

大阳煤矿综放工作面沿空留巷支护工艺及关键技术研究

牛志明

(山西兰花科技创业股份有限公司大阳煤矿分公司)

摘 要:为减少瓦斯积聚,缓解采煤接续困难以及提高煤炭资源采出率,大阳煤矿采用“Y”型通风方式,以3405工作面轨道巷为研究对象,提出了锚杆+锚网索+工字钢棚架的联合支护方式进行沿空留巷,并对沿空留巷混凝土浇筑设备与关键技术进行了设计。应用结果表明,留巷支护效果显著,浇筑工艺简便,消除了瓦斯积聚风险,达到了预期目的。

关键词:瓦斯积聚;采煤接续;沿空留巷;联合支护

在我国采煤工作面多采用U型通风方式,存在瓦斯积聚、超限的问题。为确保高瓦斯煤层的安全开采,大阳煤矿根据地质情况,采用柔模混凝土沿空留巷技术,对沿空留巷支护工艺设计和关键技术进行研究,降低回采巷道掘进率,缓解矿井采掘衔接矛盾,实现无煤柱开采,提高采出率,降低巷道支护成本,延长矿井服务年限。

1 概况

3405工作面位于四采区中部,工作面倾向长度1 221 m,走向长度260 m,对应地面位于圣公寺东北方向,地面标高+1 080—+1 200 m,工作面井下标高+622—+761 m,地表大部为山梁和山谷,沟壑发育。根据邻近3405工作面地质钻孔资料显示,工作面伪顶为灰黑色泥岩,薄层状灰黑色泥岩;直接顶为

灰黑色泥岩,局部有粗粉砂岩,中上部有小煤层;老顶为深灰色细砂岩,有时含炭质条带。直接底为灰黑色泥岩或细粉砂岩灰黑色泥岩,致密,老底为灰色石英砂岩,次棱角状颗粒,工作面顶底板岩性与位置见表1,如图1所示。

表1 3405工作面顶底板岩层情况

顶底板名称	岩石名称	厚度/m	岩石特性
老顶	深灰色细砂岩	7.6	硅钙质胶结,局部含大量白云母片,有时含炭质条带
直接顶	灰黑色泥岩	3.66	局部有粗粉砂岩,中上部有小煤层
伪顶	灰黑色泥岩	0~0.5	薄层状灰黑色泥岩,随采随落
直接底	灰黑色泥岩或细粉砂岩	7.84	灰黑色泥岩,致密、脆性断面光滑
老底	灰色石英砂岩	2.25	钙质胶结,分选中等,次棱角状颗粒

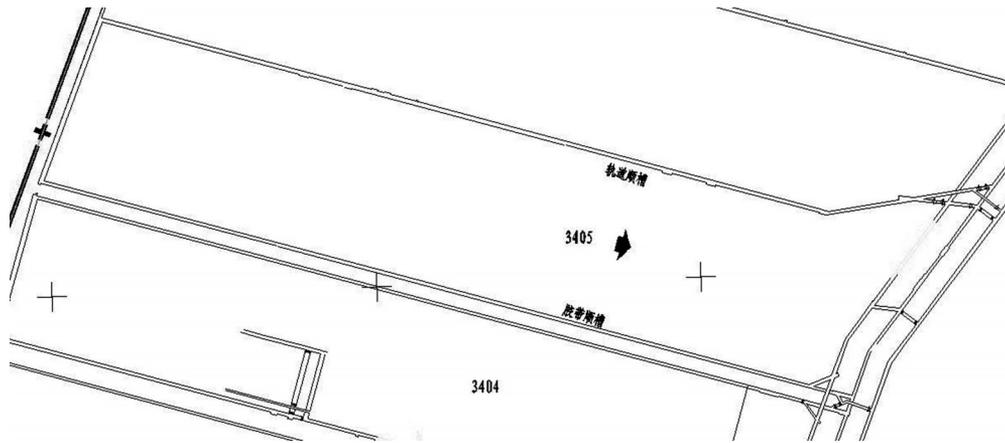


图1 3405工作面平面布置示意

2 沿空留巷围岩变形量预计

2.1 回采巷道围岩变形分配

沿空留巷的围岩变形主要表现为顶底板移近,包括顶板下沉和底鼓两部分。利用统计分析,发现底鼓占总顶底板收敛率的百分数,简称底鼓率 S_H 。

$$SH = -58 + 0.039H + 3.7M \times SV + 21\sqrt{GL} + 4 \quad (1)$$

式中:H-采深,m;

M-有效采高,m;

SV-巷旁充填指数,其中SV=1,刚性支护;

SV=2,木垛支护;SV=3,无巷旁支护;

GL-底板岩性指数,GL=1,砂岩;GL=2,砂页岩;GL=3,泥页岩;GL=4,植物根体化石;GL=5,煤;GL=6,煤、泥页岩、植物根体互层,各层厚度小于20cm。

3405工作面的地质和开采技术参数见表2。

表2 3405工作面地质和开采技术参数

名称	H/m	M/m	SV	GL
技术参数	400	5.3	1	3

将地质和开采技术参数带入式(1)中,得

$$K_{EV} = -78 + 0.066H + 4.3M \times SV + 24.3\sqrt{GL} \pm 3 = 10.3 \sim 16.3\% \quad (2)$$

$$SH = -58 + 0.039H + 3.7M \times SV + 21\sqrt{GL} + 4 = 17.58\%$$

巷道高3 200 mm 带入式(2),可以得出巷道顶底板的移近量为328.7~521.6 mm,其中底鼓量为57.9~91.7 mm。

3 沿空留巷基本支护设计

为杜绝瓦斯积聚的根本问题,3405工作面对U+1型通风方式进行优化设计,最终确定选用Y型通风方式,并把轨道巷作为沿空留巷。在工作面正常推进时,进行边墙浇筑,按照施工设计进行断面与支护方式施工。

3.1 巷道支护设计

3.1.1 巷道断面设计

巷道断面要架设钢棚,由原来的矩形断面变为梯形断面,巷道规格为掘上宽6 000 mm,掘下宽6 950 mm,掘高3 250 mm;净上宽5 729 mm,净下宽6 573 mm,净高3 038 mm。6 000 mm长的12号工字钢,钢梁中间用 $\phi 22$ mm \times 5 300 mm的锚索固定。采用25号U型钢加工的可缩棚腿,上下两节钢棚腿的长度都为1 800 mm,采用与25号U型钢配套的钢卡缆和板肖紧固上下两节棚腿。背板采用长1 200 mm \times 宽200 mm \times 厚50 mm的木板,拉杆型号为 $\phi 18$ mm \times 800 mm金属拉杆(图2)。

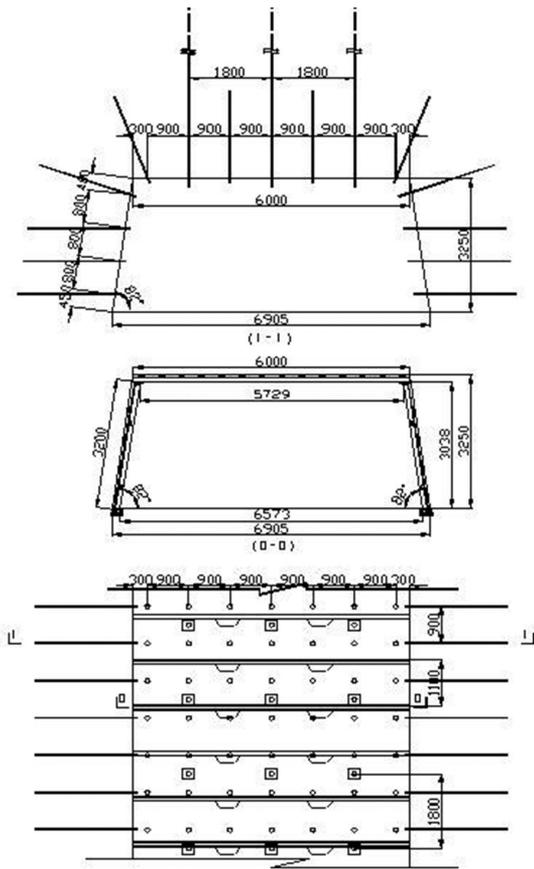


图2 轨道巷围岩支护示意

3.1.2 轨道巷支护强度验算

根据公路隧道围岩分级方法,结合大阳煤矿3405工作面轨道巷围岩条件,确定大阳煤矿3405工作面轨道巷围岩为IV级。

$$p = rh \quad (3)$$

$$h = 0.45 \times 2^{s-1} w$$

$$w = 1 + i (Bt - 5)$$

式中: P 为围岩压力, kN/m^2 ; γ 为围岩容重, 24 kN/m^3 ; s 为围岩级别; w 为宽度影响系数; B 为巷道最大开挖跨度, m 。

当 $B < 5\text{m}$ 时, 取 $i = 0.2$, 当 $B > 5\text{m}$ 时, 取 $i = 0.1$

巷道最大跨度为 5.8 m , 则

$$w = 1.08$$

$$h = 0.45 \times 2^{s-1} w = 3.9\text{m}$$

$$p = rh = 0.09 \text{ MPa}$$

巷道冒落拱高度为 3.9 m , 锚索伸入稳定岩层的长度不小于 1.5 m , 锚索的外露长度 0.3 m , 则理论计算锚索设计长度不小于 5.7 m , 考虑顶板岩性和岩层结构后, 锚索长度实际取 8.3 m , 因此锚索长度满足支护要求。

轨道巷支护需要承受的最大围岩压力为 522 kN/m , 顶板锚索的支护强度为 1467 kN/m , 理论计算支护安全系数可达 2.8 , 根据工程经验, 当安全系数大于 1.5 后可认为支护安全, 因此轨道巷支护强度满足要求。

3.2 巷旁支护设计

考虑到留巷的通风和后期使用要求, 参考其他矿井留巷经验, 确定大阳煤矿3405工作面一级顶板条件下沿空留巷的宽度为 4400 mm , 净宽 4200 mm , 巷旁支护宽度为 1400 mm , 混凝土强度等级为 C30 。在柔模混凝土墙体内部预置锚栓, 锚栓为 $\phi 22 \text{ mm} \times 1550 \text{ mm}$ 的500号高强螺纹钢, 托板采用 $150 \text{ mm} \times 150 \text{ mm} \times 8 \text{ mm}$ 拱形高强度托盘; 墙体成型 3 d 后, 给锚栓施加预紧力, 预紧扭矩不小于 $150 \text{ N}\cdot\text{m}$, 锚栓的间排距为 $800 \text{ mm} \times 750 \text{ mm}$, 巷旁支护横断面如图3所示。

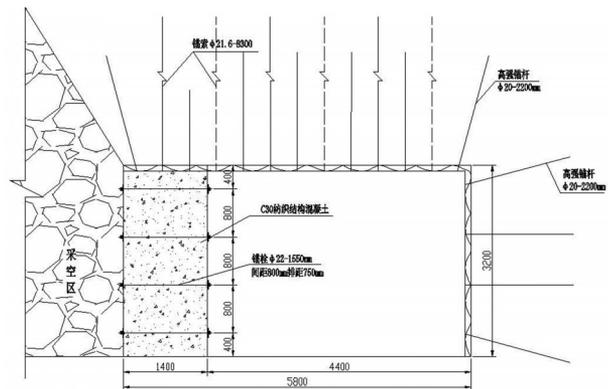


图3 沿空留巷支护横断面示意

3.3 浇筑混凝土施工设计

3.3.1 施工设备选型配套

浇筑混凝土采用柔模混凝土制备输送机组, 设备型号为 KTRHZSJ-50 , 混凝土生产能力为 $50 \text{ m}^3/\text{h}$,

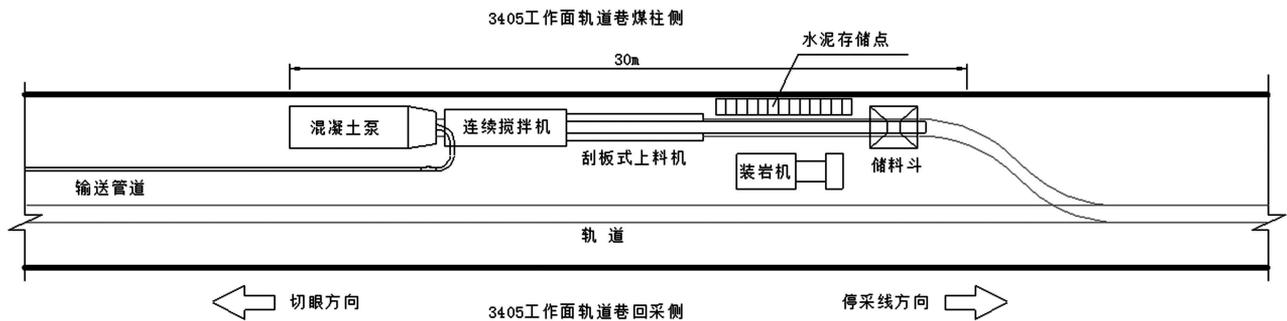


图4 井下湿料制备输送站平面布置

井下设备的最大可靠输送距离为380 m。管道输送系统包括400 m高压耐磨输送管,型号为DN125,快速接头连接。

3.3.2 井下混凝土制备输送站布置

沿空留巷总长度约1000 m,设备的最大可靠输送距离为380 m,因此3405工作面沿空留巷要多次移动设备。紧靠3405工作面轨道巷煤柱侧布置井下湿料制备输送站,泵站场地宽度不小于2 m,长度不小于30 m。在泵站场地内铺设轨道,并与顺槽内轨道联通,便于设备安装及运输。泵站布置方式如图4所示。

为了便于井下砂石料度量及均匀上料,在刮板式上料机靠近机尾侧设置1个储料斗,储料斗的容积为1.5 m³,储料斗进料口尺寸为1500 mm×1500 mm,出料口尺寸为300mm×300mm,卸料高度为300 mm。储料斗采用11号工字钢和10 mm厚钢板焊接而成。

4 结语

(1)3405工作面采用Y型通风,并把轨道巷作为沿空留巷。工作面正常推进时,进行边墙浇筑,与3406工作面切眼和3406工作面轨道巷共同作为3405工作面的回风巷。

(2)通过预测,顶底板最大移近量为329.6~521.6 mm,其中底鼓量为57.9~91.7 mm,巷道变形量

主要是顶板下沉。为了保证留巷满足通风要求,对3405工作面轨道巷进行加强支护,最大限度地降低留巷压力,减少巷道变形量。

(3)考虑到放顶煤沿空留巷的特殊顶板条件,选用巷内原位浇筑沿空留巷方案,即轨道巷掘进时就按照沿空留巷的要求,一次性掘进大断面巷道,并进行高强支护。因此,巷道掘进宽度5.8 m,掘进高度3.2 m,采用锚网索带联合支护,在陷落柱等特殊地段,增加钢棚支护。

参考文献:

- [1]邢继亮,李永亮,李铮,等.大断面巷道沿空留巷巷旁充填体受力分析与加固[J].中国煤炭,2013,39(4):60-62.
- [2]吕文玉,孟宪锐,丁自伟,等.泵送混凝土沿空留巷技术研究[J].煤炭技术,2014,33(5):151-154.
- [3]陈勇,柏建彪,王襄禹,等.沿空留巷巷内支护技术研究与应用[J].煤炭学报,2012,37(6):903-910.
- [4]赵健,张鹏.沿空留巷围岩给定变形及巷旁支护时机研究[J].煤炭工程,2017,49(2):68-71.
- [5]黄万朋,高延法,文志杰,等.钢管混凝土支柱巷旁支护沿空留巷技术研究[J].中国矿业大学学报,2015,44(4):604-611.
- [6]武精科,阚甲广,谢福星,等.深井沿空留巷顶板变形破坏特征与控制对策研究[J].采矿与安全工程学报,2017,34(1):16-23.
- [7]李胜,李军文,范超军,等.综放沿空留巷顶板下沉规律与控制[J].煤炭学报,2015,40(9):1 989-1 994.