

基于三维建模的金具碰撞校验方法及其应用研究

尚宝

中国能源建设集团山西省电力勘测设计院有限公司

摘要: 本论文旨在研究基于三维建模的送电线路金具碰撞校验方法,并探索其在实际应用中的可行性和效果。首先,介绍了三维建模和碰撞检测的基本概念和技术。然后,提出了一种基于几何模型的碰撞检测算法,并结合实际案例进行了验证。结果表明,该方法能够准确地实现金具之间或金具杆塔的碰撞检测情况,并能够应用于不同类型的送电线路电气间隙设计中。

关键词: 三维建模;碰撞校验;金具;OBB算法;线路电气间隙校验

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6288.2023.08.223

引言

金具串杆塔碰撞校验是电力线路设计中重要的一步,它可以帮助确保线路在建设和运行过程中的安全性和可靠性。金具做为基础的装配元件,用于连接和固定不同的绝缘子串件。在设计和装配过程中,确保金具之间没有碰撞或金具串和杆塔保持足够的安全电气距离是至关重要的。因此,通过三维建模开展金具碰撞校验成了一个重要的研究领域^[1]。

传统的金具碰撞校验通常依赖于二维检查或物理试验,这些方法在简单场景中效果良好,但在处理复杂金具形状和变形模型时可能不够准确,并且这种方法费时费力,并且可能无法覆盖所有可能的碰撞情况。此外,金具的形状和复杂性不断增加,使得碰撞校验变得更加困难。因此,目前主流开始采用基于三维建模的金具碰撞校验方法。利用金具的详细三维模型来进行碰撞检测,这种方法考虑了金具的形状、表面属性和几何关系等因素,能够更准确地模拟金具之间的碰撞情况。同时,基于三维建模的方法还可以考虑材质、变形和摩擦等物理特性,提高碰撞模拟的真实性。在应用方面,基于三维建模的金具碰撞校验方法在许多领域都有广泛的应用。例如,它可以应用于电力设计电气校验中的金具组装校验和塔、串碰撞检测,帮助设计师优化金具的布局 and 减少碰撞风险,实现真实的交互体验和碰撞效果。

本文将介绍基于三维建模的金具碰撞校验方法及其在实际应用中的研究进展。我们将讨论不同的碰撞检测算法、模拟技术和优化方法,并探讨其在电力设计、虚拟现实等领域的应用案例。最后,我们将总结现有研究的挑战和未来发展方向。通过研究和应用基于三维建模的金具碰撞校验方法,我们可以更好地理解 and 模拟金具、塔材之间的运动轨迹,提高设计效率、确保安全性,并创造更逼真的虚拟设计环境。

一、研究背景与意义

在电力传输和分配领域,高压输电线路通常由多个支撑塔和导线组成。这些塔串之间的合理布局和距离是

确保线路安全运行的关键因素。然而,由于地形不平和 other 不可控因素,塔串之间的距离可能会缩小,导致可能发生碰撞。因此,三维金具建模塔串碰撞校验研究应运而生。它旨在通过建立三维模型 and 进行碰撞校验,识别潜在的塔串碰撞风险,并提供相应的预防措施。具体背景和意义如下:

1) 安全性:塔串之间的碰撞可能导致导线断裂、设备损坏甚至火灾等严重事故。通过进行碰撞校验,可以提前发现潜在的风险并采取措施,确保电力线路的安全运行。

2) 经济性:及时发现并解决塔串碰撞问题,可以避免因事故造成的维修和替换成本。此外,通过合理布局 and 距离规划,还可以减少电力线路的建设成本。

3) 精确性:传统二维手段不能准确描述金具的形状、结构和运动特性,三维建模和碰撞校验技术能够更加精确地模拟金具的行为,提高仿真结果的准确性。

4) 效率:三维建模和碰撞检测方法能够自动化 and 高效化地依托计算机图形学和虚拟现实技术,完成金具建模和碰撞校验,避免了人工制作和碰撞检测的繁琐过程,提高了工作率。

5) 可视化:通过三维建模和碰撞校验技术,可以实现对金具行为的可视化展示,使设计人员能够直观地了解金具的动态特性,为优化设计提供参考。

6) 可持续发展:电力供应对社会经济的发展至关重要。通过预先进行塔串三维碰撞校验研究,可以保障电力线路的可持续运行,为社会提供稳定可靠的电力供应。

二、三维碰撞检测方法及优化

二维和三维电力金具碰撞校验方法存在一些显著的差异和优势,二维电力金具碰撞校验方法主要基于平面图进行分析和计算,所以无法捕捉到金具的真实形状和空间位置,因此在碰撞检测的准确性上存在一定限制。而三维电力金具碰撞校验方法则使用真实的三维模型进行建模和分析,能够更准确地表示金具的形状、尺寸和

位置等信息，因此具有更高的精确性，在碰撞算法上，二维电力金具碰撞校验方法通常使用基于几何形状的简单算法，如边界框碰撞检测等。而三维电力金具碰撞校验方法则可以使用更复杂的算法，如包围盒（Bounding Box）^[2]、凸包（Convex Hull）、光线追踪（Ray Tracing）等，能够更准确地检测金具之间的碰撞。并可以通过引入物理仿真技术，对金具的运动和碰撞进行真实的物理模拟和分析，通过可视化和人机交互，将金具的三维模型呈现给用户，使用户可以自由旋转、平移和缩放模型，直观地观察金具之间的碰撞情况，以更好地分析和评估碰撞结果。当前行业内常用的三维电力金具碰撞检测算法，每种都有其优势，以下表进行简单比较：

算法名称	简述	优点	缺点
包围盒碰撞检测算法	这是一种简单而高效的碰撞检测算法，通过将每个电力金具用一个包围盒进行表示，然后判断两个包围盒是否相交来确定是否发生碰撞。	计算速度快，效率高，适用于大型场景和复杂模型的碰撞检测，多在一些实时应用中得到广泛应用。	可能会产生一定的误报
凸包碰撞检测算法	利用凸包来表示电力金具的形状，将金具视为一个凸多边形或凸多面体。然后，通过检测两个凸包之间是否相交来判断是否发生碰撞。	相对于包围盒算法更精确。	对于复杂形状的金具，算法复杂度较高。
光线追踪碰撞检测算法	一种基于光线追踪的精确碰撞检测算法。它通过追踪从观察者发出的光线，并与金具模型进行相交测试来判断是否发生碰撞。	能够提供非常准确的碰撞检测结果。	计算复杂度较高，适用于较小规模的场景和简单形状的金具。
分离轴定理算法	通过检测两个金具之间是否存在分离轴来判断是否发生碰撞。	适用于任意形状的金具，算法复杂度相对较低。	在某些情况下可能产生一定的误报。
基于物理仿真的碰撞检测算法	该算法基于物理仿真技术，模拟电力金具的运动和碰撞过程。通过考虑材料属性、重力、摩擦力等物理因素，可以实现真实的物理模拟和碰撞检测。	能够提供准确的碰撞结果	计算复杂度较高
网格碰撞检测算法	将金具模型划分为网格，并检测网格之间的相交关系来进行碰撞检测。	适用于复杂形状的金具，能够提供较准确的碰撞检测结果。	算法复杂度较高，计算速度相对较慢。

图1 三维电力金具碰撞检测算法

这些算法可以根据具体应用场景的需求进行选择 and 组合。通常，在实际应用中，会综合考虑计算效率、准确性和实时性等因素，选择最合适的算法来进行三维电力金具碰撞检测。

本次应用研究用例进行悬垂金具同杆塔和地线金具自身碰撞校验，采用OBB（Oriented Bounding Box）包围盒构建树结构^[4]，数据结构表示和管理金具的包围盒信息，采用带有旋转变换的包围盒，与金具的姿态和方向相匹配，可以更准确地表示金具的包围盒。包围盒是一个边界框，用于快速判断金具之间是否相交或碰撞，并通过碰撞点、碰撞边、碰撞体三种数据结构相配合，组成表示和管理碰撞检测的结果信息，通过数据结构中存储的位置、法线、深度、起始点、结束点、法线、位置、形状等点、线、体信息，配合OBB树算法（Oriented Bounding Box Tree），通过自适应地划分空间来进行碰撞检测。以适应不同形状的电力金具，并提供较高的碰撞检测精度。

OBB树的构建过程分为两个步骤：分割和合并。分割阶段我们通过递归划分法将场景中的物体逐步划分为更小的子集。采用自适应分割策略，在构建过程中根据物体的形状和分布来动态调整分割策略，以提高树的质量和效率。利用节点排序和剪枝将空间分区信息快速剔除，使得与查询区域无交集的节点，避免不必要的遍历，最大限度地可能相交的节点优先处理，来优化遍历顺序，通过剪枝技术，提前判断金具之间是否可能发生碰撞，从而减少不必要的碰撞检测计算。将计算任务分解成多个并行的子任务，采用并行多线程计算优化加快碰撞检测的速度，提高计算效率。当场景中的三维部件或金具申发生变化时，立即采用增量更新的方式^[3]，更新OBB树（只更新受影响的节点，而不是重新构建整个树）以保持其有效性。同时在程序执行过程中使用延迟更新策略，在多次变化后再进行一次全局的更新操作，以减少更新的频率和开销。减少重复存储和内存碎

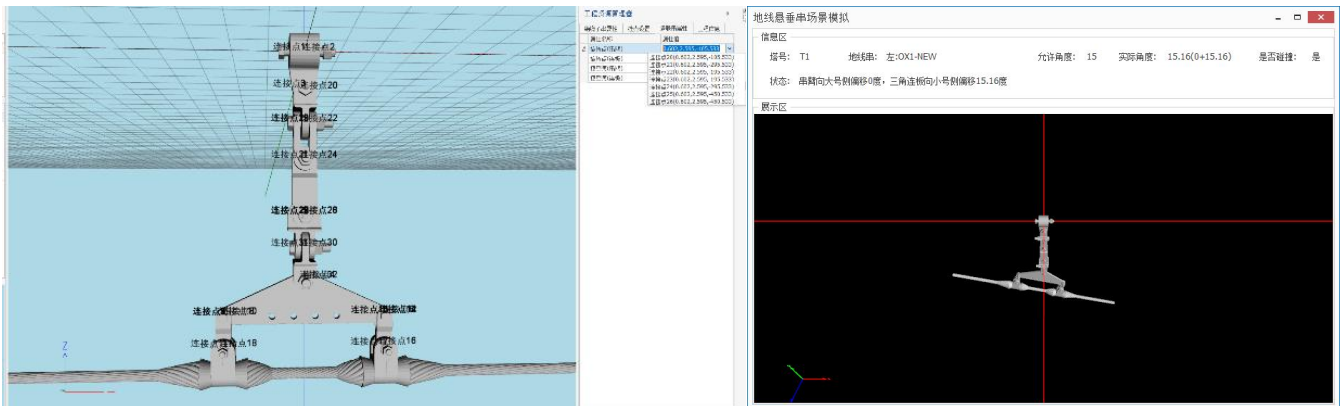


图2 地线金具转动过程碰撞校验

片,目标降低内存消耗。对于金具串同杆塔或其自身之间的碰撞检测,可以根据优先级或重要性进行排序。先检测最可能发生碰撞的金具,减少不必要的检测。由于绝缘子串在不同工况或条件下导致的复杂碰撞算法,本次研究在权衡速度和准确性的情况下,通过使用近似碰撞检测代替精确计算来完成三维碰撞计算^[5]。



图3 塔串电气距离校验

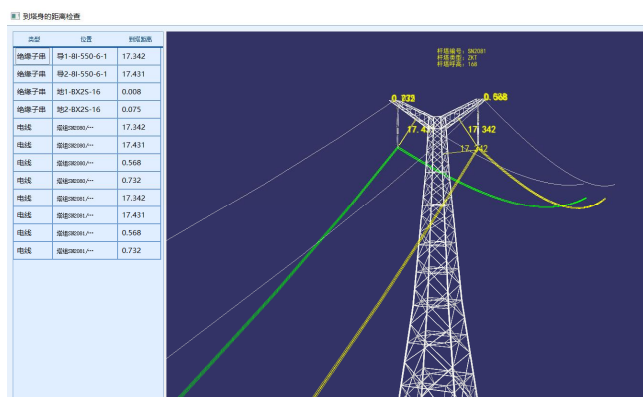


图4 塔、串、距离校验

三、结论和展望

结论:

1) 三维电力金具碰撞检测算法在准确性方面表现较好,能够准确地检测金具之间的碰撞,并提供准确的碰撞位置和深度信息。

2) 算法在效率方面取得了一定的改进,能够在较短的时间内完成碰撞检测计算,满足实时性要求。

3) 三维电力金具碰撞检测算法具有一定的可扩展性,能够适应不同形状、尺寸的金具自身及金具同杆塔碰撞的情况。同时算法表现出较好的稳定性,能够在不同设计工况和环境下一致的检测结果。

展望:

1) 进一步提高准确性:将通过引入更精确的模型、改进碰撞检测算法或结合机器学习等方法来进一步提高准确性,以更好地应对复杂的碰撞场景。

2) 提高计算效率:可以探索更高效的算法和并行计算技术,以提高碰撞检测的速度和资源利用率,满足

更高实时性和大规模场景的需求。

3) 扩展应用领域:可以将三维电力金具碰撞检测算法应用到更广泛的领域,如航空航天、汽车制造等,以提高装配过程的安全性和效率。

4) 优化用户体验:将虚拟现实(VR)和增强现实(AR)技术与三维电力金具碰撞检测相结合,实现更直观、交互式的检测过程,提供更丰富的信息和用户体验。

5) 结合其他技术:随着硬件技术的发展,如图像处理器(GPU)和神经网络加速器(NPU),三维电力金具碰撞检测算法的计算能力将进一步提升。这将使算法能够更快地处理大规模和复杂的碰撞检测任务,并实现更高的实时性和效率。

综上所述,三维电力金具碰撞检测算法在准确性、效率、可扩展性和稳定性方面已取得一定成果,但仍有进一步的优化和改进空间。展望未来三维电力金具碰撞检测的发展,一项重要的方向是实现AI自动调长及材料统计、出图功能。通过学习金具的特征和形变规律,算法可以动态调整检测的精度和速度,从而适应不同金具的尺寸和形状变化。最大限度地解放设计人员,而无须手动调整参数或重新训练模型。未来三维电力金具碰撞检测的发展将朝着自动调长、计算能力提升和与其他技术的结合方向发展。这将进一步提高算法的适用性、准确性和效率,为金具装配过程提供更可靠和高效的碰撞检测解决方案。

参考文献

- [1] 范雪婷. 基于三维的实时动态碰撞检测算法研究[D]. 温州大学, 2021.
- [2] 刘超, 蒋夏军, 施慧彬. 基于OBB包围盒碰撞检测算法的改进[J]. 计算机技术与发展, 2018, 28(06): 43-48.
- [3] 黄伟益. 基于GPU并行加速碰撞检测算法的研究[D]. 重庆大学, 2016.
- [4] 周见光. 包围盒碰撞检测算法及其在增强现实中的应用研究[D]. 苏州大学, 2012.
- [5] 黄可. 基于OBB包围盒的碰撞检测算法改进[D]. 西南大学, 2011.

作者简介:

尚宝(1980-),男,汉族,河南省沁阳市人,硕士研究生,高级工程师,研究方向电力三维数字化设计,从事输变电工程三维数字化设计工作。