

智能岩土工程技术初步探讨

王少杰 王富辉

西北综合勘察设计院 陕西 西安 710003

摘要：随着科技的迅猛发展，智能岩土工程作为融合了现代信息技术和智能化技术的新兴领域，正在逐步改变传统岩土工程的实施方式。它通过引入高级传感器、数据分析、云计算和人工智能等技术，为地质环境监测、工程结构分析和施工管理带来了革命性的变革。本文将深入探讨智能岩土工程的特点及其在工程实践中的多样化应用，展示这一领域的前沿技术；以期为相关领域提供参考与借鉴。

关键词：岩土工程；信息化；智能化；自动化

引言：智能岩土工程通过现代信息技术和智能化技术的融合，实现了对工程结构和地质环境的全面智能化管理与优化。本文介绍了智能岩土工程的概念、特点及其在工程实践中的应用；全过程监测、信息化与智能化、自动化与远程控制等特点使得智能岩土工程在安全性、效率和精度方面显著提升。并详细探讨了数字化建模与可视化、自动化施工、无人机技术、3D打印技术、激光扫描技术及智能化施工设备等在岩土工程中的创新应用，阐述了这些技术在推动岩土工程持续创新发展方面的作用。

1 智能岩土工程的概述

智能岩土工程是一种融合了现代信息技术、智能化技术与传统岩土工程技术的前沿科技领域。通过应用高级传感器、数据分析、云计算以及人工智能等技术，智能岩土工程实现了对地质环境、工程结构和施工过程的全方位智能化管理与优化。在智能岩土工程中，高精度的传感器网络被广泛应用于实时监测工程结构的健康状态和地质环境的变化，这些传感器能够捕捉到微小的位移、应力变化以及环境因素的影响，为工程师提供即时、准确的数据反馈。同时，借助强大的数据处理和分析能力，这些数据被转化为有价值的信息，用于评估工程的安全性、稳定性和耐久性；此外，智能岩土工程还引入了云计算和大数据技术，使得海量的监测数据得以高效存储和处理，这不仅方便了数据的随时访问和分析，还为长期监测和预警系统的建立提供了数据基础^[1]。

2 智能岩土工程的特点

2.1 全过程监测

智能岩土工程的全过程监测是其核心特点，它强调在工程整个生命周期内进行持续、不间断的监控。从项目的初步设计、施工到运营和维护，所有关键环境参数和结构状态都被实时追踪和记录；为实现这一目标，高

精度的传感器和先进的数据采集系统发挥着关键作用，能够精确测量并记录岩土工程中的关键环境参数，如结构微小变形、应力分布变化等。全过程的实时监测为工程师和管理人员提供了即时数据反馈，使他们能迅速掌握工程状态，对异常情况做出准确反应。这种监测不仅有助于及时应对当前问题，更能预防未来潜在风险，通过长期积累的监测数据，可识别风险点，进行预防性维护，从而提升工程安全性和可靠性。此外，这些监测数据对科研也极具价值，为后续类似工程的设计和施工提供了经验和参考。全过程监测不仅是一种技术手段，更是一种前瞻性的管理方式，它确保了智能岩土工程的安全性、稳定性和持续优化，还能推动整个行业的持续创新和发展。

2.2 信息化和智能化

现代智能岩土工程兼具信息化和智能化特点，这两个特点的实现离不开先进的信息技术和智能化算法的广泛应用。信息化使得岩土工程能够实时收集到大量、多样的现场数据，这些数据不仅包括了工程结构本身的各种物理参数，如应力、变形、温度等，还涵盖了环境条件如风速、降雨量、土壤湿度等，以及施工进度、人员配置等多方面的信息。这些数据的实时性和全面性为工程师提供了前所未有的洞察力，使他们能够更全面地了解工程的当前状态和潜在风险^[2]。而智能化则是基于这些信息进行深入分析和处理的关键，通过智能化算法，如机器学习、深度学习等，可以从海量数据中提取出有价值的信息和规律，从而更准确地评估工程的当前状态并预测未来的发展趋势。这种基于数据的决策支持方式大大提高了工程师的决策效率和准确性，除了数据分析和预测外，智能化还可以应用于工程的优化设计和施工管理中；例如，通过遗传算法、神经网络等优化技术，可以对工程结构进行优化设计，以提高其稳定性和经济性。

2.3 自动化和远程控制

自动化和远程控制是现代智能岩土工程的重要发展方向,这一特点的实现得益于自动化技术、网络通信技术和远程控制系统的快速发展和融合。自动化技术使得许多原本需要人工完成的重复性、繁琐的任务现在可以自动完成;例如,数据记录、设备状态检查、环境监测等任务都可以通过自动化设备来实现,这不仅大大减轻了工作人员的负担,提高了工作效率,还降低了人为错误和安全事故的风险。在一些危险或难以接近的区域,如高山峡谷、深海等环境中进行岩土工程作业时,远程控制技术的优势更为明显,工程师可以在远离现场的安全环境中通过远程控制系统操作设备、执行复杂的任务,从而避免了直接暴露于恶劣环境中的风险。此外,在自然灾害如地震、洪水等紧急情况下,自动化和远程控制能够迅速做出响应,及时启动应急机制、进行灾害预警和防控等操作,这不仅可以有效减少潜在损失和人员伤亡,还大幅提升了整体工程的安全性。

3 智能岩土工程的应用

3.1 数字化建模与可视化

数字化建模与可视化技术在智能岩土工程中具有举足轻重的地位,随着信息技术的飞速发展,传统的岩土工程图纸和设计方法已经无法满足现代复杂工程的需求。数字化建模技术的出现,使得工程师能够借助计算机软件,精确地构建出地下空间的三维模型,这些三维模型不仅具有极高的精度,还能全方位、多角度地展示地下结构的细节。工程师可以通过旋转、缩放、剖切等操作,直观地查看和分析地质构造、岩层分布、地下水流向等关键信息,这种可视化的方式,使得工程师能够更深入地理解地下环境的复杂性和多变性。此外,利用虚拟现实技术,这些三维模型还可以进行动态模拟,工程师可以模拟地质变化、工程施工过程等多种情境,从而更准确地预测工程在实际施工中可能遇到的问题。这种模拟功能,使得工程师能够在设计阶段就预见到潜在的风险,并提前制定相应的应对措施,数字化建模与可视化技术的引入,不仅提高了岩土工程设计的精度和效率,还为工程师提供了一种全新的分析和预测工具。通过这种方式,工程师可以更加科学、合理地进行工程规划和设计,从而显著提高工程质量,降低施工风险。

3.2 自动化施工

自动化施工技术是岩土工程领域的一项革命性进步,在传统的岩土工程施工过程中,大量的人工操作不仅效率低下,而且施工人员的安全也常常受到威胁。自动化施工技术的出现,正是为了解决这些问题,提升施

工效率与安全性,自动化施工技术的核心在于使用先进的机械设备替代人工进行高危险性和高强度的作业^[3]。例如,自动化挖掘机和爆破设备能够精确执行挖掘和爆破任务,减少人为误差,并可在无人值守的情况下持续工作,自主导航的钻机和掘进机器人更是能在极端或危险环境中独立完成作业,大大降低了施工人员的安全风险。这些自动化设备配备了高精度的传感器和智能控制系统,使得它们能够实时感知施工环境的变化,并根据预设的程序进行自主决策和调整,这种智能化和自动化的结合,不仅显著提高了施工效率,还保证了施工质量的稳定性和可靠性。此外,自动化施工技术还带来了显著的经济效益,由于减少了人工成本和施工时间,项目的整体成本得到有效控制。

3.3 无人机技术

无人机技术在岩土工程中正发挥着前所未有的重要作用,无人机的灵活性和高效性使其能够轻松飞越各种复杂地形,快速收集地质勘察和地形测量的关键数据。这一技术的引入,极大地提升了工程师对施工区域地质和环境状况的了解,为后续的工程规划和设计提供了更为准确的数据基础。通过搭载高分辨率摄像头和多种传感器,无人机能够实时捕捉和传输高质量的图像和数据,这些信息不仅为工程师提供了施工区域的详细视图,还有助于他们更精确地监测施工进度和质量。此外,无人机的定期航拍功能还能及时发现施工现场的潜在安全隐患,为工程师提供即时的预警和反馈,从而大大增强了施工的安全性,除了在地质勘察和地形测量方面的应用,无人机技术在环境监测和灾害预警等领域也展现出了巨大的潜力。例如,无人机可以实时监测施工区域的空气质量、噪声等环境指标,确保施工过程符合环保标准;在灾害预警方面,无人机能够迅速飞抵受灾区域,收集实时数据,为灾害应对提供宝贵的信息支持。

3.4 3D打印技术

3D打印技术,是一种通过逐层堆积材料来构建三维实体的技术,在岩土工程中,3D打印技术的应用为模型的快速制造、实验研究以及优化设计提供了强大的支持。首先,利用3D打印技术,工程师可以迅速制造出复杂的岩土材料模型,这些模型不仅可以用于实验室研究,以更深入地了解岩土材料在不同条件下的性能,还可以作为教学工具,帮助学生更直观地理解岩土工程中的各种原理和概念。在实验研究中,3D打印的模型可以模拟真实的地质环境,包括岩层分布、断裂构造等;通过对这些模型进行各种力学性能测试,如抗压强度、抗剪强度等,研究人员可以获取宝贵的实验数据,为实际

工程的设计和施工提供重要参考。此外,3D打印技术还可以用于制造定制化的施工模具和构配件,在传统的施工方法中,模具和构配件的制造往往耗时且成本高昂;而利用3D打印技术,可以根据具体需求快速打印出所需的模具和构配件,大大提高了施工效率和灵活性。

3.5 激光扫描技术

激光扫描技术以其高精度、非接触式的特点,在岩土工程中显示出了独特的优势,该技术利用激光的直线传播和高速扫描特性,能够精确地捕捉目标物体的三维形态;在岩土工程领域,这一技术的应用为地形测绘、地质灾害预警以及施工过程的监控带来了革命性的变革。(1)在地形测绘方面,激光扫描技术能够快速、准确地获取地形的三维数据,与传统的测绘方法相比,激光扫描技术不仅提高了测绘的精度和效率,还能捕捉到更多的地形细节,这为后续的工程设计提供了更为准确的地形模型,有助于工程师更好地理解 and 应对地形的复杂性。(2)在地质灾害预警方面,激光扫描技术也发挥着重要作用,通过对地质灾害易发区域进行定期的激光扫描,可以及时发现地形的微小变化,如地表的位移、裂缝的扩展等;这些数据为地质灾害的预警提供了重要依据,有助于及时采取防范措施,减少灾害损失。(3)在施工过程监控中,激光扫描技术同样具有显著优势,它可以对施工现场进行精确的测量和监控,确保施工的准确性和安全性;例如,在隧道施工中,激光扫描技术可以用于监测隧道的变形和位移,及时发现潜在的安全隐患,确保施工人员的安全^[4]。

3.6 智能化施工设备

随着科技的飞速发展,智能化施工设备已经成为岩土工程领域的新宠,这些设备如智能挖掘机、智能破碎机等,配备了先进的传感器和控制系统,能够根据现场情况自动调整和控制,大大提高了施工效率和精度。

智能挖掘机是智能化施工设备的典型代表,它可以通过先进的传感器实时监测土壤的硬度和挖掘深度,并根据这些信息自动调整挖掘力度和速度,这种智能化的操作方式不仅提高了挖掘的准确性,还避免了因人为操作不当而造成的损坏和浪费。除了智能挖掘机外,智能破碎机也是岩土工程中常用的智能化设备,它能够根据岩石的硬度和破碎效果自动调整破碎参数,确保破碎的效率和质量;这种设备的应用不仅提高了破碎作业的效率,还降低了对操作人员的技能要求,减少了人力成本。此外,通过大数据分析和人工智能技术,可以实现设备的智能化管理,设备运行过程中产生的数据被实时监测和分析,从而及时发现设备的故障和异常情况;这种智能化的管理方式不仅确保了设备的正常运行,还延长了设备的使用寿命,降低了维护成本。

结语:智能岩土工程代表着岩土工程技术与现代信息技术的完美结合,它通过全过程监测、信息化与智能化、自动化与远程控制等手段,显著提升了工程的安全性、施工效率和精度。数字化建模与可视化、自动化施工、无人机技术、3D打印技术、激光扫描技术及智能化施工设备的日益广泛应用,为岩土工程技术带来了前所未有的便利,也大大推动了岩土工程技术的发展。

参考文献

- [1]陈湘生,洪成雨,苏栋.智能岩土工程初探[J].岩土工程学报,2022,44(12):2151-2159.
- [2]苏定立,胡贺松,谢小荣.岩土工程勘察智能信息化技术研究现状[J].广州建筑,2019,47(06):10-18.
- [3]杨敏,任红林.智能岩土工程的特点初探[J].同济大学学报(自然科学版),2020,28(6):636-640.
- [4]王部生.智能岩土工程的特点初探[J].城市建设理论研究(电子版),2019(19):539-612.