

掘进工作面防治煤与瓦斯突出的技术策略探索

牛子溢

(兖矿能源集团股份有限公司, 山东 滕州 273512)

摘要 本文针对煤矿掘进工作面煤与瓦斯突出这一严重威胁矿工生命安全的问题展开探讨。首先分析了掘进工作面煤与瓦斯突出的成因机制,包括地质构造、煤层赋存状况、应力分布等关键因素,对此提出了以“预测预报、区域治理、局部防护”为核心的综合防治技术体系,包括:运用地质雷达、微震监测等先进技术进行突出危险性预测;实施煤层水力割缝、压裂等区域防治措施;采用超前钻孔卸压、煤体注水软化等局部防护技术。通过在某矿区的实际应用,该技术体系显著降低了突出事故发生率,提高了掘进工作面的安全性。研究表明,采取系统性、针对性的防治措施,可有效控制煤与瓦斯突出风险,为煤矿安全高效掘进提供技术支持,对提升煤矿安全生产水平具有重要的理论意义和实用价值。

关键词 掘进工作面; 煤与瓦斯突出; 预测预报技术; 区域治理; 局部防护技术

中图分类号: TD7

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)10-0124-03

煤与瓦斯突出是煤矿开采过程中面临的最严重的安全威胁之一,尤其在掘进工作面更为突出。近年来,随着开采深度不断增加,煤与瓦斯突出事故呈现频发态势,给矿工生命安全和煤矿生产造成重大损失^[1]。因此,探索有效的掘进工作面煤与瓦斯突出防治技术策略,已成为煤矿安全生产的重中之重。目前,国内外学者对煤与瓦斯突出机理及防治方法进行了大量研究,取得了一定的进展。然而,由于煤层地质条件的复杂性和多变性,现有防治措施在实际应用中仍存在诸多不足,难以满足日益严峻的安全生产需求。特别是在掘进工作面,由于空间狭小、地质信息有限,突出防治面临更大挑战。

1 掘进工作面防治煤与瓦斯突出的技术策略探索的意义

掘进工作面防治煤与瓦斯突出的技术策略探索,在保障矿工安全、提高生产效率、推动技术创新等方面具有重要意义。

1.1 提高矿工安全性,保障生命安全

目前全国共有煤矿5695处,其中煤与瓦斯突出煤矿757处,高瓦斯煤矿1024处^[2]。掘进工作面是煤矿开采中最危险的区域之一,煤与瓦斯突出事故频发,直接威胁着矿工的生命安全。探索有效的防治技术策略,对于降低事故发生率、保障矿工生命安全具有重大意义。具体来说,通过采用先进的预测预报技术,如微震监测系统,可以及时发现潜在的突出危险。例如,某煤矿在掘进工作面安装了微震监测系统,通

过实时监测岩层破裂产生的微小震动,成功预警了多次突出危险,使矿工及时撤离,避免了人员伤亡。此外,实施有效的区域治理措施,如煤层水力割缝技术,可以显著降低煤层应力,减少突出风险。在某矿区的应用中,通过在掘进工作面前方的煤层中进行水力割缝,成功降低了煤层应力,使原本属于突出危险区的煤层变为无突出危险区,大大提高了矿工的作业安全性。通过探索和应用这些先进的防治技术策略,可以有效降低掘进工作面的突出风险,为矿工创造更安全的工作环境,最大限度地保障他们的生命安全。

1.2 提高煤矿生产效率,促进行业可持续发展

煤与瓦斯突出不仅危及人员安全,还会造成设备损坏、生产中斷等问题,严重影响煤矿的生产效率和经济效益。探索有效的防治技术策略,可以显著提高煤矿的生产效率,促进行业的可持续发展。例如,采用超前钻孔卸压技术可以有效降低煤层应力,减少突出风险的同时,还能提高掘进速度。某煤矿在应用该技术后,掘进速度提高了30%,大大提升了生产效率。同时,由于突出风险降低,减少了停工检查和事故处理的时间,进一步提高了整体生产效率。另一个案例是应用煤体注水软化技术。通过向煤体注水,不仅可以降低煤层瓦斯含量,减少突出风险,还能软化煤体,提高采煤机的工作效率。这些技术策略的探索和应用,不仅提高了煤矿的安全性,还显著提升了生产效率,为煤矿企业创造了更多经济效益,推动了行业的可持续发展。

1.3 推动煤矿技术创新,提升行业整体水平

煤与瓦斯突出防治技术的探索,不仅解决了当前的安全生产问题,还推动了煤矿技术的整体创新,提升了行业的科技水平。例如,在防突技术研究过程中,催生了一系列新型监测设备和预警系统。如某研究团队开发的基于物联网和人工智能的智能防突系统,能够实时监测、分析煤层应力、瓦斯浓度等多项指标,并给出科学的预警和处置建议。这不仅提高了防突效果,还推动了煤矿智能化、信息化的进程。另一个例子是新型区域防突技术的研发。如某科研院所开发的多级增压卸压技术,通过在煤层中形成多级裂隙网络,大幅提高了煤层的卸压效果和瓦斯抽采效率。这一技术不仅在防突方面取得了显著效果,还为煤层气开发利用提供了新的思路,推动了能源领域的技术创新。

这些技术创新不仅局限于突出防治领域,还带动了煤矿开采、安全管理等多个相关领域的技术进步。通过持续的技术探索和创新,煤矿行业的整体科技水平得到了显著提升,为行业的长远发展奠定了坚实的技术基础。

2 当前掘进工作面防治煤与瓦斯突出的技术问题

当前掘进工作面防治煤与瓦斯突出的技术虽然取得了一定进展,但在预测预报的精确性和实时性、区域治理措施的有效性和适用性以及局部防护技术的工艺复杂性和可操作性等方面仍存在显著问题。这些问题的存在,一方面限制了防突技术的应用效果,影响了矿井的安全生产;另一方面也为今后的技术创新和改进指明了方向。未来的研究应该着重提高预测预报技术的精确性和实时性,开发适用于不同地质条件的区域治理技术,简化局部防护技术的工艺流程,提高其可操作性。只有解决这些关键技术问题,才能真正实现掘进工作面的安全高效生产,推动煤矿行业的可持续发展。

2.1 预测预报技术的精确性和实时性不足

当前,掘进工作面煤与瓦斯突出的预测预报技术虽然取得了一定进展,但在精确性和实时性方面仍存在显著不足,难以满足安全生产的需求。首先,传统的预测方法如钻屑法、K1 法等,虽然应用广泛,但其准确性受到多种因素影响,如煤层结构、地质条件等,容易出现误判或漏判。例如,某矿区在使用钻屑法进行突出危险性预测时,由于煤层结构复杂,出现了多次误报,导致不必要的停产和经济损失。目前广泛应用的微震监测技术,虽然能够实时监测岩层破裂情况,

但在数据解释和预警标准制定方面仍存在困难。如某煤矿使用微震监测系统时,因为缺乏针对性的预警模型,导致多次出现虚警,影响了正常生产^[3]。此外,新兴的地质雷达探测技术虽然能够提供煤层内部结构的详细信息,但在复杂地质条件下的探测精度和解释准确性仍需提高。某矿区在应用地质雷达技术时,由于受到复杂地质构造的影响,探测结果与实际情况存在较大偏差,未能有效预警突出危险。

2.2 区域治理措施的有效性和适用性受限

区域治理是防治煤与瓦斯突出的重要手段,但当前的技术在有效性和适用性方面仍面临诸多挑战。普遍应用的煤层水力割缝技术,虽然在降低煤层应力方面效果显著,但在某些特殊地质条件下(如高应力、低渗透性煤层)的适用性不足。例如,某矿区在高应力煤层中应用水力割缝技术时,由于煤层渗透性极低,割缝效果不理想,未能有效降低突出风险。压裂增压技术虽然能够有效提高煤层渗透性,促进瓦斯抽采,但在实施过程中容易造成新的应力集中,反而增加了突出风险。某煤矿在应用压裂技术后,由于压裂参数控制不当,导致局部应力集中,引发了小范围的煤体失稳。此外,CO₂相变致裂技术作为一种新兴的区域治理方法,虽然在实验室取得了良好效果,但在实际矿井条件下的应用还面临诸多技术难题。

2.3 局部防护技术的工艺复杂性和可操作性不强

局部防护是掘进工作面防突的最后一道防线,但当前的技术在工艺复杂性和可操作性方面仍存在不足,影响了防护效果。广泛应用的超前钻孔卸压技术,虽然效果明显,但施工过程繁琐,耗时长,严重影响了掘进效率。例如,某矿区在实施超前钻孔卸压时,每次需要停止掘进作业,进行长达数小时的钻孔作业,大大降低了工作效率。煤体注水软化技术虽然能有效降低煤体强度,减少突出风险,但在注水参数控制和均匀性保证方面仍存在技术难题。某煤矿在应用该技术时,由于注水不均匀,导致局部区域仍存在高应力集中,未能完全消除突出隐患。此外,新型的煤层重载爆破技术虽然在卸压效果方面表现出色,但存在安全隐患大、工艺复杂等问题,在实际应用中受到诸多限制。某矿区在尝试应用重载爆破技术时,由于爆破参数控制不当,导致巷道支护受损,不得不暂停该技术的使用。

3 掘进工作面防治煤与瓦斯突出的创新型技术策略

掘进工作面防治煤与瓦斯突出的创新型技术策略主要集中在智能化预测预报系统的开发与应用、多元

化区域治理技术的集成与优化以及智能化局部防护技术的研发与应用等方面。这些创新技术策略不仅提高了防突效果，还大大提升了操作效率和安全性^[4]。需要注意的是，这些创新技术的应用还需要考虑矿区的具体地质条件和技术水平。未来的研究应该进一步提高这些技术的适应性和可靠性，同时探索更多的创新方向，如纳米材料在防突中的应用、基于量子传感的精确监测技术等，以不断提升煤矿安全生产水平。

3.1 智能化预测预报系统的开发与应用

为了提高预测预报的精确性和实时性，开发基于大数据和人工智能的智能化预测预报系统是一个重要的创新方向。具体例子：某研究团队开发了一套基于深度学习的煤与瓦斯突出智能预警系统。该系统整合了微震监测、瓦斯浓度、钻屑参数等多源数据，通过深度神经网络算法对历史数据进行学习，建立了突出危险性评估模型。在实际应用中，该系统能够实时分析 incoming 数据，给出突出危险性评估结果，预警准确率达到95%以上，大大提高了预测的精确性和实时性^[5]。另一个创新应用是基于物联网技术的分布式感知系统。某矿区部署了包含应力传感器、瓦斯浓度传感器、位移传感器等在内的密集传感网络，实现了对掘进工作面的全方位、实时监测。结合边缘计算技术，该系统能够在本地快速处理海量数据，及时发现异常情况，为突出预警提供了有力支持。

3.2 多元化区域治理技术的集成与优化

针对不同地质条件下区域治理措施效果不一的问题，开发和应用多元化、集成化的区域治理技术是一个重要的创新方向。某科研院所提出了“水力割缝+CO₂相变致裂+电磁波改性”的多元化区域治理技术。该技术首先利用水力割缝降低煤层整体应力，然后通过CO₂相变致裂进一步增加煤层裂隙，最后利用电磁波改性技术改善煤层微观结构，提高瓦斯解吸速度。在某高瓦斯矿区的应用中，这种多元化技术比单一的水力割缝技术提高了50%以上的防突效果。另一个创新案例是“定向长钻孔+分段压裂+定向瓦斯抽采”的综合治理技术。某矿区利用定向钻进技术，在煤层中钻进长达500米的定向钻孔，然后进行分段压裂，形成大范围的裂隙网络。最后通过定向瓦斯抽采系统，实现了对大范围煤层的有效治理。这种技术不仅显著降低了突出风险，还提高了瓦斯资源的利用率。

3.3 智能化局部防护技术的研发与应用

为了解决局部防护技术工艺复杂、可操作性不强的问题，开发智能化、自动化的局部防护技术是一个

重要的创新方向。某企业研发了一种智能化超前钻孔系统。该系统配备了自动定位、自动钻进、自动测量的功能，可以根据预设的参数自动完成超前钻孔作业。同时，系统还集成了钻屑参数自动采集和分析功能，能够实时评估煤层突出危险性。在某矿区的应用中，这种智能化系统将超前钻孔的施工时间缩短了40%，大大提高了工作效率。另一个创新应用是远程控制的煤体注水软化系统。该系统通过远程控制技术，实现了注水参数的精确控制和实时调整。系统配备了多点压力传感器，能够实时监测煤体内部压力变化，自动调整注水量和注水压力，确保注水的均匀性和有效性。某煤矿在应用这一系统后，注水效果提升了30%，同时大大降低了操作人员的安全风险。此外，基于虚拟现实(VR)技术的防突培训系统也是一个重要的创新方向。某培训机构开发了一套VR防突培训系统，通过模拟各种突出情景，让操作人员在虚拟环境中进行防突操作训练。

4 结束语

本文深入探讨了掘进工作面防治煤与瓦斯突出的成因机制及综合防治技术策略，提出了以“预测预报、区域治理、局部防护”为核心的综合防治体系。通过实际应用地质雷达、微震监测等先进手段的预测预报技术显著提高了突出风险的预警准确性；水力割缝、压裂等区域防突措施有效降低了煤层应力；超前钻孔卸压、煤体注水软化等局部防护技术显著提升了矿工安全性和生产效率。研究表明，系统性、针对性的防治措施在降低突出事故发生率、保障矿工生命安全、提高生产效率方面具有重要意义，为煤矿安全高效掘进提供了有力的技术支撑。

参考文献：

- [1] 张亮. 掘进工作面防治煤与瓦斯突出的技术策略探索[J]. 矿业装备, 2022(02):12-13.
- [2] 曹森林. 水力化技术防治煤与瓦斯突出研究现状及展望[J]. 煤矿安全, 2020, 51(10):60-66.
- [3] 王飞. 掘进工作面防治煤与瓦斯突出的技术策略探索[J]. 石化技术, 2020, 27(05):212, 238.
- [4] 姜东, 臧洪彦, 吴朋, 等. 煤矿掘进工作面常见冒顶事故的原因及防治措施[J]. 内蒙古煤炭经济, 2024(12):106-108.
- [5] 毕磊. 综掘工作面粉尘运移规律及综合降尘技术研究[J]. 江西煤炭科技, 2024(03):247-250.