

煤矿开采技术及掘进支护技术分析

杨小平

宁夏银星煤业有限公司 宁夏 银川 750004

摘要：本文概述了煤矿开采及掘进支护的多种关键技术。综采技术通过综合机械化提高生产效率，但成本高且需专业操作。炮采工艺依赖爆破技术，虽流程简单但安全隐患大。普采技术成本低但效率低，存在安全隐患。崩落开采技术适用于大范围矿区，提升开采效率。地下深井开采需科学设计巷道与通风系统，确保安全。掘进支护方面，喷射混凝土、钢筋网支护、锚杆支护及软岩支护技术各有优势，确保巷道稳定，降低安全事故风险。

关键词：煤矿开采技术；掘进支护技术；技术应用

引言

随着煤炭资源需求的持续增长，煤矿开采技术及其安全性成为行业关注的焦点。传统的开采方式已难以满足高效、安全的生产需求。本文旨在探讨煤矿开采中的综采技术、炮采工艺、普采技术及崩落开采技术，并深入分析掘进支护技术中的喷射混凝土、钢筋网支护、锚杆支护及软岩支护技术，以期为煤矿企业提高开采效率、保障作业安全提供理论参考和实践指导。

1 煤矿开采技术的应用

1.1 综采技术

在煤矿开采的技术研究中，综采技术指的是使用综合机械化的方式进行采煤的一种技术，将各个工序和机械化的手段相结合，简化煤矿生产的过程，在煤矿开采中，综采技术的适用性较强，有着明显的应用优势。在顶板坚硬的环境中可以利用综采技术，在稳定环境中的煤层，也可以利用综采工艺。综采技术的安全水平较高，投入的人工较小，但是利用综采技术时，需要投入大量的机械设备，成本较高，在装备撤回方面存在一定的技术难题，对人员的技术有着较高的专业性要求。因此使用综采技术时，需要调查、分析工作面地质构造，了解煤层倾角，做好支架侧滑问题的防范与治理，煤层倾角较大的情况下，应在收尾安全以及侧滑问题的防治中，做好安全措施。应用综采技术，在采煤作业各个环节都离不开设备设施的支持，需借助机械设备进行生产，突破目前机械化建设中存在的局限性约束，实现技术突破，需学习和引进先进的科技技术，来提高综采技术机械化水平。

1.2 炮采工艺

在煤炭资源的开采历程中，技术的不断革新是推动行业进步的关键力量。炮采工艺，作为传统而又具有一定挑战性的开采方式，至今仍在特定条件下发挥着重

要作用。这一工艺的核心在于巧妙利用爆破技术，通过人工操作与机械辅助相结合的方式，高效地破碎坚硬煤层，实现煤炭资源的初步采集。它不仅考验着技术人员的专业技能，还对整个作业流程的安全管理提出了极高的要求。

炮采工艺的流程虽看似简单，实则蕴含着复杂的技术细节与安全考量。首先，破煤环节是整个工艺的起点，也是最为关键的一步。技术人员需根据煤层的具体条件，如煤质硬度、岩层结构等，精确计算炸药用量与炮眼布局，确保爆破效果既能有效破碎煤层，又能最大限度减少对周围环境的破坏。这一过程不仅要求技术精准，还需密切关注爆破作业可能引发的地质变化，如顶板稳定性问题，以防不测。

随后是装煤与运煤环节，这两项工作通常通过机械化设备辅助完成，以提高作业效率。但即便在机械化程度较高的今天，人工干预仍是不可或缺的。特别是在一些复杂地质条件下，技术人员需灵活调整作业方案，确保煤炭资源得以顺利采集并运出。

支护作业是炮采工艺中不可或缺的一环，它直接关系到作业面的安全稳定。随着科技的进步，支护技术也在不断创新与发展。从传统的木支护、金属支架到现代的液压支架系统，支护方式的演变不仅提高了作业面的支护强度，还显著降低了劳动强度和安全风险。在炮采工艺中，科学合理地布置支护结构，及时加固顶板与侧帮，是保障作业安全、提高开采效率的关键^[1]。

炮采工艺的应用过程中，安全管理始终是最为核心的问题。瓦斯爆炸、顶板垮落等安全隐患时刻威胁着作业人员的生命安全。因此，必须建立健全的安全管理体系，加强对爆破作业、支护作业、通风管理等方面的监督与检查。同时，还需通过技术培训、应急演练等方式，提高作业人员的安全意识和应急处置能力。此外，

采用先进的监测技术,如瓦斯浓度实时监测、顶板压力预警系统等,也是预防安全事故、降低安全风险的有效手段。

1.3 煤矿普采技术

煤矿普采技术,作为煤炭开采领域中的一种基础且历史悠久的开采方式,其工艺流程在一定程度上承袭了传统人工开采的精髓,通过小型机械化设备与人力紧密配合,实现了对小规模矿区的有效挖掘与开发。这种技术模式在小规模、低强度或特定地质条件下的开采作业中展现出独特的灵活性与适应性,无需过多考虑矿层硬度等复杂地质因素,有效降低了前期勘探与设备投入的成本,缩短了项目周期,同时,由于减少了大型机械的直接干预,往往能保留较高的煤炭自然品质,满足市场对高质量煤炭的需求。

然而,煤矿普采技术的局限性亦不容忽视。首先,其人工依赖度高,导致开采效率难以与现代化、自动化水平较高的开采技术相媲美,尤其是在面对大规模开采任务时,这一短板尤为突出。其次,尽管小型设备的应用在一定程度上降低了成本,但频繁的人力参与不仅增加了劳动强度,还不可避免地带来了安全隐患,如作业环境恶劣、体力透支导致的操作失误等,这些都极大地增加了煤炭开采事故的风险,对矿工的生命安全构成威胁,同时也可能给煤矿企业及社会带来不可估量的经济损失和负面舆论影响。

1.4 崩落开采技术

崩落开采技术作为煤矿开采领域的一项重要技术革新,其核心在于通过精密设计与实施,利用炸药爆破、机械破碎或其他先进物理方法,促使矿体上方或周围的岩石层发生可控性崩落。这一过程不仅高效地剥离了矿石,还巧妙地利用崩落的围岩自然充填空场,有效缓解了开采过程中因采空区形成而可能导致的地压集中与地面沉降问题,实现了对矿区地质环境的科学管理与保护。

该技术以其广泛的应用场景和显著的效率提升优势,在全球范围内,尤其是煤矿开采行业中占据了重要地位,我国应用崩落开采技术的矿区比例虽已达到约30%,但与发达国家相比,在技术成熟度、自动化水平、环境保护措施及资源回收率等方面仍存在较大提升空间。因此,深入优化崩落开采技术,加强技术研发与创新,推动智能化、绿色化转型,对于提升我国煤矿开采技术水平、保障矿山安全生产、促进资源可持续利用具有重要意义。未来,随着科技的进步和环保意识的增强,崩落开采技术将更加注重生态平衡与环境保护,实现经济效益与社会效益的双赢。

1.5 地下深井开采技术

深井开采技术,作为现代煤矿开采领域的一项重要突破,专门应对地下深处复杂多变的煤层条件,其技术要求与操作流程均达到了前所未有的高度^[2]。在这一技术体系中,科学规划与设计巷道布局是基石,它不仅确保矿工与设备的顺畅通行,还需兼顾结构稳定性,以抵御深部高地压带来的挑战,保障作业安全与效率。针对煤矿开采过程中难以忽视的瓦斯问题,深井开采技术融合了先进的通风排放系统,通过精确计算风流路径与风量分配,有效稀释并排出积聚的瓦斯,将浓度控制在安全阈值以内,为井下作业营造了一个相对安全的作业环境。同时,智能监控系统的应用,更是实现了对瓦斯浓度的实时监测与预警,进一步提升了安全管理水平。

在通风系统设计上,深井开采技术追求高效与环保的双重目标。通过优化通风网络,增强矿井内部空气循环效率,不仅有效调节了井下温湿度,还显著降低了矿坑压力对作业面的影响,维持了矿井生态系统的平衡与稳定。此外,对于开采过程中产生的煤矸石这一固废问题,深井开采技术倡导绿色循环理念,将煤矸石进行粉碎处理,转化为矿井充填材料,不仅减少了运输与处置成本,还实现了废弃物的资源化利用,为煤矿行业的可持续发展探索出了新路径。

2 掘进支护技术的应用

2.1 喷射混凝土技术

在煤炭开采这一复杂而高风险的作业环境中,掘进支护技术的应用显得尤为关键,其中喷射混凝土技术以其高效、便捷的特点,在加固受损岩体、保障生产安全方面发挥着不可替代的作用。该技术通过高压喷射设备,将预先配制好的混凝土混合料精准地喷射至巷道内岩体的裂缝、断裂面及潜在不稳定区域,实现快速固化与高强度粘结。这一过程不仅简化了传统支护方法的繁琐步骤,还大大提高了作业效率,确保了在最短时间内恢复巷道的稳定性与安全性。

在具体实施过程中,技术人员需首先对巷道进行全面细致的勘察,准确识别出所有需要加固的岩体部位,包括裂缝的宽度、深度以及岩体的破碎程度等。随后,根据勘察结果,科学调配混凝土配比,以确保其具备良好的流动性、粘聚性和早期强度,从而满足快速固化与高强度支撑的需求。在喷射作业时,操作人员需佩戴专业防护装备,严格遵守安全操作规程,确保作业过程的安全可控。

通过喷射混凝土技术的应用,不仅能够有效提升巷道岩体的整体强度与稳定性,减少因岩体破碎而导致的

坍塌风险，还能为后续的煤炭开采作业创造更加安全、稳定的作业环境。此外，该技术还具备成本相对较低、施工速度快的优势，有助于企业降低生产成本，提高生产效益，实现安全、高效、可持续的煤炭开采目标。

2.2 钢筋网支护技术

在现代化煤炭开采进程中，钢筋网支护技术以其卓越的稳定性与灵活性，成为确保井下作业安全的重要技术手段之一。特别是在地质条件相对良好、开采难度适中的矿区，该技术更是展现出了其独特的优势。面对开采过程中可能遭遇的松动围岩、脆弱岩石层等复杂地质挑战，钢筋网支护技术提供了有效的解决方案。该技术核心在于采用高强度、耐腐蚀的钢筋材料，精心编织成密集的网状结构，并通过专业安装技术，将其牢固悬挂于巷道顶部及两侧关键位置。这种网络式布局不仅能够有效分散并吸收岩石松动、破碎时产生的冲击力，还能及时拦截可能脱落的小石块，防止其掉落伤人，从而大大提升了作业区域的安全性。此外，钢筋网支护技术的实施还注重细节把控，如网片密度的精确计算与调整，以确保其既能有效抵御外部冲击，又不至于过分增加支护结构的重量与成本。同时，定期对支护结构进行检查与维护，及时发现并处理潜在的安全隐患，进一步保障了支护系统的长期稳定性和可靠性。

2.3 锚杆支护

锚杆支护技术作为掘进支护体系中的核心组成部分，其应用广泛且效果显著，尤其在复杂地质条件下的隧道及地下工程掘进中发挥着不可替代的作用。该技术通过精心设计的锚杆系统，深入岩土内部，利用锚杆与岩土体之间的相互作用力，有效改变并优化围岩的应力分布状态，显著增强了围岩的自承能力，从而实现了对隧道洞壁及周边岩土体的有效支护与稳定控制。

在实际操作中，工程人员需依据详尽的地质勘察报告，精确计算并合理布置锚杆的位置、长度、角度及间距，确保锚杆能够穿透关键软弱层，形成稳固的支护网络。同时，还需考虑锚杆的材质、强度及预紧力等参数，以适应不同地质条件下的支护需求。施工过程中，通过施加预紧力，锚杆能够主动对岩土体施加反向作用力，压缩围岩裂隙，提高岩土体的整体性和强度，有效遏制岩石结构的形变与破坏。针对周边岩石、岩石的松动问题，锚杆支护技术展现出了卓越的加固效果。通过增强岩土体间的联系与约束，锚杆能够显著提升岩石的稳定性，防止塌方、冒顶等安全事故的发生。

2.4 软岩支护技术

在掘进支护技术中，软岩支护技术是一项重要且复杂的应用领域。软岩由于其松软、破碎、膨胀、流变等特性，使得支护工作尤为关键。以下是对软岩支护技术的简要概述：

软岩支护技术主要面向松软、破碎等难以支护的岩体环境，旨在通过有效的支护手段保障掘进作业的安全与效率。该技术主要包括三大类：砌体支护、支架支护和锚喷支护。

砌体支护采用料石、砖和混凝土等材料，通过砌筑成墙或拱形结构来支撑围岩，是传统且有效的支护方式之一。支架支护则通过在支架间安装拉杆和背板，提升支护结构的整体稳定性，其断面形式多样，如圆形、椭圆形、梯形等，可根据具体地质条件灵活选择。

锚喷支护则是现代软岩支护技术中较为先进的方法，具有贴合性强、支护迅速和适应性强等特点。该技术利用锚杆将围岩与支护结构紧密连接，通过注浆等方式加固围岩，形成稳定的支护体系。锚杆材料可选用金属、钢丝绳锚杆或有机玻璃锚杆等，以适应不同的地质条件。

此外，软岩超前管棚支护技术也是一项值得关注的预支护技术^[9]。通过在即将开挖的隧道外轮廓周边布置外插角钻孔并安装钢管，再进行注浆固结，形成加固保护环，以有效减轻上部荷载对隧道支护结构的压力，提高施工安全性。

结束语

综上所述，煤矿开采及掘进支护技术的不断创新与优化，对于提升煤矿生产效率和保障作业安全具有重要意义。通过科学应用综采技术、炮采工艺、普采技术及崩落开采技术，并结合喷射混凝土、钢筋网支护、锚杆支护及软岩支护技术等掘进支护手段，煤矿企业能够更有效地应对复杂地质条件，实现安全、高效、可持续的煤炭开采。未来，随着技术的不断进步和应用的深化，煤矿开采及掘进支护技术将迎来更加广阔的发展前景。

参考文献

- [1]孔川.煤矿开采技术与掘进支护技术研究[J].内蒙古煤炭经济,2020(21):57-58.
- [2]张建伟.煤矿开采技术与掘进支护技术分析[J].科技资讯,2020,18(30):60-62.
- [3]李强.煤矿安全开采中的掘进支护技术研究[J].矿业安全与环保,2020,47(4):72-76.