

采矿工程常用采矿技术与细化管理

杨秀雷 李传昌 何 葛

鄂托克前旗长城六号矿业有限公司 内蒙古 鄂尔多斯 016200

摘 要：井下煤矿工程中巷道掘进、台阶式回采、巷道支护管控等核心技术的选择与工序衔接管理，直接制约矿山生产安全与资源回收率。本文围绕井下煤矿常用技术手段展开分析，探讨了巷道掘进、台阶式回采、巷道支护管控三项关键工艺的实施要点，并从施工工序、设备运维、采场现场及辅助作业四个维度构建了精细化管理体系。文章还对安全风险防控、质量标准化管控、人员规范管理与动态监测应急保障等内容进行了系统阐述，为井下煤矿实现高效、安全、绿色生产提供了技术与管理协同优化的参考路径。

关键词：采矿工程；井下开采技术；细化管理；安全质量保障

引言：矿产资源井下开发长期依赖规模化采掘作业，传统粗放式工程作业模式虽提升了矿石产出效率，却在巷道安全管控、生态保护与资源高效利用层面积累了不少隐患。井下开采拥有独立的作业场景与技术约束，巷道掘进、采场规整、巷道防护、矿石转运等核心工艺的选择，直接影响矿山作业成效、生产安全与资源回收率。施工现场的工序衔接、大型设备运维、采场标准化作业等环节，持续制约矿山整体运转质量。将井下专用采矿技术与精细化现场管理有机融合，已成为推动井下采矿走向安全高效绿色发展的现实需要。

1 采矿工程常用井下采矿技术

1.1 井下巷道掘进与巷体修整技术

井下采矿作业开展过程中，巷道掘进与巷体修整是地下采掘作业的核心工序，直接决定后续矿石开采的作业空间、作业规整度与整体施工效率。该项技术主要针对巷道周边破碎煤体、松散岩层等不稳定介质进行有序处置，通过规范化的分层掘进方式清除巷道周边松动煤岩，充分暴露赋存矿体资源^[1]。实际作业中，技术人员会结合井下矿区地质构造、岩层硬度、稳定性及地下水文特征，调配掘进机、刮板输送机、矿用运输车等适配的井下施工设备，对巷道煤帮与顶底板岩层进行分层、分段规整掘进，严格保障掘进作业面的平整性与完整性。合理把控掘进深度、巷道边界与作业范围，能够有效规避煤岩坍塌、超挖欠挖引发的施工隐患，彻底清理采矿作业障碍，为后续回采作业、矿石采掘、设备通行等工序的有序推进奠定坚实基础，同时最大限度保障矿体资源的完整留存，有效减少井下开采阶段的矿石资源损耗。

1.2 井下台阶式回采技术

台阶式回采是井下煤矿开采的主流核心技术，也是适配地下采掘场景的标志性工艺，通过将井下采区划分

多层阶梯式作业工作面，实现规模化、规范化、机械化的矿石开采施工。该技术严格依托矿区地下地形、矿体赋存状态及开采设计方案，规划高度、宽度、坡面角度适配的标准化回采台阶，让开采作业分层、分区、有序开展。分层台阶式回采模式完全适配井下采掘设备、运输设备的运行需求，大幅提升地下采掘作业的规整度与可控性。规整的台阶结构能够优化井下采区整体作业布局，均衡各层工作面作业强度，持续提升矿石采掘的整体效率，让地下开采作业全程保持稳定、可控的施工节奏，可适配大、中、小型各类井下矿区的常态化开采需求。在实际工程应用中，井下采区台阶高度依据巷道设计标准合理布设，台阶坡面角度依照巷体稳定参数动态调整，工作平台宽度满足采掘设备与运输车辆协同通行标准，充分保障井下采掘与转运作业高效配合，规避设备通行、作业过程中的安全风险。

1.3 井下采场顶板支护技术

井下矿区持续规模化开采会形成大面积地下采空区与巷道煤岩结构，顶板与巷体稳定性是井下煤矿安全生产的核心管控重点，直接关乎矿区整体施工安全、作业周期与矿山服务年限。井下顶板支护技术围绕采场顶板、巷道煤帮的稳固防护展开，通过科学研判矿区地质条件、煤岩力学特性、地下水影响及开采扰动作用，制定针对性的巷道掘进、支护、加固与动态调控方案。日常作业中，工作人员会持续监测顶板位移、裂隙发育、岩层含水状态等参数，及时微调支护参数、修整工作面形态，规避岩体松动、片帮冒顶、巷体坍塌等安全事故。常态化、精细化的支护管控能够持续维持井下矿区作业环境的稳定性，有效延长井下矿山开采服务年限，为地下采掘、运输、设备作业提供安全稳定的作业条件。行业常规施工标准中，井下采区依照顶板等级布设

差异化支护体系,配套井下顶板在线监测系统、应力监测设备实现全天候实时预警,日常监测频次全覆盖采掘作业周期,全方位保障井下巷体安全稳定。

2 井下采矿工程现场精细化管理体系

2.1 井下采矿施工工序精细化管控

井下采矿施工工序精细化管控聚焦井下矿山生产全流程工艺规范,针对巷道掘进、顶板支护、台阶回采、矿石转运、采场规整等全部作业环节,建立标准化、制度化的管控机制。管控工作贯穿井下作业前期勘测筹备、巷道开挖、矿体回采、矿石归集堆放、采场场地清理等完整生产流程,对每一道井下施工环节的操作标准、工艺尺度、作业流程与安全规范进行细化界定、严格落实^[2]。结合井下矿区实际地质禀赋、矿体赋存特征、井下水文条件与阶段性生产任务,动态微调工艺执行标准,彻底杜绝粗放式作业带来的超挖、欠挖、巷体不规整、废石混堆等施工偏差与生产漏洞。细化后的工序管控模式能够统一井下现场施工执行标准,规范一线作业人员操作行为,削减不规范施工引发的安全隐患与资源浪费,稳步提升井下采矿施工整体质量,推动矿山生产模式朝着标准化、精细化、规范化方向全面升级。

2.2 井下采矿设备全流程精细化管理

井下采矿设备全流程精细化管理覆盖井下矿山掘进、支护、装载、转运、巷体修整、场地平整等各类地下生产设备,构建贯穿设备进场、运行、养护、检修、退役全程的精细化管理体系。管理工作涵盖掘进机、采煤机、刮板运输机、锚杆钻机、防爆运输车、井下监测设备等各类专用设备的日常操作规范、实时运行状态监测、周期性养护检修、故障隐患排查、停机保管与换季维护等核心内容,细化不同类型设备的作业准则、操作禁忌与养护标准。现场管理人员常态化开展井下设备全覆盖巡检,精准捕捉设备运行过程中的参数偏移、部件损耗、运行异响、制动异常等隐患问题,及时开展针对性维修养护工作,从源头消除设备故障停机风险。科学系统的设备精细化管理模式能够持续维持井下采矿设备稳定高效的运行状态,延缓设备老化损耗速度,延长设备服役年限,保障井下矿山生产流程连续平稳推进,筑牢矿山高效稳产的设备基础。

2.3 井下采场工作面现场精细化管控

井下采场工作面承载矿山核心生产任务,现场精细化管理是保障井下采矿生产安全、作业质量与施工效率的核心举措。管控工作围绕井下工作面台阶规整度、巷体稳定性、作业空间布局、采掘施工精度以及现场作业秩序开展全方位、常态化治理。持续核查作业工作面

岩体稳固状态、巷体完整度与作业场地规整情况,及时整改井下采场杂乱无序、物料乱堆、设备乱停等现场问题,持续优化井下采场作业环境。严格把控井下采掘推进尺度、开采边界与作业范围,确保采掘施工进度、工作面参数完全贴合矿山整体生产规划与设计标准。常态化的现场精细化管控可以有效排查治理井下作业现场巷体失稳、设备交叉作业、浮石掉落等各类安全隐患,规范现场施工流程与作业秩序,强化井下采掘作业的规整性与安全性,持续提升核心作业区域的生产质量与作业效率。

2.4 井下采矿辅助作业精细化管理

井下采矿辅助作业为矿山主体采掘施工提供全方位基础配套支撑,主要包含采场排水、巷道规整、浮石清理、通风降尘、物资调配、运输线路养护、顶板监测等多项基础工作。精细化管理模式针对各类井下辅助作业制定标准化执行流程,明确不同生产工况、不同环境条件下的作业标准与执行力度。结合井下采场实时生产进度、场地工况与通风水文环境,动态调整辅助作业的开展频次与作业强度,精准适配主体采矿施工的推进节奏。严格落实辅助作业管控要求,能够持续优化井下矿山作业环境,保障采场排水、通风除尘、线路通行、顶板监测等配套系统正常高效运转,补齐井下矿山生产配套短板,为主体采矿工序高效、稳定、安全开展提供坚实保障。

3 井下采矿工程安全与质量保障体系

3.1 井下采矿现场安全风险防控

井下采矿作业空间封闭、大型设备集中、受地下水文地质影响显著,存在巷体失稳、设备交叉作业、巷道积水、粉尘集聚、车辆运输事故等各类安全隐患,风险动态性、不确定性较强,精细化安全防控是井下矿山稳定生产的核心保障^[3]。防控工作围绕井下巷体形变滑移、大型机械设备运行扰动、地下水渗透冲刷、通风异常影响、采场运输动线交叉等各类井下专属风险源头,开展全方位、常态化、闭环式排查治理。结合井下矿山开采推进进度、工作面延伸长度与岩层动态变化规律,持续梳理作业过程中潜藏的隐蔽性安全隐患,建立“排查-整改-复核-销号”的闭环隐患治理机制。针对井下巷体区域、设备作业区域、运输主干道、开采边界等高危作业区域,设置硬性防控举措与警示标识,有效弱化地质扰动、设备运行、环境变化带来的安全威胁,搭建全方位的井下现场安全防护屏障,稳固矿山整体安全生产格局,从源头降低安全事故发生概率。

3.2 井下采矿工程质量标准化管控

井下采矿工程质量标准化管控依托国家矿山行业生产准则、井下矿山设计规范与安全生产标准,搭建覆盖井下开采全流程的质量管控框架,彻底弥补传统粗放开采模式下的质量管控漏洞。管控内容覆盖矿石开采品相、工作面参数规格、巷体规整角度、资源回采率、采场场地平整度、运输线路标准等多项核心生产指标,完全贴合井下开采专属作业场景,细化各道井下工序的质量验收标准。全程跟进井下掘进、回采、顶板支护、矿石装载、场地清理等关键工序的施工过程,对照标准化施工要求逐一校验每一段井下采场作业的施工成果,及时纠正超挖欠挖、工作面不规整、顶板支护不达标、废石矿石混采等不规范施工行为,精准把控井下采矿工程整体施工精度。稳定规范的质量管控模式能够全面提升矿产资源井下开采规整度,减少资源浪费与施工返工问题,保障矿山生产成果全面贴合设计与行业标准,夯实井下矿山优质高效生产的核心基础。

3.3 井下矿山作业人员规范化管理

作业人员的专业操作水平与作业规范程度,直接决定井下矿山生产安全、施工质量与生产效率,是矿山精细化生产管理的核心载体。人员管理工作聚焦井下岗位操作规范、井下大型设备操作技能、现场安全作业意识与风险识别能力培养,落实常态化、制度化的岗位管控模式。结合井下矿山各岗位作业内容、井下采矿技术标准、设备操作规范,定期组织专业化技能培训、安全宣讲与实操演练,重点提升一线人员对井下采掘工艺、大型设备标准操作、顶板隐患识别、突发工况应急处置的综合能力。严格落实井下岗位作业制度、现场安全考勤与作业监护制度,全面约束现场违规操作、野蛮施工、设备违规运行等行为,持续推动人员井下作业模式趋于标准化、规范化,打造专业稳定、素养过硬的一线作业团队,适配井下矿山高质量、安全化、标准化生产发展需求。

3.4 井下采矿工程动态监测与应急保障

动态监测与应急保障是应对井下采矿过程中顶板形变、设备异常、水文突变、现场突发隐患的关键手段,是完善井下矿山安全生产兜底机制、实现长效安全运营

的核心支撑。井下矿区持续开采会不断改变原有地下岩体受力结构,顶板滑移、巷体坍塌、设备故障、巷道积水等潜在风险具备较强突发性与不确定性,常规静态管控手段无法实现全覆盖防控。通过在井下采场、巷道、回撤通道布设应力监测点、顶板监测设备、水文监测、设备运行监测等专业装置,全天候捕捉顶板位移、岩体形变、设备参数波动、地下水变化等动态数据,实时掌握井下矿区整体生产运行状态,实现风险早识别、早预警、早处置。结合井下矿山常见突发工况(顶板险情、设备故障、巷道积水、通风异常等)制定完善的专项应急处置预案,配套完备的应急物资、抢险设备与处置举措,明确各岗位应急处置职责,快速高效处置各类突发问题^[4]。成熟的动态监测与应急保障体系,能够持续提升井下矿山风险防控与应急处置能力,规避小型隐患演变为重大生产事故,保障井下采矿生产工作持续平稳、安全有序推进。

结束语

井下采矿工程中技术迭代与管理升级构成相互嵌套的系统工程。巷道掘进、台阶回采、顶板防控等专属核心技术是高效生产的技术根基,施工工序标准化、设备全周期运维、采场现场管控等精细化举措则是将技术方案转化为生产实践的关键支撑。适配井下场景的安全风险防控、质量标准化与动态监测应急体系,为矿山全流程生产提供了刚性约束。坚持井下专用技术优化与精细化现场管理同步推进、深度融合,方能让井下矿山在资源高效利用、安全生产管控与绿色可持续运营之间实现长期平衡。

参考文献

- [1]郭玉杰.金属矿山采矿工程常用采矿技术及其细化管理方案研究[J].世界有色金属,2023(18):34-36.
- [2]蔡兆松.金属矿山采矿工程技术与安全管理探究[J].世界有色金属,2025(23):229-231.
- [3]李杰峰.金属矿山工程开采技术及施工安全管理对策研究[J].模型世界,2025(36):201-203.
- [4]汤生茂.采矿工程常用采矿技术与细化管理[J].建筑工程与设计,2023,2(3):28-30.