

钻孔瓦斯涌出 初速度测定新技术及应用

齐黎明/著

New Technology and Application of Gas Emission Initial
Speed from Borehole



科学出版社

钻孔瓦斯涌出初速度测定 新技术及应用

New Technology and Application of Gas
Emission Initial Speed from Borehole

齐黎明 著

国家自然科学基金(No. 51204070)

河北省自然科学基金(No. E2015508053)

河北省重点学科(安全技术及工程)建设

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书系统地阐述了传统钻孔瓦斯涌出初速度测定装备在深孔预测方面存在的局限性,分析了新型钻孔瓦斯涌出初速度测定装备的研发思路及开展深孔预测的可行性,提出了基于钻孔瓦斯涌出初速度分布规律的煤与瓦斯突出深孔预测、预警技术。

本书可供从事煤矿瓦斯防治、煤(岩)与瓦斯动力灾害和煤与瓦斯共采等领域科研工作人员阅读,也可供科研院所和高等院校相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

钻孔瓦斯涌出初速度测定新技术及应用=New Technology and Application of Gas Emission Initial Speed from Borehole/齐黎明著. —北京:科学出版社,2016.7

ISBN 978-7-03-049114-5

I. ①钻… II. ①齐… III. ①瓦斯涌出-初速度-研究 IV. ①TD712

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 142146 号

责任编辑:李 雪 / 责任校对:桂伟利

责任印制:张 伟 / 封面设计:无极书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京教图印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016 年 7 月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2016 年 7 月第一次印刷 印张:8

字数:161 000

定价:78.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

我国是世界上发生煤与瓦斯突出最严重的国家之一,突出矿井产量约占世界突出矿井总产量的 24%,累计突出次数约占世界总突出次数的 40%以上,从发生的突出次数和强度来看,远远超过苏联、波兰及欧洲等国家和地区。

为确保突出煤层的安全开采,《防治煤与瓦斯突出规定》要求采取“四位一体”的防突措施,突出预测是煤与瓦斯突出“四位一体”防突措施的第一步。在众多行业标准认可的突出预测指标中,钻孔瓦斯涌出初速度就是其中之一,通常采用它与钻屑量联合的方式进行突出预测。国内外很多学者就钻孔瓦斯涌出初速度测定技术开展了深入研究,前人在钻孔瓦斯涌出初速度测定方面所做的工作及成果对提高煤与瓦斯突出预测技术水平做出了重要贡献。但是,也存在诸多方面需要改进与完善,如测定钻孔深度受限,难以适应高强度机械化开采的需要等。

本书在广泛参阅前人研究成果的基础上,根据作者多年来在钻孔瓦斯涌出初速度测定技术方面的理论与工程实践撰写而成的。

本书从提高钻孔瓦斯涌出初速度测定参数的可靠性及其突出预测钻孔深度出发,深入研究了传统钻孔瓦斯涌出初速度测定装备的密封性能及其与钻孔深度的关系,探索了钻孔瓦斯涌出初速度测定的钻进工艺对煤体瓦斯吸附平衡的影响;推导出了煤层钻孔初始气体压力计算公式,并在此基础上,提炼出了钻孔瓦斯流量初始演变规律;创造性地提出了提高钻孔瓦斯涌出初速度测定装备密封性能及其测定钻孔深度的技术途径,并进行了测定装备的研发与现场应用;系统分析了工作面前方地应力、瓦斯压力和钻孔瓦斯涌出初速度等参数的分布与演变规律,提出了新的煤与瓦斯突出预测预警技术。

本书的出版得到了河北省重点学科(安全技术及工程)建设经费、国家自然科学基金项目(No. 51204070)、河北省自然科学基金项目(No. E2015508053)和中央高校基本科研业务费资助项目(No. 3142014012, 3142015020)的资助。在开展研究工作和本书的撰写过程中,作者参阅了大量的中外文献,借此机会向所有文献作者表示感谢。

中国矿业大学的林柏泉教授、中国地质大学(北京)的程五一教授、华北科技学院的陈学习教授、开滦(集团)有限责任公司的周凤增副总工程师和郭达

主任给予了作者大量指导。开滦(集团)有限责任公司、淮南矿业(集团)有限责任公司、淮北矿业(集团)有限责任公司、国投河南新能开发有限公司和中国平煤神马能源化工集团有限责任公司在现场试验方面给予了大力帮助;华北科技学院的梁为老师,研究生葛须宾、赵嵘、冯山和张旭锟在测定装备研制、实验室实验和现场试验方面给予了协助,在此一并表示感谢。

由于作者水平有限,书中不妥之处,敬请读者批评指正。

齐黎明

2016年3月

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 引言	1
1.2 钻孔瓦斯涌出初速度测定技术研究现状	5
1.2.1 钻孔瓦斯涌出初速度测定技术起源	5
1.2.2 钻孔瓦斯涌出初速度测定技术研究现状	5
1.2.3 钻孔瓦斯涌出初速度测定装备研究现状	6
1.3 钻孔瓦斯涌出初速度测定现有技术的局限性	7
1.4 煤与瓦斯突出预测预警研究现状	9
第 2 章 传统钻孔瓦斯涌出初速度测定装备深孔预测的局限性	11
2.1 测定钻孔轴线形状分析	11
2.2 钻孔内封孔胶囊受力分析	13
第 3 章 钻进扰动对煤体瓦斯吸附平衡的影响	17
3.1 扰动导致瓦斯解吸机理分析	17
3.1.1 煤体裂纹产生机理分析	17
3.1.2 煤体裂纹产生瞬间瓦斯解吸机理分析	20
3.2 扰动导致瓦斯解吸实验研究	25
第 4 章 钻孔瓦斯涌出初速度测定过程中的瓦斯流动规律研究	29
4.1 钻孔瓦斯测量室内气体压力理论分析	29
4.2 钻孔瓦斯流动规律分析	34
第 5 章 新型钻孔瓦斯涌出初速度测定装备研制	40
5.1 新型钻孔瓦斯涌出初速度测定装备结构与原理	40
5.2 新型钻孔瓦斯涌出初速度测定装备设计与制造	41
5.2.1 装备主体结构设计与制造	41
5.2.2 装备主体结构的改进	43
5.2.3 煤层钻孔气体参数测定装置的设计与制造	47
5.2.4 装备的外观结构设计与加工	50
5.3 新型钻孔瓦斯涌出初速度测定装备性能检测与分析	53

5.3.1	封孔器的密封性能检测	53
5.3.2	封孔器的瓦斯流动阻力分析	55
5.3.3	改进型封孔器的降阻效果实验研究	57
5.3.4	煤层钻孔气体参数测定装置实验室实验	65
5.4	新型钻孔瓦斯涌出初速度测定装备操作规程	68
第6章	钻孔瓦斯涌出初速度测定新技术的应用	70
6.1	开滦矿区钻孔瓦斯涌出初速度测定	70
6.1.1	开滦矿区测定矿井的突出危险性分析	70
6.1.2	开滦矿区钻孔瓦斯涌出初速度测定	76
6.2	两淮矿区钻孔瓦斯涌出初速度测定	84
6.2.1	两淮矿区测定矿井的突出危险性分析	84
6.2.2	两淮矿区钻孔瓦斯涌出初速度测定	87
6.3	郑州矿区钻孔瓦斯涌出初速度测定	88
6.3.1	郑州矿区测定矿井的突出危险性分析	88
6.3.2	郑州矿区钻孔瓦斯涌出初速度测定	88
6.4	平顶山矿区钻孔瓦斯涌出初速度测定	89
6.4.1	平顶山矿区测定矿井的突出危险性分析	89
6.4.2	平顶山矿区钻孔瓦斯涌出初速度测定	90
第7章	基于钻孔瓦斯涌出初速度的煤与瓦斯突出预测预警技术	92
7.1	工作面前方应力、透气性与瓦斯压力分布规律	92
7.2	煤与瓦斯突出预警机理分析	101
7.3	煤与瓦斯突出预警体系构建与实施	108
附录1	钻孔瓦斯涌出初速度的测定方法(MT/T 639—1996)	112
附录2	《防治煤与瓦斯突出规定》中的部分相关内容	118
参考文献		120

第 1 章 绪 论

1.1 引 言

据统计,我国 2015 年煤炭产能高达 57 亿吨,实际煤炭产量为 36.9 亿吨^[1,2]。在煤炭高产、稳产的同时,我国也是世界上煤矿瓦斯问题最严重的国家之一^[3]。

瓦斯灾害主要表现为瓦斯爆炸(或瓦斯与煤尘爆炸)和煤与瓦斯突出。与瓦斯爆炸相比,煤与瓦斯突出发生的机理更加复杂,预防的技术难度也更大。据统计,在 100 个国有重点煤炭生产企业的 609 处矿井中,煤与瓦斯突出矿井占 17.6%;新中国成立以来,我国煤矿发生煤与瓦斯突出次数占全世界突出总次数 1/3 以上^[4,5]。我国最大煤与瓦斯突出发生在 1975 年,天府矿务局三汇坝一井,突出煤岩量达到 12780 吨、瓦斯 140 万 m^3 ,仅次于苏联加加林矿(突出煤岩量 14000 吨、瓦斯 25 万 m^3),居世界第二位。

随着对能源需求量的增加和开采强度的不断加大,国内煤矿相继进入深部开采,我国煤炭开采的深度以每年 10~20m 的速度递增,国内煤矿开采平均深度已达 600m,一部分煤矿采深已达 1000m 以上^[6]。随着开采深度的增加,地应力和瓦斯压力急剧增大,如煤层瓦斯压力随开采深度几乎呈线性增长,使得原来的瓦斯矿井将转变为高瓦斯矿井,甚至突出矿井^[7]。

以开滦矿区钱家营矿为例,在该矿—600m 水平,瓦斯比较小,压力小于 0.2MPa,基本处于瓦斯风化带内,矿井瓦斯等级鉴定结果为低瓦斯矿井(现称瓦斯矿井);随着开采向—850m 水平延伸,该矿的瓦斯压力急剧上升,其中,在—850 主石门 1 号钻孔所测 5 号煤层的瓦斯压力最高达到 4.6MPa,已于 2013 年 10 月 14 日被鉴定为突出矿井。

煤与瓦斯突出是煤矿井下采掘过程中发生的一种极其复杂的地质动力现象,它能在短时间内(几秒钟到几分钟)由煤体向采掘空间抛出大量的煤炭(岩石)及涌出大量的瓦斯(CH_4 、 CO_2),并造成一定的动力效应,如推翻矿车、毁坏支架、破坏通风系统等。它的危害主要体现在以下四个方面:①产生的高压瓦斯流,能摧毁巷道,造成风流逆转、破坏矿井通风系统;②井巷充满瓦斯,造

成人员窒息,引起瓦斯燃烧或爆炸;③喷出的煤岩,造成煤流埋人;④猛烈的动力效应可导致冒顶和火灾事故。对于大型的煤与瓦斯突出,喷出的煤、岩由几千吨到万吨以上,能够堵塞百米甚至千米以上的巷道;喷出的瓦斯达几百到几万方米,能够使井巷充满瓦斯,甚至弥漫整个矿井。例如,2004年10月20日河南大平煤矿发生了一起煤与瓦斯突出事故,涌出的瓦斯逆风而行,遇架线电机车运行时产生的火花,引起瓦斯爆炸,造成148人死亡;2009年11月21日,黑龙江省鹤岗新兴矿也发生了同类煤与瓦斯突出诱导瓦斯爆炸的事故,死亡108人;煤与瓦斯突出事故不仅直接导致人员伤亡和财产损失,也造成了极坏的国际影响。

由于煤与瓦斯突出严重威胁着矿井安全生产,并且它的防治难度比较大,世界上开采突出煤层的国家基本都制定了煤与瓦斯突出防治方面的强制性文件。我国原煤炭工业部于1988年制定和颁布了《防治煤与瓦斯突出细则》,并于1995年对其进行了修订;国家安全生产监督管理总局于2009年制定了《防治煤与瓦斯突出规定》;另外,《煤矿安全规程》也对煤与瓦斯突出的防治工作做了明文规定。

为了保证矿井安全生产,《防治煤与瓦斯突出规定》要求突出煤层采取“四位一体”的防突措施,突出预测是“四位一体”防突措施的第一步工作,具体如图1-1所示^[8]。

煤与瓦斯突出预测可分为区域性预测和局部预测,《防治煤与瓦斯突出规定》分别对区域预测和局部预测做了明确规定^[8]。

1. 区域预测

区域预测一般根据煤层瓦斯参数结合瓦斯地质分析的方法进行,具体如下。

(1) 煤层瓦斯风化带为无突出危险区域。

(2) 根据已开采区域确切掌握的煤层赋存特征、地质构造条件、突出分布规律和对预测区域煤层地质构造的探测、预测结果,采用瓦斯地质分析的方法划分出突出危险区域。当突出点及具有明显突出预兆的位置分布与构造带有直接关系时,则根据上部区域突出点及具有明显突出预兆的位置分布与地质构造的关系确定构造线两侧突出危险区边缘到构造线的最远距离,并结合下部区域的地质构造分布划分出下部区域构造线两侧的突出危险区;否则,在同一地质单元内,突出点及具有明显突出预兆的位置以上20m(埋深)及以下的范围为突出危险区(图1-2)。

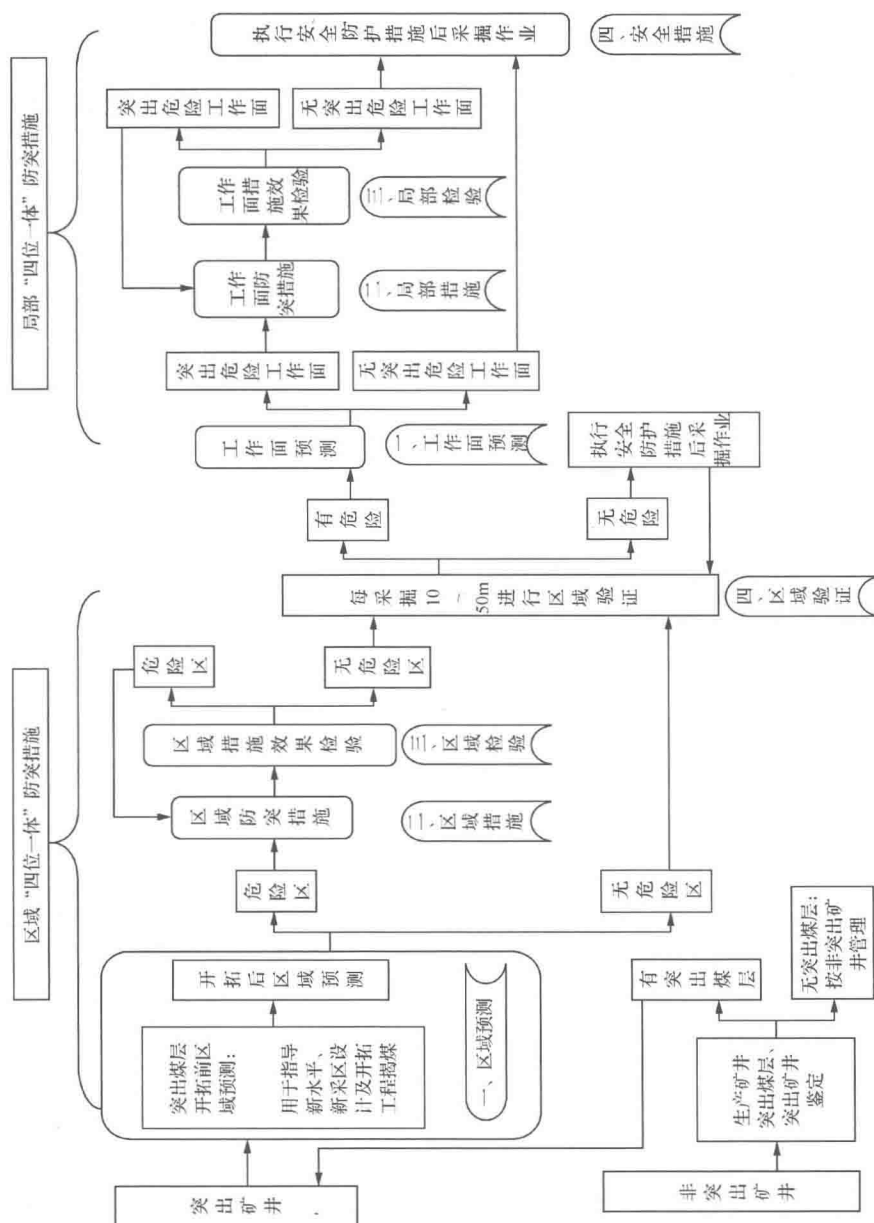


图 1-1 两个“四位一体”综合防突体系结构图

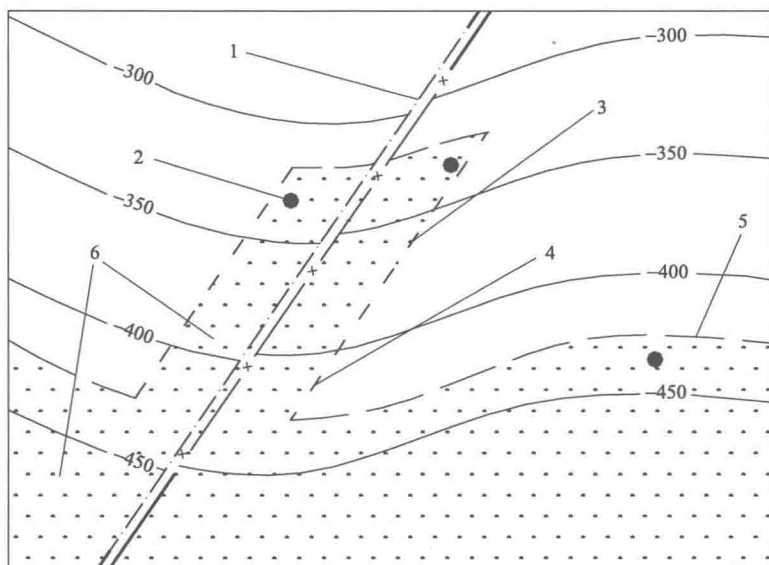


图 1-2 根据瓦斯地质分析划分突出危险区域示意图

1. 断层; 2. 突出点; 3. 上部区域突出点在断层两侧的最远距离线; 4. 推测下部区域断层两侧的突出危险区边界线; 5. 推测的下部区域突出危险区上边界线; 6. 突出危险区(阴影部分)

(3) 在上述(1)、(2)项划分出的无突出危险区和突出危险区以外的区域, 应当根据煤层瓦斯压力 P 进行预测。如果没有或者缺少煤层瓦斯压力资料, 也可根据煤层瓦斯含量 W 进行预测。预测所依据的临界值应根据试验考察确定, 在确定前可暂按表 1-1 进行预测。

表 1-1 根据煤层瓦斯压力或瓦斯含量进行区域预测的临界值

瓦斯压力 P/MPa	瓦斯含量 $W/(\text{m}^3/\text{t})$	区域类别
$P < 0.74$	$W < 8$	无突出危险区
除上述情况以外的其他情况		突出危险区

另外, 区域预测也可以采用其他经试验证实有效的方法。

2. 局部预测

石门揭煤、立井揭煤和斜井揭煤工作面的突出危险性预测应当选用综合指标法、钻屑瓦斯解吸指标法或其他经试验证实有效的方法进行。

煤巷掘进工作面和采煤工作面的突出危险性预测方法有钻屑指标法、复

合指标法、R 值指标法和其他经试验证实有效的方法。

在主要采用敏感指标进行工作面预测的同时,可以根据实际条件测定一些辅助指标(如瓦斯含量、工作面瓦斯涌出量动态变化、声发射、电磁辐射、钻屑温度、煤体温度等),采用物探、钻探等手段探测前方地质构造,观察分析工作面揭露的地质构造、采掘作业及钻孔等发生的各种现象,实现工作面突出危险性的多元信息综合预测和判断。

对于复合指标法和 R 值指标法,都需要测定钻孔瓦斯涌出初速度(q),该值的准确测定有利于提高采用上述两个指标进行煤与瓦斯突出预测的可靠性。因此,对钻孔瓦斯涌出初速度测定技术进行研究,进一步提高测定数据的准确性与测定钻孔深度,对突出煤层的安全高效开采有着重要意义。

1.2 钻孔瓦斯涌出初速度测定技术研究现状

1.2.1 钻孔瓦斯涌出初速度测定技术起源

钻孔瓦斯涌出初速度指的是在打钻结束后,马上进行封孔,测定封闭段中涌出的最大瓦斯量,其原理是基于突出煤和非突出煤在瓦斯解吸量和解吸速度上的差异,突出煤瓦斯解吸量大,初始瓦斯解吸速度快,解吸量随时间的衰减速度也快。它的大小取决于煤层瓦斯含量、煤层瓦斯压力、煤的破坏程度、物理力学性质等因素,即它几乎反映了决定煤层突出危险性的全部因素。因此,理论上讲,该指标反映了煤与瓦斯突出的危险性^[9]。

钻孔瓦斯涌出初速度是由苏联马凯耶夫矿业研究所最早提出的,也是苏联运用最广泛的日常预测指标,被正式列入苏联《有煤、岩石和瓦斯突出倾向煤层安全采掘规程》,该规程规定了钻孔瓦斯涌出初速度的测试方法及临界值。1969~1980年,苏联使用钻孔瓦斯涌出初速度指标先后在顿巴斯矿区127个矿井的3930个掘进工作面和2070个回采工作面进行了预测实践,其结果证明,准确率高达98%^[10]。苏联采用钻孔瓦斯涌出初速度指标对采掘工作面前方的突出危险性进行了长期大量的跟踪观测。观测结果表明,在地质破坏带和动力现象显现明显的区域,钻孔瓦斯涌出初速度明显增大,一般大于4L/min,据此确定钻孔瓦斯涌出初速度的临界值为4L/min^[11]。

1.2.2 钻孔瓦斯涌出初速度测定技术研究现状

根据苏联马凯耶夫煤矿安全研究所的研究,煤层钻孔瓦斯涌出初速度通

常出现在打钻结束后 2~3min^[12,13]。苏联东方煤矿安全研究所通过现场试验与应用,认为钻孔瓦斯涌出初速度随时间呈曲线规律变化,曲线具有极值,靠近巷道工作面,由于瓦斯局部排放的影响,瓦斯涌出量较小,随着钻孔向煤体内部延深,瓦斯涌出量增加,在 1.5~4m 处达到最大值,以后又降低^[14]。

煤炭科学研究总院重庆分院的王克全和于不凡^[10]通过数值分析认为,钻孔瓦斯涌出初速度主要取决于煤层原始瓦斯压力、渗透率、煤的内聚力及内摩擦角、开采深度等因素。同时,在强突出危险带,钻孔瓦斯涌出初速度大,在弱突出危险带,钻孔瓦斯涌出初速度小。中国矿业大学的王凯等^[15]通过数值模拟,研究了钻孔瓦斯动态涌出规律、特征及其与煤层突出危险性的关系,给出了确定打钻过程中每米钻孔瓦斯涌出初速度及停钻衰减涌出量的计算公式。焦作工学院的魏风清和张晋京^[11]认为钻孔瓦斯涌出初速度的测试深度必须穿过工作面前方的煤层卸压带,进入应力集中带的塑性极限应力区,对于不同矿山地质条件下的煤层,必须实测其工作面煤层卸压带和塑性极限应力区范围,才能准确确定钻孔瓦斯涌出初速度合理的测试深度。煤科总院重庆分院的林府进^[16]认为煤层掘进面迎头煤体钻孔孔深大于 4m 时,钻孔瓦斯涌出初速度基本稳定,可视为原始煤体区域内煤层钻孔瓦斯的自然释放,测量室长度为 1m 时所测数据较测量室长度为 0.5m 时所测数据要相对稳定一些。

中国矿业大学的刘海波等^[17]对钻孔瓦斯涌出初速度在煤层泄压后偏大做了详细研究,认为影响 q 的主要影响因素有煤层透气性系数、瓦斯压力和开采深度等,其中透气性系数对 q 影响最大。煤科总院抚顺分院的屠锡根和哈明杰^[18]认为综合指标能够有机地把预测突出的单项指标联系在一起,从而更准确地预测突出危险性。平顶山煤业(集团)有限责任公司十矿的王恩义等^[19]提出了 q 值浅孔预测的方法,认为由于 q 值的峰值大多在煤壁以里 1.8m 位置,选用 1.8m 位置作为新的 q 值测试深度是比较合理的。韩颖等^[20]设计了煤层模拟装置及钻进过程中钻孔瓦斯涌出速度测定装置,并开展了钻孔瓦斯涌出速度模拟测试。

1.2.3 钻孔瓦斯涌出初速度测定装备研究现状

我国最早由抚顺煤炭科学研究院从苏联引进了该技术,并结合我国的煤层赋存条件,研制出了我国最早的钻孔瓦斯涌出初速度测定装备(JN-1 型)^[21]。在此基础上,原煤炭工业部依据《防治煤与瓦斯突出细则》(1995 年版)组织制定了测定标准《钻孔瓦斯涌出初速度的测定方法》(MT/T 639—1996)。

随后,国内部分科研人员也相继在 JN-1 型钻孔瓦斯涌出初速度测定装备的基础上,进行了新的研发,主要有沈阳煤炭科学研究所的 JN-2、重庆煤炭科学研究所的 ZWS-1、平顶山碧源科技有限公司的 CWY30 等,具体如图 1-3 所示。

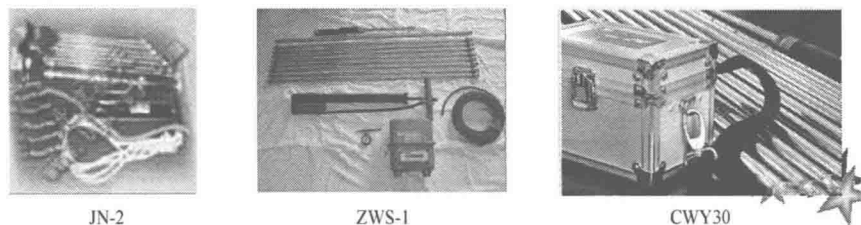


图 1-3 国内主要钻孔瓦斯涌出初速度测定装备

上述装备均采用普通橡胶充气密封钻孔,通过钢管将封孔器送入钻孔,采用孔板流量计或基于其原理所研发的仪表来测定气体流量。

江西省煤炭研究所的彭呈喜和萍乡煤矿职工大学的李永华^[22]从突出预测角度考虑,认为应研制一种自动控制封孔的新装置,把钻进、封孔、导流和测定四道工序统一在一套机具上形成连续作业。高建良等^[23]对钻孔瓦斯涌出初速度与导气管阻力特性的关系进行了研究,认为导管管径对测定值的影响越大并且导气管摩擦风阻越小,测得的钻孔瓦斯涌出初速度越大。

1.3 钻孔瓦斯涌出初速度测定现有技术的局限性

《防治煤与瓦斯突出细则》(1995 版)明确规定:煤巷掘进工作面和采煤工作面在进行突出危险性预测时,可以单独使用该指标,也可与最大钻屑量联合使用;前者的预测钻孔深度为 3.5m,后者则为 5.5~6.5m^[24]。在矿井采掘过程中,由于预测钻孔深度较短,需要频繁预测,这严重制约着采掘速度的提高,与煤矿高强度的机械化开采需求和高产高效矿井建设不相适应。为此,《防治煤与瓦斯突出规定》(2009 年)将该指标的预测钻孔深度提高到了 8~10m。但是,由于钻孔瓦斯涌出初速度的测定必须在打完钻后 2min 内完成,测定钻孔越深,退钻杆和送封孔器所需时间越长,特别是对传统的刚性封孔器来说,由于钻孔的不规则性,在其送入钻孔过程中因所受阻太大而延误测定时间的概率越来越大。

综上所述,虽然钻孔瓦斯涌出初速度测定为有效防治煤与瓦斯突出做出

了重大贡献,但是还有些不足,主要体现在两个方面,即测定钻孔深度受限和数据的测定与记录方式有待改进。

1) 测定钻孔深度受限

测定钻孔深度受限包括两个方面的原因,具体如图 1-4 所示。

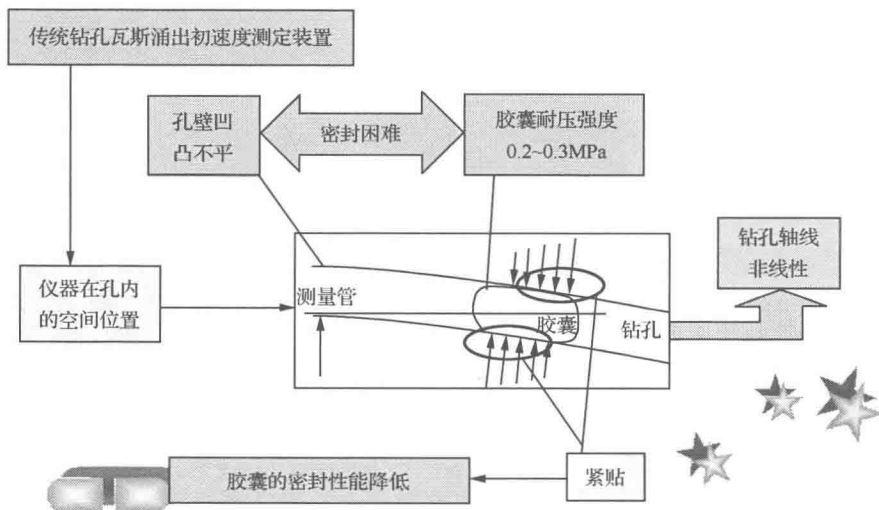


图 1-4 传统钻孔瓦斯涌出初速度测装备的不足之处

一方面,在钻杆重力作用下,钻孔轴线不是线性的,而是呈抛物线形状;另一方面,在测量管重力作用下,胶囊有上倾趋势。这两个因素导致胶囊的后端紧贴钻孔底部,而前端紧贴钻孔顶部,胶囊的密封性能降低,而且这种状况会随着钻孔深度增大,而变得更加显著,这也就导致现行的钻孔瓦斯涌出初速度测定深度比较浅。

2) 数据的测定与记录方式有待改进

对于普通的有机玻璃孔板流量计来说,在使用过程中,可能遇到以下几个方面的问题:如果孔板量程偏小,导致水溢出,无法读数,反过来,又会影响测定结果的精度;没有办法连续记录读数,并且测定结果需要通过计算转换;井下光线昏暗,测定数据一直在变,而且测量时,孔板流量计必须垂直,因此,可能存在读数误差。对于现有的电子记录仪器来说,其原理与孔板流量计类似,都是通过测定压力自动计算出流量,并显示最高数值;它的测定方式和功能也需要进一步提高。

1.4 煤与瓦斯突出预测预警研究现状

德国建立了 SIWA 2000 智能控制中心,对矿井安全状况进行分析与评价;美国建立了基于地理信息系统(geographic information system, GIS)的矿山综合管理、安全预警信息系统、远程控制和指挥中心;澳大利亚 Bell 等提出把监控系统与计算中心联网的手段,以对煤矿井下灾害进行预警和监控^[25~27]。上述系统功能的实现都是以监控数据的处理和专家库建立为依据,通过对气体成分等灾害危险源信息进行处理从而对火灾、爆炸等事故进行预警。

20 世纪 70 年代末,日本、澳大利亚、法国、波兰、苏联等国家,先后研制并开发了地音计算机系统,研究了突出前声发射(acoustic emission, AE)发生频率的变化规律和声发射与瓦斯浓度的关系;1983 年英国对南威尔士煤田的煤与瓦斯突出监测结果表明,微震活动与工作面开采活动和回风巷道中检测到的瓦斯涌出量有关,开发系统于 1986 年正式用于工作面的突出预测预报^[28]。

声发射预测(微震声响预测)煤层突出危险性是通过收集工作面煤层和围岩噪声率信号,分析声发射事件和能量变化,配合矿井根据大量生产实践所建立的临界值,判断工作面前方煤层是否有突出危险。与之相类似的还有电磁辐射预测,煤岩层在破坏过程中会发生电磁辐射,电磁辐射强弱和脉冲数据取决于外加负载的大小和煤岩层的破坏特征。所以,可采用采掘工作面前方煤层受力破坏产生的电磁辐射强度和电磁辐射脉冲数预测突出危险^[29]。

在预警系统方面,中国煤炭科工集团有限公司(简称中煤科工集团)重庆研究院开发了预警和综合控制系统,该系统综合利用瓦斯地质、计算机技术、安全系统工程学等综合学科,通过收集工作面采掘前各种指标及煤与瓦斯动力现象等数据,对工作面当前和前方的突出危险性及其变化趋势进行实时预警^[26]。该系统在芦岭煤矿进行了试验,取得了较好的效果,但其可靠性仍需进一步试验。

另外,部分学者根据工作面瓦斯涌出量的变化规律来对煤与瓦斯突出进行预警,不同的是有的借助于神经网络技术对瓦斯涌出量进行预测,并提出相应的预警指标及其临界值,有的则以矿图和数据处理软件为基础,根据瓦斯涌出量的变化,来判断工作面前方的应力、瓦斯压力及煤层产状结构等,并最终对煤与瓦斯突出进行预警^[30,31]。

综上所述,有关煤与瓦斯突出预警,很多科研人员也开展了大量研究工作,研究成果主要体现在两个方面:一是采用计算机编制预警软件,将采掘工作面与突出有关的有关数据输入计算机,运行计算后,根据结果判别突出危险性,中煤炭科工集团重庆研究院所开发的突出预警计算机系统软件就是其中的典型代表;二是采用仪器现场监测煤与瓦斯突出发生之前的各种信息,主要包括声发射、电磁辐射和微震。

第一类预警方法要求提供大量的基础资料,给矿井生产带来重大负担,一般的矿井没有能力提供;第二类预警方法有其科学道理,但是,井下工作环境非常复杂,容易受到其他非突出因素的干扰。

由此可见,煤与瓦斯突出灾害的预警技术虽然刚刚起步,却已在煤矿行业得到了普遍重视;因此,研发出具有实用价值的煤与瓦斯突出预警系统,就显得尤为必要和迫切。

因此,对钻孔瓦斯涌出初速度测定的相关基础理论进行研究,升级改造现行的钻孔瓦斯涌出初速度测定装备(设计加工出既能够缩短封孔器的送入时间,又能有效降低封孔器送入钻孔的阻力,并且数据测定准确、可靠的钻孔瓦斯涌出初速度测定装备);并开发出基于钻孔瓦斯涌出初速度测定的煤与瓦斯突出预测预警技术,对于突出煤层的安全高效开采有着重要意义。