

极端天气事件对水利闸站应急管理能力的挑战与对策

曹立林 王龙飞 马秀云

连云港市通榆河北延送水工程管理处 江苏 连云港 222006

摘要: 本文围绕极端天气事件对水利闸站应急管理能力的挑战与对策展开研究,分析极端天气引发的闸站运行风险、应急响应与处置适配性及应急保障体系承载性三类挑战。构建水利闸站应急管理能力提升的基础支撑体系,提出应急响应机制优化、应急处置技术应用及保障能力提升等关键对策,探索应急管理体系标准化、技术创新融合及协同治理机制完善的长效提升路径,为水利闸站应对极端天气提供全面参考。

关键词: 极端天气;水利闸站;应急管理;应急保障;长效提升

引言:水利闸站是防洪排涝、水资源调配的关键设施,其应急管理能力直接关系区域水安全与民生保障。近年来极端天气事件频发,强降雨、台风、低温冰冻等对闸站运行、应急响应及保障体系构成严峻挑战,传统应急管理难以适配复杂灾情。提升水利闸站应对极端天气的应急管理能力,成为保障水利工程安全运行、降低灾害损失的重要课题,对推动水利行业防灾减灾能力建设具有重要意义。

1 极端天气事件对水利闸站应急管理能力的核心挑战

1.1 极端天气引发的闸站运行风险挑战

强降雨导致闸前水位短时骤升,水流速度加快使过流压力激增,过高水位对闸体产生持续侧向压力,可能超出设计承载限度,引发闸基渗漏、闸室变形,威胁闸站整体安全^[1]。台风与强风直接冲击闸站结构,强风荷载造成上部建筑构件损坏、门窗破碎,更冲击闸门启闭设备。风力作用下闸门异常晃动,影响设备精准控制,甚至导致部件变形、卡阻,使闸门无法正常启闭,丧失水流调控功能。低温冰冻使外露管道、阀门及监测传感器内部水分结冰膨胀,造成管道破裂、阀门卡死、传感器失效。高温干旱导致混凝土结构因水分蒸发过快出现裂缝,启闭设备润滑油脂变质影响灵活性,水源不足还会导致冷却、清洁等辅助系统停运,加剧设备损耗。

1.2 应急响应与处置能力的适配性挑战

极端天气突发导致预警准备时间有限,信息收集、分析与传递难以充分完成,预警信息发布滞后,与实际天气影响到来时间形成差距,无法为应急处置争取充足准备时间。复杂灾情中,水流状况与闸站设备状态随天气持续变化,原有调度方案失效。调整方案需综合考量水位、流量、设备承载能力等因素,快速计算最优调控参数,对调度人员专业能力和决策效率提出极高要求,增加调整难度。多部门协同处置时,各部门掌握的灾情

信息、资源状况存在差异,信息传递经多环节易出现延迟、遗漏或偏差。且不同部门决策流程、优先级考量不同,可能在处置措施、资源调配方向上产生分歧,降低决策效率,影响处置进度。

1.3 应急保障体系的承载性挑战

极端天气下,抢险设备、备用电源等应急物资需求大幅增加。部分闸站日常储备不足,缺乏足量抽水设备、防渗材料、备用发电机等关键物资,无法及时满足抢险需求。即便有储备,极端天气可能造成交通中断,阻碍物资运输,难以快速调配至受灾闸站。交通中断阻碍应急人员、设备和物资抵达现场,偏远地区闸站易陷入救援物资无法进入、受灾人员难以撤离的困境。通信受阻则导致闸站与外界失联,无法上报灾情、接收指令,现场人员仅能依靠有限信息作业,增加处置盲目性。运维人员在极端环境下作业,面临强风、暴雨、低温等安全威胁,易因环境恶劣出现操作失误,甚至引发伤亡事故。部分人员缺乏专项培训,对突发状况应对能力不足,无法熟练操作抢险设备,难以高效完成处置任务。

2 水利闸站应急管理能力提升的基础支撑体系构建

2.1 闸站设施应急韧性强化

闸站结构抗灾性能优化需针对极端天气影响重点推进。对闸室采用高强度材料修补裂缝,增强整体承载能力以抵御强降雨引发的高水位侧向压力;为启闭设备加装防风、防水、防腐蚀外壳,关键部件增加耐磨抗冲击组件,减少台风、强风冲击,保障极端天气下设备基础功能稳定^[2]。关键设施冗余设计聚焦多重保障。配备备用启闭系统,主系统故障时可快速启动以维持闸门调控能力,避免水流调控失控;建立多源供电保障,除常规电网外增设柴油发电机、太阳能供电装置,极端天气导致电网中断时,确保监测设备、启闭系统等核心设施持续供电。设施常态化巡检需形成固定周期与标准流程,

定期检查闸体结构、启闭设备、供电系统等关键部位,记录运行参数,及时修复轻微损伤以防隐患积累。极端天气前专项排查聚焦高风险环节,重点检查闸基防渗性能、设备紧固状况、备用系统可用性,提前清理闸前淤积物,加固易受强风影响的构件,消除潜在隐患。

2.2 应急监测与预警体系完善

多维度监测网络搭建需覆盖闸站运行全要素。布设水位监测设备捕捉闸前闸后水位变化,安装流量监测装置记录过闸水流速度与总量,接入气象监测数据获取降雨量、风速、温度信息,设置结构变形监测点监测闸体、堤防位移与沉降。各类监测数据实时传输至控制中心,形成全面数据矩阵。极端天气灾情预测模型构建需整合多源数据。结合气象部门短期、中期预报数据与闸站历史运行数据、周边水文数据,通过算法模拟不同极端天气场景下闸站水位变化、设施受力情况及灾情类型与影响范围,模型可依据实时监测数据动态调整预测结果,提升预判准确性以支撑应急决策。预警信息分级发布需按灾情严重程度划分等级,明确各等级对应响应措施,确保信息匹配实际风险。精准推送机制针对不同对象定制内容,向管理部门推送灾情预测与应对建议,向运维人员推送巡检处置指令,向受影响区域群众推送风险提示与避险指引,通过短信、专用APP、广播等多渠道同步推送,确保预警信息快速触达相关主体。

3 极端天气下水利闸站应急管理的关键对策

3.1 应急响应机制优化

分级响应流程制定需结合极端天气引发的灾情严重程度划分不同等级。每个等级明确对应的响应启动条件,例如根据降雨量、水位涨幅、设备受损情况等确定响应级别,同时清晰界定各部门、各岗位的处置权责,避免出现责任重叠或空白区域。不同响应等级匹配差异化处置措施,低等级灾情以闸站自主处置为主,高等级灾情启动跨部门支援,确保响应行动有序开展。快速决策机制建立需提前编制极端天气下的闸站调度预案模板^[3]。模板中明确不同极端天气类型(暴雨、台风、低温等)对应的调度原则,预设闸门启闭幅度、水流调控节奏等关键参数参考范围。当极端天气发生时,可基于实时监测数据快速匹配预案模板,减少决策环节耗时,避免因决策延误错过最佳处置时机,提升调度决策的及时性与准确性。跨部门协同联动机制完善需梳理水利、气象、应急、交通等部门的协作流程。水利部门负责闸站运行调度与灾情监测,气象部门及时提供精准气象预警信息,应急部门协调抢险救援力量,交通部门保障应急物资运输通道畅通。明确各部门信息传递节点与协作时限,建

立定期会商与紧急联络机制,确保极端天气下各部门高效配合,形成应急处置合力。

3.2 应急处置技术应用

智能化调度技术依托实时监测数据动态调整闸站运行参数。通过数据传输系统将水位、流量、气象等实时数据接入调度平台,平台借助算法分析当前水流状况与天气趋势,自动计算最优闸门启闭方案,同步调整运行参数。技术应用可实现调度方案的动态优化,避免人工计算滞后导致的调度偏差,保障闸站在复杂灾情下稳定运行。远程操控与无人值守技术通过远程控制系统实现对闸站关键设备的操作。运维人员可在安全区域通过终端远程控制闸门启闭、监测设备运行状态,减少极端环境下人员现场作业频次。无人值守技术搭配智能巡检机器人,可完成闸体结构检查、设备状态监测等任务,机器人具备抗风雨、耐低温特性,能在恶劣环境下持续工作,降低人员作业风险。抢险应急技术创新聚焦适配极端天气的实用技术研发。针对闸体渗漏问题开发快速封堵技术,采用高强度封堵材料与便捷施工工艺,缩短渗漏处置时间;针对积水问题优化临时排水技术,配备大功率移动排水设备,提升积水抽排效率。这些技术需结合极端天气场景特点设计,确保操作简便、适应性强,能快速投入抢险作业。

3.3 应急保障能力提升

应急物资动态储备与区域共享机制需结合闸站所在区域极端天气频发类型优化储备清单。例如暴雨多发区域增加抽水设备、防渗材料储备,台风多发区域补充防风加固构件,低温区域准备防冻物资。建立物资定期盘点与更新机制,及时补充消耗物资、更换过期材料。同时推动区域内闸站应急物资共享,签订共享协议明确调配规则,提升物资利用效率,避免单一闸站物资短缺影响抢险。应急通信与交通保障方案需配备备用通信设备,如卫星电话、应急通信车等,在常规通信信号中断时保障闸站与外界的信息联络。提前规划应急通道,选择受极端天气影响较小的路线作为应急物资运输与人员疏散通道,定期检查通道路况,清理障碍物,确保极端天气下通道畅通。针对可能出现的道路损毁情况,储备临时铺路材料与设备,以便快速抢修。运维人员应急能力培训需围绕极端天气处置技能与安全防护开展。培训内容包括极端天气下设备操作规范、抢险技术应用方法、风险识别要点等,通过理论授课与实操演练相结合的方式提升培训效果。实操演练模拟暴雨冲闸、设备故障等极端场景,让运维人员熟悉处置流程,掌握应急设备使用方法。同时强化安全防护培训,指导人员正确使用

防护装备,提升极端环境下的自我保护能力。

4 水利闸站应急管理能力的长效提升路径

4.1 应急管理体系标准化建设

极端天气应急管理流程与技术标准制定需覆盖应急全周期。流程标准明确预警监测、响应启动、现场处置、事后恢复各环节操作步骤与时间要求,确保应急行动有章可循;技术标准规范监测设备选型、数据采集频率、调度参数设定、抢险技术应用,统一技术口径,避免处置效率差异^[4]。标准制定结合极端天气特点与闸站运行实际,吸纳行业实践经验,保障可操作性与指导性。闸站应急能力评估指标体系构建需涵盖多维度要素,包括设施韧性(结构抗灾能力、设备完好率)、预警精度(预警提前量、预测准确率)、响应效率(响应启动时间、处置完成时效)、保障水平(物资储备充足率、人员技能达标率),全面反映能力现状。建立定期评估机制,按固定周期开展评估,通过数据分析识别短板(如预警精度不足、物资储备失衡),依据结果制定改进方案,明确目标与步骤,形成“评估-改进-再评估”闭环提升模式。

4.2 技术创新与融合应用

大数据、人工智能在灾情预测与调度决策中的深度应用需整合多源数据。大数据汇集历史气象、闸站运行、流域水文数据,通过挖掘分析极端天气规律与影响特征,为预测提供支撑;人工智能依托算法实现灾情动态预测,结合实时数据调整结果,提升精准度。调度决策环节,人工智能模拟方案效果并筛选最优解,减少人工主观性,随天气趋势优化策略,保障决策科学高效。数字孪生技术在闸站应急模拟与预案推演中的实践需构建精准数字模型。通过三维建模还原闸站结构、周边地形、水流状况,接入实时监测数据实现物理与数字同步映射。应急模拟中,在模型内模拟暴雨、台风等场景,观察水位、结构受力、设备状态,预判风险点;预案推演中,测试不同预案实施流程与效果(如闸门调度、物资调配),发现漏洞并优化,提升预案可行性。

4.3 协同治理机制完善

政府、企业、社会力量协同参与的应急治理模式需明确各方职责。政府统筹规划、制定政策、协调资源;闸站运营企业承担主体责任,负责设施维护、日常应急准备与现场处置;社会力量(公益组织、专业抢险队伍)提供人员、技术与物资支援。建立协同平台,通过信息共享、联合演练促进协作,如政府组织联合演练提升配合熟练度,企业开放需求信息引导社会资源精准投入,形成多元共治格局。区域间闸站应急联动与资源互助机制需打破行政壁垒。针对流域性极端天气,建立流域内联动机制,明确触发条件、信息传递方式与协作流程,如暴雨时上游向中下游传递水位、流量信息,下游提前调整调度。构建区域应急资源数据库,整合各闸站物资、设备、人员信息,短缺区域可快速调配资源(如受灾闸站申请周边备用设备),缩短调配时间,提升整体处置能力。

结束语

极端天气对水利闸站应急管理能力的挑战是多方面且严峻的。通过构建基础支撑体系、采取关键对策以及探索长效提升路径,水利闸站应急管理能力有望得到显著增强。这不仅有助于保障水利闸站在极端天气下的安全稳定运行,更能为应对日益频繁的极端天气事件提供坚实保障,促进水利事业的可持续发展,维护社会的和谐与稳定。

参考文献

- [1]耿雪兰.水利工程在应对极端气候事件中的策略与实践[J].水上安全,2024,(06):181-183.
- [2]曾祥华.极端天气条件下平原河网区圩区与水利片联合调度的研究与探索[J].水利技术监督,2025(6):54-58,96.
- [3]周彬.水利工程中应对极端天气的现场管控方法研究[J].水上安全,2024(21):145-147.
- [4]苑希民,兰卓青,王丽娜,等.极端天气城市特大暴雨洪涝灾害特征再分析及应对策略[J].水利学报,2024,55(11):1298-1308.