

# 浅谈水轮发电机组检修实施与管理策略

马严峰

华电四川发电有限公司瓦屋山分公司 四川 眉山 620000

**摘要：**本文全面阐述了水轮发电机组的结构、运行原理及常见故障与原因分析，提出了预防性检修、状态性检修等检修实施策略，并介绍了远程监控、智能化检修平台等现代检修技术。同时，强调设备管理制度的健全、管理制度有效执行、应急处理能力的提升以及人员培训与考核的重要性。综合这些措施，旨在确保水轮发电机组的安全、高效运行，为水电站的稳定发展提供坚实保障。

**关键词：**水轮发电机组；检修实施；管理策略；设备维护

## 1 水轮发电机组概述

### 1.1 结构组成

水轮发电机组，作为水电站的心脏设备，其复杂而精密的结构是实现高效水力发电的基础。该机组主要由水轮机、发电机以及一系列辅助系统共同构成。水轮机部分，作为能量转换的初始环节，其核心组件包括转轮、导叶、轴承等。转轮作为水流直接作用的部件，其设计需充分考虑水动力学原理，以最大化水流能转化为机械能的效率。导叶则负责调节进入转轮的水流方向和流量，从而控制机组的出力。轴承则承担着支撑转轮及传递转矩的重任，其稳定性直接关系到机组运行的安全与平稳。发电机部分，则主要由定子、转子、励磁系统等组成，负责将机械能进一步转化为电能。辅助系统则包括冷却系统、润滑系统、调速系统等，它们为机组的安全、高效运行提供必要的支持与保障。

### 1.2 运行原理

水轮发电机组的运行原理基于水能与电能的相互转换。当水流通过水轮机时，其蕴含的能量驱动转轮旋转，进而通过主轴带动发电机转子旋转。在转子旋转的过程中，发电机定子绕组中的导线会切割由励磁系统产生的磁场，从而产生感应电动势，即实现了机械能到电能的转换。此过程中，调速系统扮演着至关重要的角色，它根据电网负荷的变化及水流的波动情况，实时调节导叶的开度，以维持机组转速和出力的稳定。冷却系统和润滑系统则确保机组在高效运行的同时，避免过热和磨损等不利因素的影响<sup>[1]</sup>。通过这一系列精妙的设计和协作，水轮发电机组得以将自然界中丰富的水能资源转化为人类社会所需的电能，为经济的发展和进步提供了强有力的支持。

## 2 水轮发电机组常见故障及原因分析

### 2.1 机械故障

水轮发电机组在运行过程中，常遇到的机械故障主要包括轴承磨损、转轮叶片裂纹以及导叶卡涩等。轴承作为支撑转轮和传递转矩的关键部件，其长期承受高速旋转和巨大负荷，容易出现磨损和疲劳，进而导致振动加剧、噪音增大，甚至引发轴承失效。转轮叶片长期受到水流的冲击和侵蚀，加之材料老化、应力集中等因素，容易产生裂纹，严重影响机组的安全运行。而导叶卡涩则多由于泥沙淤积、杂物堵塞或机械部件失灵导致，造成水流调节不畅，影响机组出力。

### 2.2 电气故障

电气故障是水轮发电机组运行中不可忽视的问题，主要包括发电机定子绕组短路、转子匝间短路以及励磁系统故障等。定子绕组短路可能是由于绝缘老化、过电压冲击或制造缺陷等原因造成，短路时会产生巨大的短路电流，严重损坏发电机及相关设备。转子匝间短路则可能由于转子线圈绝缘损坏、振动过大或长期高温运行引起，短路会导致转子磁场畸变，影响发电机输出电压和电流的稳定性。励磁系统故障则可能涉及励磁电源、励磁变压器、整流器等多个环节，其故障会影响励磁电流的稳定供给，进而影响发电机输出电压和功率因数。

### 2.3 辅助系统故障

辅助系统故障虽然不直接影响水轮发电机组的能量转换过程，但其对机组整体运行的安全性和效率至关重要。常见的辅助系统故障包括冷却系统故障、润滑系统失效以及调速系统失灵等。冷却系统负责散发机组运行过程中产生的热量，若其出现故障，如冷却水不足、管路堵塞或冷却风扇损坏等，将导致机组温度过高，影响机组寿命和运行效率<sup>[2]</sup>。润滑系统则负责为机组各部件提供必要的润滑，减少磨损和摩擦，若润滑油不足、污染或润滑装置故障，将导致部件磨损加剧，甚至引发严重故障。调速系统作为控制机组转速和出力的关键，其失

灵将直接影响机组的稳定运行和电网的安全供电。

### 3 水轮发电机组检修实施策略

#### 3.1 预防性检修

在水轮发电机组的运维管理中,预防性检修作为一种成熟性的维护手段,其重要性不言而喻。它不仅要求制定严谨而科学的定期检修计划,更强调了对设备运行状态的深入理解和预测性维护的精准实施。通过深入分析机组的运行历史数据、细致的维护记录以及设备制造商的专业建议,能够更加精确地把握设备的性能变化趋势和潜在的故障风险,从而制定出更加贴近实际需求的检修项目和时间表。利用先进的传感器技术和数据采集设备,可以实时监测并记录机组的关键运行参数,如温度、振动、噪音等,这些数据是评估机组健康状态和预测潜在故障的重要依据。在制定检修计划时,需要充分考虑设备的运行特点、故障模式以及检修资源的可用性。检修计划的制定还应遵循“预防为主,防治结合”的原则,即在消除已发现故障隐患的同时,积极采取预防性措施,防止类似故障的再次发生。

#### 3.2 状态性检修

状态性检修作为一种高效、精准的运维管理策略,其核心在于通过实时监测和深入分析机组的关键性能参数,实现故障的早期预警和预防性维护。这种策略不仅延长了设备的检修周期,减少了非必要的停机时间,还显著节约了运维成本,提升了整体经济效益。具体而言,状态性检修集成了机组振动摆度检测、发电机气隙监测以及温升速率分析与绝缘性能评估等多重技术手段。振动摆度检测利用高精度传感器捕捉机组旋转部件的振动信号,通过频谱分析和时域分析等方法,精准识别机械不平衡、轴承松动或磨损等问题,从而在故障发生前采取预防措施。发电机气隙监测则实时监测定子与转子之间的气隙宽度变化,确保发电机在最佳工作状态下运行,有效预防电气故障的发生。同时,温升速率分析与绝缘性能评估对电气元件的温度变化和绝缘状况进行全面监控,及时发现并处理潜在的过热和绝缘损坏问题,保障机组电气部分的安全可靠运行。基于这些数据和结果,运维人员可以制定更加科学合理的维修计划,既避免了因传统定期检修可能造成的过度维修,又确保了关键故障在发生前得到有效处理,从而实现了检修周期的延长和运维成本的降低<sup>[3]</sup>。

#### 3.3 故障诊断技术

随着科技的不断进步,振动分析、油液分析、红外热成像等现代故障诊断技术已被广泛应用于水轮发电机组的检修工作中。振动分析通过测量机组各部件的振动

特性,可以识别出轴承磨损、转子不平衡等机械故障;油液分析则通过检测润滑油中的金属颗粒、污染物等,评估机组的磨损程度和健康状况;红外热成像则利用热辐射原理,快速定位机组中的过热区域,揭示潜在的电气或机械故障。此外,建立故障诊断数据库,将历史故障案例、诊断经验和解决方案进行系统化整理,有助于提升诊断效率和质量,为后续检修工作提供宝贵参考。

#### 3.4 检修技术与方法

##### 3.4.1 远程监控与诊断系统

远程监控与诊断系统利用物联网、大数据、云计算等先进技术,实现了对水轮发电机组运行状态的实时监测和远程诊断。通过安装在机组上的传感器和监控设备,可以实时采集并传输机组的运行数据至远程监控中心,由专业的技术人员进行数据分析和故障诊断。这一技术的应用不仅提高故障诊断的及时性和准确性,还实现了检修资源的优化配置,降低了人力和物力成本。

##### 3.4.2 智能化检修平台

智能化检修平台是基于大数据、人工智能等技术构建的检修管理系统。该平台通过整合机组的历史运行数据、维护记录、故障案例等信息,利用机器学习算法对机组状态进行智能评估,预测潜在故障并提前制定检修计划。同时,平台还支持检修任务的智能化分配、进度跟踪和质量监控,提高了检修工作的效率和管理水平。

### 4 水轮发电机组管理策略执行手段和方法

#### 4.1 健全设备管理制度

为了全面提升水轮发电机组的管理效率与运行安全性,构建一个集数字化管理与智能预警于一体的综合管理体系。通过先进的数据可视化技术,平台能够直观展示机组的实时运行状态和维护需求,为管理层提供了精准、及时的决策依据。同时,智能预警系统被无缝集成到该平台中,利用物联网技术实时监测机组关键参数,并运用智能算法进行深度数据分析,一旦检测到任何异常状况,系统将立即触发预警机制,自动通知相关人员迅速响应,从而有效遏制故障的发展,保障机组的持续稳定运行。为确保管理体系的不断完善与进步,引入了PDCA(计划-执行-检查-行动)循环机制,定期对设备管理维护制度进行全面评审和持续优化,通过广泛收集反馈意见、深入分析数据指标、科学评估实施效果,不断调整制度内容和优化执行流程,以实现管理水平的螺旋式上升<sup>[4]</sup>。

#### 4.2 落实管理制度的有效策略

为确保水轮发电机组管理制度的有效落地与持续改进,将采取一系列精准的执行手段和策略。强化制度宣

传与培训，确保每位员工对管理制度有深入的理解和认识，明确各自职责，形成上下一致的执行氛围；建立严格的监督与考核机制，通过定期检查、随机抽查等方式，对制度执行情况进行跟踪评估，确保各项规定得到切实执行。同时，设立奖惩机制，对执行制度优秀的个人或团队给予表彰奖励，对违反制度的行为进行严肃处理，以儆效尤。还将充分利用数字化管理平台，通过实时监测、数据分析等手段，对机组运行状态进行精细化管理，及时发现潜在问题并快速响应。智能预警系统的无缝集成，将进一步提高故障预警的准确性和时效性，为机组的持续稳定运行提供有力保障。持续优化制度内容与执行流程，引入PDCA循环机制，通过不断的计划、执行、检查和行动，收集反馈意见，分析数据指标，评估实施效果，从而实现管理制度的迭代升级和管理水平的螺旋式上升。

#### 4.3 提高应急处理能力

应急预案是针对机组可能遭遇的各类突发事件（如自然灾害、设备故障、人为误操作等）而预先设计的应对方案，它明确了应急响应的组织架构、职责分工、应急资源、处置流程等关键环节，为应急行动提供了明确指导和操作规范。通过深入分析机组运行过程中的潜在风险点，预测可能发生的各类事故情景，结合历史数据和经验教训，制定出具有针对性和可操作性的应急预案。预案内容应详尽具体，包括但不限于应急指挥体系、信息传递流程、人员疏散方案、设备隔离与恢复措施、安全防护措施等，以确保在紧急情况下能够迅速启动并有效执行。只有通过定期的应急演练，才能检验预案的可行性和有效性，发现并改进存在的问题和不足。应急演练应模拟真实的事场景，涵盖从报警接收到应急处置的全过程，确保各岗位人员能够熟练掌握应急程序和操作技能。演练后应及时进行总结评估，分析问题原因，提出改进措施，不断完善和优化应急预案。通过定期举办应急培训班、应急知识讲座等形式，提高全体员工的应急意识和自救互救能力。特别是针对关键岗位人员，要加强专业技能培训和实战演练，确保在关键时

刻能够迅速、准确地应对各类突发事件。

#### 4.4 人员培训与考核

为了提升水轮发电机组运维团队的整体素质和技能水平，采取一系列高效的人员培训与考核策略。首先，搭建在线学习平台，集成丰富的培训资源和课程，让员工能够根据自身需求和时间安排进行自主学习。通过在线测试和模拟操作等互动环节，实时检验员工的学习成果，确保培训效果的同时提高学习效率。其次，实施导师制度，由经验丰富的老员工或行业专家担任导师，对新入职或晋升的员工进行一对一的精准指导。这种传帮带的方式不仅加速新员工的成长步伐，还促进了团队内部知识的传承与共享，提高整体团队的技术实力。通过激烈的比赛，我们既检验了员工的技能水平，激发学习热情和竞争意识，同时也为团队选拔出一批优秀的人才。通过物质奖励、晋升机会等多种手段，激励员工积极参与培训和考核，不断提升自我，为水轮发电机组的安全稳定运行贡献自己的力量。

#### 结束语

综上所述，水轮发电机组的检修实施与管理策略是确保水电站安全、高效运行的关键。通过实施预防性检修、运用先进故障诊断技术和检修方法，并建立健全的设备管理维护制度和应急预案体系，加之持续的人员培训与考核，能够显著提升机组的可靠性和维护效率。未来，随着科技的不断进步和管理理念的持续创新，相信水轮发电机组的运维管理水平将迈向更高台阶。

#### 参考文献

- [1]杨小龙,钟思阳.加强大型水电站水轮发电机组检修现场管理研究[J].中国设备工程,2019(05):68-70.
- [2]何良君.加强大型水电站水轮发电机组检修现场管理研究[J].智能城市,2018,4(23):121-122.
- [3]姜春,姜建勋.水轮发电机组常见故障及维护措施研究[J].价值工程,2020,39(02):254-256.
- [4]刘立壮.水轮发电机组的检修要点及措施研究[J].技术与市场,2018,25(10):206+208.