

水电站辅机系统常见故障及运行维护优化方案

韦劲松

大唐岩滩水力发电有限责任公司 广西壮族自治区 530811

DOI:10.32629/ems.v8i6.20617

[摘要] 水电站辅机系统包含机组润滑供油、冷却供水、厂房排水、调速液压及各类循环辅助机械设备,是发电机组稳定启停、负荷调节、连续并网运行的重要配套支撑体系。辅机设备整体运行工况繁琐,设备数量多、分布范围广,多数辅机长期处于连续运转状态,受水质冲刷、环境潮湿、机械振动、负荷波动等多重工况影响,设备部件磨损、密封老化、管路堵塞、电气控制失灵等故障频发。辅机系统一旦出现异常故障,虽不属于机组主机核心设备缺陷,但会直接干扰机组冷却循环、压力调节及工况切换稳定性,情况严重时引发机组降负荷、非计划停机,给水电站安全生产和持续供电造成直接影响。本文结合水电站辅机设备长期运行实际工况,梳理辅机系统日常运行阶段高发典型故障类型,分析各类故障产生的内在诱因与发展规律,结合现场设备运维管理现状,制定贴合电站生产实际的运行维护优化处置方案,规范辅机设备日常巡检、定期养护、故障消缺全流程管理,提升辅机系统运行可靠性,保障水电站机组常年安全稳定发电。

[关键词] 水电站; 辅机系统; 设备运行; 常见故障; 运维管理; 优化方案

水电站发电生产过程中,水轮发电机组为主机发电核心设备,各类辅机设备承担机组冷却散热、润滑油循环、水压调控、厂房排水、液压驱动等基础辅助工作,整套辅机系统运行状态直接决定主机设备工作环境与运行稳定性。辅机设备常年不间断连续启停运转,转动机械、控制阀门、输送管路、电气控制柜等构件长期承受交变负荷作用,设备损耗随运行年限逐步累积。水电站日常运维工作多将管理重心放在机组主机运维管控上,辅机设备日常巡检力度不足,定期养护流程简化,故障隐患排查不够细致,小缺陷未能及时处理逐步演变为设备硬性故障。

辅机系统故障具备隐蔽性强、诱因复杂、连带影响大的特点,单一辅机设备故障可连锁影响机组多个运行参数,威胁电站整体安全生产秩序。做好辅机系统常见故障排查梳理,找准故障形成根本原因,优化完善日常运行维护管理模式,强化设备前期预防性养护,减少故障突发频次,延长辅机设备服役周期,是水电站设备运维管理工作的重要内容。

1 水电站辅机系统稳定运行的核心支撑与保障价值

1.1 保障机组主机设备正常工作工况

水电站主机水轮发电机组能够安全并网带负荷、长期连续稳定发电,离不开整套辅机系统的全程配套支撑,没有辅机设备正常投运,主机根本无法达到额定运行工况。机组日常运转过程中,主轴轴承冷却散热、转动部位机械润滑、调

速液压压力维持、循环水系统换热降温等核心基础工作,全部依靠各类辅机设备协同配合完成。现场投运的润滑油泵、冷却水泵、渗漏排水泵、通风机及液压调速辅机等设备,需要常年不间断持续运转,为主机设备输送符合压力、温度、流量标准的冷却介质和润滑介质,让机组轴承温度、设备振动、运行压力等关键运行参数,始终控制在规程规定的合格范围之内,各项运行指标不出现异常波动。辅机系统运行工况平稳,主机启停操作、负荷升降调整、并网退网切换才能全程可控,机组整体运行工况才能保持稳定状态。

1.2 规避设备连带故障扩大化发展

辅机设备与主机发电系统紧密关联、互相影响,辅机侧出现的任何运行异常,都会快速传导关联至主机核心运行回路,直接引发主机各项运行参数波动,打乱机组正常发电运行节奏。日常运维管控过程中,抓实辅机设备常态化巡检和基础维护,第一时间发现并处理设备微小缺陷和潜在隐患,不让小问题持续留存。可以有效阻断单一设备故障向外扩散蔓延,避免简单设备缺陷演变扩大成机组降负荷、紧急停机等严重生产事故。做好辅机系统基础运维管控,从辅助设备层面筑牢电站安全生产第一道防线,保障整套发电设备运行秩序稳定。

1.3 降低电站设备检修运维经济投入

水电站辅机设备单体结构不算复杂,但整体设备数量多、

分布点位分散,覆盖厂房廊道、机组层、设备夹层、配电室多个区域。设备故障高发频发,会直接增加日常检修人力投入、备品备件耗材消耗和现场抢修作业时长,设备故障停机还会造成机组发电出力受限,直接产生电量损失。严格落实常态化预防性运维养护工作,提前排查设备内部潜在磨损、老化、堵塞等隐患,减少事后紧急抢修作业次数,拉长辅机设备定期检修周期和整体服役使用年限。切实压缩水电站设备运维各类成本开支,合理管控检修资金投入,稳步提升电站发电生产整体经济效益。

2 水电站辅机系统运行期间高发典型故障类型及深层成因剖析

2.1 转动类辅机设备振动超标及机械磨损故障

水电站现场各类水泵、油泵、通风机等转动类辅机,属于日常投运时间最长、启停频次最高的辅助设备类型,设备常年保持高速连续运转状态。长时间运行过程中,轴承滚动体磨损、叶轮表面结垢积污、设备底座地脚螺栓松动、电机与泵体同轴度偏移等问题都会逐步显现,属于现场普遍性设备问题。随着设备运行时长不断累加,转动部件磨损程度持续加深,设备转动平衡状态被破坏,运行振动幅值逐步持续走高。设备底座固定螺栓受长期振动影响,会慢慢出现松动、位移情况,设备安装同轴度出现明显偏差,设备运行转动摩擦持续加大,形成振动加剧磨损、磨损加大振动的恶性循环。现场运维环节如果润滑油脂加注不及时、选用油脂型号不符合设备要求、油脂更换周期长期延后,都会加速轴承磨损老化速度,设备逐步出现运行异响、振动超标、实际出力下降等各类问题,情况严重时会出现轴承卡涩抱死、设备直接停运等硬性故障。

2.2 管路阀门堵塞渗漏及密封失效故障

辅机系统输水、输油各类管路及配套控制阀门,长期持续输送水体、液压油、润滑油等介质流体,介质内部自带细小杂质、油污淤泥长期沉积附着在管路内壁和阀门腔体内部。日积月累造成管路实际通径缩小,阀门阀芯活动空间受阻出现卡涩问题,介质输送流量达不到额定标准,管路整体流工况变差。管路法兰连接处、阀门密封垫片长期受介质腐蚀冲刷和环境温度冷热交替变化影响,密封材料逐步老化变硬、性能衰减,密封贴合面出现细小缝隙,设备运行阶段慢慢出现渗水、渗油等渗漏现象。日常巡检工作大多只关注辅机主

机运行状态,忽略管路接头、法兰密封、阀门操作工况等细节部位检查,轻微渗漏问题长期不处理、不整改,小缺陷逐步发展为管路冲刷破损、阀门开关动作失灵等严重故障,影响辅机系统整体介质输送和压力调节能力。

2.3 电气控制及保护回路动作异常故障

辅机配套电机动力回路、控制操作回路、各类保护传感监测元件等,大多布置在水电站厂房内部,常年受到潮湿、振动大、水汽重的恶劣环境因素影响,容易出现电气元件受潮积灰、接线端子氧化锈蚀、接线点位松动脱落等各类情况。机组及辅机频繁启停操作,会造成电气开关触点反复吸合断开,触点逐步烧蚀老化,控制回路接触电阻变大、接触不良,辅机随之出现启动失败、运行途中无故跳闸、保护装置误动作等异常工况。部分投运年限较长的老旧辅机电气设备,长期没有开展专项校验和精准维护,各类传感监测元件测量精度出现偏移,上传设备运行参数与实际工况不符。运维值班人员无法精准掌握设备真实运行状态,故障提前预判难度加大,电气类故障突发概率持续升高。

2.4 设备日常运维管理不到位引发次生故障

现阶段多数水电站运维管理工作,普遍存在重视主机设备管控、轻视辅机设备运维的固有管理现状,辅机设备巡检打卡流于形式,巡检频次达不到规定要求,运维人员对辅机运行细节、参数变化、异常苗头关注不足。设备定期养护工作经常随意简化步骤,润滑油脂更换、管路内部清理、设备螺栓紧固、密封检查等基础养护工作落实不到位、标准不严格。设备缺陷台账记录简单笼统,故障处理完成后不做复查核验、不跟踪运行状态,同类故障反复出现。运维管理制度现场执行力度不严,岗位工作职责划分不够细化,管理责任落实不到个人,设备带病常态运行现象长期存在。各类细小缺陷不断累积叠加,逐步诱发多类复合型次生设备故障,加大后期检修处置难度。

3 水电站辅机系统运行维护实操优化提升实施方案

3.1 规范转动辅机定期养护流程,严控机械磨损振动隐患

水泵、油泵、风机这类转动辅机,是现场使用最多、启停最频繁、常年不停机运行的设备,机械磨损和振动超标是最常见的毛病。以前养护大多靠运维人员经验操作,什么时候加油、换油、检查螺栓没有固定标准,时间久了设备磨损

越来越严重。结合设备出厂基础要求和现场实际运行时长,重新定好每一类转动辅机的养护步骤和执行标准,所有养护工作全部按标准来开展。日常润滑加油、油脂更换、轴承检查都安排固定时间进行,全站统一使用同型号、检验合格且适用的润滑油脂,杜绝不同型号产品混用乱加,减轻设备维保难度,同时避免油脂型号不符烧坏轴承、加快磨损。每次检修和定期养护时,都要把设备底座地脚螺栓逐个检查紧固一遍,校正电机和泵体对接同轴度,清理叶轮表面结垢和里面淤积的泥沙杂物,保证设备转起来平稳不偏心。日常值班巡检时,运维人员如实记录设备振动、轴承温度、工作电流变化,一旦发现数据不对劲、设备有异响、振动变大,及时切倒备用设备运行,故障设备停机检查处理,绝不允许设备带问题长时间运行。把养护工作做在平时,慢慢减少磨损和振动隐患,从根源降低转动辅机故障次数。

3.2 强化管路阀门专项巡检,做好密封及疏通维护工作

把辅机各类输送管路、控制阀门、法兰密封连接件全部纳入日常重点巡检清单,明确巡检检查要点和检查频次。巡检过程中重点排查管路渗漏滴水、阀门卡涩不动、密封垫老化失效等隐患问题,发现轻微渗漏点位及时更换密封垫片处理隐患,对已经老化变质的密封构件提前批量更换,杜绝小渗漏长期留存。按照年度检修计划定期开展管路内部疏通清理工作,彻底清除管路内壁沉积污垢和淤积杂质,保证介质输送管路通畅无阻,防止管路堵塞造成辅机出力不足、系统压力不稳等问题。定期开展阀门全行程开关操作试验和动作校验,确保阀门开关灵活、调节精准,切实提升辅机管路系统整体运行稳定性。

3.3 优化电气控制回路运维,定期校验保护监测元件

按照电气设备运维规程,定期对辅机电气控制柜、接线端子排、动力电缆回路开展专项清除尘维护工作,做好电气设备防潮、防尘、防锈专项处理。定期检查发现松动接线端子并逐一紧固,及时更换烧蚀严重、接触不良的电气触点及老化损坏电气元件。定期对辅机保护定值、压力及温度传感监测元件开展专业校验工作,修正参数监测偏差,确保设备运行参数反馈真实精准、数据上传可靠无误、保护动作安全稳定。严格规范辅机启停标准操作流程,严控电气设备频繁启停、连续启停违规操作,降低电气元件损耗老化速度,有效减少电气控制故障和保护误动作问题发生频次。合理规

划技术改造工作,采购使用操作方式易上手、功能更全面、性能更优化等的电气控制设备来进一步提升辅机控制及监控的水平,着力强化场站运维能力。

3.4 完善辅机运维管理制度,压实岗位运维管理责任

全面调整电站设备运维管理工作思路,彻底转变重主机、轻辅机的传统管理模式,健全完善辅机设备巡检、定期养护、缺陷上报、故障消缺、验收复核全流程管理制度。细化各运维岗位具体工作职责,明确每台辅机设备巡检项目、巡检频次、检查标准及验收要求,做到设备管理责任到人、缺陷处理落实到人、运维工作有据可查。建立完善辅机设备故障专项台账和运维技术档案,详细记录故障发生位置、故障表现、处理过程及后期运行状态,结合历年故障发生规律调整运维工作重点,提前做好隐患预判防控。常态化开展运维人员实操技能培训和安全教育,提升人员故障识别判断和现场应急处置能力,确保辅机各项运维管理措施落到实处、见到实效。

4 结语

水电站辅机系统稳定运行是主机设备安全发电的重要基础,各类机械磨损、管路密封、电气控制及管理疏漏引发的设备故障,直接影响电站整体安全生产运行秩序。结合辅机设备故障实际特点,认清各类故障形成发展规律,落实转动设备养护、管路阀门维护、电气回路校验、运维制度完善多项优化举措,做实辅机设备前期预防性运维管控工作。持续优化辅机运行维护模式,减少设备故障突发频次,提升辅机系统运行稳定性能,保障水电站机组长期安全、经济、持续并网发电。

[参考文献]

- [1]孙志云,吕杏.水电站设备实时监测、故障诊断和预测方法[J].小水电,2024,(06):53-58+63.
- [2]李挺,李稳.基于Agent思想的水电站辅机系统仿真与研究[J].通信电源技术,2016,33(05):51-53.
- [3]江思林.水电站电气设备状态监测与故障诊断技术研究[J].电子元器件与信息技术,2025,9(11):100-102.
- [4]王付金.水电站主变差动保护误动机理及复合制动特性优化研究[J].智能制造研究与应用,2025,1(02):88-90.
- [5]梁庚,崔青汝.基于现场总线全数字化技术的水电站辅机机电控制系统改造[J].水电与抽水蓄能,2023,9(02):22-26+34.