

架空输电线路设计输电线路舞动分析

沈欢

桐庐电力开发有限公司 浙江 杭州 311500

摘要：本文深入聚焦架空输电线路设计中的舞动问题，系统剖析了舞动现象的产生原因与多种影响因素，并详尽探讨了其对电力系统安全稳定运行的潜在危害。文章全面综述了舞动分析的关键意义、引发原因与相关因素、有效的防治措施以及设计优化策略，旨在为架空输电线路舞动的科学防治提供坚实的理论支撑与实践指导，从而确保电力系统的安全、可靠与高效运行，为电力行业的稳定发展贡献力量。

关键词：架空输电线路；舞动现象；原因分析；防治措施；设计优化

引言：架空输电线路是电力系统电能传输的关键环节。然而，在特定气象环境下，输电线路的舞动现象频繁发生，严重威胁电力系统的稳定运行。舞动可能导致线路金具磨损、导线断股甚至杆塔倒塌，引发大面积停电事故。因此，深入研究架空输电线路的舞动问题，对保障电力供应安全具有至关重要的意义。

1 架空输电线路设计输电线路舞动分析意义

1.1 为线路设计提供依据

通过建立数学模型和模拟分析，我们能够深入了解不同工况下线路的振动模式和受力情况，为线路的初始设计提供科学依据。在导线选型方面，舞动分析的结果能够指导我们选择更适合特定环境和工况的导线类型。例如对于舞动易发地区，可以选择直径较大、质量较重的导线，以降低舞动的幅度和频率，从而提高线路的抗舞动能力。档距的确定也是舞动分析的一个重要应用。通过模拟分析，我们可以了解不同气象条件下，不同档距的线路对舞动的影响程度，从而合理选择档距，确保线路在舞动过程中具有足够的稳定性和安全性。舞动分析还能够为杆塔结构设计提供数据支持。通过分析杆塔在舞动过程中的受力情况，我们可以设计出更加合理、坚固的杆塔结构，以应对舞动带来的挑战，提高线路的整体稳定性。

1.2 指导运行维护工作

舞动分析同样对运行维护工作具有重要的指导意义。通过分析舞动对线路设备的损伤机制和程度，我们可以预测线路在不同季节、不同气象条件下的舞动风险，从而制定更加针对性的巡检计划^[1]。在巡检计划制定时，我们可以根据舞动分析的结果，确定哪些区域、哪些设备更容易受到舞动的影响，并加强对这些区域和设备的检查和维护。这有助于及时发现并处理潜在的安全隐患，降低舞动事故发生的概率。舞动分析还能够为应

急预案的制定提供指导。通过分析舞动可能引发的故障类型和程度，我们可以提前制定应急预案，确保在舞动事故发生时能够迅速、有效地进行应对，从而降低事故对电力系统的影响。

1.3 提升线路抗舞动能力

舞动分析对于提升线路抗舞动能力同样具有重要意义。通过找出影响线路抗舞动性能的关键因素，我们可以针对性地采取增强措施，从根本上提高线路的抗舞动能力。在优化线路结构方面，舞动分析能够帮助我们找出线路中可能存在的薄弱环节，并通过调整线路的结构参数，如导线张力、档距等，来提高线路的整体稳定性和抗舞动能力。舞动分析还能够为采用特殊的防舞装置提供指导。通过分析不同防舞装置的性能和适用范围，我们可以选择最适合特定环境和工况的防舞装置，以提高线路的抗舞动能力。同时，舞动分析还能够为线路的改造和升级提供指导，帮助我们确定哪些部分需要进行改造或升级，以提高线路的抗舞动能力和整体性能。

2 架空输电线路舞动原因

2.1 气象条件

(1) 风速与风向：风速和风向是引发架空输电线路舞动的最直接、最关键的气象因素。当风速处于某一特定区间内，且风向与线路走向存在某一夹角时，导线会受到不稳定的气动力作用，从而激发舞动。这种不稳定的气动力可能是由于风速的突然变化、风向的急剧转折或气流的涡旋等引起的。特别是在强风、大风或风暴天气下，舞动现象更为显著。(2) 温度与湿度：温度和湿度的变化也会影响导线的物理特性，从而间接影响舞动的发生。温度变化会导致导线热胀冷缩，改变其张力和刚度。湿度则可能影响导线表面的覆冰情况，而覆冰是舞动的重要激发因素之一。湿度较高的天气条件下，导线更容易形成覆冰，进而增加舞动的可能性。

2.2 地理环境

第一，地形地貌：地形地貌对气流的影响不容忽视。山谷、山口等特殊地形会改变气流的流动状态，使其产生紊流或加速，从而增加导线所受的不稳定气动力。平原地区若存在大面积的开阔地，也可能因气流的均匀性导致特定条件下的舞动^[2]。另外地形的高低起伏还会影响导线的悬挂高度和受力状态，进一步影响舞动的发生。第二，植被覆盖：线路周边的植被也会影响气流的分布和导线的受力状态。植被过高或过密可能扰乱气流，使经过导线的气流产生复杂的变化，从而增加舞动的可能性。特别是在树木生长旺盛、枝叶繁茂的地区，植被对气流的影响更为显著。

2.3 线路结构

(1) 导线类型和参数：导线的材质、绞合方式、直径、质量、弹性模量等参数都会影响其固有频率和振动特性。不同材质和绞合方式的导线具有不同的空气动力学特性，对外部激励的响应也不同。因此在选择导线时，需要充分考虑其抗舞动性能。(2) 档距和张力：档距和张力是影响导线舞动的重要参数。档距越大，导线在风力作用下的摆动幅度越大，越容易产生舞动。并且导线的初始张力设置不当也会改变其振动特性，增加舞动的敏感性。因此，在设计线路时，需要合理确定档距和张力，以降低舞动的风险。(3) 杆塔高度和结构形式：杆塔的高度决定了导线的悬挂高度，而悬挂高度又会影响导线所受的气动力。较高的悬挂高度可能使导线受到更复杂的气流影响，从而增加舞动的可能性。此外，杆塔的结构形式也会影响其对导线舞动的约束能力。不合理的结构形式可能无法有效抑制舞动，甚至可能加剧舞动的发生。

2.4 覆冰情况

第一，覆冰厚度和形状：导线覆冰后，其质量和形状都会发生变化，从而影响其振动的惯性。不均匀的覆冰形状会导致导线的空气动力特性发生显著变化，产生非对称的气动力，成为舞动的重要激发因素。特别是在覆冰较厚、形状不规则的情况下，舞动现象更为显著。第二，覆冰类型：不同类型的覆冰对导线的影响也不同。雨淞、雾淞等不同类型的覆冰具有不同的密度、附着力和形态特点。在特定条件下，某些类型的覆冰更容易引发舞动。例如，雨淞覆冰由于其密度大、附着力强，更容易在导线上形成稳定的冰层，从而增加舞动的风险。

3 架空输电线路舞动防治措施

3.1 优化线路设计

在架空输电线路的规划与设计阶段，应充分考虑舞

动的影响，通过合理选择线路路径和调整线路参数来降低舞动风险。(1) 要合理选择线路路径。在规划阶段，应尽量避免易发生舞动的区域，如风口、大面积覆冰区等。这些区域的气象条件复杂多变，容易导致导线舞动。因此，应综合考虑地形、气象等因素，选择气流相对稳定、气象条件较为温和的路径，以降低舞动发生的可能性。(2) 要调整线路参数。根据当地的气象和地理条件，优化档距、张力等参数。在易舞区，可以适当减小档距，以降低导线在风力作用下的振动幅度和频率。同时，合理调整导线张力，使其能够适应不同气象条件下的受力状态，提高线路的抗舞动能力。

3.2 安装防舞动装置

安装防舞动装置是防治舞动的重要措施之一(如图1)。(1) 间隔棒类装置通过允许导线在一定范围内转动，改变导线的振动模式，消耗舞动能量，从而抑制舞动。在安装时，需要根据线路参数和舞动特性优化安装间距和安装方式，以确保其防舞效果。(2) 摆锤类装置利用摆锤的摆动来抵消导线的振动能量^[3]。摆锤的质量、长度和安装位置需要精确设计，以达到最佳的防舞效果。在实际应用中，应根据线路的具体情况和舞动特性选择合适的摆锤类装置。(3) 阻尼器类装置通过消耗导线振动的机械能来抑制舞动。不同类型的阻尼器适用于不同的线路情况，如摩擦阻尼器适用于小档距线路，液压阻尼器则适用于大档距线路。在选择和安装阻尼器时，需要根据实际情况进行综合考虑。

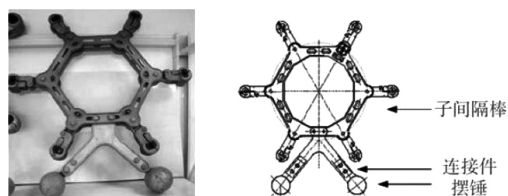


图1 双摆防舞者

3.3 加强运行维护和管理

为了及时发现和处理舞动问题，需要加强运行维护和管理方面的工作。(1) 应建立实时监测系统(如图2)。该系统应包括风速、风向、导线振动、覆冰等参数的在线监测。通过传感器网络实时采集数据，并利用数据分析算法及时发现舞动的早期迹象。这可以为采取应急措施提供依据，从而避免舞动事故的发生。(2) 要制定严格的巡检计划。定期对线路设备进行巡检，检查导线、金具、杆塔等是否存在因舞动可能造成的损伤。在巡检过程中，应及时清理导线上的异物和覆冰，确保线路的正常运行。(3) 应制定完善的应急处理预案。明确在不同程度的舞动情况下应采取的措施，如临时停电、

抢修队伍的调度等。这可以确保在舞动事故发生时能够迅速响应，最大程度减少事故损失。

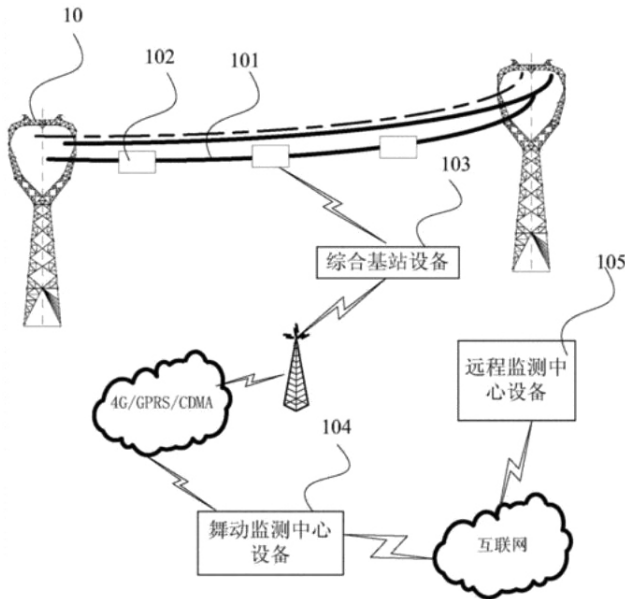


图2 架空输电线路舞动监测系统示意图

4 架空输电线路优化展望

4.1 考虑气象和地理因素的设计优化

第一，在设计架空输电线路时，必须充分考虑气象和地理因素的影响。通过结合长期的气象数据和地理信息系统（GIS）分析，可以选择气象条件相对稳定、地理环境对线路影响较小的路径。对于无法避开的复杂地形和气象区域，应采取特殊的设计措施，如增加杆塔数量、采用更坚固的导线等，以提高线路的抗舞动和抗风能力。第二，杆塔位置的确定也是设计优化的关键。应根据地形地貌和气象条件，合理确定杆塔的位置，避免杆塔位于气流紊流严重的区域。同时要保证杆塔的基础稳定，能够承受可能因舞动产生的额外荷载，确保线路的安全运行。

4.2 基于线路参数的设计优化

线路参数的设计优化也是提高线路稳定性的重要手段。档距和悬挂点高度的设计应根据导线类型和直径，结合当地的气象条件，通过精确的力学计算和模拟分析

来确定。合理的档距和悬挂点高度可以优化线路的受力状态，降低舞动风险^[4]。导线选型也是设计优化的关键。应选择具有良好抗舞动性能的导线，如采用特殊绞合结构或表面处理的导线。这些导线在复杂气象条件下能够保持较好的稳定性，减少舞动事故的发生。

4.3 新材料和新技术应用

新材料和新技术的应用为架空输电线路的设计优化提供了新的途径。高强度钢材和复合材料的应用可以提高杆塔和导线的承载能力和抗拉强度，降低线路的整体重量，提高线路的抗舞动能力。此外，智能监测和控制技术的应用也是设计优化的重要方向。通过应用智能传感器、物联网、大数据分析等技术，可以实现对线路状态的实时、精确监测。结合智能控制算法，可以自动调节防舞动装置的参数，实现对舞动的主动预防和控制。这些技术的应用将极大地提高线路的安全性和稳定性，为电力系统的可靠运行提供有力保障。

结语

架空输电线路舞动问题对电力系统的安全稳定运行构成了严重威胁。通过全面深入地分析舞动现象的原因和影响因素，我们能够制定出科学合理的防治措施和设计优化策略。持续加强对舞动问题的研究，不断改进防治方法和设计理念，对于保障电力系统的长期可靠运行和可持续发展至关重要。未来的研究应进一步关注新技术在舞动防治中的应用和复杂环境下舞动问题的精细化分析。

参考文献

- [1] 窦婷婷, 李子扬, 陈仁刚, 马芳. 架空输电线路防舞动设计关键问题探讨[J]. 山东电力技术, 2020, 47(11): 57-61.
- [2] 杨天亮. 架空输电线路舞动事故及防范措施[J]. 山西冶金, 2020, 43(05): 163-164+166.
- [3] 张森鑫, 犹洲. 架空输电线路优化设计措施探讨[J]. 民营科技, 2016(8): 34.1673-4033.
- [4] 吴超, 王峥, 庞振江, 等. 基于 ϕ -OTDR的架空输电线路风振检测系统设计[J]. 自动化与仪器仪表, 2019(9): 46-50.