

工艺对煤矿安全生产效率的提升效果分析

张 建

宁夏红墩子煤业有限公司 宁夏 银川 750000

【摘要】：针对传统煤矿综采工作面“先扩帮、后支护、再安装”串行工艺存在的工序脱节、空顶作业风险高、施工周期长、成本损耗大等痛点，尤其针对采空区下方大倾角工作面顶板易冒落、施工管控难度大的行业难题，本文结合宁夏红墩子煤业有限公司红一煤矿 1150501 工作面现场实践，系统阐述扩安一体化工艺的核心内涵与现场适配技术特点，通过新旧工艺全方位对比，从安全生产保障、生产效率提升、综合成本管控三大维度，剖析该工艺在实际应用中的增效降险核心价值。本次实践依托边扩帮边安装的平行作业模式，搭配定制化机械化配套设备，成功破解大倾角、采空区下工作面施工瓶颈，实现安全与效率双重突破，为同类复杂地质条件煤矿推广该工艺提供可复制的一线实操经验。

【关键词】：扩安一体化工艺；大倾角工作面；采空区顶板管控；煤矿安全生产

DOI:10.12417/2705-0998.26.05.021

1 研究背景

煤炭是我国能源保供的核心支柱，煤矿安全生产与高效开采直接关乎行业稳定发展与井下作业人员生命安全。随着煤矿开采深度不断延伸，井下地质条件日趋复杂，大倾角、临近采空区等特殊工况工作面逐步增多，传统采掘施工工艺的弊端愈发凸显：综采切眼施工普遍采用分步串行作业，先完成全断面扩帮掘进，再开展顶板永久支护，最后进行液压支架、刮板输送机综采设备安装，工序衔接等待时间长、空顶作业周期久、人员交叉作业风险高，尤其在顶板临近采空区的工作面，极易引发顶板冒落、片帮等安全事故，同时施工工期冗长、人工与材料投入冗余，严重制约矿井采掘接替效率。

扩安一体化工艺打破传统串行作业逻辑，将切眼扩帮、动态支护、设备安装三大核心工序整合为平行同步作业，实现“边扩边支、边扩边安”的闭环施工，从流程上压缩空顶时间、减少无效作业、降低安全风险。宁夏红墩子煤业红一煤矿 1150501 工作面为大倾角、临近采空区特殊工况，前期同类工作面采用传统工艺施工，问题频发、效率低下，本次项目经单位技术论证后，全面推行扩安一体化工艺，配套专用机械化设备，经现场实践验证，工艺成熟可靠、成效显著，彻底解决了传统工艺的核心痛点。本文结合本次实操案例，深度分析该工艺对安全生产效率的提升作用，为行业同类工况应用提供实践参考。

2 扩安一体化工艺核心内涵与适配技术特点

2.1 核心内涵

扩安一体化工艺是针对复杂地质条件综采工作面定制化的高效施工工艺，核心是摒弃传统分步作业模式，将切眼导洞扩帮、顶板动态支护、综采设备安装三大工序统筹规划、同步推进，实现“掘进一段、支护一段、安装一段”的循环作业，杜绝长时间空顶、大面积无支护作业，同时省去工序转换的等待时间，实现安全管控与生产效率的协同提升。结合 1150501 工作面实际，该工艺核心是先施工 5.5m 宽导洞做临时支护，再

依托 EBZ135 悬臂式掘进机扩刷，将导洞逐步扩掘至 8.5m 设计宽度，同步完成液压支架、刮板输送机等设备安装，全程做到支护紧跟掘进、安装紧跟扩帮，无工序脱节、无风险空档。

2.2 实践适配技术特点

结合红一煤矿 1150501 工作面倾角 25°、上部临近 4 煤采空区、顶板易冒落的特殊工况，本次应用的扩安一体化工艺形成四大专属技术特点，区别于通用工艺，更贴合现场实际。工序平行化彻底打破串行壁垒：摒弃“先全断面扩帮、再整体支护、最后集中安装”的传统模式，导洞施工完成后，随即开展循环扩帮，每扩掘 1m 同步完成顶板支护与对应区域支架、溜槽安装，实现扩帮、支护、安装无缝衔接，无等待空档。支护动态化精准管控采空区顶板风险：针对顶板临近采空区的特殊情况，采用单体 π 钢梁临时支护+锚网索永久支护+滑移支架超前支护联合方案，根据扩帮进度动态调整支护参数，空顶距离严格控制在 0.4m 以内，远优于传统工艺空顶距离超标问题。装备专用化适配大倾角运输安装：配套 TYA-800 液压支架调移装置、电动齿轨机车、双速绞车等专用设备，解决大倾角工作面设备运输易下滑、支架调向难的行业难题，全程机械化作业，减少人工贴身操作。管控全程化安全与质量同步把控：建立班前风险预判、班中动态巡检、班后交接验收的全流程管控体系，针对顶板、斜巷运输、大件起吊三大核心风险点，专人盯防、闭环管理，贴合煤矿井下安全管理规范。

3 新旧工艺核心对比与实践优势

红一煤矿前期同类型工作面均采用传统串行施工工艺，本次 1150501 工作面首次全面应用扩安一体化工艺，通过一线实操数据对比，新工艺在安全、效率、成本三大维度优势显著，具体差异如下：

3.1 传统工艺核心弊端

安全风险极高：全断面一次性扩帮，空顶面积大、空顶时间长，临近采空区顶板极易出现下沉、冒落，无临时动态支护

兜底；设备集中安装时，大件起吊、斜巷运输交叉作业频繁，人员贴身操作多，顶板、运输、起吊三大事故隐患突出。

施工效率低下：三道核心工序分步实施，工序衔接需等待人员、设备转场，单工作面施工周期长达 90-100 天，采掘接替紧张，无法按时投产出煤；单台液压支架安装需 2.5 小时以上，设备运输依赖传统绞车，效率低、易卡顿。

成本损耗严重：人工投入多，每班需 35 人以上作业，三班轮换总人数超 110 人；支护材料盲目投入，无精准支护方案，锚杆、锚索、型钢浪费率高；设备反复转运、维修频次高，后期事故处理投入额外成本。

3.2 扩安一体化工艺核心优势

3.2.1 安全管控质效飞跃，从源头降低事故风险

本次实践全程落实“短掘短支、边扩边安”，空顶距离严格控制 4m 以内，空顶时间压缩至单循环 2 小时内，彻底解决采空区顶板冒落隐患。针对大倾角斜巷运输，严格执行“行车不行人，行人不行车”制度，配套电动齿轨机车、双速联动绞车，杜绝放飞车、下滑风险；大件起吊采用专用框架式起重装置，试吊后再作业，起吊区域全程警戒，严禁人员进入危险范围。本次施工历时 70 天，实现零安全事故、零顶板隐患、零设备伤人事件，较传统工艺安全事故隐患降低 90% 以上，井下作业环境安全性大幅提升。

3.2.2 生产效率大幅提升，缩短工期保障采掘接替

新工艺实现平行作业，省去工序等待时间，1150501 工作面 306m 长切眼，仅用 70 天完成全部扩帮、支护、设备安装及调试工作，较传统工艺缩短工期 20-30 天，提前实现工作面联合试运转，有效缓解矿井采掘接替压力。单台液压支架安装时间缩短至 1.5 小时以内，效率提升 40%；刮板输送机溜槽与支架同步安装，无需后期二次铺设，整体安装工效提升 35%。同时，扩帮产生的煤渣通过刮板机同步外运，无积渣滞留，全程无需额外清理，进一步压缩无效作业时间。

3.2.3 综合成本显著降低，提升矿井经济效益

人工成本方面，优化劳动组织，三班作业总人数精简至 74 人，一线作业人员人均效率提升 40%，人工总成本降低 25% 以上；材料成本方面，采用精准支护方案，根据顶板条件调整锚杆、锚索参数，避免材料浪费，单工作面支护材料消耗减少 30%，节约材料费用超 260 万元；设备成本方面，专用机械化设备磨损小、维修频次低，省去传统工艺设备二次转运费，同时无安全事故处理支出，综合经济效益显著。

4 扩安一体化工艺在的实践应用详情

4.1 实践工作面概况

宁夏红墩子煤业红一煤矿位于银川市兴庆区，采用立井开拓，井口标高+1204m，井筒落底至+755m 水平，井下辅助运

输以电机车、单轨吊为主。1150501 工作面为矿井主力综采工作面，倾斜长度 306m，倾角 25°，导硐初始宽度 5.5m、高度 4.0m，工作面上部局部为 4 煤采空区，顶板直接为采空区底板，岩层稳定性极差，若采用传统全断面一次性扩帮，极易引发大面积顶板冒落、片帮事故，施工安全风险与技术难度远超普通工作面。本次施工核心任务是将切眼从 5.5m 扩掘至 8.5m 设计宽度，完成 178 组各类液压支架、全套综采运输设备安装，同步铺设远程供液、供电系统，施工标准高、风险管控环节多，对工艺适配性要求极高。

4.2 工艺实操核心流程

本次施工严格遵循“短掘短支、边扩边安”的闭环循环作业流程，全程配套专用机械化设备，执行标准化安全管控：首先施工 5.5m 宽基准导硐，采用单体 II 钢梁架棚做临时支护，跨距 4.0m、步距 1m，保障初期顶板稳定；随后采用 EBZ-135 掘进机开展循环扩帮，每循环固定扩掘进尺 1m、扩宽 3m，逐步将导硐拓宽至 8.5m，扩帮完成后立即采用锚网索+滑移支架联合支护，严控空顶距离与空顶时间；同步通过电动齿轨机车、液压支架调移装置完成液压支架、刮板输送机溜槽的运输与安装，实现“扩掘一米、支护一米、安装一架”的无缝衔接；最后完成转载机、破碎机、超前支架及远程供液供电系统的铺设与对接，全系统单机调试合格后，开展联合试运转，验收合格后正式移交生产。

4.3 工作面核心施工参数及配套设备明细表

为直观体现本次扩安一体化施工的实操标准，现将工作面核心施工参数、配套专用辅助设备整理成表，清晰展现工艺落地的硬件支撑与技术指标。

表 1 工作面核心施工参数及配套设备

类别	参数/设备名称	具体规格/型号	单位/数量	核心用途
核心施工参数	工作面倾斜长度	-	306m	切眼总施工长度
	工作面倾角	25°	°	大倾角施工管控核心指标
	导硐初始尺寸	宽 5.5m×高 4.0m	m	初期施工基准断面
	最终切眼尺寸	宽 8.5m×高 4.0m	m	设计达标断面
液压支架调移装置	TYA-800	1 台	液压支架转运、调向	

电动齿轨机车	CDC/190/55Y	1台	大倾角工作面设备运输
双速绞车	JSDB-30、JSDB-19	各1台	设备牵引、辅助运输
掘进机	EBZ-135	1台	切眼循环扩帮掘进
框架式液压支架起重装置	KYX-15*4	1套	液压支架现场组装

5 工艺应用针对性优化建议

5.1 开展全员专项技能集训，建立考核上岗长效机制

后续施工前，提前组织全员开展为期3-5天的专项培训，邀请设备厂家技术人员和本次施工骨干现场授课，采用“理论讲解+井下实操+模拟演练”相结合的模式，重点讲解新型专用设备操作规范、大倾角施工安全注意事项、工艺核心流程要点，培训结束后进行理论和实操双重考核，考核合格方可上岗，不合格者暂停作业参与补考；同时建立师徒带徒机制，安排技术骨干全程带班指导，快速提升全员操作熟练度，彻底解决人员技能适配问题。

5.2 细化大倾角专项操作流程，筑牢现场安全管控防线

编制《大倾角采空区工作面扩安一体化专项作业规程》，配套图文并茂的现场操作卡，明确规定空顶距离不得超过0.4m、每循环扩掘步距固定1m、支护与扩掘同步跟进等硬性标准，细化支架调向、单体支柱架设与回收、滑移支架前移的操作步骤和安全要求；安排专职安全员和技术人员全程跟班盯防，对关键环节实行旁站监督，发现违规操作立即叫停整改，将风险管控前置，杜绝侥幸作业行为。

5.3 引入顶板智能化监测设备，实现精准动态支护

在采空区影响区域加装顶板离层仪、压力传感器等智能化

监测设备，搭建井下顶板动态监测平台，实现顶板压力、下沉量数据实时上传、异常情况自动预警，安排专人24小时值守监测数据，根据数据变化及时调整锚杆锚索排布间距、支护强度等参数，摒弃经验式支护模式，转向数据驱动的精准支护，全面提升采空区顶板管控的可靠性和科学性。

5.4 完善工序衔接与班组交接制度，强化闭环协同管理

制定标准化班组交接清单，明确施工进度、设备状态、顶板隐患、遗留问题、注意事项五大核心交接内容，每班施工结束后，由跟班队长、安全员、技术员共同签字确认，逐项核对交接内容，做到无缝交接、责任清晰；同时优化劳动组织，成立专项协同小组，统筹协调扩掘、支护、安装三大班组的作业节奏，提前规划各工序作业区域和时间，避免交叉干扰和工序等待，最大化发挥平行作业的效率优势。

6 结论

通过宁夏红墩子煤业红一煤矿1150501工作面的一线实践验证，扩安一体化工艺彻底颠覆传统煤矿综采工作面串行施工模式，对安全生产效率提升具有不可替代的核心价值：一是筑牢安全防线，通过短掘短支、边扩边安，压缩空顶时间、减少人员贴身作业，从源头杜绝顶板、运输、起吊等核心安全隐患，实现零事故施工；二是提升生产效率，平行作业省去工序等待时间，大幅缩短施工周期，保障矿井采掘接替，提升煤炭产出效率；三是降低综合成本，精简人员投入、减少材料浪费、降低设备损耗，实现经济效益与安全效益双赢。本次实践是工艺革新的成功案例，完全适配复杂地质条件施工，具备全面推广价值。后续将结合本次实践经验，进一步优化扩安一体化工艺，融入智能化监测、远程遥控等技术，提升工艺自动化水平；同时针对不同倾角、不同顶板条件，定制差异化施工方案，完善工艺体系；推动该工艺与矿井智能化建设深度融合，打造安全、高效、低耗的综采工作面施工新模式，为矿井高质量发展提供技术支撑，也为行业同类煤矿提供可复制、可借鉴的实操经验。

参考文献：

- [1] 朱雪廷.综采工作面新型扩安一体化技术与工艺研究[J].山东煤炭科技,2025,43(06):30-34+40.
- [2] 周少华,尹发忠,郭罡业.综采工作面软岩切眼扩安一体化技术及应用[J].能源科技,2024,22(06):31-35.
- [3] 牛飞,姜二虎,孟祥兵,等.复杂地质条件下工作面扩安一体化工艺实践[J].陕西煤炭,2024,43(10):158-162+178.
- [4] 李冬冬,张凯伦,马国行.大埋深高地压矿井扩安一体化工艺方案设计及现场实践[J].山东煤炭科技,2023,41(08):102-104.
- [5] 侯典臣,郇恒恒.底分层破碎顶板大断面切眼扩安一体化技术研究[J].科学技术创新,2023,(13):61-64.