

# 邹庄煤矿火成岩岩床侵蚀条件下 煤层稳定性

袁晗<sup>1</sup>, 罗文柯<sup>1,2\*</sup>, 李文豪<sup>2</sup>

(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:**为研究火成岩岩床侵入对煤层稳定性的影响,以邹庄煤矿 81 采区 7<sub>2</sub> 煤为研究对象,采用数理统计和现场验证的方法,对比分析了 7<sub>2</sub> 煤岩浆侵入区和非侵入区的煤层结构、厚度和倾角等特征.结果表明:7<sub>2</sub> 煤受火成岩侵蚀后成为煤、火成岩、炭质泥岩、天然焦及大夹焦等不等形式的互层结构,使 7<sub>2</sub> 煤成复杂结构煤层.火成岩侵蚀区的煤层厚度及其倾角变异系数均大于无火成岩侵蚀区域,煤层的突出危险性增加.

**关键词:**岩浆侵入;煤层稳定性;煤厚变异系数;倾角变异系数;邹庄煤矿

中图分类号:X936 文献标志码:A 文章编号:1672-9102(2020)02-0062-06

## On Coal Seam Stability Under Igneous Rock Bed Erosion in Zouzhuang Coal Mine

Yuan Han<sup>1</sup>, Luo Wenke<sup>1,2</sup>, Li Wenhao<sup>2</sup>

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

2. Hunan Provincial Key Laboratory of Safety Mining Techniques of Coal Mines,  
Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China)

**Abstract:** In order to learn the influence of igneous rock bed intrusion on coal seam stability, taking the No.7<sub>2</sub> coal in 81 mining area of Zouzhuang Coal Mine as the research object, and using the method of mathematical statistics and on-site verification, the coal seam structure, thickness and dip angle of the No.7<sub>2</sub> coal magma intrusion area and non-invasion area are compared and analyzed. Results show that the No.7<sub>2</sub> coal is eroded by igneous rock to become interlayer structure such as coal, igneous rock, carbonaceous mudstone, natural coke and large coke, which makes the No.7<sub>2</sub> coal into a complex structure coal seam. The thickness of the coal seam in the igneous rock erosion area and the coefficient of variation of the dip angle are larger than those in the area without igneous rock erosion.

**Keywords:** magma intrusion; the stability of coal seam; coefficient of variation of coal thickness; coefficient of variation; Zouzhuang Coal Mine

火成岩侵入煤层是煤矿井下比较常见的一种地质现象,国内外学者在火成岩侵入对煤层赋存的影响方面做了大量研究<sup>[1]</sup>.岩浆侵入会降低煤层稳定性,加剧煤层结构复杂程度,对煤矿的生产带来很大的阻力<sup>[2-4]</sup>.王亮<sup>[5]</sup>等研究发现火成岩侵入煤层后对煤层表现为不同程度的破坏作用,改变了煤体的变质程度、孔隙结构、吸附解吸特征和煤体结构等;蔡春城<sup>[6]</sup>等发现火成岩侵入煤层后,受火成岩自身大小、产状

以及侵入体的位置和煤层之间远近距离的影响,对煤层的破坏程度不同;王金喜等<sup>[7]</sup>分析了郭二庄井田火成岩呈岩脉或岩柱状侵蚀时的煤层连续性和完整性特征;李永高等<sup>[8]</sup>针对永夏煤田火成岩侵蚀条件下煤层煤质和煤层赋存形态的影响程度进行分析;李昌盛<sup>[9]</sup>研究发现火成岩侵蚀对煤层的结构复杂性和赋存稳定性影响较大;李如刚<sup>[10]</sup>发现火成岩侵入在横向与垂向上的不均衡性及差异性,对煤层的影响程度由强至弱;马良<sup>[11]</sup>发现火成岩侵入对煤层的稳定性和结构的破坏程度是多种因素共同作用的结果.笔者以邹庄矿井7<sub>2</sub>煤火成岩侵蚀区和非侵蚀区的煤层为研究对象,采用数理统计和现场验证的方法,系统地研究矿井火成岩岩床侵蚀条件下7<sub>2</sub>煤煤层结构的复杂性、厚度及其倾角的变异程度,为该特殊地质条件下煤层的安全高效开采提供理论依据.

## 1 研究区背景

邹庄煤矿位于宿州西南,矿井总体构造形态较宽缓,其东翼被双堆断层切割,西翼边缘被一系列断层切割.矿井含煤地层为石炭系和二叠系.二叠系下石盒子组(P1x)为本矿主要含煤地层,山西组(P1s)次之,其中3<sub>2</sub>,6<sub>2</sub>,7<sub>2</sub>,8<sub>2</sub>煤层为主采煤层.综合柱状图如图1所示.

柱状图	厚度	岩石名称	岩性描述
	1.4	泥岩	灰色,泥质结构,块状,含少许粉砂质,富含紫斑偶见植物化石
	0.39	煤	黑色,褐黑色条痕,暗煤为主,亮煤次之,层状
	1.77	泥岩	灰色,泥质结构,块状,含少许粉砂质,富含植物根茎化石
	0.39	煤	黑色,褐黑色条痕,暗煤为主,亮煤次之,层状
	2.57	泥岩	深灰~灰色,泥质结构,块状,含少许粉砂质,富含植物根茎化石
	2.4	粉砂岩	灰色,粉砂质结构,块状,含植物茎化石,局部含菱铁质
	2.86	泥岩	深灰色,泥质结构,块状,含少许粉砂质,富含植物茎叶化石
	2.8	32煤	黑色,条痕黑色,条带状结构,亮煤为主,暗煤,半光亮型煤
	0.25	泥岩	深灰~灰色,泥质结构,块状,下部含少许粉砂质,含植物茎化石
	0.20	炭质泥岩	黑色,泥质结构,块状,褐黑色条痕,见内生裂隙
	2.12	泥岩	深灰~灰色,泥质结构,块状,下部含少许粉砂质,含植物茎化石
	3.89	细砂岩	含泥质包体,分选磨圆较好,硅质胶结
	1.43	泥岩	深灰~灰色,泥质结构,块状,含植物茎化石,岩芯破碎
	0.39	煤	黑色,褐黑色条痕,暗煤为主,亮煤次之,层状
	9.60	泥岩	灰色,泥质结构,块状,岩芯破碎
	0.49	细砂岩	灰色,细粒结构,块状,主要成份石英,岩芯破碎
	0.59	泥岩	灰色,泥质结构,块状,偶见植物化石,岩芯破碎
	0.69	细砂岩	灰色,细粒结构,块状,岩芯破碎
	0.39	泥岩	深灰~灰色,泥质结构,块状,偶见植物化石,岩芯破碎
	0.71	煤	黑色,褐黑色条痕,暗煤为主,亮煤次之,层状

图1 邹庄煤矿煤层综合柱状图

在矿井勘探阶段共设计勘探线13条(每500m设一条),每条勘探线施工5~13个不等勘探钻孔,共计施工勘探钻孔123个,其中揭露发现火成岩的钻孔有53个,占勘探钻孔总数的43%.矿井火成岩对煤层的侵蚀主要为主采的7<sub>2</sub>煤层和局部可采的6<sub>2</sub>煤层,其侵蚀方式主要以“岩床”形式展现,即在火成岩侵蚀

通道附近,火成岩全部或部分吞蚀煤层,而在其能量减弱的边缘则以火成岩薄层状穿插分割煤层。

## 2 火成岩侵蚀区煤层结构特征分析

### 2.1 煤层结构特征

煤层的结构变化对采煤方法和设备选择影响甚大,需要对煤层结构进行分类,根据煤层中有无较稳定的夹矸层(厚度小于0.5 m的沉积岩层)将煤层分为简单结构煤层和复杂结构煤层.简单结构煤层是指煤层不含夹矸煤层,但可能有较小的矿物质透镜体和结核;复杂结构煤层是指含有较稳定的夹矸层,少则1~2层,多则数层。

### 2.2 对煤层结构特征的分析

各勘探钻孔揭露中组煤 $6_2$ 煤、 $7_2$ 煤和 $8_2$ 煤的分层及含夹矸情况如表1所示.其中 $7_2$ 煤 $15^\#$ 勘探线各钻孔火成岩侵蚀情况如图2所示。

表1 可采煤层厚度及结构一览表

可采煤层	煤厚/m		煤层结构			可采面积/( $\text{km}^2$ )	可采指数	
	范围	平均	夹矸层数					
			1	2	>2			
$6_2$	0.19~1.93	1.05	7			较复杂	2.78	0.81
$7_2$	0.00~9.50	3.41		1	7	复杂	2.10	0.68
$8_2$	0.44~4.58	2.40	3			简单	3.24	0.93

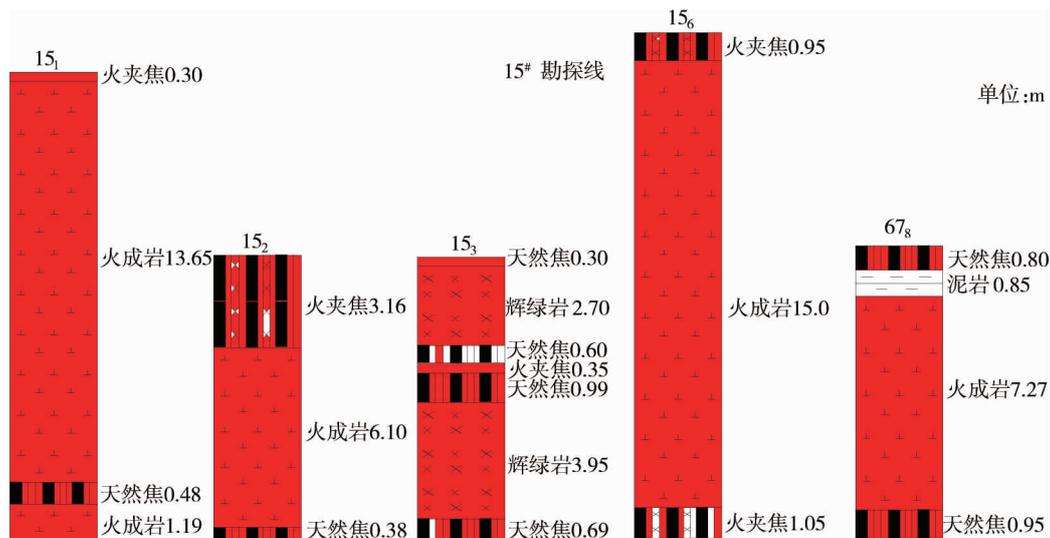


图2  $7_2$ 煤 $15^\#$ 勘探线各钻孔火成岩侵蚀情况

由表1和图2可以看出:因 $6_2$ 煤、 $7_2$ 煤受火成岩侵蚀后成为煤、火成岩、炭质泥岩、天然焦及大夹焦等不等形式的互层结构,使 $6_2$ 煤成为较复杂结构煤层, $7_2$ 煤成复杂结构煤层, $8_2$ 煤受火成岩侵蚀程度小,含矸钻孔数少,为简单结构煤层;受火成岩侵蚀的 $6_2$ 煤、 $7_2$ 煤的可采面积与可采指数明显低于 $8_2$ 煤,说明火成岩侵蚀导致煤层的可采面积缩小,可采指数降低。

## 3 煤层厚度特征分析

### 3.1 煤厚变化对瓦斯突出的控制作用

煤厚变化对瓦斯突出的控制机理是当煤层厚度由厚急剧变薄时,瓦斯含量和瓦斯压力减小,但水平地应力增大,最容易出现压出,压出过程中地应力起着比较重要的作用;当煤层厚度由薄急剧变厚时,地应力作用的水平分量指向巷道里端,其趋势是不利于瓦斯突出,但瓦斯含量和瓦斯压力不断增大,容易发生突出<sup>[12]</sup>.通常用煤厚变异系数 $\gamma$ 来表征煤层厚度的变化程度,具体根据式(1)计算。

$$\gamma = \frac{\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (H_i - \bar{H})^2}}{\bar{H}} \quad (1)$$

式中: $n$ 为测量点数; $H_i$ 为某一测量点的煤厚,m; $\bar{H}$ 为统计区域平均煤厚,m.

### 3.2 火成岩侵蚀区与无火成岩侵蚀区煤层平均厚度的对比分析

邹庄煤矿 $7_2$ 煤火成岩侵蚀钻孔与无火成岩侵蚀钻孔的平均煤层厚度对比分析如图3所示.

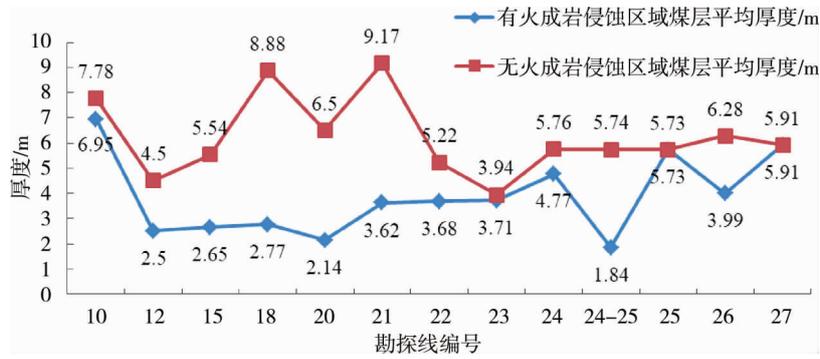


图3 邹庄煤矿 $7_2$ 煤火成岩侵蚀区与无火成岩侵蚀区煤层平均厚度对比分析

由图3可以看出:中组煤 $7_2$ 煤受火成岩侵蚀钻孔的平均厚度小于无火成岩侵蚀钻孔的煤层平均厚度,说明遭受火成岩侵蚀钻孔的煤层变成天然焦、火夹焦或 $7_2$ 煤缺失后煤层厚度变薄,甚至出现无煤或不可采;火成岩侵蚀钻孔煤厚变化区间为1.84~6.95 m,未受火成岩侵蚀钻孔煤厚变化区间为3.94~9.17 m,说明煤层受火成岩侵蚀后,厚度变化范围明显缩小.

### 3.3 火成岩侵蚀区与无火成岩侵蚀区煤厚变异系数的对比分析

由图4可以看出:中组煤 $7_2$ 煤受火成岩侵蚀钻孔的煤厚变异系数为0.30~0.61,平均0.47,非侵蚀钻孔的煤厚变异系数为0.12~0.35,平均0.28,说明火成岩侵入导致煤层的煤厚变异系数增大,煤层由厚变薄和由薄变厚的概率增大,突出危险性增高.

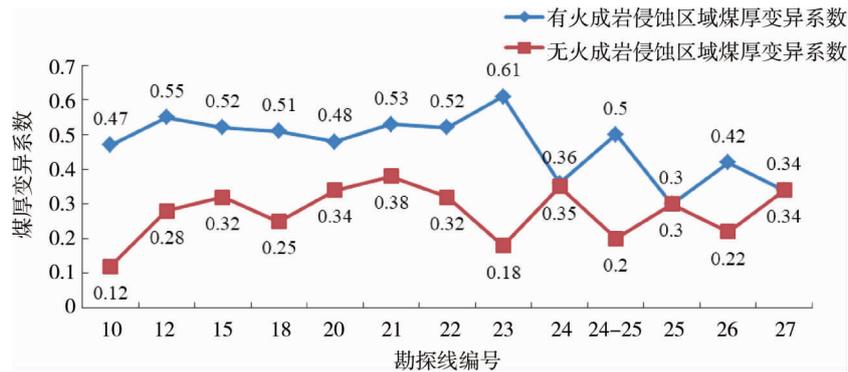


图4 邹庄煤矿 $7_2$ 煤火成岩侵蚀区与无火成岩侵蚀区煤厚变异系数对比分析

## 4 煤层倾角特征分析

### 4.1 煤层倾角变化对瓦斯的控制作用

煤层倾角(底板倾角)是煤层层面与水平面的二面角,根据当前地下开采技术,我国将煤层按倾角分为4类:①近水平煤层(小于 $8^\circ$ );②缓(倾)斜煤层( $8^\circ \sim 25^\circ$ );③中斜煤层( $25^\circ \sim 45^\circ$ );④急(倾)斜煤层(大于 $45^\circ$ ).一般来说,用煤层倾角变异系数 $\alpha$ 及其变化来表征煤层局部褶曲发育情况, $\alpha$ 越大,则表明煤层突出危险性越大(如图5)<sup>[13]</sup>,具体根据式(2)计算.

$$\alpha = \frac{\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}{\bar{x}} \quad (2)$$

式中： $n$ 为测量点数； $\alpha$ 为倾角变异系数； $x_i$ 为某一测量点的倾角； $\bar{x}$ 为统计地区平均倾角。

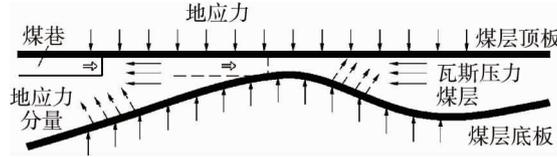


图5 倾角变化引起的瓦斯突出机理示意图

### 4.2 火成岩侵蚀区与非侵蚀区煤层平均倾角的对比分析

火成岩侵蚀的 $7_2$ 煤勘探钻孔平均倾角与未遭受火成岩侵蚀的正常钻孔的平均倾角对比分析如图6所示。

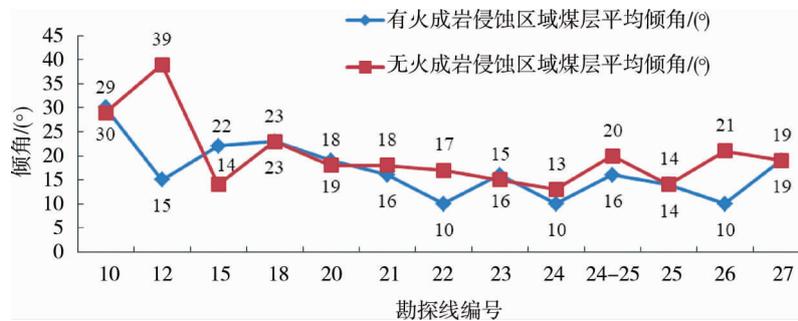


图6 邹庄煤矿 $7_2$ 煤火成岩侵蚀与非侵蚀区煤层平均倾角对比分析

由图6可以看出：遭受火成岩侵蚀区域的 $7_2$ 煤层平均倾角变化区间为 $10^\circ \sim 29^\circ$ ，平均 $17^\circ$ ；未受火成岩侵蚀区域的 $7_2$ 煤层平均倾角变化区间为 $13^\circ \sim 39^\circ$ ，平均 $20^\circ$ ，说明遭受火成岩侵蚀钻孔的煤层变成天然焦、火夹焦或 $7_2$ 煤缺失后，煤层的平均倾角变小，火成岩侵蚀后煤层倾角的变化范围缩小。

### 4.3 火成岩侵蚀区与非侵蚀区煤层倾角变异系数的对比分析

火成岩侵蚀的 $7_2$ 煤勘探钻孔与未遭受火成岩侵蚀的正常钻孔的倾角变异系数对比分析如图7所示。

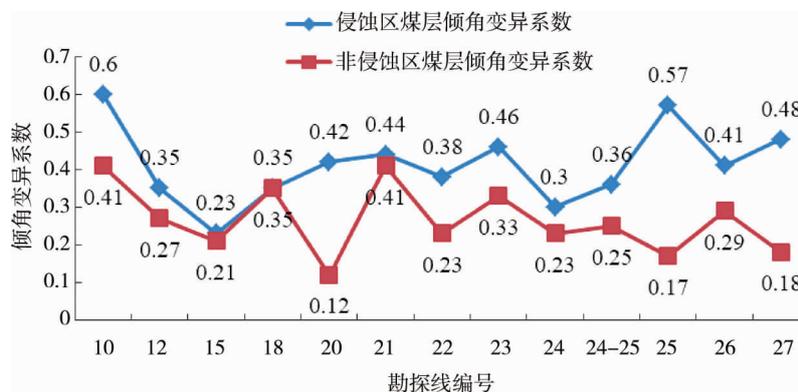


图7 邹庄煤矿 $7_2$ 煤火成岩侵蚀与非侵蚀区煤层倾角变异系数对比分析

由图7可以看出：中组煤 $7_2$ 煤受火成岩侵蚀钻孔的倾角变异系数范围为 $0.23 \sim 0.60$ ，平均 $0.41$ ，非侵蚀钻孔的倾角变异系数范围为 $0.12 \sim 0.41$ ，平均 $0.27$ ，说明岩浆侵入使煤层的倾角变异系数增大，煤层底板由平缓变急倾斜或由急倾斜变平缓的概率增大，突出危险性增高。

## 5 结论

- 1) 火成岩侵蚀导致煤层结构变得复杂,可采面积缩小,可采指数变小,煤层的稳定性降低.
- 2) 火成岩侵蚀后煤层厚度的变化范围明显缩小,煤厚变异系数增大,煤层由厚变薄或由薄变厚的概率增大,突出危险性增高.
- 3) 火成岩侵蚀后煤层倾角的变化范围缩小,其倾角变异系数增大,煤层底板由平缓变急倾斜或由急倾斜变平缓的概率增大,突出危险性增高.

### 参考文献:

- [1] 梁洪军,毕强,曲宝,等.火成岩侵入条件下煤低温氧化特性实验研究[J].煤矿安全,2018,49(8):43-47.
- [2] 檀双英,康永华,刘治国,等.祁东煤矿综采覆岩破坏特征[J].煤炭科学技术,2006,34(9):1-4.
- [3] 吴诗勇,胡宝林,姚多喜,等.祁东煤矿地质构造特征及演变规律[J].兰州大学学报,2010,46:64-67.
- [4] 赵志根,唐修义,黄文辉,等.祁东煤矿岩浆侵入特征研究[J].中国煤炭地质,2009,21(1):27-29.
- [5] 王亮,程远平,聂政,等.巨厚火成岩对煤层瓦斯赋存及突出灾害的影响[J].中国矿业大学学报,2011,40(1):29-34.
- [6] 蔡春城,祝琳,姜奎,等.不同产状侵入岩岩浆岩对煤体的热变质作用研究[J].煤矿安全,2014,45(9):4-8.
- [7] 王金喜,赵子云,赵存良,等.郭二庄井田岩浆侵入对煤层的影响[J].煤矿开采,2011,16(1):101-103.
- [8] 李永高,孙国忠.永夏煤田顺和井田岩浆岩侵入对煤层煤质的影响[J].中国煤炭地质,2008,20(s1):21-22.
- [9] 李昌盛.大同煤系地层中火成岩对煤层的影响研究[J].华北国土资源,2017(2):58-59.
- [10] 李如刚.大淑村矿岩浆侵入对煤层的影响[J].煤炭与化工,2017,40(10):95-96.
- [11] 马良.柳江盆地内岩浆侵入活动对煤层煤质的影响[J].煤炭科学技术,2019,47(8):226-234.
- [12] 李中州.煤厚变化对煤与瓦斯突出危险性的影响[J].煤炭科学技术,2010,38(9):65-67.
- [13] 张睿.基于综合指标分析的煤矿地质构造评价体系[J].煤炭与化工,2017,40(4):9-11.