

煤矿采矿工程巷道掘进和支护应用研究

曾 东

四川省古叙煤田开发(集团)股份有限公司 四川 泸州 646000

摘 要: 本文聚焦煤矿采矿工程巷道掘进与支护技术应用。系统阐述钻爆法、综掘法等掘进技术及被动、主动支护技术原理与特点,剖析当前应用中存在的效率低、成本高、参数设计不合理等问题。针对性提出依地质选方法、改进设计、强化勘探管理等优化策略,并展望智能化、绿色化及技术适应性提升的发展趋势,为保障煤矿安全生产、推动行业可持续发展提供技术支撑。

关键词: 煤矿采矿工程;巷道掘进;支护技术;应用研究;技术优化

引言:煤炭作为我国能源体系的重要支柱,其安全高效开采对能源保障与经济发展意义深远。巷道掘进与支护作为煤矿采矿工程的核心环节,直接关乎煤炭开采效率、作业安全及经济效益。随着开采深度不断增加,煤矿面临高地应力、破碎岩层、高瓦斯等复杂地质条件,传统掘进与支护技术在适应性、可靠性方面的弊端日益凸显。因此,深入剖析现有技术应用问题,探索优化策略与发展趋势,成为提升煤矿开采综合效益、推动煤炭行业可持续发展的关键课题,对保障能源稳定供应具有重要现实意义。

1 煤矿采矿工程巷道掘进和支护技术概述

1.1 巷道掘进技术概述

巷道掘进是在煤矿地下岩层中开辟通道的关键作业,为煤炭开采、运输、通风等后续工作创造空间条件。常见的掘进方法主要有钻爆法、综掘法和连续采煤机掘进法。钻爆法凭借钻孔、装药、爆破等工序破碎岩石,适用范围广,能应对各类地质条件,但存在施工效率低、安全性差、粉尘污染严重等问题,且爆破对围岩扰动大,易影响巷道稳定性。综掘法借助综合机械化掘进设备,实现截割、装运、行走一体化,具有掘进效率高、巷道成型质量好、安全性强等优势,在地质条件适宜的煤矿中广泛应用,但设备成本高,对操作人员技术要求高,在复杂地质区域适应性欠佳。连续采煤机掘进法常用于房柱式开采,以连续采煤机完成破煤和装煤作业,灵活性与适应性较强,但存在开采回收率低、通风管理难度大等局限^[1]。

1.2 巷道支护技术概述

巷道支护的核心目标是维持巷道稳定,防止围岩变形与垮落。支护技术主要分为被动支护和主动支护两类。被动支护如木支架、金属支架、混凝土支架等,通

过外部支撑力抵抗围岩压力,结构简单、施工便捷,但对围岩变形的适应能力较弱,支护效果有限。主动支护包括锚杆支护、锚索支护、喷锚支护等,通过将支护体与围岩紧密结合,增强围岩自身承载能力,实现主动加固,具有支护效果好、适应性强等特点,是当前煤矿巷道支护的主流发展方向。

1.3 巷道掘进和支护技术的重要性

科学合理的巷道掘进和支护技术是提高煤炭开采效率的关键。高效的掘进方法能够缩短巷道施工周期,加快开采进度;可靠的支护技术可保障巷道长期稳定,减少维修成本,避免因巷道失稳导致的停工停产,降低经济损失。同时,先进的掘进和支护技术是煤矿安全生产的重要保障,能有效预防巷道坍塌、冒顶等事故,为作业人员营造安全的工作环境,保护矿工生命安全。

2 煤矿采矿工程巷道掘进和支护技术应用现状与问题

2.1 巷道掘进技术应用现状与问题

当前,巷道掘进技术中,钻爆法在中小型煤矿以及地质条件复杂的区域应用较为普遍。该技术设备投入相对较低,这使其在成本敏感型项目中具备一定应用空间。然而,钻爆法施工效率低下的问题极为突出,严重制约了煤矿的生产进度。同时,爆破作业会产生大量粉尘,不仅危害作业人员的身体健康,还对矿井环境造成污染。此外,爆破对围岩的扰动较大,增加了后续巷道支护的难度与成本。综掘法在现代化煤矿中占据重要地位,其自动化程度高、掘进断面成型好等优势显著。但该技术设备购置与维护成本高昂,导致许多煤矿难以承担,限制了其推广应用。而且,当遇到断层、破碎带等复杂地质条件时,综掘机的掘进效率会大幅下降,难以满足煤矿高效生产的需求。连续采煤机掘进法存在开采回收率低、通风管理复杂等问题,导致其应用范围受限,无法充分展现该技术在高效掘进方面的优势^[2]。

2.2 巷道支护技术应用现状与问题

在煤矿巷道支护领域,被动支护技术由于支护效果欠佳,在现代煤矿开采中的应用范围正逐步缩减。目前,它仅在一些临时巷道或地质条件较为良好的区域有少量使用,难以满足复杂地质条件下巷道长期稳定支护的需求。(1)主动支护技术里,锚杆支护应用最为普遍。不过,实际应用中存在诸多问题,锚杆参数设计不合理的情况时有发生,如长度、直径、间距等参数未能与围岩条件精准匹配,导致支护强度不足。同时,锚固质量也难以得到有效保证,锚固剂性能不稳定、锚杆安装不到位等因素,都使得锚杆无法充分发挥支护作用,难以有效控制围岩变形。(2)锚索支护在深部巷道和大断面巷道支护中作用关键,但锚索预紧力不足的问题影响了其支护性能,无法为围岩提供足够的预应力。而且,其施工工艺相对复杂,对施工人员技术水平要求较高,稍有不慎便会影响支护效果。喷锚支护则存在混凝土喷射质量不稳定、回弹率高的缺陷,这不仅增加了施工成本,还降低了支护的可靠性与有效性。

2.3 其他相关问题

在煤矿巷道施工过程中,除掘进和支护技术本身存在的问题外,还面临着一系列其他难题。(1)地质条件探测不准确是较为突出的问题之一,复杂多变的地质条件使得在施工前难以精准掌握围岩的物理力学性质、岩层结构以及地下水分布等关键信息。这直接导致掘进和支护方案缺乏针对性,无法根据实际地质状况进行合理设计,进而增加了施工过程中的不确定性和风险,可能引发冒顶、突水等事故。(2)部分煤矿企业的施工管理水平较低,安全意识淡薄,对技术规范的执行不够严格。在施工现场,安全隐患排查与治理不及时,安全措施落实不到位,严重威胁着施工人员的生命安全和工程的顺利进行。(3)巷道掘进和支护过程中产生的粉尘、噪声等环境污染问题也不容忽视。这些污染不仅影响作业人员的身体健康,还对周边生态环境造成破坏。因此,亟待采取有效措施解决这些问题,以实现煤矿巷道施工的安全、高效与绿色开采。

3 煤矿采矿工程巷道掘进和支护技术优化策略

3.1 巷道掘进技术优化策略

为提升煤矿巷道掘进效率与质量,需针对不同地质条件合理选择掘进方法。在地质条件良好、围岩稳定性高的区域,应优先采用综掘法。该方法机械化程度高、掘进速度快,可有效提高生产效率。而在地质复杂区域,如存在断层、褶皱、坚硬岩石等情况,可将钻爆法与综掘法相结合,发挥联合掘进技术的优势。先利用钻

爆法对坚硬岩石进行破碎,为综掘机创造有利的作业条件,再通过综掘机完成装运和修整工作,从而提升整体掘进效率。同时,要加大掘进设备的研发与改进力度,重点研发适用于复杂地质条件的掘进机截割头、推进系统等核心部件,提高设备的适应性和可靠性。此外,还需优化掘进施工工艺,引入先进的爆破技术,如光面爆破、预裂爆破,减少对围岩的扰动,保证巷道成型质量;采用定向钻进技术,提高破岩精度和效率,降低施工成本,实现巷道掘进的高效、安全与优质^[3]。

3.2 巷道支护技术优化策略

为提升巷道支护效果,需从多方面优化支护技术。

(1)改进支护设计方法,运用先进的数值模拟技术,如有限元分析、离散元分析等,结合现场监测手段,如应力传感器、位移监测仪等,精确分析围岩应力分布和变形规律。基于此,科学合理地确定锚杆、锚索等支护参数,包括长度、直径、间距、排距以及预紧力等,确保支护方案具有针对性和有效性,能够适应不同地质条件下的围岩变形需求。(2)加强支护材料的研发,推广应用高强度、高韧性的新型支护材料,如新型树脂锚固剂、高强度螺纹钢锚杆等,提高支护结构的承载能力。(3)规范支护施工工艺,制定严格的锚杆安装、锚索张拉等施工流程标准,加强施工过程中的质量检测,确保每一道工序都符合要求,保障支护效果。(4)探索多种支护方式联合应用,如锚网索喷联合支护、注浆加固与锚杆支护联合等,针对复杂地质条件,充分发挥不同支护方式的优点,提高支护的可靠性。

3.3 其他综合优化措施

为进一步提升煤矿巷道施工的质量与安全性,实现高效、绿色作业,需采取一系列综合优化措施。(1)强化地质勘探工作至关重要。采用先进的物探、钻探技术,如三维地震勘探、地质雷达探测等。三维地震勘探可获取地下岩层的详细结构信息,地质雷达探测则能精准定位浅部地质异常。通过这些技术手段,提高地质条件探测的准确性和精细度,为掘进和支护方案设计提供详实可靠的数据支持,确保方案能充分适应实际地质情况。(2)加强施工管理也不容忽视。建立健全安全生产管理制度,明确各岗位安全职责,形成完善的安全责任体系。加强对施工人员的技术培训和安全教育,提升其安全意识和操作技能,保证技术规范得到严格执行。(3)要采取有效的防尘、降噪等环保措施。安装高效的除尘设备,降低粉尘浓度;使用低噪声设备,减少噪声污染,改善作业环境,降低对周边生态环境的影响,实现绿色、安全施工。

4 煤矿采矿工程巷道掘进和支护技术发展趋势

4.1 智能化与自动化发展

随着科技的飞速进步,未来煤矿巷道掘进和支护技术将迎来智能化、自动化的重大变革。(1)在掘进技术方面,掘进设备将全面配备智能控制系统。该系统集成多种先进传感器,如激光测距传感器、惯性导航传感器等,并运用复杂的算法,使掘进机具备自动截割、定向导航和智能避障等功能。自动截割功能可根据预设参数精准控制截割头的运动轨迹,提高截割质量;定向导航功能确保掘进方向准确无误,减少巷道偏移;智能避障功能可实时感知周围环境,自动规避障碍物,大幅提高掘进精度和效率,显著减少人工干预,降低劳动强度和安全风险。(2)在支护技术领域,将与物联网、大数据深度融合。通过在支护结构中安装各类传感器,实时采集围岩变形、支护受力等关键数据,并利用大数据分析技术对这些数据进行深度挖掘,实现智能预警。一旦发现支护安全隐患,能够及时通知相关人员进行处理,有效提高支护的可靠性和安全性,保障煤矿巷道施工的安全稳定进行^[4]。

4.2 绿色环保技术应用

在环保要求愈发严格的当下,绿色环保技术在煤矿巷道施工中的应用将成为必然趋势,对于实现煤矿行业的可持续发展意义重大。(1)在粉尘控制方面,需加大研发和推广力度。一方面,积极研发无尘爆破技术,通过优化炸药配方、改进装药结构和起爆方式等手段,从源头上减少爆破时粉尘的产生量。另一方面,推广低尘截割技术,为掘进设备配备高效的除尘装置,优化截割参数,降低截割过程中粉尘的飞扬程度。(2)在支护材料选择上,采用新型环保支护材料。这些材料应具备可降解、低污染等特点,在满足支护强度要求的同时,减少对周边土壤、水源等环境的污染。(3)还需优化施工工艺,提高资源利用效率。例如,合理规划材料使用,减少浪费;对施工过程中产生的废弃物进行分类回收和再利用,降低废弃物排放,全方位实现煤矿巷道施工的绿色化发展,推动煤矿行业与生态环境和谐共生。

4.3 技术适应性提升

随着煤炭开采逐渐向深部和复杂地质区域延伸,掘进和支护技术面临着更为严峻的挑战,对其适应性和可靠性的要求也日益提高。(1)在深部开采中,高地应力环境使得围岩变形和破坏规律更为复杂,传统的掘进和支护技术往往难以有效应对。破碎岩层具有稳定性差、易垮落等特点,给巷道掘进和支护带来了极大困难。而高瓦斯地质条件不仅增加了施工过程中的安全风险,还对掘进和支护技术的密封性、稳定性提出了更高要求。

(2)为适应这些复杂地质条件,未来将加大对相关技术的研究力度。科研人员会深入探索深部高地应力、破碎岩层、高瓦斯等条件下的围岩力学特性,开发针对性更强、适应性更好的技术和装备。例如,研发具有更高强度和韧性的支护材料,设计更合理的掘进和支护工艺,确保煤矿开采能够在安全高效的前提下顺利推进,保障煤炭资源的稳定供应。

结束语

煤矿采矿工程巷道掘进与支护技术是保障煤炭安全高效开采的核心要素。当前,传统技术在复杂地质条件下的适应性不足、施工管理短板及环保问题日益凸显。通过优化掘进方法与支护技术、强化地质勘探和施工管理、推广绿色智能技术,可有效提升巷道施工质量与生产效率。未来,随着智能化、绿色化技术的深入应用,以及对复杂地质条件适应性的增强,巷道掘进和支护技术将不断突破创新,为煤炭行业应对深部开采挑战、实现安全可持续发展提供坚实技术支撑,推动行业向高质量发展迈进。

参考文献

- [1]张建新.煤矿井下巷道掘进顶板支护技术分析[J].能源与节能,2019(12):134-135.
- [2]梁小龙.掘进巷道支护优化设计及实践分析[J].能源与节能,2019(12):187-188.
- [3]侯少华.探析煤矿采矿工程巷道掘进和支护技术的应用[J].矿业装备,2021(03):80-81.
- [4]任学军.煤炭采矿工程巷道掘进和支护技术的应用分析[J].当代化工研究,2021(10):75-76.