综采工作面端头支护技术优化研究

修兴伟

四川川煤华荣能源有限责任公司斌郎煤矿 四川 达州 635000

【摘 要】：综采工作面端头区连接工作面、顺槽和转载运输系统，顶板破碎、设备通道占用和支护转换不连续容易叠加，单体支柱式临时支护难以长期适应高强度回采。本文分析端头临时支护方式和围岩设备协同问题，提出高强锚索补强、超前液压支架联合支护和矿压监测动态调架等改进措施，并从工况、支护阻力、顶板移近量和来压风险角度评价效果。端头支护应形成补强加固、主动承载、动态反馈和异常处置衔接的技术链条。

【关键词】：综采工作面；端头支护；高强锚索；超前液压支架；矿压监测

DOI:10.12417/2811-0528.26.21.011

引言

综采工作面端头是煤壁、采空区、顺槽围岩和运输设备交汇的位置，顶板悬露、支护形式转换、转载机移动和人员通行同时发生。端头支护若仍主要依靠单体液压支柱补位，支柱稳定性、初撑力保持和设备让位之间容易产生矛盾，破碎顶板或周期来压条件下还可能扩大支护空隙。围绕端头支护技术改进展开研究，需要把围岩补强、超前支架承载、端头设备布置和矿压监测反馈放入同一技术关系中，判断支护结构能否保持连续承载并兼顾安全通道。

1 综采工作面端头支护技术概述

1.1 单体液压支柱端头临时支护方式

单体液压支柱在综采端头区常用于补足液压支架与顺槽之间的空隙，布置灵活、撤移方便，能够适应转载机、端头支架和运输巷空间频繁变化的特点。其有效作用依赖柱鞋接底、顶梁接顶、初撑力保持和防倒措施，任何一个条件不足都会使支柱从承载构件转为形式性支撑[1]。端头区顶板受采动影响后裂隙发育快，单体支柱间距过大或顶梁搭接不顺直时，破碎矸石会沿设备通道侧滑落，人员检修和转载机移动均受到影响。单体支护宜作为临时补位手段，不能替代连续的超前承载结构。

1.2 端头围岩设备协同支护问题

端头支护问题并非单一构件强度不足，而是围岩变形、设备让位和支护转换同时发生。工作面支架向顺槽过渡时，顶板支承由成排液压支架转入端头支架、单体支柱或巷道锚索体系，受力路径在短距离内改变，支护空隙容易集中在转载机机尾、煤壁侧三角区和顺槽帮部。若设备通道优先占用支护空间，单体支柱会出现斜撑、空顶或撤移滞后，顶板破碎区随推进向顺槽扩展。该关系呈现的支护空隙说明，端头改进必须先解决围岩补强、设备通行和支架承载之间的匹配关系。端头支护空隙与破碎顶板关系如图 1 所示。

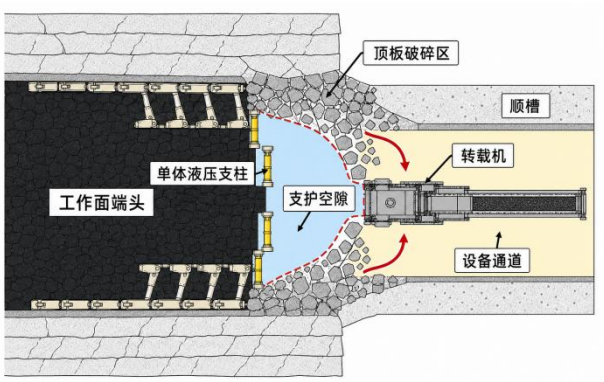


图 1 综采工作面端头支护空隙与破碎顶板关系示意

图 1 显示，单体液压支柱位于工作面端头边界，顶板破碎区向支护空隙和转载机通道侧扩展，说明端头风险并不是单一支柱数量不足，而是顶板破碎、设备通道和支护转换共同造成承载不连续。

2 综采工作面端头支护技术优化方案

2.1 应用高强锚索端头补强加固支护

高强锚索补强的作用对象是端头区浅部破碎顶板和顺槽交汇处的离层裂隙。锚索与钢带梁共同把分散裂隙岩块约束为较完整的承载带，使超前液压支架和端头支架获得可接顶的稳定顶板。布置时先依据顶板破碎范围、顺槽断面和转载机移动边界确定补强带长度，再控制锚索外露、预紧力和钢带搭接质量，避免锚索只固定局部岩块而未形成连续梁[2]。补强作业应在工作面推进前完成，并与超前支架移设顺序衔接，防止先回采后补强造成空顶时间扩大。锚索钢带承担的是预加固和载荷传递功能，后续支架接顶质量决定补强效果能否延续。高强锚索与超前支架联合关系如图 2 所示。

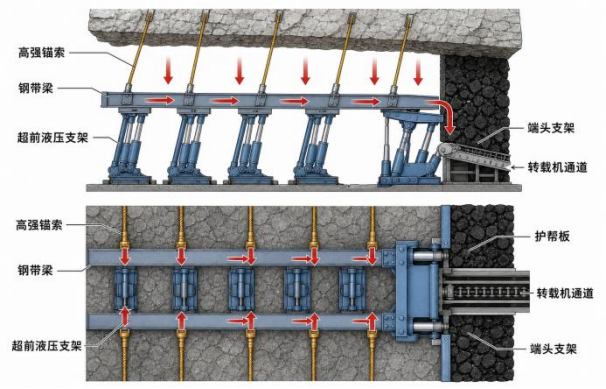


图 2 高强锚索与超前液压支架联合支护示意

图 2 把高强锚索、钢带梁、超前液压支架和端头支架放在同一承载路径中，载荷箭头由顶板传至锚索钢带，再进入超前液压支架和端头支架，体现补强加固与主动承载的协同关系。

2.2 采用超前液压支架切顶联合支护

超前液压支架联合支护把顺槽前方顶板控制从点式支柱转为成组承载。支架沿转载机通道两侧布置，先保证顶梁接顶和底座稳定，再给转载机、破碎机和行人通道留下必要空间。顶板悬露长度大、端头来压明显时，切顶或卸压措施可控制采空区侧顶板断裂位置，减小压力向端头三角区集中传递。联合支护的关键不是单纯增加支架数量，而是让锚索补强段、超前支架段和端头支架段之间不出现承载断点，移架步距、支架姿态和护帮板状态随工作面推进同步校正。

2.3 采用矿压监测动态调架技术

矿压监测把端头支护改进从经验调整转向状态反馈。支架阻力、顶板移近量、立柱下缩、顶梁接顶状态和安全通道变形可作为观察量，传感器布置在端头支架、超前支架和顺槽顶板补强区，便于识别来压前兆和局部卸载。动态调架关注支架阻力异常下降、相邻支架受力差异扩大和顶板移近量持续增加等组合信号，处置动作包括补液升柱、调整顶梁仰俯角、缩短移架滞后距离和加强煤壁侧护帮。采集读数应进入现场动作，而不能停留在后台界面。归一化支护响应关系如图 3 所示。

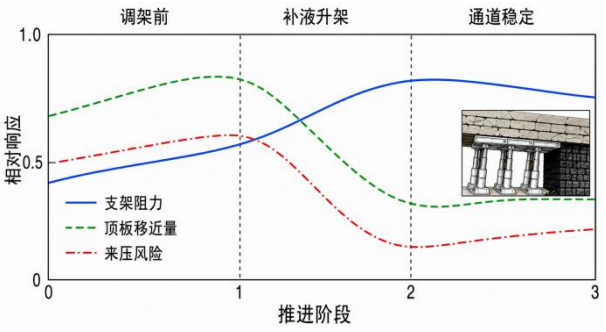


图 3 端头支护响应归一化关系曲线

图 3 采用归一化情景曲线表达支护响应关系，补液升架阶段支架阻力由较低水平转为较高水平，顶板移近量与来压风险同步下降；进入通道稳定阶段后，三条曲线保持相对平缓，说明动态调架的作用在于改变变量方向，具体处置仍需由现场核验确认。

3 综采端头优化支护应用效果

3.1 综采工作面端头支护工况条件

端头支护效果首先受工况条件约束。煤层倾角、采高、顶板完整性、顺槽断面、转载机布置和回采速度共同决定支护改进的适用边界。缓倾斜、顶板较完整的工作面，单体支柱与端头支架配合即可满足短时补位；大采高、厚煤层、破碎顶板或多重应力集中区，端头区需要更长的超前控制范围和更强的主动承载能力[3]。工程布置还要考虑设备撤移、人员避让和材料运输，若支架布置压缩安全通道，技术改进会转化为新的管理风险。工况识别越具体，支架选型、补强长度和监测点位越容易落到可执行参数。

3.2 端头支护阻力与顶板移近量分析

支护阻力和顶板移近量反映端头区承载结构是否稳定。改进后，端头支架与超前液压支架应在推进过程中保持阻力连续上升或在合理范围内波动，局部支架长期低阻说明接顶不足、管路泄压或底板软化，阻力突然升高则可能对应周期来压或顶板局部破断[4]。顶板移近量若集中出现在转载机机尾或顺槽帮部，说明锚索补强和支架顶梁之间仍存在局部空隙。分析时不宜只看单点最大值，而要把支架阻力变化、移近位置和推进步距共同判读，确认异常来自围岩变化、设备让位还是支架状态失稳。

3.3 破碎顶板来压工况风险控制

破碎顶板和来压工况下，端头风险控制强调提前量和停采条件。监测发现支架阻力持续异常、顶板移近加快、煤壁片帮或顺槽帮部掉矸时，应先稳定人员通道和转载机区域，再补液升架、加设临时护顶构件或缩短推进步距。若顶板破碎范围已越过锚索补强带，继续回采会使支护空隙向顺槽扩展，应暂停采煤并重新确认超前支护长度。风险控制还要避免为了抢进度频繁撤移临时支柱，端头区支护转换必须在顶板稳定、设备让位和人员撤离条件同时满足后进行，才可保持改进方案的实际效果。

4 结语

综采工作面端头支护技术改进的核心在于消除支护转换空隙，并让补强构件、超前液压支架、端头支架和矿压监测连续作用。单体支柱式补位只适用于局部短时控制，破碎顶板和

来压显现明显时，应以前置锚索钢带补强稳定浅部围岩，以超前液压支架和端头支架承担主要载荷，再由支架阻力、顶板移近量和设备通道状态校正调架节奏。改进措施只有与工作面推进、转载机让位和异常停采条件同步，才能在端头区保持顶板可控、通道可用和支护参数可追踪。

参考文献：

[1] 崔斌.城郊煤矿综采工作面端头支护方式优化与技术经济分析[J].内蒙古煤炭经济,2023,(21):147-149.

[2] 张文龙,朱宏瑞.大采高综采工作面上端头支护技术优化与实践[J].内蒙古煤炭经济,2025,(24):130-132.

[3] 武争文.大倾角厚煤层综放工作面端头支护技术优化[J].机电信息,2022,(16):85-88.

[4] 李升.多重应力区综采工作面端头区破碎围岩控制技术研究[J].能源技术与管理,2025,50(3):63-66.