

煤矿采矿工程中井下采矿技术措施分析

张 亮

煤科（北京）检测技术有限公司 北京 102606

摘 要：本文围绕煤矿井下采矿技术措施展开分析，涵盖前期准备的地质勘察、方案设计及设备选型，阐述了采煤方法、巷道掘进与支护等关键技术，探讨了瓦斯、水害、火灾防治及顶板监测等安全保障措施，还涉及生产效率提升、资源回收利用与技术创新应用等优化改进内容，为井下采矿安全高效开展提供全面技术参考。

关键词：井下采矿；技术措施；安全保障；效率提升；资源回收

引言：煤炭作为重要能源，煤矿采矿工程意义重大。井下采矿环境复杂，面临诸多挑战，合理运用技术措施是保障安全高效采矿的关键。从前期准备到关键技术实施，再到安全保障与优化改进，各环节技术措施紧密相连。深入研究井下采矿技术措施，有助于提升采矿水平，实现煤炭资源合理开发与利用，推动煤矿行业持续发展。

1 井下采矿前期准备技术措施

1.1 地质勘察与分析

对井下煤层分布状况进行全面探查，明确煤层的走向和延伸范围，确定可开采区域的边界。煤层厚度的变化直接影响开采方式的选择，需探明不同区域的厚度差异，为划分开采分层提供依据^[1]。煤层倾角的大小关系到工作面的稳定性和设备的布置方式，倾角较大时需考虑防滑措施，倾角较小时可采用更高效的开采布局。顶底板岩性的勘察同样重要，顶板岩石的强度和稳定性决定了支护方式的选择，坚硬顶板需采取预裂处理，松软顶板则需加强即时支护。底板的承载能力影响设备运行安全，若底板易变形需进行加固处理。地质构造中的断层和裂隙会破坏煤层的连续性，需查明其走向、落差和分布密度，评估对开采作业的阻碍程度，为避开危险区域或制定穿越方案提供基础。通过系统的地质勘察，梳理各类地质条件对采矿作业的潜在影响，为后续采矿方法的选择奠定坚实基础。

1.2 采矿方案设计

结合地质勘察获得的详细数据，确定合理的采矿范围，既要涵盖可开采的煤层区域，又要避开地质构造复杂或存在安全隐患的地带。巷道布置需兼顾运输、通风和行人需求，主巷道应选择岩石稳定区域，减少维护成本，分支巷道则需延伸至各开采工作面，保证物料和人员的顺畅流动。开采顺序的设计需遵循由浅入深、由易到难的原则，先开采地质条件简单的区域，积累经验

后再处理复杂区域。考虑采空区的处理方式，采用垮落法或充填法，避免采空区坍塌对周围煤层和巷道造成影响。方案设计过程中需充分考虑井下环境的特殊性，有限的空间、较差的通风条件等，确保方案在实施过程中能够适应这些环境因素，既满足安全生产的基本要求，又能提高采矿作业的整体效率。巷道交叉口的设计需保证视野开阔，便于运输设备转向，同时预留足够空间安装照明和监测装置。开采分层的划分需与煤层厚度变化相匹配，每层高度控制在设备可操作范围内，避免因分层不合理增加作业难度。

1.3 设备选型与布置

根据已确定的采矿方案，分析开采工作面的尺寸和形状，选择适配的采煤机类型，若工作面较宽可选用大功率采煤机，若空间狭窄则需选择机身紧凑的设备。刮板输送机的长度和输送能力需与采煤机的生产效率相匹配，确保采出的煤炭能够及时运出工作面。设备的选型还需考虑井下的运输条件，所有设备需能通过巷道顺利运至安装位置，避免因尺寸过大无法搬运的情况。规划设备的安装位置时，需预留足够的操作空间，方便人员维护和设备检修。设备运行路线的设计应减少交叉和折返，使采煤机、刮板输送机和转载机之间的衔接流畅，降低物料运输过程中的能耗。同时考虑设备之间的配合关系，确保采煤机开采的煤炭能够准确落入刮板输送机，避免撒落和堆积，通过合理的布置提升整套设备的运作效率，为后续的采矿作业提供可靠的设备保障。

2 井下采矿关键技术措施

2.1 采煤方法应用

走向长壁采煤法适用于煤层走向较长且倾角较小的区域。工艺特点是工作面沿煤层走向推进，采煤机在固定范围内往返切割，煤炭通过刮板输送机运出。操作时需保持工作面平直，确保采煤机截割均匀，支架随采煤进度及时前移支护顶板^[2]。倾斜长壁采煤法多用于倾角较

大的煤层,工作面沿煤层倾斜方向布置,推进方向与走向垂直。该方法能减少巷道掘进量,煤炭可借助自重辅助运输,但需在工作面设置防滑装置,防止设备下滑。选择采煤方法时需结合煤层厚度和稳定性,薄煤层可采用单一工作面开采,厚煤层则需分层开采,每层保持合理高度以保障作业安全。分层开采时需控制上下层间距,避免相互干扰。

2.2 巷道掘进与支护技术

爆破掘进适用于坚硬岩层,通过钻孔装药爆破破碎岩石,随后清理矸石并修整断面。操作中需控制爆破力度,避免过度震动破坏周围岩体。机械掘进采用掘进机直接切割岩石,效率较高且作业平稳,适合中硬以下岩性。掘进后需及时支护,锚杆支护通过锚杆将围岩锚固成整体,增强岩体稳定性,安装时需保证锚杆深度和预紧力达标。砌碹支护采用砖石或混凝土砌筑巷道壁,适用于破碎或易膨胀的岩层,砌筑过程中要确保砌体严密,防止渗水侵蚀。不同支护方式可结合使用,在断层带等复杂区域采用锚杆与金属网联合支护,提升巷道承载能力。支护完成后需定期检查,对松动部位及时加固。

2.3 顶板管理措施

顶板监测需采用观察与仪器检测相结合的方式,定期检查顶板岩层的裂隙发育情况和下沉量。工作面推进后,支架需紧跟采煤机及时支护,支架间距保持一致,与顶板紧密接触不留空隙。采空区处理常采用放顶措施,当工作面推进到一定距离,通过爆破或机械方式使顶板按设计垮落,填充采空区以平衡围岩压力。放顶前需撤离人员和设备,设置警戒区域。对于坚硬顶板,可提前进行预裂爆破,减少垮落时的冲击力。发现顶板有离层迹象时,立即加密支护,采用临时支柱加固,防止发生突然垮落。破碎顶板区域需缩短支护间隔,增加支护密度。

2.4 通风与防尘技术

通风系统构建需合理布置风井和巷道,主扇提供动力使空气沿既定路线流动,新鲜空气进入工作面,污浊空气经回风巷排出。通风路线应覆盖所有作业区域,避免形成死角。调节风窗可控制各分支风量,确保关键区域风量充足。防尘措施中喷雾降尘在采煤机和运输机附近设置喷嘴,水雾吸附粉尘颗粒使其沉降。通风排尘通过加强空气流动将粉尘带出作业面,配合巷道内的防尘网拦截粉尘。作业人员需佩戴防尘口罩,定期清理巷道壁面积尘,减少二次扬尘。通风与防尘系统需协同运作,在保证空气流通的同时有效控制粉尘浓度,改善井下作业环境。风筒连接处需密封严密,防止漏风影响通

风效果。

3 井下采矿安全保障技术措施

3.1 瓦斯防治措施

瓦斯检测需在井下各作业面和巷道设置监测点,通过仪器实时追踪瓦斯浓度变化。检测人员需定时巡检,采用便携式设备抽查重点区域,观察瓦斯浓度是否异常。预警机制需在浓度接近临界值时发出提示,及时通知作业人员采取应对措施。瓦斯抽采技术通过钻孔将管道伸入煤层,利用负压将煤层中的瓦斯抽出,减少井下瓦斯释放量^[3]。抽采过程中需保持管道通畅,避免堵塞影响效果。通风稀释借助通风系统加大风量,将聚集的瓦斯吹散并排出井下,确保各区域瓦斯浓度控制在安全范围。掘进工作面需配备局部通风机,防止瓦斯在死角积聚。抽采后的瓦斯需通过专用管道输送至地面处理,避免直接排放带来的安全隐患。巷道交叉口和拐弯处需加强通风,防止瓦斯在此处滞留。

3.2 水害防治措施

井下水文地质监测需探查井下含水层分布和水压情况,通过钻探了解岩层含水性,观察巷道壁是否有渗水痕迹。监测过程中需关注水位变化,分析水害发生的可能性。防水煤柱设置在煤层与水体之间保留一定宽度的煤体,形成天然屏障阻挡水的渗透,煤柱宽度需根据水压和煤层硬度确定。疏水降压通过钻孔将含水层中的水引出,降低水压,减少透水风险。排水系统需保持畅通,配备足够功率的水泵,确保能及时排出井下积水。遇断层或裂隙发育区域,需提前采取注浆封堵措施,防止水沿通道涌入作业面。雨季来临前需加强对地表水体的监测,防止雨水通过裂缝渗入井下,增加水害风险。排水管道需定期检查维护,避免锈蚀或堵塞影响排水效率。

3.3 火灾预防与控制

火灾监测系统需在井下易燃区域安装温度传感器和烟雾探测器,实时监测环境变化。系统能快速识别异常高温和烟雾,发出警报提示火灾隐患。防火措施中阻化剂喷洒需覆盖采空区和煤层暴露面,形成保护膜抑制煤体氧化。密闭防火适用于废弃巷道,采用砖石或混凝土砌筑密闭墙,阻断空气流通防止煤体自燃。火灾发生后需立即切断火源区域的电源,使用灭火器或灭火凝胶控制火势蔓延。采用均压通风技术调节火灾区域的气压,阻止新鲜空气进入助燃,同时利用惰性气体降低氧气浓度,逐步熄灭火灾。易燃材料需严格管理,井下严禁存放过量易燃物品,运输过程中需采取防火措施。电气设备需符合防爆标准,避免因短路产生火花引发火灾。

3.4 顶板与支护安全监测

顶板位移监测需采用仪器追踪岩层下沉和移动速度,定期记录数据变化,分析顶板稳定性。支护结构受力监测通过传感器了解锚杆、支架等的承载情况,判断支护是否处于安全状态。监测过程中需重点关注断层带和采空区附近的顶板状态,这些区域易出现变形。发现顶板有离层迹象或支护受力异常时,需及时采取加固措施。可增加锚杆数量或更换承载能力更强的支架,在顶板破碎区域铺设金属网增强整体性。支护加固需紧跟监测结果,确保在隐患扩大前完成处理,维持顶板和支护结构的稳定可靠。工作面推进过程中,需根据顶板变化及时调整支护参数,确保支护强度与顶板压力相匹配。巷道维修时需先加固周围顶板,再进行拆除和更换作业,防止维修过程中发生顶板事故。

4 井下采矿技术优化与改进措施

4.1 生产效率提升措施

优化采煤工艺需结合煤层条件调整工作面推进速度和截割深度,使采煤机运行节奏与支护、运输环节衔接紧密。减少工序间隔时间,在采煤机完成一段截割后,支架及时跟进支护,运输机同步启动运煤,避免各环节之间出现等待^[4]。改进设备性能可通过升级采煤机截割部结构,增强切割坚硬煤层的能力,减少因卡堵造成的停机。对运输机链条进行强化处理,降低断裂概率,延长设备无故障运行时间。合理规划作业班次,避免设备空转和人员窝工,通过紧凑的作业安排压缩无效作业时间。定期对设备进行维护保养,保持良好运行状态,从工艺和设备两方面共同提升生产效率。在工作面布置上采用多巷协同方式,实现掘进与回采平行作业,减少相互牵制导致的时间损耗。优化爆破参数减少矸石生成量,降低装运环节的负荷,进一步缩短作业循环时间。

4.2 资源回收与利用措施

提高煤炭资源回收率需采用适合边角煤开采的小型设备,这些设备体型灵活,能适应狭小空间作业,将传统开采方式难以利用的边角煤回收。优化开采设计,在保证安全的前提下缩小煤柱尺寸,增加可采资源量。对于薄煤层,采用针对性的开采工艺,避免因设备适应性不足导致的资源浪费。采矿废弃物处理可将矸石用于填充采空区,减少地面堆积,填充时需分层压实,提高采空区稳定性。对矸石进行破碎加工,作为建筑材料的

原料,实现资源二次利用。回收矿井水经处理后用于井下洒水和设备冷却,降低新鲜水消耗,形成资源循环利用模式。在煤层开采过程中采用无煤柱开采技术,通过留巷支护实现巷道重复利用,进一步提高资源回收率。对采空区残留煤体采用注浆加固技术,创造二次回采条件,最大限度挖掘资源潜力。

4.3 技术创新应用

智能化采煤设备通过搭载传感器和自动控制系统,能实现割煤、移架、运煤等环节的自主操作,根据煤层变化自动调整运行参数,减少人工干预。远程监控系统将井下各作业点的实时数据传输至地面控制中心,工作人员可通过屏幕观察设备运行状态和环境参数,及时发现异常并发出调控指令。三维建模技术根据地质数据构建井下虚拟模型,为开采方案设计提供直观参考,有助于优化巷道布置和工作面参数。这些新技术的应用改变传统采矿模式,推动采矿技术向精准化、高效化方向升级,提升井下采矿的现代化水平。引入物联网技术实现设备互联互通,形成协同作业网络,通过数据共享优化整体运行效率,减少因信息滞后导致的决策失误。采用大数据分析技术挖掘生产数据规律,为工艺优化和设备调整提供依据,持续提升技术应用效果。

结束语

煤矿井下采矿技术措施涉及多个方面,前期准备为采矿奠定基础,关键技术保障开采有序进行,安全措施防范各类风险,优化改进提升综合效益。这些措施相互配合,形成完整技术体系。在实际应用中,需结合具体地质与生产条件灵活运用,不断总结经验,推动技术创新,以实现井下采矿的安全、高效与可持续发展,为煤炭资源开发提供有力支撑。

参考文献

- [1]李红朝.煤矿采矿工程中井下采矿技术措施分析[J].内蒙古煤炭经济,2023(12):49-51.
- [2]徐天立.煤矿井下采矿工程质量安全保障措施分析[J].煤炭新视界,2023(2):97-99.
- [3]冯连涛.煤矿采矿安全管理与事故防范策略[J].内蒙古煤炭经济,2025(1):94-96.
- [4]王庆文.煤炭采矿工程巷道掘进和支护技术应用探析[J].石油石化物资采购,2023(4):109-111.