

# 水电站机电设备运行维护安全管理要点

杨晓才

福贡西能电力发展有限公司 云南 福贡 673499

**【摘要】**：针对水电站机电设备运维中设备老化隐患频发、人员操作规范落实不到位及安全管理制度滞后等核心问题，系统分析了长期服役机组性能衰退、人为失误风险及监管体系缺陷的成因。实践表明，实施基于状态监测的定期检修与隐患分级闭环治理，可有效抑制设备劣化趋势；构建分层分类精准培训与实操可视化管控机制，能够促进安全行为内化；健全覆盖全生命周期的标准化制度及信息化全程监管平台，则实现了从被动应对向主动防控的转变。综合对策显著提升了设备可靠性与人员安全素养，强化了制度执行力与风险预警能力，有效降低了非计划停机率与违章作业发生率，为水电站安全稳定运行提供了坚实保障。

**【关键词】**：机电设备；运维安全；隐患排查；全程监管

DOI:10.12417/3041-0630.26.09.003

## 1 水电站机电设备运维安全现存核心问题

### 1.1 设备老化隐患及运行故障风险问题

水电站机电设备老化隐患及运行故障风险问题具体表现为长期服役机组关键部件性能衰退与系统性可靠性下降。水轮发电机组定子绕组绝缘层因多年电热应力累积出现脆化、分层现象，转子磁极接头焊接部位在交变载荷作用下易产生疲劳裂纹，导致突发性接地或短路故障概率显著上升。主变压器油纸绝缘系统随运行年限增长发生老化分解，介质损耗因数超标且局部放电量增大，威胁电网稳定供电。调速系统液压元件密封件硬化失效引发压力波动与控制失灵，励磁装置电子元器件参数漂移造成电压调节精度降低甚至失控<sup>[1]</sup>。这些由材料劣化、机械磨损及电气性能退化交织形成的复合型隐患，其监测难度较大，往往缺乏有效的在线监测手段，故障征兆隐蔽性强。一旦触发，将直接导致非计划停机甚至设备损毁，严重影响电站安全生产与电力供应连续性。

### 1.2 运维人员安全操作规范落实漏洞

水电站机电设备运维工作中，不少作业人员对标准化操作流程仅做表层认知，没有把规程条款转化为日常操作的行为自觉，造成现场实操和书面规范出现明显脱节。现场安全监护制度落实不严，关键作业步骤缺少专人复核把关，极易出现操作失误，或是漏掉必备的安全防护举措<sup>[2]</sup>。交接班工作存在明显疏漏，工况信息传递残缺、设备状态表述含糊，接班人员无法精准把握设备实时运行情况，大幅提升现场安全风险。部分人员片面追求作业进度，随意简化标准流程，跳过验电、挂牌、安全隔离等核心防护环节，让多层安全管控体系出现漏洞。同时岗位培训与考核工作浮于表面，缺少贴合现场工况的实操演练，人员面对复杂运行状态和突发故障时，难以灵活运用规程处置问题，充分反映出安全操作规范在落地执行中存在整体性短板。

### 1.3 安全管理制度及监管体系不完善

水电站机电设备运维安全管理规范与监管架构存在明显短板，各类管理条文更新节奏跟不上机电装备智能化升级步伐，现行作业准则大多参照老式机械检修规范制定，无法全面适配智能监测模块、变频控制组件等新式装置潜藏的运行隐患与操作隐患。各职能板块权责界定不够清晰，不同岗位开展隐患排查工作时易出现权责空缺或是重复履职问题。经营考核体系偏向发电产能相关内容，安全保障相关资源调配受到限制，设备周期性检测开展频次偏低，应急配件储备量也达不到运行保障标准。属地能源管理机构专业技术支撑不足，针对隐蔽部位隐患以及程序运行缺陷难以开展深度核查。各类管理条款落地过程缺少量化评判依据，现场安全检查多停留在纸面资料整理，设备运行状态相关数据无法和管理规范形成联动，风险研判环节和现场管控举措无法有效衔接。

## 2 水电站机电设备运维安全问题解决对策

### 2.1 落实设备定期检修与隐患排查治理

水电站机电设备定期检修需依据设备运行台账、历史故障数据及制造商技术手册科学制定检修周期与项目清单，确保水轮机、发电机、主变压器、励磁系统、调速器等关键部件均纳入标准化检修流程<sup>[3]</sup>。检修作业前应完成风险评估与安全交底，明确隔离措施、能量锁定程序及应急方案，杜绝无票作业与超范围操作。隐患排查治理应建立分级分类管理机制，结合日常巡检、在线监测、红外测温、油色谱分析等手段动态识别设备劣化趋势，对发现的缺陷实行闭环管理，从登记、评估、整改到验收全程可追溯。针对重复性隐患或重大风险点，应组织专题技术分析，查明根本原因并修订运维规程或改造设计方案。检修质量验收须严格执行三级检验制度，关键工序留存影像与测试记录，确保设备恢复至设计性能指标。所有检修与排查活动均应同步更新设备健康档案，为后续状态评估与寿命预测提供可靠数据支撑，切实提升设备本质安全水平。

## 2.2 强化人员安全技能培训与实操管控

强化人员安全技能培训与实操管控需构建分层分类的精准化培训体系，针对运行值班、检修维护、试验调试等不同岗位特性定制差异化课程模块，将设备结构原理、故障处置流程、应急处置预案等核心知识与现场实际工况深度融合<sup>[4]</sup>。培训内容应涵盖新型智能监测装置操作、数字化运维平台应用、高风险作业许可审批等前沿实务，通过案例复盘、情景模拟、桌面推演等方式增强认知深度，确保理论知识向实战能力有效转化。实操管控环节须建立标准化作业指导书与风险预控卡双轨并行机制，对倒闸操作、机组启停、高压试验等关键工序实施全过程可视化监督，严格执行操作票制度与监护复诵流程，杜绝习惯性违章行为。同时引入技能等级动态评估与岗位准入复核机制，将培训成效与绩效考核、晋升通道挂钩，形成持续改进的能力提升闭环，切实保障运维作业本质安全水平稳步提升。

## 2.3 健全安全管理制度与全程监管机制

健全安全管理制度与全程监管机制需构建覆盖设备全生命周期的标准化管理体系，将运维各环节纳入制度化轨道<sup>[5]</sup>。应依据国家及行业规范，结合水电站实际工况，细化机电设备巡检、检修、试验等操作规程，明确各岗位安全责任边界与操作标准，形成可执行、可追溯的制度文本。同步建立动态修订

机制，根据设备更新、技术迭代及事故教训及时调整制度内容，确保其时效性与适用性。在监管层面，推行“事前预防、事中控制、事后复盘”的全流程闭环管理模式，通过日常巡查、专项检查与第三方评估相结合的方式强化制度落地。利用信息化手段搭建安全监管平台，实时采集设备运行参数与人员作业行为数据，实现异常状态自动预警与处置过程全程留痕。设立独立监督岗位或引入外部专业机构开展合规性审查，杜绝监管盲区与人情干扰，确保安全管理制度真正嵌入运维实践并持续发挥约束与引导作用。

## 3 结语

水电站机电设备运维安全管理是一项系统性工程，需统筹设备、人员与制度三大核心要素。针对设备老化隐患，应强化定期检修与隐患排查治理，依托状态监测技术提升故障预警能力；面对操作规范落实漏洞，须构建精准化培训体系并严格实操管控，推动安全行为内化于心、外化于行；就管理制度与监管短板而言，应完善覆盖全生命周期的标准化体系，并通过信息化手段实现全过程闭环监督。唯有切实将技术防控、人员素养与制度约束进行系统性整合，构建覆盖设备、人员、制度全要素的协同联动机制，方能在动态优化中形成持续改进的安全管理生态，实现对各类潜在风险的前瞻识别与主动防控，为水电站长期安全稳定运行与电力可靠供应提供坚实保障。

## 参考文献：

- [1] 汪志宏,汪大凯.水电站设备运行维护管理中的安全管理研究[J].小水电,2025,(4):41-44.
- [2] 蒋洪.水电站机电设备的故障检修与运行维护[J].水利水电科技进展,2022,42(6):136.
- [3] 李长兵.水电站机电设备运行维护与故障检修研究[J].新型工业化,2020,10(2):36-40.
- [4] 杨猛.水电站机电设备的故障检修与运行维护研究[J].中国科技纵横,2025,(1):97-99.
- [5] 妮鹿菲尔·毛吾田.水电站电气设备运行维护与故障检修研究[J].光源与照明,2023,(1):156-158.