

急倾斜单一厚煤层采后下部 自保护范围的研究

谢东海^{1,2}, 张轩¹, 冯涛^{1,2}, 赵伏军^{1,2}, 袁志刚^{1,2}

(1. 湖南科技大学 资源环境与安全工程学院, 湖南 湘潭 411201;

2. 湖南科技大学 煤矿安全开采技术湖南省重点实验室, 湖南 湘潭 411201)

摘要: 急倾斜单一突出厚煤层一般采用水平分层或斜切分层进行开采, 其区域防突措施确定的关键在于确定其采动影响下的自保护范围. 以湖南省南阳庙煤矿为例, 进行了回采工作面煤的工业分析和采后瓦斯残余参数观测, UDEC 数值模拟和实验室相关数据测试等一系列研究, 研究表明: 在采用水平分层或斜切分层采煤法开采后, 其分层相当于保护层的开采, 下部 1~2 个分层均处于被保护层的保护范围之内, 大大简化了防突工程. 研究结果可为急倾斜突出煤层区域防突措施的制定提供理论依据, 对急倾斜突出煤层的安全生产具有一定的理论意义和实际意义.

关键词: 急倾斜煤层; 单一厚煤层; 煤与瓦斯突出; 自保护范围

中图分类号: TD823.6

文献标志码: A

文章编号: 1672-9102(2017)03-0001-05

Study on the Self-protection Scope of the Lower Part After Mining in Steeply and Single Coal Seams

XIE Donghai^{1,2}, ZHANG Xuan¹, FENG Tao^{1,2}, ZHAO Fujun^{1,2}, YUAN Zhigang^{1,2}

(1. School of Resources Environment and Safety Engineering, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China;

2. Hunan Provincial Key Laboratory of Coal Mine Safety Technology, Xiangtan 411201, China)

Abstract: For the mining of the steeply inclined single thick coal seam, the horizontal stratification or beveled stratification is usually used, and the determination of the self-protective range under the influence of mining is the key to determine the measures of the regional outburst prevention. Taking Nanyangmiao Coal Mine in Hunan Province as an example, a number of studies, such as the industrial analysis of coal mining face and the observation of residual gas parameters, UDEC numerical simulation and data test, were carried out. The experiment results show that the stratification is equivalent to the exploitation of the protective layer after used horizontal stratification or beveled stratification method, and the lower part 1-2 layers are protected within the protected zone, which greatly simplifies outburst prevention engineering. The results provide a theoretical basis for the development of outburst prevention measures in steeply inclined coal seam, and it is of great practical significance for the safe production of the steeply inclined coal seam.

Keywords: steep seam; single thick coal seam; coal and gas outburst; self-protection scope

我国急倾斜突出煤层的开采, 具有“三大二小”(“三大”即倾角大, 瓦斯参数大, 劳动强度大; “二小”即年产量小, 瓦斯透气性系数小) 的显著特点, 属典型中小型矿井的生产地质特征. 根据《防治煤与瓦斯突出规定》(以下简称“防突规定”)^[1], 突出煤层开采时首先应采取区域综合防突措施. 为此, 如何采取区域

收稿日期: 2015-08-21

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51274095; 51474103); 湖南省自然科学基金资助项目(2017JJ2082)

通信作者: 谢东海(1963-), 男, 湖南娄底人, 博士, 副教授, 主要从事复杂煤层及瓦斯治理研究. E-mail: donghaixie@163.com

综合防突措施,即区域综合防突措施类型及其范围的确定成为突出煤层开采要解决的首要问题^[2-4]。此外,由于急倾斜突出煤层赋存条件的特殊性,目前常用的开采方法有水平分层和斜切分层法,其基本原理属于保护层开采,即利用上分层开采的采动卸压作用,在煤体下部形成卸压区,保护下分层工作面。水平分层法与斜切分层法在保护层上有一些不同,水平分层法相对的下保护层影响范围较斜切分层法下保护层影响范围要小;而在保护层生产过程中,水平分层法易于在机巷和风巷布置下部瓦斯抽采钻孔,利于下保护层的瓦斯释放,斜切分层法在机巷易于布置下部瓦斯抽采钻孔,在风巷就难于布置下部瓦斯抽采钻孔。这在工程实践中应区别对待。因此,急倾斜突出煤层开采区域防突措施确定的关键在于确定其采动影响下下部煤层的保护范围。据此,笔者结合南阳庙矿井急倾斜突出煤层开采工程实际,研究急倾斜突出煤层开采后的下部自保护范围,为该类煤层的区域防突措施的制定提供依据^[5-7],具有一定的理论意义和工程意义。

1 工程概况

1.1 矿井基本情况

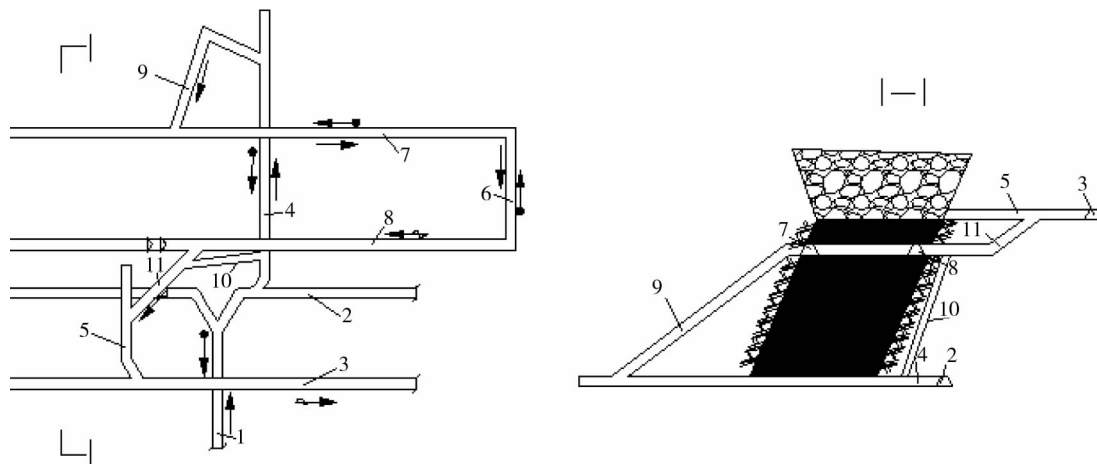
南阳庙煤矿属于湘煤集团下属的南阳煤业公司,矿井的生产能力 15×10^4 t/a,采用斜井多水平综合开拓。矿井开采的煤系地层为二叠系上统龙潭组,为单一倾斜地质构造,地层走向北东 $50^\circ \sim 60^\circ$ 。矿井开采的龙潭组煤岩层厚度 640 m,含煤 7 层,煤层倾角在井田东翼为 $40^\circ \sim 50^\circ$,西翼为 70° ,局部出现倒转现象。矿井的主要地质构造为断层,最大涌水量 $209 \text{ m}^3/\text{h}$,最小涌水量 $60 \text{ m}^3/\text{h}$,主要来源是地表水和老窑水,水文地质类型简单。矿井的主采煤层为 6#煤层,煤层倾角 45° ,且顶板有一层泥岩,煤层瓦斯不易逸散。测得的该区段水平的煤层原始瓦斯含量是 6.26 m^3 ,原始瓦斯压力是 0.83 MPa,为急倾斜单一开采的突出煤层。经检测,煤层无爆炸危险性和自燃倾向性。

1.2 煤层开采方法

鉴于 6#煤层为急倾斜突出煤层,煤层赋存极不稳定,其开采技术异常复杂,其主要的煤层开采方法有水平分层和斜切分层短壁炮采方法两种。

1.2.1 采准巷道布置系统

准备巷道均布置在煤层底板岩层中,距煤层底板 15 m 以上。采区的分段高度为 100~150 m,在采区运输水平与回风水平间布置两条伪斜的岩石上山。区段高度为 20 m,区段下部布置一条岩石底板运巷,兼做回采巷道的瓦斯抽采巷,当岩石平巷瓦斯抽采结束后,在平巷内以石门见煤,石门间距为 50 m。回采巷道沿煤层贴底板布置与施工,考虑通风的需要,一般 50 m 左右,为石门间距的长度;同时,考虑煤层厚度变化情况,以 5 m 为一个条带,采 2 m 放 3 m。当煤厚变大时,则在变化地段作巷道,巷道垂直于煤层顶,底板布置,形成短壁工作面生产,如图 1 所示。



1-主石门;2-运输巷;3-回风巷;4-运输石门;5-回风石门;6-短壁工作面;7-区段运输巷;8-区段回风巷;9-进风斜巷;10-溜煤眼;11-回风斜巷

图1 采区巷道布置

1.2.2 回采工艺

采用分段方式自上而下进行回采.其中,在每个分段内,实施爆破落煤.煤层松软时,辅以手镐落煤,且采用撞楔超前支护进行护顶,回采工作面采用单体支柱配兀型梁进行支护,全部陷落法管理顶板.

1.3 采后煤层工业分析及残余瓦斯参数

6[#]煤层的工业分析实验结果如表1所示.由表1可知,6[#]煤层的孔隙率较大,给瓦斯的赋存提供了较好的赋存条件.此外,采用本煤层现场结合实验室测定了6[#]煤层的瓦斯参数,如表2所示.由表2可知,6[#]煤层条带开采后,其残余瓦斯参数明显降低,有效降低了其瓦斯突出危险性.

表1 6[#]煤层工业分析

采样地点	标高 /m	孔深 /m	视密度/ (g/cm ³)	真密度/ (g/cm ³)	煤质分析/%				孔隙率 /%
					M_{ad}	A_{ad}	A_d	V_{daf}	
246 采区 1 [#] 孔	-197	5	1.20	1.58	3.56	11.12	0.12	5.11	24.05
246 采区 2 [#] 孔	-197	10	1.33	1.58	3.56	11.12	0.12	5.11	15.82
246 采区 3 [#] 孔	-197	12	1.32	1.58	3.56	11.12	0.12	5.11	16.46
266 采区 3 [#] 孔	-189	10	1.31	1.53	4.10	5.66	0.06	4.36	14.38
266 采区 4 [#] 孔	-189	5	1.23	1.53	4.10	5.66	0.06	4.36	19.61
266 采区 4 [#] 孔	-189	8	1.23	1.53	4.10	5.66	0.06	4.36	19.61
266 采区 4 [#] 孔	-189	11	1.31	1.53	4.10	5.66	0.06	4.36	14.38

表2 6[#]煤层残余瓦斯参数

测定地点	吸附常数		残余瓦斯含量/ (mL/g)	残余瓦斯压 力/MPa
	a	b		
246 采区 1 [#] 孔	29.098	1.915	2.93	0.078
246 采区 2 [#] 孔	25.599	3.584	2.92	0.039
246 采区 3 [#] 孔	27.689	1.416	2.24	0.078
266 采区 3 [#] 孔	27.085	2.261	2.23	0.039
266 采区 4 [#] 孔	27.885	2.261	1.63	0.039
266 采区 4 [#] 孔	28.712	2.330	2.32	0.039
266 采区 4 [#] 孔	28.479	1.724	2.68	0.078

2 急倾斜突出煤层开采下部自保护范围的数值模拟

为研究急倾斜突出煤层开采后的下部自保护范围,须建立相应的数学力学模型进行求解.但由于急倾斜突出煤层开采涉及复杂的岩石力学,弹塑性力学及瓦斯渗流力学问题,往往需要对其进行简化,且很难得到其理论解析解,因此需采用数值模拟方法. UDEC 是采矿工程领域应用广泛的离散元软件,其采用显式算法,可模拟煤岩体的非线性力学问题,将其应用于多方案多因素影响比较时,可显示出参数的快速,敏感,且其反应速度较快,成本较低.

急倾斜突出煤层开采后,围岩应力重新分布,开采空间周围局部煤岩体由初始弹性应力状态向塑性,应力集中状态转变,煤岩体所受应力,强度和瓦斯透气性参数等发生改变^[8-10].工程实践表明,影响急倾斜突出煤层开采后下部自保护范围的主要因素有开采条件、顶底板完整性、煤层采厚以及煤层采深等.因此,通过改变上述因素,进行急倾斜突出煤层开采后的下部自保护范围的数值模拟.

2.1 现有开采条件下的煤层自身保护范围研究

图2为实际煤层开采深度350 m,煤层厚2.0 m,顶底板较为破碎条件进行下的煤层塑性区分布图.由图2可知,6[#]煤层下方的塑性区范围为7.76 m,与现场煤层的实际开采相符,基本反映了该条件下的煤层开采后的自身保护范围.

2.2 顶底板完整性对煤层自保护范围的影响

本模拟分别对完整、较破碎与破碎3种情况进行了模拟.经过模拟后得知,当煤层顶底板分别处于完

整,较破碎与破碎3种情况时,其煤层下方的塑性区深度分别为9.84,8.77和7.76 m。图3和图4分别为煤层顶底板完整和较破碎时的煤层塑性区分布图。这是由于当煤层顶底板处于完整时,顶底板难以冒落,顶底板岩梁所产生的支撑压力往下方煤体传递范围较大,易于破碎下方煤体,致使煤体下方塑性区范围变大;而当顶底板破碎时,超前支撑压力变小,煤层顶底板容易冒落,不易对下方煤体产生较大范围的破碎,煤体下方塑性区将变小。因此,当煤层顶底板处于破碎时其煤层下方煤体的保护范围将愈小。

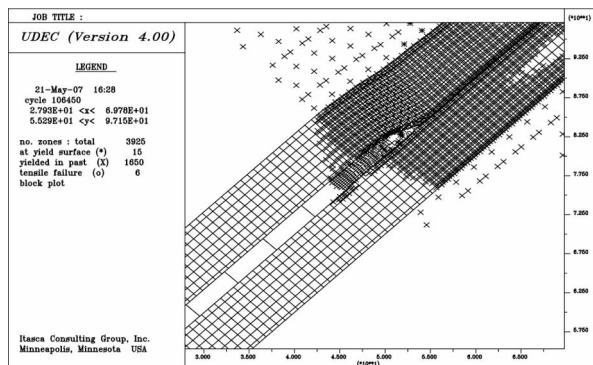


图2 原始开采条件下煤层塑性区分布

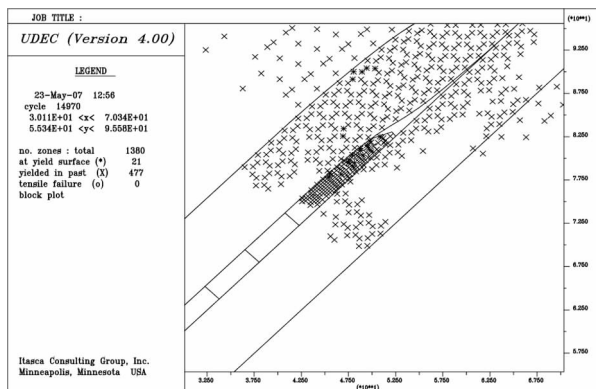


图3 顶底板完整时煤层塑性区分布

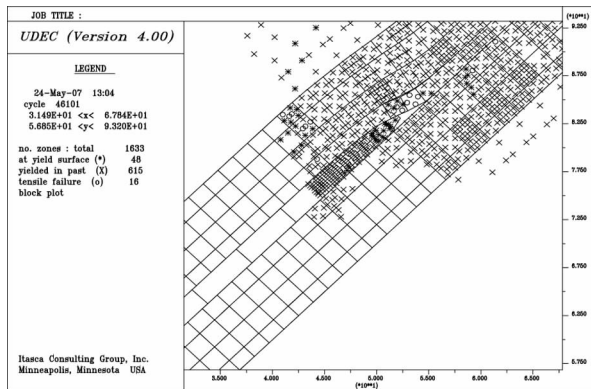


图4 顶底板较破碎时煤层塑性区分布

2.3 煤层采厚对煤层保护范围的影响

图5为煤层采厚4 m时的煤层塑性区图,图6为煤层保护范围与煤层采厚的关系曲线图。由图6可知,当煤层厚度以1 m的增幅由1 m增加到4 m时,其塑性区的范围分别是3.44,7.67,11.81和15.96 m,即煤体保护范围随煤层塑性区的增加而增加。煤层采厚增加时,相应下方煤体保护范围将增大,卸压带增大,透气系数显著增大,同时,煤壁裸露面积增大,瓦斯释放量增多,煤层采空区的瓦斯流量将增加。因此,开采煤层采厚增大时,应在回采工作面做好瓦斯监测工作及瓦斯抽采工作,避免煤与瓦斯突出。

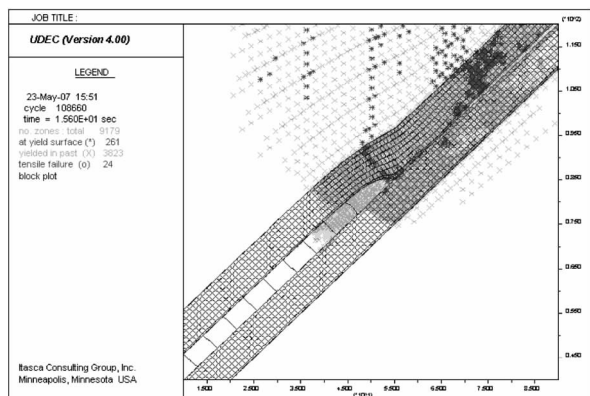


图5 煤层采厚为4.0 m时煤层塑性区分布

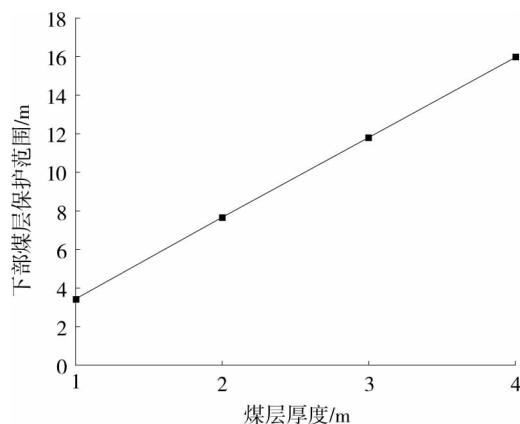


图6 煤层保护范围与煤层采厚的关系曲线

2.4 采深对煤层保护范围的影响

图7为煤层保护范围与开采深度的关系曲线图.由图7可知,开采深度从100 m起,直至600 m,每隔100 m为1个分段,各分段的塑性区范围分别为9.46,9.23,7.76,7.43,6.93和6.4 m,即煤层保护范围将随着采深不断延深而变小,采用倾斜分层条带,水平分层以及倾斜分层等采煤方法时,应充分考虑该因素的影响.

经过上述多条件的模拟,当采用水平分层和斜切分层开采急倾斜突出煤层时,其每一个分层相当于保护层开采,保护层开采时应分别在工作面的风巷和机巷进行下部被保护层瓦斯的抽采,当上分层开采完后,应对保护层必须进行防突效果检验,得出下部煤层分层开采的防突效果数据.实际生产过程中,我们进行下部1~2个分层煤层的防突效果检验,证实上分层开采完后其下部1~2个分层煤层得到有效保护,因此,当急倾斜煤层进行水平分层和斜切分层开采(保护层开采)后,其下部1~2个分层可以不用采取防突措施,较大范围地减少防突工程量,在工程实践中是允许的,为该类煤层的开采提供了可靠的技术基础.

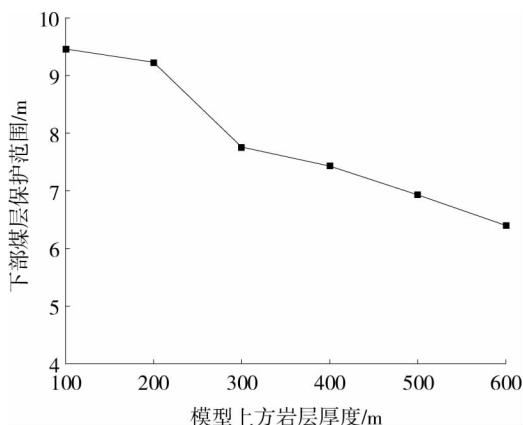


图7 煤层保护范围与采深的关系曲线

3 结论

1) 南阳庙煤矿246采区和266采区均采用水平分层或斜切分层条带式开采,其开采后的本煤层保护范围可以达到走向12 m或沿倾向向下11 m,在采用这些采煤方法开采后均未出现煤与瓦斯突出现象,主要是该开采区域位于本煤层开采的卸压保护区域内.

2) UDEC数值模拟分析为工程提供了有力的技术支持,在矿井开采深度350 m左右,煤厚2.0 m,且煤层顶、底板较破碎时,计算出的煤层自身下部保护范围达到6~8 m,是适合煤层的水平分层开采和斜切分层开采的,且在该条件下,不用采取区域防突措施.随着煤层厚度的增加,其下方煤体保护范围将有较大的变化,但在煤层厚度较大时,应加强煤层工作面瓦斯的监控与抽采,防治煤层瓦斯积聚超限.煤层保护范围将随着开采水平不断延深而变小,在使用倾斜分层条带,水平分层以及倾斜分层等采煤方法时,应充分考虑这些因素的影响.

3) 进行急倾斜单一突出厚煤层开采时,可考虑本煤层的保护范围,分层煤层进行保护层开采时,必须进行瓦斯抽采,当进行被保护层开采时,可以节省防突工程量,为矿井的安全,高效开采提供安全保障.

参考文献:

- [1] 国家安全生产监督管理总局,国家煤矿安全监察局.防治煤与瓦斯突出规定[S].煤炭工业出版社,2009.
- [2] 孟贤正,唐兵,夏永军,等.急倾斜特厚突出煤层水平分层开采自保护范围的研究[J].矿业安全与环保,2007,34(s1): 1-5.
- [3] 张洪.急倾斜特厚煤层水平分层开采卸压保护防突技术的应用[J].华北科技学院学报,2005,2(1): 10-13.
- [4] 张义顺,王洪志.水平分层采煤法瓦斯充分卸压范围的确定[J].煤炭科学技术,1993,24(2): 27-31.
- [5] 张崇礼,薛风.开采4~8 m急倾斜单一煤层采煤方法[J].科技创新导报,2013(7): 104-105.
- [6] 伍永平,解盘石,任世广.大倾角煤层开采围岩空间非对称结构特征分析[J].煤炭学报,2010,35(2): 182-184.
- [7] 汪成兵,张盛,勾攀峰,等.急倾斜煤层开采上覆岩层运动规律模拟研究[J].焦作工学院学报,2003,22(3): 165-167.
- [8] 孙晓冬.高瓦斯低透单一厚煤层工作面巷道布置方式优化研究[J].煤矿开采,2016(6): 28-30.
- [9] 许爱斌,高峰,程红梅,等.单一煤层开采过程中损伤场的分布及演化规律[J].煤矿安全,2012(2): 151-154.
- [10] 来兴平,王宁波,胥海东,等.复杂环境下急倾斜特厚煤层安全开采[J].北京科技大学学报,2009,31(3): 277-280.