

国家“十一五”重大工程出版规划图书
中国煤炭科学技术全书

Theories and Engineering Applications on Coal Mine Gas Control

煤矿瓦斯防治理论与工程应用

程远平等编著

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

国家“十一五”重大工程出版规划图书
中国煤炭科学技术全书

煤矿瓦斯防治理论与工程应用

程远平 王海锋 王 亮 周红星 编著
刘洪永 刘海波 吴冬梅 李 伟

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书分为煤矿瓦斯防治基础、煤矿瓦斯抽采、煤与瓦斯突出防治和煤矿瓦斯爆炸及其预防四编,第一编是全书的基础,后三编为应用技术。全书变传统的瓦斯抽放为瓦斯抽采,突出了煤矿瓦斯抽采在煤矿瓦斯灾害防治中的核心作用。煤矿瓦斯抽采编采用了瓦斯抽采“时空”保障的新分类方法,充分体现了煤矿瓦斯治理“先抽后采”的思想。煤与瓦斯突出防治编依据《防治煤与瓦斯突出规定》的要求,突出了防治煤与瓦斯突出灾害的工作程序,强化了煤与瓦斯突出防治必须坚持“区域措施先行、局部措施补充”的理念。煤矿瓦斯爆炸及其预防编总结分析了近年来我国煤矿瓦斯爆炸的主要原因,提出了预防煤矿瓦斯爆炸的技术措施。

本书可供煤炭企业技术人员、技术管理干部、科研院所研究人员和高等院校相关专业师生参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

煤矿瓦斯防治理论与工程应用/程远平等编著. —徐州:

中国矿业大学出版社,2010.12

ISBN 978 - 7 - 5646 - 0904 - 7

I. ①煤… II. ①程… III. ①煤矿—瓦斯爆炸—防治

IV. ①TD712

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第242127号

书 名 煤矿瓦斯防治理论与工程应用
编 著 程远平 等
责任编辑 马跃龙 姜志方 杨 廷 李 敬
责任校对 杜锦芝 何晓惠 于世连
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 江苏淮阴新华印刷厂
开 本 850×1168 1/16 印张 54.25 字数 1566 千字
版次印次 2010年12月第1版 2010年12月第1次印刷
定 价 350.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

序 —

我国是一个以煤炭为主要能源的国家,煤炭在一次能源中占 70% 左右。2009 年我国煤炭产量达到 3.03 Gt,其中国有重点煤矿产煤 1.59 Gt,占 52.5%;国有地方煤矿产煤 0.38 Gt,占 12.5%;乡镇煤矿产煤 1.06 Gt,占 35.0%。我国高产高效矿井的年产煤大约有 1 Gt,与美国目前年产量相当,百万吨死亡率我国为 0.04 人/Mt,美国为 0.03 人/Mt。也就是说,在地质条件好的情况下同样产出 1 Gt 煤,中国与美国百万吨死亡率相差不大。但我国经济发展要求煤炭产量必须达到 3 Gt 以上,因此开采地质条件不好的 2 Gt 煤炭成为必然的选择,这也是我国煤炭行业重特大事故较多的主要原因之一,尤其是瓦斯事故。2009 年,我国煤矿瓦斯事故的起数和死亡人数分别占全部事故的 9.7% 和 28.7%,瓦斯事故起数排在顶板和运输事故之后列第三位,瓦斯事故死亡人数排在顶板事故之后列第二位。但瓦斯事故却是煤矿较大(一次死亡 3~9 人)和重大以上事故(一次死亡 10 人以上)的第一杀手,2009 年煤矿较大瓦斯事故的起数和死亡人数分别占较大事故的 53.8% 和 54.7%,重大以上瓦斯事故的起数和死亡人数分别占重大以上事故的 55.0% 和 73.5%。

根据 2008 年煤矿瓦斯事故统计分析,较大煤与瓦斯突出事故起数和死亡人数占较大瓦斯事故的 39.7% 和 41.4%;重大煤与瓦斯突出事故起数和死亡人数占重大以上瓦斯事故的 58.8% 和 51.5%。较大及重大以上煤与瓦斯突出事故起数和死亡人数首次超过瓦斯爆炸事故。2009 年 11 月 21 日发生在黑龙江龙煤集团鹤岗分公司新兴煤矿的特别重大瓦斯事故就是由于特大型煤与瓦斯突出事故所引发,2010 年 10 月 16 日发生在河南平禹煤电公司四矿的特别重大瓦斯事故也是一起特大型煤与瓦斯突出事故。煤与瓦斯突出发生的动力是地应力和瓦斯压力,随着我国煤矿开采强度的加大,开采深度不断增加,突出的动力——地应力和瓦斯压力增大,煤与瓦斯突出危险性日趋严重。此外,处在我国安徽、河南、江西、湖南、贵州、四川、重庆和云南等省(市)的矿区,在成煤之后的漫长地质历史中多次受构造运动作用,地质构造十分复杂,许多矿井处在高地应力作用区域,再加上良好的瓦斯保存条件,煤与瓦斯突出灾害十分严重。2008 年,湖南省煤与瓦斯突出矿井的数量为 301 对,占全国突出矿井数量的 40%;贵州省煤与瓦斯突出矿井的数量为 143 对,占全国突出矿井数量的 19%;安徽省是煤炭大省,约 80% 的煤炭产量来自于煤与瓦斯突出矿井。

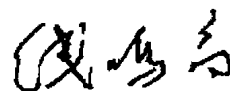
防治瓦斯事故有效的技术途径是在开采之前将煤层中的瓦斯抽采出来,一方面可降低煤层中的瓦斯能量,同时也可以降低地应力和提高煤体强度。煤矿瓦斯(煤层气)是一种高效洁净能源,抽采瓦斯不仅可以使我国丰富的煤层气资源得到有效利用,同时也可以减少瓦斯的直接排放对环境的破坏,因为矿井瓦斯对温室效应的影响相当于二氧化碳的 25 倍。在美国的高渗透性矿区都是先抽采煤层瓦斯再采煤,这样既能将瓦斯作为能源利用,同时又保证了采煤作业的安全。我国大部分矿区煤层渗透率仅为 $10^{-3} \sim 10^{-4}$ mD,与美国圣胡安盆地煤层相比差 $10^4 \sim 10^5$ 倍,这也是我国煤矿采前瓦斯抽采困难的主要原因。但我也欣喜地看到,以煤层群保护层开采及卸压瓦斯抽采为核心的煤与瓦斯共采技术在我国取得突破性进展,将瓦斯抽采与采煤方法相结合,充分利用采煤引起的煤岩层运动,使邻近煤层渗透性得到几百到几千倍的增加,将原来难以抽采的瓦斯高效抽采出来,实现了高瓦斯突出煤层在低瓦斯状态下开采,为高瓦斯突出矿井的安全高效开采提供了技术保障。该技术首先在淮南和淮北等矿业集团获得成功,并迅速在全国高瓦斯突出矿区得到了推广应用。程远平教授

和他领导的学术团队全面参与了上述科学研究和技术推广工作。

程远平教授和他领导的学术团队长期活跃在煤与瓦斯突出灾害严重的淮南、淮北、郑州、窑街、阳泉和沈阳等矿区,开展技术攻关,实践煤与瓦斯突出灾害防治技术体系,建设煤与瓦斯突出灾害防治示范矿区。以淮北矿业集团为例,他们与现场广大工程技术人员合作,开展复杂瓦斯赋存条件下的科技攻关,通过制定淮北矿区瓦斯灾害防治总体规划,保障了瓦斯治理的时空条件,做到了“抽、掘、采”平衡。研发了远距离保护层开采及卸压瓦斯抽采技术、巨厚火成岩覆盖条件下的远程卸压瓦斯抽采技术、穿层钻孔孔群增透瓦斯抽采技术、顺层长钻孔递进掩护瓦斯抽采技术、特厚突出煤层六步法安全揭煤技术和深井强突煤层三步法安全揭煤技术等一批区域性瓦斯治理关键技术,并得到了推广应用,上述关键技术和相关技术参数被国家《防治煤与瓦斯突出规定》所采用。通过建立煤矿瓦斯治理企业技术标准,实现了瓦斯治理的规范化、程序化和制度化。经过7年的努力,淮北矿业集团煤炭产量由2003年的20.19 Mt增加到2010年的32.20 Mt,百万吨死亡率由4.66人/Mt显著下降到0.186人/Mt,瓦斯抽采量由550 Mm³提高到1 620 Mm³,瓦斯抽采率由15%提高到51%,年瓦斯超限次数由1 100次下降到5次。

本书是程远平教授学术团队近十年科学研究工作的总结,同时吸收了国内外煤矿瓦斯治理方面的最新研究成果。全书理念先进,以瓦斯抽采作为煤矿瓦斯灾害防治的核心,充分体现了煤矿瓦斯治理“先抽后采”的思想,坚持“区域措施先行、局部措施补充”的煤与瓦斯突出防治新思路。全书知识结构合理,内容新颖,理论与实践相结合,列举剖析了大量煤矿瓦斯防治方面的工程研究实例,对提高我国煤矿瓦斯治理水平具有重要的指导意义。

中国工程院院士



2010年12月10日

序 二

我国是一个少油、多煤的国家,目前煤炭在一次能源中占 70% 左右,资源条件决定了今后相当长的时间内,煤炭在我国一次能源结构中占据不可替代的重要地位。我国 95% 以上的煤矿都是井工开采,开采深度大,瓦斯压力和瓦斯含量高、煤层透气性低,煤层瓦斯不易在采前抽放,但在采掘过程中瓦斯放散量大、放散速度快,再加上开采煤层地质条件复杂,瓦斯涌出或煤与瓦斯突出控制不当将可能导致瓦斯爆炸事故的发生,从而造成更大的灾难。据 2008 年调查统计,我国国有煤矿全部是瓦斯矿井,且高瓦斯和煤与瓦斯突出矿井占 27% 以上,265 对矿井为煤与瓦斯突出矿井,煤与瓦斯突出事故已上升为第一位的瓦斯事故。2004 年末至 2005 年初,我国接连发生了“10·20”河南郑煤集团大平煤矿、“11·28”陕西铜川矿务局陈家山煤矿和“2·14”辽宁阜新矿业集团孙家湾煤矿三起一次死亡百人以上特别重大瓦斯事故,造成了恶劣的社会影响,损害了我国的国际形象。

我国政府十分重视煤矿治理工作,先后提出并贯彻执行“先抽后采、监测监控、以风定产”的煤矿瓦斯治理方针和“通风可靠、抽采达标、监控有效、管理到位”的煤矿瓦斯治理工作体系。坚持科技攻关和企业技术改造并重的指导思想,加大对煤矿瓦斯治理的科技投入,2005 年及时启动了“十五”科技攻关重大专项“煤矿瓦斯治理技术集成与示范”项目和国家重大基础研究项目(973 项目)“预防煤矿瓦斯动力灾害基础研究”,并在国家“十一五”科技支撑项目中对煤矿瓦斯防治方面给予了重点支持。国家每年安排 30 亿元建设资金,支持国有煤矿安全技术改造,建设一批煤矿瓦斯治理的示范性矿井。通过上述工作,“十一五”期间我国煤矿瓦斯治理成效显著,2005 年至 2009 年全国煤矿死亡人数由 6 000 人下降到 2 631 人(瓦斯事故死亡人数由 2 171 人下降到 755 人),全国煤矿平均百万吨死亡率从 2005 年的 2.81 人/Mt 下降到 2009 年的 0.89 人/Mt,其中国有重点煤矿百万吨死亡率从 2005 年的 0.96 人/Mt 下降到 2009 年的 0.37 人/Mt。尽管如此,我国在 2009 年和 2010 年先后发生了“2·22”西山焦煤集团屯兰煤矿、“11·21”黑龙江龙煤集团鹤岗分公司新兴煤矿和“10·16”河南平禹煤电公司四矿等特别重大瓦斯事故。

长期以来,中国矿业大学在煤矿瓦斯防治、特别是煤与瓦斯突出防治科学研究方面处于世界先进水平。20 世纪 70 和 80 年代,我们与天府、中梁山、阳泉等矿务局合作,开展了天府远距离保护层开采及卸压瓦斯抽采防突技术,中梁山煤矿大面积多排密集布孔预抽瓦斯防治突出新技术,多排密集钻孔防治石门揭煤突出的原理,胶圈压力黏液封孔测定煤层瓦斯压力技术和装置,煤层瓦斯流动规律等创新性研究工作,研究成果先后获全国科学大会奖、国家发明奖和国家自然科学奖。1979 年由当时中国矿业学院瓦斯组编著出版的学术专著《煤和瓦斯突出的防治》,系统地总结出我国煤与瓦斯突出的分类、机理和分布规律,建立起我国突出预测及防治工程体系,对我国突出次数从上升转为下降作出了重要贡献。国内外专家认为:该书理论与实际结合紧密,适用性好,可操作性强,对突出防治具有指导作用和重要参考价值,被日本同行称为防治煤矿瓦斯突出的“教科书”、“现场防突工程指南”。

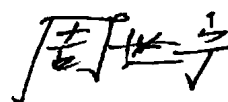
程远平教授是中国矿业大学新一代煤矿瓦斯防治方向的学术带头人,他领导的学术团队继承和发展了老一代煤矿瓦斯防治专家们的学术思想,保持和发扬了他们理论联系实际的科研作风,长期活跃在煤矿瓦斯灾害严重的主流矿区,从事科学研究,传授煤矿瓦斯治理的新理念和新技术。

程远平教授的科研成果主要表现在:构建了以区域性瓦斯治理技术为核心,瓦斯灾害综合治理总体规划和管理保障相结合的深井煤与瓦斯突出煤层区域性瓦斯治理技术体系。在近距离、远距离、超远距离、极薄和组合保护层开采条件下,获得了适合多种煤层赋存条件的岩层移动与裂隙发育特性、被保护层“卸压增透增流”作用原理和卸压瓦斯流动汇聚的时空规律,并形成多种卸压瓦斯抽采方法、设计参数和评价指标体系;研究了突出煤层水力诱导喷孔孔群增透和递进掩护等作用原理,形成网格式穿层钻孔孔群增透和顺层长钻孔递进掩护等瓦斯抽采方法和设计参数;研发了突出矿井瓦斯灾害综合治理总体规划技术、企业技术标准体系和技术标准,实现了煤矿瓦斯治理的规范化和程序化。“深井煤与瓦斯突出煤层区域性瓦斯灾害防治关键技术及应用”项目获2009年度国家科技进步二等奖。

本书是在程远平教授学术团队研究成果的基础上,结合国内外煤矿瓦斯防治的最新研究成果,充分展现近年来我国煤矿瓦斯防治方面的科技进步。全书分为煤矿瓦斯防治基础、煤矿瓦斯抽采、煤与瓦斯突出防治和煤矿瓦斯爆炸及其预防四编,注重基础,强化应用,在理论基础和应用技术的基础上,采用了许多的煤矿瓦斯防治方面的工程研究实例,具有较强的针对性和实用性。全书变传统的瓦斯抽放为瓦斯抽采,并强化了煤矿瓦斯抽采在煤矿瓦斯灾害防治中的核心作用,紧密结合煤矿生产实际,充分体现煤矿瓦斯防治知识的系统性、综合性和集成性。

作为程远平教授的老师和同事,在《煤矿瓦斯防治理论与工程应用》专著出版之际,我很高兴向广大煤矿工程技术人员和管理人员,以及高等院校与科研单位的师生和研究人员推荐本书,并希望本书成果能在我国更多的煤矿推广应用,促进我国煤矿瓦斯防治工作的可持续发展。

中国工程院院士



2010年12月18日

序 三

国家《能源中长期发展规划纲要(2004~2020年)》中已经确定,我国将“坚持以煤炭为主体、电力为中心、油气和新能源全面发展的能源战略”;中国工程院《国家能源发展战略2030~2050》预测我国煤炭年需求达3.8 Gt。显然,在今后相当长的时期内,煤炭作为我国的主导能源将不可替代。实际上,我国2009年煤炭产量已经达到3.03 Gt,占世界煤炭消费量的40%以上。随着我国经济的快速可持续发展,对煤炭的需求量越来越大,导致我国煤矿快速向深部延伸。特别是在中东部经济发达地区,煤炭开发历史较长,浅部煤炭资源已近枯竭,许多煤矿已进入深部开采(埋深800~1 500 m)。随着开采深度的增加,地应力升高、瓦斯压力增大、地温梯度增高、地下水压变大,导致瓦斯、地压、热害、水害等灾害日趋严重,尤其以瓦斯灾害最为严重,是煤矿重特大事故的根源。以两淮矿区为例,开采煤层构造十分复杂,受火成岩侵入、煤层变质程度从长烟煤到无烟煤,瓦斯含量达 $10 \sim 40 \text{ m}^3/\text{t}$,煤的硬度 f 值多为 $0.1 \sim 0.5$,煤层渗透率仅为 $10^{-3} \sim 10^{-4} \text{ mD}$,与美国圣胡安盆地煤层渗透性相比差 $10^4 \sim 10^5$ 倍,这是我国大多数矿区采前瓦斯抽采困难的主要原因。

我国政府历来重视煤矿瓦斯治理工作,我国煤矿瓦斯防治工作成绩的取得与科技进步密不可分,在“六五”到“十五”研究成果的基础上,“十一五”期间我国煤矿瓦斯防治科学研究工作取得了重大进展,最具代表性的成果是形成了一批煤矿瓦斯防治方面的技术标准、规范和管理规定,初步实现了煤矿瓦斯治理的规范化、程序化和制度化。以淮南矿业集团为例,经过13年的科技攻关,瓦斯治理成果显著,瓦斯抽采量由 10 Mm^3 增加到 $2 500 \text{ Mm}^3$,瓦斯抽采率由5%提高到48%,煤炭产量由10 Mt增加到60 Mt,连续13年避免了瓦斯爆炸事故,百万吨死亡率降至0.095人/Mt的国际先进水平。淮南矿业集团的实践充分说明,在现有开采条件下,结合各矿区实际利用现有技术,配合先进的管理理念,瓦斯事故是可防和可控的。

程远平教授师从我国著名的煤矿瓦斯防治专家俞启香教授,科研作风扎实,理论联系实际,积极活跃在煤矿瓦斯灾害严重的主流矿区,从事科学研究,传授煤矿瓦斯治理的新理念和新技术。1997年起参与了淮南矿业集团远距离保护层开采及卸压瓦斯的抽采技术研究工作,项目历时5年,取得了丰硕的研究成果,使突出危险严重的 C_{13} 煤层实现了低瓦斯状态下开采,在淮南首次采用了综合机械化放顶煤采煤方法,工作面实现了日产万吨的条件。以该成果为核心的“复杂特困条件下高瓦斯煤层群瓦斯抽放理论与工程实践”项目,获2003年度国家科学技术进步二等奖。在此基础上,程远平教授领导的学术团队又与淮北、郑州、阳泉和沈阳等煤炭企业合作,在煤与瓦斯突出煤层区域性瓦斯治理技术研究方面取得了进展,“深井煤与瓦斯突出煤层区域性瓦斯灾害防治关键技术及应用”项目获2009年度国家科学技术进步二等奖。

程远平教授积极参与国家煤矿瓦斯治理的重大活动,八次参加国务院煤矿特别重大瓦斯爆炸事故调查工作,四次出任专家组组长。曾担任国家煤矿安全技术专家会诊第二组副组长(2005年)、国家煤矿瓦斯治理专家会诊第六组组长(2010年)。作为特邀专家出席了全国煤矿瓦斯治理现场会(2007年重庆、2008年沈阳、2009年南昌),并在大会以专家身份作主题报告。参与和组织了中国煤矿瓦斯治理技术国际会议(2007年淮南、2008年淮南、2010年合肥),并在大会作学术报告。参加了国家发展与改革委员会委托、煤矿瓦斯治理国家工程研究中心承办的“45户重点监控国有煤炭企业

董事长、总经理和技术管理干部煤矿瓦斯治理培训班”(2007年、2008年、2009年淮南),并做过多场学术讲座。参加了国家安全生产监督管理总局举办的“全国煤矿瓦斯综合治理工作体系解读”培训工作(2008年北京、沈阳、重庆和淮南),并做过多场学术讲座。积极参与国际学术交流与合作,作为中方专家参加中德政府煤炭工作组会议(2006年德国埃森,2007年中国北京),组织中澳双边学术交流活动(2008年澳大利亚布里斯班,2009年中国徐州),参加了一系列煤矿瓦斯治理方面的国际会议。上述国内外煤矿瓦斯治理方面的重大活动,使程远平教授学术团队的科研工作能够站在国家层面,具有国际视野。

本书是程远平教授学术团队近十年科学研究工作的总结,同时吸收了国内外煤矿瓦斯治理方面的最新研究成果。全书变传统的瓦斯抽放为瓦斯抽采,并强化了煤矿瓦斯抽采在煤矿瓦斯灾害防治中的核心作用。采用了瓦斯抽采“时空”保障的新分类方法,充分体现了煤矿瓦斯治理“先抽后采”的思想。注重了煤与瓦斯突出防治工作的规范化、程序化和制度化;进一步加强煤与瓦斯突出防治必须坚持“区域措施先行、局部措施补充”的理念。全书知识结构合理,书稿内容新颖,理论与实践相结合,列举剖析了大量煤矿瓦斯防治方面的工程研究实例,对提高我国煤矿瓦斯治理水平具有重要的指导意义,是一部不可多得的学术著作。

中国工程院院士



2010年12月20日

前 言

煤炭是我国的主导能源。2009 年原煤产量达到 3.03 Gt, 约占我国一次能源总量的 70%, 占世界煤炭消费量的 40% 以上。瓦斯作为煤的伴生产物, 不仅是煤矿生产中的重大危险源, 也是比二氧化碳大 25 倍的温室效应气体, 更是一种宝贵的清洁能源。随着我国经济的快速可持续发展, 对煤炭的需求量不断增大, 煤矿的开采强度和开采深度亦随之增大。我国煤矿开采深度平均以每年约 10 m、部分煤矿以每年 20 ~ 50 m 的速度向深部延深, 导致开采煤层地应力增大、瓦斯压力和瓦斯含量增加, 再加上我国煤矿地质构造条件复杂, 瓦斯灾害、特别是煤与瓦斯突出灾害日趋严重。2004 年末至 2005 年初, 我国接连发生了“10·20”河南郑煤集团大平煤矿、“11·28”陕西铜川矿务局陈家山煤矿和“2·14”辽宁阜新矿业集团孙家湾煤矿三起一次死亡百人以上的特别重大瓦斯事故, 造成了恶劣的社会影响, 损害了我国的国际形象。为了有效地遏制我国煤矿重特大瓦斯灾害事故, 国务院召开了第 81 次常务会议, 专题研究煤矿瓦斯治理工作。会议决定成立煤矿瓦斯治理部际协调领导小组, 确定采取七项措施大力开展瓦斯集中整治、切实防范煤矿重特大瓦斯事故。国务院决定, 从 2005 年起国家每年安排 30 亿元建设资金, 支持国有煤矿安全技术改造, 地方和企业也要增加安全生产投入。国家科学技术部应急启动了“十五”科技攻关重大专项“煤矿瓦斯治理技术集成与示范”项目, 并在后续的国家重大基础研究和国家“十一五”科技支撑项目给予了煤矿瓦斯防治方面的基础和应用技术研究的重点支持。国家自然科学基金委员会也启动了煤矿瓦斯防治方面的重点项目群。

党和政府高度重视煤矿安全生产工作, 在煤矿企业和广大科技工作者的共同努力下, 我国煤矿瓦斯防治工作取得了显著进展。2008 年我国煤矿开采过程中瓦斯的抽排量为 20.2 Gm^3 , 其中瓦斯抽采量为 5.8 Gm^3 、利用量为 1.9 Gm^3 。2005 年至 2009 年, 我国煤矿死亡人数呈逐年快速下降态势, 全国煤矿死亡人数由 6 000 人下降到 2 631 人。全国煤矿平均百万吨死亡率从 2005 年的 2.81 人/Mt 下降到 2009 年的 0.89 人/Mt, 其中国有重点煤矿百万吨死亡率从 2005 年的 0.96 人/Mt 下降到 2009 年的 0.37 人/Mt。但是我们还应该看到, 我国煤矿瓦斯防治工作无论从技术上还是从管理上都存在许多不足和薄弱环节。2009 年我国煤矿发生了“2·22”西山焦煤集团屯兰煤矿和“11·21”黑龙江龙煤集团鹤岗分公司新兴煤矿两起典型特别重大瓦斯事故; 2010 年我国煤矿发生了“10·16”河南平禹煤电公司四矿典型特别重大瓦斯事故。

我国煤矿瓦斯防治工作成绩的取得与科技进步密不可分, 在“六五”到“十五”研究成果的基础上, “十一五”期间我国煤矿瓦斯防治科学研究工作取得了重大进展, 最具代表性的成果是形成了一批煤矿瓦斯防治方面的技术标准、规范和管理规定, 初步实现了煤矿瓦斯治理的规范化、程序化和制度化。其中《防治煤与瓦斯突出规定》的发布和实施, 标志着我国煤与瓦斯突出防治进入到“区域措施先行、局部措施补充”的新阶段。中国矿业大学煤矿瓦斯治理国家工程研究中心煤矿瓦斯治理研究所学术团队参加了国家“十五”科技攻关项目、国家“十五”科技攻关重大专项、国家“十一五”科技支撑项目、国家重点基础研究发展计划项目(“973”计划)、国家自然科学基金项目和国家重点实验室开放基金项目以及一大批企业委托的煤矿瓦斯防治方面的科研项目, 取得了丰硕的研究成果。“深井煤与瓦斯突出煤层区域性瓦斯灾害防治关键技术及应用”项目获 2009 年度国家科技进步二等奖。我们学术团队在总结国内外煤矿瓦斯防治方面研究成果的基础上, 结合本学术团队的研究成

果,完成了本书的编撰。

本书分为四编,共计二十七章。第一编煤矿瓦斯防治基础,包括绪论、煤层瓦斯赋存、煤层瓦斯流动、煤矿瓦斯涌出、煤矿瓦斯治理规划;第二编煤矿瓦斯抽采,包括煤矿瓦斯抽采方法分类及抽采指标,地面采前瓦斯抽采方法,井下本煤层采前瓦斯抽采方法,邻近层采前瓦斯抽采方法,井上、下采中瓦斯抽采方法,井上、下采后瓦斯抽采方法,煤矿综合瓦斯抽采方法,煤矿瓦斯抽采系统、装备及施工,煤矿瓦斯抽采设计;第三编煤与瓦斯突出防治,包括煤与瓦斯突出分类、特点、机理及规律,防治煤与瓦斯突出的工作程序,煤与瓦斯突出鉴定、区域划分与瓦斯地质图编制,煤与瓦斯突出预测及效果检验,防治煤与瓦斯突出的区域性措施,石门和岩石井巷揭开煤层的防突措施,防治煤与瓦斯突出的局部措施,煤与二氧化碳突出防治,煤与瓦斯突出矿井的安全防护措施,煤与瓦斯突出矿井的安全开采;第四编煤矿瓦斯爆炸及其预防,包括煤矿瓦斯爆炸及其危害性、煤矿瓦斯爆炸原因及案例、预防煤矿瓦斯爆炸的技术措施。第一编是全书的基础,后三编为应用技术。全书变传统的瓦斯抽放为瓦斯抽采,并强化了煤矿瓦斯抽采在煤矿瓦斯灾害防治中的核心作用,煤矿瓦斯抽采既是防治煤与瓦斯突出的核心技术,也是预防瓦斯爆炸的核心技术,同时煤与瓦斯突出防治也能为煤矿瓦斯爆炸的预防提供重要的有利条件。煤矿瓦斯抽采编采用了瓦斯抽采“时空”保障的新分类方法,充分体现了煤矿瓦斯治理“先抽后采”的思想。煤与瓦斯突出防治编依据《防治煤与瓦斯突出规定》的要求,突出了防治煤与瓦斯突出灾害的工作程序,强调煤与瓦斯突出防治工作必须实现规范化、程序化和制度化;以区域性瓦斯治理技术为核心,进一步强化了煤与瓦斯突出防治必须坚持“区域措施先行、局部措施补充”的理念。煤矿瓦斯爆炸及其预防编在分析了煤矿瓦斯爆炸及其危害性的基础上,总结分析了近年来我国煤矿瓦斯爆炸的主要原因,提出了预防煤矿瓦斯爆炸的技术措施。全书注重基础,强化应用,在理论基础和应用技术的基础上,列举了大量煤矿瓦斯防治方面的工程研究实例,具有较强的针对性和实用性。本书可供煤炭企业技术人员、技术管理干部、科研院所研究人员和高等院校相关专业师生使用参考。

本书由程远平教授领导的青年博士群体组成的学术团队(中国矿业大学煤矿瓦斯治理国家工程研究中心煤矿瓦斯治理研究所)合作完成,第一编煤矿瓦斯防治基础由程远平、王亮、刘洪永、刘海波和吴冬梅完成,第二编煤矿瓦斯抽采由程远平、王海锋、周红星、王亮、刘海波完成,第三编煤与瓦斯突出防治由程远平、周红星、王亮、王海锋、李伟、刘海波完成,第四编煤矿瓦斯爆炸及其预防由程远平、刘洪永、刘海波完成。

在本书出版之际,我怀着一颗感恩的心情,首先感谢我的恩师中国矿业大学俞启香教授。俞启香教授一生致力于煤与瓦斯突出矿井的区域性瓦斯治理技术研究,是我国著名的煤矿瓦斯防治专家。我们学术团队的前身就是俞启香教授领导的课题组,俞启香教授不但在学术方向上给予我们启迪,而且亲自和我们学术团队一起共同制定了本书的整体框架结构和编写大纲,在编写过程中给予了热心指导,在书稿完成后俞启香教授还亲自对全书进行了审阅。

本书编写过程中得到淮南矿业集团、淮北矿业集团、郑州煤炭工业集团、阳泉煤业集团、窑街煤电集团、皖北煤电集团和沈阳煤业集团的大力支持和帮助,书中列举的许多工程实例均来自于作者与上述煤炭企业的合作科研成果。中国工程院袁亮院士,李伟、葛春贵、宋建成、游浩、吴玉华、王更雨、张庆衡、魏刚教授级高工等一大批现场科技工作者的热情支持、指导、帮助和合作是本书能够顺利完成的保障,在此向他们表示崇高的敬意和衷心的感谢。

中国工程院钱鸣高院士、周世宁院士和袁亮院士不仅对本书的撰写和出版给予了指导和帮助,还在百忙之中抽出时间为本书作序,在此向他们表示衷心感谢。

国家安全生产监督管理总局、国家煤矿安全监察局、国家能源局及其所属部门的领导为我们团队参与国家煤矿瓦斯治理相关活动提供了大力支持,并对我们团队的科学研究工作给予了热心指导

和帮助,在此一并表示衷心感谢。

衷心感谢中国煤炭工业协会王显政会长、胡省三秘书长和刘峰部长等领导对我们科学研究工作的鼓励指导和帮助。

衷心感谢中国煤炭科工集团煤炭科学研究总院和重庆煤炭科学研究院申宝宏、胡千庭和齐庆新研究员等科技工作者对我们科学研究的指导和帮助。

衷心感谢国家科学技术部和国家自然科学基金委员会对我们科学研究工作的资助和鼓励。

谨以此书献给我的博士生导师、已故著名煤矿安全专家、中国矿业大学安全技术工程学科创始人之一王省身教授。

编著者:程远平

2010年11月20日

Preface

Coal is China's primary energy. Chinese coal production in 2009 reached 3.03 billion tons, accounting for about 70% of the total primary energy and more than 40% of the world's coal consumption. As an associated product of coal, coal mine gas is not only a major hazard in coal mining, but also a greenhouse gas with a Global Warming Potential of 25 (i. e. , 25 times of carbon dioxide on the environmental impact). In the meanwhile, it is a valuable clean energy. With the rapid sustainable development of China's economy, the demand for coal is increasing, thus leading the increase of the strength and depth of mining. China's coal mining level is going down at a average rate of 10m per year with some mines extending their depth as a rate of 20 – 50m. This leads to a rise of ground stress, gas pressure and gas content. Due to the complicated geological structure in China's coal mines, gas disaster, especially the hazard of coal and gas outburst, is becoming more and more serious. Particularly, three especially serious gas accidents, i. e. the '10 · 20' Daping Coal Mine of Zhengzhou Coal Mining Group in Henan, the '11 · 28' accident in Chenjiashan Coal Mine of Tongchuan Coal Mining Group in Shanxi and the '2 · 14' accident in Sunjiawan Coal Mine of Fuxin Coal Mining Group in Liaoning, happened with more than a hundred deaths from late 2004 to early 2005, resulting in adverse social impact and harming China's international image. In order to effectively curb the extraordinarily serious gas disaster, the State Council held its 81st executive meeting, specially discussing about coal mine gas control work. The meeting decided to set up inter – ministerial coordination leading group of coal mine gas control and take seven measures to control gas and effectively prevent extraordinarily serious coal mine gas accidents. The State Council decided that a special construction fund of three billion RMB per year would be used to support the safety transformation of state – owned coal mine from 2005. Local governments and enterprises were also required to increase funds for safe production. Ministry of Science and Technology responded to launch the major scientific and technological projects of "coal mine gas control technology integration and demonstration" in the tenth Five – Year plan. Theoretical and applicable research of coal mine gas control has been supported in the subsequent national major theoretical research and the eleventh Five – Year Plan. The National Natural Science Foundation also launched the prior projects of coal mine gas control.

Great attention of coal mine safety has been paid to by the Chinese Communist Party and Chinese government. With the efforts of the coal mining enterprises and the scientists and engineers, significant progress has been made on coal mine gas control in China. The 2008 emission of coal mine gas was 20.2 billion m³ in China, of which gas drainage and utilization were 5.8 and 1.9 billion m³ respectively. From 2005 to 2009, the death toll in China coal mine declined rapidly, and the number of deaths in coal mines dropped from 6000 to 2631. Nationwide average mortality rate of million tons coal fell to 0.89 in 2009 from 2.81 in 2005, in which that of state – owned key coal mines fell to 0.37 in 2009 from 0.96 in 2005. But it should be noted that there are still deficiencies and weaknesses in both technical treatment and management of coal mine gas control. Two typical extraordinarily serious gas accidents occurred in 2009: one in

Tunlan coal mine of Xishan Coking Coal Group on Feb. 22nd and the other in Xinxing Coal mine of Heilongjiang Long Coal Group Hegang Branch on Nov. 21st. In 2010, one typical extraordinarily serious gas accident happened in Henan Ping Yu No. 4 Coal Power Company on Oct 16th.

The achievements of coal mine gas prevention and control are inseparable with the technological progress. Based on the achievements from the sixth to tenth Five – Year Plan, significant progress on coal mine gas prevention and control has been made in during the eleventh Five – Year Plan in China. The most representative results are a number of coal mine gas prevention and control technical standards, codes and regulations, which preliminarily realized the standardization, routinization and institutionalization of gas prevention and control. The issuance and implementation of “Regulations of Coal and Gas Outburst Prevention and Control” marks China’s coal and gas outburst prevention into a new stage of “regional measures as priority, local measures as supplement”. Coal Mine Gas Prevention and Control Institute of National Engineering Research Center for Coal Gas Prevention and Control participated in the key programs and major projects of the tenth and the eleventh Five – Year Plan, National Basic Research Program of China (Program No. 973), National Natural Science Foundation of China, Development Projects of State Key Laboratory Fund and a large number of coal mine gas control projects commissioned by coal mines. Fruitful results have been achieved through these projects. A second prize of 2009 National Science and Technology Progress has been awarded for the project “key technologies and application of regional disaster prevention and control for coal seams with coal and gas outburst in deep coal mine”. Based on the summarization of achievements on coal and gas outburst control in home and aboard, our team completed this book with combining with our own achievements.

This book contains four sections in 27 chapters. The first section is the fundamentals of coal mine gas control, including introduction, occurrence of coal mine gas, gas flow in coal seams, emissions of coal mine gas and plans for coal mine gas control. The second section is the drainage of coal mine gas control, including methods and objectives of coal mine gas drainage, methods for pre – mining surface drainage, methods for pre – mining drainage for underground coal seams, methods for pre – mining drainage for adjacent coal seams, methods for during – mining drainage for surface and underground coal seams, methods for post – mining drainage for surface and underground coal seams, mixed methods for gas drainage in coal mines, system, equipments and operations of coal mine gas drainage and design of coal mine gas drainage. The third section is the coal and gas outburst control, including classification, characteristics, fundamentals and laws of coal and gas outburst, procedures of coal and gas outburst control, assessment of outbursts, zoning and drawing of gas geology, predictions of coal and gas outbursts and performance test, regional measurements of coal and gas outburst control, anti – outburst measures of coal – peeling in crossdrift and rock roadways, partial measures of coal and gas outburst control, coal and CO₂ outburst control, safety measurement in coal and gas outburst mines and safe mining in coal and gas outburst mines. The fourth section is coal mine gas explosions and preventions, including coal mine gas explosion and hazards, causes of coal mine gas explosion and measures of preventing coal mine gas explosion. The first section is the basis for the book, and the rest are the application technologies. The book shifts from the traditional gas drainage and emission to gas drainage and utilization, and enhanced the central role of coal mine gas drainage in coal mine gas disaster prevention. Coal mine gas drainage is the core technology for both coal and gas outburst control and coal mine gas explosion prevention, and it also provides an important advantage for the coal mine gas explosion prevention. A new classification method for the time and space insurance of gas

drainage is raised in the section of coal mine gas drainage, and it fully embodies the concept of “drainage before mining” for coal mine gas control. The section of coal and gas outburst control highlights the coal and gas outburst hazard of working procedures based on the requirements of “Regulations of Coal and Gas Outburst Prevention and Control”, emphasizing the standardization, routinization and institutionalization of gas prevention and control for coal and gas outburst control. It takes regional gas control technology as the core to further strengthen the concept of “regional measures as priority, local measures as supplement”. The section for coal mine gas explosions and preventions analyzes the main causes of coal mine gas explosions and raises preventive measures for coal mine gas explosion based on the analysis of the dangers of coal mine gas explosion. The book focus on both theoretical basis application, based on which a large coal mine gas control and prevention engineering examples are listed. It is highly targeted and practical. The book can be used as reference for technical personnel and leader of technology management from coal enterprises, researchers from academic institutes, and professional teachers and students from universities.

This book was written by the academic team (Coal Mine Gas Control Institute, National Engineering Research Center for Coal and Gas Control, China University of Mining and Technology) composed of young researchers led by Professor Cheng Yuanping. It can be divided into four sections: the fundamentals of coal mine gas control, the drainage of coal mine gas, the control of coal and gas outbursts and the prevention of coal mine gas explosion. The first section was finished by Cheng Yuanping, Wang Liang, Liu Hongyong, Liu Haibo and Wu Dongmei, the second section by Cheng Yuanping, Wang Haifeng, Zhou Hongxing, Wang Liang and Liu Haibo, the third section by Cheng Yuanping, Zhou Hongxing, Wang Liang, Wang Haifeng, Li Wei and Liu Haibo and the fourth section by Cheng Yuanping, , Liu Hongyong and Liu Haibo.

On the publishment of this book, I would like to thank my dear advisor, Professor Yu Qixiang, who is a well – known specialist in coal mine gas control and has been devoting his life to the study of regional gas control of coal and gas outburst mine. Our academic group grew out of his research team. He not only gave us edification academically, but also worked with our group to formulate the whole framework and outlines of the book. In addition, he gave us warm – hearted instructions while this book was being written and helped proofread the book after it is finished.

We received great help and support from Huainan Coal Group, Huaibei Coal Group, Zhengzhou Coal Group, Yangquan Coal Group, Yaojie Coal Group, Wanbei Coal Group and Shenyang Coal Group in writing this book. Many project cases used in this book are the research achievements by cooperating with the companies above. We also acknowledge scientists and engineers Yuan Liang, Li Wei, Ge Chungui, Song Jiancheng, You Hao, Wu Yuhua, Wang Gengyu, Zhang Qingheng and Wei Gang for their warm support, guide, help and cooperation.

Academicians of China Engineering Academy Qian Minggao, Zhou Shining and Yuan Liang not only gave guide and help in the writing and publishing of this book, but also wrote preludes for this book. We thank them for their efforts.

Leaders of State Administration of Work Safety, State Administration of Coal Mine Safety, State Energy Bureau and their subordinate departments provided great support for our participation in state coal gas control activities and warm guide and help on our research work. We wish to express our sincere gratitude to them.

We thank President Wang Xianzheng, Secretary – general Hu Xingsan, and Minister Liu Feng of Chi-

na National Coal Association for their guide, help and encouragement.

We Thank Shen Baohong, Hu qianting and Qi qingxin from Coal Science Academy and Chongqing Coal Science institute for their guide and help in our research.

We Thank State Department of Science and Technology and committee of Natural Science Foundation of China for their sponsorship and encourage.

This book is dedicated to my Ph. d advisor, Wang Xingshen, who was a famous coal mine safety expert and a founder of department of Safety Technology and Engineering at China University of Mining and Technology.

CHENG YUANPING

December 20th, 2010

目 录

序一	1
序二	3
序三	5
前言	1

第一编 煤矿瓦斯防治基础

第一章 绪论	3
1.1 煤矿瓦斯	3
1.2 我国煤矿瓦斯灾害现状	8
1.3 煤矿瓦斯防治的现行方针、法规和技术标准	18
1.4 煤矿瓦斯防治技术的发展与技术方向	24
1.5 煤矿瓦斯防治的理念与效果	28
1.6 本书的结构和特点	31
参考文献	33
第二章 煤层瓦斯赋存	36
2.1 煤层瓦斯的生成与组分	36
2.2 煤层瓦斯赋存状态与垂向分带	40
2.3 煤的孔隙特征	42
2.4 煤的瓦斯吸附性能	46
2.5 煤的瓦斯解吸性能	59
2.6 煤层瓦斯压力	68
2.7 煤层瓦斯含量	86
2.8 含瓦斯煤的力学性能	100
2.9 含瓦斯煤的渗透性能	104
参考文献	114
第三章 煤层瓦斯流动	118
3.1 煤层瓦斯流场分类	118
3.2 煤层瓦斯流动理论及其应用	120
3.3 卸压煤岩体瓦斯流动	132