

水利工程施工现场机械设备安全管理分析

李林涛

河南水建集团有限公司 河南 郑州 450007

摘要：水利工程机械设备安全管理是保障施工安全的核心环节。本文从设备分类与安全管理重点切入，分析采购验收、安装调试、使用操作、维护保养及报废更新等关键环节的管理要点，揭示人为、设备及管理因素引发的常见问题，提出人员、技术及管理层面的优化策略，通过智能化监控、分级管理机制及复合型培训体系构建，实现设备全生命周期安全管控，为水利工程施工提供可靠保障。

关键词：水利工程；机械设备；安全管理；风险防控；全流程管理

引言：水利工程具有施工环境复杂、作业强度高、设备类型多样等特点，机械设备作为支撑施工的核心要素，其安全管理是保障工程顺利推进的关键环节。不同功能与风险等级的设备对安全管理提出差异化要求，例如挖掘类设备需关注地基稳定性，高风险设备需强化专项管控。当前，机械设备安全管理仍面临人为操作失误、设备老化、管理责任模糊等挑战，需通过系统性策略优化实现风险可控，为水利工程建设筑牢安全根基。

1 机械设备分类与安全管理重点

1.1 按功能分类的设备特性与管理基础

挖掘类设备以土方作业为核心，涵盖挖掘机、装载机等机型。此类设备通过机械臂与铲斗的协同运动实现挖掘、装载功能，其作业范围广、动力需求大，对地基承载力与作业空间稳定性要求较高^[1]。在实际施工中，挖掘类设备常面临不同地质条件，如软土、岩石等，这对其挖掘能力和稳定性是巨大考验。运输类设备承担物料转运任务，自卸车、起重机等机型通过液压系统或钢丝绳传动实现重物吊装与水平运输，需重点关注载重平衡与行驶路线规划。混凝土施工设备涉及搅拌、输送与浇筑全流程，搅拌机通过旋转叶片完成物料混合，泵车则依赖液压系统将混凝土输送至指定位置，此类设备对配合比精度与输送管道密封性要求严格。钻孔与爆破设备服务于地基处理与岩体开挖，钻机通过旋转钻头破碎岩层，空压机为冲击器提供动力源，需控制钻孔深度与角度偏差，确保爆破作业安全。

1.2 按风险等级分类

高风险设备通常涉及高空作业、高压系统或大型结构，如塔式起重机因臂架高度与起重量大，一旦倾覆将造成重大人员伤亡；高压泵站因介质压力高，泄漏可能引发爆炸或中毒事故。高风险设备在水利工程中虽然数量相对较少，但一旦发生事故，后果往往极其严重，是

安全管理的重中之重。此类设备需实施最严格的安全管控，包括专项施工方案审批、专业操作人员持证上岗及定期第三方检测。中风险设备操作复杂性与危险性适中，如挖掘机因工作装置运动范围大，易引发碰撞事故；混凝土搅拌车因罐体旋转与行驶叠加，存在侧翻风险。此类设备需强化日常检查与操作规范培训，确保安全装置有效可靠。低风险设备结构简单且危险性较低，如小型发电机仅涉及低压电路，振动棒仅产生局部振动，但仍需关注电气安全与机械防护，防止因疏忽引发意外。

1.3 各类设备安全管理侧重点

结构稳定性是设备安全的基础，需从设计、制造到使用全流程把控。设计阶段应通过有限元分析优化结构强度，制造阶段需严格监控焊接质量与材料性能，使用阶段则要定期检测基础沉降与连接件紧固情况，防止因结构失效引发事故。操作规范性需通过制度约束与技能培训双重保障，建立标准化操作流程，明确各工况下的动作顺序与参数设置，通过实操考核确保作业人员掌握关键点，避免因误操作导致设备损坏或人员伤亡。维护周期性强调预防性维护理念，根据设备负荷特征与故障规律制定差异化保养计划，对高风险部件实施状态监测，如通过振动分析预测轴承故障，利用油液检测评估齿轮磨损，及时更换达到寿命极限的零部件，防止突发故障引发连锁反应。

2 机械设备安全管理关键环节

2.1 采购与验收阶段

设备选型需以工程实际需求为核心导向，综合考虑施工场景的复杂性、作业强度及环境适应性等因素。例如，在地质条件多变的区域，应优先选择具备高通过性与稳定性的机型；在狭窄空间作业时，需关注设备的外形尺寸与转向灵活性^[2]。技术参数审查需聚焦安全相关指标，如动力系统的过载保护能力、制动装置的响应时间、

结构件的疲劳强度等，确保设备在极限工况下仍能保持安全运行状态。安全标准符合性评估应覆盖整机认证、关键部件防护等级及电气系统绝缘性能等核心要求，杜绝因设计缺陷或标准缺失引发的安全隐患。验收流程中，安全功能测试是关键环节，需对制动系统可靠性、限位装置灵敏度及紧急停机功能进行全面验证，确保设备在交付使用前具备完整的安全保障机制。

2.2 安装与调试阶段

基础施工的稳定性直接影响设备长期运行安全，需根据设备自重、振动频率及地质条件设计合理的支撑结构。例如，重型设备基础应采用钢筋混凝土浇筑，并设置防沉降措施；振动较大的设备需安装减震装置，降低对周边结构的影响。电气系统连接需严格遵循安全规范，确保接地保护装置有效可靠，避免漏电或短路风险；液压系统安装应重点检查管路密封性，防止高压油液泄漏引发火灾或机械故障。空载调试阶段需验证各运动机构协调性，确保动作流畅无卡滞；负载调试则需逐步增加载荷至额定范围，监测设备振动、噪声及温度变化，及时调整参数消除异常现象，为正式投入使用做好准备。

2.3 使用与操作阶段

操作人员资质管理需建立严格的准入机制，通过系统化培训与考核验证对设备性能、操作规程及应急处置方法的掌握程度，培训时长不低于40学时。培训内容应涵盖理论学习与实操训练，重点强化安全意识与规范操作习惯。作业环境评估需覆盖地质稳定性、空间开阔度及气象条件等多维度因素，对存在滑坡风险或狭窄区域的作业点制定专项防护方案，风力超过6级时需停止高空作业与大型设备吊装作业。多设备协同作业时，需建立明确的信号传递规则与避让原则，通过现场指挥或无线通讯设备实现动态协调，避免交叉作业引发碰撞事故，同时强化作业人员安全意识，确保指令执行到位，协同作业时设备间安全距离需不小于5m。

2.4 维护与保养阶段

日常检查应聚焦关键安全部件，如制动器摩擦片磨损情况、液压油清洁度及钢丝绳断丝趋势，建立“一机一档”记录异常现象，为后续维护提供依据。定期维护需根据设备负荷特征制定差异化保养计划，对高风险部件实施状态监测，如通过振动分析预测轴承故障，利用油液检测评估齿轮磨损程度，实现从“事后维修”向“事前预防”的转变。维修记录管理应实现全流程可追溯，详细记录故障现象、维修措施及更换部件信息，为设备技术改造或事故分析提供数据支撑。

2.5 报废与更新阶段

设备寿命评估需综合技术状态、经济成本及安全风险等多方面因素，对达到设计使用年限或存在严重安全隐患的设备启动报废程序。评估方法可结合无损检测技术、运行数据统计及专家评审，确保决策依据充分。报废设备拆解应由专业团队实施，对含危险物质的部件（如蓄电池、液压油）进行无害化处理，避免环境污染；残余结构拆解需制定专项方案，防止坍塌或坠落事故，确保拆解过程安全可控^[3]。更新决策应结合技术发展趋势，优先选择具备智能监控、故障自诊断功能的新机型，通过技术升级提升设备本质安全水平。

3 机械设备安全管理常见问题

3.1 人为因素

操作人员技能水平不足是引发安全事故的重要根源。部分作业人员未接受系统化培训，对设备性能参数、操作规程及应急处置方法掌握不全面，导致在复杂工况下无法正确判断风险并采取有效措施。安全意识淡薄则表现为对潜在危险的忽视，如未按规定佩戴防护用具、未执行设备启动前检查程序等，这种主观层面的疏忽往往使安全防护措施形同虚设。违规操作行为集中体现在超载运行与疲劳作业两方面，前者因突破设备设计承载极限导致结构失稳，后者因注意力下降引发误操作，二者均显著增加事故发生概率。此外，部分作业人员存在侥幸心理，为追求效率简化操作流程，如跳过安全联锁装置或未执行停机维护程序，进一步削弱了设备安全保障能力。

3.2 设备因素

设备老化是安全管理的客观挑战。长期高负荷运转导致金属疲劳、液压系统泄漏及电气元件绝缘性能下降，这些隐性损伤难以通过日常检查完全发现，却可能在关键时刻引发灾难性后果。性能下降表现为动力输出不足、制动距离延长及控制精度降低，直接影响作业安全性与效率。安全防护装置缺失或失效则直接暴露作业人员于危险环境中，如防护栏损坏未及时修复、限位开关被人为短接、紧急停机按钮失灵等情况，均可能因设备失控导致人员伤亡。部分设备因设计缺陷或改造不当，存在安全防护盲区，如旋转部件未设置防护罩、传动链条裸露等，也构成严重安全隐患。

3.3 管理因素

安全责任划分不清晰导致管理效能弱化。部分企业未建立“横向到边、纵向到底”的责任网络，设备使用、维护、监管等环节存在职责重叠或空白，出现问题时相互推诿现象频发。这种管理真空使得安全制度难以落地，如设备点检流于形式、隐患整改拖延等。应急预案缺失或可操作性差则削弱了事故应对能力，部分预案未结合

企业实际编制,缺乏针对性演练,导致紧急情况下人员不知所措、救援资源调配混乱。此外,安全培训与考核机制不完善,部分企业为降低成本压缩培训时长,或仅以理论考试代替实操评估,无法确保作业人员具备应对突发状况的能力,进一步放大了管理漏洞的风险。

4 机械设备安全管理优化策略

4.1 人员层面

操作人员安全培训需突破传统模式,构建“理论+实操+情景模拟”的复合型培养体系。理论课程应涵盖设备原理、风险点识别及应急处置流程;实操训练需在真实设备或模拟器上完成,重点强化规范操作习惯;情景模拟则通过虚拟现实技术还原事故场景,提升作业人员在紧急情况下的应变能力^[4]。考核机制应增加实操评估权重,未通过者需重新培训直至达标,杜绝“走过场”现象。现场安全管理人员风险预判能力的培养需结合数据分析与经验积累,通过定期组织安全研讨会、分享典型案例,提升其对异常现象的敏感度。例如,通过分析设备运行数据波动规律,提前预判潜在故障;通过观察作业人员行为模式,识别违规操作倾向。此外,应鼓励管理人员参与设备改造与技术升级项目,深化对设备安全特性的理解,为制定更科学的管理策略提供支撑。

4.2 技术层面

智能化监控系统的引入是提升设备本质安全的关键路径。通过在关键部位部署高精度传感器,可实时采集振动、温度、压力等运行参数,利用数据分析算法识别异常模式,实现故障预警与寿命预测。远程诊断技术则突破空间限制,使专家团队能够通过云端平台对设备状态进行实时评估,快速定位隐患并提供解决方案,尤其适用于分散式作业场景或高危环境下的设备监控。安全防护装置标准化配置需从设计源头把控,针对不同设备类型制定统一的防护规范,如旋转部件强制安装防护罩、移动设备配备限位装置与防倾覆结构,确保防护功能与设备性能同步提升。此外,物联网技术的应用可实现设备间数据互联,构建智能协同防护网络,例如通过传感器联动自动触发紧急停机程序,避免事故扩大化。

4.3 管理层面

分级管理制度的建立需以风险评估结果为依据,对高风险设备实施重点管控,如增加检查频次,高风险设备每日检查不少于2次、中风险设备每日检查不少于1次、低风险设备每周检查不少于2次;配备双备份安全装置、制定专项维护方案;对低风险设备则优化管理流程,降低资源占用。这种差异化策略可实现安全投入与风险水平的精准匹配,提升管理效率。动态安全检查机制强调“计划性”与“随机性”的互补,定期巡检确保设备状态受控,随机抽查每月不少于3次,通过突击检查打破作业人员的侥幸心理,二者结合形成持续压力,推动安全制度落实。检查内容应覆盖设备技术状态、操作规程执行及环境适应性等多维度,例如验证电气系统绝缘性能是否符合标准、检查作业区域照明与通风条件是否达标^[5]。检查结果需与绩效考核挂钩,对隐患整改不力的单位或个人实施问责,强化管理闭环,隐患整改率需达到100%。

结束语

水利工程机械设备安全管理需贯穿设备全生命周期,从技术升级、管理创新到人员能力提升形成闭环体系。通过智能化监控系统实现风险预警,以分级管理制度优化资源配置,借复合型培训强化安全意识,可有效降低事故发生率。企业需持续完善安全责任网络,强化隐患排查与整改力度,推动安全文化融入日常管理,最终实现设备安全状态可控、人员操作规范、管理效能提升的良性循环,为水利工程建设高质量发展奠定坚实基础。

参考文献

- [1] 闫晗.水利工程施工现场机械设备安全管理分析[J].中国设备工程,2025(2):51-53.
- [2] 朱士成,任晨曦.水利工程施工现场机械设备安全管理分析[J].中国设备工程,2022(12):65-67.
- [3] 宋克滨.水利工程项目建设的施工安全管理[J].工程技术发展,2022,3(3):61-63.
- [4] 王玉涛,丁杉.水利工程施工现场安全管理问题与对策[J].数码精品世界,2023(7):172-174.
- [5] 许寒星.水利工程施工中的安全管理和质量控制要点研究[J].中州建设,2025(6):114-115.