

“十五”国家科技攻关计划

“煤矿瓦斯治理技术集成与示范”项目成果系列丛书

煤矿瓦斯治理适用新技术

主 编 黄声树

副主编 刘见中

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

“十五”国家科技攻关计划

“煤矿瓦斯治理技术集成与示范”项目成果系列丛书

煤矿瓦斯治理适用新技术

主 编 黄声树

副主编 刘见中

中国矿业大学出版社

内容简介

本书在总结我国“九五”、“十五”以来瓦斯治理适用技术研究成果基础上,重点介绍了煤与瓦斯突出的预测和防治技术、瓦斯抽放技术、瓦斯参数测定和监测监控技术等。这些适用新技术的推广和应用,可以提高煤与瓦斯突出预测预报的准确性和可靠性,提高松软突出煤层成孔深度和成孔率以及水平长钻孔的装备性能等。书中的大量技术、装备的改进和完善定会为我国瓦斯治理技术水平的提高和发展奠定基础。

本书可供从事煤矿安全生产工作的科技及管理人员参阅,也可作为高等院校师生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

煤矿瓦斯治理适用新技术/黄声树主编. —徐州: 中国矿业大学出版社, 2008. 10

(“煤矿瓦斯治理技术集成与示范”项目成果系列丛书)

ISBN 978 - 7 - 5646 - 0092 - 1

I. 煤… II. 黄… III. 煤矿—瓦斯爆炸—防治 IV. TD712

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 150960 号

书 名 煤矿瓦斯治理适用新技术
主 编 黄声树
责任编辑 吴学兵
出版发行 中国矿业大学出版社
(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮政编码 221008)
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com
排 版 中国矿业大学出版社排版中心
印 刷 江苏淮阴新华印刷厂
经 销 新华书店
开 本 889×1194 1/16 印张 19.25 字数 556 千字
版次印次 2008 年 10 月第 1 版 2008 年 10 月第 1 次印刷
定 价 58.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)



《煤矿瓦斯治理适用新技术》

编写人员

主 编 黄声树

副 主 编 刘见中

编写人员 (按姓氏笔画排序)

马尚权	王恩元	王继仁	文光才
冯 宏	刘志忠	刘明举	孙 波
孙东玲	李长录	杨大明	吴燕清
邹银辉	陈学习	林府进	岳超平
姚宁平	曹 林	梁运培	程远平
魏建平			

前 言

能源是社会进步和经济发展的基础。目前,煤炭占我国一次能源消费总量的 67% 左右。我国是一个富煤少油国家,国民经济正处于高速增长时期,煤炭消费总量在未来相当长时期都将保持在较高水平,世界范围的能源紧张局面亦将长期存在。因此,煤炭工业健康发展的重要意义不言而喻。

瓦斯事故特别是重特大煤矿瓦斯事故的频繁发生,给人民生命安全和国家财产造成了极大威胁,严重影响煤炭工业健康发展,引起了党和政府的高度重视。2005 年 2 月 23 日,国务院召开第 81 次常务会议,研究煤矿安全问题。会议提出了瓦斯治理的七项措施,要求“加快煤与瓦斯突出机理及预测预报科研攻关,尽快取得突破”。为了贯彻会议精神,国家科学技术部于 2005 年启动“十五”科技攻关计划“煤矿瓦斯治理技术集成与示范”项目,组织相关科研单位、高等院校和煤矿企业联合攻关。其预期目标是通过对我我国煤矿高瓦斯矿区的瓦斯灾害诊断、瓦斯治理技术成果优化集成、先进适用技术完善提高和示范应用以及标准规范的制定和修订,构建煤矿瓦斯灾害防治技术体系和标准体系框架,全面提高煤矿抵御瓦斯灾害的能力,有效控制重特大煤矿瓦斯灾害事故,为促进煤矿安全生产的根本好转和煤矿效益的持续增长提供技术保障。

“煤矿瓦斯治理技术集成与示范”项目共设置“高瓦斯矿区瓦斯灾害诊断及治理方案研究”、“煤矿瓦斯治理技术筛选及适用性研究”、“瓦斯治理适用技术完善提高及应用研究”、“煤矿瓦斯治理技术规范及标准研究”、“瓦斯治理技术推广与应用示范”五个课题。其中,“瓦斯治理适用技术完善提高及应用研究”课题主要以“六五”以来特别是“九五”、“十五”(前期)科技攻关成果为基础,重点对煤与瓦斯突出预测及防治技术、瓦斯抽放技术、瓦斯参数测定及监测监控技术进行改进、完善,从而提高煤与瓦斯突出预测预报的准确性和可靠性、松软突出煤层成孔深度和成孔率以及水平长钻孔的装备性能,建立功能更加完善的瓦斯监测监控技术。

课题自 2005 年下半年正式启动以来,在国家科学技术部、国家安全生产监督管理局、国家煤矿安全监察局等上级主管部门领导下,课题承担单位——煤炭科学研究总院组织 10 个专题承担单位,对国内外煤与瓦斯突出防治技术、瓦斯抽放技术、瓦斯参数测定及监测监控技术进行了广泛调研,分析了现有技术在适用性和可靠性方面存在的不足并制定了详细的改进完善方案。经过两年多的研究和应用,在提高煤与瓦斯突出预测准确性、长钻孔瓦斯抽放技术和装备的适应性、松软突出煤层成孔深度等关键技术方面取得了突破,取得了一系列先进、适用的科技成果并在松藻、晋城、淮南、沈阳、铜川等瓦斯灾害典型矿区推广应用,取得了显著效果。

本书的编写主要基于“瓦斯治理适用技术完善提高及应用研究”课题的研究成果,由煤炭科学研究总院重庆研究院黄声树研究员担任主编,煤炭科学研究总院刘见中高级工程师担任副主编。全书共分为七章,第一章为煤矿瓦斯灾害危险区瓦斯地质预测技术,由河南理工大学魏建平副教授、刘明举教授主笔,其他主要编写人员还有王思营、刘彦伟、张子戊、郝天轩、郝富昌、温志辉。第二章为煤与瓦斯突出预测预报技术,由煤炭科学研究总院沈阳研究院曹垚林、孙波高级工程师及煤炭科学研究总院重庆研究院文光才研究员、邹银辉高级工程师及中国矿业大学王恩元教授主笔,其他主要编写人员还有王丰、王志权、仇海生、冯康武、吕贵春、朱立凯、刘胜、刘贞堂、刘晓斐、李钢、李成武、李江涛、李忠

辉、李柏军、李秋林、杨娟、杨慧明、吴教锟、邸志强、宋晓艳、张庆华、金小汉、赵旭生、赵恩来、都锋、聂百胜、晋树青、贾慧霖、董国伟。第三章为防爆型探地雷达井下探测技术,由煤炭科学研究总院重庆研究院吴燕清研究员主笔,其他主要编写人员还有邓春为、孙胜利、宋劲、张军、陈家清、邵彦、胡运兵、黄学满、康厚清、孙海涛、阎家光。第四章为煤层瓦斯压力测定技术,由华北科技学院马尚权教授、陈学习副教授主笔,其他主要编写人员还有王轶波、兰泽全、齐黎明、孙志海、梁为、梁育龙。第五章为井下瓦斯抽放钻孔施工技术和装备,由煤炭科学研究总院西安研究院姚宁平研究员、冯宏研究员和煤炭科学研究总院重庆研究院孙东玲研究员、林府进高级工程师主笔,其他主要编写人员还有王勇、吴璋、孙荣军、燕南飞、张福平、李泉新、刁文庆、梁运培、王清峰、董钢锋、李华甫、张军、孟贤正、杨大明、吕冰、欧聪、夏永军、郭恒、苗法田。第六章为煤层群保护层开采和瓦斯强化抽放技术及应用,由煤炭科学研究总院沈阳研究院刘志忠研究员、中国矿业大学程远平教授主笔,其他主要编写人员还有王海峰、刘洪永、曲晓明、何晓东、张兴华、杨宏伟、梁绍权、梁俊义、黄玉玺、富向、韩邦华、魏刚。第七章为煤矿安全生产监控关键技术,由辽宁工程技术大学王继仁教授、煤炭科学研究总院沈阳研究院李长录研究员主笔,其他主要编写人员还有马平、邓存宝、李国、李凤森、周西华、张国玉、洪林、殷忠平。此外,岳超平研究员等参加了资料的收集和编写工作。全书由黄声树研究员负责统稿。

科研成果只有回到实践中去才能充分发挥其作用,其自身才能不断完善。希望本书能够帮助广大煤矿安全管理和工程技术人员对瓦斯治理技术的最新进展有一个全面、系统的了解和掌握并在实践中加以应用,从而指导煤矿安全生产。

由于时间仓促,加之作者水平所限,书中难免有不妥之处,敬请读者不吝指出。

作 者

2008年5月

前言	1
第一章 煤矿瓦斯灾害危险区瓦斯地质预测技术	1
第一节 国内外技术发展现状	1
一、瓦斯含量预测方法	1
二、瓦斯涌出量预测方法	1
三、煤与瓦斯突出区域预测方法	2
第二节 以瓦斯地质理论为基础的瓦斯赋存规律分析	3
一、多源瓦斯含量数据融合分析方法	3
二、煤层瓦斯含量的地质要素分析和预测	5
三、瓦斯含量多变量预测模型	6
第三节 瓦斯涌出量预测方法	7
一、不同预测方法的分析	7
二、分源预测法和瓦斯地质数学模型法的技术融合	8
三、变量取值和筛选方法	9
第四节 突出区域预测的瓦斯地质方法	10
一、煤与瓦斯突出区域的预测方法和指标分析	10
二、多尺度突出区域预测的瓦斯地质方法技术集成	11
三、构造煤厚度指标临界值的确定方法	12
四、瓦斯含量指标临界值的确定	12
第五节 瓦斯地质编图和可视化预测系统	13
一、矿井基础图件数字化表达和瓦斯地质信息库建立	13
二、数字化瓦斯地质编图系统的设计和实现	14
三、瓦斯含量可视化预测	17
第六节 瓦斯灾害危险区预测技术的示范应用	18
一、试验矿区地质构造特征	18
二、试验矿区煤与瓦斯动力现象的规律	20
三、多源瓦斯融合分析及含量预测技术应用	22
四、瓦斯涌出的地质因素分析和预测模型	32
五、试验矿区突出区域预测的方法和指标	35
第七节 小结	42
一、多源瓦斯地质信息融合的瓦斯赋存规律研究方法	42
二、以瓦斯地质数学模型法为基础的瓦斯涌出量预测技术	42
三、多尺度突出区域预测的瓦斯地质方法和指标	43
四、突出区域预测的瓦斯地质方法示范应用	43

五、多尺度瓦斯地质编图方法和可视化预测系统	43
第二章 煤与瓦斯突出预测预报技术	45
第一节 国内外技术发展现状	45
一、静态(钻孔)指标法	45
二、动态(连续)指标法	45
第二节 煤与瓦斯突出的日常预测预报技术	46
一、WT—05 型瓦斯解吸规律测定仪	46
二、试验矿井突出预测敏感指标和临界值研究	48
第三节 基于电磁辐射原理的煤与瓦斯突出预测技术	55
一、煤岩电磁辐射特征规律	55
二、电磁辐射监测预警准则	56
三、电磁辐射监测预警技术的完善研究	60
四、现场应用考察	65
第四节 基于声发射和瓦斯涌出动态的突出预测技术	75
一、受载煤岩体声发射规律	75
二、声发射信号特征参数	76
三、声发射在波导器内传播规律的数值模拟	78
四、波导器声发射传播规律的实验室研究	83
五、声发射传感器安装工艺研究	84
六、声发射监测煤与瓦斯突出现场试验	92
第五节 小结	95
一、常规静态指标预测预报技术	95
二、动态连续指标预测预报技术	96
第三章 防爆型探地雷达井下探测技术	97
第一节 国内外技术发展现状	97
第二节 探地雷达探测技术理论基础	98
一、基本原理	98
二、雷达波在介质中的传播特性	99
三、雷达波在不同介质界面的反射特性和距离定位	99
四、探地雷达探测煤矿井下地质构造的可行性	100
五、煤岩地层的雷达波传播理论模型	101
第三节 防爆型探地雷达天线研究	105
一、防爆型探地雷达天线研究	105
二、防爆型探地雷达天线测试分析	106
第四节 KJH—D 防爆型探地雷达工作方法研究	109
一、防爆型探地雷达天线的工作方式	109
二、防爆型探地雷达测线布置方式	109
三、天线频率的选择	110
四、防爆型探地雷达的工作要点	110
第五节 防爆型探地雷达数据处理方法	110

一、增益处理	110
二、滤波处理	113
第六节 针对煤岩地层的井下雷达正演模型	114
一、电磁波波场传播正演数字模拟	114
二、高频电磁波模型试验	115
第七节 防爆型探地雷达现场应用考察	119
一、淮南矿区现场应用考察	119
二、松藻矿区现场应用考察	122
第八节 小结	124
第四章 煤层瓦斯压力测定技术	126
第一节 国内外技术发展现状	126
一、煤层瓦斯压力间接测定方法	126
二、煤层瓦斯压力直接测定方法	127
三、存在的问题	131
第二节 测压仪端头密封装置的改进和完善	132
一、可变形弹性胶圈密封件的改进	132
二、聚氨酯胶囊端头密封装置的研制	135
三、布袋式软胶囊端头封孔装置的研制	136
四、钢丝硬胶囊端头封孔装置的改进	137
第三节 瓦斯测压仪机械结构优化	138
一、胶囊结构参数的改进	138
二、测压仪瓦斯进气端头的结构设计	138
三、前后胶囊连接方式优化	139
四、测压仪接头的结构设计	140
第四节 自动充气补偿控制压力阀	141
第五节 瓦斯压力测定数据采集、显示和分析集成系统	142
一、信息集成体系的结构和功能	142
二、瓦斯压力数字信息集成硬件设计	143
三、瓦斯压力数字仪软件开发	144
第六节 三相泡沫密封液研究	145
一、发泡剂及其浓度选择	145
二、稳泡剂及其浓度选择	148
三、固相填充物的选择和配比实验	151
四、三相泡沫裂隙封堵性能实验	152
第七节 煤层瓦斯压力测定技术现场试验考察	155
一、晋城煤业集团成庄矿瓦斯压力测定试验	155
二、铜川矿务局示范矿井瓦斯压力测定试验	159
第八节 小结	162
第五章 井下瓦斯抽放钻孔施工技术和装备	164
第一节 国内外技术发展现状	164

一、水平定向长钻孔施工技术和装备	164
二、松软突出煤层抽放钻孔施工技术和装备	165
第二节 煤矿井下定向长钻孔施工钻具	166
一、高强度轻型钻杆	166
二、稳定组合钻具定向钻进技术	168
第三节 多点即时测斜仪	174
一、基本原理和数值计算方程	174
二、钻孔测量系统	181
第四节 煤矿井下定向长钻孔施工技术现场试验	183
一、七台河矿业精煤(集团)有限责任公司新兴煤矿现场试验	183
二、晋城无烟煤矿业集团有限责任公司寺河矿现场试验	187
三、测斜仪实地试验	194
第五节 松软突出煤层顺层长钻孔施工技术	196
一、松软煤层顺层钻孔施工的技术难点分析	196
二、提高松软突出煤层成孔长度的技术途径	196
三、松软突出煤层螺旋钻进风力排渣成孔施工工艺	197
四、风力排渣效果和成孔深度的合理参数	201
第六节 松软突出煤层顺层钻孔钻具	205
一、螺旋钻机具参数	205
二、螺旋钻杆耐磨材料	207
三、插接式密封型螺旋钻杆	208
四、增加钻杆疲劳寿命的钻杆接头设计	210
第七节 松软突出煤层顺层钻孔螺旋钻机	211
一、钻机主要技术参数	211
二、钻机总体设计方案	212
三、样机加工	214
第八节 钻孔施工除尘技术	214
一、除尘器整体方案设计和优化	214
二、除尘器主要技术参数	218
三、除尘器性能考察	219
第九节 松软突出煤层螺旋钻进施工技术现场应用	219
一、试验地点概况	220
二、钻机现场试验情况	220
三、试验结果分析	222
第十节 小结	223
第六章 煤层群保护层开采和瓦斯强化抽放技术及应用	225
第一节 国内外技术发展现状	225
一、保护层开采的基本原理	225
二、煤层群保护层开采强化瓦斯抽放技术	225
三、松软低透气性煤层强化瓦斯抽放技术	227
第二节 极薄保护层开采及卸压瓦斯抽放试验	228

一、保护层的选择	228
二、极薄保护煤层的开采试验设备研制	228
三、试验地点概况	229
四、保护层工作面瓦斯治理试验方法	229
五、被保护层工作面卸压瓦斯抽放试验方法	230
第三节 极薄保护层开采强化抽放效果考察	234
一、被保护层效果考察方案	234
二、保护层工作面开采情况	236
三、被保护层的卸压瓦斯抽放效果分析	237
四、被保护层工作面消除突出危险性认证	249
第四节 极薄保护层开采和卸压瓦斯抽放方案优化	249
一、极薄煤层无人工作面开采方案	249
二、被保护层工作面卸压瓦斯抽放方案优化	251
第五节 煤层群保护层开采及强化瓦斯抽放技术系统集成	252
一、保护层开采和卸压瓦斯强化抽放方案设计	252
二、瓦斯抽放方法	253
第六节 深孔控制预裂爆破基本原理	260
一、爆炸应力波及控制孔的作用	260
二、爆生气体作用和裂隙形成	261
三、瓦斯压力的作用	261
第七节 深孔预裂控制爆破专用装备改进和钻孔布置参数	261
一、深孔预裂控制爆破专用装备改进	261
二、钻孔布置参数选择	262
第八节 深孔预裂控制爆破技术现场应用考察	263
一、现场应用简况	263
二、应用考察	264
第九节 小结	269
第七章 煤矿安全生产监控关键技术	270
第一节 国内外技术发展现状	270
第二节 高稳定性载体催化甲烷传感器	271
一、甲烷载体催化敏感元件性能的提高	271
二、高稳定性载体催化甲烷传感器	274
三、甲烷传感器整机性能试验	279
第三节 煤矿安全生产数字化实时监测与监管决策系统	280
一、监测监管决策系统的网络结构	280
二、软件系统组成	281
第四节 CWebGIS 网络地理信息系统平台	282
一、WebGIS 概述	282
二、CWebGIS 主要功能	282
第五节 煤矿安全生产实时监测与监管决策系统	283
一、联网数据源获取子系统	283

二、井下区域安全测控单元间网络式互联互控关联子系统	283
三、区域断电远程实时自动跟踪定位监测监管子系统	284
四、CWebGIS 网络通风监测管理子系统	285
五、煤矿安全状态实时监测监管子系统	286
六、瓦斯抽放、通风、人员一体化监测子系统	286
第六节 小结	287
参考文献	288

第一章 煤矿瓦斯灾害危险区瓦斯地质预测技术

第一节 国内外技术发展现状

我国 95% 的煤矿为地下开采,因受煤层地质条件等客观因素制约而煤矿灾害严重,重特大瓦斯灾害事故频繁发生。实践表明,煤矿瓦斯灾害的发生具有区域分布特点,瓦斯灾害特别是煤与瓦斯突出灾害受地质条件控制。瓦斯灾害危险区域的分布规律是瓦斯灾害防治的基础,是有效控制煤矿瓦斯灾害事故的关键。目前,我国煤矿瓦斯灾害危险区预测技术方法还不很完善,大多数矿井瓦斯灾害危险区的分布规律尚不太清楚。因此,开展煤矿重大瓦斯灾害危险区预测技术方法研究,使原有的技术得到深化和提高,并与其他瓦斯防治技术集成,从而形成适合不同开采和地质条件的瓦斯灾害防治技术体系,具有十分重要的意义。

煤矿瓦斯灾害危险区预测主要包括瓦斯含量预测、瓦斯涌出量预测和煤与瓦斯突出区域预测等。

一、瓦斯含量预测方法

瓦斯含量预测,主要是指通过地质勘查和生产过程实际测定的瓦斯含量并结合测点的标高或埋深,应用数理统计方法研究瓦斯含量的分布规律。这种方法在现场实际工程中有着广泛的应用。然而,煤层瓦斯分布是不均衡的,多具有分区分带特点,其分区分带性与地质因素有密切关系并受地质因素制约。1982 年,河南理工大学通过研究湘、赣、豫三省瓦斯地质规律,明确指出了煤与瓦斯突出具有分区分带特点,总结了地质因素对分区分带的控制作用,提出了瓦斯地质区划论,并应用瓦斯地质单元法在相同瓦斯地质单元内研究了瓦斯含量分布规律。上述方法多以现有数据的统计规律为基础进行研究,考虑的因素主要是瓦斯含量与埋深的关系。煤层瓦斯的赋存与产气过程、产气量及其保存条件密切相关,瓦斯含量除受地质构造和埋深控制外,还受煤层上覆岩层的厚度、岩性、煤厚及其分布、煤质等因素影响。

国内外学者在对影响瓦斯含量分布影响因素分析的基础上,常选取主要影响因素,应用模糊数学、灰色理论、神经网络、分形几何和其他非线性理论来研究瓦斯含量的分布。但是,这些方法的理论性很强,在现场难以推广应用;其预测结果与已知含量点数据的可靠性、数据量及影响因素的权重等密切相关,在不同矿区和不同地质条件下常具有一定局限性,可直接影响预测精度。

“十五”期间,河南理工大学结合淮南矿区实际,综合考虑地质勘查期间、生产实际测定、应用间接测定以及瓦斯涌出量反演等多源瓦斯信息,提高了对瓦斯含量的预测精度,但亦没有充分考虑不同来源瓦斯信息的相关性和差异性。

二、瓦斯涌出量预测方法

瓦斯涌出量预测是矿井通风管理和制定合理的瓦斯防治措施的必要环节。已有的矿井瓦斯涌出量预测方法包括矿山统计法和瓦斯含量法。矿山统计法,是指依据矿井瓦斯涌出量随开采深度变化的统计规律对深部未采区域的瓦斯涌出量进行预测,是最早提出的一种瓦斯预测方法。20 世纪 70 年代以来,国外一些主要产煤国家分别研究了以煤层瓦斯含量为基本预测参数的瓦斯含量法,这种方

法通过计算井下各涌出源的瓦斯涌出量而得到矿井或某一预测范围的瓦斯涌出量预测值。80 年代中期,煤炭科学研究总院抚顺分院以苏联提出的方法为基础加以改进,提出了适合我国煤矿条件的以瓦斯含量为基本参数的瓦斯涌出量预测方法——分源预测法。90 年代末,河南理工大学亦提出了一种瓦斯涌出量预测方法——瓦斯地质数学模型法。

近年来,这些方法在预测瓦斯涌出量方面发挥了显著效用,而各种预测方法则有其一定的适用条件。实际上,这些预测方法在使用过程中都可能产生较大误差,瓦斯涌出量预测技术本身还存在着一些需要改进的问题。建立在数理统计基础上的矿山统计法,依据的是矿井瓦斯涌出量随开采深度变化的统计规律,所以其不可靠性主要是由统计过程产生的。以煤层瓦斯含量为基本预测参数的瓦斯含量法,通过计算井下各涌出源的瓦斯涌出量而得到矿井或某一预测范围的涌出量预测值,因此煤层瓦斯含量法产生的不可靠性主要是由各个瓦斯源的瓦斯涌出量计算方法产生的。由一定的数学方法建立预测瓦斯涌出量的多变量瓦斯地质数学模型法,利用所建立的数学模型对矿井未采区瓦斯涌出量进行预测,其主要的不可靠性则来自数学方法和数学模型。

三、煤与瓦斯突出区域预测方法

国内外研究实践表明,各地煤与瓦斯突出是不均衡的,突出区域的面积仅占突出煤层的 10%~30% 且具有分区分带特点。

突出区域预测的方法大致可以划分为指标法和以地质研究为主的方法。目前,应用比较成熟并被列入我国行业技术规程——《防治煤与瓦斯突出细则》(1995)^①的方法主要有单项指标法、瓦斯地质统计法和综合指标法。

指标法提出的主要依据是突出机理,不论是单项指标还是综合指标,都与瓦斯、地应力和煤的物理力学性质密切相关。20 世纪 60 年代,苏联通过对顿巴斯、库兹巴斯、卡拉干达等矿区突出煤层的研究,率先提出了区域预测突出危险性的单项指标法和综合指标法。70 年代,我国借鉴苏联的方法和经验,结合我国煤层煤与瓦斯突出实际,先后提出了突出区域预测的单项指标法和综合指标法,其中综合指标 D 和 K 在我国普遍采用,已被纳入《防治煤与瓦斯突出细则》。

以地质研究为主的方法主要有瓦斯地质方法和地质动力区划法。地质动力区划法,根据区域构造形式划分而得到断裂区划图,根据数值计算得到区域岩体应力图,划分应力升高区、应力梯度区和应力降低区,然后依据岩体应力分布状态、区域构造形式、断裂的活动性和已经发生的煤与瓦斯突出等预测突出的区域范围,其本质是基于应力分布开展突出区域预测。

瓦斯地质区域预测的核心是瓦斯地质区划理论,主要内容如下:突出的分布是不均衡的,具有分区分带特点;突出的分区分带性与地质因素有密切关系且受地质因素制约;突出具有分级控制特点,不同级别、不同范围控制突出的主要地质因素有一定区别。瓦斯地质研究主要集中于研究影响突出的地质因素上,提出了地质构造主要通过控制构造软煤和瓦斯来控制突出分布的理论。

地质构造的控制作用具有一定尺度效应。从构造的尺度效应、矿井生产布局、获得构造煤等基本数据的技术途径、精细可靠程度等多个因素看,突出区域预测应在不同的尺度下进行。“十五”期间,河南理工大学主要从瓦斯和煤体结构因素研究突出区域预测方法,提出了瓦斯突出危险区就是构造煤加厚区与瓦斯富集区的叠加区的认识,从而形成了构造煤集成探测技术,进而提出了多尺度(矿区、矿井、采区、工作面)分级集成预测及以瓦斯含量、构造煤厚度作为主要指标的突出区域预测瓦斯地质方法。

目前,我国突出区域预测研究的技术水平居世界前列,但在瓦斯灾害危险区域预测方面仍存在技

^① 《防治煤与瓦斯突出细则》,系指原中华人民共和国煤炭工业部 1988 年制定和颁布的并于 1995 年重新修改的、于 1995 年 5 月 1 日起执行的煤炭行业技术规程。

术的适应性问题,已有的技术还很难完全适应我国复杂的开采地质条件,不同技术之间不仅存在互补性,同时也存在差异性。因此,需要进一步完善提高并互补集成,形成适合不同开采技术和地质条件的瓦斯灾害危险区瓦斯地质预测技术体系,为有效控制重大瓦斯灾害提供技术基础。

第二节 以瓦斯地质理论为基础的瓦斯赋存规律分析

煤层瓦斯赋存规律是矿井瓦斯涌出量预测、煤与瓦斯突出预测及防治、瓦斯抽采和矿井风量分配计算等瓦斯灾害治理技术的基础,也是现场工程技术人员生产和安全管理必备的基础资料。

瓦斯赋存规律研究方法主要有以下几种:根据矿井采掘工作面瓦斯涌出量进行统计分析,从而在宏观上把握瓦斯的赋存状况和分布规律;根据实际测定和地质勘查期间的瓦斯含量,结合地质构造控制划分瓦斯地质单元,在矿井或地质单元内按矿山统计法研究瓦斯含量的分布规律;研究不同煤层地质条件下瓦斯的形成、运移和赋存规律。

通过“十五”国家科技攻关,在瓦斯地质理论指导下,综合地质勘查期间测定的瓦斯含量、收集和实测的瓦斯含量、间接计算的瓦斯含量和瓦斯涌出量反演的瓦斯含量等多源瓦斯信息,从不同研究单元分析瓦斯赋存规律。

由于瓦斯赋存影响因素复杂、现场准确测定困难、测定数量和测定地点的限制等原因,不同手段获取的瓦斯信息有限且各种信息兼容性差,特别是在未开采区域只能利用非常有限的地质勘查资料进行分析,因而很难准确掌握复杂煤层条件下的瓦斯赋存规律,需要结合不同地质条件和主要控制因素进行完善和提高。

一、多源瓦斯含量数据融合分析方法

在“十五”国家科技攻关前期研究基础上,测试和收集整理大量瓦斯基础参数资料,包括地质勘查期间测定的瓦斯含量、生产期间测定的瓦斯含量、利用瓦斯压力等间接计算的瓦斯含量和利用瓦斯涌出量反演的瓦斯含量。对多源瓦斯含量进行可靠性评价,以获得相对可靠的瓦斯含量。通过对多源数据的分析对比,修正不同来源的瓦斯含量值,实现瓦斯含量的多源融合。

1. 地质勘查期间测定的瓦斯含量的评价

由于采样质量、测定方法不同等原因,地质勘查期间煤层瓦斯含量测值的可靠性常受限制。因此,为提高地质勘查期间煤层瓦斯含量预测的准确性,可依据以下原则对实测数据进行分析校正:① 集气法所测瓦斯含量值往往偏低,乘 1.2 的损失系数进行校正;② 真空罐法所测瓦斯含量值乘 1.4~1.7 的损失系数进行校正;③ 煤样灰分含量超过 40% 时,解吸法瓦斯含量测值应剔除;④ 采取的煤芯长度小于 0.4 m 或煤样质量少于 250 g 时,解吸法瓦斯含量测值只供参考;⑤ 当煤样罐密封不严、脱气时漏气、现场解吸无气、无残余瓦斯成分等情况时,无论采用集气法还是解吸法,测值均不合格,应予以剔除;⑥ 瓦斯带的煤层所取煤样甲烷成分低于 80% 时,瓦斯含量测值不可靠,应予以剔除;⑦ 一个钻孔有两个或两个以上合格瓦斯含量测值时,取大值;⑧ 位于或紧靠断层的瓦斯含量测值只起控制断层带含量变化的作用,不作为煤层瓦斯含量变化规律分析的依据。

2. 生产期间实测瓦斯含量的评价

生产期间测定的瓦斯含量具有明显优点:一是煤样暴露时间短,一般为 1~3 min,容易测定准确;二是煤样在钻孔中的解吸条件与在大气中大致相同,可避免泥浆和泥浆压力影响。对生产期间测定的原始煤体瓦斯含量只要测试方法正确、测试过程无异常、灰分不超过 40% 且无煤样罐密封不严、脱气时漏气等情况发生,均可认为合格。

3. 瓦斯涌出量反演瓦斯含量

煤层瓦斯涌出量与地质条件、瓦斯含量、开采技术条件等密切相关。在给定的煤层地质条件、开

采条件下,瓦斯含量越大,回采工作面瓦斯涌出量亦越大,因此可以利用瓦斯涌出量反演煤层瓦斯含量,为煤层瓦斯含量分布规律的研究提供更多的瓦斯含量控制点。

回采工作面瓦斯来源主要由三部分组成:一是本煤层瓦斯涌出;二是邻近层瓦斯涌出;三是采空区瓦斯涌出。回采工作面的瓦斯涌出构成可以通过开采过程中实测的瓦斯资料统计获得。通过对工作面瓦斯涌出量的统计,计算基本顶初次来压前后相对瓦斯涌出量的比值,即瓦斯涌出构成。根据回采工作面瓦斯涌出构成分析,可以按式(1-1)反算瓦斯含量:

$$X_0 = \frac{1\,440 \times \bar{Q}}{(1-C)q} K + R \quad (1-1)$$

式中 X_0 ——原煤瓦斯含量, m^3/t ;

$\bar{Q}$ ——绝对瓦斯涌出量平均值, m^3/min ;

$\bar{q}$ ——日平均产煤量, t ;

R ——残余瓦斯含量;

C ——扣除系数, $C = \frac{2 \times 15}{L}$, L 为工作面采场长, m ;

K ——本煤层瓦斯涌出构成(基本顶初次来压前取 1,基本顶初次来压后根据实际计算获得)。

4. 瓦斯含量的间接计算

利用瓦斯压力和吸附常数等参数间接计算瓦斯含量的方法,是确定煤层瓦斯含量的重要方法之一,在煤层瓦斯含量控制程度比较低的地方可采用间接法确定煤层瓦斯含量。煤层瓦斯含量和瓦斯压力关系满足如下公式:

$$X = \frac{abp}{1+bp} \frac{1}{1+0.31M_{ad}} e^{n(t_s-t)} + \frac{10Kp}{k} \quad (1-2)$$

$$X_0 = X \frac{100 - M_{ad} - A_{ad}}{100} \quad (1-3)$$

式中 X ——纯煤(煤中可燃质)的瓦斯含量, m^3/t (燃);

X_0 ——原煤瓦斯含量, m^3/t ;

p ——煤层瓦斯压力, MPa ;

a ——吸附常数,煤的极限吸附量, m^3/t ;

b ——吸附常数, MPa^{-1} ;

t_s ——实验室做吸附实验的温度, $t_s = 30\text{ }^\circ\text{C}$;

t ——井下煤体温度, $^\circ\text{C}$;

M_{ad} ——煤的空气干燥基水分含量, %;

A_{ad} ——煤的空气干燥基灰分含量, %;

n ——系数,按下式确定:

$$n = \frac{0.02}{0.993 + 0.07p} \quad (1-4)$$

K ——煤的孔隙容积, m^3/t ;

k ——瓦斯的压缩系数。

多源数据融合分析的方法,是指通过对不同来源瓦斯含量进行一系列校正,最后能够使多源数据进行有效互换和数据统一,从而得到共同而真实地反映煤层瓦斯含量值的方法。实际处理过程,可以将通过不同方法获得的多源数据进行统计分析,得出不同数据的定量关系。

通过对大量数据分析,一般情况下,直接法测定的瓦斯含量更为可靠,即评价合格的生产期间实测的瓦斯含量可以和地质勘查期间获得的瓦斯含量一起使用,无须校正。利用间接计算和瓦斯涌出量反算的瓦斯含量需要根据与直接测定数据的对比结果按比例进行校正,从而实现多源数据的融合。

二、煤层瓦斯含量的地质要素分析和预测

影响煤层瓦斯含量的地质因素很多,有些起主要作用,有些起次要作用。结合郑州矿区瓦斯防治示范工程建设,以郑煤集团大平矿和告成矿等瓦斯条件复杂矿井为试验基地,根据获取的相对可靠瓦斯含量信息,综合考虑影响瓦斯赋存的瓦斯地质因素,系统分析了煤层基岩厚度、围岩(顶板岩性及厚度、顶板岩层砂岩比、顶板岩层效应影响系数)、煤层煤质(煤层厚度、煤层水分、煤层灰分)和地质构造(褶皱、断层)等因素与瓦斯赋存的关系,利用 DPS 软件线性回归方法研究了各种因素的影响系数,选取合适的预测参量,实现瓦斯含量的多源瓦斯地质融合预测方法,进一步完善了以瓦斯地质理论为基础的瓦斯赋存规律研究方法。

1. 煤层基岩厚度对瓦斯赋存的影响

研究表明,煤层埋藏深度是控制瓦斯赋存的重要地质因素,煤层瓦斯含量随埋深的增加而增大。煤层埋深包括基岩厚度和新生界厚度两部分,对煤层瓦斯赋存起控制作用的是基岩厚度。

2. 围岩对煤层瓦斯赋存的影响

围岩是指煤层顶、底板一定厚度范围层段的岩层。围岩对瓦斯赋存的影响取决于它的隔气性或透气性。围岩为致密的泥质岩层时,因透气性差,煤层中的瓦斯易于保存;当围岩为多孔隙或裂隙的岩层时,如砾岩、砂岩等,瓦斯易于逸散。围岩的透气性与煤层顶板岩层的岩性组合有关,顶板岩性及厚度、砂岩比、顶板岩层效应影响系数是从不同角度反映围岩透气性能的重要指标。

① 顶板岩性及厚度与瓦斯含量的关系——在煤层围岩中,对瓦斯赋存影响较大的是煤层直接顶的岩性、厚度及分布特征。直接顶以上岩层虽然亦对煤层瓦斯的赋存有一定影响,但其有效性随着远离煤层将呈指数衰减,处于次要地位。

② 顶板岩层砂岩比与瓦斯含量的关系——顶板岩层砂岩比是指煤层顶板一定厚度层段内砂岩厚度与统计厚度之比。砂岩比值在 0~1 之间,越大越有利于瓦斯的逸散,越小越有利于瓦斯的保存。

③ 顶板岩层效应影响系数与瓦斯含量的关系——在煤层顶底板中,由于不同岩性岩层距煤层的距离有远有近,距煤层越远对瓦斯赋存的影响越小。在煤层瓦斯赋存规律研究中,必须限定研究的有效岩层厚度范围,该范围内岩层的岩性厚度及组合控制煤层瓦斯赋存,该范围之外的岩层对瓦斯赋存的影响可以忽略不计。为了描述各个岩层对煤层瓦斯赋存的影响,现引进岩层效应影响系数的概念,该系数可用下式计算:

$$Q = \sum m_i \times k_i / h_i \quad (1-5)$$

式中 Q ——岩层效应影响系数;

m_i ——第 i 层岩层厚度, m;

h_i ——第 i 层岩层距煤层中点的距离, m;

k_i ——第 i 层岩层厚度调整系数(参见表 1-1)。

表 1-1 岩层厚度调整系数表

不透气韧性岩石调整系数		透气脆性岩石调整系数	
泥 岩	1	粗粒砂岩	0.1
碳质泥岩	1.1	中粒砂岩	0.2
煤 层	0.9	细 砂 岩	0.3
砂质泥岩	0.7	粉 砂 岩	0.5

对煤层顶板岩层效应厚度范围的确定,以往曾经取得一些经验数据,例如,有的取 50 m,有的取 30 m 等。上述经验效应厚度取值应用于具体的研究区域或许能够取得较好的效果,但这一厚度取值最大