

唐安煤矿不同技术参数下 沿空留巷效果的分析对比

赵建康

(山西兰花科技创业股份有限公司唐安煤矿分公司)

摘 要:本文针对山西兰花科技创业股份有限公司唐安煤矿分公司自2017年9月开始实施的沿空留巷工程,从举步维艰至现在的逐步成熟所采取的各种举措及产生的相应效果。

关键词:沿空留巷;柔模混凝土;超前切顶爆破;滞后支护

0 引言

唐安煤矿自2017年9月开始采用综放沿空留巷技术以来,至现在(2020年5月底)留巷总距离已约2500m,分别应用于3307、3313和3303三个综放工作面,现3307、3313沿空留巷已基本结束(3307沿空留巷902m、3313沿空留巷576m),3303沿空留巷从2019年5月开始至现在已实施1028m。

由于首次在综放工作面采用沿空留巷技术,专业技术经验匮乏,3307沿空留巷效果较差,未能达到沿空留巷的预期目标。为保证沿空留巷效果,使采煤工作面正常接替,我矿积极组织相关人员到阳泉新景煤矿、山东安居煤矿、晋能盖州煤矿、鹿台山煤矿进行学习,积极与周边临近矿井(如南阳煤矿、大阳煤矿、东峰煤矿等)进行交流,并定期组织召开

沿空留巷例会,及时发现问题,及时调整工艺,通过一系列举措的实施,3313、3303沿空留巷效果得到了极大的改善。下面对我矿沿空留巷工程各阶段出现的问题及采取的措施作出以下简述:

1 3307沿空留巷

1.1 施工时间

2017年9月~2018年8月。

1.2 留巷长度

总长902m(296个模),其中2017年9月L巷注模110m(4m模8个,3m模22个,2m模6个,共36个模,于2017年10月已密闭);3307轨道巷注模794m(4m模25个,3m模232个,2m模16个,1m模14个未编号,共260个模)。

1.3 滞后支护及回柱情况

1) 支护形式: 轨道巷内未进行锚索超前补强, 滞后支护采用单体柱 + π 型梁“一梁三柱”垂直于巷道方向支设, 单体柱间距为 900mm; 留巷内顶板锚索滞后补打(由“二·二”补强为“三·四”支护);

2) 回柱情况: 2018 年 5 月 ~ 8 月共回柱 203m(至 68#模, 773 根单体柱), 2019 年 11 月对剩余区域内中间单体柱进行回撤, 现 3307 沿空留巷内滞后支护剩余 591m(约 1300 根单体柱)因巷道围岩变形较严重, 暂时未进行回撤。

1.4 超前切顶爆破情况

1) 0 ~ 370m: 3307 轨道巷回采帮肩角处向 3307 工作面侧仰角 75° 布置炮孔, 炮孔深度 13m, 炮孔直径 75mm, 采用聚能药柱, 药柱直径 60mm, 单孔装药 19.5kg(7.5m), 封泥长度 5.5m, 炮孔间距 2.5m(中间布置 1 个空孔), 一次起爆 4 个炮孔;

2) 371 ~ 480m 参数变更: 炮孔深度 13m 变为 15m, 单孔药量 19.5kg(7.5m)变为 18.2kg(7m), 封泥长度 5.5m 变为 8m;

3) 481 ~ 540m 参数变更: 单孔药量 18.2kg(7m)变为 15kg(6m), 封泥长度 8m 变为 9m, 爆破孔中间由 1 个空孔变为 3 个空孔;

4) 541 ~ 580m 参数变更: 炮孔间距由 2.5m 变为 1.25m(中间布置 1 个空孔), 单孔药量 15kg(6m)变为 12kg(5m), 封泥长度 9m 变为 10m;

5) 581 ~ 792m 参数变更: 炮孔深度由 15m 变为 22m, 炮孔间距由 1.25m 变为 2.5m(中间布置 1 个空孔), 单孔药量 12kg(5m)变为 26.4kg(12m), 封泥长度 10m 变为 12m;

6) 215 ~ 240m(25m) 区段为陷落柱架棚区域, 90# ~ 96#模 25m 区段为千米钻机钻场硐室大断面区域, 该两段区域未进行超前切顶爆破。

1.5 柔模混凝土配比

1) 0 ~ 590m 混凝土配比: 1m^3 混凝土各组分的掺

量: 水泥 425kg, 石子 425kg, 砂 367kg。

2) 591 ~ 792m 混凝土配比: 1m^3 混凝土各组分的掺量: 水泥 750kg, 石子 425kg, 砂 367kg。

3) 0 ~ 590m 范围内墙体破碎比较严重, 经加大水泥配比量后 591 ~ 792m 墙体破碎现象明显减少。

1.6 3307 沿空留巷现状

留巷内矿压监测主要采用“十”字位移布点法进行巷道变形收敛量监测, 目前 3307 沿空留巷内围岩变形较严重, 顶板下沉平均约 700mm、底鼓约 500mm、帮鼓约 600mm、墙移约 30mm, 较多存在顶板台阶下沉现象, 普遍下沉约 600 ~ 700mm(最大下沉量达到 1m), 且大部存在柔模破裂现象(针对墙体破碎及顶板台阶下沉严重区域, 在 144# ~ 146#模和 100# ~ 113#模处补浇 600mm 宽的模 11 个、44m), 另外锚索失效、锚杆断裂、单体柱钻底、弯柱、死柱等现象较多。

2 3313 沿空留巷

2.1 施工时间

2018 年 9 月 ~ 2019 年 4 月。

2.2 留巷长度

总长 576m(213 个模, 4m 模 12 个, 3m 模 163 个, 2m 模 1 个, 1m 模 37 个未编号)。

2.3 滞后支护及回柱情况

1) 支护形式: 轨道巷锚索“三·二”支护超前补强为“五·四”支护, 滞后支护采用单体柱 + π 型梁“一梁四柱”垂直于巷道方向支设, 单体柱间距为 900mm;

2) 共回柱 473m(至 145#模), 现 3313 沿空留巷内滞后支护剩余 103m(约 460 根单体柱)暂时未进行回撤。

2.4 超前切顶爆破情况

3313 超前切顶爆破参数: 3313 轨道巷回采帮肩角处向 3313 工作面侧仰角 75° 布置炮孔, 炮孔深度

25m,炮孔直径50mm,采用“D”型抗静电阻燃聚能节进行装药,药柱横截面为30×24mm的椭圆形,单孔装药9.5kg(19m),封泥长度6m,炮孔间距0.6m(每5个爆破孔布置1个空孔),一次起爆5个炮孔,且全部在轨道巷超前支护以内进行爆破。

2.5 柔模混凝土配比

1m³混凝土各组分的掺量:水泥1042kg,石子425kg,砂367kg。

2.6 3313 沿空留巷现状

留巷内矿压监测主要采用“十”字位移布点法进行巷道变形收敛量监测,目前50~220m、370~510m区段内围岩变形最为严重,顶板下沉平均约300mm、帮鼓约300mm、底鼓墙移现象不明显;70~220m、370~460m区段内顶板台阶下沉现象明显,普遍下沉约400~500mm(最大下沉量700mm),存在极个别柔模破裂、锚栓(杆)失效现象。

3 3303沿空留巷

3.1 施工时间

2019年9月至2020年5月底。

3.2 留巷长度

总长1028m(415个模,4m模53个,3m模227个,1m模135个未编号)。

3.3 滞后支护及回柱情况

1)支护形式:轨道巷锚索“三·二”支护超前补强为“五·四”支护(3303轨道巷补强50m后锚索长度由8.3m增加至10.3m,锚索预紧力由200kN增加至250kN);滞后支护采用单体柱+ π 型梁“一梁四柱”平行于巷道方向支设,单体柱间距为1000mm;

2)至2020年5月底共回柱640m(至175#模),现3313沿空留巷内滞后支护剩余388m(约1500根单体柱)暂时未进行回撤。

3.4 超前切顶爆破情况

3303超前切顶爆破参数:3303轨道巷回采帮肩

角处向3303工作面侧仰角75°布置炮孔,炮孔深度16m,炮孔直径50mm,采用“D”型抗静电阻燃聚能节进行装药,药柱横截面为30×24mm的椭圆形,单孔装药4kg(8m),封泥长度8m,炮孔间距0.6m(每4个爆破孔布置1个空孔),一次起爆4个炮孔,且全部在轨道巷超前支护以外进行爆破。

另外从710m开始,由于抽放管路影响,超前切顶炮孔开孔位置从巷道西帮顶角处向巷道内便宜400mm,炮孔角度由75°改为73°。

3.5 柔模混凝土配比

1m³混凝土各组分的掺量:水泥1042kg,石子425kg,砂367kg。

3.6 3303 沿空留巷现状

留巷内矿压监测主要采用“十”字位移布点法进行巷道变形收敛量监测,目前70~250m、400~500m、740~950m区段内围岩变形表现较为集中,顶板下沉平均约300mm、帮鼓约300mm、底鼓墙移现象不明显;其中740~950m区段内顶板台阶下沉现象明显,普遍下沉约400mm(最大下沉量600mm),且多数柔模顶部鼓包破裂现象较多、锚栓断裂失效。

4 主要参数的调整及效果对比

4.1 超前切顶爆破

3307轨道巷超前切顶爆破参数为:回采帮肩角处向3307工作面侧仰角75°布置炮孔,炮孔深度22m,炮孔直径75mm,采用聚能药柱,药柱直径60mm,单孔装药26.4kg(12m),封泥长度10m,炮孔间距2.5m(中间布置1个空孔),一次起爆4个炮孔。

3313沿空留巷开始后,经过多次研究探讨,根据3313工作面顶板取芯结果,超前切顶爆破参数变更为:3313轨道巷回采帮肩角处向3313工作面侧仰角75°布置炮孔,炮孔深度25m,炮孔直径50mm,采用聚能药柱(聚能管有原来的简易PVC管改为抗静

电阻燃聚能节),药柱横截面为 $30 \times 24\text{mm}$ 的椭圆形,单孔装药 9.5kg (19m),封泥长度 6m ,炮孔间距 0.6m (每5个爆破孔布置1个空孔),一次起爆5个炮孔,且全部在轨道巷超前支护以内进行爆破。

现3303沿空留巷根据顶板取芯结果超前切顶爆破参数调整为:3303轨道巷回采帮肩角处向3303工作面侧仰角 75° 布置炮孔,炮孔深度 16m ,炮孔直径 50mm ,采用聚能药柱(聚能管有原来的简易PVC管改为抗静电阻燃聚能节),药柱横截面为 $30 \times 24\text{mm}$ 的椭圆形,单孔装药 4kg (8m),封泥长度 6m ,炮孔间距 0.6m (每4个爆破孔后布置1个空孔),一次起爆4个炮孔,且全部在轨道巷超前支护以外进行爆破。

超前切顶爆破孔窥视情况:3307超前切顶爆破孔内塌孔严重,无法正常窥视;3313超前切顶爆破孔内有环形孔洞破碎情况,无明显纵向裂缝;3303超前切顶爆破孔内有明显纵向裂缝。

4.2 滞后及超前支护

沿空留巷滞后支护形式:3307沿空留巷采用单体柱+ π 型梁“一梁三柱”支护形式,3313及3303沿空留巷采用单体柱+ π 型梁“一梁四柱”支护形式,现3303沿空留巷 π 型梁沿巷道方向支设,继续四排单体柱支护,单体柱间距由 900mm 增加至 1000mm 。

轨道巷超前补强支护工艺:3307沿空留巷采用被动补强锚索“四·三”支护,3313、3303沿空留巷采用超前主动补强锚索“五·四”支护;另外在3303轨道巷补强 50m 后锚索长度由 8.3m 增加至 10.3m ,锚索预紧力由 200kN 增加至 250kN 。

4.3 待浇注空间顶板支护

根据顶板实际情况严格控制架间锚索间距,拉架时保证架前锚索不受损害,从而保证待浇注空间的顶板平整,无下沉、坠包等现象。

4.4 柔模混凝土配比

3307沿空留巷混凝土配比为(水泥:石子:沙) $1.2:1.2:1$ 。在3307沿空留巷期间,柔模混凝土墙体强度大多数无法满足C30要求,且多处发生破碎、墙体支护失效等情况。

3313及3303沿空留巷柔模混凝土配比调整为(水泥:石子:沙) $2.8:1.2:1$ 。配比调整后,柔模混凝土墙体强度基本满足C40要求,墙体支护效果良好。

另外2018年12月前水泥+石子+沙全部在地面搅拌装车运输至工作面泵注注墙,2018年12月开始石子+沙在地面搅拌装车运输至工作面,然后现场再加拌水泥泵注注墙,避免了干混料在长期运输途中受潮结块凝固现象,为墙体浇注质量提供了有效保障。

5 矿压监测及经验总结

3307沿空留巷期间,针对沿空留巷内的矿山压力及巷道围岩变形情况采取的主要监测手段为巷道原有顶板离层仪观测及“十字布点法”围岩变形观测,这两种手段均无法全面反映沿空留巷内的矿压显现及围岩变形情况。

在3313沿空留巷开始后,经过多次摸索修改,我科最终编制了《沿空留巷矿压监测台账》。该台账包含了沿空留巷注模时间及进度、柔模实时滞后距离、各个柔模所对应顶板台阶下沉情况、帮鼓及底鼓情况、锚杆(索)及锚栓断裂情况、柔模承载状况等多项数据,可切实反映各个柔模所对应的巷道内在各个时间段的真实情况,为沿空留巷矿压显现规律提供了有效的数据支撑,使我矿可更及时的处理沿空留巷内出现的各种问题。

通过对3313及3303《沿空留巷矿压监测台账》的数据进行分析做出以下总结:

(1)巷道围岩变形及顶板台阶下沉集中现象的范围基本保持一致,即 $50 \sim 250\text{m}$ 、 $350 \sim 500\text{m}$ 区段,3303切顶量明显要小于3313,平均少 150mm ;

(2)3303沿空留巷推进至200~230m,即综放工作面见方时,出现第一次较大来压(与3313沿空留巷基本一致);推进至330m时,出现第二次较大来压(与3313沿空留巷相比较,3313沿空留巷因2018年12月后半月停采延后约50m);两次来压相隔距离约为100m,即约4个综放工作面周期来压。

(3)针对3303沿空留巷近期出现的柔模顶部鼓包破碎及顶板台阶下沉滞后距离缩短的现象,由于各工序从3313至3303均未发生较大调整,初步分析可能为超前切顶爆破参数的变更导致的,也不排除

受地质构造影响的因素。

综上所述,在轨道巷内进行的超前切顶爆破,是整个沿空留巷工程重要的先决条件,柔模墙体的强度是沿空留巷工程的重要保障;切顶爆破效果及柔模墙体的强度将直接决定后期沿空留巷内围岩变形量的大小及沿空留巷的回采复用;在超前切顶爆破效果得到保证的前提下,超前补强锚索才能基本保证沿空留巷的顶板完整性,滞后单体柱支护才能有效减缓沿空留巷的顶板下沉。

附表:唐安煤矿沿空留巷参数对比表

唐安煤矿沿空留巷参数对比表

工作面	3307工作面	3313工作面	3303工作面	
爆破参数	孔深(m)	22	25	16
	孔径(mm)	75	50	50
	炮孔角度(°)	75	75	75
	装药长度(m)	12	19	8
	封泥长度(m)	10	6	8
	单孔药量(kg)	26.4	9.5	4
	炮孔间距(m)	炮孔1.25m; 装药孔2.5m	600mm(每5个爆破孔 布置1个空孔)	600mm(每4个爆破孔 布置1个空孔)
	爆破位置	超前支护以内	超前支护以内	超前支护以外
	放炮顺序	一次装药、分次爆破,单次爆破最多4孔	一次装药、5个孔为1组,1-5分段 段爆破,单次爆破最多15孔	一次装药、4个孔为1组,1-4分段 段爆破,单次爆破最多25孔
	爆破聚能	圆形标准聚能管	“D”型抗静电阻燃聚能节	“D”型抗静电阻燃聚能节
高位抽放钻孔	有	有	有	
超前支护距离(m)	50	50	30	
支护参数	超前支护形式	1.π型梁配合单体柱支护、排距0.9m; 2.顶板锚索支护由“二·二”被动补强为“四·三”支护(锚索长度8.3m,锚索预紧力200kN)。	1.π型梁配合单体柱支护、排距0.9m; 2.顶板锚索支护由“三·二”超前主动补强为“五·四”支护(锚索长度8.3m,锚索预紧力200kN)。	1.π型梁配合单体柱支护、间距1m; 2.顶板锚索支护由“三·二”超前主动补强为“五·四”支护(锚索长度10.3m,锚索预紧力250kN)。
	滞后支护形式	单体柱+π型梁“一梁三柱”垂直于巷道方向支设	单体柱+π型梁“一梁四柱”垂直于巷道方向支设	单体柱+π型梁“一梁四柱”平行于巷道方向支设
	柔模混凝土配比	1m ³ 混凝土各组分的掺量:水泥850kg,石子850kg,砂700kg,水泥:石子:沙=1.2:1.2:1	1m ³ 混凝土各组分的掺量:水泥1042kg,石子425kg,砂367kg,水泥:石子:沙=2.8:1.2:1	1m ³ 混凝土各组分的掺量:水泥1042kg,石子425kg,砂367kg,水泥:石子:沙=2.8:1.2:1
备注	轨道巷断面(宽*高):5.8m*3.2m;柔模墙体尺寸(宽*高):1.4m*3.2m;沿空留巷断面(宽*高):4.4m*3.2m。			