

露天采矿工程中的采矿技术与施工安全措施思考

李庆

内蒙古华通瑞盛能源有限公司, 中国·内蒙古 鄂尔多斯 017000

摘要: 露天采矿工程作为国家工业体系的关键支柱, 其稳步发展对于确保国家能源安全与原材料的稳定供给至关重要。为了促进矿山产业的持续繁荣, 深化露天采矿技术与装备的研发, 并据此优化采矿作业流程, 已成为提升产业效能的核心策略。高效且安全的露天采矿作业, 不仅能够为工业发展持续提供动力源泉与物质基础, 还能够有力保障矿山作业人员的生命安全, 为产业的可持续发展提供坚实的支撑。因此, 矿山施工企业需不断调整并升级采矿装备与技术体系, 确保其紧密贴合产业发展的实际需求, 进而为国家工业体系的稳健发展贡献力量。

关键词: 露天采矿; 采矿工程; 施工安全

Thoughts on Mining Technology and Construction Safety Measures in Open pit Mining Engineering

Qing Li

Inner Mongolia Huatong Ruisheng Energy Co., Ltd., Ordos, Inner Mongolia, 017000, China

Abstract: As the key pillar of the national industrial system, the steady development of open mining project is crucial to ensuring the national energy security and stable supply of raw materials. In order to promote the continuous prosperity of the mining industry, deepening the research and development of open-pit mining technology and equipment, and accordingly optimizing the mining operation process, has become the core strategy to improve the industrial efficiency. Efficient and safe open-pit mining operations can not only provide the power source and material basis for the continuous industrial development, but also can effectively guarantee the life safety of mine operators, and provide a solid support for the sustainable development of the industry. Therefore, mine construction enterprises need to constantly adjust and upgrade the mining equipment and technology system to ensure that they closely meet the actual needs of industrial development, and then contribute to the steady development of the national industrial system.

Keywords: open-pit mining; mining engineering; construction safety

0 前言

经过数十年的不懈努力, 中国露天采矿行业已逐步构建起一套完备且高效的采矿体系。自二战时期以来, 对采矿设备与采矿技术的不断探索与创新, 使中国露天采矿技术在复杂多变的自然环境中展现出卓越的适应性与灵活性。在露天矿山作业中, 科学的采矿技术对于提高生产效率与经济效益具有举足轻重的作用。同时, 采矿技术的先进程度与施工安全措施的严密程度, 将直接影响采矿企业的市场形象与长远发展能力^[1]。

1 采矿技术特点

在露天采矿工程的实施过程中, 面对不同矿山的采掘任务, 必须深刻认识到各种采矿工艺之间的差异性。在追求作业安全及效率提升的同时, 必须严格遵守工程质量与安全标准的各项要求。举例来说, 虽然充填采矿技术在一定程度上能够利用水泥沙等材料作为充填介质, 但其实际应用效果却往往不尽如人意。此外, 该技术操作流程相对烦琐, 难以与露天采矿的高效率需求相匹配。因此, 采用矸石、膏体等

优质充填材料, 成为缓解采矿过程中“煤—岩”混杂问题的有效途径。与此同时, 通过引入“气—煤”联合开采技术, 露天采矿工艺实现了对传统采煤模式的创新与突破。该技术通过使开采区域的上下地层发生位移, 待其充分扩张、卸压后, 有效减少了对煤层的直接扰动, 并提升了煤层的渗透率。

2 露天采矿工程中的采矿技术

2.1 高台阶采矿技术

随着露天采矿技术的日新月异与装备的持续升级, 科学选择采矿方法以确保作业安全已成为露天采矿工程的关键。基于丰富的实践经验, 高台阶开采法需聚焦于以下几个核心技术要点: 第一, 必须遵循高台阶开采的规范流程, 采取自上而下、逐层推进的回采策略。在单次开采周期内, 需精确控制开采深度, 以防过度或不足开采对后续作业带来的不利影响。第二, 需依据作业现场的具体状况, 选用恰当的开采设备, 并确保台阶高度与设备作业能力相匹配。一般而言, 当选用 10m³ 或更大容量的开采设备时, 台阶高度应设定为 15m, 以保障作业的高效与安全。

2.2 陡帮开采技术

中国部分露天矿山因历史遗留问题或长期开采导致进入“深凹”状态，环境状况恶化，机械作业困难，进而影响了开采效率与产量。针对此，陡帮开采技术应运而生，解决深凹露天矿采前剥离量大、剥采比失衡的问题。通过陡帮开采，可有效平衡采场比，推迟剥采高峰，节约开采成本，同时提升边坡稳定性。对于急倾斜矿体的开采，需事先全面掌握矿体分布、面积及深度等关键信息，通过综合分析，选用适宜的开采方法，如组合台阶法、倾斜条带法、并段穿爆法及分段采装法等。在实际作业中，需对开采方法进行深入研究，并结合现场实际情况，灵活调整开采策略^[2]。

2.3 排土作业技术

在露天采矿工程中，排土场的规划对周边环境安全至关重要。随着采矿技术的不断进步，土方开挖与排土工艺亦在持续优化与创新。当前，已涌现出多种实用的排土工艺，如拖拉机与挖掘机协同作业、挖掘机与装载机联合排土等。液压支架因其高灵活性、良好机动性及广泛适应性，在多种作业环境中得到广泛应用。然而，工程师需明确，在作业开始前，必须对设备进行全面的维护与调试，确保设备稳定运行，避免因故障导致作业中断，影响整体开采进度。同时，在土方开挖与排土作业中，应严格遵守安全规范，采取切实有效的安全措施，确保作业人员生命安全及周边环境安全。

2.4 爆破流程化

首先，借助先进的数学建模技术与 DIMINE 软件，对爆破过程中的各类复杂因素进行全面分析与预测。其次，利用这些技术成果，将爆破设计图传输至调度系统，指导炮孔位置的精确布置与钻孔作业，并通过系统终端将炮孔及钻孔位置信息实时反馈至生产系统。在爆破作业前，还需对工作面进行细致的检查与维护。再次，采用野外作业人员直接收集岩屑的方式，将岩屑样本输入至智能化采样系统中进行分级处理。最后，利用电子扫描枪对取样袋进行精确匹配，并采集相关数据进行分析，最终将炮孔信息与爆破效果模拟结果反馈至 DIMINE 系统，为后续配矿、品位优化等工作提供科学指导。整个爆破与配矿流程如图 1 所示，参数设计如表 1 所示。实施该优化策略，不仅能够有效削减开孔、排料等作业环节的成本，还能大幅提升工作效率。同时，通过对岩心样品的深入分析，为岩心模拟实验提供准确的数据支持，进一步提升岩石配比资料的精确度。这一流程优化策略在确保施工安全的同时，也促进了露天采矿工程的技术革新与效益增长^[3]。

3 露天采矿工程中的施工安全措施

3.1 坡面崩塌和坡脚滑坡安全管理

露天采矿作业中，边坡坍塌构成了显著的安全隐患。为了保障边坡的稳定性，必须实施一系列技术手段与安全管控措施。第一，开展边坡稳定性评估，这涵盖地质勘探、

结构特性分析及岩石质量评价等多个方面，深入揭示边坡的潜在风险。基于评估结论，需采取针对性的治理举措，如增设加固结构、应用喷射混凝土技术以及构建合理的边坡形态（如梯形或阶梯型），以提升边坡的整体稳固性。第二，边坡的持续性监测与检查。通过部署位移传感器、倾斜监测仪等设备，能够实时追踪边坡的变形动态，及时捕捉并应对潜在的安全隐患。同时，需严格限制开挖深度与坡比，防止因过度开挖而引发的边坡失稳。第三，在边坡管理中，还应重视排水系统的构建与地下水位的调控，以减少水对边坡稳定性的不利影响。

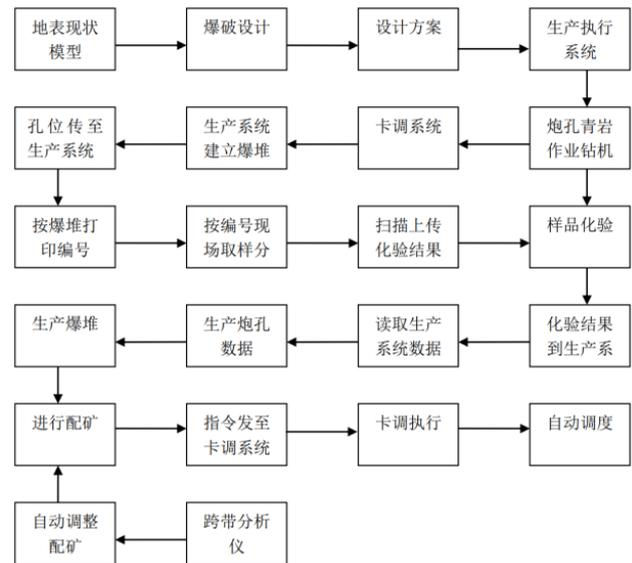


图 1 爆破、配矿自动化流程图

表 1 爆破参数设计

项目名称	预裂孔	主爆孔
炮孔直径 d (mm)	105	90
炮孔间距 a (m)	1.0	3.0
炮孔排距 b (m)	1	3
最小抵抗线 w	1.	3.0
单耗药量 q (kg/m ³)	1	0.43
炮孔长度 L (m)	7.0	7.0
超深 Δ h (m)	1.0	0.5
装药结构	连续	连续
药卷直径	32	80
装药长度 L1 (m)	6	5.5
线装药密度 (kg/m)	0.38	3.0
堵孔长度 L2 (m)	1.5	2.0

3.2 爆破引发的飞石、煤炭自燃安全管理

露天采矿过程中，爆炸作业产生的飞石与煤炭自燃问题对施工安全构成严重威胁。为确保作业安全，必须建立健全的操作规范与安全管理体系。第一，在爆炸区域安装飞石防护网，以降低飞石对人员与设备的潜在伤害。同时，配置煤炭自燃监测系统，对煤堆的温度与气体浓度进行持续监

控,以预防自燃事故的发生。第二,爆炸作业的标准化。需确保爆破设计、炸药存储与使用以及爆破参数的调控等均符合行业规范与标准。在爆炸现场,应采取有效的安全防护手段,如设置安全屏障、悬挂防护网等,以限制飞石的扩散范围,保护施工现场的人员与设施。第三,加强煤场的监控与管理同样重要。需定期对煤堆进行温度与气体浓度的检测,及时发现并处理异常情况。同时,应制定详尽的防火与应急救援计划,包括消防设施的合理布局、应急预案的编制以及人员的安全培训,以应对可能发生的火灾与爆炸事件。第四,为施工人员提供必要的个人防护装备,并开展针对性的安全教育培训。确保工人充分了解飞石与煤炭自燃的风险,掌握相应的防护技能与知识。第五,在露天采矿工程中,加强爆炸飞石防控与煤炭自燃预防的安全管理,采用规范的操作流程,采取有效的防护措施,制定完善的应急预案,是减少安全事故、保障人员与设施安全的关键途径^[4]。

3.3 机械设备事故安全管理

为确保露天采矿工程的生产设施持续高效运行,必须建立一套全面的设施维护与保养体系。第一,通过深化员工的专业技能培养与业务考核,不断提升其专业技能水平。为现场操作人员配置必要的安全防护设施,如防护网、警示装置等,以有效规避作业中的潜在风险。对机电设备的周期性维护与检修尤为关键,这包括日常清洁、润滑作业以及零部件磨损程度的检查,保持设备的最佳运行状态。第二,提供充分的技能培训与指导也至关重要。通过系统性地培训操作工人,使其全面掌握操作规程、安全操作规程及应急处理流程,从而增强其操作技能与风险防控意识。运用先进的传感器技术与远程监控系统,实现对设备运行状态的实时追踪与监控,以便及时发现并处理故障、报警及维护需求,推动设备管理向智能化方向发展。第三,构建积极向上的企业安全文化,强化安全生产理念。通过提升全体员工的安全意识与责任感,营造浓厚的安全氛围,为露天采矿工程的生产安全提供坚实保障。定期对生产过程进行全面审查与评估,针对发现的问题立即进行整改,不断完善与优化安全管理措施^[5]。

3.4 气体中毒和矿井溃坝安全管理

在露天采矿作业中,必须高度重视通风设施的维护与管理,确保作业区域空气流通顺畅。第一,采用科学的支护

结构与喷射混凝土等工程技术手段,有效预防坍塌事故的发生。加大瓦斯监测力度,设置专业的瓦斯监控装置,定期对瓦斯浓度进行测量与监控,确保其处于安全标准范围内。同时,保持作业区域的良好通风,降低瓦斯积聚的风险。第二,为操作人员配备符合标准的个人防护装备(PPE),如呼吸防护装置、防毒面具及防护服,提升其作业过程中的安全性。开展详尽的地质勘探与设计工作,通过对矿区的全面勘探与分析,深入了解地层结构与土壤特性,制定科学合理的开采方案与施工工艺,从源头上避免坍塌事故的发生。第三,对生产现场与矿区进行定期的安全巡查与隐患排查,及时发现并消除潜在的安全隐患。加强对操作人员的安全教育与培训,使其深刻认识瓦斯中毒与坍塌事故的危害性,掌握正确的应对措施,提升其安全意识与自我保护能力。

4 结语

综上所述,矿业企业在满足社会对矿产资源需求的同时,必须不断提升矿石质量与开采效率。因此,需不断革新采矿工艺,采取切实有效的安全措施,确保矿井安全,提高采掘效率与质量,以满足国家与人民的需求。为实现露天采矿的可持续发展,必须从整体上优化采矿工艺及施工安全措施,提升矿井管理水平,确保露天采矿工程的安全、高效运行。

参考文献:

- [1] 蔡舒,邓期义.露天采矿工程中的采矿技术实践研究[J].世界有色金属,2024(16):91-93.
- [2] 温清尧,王克乾.金属矿山采矿工程中采矿技术与施工安全的融合探索与实践[J].中国金属通报,2024(6):23-25.
- [3] 叶长云.煤矿采矿工程中的采煤工艺与技术分析[J].内蒙古煤炭经济,2024(9):55-57.
- [4] 王洋.浅谈采矿工程中开采方法的有效选择[J].内蒙古煤炭经济,2023(21):26-28.
- [5] 王全勇.采矿工程中采矿技术与安全管理的策略探讨[J].世界有色金属,2023(11):43-45.

作者简介:李庆(1989-),男,蒙古族,中国内蒙古包头人,本科,中级工程师,从事安全工程研究。