# 水电厂电气设备长周期运行措施研究

帅　蕊
贵州北源电力股份有限公司　贵州　遵义　563312

**摘　要：**水电厂电气设备长期连续运行，受本体老化、潮湿环境、运维模式滞后等因素影响，易出现绝缘衰减、部件锈蚀、局部过热等隐患，制约机组稳定长效运行。本文分析设备基本构成与长周期运行特性，梳理设备运行现存故障诱因。从预防性运维优化、现场环境管控、智能技术应用多个维度，制定贴合现场工况的专项优化措施。研究成果可有效降低设备故障发生率，改善设备运行工况，提升水电厂电气设备运行稳定性与服役年限。

**关键词：**水电厂；电气设备；长周期运行；措施

引言：随着水电行业高效化、稳定化运行要求不断提升，电气设备长周期可靠运行成为水电厂安全生产的核心保障。水电厂运行环境特殊，高湿、温差波动、机组负荷频繁变化等工况，会持续加剧电气设备损耗。传统固定周期检修、人工巡检运维方式，已无法适配设备长周期运行需求，极易出现隐患漏判、检修不合理等问题。为此，本文结合现场实际运行问题，针对性梳理运维与防护优化方案，引入智能运维技术，为提升电气设备长效运行能力提供技术支撑。

## 1 水电厂电气设备长周期运行概述

### 1.1 核心电气设备组成及工作原理

水电厂电气系统是电能转换、输送与调控的核心载体，核心设备主要包含主变压器、高压开关柜、发电机、励磁装置、继电保护装置及直流系统等。各设备分工明确、协同运行，保障水电厂持续发电作业。发电机为核心发电设备，依托水轮机水力驱动完成机械能向电能的转换。主变压器负责升压输电，适配电网电压标准，实现电能外送。高压开关柜承担电路开合、故障隔离功能，保障配电系统稳定。继电保护装置可实时监测设备运行参数，在短路、过载等故障时快速动作跳闸，规避设备损坏。直流系统为全厂控制、保护设备提供不间断电源，是电气设备安全运行的基础保障。

### 1.2 电气设备长周期运行的核心内涵

电气设备长周期运行，是指设备在额定工况、规范运维条件下，突破常规检修周期限制，长期保持稳定、安全、高效的运行状态，且无重大故障、性能无大幅衰减。其核心并非单纯延长设备使用年限，而是通过工况管控、隐患治理、精准维护等方式，维持设备电气性能、机械性能的稳定性。相较于常规周期性运行，长周期运行更注重全过程状态管控，兼顾设备使用寿命与发电经济性，在保障水电厂连续供电、降低停机检修成本、提升设备利用率方面具备重要实践价值[1]。

## 2 水电厂电气设备长周期运行现存问题及故障诱因

结合水电厂现场运行工况，电气设备在长周期服役过程中，受设备本体、运行环境、运维管理等多重因素影响，普遍存在稳定性下降、故障频发等问题，具体诱因及现存隐患如下：（1）设备本体性能自然衰减。多数水电厂电气设备长期不间断运行，发电机、主变、高压开关等核心设备内部绕组、绝缘材料、机械结构会出现老化损耗。绝缘介质逐步受潮、老化、碳化，绝缘强度持续降低，极易引发漏电、击穿等故障。设备触头长期开合会出现磨损、氧化、接触电阻增大问题，造成局部发热，长期积累会加剧设备性能劣化，无法满足长周期稳定运行要求。（2）特殊运行环境诱发设备隐患。水电厂毗邻库区、河道，厂区水汽重、湿度高，且季节温差、昼夜温差波动较大。潮湿环境会加速电气设备金属部件锈蚀、线路老化，柜体内部易产生凝露，引发短路、接地故障。（3）运维管理模式存在短板。现阶段部分水电厂仍沿用传统定期检修模式，检修周期固定，无法适配不同老化程度设备的运行需求，存在过度检修或检修遗漏问题[2]。

## 3 水电厂电气设备长周期运行防护与运维优化措施

### 3.1 水电厂电气设备长周期运行的预防性维护优化措施

#### 3.1.1 基于设备寿命的差异化定期检修策略优化

结合设备全生命周期特性，需推行差异化定期检修策略，摒弃一刀切的检修模式。（1）分类划分设备寿命等级。依据设备出厂设计寿命、实际服役时长、运行负荷频次，将发电机、主变压器、高压开关柜等核心设备划分为新投设备、中期服役设备、老旧带病设备三类，建立分级台账，明确不同设备的损耗规律与检修重点。（2）动态调整检修周期。新投设备运行稳定性高，可适

当延长常规巡检周期，重点开展常规参数校验；中期设备为运行关键阶段，固定季度专项检修、年度深度检修的频次，聚焦绝缘损耗、部件磨损等常规隐患；老旧设备损耗速率快、隐患隐蔽性强，缩短检修周期，增加专项检测项目，重点排查老化缺陷，杜绝带病运行。

3.1.2 状态检修与预知性维护体系构建

依托设备实时运行状态，构建状态检修与预知性维护体系，可实现故障前置管控，从被动抢修转为主动预控。（1）搭建设备状态数据采集体系。针对电气设备电压、电流、温度、绝缘电阻、接触电阻等核心参数，依托现场监测设备实现全天候数据采集，实时记录设备运行工况，精准捕捉参数异常波动情况。（2）建立状态判定与检修触发机制。结合行业规程与设备出厂标准，设定各类设备参数阈值，区分正常运行、轻微异常、严重隐患三种状态。对轻微异常设备开展跟踪监测，及时安排针对性消缺；对严重隐患设备立即停机检修，避免故障扩大引发设备损坏。（3）完善预知性维护流程。结合历史运行数据、季节工况、负荷变化规律，总结设备故障高发规律，提前制定针对性维护方案，在设备性能出现衰减初期完成隐患治理，有效延长设备稳定运行周期。

3.1.3 关键设备绝缘、接地、测温核心维护技术升级

绝缘老化、接地失效、局部过热是水电厂电气设备长周期运行中最常见的故障诱因，也是引发短路、漏电、设备烧毁的核心原因，需针对性升级核心维护技术，强化设备运行安全性。（1）绝缘维护技术优化。定期开展设备绝缘电阻、介质损耗检测，重点核查发电机绕组、变压器套管、高压电缆等关键部位。对受潮、轻微老化的绝缘部件，采用烘干、绝缘涂层加固方式处理；对碳化、破损严重的绝缘材料及时更换，杜绝绝缘击穿隐患，适配潮湿的厂区运行环境。（2）接地系统维护升级。定期检测全厂电气设备接地电阻、接地干线连接状态，重点排查接地焊点锈蚀、螺栓松动、地线断裂等问题。对锈蚀接地部位进行除锈防腐处理，松动接点重新紧固压实，保证接地系统全程有效导通，规避雷击、漏电带来的运行风险。（3）测温检测技术升级。摒弃传统人工定点测温模式，推广红外测温、在线测温技术，对设备触头、母线接头、绕组等易发热部位开展全覆盖监测，精准识别局部过热隐患，及时处理接触不良、负荷过载等问题，避免长期高温加速设备老化。

3.1.4 备品备件规范化管理与损耗补偿机制

备品备件管理混乱、备件匹配度不足、损耗补偿不及时，会导致设备故障处置滞后，延长停机时间，制约设备长周期连续运行，需建立标准化、规范化的备件管理与损耗补偿体系。（1）规范备件分类存储管理。按照核心设备、辅助设备分类储备备件，针对绝缘配件、触头、传感器等易损耗部件足额储备，区分常用备件、稀缺备件分类存放，做好防潮、防尘、防腐防护，避免备件存放失效。（2）建立备件动态台账。实时更新备件入库、出库、库存数据，设置库存预警机制，对消耗较快的易损件及时补充，杜绝备件短缺导致故障无法及时消缺的问题。同时严格把控备件质量，所有入库备件均需符合设备出厂参数标准，杜绝劣质备件投入使用。（3）完善设备损耗补偿机制。结合设备长期运行损耗规律，制定常态化损耗部件更换计划，无需等待故障出现，定期对老化、疲劳、损耗超标部件进行预防性更换，实现设备损耗的动态补偿，保证设备整体性能稳定[3]。

3.2 水电厂电气设备长周期运行的环境管控与防护措施

3.2.1 厂区潮湿、凝露环境综合治理方案

水电厂紧邻库区河道，空气湿度长期偏高，厂房、配电室、开关柜内部极易产生凝露，是诱发电气设备绝缘受潮、短路、金属锈蚀的核心环境因素，需开展全方位综合治理。（1）优化厂房通风除湿设施。在配电室、高压室、机组层等关键区域加装工业除湿机、通风风机，根据季节湿度变化调整设备运行时长，雨季、汛期全天开启除湿设备，降低室内空气湿度，从源头减少凝露产生。（2）完善设备密封防护处理。对高压开关柜、控制柜、端子箱等密闭电气设备，更换老化密封胶条，封堵柜体缝隙、电缆孔洞，杜绝外界水汽侵入设备内部。对柜体内部加装驱潮加热装置，低温高湿工况下自动启动，消除设备内部凝露。（3）优化厂区排水系统。及时清理厂房周边排水沟、排水管道，避免积水滋生水汽，同时做好厂房墙体、屋面防水防渗处理，杜绝雨水渗漏加剧厂区潮湿问题。

3.2.2 电气设备防腐、防尘、防雷抗干扰防护优化

厂区水汽、粉尘、雷电干扰等因素叠加，会加速设备老化失效，需针对性优化防护措施，提升设备环境适应能力，保障长周期运行稳定性。（1）防腐防护优化。对设备外露金属壳体、接线端子、接地装置等部位，定期开展除锈、刷防腐漆、涂抹防锈油脂处理；对长期处于潮湿区域的设备，采用镀锌、防腐包覆等长效防腐工艺，杜绝金属锈蚀导致的接触不良、部件损坏问题。（2）防尘防护优化。定期对电气设备柜体、散热通道、设备表面进行除尘清扫，清理附着的粉尘杂质，避免粉尘堆积堵塞散热通道、引发爬电故障。同时优化设备防尘密封结构，减少粉尘侵入设备内部。（3）防雷与抗干扰优化。定期检测厂

区避雷针、防雷接地、浪涌保护装置性能，雷雨季节前完成全面校验，确保防雷系统可靠运行。对控制回路、信号线路做好屏蔽接地处理，削弱外界电磁干扰，保障设备控制信号、运行参数传输稳定。

3.2.3 设备运行温湿度智能调控措施

水电厂昼夜、季节温差波动较大，设备长期处于温湿度骤变环境中，会加速密封件、绝缘材料老化，需搭建智能化温湿度调控体系，稳定设备运行环境。（1）布设智能温湿度监测终端。在各电气设备运行区域、设备柜体内部安装监测终端，实时采集环境温湿度数据，实现数据自动上传、异常自动报警，无需人工实时巡检。（2）搭建联动调控系统。将监测终端与除湿机、风机、空调、加热装置联动，温度、湿度超出标准范围时，设备自动启动调控，将运行环境稳定在设备适宜工况区间，规避温湿度异常对设备的损耗影响。

3.2.4 极端天气下设备长效安全防护机制

汛期强降雨、强雷电、高温酷暑、低温霜冻等极端天气，极易引发电气设备故障，影响机组连续稳定运行，需建立长效化极端天气防护机制。（1）提前制定极端天气专项预案。针对不同极端天气特性，明确设备巡检重点、防护措施、应急处置流程，极端天气来临前完成设备专项排查，整改各类潜在隐患。（2）强化极端天气期间设备管控。强降雨天气重点排查厂房防渗、设备防水、接地系统状态；雷雨天气重点监测防雷装置运行情况，做好设备过压防护；高温天气加强设备测温与散热管控；低温天气做好设备防冻、防凝露处理。（3）完善灾后复盘整改机制。极端天气结束后，全面排查设备运行状态，梳理设备暴露的防护短板，针对性优化防护方案，持续提升设备极端工况下的长周期运行能力[4]。

## 4 智能化技术在设备长周期运行中的应用策略

传统水电厂电气运维多依赖人工巡检、定期检修模式，存在数据采集滞后、故障预判不准、运维效率偏低等问题。引入智能化技术，可实现电气设备运维数字化、精准化管控，有效延长设备安全运行周期，具体应用策略如下：（1）搭建设备实时状态监测系统。依托传感器、物联网技术，对发电机、主变、高压开关等核心设备的温度、绝缘电阻、负荷电流、振动等关键参数进行24小时不间断采集，替代传统人工间断巡检，全面捕捉设备运行细微异常，保证设备运行状态可实时追溯。（2）应用智能故障诊断与预警技术。结合电气设备故障数据库与现场运行规律，搭建智能诊断模型，对采集的运行数据进行分析比对。针对设备过热、绝缘老化、接触不良等常见隐患，提前发出预警信号，实现故障从事后处置向事前预控转变。（3）构建设备寿命预测与智能运维体系。依托大数据技术整合设备服役年限、运行负荷、故障记录等数据，精准判断设备老化程度与剩余使用寿命。同时联动自动化运维平台，智能生成检修、消缺计划，规避盲目检修、漏检问题，保障设备长期稳定高效运行[5]。

结束语：本文系统分析了水电厂电气设备长周期运行的现存问题，明确设备本体老化、环境影响、运维短板是设备故障的主要诱因。通过优化差异化检修策略、升级核心维护技术、完善环境防护机制、引入智能监测运维技术，形成一套完整的设备长周期运行保障方案。相关措施可有效弥补传统运维模式的不足，改善设备运行工况，减少隐性故障。

**参考文献**

[1]高扬,李度.水电厂电气设备维护与安全运行路径探究[J/OL].中国科技期刊数据库工业A,2026,(5):140-143.

[2]杨在鑫.人工智能在水电厂电气设备故障诊断中的应用探索[J].信息化研究,2026,52(2):198-202.

[3]李海生.水电厂电气一次设备运行异常在线监测研究[J].电气技术与经济,2026,(1):39-41.

[4]马康轩.水电厂机电设备协同运行优化控制策略研究[J/OL].中国科技期刊数据库工业A,2026,(6):175-178.

[5]孙智鹏.基于多目标优化的电气设备安全运行与维护技术[J].电工技术,2026,(7):164-166.