

水电厂电气一次设备安装及其质量控制

张朝亮 张智泉

雅砻江流域水电开发有限公司

DOI:10.32629/hwr.v10i7.7078

[摘要] 数字化技术的普及应用,促进了智能电网建设的快速发展,推动了水电厂电气一次设备的智能化、集成化发展。为了确保水电厂的安全生产、保障电网稳定运行以及提高电站长期收益,在开展水电厂电气一次设备安装时,必须加强对其质量进行控制,旨在保证水电厂的安全高效运行以及促进清洁能源的发展。

[关键词] 水电厂; 电气一次设备; 类型; 质量控制; 意义; 要点

中图分类号: TM62 文献标识码: A

Installation of Primary Electrical Equipment in Hydropower Plants and Quality Control

Chaoliang Zhang Zhiquan Zhang

Yalong River Basin Hydropower Development Co., Ltd

[Abstract] The widespread application of digital technology has accelerated the rapid development of smart grid construction and promoted the intelligent and integrated advancement of primary electrical equipment in hydropower plants. To ensure safe production in hydropower plants, maintain stable grid operation, and enhance long-term station benefits, it is essential to strengthen quality control during the installation of primary electrical equipment in hydropower plants. This aims to guarantee safe and efficient operation of hydropower plants and foster the development of clean energy.

[Key words] hydropower plant; Electrical primary equipment; Type; Quality Control; significance; key points

引言

水电厂电气一次设备作为电能生产、变换、传输以及分配的重要设备,其安装是一项系统性极强的工程,并且其安装质量与水电厂的安全稳定运行密切相关,因此加强水电厂电气一次设备安装质量控制,对于保障水电厂的发电效率、防范电气事故的发生具有重要作用。

1 水电厂电气一次设备的主要类型

水电厂电气一次设备依据功能进行划分,主要包括电能生产和转换设备、开关与通断控制设备、保护与限流类设备、载流与连接设备、接地装置等。其中电能生产和转换设备的代表主要包括水轮发电机与主变压器;开关与通断控制设备主要包括高压断路器、隔离开关、负荷开关等;保护与限流类设备主要包括互感器、避雷器、电抗器等;载流与连接设备主要包含母线、电力电缆、绝缘子等部件;接地装置是埋入地下的金属导体及连接线缆的统称,分为工作接地和保护接地。

2 水电厂电气一次设备安装的质量控制意义

2.1 确保水电厂安全生产

水电厂生产具有高压的电气环境、大型转动机械以及复杂水工结构等特征,如果电气一次设备安装出现质量问题,将触发连锁性的安全事件,严重时,会威胁到现场作业人员与运维人员

的生命安全。因此加强水电厂电气一次设备安装的质量控制,是确保水电厂安全生产的重要防线。

2.2 保障电网稳定运行

水电厂输出的电能质量与供电可靠性,在电网中发挥着平抑电网负荷波动、调峰调频等作用,对于区域电网的稳定运行具有重要影响。并且水电厂的电气一次设备是把电能从水能转换为机械能、再转换为电能并对外输送的核心设备,如果其安装出现质量问题,将严重影响到电网的稳定运行。所以严格水电厂电气一次设备安装的质量控制,有助于电网的稳定运行。

2.3 提高水电站长期收益

水电厂具有投资规模大、运行寿命长等特点,所以为了提升其长期收益,必须加强对其成本进行管控。而运行前期的电气一次设备安装质量控制,能够降低水电厂运行的维护成本,是提高水电站长期收益的重要手段。

3 水电厂主要的电气一次设备安装及其质量控制要点

本文主要就母线、主变压器、电缆以及高压隔离开关等水电厂的一次电气设备安装及其质量控制要点进行简要分析,具体表现为:

3.1 母线安装及其质量控制要点

母线作为水电厂发电厂电压系统重要的一次电气设备,其安装质量直接关系到水电厂的运行稳定。母线在开始安装前,需要做好专用焊接设备和辅助工装的准备工作,并规范校验测量与校正工具。母线焊接时,确保焊接速度的均匀稳定,对焊接接头位置运用专门的补强手段,以保障焊接部位的机械强度能够达到大电流运行时的受力要求。瓷瓶安装前,必须对瓷瓶的外观进行严格检查,然后依据设计图纸的要求,做好瓷瓶的串接安装,确保连接总长度与设计要求相符,并且需要把两套花篮螺丝的长度合理调整在中间位置,从而为母线的后续调整留下足够空间。母线实施弯曲加工时,需要把母线放置在专用的两个辊轴间进行校准,然后拧紧压力丝杆,再压下平弯手柄,防止发生裂纹和出现明显褶皱现象。在进行共箱母线安装时,需要做好每一段母线外壳的气密性试验工作,以避免母线内部的受潮凝露现象。母线安装时的导体连接通常采取镀银接触面的螺栓搭接技术,根据厂家要求(比如扭矩阈值等),运用扭矩扳手紧固连接螺栓,完成后需要做好防松标记工作;母线安装时的外壳分段连接处需要布设安全的接地跨接,确保共箱母线全长能够形成连续的接地通路,防止运行时的外壳产生悬浮电位。在母线安装结束后,需要依据规范要求,做好绝缘电阻测试和交流耐压试验等工作,保证设备的绝缘性能达到运行标准。

3.2 主变压器安装及其质量控制要点

作为水电厂实现电压等级转换的关键一次电气设备,主变压器安装具有工艺复杂、精度与环境清洁度要求高等特征。其安装与质量控制要点主要表现为:主变压器卸车吊装作业时,必须确保设备的平衡,如果出现倾斜,必须及时做好调整工作,以防止碰撞。主变压器在卸车后,首先需要对其外观进行全面检查(比如外壳是否存在碰撞损伤等)、检查其附件是否齐全,并记录开箱与验收工作。然后对主变压器进行就位安装,为了保障就位安装质量,必须运用水准仪测量变压器基础轨道的水平度,确保整个轨道水平度偏差控制在规定的范围内。就位安装结束后,在检查变压器身前,必须先对变压器底部的残油进行取样化验,以达到确认变压器内部是否受潮目的,再结合规定要求,对相关附件开展试验及清理;并且需要合理控制检查时间,而且为了避免潮气影响绝缘件,可以通过搭建封闭式防尘棚以及向变压器内部通入干燥的热空气等方式来实现,检查过程中,要求对铁芯夹件以及绕组的连接螺栓等进行紧固,并确认绝缘件是否存在破损以及位移等现象。在上述安装检查结束后,需要先抽真空,然后进行注油作业,注油时需要结合厂家的技术文件要求进行作业,注意注入油温、注油速度以及注入油量等相关参数,比如滤油机温度一般设置在65℃、注油速度一般要求控制在100L/min内;并且在注油结束后需要热油循环和静置。在主变压器安装结束后,必须依据相关的规定要求,做好相关试验工作,比如检查所有分接头的变压比、核对变压器的三相接线组别、测量绕组连同套管的绝缘电阻与吸收比、开展绕组连同套管的交流耐压试验等。所有项目试验合格后,然后对主变压器和母线、引出线进行连接,检验达标后,再实施主变压器零起升压试

验及多次空载电压冲击合闸试验,试验无异常后,就可正式投入运行。此外在主变压器的安装过程中,为了保障其安装质量,需要对显示仪器、高压绝缘子以及高压包等相关部件进行检查,确保线路连接的接口位置、连接螺栓的紧固力矩等符合规定要求。还必须保证变压器本体和所有非带电金属附件可靠接地,中性点要沿器身向下连接到接地装置,并且对不同附件的连接导线上规范装设保护管,避免导线破损现象的发生。

3.3 电缆安装及其质量控制要点

水电厂中的电缆被称作是连接不同电气设备的“血管”,其安装质量控制是保证电力传输可靠的核心环节。电缆安装前,需要依据项目要求,合理选用标识清晰完整(包括型号、规格、起止端等标识)的线缆产品;在安装敷设电缆时,必须结合项目设计图纸要求,对电缆弯曲半径进行合理控制,防止因电缆弯曲原因导致绝缘层损伤问题的出现。为了保证电缆安装敷设质量,需要避免在低温环境下作业,如果必须在低温环境下开展安装作业,则可以利用低压电流进行预热,或通过提高施工环境温度来达到对电缆升温目的,为了避免损坏电缆的绝缘层,必须禁止明火烘烤电缆。为了确保电缆安装敷设的顺利开展,必须做好相关的安全防护工作,比如安装敷设前,需要清除电缆槽的异物(如钉子等),防止电缆外护套被损伤;此外为了避免电缆盘转动时的铅管窜动断裂,需要把电缆盘上连接的压力箱铅管进行固定,并配置可靠的刹车装置,防止电缆松脱鼓肚被卡坏。并且由于水电厂存在长距离、高落差的电缆安装敷设实际,因此为了保障其安装质量,必须在安装敷设前,实地测量需要的电缆长度,放缆时,需要实时测量放缆长度,在确定合理的断缆位置时,需要预留余量。此外为了确保水电厂电缆安装质量,需要结合现场实际的地理地势,合理选用牵引方式,在遇到垂直段和斜坡段的位置时,对入槽后的电缆安装电缆卡子进行固定,防止电缆发生下坠移位问题。

3.4 高压隔离开关设备安装及其质量控制要点

水电厂一次电气设备中的高压隔离开关是实现电气隔离的关键设备,为了发挥其功能作用,必须严格高压开关设备安装及其质量的控制。比如高压开关设备安装时,必须遵守国家的规定要求,对接线端子和载流部分的清洁度进行严格检查,确保接触状态的良好以及触头表面的镀银层无脱落磨损等问题。为了保障隔离开关底座转动部分的灵活性,在安装结束后,需要涂抹合适的润滑脂;在隔离开关组装结束后,需要对其相距离的误差严格控制在规定范围内,确保相间连杆在同一水平线;均压环与屏蔽环的安装必须牢固平整等。此外在安装调试时,为了避免开关内部的齿轮齿面啮合不到位,需要合理控制操作力度,并且需要确保动静触头的插入深度与设计要求的相符,防止由于接触面积的不足,导致运行过程中出现发热现象。

4 水电厂电气一次设备安装的质量控制措施

4.1 安装准备阶段的质量控制措施

结合笔者的实践工作经验,认为安装准备阶段的质量控制措施主要体现在:(1)水电厂电气一次设备安装方案的科学制

定。电气一次设备安装前,相关的从业人员必须掌握项目设计图纸要求、熟悉厂家提供的设备技术说明书与控制原理图,并且结合水电厂的实际(包括水电厂高湿度、低温等参数),依据相关规范与标准(比如GBJ147《电气装置安装工程高压电器施工及验收规范》等),科学编制安装方案,并制定相关设备(如主变压器等)的安装作业指导书。(2)严格进场设备和物资的验收。为了保障水电厂电气一次设备安装质量,必须对所有进场的设备和物资进行严格验收。比如严格执行开箱验收流程,对设备(包括型号、规格以及参数等)进行核查,确保设备与设计图纸要求相符,以及核对相关资料是否齐全(包括出厂检验报告、产品合格证以及技术附件等资料),坚决防止不合规的产品进场。此外需要依据规范要求,重点检查设备的绝缘部件有无裂纹与受潮,以及密封部位是否渗漏等。(3)加强从业人员和安装机具的管控。水电厂电气一次设备安装的从业人员(包括电工、焊工等)需要全部持证上岗,安装作业前,了解质量要求,以及做好技术交底与质量培训工作。确保所使用的安装机具在法定检定有效期内,相关仪器设备(比如绝缘电阻测试仪、回路电阻测试仪等)的精度符合安装要求,旨在为保障安装质量提供支持。

4.2 安装实时阶段的质量控制措施

水电厂电气一次设备安装实施的全过程,必须贯彻落实“班组自检、项目部复检、单位专检”的三级检验制度。每道工序需要通过三级检验合格后,才能进行下一道工序作业。对于隐蔽工序(比如高压电缆接头制作、变压器器身检查等),需要留存影像资料,在监理工程师现场签字确认后,才能进行隐蔽。由于水电厂电气一次设备安装涉及的专业比较多(比如土建、机械专业等),经常会出现交叉作业,因此为了保障安装工作的有序开展以及安装质量,必须构建交叉作业协调机制,确定作业各方的职责与质量责任。同时为了确保质量问题的可追溯性,必须建立质量追溯台账,完整记录不同工序的从业人员(包括作业人员、检验人员等)、作业时间等。

4.3 试验调试阶段的质量控制措施

水电厂电气一次设备安装结束后的试验调试,对于保障电气一次设备的可靠运行非常关键。所有电气一次设备安装结束后的试验调试,必须依据国家标准和行业规范要求进行开展。在

试验调试前,需要对相应的仪器设备精度实施校验,从而确保试验调试数据准确真实。在实际的试验调试时,需要记录试验调试数据,如果数据出现异常时,必须即时停止操作,直到问题排查解决后,方可再进行试验调试。为了保障安装质量,在电气一次设备试验调试时,必须遵循“先空载后带负荷、先单体后联动”的原则。

5 结束语

综上所述,在“双碳”目标持续推进的背景下,我国水电开发已从大规模新建,逐步转向新建与存量提质改造并存的发展阶段。其中水电厂的稳定运行和发电效率是行业关注的重点。而电气一次设备作为水电厂的关键设备,其安装质量直接影响到水电厂的稳定生产、安全运行与长期效益,因此加强对水电厂电气一次设备的安装及其质量控制进行分析具有重要意义。

[参考文献]

- [1]马成伟.智能技术应用在水电厂电气自动化中的研究[J].水上安全,2023,(16):7-9.
- [2]刘卫国.智能技术在水电厂电气自动化中的应用[J].中国高新科技,2025,(01):128-130.
- [3]水电站机电设备安装编写组.水电站机电设备安装[M].北京:中国电力出版社,2025.
- [4]王建华.高压电气设备现场安装技术与质量控制要点[J].水电能源科学,2024,42(8):187-190.
- [5]刘佳鸣.电气设备运行状态监测系统在水厂安全管理中的应用研究[J].现代制造技术与装备,2025,61(12):132-134.
- [6]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.
- [7]李海生.水电厂电气一次设备运行异常在线监测研究[J].电气技术与经济,2026,(01):39-41.

作者简介:

张朝亮(1997--),男,汉族,河北省张家口市人,工程师,大学本科,研究方向(水电厂电气一次设备检修与技术管理)。

张智泉(1997--),男,汉族,山东省淄博市人,工程师,大学本科,研究方向(水电厂电气一次设备检修与技术管理)。