

煤矿采掘工艺改进与高效开采模式探索

陈战杰

河南宝雨山煤业有限公司宝雨山煤矿 河南洛阳 471322

DOI:10.12238/ems.v7i7.14213

[摘要] 本文聚焦煤矿采掘工艺改进与高效开采模式探索, 深入分析当前煤矿采掘工艺存在的问题, 探讨煤矿采掘工艺改进的方向与关键技术, 通过对多种高效开采模式的研究与案例分析, 总结出适合不同煤矿条件的高效开采策略。同时, 阐述了高效开采模式应用的保障措施, 旨在为推动煤矿行业高效、安全、绿色发展提供理论与实践参考, 助力提升我国煤矿企业的市场竞争力与经济效益。

[关键词] 煤矿; 采掘工艺; 高效开采模式; 技术改进; 保障措施

引言

煤炭作为我国重要的基础能源, 在能源结构中占据着关键地位。近年来, 随着能源需求的不断增长以及对安全生产、环境保护要求的日益提高, 煤矿行业面临着巨大的挑战与机遇。传统的煤矿采掘工艺和开采模式逐渐暴露出效率低下、资源浪费严重、安全隐患多等问题, 已难以满足现代煤炭工业发展的需求。

一、煤矿采掘工艺现状及存在的问题

(一) 煤矿采掘工艺现状

当前, 我国煤矿采掘工艺主要包括露天开采和地下开采两大类。露天开采工艺相对简单, 主要通过机械挖掘、运输等设备, 将煤层以上的覆盖物剥离后, 直接开采煤炭资源。这种开采方式具有生产效率高、开采成本相对较低等优点, 适用于埋藏较浅、煤层厚度较大且分布较为集中的煤田^[1]。

地下开采则更为复杂, 根据煤层赋存条件和开采技术要求, 又可分为壁式开采、柱式开采等多种工艺。壁式开采是我国地下煤矿应用较为广泛的一种工艺, 其特点是工作面较长, 采煤设备沿着工作面连续推进, 能够实现大规模、高效化开采。柱式开采则是在煤层中留下煤柱支撑顶板, 通过对煤柱周围煤炭的开采来获取资源, 这种工艺适用于地质条件较为复杂、煤层稳定性较差的区域。

(二) 存在的问题

1. 开采效率较低

部分煤矿企业仍然采用较为落后的采掘设备和工艺, 设备老化严重, 自动化程度低, 导致开采效率难以提升。例如, 一些小型煤矿使用的采煤机截割速度慢, 装煤效率低, 与先进的综采设备相比, 生产能力差距明显。同时, 采掘作业流程不够优化, 各工序之间的衔接不够紧密, 存在等待、闲置

等时间浪费现象, 进一步影响了整体开采效率。

2. 资源浪费严重

在煤炭开采过程中, 由于开采工艺不合理、技术水平有限等原因, 导致大量煤炭资源无法得到有效开采^[2]。例如, 在一些采用柱式开采的煤矿中, 为了保证顶板的稳定性, 留下了过多的煤柱, 这些煤柱中的煤炭资源难以回收, 造成了资源的浪费。此外, 在煤炭开采过程中, 由于对煤层地质条件认识不足, 开采设计不合理, 也会导致部分煤炭资源被遗弃, 降低了煤炭资源回收率。

3. 安全隐患突出

煤矿井下作业环境复杂, 存在瓦斯、水、火、顶板等多种灾害威胁。传统采掘工艺在应对这些灾害时, 往往存在技术手段不足、防护措施不到位等问题。例如, 在一些高瓦斯矿井中, 通风系统不完善, 瓦斯抽采效果不佳, 容易导致瓦斯积聚, 引发瓦斯爆炸事故。同时, 顶板支护技术落后, 不能有效控制顶板的变形和垮落, 顶板事故时有发生, 严重威胁着矿工的生命安全。

4. 环境污染问题

煤矿开采过程中会产生大量的煤矸石、废水、粉尘等污染物。传统采掘工艺在环境保护方面重视程度不够, 缺乏有效的污染治理措施。煤矸石随意堆放, 不仅占用大量土地资源, 还会发生自燃, 释放有害气体; 煤矿废水未经处理直接排放, 会污染地表水和地下水; 采掘作业过程中产生的粉尘, 不仅会影响矿工的健康, 还会对周边大气环境造成污染。

二、煤矿采掘工艺改进方向及关键技术

(一) 改进方向

随着信息技术、人工智能等技术的快速发展, 煤矿采掘工艺向智能化与自动化方向发展成为必然趋势。通过引入智

能采掘设备、自动化控制系统,实现采掘作业的远程控制、自动监测和智能决策,提高开采效率和安全性,减少人工干预,降低劳动强度。为了满足环境保护的要求,煤矿采掘工艺需要更加注重绿色环保^[3]。采用清洁开采技术,减少煤矸石产生量,提高煤炭资源回收率;加强对废水、粉尘等污染物的治理,实现污染物达标排放;开展矿区生态修复,恢复被破坏的生态环境。通过优化采掘工艺设计,合理布置采掘工作面,提高设备的协同作业能力,实现煤炭资源的高效集约化开采。采用先进的采掘设备和工艺,提高单班产量,降低生产成本,提高煤矿企业的经济效益。

(二) 关键技术

1. 智能采掘设备技术

智能采掘设备技术以物联网、大数据、人工智能算法为核心。智能采煤机搭载惯性导航、激光雷达、高清摄像装置,通过三维建模系统构建煤层空间形态,内置自适应截割算法依据煤岩识别传感器反馈的煤岩硬度、层理信息,自动调节滚筒转速、牵引速度、截割深度参数。智能掘进机配置多轴倾角传感器、地质雷达,实时监测巷道掘进方向与前方地质构造,自动调整截割头姿态和钻进参数。设备间通过 5G 通信网络与工业以太网实现数据交互,中央控制系统根据各设备工况数据,优化作业时序,协调采煤机、刮板输送机、液压支架运行节奏,实现采掘作业全流程自动化控制。

2. 瓦斯抽采与防治技术

瓦斯抽采技术采用地面垂直钻井与井下水平钻孔相结合的立体抽采模式。地面钻井利用定向钻进技术穿透煤层,在煤层段设置筛管,通过负压抽采系统抽取瓦斯。井下穿层钻孔从岩层向煤层施工,采用水力压裂技术扩大煤层透气性,配合分段封孔装置实现分层抽采。顺层钻孔沿煤层走向布置,运用定向钻进技术延伸钻孔长度,搭配大直径螺旋钻杆提高排渣效率。瓦斯监测预警系统由分布式激光甲烷传感器、无线传输节点、数据分析服务器构成,传感器实时采集瓦斯浓度、温度、压力数据,经边缘计算节点初步分析后上传至服务器,通过建立瓦斯浓度变化预测模型,提前预判瓦斯异常涌出趋势,联动通风系统与抽采设备自动调节运行参数。

3. 顶板控制技术

顶板控制技术采用高强度锚杆-锚索联合支护体系与液压支架智能控制系统。高强度锚杆采用左旋无纵肋螺纹钢材质,配合树脂锚固剂实现全长锚固,通过预应力张拉设备施加初始支护力。锚索采用低松弛钢绞线,配备多孔锚具与

液压张拉机具,实现深部围岩锚固。液压支架装备电液控制系统,支架立柱安装压力传感器,推移千斤顶配置位移传感器,系统根据采煤机位置信息和顶板压力数据,自动控制支架降柱、移架、升柱、推溜动作。顶板压力监测系统由振弦式压力盒、数据采集分站组成,压力盒布置于巷道顶板关键部位,采集数据通过光纤网络传输至地面监控中心,经压力变化趋势分析算法,生成顶板支护决策方案。

4. 煤矸石处理与综合利用技术

煤矸石处理技术运用重介分选、跳汰分选、光电分选工艺。重介分选系统由重介质旋流器、介质回收磁选机组成,通过调节重介质悬浮液密度,实现煤矸石有效分离。跳汰分选采用数控风阀跳汰机,依据床层厚度传感器和密度传感器数据,自动调节风阀频率与进气时间,优化分选效果^[4]。光电分选设备配备高光谱成像仪和高压气阀,通过图像识别算法区分煤与矸石,控制气阀剔除矸石。综合利用方面,煤矸石经破碎、粉磨处理后,作为原料掺入水泥生产流程;在充填采空区应用中,与胶凝材料、水混合制成膏体,通过泵送系统输送至采空区,实现采空区有效充填和地表沉降控制。

三、煤矿高效开采模式探索

(一) 综合机械化开采模式

综合机械化开采(综采)是目前我国煤矿应用最为广泛的一种高效开采模式。该模式采用采煤机、刮板输送机、液压支架等设备组成的综合机械化采煤工作面,实现了煤炭开采的破煤、装煤、运煤、支护等工序的机械化作业。综采工作面具有生产效率高、安全性好、资源回收率高等优点,适用于煤层厚度较大、地质条件相对稳定的矿井。以某大型煤矿为例,该矿采用综采技术后,工作面日产量从原来的 1000 吨提高到 3000 吨以上,生产效率提升了两倍多。同时,由于采用了液压支架自动支护,有效控制了顶板事故的发生,保障了矿工的生命安全。此外,综采技术的应用还提高了煤炭资源回收率,减少了煤炭资源的浪费。

(二) 充填开采模式

充填开采是一种绿色环保的高效开采模式,它通过将矸石、粉煤灰等固体废弃物充填到采空区,以支撑顶板,减少地表下沉,保护生态环境。充填开采模式适用于建筑物下压煤、水体下压煤等特殊开采条件下的煤炭资源开采。例如,在某矿区,由于地下煤炭资源上方存在村庄和农田,为了避免开采造成地表塌陷,影响居民生活和农业生产,该矿区采用了充填开采模式。通过将煤矸石破碎后充填到采空区,不

仅有效控制了地表下沉,保护了生态环境,还实现了煤矸石的资源化利用,减少了环境污染。

(三) 无煤柱开采模式

无煤柱开采模式是指在煤炭开采过程中,不预留煤柱或尽量减少煤柱的留设,以提高煤炭资源回收率。该模式主要包括沿空掘巷、沿空留巷等技术。沿空掘巷是在相邻工作面采空区边缘掘进巷道,利用采空区的应力重新分布,减少巷道的支护难度和维护成本;沿空留巷则是在工作面回采过程中,对巷道进行加强支护,使其能够继续作为下一个工作面的回采巷道使用。某煤矿采用无煤柱开采模式后,煤炭资源回收率提高了10%-15%,减少了煤炭资源的浪费。同时,由于减少了煤柱的留设,增加了工作面的推进长度,提高了开采效率,降低了生产成本。

(四) 智能化开采模式

智能化开采模式是随着信息技术、人工智能等技术的发展而兴起的一种新型高效开采模式。该模式通过在煤矿井下部署各种传感器、监测设备和自动化控制系统,实现对采掘作业的实时监测、远程控制和智能决策。智能化开采模式能够提高开采效率、降低劳动强度、保障安全生产。例如,某智能化煤矿通过采用智能采煤机、远程监控系统等设备,实现了采煤工作面的无人化开采。工作人员可以在地面控制中心对井下采煤设备进行远程操作和监控,实时掌握井下生产情况,及时调整开采参数,提高了开采效率和安全性。

四、高效开采模式应用的保障措施

(一) 加强技术研发与创新

加大对煤矿采掘工艺和高效开采模式的技术研发投入,鼓励企业与科研院所、研究机构开展合作,建立产学研用相结合的技术创新体系。积极引进国外先进的采掘技术和设备,消化吸收再创新,提高我国煤矿行业的技术水平。同时,加强对新技术、新工艺的试验和推广应用,及时总结经验,不断完善和优化高效开采模式。

(二) 完善人才培养体系

加强煤矿专业人才培养,建立多层次、多渠道的人才培养体系。一方面,加强与高校、职业院校的合作,开设煤矿相关专业课程,培养适应煤矿行业发展需求的专业技术人才和管理人才;另一方面,加强企业内部培训,定期组织员工参加技术培训和技能竞赛,提高员工的业务水平和操作技能。此外,还应制定优惠政策,吸引优秀人才投身煤矿行业,为

煤矿高效开采模式的应用提供人才保障。

(三) 强化安全管理

建立健全煤矿安全生产管理制度,加强对煤矿安全生产的监督管理。加大安全投入,完善安全设施,提高煤矿企业的安全生产保障能力。加强对矿工的安全教育培训,提高矿工的安全意识和自我保护能力。同时,建立安全风险分级管控和隐患排查治理双重预防机制,及时发现和消除安全隐患,确保煤矿安全生产。

(四) 推动政策支持与产业协同

政府应出台相关政策,鼓励和支持煤矿企业采用高效开采模式,对采用先进采掘工艺和高效开采模式的企业给予税收优惠、财政补贴等政策支持。同时,加强煤炭行业与相关产业的协同发展,推动煤炭资源的清洁高效利用。例如,加强与电力、化工等产业的合作,实现煤炭资源的就地转化,提高煤炭资源的附加值。

五、结论

煤矿采掘工艺改进与高效开采模式探索是煤炭行业实现可持续发展的必然选择。通过对当前煤矿采掘工艺现状及存在问题的分析,明确了采掘工艺改进的方向和关键技术,探索了多种适合不同煤矿条件的高效开采模式。同时,提出了高效开采模式应用的保障措施,包括加强技术研发与创新、完善人才培养体系、强化安全管理、推动政策支持与产业协同等方面。在未来的发展中,煤矿企业应积极应用先进的采掘工艺和高效开采模式,不断提高煤炭资源回收率、生产效率和经济效益,实现煤矿行业的高效、安全、绿色发展。

[参考文献]

- [1] 孟哲. 基于技术创新的煤矿采掘工艺策略研究[J]. 西部探矿工程, 2025, 37 (04): 92-94.
 - [2] 王立兵. 老公营子煤矿 30m 特厚煤层采掘工艺可行性研究[J]. 内蒙古煤炭经济, 2025, (01): 1-4.
 - [3] 周函. 煤矿开采技术条件与采掘工艺探讨[A]2024 工程技术与施工管理交流会论文集(上)[C]. 中国智慧工程研究会, 中国智慧工程研究会, 2024: 3.
 - [4] 黄昌立, 朱孝武, 李建锋. 煤矿采煤方法与采掘工艺及采区施工措施分析[J]. 内蒙古煤炭经济, 2024, (11): 4-6.
- 作者简介: 陈战杰(1981.11), 男, 汉族, 河南登封人, 专科, 工程师, 研究方向: 矿井采掘与通风管理。