

变电站土建施工与电气工程协调管理实践分析

袁欣诚^{1,2}

1. 国网上海市电力公司市北供电公司, 上海 200072

2. 上海电力大学, 上海 200090

DOI:10.61369/UAID.2025040005

摘 要 : 为实现变电站土建施工与电气工程高效协同, 确保工程顺利完工。本文从空间布局、工序衔接等维度分析土建施工与电气工程的关联性, 系统性梳理二者在协同管理过程中存在的典型矛盾, 从前期准备与规划、集成调度管理、技术创新和管理制度四方面入手, 提出变电站土建施工与电气工程协调管理的实践策略, 以期为变电站各类工程施工提供有益参考。

关 键 词 : 变电站; 土建施工; 电气工程; 协同管理

Practical Analysis of Coordination Management Between Civil Construction and Electrical Engineering in Substation Projects

Yuan Xincheng^{1,2}

1. Shanghai North Power Supply Company, State Grid Shanghai Electric Power Company, Shanghai 200072

2. Shanghai University of Electric Power, Shanghai 200090

Abstract : To achieve efficient coordination between civil construction and electrical engineering in substation projects and ensure successful project completion. This paper analyzes the interdependencies between civil construction and electrical engineering from dimensions such as spatial layout and process sequencing. It systematically identifies typical conflicts arising during collaborative management and proposes practical strategies for coordinating these two aspects. These strategies focus on four key areas: preliminary preparation and planning, integrated scheduling management, technological innovation, and management systems. The aim is to provide valuable reference for various types of substation construction projects.

Keywords : substation; civil construction; electrical engineering; collaborative management

引言

电力系统新型基础设施建设背景下, 变电站工程呈现土建结构复杂化、电气工程集成化的发展趋势。相关数据统计显示, 2020–2024年间全国110kV及以上变电站工程中, 因土建工程与电气工程协调不足所致的工期延误占比高达25%, 返工成本占项目总投资的5%–8%^[1]。传统分阶段管理模式无法适应现代变电站建设要求, 变电站工程建设过程中急需建立贯穿设计、施工、验收全周期的协同管理管理体系。基于此, 现针对变电站土建施工与电气工程协调管理实践加以分析, 以期为变电站工程标准化建设提供可复用的管理范式。

一、变电站土建施工与电气工程的关联

变电站施工环节中电力设施安装与建筑结构工程存在多维度的协同关系。作为变电站功能实现的关键要素, 电力系统承担着保障整体供电稳定性的核心任务, 而土建工程则为电力设施提供了必要的物理支撑和运行条件^[2]。此种相互依存的关系决定双方必须建立高效协作机制。在实际施工过程中, 电气工程与土建工程需要保持动态配合, 既要保证工期进度又要确保工程质量达标。具体来

说, 在建筑结构施工阶段, 必须预先规划好电力设备的安装位置和连接节点, 为后续电气系统的顺利投运创造条件。同样, 电力安装方案也需要根据土建工程的实际进展进行灵活调整, 使设备调试与土建施工保持同步。此外, 土建工程与电气工程的协同关系还体现在工程安全管理与质量监督层面^[3]。在变电站建设全周期中, 电力装置与建筑结构的可靠性和安全性同等重要, 这就要求电力安装团队与建筑工程方共同完善安全防护体系, 建立统一的质量管控规范, 从而全方位保障施工安全和工程质量。

二、变电站土建施工与电气工程协调管理痛点

（一）设计阶段矛盾

变电站土建施工与电气工程协调管理在设计阶段的痛点主要表现为三维空间冲突。电气装置对建筑环境存在多种特殊要求，如：电气设备安装需要预留足够的检修通道、散热区域和安全间距。而常规土建规划仅参照通用建筑规范，在设计过程中极易忽略电气设备安装和运行尺寸等需求。此种设计阶段矛盾必然会引发多种施工问题^[4]。一是层高与设备吊装冲突。电气装置安装需要借助建筑吊装孔洞，但在土建规划阶段，此类孔洞尺寸设计往往未能充分考虑设备最大构件的实际尺寸或运输过程中的转弯空间需求，最终导致设备无法顺利安装到位。二是管线碰撞问题。在平面设计图纸中，电缆夹层、通风管路与电气设备的空间布局难以完全避免交叉冲突，一旦发生管线碰撞，施工阶段不得不采取绕行方案或进行拆除改造，进而延误施工进度。三是预埋件定位偏差。电气设备基础预埋件的平面坐标和高度偏差超出技术规范要求，引发设备安装时的螺栓孔位错位、设备倾斜等问题，严重时可能造成结构安全隐患，进而影响施工安全与施工进度。

（二）施工组织冲突

变电站土建施工与电气工程协调管理施工阶段的痛点主要表现为工序倒置与资源争夺，即土建与电气施工的工序配合存在动态协调不足，引发资源损耗与工期延误^[5]。一方面，施工流程紊乱。土建工程建筑主体尚未完工阶段，电气工程为赶进度过早介入，致使设备保护费用骤增。相反，若土建装饰进度落后于电气安装，则易对已装设备造成损坏。另一方面，设备与人力调配矛盾。塔式起重机、施工电梯等大型设备需在土建与电气作业中交替使用，但排程方案缺乏整体规划，如：土建浇筑混凝土占用起重机时，电气设备吊装作业被迫暂停，必然会影响电气工程的施工进度，进而延误整个工程施工进度。此外，施工界面交接规范模糊同样是二者协同管理的痛点之一。具体表现为土建向电气转交作业区域时，常因场地整洁度、预埋构件验收等要求界定不清，造成多次返工。

（三）技术接口问题

技术接口问题同样是困扰变电站土建工程与电气工程协同管理的痛点之一。具体表现为，专业规范衔接失效，导致建筑与电气技术标准间断层造成整体性矛盾^[6]。其一，防水与接地矛盾。建筑采用弹性防水层处理电缆通道时，可能中断接地导体的电流通路，造成接地阻抗异常。反之若优先保障接地性能而取消防水措施，则会导致电缆通道进水，危及设备运行安全。其二，结构承载差异。电气设备动态负荷未被整合进建筑结构核算，或建筑结构遗漏设备运行振动的传导影响。其三，环境调控失调。电池间耐酸蚀需求与建筑装饰材料选择不符，配电间的气流交换量设计未结合建筑通风口的实际效能则会引发设备过热问题，进而耽误变电站施工进度，甚至会对变电站施工质量带来严重的负面影响。

（四）管理机制缺失

组织架构与管理制度未能适应变电站土建施工与电气工程协

调管理需求，存在明显的责任划分模糊、信息传递抵消和协同工具匮乏等痛点。建筑工程中土建与电气专业交叉作业存在权责划分不明确现象，导致质量问题出现时双方相互推卸责任。以预埋套管堵塞问题为例，既可能源于土建施工方混凝土浇筑时的防护措施不到位，也可能是电气安装方未及时进行封堵处理所致，但由于缺乏有效的责任追溯体系，往往难以准确判定责任主体。同时，信息传递低效。工程变更与施工指导仍采用传统纸质文档流转方式，导致多专业协同作业时信息同步效率低下。此外，施工协调机制缺失。项目管理平台尚未实现整合应用，土建与电气施工方案分别制定，难以及时发现关键工序矛盾。

三、变电站土建施工与电气工程协调管理的实践策略

（一）前期准备与规划

施工前期的准备与规划是保证变电站工程顺利进行、实现土建施工与电气工程协调管理的关键所在。基于变电站土建施工与电气工程协调管理的痛点，在实际施工过程中应通过引入三维协同每个设计机制，从根本上解决土建施工与电气工程的空间冲突和预埋偏差等问题。一方面，在变电站施工前期引入 BIM 全生命周期协同平台。设计单位借助 BIM 技术构建涵盖建筑结构信息、电气设备信息、管线分布信息的三维立体模型，利用 Navisworks 等软件开展碰撞测试等，通过模拟仿真事先发展土建与电气工程施工中的空间冲突。同时，设计人员可以利用 BIM 技术开发参数化设计模板，将电气设备尺寸、安全距离等参数输入土建模型中，实现二者在设计层面的动态协同。另一方面，施工前由施工单位牵头，组织土建与电气设计师参与联合图纸会审，重点检查电气设备基础定位、预埋件规格等参数，制定适用于工程建设的《三维空间设计标准》，明确层高、吊装孔尺寸冗余量等。此外，在变电站土建施工与电气工程施工前，还应引入“全站仪+二维码”定位系统，将设计坐标等直接导入施工测量仪器，确保土建施工与电气工程各类参数相符合，为二者协同施工奠定基础。

（二）实施全要素集成调度管理

为有效解决变电站土建施工与电气工程协同管理中的工序倒置与资源争夺痛点，施工单位应从各环节入手，系统性整合资源、优化工序，实现土建施工与电气工程的各要素的高校配置与协同管理。首先，在明确土建施工和电气工程基本施工设计的基础上，编制一体化进度计划。构建多专业协同的进度管控体系，采用关键路径分析法精准定位土建与机电工程的交叉施工要点，厘清各工序间的逻辑关联。运用 BIM 四维动态模拟技术，直观展示不同施工阶段的作业界面与资源配置情况，实时调整工序衔接方案。配套研发智能工地管理平台，整合设备运行状态、物料运输等动态信息，智能输出高精度机械调配计划，保障塔式起重机、施工电梯等重点设备的最佳使用效能。其次，优化土建施工和电气工程的工序衔接。施工单位应采用倒排工序规划法，从电气设备调试的最终节点出发，反向推算土建工程的关键控制点，精确把控场地混凝土浇筑、预埋件定位等前期工作的完成节点。对于多专业交叉施工区域，实施构件预制化方案，将电缆通道、

设备基座等部件在加工厂完成预制后运至现场组装，有效缩减土建与电气施工的作业面交叉范围，显著降低工序冲突概率。最后，创新资源协调机制。施工单位通过创建共享式设备资源库，对吊装机械、运输设备等重型装备实行时段化租赁与动态优先级配置方案，依据工程进度需求灵活调节设备使用权。采用超宽带精确定位系统，即时监测土建作业面的施工进展，借助数字化交付规范自动生成电气安装进场指令，消除人为判定偏差引发的交接滞后。此外，通过组建多专业联合调度指挥平台，统一协调人员、设备、物资的整体配置，实现资源供应与工程进度的精确同步。

（三）技术创新应用

为破解变电站土建施工与电气工程协同管理过程中存在的技术标准割裂痛点，施工单位应建立跨专业协同技术标准体系，通过规范整合与技术创新实现技术接口的无缝对接。其一，制定土建电气协同设计规范，确立专业接口的技术参数匹配准则。针对地沟防水与接地系统矛盾，要求选用导静电防水涂料，使防水构造同时满足接地导通需求。同时，建立建筑-电气荷载协同计算体系，将电气装置工作载荷实时整合到土建设计验算中，防止交变应力传递导致结构开裂或地基变形。此外，编制预埋构件定位、管线布设等核心工艺的偏差限值标准，在施工初期规避安装错位问题。其二，运用跨学科仿真分析方法提升环境调控系统效能。针对蓄电池间、配电房等重点场所，通过流体动力学模拟技术追踪腐蚀性气体扩散轨迹与温度场分布，协同优化建筑通风孔规格与电气装置排布方案，保证各项环境指标符合双重技术规范。其三，实施以三维建模技术为核心的数字化交付机制，明确规定建筑施工单位在工程收尾阶段必须提交整合预埋构件定位信息及承重数据的建筑信息模型，作为后续机电安装的基准参照。同步编制专项交接验收标准，详细规定线槽排水倾斜角度、装置基座平整度等核心参数指标，构建土木与电气专业人员协同验收

的工作模式。运用数字化建模与实际测量结果的交叉比对方法，高效定位并修正交接界面存在的偏差问题，实现关键工艺指标的全程精准管控。

（四）完善管理制度

为系统性解决变电站土建施工与电气工程协同管理中责任模糊与信息之后痛点，施工单位应构建全流程协同管理体系，通过制度创新强化协同管理实践成效。一方面，施工单位应制定《土建电气专业分工明细表》，系统梳理189项交叉施工任务的权责划分，保证每项工序均有具体负责单位。同时，在施工过程中应实施首接负责制，规定最先发现异常情况的部门必须主动组织整改，切实防范责任推脱行为，显著提高问题处置的时效性与完成度。另一方面，持续加快信息化协同平台建设。施工单位通过构建BIM与智能工地协同管理平台，实现设计调整、工程指令等重要信息的实时共享，将变更处理周期压缩至120分钟以内，有效保障信息传递的及时性和精确度。采用区块链分布式账本技术固化施工过程数据，包括隐蔽工程验收影像等关键资料，确保信息记录的永久保存与完整溯源，为质量监督与责任界定提供可靠的技术保障。

四、结语

综上所述，变电站土建施工与电气工程的协调管理是提升工程建设质量与效率的核心环节。通过构建全周期协同机制、优化技术标准体系、完善管理制度等系统性策略，能够有效破解设计冲突、工序矛盾、技术割裂与管理盲区等痛点问题。实践证明通过强化BIM技术应用、实施动态资源调度、推进标准化接口设计等举措，可显著减少返工与工期延误，降低施工成本，同时保障工程质量与安全。

参考文献

- [1] 胡俊竹. 变电站土建施工与电气工程协调管理思考与实践 [J]. 农村电气化, 2023, (10): 8-11.
- [2] 王捷. 电气安装与土建工程施工配合的技术管理研究——以温州某污水处理厂改扩建工程为例 [J]. 工程设计与设计, 2024, (03): 217-219.
- [3] 郑晨亮. 变电站土建施工与电气工程协调管理思考与实践 [C]//《中国建筑金属结构》杂志社有限公司. 2024新质生产力视域下智慧建筑与经济发展论坛论文集（四）. 福建省送变电工程有限公司; , 2024: 135-136.
- [4] 廖欣毅. 建筑电气工程施工中的质量控制与安全管理 [J]. 全面腐蚀控制, 2024, 38(12): 49-51.
- [5] 吕卫乾. 电力工程现场施工管理中的电气及机电安装技术应用 [J]. 产品可靠性报告, 2025, (01): 141-143.
- [6] 辛清军, 刘丹丹. 高层住宅土建施工质量管理与关键技术研究 [J]. 中国建筑金属结构, 2025, 24(06): 154-156.