

# 特高压大截面导线冰跳高度及横向摆幅研究

陈冠楠

内蒙古送变电有限责任公司 内蒙古 呼和浩特 010020

**摘要：**特高压大截面导线冰跳高度及横向摆幅研究旨在探究极端气候条件下导线覆冰脱落引发的动态响应。本研究通过理论分析、数值模拟与现场实测，系统分析档距、高差、覆冰厚度及风速等因素对冰跳高度及横向摆幅的影响机制。研究揭示冰跳现象的力学本质，提出有效的监测预警方法，为特高压输电线路的安全运行提供科学依据和技术支撑，对提升电网抗冰灾能力具有重要意义。

**关键词：**特高压；大截面导线；冰跳高度；横向摆幅；输电线路安全

引言：随着特高压输电技术的快速发展，大截面导线在电网中的应用日益广泛。极端气候条件下导线覆冰脱落引发的冰跳现象严重威胁输电线路的安全运行。冰跳高度及横向摆幅作为评估冰跳危害的关键指标，其影响因素复杂多变。因此开展特高压大截面导线冰跳高度及横向摆幅研究，对于保障电网安全稳定运行具有重要意义。本研究将深入探讨其影响因素与机理，为工程实践提供理论指导。

## 1 特高压大截面导线冰跳高度及横向摆幅基础理论

### 1.1 导线冰跳高度的定义

覆冰导线在温度、自然风和人为作用之下会产生覆冰脱落的情况，而脱冰会引起导线剧烈的上下振动，在工程中将此现象称为“冰跳”。导线在冰跳过程中的最大高度点与冰跳开始前静止状态下所处位置之间的高度差，被称为导线的最大冰跳高度。

### 1.2 特高压大截面导线的特点

特高压大截面导线具有输送功率大、线损小、紧缩线路走廊等优点，在特高压输电线路中得到广泛应用。第一输送功率大：大截面导线能够输送更大的功率，满足日益增长的电力需求<sup>[1]</sup>。第二线损小：大截面导线的电阻相对较小，线损也随之减少，提高了输电效率。第三紧缩线路走廊：大截面导线可以减小线路走廊宽度，节省土地资源。

## 2 特高压大截面导线冰跳高度及横向摆幅数值模拟方法

### 2.1 数值模拟方法的选择与原理

在特高压大截面导线冰跳高度及横向摆幅的研究中，数值模拟方法的选择至关重要。数值模拟是通过构建数学模型并利用计算机进行求解，以模拟现实世界中的物理现象或工程问题的一种强大工具。它广泛应用于各种领域，如流体力学、结构分析、热传递、电磁场

等。对于特高压大截面导线冰跳高度及横向摆幅的数值模拟，选择了有限元法（Finite Element Method, FEM）作为主要方法。有限元法是将求解域划分为有限数量的子区域（单元），并在每个单元上构建试验函数（基函数），通过变分原理将原问题转化为求解单元内的未知量。这种方法适用于复杂的几何形状和材料属性，能够准确地模拟导线的动态响应。有限元法的基本原理包括数学建模、离散化、数值求解、边界和初始条件处理以及数值模拟结果分析与验证。首先，根据实际问题建立数学模型，包括连续介质力学方程、边界条件、初始条件等。然后将连续的数学模型离散化为有限数量的网络或网格，以便于计算机计算。接着利用计算机编程和数学算法对离散化后的模型进行求解。在求解过程中，需要对边界和初始条件进行处理，以确保解的准确性和稳定性。最后，对模拟结果进行分析，并与实验数据或理论分析进行对比验证，以评估模型的准确性和可靠性。

### 2.2 数值模拟模型的建立

在数值模拟模型的建立过程中，考虑了多种因素，包括档数、档距、覆冰量、脱冰比、高差、风速以及导线型号等。首先根据特高压大截面导线的实际几何形状和材料属性，建立了导线的有限元模型。然后根据实验数据和理论分析，确定了模型的边界条件和初始条件。在模型中，考虑了导线在运行环境中可能承受的一系列外力，如自重载荷、覆冰载荷、风载荷等，以及集中在导线若干节点上的外力，如悬挂点绝缘子串的拉力等。为了更准确地模拟导线的动态响应，还采用了非线性导线模型，并结合重冰区特高压输电线路的实际情况进行了计算机建模。通过调整模型的参数和边界条件，可以模拟不同工况下导线的冰跳高度及横向摆幅。

### 2.3 数值模拟过程与结果分析

在数值模拟过程中，首先给定导线张力、弧垂的初

始值，并在X、Y、Z方向上分别利用差分方程递推求解出架空导线的完整运动过程。通过计算机程序的运行，可以得到导线在不同工况下的冰跳高度及横向摆幅数据。对模拟结果的分析表明，档数、档距、覆冰量、脱冰比、高差和风速等因素对导线冰跳高度及横向摆幅的影响显著<sup>[2]</sup>。在耐张段内档数不超过一定数量时，脱冰跳跃高度随档数增加而增大；档距越大，脱冰跳跃越严重；覆冰量越多，脱冰跳跃越严重；高差越大，垂直脱冰跳跃高度越小；风速越大，脱冰跳跃水平位移值越大，不同导线型号在脱冰后的冰跳高度和横向摆幅也不同，但趋势一致。通过对模拟结果的深入分析，我们可以得出一些有用的结论和建议。这些结论和建议对于指导特高压输电线路的设计和运维具有重要意义。

### 3 特高压大截面导线冰跳高度及横向摆幅影响因素分析

#### 3.1 档距对冰跳高度及横向摆幅的影响

档距，即相邻两个杆塔之间的水平距离，是特高压大截面导线冰跳高度及横向摆幅的重要影响因素之一。档距的大小直接关系到导线在脱冰过程中的动态响应和振动特性。在档距较小的情况下，导线受到杆塔的作用较强，其振动幅度相对较小。当导线覆冰脱落时，虽然会产生一定的冲击力，但由于档距较短，导线能够较快地恢复到稳定状态，因此冰跳高度和横向摆幅相对较小。随着档距的增大，导线受到的约束作用减弱，其振动特性变得更加复杂。在脱冰过程中，导线可能会产生较大的振幅和较长的振动周期，导致冰跳高度和横向摆幅显著增加。特别是在极端天气条件下，如强风、低温等，档距较大的导线更容易发生严重的冰跳现象，对输电线路的安全运行构成威胁。

#### 3.2 高差对冰跳高度及横向摆幅的影响

高差，即相邻两个杆塔之间的高度差，也是影响特高压大截面导线冰跳高度及横向摆幅的重要因素之一。高差的存在使得导线在脱冰过程中受到的重力作用方向发生变化，从而影响其振动特性。在水平档距相同的情况下，如果相邻杆塔之间存在较大的高差，导线在脱冰时会受到重力沿斜向的分力作用，导致导线更容易产生倾斜和摆动。这种倾斜和摆动不仅会增加导线的振动幅度，还会使冰跳高度和横向摆幅增大。高差还会影响导线在脱冰过程中的能量分布。当导线覆冰脱落时，释放的能量会在导线内部进行传递和分配。如果高差较大，导线在脱冰过程中可能会产生不均匀的能量分布，导致部分导线段受到较大的冲击力，从而产生更大的冰跳高度和横向摆幅。

#### 3.3 覆冰厚度对冰跳高度及横向摆幅的影响

覆冰厚度是影响特高压大截面导线冰跳高度及横向摆幅的关键因素之一。覆冰厚度的增加会显著改变导线的质量和刚度，从而影响其在脱冰过程中的振动特性。随着覆冰厚度的增加，导线的质量增大，刚度减小，导致其更容易受到外部激励的影响而产生振动。在脱冰过程中，覆冰较厚的导线会释放更多的能量，产生更大的冲击力，从而导致冰跳高度和横向摆幅显著增加。覆冰厚度的增加还会使导线在脱冰过程中的受力状态变得更加复杂。当覆冰脱落时，导线会受到不均匀的冲击力作用，导致部分导线段产生较大的变形和振动。这种变形和振动不仅会加剧导线的冰跳现象，还可能对杆塔和绝缘子等输电设备造成损坏<sup>[3]</sup>。

#### 3.4 其他因素的影响分析

除了档距、高差和覆冰厚度外，风速和导线张力等因素也会对特高压大截面导线的冰跳高度及横向摆幅产生影响。风速是影响导线振动特性的重要因素之一。在强风作用下，导线会受到较大的风载荷作用，导致其振动幅度增加。特别是在脱冰过程中，强风会加剧导线的摆动和倾斜现象，从而增大冰跳高度和横向摆幅。导线张力是影响导线振动特性的另一个重要因素，张力的大小直接关系到导线的刚度和稳定性。在脱冰过程中，如果导线张力过大或过小，都可能导致其振动特性发生变化，从而影响冰跳高度和横向摆幅。

### 4 特高压大截面导线冰跳高度及横向摆幅的工程应用

#### 4.1 冰跳高度及横向摆幅的监测与预警技术

在特高压输电线路的运行过程中，冰跳高度及横向摆幅的监测与预警技术是确保线路安全运行的重要手段。监测技术主要依赖于高精度的传感器和数据分析系统。传感器被安装在导线上或杆塔附近，能够实时采集导线的振动信号，包括振幅、频率和相位等关键参数。这些信号通过无线传输方式发送到数据分析中心，经过处理和分析后，可以得出导线的冰跳高度和横向摆幅。预警技术则是基于监测数据的进一步应用，通过设定合理的阈值，当监测到的冰跳高度或横向摆幅超过预设值时，系统会自动触发预警机制，向运维人员发送警报信息。这样，运维人员可以及时了解线路的运行状态，采取相应的措施来避免或减少冰跳现象对线路安全的影响。在监测与预警技术的应用中，还需要考虑数据的准确性和可靠性。由于特高压输电线路的运行环境复杂多变，传感器和数据传输系统可能会受到各种干扰和误差的影响。需要采用先进的滤波算法和数据处理技术，对监测数据进行预处理和校正，以确保数据的准确性和可

靠性。监测与预警技术的实施还需要与线路的运维管理相结合,通过建立完善的监测网络和预警机制,实现对线路运行状态的全面监控和预警,为线路的维护和管理提供有力的技术支持。

#### 4.2 冰跳高度及横向摆幅对线路安全的影响评估

冰跳高度及横向摆幅是特高压输电线路安全运行的重要影响因素之一。它们不仅会对线路的机械性能产生直接影响,还可能导致线路故障和事故的发生。因此对冰跳高度及横向摆幅对线路安全的影响进行评估是确保线路安全运行的重要步骤<sup>[4]</sup>。评估工作需要了解冰跳高度和横向摆幅的成因和机理。这包括分析导线在脱冰过程中的振动特性、受力状态以及能量分布等关键要素。通过深入了解这些要素,可以更准确地评估冰跳高度和横向摆幅对线路安全的影响程度。评估工作还需要考虑线路的实际情况和运行环境,这包括线路的档距、高差、覆冰厚度、风速等关键因素。通过对这些因素的综合分析,可以更全面地评估冰跳高度和横向摆幅对线路安全的影响范围和程度。在评估过程中,还需要采用先进的评估方法和工具。同时还可以结合实验数据和现场观测结果,对评估结果进行验证和修正,以确保评估结果的准确性和可靠性。评估结果需要为线路的维护和管理提供指导,通过评估结果的分析 and 解读,可以制定相应的维护措施和管理策略,以减小冰跳高度和横向摆幅对线路安全的影响。这包括加强线路的巡检和维护、优化线路的布局和设计、提高线路的抗冰能力等方面。

#### 4.3 工程应用案例与效果分析

在实际工程中,冰跳高度及横向摆幅的监测与预警技术以及影响评估方法已经得到了广泛应用。以下是一些典型的工程应用案例和效果分析。(1)在某特高压输电线路中,运维人员利用监测与预警技术成功捕捉到多次冰跳现象。通过对监测数据的分析,他们发现冰跳高度和横向摆幅与线路的档距、高差和覆冰厚度等因素密切相关。基于这些信息,他们制定相应的维护措施,包括加强线路的巡检和维护、调整线路的布局和设计等。

这些措施的实施有效降低冰跳现象对线路安全的影响,提高线路的稳定性和可靠性<sup>[5]</sup>。(2)在另一个案例中,评估人员利用影响评估方法对某特高压输电线路的冰跳高度及横向摆幅进行了详细评估。他们发现该线路在极端天气条件下容易发生严重的冰跳现象,对线路的安全运行构成威胁。基于评估结果,他们提出优化线路的布局和设计、提高线路的抗冰能力等建议。这些建议被采纳后,线路的抗冰能力得到显著提升,冰跳现象得到有效控制。这些工程应用案例表明,冰跳高度及横向摆幅的监测与预警技术以及影响评估方法在特高压输电线路的运行和维护中具有重要的应用价值。它们不仅可以提高线路的安全性和稳定性,还可以为线路的维护和管理提供有力的技术支持。因此在未来的工作中,应进一步加强这些技术的应用和推广,为特高压输电线路的安全运行提供更加坚实的保障。

#### 结束语

特高压大截面导线冰跳高度及横向摆幅研究不仅深化我们对极端气候下导线动态响应机制的理解,更为输电线路的安全运行提供坚实的技术支撑。通过综合分析与实验验证,本研究揭示冰跳现象的力学本质,为冰跳灾害的监测预警与防控提供科学依据。未来,将继续深化研究,探索更高效的监测技术与防控策略,为构建更加安全、稳定的特高压电网贡献力量。

#### 参考文献

- [1]刘壮.特高压输电线路大截面导线张力放线施工分析[J].通讯世界,2024,31(02):157-159.
- [2]吴锡敏.特高压输电线路大截面导线张力放线施工技术分析[J].电子世界,2021(05):200-201.
- [3]刘洪宇,龙步良.特高压输电线路大截面导线张力放线施工技术[J].工程技术研究,2018(07):98-99.
- [4]邓玉章.高压架空输电线路张力放线施工技术研究[J].中国高新科技,2018(16):56-58.
- [5]刘洪宇,龙步良.特高压输电线路大截面导线张力放线施工技术[J].工程技术研究,2018(07):98-99.