

# 论变电站的电气安装技术要点

桑 慧

中国能源建设集团新疆电力设计院有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

**摘要：**变电站电气安装关乎电网运行质量与能源利用效能。其核心价值在于保障电力系统安全稳定、提升经济性与延长设备寿命，技术原则强调安全可靠、精准规范。关键技术涵盖主变压器、高压配电装置及二次回路安装。常见隐患包括设备材料缺陷、操作不规范及环境工艺适配不足。质量控制需强化设备材料管控、规范安装流程，优化环境适配与工艺管控，形成全流程质量管控闭环，保障安装质量。

**关键词：**变电站；电气安装；技术要点

引言：变电站电气安装作为电力系统建设的关键构成，其质量直接关乎电网运行的安全稳定与能源利用效能。从核心价值看，优质安装能保障设备安全运行、提升传输效率、延长设备寿命；技术原则涵盖安全可靠、精准、规范等方面。然而，在实际安装中，设备与材料质量缺陷、安装操作不规范、环境与工艺适配性不足等问题，给安装质量带来诸多隐患。为有效应对这些挑战，需从强化设备与材料质量管控、规范安装操作流程、优化环境适配与工艺管控等多维度入手，构建全方位、精细化的质量控制与优化体系，以提升变电站电气安装整体质量。

## 1 变电站电气安装的核心价值与技术原则

变电站电气安装作为电力系统建设的关键环节，其核心价值与技术原则直接关乎电网运行质量与能源利用效能。（1）从价值角度分析，优质的电气安装是实现电力系统安全稳定运行的基石。通过精准的设备定位、严密的接线工艺及科学的参数调试，可确保变压器、断路器、互感器等核心设备间的电气衔接达到设计标准，有效消除接触不良、绝缘缺陷等隐患，从源头降低设备故障率，避免因局部故障引发的连锁停电事故。同时，合理的电气回路布局能减少线路损耗，提升电能传输效率，例如通过优化母线排布降低电阻值，可使输电损耗降低5%-8%，显著增强电网的经济性。此外，规范的安装工艺能延长设备使用寿命，避免因振动、过热等安装缺陷导致的早期失效，降低全生命周期运维成本。（2）在技术原则层面，安全可靠是首要准则。安装过程中需严格把控设备绝缘性能测试，采用兆欧表对电缆、套管等绝缘部件进行分级耐压试验，确保绝缘电阻值符合GB/T 16927.1标准；同时构建完备的接地系统，通过铜排焊接、降阻剂敷设等工艺将接地电阻控制在0.5Ω以下，防范雷击过电压与感应电危害。精准性原则要求安装误

差控制在毫米级，例如采用激光定位仪进行设备就位，确保断路器操作机构与本体轴线偏差 $\leq 1\text{mm}$ ；接线工艺需符合“三相一致、标识清晰”标准，避免因相位错误导致的短路事故。规范性原则强调施工流程的标准化，从基础预埋、设备吊装到二次回路接线，均需按照DL/T 5161系列规范执行，通过工序交接卡、质量验收单等制度实现全流程可追溯，为后续智能运维提供数据支撑<sup>[1]</sup>。

## 2 变电站电气安装的关键技术要点

### 2.1 主变压器安装技术要点

主变压器作为变电站电能转换与传输的核心枢纽，其安装工艺的精细度直接决定了设备运行的可靠性与电网的整体稳定性，必须从安装前准备、安装过程控制、安装后调试三个阶段严格把控技术要点。（1）安装前，需对变压器本体及附件开展系统性检验。重点核对设备型号、额定参数与设计文件的一致性，确认油箱焊缝无裂纹、法兰密封面无损伤，通过压力试验验证密封性能；对绝缘油进行全面检测，确保其电气强度、介质损耗等指标满足运行要求。同时，需清理安装现场，搭建防尘棚，准备专用吊装工具与检测仪器。（2）安装过程中，基础就位需采用高精度水平仪校准变压器本体纵横轴线，通过调整垫铁组确保底座与基础完全接触，地脚螺栓紧固力矩需符合设备技术文件要求；油箱注油应采用真空滤油机循环注入，严格控制注油速度与油温，避免油流扰动产生气泡；器身检查需在恒温恒湿的洁净环境中进行，使用内窥镜核查铁芯夹件紧固情况、绕组绝缘完整性，彻底清除金属异物；附件安装时，套管吊装需采用专用导向装置，冷却系统管路连接采用氩弧焊工艺，瓦斯继电器安装方向需与油流方向一致。（3）安装后需开展绝缘油色谱分析、绕组直流电阻测量、变比误差测试等全面调试，确保设备参数符合制造厂标准后方可投运<sup>[2]</sup>。

## 2.2 高压配电装置安装技术要点

高压配电装置作为变电站中实现电能控制、分配与保护的核心设备组，其安装质量直接关系到电网运行的安全性与供电可靠性，需从设备检验、核心组件安装、母线施工及互感器接线四个关键环节严格把控技术要点。

(1) 设备安装前，需对断路器、隔离开关、互感器及母线开展全面外观检查，重点核查瓷质绝缘件表面光洁度、金属部件无变形，触头接触面需经砂纸打磨至金属光泽，清除氧化层及污渍，确保电气连接可靠性。断路器安装时，需通过专用调试平台精准校准操动机构分合闸行程曲线，优化合闸弹簧预紧力与分闸缓冲特性，确保动作过程中无卡滞、反弹现象；隔离开关安装需采用激光校准仪控制触头插入深度，通过力矩扳手分级紧固螺栓，保障合闸状态接触压力均匀，分闸状态绝缘子间距满足空气击穿电压要求。(2) 母线安装需根据材料特性控制冷弯/热弯工艺参数，确保弯曲处无裂纹，搭接面采用镀银处理增强导电性，压接时选用与母线规格匹配的液压模具，焊接时采用氩弧焊工艺并实施焊缝渗透检测；互感器安装需严格核对极性标识与系统相位一致，电流互感器二次侧采用短接片可靠连接并接地，电压互感器二次绕组加装熔断器保护，接线完成后通过向量分析仪验证极性正确性，避免保护装置误动或计量失准。

## 2.3 二次回路安装技术要点

二次回路作为变电站自动化系统的神经中枢，承担着控制指令传输、保护逻辑判断及运行参数监测等核心功能，其安装工艺的精细度直接决定了变电站控制保护系统的响应速度与可靠性。(1) 安装前需组织多专业联合审图，重点核查控制回路、信号回路与保护回路的电缆选型匹配性，确保屏蔽电缆接地方式符合抗干扰要求。电缆敷设应遵循“高压低压分离、强电弱电分沟”原则，采用专用桥架分层布置，避免与一次设备动力电缆并行敷设，转弯处使用专用弯管机制作标准弯头，防止电缆芯线受损。(2) 接线环节需实施全过程质量追溯管理，使用激光打标机在端子排标注回路名称与端子编号，导线绑扎采用尼龙扎带按功能分区固定，线芯裸露部分长度控制在3-5mm并套热缩套管保护。对于微机保护装置接线，需特别注意模拟量输入回路与开关量输入回路的隔离措施，电流互感器二次回路严禁开路，电压互感器二次回路必须一点接地。安装完成后需开展三级验收：首先进行回路通断验证，使用导通仪逐点测试；其次开展绝缘电阻测试，采用1000V兆欧表检测；最后通过继电保护测试仪模拟故障量，验证保护装置动作逻辑与出口矩阵正确性，确保二次回路零缺陷投运<sup>[3]</sup>。

## 3 变电站电气安装常见质量隐患与影响因素

### 3.1 设备与材料质量缺陷

设备与材料的质量问题是安装隐患的源头。部分设备出厂时即存在工艺缺陷，如变压器绝缘油因精炼不足含水量超标，削弱绝缘性能；断路器密封件因材料老化或硫化工艺缺陷，易引发气体泄漏；电缆绝缘层因挤出工艺控制不当，出现破损或厚度不均，降低耐压能力。运输与存储环节的防护缺失同样关键，设备受潮会导致绝缘性能劣化，瓷件破损会缩短爬电距离，部件丢失则影响设备完整性，均可能为后续运行埋下隐患。

### 3.2 安装操作不规范

人为操作偏差是安装质量失控的主因。主变压器就位时水平度调整偏差过大，会导致器身受力和不均；地脚螺栓紧固不牢，在设备振动下可能引发基础位移。高压设备触头清洁不彻底会形成氧化层，接触压力不足则可能引发过热烧蚀。二次回路接线错接、漏接会破坏保护逻辑，接头压接不紧密可能因接触不良产生电弧。接地装置焊接质量不佳会降低导电性能，接地电阻超标则无法有效泄放雷电流。

### 3.3 环境与工艺适配性不足

安装环境与工艺的适配性直接影响施工质量。高湿度环境下，设备绝缘件易吸湿导致绝缘电阻下降；多粉尘区域中，金属部件表面沉积的导电粉尘会引发闪络。施工工艺若与设备特性不匹配，如母线焊接工艺不当导致接头开裂，电缆敷设弯曲半径过小损伤绝缘层，均会引发质量隐患。工序衔接不合理同样关键，设备调试未及时开展，可能导致已存在的隐患未能被及时发现和处理<sup>[4]</sup>。

## 4 变电站电气安装质量控制与优化策略

### 4.1 强化设备与材料质量管控

变电站电气系统的可靠性基础在于设备与材料的质量，需构建覆盖全生命周期的质量管控体系。安装前应建立“文件核验+实物验证”双维度核查机制：(1) 严格审查设备合格证、出厂检测报告、型式试验证书等技术文件，确保设备参数与设计要求完全匹配；(2) 对关键设备（如主变压器、GIS组合电器、高压断路器）实施开箱验收，重点核查设备本体外观完整性、附件配套性、密封性能及标识清晰度，必要时开展现场抽检试验。(3) 对于绝缘油、六氟化硫气体、电力电缆、密封胶圈等关键材料，需按批次进行取样送检，检测项目涵盖介质损耗因数、绝缘电阻、气体纯度等核心指标，建立不合格品追溯台账，严禁任何未经检验或检验不合格的产品进入施工环节。同时，需优化设备运输与存储方案：针对大型设备设计专用运输工装，采用防震支架、

防潮包装及固定装置,避免运输过程中因振动、冲击导致内部结构损伤;对精密仪表、控制模块等电子设备,应存储于恒温恒湿库房,配置温湿度监测系统,防止因环境温湿度波动引发性能劣化;对户外存放的设备,需搭建防雨棚并垫高存放,定期检查防潮剂状态,确保设备到场时绝缘性能、机械强度等指标满足安装要求。

#### 4.2 规范安装操作流程

标准化作业流程是保障安装质量的核心手段。需编制覆盖全专业的《安装作业指导书》,明确各工序操作步骤、技术参数允许偏差及质量验收标准,例如主变压器就位偏差控制、断路器分合闸特性调整、二次回路接线工艺等关键环节的技术要求。施工人员必须通过“理论培训+实操考核”双认证,重点工序(如高压设备对接、母线焊接、二次回路调试)需持证上岗,确保操作人员具备专业能力。推行“三检制”质量追溯机制:施工人员完成工序后需进行自检,填写质量记录单;班组内开展互检,重点核查相邻工序衔接质量;质检员实施专检,采用激光跟踪仪、数字扭矩扳手等高精度工具对主设备就位精度、高压触头接触压力、二次回路绝缘性能等关键指标进行量化检测,留存检测数据及影像资料。加强接地系统施工质量控制,接地体焊接需采用氩弧焊工艺,焊接后清除焊渣并涂刷防腐漆;跨接线连接需使用液压压接钳,确保接触面镀层完整;接地电阻测试需在干燥环境下进行,验证值需满足设计要求的1.1倍以内,形成完整的质量验收链条。

#### 4.3 优化环境适配与工艺管控

环境因素与工艺匹配度直接影响安装质量的稳定性。需根据现场环境条件动态调整施工方案:在高湿度区域(相对湿度 $>75\%$ )安装前,需启动工业除湿机降低环境湿度至 $60\%$ 以下,对绝缘件进行红外烘干处理;在多粉尘区域,需搭建封闭式防尘棚,采用负压吸尘设备清理设备内部,严格控制器身暴露时间,确保绝缘表面清洁度达标。针对不同设备特性制定专项工艺方案:母线

安装需采用专用数控焊接设备,焊接前进行坡口打磨及预热处理,焊缝进行渗透检测;电缆敷设前利用BIM技术进行三维路径优化,避免电缆交叉重叠,转弯处设置滑轮装置防止机械损伤;二次回路接线采用“色标管理+线号标识”双重标识体系,不同功能回路使用不同颜色导线,端子排加装防误碰罩壳。施工工序安排遵循“先主体后附属、先高压后低压”原则,安装完成后立即开展绝缘电阻测试、耐压试验及传动试验,对发现的问题实施“根因分析-整改验证-闭环归档”管理,确保质量缺陷不遗留、不复发,形成全流程质量管控闭环<sup>[5]</sup>。

#### 结束语

变电站电气安装作为电力系统建设的核心环节,其质量管控贯穿设备选型、工艺实施到环境适配的全生命周期。通过构建覆盖设备材料、操作流程、环境工艺的三维管控体系,可有效消除接触不良、绝缘劣化等质量隐患,保障电网安全稳定运行。未来需进一步融合智能监测技术,利用物联网传感器实时采集安装参数,结合大数据分析实现质量风险预警,推动安装工艺向数字化、精细化方向升级。同时,强化全流程标准化作业与质量追溯机制,确保每个环节可管控、可追溯,最终实现变电站电气安装质量与效能的双重提升,为新型电力系统建设提供坚实支撑。

#### 参考文献

- [1]李鹏宇,王文华.变电站电气安装工程技术要点研究[J].科技资讯,2024,22(13):81-83.
- [2]黎涛.变电站电气设备安装工程中的技术要点分析[J].中国设备工程,2024,(09):201-203.
- [3]林昌榕.智能变电站电气设备安装与调试技术要点[J].光源与照明,2023,(02):151-153.
- [4]莫东明.变电站电气设备安装技术要点及质量控制[J].通信电源技术,2020,37(02):283-284.
- [5]江金发.浅析变电站电气设备的安装技术要点[J].机电信息,2020,4(11):131-132.