

电力工程中变电站施工技术运用研究

石磊, 万基盛, 蔡亮

(深圳市输变电工程有限公司, 广东 深圳 518000)

摘要 在电力工程中, 由于电力需求的日益增长, 对变电站施工技术的要求也越来越高, 为解决施工中的常见问题, 本文以 220 kV 变电站项目为例, 对施工流程和技术应用进行详细研究。通过案例, 分析了在土建和电气设备安装中遇到的技术难题和安全风险, 并提出一系列解决措施, 包括采用现代化施工管理技术和提高施工设备的精确性, 以期为保证工程质量和工期控制提供借鉴。

关键词 电力工程; 变电站施工技术; 基础施工技术; 电气设备安装技术

中图分类号: TM63

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)11-0115-03

我国社会经济快速发展, 电力需求日益增长, 电力工程中变电站建设也变得愈发重要, 而变电站作为电力传输网络中的核心节点, 不仅承担着输电与变电的关键功能, 还对电网稳定运行起着决定性作用。变电站的施工复杂性和精确性对技术要求极高, 从土建施工到电气设备的安装调试, 每个环节都至关重要。然而, 在实际施工过程中常常面临诸如施工周期长、设备安装精度高、环境复杂等诸多挑战。因此, 通过对具体施工技术的应用, 不仅能提升施工效率, 还能确保变电站的安全稳定运行。

1 项目概况

某 220 kV 变电站扩建工程项目旨在满足工业区和居民区快速增长的用电需求。在建设过程中, 施工团队面临紧张的工期和高精度设备安装要求, 新引入的主变压器重达 200 t, 其安装精度要求在 ± 3 mm 范围内, 通过自动化技术确保设备调整与对位的高精度。此外, 施工团队通过采用合理基础施工技术, 大幅缩短土建工程时间, 将总施工周期缩短了 15%, 通过实行夜间施工和周末加班, 项目最终提前竣工。新扩建变电站提供了额外 500 MW 容量, 提升了该区域电网的稳定性, 并降低电能损耗率至 0.85%。

2 变电站施工基本模式

220 kV 变电站常见施工模式包括 EPC 总承包模式和分包模式。EPC 总承包模式由承包商承担工程的设计、采购、施工全过程, 业主只需负责项目管理与协调, 该模式能够有效缩短工期、降低业主的管理难度, 并确保工程质量的整体协调性, 然而它对承包商综合能力要求较高, 风险主要由承包商承担。分包模式是业主将工程的设计、施工、设备采购等环节分包给不同

专业公司, 各分包商独立完成各自工作, 此模式能够让业主对各环节有更多的控制权, 并利用不同公司的专业优势, 但也增加了业主的协调与管理难度, 容易导致工期延误或质量问题^[1]。

3 变电站施工面临的挑战

3.1 土建施工要求高

在本项目施工中, 基础施工与场地平整是两个主要挑战, 基础施工需要考虑土壤的承载能力, 不同地质条件对施工方法和材料选择有着严格要求, 例如软土地区需要进行地基处理和加固, 以防止未来设施的沉降和位移。场地平整是确保设施稳定和后续施工顺利进行的前提, 在复杂的地形中, 场地平整往往涉及大量的挖填作业, 这在地形起伏较大或有限施工空间中尤为困难, 这些土建阶段的工作不仅技术要求高, 而且直接影响到后续电气设备安装的安全性和可靠性。

3.2 施工周期长, 协调难度大

项目主要涉及土建、电气设备安装、调试等多个施工阶段, 每个阶段均需要精细计划与严格的执行, 施工周期较长。变电站项目通常包含多个专业团队, 如土建工程师、电气工程师、自动化专家等, 专业间协调和配合是施工管理中的一大难点, 而且项目中涉及大量设备与材料采购与供应, 供应链管理稍有不慎, 就容易导致工期延误, 再加上施工现场往往环境复杂, 外部因素如天气、地质条件变化也会影响施工进度, 使得协调更加困难。

3.3 设备安装精度要求高

在项目施工中, 设备安装精度直接影响到整个变电站安全运行和性能表现, 尤其是主变压器、高压开关设备以及关键连接部件, 都要求极高的安装精度,

例如,主变压器就位必须严格按照设计图纸和技术规范进行,任何偏差都会导致设备运行不稳定,甚至损坏。高压开关设备安装不仅要保证物理位置的精确,还需确保电气连接严密性,避免高电压运行时的电气故障。另外,误差控制范围通常要求在毫米级别,对施工精度和工人技能要求高,设备每一次安装都需经过严格检测和调试,确保所有部件符合电气和机械的精度要求^[2]。

4 电力工程施工技术运用

4.1 基础施工技术

4.1.1 地基处理与基础加固

在进行处理与加固之前,需要进行地质勘察以评估土壤类型、承载能力和水文条件,根据地质条件,常用地基处理方法包括换填法和压实法,对于承载能力较低土壤,使用换填法替换原有松散或低强度土层,采用C30级砾来建立坚实的基底,而遇到软土地基可通过深层压实或动态压实技术提高其密实度和承载力,如使用重型夯实机进行多次(5~10次)夯击,每次夯击深度控制在1~1.5 m。此外,针对特殊地质条件,需要采用桩基加固方法,通过打入预制混凝土桩或钢桩到达坚实地层,以传递上部结构荷载。例如,在河流附近湿滑的土质中,可以施工长达20 m的钻孔灌注桩,每根桩直径约1.2 m,以确保基础的稳定与安全。通过这些综合方法,可以有效地对220 kV变电站的基础进行加固,保障后续施工和运行的安全性^[3]。

4.1.2 防水与防震措施

防水方面采用防水混凝土与防水涂料结合方式,确保基础结构的长久耐用,防水混凝土的抗渗等级一般要求不低于P6,涂料厚度则应达到1.5 mm以上,此外,基础四周还应设置排水沟及防渗墙,以有效阻止地下水渗入。防震方面基础施工需严格按照抗震设计规范执行,一般要求基础下设置防震垫层,采用强度不低于C30的高强混凝土,以增强抗震性能,同时,在基础内部配置抗震钢筋网,钢筋间距应控制在150 mm以内,以提升整体刚度和抗震能力。

4.2 电气设备安装技术

4.2.1 主变压器、开关设备安装要点

在项目施工中,对于主变压器安装,其要点包括确保变压器基础平面的允许偏差不超过5 mm,以及震动控制在设计标准之内,安装时需要严格按照制造商提供的技术文件进行,一般情况下变压器垫铁的水平调整应保证其顶部与基础平面的水平度误差不大于0.1 mm/m,且总体不超过2 mm。此外,所有接头必须根据厂家规定扭矩紧固,并进行至少72小时的真空油处

理,以去除油中的杂质和湿气,油介电强度应达到35 kV/2.5 mm的标准,安装结束后应进行预防性试验,包括绕组电阻测试、变比测试、绝缘电阻测试以及介电损耗测试等。

对于开关设备,如断路器、隔离开关等,安装前需检查设备无损伤,并确认机械操作流畅无卡滞,安装位置应符合设计图纸,而220 kV断路器其接触距离和过程时间误差应控制在 ± 2 mm和 ± 2 ms以内,安全距离必须满足国家标准,如最小相间距离和地距离通常不小于1 250 mm和2 500 mm,如图1。

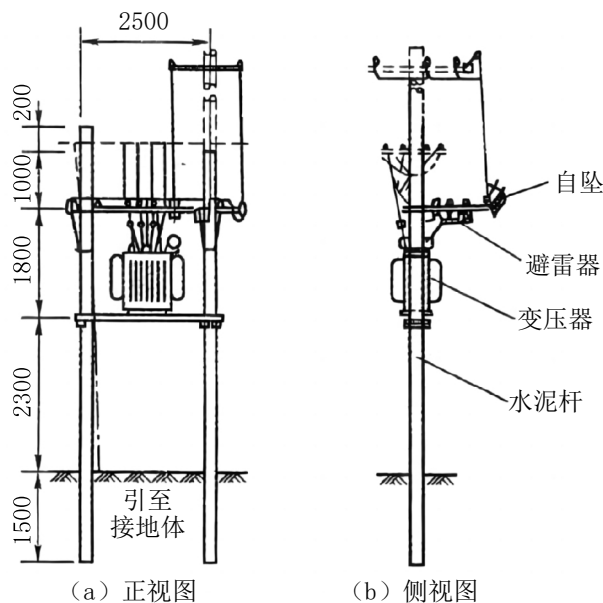


图1 220 kV断路器安装示意图

每个设备安装完成后都应进行相应的功能测试和电气测试,以验证其性能满足技术要求。

4.2.2 高压电缆敷设与接地技术

电缆敷设需确保电缆沟或管道的尺寸、角度及深度符合设计要求,通常电缆沟深度不小于1.2 m,以保证电缆的物理保护及热容散发,然后电缆敷设需要采用滚轮或电缆导轮逐段铺设,以避免在拖动过程中对电缆造成损伤。接地技术方面变电站高压电缆通常采用交叉接地方式,通过连接电缆金属护套与地网,形成多点接地,以降低地电阻,提高接地效果,具体操作时接地线应选择不小于25 mm²的铜线,接地点的间隔一般为100 m,保证电缆的安全与功能性。具体参数与技术指标如表1所示。

通过精确施工与严格的技术标准,可以有效提升变电站的电缆敷设与接地质量,确保系统的稳定运行与安全。

表 1 电缆敷设与接地的具体参数与技术指标表

参数类型	具体要求	符合标准数据
电缆沟深度	不小于 1.2 m	1.5 m
接地线材料	铜线	25 mm ² 铜线
接地点间隔	100 m	100 m
接地电阻	尽可能降低	≤ 1 Ω

4.2.3 二次设备布线与调试

二次设备的布线应根据电气图纸和设计要求进行规划, 布线需考虑到设备接线方式、运行环境以及安全距离, 确保布线整洁性和安全性, 并对电缆和导线选择应符合设计规范, 如电缆的绝缘等级、耐高温范围等。而电缆敷设应遵循标准化要求, 例如电缆垂直敷设与水平敷设要分开, 电缆沟槽需做好防潮处理, 对于高压电缆, 应注意与其他电缆的间距, 一般不应小于 50 mm, 以减少电磁干扰。所有电缆的终端连接需使用符合标准的接线端子, 并进行绝缘处理, 对接线端子要进行紧固, 确保电气连接可靠, 接线时避免过度弯曲电缆, 通常弯曲半径不应小于电缆外径的 8 倍^[4]。

调试方面, 在设备接通前应对所有电缆和设备进行绝缘电阻测试, 通常测试值应大于 1 MΩ, 测试可以采用绝缘电阻仪进行, 确保绝缘性能符合要求, 避免漏电或短路。然后对电气回路进行导通性测试, 确认所有接线连接正确无误, 使用数字万用表测试各个回路的导通性, 确保没有开路或错误接线。在布线完成后需要对二次设备进行功能测试, 包括保护继电器、控制系统的功能验证, 模拟各种工作状态(如过载、短路等)来检查设备的响应和功能是否符合设计要求, 保护继电器的动作值应与设定值一致, 通常在额定值的 10% 以内, 最后将所有二次设备系统连接, 进行系统整体调试, 包括模拟各种操作场景, 检查系统的综合协调性和可靠性, 确保各系统之间通信和控制信号能够正常传递。

4.3 控制与保护系统施工技术

4.3.1 自动化系统安装与调试

该项目的施工核心目标是确保各项自动控制、监测和保护功能的准确性和可靠性, 应根据设备制造商提供技术文档进行详细设备配置, 包括保护继电器、智能开关控制柜、通信接口等, 在通电前需通过预设的测试程序检查每个回路, 至少进行五次预操作模拟, 确保逻辑控制正确无误, 响应时间低于 3 s。随后进行实际的场景模拟测试, 以验证系统对故障的响应, 对于保护装置动作时间通常要求在 20 ms 以内, 确保系统稳定运行, 同时自动化系统调试还需要设置远程操

作功能, 如遥控断路器的合闸和分闸, 以及与上级监控中心的通讯联络, 最后完成调试后所有数据需要记录在施工日志中, 以便进行最后验收和未来维护工作^[5]。

4.3.2 保护继电器选型与配置

首先应根据变电站的电气架构、预期故障类型以及系统保护策略来确定保护继电器的种类, 通常情况下对于 220 kV 变电站, 至少需要配置距离保护(用于传输线路)、差动保护(用于变压器或母线)、过电流保护和零序保护继电器。保护继电器在选型时考虑因素包括故障检测速度、精度和设备的兼容性, 例如距离保护继电器需设置在 150 ~ 300 ms 内响应, 具有不超过 ±5% 的距离量程误差, 差动保护则需要根据变压器额定容量进行设置, 且其稳态误差必须控制在预设值(如 1.0%) 以内。在配置上每个保护继电器的参数要根据实际负荷和系统参数计算得出, 采用专业软件进行模拟测试, 比如使用 ETAP 或 PSCAD 进行动态仿真, 确保在各种操作条件下都能准确识别故障并迅速断开, 从而最大程度地减少系统损害和服务中断时间, 同时继电器之间需要相互协调, 避免误动作, 如一次保护动作失败时二次保护应在预定时间范围内(通常为 400 ms 以内)介入。

5 结束语

220 kV 变电站作为电力系统中至关重要的组成部分, 其施工技术应用和管理直接影响着电力供应稳定性与可靠性, 通过深入分析 220 kV 变电站施工基本模式、常见难点及技术应用, 可以看到在复杂的施工环境和严格技术要求下, 科学的施工技术和有效的管理措施是确保项目顺利实施基础。未来, 随着智能化技术和新型施工技术的不断发展创新, 需要进一步优化施工流程、提升技术水平、加强人员培训和安全管理, 从而为电力工程的发展注入新动力, 进一步提升电力系统的可靠性和服务质量。

参考文献:

[1] 牛安, 陆海波. 电力工程变电站一次设备安装调试施工技术研究 [J]. 自动化应用, 2024, 65(S1): 379-381, 387.
 [2] 张圣强, 李传莹, 李宝玉, 等. 电力工程变电站一次设备安装调试施工技术探究 [J]. 仪器仪表用户, 2024, 31(03): 1-3, 6.
 [3] 万国. 电力工程中变电站施工技术的应用研究 [J]. 电工技术, 2023(S1): 268-270.
 [4] 屈东娇. 变电站施工技术在电力工程中的运用探讨 [J]. 现代制造技术与装备, 2023(S1): 150-152.
 [5] 田瑞雪. 探讨变电站工程中的电气监理技术 [J]. 新型工业化, 2022, 12(10): 34-37.