

水电站设备老化问题及其维护改造策略研究

张晨瑞

大唐陕西发电有限公司石泉水力发电厂 陕西 安康 725200

摘要: 随着水电站运行年限的增加,设备老化问题日益严重,对水电站的安全、高效运行构成了重大挑战。本文深入分析了水电站设备老化的现状、原因及其对运行的具体影响,并提出了针对性的维护改造策略,旨在提升水电站设备的安全性和可靠性,确保水电事业的可持续发展。

关键词: 水电站设备;老化问题;维护改造

引言

水电站作为我国能源结构中的重要组成部分,其运行状态直接关系到国家能源安全和电力供应的稳定性。然而,随着设备使用年限的增长,老化问题逐渐凸显,不仅降低了发电效率,还增加了运行风险和维修成本。因此,深入研究水电站设备老化问题及其维护改造策略显得尤为重要。

1 水电站设备老化现状及原因分析

1.1 设备老化现状

水电站设备作为电力生产的核心,其运行状态对电力稳定供应至关重要。然而,设备老化问题日益严重,特别是水轮机与发电机。水轮机叶片受水流冲刷和泥沙磨损,表面出现凹痕、裂纹,效率下降且存在断裂风险。发电机定子绕组绝缘材料老化,绝缘性能降低,易引发短路故障。电气设备方面,开关设备频繁操作导致接触部位磨损、腐蚀,操作机构可能失灵。变压器油质劣化,绝缘性能下降,故障风险增加。继电保护装置元件老化,动作可靠性降低,影响电力系统安全稳定。辅助设备中,冷却系统管道腐蚀漏水,冷却效果降低。油压装置油泵效率下降,油压波动增大。调速系统响应迟钝,调节精度降低,影响水电站运行效率和稳定性。这些问题亟需采取有效措施加以解决。

1.2 设备老化原因分析

设备老化的原因多种多样,主要包括材料因素、运行因素、维护因素和技术因素。设备材料在长期受到水、气、温度等环境因素的综合作用下,逐渐发生物理和化学变化,如腐蚀、氧化、脆化等,导致材料性能下降。运行因素方面,设备长期超负荷运行或频繁启停,使得部件承受过大的应力和磨损,加速了设备的老化过程^[1]。维护因素也是设备老化的重要原因之一,缺乏定期的维护和保养,使得设备积尘、受潮、腐蚀等问题加剧,进一步加速了设备的老化。此外,早期设备设计和

技术水平有限,难以满足现代水电站对高效、安全、可靠运行的要求,这也是设备老化的一个重要原因。

2 设备老化对水电站运行的影响

2.1 降低发电效率

设备老化严重影响水电站发电效率。水轮机叶片因长期冲刷磨损,表面粗糙、流道变形,增大水流阻力,导致效率下降。发电机定子绕组绝缘老化,易漏电、短路,影响输出功率,甚至损坏发电机,进一步减少发电量。电气设备老化也不容忽视,开关设备接触不良、变压器绝缘性能降低等故障频发,增加停电时间和维修成本。停电期间水电站无法发电,直接降低效率;维修成本挤占运营资金,影响设备更新维护,形成恶性循环,严重制约水电站发电能力。

2.2 增加安全隐患

设备老化不仅降低了水电站的发电效率,还增加了安全隐患。老化设备在运行中更容易出现故障,如发电机定子绕组绝缘击穿、变压器爆炸等严重事故,这些事故不仅会导致设备损坏,还可能引发火灾、水淹等次生灾害,对水电站的安全运行和人员的安全构成严重威胁。同时,老化设备的性能下降,也使得水电站对突发情况的应对能力减弱。在遭遇极端天气或突发故障时,老化设备可能无法及时响应或有效处理,从而加剧事故的后果。因此,设备老化是水电站安全运行的一大隐患,必须引起高度重视。

2.3 提高维修成本

设备老化还导致了水电站维修成本的上升。随着设备使用年限的增长,维修频率逐渐增加,维修难度和成本也随之上升。一些关键部件的损坏甚至需要停产进行更换,这对水电站的正常运行造成了严重影响^[2]。同时,老化设备的维修往往需要更多的人力和物力投入,不仅增加了水电站的运营成本,还可能因维修不及时或维修质量不高而引发新的故障和问题。

3 水电站设备维护改造策略

3.1 加强设备日常维护与管理

首先,建立完善的设备档案是设备维护管理的第一步。对每台设备进行唯一编号,并详细建档,记录设备的基本信息如制造商、型号、规格、安装日期等,以及运行状况、维修历史、更换部件等详细信息。这些档案不仅为日常维护和故障排查提供了依据,还为设备的更新换代和技术改造提供了宝贵的数据支持。在建立档案时,要确保信息的准确性和完整性,定期更新档案内容,以反映设备的最新状态。其次,定期巡检与检测是设备维护管理的核心环节。制定详细的巡检计划,明确巡检的频率、路线、检查项目和标准。巡检人员要按照计划对设备进行全面细致的检查,特别关注设备的运行状态、温度、振动、噪音等关键指标。同时,定期对设备进行性能测试和评估,如效率测试、绝缘测试等,通过对比分析测试数据,了解设备的性能变化趋势,及时采取措施进行调整和优化。对于发现的问题和隐患,要立即进行处理,防止问题扩大化。在加强润滑与清洁方面,要根据设备的运行特点和润滑要求,制定合理的润滑计划。对需要润滑的部件如轴承、齿轮等,定期加注合适的润滑油,并保持油质清洁。同时,对设备表面和内部进行定期清洁,防止积尘和腐蚀。清洁过程中,要使用合适的清洁剂和工具,避免对设备造成损伤。此外,还要加强对设备环境的控制,保持设备运行环境的清洁、干燥和通风良好,减少灰尘和湿气的侵蚀。

3.2 实施技术改造与升级

在水轮机与发电机改造方面,可以采用新型水轮机叶片材料和涂层技术,如使用耐磨、抗腐蚀的复合材料叶片,或在水轮机叶片表面涂覆一层抗磨损、抗腐蚀的涂层,以提高叶片的耐用性。同时,对发电机定转子绕组进行绝缘改造,采用高性能的绝缘材料和技术,如使用耐高温、耐高压的绝缘材料,或采用先进的绝缘结构设计,提高绝缘性能和可靠性,减少因绝缘老化而引发的故障。在电气设备升级方面,要及时更换老化的开关设备和变压器。新型开关设备具有更好的接触性能和灭弧能力,能够减少因接触不良而引发的故障。在选择新型开关设备时,要考虑其额定电压、额定电流、开断能力等参数是否满足水电站的实际需求。同时,新型变压器具有更高的能效和更好的绝缘性能。在选择新型变压器时,要关注其能效等级、绝缘等级、温升限值等指标,确保其能够满足水电站的运行要求。此外,还要对继电保护装置进行升级换代,采用先进的保护技术和算法,如使用微机型保护装置、引入人工智能算法等,提

高保护动作的准确性和速动性。在辅助设备改造方面,可以对冷却系统进行改造,采用高效节能的冷却方式和设备,如使用空冷器、水冷器等新型冷却设备,或采用自然冷却、循环水冷却等节能冷却方式,提高冷却效果,降低能耗^[3]。同时,对油压装置进行升级,采用高效的油泵和稳定的油压控制系统,如使用变量油泵、比例阀等先进元件,提高油泵效率和油压稳定性。此外,还可以对调速系统进行改造,采用先进的调速技术和控制策略,如使用数字式调速器、引入模糊控制等智能控制策略,提高响应速度和调节精度。

3.3 强化人才培养与培训

首先,要积极引进具有水电站设备运行维护经验的高素质人才。通过招聘、引进等方式,吸引更多具有专业知识和实践经验的人才加入到水电站设备维护改造的队伍中来。在引进人才时,要注重考察其专业背景、工作经验和综合素质,确保其能够满足水电站设备维护改造的需求。同时,要注重对人才的选拔和培养,建立完善的人才培养机制,为人才的成长和发展提供有力的支持。例如,可以设立专项基金用于支持人才的培训和进修,鼓励人才参加各种学术交流和技术研讨会,拓宽视野和知识面。其次,要加强对水电站员工的培训。定期组织设备维护、故障处理等方面的培训课程,邀请专家学者进行授课或开展现场教学,提高员工的专业素质和技能水平。培训课程要注重实用性和针对性,结合水电站设备的实际情况和运行特点,让员工能够真正学到实用的知识和技能。同时,要鼓励员工参加外部培训和学术交流活动,与同行交流经验、分享心得,了解最新的技术和发展趋势。此外,还可以建立师徒制或导师制,让经验丰富的老员工带领新员工或年轻员工进行学习和实践,传承经验和技能。

3.4 建立健全的安全管理制度

首先,要完善安全规章制度。根据水电站设备的实际情况和运行特点,制定科学合理的安全规章制度和操作规程,明确各级人员的安全职责和操作要求。规章制度要具有可操作性和可检查性,确保员工能够遵守和执行。同时,要定期对规章制度进行修订和完善,以适应水电站设备的发展和变化。其次,要加强安全监督与检查。设立专门的安全监督机构或人员,定期对水电站设备进行安全监督和检查,及时发现并纠正违章行为和安全隐患。监督和检查过程中要注重细节和实效性,确保监督和检查工作能够真正起到作用。对于发现的问题和隐患,要立即进行处理和整改,防止问题扩大化或引发事故^[4]。最后,要提高应急处理能力。制定完善的应急预

案和处置程序,明确应急处理的流程和责任分工。定期组织应急演练和培训活动,提高水电站员工的应急处理能力和自救互救能力。通过演练和培训活动让员工熟悉应急预案和处置程序的内容和要求,掌握应急处理的方法和技巧。同时还要加强对应急物资和设备的储备和管理,确保在紧急情况下能够迅速有效地应对并处置各类突发事件。

4 案例分析:某水电站因设备老化导致的事故及改造措施

4.1 案例背景

某水电站,位于我国西南地区,始建于上世纪八十年代,装机容量较大,对当地电力供应具有重要意义。然而,由于运行年限较长,电站内的部分设备出现了严重的老化问题。

4.2 事故经过

2017年12月,该水电站发生了一起因设备老化导致的事故。事故的起因是电站内的励磁调节器模拟量总线板和开关量总线板因长期运行而老化,出现了故障。这两块总线板是励磁系统的重要组成部分,负责传输和处理励磁电流的信号。由于老化,总线板上的电子元器件性能下降,导致励磁电流不稳定,进而引发了机组的“过压保护动作”和“发电机失磁保护动作”。事故发生后,机组解列,水电站被迫进行非计划停运。这不仅影响了当地的电力供应,还给电站带来了巨大的经济损失。

4.3 事故原因分析

设备老化:励磁调节器模拟量总线板和开关量总线板运行年限已达10年,超过了其设计寿命,电子元器件性能下降,导致故障发生。

维护不足:电站对设备的定期维护和检测工作不够到位,未能及时发现总线板的老化问题,错过了最佳维修时机。

备品备件管理不善:电站内缺乏足够的备品备件,导致事故发生后无法迅速更换故障部件,延长了停机时间。

4.4 改造措施

针对此次事故,电站采取了以下改造措施:

(1) 更换老化设备:立即采购并更换了励磁调节器的模拟量总线板和开关量总线板,恢复了机组的正常运行。(2) 加强设备维护:制定了更加严格的设备维护计划,定期对电站内的关键设备进行巡检和检测,及时发现并处理潜在问题。(3) 完善备品备件管理:建立了完

善的备品备件管理制度,储备了足够的备品备件,确保在设备发生故障时能够迅速更换。(4) 提升人员培训:加强了电站员工的培训和教育,提高了员工对设备老化和故障现象的认识,增强了员工的应急处理能力。

4.5 改造效果

通过实施上述改造措施,电站的设备可靠性和安全性得到了显著提升。机组未再发生因设备老化导致的故障,电力供应得到了有效保障。同时,电站的运行成本也得到了降低,经济效益得到了提升。

4.6 案例启示

一是重视设备老化问题:水电站应高度重视设备老化问题,定期对设备进行检测和评估,及时发现并处理潜在问题。二是加强设备维护:建立完善的设备维护制度,定期对设备进行巡检和检测,确保设备处于良好状态。三是完善备品备件管理:储备足够的备品备件,确保在设备发生故障时能够迅速更换,缩短停机时间。四是提升人员培训:加强员工的培训和教育,提高员工对设备老化和故障现象的认识,增强员工的应急处理能力。

结语

水电站设备老化问题是一个复杂而严峻的挑战,需要采取综合措施加以解决。通过加强设备日常维护与管理、实施技术改造与升级、强化人才培养与培训、建立健全的安全管理制度等措施,可以有效提升水电站设备的安全性和可靠性,延长设备使用寿命,提高发电效率,降低维修成本。未来,随着科技的进步和政策的支持,水电站设备维护改造工作将迎来更加广阔的发展前景。应继续深入研究水电站设备老化问题及其维护改造策略,为水电事业的可持续发展做出更大的贡献。

参考文献

- [1] 姚天玺.水电站机械设备的运行管理与维护探讨[J]. 电工技术,2024,(S2):81-83.
- [2] 汪世安.水电站机械设备的运行维护与管理探讨[C]//冶金工业教育资源开发中心.2024精益数字化创新大会平行专场会议——冶金工业专场会议论文集(中册).国能四川毛滩水电开发有限公司,2024:4.
- [3] 刘斌.水利水电工程水电站机电设备运行和维护方法[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(18):205-207.
- [4] 王东.水电站机电设备常见故障及运维优化分析——评《水电站机电设备故障分析与处理技术(机械分册)》[J].人民黄河,2023,45(07):169.