

黄河河口“一水三流”行河方式研究

陈雄波¹, 邱卫国², 刘娟¹

(1. 黄河勘测规划设计研究院有限公司, 河南 郑州 450003; 2. 上海交通大学 农业与生物学院, 上海 201101)

摘要:通过阐述黄河河口入海流路运用方式研究的必要性,对已有行河方式优缺点进行分析,并提出了“一水三流”行河方式,其主要工程措施包括:西河口附近清水沟主槽内修建橡胶坝形成水库、库区修建连接刁口河与十八户的分流闸、两条备用流路引河开挖和主河槽开挖等。分析提出该工程的主要功能包括:减轻防洪压力,并有利于河道整治工程施工;减少河道占用面积,有利于三角洲经济和社会发展;有利于水资源的合理利用和调配;有利于生态环境保护;有利于莱州湾生态整治示范工程实施;对通航无不利影响。同时,也提出了需要进一步研究的问题:河口来水来沙情势研究、莱州湾开发方案研究、“一水三流”运用方式研究、治理方案可行性研究。

关键词:黄河河口三角洲;“一水三流”行河方式;橡胶坝;分流闸;主河槽开挖;水沙资源利用

中图分类号:TV148

文献标识码:A

文章编号:1002-3682(2019)03-0194-09

doi:10.3969/j.issn.1002-3682.2019.03.004

引用格式: CHEN X B, QIU W G, LIU J. Study on the operation mode of “one river, three distributaries” in the Yellow River estuary[J]. Coastal Engineering, 2019, 38(3): 194-202. 陈雄波, 邱卫国, 刘娟. 黄河河口“一水三流”行河方式研究[J]. 海岸工程, 2019, 38(3): 194-202.

黄河河口三角洲一般指以宁海为顶点,北起徒骇河口,南至支脉河口,面积约 6 000 多 km² 的扇形地区。现行清水沟流路于 1976-05 在西河口人工改道形成,行河至今^[1]。

黄河河口的治理,不仅关系着河口地区的防洪安全和经济发展,而且对下游河道冲淤变化和防洪安全有较大影响,同时对河口湿地生态系统有重大意义。目前河口治理存在多种问题:流路淤积延伸对下游河道防洪减淤产生不利的反馈影响;清水沟流路防洪工程不完善,防御洪水能力低;防潮工程体系不健全,风暴潮灾害威胁严重;当地水资源短缺,水资源污染和浪费严重;生态系统的发展呈恶化趋势;三角洲土地盐碱化严重^[1]。所以,进行黄河河口治理研究是必要的。

1 流路行河方式研究的必要性

黄河下游的来水量挟带相应的泥沙,到达河口三角洲顶点后,需要使用一定的流路(清水沟、刁口河、十八户或马新河等)、按照一定的改道控制标准,独流或者分流入海,这就是入海流路的行河方式。小浪底水库投入运用后的 2000-07—2017-06,进入河口地区的年平均水量为 156.52 亿 m³,由于小浪底水库的拦沙作用,进入河口地区的沙量为 1.19 亿 t,仅为 1950-07—2017-06 河口地区多年平均沙量的 16.0%,三角洲陆地面积大量侵蚀。刁口河口门附近海岸线以年均 200 多 m 的速度蚀退,孤东围堤临海处,岸线不再蚀退而发生垂向冲刷,造成严重后果,且三角洲陆海生态环境状况较差。由于行河方式直接关系到入海水量、沙量在三角洲各流路的分配,影响面大,需要进行深入研究。

根据 2010 年水利部审查通过的《黄河河口综合治理规划》^[1],入海流路除了清水沟外,还包括刁口河备

收稿日期:2019-03-18

资助项目:国家重点研发计划项目——黄河口演变与流路稳定综合治理研究(2017YFC0405506)

作者简介:陈雄波(1973-),男,教授级高级工程师,博士,主要从事水力学及河流动力学数值计算方面研究。E-mail: chenxb@yrec.cn

(王佳实 编辑)

用流路、远景可能的十八户与马新河流路。

《黄河河口综合治理规划》^[1]确定的改道标准为在设防流量 10 000 m³/s 时,西河口(二)站水位不超过 12 m(大沽高程系统,下同),已有主要行河方式及其优缺点见表 1。

表 1 已有的黄河河口行河方式及其优缺点^[1-4]

Table 1 Advantages and disadvantages of the operation modes of the existing Huanghe River mouth^[1-4]

名称	提出者	简短描述	优点	缺点
单一流路、有计划改道	黄河设计公司 ^[1]	按改道控制条件下,按照一定的顺序,轮流使用各条流路	有计划改道,能减少河长,降低对下游反馈影响	流路摆动不利于当地生产布局,且土地占用面积大
单一流路、固定行河	李殿魁等 ^[2]	通过一定的工程措施,使黄河入海流路长期固定	充分利用海洋动力,固定流路	投资大,且流路延伸太长会对下游防洪不利
多流路、同时行河	王万战等 ^[3]	同时使用两条或者两条以上流路入海	有利于减缓河口延伸、海岸侵蚀速率、改善陆海生态状况	未提出具体的工程措施
多流路、交替行河	刘曙光等 ^[4]	清水沟和刁口河互为分洪河道和交替行水流路	扩大堆沙范围,防止海岸侵蚀及保护生态环境	暂时停用的流路易沙漠化,且难以管理

考虑到小浪底水库拦沙期结束后,利津站年均来沙量仍在 5 亿 t 左右,超过海洋输沙能力,为了减少流路延伸对下游河道的反馈影响,2013 年国务院批复的《黄河流域综合规划(2012—2030)》^[5]推荐单一流路、有计划改道方式(又称:轮流行河)。2018 年西河口(二)站 10 000 m³/s 流量水位 10.87 m,距改道标准 12 m 尚远,清水沟流路仍有较大行河潜力,但在水土保持减沙效果明显、2018 年汛前小浪底水库拦沙库容尚余 42.3 亿 m³、黄河上中游干支流骨干枢纽已经动工(如东庄水库)或持续推进(古贤水利枢纽进入可研阶段)的情况下,河口来沙量减少将持续较长一段时间,继续采用轮流行河方式且清水沟再使用 50 a 过于保守,而其对当地生产布局的不利影响则凸显出来。多流路、同时行河的思路值得赞赏,但文献[3]基于同时行河理念提出的三角洲综合治理战略过于宏观,缺少具体工程布局、应用方案和实施步骤,继续进行入海行河方式研究是必要的。

2 “一水三流”行河方式的主要工程措施

基于同时行河理念,本研究提出了“一水三流”行河方式:在西河口附近清水沟流路主槽内设置橡胶坝,壅高水位 2~4 m 形成水库,以利于将水分流到刁口河和十八户;在水库壅水范围内,北岸堤防上设置设计流量为 3 000 m³/s 分流闸,将部分水流导入刁口河流路,南岸堤防上设置设计流量为 3 000 m³/s 分流闸,将部分水流导入十八户流路;在刁口河与十八户流路进行分流闸前引河开挖、平滩过流量为 3 000 m³/s 的河道主槽开挖;整个工程布局见图 1。要实现“一水三流”这种运行方式拟建水利枢纽如下:1)西河口附近清水沟主槽内修橡胶坝形成水库;2)靠近橡胶坝北岸堤防修建过流量为

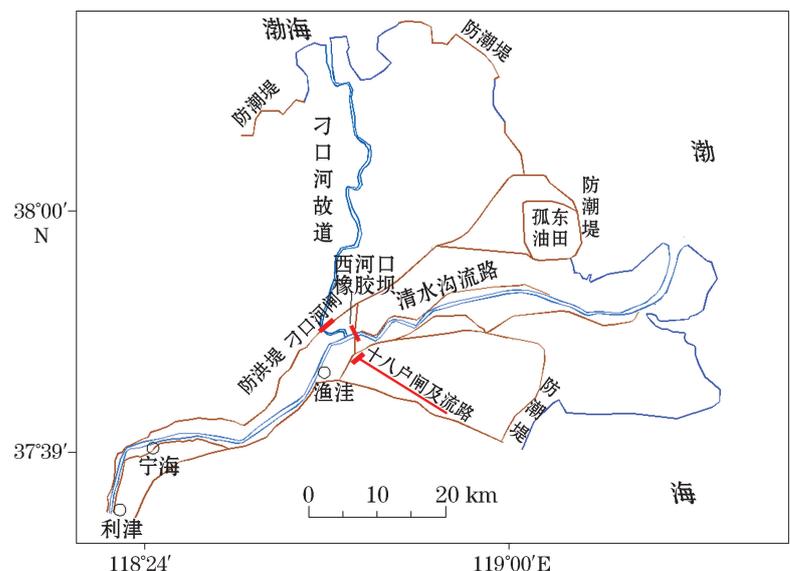


图 1 “一水三流”治理方案布局图

Fig.1 Layout of the control scheme of “one water, three distributaries”

3 000 m³/s的分流闸连刁口河;南岸堤防修3 000 m³/s分流流闸连十八户;3)刁口河和十八户流路3 000 m³/s过流量引河开挖、主河槽开挖到入海口门处平均高潮位、若干控导工程修建。

3 “一水三流”与其他行河方式的关系

以下将分析“一水三流”工程运用与其他行河方式的关系。

3.1 单一流路、有计划改道

单一流路、有计划改道行河是按一定的控制条件轮流使用各条流路,《黄河流域综合规划(2012—2030)》推荐该方式^[5]。

西河口“一水三流”水利枢纽建成及刁口河主槽开挖后,只需将十八户分流闸关闭,刁口河闸按生态调水规模使用,即为轮流行河现状使用方法。在清水沟流路达到改道标准后,将西河口橡胶坝充满使清水沟过流量忽略不计,扩建刁口河分流闸至10 000 m³/s标准并修建两岸大堤,即为清水沟行河后的流路。这两种行河方式不矛盾。

3.2 单一流路、固定行河

该行河方式的实质是希望通过一定的工程措施,使入海流路长期固定,最具代表性的方案是“一主一辅,双流定河,高位分洪,导堤入海”^[2,6]。

西河口“一水三流”水利枢纽建成及刁口河主槽开挖后,只需将十八户分流闸关闭,根据来水来沙和河道、海岸线演变情况,视时机建设清水沟入海口门外双导堤和顺向丁坝,即为“固定流路行河”方式。也就是说,在“一水三流”工程基础上,按照“固定流路行河”完全可行。

3.3 多流路、同时行河

“一水三流”水利枢纽建成后,将形成“一体(清水沟)两翼(刁口河、十八户)”三条流路可同时行水的入海流路布局,达到既减轻黄河防洪压力、又有利于河口经济和社会发展的“双赢”效果。

“一水三流”水利枢纽建成后根据来水来沙情况,可同时使用清水沟、刁口河、十八户流路,与同时行河是完全兼容的。

3.4 多流路、交替行河

交替行河将清水沟和刁口河两条流路在达到改道标准前轮换使用,降低河床相对侵蚀基准面,使两口门海域不断得到淡水和泥沙补充,保护三角洲生态环境,还有利于河道治理和疏浚^[4]。

西河口“一水三流”水利枢纽工程建成及刁口河主槽开挖后,只需将刁口河、十八户分流闸关闭、西河口橡胶坝放空,就能使用清水沟流路;将刁口河闸打开,十八户分流闸关闭、西河口橡胶坝充满到清水沟过流量忽略不计,就轮换使用刁口河流路了。因小浪底水库建成后利津站4 000 m³/s以上流量出现天数减少,刁口河大堤可暂不修建,遇超标准洪水时仍可使用清水沟泄水。也就是说,“一水三流”水利枢纽建成后,灵活调度枢纽工程,能很方便地按照交替行河方式输送水沙到相应的入海口门。

由此可见,在“一水三流”西河口主枢纽橡胶坝和相应工程建成后,通过灵活调度各条流路的分流分沙量,目前主流的几种入海流路行河方式,都是本枢纽运用的特殊情况。因此,若“一水三流”工程建成后,将终结黄河口入海流路行河方式的讨论。

4 “一水三流”主要功能分析

4.1 减轻防洪压力,并有利于河道整治工程施工

河口堤防从渔洼断面至入海口,左岸北大堤从利津四段开始,1级堤防,堤顶宽度10 m,堤顶超高为2.1 m;右岸南防洪堤从垦利21户开始,为2级堤防,堤顶宽度7 m,堤顶超高1.9 m;设防流量为 $10\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 。河口地区防洪存在的主要问题有:河口泥沙淤积问题将长期存在;控导工程控制河势能力低,河势变化大;滩地横比降大,危及堤防安全;防洪工程不完善,防御洪水能力低,堤防工程尚未完全达标;工程管理落后^[7]。2018年编制的《黄河下游十四·五防洪工程可行性研究》^[8],初拟河口地区防洪工程包括:北大堤加固、北大堤四处险工加固(共22道坝)、南防洪堤堤顶硬化、若干控导工程上延下续等。

西河口(三)站位于西河口(二)站下游4.8 km,2018年该站水位—流量关系见图2。由图2可见,流量 $4\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 和 $10\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 对应的水位分别为8.76 m和10.37 m,在“一水三流”工程实施后,当渔洼 $10\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 大洪水发生时,枢纽工程以下清水沟现状平滩流量约 $4\,200\text{ m}^3/\text{s}$,输送 $4\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 流量洪水时基本不上滩,若设防流量从 $10\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 降低到 $4\,000\text{ m}^3/\text{s}$,西河口断面的设防水位将降低1.61 m,大大减小了防洪压力。因此,“十四五”防洪工程初拟的北大堤加固、北大堤四处险工加固、南防洪堤堤顶硬化均可取消,仅保留控导工程上延下续即可。

河口地区洪峰流量 $10\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 大洪水发生时,通过刁口河和十八户闸门开启,两条流路各分流 $3\,000\text{ m}^3/\text{s}$,此时水流仍通过开挖的主槽输送,洪水不上滩,防洪压力不大,这两条流路不需要修建防洪大堤,《黄河河口综合治理规划》^[1]拟定的备用流路堤防和险工工程均可取消。

因此,在“一水三流”实施后,通过合理的调配水沙,保持3条流路基本不淤积的状态,仅使用主槽的过流能力,就可以达到河口河段的防洪标准;超标洪水发生时,考虑到清水沟西河口以下主槽过流能力为 $4\,200\text{ m}^3/\text{s}$ 、两岸堤防超高标准分别为1.9 m和2.1 m,完全可以宣泄刁口河与十八户分流后的水量,因此河口地区的防洪压力大大减轻。

在大洪水发生时,将清水沟橡胶坝泄空,而上游渔洼至王庄段堤距平均在2.8 km以上,目前 $11\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 的设防能力基本没有损失,故在橡胶坝库区按需清淤的情况下,“一水三流”枢纽对其临近上游防洪能力基本没有不利影响。

在“一水三流”实施后,在清水沟控导工程施工期间,可以通过闸门调度,让水流经过刁口河或十八户入海,利于工程施工。也就是说,“一水三流”能减少河道整治工程施工难度。

4.2 减少河道占用面积,有利于三角洲经济和社会发展

《黄河河口综合治理规划》^[1]规定了入海流路,其占地面积为:现行清水沟河道约 800 km^2 、刁口河备用流路约 990 km^2 、远景可能的十八户流路范围约 150 km^2 、远景可能的马新河流路约 217 km^2 ,则黄河入海河道总面积达 $2\,167\text{ km}^2$,占东营市土地总面积($7\,923\text{ km}^2$)27.4%,且呈发散性布置,对地方经济发展干扰大。“一水三流”水利枢纽建成后,将有如下作用和效果:

1)取消马新河作为远景备用流路。马新河改道点位于利津王庄乡坡庄村,在西河口上游约37 km,向北

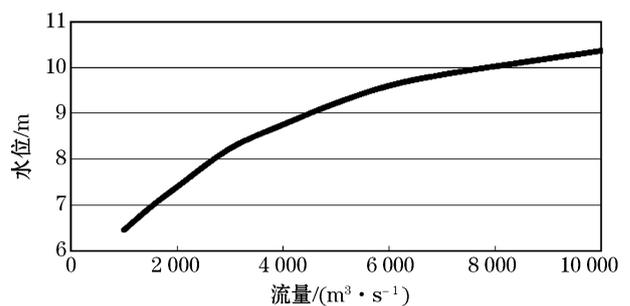


图2 2018年西河口(三)水位—流量关系

Fig.2 Relationship between water level and discharge at station 3 in the west estuary in 2018

流动入海,距离东营市主城区架构“东城—西城—东营港”、“南城北油”越来越远,如启用将打乱整个东营市的供排水体系、胜利油田的用水,流路使用需搬迁 2.59 万人,影响人口多,如果作为唯一的入海通道事实上难以操作,《黄河河口综合治理规划》^[1]将其列为远景可能的入海流路,也说明了其使用的难度。该流路规划面积达 217 km²,取消其远景可能的黄河入海流路定位后,可以安心发展经济。

2) 现行清水沟流路西河口—汉 2 主河槽平均宽度为 450 m,平滩流量约 4 200 m³/s,而西河口以下两岸堤距呈喇叭口形,越到下游越宽,到清 4 断面堤距为 14.3 km;“一水三流”治理后可将整个滩区布置为生产用地。

3) 刁口河规划堤距 5~8 km,越靠近入海口越宽;而过流 3 000 m³/s 主槽可开挖为梯形断面,底宽 550 m,平均挖深 2.7 m,开挖边坡 1:3^[1],平滩流量时水面宽 566 m,占规划堤距的 10%左右。刁口河暂不建大堤、河宽局限为 566 m,能大量减少跨河桥梁的投资。

4) 十八户流路与刁口河类似,3 000 m³/s 主槽平滩流量的水面宽度远小于规划堤距,“一水三流”治理后仅需将主河槽视为入海流路。这都大大减少了流路占用面积,并消除了流路摆动对东营市生产力要素布局的干扰,有利于地方经济和社会的发展。

4.3 有利于水资源的合理利用和调配

东营市客水资源主要来自黄河、南水北调东线水以及小清河和支脉河,采用全国水资源综合评价成果,2020 年东营市客水资源可利用量为 9.98 亿 m³,其中黄河水可利用量 6.78 亿 m³,占客水资源的 2/3 以上^[1]。

东营市现状供水工程包括引黄供水工程、当地水供水工程。引黄供水系统以麻湾、曹店、胜利、双河、垦东、西河口、官家、王庄等大中型引黄涵闸为主,并配套渠系和平原水库,设计总引(提)水能力 516 m³/s,设计供水能力 13.08 亿 m³。从供水工程地区分布分析,供水工程主要分布在小清河区,共 10 处,供水能力为 9.70 亿 m³。当地水供水系统包括以拦河闸为主的地表水供水工程和以机电井为主的地下水供水工程^[1]。

小浪底水库投入运用以后,利津站历年最大日均洪峰流量见图 3,由图 3 可见,由于水库调节作用,2000—2017 年利津实测最大洪峰为 4 390 m³/s,河口地区未发生大漫滩洪水。在防洪压力有所减轻的情况下,理应增大黄河淡水资源的利用程度。

根据 1950-07—2017-06 利津水文站实测资料统计,进入河口地区多年平均水量为 310.0 亿 m³,平均流量为 982 m³/s,因此将 1 000 m³/s 视为利津站平均流量。根据图 2,1 000,4 000 m³/s 西河口(三)站水位相差 $\Delta Z = 2.3$ m。“一水三流”水利枢纽建成后,通过橡胶坝充水,在流量 1 000 m³/s 时水位抬高 $\Delta Z = 2.3$ m 至目前 4 000 m³/s 流量对应的水位形成水库,因水

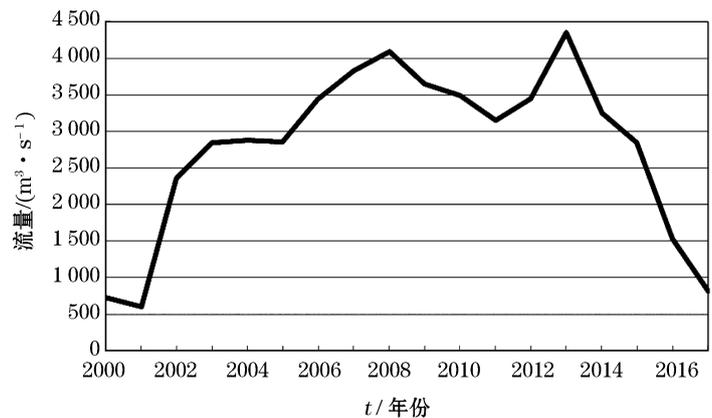


图 3 小浪底水库运行后利津站历年最大日均流量

Fig.3 Maximum daily average flow at Lijin station over the years after the operation of Xiaolangdi Reservoir

面比降 $I_0 = 1/10\ 000$,则回水影响长度 $L = \frac{2\Delta Z}{I_0} = \frac{2 \times 2.3\text{ m}}{1/10\ 000} = 46\text{ km}$ (利津—西河口距离 48 km,此时回水不影响利津水文站测流测沙),回水区断面壅水高度(ΔZ_A)为

$$\Delta Z_A = \left(1 - \frac{I_0 \cdot L_A}{2 \cdot \Delta Z}\right)^2 \cdot \Delta Z, \quad (1)$$

其中, ΔZ_A 为断面 A 处的壅水高度(m); L_A 为断面 A 至橡胶坝的距离(m);回水区主河槽宽度平均为 465 m;则橡胶坝能形成调蓄库容 1 640 万 m³的水库,对东营市供水有 2 个好处:1) 沉淀部分泥沙,提高水质;2) 水位抬高后,外加输水能量减少,方便引水。

通过刁口河往三角洲北部供水,可以最大程度的保障胜利油田的用水需要;通过十八户往三角洲南部供水,可以减少垦利等地的地下水用水量,增加河网密度,有利于黄河三角洲水资源的合理配置和利用。

若橡胶坝形成的水库淤积到一定程度,将影响黄河下游防洪安全,并严重制约水资源调配功能的发挥。为防止河道淤积,对于河道内的橡胶坝,可采用“缓充陡泄”的运用方式,在调蓄库容充满时关闭所有闸门,快速泄放橡胶坝中水体,频繁塑造下泄流量为 $4\ 000\ \text{m}^3/\text{s}$ 人造洪峰拉沙,在来流量 $1\ 000\ \text{m}^3/\text{s}$ 时仅需 1.5 h 就可以将 $1\ 640\ \text{万}\ \text{m}^3$ 的调蓄库容放空,防止库区和清水沟河道淤积;在水库泄空后,关闭分流闸门、橡胶坝缓慢充水拦截河道来水,来流量 $1\ 000\ \text{m}^3/\text{s}$ 时用 4.5 h 可以将调蓄库容再次充满,使用十分方便。对于刁口河和十八户流路,可通过调节闸门开度,施放不小于 $1\ 500\ \text{m}^3/\text{s}$ 的流量防止河道淤积;对闸门采用“缓开陡关”的启闭方法,在备用流路进水时缓缓开启闸门;输水结束后,快速关闭闸门,防止闸后淤积。对于难以冲刷的局部地区,可参考 1998—2004 年河口河段三次“挖河”的成功实践,采用机械方法进行清淤^[1]。

从建国后河口流路历次改道(或改汉)结果看,凡是流路经过的地区,通过补充淡水和泥沙,流路淤积延伸,有利于生态环境保护。因此“一水三流”水利枢纽运行后将减缓乃至消除刁口河、十八户河口附近海岸侵蚀。

4.4 有利于生态环境保护

黄河三角洲国家级自然保护区包括北部刁口河故道区域和南部现行流路清水沟两侧区域。黄河三角洲国家级海洋特别保护区共有 5 处,保护对象有小刀蛭、文蛤、沙蚕、半滑舌鳎及黄河口特有的刀鲚、大银鱼等水产经济物种。海洋特别保护区分生态保护区、资源恢复区、环境整治区和开发利用区等^[9]。

刁口河满足生态用水适宜调水方案要求:当黄河流量为 $4\ 000\ \text{m}^3/\text{s}$ 时,过流量为 $130\ \text{m}^3/\text{s}$ ^[1]。目前,刁口河罗家屋子闸在黄河流量 $4\ 000\ \text{m}^3/\text{s}$ 时过流能力为 $30\ \text{m}^3/\text{s}$,2018 年主槽最小过流能力也是 $30\ \text{m}^3/\text{s}$,无法满足适宜生态用水要求。在“一水三流”治理后,可根据海洋性水生动物、淡水鱼类、鸟类、野生植物等保护需要,随时补水。

东营市凭借资源优势和地域优势,经济稳步发展,浅海油田开发逐步推进,滨海旅游业优先发展,对滩涂资源开发利用也逐步增加。但黄河三角洲浅海滩涂环境污染状况不断恶化,大大限制了河口海岸滩涂的生态服务功能。在大部分时间内,黄河干流水质满足地表水 3 类标准,经沉淀等处理后可满足地表水 2 类标准,在“一水三流”治理后,可根据海洋特别保护区性水生动物要求,给近海海域补充足量水质较好的淡水。

4.5 对莱州湾生态整治示范工程的影响

1) 莱州湾存在的问题

莱州湾海岸线 $577.91\ \text{km}$,海域面积约 $11\ 603\ \text{km}^2$,其中浅海面积 $8\ 726\ \text{km}^2$,包括龙口、招远、莱州、平度、昌邑、潍坊、寿光和广饶八个地市,沿岸滩涂广阔。其海洋生态环境和滩涂湿地系统可持续发展能力逐渐减弱,主要表现在:水域污染严重,环境恶化;生态系统退化,资源衰竭;水质污染、湿地萎缩、径流;岸带破坏加剧,灾害频发;湿地面积减少,功能减弱;能力建设薄弱,不敷需要。

2) 生态整治示范工程

《莱州湾生态整治示范工程规划(2010—2015 年)》提出的治理工程有:海洋牧场建设、湿地可持续利用与保护、海洋污染治理、节能减排、海洋生态保护、能力建设和科技支撑七大类生态整治示范项目^[10]。

3) “一水三流”治理与示范工程的关系

在“一水三流”治理建成后,通过调节十八户流路的流量,可以给莱州湾输送冲淡水,有利于在东营河口区实施黄河三角洲盐碱地开发综合利用示范工程,形成苇、鱼、蟹复合生态开发模式;推广黄河口大闸蟹苇田生态养殖技术;有利于在垦利实施黄河三角洲刺参养殖池塘综合利用及生态调控技术示范工程,有利于增加黄河三角洲地区的天然湿地和人工湿地。

输送到莱州湾的黄河沙能造陆,黄河来水以淡压咸能稀释新造陆地的盐碱问题,转换成优质农业用地,

利用地域优势、光热水肥优势可迅速形成商品农业基地;还能减低咸水入侵引起的次生盐渍化风险,在黄河水充足年份,可作为地下水库建设的重要输入水源。

总之,“一水三流”枢纽工程建成后,通过十八户流路给莱州湾输送淡水和泥沙,有利于莱州湾生态整治工程的实施。

4.6 对通航的影响

河口河段枯水河宽 300~800 m,枯水水深 0.6~0.8 m,难以形成稳定的航道,船舶很少。河口河运主要是渡口轮渡,有利津、垦利、西河口等七处简易渡口,其中利津、垦利两处较大,主要运渡机动车辆^[1]。

“一水三流”治理后,橡胶坝形成的水库区水深将增加,有利于运渡车辆;当橡胶坝中水体泄空时,基本恢复为自然河道,不影响船舶上下通行。因此,“一水三流”工程对通航无不利影响。

5 需要进一步研究的问题

5.1 黄河口来水来沙情势研究

“一水三流”治理方案的最大顾虑是橡胶坝形成的水库泥沙淤积,影响黄河防洪安全。根据 1950-07—2017-06 利津水文站实测资料统计,进入河口地区多年平均水量、沙量分别为 310.0 亿 m^3 、7.42 亿 t,平均含沙量为 $24.0 \text{ kg}/\text{m}^3$,且主要集中于汛期。小浪底水库投入运用后的 2000-07—2017-06,进入河口地区的年平均水量为 156.5 亿 m^3 ,由于小浪底水库的拦沙作用,进入河口地区的沙量为 1.19 亿 t,来沙量大幅度减少,平均含沙量 $7.64 \text{ kg}/\text{m}^3$ 。若考虑古贤、东庄、大柳树等骨干枢纽工程的建设或论证,今后利津站来沙能否长期维持在 1.2 亿 t 左右,对工程建设是否可行影响很大,因此,要分析黄河口水沙特性变化,提出 100 a 以上利津站设计来水来沙系列,以便分析该工程的影响。

5.2 莱州湾开发方案研究

黄河水通过十八户流路输送到莱州湾后,能否利用莱州湾水深浅、风浪小的海域特点,开发黄河水沙资源,对论证“一水三流”治理方案是否可行具有重要意义。因此,应分析莱州湾的海域特点和容沙能力;研究将莱州湾开发为浅海区河口海洋水库^[11]、人工潟湖、围海造田(采取生物措施种植大米草吸附黄河泥沙以促进围垦)、海水稻或特色海产品种养殖、建设潮汐电站等方案的优缺点;建立综合评价模型,进行全面对比分析各方案的优劣,确定莱州湾合理的开发方案,确定莱州湾在“一水三流”治理中的合理功能和定位。

5.3 “一水三流”运用方式研究

根据今后利津站来水来沙系列,采用实测资料分析、实体模型模拟、数学模型计算等方法,研究“一水三流”水利枢纽运用对黄河下游及河口地区河道冲淤特性、海域输沙能力、海岸线变化、水资源配置等的影响;确定各条流路适宜的整治线宽度、行河年限,分析枢纽运用对黄河下游反馈影响的程度和范围;分析生态状况的演变过程,计算分析生态环境合理的需水量及过程,分析海岸蚀退对国民经济影响^[12];分析枢纽运用与三角洲生产力布局的协调性;提出在不同水沙情势下,枢纽橡胶坝与分流闸门启闭组合优化运用方案。

5.4 “一水三流”治理方案可行性研究

在以上研究成果的基础上,提出“一水三流”水利枢纽的必要性、可行性;分析枢纽的作用与效果;分析枢纽建设有关的环境问题、相关的工程和管理措施;根据枢纽的投资和效益分析,进行国民经济评价和财务评价,提出分期实施意见,提出枢纽工程的建设时机。

6 结 论

黄河入海行河方式直接关系到入海水量、沙量在河口三角洲各流路的分配,影响面大,需要进行深入研究。本文在深入研究已有成果基础上,提出的“一水三流”行河方式,给出了其工程措施,分析了其主要功能,并提出了需要进一步研究的问题:

1)“一水三流”水利枢纽运行后,可形成“一体(清水沟)两翼(刁口河、十八户)”三条流路同时过水的入海流路布局,在一定条件下,可方便地转化为单流路固定流路行河、单流路轮流行河、多流路同时行河、多流路交替行河等,在工程建成后,将终结黄河口入海流路行河方式的讨论;

2)“一水三流”治理的工程措施包括:在西河口附近建立橡胶坝、在橡胶坝上游附近刁口河与十八户过流能力 $3\ 000\ \text{m}^3/\text{s}$ 的分流闸、刁口河与十八户引河和主河槽开挖等;工程建成后可以给清水沟、刁口河、十八户各流路相机补水,有利于生态环境保护,有利于莱州湾生态整治工程的实施;对通航无不利影响;

3)建议尽早启动:黄河口来水来沙情势研究、莱州湾开发方案研究、“一水三流”运用方式研究、以及治理方案可行性研究。

参考文献(References):

- [1] DING D F, AN C H, YAO T S, et al. Integrated management planning for Yellow River Estuary[R]. Zhengzhou: Yellow River Engineering Consulting Co., Ltd., 2011: 50-106. 丁大发, 安催花, 姚同山, 等. 黄河河口综合治理规划[R]. 郑州: 黄河勘测规划设计有限公司, 2011: 50-106.
- [2] LI D K, YANG Y Z, CHENG Y J, et al. Sediment transport using tidal force and double-dyke construction technology in Yellow River Estuary[M]. Zhengzhou: Yellow River Conservancy Press, 2007: 123-423. 李殿魁, 杨玉珍, 程义吉, 等. 巧用海动力输沙建设黄河口双导堤工程技术研究[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2007: 123-423.
- [3] WANG W Z, LEI K, JIANG E H, et al. Study on creating an integrated management strategy for the Yellow River Delta and its ambient sea area[J]. Engineering Sciences, 2016, 18(2): 91-97. 王万战, 雷坤, 江恩惠, 等. 黄河三角洲及附近海域综合治理战略研究[J]. 中国工程科学, 2016, 18(2): 91-97.
- [4] LIU S G, LI X N, ZHENG Y L, et al. Alternate operation of the two flow paths Qingshuigou and Diaokou, and sustain the health of the Yellow River estuary for a long time[C]//Chinese Hydraulic Engineering Society, Yellow River Research Association. Expert forum of seminar on challenges and strategies on the Yellow River estuary. Zhengzhou: Yellow River Conservancy Press, January 2007: 123-423. 刘曙光, 李希宁, 郑永来, 等. 建设清水沟和刁口河两条流路轮换使用工程, 保持黄河河口长治久安[C]//中国水利学会, 黄河研究会. 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: 223-231.
- [5] Yellow River Conservancy Commission. Integrated plan for the Yellow River (2012-2030)[M]. Zhengzhou: Yellow River Hydraulic Press, 2013: 108-109. 黄河水利委员会. 黄河流域综合规划(2012-2030)[M]. 郑州: 黄河水利委员会, 2013: 108-109.
- [6] LI Z, WANG W Z. The method for flow path stabilization in the Yellow River Estuary[J]. Yellow River, 2009, 31(8): 13-14, 17. 李泽刚, 王万战. 关于稳定黄河口入海流路的思路与方法[J]. 人民黄河, 2009, 31(8): 13-14, 17.
- [7] TANG H Y, CHEN X B, YANG G H, et al. Feasibility study report on short-term flood control works construction in Yellow River Estuary[R]. Zhengzhou: Yellow River Engineering Consulting Co., Ltd., 2008: 16-46. 唐梅英, 陈雄波, 闫高辉, 等. 黄河河口近期治理防洪工程建设可行性研究报告[R]. 郑州: 黄河勘测规划设计有限公司, 2008: 16-46.
- [8] LI J W, WANG L P, ZHANG R Y. Feasibility study on comprehensive river treatment project of the lower Yellow River[R]. Zhengzhou: Yellow River Engineering Consulting Co., Ltd., 2019. 李继伟, 王李平, 张瑞怡, 等. 黄河下游河道综合治理工程可行性研究[R]. 郑州: 黄河勘测规划设计研究院有限公司, 2019.
- [9] TANG M Y, QIAN Y, PENG Y M, et al. Development and management plan for coastal beach of Yellow River Estuary[R]. Zhengzhou: Yellow River Engineering Consulting Co., Ltd., 2013: 35-41. 唐梅英, 钱裕, 彭彦铭, 等. 黄河河口海岸滩涂开发管理规划[R]. 郑州: 黄河勘测规划设计有限公司, 2013: 34-51.
- [10] Laizhou Bay ecological improvement demonstration project plan(2010-2015)[R/OL]. (2012-06-25)[2019-03-18]. http://m.wodefanwen.com/lhd_3vsta93wu65nrao1skm7_1.html. 莱州湾生态整治示范工程规划(2010-2015年)[R/OL]. (2012-06-25)[2019-03-18]. http://m.wodefanwen.com/lhd_3vsta93wu65nrao1skm7_1.html.

- [11] YANG S Q. Plan report on restoring water environment of Hubei Plain up to 1950's situation[R/OL]. (2017-09-06)[2019-03-18]. <https://wenku.baidu.com/view/74d8196ac950ad02de80d4d8d15abe23482f03c8.html>. 杨树清. 恢复华北平原为 50 年代水环境的计划书[R/OL]. (2017-09-06)[2019-03-18]. <https://wenku.baidu.com/view/74d8196ac950ad02de80d4d8d15abe23482f03c8.html>.
- [12] XU C L, CHEN S L, CHEN J Q. Evolution mode of channel bifurcation delta system at the Yellow River Estuary under the new situation[J]. *Coastal Engineering*, 2018, 37(4): 35-43. 徐丛亮, 陈沈良, 陈俊卿. 新形势下黄河口出汊流路三角洲体系的演化模式[J]. *海岸工程*, 2018, 37(4): 35-43.

Study on the Operation Mode of “One River, Three Tributaries” in the Yellow River Estuary

CHEN Xiong-bo¹, QIU Wei-guo², LIU Juan¹

(1. *Yellow River Engineering Consulting Co. Ltd.*, Zhengzhou 450003, China;

2. *School of Agriculture and Biology, Shanghai Jiao Tong University*, Shanghai 201101, China)

Abstract: Research on the operation mode of different flow paths of the Yellow River estuary is of great necessity. The advantages and disadvantages of the existing river operation modes are analyzed and an operation mode of “one river, three tributaries” is proposed. Its main engineering measures include: to construct a rubber dam in the main channel of Qingshui Ditch near the west estuary for forming a reservoir; to construct diversion gates in the reservoir area for linking the Diaokou River with the Shibahu, and to excavate the guide channel and the main channel of the two flow paths. The main functions of this project include: mitigating flood control pressure and facilitating the construction of river regulation project; reducing the area occupied by the channel for benefiting the economic and social development in the delta area. By this project, the rational utilization and allocation of water resources, the ecological environmental protection, the implementation of the demonstration project of the ecological regulation in the Laizhou Bay, the navigation and the like can also be facilitated. Besides, problems which need to be studied further are also put forward, such as on the situation of incoming water and sediment in the estuary, on the scheme of development in the Laizhou Bay, on the operate mode of “one river and three tributaries”, on the feasibility of the governance schemes, and so on.

Key words: Yellow River estuary; “one river, three tributaries” operation mode; rubber dam; diversion gate; main channel excavation; utilization of water and sediment resources

Received: March 18, 2019