

煤矿掘进巷道支护设计分析研究

马海波

国家能源集团宁夏煤业任家庄煤矿 宁夏 银川 750000

摘要: 煤矿开采对巷道支护技术要求严格。经过多年的开采,很多浅层的煤炭资源已经逐步被开发,现如今更多的煤矿开采都集中在深层,随着生产规模的不断扩大,其开采条件也越来越复杂,所以在开采过程中,对巷道掘进和支护的要求越来越严格,需要加大掘进和支护方式的力度,以此来实现煤矿开采的高效率,提高煤矿企业的经济效益。所以,对煤矿掘进巷道支护设计分析展开深入研究是非常有必要的。

关键词: 煤矿;掘进巷道;支护设计

引言: 煤矿掘进巷道支护设计是煤炭开采过程中的核心环节,其重要性不言而喻。随着煤炭资源的不断开发,地质条件愈发复杂多变,巷道支护面临着前所未有的挑战。一个科学合理的支护设计能有效保障巷道的稳定性和安全性,防止因地质灾害导致的人员伤亡和财产损失,还能显著提高煤炭开采效率,确保煤炭资源的顺利回收。与此同时,合理的支护设计还有助于降低生产成本,提高煤矿企业的经济效益。基于此,论文重点探讨了煤矿掘进巷道支护设计的影响因素并提出了煤矿掘进巷道常用支护方法,以期对煤矿行业的健康发展提供有益参考。

1 煤矿掘进巷道支护设计的必要性

1.1 保障巷道稳定性

在煤矿井下,掘进巷道破坏了原岩的应力平衡状态,导致围岩产生应力重新分布与变形。若不进行有效的支护,围岩可能会发生过度变形、垮落甚至坍塌,使巷道失去使用功能。合理的支护设计能够提供足够的支撑力与约束力,限制围岩的变形与破坏,维持巷道的稳定几何形状,确保通风、运输、行人等作业的正常进行。

1.2 确保人员与设备安全

不稳定的巷道环境对井下作业人员的安全构成严重威胁,可能引发片帮、冒顶等事故。严重时,也会损坏采掘设备、运输设备等,影响煤矿生产的连续性^[1]。可靠的支护系统能够为人员和设备创造安全的作业空间,降低事故发生的概率,保障煤矿生产活动的顺利开展。

1.3 提高煤炭资源回收率

良好的支护设计可有效控制巷道围岩变形,减小预留煤柱尺寸或实现无煤柱开采,从而提高煤炭资源的回收率。在资源日益稀缺的背景下,这种优势对于延长煤矿服务年限、提高企业经济效益具有重要意义。

1.4 降低维护成本

科学合理的支护方案能减少巷道在使用过程中的维修次数与维修工作量,降低支护材料的消耗与更换频率,节约人力、物力与财力资源。相反,不合理的支护设计可能导致巷道频繁出现问题,需要投入大量资金进行维护与修复,无疑大幅度增加了生产成本。

2 煤矿掘进巷道支护设计的影响因素

2.1 围岩特性

2.1.1 岩石强度

岩石的单轴抗压强度、抗拉强度、抗剪强度等是衡量岩石抵抗破坏能力的重要指标。高强度岩石在相同应力条件下变形较小,对支护结构的要求相对较低;而低强度岩石容易发生变形与破坏,需要较强的支护措施来维持巷道稳定。

2.1.2 岩体完整性

岩体的完整性用岩体完整性系数表示,它反映了岩体中节理、裂隙等结构面的发育程度。完整性好的岩体,其力学性能接近岩石试件,支护设计可相对简化;完整性差的岩体,结构面成为应力集中与变形的薄弱环节,需重点考虑对结构面的加固与控制。

2.1.3 岩石的变形特性

岩石的弹性模量和泊松比决定了其在受力时的变形特征。弹性模量越大,岩石在相同应力下的变形越小;泊松比反映了岩石横向变形与纵向变形的关系。了解岩石的变形特性有助于选择合适的支护时机与支护刚度,以达到最佳的变形控制效果。

2.2 地应力

地应力是存在于地壳中的天然应力,包括自重应力和构造应力。在煤矿掘进巷道中,地应力的大小与方向对围岩稳定性有着重要影响。高水平应力可能导致巷道围岩发生剪切破坏、片帮等现象,而垂直应力较大时可能引起顶板下沉、底鼓等问题。在支护设计前,准确测

定地应力的大小、方向与分布规律是至关重要的，以便采取相应的支护策略来平衡或抵消地应力的不利影响。

2.3 地下水

地下水对煤矿掘进巷道围岩的影响主要体现在两个方面。一方面，水的存在会降低岩石的强度，使岩石中的某些矿物质发生溶解或软化反应，削弱岩石的力学性能；另一方面，地下水在岩体孔隙或裂隙中的流动会产生动水压力，进一步加剧围岩的变形与破坏^[2]。因此，在支护设计时，对于富水区域的巷道，需要考虑采取防水、排水措施，并加强支护结构的抗水侵蚀能力。

2.4 巷道断面形状与尺寸

巷道的断面形状和尺寸直接影响围岩的应力分布状态。一般来说，圆形或椭圆形断面的应力分布较为均匀，有利于巷道的稳定；而矩形或梯形断面在角部容易出现应力集中现象，需要在角部采取特殊的支护加强措施。再加上，大断面巷道由于开挖跨度大，围岩的自稳能力相对较差，使得对支护结构的承载能力与刚度要求也更高了。

2.5 开采深度

现代煤矿开采深度的增加，促使地应力水平逐渐升高，围岩的温度也会升高，岩石的力学性质发生变化，如岩石的脆性增加、强度降低等。而且，深部巷道面临的地质构造更为复杂，如断层、褶皱等增多。这些因素都使得深部巷道的支护难度增大，需在支护设计中充分考虑深部开采的特殊环境与要求。

3 煤矿掘进巷道常用支护方法

3.1 锚杆支护

锚杆支护，作为煤矿掘进巷道支护的重要技术之一，通过将锚杆深入围岩内部，与围岩形成紧密的联结，成功实现了对巷道的有效支护。锚杆支护的原理主要依赖于锚杆与围岩之间的粘结力、摩擦力以及锚杆自身的抗拉强度，这些力量共同作用，将围岩的松动部分与稳定岩体牢固地连接在一起，形成了一个整体的承载结构。

而实际应用中，锚杆支护同样展现出了其独特的优势。不同类型的锚杆，如普通锚杆、树脂锚杆和锚索，分别适用于不同的围岩条件和巷道环境。普通锚杆在围岩条件较好、应力较小的情况下表现出色；树脂锚杆则以其锚固力强、安装方便的特点，广泛应用于各类巷道支护中；而锚索，则因其长度长、锚固力大的特点，成为了深部高应力或大变形巷道支护的首选。在锚杆支护的设计与实施过程中，锚杆的参数选择至关重要。锚杆的长度、直径、间距、排距以及预紧力等参数，都需严

格根据具体的巷道条件和围岩特性进行合理确定。如，锚杆的长度需根据围岩松动圈厚度和巷道跨度来确定，以确保锚杆能够深入到稳定岩体中；锚杆的直径则要根据其承载能力要求来选择，以确保支护效果；而间距与排距的确定，则需综合考虑围岩的稳定性和支护成本，以实现支护效果与经济效益的最佳平衡。预紧力作为锚杆发挥作用的关键参数，其大小直接影响到锚杆的支护效果，因而，针对实际操作而言，必须确保锚杆具有足够的预紧力，以在围岩变形初期就提供有效的支护力，从而减小围岩的变形量，最终确保巷道的稳定性和安全性。

3.2 喷射混凝土支护

喷射混凝土支护是煤矿掘进巷道中一种高效且常用的支护方法。它利用混凝土材料快速封闭围岩表面，有效防止围岩因风化、潮解而导致的强度降低^[3]。喷射混凝土与围岩紧密结合，为围岩提供径向支护力，改善其受力状态，显著提升围岩的抗剪能力和整体稳定性。在破碎围岩或节理裂隙发育的巷道中，喷射混凝土还能填充围岩的空隙与裂隙，增强围岩的完整性，进一步巩固支护效果。

喷射混凝土材料主要由水泥、骨料（砂与石子）及外加剂组成，利用精心配比，最大程度上确保混凝土性能满足支护需求。施工工艺包括干喷、湿喷与潮喷，其中湿喷工艺因粉尘少、回弹率低、混凝土质量优而备受青睐。湿喷工艺则利用泵送和压缩空气将搅拌好的混凝土混合料喷射至围岩表面，形成坚固的支护层，从而为巷道安全提供有力保障。

3.3 金属支架支护

金属支架支护的应用不仅在于其结构的多样性和适应性，更在于其在实际施工中的灵活性和可靠性。梯形支架虽然成本较低，易于加工，但在面对复杂多变的地质条件时，其局限性也显而易见。因此，在设计和选择梯形支架时，必须充分考虑巷道的具体情况和潜在风险，确保支架的承载能力能够满足实际需求。

而拱形支架则以其更强的承载能力和更佳稳定性，成为许多高应力、大变形巷道的首选。其形状和尺寸的设计，往往需要依据巷道断面的具体形状和围岩的物理力学性质进行精确计算。半圆拱、三心拱等不同形状的拱形支架，各有其独特的优势和应用场景，选择合适的支架形状对于确保巷道的稳定性和安全性至关重要。在安装金属支架时，施工人员必须严格遵守操作规程，确保支架的垂直度和间距符合设计要求。同时，为了防止支架生锈腐蚀，必须采取有效的防腐措施，如涂刷防锈漆、使用耐腐蚀材料等，从而延长支架的使用寿命。

命,降低维护成本。

3.4 联合支护

在煤矿掘进巷道工程中,面对复杂多变的地质条件,联合支护技术以其独特的优势成为了保障巷道稳定性的重要手段。联合支护不单单融合了多种支护方法的优点,还通过科学合理的组合,实现了支护效果的最大化。在实际应用中,联合支护的组合形式多种多样,以适应不同地质条件下的巷道支护需求。如,锚杆与喷射混凝土的联合支护,既利用了锚杆的锚固作用,又发挥了喷射混凝土的封闭和承载能力,使得巷道围岩得到了有效的加固和保护。而锚杆与金属支架的联合支护,则进一步增强了巷道的承载能力,特别是在高应力或软弱围岩条件下,这种组合能够显著提高巷道的稳定性。

在设计联合支护方案时,工程师们需慎重地综合考虑多种因素,如围岩的物理力学性质、地应力的方向与大小、巷道断面尺寸以及施工条件等。采用精确的计算和分析,在此基础上,确定各种支护方法的主次关系和施工顺序,以确保支护效果的最佳化。另一方面,联合支护还注重各种支护方法之间的协同作用^[4]。例如,锚杆的预紧力需要与喷射混凝土的强度相匹配,以确保围岩的加固效果;金属支架的刚度则需与巷道的变形特性相适应,尽可能避免因支架刚度过大而导致围岩过度受压。以上协同作用的设计和施工,对于提高联合支护的整体效果至关重要。

3.5 注浆加固支护

注浆加固支护是通过向围岩裂隙或松散体中注入浆液,利用浆液的凝结固化作用,增强围岩的整体性和强度,从而提高巷道的稳定性。注浆材料主要有水泥浆、化学浆液等,根据围岩的特性和施工条件选择合适的注浆材料。

注浆加固支护适用于围岩破碎、裂隙发育、强度低的巷道。注浆前,应对巷道进行详细的勘察,确定注浆孔的位置、深度、间距等参数。注浆过程中,应严格控制注浆压力和注浆量,确保浆液能够充分填充围岩的裂隙和空隙。注浆后,应等待浆液完全凝结固化,再进行后续的支护工作。注浆加固支护能够提高围岩的强度和稳定性的同时,还能够有效减少巷道的维护成本,延长巷道的使用寿命。

3.6 锚索+网片联合支护

在煤矿掘进巷道工程中,联合支护技术以其显著的

优势成为应对复杂地质条件、保障巷道稳定性的关键手段。该技术融合了多种支护方法的优点,在科学合理的组合后,最终实现了支护效果的最大化。

联合支护的组合形式丰富多样,旨在适应不同地质条件下的巷道支护需求。锚杆与喷射混凝土的联合应用,不只是充分发挥了锚杆的锚固作用,还充分借助喷射混凝土的封闭和承载能力,有效加固和保护了巷道围岩^[5]。而锚杆与金属支架的联合使用,则进一步提升了巷道的承载能力,尤其在高应力或软弱围岩条件下,这种组合能显著提高巷道的稳定性。

在设计联合支护方案时,工程师们需全面考虑围岩的物理力学性质、地应力的方向与大小、巷道断面尺寸以及施工条件等多种因素。采取精确的计算和分析,是他们能够确定各种支护方法的主次关系和施工顺序,以确保支护效果达到最佳。此外,值得肯定的是,联合支护还特别注重各种支护方法之间的协同作用。例如,锚杆的预紧力与喷射混凝土的强度需相匹配,以确保围岩得到充分的加固;金属支架的刚度则需与巷道的变形特性相适应,避免过度受压导致围岩受损。具有协同作用的设计和施工,对于提升联合支护的整体效果具有至关重要的作用,从而确保了巷道在复杂地质条件下的稳定性和安全性。

结语:综上所述,煤矿掘进巷道支护设计分析在保障人员安全、提高生产效率、提升资源回收率以及实现经济效益最大化等方面都具有不可替代的必要性,是煤矿开采作业中至关重要的环节,值得煤矿企业和相关研究人员高度重视并深入开展研究与实践。未来,应持续深化研究与实践,推动技术创新与发展。

参考文献

- [1]崔帅帅.煤矿掘进巷道支护设计分析研究[J].工程研究与实用,2024,5(1). DOI:10.37155/2717-5316-0501-57.
- [2]闫伟.煤炭采矿工程巷道掘进和支护技术分析[J].低碳世界,2024,14(2):49-51.
- [3]路文斌,伊正红.煤矿大断面巷道掘进支护技术设计及应用研究[J].中国设备工程,2023(7):204-206.
- [4]王慧栋.煤矿巷道快速掘进支护方案优化路径研究[J].能源与节能,2024(5):25-29.
- [5]穆海旺.煤矿巷道掘进施工及顶板支护技术研究[J].煤炭新视界,2024(1):196-198.