光伏升压站土建工程施工常见问题及优化措施

于　浩

中国能源建设集团天津电力建设有限公司　天津　300180

摘　要：光伏升压站是光伏电站电力汇集与送出的核心枢纽，土建施工质量直接决定设备运行安全与结构长期耐久性。本文针对升压站土建施工实践，系统梳理了地基处理、混凝土结构、预埋件安装、防水防腐及施工组织等方面的常见问题，从勘察设计、过程控制和现场管理三个维度剖析了问题根源，并提出了强化前期勘察设计、优化混凝土施工工艺、提高预埋件安装精度、完善防水防腐质量控制、加强施工组织管理及引入数字化监测等系统性优化措施，以实现技术与管理的协同发力，有效提升施工质量并降低全生命周期运维风险。

关键词：光伏升压站；土建工程；施工质量；优化措施

引言： 光伏发电装机规模持续快速增长，升压站作为实现电压变换和电能送出的核心枢纽，其土建工程承载设备安装基础、结构安全防护和运行环境保障等多重功能，施工质量直接影响设备运行可靠性和结构使用寿命。但实际工程中，受工期紧张、作业条件差、精度要求高等因素制约，地基处理不当、混凝土质量缺陷、预埋件定位偏差、防水防腐失效等问题屡见不鲜。本文基于工程实践与文献调研，系统总结升压站土建施工常见问题并提出针对性优化措施，以期为同类工程提供参考。

1 光伏升压站土建工程概述

1.1 工程构成与功能

光伏升压站土建工程是为电气设备提供安装基础、结构支撑和运行环境的全部施工内容，是连接发电场区与电网的关键节点。主要包括设备基础工程、建筑物工程和站区附属工程三大类。设备基础工程涵盖主变压器、GIS、开关柜、无功补偿装置及各类支架基础，承担设备静动荷载传递，对定位精度和不均匀沉降要求严格。建筑物工程包括主控通信楼、配电装置室、辅助生产建筑等，为设备运行和人员操作提供空间。站区附属工程包括围墙、道路、电缆沟、排水系统及场地硬化等，构成正常运行的外部配套。因设备种类多、荷载差异大，各功能区对地基承载力和变形控制要求不同，给施工组织和技术管理带来较高复杂性。

1.2 施工技术特点

光伏升压站土建施工具有精度要求高、交叉作业多、工序齐全且受外部条件制约显著等特点。精度方面，主变压器、GIS 等核心设备要求基础顶面标高偏差不超过 ±5mm，预埋件中心线偏差不超过 ±3mm，远超一般工业与民用建筑标准。交叉作业方面，土建与电气安装工序穿插频繁，预埋件、预留孔洞定位须与电气图纸严格对应，偏差可能导致无法安装或返工。工序方面，升压站占地虽小，但工种齐全，涵盖测量放线、土方开挖、钢筋绑扎、模板支设、混凝土浇筑、防水施工及设备安装配合等全部环节。此外，站址多位于偏远地区，气候、地质和材料运输等因素对施工进度和质量影响显著。

1.3 施工质量控制的重要性

升压站土建施工质量控制具有系统性意义，直接关系结构安全、设备运行和工程耐久性。结构安全方面，设备基础不均匀沉降会导致核心设备倾斜位移，导体连接部位产生附加应力，严重时可引发设备损坏或短路事故。设备运行方面，预埋件定位偏差和标高误差直接影响安装进度和质量，返工不仅造成经济损失，更可能延误并网发电的关键工期[1]。耐久性方面，防水防腐缺陷会导致钢筋锈蚀、保护层开裂和设备受潮，缩短使用寿命，增加运维成本。因此，必须从勘察设计、施工工艺和现场管理等各环节实施全过程质量控制，才能确保升压站全生命周期的安全性和经济性。

2 光伏升压站土建工程施工常见问题分析

2.1 地基与基础工程问题

地基与基础工程是质量问题最为集中的领域。地基承载力不足源于勘察阶段钻孔间距过大或取样不足，未能揭示软弱夹层，施工后方发现与设计不符，被迫变更或加固。回填土压实质量不达标表现为分层过厚、机具不当或含水率控制不严，压实系数偏

低，导致工后沉降，引起散水开裂、管道断裂和地坪下沉。特殊地质条件下处理不到位，未有效消除湿陷性黄土、膨胀土或冻土的不良特性，埋下不均匀沉降隐患。桩基础施工中，灌注桩常出现缩颈、断桩和沉渣过厚，预制桩存在桩身裂缝、桩顶破碎和偏位等问题，直接削弱基础承载能力。

2.2 混凝土结构质量缺陷

混凝土结构质量缺陷主要表现为外观缺陷、尺寸偏差和强度不足三类。外观方面，蜂窝、麻面、孔洞、露筋和裂缝常见，蜂窝麻面由模板漏浆或振捣不充分所致，孔洞源于钢筋过密区混凝土无法填充，露筋与保护层垫块不足有关。大体积混凝土因水化热温差产生温度裂缝，薄壁构件因养护不良产生干缩裂缝。尺寸偏差方面，轴线偏移、标高误差和截面偏差超限，影响设备安装精度，反映测量放线与模板支设环节存在偏差。强度不足归因于配合比不当、原材料质量波动、计量误差、搅拌时间不足及养护条件不达标等多因素综合作用，严重时需加固或拆除重建[2]。

2.3 预埋件与预留孔洞定位偏差

预埋件与预留孔洞定位偏差是出现频率最高的环节之一。主变和 GIS 基础预埋件数量多、排列密，常出现中心线偏移、标高不一致和水平度超差。偏差来源具有多源性和累积性：测量控制网精度不足导致系统误差逐级传递；模板在浇筑中侧向位移使预埋件随之偏移；振捣冲击及锚固不牢引起下沉或上浮。预留孔洞方面，电缆进出线孔、接地预留孔等若未与电气图纸逐项核对，易出现位置错误、遗漏或尺寸不符。偏差较小时可扩孔或补焊纠偏，偏差较大则需大面积凿除重浇，造成严重工期延误和成本增加。

2.4 防水与防腐措施失效

防水与防腐是直接影响设备运行环境和寿命的关键工序，但质量控制薄弱。防水问题集中于地下电缆夹层、集水坑、屋面等部位，表现为卷材搭接不足、阴阳角无附加层、基层含水率高导致空鼓。细部节点如穿墙管、后浇带、变形缝构造复杂，施工空间受限，成为渗漏高发区。防腐方面，热镀锌层厚度不足、涂层遍数或干膜厚度不达标、机械损伤后未及时修补，均削弱防腐效果。沿海或高湿度环境下，氯离子侵蚀问题突出，若未采用海洋环境配套防腐体系，短期内即出现明显锈蚀和涂层起泡脱落，严重影响结构耐久性。

2.5 施工组织与交叉作业协调问题

施工组织问题表现为进度不合理、资源配置失当、多工种干扰及成品保护缺失。光伏项目受并网工期压力，常在冬季或雨季施工，增加质量控制难度。进度编制若未考虑混凝土养护、防水施工天气要求等技术间歇，盲目压缩工期将导致工艺简化和养护不足。升压站作业面紧凑，土建与电气安装存在频繁空间和时间冲突，缺乏统一调度时各工种各自为政，造成已完工程破坏和返工。测量控制网精度不足或保护不善，导致各单体定位出现系统性偏差。成品保护意识薄弱，已完基础、预埋件螺纹孔和防水层在后续工序中被损坏，修补质量难以达标，反映施工精细化管理水平有待提升[3]。

3 优化措施

3.1 强化前期勘察与设计深化

针对勘察与设计深度不足，应从勘察质量保障和多专业协同设计两个层面强化。勘察阶段应加密勘探点，对复杂站址补充静力触探、波速测试和载荷试验等原位测试，准确揭示地层分布、软弱夹层和岩土参数。对湿陷性黄土、膨胀土、软土和冻土等特殊地基，应在勘察阶段提出针对性处理方案。设计阶段应推行多专业协同机制和施工图可施工性审查制度。电气、结构、建筑和水暖各专业应建立定期图纸会审和接口协调流程，重点核对预埋件、预留孔洞和电气埋管在各专业图纸中的一致性。施工图设计应充分考虑现场工艺的可实现性，对关键节点和细部构造绘制详图并附施工要求。有条件的项目可邀请有经验的施工技术人员参与可施工性评估，从操作角度优化设计，减少现场变更和返工。

3.2 优化混凝土结构施工工艺

应从原材料控制、配合比设计、浇筑工艺和养护制度四个维度实施全过程优化。原材料方面，对钢筋、水泥、砂石和外加剂逐批检验，重点控制砂石含泥量、级配和有害物质含量。配合比设计应兼顾施工性能、强度和耐久性，掺入粉煤灰或矿渣粉等掺合料以降低水化热，大体积混凝土应通过绝热温升试验优化配比。浇筑工艺方面，严格执行分层振捣和快插慢拔规程，钢筋密集区采用小直径振捣棒并延长振捣时间。大体积混凝土采用分层连续推进，合理设置施工缝，浇筑中埋设测温元件监测温度[4]。养护制度根据结构形式和环境条件单独编制，重要构件采用覆盖保湿与蓄水养护相结合，确保养护龄期满足要求。模板体系优先采用刚度大、拼缝严密的定型钢模板，保证成型质量和外观平整度。

3.3 提高预埋件安装精度

应从固定方式、测量控制和浇筑监测三个环节协同提升。固定方式上摒弃点焊或铁丝绑扎，采用型钢

定位骨架将预埋件与钢筋体系连为整体。对主变和GIS等重要设备预埋件，制作专用定位模具，设置精确定位孔和标高控制点，实现相对位置一次成型。测量控制方面独立建立安装专用控制网，用全站仪进行三维坐标放样，避免依赖土建轴线产生累积误差。安装完成后浇筑前逐项验收，浇筑中安排专人实时监测标高和平面位置，发现异常在初凝前调整归位。浇筑后在终凝前全面复核并记录偏差值，形成安装测量档案。对超差预埋件，评估偏差是否在允许范围内，超出时采取补焊过渡板、植筋加固或结构局部改造等措施，避免问题遗留至安装阶段。

3.4 完善防水防腐质量控制

防水工程应以基层处理、卷材铺贴和细部节点为重点，实行过程验收与试验验证相结合。施工前严格检查基层平整度、干燥度和清洁度，对蜂窝、孔洞进行修补。卷材施工确保搭接宽度满足规范且粘结牢固，阴阳角、管道根部、变形缝等增设附加增强层，每道工序后隐蔽验收并留存影像。涂膜防水控制每遍涂刷厚度和间隔，确保总干膜厚度达标。完成后进行蓄水或淋水试验，对渗漏点返修至合格。防腐工程根据环境腐蚀等级选用匹配体系，热镀锌构件逐批检测镀锌层厚度。涂层防腐严格控制表面清理等级，喷射不低于Sa2.5级，手工除锈不低于St3级。每道涂层干膜厚度逐点检测，总厚度不小于设计值，破损处及时补涂。沿海或工业腐蚀环境下，宜提高防腐等级或增设阴极保护。

3.5 加强施工组织与过程管控

应从进度计划、资源配置和工序衔接三方面系统推进。进度编制应识别升压站工程特殊性，为混凝土养护、防水干燥和季节转换预留合理技术间歇，避免盲目压缩工期。关键工种实行定人定岗，确保技能熟练度和质量责任可追溯。资源上确保配置足够的技术管理人员和熟练技工，防止管理盲区。多专业交叉作业建立周联合调度例会制度，由土建、电气安装、设备厂家和监理共同参加，协调作业面时序和工序穿插。成品保护作为独立工序纳入流程管理，每道工序后采取覆盖、围挡或标识保护，后续工序前办理书面移交手续[5]。过程管控核心是建立严密工序验收体系，制定检验批验收计划，明确控制标准和责任人，坚持上道工序未验收合格不得进入下道工序。隐蔽工程留存完整影像和验收记录，实现质量全过程可追溯。

3.6 引入数字化施工监测手段

数字化技术为提升施工质量控制提供了新路径，建议逐步推广以下手段。一是基于BIM的施工模拟和可视化交底，利用精细化模型对预埋件定位、钢筋密集区浇筑和防水构造等进行三维演示，辅助技术交底。二是基于物联网的混凝土温度实时监测，在大体积混凝土内埋设无线传感器，通过平台实时采集温度数据，温差超阈值时自动预警，指导养护调整。三是采用三维激光扫描技术对已完基础快速扫描和逆向建模，与设计BIM模型自动叠加比对，快速识别偏差超限部位并生成检测报告。四是利用无人机航测对场地平整度、道路标高和排水坡度进行周期性复核，提高大范围测量效率。数字化手段的应用不仅能提高施工精度控制水平，还能形成完整的施工过程数字档案，为后期运维提供翔实的基础信息。

结束语

光伏升压站土建工程质量关乎电站全生命周期安全与效益。本文系统梳理了地基处理、混凝土结构、预埋件安装、防水防腐及施工组织等方面的常见问题，并从勘察设计、施工工艺、过程管控和数字化监测等维度提出优化措施。展望未来，土建施工质量控制正从进度导向转向全生命周期管控模式，标准化工艺推广、专业化队伍培育和数字化监测应用将发挥重要作用，希望本文为相关工程实践和标准完善提供有益参考。

参考文献

[1] 宇文佳坤, 费永强, 周建.220kV光伏升压站设备安装工艺研究 [J]. 建筑机械,2025(11):345-349.

[2] 王勇. 浅析山地集中式光伏升压站系统运行及维护 [J]. 中国设备工程，2024(22)：67-69.

[3] 曹吉, 宋维平, 贾思桢. 隧道施工与立交段光伏升压站安全研究 [J]. 新城建科技,2024,33(4):117-119.

[4] 姚云.220kV光伏升压站总平布置优化及设备选型设计 [J]. 数码设计，2022(19)：115-118.

[5] 孙德挺. 光伏升压站柔性接地技术降阻方案设计 [J]. 今日自动化，2024(5)：61-64.