

煤矿采矿工程中的采矿工艺与技术探究

吴淑强

乌海市裕隆利胜矿业有限公司 内蒙古 乌海 016000

摘要：本文围绕煤矿采矿工程中的采矿工艺与技术展开探究，先分析壁式、柱式等传统采矿工艺的特点、适用场景及局限，再阐述综合机械化、充填、急倾斜煤层优化及无人工作面等现代采矿工艺的创新点与应用成效，还研究了矿压监测、矿井通风、智能化控制、瓦斯治理和粉尘防治等关键支撑技术。通过系统梳理，为煤矿采矿工艺技术的合理选用与发展提供参考，对提升煤炭开采效率、保障安全及推动行业绿色智能发展具有重要意义。

关键词：煤矿采矿工程；采矿工艺；综合机械化采矿；矿压监测技术；智能化开采技术

引言

煤炭作为我国重要能源，在能源供应体系中占据关键地位，其稳定高效开采关乎能源安全与经济发展。随着煤矿开采深度增加、地质条件趋复杂，传统采矿工艺渐显效率低、安全性差等问题，现代采矿工艺与关键技术的创新应用成为必然。本文聚焦煤矿采矿工程中的采矿工艺与技术，深入分析传统工艺不足，探讨现代工艺突破及关键支撑技术作用，旨在为煤矿采矿技术升级、实现安全高效绿色开采提供理论与实践借鉴。

1 煤矿采矿工程中传统采矿工艺分析

1.1 壁式采矿法

壁式采矿法以工作面为长壁形，沿煤层走向推进开采，是传统采矿工艺中应用较为广泛的一种。该工艺根据煤层厚度不同，可分为薄煤层壁式采矿、中厚煤层壁式采矿和厚煤层壁式采矿。在薄煤层开采中，通常采用单一长壁采煤法，设备体型较小，适应煤层空间限制；中厚煤层则多采用走向长壁采煤法，通过刮板输送机将煤炭运出工作面；厚煤层壁式采矿则需采用分层开采方式，将厚煤层划分为多个分层依次开采，每层开采高度根据设备能力和煤层稳定性确定。不过，壁式采矿法对煤层赋存条件要求较高，若煤层倾角过大或地质构造复杂，会导致工作面支护难度增加，开采效率大幅下降。

1.2 柱式采矿法

柱式采矿法通过在煤层中划分矿房和矿柱，先开采矿房，再根据情况处理矿柱，适用于煤层厚度较稳定、埋藏较浅且顶板条件较好的矿井。该工艺包括房柱采矿法、房式采矿法和巷柱采矿法等类型。房柱采矿法在矿房之间保留一定尺寸的矿柱支撑顶板，矿房宽度通常为5-10m，矿柱尺寸根据顶板岩石强度确定；房式采矿法则不回收矿柱，适用于资源储量丰富且顶板易垮落的煤层；巷柱采矿法通过挖掘巷道并保留煤柱支撑，开采规

模相对较小。柱式采矿法的优点是开采工艺简单、设备投资少，但其资源回收率较低，矿柱的存在导致大量煤炭资源无法回收，且随着开采深度增加，矿柱受压易发生变形，引发顶板垮塌风险^[1]。

2 煤矿采矿工程中现代采矿工艺创新与应用

2.1 综合机械化采矿工艺

综合机械化采矿工艺（简称综采）以全机械化作业为核心，整合了采煤机、刮板输送机、液压支架等设备，实现了工作面采煤、装煤、运煤、支护和顶板管理的全面机械化。该工艺的关键在于各设备之间的协同配合，采煤机通过滚筒切割煤层，将煤炭装入刮板输送机，液压支架随采煤机推进及时支护顶板，有效控制顶板下沉。在厚煤层开采中，综采工艺可采用大采高一次采全厚技术，开采高度可达7m以上，相比传统分层开采，减少了分层作业的工序，大幅提高了开采效率。同时，综采工艺配备了完善的监测系统，可实时监测工作面压力、设备运行状态等参数，当出现异常情况时及时预警，降低了安全事故发生率。目前，综采工艺已在我国大部分大中型矿井中普及，显著提升了煤炭开采的集约化水平。

2.2 充填采矿工艺

充填采矿工艺通过向采空区填充充填材料，控制围岩移动，减少地表沉陷，适用于煤层埋藏较浅、地表有建筑物或生态敏感区域的矿井，是实现绿色采矿的重要工艺之一。根据充填材料的不同，可分为膏体充填、矸石充填和高水材料充填等类型。膏体充填以煤矸石、粉煤灰等工业废料为主要原料，加水搅拌成膏状流体，通过管道输送至采空区，凝固后形成高强度充填体，不仅实现了废料资源化利用，还能有效支撑顶板；矸石充填则将井下掘进产生的矸石直接填入采空区，减少了矸石升井带来的运输成本和地面堆积污染；高水材料充填采

用高水速凝材料,加水混合后快速凝固,适用于对充填体强度要求较高且充填速度快的场景。充填采矿工艺虽增加了充填环节的成本,但通过减少地表沉陷带来的环境治理费用和资源浪费,从长期来看具有显著的经济和环境效益^[2]。

2.3 急倾斜煤层采矿工艺优化

急倾斜煤层(倾角大于 45°)由于煤层倾角大,煤炭开采过程中易出现煤炭下滑、设备稳定性差、顶板管理困难等问题,传统采矿工艺在急倾斜煤层开采中效率低、安全风险高。现代急倾斜煤层采矿工艺通过技术优化,形成了一系列适应急倾斜煤层特点的开采方式,如水平分段综采放顶煤工艺、柔性掩护支架采煤工艺等。水平分段综采放顶煤工艺将急倾斜厚煤层划分为多个水平分段,每个分段采用综采放顶煤技术开采,通过液压支架和放顶煤支架的协同作用,控制煤层垮落和煤炭运输;柔性掩护支架采煤工艺则利用柔性支架覆盖工作面,保护作业人员和设备,适用于煤层厚度较小、倾角较大的矿井。这些优化后的工艺大幅提升了急倾斜煤层的开采效率和安全水平,拓展了煤炭资源的开采范围。

2.4 无人工作面采矿工艺

无人工作面采矿工艺是现代采矿工艺的高端发展方向,基于智能化技术和远程控制技术,实现工作面无人化作业,彻底改变了传统采矿的作业模式。该工艺通过在工作面布置智能采煤机、智能液压支架、智能刮板输送机等设备,配备高清摄像头、传感器等监测装置,实现对工作面环境、设备运行状态和煤炭开采过程的实时监测。地面控制中心通过数据传输系统接收工作面实时数据,操作人员通过远程控制平台对采煤机的切割路径、液压支架的移动速度、输送机的运行状态等进行精准控制,实现煤炭的自动化开采。无人工作面采矿工艺不仅避免了人员在高风险工作面作业,降低了安全事故风险,还能通过智能化调度优化开采参数,进一步提升采矿效率和资源回收率。目前,我国部分先进矿井已成功应用无人工作面采矿工艺,如神东煤炭集团的部分矿井,实现了工作面的常态化无人开采。

3 煤矿采矿工程中的关键支撑技术研究

3.1 矿压监测技术

矿压监测技术通过对矿井开采过程中围岩压力、顶板位移、支架受力等参数的监测,掌握围岩运动规律,为工作面支护设计、开采方案优化和安全风险预警提供数据支持。传统矿压监测多采用人工巡检和机械式仪表,监测精度低、数据滞后,难以满足实时监测需求。现代矿压监测技术以智能化、自动化为特点,主要包括

光纤传感监测技术、无线传感网络监测技术和应力在线监测技术等。光纤传感监测技术利用光纤的光弹效应,将压力、位移等物理量转化为光信号变化,实现对围岩应力和位移的高精度、分布式监测,监测范围可达数千米;无线传感网络监测技术通过在工作面布置大量无线传感器节点,形成监测网络,实时采集并传输矿压数据,无需布线,适应工作面动态推进的特点;应力在线监测技术则通过在液压支架、矿柱等关键部位安装应力传感器,实时监测其受力状态,当应力超过阈值时自动报警。这些先进的矿压监测技术可实现对矿压数据的实时采集、分析和预警,帮助工作人员及时发现潜在风险,采取针对性措施,保障工作面稳定^[3]。

3.2 矿井通风技术

矿井通风技术是保障煤矿井下作业人员生命安全、改善作业环境的关键技术,其核心是向井下输送新鲜空气,稀释并排出瓦斯、粉尘、有害气体等,维持井下正常的通风环境。随着矿井开采深度增加和开采规模扩大,井下通风系统更加复杂,对通风技术的要求也不断提高。现代矿井通风技术主要包括高效通风设备应用、通风系统优化设计和智能通风控制技术等。在通风设备方面,采用高效节能的轴流式通风机、离心式通风机,配备变频调速装置,根据井下风量需求调节风机转速,降低能耗;通风系统优化设计通过数值模拟技术,对井下巷道布局、通风网络进行模拟分析,优化通风路径,减少通风阻力,提高通风效率,例如在复杂矿井中采用分区通风方式,将矿井划分为多个独立通风区域,避免相互影响;智能通风控制技术基于物联网和自动控制技术,实时监测井下各区域的瓦斯浓度、风速、温度等参数,通过智能控制系统自动调节风门开度、风机运行状态,实现通风系统的动态优化,确保井下通风参数始终处于安全范围内。

3.3 煤矿开采智能化控制技术

煤矿开采智能化控制技术是实现采矿工艺自动化、无人化的核心技术,整合了计算机技术、物联网技术、大数据技术和人工智能技术,对采矿过程进行全面智能化管控。该技术主要包括采煤机智能控制、液压支架智能控制和工作面智能调度等方面。采煤机智能控制通过安装位置传感器、姿态传感器和煤岩识别传感器,实现采煤机的自动定位和煤岩界面识别,根据煤层厚度和赋存条件自动调整切割高度和牵引速度,避免采煤机截割顶板或底板,提高煤炭纯度和采煤效率;液压支架智能控制基于矿压监测数据,通过电液控制系统实现支架的自动移架、推溜和护帮,根据顶板压力变化自动调整

支架初撑力和工作阻力,确保支架与顶板的有效接触;工作面智能调度则利用大数据分析技术,对工作面设备运行数据、煤炭产量数据、人员位置数据等进行综合分析,优化设备运行参数和生产调度方案,实现工作面生产的高效协同。

3.4 煤矿瓦斯治理技术

瓦斯是煤矿开采过程中的主要安全隐患之一,瓦斯爆炸和瓦斯突出事故严重威胁井下作业安全,因此煤矿瓦斯治理技术是采矿工程中的关键支撑技术。现代煤矿瓦斯治理技术从预防和抽采两个方面入手,形成了完善的瓦斯治理体系。在瓦斯预防方面,采用瓦斯地质预测技术,通过分析煤层地质构造、瓦斯含量分布等因素,预测瓦斯突出危险区域,提前采取支护加固、煤层注水等措施,降低瓦斯突出风险;同时,在工作面配备瓦斯传感器和瓦斯报警装置,实时监测瓦斯浓度,当瓦斯浓度超过安全阈值时,自动切断工作面电源,启动排风设备。在瓦斯抽采方面,根据矿井瓦斯赋存条件,采用地面钻井抽采、井下钻孔抽采和采空区抽采等方式。地面钻井抽采通过在地面向煤层打钻,利用负压将煤层中的瓦斯抽出地面,适用于高瓦斯矿井的预抽采;井下钻孔抽采则在井下工作面周围布置抽采钻孔,通过抽采管路将瓦斯抽至地面或井下瓦斯利用系统;采空区抽采则针对采空区积聚的瓦斯,通过预埋管路或钻孔进行抽采,减少瓦斯向工作面泄漏。此外,瓦斯抽采后还可进行资源化利用,如用于发电、供暖等,实现瓦斯的变废为宝^[4]。

3.5 煤矿粉尘防治技术

煤矿粉尘不仅会导致尘肺病等职业病,危害作业人员健康,还可能引发粉尘爆炸事故,因此煤矿粉尘防治技术对保障采矿工程安全至关重要。现代煤矿粉尘防治技术采用“源头控制、过程抑制、末端净化”的综合防治思路,涵盖了多个环节的技术措施。在源头控制方面,采用采煤机高压喷雾降尘技术,在采煤机滚筒附近

安装高压喷雾装置,通过高压水流形成水雾,捕捉切割煤层产生的粉尘;同时,优化采煤机切割参数,减少粉尘产生量。在过程抑制方面,在刮板输送机、带式输送机等运输设备的转载点安装喷雾降尘装置或密封罩,减少煤炭运输过程中粉尘的飞扬;采用煤层注水技术,在开采前向煤层注入高压水,使煤层湿润,降低开采过程中粉尘的产生。在末端净化方面,在井下巷道安装除尘风机和布袋除尘器,对空气中的粉尘进行过滤净化;同时,要求作业人员佩戴防尘口罩等个人防护用品,进一步减少粉尘吸入。这些粉尘防治技术的综合应用,可大幅降低井下粉尘浓度,改善作业环境,保障作业人员健康。

结语

综上,煤矿采矿工程的采矿工艺与技术历经从传统到现代的发展变革。传统壁式、柱式采矿法有特定适用场景,但存在效率、安全等局限;现代综合机械化、无人工作面等工艺大幅提升效率与安全性,充填工艺助力绿色开采。矿压监测、瓦斯治理等关键技术为采矿安全提供保障。未来,需进一步推动采矿技术智能化与绿色化创新,优化工艺适配性,以应对复杂地质条件挑战,促进煤矿采矿工程持续健康发展,更好保障能源安全与生态环境。

参考文献

- [1]李世超.基于煤矿采矿工程中的采煤工艺与技术分析[J].石河子科技,2024(01):26-27.
- [2]李飞.煤矿采矿工程中的采煤工艺与技术分析[J].石河子科技,2023(05):25-26.
- [3]罗兵兵.试析煤矿采矿工程中的采矿工艺与技术[J].冶金与材料,2023,43(09):68-70.
- [4]朱剑.煤矿采矿工程中的采矿工艺与技术分析[J].内蒙古煤炭经济,2022(19):25-27.
- [5]许林岗.煤矿采矿工程中新型采矿工艺与技术应用研究[J].内蒙古煤炭经济,2025,(15):31-33.