

火电厂高压电气设备故障诊断与状态检修体系构建

戴诗林

浙江浙能滨海环保能源有限公司, 浙江 绍兴 312030

DOI:10.61369/EPTSM.2026050030

摘 要： 高压电气设备作为火电厂生产、输送电能的主要载体，其稳定可靠运行直接关系到电厂的安全出力和电网的可靠供电。针对火电厂高压电气设备的运行情况，针对高压电气设备故障难发现，诊断困难，检修盲目性强等特点，通过对常见故障及原因进行深入分析研究，寻求科学的故障诊断方法，构建一套适合于现场实际、便于应用实施、比较节地的状态检修模式，变事后维修为事前预防与过程控制，降低电气设备非计划停运，减少电气设备维修费用，保障火电厂安全、经济、稳定运行。

关 键 词： 火电厂；高压电气设备；故障诊断；状态检修；体系构建

Construction of Fault Diagnosis and Condition-Based Maintenance System for High-Voltage Electrical Equipment in Thermal Power Plants

Dai Shilin

Zhejiang Zheneng Binhai Environmental Protection Energy Co., Ltd. Shaoxing ,Zhejiang 312030

Abstract： As the primary medium for power generation and transmission in thermal power plants, high-voltage electrical equipment plays a critical role in ensuring stable and reliable operations, which directly impacts the plant's safe power output and the grid's reliable electricity supply. Addressing the challenges associated with high-voltage equipment—including its difficult-to-detect faults, complex diagnostic processes, and highly reactive maintenance practices—we conduct in-depth analysis of common faults and their root causes to develop scientific fault diagnosis methodologies. This approach establishes a condition-based maintenance model tailored to field realities, facilitating practical implementation while optimizing resource utilization. By shifting from reactive repairs to proactive prevention and real-time process control, the system reduces unplanned equipment downtime, lowers maintenance costs, and ensures the safe, economical, and stable operation of thermal power plants.

Keywords： thermal power plant; high-voltage electrical equipment; fault diagnosis; condition-based maintenance; system construction

引言

火电厂是国家电力供给的主力军，在确保我国能源稳定供给上起到了举足轻重的作用。其高压电气设备在严苛的高温、高电压、大负载条件下运行，结构复杂且工作工况复杂多变，容易发生绝缘老化、机械磨损以及因人为失误、环境条件引起的故障，影响发电机组正常发电生产，导致安全事故、经济损失等情况。现阶段一些火电厂仍旧采取传统定期检修方式，检修过度或不足均存在资源浪费及安全漏洞隐患，已经难以满足设备运维精细管理需求，因此对高压电气设备故障进行深入研究，并建立合理的状态检修体系，有效解决现场存在的问题，是提升设备运行维护质量水平，确保发电机组安全可靠运行的重要措施。

一、火电厂高压电气设备常见故障及原因分析

在火电厂中高压电气设备故障较多，而且多属于由各种不同的因素综合作用引发的故障问题，在实际的运维中对一些频繁发生和较具代表性的高压电气设备故障做以重点分析，主要考虑现

场较为常见的具体的问题。避开抽象的理论概念，深入分析探讨其根本原因，从而为诊断及检修提供有针对性的依据。

（一）绝缘故障及成因

在当今我国经济持续发展的背景下，电力需求也呈现出持续性增长的态势。高压电动机作为火力发电厂的核心设备之一，承

担着巨大的发电任务，其正常运转对于国家能源安全和经济发展至关重要。高压电动机结构复杂、工作环境恶劣，经常会出现各种故障，给火力发电厂的生产带来很大的困扰。加上轴承、转子以及定子等核心组件在电动机运行过程中容易出现故障，若未能及时处理将会影响火力发电厂电网的正常运行，进而给国家经济带来重大损失。

绝缘故障是发生率最高，引起设备损伤事故，造成停电的最为常见的高压电气设备故障。主要反映为设备绝缘老化、破损、绝缘受潮以及由此而引起的局部放电，匝间短路和单相接地等故障，甚至可能引发绝缘穿透而造成设备损坏事故^[1]。

从现场情况看，造成绝缘故障的原因有三个：一是长时间的运行损耗。因高压设备长期在高电压、高负荷的条件下工作使绝缘层受到电、热和机械振动的综合作用而渐渐老化变脆丧失了其原有的绝缘能力，这尤其以老机组更为突出。二是环境的影响^[2]。如火电厂内的配电室和电缆夹层等地存在通风不畅，湿度过大、积灰太多等因素，加速了其绝缘层的受潮和腐蚀。有些防小动物封堵措施不到位造成小动物对电缆的啃咬等都对其造成了较大的影响。三是检修不当。检修中的一些违章行为例如不小心碰破绝缘层或检修后留有的杂物以及检修时未严格按照标准去测试绝缘等等导致绝缘缺陷隐患未能及时发现从而发展成了严重事故。

（二）机械故障及原因

机械故障主要包括高压开关设备、变压器、发电机的机械部件磨损或卡涩，松动等，其主要现象有操作不灵活，运行时噪声大、振动强烈等。若处理不及，影响设备投入，引发恶性循环。

造成高压开关的分合闸结构、变压器的铁芯以及发电机的轴承等机械部件磨损或变形，使部件间的配合间隙加大，从而产生卡涩或松动；二是由于安装及检修质量差。安装时没有按规范要求组装，出现部件装错现象。检修不仔细，不注意做好设备部件的润滑和紧固工作而引起的机械故障。三是负荷变化大。频繁地启动或大幅度地负荷调整使得设备上的机械部件承受较大的热应力及机械应力。从而使一些部件遭到损耗而引发故障^[3]。

（三）电气连接故障及成因

连接不良故障是电气运行中较为常见而又容易忽略的简单问题。多为接头发热或接触不良造成电阻变大，甚至拉弧和烧坏，在严重的状况下可引发母线短路等严重性事故。主要原因一是安装时拧紧扭矩不够，设备运行后由于振动和温度变化逐渐松动；二是接头氧化腐蚀。由于火电厂现场有粉尘、腐蚀性气体等造成接头表面氧化、锈蚀，使接触不良；三是巡检维护不到位，没有及时发现接头发热松动现象。故障逐步发展，在平时不易发现的高压母线及电缆接头上更容易出现隐患^[4]。

二、火电厂高压电气设备故障诊断方法

故障诊断的原则是准确和迅速，结合火电厂现场运行条件，避免应用深奥难懂、昂贵的故障诊断方法，主要介绍三种符合现场要求、操作简单实用的方法。做到一线值班人员灵活使用，使

故障的诊断变得容易、快速^[5]。

（一）直观巡视诊断法

这是现场最简单、使用最多的诊断方法，主要是通过运维人员的视、听、触等，对设备进行日常巡视，及时发现明显的故障征兆。运维过程中重点检查设备外观、是否有绝缘损伤、渗油、积灰、接头有无变色发热等；倾听设备是否发出异响异味等。用手感觉停电后的设备外壳温度等情况，判断设备运行状态^[6]。

这种方法无需复杂设备，操作简单，适合日常应用。能够及时发现比较直观的、明显的故障（漏油，烧毛，破损），以便对症下药，并且在巡检中对照设备运行记录了解设备正常状态。发现设备参数异常，防止事故进一步扩大^[7]。

（二）常规检测诊断法

根据现场设备进行简单实用的检测手段及工具对设备的关键指标进行检查，判断设备是否存在异常情况。重点检测绝缘故障、电气连接故障。如：红外测温仪检测设备接头、绕组等温度来检查接触不良、绝缘老化等情况；用绝缘电阻测试仪检查设备的绝缘状态，判断设备绝缘层受潮或破损等；听声音方式检测设备的声响是否正常，判断是否存在机械方面的故障^[8]。

这种方式比较符合现场情况，所需设备比较简单、经济，能够很快诊断出大部分常见故障，是火电厂故障处理的基本方法，特别适应于中小型电厂及生产现场，可以解决“看病难，难看病”的问题。

（三）故障特征分析诊断法

在分析高压电气设备各种不同故障特征的基础上，根据设备运行状态及异常现象，确定具体故障类型和位置，避免盲目检测。比如当变压器发生油温升高、有异响且绝缘电阻降低等状况多为变压器的绝缘老化或者出现内部短路的现象，如果发现高压开关分合闸功能失灵，且操作过程中发出卡涩声，则多为机械机构磨损或发生卡涩问题；电缆产生局部发热和绝缘变色等问题，往往是绝缘损坏或接头接触不良所致^[9]。

此方法要求值班员具有较丰富的现场工作经验，掌握各种设备故障的表现形式，根据现场现象迅速作出判断，缩短检修时间，提高了诊断的准确性，减少了“盲目检修、无效检修”的次数。

三、火电厂高压电气设备状态检修体系建立

状态检修体系构建的核心理念为“以设备运行实际为基础，面向现场运维需求，精确检修、科学运行”，克服了定期检修方式的不足，“巡检—诊断—评价—检修—反馈”的闭环形成，确保该系统贴近实际，易执行，效果显著，符合火电厂具体要求^[10]。

（一）完善例行巡检制度

在状态检修的整个环节中，巡检是最基本的内容也是发现隐患的重要手段，应结合现场实际情况，制定科学合理的巡检方案，对巡检区域、巡检时间、巡检内容和人员责任作出详细的规定，使巡检工作真正得到落实。首先明确各个巡检区域，并将各种高压电气设备按区域分类，确定各区域巡检人员及职责，防止

出现遗漏或巡检不当的情况；其次明确巡检的主要项目和重点部位，主要检查项目的外观、运行声响、温度以及各种相关参数，认真填写巡视记录，完善各项巡视记录台账，方便日后查阅和分析比较；第三根据不同的运行状态和年限来合理地分配好巡查次数，特别是对一些老化的或比较关键的电气设备更应加大巡检次数和力度，做到及时发现隐患，尽早处理。

（二）制定科学的故障诊断标准

综合运用故障诊断方法中的日常巡检、常规检测与特征分析法，构成综合诊断系统，并根据设备状态实施设备状态评价，通过设备状态分级对设备运行状态进行评估并作为检修参考依据。一是诊断程序：当发生异常状况时，在巡查的基础上使用一般检测仪器进一步检测，同时利用故障特性分析来确定故障类别及故障位置，作出诊断结论；二是建立设备状态分级标准，针对设备状态诊断结果，将设备状态划分为“正常状态，轻度异常状态，中度异常状态，严重异常状态”四级，采取不同的措施；三是建立诊断评估表簿，记录每台（套）设备的诊断结果，以及评估等级与处理建议，作为日后检修之用，并跟踪设备状态。

（三）制定合理的检修执行机制

检修实施是状态检修体系的灵魂。坚持应修必修，修必修好。改变“一刀切”的定期检修方式，依据设备状态评估的结果，开展有针对性的设备检修，做到检修有实效。一是在确保安全性基础上分清检修缓急：对严重状态异常设备，及时停机检修，防止设备故障进一步扩大；中度状态异常设备，则制定专项计划，在保证电网安全的情况下科学安排时间进行检修；对轻度状态异常设备加强监测，并暂不考虑检修以防止出现不必要的过度检修；二是规范了检修流程以及检修前、检修中及检修后的具体要求等，以保证检修质量并避免检修后的二次隐患问题；三是组织对基层单位检修人员培训，使广大一线检修人员能够了解掌握检修的方法与技巧，熟悉操作，提高检修效率和质量。

（四）完善反馈改进机制

状态检修体系需要不断完善，根据现场运维情况，不断优化完善状态检修体系，做到“检修反馈—总结提高”的循环机制。一是建立检修反馈记录，记录检修内容，检修结果，以及故障原因，分析检修过程中遇到的问题；二是定期总结分析，将故障类型及成因、诊断方式及检修效果进行汇总和分析，查找不足之处，对巡检方案、诊断方法、检修流程加以优化；三是经验累积，对于典型故障案例及维修经验整理形成文册，用于一线人员的培训学习，提升整体运维水平，持续完善状态检修体系，使其更加适应实际需要。四是形成闭环。将检修过程中发现的问题及时反馈至体系完善计划中，并定期审查和评价所采取改进措施的有效性，使“发现—分析—改进—确认”的环节构成一个完善的闭环系统。状态检修在实践中持续完善、不断进步，并动态地适应现场运行的需要。

四、结论

火电厂高压电气设备故障诊断及状态检修体系的构建对于提高发电厂运行维护水平、实现电力设备的安全、稳定运行至关重要。从实际出发对绝缘故障、机械故障、电气连接故障等常见故障和原因进行了深入的探讨，采取直观巡视法、一般检测法、特征值法等易于操作且实用的方法建立了“巡检—诊断—评估—检修—反馈”的闭环式状态检修体系有效地解决了传统检修方式所带来的缺陷，避免不必要的设备非计划停运，减少运行成本并提高设备运行可靠性。

实际运用过程中，应根据现场运行条件对体系进行优化与完善，在体系中增加设备状况、设备使用时间等内容，并加强对一线运行人员的技能培训，保障体系落实，提升火电厂安全性、经济性及稳定性。

参考文献

- [1]程刚.基于传感器网络的火电厂高压电气设备在线监测系统设计[J].自动化应用,2025,66(02):229-231+235.
- [2]陈铭,姜丰.火电厂高压变频器故障分析技术探析[J].电力设备管理,2026,(02):98-100.
- [3]贺琨.火电厂高加液位波动原因分析及处理探讨[J].应用能源技术,2025,(12):124-126.
- [4]马成.火电厂电气设备节能管理的典型技术路线[J].能源科技,2022,20(02):90-95.
- [5]曹斯祚,敬佳玥.基于PLC的变电站高压电气距离动态校验技术[J].电气技术与经济,2025,(12):128-130.
- [6]李晓峰.高压电气设备的自动化控制原理及电气调试技术解析[J].中国设备工程,2025,(24):84-86.
- [7]梁树利.水电厂高压电气设备绝缘状态监测与故障诊断研究[J].装备维修技术,2025,(06):82-85.
- [8]吴舜华,王天蔚,曹传阳,等.电气设备在线绝缘测量方法及其应用[J].中国核电,2025,18(06):796-800.
- [9]林忠波,孙龙,梁吉省,等.高压电气设备绝缘在线监测技术的应用研究[J].中国设备工程,2025,(20):222-224.
- [10]张泾全,刘伟杰,王亿辉.基于大数据分析的高压电气设备运行状态预测技术[J].电气技术与经济,2025,(09):151-154.

