

煤矿采矿工程巷道掘进和支护技术探析

王令超

陕西富源煤业有限责任公司 陕西 延安 727502

摘要：本文深入探讨了煤矿采矿工程中巷道掘进与支护技术的现状、应用与优化组合。在掘进技术方面，分析了腰线掘进、中线掘进、掘进机掘进及钻眼爆破法等多种方法的特点及适用条件。支护技术则涵盖了锚杆支护、预制钢筋混凝土支护、混凝土支护及联合支护等多种技术。文章还强调了掘进与支护技术的协同作用及优化组合的重要性，分析了这些技术对提升煤矿采矿工程安全性与效率的关键作用。通过综合应用这些技术，煤矿企业能够实现高效、安全的巷道掘进与支护作业。

关键词：煤矿采矿工程；巷道掘进技术；巷道支护技术

引言：煤矿采矿工程作为能源产业的重要组成部分，其安全与效率问题一直备受关注。巷道掘进与支护技术作为煤矿采矿工程的核心环节，直接关系到矿井的稳定性和作业人员的安全。随着科技的进步和煤炭行业的发展，对巷道掘进与支护技术提出了更高要求，本文旨在深入剖析煤矿采矿工程中巷道掘进与支护技术的现状与发展趋势，探讨其优化组合与应用策略，为煤矿企业的安全生产和高效开采提供技术参考。

1 煤矿采矿工程巷道掘进和支护技术现状分析

1.1 行业发展现状

近年来，我国煤矿采矿工程巷道掘进和支护技术取得了显著进步。在掘进技术方面，综合机械化掘进技术得到广泛应用，掘进机的性能不断提升，掘进速度和效率大幅提高。同时，智能化掘进技术也在逐步探索和推广，如智能掘进机的研发和应用，实现了掘进过程的自动化和智能化控制。在支护技术方面，锚杆支护技术已成为主流支护方式，其支护效果好、成本低、施工方便等优点得到充分体现。联合支护技术也在不断发展，通过多种支护方式的组合应用，有效提高了巷道的稳定性。

1.2 存在的主要问题

煤矿采矿工程巷道掘进和支护技术仍存在一些问题，在掘进技术方面，部分煤矿仍采用传统的钻爆法掘进，掘进速度慢、安全性差，且对围岩的破坏较大。同时，掘进设备的可靠性和适应性有待提高，在复杂地质条件下容易出现故障，影响掘进效率。在支护技术方面，锚杆支护的质量控制存在一定难度，锚杆的安装角度、预紧力等参数难以精确控制，导致支护效果不稳定。此外，对于深部高应力、软岩等复杂地质条件下的巷道支护，现有的支护技术和材料还难以满足要求，巷道变形和破坏问题较为突出^[1]。

2 煤矿采矿工程巷道掘进技术探析

2.1 巷道掘进方法概述

巷道掘进方法是煤矿采矿工程的关键技术环节，其选择直接影响到掘进效率、施工安全和工程成本。目前，煤矿巷道掘进方法主要分为传统方法和现代机械化方法。传统方法以人工和简单机械设备为主，如炮掘技术；现代机械化方法则采用先进的掘进设备，实现了自动化和高效化掘进，如掘进机掘进法。不同的掘进方法具有各自的特点和适用范围，煤矿企业需要根据地质条件、巷道用途、开采规模等因素综合选择合适的掘进方法。

2.2 腰线掘进技术与沿煤层走向掘进技术

腰线掘进技术是一种精确控制巷道坡度和高度的掘进方法。它通过在巷道两帮标定腰线点，并以这些点的连线为基准，调整掘进设备的高度和角度，确保巷道符合设计要求。该技术特别适用于运输巷道、回风巷道等需要精确坡度控制的场景，能有效提升巷道的排水和通风效果。然而，腰线掘进技术对测量精度要求极高，标定不准确可能导致巷道坡度偏差。另外，沿煤层走向掘进技术也是煤矿掘进中的重要方法。陕西富源煤业有限责任公司党家河煤矿掘进队在施工213辅运顺槽时，就采用了沿煤层掘进技术，破底不低于700mm、破顶不大于800mm，这种方法既能满足设计要求，又能适应地质条件，确保掘进效率和安全性。

2.3 中线掘进技术

中线掘进技术主要用于控制巷道的掘进方向，确保巷道沿设计中心线向前推进。在施工前，利用经纬仪、全站仪等测量仪器在巷道中线上设置一系列中线点，并在中线点上悬挂垂球或设置激光指向仪。施工过程中，施工人员根据垂球或激光束的方向调整掘进设备的方向，使巷道按照设计中线掘进。中线掘进技术在直巷掘进中应用

广泛,能够有效保证巷道的直线度和方向准确性。

2.4 掘进机掘进法

掘进机掘进法是一种高度机械化的掘进方法,通过掘进机的截割头旋转破碎岩石,然后利用装运机构将破碎的岩石运出工作面。掘进机具有截割效率高、巷道成型好、安全性高的优点。现代掘进机配备了先进的控制系统,能够实现自动截割、自动纠偏等功能,大大提高了掘进的自动化程度。例如,陕西富源煤业有限责任公司党家河煤矿掘进队在213辅运顺槽外段及里段掘进工作面用的掘进机型号为EBZ200H。但掘进机设备成本高,对巷道断面尺寸和地质条件有一定要求,在软岩和破碎带等复杂地质条件下,掘进机的截割性能会受到影响。

2.5 钻眼爆破法

钻眼爆破法是一种传统的掘进方法,通过在岩石中钻眼、装填炸药、爆破等工序破碎岩石。首先,使用凿岩机在工作面上按照设计炮眼布置图钻凿炮眼,然后向炮眼内装填炸药和雷管,最后进行爆破作业。爆破后,利用装岩机将破碎的岩石运出工作面^[2]。钻眼爆破法适应性强,可用于各种地质条件和巷道断面尺寸的掘进。但该方法存在掘进效率低、安全性差、对巷道围岩破坏大等缺点。爆破过程中产生的震动和飞石容易引发安全事故,且爆破后巷道围岩表面不平整,需要进行大量的支护和修整工作。

3 煤矿采矿工程巷道支护技术探析

3.1 巷道支护技术

巷道支护技术的主要目的是维护巷道围岩的稳定性,防止巷道坍塌、变形,确保煤矿安全生产。随着煤矿开采技术的发展,巷道支护技术也不断更新换代,从传统的被动支护逐渐向主动支护转变。被动支护技术主要是在巷道围岩发生变形或破坏后进行支护,如架棚支护、砌碛支护等;主动支护技术则是在巷道开挖后,及时对围岩进行加固,提高围岩的自身承载能力,如锚杆支护、锚网索联合支护等。不同的支护技术具有不同的支护原理和适用条件,煤矿企业需要根据巷道的地质条件、使用要求等因素合理选择支护技术。

3.2 锚杆支护技术

锚杆支护技术是一种主动支护技术,通过将锚杆锚固在稳定的岩层中,利用锚杆的拉力将不稳定的围岩与稳定岩层连接在一起,形成一个整体,提高围岩的稳定性。锚杆支护技术具有施工简便、支护效果好、成本低等优点。目前,常用的锚杆类型有全长粘结型锚杆、端头锚固型锚杆、预应力锚杆等。全长粘结型锚杆通过水泥砂浆将锚杆与孔壁粘结在一起,提供锚固力;端头

锚固型锚杆仅在锚杆端部进行锚固,适用于较稳定的岩层;预应力锚杆则通过对锚杆施加预应力,使围岩提前受到压应力,增强围岩的抗变形能力。但锚杆支护技术对锚杆参数的设计要求较高,若锚杆长度、直径、间距等参数选择不当,会影响支护效果。

3.3 预制钢筋混凝土支护技术

预制钢筋混凝土支护技术是将在地面预制好的钢筋混凝土构件运送到井下,进行组装和安装,形成支护结构。预制钢筋混凝土构件具有强度高、耐久性好、尺寸准确等优点,能够为巷道提供可靠的支护。该支护技术适用于对支护强度和稳定性要求较高的巷道,如井筒、主要运输大巷等。然而,预制钢筋混凝土构件重量大,运输和安装难度高,需要使用大型运输和吊装设备,增加了施工成本和施工难度。同时,预制构件之间的连接质量也直接影响支护结构的整体性能,若连接不好,容易出现裂缝和变形^[3]。

3.4 混凝土支护技术

喷射混凝土支护是利用喷射机将混凝土喷射到巷道围岩表面,形成一层混凝土支护层,起到加固围岩、封闭裂隙的作用。喷射混凝土支护具有施工速度快、支护及时、适应性强等优点,能够在巷道开挖后立即进行支护,有效控制围岩的早期变形。现浇混凝土支护则是通过模板浇筑混凝土,形成厚度较大的混凝土支护结构,适用于对支护强度要求较高的巷道。混凝土支护技术的缺点是混凝土收缩变形大,容易产生裂缝,影响支护效果。为解决这一问题,通常会在混凝土中添加外加剂或采用钢筋网加强。

3.5 联合支护技术

联合支护技术是将两种或两种以上的支护方式结合起来,发挥各自的优势,提高巷道支护效果。常见的联合支护方式有锚网+锚索+W钢带联合支护等。锚杆-网-喷联合支护首先通过锚杆对围岩进行加固,然后铺设金属网,最后喷射混凝土,形成一个整体的支护结构。该支护方式能够充分发挥锚杆的主动支护作用、金属网的护表作用和喷射混凝土的封闭和加固作用,适用于各种复杂地质条件的巷道。锚杆-锚索联合支护则是利用锚杆控制巷道浅部围岩,锚索控制深部围岩,提高巷道的整体稳定性。联合支护技术能够根据不同的地质条件和巷道受力情况,灵活调整支护方式和参数,是目前煤矿巷道支护中应用越来越广泛的技术。

4 煤矿采矿工程巷道掘进与支护技术的综合应用

4.1 掘进与支护技术的协同作用

在掘进作业阶段,合理的掘进方法选择是减少对巷

道围岩破坏的关键前提。以掘进机掘进法为例,该方法的截割过程平稳且连续,相较于传统的钻爆法,其对围岩的扰动程度大幅降低。这种低扰动特性使得围岩的原始应力状态得以较好地保持,围岩内部的应力分布更为均匀,从而为后续的支持工作创造了极为有利的条件。而有效的支持技术则是掘进工作安全顺利进行的重要保障。在煤矿开采过程中,时常会遇到破碎带等复杂地质条件,此时围岩的稳定性极差,极易发生坍塌事故。为了应对这种情况,通常会采用超前支持措施,如超前锚杆等方法。超前锚杆能够提前对围岩进行加固,增加围岩的自稳能力;超前支持手段,能够有效稳定围岩,为掘进作业提供一个安全的作业环境,确保掘进工作能够按照预定的计划和进度顺利开展^[4]。

4.2 掘进与支持技术的优化组合

在煤矿采矿工程中,依据不同的地质条件、巷道用途以及开采要求,科学合理地选择掘进与支持技术并进行优化组合,是提高工程综合效益的重要途径。在坚硬岩石巷道中,钻眼爆破法是一种常用的掘进方法。该方法能够利用炸药爆炸产生的巨大能量快速破碎岩石,破岩能力强,掘进效率较高。然而,爆破作业会对围岩产生一定的冲击和破坏,因此需要采用合适的支持技术来保证巷道的稳定性。锚杆-网-喷联合支持技术便是一种理想的选择。锚杆能够将围岩锚固在一起,提高围岩的自承能力;金属网可以防止围岩小块掉落,增强支持的整体性;喷射混凝土则能够及时封闭围岩表面,防止围岩风化和进一步变形。这种组合方式充分发挥了钻眼爆破法破岩能力强和锚杆-网-喷联合支持技术支持效果好的优势,实现了掘进与支持的高效协同。在软岩巷道中,由于围岩的强度低、稳定性差,掘进过程中极易发生围岩变形和破坏,此时,掘进机掘进法更为适用,其能够减少对围岩的扰动,保持围岩的相对稳定。同时,为了进一步提高巷道的承载能力,可采用锚网索联合支持技术。锚杆和锚索能够深入围岩内部,对围岩进行深部加固;金属网则起到表面防护的作用。结合信息化监测技术,实时监测巷道围岩的变形情况,根据监测数据及时调整掘进与支持参数,能够实现掘进与支持技术的动态

优化组合,确保巷道在复杂地质条件下的长期稳定。

4.3 掘进与支持技术的安全性及效率分析

合理的掘进与支持技术组合能够显著提高煤矿采矿工程的安全性和效率。从安全性角度来看,有效的支持技术能够及时控制巷道围岩的变形,防止坍塌事故的发生,保障作业人员的生命安全。例如,在213辅运顺槽里段及外段采用锚网+锚索+W钢带联合支持。支持技术的巷道中,通过对锚杆、锚索施加预应力,能够主动加固围岩,使巷道在复杂地质条件下保持稳定。从效率角度来看,先进的掘进技术能够提高掘进速度,减少施工时间;优化的支持技术能够降低巷道维修和加固的频率,提高巷道的使用寿命。陕西富源有限责任公司党家河煤矿掘进队正在施工的213辅运顺槽里段及213辅运顺槽外段,其巷道掘进效率比传统煤矿提高了50%-80%,同时巷道的维护成本降低了30%-40%。

结束语

煤矿采矿工程中的巷道掘进和支持技术是确保煤矿安全生产和高效推进的关键。随着科技的不断发展,掘进和支持技术也在不断创新和优化。本文通过对掘进和支持技术的详细探讨,旨在提高煤矿企业对这两项技术的重视程度,并引导其根据地质条件、巷道用途和开采要求等实际情况,科学合理地选择掘进与支持技术并进行优化组合。未来,随着智能化和自动化技术的进一步应用,煤矿采矿工程的掘进与支持技术将迎来更加广阔的发展空间和应用前景。

参考文献

- [1]史荣平,李正虎.煤矿采矿工程巷道掘进和支持技术探析[J].内蒙古煤炭经济,2024(21):64-66.DOI:10.3969/j.issn.1008-0155.2024.21.022.
- [2]丰宏伟.煤矿采矿工程巷道掘进和支持技术探析[J].矿业装备,2023(8):90-92.
- [3]侯少华.探析煤矿采矿工程巷道掘进和支持技术的应用[J].矿业装备,2021(3):80-81.
- [4]罗瑞鹏.煤矿采矿工程巷道掘进与支持技术措施探析[J].当代化工研究,2023(3):107-109.DOI:10.3969/j.issn.1672-8114.2023.03.034.