特高压线路铁塔基础工程监理控制及缺陷处置

吴　刚

河北电力工程监理有限公司　河北　石家庄　050800

摘　要：特高压线路铁塔基础属于输电工程的核心承重构件，基础的施工质量，会直接影响整条线路的运行稳定性与长期安全状态。文章围绕铁塔基础整体施工流程，梳理了多个关键工序的监理管控内容，结合山区施工的特殊工况，对各类常见基础质量缺陷做了成因分析，也配套给出了对应的处置工艺，能够为现场基础质量管控提供可靠的技术参考。

关键词：特高压线路；铁塔基础；工程监理；质量管控；缺陷处置

引言：特高压输电工程，是现代电力主干网架的重要组成部分，具备输电容量大、输送距离远、整体稳定性好的运行优势。铁塔基础可以传递杆塔竖向荷载、风荷载以及线路张力，是线路安全运行的核心依托，山区施工环境复杂、作业难度偏高，容易产生各类基础质量问题，全程监理管控，能够有效把控施工质量，提升基础结构的稳定性能与耐久性能。

1 特高压铁塔基础工程监理控制核心价值

特高压铁塔基础工程监理是贯穿施工全流程的质量管控核心手段，其核心价值体现在结构质量把控、施工工艺规范、工程耐久性提升三个核心维度。相较于普通输电线路基础，特高压铁塔基础荷载承载力要求更高、结构精度标准更严苛，施工工况受地形、地质、气候影响更为显著，细微的施工偏差与工艺缺陷均可能叠加放大，引发结构性安全隐患。监理管控通过前置预控、过程监督、动态核验的闭环管控模式，可有效规范各工序施工工艺，规避粗放式施工引发的质量问题。针对山区施工场地受限、机械化作业难度大、人工施工占比高的特点，精细化监理管控能够弥补现场施工工艺把控短板，统一施工质量标准。同时，通过对隐蔽工程、关键工序的专项核验，可精准排查潜在质量隐患，保障基础结构承载力、稳定性及防渗抗冻性能满足长期运行要求，延长工程使用寿命，保障特高压输电线路持续稳定运行[1]。

2 特高压铁塔基础工程全过程监理控制要点

2.1 施工前期监理预控

施工前期预控工作，能够从源头减少铁塔基础施工的各类质量问题，整体管控工作主要依托施工条件核查、施工工艺审核、现场技术交底三项内容开展精细化管理。监理人员需要提前抵达施工现场完成踏勘工作，结合山区线路的地形起伏状态、地质分层结构、地下水分布情况以及岩土承载性能，核对基础设计参数和现场施工条件的匹配程度，可及时排查设计方案与现场工况不契合的潜在问题。山区施工普遍存在地形复杂、作业空间有限、物料转运不便、天气变化频繁等情况，监理人员需要细致核查人工挖孔、现场混凝土拌合、边坡防护等专项施工方案的可行性，同时核验施工人员技能资质、设备运行状态和各类施工主材质量，督促施工班组完成全员技术培训，统一现场施工质量标准，为后续施工筑牢基础。

2.2 基坑施工工序监理管控

基坑施工作为铁塔基础成型的首要工序，基坑开挖的尺寸精度、坑壁稳固效果、基底平整状态，都会直接影响基础成型后的整体质量，监理管控工作需要贴合山区人工挖孔的施工特点，对开挖全过程的精度和安全状态进行把控。山区铁塔施工点位大多分布在陡坡、沟壑区域，岩土组成结构较为复杂，土层中夹杂大量风化岩层与碎石，大型施工设备无法进场作业，人工挖孔成为主要施工方式，这类施工模式容易出现开挖精度偏差、坑壁失稳、基底清理不彻底等问题。监理人员需要全程监测现场放样作业，核对基坑桩位、尺寸、深度等关键参数，严格检查松散岩层区域的护壁施工质量，督促施工人员分层开挖、清理基底，落实基坑排水措施，全方位保障基坑施工质量符合施工标准[2]。

2.3 钢筋及模板工程监理管控

钢筋与模板施工属于基础隐蔽核心工序，工序施工质量，会直接决定铁塔基础的承载能力与成型精度，监理管控工作主要围绕材料核验、现场安装、精度管控三

个方面开展。监理人员需要逐一核对进场钢筋的规格型号、尺寸参数和力学性能，保证所有原材料都能匹配设计要求，规避材料不合格、规格混用等问题。施工过程中，监理人员需要全程监督钢筋下料、弯折、绑扎等工序，严格把控钢筋间距、保护层厚度、搭接锚固长度等关键指标，修正人工施工带来的误差，检查钢筋除锈防护效果。同时，监理人员需要检测模板的刚度、平整度与密封性，精准控制模板安装偏差，检查支撑结构的稳固性，有效规避浇筑阶段模板位移、胀模、漏浆等常见质量问题。

2.4 混凝土浇筑与养护监理管控

混凝土浇筑与养护作业，是影响铁塔基础结构强度、密实度和使用年限的关键工序，山区施工场地受限明显，现场搅拌混凝土是主流施工方式，监理工作需要贴合该施工模式，完成全流程精细化质量管控。监理人员需要全程监督混凝土拌合配比作业，结合山区砂石原料含水率、颗粒状态的动态变化，微调拌合参数，管控拌合时长与均匀度，避免混凝土出现离析、结块等问题。浇筑作业开展时，监理人员需要督促施工方采用分层下料、分层振捣的施工方式，重点处理基础边角、钢筋密集区域的振捣作业，保障浇筑施工的连续性，规避施工冷缝问题。山区昼夜温差大、风力较强，监理人员需要督促施工方做好混凝土覆盖养护工作，稳定养护环境的温湿度，减少开裂、强度增长缓慢等病害，保障基础施工质量达标。

3 特高压铁塔基础工程常见缺陷及专项处置技术

3.1 基础几何尺寸偏差缺陷及处置

基础几何尺寸偏差，是特高压铁塔基础施工阶段十分普遍的质量问题，常见缺陷形式包含桩位偏移、截面尺寸误差、基底标高超标、基础垂直度偏移等，山区施工的复杂作业条件，往往会诱发这类质量问题，施工放样精度不足、人工挖孔操作偏差、模板安装错位、混凝土浇筑挤压变形等，都是主要的病害诱因。山区施工现场视野条件有限，人工操作产生的误差范围相对偏大，这类尺寸偏差问题，会直接影响铁塔的安装对位效果，也会让基础受力重心出现偏移，结构受力不均的情况，会持续影响杆塔的整体稳固性，严重时还会造成输电线路运行倾斜的隐患。现场整改工作可根据缺陷偏差大小与类型，采用差异化的处置方式，以此实现病害的闭环治理。偏差数值较小、处于可控范围的桩位与截面偏差，可通过微调地脚螺栓、打磨基础表层的方式完成修正，同时对修整区域做补强处理，保障结构整体完好；基底标高出现正偏差时，可打磨去除表层多余混凝土，标高负偏差可清理表层松散物料后，利用高强修补砂浆分层找平；小幅垂直度偏差可借助塔身安装工序微调补偿，偏差超标的区域，需要剔除变形混凝土，校正模板后开展局部浇筑补强。偏差过大且无法局部修复的基础结构，需要拆除不合格区域重新施工，整改完成后的基础，需要逐一复核几何参数，保证各项指标符合设计标准[3]。

3.2 混凝土表层质量缺陷及处置

山区特高压铁塔基础大多采用现场搅拌混凝土的施工方式，混凝土表层容易产生蜂窝、麻面、气泡、孔洞、表层开裂、起皮脱落等多种常见病害，施工过程的工艺管控疏漏，是造成这类表层缺陷的主要原因，现场拌合参数把控不准、混凝土拌合性能较差、振捣作业不规范、模板密封效果不佳、养护环境波动较大等问题，都会持续加重表层病害的发展。这类表层质量问题，不仅会破坏基础外观的完整性，还会降低混凝土表层的密实程度，外界水汽以及腐蚀性介质，能够通过表层缝隙渗入结构内部，基础整体的防渗、抗冻性能会随之下降，长期运行状态下，内部钢筋会慢慢出现锈蚀问题，混凝土结构也会产生风化剥落现象，基础的承载能力与使用耐久度都会持续降低。现场可按照缺陷轻重程度，实行分级分类的修补方案，浅层麻面、气泡、起皮等轻微病害，可清理表层松散物料、高压冲洗湿润、涂刷界面剂后，使用同标号修补砂浆抹平压实；蜂窝类中度缺陷，可凿除松散空鼓骨料，清理干净基层后采用细石混凝土分层振捣填补；深度孔洞、贯通缝隙等重度缺陷，可对侧壁做凿毛处理，利用无收缩高强灌浆料填充密实。表层细微裂缝可采用密封胶封堵，宽裂缝需要开槽填充修补材料，所有修补区域都需要加强养护管控，保证修补部位和原结构性能保持统一。

3.3 基础不均匀沉降缺陷及处置

基础不均匀沉降，是危害特高压输电线路长期稳定运行的主要结构性病害，山区铁塔基础的建设地质条件较为复杂，也会大幅提升这类缺陷的发生概率。岩土层厚度分布不均、基底承载能力存在偏差、地基压实程度不足、地下水持续冲刷侵蚀、基坑回填夯实密度不够等诸多因素，都会逐步引发不同程度的基础沉降变形。这类变形问题会直接造成基础倾斜、杆塔受力失衡、线路张力偏移，长期积累的形变隐患，会陆续诱发塔身形变、固定螺栓松动、线路弧垂异常等连锁故障，会持续破坏整条输电线路的运行安全与稳定状态。该类缺陷有着发展速度慢、隐蔽性较强的特点，对应的处置方案，需要结合现场沉降幅度、地质工况、结构整体受力状态

来综合制定。轻微沉降且结构完好、倾斜参数合规的基础，可对周边回填体开展二次分层夯实作业，提升地基密实度与承载性能，搭配外侧防渗排水结构阻断水流冲刷，抑制沉降持续发展；中度沉降、小幅倾斜的完好基础，可采用静压注浆工艺固化基底岩土，校正基础倾斜偏差；重度沉降、倾斜超标且伴随结构开裂的基础，可通过托换加固工艺置换软弱基底、重塑受力体系，整改完成后需长期监测沉降数据，待结构完全稳定后方可恢复线路运行[4]。

3.4 钢筋工程隐蔽缺陷及处置

钢筋工程作为铁塔基础关键的隐蔽施工内容，施工产生的各类质量缺陷，大多存在很强的隐蔽特性，很难在施工阶段及时发现，会在后续线路运行过程中，埋下各类结构性安全隐患。这类缺陷主要包含钢筋保护层厚度不达标、排布间距不均、搭接锚固长度不足、骨架位移变形、钢筋锈蚀以及局部漏筋缺筋等问题，山区施工多以人工操作为主，人工作业误差、现场管控不严、钢筋固定措施不到位、混凝土振捣挤压等情况，都会诱发这类质量问题。钢筋施工缺陷，会大幅降低基础的抗拉与抗剪性能，保护层厚度不足时，钢筋会直接接触潮湿、腐蚀的外界环境，锈蚀膨胀的钢筋构件，会拉扯、挤压混凝土表层，造成结构开裂、脱落，逐步破坏基础整体的完整性。现场可依托专项检测结果开展精准整改，漏筋、保护层不足区域，可清理表层松散混凝土与钢筋锈蚀杂质，做好防腐处理后，采用抗渗修补砂浆找平；间距、锚固长度不达标等轻微问题，可增设辅助钢筋补强，严重缺陷需重新调整钢筋布局并浇筑修复，位移骨架可校正加固或重新绑扎，整改完成后需要复核各项参数，保障基础力学性能达标。

3.5 基础防渗抗冻缺陷及处置

特高压铁塔基础长期暴露在户外自然环境中，山区气候条件相对恶劣，昼夜温差较大，雨雪天气较为频繁，低温冻土周期也更长，混凝土结构往往容易出现防渗、抗冻性能衰减的问题，常见病害包括表层冻融脱落、内部渗水结冰、结构酥松开裂、防护层失效等。混凝土拌合配比不合理、现场搅拌密实度不足、表层缺少防渗防护、养护工序落实不到位等因素，都会增大混凝土内部孔隙率，会让基础抵御渗水与低温冻融的整体能力持续下降。外界水分渗入混凝土内部以后，低温环境会造成水分结冰膨胀，反复的冻融循环，会持续破坏混凝土内部结构，让基础表层逐步剥落、内部结构变得疏松，会直接降低基础承载能力与使用年限。现场可按照缺陷轻重程度分级处置，轻微冻融病害可修补表层结构并涂刷防护涂层，中度损伤、局部开裂的基础，可封堵裂缝并优化周边排水体系，重度破损结构可整体剔除后重新浇筑施工，优化混凝土抗冻防渗配比，后续结合山区气候定期检修防护层，稳定基础运行状态[5]。

结束语：特高压铁塔基础的质量管控工作，是保障输电工程长期稳定运行的重要前提，全流程监理管控、缺陷专项整改，都是提升基础施工质量的有效方式。本文结合山区施工的实际工况，总结了各工序监理管控要点，分析了常见质量缺陷的成因与处置方法，完整的闭环管控模式，能够有效规避施工隐患，可为山区特高压工程建设与运维提供基础支撑。

参考文献

[1] 马江波, 谭浩文, 米凯, 等. 高海拔地区交流特高压线路绝缘配置研究 [J]. 电力勘测设计,2026,(5):19-24+56.

[2] 蓝健均, 李锐, 刘健巧, 等. 四川“新三直”特高压线路工程“四精”风险管控平台设计与实现 [J]. 数字技术与应用,2025,43(3):95-98.

[3] 董佳洵, 毋恒先, 郭俊辉. 基于 1000 kV 蒙西—晋中特高压线路工程带电跨越施工技术研究 [J]. 电力与能源,2025,46(4):391-394.

[4] 管仕辄. 特高压输电线路工程监理取费探讨 [J]. 建设监理,2025,(10):13-15+28.

[5] 温作铭, 杨光耀, 顾乡, 等. 特高压输电线路耐张串倾角计算方法研究 [J]. 三峡大学学报（自然科学版）,2026,48(4):100-105.