

国家自然科学基金项目 (50534090, 50574093)

国家重点基础研究发展计划(973项目)(2005cb221506)

煤层瓦斯赋存规律 及防治技术

主编 胡殿明 林柏泉 副主编 吕有广 翟 成

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

国家自然科学基金项目(50534090,50574093)

国家重点基础研究发展计划(973 项目)(2005cb221506)

煤层瓦斯赋存规律 及防治技术

主 编 胡殿明 林柏泉

副主编 吕有厂 翟 成

中国矿业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

煤层瓦斯赋存规律及防治技术/胡殿明,林柏泉主编.

徐州:中国矿业大学出版社,2006.11

ISBN 7-81107-358-7

I. 煤… II. ①胡…②林… III. ①煤矿—瓦斯赋存—规律②煤矿—瓦斯赋存—防治 IV. TD712

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 077918 号

书 名 煤层瓦斯赋存规律及防治技术

主 编 胡殿明 林柏泉

责任编辑 王江涛 马跃龙

责任校对 周俊平

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 787×1092 1/16 **印张** 20 **字数** 499 千字

版次印次 2006 年 11 月第 1 版 2006 年 11 月第 1 次印刷

定 价 40.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)



胡殿明, 1965年10月生, 河南邓州人, 硕士研究生、高级工程师, 平煤集团十二矿矿长, 河南省矿业协会理事。1986年7月毕业于焦作矿业学院采矿系矿建专业, 获学士学位; 2004年6月毕业于郑州大学, 获行政管理学硕士学位。主要从事采矿技术、企业管理工作。在采矿工程、瓦斯治理、安全管理技术领域主持研究了20多项科研项目, 获省部级奖励5项, 在国内刊物上发表学术论文20多篇。



林柏泉, 1960年5月生, 福建龙岩人, 教授、博导, 中国矿业大学能源与安全工程学院安全科学与消防工程系主任, 矿山开采与安全教育部重点实验室副主任, 江苏省“青蓝工程”学术带头人, 煤炭工业专业技术拔尖人才。主持国家自然科学基金重点项目、国家“十五”重点科技攻关项目、国家重点基础研究发展计划(973计划)项目课题等国家级项目6项, 曾获国家级优秀教学成果一等奖1项、省部级奖7项, 发表学术论文70多篇, 出版学术著作10部。



吕有厂，1964年11月生，河南淮阳人，在读硕士，高级工程师，平煤集团十二矿总工程师，第五届中国煤炭工业矿井降温专业委员会委员。1986年毕业于重庆大学采矿工程系，获学士学位。主要从事采矿、一通三防技术研究和管理工作；曾参加了26项重点科研项目的攻关，获省部级以上奖励6项，并在国内技术刊物上发表论文17篇。



翟成，1978年10月生，山东滕州人，2004年7月毕业于中国矿业大学，获安全技术及工程专业硕士学位，同年留校任教。现为中国矿业大学安全技术及工程专业在职博士研究生，主要从事安全技术及工程方面的教学和科研工作。作为主要成员参与973项目和自然科学基金重点项目，并承担企业委托项目多项，获省部级科技进步奖4项。

《煤层瓦斯赋存规律及防治技术》

编 著 人 员 名 单

主 编：胡殿明 林柏泉

副 主 编：吕有厂 翟 成

编著人员：胡殿明 林柏泉 吕有厂 翟 成

肖 斌 郭相斌 惠功领 郭福明

李平会 张连军 林传兵 谢友友

序 言 一

我国是以煤炭为主要能源的国家,目前及今后相当长的时期内,煤炭在我国的一次能源结构中仍占 50%以上。煤矿瓦斯是煤的伴生物、同煤共生并存储在煤与围岩中的气藏资源,在煤炭开采过程中,它通常以涌出的形式排放出来,在一定的条件下,还可能以喷出或突出的形式突然释放、发生煤与瓦斯突出动力现象,而且瓦斯进入采掘空间后,在条件具备时还会发生瓦斯爆炸,造成重大的人员伤亡事故。在我国煤矿事故中,瓦斯事故占全国煤矿重大事故总数的 70%以上,防治瓦斯灾害已成为煤矿安全工作中迫切需要解决的问题。

国内外各主要产煤国都投入了大量的资金、人力物力进行矿井瓦斯灾害发生机理、预测预报和防治技术的研究工作,数十年来,在矿井瓦斯涌出量预测、矿井瓦斯抽防、完善通风技术、抑爆隔爆技术、瓦斯监测、预测和防治煤与瓦斯突出等方面,进行了大量的研究,初步形成了瓦斯灾害防治的技术体系。在矿井瓦斯防治理论和技术上都取得了长足的进步,瓦斯灾害事故得到了有效的控制,并且在实际工作中积累了丰富的经验。

平顶山矿区是我国重要的煤炭生产基地,平煤集团公司在瓦斯治理方面一直与煤炭科学研究总院重庆分院、抚顺分院及中国矿业大学、河南理工大学等高校和科研院所保持着密切的合作关系,并以平煤集团公司所属各矿作为项目科研和试验基地,针对煤矿开采过程中出现的新的安全技术问题进行了科技攻关。这其中比较典型的例子就是平煤十二矿,该矿长期以来一直与国内煤炭科研单位及高校保持着密切的合作关系,针对该矿生产过程中遇到的问题,组织实施了瓦斯预测、检测、防治、抽放、装备等方面的系统研究,取得了一系列科研成果,大部分成果填补了国内外空白,其中部分成果还达到了国际领先水平。目前,平煤十二矿已经基本形成了比较成熟的成套瓦斯综合治理技术,对于实现高瓦斯突出矿井的高产高效具有积极的意义。

本书以平煤十二矿多年来在瓦斯防治方面取得的技术成果为基础,参考了国内外在这一学科领域取得的新成就撰写而成。总结了煤矿瓦斯综合治理的技术经验,较系统地阐述了矿井瓦斯防治的技术及方法,是一本理论与实际相结合的好书。书中资料丰富,论述翔实,在瓦斯综合治理设计和施工中有许多实例和数据,这对当前我国煤矿瓦斯治理工作是十分有益的。

本书对提高我国煤矿瓦斯综合治理水平和矿井抗灾能力具有现实的指导意义,可作为从事煤矿瓦斯综合治理的工程技术人员、管理人员等的重要参考用书,也可供高等院校和科研单位的技术人员学习和参考。

中国工程院院士

序 言 二

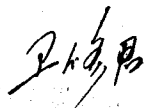
煤矿灾害,瓦斯为首。建国以来,在我国煤矿发生的重特大事故中,瓦斯(煤尘)事故占70%以上。在迄今为止发生的一次死亡百人以上的22起事故中,瓦斯(煤尘)事故占20起,死亡3314人,分别占总事故起数和总死亡人数的94.4%和96.2%。因此,紧密依靠科技进步,遏制并最终消除煤矿瓦斯事故,建设平安和谐的矿区,既是专家学者和工程技术人员的神圣职责,更是广大煤矿工人的热切期盼。

我国煤矿开采条件复杂,灾害严重,故其安全技术的研究开发一直受到党和国家的高度重视,并被列为国家和行业的科技攻关重点。经过几代专家学者、工程技术人员的研究和刻苦实践,煤矿安全技术特别是瓦斯综合治理技术进步迅速,安全技术保障体系基本形成,煤矿安全生产状况持续稳定好转。

平顶山煤业(集团)有限责任公司十二矿是煤与瓦斯突出矿井,瓦斯综合防治任务艰巨,责任重大。近几年来,该矿立足于预防大事故、消除大隐患,以“优化通风系统,强化超前防治,完善监测监控,保证资金投入”为方针,紧密依靠科技进步,深入开展煤矿瓦斯赋存规律研究,积极探索瓦斯综合防治新技术、新方法、新途径,成果丰硕,成效显著,《煤层瓦斯赋存规律及防治技术》一书就是其研究方法的总结和研究成果的集成。尤其应指出的是,该书第3章第5节所介绍的高压磨料射流割缝防突技术,创造性地将高压磨料射流割缝技术用于突出煤层掘进工作面防突工作,既拓展了高压磨料射流割缝技术的应用范围,开发出了防突新技术,又研制成功了适用于掘进工作面快速切割、增透卸压的成套设备,是本书著者的最新研究成果。

本书著者长期工作在教学科研、生产技术管理第一线,理论功底扎实,实践经验丰富,尤其难能可贵的是,他们将平煤十二矿作为科研基地,围绕瓦斯综合防治中的技术难题,持之以恒地开展研究和攻关。这种理论和实践紧密结合的研究方式,无疑使得该书所介绍的瓦斯综合防治技术更具针对性、实用性、科学性,对现场实际工作具有重要的指导意义。该书作为我国煤炭行业安全生产和教学科研的一本实用参考书,对从事煤矿瓦斯综合防治工作的工程技术人员、管理人员、教师等读者必将有所裨益。

平顶山煤业(集团)有限责任公司总工程师



前 言

我国是以煤为主要能源的国家,但是煤矿生产环境恶劣,重大灾害事故时有发生,其中以瓦斯灾害最为严重,造成大量的人身伤亡和巨大的财产损失。建国以来,煤矿发生一次死亡百人以上事故共 22 起,死亡 3 500 多人,其中瓦斯(煤尘)事故 20 起,死亡 3 314 人。2002~2005 年,工矿企业一次死亡 10 人以上特大事故中,煤矿占 72.8%~89.6%(死亡人数);在煤矿企业所发生的一次死亡 10 人以上事故中,瓦斯事故占死亡人数的 70%~80%。煤矿所面临的重大瓦斯灾害事故是相当严峻的,造成的损失是极其惨重的,如 2004 年 10 月 20 日发生在郑州大平煤矿的瓦斯突出引发瓦斯爆炸事故,死亡 148 人;2004 年 11 月 28 日发生在铜川陈家山煤矿的瓦斯爆炸事故,死亡 166 人;2005 年 2 月 14 日发生在阜新孙家湾煤矿的瓦斯爆炸事故,死亡 214 人。同时,瓦斯因素还极大地限制了矿井生产能力的发挥,在高瓦斯矿井中,采煤、掘进、运输机械化装备难以发挥其效能,降低了生产效率。此外,全国每年有 100 亿 m^3 以上的瓦斯排入大气,既浪费了宝贵的煤层气资源,也污染了环境。因此,煤矿瓦斯灾害的防治是我国煤炭工业发展中亟待解决的重大问题。

平顶山煤业(集团)公司所属平顶山矿区 20 世纪 90 年代初仅有 2 对高瓦斯矿井,随着矿区向深部延伸,煤层瓦斯压力、含量不断增大,目前煤与瓦斯突出矿井有 10 对,高瓦斯矿井 2 对。戊组煤层瓦斯压力由 -430 m 水平的 1.51 MPa 增加到 -800 m 水平的 2.55 MPa;瓦斯含量由 16.76 m^3/t 增加到 30 m^3/t 。己组煤层瓦斯压力由 -430 m 水平的 1.67 MPa 增加到 -800 m 水平的 2.45 MPa;瓦斯含量由 11.56 m^3/t 增加到 29.5 m^3/t 。瓦斯涌出量由 1991 年的 185.9 m^3/min 、平均吨煤涌出量 5.49 m^3/min 增加到 2004 年的 468.33 m^3/min 、平均吨煤涌出量 8.02 m^3/min 。同比矿区瓦斯涌出总量增加 151.9%,吨煤涌出量增加 46.1%。瓦斯突出和涌出严重影响了矿井单产单进水平,致使矿井接替紧张。瓦斯问题成为制约平煤集团安全生产、高产高效的主要因素。

为了治理矿井瓦斯,广大煤炭科技人员和职工进行了长期艰苦的努力,尤其是平顶山煤业(集团)公司和中国矿业大学的相关人员,以平顶山矿区为理论和实践研究基地,进行了长期不懈的奋斗。通过研究,矿井瓦斯防治理论和技术取得了长足的进步,瓦斯灾害事故得到了有效的控制。2000 年以来,百万吨死亡率一直控制在 1 以下,杜绝了重大瓦斯煤尘爆炸事故和煤与瓦斯突出责任伤亡事故,并且在实践工作中积累了丰富的瓦斯治理经验。

本书以平顶山煤业(集团)公司十二矿(以下简称平煤十二矿)和中国矿业大学多年来在瓦斯防治方面取得的技术成果为基础,较为系统、深入地研究了高瓦斯突出煤矿开采过程中出现的安全技术问题以及经过平煤十二矿现场应用证明有效的先进技术,例如,隔断式抽放治理掘进巷道瓦斯涌出技术、高压磨料射流割缝防突技术、工作面浅孔抽放治理瓦斯涌出技术、地质量化技术治理突出危险工作面瓦斯技术等;同时,在撰写过程中,还参考了国内外在这一学科领域取得的新成就并进行了分析,力求能够较为全面地反映该领域的新成就。全

书共分6章。第1章,主要论述国内外煤矿的安全现状及平煤十二矿所采取的瓦斯治理技术;第2章主要分析矿井瓦斯的性质及其生成、煤层瓦斯的赋存、瓦斯地质图的编制和煤层瓦斯运移的基本规律;第3章主要论述掘进巷道瓦斯涌出、掘进巷道煤与瓦斯突出机理、掘进巷道煤与瓦斯突出危险性预测、掘进巷道煤与瓦斯突出防治技术;第4章主要论述高产高效工作面瓦斯预测技术、采煤工作面的瓦斯涌出治理、分源治理瓦斯技术和地质量化技术治理突出危险工作面瓦斯;第5章主要论述采空区瓦斯赋存及涌出规律、采空区瓦斯涌出治理技术;第6章主要论述瓦斯抽放及瓦斯利用技术。

本书的主要特点体现在:

① 国内外煤矿瓦斯防治技术与平煤十二矿采用的技术相结合。

② 注重理论与实践相结合。

③ 以平煤十二矿和中国矿业大学在煤矿瓦斯防治理论与技术方面所取得的科研成果为主,尽可能反映当前相对成熟的瓦斯防治新技术。

本书在撰写过程中查阅了大量矿井瓦斯防治方面的资料,并得到了中国工程院张铁岗院士、平煤集团公司总工程师卫修君教授级高工的热情帮助和大力支持,并欣然为本书作序。在出版过程中得到了中国矿业大学出版社的热情帮助和大力支持。借本书出版之际,作者谨向给予本书出版支持和帮助的各位领导、老师、专家学者、参考文献作者和广大同仁表示衷心的感谢!

由于时间仓促,错误和不妥之处在所难免,敬请读者不吝指正。

作者

2006年6月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 国内外煤矿的安全现状及分析	1
1.1.1 国内外煤矿安全现状	1
1.1.2 国内外煤矿安全现状的分析	2
1.2 平煤十二矿瓦斯综合治理概况	4
1.2.1 优化通风系统	5
1.2.2 把瓦斯抽放作为治理瓦斯的关键	6
1.2.3 积极研发新的防治煤与瓦斯突出技术	7
1.2.4 强化瓦斯治理现场管理	8
第 2 章 煤层瓦斯赋存与运移特征	10
2.1 矿井瓦斯的性质及其生成	10
2.1.1 矿井瓦斯的性质	10
2.1.2 煤层瓦斯的生成	11
2.1.3 影响瓦斯生成的因素	14
2.2 煤层瓦斯的赋存	14
2.2.1 瓦斯在煤体内的存在状态	15
2.2.2 煤层瓦斯赋存的垂向分带	15
2.2.3 煤的吸附理论及煤层瓦斯含量	17
2.2.4 影响煤层瓦斯赋存及含量的主要因素	27
2.3 瓦斯地质图的编制	37
2.3.1 瓦斯地质图概述	37
2.3.2 瓦斯地质图的种类简介	37
2.3.3 矿井瓦斯地质图的编制	38
2.4 煤层瓦斯运移的基本规律	47
2.4.1 多孔介质的特性及流体在其内的运移	47
2.4.2 流体在多孔介质中的流动方程	54
2.4.3 瓦斯在煤层中运移的基本规律	56
2.4.4 煤层中瓦斯流动状态的分类	64
第 3 章 掘进巷道瓦斯涌出及防治技术	69
3.1 掘进巷道瓦斯涌出	69

3.1.1	煤层巷道瓦斯流动场模型的建立	69
3.1.2	掘进巷道瓦斯涌出量计算与预测	73
3.1.3	隔断式抽放治理掘进巷道瓦斯涌出	81
3.2	掘进巷道煤与瓦斯突出机理	89
3.2.1	煤与瓦斯突出特征	89
3.2.2	煤与瓦斯突出机理研究概况	94
3.2.3	卸压带对突出现象的作用机理及突变理论的应用	102
3.3	掘进巷道煤与瓦斯突出危险性预测	118
3.3.1	区域性突出危险性预测	118
3.3.2	掘进工作面突出危险性预测	123
3.4	掘进巷道煤与瓦斯突出防治技术	136
3.4.1	防治的原则	138
3.4.2	超前钻孔	138
3.4.3	深孔松动爆破	144
3.4.4	水力冲孔	148
3.4.5	长钻孔控制卸压爆破	149
3.4.6	其他措施	152
3.5	高压磨料射流割缝防突技术	154
3.5.1	高压磨料射流工作原理	154
3.5.2	高压磨料射流割缝技术	156
3.5.3	高压磨料射流割缝卸压及瓦斯排放过程的数值模拟	160
3.5.4	高压磨料射流割缝防突技术研究及工程应用	167
第4章	采煤工作面瓦斯涌出及防治技术	177
4.1	采煤工作面瓦斯预测技术	177
4.1.1	采煤工作面瓦斯来源	177
4.1.2	采煤工作面瓦斯涌出的影响因素	178
4.1.3	采煤工作面瓦斯涌出预测参数	179
4.1.4	采煤工作面瓦斯涌出量的计算	181
4.2	采煤工作面的瓦斯涌出治理	184
4.2.1	工作面回采过程中瓦斯分布规律	185
4.2.2	工作面浅孔抽放治理瓦斯涌出	189
4.2.3	煤层浅孔注水治理工作面瓦斯	198
4.2.4	采煤工作面上隅角积聚瓦斯治理技术	204
4.3	分源治理瓦斯技术	209
4.3.1	工作面概况	210
4.3.2	高瓦斯工作面瓦斯预测	210
4.3.3	高瓦斯工作面分源治理技术	213
4.4	地质量化技术治理突出危险工作面瓦斯	219

4.4.1	瓦斯地质理论	219
4.4.2	划分工作面单元网格	220
4.4.3	地质构造指标的量化	222
4.4.4	煤与瓦斯突出条带的划分	224
4.4.5	工业性试验	224
第5章	采空区瓦斯涌出及防治技术	232
5.1	采空区瓦斯赋存及涌出规律	232
5.1.1	采空区顶板覆岩冒落及裂隙分布特征	232
5.1.2	采空区瓦斯赋存特征	234
5.1.3	采空区瓦斯渗流及涌出规律	235
5.1.4	采空区瓦斯涌出量测算	236
5.2	采空区瓦斯涌出治理技术	238
5.2.1	采空区瓦斯涌出的控制	239
5.2.2	采空区瓦斯抽放	244
第6章	瓦斯抽放及利用技术	251
6.1	瓦斯抽放	251
6.1.1	我国煤矿抽放瓦斯发展与现状	251
6.1.2	矿井瓦斯抽放方法及其分析	252
6.1.3	存在问题及对策	257
6.1.4	前景展望	260
6.2	瓦斯利用	261
6.2.1	瓦斯的提纯及存储技术	261
6.2.2	利用瓦斯发电	267
6.2.3	生产化工产品	270
6.2.4	瓦斯气民用及用做汽车燃料	273
附录1	建立健全“一通三防”管理体系	276
附录2	防治煤与瓦斯突出安全技术基础管理	283
附录3	瓦斯抽放的管理	304

第1章 绪 论

煤矿安全是各国煤炭行业的共同话题,各国政府都极为重视。中国是世界第三大煤炭储存国和最大的煤炭生产国与消费国。在我国的能源工业中,煤炭占一次能源生产和消费结构中的70%左右,预计到2050年还将占50%以上。因此,煤炭在相当长的时期内仍将是我国的主要能源。煤炭工业作为我国能源工业的支柱产业,其生产的顺利进行是我国国民经济可持续发展的根本保证,确保煤炭工业的安全生产意义重大。当前,我国经济的快速增长,对煤炭工业发展提出了更高的要求。为此,必须确保煤炭工业持续、稳定、健康地发展。

1.1 国内外煤矿的安全现状及分析

1.1.1 国内外煤矿安全现状

煤矿安全生产是关系煤炭工业持续健康发展的头等大事。自建国以来,党和政府就一直很重视煤矿的安全生产。近20年来,随着我国工业化进程的加速发展,煤矿安全生产总体上向好的方向发展,煤矿安全状况不断好转。

2000年初国家煤矿安全监察局组建之后,加大了对煤矿安全的监察力度,健全了煤矿安全的法律法规体系,形成了较为规范的国家煤矿安全监察运行机制。近几年,在煤矿安全监察局的领导下,通过各级地方人民政府及其有关部门、各煤矿企业和各级煤矿安全监察机构的共同努力,在煤炭产量持续增长的情况下,煤矿安全形式保持了稳定好转的态势。近5年我国煤矿生产安全基本情况见表1-1。

表 1-1 2001~2005 年我国煤矿生产安全基本情况

年 份		2001	2002	2003	2004	2005
全 国 煤 矿	事故总起数	3 082	4 344	4 143	3 641	3 341
	总死亡人数	5 670	6 995	6 434	6 027	5 986
	特重大事故起数	57	65	58	49	58
	特重大事故死亡人数	1 388	1 584	1 421	1 495	1 739
	百万吨死亡率	5.13	5.02	3.71	3.08	2.84
	总产量/亿 t	11.06	13.93	17.36	19.56	21.1

对表中数据进行分析,不难发现,近几年的煤矿事故总体趋于稳定下降。近5年内,虽然我国煤炭产量由11.06亿t增加到21.10亿t,约增长了一倍,但是百万吨死亡率持续稳定地大幅度下降,由2001年的5.13下降到2005年的2.84,平均每年下降13.8%。若按2000年的百万吨死亡率(5.77)计算,2005年相对少死亡4800多人。

无论是从事故死亡人数,还是百万吨死亡率看,目前我国煤矿安全总的发展趋势是逐步

好转的。但是不得不引起重视的是,近5年内我国煤矿的特大事故情况非常不稳定,还没有从根本上得到控制。死亡30人以上的特别重大事故频繁发生,2001~2005年间共发生30人以上的煤矿事故39起。煤矿安全重、特大事故占全国特大事故的比例相当大。以2005年为例,发生10人以上特大事故58起,平均每周1起左右,死亡1739人,占全国特大事故起数的43.3%,占全国特大事故死亡人数的57%;发生死亡30人以上的特别重大事故11起,死亡961人,分别占全国特别重大事故起数的64.7%和死亡人数的80.1%。煤矿仍然是全国工矿企业中安全形势最为严峻的行业。

另外,必须清楚地认识到,我国煤矿安全状况的改善仅仅是相对于过去十分落后的水平与我国尚不发达的生产力状况而言的。如果与世界先进的产煤国相比还有很大的差距。如澳大利亚作为世界第一大煤炭出口国(2004年煤炭产量3.5亿t,出口2亿t),煤矿安全状况一直保持世界先进水平。从1979年至今20多年来,澳大利亚全国发生死亡10人以上的特大矿难仅6起,共死亡69人。2000年以来,澳大利亚很少发生矿难,每年煤矿事故死亡人数在6人以下,2002年百万吨死亡率仅为0.017;2003年至今,全国煤矿连续3年实现了零死亡。世界其他主要产煤国的安全状况也远远优于我国。1990~2000年,美国煤矿平均百万吨死亡率仅为0.047;2000年,南非煤矿的百万吨死亡率为0.13,印度为0.42,波兰为0.26,俄罗斯为0.46;英国煤炭产量虽不是很大,但是已经连续多年保持煤矿零死亡的记录。

近几年,我国煤矿生产的安全状况总体上呈现出相对稳定、逐步好转的发展态势。但是,目前我国煤矿事故总量仍居高位,每年因各种事故死亡的人数仍然高达6000人左右,重、特大事故及恶性事故也尚未从根本上得到控制,全行业的安全状况不容乐观,与先进采煤国的差距还很大。

1.1.2 国内外煤矿安全现状的分析

我国煤矿目前的安全状况相比过去有了很大的改善,但对比国外煤矿安全的现状,我国煤矿安全生产水平与先进采煤国的差距是明显的。例如,2003年全世界煤炭产量约50亿t,煤矿事故死亡约7000人,我国煤炭产量约为全球的35%,事故死亡人数却占全球事故死亡人数的近80%。这不得不引发大家去思考一个问题,那就是我国煤矿安全形势严峻的原因到底是什么。

导致我国煤矿安全形势严峻的原因是多方面的。与先进采煤国家相比,主要存在以下问题:安全投入严重不足,安全基础薄弱;煤矿安全监察力量严重不足;煤矿规模严重偏小,煤炭产业集中度不够,生产力水平低;从业人员多,结构复杂,综合能力差,工程技术人员短缺,难以适应高危环境的要求;煤矿采掘机械化程度低,劳动生产率低等。正是由于这一系列因素的存在,造成了我国煤矿安全水平远远落后于世界先进采煤国。

但是,在认识到差距的同时,也要认识到我国煤矿生产所面临的客观困难。我国煤矿安全形势严峻的一个主要的客观原因就是我国煤层自然赋存条件复杂多变,瓦斯灾害特别严重。据统计,1990~1999年的10年间,我国煤矿共发生3人以上的死亡事故4002起,共死亡27495人,其中瓦斯事故2767起,共死亡20625人,占3人以上死亡事故总次数的69.14%,死亡人数的75.01%;在2002~2005年煤矿企业一次死亡10人以上事故中,瓦斯事故占煤矿死亡人数的71%。近几年内,发生的多起死亡百人以上特别重大事故,绝大多数也是由瓦斯造成的。例如,2002年黑龙江鸡西成子河矿瓦斯爆炸事故造成124人死

亡;2004年11月28日发生在铜川陈家山煤矿的瓦斯爆炸事故,死亡166人;2005年2月14日发生在阜新孙家湾矿的瓦斯爆炸事故,死亡214人;2005年11月27日发生在七台河东风煤矿的煤尘爆炸事故,死亡171人。瓦斯灾害严重是我国煤矿重、特重大事故频发的主要原因,而瓦斯灾害严重与我国复杂的煤层赋存条件是分不开的。

我国的煤矿95%为井工开采,绝大多数为瓦斯矿,且高瓦斯矿井和煤与瓦斯突出矿井占48%,突出灾害的发生次数为世界之最,每年达数百次。突出的规模为几百吨、几千吨、甚至超过万吨,需要解决的技术难题多。据统计,2004年底全国25 236处煤矿差不多都是瓦斯矿井,其中30%左右是高瓦斯与突出矿井,有煤尘爆炸危险的矿井占87%,有自然发火危险的矿井接近50%,60%~70%在复杂和极复杂的构造条件下进行开采。随着开采深度的加深和扩展,瓦斯、水、火灾、矿压等,对煤矿安全的威胁日趋严重。我国煤矿开采的煤层大多属于石炭二叠纪的煤层,瓦斯含量大,煤层透气性低,地质构造复杂,不易在开采前抽放瓦斯,但在采掘时,瓦斯放散量大,再加上开采煤层地质条件复杂和开采规模的扩大、开采集约化程度的提高,导致采动诱发的应力场、煤岩体裂隙场及瓦斯流动场的变化更加复杂多变,原有安全技术及理论基础已难以适应当前煤矿安全高效生产的迫切需求。在一定条件下容易诱发煤与瓦斯突出和瓦斯的突然涌出现象,造成瓦斯事故。

近年来,随着矿井生产机械化水平和生产集约化的提高,以及不少特大型矿区如抚顺、淮南、平顶山、鸡西、鹤岗等相继进入深部开采,特别是以高产高效为基本特点的集约化生产技术的采用,已有的瓦斯灾害防治技术及装备已经不能有效地控制矿井重大瓦斯灾害事故的发生。不少煤矿由低瓦斯矿井变为高瓦斯矿井;原来没有煤与瓦斯突出的矿井变为有突出危险的矿井,平顶山煤业集团公司下属的各煤矿在这方面表现尤为突出;煤尘产生量增大及煤尘危害变得更加严重;大功率采掘机械随时都有产生摩擦火花引发瓦斯爆炸的可能,致使发生瓦斯煤尘爆炸的潜在危险性增大,恶性瓦斯事故时有发生。

而美国、澳大利亚、印度、南非等国的煤矿多为露天矿,井下开采的煤层赋存条件也普遍比我国的好。以美国为例,美国露天煤矿所占比重占煤矿总数的55%以上,且井下开采的煤层地质构造简单,大多数煤层为缓倾斜或近水平煤层,较少有断层、褶皱、冲刷、陷落等构造破坏,煤层瓦斯含量低,除个别矿井瓦斯需抽放外,大部分可采取通常的瓦斯管理方式,且煤层含水量小,自然发火危险低,顶、底板平整易于控制。并且在美国对于高瓦斯、发生重大事故的煤矿,一般被列为经济不可采矿井而被关闭。我国露天矿所占比重很小,从产量计算的规模在4%左右。若按美国露天煤矿的比重情况进行折算,则在目前技术开采条件下,我国煤矿死亡人数每年可减少2 000~3 000人。但是,我国的情况不同,在目前的能源供应条件下,对高瓦斯矿井和突出矿井,不可能采取停产关闭的措施。为此,只能是自主开发与之相应的安全技术,以确保高瓦斯矿井和突出矿井的安全生产。

瓦斯灾害是我国煤矿最严重的灾害之一,煤矿特大及特别重大瓦斯(煤尘)灾害事故的频发,不但造成国家财产和公民生命的巨大损失,而且严重地影响我国的国际声誉。同时,瓦斯因素还极大地限制了矿井生产能力的发挥,在高瓦斯矿井中,采煤、掘进、运输机械化装备难以发挥其效能,降低了生产效率。此外,全国每年有100亿 m^3 以上的瓦斯排入大气,既浪费了宝贵的煤层气资源,也污染了环境。因此,煤矿瓦斯灾害的防治和煤层气开发利用是我国煤炭工业发展中亟待解决的重大问题。在以人为本、关爱生命、建立和谐社会的背景条件下,我国煤矿必须加大科技投入,努力提高瓦斯综合治理的技术水平,大幅度减少和控

制各种瓦斯事故的发生,从根本上解决我国的煤矿安全问题。

1.2 平煤十二矿瓦斯综合治理概况

矿井瓦斯是时时刻刻严重威胁煤矿井下安全生产的自然因素之一。在煤矿矿井中,瓦斯灾害主要表现为瓦斯(煤尘)爆炸和煤与瓦斯突出事故。瓦斯爆炸不仅会造成大量的人员伤亡,而且还会严重摧毁矿井设施、中断生产,有时还会引起煤尘爆炸、矿井火灾、井巷垮塌和顶板冒落等二次事故,从而加重灾害后果,使生产难以在短期内恢复。而瓦斯突出不仅能摧毁井巷设施、破坏矿井通风系统,而且使井巷充满瓦斯和煤(岩)抛出物,造成人员窒息、煤流埋人,甚至可能引起瓦斯爆炸与火灾事故。井下煤矿一次死亡人数多的重、特大事故主要是瓦斯爆炸事故和瓦斯突出事故。世界上各主要产煤国都不同程度地受到瓦斯灾害的威胁。以瓦斯突出为例,世界上有 20 个主要产煤国家有煤与瓦斯突出问题,突出在千次以上的国家就有俄罗斯、中国、法国、波兰和日本 5 国,其中,我国的煤与瓦斯突出次数占全世界突出总次数的 1/3 以上。另外,我国瓦斯爆炸灾害也相当严重,建国以来煤矿一次死亡百人以上事故共 22 起,死亡 3 500 多人,其中瓦斯(煤尘)爆炸事故 20 起,死亡 3 314 人,分别占事故起数与死亡人数的 94.4% 和 96.2%。因此,控制瓦斯一直是各主要产煤国煤矿安全的主攻方向之一。

国内外各主要产煤国都投入了大量的资金、人力和物力进行矿井瓦斯灾害发生机理、预测预报和防治技术的研究工作,数十年来,在矿井瓦斯涌出量预测、矿井瓦斯抽放、抑爆隔爆技术、瓦斯监测预测和防治煤与瓦斯突出等方面进行了大量的研究,初步形成了瓦斯灾害防治的技术体系。在矿井瓦斯防治理论和技术上都取得了长足的进步,瓦斯灾害事故得到了有效的控制,并且在实际工作中积累了丰富的经验。与世界先进采煤国家相比,我国矿井瓦斯防治技术研究起步比较晚,但是矿井瓦斯防治技术的研究一直受到国家和行业的高度重视,并被列为国家和行业的科技攻关重点,经过几代瓦斯科研工作人员的艰苦奋斗,我国矿井瓦斯防治技术进步迅速,矿井瓦斯学科体系已经初步建立,主要包括煤矿瓦斯地质、煤层瓦斯流动理论、煤与瓦斯突出防治以及瓦斯抽放措施 4 个方面。我国的瓦斯科学研究者自 20 世纪 50 年代初即开始了对瓦斯在煤层中赋存的规律、煤层瓦斯流动理论、煤层瓦斯流动参数的测定等研究,发表了许多论著,取得了多项研究成果。近 20 年来,矿井瓦斯防治技术也多次被列入国家科技攻关计划和行业重点科技攻关计划。国家和行业主管部门每年的拨款及企业自筹资金达数亿元,由生产、科研单位与高等院校相结合的科技队伍联合进行攻关,取得了一大批科研成果,在瓦斯综合治理方面取得了卓越的成绩。

这其中比较典型的例子就是平煤十二矿,该矿长期以来一直与中国矿业大学、煤炭科学研究总院重庆分院、煤炭科学研究总院抚顺分院、河南理工大学等煤炭科研单位及高校保持着密切的合作,针对该矿生产过程中遇到的问题,组织实施了瓦斯预测、检测、防治、抽放、装备等方面的系统研究,取得了一系列科研成果,其中部分还达到了国内和国际先进水平,部分成果填补了国内外空白,达到了领先水平。

平煤十二矿于 1957 年设计,并于 1960 年投产,原设计生产能力为 30 万 t/a,经过近 50 年的开发建设,煤炭年产量达到 140 多万吨。平煤十二矿自 1989 年 1 月 3 日发生第一次煤与瓦斯突出以来,截至目前,共发生瓦斯突出 23 次,最大突出强度为 293 t,涌出瓦斯量