

# 水利工程机械设备在施工现场及后期运行维护中的安全管理措施研究

梁 晔 黄杏荣

广西珠委南宁勘测设计院有限公司 广西 南宁 530007

**摘要：**水利工程作为国家基础设施建设的关键组成部分，其施工过程具有规模宏大、环境复杂、技术集成度高等特点。在这一背景下，各类大型、重型机械设备，尤其是水泵机组与起重设备，已成为保障工程顺利推进的核心要素。然而，这些设备在提升施工效率的同时，也因其高能量、高风险特性，成为施工现场安全事故的主要源头之一。本文旨在系统性地研究水利工程施工现场的机械设备安全管理问题，聚焦于水泵机组和起重设备两大核心类别。通过深入剖析其在安装、运行、维护及拆卸等全生命周期内存在的典型安全风险，并结合现代安全管理理论与实践，提出一套涵盖制度建设、人员管理、技术应用、过程控制及应急管理等多维度的综合性安全管理措施体系。

**关键词：**水利工程；机械设备安全；水泵机组；起重设备；安全管理

## 引言

水利工程是维系国家水、能源和生态安全的战略性工程，施工面临地质复杂、气象多变等挑战，高度依赖机械化、自动化装备。其中，水泵机组承担基坑降水等关键任务，是维持干地施工环境的生命线；起重设备负责重型物料搬运，是工程结构成型的“臂膀”。然而，机械设备广泛应用也带来安全隐患，水利工程建设中，由其引发的安全事故占比高，轻则设备损坏、工期延误，重则群死群伤，如水泵机组可能因基础不稳等导致泵房坍塌，起重设备可能因超载等发生倾覆。因此，对水利工程施工现场机械设备，尤其是水泵机组和起重设备进行系统性安全管理研究，是落实安全生产方针、推动水利行业高质量发展的必然要求和内在需求。本文将从风险识别入手，探讨有效安全管理措施，为工程实践提供参考。

## 1 水利工程施工现场机械设备安全管理概述

### 1.1 安全管理的重要性与挑战

水利工程施工现场机械设备安全管理，是对设备全生命周期进行风险管控，以保障人员、设备与工程安全。其关乎生命，重大事故会造成巨大损失，影响工程进度与质量，且是施工单位法定责任<sup>[1]</sup>。实际管理挑战重重：施工环境动态多变，影响设备基础安全；设备种类繁多，统一管理困难；施工队伍流动性强，人员技能与安全意识参差不齐；多工种交叉作业，协调与干扰风险大，易引发连锁事故。

### 1.2 安全管理的基本原则与框架

有效管理需遵循基本原则，构建清晰框架。基本原

则包括系统性，即从“人-机-环-管”整体考量；预防为主，重心前移至事前预防；全员参与，形成安全文化氛围；闭环管理，通过PDCA循环实现管理提升。构建“三位一体”安全管理框架，一是健全制度体系，涵盖设备全生命周期规章制度、操作规程与应急预案；二是清晰责任体系，通过签订责任书分解落实安全职责；三是强大技术保障体系，引入现代技术提升风险预警与应急响应能力。

## 2 水泵机组的安全风险分析与管理措施

### 2.1 主要安全风险

#### 2.1.1 安装与基础风险

(1) 基础不牢：泵房或泵座基础未按设计要求施工，承载力不足或沉降不均，导致机组运行时剧烈振动，甚至倾覆。(2) 管路应力：进出水管路安装不当，存在过大应力，传递至泵体，引起轴心偏移、密封失效或法兰连接处破裂。(3) 电气接线错误：电机接线相序错误导致反转，不仅影响抽水效率，还可能损坏叶轮或电机。

#### 2.1.2 运行操作风险

(1) 无水空转：启动前未灌泵或水源中断后继续运行，导致机械密封干磨烧毁，甚至引发火灾。(2) 气蚀现象：吸入压力过低或液体温度过高，产生气泡并在高压区溃灭，冲击叶轮表面，造成材料剥蚀，降低效率并产生强烈噪音和振动。(3) 超负荷运行：长时间在超出额定扬程或流量的工况下运行，导致电机过热、轴承损坏。(4) 异物堵塞：水中杂质进入泵腔，卡住叶轮或堵塞流道，造成电机过载或泵体损坏。

### 2.1.3 维护保养风险

(1) 润滑不良: 轴承润滑油脂缺失或劣化, 导致摩擦增大、温度升高, 最终抱轴。(2) 紧固件松动: 长期振动使地脚螺栓、联轴器螺栓等松动, 加剧设备不稳定。(3) 绝缘老化: 电机绕组绝缘因潮湿、过热等原因老化, 易引发短路、漏电事故。

## 2.2 针对性的安全管理措施

### 2.2.1 强化安装验收管理

基础质量是安装验收重点。泵组安装前, 专人全面复核基础的几何尺寸、标高、水平度、预埋件位置及混凝土强度, 确保符合设计要求。管路安装遵循独立支撑原则, 避免将重量或外部应力传给泵体, 必要时在靠近泵体处加装柔性接头<sup>[2]</sup>。试运行前严格执行“三查四定”程序, 排查设计漏项、施工质量与未完工程, 明确问题整改任务、责任人、时限和措施, 消除隐患。

### 2.2.2 规范运行操作规程

项目部组织技术骨干编制《水泵泵组安全操作规程》, 图文并茂、通俗易懂, 规定开机前检查项目, 如手动盘车、泵腔充水、阀门状态; 明确启动与停机程序, 以及运行中需监控的关键参数, 如电流、电压、进出口压力等。关键泵组引入自动化控制技术, 设置传感器并与控制系统安全连锁, 如集水井液位低自动停泵防空转, 轴承温度异常升高发出警报并授权远程紧急停机。安排专人定时巡检, 通过“听、摸、看、闻”捕捉异常征兆。

### 2.2.3 推行预防性维护制度

为每台水泵泵组建立全生命周期档案, 记录出厂、安装、维修、配件更换等信息, 为维护决策提供数据支持。依据设备说明书和累计运行小时数制定定期保养计划, 明确润滑、紧固、清洁、绝缘电阻测试等要求并严格执行。对承担核心排水任务的大型或关键泵组, 引入预测性维护技术, 如振动频谱分析、红外热成像仪扫描, 通过数据分析提前发现潜在故障, 将维修从被动抢修转变为主动预防。

## 3 起重设备的安全风险分析与管理措施

### 3.1 主要安全风险

#### 3.1.1 设备自身与安装风险

(1) 结构缺陷与疲劳: 设备制造或维修质量不合格, 或长期超负荷使用导致金属结构(如塔身、臂架、主梁)出现裂纹、变形等疲劳损伤。(2) 安全装置失效: 力矩限制器、起重量限制器、高度限位器、回转限位器等安全保护装置失灵或被人为短接, 失去保护作用。(3) 安装/顶升/附着风险: 安装、顶升或加节过程

中, 因方案不当、操作失误或天气突变(如大风), 极易发生整机倾覆。

#### 3.1.2 作业环境与地基风险

(1) 地基失稳: 起重机支腿或轨道基础承载力不足、不均匀沉降或被雨水浸泡软化, 导致整机失稳。

(2) 作业半径冲突: 多台塔吊作业时, 回转半径交叉, 可能发生碰撞。(3) 临近高压线: 起重臂或吊物进入高压线安全距离, 引发触电事故。

#### 3.1.3 人员操作与管理风险:

(1) 违章指挥与操作: 司机无证上岗、疲劳驾驶、超载起吊、斜拉斜吊、听从非指挥人员信号等。(2) 司索绑扎不当: 吊点选择错误、吊具(钢丝绳、卸扣)磨损超标、捆绑不牢, 导致吊物坠落。(3) 沟通不畅: 司机、指挥、司索三方之间信号不明、沟通不畅, 造成误操作。

## 3.2 针对性的安全管理措施

### 3.2.1 严把设备准入与安装关

进入施工现场的起重设备, 须有齐全有效的出厂合格证明等法定文件, 并在地方特种设备安全监督管理部门完成使用登记。安装、拆卸等危险作业, 要由具备相应资质的单位承担, 技术负责人组织编制专项施工方案, 超规模危险性大的工程方案需专家论证, 经项目总监理工程师和建设单位批准后实施。安拆过程中, 项目部要派专职安全员和技术员全程旁站监督, 杜绝随意操作。

### 3.2.2 强化日常使用与维保监管

将“十不吊”原则制成警示牌悬挂关键位置, 涵盖超载等多种严禁起吊情形。每班作业前, 司机要对制动系统等细致检查并填写班前检查记录。按法规委托有资质检验机构进行年度法定检验, 与专业维保单位签合同定期保养, 妥善保存检验和维保记录<sup>[3]</sup>。项目部对力矩限制器等核心安全装置建立月度功能性测试制度, 确保其灵敏可靠。

### 3.2.3 优化作业环境与协调管理

起重机基础要专项地勘、设计和施工, 保证承载力与排水, 大雨后复工前需重新评估地基稳定性。多台塔吊交叉作业区域, 强制安装塔机安全监控管理系统, 实现防碰撞预警等功能, 提升多机协同作业安全系数。在每台起重机最大作业半径外围, 用围栏或警戒线划定危险区域, 设置“禁止入内”警示标志, 防止无关人员误入。

## 4 构建综合性的机械设备安全管理体系

### 4.1 健全制度与责任体系

项目部应围绕机械设备安全管理, 制定并发布一系列核心管理制度, 如《机械设备安全管理办法》、《特

种设备安全管理制度》以及针对大型设备安拆作业的专项管理规定等。这些制度应覆盖设备管理的方方面面，从采购租赁到报废退场，形成一套完整、闭环的管理规则。仅有制度还不够，必须将安全责任层层压实。要建立起“横向到边、纵向到底”的安全生产责任制网络，明确项目经理作为安全生产第一责任人的总揽全局职责，设备管理部门对设备技术状态完好性负直接责任，安全监督部门则专注于过程的合规性检查与违章纠偏，而每一位操作人员则必须对自己的规范操作和安全行为负责。通过签订责任书、纳入绩效考核等方式，确保安全责任真正落地生根。

#### 4.2 推进信息化与智能化管理

可以建立一个统一的机械设备信息化管理平台，将所有设备的出厂信息、检验报告、维修保养记录、操作人员资质等静态和动态数据全部录入系统，实现设备档案的电子化、动态化管理，管理者可以随时随地调阅任一设备的“健康档案”。更进一步，可以在关键的高风险设备上加装物联网（IoT）传感器，实时采集其运行过程中的振动、温度、载荷、倾角等关键参数。这些海量数据通过无线网络传输至云端，利用大数据分析和机器学习算法，能够精准预测设备可能出现的故障模式，从而将传统的定期维修或事后抢修，转变为基于设备实际状态的预测性维护，真正做到防患于未然<sup>[4]</sup>。最终，应将这套设备安全监控系统无缝集成到项目的智慧工地总平台之中，与人员定位、全域视频监控、环境监测等子系统实现数据共享与联动，构建起对“人、机、料、法、环”五大生产要素的全面感知、智能分析和协同管控能力。

#### 4.3 加强安全文化建设与教育培训

要通过开展“安全生产月”、举办安全知识竞赛、组织观看典型事故案例警示教育片等形式多样的活动，在项目部上下营造出浓厚的“我要安全、我会安全、我能安全”的文化氛围，让安全理念内化于心、外化于行。教育培训工作必须改变“一刀切”的模式，转向分层级、精准化的培养。对项目管理层，重点培训国家最新的安全生产法律法规、行业标准规范以及先进的风险管理理念；对设备管理和技术人员，则侧重于设备的工作原理、常见故障诊断与排除方法；而对于广大的一线操作人员，培训内容则应聚焦于岗位安全操作规程、个

人防护用品的正确使用以及紧急情况下的自救互救技能，确保培训内容与岗位需求高度匹配，切实提升培训实效。

#### 4.4 完善应急管理与事故调查

项目部必须针对机械设备可能发生的各类典型事故，如泵房淹水、管路爆裂、起重机倾覆、吊物坠落等，分别制定具有高度可操作性的专项应急预案和现场处置方案，并配备充足的应急救援物资和器材。更重要的是，要将纸面上的预案转化为实战能力，定期组织不同层级、不同规模的应急演练，通过模拟真实场景，检验预案的可行性，磨合各部门的协同响应机制，并锻炼应急队伍的处置能力。一旦不幸发生事故，必须坚决贯彻“四不放过”原则，即事故原因未彻底查清不放过、事故责任人员未受到严肃处理不放过、针对暴露出的问题所制定的整改措施未全面落实不放过、全体相关人员未从中受到深刻教育不放过。只有这样，才能真正从事故中汲取血的教训，堵塞管理漏洞，防止悲剧重演。

#### 5 结语

水利工程施工现场的机械设备安全管理是一项复杂的系统工程，尤其对于水泵泵组和起重设备这类高风险设备，任何疏忽都可能酿成无法挽回的损失。本文通过对这两类设备全生命周期内存在的安全风险进行深入剖析，提出了一系列针对性的管理措施，并在此基础上，倡导构建一个集制度、责任、技术、文化和应急于一体的综合性安全管理体系。未来的安全管理趋势，必将是向更加精细化、标准化、信息化和智能化的方向发展。通过将先进的物联网、大数据、人工智能等技术深度融入安全管理实践，能够实现风险的实时感知、智能预警和精准干预，从而将事故隐患消灭在萌芽状态。

#### 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,(02):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] 陈波,马秀敏,蔡杨名.现代化机械设备在水利工程施工中的应用研究[J].水上安全,2026,(01):1-3.
- [4] 郑伟.水利工程施工机械设备管理水平提升策略研究[J].工程建设与设计,2020,(15):242-244.