

水利施工机械设备现场作业安全管控策略研究

李洪伟¹，周小璇²，程岩卫^{3*}

(1. 山东鲁能泰山工程技术咨询有限公司，山东 泰安 271600；

2. 青岛海达诚采购服务有限公司，山东 青岛 266101；

3. 山东禹科检测技术有限公司，山东 东营 257000)

摘要 针对水利施工机械设备现场作业环境复杂、风险密集、管控难度大等问题，本文聚焦设备全生命周期管控，从风险识别、管控体系构建、智能技术应用、全流程保障四个维度，研究其现场作业安全管控策略。明确各类安全风险特征与诱发机制，构建“人员—设备—环境—管理”四位一体管控体系，融入智能监测等技术，实现风险闭环管理，以期为水利工程施工安全提供技术参考。

关键词 水利施工；机械设备；现场作业；安全管控；风险识别

中图分类号：TV5

文献标志码：A

DOI:10.3969/j.issn.2097-3365.2026.11.031

0 引言

水利施工具有露天作业、环境复杂、周期长等特点，机械设备作为施工核心支撑，其现场作业安全直接影响施工进度、人员安全与工程质量。水利施工机械设备类型多样，不同设备的安全风险差异明显，且受暴雨、大风等自然环境影响，进一步加剧了作业风险。当前，机械设备现场安全管控存在风险识别不精准、管控体系不完善、技术应用不深入等短板，易引发安全事故，因此构建科学可落地的安全管控策略、强化全流程管控，是破解该管控难题的关键。

1 水利施工机械设备现场作业安全风险识别

1.1 设备自身风险

设备自身风险是引发现场作业安全事故的核心诱因之一，主要源于设备老化、性能衰减、维护不当与质量缺陷。水利施工机械设备长期在恶劣环境下高强度作业，易出现零部件磨损、腐蚀、疲劳变形等问题，若未及时开展维护保养，会导致设备运行精度下降、故障频发，如起重机械的钢丝绳磨损、吊钩变形，挖掘机的液压系统泄漏，混凝土泵车的管道堵塞等，均可能引发安全事故。部分老旧设备未及时更新淘汰，存在安全防护装置缺失、性能不达标等问题，进一步放大安全风险。此外，设备采购环节若存在质量管控疏漏，选用不合格设备或配件，会从源头埋下安全隐患，导致设备在作业过程中易出现突发性故障，引发安全事故^[1]。

1.2 人员操作风险

人员操作风险主要体现在操作人员专业能力不足、安全意识薄弱与操作不规范三个方面。水利施工机械设备操作专业性强，对操作人员的技能水平与应急处置能力要求较高，若操作人员未经过系统培训、未取得相应操作资质，易出现操作失误，如起重机械吊装角度偏差、挖掘机开挖深度超标、疏浚机械作业路线偏移等，引发设备损坏或人员伤亡。部分操作人员安全意识淡薄，存在违规操作行为，如酒后作业、疲劳作业、违规超载、未按规定佩戴安全防护用品等，无视安全操作规程，人为加剧安全风险^[2]。此外，现场管理人员履职不到位，未及时发现并制止违规操作行为，未开展常态化安全交底与培训，也会导致操作风险管控失控。

1.3 作业环境风险

水利施工露天作业、野外作业的特点，决定了作业环境对机械设备安全作业的显著影响，主要包括自然环境风险与现场作业环境风险。自然环境风险主要源于暴雨、洪水、大风、高温、严寒等恶劣天气，暴雨与洪水会导致作业场地积水、泥泞，影响设备行驶与作业稳定性，甚至引发设备被淹、滑坡掩埋等事故；大风天气会影响起重机械、高空作业设备的稳定性，易引发设备倾覆；高温、严寒天气会影响设备性能与操作人员状态，导致设备故障增多、操作失误概率上升。现场作业环境风险主要包括作业场地狭窄、地面不平整、周边障碍物多、用电线路杂乱等，易导致设备碰撞、

作者简介：李洪伟（1985-），男，本科，工程师，研究方向：机械安全。

*通信作者：程岩卫（1983-），男，专科，工程师，研究方向：水利工程。E-mail: 15965461397@163.com

倾覆、触电等安全事故，同时作业区域未设置明显安全警示标识、未划分安全作业区域，也会加剧环境风险。

1.4 管理体系风险

管理体系风险主要表现为管控机制不完善、责任落实不到位、管理制度不健全等。部分水利施工单位未建立完善的机械设备安全管控体系，未明确各岗位人员的安全职责，导致安全管理出现真空地带，设备维护、人员培训、风险排查等工作流于形式。管理制度不健全，未结合水利施工特点与设备类型制定针对性的安全操作规程、维护保养制度、风险排查制度，导致现场作业缺乏明确的规范指引。此外，安全考核机制不完善，未将安全管控成效与岗位绩效挂钩，难以调动操作人员与管理人員的工作积极性，导致安全管控措施难以有效落实，风险隐患长期存在。

2 水利施工机械设备现场作业安全管控体系构建

2.1 管控体系核心框架

构建“人员—设备—环境—管理”四位一体的安全管控体系，以“风险管控为核心、全员参与为基础、全程管控为目标”，实现现场作业安全的系统化、规范化管理。该体系涵盖事前预防、事中管控、事后处置三个环节，明确各环节的管控重点与实施路径，形成闭环管理^[3]。其中，人员管控聚焦技能提升与意识强化，设备管控聚焦全生命周期维护与性能保障，环境管控聚焦风险预警与隐患治理，管理管控聚焦责任落实与制度完善，四者协同发力，全面提升现场作业安全管控水平。

2.2 人员管控模块

人员管控是安全管控体系的核心，重点落实“培训—考核—上岗—监管”全流程管理。建立常态化培训机制，结合水利施工机械设备类型与作业特点，开展针对性的技能培训与安全培训，培训内容包括设备操作规范、安全操作规程、应急处置方法、风险识别技巧等，确保操作人员熟练掌握相关技能与知识。建立严格的考核上岗制度，操作人员必须经过培训考核合格、取得相应操作资质后，方可上岗作业，严禁无证操作、违规上岗。加强现场操作监管，安排专人负责现场作业监督，实时排查违规操作行为，对发现的问题及时制止并整改，同时建立操作人员绩效评价体系，将操作规范性、安全履职情况与绩效挂钩，强化人员责任意识。

2.3 设备管控模块

设备管控聚焦全生命周期管理，涵盖采购、进场验收、现场使用、维护保养、报废淘汰五大环节。采购环节严格把控设备及配件质量，符合国家标准与施

工需求并明确售后；进场验收需全面检测设备型号、性能及防护装置，不合格设备严禁进场。现场使用需严守操作规程，杜绝违规作业，同步建立设备运行台账记录相关信息。维护保养需制定专项计划，定期开展检修保养，及时更换老化零部件。报废淘汰环节需按规定处理老旧失效设备，严禁违规继续使用。

2.4 环境管控模块

环境管控重点落实风险预警与隐患治理，实现作业环境的动态管控。建立自然环境监测预警机制，配备相应的监测设备，实时监测暴雨、洪水、大风、高温等恶劣天气，及时发布预警信息，暂停高风险作业，制定应急处置方案，确保人员与设备安全。优化现场作业环境，合理划分作业区域、运输通道与安全防护区域，清理作业场地的障碍物，平整作业地面，确保设备作业空间充足、行驶安全。规范现场用电管理，梳理用电线路，做好线路防护与绝缘处理，避免线路老化、破损引发触电事故。在作业区域设置明显的安全警示标识，包括禁止标识、警告标识、指令标识等，提醒操作人员注意安全，严禁无关人员进入作业区域。

2.5 管理管控模块

管理管控聚焦责任落实与制度完善，为安全管控体系落地提供保障。建立健全安全管理制度，结合水利施工特点与机械设备现场作业需求，制定安全操作规程、维护保养制度、风险排查制度、应急处置制度等，明确各岗位人员的安全职责，确保各项工作有章可循。落实安全责任追究制度，明确各级管理人员、操作人员的安全责任，对因违规操作、管理失职导致安全事故的，严肃追究相关人员责任。建立常态化风险排查机制，定期开展现场作业安全风险排查，对排查出的风险隐患分类登记、建立台账，明确整改责任人、整改措施与整改时限，确保隐患及时整改到位。加强安全管理队伍建设，提升管理人员的专业能力与履职水平，确保各项管控措施有效落实。

3 水利施工机械设备现场作业智能管控技术应用

3.1 智能监测技术

引入智能监测技术，实现对机械设备运行状态、作业环境、人员操作的实时监测，提升风险识别与管控的精准度。针对机械设备，在核心零部件（钢丝绳、吊钩、液压系统、发动机等）上安装传感器，实时采集设备运行参数（温度、振动、压力、转速等），通过无线通信模块上传至后台管控平台，平台对数据进行分析处理，当参数超出安全阈值时，立即发出声光预警，提醒管理人员及时处置，实现设备故障的早发现、早预警、早处理。针对作业环境，采用视频监控、环

境监测设备,实时监测作业场地的积水、风速、温度等环境参数,结合气象预警信息,实现环境风险的动态管控。针对人员操作,通过视频分析技术,实时识别违规操作行为(未佩戴安全防护用品、违规超载、酒后作业等),及时发出预警并记录,强化现场操作监管。

3.2 远程管控技术

依托物联网与大数据技术,搭建远程管控平台,实现对水利施工机械设备现场作业的远程监控与调度。管理人员可通过平台实时查看设备运行状态、作业进度、人员操作情况,远程下达作业指令,调整作业计划,避免现场管理人员不足导致的管控漏洞。针对偏远作业区域、高空作业、水下作业等高危作业场景,采用远程操控技术,操作人员可在安全区域远程操控机械设备作业,减少人员直接暴露在高危环境中的风险,提升作业安全性。同时,通过远程管控平台,实现设备维护保养的远程指导,专业技术人员可远程查看设备故障数据,指导现场人员开展故障排查与维修,提升维护保养效率。

3.3 应急处置智能化技术

构建智能化应急处置体系,提升安全事故的应急响应与处置能力。建立应急处置数据库,存储各类设备故障、安全事故的应急处置方案、处置流程、救援物资信息等,当发生安全事故时,平台可根据事故类型、严重程度,自动匹配最优应急处置方案,指导现场人员开展救援工作。配备智能化应急救援设备,如智能救援机器人、应急照明设备、远程通信设备等,提升救援效率与安全性。同时,通过智能化技术实现应急救援的协同联动,当发生重大安全事故时,可快速联动相关部门、救援队伍,实现资源共享、协同处置,最大限度减少人员伤亡与财产损失^[4]。

4 水利施工机械设备现场作业安全管控保障措施

4.1 制度保障

完善各项安全管理制度,结合水利施工机械设备现场作业特点,细化安全操作规程、维护保养制度、风险排查制度、应急处置制度等,确保制度的针对性与可操作性。加强制度执行力度,建立制度执行监督机制,定期检查制度落实情况,对违反制度的行为严肃处理,确保各项制度落到实处。定期对制度进行修订完善,结合施工技术、设备类型、作业环境的变化,及时调整制度内容,适应安全管控的新需求^[5]。

4.2 资源保障

加大安全管控资源投入,配备充足的安全防护设备、智能监测设备、应急救援设备等,确保现场作业安全管控的硬件支撑。加强安全培训资源投入,聘请

专业技术人员开展培训工作,配备培训教材、实训设备等,提升培训质量。合理调配人力资源,配备足够的现场管理人员、技术人员与操作人员,明确各岗位人员的数量与职责,确保各项管控工作有序开展。

4.3 技术保障

加强技术研发与应用,推广先进的安全管控技术、设备维护技术、应急处置技术等,提升安全管控的智能化、专业化水平。与科研机构、高校开展合作,针对水利施工机械设备现场作业安全管控的难点问题,开展技术攻关,研发适配水利施工场景的智能管控设备与技术看方案。加强技术培训,提升管理人员与操作人员的技术应用能力,确保智能管控设备与技术看方案有效落地。

4.4 监督保障

建立多元化监督机制,构建“内部监督+外部监督”相结合的监督体系。内部监督由施工单位安全管理部门负责,定期开展现场作业安全监督检查,排查风险隐患,督促整改落实;外部监督由行业主管部门、监理单位负责,加强对水利施工机械设备现场作业安全的监督检查,对违规行为进行查处。建立监督反馈机制,及时收集监督检查过程中发现的问题与建议,优化安全管控策略与措施,持续提升安全管控水平。

5 结束语

水利施工机械设备现场作业安全管控是水利工程施工安全的重要组成部分,针对其作业环境复杂、风险密集、管控难度大的问题,需构建科学系统的全流程管控体系。本文通过识别四类核心安全风险,构建“人员—设备—环境—管理”四位一体管控体系,融入智能管控技术并配套完善保障措施,实现风险闭环管理,可有效提升管控水平、降低事故发生率。未来,需深化智能化技术融合,引入先进技术优化管控模型,完善管控制度与保障体系,推动现场作业安全管控向规范化、智能化、精细化发展,为水利工程安全有序施工提供保障。

参考文献:

- [1] 许建军,徐建梅,平华.水利工程中的施工安全与风险管理[J].水利与电力技术及应用,2025,07(12):4-6.
- [2] 艾志文,李发举,薛玉东.水利工程施工安全风险管控体系构建[J].广东安全生产技术,2025(08):16-18.
- [3] 王全营,赵锦锦.简论水利工程施工管理特点及质量控制策略[J].砖瓦世界,2020(02):249.
- [4] 郑波德,姚学健,周沙沙,等.基于PDCA的水利施工安全防范机制研究[J].治淮,2023(03):59-61.
- [5] 杨岩.数字孪生在水利泵站智能化管理中实践应用[J].水上安全,2024(19):74-76.