

特高压工程电力跨越架力学分析

张飞燕

内蒙古送变电有限责任公司 内蒙古 呼和浩特 010020

摘要: 本文深入探讨了特高压工程电力跨越架的力学分析,包括其基本概念、结构特点、受力特性以及详细的力学性能评估。概述了特高压工程的输电优势和电力跨越架在其中的关键作用。详细阐述跨越架的结构组成与功能,并分析了其受力特点。通过建立力学模型、选择合适的分析方法和应用数值模拟技术,对跨越架的力学性能进行了全面分析,探讨结构参数、荷载条件对力学性能的影响,并进行了动力响应分析。基于力学分析结果,提出设计与施工建议,旨在为特高压工程电力跨越架的安全、稳定和耐久性设计提供理论支持和实践指导。

关键词: 特高压工程; 电力跨越架; 力学分析; 结构力学

1 特高压工程电力跨越架的基本概念与结构特点

1.1 特高压工程概述

特高压工程是指利用特高压输电技术,实现大容量、远距离、高效率的电力传输。特高压输电技术具有输电容量大、传输距离远、输送损耗小、占地面积小等优势,是实现电力资源配置的重要方式,对于提升电网的输送能力和保障能源安全具有重要意义。特高压工程通常包括特高压交流工程和特高压直流工程,它们通过特高压输电线路将电能从能源丰富的地区输送到能源需求大的地区,实现电能的优化配置和高效利用。特高压工程的建设不仅促进电力工业的发展,也推动了相关产业链的完善和技术进步。

1.2 电力跨越架的结构与功能

电力跨越架是特高压工程中不可或缺的组成部分,它主要用于跨越河流、山谷、铁路、公路等障碍物,确保特高压输电线路能够连续、稳定地传输电能。跨越架通常由基座、立柱、横梁、斜撑等部分组成,其结构形式多种多样,如自立式、依附式、悬索式等。基座是跨越架的支撑点,通常固定在地面或建筑物上;立柱则垂直于地面,起到支撑横梁和斜撑的作用;横梁和斜撑则构成跨越架的骨架,用于支撑输电线路^[1]。电力跨越架的主要功能是确保输电线路在跨越障碍物时保持足够的高度和安全距离,同时能够承受来自线路自重、风力、冰雪等外部荷载的作用。

1.3 跨越架的受力特点

跨越架的受力特点主要表现在以下几个方面:首先,跨越架需要承受来自输电线路的自重荷载,这要求跨越架具有足够的强度和刚度来支撑线路;其次,跨越架还需承受风荷载的作用,尤其是在风力较大的地区,风荷载可能成为跨越架设计中的主要控制因素;跨越架

还需考虑冰雪荷载、温度变化等因素的影响,这些因素可能导致跨越架产生变形或应力集中。因此,在跨越架的设计过程中,需要进行详细的受力和计算,以确保跨越架在各种荷载组合下的安全性和稳定性。同时,跨越架的受力特点也要求其在施工过程中需要采取严格的施工措施和质量控制手段,以确保其施工质量和安全性能满足设计要求。

2 特高压工程电力跨越架的力学模型与分析方法

2.1 力学模型的建立

在特高压工程电力跨越架的深入力学分析过程中,构建一个精确且实用的力学模型是不可或缺的首要步骤。为了构建这样一个模型,必须全面考虑众多关键因素,包括但不限于跨越架的整体结构形式、构成材料的物理属性,以及它在实际运行中可能遭遇的各种荷载条件。首先,需要详尽地明确跨越架的几何尺寸,包括各个构件的长度、宽度、高度以及相互之间的空间关系,这是构建模型的基础;其次,节点连接方式的选择与设计同样至关重要,因为它们连接各个构件、传递力的关键所在;同时,还要准确了解构成跨越架材料的弹性模量、泊松比等力学参数,这些参数将直接影响模型的准确性和可靠性。在荷载条件方面,必须考虑跨越架可能承受的各种类型荷载,如自重、风荷载、冰雪荷载等,并准确确定这些荷载的大小和方向。通过合理的假设和必要的简化,可以在保持模型准确性的同时,提高其分析效率和实用性。

2.2 分析方法的选择

在建立了力学模型之后,需要选择合适的分析方法来对跨越架进行力学分析。分析方法的选择应根据跨越架的复杂程度、分析目的和精度要求等因素来确定。常用的分析方法包括静力学分析、动力学分析、稳定性分

析等。静力学分析主要用于研究跨越架在静态荷载作用下的受力状态和变形行为；动力学分析则考虑动态荷载（如风荷载、地震荷载）对跨越架的影响，研究其动力响应和稳定性；稳定性分析则关注跨越架在特定荷载条件下的失稳现象，评估其整体稳定性。在选择分析方法时，应综合考虑各种因素，确保分析结果的准确性和可靠性^[2]。

2.3 数值模拟方法的应用

随着计算机技术的不断发展，数值模拟方法在特高压工程电力跨越架的力学分析中得到了广泛应用。数值模拟方法通过计算机模拟和仿真，可以直观地展示跨越架的受力状态和变形行为，为设计和优化提供有力支持。常用的数值模拟方法包括有限元法、有限差分法、离散元法等。其中，有限元法因其适应性强、精度高等优点而被广泛应用于跨越架的力学分析中。通过有限元分析软件，可以建立跨越架的有限元模型，并进行静力学、动力学、稳定性等分析。数值模拟方法的应用不仅可以提高分析效率，还可以降低分析成本，为特高压工程电力跨越架的设计和优化提供有力保障。

3 特高压工程电力跨越架的力学性能分析

3.1 结构参数对力学性能的影响

特高压工程电力跨越架的力学性能，作为其设计、施工及运维阶段的重要考量，直接决定了其在实际应用中的安全性、稳定性和耐久性。结构参数作为影响跨越架力学性能的关键因素，涵盖了材料特性、几何尺寸、节点连接方式等多个维度。（1）材料特性：跨越架的主要结构材料包括钢材、铝合金及复合材料等，其弹性模量、屈服强度、抗拉强度等力学性能指标直接影响跨越架的承载能力和变形特性。例如，高强度钢材因其优异的力学性能被广泛应用于跨越架的关键受力部位，能够有效提升跨越架的承载效率和整体稳定性。而复合材料的引入，则以其轻质高强、耐腐蚀等特点，为跨越架的设计提供了更多可能性，特别是在需要减轻自重或提升耐腐蚀性能的场所。（2）几何尺寸：跨越架的几何尺寸，如立柱的高度、横梁的长度及斜撑的角度等，均对力学性能有显著影响。高度增加会增大跨越架的柔度，导致在荷载作用下更容易产生变形；而横梁长度的变化则直接影响跨越架的跨度及承载能力。斜撑的设置不仅能增强跨越架的空间刚度，还能有效分散荷载，提高整体稳定性。因此，合理设计几何尺寸是确保跨越架力学性能优化的关键^[3]。（3）节点连接方式：跨越架的节点是连接各构件的重要部位，节点的连接方式（如焊接、螺栓连接、铆接等）及细节设计直接影响其力学性能和

安全性。焊接节点虽能提供较高的强度和刚度，但易受焊接质量和环境条件影响；螺栓连接则便于安装和维护，但可能因松动或疲劳导致力学性能下降。因此，选择合适的节点连接方式及加强细节设计，对于提升跨越架的整体力学性能至关重要。

3.2 荷载作用下的力学性能评估

特高压工程电力跨越架在实际运营中需承受多种荷载的共同作用，包括但不限于线路自重、风荷载、冰雪荷载、温度变化引起的热应力以及可能的偶然荷载（如车辆撞击、极端天气条件下的风压突变等）。这些荷载不仅要求跨越架具备足够的承载能力，还需具备良好的变形控制能力和稳定性。（1）线路自重：作为持续作用的静力荷载，线路自重直接决定了跨越架的基本受力状态。设计时需考虑导线、绝缘子串及附件的总重量，并合理分配到各个结构构件上，确保各部件的应力水平在安全范围内。（2）风荷载：风荷载是跨越架设计中需重点考虑的动力荷载。它不仅影响跨越架的静力性能，更可能导致结构的动态响应，如振动、疲劳等。设计时需根据当地的气象条件和风场特性，采用适当的风荷载计算模型，并考虑风振系数的修正，确保跨越架在极端风况下的安全。（3）冰雪荷载：在寒冷地区，积雪和结冰会对跨越架造成额外的荷载，增加结构重量，改变受力状态，甚至引发不均匀沉降或局部破坏。设计时需依据历史气象数据，合理预估冰雪荷载的大小，并采取相应的构造措施，如设置防滑装置、增加支撑点等，以提高跨越架的抗冰雪能力。（4）温度变化：温度变化会导致材料热膨胀或冷缩，从而在结构内部产生热应力。对于长跨度跨越架，温度变化尤为显著，需通过精确的温度应力计算，合理设置伸缩缝或采用温度补偿装置，以减小热应力对结构安全的影响。

3.3 动力响应分析

动力响应分析是评估特高压工程电力跨越架在动态荷载作用下安全性能的重要手段。动态荷载包括风荷载、地震荷载及可能的操作荷载（如导线舞动、维修作业引起的振动等），它们以不同的频率和振幅作用于跨越架上，引发结构的振动响应。（1）模态分析：模态分析是动力响应分析的基础，用于确定跨越架的自由振动特性，如自然频率、振型和阻尼比等。这些参数是评估跨越架动力性能的关键指标，可用于判断结构是否容易发生共振，以及设计减振措施。（2）时程分析：时程分析是通过输入具体的动态荷载时程曲线，求解跨越架在整个时间域内的动力响应过程。这种方法能够更准确地反映跨越架在动态荷载下的实际受力状态和变形情况，

特别适用于地震分析和极端风况下的安全评估。(3) 频谱分析: 频谱分析用于研究动态荷载的频率成分及其对跨越架动力响应的影响。通过频谱分析, 可以识别出对结构影响最大的荷载频率成分, 进而优化结构设计, 提高跨越架对特定频率荷载的抵抗能力。

4 设计与施工建议

4.1 设计建议

基于力学分析的结果, 针对特高压工程电力跨越架的结构设计, 提出以下建议: 第一, 综合考虑结构参数: 在设计过程中, 应全面考虑跨越架的材料特性、几何尺寸及节点连接方式等结构参数。通过优化这些参数, 可以显著提升跨越架的承载能力、稳定性和耐久性。例如, 选用高强度、耐腐蚀的材料, 合理设计立柱高度、横梁长度及斜撑角度, 以及采用可靠的节点连接方式, 都是提高跨越架力学性能的有效途径。第二, 精确评估荷载条件: 荷载条件是决定跨越架设计安全性的关键因素。因此, 在设计前需对跨越架可能承受的荷载进行全面、精确的评估。这包括线路自重、风荷载、冰雪荷载、温度变化引起的热应力以及可能的偶然荷载等。通过合理的荷载组合和计算, 可以确保跨越架在各种工况下的安全性^[4]。第三, 满足施工要求: 设计过程中还需充分考虑施工要求, 确保设计方案具有可行性和经济性。例如, 设计时应考虑施工现场的实际情况, 如地形地貌、交通条件等, 以便选择合适的施工方法和设备。同时, 设计还应考虑施工过程中的安全管理和质量控制要求, 确保施工过程中的安全性和施工质量。特高压工程电力跨越架的结构设计是一个复杂而系统的过程, 需要综合考虑结构参数、荷载条件和施工要求等多个方面。通过科学的设计方法和先进的技术手段, 可以确保跨越架在实际应用中的安全性、稳定性和耐久性。

4.2 施工建议

4.2.1 选择合适的施工方法

施工方法的选择应根据跨越架的结构特点、施工现场的实际情况以及工期要求等因素综合考虑。常用的施工方法包括吊装法、顶升法、滑移法等。在选择施工方法时, 应充分考虑其安全性、经济性和效率性, 确保施

工过程的顺利进行。

4.2.2 加强安全管理

施工过程中的安全管理是确保施工安全的关键。应建立健全的安全管理制度, 明确各级人员的安全职责, 加强安全教育和培训, 提高施工人员的安全意识和操作技能。同时, 还应加强施工现场的安全监控和应急处理, 及时发现和消除安全隐患, 确保施工过程中的安全性。

4.2.3 注重质量控制

施工质量控制是确保跨越架施工质量的重要环节。应严格按照设计图纸和施工规范进行施工, 加强施工过程中的质量检查和验收。对于关键部位和隐蔽工程, 应进行旁站监督和检测, 确保施工质量符合设计要求。同时, 还应加强施工过程中的材料管理和设备维护, 确保施工材料和设备的质量和性能满足施工要求。

结束语

综上所述, 特高压工程电力跨越架的力学性能分析是确保其安全稳定运行的重要基础。通过科学的力学分析, 可以全面评估跨越架的承载能力、变形特性和稳定性, 为设计优化和施工质量控制提供有力依据。本文的研究不仅丰富特高压工程电力跨越架的理论体系, 也为实际工程应用提供宝贵的参考。未来, 随着电力行业的不断发展, 特高压工程电力跨越架的力学性能分析将更加深入, 为电力传输的安全性和效率性提供更强有力的保障。

参考文献

- [1] 祁瑞忠, 黄成云, 罗本壁, 等. 特高压工程电力跨越架力学分析[J]. 电力学报, 2019, 32(1): 70-75.
- [2] 周转, 罗杰, 罗义华, 等. 移动格构式跨越架的结构设计与优化[J]. 电力学报, 2020, (6). DOI: 10.13357/j.dlxb.2020.073.
- [3] 姚渭箐, 易本顺, 胡凡. 跨越架状态监测系统及其数据无线传输[J]. 南方电网技术, 2019, (1). DOI: 10.13648/j.cnki.issn1674-0629.2019.01.007.
- [4] 金鹏飞, 曲畅, 杜鹏宏. 1000kV特高压输电线路跨越电气化铁路施工技术分析[J]. 河北电力技术, 2020, 37(03): 32-35.