

沿海挡潮闸下游河道淤积机理及防淤减淤研究

袁堂林

江苏省淮沭新河管理处, 江苏 淮安 223005

摘 要：沿海挡潮闸主要承担挡潮、泄洪的作用，在汛期大流量时根据上游来水及时提起闸门，保证上游农作物不受侵害，在非汛期小流量时依据上游农业需水量适时小流量向下游排水，开启闸门时可灵活选择开启孔数和开高，控制外排水量。由于多种因素影响，下游河道淤积成因较为复杂，在充分保证上游用水的前提下，采用水力清淤和机械辅助清淤的方式，加之科学调配水源，严格遵守控制运用原则，实现下游河道防淤减淤。

关 键 词：挡潮闸；控制运用；防淤减淤

Study on the Siltation Mechanism and Silt Prevention Measures in the Downstream Channel of Coastal Tide Gates

Yuan Tanglin

Huaishu Xinhe River Management Office, Huai'an, Jiangsu 223005

Abstract：Coastal tide gates primarily serve the functions of blocking tides and discharging floodwaters. During the flood season with high flow rates, the gates are timely raised based on the incoming water from upstream to ensure that upstream crops are not damaged. During non-flood seasons with low flow rates, water is drained downstream in small quantities based on upstream agricultural water demand, and the number and height of gate openings can be flexibly adjusted to control the amount of water discharged. Due to various factors, the causes of siltation in downstream channels are complex. Under the premise of fully ensuring upstream water use, hydraulic dredging and mechanical auxiliary dredging methods are adopted, coupled with scientific water source allocation and strict adherence to control and operation principles, to achieve silt prevention and reduction in downstream channels.

Keywords：tide gate; controlled operation; silt prevention and reduction

引言

为减少沿海挡潮闸下游河道淤积，发挥工程减灾综合效益，在保障上游农业用水的前提下，充分利用上游尾水水源，从沿海挡潮闸的科学调度运用和冲淤减淤方式两方面入手，在大量查阅地方管理规程、规范后，结合日常工程管理经验，先后对淤积成因、控制运用要求原则、水力冲淤和机械冲淤的主要内容进行阐释，构建了较为全面的沿海挡潮闸冲淤减淤方式方法研究体系。

一、淤积成因及冲淤目标原则

（一）淤积成因

以新沂河海口枢纽为例，新沂河海口枢纽工程距离灌河口约1.2km，属于短引河型闸下淤积类型。根据多年观测得知，三个深泓闸下潮水涨潮时间历时为5小时，落潮时间历时为7小时，涨潮流速大于落潮流速，促使涨潮时携带的泥沙量大于落潮时冲走的泥沙量，从而造成闸下河道淤积。

水流挟沙能力表达式： $S=KV^2/gH$

式中： S 表示水流挟沙能力（ kg/m^3 ）； V 为流速（ m/s ）；

H 为水深（ m ）； g 为重力加速度（ m/s^2 ）； K 为经验系数^[1]。

（二）冲淤原则

遵循“落平开闸、涨平关闸”原则，冲淤时控制上下游水位、单宽流量不超设计标准情况下，大开（开度大）冲远，小开（开度小）冲近，枯季保港槽，汛期保断面，顺风多冲、逆风少冲，大汛多冲、小汛少冲，大潮多冲、小潮少冲，有雨多冲，无雨少冲^[2]。

（三）冲淤目标

（1）丰水年：平均断面面积达设计标准；

（2）平水年：平均断面面积同比不减少；

（3）枯水年：闸门不淤死；申请调水冲淤，维持泓道底高程不高于上游控制运用最低水位。

二、水源调配基本要求及调配原则

（一）基本要求

（1）水闸值班人员要了解工程的设计功能以及所在流域的作用，及时掌握近期当地气象情况、潮水涨落潮时间、上下游水位等工况，并能熟练操作各项设备，具有应急处置工程突发事件的能力。

（2）根据工程现状，每年修订防洪预案和反事故预案，并报上级主管部门批准。

（二）汛期水源调配

水源调配应遵循确保防汛防旱安全、优先保证人民群众生活和工农业生产需要、充分利用水源、冲淤效果最大化、成本最低的原则；

汛前预降上游水位或春季引淡排咸时，应充分利用水源进行小流量排水，尽可能维持下游河床通畅；

汛期是下游河道冲淤保港黄金时期，在洪水到来之前或预报有风暴潮时，应提前预排区间水，让清水和潮水前峰带来的浑水相互顶托，从而使涨潮流消减，减少河床淤量。

以新沂河海口枢纽为例，按照上游流量大小，分层次调度：

（1）当上游行洪流量大于 $2000\text{m}^3/\text{s}$ 时，按照“落平开闸、涨平关闸”原则，抢抓落潮有利时机，全力排除上游洪水；

（2）当上游行洪流量大于 $1000\text{m}^3/\text{s}$ ，小于 $2000\text{m}^3/\text{s}$ 时，根据上游汛情，综合研判，以排泄洪水为主，在不影响行洪的情况下，开启三座闸结合行洪冲淤，也可根据下游淤积情况，单独开启中深泓闸、南、北深泓闸三闸中两闸冲淤运行；

（3）当上游行洪流量低于 $1000\text{m}^3/\text{s}$ 时，尤其进入行洪末期，按照闸下冲淤轻重缓急，开启一闸或两闸运行；

（4）汛末应拦蓄部分水源，根据当地情况适当抬高区域上游水位，作为枯水期冲淤运行的水源。

（三）非汛期水源调配

非汛期，沿海挡潮闸主要承担挡潮和排泄上游沿线尾水任务。

（1）非汛期水力冲淤，应遵循先通后畅原则，即优先冲开主河槽，保证主河槽畅通，再逐渐扩大河槽断面；

（2）当上来水量较多时，在上游尾水不漫滩情况下，适当蓄高上游水位，采用单孔或几孔高水位差（水头差宜控制在 $0.8 \sim 1.0\text{m}$ 左右）大流量运行，集中水头水量，使最初出闸水流获得较大的流速，充分发挥全部水量的冲刷作用，节约外泄水量，对淤积河道轮流冲淤；

（3）当上来水量较少时，定期活动闸门，防止闸门淤死。

在水位水量允许情况下，且达到起排水位时，宜在大潮期，

以较大水位差小流量短历时泄水冲淤，尽可能维持泓道淤积不加重^[3]。

（4）遇到恶劣天气（如强热带风暴、特大暴雨、大雾等）条件下，应暂停大水位差冲淤。

在冲淤减淤运用时，应兼顾农田灌溉。为保障3月份小麦返青水、5月份小麦灌浆水能够及时灌溉，在排泄上游来水时，应适当控制上游水位，保障新沂河沿线农田灌溉用水；为保障小麦越冬水的灌溉，在11月底12月初，排泄上游尾水时，也应控制上游水位在 0.5m ，保障小麦安全越冬水得到充分灌溉^[4]。

（四）区间水调配

（1）当区间水水位达到起排水位时，结合河滩内农田灌溉需求，在确保防汛防旱安全的前提下，保障工农业生产需要、充分利用水源、冲淤效果最大化、成本最低的原则；

（2）汛前预降上游水位时，应充分利用水源进行冲淤保港运行，尽可能维持下游主河床通畅；

（3）汛期在满足防洪前提下，对闸下河道有冲淤需求的挡潮闸应优先调度，预报近期无较大降水时，宜分闸、分时段设置冲淤运行水位，延长泄水冲淤历时，增强冲淤减淤运用效果。

三、水力冲淤

（一）水力冲淤方法

（1）逢大潮，开闸冲。根据大潮大淤，小潮小淤的特点，在每月大潮水期间，开闸冲淤。

（2）涨潮时，清顶洪。根据一般潮水前锋挟沙量大的特点，涨潮前（特别是大潮水前）开闸放水，顶住混水，使清水先充满闸下引河，减少潮水带来的淤积量。

（3）低高潮，开闸冲。沿海潮汐基本是有两涨两落，其中一潮潮位高，另一潮潮位较低。由于低高潮落潮潮差大，落潮水位低，流速较大，选择大潮汛的低高潮后开闸，可以获得较小的河道水深，较大的流速，从而增强冲淤效果^[5]。

（4）带落差，开闸冲。带水头差开闸，可以增加瞬时流速，加大瞬时流量，使闸下水流流速达到或超过泥沙的启动流速，达到更好的冲淤效果。

（二）水力冲淤控制运用规定

（1）非行洪期沿海挡潮闸的控制运用按照批复的控制运用原则根据上游水位自行控制；汛期严格遵照调度指令执行，冲淤保港运行要根据枢纽工程上下游水位差、下游潮水等实际情况适当调整。

（2）工程如需超标准运行，应进行充分的分析论证和复核，提出可行的运用方案，批准后执行；必要时，应先进行安全鉴定。

（3）优化调度水源，充分利用上游尾水冲淤保港，发挥工程综合效益。

(4) 枢纽水闸群泄流时, 应防止船舶漂浮物影响闸门启闭或危及闸门、建筑物安全。

(三) 闸门运行操作

(1) 闸门操作应由2名或2名以上熟悉业务的工作人员进行操作, 至少一人操作, 一人监护。

(2) 当排水量大时, 现场应派专人对上下游进行巡视检查, 发现异常情况及时停机处理。

(3) 当闸门开高较大时, 宜分次开启。闸门接近最大开度或接近关闭时, 要提前控制, 避免保护失灵造成事故。

(4) 当闸门启闭发生振动时, 应适当调整开启高度, 避开发生震动的位置, 发现闸门或启闭机有不正常响声时, 应立即停机检查, 待故障排除后, 方可继续启闭^[6]。

(5) 闸门启闭完成后, 应立即切断电源, 并检查启闭机的制动装置是否可靠。做好闸门启闭相关记录, 及时报告。

(6) 非行洪期, 闸门长期不需启闭时, 闸门每月至少活动一次, 以防淤死。

四、冲淤减淤控制运用方案

下面以新沂河海口枢纽工程为例, 阐述非汛期、汛期以及分淮入沂冲淤减淤控制运用方案。

(一) 非汛期冲淤运行方案

在非汛期, 南、中、北三闸主要承担上游沿线尾水排放。当上游来水量较多时, 在上游尾水不漫滩情况下, 结合每天两潮开闸, 采用轮流冲淤方式, 即在低潮期, 控制单宽流量不超设计标准(北闸 $20.27 \text{ m}^3/\text{s}$, 中闸 $18.60 \text{ m}^3/\text{s}$, 南闸 $20.21 \text{ m}^3/\text{s}$)情况下, 采用单孔高水位差大流量对淤积河道轮流冲淤。当来水量较枯时, 定期活动闸门, 防止闸门淤死。在水位水量允许情况下, 宜在大潮期以较大水位差小流量短历时泄水冲淤, 尽可能维持泓道淤积不加重。遇到恶劣天气(如强热带风暴、特大暴雨、大雾等)条件下, 应暂停大水位差冲淤^[7]。

(二) 汛期冲淤运行方案

在汛期, 利用每天两潮开闸时机, 闸门启闭遵循“落平开闸、涨平关闸”, 不超设计标准运行原则, 对淤积严重的河道优先运行冲淤, 在大潮汛(农历初三、十八左右)低潮位和小潮汛(农历十、二十三左右)低潮期进行开闸冲淤。在天气预报区域有大的降水时, 利用提前预降上游水位时机, 轮流运行三闸, 开闸冲淤; 其次是沂沭泗地区来水行洪时, 在服从防汛要求的前提下, 充分利用拦截末段洪水开闸冲淤^[8]。

(三) 分淮入沂运行方案

当淮河流域行洪, 需要分淮入沂时, 南偏泓河道断面较好, 过水能力较强, 日常来水较中深泓多, 所以在 $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ 以下或小流量行洪, 采用南深泓闸行洪, 同时兼顾中深泓闸。

五、机械辅助冲淤

(一) 适用条件

(1) 闸下河道平均断面面积已小于设计断面的30%~40%, 严重影响泄洪排涝, 淤泥板结, 水力冲淤效果不明显。

(2) 上游来水少, 闸下河道回淤较快。

(3) 闸下河道边滩(浅滩)发育严重影响排水, 河道芦苇侵占河道较大断面现象。

(4) 开闸泄水流速小, 难以使床沙起动。

(二) 冲淤机械选择

(1) 应根据工况、下达的经费等相关技术要求, 选用符合安全、适用、经济、高效的冲淤机械设备。

(2) 在对闸下河道进行机械清淤时, 应重点拓浚主河槽(或主泓道)。在有必要调整流速、流向时, 可采用切除边滩或浅滩等方式。

(3) 有冲淤水源时, 视闸下河道水深, 应优先选用搅动式清淤机械施工, 如闸下河道水深不能满足搅动式清淤船清淤工作要求时, 可先选用挖泥船(机)挖出河槽, 再用搅动式清淤机械施工。

(4) 气动冲淤

①气动冲淤设备: 由空压机、气罐、高压防爆气管和水下气排组成。

②气动冲淤原理:

a. 气动冲淤是利用空气的密度小于水的密度, 在水中受到的浮力远远大于其受到的重力, 而必然上升的原理, 从而带动泥沙上扬, 在水流的带动下, 使泥沙得以远距离输送的方法。泥沙的粒径越细, 沉降速度越小, 气动冲淤的效果越好^[9];

b. 河床在埋设管道后, 管孔长久不堵, 压气既能扬沙, 主动冲淤, 随时进行, 不受潮汐变化影响;

c. 管道不怕淤积, 有气即可扬动淤积于管上的泥沙;

d. 冲淤时泥沙含量较大, 可以连续冲淤, 或者采用大储气罐瞬间同时较大范围冲淤, 可能造成“揭河底”的现象, 提高冲刷效果^[9]。

(5) 掺气耙冲淤设备: 由掺气耙、空压机、牵引机船组成

①掺气耙冲淤原理: 利用机船牵引掺气耙在河床上移动, 对下游河床进行搅动, 扰动淤泥使其悬浮, 靠落潮水流或开闸水流带走泥沙。

②搅动式清淤船(机)施工应与挡潮闸控制运用密切配合, 并应注意开闸时的安全运行。可在开闸前1h左右开始作业, 在关闸前0.5h~1h停止作业^[10]。

(6) 绞吸式挖泥船清淤: 主要是用于河道的开挖、疏浚等。其中挖泥, 输泥, 卸泥都是由挖泥船自身的连续性完成, 具有生产效率高, 成本低等特点。但该法需要河道有较高水位, 满足船只移动, 并需要提供排泥场。

（7）高压水泵冲淤

高压水泵冲淤施工原理就是用高压水冲刷淤泥，使之变成泥浆，并充分和水混合，紊动水流，加大水力的夹沙能力，从而达到清淤的目的。主要用于切除边滩、河道水上淤泥。其施工方法为在船只上或木排上安装动力装置和高压水泵，直接用高压水泵对边滩、河道水上部分淤泥进行冲刷使其变陡坍塌，部分变成悬沙或淤泥，随开闸水流或退潮潮流流走，这样往复施工达到清淤目的。

（8）机械冲淤保港施工宜在每年7月上旬完成。

六、水力冲淤及机械辅助清淤适用条件

清淤方式	适合方位	适合时间段	备注
水力冲淤	河道清淤	上游水位达到要求或有流量行洪时	此方法只能对河道清淤，对两侧边滩冲淤效果较差，受上游水量制约因素较多
气动冲淤	局部清淤，例如导流墙后	落潮时	受潮汐影响，设备投入较多，维护成本大，局限性多
掺气耙冲淤	河道、边滩清淤	全年适用	
绞吸式挖泥船清淤	边滩及水下、河道清淤	缺水年份可采用此法	受潮汐涨落影响较大
高压水泵冲淤	边滩清淤	全年适用	无法水下冲淤

七、其他需要注意的情况

（1）遇有冲淤减淤作业时，应做好施工前、后引河断面测量。

（2）每年年底，收集整理冲淤减淤控制运行资料，及时分析、归档、总结。

（3）对闸下河道有无擅自围垦、筑坝、临水建筑等影响河势稳定的情况进行经常检查。^[11]

（4）充分利用新技术，加强上下游河道的淤积变化监测和冲淤减淤效果分析。

参考文献

[1]SL75-2014.水闸技术管理规程[S].北京：中国水利水电出版社，2014.

[2]陈犇，丁磊，丁跃，等.气动冲沙技术在新沂河海口枢纽挡潮闸的应用[J].江苏水利，2023,(11):8-12.

[3]朱庆华，周亚军，江伟，万勇.新沂河海口枢纽冲淤保港运行调度实施方案[R].扬州，江苏水利勘测设计研究院有限公司，2022.

[4]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，2023.07.023.

[5]张应奎，孙承坪，周亚明，等.某沿海挡潮闸设计难点及解决对策[J].水利技术监督，2024,(04):52-54+63.

[6]陈犇，丁磊，汪卫军，等.气动冲沙减淤防淤技术在高桩码头的应用研究[C]//中国海洋学会海洋工程分会.第二十一届中国海洋（岸）工程学术讨论会论文集（下），2024:5.

[7]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(03):97-100.

[8]周宇伟，肖娟，吴文勇.引黄渠道水沙输移及冲淤规律研究[J].水电能源科学，2023,41(03):165-167+64.

[9]方国华，黄显峰，杨子桐，等.水利工程运行管理技术标准体系建设与对策分析[J].江苏水利，2020,(10):45-49.

[10]韩晓维，周文文，史斌.双层挡潮闸水力冲淤试验研究[J].中国农村水利水电，2022,(06):60-65+75.

[11]吴瑞霖，王鑫，林蓉璇.关于伦敦街道防洪排涝方案的初步探究[J].广东水利水电，2023,(01):72-77.