

凌汛期黄河冰塞壅水对堤防安全影响研究

牛毅洁

内蒙古自治区巴彦淖尔市乌拉特前旗水利局 内蒙古 巴彦淖尔 014400

【摘要】：凌汛期黄河冰塞壅水是诱发堤防安全隐患的关键致灾因素，明确其对堤防安全的影响机制并构建针对性应对思路，对保障黄河流域防洪安全具有重要意义。本文通过分析冰塞壅水的形成过程与演化特征，探究其引发堤防渗透破坏、结构失稳等安全风险的作用路径，结合堤防工程实际情况提出风险防控的核心方向。研究表明，冰塞壅水导致的水位异常抬升是加剧堤防安全压力的核心诱因，需从冰情监测、风险预判及工程防护等多维度构建防控体系。

【关键词】：黄河凌汛；冰塞壅水；堤防安全；风险防控；防洪保障

DOI:10.12417/2811-0528.26.05.055

凌汛是黄河流域特有的水文灾害现象，其中冰塞壅水引发的堤防安全问题始终是流域防洪治理的重点与难点。黄河流域堤防作为抵御洪水侵袭的核心工程屏障，其安全稳定直接关系到沿岸群众生命财产安全与区域经济社会发展。凌汛期冰层堆积形成的冰塞体，会显著阻碍水流下泄，导致上游水位急剧抬升，使堤防长期处于高水位承压状态，极易诱发渗漏、管涌甚至溃堤等灾害。当前，凌汛期冰塞壅水的突发性和不确定性，进一步增加了堤防安全防控的难度。基于此，深入剖析凌汛期黄河冰塞壅水对堤防安全的影响规律，探寻科学有效的防控策略，不仅能够填补相关研究在实践应用层面的不足，更能为黄河凌汛防洪治理提供切实可行的技术支撑，具有重要的现实意义与应用价值。

1 凌汛期黄河冰塞壅水的形成机制及堤防安全风险表征

凌汛期黄河冰塞壅水的形成是水温变化、河道形态与水流动力等多因素综合作用的结果。进入凌汛期后，气温骤降使河道表层水体冻结形成初始冰层，随着气温持续走低，冰层厚度不断增加，同时上游来水携带的浮冰在河道狭窄段、弯道或浅滩处受阻堆积，逐渐形成横跨河道的冰塞体。冰塞体的稳定性直接影响壅水程度，当冰塞体堆积高度与密度达到一定阈值，会严重阻碍水流宣泄，导致上游水位沿程抬升，形成冰塞壅水现象。这种水文过程的异常变化，直接作用于黄河堤防工程，引发一系列安全风险。

堤防安全风险在冰塞壅水作用下呈现多维度表征，其中渗透破坏风险最为突出。高水位作用下，堤防堤身与堤基土体的渗透压力显著增大，当渗透压力超过土体抗渗能力时，会在堤身形成渗漏通道，若未能及时处置，渗漏通道会不断扩大，进而诱发管涌、流土等灾害，严重削弱堤身承载能力^[1]。冰塞壅水导致的水位骤升骤降，会使堤防边坡土体含水量发生剧烈变化，引发边坡失稳，表现为堤坡滑塌、裂缝等病害。壅水产生

的水流冲击力与冰块撞击力，还会直接破坏堤防迎水坡护面结构，加剧堤防安全隐患。

不同河段的河道特性对冰塞壅水形成及堤防风险分布具有显著影响。黄河上游宁蒙河段河道宽阔、浅滩较多，易形成大面积冰塞体，壅水范围广且持续时间长，堤防面临长期高水位承压的渗透风险；下游山东河段河道弯曲、卡口较多，冰塞体易在卡口处堆积，导致局部水位急剧抬升，堤防易出现局部结构失稳问题。明确不同河段的冰塞壅水特征与堤防风险差异，是精准开展安全防控的前提。

2 凌汛期黄河冰塞壅水影响下堤防安全的防控关键技术措施

冰情精准监测是防控冰塞壅水引发堤防安全风险的基础环节，通过构建多维度、全覆盖的监测体系，可实现对冰塞形成、发展及壅水变化过程的实时掌控。利用遥感技术实现大范围冰情巡查，精准识别冰塞体位置与范围；借助河道内布设的水位、冰厚监测站点，实时采集壅水水位、冰层厚度等关键数据；结合视频监控系统，动态跟踪冰块运动轨迹与堤防工程状态，确保能够及时捕捉冰塞壅水引发的堤防安全隐患信号。

针对冰塞壅水的防控，需采取主动破冰与被动防护相结合的技术措施，降低壅水水位对堤防的压力。主动破冰措施可通过机械破冰、爆破破冰等方式，及时清除河道内易形成冰塞体的关键河段的冰层与浮冰，疏通水流通道，从源头减少冰塞壅水形成的可能性^[2]。被动防护措施则聚焦于堤防工程本身的防护强化，对堤身薄弱段进行防渗加固处理，采用防渗膜、黏土防渗墙等技术提升堤身抗渗能力；对迎水坡护面进行加固改造，选用抗冲击、抗冻融的材料，增强堤防抵御水流与冰块撞击的能力；完善堤防排水系统，及时排出堤身内的渗透水流，降低渗透压力。

构建科学完善的应急处置机制，是应对凌汛期冰塞壅水突

发险情的重要保障。应依托实时冰情、水位及气象监测数据,结合历史凌汛资料和冰塞演化规律,建立堤防安全险情预判模型,对可能出现的渗漏、管涌及结构失稳等险情进行分级评估,提前研判其发生概率与影响范围。在此基础上,制定具有针对性和可操作性的应急处置预案,细化应急响应流程,明确水利、应急管理及地方政府等相关部门的职责分工与协同方式。应加强应急物资储备和专业抢险队伍建设,常态化开展应急演练,不断提升应对冰塞壅水突发险情的快速响应和综合处置能力,切实保障凌汛期黄河堤防工程安全。

3 凌汛期黄河冰塞壅水与堤防安全防控的实践应用与优化路径

将冰塞壅水与堤防安全防控技术措施应用于黄河不同凌汛期段的实践治理中,可检验防控措施的有效性 with 适用性,为后续治理工作提供实践经验。在宁蒙河段,结合该河段冰塞体范围广、壅水持续时间长的特点,重点强化大范围冰情监测与主动破冰措施的应用,通过常态化机械破冰作业,有效减少了冰塞体堆积,降低了壅水水位,显著减轻了堤防的渗透压力;在下游山东河段,针对局部卡口河段易形成冰塞的问题,重点开展堤防防渗加固与迎水坡防护改造,同时优化应急处置机制,成功处置多起小型冰塞壅水引发的堤防险情。

实践应用过程中,也发现当前防控工作仍存在一定不足。首先,现有冰情监测技术在空间覆盖与精度方面仍有提升空间,部分偏远河段受地理条件和设施布设限制,冰情信息获取不及时,难以及时掌握冰塞形成与演化过程。其次,各类防控措施之间的协同联动机制尚不完善,主动破冰作业与堤防工程

防护往往分属不同管理环节,在实施时缺乏统一调度与整体统筹,导致防控效果未能充分发挥。此外,应急处置仍以经验判断和人工决策为主,智能化、信息化支撑不足,难以对冰塞壅水引发的堤防险情进行精准预判和快速响应^[3]。针对上述问题,有必要从技术升级和机制完善两方面入手,进一步优化防控体系结构,提升凌汛期堤防安全防控工作的系统性、前瞻性与智能化水平。

优化防控路径需聚焦技术创新与机制完善两大核心方向。技术层面,推动监测技术的升级迭代,融合物联网、大数据等先进技术,构建智能化冰情与堤防安全监测平台,实现监测数据的实时传输、分析与预警;研发高效、环保的主动破冰技术,提升破冰作业的精准度与效率。机制层面,建立跨区域、跨部门的协同防控机制,加强流域内各地区、各部门之间的沟通协作,实现冰情监测、破冰作业、堤防防护与应急处置的无缝衔接;完善防控工作的长效管理机制,将冰塞壅水防控纳入常态化防洪治理工作,定期开展堤防工程排查与维护,持续提升堤防抵御冰塞壅水灾害的能力。

4 结语

凌汛期黄河冰塞壅水对堤防安全具有显著影响,其诱发的水位异常抬升是引发渗透破坏和结构失稳的重要因素。通过系统分析冰塞壅水的形成机制与堤防安全风险特征,并结合监测预警、工程防护和应急处置等措施,可有效降低凌汛期堤防安全隐患。未来应进一步加强新技术应用与多部门协同防控,持续完善凌汛期堤防安全保障体系,为黄河流域防洪安全提供更加有力的技术支撑。

参考文献:

- [1] 杜娟,李秉哲.黄河大堤生态护坡技术应用研究[J].工程技术研究,2025,10(04):220-222.
- [2] 李万春.基于无人机遥感的黄河凌汛监测关键技术.宁夏回族自治区,宁夏回族自治区气象科学研究所,2024-08-22.
- [3] 李春江.黄河凌汛期冰凌特征参数化及多要素联合应用研究[D].大连理工大学,2024.