文章编号:1001 - 4179(2024) 07 - 0145 - 06
引用本文:庄文贤,赵进勇,朱丽向. 传统挡潮闸结构功能优化路径探析[J]. 人民长江,2024,55(7):145 - 150.

传统挡潮闸结构功能优化路径探析

庄文贤[1],赵进勇[2],朱丽向[1]

(1. 连云港市临洪水利工程管理处,江苏 连云港 222000; 2. 中国水利水电科学研究院,北京 100038)

摘要:挡潮闸工程在控制运用过程中一直饱受河流环境生态、河道淤积、工程管理等问题的困扰。在收集整理相关研究成果的基础上,对上述问题产生的原因进行了系统性梳理和分析,初步厘清了各要素间的互动关系,并据此提出了相应的技术解决方案,且对方案的可行性进行了分析和探讨。研究表明:① 河流生态环境受损、河道淤积、工程管理等问题间存在密切的内在联系,属与挡潮闸相关的工程伴生问题;② 传统挡潮闸工程简单的结构功能造成了对河流的过度控制,是上述伴生问题产生的主要原因;③ 以提升闸门启闭切换效率为抓手,提出对传统挡潮闸工程实施双闸门控制,并对工程软件操作系统进行智能化升级,能够对前述各类工程伴生问题起到缓解作用,具有一定的技术可行性。

关 键 词:挡潮闸; 结构功能优化; 双闸门控制
中图法分类号: TV66 **文献标志码**: A **DOI**:10.16232/j.cnki.1001 - 4179.2024.07.019

0 引言

挡潮闸是感潮河道上的控制性工程,承担着防潮御卤、排洪蓄淡等多种任务,是保护沿海城市免遭海潮侵袭的门户,也是地区赖以解决各种涉水问题的枢纽[1-2]。近年来,随着沿海开发的持续推进以及生态保护的理念渐入人心,挡潮闸工程在河流环境生态、河道淤积、工程管理等方面面临着越来越大的内外压力,亟待破解。

国内外关于河流生态环境、河道淤积、工程管理方面的研究很多,但多为单一领域的纵向研究,鲜有跨领域的横向探讨:① 在河流环境生态方面,Vannote,Petts,索丽生等认为河流系统是由一系列不同级别河流形成的完整系统,在河流上筑坝拦截河水可显著改变河流输送碳、氮、磷等生源要素的生物地理化学循环和河流生态系统的结构与功能,是河流生态环境受人为影响最显著、最广泛、最严重的事件之一[3-5];腾飞、窦明、杨珏婕等开展了大量有关闸坝与河流环境生态之间影响机制的研究,针对闸坝调控模式进行了对比分析[6-8]。② 在河道淤积方面,业内主流观点认为泥沙淤积粒径发生改变、冲淤淡水减少、潮波变形等因素共同作用使涨、落潮水流的挟沙能力不对等,进而造成冲 - 淤不平衡,是挡潮闸闸下产生淤积的主因[9-11],但仍需在机械清淤之外找到通用有效的治淤、减淤方案[12-13]。③ 在工程管理方面,水管单位的研究能力相对薄弱,无力扭转挡潮闸工程管理成本高、管理压力大的被动局面,也很少对外发声[14],这使得管理问题长期存在。

挡潮闸涉及的问题繁杂难解,一定程度上也与工程在有限的技术空间内被赋予了太多的功能任务有关。刘昌明、刘树坤、董哲仁等分别提出了生态水利、大水利、生态水利工程学等专业发展构想,意在通过资源整合以寻求在多种需求间达成妥协,最终实现综合

收稿日期:2024 - 01 - 01;**接受日期**:2024 - 03 - 06
基金项目:水利部重大科技项目(SKR - 2022052);连云港社会发展项目(SF2148)
作者简介:庄文贤,男,高级工程师,主要从事水利工程与河流环境生态治理研究。E - mail:zhuangwenxian@yeah.net

© Editorial Office of Yangtze River. This is an open access article under the CC BY - NC - ND 4.0 license.

中国知网 https://www.cnki.net

效益的最大化[15-17]。上述构想契合了社会期待,但目前尚未形成行之有效的落地方案。以挡潮闸为例,目前行业尚未找到能够一体解决环境生态、河道淤积、工程管理等问题的技术路线。

为解决上述问题,本文通过对与挡潮闸工程相关的目标需求与条件要素进行梳理,对工程功能涵盖范围、功能实现路径、功能耦合关系展开分析,初步明确了既有挡潮闸工程结构功能相对简单进而造成对河流的过度控制,是一系列问题产生的主因。以提升闸门启闭切换效率为抓手,提出了对挡潮闸工程进行双闸门控制的改造方案,以及对工程软件系统进行智能化升级的方案,并对方案的可行性进行了探讨,以期为破解挡潮闸面临的各种问题提供新的思路。

1 传统挡潮闸功能局限性分析

1.1 河流环境生态问题

中国建设闸坝等水利工程的初衷在于调控水资源以解决水安全问题,工程设计关注的重点是确保工程的行洪能力与结构安全[18-20]。随着城市化、工业化的快速发展,水资源取用量与污水排放量不断增加,逐渐接近或超过河流资源环境承载力的极限,于是产生了严重的河流环境生态问题[7]。

闸坝等工程影响河流环境生态的主要原因在于其破坏了河流的连通性与流动性。以既有挡潮闸工程为例,常闭的闸门切断了河流及其所承载的河流生态系统,并由此引发了一系列问题:① 工程切断了内河与外海两个生态系统间的联系,改变了水生生物生存与繁衍的环境,导致包括鳗鱼、虾、蟹等水生生物的种类与数量锐减。水体污染物是水生生物的营养基质,水生生物种类与数量的减少必然会削弱河流生态系统消解水体污染物的能力,河流水环境也会因此同步趋于恶化。② 工程截断了河流,弱化了河流对水体污染物的稀释扩散能力,如果有大型点源或严重污染的支流进入干流,将恶化排放口或汇流口附近局部河段的水质,并会影响到整个河流生态系统的健康。③ 挡潮闸闭闸造成的河流碎片化将河流动水系统变为静水系统,不仅降低了水体中溶解氧的含量,影响到水体污染物的分解,还加速了污染物在河底的沉积进程,对河流水质造成持久的负面影响[21-22]。

1.2 河道淤积问题

对河道淤积的机理形成充分的认知是解决问题的基础。业界关于挡潮闸闸下淤积成因的观点有其合理性[9-11],但如果能补充以下内容,将有助于回答为何在河口建闸会使得下游的泥沙淤积粒径增大、为何淤积重点区域集中于感潮河道的近闸端等一系列问题:感潮河道的闸下淤积与长江口崇明岛的形成有相似之处,均存在一个复杂的物理-化学过程[23-25]。淡水与卤水交汇混合,淡水中的泥沙微粒、有机污染物与卤水中的离子发生络合反应,生成较大的泥沙颗粒与絮凝物,絮凝物又可通过吸附、网捕、卷扫等作用与水中悬浮的泥沙微粒形成胶状沉淀,冲淤也难以获得理想的效果。淡水中的污染物浓度越高、海水中的泥沙含量越高,淤积情况越严重。二者的区别在于:① 挡潮闸闭闸后,咸淡水体的交汇区与静置区在闸下重合,大体量的絮凝团块与大粒径的泥沙颗粒极易生成,淤积活动因此尤为剧烈,并沿着感潮河道的近闸端向远闸端逐步发展;② 长江入海口受潮汐运动的影响更为完整,往复的潮汐流会剪切破坏大体量絮凝物团块的生成,并将细小的絮凝物团块携带转运至河面宽阔、流速减缓的入海口处释放,因此淤积强度要弱于闸下淤积。

1.3 工程管理问题

挡潮闸工程存在管理问题的原因在于行业不加区分地套用内河水闸的相关规范与标准来建设和管理挡潮闸工程[14,19]。

内河水闸与挡潮闸在工况条件、功能目标等方面均有所不同。内河水闸结构简单,但其所辖的河段因存在高差而具备单向流动条件,通过定期微调闸门开度即可达成包括水位调控、排涝、维持河道连通性在内的各种目标。相较而言,感潮河口的工况则更为复杂,用内河水闸去协调解决挡潮、排涝、水位调控、维持河道连通性等互有矛盾的需求存在现实困难:① 工程的操控性不理想,受上游径流与下游潮汐流的共同影响,工程上下游水位差的方向频繁转换,值班人员很难精准把控排涝窗口期与闸门开度,极易造成超排或海潮倒灌等责任事故;② 工作条件不友好,需要人工昼夜守潮以捕捉排涝窗口期,这对值班人员的健康状况与责任心提出了很高要求;③ 闸门启闭频繁,动力消耗与机械磨损大;④ 安全生产压力大,闸门启闭使河道内的水位与流速发生断崖式变化,会对在河面上作业的人员与船只的安全构成威胁,安全生产事故风险高;⑤ 管理人员与管理经费不足,挡潮闸工程的运行强度高,硬件设施也更易受风暴潮、海水侵蚀等恶劣环境因素的影响,以内河水闸的标准配备管理人员和管理经费难以满足工程运行管理的实际需求。

丰水期上游来水量较大,闸门尚能频繁开启。在枯水期,水管单位为降低管理成本与管理压力,趋向于采用长时段闭闸蓄水、短时段集中排水的保守模式管控工程,这又加剧了河流环境生态问题、河道淤积问题、安全生产问题(图 1)。

中国知网 https://www.cnki.net

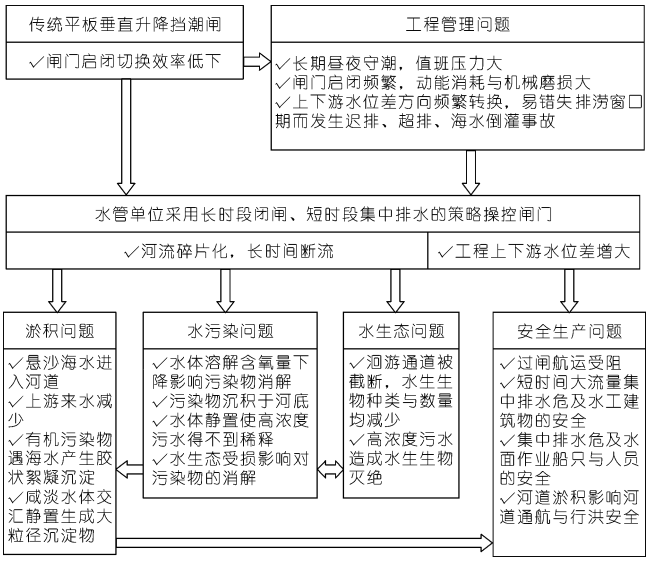

图 1　挡潮闸伴生问题成因导图

Fig. 1　Causes of tidal gates′ accompanying problems

2　传统挡潮闸工程功能优化路径探析

河流环境生态、河道淤积、工程管理等问题表现形式各异,但都与工程切断河流存在关联,应属于工程伴生问题。进一步地,既有挡潮闸工程的结构功能相对简单,无法在排涝与挡潮之间实现高效率的功能切换(表 1),造成了对河流的过度控制,这是矛盾与问题激化的根源所在。这属于硬件功能缺陷,难以依靠优化河网调度方案、加强值班密度与强度等柔性管理手段代偿解决。

沿海地区是中国人口与产业最为密集和最易遭受洪水、风暴潮袭击的区域。由于海拔较低,这些地区在水安全防护方面对挡潮闸工程存有路径依赖。当前解决问题较为可行的突破方向是以水安全为约束,以提高闸门启闭切换效率为抓手,对既有工程进行功能优化升级,放松其对河流的过度控制,达成缓解或根治各类伴生问题的目标。

2.1　完善挡潮闸工程硬件系统

2.1.1　挡潮闸双闸门控制方案

(1) 在主闸门下游侧的检修门槽内增设一套具有单向排水功能的副闸门系统,主、副闸门系统(图 2)相互串联,分工合作共同完成排涝与挡潮的任务。主闸门系统主要用于排涝和控制上游水位,操控方式为:长期开启、定期微调闸门开度以调控上游水位,根据需要将闸门提出水面以排空汇积于闸前的漂浮物,风暴潮期间关闭主闸门以抵御极端海潮的冲击。副闸门系统专职于挡潮,当上、下游形成水位差时,水流能推开副闸门排涝,而当下游水位即将对上游水位形成反超时,副闸门在自重力作用下关闭挡潮[26-27]。

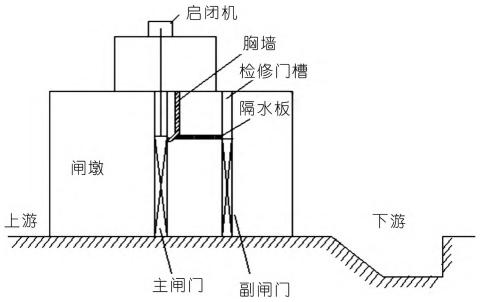

图 2　双闸门系统布置

Fig. 2　Layout of dual gate system

(2) 副闸门系统可分为平开式(图 3)和挂帘式(图 4)两种结构形式。平开式副闸门系统向上游倾斜以利用门板的自重形成闭门力,挂帘式副闸门系统利用门板的自重形成闭门力。副闸门板设计成比重略大于 1 的钢质中空密闭结构,以达成不在水中漂浮影响闭门、没有大的开门背水压力影响过流以及具有一定结构抗弯能力共 3 项目标。

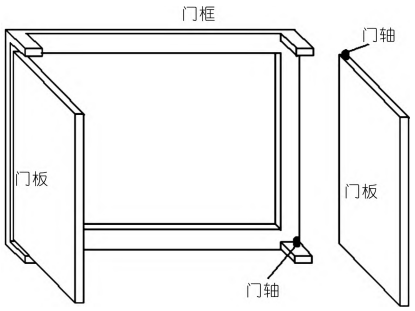

图 3　平开式副闸门系统结构示意

Fig. 3　Structure of flat auxiliary gate systen

表 1　临洪闸工程运行数据统计

Tab. 1　Operation data statistics of Linhong gate

年份	时长/h	闸门实际开启		$H_{上} \geqslant H_{下}$(开闸机遇期)		$H_{上} < H_{下}$ 时段		闸门实际启闭	
		时长/h	时长占比/%	时长/h	时长占比/%	平均水位差/h	水位差极值/m	孔次/批次	汛期占比/%
2009	8760	829	9.4	8431	96.2	-0.33	-1.29	1796/308	52.6
2010	8760	922	10.5	8535	97.4	-0.31	-1.00	1948/379	47.5
2011	8760	576	6.6	7979	91.1	-0.41	-2.15	1406/260	41.5
2020	8784	885	10.1	8484	96.6	-0.86	-3.82*	1492/163	76.5
2021	8760	1082	12.4	8585	98.0	-0.21	-1.68	1654/188	66.5
2022	8760	459	5.2	8612	98.3	-0.16	-0.74	784/88	71.6

注:2012 年前工程为挡潮闸,2012 年后因下游建设新的挡潮闸而成为内河水闸;* 水位差极值 -3.82m 发生于共用下游泄洪通道的另一干流以有统计数据以来最大流量行洪期间;$H_{上}$指上游水位;$H_{下}$指下游水位。

中国知网　https://www.cnki.net

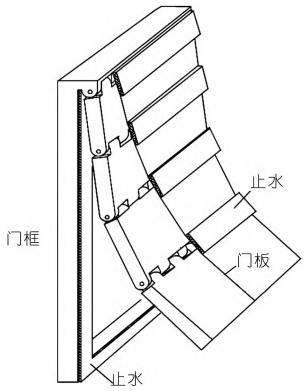

图 4 挂帘式副闸门系统结构示意

Fig. 4 Structure of curtain auxiliary gate

2.1.2 技术可行性分析

(1) 技术优势。① 副闸门系统能自动运行、无缝对接排涝与挡潮需求,能最大程度地打开内河与外海间的连接通道,可在保障水安全的同时为河流环境生态问题的改善让渡出技术空间,有助于重新盘活河流生态系统并在水环境、水生态、渔业资源等方面获得多重收益。② 能充分利用自流排涝窗口期,减少了主汛期利用泵站强排上游涝水的能耗。③ 河道淤积问题受河流水质改善、持续的水流作用以及咸淡水体交汇沉淀区下移等有利因素影响而大幅改善,并最终惠及河道的行洪安全和运维成本。④ 机械自动化替代人工守潮实现对水位的更精准调控,工程的值班压力、运行成本、安全生产风险都大幅降低。

(2) 关键指标探析。① 副闸门系统的结构承载力。副闸门仅需在闭门期间承载下游对上游的水压差,由于上下游水位是联动涨落的,下游仅在涨潮的峰值阶段才有可能对上游形成短暂的水位反超,钢质副闸门结构具备承接该压差的安全系数;副闸门框依托检修门槽布设,同样具备满足承载力所需的工程条件。② 工程的过流能力。闸室的过流能力会因新增副闸门系统而受到影响,但系统因负荷较小而无需厚重结构,启门后所挤占的过流断面也相对有限,且其在排涝时长方面的增益在一定程度上也可以补偿其对过流能力的影响。③ 门轴的选择。为避免泥沙落入门轴缝隙磨损破坏门轴部件,平开式副闸门系统的门轴采用人字闸门常用的“轴承巢 - 蘑菇头”结构。底枢的蘑菇头固定于门底框的延伸部上,能与内置于门板底部的轴承巢相榫接;顶枢的蘑菇头固定于门板顶角处,能与内置于门顶框延伸部底侧的轴承巢相榫接。挂帘式副闸门门板间通过水平轴相铰接,不存在泥沙沉淀落入门轴缝隙的问题。④ 副闸门的比重控制。以方管钢、H 型钢等材料拼焊中空密闭、比重略大于 1 的副闸门为理想状况,如果副闸门的比重小于 1,则可通过对门板内腔注水配重解决;如果副闸门的比重远大于 1,则可通过增大系统的安装倾角解决。⑤ 平开式副闸门系统倾角的设定。设置安装倾角的目的是为了形成一定的关门力,同时又不具较强的阻流作用。如副闸门板比重较大,可增大门框与底板间的倾角(比如 85°),这样可减小启门过程中门板重心的抬升高度,加上门板自身要受到浮力的作用,启门所需的做功也相对较小。水流推动副闸门开启的过程也是抬升闸门重心的做功过程,因此只要上下游水位差存在,总有一个与之相适应的副闸门开度存在。在理论上,平开式副闸门系统的倾角可设置为 45° ~ 90°的任何数值。汛期河道行洪期间主闸门完全打开,高位洪水能将副闸门板推至自保持的全开状态,副闸门的阻水作用在设计范围之内;非汛期河道径流减小,过闸流量主要通过主闸门调控,副闸门会因不能完全打开而产生较大的阻流作用,但不对系统核心功能的实现产生影响。⑥ 挂帘式副闸系统的启门力。当上下游存在水位差时,水平方向上挂帘式副闸门板要受到水流推力和重力扣减浮力之后在水流方向分力的共同作用。⑦ 副闸门系统的运行稳定性。副闸门系统的作用类似于拍门,能稳定地帮助挡潮闸达成单向排水目标,但挡潮闸的运行环境相对复杂,有必要针对一些特殊工况对系统运行的稳定性展开分类探讨。首先,平开式副闸门系统的闸门启闭易受河面封冰影响,因此北方地区应采用挂帘式副闸门系统以解决封冰期水下副闸门部分的自动运转问题;其次,副闸门没有关门助动力,存在河面漂浮物阻挡闭门而造成潮水倒灌的风险,可由人工定期将主闸门提出水面,将汇集于主闸门前的漂浮物集中冲向下游;再次,遇风暴潮等极端情况,关闭主闸门以承担风暴潮冲击。

(3) 副闸门的选型及承载能力计算。为了对副闸门的选型及承载力特点进行更直观地展示,以截面 15 cm × 15 cm 的 H 型钢并排拼焊中空密闭、容重约为 1.42 g/cm^{3}的 2 种副闸门(图 3 ~ 4),以式(1) ~ (4)和式(5) ~ (8)对不同型号副闸门板的承载力进行试算(表 2)。结果表明:① 以截面 15 cm × 15 cm 的 H 型钢焊制厚度 15 cm、承载跨度在 8 m 以下的挡潮闸副闸门,能满足非极端工况下的承载力需求;② 对于承载跨度大于 8 m 的副闸门结构,需要通过增加门板厚度解决结构承载力不足的问题。

$$q = \rho_{水} gh \tag{1}$$

$$M_{max} = \frac{1}{8} ql^2 \tag{2}$$

$$W_x = I_x / y_{max} \tag{3}$$

中国知网 https://www.cnki.net

$$\sigma = M_{max}/(n \cdot W_x) = [\sigma] \quad (4)$$

$$Q = \frac{1}{2}\rho_{水} ghl \quad (5)$$

$$A = nA_{H型钢} \quad (6)$$

$$\tau = Q/A = [\tau] \quad (7)$$

$$[\tau] = 0.6[\sigma] \quad (8)$$

式中:h 为水位差 m;l 为简支板梁的跨度 m;I_x为 H 型钢的截面惯性矩,取 1 660 cm^4;y_{max}为截面边缘距中性轴最大值,取 7.5 cm;n 为平均每拼焊 1 m 高副闸门板需要 H 型钢根数,取 6.7;$[\sigma]$为许用应力,取 235 MPa;$[\tau]$为许用剪应力;$A_{H型钢}$为单根 H 型钢的横截面积,取 40.55 cm^2。

表 2　副闸门参数

Tab. 2　Parameters of auxiliary gates　　m

闸孔尺寸(高×宽)	平开式副闸门(适用于南方不冻河流)			挂帘式副闸门(适用于南、北方河流)		
	受力跨度	抗弯承载水压	抗剪承载水压	受力跨度	抗弯承载水压	抗剪承载水压
6×6	6	7.74	127.7	6	7.74	127.7
6×8	6	7.74	127.7	8	4.36	95.76
6×10	6	7.74	127.7	10	2.79	76.62

注:各型号副闸门最大承载力数值取其抗弯承载水压与抗剪承载水压中的较小值。

2.2　升级挡潮闸工程软件系统

挡潮闸工程承担的功能较多,但主要围绕单向排水、上游水位调控、维持河道连通性等任务展开,具有周期性、规律性、重复性的特征。随着计算机及人工智能技术日趋成熟,可以积极考虑引进先进自动化控制系统替代人工管控挡潮闸工程,这不仅能将一线工作人员从繁重的守潮工作中解放出来,还能通过提升闸门启闭切换效率改善河流的连通性与流动性,同样可以达到缓解或根治河流环境生态、河道淤积问题的目的。相较于双闸门控制改造方案,升级挡潮闸软件管理系统的方案在水闸形制、工程体量、地域范围等方面均更具普适性,是推进智慧河湖管理体系的理想承接载体,发展前景广阔。

升级挡潮闸软件管理系统需要关注和解决好系统的运行稳定性与运维成本问题。首先,挡潮闸地处海陆交界,电力供应系统、数据采集系统、计算机系统、数据传输系统的稳定性要受到盐度、湿度、极端天气等环境因素的考验,多种不利因素相叠加会对自动化系统的整体运行稳定性构成威胁。其次,软件系统所依附的硬件系统属于易耗品,前期建设投入与后期运维成本都相对较高,可能会对经费来源完全依靠行政拨款的水管单位带来压力。

3　结 语

挡潮闸工程在保护沿海地区水安全,为地区经济社会发展提供支撑的同时,一直未能摆脱环境生态、河道淤积、工程管理等问题的困扰。多年来,业界更习惯于以专业为界限对这些相互交织的工程伴生问题进行分类探讨,这影响到了问题解决的成效。本文将工程运行管理问题作为一个独立的影响因素纳入研究范畴,通过对与挡潮闸相关的功能需求与条件要素进行梳理与分析,对河流环境生态、河道淤积、工程管理等问题间的内在联系与互动关系进行拼接和相互映照,初步明确了既有挡潮闸工程结构功能相对简单进而造成对河流的过度控制是上述问题产生或激化的主因。在此基础上,有针对性地提出了完善挡潮闸硬件系统和升级工程软件管理系统 2 种技术路径,并对不同路径的可行性及可能存在的问题进行了分类探讨,为破解相关问题拓宽了思路。

挡潮闸是骨干河道上的关节工程,区段内的涉水问题不可能绕过挡潮闸工程而单独解决。以系统工程思想探讨挡潮闸工程的结构功能优化问题,可为河流管控搭建起功能更为完善的操作平台,有助于推动多种问题实现集体突破。

参考文献:

[1] 王正中,徐超. 国内外大跨度挡潮闸应用评述 [J]. 长江科学院院报,2018,35(12):1 - 11.

[2] 季永兴. 黄浦江河口建闸研究 40 年回顾[J]. 水利水电科技进展,2023,43(5):1 - 9,87.

[3] VANNOTE R L,MINSHALL G W,CUMMINUS K W,et al. The river continuum concept[J]. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science,1980,37:130 - 137.

[4] PETTS G. Impounded rivers:perspectives for ecological management [M]. New York:Wiley,1984.

[5] 索丽生. 闸坝与生态[J]. 中国农村水电及电气化,2005(8):3 - 5.

[6] 腾飞. 基于水资源调度的崇明岛河网水动力水质改善研究[J]. 人民长江,2023,54(9):60 - 67.

[7] 窦明,张彦,米庆斌,等. 闸控河流水环境模拟与调控理论研究[M]. 北京:科学出版社,2020.

[8] 杨珏婕,李广贺,张芳,等. 城市河道生态环境质量评价方法研究[J]. 环境保护科学,2022,48(6):81 - 85,115.

[9] 窦国仁. 窦国仁论文集[M]. 北京:中国水利水电出版社,2003.

[10] 罗肇森,顾佩玉. 河流泥沙国际学术会议论文集[M]. 北京:光华出版社,1980.

[11] 陈静. 射阳河口挡潮闸闸下淤积分析与治理开发研究[D]. 南京:南京水利科学研究院,2006.

[12] 周成洋,杨啸宇,王逸飞,等. 江苏省车轴河感潮河段建闸调水减淤方案优化研究[J]. 人民长江,2023,54(7):159 - 165.

[13] 杨啸宇,丁磊,罗勇,等. 河口挡潮闸气动冲沙减淤防淤技术初探[M]. 南京:河海大学出版社,2022.

[14] 陈其美. 沿海挡潮闸守潮工作初探[J]. 江苏水利,2009(9):34 - 35.

[15] 刘昌明. 中国 21 世纪水供需分析:生态水利研究[J]. 中国水利,1999(10):18 - 20.

中国知网　https://www.cnki.net

[16] 刘树坤.21 世纪的中国大水利建设[J].水利水电科技进展,2000(2):6-9,69.
[17] 董哲仁.生态水工学的理论框架[J].水利学报,2003(1):1-6.
[18] 邵春芬,夏小娟,李志,等.苏州河河口除险加固设计的思考[J].水利技术监督,2023(6):229-232,286.
[19] 李发鹏,王建平,姜付仁.我国大型挡潮闸发展现状、问题及战略对策[J].水利发展研究,2014(11):43-46.
[20] 王国安.关于我国水库的防洪标准问题[J].水利学报,2002(12):22-25.
[21] 张海平,姜卫星,顾国维.黄浦江河口建闸对内河水环境的影响[J].同济大学学报,2007,35(12):1661-1665.
[22] 刘树坤.城市河流的治理与研究展望[J].水利科技与经济,2012,18(1):1-3.
[23] 关许为,陈英祖,杜心慧.长江口絮凝机理的试验研究[J].水利学报,1996(6):70-80.
[24] 李秀文,何青.长江口细颗粒泥沙絮凝问题研究综述[J].人民长江,2008,39(6):15-17.
[25] 朱凡忠,赵明,杨铁笙.水流剪切对细颗粒泥沙絮凝作用实验研究的综述[J].泥沙研究,2010(4):73-80.
[26] 庄展羽.一种挡潮闸双闸门系统:中国,201921766879.5[P].2020-08-07.
[27] 连云港市临洪水利工程管理处.一种挡潮闸双闸门系统及其施工方法:中国,201910903053.7[P].2019-11-26.

(编辑:胡旭东)

Optimal path analysis on structural function of traditional tidal gates

ZHUANG Wenxian[1], ZHAO Jinyong[2], ZHU Lixiang[1]

(1. *Linhong Water Conservancy Engineering Management Office of Lianyungang City, Lianyungang* 222000, *China*; 2. *China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing* 100038, *China*)

Abstract: China's tidal gate projects have been plagued by problems such as river environment ecology, river siltation, and project management in the process of control and application. On the basis of collecting and sorting out the relevant research results, the causes of the above problems were systematically sorted out and analyzed, and the interaction between the elements was preliminarily clarified. Based on this, the corresponding technical solutions were put forward, and the feasibility of the scheme was analyzed and discussed. The results show that: ① There is a close internal relationship between river environmental ecology, river siltation, project management and other issues, which is an engineering associated problem related to tidal gate; ② The simple structural function of the traditional tidal gate projects causes excessive control of the river, which is the main reason for the above-mentioned associated problems. ③ In order to improve the switching efficiency of gate opening and closing, it is proposed to implement double gate control for the traditional tidal gate projects, and intelligently upgrade the engineering software operating system, which can alleviate the above-mentioned problems associated with various projects and has certain technical feasibility.

Key words: tidal gate; structure function optimization; double gate control

中国知网 https://www.cnki.net