

采矿工程技术与施工安全

李会武

吉林省恒信安全生产事务有限公司 吉林 长春 130022

摘要：采矿工程作为资源开发核心领域，其施工安全与技术发展紧密关联。当前，安全管理体系漏洞、设备技术滞后及人员安全意识薄弱等问题突出，严重威胁采矿作业安全与效率。地下、露天、特殊及智能化等采矿技术各有优劣，需结合实际场景应用。完善安全管理体系、推广先进设备技术、强化人员培训教育等策略，可有效提升采矿工程施工安全水平，保障行业可持续发展。

关键词：采矿工程；技术；施工安全

引言

随着经济社会快速发展，矿产资源需求持续攀升，采矿工程规模与复杂性不断增加，施工安全问题愈发凸显。传统采矿技术存在效率低、安全隐患大等局限，新型智能化技术虽带来革新，但在应用中仍面临诸多挑战。安全管理体系缺失、设备技术老化、人员安全意识不足等因素，加剧了采矿工程的安全风险。本文深入剖析采矿工程技术特点，探究施工安全现存问题，旨在提出切实可行的安全提升策略，为采矿行业安全发展提供理论与实践参考。

1 采矿工程施工安全的重要性

采矿工程作为资源开发的关键领域，其施工安全直接关乎人员生命与企业可持续发展。地下采矿作业环境复杂，巷道中存在岩石破碎、地压活动等隐患，露天采矿则面临高陡边坡失稳、爆破飞石等风险，稍有不慎便会引发坍塌、爆炸等重大事故，造成难以估量的人员伤亡和经济损失。保障施工安全，能有效规避这些风险，确保矿工的生命安全，让每一位奋战在采矿一线的工作人员都能平安归家。安全的施工环境还对采矿效率和质量有着深远影响。当安全隐患被消除，矿工能够专注于作业流程，机械设备也能在稳定状态下高效运转，减少因事故导致的停工和设备维修时间，使采矿工程顺利推进。稳定的施工节奏能保障矿石开采量的稳定，避免因意外中断造成的资源浪费，进而提高企业经济效益。良好的安全状况能够延长矿山服务年限，让资源得到更充分合理的开发利用。采矿工程施工安全是行业形象的重要体现。采矿企业若能始终保持良好的安全记录，会在行业内树立可靠、负责的形象，吸引更多优质资源和人才的汇聚。反之，一旦发生重大安全事故，不仅会给企业带来经济重创，还会损害行业声誉，使公众对采矿行业产生担忧和质疑。采矿工程施工安全是关乎企业生

存、行业发展的核心要素，必须将其置于首要位置。

2 采矿工程技术分析

2.1 地下采矿技术

地下采矿技术是通过在地下构建巷道系统，对埋藏于深部的矿体进行开采的复杂工艺体系。该技术依据矿体赋存条件与岩石力学特性，分为空场采矿法、崩落采矿法和充填采矿法三大类。空场采矿法利用矿柱与空区自身稳定性维持采场空间，回采时先采矿房后采矿柱，适用于围岩稳固的矿体；崩落采矿法则通过强制或自然崩落矿体及围岩，利用覆岩重量控制地压，适用于开采矿石价值较低、地表允许塌陷的矿床；充填采矿法是将采空区用废石、尾砂等材料进行充填，以支撑围岩、控制地压并减少地表沉降，常用于高价值矿体及地表不允许塌陷的区域。在实际开采中，凿岩爆破、矿石运搬和巷道支护是地下采矿的核心环节。凿岩爆破通过凿岩机在矿体中钻凿炮孔，装填炸药爆破崩落矿石；矿石运搬借助电耙、装载机、矿车等设备，将矿石从采场转运至提升系统；巷道支护采用锚杆、锚索、喷射混凝土等支护手段，保障巷道稳定性与作业安全。随着深部资源开发需求增加，地下采矿技术向大结构参数、高阶段开采方向发展，以提升开采效率与安全性^[1]。

2.2 露天采矿技术

露天采矿技术是采用机械开挖方式，从地表直接揭露并开采矿体的作业方式，具有生产规模大、机械化程度高、开采成本低等显著优势。该技术流程包括穿孔、爆破、采装和运输四大工序。穿孔作业用牙轮钻机、潜孔钻机钻出炮孔；爆破通过计算装药量与起爆顺序，将矿岩破碎；采装环节借助液压挖掘机、电铲等设备装载矿岩；运输采用自卸卡车、带式输送机等，把矿石运至选矿厂，废石运至排土场。其关键在于合理规划开采境界与台阶参数，开采境界需综合矿体赋存条件、矿石品

位、开采成本等确定合理范围；台阶参数依矿岩性质、设备规格等确定，以保障安全与效率。复杂地形下，高陡边坡稳定性控制是难点，常用边坡监测、优化边坡角设计、锚固支护等手段确保稳定。随着资源开发深入，露天采矿逐渐向深部发展，开采设备朝着大型化、智能化方向演进。

2.3 特殊采矿技术

特殊采矿技术是针对常规采矿方法难以开采的特殊地质条件、特殊矿种或特殊开采环境而研发的非常规开采技术。水溶采矿法是特殊采矿技术的典型代表，其原理是利用矿物在水中的溶解性，通过注入溶剂溶解矿层，再将含有矿物成分的溶液抽至地表进行加工提取，常用于盐类矿床、钾盐矿等可溶性矿床的开采；热熔采矿法则是利用热能将矿体熔化，通过管道输送至地表，适用于地蜡矿、天然碱矿等熔点较低的矿产资源开发。海洋采矿技术作为特殊采矿领域的前沿方向，主要针对深海多金属结核、富钴结壳、海底热液硫化物等矿产资源进行开采。由于深海环境复杂，需克服高压、低温、强腐蚀性等难题，目前主要采用流体提升、机械挖掘等开采方式，配合先进的深海探测与监控技术，实现资源的安全高效开采。特殊采矿技术往往融合多学科知识，不断突破传统采矿边界，为特殊资源开发提供技术支撑。

2.4 智能化采矿技术

智能化采矿技术是依托物联网、大数据、人工智能、5G通信等先进技术，对采矿作业全流程进行智能化改造与升级的新型技术体系。在智能凿岩爆破环节，安装传感器与智能控制系统的凿岩台车，能自动调节与精准控制炮孔定位、钻进深度、装药量等参数。智能采装设备配备激光扫描、机器视觉等感知系统，可实时识别矿岩边界与块度，自动规划最优采装路径，提高采装效率与准确性。智能运输系统借助无人驾驶矿车、自动调度算法及车路协同技术，实现运输车辆自主导航、路径规划与动态调度，降低人为操作失误与设备空驶率。该技术还构建全矿区数字孪生系统，实时采集数据构建虚拟数字模型，实现生产可视化监控、预测性维护与优化决策。智能安全管控系统利用人工智能算法分析预警井下数据，提升作业安全性。智能化采矿技术正推动采矿行业从劳动密集型向技术密集型转变，成为未来采矿工程发展的必然趋势^[2]。

3 采矿工程施工安全存在的问题

3.1 安全管理体系不完善

在采矿工程复杂的作业环境下，安全管理体系不完善成为重大隐患。现场缺乏系统的安全规划与协调机

制，各作业环节衔接混乱，使得风险管控难以形成闭环。安全责任划分模糊，岗位间权责不清，导致问题出现时互相推诿，无法及时落实整改措施。作业现场缺乏科学的风险评估与预警机制，对潜在的顶板垮落、瓦斯泄漏等危险缺乏预判，不能提前采取有效防范措施。安全管理流程存在漏洞，检查环节流于形式，未能深入排查隐蔽工程、临时支护等部位的安全隐患，致使安全问题在萌芽阶段得不到及时处理，为后续施工埋下重大安全隐患。现场缺乏统一的安全指挥调度，面对突发状况时，各部门无法高效协同应对，进一步扩大事故影响范围，严重威胁采矿工程施工安全。

3.2 设备与技术落后

采矿工程施工安全受设备与技术水平的直接制约。部分采矿企业仍在使用老旧设备，这些设备经过长时间高强度运转，零部件磨损严重，机械性能下降，稳定性和可靠性大幅降低。例如提升设备制动系统老化，在提升矿石和人员过程中容易出现制动失灵，导致坠罐事故；通风设备老化，通风效率低下，难以有效排出井下有害气体，造成有毒有害气体积聚，增加中毒和爆炸风险。技术层面，落后的开采工艺无法适应复杂地质条件，爆破技术精准度不足，易引发超挖、欠挖问题，破坏围岩稳定性，增加坍塌风险。探测技术的落后使得无法准确掌握地下地质结构和水文情况，难以提前规避透水、岩爆等灾害。缺乏自动化和智能化技术应用，无法实时监测设备运行状态和作业环境参数，难以及时发现和处理安全隐患，严重影响采矿工程施工安全与效率^[3]。

3.3 人员安全意识淡薄

人员作为采矿工程施工的主体，其安全意识淡薄直接威胁作业安全。部分作业人员对采矿作业的高风险性认识不足，在井下作业时，忽视个人防护用品的正确佩戴和使用，例如不规范佩戴安全帽、防尘口罩，在存在瓦斯危险区域不使用防爆工具等，增加了自身暴露在危险中的几率。在作业过程中，为追求工作进度，存在违规操作行为，如擅自更改爆破参数、在未支护区域冒险作业。面对井下复杂多变的环境，缺乏对潜在危险的敏锐感知和判断能力，不能及时发现顶板裂隙、透水预兆等危险信号。人员缺乏自主学习和提升安全技能的意识，对新的安全知识和操作规范了解甚少，在遇到突发安全事故时，不懂得正确的应急逃生和自救互救方法，无法有效降低事故造成的伤亡和损失，使得人员安全意识淡薄成为采矿工程施工安全的突出问题。

4 提升采矿工程施工安全的策略

4.1 完善安全管理体系

(1) 构建涵盖采矿全流程的动态安全管理架构，从井下巷道掘进、矿石开采运输到地面处理环节，均需设置明确安全管控节点。通过建立多维度风险评估模型，量化分析隐患，为安全管理提供精准数据支撑。(2) 搭建实时监测与反馈系统，在采矿作业区域精心部署各类高精度传感器，全方位实时采集温湿度、有害气体浓度、顶板压力等关键数据。利用先进的物联网技术，将数据快速且稳定地传输至中央控制系统。一旦监测指标出现异常，即刻触发预警机制，使安全管理人员能迅速采取应对措施。(3) 推行层级化安全责任机制，明确各岗位人员在施工安全中的具体职责，形成从一线作业人员到项目管理层的责任链条，通过定期安全检查与绩效挂钩的方式，确保安全管理措施在每个作业环节得到有效落实，从而提升整个采矿工程的安全管理效能。

4.2 推广先进设备与技术

(1) 引入智能化采矿设备是提升施工安全的重要途径，自动化采掘机械具备精准的作业控制能力，能够减少人工操作带来的失误风险，同时在复杂地质条件下，可替代人工进入危险区域作业。例如，智能掘进机通过激光导向系统实现精准定向，降低巷道坍塌风险，保障作业人员安全。(2) 应用先进的监测技术可有效预防安全事故，三维激光扫描技术能够快速、准确地获取采矿作业面的空间形态数据，及时发现顶板裂隙、围岩变形等安全隐患，为制定支护方案提供可靠依据。无人机巡检技术可对难以到达的区域进行全方位巡查，弥补人工巡检的盲区。(3) 推广新型支护技术对保障采矿安全意义重大，高强度、高韧性的新型支护材料与先进支护工艺相结合，能够显著提高巷道稳定性。如锚杆-锚索联合支护技术，通过对围岩进行主动加固，增强岩体的自承能力，有效防止顶板垮落和片帮事故的发生。

4.3 强化人员安全培训教育

(1) 开展针对性的实操培训是提升人员安全技能的

关键，模拟井下真实作业场景，让作业人员在安全可控的环境中进行设备操作、应急避险等训练，使其熟练掌握各类安全操作技能和应急处置方法，增强在实际工作中的安全操作能力和风险应对能力。(2) 组织案例分析与经验分享活动，选取行业内典型的采矿安全事故案例，深入剖析事故发生的原因、过程及后果，结合本工程实际情况，引导作业人员从中吸取教训，提高安全防范意识。鼓励经验丰富的老员工分享安全作业经验和技巧，促进新老员工之间的知识传递与交流。(3) 建立常态化的安全意识培养机制，通过定期组织安全知识讲座、播放安全教育视频、设置安全文化宣传栏等多种方式，营造浓厚的安全文化氛围，使安全意识深入人心，促使作业人员在日常工作中自觉遵守安全操作规程，从“要我安全”转变为“我要安全”^[4]。

结语

综上所述，采矿工程施工安全是行业发展的关键所在。通过对采矿工程技术的系统分析，明确了不同技术的应用场景与优劣势，同时指出安全管理、设备技术、人员意识等方面存在的问题。提出的完善安全管理体系、推广先进设备技术、强化人员培训教育等策略，为提升采矿工程施工安全提供了有效路径。未来，需持续关注行业动态，推动技术创新与管理优化，促进采矿工程向更安全、高效、智能的方向发展。

参考文献

- [1] 王伟. 采矿工程技术与施工安全探讨[J]. 车时代, 2022(8):95-96.
- [2] 秦显宾, 徐伟, 李树强. 采矿工程中的采矿技术与施工安全研究[J]. 冶金与材料, 2023, 43(6):17-19.
- [3] 李春鹏, 王庆涛, 孙钦栋. 采矿工程中的采矿技术与施工安全分析[J]. 中国金属通报, 2024(20):25-27.
- [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.