

采矿工程中的采矿技术与施工安全分析

李 涛

陕西五洲矿业股份有限公司 陕西 商洛 726403

摘 要：采矿工程是矿产资源开发的核心环节，其采矿技术的合理性与施工安全的规范性，直接决定矿产开采效率、资源利用率及作业人员的生命财产安全。本文系统分析露天、地下、特殊及智能化采矿技术的工艺要点、适用场景与应用差异，精准识别施工中地质灾害、设备操作、环境因素等核心安全风险，深入剖析风险成因，提出针对性防控措施，为采矿工程实现安全、高效、绿色开采提供理论支撑与实践参考，助力采矿行业实现智能化、规范化转型升级。

关键词：采矿工程；采矿技术；施工安全

引言：矿产资源是工业发展不可或缺的物质基础，采矿工程的健康有序发展对国民经济建设具有至关重要的意义。随着采矿行业向规模化、智能化方向稳步发展，露天、地下等多种采矿技术得到广泛应用，但地质条件复杂、设备操作不规范、安全管理不到位等问题仍存在潜在安全隐患。基于此，本文聚焦采矿技术与施工安全两大核心，分析各类技术应用要点，识别安全风险并提出防控策略，为提升采矿工程安全管理水平、推动行业高质量发展提供有力助力。

1 采矿工程中核心采矿技术分析

1.1 露天采矿技术

(1) 露天开采工艺要点：核心遵循“自上而下、分层开采”原则，先清理地表植被与覆盖层，划分开采台阶，合理确定台阶高度、坡面角及推进速度；关键把控穿孔、爆破、铲装、运输四大环节，爆破参数需结合矿体性质优化，铲装与运输环节需协调衔接，减少工序延误，确保开采效率与安全。(2) 露天采矿关键设备与应用：主要包括穿孔设备、爆破设备、铲装设备及运输设备，穿孔机用于钻孔作业，爆破设备实现矿体破碎，挖掘机、装载机承担铲装任务，自卸卡车负责矿石运输；大型露天矿多采用智能化设备，提升作业效率，降低人工干预，减少安全隐患^[1]。(3) 露天采矿技术的适用场景与优势：适用于矿体埋藏较浅、地表平缓、储量大、品位均匀的矿床；优势在于开采成本低、作业空间开阔、安全性高，开采效率高且易于实现规模化作业，后期维护难度较低，对环境的瞬时影响相对可控。

1.2 地下采矿技术

(1) 地下开采核心工艺：采准是提前开挖巷道，为回采作业创造条件；回采是核心环节，通过合理工艺将矿石开采出来，兼顾回收率与安全性；运输是将回采的矿石输送至地面，需保障巷道畅通，提升运输效率，减

少矿石损耗。(2) 常见地下采矿方法及应用差异：主要有房柱法、充填法、崩落法，房柱法适用于薄至中厚矿体，开采效率高但回收率较低；充填法适用于高品位、围岩不稳定矿体，回收率高但成本较高；崩落法适用于厚大矿体，工艺简单但对围岩破坏较大，需根据矿体条件选择。(3) 地下采矿技术的难点与改进方向：难点在于地下通风、支护难度大，地质条件复杂易引发安全隐患，矿石回收率难以提升；改进方向是引入智能化监测与支护技术，优化开采工艺，减少人工干预，研发高效回收设备，提升资源回收率与作业安全性。

1.3 特殊采矿技术

(1) 充填采矿技术的应用与特点：主要应用于围岩不稳定、地表需保护或高品位矿床，通过向采空区填充砂石、胶结材料等，控制围岩变形，防止地表塌陷；特点是资源回收率高、安全性好，但工艺复杂、成本较高，对填充材料质量要求严格。(2) 崩落采矿技术的操作规范与适用条件：操作需严格控制崩落范围与强度，提前排查围岩稳定性，划定安全区域，避免崩落物伤人；适用于厚大矿体、围岩易崩落且地表允许塌陷的矿床，操作相对简单，开采成本较低，但需做好安全防控^[2]。(3) 智能化采矿技术的发展与应用现状：目前已实现部分环节智能化，如智能化掘进、无人开采、远程监控等，通过大数据、物联网技术实现采矿全流程监测与调控；应用现状呈现规模化、智能化升级趋势，大型矿山已逐步推广，但中小型矿山应用仍存在成本、技术门槛，未来将向全流程智能化发展。

1.4 采矿技术选择的影响因素

(1) 地质条件对采矿技术的影响：核心影响因素，围岩稳定性、矿体埋藏深度、地质构造等决定开采方式，如围岩稳定、埋藏浅选露天开采，围岩不稳定、埋藏深选地下充填开采，复杂地质构造需优化支护与开采工艺。(2)

资源禀赋与开采规模的适配性：资源品位高、储量大适合规模化露天或智能化开采，提升效率与收益；资源分散、品位低适合小型地下开采或特殊采矿技术；开采规模需与资源储量匹配，避免设备闲置或产能不足。（3）经济成本与技术可行性分析：需综合核算开采、设备、人力、维护等成本，选择性价比高的技术；同时结合矿山技术水平、设备条件，确保所选技术可落地、易操作，避免盲目追求先进技术而忽视成本与可行性。

2 采矿工程施工安全现状及风险识别

2.1 采矿工程施工安全现状

（1）当前施工安全管理水平：随着行业规范完善，多数矿山已建立基本安全管理体系，引入智能化监测设备，规范作业流程，安全事故发生率较以往明显下降。但不同规模矿山管理水平差异较大，大型矿山管理规范，中小型矿山仍存在管理粗放问题。（2）施工安全存在的突出问题：部分矿山违规作业现象屡禁不止，地下矿通风、支护不到位，露天矿边坡维护不及时；安全防护设施老化，部分设备超期服役，易引发安全事故；极端天气下施工安全防护措施不完善。（3）安全管理的现存短板：安全管理制度流于形式，部分条款缺乏可操作性；安全责任未完全落实，存在权责不清、追责不严的情况；安全投入不足，监测设备更新滞后，应急处置能力薄弱。

2.2 采矿施工核心安全风险识别

（1）地质灾害类风险：地下矿支护失效易导致顶板垮塌，露天矿边坡角度不合理、雨水冲刷易引发滑坡；断层、岩溶等复杂地质构造易诱发坍塌隐患。（2）设备操作类风险：采矿设备长期高负荷运行易出现故障，操作人员违规操作、未按规程作业，易造成设备损坏或人员伤亡；设备维护不及时进一步加剧风险。（3）环境因素类风险：地下矿通风不畅易导致瓦斯积聚、粉尘超标，危害作业人员健康且易引发爆炸；水文条件复杂时，易发生透水事故，威胁施工安全。

2.3 安全风险的成因分析

（1）技术层面成因：采矿技术选择与地质条件适配性不足，支护、通风等核心技术应用不规范；安全监测技术落后，无法及时发现潜在隐患；技术升级滞后，难以应对复杂施工场景。（2）管理层面成因：安全管理制度不健全，缺乏针对性和可操作性；安全监督检查不到位，隐患排查不彻底、整改不闭环；应急管理体系不完善，应急演练流于形式。（3）人员层面成因：作业人员安全意识薄弱，存在侥幸心理，违规操作频发；专业技能不足，对设备操作、风险防控知识掌握不熟练；部分特种作业人员未做到持证上岗^[1]。

2.4 安全风险的分级与评估标准

（1）风险分级指标体系：以风险发生概率、危害程度为核心指标，结合地质条件、设备状况、人员素养等辅助指标，将风险分为重大、较大、一般、低风险四级，明确各级风险的判定阈值。（2）风险评估方法与流程：常用评估方法为安全检查表法、风险矩阵法，流程主要包括前期资料收集、现场排查识别风险、量化评估风险等级、形成评估报告，提出针对性防控措施，实现风险动态管控。

3 采矿工程中基于采矿技术的施工安全防控措施

3.1 不同采矿技术的针对性安全防护

（1）露天采矿安全防护措施：重点防控边坡失稳风险，严格按照设计参数控制台阶高度、边坡角度，定期对边坡进行监测、清理，雨季加强排水，防止雨水冲刷引发滑坡；规范爆破作业流程，严格控制爆破参数，划定安全警戒区域，避免爆破飞石伤人；加强采场运输管理，划分运输路线与作业区域，严禁违规超车、占道，定期检查运输道路路况，及时清除障碍物，保障运输安全。（2）地下采矿安全防护措施：强化巷道支护管理，根据地质条件选用合适的支护方式，定期检查支护结构完整性，及时更换损坏的支护材料，防止顶板垮塌；完善通风系统，确保井下通风顺畅，降低瓦斯、有毒有害气体浓度，定期检测气体含量，超标时立即停止作业、疏散人员；加强排水系统维护，定期排查水文地质隐患，配备足够的排水设备，防止透水事故发生^[4]。（3）智能化采矿安全防护要点：建立智能化监测预警系统，对采矿设备运行状态、作业环境参数进行实时监测，出现异常立即发出预警并自动停机；规范智能化设备操作流程，操作人员需经专业培训合格后方可上岗，严禁违规操作；定期对智能化设备进行检修维护，重点检查控制系统、传感器等关键部件，确保设备正常运行，同时做好数据备份，防止系统故障导致安全隐患。

3.2 施工安全管理体系完善

（1）安全管理制度建设：结合矿山实际与采矿技术特点，制定完善的安全管理制度，明确各环节安全操作规范、风险防控要求，涵盖爆破作业、设备操作、通风排水等关键流程；定期修订管理制度，根据行业规范更新、现场实际变化，弥补管理漏洞，确保制度的科学性、可操作性，同时加强制度宣传，让全体作业人员熟知制度要求。（2）安全责任制落实：建立“全员安全生产责任制”，明确矿山负责人、管理人员、作业人员的安全职责，将安全责任层层分解、落实到每个岗位、每个人；签订安全责任书，明确奖惩机制，对严格履行安全职责、

避免安全事故的人员给予奖励,对违规作业、失职渎职的人员严肃追责,确保责任落地见效。(3)安全监督与检查机制:设立专门的安全监督部门,配备专业监督人员,对采矿施工全过程进行常态化监督检查,重点排查违规作业、设备隐患、支护不到位等问题;实行定期检查与不定期抽查相结合,每月开展一次全面安全检查,每周进行专项抽查,对检查中发现的隐患,明确整改责任人、整改期限,跟踪整改落实情况,确保隐患闭环管理^[5]。

3.3 人员安全管理与培训

(1)作业人员安全意识培养:定期开展安全警示教育,通过典型事故案例分析、安全知识宣讲、现场警示标识提醒等方式,增强作业人员的安全意识,摒弃侥幸心理,树立“安全第一、预防为主”的理念;引导作业人员自觉遵守安全管理制度,规范操作行为,主动规避安全风险,养成佩戴安全防护用品的良好习惯。(2)专业技能与安全操作培训:结合不同采矿技术的操作要求,开展针对性的专业技能培训,重点培训设备操作、爆破作业、支护施工、应急处置等技能,确保作业人员熟练掌握操作规范;定期组织技能考核,考核不合格者不得上岗作业,同时开展常态化复训,及时更新培训内容,适应采矿技术升级与安全管理要求。(3)特种作业人员规范管理:严格执行特种作业人员持证上岗制度,爆破工、电工、叉车司机等特种作业人员,必须经专业培训、考核合格,取得相应特种作业操作证后,方可上岗作业;定期对特种作业人员进行复审,复审不合格者暂停上岗,及时组织复训考核,确保特种作业人员具备相应的专业能力和安全操作水平。

3.4 设备与环境安全防控

(1)采矿设备安全维护与检测:建立设备全生命周期管理体系,定期对采矿设备进行维护保养,重点检查设备的机械部件、电气系统、制动系统等,及时更换老化、损坏的部件,避免设备故障引发安全事故;实行设备定期检测制度,委托专业机构对设备性能进行检测,检测不合格的设备严禁投入使用,同时做好设备维护、检测

记录,便于追溯管理。(2)作业环境安全治理:地下矿完善通风系统,合理布置通风巷道,配备足够的通风设备,确保井下空气流通,降低瓦斯、粉尘浓度;露天矿采取洒水降尘、喷雾防尘等措施,作业人员佩戴防尘口罩,减少粉尘对人体的危害;定期检测作业环境参数,确保瓦斯、粉尘、有毒有害气体含量符合安全标准,超标时立即采取整改措施。(3)应急救援设备与物资配置:根据采矿工程可能发生的安全事故类型,配备相应的应急救援设备和物资,如灭火器、急救箱、排水泵、通风机、应急照明等,确保应急时能够快速调用;定期检查应急救援设备的完好性,及时补充消耗的应急物资,同时建立应急物资管理台账,规范物资存放、领用、补充流程,保障应急救援工作顺利开展。

结束语

综上所述,采矿技术的优化升级与施工安全的严格管控,是采矿工程实现可持续发展的核心关键。露天、地下及智能化等各类采矿技术,需结合地质条件、资源禀赋科学合理选用,施工安全则需从技术防控、管理完善、人员培训、设备保障多方面协同发力。未来,需持续推动采矿技术智能化升级,健全安全管理体系,强化风险动态管控,破解开采与安全的协同难题,实现矿产资源高效开发与施工安全的有机统一,推动采矿行业绿色、安全、高质量发展。

参考文献

- [1]辛旭,依澄,孙爽爽,谢金雨.采矿工程的采矿技术及其施工安全的研究[J].科技创新导报,2021,16(30):38-40.
- [2]邓代兴,蒲勇.采矿工程的采矿技术及其施工安全管理[J].中国金属通报,2022,13(08):55-56.
- [3]周啸.关于煤矿工程采矿技术与安全监督管理初探[J].内蒙古煤炭经济.2023,22(8):143-145.
- [4]张文全.煤矿安全与采矿技术应用问题[J].西部探矿工程.2023,35(10):262-264.
- [5]王凤凰,王幸荣.智能化矿山采矿技术中的安全管理问题[J].中国金属通报.2023,(9).243-245.