

瓦斯地质新进展

张子戌 张子敏 罗开顺 主编

河南科学技术出版社

序

瓦斯生于煤层，储于煤层，只要开采煤炭就会有瓦斯涌出来。无论从赋存、分布的地质原因和规律研究，还是从瓦斯涌出、瓦斯突出的原因和规律研究，都牵扯到极其复杂的地质条件、地质理论、地质测试手段和技术，当然还有开采等因素。因此，瓦斯灾害预测和防治的有关技术仍然是国际煤炭科学技术的难题。从我国情况看，多数开采矿区的煤层形成的地质历史时期长，生成的瓦斯量大，高瓦斯矿井和煤与瓦斯突出矿井比例较大，且随着开采深度的增加还有着不断增加的趋势，解决这一难题就尤显迫切和重要。另一方面，瓦斯又是重要的资源，其开发利用有着十分显著的社会经济效益，但由于我国地质构造复杂，煤层构造破坏严重，多数煤矿抽放技术难度大。

大量的实践证明瓦斯地质规律是研究瓦斯形成、分布、赋存和变化的基本规律；瓦斯地质理论和技术是瓦斯灾害预测和防治研究的基础，也是解决瓦斯抽放理论和技术的基础。深入地开展瓦斯地质理论、技术和测试手段的研究，并和开采技术、安全技术、现代化的监测监控技术的研究结合起来，一定会大有作为的。

中国煤炭学会瓦斯地质专业委员会为瓦斯地质学科的发展，为瓦斯地质理论和技术在我国煤矿安全生产中的推广应用发挥了重要作用。我为《瓦斯地质新进展》的出版感到高兴。本书是广大工程技术人员、专家和编辑人员集体智慧的结晶。

瓦斯地质工作是贯彻江泽民总书记关于安全工作的重要指示，落实党的安全生产方针，控制和杜绝瓦斯灾害事故发生的重要技术工作，全国各煤矿都要高度重视。

谨向瓦斯地质工作者和为本书的问世做出贡献的同志表示感谢！

张宝明

2001年5月

前 言

中国煤炭学会瓦斯地质专业委员会自 1985 年成立以来,积极组织本专业的学术交流和其它各项学术活动,如每年举办一次全国性的学术年会,会议论文在焦作工学院学报专题刊登。从 2000 年开始,专业委员会挂靠单位焦作工学院主办的学报(自然科学版)专门开辟了“瓦斯地质与安全工程”专栏,刊发全国瓦斯地质研究领域研究成果。这些工作有力地推动了瓦斯地质学科的创新和发展,为我国煤炭工业的科技进步和可持续发展做出了贡献。

按照中国煤炭学会章程,经学会四届十次常务理事会议审定,批准瓦斯地质专业委员会换届,成立中国煤炭学会第三届瓦斯地质专业委员会。新一届专业委员会由 44 名委员组成,罗开顺为名誉主任,袁世鹰任主任委员,卫修君、王兆丰、张子敏(常务)、胡千庭、曾勇(按姓氏笔划排序)任副主任委员,张子戌任秘书长。

值此新一届瓦斯地质专业委员会成立之际,决定编辑出版《瓦斯地质新进展》一书,以总结瓦斯地质领域的最新研究和应用成果。

本书选编了 54 篇学术论文,内容涵盖区域瓦斯地质、矿井瓦斯地质、瓦斯地质专题研究、瓦斯灾害预测与防治、瓦斯资源开发利用等 5 个方面,可供从事瓦斯地质、煤层气地质、矿井地质、通风安全、采矿工程等专业的科研、生产和教学人员参考。

《瓦斯地质新进展》一书由张子戌、张子敏、罗开顺主编。专业委员会原常务副主任陈名强教授、焦作工学院学报常务副主编谢定均副编审以及焦作工学院学术出版中心的同志们对本书的编辑出版给予了指导、支持和帮助,在此一并致谢。

我们还要特别感谢国家煤矿安全监察局张宝明局长在百忙之中为本书作序,这不仅是对本书作者、编者的鼓励和鞭策,同时也更是对全国瓦斯地质工作者的鼓励和鞭策!

由于本书编辑时间仓促,不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

中国煤炭学会
瓦斯地质专业委员会
2001 年 5 月

目 录

总结成就,展望未来,促进瓦斯地质学科 21 世纪新发展	袁世鹰	(1)
区域瓦斯地质研究		
中国华北地区煤层瓦斯形成和分布的地质背景	张子敦	(5)
萍乡矿区瓦斯赋存规律及其主要影响因素探讨	谢晋珠 彭呈喜 袁 强 欧阳冬华	(10)
英岗岭矿区瓦斯突出相关因素分析及防突措施	易光藕 尹怀德	(16)
江苏省矿井瓦斯与地质构造关系分析	周克友	(21)
矿井瓦斯地质研究		
乌兰井田下二叠统 3 号煤瓦斯地质特征	朱守东 刘 杰 宋有凯 摆富桢	(24)
平顶山十三矿瓦斯地质影响因素分析及瓦斯突出预测	宁 超 程昭斌	(29)
赵各庄煤矿 9 煤层瓦斯动力现象的地质分析	周凤增 宋恩春	(34)
地质条件对煤与瓦斯突出的影响分析	谢文明	(39)
唐山煤矿煤层瓦斯分布规律及预测	王国华	(43)
漳平煤矿瓦斯地质特征与瓦斯灾害防治	庄宝发	(50)
西马煤矿煤与瓦斯突出同地质因素的关系	王英汉 柯福奎	(54)
断裂构造对邢台矿下水平 2 号煤层瓦斯含量的影响	翟逸群	(57)
天湖山矿区瓦斯异常涌出及防治	王明成	(60)
瓦斯地质专题研究		
瓦斯突出危险带预测的瓦斯地质技术	彭立世 王新义 汤友谊	(63)
瓦斯地质数学模型软件的开发	张子成 张许良 袁崇孚	(69)
煤田构造分维与矿区突出类型的关系	刘明举 何 俊	(73)
瓦斯突出区域性预测中煤体结构类型判别方法研究	龙王寅 叶诗忠	(77)
基于 VRML 和 Java 的数字矿井建模与可视化初探	丁 伟 刘明举 顾爱华 许 考	(83)
煤强度指标 f 值测定中有关问题的探讨		
峨四井北翼两次特殊工程地质灾害的认识与对策	袁崇孚 程昭斌	(88)
两次煤层瓦斯参数的测定	吴晓鹏 牛荣辉 刘满喜	(91)
煤层中顺层剪切带及其构造群落以及它们在瓦斯地质研究中的意义	郭景修	(95)
瓦斯突出煤体探测的物性前提及应用	康继武	(100)
孔测超声波仪预测煤体结构的理论基础	汤友谊 陈江峰 李云霞 许伟功	(104)
测井曲线在研究构造煤中的应用	吕绍林	(109)
突出危险区域的地应力有限元模拟	张玉贵 樊孝敦 王世国	(115)
煤矿瓦斯地质编图中瓦斯等值线绘制的几个问题	张子成 袁崇孚	(117)
以煤体结构为基础的煤与瓦斯突出简化力学模型	王文庆	(121)
	杨陆武 彭立世	(127)

构造煤顺磁共振波谱特征初探	张玉贵	曹运兴	李凯琦 (133)
定量评价煤的破坏程度的尝试	赵志根	汪善梅	杨陆武 (137)
瓦斯灾害预测及防治			
平顶山十矿戊组煤层突出三因素分布规律及			
区域突出危险性预测方法研究		张建国	(139)
缓倾斜严重突出煤层石门快速揭煤防突技术	辛新平	魏国营	(145)
漳村煤矿设瓦斯巷综放面瓦斯分布及涌出特征			
.....	张子敏	张瑞林	张连发 时晓华 (149)
丰城矿务局推广防突新技术的措施及效果	张慎勇	郭忠诚	(153)
运用瓦斯地质方法预测平顶山十三矿新井瓦斯涌出量		宁超	(156)
煤与瓦斯突出危险性区域划分在平顶山十二矿的应用			
.....	张建国	范满长	殷秋朝 (162)
潘西煤矿瓦斯异常涌出及防治	汤友谊	毕永涛	李治军 (166)
用瓦斯含量相关预测图指导低瓦斯矿井的瓦斯地质工作			
.....	章永凤	陈其土	陈进镇 (173)
应用瓦斯地质编图成果分析瓦斯事故地点气体浓度变化规律		刘斌琼	(176)
工作面回采工艺与瓦斯涌出量关系的探讨	张瑞林	廖枝平	摆富楨 (181)
采空区预埋管瓦斯抽放在平顶山十二矿的应用	韩留生	殷秋朝	张建华 (184)
探索瓦斯地质规律 促进煤矿安全生产		李叶枝	(187)
工作面连续非接触式突出危险性预测技术现状与展望		张九令	(191)
地球物理方法预测瓦斯突出研究综述		吕绍林	(196)
严重突出回采工作面瓦斯综合治理	新以贵	王良杰	廖枝平 (202)
瓦斯资源开发利用			
煤储层渗透率评价的技术原理与方法研究	秦勇	傅雪海	(206)
煤矿区煤层气资源条件及开发前景分析	黄盛初	徐会军	(211)
阜新王营井田浅成气的成藏与岩浆活动			
.....	蒋福兴	张振文	杨子荣 陈建平 姜金华 赵宝良 (217)
中国煤层气产业化的机遇、挑战与对策	苏现波	王丽萍	(220)
河南省煤层气资源开发前景展望	荀庆国	石彪	(224)
晋城矿区煤层气储藏特征及开发前景	徐会军	王保玉	周东 (229)
煤层气的成因及地球化学特征		孙俊民	(235)
平顶山一矿高产高效工作面瓦斯抽放技术分析	张子敏	时晓华	(239)
附件			
附件1 瓦斯地质学科发展规划	中国煤炭学会瓦斯地质专业委员会		(244)
附件2 第二届瓦斯地质专业委员会组成人员名单			(246)
附件3 关于第三届瓦斯地质专业委员会组成人员的批复	中国煤炭学会		(247)

总结成就，展望未来， 促进瓦斯地质学科 21 世纪新发展

袁世鹰

(中国煤炭学会瓦斯地质专业委员会，河南 焦作 454000)

2001 年是新世纪的第一年，也是我国向“十五”进军的第一年。沐浴着新世纪的光辉，我们迎来了 21 世纪第一个瓦斯地质学术年会。在此，我代表第三届瓦斯地质专业委员会向前来参加本次会议的各位老委员、新委员、特邀嘉宾和各位代表表示热烈的欢迎。

按照中国煤炭学会章程，经中国煤炭学会四届十次常务理事会议审定，同意瓦斯地质专业委员会换届，并依据中国煤炭学会（2001）煤会字第 01 号文，正式组成了中国煤炭学会第三届瓦斯地质专业委员会。本届专委会的委员人选是在中国煤炭学会指导下，由上一届专业委员会主任罗开顺主持，经过老委员和有关部门的推荐并征得委员所在单位同意后确定。最后报请中国煤炭学会批准。委员名额和委员所在单位均照顾到了全国主要产煤省份和相关高等院校、科研机构，具有广泛的代表性。在此，对上届专委会全体委员和有关单位的大力支持表示衷心的感谢。

第三届专业委员会由 44 位委员组成，并聘请罗开顺担任名誉主任。我相信，新一届专委会全体委员一定能进一步发扬前二届专委会的优良传统，努力把工作做得更好。

下面，我讲三个方面的问题，不当之处，请大家批评指正。

1 我国煤矿瓦斯地质研究发展的简要回顾

1965 年，任职于原煤炭工业部安监司的杨力生高级工程师来到焦作矿务局焦西矿调研，他对焦西矿 -55 大巷的煤层瓦斯资料加以整理分析，用煤层地质变化、巷道位置、瓦斯涌出量值的三量变化绘制了素描图，发现了瓦斯涌出量遇断层出现突然增大的现象，当时杨老称为“驼峰现象”。

1977 年，原焦作矿业学院彭立世教授、袁崇孚教授在总结湘、赣、豫瓦斯区域分布规律时，发现了瓦斯突出受地质影响，存在着明显的分区带现象；就在这前后，原中国矿业学院的陆国桢教授等对阳泉矿区以压出为主的瓦斯动力现象进行了地质研究。1978 年，原焦作矿业学院和焦作矿务局联合召开了第一次瓦斯地质座谈会，来自全国各煤矿和煤炭院校的代表共同交流了瓦斯变化受地质因素影响的想法，一致认为需要进行瓦斯地质专门研究。会后编写了会议专集，就这样，“瓦斯地质”的名称诞生了。

1982 年，杨力生教授来到原焦作矿业学院任教，他在全面总结我国煤矿建国以来同瓦斯灾害作斗争的经验和存在问题的基础上，认识到过去治理瓦斯灾害是仅仅依靠瓦斯技术，就瓦斯论瓦斯，瓦斯大就加大风量，遇见瓦斯突出现象，就普遍采取防突措

施。而在瓦斯矿井中瓦斯突出的范围实际上仅占开采范围的10%左右,这样就必然造成严重浪费,而且针对性不强。1983年,经过杨力生教授的积极努力,在煤炭部总工程师赵全福的支持下,煤炭部批准重大攻关项目《全国煤矿瓦斯地质图》研究,全国25个省(区)的煤炭厅(局)及其下属的矿务局、煤矿都成立了以总工程师为首的编制瓦斯地质图领导小组,动员了全国煤矿以及有关煤炭科学研究单位、高等院校3000多名工程、科技人员参加的编图队伍,通过在全国各大区举办“瓦斯地质编图短训班”,具体指导各矿区、矿井在总结历史资料和现场实测资料的基础上,编制各级瓦斯地质图,研究瓦斯地质规律和瓦斯变化规律。通过编图研究,大大充实了“瓦斯地质”的内容,进一步认识了瓦斯地质学科发展的客观必然性和重要性。经过六七年的努力,共完成了25套省(区)、126套矿区和326套矿井瓦斯地质图及相应的文字说明书,积累了丰富的瓦斯地质资料,为中国煤矿瓦斯地质学科的发展打下了基础。

1985年,中国煤炭学会第二届常务理事会审议,并经中国科协(85)科协学发字045号通知,决定成立中国煤炭学会瓦斯地质专业委员会,挂靠原焦作矿业学院,主任委员杨力生教授、副主任委员陆国桢教授。1985年,专委会开始创办《瓦斯地质》期刊,每年四期,在全国发行,到1992年停办,共刊登论文300余篇。在这期间,焦作矿业学院成立了以杨力生教授为首的瓦斯地质研究室(后改为研究所),组织力量从事瓦斯地质研究工作,并招收了来自生产第一线的具有本科学历的工程技术人员,举办了三期2年制的瓦斯地质研究班,共培养了60余名专职研究人员。他们回到各自的岗位上以后,发挥了瓦斯地质研究工作的骨干作用。在这期间,焦作矿业学院瓦斯地质研究室,主编了《瓦斯地质概论》;山东矿业学院王大曾教授主编了《瓦斯地质》;中国矿业大学、焦作矿业学院、山东矿业学院等院校招收了瓦斯地质硕士生和博士生,开设了《瓦斯地质》课,把瓦斯地质学科正式列入了本科生、研究生的课程中。

1992年,在原煤炭部总工程师赵全福和原焦作矿业学院领导的支持下,张祖银教授和张子敏教授共同负责完成了《1:200万中国煤层瓦斯地质图》和《文字说明》的出版任务。在全国煤炭、地矿、石油等系统发行了500余套。至此,中国煤矿瓦斯地质学初步形成了较系统的理论体系,它源自于全国煤矿和地质勘探的大量第一手资料,经过系统整理、高度概括,得出了中国煤层瓦斯形成、分布、赋存的地质规律;煤层瓦斯含量、矿井瓦斯涌出量与地质因素的关系;煤与瓦斯突出发生的地质原因和分区分带特征。可以说这些理论和实践成果在国际上也是领先的。

1993年,中国煤炭学会第二届瓦斯地质专业委员会成立,在罗开顺主任委员的领导下,为促进瓦斯地质学科的发展,开展了大量的工作。在此期间,广大的瓦斯地质工作人员,先后承担了国家“七五”、“八五”、“九五”科技攻关项目,多项国家自然科学基金项目,大批省、部级项目和大型企业委托项目;开展了理论研究并引入新技术、新手段,进行了大量现场观测和实验室研究。专委会组织专门力量制定了“瓦斯地质学科发展规划”,指明了瓦斯地质的研究方向。在大量研究成果的基础上,专委会每年举办一次全国性的瓦斯地质学术年会,会议论文在焦作工学院学报上专集刊登,8年来在国内外核心期刊上发表论文300余篇,参加国际学术会议近20人次,有的文章被EI、ISTP检索。出版了《瓦斯地质论文集》、《中国煤层瓦斯分布特征》、《煤与瓦斯突出区

域预测》、《含瓦斯煤岩断裂电磁动力学》、《瓦斯突出地球物理研究》、《煤层气地质学与勘探开发》等专著。

回顾瓦斯地质学科的发展和瓦斯地质专委会的工作，可以认为：在瓦斯地质学科的形成和发展中，诞生了瓦斯地质专业委员会；在瓦斯地质专业委员会的指导和组织下，促进了瓦斯地质学科的快速发展。

2 新一届瓦斯地质专委会的任务

2.1 瓦斯地质研究面临的任务

煤层是瓦斯的生成层，又是储气层，只要开煤矿就有瓦斯涌出来。瓦斯气体看不见，摸不着，但是在矿井里几乎无处不在。瓦斯涌出量的变化是随机的，瓦斯突出灾害和爆炸灾害发生的因素是复杂的、综合的，有时是模糊的。尽管我们已做了大量的工作，但是现实摆在我们面前的任务很艰巨，其中有不少问题仍是国际煤炭科学技术前沿的难题。

2000 年国家成立了煤矿安全监察局，对全国煤矿安全垂直领导。国家煤矿安全监察局局长张宝明在贯彻江泽民总书记“任何企业都要努力提高经济效益，但是必须服从安全第一的原则”，“人命关天的事，一定要慎之又慎，确保万无一失”，“隐患险于明火，防范胜于救灾，责任重于泰山”的一系列指示时的讲话中，通报了我国煤矿安全生产的状况。据不完全统计，全国煤矿每年死亡人数约占全国矿山企业死亡人数的 80% 以上，占全国工业企业死亡人数的 60%；其中瓦斯事故死亡人数占煤矿死亡人数的 40% 以上。近年来，煤矿的死亡事故损失每年约 15 亿元人民币左右。跨入 21 世纪，煤矿事故多发的局面必须改变，力争通过 5~10 年的努力，达到世界主要产煤国家的安全水平。

2.2 存在的问题和研究方向

2.2.1 煤矿要设置和培养专职瓦斯地质人才

煤矿瓦斯地质和瓦斯防治技术是实践性强、理论性强的技术，瓦斯随着开采深度、地质条件、开采技术的不同随时都在变化，防治瓦斯灾害最重要的是随时掌握瓦斯变化规律。煤矿必须建立瓦斯地质资料的探测、采集、整理分析制度；随时编绘瓦斯地质图表，以此指导瓦斯分布规律的预测和瓦斯灾害防治。

2.2.2 建立健全《矿井瓦斯地质工作规范》制度

瓦斯地质规律是煤矿瓦斯形成、分布和赋存的基本规律，瓦斯地质理论是科学的理论，瓦斯地质技术是煤矿安全生产和资源开发最重要、最基本的技术。只要办煤矿，首先应搞清瓦斯地质规律。只有如此，才能了解和掌握瓦斯涌出和突出危险的规律性；只有如此，才能搞清把瓦斯作为资源进行勘探开发利用的理论和技术的。在搞清矿区、井田煤层区域地质演化历史的基础上，做到一级一级的控制，从而搞清瓦斯赋存和瓦斯突出危险的分区带特征。目前，运用计算机技术，建立瓦斯突出危险性预测预报的三维可视化技术，首先要建立可靠的瓦斯地质模型。这些都必须具有详尽的第一手瓦斯地质分析资料。

2.2.3 把瓦斯技术和采矿技术密切结合起来

现代化采煤技术的高速发展,生产越来越集中,采掘机械自动化程度越来越高。瓦斯集中涌出和矿山压力的急剧变化,使得原来的低瓦斯矿井也变成了高瓦斯矿井,使得影响煤与瓦斯突出的因素越来越复杂。

2.2.4 应用现代化的多学科技术发展瓦斯地质技术和理论

面对煤与瓦斯突出灾害和爆炸灾害这种国际性的技术难题,瓦斯地质技术要和现代化的监测技术、数据采集技术结合起来。充分利用地球物理场理论和技术,发展瓦斯地质技术的测试手段,如瓦斯突出煤体探测技术和设备;充分利用计算机技术,开发瓦斯突出煤体三维可视化软件,开发采掘工作面瓦斯突出危险动态模拟监测监控软件以及非接触式的瓦斯突出危险预测技术手段。

2.2.5 研究方向

瓦斯地质研究和发展面临两大主题,一是瓦斯灾害预测与防治;二是煤矿瓦斯资源开发利用。其中有两大难题影响发展,一是煤与瓦斯突出机理的研究,需要进一步研究高应力状态下的煤层瓦斯赋存状态以及它的吸附、解吸规律;二是构造破坏煤体的研究,对于瓦斯突出煤层而言可以称为瓦斯突出煤体。构造破坏煤体高分散相、高吸附能力、低强度、低透气性,在我国高瓦斯突出煤层普遍发育,是我国实现煤层气产业化的难点,也是我国煤与瓦斯突出灾害防治的难点。

3 新一届瓦斯地质专业委员会的工作

(1) 围绕煤矿瓦斯灾害预测和防治、煤矿瓦斯资源开发利用两大主体,积极组织编写《煤矿工程瓦斯地质学》;

(2) 积极配合国家煤矿安全监察局,建议把瓦斯地质作为煤矿安全生产的重要工作开展,建立健全煤矿瓦斯地质工作规范;

(3) 建立国家级和省部级瓦斯地质研究课题,对于深层次瓦斯地质理论和技术进行攻关研究;

(4) 每年举办一次全国性的学术年会,积极开展学术研究。

瓦斯地质专业委员会成立16年来的工作成绩是在中国煤炭学会的直接领导下,在原煤炭工业部、国家煤矿安全监察局的指导下,在挂靠单位焦作工学院的大力支持下和广大瓦斯地质工作者积极努力下取得的。新一届专委会必须继续依靠上级机关的领导,团结全国广大瓦斯地质科技工作者,努力工作,促进瓦斯地质学科的进一步发展。我们预祝这次会议开成一个团结、奋进、胜利的大会,以崭新的姿态把我国瓦斯地质、瓦斯灾害预测防治、瓦斯资源利用研究推向一个新高潮,为我国乃至全人类的煤矿安全事业做出新的贡献!

作者简介:袁世鹰,男,61岁,焦作工学院党委书记、院长,教授,中国煤炭学会瓦斯地质专业委员会主任。

中国华北地区煤层瓦斯形成和分布的地质背景

张子敏

(焦作工学院 瓦斯地质研究所, 河南 焦作 454000)

摘 要: 中国华北地区在大地构造上属塔里木—华北板块, 是中国最古老的陆块, 形成了中国最丰富的石炭—二叠纪煤层, 也是中国最主要的煤炭生产基地, 并且煤层气资源极为丰富。由于经历的地质历史时期长, 煤层瓦斯的生成和保存条件、煤与瓦斯突出灾害的发生都受着板块构造运动下的区域构造背景的控制, 有着明显的区域分布规律。

关键词: 华北地区 煤层瓦斯 板块构造 区域分布压力 地质背景

1 构造演化特征和含煤地层

华北地区在大地构造上属华北陆块(中朝准地台), 其基底由太古界和下元古界组成, 第二次固结于吕梁期, 是中国最古老的陆块。青白口纪, 华北陆块与塔里木陆块对接, 构成了塔里木—华北板块的稳定区。震旦纪普遍隆升为巨大的三角形华北—阿拉善古陆。

震旦纪至早古生代, 华北陆块北缘与西伯利亚板块间为古亚洲洋; 华北陆块南缘, 为祁连—秦岭—北淮阳裂谷系, 局部为洋盆与扬子古陆相隔。

古亚洲大洋在晚古生代早期已甚狭窄, 至晚石炭世—早二叠世, 海域逐渐收缩, 洋壳向塔里木—华北古陆之下俯冲、消减, 最后, 西伯利亚板块南缘与华北陆块北缘碰撞, 全区褶皱回返。华北陆块南缘, 加里东晚期形成褶皱带, 并使柴达木、中祁连、大别等微陆块拼接于塔里木—华北古陆边缘。塔里木—华北古陆与扬子古陆间经历了多次开、合, 于二叠纪末(或三叠纪初)联为一体, 进入了板内活动时期。华北古陆的主体部分, 晚古生代为古陆盖层发展的后期阶段。大约从寒武纪起华北古陆就普遍稳定下沉, 为陆棚浅海淹没, 沉积了寒武纪和中、下奥陶纪地层。中奥陶世(贺兰山在晚奥陶世), 受加里东运动影响, 华北陆块第二次全部隆升为陆, 造成志留系、泥盆系及下石炭统缺失。直到中石炭世初, 华北陆块再次逐渐下沉, 中石炭统超覆于下伏地层之上, 开始广泛沉积了海陆交替相的石炭—二叠系含煤地层, 此时气候条件适宜, 几乎是整个华北地区, 形成了中国最丰富的石炭—二叠纪煤层, 煤炭资源总量为 18 778 亿 t (鄂尔多斯盆地除外), 是中国煤炭资源总量 62 024 亿 t 的 30.275% (1988 年)。在石炭—二叠系含煤地层的沉积过程中, 同时, 华北陆块北缘天山—赤峰活动带与西伯利亚板块南缘准噶尔—兴安活动带沿伊林哈别尔—西拉木伦结合带于晚二叠世完成了全面拼合对接, 使华北陆块北部不断隆起, 海岸线不断向南迁移, 海水从华北陆块的东南部逐渐退

出。石炭—二叠系的沉积环境也由中、晚石炭世的浅海和滨海环境演变为二叠纪晚期的内陆环境,使华北地区的石炭—二叠系地层由北向南浅海相和过渡相沉积比例增大,层位增高,岩性、岩相和含煤性呈现着明显的分带现象。华北陆块在晚二叠世末(或三叠纪初)又完成了与扬子古陆的拼合对接,至此华北陆块全部隆起,接受陆相沉积。中、新生代时期,华北陆块进入了滨太平洋活动构造域现代板块发展阶段,先后经历了印支运动、燕山运动和喜马拉雅运动。

三叠纪时期的印支运动,华北陆块继续受到西伯利亚板块和扬子古陆的南、北推挤作用,同时,库拉—太平洋板块开始向欧亚板块俯冲,表现为大幅度的差异升降,构造分异和沉积分异增强。郑庐断裂大规模左行扭动,走滑距离为 110~250km。鄂尔多斯盆地、山西、河南、河北的大部分地区在二叠系之上连续沉积了以河湖相为主的三叠纪陆相沉积,沉积边界大致沿山西鲁、河北唐山、济南的西北至河南太康以南一带。晋北、冀北、皖北、苏北和山东省的大部分地区,则由于地壳抬升缺失三叠系沉积。至晚三叠世,沉积范围逐渐缩小至鄂尔多斯盆地,沉积了湖沼相和河流相的瓦窑堡组含煤地层,含煤 50 余层,其中可采煤层为 3 层,含煤地层岩性主要为细碎屑岩夹油页岩。印支期,华北陆块的主体为走向近东西的大型内陆拗陷盆地,印支期褶皱也表现为轴向近东西的穹状背斜和短轴向斜;构造应力场方向,最大主压应力轴 (σ_1) 优选方位为 SE176°。这说明了该期区域构造的挤压方向是以近南北方向为主的。

燕山运动早、中期,华北陆块继续受到库拉—太平洋板块多次俯冲,并相对左旋走滑,表现的更加剧烈,发生了板内造山活动,使华北陆块发生了强烈改造,地壳缩短形成了逆冲叠覆,并出现了太行山隆起带和胶辽隆起带;地壳松弛形成了沉陷,并出现了鄂尔多斯沉降带、华北沉降带等盆地。伴随着碰撞造山运动,中国东部发生了大规模的火山活动和岩浆侵入,但都以晚侏罗世和早白垩世最为强烈,从东北经过华北地区到华南的东南沿海,形成宏伟的安第斯型陆缘弧岩浆岩,以钙碱性系列的酸性岩为特征,具高硅、高碱、 SiO_2 含量呈连续变化的单峰式,反映挤压构造环境的岩浆活动特点。燕山期的构造应力场,是以 NW—SE 向挤压和 NE—SW 向拉张为主要特征的;燕山期的构造形迹是以早侏罗世末褶皱轴迹 NE 向、中侏罗世末期转为 NE 向,最终以褶皱轴和逆掩断层走向 NE 向为主要特征,并可伴随有走向 NW 的正断层和走向 NE 与 NNW 的平移断层(图 1)。侏罗纪早期,鄂尔多斯盆地在晚三叠世末短暂的隆起之后再次下沉,在这个广阔的内陆盆地普遍沉积了上、中、下侏罗系地层,总厚度为 1543~2074m,其中,中、下侏罗统延安组为重要的含煤地层。地层厚度在 125~350m 以上,为深水湖泊相和湖沼相沉积,主要为细碎屑岩夹油页岩,含煤和油气。在盆地北部的榆林、神木、东胜煤田含煤 20 余层,单层厚度最大为 8m;在盆地西部的灵武、盐池、定边等地有 8 个含煤组;在盆地南部黄陵、焦坪、彬县、陇县、华亭等煤田含可采煤层 1~8 层,单层厚度最大为 30m 左右。这使得鄂尔多斯盆地含有中国最丰富的煤炭、油气和煤层气资源,已查明的煤炭资源总量为 15924 亿 t (包括石炭—二叠纪煤层),占全国煤炭资源总量的 25.67%,煤化程度以中变质烟煤为主。另外在华北陆块北部的中小型盆地也沉积了早、中侏罗世含煤地层,分别有内蒙包头煤田石拐子群,含可采煤层 8 层,煤层总厚度最大为 60m,煤化程度为中、高变质烟煤,煤系岩性

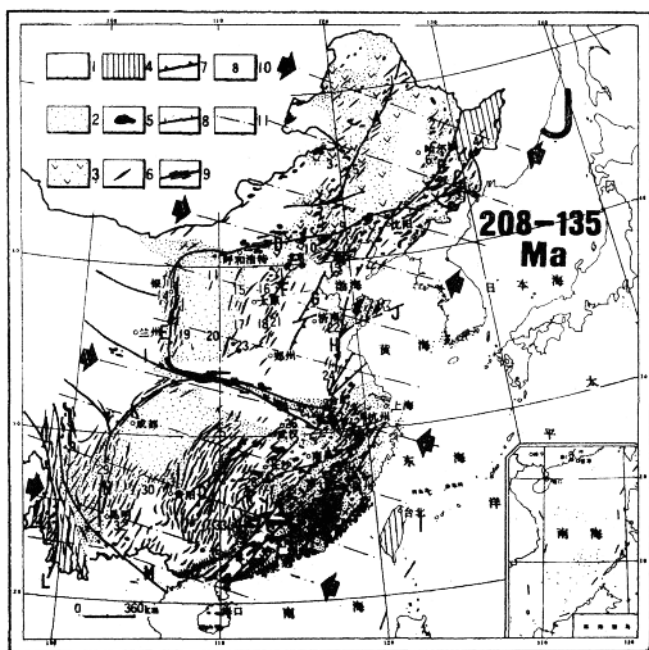


图1 燕山期(J)地质构造图

1—前侏罗系岩石；2—晚侏罗世，陆相河湖沉积；3—晚侏罗世陆相火山喷发；4—晚侏罗世，海相沉积；5—中酸性侵入岩体；6—褶皱（仅示背斜）；7—逆断层或逆掩断层；8—正断层；9—平移断层；10—板内变形统计区编号；11—最大主压应力轴迹线，箭头示压缩方向；断层：A—大兴安岭断层；B—依兰—伊通断层；C—敦化—密山断层；D—中朝地块北缘断层；E—贺兰山断裂带；F—紫荆关断层；G—兰考—沧东断层；H—郑城—庐江断裂带；I—秦岭—大别山断裂带；J—诸城—青岛断层；K—龙门山断层；L—澜沧江断层；M—金沙江—红河断层；N—攀枝花—西昌断层；O—黔东南—雪峰山逆掩断层带；P—湘潭—都庞岭断层；Q—十万大山断层；R—云开大山—赣东北断层带；S—吴川—遂川断层；T—邵武—河源断层；U—诸暨—莲花山断层；V—长乐—诏安断层；W—绍兴—宜春断层。

为湖沼相的细碎屑岩、夹油页岩，煤层瓦斯的生成、保存条件较好；在晋北大同、宁武煤田含煤地层大同组，含煤20余层，煤层总厚度为20m，以中、低变质烟煤为主；京西、京东煤田含煤地层密坡组，多为薄煤层、局部为中、厚煤层，煤化程度为超高变质无烟煤，瓦斯大量释放；辽西北票煤田含煤地层北票组，厚度为1000余米，含可采煤层14层，全为中高变质烟煤，含煤地层中泥岩发育。河南义马煤田含煤地层义马组，

厚度为 88m, 含 3 层厚—特厚煤层, 主要为长焰煤; 在河北下花园矿区、辽西本溪矿区也沉积了中、高变质的早、中侏罗世煤层。

燕山运动末至喜马拉雅运动早期, 伴随着特提斯洋关闭, 印度板块快速北移, 继之对欧亚板块强烈碰撞, 并持续向北推进。与此同时西伯利亚板块作径向挤压, 中国大陆构造上出现了 NE、NNE 向为主的向洋分带, 此时中国大陆向北挤压转为向东挤压, 中国大陆东部向太平洋离散, 滨太平洋陆缘沟、弧、盆体系开始形成, 与造山后的松弛相联合, 挤压作用逐步被拉张所取代, 华北陆块以裂陷活动为主, 陆缘造海, 渤海是华北陆块向海洋的延伸, 板内张性断裂发育。随着鄂尔多斯盆地抬升, 在其周缘形成了一系列裂陷盆地, 如河套地堑和汾渭地堑等; 山西断隆也在其总体抬升过程中, 在晋中一带发生了断裂, 形成了一系列雁行式排列的断陷盆地; 在太行山隆起带以东形成了著名的下辽河—渤海华北平原裂陷盆地。在强烈拉张的断陷带诱发了大陆拉斑玄武岩的喷发。同时, 在这些断陷盆地内堆积了较厚的早第三纪陆相碎屑岩含煤沉积, 分别有山东的五图、黄县、河南项城、卢氏、濮阳等地早第三纪含煤沉积, 其中比较重要的是黄县煤田黄县组, 厚度为 800~1 000m, 含煤 7 层, 其中可采煤层为 2~3 层, 属中厚煤层, 为低变质烟煤。煤系岩性下部为洪积冲积相含砾砂岩夹炭质泥岩、油页岩和煤层; 上部主要为湖沼相的泥岩、泥灰岩、油页岩和煤层。

2 煤层瓦斯形成和分布的区域构造背景

华北陆块是由古老的结晶基底形成的稳定克拉通, 印支运动之前长时期处于古板块稳定发展阶段, 因此, 在古陆块中部, 褶皱、断裂并不发育。如山西沁水盆地的石炭—二叠纪煤田, 平均每平方公里 2~3 条断层; 褶皱表现为大型宽缓、轴向近 EW 向; 煤层破坏轻微, 大范围是原生结构煤, 仅在靠断层附近有厚度不大的构造煤, 最大厚度不超过 1m, 一般为 0.5m 左右。这也是华北地区煤与瓦斯突出没有华南地区那么严重、那么普遍的主要原因。但在陆块北缘和南缘分别受西伯利亚板块和扬子陆块碰撞拼接的影响以及持续的南、北挤压作用, 褶皱、断裂比较发育。

在陆块北缘, 从包头矿区, 经下花园、承德到辽西北票、南票至本溪、通化矿区, 以早、中侏罗世和石炭—二叠纪含煤沉积为主。主要受控于华北陆块北缘隆起带和北缘断裂带的影响。褶皱轴线和逆冲断裂走向在包头为近 EW 向, 至下花园—承德为 NEE 向, 北票、红阳为 NE 向, 东段是受太平洋板块俯冲的控制。华北陆块北缘是一个以挤压作用为主的高瓦斯区, 包头、下花园、北票、红阳、通化均是高瓦斯突出矿区。

华北陆块南缘, 从豫西煤田、平顶山煤田至淮南煤田受东秦岭强变形带、大别山强变形带和陆块南缘断裂带的控制, 断裂走向总体以 NWW 向为主。该断裂带在甘肃龙首山、靖远为 NW 向, 至平顶山、淮南为 NWW 和近 EW 向。华北陆块南缘也是一个以挤压作用为主的高瓦斯区, 豫西的新密、荥巩、宜洛、登封至平顶山和安徽淮南都是高瓦斯突出矿区, 靖远是西北地区唯一的高瓦斯突出矿区。

二叠纪末, 华北陆块受西伯利亚板块和扬子陆块碰撞拼结的控制隆升为陆, 同时库拉—太平洋板块也开始向欧亚大陆俯冲, 在华北陆块的东部和北部相对隆起较早, 缺失三叠纪的地层沉积, 石炭—二叠纪煤层上覆盖层较薄, 并遭受风化剥蚀作用, 大量瓦斯

释放。如鲁淮断隆控制地带的石炭—二叠纪煤层垂深为 500m 左右仍为瓦斯风化带，80% 以上的矿井为低瓦斯矿井，形成了较大范围低瓦斯区。华北西侧鄂尔多斯盆地是一个大型的坳陷盆地，石炭—二叠纪煤层深埋于下部，上覆又沉积了晚三叠世和早、中侏罗世含煤地层，赋存着中国最丰富的煤炭、煤层气、油气资源。尤其是含煤地层中赋存的油气，造成了煤层开采时的高瓦斯涌出，如陕西焦坪矿区崔家沟煤矿。山西沁水盆地石炭—二叠纪煤层坳陷较深，上覆三叠纪盖层较厚，也是一个高瓦斯赋存区。

印支运动后，华北陆块进入滨太平洋活动构造域发展阶段。燕山运动早、中期，受库拉—太平洋板块多次俯冲作用的控制，华北陆块处于板内造山阶段，太行山隆起，胶辽隆起，郯庐断裂及其分支敦化—密山断裂大规模左行平移，鄂尔多斯西缘断裂重新活动，主要为强烈的压扭性活动并形成了一系列 NNE 向、NE 向的褶皱和逆冲推覆断层，控制着早、中侏罗世含煤盆地的构造特征，如北票等矿区。在石炭—二叠纪含煤盆地与原来的 EW 向构造相叠加，形成了复合构造。在鄂尔多斯盆地西缘是一个以挤压作用为主控制的高瓦斯带，其中石嘴山为高瓦斯突出矿区，石炭井、汝汲沟为高瓦斯矿区。太行山隆起带和胶辽隆起带是由 NNE 向逆冲推覆断裂和褶皱组成的隆起带，也是燕山期陆块挤压扭动、“活化”造浆最强烈的地带。沿太行山东麓焦作、安阳、鹤壁、邯郸等矿区中一系列 NNE 向的正断层实际上是原来指向 NWW 方向的逆冲断层，晚白垩世晚期以后，挤压被拉张所取代，又加上华北断陷盆地裂陷活动强烈，使得这些矿区的 NNE 向压扭性断裂变成张扭性断裂，逆冲推覆构造变为重力滑脱构造。太行山东麓是一个以挤压为主的高瓦斯带，其中的焦作、安阳、鹤壁等矿区都是高瓦斯突出矿区。受胶辽隆起带控制的红阳、通化矿区都是煤与瓦斯突出矿区。

晚白垩世晚期至早第三纪早期，华北陆块以裂陷活动为主，形成了下辽河—渤海—华北裂陷盆地、汾渭地堑等裂陷盆地，此时石炭—二叠纪煤层瓦斯得到了大量释放，使得下辽河—华北裂陷盆地为以拉张作用为主的低瓦斯区，其中的开滦矿区、蓟玉矿区、邢台矿区等都是低瓦斯矿区，汾渭盆地也是一个以拉张为主控制的低瓦斯带，其中的霍县、汾西、西山矿区都是低瓦斯矿区。

参考文献：

- [1] 中国统配煤矿总公司. 1:200 万中国煤层瓦斯地质图编制. 西安：西安地图出版社，1992
- [2] 程裕祺. 中国区域地质概论. 北京：地质出版社，1994
- [3] 万天丰. 中国东部中、新生代板内变形构造应力场及其应用. 北京：地质出版社，1993
- [4] 张子敏等. 中国煤层瓦斯分布特征. 北京：煤炭工业出版社，1998

作者简介：张子敏（1946-），男，河南夏邑人，教授，从事安全技术及工程学科的教学与研究工作。

萍乡矿区瓦斯赋存规律及其 主要影响因素探讨

谢晋珠¹ 彭呈喜² 袁 强³ 欧阳冬华³

(1. 江西省煤炭集团公司, 江西 南昌 330046; 2. 江西省煤研所, 江西 南昌 330029;

3. 萍乡矿业集团有限公司, 江西 萍乡 337003)

摘 要: 简要叙述了萍乡矿区瓦斯地质特征, 分析了瓦斯赋存规律相关因素, 提出了在今后的瓦斯地质工作中应加强突出矿井的区域预测工作, 实行分区、分片管理。

关键词: 安源煤系 瓦斯赋存 煤与瓦斯突出 影响因素

萍乡矿区位于江西省萍(乡)一乐(平)含煤区西部, 是江西省的主要产煤区之一, 从西到东分布有萍乡矿业集团有限公司所属巨源、青山、白源、安源、高坑五大生产矿井, 东西走向长约 25km, 南北宽约 6km, 含煤面积约 150km²。地处丘陵地带, 呈西北高、东南低的地势, 标高为 +97~+354m。矿井采用中央竖井、斜井、多水平、上下山开采。

1 矿区地质特征

1.1 地层、煤层、煤质

矿区主要含煤地层为三叠系上统安源组, 包括含煤部分的紫家冲段(上煤组)、三丘田段(下煤组)及不含煤的三家冲段, 总厚度为 530~1889m。下煤组由灰~深灰色泥砂质胶结的砾岩、砂砾岩、粗~细粒砂岩、粉砂岩、泥岩、炭质泥岩及煤层组成, 具有明显的韵律特征。下含煤段作为主含煤段发育普遍。煤层一般以煤组出现, 呈层状、似层状、串珠状以及透镜状, 层位及厚度的稳定性都较差。含煤 3 至数十层不等, 煤层结构以复杂至极复杂为主。煤层的伪顶、底板一般都是厚约 1m 的泥岩或粉砂岩, 老顶、底板都是粉砂岩, 少数为细砂岩或砂砾岩。上煤组本区萍乡东南的白源、高坑、安源有分布, 局部可采, 煤层薄, 常为炭质泥岩夹煤, 煤层呈透镜状、串珠状, 结构复杂, 稳定性比较差, 煤质较差。煤岩类型多为光亮型或半亮型, 少数为半暗型煤。煤岩组分多为镜煤和亮煤, 少数为暗煤和丝炭。萍乡矿区各井田含煤特征见表 1。

1.2 构造

萍乡矿区绝大部分井田为复式向斜或向斜构造, 主要构造形态如图 1 所示。

(1) 胡家坊矿区(巨源井田)为被一组走向 N10°~30°E 呈叠瓦状排列的高角度断层严重切割的不完整复式向斜, 次级褶曲断裂发育, 并发育滑覆构造, 瓦斯赋存量高。

(2) 青山矿区为一次级褶曲及断层极发育的不对称复式向斜, 倾向南东, 东南翼较

平缓，倾角为 $35 \sim 45^\circ$ ，西北翼较陡，倾角为 $70 \sim 85^\circ$ ，东北部并发育飞来峰构造。青山煤矿主要开采复式向斜的西北翼，瓦斯赋存量高。

表 1 萍乡矿区各井田含煤特征

矿井名称	含煤层(组)数	含煤总厚度/m	可采煤层(组)数	煤层倾角/(°)	煤层结构	主采煤层名称	厚度/m	煤质特征
巨源	12组	2.01~128.62	8组	35~65	极复杂	9组	5.34	中灰特低硫贫瘦煤
青山	9层	34.48	5层	65~75	复杂	大槽	5.67	中灰特低硫无烟煤
白源	10组	15.0	6层	25	复杂	8 ₂ A、8 ₂ B	2.19	中至高灰特低硫焦煤
安源	13层	17.34	5层	15~30	复杂	大槽	4.09	富至高灰特低硫肥煤
高坑	13层	10.9	6层	21~25	复杂	大槽	6.0	中至高灰中至高硫气煤至肥煤

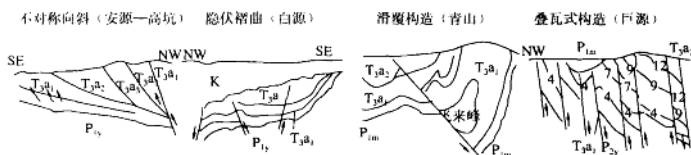


图 1 萍乡矿区安源煤系主要构造形态类型示意

(3) 白源井田为隐伏煤田，系白垩纪红层覆盖。井田由几个复式背斜组成，褶曲一般比较宽缓，断层多为走向逆断层，瓦斯赋存量低。

(4) 安源—高坑矿区为一北翼被逆断层切割的不对称向斜，南东翼保存完整，较平缓，倾角为 $10 \sim 35^\circ$ ，北西翼较陡，倾角为 $40 \sim 45^\circ$ ，瓦斯赋存量较低。

2 矿区瓦斯特征

2.1 煤层瓦斯参数

高坑、安源煤矿为 QM~QF，均属低瓦斯矿井，地质勘探钻孔的瓦斯含量也仅为 $1 \sim 2 \text{ m}^3/\text{t}$ 左右；巨源、青山一带受岩浆岩及后期构造影响变质程度增高，普遍为 WY 或 PM~PS，瓦斯含量普遍增高，为高瓦斯突出矿井。巨源煤矿在巨源东及黄塘井田地勘钻孔采取了 21 个瓦斯样，瓦斯含量为 $1.88 \sim 13.12 \text{ m}^3/\text{t}$ ，平均为 $8.36 \text{ m}^3/\text{t}$ 。青山煤矿大槽煤层勘探钻孔瓦斯含量为 $7.33 \sim 18.07 \text{ m}^3/\text{t}$ ，平均为 $12.98 \text{ m}^3/\text{t}$ 。

矿井生产期间实测的煤层瓦斯参数如表 2 所示。

从表 1 可以看出，煤层瓦斯参数与煤的变质程度密切相关。煤变质程度高的青山、巨源煤矿，煤的坚固性系数 f 较小，瓦斯放散初速度指标 Δp 大，且突出危险性大的大槽煤层 Δp 指标较大，突出危险性较小的硬子槽煤和巨源煤矿各煤层 Δp 较小。青山大槽煤吸附瓦斯能力强，煤层瓦斯压力大，瓦斯含量高。

2.2 瓦斯赋存与瓦斯涌出特征

(1) 萍乡矿区各井田瓦斯赋存具有明显的分区、分带性, 西部的巨源、青山煤矿瓦斯涌出量大, 东部的白源、安源、高坑煤矿瓦斯涌出量小。历年矿井瓦斯等级鉴定结果如表 3 所示。

表 2 萍乡矿区部分矿井实测的煤层瓦斯参数

矿井名称	煤组	垂深/m	f	Δp	V_{ad} /%	吸附常数		瓦斯压力 /MPa	瓦斯含量 /($\text{m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$)	煤样数量/个
						a /($\text{m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$)	b /MPa			
巨源	6	232	0.22	11	14.71	19.42	2.04	2.50	12.47	1
	7	220	0.19	18	14.00	27.91	1.04			
	9	180	0.18	16	11.52	26.97	0.67			
	10	220	0.21	11	12.31	31.98~32/32.0	0.57~1.16/0.87			
青山	大槽	265~500	0.20	20	7.22	14.9~36.2/28.8	0.54~1.72/0.94	0.46~2.55/1.40	4.21~18.18/9.91	12
	硬子槽	265~370	0.29	13	9.87	19.75~28.08/23.1	0.91~1.45/1.14			
白源	B_2	297~382	0.32	2	29.18	49.50~56.82/53.2	0.108~0.11/0.11			2

表 3 历年矿井瓦斯等级鉴定结果

项目	巨源	矿 井 名 称			高坑
		青山	白源	安源	
年限	1973~1999	1973~1999	1992~1999	1973~1999	1973~1999
展开采水平标高/m	-205	-250	-450	-300	-310
相对瓦斯涌出量/(m ³ ·t ⁻¹)	10.2~68.7/35.75	8.14~25.9/15.3	0.78~5.4/2.92	0.53~5.58/1.95	0.91~3.79/2.12
绝对瓦斯涌出量/(m ³ ·min ⁻¹)	4.3~26.19/15.29	8.17~23.45/14.83	0.6~2.06/1.21	1.01~8.3/3.2	0.56~9.91/3.92
瓦斯等级	突出	突出	低瓦斯	低瓦斯	低瓦斯

(2) 青山煤矿瓦斯涌出存在带状分布的特点: 从全井来看, 东部高, 西部低; 各煤层比较, 下部大槽和上部硬子槽瓦斯涌出量高, 中部管子槽瓦斯涌出量较低; 大槽总的特点是东高西低, 随着开采深度的增加, 变化幅度减小。

(3) 巨源煤矿沿走向由西南往东北瓦斯涌出量增高; 区内含煤段由下往上划分为 12 个煤组。1~6 组和 8 组为贫煤, 7 组和 9~12 组以瘦煤为主。由于地质条件的差异 (飞来峰构造等), 变质程度较低的上部煤组, 瓦斯涌出量大, 而变质程度较高的下部煤组, 瓦斯涌出量偏小。

2.3 瓦斯突出特征

萍乡矿区西部的巨源、青山煤矿为煤与瓦斯突出矿井, 东部的白源、安源、高坑煤矿为低瓦斯矿井。从 1959 年 1 月 1 日起青山煤矿发生第一次煤与瓦斯突出以来, 至 2000 年底共发生突出 50 次, 突出基本情况如表 4 所示。

青山、巨源煤矿煤与瓦斯突出有如下特点: