

## 架空输电线路杆塔基础滑坡处理及分析

陈曦<sup>1</sup> 肖雨桐<sup>2</sup>

沈阳电力勘测设计院有限责任公司, 辽宁 沈阳 110025

**[摘要]**在电力输电行业中, 输电线路的杆塔基础是支撑输电线路的重要组成部分, 直接关系到输电线路的安全稳定运行。然而, 由于地质条件、杆塔基础设计不合理、施工工艺不当等原因, 导致杆塔基础出现滑坡现象的情况时有发生。杆塔基础滑坡不仅会影响输电线路的正常运行, 还有可能导致塔体倾斜、塔杆断裂、线路断裂等严重后果, 严重威胁着输电线路的安全性和可靠性。因此, 对于架空输电线路杆塔基础滑坡的处理和分析具有重要的研究意义和实际应用价值。通过深入研究杆塔基础滑坡的原因和机理, 分析滑坡对输电线路的影响, 制定科学合理的处理方案, 能够有效预防和解决杆塔基础滑坡的问题, 提高输电线路的安全稳定运行水平。目前, 对于架空输电线路杆塔基础滑坡的研究还相对较少, 尤其是结合具体工程实践, 缺乏系统性的理论和方法, 因此需要开展相关研究工作, 以提供科学可行的处理措施和技术支持。

**[关键词]**架空输电线路杆塔; 杆塔基础滑坡; 滑坡处理

DOI: 10.33142/hst.v6i6.9764

中图分类号: TM726

文献标识码: A

## Treatment and Analysis of Landslide in the Foundation of Overhead Transmission Line Poles and Towers

CHEN Xi<sup>1</sup>, XIAO Yutong<sup>2</sup>

Shenyang Electric Power Survey & Design Institute Co., Ltd., Shenyang, Liaoning, 110025, China

**Abstract:** In the power transmission industry, the tower foundation of transmission lines is an important component that supports transmission lines, directly related to the safe and stable operation of transmission lines. However, due to geological conditions, unreasonable design of tower foundations, improper construction techniques, and other reasons, landslides often occur in tower foundations. The landslide of the tower foundation not only affects the normal operation of the transmission line, but also may lead to serious consequences such as tower tilting, tower pole fracture, and line fracture, seriously threatening the safety and reliability of the transmission line. Therefore, the treatment and analysis of landslides in the foundation of overhead transmission lines and towers have important research significance and practical application value. By conducting in-depth research on the causes and mechanisms of tower foundation landslides, analyzing the impact of landslides on transmission lines, and formulating scientific and reasonable treatment plans, the problem of tower foundation landslides can be effectively prevented and solved, and the safe and stable operation level of transmission lines can be improved. At present, there is relatively little research on the landslide of overhead transmission line tower foundations, especially when combined with specific engineering practices, lacking systematic theories and methods. Therefore, relevant research work is needed to provide scientific and feasible treatment measures and technical support.

**Keywords:** overhead transmission line poles and towers; tower foundation landslide; landslide treatment

### 引言

杆塔基础滑坡问题不仅会导致输电线路的断裂和停电等严重后果, 还可能给周边环境带来安全隐患。因此, 对于杆塔基础滑坡问题进行深入研究和有效处理具有重要意义。本文旨在通过对架空输电线路杆塔基础滑坡问题进行分析, 并提出相应的处理方法。首先, 我们将介绍杆塔基础滑坡的重要性以及滑坡产生的因素。随后, 我们将通过实地调查和数值模拟等手段, 对不同类型的杆塔基础滑坡问题进行详细分析和评估。在此基础上, 我们将提出一套综合性的处理方案, 并探讨其可行性和效果。

### 1 滑坡处理的重要性

杆塔基础滑坡会导致输电线路的塔体倾斜、塔杆断裂, 甚至线路断裂, 严重危及线路的安全性, 处理杆塔基础滑

坡可以保证杆塔的稳定性和可靠性, 确保输电线路正常运行, 避免意外事故的发生。杆塔基础滑坡会导致输电线路的杆塔变形和线路断裂, 进而造成供电中断, 影响用户的用电需求, 通过处理杆塔基础滑坡, 能够提高输电线路的可靠性, 减少停电风险, 保障电力供应的连续性。并且杆塔基础滑坡引起的线路故障需要进行维修和恢复工作, 而且可能伴随着生产中断和损失, 及时处理杆塔基础滑坡, 可以降低维修和恢复成本, 减少停产损失, 提高电网运行效率, 对电力输电行业的经济效益具有重要意义。最后, 输电线路是现代社会正常运转的基础设施, 保障着工商业和居民的用电需求, 杆塔基础滑坡会导致线路故障和停电, 给社会生活和生产带来不便和损失, 处理杆塔基础滑坡, 可以减少对社会的负面影响, 保障供电的稳定性和可持续性<sup>[1]</sup>。

## 2 架空输电线路杆塔基础滑坡产生的因素

### 2.1 边坡坡度的变化

架空输电线路杆塔基础滑坡是一个复杂的地质灾害问题,边坡坡度的变化是导致该问题产生的主要因素之一。边坡坡度指的是边坡地面的斜度或倾斜程度。边坡坡度的变化可以对杆塔基础的稳定性产生直接影响,进而引发滑坡问题。边坡坡度过大时,地力会向下施加较大的压力,可能超过杆塔基础的承载能力,导致基础失稳和滑坡。而坡度过小时,地力可能无法充分发挥,导致土壤松动和滑坡的风险增加。如果边坡的坡度在不同位置发生明显变化,会导致地力不平衡,使得杆塔基础受到不均匀的压力,增加其失稳和滑坡的风险。边坡坡度的急剧改变率也可能引发滑坡问题。例如,坡度的陡峭区域突然过渡到平缓区域,由于地力的不平衡,可能导致基础失稳和滑坡<sup>[2]</sup>。

### 2.2 由于超荷载影响

架空输电线路杆塔基础滑坡产生的因素之一是超荷载的影响。超荷载是指超过设计载荷的额外负荷作用于杆塔基础上。如果杆塔基础承受的载荷超过了其设计能力,就会导致基础的失稳和滑坡。超荷载可能来自于多种因素,如风力、冰雪、冰冻融化等自然环境的影响,以及人为因素,如误操作、设备故障等。超荷载可能导致杆塔基础接受不均匀的荷载分布,从而使基础承受的压力不平衡,这种不平衡的荷载分布会增加基础的失稳和滑坡的风险。突然的超荷载作用可能会导致基础的失稳。例如,当发生突然的风暴或冰雪负荷增加时,基础可能无法及时适应这种荷载变化,从而引发滑坡<sup>[3]</sup>。

### 2.3 冲击和震动

架空输电线路杆塔基础滑坡的另一个可能因素是冲击和震动的影响。强烈的地震会产生剧烈的地面震动,这可能导致杆塔基础发生滑移和破坏。地震引起的地面波动会施加额外的荷载于基础上,超过其设计容量,导致基础失稳和滑坡。附近的爆炸事件可能会引起冲击波和震动波,对杆塔基础产生冲击,导致基础发生滑移和破坏,爆炸冲击对基础产生的荷载可能是瞬时的,但具有很高的能量,足以引起基础的滑坡。输电线路上的设备故障,如事故、闪击等,可能会引起冲击和震动,对杆塔基础产生额外的荷载。这些突发的荷载作用可能超过基础的设计容量,导致基础滑坡。

### 2.4 含水量的变化

架空输电线路杆塔基础滑坡产生的另一个可能因素是含水量的变化。降雨、融雪和地下水补给等因素会导致地下水位的变化。如果地下水位升高,会增加杆塔基础周围土壤的饱和度,降低土壤的承载力,从而增加滑坡的风险。除了地下水位的变化,其他因素,如降雨量增加、排水系统失效等,也可能导致杆塔基础周围土壤的饱和度发生变化,高饱和度会使土壤变得松散,并且减小土壤的内摩擦力和抗剪强度,增加滑坡的可能性。土壤的含水量变化会影响其工程性质,如变形特性和抗剪强度。高含水量会增加土壤的可塑性和流动性,减小土壤的抗剪强度,从

而增加杆塔基础滑坡的风险。

### 2.5 地下水的影响

当地下水位升高并超过杆塔基础底部时,会使得基础周围的土壤饱和度增加,饱和的土壤失去了一部分孔隙水的承压作用,导致土壤的承载力减小,使得杆塔基础的稳定性受到威胁,增加发生滑坡的风险。且地下水位的波动也可能对杆塔基础滑坡产生影响。在雨季或降雨较多的情况下,地下水位升高,土壤饱和度增加,导致杆塔基础周围土壤的承载力减小。而在旱季或降雨较少的情况下,地下水位下降,土壤饱和度减小,土壤的承载力会有所恢复。这种地下水位波动会导致杆塔基础的承载力不稳定,增加滑坡的风险<sup>[4]</sup>。

### 2.6 冻结影响

当地下水中的含水土壤在冷季受到低温影响而冻结时,水分会发生胀缩现象,导致土壤体积发生变化,如果杆塔基础周围土壤中有冻结的土层存在,其胀缩变形可能会对基础的稳定性造成负面影响。在冷季,地下水中的含水土壤在冻结与解冻的交替作用下,会发生冻融交替现象,这种交替会导致土壤颗粒的疏松和紧密变化,使土壤的结构发生变化。如果杆塔基础周围土壤经历了频繁的冻融循环,其稳定性将受到严重威胁,可能导致滑坡的发生。当地下水中的含水土壤冻结时,水分会从土壤中渗透到冻结带中,从而减少了杆塔基础周围土壤的含水量。这种冻结渗透现象会导致土壤的孔隙水压力减小,从而降低了土壤的承载能力,使杆塔基础易于滑动。

## 3 架空输电线路杆塔基础滑坡处理方式

### 3.1 进行严格的现场踏勘,了解沿线地质灾害分布

正确的处理方式之一是进行严格的现场踏勘,以了解沿线地质灾害的分布情况。选择专业的地质工程师或地质灾害专家组成踏勘小组,确保其具备相关的专业知识和经验,通过查阅相关文献、地质地貌图、航空摄影图像等方式,获取已知的地质灾害信息,包括滑坡、塌陷、地面沉降等,并根据已有的地质灾害信息,选择踏勘路线,尽可能覆盖可能存在地质灾害的区域。在选定的踏勘路线上,逐段进行实地踏勘和调查。包括对地质构造、地层岩性、坡度、坡向、湿度、植被覆盖等因素进行观察和记录,特别注意可能出现滑坡迹象的地方,如地表裂缝、滑动断层、裸露的岩石等。对发现的潜在滑坡体进行评估,包括滑坡体的规模、形态、稳定性等进行定性和定量分析。可以借助地质工程软件和专业工具进行数据处理和分析<sup>[5]</sup>。

### 3.2 对已有架空输电线路杆塔进行逐基排查

要确定逐基排查的组织机构和负责人,并组建专业的检查小组,小组成员应具备相关的电力工程或土木工程背景,并熟悉地质灾害的识别和处理方法。制定详细的排查计划,包括排查范围、排查时间、排查方法等。将排查范围分为不同的区段或区域,按照优先级进行排查。准备必要的检查工具和设备,如梯子、测量工具、地质灾害识别手册等,根据具体情况,可以借助无人机、摄影测量等技术进行辅助排查。逐个检查每个杆塔的基础情况,主要关

注基础的稳定性和可能存在的滑坡迹象,如地表沉降、裂缝、土体松动等,使用测量工具对基础的倾斜度和变形进行测量。根据杆塔基础周围的地质条件进行评估。包括地质构造、地层特征、降雨情况等因素的综合分析,判断滑坡风险的等级。对每个杆塔的检查结果进行详细记录,包括发现的问题、测量数据、地质条件评估等,根据排查数据进行分析,评估整个线路的滑坡风险程度<sup>[6]</sup>。

### 3.3 运用先进检测技术与手段及时发现问题

对于架空输电线路杆塔基础滑坡的处理,运用先进的检测技术与手段可以帮助及时发现问题,采取有效的措施进行处理。例如可以利用全站仪或测量仪器对杆塔基础进行高精度的倾斜度测量、变形监测和沉降观测,通过对比测量数据的变化,可以判断杆塔基础的稳定性和滑坡的发生。利用无人机搭载高分辨率摄影测量设备,对架空输电线路杆塔基础及周围地质条件进行高清影像采集和三维建模,通过对影像和模型的分析,可以发现地表裂缝、滑坡迹象等潜在问题。地质雷达可以探测地下的土层结构和含水层情况,通过测量地下的物理特性数据,提供对地质情况的准确判断,运用地质雷达可以帮助识别杆塔基础周围可能存在的滑坡隐患。安装倾角传感器、应变计、位移计等监测设备在杆塔基础上,实时监测基础的倾斜变形情况。这些设备可以通过数据传输系统将监测数据实时传送到监测中心,及时发现异常情况。还可以利用遥感卫星数据进行监测,可以获得大范围的地表信息,包括地形变化、植被状况等。通过遥感技术可以定期监测杆塔基础周围的地貌变化,及时发现可能的滑坡风险。最后则是能够运用数据分析技术对采集到的监测数据进行处理和分析,通过建立合适的模型和算法,提取关键特征,识别滑坡风险的指标,实现对问题的准确诊断与预警。

### 3.4 及时采取抢修加固措施

对于架空输电线路杆塔基础滑坡的处理,及时采取抢修加固措施非常重要。在发现杆塔基础滑坡后,立即进行紧急巡检,确认滑坡的范围和影响,并评估滑坡导致的安全风险。迅速清除滑坡上的杂物和泥土,恢复杆塔基础的原状。还要根据滑坡的原因和程度,采取相应的加固措施,如增加基础的承载能力、加固地基、加设杆塔基础护坡等,以提高基础的稳定性和抗滑性能。在加固杆塔基础的同时,应采取措施防止再次滑坡,如修筑护坡、设置防护堤坝、加装抗滑设备等。安装地质监测设备和传感器,实时监测杆塔基础的变形情况,并建立预警机制,及时采取措施应对可能的滑坡风险。还能够根据滑坡造成的损坏情况,修复线路设施和杆塔基础,并进行全面的检修和测试,确保线路的正常运行。加强对架空输电线路杆塔基础的定期检查和维修,及时发现隐患并采取防范措施,以确保线路在长期运行中的稳定性和安全性。

### 3.5 采取多种整治措施组合的处理方法

对于架空输电线路杆塔基础滑坡的处理,常常需要采取多种整治措施组合来解决问题。首先需要对滑坡区域进行清理,包括清除杂物和泥土,然后,可以采取以下措施

加固基础,如加固杆塔基础所处的地基,如通过注浆、灌浆等手段提高地基的稳定性和承载能力。通过在基础上扩展底面积或增加基础的厚度,增加基础的稳定性。在滑坡区域设置护坡结构,以增加基础的抗滑能力。除了加固基础之外,还需要采取措施防止再次发生滑坡,可以在滑坡区域设置防护堤坝,以阻止土体继续滑动,保护杆塔基础的稳定。在滑坡区域修筑护坡结构,如砌筑护坡石墙、安装挡土墙等,以增加土体的抗滑能力。还可以考虑在杆塔基础上加装抗滑设备,如防滑钢板、抗滑钢钉等,增加基础的抗滑能力。还要根据滑坡造成的损坏情况,进行线路设施和杆塔基础的修复。同时,对整个线路进行全面的检修和测试,确保线路的正常运行。最后要加强对架空输电线路杆塔基础的定期检查和维修,及时发现隐患并采取防范措施,以确保线路在长期运行中的稳定性和安全性。需要根据具体情况,综合考虑地质条件、工程可行性以及经济成本,并与相关部门、专业机构和建设单位合作,制定详细的整治方案,并按照规定进行审批和施工。同时,在进行整治措施时,务必遵循安全操作规程,确保施工人员的安全。

## 4 结语

综上所述,本研究通过对架空输电线路杆塔基础滑坡问题的处理与分析,得出了一些重要的结论。首先,采取适当的处理措施对于防止和修复杆塔基础滑坡具有重要意义,可以有效保障线路的安全性和可靠性。其次,我们发现在处理滑坡问题时,应综合考虑地质条件、工程技术和成本效益,并根据具体情况选择合适的处理方法。然而,我们也意识到本研究存在一些局限性,如样本数据的有限性和实验条件的不足。因此,未来的研究可以进一步优化处理方案,扩大样本规模,并开展更多的实地调查和监测。我们相信,通过持续的研究和努力,可以进一步提高对架空输电线路杆塔基础滑坡问题的理解和解决能力,为电网运行的安全与可持续发展贡献力量。

### [参考文献]

- [1]魏志雄,杨柳辉,孙立. 架空线路杆塔基础滑坡机理分析及防控技术措施[J]. 农村电气化,2023(7):82-84.
  - [2]黄晨忱,殷坤龙,梁鑫等. 极端工况下滑坡区超高压输电线路杆塔基础失稳评估分析[J]. 安全与环境工程,2021,28(4):139-147.
  - [3]俞伟勇,吴朝峰,戴建华,等. 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(6):67-72.
  - [4]卢海,刘婷. 架空输电线路杆塔基础问题及改进对策分析[J]. 电工技术,2018(20):36-37.
  - [5]张衡,何文秀,谢怀前. 高压架空输电线路工程中滑坡问题的研究[J]. 山西建筑,2014,40(36):57-58.
  - [6]杨斌,陈应权,曾臻,等. 架空输电线路杆塔基础问题及改进方法探讨[J]. 企业技术开发,2014,33(24):111-112.
- 作者简介: 陈曦(1983.1—),毕业院校: 武汉大学所学专业: 防灾减灾工程及防护工程,当前就职单位: 沈阳电力勘测设计院有限责任公司,职务: 主设职称级别: 工程师。