

# 露天煤矿边坡稳定性的工程地质预测方法

孙朋宇

山西省煤炭地质一一五勘查院有限公司 山西 大同 037000

**摘要:** 本文主要介绍了工程地质预测方法在露天煤矿边坡稳定性中的应用。首先,阐述了工程地质预测方法在露天煤矿边坡稳定性中的重要性。其次,介绍了工程地质预测方法的种类,包括地质调查法、地质比拟法、地质统计法、地质模型法和地质信息系统法等。最后,详细阐述了露天煤矿边坡稳定性预测的具体应用,包括工程地质勘察方法、数值模拟方法、不确定性方法和基于人工智能的预测方法等。这些方法的应用可以预防和减少边坡滑坡等灾害的发生,提高露天煤矿的安全性和经济效益。

**关键词:** 露天煤矿; 边坡稳定性; 工程地质预测方法

**引言:** 露天煤矿边坡稳定性是矿山工程中至关重要的一环,而工程地质预测方法在边坡稳定性评估中扮演着重要的角色。地质环境因素对露天煤矿边坡稳定性有着深远的影响,因此,对地质条件的深入了解和预测是至关重要的。本文将详细介绍工程地质预测方法在露天煤矿边坡稳定性中的应用,包括地质调查法、地质比拟法、地质统计法、地质模型法和地质信息系统法等,以为相关领域的研究和应用提供参考和启示。通过工程地质预测方法的应用,可以更好地了解 and 掌握露天煤矿边坡稳定性的状况,预防和减少边坡滑坡等灾害的发生,保障矿山的安全生产和经济效益。

## 1 工程地质预测方法概述

工程地质预测是地质工程中的重要环节,它通过对地质环境的深入研究和分析,预测工程建设过程中可能出现的地质问题,为工程设计和施工提供科学依据。工程地质预测方法主要包括地质调查法、地质比拟法、地质统计法、地质模型法和地质信息系统法等。地质调查法是工程地质预测的基础方法,主要通过野外实地调查和室内资料分析,了解工程建设区域的地质条件和地质环境。这种方法可以直接获取第一手的地质信息,但工作量大,效率低。地质比拟法是根据已知的地质条件和地质现象,类比预测未知的地质条件和地质现象。这种方法简单易行,但准确性受已知地质条件和地质现象的限制。地质统计法是通过统计分析大量的地质数据,找出地质条件和地质现象之间的规律性关系,从而预测未知的地质条件和地质现象。这种方法需要大量的地质数据,但预测结果较为准确。地质模型法是通过建立地质模型,模拟地质过程,预测地质条件和地质现象。这种方法可以直观地展示地质过程,但模型的建立和运行需要专业的知识和技术。地质信息系统法是利用计算机技

术和地理信息系统,对地质信息进行收集、存储、处理和分析,从而预测地质条件和地质现象。这种方法可以大大提高工程地质预测的效率和准确性,但需要专业的软件和硬件支持。以上各种工程地质预测方法各有优缺点,实际应用中需要根据具体的工程条件和需求,灵活选择和使用。同时,工程地质预测是一个动态的过程,需要随着工程建设的进展,不断更新和完善预测结果<sup>[1]</sup>。总的来说,工程地质预测是保证工程建设安全、顺利进行的重要手段。通过科学的工程地质预测,可以预防和减少地质灾害的发生,保护人民生命财产的安全,促进社会经济的持续健康发展。因此,我们应该重视工程地质预测的研究和应用,不断提高工程地质预测的科学性和准确性。

## 2 露天煤矿边坡稳定性的影响因素

露天煤矿开采过程中,边坡的稳定性是至关重要的。一旦边坡发生滑坡、崩塌等灾害,不仅会造成巨大的经济损失,还可能危及到矿工的生命安全。因此,研究影响露天煤矿边坡稳定性的因素具有重要的现实意义。首先,地质构造因素是影响露天煤矿边坡稳定性的重要因素。地质构造包括断裂、褶皱、节理等,这些构造对岩土体的强度和稳定性产生显著影响。例如,断裂带附近的岩土体往往具有较高的应力集中,容易发生破坏;而褶皱和节理则可能导致岩土体的不均匀性,降低其抗剪强度。其次,岩土体性质因素也是影响边坡稳定性的关键因素。岩土体的物理力学性质,如内摩擦角、粘聚力、密度等,直接影响到边坡的稳定性。一般来说,内摩擦角较大、粘聚力较高的岩土体具有较高的抗剪强度,有利于边坡的稳定。第三,水文地质因素对边坡稳定性的影响不容忽视。地下水的存在会导致岩土体中的有效应力减小,从而降低其抗剪强度。此外,地下

水还可能引发岩土体的软化、泥化等现象,进一步降低其稳定性。因此,合理控制地下水位对于保证边坡稳定至关重要。第四,人为因素也是影响露天煤矿边坡稳定性的一个重要方面。采矿作业过程中,不合理的开挖方式、过度的开采深度等都可能对边坡失稳。此外,矿山废弃物的堆放也可能对边坡稳定性产生影响。因此,加强矿山管理,规范采矿作业行为,对于提高边坡稳定性具有重要意义。最后,气候因素也会影响露天煤矿边坡的稳定性。气候变化可能导致降雨量的增加或减少,进而影响到地下水位的变化。此外,极端气候事件(如暴雨、地震等)也可能对边坡稳定性产生不利影响。因此,关注气候变化对于预防边坡灾害具有重要意义。

### 3 工程地质预测方法在露天煤矿边坡稳定性中的应用

露天煤矿边坡稳定性是矿山工程中的重要问题,其稳定性直接关系到矿山的安全生产和经济效益。因此,对露天煤矿边坡的稳定性进行预测和评价具有重要的实际意义。目前,工程地质预测方法在露天煤矿边坡稳定性中的应用主要包括工程地质勘察方法、数值模拟方法、不确定性方法和基于人工智能的预测方法。

#### 3.1 工程地质勘察方法

工程地质勘察方法是一种科学的方法,它通过对矿区地质环境的实地考察和研究,获取地质信息,为边坡稳定性预测提供基础数据。这种方法包括地质测绘、钻探、地球物理勘探和岩土试验等方法。首先,地质测绘是一种通过地形图、地质剖面图等方式,了解矿区的地质构造、岩石类型、地层分布等信息的方法。这种方法可以帮助我们更好地理解矿区的地质环境,为后续的工程决策提供依据。其次,钻探是一种通过钻孔获取地下岩石的物理性质和力学性质的方法。这种方法可以提供关于地下岩石的详细信息,包括其硬度、韧性、密度等。这些信息对于评估边坡的稳定性至关重要。接下来,地球物理勘探是一种通过电磁、地震、重力等方法,探测地下岩石的结构、性质和分布的方法。这种方法可以在不直接接触地下岩石的情况下,获取关于地下岩石的重要信息。这对于评估边坡的稳定性非常有帮助。最后,岩土试验是一种通过实验室试验,获取岩石和土壤的物理性质和力学性质的方法。这种方法可以提供关于岩石和土壤的详细信息,包括其抗压强度、抗剪强度、渗透性等。这些信息对于评估边坡的稳定性非常重要<sup>[2]</sup>。总的来说,工程地质勘察方法是一种科学的方法,它通过对矿区地质环境的实地考察和研究,获取地质信息,为边坡稳定性预测提供基础数据。这种方法包括地质测绘、钻探、地球物理勘探和岩土试验等方法。

#### 3.2 数值模拟方法

数值模拟方法在边坡稳定性分析中具有重要的应用价值。这种方法通过建立边坡的数学模型,模拟边坡的变形和破坏过程,从而预测边坡的稳定性。以下是一些常用的数值模拟方法:(1)有限元法(FEM):有限元法是一种基于变分原理和加权残差法的数值计算方法。在边坡稳定性分析中,有限元法将边坡划分为许多小的单元,计算每个单元的应力和应变。然后,通过边界条件和载荷条件,求解边坡的整体应力和应变。有限元法可以准确地模拟边坡的应力分布和变形情况,为边坡稳定性评估提供有力支持。(2)边界元法(BEM):边界元法是一种基于变分原理和边界积分方程的数值计算方法。在边坡稳定性分析中,边界元法通过在边坡边界上施加边界条件,求解边坡内部的应力和应变。边界元法具有很高的计算精度和效率,适用于复杂的几何形状和材料特性。(3)离散元法(DEM):离散元法是一种基于颗粒力学原理的数值计算方法。在边坡稳定性分析中,离散元法通过将边坡划分为许多小的颗粒,计算每个颗粒的运动和相互作用,模拟边坡的变形和破坏过程。离散元法可以有效地模拟土体的非线性、非均匀性和各向异性特性,为边坡稳定性评估提供有力支持。(4)物理模拟方法:物理模拟方法是通过在实验室中模拟边坡的加载和卸载过程,观察边坡的变形和破坏现象,获取边坡的稳定性信息。物理模拟方法可以直接观察边坡的变形和破坏过程,为边坡稳定性评估提供直观的依据。然而,物理模拟方法受到实验条件和设备的限制,难以实现大规模的边坡稳定性分析<sup>[3]</sup>。总之,数值模拟方法在边坡稳定性分析中具有广泛的应用前景。通过这些方法,可以有效地预测边坡的稳定性,为边坡的设计、施工和维护提供科学依据。

#### 3.3 不确定性方法

在边坡稳定性预测中,不确定性方法是一种重要的处理手段。这种方法主要包括概率方法和模糊数学方法,它们分别从不同的角度来描述和处理边坡稳定性预测中的不确定性问题。首先,概率方法是通过统计和概率理论来描述和处理边坡稳定性预测中的随机性和不确定性。概率方法的基本思想是将边坡稳定性预测问题转化为一个随机事件,然后通过概率分布来描述这个随机事件的可能结果。在这个过程中,我们可以通过对历史数据的统计分析,得到边坡稳定性预测的概率分布,从而为边坡稳定性的评估和决策提供依据。概率方法的优点是可以较好地处理随机性和不确定性问题,但缺点是需要大量的历史数据作为支撑,且计算过程较为复杂<sup>[4]</sup>。

其次,模糊数学方法是通过模糊集合和模糊逻辑来描述和处理边坡稳定性预测中的模糊性和不确定性。模糊数学方法的基本思想是将边坡稳定性预测问题转化为一个模糊问题,然后通过模糊集合和模糊逻辑来描述这个问题的模糊性和不确定性。在这个过程中,我们可以通过对边坡稳定性影响因素的模糊化处理,得到边坡稳定性的模糊评价结果。模糊数学方法的优点是可以较好地处理模糊性和不确定性问题,且计算过程相对简单;缺点是对于一些复杂的边坡稳定性预测问题,模糊数学方法可能无法给出准确的预测结果。总之,不确定性方法是通过概率方法和模糊数学方法来处理边坡稳定性预测中的不确定性问题。这两种方法各有优缺点,可以根据实际情况选择合适的方法来进行边坡稳定性预测。在实际应用中,还可以将这两种方法结合起来,以提高边坡稳定性预测的准确性和可靠性。

### 3.4 基于人工智能的预测方法

在边坡稳定性预测中,基于人工智能的预测方法已经成为一种重要的技术手段。这些方法通过利用神经网络(ANN)、支持向量机(SVM)、决策树(DT)和随机森林(RF)等先进的机器学习算法,自动学习和提取边坡稳定性预测的特征和规律,从而提高预测的准确性和效率。首先,神经网络(ANN)是一种模拟人脑神经元结构的计算模型,具有强大的非线性拟合能力。在边坡稳定性预测中,ANN可以通过对大量历史数据的学习和训练,自动提取边坡稳定性的关键特征,并建立复杂的非线性映射关系。这使得ANN能够有效地捕捉边坡稳定性的动态变化过程,提高预测的准确性。其次,支持向量机(SVM)是一种基于统计学习理论分类和回归分析方法,具有很好的泛化能力和鲁棒性。在边坡稳定性预测中,SVM可以通过寻找最优的超平面,将不同稳定性状态的边坡样本进行有效划分。同时,SVM还可以通过核函数的设计,实现对非线性关系的建模,进一步提高预测的准确性。决策树(DT)是一种基于树结构的

学习算法,具有直观、易理解的特点。在边坡稳定性预测中,DT可以通过递归地构建决策树,自动提取边坡稳定性的关键特征和规律。此外,DT还具有很好的可解释性,有助于工程师理解和掌握边坡稳定性的影响因素。最后,随机森林(RF)是一种集成学习方法,通过构建多个决策树并进行投票或平均,实现对边坡稳定性的预测。由于随机森林具有很好的抗过拟合能力,因此可以有效地提高预测的稳定性和可靠性。同时,随机森林还具有很好的特征选择能力,有助于挖掘边坡稳定性的关键影响因素。总之,基于人工智能的预测方法在边坡稳定性预测领域具有广泛的应用前景。通过利用神经网络、支持向量机、决策树和随机森林等先进的机器学习算法,可以有效地提高边坡稳定性预测的准确性和效率,为边坡工程的安全设计和施工提供有力的技术支持。

### 结束语

本文对露天煤矿边坡稳定性的工程地质预测方法进行了介绍和阐述,这些方法在边坡稳定性评估中扮演着重要的角色。通过工程地质预测方法的应用,可以更好地了解 and 掌握露天煤矿边坡稳定性的状况,预防和减少边坡滑坡等灾害的发生,保障矿山的安全生产和经济效益。这些方法在相关领域的研究和应用中具有重要的意义,可以为我们提供更加科学、可靠的依据,为未来的研究和实践提供有益的参考和启示。

### 参考文献

- [1]张云起.露天煤矿边坡稳定性模糊综合评判模型研究[J].中国矿业,2017,26(6):86-91.
- [2]王亮.基于非均质岩体结构特征的露天矿边坡稳定性分析[J].金属矿山,2019(3):43-44.
- [3]胡海涛.基于数值模拟的露天矿边坡稳定性分析[J].煤炭技术,2019(4):16-17.
- [4]周晓光.基于多因素综合评价的露天矿边坡稳定性研究[J].中国矿业大学学报,2018,47(3):47-52.