第29卷 第10期 干旱区资源与环境 Vol. 29 No. 10
2015年10月 Journal of Arid Land Resources and Environment Oct. 2015

文章编号: 1003-7578(2015)10-086-07 doi: 10.13448/j.cnki.jalre.2015.333

调水调沙工程实施10年来黄河尾闾河道及近岸水下岸坡变化特征*

王伟[1,2], 衣华鹏[1], 孙志高[2], 王苗苗[3], 卢晓宁[3]

(1. 鲁东大学地理与规划学院,烟台 264025; 2. 中国科学院海岸带烟台海岸带研究所 中国科学院海岸带环境过程与生态修复重点实验室 山东省海岸带环境过程重点实验室, 烟台 264003; 3. 成都信息工程学院资源环境学院,成都 610225)

提 要: 基于1997~2011年黄河尾闾河道及河口实测水深、距离、径流量及泥沙量等数据,分析了调水调沙工程实施10年来对尾闾河道及近岸水下岸坡冲淤变化的影响。研究表明,调水调沙工程的长期实施改善了黄河尾闾河道的水沙搭配状况,形成了有利于河道冲刷的水沙条件,使尾闾河道整体处于冲刷状态。水下岸坡的冲淤状况也受到明显影响: 在距入海口较近处,泥沙来源丰富,并在25~35km内不断淤积,淤积速率在10年间介于0.18~0.63m/a; 在距入海口较远处,泥沙补给较少致使水下岸坡在35km内受到冲刷,冲刷速率在10年间介于0.045~0.18m/a。研究发现,调水调沙工程的长期实施,不但有利于延长黄河现行入海流路的使用年限,而且显著改变了水下岸坡的冲淤状态,并促进其发育趋向新平衡。

关键词: 调水调沙; 黄河尾闾河道; 水下岸坡

中图分类号: P332 文献标识码: A

自20世纪80年代以来,海岸带的环境问题一直是学术界和政府部门比较关注的热点之一,许多学者对此进行了大量的研究工作,从不同角度作了系统论述和总结,取得了一大批研究成果[1-6]。其中,渤海湾海岸环境问题引起众多学者的重视,主要侧重于黄河尾闾河道的演变对渤海湾海岸环境的影响。通过大量物理模拟试验,治黄专家找到了实现黄河下游不淤积的临界流量和临界时间,并在小浪底工程全面竣工后于2002年进行了首次"调水调沙"试验[7]。2002年后,基于黄河干流的大型水库每年进行调水调沙,完全改变了水沙入海的自然状况[8]。

关于调水调沙工程所产生的影响,许多研究者已进行大量研究,但这些研究主要集中在河道行洪能力[9-11]、泥沙粒径变化[12-14]及其对下游某河段的影响[15-17]等方面。当前关于调水调沙所产生的影响研究多为短时间段的分析,而对于2002年调水调沙工程实施至今对黄河尾闾河道及近岸水下岸坡冲淤变化的长期影响研究还鲜有报道。鉴于此,基于1997~2011年黄河尾闾河道及河口实测水深、距离、径流量及泥沙运移等数据,分析了调水调沙工程实施10年来对尾闾河道及近岸水下岸坡冲淤变化的影响。研究结果将有助于明确调水调沙工程长期实施影响下黄河尾闾河道、河口的水沙关系及泥沙运移特征。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

黄河尾闾河道不断摆动并携带大量泥沙填充渤海淤积形成三角洲[18],尾闾河道全长(利津到入海口)约106km(图1),利津以下堤距渐渐展宽为0.6~15km,近海岸无堤,槽宽为500~1000m。该河段受上游来水来沙和海洋动力的综合影响,泥沙不断向海淤积,平均年造陆面积为25~30km^2[15]。利津至渔洼是

* 收稿日期: 2014-6-9; 修回日期: 2014-9-3。
基金项目: 中国科学院"一三五"规划生态突破项目(Y254021031); 国家自然科学基金(41171424, 41371104); 中国科学院重点部署项目(KZZD-EW-14)和中国科学院人才专项(Y129091041)资助。
作者简介: 王伟(1987~), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为河口海岸过程与自然环境, E-mail: greatwang123@163.com
通讯作者: 衣华鹏。E-mail: huapengyi@sina.com

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

尾闾河道的上河段，渔洼以下为河口段。河口段河道宽浅，河道整治工程较少，清 4 断面以下无工程控制区，河势极易变化。1986 ~ 2001 年，黄河断流、流域饮水量增加等致使黄河口流量大幅减少，水沙系数增大，河床淤积明显。黄河口的来水来沙状况不仅受自然因素的控制，而且还受人工干预的影响。2002 年以来实施的调水调沙工程使黄河下游断流得到有效控制和缓解[19]，改变了进入黄河尾闾河道的水沙条件，对其冲淤状况产生很大影响，尾闾河道萎缩有所恢复，平滩流量和平滩面积增大，平滩宽深比减小，断面形态变得窄深[20-22]。

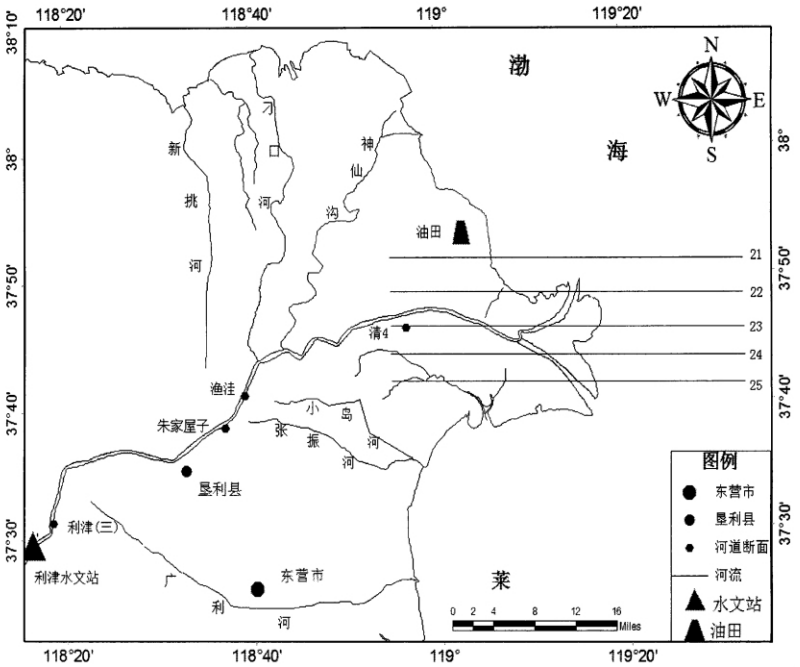

图 1　黄河尾闾河道及水文断面布设示意图

Figure 1 Schematic map of tail channel and the location of cross sections in the Yellow River

1.2　研究方法

文中所用数据包括利津水文站 1997 ~ 2011 年的径流量、输沙量数据，1996、2001、2006 和 2011 年利津(三)河道横断面高程及 1997 ~ 2011 年的沉积物中值粒径(d_{50})数据，以及近岸 21、22、23、24、25 断面的水深数据(测量以大沽基准面为准，数据来源于黄河水利委员会东营水文水资源勘测局)。近岸 5 个断面自北而南均匀分布在现行入海口附近且起终点经度相同。历年河床及近岸的冲淤变化与水沙系数的关系较为密切[23]，水沙系数可视为单位流量的含沙量大小。水沙系数大意味着单位流量含沙量大，河道可能处于超饱和状态而发生淤积，反之则可能处于次饱和状态而发生冲刷[24]。文中研究的年水沙系数(K)用下式计算:

$$K = \rho / Q$$

式中，ρ 为年平均含沙量(kg/m^3)，Q 为年平均流量(m^3/s)。

月水沙系数(k)可用下式计算:　$K = \rho' / q$

式中，ρ' 为月平均含沙量(kg/m^3)，q 为月平均流量(m^3/s)。

当 $K > 0.015 kg \cdot s/m^6$ 时，河道发生淤积; 当 $K < 0.015 kg \cdot s/m^6$ 时，河道发生冲刷; 当 $K = 0.015 kg \cdot s/m^6$ 时，河道基本保持稳定[25]。

2　结果与分析

2.1　调水调沙前后河道冲淤变化特征

2.1.1　河道断面形态变化

河道横断面的形态变化可直观反映其冲淤变化状况。该研究选取尾闾河道第一个采样断面 - 利津(三)为例，分析 1996 年改道清 8 汊流路以来河道横断面的形态变化(图 2)。2001 年较清水沟流路改道清 8 汊入海初期(1996 年)，利津(三)断面处滩面有冲有淤，主河槽最深处发生明显摆动并出现淤积抬升，最深处高程由 8 ~ 8.5 m 抬升至 9m 左右，淤积速率约为 100 ~ 200mm/a。与 2001 年相比，2006 年河道的主河槽深处高程由 9m 左右冲刷降低至 7 ~ 8m，滩面高程由 11m 降低至 9 ~ 10m，冲刷速率约为 200 ~ 400mm/a。至 2011 年，利津(三)断面的主河槽及滩面较 2006 年均冲刷下降约 0.5 ~ 1m，冲刷速率约为 100 ~ 200mm/a，冲刷幅度减小。

2.1.2　河道沉积物中值粒径变化

泥沙粒径的变化与河床冲淤是相对应的，河床冲刷则泥沙颗粒粗化，河床淤积则泥沙颗粒细化[10]。据图 3 可知，1999 ~ 2001 年(1998 年 d_{50} 数据缺失)利津(三)断面的沉积物 5 月份的 d_{50} 逐渐变细，年均值

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

为0.031mm，而在2002～2011年则逐渐变粗，年均值为0.076mm。

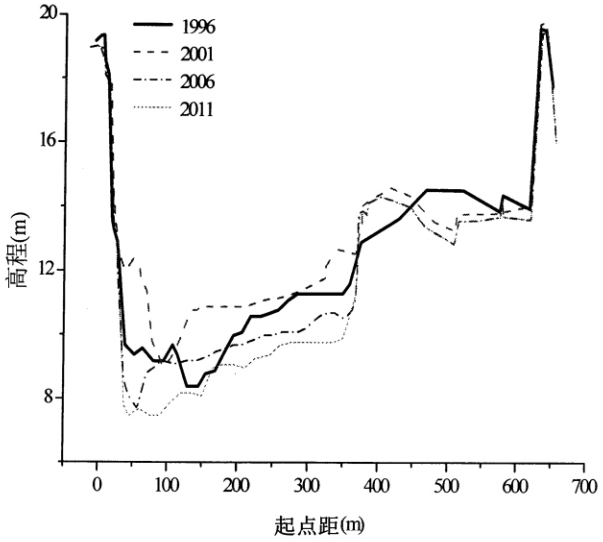

图2 黄河口尾闾河道利津(三)断面形态变化图

Figure 2 Morphology changes of the Lijin(3) cross section in the tail channel of the Yellow River

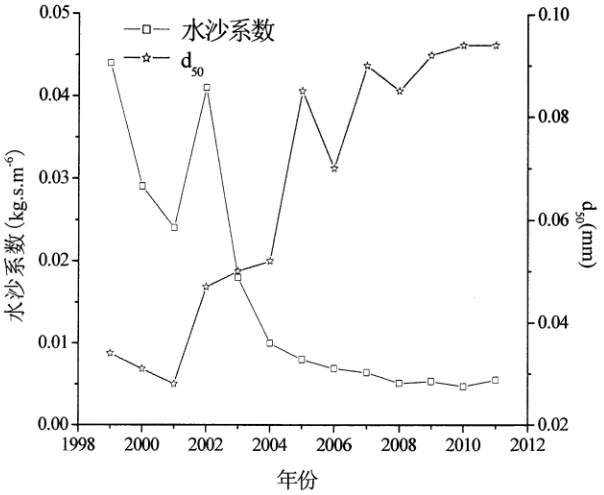

图3 1999～2011年5月份利津(三)断面d_{50}与水沙系数关系

Figure 3 Relationship between the coefficient of water and sediment and d_{50} on May from 1999 to 2011 on Li－Jin (3)

2.2 调水调沙前后水下岸坡冲淤变化特征

2.2.1 水下岸坡发育形态

基于现行入海口附近5个断面1997～2011年间水下岸坡的变化，研究调水调沙前后水下岸坡形态发

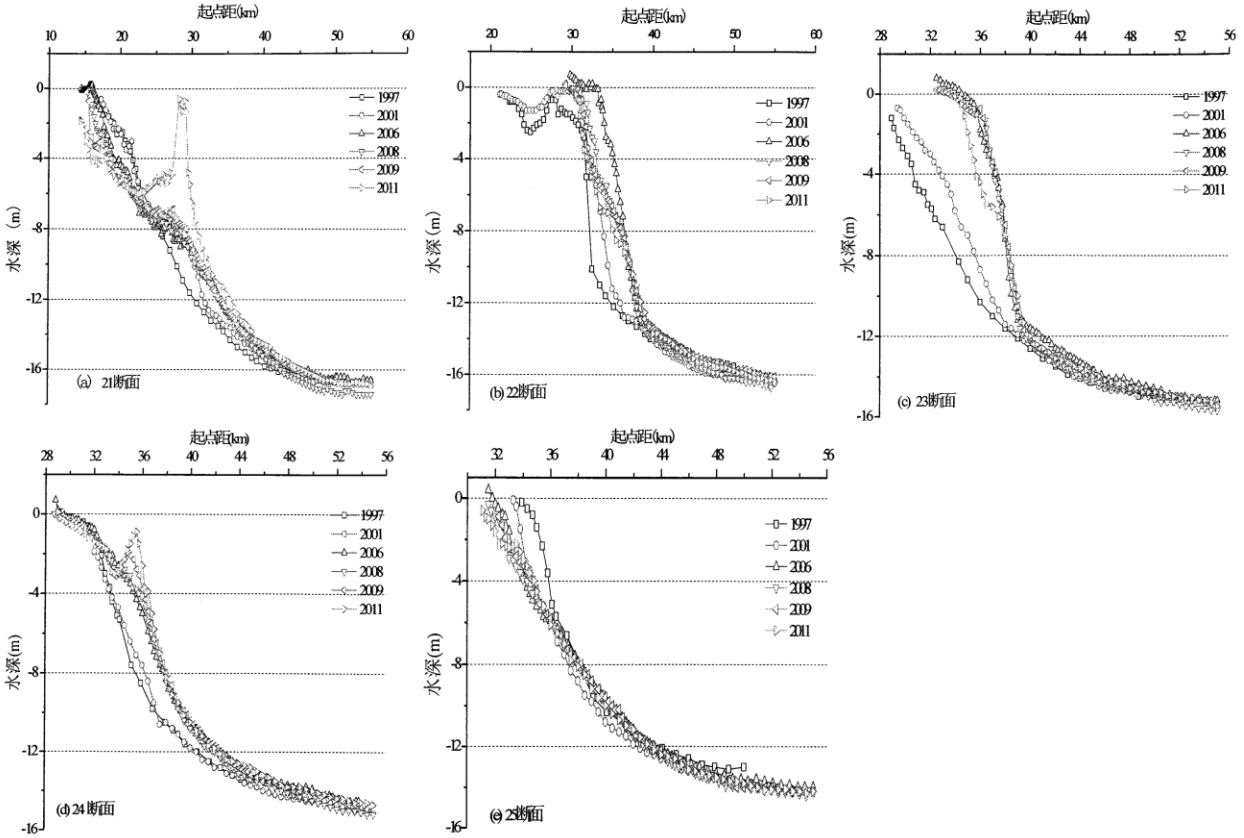

图4 (a－e) 近岸21～25断面水深变化图

Figure 4 (a～e) Variations of the offshore water depth from 21 to 25 cross sections

育变化(图4a～e)。当21、22断面的起点距(L)小于25km时，1997～2011年的近岸水深均随距离增大而

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

加深(图 4a,b)。当 25km < L < 30km(21 断面)或 25km < L < 35km(22 断面)时,近岸水深随距离增大而变浅,尤以 2006 ~ 2011 年的变化明显;当 L 继续增加时,水深迅速降低;当 L > 40km 时,近岸水深约为 12m,且变化幅度降低,当 L > 45km 时,水深基本处于 16 ~ 17m 的稳定状态。23、24 断面当 L < 40km 时(1997 ~ 2001 年),水深随 L 增大而迅速加深;当 L < 35km 左右时(2006 ~ 2011 年),水深随 L 增大而变浅,当 35km < L < 40km 时,水深随距离增加而迅速变深。当 40km < L < 45km 时,1997 ~ 2011 年水深均随距离增加而加深,但变化速率明显降低;当 L > 45km 时,水深随距离增加而趋于稳定(约 16 m)(图 4c,d)。就 25 断面而言,当 L < 36km 时,1997 ~ 2001 年的水深随 L 变化较小,而 2006 ~ 2011 年的水深则随 L 增大加深。当 L > 36km 时,1997 ~ 2011 年的水深随 L 增大而迅速加深;当 L≈45km 时,水深在 12m 左右;当 L > 45km 时,水深变化速率变缓并于水深约 16m 处趋于稳定(图 4e)。

2.2.2　水下岸坡冲淤特征

据图 4 可知,21 断面入海口附近水下岸坡在近岸 25km 内的浅水区(图 4a),近年来受到不同程度冲刷。2001 ~ 2011 年的冲刷深度为 2 ~ 2.5m,冲刷速率为 0.18 ~ 0.23m/a;在 25 ~ 35km 处,泥沙淤积厚度为 2 ~ 7m,淤积速率为 0.18 ~ 0.63m/a。22、23、24 断面处水下岸坡在 30 ~ 35km 内(图 4 b ~ d),2001 ~ 2011 年泥沙淤积厚度为 3 ~ 6m,淤积速率为 0.28 ~ 0.55m/a。距现行入海口较远的 25 断面,水下岸坡在 35km 内(图 4e),2001 ~ 2011 年冲刷深度为 0.5 ~ 2m,冲刷速率为 0.045 ~ 0.18m/a。2001 ~ 2011 年间 5 个断面的变化均显示,水下岸坡的泥沙冲淤在离岸大于 45km 的深水区变化不大。

3　讨论

3.1　河道冲淤变化与调水调沙的关系

研究表明,利津(三)断面主槽形态变化与尾闾河道水沙变化密切相关。1996 年 8 月,黄河改道清 8 汊入海后,河流年水沙系数虽逐渐降低,但 1997 ~ 2001 年的水沙系数均大于临界值 0.015kg · s/m^6(图 5)。1998 ~ 2001 年的水沙系数与年总径流量(1997 年断流时间较长,故未考虑 1997 年数据,)呈显著正相关,且符合一阶指数增长方程($y = -1.0709e^{-x/15.6869} + 0.07839$ $R^2 = 0.997$, $P < 0.05$),每年冬季径流量较低,泥沙系数相应也较低,其他大部分时间水沙系数均大于临界值:1997 ~ 2001 年各月水沙系数除了 1997 年 2 月、1998 年 6、11 月、1999 年 1 月、2000 年 1、2、12 月及 2001 年 1、11、12 月份小于 0.015kg · s/m^6 外,其他月份水沙系数均大于冲淤临界值 0.015kg · s/m^6(图 6)。说明在调水调沙工程实施前,黄河尾闾河道水沙条件较差,基本处于淤积状态。

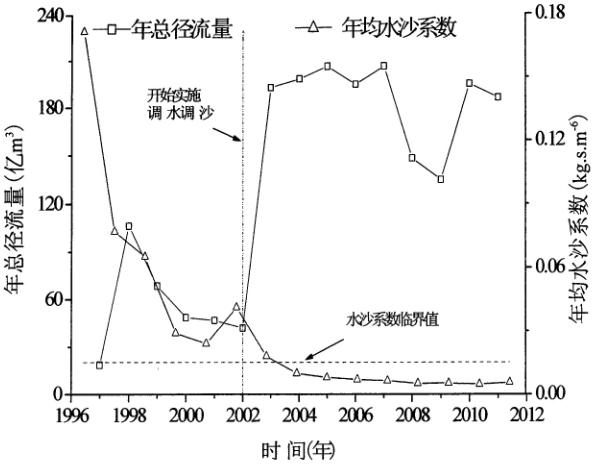

图 5　年均水沙系数随年份的变化

Figure 5 Variations of the average annual coefficients of water and sediment

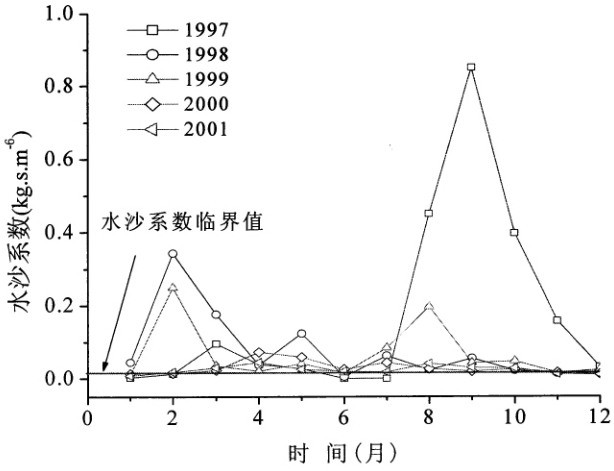

图 6　1997 ~ 2001 年各月水沙系数变化

Figure 6 Variations of the monthly coefficients of water and sediment from 1997 to 2001

2002 年实施调水调沙工程后,单位流量内含沙量增加,水沙系数比 2001 年有所增大,之后至 2011 年水沙系数逐年减小趋向稳定,特别是 2004 ~ 2011 年间,河流年水沙系数均小于 0.015kg · s/m^6(图 5)。研究表明,2002 ~ 2011 年的水沙系数与年径流量呈显著负相关,且符合抛物线方程($y = 2.11647 \times 10^{-6}x^2 - 7.94879 \times 10^{-4}x + 0.06968$ $R^2 = 0.835$, $P < 0.05$),即 2002 年调水调沙后的年径流量越大,水沙系数就越

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

小,河道冲刷就越严重。然而径流量由206.72亿m^3(2007年)降至134.94亿m^3(2009年)(图5),水沙系数并未增大反而逐年降低,这与调水调沙工程长期实施已将河道内淤积的泥沙大部分携带入海有密切关系。2002年开始实施调水调沙,仅1、8、9月份水沙系数小于冲淤临界值,2003年调水调沙试验第二年水沙系数小于临界值的月份有6~8、10~12月份,较2002年有所改善;而2004~2011年各月的水沙系数除了2004年的8、9月份大于0.015kg·s/m^6外,其他各月水沙系数均小于冲淤临界值(图7),河道一直处于冲刷状态。整体而言,实施调水调沙工程以来2002~2011年黄河尾闾河道的水沙系数逐年降低,年均为0.011kg·s/m^6(<0.015kg·s/m^6),河流水沙搭配较合理,尾闾河道处于冲刷状态。自2002年后,尾闾河道横断面形态朝窄深发展,沉积物粒度也趋向粗化。

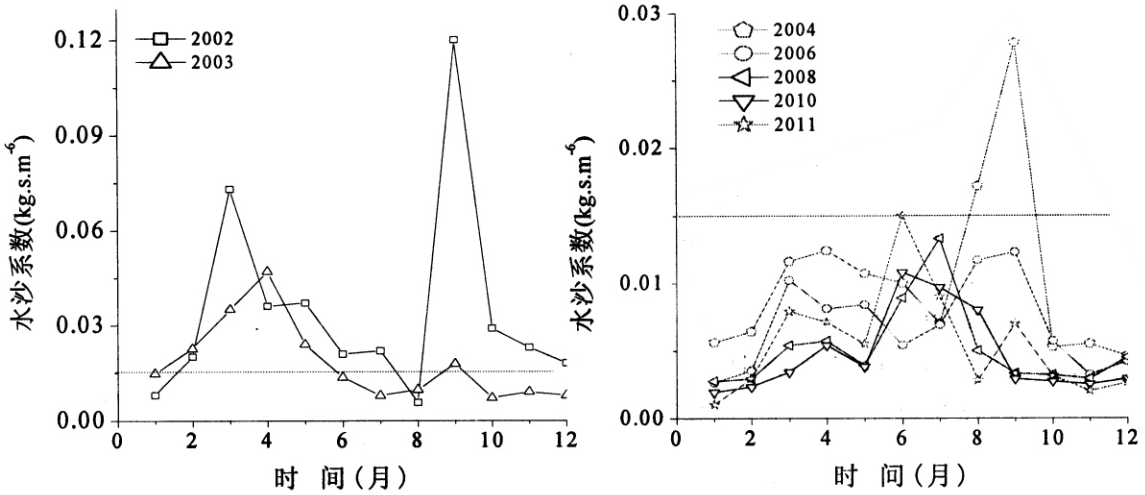

图7 2002-2011年各月水沙系数的变化

Figure 7 Monthly variations of the coefficients of water and sediment from 2002 to 2011

3.2 水下岸坡与调水调沙的关系

1997年至今河口水下岸坡的发育及演变可分为两个阶段:1)1997~2001年,1996年改道初期河流泥沙丰富并在河口区快速沉积,浅滩向海淤积,1997年黄河出现断流入海水沙减少,浅滩蚀退。2)2002实施调水调沙工程以来,改变了调水调沙前水下岸坡形态,使其发育朝向新平衡,呈现离岸淤积趋势(图4)。关于调水调沙前水下岸坡发育特征,彭俊[26]对其进行了研究,指出河口附近水下岸坡呈向海淤积特点,而调水调沙工程的长期实施,使入海水动力增强、泥沙入海沉降距离变远,打破了水下岸坡原有冲淤平衡。距河口较近处,水下岸坡近岸浅水区冲刷变深,离岸淤积抬升;距河口较远处水下岸坡浅水区持续冲刷;水深大于16m的深海处较稳定。

近岸水下岸坡变化与河口水沙特征相适应。调水调沙前,河流水动力较弱且河口区河道展宽,流速降低,加之涨落潮流流速与径流流速不一致等原因[27],使得泥沙入海沉降的距离有限,多数在入海25km以内沉降。2002年开始实施调水调沙后,年均径流量由57.64亿m^3(1997~2001年)增加至170.82亿m^3(2002~2011年),河流水动力明显增强,沉积在河道中的泥沙被重新挟带入海,且入海沉降的距离不断增加,破坏了原有的稳定状态,水下岸坡发育趋于新的平衡,即离现行河口较近处(21~24断面)泥沙在25~35km处不断堆积,而距河口较远的断面在近岸浅水区发生冲蚀(如25断面)。主要原因是距入海口较近的断面,其泥沙补给大于被破波带内海洋动力带走的部分,而距现行入海口较远的25断面,调水调沙带来的泥沙堆积在破波带以内较少[28],潮流水动力大于河流水动力,潮流作用下浅水区处于逐年冲刷状态,总体而言,河口三角洲的淤积总是以河口沙嘴为中心逐渐向两侧海区扩展,其淤积影响范围处于动态变化之中。

4 结论

2002年至今,长期实施调水调沙工程使黄河尾闾河道及近岸水下岸坡泥沙运移呈明显规律性变化:

(1)黄河尾闾河道水沙系数逐年降低,中值粒径逐年粗化。年均水沙系数由调水调沙前(1997~2001年)0.069kg·s/m^6,减小至调水调沙后(2002~2011年)0.011kg·s/m^6,小于冲淤临界值0.015kg·s/m^6,

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

d_{50}由年均值 0.031mm(1999 ~ 2001 年) 增至 0.076mm(2002 ~ 2011 年) ,主河槽及河床滩面处于冲刷状态,有助于延长现行入海流路的使用年限。

(2) 实施调水调沙工程前后,2001 ~ 2011 年水下岸坡冲淤状况发生显著变化: 距河口近处水下岸坡(21 ~ 24 断面) 在起点距 25 ~ 35km 内泥沙不断淤积,淤积速率为 0.18 ~ 0.63m/a; 距河口较远处水下岸坡(25 断面) 在 35km 内受到冲刷,冲刷速率为 0.045 ~ 0.18m/a。当起点距增至 45 ~ 60km 时,水深稳定在 16m 左右。水下岸坡发育朝向新平衡: 距现行入海口近处,近岸浅水区冲刷,离岸淤积; 距入海口较远处持续冲刷蚀退。

参考文献

[1] 衣华鹏,张鹏宴,毕继胜,等. 莱州湾东岸海水入侵对生态环境的影响 [J]. 海洋科学,2010,34(1):29 - 34.

[2] Wang H - J, Bi N - S, Saito Y, et al. Recent changes in sediment delivery by the Huanghe (Yellow River) to the sea: Causes and environmental implications in its estuary [J]. Journal of Hydrology,2010(391): 302 - 313.

[3] 孙文广,孙志高,甘卓婷,等. 黄河口不同恢复阶段湿地土壤 N_2O 产生的不同过程及贡献 [J]. 环境科学,2014,35(8):3110 - 3119.

[4] 刘颖. 黄河第 6 次调水调沙对花园口至夹河滩河段河道的影响分析 [J]. 华北水利水电学院学报,2009,30(1):7 - 10.

[5] 高鹏,穆兴民,李锐,等. 黄河河口镇至龙门区间径流、输沙量的灰色预测研究 [J]. 干旱区资源与环境,2010,24(8):53 - 57.

[6] 李国英. 黄河调水调沙 [J]. 人民黄河,2002,24(11):1 - 4.

[7] 马妍研,李广雪. 现代黄河三角洲海岸带环境演变 [D]. 青岛: 中国海洋大学,2009.

[8] 毕乃双,杨作升,王厚杰,等. 黄河调水调沙期间黄河入海水沙的扩散与通量 [J]. 海洋地质与第四纪地质,2010,30(2):27 - 34.

[9] 尚俊生,单玉兰,周瑞清. 黄河调水调沙试验对下游河道行洪规律的影响 [J]. 中国水利,2005(9):51 - 53.

[10] 张明,张建民,刘敏,等. "调水调沙" 对黄河下游河道过水能力的影响 [J]. 水资源与水工程学报,2009,20(3):140 - 142.

[11] 徐国宾,张金良,练继建. 黄河调水调沙对下游河道的影响分析 [J]. 水科学进展,2005,16(4):518 - 523.

[12] 刘俊峰,和瑞莉,姚宝萍. 黄河调水调沙试验对泥沙粒径变化影响分析 [J]. 中国粉体技术,2005(2).40 - 43.

[13] 刘锋,沈良旭,周永东,等. 黄河 2009 年调水调沙期间河口水动力及悬沙输移变化特征 [J]. 泥沙研究,2010(6):1 - 8.

[14] 李平,丰爱平,陈义中,陈沈良. 2005 年黄河调水调沙期间入海泥沙扩散研究 [J]. 海洋湖沼通报,2010(4):72 - 78.

[15] 高振斌,崔玉刚,岳成鲲,等. 调水调沙对黄河山东河段的冲淤影响分析 [J]. 山东水利科技论坛,2007:240 - 243.

[16] 严军,王艳华,王俊,等. 黄河下游水沙条件对河道冲淤的影响 [J]. 人民黄河,2009,31(3):17 - 19.

[17] 付春兰,李庆银,王庆斌,等. 小浪底水库调水调沙对黄河下游河道冲淤的影响分析 [J]. 水资源与水工程学报,2012,23(5):173 - 175.

[18] 牟晓杰,孙志高,刘兴土. 黄河口翅碱蓬湿地土壤氮的季节变化 [J]. 干旱区资源与环境,2013,27(1):114 - 119.

[19] 孙志高,牟晓杰,陈小兵,等. 黄河三角洲湿地保护与恢复的现在、问题与建议 [J]. 湿地科学,2011,9(2):107 - 115.

[20] 侯志军,由宝宏,李士国. 近年来黄河尾闾河道冲淤特性分析 [J]. 泥沙研究,2009(1):48 - 53.

[21] 彭俊,陈沈良,刘峰,等. 不同流路时期黄河下游河道的冲於变化过程 [J]. 地理学报,2010,65(5):613 - 622.

[22] 胡春宏,张治昊. 黄河口尾闾河道横断面形态调整及其与水沙过程的响应关系 [J]. 应用基础与工程科学学报, 2011,19(4):543 - 553.

[23] 刘谦,孟宪静,单玉兰,等. 调水调沙对黄河高村段的影响分析 [J]. 人民黄河,2010,32(5):23 - 26.

[24] 吴保生,申冠卿. 来沙系数物理意义的探讨 [J]. 人民黄河,2008,30(4):15 - 16.

[25] 胡春宏. 黄河水沙过程变异及河道的复杂响应 [M]. 北京: 科学出版社,2005.

[26] 彭俊. 黄河水沙变化过程及其三角洲沉积环境演变 [D]. 上海: 华东师范大学河口海岸线国家重点实验室,2001.

[27] 班丽,刘展. 1996 年黄河尾闾改道以来水下三角洲的演变 [J]. 水文,2008,28(4):82 - 85.

[28] 胡光海,周兴华,吴永婷,等. 近年来黄河口以北水下岸坡的演变监测 [J]. 海洋测绘,2005,25(4):66 - 69.

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

Impacts of 'Water and Sediment Regulation Project' implemented for 10 years on the trail channel and off – shore slope of the Yellow River

WANG Wei[1,2], YI Huapeng[1], SUN Zhigao[2], WANG Miaomiao[3], LU Xiaoning[3]

(1. Department of Geography and Planning, Ludong Univerisity, Yantai 26025, China; 2. Key Laboratory of Coastal Zone Environmental Processes and Ecological Remediation, Yantai Institute of Coastal Zone Research (YIC), Chinese Academy of Sciences(CAS); Shandong Provincial Key Laboratory of Coastal Zone Environmental Processes, YICCAS, Yantai 264003, China; 3. Department of Resources and Environment, Chengdu College of Information Engineering, Chengdu 610225, China)

Abstract: Based on the measured water depths, distances, runoff and sediment loads data of the trail channel of the Yellow River and estuary from 1997 to 2011, the impacts of carrying out of the 'Water and Sediment Regulation' in 10 years on the trail channel and near – shore of erosion and deposition variation of the underwater bank slope were analyzed. The researches indicated that the long term implementation of the water and sediment regulation engineering had improved the relationship of water and sediment in the trail of the Yellow River, formed a favorable water and sediment conditions, thus made the trail channel in the washed state as a whole. There was obvious influence on the erosion and deposition of the underwater bank slope: from the nearby of the estuary, sediment source was rich, deposited within 25 ~ 35km, and the deposition rate was between 0.18 ~ 0.63m/a in 10 years; with less supply sediment in the far away from the estuary, the underwater slope had been erosion within 35km, and the erosion rate was between 0.045 ~ 0.18m/a in 10 years. The study found that the long term water and sediment regulation engineering implementation was not only benefit to prolong the current flow of the Yellow River into the sea, but also changed the state of erosion and deposition of the underwater bank slope, while promoted it towards new balance.

Key words: water and sediment regulation; the trail channel of the Yellow River; the underwater bank slope

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net