

电力架空输电线路杆塔基础设计与施工技术解析

刘 涛

内蒙古送变电有限责任公司 内蒙古 呼和浩特 010020

摘 要: 本文围绕电力架空输电线路杆塔基础设计与施工技术展开解析。阐述了基础设计理论基础, 包括常见基础类型、地质条件对设计的影响机制及核心参数; 分析软土、冻土、岩溶、地震区等不同地质条件下的设计难点; 解析了基础施工通用技术要求、不同地质条件施工技术 & 施工质量控制与监测; 还探讨数字化设计技术、智能化施工技术、新型材料研发与应用等发展趋势, 为相关工程提供参考。

关键词: 电力架空输电线路; 杆塔基础; 地质条件; 施工技术

1 电力架空输电线路杆塔基础设计理论基础

1.1 杆塔基础类型与适用性

电力架空输电线路杆塔基础类型多样, 适用条件各异。常见类型有大开挖基础、掏挖基础、岩石锚桩基础、桩基础等。大开挖基础适用于地质条件佳、地下水位低且开挖难度小的区域。它通过开挖基坑后浇筑混凝土成基础, 施工工艺简单、成本低, 但会对周围环境造成一定破坏。掏挖基础是在天然土中掏挖成孔, 放置钢筋骨架并浇筑混凝土。它充分利用原状土承载力, 减少土方开挖量, 对环境影响小, 适用于地质好、土质均匀且无地下水的地区。岩石锚桩基础适用于岩石地基, 在岩石钻孔、植入锚筋并灌浆, 使基础与岩石紧密结合, 利用岩石强度承受荷载, 承载能力高、施工快, 但对岩石地质条件要求高, 需岩石有一定完整性和强度。桩基础是深基础, 适用于地质复杂、浅层土承载力不足的情况, 能将荷载传递到深部稳定土层或岩层, 常见桩型有预制桩和灌注桩, 各有优缺点。

1.2 地质条件对基础设计的影响机制

地质条件涵盖土的物理力学性质、地下水位、地质构造等。土的物理力学性质, 如密度、含水量、内摩擦角、粘聚力等, 直接影响基础承载能力和变形特性。软土地基含水量高、压缩性大、承载力低, 基础易沉降和不均匀沉降, 需特殊基础形式或地基处理。地下水位高低影响基础设计^[1]。水位高时, 基础受浮力作用, 有效重量降低, 影响承载力, 且地下水可能导致土软化、流失, 削弱基础稳定性, 设计时需考虑并采取防水排水措施。地质构造, 如断层、褶皱等, 威胁基础稳定性。断层附近土层连续性破坏, 力学性质变化, 基础易受断层活动影响而破坏, 设计时需详细勘察分析, 避开不利区域或加固。

1.3 基础设计核心参数

基础设计核心参数包括基础尺寸、埋深、配筋, 其合理确定关乎基础安全性和经济性。基础尺寸确定需考虑杆塔荷载大小、地质条件等因素。荷载大、地质条件差时, 基础尺寸需增大以保证承载力。尺寸计算通常采用极限状态设计方法, 根据土的力学性质和荷载情况计算基础底面面积和形状。基础埋深选择是关键, 埋深过浅, 基础易受冻胀、冲刷等外界因素影响, 稳定性降低; 埋深过深, 施工难度和成本增加。埋深确定需考虑地质条件、地下水位、冻土深度等因素, 冻土地区埋深应大于最大冻土深度, 易冲刷地区应满足抗冲刷要求。配筋设计是为保证基础受力时有足够抗拉、抗剪能力。配筋数量和规格根据基础受力情况和混凝土强度等级计算, 应满足构造和受力要求, 同时考虑施工可行性。

2 地质条件对杆塔基础设计的难点

2.1 软土地质条件下的基础设计难点

软土具有含水量高、压缩性大、抗剪强度低等特点, 在软土地质条件下进行杆塔基础设计面临诸多难点。首先, 软土的承载能力低, 基础容易发生较大的沉降和不均匀沉降。这可能导致杆塔倾斜、导线弧垂变化等问题, 影响输电线路的安全运行。其次, 软土的固结时间长, 在基础施工完成后, 软土会继续固结沉降, 导致基础产生附加应力。这可能会引起基础的开裂和破坏。软土地区地下水位较高, 基础容易受到水的侵蚀和冲刷。

2.2 冻土地质条件下的基础设计难点

冻土具有冻胀和融沉的特性, 这给杆塔基础设计带来了很大的困难。在冻胀作用下, 土中的水分冻结膨胀, 会对基础产生向上的冻胀力。如果基础的抗冻胀能力不足, 基础会被抬起, 导致杆塔倾斜、导线拉断等事故。在融沉作用下, 冻土融化后土的强度降低, 压缩性增大, 基础会发生沉降。融沉的大小与冻土的类型、含

冰量、融化深度等因素有关。冻土地区的地质条件复杂,冻土的分布和性质具有很大的不确定性。

2.3 岩溶地质条件下的基础设计难点

岩溶地区存在着溶洞、溶槽、地下河等不良地质现象,给杆塔基础设计带来了很大的挑战。溶洞的存在会导致基础的承载能力不均匀,如果基础落在溶洞上方或附近,基础可能会发生不均匀沉降甚至坍塌。岩溶地区的地表水和地下水活动频繁,容易导致基础的冲刷和侵蚀。岩溶地区的地质构造复杂,岩石的风化程度差异较大^[2]。

2.4 地震区地质条件下的基础设计难点

地震区的地质条件复杂,地震作用会对杆塔基础产生很大的影响,给基础设计带来了诸多难点。地震作用会引起地基土的液化,在地震作用下,饱和的砂土或粉土可能会失去强度和刚度,转变为类似液体的状态,导致基础的承载能力急剧下降,基础发生倾斜、沉陷甚至破坏。地震作用会产生水平地震力和竖向地震力,对基础产生较大的惯性力,基础需要具有足够的强度和刚度来抵抗地震力的作用,否则基础会发生破坏,导致杆塔倒塌。地震区的地质构造复杂,可能存在着断层、褶皱等不良地质现象。

3 电力架空输电线路杆塔基础施工技术解析

3.1 基础施工通用技术要求

电力架空输电线路杆塔基础施工是输电线路稳定运行的关键,需严格遵循通用技术要求,保障施工质量和安全。施工前的准备工作极为关键且繁琐。场地平整时,要依据施工机械的型号、尺寸与作业方式,全面清理和平整场地。清除杂物、障碍物,填平低洼处,使场地坚实平整,为施工机械通行和作业创造良好条件。测量放线工作务必精准,施工人员需运用专业测量仪器和工具,严格按设计图纸要求,精确确定基础位置和尺寸,并反复校核测量数据,确保基础定位准确,避免因位置偏差影响杆塔安装和线路走向。材料和设备准备不容马虎,水泥、钢材、砂石等原材料,要严格检查质量合格证明文件,进行抽样检测,确保性能指标达标。施工设备如挖掘机、起重机、混凝土搅拌机等,要进行全面调试和试运行,检查性能与安全性,只有检验合格的材料和设备才能投入使用。施工过程中,要严格按施工工艺和操作规程操作,混凝土浇筑要分层进行,控制好每层厚度,用合适振捣设备充分振捣,保证混凝土密实无孔隙,防止出现蜂窝、麻面等质量缺陷。钢筋加工按设计要求下料、弯曲,安装时保证位置和间距准确,绑扎牢固。模板安装要选合适材料,确保强度和刚度,安装牢固可靠,防止浇筑时变形或移位。施工现场安全管

理需常抓不懈,施工人员要正确佩戴安全帽、安全带等防护用品,严格遵守安全操作规程。设置明显安全警示标志,划分施工和危险区域,防止无关人员进入。建立施工机械和设备定期检查维护制度,及时发现并排除安全隐患,确保设备安全稳定运行。

3.2 不同地质条件下的施工技术

3.2.1 软土地质

在软土地质条件下施工,需要采取特殊的技术措施。对于桩基础施工,可以采用泥浆护壁钻孔灌注桩或预制桩。在泥浆护壁钻孔灌注桩施工中,要控制好泥浆的性能指标,保证泥浆能够有效地护壁和排渣;在预制桩施工中,要选择合适的打桩设备和施工工艺,避免桩身出现断裂或倾斜等问题。对于复合地基施工,可以采用水泥搅拌桩、粉喷桩等方法。在施工过程中,要严格控制搅拌深度、水泥掺量等参数,确保复合地基的质量。

3.2.2 冻土地质

在冻土地质条件下施工,要注意施工时间的选择。尽量在非冻结期进行基础施工,避免在冻土中进行开挖和浇筑混凝土等作业。如果必须在冻结期施工,需要采取相应的保温措施,如对开挖的基坑进行覆盖保温、在混凝土中添加防冻剂等,以保证混凝土的质量。对于桩基础施工,可以采用钻孔灌注桩或预制桩。在钻孔灌注桩施工中,要防止孔壁坍塌,可以采用泥浆护壁或套管护壁等方法;在预制桩施工中,要注意桩身的垂直度和打桩顺序,避免对周围冻土造成过大的扰动。

3.2.3 岩溶地质

在岩溶地质条件下施工,首先要进行详细的地质勘察,查明溶洞的分布和情况。对于小型的溶洞,可以采用跨越、填堵等方法进行处理。在跨越溶洞时,可以采用加大基础尺寸、设置承台等方法;在填堵溶洞时,可以采用混凝土、块石等材料进行填堵。对于大型的溶洞,可能需要采用桩基础或其他特殊的基础形式来跨越溶洞。在桩基础施工中,要控制好桩的垂直度和成孔质量,避免桩身出现偏斜或卡钻等问题。

3.2.4 地震区地质

在地震区地质条件下施工,要严格按照抗震设计要求进行施工。对于基础施工,要加强基础的连接和构造措施,如增加基础的配筋、设置抗震缝等。在混凝土浇筑过程中,要保证混凝土的密实性和强度,避免出现质量缺陷。同时要对施工现场的地质情况进行实时监测,及时发现和处理可能出现的问题。

3.3 施工质量控制与监测

3.3.1 质量检测

施工质量控制是保证杆塔基础质量的关键环节。质量检测包括原材料检测、中间产品检测和成品检测等。原材料检测要对水泥、钢材、砂石等原材料进行检验,确保其质量符合标准要求;中间产品检测要对钢筋加工、混凝土配合比、模板安装等进行检查,及时发现和纠正质量问题;成品检测要对基础的外形尺寸、强度、沉降等进行检测,确保基础的质量符合设计要求^[3]。

3.3.2 动态监测

在基础施工完成后,还需要进行动态监测。动态监测主要包括基础的沉降观测、倾斜观测等。通过定期对基础进行观测,可以及时了解基础的变形情况,发现潜在的安全隐患。如果发现基础的沉降或倾斜超过允许范围,要及时采取相应的措施进行处理,以保证输电线路的安全运行。

4 电力架空输电线路杆塔基础设计与施工技术的发展趋势

4.1 数字化设计技术

随着计算机技术和信息技术的飞速发展,数字化设计技术在电力架空输电线路杆塔基础设计领域的应用日益广泛且深入。数字化设计技术借助先进的三维建模软件,能够依据精确的设计参数对基础进行细致入微的建模,不仅清晰呈现基础的三维结构,还能精确展示其各部分尺寸,使设计人员直观把握设计细节。通过有限元分析软件,可对基础在不同荷载条件下的力学行为进行模拟计算,精准算出基础各部位的应力和变形情况,为优化设计提供有力数据支撑。利用地理信息系统(GIS),能对地质条件进行全面的空间分析,将地质数据以可视化形式展示,助力设计人员更科学地评估地质影响,合理确定基础位置和形式,数字化设计技术实现了设计过程的自动化和智能化,自动完成部分重复性设计工作,智能优化设计方案,极大提高了设计效率和质量,有效减少了因人为因素导致的设计误差。

4.2 智能化施工技术

智能化施工技术作为未来电力架空输电线路杆塔基础施工的重要发展方向,正引领着施工领域的变革。智能化施工技术充分利用传感器、无人机、机器人等先进设备,对施工现场进行全方位、实时的监测和数据采集。在桩基础施工中,安装于桩身的传感器可实时监测桩的垂直度、成孔质量等关键参数,一旦出现偏差或质量问题,能立即发出警报,以便施工人员及时调整和处理。利用无人机进行施工现场巡检,能够快速覆盖大面

积区域,及时发现潜在的安全隐患和质量缺陷,如基础模板变形、钢筋绑扎不规范等。同时智能化施工技术推动施工机械向自动化操作迈进,实现施工过程的精准控制 and 高效执行,不仅大幅提高了施工效率和质量,还降低人工成本和劳动强度,为施工安全和质量提供坚实保障。

4.3 新型材料的研发与应用

新型材料的研发与应用为电力架空输电线路杆塔基础设计与施工带来了前所未有的创新机遇。高性能混凝土凭借其高强度、高耐久性的卓越性能,在基础工程中发挥着关键作用。它能够有效提高基础的承载能力,抵御长期荷载和环境侵蚀,延长基础的使用寿命,减少后期维护成本^[4]。纤维增强复合材料以其重量轻、强度高、耐腐蚀的独特优势,成为制作基础构件的理想材料。使用该材料可减轻基础重量,降低对地基的压力,同时提高基础的抗震性能,适应复杂地质条件下的施工需求。另外,新型地基处理材料和加固材料如土工格栅、土工织物等不断涌现,这些材料能够改善地基土的力学性质,增强地基的稳定性和承载能力,为基础施工提供更可靠的技术支持,推动电力架空输电线路杆塔基础设计与施工迈向更高水平。

结束语

电力架空输电线路杆塔基础设计与施工技术对输电线路安全稳定运行至关重要。通过分析不同地质条件下的设计难点、施工技术及质量控制措施,可有效保障基础质量。同时数字化设计技术、智能化施工技术及新型材料的研发应用,为该领域发展带来新机遇。未来,应持续探索创新,结合先进技术与材料,提升设计与施工水平,确保输电线路在复杂环境下可靠运行,推动电力行业高质量发展。

参考文献

- [1]郑卫锋,张天光,陈大斌,鲁先龙.我国输电线路基础工程现状与研究新进展[J].水利与建筑工程学报,2020,18(02):169-175.
- [2]任玉会,李鑫.输电线路杆塔基础设计探索[J].农村电气化,2022(09):24-26.
- [3]姜岚,黄力,智李,文中,段国勇.“输电杆塔及基础设计”课程教学改革探索[J].中国电力教育,2022(06):68-69.
- [4]俞伟勇,吴朝峰,戴建华,张志亮,胡谢飞,王峰.山区输电线路杆塔边坡防护方案选择及应用[J].电力勘测设计,2020(06):67-72.