

复杂地质条件下架空输电线路基础设计研究

陈浩

舟山启明电力设计院有限公司

DOI:10.12238/ems.v6i9.8979

[摘要] 在复杂的地质条件下, 架空输电线路的基础设计是电网建设的关键环节。本文针对复杂的地质环境, 分析了现有的架空输电线路基础设计方法及其适应性, 重点研究了在不同的地质条件下, 如何选择合适的基础设计方案。通过引入先进的地质勘察技术、基础设计理论和计算方法, 提高了基础设计的科学性和合理性。

[关键词] 复杂地质条件; 架空输电线路; 基础设计

Research on Foundation Design of Overhead Transmission Lines under Complex Geological Conditions

Chen Hao

Zhoushan Qiming Electric Power Design Institute Co., Ltd

[Abstract] Under complex geological conditions, the basic design of overhead transmission lines is a key link in power grid construction. This article analyzes the existing design methods and their adaptability for overhead transmission line foundations in complex geological environments, with a focus on how to choose suitable foundation design schemes under different geological conditions. By introducing advanced geological exploration techniques, basic design theories, and calculation methods, the scientificity and rationality of basic design have been improved.

[Keywords] complex geological conditions; Overhead transmission lines; foundation design

引言

架空输电线路作为电力系统的重要组成部分, 其基础设计的合理性与可靠性直接关系到电网的安全和寿命周期成本。传统的基于经验的设计方法已难以满足高海拔、强风、陡峭山坡和复杂地质等地形地貌的要求。从实际工程出发, 结合地质遥感技术、地质勘探技术和基础设计理论, 对复杂地质条件下架空输电线路基础设计进行了深入研究, 旨在提高基础设计的针对性和适应性。

1. 复杂地质条件下架空输电线路基础设计问题的存在

架空输电线路基础设计是电力工程中的重要环节, 其质量直接关系到输电线路的安全性和可靠性。在复杂地质条件下, 基础设计更是具有挑战性。对于架空输电线路基础设计的研究具有重要意义, 合理的基础设计能够保证输电线路的稳定性和安全性, 避免因基础不牢导致的线路倒塌等事故的发生。基础设计还能够降低输电线路的维护成本, 提高线路的可靠性和经济性。随着电力工程的不断发展, 基础设计也需要不断地进行优化和改进, 以适应新的技术和需求。对于架空输电线路基础设计的研究具有重要的理论和实践意义。

复杂地质条件下架空输电线路基础设计问题一直是电力工程领域的难点之一。由于地质条件的复杂性, 不同地区的土壤力学特性存在较大差异, 因此基础设计方案需要根据具体地质条件进行调整和优化。在实际工程中, 由于基础设计不合理或者基础施工质量不达标, 导致输电线路基础出现沉降、倾斜等问题, 严重影响了输电线路的安全性和可靠性。如何在复杂地质条件下设计出合理可靠的输电线路基础, 一直是电力工程领域的研究热点。通过对不同地质条件下的基础设计方案进行比较分析, 得出了适用于复杂地质条件下的基础设计方案。

2. 土壤力学特性研究

针对不同地质条件下土壤的物理性质、化学性质和力学性质进行了详细的分析和比较。通过实验和数值模拟的方法, 研究了不同地质条件下土壤的压缩性、剪切性、抗剪强度等力学特性。在此基础上提出了适用于不同地质条件下的基础设计参数, 包括基础尺寸、基础深度、基础形式等。探讨了土壤水分含量、温度等因素对土壤力学特性的影响, 为基础设计提供了更加全面和准确的参考。通过实际工程案例的验

证,证明了所提出的基础设计参数的可行性和有效性,为复杂地质条件下的架空输电线路基础设计提供了重要的理论和实践支持。

对于岩石地质条件下的基础设计,发现岩石地质条件下的土壤具有较高的强度和稳定性,因此可以采用较小的基础面积和较深的基础埋深。对于软土地质条件下的基础设计,发现软土地质条件下的土壤具有较低的强度和稳定性,因此需要采用较大的基础面积和较浅的基础埋深。对于多种地质条件下的基础设计,研究了土壤的压缩性、剪切强度、抗拔强度等土壤力学特性,并提出了适用于不同地质条件下的基础设计参数。通过比较分析不同地质条件下的基础设计方案,得出了适用于复杂地质条件下的基础设计方案,为架空输电线路基础设计提供了新的思路和方法。

3. 基础设计方案研究

在实际工程中,地质条件的复杂性会对基础设计产生很大的影响,因此需要针对不同地质条件下的基础设计方案进行比较分析。通过对不同地质条件下的基础设计方案进行比较分析,得出了适用于复杂地质条件下的基础设计方案。同时深入研究了不同地质条件下的土壤力学特性,并提出了适用于不同地质条件下的基础设计参数。在实际工程中,基础设计方案的可行性和有效性是非常重要的。通过实际工程案例的验证,证明了所提出的基础设计方案的可行性和有效性。研究表明,提出的基础设计方案能够有效地解决复杂地质条件下架空输电线路基础设计问题,具有一定的实用价值和推广意义。

平地基础类型主要有柔性板式基础、刚性台阶基础、灌注桩基础及螺旋锚基础等。柔性板式基础在设计时,通过加大底板面积来降低基底的附加应力,使基础满足下压承载力要求,同时利用基础及其上覆土体的自重来承担基础的上拔力。这种基础型式在各种电压等级的输电线路中已广泛应用,设计及施工经验非常成熟。刚性台阶基础立柱配置钢筋,底板不配钢筋。为满足刚性角要求,通过增加台阶数和台阶高度来增加底板宽度。钻孔灌注桩是一种深基础型式,以其适应性强、成本适中、后期质量稳定、承载力大等优点广泛地应用于电网、公路桥梁及其它工程领域。

当下卧层为中风化凝灰岩、覆盖层约4m~10m厚时,岩石锚杆基础不适用或经济性差的塔位,可推荐采用山地微型桩。若基础采用常规的大直径($D \geq 800\text{mm}$)桩,下卧层施工成孔难度大、施工耗时较长。采用设备进行小直径成孔浇筑混凝土然后和承台连接在一起形成的基础型式,可作为山区机械化施工的一种选择。

山地微型桩基础主要指直径为300~400mm,由卵石混凝土浇筑形成的钢筋混凝土微型桩和连接于桩顶承台共同组成

的基础,能够应用于山区岩石地质条件下的输电线路基础工程中,应用范围广。对于边坡较陡区域(坡度 $>30^\circ$),若采用山地微型桩基础需对原始地面进行较大幅度的降基以保证上部承台的有效埋深,开挖土石方量大、对环境破坏较多同时施工难度也较大。

对于孔内垂直护壁,其深度需根据洞周土体性状综合确定。结合以往的工程经验,建议的护壁深度如下表所示。

岩土分类	特性	推荐护壁深度值
粘性土	可塑状态	全护,至硬塑或坚硬状态止
	硬可塑状态	全护,至硬塑或坚硬状态止
	硬塑状态	坑口3米
	坚硬状态	坑口2米
粉土	中密	全护
	密实	全护
岩石	软质岩石	护至中风化层止
	硬质岩石	护至强风化层止

护壁采用钢筋混凝土结构,分段施工,每段长度1.0~1.5m,对易塌孔地质(如卵石、夹砂等)单段护壁长度可缩减至0.5m,护壁壁厚0.15m,混凝土等级与基础相同,竖向钢筋上下搭接或拉接,竖向钢筋可采用 $8@200$,箍筋采用 $6@200$ 。第一节护壁顶面高出地面150mm,壁厚比下面护壁厚度增加100mm,上下节护壁的搭接长度不小于50mm。每节护壁均应在当日连续施工完毕,护壁混凝土必须保证振捣密实,模板的拆除应在灌注混凝土24h之后。

4. 实际工程案例验证

实际工程案例验证部分主要针对所提出的基础设计方案进行了现场实测和分析。该工程位于一个地质条件较为复杂的山区,地形起伏较大,土壤类型多样,地下水位较高。在该工程中,采用了基础设计方案,并进行了实际施工和运行。通过对该工程的实测数据进行分析,验证了所提出的基础设计方案的可行性和有效性。对该工程的基础设计参数进行了详细的分析和计算,包括基础尺寸、基础深度、基础承载力等。同时对该工程的土壤力学特性进行了深入研究,包括土壤的抗剪强度、压缩模量等参数。通过对这些参数的分析和计算,得出了适用于该工程的基础设计方案,并进行了实际施工和运行。

在实际运行过程中,该工程的输电线路运行稳定,未出现任何安全事故。对该工程进行的实测数据分析表明,所提出的基础设计方案能够有效地解决复杂地质条件下的基础设计问题,具有较高的安全性和可靠性。这为今后类似工程的基础设计提供了重要的参考和借鉴。实际工程案例验证部分通过对一个地质条件较为复杂的山区工程的实际施工和运行进行了详细的分析和计算,验证了所提出的基础设计方案的

可行性和有效性。这为今后类似工程的基础设计提供了重要的参考和借鉴。该地区地质条件复杂,地形崎岖,土壤类型多样,且存在较大的地震风险。在进行基础设计时,需要考虑到这些因素对基础的影响,以确保输电线路的安全性和可靠性。在该工程案例中,采用了所提出的基础设计方案,并根据不同地质条件下的土壤力学特性进行了参数调整。

在实际工程中,提出的基础设计方案还可以进一步优化和改进。可以通过加强基础的抗震能力来提高输电线路的抗震性能;可以采用新型材料来提高基础的耐久性和抗腐蚀性。这些改进措施将为今后的相关研究提供更多的参考和借鉴。以某地区的一座架空输电线路为例,该线路所处地质条件复杂,地形起伏大,土壤类型多样,地下水位较高。在此情况下,采用传统的基础设计方案容易出现基础沉降、倾斜等问题,严重影响输电线路的安全性和可靠性。而采用基础设计方案,通过对不同地质条件下的土壤力学特性进行深入研究和分析,确定了适用于该地区的基础设计参数,并采用了特殊的基础结构形式,有效地解决了基础沉降、倾斜等问题。经过一段时间的运行和监测,该线路的基础稳定性良好,未出现任何安全事故和故障,证明了基础设计方案的可行性和有效性。

5. 基础设计方案的优化和改进

基础尺寸的优化包括基础的经济埋深和底板尺寸的优化选择。综合各塔位的施工条件及基础的临界埋深,通过基础的下压强度和上拔稳定两条件,求解出符合承载力要求的埋深和底板尺寸的组合,再比较基础混凝土、钢筋量及土石方量,优化出综合造价最省的一组。底板厚度优化时,先在满足构造要求的前提下(宽厚比取2.5),进行冲切承载力验算,求出最优底板厚度。

在满足构造要求前提下,尽量减少立柱断面尺寸,以达到减少混凝土量和立柱配筋量的目的。采用塔脚板连接方式,立柱的最小构造尺寸由以下三者中的最大值控制:立柱倾斜是减少水平荷载影响、改善基础受力的有效手段之一。当基础立柱倾斜时,控制其斜率与铁塔塔身坡度相同,使水平荷载对基础底板的影响降至最低。此时,与基础轴线垂直的水平力减少50%以上,而轴向作用力仅增大1%~2%,有效改善基础立柱和底板的受力状况,提高基础的侧向稳定性,降低混凝土和钢筋用量。立柱倾斜式,配合上部塔腿与基础板的连接方式,可采用斜插式插入角钢基础和斜柱斜顶的地脚螺栓连接基础。

对于掏挖基础、岩石嵌固基础及挖孔基础等,为便于施工均考虑采用直柱型式。为减少水平荷载对基础产生的基底弯矩,对地脚螺栓进行预偏心,使下压或上拔力产生的弯矩

抵消一部分水平力产生的弯矩,改善立柱及基底受力,降低基础混凝土量和钢筋量。对于地形较缓、基岩埋深较浅的岩质地基区,杆塔荷载较大时采用承台式岩石锚杆基础。对于基础作用力较大的转角塔,采用常规材质的35#地脚螺栓,地脚螺栓直径和塔脚板尺寸均较大,需要焊接较多加劲板,给塔脚板焊接加工及基础施工(地脚螺栓绑扎和定位)带来很大困难。

浅层土体滑动的滑动面多为覆盖土和下伏基岩的界面,规模一般也不大。当路径受限必须得在地形较陡区域立塔时,对于此类地质建议采用挖孔基础,并适当加大基础埋深,保证基础穿过岩土交界面,基底嵌入风化程度较低的基岩足够长度(至少1D, D为桩径)。山地采用高低基础,弥补全方位塔腿极差不足,尽量减少和避免基面开挖。当需开挖基面时,注意人工边坡的稳定性,人工边坡坡高控制在8m以内,其允许坡度对粉质粘土混碎石层不大于1:0.85、对全风化岩石不大于1:0.80、对强风化岩石不大于1:0.75、对中风化岩石不大于1:0.35~1:0.50(软质岩取大值)。对于坡度特别陡峭的塔位,可适当降低基面高度,改善塔位的地形条件,降低发生滑坡的可能性和风险。

结语

复杂的地质条件对架空输电线路基础设计提出了更高的要求,需要综合考虑地形、地质、气候等多种因素,确保设计的适应性和安全性。地质勘察技术的进步为复杂地质条件下基础设计提供了准确的数据支持,有助于更准确地评估地质条件对基础的影响。研究为复杂地质条件下架空输电线路基础设计提供了科学的理论指导和实践参考,有助于推动架空输电线路基础设计技术的发展。

[参考文献]

- [1] 架空输电线路施工的放线施工技术. 闫雯靓. 电气技术与经济, 2023 (10)
- [2] 架空输电线路拆除跨越施工方法探讨. 佟惠泽; 赵亮; 王庆灏. 大众用电, 2024 (05)
- [3] 架空输电线路中巡检与监控技术的应用研究. 白津阳; 郭江震; 李敏; 丁咪; 冯刚; 梁新宇. 光源与照明, 2024 (04)
- [4] 架空输电线路允许电流自动切改技术设计及应用. 裴东锋; 苗靓; 李书旺; 孙伟斌; 王成龙. 河北电力技术, 2023 (06)
- [5] 架空输电线路规划设计关键点. 郭永久. 中国科技投资, 2021 (11)
- [6] 架空输电线路工程的质量控制要点与对策分析. 王润琪; 张心语; 高超; 于立叁; 蓝赛; 郎野村. 农村电气化, 2023 (11)