

# 水电站运行中的故障预测与诊断技术研究

张沛东

河北省水务中心石津灌区事务中心, 河北 石家庄 050051

**[摘要]**我国水利领域包含了各式各样的水电站, 这些水电站有着不同规模与类型。其中, 电气设备属于核心构成部分, 它对水电站的运行成效以及效率有着直接的影响。在水电站实际运行期间, 电气设备的性能状况以及稳定性始终受到高度重视, 目的就在于保证其能一直契合发电以及控制方面的要求。不过, 电气设备在使用环节里常常会出现故障情况, 如此一来, 设备的规范性以及可靠性便很难得以保障, 最终还可能诱发潜在的安全方面的风险。文章针对水电站电气设备所存在的故障问题展开分析, 深入探究提升设备运行稳定性以及安全性的那些关键举措, 从而为提高水电站整体的运行安全程度给予相应的理论层面的支持。

**[关键词]**水电站运行; 故障预测; 诊断技术

DOI: 10.33142/aem.v7i7.17410

中图分类号: TV74

文献标识码: A

## Research on Fault Prediction and Diagnosis Technology in Hydroelectric Power Station Operation

ZHANG Peidong

Hebei Provincial Water Affairs Center Shijin Irrigation District Affairs Center, Shijiazhuang, Hebei, 050051, China

**Abstract:** Chinese water conservancy field includes various types of hydropower stations, which have different scales and types. Among them, electrical equipment is a core component that has a direct impact on the operational effectiveness and efficiency of hydropower stations. During the actual operation of hydropower stations, the performance and stability of electrical equipment are always highly valued, with the aim of ensuring that it can always meet the requirements of power generation and control. However, electrical equipment often experiences malfunctions during use, which makes it difficult to ensure the standardization and reliability of the equipment, and may ultimately lead to potential safety risks. The article analyzes the faults in the electrical equipment of hydropower stations, explores in depth the key measures to improve the stability and safety of equipment operation, and provides corresponding theoretical support for improving the overall operational safety of hydropower stations.

**Keywords:** operation of hydropower stations; fault prediction; fault diagnosis

### 引言

随着我国水电作为重要清洁能源形式的持续发展壮大, 水电站的安全与稳定运行对于能源供应的可靠性及可持续发展的作用日益凸显。作为运行核心的机电设备, 其可靠性直接决定了发电效率及设备的使用寿命。多种因素, 如复杂多变的运行环境、设备老化以及负载波动, 使得水电站设备面临诸多故障风险, 严重时机组停机或安全事故的发生不可避免, 由此给电站带来的经济损失和安全隐患也随之加剧。设备故障的早期预测与精准诊断已被视为提升水电站运行管理水平的关键环节。传统故障检测手段以定期巡检及故障发生后的被动维修为主, 这种方式存在响应迟缓、维修成本高及设备寿命缩短等缺陷。近年来, 传感技术、数据采集系统、人工智能和大数据分析技术的迅速发展, 使基于实时监控数据的故障预测与诊断技术逐渐成熟, 智能化管理水电站设备运行状态的技术支撑因此得以夯实。本文围绕水电站设备的常见故障检修技术、故障处理方法及故障管理优化路径展开系统研究, 重点探讨了故障预测与诊断技术的关键应用, 旨在为提升水电站设备维护管理水平和保障电站安全稳定运行提供理论依据

与实践指导。

### 1 水电站设备常见故障检修技术要点

#### 1.1 稳定性故障检修

稳定性故障说的是水电站机电设备在运转的时候, 因系统参数出现波动或者设备性能有所降低, 使得运行状态变得不稳定, 对发电机组正常运作以及电网安全产生了影响。对于稳定性故障展开检修, 一开始得全面且细致地去监测并分析设备运行数据, 像振动、温度、电流、电压这些关键参数都要涵盖, 要能及时察觉到异常波动或者趋势方面的变化, 弄清楚故障是从哪儿冒出来的。接着, 要结合故障诊断技术, 借助振动分析、频谱分析还有故障模拟等办法, 精确判定稳定性故障具体属于哪种类型, 比如机械共振、轴承松动又或者是转子不平衡这类问题。在检修期间, 得着重留意设备的机械连接部件、电气系统以及控制系统, 针对检测出的问题采取有效的修复与调整举措, 例如更换已经磨损的部件、校正转子平衡、强化紧固措施以及对控制参数加以优化。除此之外, 为了防止稳定性故障一而再再而三地出现, 得建立起完备的预防维护制度, 按时去做设备状态评估以及性能优化工作, 保证设备能够

在设计工况所规定的范围之内稳定地运行下去。

### 1.2 水轮机密封故障检修技术

水轮机是水电站运行中的核心设备,其正常运行关系到整个电站的稳定性和发电效率。一旦水轮机出现故障,水电站的正常生产将受到严重影响。因此,水轮机密封故障的检修在机械设备维护中占有重要地位。有效解决密封故障不仅保障了水能的高效转化,还提升了水电设备的整体使用效率。故障检修人员需高度重视水轮机相关技术的应用,确保在保障水轮机高质量稳定运行的同时,及时开展密封故障的检修工作<sup>[1]</sup>。目前,密封技术作为水轮机故障处理的主要手段,在提高水电站设备自动化控制水平方面发挥了积极作用。

## 2 水电站设备故障处理

### 2.1 空压机频繁启动

空压机频发启动一事,在水电站设备运转期间算是相当常见的一种情况,并且它所带来的影响也颇为严重。其主要呈现出这样的状况:空压机于短短的时间内不停地启停,如此一来,设备的机械磨损程度不断加剧,能耗也跟着大幅增加,而且还给系统压力的稳定状态带来了威胁,甚至有可能致使其他的联动设备出现故障。造成频繁启动的原因有很多方面,其中系统气路存在泄漏的情况就是主要的诱因之一。空气发生泄漏之后,压力就会出现下降的状况,这就迫使空压机不停地启动,以便维持压力处于平衡的状态。储气罐的容量不够或者内部有积水以及杂质堵塞,这使得储气的功能有所下降,没办法有效地对压力波动起到缓冲的作用。还有,压力调节阀出了故障或者调节参数的设置不合理,那么就容易导致压力控制不够准确,进而触发频繁的启停操作。除此之外,控制系统传感器出现故障或者是信号存在延迟的情况,同样会产生错误的启动信号。用气负载的波动比较剧烈,尤其是在负载突然增加或者减少的时候,系统的压力很难维持在一个平稳的状态,于是启动的次数便不断增加。对于这一问题,必须要采取综合性的措施来应对:一方面要全面地去检查并修复气路系统,把所有可能出现泄漏的地方都彻底排除掉,保证管道以及阀门都能够实现良好的密封效果;另一方面需要定期对储气罐进行维护,将积水以及沉淀物清理干净,以此来保障储气罐的储气容量以及相关功能。与此还要对压力调节阀以及控制系统的参数进行校验和调整,确保它们能够灵敏且稳定地作出响应。而且,要强化对压力传感器的监测与维护工作,确保所采集到的数据是准确且可靠的。还得对用气管理加以优化,尽量避免用气负载出现剧烈的波动,如果有必要的话,可以采用缓冲装置或者调整运行工况的方式来进行处理。

### 2.2 增速器温度过高

增速器作为水电站机电设备中的关键传动部件,其运行温度的异常升高不仅会影响设备的传动效率,还可能导

致润滑油劣化、齿轮磨损加剧甚至严重损坏,进而威胁整个发电系统的安全稳定运行。增速器温度过高的原因多样,常见包括润滑系统故障如油量不足或润滑油污染,齿轮啮合不良或齿轮损坏,轴承磨损或定位不准确,以及散热系统不畅等。针对温度异常问题,首先应对增速器的润滑系统进行全面检查,确保润滑油的质量和供应充足,及时更换老化或污染的润滑油。其次,需检查齿轮和轴承的磨损情况,确认啮合精度和轴承安装是否符合技术规范,排除机械故障。散热系统也需进行维护,确保冷却设备运行正常,通风良好。通过安装温度监测装置,实现对增速器温度的实时监控,有助于及早发现异常并采取措施。此外,优化运行工况,避免超负荷运行,也是防止温度过高的的重要手段。

### 2.3 集水井水位异常升高

在水电站的运行进程当中,集水井出现水位异常升高的情况属于一种比较严重的故障表现形式。这种状况会直接对水轮机的进水条件产生影响,并且会对整个发电效率形成阻碍作用,与此还存在着诱发设备安全方面隐患的可能性。而水位出现异常升高的情况往往是由于多种多样的因素共同作用所引起的,像在引水系统里面管道出现了堵塞的情况,又或者水泵以及闸门没有完全处于关闭的状态,再者排水系统发生故障或者是排水不够顺畅,还有就是上下游水位的调节操作不够恰当等等情况都可能成为引发该故障的原因。具体来讲,管道一旦出现堵塞,那么水流的流通就会受到阻碍,进而使得集水井当中的蓄水量有所增加,水位呈现出持续上升的态势;要是闸门以及阀门没能完全开启或者是在开启与关闭的过程中出现了异常状况,那么就会影响到水流通道的顺畅程度,从而引发水流出现回流或者是积水的现象;如果排水系统存在着故障,比如排水管道发生了堵塞,或者排水泵出现了失灵的情况,那么同样会让积水没办法及时地排出去,最终致使水位不断升高<sup>[2]</sup>。除此之外,像环境方面的因素,例如上游水位出现异常的上涨情况,亦或是遭遇暴雨洪水这类突发的水文事件,也都会致使集水井的水位出现异常的波动情况。对于这样的问题,运维人员需要先从设备和系统的层面着手,展开较为细致的检查工作,仔细排查管道以及闸门的通畅与否的情况,要保证各类阀门能够正常地进行开闭操作并且具备灵活的操作性能,与此还要对排水系统的相关设备加以维护以及检修,以此来确保其能够高效地运转起来。还需要借助现代的监测技术手段,对集水井水位的变化情况实施实时的监测操作,通过对数据展开分析的方式提前对异常水位做出预警提示,以便能够快速地做出相应的处置应对措施。并且要合理地上下游水位进行调度安排,配合上科学合理的水资源管理方面的策略举措,对水流流量加以协调把控,以此来减缓水位出现的波动情况。

### 2.4 蓄电池单体电压欠压

蓄电池属于水电站备用电源系统的关键构成部分,要

是其单体电压呈现出欠压的情况,那么这将会径直对整个电池组所具备的性能以及电站应急供电应有的可靠性产生影响。一般而言,蓄电池单体电压欠压往往是以有个别电池单体电压比设计标准要低的形式表现出来的,如此一来,就有可能致使电池容量有所下滑、充放电效率相应降低,并且还可能存在引发电池出现过放电状况以及提前失效的风险。而造成单体电压欠压的诸多原因当中,像电池老化、充电时出现不平衡情况、极板发生硫化现象、内部存在短路或者接触不够良好、环境温度出现异常等等这些都包含在内。要想有效地去处理这类故障,第一步得对蓄电池组展开全面细致的检测工作,借助专用的检测设备来对各个单体电压加以测量,从而精准地识别出那些处于异常状态的电池单体。对于检测过程中所发现存在问题的那些单体,务必要及时地采取诸如更换或者是修复之类的相应措施,以此来阻止它们给整体电池组的性能带来更为严重的后续影响。与此还需要对充电管理策略予以优化,务必保证充电电流以及电压都能够契合技术规范的要求,从而避免因充电不平衡而使得部分电池出现过充或者欠充这样的情形。还得强化对环境温度的控制力度,努力维持蓄电池所处工作环境的相对稳定状态,防止温度过高的情况或是过低的状态对电池性能形成不利影响。

### 3 优化水电站设备故障管理途径

#### 3.1 完善管理制度

完善管理制度对于优化水电站设备故障管理而言,属于基础保障范畴,其可规范运维流程,提升故障处理的效率以及质量方面表现。当下,部分水电站在设备故障管理方面存在着制度不够健全、职责界定不清晰、流程不规范等诸多问题,这些问题致使故障响应速度变慢、信息传递出现阻碍并且资源配置也不合理。针对此情况,需要建立健全有关设备故障管理的规章制度,明确各级人员在故障监测、报告、分析、处置以及反馈各个环节当中的职责分工,构建起责任清晰明确且层层得以落实的管理体系。与此要制定科学且合理的故障处理流程以及标准操作程序,以此保证故障发生之时能够快速作出响应、精准定位故障并高效完成修复工作,最大限度地降低设备停机的时间以及由此产生的经济损失<sup>[3]</sup>。管理制度还需包含故障数据的采集与归档内容,建立起完善的设备运行及维修档案,以便为后续的故障分析与预防给予数据方面的有力支持。结合现代信息技术来推动故障管理的信息化建设,达成故障监测、预警、处理以及评价等方面的数字化、智能化管理目标,进而提升整体的管理水平。

#### 3.2 加强人才队伍建设

强化人才队伍建设乃是提高水电站设备故障管理成效的重要环节所在。伴随水电站机电设备技术持续向前发展以及故障诊断手段变得日益繁杂起来,专业技术人员所

具备的素质以及能力会在很大程度上对故障处理的效率及效果产生影响。一方面要着重于引进并着力培养那些有着机电一体化、电气自动化、机械维修等相关专业背景的高素质人才,进而构建起结构较为合理且技能颇为全面的专业技术团队;另一方面需借助定期举办岗位培训、技术交流以及技能竞赛等一系列活动,不断地提升运维人员在故障识别、诊断还有维修方面的各项能力,同时强化其实际操作技能以及应急处置的能力。应当鼓励技术人员踊跃参与到新技术、新设备的学习以及应用当中去,以此推动知识的更新以及技术的创新,从而提升整个团队的技术水平<sup>[4]</sup>。与此还应完善人才激励的相关机制,建立起科学合理的绩效评价以及激励制度,以此来激发员工工作当中的积极性以及创新方面的精神。加强人才队伍建设的时候,还要注重跨部门之间的协作以及信息的共享,通过这样的方式来促使经验得以交流并且提升团队协作的能力。

### 4 结语

水电站属于重要的清洁能源生产装置,其机电设备能够安全且稳定地运行,这可是保障电力供应以及推动可持续发展极为关键的一个方面。要是引入先进的故障预测跟诊断方面的技术,那么就能达成对设备所存在的潜在问题做到提前发现,并且可以精准地确定其位置,如此一来便能切实提高维护的工作效率,同时也能减少因突发故障而产生的损失。这篇文章着重围绕着水电站设备经常出现的故障其诊断要点、具体的故障处理办法以及管理方面的优化策略展开了较为系统的剖析,着重指出了传感技术、大数据分析还有人工智能在故障预测环节当中所起到的重要作用。在未来,伴随着智能化技术不断地向前发展,水电站的故障预测与诊断将会变得更加精准也更加高效,这对于实现设备运维走向智能化与自动化有着积极作用,进而推动水电站的运行管理工作朝着更为安全、更经济以及更绿色的发展趋势去迈进。

#### [参考文献]

- [1]杨丽娟.水电站运行中的故障预测与诊断技术研究[C].重庆市大数据和人工智能产业协会,重庆:西南大学,重庆工商大学,重庆建筑编辑部.人工智能与经济工程发展学术研讨会论文集.甘肃电投大容电力有限责任公司,2025.
- [2]张伟辉,刘艳,张百川,等.浅谈水电站在运行中设备故障的判断及处理[J].小水电,2020(5):31-32.
- [3]潘丰满,李默迪,周明嘉.水电站在运设备故障诊断及处理[J].水电站机电技术,2023,46(4):116-118.
- [4]邱茂林.水电站电气设备常见故障与处理措施分析[J].科技与创新,2017(18):136-139.

作者简介:张沛东(1988.10—),男,毕业院校:中国农业大学,所学专业:水利水电工程,当前就职单位:河北省水务中心石津灌区事务中心,职称级别:助理工程师。