

文章编号:1671-251X(2016)04-0041-06

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2016.04.010

徐星华,杨嘉怡,杨韶昆.活性水降低工作面瓦斯涌出强度试验研究[J].工矿自动化,2016,42(4):41-46.

活性水降低工作面瓦斯涌出强度试验研究

徐星华¹, 杨嘉怡^{2,3}, 杨韶昆⁴

(1.安阳市主焦煤业有限责任公司,河南 安阳 455141; 2.河南工业大学 科学技术处,河南 郑州 450001; 3.河南理工大学 经济管理学院,河南 焦作 454000; 4.河南理工大学 能源工程学院,河南 焦作 454000)

摘要:为了解决采掘工作面瓦斯超限问题,根据采掘工作面落煤中的瓦斯压力和暴露时间关系,在实验室采用甲烷吸附-解吸装置进行了颗粒煤的前置浸入与后置浸入活性水与纯水2种状态下的瓦斯吸附-解吸对比试验,并在某煤矿井下3个掘进工作面落煤中进行了喷洒活性水与纯水的瓦斯解吸对比试验。结果表明,活性水对颗粒煤前置浸入与后置浸入均具有相同的抑制瓦斯解吸作用;在掘进工作面落煤中喷洒活性水,其瓦斯解吸量相比纯水可降低53.56%~54.76%,初期最大瓦斯涌出速度可降低54.42%~71.29%;在低水压、大流量条件下注入或喷洒活性水比纯水更有利于延缓和降低瓦斯涌出。

关键词:工作面瓦斯涌出;瓦斯吸附与解吸;表面活性剂;活性水

中图分类号:TD712

文献标志码:A

网络出版时间:2015-12-04 15:39

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20151204.1539.010.html>

Experimental study on decrease of gas gush strength led by active water

XU Xinghua¹, YANG Jiayi^{2,3}, YANG Shaokun⁴

(1.Anyang Main Coke Coal Mining Co., Ltd., Anyang 455141, China; 2.Science and Technology Department, Henan University of Technology, Zhengzhou 450001, China; 3.School of Economics and Management, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454000, China; 4.School of Energy Science and Engineering, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454000, China)

Abstract: To solve gas overload problem in mining face, the relationship between gas pressure and exposure time in falling coal of mining face was analyzed. A series of methane absorption-degradation comparison experiments on immersed coal particles praevia and rear in active water and pure water were carried out by use of a methane absorption-degradation equipment in laboratory. Follow on, comparison experiments on methane desorption by spraying active water and pure water were carried out in falling coal of three driving faces in a coal mine. In conclusion, active water has the same gas desorption effect on both praevia and rear immersed coal particles. By spraying active water solution in falling coal of driving face, the methane desorption degree can be reduced 53.56%-54.76% than that of pure water. And the maximum gas inrush velocity in the beginning decreases 54.42%-71.29% than that of pure water. It is found that injecting or spraying active water under low pressure and high flow conditions is even conducive to postpone gas gush and decrease gush strength.

Key words: gas gush in mining face; methane absorption and desorption; surfactant; active water

收稿日期:2015-11-10;修回日期:2016-03-16;责任编辑:李明。

基金项目:国家重点基础研究发展计划“973”项目(2006CB202204);国家自然科学基金资助项目(51274090150974056)。

作者简介:徐星华(1967—),男,河南南阳人,工程师,现从事煤矿生产与安全管理工, E-mail: pdsxxh@yeah.net。

0 引言

煤层注水防尘、防自然发火、防治煤与瓦斯和冲击地压已在中国煤矿得到广泛应用。理论与实践表明,只有当煤体中水分达到4%以上才能起到防治瓦斯作用。实际应用中,由于煤的表面自由能较低、透水性较差,使得煤体难以均匀润湿,很难达到预期效果。为了有效提高对煤体的湿润能力,许多学者对水中添加表面活性剂降低瓦斯涌出强度进行了探索试验。朱锴^[1]、张晓宇^[2]选取了安阳鑫龙红岭矿等5个不同地区的煤样,按照前置浸入方法,进行了喷洒表面活性剂溶液和纯水的原煤样瓦斯吸附-解吸量试验,认为表面活性剂溶液能较大幅度地降低瓦斯解吸量,起到封堵作用。程五一等^[3]按照前置浸入方法,进行了喷洒表面活性剂溶液和纯水的原煤样瓦斯吸附-解吸量试验,试验表明颗粒原煤经喷洒表面活性剂溶液后,瓦斯涌出量可降低10%~40%。陈绍杰等^[4]利用自制的吸附-注水-解吸试验装置,将原煤加压制作成圆柱形煤样,按照后置浸入方法,开展了成型煤注入表面活性剂溶液和纯水的瓦斯吸附-解吸量试验,得出了成型煤样注入表面活性剂溶液比注入纯水时瓦斯解吸量小的结论。现有研究一方面仅限于实验室内通过解吸试验进行纯水与活性水溶液抑制瓦斯涌出的对比定性分析^[5-6],没有紧密结合采掘工作面落煤的客观实际,深入探讨瓦斯压力、含水率与瓦斯解吸量三者的定量关系,缺乏对现场应用的理论指导性;另一方面仅限于在实验室内进行瓦斯解吸对比试验,没有将试验结果应用到采掘工作面进行考察验证,缺乏与现场实际相结合的实践性。鉴此,笔者紧密结合采掘工作面落煤的客观条件,通过自主研发的瓦斯等温吸附-解吸试验装置,在实验室对比考察了纯水与活性水对颗粒煤的前置浸入与后置浸入2种状态下的瓦斯吸附-解吸效应,对比考察了不同瓦斯压力、不同含水率与瓦斯解吸量之间的定量关系,得到了活性水比纯水能够更加有效地降低和延缓瓦斯涌出的理论依据,并在安阳市主焦煤业公司3个综掘工作面进行了现场对比验证,得出了在掘进工作面落煤中喷洒活性水比纯水能够更有效降低和延缓瓦斯涌出的结论。

1 实验室对比试验

1.1 试验目的

为了更加真实地模拟考察纯水和活性水抑制工

作面落煤的瓦斯涌出效果,本文在实验室对比分析了颗粒煤注入纯水和活性水后的瓦斯吸附-解吸试验。试验中选择城市自来水与0.2%的十二烷基苯磺酸钠(SDBS)+0.1%的无水硫酸钠(Na_2SO_4)复配的活性水作为注水介质。试验设定的瓦斯吸附压力和解吸时间尽量接近工作面落煤的瓦斯压力和停留时间。设定的瓦斯吸附平衡压力均低于突出煤层的极限压力0.74 MPa,瓦斯解吸时间为60 min(相当于煤炭自采落到运出工作面所用的时间)。

1.2 试验装置与方法

(1) 煤样制备。为使试验结果具有可比性,试验煤样均同时取自安阳市主焦煤业公司埋深500 m左右的二₁煤层。在采掘工作面采集新鲜暴露大块煤样,经过实验室混合破碎、筛分,选取粒度为0.5, 0.25, 0.2 mm的颗粒煤,按2:1:1进行配比混合均匀后作为试验煤样。然后利用红外干燥箱,在105℃下持续干燥颗粒煤24 h,直至质量不再变化。试验中每一个装罐煤样均为干燥后的混合颗粒煤200 g。

(2) 活性水溶液制备。试验前,按照煤样设定的含水率和浓度,按比例分别用分度值为0.1 mg的光学读数分析天平称量纯水和表面活性剂,将称量好的试剂倒入干燥容器中,然后加入称量的纯水搅拌,配制到所需浓度。每次配制的溶液量大于试验用量的2倍。

(3) 试验装置。经过自主研发,在实验室建立了煤样瓦斯等温吸附-解吸试验装置。该装置主要由充气系统、瓦斯吸附-解吸系统、低压注水系统、恒温水浴系统和抽真空系统组成,如图1所示。各部件之间通过DN15钢管连接,试验前进行严格的气密性检查,瓦斯吸附-解吸系统中吸附罐、充气罐及管线的自由体积事先进行了标定。选用600 mL充气罐、1 000 mL煤样罐、YB-150型0.25级精密气压表、MD-3瓦斯解吸仪(解吸精度为2 mL)。抽真空系统的真空计最低真空为0.1 Pa,真空泵极限压力不大于0.02 Pa。低压注水系统采用SB-10型注水泵,最大加压1 MPa。恒温水浴系统控温精度为 ± 0.05 ℃。气体流量计选用VNSBL型煤气流量计,现场液晶显示瞬时流量和累计流量,精度等级为0.01级。液体流量计选用VNLUGB型水流量计,液晶显示瞬时流量和累计流量,精度等级为0.01级。气体流量计和液体流量计公称压力为0~4 MPa,流量范围均为0.01~100 m³/h,并可进行远程控制。

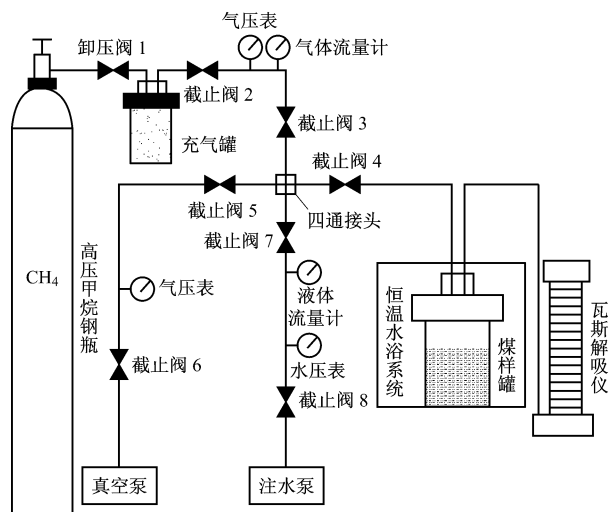


图1 煤样瓦斯等温吸附-解吸试验装置结构

(4) 试验方法。按照水与瓦斯进入煤体的先后顺序不同,设计了前置浸入和后置浸入2种试验方案,即煤样吸附瓦斯前注水为前置浸入试验,煤样吸附瓦斯后注水为后置浸入试验。

根据试验方案,分别进行了颗粒煤的前置浸入和后置浸入2种状态下,不同瓦斯吸附平衡压力、不同含水率、不同注水压力条件下的瓦斯吸附-解吸试验,共进行了2批21组39个煤样的测试。根据采掘工作面的实际情况,每批试验设定3个瓦斯吸附平衡压力,分别为0.3、0.5、0.7 MPa,每个压力条件下的试验按照颗粒煤的含水率为2%、4%、6%又分成3组。每组煤样试验均在相同瓦斯吸附压力、相同含水率下进行,以对比考察相同条件下颗粒煤注入纯水和活性水后的瓦斯解吸效应。试验均在25℃恒温条件下进行。

第一批(后置浸入)试验步骤:①用分析天平按照设定重量称取烘干冷却后的颗粒煤样放入煤样罐中,然后连接管路进行气密性检查后关闭所有截止阀。打开抽真空系统截止阀5、截止阀6进行煤样抽真空脱气,观察气压表读数,当真空压力降至20 Pa以下时关闭截止阀5,完成煤样抽真空脱气。②打开充气系统卸压阀1、截止阀2,关闭截止阀3,向充气罐内充入体积分数为99.99%的甲烷,观察气压表读数,当气压表读数达到事先设定的瓦斯吸附平衡压力时立即关闭卸压阀1,然后打开截止阀3、截止阀4,向煤样罐中充入甲烷气体,观察气压表和气体流量计的读数,当气压表读数低于设定的瓦斯吸附压力时,继续重复上述过程,直至瓦斯压力值30 min内变化小于0.001 MPa时,记录瓦斯吸附量,保持吸附平衡时间不少于24 h。③关闭瓦斯

吸附平衡系统,将称量好的纯水或配制的活性水倒入干燥容器中。然后关闭截止阀7,打开注水泵和截止阀8,观察水压表读数,当水压表读数上升到设定的注水压力时,打开截止阀7,观察液体流量计累计流量。当液体流量计的读数达到设定的注水量时,立即关闭截止阀8并保持24 h。④连接煤样罐与解吸装置进行常压解吸,解吸时间为60 min。记录室温和大气压力,将实测瓦斯解吸量换算成标准状态下的体积。

第二批(前置浸入)试验步骤:①用分析天平按照煤样事先设定的含水率和浓度,称量烘干冷却后的颗粒煤样质量以及纯水或配制好的活性水质量。②将颗粒煤样放入煤样罐中,倒入纯水或配制好的活性水,密闭煤样罐的封口盖,连接管路进行气密性检查后关闭所有截止阀。③重复第一批试验中的抽真空和瓦斯吸附平衡与解吸步骤。④设定解吸时间为60 min,并记录常压解吸时的室温和大气压力,将实测瓦斯解吸量换算成标准状态下的体积。

1.3 试验结果分析

2批瓦斯吸附-解吸试验结果见表1、表2。

对比表1、表2可知:

(1) 无论是前置浸入还是后置浸入,在相同试验条件和相同解吸时间内,注纯水煤样的瓦斯解吸量均比注活性水煤样的瓦斯解吸量大。前置浸入与后置浸入活性水对颗粒煤的瓦斯解吸量影响不大,即在瓦斯吸附压力、含水率相同的条件下,无论是自然吸水(前置浸入)还是低压注水(后置浸入),颗粒煤的瓦斯解吸量或解吸率基本相近,说明对于含瓦斯煤体来说,超前注入活性水或滞后喷洒活性水,对煤体具有相同的抑制瓦斯涌出作用。

(2) 从瓦斯压力上看,吸附平衡压力对煤样的瓦斯吸附量影响较大,无论是干燥或湿润的颗粒煤,瓦斯吸附量均随着吸附平衡压力的增大而增大。在同一瓦斯吸附平衡压力下,浸入活性水的颗粒煤的瓦斯解吸量均比浸入纯水的颗粒煤的瓦斯吸附量小,说明活性水湿润煤体后,水分子更加有效地进入到煤样的细微孔隙,占据了瓦斯的吸附空间,有效减小了颗粒煤的瓦斯吸附量。

(3) 从含水率上看,颗粒煤的含水率对瓦斯解吸量影响较大,即颗粒煤的瓦斯解吸量随着含水率增大而减小。在同一瓦斯吸附平衡压力下,含水率较高的颗粒煤的瓦斯解吸量均比含水率较低的颗粒煤的瓦斯解吸量明显减少。增大活性水的注入量对封堵颗粒煤的瓦斯释放作用明显,更有利于降低或

表 1 第一批(后置浸入)试验结果

瓦斯吸附平衡 压力/MPa	注水压力/ MPa	注入介质	含水率/ %	瓦斯吸附量/ (mL·g ⁻¹)	瓦斯解吸量/ (mL·g ⁻¹)	解吸率/ %	解吸量下降 幅度/ %
0.3	0.6	干燥煤	0	25.20	7.56	30.0	—
		纯水	2	25.20	5.30	21.0	27.9
		活性水		25.20	3.82	15.2	
		纯水	4	25.20	4.61	18.3	45.3
		活性水		25.20	2.52	10.0	
		纯水	6	25.20	4.31	17.1	55.2
		活性水		25.20	1.93	7.7	
0.5	1.0	干燥煤	0	28.36	8.51	30.0	—
		纯水	2	28.36	7.21	25.4	26.1
		活性水		28.36	5.33	18.8	
		纯水	4	28.36	6.51	23.0	33.5
		活性水		28.36	4.43	15.6	
		纯水	6	28.36	5.10	18.0	35.7
		活性水		28.36	3.28	11.6	
0.7	1.4	干燥煤	0	32.13	9.64	30.0	—
		纯水	2	32.13	8.88	27.6	31.0
		活性水		32.13	6.13	19.1	
		纯水	4	32.13	7.53	23.4	32.5
		活性水		32.13	5.08	15.8	
		纯水	6	32.13	6.21	19.3	35.4
		活性水		32.13	4.01	12.5	

延缓颗粒煤的瓦斯涌出。对比颗粒煤浸入纯水与活性水后的瓦斯解吸量下降幅度后发现,当注水压力为 0.6 Mpa、含水率为 6%时,浸入活性水比纯水时瓦斯解吸量下降幅度最为显著,为 55.3%,说明采取大水量、低水压注入活性水更加有利于降低颗粒煤的瓦斯解吸强度。

2 现场对比试验

由于采掘工作面落煤的瓦斯涌出既无瓦斯补给源,又不受矿压控制^[7],所以在瓦斯涌出衰减过程中无较大波动,其涌出强度仅与落煤的停留时间和煤体内的瓦斯压力或含量有关。因此,现场试验中采用瓦斯含量法来对比考察喷洒活性水与纯水后落煤中的瓦斯解吸效应,以评价活性水抑制落煤中的瓦斯涌出效果。

2.1 试验地点

试验地点选择在安阳市主焦煤业公司 22101 运输巷、22602 回风巷、22602 运输巷 3 个综掘工作面,取样地点均选择在巷道施工到煤层厚度稳定区域。现场试验均选择 0.2% 的十二烷基苯磺酸钠(SDBS)+0.1% 的无水硫酸钠(Na₂SO₄)复配的活性水和矿用地下水作为喷洒介质。

2.2 试验方法

首先在掘进机头部安装喷淋装置,在掘进机尾部放置 2 个容积为 100 L 的铁皮桶,并安装BQS140-100/5-75 下吸式大流量矿用潜水泵构成临时喷淋系统。试验中,根据单刀掘煤质量按照 6%的含水率计算出一次性喷洒溶液的质量。每进刀一次采集一个煤样,每个掘进工作面连续推进 3 刀,采集 3 个喷洒不同介质的煤样。第一次进刀时关闭喷淋装置,直接采集掘进原煤作为试验煤样;第二次进刀时打开喷淋装置,向落煤中直接喷洒纯水,采集喷洒纯水后的落煤作为试验煤样;第三次进刀时,向落煤直接喷洒活性水,采集喷洒活性水后的落煤作为试验煤样。为了使研究结果更加符合实际情况,现场采集煤样时,对煤样粒度不加分选,直接将落煤装入煤样罐中,利用 MD-3 瓦斯解吸仪进行瓦斯解吸测定。解吸测定时间为 60 min。为了减少煤样装罐前的瓦斯损失,从落煤到装罐密封时间控制在 5 min 内。为了更好显示对比效果,试验中采用质量为 2 kg 以上的大剂量煤样。

2.3 试验结果分析

每个工作面采集 3 个煤样,共采集 9 个煤样。经现场瓦斯解吸测定,结果见表 3;将测定结果绘制

表 2 第二批(前置浸入)试验结果

瓦斯吸附平衡 压力/MPa	注入介质	含水率/%	瓦斯吸附量/ (mL·g ⁻¹)	平均瓦斯吸附 量/(mL·g ⁻¹)	瓦斯解吸量/ (mL·g ⁻¹)	解吸率/%	解吸量下降 幅度/%
0.3	干燥煤	0	25.20	25.20	7.56	29.7	—
		2	23.16		5.32	22.9	
		4	23.29	23.53	4.91	21.1	
	纯水	6	23.61		4.32	18.3	
		2	22.91		3.92	17.1	
		4	22.09	22.04	2.62	11.9	
0.3	活性水	6	21.12		1.97	9.33	41.5
		2	22.91		3.92	17.1	
		4	22.09	22.04	2.62	11.9	
	干燥煤	6	21.12		1.97	9.33	
		2	22.91		3.92	17.1	
		4	22.09	22.04	2.62	11.9	
0.5	干燥煤	0	28.36	28.36	8.51	30.0	—
		2	26.84		7.23	27.0	
		4	26.91	26.91	6.61	24.6	
	纯水	6	26.99		5.13	19.0	
		2	25.42		5.35	21.0	
		4	24.14	24.40	4.63	19.2	
0.5	活性水	6	23.63		3.38	14.3	29.6
		2	25.42		5.35	21.0	
		4	24.14	24.40	4.63	19.2	
	干燥煤	6	23.63		3.38	14.3	
		2	25.42		5.35	21.0	
		4	24.14	24.40	4.63	19.2	
0.7	干燥煤	0	32.13	32.13	9.64	30.0	—
		2	29.31		8.98	30.6	
		4	28.84	29.04	7.73	26.8	
	纯水	6	28.96		6.23	21.5	
		2	27.06		6.33	23.4	
		4	26.13	26.38	5.18	19.9	
0.7	活性水	6	25.96		4.09	15.8	32.0
		2	27.06		6.33	23.4	
		4	26.13	26.38	5.18	19.9	
	干燥煤	6	25.96		4.09	15.8	
		2	27.06		6.33	23.4	
		4	26.13	26.38	5.18	19.9	

成柱状图,如图 2 所示。

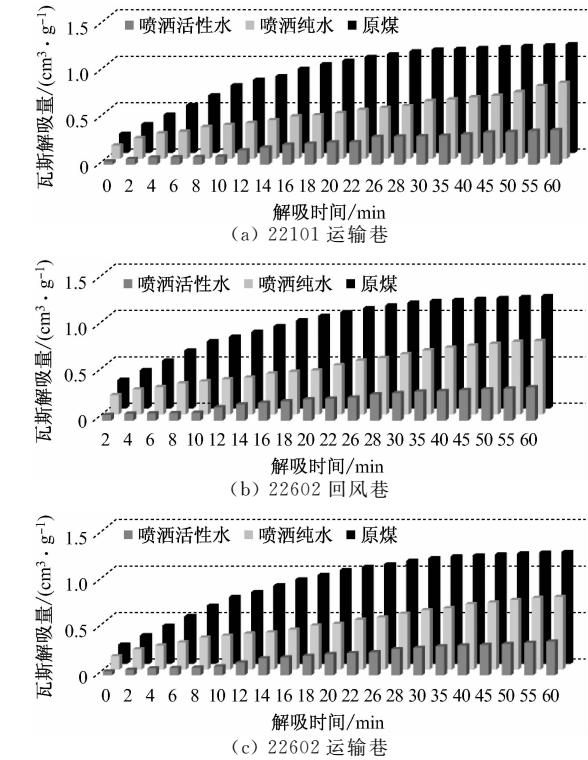


图 2 各巷道掘进落煤喷洒不同介质后累计瓦斯解吸量

从图 2 可看出,在工作面落煤中喷洒活性水比

喷洒纯水对颗粒煤的瓦斯解吸量和解吸速度的影响更大。喷洒活性水比喷洒纯水的煤样瓦斯解吸量在 60 min 内可降低 53.56%~54.76%,初期最大瓦斯涌出速度可降低 54.42%~71.29%。现场试验结果充分说明,在井下掘进工作面喷淋系统中加入活性水更加有利于延缓落煤中的瓦斯涌出,从而有利于避免掘进工作面瓦斯超限。

3 结论

(1) 由于落煤的瓦斯涌出是工作面瓦斯超限的主要瞬间来源,根据对采掘工作面瓦斯涌出来源的统计可知,落煤释放的瓦斯往往占工作面瓦斯总量的 30%~50%,是造成工作面瓦斯超限的主要原因,且瓦斯超限的高发期一般发生在煤从煤壁采落后的 0~20 min 内。因此,根据试验所获得的活性水比纯水能够更加有效地降低瓦斯解吸量和延缓瓦斯释放速度的结论,可以在采掘工作面推广喷洒活性水降低瓦斯涌出强度技术措施,以防止工作面瓦斯超限。

(2) 根据实验室试验结果可知,高含水率、低压注入或喷洒活性水更加有利于降低颗粒煤的瓦斯涌出强度。工程应用中,可以在工作面采取超前大流

表 3 原煤、喷洒纯水、喷洒活性水 60 min 内的瓦斯解吸量测定结果

解吸时 间/min	22101 运输巷瓦斯解吸量/(cm ³ ·g ⁻¹)			22602 回风巷瓦斯解吸量/(cm ³ ·g ⁻¹)			22602 运输巷瓦斯解吸量/(cm ³ ·g ⁻¹)		
	原煤	喷洒纯水	喷洒活性水	原煤	喷洒纯水	喷洒活性水	原煤	喷洒纯水	喷洒活性水
0	0.206 5	0.183 2	0.053 4	0.202	0.153 9	0.053 8	0.204 3	0.173 9	0.053 6
2	0.309 7	0.223 2	0.061 3	0.302 9	0.207 7	0.061 2	0.305 1	0.217 7	0.061 3
4	0.413	0.274 9	0.076 6	0.406 2	0.267 6	0.075 8	0.405 9	0.257 6	0.074 9
6	0.516 3	0.294	0.079 6	0.508 3	0.293 6	0.078 9	0.506 7	0.290 6	0.079
8	0.621 3	0.342 9	0.081 6	0.616	0.332 5	0.081 8	0.617 5	0.342 5	0.082 7
10	0.729 6	0.366 5	0.086 6	0.712 1	0.353 5	0.085 8	0.711 3	0.363 5	0.096 3
12	0.788 2	0.385 4	0.153 2	0.762 6	0.375 5	0.141 7	0.762 1	0.385 5	0.137 7
14	0.827 6	0.416 5	0.182 7	0.812 7	0.393 6	0.173 8	0.831 9	0.398 6	0.181 7
16	0.906 7	0.458 2	0.214 5	0.873 6	0.435 5	0.191 7	0.897 9	0.425 5	0.190 8
18	0.956 5	0.471 3	0.225 3	0.934 2	0.455 5	0.208 3	0.943 9	0.471 5	0.207 6
20	0.995 6	0.493 8	0.239 8	0.983 2	0.469 4	0.227 5	0.995 3	0.489 4	0.226 6
22	1.036 3	0.528 2	0.241 8	1.023 3	0.524 8	0.235 8	1.026 3	0.531 8	0.235 6
26	1.066 1	0.549 7	0.299 8	1.063 4	0.575 4	0.246 1	1.058 3	0.556 1	0.245 9
28	1.095 1	0.571 6	0.302 9	1.093 5	0.601 3	0.278 7	1.096 7	0.596 3	0.279 7
30	1.115	0.623 9	0.306 4	1.123 1	0.642 2	0.293 3	1.122 6	0.635 2	0.293 2
35	1.121 3	0.641 5	0.312 3	1.142 9	0.683 5	0.309 3	1.142 7	0.654 5	0.310 2
40	1.131 5	0.665 3	0.326 4	1.153	0.713 4	0.314 3	1.152 2	0.697 4	0.318 2
45	1.141 6	0.681 3	0.346 1	1.163 1	0.734 2	0.324 3	1.163 2	0.714 2	0.324 2
50	1.151 7	0.721 5	0.351 8	1.172 8	0.753 3	0.334 2	1.172 6	0.743 2	0.334 2
55	1.161 5	0.785 7	0.363 2	1.182 5	0.773 4	0.341 4	1.182 6	0.764 2	0.345 3
60	1.171 9	0.821 2	0.372 3	1.192 7	0.783 8	0.354 6	1.189 1	0.774 8	0.359 8

量、低压注入或喷洒活性水的方法来降低或延缓工作面落煤的瓦斯涌出强度。

(3) 颗粒煤前置浸入或后置浸入活性水,在相同时间内的瓦斯解吸量相近,具有相同的抑制瓦斯涌出效果。工程应用中,可根据现场实际情况分别采取超前工作面注入活性水或滞后落煤中喷洒活性水来防治工作面瓦斯涌出。

参考文献:

[1] 朱锴. 表面活性剂降低瓦斯涌出的实验研究[D]. 北京:中国地质大学,2010.

[2] 张晓宇. 表面活性剂湿润煤体的研究[D]. 北京:中国地质大学,2010.

[3] 程五一,裴晶晶,朱锴. 表面活性剂降低颗粒煤瓦斯涌出量初步实验研究[J]. 华北科技学院学报,2007,4(4):1-5.

[4] 陈绍杰,金龙哲,陈学习,等. 添加表面活性剂注水对煤体解吸瓦斯的影响分析[J]. 矿业安全与环保,2013,40(6):12-14.

[5] 吴超,古德生. Na₂SO₄ 改善阴离子表面活性剂湿润煤尘性能的研究[J]. 安全与环境学报,2001,1(2):45-48.

[6] 张国华,梁冰. 渗透剂溶液侵入对瓦斯解吸速度影响实验研究[J]. 中国矿业大学学报,2012,41(2):200-204.

[7] 屈世甲. 矿井工作面突出危险性与瓦斯涌出特征回归分析的研究[J]. 工矿自动化,2015,41(5):74-77.