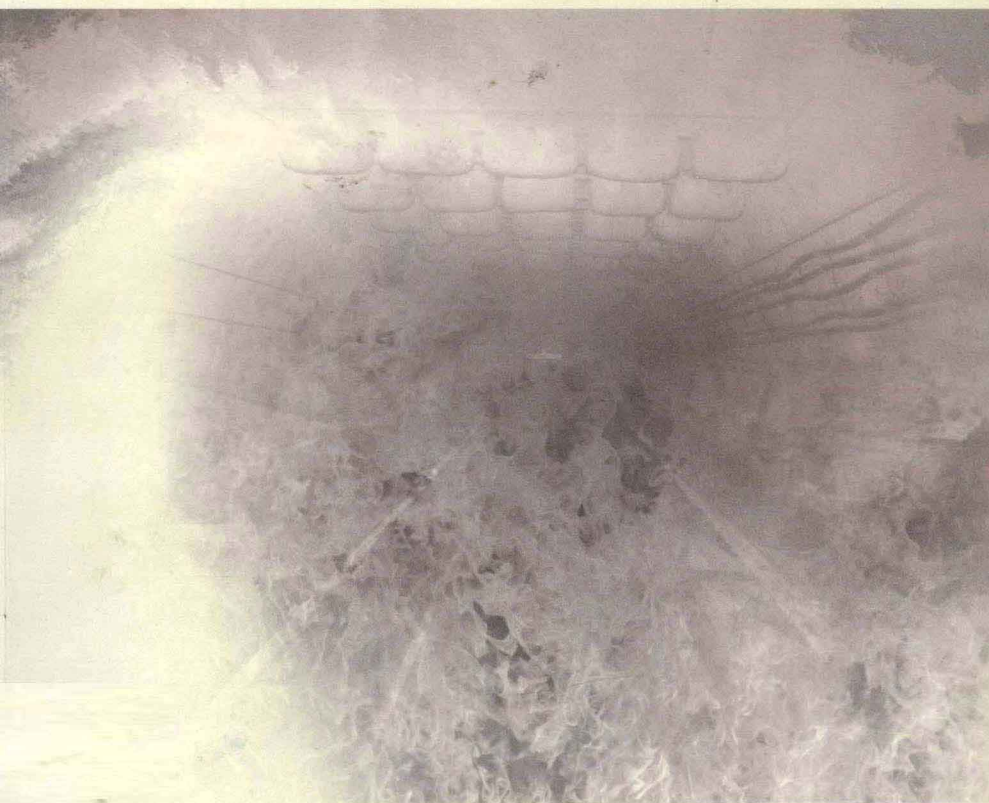


国家自然科学基金项目资助(50874062)

瓦斯爆炸诱导沉积煤尘爆炸研究

Study of Induced Explosion Due to Gas Explosion

张延松 胡千庭 司荣军 李润之 著



中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

目资助(50874062)

瓦斯爆炸诱导沉积煤尘爆炸研究

张延松 胡千庭 司荣军 李润之 著

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书是关于瓦斯煤尘爆炸方面的专著,是作者十几年来科学研究成果的结晶。本书对瓦斯煤尘爆炸研究现状和发展趋势做了介绍,对瓦斯爆炸、煤尘爆炸特性以及瓦斯煤尘共存爆炸特性进行了一定研究,重点阐述了瓦斯爆炸诱导沉积煤尘爆炸的机理和传播规律;建立了瓦斯爆炸诱导沉积煤尘爆炸的物理模型和数学模型,在此基础上对瓦斯爆炸诱导沉积煤尘爆炸的传播规律和多方面影响因素进行了数值模拟研究。并运用研究成果,对典型瓦斯煤尘爆炸进行了分析。

本书可供矿业领域从事瓦斯煤尘爆炸方面的专家、学者、工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

瓦斯爆炸诱导沉积煤尘爆炸研究 / 张延松等著. —

徐州:中国矿业大学出版社,2011.11

ISBN 978 - 7 - 5646 - 1304 - 4

I. ①瓦… II. ①张… III. 瓦斯爆炸—研究②煤尘
爆炸—研究 IV. ①TD712②TD714

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第226830号

- 书 名 瓦斯爆炸诱导沉积煤尘爆炸研究
著 者 张延松 胡千庭 司荣军 李润之
责任编辑 杨 廷
责任校对 徐 玮
出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)
营销热线 (0516)83885307 83884995
出版服务 (0516)83885767 83884920
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com
印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司
开 本 850×1168 1/32 印张 6.375 字数 166 千字
版次印次 2011年11月第1版 2011年11月第1次印刷
定 价 19.80 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

长期以来,煤矿瓦斯煤尘爆炸事故在重特大事故中所占比例居高不下,尤其是近几年能源消耗大量增加,煤炭需求量大幅度提高,煤矿企业生产规模增大,重特大瓦斯煤尘爆炸事故频繁发生,给安全生产、构建和谐社会的维护我国国际形象等带来严重的负面影响。随着我国对煤矿安全生产的高度重视,近年来煤矿事故整体呈下降趋势,但瓦斯煤尘爆炸事故仍时有发生。因此,认清瓦斯煤尘爆炸机理及传播规律尤为重要。本书运用理论研究、实验研究以及数值模拟相结合的方法对瓦斯爆炸诱导沉积煤尘爆炸进行了深入研究。

本书共分为6章,第1章由胡千庭撰写,第2,3,4章由张延松撰写,第6章由司荣军撰写,第5章由李润之撰写。其中:第1章为绪论,就瓦斯煤尘爆炸事故概况、国内外研究现状做了介绍;第2章从瓦斯爆炸特性、煤尘爆炸特性以及瓦斯煤尘共存爆炸特性三个方面进行了探讨;第3章对瓦斯爆炸诱导沉积煤尘爆炸过程进行了描述,对煤尘爆炸机理、沉积煤尘参与爆炸的条件以及单颗粒煤尘受力分析进行了介绍;第4章介绍了瓦斯爆炸诱导沉积煤尘爆炸实验研究成果;第5章介绍了瓦斯爆炸诱导沉积煤尘爆炸数值模拟研究成果;第6章介绍了爆炸事故确定、爆源点确定以及点火源确定的相关理论,并运用以上研究成果对矿井典型的瓦斯爆炸、煤尘爆炸事故进行了分析。

樊小涛、薛少谦、王磊、黄子超、朱丕凯、刘丹等同志参与了本书的研究工作;国内外许多学者的相关研究成果为本书所引用,使

得本书能够比较系统地呈现在读者的面前；国家自然科学基金项目(50874062)和“973”计划项目(2005cb221506)的资助使得本书得以出版,在此一并表示感谢。

本书是我们课题组十多年来研究成果的总结,我们深知该研究工作做得还很肤浅,不够成熟,尚有一些问题需进一步商榷和深化研究,请各位专家对不当之处予以斧正。

张延松

2011年夏于重庆

目 录

1 绪论	1
1.1 瓦斯煤尘爆炸事故概况	1
1.2 国内外研究现状及分析	6
参考文献	10
2 瓦斯煤尘爆炸特性研究	14
2.1 瓦斯爆炸特性研究	14
2.2 煤尘爆炸特性研究	52
2.3 瓦斯煤尘共存爆炸特性实验研究	60
参考文献	74
3 瓦斯煤尘共存爆炸传播理论研究	77
3.1 爆炸过程描述	77
3.2 煤尘爆炸机理	79
3.3 沉积煤尘参与爆炸的条件	84
3.4 单颗粒煤尘受力分析	85
参考文献	88

4	瓦斯爆炸诱导沉积煤尘爆炸实验研究	90
4.1	大型试验巷道系统	90
4.2	实验方法	97
4.3	结果及分析	101
	参考文献	110
5	瓦斯爆炸诱导沉积煤尘爆炸数值模拟研究	111
5.1	爆炸模型	111
5.2	建模和分网	120
5.3	模拟工况	123
5.4	模拟结果与分析	123
	参考文献	150
6	矿井瓦斯、煤尘爆炸事故分析	151
6.1	爆炸性质的确定	152
6.2	爆源点的确定	166
6.3	点火源的确定	168
6.4	某煤矿特大瓦斯爆炸事故分析	175
6.5	某煤矿特大煤尘爆炸事故分析	184
	参考文献	195

1 绪 论

1.1 瓦斯煤尘爆炸事故概况

目前,煤炭在我国一次能源消费结构中占 67%,以煤炭为主的能源消费格局在近 50 年内仍不会发生根本性改变^[1]。我国 95%的煤炭生产是井工开采,井工矿生产过程中的主要自然灾害有煤与瓦斯突出、瓦斯煤尘爆炸、冲击矿压、煤层自然发火、矿井突水、冒顶、热害、尘害、放射性物质等,其中瓦斯事故(包括瓦斯爆炸、瓦斯煤尘爆炸、煤尘爆炸及煤与瓦斯突出等)是我国煤矿最严重的事故之一。

根据爆炸性质不同,可将煤矿井下爆炸事故分为三类,分别为瓦斯爆炸、煤尘爆炸以及瓦斯煤尘爆炸。在不同的环境条件下,会发生不同性质的爆炸,且爆炸造成的损害程度及表征现象等都不相同。瓦斯爆炸容易引起沉积煤尘卷扬,形成瓦斯煤尘混合爆炸,瓦斯煤尘混合爆炸要比单纯的瓦斯爆炸具有更大的破坏性。

长期以来,煤矿瓦斯煤尘爆炸事故在重特大事故中所占比例居高不下,尤其是近几年能源消耗大量增加,煤炭需求量大幅度提高,煤矿企业生产规模扩大,重特大瓦斯煤尘爆炸事故频繁发生,给安全生产、构建和谐社会、维护我国国际形象等带来严重的负面影响。随着我国对煤矿安全生产的高度重视,近年来煤矿事故整体呈下降趋势,但瓦斯煤尘爆炸事故仍时有发生。

2005年,全国共发生煤矿事故3341起,死亡5986人,其中瓦斯事故405起,死亡2157人,死亡人数占煤矿事故总死亡人数的36.0%,其中死亡10人以上的事故40起,死亡1319人。2006年,全国煤矿事故死亡4746人,其中瓦斯事故327起,死亡1319人,死亡人数占煤矿事故总死亡人数的27.8%,其中死亡10人以上的事故26起,死亡490人。2007年,全国煤矿事故死亡人数降至3786人,死亡人数同比下降20.2%,其中瓦斯事故发生272起、死亡1084人,分别同比下降17.8%。2008年,全国煤矿事故死亡人数为3215人,其中瓦斯事故182起,造成778人死亡,瓦斯事故起数和死亡人数比同期分别下降33.1%和28.2%,其中重大事故的起数和死亡人数分别下降53.9%和56.3%^[2]。2009年煤矿事故死亡人数为2700人左右,同比下降18%,其中瓦斯事故起数下降13.7%,特别重大事故死亡人数增加。2010年煤矿事故起数和死亡人数同比减少213起、198人,分别下降了13.2%和7.5%,全国煤矿瓦斯事故起数和死亡人数同比分别下降7.6%和17.5%,其中,特别重大瓦斯事故起数和死亡人数同比分别下降50%和70.9%。由此可见,随着社会的发展、科技的进步与对安全的监管增加,煤矿事故起数与死亡人数呈逐年下降趋势,但在煤矿事故中,瓦斯事故的死亡人数仍然长期占据首位。

据统计,自新中国成立以来至2009年底,煤矿发生百人以上特别重大事故25起^[3],其中瓦斯、煤尘爆炸事故21起(见表1-1)。进入21世纪以来,我国煤矿先后发生10起一次死亡百人以上重特大事故,其中瓦斯、煤尘爆炸事故8起;尤其是从2004年底到2005年初,在不到半年的时间里,河南大平煤矿、陕西陈家山煤矿和辽宁阜新孙家湾煤矿,连续发生了3起一次死亡百人以上煤矿特大瓦斯爆炸事故,死亡528人。这些事故给企业或国家均造成了重大损失和恶劣的社会影响。

1 绪 论

表 1-1 新中国成立以来我国发生的百人以上煤矿事故(1950~2009 年)

序号	时间	煤矿	事故类型	死亡人数
1	1950 年 2 月 27 日	河南宜洛煤矿老李沟井	瓦斯爆炸	187
2	1954 年 12 月 6 日	内蒙古包头大发煤矿	瓦斯煤尘爆炸, 并引起火灾	104
3	1960 年 5 月 9 日	山西大同矿务局老白洞煤矿	煤尘爆炸	684
4	1960 年 5 月 14 日	重庆松藻矿务局松藻二井	煤与瓦斯突出	125
5	1960 年 11 月 28 日	河南平顶山矿务局龙山庙煤矿	瓦斯煤尘爆炸	187
6	1960 年 12 月 15 日	重庆中梁山煤矿南井	瓦斯煤尘爆炸	124
7	1961 年 3 月 16 日	辽宁抚顺矿务局胜利煤矿	电气火灾	110
8	1968 年 10 月 24 日	山东新汶矿务局华丰煤矿	煤尘爆炸	108
9	1969 年 4 月 4 日	山东新汶矿务局潘西煤矿二号井	煤尘爆炸	115
10	1975 年 5 月 11 日	陕西铜川矿务局焦坪煤矿前卫斜井	瓦斯煤尘爆炸	101
11	1977 年 2 月 24 日	江西丰城矿务局坪湖煤矿	瓦斯爆炸	114
12	1981 年 12 月 24 日	河南平顶山矿务局五矿	瓦斯煤尘爆炸	133
13	1991 年 4 月 21 日	山西洪洞县三交河煤矿	瓦斯煤尘爆炸	147
14	1996 年 11 月 27 日	山西大同市新荣区郭家窑乡东村煤矿	瓦斯煤尘爆炸	114
15	2000 年 9 月 27 日	贵州水城矿务局木冲沟煤矿	瓦斯煤尘爆炸	162
16	2002 年 6 月 20 日	黑龙江鸡西矿业集团公司城子河煤矿	瓦斯爆炸	124
17	2004 年 10 月 20 日	河南郑州矿务局大平煤矿	煤与瓦斯突出引发瓦斯爆炸	148

续表 1-1

序号	时间	煤矿	事故类型	死亡人数
18	2004年11月28日	陕西铜川矿务局陈家山煤矿	瓦斯爆炸	166
19	2005年2月14日	辽宁阜新矿业(集团)公司孙家湾煤矿	瓦斯爆炸	214
20	2005年8月7日	广东梅州市兴宁市黄槐镇大兴煤矿	透水	123
21	2005年11月27日	黑龙江龙煤集团七台河分公司东风煤矿	煤尘爆炸	171
22	2005年12月7日	河北唐山市开平区刘官屯煤矿	瓦斯爆炸	108
23	2007年8月17日	山东新汶矿业集团华源煤矿	透水	172
24	2007年12月5日	山西临汾市洪洞县瑞之源煤业有限公司	瓦斯爆炸	105
25	2009年11月21日	黑龙江龙煤集团鹤岗分公司新兴煤矿	煤与瓦斯突出引发瓦斯爆炸	108

我国煤矿重特大恶性事故频繁发生,主要是安全技术和规范管理不到位,人员安全意识低^[4]。一些煤矿业主“重生产、轻安全”的意识普遍存在,煤矿企业安全管理机构不健全,安全设备不到位,安全管理混乱。尤其是大多数乡镇煤矿企业,人员流动性强,主动接受培训的意识较差。部分煤矿领导盲目追求利益,存在偷生产和超能力生产现象,致使瓦斯防治措施不到位。煤矿安全监管力度还有待于加强,部分安全监管员不作为,发挥不到应有的监管作用。这些均给瓦斯事故的发生提供了隐患条件。

瓦斯爆炸事故的发生不能一概归咎于管理、操作不当,也存在

一些技术难点,如瓦斯爆炸事故的成灾及致灾机理尚不清楚;环境条件(压力、温度、风流等)、惰性物质、其他可燃性气体等对瓦斯爆炸极限的影响研究不够深入;煤矿井下瓦斯气体的自然条件等对瓦斯爆炸传播的影响尚不清楚;不同点火能量对瓦斯爆炸传播规律的影响研究尚不够深入等。

造成煤矿事故多发的另一主要原因是煤矿自然条件差。我国煤炭开采的矿井几乎都属于瓦斯矿井,其中高瓦斯矿井和瓦斯突出矿井占全国矿井总数的44%。统计表明,国有重点煤矿中,地质构造属于复杂或极其复杂的煤矿占36%;高瓦斯和煤与瓦斯突出矿井数量占49.8%,且随着开采深度的增加,瓦斯涌出量增大,高瓦斯和煤与瓦斯突出矿井的比例还将增加。我国煤矿具有煤尘爆炸危险的矿井普遍存在。全国煤矿中,具有煤尘爆炸危险的矿井占煤矿总数的60%以上,煤尘爆炸指数在45%以上的煤矿占16.3%。国有重点煤矿中,87.37%的煤矿煤尘具有爆炸危险,煤层自然发火灾害比较严重,在大中型煤矿中自然发火严重或较严重的占72.86%。

2009年2月22日山西焦煤集团屯兰煤矿发生瓦斯爆炸事故,共造成78人遇难,114人受伤住院。9月8日,河南省平顶山市新华区新华四矿发生瓦斯爆炸事故,造成76人遇难。11月21日黑龙江鹤岗新兴煤矿发生爆炸事故,造成108人遇难,直接经济损失上亿。其中屯兰煤矿属于高瓦斯矿井,事故发生原因是由于通风不畅,瓦斯含量过高造成爆炸。而发生事故的另外两个煤矿(新华四矿和新兴煤矿)均属于低瓦斯矿井,爆炸事故的发生主要是因为矿工及管理人员放松了对瓦斯突出的警惕,而预防措施不到位导致瓦斯突出引起的爆炸事故。

基于我国煤矿安全管理基础薄弱,并且自然条件决定了灾害事故的多样性和复杂性,另外对爆炸事故灾害的发生机理、演化过程尚不能全面认识,致使煤矿灾害事故不能绝对避免。防治煤矿

瓦斯煤尘爆炸,是遏制煤矿重特大事故发生的重点。我国科研机构对瓦斯爆炸的机理特性、环境因素及爆炸发生、发展和传播的影响等方面做了大量的研究工作,并借鉴国外先进经验先后研究开发了隔爆水袋、水槽棚、被动式和主动式抑爆技术和装备等。这些研究为指导煤矿安全生产提供了依据,从理论上提高了矿井安全防范能力。

1.2 国内外研究现状及分析

煤矿瓦斯煤尘爆炸事故从工业革命开始即时有发生,大多数工业国家如美国、俄罗斯、波兰、德国等对瓦斯煤尘爆炸进行过实验研究,尤其是在可燃碳氢气体与氧气和空气混合后的引燃、传播以及工业粉尘(包括煤尘)爆炸、传播方面均有不少研究。

我国相继在中煤科工集团重庆研究院(原煤炭科学研究总院重庆分院)、北京理工大学、中国矿业大学、南京理工大学等建立了井下巷道、实验管道及气体爆炸实验系统,在理论探索、实验研究等方面均取得了一定的成果,现简单综述如下。

1.2.1 瓦斯煤尘爆炸机理研究

瓦斯是井下采掘过程中从煤和围岩中涌出的有害气体的总称,有 CH_4 、 CO_2 、 CO 、 H_2S 、 C_2H_6 、 C_2H_4 、 H_2 、 SO_2 等。由于 CH_4 占90%以上,因此瓦斯一般指甲烷(CH_4)。

因此,为了防止煤矿井下瓦斯发生燃烧和爆炸,很多学者都对其化学反应机理进行了大量的研究^[5~10]。他们提出了热反应机理和链反应机理,其实甲烷发生燃烧和爆炸是一个复杂的物理化学过程,是热反应和链反应机理共同作用的结果,两者相互促进,从而使甲烷的链式反应持续进行下去。链式反应的关键是形成活性强的自由基,自由基的特点是在一定环境下,借助于自身的反应

热再生。链式反应的历程包括链引发、链持续和断链反应三个阶段。

根据以上的反应机理,确定了发生瓦斯爆炸事故必须具备的基本条件^[11,12]:瓦斯浓度处于瓦斯爆炸的极限范围内(5%~16%);氧气的最低浓度为12%;有大于引燃瓦斯最小点火能(0.28 mJ)的火源存在。

但是,实验研究和事故案例分析表明,瓦斯爆炸受很多因素影响,如混合气体比、环境压力、环境温度等。

当有其他可燃气体混入瓦斯—空气混合气体中时,会造成两个方面的影响,一是改变了混合气体的爆炸下限,二是降低了混合气体中氧气的浓度。因此,不能采用单纯的瓦斯爆炸三角形判别法来判断矿井的爆炸危险性。为此,周利华^[13]利用三角形作图法^[14]对某矿可燃性混合气体爆炸危险性进行了分析。

我国通常把粒径在0.75~1.0 mm以下的煤粒称为煤尘^[15]。由于煤尘爆炸比瓦斯爆炸现象要复杂得多,因此人们对它的认识经历了一个相当长的过程。

早在1844年,Faradell与Lyell^[16]已发现在煤矿爆炸事故中,煤尘的爆炸大大增强了甲烷空气爆炸的威力。为了防止可能发生的煤尘爆炸事故,许多学者对煤尘爆炸机理进行了研究^[17~20],认为:煤尘粒子受热后生成挥发性气体,主要成分是甲烷,还有乙烷、丙烷、氢气和1%左右的其他碳氢化合物。这些可燃气体积聚于煤尘颗粒的周围,形成气体外壳。当这些气体外壳内的气体达到一定浓度并吸收一定能量时,链反应过程开始,游离基迅速增加,发生颗粒的闪燃,若氧化放出的能量有效地传递给周围的颗粒,并使之参与链反应,反应速度急剧增加,达到一定程度时,便发展成爆炸。

研究表明,煤尘爆炸必须同时具备3个条件:煤尘本身具有爆炸性;煤尘悬浮在空气中(即形成煤尘云)并达到一定的浓度;存在具有足够的能量,能引起煤尘爆炸的点火源。

实验研究表明,有的煤尘有爆炸性,有的煤尘没有爆炸性,决定煤尘有无爆炸性的主要因素是煤尘挥发分的含量。我国大多数煤矿的煤尘在可燃挥发分含量超过 10%后就具有爆炸性。苏联也是把可燃挥发分含量等于 10%作为一个界限值。日本、美国和英国分别为 11%、10%、15%。

一般都认为煤尘爆炸上限浓度为 $2\ 000\ \text{g}/\text{m}^3$ 左右。但是,对于下限浓度认识不统一,因此研究的较多。周从章等人^[21]发现煤尘最低爆炸下限浓度与燃烧持续时间有关。何朝远等人^[22]认为煤尘爆炸下限浓度随其挥发分含量的增加而降低。影响煤尘爆炸下限的因素很多,如水分、灰分、挥发分、氧浓度、煤尘粒度等。我国实验的结果认为,煤尘爆炸的下限浓度为 $45\sim 30\ \text{g}/\text{m}^3$ 。而波兰、美国、日本和法国的实验结果认为煤尘爆炸下限浓度分别为 $32\ \text{g}/\text{m}^3$ 、 $80\ \text{g}/\text{m}^3$ 、 $35\ \text{g}/\text{m}^3$ 和 $112\ \text{g}/\text{m}^3$ 。

煤矿中发生的重大爆炸事故往往是瓦斯、煤尘都参与爆炸引起的。当瓦斯爆炸后,沉积煤尘在瓦斯爆炸压力波的作用下,会从沉积状态变为飞扬状态,即形成煤尘云,而煤尘云又被瓦斯爆炸火焰点爆或点燃,由于沿巷道煤尘参与反应,爆炸得以自身延续和发展,其结果使原来的弱(或较弱)瓦斯爆炸发展成为煤尘参与的强爆炸,从而造成严重破坏。

1.2.2 瓦斯煤尘爆炸传播规律研究

矿井巷道中瓦斯爆炸传播是以冲击波和火焰阵面的方式传播的。随着传播时间和空间的推移,冲击波结构要发生变化。在起始阶段,以爆燃波(爆轰波)方式传播,随着甲烷气体燃烧完毕,则演变为单纯空气波传播^[23~25]。

爆燃是一种带有压力波的燃烧。当燃烧阵面后边界有约束或障碍时,燃烧产物就可以建立起一定的压力,波阵面两侧就建立起一个压力差,这个波以当地声速向前传播,这就是压力波。由于这

个压力波传播速度比燃烧阵面(火焰阵面)要快,行进在燃烧阵面前,因此也叫前驱冲击波。由此可见,爆燃是由前驱压力波和随后的燃烧阵面构成的。

如果爆燃的后边界约束增强,火焰加速,直至火焰阵面追上前驱压力波阵面,火焰阵面和压力阵面合二为一,成为一个带化学反应区的冲击波,这就是爆轰波^[26]。由以上可以看出,瓦斯爆炸传播实际上是冲击波和燃烧过程的耦合。根据冲击波传播特点,瓦斯爆炸传播存在显著的卷吸作用,即冲击波在传播过程中将携带经过地点的气体,并使得沉积煤尘卷扬到气体中一同前进。这使得瓦斯爆炸的燃烧区域远大于原始气体分布区域,这已得到实验的证实。

国内外许多学者对快速流动的气体卷扬粉尘现象进行了实验和理论研究,探讨了气流与沉积粉尘床相互作用的气体动力学机理及其诱导的化学反应历程。如吴洪波^[27]通过实验对甲烷火焰诱导煤尘燃烧爆炸的机理研究后认为,在甲烷火焰掠过煤尘床,诱导煤尘燃烧的过程中,煤尘的着火有一个延滞期,甲烷火焰先于煤尘火焰,煤尘着火后,存在两个明显的火焰阵面。然后,煤尘火焰将赶上甲烷火焰,最终形成混合火焰。

周宁等^[28]在火焰加速管中,对不同障碍物情况下的纯瓦斯、有沉积煤尘的瓦斯燃烧过程进行了实验研究。结果表明,障碍物存在时,瓦斯火焰、瓦斯煤尘复合火焰的传播速度提高,并伴随有巨大的爆炸声,且障碍物尺寸越大、个数越多,火焰传播加速现象越明显。因此,应尽量减少矿井巷道中的障碍物。

中国科学院力学研究所的浦以康等^[29]在长 3.0 m,内径为 0.14 m 的水平管中对激波诱导铝粉进行了研究。王陈等^[30]在长 9 m、截面为 0.15 m×0.15 m 激波管中研究了瓦斯对煤尘爆炸传播的影响。研究结果表明:气体湍流流动或爆炸激波都会使粉尘上扬,从而形成粉尘云;激波使沉积粉尘上扬的同时,也可以点燃

上扬的粉尘颗粒。这些工作使人们对气体诱导粉尘爆炸现象取得了一些初步认识。

为直接研究瓦斯爆炸引爆沉积的煤尘,煤炭科学研究总院重庆分院的司荣军、李润之等^[31-33]对瓦斯爆炸诱导煤尘爆炸的机理进行了研究,认为:当瓦斯爆炸后,则会沿巷道产生冲击波,冲击波传播后,波后气体压力升高,且波后气体产生流动(即暴风)。一旦沉积煤尘粒子受到扬升动力大于所需的最小动力时,则煤尘粒子即会飞扬起来。煤尘粒子运动速度可分为沿流场方向的水平速度和垂直扬升速度,但煤尘粒子沿巷道的运动速度小于暴风速度,使两相流得以混合,开始时垂直扬升的加速度较大,这是由于气流在边界层处产生很大的速度梯度。不同的煤尘粒子,运动的轨迹各不相同,煤尘粒子在飞扬过程中还会相互碰撞,以上这些因素使煤尘粒子在爆炸压力作用下形成紊流状态。

瓦斯煤尘爆炸传播的影响因素很多,主要有巷道中的障碍物、巷道壁面的粗糙度、巷道弯道和变坡、巷道分叉、煤尘爆炸特性及颗粒大小等。

参考文献

- [1] 何学秋,等. 煤矿瓦斯防治技术与工程实践[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,2009.
- [2] 邓奇根,刘明举,赵发军. 2008年我国煤矿事故统计分析及防范措施[J]. 煤炭技术,2009,29(6):14-16.
- [3] 刘贞堂. 瓦斯(煤尘)爆炸物证特性参数实验研究[D]. 徐州:中国矿业大学,2010.
- [4] 崔兆华. 2001~2008年我国煤矿瓦斯事故统计及原因分析[J]. 科技情报开发与经济,2009,19(21):139-141.
- [5] 徐景德,周心权. 矿井瓦斯爆炸事故形成过程的物理机制研