

近海挡潮闸闸下淤积问题及处理研究综述

丛 新,朱文谨,巩妮娜,李明东,田安国

(淮海工学院 土木与港海工程学院,江苏 连云港 222005)

摘要:我国近海挡潮闸数量多且闸下淤积严重,防淤减淤迫在眉睫。介绍了挡潮闸闸下淤积的自然原因与工程原因;总结了挡潮闸闸下淤积处理的防淤措施及减淤措施;提出未来应加强水力冲淤时间的确定及机械清淤地点的选择方面的研究,以及建闸前需加强水沙冲淤变化方面的研究模拟。

关键词:挡潮闸;淤积;河口

中图分类号:TV85 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-5322(2018)01-0006-05

随着社会的发展,基于拒咸蓄淡、挡暴雨、引水使用的需要,近海河口建闸越来越多。自 20 世纪 50 年代至 2012 年底,我国已在沿海地区建设挡潮闸 5813 座,其中大型挡潮闸 340 座^[1],这些挡潮闸在防潮抗台、提高排洪排涝能力、防止土地盐碱化、缓解用水矛盾等方面发挥着重要作用。然而挡潮闸的建设改变了河流海岸的动力条件,随着时间的累积,这些闸下河道淤积问题越来越严重,国内外学者对此进行了大量的研究。

王向明等^[2]研究发现淤积强度从河口到近闸段逐渐增强;季永兴等^[3]针对上海苏州河口水闸存在闸下易淤积的问题,建议加强闸下淤积监测,并定期进行人工清淤;孙勇等^[4]研究认为三洋港挡潮闸建成后,必要时需要利用人工清淤,以降低淤积量,保证闸下行洪断面;高祥宇等^[5]根据闸下淤积影响因子、洪涝灾害发生频率和抗灾能力等指数建立了风险评估体系,并以此计算闸下河道淤积情况,发现研究区闸下河道淤积情况都较严重;Kim 等^[6]对韩国 KEUM 河口建设挡潮闸前后的潮流、泥沙输移率等变化情况进行了分析,发现建闸后闸下航道的回淤量是建闸前的 2.2 倍;Ji 等^[7]研究了韩国洛东江挡潮闸淤积问题,发现通过改变闸控方式冲淤可清除年平均疏浚量的

54%;Kendrick 等^[8]对泰晤士河挡潮闸淤积问题作了物理和数学模型研究,发现连续潮流控制导致淤积加重,最大沉积区取决于挡潮闸的位置。

1 挡潮闸闸下淤积的影响因素

河口的淤积演变是水流、泥沙与河床相互作用的结果,目前一般认为潮波变形是造成闸下淤积的基本动力因素^[9-10],海相泥沙是闸下淤积的主要来源,河口不平衡输沙是闸下淤积的基本模式^[2]。高祥宇等^[11]认为河口泥沙特性、河口泥沙主要来源、建闸后水动力变化、建闸位置、闸底高程以及闸门调度方式等都会对闸下河道淤积程度产生影响;张文渊^[12-13]等认为沿海挡潮闸下淤积的主要原因还包括围垦不当;对于淤泥质淤涨型海岸,王义刚等^[14]发现闸下河道淤积原因主要有潮波变形,上游径流量的减少,闸下港道淤涨型海岸逐渐变长,以及其他原因如风暴潮、台风、降水、蒸发、用水等;郑华美等^[15]研究了苏北沿海挡潮闸闸下淤积问题,发现闸下淤积主要影响因素有潮汐、盛行风、水道弯曲程度、上游河道断面、收益区降雨量和围垦等。

王明才等^[16]研究了潮汐河口建闸问题,发现建闸后改变了天然情况下的输沙平衡,引起闸下

收稿日期:2017-06-13

基金项目:国家自然科学基金(51609093);江苏省自然科学基金(BK20130409);江苏省教育厅基金(16KJB560002);淮海工学院科研创新计划项目(XKYCXX2016-1)

作者简介:丛新(1992—),男,江苏沛县人,硕士生,主要研究方向为海岸带资源开发与近海工程。

通讯作者:朱文谨(1981—),男,江苏江都人,副教授,主要研究方向为港口航道工程。

河段的淤积。水闸全开时,河口淤积主要与水闸宽度及底槛高程有关,当河口水闸的槛顶高程略高于上游河床高程、闸孔宽度与原河口等宽时,河口淤积最少;闸门全关时,河口淤积主要受涨退潮主流位置的影响,此时口门区水流几乎处于静止状态,落淤分布自口门至闸前,由厚变薄。Ji 等^[17]发现闸跨度等于河宽是造成淤积的主要原因。Zhang 等^[9]通过改变不同闭闸位置建立数学模型,发现闸下河道长度对泥沙淤积有明显影响。高祥宇等^[11]发现射阳河建闸后,潮波反射比较大,闸下高水位壅高明显,闸下河道从河口到闸址潮差增大;关闸时,涨潮流速大于落潮流速,涨潮流的含沙量大于落潮;建闸初期闸下淤积的因素主要是潮波变形,建闸对河口进潮量影响不大;闸下河道淤积一般表现为大潮大淤,小潮小淤特性。

杨第昌等^[18]通过对沿程流速、涨落潮平均流速及水流挟沙力的分析,研究了海州湾滩涂围垦对临洪河口闸下河道淤积产生的影响,发现围垦后闸下淤积厚度为 2 cm 左右,说明海州湾滩涂围垦对临洪河口闸下河道的淤积没有太大影响。维持滩面潮水沟系统不减少,保证河口纳潮流域的完整性是保持河口稳定的前提。龚政等^[19]基于

RS 技术,以现河口流域边界为依据,主要考虑 1990 年以来河口流域边界的演变区域及人类活动引起的港道干槽的变化,参考纳潮汇水区历史外边线、河口现状主体汇水区边线以及口外主槽演变外边线,确定河口滩面控制区域,最后得出:在平均大潮高潮位线与平均高潮位线之间,按照与闸下航道成 30°~45°的方向对高滩进行围垦最为合理。

总的来说,闸下淤积的影响因素可分为自然原因与工程原因。其中自然原因包括风暴和盛行风及闸下河段曲流的发育,工程原因包括建闸后径流分配过程改变及河流径流量的减小、围垦的负面效应、潮流被闸身截断而使潮流量减少、上游河道断面小于闸孔净宽等,这些因素共同作用使得下泄速度减弱,加重了闸下淤积^[20-21]。

2 挡潮闸下淤积处理方法

随着闸下淤积量的逐年增加,挡潮闸效益无法充分发挥,清淤工作将变得十分重要。目前,常见的减淤防淤方法如表 1 所示。防淤措施有工程措施和植物措施等。实际工程中应依据河口淤积特征和工程需要,进行全面规划、综合治理^[12,22-23]。

表 1 挡潮闸下淤积处理方法
Table 1 Processing method of siltation under tidal gate

方 法		简 介	案 例
减淤措施	水力冲淤	常用方法,可通过控制闸门调节水量。	韩国洛东江挡潮闸 ^[6] ;江苏盐城市斗龙港闸 ^[24] 及其他闸群 ^[25] ;苏州河河口试验水槽 ^[26] 。
	机械清淤	借助机械冲淤,较常见的是清淤船疏浚。	射阳河、黄沙港、斗龙港、新洋港闸 ^[27-28] 。
	纳潮冲淤	需要注意闸上河道淤积与盐水入侵问题。	江苏大丰市王港闸 ^[29] 。
防淤措施	工程措施	修筑导堤,合理设计改变引河长度。	江苏省淤涨型海岸 ^[30] 。
	植物措施	在岸滩利用植物防淤。	我国沿海部分地区。

2.1 减淤措施

由表 1 可知,减淤措施有水力冲淤、机械清淤、纳潮冲淤、气动冲淤和爆破清淤。其中水力冲淤、机械拖淤被认为是较成熟且行之有效的减淤措施;纳潮冲淤尚处于试验阶段,需积累更多的使用经验;气动冲淤虽有明显优势,但仍有待于深入试验探讨;爆破清淤,特别适用于清淤时间紧迫的情况,值得加强应用方面的试验研究^[31]。

2.1.1 水力冲淤

由于水力冲淤可通过控制闸门调节水量,因此这种冲淤方式可充分利用有限的水源进行冲

淤。水力冲淤是挡潮闸冲淤保港诸多技术手段中最直接、最便捷、最经济的实用措施,可以明显提高冲淤减淤效果,保证挡潮闸发挥有效作用。为保证冲淤减淤效果,闸门可根据上下游水位差,或潮汐、风力风向等自然条件进行开关。当流域内多座挡潮闸有冲淤要求时,要根据工程重要性、淤积程度、清淤措施的难易程度与效益进行具体分析,可采取集中冲、连续冲、轮流冲、高水冲等多种方式,合理分配水量,进行集中统筹安排^[25]。

张军^[24]通过水力冲淤的研究,发现短期冲淤对近闸段的影响较大(据资料显示,冲淤范围超

出 1 km 后影响逐渐减弱),时间和水量对港道冲刷效果有很大影响。进而提出更具体的闸控方式:利用水位差、开孔流或部分闸门调节水位实现高速冲淤,根据潮汐状况采用大潮开闸、低高潮后开闸和顺风开闸等进行适时冲淤。并给出多种冲淤方案:采取开启单孔或部分闸孔的措施,正对闸室附近淤积严重区冲刷;上游来水较少不宜经常开闸时,应在大潮期的低高潮后,存在较大水位差时,小流量泄水,尽可能保证泓道不淤塞;下游河床淤面由于长期干旱升高、板结时,可在汛前开挖泓槽,有条件时再进行水力冲淤辅助。沈志刚等^[26]研究发现合理安排闸门开启方式可以有效冲刷床面淤泥,减轻闸区河床淤积;开启闸门的位置对水流流态有较大影响,开启位于水槽中部的闸门形成的闸后水流一般不易扩散,而开启水槽侧边闸门往往形成较强的回流,且扩散范围较大;闸下流速与上下游潮位差、闸门开启度相关且为正比关系,但与开启闸门的扇数基本无关;距闸门一定距离的上游河道断面平均流速,随开启闸门数量的增多及闸门开启度的增大而增大;同时开启闸门数越多,闸后水流紊动越弱,上下游潮位差越大,紊动性越强。

因此,采取水力冲淤方式时,要根据沿海挡潮闸所处的海岸类型、闸下河道的土质、闸下河道的长短、挡潮闸水头的高低以及水源条件等,采取多种方式灵活冲淤。

2.1.2 机械清淤

机械清淤主要分为清淤船疏浚及高压水泵疏浚,其中清淤船疏浚更为常见。清淤船的耙具经历了单面齿耙、双面齿耙、掺气耙和改进型掺气耙 4 个阶段,整体工艺不断改善。清淤船尤其是掺气耙清淤船,具有省钱、高效的特点,每立方米的清淤成本仅为常规挖泥船的 1/3 左右,因此该清淤船在清理河道淤积,保证挡潮闸下港道容积方面具有重要意义^[28]。

地处南黄海的新洋港河口属于淤涨型海岸,其岸线逐年向外扩张,同时河流径流量季节性变化明显,而海洋动力维持稳定。李明亮^[27]根据新洋港河口所属海岸的特点,运用三维地形数据及实测沉积动力学资料建立了三维模型,进而根据模拟结果找到冲刷区、淤积区和冲淤平衡区,提出在丰水期应以径流冲淤为重点,枯水期可将纳潮与径流冲淤相协调,同时在重点淤积河段采用机械清淤的措施来治理河道淤积。

2.1.3 纳潮冲淤

纳潮冲淤对缓解下游河道的淤积是有效的,但是也会带来闸上河道淤积和盐水入侵问题。要减少盐水入侵的范围,需在上游修建节制闸,从而消耗大量的人力、物力和财力。对于纳潮冲淤引起的闸上河道淤积,施春香^[29]研究表明:纳潮过程中造成闸上河道淤积量不大时,清淤比较方便;若淤积量比较大,可以在闸上使用机械搅拌,进而在冲刷过程中将泥沙带出。杨旭^[20-21]等提出纳潮冲淤必须具备一定的条件:一是在农业不用水的时候;二是纳潮闸须配备反冲设施,上游须建控制潮水上溯的工程;三是在咸水可能回溯的河段,各引水口建封闭闸,阻止咸水进入农田。

2.2 防淤措施

防淤措施主要分为工程防淤与植物防淤。工程防淤中修筑导堤是比较常见的工程措施;植物防淤就是在上游植树造林保持水土,而在浅海滩涂大量种植可拦截淤泥的植物,这种方式对于减少水中含沙率非常有效,但使用时需格外谨慎。

2.2.1 工程措施

解决闸下淤积最关键的还是建闸前确定最优闸门位置^[32]。对于已建闸门,可在河口建造导堤,这不仅可稳定并约束下泄径流,束水攻沙,稳定并改善出口水深,达到减少引河淤积的目的,还可改变水流条件,截断由风浪掀起的海滩泥沙补给源,减少涨潮流挟带进入引河的沙量^[20-21]。

出于通航和防淤、减淤的目的常在河口建双导堤,以拦截河口近岸带含沙浓度较高的海水进入河口,减少河口内引河段的淤积。对这种以防暴潮为目的平时开启闸门维持航运的河口修建双导堤以达减淤的工程,在技术思路和工程实践中都是没有争议的。对于工程地跨河流、河口和海滨三种水文动力和地理边界条件的以泄洪入海为目的的地段,导堤拦沙的功绩是明显的,建闸减淤的功绩也是不错的,二者的减淤功绩为同一数量级,但导堤方案还有拦门沙顶冲刷及影响堤身结构、泥沙淤积部位偏里不利清淤、径流减淤作用小和抵御风暴防淤能力差四个方面的问题^[30]。因此,对这种以泄洪入海为目的的地段,建闸方案要优于双导堤方案。

通过科学选择闸下引河类型,也可有效减少闸下淤积。闸下引河类型可分为两类:径流型长引河和潮流型短引河。一般而言,径流型长引河是以径流为主要动力,径流来量不足时,极易导致

水文泥沙的不平衡,造成严重淤积;潮流型短引河则是以潮流为主要动力,这种河口淤积较轻,挡潮闸距海口控制在1 km以内可较好地解决闸下淤积问题^[31]。

2.2.2 植物措施

大米草可以在中潮带种植生长,是一种经济的防淤减淤植物,但有文献认为该物种在原引种地以外地段滋生蔓延,并形成优势种群,排挤其它植物,构成对当地生物多样性的威胁,导致滩涂生态失衡、航道淤塞、滩涂养殖受阻、海洋生物窒息致死,并诱发赤潮等。也有文献认为对大米草的认识存在很大偏见:大米草在我国海滩上的生长空间是绝大部分本地高等植物无法生存的地方;大米草造成航道阻塞也是不可能的,只有浅水道会被阻塞^[33]。

因此,在选取植物措施治理淤积问题时,应充分考虑该物种的生长繁殖特性,以及种植后对生态环境产生的影响;否则,一旦造成生态失衡问题,将一发不可收拾。

综上所述,大型挡潮闸的设计需要综合考虑防洪、挡潮、减淤、航运、景观、生态等需求,对于已建成挡潮闸,解决其出现的淤积问题时,要针对不同挡潮闸下淤积的特点,综合考虑防淤减淤措施及该措施对该区域各方面影响。

3 结论与展望

3.1 结论

通过以上对挡潮闸下淤积原因的分析及其处

理的介绍,得到以下几点结论:

(1)挡潮闸下河道淤堵在所难免。近年来闸下港口淤积加重且日趋板结,尤其在淤泥质海岸或者入海口拦门沙内存有大片浮泥的河口,闸下的淤积往往很严重,而且是不可逆的。

(2)闸下淤积的影响因素可分为自然原因与工程原因。自然原因包括风暴和盛行风以及闸下河段曲流的发育;工程原因包括建闸后径流分配过程的改变及河流径流量的减小、围垦的负面效应、潮流被闸身截断而使得潮流量的减少、上游河道断面小于闸孔净宽等。

(3)大型挡潮闸的设计需要综合考虑防洪、挡潮、减淤、航运、景观、生态等需求。采取防淤减淤措施时,需要全面考虑各方面因素,特别是生物措施对生态环境的影响。

3.2 展望

未来应重点研究的方向有:

(1)潮周期内水体悬沙颗粒大小及沉速是不断变化的,定量研究悬沙浓度变化,更明确地分析选择开闸冲淤的时间将成为今后研究的一个重要方向。

(2)收集地形水文数据资料及其他相关实测资料,建立模型并利用软件模拟区域冲淤状况,确定冲刷区、淤积区和冲淤平衡区,将更有利于机械清淤地点的选择。

(3)建闸前需加强水沙冲淤变化方面的研究模拟,排除一切不利因素,确定最优闸门位置。

参考文献:

- [1] 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,2014,14(11):43-46.
- [2] 王向明,张新周,窦希萍,等.入海河口闸下淤积机理及模拟技术研究进展[J].水利水运工程学报,2013,13(2):87-92.
- [3] 季永兴,刘水芹,卢永金.上海苏州河河口挡潮闸的问题探讨[J].中国水利,2015(16):34-37.
- [4] 孙勇,沈继华,杨中,等.三洋港挡潮闸闸下泥沙冲淤分析及对行洪的影响[J].水利规划与设计,2010(3):50-53.
- [5] 高祥宇,窦希萍,朱明成.入海河口闸下河道泥沙淤积危害评估研究[J].海洋工程,2013,31(5):55-61.
- [6] KIM T I, CHOI B H, LEE S W. Hydrodynamics and sedimentation induced by large-scale coastal developments in the Keum River Estuary, Korea[J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2006,68(3/4):515-528.
- [7] JI U, JULIEN P Y, PARK S K. Sediment flushing at the Nakdong River Estuary Barrage[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2011,137(11):1522-1535.
- [8] KENDRICK M P, GRAY D A. Siltation problems in relation to the Thames Barrier[J]. Philosophical Transactions of the Royal Society A:Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 1972,272(1221):223-243.
- [9] ZHANG X, JIAO Z, ZHANG J. Numerical simulation study of sedimentation downstream tide gates influenced by the length of the irrigation channel[M]//Kim Y H. Progress in civil, architectural and hydraulic engineering IV:Proceedings of the 2015 4th International Conference on Civil, Architectural and Hydraulic Engineering (ICCAHE 2015). London:CRC Press,

2015.

- [10] ZHANG X Z, SONG Y Y, CHEN S M. Simulation study on deposition downstream floodgates in estuarine[C]//Applied Mechanics and Materials, 2014,580/581/582/583:2037-2040.
- [11] 高祥宇, 窦希萍, 曲红玲. 河口闸下河道泥沙淤积特性及水动力变化分析[C]. 第十四届中国海洋(岸)工程学术讨论会论文集. 北京: 海洋出版社, 2009.
- [12] 张文渊. 苏北沿海挡潮闸下淤积的原因及其对策[J]. 泥沙研究, 2000(1):73-76.
- [13] 刘冬林, 施世宽, 邹志国. 沿海挡潮闸减淤防淤措施的探讨[J]. 水利管理技术, 1998, 18(4):36-39.
- [14] 王义刚, 席刚, 施春香. 川东港挡潮闸闸下淤积机理浅析[J]. 江苏水利, 2005(3):28-29.
- [15] 郑华美, 王均明. 苏北沿海挡潮闸闸下水道淤积的因素和影响机制分析[J]. 盐城工学院学报(自然科学版), 2005, 18(3):73-76.
- [16] 王明才, 周琴, 傅宗甫, 等. 潮汐河口水闸对河口淤积影响的试验研究[J]. 红水河, 2005, 24(3):39-41.
- [17] JI Y X, YANG F, ZHANG H Y, et al. A siltation simulation and desiltation measurement study downstream of the Suzhou Creek Sluice, China[J]. China Ocean Engineering, 2013, 27(6):781-793.
- [18] 杨第昌, 陶建峰, 张长宽. 海州湾滩涂围垦对临洪河口闸下河道淤积的影响[J]. 水运工程, 2014(6):96-101.
- [19] 龚政, 窦希萍, 张长宽, 等. 江苏沿海滩涂围垦对闸下港道淤积的影响[J]. 水利水运工程学报, 2010, 10(1):73-78.
- [20] 杨旭, 邱雪寒. 河口闸下泥沙淤积原理及对策总结[J]. 科技致富向导, 2012(26):53.
- [21] 成建, 刘德荣. 浅析闸下港道淤积及治理问题[J]. 山东水利, 2011(7):24-26.
- [22] MU J B, HUANG S C. Influence of tidal gate on hydrodynamic and sedimentary environment[J]. Advanced Materials Research, 2013, 726/727/728/729/730/731:3434-3438.
- [23] HU S X, WANG Z Y, Lee J H W. Flood control and shrinkage in the Haihe River Mouth[J]. Science in China Series B: Chemistry, 2001, 44(S1):240-248.
- [24] 张军. 基于沿海挡潮闸不同闸控方式冲淤效果的分析[J]. 江苏水利, 2015(4):23-25.
- [25] 孙洪滨, 黄敏, 曹恒军, 等. 沿海挡潮闸冲淤减淤调度运用关键技术研究[J]. 水利水电技术, 2015, 46(3):97-100.
- [26] 沈志刚, 刘桦, 何友声. 利用涨落潮水流冲刷河口闸闸区淤积[J]. 华北水利水电学院学报, 2001, 22(3):107-112.
- [27] 李明亮. 建闸河口闸下沉积动力过程及冲淤趋势:以新洋港河口为例[D]. 南京:南京大学, 2014.
- [28] 许德智, 蔡洪卿, 陆体成, 等. 挡潮闸下港道清淤机具的改进及应用[J]. 海洋工程, 2001, 19(2):74-78.
- [29] 施春香. 挡潮闸下游河道淤积原因分析及冲淤保港措施研究:以王港闸为例[D]. 南京:河海大学, 2006.
- [30] 黄建维, 张金善. 我国河口挡潮闸闸下淤积综合治理技术[J]. 泥沙研究, 2004(3):46-53.
- [31] 付桂, 李九发, 朱钢, 等. 河口闸下淤积和清淤措施研究综述[J]. 海洋湖沼通报, 2007(S1):223-231.
- [32] ZHU Q G, WANG Y P, GAO S, et al. Modeling morphological change in anthropogenically controlled estuaries[J]. Anthropocene, 2017, 17:70-83.
- [33] 仲维畅. 大米草和互花米草种植功效的利弊[J]. 科技导报, 2006, 24(10):72-78.

Research Review on the Problem and Treatment of the Siltation under the Tidal Gate in Coastal Waters

CONG Xin, ZHU Wenjin, Gong Nina, LI Mingdong, TIAN Anguo

(School of Civil and Harbor Engineering, Huaihai Institute of Technology, Lianyungang Jiangsu 222005, China)

Abstract: The number of tidal gate in the coastal waters of our country is large and the siltation is serious under the tidal gate, and it is imminent to prevent siltation and reduce siltation. The natural causes and engineering reasons of the siltation under the tide gate are introduced. The measures of anti-silting and siltation reduction for the treatment of siltation under the tidal gate are summarized. It is proposed that the determination of the time of hydraulic scour and the selection of mechanical dredging sites should be studied in the future, and we need to strengthen the research simulation of changes in water and sand erosion and siltation before sluice construction.

Keywords: tide gate; siltation; estuary

(责任编辑:李华云)