

# 500 kV 出线场设备柱及构架柱安装方案与安全措施

黄培醒

(中国水利水电第七工程局有限公司机电安装分局, 四川 眉山 620860)

**摘要** 针对巴基斯坦 500 kV 出线场设备柱及构架柱安装工程实操需求, 本文聚焦施工全流程关键环节, 细化施工准备、场地布置、安装步骤等核心工序规划, 同步建立覆盖吊装作业、高空防护、危险点防控及文明施工的全方位安全管理体系, 融入针对性质量控制措施规范各环节操作, 旨在为同类高压出线场钢结构安装工程提供技术与安全管控思路参考。结果表明, 所制定方案明确各工序技术要点与安全准则, 形成兼具实操性与规范性的完整安装技术体系, 可有效解决现场施工与安全管控重难点。

**关键词** 500 kV 输电工程; 出线场设备柱; 构架柱; 安装方案; 吊装安全控制

中图分类号: TM752

文献标志码: A

DOI:10.3969/j.issn.2097-3365.2025.35.014

## 0 引言

巴基斯坦 500 kV 输电工程作为区域能源基础设施升级的核心载体, 其出线场设备柱及构架柱安装质量直接决定了电网输电效率与安全运行水平。随着该国电力需求的持续攀升, 高标准完成此类重型构件安装不仅是工程建设的关键环节, 更对保障区域能源稳定供应、推动当地工业发展与民生改善具有重要的现实意义<sup>[1]</sup>。海外施工场景下, 复杂地质条件、严苛气候环境及跨文化施工管理等因素, 对安装工艺的适应性与安全措施的完备性提出了更高要求。科学制定安装方案、强化全流程安全管控, 是规避施工风险、确保工程进度的关键举措。

## 1 工程概况

巴基斯坦卡洛特水电站厂房出线场构架柱安装工程由长江三峡技术经济发展有限公司巴基斯坦卡洛特经理部负责推进。构架柱整体布置在主厂房上游副厂房屋顶 EL. 444 高程, 整体结构涵盖中柱、边柱、横梁、钢梁、地线柱、走道及爬梯等核心部件。中柱外形尺寸达  $2500 \times 7000 \times 25000$  mm, 重量 36.5 t, 边柱与中柱尺寸一致, 重量 35.3 t, 钢梁 2 重量 10 t, 三类构件构成安装作业的核心主体。构件连接以螺栓连接为主要形式, 环向焊缝执行一级焊缝标准, 对施工精度提出较高要求。吊装作业集中于上游副厂房 419 平台, 右侧吊装区域因通风口建筑存在, 现场调整空间受到限制<sup>[2]</sup>。

## 2 出线场设备柱及构架柱安装方案

### 2.1 施工准备

施工启动阶段, 技术准备工作全面铺开。专业人员细致审核出线场构架柱设计图纸, 严格依照《钢结构工程施工及验收规范》(GB 50205-2001) 以及措施审查会议纪要核心要求, 精准编制施工方案。针对所有施工人员开展技术交底工作, 确保每一位作业人员清晰掌握施工流程与技术标准, 同时完成特殊工种资质严格核验, 保障作业人员专业能力符合施工要求。人力资源配置科学规划, 明确设置现场指挥统筹全局。基础与构件验收环节严格执行标准, 专业人员细致复核基础轴线位移、顶面标高及杯口尺寸, 确保各项参数符合偏差控制范围。对到货构件进行全面验收, 仔细复核外形尺寸及安装孔位精度, 从源头保障施工质量<sup>[3]</sup>。

### 2.2 场地布置与运输

施工前期, 工作面清理工作有序推进。作业人员对吊装区域及运输通道内的杂物进行彻底清理, 对场地进行平整处理, 为后续施工创造安全、规范的作业环境。吊装设备布置结合现场实际情况精准规划, K50 塔机固定布置于上游副厂房 YCF0+84.5 轴线附近, 同步拆除 3# 机同侧原有塔机, 通过精准测算确保其 40 m 吊装半径内有效负荷稳定达到 10.1 t。200 t 汽车吊部署于上游副厂房 419 平台, 左侧支腿支点 1、2 稳固设置在下游墙体, 支点 3 安置于钢平台, 支点 4 坐落于 10 t 钢梁之上, 钢梁与楼板接触部位铺垫  $40 \times 900 \times 900$  规

格钢板，右侧布置则根据通风口实际位置灵活调整，保障吊装作业稳定开展。

### 2.3 安装施工步骤

构架拼装环节严格遵循现场作业条件规划实施。塔机有效作业半径内的平整区域作为拼装场地，作业人员采用枕木铺垫支撑点并细致找平，确保构件拼装过程中受力均衡。构件就位前，依据钢印编号逐一核对，保障各部件精准匹配。螺栓连接严格遵循水平面从下而上、侧面从里而外的方向标准，法兰连接面保持洁净，杜绝垫片使用，螺栓紧固后外露丝扣控制在 2~3 扣，操作中采用对角均匀紧固方式，确保连接部位受力稳定。横梁拼装执行 L/500 预拱标准，拼装过程中通过拉线测量扰度，当日未完成拼装的杆件，次日复工前重新复测，避免因环境变化影响拼装精度<sup>[4]</sup>。

构件吊装按照钢梁、设备柱、边柱及中柱、横梁、地线柱的顺序有序推进，各环节衔接紧密，保障施工流程顺畅。钢梁吊装时，钢梁 1、钢梁 3 作为边柱承重构件，钢梁 2 作为中柱承重构件，依次精准安装于基础预埋件之上，安装过程中反复检查连接部位，确保稳固可靠。边柱及中柱因体型庞大，采用分段吊装方式，按 Z1 至 Z6 的顺序逐节提升，起吊操作保持匀速缓慢，构件就位后及时调整垂直度，同步拉设  $\Phi 12$  mm 临时揽风钢丝绳，钢丝绳一端连接手拉葫芦与拉紧器，另一端固定于屋面楼板地锚，确认构件完全固定后再行卸钩，每节构件吊装前均提前搭设对应脚手架和作业平台，保障高空作业安全。横梁采用四点起吊方式，外侧钢丝绳搭配 3 t 葫芦调节受力平衡，构件两端设置白棕绳控制起吊过程中的晃动，起吊至离地 100 mm 时暂停作业，全面检查吊索绑扎、构件水平度等情况，确认无误后继续提升，就位后复核立柱跨距，精准对齐连接孔位，完成螺栓套设后按标准力矩紧固。地线柱在地面完成拼装，待桥架吊装全部结束后，通过法兰连接方式完成安装，确保连接部位符合技术要求。

所有构件吊装就位后，全面复核立柱垂直度，对偏差超出标准的部位及时调整，确保整体安装精度。随后对全部连接螺栓进行复紧操作，消除吊装过程中可能产生的松动隐患，构件表面涂层破损部位进行局部补漆处理，恢复防腐性能。临时揽风钢丝绳拆除按规范流程进行，先松开地面固定点，将钢丝绳收回至立柱下方整理盘好，再拆除立柱上方固定点，通过白棕绳缓慢下放至地面，最后对施工现场进行全面清理，移除施工废料与临时设施，完成整个安装工序。

### 2.4 质量控制

安装全过程质量控制以严格标准贯穿各环节，明确施工操作核心准则。焊缝施工执行统一规范，高度

设定为焊件最小厚度的 1.2 倍，确保连接强度满足结构受力需求。横梁与立柱连接采用双螺帽设计，通过双重固定增强连接稳定性，避免长期使用中出现松动现象。横梁拼装阶段，水平直线度控制在 10 mm 以内，通过精准操作保障构件安装后的平整度。

偏差控制环节细化标准，针对基础工序、钢梁柱组装、吊装验收等关键阶段，分别明确规范允许偏差及内控标准。基础轴线位移、顶面标高、杯口尺寸等参数按设计要求严格把控，钢梁柱组装过程中，柱的侧向弯曲矢高偏差规范允许值为  $H/1000$  且  $\leq 20$  mm，内控标准收紧至  $H/1000$  且  $\leq 15$  mm。柱的根开偏差规范允许  $\pm 15$  mm，内控标准调整为  $\pm 10$  mm。吊装验收阶段，柱中心线对轴线偏移规范允许  $\leq 10$  mm，内控标准提升至  $\leq 8$  mm。柱垂直度规范要求  $\leq H/1000$  且  $\leq 25$  mm，内控严格控制在  $\leq H/1000$  且  $\leq 20$  mm。螺栓外露丝扣统一保持在 2~4 扣，确保连接质量符合技术要求<sup>[5]</sup>。

过程检验依托专业工具实现全方位管控，经纬仪、水准仪、扭力扳手等设备精准应用于各检测项目。轴线位移通过经纬仪或拉线结合尺量检查，顶面标高采用水准仪配合拉线尺量复核，螺栓紧固力矩借助扭力扳手精准检测。所有检测数据实时记录，形成完整质量管控档案，对发现的偏差及时调整，确保每道工序质量达标，从细节处保障整体安装工程质量。

## 3 500 kV 出线场设备柱及构架柱安装安全措施

### 3.1 吊装安全控制

吊装安全控制以设备性能保障与作业规范执行为核心，筑牢施工安全第一道防线。吊装作业启动前，专业人员对 K50 塔机、200 t 汽车吊进行全面性能检测，重点排查制动系统、起重机构、钢结构件等关键部位，确保设备处于稳定运行状态。200 t 汽车吊作业时，支腿下方均铺垫硬木块分散压力，遭遇软弱地基区域，提前进行路基铺砌处理，强化地面承载能力，避免作业过程中出现设备倾斜。吊索具选用  $\Phi 19.5$  mm (6×37) 规格钢丝绳，经测算安全系数达 6.34 倍，完全满足吊装承重需求。吊索与构件连接时，水平夹角控制在 45°~60° 之间，确保受力均匀，重物棱角接触部位铺垫管皮或方木，防止吊索磨损断裂。

在吊装作业过程中，吊物提升至离地 10 cm 时暂停操作，全面检查吊索绑牢固度、吊点设置合理性及设备受力状态，确认无异常后继续提升。恶劣天气下严格管控作业流程，六级以上大风或雷电天气直接停止吊装作业，避免环境因素引发安全事故。起重工与吊车司机提前统一指挥信号，采用哨声搭配旗语或

手势的沟通方式,信号传递清晰准确,遇有信号不明情况立即停止操作,待指令明确后再行作业。吊装区域周边设置隔离带,醒目位置张贴警示标识,非作业人员严禁进入隔离区域,起重臂覆盖范围内全程禁止人员停留,最大限度降低作业风险。

### 3.2 高空作业安全

高空作业安全管理聚焦防护措施落实与人员资质管控,构建全方位安全防护体系。高空作业人员必须持有有效上岗证件,经专业培训考核合格后方可参与作业。作业过程中全程系挂安全带,严格遵循高挂低用原则,将安全带挂钩固定在牢固构件上,避免挂钩位置低于作业平面。垂直攀登构架柱时使用攀登自锁器,保障上下攀登过程中的安全。在构架梁上水平行走时,提前挂设水平绳与延长绳,作业人员通过安全绳与水平绳连接,实现全程安全防护。工具具携带与物料传递执行严格规范,作业人员随身携带的工具具全部放入工具袋,小型材料、螺栓及较重工具通过滑车与小绳传递,绝对禁止抛掷行为,防止物体坠落伤人。

人员管理方面制定严格的准入标准,患有心脏病、高血压、恐高症等不适宜高空作业疾病的人员,严禁参与高空作业。酒后人员一律禁止进入作业现场,杜绝违规上岗情况。高空作业人员实行固定排班制度,确保每个人都拥有充足的休息时间,避免疲劳作业引发安全隐患。每日吊装作业前,专职安全员组织高空作业人员开展安全交底,明确当日作业风险点及防护要点,强化人员安全意识。

### 3.3 施工危险点防控

施工危险点防控坚持预防为主、源头管控的原则,针对关键风险点制定专项防控措施。作业现场严禁违章指挥行为,施工管理人员严格按照审批通过的方案组织施工,不得随意更改作业流程或下达违规指令。专项安全技术措施编制完成后,组织全体作业人员进行交底,确保每个人都清晰掌握措施内容,交底记录经全员签字确认后方可实施,作业人员有权拒绝无措施工或违章指挥指令。机械设备维护保养形成常态化机制,定期对塔机、汽车吊、电动工具等设备进行检修,详细记录设备运行状态与检修情况,发现故障及时停机维修,严禁机械设备带病作业。

用电安全管理落实严格标准,所有用电设备外壳均进行可靠接地处理,防止设备漏电引发触电事故。临时电源实行集中统一接线,线路布置规范有序,明确专人负责电源管理,定期检查线路绝缘状况、接线牢固度,及时更换老化破损线路,消除用电安全隐患。

组装及吊装区域按规范设置安全围栏,围栏高度符合安全标准,关键位置悬挂警示标志,提醒作业人员注意安全。沟道、孔洞、平台、扶梯等危险区域,全部安装安全可靠的防护设施,张贴醒目的安全警示牌,防止人员坠落或意外磕碰。作业过程中安排专职安全员进行现场巡查,对危险点防控措施落实情况进行动态检查,发现问题立即整改。

### 3.4 文明施工现场布置

施工现场平面布局严格按照施工组织设计执行,未经批准不得随意更改设备、材料堆放位置。作业区域划分明确责任区,落实专人负责日常管理,确保施工安全、质量与效率同步提升。设备、材料及各类物资进场后,及时进行标识标注,清晰注明物资名称、规格型号、用途及责任人,摆放过程中遵循有序合理的原则,避开消防通道与作业通道,同时符合安全防火要求。施工道路保持畅通无阻,路面定期进行清扫维护,杜绝积水、杂物堆积情况。道路沿线设置明显路标,指引车辆与人员通行,禁止在道路中间堆放设备、材料等物品,保障交通顺畅。施工现场设置专门宣传栏,张贴国家环境保护法及地方政府环保条令,强化作业人员环保意识。施工交通机具定期到管理部门进行审核,尾气排放不符合标准的车辆严禁投入使用,减少对周边环境的污染。

## 4 结束语

本文围绕巴基斯坦 500 kV 出线场设备柱及构架柱安装工程,系统阐述工程概况,细化施工准备、场地布置、安装步骤及质量控制等核心内容,构建覆盖吊装、高空作业、危险点防控及文明施工的全方位安全管理体系。未来可结合现场施工反馈持续优化工艺细节,强化多设备协同作业动态管控,进一步提升同类高压出线场钢结构安装工程的标准化水平与安全保障能力。

## 参考文献:

- [1] 刘嘉睿,于红玉.柔性支架钢索安装技术在柔性光伏支架安装工程中的应用 [J].安装,2024(03):14-16.
- [2] 谢龙飞,刘祥,吴攀,等.大型发电设备装配场地的设计及安装 [J].东方电气评论,2024,38(04):74-77.
- [3] 杨学明.复杂地形条件下光伏柔性支架应用 [J].城市建设理论研究(电子版),2024(03):10-12.
- [4] 赵岩.柔性光伏支架的施工方法浅析 [J].太阳能,2023(10):75-80.
- [5] 刘强强.光伏发电柔性钢索构架及组件安装施工关键技术 [J].安装,2024(10):33-35.