

# 水电站常见电气一次设备故障检修与故障处理研究

汪 堂

华电四川发电有限公司瓦屋山分公司 四川 眉山 620300

**摘要：**水电站电气一次设备故障预防至关重要。通过加强设备日常维护与保养，提高运行环境质量，引入先进监测与诊断技术，以及加强人员培训与管理，可显著降低故障风险。建立团队合作与沟通机制，推广全员参与文化，实施持续改进策略，是确保设备长期稳定运行的关键。这些措施共同构成了水电站电气一次设备故障预防的全面体系。

**关键词：**水电站；电气一次设备；故障检修；处理研究

## 1 水电站电气一次设备概述

水电站电气一次设备是水电站运行的核心组成部分，直接参与电能的生产、交换和传输。这些设备主要包括发电机、主变压器、断路器、隔离开关、互感器以及电力电缆等。发电机作为能量转换的关键，将水能转化为电能；主变压器则负责电压的变换，确保电能以合适的电压等级传输至电网或用户端。断路器在电气系统中起着保护作用，能够在检测到故障时迅速切断电路，防止故障扩大，保障系统安全。隔离开关则用于在检修或维护时隔离部分电路，确保人员和设备的安全。互感器用于测量电流和电压，为系统监控和保护提供准确的数据。电力电缆和输电线路则是电能传输的“动脉”，将电能从发电端输送到用电端。水电站电气一次设备的安装与维护至关重要，其性能和质量直接影响到水电站的运行效率和安全性。

## 2 水电站电气一次设备常见故障分析

### 2.1 发电机故障

发电机作为水电站的心脏，其故障直接影响整个电站的发电能力。常见故障包括绕组短路、绝缘老化破损、温升异常及机械振动等。绕组短路可能是由于绝缘损坏或设计缺陷导致，会引起电流异常增大，损坏发电机<sup>[1]</sup>。绝缘老化破损则可能因长期运行、环境因素或材料质量问题引发，降低发电效率并增加安全风险。温升异常可能由冷却系统失效或负载过大引起，导致发电机过热，损害内部结构。不平衡的负载或机械部件磨损也可能引起发电机振动，进而影响其稳定运行。

### 2.2 变压器故障

变压器故障在水电站电气系统中同样不容忽视。常见故障包括绕组绝缘损坏、油温过高、油位异常及冷却系统故障等。绕组绝缘损坏可能由于过电压、雷电冲击或长期运行老化导致，影响变压器的变压效率和安全性。油温过高可能由负载过大、冷却系统失效或油质不

良引起，长期高温会加速绝缘老化，缩短变压器寿命。油位异常可能是漏油或假油位所致，需及时检查处理以防干烧或爆炸。

### 2.3 母线故障

母线作为水电站电气系统的主干线，其故障将影响整个系统的稳定运行。常见故障包括母线短路、过热及绝缘损坏等。母线短路可能由于绝缘子击穿、小动物侵入或误操作等原因引起，短路电流巨大，可能损坏设备并引发火灾。母线过热可能由负载过大、接触不良或散热不良导致，长期过热会降低母线的载流能力，增加安全隐患。绝缘损坏则可能因环境因素、老化或机械损伤引起，降低母线的绝缘性能，增加短路风险。

### 2.4 调速器故障

调速器是水电站水轮机的重要控制设备，负责调节水轮机的转速以匹配电网负荷需求。其常见故障包括油压不稳定、调节失灵、反馈信号异常及机械部件磨损等。油压不稳定可能由油泵故障、油路堵塞或油质问题引起，导致调速器无法准确控制水轮机转速。调节失灵则可能由于电气元件损坏、控制逻辑错误或外部干扰导致，使调速器无法响应控制指令。反馈信号异常可能由传感器故障或信号传输线路问题引起，影响调速器的闭环控制精度。机械部件磨损则可能因长期运行或维护不当导致，降低调速器的响应速度和准确性。

### 2.5 励磁装置故障

励磁装置是发电机的重要组成部分，负责为发电机提供励磁电流，以建立磁场并调节电压。其常见故障包括励磁电流不稳定、电压调节失效、整流元件损坏及励磁变压器故障等。励磁电流不稳定可能由励磁电源波动、控制回路故障或磁场饱和引起，导致发电机输出电压波动。电压调节失效则可能由于调节器故障、反馈信号错误或控制策略不当导致，无法准确维持发电机端电压。整流元件损坏可能因过载、过热或老化引起，影响

励磁电流的波形和稳定性。励磁变压器故障则可能由绝缘老化、绕组短路或过载引起，导致励磁电流无法正常供给，影响发电机的正常运行<sup>[2]</sup>。

### 3 电气一次设备故障检修技术与方法

#### 3.1 检修前准备工作

在进行电气一次设备的故障检修之前，充分的准备工作是确保检修工作顺利进行并达到预期效果的关键。首先，必须明确检修的目标和范围，即确定需要检修的具体设备及其可能存在的故障类型。这要求检修人员具备丰富的专业知识和实践经验，能够准确判断设备的运行状态和潜在问题。其次，收集并分析设备的历史运行数据、维护记录以及故障报警信息，这些数据是诊断设备故障的重要依据，可以帮助检修人员快速定位问题所在，减少盲目检修的时间和成本，还需要准备必要的检修工具、测试仪器和备品备件，确保在检修过程中能够随时取用，提高检修效率。制定详细的检修计划和安全预案也是不可或缺的步骤，检修计划应明确检修的步骤、时间节点和责任人，确保检修工作有序进行。安全预案则针对可能出现的紧急情况制定应对措施，保障检修人员的人身安全和设备的安全运行。最后，对检修人员进行必要的安全教育和技能培训也是至关重要的，这不仅可以提高检修人员的安全意识和操作技能，还能确保他们在检修过程中能够严格遵守安全规程和操作程序，减少事故的发生。

#### 3.2 故障检测与定位技术

故障检测与定位是电气一次设备检修的核心环节。随着科技的不断发展，各种先进的检测技术和方法被广泛应用于电气设备的故障检测中。以下是一些常用的故障检测与定位技术；（1）红外热成像技术：利用红外热成像仪对电气设备进行非接触式测温，通过对比设备各部位的温度差异来判断是否存在过热现象，进而定位故障点。这种方法具有快速、直观、准确的优点，特别适用于检测电气设备中的局部过热故障。（2）振动分析技术：通过对电气设备运行过程中的振动信号进行分析，可以判断设备的机械状态是否良好，以及是否存在不平衡、松动等故障。振动分析技术可以帮助检修人员及时发现并处理潜在的机械故障，避免设备因机械故障而停机。（3）局部放电检测技术：局部放电是电气设备绝缘老化的重要征兆之一。通过局部放电检测仪对电气设备进行监测，可以及时发现并定位绝缘缺陷部位，为绝缘修复提供依据。这种方法对于提高电气设备的绝缘性能和运行可靠性具有重要意义。（4）油色谱分析技术：对于采用油浸式冷却的电气设备（如变压器），油色谱分

析技术是一种有效的故障检测方法。通过对设备内部绝缘油的色谱分析，可以判断油中是否含有气体成分及其含量变化，进而推断设备内部是否存在过热、放电等故障。（5）智能诊断系统：结合传感器技术、数据处理技术和人工智能技术，构建智能诊断系统对电气设备进行实时监测和故障诊断。智能诊断系统能够自动收集设备运行数据、分析故障特征并给出处理建议，大大提高了故障检测与定位的效率和准确性。

#### 3.3 故障处理方案制定

在成功检测并定位电气一次设备的故障后，需要制定切实可行的故障处理方案。在制定故障处理方案时，必须始终把安全放在首位。确保检修人员在处理故障过程中的人身安全和设备的安全运行是首要任务，在制定方案时应充分考虑各种安全措施和应急预案。故障处理方案应针对具体的故障类型和原因制定，具有针对性和可操作性。不同的故障类型和原因需要采取不同的处理方法和措施，以确保故障得到彻底解决。在制定故障处理方案时，应综合考虑成本效益和经济效益。在保证设备正常运行的前提下，尽可能选择经济合理的处理方法和措施，降低检修成本和提高设备利用率。故障处理方案应具有可实施性强的特点。这要求方案中的各项措施和步骤应明确具体、易于操作，并且能够在现有条件下得到顺利实施。具体来说，故障处理方案应包括几个方面的内容；（1）故障原因分析：对故障产生的原因进行深入分析，明确故障的根本原因和直接原因。这有助于制定针对性的处理措施并防止类似故障的再次发生<sup>[3]</sup>。

（2）处理措施和方法：根据故障类型和原因制定相应的处理措施和方法。例如，对于发电机绕组短路故障，可能需要采取更换绕组、修复绝缘或调整运行参数等措施；对于变压器油位异常故障，则需要检查油位计、补充绝缘油或处理漏油问题等。（3）实施步骤和时间安排：明确故障处理的实施步骤和时间安排。这包括准备工作、故障检测与定位、处理措施实施、效果验证和后续跟踪等环节。通过合理安排时间和步骤，可以确保故障处理工作的有序进行并达到预期效果。（4）安全注意事项和应急预案：在制定故障处理方案时，必须充分考虑安全注意事项和应急预案。这包括检修人员的安全防护措施、设备的安全隔离措施以及紧急情况下的应对措施等。

### 4 水电站电气一次设备故障预防措施

#### 4.1 加强设备日常维护与保养

水电站电气一次设备的日常维护与保养是预防故障发生的第一道防线。这一环节的工作直接关系到设备的

健康状况和长期稳定运行。为了加强设备的日常维护与保养,建立健全设备维护保养制度,明确维护保养的周期、内容、标准和方法。制度的建立应基于设备的运行特性和制造商的建议,同时结合水电站的实际运行情况,确保制度的针对性和可操作性。通过制度的实施,可以规范维护保养工作,避免遗漏和疏忽。巡视检查是发现设备潜在问题的重要手段,应定期对电气一次设备进行全面的巡视检查,包括外观检查、功能测试、运行参数记录等。巡视检查时应注意观察设备的运行状态和异常情况,如异响、振动、过热等,并及时记录和处理。通过巡视检查,可以及时发现并处理设备隐患,防止故障的发生。电气一次设备在运行过程中容易积累灰尘、油污等污染物,这些污染物不仅影响设备的散热效果,还可能导致绝缘性能下降,从而引发故障。应定期对设备进行清洁,保持设备表面的清洁和干燥。清洁工作应根据设备的类型和运行环境制定具体的清洁方案和措施,确保清洁效果和设备安全。对于需要润滑的部件,应按照规定周期和标准进行润滑,以减少磨损和摩擦,延长设备使用寿命。对于紧固部件,应定期检查其紧固情况,防止松动和脱落,确保设备的稳定运行。

#### 4.2 提高设备运行环境质量

电气一次设备对湿度和尘埃敏感,长期在潮湿或尘埃多的环境中运行容易引发绝缘击穿、短路等故障,应定期对设备运行环境进行清洁和除湿处理,保持环境的干燥和清洁。电气一次设备对温度和湿度有一定的要求范围,超出这个范围可能会影响设备的正常运行。应根据设备的运行特性和制造商的建议,设置合适的温度和湿度控制设备,如空调、除湿机等,以保持设备运行环境的稳定和适宜<sup>[4]</sup>。电气一次设备内部结构复杂且精密,受到外部冲击和振动可能导致部件松动、损坏或性能下降。应采取措施保护设备免受外部冲击和振动的影响,如设置减震垫、隔离墙等。电气一次设备在运行过程中会产生一定的热量,如果散热不良会导致设备过热,从而引发故障。应确保设备运行环境的通风良好,并设置合适的散热设备,如风扇、散热片等,以提高设备的散

热效果。

#### 4.3 引入先进监测与诊断技术

在线监测技术可以实时采集设备的运行数据,通过数据分析及时发现设备的异常状态和潜在问题。通过安装传感器、数据采集系统等设备,可以实现对电气一次设备的全天候监测和数据分析。在线监测技术可以帮助检修人员及时掌握设备的运行状况,为故障预防提供重要依据。应用智能诊断系统,智能诊断系统可以结合设备的运行数据和故障特征进行智能分析和诊断,准确判断设备的故障类型和原因,并给出相应的处理建议。通过引入智能诊断系统,可以实现对电气一次设备的快速故障诊断和预警,提高故障预防的准确性和效率。随着物联网、大数据、人工智能等技术的不断发展,新的监测与诊断技术不断涌现。水电站应密切关注这些新技术的发展动态,并积极评估其在电气一次设备故障预防中的应用前景和可行性。通过引入新技术,可以不断提升设备故障预防的水平和能力。

#### 结束语

水电站电气一次设备的故障预防是一项系统工程,需从多个维度综合施策。通过实施上述措施,不仅能有效预防设备故障,还能提升水电站的整体运行效率和安全性。未来,随着技术的不断进步和管理水平的持续提升,有信心将设备故障预防工作推向新的高度,为水电站的可持续发展贡献力量。

#### 参考文献

- [1]陈剑.火力发电厂电气设备状态检修实例分析[D].电气技术,2019(10):134-136.
- [2]孙成林.火力发电厂电气设备状态检修[J].江苏电机工程2019.33(04):81-84.
- [3]袁兴惠.基于自动化控制技术的水电站电气设备常见故障与处理措施分析[J].无线互联科技,2020,17(10):156-158.
- [4]徐铭.韩越.程建.大型水电站 500kV 主变压器故障诊断及处理[J].变压器,2019,56(2):82-86.