

高瓦斯矿井多次动压影响盘区巷道加固技术研究

乔树培 (晋能控股煤业集团晋城事业部, 山西 晋城 048000)

摘要: 目前, 寺河矿东四盘区西翼大巷受 3313、4305 工作面回采动压影响时, 盘区巷道、顺槽巷道变形均比较剧烈, 巷道受采动影响后顶帮变形量增大。巷道甚至出现全断面变形。在解理、层理、裂隙等结构面非常发育的破碎煤岩体中开掘巷道, 围岩自稳时间长、破碎范围大、变形强烈。单独采用锚杆或者锚索支护时, 锚杆、锚索力学性能不能充分发挥, 很难有效控制巷道围岩的变形。对于这类巷道进行二次加固和维修时单独采用锚杆支护或者棚子支护很难取得很好的支护效果。需将锚固与注浆技术有机地结合在一起, 是解决破碎围岩巷道支护的有效途径。作为合理的加强支护方案, 做到变形提前防治, 减少后续工程量。

关键词: 盘区巷; 变形; 锚固

0 引言

目前, 寺河矿东四盘区西翼大巷受 3313、4305 工作面回采动压影响时, 盘区巷道、顺槽巷道变形均比较剧烈, 出现底鼓、帮鼓现象, 在巷道交岔点附近区域变形表现尤为突出。巷道受采动影响后变形量增大。巷道呈现全断面变形。经受数次动压影响后不仅顶板、两帮发生显著变形和破坏, 巷道底板也往往发生强烈底鼓现象。在解理、层理、裂隙等结构面非常发育的破碎煤岩体中开掘巷道, 围岩自稳时间长、破碎范围大、变形强烈。如果单独采用锚杆或者锚索支护时, 由于围岩破碎, 锚固剂与围岩黏结力小, 锚固力较低, 锚杆、锚索力学性能不能充分发挥, 很难有效控制巷道围岩的变形。对于这类巷道进行二次加固和维修时单独采用锚杆支护或者棚子支护很难取得很好的支护效果。将锚固与注浆技术有机地结合在一起, 是解决破碎围岩巷道支护的有效途径。图 1 为东四盘区西翼巷道变形实拍照片。



(a) 层状砂质泥岩底板 (b) 剧烈底鼓

图 1 寺河矿东四盘区巷道变形实拍照片

1 生产地质条件

1.1 巷道布置情况

试验地点为东四盘区回风一巷, 东西向布置, 地面标高 788~960m, 工作面标高 350m, 地面位于向阳崖村以西, 老坟腰村以南, 小东山风井以北。井下位置及四邻采掘情况为东为 4304 工作面 (未回采), 南为回风二巷 (煤柱中-中 30m)、4305 和 3313 工作面 (已回采), 北为西翼中部胶带巷 (煤柱中-中 30m)。

具体巷道布置图如图 2 所示。

1.2 煤层赋存情况

3# 煤层位于二叠系下统山西组下部, 煤层厚度平均为 6.13m, 煤层倾角 0~12°, 平均 6°。煤体黑色, 似

金属光泽, 条带状结构, 半亮型煤, 含夹矸。

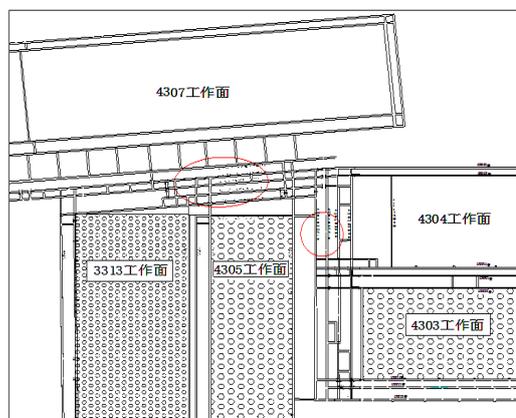


图 2 西翼中部回风一巷附近巷道布置图

1.3 煤层顶底板条件

老顶: 粉砂岩, 黑灰色、致密、不太坚硬, 完整, 有层理, 平均厚度 7.5m。

直接顶: 砂质泥岩, 灰黑色, 无层理, 质较坚, 局部夹薄层状粉砂岩或薄层泥岩, 可见植物化石碎片, 平均厚度 6.4m。

伪顶: 炭质泥岩, 灰灰黑色, 含植物化石, 随采掘脱落, 厚度 0~0.3m。

直接底: 砂质泥岩, 灰黑色, 无层理, 质较坚, 局部夹薄层状粉砂岩或薄层泥岩, 平均厚度 2.85m。

老底: 中粒砂岩, 灰白色, 主要成份为石英、长石为主, 平均厚度 0.5m。

1.4 地质构造情况

呈一单斜构造, 整体南高北低, 倾角在 0~12°, 平均 6°左右, 根据三维地震资料显示: 附近发育断层 F14。

1.5 煤尘、瓦斯情况

单巷掘进时的瓦斯绝对涌出量为 4.443m³/min, 煤层无爆炸性, 无自燃性, 地温在 10℃~22℃, 地压在 8.25~12.625MPa。

1.6 巷道变形情况

1.6.1 剧烈底鼓

直接底为层状的砂质泥岩, 在两帮压膜效应下发生

应力型底鼓，表现为底板岩层扩容、松散破碎，并向巷道内弯曲，由于巷道所处位置和受力不同，底鼓的外在显现也不尽相同，主要有以下三种形式，后两种不对称底鼓居多。

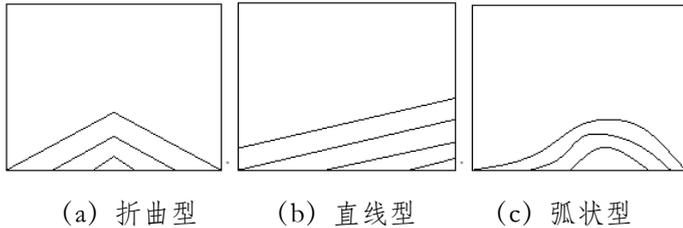


图3 主要底鼓形式

西翼回风二巷、回风一巷、胶带巷底鼓变形严重，变形较小的位置巷高不足2m，底鼓量在1.5~2m之间，通风断面不足5m²，人员很难直立通过。变形严重的位置出现顶底板闭合的极端状态，由于修巷工程量大，矿方决定放弃回风二巷和胶带巷，在辅助运输巷的北侧新增加一条辅助运输，原辅助运输巷作为皮带巷使用。新增辅运巷沿顶掘进，在掘进期间也发生底鼓现象，底煤底鼓量达0.5~1m。

1.6.2 两帮严重收敛

瓦斯抽采后的巷帮煤体松散破碎，节理裂隙发育，在高应力作用下围岩向巷道内发生剧烈内挤，在巷帮顶角和底角产生“拉抽屉”式变形破坏，工作面侧帮变形严重，具有明显的不对称性。根据现场调研，东四盘区西翼大巷变形严重区域工作面侧帮移近量达到1.5~1.8m，非工作面侧帮移近量达到0.6~1.2m。开帮修巷过程中，2m之内很难见到完整的煤体，说明浅部围岩基本丧失承载能力，最终导致巷道发生“塌方式”变形。

1.6.3 顶煤破碎

受强烈动压影响，顶板煤体完整性差，形成明显坠包，后期补打锚索效果不明显。随着坠包范围的增加，支护系统作用难以发挥，造成锚杆锚索成为纯粹的被动承载结构，在高支承压力的作用下巷道顶板发生严重变形。

1.6.4 变形时间长，巷道长期处于不稳定状态

西翼回风一巷、辅助运输巷多次返修后仍发生变形，现场累计起底量高达3.4m，而随着时间推移底鼓变形仍在发生。强烈底鼓引起两帮剧烈收敛，两帮收敛又加剧了底鼓，该过程反复循环，导致巷道断面严重收缩。同时该区域巷道布置密集，后掘巷道对先掘巷道有影响，破坏巷道返修也会对周围巷道的稳定产生影响。

1.6.5 支护体严重破坏

巷道围岩剧烈变形导致支护体严重破坏，托板压扁，钢筋梯梁发生严重弯曲或扭曲，金属网出现大网兜、被撕破，破坏严重区域不得不架设工字钢棚及木垛等方式进行加强支护。从现场情况来看，未发现锚杆锚索破坏现象。

1.7 煤体变化情况

采用LDZ400型煤矿用锚杆拉力计换算系数为1MPa=5.8kN，其主要性能参数如表1所示。在东四盘区西翼

中部大巷破碎煤帮进行锚杆、锚索破坏性试验，锚杆为500号钢材，规格为f22-M24-2000，试验数据如表1所示。

表1 锚杆破坏性试验测试结果

位置	拉拔计读数 / MPa	拉拔力 / kN	备注
辅运巷南帮距底第3根	8	38.8	
辅运巷南帮距底第1根	10	48.5	拉出40mm，缓慢拉出，压力下降
辅运巷南帮距底第2根	8.5	41.2	拉出52mm，缓慢拉出，压力下降
辅运巷南帮距底第3根	4	19.4	
辅运巷南帮距底第3根	12.5	60.6	
辅运巷南帮距底第2根	2	9.7	
4#横川左帮距底第3根	8	38.8	

从上述试验结果可以看出，东四盘区西翼大巷煤帮发生严重变形后锚杆的锚固力大幅度下降，最小的只有9.7kN，最大的也只有60.6kN，这是由于瓦斯抽采产生的裂隙使得煤体比抽采之前更为破碎，力学性能劣化，导致煤体锚固性能降低，出现锚固效果差及支护失效现象。巷帮补强锚索锚固力仍能接近或达到200kN，锚固力下降不明显，说明巷帮浅部（锚杆长度-2m范围内）已经发生明显破坏，而锚索锚固区仍保持了较好的完整性。

由于浅部围岩发生破坏，很难形成承载结构，支护系统是失效的。东四盘区大巷帮部煤体酥软破碎，成形差，锚杆支护形成的承载结构完整性差，两帮的大变形对顶底板产生扰动，一旦局部发生破坏就会以此为突破口，发展成全断面的变形破坏。

2 巷道围岩综合加固方案

2.1 围岩加固

破碎围岩注浆加固时，浆液注入破碎围岩后充填围岩内部裂隙，并对开裂破坏的围岩进行胶结，使围岩内部形成的裂隙消失，围岩恢复为具有完整结构的连续体。为锚杆、锚索支护提供足够的锚固力。受多次采动影响巷道围岩已经相当破碎，裂隙相当发育，为了提高破碎岩体的可注性，同时为了防止浆液向浅部扩散时大量泄露，影响注浆效果，对围岩表面实施喷浆。注浆过程中浆液主要以充填、渗透注浆为主，同时伴随着注浆压力的升高有微小裂隙的劈裂注浆。

高压注浆后，破碎围岩基本上恢复连续状态，但承载能力仍较弱，尤其是底板破坏深度较大，部分基础已碎裂或松动，注浆施工后必须加强对围岩的支护。强力锚索加固的目的是在破碎围岩恢复连续性后，对其施加强力的边界条件，使注浆后的围岩具有较强的承载能力，阻止围岩再次向破坏，确保加固后的巷道围岩稳定。

2.2 矿压监测

采用十字布点法安设表面位移监测断面。在顶底板中部垂直方向和两帮水平方向钻 $\phi 30\text{mm}$ 、深 400mm 的孔，将 $\phi 32\text{mm}$ 、长 400mm 的木桩打入孔中。顶板和上帮木桩端部安设弯形测钉，底板和下帮木桩端部安设平头测钉。两监测断面沿巷道轴向间隔 $0.6\text{--}1.0\text{m}$ 。观测方法为：在 C、D 之间拉紧测绳，A、B 之间拉紧钢卷尺，测读 AO、AB 值；在 A、B 之间拉紧测绳，C、D 之间拉紧钢卷尺，测读 CO、CD 值。

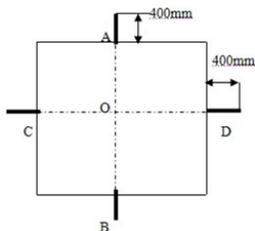


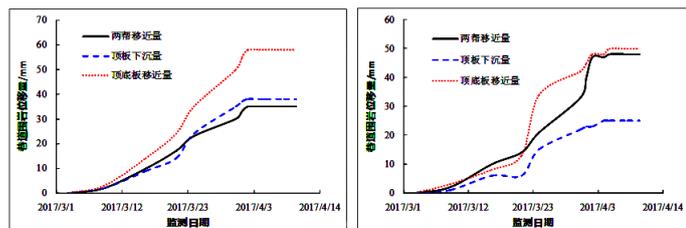
图4 巷道表面位移监测断面布置

回风一巷加固后围岩表面位移监测数据如表所示。

表2 回风一巷 50m 处 1[#] 测站巷道变形观测

监测日期	AO/ mm	Δ AO/ mm	AB/ mm	Δ AB/ mm	CD/ mm	Δ CD/ mm
2021/3/3	2973	0	4096	0	4886	0
2021/3/9	2973	2	4096	3	4886	2
2021/3/16	2973	9	4096	14	4886	10
2021/3/21	2973	14	4096	24	4886	17
2021/3/24	2973	24	4096	35	4886	23
2021/3/31	2973	35	4096	50	4886	30
2021/4/1	2973	37	4096	55	4886	33
2021/4/2	2973	38	4096	58	4886	35

回风一巷加固后围岩表面位移监测曲线如图5所示。



(a) 1[#] 测站

(b) 2[#] 测站

图5 50m 处表面位移监测曲线

由图5监测曲线可知：50m处1[#]测站巷道两帮移近量最大为35mm，为初始巷道两帮宽度的0.7%，巷道顶底移近量最大为58mm，为巷道初始高度的1.4%，其中顶板下沉38mm，底鼓量20mm；2[#]测站巷道两帮移近量最大为48mm，为初始巷道两帮宽度的1%，巷道顶底移近量最大为50mm，为巷道初始高度的1.2%，其中顶板下沉25mm，底鼓量25mm。

3 结束语

本项目针对目前寺河矿多次动压影响巷道的支护难题，以东四盘区西翼中部回风一巷为研究背景，采用理论分析、现场测试及井下试验相结合的综合研究方法，对多次动压影响巷道的失稳破坏机理及加固机理等进行

了研究，提出了回风一巷注浆加固与高强锚索补强联合控制方案并进行了现场应用，取得了良好的应用效果。研究取得主要结论如下：

①大埋深区域的大断面煤层巷道受多次采掘扰动影响变形剧烈，多次返修后仍发生明显变形，单靠初期的“锚网索”联合支护，难以保证围岩的长期稳定；

②多次动压影响巷道围岩变形的实质是原生结构面发生了显著离层、滑动、张开，大量新的破裂产生与扩展，导致围岩扩容变形严重，体积显著增加。控制动压影响巷道围岩变形的关键是控制围岩的扩容变形。根据现场调研，分析回风一巷围岩变形的特征表现为，剧烈底鼓、两帮严重收敛、顶煤破碎、变形时间长、支护体系严重破坏；

③针对东四盘区西翼中部回风一巷受多次强烈采动影响、护巷煤柱尺寸小、服务周期长、巷道群应力集中程度高等特点，在现场测试的基础上，结合巷道变形破坏情况，确定采用深浅孔组合注浆和高预应力锚索补强控制围岩变形的综合修复方案，注浆钻孔的深度根据围岩结构观测确定。通过注浆加固恢复围岩的完整性，与高预应力锚索补强支护形成高抗变形能力的承载结构，实现对失稳巷道围岩的有效控制；

④根据现场情况，结合综合修复方案，确定合理的施工流程。起底刷帮至设计要求断面，对围岩进行喷浆封闭，避免注浆浆液外流。巷帮深浅孔注浆加固完成后进行顶板注浆，注浆完毕后进行预应力锚索补强支护，同时对之前施工的锚索进行重新张拉，并保证足够的预紧力；

⑤井下矿压监测表明，回风一巷变形量不大，在控制范围之内，锚杆锚索受力比较均匀，没有太大的变化。井下试验表明，综合修复方案有效控制了高埋深、高地应力失稳巷道围岩的长期持续变形，改变了反复维修的局面。注浆加固和高预紧力锚索联合支护方案是适合多次动压影响巷道围岩控制的安全、有效和经济的加固方式。

参考文献：

- [1] 许彦鹏,王玉钦,余荣强,等.小马村矿瓦斯赋存与瓦斯涌出规律研究[J].河南理工大学学报,2008,27(5):1-3.
- [2] 刘兴读.对方案比较法的认识[J].煤炭工程,2004(2):46-47.
- [3] 刘芝秀.比较方法之辨析[J].法制与社会,2009(6):1-3.
- [4] 梁光川,甘霞,郑云萍,等.天然气地下储气库设计方案比较法[J].法制与社会,2004,24(9):166-169.
- [5] 万庆峰.“多方案比较”在建筑方案设计中的运用[J].四川建筑,2004,25(4):36-38.
- [6] 王兆丰,周少华,李志强.瓦斯抽采钻孔有效抽采半径的数值计算方法[J].煤炭工程,2011(6):82-84.

作者简介：

乔树培(1987-),男,汉族,山西晋城人,硕士,主要从事煤矿技术管理工作。