

路基沉降监测与预测模型构建及应用

田衍芳

新疆兵团水利水电工程集团有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘要: 本文旨在探讨路基沉降监测的方法、预测模型的构建以及在实际工程中的应用。通过对路基沉降机理的分析,结合多种监测技术和预测模型,本文提出了一套科学、系统的路基沉降监测与预测方案。该方案不仅有助于准确评估路基沉降情况,还为施工控制和后期维护提供了科学依据。

关键词: 路基沉降; 监测技术; 预测模型; 水准测量法; GPS测量法; 数值模拟法; 人工智能法; 固结理论

引言

路基沉降是道路工程中普遍存在的问题,对道路的使用性能和安全性具有重要影响。因此,对路基沉降进行准确监测和预测具有重要意义。本文将从监测技术和预测模型两个方面,探讨路基沉降监测与预测的方法和应用。

1 路基沉降监测方法

1.1 水准测量法

水准测量法,作为路基沉降监测领域中的一项传统而有效的技术,长期以来被广泛应用于各类土木工程项目中。该方法通过定期且精确地测量地表特定点相对于固定参考点(如基准点)的高程变化,来间接评估路基的沉降量及其分布规律。水准测量法不仅操作简单、成本低廉,而且适用于各种地形条件和施工环境,从平坦的平原到崎岖的山地,都能发挥其独特的优势。在具体实施过程中,水准测量通常涉及使用高精度的水准仪和标尺。首先,在远离施工区域且地质条件稳定的区域选定一系列基准点,这些基准点将作为后续测量的参考。然后,在路基及其周边设置若干监测点,这些点将定期接受高程测量。通过对比不同时间点的测量数据,可以计算出各监测点的沉降量,进而分析路基沉降的整体趋势和局部差异。水准测量法的优点在于其普遍适用性和操作简便性。无论项目规模大小、地形复杂与否,水准测量都能提供可靠的高程变化信息。同时,由于所需仪器相对简单且成本较低,使得这一方法在经济性方面具有显著优势。然而,水准测量法也存在一定的局限性。其精度和效率受到多种因素的影响,包括仪器本身的精度、观测者的技术水平、环境因素(如温度、气压变化导致的仪器误差)以及地形条件等^[1]。特别是在大范围或多点监测的情况下,水准测量需要投入大量的时间和人力,效率相对较低。此外,人为因素在观测过程中的影响也不容忽视,如读数、记录等环节的误差都可能对最

终结果产生影响。

1.2 GPS测量法

GPS测量法,作为现代路基沉降监测领域中的一项先进技术,凭借其高度的自动化、卓越的精度以及快速的响应能力,在大型工程项目和复杂地形条件下展现出了无与伦比的优势。该方法依赖于全球定位系统(Global Positioning System,简称GPS),通过接收来自多颗GPS卫星发射的信号,精确计算出地面监测点的三维坐标(经度、纬度、高程),进而实现对路基沉降的实时监测。相较于传统水准测量法,GPS测量法的自动化程度显著提高。一旦监测点安装好GPS接收机并设定好参数,系统便能自动、连续地记录数据,无需人工干预,大大降低了人力成本和工作强度。同时,GPS测量法的精度也是其显著优势之一。在理想条件下,GPS测量可以达到厘米级甚至毫米级的精度,为路基沉降的精细监测提供了可能。此外,GPS测量法的速度快,能够在短时间内获取大量数据,为及时分析和处理路基沉降情况提供了有力支持。然而,GPS测量法也并非完美无缺。其设备成本相对较高,包括GPS接收机、数据处理器等硬件设备的购置以及后续的软件维护和升级费用,都可能成为制约其广泛应用的因素^[2]。此外,GPS测量还受到卫星信号和天气条件的影响。在卫星信号遮挡严重(如高楼密集区、深山峡谷等)或天气恶劣(如暴雨、大雾等)的情况下,GPS接收机的信号接收可能会受到干扰,导致数据质量下降或测量中断。为了充分发挥GPS测量法在路基沉降监测中的优势并克服其局限性,实际应用中往往需要采取一系列措施。例如,优化监测点的布局,确保GPS接收机能够接收到足够的卫星信号;采用差分GPS技术或实时动态差分技术(RTK),进一步提高测量精度;建立完善的数据处理和分析系统,对原始数据进行滤波、平滑等处理,以提取出准确的沉降信息;同时,结合其他监测技术(如水准测量、InSAR遥感等),形成多源数据融合的

路基沉降监测系统,提高监测的可靠性和准确性。

1.3 分层沉降仪测量法

分层沉降仪测量法,作为一种高度专业化的路基沉降监测技术,以其独特的分层观测能力,在评估路基沉降分布特征、指导施工控制以及后期维护决策方面发挥着至关重要的作用。该方法通过在路基的不同深度层次上精心设置一系列观测点,利用高精度的沉降仪实时、连续地监测各土层随时间的沉降变化,从而全面、准确地揭示路基沉降的垂直分布规律和深度依赖性。分层沉降仪通常由沉降管(或沉降杆)、测斜仪(或沉降测量传感器)以及数据传输与记录系统组成。沉降管被垂直埋设于路基中,其内部刻有精确的刻度或配备有电子传感器,用于直接测量土层的沉降量。测斜仪或沉降测量传感器则负责将沉降管的位移转化为电信号,进而通过数据传输系统实时传输至数据记录设备,实现沉降数据的自动化采集与存储。该方法的主要优势在于其能够精确反映路基沉降的分层特性,为工程师提供了关于路基内部各土层沉降情况的宝贵信息^[1]。这不仅有助于深入理解路基沉降的机理,还为施工过程中的填土速率控制、加固措施的选择与实施提供了科学依据。同时,在后期维护阶段,分层沉降仪测量法也能及时发现路基内部的异常沉降,为及时采取维护措施、防止沉降进一步发展提供预警。然而,分层沉降仪测量法也面临着一些挑战。首先,设备的成本相对较高,包括沉降仪的购置、安装以及后续的数据处理与分析软件等,都可能成为推广应用的障碍。其次,该方法的操作相对复杂,需要专业的技术人员进行安装、调试与维护,以确保测量结果的准确性和可靠性。此外,由于分层沉降仪需要埋设于路基内部,因此在施工初期就需进行规划与设计,增加了前期工作的复杂性和时间成本。

2 路基沉降预测模型构建

2.1 固结理论法

固结理论法,作为路基沉降预测领域中的一项重要方法,其核心在于深入理解和模拟土体的固结过程。该方法通过构建固结方程,综合考虑了土体的压缩性、渗透性、初始应力状态以及外部荷载等多种因素,旨在准确预测软土地基上路基的沉降量及其随时间的发展规律。固结理论法的理论基础源于土力学中的太沙基固结理论及其后续发展。它认为,在外部荷载作用下,土体中的孔隙水会逐渐排出,导致土体体积减小、密度增加,从而产生沉降。固结方程的建立,正是基于这一物理过程,通过数学语言描述了土体固结过程中的应力-应变关系、孔隙水压力变化以及沉降量的发展。在实际

应用中,固结理论法的关键在于准确获取土体的各项参数,如压缩模量、渗透系数、初始孔隙比等。这些参数不仅直接决定了固结方程的求解结果,也间接影响了沉降预测的精度。然而,土体参数的取值往往受到多种因素的影响,如土的类型、结构、含水量、应力历史等,使得参数的准确获取成为固结理论法应用中的一大挑战。为了克服这一难题,研究人员通常采取多种手段进行土体参数的测定和校准。例如,通过现场试验(如静力触探、标准贯入试验等)获取土体的原位参数;利用实验室试验(如固结试验、渗透试验等)模拟土体在特定条件下的行为,进一步验证和修正参数取值。此外,随着计算机技术和数值模拟方法的发展,有限元分析、离散元分析等数值方法也被广泛应用于固结理论法的求解过程中,以提高预测的准确性和效率。

2.2 数值模拟法

数值模拟法,作为路基沉降预测领域中的高级技术手段,凭借其强大的计算能力和对复杂问题的处理能力,已成为研究路基沉降机制、预测沉降量及优化设计方案的重要工具。该方法通过构建精细的土体本构模型,结合有限元、有限差分等高效的数值计算方法,对路基及其周边土体的应力-应变关系、孔隙水压力分布及沉降发展过程进行模拟与分析。数值模拟法的核心优势在于其能够充分考虑土体的非线性特性。土体作为一种复杂的天然材料,其力学行为往往表现出显著的非线性、弹塑性甚至黏塑性特征。通过引入先进的本构模型(如摩尔-库仑模型、德鲁克-普拉格模型、剑桥模型等),数值模拟法能够更真实地反映土体在外部荷载作用下的变形和破坏过程,从而提高沉降预测的准确性。此外,数值模拟法还能够综合考虑地面荷载、地下水、温度等多种因素的影响。在实际工程中,路基沉降往往受到多种因素的共同作用,而数值模拟法通过构建多场耦合模型,能够同时考虑这些因素对土体沉降的贡献,使得预测结果更加贴近实际情况。然而,数值模拟法的应用也面临着一些挑战。首先,该方法需要较高的计算资源,包括高性能的计算机、专业的数值模拟软件以及大量的存储空间等。这在一定程度上限制了数值模拟法在大规模工程问题中的应用。其次,数值模拟法的实施需要专业技能和深厚的理论基础。从模型建立、参数选择到结果分析,每一个环节都需要经验丰富的专业人员进行操作和判断。因此,提高数值模拟法的普及率和应用水平,加强相关人才的培养和引进显得尤为重要。

2.3 人工智能法

人工智能法,特别是基于机器学习的技术,近年来

在路基沉降预测领域展现出了巨大的潜力和应用价值。这种方法通过学习和分析大量实测数据,能够自动挖掘数据中的隐含规律,建立起高精度的预测模型,从而实现了对路基沉降量的准确预测。人工智能法的核心在于其自学习和自适应能力。传统的预测方法往往依赖于对土体物理特性和力学行为的深入理解,而人工智能法则通过算法自动从数据中提取特征,学习并模拟土体的沉降行为。这种能力使得人工智能法能够处理复杂的非线性关系,捕捉到传统方法可能忽略的细微变化,从而提高预测的精度和可靠性。在实际应用中,人工智能法通常包括数据预处理、特征提取、模型训练和预测等几个关键步骤。首先,需要对收集到的实测数据进行清洗和整理,确保数据的质量和一致性。然后,通过特征提取技术,从原始数据中提炼出对沉降预测有用的信息。接下来,利用机器学习算法(如支持向量机、神经网络、随机森林等)对提取的特征进行训练,建立起预测模型。最后,将新的输入数据代入模型,即可得到路基沉降量的预测结果。然而,人工智能法的应用也面临着一些挑战^[4]。首先,模型构建过程较为复杂,需要选择合适的算法、调整模型参数,并进行多次迭代训练,以达到最佳的预测效果。这要求研究人员具备深厚的机器学习知识和实践经验。其次,人工智能法依赖于大量的实测数据进行训练。在缺乏足够数据的情况下,模型的泛化能力可能会受到限制,导致预测结果不准确。因此,在实际应用中,需要不断积累和完善实测数据库,为人工智能法的应用提供坚实的数据支撑。

3 路基沉降监测与预测模型的应用

在实际工程中,路基沉降监测与预测模型的应用对于提升道路工程的质量和安全性具有举足轻重的意义,它不仅关乎施工阶段的精准控制,还深刻影响着道路工程的长期稳定性和使用寿命。在施工阶段,通过实时监测路基沉降数据,工程师们能够实时掌握路基的动态变化。这些数据,结合先进的预测模型,能够对沉降趋势进行细致入微的分析和准确预测。这种能力为施工过程中的多个关键环节提供了科学依据。例如,在填土速率控制上,预测模型能够评估不同填土速度对路基稳定性的影响,帮助工程师确定既高效又安全的填土策略,避

免过快填土导致的路基失稳或沉降过大。在加固措施制定时,模型能够模拟不同加固方案的效果,对比其经济性和可行性,指导工程师选择最优的加固方法,确保路基的稳固性和耐久性。而对于已建成的道路工程,路基沉降监测与预测模型的应用同样至关重要。定期监测路基沉降情况,结合预测模型的长期预测能力,可以及时发现路基中潜在的沉降问题,如不均匀沉降、过量沉降或沉降速率异常等。这些问题往往是道路安全隐患的先兆,如不及时处理,可能导致路面开裂、塌陷等严重后果。通过及时处理这些潜在问题,如采取注浆加固、调整路面结构或实施排水措施等,可以有效防止沉降进一步发展,避免道路损坏,从而显著延长道路的使用寿命,减少维修成本,提升道路的整体服务水平和用户满意度。此外,路基沉降监测与预测模型的应用还有助于推动道路工程管理的智能化和精细化。通过实时监测和数据分析,可以建立起路基沉降的数据库,为后续的工程管理提供丰富的数据支持。同时,预测模型的不断优化和更新,也能够更好地适应不同地质条件、交通荷载和气候环境下的路基沉降预测需求,提高预测的准确性和可靠性。

结束语

路基沉降监测与预测是道路工程中不可或缺的重要环节。通过选择合适的监测技术和预测模型,我们可以对路基沉降情况进行准确评估和科学预测,为施工控制和后期维护提供科学依据。未来,随着监测技术和预测模型的不断发展,路基沉降监测与预测将更加精准、高效和智能化。

参考文献

- [1]贾庆荣.岩溶发育区路基稳定性及处治技术研究[D].长安大学,2019.
- [2]张溯.延安北过境线路基拓宽差异沉降特性及控制标准研究[D].长安大学,2019.
- [3]史永宏.高速公路高填方路基沉降监测分析[J].西部交通科技,2019(04):73-76.
- [4]李超山.黄土路基病害处置技术研究[J].交通世界,2019(07):58-59.