

水电站 GIS 设备安装工艺与调试技术实践

吕书阳

中国水利水电第一工程局有限公司 吉林 长春 130000

摘要: 水电站单机容量越来越大, 电网电压等级也在往上走。GIS 设备结构紧凑、绝缘性能稳、运行安全性高, 靠着这些优势, 它已经成了水电站高压配电系统里的主力设备。本文拿水电站 GIS 设备现场施工过程当研究对象, 把标准化安装工艺流程系统性地理了一遍。重点分析了设备前期准备、主体精准装配、二次及接地系统施工这几个环节的核心技术要点。

关键词: 水电站; GIS 设备; 安装工艺; 调试技术

引言

GIS 设备是高精度的成套电气设备。施工环境要干净, 装配要准, 调试参数也要控得严。跟常规电气设备比, GIS 施工工序多、技术细节碎。哪一处施工有点偏差, 或者调试漏了什么东西, 到了高压运行的环境下, 潜伏性缺陷便会逐步暴露, 进而发展为设备故障。现在有些施工现场, 还是看重进度、轻视工艺。安装不够细, 调试流程简化, 隐患排查也不彻底。设备投运之后, 漏气、微水超标、开关动作不正常、保护误动等缺陷逐一暴露并相继发生, 水电站整体供电可靠性随之下降。

1 水电站 GIS 设备核心安装工艺

1.1 安装前期筹备与基础预处理

(1) 施工前期, 先把现场环境整治好, 落实防尘防潮措施。GIS 设备气室内部的绝缘构件及导体结构, 对粉尘和水汽极为敏感。施工环境要是不达标, 后期绝缘缺陷和局部放电问题很容易跟着来。施工区域提前用围挡封起来, 外头扬尘和杂物进不来^[1]。作业区的建筑垃圾和杂物及时清掉, 场地保持干净、干燥。现场的湿度必须管控到位, 碰上潮湿天气, 要保证施工环境的温湿度始终在设备安装允许的范围内, 这样才能满足无尘化和标准化的施工要求。

(2) 场地整治完成后, 设备进场验收、机具配置、人员筹备, 这些活动有序地往前推。到货的 GIS 柜体、绝缘配件、密封构件、附属零部件, 外观依次逐个检查一遍, 表面有没有磕碰变形、漆面破损、密封失效, 这些都要查。各种安装工具和精密检测仪器, 完好状态和精度标准同步校验一下, 保证机具能正常使用。

(3) 基础预处理是前期施工的核心环节。施工人员把设备安装基础全面复测一遍, 轴线位置、标高数据、

预埋件布设位置, 精准核对好。基础施工阶段留下的尺寸偏差, 排查出来。清除基础表面的凸起、蜂窝、麻面等缺陷, 进行打磨修复与找平处理, 确保基础整体平整、规整。预埋件位置有偏差的, 校正整改好, 后续柜体就位固定之后, 受力才能均匀、贴合才能紧密。通过强化前期筹备与基础预处理的完整性与细致度, 可完全根除前置施工阶段的潜在缺陷, 从而满足后续 GIS 设备高精度装配所要求的施工条件。

1.2 主体设备精准装配施工工艺

(1) 柜体吊装就位应根据设备重量及现场条件, 选择平稳可靠的吊装方式。全程控制吊装速度, 避免设备发生碰撞、倾斜或结构变形。柜体落位后, 进行精密找正。用专业仪器反复测量柜体的水平度和垂直度, 拿实测数据去进行微调支撑点位, 将安装偏差一步一步修正好。整段柜子排布规整, 轴线统一, 受力状态均匀平衡。精确定位后, 紧固地脚螺栓进行固定, 以杜绝柜体偏移、悬空等安装缺陷。

(2) 柜子固定好后, 接着做母线导体和绝缘部件的对接装配。干活之前, 导体接触面、绝缘件表面, 全方位清洁一遍, 灰尘、油污、细微金属杂质, 统统清干净。全程落实绝缘件的防尘与防刮蹭保护措施, 避免绝缘结构受损。母线对接的时候, 同轴度和对接间隙严格控制好, 导体贴合紧密、对位精准。

(3) 法兰密封装配, 气室密闭性能不能保住, 就看这道工序了。施工前, 法兰端面平整度仔细查一查, 密封胶圈状态看好。端面上的杂质和凸起颗粒剔除掉, 老化、变形的密封配件换掉。胶圈安放的时候, 保持居中贴合, 不能扭曲、不能偏移。采用对称分次紧固工艺, 以均匀方式施加紧固力矩, 确保法兰四周间隙保持一致, 进而有效避

免因局部压紧力不足而造成的漏气故障。

1.3 二次系统与接地配套安装工艺

(1) 二次电缆敷设与排布应遵循规整、标准化的作业要求。按照设备设计图纸把电缆走向规划好,控制电缆和信号电缆的排布路径区分开,线缆敷设避免出现相互缠绕、无序堆叠及整体凌乱等不规范现象。敷设的时候,线缆轻拿轻放,拖拽、挤压这种事不能有,电缆外层绝缘不能破。线缆敷设到位后,有序固定、分层梳理好,整体布线要美观、规整,后期检修维护也方便^[2]。布线完毕后实施端子接线,须对线芯剥离长度及压接质量实施严格管控,保证接线端子的连接紧固性与可靠性,从而有效避免虚接、松动、散线等典型工艺质量问题。

(2) 高压电气设备运行有它的特点,得把专业化的屏蔽处理工艺落实到位。二次电缆的屏蔽层,规范地做接地处理,屏蔽接线方式统一起来。可有效抑制现场电磁干扰,避免信号紊乱、数据偏移等异常现象。接线工艺管控全程细化,端子接线序号和回路对应关系,一个一个核对清楚,保证接线准确无误,二次回路接线缺陷从源头上就可以规避掉。

(3) 接地系统施工阶段,应执行 GIS 整套设备的接地连接工作。严格按照规范要求,将设备指定接地点与全站接地网进行电气连通,确保搭接面接触紧密、机械连接牢固,杜绝接地断点、虚接等任何形式的接地缺陷。施工完毕后,做接地导通检测,核验接地回路的导通性及接地电阻参数,确保其数值符合高压设备运行标准,以保证故障电流得以快速、安全地泄放。

2 水电站 GIS 设备关键调试技术

2.1 施工环境与清洁缺陷引发的设备绝缘隐患

(1) 施工现场环境条件不稳定,设备绝缘性能会从好几个方面跟着受影响。水电站施工现场,多是露天或者半封闭的,空气湿度、粉尘含量稳不住。过高湿度使设备腔体内及绝缘件表面产生水汽凝结并形成水膜,直接导致绝缘介质强度大幅削弱。施工现场的扬尘、金属碎屑、砂石粉末这些漂浮杂质,容易跟着空气跑进没封闭的设备腔体内,附着在绝缘子、导体接触面这些核心绝缘部位。

(2) 设备清洁度不达标是导致绝缘故障的主要人为因素。GIS 设备拆装、对接的时候,施工人员要是把清洁操作流程简化了,腔体内部、法兰端面、绝缘构件没做精细化擦拭清理,残留的油污、灰尘、金属颗粒就会一直附着在设备内部构件上。部分施工环节作业间隔过

长,加之管口未实施封堵,导致设备长时间敞露于复杂施工环境中,污染物逐步累积。

(3) 针对上述环境及清洁类绝缘隐患,应落实全流程标准化的防控措施。施工前期,先把封闭式防尘作业区域搭好,外界粉尘杂物有效阻隔开,现场温湿度实时监测、调控,高湿、大风、扬尘这些不利施工条件要规避掉。设备拆装对接的全过程,应按无尘化作业标准来,用专用清洁耗材把设备内部构件、绝缘部件彻底擦干净。

2.2 法兰密封不良与 SF₆ 气体系统异常问题

(1) 法兰对接装配不规范是导致密封缺陷的主要根源。现场拼装的时候,施工对位精度把不住,法兰端面平行度就容易偏,整体对接姿态歪了。法兰端面贴合不均匀会导致密封垫圈受力失衡,出现局部压紧不足与过度压紧并存的现象,从而破坏密封结构的完整性。此外,螺栓紧固顺序不当及紧固力矩不均,亦会造成法兰端面间隙分布不均匀。

(2) 密封一旦失效,将导致气体泄漏,进而引发 SF₆ 系统多项参数紊乱。气室密封性下降,外头潮湿空气慢慢渗进腔体里头,气体微水含量就一路往上升。水汽超标了,在设备里头形成凝露,金属构件和绝缘部件被腐蚀,整体绝缘性能被弱化。同时气体慢慢跑掉,气室工作压力逐步往下掉,设备额定的工作密度维持不住。

(3) 针对法兰密封缺陷和 SF₆ 气体系统异常,成套的标准化防治手段得落实^[3]。设备对接之前,法兰端面状态全面检查,端面上的划痕、凸起、污渍及时处理掉,贴合面保证平整、干净。装配的时候,严格用对称紧固的方式,螺栓紧固力度均匀控制住,法兰间隙均匀统一,装配应力偏差避免掉。密封胶圈提前检查外观和弹性状态,老化、变形、破损的配件,坚决不能投用,从装配源头就把密封隐患卡住。

(4) 气体系统调试阶段,抽真空、充气、稳压检测这些流程要规范。充分抽真空,把腔体里残留的空气和水汽排干净;充气速度严控好,别让气体紊流把杂质带进去。充气完成后,应预留充足的稳压时间,并使用专业检漏设备对法兰密封点位实施全覆盖排查。

2.3 机械装配故障与开关动作异常问题

(1) 机械装配偏差,各种开关动作故障,根子就在这儿。GIS 设备整体结构精密,传动连杆、转轴、齿轮、操作机构,这些部件的装配间隙都有严格的技术标准。现场施工的时候,人工安装精度把不住、设备就位微调没有到位,部件对位不准、装配间隙不是偏大就是

偏小, 这些问题容易出现。零部件错位装上去, 整套传动体系的同轴度就不够, 机构运行的时候受力不均匀, 持续性机械卡涩阻力就出来了^[4]。长期在这种异常受力状态下, 部件磨损速度加快, 机构动作卡顿、运行不顺畅, 这些问题慢慢就出来了, 开关操作的灵敏性和稳定性都大打折扣。

(2) 装配间隙不合理是一方面, 施工环境杂质残留、部件润滑处理不到位, 也会让卡滞问题更严重。设备组装的时候, 腔体里头残留的细微金属碎屑、粉尘杂质, 容易粘在传动运动部件表面上, 部件之间的摩擦阻力就增加了。同时有的施工环节, 润滑工序简化了, 传动构件上润滑油脂涂抹不均、用量不够, 或者油脂型号没选对, 机构运转的时候摩擦力就猛地往上蹿。分合闸操作反复做几次之后, 卡顿故障将随运行时间推移而日趋严重。

(3) 针对机械装配和开关动作异常, 系统化、全流程的整改防治机制得建起来。设备装配前期, 所有传动零部件都要细致检查、清洁处理, 构件表面的毛刺和杂质去掉, 装配间隙和对位精度严格按照设备技术标准把住。在组装阶段, 须对传动结构的同轴度实施分段校准, 以保证整套传动系统实现紧密衔接与均匀受力。同时, 应规范润滑作业流程, 选用与设备匹配的专用润滑油脂, 在所有运动部件表面进行均匀涂覆。通过从源头降低机械摩擦阻力, 从而有效预防传动卡滞故障的发生。

2.4 二次接线缺陷问题

(1) 二次接线施工不规范, 是引发电气系统故障的主要诱因。有的施工人员接线做得不细, 线芯剥离长度不合理、线芯压接不紧实, 这些问题存在。接线端子虚接、松脱, 多股线芯散落外露。设备长期运行, 轻微震动一直有, 接线的松动会越来越厉害, 回路接触不良、信号中断, 就出来了。同时布线的时候, 线缆排布乱、捆绑固定不规范, 线缆交叉混着, 绝缘磨损、线路挤压破损这些隐性缺陷就容易出现。后期运行中, 回路短路、信号异常这些故障很容易被引发, 设备的正常控制流程也受严重干扰。

(2) 接线标识乱, 回路核对不到位, 二次系统的运行隐患会更大^[5]。施工现场, 标识漏贴、编号标错, 这些情况存在, 回路对应关系就偏了, 操作指令传错, 直接导致问题。在调试阶段, 若未能对各控制回路实施逐条细致核对, 导致错接、漏接、反接等接线缺陷未被及时发现与纠正, 则在设备投运后将相继出现操作失灵、状态反馈异常等故障现象, 致使设备的可控性能与运行可靠性受到严重影响。

(3) 针对上面说的各类二次系统缺陷, 全流程的管控和整改措施得落实。施工阶段, 接线工艺严格规范好, 布线标准统一, 端子接线质量压实, 线缆固定和标识标注规范好。在系统调试阶段, 采用分段逐级核对的方法, 对二次回路的电气导通性进行验证。同时, 开展接线缺陷的全覆盖排查, 重点识别错接、漏接及反接等典型问题, 并依据规范要求实施即时整改。

结语

总之, GIS 设备要安全、要稳定, 关键看两点: 安装精度抓得细不细, 调试试验落得实不实。后面的施工, 无尘化管理得一直盯着, 标准装配工艺要严格执行, 各项调试试验流程要细化到位, 隐性的质量缺陷提前排查出来。施工工艺和调试方案不断优化, GIS 设备的安装质量和运行可靠性就能全面提升, 水电站高压电气系统安全、稳定、长效运行的技术支撑就有了。

参考文献

- [1] 王小燕. 电力系统中变电站 GIS 设备安装与调试技术分析 [J]. 中国设备工程, 2026, (5): 187-189.
- [2] 周凯迪. 水电厂 110kV GIS 一次系统安装调试关键技术体系构建 [J]. 电力系统装备, 2026, (3): 102-104.
- [3] 张峰. 大型水电站电气设备高精度安装及调试技术实践研究 [J]. 中文科技期刊数据库 (全文版) 工程技术, 2026, (1): 197-200.
- [4] 周宝斌, 汪永坤, 吴大明. 电力系统中变电站 GIS 设备安装与调试技术 [J]. 科学与信息化, 2021, (27): 34-36.
- [5] 马飞越, 牛勃, 佃松宜, 等. 水电站 GIS 设备内部异物识别技术研究 [J]. 人民长江, 2021, 52(12): 168-174.