

采矿工程中的采矿技术与施工安全探究

王建忠

国家能源集团宁夏煤业有限责任公司 宁夏 石嘴山 753300

摘要：井工煤矿采煤作为煤炭资源供给的核心形式，其技术适配性与施工安全管控直接决定煤矿生产的稳定性与可持续性。本文聚焦井工煤矿采煤场景，剖析了采煤技术与施工安全的内在关联，明确技术选择、操作规范、技术更新对安全的影响机制，系统梳理核心采煤技术的应用特性，识别自然地质、人为操作、设备运行及管理层面的安全风险点，提出针对性的制度完善、人员管理、设备保障措施，为实现井工煤矿采煤技术优化与施工安全管控的协同推进提供实践指导，助力煤矿行业安全高效生产。

关键词：井工煤矿；采掘技术；施工安全；安全管控

引言：当前井工煤矿采煤技术朝着机械化、智能化方向快速发展，显著提升了开采效率与资源回收率，但井下地质条件复杂多变、作业空间受限、安全管理难度大等问题仍客观存在，技术应用与安全管控的适配矛盾日益凸显。基于国家能源集团井工煤矿采煤实践经验，本文聚焦采煤技术对施工安全的影响路径，梳理核心技术类型与安全特性，剖析现存安全隐患成因，构建全方位安全保障体系，为破解井工煤矿采煤技术创新与安全管理协同难题提供理论支撑与实践参考。

1 井工煤矿核心采掘技术

1.1 综合机械化采煤技术

综合机械化采煤技术（综采）是井工煤矿采煤的主流技术，通过成套机械化设备实现采煤、支护、输送一体化作业，核心在于通过设备协同运行减少人工干预，提升作业效率与安全性。该技术以工作面成套设备为核心，包括采煤机、刮板输送机、液压支架、转载机等关键设备，各设备按预设流程协同作业：采煤机沿工作面推进方向切割煤层，通过截割滚筒实现煤层破碎与落煤；刮板输送机承接落煤并转运至转载机，保障煤炭连续输出；液压支架随采煤机推进及时前移，对工作面顶板进行有效支护，控制顶板下沉与垮塌风险，同时为作业人员与设备提供安全作业空间。综采技术的核心优势在于机械化程度高，大幅减少井下作业人员数量，降低人员直接暴露于风险环境的概率，且设备运行的规范性与稳定性更强。

1.2 高档普采采煤技术

高档普采采煤技术是介于传统炮采与综采之间的过渡性技术，适用于煤层赋存条件复杂、工作面规模较小的井工煤矿，核心是通过部分机械化设备与人工辅助操作结合，实现安全高效采煤。该技术的核心设备包括滚

筒采煤机、刮板输送机、单体液压支柱、铰接顶梁等，作业流程中：采煤机完成煤层切割与落煤，刮板输送机负责煤炭输送；工作面支护依赖单体液压支柱与铰接顶梁组合，通过人工架设与维护实现顶板支撑，相比传统炮采，单体液压支柱的支护强度与灵活性更高，能有效提升顶板稳定性；落煤后的煤炭转运、支柱移设等环节需人工辅助完成，技术应用的核心在于平衡设备效能与人工操作的协调性，通过规范操作流程降低人为干预带来的安全风险。

1.3 井工煤矿快速掘进配套技术

掘进作业是井工煤矿采煤的前置关键环节，掘进配套技术的安全性直接影响后续采煤作业的安全基础，核心为综合机械化掘进技术（综掘）。该技术通过掘进机、锚杆支护机、胶带输送机等成套设备，实现巷道掘进、支护、出矸一体化作业，无需单独拆分工序。掘进机负责巷道断面开挖与煤矸破碎，锚杆支护机同步完成巷道顶板与两帮的支护作业，胶带输送机及时将煤矸转运出巷道，各工序无缝衔接，减少巷道暴露时间。该技术的安全核心在于快速形成支护体系，控制巷道开挖后的顶板变形与垮塌风险。

1.4 充填采煤技术

充填采煤技术适用于“三下”采煤及煤层厚度大、顶板稳定性差的井工煤矿，核心是通过向采空区填充特定材料，控制围岩变形与地表沉陷，保障井下作业安全与地表环境稳定。该技术的核心在于充填材料选择与充填工艺设计：充填材料需满足强度、稳定性与经济性要求，常见类型包括尾砂充填材料、胶结充填材料、废石充填材料等，根据采空区地质条件与支护要求确定材料配比；充填工艺需结合采煤进度与采空区形态设计，通过管道输送或机械输送方式将充填材料注入采空区，形

成稳定充填体,支撑围岩并限制顶板下沉,减少采空区诱发的顶板垮塌、巷道变形等安全风险,同时实现资源循环利用与环境保护的协同^[1]。

2 井工煤矿采掘技术对煤矿安全生产的影响

井工煤矿采煤技术与施工安全存在紧密的耦合关系,其影响机制主要体现在三个维度:(1)技术选择的适配性影响。井工煤矿采煤技术选择需与煤层赋存条件、地质构造、开采深度等核心因素精准匹配,若技术选型不当,如在松软煤层采用不适配的支护技术、在高瓦斯矿井选用缺乏瓦斯治理协同设计的开采技术,会直接形成先天性安全隐患,增大顶板垮塌、瓦斯积聚等风险发生概率,为施工安全埋下隐患。(2)安全技术措施现场执行程度的影响。采掘技术的安全效能,依赖标准化操作流程的严格执行,井下采掘各环节操作若偏离规范要求,如支护参数调整不及时、设备启停操作不规范、瓦斯检测流程缺失等,会导致技术措施执行偏差导致的安全防护功能失效,会将技术潜在风险转化为实际作业中的安全事故,且井下空间封闭特性会加速风险传导与扩散。(3)技术更新的协同性影响。采掘技术更新迭代过程中,若安全管理体系未同步优化,如缺乏配套安全操作规程、人员操作技能未适配新技术要求、安全监测手段未及时升级等,会形成技术应用与安全管理的断层,不仅无法发挥新技术的安全优势,还可能因操作不熟练、监管不到位引发新的安全漏洞;反之,完善的安全管理体系能为技术更新提供保障,降低适配阶段的安全风险^[2]。

3 井工煤矿采掘作业安全问题分析

3.1 人为因素导致的安全隐患

人为因素是安全管理核心影响变量。(1)安全意识薄弱,部分作业人员风险认知不足、存侥幸心理,违规操作频发,如不戴防护装备、擅入危险区,人为制造隐患。(2)操作技能不足,井下采煤对技能要求高,人员未熟练掌握设备操作、支护要点及风险识别,易因失误引发事故;新技术应用时,技能适配滞后更突出。(3)责任落实缺位,部分管理人员责任意识淡薄、监督不力,安全制度流于形式、检查走过场,致隐患难整改;岗位职责不清,易出现责任悬空或推诿,影响管理实效。(4)应急能力不足,面对瓦斯超限、顶板异响等突发情况,人员缺乏快速反应与正确处置能力,易扩大事态。

3.2 设备因素带来的安全风险

设备运行状态与安全性能直接关联施工安全。(1)设备老化故障,井下高负荷、高湿、高粉尘环境加速设备磨损、腐蚀、老化,未及时更新维修易引发故障,如采煤机截割部故障、液压支架漏液,既影响进度又藏风

险。(2)设备适配不足,选型未充分考量地质、煤层条件,致设备性能与需求不匹配,如支护承载力不足、采煤机功率不够,降低安全性。(3)维护管理缺位,缺乏完善维护制度,日常检查不细、保养不及时,难发现潜在故障;维护人员技能不足、操作不规范,易留隐患甚至损坏设备。(4)安全装置缺失失效,部分设备未配过载保护、紧急制动等装置,或装置失效,无法在设备异常时预警处置,放大风险。

3.3 自然地质因素引发的安全问题

自然地质条件是基础风险源,直接决定安全风险基数。(1)地质构造复杂,井下煤层含断层、褶皱、节理,致煤层赋存不稳定,增加顶板支护难度,易引发顶板垮塌、煤层片帮;陷落柱破坏煤层连续性与围岩稳定性,埋下隐患。(2)瓦斯风险突出,封闭空间易积瓦斯,若煤层瓦斯含量高、涌出量大,且通风或抽采不到位,浓度易超标,遇火源可能引发爆炸或中毒。(3)水文风险显著,井下有含水层、断层导水隐患,探放水措施不足易致突水,淹没工作面威胁人员设备;部分区域煤层含水率高,还会引发顶板淋水、巷道积水,影响安全。

3.4 安全管理体系不完善

安全管理体系存明显短板,加剧整体风险。(1)制度建设滞后,安全管理制度缺乏针对性与可操作性,部分条款与实际脱节,难指导实践;制度更新不及时,无法适配新技术、新设备。(2)监管机制不健全,缺乏全流程、常态化监管,关键环节管控有盲区,违规查处力度不足,难形成震慑。(3)培训教育不足,安全培训形式化,内容单一脱离实际,未结合岗位风险培训,致人员安全知识更新慢、应急技能弱^[3]。

4 井工煤矿采掘作业安全保障措施

4.1 完善安全管理制度体系

构建覆盖全流程、全岗位的安全管理制度体系,为施工安全提供制度保障。(1)健全安全生产责任制,明确从企业管理层、科室负责人、区队管理人员到一线作业人员的安全职责,细化各岗位安全工作内容、考核标准与责任边界,实现“人人有责、岗岗有责、事事有责”;建立责任追溯机制,对安全事故与隐患实行责任倒查,严肃追究相关人员责任,强化责任意识。(2)规范安全作业管理制度,针对掘进、采煤、支护、通风、瓦斯治理、设备操作等关键环节,制定标准化作业流程与安全操作规程,明确操作要点、技术参数与安全要求;结合地质条件变化、技术更新情况定期修订制度,确保制度与实际生产需求适配,避免流程滞后引发风险。(3)建立隐患排查治理制度,构建“日常排查+专项排查+定期排查”的综合

排查机制,明确排查主体、频率、范围与隐患等级判定标准;对排查出的隐患实行台账化管理,明确整改责任人、整改期限与整改措施,实行“发现-登记-整改-销号”闭环管理,防止隐患积累升级。(4)优化应急管理机制,制定瓦斯爆炸、顶板垮塌、突水、火灾等突发事件的专项应急预案,明确应急组织架构、响应流程、处置措施与物资调配方案;定期组织实战化应急演练,提升作业人员应急处置能力与部门协同配合效率,确保突发事件能快速有序应对,降低人员伤亡与财产损失。

4.2 强化人员安全管理与能力建设

聚焦人员这一核心要素,通过系统化管理与培训提升安全素养与操作能力。(1)开展差异化安全培训,按岗位特点制定针对性培训计划:新员工必须经过岗前安全培训,系统学习井下安全基础知识、岗位操作规程、风险识别方法与应急技能,考核合格后方可上岗;在岗人员定期参加再培训,重点学习最新安全法规、技术标准、事故案例与新技术操作要点,更新知识体系,强化操作技能。(2)加强安全意识教育,通过安全讲座、警示宣传栏、事故案例分析会、安全知识竞赛等多种形式,常态化开展安全宣传教育活动,让作业人员深刻认识井下安全风险的危害性,摒弃侥幸心理,树立“安全第一、预防为主、综合治理”的理念,自觉遵守安全规章制度,主动规避安全风险。(3)规范现场作业行为管理,在井下作业区域设置清晰的安全警示标识,明确危险区域边界与操作禁区;安排专职安全员进行现场监督检查,实时纠正违规操作、未佩戴防护装备等不安全行为;推行高危作业许可制度,对爆破、有限空间作业、临时支护等高危环节实行审批管理,作业前严格检查安全条件,作业中全程跟踪监管。(4)建立健全安全考核机制,将安全表现纳入员工绩效考核体系,对严守安全制度、无违规记录、积极排查隐患的人员给予奖励;对违规操作、引发安全事故的人员予以处罚,形成“奖优罚劣”的鲜明导向。

4.3 优化设备安全保障与管理

加强设备全生命周期管理,确保设备安全稳定运行。

(1)严格设备选型与采购管理,根据井下地质条件、采煤工艺、作业环境等实际需求,选择符合国家安全标准、性能稳定、适配性强的采煤设备,优先选用配备完善安全保护装置的设备;采购过程中严格审核供应商资质、产品质量认证与售后服务能力,确保设备质量达标。(2)建立设备全生命周期维护制度,制定详细的设备维护保养计划,明确不同设备的维护周期、维护内容与技术要求,包括日常清洁、润滑、部件检查,定期拆机检修、易损件更换等;安排专业维护人员负责设备维护工作,详细记录维护情况,建立设备维护档案,跟踪设备运行状态,及时发现并处理潜在故障,避免设备“带病运行”。(3)强化设备运行监测与预警,在综掘机、采煤机、液压支架、通风机、提升机等关键设备上安装状态监测装置,实时监测设备运行参数,如转速、温度、压力、油液指标等,通过数据传输系统汇总至井下控制中心。(4)规范设备报废与更新管理,制定明确的设备报废标准,对达到使用年限、性能严重下降、维修成本过高或存在重大安全隐患且无法修复的设备,及时予以报废,严禁超期服役^[4]。

结束语:井工煤矿采煤技术的优化升级与施工安全的持续保障是煤炭行业高质量发展的核心支撑。本文明确了技术选择、操作规范、更新适配对井工煤矿施工安全的关键影响,系统梳理了综采、高档普采、掘进配套及充填采煤等核心技术的应用特性,深入剖析了自然地质、人为操作、设备运行层面的安全症结,并构建了制度完善、人员赋能、设备优化的三维安全保障体系。

参考文献:

- [1]王相军,王茂德.采矿工程中的采矿技术与施工安全探究[J].世界有色金属,2025(9):91-93.
- [2]杜岩园.采矿工程中的施工安全控制及采煤技术发展分析[J].现代工业工程,2025(1):91-93.
- [3]裴杨.采矿工程中的采矿技术与施工安全探究[J].现代商贸工业,2020,41(15):195-196.
- [4]朱谢红.关于采矿工程中的采矿技术与施工安全探究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2020(9):283-284.