

沿空掘巷煤柱留设宽度的数值模拟研究

李 栋

(山西兰花科技创业股份有限公司通风处)

摘 要:在回采巷道的布置方式中,小煤柱沿空掘巷较之留大煤柱护巷具有显著的技术及经济优越性,得到了大规模推广应用。本文运用FLAC数值模拟方法,研究了唐安矿沿空掘巷在不同煤柱宽度下的应力分布及变形破坏程度。得出了不同煤柱宽度下,掘巷的煤柱应力、两帮移近量、顶板下沉量和底臃量与煤柱宽度关系,经过综合分析,得出了合理的沿空掘巷煤柱尺寸为5~6m。

关键词:沿空掘巷;FLAC数值模拟;煤柱宽度

1 引言

目前我国煤巷锚杆支护所占比例达到90%以上,随着煤巷锚杆支护技术的推广应用,传统采掘体系中为回采工作面留设大煤柱的做法正在越来越多的被小煤柱沿空掘巷所取代。沿空掘巷的位置主要取决于采空区侧向上覆顶板岩层的物理力学状态及侧向支承压力的分布状况。支承压力的分布^[1]示意图如图1所示。

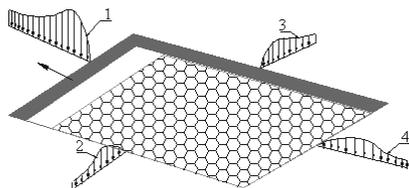


图1 支承压力分布示意图

(1-超前支承压力;2,3-侧向支承压力;4-采空

区支承压力)

工作面侧向支承压力的应力集中系数 $K=2\sim 3$,支承压力峰值距离采空区边缘15~20m,影响范围距采空区边缘15~30m。工作面侧向方向上的应力降低区的宽度一般小于10m。

数值模拟分析方法经过30年的发展,已在求解岩土工程问题中得到广泛的应用,并取得了巨大的成功。近年来,采用数值模拟方法进行巷道支护研究得到了快速发展。运用数值模拟方法可以模拟复杂围岩条件、边界条件和各种断面形状巷道的应力场与位移场;可进行多个方案的比较,分析各因素对巷道支护的影响;模拟结果直观,便于分析处理。数值模拟方法已经在美国、澳大利亚及英国等支护技术先进的国家得到了广泛的应用。

FLAC2D数值计算软件基于有限差分方法,求

解过程采用快速拉格朗日算法,主要用于解决岩土工程中的二维、三维弹塑性问题,能模拟岩土工程的大变形过程、锚杆加固结构与围岩的相互作用等问题。

本文针对唐安矿的具体地质条件,运用FLAC2D数值模拟方法进行唐安矿沿空掘巷煤柱宽度留设的优化研究。

2 数值模拟分析

2.1 建模

唐安煤矿位于山西省南部高平县市,井田面积29.95km²,可采储量1.37亿t,年生产能力150万t。主采煤层为3号煤,煤层厚度平均为5.8m,倾角0~5°,普氏硬度F=3,容重为1.45t/m³,煤层层理明显,节理、裂隙较发育,煤质较好,为低灰、低硫、低磷、发热量高、可磨指数适中的无烟煤。唐安煤矿3#煤的综合柱状图见表1。

根据唐安矿3#煤的顶底板及煤层的物理力学性质,进行沿空掘巷的窄煤柱合理宽度的模拟。FLAC2D数值模拟模型的尺寸为:长×宽=35m×25m,数值模拟模型的顶底板力学参数见表2,FLAC2D数值计算模型图如图2所示。按上覆岩层厚度400m,数值计算模型的上边界施加10MPa载荷,侧压系数取1.8;模型两侧为水平位移约束,模型底部为固定位移约束^[2-3];数值计算模型的煤柱宽度分别取为2m、3m、4m、5m、6m、7m和8m。

表1 唐安矿3#煤的综合柱状图

岩石名称	岩层厚度/m	容重(g/cm ³)	岩性描述
细砂岩	4.8	2.65	灰黑色,中粒结构,坚硬,致密。
泥岩	2.7	2.65	灰黑色,性软。泥质细粒结构。
炭质泥岩	0.4	2.5	黑色,破碎。
煤	5.8	1.45	黑色,性软,极破碎,层理节理十分发育,中部尤其破碎。

岩石名称	岩层厚度/m	容重(g/cm ³)	岩性描述
粉砂岩	2.2	2.65	灰黑色,节理缝隙发育,完整性较好。
砂质泥岩	1.2	2.56	灰黑色,性软。含少量白云母碎片。

表2 数值计算模型的岩层物理及力学参数

岩层名称	厚度/m	密度/kg/m ³	弹性模量E/GPa	泊松比μ	抗压强度/MPa	粘聚力/MPa	内摩擦角°
粉砂岩	5.0	2650	30	0.2	60	14	38
细砂岩	4.8	2650	30.5	0.25	54.7	10	32
泥岩	2.7	2650	20	0.26	56.3	7.5	35
炭质泥岩	0.4	2600	10	0.33	32.3	3.5	30
3煤	5.8	1450	6	0.35	10.9	2.5	28
粉砂岩	2.2	2650	10	0.33	32.3	3.5	30
砂质泥岩	1.2	2560	6	0.35	10.9	2.5	28
泥岩	8.5	2600	10	0.33	32.3	3.5	30

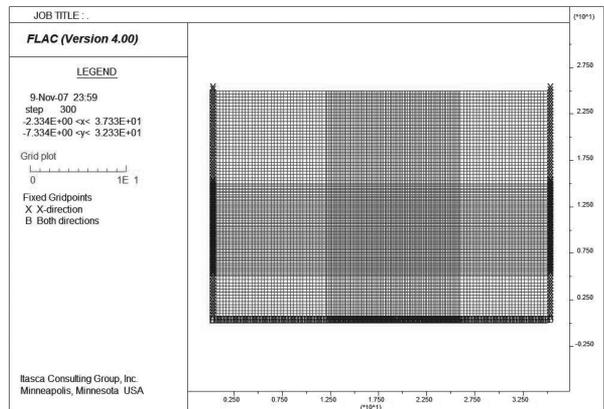


图2 FLAC2D数值计算模型

2.2 数值计算结果分析

通过对上述7个数值计算模型进行数值模拟,分别得到了沿空巷道实体煤帮及煤柱内的垂直应力集中值与煤柱宽度的关系图,沿空巷道的顶板移近量和底臃量与煤柱宽度的关系图和沿空巷道两帮移近量、顶底板移近量与煤柱宽度的关系图,如图3、图4和图5所示。

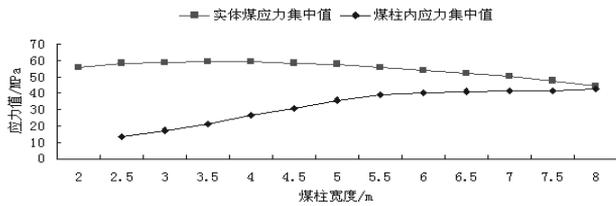


图3 沿空巷道实体煤帮及煤柱内的垂直应力集中值与煤柱宽度的关系

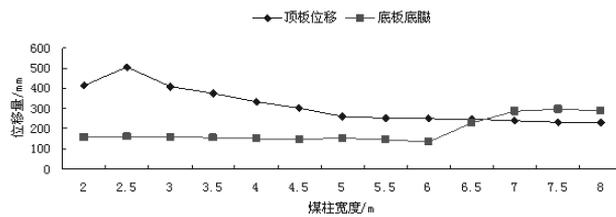


图4 沿空巷道的顶板移近量和底臃量与煤柱宽度的关系

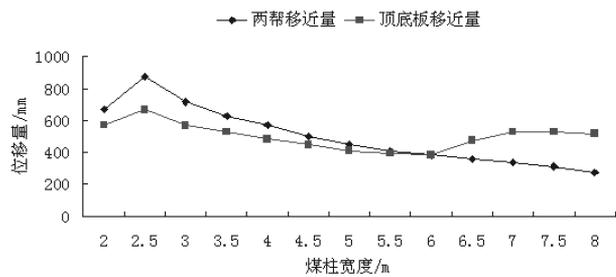


图5 沿空巷道两帮移近量、顶底板移近量与煤柱宽度的关系

由图3、图4和图5所示,可以得知:

(1)随着煤柱宽度增大,掘巷实体煤侧的垂直应力集中值先增大,然后逐渐减小,最后趋于稳定,煤柱内的垂直应力集中值先逐渐增加,然后趋于稳定。

(2)随着煤柱宽度增大,掘巷顶板位移量先增加,然后逐渐减小,最后趋于稳定,掘巷底板底臃量先趋于稳定,然后增加,最后趋于稳定。

(3)随着煤柱宽度增大,煤柱水平位移量先增加,然后逐渐减小,最后趋于稳定,实体煤帮水平位移量先增加,然后逐渐减小,最后趋于稳定。当煤柱宽度小于5米时,顶板位移量较大,当煤柱宽度大于5~8米时顶板位移量较小;当煤柱宽度小于6米时,底板底臃量较小,且变化不大,煤柱宽度大于6米后

掘巷的底臃量随着煤柱宽度增加而增加。

(4)随着煤柱宽度增大,掘巷两帮移近量先增加,然后逐渐减小,最后趋于稳定,掘巷顶底板移近量先增加,然后逐渐减小,达到最小值后再逐渐增加,最后趋于稳定。

综上所述,当掘巷的煤柱宽度在4米以下时,应力集中主要发生在掘巷的实体煤侧,煤柱进入塑性区,煤柱的完整性较差,不利于煤柱的维护^[4];当煤柱宽度在4.5~6米之间时,煤柱的应力集中系数小于实体煤侧,掘巷处于低应力区,巷道围岩整体处于采空区侧向老顶大结构下^[5],煤柱中存在一定宽度的弹性区,使得煤柱的承载能力和完整性较好。当煤柱宽度大于6米时,煤柱内部出现高应力集中区,且应力集中值和掘巷实体煤一侧基本相等,说明掘巷的位置正离开采空区侧向的低应力区。

综合以上分析,唐安煤矿3#煤沿空掘巷的合理煤柱宽度为5~6米。

3 结论

本文针对唐安煤矿的具体地质条件,综合运用理论分析和数值模拟方法分析了2m、3m、3m、4m、5m、6m、7m和8m宽度下掘巷的围岩应力分布及掘巷的表面变形状况,经过综合分析认为唐安煤矿3#煤的沿空掘巷煤柱宽度的合理尺寸为5~6m。

参考文献:

[1]钱鸣高.矿山压力及其控制[M].徐州:中国矿业大学出版社,1991.
 [2]侯朝炯,郭励生,勾攀峰等.煤巷锚杆支护[M].徐州:中国矿业大学出版社,1999.
 [3]石永奎,宋振骥,王崇革.软煤层综放工作面沿空掘巷支护设计[J].岩土力学,2001,22(4):509~512.
 [4]柏建彪,侯朝炯,黄汉富.沿空掘巷窄煤柱稳定性数值模拟研究[J].岩石力学与工程学报,2004,23(20):3475~3479.
 [5]侯朝炯,李学华.综放沿空掘巷围岩大、小结构的稳定性原理[J].煤炭学报,2001,26(1):1~7.