

非煤矿山边坡治理中锚杆支护技术的应用及效果分析

桑振杰

河北钢铁集团司家营研山铁矿有限公司

摘要：非煤矿山边坡的稳定性对于矿山的安全生产和环境保护至关重要。锚杆支护技术作为一种有效的边坡加固方法，在非煤矿山边坡治理中得到了广泛应用。本文以露天铁矿为例，介绍了锚杆支护技术的设计原理、施工方法和监测手段，并对锚杆支护技术的效果进行了分析，结果表明锚杆支护技术能够有效提高边坡的稳定性，减少边坡的破坏，降低边坡的维护成本，为非煤矿山边坡治理提供了一种可行的技术方案。

关键词：非煤矿山；边坡治理；锚杆支护；技术应用；效果分析

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.20.119

一、引言

非煤矿山在开采过程中，由于地质条件的复杂性和开采方式的多样性，边坡的稳定性问题一直是矿山安全生产的重要隐患。边坡的失稳不仅会造成矿山的生产中断，影响矿山的经济效益，而且会危及矿山的人员安全，破坏矿山的生态环境。因此，采取有效的边坡加固措施对于确保矿山安全生产和环境保护具有重要意义。锚杆支护技术是一种利用锚杆与岩土体的相互作用，提高边坡的整体稳定性和承载能力的边坡加固方法^[1]。锚杆支护技术具有技术先进、经济合理、安全可靠等优点，已经在非煤矿山边坡治理中得到了广泛的应用。锚杆支护技术的关键是根据边坡的地质条件和开采方式，制定合理的锚杆支护设计方案，采用科学的锚杆支护施工方法，实施有效的锚杆支护监测手段，以达到边坡治理的目的。本文以某露天铁矿边坡治理工程为例，介绍了锚杆支护技术的设计原理、施工方法和监测手段，并对锚杆支护技术的效果进行了分析，为非煤矿山边坡治理提供了一种可行的技术方案。

二、锚杆支护技术概述

（一）锚杆支护技术的原理

锚杆支护技术是一种利用锚杆与岩土体的相互作用，提高边坡的整体稳定性和承载能力的边坡加固方法。锚杆一般由锚杆体、锚头、注浆管等组成，通过注浆将锚杆固定在岩土体内，形成有效的支护体系^[2]。锚杆支护技术的基本原理如图1所示。

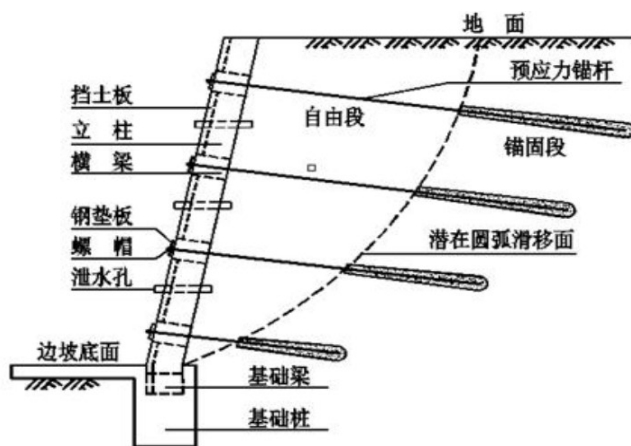


图1 锚杆支护技术的基本原理

（二）锚杆支护技术的作用机理

锚杆支护技术的主要作用机理有以下几方面：

（1）锚杆能够提高边坡的整体稳定性，通过锚杆与岩土体的黏结作用，将边坡的上部和下部连接成一个整体，形成一个稳定的支护结构，抵抗边坡的重力和外力作用，防止边坡的滑动和倾覆。

（2）锚杆能够提高边坡的承载能力，通过锚杆与岩土体的摩擦作用，将边坡的内部应力进行转移和分散，减小边坡的应力集中现象，增强边坡的抗剪强度和抗拉强度，提高边坡的安全系数。

（3）锚杆能够控制边坡的变形，通过锚杆与岩土体的约束作用，限制边坡的离层、张开裂隙等扩容变形，保持边坡的完整性，避免边坡的破坏^[3]。

（三）锚杆支护技术的分类

锚杆支护技术的主要分类有以下几种：

（1）根据锚杆的锚固方式，可分为机械锚杆和化学锚杆。机械锚杆是通过锚杆体上的螺纹或楔形结构与孔壁之间的摩擦力实现锚固的，化学锚杆是通过注入水泥浆或树脂等化学材料与岩土体之间的黏结力实现锚固的。

（2）根据锚杆的锚固长度，可分为全长锚杆和局部锚杆。全长锚杆是指锚杆的全部长度都与岩土体锚固的，局部锚杆是指锚杆的一部分长度与岩土体锚固的。

（3）根据锚杆的锚固状态，可分为预应力锚杆和无预应力锚杆。预应力锚杆是指在锚杆安装后，通过施加一定的拉力，使锚杆与岩土体之间产生一定的预应力

的，无预应力锚杆是指锚杆安装后，不施加任何拉力，锚杆与岩土体之间只有在外力作用下才产生应力的^[4]。

三、锚杆支护技术在非煤矿山边坡治理中的应用

以某露天铁矿边坡治理工程为例，介绍了锚杆支护技术的设计原理、施工方法和监测手段，并对锚杆支护技术的效果进行了分析。

(一) 边坡加固设计

该露天铁矿位于山区，地质条件复杂，边坡高度约为50m，坡度约为45°，岩性为花岗岩，岩体结构较差，存在多条裂隙和节理，边坡的稳定性较低，存在滑动和崩塌的风险。为了保证边坡的安全生产和环境保护，采用锚杆支护技术对边坡进行加固。根据边坡的地质条件和开采方式，采用化学锚杆和预应力锚杆相结合的方式，对边坡进行全长锚固和局部锚固^[5]。锚杆的布置方式如图2所示。

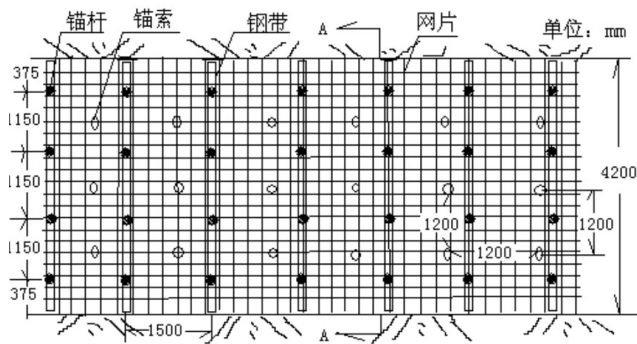


图2 锚杆的布置方式

锚杆的设计参数如表1所示。

表1 锚杆的设计参数

锚杆类型	锚杆直径	锚杆长度	锚杆间距	锚杆倾角	锚杆预应力
化学锚杆	32mm	6m	2m×2m	水平	无
预应力锚杆	32mm	9m	3m×3m	15°	150kN

(二) 施工工艺

锚杆支护技术的施工工艺包括钻孔、安装锚杆、注浆和施加预应力等步骤。具体的施工方法如下：

(1) 钻孔：根据设计要求，使用气动钻机在边坡上钻孔，孔径为38mm，孔深为锚杆长度加0.5m，孔壁应清洁，无泥浆和碎石。

(2) 安装锚杆：将锚杆体和锚头组装好，插入钻孔中，保证锚杆与孔壁之间的间隙均匀，避免产生偏心受力。锚杆的出孔长度应为0.3m，锚头应与边坡表面平齐。

(3) 注浆：使用水泥浆或树脂浆作为注浆材料，采用压力注浆法，从孔底向孔口方向进行注浆，直到浆

液从孔口溢出，保证锚杆与岩土体之间的充分黏结。注浆后，应及时清理孔口的浆液，避免硬化后影响锚头的安装。

(4) 施加预应力：对于预应力锚杆，应在注浆硬化后24h内，使用液压拉伸机，按照设计要求，施加一定的拉力，使锚杆与岩土体之间产生一定的预应力^[6]。施加预应力后，应使用锚杆夹紧器将锚杆固定在锚头上，防止预应力的松弛。

(三) 监测与维护

在锚杆支护技术施工完成后，需要对边坡进行定期的监测和维护。通过监测边坡的变形、应力等参数，评估锚杆支护的效果和边坡的稳定性状况；对出现的异常情况及时进行处理和维护，确保锚杆支护体系的长期有效性。

1. 监测方法

采用以下几种监测方法，对边坡的变形和应力进行监测：

(1) 位移监测：在边坡的关键部位设置位移计，测量边坡的水平位移和垂直位移，分析边坡的变形规律和趋势。位移监测的目的是检测边坡的稳定性和安全性，及时发现边坡的滑动、倾覆、崩塌等危险迹象，为边坡的预警和处置提供依据。位移监测的方法有多种，常用的有测斜仪法、全站仪法、GPS法、光纤法等。

(2) 应力监测：在锚杆的关键部位设置应力计，测量锚杆的轴向应力和剪切应力，分析锚杆的受力状况和预应力的变化。应力监测的目的是检测锚杆的锚固质量和支护效果，及时发现锚杆的松动、断裂、失效等危险迹象，为锚杆的维护和调整提供依据。应力监测的方法有多种，常用的有应变计法、应力波反射法、超声波法等。

(3) 视觉监测：定期对边坡进行视觉检查，观察边坡的裂缝、滑块、崩塌等现象，判断边坡的破坏程度和危险性。视觉监测的目的是检测边坡的表面状况和变化趋势，及时发现边坡的裂缝扩展、滑块移动、崩塌发生等危险迹象，为边坡的修复和防护提供依据。视觉监测的方法有多种，常用的有目测法、摄影法、无人机法等。

2. 维护方法

根据监测结果，对边坡进行以下几种维护方法：

(1) 调整预应力：如果监测发现锚杆的预应力过大或过小，应及时调整锚杆的预应力，使其符合设计要求，保证锚杆的有效作用。调整预应力的目的是保持锚杆与岩土体之间的合理受力状态，避免锚杆的超载或

失效，提高边坡的稳定性和承载能力。调整预应力的方法有多种，常用的有重复张拉法、放松法、增加锚杆法等^[7]。

(2) 补充注浆：如果监测发现锚杆与岩土体之间的黏结强度下降，应及时补充注浆，增强锚杆与岩土体之间的黏结力，防止锚杆的松动和脱落。补充注浆的目的是保持锚杆与岩土体之间的牢固连接，避免锚杆的剪切滑移或拉拔脱锚，提高锚杆的锚固质量和支护效果。补充注浆的方法有多种，常用的有压力注浆法、真空注浆法、自流注浆法等。

(3) 修复裂缝：如果监测发现边坡出现裂缝，应及时修复裂缝，采用灌浆或封堵等方法，阻止裂缝的扩展和渗水，减小裂缝对边坡稳定性的影响。修复裂缝的目的是保持边坡的完整性和连续性，避免边坡的离层、张开、剥离等破坏形式，提高边坡的抗剪强度和抗拉强度^[8]。修复裂缝的方法有多种，常用的有水泥浆灌浆法、化学灌浆法、混凝土封堵法等。

四、锚杆支护技术的效果分析

为了评价锚杆支护技术的效果，对边坡治理前后的变形和应力进行了对比分析。变形分析主要通过位移监测来进行，位移监测是指在边坡的关键部位设置位移计，测量边坡的水平位移和垂直位移，分析边坡的变形规律和趋势。应力分析主要通过应力监测来进行，应力监测是指在锚杆的关键部位设置应力计，测量锚杆的轴向应力和剪切应力，分析锚杆的受力状况和预应力的变化。分析结果如下：

(一) 变形分析

变形分析结果表明，边坡治理后的变形明显减小，边坡的稳定性明显提高。边坡治理前，边坡的水平位移和垂直位移都较大，且呈现增加的趋势，表明边坡存在较大的变形风险。边坡治理后，边坡的水平位移和垂直位移都较小，且基本稳定，表明边坡的变形得到了有效的控制。这说明锚杆支护技术能够通过锚杆与岩土体的约束作用，限制边坡的离层、张开裂隙等扩容变形，保持边坡的完整性，避免边坡的破坏。

(二) 应力分析

应力分析结果表明，锚杆治理后的应力分布合理，锚杆的预应力保持稳定，锚杆的支护作用明显。锚杆治理前，锚杆的轴向应力和剪切应力都较低，且波动较大，表明锚杆与岩土体之间的黏结不牢，锚杆的支护作用不明显。锚杆治理后，锚杆的轴向应力和剪切应力都较高，且基本稳定，表明锚杆与岩土体之间的黏结牢

固，锚杆的支护作用明显。这说明锚杆支护技术能够通过锚杆与岩土体的黏结作用和摩擦作用，将边坡的内部应力进行转移和分散，减小边坡的应力集中现象，增强边坡的抗剪强度和抗拉强度，提高边坡的安全系数。

综上所述，本文的分析结果证明了锚杆支护技术在非煤矿山边坡治理中的有效性和可行性，为非煤矿山边坡治理提供了一种可行的技术方案。

五、结论

锚杆支护技术是一种边坡加固方法，通过利用锚杆与岩土体的相互作用，提高边坡的整体稳定性和承载能力。设计和施工过程中，需要根据边坡的地质条件和开采方式，选择合适的锚杆布置方式、长度、直径、倾角和预应力等参数，并采用科学的施工方法，如钻孔、安装锚杆、注浆和施加预应力。同时，通过位移监测、应力监测和视觉监测等有效的监测手段，评估锚杆支护的效果和边坡的稳定性状况。效果分析表明，边坡治理后的变形明显减小，稳定性明显提高，锚杆的预应力保持稳定，支护作用明显，证明了锚杆支护技术在非煤矿山边坡治理中的有效性和可行性。

参考文献

- [1] 魏凌樛. 边坡支护预应力锚杆施工技术分析[J]. 江西建材, 2023, (07): 282-284.
- [2] 程章银. 边坡锚杆支护施工技术探析[J]. 江西建材, 2023, (11): 244-246.
- [3] 王欣然. 土木工程中边坡支护技术的应用研究[J]. 房地产世界, 2023, (20): 129-131.
- [4] 康体, 王勇, 罗长翔, 等. 锚杆支护技术在公路施工中的应用[J]. 建筑技术, 2020, 51(10): 1172-1175.
- [5] 谢龙飞. 公路工程边坡支护技术研究[J]. 交通世界, 2022, (13): 155-156.
- [6] 李瑞祥. 边坡格构式锚杆支护施工技术与应用[J]. 散装水泥, 2023, (04): 78-80.
- [7] 文维. 某水库高边坡开挖施工中边坡支护技术分析[J]. 河南水利与南水北调, 2023, 52(06): 60-61.
- [8] 李海成. 水电工程边坡锚杆支护位移自动监测技术研究[J]. 自动化与仪器仪表, 2021, (12): 97-100.

作者简介：桑振杰，1996年5月，男，汉族，甘肃省民勤县，大学本科，助理工程师，职务：科员，研究方向或从事的工作：基建项目预算员、工程管理员。