

采矿工程中的采矿技术与施工安全研究

彭绍全

富源县金鑫煤业有限公司, 中国·云南 曲靖 655502

摘要: 矿产资源, 作为国家发展重要的能源之一, 随着当前对资源需求量日益增加, 矿山施工规模逐步拓展, 而采矿技术与施工安全, 是保障矿产资源稳定供给, 推动行业长期发展的必要途径。论文以采矿工程为中心, 借助现场施工和理论研究结合方式, 探讨当前应用广泛的采矿技术, 明确工艺参数、适用条件, 进而提出智能监控、复合支护等安全施工措施。结果发现, 智能监测, 提高矿山开采过程中的风险点辨识效率, 与组合支护配合, 显著减少开采过程中的顶板事故。研究结果可为矿山开采工艺的合理选用及开采过程的安全性提供保障, 对促进采矿行业的安全发展具有重要意义。

关键词: 采矿工程; 技术分析; 施工安全

Research on Mining Technology and Construction Safety in Mining Engineering

Shaoquan Peng

Fuyuan Jinxin Coal Industry Co., Ltd., Qujing, Yunnan, 655502, China

Abstract: As one of the critical energy sources for national development, mineral resources have seen a growing demand, leading to the gradual expansion of mine construction scale. Mining technology and construction safety are essential means to ensure the stable supply of mineral resources and promote the long-term development of the industry. Centered on mining engineering, this paper combines on-site construction with theoretical research to discuss widely applied mining technologies, clarify process parameters and applicable conditions, and then proposes safety construction measures such as intelligent monitoring and composite support. The results show that intelligent monitoring improves the efficiency of identifying risk points in the mining process, and when combined with combined support, it significantly reduces roof accidents during mining. The research findings can guarantee the rational selection of mining technologies and the safety of the mining process, and are of great significance for promoting the safe development of the mining industry.

Keywords: mining engineering; technical analysis; construction safety

0 前言

矿产资源是中国国民经济发展的关键资源, 其有效开发和安全生产关系到能源安全和社会稳定。虽然矿业科技创新已有长足进步, 但矿山环境的复杂性和高强度的采掘要求, 仍然给采矿技术和施工安全带来挑战。有资料发现, 过去五年内, 采矿施工中, 因施工技术的不合理, 造成安全事故高达 40% 以上。因此, 对矿山开采工艺特征进行分析, 构建科学高效的采矿施工安全管理体系, 是矿山行业迫切需要解决的问题。论文通过对采矿技术进行全面分析, 并针对施工中存在问题制定安全防范和强化对策, 以期同类工程提供借鉴。

1 采矿技术分析

1.1 空场采矿技术

空场采矿技术, 是常用的采矿技术, 其基本思想是在围岩稳定性较好的前提下, 通过对矿室与矿柱进行科学合理布局, 构成互相支持的机械结构系统, 从而保证采场的稳定。

其应用环境比较严格, 一般需要坚硬因子 (f) 在 8 以上, 而上盘和下盘的稳定性必须满足中度稳定级及以上强度^[1]。

考虑矿体的厚度、倾斜程度不同, 产生许多特殊的采矿方法, 以全面采矿、房柱采矿为主。以房柱式开采为例, 在具体施工过程中, 需要从矿石物理力学特性、设备操作性能和地应力的分布等方面来选择合适的采场间距。一般来说, 对于较稳定的矿体, 矿室的宽度应为 8~15m, 以便在保持采场稳定前提下, 有效进行开采。通过对煤柱的承载力进行合理分析, 宽度应该在 4~6m 左右, 保证煤柱能有效承受覆岩应力, 防止顶板坍塌。

采矿方面, 采用空场采矿法在矿井通风方面有着显著的优势。采场与煤柱间距设置, 构成较好的通风通路, 可使采场内的气流畅通, 从而使有毒气体得以及时排放, 从而保证工作场所的空气质量。该技术采用精准的采场间距和有效的选别工艺, 使得原矿的贫化率仅为 8%~12%。但是, 这种采矿方式也有明显不足, 即在采矿结束后, 必须对煤柱进行回采, 以增加采出率。这种变化将破坏原采场的受力均衡, 造成顶板所受的受力再分配, 造成顶板垮落的危险性增大。

1.2 崩落采矿技术

崩落采矿技术,是适用于特殊地质条件的技术,其实施以岩石可能崩落和地面坍塌为前提。其关键是采用人工诱发矿体垮落,并借助重力效应使其发生天然冒落及搬运,以达到简化采矿工艺、提升采矿效率的目的。在无底柱分段冒落采矿过程中,分段高度、分段间距、垮落距离等主要技术指标的设定,是影响采矿效率的重要因素。

分段高度通常为 10~15m,这个区间不仅能够确保有充足的垮落物质,而且有利于开采装备的作业和搬运。巷道间隔一般在 10~12m,适宜的巷道间隔是保证矿岩完全冒落与运输顺畅的前提,也是解决巷道密集带来的支架费用与安全隐患问题。崩矿间距一般为 1.5~2.5m,其准确设定应从矿岩爆破性能、矿体的赋存状态和采场的稳定等方面进行综合分析。采用冒落式回采工艺,使采出率达到 1500~2000t/d,在规模化矿井下有着明显的优势。

但是,崩落采矿法也有改进空间,即在矿体崩落搬运时,其与周围岩石进行了大规模掺混,造成高达 15%~25% 的矿损率。另外,采矿时,崩落区域要受到严格的限制,如果超过设计值,就有可能导致大范围的崩落,给矿井的安全带来极大的危害。为减少采矿生产中的风险,矿山企业往往利用微地震监测来监控采场围岩的应力和损伤状态,从而对采矿计划进行合理的调控,以此保证采矿的安全性。

1.3 充填采矿技术

充填采矿法,将废弃石料、尾砂等充填于采空区,实现围岩稳定控制的新型采矿方法,在煤矿深埋、环保等领域有着无可比拟的优势。以高水速凝尾矿充填技术为例,技术对填充泥浆的品质有着极其苛刻的要求^[2]。填料浆料的含量要准确地控制在 68%~72%,这样才能确保浆料的流动性能,方便运输与填充工作;水灰比在 1 : 4~1 : 6 为宜,采用适当的水灰比控制,28d 后可获得 2~3MPa 的抗压强度充填体,对围岩起到很好的支护作用,并能抑制矿压的发生。

实践应用发现,充填采矿技术可有效降低地面沉降,已有工程数据发现,该技术可使地面沉降降低至 10cm 以下,对保障矿山周围的生态环境及建筑结构的安全有着重要作用。由于技术对采空区进行适时填充,从而降低原矿的滞留与流失,使原矿损失率降至 5% 以下。但是,这种开采方式也存在不足,如填充材料的制备、运输设备的购买和填充管线的敷设等,其造价在整个采矿工程中的比例在 20%~30%。充填过程非常繁琐,包括配料、输送泥浆、充填体养护等工序,对作业工人的技能和作业能力提出更高的要求。

近几年,随着新型填充材料及技术的研究开发,使中国的充填开采技术得到持续的技术革新与发展。例如,采用新型膏体充填技术,使充填体具有更好的力学性能和更好的稳定性,从而扩大其适用领域;采用全自动灌装控制技术,可对灌装液进行精准调控,可有效提升灌装液的生产效率与

质量,减少人为作业造成的错误与安全隐患。

2 安全施工措施探讨

2.1 构建智能监测预警系统

采矿工程施工中,建设智能化监控和预警体系,是保证安全施工的重要环节,其核心是基于先进的感知和数据处理方法。分布式光纤传感技术,借助传输过程中背向散射作用,可用于远距离、大范围的动态监控。三维激光扫描是利用激光束在采场面内进行高速扫描的技术,可以获得高精度的 3D 点云资料,准确地再现采场体的构造形貌。两项技术相互配合,构成整体全面的监控网络,包括采场顶板和巷道侧壁^[3]。

以某大型矿山为例,布设 500 多个分散式光纤传感器和 3 套 3D 激光雷达,可对采场顶板移动、岩体裂隙发育等 20 多个重要参量进行在线检测,其测量精度可达 0.1m,比常规方法提高 80% 以上。项目基于大数据分析平台,每天可处理超过 1TB 的海量数据,利用机器学习方法对 12 种不同类型的监控数据进行深入挖掘,构建十几种不同风险水平下的智能评价模型。实践发现,该系统可以实现 72 个小时内的安全风险预警,使得矿井可以及早地做出有针对性的应对,将事故控制在初始阶段,显著提高对安全风险的辨识和处理能力。

2.2 应用复合支护结构技术

复合支护是将各种支护方法的优势结合,构成协调的受压系统,是解决破裂岩体和高应力矿山的有効方法。采用锚碇、锚索、锚喷、钢丝网复合支护方式,将锚碇埋入岩石中,利用与岩石间的胶结效应为其提供锚固力;锚杆以其强大的预拉力,将深层稳定的岩石和浅部碎裂围岩相连,提高结构的稳定性;采用喷射混凝土可以迅速地将岩石表面封住,避免风化和坍塌;而钢丝网对钢筋与岩石有一定的限制,并可增强支护的强度^[4]。

在某矿深部开采为例,岩石原岩压力高达 25MPa,且岩石破裂程度较高。在实施该复合支护体系后,锚索长度视岩石的破碎度分别设定在 2~3m。锚杆预拉力为 150~200kN,直径在 17.8mm,长度约 8~10m;喷浆混凝土在 100~150mm 的基础上采用 C25;金属网选用 6mm 粗的钢丝,100mm × 100mm 的网孔。通过工程实测数据分析,采用新型支护方式,可降低隧道开挖面的变形,提高支架的承载力,实现对巷道的变形和冒顶风险的有效控制,为矿山安全开采创造良好的条件。

2.3 实施动态通风优化方案

动态通风优化方案的实施,以保证矿山生产过程中的工作环境安全,采用 CFD (计算流体力学) 数值仿真技术,对矿井的通风进行建模,以达到对矿井通风的精确控制。采用 CFD 仿真手段,通过对采场风、热量传输、有害气体扩散等多个过程的仿真与分析,可直接显示出不同风量条件下

采场的流动状况。

以某矿业企业采矿作业为例, 开采期间会产生大量的硫化氢和一氧化碳等有害物质。利用 CFD 技术构建矿井的通风动力学数学模型, 并根据矿井的生产进程和工作面的变动对系统参数进行实时的调节。系统采用可调流量 $500\sim 3000\text{m}^3/\text{min}$ 的智能化变频调速风扇, 最高气压 3000Pa ; 配有气流调节器, 可使气流方向变化自如。通过对矿井通风网路进行动态优选, 将矿井内气流速度控制在 $0.25\sim 0.6\text{m/s}$, 达到矿山安全规定标准, 减少矿井内危险气体含量, 即 H_2S 由 8ppm 下降到 5.6ppm , CO 由 24ppm 下降到 16.8ppm , 显著提高环境空气质量, 为工作人员的健康提供保障。

2.4 建立应急响应联动机制

构建应急联动机制, 是提高矿井应对紧急情况的关键, 其关键是要将企业内部和外部的资源进行有效融合, 从而建立有效的协作系统。在矿井内建立专门的抢险救灾团队, 配备抢险器材、瓦斯探测仪器和爆破工具等抢险救灾物资; 并与周围的专业救援组织和医疗机构进行协作, 建立对外救援网^[5]。该系统按照突发事件的严重性将其分为 4 个级别, 并确定相应的应对步骤和应对对策。

以某矿山为例, 根据火灾、水害、冒顶片帮等 12 种不同类型灾害, 分别制定具体的应急方案, 针对生产、安全、技术等 10 个方面的责任和处理程序进行规定。通过经常性的紧急事件演习, 对突发事件的处理过程进行持续的改进。将虚拟现实与实景模拟技术结合, 通过仿真透水事故, 结果发现, 由警报到开始抢险, 反应速度比以前提高 60%, 只需 15 分钟; 提高 50% 的人员疏散效率, 八分钟之内, 150 名工作人员被疏散到安全地带。通过不断完善应急联动体系, 显著提高矿井的应急处理水平, 为实现突发事件的迅速救助和人身财产的人身保护奠定基础。

3 强化采矿技术和安全施工策略

3.1 推进采矿技术智能化升级

为了实现少人或无人开采, 采用智能化开采装备和遥控技术。以某矿山为例, 采用无人矿车和自动凿岩平台, 开采速度提高 25%, 工作人员人身危险性下降 70%。利用 5G 通信和物联网等先进技术, 建立矿山智能开采管理系统, 对矿山进行全面的监测和智能调度^[6]。

3.2 开展采矿技术协同创新

充分发挥各种开采工艺的优点, 进行联合创新研究。

比如采用空场采矿和填充采矿两种技术, 即在矿房采后立即进行充填, 不仅能确保采场的稳定, 还能减少损失。实际生产中, 采用此项技术可使原矿的采出率增加 12%, 且顶板事故发生率明显降低。

3.3 优化安全施工标准化体系

构建煤矿安全技术应用规范、安全设备配置规范和作业程序规范管理系统。制定严密的工程建设和验收规程, 对各个阶段的安全工艺规定做详细的规定。标准化施工技术, 实现矿井的安全生产, 降低 35% 的安全事故发生率, 工程施工质量合格率提高约 98%。

3.4 加强安全施工技术研发

加强新型技术和材料的应用, 如支护材料、智能监控设备。混凝土支护增强中采用新型纳米材料, 其抗压承载能力比常规材料高 40%, 耐久性能提高 50% 以上, 为矿山安全支护提供新的技术支持。

4 结语

综上所述, 通过对矿山开采工艺和施工安全性进行系统研究, 确定各种开采技术的特征和应用范围, 再针对煤矿开采过程中存在的问题, 提出相应的施工安全和强化对策。结果发现, 采用智能监测系统和复合支护结构, 可以有效提高矿山施工的安全和高效性。各种施工工艺及安全性手段各有所长, 空场开采适合稳定矿体, 充填开采对复杂地质环境的安全性保证作用明显, 而智能监控体系可对矿山的安全性进行精确控制。未来随着科学技术的长足发展, 矿山工程要继续推进智能化和协作化发展, 强化新技术的研究和运用, 不断完善安全建设体系, 以适应日趋复杂的采矿环境, 促进采矿行业向安全绿色方向发展。

参考文献:

- [1] 邹尚宏. 采矿工程中的采矿技术与施工安全探讨[J]. 冶金管理, 2024(7):98-100.
- [2] 王九存, 孙飞. 采矿工程中的采矿技术与施工安全研究[J]. 中国金属通报, 2024(3):25-27.
- [3] 陈冲. 采矿工程中的采矿技术与施工安全探析[J]. 中国金属通报, 2024(3):37-39.
- [4] 侯仁义. 采矿工程中的采矿技术与施工安全分析[J]. 内蒙古煤炭经济, 2024(4):88-90.
- [5] 刘雨涛. 采矿工程中的采矿技术及其施工质量安全控制策略[J]. 世界有色金属, 2023(21):46-48.
- [6] 雷莉. 煤矿采矿工程中的采矿技术与施工安全分析[J]. 内蒙古煤炭经济, 2023(18):85-87.