

综采工作面两巷超前支护关键技术应用与实践探索

朱春勇 王孟 吴胜勇 张茂林

贵州省盘江精煤股份有限公司月亮田矿 11 采区 贵州 六盘水 553532

【摘要】：煤矿综采工作面两巷是回采作业的通道，支护稳定直接影响煤矿安全生产和回采效率。贵州盘江能源月亮田矿 11 采区 110608 综采工作面地质条件复杂，回风巷靠近采空区、顶板破碎，运输巷顶板完整但是巷道超高，原有支护方式存在很多不足。本文根据该工作面工程实际情况，研究不同围岩条件下超前支护关键技术，改进支护方案，经实践检验技术可行，很好地解决了支护强度不够、施工效率低的问题，为同类复杂地质条件下综采工作面两巷超前支护提供一定的经验。

【关键词】：综采工作面；两巷超前支护技术；应用；质量控制

DOI:10.12417/2705-0998.26.06.062

引言

随着煤矿开采向深部发展，综采工作面回采强度不断加大，两巷超前支护的作用也越来越大。综采工作面回采过程中，随着回采作业的推进，采空区顶板逐渐出现悬伸情况，其受力状态类似于悬臂梁，而当采空区顶板因悬伸过大而垮落后，断裂的基本顶在采空区一侧受到垮落岩石的支撑，另一侧则插入工作面煤壁上方的顶板内，此时顶板的受力转变为砌体梁状态，因此在工作面后的煤壁上方、进回风巷道上方出现超前应力分布。超前应力的集中会造成巷道围岩变形、顶板下沉，严重的还会造成安全事故，影响回采作业的顺利进行。改进两巷超前支护技术，提高支护的稳定性以及适配性，是保证煤矿高效、安全回采的重要手段，有着重要的工程实践意义。

1 综采工作面两巷超前支护关键技术应用价值

1.1 提升支护安全可靠

安全是煤矿开采的基本前提，超前支护技术合理使用的重要价值之一，是提高两巷支护的安全可靠性。综采工作面两巷受超前应力的影响，围岩容易产生变形，顶板容易出现下沉或者垮塌，尤其是在复杂的地质条件下，这一问题更加明显。合理选择超前支护技术，根据实际情况和地质条件选择合适的支护结构和参数，从而达到减小超前应力的目的，提高巷道围岩整体性、抗变形能力，防止出现单体支柱钻底、顶板接顶不实等安全问题^[1]。与此同时，优化后的支护技术可以降低作业人员的劳动强度，减少人员频繁穿行造成的安全风险，为回采作业创造安全稳定的作业环境，从根本上防止顶板安全事故的发生。

1.2 降低施工成本投入

成本控制对于煤矿企业提高效益有重大作用，合理地使用超前支护技术可以降低施工成本。传统的支护方式存在着支护材料浪费、施工效率低、维修频繁等缺点，从而加大了施工成本。根据巷道围岩条件选择合适的支护技术，可以减少支护材料的无用消耗，在顶板较好的运输巷采用锚索加 T 型钢带支护，不需要再打设木垛接顶，节省了大量的支护木材。高效支

护技术能够加快施工进度，减少人工和设备的消耗，降低维修保养成本，促使支护成本和施工效率两方面得到改善，提高煤矿企业经济效益。

1.3 保障回采作业连续性

综采工作面回采作业的连续性影响煤矿生产效率，超前支护技术的应用可以保证回采作业的顺利进行^[2]。一旦两巷支护稳定性不好，则会出现巷道变形、垮塌等状况，进而造成回采作业中断，产生严重经济损失。适应的超前支护技术可以有效地控制巷道围岩变形，保证巷道断面尺寸满足回采作业的要求，防止由于支护失效而造成的作业中断。优化后的支护技术施工更加方便且速度变快，可以与回采作业同步进行，减少支护作业对回采进度的影响，保证回采作业的连续性、高效性，为煤矿产能释放提供保障。

2 综采工作面两巷超前支护关键技术实践应用

2.1 工程概况

本次实践应用以贵州盘江能源股份有限公司月亮田矿 11 采区 110608 综采工作面为依托，该工作面地质条件复杂，原回风巷靠近 110606 采空区，顶板破碎，采用 U 棚喷支护，巷道下净宽 5.2m，中净高 3.4m；原运输巷顶板完整，采用锚网索支护，巷道下净宽 5.5m，中净高 3.6m，巷道超高。为了克服原有支护方式的不足，根据两巷围岩条件的不同，采用不同的超前支护技术，超前支护距离均不小于 20m，经现场实践检验技术的适用性和应用效果。

2.2 单体液压支柱+铰接顶梁超前支护技术

单体液压支柱加铰接顶梁是煤矿井下常用的超前支护方式，在 110608 综采工作面两巷初期超前支护中得到应用，采用 DW28-400/110X 单体液压支柱和 HDJA-1200 型铰接顶梁，设置两组四排超前支护，超前支护距离严格控制在 20m 以上。该技术具有支护强度大、体积小、综合支护成本低、维修方便等特点，可以满足一般围岩条件下的支护要求，在工作面回采初期起到一定的支护作用。根据该工作面回风巷下净宽 5.2m、中净高 3.4m，运输巷下净宽 5.5m、中净高 3.6m 的巷道参数，

以及回风巷顶板破碎、运输巷巷道超高的现状。在这一技术的应用中容易出现一些问题,具体如下:支护强度偏低,当采面回采动压显现明显时,顶板承受较大的压力,容易出现单体支柱柱底、顶板下沉量大等现象,尤其回风巷靠近采空区,该问题更加严重;劳动强度大且支护效率低,支护设备需要人工搬运,施工流程复杂,每组支护需要4到5名作业人员共同操作,严重影响了支护进度;安全性低,支护人员经常穿行于作业区域,回风巷顶板破碎容易掉矸石,安全风险加大;适配性差,两巷都是超高巷道,使用该技术需要在顶板打木垛接顶,每米巷道至少要消耗 0.5m^3 木料,浪费大量木料且容易造成接顶不实,单体支柱初撑力达不到设计要求,埋下顶板安全隐患。根据以上问题,并结合两巷围岩的不同,相关单位对支护技术进行了改进。

2.3 运输巷采用锚索+T型钢带超前支护技术

围绕110608综采工作面运输巷顶板完整、巷道超高工程的特点,采用 $\phi 21.6 \times 6200\text{mm}$ 锚索加3.9mT型钢带超前支护技术,满足原锚网索支护巷道支护要求,克服了初期单体支护的缺点。施工时在钢带上预留3个锚索孔,孔间距1800mm,沿运输巷中线两侧各布置一排,锚索间距1800mm,超前支护距离不小于20m,与运输巷5.5m下净宽、3.6m中净高断面尺寸相匹配。支护施工严格按照规范流程进行,先钻锚索眼孔并清除孔内岩粉,防止岩粉影响锚固效果,再将2节MSK2360型树脂锚固剂送入孔内,使用锚索将锚固剂推送至眼底,安装T型钢带和连接套,利用锚杆机搅拌锚索30秒,停转3—5分钟后卸下锚杆机,最后张拉锚索到预紧力40-45MPa,稳压时间不小于1分钟,保证托盘紧贴岩壁。这一技术采取主动支护方式,通过锚索和岩体的粘结效果为围岩施加预紧力,加强岩体的整体性以及抗变形能力,T型钢带能均衡分散应力,防止出现局部应力集中状况。在实际应用中,可以很好地解决单体支护效率低、木料浪费等问题,提高支护强度和施工效率,支护范围内的设备、杂物不得堆放,在经过地质构造带前50m、30m、20m必须进行拉力试验并准备好工字钢等应急支护材料,切实保证运输巷的支护稳定,适应顶板完整、巷道超高工程特点^[3]。

2.4 回风巷采用锚索+工字钢超前支护技术

由于110608综采工作面回风巷靠近110606采空区、顶板破碎、采用U棚支护,结合其5.2m下净宽、3.4m中净高巷道参数,选用 $\phi 21.6 \times 6200\text{mm}$ 锚索配合2500mm工字钢超前支护技术,每三架棚子设一组支护,施工位置在中线两侧900mm各布置一排,超前支护距离不小于20m,针对性解决顶板破碎易垮塌问题。锚索施工完毕后,按照2100mm眼距将工字钢梁穿入锚索,上好锚盘和锚具,张拉锚索到预紧力40~45MPa,稳压时间不小于1分钟,使工字钢梁紧贴U棚棚梁,与原有的U棚支护形成协同支护作用。该技术中的锚索露出长度为700mm,锚盘规格为 $300 \times 300 \times 14\text{mm}$,每根锚索均用2节

MSK2360型树脂锚固剂锚固,严禁将锚索锯短使用。施工过程中严格遵守无风、微风、瓦斯超限时严禁作业的规定,上隅角用阻燃性麻袋装矸石码设双层挡墙处理瓦斯,技术员现场指挥、安检员监督、采区负责施工,拆回采侧棚腿时割一刀煤的位置拆一架棚腿,单体柱拔棚腿时5m外远方操作。该技术将U棚支护的优势发挥出来,促使回风巷围岩整体性得到加强,防止岩层离层、滑动,避免巷道变形量大、垮塌等问题,适应顶板破碎、靠近采空区的复杂地质条件,保证回风巷作业安全。有效控制巷道顶板及两帮位移收敛,大幅减少漏顶冒顶的风险,简化现场支护施工工序,提高巷道整体稳定性及支护效率,为工作面安全高效回采提供巷道围岩保障^[4]。

3 综采工作面两巷超前支护关键技术应用质量控制策略

3.1 优化钻孔工艺,保障锚固基础

钻孔质量是超前支护效果的基础,改进钻孔工艺可以提高锚固的可靠性。施工前根据巷道围岩地质情况准确确定钻孔位置、深度、间距,防止钻孔偏差造成支护失效;钻孔时使用专业的钻孔设备,控制钻孔的速度和力度,减少对围岩的扰动,保证钻孔成型的质量;钻孔结束后彻底清除孔内岩粉,保证岩粉不会影响树脂锚固剂和岩体的粘结作用,清理完成后及时进行锚固工作,防止孔壁坍塌。与此同时,相关单位还要检查钻孔情况,保证孔深和锚索长度一致,不合格的钻孔要及时补打,从源头上保证支护质量,为锚索张拉、支护结构固定做好铺垫。

3.2 强化张拉管控,提升支护强度

锚索张拉质量直接影响超前支护强度,加强张拉控制是提高支护效果的重要手段。张拉作业前待树脂锚固剂凝固1~2分钟,保证锚固剂完全固化,检查锚盘、锚具安装情况,保证位置正确、固定牢固。张拉时保证千斤顶与钢铰线同轴,一次行程不大于150mm,超过150mm时分次张拉,张拉力控制在40~45MPa,稳压时间不小于1min,防止张拉不足或过度造成支护失效。张拉完成后对锚索外露长度进行检查,满足设计要求,对超长、失效的锚索及时重新打设,定期复查张拉质量,及时发现和处理张拉过程中出现的问题。

3.3 规范退锚作业,防范安全风险

规范退锚作业可以有效地防止施工安全风险的发生,保证支护和回采作业的顺利进行。退锚作业前必须严格执行敲帮问顶制度,对预退锚区域进行全方位的检查,排除围岩不稳定、支护失效等安全隐患,设置警戒线,禁止无关人员进入作业区域^[5]。退锚时,按照工作面推进速度,严格控制退锚距离,运输巷每次退锚不大于2m,回风巷每次退锚不大于2.5m,严禁超距离或任意退锚。使用MQ22-300/6矿用退锚器进行退锚,施工人员远距离操作,退锚作业三人配合,一人监护,两人操作且操作人员戴护目镜,防止破裂物飞溅伤人。退下的托盘、

锚具、型钢等材料及时运到指定位置，保证作业现场整洁，不影响回采作业。

3.4 强化现场巡检，及时排查隐患

支护质量的持续稳定无法仅利用一次性的检查来验证，需要建立常态化的现场巡检制度，及时发现并消除隐患，保证支护效果。根据 110608 综采工作面两巷的不同特点来制定相应的巡检方案，运输巷主要巡检锚索张拉状态、T 型钢带贴合度，回风巷主要巡检工字钢与 U 棚协同支护情况、顶板有无掉矸现象。巡检实行“每日两检、专人负责”的制度，巡检人员带专业检测工具对锚索预紧力、锚盘固定情况、巷道围岩变形量进行准确的检测，并做好详细的记录。发现锚索松动、岩体开裂、支护结构变形等异常情况时，立即停止作业，启动应急处理程序，及时补打锚索、加固支护，不得带隐患作业。建立巡检台

账，跟踪隐患整改情况，形成巡检、排查、整改、复核的闭环管理，牢牢守住支护质量底线。

4 结语

综采工作面两巷超前支护是保证煤矿安全、高效回采的重要环节，根据巷道围岩条件选择合适的支护技术，加强质量控制，可以有效地解决传统支护存在的各种问题。根据月亮田矿 110608 综采工作面的实践，根据不同的围岩条件分别采用单体液压支柱加铰接顶梁、锚索加 T 型钢带、锚索加工字钢三种支护方式，并对支护技术进行优化应用及质量控制，提高支护稳定性，降低施工成本和劳动强度，加快施工进度。不同的支护技术实践应用充分体现了超前支护技术的适应性和实用性，为同类复杂地质条件下综采工作面两巷超前支护提供可靠的实践参考，促进煤矿超前支护技术的优化升级。

参考文献：

- [1] 谢龙,卢恒,冯志忠,等.井下综采工作面过空巷支护及风控措施优化[J].中国煤炭,2025,51(S1):223-228.
- [2] 李江涛.综采工作面运输巷支护方案设计及应用[J].凿岩机械气动工具,2025,51(05):63-65.
- [3] 朱志攀.综采工作面沿空留巷支护技术应用[J].能源与节能,2024,(01):132-135.
- [4] 赵上策.综采工作面主动式超前支护技术研究与应用[J].价值工程,2023,42(02):78-80.
- [5] 张学锋.综采工作面回风巷支护参数优化试验研究[J].江西煤炭科技,2022,(03):94-97.