

煤矿掘进巷道支护技术优化与应用研究

陈爱喜

国电建投内蒙古能源有限公司 内蒙古 鄂尔多斯 017209

摘 要: 煤矿掘进巷道支护技术是确保矿井安全高效生产的关键环节。本文分析了煤矿掘进巷道支护技术的现状,指出了支护材料选择不当、支护结构设计不合理、施工质量不过关等问题。通过优化支护材料、支护结构和施工质量管理,以及应用新型支护技术如钻锚一体化锚杆、自动支护系统和喷涂自动化技术等,可以显著提升支护效果。同时,推进掘进智能化发展,加强超前探测、自动化截割、临时支护等关键技术研发,将为煤矿巷道快速掘进与支护提供有力支撑。

关键词: 煤矿掘进巷道; 支护技术; 优化应用; 智能化发展

1 引言

煤矿掘进巷道支护是煤矿开采过程中的重要环节,其稳定性和安全性直接关系到矿井的生产效率和矿工的生命安全。随着煤炭需求的不断增长和开采深度的逐渐增加,煤矿掘进巷道面临着更加复杂的地质条件和更加严峻的安全挑战。因此,对煤矿掘进巷道支护技术进行优化与应用研究,对于提高煤矿开采的安全性和效率具有重要意义。

2 煤矿掘进巷道支护技术的现状

2.1 支护技术种类

目前,煤矿掘进巷道支护技术主要包括锚杆支护、喷射混凝土支护、棚式支护、整体混凝土支护等多种方式。其中,锚杆支护因其施工方便、支护效果好、成本相对较低等优点,在煤矿巷道支护中得到了广泛应用。锚杆支护通过向巷道围岩钻孔,并在孔内安装和锚固由金属等制成的杆件,达到支护目的。根据锚固方式的不同,锚杆可分为端部固定式、全长固定式及混合式三类。

2.2 存在的问题

2.2.1 支护材料选择不当

在一些煤矿中,仍然存在选择传统支护材料的问题,如木材、钢材等。这些材料在使用过程中存在腐蚀、变形、易燃等问题,难以满足掘进巷道支护的要求。例如,木材在潮湿环境下容易腐烂,钢材则容易生锈,这些都会影响支护结构的稳定性和安全性。

2.2.2 支护结构设计不合理

部分煤矿在支护结构设计中没有充分考虑矿井地质条件和开采工艺的特点,导致支护结构不够稳定。例如,在一些地质条件复杂的区域,没有采用足够的支护强度或合理的支护形式,使得支护结构在巷道掘进过程中容易出现变形或破坏^[1]。一些煤矿在支护结构设计中只

注重初始阶段的稳定性,忽视了后期的变形和破坏。随着巷道掘进和回采的进行,围岩的应力状态会发生变化,如果支护结构不能适应这种变化,就容易出现质量问题。

2.2.3 施工质量不过关

施工人员的技能水平和责任意识对支护质量有着重要影响。在一些煤矿中,由于施工人员缺乏专业的培训和经验,导致支护施工存在质量问题。例如,锚杆的安装角度、深度、锚固力等不符合要求,喷射混凝土的厚度、强度等不达标,这些都会影响支护效果。施工现场的管理和监督也存在不足。一些煤矿在支护施工过程中缺乏有效的质量监控措施,导致施工质量得不到保障。例如,没有严格按照施工规范进行操作,没有对施工质量进行及时的检查和验收等。

3 煤矿掘进巷道支护技术的优化措施

3.1 支护材料的优化

3.1.1 采用新型支护材料

随着科技的不断进步,新型支护材料不断涌现。煤矿可以考虑采用聚合物材料、复合材料等新型支护材料。聚合物材料具有耐腐蚀、高强度、阻燃等优点,能够更好地满足掘进巷道支护的要求。例如,聚合物锚杆具有重量轻、耐腐蚀、锚固力大等特点,适用于各种地质条件下的巷道支护。复合材料则结合了多种材料的优点,具有更高的性能和更广泛的应用前景。

3.1.2 对传统支护材料进行改进

对于传统的支护材料,如钢材和木材,可以通过改进其性能来提高支护效果。对于钢材,可以进行防腐处理,采用热镀锌、环氧涂层等工艺,提高其耐腐蚀性能,延长其使用寿命。对于木材,可以进行防腐、防火处理,采用化学药剂浸泡、涂刷防火涂料等方法,增强其防腐和防火能力。此外,还可以研发新型钢材和木材

支护产品,如高强度钢材锚杆、防火木材支护等。

3.2 支护结构的优化

3.2.1 充分考虑地质条件和开采工艺

在支护结构设计时,应充分考虑矿井的地质条件和开采工艺特点。例如,在地质条件复杂的区域,如断层带、破碎带、软岩区域等,应采用高强度、高稳定性的支护结构。可以采用联合支护的方式,如锚杆-喷射混凝土联合支护、锚杆-棚式支护联合支护等,以提高支护效果。在开采深度较大的矿井中,应考虑到地压的影响,采用合理的支护形式和参数^[2]。可以通过数值模拟和现场监测等方法,分析地压的分布规律和大小,从而确定合适的支护强度和支护间距。

3.2.2 注重支护结构的整体性和协调性

支护结构应具有良好的整体性和协调性,以确保其能够承受巷道掘进和回采过程中的各种荷载。例如,在采用锚杆支护时,应合理布置锚杆的间距和排距,使其形成稳定的支护体系。锚杆的间距和排距应根据围岩的稳定性、岩层的性质等因素确定,过大或过小都会影响支护效果。在采用喷射混凝土支护时,应确保混凝土与围岩之间的粘结牢固可靠。可以通过优化喷射工艺、添加粘结剂等方法,提高混凝土与围岩的粘结强度。

3.2.3 利用数值模拟和试验研究

为了验证支护结构的可行性和稳定性,可以利用数值模拟和试验研究等方法进行分析。数值模拟可以通过建立巷道围岩和支护结构的力学模型,模拟巷道掘进和回采过程中的围岩变形和支护结构受力情况。通过数值模拟,可以预测支护结构的性能,优化支护参数。试验研究可以通过实验室试验和现场试验,测试支护材料的性能和支护结构的承载能力。例如,在实验室中对锚杆进行拉拔试验,测定其锚固力;在现场对支护结构进行监测,了解其受力状态和变形情况。这些方法可以为支护结构的设计和优化提供科学依据。

3.3 施工质量的优化

3.3.1 加强施工人员的培训和管理

提高施工人员的技能水平和责任意识是确保支护施工质量的关键。煤矿应加强对施工人员的培训和管理,使其掌握正确的施工方法和操作技能。可以定期组织施工人员参加专业技能培训课程,邀请专家进行授课和指导。同时,建立施工质量责任制,对施工质量进行严格的考核和奖惩。对于施工质量好的施工人员给予奖励,对于施工质量差的施工人员进行处罚,以提高施工人员的责任意识和工作积极性。

3.3.2 加强现场管理和监督

在支护施工过程中,应加强现场管理和监督,确保施工质量符合规范要求。建立施工现场质量监控体系,对施工质量进行实时的监控和记录。可以安排专人负责现场质量检查,对施工过程中的每一个环节进行严格把关。加强对施工材料和设备的检查和维护,确保其性能良好。定期对施工材料进行抽检,检查其质量是否符合要求;对施工设备进行保养和维修,保证其正常运行。对施工质量进行定期的检查和验收,及时发现和纠正问题。可以制定详细的施工质量验收标准,按照标准对支护工程进行验收,对于不合格的工程要及时进行整改。

4 煤矿掘进巷道支护技术的新应用

4.1 钻锚一体化锚杆技术

钻锚一体化锚杆技术是一种将钻孔和锚杆安装集成在一起的新型支护技术。它通过在锚杆杆体上集成钻孔装置,实现了钻孔和锚杆安装的一次性完成。这种技术大大提高了支护施工的效率和质量,减少了施工工序和劳动强度。在钻孔过程中,钻孔装置可以精确地控制钻孔的深度和角度,确保锚杆的安装位置准确。同时,锚杆的安装与钻孔同步进行,避免了传统施工中先钻孔后安装锚杆可能出现的孔壁坍塌等问题。在一些煤矿的掘进巷道支护中,钻锚一体化锚杆技术得到了成功应用^[3]。例如,在曹家滩煤矿的应用实践中,单根锚杆的施工时间由原来的5-6分钟缩短到了3分钟以内,大大提高了支护施工的效率。同时,由于钻孔和锚杆安装的一次性完成,减少了施工过程中的误差和安全隐患,提高了支护质量。该技术的应用还减少了施工人员的数量,降低了劳动强度,提高了矿井的生产效率。

4.2 自动支护系统

自动支护系统是一种利用自动化和智能化技术实现巷道支护的设备。它通过传感器、控制器和执行机构等部件的协同工作,实现了支护过程的自动化控制。传感器可以实时监测巷道的形状、尺寸、围岩变形等信息,并将这些信息传输给控制器。控制器根据预设的程序和算法,对监测数据进行分析 and 处理,然后向执行机构发出指令,控制支护设备的动作。例如,在掘进过程中,自动支护系统可以根据巷道的形状和尺寸自动调整支护参数和支护形式;在支护过程中,可以实时监测支护结构的受力和变形情况,及时进行调整和优化。自动支护系统的应用大大提高了巷道支护的智能化水平和安全性。它可以减少井下作业人员数量,降低劳动强度和安全风险。由于支护过程的自动化控制,支护参数可以根据实际情况进行实时调整,提高了支护质量和效率。在一些煤矿的掘进巷道支护中,自动支护系统已经得到了

成功应用,并取得了显著的效果。例如,该系统可以快速响应围岩变形,及时调整支护力度,有效地控制了巷道的变形,保证了巷道的稳定性。

4.3 喷涂自动化技术

喷涂自动化技术是一种利用喷涂设备将混凝土等材料均匀地喷射到巷道围岩表面形成支护层的技术。它通过控制喷涂设备的参数和喷射速度等,实现了喷涂过程的自动化控制。喷涂设备可以根据巷道的形状和尺寸自动调整喷涂角度和喷涂范围,确保混凝土材料能够均匀地覆盖在围岩表面。同时,通过控制喷涂速度和混凝土材料的流量,可以保证支护层的厚度和质量。喷涂自动化技术在煤矿掘进巷道支护中得到了广泛应用。它可以快速形成均匀的支护层,提高巷道的稳定性和安全性。由于喷涂过程的自动化控制,减少了施工人员的劳动强度和安全风险^[4]。在一些煤矿的掘进巷道支护中,喷涂自动化技术已经与锚杆支护技术、整体混凝土支护技术等相结合,形成了更加完善的支护体系。例如,在锚杆支护完成后,采用喷涂自动化技术喷射一层混凝土,可以进一步增强巷道的支护效果,提高巷道的抗变形能力。

5 煤矿掘进巷道支护技术的发展趋势

5.1 掘进智能化发展

随着科技的不断进步,掘进智能化已经成为煤矿掘进巷道支护技术的发展趋势。康红普院士提出了“四性四分”的发展策略,即根据围岩的稳定性、可掘性、可钻性、可锚性进行分类研究,分条件、分类别、分区域、分步骤地推进掘进自动化和智能化的发展。为了实现掘进智能化的发展目标,需要研发一系列关键技术。例如,超前探测技术可以用于预测巷道前方的地质条件和安全隐患;自动化智能化的截割技术可以提高掘进效率和质量;临时支护技术可以在掘进过程中提供临时的支护保障;锚杆锚索施工技术可以实现锚杆锚索施工的自动化和智能化;装备定位导航技术可以确保掘进设备的准确定位和导航;围岩稳定性监测技术可以实时监测围岩的变形和受力情况,为支护设计提供依据。

5.2 支护技术的创新与融合

随着煤矿开采条件的不断变化,支护技术也需要不断创新。例如,研发新型支护材料和支护结构,提高支护效果和安全性;研究新的支护施工方法和工艺,提高施工效率和质量;开发新的支护监测和评估技术,实时监测支护结构的受力和变形情况,为支护设计提供依据。支护技术的融合也是未来的发展趋势之一。例如,

将锚杆支护技术与喷射混凝土支护技术相结合,形成复合支护体系;将自动支护系统与喷涂自动化技术相结合,实现支护过程的自动化和智能化;将超前探测技术与支护设计相结合,根据巷道前方的地质条件制定合理的支护方案等。

6 案例分析:曹家滩煤矿掘进巷道支护技术应用案例

曹家滩煤矿是一座大型现代化矿井,其掘进巷道面临着复杂的地质条件和严峻的安全挑战。为了提高掘进巷道支护的安全性和效率,该矿引进了钻锚一体化快速掘进系统等一系列先进的支护技术和设备。在掘进过程中,曹家滩煤矿采用了钻锚一体化锚杆技术,实现了钻孔和锚杆安装的一次性完成,大大提高了支护施工的效率和质量。同时,该矿还应用了自动支护系统和喷涂自动化技术,实现了支护过程的自动化控制。此外,该矿还加强了对施工人员的培训和管理,提高了施工人员的技能水平和责任意识。通过应用先进的支护技术和设备,曹家滩煤矿的掘进巷道支护效果得到了显著提升。巷道的稳定性和安全性得到了有效保障,掘进效率和质量也得到了提高。同时,由于支护过程的自动化控制,减少了施工人员的劳动强度和安全风险。

结语

通过对煤矿掘进巷道支护技术的优化与应用研究,可以看出支护技术的优化对于提高煤矿开采的安全性和效率具有重要意义。优化支护材料、支护结构和施工质量管理等方面的工作,可以显著提高支护效果,减少安全事故的发生。钻锚一体化锚杆技术、自动支护系统和喷涂自动化技术等新型支护技术的应用,为煤矿掘进巷道支护提供了新的解决方案。随着科技的不断进步和智能化技术的不断发展,掘进智能化将成为未来煤矿掘进巷道支护技术的重要发展方向。

参考文献

- [1] 李晓东,张洋.煤矿巷道支护技术在掘进中的应用分析[J].内蒙古煤炭经济,2025,(05):133-135.
- [2] 岑帅,盛鹏.煤矿采矿工程中巷道掘进支护技术的应用分析[J].内蒙古煤炭经济,2024,(24):175-177.
- [3] 林涛,李长河,裴东伦.煤矿采矿工程巷道掘进和支护技术的应用[J].内蒙古煤炭经济,2024,(20):175-177.
- [4] 李洋.煤矿采矿工程巷道掘进和支护技术的应用分析[C]//贵州煤炭经济2024年论文选编.永贵能源开发有限责任公司新田煤矿,2024:52-54.