

关于“三下”条带充填开采技术的探讨

马 璐

(山西兰花科创玉溪煤矿有限责任公司)

摘 要: 为了满足玉溪煤矿矿井正常生产和接续,结合高速公路压煤情况,借鉴以往“三下”采煤案例,充分汲取“连采连充”工艺的施工经验,根据库伦-纳维尔破坏准则,计算并预测了条带先期开采宽度和留宽,巧妙利用跳跃式开采顺序,在煤层顶板周期来压前及时充填和注浆凝固,以便有效控制煤层顶板上覆岩层变形和破坏,从而减低开采区域地表路基和附近建筑物的变形下沉量,提高高速公路下压煤采出率,缓解接续紧张的现状,预计可延长矿井服务年限近8年。

关键词: 高速公路;条带充填;采宽;留宽;玉溪煤矿

高速公路下压煤直接影响到矿井正常部署,造成矿井生产接续紧张,可采储量和服务年限大幅缩减,资源大量浪费。兰花科创玉溪煤矿位于山西省沁水县胡底乡境内,2009年开工建设,设计生产能力240万t/a,矿井原服务年限50.7a,原设计可采储量142.29Mt。2011年山西省规划的高速公路网“三纵十二横十二环”中第十一横,高沁高速公路自东向西横穿玉溪井田全境。玉溪煤矿所处的沁水煤田3号无烟煤属于国宝级稀缺煤种,为了提高稀缺煤种的可采率,避免优质资源浪费,保证矿井的正常生产和接续,对高速公路下压煤开采研究尤为重要。

采用条带充填式开采既能有效减少地表变形,也能解决矸石山治理的环境难题,同时可以明显提高高速公路下压煤采出率,属真正意义上的煤炭绿色开采。

1 工程概况

兰花科创玉溪煤矿地面标高约+759.1~+1223.1m,区内地形总体为东高西低,高沁高速自东向西穿越井田全境长约5.3km,面积4.2km²;压覆煤炭资源储量约18.11Mt,造成矿井服务年限缩短近

8a。井田内3号煤层结构简单,赋存稳定,埋深450~880m,煤层厚度5.12~7.20m,平均5.85m。煤层顶板以泥岩、砂质泥岩、粉砂岩为主,局部有细粒砂岩。底板均为泥岩,顶底板岩性特征见表1。玉溪井田高速公路压覆区域井上下对照图如图1所示。

玉溪煤矿采用条带矸石充填采煤法,经反复测算、试验,初步确定采宽50m,留宽50m;待矸石充填已采区域并注浆加固稳定后,再将留宽50m煤柱采出,然后用矸石充填采出区域并注浆加固,最终实现矸石置换煤炭,从而防止地表塌陷和变形。

表1 3#煤层顶底板岩性

顶底板名称		岩石类别	平均厚度(m)	岩性描述
顶板	老顶	中粒砂岩	5.3	灰-深灰色,中厚层状,细-中粒砂岩,具大型交错层理,脉状层理,波状层理,含少量植物茎叶化石。
	直接顶	泥岩	2.4	黑-灰黑色泥岩,砂质泥岩及粉砂岩,中-厚层状,具缓波状层理,水平纹理,含大量的植物茎叶化石。
煤层	3#煤	煤	5.85	黑色,中宽条带状结构,似金属光泽,夹镜煤条带,以亮煤为主,暗煤次之,属光亮型煤,夹1-2层泥岩夹矸,下部一层夹矸较稳定。
底板	直接底	泥岩	1.5	灰黑-黑色,中-厚层状,含丰富的植物根茎化石。
	老底	砂质砂岩	8.3	灰-灰黑色,中-厚层状泥岩,砂质泥岩为主,粉砂岩,细粒砂岩次之,具均匀层理,波状层理,透镜状层理,含植物化石碎片。

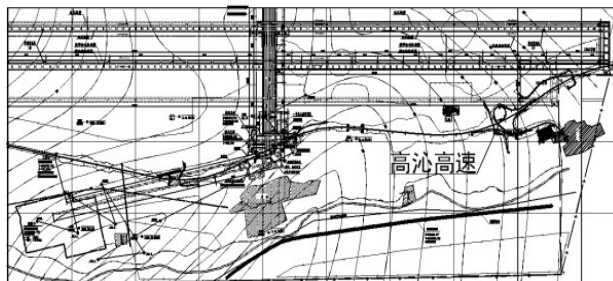


图1 高沁公路区域井上下对照图

2 条带充填设计方案

高速公路下压煤,选用条带充填开采,首先要保证已采区充填前,上覆岩层的变形率在允许范围内且不会波及地表,因此条带充填开采所确定的采宽、留宽等技术参数十分重要。

2.1 条带采宽、留宽计算

2.1.1 根据条带式采煤经验,采宽b小于采深的1/3时,地表不会出现明显波浪状下沉。一般取 $b = (0.1 \sim 0.25)H$ 。高沁高速压覆玉溪井田区域平均采深450m,根据上式计算采宽b的合理尺寸为45~110m。具体实施采宽尺寸,还要考虑来压步距和极限采宽。

1)来压步距:玉溪煤矿高速公路压覆区域3#煤层顶板初次来压步距为68.5m,周期来压步距为34m。按照顶板管理经验,条带采煤采宽一般情况下,应小于初次来压和周期来压步距之和,即102.5m。

2)极限采宽:“三下”条带式采煤,合理确定条带宽度,可有效防止煤层顶板覆岩中的关键岩层不破断,从而控制地表沉陷和变形。将位于煤层顶板上H1处的地表移动控制层看作一个弹性梁,设岩梁的极限跨距为L。岩体破裂范围与水平线之间具有一定夹角 θ ,当采宽为b时,岩梁实际跨距为L1:

$$L_1 = b \frac{2H_1}{\tan \theta} \quad (1)$$

式中,b为采宽;H1为地表移动控制层距煤层顶板的高度; θ 为控制层覆岩破裂范围角。

当 $L_1 < L$ 时,岩梁控制层不断裂,地表变形量小,因此条带开采的极限采宽为:

$$b < L_1 + \frac{2H_1}{\tan \theta} \quad (2)$$

根据玉溪煤矿高速公路压覆区域附近的钻孔窥视柱状图,在3#煤层顶板上方2.4m处为5.3m厚的中砂岩,按照钱鸣高院士的关键层理论,经计算确定该层中砂岩为关键层,控制着自身及上覆岩层的变形和移动。该区域关键层弹性岩梁的极限跨距为68.5m。根据库伦-纳维尔破坏准则,岩体剪切破坏面与水平面夹角:

$$\theta = 45^\circ + \frac{\phi}{2} \quad (3)$$

式中: ϕ 为岩体内摩擦角 35.3° ;

经计算,极限采宽 $b = 71\text{m}$ 。

玉溪煤矿高速公路压覆区域平均采深450m,参考村庄压煤开采经验,条带采宽取50m。

2.1.2 留宽 a 确定

高速公路压覆区域3#煤层平均厚5.85m,直接顶为2.4m的泥岩,基本顶为5.3m的中砂岩。条带开采留宽 a 应从宽高比、宽煤柱和三向应力状态等三个方面确定。

1)宽高比:

$$\frac{a}{M} \geq 5 \quad (4)$$

2)宽煤柱:

$$a \geq 0.01HM + 8.4 \quad (5)$$

3)三向应力状态分析:

$$a \geq 6.56HM \times 10^{-3} + \frac{b}{3} - \frac{b^2}{3.6H} \quad (6)$$

以上(4)、(5)、(6)式中:M为3#煤层厚,取5.85m;

H为3#煤层埋深,取450m;b为条带采宽,取50m。

根据以上公式计算,经综合分析,决定条带开采留宽取50m。

2.2 充填工艺设计

将高速公路压覆区域拆分为开切眼净长为50m的若干个区段,分别编号为1、2、3、4等区块,开采顺序依次为1、3、2、4。(条带开采模块示意图2)

1)采用传统的短壁式综采工艺首先开采第1区段。当综采工作面推过后,及时在采场后方铺设注浆管,煤层顶板周期来压前,通过布置在工作面胶带顺槽中的抛矸机,向采空区抛矸直至充满为止,然后启动注浆工艺至矸石堆积区域凝结具备承压荷载能力。(矸石充填示意图3)

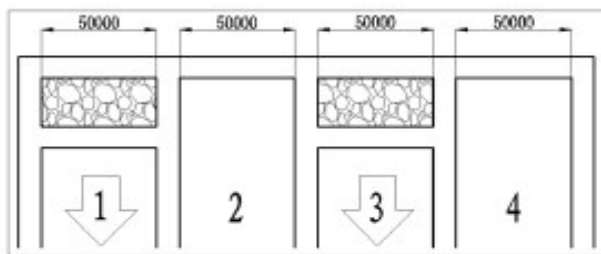


图2 条带开采模块示意图

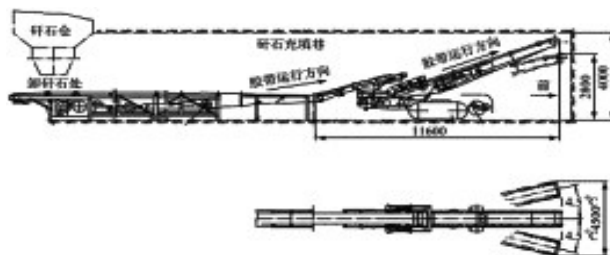


图3 矸石充填示意图

2)待第1区块开采、矸石充填和注浆完毕后,第3区块作为接续工作面进行回采,暂留第2区块作为保安煤柱支撑煤层顶板上覆岩层受力重新分布。

3)待1、3区块矸石充填和注浆工艺全部完成,上覆岩层受力分布稳定后,开采第2区块。以此类推,将高速公路压煤区域煤炭全部采出为止。

3 地表移动模拟实测

为了检验高速公路下条带充填开采设计的合理性,确保路面行车安全,试验选取先期回采的第1区

块所对应地表建筑(高速公路临近建筑)变形情况进行模拟实测。第1区块先期回采充填长200m,正好处于高速公路邻侧高层建筑下方。按照沁水地区岩层破裂角和煤层埋深估算,地表影响范围 $R=258m$,根据影响范围均匀布置15个观测点(耗时6个月)。其地表变形结果见表2

表2 高速公路附近地表变形模拟实测结果

监测点	地表下沉/mm	倾斜/($mm \cdot m^{-1}$)	水平变形/($mm \cdot m^{-1}$)	正(负)曲率/($10^{-3} \cdot m^{-1}$)
K1	22	+0.3	+0.1/-0.2	+0.001/-0.002
K2	22	+0.5	+0.3/-0.1	+0.003/-0.001
K3	25	+0.4	+0.2/-0.3	+0.002/-0.003
K4	32	-0.2	——/-0.2	——/-0.002
K5	36	-0.6	——/-0.3	——/-0.003
K6	15	+0.3	+0.5/——	+0.005/——
K7	14	+0.2	+0.2/——	+0.002/——
K8	19	-0.15	+0.4/——	+0.004/——
K9	20	-0.3	+0.2/-0.15	+0.002/-0.0015
K10	5	+0.6	+0.5/-0.3	+0.005/-0.003
K11	10	+0.5	——/-0.1	——/-0.001
K12	0	0	+0.2/-0.3	+0.002/-0.003
K13	2	-0.1	+0.1/-0.1	+0.001/-0.001
K14	5	+0.3	——/-0.2	——/-0.002
K15	12	+0.5	——/-0.3	——/-0.003

根据表2数据分析,高速公路附近模拟监测点地表下沉量及其它参数均在允许范围内,第1区块先期回采充填段基本没有对路面基层和附近建筑造成损坏。

4 经济效益分析

对高速公路下压煤采用条带充填开采,通过数学建模和模拟实测,可取得较好的地表变形控制效果,地面路基和附近建筑均未损坏,同时大幅提高“三下”采煤采出率,特别是稀缺煤种,延长矿井服务年限,为煤矿取得较好的经济效益提供基础。通过

高速公路压煤条带充填开采的实施和推广,将逐步延伸至村庄压煤和铁路压煤开采,进一步提高稀缺煤种的采出率,缓解工作面接续紧张现状,从而避免了大量煤炭资源浪费。

5 结论

1)高速公路下压煤区域的安全高效绿色开采,必须保证路基和附近建筑物等下沉量在允许变形范围内,按照沁水地区的岩层特性,方案中条带宽度和先期保留宽度均为50m,通过6个月的模拟监测点实测数据显示,地表变形在允许范围内,未对高速公路路基和附近建筑造成损坏。

2)本次条带充填开采采取跳跃式回采(即1、3、2、4顺序开采),对周围缓采工作面未造成明显的采动影响,充填注浆工艺在煤层顶板周期来压前全部完成,减缓了应力重新分布范围,使岩层变形下沉量在控制范围内,为“三下”采煤成熟应用和推广奠定基础。

参考文献

- [1] 徐永圻. 煤矿开采学 [M]. 徐州:中国矿业大学出版社,1999.
- [2] 刘娜等. 梁宝寺煤矿3400采区建下压煤开采研究[J]. 煤炭工程,2011(8).
- [3] 邓伟男,张华兴,贾林刚. 开采沉陷影响下高速公路变形破坏的试验研究[J]. 金属矿山,2015(4).
- [4] 段伟强. 铁矿采空区影响范围分析[J]. 中国矿业,2013(8).
- [5] 仲套,满文,董桂漳. 村庄下特厚煤层条带开采技术研究[J]. 煤炭工程,2013(9).
- [6] 谢德瑜. 建筑物下矸石充填巷式开采技术应用[J]. 煤炭工程,2011(9).