

火电厂电气一次设备故障检测与维修分析

程浩

山西漳山发电有限责任公司

DOI: 10.12238/jpm.v6i1.7609

[摘要] 本文探讨了火电厂电气一次设备状态检修的重要意义、实施要点、故障检测与维修方法以及优化检修工作的措施。状态检修通过实时监测和故障诊断实现精准维护，显著提升设备可靠性与经济性。在此基础上，文章分析了基于信号变换与人工神经网络的检测方法，以及发电机、变压器、断路器和隔离开关的具体检修策略。最后，提出通过完善检修制度、强化监管和提升人员素质优化电气设备检修工作的具体措施。

[关键词] 状态检修、电气一次设备、故障诊断、检修优化

Fault detection and maintenance analysis of primary electrical equipment in thermal power plant

Cheng Hao

Shanxi Zhangshan Power Generation Co., LTD.

[Abstract] This paper discusses the significance of the primary equipment state maintenance, implementation points, fault detection and maintenance methods and optimization of maintenance measures. Status maintenance realizes accurate maintenance through real-time monitoring and fault diagnosis, which significantly improves the reliability and economy of the equipment. On this basis, this paper analyzes the detection method based on signal transformation and artificial neural network, and the specific maintenance strategy of generator, transformer, circuit breaker and disconnector. Finally, it puts forward specific measures to optimize the maintenance of electrical equipment by improving the maintenance system, strengthening supervision and improving personnel quality.

[Key words] state maintenance, electrical primary equipment, fault diagnosis, maintenance and optimization

电气一次设备是火电厂稳定运行的核心，其运行状态直接影响发电效率和安全性。传统的定期检修模式因缺乏针对性，常导致资源浪费和维护成本增加。为应对这些问题，状态检修作为一种基于设备实时状态的精准维护策略，逐渐成为火电厂设备管理的主流模式。本文从状态检修的意义、实施方法、故障检测与维修以及优化措施出发，系统探讨了提升电气设备运行可靠性与检修效率的技术路径，以期为现代电力系统的智能化运维提供参考。

1 火电厂电气设备实施状态检修的意义

状态检修是一种以设备运行状态为基础，通过监测和诊断来决定检修时机和内容的现代化设备维护策略。对于火电厂电气设备而言，实施状态检修具有显著的经济和技术意义。传统的定期检修策略往往因缺乏针对性而导致资源浪费，而状态检修能够根据设备实际运行状况进行精准维护，显著提高设备的可靠性和使用寿命。首先，状态检修能够降低检修成本。通过实时监测设备的运行状态，提前发现潜在故障，可以减少设备的非必要检修次数，优化维护资源配置，从而降低检修费用。

其次，状态检修有助于提高火电厂的发电效率和安全性。通过对关键电气设备（如发电机、变压器、断路器等）的状态监控，可以及时处理故障隐患，避免突发性故障对发电过程的干扰。

2 设备状态检修的实施要点

2.1 状态监测方法确定

状态监测是状态检修的基础，其方法的选择直接影响数据的精准性和可靠性。在火电厂电气设备中，常见监测方法包括振动监测、温度监测、油品分析、绝缘监测和电气参数检测。具体选择应依据设备类型及运行特点。例如，对变压器可采用油中溶解气体分析（DGA）和绕组温度监测，对发电机则需重点监测绝缘性能、绕组温度和局部放电信号。

监测方法的确定需考虑设备的重要性、运行环境及经济性。对关键设备，应采用在线实时监测系统，通过连续采集数据实现动态健康评估；对一般设备，可结合周期性离线检测方式完成监测任务。此外，监测方法应具有易操作性和兼容性，支持与后续故障诊断和检修决策环节的无缝对接。随着物联网与大数据技术的应用，状态监测正向智能化方向发展，为提升

检修效率奠定基础。

2.2 故障检测与诊断

故障检测与诊断是状态检修的核心环节，其目的是通过监测数据分析识别设备潜在故障，并评估故障的性质和严重程度。有效的检测诊断可以防止小问题演变为严重故障，减少非计划停机时间。

检测与诊断需结合先进技术和专业知识。例如，基于振动分析的故障检测可用于发现机械振动异常；通过局部放电监测可诊断绝缘老化问题；油中气体分析能揭示变压器的热故障或电弧故障。诊断过程中，数据建模与人工智能技术（如神经网络、模糊逻辑）发挥重要作用，可实现故障模式的快速识别和预测。

诊断工作的精准性依赖于设备特定参数的准确采集与历史数据的积累。为提高诊断效果，需建立详尽的设备故障数据库，结合专家系统与经验规则进行综合分析，为检修方案的制定提供可靠依据。

2.3 提供状态检修决策

状态检修决策的核心是基于设备运行数据和故障诊断结果制定最佳检修方案。决策的目标是通过合理安排检修时机、内容和资源，实现设备可靠性与经济效益的优化。

决策过程中需综合考虑设备运行重要性、故障风险等级和检修资源可用性。例如，针对主变压器或发电机等关键设备，应优先安排紧急检修或定期维护；而对于次要设备，可基于故障发展趋势合理延长检修周期。状态检修决策还需充分利用大数据技术和决策支持系统（DSS），结合设备实时运行状态和历史维护记录，动态生成最优检修计划。

此外，现代决策工具（如数字孪生技术）通过虚拟仿真设备的运行状况，能够提前评估不同检修方案的效果，为火电厂的运行和维护提供高效、科学的决策支持。

2.4 改进检修流程

优化检修流程是确保状态检修有效落地的重要环节，其目的是在既定决策的指导下，以更高效率和更高质量完成检修任务。传统的检修流程往往存在信息流通不畅、工序冗杂等问题，需结合状态检修的特点进行改进。

改进流程的重点包括：一是建立基于状态监测的闭环流程，涵盖数据采集、分析、决策和检修实施各环节，实现全过程可追溯；二是提升检修自动化水平，通过智能化工具实现任务分配、进度监控和成果验收。例如，采用移动终端设备，可以在现场检修时实时获取诊断信息并向后端反馈；借助智能运维平台，可将检修任务动态优化并高效分配。

在流程改进中，规范化与知识积累同样重要。检修完成后，应将设备运行状态、检修记录与诊断结果系统归档，为后续检修提供数据支持。通过持续优化检修流程，火电厂可在保证设备安全稳定运行的同时，实现维护成本的有效控制与资源的高效利用。

3 电气一次设备的故障检测与维修方法

3.1 基于信号变换的检测方法

基于信号变换的检测方法是通过采集电气设备运行过程中生成的特征信号，并进行信号处理和变换，以识别设备故障的类型和位置。这类方法广泛应用于频率分析、时频域分析和信号解调领域。典型技术包括傅里叶变换、小波变换和短时傅里叶变换（STFT）。这些技术能够提取信号的频率、幅值和相位等特征参数，从而对故障的根本原因进行定位和分类。

例如，针对电力系统中的局部放电问题，小波变换能够准确提取放电信号的时间和频率特征，为诊断绝缘老化和电弧故障提供重要依据。此外，在设备振动分析中，傅里叶变换通过分析振动信号的频谱特性，能够快速识别机械部件的松动或失效。为了提高检测精度，信号变换技术可与数据融合算法结合，实现多源信息的综合诊断。

3.2 以神经网络为基础的检测方法

神经网络（ANN）以其强大的模式识别和自适应能力，成为电气一次设备故障检测的重要工具。通过模拟人脑神经元的计算过程，ANN 能够从设备的运行数据中学习复杂的非线性关系，并实现对故障模式的自动分类与预测。

在实际应用中，ANN 可处理设备运行状态的多维数据，如电压、电流、振动和温度信号，通过训练和学习识别不同故障的特征。例如，在发电机的轴承故障诊断中，ANN 能够根据振动频谱特性识别轴承磨损的不同阶段。相比传统的检测方法，ANN 在数据处理和分类精度上具有显著优势。

为了提高模型性能，可采用改进的神经网络结构，如卷积神经网络（CNN）和长短时记忆网络（LSTM）。此外，与大数据技术结合，ANN 可支持实时在线监测和动态故障诊断，为设备维护提供智能化支持。

3.3 发电机故障检修方法

发电机作为电力系统的核心设备，其故障类型多样，包括定子绕组短路、转子励磁系统失效和机械部件磨损等。针对不同故障，应采取针对性的检修方法，以确保发电机安全高效运行。

常见的检测方法包括振动分析、热成像检测和绝缘监测。检修时，需重点检查定子绕组的绝缘性能及冷却系统的运行状态，防止局部过热导致绝缘损坏。对于转子故障，可通过电磁检测仪检查转子轴的磁性变化，及时发现并修复励磁系统异常。

在机械部分的维护中，需定期检查轴承的润滑情况及振动特性，并通过更换磨损部件消除隐患。为提高检修效率，现代发电机检修逐渐引入远程监测和故障预警系统，实现智能化维护。

3.4 变压器故障检修方法

变压器的故障通常表现为绕组短路、油中气体异常及绝缘老化等，对电力系统的运行具有重大影响。常用的检测方法包

括油中气体分析 (DGA)、绕组变形测试和局部放电检测。

在检修过程中,需根据 DGA 结果判断变压器内部是否存在过热或电弧放电问题,并结合绕组变形测试分析机械损伤的程度。对于局部放电问题,可采用超声波检测技术定位放电点,并通过更换老化绝缘材料或修复缺陷部位排除隐患。

此外,变压器的冷却系统和接地装置也需定期维护,以确保运行环境的稳定性。近年来,在线监测系统的应用显著提高了变压器故障检修的效率和准确性。

3.5 断路器故障检修方法

断路器是保护电力系统运行安全的重要设备,其故障通常集中在开断能力下降、触头烧损及机构失效等方面。检测方法包括动作时间测试、接触电阻测量和局部放电监测。

在检修过程中,应重点检查触头的接触质量和机械操作机构的灵活性。对于触头烧损问题,需及时更换损坏部件,并优化触头材料以提高耐用性。针对机械部件的磨损,可通过润滑处理和调整操作机构间隙恢复其性能。

断路器的控制回路和气体灭弧系统也需定期检查,以确保其动作响应的可靠性。结合在线监测技术,断路器故障的诊断与维护正向智能化方向发展。

3.6 隔离开关故障检修方法

隔离开关的主要故障类型包括接触不良、机械卡阻和绝缘损坏。作为电气一次设备的辅助装置,其可靠性直接影响设备的检修和运行安全。

故障检测方法主要包括接触电阻测试、机械动作检查和外观巡视。在检修过程中,应清除接触面氧化层,检查接触压力是否满足设计要求。针对机械卡阻问题,可通过润滑处理和更换磨损部件恢复操作灵活性。

对于绝缘损坏的情况,应进行绝缘电阻测试,并视情况更换老化或损坏的绝缘部件。此外,隔离开关的电动或手动操作机构也需定期校验,确保其能快速可靠地完成断开或闭合操作。通过优化维护策略,隔离开关的检修成本可显著降低,运行可靠性进一步提高。

4 优化电气一次设备检修工作的措施

4.1 制定科学完善的检修制度

科学完善的检修制度是电气一次设备检修工作的基础保障,有助于实现检修工作的规范化和系统化。首先,应依据设备的重要性、运行特点和故障规律,制定分类分级的检修策略。例如,对关键设备实行基于状态的检修 (CBM),对于普通设备可采用周期性检修与状态监测相结合的模式。检修制度应明确规定各类设备的检修频次、检修内容和质量标准,确保实施过程具有可操作性。

其次,检修制度需要兼顾设备运行的连续性和经济性,通过合理安排检修计划,将设备停运时间对系统运行的影响降至最低。此外,检修制度的制定应充分结合设备运行数据和故障统计结果,逐步优化检修周期和资源配置,提高检修工作的精

准性和经济性。

4.2 强化对电气一次设备的监管

首先,应加大在线监测技术的应用力度,对关键设备的运行参数进行动态采集和分析。例如,通过安装智能传感器,实现对电气设备温度、振动、绝缘电阻等关键指标的在线监测,为隐患排查提供数据支持。其次,监管工作应注重异常数据的快速识别和处理,借助人工智能算法和专家系统,建立故障预测和预警机制,及时采取干预措施,避免设备重大故障发生。

此外,应强化对设备检修质量的监管。通过建立检修质量评估体系,对检修过程和结果进行严格审查,确保每一项检修任务均能达到设计要求和运行标准。对于发现的问题应及时反馈并制定改进措施,以实现设备运行质量和监管效能的同步提升。

4.3 提高检修人员的综合素质

首先,应建立常态化的技术培训机制,定期组织检修人员学习新技术、新设备的操作技能和故障诊断方法。例如,开展针对智能化设备的培训,帮助检修人员掌握数据分析、设备诊断和维护优化等技能,适应现代化检修工作的需求。其次,应注重实践经验的积累。通过岗位轮换和导师制,引导年轻检修人员在实际工作中积累经验,熟悉设备特点和常见故障模式。

同时,应注重检修人员职业素养的提升,包括责任心、执行力和团队协作能力。定期组织交流与考核,激励检修人员不断提升自身专业能力和职业素养。此外,检修管理部门可利用信息化工具建立技术档案,为人员发展和技能提升提供科学依据。通过打造一支高素质的检修团队,可显著提高电气一次设备的维护水平和运行可靠性。

5 结语

火电厂电气一次设备的状态检修技术以其精准高效的特点,正在逐步取代传统的定期检修模式,成为现代化设备管理的核心策略。通过科学的监测、诊断和决策手段,状态检修实现了设备故障的早期预防和精准修复,为提高设备可靠性和降低维护成本提供了强有力支持。同时,通过完善检修制度、强化监管和提升人员综合素质,可以进一步优化检修工作,推动电力系统运维向智能化方向发展。

[参考文献]

- [1]邢健.基于云计算的火电厂电气二次设备状态监测方法[J].电气技术与经济,2024,(06):147-149.
- [2]维佳.火力发电厂电气一次设备预防性维护与管理分析[J].电器工业,2022,(08):57-59.
- [3]邓昕昂.火电厂电气一次设备故障检测与维修[J].设备管理与维修,2022,(06):83-85.
- [4]景万里.解析火力发电厂电气一次设备预防性维护与管理[J].中国设备工程,2022,(03):75-76.
- [5]徐翔.电气工程一次设备过电压保护措施的分析[J].集成电路应用,2021,38(06):164-165.