

# Common electrical faults and maintenance of generator sets in thermal power plants

Yi Ren

Shaanxi Zhuangao Hongdunjie Coal Power Co., Ltd., Yulin, Shaanxi, 718500, China

## Abstract

Thermal power generation remains the primary source of electricity supply in China. Due to its unique operational characteristics, generator units in thermal power plants operate under prolonged exposure to high-temperature, high-pressure environments with vibration and electromagnetic interference during power generation, resulting in a relatively high failure rate. When electrical faults occur in generator units without timely and effective maintenance, they may lead to unplanned plant shutdowns. In severe cases, this could result in equipment damage or even safety incidents involving personnel casualties. Based on practical experience in thermal power plant generator unit operation and maintenance, this article first elaborates on the significance and common types of electrical fault maintenance in generator units, then proposes targeted and scientifically feasible maintenance strategies for reference.

## Keywords

thermal power plant; generator units; common electrical faults; maintenance; significance; strategies

# 火电厂中发电机组常见的电气故障及维修

任逸

陕西枣矿红墩界煤电有限公司, 中国·陕西 榆林 718500

## 摘要

目前火力发电仍然是我国电力供应的主要力量, 由于其特殊性, 在发电过程中其发电机组电气系统长时间处于高温高压且振动与电磁冲击环境里, 这导致了较高的故障发生率。一旦发电机组电气故障出现后没有得到及时有效维修不但会造成发电厂因此出现非计划停机, 严重时甚至会因此而引发设备损坏或是人员伤亡的安全事故! 基于此, 文章结合火电厂发电机组运维实践, 先阐述发电机组电气故障维修重要性及常见故障类型, 随后提出针对性且科学可行的维修策略, 以供参考。

## 关键词

火电厂; 发电机组; 常见电气故障; 维修; 重要性; 策略

## 1 引言

随着我国社会的不断发展, 电力需求也在不断提升, 做好电力供应对于我国社会的发展具有极其重要的意义。发电机组作为电厂的关键设备, 对于电厂的发电效率有着决定性作用, 目前电力作为社会运行的基本条件, 做好发电机组电气设备的正常、稳定运行是保证社会发展的前提。随着社会科技的进步, 发电机组的电气设备不断增多, 且变得更加智能先进, 但是其构成却越来越复杂, 电气故障的维修有较大的困难。为此, 需要了解发电机组结构, 明确发电机组运行过程中可能产生的故障, 划分故障等级与类别, 掌握维修要点, 提高故障检修效率和质量, 从而确保火电厂发电机组稳定工作。

## 2 火电厂中发电机组常见电气故障维修的重要性

火电厂发电机组作为整个电力系统的终端能量转换单元, 其电气系统安全稳定运行关乎着机组发电效率与供电质量。受运行环境特性所影响, 火电厂发电机组电气系统经过长时间高负荷运行下极易出现热应力、电应力及机械应力的耦合破坏, 如此一来导致其出现绝缘击穿、短路、接地不良或电气接点发热等故障概率大大增加。这些常见的电气故障在造成发电机组输出电压、电流波形畸变同时, 还会导致主变压器过负荷、励磁回路异常振荡及系统保护误动作, 最终致使火电厂出现非计划停机, 甚至重大安全事故<sup>[1]</sup>。通过查阅相关资料以及结合工作实践来看, 针对火电厂发电机组电气故障科学高效地维修可有效防止局部缺陷扩展为系统性事故, 以此确保其安全稳定运行。为此, 通过建立完善的故障监测、定期检测与标准化维修流程, 不仅可以延长设备寿命, 还能减少检修停机时间, 保证机组在不同负荷工况下的

【作者简介】任逸(1999-), 男, 中国内蒙古呼伦贝尔人, 硕士, 助理工程师, 从事电厂环保排放与节能降耗研究。

持续安全运行。

### 3 火电厂中发电机组常见的电气故障分析

#### 3.1 定子绕组绝缘击穿故障

定子绕组绝缘击穿是火电厂发电机中最常见且危害性极大的电气故障。其定义为定子绕组因绝缘材料受热老化、受潮或局部放电而导致介电强度下降，最终引发相间或匝间短路。该故障会造成电流突增、绕组局部严重过热，甚至烧毁铁芯，严重时引发灭磁保护动作导致机组停运。造成该故障的主要成因包括：长期高负荷运行使绝缘层承受持续热应力，冷却系统效率降低导致绕组温升过高；运行环境湿度过大或冷却水泄漏引起绝缘吸潮；生产检修中绕组端部绑扎松动或电磁振动引起绝缘裂纹扩展。此外，制造工艺缺陷、绕组端部电场分布不均也会诱发局部放电。该类故障具有隐蔽性强、恶化速度快的特点，若不及时检修极易导致发电机整体损毁。

#### 3.2 转子接地故障

转子接地故障是指励磁回路中转子绕组对铁芯或轴体产生单点或双点接地现象。其危害在于破坏励磁系统电流分布平衡，造成磁场畸变，引起定、转子不对称电磁力，从而导致轴系振动增加、轴承温升异常。当接地点电阻较小时，还可能形成局部环流，引发转子局部烧损。造成接地的主要原因包括：绕组绝缘层磨损或裂纹导致裸铜线与铁芯接触；滑环表面碳粉堆积及电刷压力异常引起电弧灼蚀；长期运行过程中轴向振动加剧造成绕组绝缘机械破坏。此外，励磁系统冷却通道内积尘、油污附着也会降低绝缘电阻<sup>[2]</sup>。该故障若为双点接地，将导致严重的励磁短路现象，必须立即停机处理。

#### 3.3 电刷及滑环放电故障

电刷及滑环放电故障主要指在转子励磁系统中，电刷与滑环接触不良或电弧放电现象频发。其危害表现在：电弧放电导致滑环表面灼蚀、刷握过热、电流分布不均，引起励磁电流波动，进一步影响发电机电压稳定。此类故障产生的主要原因有：电刷材质不合适或磨损严重导致接触电阻增大；刷握压力不足或压力分布不均造成跳动；滑环表面污染、氧化层未及时清理；励磁电流突变引起瞬时电弧；安装同心度偏差导致接触面偏磨。实际运行中，该故障常伴随明显的火花、异响和臭氧气味，是影响励磁系统稳定性的典型隐患。

#### 3.4 电气连接松动及发热故障

电气连接松动及发热是指发电机各电气接点、端子排或母线连接处因机械振动、热循环或安装工艺不当造成接触电阻增大，从而引起局部温升过高的故障。该故障具有隐蔽性强、危害范围广的特点，可能导致端子氧化烧蚀、螺栓松脱，严重时引发接点熔化甚至相间短路。产生原因主要包括：机组长期运行中热胀冷缩效应引起螺栓预紧力下降；检修中接头未按标准力矩紧固；母排表面氧化膜未清理干净；振动

频率与结构固有频率接近导致微动疲劳。由于该类故障初期多无明显电气特征，仅表现为局部温度异常，因此易被忽视。若不及时处理，将加速接点老化并可能引起连锁电气事故。

### 4 火电厂中发电机组常见的电气故障维修策略

#### 4.1 定子绕组绝缘击穿故障的维修策略

关于火电厂发电机定子绕组绝缘击穿故障的维修，其重点在于围绕绝缘系统状态精确评价、修复局部劣化部位修护和整体绝缘再生三个方面，具体为：在发电机组停车以后，先检测绝缘电阻、介质损耗因数（ $\tan \delta$ ）、局部放电量等项目，并进行多点取样对比以找出绝缘劣化区以及故障特点。如果轻度受潮、热老化，采取定向热风烘干和树脂真空压力浸渍（VPI）方法处理，后者浸渍时应使真空度控制在 50 ~ 70Pa 之间、树脂固化温度在 130—150℃ 内，以使树脂完全渗入绕组内部；对于绕组端部有电晕放电痕迹的，应将其线圈端部重新绑扎，并加装导电屏蔽带或电场均压带，使电场梯度趋于均匀，防止局部放电再次发生；对绝缘层出现炭化、穿孔或者是匝间短路处，一定要将对应位置分段拆除并更换相应绝缘层，同时确保绕组成型尺寸误差控制小于 0.5mm 和绕组端部支撑的间隙值在规定的公差范围之内，从而防止因为机械振动产生二次放电<sup>[3]</sup>。拆修的同时要清理完铁芯槽口及叠片表面的氧化层，随后以 0.05mm 厚的绝缘漆膜层恢复该部位，避免形成附加涡流以及局部过热现象。该故障维修完成后需进行额定电压 1.5 倍的工频耐压、匝间冲击两项试验，旨在验证绝缘系统的恢复情况。另外，基于降低该故障再次发生概率，须对定子通风道和冷水通道定期开展循环清理作业，并保证冷却后内腔湿度要小于 60%，同时再以在线温度监测装置监测绕组热点温升曲线，从而保证绕组绝缘在长期内运行在安全范围内。

#### 4.2 转子接地故障的维修策略

火电厂发电机组运行中转子接地故障，维修策略核心在于恢复绝缘、校正结构和防再接地三方面，具体为：发电机组停止运行后以 500V 或 1000V 兆欧表通过直流高压耐压法对接地点电阻及绝缘水平开展检测，如有需要还可联合分段绝缘测试法实现故障点精准定位。经检测后发现，接地故障如果出现在滑环区或引线端部时，其维修上须先将电刷架与集电环护罩予以拆除，随后将碳粉沉积物、油污等清理干净以及更换绝缘垫片和环氧隔圈，接着重新装配电刷并调整接触压力至规定值（一般为 15—20kPa），确保滑环间隙均匀；而接地故障如果出现在转子线圈内部时要整体取出转子置于专用支架开展详细检查维修，其中轻度绝缘破损区域以真空浸渍环氧树脂或高温硅橡胶包封修复，并在固化后进行局部介损及泄漏电流复测。而检查后发现有绕组烧蚀、线圈露铜或槽内炭化等现象时，则须采取整段绕组换新处理并做动平衡复测，以确保残余不平衡量低于要求范围。修复完成后，执行 1000V 工频耐压及励磁空载试验，确认绝缘恢复

至规范值。为防止再次接地,应优化励磁系统通风冷却结构,保持滑环区温度低于80℃,并定期以无纤维干气体吹扫滑环与引线通道,防止碳粉积聚。运行阶段应配置双点接地监测回路实时比对绝缘电位偏移,出现接地信号时自动触发报警<sup>[4]</sup>。转子复装后,需实施全转速范围振动测试及轴承温升监测,确保机械与电气系统协同稳定运行。

#### 4.3 电刷及滑环放电故障的维修策略

火电厂发电机组正常运转时,其励磁系统容易受到电刷及滑环放电故障而出现不稳定现象,所以针对该故障维修重点在于围绕着电刷滑环的接触面间正常均匀的接触恢复、防止二次电弧两个方面,具体为:火电厂发电机组停机后以无油压缩空气对滑环表面积炭及杂质进行清理,接着以粒度为800~1000号氧化铝砂带或者滑环抛光机沿旋转方向用低速、均匀打磨刷,经检查后表面粗糙度为Ra0.2~0.4um即可停止,随后再用无水乙醇进行表面清理干净及自然晾干。各个刷握以标准测力计检测其压力,保证压力值处于18~22kPa厂家规定的范围内,同时注意检测的误差范围控制在±5%以内。如果电刷表面出现了裂纹、起层或是磨损了原长度的30%以上则应马上进行成组更换,且要使刷握的同心度误差控制在≤0.2mm内;针对滑环轻度放电灼蚀的部分采用导电银漆或镍基修补材料补复,再经过微磨达到恢复圆度的目的,须注意烧蚀深度>0.5mm时采用再车削重新镀铬或镀银等方法恢复导电。故障维修完成后,发电机组励磁电流需分级逐渐上升到额定值,每级停留时间约3~5min,以防出现电流突变产生二次电弧。进入运行试验环节,对于电刷火花等级(不能高于2级)及温升的状况应当持续观察,同时针对滑环表面的温度分布情况进行红外测温仪记录。另外,为避免该故障再发,在保证正常运行的前提下制定周期性的巡检制度,即在运行时间达到500~800小时之后,检查滑环表面状态,以此确保刷握和通风结构维持干燥清洁,同时针对潜在接触异常问题可以利用滑环温度趋势曲线、励磁电流波动分析开展监控。

#### 4.4 电气连接松动及发热故障的维修策略

火电厂发电机组电气系统运行中,电气连接松动及发热故障较为常见,需要通过对接触质量的恢复以及防松结构的改进来解决,具体为:利用在线红外热成像或者接触式测温传感器对发电机组电气系统中母线端子、励磁引线、断路器出线端等开展热分布检查,找到存在异常发热点的地方做

开机检查。在停机拆开的时候把母线触点与散热片等之间的氧化层和烧蚀层用中性细砂布或非金属磨片去除干净,然后用没有纤维残留的布拭去脏污并涂覆一层导电复合脂来减小接触电阻<sup>[5]</sup>。发电机组电气系统中所有需要进行螺栓连接的部件按照技术文件紧固件力矩的技术要求以扭力扳手开展紧固操作,且以同对角方式复核受力情况,从而避免某一部位过紧或者受力不均。同时在大电流母线和母排搭接处可增加弹簧垫圈、双螺母防松结构,而长时间高温区则增加锁片,从而提升抗热胀冷缩能力。如果导体表面有烧蚀、截面减小或压接处退火现象,可以将原来的连接件更换之后,再按工艺要求进行压接处理。检修结束以后要进行工频耐压试验、接触电阻试验,接触电阻值应该符合DL/T596的要求,同时高振动环境的接线端复装要加装减振支架或者采用柔性铜编织带的方法来减小振动的作用,避免金属疲劳与蠕变松动的情况出现。另外,火电厂发电机组运转过程中形成红外巡检和接点温度趋势记录机制,一方面定期开展力矩复查及状态评估,另一方面则针对运行时超温升警戒阈值部位予以停机复查成因并针对性处置。

## 5 结语

综上所述,作为火电厂发电机组重要组成部分,电气系统正常运行意义重大。然而受运行环境等多方因素影响,定子绝缘、转子接地、电刷滑环及连接接点等环节成为了火电厂发电机组电气系统常见的故障发生薄弱点。对此,我们借助于系统化检测、标准化维修与周期性预防维护,可显著降低电气故障发生率,延长设备服役周期,从而保障整体发电效率与可靠性。

### 参考文献

- [1] 韦湖.火电厂中发电机组常见的电气故障及维修策略[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2023(4):3.
- [2] 张超,余跃,邢伟,等.660MW火电厂发电机组常见电气故障及其维修[J].工程研究与实用,2024(4).
- [3] 雷中霖.火电厂电气运行故障与解决措施研究[J].电气技术与经济,2024(1):112-114.
- [4] 白乙赛.火力发电厂电气运行中故障原因及应对措施[J].电脑校园,2023(20).
- [5] 刘艳荣,崔永,陈涛.火力发电厂电气设备运行存在的故障及维修措施[J].中国科技期刊数据库工业A,2023(4):4.