第 1 版

印次:2006 年 3 月第 1 次印刷

书号:ISBN 7-80621-981-1/TV·428

定价:35.00 元

序

黄河素以多沙闻名于世,尾间河道多变和三角洲向海推展迅速,在河口三角洲塑造中很具典型,在河口治理中,亦属难治的河口。新中国成立之初,农牧业得到发展;油田大面开发后,黄河三角洲经济飞跃,而河流入海流路的人工改道却受到限制。因此,如何稳定入海流路,便成为河口治理中一个新的问题。为了解决这样一个新问题,就需要对复杂多变的河口进行系统的调查研究,从机理上探索其演变的原因,在此基础上探索其治理的思想。黄河水利委员会有关专家做了大量工作,取得了大量第一手资料和分析研究成果。本书作者以其多年研究水库、河道泥沙的功底,和物理海洋的深厚知识,通过近 30 年的系统研究,特别是参加近期两次流路规划,主持国家“八五”科技攻关项目中的“河口近期演变规律及发展趋势预测”课题,使他在河口潮汐、潮流、拦门沙、入海泥沙扩散、河道演变、稳定流路治理等方面完成了全系统的研究,在此基础上编辑成《黄河近代河口演变基本规律与稳定入海流路治理》专著。对于这样一个复杂多变的河口治理,提出了稳定入海流路治理的思想,是非常难能可贵的,这对多沙河流的黄河河口治理是一个非常重要的贡献。

本书有下列突出的特点:

(1)系统性鲜明。本书依次阐述了黄河河口段河道的形成和演变、拦门沙的形成和演变、三角洲海岸的形成与演变、入海泥沙扩散规律、河口治理对策。内容丰富,条理清晰;分析细致,层层深入。

(2)科学性强。本书有许多图表,这些图表是作者多年研究黄河河口的结晶,体现了他本人的学术风格。对每一个问题总是使用图表进行论证,一丝不苟。而且,这些图表基本上都是他自己动手做的,因此认识问题的规律比较准确。本书具备了野外资料丰富、理论联系实际、说服力强等特点,也证明了“实践出真知”的科学内涵。

(3)有创新性。作者接受以往的河口研究知识,但不受其束缚,勤于思考,勇于创新。20 世纪 80 年代初就总结出黄河口潮汐、潮流分布规律,至今一直被人们所采用;河口沙嘴突出延伸后,河口流场强化,并形成新的高流速中心,也是他先做出来的,为黄河口稳定流路规划提供了技术支撑;在黄河三角洲海岸演变方面,论证了“此淤彼冲”的动态变化,即行水的河口海岸段淤进,不行水的海岸段蚀退规律;在黄河口拦门沙研究中,论证了三个流量级($Q < 1\,000\text{m}^3/\text{s}$, $1\,000\text{m}^3/\text{s} \leq Q \leq 2\,000\text{m}^3/\text{s}$, $Q > 2\,000\text{m}^3/\text{s}$)条件下,滞流点将分别处于河道内、拦门沙顶、拦门沙前缘的位置变化,第一次清楚地揭示了黄河口拦门沙区双向动力平衡条件变化及泥沙运动;明确提出了稳定河口流路治理的关键是河道,河道变坏的主要原因是河口门出汉向上游发展,因此提出河口段河道的治理,一定要防止出汉发展,同时治理拦门沙,限制河口海岸淤积外延,以便维持河口段河道的窄深河槽,增加河道的稳定性,为河口防洪安全提供保证;在入海泥沙扩散方面,经过实测资料分析和数学模型计算,提出了 80% 入海泥沙沉积在河口门两侧 20km 范围内,90%~95% 的入海泥沙

沉积在 40km 范围之内,距河口门 25km 以外多为漂移泥沙,一般不产生有效淤积,垂直于海岸的扩散距离一般小于 15km 的论断等。

作者提出的稳定河口入海流路治理对策明确指出,关键是建设河口(在流路改道点附近)水沙控制工程,要将河口治理与水沙资源综合利用结合起来,控制河口海岸淤积延伸,调整水沙入海过程,使行水河口海岸处于动态平衡。小于 $3\,000\text{m}^3/\text{s}$ 流量的水沙分走刁口河入海,给三角洲北岸补充泥沙,为黄河以北大片的荒碱地改良提供条件;大于 $3\,000\text{m}^3/\text{s}$ 流量的水走清水沟,将造成河道冲刷,维持窄深河槽,维持河道过洪能力。这是稳定黄河口入海流路的系统工程,目标是既消除河口淤积对下游的反馈影响,又支持了三角洲经济的可持续发展,这是一个科学的、先进的黄河口综合治理措施。

本书虽然是个人的学术专著,但内容丰富,并具有很好的系统性、科学性和先进性,这本书的出版将对黄河口的研究与稳定流路治理产生深远的影响。

中国工程院院士:

陈吉余
2004年10月

前 言

黄河是世界上著名的多沙河流,河口为弱潮强堆积性,河口演变剧烈,历史流路频繁变迁,造成三角洲荒芜的景象。随着三角洲油田大规模开采,三角洲经济迅速发展起来,人工流路改道受到限制,河口治理力度不断加大,稳定河口流路研究逐渐成为主导方向。稳定流路的关键是河道,因此详细研究了黄河口河道的形成和演变。

河口是河流与海洋交汇处,河口学是边缘性学科。从河流动力与海洋动力相互作用,研究河口演变,物理图形比较清晰。河流动力方面主要考虑了径流量,海洋动力因素较多,潮汐、潮流、波浪以及海水物理特性等,对这些水文要素的时空变化,作者都进行了比较详细的分析。同时,考虑双向动力作用,应用实测资料分析与数值模型相结合的方法,研究了河口段河道、拦门沙、河口海岸演变以及入海泥沙扩散。在研究黄河口治理问题的过程中,重视理论联系实际,接受以往研究的知识,但走自己的探索道路,在成果中体现了有所发现、有所认识、有所进步、有所创新,阐明河口演变规律清楚,受到河口管理部门和地方政府的欢迎。由于这些研究成果描述的是基本规律性认识,对黄河河口治理研究不仅具有现实意义,而且具有深远的历史意义,因此进行了全面的总结。

本书内容主要是汇集作者在黄河口方面的研究成果,尽量避免重复,按自然顺序系统整理了黄河口水文物理特性、河口段河道的形成与演变、拦门沙的形成与演变、河口海岸动态演变以及入海泥沙扩散规律等方面的问题。为了分析问题有据,本书中收录了大量图表资料,同时为了便于查找原始出处,每章后面的参考文献中附有作者发表的论文及研究报告,供读者查阅,了解初始思想以及许多规律性认识的提出过程。

关于稳定河口流路的治理问题,作者在研究河口演变基本规律的基础上,提出相对长期稳定黄河口入海流路的综合治理措施:建设西河口(流路改道点)水沙控制工程,实现将河口治理与水沙资源综合利用结合起来,使行水河口海岸处于冲淤动态平衡,达到消除河口淤积延伸对黄河下游河道的反馈影响和支持黄河三角洲经济可持续发展双重目标。经分析论证认为,这是解决黄河口问题现实、有效的对策。

陈吉余院士是中国著名河口学家,德高望重,为本书写了序,阐述了本书的特点。张永昌高级工程师详细审阅了初稿,刘月兰、张俊华、钱意颖和齐璞四位教授级高级工程师进行了二次审阅,本书的出版得到黄委出版资金委专家的大力支持,他们都提出过宝贵的意见,在此一并表示真诚的感谢。

本书是对黄河口的系统研究,取得了一些新进展,但是由于黄河口问题的复杂性,涉及资料分析计算比较多,难免有认识不足之处,敬请读者批评指正。

目 录

序

陈吉余

前 言

第一章 绪 论	(1)
第二章 黄河口自然地理概况	(10)
第一节 黄河三角洲的地形与植被	(10)
第二节 渤海水下地形与黄河三角洲海岸	(11)
第三节 黄河三角洲的气象与气候	(12)
第四节 渤海沿岸径流	(14)
第五节 海底沉积物特征	(14)
第三章 黄河口水文物理特性	(16)
第一节 黄河入海径流	(16)
第二节 黄河口海洋水文特征	(21)
第三节 黄河口附近海域海水物理特征	(36)
第四节 黄河三角洲沿岸冲淡水	(43)
第四章 黄河口河道的形成与演变	(48)
第一节 黄河口流路的自然改道	(48)
第二节 黄河口流路的人工改道	(51)
第三节 黄河口流路河道的形成	(56)
第四节 黄河口流路河道的演变	(60)
第五节 黄河口流路河道的稳定特性	(70)
第六节 黄河口流路河道的出汉衰亡	(77)
第五章 黄河口拦门沙的形成与演变	(83)
第一节 黄河口拦门沙的地貌特征	(83)
第二节 拦门沙河段的水文泥沙特性	(87)
第三节 黄河口拦门沙的形成	(95)
第四节 黄河口拦门沙的演变	(103)
第六章 黄河三角洲海岸的形成与演变	(108)
第一节 黄河入海泥沙分配	(108)
第二节 河口淤积延伸	(110)
第三节 河口延伸的反馈淤积影响范围	(117)
第四节 黄河三角洲海岸的发育	(124)
第五节 黄河行水河口海岸的淤进	(126)

第六节 黄河三角洲海岸的蚀退·····	(128)
第七章 黄河入海泥沙扩散·····	(133)
第一节 黄河三角洲沿岸流场·····	(133)
第二节 黄河口潮流场数值模拟·····	(139)
第三节 黄河入海泥沙扩散·····	(145)
第四节 黄河入海泥沙扩散数值模拟·····	(150)
第五节 黄河入海泥沙扩散的淤积影响范围·····	(154)
第八章 稳定黄河口入海流路治理·····	(164)
第一节 黄河口水沙变化及治理现状·····	(164)
第二节 建设西河口水沙控制工程·····	(167)
第三节 河口段河道整治工程·····	(172)
第四节 黄河口的拦门沙治理·····	(180)
第五节 小 结·····	(189)
结 语·····	(192)
附 录:黄河口系列卫片(1975~1999 年) ·····	(197)

第一章 绪 论

一、黄河的近代河口

黄河是多沙河流,黄河下游河床淤积较高,是世界著名的“地上悬河”。河道稳定性差,自禹河第一次改道(公元前 602 年)至 1938 年的 2 540 年间,黄河下游河道大变迁 6 次。河口门摆动影响,北到天津海河口,南夺淮河入黄海,小的改道 1 590 多次,沧海变桑田,形成以郑州为顶点的三角洲面积约 25 万 km^2 ,称黄河古河口三角洲。1855 年 8 月,黄河在河南省兰考县铜瓦厢决口,夺大清河经山东利津注入渤海,是黄河第 6 次大改道(除去 1938 年花园口扒口 1947 年又恢复的 10 年),我们称为近代河口。近代黄河口,至 1976 年发生在宁海村以下的流路小的改道 50 多次,大的改道 9 次,形成面积约 6 000 km^2 的近代三角洲。

新中国成立前,近代三角洲荒芜人烟,流路自由摆动改道;新中国成立后,政府重视三角洲经济开发,进行了移民,建立了渤海农场、林场和军马场,三角洲的农、林、牧业得到初步发展。自从 1961 年 4 月三角洲上打成第一口原油探井,1962 年 9 月 23 日打成日产原油 555t 的第二口高产探井,1964 年 1 月 25 日,黄河三角洲地区石油开展大会战,拉开了黄河三角洲经济大发展的序幕。到 20 世纪 80 年代,达到年产原油 3 000 多万 t,建成中国第二大油田——胜利油田。石油工业带动了道路、电力、电讯和相关产业的兴起,打下了建设现代化工业的基础。黄河三角洲矿产资源丰富,土地资源潜力大,占据了环渤海经济圈的区位优势,1983 年,东营市的成立,使三角洲经济可持续发展更具有广阔的发展前景。由于石油工业是东营市的支柱产业,而胜利油田的大部分油田都分布于三角洲前缘、河口沙嘴及海岸带地区,经常受黄河洪水的威胁及流路改道频繁的影响,故三角洲经济发展与洪水灾害的矛盾日趋剧烈。

三角洲经济的发展促进了黄河口的科学研究。近代黄河口研究大约分为两个阶段:第一阶段是 20 世纪 50~70 年代,1952 年黄河水利委员会(简称黄委)建立河口水文试验站,在取得野外观测资料的基础上,全面分析黄河口流路的基本情况和演变规律,研究河口淤积、延伸、改道对下游的影响;第二阶段是 80 年代以后,油田扩展到整个三角洲地区,流路的自然演变(包括人工改道)受到限制,稳定河口流路成为大势所趋。因此,河口流路变迁研究转变成为如何保持黄河口有一个良好的人海通道,综合研究影响河口流路稳定的河道变化规律。

二、黄河口基本规律研究

河口是河流与海洋的交汇处,河口学是边缘科学,河口研究是涉及河流动力学、海洋动力学、气象学、地理学、地质地貌学、生物学及化学等多种学科的综合领域。河口的分类方法很多,黄河口按地理学分类,称为三角洲型河口。因为黄河入海沙量大,河口海岸淤

积延伸快,河道演变剧烈,入海流路自然变迁频繁,影响三角洲经济发展和下游防洪安全,因此黄河口的研究不同于河口湾型河口。研究的主要问题是河口淤积、河口河道演变、河口海岸演变、入海泥沙扩散规律以及河流、海洋的动力环境、水沙综合利用等。

黄河口基本情况和基本规律研究包括以下几部分。

(一)黄河口的自然环境

河口的自然环境包括三角洲陆地和海域两部分。沿三角洲海岸的气象站覆盖了整个河口区的气象特征。三角洲陆地的自然景观、地面形态和植被是我们特别关注的问题。海域部分应该考虑海域地理环境和海洋水文物理特征。河口区的自然环境分两部分阐述,但实际上是一个整体,互相作用,互相影响。三角洲与海域地理特征部分都放在第二章中说明,此处仅讲一下海洋水文物理方面的问题。

(1)海洋水文。海洋水文包括潮汐、海流、海浪动力特性及海水物理性质,这些要素的分布、变化规律都是海洋的动力结构形式,与河口泥沙运动、河口海岸淤积形态等都有密切的关系,直接影响着河口治理规划,因此是河口研究的重要内容。

(2)黄河口潮汐。黄河口的潮汐很复杂,其原因:一是河口门位置不固定,摆动于三角洲整个沿岸范围;二是河口潮汐类型复杂,三角洲沿岸的中部是全日潮,而莱州湾沿岸和渤海湾沿岸则都是混合半日潮。显然,一句话说不清黄河口门的潮汐状况,但是,我们做出了黄河三角洲沿岸潮汐分布,即潮差、潮位的沿岸分布呈“马鞍形”特征,不管河口门摆动到什么地方,都可以判别出潮汐对河口的影响情况。

(3)海域潮流场。要研究黄河口,就必须了解黄河三角洲附近海域潮流场。首先,我们同样做出该海域潮流的等流速线的分布,可以发现,以 M_2 分潮“无潮点”区是一个高流速中心系统,由于中心流速高,向四周流速低,物理学上称为辐散现象,在此我们称之为辐散潮流场。其次,在清水沟河口沙嘴突出海中后,河口外也出现一个高流速中心系统,经对历史上河口沙嘴形成时期流场的研究发现,它们都有类似的高流速场,证明这是一个普遍的规律。第三,同时研究这些高流场的分布,还发现流速等值线都是封闭式的,从而揭开了黄河口的动力场结构,如果把这个特征流场与河口延伸结合起来,可以发现黄河河口延伸,流速等值线加密,河口门到高流速中心的距离在缩短,对于入海泥沙扩散是一件具有重要现实意义的事。

(4)黄河口外波浪。黄河口外的波浪都是风浪,黄河三角洲海岸是淤泥质,海浪对海岸具有强烈的侵蚀作用,为此我们研究了波高、波能的沿岸分布。一个基本的认识是,由于渤海是东北西南方向狭长的海区,东北风最大,三角洲的东北角风浪也最高,向两个海湾里,波高较小,显然,得到渤海的波高在三角洲沿岸附近的分布是一种中部高而两边低的分布规律。

(5)黄河口海域的温度、盐度和密度场。这也是一个普通海洋学的课题,在研究黄河口的时候也不能轻视,因为它的分布和变化都是海水运动的结果,只要知道了这些海洋水文要素的分布特征,也就可以知道黄河水沙的去向。由于渤海沿岸每年都有许多径流注入,形成沿岸冲淡水系,特别是黄河年径流量很大,在黄河口局部海域大量堆积,主要集中在莱州湾,造成该海区海水密度南部低、北部高、等密度面南高北低的形式。将这种动力结构形式与渤海的逆时针环流结合起来,很自然发现黄河汛期的水沙去向。同时,由于夏

季海水的温度、盐度跃层发达,为黄河水大范围扩散创造了有利条件。

(二)黄河河口段的河道

对黄河河口段河道的研究归结起来有两种不同的思路和方法:一种是宏观的研究流路演变,一种是微观着眼于河口段河道演变,侧重于河道动力要素的研究,目标是设法维持一个良好的入海通道,从而实现稳定河口流路,适应于黄河三角洲经济的可持续发展。

我们着眼于河道,侧重于河道的形成和演变,了解河道的历史和现在,然后根据生产发展要求探讨未来。我们发现,黄河口历史流路的改道都是黄河汛期决口、凌汛期决口或者人为扒口造成的,证明了历史流路的频繁变迁,平均十来年改道一次是不正常的。显然,这些都是外因,是河道的一种破坏现象,如果人们将河道维护好,流路的寿命是可以延长的。

影响流路寿命的关键是河道。河道像人一样,有生长期、壮年期和衰亡期。黄河口河道形成的特点,是淤积成河,而不是下切成河。由于历史流路的寿命短,河道各个阶段的发育过程都能显现出来,这给人们一个很快能在原型河道上认识造床过程的机会。相应于河道过程的三个阶段是河道散乱游荡—单股—出汉散乱。其中单股河道是个好河道,除河口门附近 20km 变动性比较强外,大部分河段河道的稳定性比较好,而且河槽的泄洪能力比较大,具有大水冲刷、小水淤积的冲淤特性,河槽断面形态与河道、水流动力要素有良好的函数关系,是一条很好的入海河道,证明了单股河道是稳定流路治理的基础。

维持单股河道的寿命,最重要的问题是关注河道的破坏性过程。在河道的发育期,河道散乱,多股河道不断地自上而下归并,这是河道的建设过程;单股河道出汉,并且不断地摆动出汉向上游发展,汉股沟道越来越多,这就是河道的破坏过程。单股河道在形成后,水沙集中于河槽下泄,洪水漫滩是以槽满而溢的形式。水流横向漫流时,河道两岸滩唇自然堤得到发育。由于黄河是多沙河流,河床不断地淤高,逐渐形成靠滩唇束缚洪水的形势,河道的稳定性减弱。与此同时,单股河槽形成之初,河道是顺直的,随着时间的推移,河道不断地向弯曲发展,河道坐弯势必塌掉滩唇,降低局部河岸高程,实际上是降低了河道的过洪能力,为下次再来洪水漫流冲决创造了条件。实践证明,稳定的上段河道,一旦出汉发展,河道就进入散乱的衰亡阶段。

研究黄河口,我们强调研究河道,关键是认识河道的特性。黄河口的问题很复杂,但我们要抓主要矛盾,河道就是延长流路寿命的主要矛盾,其主要矛盾方面就是河道的出汉问题,防止河道出汉发展,就可以维护河道的稳定。

(三)黄河口的拦门沙

拦门沙是河口的一种地貌单元,位于河道的最下端,它的高程的高低直接影响着河流泄洪排沙、河口及河口段河道演变。黄河是多沙河流,拦门沙淤积严重,形成紧堵河口门的沙岗,它是研究河口段河道演变不可分割的组成部分。对黄河口的拦门沙研究,主要侧重于拦门沙的形成、演变及其影响。

河口拦门沙的形成,研究的方法很多,如从动力学、海水化学、生物学等方面的研究,我们主要是从动力学的角度加以研究。黄河拦门沙的形成,是黄河水流挟带大量泥沙入海,在河流动力与海洋动力双向动力平衡位置——滞流点附近沉积下来,形成沙滩、沙坝以及多口门分流的河口形式。

黄河口的拦门沙演变具有明显的季节性,一般是在黄河洪水期淤进,枯水期蚀退。与此同时,黄河汛期洪水流量大,滞流点被推到拦门沙前缘,拦门沙高程将冲刷降低,而非汛期河水流量小,海洋动力相对增强,滞流点进入河道,河床淤积加重,河道内出现众多沙洲。因此,翌年汛期第一场洪水,河口门往往摆动,从而形成复式拦门沙淤积体,以及河口门摆动淤积延伸的特性。

拦门沙之所以能够产生影响,其主要原因是拦门沙的高程淤积较高和由此造成的多口门入海形式。因为拦门沙位于潮间河道尖灭处,拦门沙坝紧堵着河道口门,多口门分流形式加重了河口淤积,促使其分汊向上游发展。黄河口的分汊越多,淤积就越严重,从而分汊也就更多,这是一种恶性循环。同时,出汊不断地向上游发展,最后将导致高潮线以上出汊,稳定河段的河道演变加剧,此时将对河口段的防洪带来严重威胁。显然,拦门沙是河口淤积得以溯源发展的起点,是河道分汊发展的起点,是河口段河道演变加剧、衰亡的主要矛盾的焦点,因此它是河口治理研究十分重要的组成部分。

(四)黄河口的海岸

河口海岸研究着重于海岸,并且应该考虑整个三角洲海岸,包括行水河口直接影响的部分海岸与不通流的海岸两部分。由于黄河是多沙河流,海岸是淤泥质,河口门经常变动,海岸的演变趋势总是具有双向性,即行河口海岸淤进与不行河海岸段蚀退交替进行。

黄河三角洲海岸是淤泥质,但是它十分曲折。其主要原因是,黄河大量入海沙量的60%以上集中沉积在河口门附近,造成河口海岸的不断外延,形成河口沙嘴形海岸。由于黄河口历史变迁频繁,在三角洲海岸上遗留下许多故河口残余沙嘴,因此构成曲折的海岸,这正是发育中的黄河三角洲海岸的一个特点。

黄河三角洲在自然发育过程中,三角洲发育的基本形式是河口沙嘴淤积延伸。由于河口门经常变迁,而每一个新河口门总是处于凹海岸,随着行河时间的延长,河口由凹海岸逐渐发育成凸海岸,超过原故河口沙嘴。同时,河口沙嘴是交错的延伸,从而形成沙嘴叠覆式,三角洲面积不断地扩展过程。

河口淤积延伸对黄河下游的影响范围一直是河口研究的重要问题。据近口段河道纵剖面的形成具有沿程淤积与溯源淤积的双向性,从对流路改道及河口段河道冲淤演变的不同事件的分析证明,双向作用的交汇点距河口门80km。这个结果是在流路不断的改道条件下得到的,今后如果实施长期稳定河口流路,反馈影响问题可能有所不同。

黄河三角洲是淤泥质海岸,不行河的海岸段在海洋动力的作用下,海岸处于侵蚀后退状态之中。近代三角洲海岸线长约200km,行河口海岸淤积影响宽度平均约40km,其余的160km海岸段没有陆源泥沙补充,海岸经常处于侵蚀状态。行河口海岸淤积延伸,不行河的海岸段侵蚀后退,整个三角洲海岸处于此淤彼冲的演变过程之中。

从大的方面讲,河口海岸的演变只有淤进和蚀退两种形式,对这两种形式的影响都应该是一分为二的。河口海岸淤积外延,河道长度增加,河床比降变平,水流速度降低,这些都加重了河道淤积,加剧了河道演变,从而造成了河口段及其近口河段防洪形势的紧张;同时,河口淤积延伸,河口海岸将变陡,河口门附近海域流场强化,入海泥沙扩散量增大,又起到减少河口淤积量、减缓河口延伸、延长流路寿命的作用。海岸的蚀退,可减短河道的长度,减轻河口淤积的反馈影响,同时,蚀退使岸坡变缓、流场强度减弱、沿岸输沙能力

减弱、入海泥沙淤积在河口的量增大。发育中的三角洲海岸是双向动力平衡的产物,每一种变动都包含着两个相反的方面,因此对河口海岸延伸与后退的影响问题都应该综合起来考虑,以便真正做到除害兴利。

(五)黄河口的泥沙运动

河道、河口及河岸的演变形态都是水流与河床相互作用的结果,但是总是要以泥沙为纽带,通过泥沙运动来实现。因此,对泥沙运动规律的研究是深入认识黄河口问题的基础。

河口是河流与海洋的交汇处,有河道和海洋两种不同性质的运动,河口的泥沙运动很复杂。河道泥沙运动是沿河道方向的单向输移,流量的大小,河道的纵剖面 and 横断面形态起着主要作用,这一部分在河流动力学中已经有系统的阐述,在此不再赘述。

探索黄河入海泥沙扩散,主要探索两方面问题,一是在海域的有效淤积量和范围,二是漂移泥沙的去向。影响泥沙扩散的因素很多,如河水流量、河口形态、河口位置、潮汐潮流、咸淡水混合、风浪、温度、盐度及时间等,归结起来是动力环境,是河流动力和海洋动力与海况结合的综合环境。

研究入海泥沙扩散有三种方法,一是野外实测资料分析,二是数学模型计算,三是物理模型试验(目前黄河口实体模型还未建成)。主要依据是:黄委河口水文试验站、山东省黄河口海岸带调查以及中科院海洋研究所和山东省水产研究所等,取得并积累的浅海地形、海底质、潮汐潮流、风浪、泥沙及大面温度和盐度等资料。通过对海域地形变化,海底质、矿物质、含沙量等分布分析,结合数学模型计算,基本上可以定性地确定黄河入海泥沙扩散的有效沉积范围,以及漂移泥沙的去向。黄河入海泥沙,在河口门两侧各 10km 范围内沉积 80%,20km 范围内沉积 90%~95%,距河口门 25km 以外多为漂移泥沙,垂直于海岸的方向扩散范围较小,一般在 15km 范围之内。

入海泥沙扩散的沉积图形是沿岸范围大,垂直海岸范围小,类似于潮流椭圆。因此,黄河入海泥沙扩散的动力主要是潮流,同时叠加有其他非周期性因素的影响,如径流、风浪沿岸流、冲淡水在河口附近大量堆积等,这些都在某种程度上起着增大泥沙扩散范围的作用。

三、黄河口治理研究的发展

(一)黄河口的治理与三角洲经济发展

黄河口的治理是为生产服务的,反过来三角洲经济的发展也促进了河口治理,并且随着经济的发展不断得到提高。

(1)1953 年进行了小口子村附近裁弯取直,三沟(甜水沟、宋春荣沟、神仙沟)并汉,神仙沟独流入海;1964 年罗家屋子破堤分凌,都起到一定的便利生产和减灾的作用。但是,临时的破堤改道不能解决根本的矛盾,因此于 1967 年 9 月洪水期,黄河口出现异常高水位,6 980m³/s 洪水位比 1958 年 10 400m³/s 的水位还高 0.76m,三角洲上洪水横溢,水淹河口区油田,不仅影响生产,造成巨大经济损失,而且引起国家的高度重视,从此进入黄河口流路的计划安排时期。

(2)油田是国家的大型企业,流路的计划安排主要是围绕保护油田开发与生产。于

1967年洪水过后,国家组织了120名水利专家,对河口情况进行了大查勘,深入了解刁口河流路河道状况。查勘后认为,河道淤积严重,已近行河晚年,为争取主动,应另辟新路。于同年11月提出6条预备流路的方案,其中清水沟是第一承接流路,因为它是近20年河口摆动范围内惟一遗留的空白区,可行河3~5年或更长时间,配合堤防工程,适当降低尾闾洪水位,可以满足油田提出的“确保重点地区开发,兼顾友邻地区开发,照顾勘探地区”的要求。

(3)为了确保油田和保证下游防洪安全,国家从长远出发,要求对黄河口治理提出一个10~20年的规划方案。于是1968年4月份组织了由中科院地理所、地化所、海洋所、水科院,及黄河有关部门等30多个单位的250名专家组成的查勘队,对黄河口再次进行了全面调查和资料分析,于同年7月提出河口治理规划,其中《黄河河口计划改道安排意见》是黄河口第一个流路规划,提出刁口河—清水沟—小岛河—干草窝子组合方案,估计走河20年左右。

(4)规划做好后,不一定能够如期执行,其主要原因是,油田发展情况的变化比较快,人们对黄河口流路演变认识不断深入,故还要不断地修改计划。以下举例说明计划为油田让路,以及治理思路的发展。

例1:小岛河地区打了4口探井,发现是优质油田,又提出一个近期安排设想,即清水沟地区地势低洼,受洪水威胁,海潮侵袭严重,石油部门在1969年汛前将清水沟地区的石油勘探清楚,汛期将河口暂时改道清水沟,以便将这个地区淤高,为石油开发创造条件,3~5年后,根据淤高的情况和油田资源的勘探情况及开发需要,再改回刁口河。

例2:1968年由于神仙沟附近发现油田,胜利油田提出延长北大堤,以保护孤岛油田的要求,并提出截流改道(清水沟)方案。因孤岛油田西部油井距河只有1km,东部油井离海边很近,若不实施截流改道,汛期如遇 $8\,000\sim 9\,000\text{m}^3/\text{s}$ 大洪水威胁胜利油田时,还要开放清水沟分洪,那时油田将出现四面被水包围的局面,截流改道是必要的。

例3:1969年胜利油田又提出,为了确保孤岛油田1971年按期建成投产,要求1973年前暂不改道清水沟。

例4:按计划积极准备改道清水沟,但据对刁口河的调查资料分析,又认为河道单一,两岸滩坎明显,除罗4、罗7断面较浅外,水深都较深,海域条件也较好,现行河道并没有进入晚期,不需要立即改道,并提出要充分利用老河道行洪,到十分必要时再运行新河道行洪,初步确定新河道(清水沟)运用标准为西河口水位10m(约相当于当地流量 $9\,000\text{m}^3/\text{s}$)。当预报西河口水位和流量达到或超过此指标时,根据当时上、下游具体情况,报请国务院批准使用清水沟。

例5:到1972年,刁口河的河道已延长28km,推算西河口 $10\,000\text{m}^3/\text{s}$ 流量水位10.2m,估算结果超过了改道标准,因为汛期两次向东出汉,1973年河道情况有所好转,没有进行改道,但是到1974年又有两次向西出汉,对埕东油田造成严重威胁,终于在1975年,因刁口河的出汉发展情况,于1976年汛期到来之前实施了截流改道清水沟。

(5)黄河流路安排计划不断被打破,其重要的原因是,1982年以后,胜利油田的产量不断增长,特别是在滨海和浅海区连续发现新油田,使胜利油田在我国石油工业中的地位越来越重要。随着胜利油田的大发展,1983年成立东营市,对河口治理提出更高的要求,

清水沟流路要求稳定 30~50 年。此后开始了延长流路行河年限的研究,1984 年黄委编制的“流路规划意见”中,清水沟与十八户流路合并方案行河 20 年,同年在清水沟流路口门北部新淤积土地上开发了储量丰富的孤东油田,为保护油田建设安全,1985 年上半年胜利油田在其周围修筑了围堤,占地 72km^2 ,南北方向减少行洪宽度 9km,为了保护孤岛、五号桩、桩西等油田,北大堤按四段以上黄河大堤的标准($11\,000\text{m}^3/\text{s}$ 流量水位超高 2.1m)加高加固。

(6)随着胜利油田的大发展,水电部比较客观地分析了黄河口流路安排中的问题,1985 年在《关于黄河口治理与石油开发意见》中明确指出:由于油田不断地扩大开采范围,过去入海流路淤积、延伸、摆动改道的自然发展趋势受到了极大的限制。特别是原来排洪、排沙最佳海域神仙沟口两侧海岸,先后发现了五号桩、桩西、孤东等大型油田后,河口已经不能再按防洪减淤要求选择较佳流路。但流路固定,河口不断淤积延伸,势必加速下游河床抬高,影响整个黄河下游防洪安全,对油田本身安全极为不利。在这个大前提下,由于新问题不断出现,要加强河口地区(包括海域)的综合研究,作出既有利于行河,又有利于油田开发的全面规划是非常必要的。于是黄委 1989 年完成“黄河入海流路规划”,在西河口设防水位不超过 12m,安排几次分汊,扩大海域堆沙范围,减缓河口淤积延伸速率情况下,清水沟流路可行河 30 年,若西河口设防水位提高到 13m,行河年限可达到 50 年,1992 年国家计委批准了该规划,此后各方一直遵照治理,尽量延长清水沟流路使用年限。

实践证明,黄河口流路的规划与安排,不断地为油田开发让路,最后油田发展几乎占满了整个三角洲(见图 1-1),然而为了给黄河口出路,规划中始终留出预备流路,但是,我们应该清醒地认识到一个事实,那就是,仅考虑黄河下游安全而破堤自由改道的时代已经过去,只有同时兼顾三角洲经济发展和黄河下游安全两个方面,才是万全之策。

(二)稳定黄河口入海流路是必然趋势

黄河口的研究最终要落实到河口治理上,尤其是要落实到稳定河口流路的科学治理上。

首先,由于黄河入海的输沙量大部分沉积在河口门附近,造成泄流不畅,口门摆动剧烈,历史流路自然变迁,三角洲荒芜人烟;实施人工流路改道措施后,发展农业,油田开采,仍然经常遭受洪水、冰凌的威胁,这样就制约了三角洲资源开发和经济持续发展。因此,胜利油田要求河口流路稳定,要求黄河口有一个良好的入海通道。社会的稳定是国家经济发展的前提,河口流路的稳定是三角洲经济发展的必要环境,稳定流路应是现代黄河口治理的方向。

其次,稳定流路是大势所趋。以上述及,胜利油田的大发展,油井已经布满了整个三角洲,除预留的刁口河流路范围内不让建设永久性建筑物外,已经没有任意选择的余地,因此不得不研究如何延长流路寿命,如何长时期稳定河口流路。

第三,稳定河口流路是给黄河最好的出路。流路改道是给黄河找出路,稳定流路应该说是给黄河找更好的出路。因为,流路不断地改道,只考虑了减轻河口淤积对黄河下游的影响,而稳定流路则不仅要减轻对黄河下游的影响,而且还要保护三角洲经济的可持续发展。从河口治理的角度看,前者属于初级阶段,后者是提高到了新的水平。

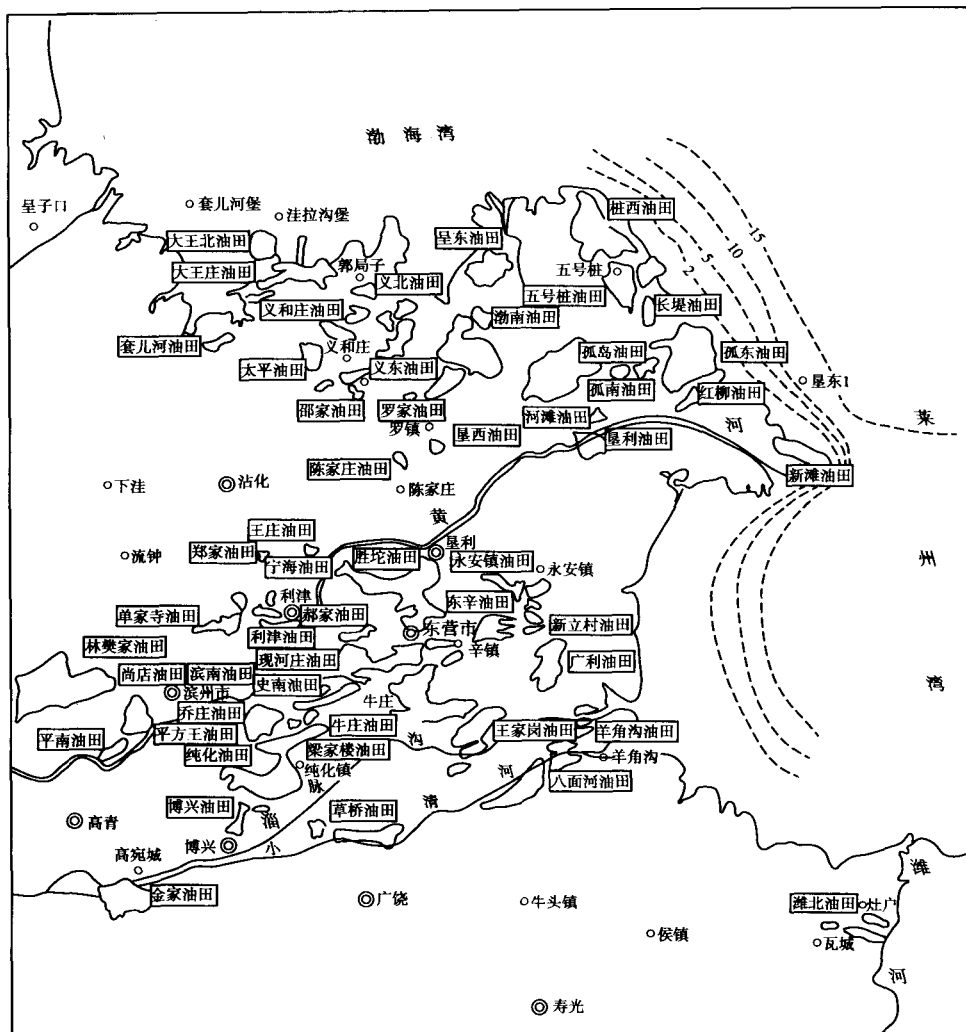


图 1-1 黄河三角洲油田分布(1961~1987 年)

第四,稳定河口治理的关键在于着眼河口段河道的治理。历史上流路自由变迁太频繁,使人们缺乏河口段河道的基本概念,要稳定河口流路,一定要治理好河道,也只有让黄河口有一个良好的人海通道,黄河口流路才能稳定。

第五,稳定黄河口流路的治理是个系统工程。应该考虑河道、河口、海岸兼顾治理,三角洲土地改良、土地资源和水沙资源综合利用等,河口及三角洲的综合治理。黄河口治理水平已经随着三角洲经济的发展而不断提高,流路的改道由初级的破堤改道发展到截流改道,20世纪80年代以后,又进行了延长流路的行河年限规划,90年代以后要进一步稳定河口流路,研究更长期的稳定河口流路,甚至是长期稳定河口流路问题。

稳定河口流路的治理途径很多,如侯国本的“挖沙降河”方法:在利津至河口门河段,年挖沙量3亿~7亿t,造成溯源冲刷,降低黄河下游河床高程,同时减少入海泥沙;尹学

良的“大小水分流”方法:“黄河河槽冲淤流量分界线约为 $1\,800\text{m}^3/\text{s}$,严重淤积流量级 $600\sim 1\,400\text{m}^3/\text{s}$,黄河下游两岸需水量大,引水能力强,配合两岸引水,调节小水流量,达到改造河道、河口的目的”;牟玉玮的“分洪放淤,减少入海泥沙”;山东黄河河务局的“加强堤防及河道整治,延长流路行河年限”;李殿魁的“一主一辅,双流定河,高位分洪,导堤入海”等方法,都可以改造河口形势,降低河口淤积延伸速率,延长流路的行河年限。

另外,作者在研究基本规律的基础上提出“建设黄河口水沙控制工程,稳定河口入海流路”,想要从根本上解决黄河口的问题,利用现代化工程,把进入河口地区的水沙控制起来,人为科学调度进入河口地区水沙的去向,把可能淤积在行水流路河口的多余泥沙调到三角洲需要去的地方,使行河流路的河口海岸处于冲淤动态平衡,从而实现长期稳定黄河口入海流路。

稳定黄河口入海流路,从科研的角度讲,已经提出了科学的方法,至于方案的研究与选择,那是政府行为,应以人民的最大利益而决定。

参 考 文 献

- [1] 叶青超,杨毅芬.试论黄河下游人工改道问题.见:当代治黄论坛.北京:科学出版社,1990
- [2] 黄万里.论分流策治理黄河并淤灌黄淮海平原.见:当代治黄论坛.北京:科学出版社,1990
- [3] 侯国本.黄河之治必自河口始.海岸工程,2000(4)
- [4] 尹学良.调度小水 改造河性 根治黄河.见:当代治黄论坛.北京:科学出版社,1990
- [5] 牟玉玮.搞好河道整治造成三级河槽 利用河口地区处理泥沙.见:当代治黄论坛.北京:科学出版社,1990
- [6] 李殿魁.黄河口治理与“三约束”理论.见:黄河河口问题及治理对策研讨会专家论坛.郑州:黄河水利出版社,2003
- [7] 丁六逸.黄河河口治理与规划工作述要.见:黄河史志资料.黄河志总编辑室《黄河史志资料》编辑部,1991(2)
- [8] 关于延长黄河河口现行流路使用年限的技术咨询报告.山东黄河河务局规划设计室,1986.9