

水沙变异条件下黄河口演变与治理研究动态及建议

张治昊¹, 吉祖稳¹, 戴清¹, 李延波², 聂莉莉²

(1. 中国水利水电科学研究院, 北京 100044; 2. 黄河河口管理局, 山东 东营 257091)

摘要 在回顾黄河口演变与治理研究历史的基础上,系统阐述黄河口水沙条件、尾间河道演变、拦门沙演变、滨海区海洋动力、河口对下游河道的反馈影响的研究现状。针对水沙变异条件下黄河口演变的新情况,总结黄河口演变与治理研究思路,提出了黄河口演变与治理研究中亟待解决的课题,试图为科学治理黄河口提供技术支撑。
关键词 黄河口; 河口演变规律; 河口治理
中图分类号 TV882.1 **文献标识码** A **文章编号** 1006-764X(2007)S2-0063-04

黄河口以其多沙、海洋动力弱、河口改道频繁和淤积延伸的特点闻名于世,是海岸带陆海相互作用非常活跃的区域。长期以来,黄河口的研究和治理工作得到了国家的高度重视,取得了长足的发展。现行的黄河口清水沟流路在人工治理的有利条件下,已安澜行水 30 年。20 世纪 80 年代后,由于受黄河流域自然气候变化和人类活动的影响,黄河口来水来沙急剧减少,河口频繁发生断流,而 1999 年小浪底水库的蓄水运用、2002 年南水北调工程的启动、黄土高原大规模水保工程的实施,都会使进入黄河口的水沙条件发生相应变化。伴随着新的水沙条件,河口演变出现了一系列新的问题,如黄河三角洲侵蚀凸显,岸滩蚀退加剧,尾间河道淤积萎缩;“小水大灾”现象严重,生态环境恶化趋势等。面对新变化的水沙环境,河口治理要引入“维持黄河健康生命”的新概念,研究在如何服从治黄大局、满足河口防汛安全的前提下,兼顾河口地区经济发展和生态环境保护的需求,实现人与自然和谐相处。因此,回顾黄河口研究的历史,系统掌握黄河口研究现状,针对新的水沙条件下黄河口演变的新情况,理清黄河口演变与治理研究思路,对于促进黄河三角洲经济持续发展具有重要的现实意义。

1 黄河口演变与治理研究回顾

北宋时期,黄河走北路入渤海,为抵御外侵、发展生产,当时比较重视利用黄河水系发展漕运和灌

溉农田。其间,欧阳修和苏辙均在奏折中论述了黄河口淤积及其影响的问题。南宋和明清时期,黄河走南路入东海。为了漕运和社会稳定,许多治河专家在其著作中都论述过黄河口问题,如潘季驯的《河防一览》,万恭的《治河筌蹄》等等,论述内容涵盖了黄河口的特性、演变规律、河口治理措施等诸多方面。清末和民国时期,黄河走现行河道入渤海,由于社会动荡、军阀混战,黄河口研究几乎没有进展。

1949 年新中国成立后,黄河口研究有了很大的进步,主要表现为:①研究的课题不断拓宽。从黄河口演变的基本规律、河口潮汐与海洋动力特性等基础领域的研究,到河口治理措施、河口流路的行河年限等应用领域的研究,再到河口水资源和生态环境等生产实际的难点问题的研究^[1-4],人们对黄河口研究的视野逐渐拓宽。②研究手段的走向多样化和先进化。从常规的水文观测资料分析,到卫星遥感、GPS、声光仪器、数学模型、实体模型等高新技术与传统技术的结合,研究手段不断丰富、不断提高。

2 黄河口演变与治理研究现状

2.1 来水来沙条件

《黄河口演变规律及整治》对黄河口水沙条件进行了研究:①对黄河口 3 条流路水沙条件进行了对比分析,得出水沙变化的两个特征:第一,从神仙沟至钓口河再至清水沟,利津站多年平均水量、沙量和汛期水量、沙量都是递减的;第二,神仙沟、钓口河两

个时期水、沙量较多,清水沟时期水、沙量大幅度减少。②分析了清水沟流路的水沙特征:第一,水沙分配不均匀,非汛期出现了严重的断流现象;第二,来水来沙过程具有明显的阶段性——1976~1985年水沙量较丰,1986年进入了枯水枯沙系列。③统计了黄河口3条流路的洪水特征,与神仙沟、钓口河两个时期相比,清水沟时期汛期洪峰出现的次数和峰量明显减少。④分析了清水沟时期水沙减少的原因。黄河口水沙的减少除了与自然因素有关外,还与人类活动密切相关。

2.2 尾间河道演变

1965年由武汉水利水电学院、前左站和黄河水利委员会水科所合作的“黄河河口基本情况及基本规律初步报告”,提出了黄河口演变的“大循环”概念,在此基础上,黄河水利委员会水科所又提出了“小循环”的概念,具体结论是:一般一条尾间河道在其发展过程中,平面河型的演变要经历改道初期的游荡散乱—归股—中期的单一顺直—弯曲—后期的出汊摆动—出汊点上提—再改道游荡散乱的循环过程。《黄河口演变规律及整治》对1976年后尾间河道的演变进行了研究,取得了如下成果:①依据河道冲淤变化特征,将清水沟流路演变分为3个阶段:1976年6月到1979年5月,为淤积成槽阶段;1979年5月到1984年5月,为冲刷扩展阶段;1984年5月到1993年5月,为淤积抬高阶段。②分析出尾间河道同流量水位总是呈近口段比降小,河口段比降大,纵剖面呈上凸形。③分析了尾间河道1976~1993年主槽宽度、深度、过水面积、宽深比的发展变化,得出尾间河道横断面形态调整具有明显的大水冲刷、小水淤积规律,建立了尾间河道宽深比与水流能量的关系式:

$$\frac{\sqrt{B}}{H} = k_n \left(\frac{\sqrt{B_{i-1}}}{H_{i-1}} \right)^{0.23} \left(\frac{B_{i-1}}{QJ} \right)^{0.23} \quad (1)$$

④描述了尾间河道萎缩现象,1986年以后,由于连续枯水年份,河槽萎缩成过水面积只有1000m²左右的“枯水型河槽”。

2.3 拦门沙演变

曾庆华、张世奇、胡春宏等^[5]对黄河口拦门沙演变有全面深入的研究,取得了如下成果:①研究了拦门沙区水沙特征,阐述了拦门沙口门外的潮汐特征、潮流特征、余流特征。通过分析解译卫星图片,探求了河口泥沙输移扩散入海的途径。②研究了拦门沙平面形态、纵横剖面形态的演变。拦门沙纵剖面演变的总趋势是不断向海里推进的,横剖面变化特征是随着淤积体向深海延伸,横剖面越来越尖细。③概化得出拦门沙演变模式。将拦门沙区纵向演变分

为逆坡段、顶坡段、陡坡段、缓坡段,分析了各段的动力特征和形成机理,拦门沙区横向演变模式呈梯形。④分析了拦门沙演变的影响因素与演变机理,指出拦门沙区的流速、含沙量、泥沙粒径与拦门沙演变关系密切。利用一个潮周期内拦门沙区泥沙微观运动的理论分析,精辟阐述了拦门沙的演变机理。

2.4 滨海区海洋动力条件

黄河口滨海区海洋动力条件是黄河口的下边界条件,近些年,水利、海洋学者们对滨海区海洋动力特性进行了诸多研究,在许多问题上达成共识:①黄河口滨海区海洋动力因素有潮汐、海流、海浪、环流、倾斜流等。②大洋潮波进入渤海后,入射波与反射波在黄河口附近交汇形成M2分潮“无潮点”,其位置在神仙沟口外,潮流速在该区最强。③黄河口沿岸潮差呈“马鞍形”分布,以神仙沟口外潮差最小,平均0.4~0.8m。④潮汐对黄河口影响范围为15~30km,潮汐对河口水流顶托作用与盐水楔密切相关。

2.5 河口演变对下游河道的反馈影响

河口淤积延伸改道对黄河下游河道有反馈影响是大家公认的,但反馈影响程度、形式是一个颇具争议的问题。王恺忱^[6]认为:河口淤积延伸是下游河道长期不能平衡的直接原因,来沙量过大是下游淤积的根本原因。尹学良^[7]认为:根据现有资料,未能发现黄河下游河道纵剖面平行淤高的现象或趋势,当前黄河下游尚未形成定性统一的纵剖面。叶青超^[8]认为:利津站水位抬高与其到河口段河长的延伸密切相关,后者起到相应抬高前者侵蚀基准面的作用,河口稳定延伸使河道剖面淤积抬高,从长时段看,是一种指数型淤积升高。

2.6 数学模型

曾庆华、张世奇、胡春宏等^[5]建立的黄河口平面二维冲淤演变数学模型采用ADI法计算,模型中涉及的海洋及河流动力因素包括径流、潮流、风吹流以及波浪,探讨了入海水沙与潮流、风吹流相互作用下的冲淤规律以及波浪引起的泥沙运动,同时还考虑了河口絮凝现象对泥沙扩散的影响,该模型能较好地反映黄河口复杂的冲淤演变现象。黄河水利科学研究院^[5]研制的黄河口数学模型基于平面二维非恒定流运动方程和不平衡输沙模式,对基本微分方程采用破开算子法进行离散,对动边界采用设置虚拟水深递减函数的处理方法,对外海边界考虑了关系潮位和潮流预报的初相位项,应用的是根据实测资料回归得到的挟沙能力公式,计算河口冲淤分布与实测情况吻合良好。

3 黄河口演变与治理研究思路

3.1 水沙过程变异

随着整个黄河水沙情势的变化,国家组织全国泥沙研究单位对黄河水沙变化展开深入细致的研究。此项工作的开展给河口水沙条件的研究带来了启发。河口作为黄河的重要的组成部分,其水沙经历了同样剧烈的变化过程,对河口演变造成巨大影响。利用实测资料,对黄河口水沙过程变异进行独立、全面、深入的研究,才能掌握水沙变化规律,对未来的水沙变化趋势作出正确的预测,为全面研究黄河口演变打下坚实的基础。

3.2 尾间河道萎缩

20 世纪 90 年代,黄河口经历的几次洪水过程表现出共同特征:同流量水位有大幅度的抬高,由此造成了巨大的洪水灾害。以 1994 年 7 月 15 日为例,利津站洪峰流量为 $3\,180\text{ m}^3/\text{s}$,相应的水位为 14.12 m ,甚至比 1958 年 $10\,400\text{ m}^3/\text{s}$ 洪峰流量时的相应水位高出 0.36 m ,由此造成洪水漫滩 11 处 ,淹没农田 $5\,854\text{ hm}^2$;大堤偎水 27.8 km ,堤根水深 $0.3\sim 3\text{ m}$;有 9 处护滩工程和 2 处险工接连出险 81 坝次 ,造成直接经济损失约 $1\,200\text{ 万元}$ 。分析小洪水造成大灾害的主要原因就是水沙变异造成尾间河道严重萎缩,过流面积大幅度减少,如图 1 所示。20 世纪 90 年代,黄河口遭遇的洪水不过是中常洪水,由此带来的洪水灾害已是触目惊心,如果遭遇较大洪水,后果不堪设想,所以,近些年尾间河道萎缩的逐渐加重使黄河防汛安全受到极大威胁,必须引起高度重视,全面深入地展开针对黄河口尾间河道萎缩的研究迫在眉睫。

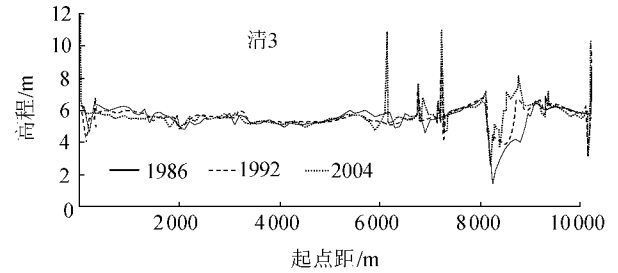


图 1 黄河口尾间河道典型断面形态变化

3.3 拦门沙演变

拦门沙是河海动力的交汇区,是径流水沙条件、海洋动力条件与尾间河道末端相互作用最为剧烈的区域,水沙条件与拦门沙的发育演变密切相关,分析水沙过程变异造成的拦门沙演变特征的变化,对于科学治理拦门沙具有重要的现实指导意义。1996 年清 8 出汊后,黄河从一个新的位置入海,新口门拦门沙的发育状况也成为大家关注的新问题,对新口

门拦门沙的发育过程进行研究能够对拦门沙发育演变取得更深的认识,获知更多的规律。

3.4 海岸蚀退

近年来,受水沙过程变异的影响,黄河口海岸出现了大范围的蚀退。据实测资料分析,1976~2000 年,黄河口蚀退陆地面积 284 km^2 ,淤积造陆面积 267 km^2 ,净蚀退陆地面积 17 km^2 ,且蚀退呈恶化之势,对黄河三角洲国土资源和胜利油田的滩海开发构成巨大威胁,急需展开对滨海区泥沙输移规律、滨海区海岸、海底演变规律与演变机理等基础研究,为海岸防护措施的实施提供科学指导。

3.5 河口演变对下游河道反馈影响

黄河口演变对下游河道反馈影响是一个重要的课题,直接影响河口治理决策。在已有成果中,众多学者研究的重点在于河口反馈影响范围和反馈影响形式,对河口反馈影响发展机理的研究成果很少。结合河口反馈影响发展过程,加大对河口溯源冲刷发展机理、溯源淤积发展机理的研究力度,是消除河口反馈影响问题的争论和分歧、澄清河口反馈影响问题真相的需要。

3.6 数学模型

现有的黄河口数学模型还不成熟,表现在模型中反映黄河口复杂及特殊机理不够,计算多采用经验或半经验方法,因此,应建立能正确反映河道水沙过程变异、高含沙特性、海流输沙与尾间河道演变、河口淤进和蚀退及对河道反馈影响等的陆海相互作用的一、二维连接的整体数学模型,并利用建立的经过率定和验证的非恒定、不平衡输沙的河口整体数模,预测在新的水沙条件下黄河口演变趋势与入海流路使用年限。

3.7 河口治理措施

黄河口治理功在当代,利在千秋,要重视河口治理措施的研究。近年来黄河口已实施的治理工程措施有:挖河固堤工程、调水调沙试验、口门疏浚试验等,应同步开展对这些治理措施的研究工作,跟踪观测实施治理措施后黄河口演变的新趋势,及时总结经验,分析实施治理工程措施的效果。近年提出的黄河口热点治理措施有:建设双导堤、西河口水利枢纽、引海水冲刷、利用海洋动力输沙等。建议国家开展对上述治理措施的前期可行性研究工作。

3.8 生态环境

黄河口因其独特的地理位置与历史变迁形成了世界上重要的生态区。其拥有中国暖温带湿地最广阔最集中地点,是典型的河口湾和滨海湿地生态系统,具有丰富的生物资源,其内大面积的浅海滩涂和沼泽,丰富的湿地植被和水生生物资源,为鸟类的繁

衍生息、迁徙越冬提供了优良的栖息环境,成为东北亚内陆和环西太平洋鸟类迁徙的重要中转站、越冬栖息地和繁殖地。但是,近年来,由于黄河来水来沙的剧烈变化、海洋动力的侵蚀、土壤盐碱化、人类油气资源开发等诸多因素的影响,使黄河口生态系统的健康发展遭受了巨大压力。因此研究新形势下如何保护和建设黄河口生态系统,使其沿着良性发展的轨迹运行,实现人与自然和谐相处,互利共赢,成为实现黄河口可持续发展急需研究的重要课题。

4 结论与建议

a. 加强原型观测,系统整理资料。目前的黄河口原型观测力度太小,收集的资料不能满足科研与治理工作的需要。尾间河道观测急需解决的问题是在靠近入海口处增设水文测站。拦门沙区和滨海区诸多重要的日常观测工作处于停滞状态,建议国家恢复拦门沙区和滨海区的正常观测。在加大观测力度的同时,要十分重视原始资料的系统整理工作,为黄河口研究提供系统翔实的水文资料。

b. 建立黄河口实体模型,开展模型试验研究。黄河口演化环境极为复杂,与其他江河河口相比具有特殊的规律性。由于黄河口观测资料较少且不系统,加上数模手段本身的局限性,导致黄河口数学模型还不够成熟,因此,建设黄河口实体模型,开展模型试验研究势在必行。黄河口实体模型无论在模拟技术、控制技术、基本理论和研究课题等方面都是难

度极大的,必须从技术上进行全面论证。

c. 争取国家重大科研立项,实现多学科交叉研究。黄河口研究涉及河流、海洋、生态、环境、经济众多学科,建议国家对黄河口研究重点立项,由水利主管部门牵头,协调组织相关学科研究机构联合攻关,本着人与自然协调发展的原则,对新时期黄河口的水沙资源、生态环境、演变规律、海岸变迁、治理规划等展开全面、深入、细致的研究,为黄河三角洲地区的社会经济持续健康发展提供安全可靠的保证。

参考文献:

- [1] 左东启. 黄河河道格局的历史演变及其对现代治黄思路的启示[J]. 水利水电科技进展, 2001, 21(4): 2-13.
- [2] 赵世来. 黄河下游淤积改土固堤技术研究[J]. 水利水电科技进展, 2002, 22(1): 12-14.
- [3] 王万战, 张俊华. 黄河口河道演变规律探讨[J]. 水利水电科技进展, 2006, 26(2): 5-9.
- [4] 张治昊, 胡春宏. 黄河口水沙变异及尾间河道的萎缩响应[J]. 泥沙研究, 2005(5): 13-21.
- [5] 曾庆华, 张世奇, 胡春宏, 等. 黄河口演变规律及整治[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 1998.
- [6] 王恺忱. 黄河河口与下游河道的关系与整治问题[J]. 泥沙研究, 1982(2): 1-9.
- [7] 尹学良. 黄河口的河床演变[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1997.
- [8] 叶青超. 流域环境演变与水沙运行规律的研究[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1994.

(收稿日期 2006-08-22 编辑 高建群)

(上接第 34 页)

函数 $f(q)$ 、成本函数 $s(d-q)$ 以及价格函数 $p(x)$ 的具体形式。即通过政府的转移支付,水资源费可用于帮助落后地区提高用水效率、增强节水能力或改善产业结构等,也就是通过改善取水效益函数 $f_i(q_i)$ 和节水成本函数 $s(d_i - q_i)$ 起到提高社会总收益 V_T 的作用。

5 结论

在水市场正常运转的条件下,水价取决于市场供求关系,且用水者可自由交易,此时可通过建立博弈模型对市场各主体的利益进行均衡分析。通过对博弈模型计算结果进行综合分析,管理机构可得到优化、实用的水权分配方案及合理的水资源费率;用水者则可得出自身利益最大化情况下的直接引水量和交易量。本文研究成果可为我国水市场的建立与完善提供参考。

参考文献:

- [1] 杨志峰. 流域水资源可持续利用保障体系: 理论与实践[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003: 129-203.
- [2] 傅春, 胡振鹏. 一种综合利用水利工程费用分摊的对策方法[J]. 水利学报, 2000(4): 57-63.
- [3] 周玉玺, 胡继连, 周霞. 基于长期合作博弈的农村小流域灌溉组织制度研究[J]. 水利发展研究, 2000(5): 9-12.
- [4] 肖江文, 罗云峰, 赵勇, 等. 排污申报机制的博弈分析[J]. 系统工程理论与实践, 2000(11): 23-27.
- [5] 刘文强, 孙永广, 顾树华, 等. 水资源分配冲突的博弈分析[J]. 系统工程理论与实践, 2000(1): 16-25.
- [6] 孔珂, 解建仓, 岳新利, 等. 水市场的博弈分析[J]. 水利学报, 2005, 36(4): 491-495.

(收稿日期 2006-09-15 编辑 熊水斌)