

# 水力发电装置的运行状态故障及检修方法分析

张佳媛

双桥区水务局, 河北承德 67000

**摘要** : 本文从水力发电装置的组成及工作原理出发, 分析了其运行过程中存在的常见故障, 并介绍了两种常见的故障监测方法—直观检测法及状态检测法。通过对水力发电装置的运行状态故障及检修方法的分析, 文章旨在保障水力发电装置的长期稳定运行。

**关键词** : 水力发电装置; 运行状态; 故障检修

## Analysis of Operating State Faults and Maintenance Methods of Hydroelectric Power Plants

Zhang Jiayuan

Shuangqiao District Water Affairs Bureau, Chengde, Hebei 670000

**Abstract** : Starting from the composition and working principle of hydroelectric generator, this paper analyzes the common faults during its operation and introduces two common fault monitoring methods—intuitive detection method and state detection method. By analyzing the operating faults and overhauling methods of hydroelectric generators, the article aims to guarantee the long-term stable operation of hydroelectric generators.

**Key words** : hydroelectric generator; operating condition; fault maintenance

## 引言

作为可再生清洁能源以及重要的能源转换设备, 水力发电在全球范围内的应用日益广泛, 其正常运行对电力系统的稳定性和可靠性有着重要的影响。然而, 由于各种因素的影响, 水力发电装置在运行过程中可能会出现各种故障, 因此, 对于水力发电装置的故障及检修方法进行深入分析和研究具有重要意义。

## 一、水力发电装置情况

### (一) 基本组成结构

水力发电装置是将水能转化为电能的机械装置, 主要由水力发电机组、控制系统、输出系统以及其他辅助系统组成, 水力发电装置是一种绿色、可再生的能源, 广泛应用于电力生产领域。

#### 1. 水力发电机组

水力发电机组是水力发电装置的核心部分, 负责将水能转化为电能, 它主要由水轮机、发电机、调速器、辅助系统等组成, 其中, 水轮机是水力发电装置中的动力装置, 通过水流驱动转轮旋转, 将水能转化为机械能。发电机是将机械能转化为电能的装置, 通过磁场和导线的相对运动, 产生交流电。调速器用于调节水轮机的转速, 从而控制发电机的输出功率, 保持电网频率和电压的稳定。辅助系统包括油系统、冷却系统、控制系统等, 为水轮机和发电机正常运行提供必要的条件和支持。

#### 2. 水工建筑物

水工建筑物是水力发电装置的基础结构, 包括上游的拦水

坝、进水口、引水管、压力钢管和厂房等。拦水坝用于拦截水流, 形成水库, 进水口则引导水流进入装置, 引水管将水流引入压力钢管, 压力钢管将水流输送至水轮机, 厂房则是安装和维护装置的场所。

#### 3. 控制系统

控制系统是水力发电装置的大脑, 负责监控、调节和控制装置的运行。控制系统主要由监控系统、保护系统、自动化系统、通讯系统等组成。监控系统负责实时监测水力发电装置的运行状态和参数, 及时发现异常情况。保护系统在发生异常情况时, 自动采取保护措施, 防止装置损坏和人员伤亡。自动化系统通过预设的程序, 自动调节水力发电装置的运行状态, 提高运行效率。通讯系统则负责数据传输和信息交换, 保证各系统之间的通信畅通<sup>[1]</sup>。

#### 4. 输配电系统

输配电系统是将电力输送至电力系统的部分, 主要由高压开关站、变压器、低压配电装置、输电线路等组成。其中, 高压开关站是将电能输送到电网的接口, 通过高压输电线路将电能传输到目的地。变压器用于将高压交流电转换为较低的电压, 以便传

输和使用。低压配电装置是将电能分配到各个用户的装置，包括配电柜、电缆等。输电线路是将电能从发电厂输送到用户端的电线或电缆<sup>[2]</sup>。

## （二）工作原理

水力发电装置是一种利用水流落差转化为电能的装置，其工作原理主要包括以下四个方面：利用水流落差转化为电能、水力发电厂将水流引入水轮机，驱动水轮机旋转、水轮机带动发电机转动，产生电能以及发电机将电能输送到电网，供用户使用<sup>[3]</sup>。

### 1. 利用水流落差转化为电能

水力发电装置的核心原理是利用水流落差转化为电能。当水流从高处流向低处时，由于水流的势能转化为动能，这种动能可以驱动机械装置运转，从而将动能转化为电能<sup>[4]</sup>。

### 2. 水力发电厂将水流引入水轮机，驱动水轮机旋转

水力发电厂是水力发电装置的重要组成部分，它包括进水口、引水管道、压力钢管和厂房等设施。当水流从高处流向低处时，水流通过进水口进入引水管道，经过压力钢管输送到水轮机，水轮机利用水流的动能驱动其旋转。

### 3. 水轮机带动发电机转动，产生电能

水轮机是水力发电装置中的核心机械装置，它由水流驱动旋转，通过连接轴与发电机相连。当水轮机旋转时，发电机也随之转动，从而将水流的动能转化为电能。

### 4. 发电机将电能输送到电网，供用户使用

发电机是水力发电装置中的重要电力装置，它将水流的动能转化为电能。发电机产生的电能经过变压器升压后，通过输电线路输送到电网，供用户使用。

## 二、水力发电装置的运行状态故障分析

### （一）机械故障

#### 1. 水轮机故障

水轮机是水力发电装置的核心机械装置之一，在运行过程中常常出现故障，比如叶片损坏、转轮磨损、轴承损坏等，表现为异常的振动、噪声和异响<sup>[5]</sup>，这些故障会导致水轮机旋转阻力增加，影响发电效率。

#### 2. 传动系统故障

水力发电装置的传动系统主要包括连接轴、轴承、齿轮等部件，其故障主要包括轴承磨损、齿轮损坏、连接轴断裂等。这些故障会影响传动系统的正常运转，导致水轮机和发电机之间的动力传递受阻。

#### 3. 进水口故障

进水口是水力发电厂的重要组成部分之一，其故障主要包括阀门损坏、管道堵塞等。这些故障会影响水流进入水轮机的流量，影响水轮机的正常运转。

### （二）电气故障

#### 1. 发电机故障

电机是水力发电装置中的重要电气装置<sup>[6]</sup>，其故障一般包括励磁故障及本体故障两种。前者指励磁系统出现的故障，后者则是

发电机本身出现的故障。相对来讲，后者的危害性更大，会引起高温，进而可能导致火灾事故的发生<sup>[7]</sup>。

#### 2. 变压器故障

变压器是水力发电装置中的重要电气装置，其故障主要包括过载、绝缘损坏、短路、声音异常等。拿声音异常举例，负荷过高的变压器会发出高亢的音调，单相接地情况的发生会使变压器的声音变尖，而零件松动会使变压器发出很大的噪音等<sup>[8]</sup>。当变压器出现绝缘瓷套闪络时，则可能是由于变压器密封橡胶密封效果没有达到相关要求，或者螺母产生松动，以至于绝缘部件产生损坏，进而造成变压器故障<sup>[9]</sup>。

#### 3. 调速器故障

调速器硬件故障可能是由于机械磨损或电气损坏引起的，会导致调速器操作不灵便，控制精度下降，甚至无法正常工作。常见的调速器故障诸如开机频率异常、负荷波动等<sup>[10]</sup>。一般来讲，仪表可以检测到调速器的故障位置，当仪表指示不准确时，可以记录下故障情况，停止调速器的运行，再进行检查及修复<sup>[11]</sup>。

### （三）水力故障

#### 1. 水泵故障

水泵是水力发电装置中的重要水力机械，其故障主要包括叶轮损坏、轴承磨损、泵轴断裂等。这些故障会影响水泵的正常运转，导致水流无法正常吸入或排出<sup>[12]</sup>。

#### 2. 管道故障

管道是水力发电装置中的重要组成部分之一，其故障主要包括管道漏水、管道堵塞、管道破裂等。这些故障会影响水流的正常传输，导致装置无法正常运转<sup>[13]</sup>。

### （四）控制系统故障

#### 1. 控制器故障

控制器是控制系统的核心部件，其故障主要包括电路板损坏、传感器故障、继电器损坏等。这些故障会导致控制器无法正常接收和处理信号，导致控制失灵或误操作。

#### 2. 通信故障

通信故障主要包括信号丢失、信号干扰、信号传输异常等，这些故障会导致控制系统无法正常通信，导致数据无法传输或传输出现错误，影响控制系统的准确性和可靠性。

#### 3. 软件故障

软件故障主要包括控制程序错误、软件版本不匹配等，可能会导致控制系统无法正常处理信号或无法正确输出控制信号，导致装置无法正常运行。

#### 4. 硬件故障

硬件故障主要包括电路板损坏、传感器故障、执行机构故障等硬件装置的故障，会导致控制系统无法正常工作，影响装置的控制性能。

## 三、水力发电装置的运行故障检修方法

### （一）直观检修法

直观检修法主要是通过观察装置的外观、声音、气味、温度等

指标,结合工作经验,判断装置的运行状态和故障类型的方法<sup>[14]</sup>。第一,要观察装置的整体外观,检查外壳、内部零件等有无磨损、变形、松动等情况,注意检查装置是否有漏水、漏油、冒烟、火花等情况<sup>[15]</sup>。第二,听装置运行时的声音,判断是否有异常的噪音或振动。例如,轴承磨损、轴封失效等故障会产生特定的声音或振动,通过对比正常运行时的声音,可以更准确地判断故障类型。或者采用橡皮锤进行带电检查,通过敲击声音判断设备是否存在故障,当然,这要求操作人员具有一定的经验要求<sup>[16]</sup>。第三,通过嗅装置的味道,判断是否有异常的气味。例如,电机过载、电线短路等故障会产生烧焦气味,通过嗅闻气味,可以初步判断故障类型。第四,可以用手感受装置的温度,判断是否有过热或过冷的情况。装置过热可能是由于轴承磨损、润滑不足等原因引起的,装置过冷可能是由于冷却系统故障、环境温度过低等原因引起的。第五,可以通过与对运行状况最为了解的操作人员进行交流,了解装置运行的历史情况,如故障频率、维修记录等。

直观检修法只是一种初步的故障判断方法,对于一些简单的故障,可以提高检修效率,而对于一些复杂的故障,还需要进一步采用更专业的检修方法进行维修<sup>[17]</sup>。

## (二) 状态检修法

状态检修法是借助先进的检修设备,通过在线监测系统,监测装置的状态,及时准确定位故障位置,可以快速地排除机组故障<sup>[18]</sup>。常用的仪器检测设备如电阻检测、电压检测<sup>[19]</sup>。

在具体操作中,会先根据装置的运行特点和故障类型,确定相应的监测指标,例如振动、温度、转速、压力等。再根据确定的监测指标,安装相应的监测装置,传感器是在线监测设备获取数据的唯一途径<sup>[20]</sup>,常常安装如振动传感器、温度传感器、转速传感器等。通过监测装置采集装置运行时的数据,例如振动幅度、温度变化、转速等。对采集到的数据再进行处理和分析,例如进行时域或频域分析、统计等。通过对数据的分析,可以发现装置潜在的故障隐患,并预测装置此后可能出现的故障,及时采取相应措施。

状态检修法需要投入一定的资金和时间安装监测装置、采集和分析数据等。因此,需要综合考虑经济效益和装置安全等因素,确定是否采用状态检修法。

## 四、结语

水力发电装置是电力系统中的重要设备,保证其正常运行是维护电力系统稳定和可靠的关键。本文分析了水力发电装置的常见故障,并提出了检修方法,这对于维护水力发电装置的稳定运行意义深远。随着技术的不断发展和进步,未来还需要进一步研究和探索更加高效和智能的故障诊断和检修方法,以适应不断变化的电力市场需求和技术发展。

## 参考文献:

- [1] 林宜东. 浅谈斑竹水电站直流系统的组成及自动化控制的应用[J]. 机电信息, 2013(24):35-36.
- [2] 孟焯. 某水电站直流系统的构成与自动化控制技术[J]. 内蒙古水力, 2016(02):56-57.
- [3] 李晓超, 谢威威, 秦蓉等. 水电站故障监测与分析系统研究综述[J]. 水科学与工程技术, 2021(05):85-89.
- [4] 朱鼎林. 水电站机械常见故障检修技术的应用分析[J]. 现代制造技术与装备, 2020, 56(08):187-188.
- [5] 莫斌伟. 水电站水轮发电机组常见故障技术处理[J]. 低碳世界, 2022, 12(11):73-75.
- [6] 吴秀兰. 探讨水电站机组运行常见故障与处理措施[J]. 科技与企业, 2014(11):338.
- [7] 晏迎秋. 水电站电气设备常见故障与处理措施[J]. 珠江水运, 2019(01):98-99.
- [8] 董武, 尹一松. 水电站电气故障分析与现场解决方案探析[J]. 山东工业技术, 2019(10):202.
- [9] 田茂旺. 水电站电气设备常见故障与处理措施[J]. 清洗世界, 2020, 36(10):87-89.
- [10] 次仁罗布. 试述水电站调速器常见故障与处理办法[J]. 科技展望, 2015, 25(27):113.
- [11] 方思程. 水电站电气设备运行维护与故障检修分析[J]. 设备管理与维修, 2022(08):43-44.
- [12] 李鑫. 湖南镇电站新厂房渗漏排水泵故障分析[J]. 小水电, 2015(03):75-77.
- [13] 郭守峰, 侯立东. 官地水电站1号机运行初期技术供水管道故障处理[J]. 水电与新能源, 2014(03):51-52.
- [14] 姚皓华. 水电站机电设备检修方法探讨[J]. 科技创新导报, 2015, 12(28):122-123.
- [15] 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(04):116-118.
- [16] 王原. 水电站电气设备运行维护与故障检修研究[J]. 电工文摘, 2016(3): 40-41+67. 新型工业化, 2019, 9(2):90-93.
- [17] 谭淞镁. 水电站机组状态监测与故障诊断系统应用[J]. 通信电源技术, 2020, 37(06):111-112.
- [18] 刘香建, 杨秀峰. 机组在线监测系统在故障分析中的应用[J]. 机电信息, 2015(36):103-104.
- [19] 李祖良. 水电站电气设备安全运行与故障检修[J]. 电子技术与软件工程, 2018(21):215.
- [20] 李长兵. 水电站机电设备运行维护与故障检修研究[J]. 新型工业化, 2020, 10(02):36-40.