

薄煤层采空区内切眼原位留巷技术研究

冯瑞云

(山西潞安集团 左权五里垅煤业有限公司, 山西 晋中 032600)

【摘要】 采空区内切眼原位留巷因其断面较大、受动压影响无周期性而不同于传统留巷。五里垅煤业采用双“U”通风,切眼留巷的方案为:掘进时高预应力一次支护,保持顶板完整性;工作面回采后进行木柱和料石墙巷旁支护;最后进行爆破切顶,减小应力集中。井下试验表明,留巷过程中切眼经受强烈动压影响,顶板下沉450mm,外帮移近300mm,围岩完整性较好,留巷取得成功。

【关键词】 薄煤层;切眼留巷;一次支护;巷旁支护;爆破切顶

【中图分类号】TD353 【文献标识码】B 【文章编号】1006-6225(2012)04-0063-03

Roadway Retaining Technology at Open-off Cut Gob in Thin Coal-seam

沿空留巷技术主要目的是解决高瓦斯矿井的通风问题,但由于其具有提高煤炭采出率、降低掘进率等优点,受到越来越多的重视。留巷方法和技术也逐步趋于多样化和快捷化^[1-2]。

传统沿空留巷技术特点为:在滞后工作面一定距离的采空区靠巷道一侧进行高水材料等充填形成条带,充填带成为承载主体。沿空留巷的围岩变形是工作面回采超前及滞后支承压力和沿倾向支承压力的叠加所致,主要压力来自工作面推进引起的顶板破断、失稳、沉降,巷道变形与工作面来压同步^[3]。

五里垅煤业为实现两进两回通风,且由于采掘衔接紧张,只能考虑切眼原位留巷的方式实现。

现阶段比较常见的留巷方式为沿采空区留巷,主要为多次服务的工作面巷道。经搜索,发现关于切眼原位留巷方面的文献非常少见。切眼留巷的特点与巷道留巷有一定的不同:首先,切眼所受的动压影响不是周期性的,而是有一个集中影响的过程,待工作面远离切眼一定距离后,工作面的周期性来压对切眼的稳定性影响很小;其次,切眼的断面相对巷道较大,受动压影响后,影响因素较多,稳定性更加不可控。

1 五里垅煤业地质条件及留巷特点

采空区内切眼原位留巷技术难度较大。首先,必须保证工作面回采后顶板不垮落,这取决于对切眼顶板采取合理加固措施,才能确保顶板不垮;其次,工作面回采后,矿压显现骤增,顶板岩层将整体沉降,顶板的下沉将很难控制。只有采用有效的

巷旁支护方式,具有较强的承载能力,才能保证留巷的空间^[4]。

近几年,我国煤矿锚杆支护技术发展非常快,高强度锚杆、锚索等支护材料,高预应力、强力支护技术的出现,为各种类型巷道提供了有效的支护方法。高预应力、强力支护技术的最大特点是注重预应力及其扩散效果,能够充分发挥围岩的自承能力,最大限度地保持锚固区围岩的完整性^[5]。因此,高强锚杆、锚索支护为采空区内切眼原位留巷创造了良好条件。

五里垅煤业公司为高瓦斯矿井,为实现两进两回通风,计划采用采空区内切眼原位留巷的方式实现,该方法的主要特点是:不用留设传统一切及二切之间的宽煤柱,提高资源采出率;不用专门掘进外切眼,相应的外围巷道掘进量也减少,大大减小了掘进量。

切眼留巷的030103工作面开采的3号煤层厚度约1.13m,位于山西组下部,属结构简单、稳定可采煤层。基本顶为砂岩、砂质泥岩、泥岩及炭质泥岩,厚12.74~27.54m,砂岩灰白色-黑灰色,细-中粒,厚层状,成分以石英、长石为主,含暗色矿物,层理面含炭质薄膜及炭化物,夹煤线,泥质、钙质、硅质胶结,致密、坚硬、磨圆度中等,分选性差,微波状层理发育;砂质泥岩为深灰色、黑色,夹炭质泥岩层,水平层理,含植物化石;炭质泥岩为深灰色,含植物化石。直接顶为砂质泥岩,泥岩及灰质泥岩,厚2.17~15.19m,泥岩、砂质泥岩和灰质泥岩均为深灰色,含植物化石;砂岩灰白色-灰黑色,厚层状,细-中粒,含长石和

【收稿日期】2012-04-10

【作者简介】冯瑞云(1969-),男,山西长治人,工程师,现任潞安集团五里垅煤业生产副总经理,主要从事煤矿生产技术及管理工作。

暗色矿物, 钙质和泥质胶结, 分选性差, 磨圆度中等, 层理面含大量炭粒, 斜层理发育, 具有黑色条纹和泥质条带。伪顶为砂质泥岩, 厚 0.2~0.5m, 灰黑色, 密、性脆, 含植物化石。底板为泥岩、砂质泥岩及砂岩, 厚 2.5~6m, 砂岩灰白色-黑灰色, 细-中粒, 石英、长石砂岩, 含暗色矿物, 分选性和磨圆度好; 砂质泥岩为灰黑色, 密、性脆, 破碎呈棱角状; 泥岩为黑灰色, 含植物化石。

030103 工作面实际埋深约 230m, 根据地质力学测试结果, 顶板以砂岩、砂质泥岩和泥岩为主, 围岩单轴抗压强度整体分布较均匀, 顶板以上 10m 范围内平均单轴抗压强度为 35.12MPa。煤帮钻孔 10m 范围内岩体平均单轴抗压强度为 7.09MPa; 垂直主应力、最大水平主应力、最小水平主应力分别为 5.73 MPa, 11.18 MPa 和 5.98 MPa, 最大水平主应力方向为 N22.11°W, 为典型的构造型应力场。030103 工作面走向为南北向, 顶底板稳定性受水平应力影响较大。

030103 工作面切眼长 151.5m, 断面宽×高为 6m×1.8m, 沿煤层底板掘进, 挑顶 0.6~0.7m。经测算通风能力并考虑围岩的大变形, 切眼留巷宽度达到 3.8m 即可满足要求。

2 五里墩煤业原位切眼留巷方案

五里墩煤业属于高瓦斯矿井, 为有效解决 030103 综采工作面回采过程中瓦斯易超限的问题, 决定采用两进两回双“U”通风方式, 如图 1 所示。因此, 工作面开切眼必须在工作面开始推进后原位留巷。

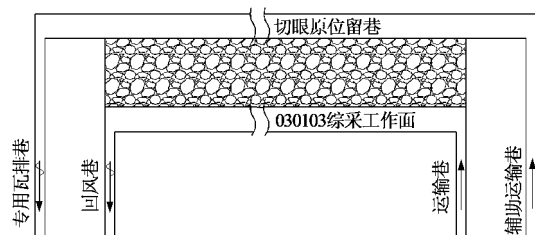


图 1 030103 工作面双“U”通风

切眼留巷的总体方案为: 首先, 切眼初次开挖时采取高预应力一次支护, 以最大限度地保持切眼围岩的完整和稳定性; 再次, 工作面开始推进后, 采取巷旁料石砌墙支护, 实现强支撑; 最后, 待工作面推进至留巷外区域后进行爆破切顶作业, 减小压力集中对切眼的影响, 并在必要时对切眼进行锚索支护补强。

2.1 巷内高强锚杆锚索一次支护

掘进及开始回采前保证围岩的完整性和稳定性

是沿空留巷的重要前提, 只有围岩能保持一定的完整和稳定才能继续留巷。如果在工作面回采前围岩就出现松散、坠包等现象, 留巷过程中可能会出现较大的顶板垮落。高预应力一次支护不但大大改善围岩的受力状态, 更能控制锚固区内围岩的离层、滑动、裂隙张开、新裂纹产生等扩容变形与破坏, 最大限度地保持锚固区围岩的完整性。

因此, 切眼掘进时采用高预应力一次支护, 主要支护方案为: 顶板采用 $\phi 20\text{mm}-\text{M}22-2400\text{mm}$ 左旋螺纹钢锚杆, 树脂加长锚固, 配合高强度拱形托板和钢筋托梁, 间排距为 $850\text{mm}\times 900\text{mm}$, 预紧扭矩不低于 $300\text{N}\cdot\text{m}$, 锚索材料为 $\phi 18.9\text{mm}$, 1×7 股高强度低松弛预应力钢绞线, 长度 7300mm , 迈步式布置, 锚索间距 1000mm , 排距 1800mm , 采用 2400mm 长的 12 号槽钢为托梁, 配合使用 $100\text{mm}\times 90\text{mm}\times 10\text{mm}$ 的平板锚索垫片, 预紧力不低于 200kN ; 采空区帮锚杆规格为 $\phi 20\text{mm}-\text{M}22-2000\text{mm}$ 左旋无纵筋螺纹钢锚杆, 配合高强度拱形托板和钢筋托梁, 间排距为 $900\text{mm}\times 900\text{mm}$, 预紧扭矩不低于 $300\text{N}\cdot\text{m}$, 工作面帮使用 $\phi 18\text{mm}-1800\text{mm}$ 玻璃钢锚杆, 配合木托板, 间排距为 $900\text{mm}\times 900\text{mm}$ 。顶板支护见图 2 所示。

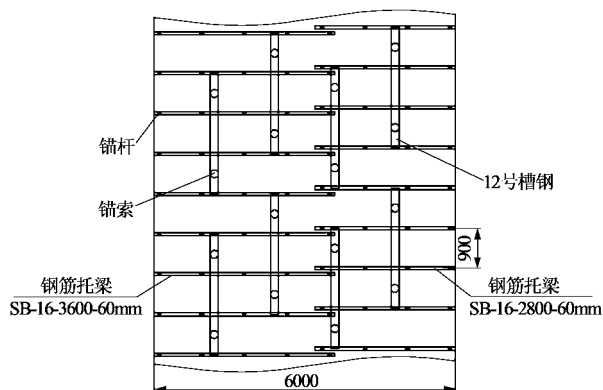


图 2 030103 切眼顶板锚杆支护布置

2.2 巷旁加强支护

巷旁加强支护是沿空留巷的关键, 合理的巷旁支护应适应顶板岩层移动的特征, 既要有较大的变形量, 又要有较大的后期承载能力。因此, 采用巷旁木柱加砌墙支护的方式, 即工作面开始回采后, 首先打设两排木柱, 然后在木柱中间砌筑料石墙。木柱的支护除了起到一定的切顶作用外, 主要是能适应早期顶板的大变形, 待变形开始趋于稳定时, 料石墙永久支护能产生较大的承载能力。主要流程及参数为:

(1) 030103 工作面开始回采后, 工作面推进 1.8m 和 5.4m 后, 分别在工作面切眼打设 1 排圆

松木柱进行支护, 木柱间距 900mm。支护圆木打设要迎山有力, 穿鞋戴帽, 打正打直。木柱要打设成一条直线, 木柱要与顶网相连。支护木柱规格: 圆松木 $\phi 180\text{mm} \times 1800\text{mm}$ 。

(2) 工作面推进 5.4m 打设完成第 2 排支护柱后, 进行料石永久支护, 支护厚度保证 1.2m。每隔 4m 在料石墙顶部留瓦斯抽放软管孔。料石墙永久支护规格: 1.8m (高) $\times$ 1.2m (宽) $\times$ 150m (长)。料石墙间隔 3m 加筑 400mm 宽料石承重墙。承重墙料石墙中部 (承重墙除外) 填注 200mm 厚的黄土夹层。料石规格: 300mm (长) $\times$ 200mm (宽) $\times$ 200mm (高)。水泥型号 42.5R, 砂浆为二区中砂, 比例为 1:3。料石墙砌筑完成后, 为防止采空区瓦斯溢出, 应对料石墙进行喷涂, 喷涂材料为代混凝土树脂。

切眼留巷示意图见图 3, 料石墙砌筑剖面示意图见图 4。

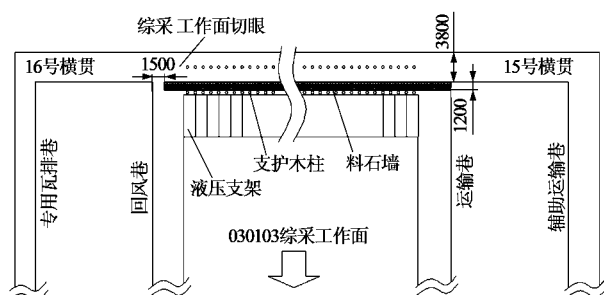


图3 030103切眼留巷

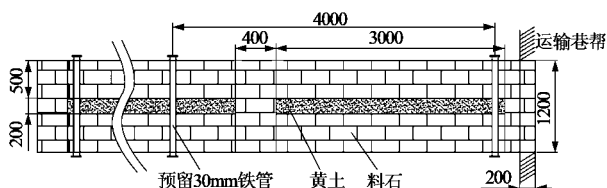


图4 料石墙砌筑剖面

2.3 强制爆破切顶

顶板岩层的悬空、断裂、垮落等, 直接关系到顶板岩层中积聚弹性能的释放和向煤岩体传递应力和弹性能的能力, 甚至关系到煤岩体是否会受到强烈动压的影响。动压的作用将会加剧矿压显现, 围岩的破坏会更加剧烈。解决顶板悬顶最有效的方法就是爆破断顶, 减少悬顶面积, 降低和均化应力集中^[6]。通过在料石墙巷旁支护外按一定间距向工作面推进方向顶板钻孔进行爆破, 人为地切断顶板, 促使采空区顶板规则性冒落, 控制或削弱顶板来压强度和冲击破坏性。

030103综采工作面回采后, 为使采空区顶板及时垮落, 减小岩层压力的持续积聚以及对切眼稳

定性和变形的影响, 确保切眼沿空留巷不被破坏及回采工作的正常进行, 采用拉槽式人工强制放顶方式对 030103综采工作面采空区进行初次放顶。工作面顶板完好处每隔 2 组支架打 1 个炮眼, 顶板破碎处根据实际情况布置炮眼。单眼装药量为 800g。炮眼直径 32mm, 深度 1800mm。炮眼与顶板成 60°角打设, 倾向于支架一侧。炮眼与切顶柱距离 500mm。炮眼布置平面图见图 5, 剖面图见图 6。

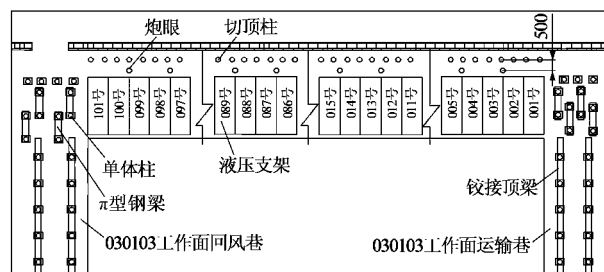


图5 切顶爆破炮眼布置平面

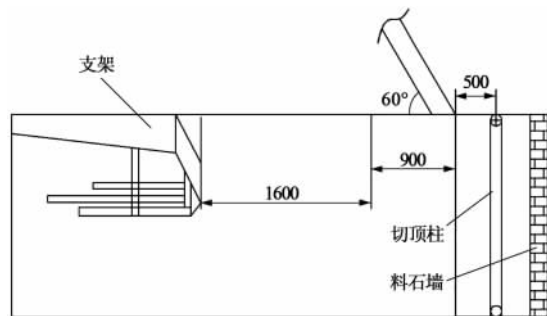


图6 切顶爆破炮眼剖面

3 井下试验及效果验证

以上整体方案在 030103 工作面进行了试验, 试验效果良好, 在切眼中布置表面位移观测站, 以捕捉切眼表面在留巷过程中的变化量, 变形量如图 7 所示。

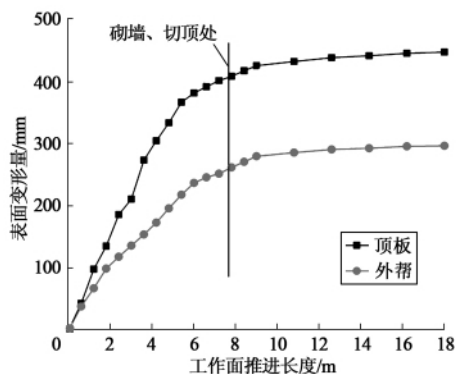


图7 切眼表面位移

矿压监测表明工作面开始回采后, 随着岩层压力的逐渐积聚, 切眼变形逐渐变大, 但在进行砌墙 (下转 86 页)

表 1 各方案总费用与利润概算 万元

概算项目	方案 1	方案 2	方案 3	方案 4
高压线临建	0	531.00	475.00	1060.00
线塔迁建走廊土方回填	0	3361.92	2352.00	2016.00
6 条高压线迁建	11776.00	4605.60	5838.00	6144.00
高压线临时维护加固	160.00	160.00	460.00	60.00
南外环路临时修建	750.00	750.00	750.00	750.00
南外环土方回填	1073.28	1073.28	1073.28	1073.28
南外环路重建	1677.00	1677.00	1677.00	1677.00
洸府河大桥临建	480.00	480.00	480.00	480.00
洸府河大桥重建	960.00	960.00	960.00	960.00
总费用	15916.28	13598.80	14065.28	14220.28
采出煤炭利润	163200.00	187425.00	187425.00	187425.00
净利润	147283.72	173826.20	173359.70	173204.72

通过上述技术分析及经济比较,方案 2 资源回收率高,迁建和临建费用最小,利润最高,与济宁市交通、电力部门的协调最方便,管理简单,可操作性强。因此方案 2 是最优开采方案。

(上接 23 页)

采空区;瞬变电磁法在采空区没有充水时勘探精度较低。因此,需要利用地震和电法 2 种物探方法进行综合分析,从而提高物探对复杂采空区的分辨率,保障煤矿安全生产。

[参考文献]

[1] 马 丽,刘 江,等.地震勘探在采空区探测方面的应用

(上接 65 页)

和爆破切顶后切眼围岩变形速度减缓,变形趋于稳定,最终的顶板下沉量近 450mm,外帮最大移近量近 300mm。总体看,切眼变形得到了很好地控制,由于高预应力支护技术的应用,切眼围岩没有出现大的离层、坠包、松散、垮落现象,整体稳定性较好。

4 结 论

(1) 沿空留巷技术的发展为高瓦斯矿井双“U”通风提供了条件,五里墩煤业采用采空区内切眼留巷的方式来实现。

(2) 切眼留巷的总体方案为:初次开挖时采取高预应力一次支护;工作面推进后,采取木柱加巷旁料石砌墙支护,实现强支撑;工作面推进至留巷外区域后进行爆破切顶作业,并在必要时对顶板进行锚索支护补强。

(3) 井下试验及矿压监测表明,切眼变形在可控范围内,且为整体变形,证明该方案切实可

4 结 束 语

通过优化设计开采方案,合理地选择了工作面布置方式、开采顺序及高压线迁(临)建路线、南外环路临建路线,在高压线路基本不影响正常生产、生活,南外环路不影响通行的情况下,可以实现十采区“三下”压煤的安全、高效开采,延长矿井服务年限,提高矿井经济效益。

[参考文献]

- [1] 张华兴,邹友平,杨士录,等.建筑物下残煤开采设计与实践[J].煤矿开采,2008,13(1):41-42.
- [2] 天地科技股份有限公司开采设计事业部.济宁二号煤矿十采区“三下”压煤开采技术研究[R].2011.
- [3] 国家煤炭工业局.建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程[M].北京:煤炭工业出版社,2000.
- [4] 中华人民共和国国家经济贸易委员会.架空送电线路运行规程(DL/T 741-2010)[M].北京:中国电力出版社,2010.

[责任编辑:徐乃忠]

[J].山西煤炭,2008(2):90-92.

- [2] 吴成平,胡祥云.采空区的物探勘查方法[J].地质找矿论丛,2007,22(1):19-23.
- [3] 王 晶,山东省煤田地质局物探测量队.河南新乡焦煤矿业开发有限公司张村井田地地震勘查报告[R].山东泰安:山东省煤田地质局物探测量队,2011.
- [4] 曹我冬,山东省煤田地质局物探测量队.河南新乡焦煤矿业开发有限公司张村井田瞬变电磁勘查报告[R].山东泰安:山东省煤田地质局物探测量队,2011. [责任编辑:施红霞]

行,实现了采空区内切眼原位留巷。

(4) 高预应力一次支护保证了围岩的完整和稳定,是实现留巷的前提条件,配合巷旁支护和切顶爆破,为类似条件的沿空留巷提供了思路。

[参考文献]

- [1] 张东升,马立强,冯光明,等.综放巷内充填原位沿空留巷技术[J].岩石力学与工程学报,2005,24(7):1164-1168.
- [2] 黄艳利,张吉雄,张 强,等.综合机械化固体充填采煤原位沿空留巷技术[J].煤炭学报,2011,36(10):1624-1628.
- [3] 张东升,缪协兴,茅献彪.综放沿空留巷顶板活动规律的模拟分析[J].中国矿业大学学报,2001,30(3):261-264.
- [4] 康红普,朱泽虎,王兴库,等.综采工作面过上山原位留巷技术研究[J].煤炭学报,2002,27(5):458-461.
- [5] 康红普,王金华.煤巷锚杆支护理论与成套技术[M].北京:煤炭工业出版社,2007.
- [6] 鞠文君,李文洲.急倾斜特厚煤层水平分段开采老顶断裂力学模型[J].煤炭学报,2008,33(6):606-608.

[责任编辑:姜鹏飞]