

煤矿掘进中的巷道稳定性分析与加固

李鹏飞

河南能源集团焦煤公司赵固一矿 河南 焦作 454000

摘要: 随着煤矿开采深度的不断增加,巷道掘进过程中的围岩稳定性问题日益凸显。巷道作为煤矿开采的主要通道,其稳定性直接关系到煤矿生产的安全与效率。本文深入分析了煤矿掘进中巷道稳定性的影响因素,并详细探讨了有效的加固措施,以期为煤矿安全生产提供参考。

关键词: 煤矿掘进;巷道稳定性;影响因素;加固措施

引言

巷道掘进是煤矿开采过程中的重要环节,其稳定性受到多种因素的影响。随着开采深度的增加,地应力逐渐增大,围岩条件恶化,巷道稳定性问题愈发突出。因此,对巷道稳定性进行深入分析,并采取相应的加固措施,对于保障煤矿安全生产具有重要意义。

1 巷道稳定性影响因素分析

1.1 地质环境因素

1.1.1 围岩应力

巷道开挖后,原有的地应力平衡状态被打破,围岩应力将重新分布,形成一个新的次生应力场。这个次生应力场对巷道的稳定性有着至关重要的影响。当围岩应力超过围岩的承载能力(即围岩强度)时,巷道将发生变形甚至破坏。随着开采深度的增加,地应力逐渐增大,巷道所承受的围岩压力也随之增加,导致巷道稳定性显著降低。在深部开采中,由于岩体的重力应力大幅增加,巷道围岩的变形和破坏现象更为严重,可能出现片帮、冒顶等安全隐患。

1.1.2 围岩岩性及结构

围岩的岩性和结构对巷道稳定性有着显著的影响。塑性围岩,如粘土质岩石、破碎松散岩石等,由于其强度较低、易风化,对巷道稳定性极为不利。这类围岩在开挖后容易发生变形和破坏,需要采取特殊的支护措施来维持巷道的稳定。而脆性围岩,如坚硬及半坚硬岩体,虽然强度较高,但其稳定性受结构面发育程度的影响也较大^[1]。例如,厚层状及块状结构的脆性围岩,其强度主要受软弱结构面的发育和分布特点所控制。如果软弱结构面发育且分布不规律,巷道的稳定性将受到严重威胁。

1.1.3 地下水

地下水对巷道稳定性的影响不容忽视。地下水的存在会软化围岩,降低其强度和稳定性。同时,地下水还

会增加围岩的自重和渗流压力,进一步加剧巷道的变形和破坏。在含水丰富的煤层中,巷道开挖后容易出现渗水现象,导致围岩软化、膨胀,进而引发巷道变形、裂缝和垮塌等安全问题。因此,在巷道设计和施工过程中,需要充分考虑地下水的影响,采取有效的防水和排水措施。

1.2 主观因素

1.2.1 巷道断面形状与尺寸

巷道断面形状和尺寸对围岩应力分布和变形有着重要影响。合理的断面形状和尺寸能够优化围岩应力分布,降低围岩的应力集中程度,从而提高巷道的稳定性。例如,在煤矿巷道中,梯形断面较为常见。这种断面形状能够较好地适应围岩应力分布特点,提高巷道的承载能力。同时,合理的断面尺寸也能够确保巷道内有足够的空间进行通风、运输和人员通行,满足矿井生产的需要。

1.2.2 支护措施

支护措施是维持巷道稳定性的重要手段。合理的支护方式和参数能够有效控制围岩变形,防止巷道发生破坏。锚杆支护是一种常用的支护方式,它通过插入地层中的锚杆承受拉力,将围岩紧固在一起,实现对巷道的加固和支护。注浆加固则是通过向围岩中注入浆液填充裂隙和孔隙,提高围岩的强度和整体性,从而增强巷道的稳定性。在选择支护措施时,需要根据巷道的实际情况和地质条件进行综合考虑,确保支护措施的有效性和可靠性。

1.2.3 掘进破岩方法

掘进破岩方法对巷道稳定性也有一定影响。采用不同的破岩方法会对围岩产生不同程度的扰动,进而影响巷道的稳定性。在坚硬岩层中采用钻爆法掘进时,应合理控制炮眼间距和装药量,以减少对围岩的破坏。过大的炮眼间距和装药量会导致围岩过度破碎和松动,降低

巷道的稳定性。而采用机械破岩方法时,如掘进机或盾构机等,可以减少对围岩的扰动,提高巷道的稳定性。因此,在选择掘进破岩方法时,需要充分考虑围岩的性质和巷道的稳定性要求,选择合理的破岩方法和参数。

2 煤矿掘进中巷道稳定性分析方法概述

2.1 强度准则法

强度准则法是一种基于力学原理的巷道稳定性分析方法,其核心思想是将巷道周边的最大环向应力达到极限应力值作为巷道失去稳定性的条件。具体来说,该方法通过计算巷道周边各点的环向应力,并将其与围岩的极限应力(如抗压强度、抗拉强度等)进行比较,从而判断巷道的稳定性。在煤矿掘进过程中,强度准则法的应用十分广泛。例如,可以利用弹性力学或塑性力学的基本理论,结合巷道的几何形状、开挖方式、围岩性质等因素,计算出巷道周边的环向应力分布。然后,通过现场实测或实验室试验获取围岩的极限应力值,将计算得到的环向应力与极限应力进行比较^[2]。如果环向应力接近或超过极限应力,就说明巷道可能处于不稳定状态,需要采取相应的加固措施。强度准则法特别适用于顶底板和两帮中点上的环向应力计算,因为这些部位往往是巷道稳定性最薄弱的环节。通过针对性的计算和分析,可以及时发现并处理这些潜在的安全隐患。

2.2 变形准则法

变形准则法是一种基于巷道围岩实际变形情况的稳定性分析方法。该方法通过比较巷道围岩的实际变形量与极限变形值,来判断围岩是否失稳。变形准则法适用于弹塑性围岩条件,能够直观地反映巷道的变形情况,为巷道支护设计提供重要依据。在煤矿巷道掘进后,可以利用测量仪器对巷道围岩的变形量进行实时监测。通过对比实际变形量与预先设定的极限变形值,可以判断围岩是否处于稳定状态。如果变形量超过极限变形值,就表明围岩已经失稳或即将失稳,需要立即采取加固措施来防止巷道坍塌或破坏。变形准则法的优点在于能够直接反映巷道的变形情况,为巷道支护设计提供直观的依据。同时,该方法还可以考虑围岩的塑性变形特性,更加符合实际工程情况。

2.3 稳定性分级法

稳定性分级法是一种综合性的巷道稳定性评价方法。该方法利用综合指标和单一指标将岩体划分为具有不同程度的有限级别,以评价围岩的稳定程度。稳定性分级法适用于各类工程评价围岩稳定程度时应用,特别是在煤矿巷道掘进过程中具有广泛的应用价值。在煤矿巷道掘进过程中,可以根据围岩的岩性、结构、应力状

态、含水情况等因素进行综合评估。通过现场调查、实验室试验和数值模拟等手段获取相关数据,然后利用稳定性分级法对这些数据进行处理和分析,将围岩划分为不同的稳定级别。稳定性分级法的优点在于能够综合考虑多种因素对围岩稳定性的影响,更加全面地评价巷道的稳定性。同时,该方法还可以为巷道支护设计提供有针对性的建议和指导,确保巷道在掘进过程中保持稳定和安全。根据稳定性分级结果,可以制定相应的支护措施和施工方案,确保煤矿巷道的顺利掘进和生产安全。

3 煤矿掘进中巷道加固措施研究

3.1 锚杆支护加固技术

锚杆支护作为一种成熟且广泛应用的巷道加固技术,其核心在于利用锚杆在岩石中的拉力特性,实现对巷道的稳定支护。

3.1.1 施工方法

锚杆支护的施工过程严谨而有序。首先,根据巷道围岩的实际情况和支护设计要求,确定锚杆的规格、孔深和孔径。然后,在巷道壁上进行钻孔作业,确保孔洞的位置、深度和直径均满足锚杆插入的需求。接下来,将锚杆插入孔洞中,并通过注浆材料进行固定。注浆材料通常选择具有高强度和良好流动性的水泥浆或化学浆液,以确保锚杆与围岩之间的紧密连接。最后,将锚杆的尾部与巷道壁通过特定的连接件固定,形成稳定的支护结构。锚杆的间距和排距需根据巷道围岩的具体力学性质和变形情况进行科学设计,以确保支护效果达到最佳^[3]。在施工过程中,还需注意以下几点:一是钻孔作业时必须保持孔洞的清洁,避免杂物进入影响锚杆的插入和注浆效果;二是注浆材料的选择和配比需严格按照设计要求进行,以确保注浆后的锚杆具有足够的承载力和稳定性;三是锚杆的插入深度和角度需严格控制,以确保锚杆在围岩中的受力状态符合设计要求。

3.1.2 优点分析

锚杆支护技术之所以在煤矿掘进中得到广泛应用,主要得益于其显著的优点。首先,锚杆支护能够有效提高巷道的稳定性和安全性。通过锚杆的拉力作用,可以抵抗围岩的变形压力,防止巷道发生塌方和冒顶等严重事故。其次,锚杆支护具有经济高效的特点。与传统的支护方式相比,锚杆支护所需的材料和劳动力资源相对较少,施工周期短,能够显著提高工程效率。此外,锚杆支护还具有较强的适应性。无论巷道围岩的力学性质如何变化,都可以通过调整锚杆的规格、间距和排距来适应,确保支护效果始终保持在最佳状态。

3.2 注浆加固技术

注浆加固技术是一种通过向巷道围岩中注入浆液,填充裂隙和孔隙,提高围岩强度和整体性的加固方法。

3.2.1 注浆材料选择

注浆材料的选择是注浆加固技术的关键。常用的注浆材料有硅酸盐水泥、矿物质胶泥等。硅酸盐水泥具有良好的物理化学性质、较高的强度和稳定性,能够满足大多数巷道围岩的注浆加固要求。矿物质胶泥则具有优异的粘结性和渗透性,适用于裂隙发育较为严重的围岩加固。在选择注浆材料时,需充分考虑巷道围岩的具体情况和加固要求,确保注浆材料能够与围岩形成良好的粘结,提高加固效果。

3.2.2 注浆压力控制

注浆压力的大小直接影响注浆材料的渗透和均匀分布。合理的注浆压力能够确保浆液充分填充裂隙和孔隙,提高加固效果。注浆压力的选择需根据巷道围岩的渗透性和裂隙发育程度进行确定。在注浆过程中,应严格控制注浆压力的变化范围,避免压力过大导致围岩破裂或浆液流失,同时也要避免压力过小导致浆液无法充分渗透和填充裂隙。

3.2.3 注浆方式选择

注浆方式的选择也是注浆加固技术的重要环节。常见的注浆方式有倒灌法、喷涂法等。倒灌法是将注浆材料进行往返倒灌,使其完全充满裂缝和空隙。这种方法适用于裂隙发育较为严重的巷道围岩加固。喷涂法则是利用高压泵将注浆材料喷涂到巷道壁面上,使其快速凝结形成加固层。这种方法适用于巷道壁面较为平整的区域加固。在实际应用中,应根据巷道围岩的具体情况和加固要求选择合适的注浆方式,以提高加固效率和质量。注浆加固技术的优点在于能够显著提高围岩的强度和整体性,增强巷道的稳定性。通过注浆材料的填充作用,可以消除围岩中的裂隙和孔隙,防止水分和气体的渗透,减少巷道围岩的变形和破坏^[4]。同时,注浆加固技术还具有施工简便、成本较低等优点,适用于各种复杂地质条件下的巷道加固施工。

3.3 联合支护技术

联合支护技术是将多种支护方式相结合,形成综合支护体系的一种加固方法。在煤矿掘进中,联合支护技术常用于复杂地质条件下的巷道加固施工。

3.3.1 联合支护方式

联合支护方式的选择需根据巷道围岩的具体情况和支护要求进行确定。常见的联合支护方式有锚杆锚索联合支护、锚杆与金属网联合支护等。锚杆锚索联合支护

通过结合锚杆和锚索的优点,形成更加稳定可靠的支护结构。锚杆提供主要的拉力支撑,而锚索则通过其较长的长度和较大的直径,提供更强的抗拉和抗剪能力。这种联合支护方式适用于围岩变形较大、裂隙发育较为严重的巷道加固。锚杆与金属网联合支护则通过金属网的约束作用,增强锚杆支护的整体性和稳定性。金属网能够覆盖巷道壁面,将锚杆连接成一个整体,形成一个稳定的支护结构。这种联合支护方式适用于巷道壁面较为破碎、需要增强整体稳定性的情况。

3.3.2 优点分析

联合支护技术的优点在于能够提高巷道的承载能力和稳定性。通过结合多种支护方式的优点,能够形成更加适应复杂地质条件的支护体系。同时,联合支护还具有适应性强、施工灵活等优点。在实际应用中,可以根据巷道掘进过程中的实际情况对支护方式进行调整和优化。例如,在巷道掘进过程中遇到地质条件变化时,可以及时调整锚杆的规格、间距和排距,或者增加锚索的数量和长度,以确保支护效果始终保持在最佳状态。此外,联合支护技术还能够节省材料和劳动力资源,提高工程效率。通过合理选择支护方式和优化施工工艺,可以减少支护材料的消耗和施工时间,降低工程成本。同时,联合支护技术还能够提高巷道的安全性和可靠性,为煤矿生产提供有力的保障。

结语

煤矿掘进中巷道稳定性分析与加固研究是保障煤矿安全生产的重要环节。通过深入分析巷道稳定性的影响因素和采用有效的加固措施,能够显著提高巷道的稳定性和安全性。未来,随着科技的不断进步和发展,巷道稳定性分析与加固技术将不断完善和创新。例如,可以进一步研发新型支护材料和支护技术,提高支护效果和施工效率;同时,还可以加强巷道稳定性监测和预警系统的建设,及时发现并处理潜在的安全隐患。这些措施将为煤矿安全生产提供更加可靠的技术支持。

参考文献

- [1]李亮,韩顺明.煤矿快速掘进巷道围岩稳定性分析与支护设计分析[J].冶金与材料,2024,44(09):187-189.
- [2]郑茂莹,王兴龙,李政伟.煤矿巷道掘进围岩变形及稳定性分析[J].山东煤炭科技,2023,41(09):65-68.
- [3]王浩,赵伟.煤矿破碎围岩巷道支护机理和加固特性研究[J].新疆钢铁,2024,(01):40-42.
- [4]原来.煤矿巷道围岩控制与加固技术研究[J].矿业装备,2022,(02):92-93.