

水电厂水轮发电机转子检修处理及防控

刘文泉

甘肃电投河西水电开发有限公司 甘肃 张掖 734000

摘要：水电厂的水轮发电机转子检修至关重要，直接影响发电效率。检修处理需针对常见故障，如转子回路两点接地导致的电流异常增大、机组剧烈振动，或发电机温度过高等。防控措施包括加强实时监测，采用机组稳定性监测技术，及时发现故障并停机处理。同时，建立完善的检修计划，实施小修、大修等不同类型的检修工作，确保设备稳定运行。这些措施共同保障水电厂的安全生产和经济效益。

关键词：水电厂水轮发电机；转子检修；处理；防控

引言

水电厂作为清洁能源的重要提供者，在现代社会能源结构中扮演着举足轻重的角色。水轮发电机作为水电厂的核心动力设备，其运行效率和稳定性直接关系到水电厂的发电能力和运行安全。转子作为水轮发电机的关键组件，其性能状态对整机的运行效果有着决定性影响。因此，深入研究水轮发电机转子的检修处理技术及其故障防控策略，对于提升水电厂的运行效率、保障其长期稳定运行具有至关重要的意义。

1 水轮发电机转子基本原理与结构

1.1 水轮发电机的工作原理

水轮发电机的工作原理基于能量转换和电磁感应。水流经过水轮机时，利用其动能推动水轮机叶片旋转，从而将动能转换为机械能。随后，水轮机通过主轴与发电机转子相连，带动转子旋转。在发电机内部，转子上的励磁绕组通入直流电后产生磁场，当转子旋转时，磁场与定子绕组中的导体相对运动，根据电磁感应原理，在定子绕组中产生感应电动势，从而将机械能转换为电能。这一过程中，转子的旋转速度和磁场的强度是决定电能产生效率和质量的关键因素。

1.2 转子的结构与功能

(1) 转子的组成部件及其作用。水轮发电机转子主要由转轴、支架、磁轭、磁极和集电装置等组成。转轴用于传递扭矩，支撑转子旋转；支架则用于固定磁轭和磁极，确保转子的结构稳定性。磁轭作为发电机磁路的重要组成部分，用于固定磁极并传递磁场；磁极则通过励磁电流产生磁场，是实现电磁感应的关键部件。集电装置则负责将励磁电流引入转子，确保磁场的持续稳定。(2) 转子在水轮发电机中的核心地位。转子在水轮发电机中处于核心地位，是实现机械能到电能转换的关键部件。转子的正常旋转和磁场的稳定产生，是发电机

正常输出电能的前提。同时，转子的结构设计和材料选择也直接关系到发电机的运行效率和稳定性。因此，对转子的检修处理和故障防控具有重要意义，确保水轮发电机的长期稳定运行。

2 水轮发电机转子常见故障及原因分析

2.1 转子绝缘故障

(1) 绝缘破坏的类型与原因。转子绝缘故障主要类型包括绝缘老化、受潮、油污以及机械损伤等。这些故障通常源于设备运行时间过长、维护不当或环境因素。例如，水轮发电机常运行在潮湿环境中，若防护措施不当，绝缘材料容易受潮，导致绝缘性能下降。此外，设备润滑油变质、积灰等也可能导致绝缘材料受损。(2) 实例分析：某水电站转子接地故障及其处理。某水电站曾发生一起转子接地故障。经检查发现，故障原因为转子绕组的一处绝缘材料老化破裂，导致绕组与地之间形成通路。故障发生时，发电机运行异常，电流波动大，电压不稳定。处理措施包括更换损坏的绝缘材料，并对整个转子绕组进行绝缘测试，确保绝缘性能符合要求。同时，加强设备的日常维护和保养，防止类似故障再次发生。

2.2 转子机械故障

(1) 轴承磨损、腐蚀或损坏。转子机械故障中，轴承磨损、腐蚀或损坏较为常见。这些故障通常源于轴承材料质量不佳、润滑条件不良或运行负荷过大。轴承故障会导致转子运行不稳定，振动加剧，进而影响发电机的整体性能。(2) 转子不平衡、振动与噪音问题。转子不平衡、振动与噪音问题也是转子机械故障的常见表现。这些问题可能由转子材料不均匀、制造误差或安装不当引起。转子不平衡会导致振动加剧，进而产生噪音，严重时可能引发机械故障^[1]。

2.3 电气系统故障

(1) 电缆损坏、断路器故障或电气连接问题。电气系统故障中, 电缆损坏、断路器故障或电气连接问题较为突出。这些故障可能由电缆老化、外力破坏或设备质量问题引起。电气系统故障会导致电力传输中断或不稳定, 影响发电机的电力输出。(2) 对电力输出稳定性的影响。电气系统故障对电力输出稳定性具有显著影响。电缆损坏或断路器故障可能导致电力传输中断, 造成发电机停机或减载。电气连接问题则可能导致电流波动大、电压不稳定等异常现象, 影响电力系统的正常运行。因此, 加强电气系统的维护和保养至关重要。

3 水轮发电机转子检修处理技术

3.1 实时性检修

实时性检修是指在设备运行过程中, 对突发情况和异常现象进行快速响应和及时处理, 以确保设备的连续稳定运行。(1) 突发情况与异常现象的快速响应。在水轮发电机的运行过程中, 可能会遇到转子回路接地、振动异常、温度升高等突发情况。这时, 操作人员需要立即采取措施, 如停机检查、隔离故障点、启动备用设备等, 以防止故障扩大。同时, 应迅速通知维修团队进行紧急抢修, 确保设备尽快恢复正常运行。在处理过程中, 要注重安全, 严格按照操作规程执行, 防止发生次生事故。(2) 临时性检修的程序与方法。临时性检修通常针对的是突发故障或紧急问题, 其程序和方法包括: 首先, 对故障现象进行初步判断, 确定故障类型和位置; 其次, 根据故障类型和位置, 制定相应的检修方案; 然后, 组织维修人员进行紧急抢修, 如更换损坏部件、调整设备参数等; 最后, 对修复后的设备进行测试和验收, 确保设备能够正常运行。在临时性检修过程中, 要注重效率和质量, 尽快恢复设备的正常运行^[2]。

3.2 计划性检修深化

计划性检修, 是基于设备运行周期与磨损状况, 精心规划的检修活动, 旨在确保设备的持续稳定与健康。(1) 细化检修项目与实施步骤: 小修阶段, 除常规更换润滑油、清理积尘外, 还需检查紧固件是否松动, 电气连接是否良好。大修时, 全面拆解设备, 细致检查每个部件, 更换所有磨损超限的零件, 对损伤表面进行高精度修复, 并对设备整体进行精确调整与校准。扩修则进一步涉及技术升级, 如采用新型耐磨材料替换旧部件, 或引入智能化监控系统提升设备效能。制定检修计划时, 需紧密结合设备现状与实际需求, 确保方案的科学性与实用性。(2) 强化预防性测试与机器协调性检验: 预防性测试不仅涵盖常规的性能检测, 还需加入振动分析、温度监测等高精度手段, 及时发现并排除隐患。机

器协调性检验则通过模拟运行、动态平衡调整等手段, 确保设备各部件协同无间, 为设备的长期稳定运行奠定坚实基础。这些举措对于提升设备可靠性、延长使用寿命具有不可估量的价值。

3.3 先进检修技术的应用

随着科技的不断发展, 越来越多的先进检修技术被应用于水轮发电机转子的检修中。(1) 状态检修与故障诊断系统。状态检修是根据设备的运行状态和监测数据, 对设备进行实时的检修和维护。通过安装传感器和监测设备, 实时采集设备的运行数据, 并利用故障诊断系统对数据进行分析和处理。当设备出现故障或异常时, 故障诊断系统能够及时发现并发出报警信号, 维修人员可以迅速采取措施进行处理。状态检修能够大大提高设备的可靠性和使用寿命, 减少非计划停机时间。

(2) 在线监测与数据分析技术的应用。在线监测技术是指通过实时监测设备的运行状态和参数变化, 对设备进行动态评估和管理。通过安装在线监测设备, 可以实时采集设备的振动、温度、电流等参数数据, 并将数据传输到数据分析平台进行深度挖掘和分析。通过分析数据的变化趋势和异常特征, 可以及时发现设备的潜在故障隐患和运行问题, 为制定检修计划和优化运行策略提供依据。在线监测与数据分析技术的应用能够提高设备的运行效率和可靠性, 降低维修成本和安全风险。

4 水电厂水轮发电机转子故障的防控策略

4.1 加强设备维护与保养

设备维护与保养是预防转子故障的基础。通过定期的检查与清洁, 以及及时更换磨损严重的零部件, 可以有效减少因设备老化、磨损等原因导致的故障。(1) 定期检查与清洁转子及其相关部件。定期检查是确保设备正常运行的关键。对于水轮发电机转子, 应制定详细的检查计划, 涵盖转子表面、绝缘层、轴承、紧固件等关键部位。检查内容应包括转子的磨损情况、绝缘性能、轴承的润滑状态以及紧固件是否松动等。同时, 定期清洁转子及其附属部件, 去除表面积累的尘埃、油渍等杂质, 保持设备的清洁度, 防止因污染导致散热不良、绝缘性能下降等问题。清洁工作应结合设备实际情况, 选择合适的清洁剂和工具, 避免对设备造成损害。(2) 更换磨损严重的零部件。随着设备运行时间的增长, 零部件的磨损是不可避免的。对于磨损严重的零部件, 如轴承、密封环等, 应及时进行更换, 以防止因零部件失效引发的故障。更换零部件时, 应选用与原设备相匹配的高质量备件, 避免因备件质量问题导致的新故障。同时, 更换过程应遵循严格的操作规程, 确保更换工作的

安全性和有效性。

4.2 提高检修人员的专业技能

检修人员的专业技能水平直接影响故障排查和修复的效率与质量。通过定期培训和技能考核,以及强化安全意识和操作规程的遵守,可以提高检修人员的综合素质,为设备的稳定运行提供有力保障。(1)定期培训与技能考核。水电厂应定期组织检修人员进行专业技能培训,包括设备结构、工作原理、故障诊断与修复技巧等方面的内容。通过理论讲解与实践操作相结合的方式,提高检修人员的理论知识水平和实操能力。同时,定期进行技能考核,检验检修人员的技能掌握情况,对考核不合格者进行再培训或调整岗位,确保每位检修人员都能胜任本职工作。(2)强化安全意识与操作规程的遵守。安全意识是检修工作的基础。水电厂应加强对检修人员的安全教育,提高其对安全重要性的认识,强化安全意识。同时,建立完善的操作规程,明确检修过程中的安全要求和操作流程,要求检修人员严格遵守。对于违反操作规程的行为,应给予严肃处理,以儆效尤。

4.3 优化检修管理体系

科学的检修管理体系是提高检修效率和质量的关键。通过制定科学的检修计划与方案,以及建立故障预警与应急响应机制,可以实现对设备故障的及时发现和有效处理。(1)制定科学的检修计划与方案。水电厂应根据设备的运行状态和历史数据,制定科学合理的检修计划与方案。计划应明确检修的时间、项目、所需资源等,确保检修工作的有序进行。同时,方案应具有灵活性和可调整性,以适应设备实际情况的变化。在制定检修计划与方案时,应充分考虑设备的运行特点、故障历史、检修周期等因素,确保计划的针对性和有效性。

(2)建立故障预警与应急响应机制。故障预警机制是预防重大故障发生的重要手段。水电厂应建立完善的故障预警系统,通过对设备运行数据的实时监测和分析,及时发现潜在的故障隐患,并发出预警信号。预警系统应包括数据采集、数据处理、故障识别、预警信息发布等环节,确保预警信息的准确性和及时性^[3]。同时,建立应急响应机制,明确应急响应的流程、责任分工、抢修物资储备等内容,确保在故障发生时能够迅速组织抢修,

减少故障对生产的影响。

4.4 应用新技术与新材料

随着科技的不断发展,新技术和新材料的应用为水轮发电机转子的故障防控提供了新的解决方案。通过采用新型绝缘材料与轴承材料,以及引入智能化监测与诊断系统,可以显著提高设备的可靠性和使用寿命。(1)采用新型绝缘材料与轴承材料。新型绝缘材料和轴承材料具有更高的性能和更长的使用寿命。采用这些材料可以有效提高转子的绝缘性能和耐磨性能,减少因材料老化、磨损等原因导致的故障。在选择新型材料时,应充分考虑其适应性、可靠性和经济性,确保材料的应用能够满足设备的实际需求。(2)引入智能化监测与诊断系统。智能化监测与诊断系统是现代工业设备维护的重要工具。通过引入这些系统,可以实现对设备运行状态的实时监测和数据分析,及时发现潜在的故障隐患,并为故障排查和修复提供有力的支持。智能化监测与诊断系统应包括数据采集模块、数据分析模块、故障诊断模块和预警信息发布模块等,确保系统的全面性和准确性。同时,系统应具备良好的人机交互界面和易于操作的特点,方便检修人员使用和维护。

结束语

综上所述,水电厂水轮发电机转子的检修处理与故障防控是确保水电厂稳定运行和高效发电的关键环节。通过实施科学的检修策略、采用先进的检修技术、加强故障预警与应急响应机制,我们可以有效提升转子的可靠性和使用寿命,减少故障发生的概率。未来,随着科技的不断进步,我们将继续探索更加高效、智能的检修处理与防控方法,为水电厂的可持续发展贡献力量,助力清洁能源事业的蓬勃发展。

参考文献

- [1]李祥.鲁布革水电厂水轮发电机转子绝缘下降原因分析及处理[J].电力系统及自动化,2022,(07):68-69.
- [2]千亮.水电厂水轮发电机绝缘降低原因及处理方法分析[J].建筑设计及理论,2020,(12):112-113.
- [3]柳星,袁曙斌,肖雪,吴正发,姚毅.水电厂水轮发电机组常见故障及维护[J].产业经济,2021,(07):66-67.