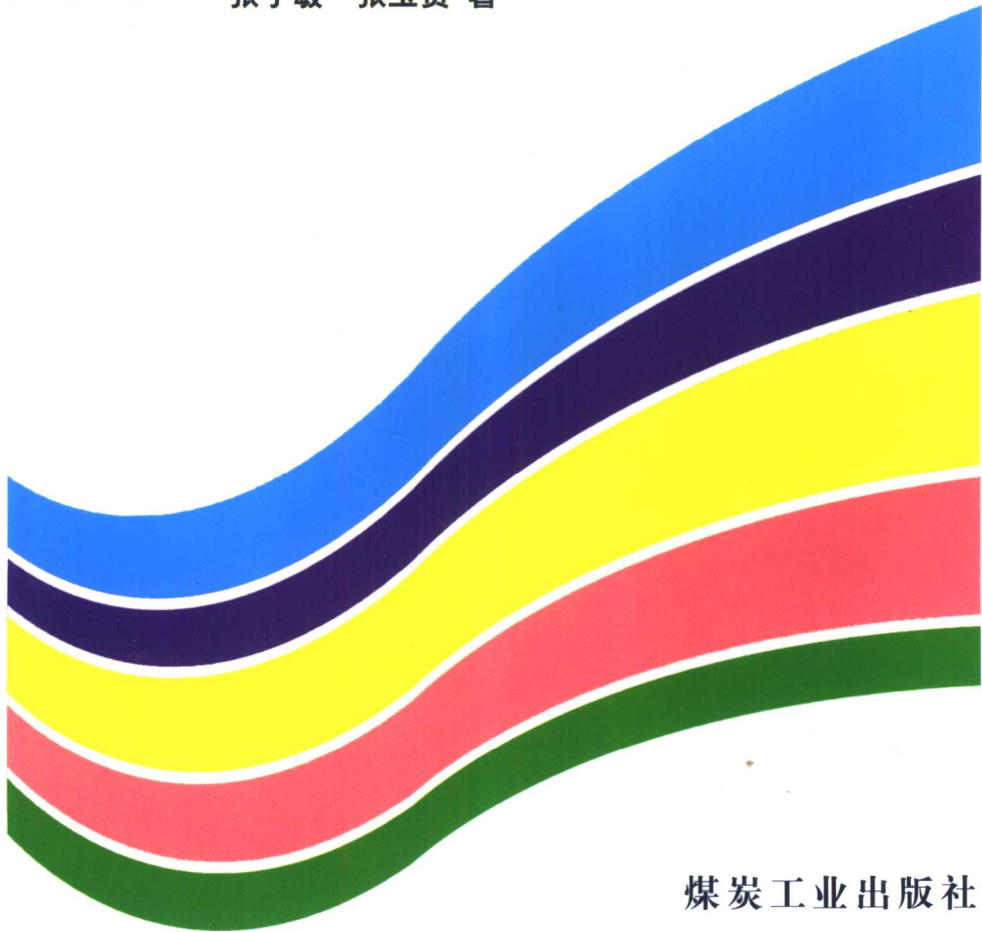


WASI  
DIZHI GUIJU

YU WASI YUCE

# 瓦斯地质规律 与瓦斯预测

张子敏 张玉贵 著



煤炭工业出版社

# 瓦斯地质规律与瓦斯预测

张子敏 张玉贵 著

煤炭工业出版社

·北京·

硕大作孔兹瓦斯地貌研究与乱斯

的开发利用发挥巨大作用！

物起

2005, 8, 30

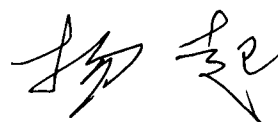
# 序

煤层瓦斯（煤矿瓦斯）是煤在历史时期变质过程中形成的，是生于煤层、储存于煤层或围岩中的气体地质体，它的生成条件、赋存、运移规律和分布规律都受地质作用的控制，它在煤层中的赋存状态与煤颗粒、煤分子之间的关系经历过复杂的地质历史演化过程，涉及到区域地质学、煤地质学、煤化学等知识；它的运移、流动规律涉及到流体力学等知识；它在煤炭开采过程中的涌出和突出规律又涉及到地球动力学、构造地质学、岩石力学、采矿学等知识。一方面，煤层瓦斯是制约煤炭工业发展的最大障碍，严重威胁着人身、财产安全，而且煤的产量愈高、采深越大，瓦斯灾害的威胁也愈大，成为煤矿安全生产最大的灾害。另一方面，煤层瓦斯是储于煤层的非常规天然气，主要成分为甲烷，亦称煤层甲烷或煤层气，是一种方便、燃烧效率较高的洁净能源。

瓦斯地质规律是反映煤层瓦斯形成、分布和赋存的规律，是研究煤与瓦斯突出地质原因的理论。瓦斯地质技术是煤矿安全生产和瓦斯资源开发最基本的技术。瓦斯地质理论是进行瓦斯预测和治理的首要基础。现在的煤层瓦斯赋存状态和影响煤与瓦斯突出以及瓦斯涌出量大小的地质条件是含煤地层经历多次构造演化的结果。只要办矿采煤，首先应该搞清瓦斯地质规律，只有如此，才能掌握瓦斯涌出和突出危险性的规律；在搞清矿区、井田煤层区域构造演化历史的基础上，做到逐级控制，从而搞清瓦斯赋存和瓦斯突出危险性的分区分带特征，只有如此，才能运用相应的理论和技术开发利用瓦斯资源。

作者 20 余年来潜心研究我国煤层瓦斯地质规律和煤矿瓦斯预测，在编制 1:200 万中国煤层瓦斯地质图的基础上，运用板块构造理论和区域构造演化理论，搞清矿区所在的大地构造位置及其构造演化历史，得出区域构造控制矿区构造，矿区控制井田，井田控制采区采面，逐级构造控制的规律。作者深入地研究了板块构造、区域构造对中国煤层瓦斯形成、分布的控制，研究了构造煤性质和形成机制，进而研究矿区、矿井瓦斯地质规律，编制矿区、矿井、采区采面瓦斯地质图，指导瓦斯灾害预测、防治和瓦斯抽放利用，提出了煤层瓦斯

含量高是发生瓦斯突出的基础；一定厚度的构造煤是发生瓦斯突出的必要条件；构造应力相对集中的地带是瓦斯突出发生的主要位置；压性、压扭性构造是发生煤与瓦斯突出的有利地带。证实了深层构造陡变带、深层活动断裂带，推覆构造带和强变形带是煤与瓦斯突出灾害的敏感地带。作者取得的一系列重要成果，处于国内领先水平。相信此书的出版，必将对瓦斯地质的深入研究起到积极的推动作用。



2005.8.30

## 序 二

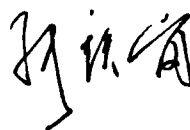
煤炭是工业的粮食，是我国工业化经济的命脉，是国民经济发展的支柱，是人们赖以生存的基础，是国家昌盛与安全的基本保障。瓦斯灾害是制约煤炭工业发展的最大障碍，严重威胁着人身、财产安全。而且煤的产量愈高、采深越大，瓦斯灾害的威胁也愈大，成为煤炭安全生产最大的灾害。随着开采深度的不断增加，矿井瓦斯涌出量也在不断增加。原来的低瓦斯矿井可能变成高瓦斯矿井，原来的高瓦斯矿井可能变成煤与瓦斯突出矿井。且随着现代化采煤技术的高速发展，生产越来越集中，采掘机械自动化程度越来越高，瓦斯问题制约着煤矿安全、高产、高效生产。

瓦斯是复杂的气体地质体，受地质条件的控制。瓦斯赋存、瓦斯涌出量大小、煤与瓦斯突出危险性，从全国到区域、矿区、矿井、采区、采面，都存在着明显的瓦斯分区、分带规律。尤其是煤与瓦斯突出危险区只占突出煤层总面积的5%~10%，主要受地质构造作用的控制。深入研究我国瓦斯地质理论和技术，更加精确地研究中国煤层瓦斯的分区分带规律，有的放矢地预测和防治瓦斯灾害，搞好中国煤矿瓦斯治理和利用工作。

作者在编制1:200万中国煤层瓦斯地质图的基础上，研究板块构造、区域构造对中国煤层瓦斯形成、分布的控制，进而研究矿区、矿井瓦斯地质规律，编制矿区、矿井、采区、采面瓦斯地质图，指导瓦斯灾害预测、防治和瓦斯抽放利用。运用板块构造理论和区域构造演化理论研究了我国煤层瓦斯地质规律与瓦斯分区分带特征，剖析了平顶山、新密、宿县矿区瓦斯地质规律，介绍了瓦斯预测的瓦斯地质方法。提出了煤层瓦斯含量高是瓦斯突出发生的基础；煤体结构的破坏是发生瓦斯突出的必要条件；构造应力相对集中的地带是瓦斯突出发生的主要位置；压性、压扭性构造是发生煤与瓦斯突出的有利地带等认识，取得了一系列重要成果，处于国内领先水平。

该书的作者长期从事瓦斯地质、瓦斯灾害预测和防治的教学和科研工作，

既具有丰富的实践经验，又有扎实的理论基础。该书的优点在于与生产实际紧密结合，不仅可以用于指导煤矿瓦斯灾害防治，而且可以指导瓦斯资源开发利用。

A handwritten signature in black ink, appearing to be '孙铁军' (Sun Tiejun).

2005.8

# 序 三

国务院第 81 次常务会议指出：“煤炭是我国一次能源的主体，煤炭行业又是高危行业，高瓦斯和瓦斯突出矿井占一半左右，煤矿安全是整个工业安全生产工作的重中之重。”会议确定，“采取 7 项措施大力开展瓦斯集中整治，切实防范重特大瓦斯事故发生。”这次会议的召开充分体现了党中央、国务院对煤炭工业和煤矿安全生产工作的重视和对煤矿工人的关心。明确指出了瓦斯防治工作在煤矿安全生产中的重要性。

我国煤矿灾害事故中，发生起数多、伤亡人数多、经济损失严重的事故是瓦斯事故，已经成为制约煤炭工业健康发展的障碍。因此，加强和重视煤矿瓦斯防治工作，对促进煤矿安全形势好转具有重要意义。

多年防治煤矿瓦斯工作的实践证明，煤矿瓦斯灾害与地质构造关系密切，瓦斯的生成、瓦斯的赋存状态都受控于地质条件，矿区、井田构造变形特征及复杂程度，断裂、褶皱类型及发育特征，煤层结构破坏及构造煤的发育程度等地质因素又影响到煤层瓦斯含量、矿井瓦斯涌出量和煤与瓦斯突出危险性。因此，瓦斯地质是瓦斯防治工作的基础。

该书系统总结了我国 40 余年来研究瓦斯地质的成果，从瓦斯地质的形成和发展到瓦斯地质理论，从瓦斯地质规律到中国煤层瓦斯分区、分带等多个领域作了论述。这些成果不但提供了丰富的煤矿瓦斯地质信息，而且具有理论性和实践性，对我国瓦斯地质学科的发展将起到积极的推动作用。

当前，煤矿行业正在认真贯彻国务院第 81 次常务会议精神，“开展瓦斯集中整治”工作。该书的出版为煤矿企业、科研机构 and 高等院校之间搭建起了学术交流的平台，对我国煤矿瓦斯防治工作和防治技术的研究都将起到指导作用。

卢秉章

2005.8



# 前 言

煤炭是我国的主要能源，约占一次性能源的 70%，并且在相当长一个时期内不会有大的改变。制约煤炭工业发展的最大障碍是瓦斯灾害。目前，我国煤矿开采造成死亡人数每年都在 6000 人以上，百万吨死亡率是发达国家的数十倍到一百倍以上，其中瓦斯事故死亡人数占 40% 以上，引起了国家领导和各界人士的高度关注。

瓦斯是无色、无臭的气体，只要开采煤炭，就会有瓦斯涌出来，在矿井空间几乎无处不有，所有的采矿活动，每时每刻都能扰动它，涉及到它。瓦斯涌出聚集、瓦斯突出、瓦斯灾害的发生，不同于水、火、顶板冒落那样直观，涉及到复杂的地质因素、开采因素和人为因素。这些因素往往具有模糊性和随机性，既有静态特征，更具有一触即发的动态特征。瓦斯灾害的预测和防治是国际性的技术难题。

现在的煤层瓦斯赋存状态、影响煤与瓦斯突出和瓦斯涌出量大小的地质条件，是含煤地层经历多次构造运动演化作用的结果。中国共有石炭—二叠纪、晚三叠世、早—中侏罗世、晚侏罗—早白垩世、第三纪，5 个时代的含煤地层。目前，开采主要集中在形成时期早，经历过海西期以来的多期地质构造运动的石炭—二叠系含煤地层，其地质构造极为复杂。每次构造运动期，板块活动、碰撞挤压、旋转剪切、伸展拉张都要影响到矿区、矿井所在的区域构造发生隆起、拗陷、褶皱、断裂等活动。影响到煤层的深成变质或岩浆热变质条件下的瓦斯生成条件，影响到隆起、风化、剥蚀作用条件下的瓦斯保存条件，影响到构造挤压、剪切作用下的煤层结构破坏而形成构造煤的发育特征等。这些瓦斯地质条件都存在着不同级别的瓦斯地质规律，控制着煤与瓦斯突出危险性的分区、分带，控制着瓦斯赋存高低的分区、分带，影响着煤层瓦斯抽放难易和煤层气地面开发条件和工艺选择。

运用板块构造理论和区域构造演化理论，搞清矿区所在的大地构造位置及其构造演化历史，做到区域构造控制矿区构造，矿区控制井田，井田控制采区

采面，一级级地构造控制。在此基础上，搞清构造挤压、剪切作用特征，搞清构造煤的发育特征，搞清瓦斯分区、分带和煤与瓦斯突出危险区的分布特征，编制全国煤矿各级瓦斯地质图。国家发展改革委员会 2005 年颁布的《煤矿瓦斯治理与利用总体方案》规定“及时编制煤矿三级瓦斯地质图”。有了这种图件，才能使瓦斯地质资料和研究成果得到高度的集中，并不断地积累、补充、深化和完善；有了这种图件就可以使各级领导和工程技术人员对瓦斯预测和防治有了共同的语言，综合考虑瓦斯灾害防治和资源开发利用；有了这种图件更容易使瓦斯研究成果纳入到生产管理中，迅速转化为生产力。

作者在编制 1:200 万中国煤层瓦斯地质图的基础上，研究板块构造、区域构造对中国煤层瓦斯形成、分布的控制，进而研究矿区、矿井瓦斯地质规律，编制矿区、矿井、采区采面瓦斯地质图，指导瓦斯灾害预测、防治和瓦斯抽放利用。依据上述积累，撰写本书，以飨读者。书中很多认识有待于在实践中进一步检验，谬误之处，敬希指正。

本书撰写过程中，参考了很多研究者的成果，得到很多专家的帮助和指导，尤其是国内外著名的煤地质学家、中国科学院院士杨起教授长期关心作者的进步，指导作者的工作，并为本书作序；著名的煤矿安全专家、中国工程院院士张铁岗教授，在本书的撰写过程中给予了指导，并为本书作序；著名的煤矿安全专家、博士生导师卢鉴章教授，在书稿的撰写过程中给予了鼓励和帮助，百忙中为本书作序。在此一并表示衷心地感谢。

作者

2005.9.10

# 目 录

<b>1 瓦斯地质的形成和发展</b> .....	1
1.1 瓦斯地质的形成 .....	1
1.2 瓦斯地质的发展 .....	2
<b>2 瓦斯地质理论</b> .....	4
2.1 瓦斯是特殊的地质体 .....	4
2.2 瓦斯生成理论 .....	5
2.3 瓦斯的运移、赋存和分布 .....	5
2.4 构造控制理论 .....	6
2.5 瓦斯突出煤体的煤结构理论 .....	23
<b>3 瓦斯地质规律与瓦斯预测</b> .....	55
3.1 瓦斯地质规律的意义 .....	55
3.2 瓦斯地质规律与瓦斯涌出量预测 .....	55
3.3 平顶山矿区瓦斯地质规律与瓦斯分区分带 .....	58
3.4 新密矿区瓦斯地质规律与瓦斯预测 .....	77
3.5 瓦斯地质规律与中国的煤与瓦斯突出 .....	90
<b>4 中国煤层瓦斯分区、分带</b> .....	96
4.1 中国煤层瓦斯分区、分带划分 .....	96
4.2 中国不同地质时代的煤层瓦斯区域分布特征 .....	99
4.3 中国煤层高瓦斯赋存、高瓦斯涌出量区域分布 规律 .....	102
4.4 中国煤层低瓦斯赋存、低瓦斯涌出量区域分布	

规律 .....	102
4.5 中国煤与瓦斯突出矿区、矿井分布的区域构造	
控制 .....	103
参考文献 .....	107
图 版 .....	113

# 1 瓦斯地质的形成和发展

## 1.1 瓦斯地质的形成

河南理工大学已故著名安全专家杨力生教授 1948 年从美国回国后，数十年如一日地致力于中国煤矿通风安全研究，他发现治理瓦斯必须走瓦斯地质研究的道路。1964 年，他在焦作矿务局焦西矿跟踪掘进巷道瓦斯变化规律时，就发现瓦斯突出与断层有密切关系。20 世纪 70 年代他就提出了编制矿井瓦斯地质图的想法。1983 年，他与张子敏、陈名强、张克树等一起，在煤炭工业部赵全福总工程师等领导的大力支持下，建立了“编制全国煤矿瓦斯地质图”煤炭工业部重大项目。全国 25 个省（区）煤炭厅（局）、矿务局、矿都成立了以总工程师为组长的编图领导小组，动员了 3000 多名工程技术和科研人员，自下而上地整理矿井、矿区瓦斯地质资料，编制了 600 余套矿井瓦斯地质图、125 套矿区瓦斯地质图和 25 套省（区）瓦斯地质图。1990 年，张祖银、张子敏共同负责完成了“1:200 万中国煤层瓦斯地质图和说明书”的编制和出版任务，此项工作的开展，在全国煤矿首次系统地整理了瓦斯地质资料，最大范围地汇集了全国煤矿瓦斯地质信息，广泛地宣传和普及了瓦斯地质知识，开创性地推动了瓦斯地质学科的发展。1963 年周世宁院士就提出了影响瓦斯含量的 8 项地质因素。1977 年彭立世、袁崇孚在煤炭工业部建立了“湘、赣、豫煤与瓦斯突出带地质构造特征研究”课题。这些都为瓦斯地质的深入研究奠定了基础。1993 年，“《瓦斯地质》新学科与课程建设”获优秀教学成果国家级二等奖。1985 年，中国煤炭学会瓦斯地质专业委员会宣告成立，并创办了《瓦斯地质》期刊，每年举办一次全国性的学术年会。1994 年，“瓦斯地质”被批准为煤炭工业部重点学科。从 1990 年以来，先后出版了《瓦斯地质概论》、《1:200 万中国煤层地质图》、《1:200 万中国煤层瓦斯地质图编制》、《中国煤层瓦斯分布特征》、《瓦斯突出地球物理研究》、《煤层瓦斯赋存与流动理论》、《瓦斯地质新进展》等专著和《瓦斯地质》统编教材。

## 1.2 瓦斯地质的发展

### 1.2.1 编制煤矿各级瓦斯地质图

《煤矿安全规程》第一百八十一条，突出矿井必须及时编制矿井瓦斯地质图。无论是高瓦斯矿井、突出矿井，还是低瓦斯矿井，无论是瓦斯灾害防治，还是瓦斯资源开发利用，都需要编制各级瓦斯地质图。它是研究和反映瓦斯地质规律、瓦斯变化规律，指导瓦斯预测和防灾、减灾的最基础的图件。有了这种图件，才能使瓦斯地质资料和研究成果得到高度的集中，并不断地积累、补充、深化和完善；有了这种图件就可以使各级领导和管理人员对瓦斯预测和防治有了共同的语言，可以综合考虑瓦斯灾害防治和资源开发利用；有了这种图件更容易将瓦斯研究成果纳入到生产管理中，并使之迅速转化为生产力。

### 1.2.2 设置煤矿各级瓦斯地质专职人员

无论从瓦斯灾害防治方面考虑，还是就瓦斯资源开发利用而言，都需要设置煤矿各级瓦斯地质专职人员，更何况防治瓦斯灾害是一项高难度的技术工程。瓦斯含量、瓦斯涌出量、煤与瓦斯突出灾害，都是随着开采深度和采掘工艺技术的变化而不断发生变化的，需要专职人员随时跟踪瓦斯地质信息，收集、分析资料，编制各级瓦斯地质图，更需要瓦斯地质专职人员不断修改和补充各级瓦斯地质图资料。

### 1.2.3 建立、健全《矿井瓦斯地质工作规范》

瓦斯地质规律是反映煤层瓦斯形成、分布和赋存的规律，是研究煤与瓦斯突出地质原因的理论。瓦斯地质技术是煤矿安全生产和瓦斯资源开发最基本的技术。办煤矿，首先应该清楚瓦斯地质规律。只有如此，才能掌握瓦斯涌出和突出危险性的规律；只有如此，才能理会把瓦斯作为资源进行开发的理论和技术。在清楚矿区、井田煤层区域构造演化历史的基础上，做到一级级的控制，从而分清瓦斯赋存和瓦斯突出危险性的分区、分带特征。目前，运用计算机技术，建立瓦斯突出危险性预测预报的可视化技术，首先要建立准确的瓦斯地质模型。这些都必须具有详尽的第一手瓦斯地质分析资料。因此，要建立、健全《矿井瓦斯地质工作规范》制度。

### 1.2.4 瓦斯地质技术和采矿技术密切结合

现代化采煤技术高速发展，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。解决这些问题，就需要瓦斯地质技术和采矿技术密切结合起来。

## 2 瓦斯地质理论

### 2.1 瓦斯是特殊的地质体

#### 2.1.1 瓦斯是气体地质体

瓦斯生于煤层，储存于煤层，只要开采煤炭就会有瓦斯涌出来。瓦斯是地质成因的，它是在数千万年至数亿年前由煤的变质作用形成的，是生于煤层、储存于煤层或围岩中的气体地质体。它的生成条件、运移规律、赋存和分布规律都受着极其复杂的地质作用控制；它在煤层中的赋存状态以及与煤颗粒、煤分子之间的关系经历过极其复杂的地质历史演化过程，涉及到复杂的区域地质学、煤田地质学、煤化学等知识；它的运移、流动规律涉及到流体力学等知识；它在煤炭开采过程中的涌出和突出规律又涉及到地球动力学、构造地质学、岩体力学、采矿学等知识。所以我们称瓦斯是气体地质体。

#### 2.1.2 瓦斯受控于地质作用

瓦斯是地质作用的产物。现今煤层瓦斯的赋存状态是含煤地层经受复杂地质历史演化作用的结果，受着瓦斯生成、运移、保存条件等综合地质作用的控制。瓦斯的生成、运移、保存条件和赋存以及煤与瓦斯突出动力现象都是地质作用的结果，存在着瓦斯地质规律。瓦斯抽放的难易程度与煤层结构破坏程度密切相关，尤其是煤层气开发工艺技术与煤层结构受强构造挤压、剪切形成构造煤的发育程度（软煤分层厚度）密切相关。瓦斯地质研究从宏观上涉及到板块构造运动，从微观上涉及到煤的化学结构。无论是煤层瓦斯的赋存、分布的地质原因和规律，还是瓦斯涌出、瓦斯突出的原因和规律，都涉及到极其复杂的地质条件、地质理论和地质测试手段。

#### 2.1.3 瓦斯灾害的预测和防治是国际性的技术难题

瓦斯是无色、无味的气体，在矿井空间几乎无处不有，所有的采矿活动，每时每刻都能扰动它、涉及到它。瓦斯涌出聚集、瓦斯突出、瓦斯灾害的预测和防治，瓦斯灾害的发生，都涉及到复杂的地质因素、开采因素和人为因素。



这些因素往往具有模糊性和随机性，既有静态特征，更具有千钧一发的动态特征。从管理上讲，人们的认识能力和快速反应能力往往处于被动状态，而瓦斯事故发生的规律又不同于水、火、顶板冒落等事故那样直观，而显得很抽象，故容易引起作业时的疏忽。据统计，我国因煤矿事故每年伤亡 6000 人以上，其中瓦斯伤亡人数占总人数的 40% 以上。所以说，防治瓦斯灾害是煤矿安全生产的首要任务。

## 2.2 瓦斯生成理论

瓦斯生成于煤层，在煤化过程中，瓦斯不断地生成，到无烟煤阶段，瓦斯累计生成量可达  $400\text{m}^3/\text{t}$  以上，见表 2-1、表 2-2。

表 2-1 每形成一吨煤的产气量  $\text{m}^3$

褐 煤	肥 煤	瘦 煤	无烟煤
68	230	330	400 以上

表 2-2 各煤化阶段最终残留一吨煤的生气量  $\text{m}^3$

瓦斯成分	泥炭向褐煤过渡	褐煤向烟煤过渡	烟煤向无烟煤过渡
甲 烷	68.3	161.6	192.9
二氧化碳	167.3	124.9	23.4

煤的变质作用可分为深成变质作用和岩浆热变质作用。瓦斯生成量随着煤的埋藏深度的增加而增加。

## 2.3 瓦斯的运移、赋存和分布

因煤化作用生成的瓦斯经历数千万年至数亿年的地壳构造运动的作用，80% 左右的气体都逸散掉了，因此其运移和赋存规律极其复杂。只有清楚煤田、矿区地质构造演化历史，以及在历次构造运动中含煤地层隆起、剥蚀和沉