

煤矿开采与掘进协同作业综合技术研究

李世博

郑州煤电股份有限公司芦沟煤矿 河南 郑州 452373

摘要: 煤矿开采与掘进协同作业对提升生产效率与保障安全意义重大。本文深入剖析煤矿开采与掘进作业基础理论, 涵盖开采与掘进技术原理及两者相互关系。详细阐述协同作业关键技术要素, 包括时空规划、设备配套、通风瓦斯治理、支护围岩控制等方面。同时探讨生产组织与管理、安全保障体系构建。通过全面研究, 为煤矿开采与掘进协同作业提供理论支撑与实践指导, 推动煤矿生产向高效、安全方向发展。

关键词: 煤矿开采; 掘进协同作业; 关键技术要素; 生产组织管理; 安全保障体系

引言: 煤矿生产中, 开采与掘进作业紧密相连又相互制约。传统作业模式下, 两者常因缺乏有效协同, 出现资源分配不合理、工序衔接不畅等问题, 影响生产效率与安全。随着煤矿开采技术发展, 对开采与掘进协同作业提出更高要求。深入研究煤矿开采与掘进协同作业综合技术, 明确基础理论, 掌握关键技术要素, 优化生产组织与管理, 构建安全保障体系, 成为提升煤矿生产效率、保障作业安全的关键所在。

1 煤矿开采与掘进作业基础理论分析

1.1 煤矿开采技术原理

不同地质条件下开采方法分类依据煤层厚度、倾角、围岩稳定性等核心因素划分, 长壁开采适用于煤层平缓、厚度均匀的地质场景, 通过推进工作面实现煤层连续开采, 开采范围连贯且效率稳定^[1]。放顶煤开采适配厚煤层地质, 依托煤层自身重力及支护辅助作用, 使顶煤随工作面推进逐步垮落并回收, 适配特定厚度的煤层开采需求。开采过程中顶板管理理论重点研究直接顶与老顶的垮落规律, 直接顶随工作面推进及时垮落, 需控制垮落速度与范围避免冲击工作面, 老顶垮落具有滞后性, 其垮落步距与强度直接关系开采作业安全, 需通过科学管控减少垮落带来的影响。采场围岩应力分布特征受地质条件、开采方法及支护方式影响, 应力集中区域易引发围岩变形、垮塌等问题, 需明确应力分布规律及影响因素, 为开采作业优化提供理论支撑。

1.2 煤矿掘进技术原理

巷道掘进方式根据施工效率、地质条件及设备水平选择, 钻爆法通过钻孔、装药、爆破等工序破碎岩石, 逐步形成巷道断面, 适配各类复杂地质条件下的巷道开挖。综合机械化掘进依托掘进机、转载机等成套设备, 实现破岩、装岩、运岩一体化作业, 大幅提升掘进效率, 适配地质条件相对稳定的巷道施工。掘进工作面支

护技术中, 锚杆支护通过将锚杆植入围岩内部, 利用锚杆锚固力约束围岩变形, 增强围岩自身稳定性, 适配中硬岩层巷道支护。锚索支护依托高强度锚索深入稳定岩层, 与锚杆协同作用, 提升支护强度, 适用于围岩稳定性较差的巷道区域。掘进过程中瓦斯、粉尘等灾害防治基础理论, 聚焦瓦斯涌出规律与积聚条件, 明确粉尘产生机理与扩散路径, 为灾害防控技术实施提供理论依据。

1.3 开采与掘进作业的相互关系

开采对掘进作业的空间与时间需求影响体现在开采工作面推进需要掘进作业提前开拓巷道, 明确的空间布局的规划可保障开采作业顺利推进, 避免出现空间冲突。开采进度决定掘进作业的时间节点, 需根据开采推进速度合理安排掘进作业时序, 确保掘进作业满足开采进度需求。掘进作业为开采提供的准备条件及制约因素, 掘进作业需提前完成运输巷道、通风巷道等各类辅助巷道开挖, 为开采作业提供人员、设备、物料运输通道及通风保障。掘进进度、巷道质量直接制约开采作业开展, 掘进进度滞后会导致开采工作面无法正常推进, 巷道质量不达标会影响开采作业安全与效率。两者在资源利用与生产组织上的关联性体现在资源分配需兼顾开采与掘进需求, 合理调配人力、设备、物料资源, 生产组织过程中需统筹两者工序衔接, 实现资源高效利用与生产有序推进。

2 煤矿开采与掘进协同作业的关键技术要素

2.1 协同作业的时空规划技术

开采与掘进工作面的合理布局原则需结合地质条件、煤层分布及生产需求, 兼顾作业安全性与高效性, 避开应力集中区域与地质异常地段, 避免工作面间距过小引发应力叠加导致围岩失稳, 间距过大造成资源浪费与工序脱节影响生产连续性^[2]。基于生产连续性的作业时间序列安排需统筹开采与掘进进度, 明确各工序起止节

点与衔接时长，确保掘进作业提前完成巷道开挖、支护等准备工作，为开采工作面推进预留充足空间与时间，避免出现开采停滞等待掘进或掘进闲置浪费资源的情况。动态调整机制以适应地质条件变化需实时掌握井下地质异常情况，通过地质探测技术跟踪围岩稳定性、煤层厚度等参数变化，灵活调整工作面布局与作业时序，优化工序衔接流程，规避地质变化对协同作业造成的干扰，保障生产有序推进。

2.2 设备配套与协同运行技术

开采设备与掘进设备的性能匹配要求围绕作业效率、负载能力及运行稳定性展开，结合工作面尺寸、煤层硬度等实际条件，确保设备功率、作业速度相互适配，避免单一设备性能不足拖累整体协同效率，或设备性能过剩造成资源浪费。设备协同作业的通信与控制系统架构需搭建统一管控平台，实现各设备运行数据实时传输与指令精准传递，打通开采与掘进设备的通信壁垒，确保设备动作协同同步，减少设备衔接失误。多设备联合调度与故障协同处理策略需合理分配设备作业任务，根据作业进度动态调整设备运行状态，针对设备故障建立快速响应机制，及时排查故障原因并调配备用设备，同步调整关联设备作业节奏，减少故障对协同作业的影响。

2.3 通风与瓦斯治理协同技术

协同作业下的通风系统优化设计需结合开采与掘进工作面分布，合理布设通风巷道与通风设备，优化风流路径，确保新鲜风流均匀输送至各作业区域，及时排出作业产生的瓦斯、粉尘及有害气体，维持井下空气质量符合作业要求。开采与掘进区域瓦斯涌出规律及协同抽采方法需精准掌握不同作业阶段、不同区域的瓦斯涌出特点，优化抽采点位与抽采工艺，统筹布置抽采设备，实现开采与掘进区域瓦斯同步抽采，降低瓦斯积聚风险，避免瓦斯浓度超标影响作业安全。通风与瓦斯监测数据的共享与联动控制需整合监测资源，实现监测数据实时共享，根据瓦斯浓度、风量变化自动调整通风设备运行参数，形成通风与瓦斯治理的联动管控，提升灾害防控的及时性与有效性。

2.4 支护与围岩控制协同技术

开采与掘进区域围岩应力传递机制需明确应力分布与传递路径，掌握开采作业引发的应力变化对掘进巷道围岩的影响，以及掘进作业对采场围岩稳定性的作用，理清应力叠加规律与围岩变形关联关系。协同支护体系的设计原则与参数确定需结合围岩应力特征，兼顾开采与掘进区域支护需求，合理选择支护类型，精准确定支

护间距、强度等参数，实现支护体系协同受力，增强围岩整体稳定性，避免单一区域支护不足引发安全隐患。围岩变形监测与支护动态调整方法需建立全方位监测体系，实时跟踪围岩变形数据，分析变形趋势与影响因素，根据变形情况及时优化支护参数、调整支护方式，提前防范围岩变形过大引发的巷道垮塌等问题，保障协同作业安全。

3 煤矿开采与掘进协同作业的生产组织与管理

3.1 协同作业的生产流程设计

从掘进准备到开采作业的全流程梳理需覆盖掘进前期地质探测、巷道开挖、支护作业，再到开采工作面布置、设备调试、煤层开采及后续收尾等所有环节，理清各环节先后顺序与内在关联，确保流程衔接无遗漏、无脱节^[1]。各环节之间的衔接标准与信息传递机制需明确衔接节点的质量要求、时间节点，建立规范的信息传递渠道，确保掘进进度、巷道质量、地质变化等关键信息精准传递至开采作业环节，同时将开采需求、进度调整等信息及时反馈至掘进环节。流程优化以减少非生产时间与资源浪费需梳理流程中的冗余环节，简化不必要的操作步骤，优化工序衔接时长，合理调配各环节人力、设备资源，避免出现设备闲置、人员等待等情况，提升流程运行效率，减少资源损耗。

3.2 人员配置与协同培训

协同作业对人员技能与素质的复合要求体现在作业人员需同时掌握本岗位核心技能与协同作业相关知识，熟悉开采与掘进各环节基本流程，具备跨岗位协作意识与应急处置能力，能够适应协同作业的动态调整需求。多工种人员协同作业的岗位设置与职责划分需结合协同作业流程，明确各工种岗位职能与工作范围，划分清晰的职责边界，避免出现职责交叉或空白，确保各岗位人员有序配合、协同发力。针对性的协同培训内容与方式设计需围绕协同作业流程、岗位配合要点、安全管控要求等内容设置培训课程，采用理论讲解、实操演练、流程模拟等适配方式，提升培训针对性与实效性，帮助作业人员熟练掌握协同作业技能，强化协作意识。

3.3 协同作业的进度管理与控制

进度计划编制的多目标平衡方法需兼顾开采与掘进进度同步、作业安全、资源利用、质量管控等多个目标，结合地质条件、设备性能、人员配置等实际情况，制定科学合理的进度计划，明确各阶段、各环节进度目标。进度监测指标体系与动态调整策略需建立涵盖掘进进尺、开采推进速度、工序衔接时长等核心指标的监测体系，实时跟踪进度执行情况，对比实际进度与计划进

度的偏差,分析偏差产生原因,灵活调整作业时序、资源配置,确保进度目标顺利实现。应对突发事件的进度保障措施需提前预判井下地质异常、设备故障、人员短缺等各类突发事件,制定适配的应急处置方案,提前储备应急物资与备用设备,建立快速响应机制,及时处置突发事件,最大限度降低对协同作业进度的影响。

4 煤矿开采与掘进协同作业的安全保障体系

4.1 危险源辨识与风险评估

协同作业环境下危险源的分类与特征分析需结合开采与掘进全流程作业特点,按地质、设备、工序、环境等维度划分危险源类型,明确各类危险源的分布范围与表现形式,掌握不同危险源的动态变化特征,区分固定危险源与动态危险源的差异,为后续风险管控提供清晰指向^[4]。基于作业流程的风险评估方法需贴合协同作业各环节实际,梳理从掘进准备、巷道开挖到开采推进、收尾作业的全流程风险点,结合作业场景与技术参数,采用科学评估方法梳理风险发生的可能性,明确风险产生的关联因素,形成全面的风险评估结果。重点风险区域的识别与管控优先级确定需结合风险评估结果,筛选出瓦斯积聚、围岩垮塌、设备协同故障等风险较高的区域,结合区域作业频次、人员设备集中程度,划分管控优先级,优先保障高风险区域的安全管控资源投入,筑牢协同作业安全防线。

4.2 安全防护技术与装备

协同作业场所的个体防护装备选型与配置需适配井下复杂作业环境,结合不同工种岗位的作业风险,选择防护性能达标、佩戴便捷的个体防护装备,合理规划配置数量与发放周期,确保每位作业人员都能获得适配的防护保障,定期检查装备完好性,及时更换损坏、老化装备。针对协同作业特点的安全监测与预警装备需覆盖各作业区域,重点配置瓦斯、粉尘、围岩变形、设备运行状态等监测设备,实现监测数据实时采集与分析,当监测指标超出安全阈值时自动发出预警信号,提醒作业人员及时处置。应急救援装备的储备与协同使用机制需结合协同作业可能发生的突发事件类型,储备足够数量的应急救援装备,合理规划储备地点,确保装备取用便捷,明确不同装备的使用流程与协同配合要点,定期开展装备调试与维护,保障应急状态下装备能够高效协同

使用。

4.3 安全管理制度与文化

协同作业安全管理制度的构建原则与内容需遵循实用性、系统性原则,贴合开采与掘进协同作业实际,涵盖作业许可、工序管控、设备运维、风险排查等核心内容,明确各环节安全管理要求,规范作业人员操作行为,避免管理制度与实际作业脱节。安全责任落实与考核机制设计需将安全责任细化到每个岗位、每个人,明确责任分工与履职要求,建立科学的考核指标,将安全履职情况与考核结果直接挂钩,通过考核促进责任落实,督促作业人员严格遵守安全管理制度^[5]。培育协同作业安全文化的途径与方法需结合作业人员岗位特点,开展常态化安全宣传教育,普及协同作业安全知识与操作规范,通过典型安全案例警示、安全技能比拼等方式,强化作业人员安全意识与协作意识,引导作业人员自觉遵守安全规定,形成人人重安全、讲协同的良好安全文化氛围。

结束语

煤矿开采与掘进协同作业综合技术研究,涉及基础理论、关键技术、生产组织与安全保障等多方面。通过合理时空规划、设备配套协同、通风瓦斯有效治理、支护围岩科学控制,优化生产流程、合理配置人员、严格进度管理,构建完善安全保障体系,可实现开采与掘进高效协同。这不仅有助于提高煤矿生产效率、降低成本,更能保障作业人员安全,推动煤矿行业持续健康发展,提升整体竞争力。

参考文献

- [1]郭艳武.煤矿开采技术与掘进支护技术的研究[J].石油石化物资采购,2023(14):112-114.
- [2]尹相杰.煤矿开采技术与掘进支护技术探究[J].内蒙古煤炭经济,2023(4):49-51.
- [3]岳勃.同忻煤矿开采技术条件与采掘工艺研究[J].山东煤炭科技,2021,39(06):77-78+81.
- [4]胡文宣,张斌.关于煤矿开采技术与掘进支护技术探讨[J].冶金管理,2024,(07):107-109.
- [5]崔治国,崔璐玮.煤矿开采技术与掘进支护技术探究[J].当代化工研究,2024,(11):110-112.