

浅谈金属矿山巷道支护技术*

王建栋

(包钢集团矿山研究院, 内蒙古 包头市 014010)

摘要:目前,金属矿山巷道支护主要采用锚杆支护、喷射混凝土支护和钢筋网片加注浆支护等方式。然而,巷道支护技术仍面临着一系列问题,如支护难度大、支护质量难以保证等。针对这些问题,从支护方式、现状、关键技术、应用情况以及未来发展方向几个方面对金属矿山巷道支护进行了分析。当前主要措施包括优化支护方案、加强巷道监测和提高支护人员技术水平等。同时,不断探索新型支护材料和技术,如高分子材料、人工智能监测等,也是未来巷道支护的方向。综上,金属矿山巷道支护在现代化矿山建设和安全生产中的作用不可忽视,未来的发展方向是智能化、绿色环保和多方位协同,提高支护技术水平,优化支护方案,推广新型支护材料和技术,实现安全高效的矿山生产。

关键词:金属矿山;巷道支护;支护方式

0 引言

矿山井下巷道是采矿过程中必不可少的一部分,其支护工作对于保障矿工安全、提高采矿效率具有非常重要的意义。巷道支护不仅能够有效地避免矿山事故,而且还能够提高巷道的稳定性和使用寿命,保障生产的连续性和稳定性^[1-5]。常见的巷道支护方法包括钢筋混凝土衬砌、预制拱形支架、锚杆支护、注浆支护等。这些支护方法具有各自的特点和适用范围,需要针对不同的巷道类型和地质条件进行选择和应用。比如,在地质条件较好的地方,可以采用钢筋混凝土衬砌进行支护;在地质条件较差的地方,可以采用锚杆支护或注浆支护等方法来提高巷道的稳定性和安全性^[6-8]。因此,加强金属矿山巷道支护工作的研究和实践,对于保障矿山生产的安全和稳定、提高采矿效率,以及推动矿业可持续发展具有重要的现实意义和战略意义。

1 金属矿山巷道支护的现状

1.1 国内外矿山巷道支护的发展历程

随着我国经济快速发展,矿山采矿比例逐年增加,矿井巷道的建设也愈加重要。20世纪50年代,我国矿山巷道支护技术主要采用木质框架、木板和

木梁等传统材料支护。20世纪60年代末至70年代初,钢材、混凝土和砖石等材料得到了广泛应用。这些新型材料基本上解决了传统材料使用过程中的缺点,节省了大量的人力、物力和财力资源。此后,人们又采用了杆式支护、网片支护、喷锚支护等新技术,这些技术的应用大大提高了矿山巷道的安全性和稳定性。而支护理论的发展是随着我国对于矿产资源的开发后逐渐形成的,由于我国资源需求量大以及国家对于资源开发的科研投入增多,到目前为止,我国在支护理论方面逐渐形成了许多自己的观点,并且有些理论都在实践中一步步地得到了证实。我国现有的主要支护理论有:轴变理论和系统开发理论、联合支护理论、锚喷—弧板支护理论、关键部位耦合组合支护理论、围岩松动圈理论等。

随着人们对矿山巷道支护技术的深入研究,国外的矿山巷道支护技术也发展得十分迅速。20世纪80年代初期,美国矿业机械公司研究出了一种新型的钢材钻孔锚杆支护系统,该系统在支护效果和节约成本方面都取得了显著成果。而在欧洲,钢筋混凝土和挤塑板支护也得到了广泛应用。这些支护材料和技术的不断发展和改进,不仅提高了矿山巷道整体的安全性和稳定性,还有助于减少对环境和自然资源的破坏和损失^[9-15]。国外对于支护理论的

* 收稿日期: 2023-06-12

作者简介: 王建栋(1994—),男,内蒙古乌兰察布人,硕士,助理工程师,主要从事采矿科研方面的研究,E-mail:1605132180@qq.com。

研究比较早,目前最为实用且有发展的理论有:新奥法理论、应变控制理论、能量支护理论等。

1.2 目前矿山巷道支护存在的问题

在矿山巷道支护领域,尽管已经有了很多新型材料和技术的应用,但仍然存在一些问题和难点。

(1) 地质条件复杂。巷道支护在不同地质条件下需要选择不同的支护方法,但地质条件复杂、多变性强,给支护设计和施工带来了挑战。地质条件的不同可能导致巷道支护的适用性存在差异,需要针对性地设计和施工,并且不同的地质条件需要不同的支护措施和支护材料。随着矿山深度的不断增加,巷道支护也越来越复杂,需要更加高端的技术和设备来应对。

(2) 质量控制。由于矿山巷道的特殊性质,其支护工作必须在极短的时间内完成,并且需要保证工程质量,目前在支护质量控制方面还存在一些问题,如施工监测不及时、不准确,工程验收标准不一致等。因此,需要建立完善的质量控制体系,加强对支护施工和质量的监管和评估,并且需要通过优化施工工艺和提高技术水平来实现更加高效、精准的巷道支护^[16-21]。

(3) 安全风险。巷道支护涉及到工人的安全和施工现场的安全管理。如果支护设计不合理或施工过程中出现问题,可能会导致安全隐患和事故发生。因此,需要加强对巷道支护施工的监测和控制,确保施工过程的安全性。

(4) 支护方法选择和优化。不同的巷道支护方法有其适用范围和特点,但在实际应用中,支护方法的选择可能不够科学和系统。一些企业可能倾向于传统的支护方法,而忽视了新兴技术和材料的应用,造成了施工效率低下和支护效果不理想。因此,需要加强支护方法的研究和应用,优化和改进现有的支护技术。

(5) 环境友好性。目前,巷道支护中使用的材料和方法可能对环境造成一定的污染和影响。例如,使用大量的钢筋和混凝土可能会产生大量的废弃物和二氧化碳。因此,需要注重巷道支护的环境友好性,在支护设计和施工中考虑环境因素,采用环保材料和技术,减少对环境的影响。

2 金属矿山巷道支护的关键技术

金属矿山巷道支护是矿山建设、运营和安全管理中的重要环节。在矿山开采过程中,由于巷道贯

通、岩体开挖和巷道稳定等因素的影响,巷道支护需要应用多种技术和设备,以确保巷道的稳定和安全。因此,地质勘探技术、巷道预处理技术、支护材料与设备的选择以及支护方法的设计与优化等技术,是金属矿山巷道支护的关键技术。

2.1 地质勘探技术

地质勘探技术是金属矿山巷道支护的基础。在进行巷道建设之前,必须进行地质勘探工作,以确定巷道建设的位置和方向。通过对巷道所处的地质条件的详细调查和分析,确定巷道支护所需的技术和采取的措施,以确保巷道建设的稳定和安全^[22-26]。

地质勘探技术主要包括地质勘探方法、地质勘探人员的素质、地质勘探设备和地质信息管理系统。地质勘探的方法包括地面勘探和井下勘探。地质勘探人员应具有良好的地质和工程知识,能够对地质条件进行准确的分析和评估。地质勘探设备应能够满足地质勘探工作的需要,如地质雷达、钻机、地质采样器等。地质信息管理系统的建立和完善,能够对地质勘探的数据进行收集、处理和分析,为巷道支护提供科学的依据。

2.2 巷道预处理技术

巷道预处理技术是巷道支护的前置技术,是保证巷道支护质量的重要环节。巷道预处理技术包括巷道地质勘探、巷道设计、巷道开挖、巷道清理和巷道检验等环节。

在巷道开挖之前,应进行巷道地质勘探工作,以确定巷道建设的位置和方向,并对巷道所处的地质条件进行评估。在巷道设计时,应综合考虑巷道所处的地质条件,确定相应的巷道支护措施。在巷道开挖期间,应按照巷道设计的要求进行开挖作业,确保巷道的稳定和安全^[27-30]。

巷道清理包括巷道爆破清理和巷道扫浮清理两部分。爆破清理时,应按照爆破设计要求和安全标准进行操作,避免对巷道产生过度的破坏。巷道扫浮清理时,应使用专业设备,避免对巷道支护结构的损坏。

2.3 支护材料与设备的选择

支护材料和设备的选择是巷道支护中非常重要的一个环节。在选择巷道支护材料和设备时,应考虑到巷道所处的地质条件、巷道的规模、巷道的使用目的以及不同支护材料和设备的优缺点,选择最适合的支护材料和设备。常用的巷道支护材料包括钢材、钢筋混凝土、锚索和喷射材料等。巷道支护设备

包括伸缩支架、立柱支架、枪钉锚杆、网片锚杆以及混凝土支护等。

2.4 支护方法的设计与优化

支护方法的设计与优化也是巷道支护中的重要环节。支护方法的设计和优化需要对巷道地质条件进行分析和评估,并结合巷道支护材料和设备的选择,确定相应的支护方法。针对不同的巷道地质条件和支护材料,可以采用不同的支护方法,如锚杆支护、加固注浆支护、钢架支护等^[31-36]。

在巷道支护过程中,要及时对支护质量进行检验和评估,确保巷道支护的稳定和安全。支护方法的优化需要结合巷道支护过程中的实际情况,不断改进和完善,以满足巷道支护的需求。

综上所述,在巷道支护过程中,需要全面、深入地应用这些关键技术,确保巷道的稳定和安全。同时,也需要不断地改进和完善支护技术,以适应不同地质条件和支护材料的需求。

3 巷道支护技术在实际工程中的应用

金属矿山巷道支护是矿山开采中非常重要的工程措施之一。在实际工程中,巷道支护的安全性和可靠性直接关系到矿业企业的生产效率和经济效益。因此,开展巷道支护的研究和应用工作具有非常重要的现实意义。

一般来说,巷道支护措施主要包括钢筋网片喷混凝土支护、锚杆和锚索支护以及喷射聚氨酯支护等。这些支护措施既有适应性强的通用性技术,也有面向特定岩体、巷道类型的专用技术。以喷混凝土支护为例,该技术可以保证支护结构的强度和稳定性,减轻巷道变形和开裂的风险,有效保护矿工的安全。同时,喷混凝土支护技术还具有施工方便、适应性强、工期短等优点,被广泛应用于各类金属矿山巷道支护工程中。另外,锚支护技术也是金属矿山巷道支护中常用的一种技术。在钢支撑的帮助下,通过预应力锚杆或锚索把支护结构与地基或岩体牢固地连接在一起,从而增加支护结构的整体稳定性和强度(见图1)。同时,锚杆与锚索技术还可以通过避免巷道扰动、降低岩体变形等方式,有效减少矿山地质灾害事故的发生频率。

在不同的矿区中,由于地质环境和工程条件的不同,巷道支护方案也存在差异。为了保证巷道支护的效果和安全性,不同矿区需要选择适合自身特点的支护措施。比如,位于较坚硬岩石区域的金属

矿区,一般采用喷混凝土支护技术,因为该技术可以有效增加巷道支护结构的强度和稳定性,同时减少巷道变形和开裂的风险(见图2)。而在较软岩石区域的金属矿区,锚杆和锚索技术则更适合用于巷道支护,因为该技术可以增加支护结构与地基或岩体的牢固连接,从而增加整体稳定性和强度。



图1 巷道锚索支护效果

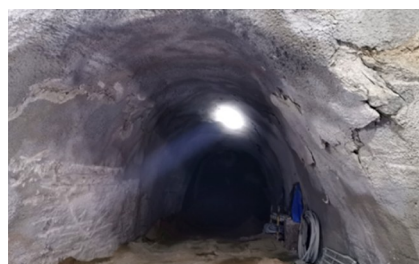


图2 巷道变形

此外,不同矿区对于巷道支护的要求也存在差异。比如,在较大规模的金属矿山中,由于巷道长度和数量都比较大,需要考虑施工周期和工效的问题。因此,在这种情况下,喷混凝土技术通常被优先采用,因为该技术施工简便、效率高。

4 金属矿山巷道支护的发展方向

4.1 巷道支护的智能化发展

随着信息技术和自动化技术的不断发展,智能化巷道支护已成为未来的发展趋势。智能化巷道支护技术主要包括智能化监测、智能化控制和智能化决策三个方面^[37-38]。其中,智能化监测主要采用传感器、控制器和通信技术等手段实现巷道支护的全过程实时监测,确保巷道支护的安全可靠。智能化控制主要是利用控制技术和自动化技术实现对巷道支护的自动化控制,从而提高巷道支护的效率和精度。智能化决策主要是利用人工智能和大数据技术,对巷道支护的监测数据进行分析,提供决策支持,优化巷道支护的设计和管理,降低巷道支护的成本和风险。

4.2 绿色环保的支护技术

随着环保意识的不断提高,绿色环保的巷道支护技术已成为未来的发展方向。绿色环保巷道支护技术主要包括选择环保材料、合理使用材料、降低能耗、减少废弃物等方面。其中,选择环保材料是最基本的要求,应优先选择可回收、可再利用、可降解或无毒无害的材料,减少对环境 的污染。合理使用材料是指在施工过程中要合理控制材料的使用量,减少对资源的浪费。降低能耗是指在巷道支护设计和施工过程中要尽可能地减少能源的消耗。减少废弃物是指要尽可能地减少废弃物的产生和排放,减轻对环境的负荷。

4.3 多方位协同的支护工程

巷道支护在矿山工程中需要与其他环节协同工作,实现多方位协同。多方位协同巷道支护主要包括与巷道设计、巷道开挖、巷道运输、矿山安全等环节的协同^[39-40]。其中,与巷道设计的协同主要是要求巷道设计人员要了解巷道支护的工艺和技术特点,合理设计巷道支护工程;与巷道开发的协同主要是要求巷道开发人员要认真执行巷道支护方案,保障巷道支护的施工质量;与巷道运输的协同主要是要求巷道运输人员要注意巷道支护的安全,避免对巷道支护造成破坏;与矿山安全的协同主要是要求巷道支护工程要与矿山安全管理工作协同,共同维护矿工的生命安全。

5 结论与展望

本文基于对巷道支护研究现状的调研和分析,总结了巷道支护的发展历程、各种支护方法的特点及其在工程实践中的应用情况,并对未来的研究方向和发展前景进行了展望。

随着地下工程施工的不断发展,巷道支护方法也在不断创新和完善。传统的支护方法如钢筋混凝土衬砌和锚杆锚网支护在实践中已经得到广泛应用,其稳定性和可靠性得到了验证。此外,喷射混凝土支护和岩锚帷幕支护等新兴支护技术也得到了广泛关注和应 用。这些新技术的出现使得巷道支护工作更加高效和安全,提高了地下工程的质量。

然而,巷道支护领域仍存在一些挑战和问题。首先,巷道施工中的地质条件千差万别,科学合理的支护设计和方案选择依然是一个复杂而关键的问题。其次,巷道支护方法的研究还需要更加深入地 将理论研究和工程实践相结合,以探索更加高效和

经济的施工技术。此外,巷道支护过程中的施工监测和品质控制也需要加强,以确保支护效果的稳定性和持久性。

展望未来,首先巷道支护可将新材料和新技术,如纳米材料、复合材料和先进检测技术等,应用于巷道支护领域,进一步提高支护结构的强度和稳定性。其次,通过仿真模拟和数值计算等手段,可以更精确地预测巷道支护结构的行为和性能,为工程设计和施工提供可靠的依据。再次,加强对巷道支护施工过程的监测和管理,建立起完善的质量控制体系,可以提高施工效率和支护质量。最后,巷道支护方法的可持续性和环境友好性也是未来研究的一个重要方向,通过减少材料的消耗和能源的浪费,实现低碳和可持续发展。

参考文献:

- [1] 黄振. 矿山巷道支护理论与技术现状探讨[J]. 当代化工研究, 2020, 66(13): 41-42.
- [2] 田四明, 赵勇, 石少帅, 等. 中国铁路隧道建设期典型灾害防控方法现状、问题与对策[J]. 隧道与地下工程灾害防治, 2019, 1(2): 24-48.
- [3] 柯勇, 吕玉勇, 彭道强. 金属矿山巷道支护综述[J]. 科技信息, 2011(26): 99+101.
- [4] 张锡兵. 矿山采准巷道稳定性及支护技术研究[J]. 世界有色金属, 2019(3): 52+54.
- [5] 《中国公路学报》编辑部. 中国交通隧道工程学术研究综述·2022[J]. 中国公路学报, 2022, 35(4): 1-40.
- [6] 吴琛. 锚杆支护加固技术在矿山巷道掘进中的应用[J]. 技术与市场, 2018, 25(8): 116+118.
- [7] 陈晓东. 掘进工作面智能化控制研究[J]. 煤, 2023, 32(1): 80-82.
- [8] 李伟. 深部煤炭资源智能化开采技术现状与发展方向[J]. 煤炭科学技术, 2021, 49(1): 139-145.
- [9] 赵尧禹. 井下掘进支护问题及应对措施研究[J]. 当代化工研究, 2022(14): 91-93.
- [10] 郭学益, 田庆华, 刘咏, 等. 有色金属资源循环研究应用进展[J]. 中国有色金属学报, 2019, 29(9): 1859-1901.
- [11] 彭涛, 任东兴, 邓安. 绿色岩土工程研究现状及展望[J]. 四川地质学报, 2018, 38(2): 292-298.
- [12] 文兴. 矿山巷道分级合理支护方法研究与应用[J]. 矿业研究与开发, 2020, 40(4): 57-61.
- [13] 郝晓飞. 锚固剂对矿山支护安全的影响及控制对策[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2019, 39(22): 186-187.
- [14] 刘金涛, 于壮, 张明新. 浅析金属矿山支护方式的选择[J]. 世界有色金属, 2019(15): 188+190.
- [15] 储满姝, 孔令, 徐恒, 等. 金属矿山破碎矿岩巷道稳定性分级与支护方式选择[J]. 现代矿业, 2016, 32(3): 189-192.
- [16] 康金箭. 湿喷混凝土在矿山支护工程中的应用[J]. 矿业工程研究, 2014, 29(4): 13-16.

- [17] 付宗智. 有色矿山常用巷道断面受力分析及支护研究[J]. 世界有色金属, 2022(13):34-36.
- [18] 张明新, 陈广瑞, 刘金涛. 某金属地下矿山灰岩破碎巷道支护方案比选[J]. 世界有色金属, 2019(14):207-208.
- [19] 和学衡, 李少平, 王建栋, 等. 非金属锚网喷浆支护在金属矿山的应用[J]. 矿业研究与开发, 2022, 42(7):102-107.
- [20] 任德勇. 矿山工程矿井下巷道掘进顶板支护技术质量研究[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2021, 41(20):184-185.
- [21] SERYAKOV V M. A method for calculating loads on roof support in mines[J]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021, 773(1):012028.
- [22] 黄振. 矿山巷道支护理论与技术现状探讨[J]. 当代化工研究, 2020(13):41-42.
- [23] 张少杰, 张爱民, 马俊生, 等. 深井硬岩矿山岩爆防治技术综述[J]. 中国矿山工程, 2018, 47(6):12-18.
- [24] 吴琛. 锚杆支护加固技术在矿山巷道掘进中的应用[J]. 技术与市场, 2018, 25(8):116+118.
- [25] 郝朝峰. 有色金属矿山锚杆支护的关键理论与技术创新[J]. 世界有色金属, 2017(9):222-223.
- [26] 孟清喜, 张伯贤, 张俊. 金属矿山巷道支护标准化设计方案的分析与建立[J]. 中国矿山工程, 2022, 51(1):33-40.
- [27] 韩喜斌. 浅析锚喷网联合支护在矿山巷道中的应用[J]. 西部探矿工程, 2021, 33(9):24-25+28.
- [28] 张雷. 金属矿山深部开采应力变化与巷道支护方法研究[J]. 世界有色金属, 2019(12):25+27.
- [29] 张锡兵. 矿山采准巷道稳定性及支护技术研究[J]. 世界有色金属, 2019(3):52+54.
- [30] 李有铭, 纪利斌. 试论锚杆支护在深井矿山巷道支护中的应用[J]. 世界有色金属, 2017(16):191+193.
- [31] 刘彬, 张文锋, 杨书会, 等. 矿山工程井下巷道掘进顶板支护技术[J]. 冶金与材料, 2023, 43(2):99-101.
- [32] 郑欢, 杨宗海, 王锐. 基于不同围岩等级的引水隧洞矿山法开挖初期支护技术[J]. 建筑技术开发, 2022, 49(7):158-161.
- [33] 王志龙, 王明年, 严志伟, 等. 考虑超前支护作用效应的围岩-支护相互作用机制研究[J]. 隧道建设(中英文), 2021, 41(10):1748-1755.
- [34] 何珩溢, 郑禄林, 刘镐, 等. 地下矿山大断面软弱围岩洞室变形机制与支护方法研究[J]. 中国矿业, 2021, 30(7):199-204.
- [35] 魏垂胜. 岩巷“前探梁+穿铁背板”临时支护技术研究[J]. 煤炭工程, 2021, 53(1):52-55.
- [36] 王治文, 陆银龙, 吴秉臻. 大变形巷道组合锚索支护力学模型及应用[J]. 中国煤炭, 2020, 46(7):97-102.
- [37] 陈建新, 胡亚飞, 汪凤伟, 等. 机械化矿山高应力软岩巷道支护实践[J]. 有色金属(矿山部分), 2020, 72(3):39-44.
- [38] 朱刚. 矿井巷道支护技术分析[J]. 农家参谋, 2018(17):232.
- [39] 孟佑强, 刘伟彪, 段浩杰. 地铁竖井锚喷支护和围护桩支护联合应用施工技术[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023(18):190-192.
- [40] 秦文光, 王富强, 徐双用, 等. 锚杆支护钻机现状与发展趋势[J]. 煤矿机械, 2023, 44(4):93-95.