

工作面采空区瓦斯易爆区域判定

王志强

(山西兰花科技创业股份有限公司唐安煤矿分公司)

摘 要:采用理论分析与试验室研究相结合的方法对采空区瓦斯爆炸区域划分进行了研究。研究分为2部分:一是以通风对采空区瓦斯的携带作用为理论基础,用烟气作为示踪气体在自制的采空区瓦斯流场试验台上进行相似模拟试验,根据示踪气体在采空区的分布情况划分“强流区”的范围;二是以渗流和扩散理论为基础,采用自制的瓦斯运移装置进行试验,根据 CH_4 的运移速度来确定“渗流区”的范围。同时结合现场实际情况,由于开采造成的上覆岩层跨落和地面塌陷形成对采空区瓦斯流场的扰动和挤压,使得采空区瓦斯流动可能产生瓦斯爆炸。因此结合自燃引爆瓦斯的观点和“U”型发火区理论可以确定采空区“瓦斯易爆区”主要存在于“渗流区”上下两巷的冒落带内。

关键词:示踪气体;强流区;渗流区;非渗流区;采空区瓦斯易爆区

采空区是唯一能够存储大量游离态瓦斯的区域,所以采空区是存在瓦斯事故隐患的重要区域之一。多年来由于瓦斯爆炸事故的突发性、不确定性,严重威胁着我国煤矿的安全生产和矿工的生命。通过对煤矿瓦斯事故^[1]的调研可以得出:特大瓦斯爆炸事故主要发生在采空区。因此采空区瓦斯爆炸引起了国内外众多学者的关注^[2-3];采空区自燃的研究^[4-5],瓦斯爆炸的火源的研究^[6-7],采空区瓦斯的分布规律的研究^[8-9]等,虽然取得了一定的成果,但是采空区瓦斯爆炸事故还没有根除,主要是采空区瓦斯爆炸危险区域判定不清楚。

根据瓦斯爆炸的主要条件(瓦斯浓度和引爆火源)对采空区易爆区域进行了试验研究。采空区距离工作面较近的区域,矿山压力显现不是很明显,形成的孔隙率高,因此主要受工作面通风的携带作用,将大部分瓦斯通过回风巷排出采空区,将采空区内主要受工作面通风影响而降低瓦斯浓度的区域称为“强流区”,该区域瓦斯浓度比较低,一般不会产生瓦斯灾害。当采空区向远离工作面的方向距工作面的距离越跨落岩体形成的孔隙率就越小,同时工作面的通风对其影响也就越小,所以采空区内“强流区”向远离工作面的方向延伸瓦斯运移主要靠本身的渗

流和扩散方式,将采空区瓦斯靠本身渗流和扩散转移的区域称为“渗流区”,该区域的瓦斯浓度相对较高,空气也能渗流进去,遇到火源易产生瓦斯灾害。在采空区内部还有一部分瓦斯相对静止,基本不会与空气进行交换,将该区域成为“非渗流区”,该区域瓦斯浓度虽然较高,但一般不会产生瓦斯灾害。

基于此,对工作面采空区瓦斯三区进行了划分,并对瓦斯易爆危险区域进行了判定。

1 采空区强流区的分析

以通风的携带理论和实验室相似模拟相结合的方法,运用自制的采空区流场分布试验台以烟气做为示踪气体对采空区流场分布规律进行相似模拟实验(如实验理图1,采空区模型长220cm、宽180cm、高10cm,其中装入矸石模型,经过测量形成的孔隙率为25.8%。在风机的作用下模拟工作面进风速度为1.29m/s,通过补偿微压计测压差来计算风速),即先开风机2min使采空区模型内形成流场,再通入烟气,观测和记录风流对烟气携带作用产生的流场分布情况,形成了“强流区”,如图2。在实际生产中由于顶板受液压支架的支撑作用,离工作面较近的顶板来压不明显,所以距离工作面比较近的采空区压实程度低,形成的孔隙率比较高,因此该区域内瓦斯浓度变化受通风影响大,即该区域在通风的携带作用下,大量瓦斯被排出,其浓度低于瓦斯爆炸浓度的下限,一般情况下不会产生瓦斯爆炸。

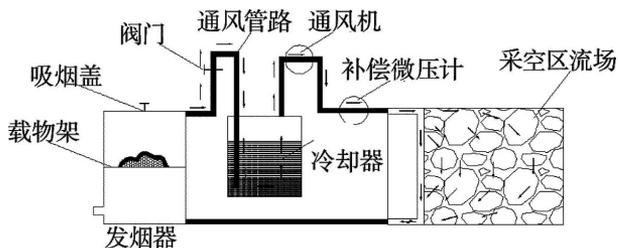


图1 强渗流实验原理图

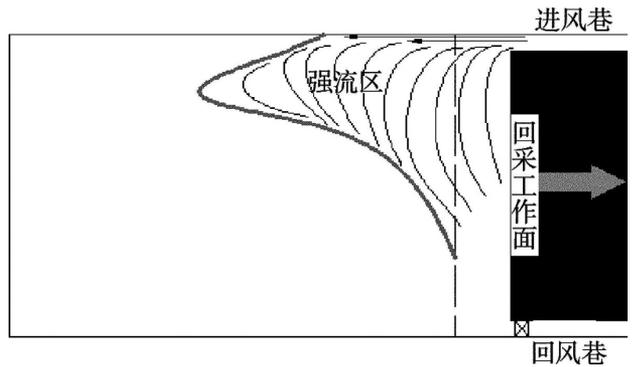


图2 强流区示意图

2 采空区渗流区的分析

但是由工作面继续向采空区延伸,受上覆岩层的作用,顶板来压显现越来越严重,导致孔隙率逐渐降低,工作面的通风对采空区瓦斯分布规律基本不产生影响,主要是瓦斯自身的渗流和扩散作用,瓦斯从煤体中渗透出来沿着采空区的孔隙进行渗流和扩散,最终形成“渗流区”,在实际生产中该区域的瓦斯运动速度相对较慢,浓度较高在瓦斯爆炸界限内。根据相似原理在实验室采用自制的瓦斯运移检测装置,如图3(长为10m,直径为0.5m)。检测仪器为气相色谱仪。

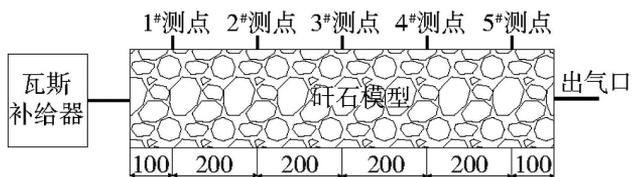


图3 瓦斯渗流实验装置示意图

先以装置内不装矸石模型的条件下进行实验,通过瓦斯补给器给装置内注入瓦斯,同时用气相色谱仪对1#~5#检测口进行瓦斯浓度的检测并对其取平均值。然后分别装入不同粒度的矸石模型,形成的孔隙率分别为30%、25.8%、20.5%进行实验。

经过实验检测得到数据分别计算不同孔隙率下瓦斯渗流的速度见表1。根据表1可以看出瓦斯自

身的渗流扩散速度会随着孔隙率的降低而降低,主要是因为缝隙率降低后瓦斯渗流扩散的阻力增加。

表 1 瓦斯渗流速度与孔隙率的数据

孔隙率/%	100	30	25.8	20.5
瓦斯渗流速度/ (mm·min ⁻¹)	400	53.3	44.9	40

3 采空区非渗流区的分析

采空区再往里延伸的区域主要受顶板垮落规律(当老顶初次跨落后,随着回采工作面的推进,其断裂形式如图4的周期断裂发展过程)的影响,基本呈压实状态,空气基本不会渗透进去,因此瓦斯基本不会产生运动把该域内称为“非渗流区”,在实际生产中虽然该区域瓦斯浓度最高,但是空气浓度达不到爆炸界限因此不会产生瓦斯爆炸。

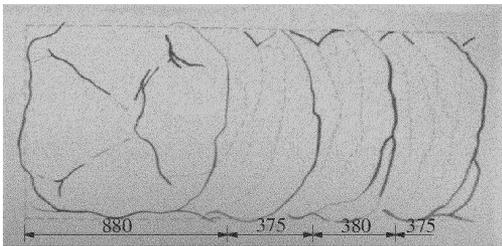


图 4 采空区老顶断裂过程

4 采空区瓦斯爆炸区域的划分

根据上述研究可以将采空区瓦斯流场分3区:“强流区”、“渗流区”和“非渗流区”,如图5。

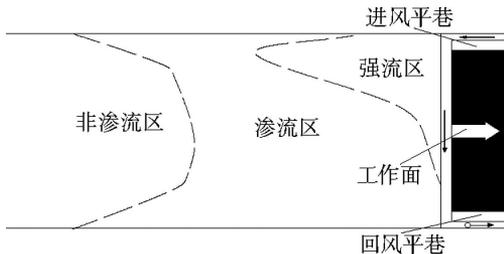


图 5 采空区瓦斯流场“三区”划分示意图

由上述采空区瓦斯流场的划分可以得知:①强流区主要受通风的影响瓦斯浓度低于瓦斯爆炸浓度;②渗流区主要是瓦斯渗流扩散形成,瓦斯浓度在爆炸范围内;③非渗流区基本不会发生瓦斯爆炸。结合自燃引爆瓦斯的观点^[10]和“U”型发火区理论^[11],可以确定采空区瓦斯易爆炸点主要存在于“渗流区”上下两巷的冒落带内,如图6。

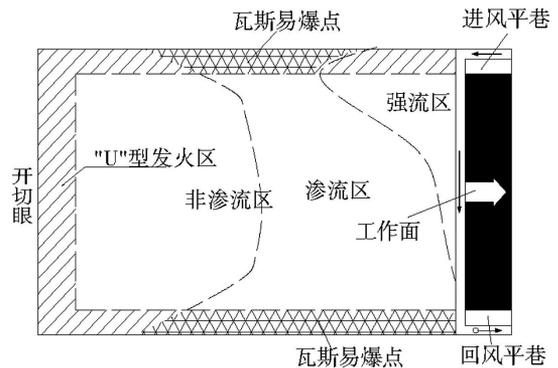


图 6 采空区瓦斯易爆区域划分示意图

随着工作面向前推进,在矿山压力的作用下产生:顶板跨落,顶板跨落的过程中会对采空区瓦斯流场造成扰动,“渗流区”和“非渗流区”的瓦斯在受扰动的过程中遇到火源就会产生瓦斯爆炸;由于岩层移动的传播会导致,地面成规律性的塌陷,在地面塌陷时会造成“非渗流区”内的瓦斯向工作面运移,在流动过程中遇到火源就会产生爆炸。

5 结论

1)采空区无煤炭自燃则没有火源,因此不易产生瓦斯爆炸。

2)采空区瓦斯流场可以划分为:“强流区”、“渗流区”和“非渗流区”3区,其中“渗流区”瓦斯浓度为瓦斯可爆范围内,采空区“瓦斯易爆炸点”主要存在于“渗流区”上下两巷的冒落带内。

3)地面塌陷造成对采空区“非渗流区”的瓦斯受挤压,流向工作面可能会产生瓦斯爆炸。(下转第 19 页)

名称	序号	型号	流量	介质	温度		压力		电动机		数量	单位	材质	重量	备注
					进口	出口	入口	出口	型号	功率					
脱 销 系 统	脱销剂分配箱	1000*500*2200mm		NH3							2	套	304		
	SCR反应器	4000*2500*8000mm	120000m ³ /h	NH3、NOX、SO2、颗粒物	240-280	240-280					2	套	Q235-B	15756	内装催化剂
	电动葫芦		2t								3	2	套		
	小苏打料仓	容积:2m ³		NaHCO3	室温	室温						2	台	Q235	
	研磨机	10-100kg/h D90:20-30um	20kg/h	NaHCO3								2	套	碳钢	
	喂料斗	120L		NaHCO3								2	套	304	
	定量喂料螺旋机	10-50kg/h		NaHCO3						0.75	2	套	304		
	研磨电机									11	2	套			
	分级轮电机									3	2	套			
	输送风机	KS2右90	750Nm ³ /h	NaHCO3				0.01		11	2	套			
	加药筒			COCO3、丙二醇							2	套	PE		
	液位计量泵									0.025	2	套			
	电动葫芦		2t							3	2	套			
	SDS反应器	Φ1420*32m	120000m ³ /h	NH3、NOX、SO2、颗粒物							2	台	碳钢		
	引风机	2250BSBD50	120018-157007m ³ /h	脱硝后的烟气	120	120	0.0065	0.0068			2	套	机壳:Q235叶轮:Q355	12500	全开
	配套电机								YKK450-6	400	2	套		3900	全开
	空压机		3.45m ³ /min	空气	室温			0.8	BK22-82G	22	1	套			
储气罐	1m ³	1m ³	空气				0.8			1	套	Q345R	150		
冷干机		3.6Nm ³ /h	空气				0.8		0.9	1	套				

主要配置设备参数及工艺参数表

(上接第6页)

参考文献:

[1] 安明燕, 杜泽生, 张连军. 2007-2010年我国煤矿瓦斯事故统计分析[J]. 煤矿安全, 2011, 42(5): 177-179.

[2] 何利文, 施式亮, 宋译, 等. 回采工作面瓦斯涌出的复杂性及其度量[J]. 煤炭学报, 2008, 33(5): 547-550.

[3] 潘荣锟, 程远平, 余明高, 等. 防控采煤工作面瓦斯燃烧新技术实验研究[J]. 煤炭学报, 2012, 37(11): 1854-1858.

[4] 宋万新, 杨胜强, 徐全. 基于氧气体积分数的高瓦斯采空区自燃“三带”的划分[J]. 采矿与工程安全学报, 2012, 29(2): 271-276.

[5] 李宗翔, 吴强, 王志清. 自燃采空区耗氧-升温的区域分布特征[J]. 煤炭学报, 2009, 34(5): 667-672.

[6] 秦波涛, 张雷林, 王德明, 等. 采空区煤自燃引爆瓦斯的

机理及控制技术[J]. 煤炭学报, 2009, 34(12): 1655-1659.

[7] 王家臣, 王进学, 沈杰, 等. 顶板垮落诱发瓦斯灾害的试验研究[J]. 采矿与安全工程学报, 2007, 24(1): 8.

[8] 孙永亮, 王军. 朱家店二坑采空区注氮前后CH4分布规律分析[J]. 煤矿安全, 2012(增刊): 145-147.

[9] 富向, 王魁军, 杨天鸿. 构造煤的瓦斯放散特征[J]. 煤炭学报, 2008, 33(7): 775-779.

[10] 杨永辰, 孟金锁, 王同杰, 等. 关于回采工作面采空区爆炸产生机理的探讨[J]. 煤炭学报, 2002, 27(6): 636-638.

[11] 杨永辰, 尹博, 高永格. 综放面煤层自然发火区域划分的理论研究[J]. 河北工程大学学报: 自然科学版, 2009, 26(4): 76-78.