

水轮发电机故障及检修探讨

国网西藏电力有限公司发电检修分公司 田本荣

摘要：水轮发电机是一种常见的发电设备，在运行过程中会面临各种故障。为了确保发电机的正常运行和高效发电，必须及时有效地进行故障检修，并采用行之有效的应对措施，提高故障检修的成效，确保电力行业稳定可持续发展。基于此，本文从水轮发电机常见故障入手，论述了水轮发电机检修的分类，进一步探究了水轮发电机故障检修的有效策略。

关键词：水轮发电机；常见故障；检修策略

DOI：10.12433/zgkjtz.20241324

水轮发电机被广泛应用于水力发电站，利用水流的动能来驱动涡轮转子，进而产生电能。由于长期运行和各种因素的影响，会出现安全隐患，发生故障，影响发电的效率和质量。及时有效地检修故障是确保水轮发电机安全、稳定运行的关键。相关行业及人员应对此给予重视与关注，不断创新和完善故障检修的方式和策略，降低故障发生率，保障水轮发电机持续稳定运行，为能源供应做出贡献。

一、水轮发电机常见故障

（一）电气故障

电气故障是水轮发电机常见的故障类型之一，其严重性和不可预测性对电力供应的稳定性构成了挑战。在水轮发电机的电气系统中，各种因素可导致故障发生，如设备老化、环境条件变化、操作失误等。有效识别和及时处理这些故障对于确保发电机的可靠运行至关重要。电气故障包括短路故障、开路故障、保护设备失灵以及控制系统故障等。短路故障是指电路中产生非预期的低阻抗路径，导致电流异常增大，多由于设备绝缘损坏、导线接触不良或过载引起。开路故障则是电路中断，阻碍电流的正常流通，此故障发生在断路器故障、接头松动或线路断裂等情况下。而保护设备的失灵会导致故障判断和隔离的延迟，增加发电机受损的风险。此外，控制系统的故障也会对发电机的稳定性产生负面影响，例如，自动调压装置、自动励磁调节器和自动同步机等在失灵时可能导致频率或电压异常。

（二）机械故障

机械故障会造成发电机运行不稳定甚至停机，对电力供应连续性产生重大影响。机械故障的发生原因

多种多样，包括设备磨损、材料疲劳、设计缺陷等。及时识别并采取有效措施处理机械故障，可保障水轮发电机运行安全。常见的机械故障包括叶轮损坏、轴承故障、异常振动和密封故障。叶轮作为关键的旋转部件，长期运行和环境因素可能导致磨损或损坏，影响发电机的平衡和效率，甚至造成停机。轴承作为支撑部件，长时间运行和不良工况可导致磨损、润滑不良或过热，不平衡和摩擦增大会发生轴断裂和停机。异常振动是因为不平衡、松动或故障引起，会造成机械磨损和其他故障。而密封故障则是由老化、损坏或松动的密封件引起，水泄漏和内部受潮会导致严重损坏和停机。定期维护和合理操作是预防机械故障的关键，可以保障发电机的稳定运行和电力供应的持续性。

（三）励磁系统问题

励磁系统负责生成磁场，使发电机产生电能。励磁系统问题会造成电压调节不准确、励磁电流异常或整个发电机无法正常运行。产生问题的原因主要包括励磁电源故障、调节器故障、励磁线圈损坏或接线问题等。励磁电源提供励磁线圈所需的直流电源，其故障的发生是由电源设备故障、电源线路故障或电源控制电路故障引起。调节器是控制励磁电流的设备，通常根据负荷需求和电网条件调节励磁电流的大小。此故障会导致励磁电流过大或过小，进而影响电压的稳定性和发电机的正常运行。励磁线圈是产生磁场的关键部件，如果发生损坏，励磁电流将无法正常工作通过线圈，使发电机无法生成足够的电能。励磁线圈损坏是因为绝缘老化、短路或开路引起。损坏的线圈需要及时修复或更换，以恢复励磁系统的正常功能。同时，励磁系统的稳定运行还依赖于正确的接线和连接。错误的接线会让励磁信号无法传递或失效，影响励磁系统的调节和运行，应定期检查励磁系统的接线情况，确保连接的正确性。

二、水轮发电机检修分类

（一）预防性检修

预防性检修是指根据预定的计划和时间表，对水轮发电机进行定期检查、维护和修复，以预防故障的发生和确保发电机可靠运行。预防性检修是发电机运行和维护管理的重要组成部分，能够提前发现潜在问

题,并采取相应的措施,以避免故障的发生或带来更大的损失及危害。首先,预防性检修的一项重要任务是定期对水轮发电机进行全面检查。这包括检查机械部件的磨损、松动或损坏情况,检查电气系统的连接状态和电气设备是否正常运行,以及检查励磁系统和调节系统的稳定性和准确性。定期检查可以帮助发现潜在的故障因素,并及时采取有效的措施进行修复或更换。其次,对水轮发电机进行常规维护与保养。其中包括清洁机械部件和电气设备,更换润滑油和滤芯,紧固螺栓和连接件,以及校准仪表和传感器等。维护保养的目的是保持设备的良好状态,延长使用寿命,预防故障发生。最后,在预防性检修过程中,还会进行必要的维修和修复工作。主要包括更换磨损的机械部件和损坏的电气设备,修复漏水和密封故障及调整和校准励磁系统和调节系统等。预防性维修旨在修复已经存在的问题,以保证设备稳定运行。

(二)突发性检修

突发性检修是在发电机发生突发故障或异常情况时,紧急进行的修理和维护工作。与预防性检修不同,突发性检修是在故障发生后才进行,旨在尽快恢复发电机正常运行。突发故障发生后,需要进行快速而准确的故障诊断。通过仔细观察发电机运行时的异常现象,初步判断故障类型和可能的原因,并使用各种测量仪器和设备,对发电机各部位的参数进行测量,确定故障的具体位置和程度。同时,还需进行电气测试来检查电气设备的状态。结合观察、测量和测试的结果,进行综合分析,找出故障的根本原因。一旦故障诊断完成,紧急修复工作就需要立即展开。这包括更换损坏的机械部件、修复或更换故障的电气元件、修补或更换泄漏的密封件等,防止进一步的损坏或停机。在进行突发性检修时,最大限度地缩短停机时间是非常重要的。需通过合理安排人员和资源,同时执行多个任务,以高效完成修理和维护工作,尽可能地缩短水轮发电机停机时间,并以最快速度恢复电力供应。突发性检修完成后,还需进行验收测试,以确保发电机恢复正常运行。验收测试主要包括电气性能测试、机械性能测试和安全性能测试等,以验证修复和维护工作的有效性与质量。

(三)改进性检修

改进性检修是通过对水轮发电机进行系统性检查、分析和改进,以提高其性能、可靠性和效率。此工作是在正常运行状态下进行的,旨在优化发电机的功能和运行参数,以满足运行要求和提高发电机的整体性能。首先,改进性检修的第一步是对发电机的性能进行分析。通过收集和分析发电机运行和性能数据,如功率输

出、效率、振动水平等,评估发电机的工作状况和性能指标,找出存在的问题和改进的潜力。在检修过程中,对已知的问题和故障进行整改是关键步骤。这一步骤包括更换老化的部件、修复损坏的电气设备、优化机械轴承和密封系统等。通过解决这些问题,能够提高发电机的安全性和稳定性。其次,改进性检修还包括对发电机进行升级改造,以提高其性能和效率。例如,采用先进的励磁系统和调节系统,优化叶轮和叶片设计等,提升水轮发电机的发电效率和响应能力。同时,通过调整电气参数、机械参数和控制参数,可以实现更好的功率输出、负荷适应性和稳定运行。最后,检修完成后,需要进行测试和验证,确保改进措施的效果。此类测试包括对改进后的发电机进行性能测试、负荷测试和相关安全测试等,以验证改进性检修的成效。

(四)季节性检修

季节性检修是指根据水轮发电机的季节性特点,按照一定的时间周期进行定期检查、维护和修复。由于水轮发电机在不同季节面临着不同的运行环境和负荷条件,季节性检修可以适应这些变化,确保发电机在不同季节的正常运行和高效发电。春季是水轮发电机的重要季节性检修时期。在此之前,经历了漫长的寒冷冬季,水轮发电机长时间运行在低温环境下,可能面临结冰、冻结和腐蚀等问题。春季检修包括对冬季期间积累的损坏和磨损进行修复,同时做好除冰和防腐工作等。夏季是水轮发电机受高温和高湿度影响较大的季节,检修主要关注发电机的冷却系统和电气设备的散热问题。检修内容主要包括清洁和检查冷却系统,确保散热器、冷却风扇和水冷系统正常运行。秋季是水轮发电机从高负荷运行时期过渡到低负荷运行时期的季节,需要对发电机进行全面检查,确保其在高负荷运行期后有足够的时间恢复和维护。这主要包括对机械部件的磨损情况进行评估,替换需要更换的部件;对电气系统进行绝缘测试和接线检查等工作。冬季是水轮发电机的低负荷运行期,也是进行大规模检修和维护的重要时期。检修的主要目标是对发电机进行全面检查和维护,彻底清洁设备,检测并修复潜在的问题,更换老化的部件,以及做好防冻和保温工作,确保发电机能在寒冷的状态下正常运转。

三、水轮发电机故障检修的有效策略

(一)注重定期维护与保养

定期维护与保养是水轮发电机故障检修的重要策略。具体可以从以下三点开展工作:首先,制定维护计划非常关键。根据发电机的工作条件和使用情况,制定合理的维护计划,明确各项维护任务和周期,确保机器的安全运行,避免潜在故障发生。其次,定期检查

机械部件是必不可少的步骤。定期对水轮发电机的机械部件进行检查,包括轴承、密封件、联接螺栓等。通过检查可以及早发现部件的磨损程度,及时更换或修复,保证机械部件正常运转。另外,需要定期进行彻底清洁,特别是冷却系统和通风孔。清除积尘和杂物,保持良好的通风和散热效果,有效防止过热导致故障。同时,还需对电气系统进行定期的绝缘测试,检查绝缘破损和电气连接是否松动,如发现问题,需要及时进行绝缘修复和接线固定,以防止发生电气故障。最后,定期检查润滑油、冷却液和液压油的质量和性能,及时更换过期或污染的液体,确保水轮发电机正常运行,减少摩擦和磨损,提高设备的使用寿命,降低维修和更换成本。

(二)完善安全管理和规范操作

完善安全管理制度并建立规范的操作流程,可以增强工作人员的安全意识和操作技能,降低事故和故障的发生率。具体而言,包括以下三个方面:首先,制定和落实相关的安全规章制度、操作规程和标准化操作流程。应明确工作人员的责任和权限,规范工作流程,确保每个环节都符合安全标准。同时,安全事故的预防措施和应急处理措施也需要在制度中明确。其次,对工作人员进行必要的安全培训,包括安全意识培养、操作技能培训和应急处理培训等,培养其正确的安全操作习惯和风险识别能力。通过加强培训,能够深入了解工作环境中存在的潜在风险,并了解应对措施和紧急处理方法。另外,制定详细的操作流程和作业指导书,明确每个步骤的要求和操作规范。工作人员必须遵循规定的程序和要求进行操作,禁止违章操作和不规范行为。严格执行规范操作可以提高作业质量和减少事故的发生,确保检修工作安全和高效进行。最后,定期对设备、工具和工作场所进行安全检查,发现并排除潜在的安全隐患。同时还要进行风险评估,识别和评估潜在的安全风险,并建立相应的控制措施,确保检修工作安全、顺利开展。

(三)强化团队协作和有效沟通

通过建立良好的团队合作机制和有效的沟通渠道,提高工作效率和问题解决能力,确保检修工作顺利进行。具体来说,包括以下三点:首先,需建立高效的团队合作机制。明确团队成员的职责和角色,清晰分工,确保各个环节协调配合。鼓励团队成员之间的合作和互助,形成共同奋斗的团队氛围。其次,设置畅通的沟通渠道,确保团队内部和与其他相关部门之间的信息流通。定期召开例会、工作汇报或沟通会议,及时沟通工作进展、存在的问题和解决方案。同时,鼓励团队成员间的积极交流和经验分享,促进知识和经验

的共享,提高整个团队的综合水平。另外,重视团队建设和培养合作精神。通过组织团队建设活动、培训和培养计划,增强团队成员的凝聚力和团队意识。建立相互信任、支持和合作的良好氛围,激发团队成员的积极性和创造力。最后,团队合作过程中难免出现意见不合、合作冲突等问题,需要及时解决。鼓励成员间开放坦诚沟通,倾听和尊重各种声音,通过妥善处理矛盾和冲突,保持团队的和谐与稳定。

(四)利用现代化的检测与诊断技术

随着科学技术的不断创新与发展,需采用先进的检测和诊断技术,帮助工作人员准确地检测和诊断故障,提高检修的效率和精确度,确保设备可靠运行。具体如下:首先,使用先进的检测设备。例如,采用红外热像仪可以快速扫描设备表面温度,检测异常热点,帮助发现潜在的故障点;超声波检测仪能够探测管道和容器中的泄漏、腐蚀等问题。利用这些先进的检测设备,可以实时监测设备的运行状态,及时发现故障并采取相应的修复措施。其次,采用先进的诊断技术。例如,应用振动分析技术可以分析设备振动信号的频谱和波形,判断设备的失衡、松动、磨损等情况;电流图谱技术是通过监测设备的电流波形和频谱,诊断电机、继电器等电气设备的运行状况。利用这些先进的诊断技术,能够准确分析设备的故障原因,指导后续的修复工作。最后,借助信息技术和数据分析。通过建立数据采集系统和监测平台,实时采集设备运行数据,并进行数据分析和建模。同时,还可以将历史数据与实时数据进行比对分析,寻找设备运行的偏差和异常,帮助准确定位故障的原因和位置,提高检修的精准度。

四、结语

综上所述,本文通过深入研究水轮发电机故障及检修的相关内容,得出了有效的方法和策略。在今后的实践中,应对故障检修工作进行不断完善和改进,相信在相关工作人员的共同努力下,将最大限度地提高水轮发电机的安全性、可靠性及稳定性,促进行业健康可持续发展。

参考文献:

- [1]唐建波.水轮发电机组的故障与检修对策[J].电子技术,2023,52(02):256-257.
- [2]黎乾,罗泽文.大型水轮发电机组制动系统故障分析[J].人民长江,2023,54(S1):138-140.
- [3]贾春雷,张延智,屈伟强,等.浅谈水轮发电机组故障诊断技术[C]//中国大坝工程学会.水库大坝智慧化建设与高质量发展,中国建筑工业出版社,2023:343-348.
- [4]葛彬.水轮发电机组常见故障与维修的关键点研究[J].低碳世界,2023,13(02):118-120.