

人工智能在边坡支护设计中的应用前景

唐峥嵘 秦阔 吴超盛

广西交科集团有限公司, 中国·广西 南宁 530007

摘要: 随着交通基础设施建设的不断发展, 道路工程中对边坡支护的要求越来越高。边坡稳定性直接关系到道路的安全性与耐久性, 尤其是在复杂地质环境中, 如何高效且精准地进行边坡支护设计成为一个亟待解决的问题。近年来, 人工智能 (AI) 技术在边坡支护设计中的应用逐渐成为研究热点。AI 通过机器学习、深度学习等方法能够处理大量的地质数据, 为边坡支护设计提供优化方案, 从而提高设计效率、精度和安全性。

关键词: 人工智能; 边坡支护; 道路设计; 机器学习

Application Prospect of Artificial Intelligence in Slope Support Design

Zhengrong Tang Kuo Qin Chaosheng Wu

Guangxi Jiaoke Group Co., Ltd., Nanning, Guangxi, 530007, China

Abstract: With the continuous development of transportation infrastructure construction, the requirements for slope support in road engineering are getting higher and higher. Slope stability is directly related to the safety and durability of the road, especially in the complex geological environment, how to efficiently and accurately design the slope support has become an urgent problem to be solved. In recent years, the application of artificial intelligence (AI) technology in slope support design has gradually become a research hotspot. AI can process a large number of geological data through machine learning, deep learning and other methods, and provide optimization scheme for slope support design, so as to improve design efficiency, accuracy and safety.

Keywords: artificial intelligence; slope support; road design; machine learning

0 前言

在现代道路设计中, 边坡支护是确保道路安全的重要组成部分。尤其是在山区、丘陵等地质复杂的地区, 边坡的稳定性直接关系到道路的使用寿命和行车安全。传统的边坡支护设计方法往往依赖于物理模型和经验公式, 缺乏对复杂地质环境的全面考虑, 且设计过程中常受到人为因素的影响。随着人工智能技术的发展, 特别是在机器学习、深度学习和数据分析领域的突破, AI 技术为边坡支护设计提供了新的思路和方法。AI 能够快速分析大量地质数据, 准确预测边坡的稳定性, 并为支护设计提供优化方案, 从而提高设计效率和精度, 减少潜在的安全隐患。

1 边坡支护设计的现状与挑战

1.1 传统边坡支护设计方法

边坡支护设计的传统方法主要依赖于力学分析和经验公式。力学分析方法通过建立边坡的物理模型, 考虑土质、坡度、地震、降水等因素, 进行详细的计算和模拟。此类方法较为精确, 但需要大量的计算工作, 并且设计者的经验和判断在其中起着重要作用。常见的力学分析方法包括极限平衡法、有限元法等, 它们能够帮助设计人员预测边坡的稳定性并选择合适的支护结构。另外, 经验公式法是基于前人经验和数据总结出的简化模型, 应用较为广泛, 但其局限性也

很明显。由于地质条件的多样性和复杂性, 单纯依靠经验公式无法涵盖所有的情况, 容易导致不准确的设计方案。此外, 传统的设计方法往往较为保守, 未能充分利用现代计算机技术和数据分析工具, 设计效率较低 (见表 1)。

表 1 边坡支护设计中传统方法与 AI 应用的对比

方面	传统方法	AI 应用
设计效率	低, 需要大量人工计算	高, 能快速处理大量数据
适用性	受限于经验和物理模型	能处理复杂地质数据和动态变化
精度	受限于设计人员经验	高, 能进行精确的预测和优化
成本	相对较低, 但可能因设计不当导致隐性成本	初期投入较高, 但能提高整体效益

1.2 边坡支护设计面临的主要挑战

随着道路建设规模的不断扩大, 边坡支护设计面临的挑战也日益增多。首先, 地质环境的复杂性增加了支护设计的难度。不同地区的土壤类型、地下水分布、气候变化等因素对边坡的稳定性产生深远影响, 传统方法很难全面考虑这些因素, 导致设计的适用性受到限制。其次, 边坡支护设计需要考虑的变量众多, 包括自然因素 (如降水、气候变化等)、地质因素 (如土壤结构、岩层分布等) 以及人为因素 (如交通荷载、开挖作业等)。如何全面收集、分析并整合这些信息,

以制定出最佳的支护设计方案，是一个巨大的挑战。最后，边坡支护的安全性不仅仅依赖于静态的设计，还与动态变化密切相关。自然灾害（如滑坡、泥石流）和人为活动可能随时影响边坡的稳定性，而如何提前预测这些动态变化并进行有效干预，是当前设计方法中的一大难点。

2 人工智能在边坡支护设计中的应用

2.1 机器学习在边坡支护设计中的应用

机器学习作为人工智能的一种重要技术，其通过分析历史数据，挖掘数据中的潜在规律，为边坡支护设计提供科学依据。在边坡支护设计中，机器学习能够通过建立预测模型，预测不同设计方案的稳定性和安全性，帮助设计人员作出更为精准的决策。机器学习算法常用于边坡稳定性分析、支护结构选择、灾害预警等方面。通过分析大量的历史边坡失败数据和地质勘探数据，机器学习可以帮助设计师识别出高风险区域，并选择适合的支护方案。例如，支持向量机和决策树等算法可以根据土壤类型、坡度、降水量等参数预测边坡的稳定性，为设计人员提供优化的设计建议（见表 2）。

表 2 AI 技术在边坡支护设计中的潜力

技术	主要应用领域	潜力评估
机器学习	边坡稳定性预测、支护结构选择	高，能精准预测和优化设计方案
深度学习	大规模地质数据处理、模式识别	极高，能从复杂数据中提取深层特征
优化算法	支护结构设计优化、成本控制	高，能高效找到最优设计方案
实时监控与预警系统	边坡动态监控、灾害预警	高，能够及时发现潜在风险

2.2 深度学习对边坡支护设计的辅助作用

深度学习，作为机器学习的一种子领域，在处理复杂数据和大规模数据时表现出了优异的性能。边坡支护设计中，尤其是涉及地质勘探数据、遥感影像和无人机数据时，深度学习可以从海量数据中自动提取特征，进行数据分析和模式识别。例如，卷积神经网络在处理地质影像时能够识别土壤的不同层次结构，揭示地下水分布、岩层断裂等复杂地质现象，为支护设计提供精确的输入数据。循环神经网络则可以处理时间序列数据，对边坡的动态变化进行预测，帮助设计人员评估边坡长期稳定性的趋势（见图 1）。

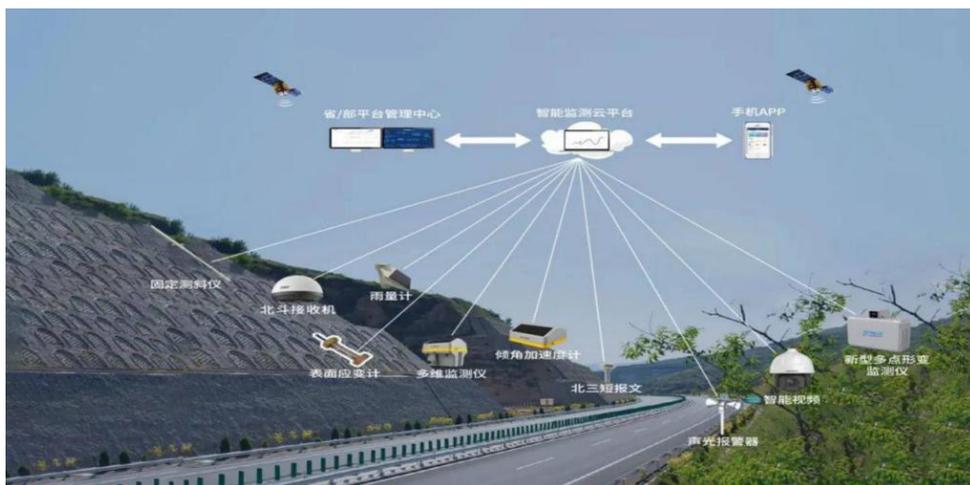


图 1 人工智能在边坡支护设计中的运用

3 人工智能在边坡支护设计中的前景与挑战

3.1 人工智能的前景

随着 AI 技术的不断进步，其在边坡支护设计中的应用前景广阔。未来，AI 将能够处理更加复杂的地质数据，并在多个领域内实现跨学科的融合。结合遥感技术和无人机技术，AI 能够实时监测边坡的动态变化，为设计人员提供及时反馈，从而确保设计的安全性与可靠性。在实时监控方面，AI 结合物联网技术，能够实现边坡的全天候监控和数据采集，及时发现潜在的风险并发出预警。通过 AI 的智能分析，设计人员可以及时调整设计方案，最大限度地减少自然灾害对边坡的影响，提高道路的安全性和耐久性。

3.2 面临的挑战

尽管人工智能在边坡支护设计中的应用潜力巨大，但

也面临一些挑战。AI 技术需要大量高质量的数据进行训练，然而在实际应用中，许多地质数据的质量较差，甚至缺乏足够的数量，这直接影响了 AI 模型的准确性和可靠性。人工智能模型的“黑箱”特性使得许多决策过程难以解释和理解。这对于实际工程应用来说，可能带来一定的风险和不确定性，特别是在设计方案需要满足严格的规范和安全标准时，AI 的决策过程需要更加透明和可解释。最后，AI 的应用通常需要较高的技术支持和设备投入。对于许多传统的道路设计公司来说，如何平衡 AI 技术的高成本投入与实际应用效益，仍然是一个需要考虑的问题。

3.3 未来发展方向

为了充分发挥人工智能在边坡支护设计中的作用，未来需要加强跨学科的合作，整合地质学、土木工程学、计算

机科学等领域的技术力量。同时,随着数据采集技术和计算能力的提升,AI将在边坡支护设计中发挥更加重要的作用。未来的AI模型将更加精准、高效,并能够处理更加复杂和动态的地质环境,为道路设计行业提供更加科学的决策支持。随着深度学习、强化学习等先进算法的发展,AI不仅能在静态设计中提供支持,还能在动态监测和应急响应中发挥更大作用。

4 结语

人工智能技术在边坡支护设计中的应用前景广阔,能够有效提升设计效率、准确性和安全性。通过机器学习、深度学习和数据驱动的优化方法,AI为边坡支护设计提供了更加精准、灵活的解决方案。尽管在数据质量、模型解释性和技术投入方面仍面临一定挑战,但随着技术的不断进步,AI在边坡支护设计中的应用将不断深化,推动道路设计行业向智能化、精细化的方向发展。未来,AI技术将不仅限于静态设计优化,还将在动态监控、灾害预警、环境保护等方面发挥重要作用。AI与物联网、遥感技术等融合,将使得边坡支护设计变得更加实时、智能、可靠。为了实现这一目标,跨学科的合作、数据质量的提升以及技术创新将成为未来发展的关键驱动力。

参考文献:

- [1] 张伟伟,唐潮,曲扬,等.GRF装配式支护结构施工技术研究与应[J].建筑施工,2024,46(12):2097-2100.
- [2] 何鹏鹏.复杂地质条件下煤矿掘进支护技术的应用研究[J].内蒙古煤炭经济,2024(23):154-156.
- [3] 姜海青,李壮壮.复合边坡支护技术在高填深挖场地中的应用[J].广东土木与建筑,2024,31(12):30-34.
- [4] 王菲,刘红强.抽水蓄能电站高边坡施工技术分析[J].建筑技术开发,2024,51(12):40-42.
- [5] 李强.永久性软岩高边坡组合支护施工技术[J].工程建设与设计,2024(23):182-184.
- [6] 刘富昌.强风化岩质高边坡支护工艺及施工方法[J].城市建设理论研究(电子版),2024(34):123-125.
- [7] 何兴耀.深基坑支护设计与施工要点策略[J].城市建设理论研究(电子版),2024(33):112-114.
- [8] 孔方.路基工程挡土墙关键施工技术分析[J].工程技术研究,2024,9(21):55-57.

作者简介:唐嵘嵘(1991-),男,中国广西资源人,硕士,中级工程师,从事岩土工程边坡支护研究。