

瓦斯含量法在煤 与瓦斯突出区域预测中的 基础研究及应用

王 刚 谢 军 著



煤炭工业出版社

国家自然科学基金 (51304128) 资助
山东省自然科学基金 (ZR2013EEQ015) 资助
中国博士后科学基金 (2013M541942) 资助
高等学校博士学科点专项科研基金 (20133718120013) 资助
山东科技大学人才引进科研启动基金 (2013RCJJ049) 资助

瓦斯含量法在煤与瓦斯突出区域 预测中的基础研究及应用

王 刚 谢 军 著

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

瓦斯含量法在煤与瓦斯突出区域预测中的基础研究及应用 / 王刚, 谢军著. -- 北京: 煤炭工业出版社, 2015
ISBN 978 - 7 - 5020 - 4796 - 2

I. ①瓦… II. ①王… ②谢… III. ①煤层瓦斯—瓦斯预测—研究②煤层瓦斯—瓦斯突出—研究 IV. ①TD712

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 039934 号

瓦斯含量法在煤与瓦斯突出区域预测中的基础研究及应用

著 者 王 刚 谢 军
责任编辑 尹忠昌 赵 冰
责任校对 尤 爽
封面设计 王 滨

出版发行 煤炭工业出版社 (北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)
电 话 010 - 84657898 (总编室)
010 - 64018321 (发行部) 010 - 84657880 (读者服务部)

电子信箱 cciph612@126.com

网 址 www.cciph.com.cn

印 刷 北京市郑庄宏伟印刷厂

经 销 全国新华书店

开 本 880mm × 1230mm¹/₃₂ 印张 7³/₈ 插页 2 字数 192 千字

版 次 2015 年 3 月第 1 版 2015 年 3 月第 1 次印刷

社内编号 7651 定价 22.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,本社负责调换,电话:010 - 84657880

前 言

煤与瓦斯突出作为煤矿严重的灾害和威胁之一,是一种极其复杂的动力现象。由于煤层资源条件的限制,我国煤炭产量的90%依靠井工开采,目前大中型煤矿的平均开采深度超过600 m,最深达到1501 m。随着开采强度的不断加大、延伸速度的加快,开采深度越来越大,使得开采煤层承受的地应力增大,煤层内瓦斯压力和瓦斯涌出量不断增大,瓦斯灾害的复杂性和危险性显著增加,低瓦斯矿井转变为高瓦斯矿井,高瓦斯矿井转变为突出矿井,甚至转变为突出-冲击地压复合矿井。煤与瓦斯突出发生的强度及造成的人员伤亡也呈增长趋势。事故的频繁发生不仅影响了煤炭行业的发展,还给国家和人民带来了巨大的经济损失和心理上的创伤。因此,有效预防煤与瓦斯突出事故,特别是如何进行煤与瓦斯突出的预测和预报,成为煤矿安全领域的科研人员及工程人员重要的研究内容。

本书从煤与瓦斯突出的机理研究出发,通过理论分析、数值模拟、实验室试验、现场试验、现场验证等手段,配合相关设备的研发,形成了基于含量法的煤与瓦斯突出区域预测技术体系。本书共分为8章:第1章对煤与瓦斯突出国内外的研究现状进行了概述,总结了在突出机理、含量测定以及突出区域预测方面的研究进展,指出了目前研究存在的问题;第2章对煤与瓦斯突出的过程及影响因素进行了理论分析;第3章基于岩石破裂过程分析 RFPA^{2D} 软件对掘进工作面煤与瓦斯突出过程进行了数值模拟;第4章利用瓦斯渗透仪进行了含瓦斯煤体的吸附/解吸规律的研究;第5章分析了瓦斯含量在突出过程中的作用;第6章对一体化深孔取样钻车装备的原理、研发及现场试验进行了阐述;第7

章论述了基于含量法的煤与瓦斯突出区域预测技术；第8章介绍了研究成果的应用情况。

在本书的撰写过程中得到了山东科技大学程卫民教授和陈连军副教授、澳大利亚联邦科学与工业研究组织薛生博士、中煤科工集团重庆研究院有限公司隆清明博士、山东科技大学孙路路博士的大力支持和无私的帮助。借本书出版之际，谨向为作者提供支持和帮助的领导、老师、专家学者和参考文献作者表示衷心的感谢。

煤与瓦斯突出机理及预测预报技术的研究是一个长期过程，作者仅就含量法预测煤与瓦斯突出进行了部分研究，还需要作更多更深入的研究对煤与瓦斯突出理论体系进行充实和完善，更好地服务于生产实践。由于作者的水平有限，书中难免存在不足和错误，敬请广大读者批评指正。

作 者

2015年2月5日

目 次

1	绪论	1
1.1	煤与瓦斯突出概述	1
1.2	国内外研究现状	5
1.3	目前研究存在的问题分析	15
2	煤与瓦斯突出影响因素分析	17
2.1	突出发展过程划分及突出时间矢分析	17
2.2	煤层中的瓦斯含量分析	22
2.3	煤层中的瓦斯压力分析	25
2.4	煤层的物理力学特性对煤与瓦斯突出的影响	34
2.5	煤层的地质构造和应力状态对煤与瓦斯突出的影响	39
2.6	煤体失稳的力学条件及突出能量的动态平衡分析	40
3	基于 RFPA ^{2D} 的煤与瓦斯突出过程的数值模拟研究	44
3.1	基于 RFPA ^{2D} 的含瓦斯煤岩流固耦合模型	44
3.2	掘进工作面煤与瓦斯突出过程的数值模拟	50
4	含瓦斯煤体的吸附/解吸规律研究	67
4.1	煤体渗透率与瓦斯吸附/解吸的关系	67
4.2	瓦斯吸附与煤体渗透率关系的实验研究	72
4.3	不同吸附压力和粒度条件下瓦斯解吸的实验研究	80
4.4	温度对煤体吸附瓦斯性能影响的研究	99
5	瓦斯含量在突出过程中的作用分析	109
5.1	突出前的能量分析	109

5.2	突出后的能量分析研究及突出发生的条件	115
5.3	瓦斯含量对煤与瓦斯突出影响的分析	118
6	一体化深孔取样钻车装备研发	124
6.1	直接取样方法分析	124
6.2	直接取样设备及工艺设计要求	126
6.3	一体化深孔取样钻车设计方案	127
6.4	现场试验	132
7	基于含量法的煤与瓦斯突出区域预测技术	140
7.1	煤层瓦斯含量直接测定技术与工艺	140
7.2	基于瓦斯含量的煤层突出危险性区域 预测技术	157
8	突出危险区域预测技术的应用与实践	168
8.1	桐梓煤矿二、三采区突出危险区域预测	168
8.2	孔庄煤矿 7433 工作面突出危险区域预测	191
	参考文献	220

1 绪 论

1.1 煤与瓦斯突出概述

煤炭是我国工业生产中伤亡事故最为严重的行业。历年来,煤矿事故伤亡人数均占全国矿山行业伤亡人数的 80% 以上,工矿企业的 50% 以上,居各行业之首,煤矿事故的频繁发生不仅给国家和人民带来了巨大的经济损失,也给人民心理上带来了难以弥补的创伤。

煤与瓦斯突出简称突出,是煤矿的主要灾害,它是一种极其复杂的动力现象,能在很短的时间(数十秒至数分钟)内,由煤体向巷道或采场突然喷出大量的瓦斯和碎煤,在煤体中形成特殊形状的空洞,并产生一定的动力效应。突出能使煤炭破碎成粉末状,并抛至数百米、数千米之外;煤与瓦斯突出发生时释放的能量能够摧毁井下的巷道支护、通风设施及生产设备,造成巨大的经济损失,给矿井恢复生产造成极大困难;涌出的瓦斯气体能使工人窒息甚至引发剧烈的瓦斯爆炸事故,严重威胁作业工人的生命安全。因此,煤与瓦斯突出是煤矿最为严重的自然灾害之一。

煤与瓦斯突出是煤矿矿井中的一种非常复杂的动力现象。1834 年 3 月 22 日,在法国的鲁阿雷煤田发生了世界上第一次有记载的煤与瓦斯突出,使人们首次认识了这种严重的地质灾害。1879 年 4 月 17 日,比利时的阿格拉普矿发生煤与瓦斯突出,122 名矿工丧生。沉痛的损失唤起了人们对这一问题的高度重视,正式开始了煤与瓦斯突出产生原因和条件的研究。

煤与瓦斯突出是非常严重而又比较普遍的威胁煤矿安全生产

的灾害，目前世界上的各主要产煤国都曾发生过突出。据统计，截至2012年底，全世界共发生3万多次突出，大约有18个国家和地区有煤与瓦斯突出发生，其中中国、法国、俄罗斯、波兰和日本的突出情况最为严重。

法国是仅次于中国的突出发生严重的国家，1879—1965年共发生突出6278次，最大突出强度为5600 t煤，突出的瓦斯类型为二氧化碳、瓦斯和混合气体，突出地区主要集中在塞韦内煤田。苏联也是发生煤与瓦斯突出严重的国家，1946—1982年共发生突出3627次，突出的次数多而且强度大，顿巴斯加林煤矿曾发生过世界上最大的一次煤与瓦斯突出，突出煤量 1.4×10^4 t。日本的突出事故多发生在北海道，这和当地的地质条件有密切的关系，1950—1982年共发生煤与瓦斯突出事故130次，最大突出强度为3000 t煤。

我国发生煤与瓦斯突出总次数占世界各国突出总次数的1/3以上，是世界上发生煤与瓦斯突出现象最严重、危害性最大的国家之一。1950年以前，我国无煤与瓦斯突出的完整记载。1950年4月20日，辽源矿务局富国二矿煤巷掘进时发生有记载的第一次煤与瓦斯突出现象，在垂深280 m煤巷掘进时发生突出。1958年以前，全国突出次数较少，共计326次，突出强度也比较小，最大的只有121 t煤。1958年以后，随着新矿区的开发与老矿井的延深，采掘规模不断扩大，我国突出矿井数和突出次数逐渐增多。1958年6月3日，重庆地区南桐矿务局鱼田堡煤矿+150 m水平揭开4号煤层时，发生了强度为1646 t煤的特大型突出。而后在湖南红卫煤矿、辽宁北票矿务局、江西乐平矿务局、贵州六枝矿务局都相继发生了千吨级的特大型突出。根据1995年的调查统计，新中国成立以来，我国先后有45个矿务局、138个国有重点煤矿的178个井口，共发生突出10815次，死亡1266人，共突出煤量 81.58×10^4 t，占世界突出总次数的35%。截至2004年，发生突出的矿井有250个，突出总次数约

17420 次, 占世界各国突出总数的 40%, 强度在千吨以上的特大型突出 120 多次。其中强度最大的突出发生在天府矿务局三汇坝一矿 +280 m 水平平硐揭穿煤层时, 突出煤量达到了 12780 t, 这是我国最大的一次煤与瓦斯突出事故, 也是世界上第二大突出事故。我国发生的煤与瓦斯突出, 无论从数量上还是从规模上均居世界首位, 是世界上煤与瓦斯突出最严重的国家。

煤与瓦斯突出事故带来的损失是惨重的。1960 年 5 月 14 日, 重庆地区松藻矿务局松藻二井 +352 m 标高石门揭穿 K_3 煤层, 发生大型煤与瓦斯突出, 突出煤量 1000 t, 堵塞巷道 250 m, 全井充满瓦斯, 瓦斯和煤尘逆风流 900 多米冲出平硐口, 造成 125 人窒息死亡、16 人受伤的特大事故。1995 年 6 月, 涟邵矿务局利民煤矿发生煤与瓦斯突出, 突出煤量 3200 t, 瓦斯 $30 \times 10^4 \text{ m}^3$, 死亡 19 人。1999 年 12 月 26 日, 沈阳矿务局红菱煤矿石门揭煤时发生特大型煤与瓦斯突出, 突出煤量 2000 t, 瓦斯逆流 2000 多米, 死亡 28 人。2002 年 4 月, 淮北煤业集团芦岭煤矿突出煤量 10000 t, 瓦斯 60 多万立方米, 死亡 13 人。2002 年 9 月 3 日, 湖南省娄底市双峰县秋湖煤矿发生瓦斯突出, 33 人死亡。2004 年 10 月 20 日, 郑州煤业集团大平煤矿发生特大型煤与瓦斯突出并引发特别重大瓦斯爆炸事故, 突出煤量 1894 t, 突出瓦斯量 $25 \times 10^4 \text{ m}^3$, 死亡 148 人。2009 年 11 月 21 日 2 时 30 分, 黑龙江龙煤集团鹤岗分公司新兴煤矿三水平二石门后组 15 号煤层探煤道发生煤与瓦斯突出, 引起风流逆转, 瓦斯随逆向风流进入二段钢带机机头硐室发生爆炸。事故发生时全矿井下作业人员 528 人, 有 108 人遇难。

图 1-1 列出了 2001—2011 年 8 月我国发生的煤与瓦斯突出事故起数及累计死亡人数。2000—2004 年, 全国国有煤矿共发生煤与瓦斯突出事故 815 起, 其中伤亡事故 185 次, 共造成 760 人死亡, 其中一次死亡 10 人以上的突出事故共发生 12 起, 死亡 334 人。新中国成立以来, 全国共经历了两次百人以上特别重大

煤矿事故集中爆发期。第一次是在 1960—1961 年，全国共发生 5 起百人以上煤矿事故，其中 4 起是瓦斯事故。第二次是在 2004—2005 年，全国共发生 6 起百人以上煤矿事故，其中 5 起是瓦斯事故。

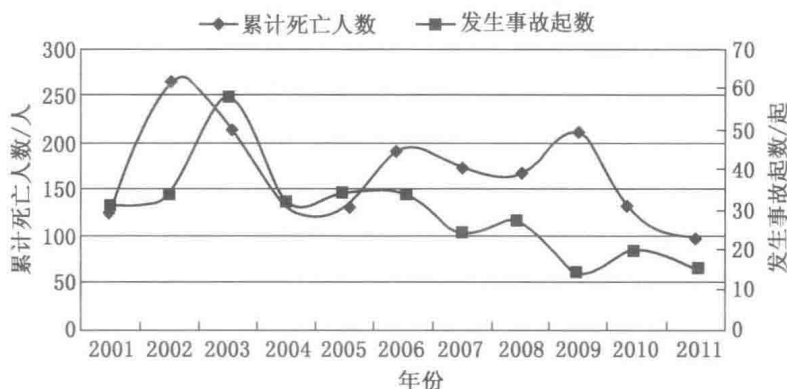


图 1-1 2001—2011 年 8 月我国发生的煤与瓦斯突出事故起数及累计死亡人数

近年来，随着煤炭开采强度的增加，开采深度不断增大，开采地质条件复杂，以及采用新工艺、新设备带来的技术新问题，各矿区的突出危险越来越严重，煤与瓦斯突出矿井的数目增多，煤与瓦斯突出发生的强度及造成的人员伤亡也呈增长趋势。目前，在国内应用的突出预测方法主要是通过在工作面施工预测钻孔，测定反映突出危险性的各类指标而确定突出危险性。主要指标有钻屑解吸指标 K_1 值、 Δh_2 、钻屑量指标 S 、钻孔瓦斯涌出初速度 q 及其衰减指标 α 、瓦斯放散初速度 Δp 、煤的坚固性系数 f 、瓦斯压力 p 等。但是，这些预测方法具有一定的局限性，主要是预测深度浅（一般不超过 10 m），需要频繁预测，严重影响采掘进度；另外，这些传统预测方法的可靠性需提高，存在低指标突出的现象。因此，煤与瓦斯突出的预测工作形势相当严峻，

解决现代化高效矿井煤与瓦斯突出灾害的问题已经迫在眉睫。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 煤与瓦斯突出机理研究现状

长期以来,许多国家对突出机理的研究都很重视,并取得了一定的成果。但由于突出机理的复杂性及突出现象的多样性,对突出机理的研究只是根据突出统计资料、突出后的现场观测并辅助采用实验室模拟的方法得以认识,因而目前对突出机理的认识形成了多种假说。据国内外资料的不完全统计,煤矿瓦斯科技工作者通过近百年的悉心工作已提出 30 多个突出机理假说。

1.2.1.1 国外关于煤与瓦斯突出机理研究

国外关于煤与瓦斯突出机理的众多假说,可归为 4 类观点:瓦斯主导作用假说、地压主导作用假说、化学本质作用假说、综合作用假说。其中前 3 种假说为单因素假说,到目前为止,化学本质作用假说在现场观察和实验室实验两个方面都没有得到支持,已为绝大多数研究者所弃用。综合作用假说认为,煤与瓦斯突出是由瓦斯、地应力和煤的物理力学性质等多因素共同作用的结果。国外对煤与瓦斯突出机理的研究已取得大量成果,其中以苏联和日本的研究具有代表性。

1. 瓦斯主导作用假说

以瓦斯为主导作用的假说主要有:①“瓦斯包”说;②粉煤带说;③煤孔隙结构不均匀说;④突出波说;⑤裂缝堵塞说;⑥闭合孔隙瓦斯释放说;⑦瓦斯膨胀说;⑧卸压瓦斯说;⑨火山瓦斯说;⑩地质破坏带说;⑪瓦斯解吸说。

瓦斯主导作用假说能解释突出中的一些现象,但与下面一些情况不符或不能解释:

(1) 迄今为止在煤层内从未发现过上述的“瓦斯包”或特定的粉煤带。

(2) 人们后来的实践统计资料表明,突出危险性与煤层瓦

斯含量之间没有直接的联系。

(3) 在突出孔洞周围出现过重复突出。

(4) 岩石错动的强烈声响往往发生在突出之前的煤体深处，不与突出同时发生。

(5) 打小直径排放钻孔，并不能有效地防治突出。

(6) 突出地点煤和岩石的温度升高，抛出的煤体温度也有升高。

(7) 煤层自行揭开。

(8) 过煤门时发生突出。

(9) 突出孔洞发生变形（体积缩小）。

(10) 大多数平巷的突出孔洞位于上隅角。

2. 地压主导作用假说

以地压为主导作用的假说主要有：①岩石变形潜能说；②应力集中说；③塑性变形说；④冲击式移近说；⑤拉应力波说；⑥应力叠加说；⑦爆破突出说；⑧顶板位移不均匀说。

以地压为主导作用的假说同样也能解释相当一部分突出现场的现象，但也还有许多现象不能解释：

(1) 在瓦斯含量较小的矿井，即使开采深度很深（400 ~ 500 m），也不会发生突出。

(2) 二氧化碳参与突出的平均强度比甲烷参与突出的平均强度大。

(3) 突出前出现风流中的瓦斯浓度增大或忽大忽小的预兆，也出现工作面煤壁或空气温度下降的预兆。

(4) 煤与瓦斯突出时，从突出煤的分选现象中可见到大量的细尘状粉煤。

(5) 如果突出的发生是由地压引起的，那么突出的孔洞应该是圆锥形，而实际的突出孔洞常常是一些口小腔大的特殊形状的孔洞（如梨形、椭球形）。

(6) 在一些特大型的突出中，每吨喷出煤的瓦斯涌出量比

煤层瓦斯含量高得多，即可以在短时间内涌出数十万甚至上百万立方米瓦斯气体，逆风流运行并可充满数千米的巷道。

(7) 准备巷道中地压显现不如回采巷道明显，但准备巷道的突出次数与强度均比回采巷道工作面的大。

(8) 在平巷及下山也发生突出。

(9) 在进行工作面支护甚至无人作业时，地压作用并不大，也有突出发生。

(10) 当增加煤体水分降低煤体强度时，煤的突出危险性反而降低。

3. 化学本质作用假说

以化学本质为作用的假说主要有：①瓦斯水化物说；②地球化学说；③硝基化合物说。

4. 综合作用假说

综合作用假说认为突出是地应力、瓦斯压力及煤的力学性质等因素综合作用的结果。由于这类假说全面地考虑了突出发生的作用力和介质两个方面的主要因素，为国内外大多数学者接受。综合假说的共同点是认为突出是瓦斯、地应力和煤的物理力学性质 3 个因素综合作用的结果，其分歧点是哪种因素起主导作用。综合假说以苏联学者 B·B·霍多特的能量假说和 H·B·包布洛夫的应力不均匀分布假说为代表。

综合作用假说比单因素说有所进步，但仍有一些现象不能解释，同时，对于地应力、瓦斯压力在突出中的作用，突出过程的阶段划分阐述得不够清楚。

1.2.1.2 国内煤与瓦斯突出机理的认识

我国从 20 世纪 60 年代起就对突出煤层的应力状态、瓦斯赋存状态、煤的物理力学性能等开展了研究。根据现场资料和试验研究对突出机理进行了探讨，认为煤与瓦斯突出并不是简单的因为瓦斯压力、煤体物理力学性质和地应力的综合作用产生的，而是动态的。特别是近几年随着研究的深入及方法的应用，产生了

许多新认识。目前,已能对突出发生的原因、条件、能量来源作出定性的解释和近似的定量计算,为防治措施选择及效果检验提供理论依据,其中具有代表性的有以下几个假说。

1982年,郑哲敏就我国特大型突出实例所作的能量分析表明,突出煤层中瓦斯内能要比煤体的弹性潜能大1~3个量级。

1985年,于不凡认为,煤与瓦斯突出是从离工作面某一距离处的发动中心开始的,而后向周围扩展,并且由发动中心周围的煤—岩石—瓦斯体系提供能量及参与活动。

1988年,俞善炳首次建立了煤层暴露面外气固两相各以不同速度作一维运动,相间有质量输运的气相质量守恒与动量守恒方程。他认为,煤层原来处于地应力的受压状态下,由于开挖造成新的自由面,那里的压力被突然释放,作用在煤体自由面上的应力以及瓦斯压力同时卸载至煤巷气压,因此煤体内的应力场要重新分布,瓦斯渗流加剧而使瓦斯压力场加速变化。在变化过程中,煤体结构可能被破坏,并在瓦斯压力的作用下被推动抛出。

1989年,李萍丰提出了二相流体假说。假说认为,突出的本质是在突出中形成了煤粒和瓦斯的二相流体,二相流体受压积蓄能量,卸压膨胀释放能量,冲破阻碍区形成突出。假说强调突出的动力源是压缩积蓄的能量,不是煤岩弹性能和瓦斯膨胀能。

1989年,丁晓良进行了煤在瓦斯渗流作用下的破坏与持续扩展的研究,认为突出的发生是煤体的破坏与瓦斯渗流耦合的结果。而且煤体破坏类型以拉伸破裂为主。在其实验条件下,煤体破坏扩展主要是在游离瓦斯渗流作用下产生,从而认为瓦斯解吸破碎煤体的假说不合理。

1990年,周世宁、何学秋提出了流变假说。流变假说认为,煤与瓦斯突出是含瓦斯煤体在地应力与孔隙瓦斯气体耦合情况下的一种流变过程,在突出的准备阶段含瓦斯煤体发生蠕变破坏形成裂隙网,之后瓦斯能量冲垮破坏的煤体发生突出。含瓦斯煤都具有流变特性,其流变行为决定于外部条件和煤自身的物理力学

性质,不存在突出煤与非突出煤的区别。

1995年,蒋承林提出球壳失稳假说。球壳失稳观点认为,煤块抛出要经历5个不同的力学过程:原始地应力作用阶段、集中应力阶段、煤块破碎阶段、瓦斯撕裂煤体阶段和瓦斯抛出煤壳阶段。突出的过程实质是地应力破坏煤体、煤体释放瓦斯、瓦斯使煤体裂隙扩张并使形成的煤壳失稳破坏,煤体的破坏以球盖状煤壳的形成、扩展及失稳抛出为主要特点。球壳失稳假说为煤壁突出孔洞的形成机理提供了合理的解释。

1995年,梁冰、章梦涛等根据煤体变形破坏与其中瓦斯渗流的相互影响和相互作用机理,提出了煤与瓦斯突出的固流耦合失稳理论,即突出是含瓦斯煤体在采掘活动影响下,局部发生迅猛、突然破坏而造成的,是应力、瓦斯及煤质3个主要因素综合作用的结果。他们采用Dirichlet势能最小原理作为突出发生准则,建立了瓦斯对煤影响的本构关系及煤与瓦斯突出流固耦合的数学模型,并用有限元法进行数值模拟,结果表明,采深和瓦斯压力的增加都将使突出发生的危险增加。

1995年,林柏泉等基于卸压区理论,分析了卸压区煤体的稳定性在突出发生中的作用,给出了突出发生的条件。并且首次将卸压区安全宽度与其实体宽度之差作为状态变量,构造出突变势函数,从突变理论的角度分析动力现象发展过程;根据尖点区域的不稳定性,揭示了深部开采条件下扰动对瓦斯动力现象的诱导作用。

2006年,马中飞、俞启香将突出煤体视为煤与瓦斯承压散体,先介绍了突出煤体视为散体的可行性,提出了煤与瓦斯承压散体失控突出机理;再根据牛顿第二定律导出煤与瓦斯承压散体的动量方程,结合突变理论导出煤与瓦斯承压散体运动突变势函数,并分析了承压散体失控突出机理对突出过程的描述、运动突变条件、影响煤与瓦斯突出因素;最后用现场煤样在伺服岩石力学试验机做煤样力学性能和水渗透性能实验来验证该机理的正确性。

研究突出机理的最终目的在于认识突出发生的规律性,预防突出。因此,在进一步研究突出机理及其发生条件中应加强定量研究,加强对突出过程物理特征的研究,为认识突出机理特别是对发生突出的监测和防治提供理论基础。从这些观点中可以看出,对煤与瓦斯突出机理的研究主要有3个方面:一是对突出过程及突出特征的解释;二是对突出的力学实验研究;三是用数学力学方法对突出模型的研究。

对煤与瓦斯突出机理的研究加深了人们对突出这一复杂现象的认识,也为煤矿现场采取合理的防突措施提供了理论依据。虽然人们对突出的发生与发展过程还没有得出统一的认识,对各种因素在突出中所起的作用及其相互作用的机制仍存在不同的看法和争论,但越来越多的研究者已普遍认同这样一个观点,即突出是由地应力、瓦斯压力和煤的物理力学性质等因素综合作用的结果。

1.2.2 煤层瓦斯含量测定的研究现状

煤层瓦斯含量是指单位质量(体积)中的煤体内所含瓦斯的总量,它是研究煤层瓦斯赋存状况的一个主要参数,是预测矿井瓦斯涌出量和煤与瓦斯突出的重要依据。我国的煤层原始瓦斯含量测定技术是在借鉴苏联、美国、波兰、德国等国经验的基础上,逐步发展和完善起来的。从1978年开始,在我国的一些煤田进行了原始瓦斯含量测定的工业试验,一直到现在,其测定方法都在逐步完善之中。

目前,煤层原始瓦斯含量测定方法多种多样。根据应用范围,可分为地质勘探钻孔中应用的方法和矿井下应用的方法两大类;根据方法本身的特点,又可分为直接法和间接法。直接法比较简单、直观,应用该法时,直接从采取的煤岩试样中抽出瓦斯,确定其瓦斯成分和瓦斯含量;其缺点是在试样采取过程中难免有部分瓦斯逸散,需要建立补偿瓦斯损失量的方法。间接法比较复杂,它是先在井下实测或根据已知规律推算煤层瓦斯压力,并在实验室测定煤的孔隙率、吸附等温线和煤的工业分析结果,