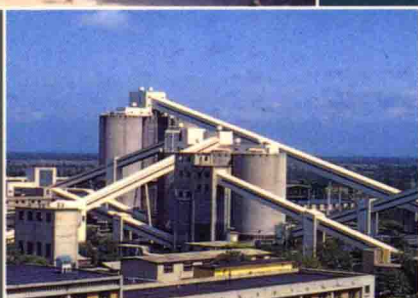


Theory and Technology of Gas Drainage and Capture in
Soft Multiple Coal Seams of Low Permeability

• Yuan liang

松软低透煤层群瓦斯抽采理论与技术

• 袁 亮 著



煤炭工业出版社

China Coal Industry Publishing House

松软低透煤层群瓦斯抽采 理论与技术

袁 亮 著

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

松软低透煤层群瓦斯抽采理论与技术/袁亮著. —北京: 煤炭工业出版社, 2004

ISBN 7—5020—2414—X

I. 松… II. 袁… III. 煤层群-瓦斯抽采
IV. TD712

中国版本图书馆CIP数据核字 (2004) 第 021702 号

煤炭工业出版社 出版
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)
网址: www.cciph.com.cn
煤炭工业出版社印刷厂 印刷
新华书店北京发行所 发行



*
开本 787mm×1092mm $\frac{1}{16}$ 印张 30 $\frac{1}{4}$
字数 765 千字 印数 1—3,000
2004 年 12 月第 1 版 2004 年 12 月第 1 次印刷
社内编号 5185 定价 136.00 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

内 容 提 要

本书系统地论述了松软、低透煤层群瓦斯抽采理论与技术，主要包括：矿井瓦斯抽采理论与技术的发展状况、岩层卸压瓦斯抽采理论与创新、开采煤层顶板抽采瓦斯技术、开采保护层卸压增透抽采瓦斯技术、采空区瓦斯抽采技术、松软低透强突出煤层强化抽采消突技术、边抽边掘抽采瓦斯技术、地面钻井抽采瓦斯技术、瓦斯综合利用技术等内容。

本书可供煤矿企业的技术管理人员，相关研究单位的科技人员及院校的师生阅读、参考。

序

多年来，瓦斯事故在我国煤矿事故中所占比例一直居高不下，防范与尽可能避免瓦斯事故是煤矿安全生产工作的重中之重，也是迫切需要攻克的难题。淮南矿区煤层具有地质构造复杂、煤层松软、透气性低、瓦斯含量大、瓦斯压力高、突出危险大等特点，矿井安全、高效集约化生产受到了严重制约。随着开采延深，开采规模的扩大，地压、瓦斯梯度也不断增大，瓦斯涌出量平均每年以 $100\text{m}^3/\text{min}$ 的幅度递增，为国内外罕见。瓦斯问题一直成为困扰淮南矿业集团安全生产和集团发展的重要影响因素。从建局到1997年，共发生瓦斯爆炸事故27起，特别是1997年发生的两起特大瓦斯爆炸事故，震惊全国。

面对血的事故教训，淮南矿业集团确立了“一通三防”工作的龙头地位，提出了瓦斯“抽采”新理念，建立了“煤与瓦斯共采”的技术体系，坚持“以风定产，不抽不采（掘），先抽后采（掘），抽采治本，综合治理”的工作思路，针对开采煤层松软、透气性低等特殊的矿区瓦斯地质状况，结合淮南矿业集团承担的国家“十五”科技攻关“矿山重大瓦斯煤尘爆炸预防与监控技术”课题，成立了以总工程师袁亮为课题组负责人的科研攻关小组，针对淮南矿区的客观实际，全面进行瓦斯综合治理理论与关键技术研究。形成了不具备开采卸压层的首采煤层开采时的瓦斯抽采技术、远距离上卸压层远程卸压瓦斯抽采技术、多重开采下卸压层瓦斯抽采技术、掘进边抽边掘技术、高突掘进面深孔松动预裂爆破抽采技术等；在此基础上形成了煤与瓦斯共采新型瓦斯抽采工程体系，以从根本上解决淮南矿区煤层松软、低透气性高瓦斯突出煤层群安全开采问题。通过长期的理论探索和工程实践，淮南矿区瓦斯抽采量由1997年的 1045万m^3 提高到2003年的 1.3亿m^3 ，矿井瓦斯抽采率由1997年的4%提高到2003年的38%，采煤工作面瓦斯抽采率达到70%；矿井瓦斯突出发生频率由1998年前的3.69次/a降低到0.75次/a，原煤产量由1998年1102万t，快速提升到2003年的2831万t。采掘工作面个数减少了60%，工作面单产提高了3~5倍。杜绝了重特大瓦斯事故，经济效益与社会效益特别显著。

“松软低透煤层群瓦斯抽采理论与技术”成果不仅有效地解决了淮南矿区松软、低透、高瓦斯煤层群开采条件下的瓦斯抽采难题，在理论与工程技术应用上也有较大突破，并在我国类似瓦斯地质条件的40多个矿区100多个矿井（占中国高瓦斯突出矿井的60%以上）得到推广应用，获国家科技进步二等奖和

煤炭行业十大科技成果奖。在《松软低透煤层群瓦斯抽采理论与技术》专著出版之际，我很高兴向广大煤矿管理工作者和科技工作者推荐这一不可多得的技术专著。期望这一技术成果能在我国更多的煤矿得到推广应用，以促进我国煤矿安全状况的根本好转，推动我国煤炭工业健康快速发展。

中国工程院院士
中国煤炭工业协会会长 范维唐

2004年10月

前 言

中国是世界上产煤最多的国家,2003年原煤产量16.7亿t,其中95%来自地下开采。在煤矿地下开采过程中,易于诱发严重的瓦斯灾害事故。据国家煤矿安全监察局统计资料表明,近年来一次死亡10人以上特大煤矿事故中,瓦斯事故比例高达80%以上。因此,防治煤矿瓦斯事故是煤矿安全生产工作的重中之重。只有全面开展矿井瓦斯灾害的发生机理和控制技术方面的研究与实践,坚持从基础入手,并遵循“先抽后采、监测监控、以风定产”的原则,重特大煤矿瓦斯事故是可以预防的。作者希望通过淮南矿区近年来治理矿井瓦斯的理论探索与工程实践来说明这一点。

淮南矿区第四纪冲积层厚、煤层埋藏深、地质构造复杂、开采深度大(平均在600~800m),可采煤层多(8~15层),开采煤层总厚度大(22~34m)。煤层开发过程中地应力显现明显,瓦斯压力高、含量大(平均一般在 $1.42\text{亿 m}^3/\text{km}^2$ 以上,最大可达 $4.05\text{亿 m}^3/\text{km}^2$;主采煤层 C_{13-1} 、 B_{11b} 的吨煤瓦斯含量为 $12\sim 22\text{m}^3/\text{t}$),致使采煤工作面最大瓦斯涌出量超过 $50\text{m}^3/\text{min}$,掘进工作面最大瓦斯涌出量超过 $30\text{m}^3/\text{min}$,矿井相对瓦斯涌出量最大为 $39.67\text{m}^3/\text{t}$,矿井绝对瓦斯涌出量最大为 $150\text{m}^3/\text{min}$ 。由于煤层透气性差(0.0012 毫达西),瓦斯抽采衰减速度快,原始煤层瓦斯抽出困难;软煤分层厚度大,硬度系数小($f=0.2\sim 1$),煤与瓦斯突出危险性严重等客观条件,构成了淮南煤田瓦斯赋存的特殊性,加之煤层群联合开采,瓦斯综合治理难度极大。20世纪80年代以来,因受高瓦斯影响,难以实现安全、高效集约化生产,矿区主要生产技术指标长期低于全国同行业平均水平。进入90年代后,随着开采深度和开采规模的扩大,矿井瓦斯涌出量剧增,从 $270\text{m}^3/\text{min}$ 增加至 $820\text{m}^3/\text{min}$,为国内外罕见。由于没有找到有效的瓦斯治理技术和方法,致使重特大瓦斯事故频繁发生,特别是1997年11月,潘三矿、谢二矿在不到两周的时间内相继发生了两起特大瓦斯爆炸事故,损失惨重。

随着矿井开采深度加深、生产规模的扩大,以及生产集中化、综合机械化程度的提高,采掘工作面的瓦斯涌出量急剧加大,单靠加大通风量来冲淡矿井瓦斯的作法,因受到巷道断面积和风速的限制,已远远不能满足现代化生产的要求。为从根本上彻底扭转被动局面,在国家有关主管部门的大力支持下,淮南矿业集团结合承担的国家“十五”科技攻关项目《矿山重大瓦斯煤尘爆炸预防与监控技术》,邀请全国有关研究机构 and 高等学校的研究人员,共同针对淮南矿区的瓦斯难题进行联合攻关。寻找煤层中瓦斯局部富集部位和可能的瓦斯突出区块,把开采方法、开采顺序、矿山顶板岩层移动规律、卸压瓦斯流动规律与瓦斯抽采方法相结合,先后攻克不具备开采卸压层的首采煤层开采时的瓦斯抽采技术、远距离上卸压层远程卸压瓦斯抽采技术、多重开采下卸压层瓦斯抽采技术、掘进工作面边抽边掘抽采技术、高突掘进面深孔松动预裂爆破抽采技术、地面钻孔抽采卸压瓦斯技术等,在此基础上初步建立起煤与瓦斯共采新型瓦斯抽采工程体系,以试图从根本上解决了淮南矿区松软、低透气性、高瓦斯突出煤层群安全开采的问题。通过一系列的理论探索和工程实践,取

得了较好的效果, 矿井瓦斯突出发生频率由1998年前的3.69次/a降低到现在的0.75次/a, 原煤产量由1998年1102万t, 快速提升到2003年的2831万t。采掘工作面个数减少了60%, 工作面单产提高了3~5倍, 经济效益与社会效益特别显著。

在对待矿井瓦斯问题上, 我国煤炭行业长期以来习惯于将其视为矿井安全生产的主要灾害, 把瓦斯治理与煤炭资源开采割裂开来, 使瓦斯治理工作被动地适应煤炭生产。实际上, 瓦斯作为一种吸附气体与煤相伴而生, 由于煤炭开采卸压使气体从煤体中游离出来而造成瓦斯的局部富集成为一种可能的灾害源。因此, 在矿井瓦斯问题上, 一方面应该通过有效的采矿方法来予以解决, 即在矿井设计、井巷开拓、煤层开采程序、采区和采煤工作面布置上, 都必须为瓦斯治理创造必要的条件。另一方面, 瓦斯虽然是威胁矿井安全生产的灾害气体, 但它更是能够利用的一种优质能源品种, 纯瓦斯的热值大于 $33000\text{kJ}/\text{m}^3$, 与常规天然气相当。把它作为能源开采出来, 加以利用, 不仅变废为宝, 而且还能有效地减少对大气环境的污染。基于上述认识, 淮南矿业集团在强化矿井瓦斯治理的过程中, 改变传统的“矿井瓦斯抽放”方式, 不仅注重对严重威胁矿井安全生产的瓦斯抽取力度, 并将所抽出来的瓦斯当作一种洁净能源来予以开发利用, 即建立起煤与瓦斯共采体系, 变矿井煤层瓦斯“抽放”为“抽采”。

1998年以来, 淮南矿业集团公司随着掘进抽采、顶板走向钻孔、高抽巷、顺层钻孔、穿层钻孔、开采上下保护层、地面钻孔等卸压瓦斯抽采技术的重大突破, 带动了矿区瓦斯抽采量的飞跃, 逐步实现了矿井瓦斯控制由风排为主向抽采为主的战略转移; 特别是2002年集团公司提出了“可保尽保、应抽尽抽”瓦斯治理战略后, 瓦斯综合治理由局部治理向区域治理迈进, 明确了高瓦斯煤层向低瓦斯煤层转化, 突出煤层向非突出煤层转化的治理方向。随瓦斯治理技术的不断进步, 近期又提出了“以抽定产、以风定产、岩巷先行、技术突破、管理创新、全面提高”的新理念。理论与实践方面的不断创新, 使淮南矿区瓦斯抽采量连创新高。1998年瓦斯抽采量约2000万 m^3/a , 2000年超过6000万 m^3/a , 2003年达到13000万 m^3/a , 预计2004年瓦斯抽出量将达15000万 m^3/a 。同时, 由于全方位实施瓦斯抽采, 矿区瓦斯超限次数从1999年的896次, 下降到2002年的257次, 2003年瓦斯超限次数仅为126次, 有效遏制了瓦斯超限造成的不安全隐患, 煤矿生产安全系数大幅提升, 取得了矿区有史以来的最好成绩。

淮南瓦斯抽采实践证明, 在煤岩采动卸压后, 煤层的透气性系数可增加数百乃至几千倍, 瓦斯赋存状态被激活, 使高效地抽采瓦斯成为可能; 通过有效地瓦斯抽采, 高瓦斯煤层可转变为低瓦斯煤层, 煤与瓦斯突出危险煤层可转化为无突出危险煤层, 从而为实施高效采煤方法、实现安全高效采煤创造有利条件; 同时抽采的瓦斯还可作为绿色能源进行利用, 变害为宝, 减少大气污染, 从而实现煤与瓦斯两种资源共采。

近几年, 淮南矿区在瓦斯抽采理论探索和工程实践方面作了一些工作, 并取得了一定的效果。为了得到全国同行对我们工作的帮助和批评指正, 也为了我们的工作对全国有关矿区的工程实践有所帮助, 我们对多年来的工作进行了总结并形成本书。全书共9章, 可分为三个部分: 第一部分为第1、第2章, 主要论述了国内外煤矿瓦斯灾害治理方面的理论与技术进展、存在问题及发展方向; 淮南矿区在松软、低透条件下煤层群联合开采过程中的瓦斯抽采理论与技术方面所取得主要成就。第二部分从第3章到第8章, 较全面地论述了煤层瓦斯流动理论, 受采动影响煤岩层瓦斯卸压运移流动的基本规律, 具体包括: 开采煤层

顶板抽采瓦斯理论与技术、开采保护层卸压增透抽采瓦斯理论与技术、采空区瓦斯治理技术、松软低透强突出煤层强化抽采消突与技术、边抽边掘抽采瓦斯消突与技术、地面钻井抽采瓦斯理论与技术。第三部分是第9章，主要论述了淮南矿区煤层气开发利用技术。

本书，得到国家安全生产监督管理局王显政局长、中国煤炭工业协会会长范维唐院士、中国煤炭学会理事长濮洪九先生、中国工程院钱鸣高院士、周世宁院士等的鼓励 and 关心，范维唐院士欣然为本书作序。同时本书的撰写得到了中国矿业大学俞启香教授、煤炭科学研究总院重庆分院胡千庭研究员、安徽理工大学刘泽功教授等专家的大力支持与帮助；淮南矿业集团有关领导、集团公司科研人员及煤炭信息研究院有关领导在本书的撰写与出版过程中给予支持和帮助，在此一并表示衷心感谢。

鉴于松软、低透煤层群联合开采中的煤层瓦斯抽采理论是一个十分复杂的问题，许多内容还有待于今后进一步的探索，加之作者水平所限，书中难免存在不足之处，恳请读者提出宝贵意见。

作 者

2004年10月

目 录

序	
前言	
第一章 矿井瓦斯抽放理论与技术进展	1
1.1 概述	2
1.2 国内外矿井瓦斯抽放现状	17
1.3 煤层瓦斯抽放理论研究状况	21
1.4 我国矿井瓦斯抽放技术发展状况	27
1.5 我国煤矿瓦斯抽放技术存在的问题及发展方向	31
第二章 岩层卸压瓦斯抽采理论与技术	36
2.1 岩层移动卸压瓦斯抽采理论的研究背景和意义	36
2.2 淮南矿区煤层瓦斯的基本特征	38
2.3 岩层移动卸压瓦斯抽采理论的研究	57
2.4 理论与技术创新	72
第三章 开采煤层顶板抽采瓦斯理论与技术	74
3.1 开采煤层顶板抽采瓦斯理论及方法	74
3.2 试验工作面覆岩移动特征数值模拟分析	80
3.3 相似材料模拟试验研究	97
3.4 开采煤层顶板抽采瓦斯现场试验	116
3.5 主要成果与结论	150
第四章 开采保护层卸压增透抽采瓦斯理论与技术	156
4.1 远程开采上向卸压瓦斯抽采理论与技术	156
4.2 煤层群多重开采下向卸压增透抽采瓦斯理论与技术	204
4.3 急倾斜煤层开采平行卸压抽采瓦斯技术	243
第五章 采空区瓦斯治理技术	263
5.1 采空区瓦斯治理基本方法	263
5.2 试验区概况	264
5.3 试验方案设计	266
5.4 考察结果及分析	269

5.5	采空区埋管瓦斯抽采方法的适用条件分析	281
5.6	主要成果与结论	282
第六章	松软低透强突出煤层强化抽采消突技术	283
6.1	试验矿井及工作面概况	283
6.2	石门揭煤及煤巷掘进工作面防突措施	288
6.3	区域性消除回采区域煤层突出危险技术研究	294
6.4	顺层钻孔预抽方案及有关参数的确定	305
6.5	回采区域煤层顺层钻孔施工及抽采试验	312
6.6	顺层钻孔区域性预抽的防突效果评价	320
6.7	区域性防突效果验证	324
6.8	技术经济效果分析	328
第七章	边抽边掘抽采瓦斯消突理论与技术	334
7.1	边抽边掘抽采瓦斯理论及技术	334
7.2	边抽边掘抽采瓦斯流场数值计算	344
7.3	边抽边掘抽采瓦斯现场试验与效果考察	351
7.4	深孔松动预裂爆破技术	376
第八章	地面钻井抽采瓦斯技术	398
8.1	概述	398
8.2	开采下保护层地面钻井全层同时预抽瓦斯消突	403
8.3	地面钻井全层同时预抽瓦斯	405
8.4	采动区卸压瓦斯的抽采半径监测	422
8.5	对回采工作面瓦斯涌出量的影响	424
8.6	地面钻井与底板巷密集穿层钻孔抽采对比	428
8.7	保护效果及动态参数监测	430
8.8	地面钻井全层同时预抽消突效果及技术创新	437
第九章	瓦斯综合利用技术	442
9.1	概述	442
9.2	淮南矿区瓦斯资源条件	443
9.3	瓦斯综合利用现状	446
9.4	瓦斯综合利用发展途径	450
9.5	淮南矿区瓦斯综合利用5年规划方案	457
9.6	瓦斯综合利用的前景展望	464
	参考文献	470

第一章 矿井瓦斯抽放理论与技术进展

我国是世界上最大的煤炭生产和消费国，2003 年煤炭产量创历史新高，据国家煤矿安全监察局调度中心发布的“煤炭运行调度周报”，2003 年我国累计生产原煤 17.36 亿 t，其中 95% 来自地下开采。

受煤炭资源赋存条件的限制，我国几乎所有的井工矿都是瓦斯矿井。在原国有重点煤矿 620 处矿井中，高瓦斯矿井、煤与瓦斯突出矿井有 285 处，占总数的 45.97%。

近年来，全国煤矿安全状况总体上趋于好转，每年煤矿事故死亡人数已由以往的近万人降至 7000 人以下；2003 年全国煤矿事故死亡 6434 人。百万吨死亡率也逐年下降，由 1990 年的 6.16 下降到 2003 年的 3.7，其中国有大中型煤矿下降到 1 以下。但是煤矿安全形势依然严峻，每发生一起事故，都要损失数目非常可观的直接和间接费用。瓦斯煤尘爆炸事故，平均每死亡 1 人造成的直接经济损失就高达 30 万元以上。

据国家安全生产监督管理局总调度室统计数据，见表 1—1，我国煤矿事故中，40% 以上为瓦斯爆炸事故，一次死亡 3 人以上事故中，瓦斯事故比例高达 70%，一次死亡 10 人以上特大事故中，瓦斯爆炸事故占 82% 以上。

表 1—1 1981~2003 年全国煤矿瓦斯事故统计表

年	产量 /Mt	死亡人数 /人	一次死亡 3 人以上事故				一次死亡 10 人以上事故			
			合 计		瓦斯事故		合 计		瓦斯事故	
			人数	次数	人数	次数	人数	次数	次数	人数
1981	621.63	5079	1085	149	576	59	577	25	347	12
1982	666.32	4805	864	171	442	67	258	20	184	14
1983	714.53	5431	1297	178	747	75	615	30	464	23
1984	789.23	5698	1285	234	699	117	358	24	268	17
1985	882.28	6659	1721	282	1155	161	701	32	568	26
1986	880.56	6736	1209	206	762	105	532	27	437	23
1987	912.28	6726	1119	192	743	108	349	23	302	20
1988	954.12	6469	1564	221	1104	121	670	35	576	27
1989	1030.31	6877	1841	336	1311	211	654	41	563	34
1990	1057.65	6515	2105	328	1285	201	937	51	548	34
1991	1044	5446	1862	289	1364	188	733	35	653	30
1992	1061.1	4942	1990	302	1358	189	813	42	626	33
1993	1076.89	5283	2262	337	1675	224	982	49	841	43
1994	1255.23	7016	2932	418	2157	287	1081	65	785	47

续表

年	产量 /Mt	死亡人数 /人	一次死亡3人以上事故				一次死亡10人以上事故			
			合 计		瓦斯事故		合 计		瓦斯事故	
			人数	次数	人数	次数	人数	次数	次数	人数
1995	1232.9	6387	3020	481	2162	316	1014	57	816	45
1996	1374.08	6404	3351	497	2585	349	1378	73	1158	58
1997	1325.25	6753	3692	459	3080	343	1917	94	1759	83
1998	1232.51	6134	3160	419	2470	310	1463	73	1175	57
1999	1043.63	5538	3121	472	2489	360	1246	76	1060	67
2000	988.7	5798	3188	466	2600	337	1405	75	1319	69
2001	1089	5670	2602	385	1131	231	1015	49	772	38
2002	1393	6995	1423	321	883	191	1167	56	1341	128
2003	1736	6434	1257	286	785	173	1061	51	766	33
合计	24361.2	139795	47950	7429	33563	4723	20926	1103	17328	961

可见，瓦斯事故（瓦斯爆炸和煤与瓦斯突出）是我国煤矿生产中最严重的灾害之一，不仅严重危及矿工的生命安全，而且也给死难矿工家属造成极大的痛苦和难以挽回的损失，造成了不良的社会影响，并且对作业的安全性和经济效益带来巨大的负面影响。因此，防治瓦斯灾害，保障煤矿安全生产和矿工的生命安全是煤矿安全工作中迫切需要解决的问题。

1.1 概述

矿井瓦斯是地下成煤过程中的一种伴生产物，其主要成分是甲烷。甲烷是一种无色、无味、无臭的气体，比空气轻，相对密度为0.554。

1.1.1 煤层瓦斯组分

国内外专家对煤层瓦斯组分的大量测定结果表明，煤层瓦斯组分近20种，包括甲烷及其同系烃类气体（乙烷、丙烷、丁烷、戊烷、己烷等）、二氧化碳、氧、硫化氢、一氧化碳和稀有气体（氦、氖、氩、氪）等。其中甲烷及其同系物和二氧化碳是成煤过程的主要产物。当煤层赋存深度大于瓦斯风化带深度时，煤层瓦斯的主要组分（>80%）是甲烷。

煤炭科学总院抚顺分院根据煤层中烃类气体组分的典型气相色谱图，对煤层烃类气体组分进行过鉴定，并对我国部分煤矿煤层瓦斯组分进行了分析，表1—2、表1—3和表1—4分别列出了我国和国外几个国家煤层瓦斯组分的测定结果。

表 1—2 中国部分煤矿煤层瓦斯组分测定结果

采 样 地 点	煤层	煤质	煤层瓦斯组分（体积/%）					
			N ₂	CO ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	其他烃烷
北票台吉矿—550m 水平	4	气肥	7.10	0.39	92.03	0.0908	0.0079	0.3813
北票台吉矿—550m 东三石门	5A	气肥	1.42	1.6	73.07	16.18	5.49	2.24
北票冠山矿—58m 水平	5C	气肥	7.28	0.93	91.57	0.0704	0.0018	0.1478

续表

采 样 地 点	煤层	煤质	煤层瓦斯组分（体积/%）					
			N ₂	CO ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	其他烷烃
铁法大隆矿西翼南二区	7	气	12.27	1.08	84.92	1.6868	0.006	0.0372
鸡西滴道立井二路	18	焦	12.85	1.07	85.87	0.0453	0.0042	0.1605
中梁山北井2443采面	K ₄	焦	4.61	3.33	91.35	0.6708	0.0135	0.0257
天府南井六石门	K ₉	焦	5.05	2.95	91.92	0.0344	0.026	0.0196
天府南井北段+110m	K ₂	焦	2.98	2.64	93.78	0.5477	0.0043	0.048
南桐直属二井2504采面	5	瘦	2.96	1.97	87.44	6.2711	1.3121	0.0468
沈阳红阳矿井860孔	7	瘦	5.45	5.5	87.58	1.3143	0.0888	0.0669
沈阳红阳矿井859孔	13	瘦	3.73	2.02	92.79	1.3777	0.0607	0.0216
阳泉一矿北头嘴井	3	无烟	0.93	2.29	96.72	0.05	0.0036	0.0064
松藻+430m，1356采面	K ₃	无烟	14.17	0.32	84.84	0.5485	0.006	0.1155
白沙红卫坦家冲井	6	无烟	9.07	12.14	73.72	4.12	0.0348	0.9152
焦作李封大井	2	无烟	9.15	9.14	77.82	2.97	0.0205	0.8995

注：1. 根据空气中氧和氮的比例，按试样中的氧含量扣除混进的空气量；
2. 除红阳三井煤样为勘探钻孔煤样外，其他煤样均为井下新暴露面煤样。

表 1—3 前苏联、比利时、英国煤层瓦斯组分

国 别	矿区或矿井	煤层瓦斯组分（体积/%）					
		CH ₄	N ₂	CO ₂	H ₂	O ₂	其他烷烃
前苏联	顿巴斯	91.56~98.4	0.71~0.97	0~0.47			
比利时	60个矿井统计	92.9~99.6	0~6.27	0.03~3.38	0~0.24		0.05~2.79
英 国	鲍尔兹矿	95.8	3.07	0.68	0.2	0.25	

表 1—4 美国煤层瓦斯组分 %

气体组分	最 大	最 小	平 均	气体组分	最 大	最 小	平 均
CH ₄	99.22	63.1	91.89	CO ₂	14.75	0.06	3.58
C ₂ H ₆	1.59	0	0.48	N ₂	35.96	0.05	4.017
C ₃ H ₈	0.0109	0	0.00149	O ₂	0.5	0	0.148
C ₄ H ₁₀	0.0022	0	0.00033	H ₂	0.02	0	0.002
C ₆ H ₁₂	0	0	0	He	0.27	0	0.03

1.1.2 国内外煤层瓦斯涌出状况

1.1.2.1 瓦斯涌出等级

在含瓦斯煤层中进行煤炭开采作业时，涌出的瓦斯是威胁煤矿安全生产最主要的因素。矿井瓦斯涌出量指的是矿井生产过程中涌入采掘空间以及抽入管道的瓦斯量，通常用绝对瓦斯涌出量和相对瓦斯涌出量两个参数表示。绝对瓦斯涌出量是矿井在单位时间内平均涌

表 1—6 世界各国煤矿瓦斯涌出情况

国 家	煤层总瓦斯储量 /Mm ³	瓦斯涌出 矿井个数	最大开采 深度/m	瓦斯涌出量/（Mt·a ⁻¹ ）				瓦斯抽放 矿井个数	瓦斯向大气的 总排放量 /（Mt·a ⁻¹ ）
				根据作 者资料	根据环境保护处的资料		二氧化碳涌出量 /（Mt·a ⁻¹ ）		
					井工矿	露天矿			
独联体	30~58	400	1329	6.11	8.3	0.6	5.08	220	7.27
德 国	2~3	36	1400	2.01	2.1	0.5	3.53	32	2.12
英 国	1~1.6	90	1045	1.91	1.6	0.1	3.05	75	2.1
法 国	0.5~0.8	20	1250	0.37	0.3	0.1	0.99	12	0.44
比利时	0.1~0.2	6	1040	0.16	0.1		0.58	5	0.17
捷 克	0.3~0.5	28	1300	0.74	0.6	0.2	0.59	17	0.77
波 兰	1.6~2.5	63	1050	0.6	0.43	0.1	1.69	18	0.64
匈牙利	1.5~1.7	31	980	0.18	0.15	0.05	0.5	5	0.19
保加利亚	0.05	19	690	0.08	0.05		0.35	2	0.09
罗马尼亚	0.02	8	730	0.11	0.11	0.01	0.49	2	0.12
南斯拉夫	0.01	1	650	0.02			0.28		0.02
荷 兰	0.1	4	1050	0.15					
奥地利	0.5	2	870	0.05	0.06				
西班牙	0.08	21	485	0.2	0.22	0.02	0.29		0.1
日 本	0.1~0.2	12	1100	0.22	0.22	0.02	0.59	11	0.26
朝 鲜	0.05	4	490	0.5	0.8	0.1	0.11		
韩 国	0.15	10	735	0.02	0.4	0.001	0.1		0.02
土耳其	0.02	12	560	0.08	0.11	0.01	0.15	1	0.08
美 国	11~12	180	589	5.22	5.8	0.9	4.95	19	3.23
加拿大	0.6~1.6	6	760	0.18	0.11	0.01	0.47	5	0.21
墨西哥	0.04	3	450	0.11	0.11	0.01	0.2		0.11
澳大利亚	4~6	82	610	0.5	1.1	0.2	2.89	12	0.51
南 非	0.8~1	69	700	1.32	2.1	0.1	0.97	14	1.44
印 度	0.4~0.7	56	900	1.73	1.7	0.2	2.9		0.7
中 国	20~25	469	1075	8.64	16.01	0.01	4.85	110	8.68
其他国家	0.85	42	440	0.14	0.15	0.4	1.4		0.13
总 计	80~130	1668		31.5	42.6	3.24	37	560	33.36

资料来源：《煤与瓦斯突出预测方法和防治措施》一书，煤炭工业出版社，2003 年 12 月。

中国煤田多，开采深度差异比较大，煤矿瓦斯含量变化范围也很大（0~30m³/t）。1994 年和 2000 年对国有重点煤矿的瓦斯涌出量进行了鉴定，结果见表 1—7。国有重点煤矿瓦斯涌出量，在最近十几年发生了较大变化，1985 年瓦斯涌出总量为 31.2 亿 m³，到 1995 年增加到 46.4 亿 m³，2000 年该数字变为 48.5 亿 m³。其主要原因是由于矿井开采规模不断扩大，矿井开采深度不断延伸，导致煤层瓦斯涌出量越来越大。

表 1—7

国有重点煤矿瓦斯涌出调查结果

矿井瓦斯等级	1994 年		2000 年	
	涌出量/Mm ³	比例/%	涌出量/Mm ³	比例/%
低瓦斯矿井	647.1	14.1	664.8	13.7
高瓦斯矿井	1895.3	41.3	2099.13	43.3
煤与瓦斯突出矿井	2050.49	44.6	2087.44	43

2003 年调查结果表明,我国国有重点煤矿高瓦斯及突出矿井所占比重为45.97%,煤炭产量占47.2%。2002 年,我国煤炭总产量近 14 亿 t,其中国有重点煤矿产量为 7.1 亿 t,国有地方产量为 2.26 亿 t。按照国有重点煤矿每采 1t 煤瓦斯平均涌出量为 10m³,国有地方煤矿估算为 5m³/t,那么全国煤矿瓦斯涌出总量将会超过 100 亿 m³。根据国内有关科研机构预测,全国煤炭需求 2010 年为 18.2 亿 t,2020 年为 20.5~22.1 亿 t。因此,为满足未来的煤炭需求,提高我国矿井的生产供应能力已成为今后煤炭企业的主要目标。根据我国目前的煤炭资源储量,满足上述需求并不困难,国家已经加大对国有大中型煤矿的开发力度。因此,我们可以预测,随着国有大中型煤矿生产份额的加大,以及开采深度的加深,我国煤矿瓦斯排放总量还会进一步增多。我们预测,到 2010 年我国煤矿瓦斯排放总量将达到 190 亿 m³,到 2010 年有可能会超过 200 亿 m³ (图 1—1)。

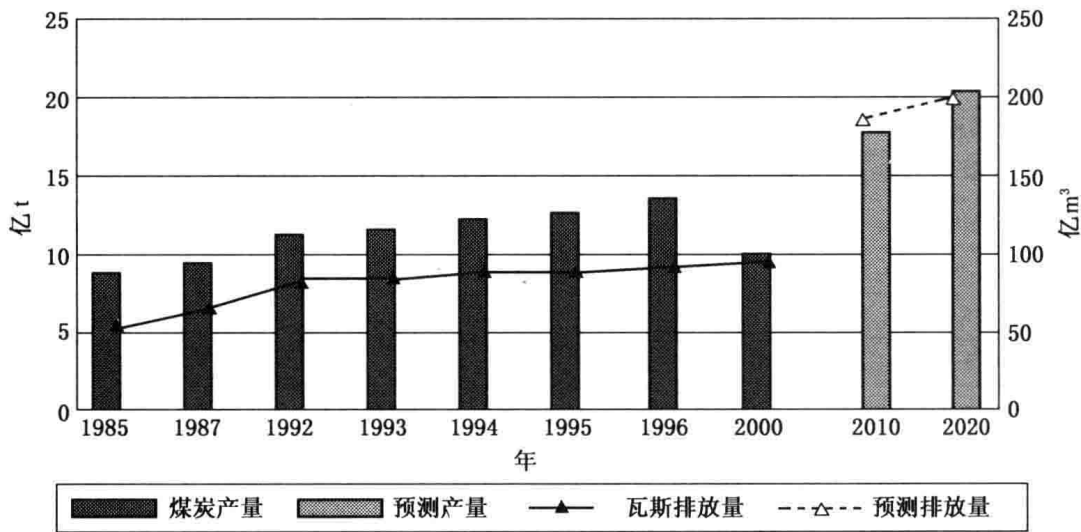


图 1—1 我国煤矿瓦斯涌出变化情况

1.1.2.3 瓦斯涌出对煤矿的危害

煤矿瓦斯灾害主要表现为瓦斯（有时包括煤尘）爆炸、煤（岩）与瓦斯突出和瓦斯窒息等事故。因此,长期以来矿井瓦斯灾害一直受到中国乃至全世界矿业界关注和重视。根据我国历年煤矿事故统计资料,在煤矿各类事故中,瓦斯事故死亡人数在事故总死亡人数中所占比重最大,远高于其他事故的死亡人数。1994~2003 年我国瓦斯事故死亡人数在总