

边坡安全评价中的智能化监测技术研究进展

李怡昊 赵晓阳

黄河勘测规划设计研究院有限公司 河南 郑州 450000

摘要：随着城市化进程的加速和基础设施建设的蓬勃发展，边坡安全问题日益凸显，对人民群众的生命财产安全构成严重威胁。边坡安全评价作为保障工程安全稳定的重要手段，其准确性和实时性至关重要。近年来，智能化监测技术在边坡安全评价中的应用取得了显著进展，为边坡工程的安全管理提供了强有力的技术支持。本文旨在探讨边坡安全评价中的智能化监测技术研究现状及其未来发展方向，以期对相关领域的研究和实践提供参考。

关键词：边坡安全评价；智能化监测；组成；应用；发展方向

引言

边坡作为山体、道路、建筑等结构的重要组成部分，其稳定性直接关系到公共安全和环境保护。边坡安全评价是确保边坡工程安全稳定的关键环节，传统的监测方法存在监测范围有限、监测频次低、维护成本高等问题。因此，智能化监测技术应运而生，通过集成现代传感技术、物联网技术、大数据分析以及云计算等先进技术，实现了对边坡稳定性的实时监测和预警。

1 边坡安全评价中智能化监测技术的核心组成

1.1 传感器技术

传感器技术在边坡安全评价的智能化监测系统中扮演着至关重要的角色。作为系统的基础，传感器通过实时、精确地采集边坡的各种关键参数，为后续的数据分析和安全评价提供了可靠的数据支持。在边坡监测中，位移传感器是应用最为广泛的传感器之一。它能够实时监测边坡的微小位移变化，通过高精度的测量技术，将位移数据以数字信号的形式传输至数据处理中心。这种传感器具有高精度、高稳定性和长寿命的特点，能够在恶劣的环境下持续工作，确保数据的准确性和可靠性。裂缝传感器则是用于监测边坡表面裂缝的扩展情况。通过安装在裂缝处的传感器，可以实时测量裂缝的宽度、长度和深度等参数，从而判断裂缝的发展趋势和边坡的稳定性^[1]。这种传感器通常采用非接触式测量技术，避免了因接触而产生的误差和干扰。地下水位传感器则是用于监测边坡地下水位的变化情况。通过安装在边坡不同深度的传感器，可以实时测量地下水的高度 and 变化速率，从而判断地下水对边坡稳定性的影响。这种传感器通常采用压力传感技术，能够准确测量地下水的压力变化，并将其转换为电信号进行传输。

1.2 通信技术

通信技术作为边坡安全评价智能化监测系统的数

据传输桥梁，其重要性不言而喻。它负责将传感器采集到的边坡位移、裂缝、地下水位等关键参数实时、准确地传输到数据中心，为后续的数据分析和安全评价提供可靠依据。在边坡监测系统中，4G、5G等无线通信技术的应用尤为广泛。这些技术具有高速率、低延迟、大容量等显著优势，能够确保传感器采集的数据在第一时间被传输到数据中心。特别是在偏远地区或复杂地形条件下，无线通信技术的灵活性和便捷性更是得到了充分体现，大大提高了边坡监测的效率和准确性。物联网技术作为通信技术的又一重要组成部分，在边坡监测系统中也发挥着重要作用。通过物联网技术，可以将传感器、数据中心、监测终端等设备进行互联互通，实现数据的实时共享和远程监控。这不仅提高了边坡监测的自动化和智能化水平，还为监测人员提供了更加便捷、高效的工作方式。为了确保数据的实时性和可靠性，边坡监测系统通常会采用多种通信技术相结合的方式。例如，在传感器与数据中心之间，可以采用4G或5G无线通信进行数据传输；在数据中心与监测终端之间，则可以通过有线网络或无线网络进行连接。这种多种通信技术相结合的方式，不仅提高了数据传输的稳定性和可靠性，还为边坡监测系统的灵活性和可扩展性提供了有力保障。

1.3 数据处理技术

数据处理技术在边坡安全评价的智能化监测系统中占据核心地位。数据中心作为数据处理的中心，负责对接收到的传感器数据进行一系列复杂而精细的处理，以提取出对边坡稳定性评估至关重要的信息。数据预处理是数据处理的第一步，它包括对原始数据进行清洗、去噪、归一化等操作，以确保数据的准确性和一致性。这一步骤对于后续的数据分析至关重要，因为它能够消除数据中的异常值和噪声，提高数据的可靠性和可用性。特征提取是数据处理的关键环节。通过运用先进的算法

和技术, 数据中心能够从预处理后的数据中提取出边坡稳定性的关键特征, 如位移速率、裂缝扩展速度、地下水水位变化趋势等。这些特征对于评估边坡的稳定性状况具有决定性的意义^[2]。模式识别是数据处理的又一重要环节。通过运用机器学习、深度学习等人工智能算法, 数据中心能够对提取出的特征进行模式识别和分类, 从而判断边坡的稳定性状况。这种基于数据的智能分析方式, 不仅提高了边坡稳定性评估的准确性和效率, 还为边坡安全管理提供了科学依据。大数据分析和人工智能算法的应用, 使得数据处理技术得以在边坡安全评价的智能化监测系统中发挥更大的作用。通过处理和分析海量的传感器数据, 数据中心能够实时掌握边坡的稳定性状况, 为决策者提供及时、准确的预警信息, 从而有效防范边坡灾害的发生。

1.4 人工智能技术

人工智能技术, 作为边坡安全评价智能化监测系统的核心驱动力, 对于实现精准预警和高效决策具有不可估量的价值。它通过模拟人类的智能行为, 对海量的监测数据进行深度挖掘和分析, 从而揭示出边坡稳定性的潜在规律和风险。在边坡监测预警中, 人工智能技术主要应用于数据分析、模型构建和预警决策等方面。通过先进的机器学习算法, 系统能够对历史监测数据进行学习, 识别出边坡失稳的前兆特征, 如位移加速、裂缝扩大等。这些特征被用作预警模型的关键输入, 以实现边坡稳定性的动态评估。人工智能技术还使得预警系统能够根据实际情况进行自我优化和调整。通过不断学习和更新, 预警模型能够逐渐提高预测的准确性, 减少误报和漏报的情况。这种自我学习和适应的能力, 使得预警系统能够在面对复杂多变的边坡环境时, 始终保持高效和准确。当系统检测到边坡稳定性出现异常时, 人工智能技术会立即触发预警机制, 向决策者发送及时的预警信息。这些信息通常包括边坡的稳定性状况、潜在的风险等级以及建议的应对措施等, 为决策者提供了科学、有效的决策支持。此外, 人工智能技术还能够与其他技术进行融合, 如与地理信息系统(GIS)结合, 实现边坡稳定性的空间分析和可视化展示; 与遥感技术结合, 实现边坡变形的远程监测和识别。这些技术的融合应用, 进一步提升了边坡安全评价的智能化水平。

2 边坡安全评价中智能化监测技术的应用进展

2.1 全球导航卫星系统(GNSS)技术

全球导航卫星系统(GNSS)技术, 在边坡安全评价的智能化监测领域, 正逐渐展现出其不可或缺的重要作用。GNSS技术通过接收来自多颗卫星的信号, 能够

精确地测量出物体的三维位置信息, 包括经度、纬度和高度, 为边坡监测提供了准确的空间参考。差分GNSS(DGPS)技术作为GNSS技术的一种高级形式, 通过消除公共误差源, 如卫星钟差、轨道误差等, 能够在厘米级甚至毫米级的精度下获取位置数据。这使得DGPS技术成为边坡变形监测的理想选择, 能够实时监测边坡的微小位移和变形, 为边坡稳定性评估提供精确的数据支持。GNSS技术与地理信息系统(GIS)的结合应用, 更是将边坡安全评估的精度和效率提升到了一个新的高度。GIS技术能够对GNSS采集的位置数据进行空间分析和可视化展示, 使监测人员能够直观地了解边坡的变形情况和稳定性状况。同时, GIS技术还能够将边坡的地质、水文、气象等多源信息进行整合和分析, 为边坡安全评估提供更加全面和准确的依据。此外, GNSS技术还具有全天候、全球覆盖、自动化程度高等优点, 使得边坡监测工作能够更加高效、准确地进行。随着GNSS技术的不断发展和完善, 相信它在边坡安全评价的智能化监测领域将会发挥越来越重要的作用, 为边坡工程的安全稳定提供有力的技术保障。

2.2 边坡三维智能信息系统

边坡三维智能信息系统是边坡安全性评价领域的一项前沿技术。该系统通过现场勘测、测量以及遥感技术等手段, 全面获取边坡的地形、地质、水文等多方面的数据, 进而构建出精确的三维模型。在三维建模过程中, 系统采用先进的建模技术, 确保模型的准确性和真实性。构建出的三维模型不仅能够直观展示边坡的形态和结构, 还可以为后续的安全评估提供基础数据支持。地理信息系统(GIS)的集成, 使得边坡三维智能信息系统能够实现边坡空间信息的有效管理和分析。通过GIS技术, 系统可以对边坡的三维模型进行空间查询、分析和可视化展示, 为监测人员提供更加直观、全面的边坡信息。数据分析是边坡三维智能信息系统的核心功能之一^[3]。系统通过对获取的边坡数据进行深入挖掘和分析, 能够揭示出边坡稳定性的潜在规律和风险。结合人工智能算法, 系统还能够对边坡的稳定性进行智能评估, 提供及时、准确的预警信息。此外, 边坡三维智能信息系统还具有高度的可扩展性和灵活性。它可以根据实际监测需求, 灵活配置监测参数和预警规则, 确保系统的实用性和适应性。同时, 系统还支持与多种监测设备的无缝对接, 实现数据的自动采集和传输, 提高监测工作的效率和准确性。

2.3 边坡安全监测系统

边坡安全监测系统是一个高度集成的技术平台, 它

融合了现代传感技术、物联网技术、大数据分析以及云计算等前沿科技,旨在实现对边坡稳定性的全面、实时监测和预警。系统前端部署了各类高精度的传感器,如位移传感器、应力传感器、水分传感器等,这些传感器如同系统的“眼睛”,实时捕捉边坡的微小变化,将关键的安全数据准确采集并传输至后端。后端数据处理中心是系统的“大脑”,它接收到前端传感器采集的数据后,会立即启动一系列复杂的分析算法。这些算法不仅能够对数据进行实时处理,还能够通过大数据分析技术,挖掘数据间的潜在联系,从而准确评估边坡的稳定状况。一旦发现边坡存在安全隐患,系统会立即触发预警机制,通过物联网技术将预警信号实时发送给相关管理人员。这样,管理人员就能在第一时间掌握边坡的安全状况,及时采取措施进行干预,有效防止边坡灾害的发生。此外,边坡安全监测系统还具备远程监控和管理的功能^[4]。通过云计算技术,管理人员可以随时随地访问系统,查看边坡的实时监测数据和分析结果,实现对边坡安全的全面掌控。

3 边坡安全评价中智能化监测技术的未来发展方向

3.1 智能化和自动化水平的提升

随着科技的不断进步,边坡安全监测系统将迈入一个全新的智能化和自动化时代。未来,我们将看到更加智能、高效的预警和决策支持功能的实现。通过引入更先进的传感器,如高精度位移传感器、智能应力传感器等,系统将能够捕捉到边坡更微小的变化,从而提升监测的精度。同时,借助更强大的数据处理技术和云计算平台,系统的实时性将得到显著增强,使得管理人员能够在第一时间获取到边坡的安全状况,为及时采取应对措施提供有力支持。

3.2 数据融合分析能力的增强

未来的边坡安全监测系统将更加注重数据融合分析。通过将多种数据源进行集成,如地质勘探数据、气象数据、历史监测数据等,系统将能够进行更加全面的

综合分析。借助大数据和人工智能算法,系统将能够挖掘出数据间的潜在联系,实现更加精准的趋势预测和风险评估。这将为边坡安全管理提供更加科学、全面的决策依据,有效提升边坡灾害的防范能力。

3.3 应用领域的拓展

随着技术的不断进步和应用场景的拓展,边坡安全监测系统的应用领域将更加广泛。除了传统的水利工程、采矿业等领域外,系统还将广泛应用于公路铁路建设、城市规划、自然灾害预警等各种场合。通过为这些领域提供精准的边坡安全监测和预警服务,系统将有效防范边坡灾害的发生,保障人民群众的生命财产安全。同时,随着技术的不断成熟和成本的降低,边坡安全监测系统还将逐渐普及到更多领域,为社会的可持续发展贡献更多力量。

结语

边坡安全评价中的智能化监测技术,通过集成现代传感技术、物联网技术、大数据分析以及云计算等先进技术,实现了对边坡稳定性的实时监测和预警,为边坡工程的安全管理提供了强有力的技术支持。未来,随着科技的不断进步和应用场景的拓展,边坡安全监测系统将朝着更加智能化、自动化和高效化的方向发展,为边坡工程的安全建设和管理提供更多创新和便利。

参考文献

- [1]王恒亮,渠根启,黄亦佳,等.降雨条件下高边坡安全评价与变形预警机制研究[J].广东土木与建筑,2024,31(04):37-41.
- [2]何诗桐.寒区铁路隧道口边坡监测数据智能分析及区域评价预警研究[D].大连交通大学,2023.11(02):45-50.
- [3]曾祥.基于SPC的高速公路边坡监测分析及安全管理研究[D].贵州大学,2022.(05):100-105.
- [4]江世杰.基于自动化实时监测的公路边坡安全综合评价研究[D].华中科技大学,2021.(01):37-41.