

* 1

沿空留巷技术在综采放顶煤工作面的 研究与实践

王晋勇,赵建康

(兰花科技创业股份有限公司 唐安煤矿分公司,山西 晋城 048407)

摘 要:以 3313 轨道运输顺槽沿空留巷为工程背景,通过高强度、高预应力的大断面巷道基本支护和针对沿空留巷顶底板剧烈变形的超前补强支护体系;合理严谨的超前切顶卸压体系;三维纺织结构混凝土支护体系;沿空留巷内顶板加强支护体系的实施,成功实现厚煤层坚硬顶板综采放顶煤工作面沿空留巷围岩的稳定控制。

关键词:沿空留巷;加强支护;超前切顶卸压;墙体充填

中图分类号:TD353

文献标识码:A

Research and Praction of Gob-side Entry Retaining Technology in Fully-mechanized Caving Face

WANG Jinyong,ZHAO Jiankang

(Tang'an Mine, Lanhua Technology Venture Co., Ltd., Jincheng 048407, China)

Abstract: Taking 3313 transport lane with gob-side entry retaining as engineering background, based on high-strength, high-prestressed large-section roadway basic support and violent deformation of the roof and floor of gob-side entry retaining, the paper proposes a series of systems, including a pre-reinforcement support system, a reasonable and rigorous advancing roof cutting pressure relief system, a three-dimensional textile structural concrete support system, and reinforcement support for the roof in the gob-side entry retaining. Their implementation successfully realized the stable control of the surrounding rock of the gob-side entry retaining with hard roof and thick seam.

Key words: gob-side entry retaining; reinforcement support; advancing roof cutting pressure relief; wall filling

沿空留巷可以实现无煤柱开采,提高资源回采率,延长矿井服务年限;在高瓦斯和煤与瓦斯突出矿井,可以实现 Y 型通风,消除回风隅角瓦斯积聚,改善矿井安全条件;降低巷道掘进率,减少空顶作业,降低冒顶、片帮几率,提高矿井安全生产水平;改善矿井技术经济指标,适应新常态。因此,积极推广无

煤柱沿空留巷技术,可以促进煤炭工业的可持续发展,提高煤矿安全生产水平,保证国家能源战略安全。

1 工程概况

唐安煤矿 3313 综放工作面位于井下 752 水平

* 收稿日期:2018-11-18

作者简介:王晋勇(1974—),男,山西晋城人,工程师,从事采掘和防治水管理工作。

三盘区,埋深为 324 m 左右,属于浅埋煤层;工作面 2 条顺槽,均沿 3[#] 煤层底板布置,上、下煤层均未开采;3[#] 煤层平均厚度 6 m,煤层倾角($1^{\circ}\sim 14^{\circ}$)/ 7° ,煤层结构简单;直接顶为砂质泥岩,厚度 4.95 m,老顶为细粒砂岩,厚度 10 m;工作面走向长度 609 m,倾斜长度 235 m,回采推进长度 497 m;采用走向长壁后退式综合机械化放顶煤顶板全部垮落的采煤方法,机采高度为 $2.9\text{ m}\pm 0.1\text{ m}$,放顶煤高度为 3.1 m。

沿空留巷选择 3313 轨道运输顺槽为试验巷道,并作为接替回采面的皮带运输顺槽进行复用。该巷道断面为矩形,巷道净宽为 5.6 m,净高为 3.1 m。顶板采用锚网索+W 钢带联合支护。其锚杆采用 $D20\text{ mm}\times 2\ 200\text{ mm}$ 的高强度左旋无纵肋螺纹钢锚杆,间、排距为 $0.9\text{ m}\times 0.9\text{ m}$,顶角锚杆距帮为 0.2 m,每排 7 根,中部 5 根锚杆垂直顶板布置,2 根顶角锚杆分别与巷道轮廓垂直方向成 20° 角布置;锚索采用 $D22\text{ mm}\times 8\ 300\text{ mm}$ 、1 \times 19 股钢绞线,垂直于顶板“三·二”相间布置,间距 1.8 m,排距 0.9 m,当一排布置 3 根锚索时,靠近回采的第一根锚索距回采帮 650 mm,第一根与第二根锚索采用 W 钢带组合支护,钢带长度 2.4 m,型号为 WD280-3。两帮采用“锚杆+托梁+金属菱形网”联合支护,锚杆型号与顶锚杆相同,间、排距为 $0.9\text{ m}\times 0.9\text{ m}$,每侧每排布置 4 根,帮顶锚杆距顶 250 mm、与巷道水平成 20° 仰角布置,其余锚杆垂直煤(岩)面布置。

2 综采放顶煤工作面沿空留巷围岩控制方案

2.1 综采放顶煤工作面沿空留巷矿压显现规律

综采放顶煤工作面矿压显现明显,在该工作面回采期间,工作面周期来压步距为 25 m~27 m。随着沿空留巷的实施,以沿空留巷充填体为支点,顶板上岩层将形成大面积“悬臂梁”而无法沿充填体断裂,使巷道顶板岩层向采空区侧持续旋转下沉、沿空留巷围岩应力增大并于沿空留巷内集中显现,造成沿空留巷顶板下沉和底鼓,实体煤侧帮鼓,充填支护体“钻顶、钻底”、向采空区侧倾倒并发生破碎。

2.2 综采放顶煤工作面沿空留巷围岩控制原理

2.2.1 预留巷道基本支护设计

高强度、高预应力的断面巷道基本支护超前

补强支护。由于综采放顶煤工作面的特殊性,该工作面的 2 条顺槽均沿煤层底板布置,在巷道顶部与直接顶之间有约 3 m 厚的煤层,为增加顶板煤、岩层的层间结合力,抑制(减缓)顶板离层和下沉,提高顶板的整体性和稳定性,在原有高强度、高预应力的断面巷道基本支护前提下进行锚索超前补强支护,使锚索的高预应力有效扩散到顶板岩层中。

2.2.2 超前切顶卸压

沿空留巷超前切顶卸压技术即沿工作面前方预留巷道采空区侧布置爆破切顶钻孔,对工作面顶板进行超前预裂爆破,使顶板沿预定方向产生切缝,即切顶线;随着工作面的不断推进,采空区顶板周期性来压,巷道采空区侧顶板沿切缝垮落形成留巷巷帮,进而实现切顶卸压沿空留巷,大大减轻采空区顶板来压时对留巷的影响。

切顶卸压的技术原理主要是爆破预裂顶板切断了直接顶及基本顶的悬臂,断开了巷道顶板与采空区侧顶板的联系,减少了充填支护体承担的岩石重力,避免了顶板岩层的持续旋转下沉,保证了沿空留巷顶板岩层的完整性。

2.2.3 巷旁支护

所谓巷旁支护,是指巷道断面范围以外与采空区交界处所安设的一些特种类型的支架或人工隔离物,其目的是为了切断巷道以外的采空区顶板,隔离采空区或减轻巷内支架的受力等。沿空留巷巷旁支护的主要作用如下:

1) 支撑垮落带边缘的顶板载荷,从而分担和减轻巷内支护的压力。

2) 当直接顶比较坚硬或顶板周期来压时,利用巷旁支护切顶顶板,从而避免顶板沿煤帮处断裂,同时利用它去承受直接顶冒落和老顶周期来压所产生的动载。

3) 隔离或密闭采空区,防止漏风和采空区遗煤自燃,避免采空区有害气体向巷内逸出。

3 工程应用与实践

3.1 沿空留巷实施过程

3.1.1 预留巷道基本支护

为提高沿空留巷顶板稳定性,对预留巷道进行补强支护。补强方案:于原有支护 1 排布置 2 根锚

索的所在位置补打2根锚索,锚索采用 $D22\text{ mm} \times 8\ 300\text{ mm}$ 、 1×19 股钢绞线,托盘采用 $300\text{ mm} \times 300\text{ mm} \times 16\text{ mm}$ 的穹形托盘,垂直于顶板布置,排距 1.8 m 。预留巷道基本支护及锚索补强支护见图1。

3.1.2 预留巷道超前切顶卸压爆破

采用聚能药包定向断裂爆破切顶卸压设计方案,实现炸药高效利用和爆生裂纹精准控制,既破段留巷外关键层,又减轻关键层破段、回转过程中对留

巷上方顶煤的挤压作用,减少巷道围岩变形,有效避免巷内顶板台阶下沉和大变形。

通过切顶卸压,消除悬顶现象,降低沿空巷道顶板悬臂梁上覆荷载以及旋转变形压力,从而大大减小了岩梁传递到巷旁和巷内支护的荷载,从根本上改善巷道的力学环境。沿空留巷悬顶见图2,沿空留巷预裂爆破切顶卸压效果见图3。

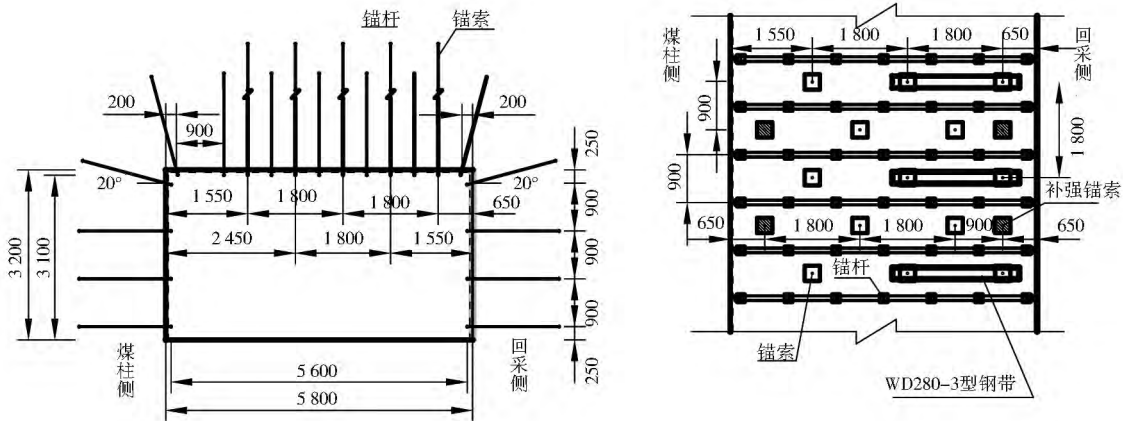


图1 预留巷道基本支护及补强支护示意图

Fig.1 Basic support and reinforcement support in reserved roadways

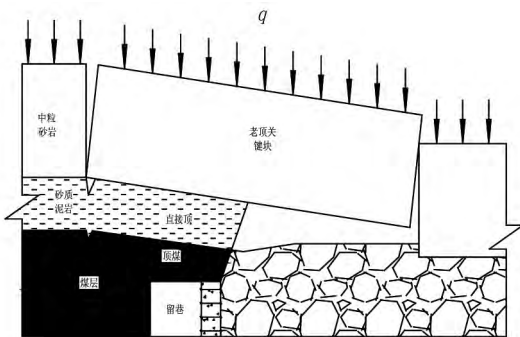


图2 沿空留巷悬顶

Fig.2 Suspended roof in gob-side entry retaining

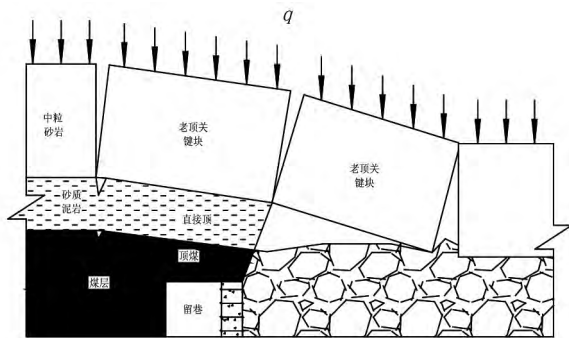


图3 沿空留巷预裂爆破切顶卸压效果

Fig.3 Effect of roof cutting pressure relief of pre-split blasting in gob-side entry retaining

超前切顶卸压爆破参数:沿巷道回采侧肩角布置一排炮孔,炮孔直径 $D=50\text{ mm}$,倾角 $\beta=75^\circ$,长度 $L=25\text{ m}$,间距 $a=600\text{ mm}$,单孔装药量 $Q=9.5\text{ kg}$,采用孔底不耦合连续装药,聚能药包定向断裂爆破,导爆索多点起爆,单次起爆25个炮孔,每5个炮孔为一组。切顶卸压爆破作业地点距工作面煤壁不小于 20 m 。

3.1.3 待浇筑空间围护

待浇筑空间是指巷旁支护施工前,采用临时支护控制顶板的范围。待浇筑空间越大,顶板稳定性越差,采空区有害气体和矸石涌入留巷内的数量和机会就越多。

1) 挡矸支架。待浇筑空间采用沿空留巷挡矸支架进行围护,该支架是为柔模混凝土沿空留巷开发的专用支架,具备支护、挡矸、自移、纠偏等功能,满足沿空留巷使用要求。

2) 采空区顶板锚索支护。根据井下现场观察,回采工作面综放支架移架后采空区顶煤和直接顶随采随垮,仅仅依靠金属网无法有效阻挡采空区矸石,容易造成支架向巷内偏移,导致墙体不平直,影响留

巷复用。因此,生产班移架后,在顶网的保护下,沿轨道巷回采侧煤帮向采空区延伸 400 ± 200 mm,在此处打设一排锚索。锚索规格 $D17.8 \text{ mm} \times 5\ 200$ mm,排距 1.6 m。

3.1.4 巷旁支护

1)留巷断面确定。考虑到沿空巷道通风和后期用途,以及轨道巷沿空留巷的施工要求,设计该工作面轨道巷留巷宽度为 4 400 mm,净宽 4 200 mm,巷旁支护宽度为 1 400 mm。

2)留巷墙体材料选择。采用三维纺织结构混凝土支护系统,该材料是以三维纺织结构柔性模板和对拉锚栓作为增强体,矿用高性能混凝土为基体的复合材料。该模板由外部加筋纤维布和内部拉筋组成,为封闭的三维纺织结构,外形与支护体相同,是支护体的预成型体,其上设有自闭灌注口和固定装置,具有轻质高强、施工方便等特性。矿用高性能混凝土满足自密实、早强、高强等要求。锚栓杆体为 22# 左旋无纵筋螺纹钢,钢号为 500 号,杆体两端都设有螺纹,螺纹规格为 M24,采用滚压加工工艺成型,螺纹长度不小于 100 mm,杆体长度为 1 400 mm。

3.1.5 临时加强支护设计

所谓巷内临时加强支护,是指在采动剧烈影响区内临时增设的某种类型的支护,这些支护结构一般在围岩活动基本稳定以后就加以拆除。

1)超前工作面临时加强支护参数。在超前工作面 50 m 范围内沿巷道走向采用“单体液压支柱+ π 型长梁”方式进行临时加强支护,一梁四柱,棚距 $900 \text{ mm} \pm 100 \text{ mm}$, π 型梁体长度在 $600 \text{ mm} \sim 3\ 800 \text{ mm}$ 范围内。

2)滞后工作面临时加强支护参数。在滞后工作面 200 m 范围内沿巷道走向采用“单体液压支柱+ π 型长梁”方式进行临时加强支护,一梁四柱,棚距

$900 \text{ mm} \pm 100 \text{ mm}$, π 型梁体长度不小于 3 800 mm。

3.2 矿压监测分析

在 3313 综放工作面留巷期间,每隔 50 m 设置 1 组矿压及巷道表面收敛量监测站。根据观测数据分析得出以下结果:

1)顶板锚索在滞后工作面切眼 100 m~110 m 时压力达到峰值,然后缓慢降低并稳定;顶板锚杆在滞后工作面切眼 30 m~50 m 时压力达到峰值,然后缓慢降低并稳定;顶底板最大移近量为 30 mm、两帮移近量最大为 20 mm。

2)沿空留巷内充填体无明显“钻顶、钻底”现象,巷道围岩变形较小、无明显“顶沉、底鼓、帮鼓”现象,围岩控制效果良好。

4 结论

唐安煤矿 3313 综放工作面沿空留巷的实施,具有以下意义:

1)根据综采放顶煤工作面矿压显现规律,确定如何提高预留巷道上层煤、岩层的整体性和稳定性以及如何切断顶板岩层的悬臂,使采空区侧顶板岩层沿充填体断裂是综采放顶煤工作面沿空留巷的关键因素。

2)每个回采工作面可以少掘 2 条巷,回采巷道掘进率降低 60% 以上,极大缓解矿井采掘衔接矛盾。实现无煤柱护巷,一方面沿空巷道处于应力降低区,有利于改善巷道维护条件;另一方面消除煤柱影响区的应力集中,有利于邻近层的卸压开采。

3)取消跳采,实现连续开采,提高了生产集中化程度,有利于矿井高产高效;回采工作面实现了 Y 型通风,消除了回风隅角瓦斯积聚,保证了矿井安全高效生产。

4)减少地表不均匀沉降,保护生态环境。

(编辑:刘新光)