

河道取水口泥沙堵塞问题研究

万明生

山东省菏泽市牡丹区李村镇水管站, 山东 菏泽 274000

DOI:10.61369/WCEST.2026030005

摘 要：河道取水口泥沙淤积堵塞是制约供水安全与工程平稳运行的核心问题。依托泥沙运动特性与水力环境变动, 研判取水口区段泥沙淤积的核心诱因, 明确来沙含量、水流速态及取水构筑物形态直接决定堵塞状况。优化取水口布设形式、调节水流运行状态, 搭配清淤作业与防护举措构建综合处置方案, 降低泥沙淤积量, 维持取水作业效能。典型工况中相关举措适配性与落地性突出, 能为同类型工程建设提供借鉴。

关 键 词：取水口; 泥沙淤积; 水力条件; 结构优化; 防堵措施

Research on the Problem of Sediment Blockage at River Intake

Wan Mingsheng

Water Conservancy Management Station of Licun Town, Mudan District, Heze City, Shandong, Heze, Shandong
274000

Abstract： Siltation and blockage at water intake points in rivers are the core issues restricting water supply safety and the stable operation of water projects. Based on the characteristics of sediment movement and changes in hydraulic conditions, the key causes of sediment accumulation in the intake section are analyzed, and it is clear that sediment content, flow velocity, and the shape of the intake structure directly determine the blockage situation. By optimizing the layout of the intake points, adjusting the flow operation state, and combining with silt removal operations and protective measures to form a comprehensive solution, the amount of sediment accumulation can be reduced and the efficiency of water intake operations maintained. The adaptability and feasibility of relevant measures in typical working conditions are prominent, which can provide references for the construction of similar projects.

Keywords： water intake point; sediment accumulation; hydraulic conditions; structural optimization; anti-blockage measures

一、泥沙淤积形成机理分析

(一) 来流含沙特性与输移规律

河道取水口泥沙堵塞的出现, 同来流水体的含沙构成与输移态势关联紧密。各河段在丰水期、平水期与枯水期展现的含沙浓度差距显著, 悬移质和推移质的占比也存在明显区别。上游来沙量提升且水流挟沙能力欠缺时, 粗颗粒泥沙会在取水口前端先行沉降, 细颗粒泥沙在低速回流区域不断聚集, 慢慢形成淤积区域。复杂河段环境中, 水流流态多显现出不稳定特点, 局部流速与流向变动频繁, 泥沙输移过程伴随较强的间歇性与集中性。弯道区域受离心力影响, 主流偏移催生侧向环流, 凹岸周边泥沙更易聚集; 分汊口因流量分配失衡, 出现多股水流交汇分离的状况, 加重泥沙沉降的分布不均。河床纵坡突变会改变水流能量状态, 降低挟沙能力, 部分泥沙短距离内快速沉降堆积, 取水口前端形成局部淤高, 进水断面稳定性受影响。

工程运行层面, 来流含沙特性不单由泥沙浓度决定, 还同颗粒级配、比重、沉速与起动条件直接关联。大粒径泥沙进入取水口周边后, 受临界起动流速约束, 难以被二次携带, 致使口门前

槽底高度抬升; 细粒径泥沙可随水流移动, 紊动减弱区域内仍会出现絮凝沉降。工程运行阶段, 河道输沙过程具备清晰的时序性与阶段性, 取水流量与该变化规律不匹配时, 易引发局部冲淤失衡。取水强度偏高且遭遇高含沙来水时段, 大量泥沙进入取水口周边, 流速分布不均导致泥沙无法及时排出, 淤积速度加快。低含沙阶段取水体量不足, 原有冲刷能力被弱化, 沉积泥沙难以实现再悬浮转移, 长期作用下, 口门前槽底持续抬升, 水流通道收窄, 水头损失增加, 工程运行状态也随之出现波动。

(二) 水流结构对沉积分布的影响

取水口周边泥沙沉积的空间分布, 由局部水流结构直接控制。河道主流、侧向进流、底部回流与近壁紊动相互作用, 改变泥沙颗粒的运动路径与停留时长。取水口布置在主流偏离区域时, 口门附近流速普遍偏低, 水体动能欠缺, 泥沙易脱离输移状态沉落在前池、引渠入口及边壁附近^[1]。进水断面突扩、突缩特征显著时, 会引发流线分离与涡流滞留, 沉积区从点状拓展为片状, 最终形成持续性堵塞部位。

水力学视角下, 紊流强度、流速梯度与剪切应力分布决定泥沙再悬浮状态的维持情况。取水口前沿存在横向环流或回流带

时,泥沙会在低切应力区持续沉降聚集;水深不足、流态转换频繁的条件下,底床周边易形成稳定淤积层。部分工程运行中出现“口门通而槽底淤”的状况,源于表层流速偏高而底层流速偏低,造成垂向流速分布失衡。优化取水口附近水流结构,可提升进水效率,直接影响泥沙沉积分布形态与堵塞程度。

(三) 取水口结构与局部淤积关系

取水口结构形式会对局部泥沙淤积产生诱导作用,口门高程、轴线方向、进水角度与前池尺寸等参数设置失当,会改变水流入射方式与泥沙运动轨迹。底槛偏低时,近底高含沙水流会进入口门前缘,提升粗颗粒泥沙沉积的可能;进水角偏大时,主流与取水流间会产生交汇扰动,口门两侧形成偏流与回旋区,泥沙在局部低速区域不断集聚。老旧取水工程多存在结构尺度偏小、导流构件缺失的问题,运行阶段常会出现口门前淤、拦污栅后积沙等各类问题。

取水口断面规模并非越大越具优势,需与河势、水位变幅及来沙条件相互契合。布设导沙坎、沉沙槽、导流墩等附属构件,能调整近口门流态,减少泥沙侵入,分层取水或是抬高进底板,可规避近底高含沙区域。工程实践里,结构设计未考量河床演变趋势,短期可达成取水需求,长期冲淤作用下会引发口门前移、槽底抬升、进水紊乱等状况。取水口结构优化需依托河道动力条件,依托科学构型减少局部淤积的发生可能。

二、防堵技术与工程优化措施

(一) 取水口布置方式优化

取水口布置方式直接决定来水流态与泥沙入侵程度,是管控河道取水口堵塞的核心环节。工程选址需规避弯道凹岸回流区、分汊口紊流区及河床摆动频繁河段,选定主流稳定、冲淤变化小且近岸流速适中的区域布设。取水轴线与主流夹角需控制在合理区间,保障水流平顺进入口门,削减横向紊动与局部涡旋。含沙量偏高的河道可采用偏上层取水、侧向引水模式,减少近底高浓度泥沙直接进入口门,保障口门前缘过流条件。

布置优化需统筹前池、引渠与连接段的几何关联,防止断面突变引发流速骤降与泥沙滞留。前池长宽参数设置不合理时,口门前易形成静水区,泥沙短距离内快速沉降,提升后续清理工作的难度。进水渠与河道主流线衔接协调,搭配导流堤、顺坝或导流墙的布设,规整近口门流线,弱化偏流冲刷与边壁积沙问题。季节性水位波动大的河段,需结合多类运行水位校核布置高程,保障取水口在各类工况下维持稳定的引水与防淤能力。

(二) 水力条件调控方法

水力条件调控的核心是改变局部流速分布、流态结构与切应力水平,恢复取水口附近区域的输沙动态平衡。已出现明显淤积趋势的工程,可通过调节取水流量大小、优化机组开机组合方式与分时运行节奏,增强口门前缘区域的水流动能储备,缩短泥沙在低速滞留区的停留时长^[9]。闸门开度控制的实际作用十分突出,适当提高过流断面的水流速度,能有效提升底部区域的冲刷能力,抑制细颗粒泥沙在取水口周边持续沉降堆积。

河道具备合理调度条件时,可结合上游来水的实际过程实施脉冲式冲沙运行,用短时较大流量冲击并打破已形成的淤积层整体结构。水力条件调控不止于简单的运行调度,还涵盖对口门附近流场的主动干预与修正。导流墩、整流板、消涡构件等专用设施,可有效改善水流附壁流动状态,削弱回流带与横向环流的实际强度,让泥沙迁移路径更贴近河道主流方向。部分工程在底部增设冲沙廊道或排沙孔后,能够借助上下游水位差形成定向排沙水流,有效减轻前池底部与引渠入口处的淤积压力。易发生底床抬升现象的河段,保持设计流速高于泥沙临界不淤流速,是维持口门长期通畅的关键所在。工程调度措施与局部水力整治手段有机结合,才能实现更为稳定、持久的防堵效果。

(三) 清淤与防护综合应用

清淤与防护措施的搭配实施,可维系取水口持续平稳的运行状态,机械清淤适合淤积厚度偏高、沉积区域清晰的作业条件,短时间内可复原河道过流断面,缺少后续防护举措时,高含沙来水过境后泥沙易快速再次淤积。运行频次较高的取水工程,借助抓斗、绞吸、泵吸等设备定期清理前池与口门前缘堆积物,可管控槽底高程的变动幅度,降低设备损耗与水流进水的阻力。清淤周期需结合水体含沙量、淤积速度、河床冲淤监测数据灵活调整,规避被动抢修与工程停水处置的状况。

防护措施侧重从源头管控泥沙补给与沉积形成的条件。取水口前端布设拦沙坎、沉沙池、排沙槽等设施,可完成泥沙分级沉降与定向疏导排放,削减核心取水区域的泥沙承载量。边坡与渠底采用浆砌块石、混凝土衬砌或抗冲材质加固处理,可减少边坡坍塌与渠底二次淤积,提升工程整体抵御水流冲刷的能力。高磨蚀河段内的拦污栅与进水构件,选用耐磨钢材或复合防护涂层处理,避免泥沙冲刷引发结构形变、栅隙封堵与水头损耗加剧的问题。清淤作业与防护设施搭配布设,可构建覆盖应急处置与长效管控的工程治理体系。

三、运行效果评价与应用经验

(一) 典型工况下防堵效果分析

丰水高含沙工况中,取水口防堵效果由结构导流能力与排沙能力的适配程度共同决定。河道来流量持续增大,水体中悬移质浓度与近底推移质输送强度同步提升,口门前缘区域保持较高流速与持续紊动状态,泥沙颗粒便难以在短时段内固结形成稳定淤积层。工程运行实测数据显示,导流墙与底部排沙设施协同布设后,口门前低速滞留区的空间范围显著缩减,取水断面过流能力始终维持稳定,拦污栅前后水位差的上升幅度也被有效控制。高含沙水流冲击的环境中,各类防堵处置手段会改变局部区域冲淤状态,直接影响取水作业连续性与各类取水设备的运行安全。

枯水低流量工况中,泥沙堵塞问题常带有隐蔽性与持续性特征。该阶段水流挟带泥沙的能力大幅下降,口门周边水体底部剪切应力难以满足输沙需求,细颗粒泥沙易在前池、边角区域与缓流区段缓慢沉降,形成连续的薄层堆积形态。工程采用间歇冲沙、分层取水与小流量动态调节结合的运行模式,可在能耗无明显

显增加的前提下保持口门周边流态活跃度，减少静水区内的泥沙沉积量。多组运行数据对比结果显示，防堵成效优异的工程，泥沙控制工作不依靠单一强力冲刷手段，可依据河道水位、水体含沙量与取水负荷的实时变动调整运行参数，维系取水作业效率与防淤处置能力之间的动态平衡。

（二）不同措施组合适应性比较

单一措施仅能应对某一类淤积诱因，河道取水口泥沙堵塞受来沙条件、流场结构与口门构型共同作用，多措施协同配置更具实际价值。布置优化与导流整治组合，适用于主流摆动较小、局部回流明显的河段，重塑流线分布可减少泥沙直接入侵，治理重心偏向源头控制^[3]。水力调控与排沙设施联合应用，适配季节性高含沙河道，运行调度与底部排沙同步推进，提升各水文阶段的适应能力。这类组合在动态来水条件下运行更稳定，对调度精度与设备维护水平要求更高。

清淤、防护与局部加固联合应用，适合已建工程条件受限、布置难以大幅调整的取水口。口门前槽底抬升明显、边坡冲刷与淤积并存的工况中，定期清淤可快速恢复过流断面，结构防护可降低再次淤堵概率，形成短期处置与长期稳定结合的治理模式。河道床沙粒径偏粗时，清淤加抗冲衬砌组合效果更直接，泥沙以细颗粒为主时，需强化沉沙与导排能力。不同措施组合无统一最优形式，关键依据河势变化、泥沙级配与运行目标匹配，搭建针对性较强的防堵体系。

（三）工程实践中的关键控制要点

工程实践中，决定防堵成效的核心不只依托方案设计的合理性，更依靠运行阶段对各类关键参数的全过程把控。取水口前沿

水流速度、口门位置水位差值、前池区域淤积厚度与拦污栅运行阻力变化，都是判别堵塞风险的核心参考指标。监测环节捕捉到口门前局部流速长期低于设计不淤流速，或是水位差值出现非正常升高，便代表泥沙已在水体底部或栅体前端堆积，需即刻开展冲沙、调流或是杂物清理作业。多数工程出现的运行问题，并非单次大规模淤积直接引发，而是长期忽略细微沉积的动态变化，最终引发过水断面收窄、水流状态变差、进水作业效能降低，动态监测与预警管控具备极高的实践价值。

现场管理需关注水文条件变动与设备运行工况的相互关联。高含沙来水时段内，口门运行模式、机组启停次序与闸门调节节奏把控失当，会催生局部负压区域与回流死角，加快泥沙颗粒的沉积速度。部分工程搭建运行阈值管控体系，把水体含沙浓度、河道流量变化过程与口门冲淤实际状态整合进统一调度流程，大幅降低突发堵塞问题的发生几率。结构构件的耐磨特性、排沙通道的通畅状态与清淤设备的响应效率，都会作用于防堵体系的运行稳定性。将监测、调度、养护与应急处置环节衔接成完整的管理闭环，取水口泥沙治理工作才能收获长期稳定的治理成效。

四、结语

本文聚焦河道取水口泥沙堵塞问题，从淤积形成机理、工程处置方式及运行管控维度展开分析。研究来流含沙特征、水流场态与取水口布置的内在关联，梳理出影响泥沙淤积的核心要素，结合工程实操给出多项优化调控方案。实际应用验证，科学布设取水口、改善水力运行条件、统筹清淤与防护工作，能提升取水作业效率、减少堵塞发生概率，为同类工程建设提供参考路径。

参考文献

[1] 江青蓉, 刘画眉, 陈鑫池, 等. 典型河道型水库淤积特点及影响分析 [J]. 广东水利水电, 2025, (11): 62-69.
[2] 何传凯. 梯级水库回水末端弯道取水工程泥沙淤积特性研究 [J]. 广东水利水电, 2024, (11): 10-14.
[3] 朱伟, 侯豪, 孙继鹏, 等. 河库淤积治理中底泥清淤的内涵与发展方向 [J]. 水利学报, 2024, 55(04): 456-467.