

# Research on the Application of Safety Management in Mining Engineering

Xinqiang Yue

Xinjiang Baodi Mining Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

## Abstract

In response to the physical risks and geological environmental uncertainties present in underground mining operations, this study analyzes key aspects such as the stability of rock mass structure, the distribution of ventilation flow fields, the control of blasting disturbances, and the management of mined-out areas. Based on this, a scientific operational robustness guarantee mechanism is established. By real-time collection and analysis of surrounding rock stress monitoring data, the support scheme and support parameters are optimized, which can effectively prevent collapse accidents. Additionally, the ventilation network is improved using fluid mechanics principles to reduce harmful gas concentrations. The precise control of blasting vibration energy also inhibits disturbance damage at the source. This research aims to enhance the stability and reliability of the operation site through technical means.

## Keywords

Risk prevention and control; Rock stability around the tunnel; Ventilation optimization; Technical regulations

## 安全管理在矿山采矿工程中的应用研究

岳新强

新疆宝地矿业股份公司, 中国·新疆 乌鲁木齐 830000

## 摘要

针对地下采矿作业中存在的物理性风险与地质环境不确定性, 研究通过对岩体结构稳定性、通风流场分布、爆破扰动控制以及采空区治理等关键环节的技术分析, 构建起一套科学的作业稳健性保障机制, 通过对围岩应力监测数据的实时采集与分析, 优化支护方案与支护参数, 能有效预防坍塌事故, 同时, 利用流体力学原理改进通风管网, 降低有害气体浓度, 爆破振动能量的精密控制则从源头上抑制了扰动破坏, 本研究旨在通过技术手段提升作业现场的稳定性与可靠性。

## 关键词

风险防控; 围岩稳定; 通风优化; 技术规程

## 1 引言

针对矿山开采环境的复杂性, 技术规程的严密性与物理环境的稳定性是保障作业顺利开展的核心。深部开采过程中, 高地应力、高地温以及复杂的涌水条件对作业现场的稳健运行构成了多重挑战, 通过对采矿工艺流程的深度剖析, 利用力学建模与数值模拟手段, 可以预判岩层移动规律, 从工程实践角度出发, 强化技术监督与参数核准, 不仅能够抑制地质灾害的发生还能提升资源回收效率, 基于工程力学与流体力学理论, 探索各生产环节的风险阻断措施, 已成为矿山工程技术领域关注的焦点。

## 2 采矿过程中的潜在风险辨识与地质条件评估

地下资源开采涉及复杂的力学变化, 岩体平衡态的破坏导致内部应力重新分布, 对采场围岩进行分类分级评估是技术工作的首要任务<sup>[1]</sup>。利用弹性波检测技术探测岩体内部的裂隙发育情况, 结合岩心采取率指标, 可以定量描述矿床开采的物理基准, 由于断层破碎带和褶皱构造的存在, 巷道掘进过程中的突透水风险具有高度隐蔽性, 技术人员需依据水文地质补勘数据, 划定受水威胁的红线区域并在作业过程中坚持预测预报原则, 通过对地压显现特征的记录, 建立力学演化模型, 为后续的支护决策提供科学依据, 确保掘进面始终处于可控的力学平衡状态。

## 3 井下采场围岩稳定性补强与监测体系

### 3.1 锚喷支护参数的科学选取与优化

根据围岩的实际承载能力, 确定锚杆的长度、直径与排距是保障巷道完整性的基础。对于不稳定岩层, 采用高强

【作者简介】岳新强(1971—), 男, 中国甘肃榆中人, 硕士, 高级工程师, 从事矿业开发、采矿技术管理、安全管理研究。

度左旋无纵筋螺纹钢锚杆，其长度通常设定在 2.0 m 至 2.5 m 之间，配合树脂药卷进行全长锚固，锚索的预紧力需达到设计值的 80% 以形成有效的承载组合拱，喷射混凝土的厚度应均匀分布在 100 mm 左右，利用其初期强度快速封闭岩石表面，防止风化剥落，通过现场拉拔试验验证锚固力，确保每一根支护构件都能发挥预期的力学效能，从而抑制围岩产生过大的塑性变形或出现离层现象。

### 3.2 采空区充填工艺与地压协同控制

采空区的存在是引起地表沉降与岩层移动的根源，采用尾矿充填或胶结充填技术可以有效置换矿石留下的空间<sup>[2]</sup>。充填料浆的浓度通常控制在 70% 至 75% 之间以保证其良好的流动性与胶结强度，在充填过程中，需对充填体与围岩的接触面压力进行实时监测，确保充填体能够及时支撑顶板荷载，通过合理的采序安排，利用充填体的支撑作用改变围岩的应力路径，可以防止大规模的地压活动，这种物理填充手段不仅消除了隐患还为后续邻近矿体的安全回采创造了物理条件，实现了空间上的应力平稳过渡。

### 3.3 微震监测系统的布设与预警逻辑

在深部开采区域，高应力积聚易诱发岩爆，建立多通道微震监测系统是感知岩体物理特性变化的有效途径。通过在关键矿柱与采场周边布置传感器，捕捉岩石微裂纹产生的弹性波信号，定位震源位置并计算释放能量的大小，当单位时间内的微震频次超过设定的临界阈值时，应视为岩层失稳的先兆，利用数据分析平台对震源参数进行演化跟踪，可以划定高应力集中的危险扇区，这种非接触式的实时监控手段，为作业人员的撤离提供了时间窗，是应对突发性地质扰动、维持生产秩序稳健运行的重要技术屏障。

### 3.4 矿柱留设规模与承载性能核算

矿柱作为地下开采的主要承载结构，其几何尺寸与物理性质直接影响采场的稳健性，根据普氏理论与经验公式，对间柱、顶柱与底柱的抗压强度进行严格计算，其系数应保持在 2.0 以上。在回采过程中必须严格控制回采顺序，严禁随意减小矿柱尺寸，利用应力计对矿柱内部载荷进行持续观测，一旦发现应力集中程度接近材料的屈服极限，应立即采取加固或闭坑措施，合理的矿柱布局能够延缓上覆岩层的移动速度，防止因局部结构失效而引发的大面积连通性冒顶，确保作业空间在几何结构上的长久稳固。

在确定矿柱宽度与高度的比例关系时，应充分考虑围岩的脆性特征，当宽高比大于 1.5 时，矿柱中心区域处于三向受压状态，其承载能力显著高于单轴抗压强度<sup>[3]</sup>。利用钻孔孔壁应变法测定不同深度岩体的受力状态，可以识别出表层松动圈的具体范围，对于发育有节理面或软弱夹层的矿柱，需引入结构面弱化系数进行强度校核并在必要时布置对穿锚索进行加固，这种基于力学模型的参数动态复核，能够使矿柱在整个服役周期内保持足够的剩余强度，为深部资源的梯级提取提供可靠的支撑点位。

## 4 矿井通风系统优化与有害气体防控方案

### 4.1 风流分配规律与通风网络稳定性

合理的风量分配是稀释粉尘与有害气体的关键，需根据各作业面的实际需求进行风力平衡计算。采用低阻力巷道设计，减少通风路途中的能量损耗，确保末端作业面风速不低于 0.25 m/s，利用自动化风门与调节窗，对通风网络进行动态调控，防止风流短路或循环风现象发生，定期开展通风系统阻力测定，根据测定结果优化风机工作特性曲线，使其处于高效率运行区间，这种基于空气动力学的流体控制技术，能够为井下提供连续、稳定的新鲜空气流，从物理环境层面提升了作业现场的人员防护水平。

通风网络节点的压力平衡直接影响支路风流的稳定性，必须通过调整主要通风机的工作负荷来实现全矿井的风压均衡，在复杂的并联分支路段，需设置流线型导流板以降低局部阻力系数，防止涡流产生造成的动能散失。针对深部采区地温升高产生的自然风压干扰，应通过增加辅助通风机组进行压力补偿，确保主风流方向不发生逆转，定期对通风构筑物的气密性进行物理检测，利用示踪气体测定漏风率并将其控制在 5% 以内，这种全覆盖的流场演化监控与物理调节手段，极大提升了井下空气循环系统的自适应能力，有效避免了有害气体在低速区的积聚。

### 4.2 甲烷与有毒有害气体浓度监控

对于存在瓦斯涌出的矿井，必须建立严密的浓度监测传感器网络，高瓦斯区域的传感器应设置在巷道顶部以及回风隅角等易积聚位置，报警阈值需严格遵循技术标准<sup>[4]</sup>。除了自动监控外，还需配合人工巡检，利用便携式多气体检测仪对一氧化碳、二氧化氮及硫化氢进行实时检测，在爆破作业后，必须保证足够的通风排烟时间，待浓度降至 0.02% 以下方可进入，通过建立自动闭锁机制，当气体浓度异常时，能够迅速切断受影响区域的动力电源，从物理根源上消除因电火花引发的燃爆风险，维持井下大气的理化指标达标。

### 4.3 粉尘综合治理与喷雾除尘技术

采掘过程产生的呼吸性粉尘对环境稳定性构成威胁，应采取源头抑制与过程捕集相结合的策略，在凿岩作业中推行湿式凿岩，利用水介质湿润粉尘，减少其悬浮比例。转载点与卸矿口应加装高压雾化喷头，形成密集的水幕阻断粉尘扩散，对于通风巷道，定期进行冲洗清尘，防止粉尘堆积引发次生伤害，通过在风流中添加抑尘剂，增强水分子的润湿性能，提升细微颗粒的沉降速度，这一系列物理化学干预措施，显著改善了作业视野与空气清洁度，降低了生产过程中因环境恶劣导致的误操作概率，提升了设备运行的可靠性。

### 4.4 避灾路线规划与应急通道维护

在井下布局中，必须确保至少有两个直达地表的出入口，且其净断面需满足人员快速通行与物料输送的需求，避灾路线的标识应具有荧光蓄能功能，在失去照明的情况下依然清晰可见。定期检查避难硐室的气密性与供氧设施，确保

其内部正压维持在 100 Pa 至 300 Pa 之间,防止外部烟气渗入,救援通道内严禁堆放杂物,排水设施需保持完好,防止因积水造成通行受阻,通过模拟演练验证路线的合理性与通达性,建立起一套基于地理空间的风险规避逻辑,确保在发生突发扰动时,现场人员能够按照预设的路径迅速到达受保护区域。

## 5 爆破作业精密控制与震动能量抑制措施

### 5.1 微差爆破参数设计与时延优化

爆破产生的震动是破坏矿山围岩稳健性的主要人为因素,采用孔间或排间微差爆破技术可以有效分散总起爆药量。通过设置合理的雷管延迟时间,通常在 25 ms 至 50 ms 之间,使前后爆轰波产生的震动互不叠加从而降低峰值质点振速,根据岩石的波阻抗特性,精确核算单位炸药消耗量,避免过量装药造成的无效能量浪费,利用模拟软件对爆破网络进行预演,确保每一段发火的时间偏差处于允许范围内,这种时间上的精细分配,极大地减轻了爆破对采场顶板与永久支护结构的动力冲击,延长了巷道的使用周期。

### 5.2 装药结构改良与能量定向传递

为了保护边帮与顶板的平整度,应采用不耦合装药结构,在药包与孔壁之间留存空气间隙。这种方式能够利用空气的缓冲作用降低冲击波的初始压力,使岩石产生更多的准静态应力场裂隙从而获得良好的破碎效果,在预裂爆破或光面爆破作业中,严格控制孔位偏差不大于 50 mm,确保裂缝沿设计轴线发育,通过在孔底设置底部垫层,可以削弱根底现象,减少对底板的震动破坏,这种能量传递方向的定向控制,不仅提升了爆破效率更维持了采矿空间几何轮廓的稳定性,降低了后期修护的难度。

### 5.3 爆破振动实时监测与效应评价

在邻近重要构筑物或地表设施的采区,必须布设测振仪对爆破全过程进行信号采集,监测指标包括径向、切向和垂直向的振动速度以及主频率分布<sup>[6]</sup>。通过分析实测数据,总结当地岩土介质的震动衰减规律公式,即萨道夫斯基公式参数,根据监测反馈,实时调整下一循环的起爆规模,确保周边敏感目标的振速控制在 5 cm/s 以内,这种以数据驱动

的反馈机制,使得爆破工艺能够根据地质条件的局部细微变化进行自适应调整,有效防止了地震波造成的应力集中与次生岩体塌陷,构建了动荷载下的生产稳健态。

### 5.4 火工品转运防护与储存逻辑

在井下移动过程中,雷管与炸药必须分别存放于专用容器内,由专人负责看管,发放点应选在岩层坚硬、通风良好的独立硐室内并配备必要的抗冲击屏障。严禁在作业现场乱丢弃包装材料,所有未使用的火工品需当日清点并退库,对于起爆器材的检查应涵盖电阻检测与外观完好度,防止因器材缺陷导致的拒爆或早爆,通过建立严格的流转追溯记录,确保每一枚雷管的去向可查,从物理存放与过程监控上杜绝意外能量释放,这种全周期的物料调配模式,保障了作业流程在关键节点上的连续性与物理隔离。

## 6 结语

矿山采矿工程的稳健性取决于技术参数的精确执行与风险防控体系的严密布局,通过优化围岩支护结构、完善通风除尘网络、精控爆破能量释放以及强化设备运行维护,能够有效抑制地质风险与工程扰动。在深部开采与复杂构造区,基于力学反馈的动态调整是维持生产连续性的核心,未来应进一步深化对岩体力学演化规律的研究,利用物理感知手段强化现场监测深度,实现从被动应对向主动预警的技术跨越,通过各生产环节技术规程的深度融合,构建一个物理空间稳固、环境参数达标、作业流程有序的现代化矿山作业体系,为资源的高效提取提供坚实的物理基础。

### 参考文献

- [1] 尹占春. 关于安全管理在煤矿采矿工程中的应用分析[J]. 内蒙古煤炭经济, 2023, (17): 94-96.
- [2] 李晓龙. 安全管理在煤矿采矿工程中的应用分析[J]. 内蒙古煤炭经济, 2023, (12): 112-114.
- [3] 张三政. 安全管理在矿山采矿工程中的应用[J]. 采矿技术, 2022, 22(05): 74-77.
- [4] 梁俊锋. 矿山采矿工程中的安全管理[J]. 能源与节能, 2022, (04): 194-196.
- [5] 郭锐. 安全管理在矿山采矿工程中的应用分析[J]. 当代化工研究, 2021, (12): 52-53.