

水电站运行安全水平的技术对策

叶 斌

中国华电集团有限公司衢州乌溪江分公司 浙江 衢州 324000

摘要: 水电站作为现代能源体系中的关键一环,对于社会经济发展意义重大。本文围绕水电站运行安全水平的技术对策展开深入研究。首先阐述了水电站运行系统的构成,包括水工建筑物、水轮发电机组和电气系统,同时分析了自然、设备、人为等影响运行安全的因素。接着剖析了当前水电站运行安全技术现状,涵盖监测、故障诊断和维护修复技术方面存在的问题。在此基础上,提出了针对性的技术对策,如先进监测技术应用、智能化故障诊断技术以及高效维护与修复技术对策,旨在提升水电站运行安全水平,保障水电能源供应的稳定与可靠。

关键词: 水电站运行;安全水平;技术对策

引言:随着全球能源需求的持续增长,水电作为一种重要的清洁能源,其地位日益凸显。然而,水电站的安全运行面临诸多挑战,一旦发生事故,不仅会导致能源供应中断,还可能引发严重的环境和社会问题。因此,深入研究水电站运行安全水平的技术对策具有至关重要的意义。本文旨在全面分析水电站运行安全相关内容,探索有效的技术方法来保障其安全运行,为水电站的稳定发展提供有力支持。把摘要里水电站运行安全影响因素分类这部分展开写 水电站运行安全技术现状分析的引言怎么写 把引言里水电站的地位和作用展开写

1 水电站运行安全概述

1.1 水电站运行系统组成

水工建筑物包括大坝、溢洪道、输水建筑物等。大坝用于拦蓄河水,形成水头,是整个水电站的关键支撑,其结构稳固性至关重要。溢洪道能在水位过高时泄洪,保障大坝安全。输水建筑物则引导水流至水轮机。水轮发电机组是能量转换的核心。水轮机将水流能量转化为机械能,不同类型水轮机适应不同水头和流量条件,其内部转轮等部件协同工作。发电机与水轮机相连,把机械能转变为电能,其定子和转子等组件质量和性能直接影响发电效率。电气系统涵盖变压器、开关设备和输电线路等。变压器改变电压大小以满足输送和使用需求。开关设备控制电路通断,保障运行安全。输电线路将电能输送到电网,实现电力的传输与分配。这些部分相互配合,保障水电站稳定运行^[1]。

1.2 水电站运行安全影响因素分类

1.2.1 自然因素

自然因素对水电站运行安全有着显著影响。洪水是常见的威胁之一,大量的洪水可能导致水位急剧上升,超过水库的设计容量,对大坝造成巨大的压力,可能引

发漫坝、坝体渗漏甚至溃坝等严重后果。地震可使水电站的建筑物和设备遭受破坏,如大坝出现裂缝、基础移位,水轮发电机组的轴系错位、电气设备损坏等,影响水电站的正常运行。泥石流可能会掩埋水电站的部分设施,堵塞输水隧洞或影响其他水工建筑的正常功能。

1.2.2 设备因素

设备因素在水电站运行安全中不容忽视。设备老化是长期运行过程中的问题,如金属结构的腐蚀、橡胶密封件的老化等,会降低设备的性能和可靠性。磨损也是常见情况,水轮机转轮在高速水流冲刷下,叶片表面磨损会影响其能量转换效率,增加振动和噪音。设备故障更是直接威胁安全,发电机的定子绕组短路、变压器的绝缘损坏等故障,可能导致停电事故,甚至引发火灾等次生灾害。而且设备的设计和制造缺陷可能在运行中逐渐暴露,影响运行安全。

1.2.3 人为因素

人为因素在水电站运行安全中扮演重要角色。操作失误是一个关键问题,例如在水轮发电机组启动、停机过程中,操作人员若未按照规程操作,可能导致机组超速、振动过大等异常情况。维护不当也会带来隐患,若不能及时对设备进行保养、检查和维修,如未及时更换磨损的零部件、清理设备中的杂物等,会加速设备损坏。管理不善同样危害巨大,缺乏完善的安全管理制度、应急预案,或者人员培训不到位、职责不明确等,都可能在事故发生时无法有效应对,扩大事故损失^[2]。

2 水电站运行安全技术现状分析

2.1 监测技术现状

目前,水电站监测技术呈现多方面发展态势。在水工建筑物监测方面,变形监测技术已广泛应用,通过全站仪、水准仪、GPS等多种测量手段,对大坝、岸坡等

的位移变形进行定期或实时测量,但在复杂环境下数据精度仍有提升空间。渗流监测主要利用渗压计等设备,可对坝体、坝基渗流情况进行监测,但对于微小渗流变化捕捉能力有限。对于机组设备状态监测,振动监测技术发展迅速,利用加速度传感器等监测机组振动幅值、频率等参数,不过在多振源耦合情况下故障识别有难度。温度监测技术可实时掌握设备温度,但在早期故障预警的及时性上需改进。油液分析技术可检测设备磨损情况,但分析指标的全面性和准确性还有待提高。电气系统监测中,绝缘监测是重点,虽有多种绝缘电阻测量方法,但对于绝缘老化早期诊断能力不足。局部放电监测能发现潜在绝缘问题,但现场干扰抑制仍是挑战。总体而言,监测技术在不断发展,但仍存在一定局限性^[3]。

2.2 故障诊断技术现状

在水电站故障诊断技术领域,目前呈现出传统方法与现代技术融合发展的态势。基于数据分析的故障诊断方法逐渐兴起,利用统计分析技术,对大量运行数据进行处理,挖掘潜在故障模式,但在复杂工况下数据特征提取存在困难。人工智能诊断算法,如神经网络、支持向量机等,在处理非线性问题上具有优势,可对故障类型和程度进行分类预测,但模型训练需要大量有代表性的数据且存在过拟合风险。现场检查和经验判断为主的传统故障诊断方式仍在广泛应用。专业人员通过对设备外观、运行声音、温度等直观感受和判断故障,但这种主观性强、诊断效率低,对于一些潜在的、复杂的故障难以准确发现,不同诊断方法之间的信息融合还不够完善,未能充分发挥各自优势。

2.3 维护与修复技术现状

在水电站维护与修复技术方面,当前呈现出一定的特点。定期维护技术是保障水电站正常运行的重要手段。通过固定周期对设备和设施进行检查、保养、清洁、润滑等操作,能及时发现一些表面的磨损、腐蚀等问题。然而,这种方式可能存在过度维护或维护不足的情况,因为它不完全依据设备实际状态。在设备状态监测的基础上,虽然有一定的维护调整,但仍不够精准。对于一些隐蔽部位的故障隐患,在定期维护中可能难以发现。应急修复技术在应对突发事故时发挥关键作用。目前在一些常见故障类型的修复上有较为成熟的方案,但对于极端情况下,如多种故障并发或者遭遇罕见灾害导致的复杂损坏场景,修复技术和设备的有效性面临挑战,而且修复过程中的快速决策和协调机制还有待优化。

3 提高水电站运行安全水平的技术对策

3.1 先进监测技术应用对策

在传感器技术方面,应积极采用高精度、高灵敏度的新型传感器。例如,光纤光栅传感器能够精确测量大坝的应变和温度变化,将其广泛分布于大坝结构内,可以实时捕捉微小的结构变形信息。这种传感器凭借其抗电磁干扰能力强、耐腐蚀的特性,可长期稳定工作,为大坝安全提供持续可靠的数据支持。对于水轮发电机组的监测,可运用微机电系统(MEMS)加速度传感器。它能够精确测量机组在运行过程中的振动情况,无论是低频还是高频振动都能精准捕捉。通过对振动数据的分析,可以及时发现机组内部诸如轴承磨损、转子不平衡等潜在故障隐患,以便提前采取维护措施。在数据采集与传输环节,建立智能化的数据采集系统。该系统能够以高频率、高精度采集来自各个传感器的数据,并通过高速稳定的无线网络,如5G技术,将数据实时传输至监测中心。这样可以保证数据的时效性,使运行管理人员能够第一时间获取水电站的运行状态信息^[4]。

3.2 智能化故障诊断技术对策

在基于机器学习和深度学习的模型应用方面,应大力发展神经网络算法用于故障诊断。例如,卷积神经网络(CNN)可对水轮发电机组的振动图像数据进行特征提取和分析,识别出不同故障类型对应的振动模式,如不平衡、不对中、松动等故障在图像上呈现的独特纹理特征,通过大量的训练样本让模型学习并准确判断,利用循环神经网络(RNN)处理时间序列数据,如电气系统中电压、电流的波动数据,它能够记忆历史信息,有效捕捉故障发生前的异常波动规律,提前预测故障。建立完善的故障诊断知识库是关键之举。整合水电站多年运行积累的专家经验,包括不同设备故障时的现象、处理方法等。同时收集历史故障案例数据,对每个案例详细标注故障原因、故障位置、故障表现等信息。通过知识图谱技术将这些知识和数据关联起来,形成一个有机的整体。当新的故障出现时,诊断系统可以快速在知识库中搜索相似案例和相关知识,为故障诊断提供有力的参考依据。还要实现故障诊断的自动化和智能化报警系统。当诊断模型检测到潜在故障时,系统能立即发出警报,并详细显示故障的可能位置、严重程度以及建议的处理措施。

3.3 高效维护与修复技术对策

(1) 积极推广预测性维护技术。利用先进的传感器和监测系统,实时收集水电站设备的运行数据,如温度、振动、压力、流量等。通过对这些大数据的分析,运用机器学习算法建立设备健康评估模型。例如,对于水轮发电机组,可以根据轴承温度、振动频谱等参数的

变化趋势,预测设备可能出现故障的时间和部件。基于此,合理安排维护计划,避免过度维护或维护不足,将维护工作从传统的定期模式转变为基于设备实际状态的精准维护,有效提高维护效率,降低设备故障率。(2)储备先进的应急修复设备和材料是保障水电站在突发事故下能快速恢复运行的关键。针对可能出现的不同故障类型,如大坝局部渗漏、机组关键部件损坏、电气系统短路等,储备专门的修复设备,如快速止水材料、备用机组部件、应急发电车等,建立完善的应急物资管理系统,确保物资的存储条件良好、数量充足且易于获取。制定详细的物资调配流程,在事故发生时,能够迅速将所需物资运输到现场,为修复工作提供有力支持。(3)加强维护人员技术培训也是至关重要的环节。为维护人员提供系统的培训课程,包括新设备、新技术的原理和操作方法,如新型传感器的安装与调试、智能化诊断系统的使用等。定期组织模拟故障演练,让维护人员熟悉故障处理流程,提高他们在实际应急情况下的反应速度和处理能力,鼓励维护人员参加行业技术研讨会和交流活动,不断更新知识体系,培养一支高素质、专业化的维护团队,为水电站的高效维护与修复奠定坚实的基础。

3.4 提高应急处理能力

(1)完善应急预案是基础。应针对水电站可能面临的各种突发情况,如洪水漫坝、地震破坏、设备严重故障、火灾等制定详细且具有针对性的预案。预案内容要明确在不同事故类型和等级下的应急响应流程,例如在发生地震导致设备损坏时,第一步应是紧急停机,随后启动人员疏散程序;同时清晰界定每个部门和人员的责任分工,包括运行人员负责现场情况的初步评估和紧急操作,维修人员负责设备抢修等;还要规划好资源调配方案,确定应急物资、设备的存放地点和调用流程,确保在需要时能迅速到位。(2)储备充足的应急物资和设备是应急处理的关键保障。对于可能出现的洪水情况,要准备充足的沙袋、防洪挡板等防洪物资,以及大功率

排水泵;针对电气火灾,需配备合适的灭火器材,如二氧化碳灭火器等,备用发电机组必不可少,当主发电设备故障时能及时提供临时电力,维持重要设备和照明的运行。此外,还有一些特殊设备,如用于水下抢修的潜水装备、应对大型设备吊装的重型起重设备等。(3)定期开展应急演练是提高应急处理能力的有效途径。演练应模拟真实的事故场景,包括事故发生的突然性和复杂性。通过演练,运行人员能够熟悉在紧急情况下的操作步骤,提高反应速度和操作的准确性;维修人员可以在实践中锻炼应急抢修能力;管理人员能检验和优化应急指挥和协调能力,在演练后要及时总结经验教训,对应急预案进行完善和改进,使应急处理能力持续提升,最大程度降低突发事故对水电站的损害^[5]。

结束语

综上所述,保障水电站运行安全水平是一项系统而复杂的工程,涉及从监测、诊断到维护、应急处理等多方面的技术对策。通过不断升级先进监测技术,实现对水电站运行状态的精准把控;完善智能化故障诊断体系,提高故障发现与处理的及时性;落实高效维护与修复策略,延长设备寿命和保障其性能;同时强化应急处理能力,降低突发事故的损害。这些技术对策相互配合、协同作用,将有力推动水电站朝着更安全、更稳定的方向发展,为社会持续稳定供应清洁电能奠定坚实基础。

参考文献

- [1]张晓辉,李伟.基于层次分析法的水电工程安全风险评价方法研究[J].水利水电科技进展,2023,43(05):509-516.
- [2]王鹏程,赵志强.水电站火灾爆炸事故原因分析及预防措施[J].化工安全与环境,2023,36(06):89-92.
- [3]李明,陈刚.水电站设备腐蚀与防护研究[J].石油机械,2023,51(07):123-129.
- [4]刘洋,王磊.水电站雷电防护技术探讨[J].石油化工安全环保技术,2023,39(04):56-60.
- [5]赵丽娟,张伟.水电站应急响应系统建设与应用[J].应急管理,2023,29(03):45-50.