

综放工作面液压支架初撑力对顶板控制效果的影响

杜浪浪

乌海市公乌素煤业有限责任公司，内蒙古乌海，016000；

摘要：综放开采中顶板控制是保障安全高效生产的核心，液压支架初撑力直接影响顶板稳定性。初撑力不足易引发顶板下沉超标、煤壁片帮漏顶及矿压规律紊乱等问题，结合具体工作面地质与工程条件，精准设计初撑力参数、强化液压系统管理、建立动态监测机制可实现初撑力稳定控制。该体系能有效抑制顶板早期下沉，降低片帮漏顶风险，维持矿压显现规律稳定，为综放工作面顶板安全控制提供可靠技术支持，对提升煤矿采掘安全性与效率有重要意义。

关键词：综放工作面；液压支架初撑力；顶板控制；矿压规律；动态监测

DOI：10.64216/3080-1508.25.11.030

引言

综放开采是厚煤层高效开采的主流工艺，顶板控制效果直接决定生产安全性与资源回收率。当前部分工作面因液压支架初撑力管控不当，顶板下沉量超标、煤壁片帮等问题频发，既制约回采效率，又埋下安全隐患。智能化采矿与安全高效生产的发展理念下，依靠科学管控初撑力优化顶板控制，已成为煤矿采掘技术领域亟待解决的关键问题。围绕初撑力与顶板控制的关联，从参数设计、系统管理、动态监测等维度构建技术体系，能为综放工作面顶板安全控制提供新思路。

1 综放工作面顶板控制与液压支架初撑力应用背景

煤矿综放开采作业里顶板控制是保障作业安全与效率的核心环节，公乌素煤矿 011604 综放工作面开采的 16 煤层厚度处于 8.3-8.7m 区间，平均倾角为 16°，顶板构成以细砂岩老顶和泥岩直接顶为主，采空区顶板需采用全部垮落法处置，且受初次来压（20-25m）与周期来压（10-20m）作用较为明显^[1]。液压支架作为顶板控制的关键设备，其初撑力直接决定对顶板的初始支撑强度，需兼顾顶板压力（经测算该工作面顶板压力约 6327KN）与支架承载能力（选用 ZF6800/18/35 型支架，工作阻力 6800KN），保证初撑力不低于 24MPa，方可有效抑制顶板早期下沉、降低煤壁片帮风险，为后续顶板稳定控制打下基础。

2 液压支架初撑力不足对顶板控制的主要问题

2.1 初撑力不足导致顶板下沉量超标

综放工作面回采进程里，液压支架初撑力是抑制顶板早期下沉的关键，011604 综放工作面顶板由 1.64m 厚细砂岩老顶与 1.03m 厚泥岩直接顶构成，需依托支架

初始支撑力平衡顶板压力（测算约 6327KN）。初撑力若低于 24MPa 规定值，支架难以及时对顶板形成有效支撑，会造成直接顶在采空区垮落前出现过量下沉。特别是工作面周期来压（步距 10-20m）阶段，初撑力不足会加剧顶板离层，促使顶板下沉量超出允许范围，既破坏顶板完整性，又挤压工作面空间，干扰刮板输送机推移与采煤机正常割煤，进一步限制回采效率，形成“初撑力不足-顶板下沉-生产受阻”的恶性循环。

2.2 初撑力不足加剧煤壁片帮与端面漏顶

011604 综放工作面 16 煤层倾角 14-18°，煤质硬度 2-3，含 3-6 层泥岩夹矸，煤壁稳定性易受外力扰动影响。液压支架初撑力不足时，支架对顶板的支撑力无法有效传递至煤壁，导致煤壁侧向压力上升，易诱发煤壁片帮。该工作面端面距设计为 318mm，初撑力不足会扩大支架顶梁与煤壁间的支护间隙，若顶板存在破碎区域（如过断层 YS1、YS2、YS3），端面漏顶风险明显提高。漏顶不仅增加人工处理工作量，还可能使架前形成空顶区，进一步破坏顶板完整性，甚至引发局部冒顶事故，威胁作业人员安全。

2.3 初撑力不足干扰矿压显现规律稳定性

矿压显现特征是综放工作面顶板管控的重要依据，011604 综放工作面初次来压步距 20-25m、周期来压步距 10-20m，需依托稳定矿压监测数据制定支护方案。液压支架初撑力欠缺时，支架对顶板的支撑效果不稳定，会造成顶板压力传递路径错乱，打破常规矿压显现周期^[2]。初撑力的起伏变化会使顶板来压时刻提前或滞后，来压强度时大时小，难以借助矿压观测系统精准预判来压特征。该工作面采用全部垮落法处置采空区，初撑力不足会导致采空区顶板垮落不彻底，形成悬顶区域，进

一步扰乱矿压分布状态,造成支架受力失衡,提升倒架、咬架隐患,破坏工作面整体支护体系的稳固性。

3 针对性提升初撑力优化顶板控制效果的措施

3.1 精准设计初撑力参数控制顶板下沉

3.1.1 基于地质与工程参数的初撑力阈值设计

综放工作面初撑力设计过程中,需结合顶板岩性、采高、支架参数等多维度指标计算顶板压力,确定精准初撑力阈值。011604 综放工作面顶板由 1.64m 厚细砂岩老顶与 1.03m 厚泥岩直接顶构成,计算阶段纳入最大采高 3m、采动增载系数 8、顶板岩石容重 2.5t/m^3 、支架最大控顶距 7.03m 及中心距 1.5m 等核心参数,推导得出顶板预计压力约 6.327MPa (对应 6327KN)。选用的 ZF6800/18/35 型支架工作阻力达 6800KN,为确保初始支撑阶段即可抵御顶板压力,同时抵消 850m 供液管路约 0.95MPa 的沿程压力损失,初撑力阈值需设定为不低于 24MPa,该数值既符合支架工作阻力 80% 以上的安全标准 ($6800\text{KN} \times 80\% = 5440\text{KN}$),又能保证支架启动支撑瞬间抑制顶板早期下沉,防止直接顶离层或过度变形。初撑力匹配度需结合煤层条件校验,该工作面 16 煤层厚度 8.3-8.7m (平均 8.5m)、采放比 1:1.83,较厚煤

层需更高初撑力平衡垂直荷载;煤层倾角 $14\text{--}18^\circ$ (平均 16°) 会产生侧向分力,校验时需通过力学分析修正侧向力影响系数,确保初撑力既承担垂直压力,又抵抗支架偏移,避免顶板局部下沉超标或支架受力不均。

3.1.2 参考相邻工作面矿压数据修正初撑力设计

相邻工作面相似地质条件下的矿压观测数据,是优化初撑力设计的重要实践依据,对比分析可提升初撑力与实际回采工况的适配性。011604 综放工作面周边已回采的 011601、011602、011603 工作面,与该工作面同属 16 煤层,煤层厚度、倾角、顶底板岩性等地质条件高度一致,其矿压记录可直接用于初撑力设计修正。分析相邻工作面数据可见,初次来压 (步距 20-25m) 与周期来压 (步距 10-20m) 阶段,初撑力维持 24-26MPa 时,顶板下沉量能控制在 100mm 以内,煤壁片帮发生率低于 5%;初撑力若低于 22MPa,顶板下沉量会升至 120-150mm,片帮发生率也会超过 15%^[3]。依托这一规律,可在 011604 工作面理论计算的 24MPa 初撑力阈值基础上,将初撑力控制范围细化为 24-26MPa,既避免初撑力过高导致乳化液能源浪费,又防止初撑力不足引发顶板控制问题,让初撑力设计更贴合实际回采中的矿压变化特征,进一步提升顶板控制稳定性,为工作面安全高效回采提供保障。

表 1: 相邻工作面矿压观测与初撑力优化对比表

工作面编号	煤层厚度	倾角 ($^\circ$)	初次来压步距	周期来压步距	初撑力范围	顶板下沉量	煤壁片帮率	正常涌水量	顶板控制评价
	(m)		(m)	(m)	(MPa)	(mm)	(%)	(m^3/h)	
11601	8.4	15	20	10	22	145	17.2	4.8	顶板下沉明显
11602	8.6	16	22	12	23.5	118	9.8	5.2	控制一般
11603	8.5	16	25	15	25	95	4.7	5	控制良好
011604 (优化设计)	8.5	16	20-25	10-20	24-26	≤ 100	≤ 5	5	顶板稳定、安全高效

3.2 强化初撑力保障机制防控片帮漏顶

3.2.1 强化液压系统核心环节管理保障初撑力稳定

乳化液泵站是液压支架初撑力的动力来源,其压力稳定性是初撑力达标的基础。011604 综放工作面选用 BRW-400/37X 型乳化液泵,配置“三泵两箱”保障供液,需将泵站出口压力稳定维持在 31.5MPa 以上,以此抵消 850m 供液管路中 DN63 高压胶管约 0.95MPa 的沿程损失,确保支架液压缸入口压力满足不低于 24MPa 的初撑力要求。实际操作里,专职泵站司机要实时监控压力表数值,每小时记录 1 次,若压力波动超过 $\pm 0.5\text{MPa}$,需立即排查泵体吸空、滤网堵塞等问题;同时定期清理乳化液箱沉淀,保持乳化液浓度 3%-5%,避免浓度异常造成泵体磨损或管路堵塞,从源头减少初撑力缺失情况^[4]。液压

支架阀组与管路密闭性直接影响压力传递,该工作面支架采用电液控系统,需每周拆解检修立柱控制阀、推移千斤顶阀等核心阀组,更换老化密封件与划伤阀芯;对 DN63 进液胶管、DN76 回液胶管接头做压力测试,用肥皂水检测密封性,为易刮擦管路加装防护套管,防控窜漏以确保乳化液压力足额传递至立柱,使支架快速达设计初撑力。

3.2.2 规范支架操作流程提升初撑力实际支护效果

科学的升架操作是初撑力充分发挥作用的关键,直接影响顶板与煤壁支护质量。011604 综放工作面采用“跟机移架”,滞后采煤机后滚筒 3-5m 移架,升架需遵循“先升前柱、后升后柱”顺序,且升架时间不低于 5s,避免升压过快导致初撑力“虚高”。操作时,支架

工需观察顶梁与顶板接触状态,对不平整顶板调整顶梁仰俯角实现全面接顶,持续供液至压力达标;移架后检查侧护板伸出情况,确保相邻支架无间隙防架间漏矸。过YS1、YS2、YS3断层等顶板破碎区段,采用“带压移架”工艺,升架时保持立柱不低于10MPa初始压力,减少顶板暴露时间。通过规范操作,使支架初撑力切实作用于顶板与煤壁,紧密贴合支护面,从操作层面降低煤壁片帮与端面漏顶风险,保障工作面顶板控制效果。

3.3 建立初撑力动态监测优化矿压规律

3.3.1 构建初撑力实时监测与矿压数据联动体系

011604综放工作面液压支架配备电液控制系统,每部支架立柱均装压力传感器,通过工作面高速以太网将初撑力数据实时传至顺槽集控中心。监测系统设双重采集机制:实时显示单架初撑力,低于24MPa时自动声光报警提示补压;生成初撑力分布曲面图,助力识别端头支架、过断层区段等薄弱区域。系统存储历史数据,按小时统计达标率(要求 $\geq 95\%$),连续30分钟某区域达标率 $< 90\%$ 时,自动推送预警至区队终端,及时发现异常以避免顶板压力紊乱^[5]。同步开展支架压力观测与顶板离层监测:工作面每隔5架装YHY60W(B)型压力

计,记录周期来压时初撑力与工作阻力变化;顺槽每隔50m装顶板离层仪,监测岩层移动。观测若见周期来压步距缩短、顶板离层超50mm,可提高初撑力阈值;过YS1、YS2、YS3断层时加密观测,依顶板破碎程度调整初撑力,如YS3断层处提至26MPa,实现初撑力与矿压适配。

3.3.2 建立初撑力异常分级预警与闭环处置流程

为快速响应初撑力异常,011604综放工作面构建“预警-处置-反馈”闭环流程,将异常分三级。一级预警(单架初撑力22-24MPa)由支架工现场补压,补压需确保乳化液供液稳定,3分钟不达标则升级;二级预警(20-22MPa)通知检修工检查阀组与立柱密封,重点排查密封件老化、阀芯划痕,窜漏时立即换原厂配件;三级预警(单架 $< 20\text{MPa}$ 或连续3架不达标),立即停采,区队技术人员全面排查泵站压力、管路堵塞、支架立柱故障,制定专项方案处置。处置后通过电液控系统监测1小时,确认初撑力稳定达标再恢复生产,同时详细记录处置过程、故障原因及结果入台账,为后续同类问题提供参考。通过高效应急响应,避免初撑力异常扩大,保障矿压规律稳定,维护顶板控制效果,为安全回采提供保障。如图1。



图1: 综放工作面初撑力异常快速响应闭环流程

4 结语

综放工作面顶板控制效果与液压支架初撑力密切相关,初撑力不足易诱发顶板下沉超标、煤壁片帮漏顶及矿压规律紊乱等问题。通过结合顶板压力计算精准设定初撑力参数,强化乳化液泵站与阀组管路管理以保障初撑力稳定,构建电液控监测与应急处置机制优化矿压规律,可有效提升初撑力管控效能。该技术体系能切实抑制顶板早期变形、降低安全风险,为综放工作面安全高效回采提供坚实支撑,对煤矿采掘领域顶板控制技术优化具有实际应用价值。

参考文献

- [1]丁阳,牟康康.厚煤层综放工作面顶板控制技术研究[J].内蒙古煤炭经济,2025,(12):67-69.
- [2]张彦杰.综放工作面液压支架选型及应用[J].机械管理开发,2025,40(06):321-322+326.
- [3]宋高峰,咎明惠,孔德中,等.综放工作面支架与围岩耦合关系及端面顶板稳定性研究[J].煤炭工程,2023,55(11):95-101.
- [4]李墨.综放工作面液压支架安全快速安装技术研究[J].机械管理开发,2023,38(01):286-287+292.
- [5]马军.综放工作面液压支架支护的设计与应用[J].机械管理开发,2021,36(06):32-33+99.