

Common mechanical troubleshooting and maintenance of bulb through flow units

Bin Zhang

Huadian (Nanping) Energy Group Co., Ltd., Nanping, Fujian, 353000, China

Abstract

As an important power generation equipment in hydropower stations, the stability and reliability of the operation of bulb through flow units are directly related to the quality of power supply and the economic benefits of hydropower stations. However, in the long-term operation process, various mechanical failures are inevitable for the unit, which not only affect the normal operation of the unit, but also may pose a serious threat to the safety of the hydropower station. Therefore, regular maintenance and upkeep of bulb through flow units, timely detection and elimination of potential faults, are key to ensuring stable operation and extending the service life of the units. The occurrence of these faults is often closely related to factors such as the operating environment, operation mode, and maintenance of the unit.

Keywords

light bulb; Through flow type; crew; Mechanical failure; overhaul

灯泡贯流式机组常见机械故障检修与维护

张彬

华电(南平)能源集团有限公司, 中国·福建 南平 353000

摘要

灯泡贯流式机组作为水电站的重要发电设备,其运行状态的稳定性和可靠性直接关系到电力供应的质量和水电站的经济效益。然而,在长期运行过程中,机组不可避免地会出现各种机械故障,这些故障不仅会影响机组的正常运行,还可能对水电站的安全构成严重威胁。因此,对灯泡贯流式机组进行定期的检修与维护,及时发现并排除潜在故障,是确保机组稳定运行和延长使用寿命的关键。这些故障的发生往往与机组的运行环境、操作方式、维护保养情况等因素密切相关。

关键词

灯泡;贯流式;机组;机械故障;检修

1 引言

灯泡贯流式机组的机械故障种类繁多,涉及导叶连杆、桨叶、插装阀、密封等多个关键部件。例如,剪断销剪断、桨叶调节失灵、插装阀卡涩、密封泄漏等常见故障,都可能对机组的运行效率和安全性造成严重影响。因此,对机组进行科学的检修与维护,不仅需要及时发现并解决已出现的故障,还需要通过预防性维护措施,降低故障发生的概率,提高机组的整体性能。

2 电站情况概述

峡阳水电站坐落于福建省南平市峡阳镇,是富屯溪顺昌以下河段规划开发的第二座梯级电站,该电站总装机容量43.8MW,以发电为主,兼顾航运。电站的坝址上游,控制着一个广阔的流域面积,达到了13138平方公里,这为电站

提供了充足的水资源。

峡阳水电站的水库设计颇具匠心,总库容达到了4173万立方米,能够满足日调节的需求。水库的水位设置科学合理,死水位定为105.50米,正常蓄水位则设定为106.00米,以确保电站的稳定运行。同时,为了应对可能的洪水威胁,设计洪水位被设定为107.70米,而校核洪水位更是高达110.00米,这些措施共同构成了电站的防洪体系。在发电设备方面,峡阳水电站配备了三台灯泡贯流式机组,每台机组的单机容量均为14.6MW,这样的配置使得电站的总装机容量达到了43.8MW。这些高效能的机组为电站带来了可观的发电效益,多年平均发电量高达1.925亿千瓦时,年利用小时数更是达到了4395小时,充分展现了电站的高效运行能力和对区域电力供应的重要贡献^[1]。

3 灯泡贯流式机组常见机械故障及其现象

3.1 插装阀故障现象

在峡阳电站的灯泡贯流式机组中,调速器采用了先进

【作者简介】张彬(1988-),男,中国福建宁德人,本科,助理工程师,从事水轮发电机检修研究。

的插装阀结构，这一设计显著提高了系统的响应速度和可靠性，但同时也带来了新的故障模式。插装阀结构的特点在于其无中位、无比例阀的设计，使得系统更为紧凑且控制逻辑更为直接。然而，当插装阀出现故障时，其表现也颇为独特。

故障现象一：插装阀卡涩。在机组运行过程中，插装阀可能会因油质不佳、阀芯磨损或异物堵塞等原因而卡涩。当插装阀卡涩时，其控制油路的通断将受到影响，导致导叶开度无法准确调节，甚至可能出现导叶开度异常超限的情况。此时，机组可能会因导叶开度不当而触发过速保护，导致紧急停机。

故障现象二：插装阀密封失效。插装阀的密封性能对于系统的稳定运行至关重要。一旦密封失效，油液可能会从阀芯与阀座之间泄漏，导致控制油路压力下降，影响导叶的正常调节。

故障现象三：插装阀电磁铁故障。插装阀的电磁铁是控制阀芯动作的关键部件。当电磁铁出现故障时，如线圈烧毁、衔铁卡涩等，将直接导致插装阀无法动作，进而影响机组的正常运行。此时，机组可能会因导叶无法调节而停机。

3.2 全连杆结构故障现象

在灯泡贯流式机组中，全连杆结构是连接导叶与控制系统的重要部件。该结构采用剪断销作为安全保护装置，当连杆承受过大应力时，剪断销会自动剪断，以保护连杆和其他部件不受损坏。然而，这一设计也带来了特定的故障现象。

故障现象一：剪断销频繁剪断。当导叶在关闭过程中卡异物或连杆结构存在缺陷时，剪断销可能会频繁剪断。这不仅会增加停机时间，还会对机组的安全运行构成威胁。此时，应仔细检查连杆结构是否存在弯曲、磨损等问题，并及时更换损坏的剪断销。

故障现象二：连杆弯曲或断裂。在机组运行过程中，连杆可能会因受力不均或材料疲劳而弯曲或断裂。这一故障将导致导叶无法准确调节，进而影响机组的负荷稳定性和振动情况。此时，应停机检查连杆结构，并及时更换损坏的连杆。

3.3 主轴密封漏水故障现象

灯泡贯流式机组的主轴密封是防止水进入机组内部的关键部件。在汛期等高水位时段，主轴密封的漏水问题尤为突出。

故障现象一：漏水较大且持续。当主轴密封的填料磨损严重或安装不当时，可能会出现漏水较大且持续的情况。这不仅会浪费水资源，还会增加机组的维护成本。同时，漏水较大时还可能引发电气短路等安全隐患。此时，应停机检查主轴密封的填料和安装情况，并及时更换损坏的填料。

3.4 控制系统故障现象

灯泡贯流式机组的桨叶开度调节是控制系统的重要功能之一。当控制系统出现故障时，可能会导致桨叶开度与实际开度不一致。

故障现象一：桨叶开度反馈不准确。当控制系统的传感器出现故障或连接线路松动时，可能会导致桨叶开度的反馈信号不准确。此时，机组可能会因桨叶开度与实际开度不一致而运行不稳定，甚至可能触发保护停机。此时，应检查传感器和连接线路的状态，并及时更换损坏的部件^[2]。

4 灯泡贯流式机组常见机械故障检修与维护

4.1 案例一故障处理过程

插装阀卡涩通常源于油质不佳、阀芯磨损或异物堵塞。为有效应对这一问题，工作人员应定期对油质进行检测，确保使用高品质的液压油，避免油液中的杂质和金属颗粒对阀芯造成磨损。建立严格的油液过滤制度，使用高精度的过滤器，及时清除油液中的悬浮物和颗粒物。对于已磨损的阀芯，应及时更换，以避免因磨损加剧而导致的卡涩。此外，在机组停机检修时，应对插装阀进行彻底清洗，去除阀芯和阀座上的污垢和沉积物，确保阀芯动作灵活。针对密封失效问题，应选用高品质的密封材料，如耐磨、耐腐蚀的橡胶或金属密封环，以提高密封的可靠性和耐久性。在机组运行过程中，应定期检查插装阀的密封情况，一旦发现泄漏，应立即停机检查并更换损坏的密封件。工作人员应加强对油液压力和温度的监控，避免过高的压力和温度对密封材料造成损坏。在机组停机检修时，应对插装阀的密封面进行仔细检查，确保无划痕、磨损或腐蚀，必要时进行研磨修复。

插装阀的电磁铁故障直接影响阀芯的动作，进而影响机组的正常运行。为预防电磁铁故障，工作人员应选用质量可靠的电磁铁，确保其具有良好的耐高温、耐潮湿和抗干扰能力。定期对电磁铁进行检查和维护，包括检查线圈的绝缘电阻、衔铁的动作灵活性和电磁铁的固定情况。对于发现问题的电磁铁，应及时更换或维修。此外在机组运行过程中，应加强对电磁铁控制电路的监控，避免因电路故障而导致的电磁铁失效。在机组停机检修时，应对电磁铁进行彻底检查，包括清理线圈上的灰尘和污垢，检查接线端子的紧固情况，确保电磁铁的正常工作。

4.2 案例二故障处理过程

剪断销频繁剪断通常意味着机组运行存在异常或连杆结构存在某种程度的缺陷。为解决这一问题应加强对机组运行状态的监测，包括振动、温度和负荷变化等关键参数，以便及时发现异常情况。同时，定期对连杆结构进行全面检查，特别是关注连杆的弯曲度、磨损情况以及连接部位的紧固状态。对于已磨损或损坏的剪断销，应及时更换，并确保新剪断销的材质和规格符合设计要求。

此外，还应考虑优化连杆结构的受力设计，通过调整连杆的长度、角度或增加加强筋等方式，改善连杆的受力状态，减少剪断销受到的应力。同时，加强对机组操作人员的培训，确保他们熟悉机组的操作规程和应急处理流程，避免因操作不当而导致的剪断销频繁剪断。连杆弯曲或断裂是灯泡贯流式机组中较为严重的故障之一，直接影响机组的负荷

稳定性和振动情况。为预防这一故障应确保连杆材料的选用符合设计要求，并具备良好的抗疲劳性能。加强对连杆的定期检查和维修，包括检查连杆的表面是否有裂纹、磨损或腐蚀现象，以及测量连杆的弯曲度和尺寸变化。在机组停机检修期间，应对连杆进行彻底检查，特别是对于受力较大的部位，如连杆的中部和连接部位，应进行详细的检测和分析。对于已弯曲或断裂的连杆，应及时更换，并确保新连杆的安装位置和角度准确无误。此外，还应考虑对连杆结构进行改进和优化，如增加连杆的强度和刚度，减少受力不均的情况，以提高连杆的可靠性和耐久性。

4.3 案例三故障处理过程

灯泡贯流式机组作为水电站的重要组成部分，其主轴密封的性能直接关系到机组的安全运行和效率。尤其在汛期等高水位时段，主轴密封的漏水问题成为水电站运维人员面临的重大挑战。漏水较大且持续的现象，不仅直接导致了水资源的浪费，增加了水电站的运营成本，更可能因水渗漏进入机组内部，对电气设备和机械部件造成腐蚀，引发电气短路等安全隐患，严重时甚至可能导致机组的非计划停机，影响整个水电站的供电稳定性和可靠性。

针对主轴密封漏水这一故障现象，应采取综合性的解决策略。加强主轴密封的日常检查与维护，特别是在汛期前进行专项检查，一旦发现漏水较大，应立即停机压紧填料，若压紧效果不佳，填料磨损严重时，应立即停机更换填料，使用高质量的密封填料进行替换，以提高密封效果和使用寿命，若安装不当时，应及时调整主轴密封间隙。优化主轴密封的设计，如采用更先进的密封材料和结构，提升密封的耐压能力和耐磨性。同时，加强机组运行期间的监测，利用传感器实时监测主轴密封的漏水情况，一旦发现漏水异常，立即采取措施进行处理，避免问题恶化。此外，定期对机组操作人员进行培训，提高他们的故障识别和处理能力，确保在主轴密封漏水等紧急情况下能够迅速响应，有效避免安全事故的发生。通过这些措施的实施，可以显著降低主轴密封漏水的发生率，保障灯泡贯流式机组的稳定运行。

4.4 案例四故障处理过程

灯泡贯流式机组的桨叶开度调节是控制系统实现高效、

稳定运行的关键环节。当控制系统出现故障，导致桨叶开度反馈不准确时，机组的运行状态将受到严重影响。桨叶开度与实际开度的不一致，不仅会降低机组的发电效率，还可能因桨叶受力不均而引发振动，加速机械部件的磨损，甚至触发保护停机，造成电力供应的中断，影响电网的稳定性和用户的用电体验^[1]。

针对控制系统故障导致的桨叶开度反馈不准确问题，应采取以下措施进行解决。加强控制系统的日常巡检和维护，定期检查传感器的运行状态和连接线路的紧固情况，确保传感器能够准确、稳定地传输信号。一旦发现传感器故障或连接线路松动，应立即更换或修复，避免故障扩大。引入先进的故障诊断技术，如基于大数据和人工智能的故障预测系统，对控制系统的运行状态进行实时监测和分析，提前发现潜在故障，减少非计划停机的发生。同时，加强对机组操作人员的培训，提高他们的故障识别和处理能力，确保在控制系统出现故障时能够迅速定位问题并采取有效措施进行解决。此外，还应定期对控制系统进行升级和优化，采用更先进的控制算法和硬件设备，提高控制系统的稳定性和可靠性，为灯泡贯流式机组的稳定运行提供有力保障。通过这些措施的实施，可以有效降低控制系统故障的发生率，提升机组的运行效率和安全性。

5 结语

灯泡贯流式机组的检修与维护工作是一项系统工程，需要综合考虑机组的运行环境、结构特点、运行历史以及故障类型等多种因素。通过制定合理的检修计划和维护策略，采用先进的检测技术和维护手段，可以实现对机组状态的全面监控和精准管理，从而有效预防和控制机械故障的发生。

参考文献

- [1] 汪如哲. 灯泡贯流式机组机械典型故障分析 [J]. 水电站机电技术, 2024, 47 (07): 19-21+68.
- [2] 曹鹏旗, 余全昌. 灯泡贯流式机组局放电流的监测和预防 [J]. 中国新技术新产品, 2024, (11): 22-24.
- [3] 王佩, 万元. 灯泡贯流式机组水导轴承振动偏大问题 [J]. 江西电力, 2023, 47 (03): 60-62.