

# 瓦斯地质

(初稿)

焦作矿院瓦斯地质课题组编

一九八一年五月

## 前 言

这份教材是为煤炭部在我院举办的“通风安全学习班”讲授“瓦斯地质”课而编的。

本教材的有些内容是我们多年从事瓦斯地质科研所形成的一些认识。由于“瓦斯地质”作为一门课程开出，在我国还是第一次，所以课程的体系和内容都还不成熟；再加上从决定开课到编出教材的时间仓促，有些章节仅采用细纲的形式，对内容的进一步分析和许多实例尚未编入教材。因此，缺点在所难免，请读者批评指正，以便使这门课程能逐步完善。

焦作矿院瓦斯地质课题组

一九八一年五月二十五日

# 目 录

第一章 瓦斯地质学科的形成和发展。	
§ 1 瓦斯地质研究的对象及主要内容 .....	1
§ 2 研究瓦斯地质对煤矿建设和生产的意义 .....	1
§ 3 “瓦斯地质”在我国的形成和发展 .....	2
第二章 影响瓦斯含量分布的地质因素	
§ 1 煤产地瓦斯的形成 .....	3
§ 2 瓦斯在煤层中的赋存状态 .....	4
§ 3 瓦斯的运移及瓦斯的分布 .....	6
§ 4 影响瓦斯含量的地质因素 .....	7
第三章 影响煤和瓦斯突出的地质因素 .....	11
第四章 瓦斯地质工作方法	
§ 1 研究方法的主要内容 .....	16
§ 2 瓦斯地质图的编制 .....	16
§ 3 瓦斯突出统计分析 .....	23
第五章 瓦斯突出与煤的结构的关系	
§ 1 煤的结构和构造 .....	34
§ 2 煤层结构 .....	35
§ 3 煤的孔隙结构 .....	36
§ 4 突出煤层的构造结构特征 .....	37

§ 5 构造煤的宏观微观特征 .....	42
§ 6 构造煤的地质成因及研究构造煤的意义 .....	43
§ 7 研究煤层结构的工作方法 .....	44
第六章 瓦斯突出与地质因素关系的定量计算(简介)	
§ 1 几个基本概念 .....	47
§ 2 回归分析在瓦斯突出与地质因素关系研究中的 几个问题 .....	50
§ 3 实例介绍(略) .....	52
第七章 瓦斯突出预测和预报简介	
§ 1 突出预测预报的分类 .....	52
§ 2 区域性预测和局部预测的工作步骤 .....	53
§ 3 预测预报指标简介 .....	54
§ 4 在瓦斯突出预测中的地质工作 .....	56

# 瓦斯地质讲义

## 第一章 “瓦斯地质”学科的形成和发展

§1. 瓦斯地质研究的对象及主要内容：

瓦斯地质就是把瓦斯作为一个地质体素进行研究。它是把瓦斯研究与地质研究相结合的边缘学科。

研究的主要内容是：

1. 瓦斯的形成。

2. 瓦斯赋存的地质因素：着重研究瓦斯的运移、排放和保存的地质条件，特别是瓦斯聚集的地质条件，掌握瓦斯赋存和分布的规律。

3. 煤和瓦斯突出的地质因素：煤和瓦斯突出是人为因素和自然因素复杂综合影响的结果，从地质角度应着重研究各种自然因素（地质条件）在突出发生中所起的作用。

4. 研究瓦斯的测定手段：在地质勘探和采掘过程中如何获得瓦斯含量、瓦斯压力等有关瓦斯参数，反映瓦斯分布的实际情况。

## §2. 研究瓦斯地质对煤矿建设和生产的意义：

在煤矿建设和生产实践中，提出了许多有关瓦斯地质的实际问题，解决这些问题也就是从事瓦斯地质研究的主要目的。

1. 如何在勘探阶段正确的确定矿井瓦斯等级，使矿井设计合理；

2. 勘探和建井时期如何确定煤层和矿井突面危险性，作为设计和建设的依据；
3. 开展石井瓦斯涌出量和瓦斯突面预测，使防治瓦斯措施更有针对性，并保证安全生产；
4. 随着科学技术和生产的发展，将有可能把瓦斯作为一种资源来考虑。

### §3. 瓦斯地质在我国形成和发展

瓦斯地质这门边缘学科并非偶然出现的，也并非少数人凭空想出来的，而是在煤矿生产实践中发展起来的。

五十年代抚顺煤矿安全研究所就进行了勘探与掘进中取瓦斯样手段的研究，并将密集网在勘探工程推广，使勘探工程获得瓦斯资料成为可能。随后在抚顺等矿区编制了瓦斯涌出量预测图，指出了瓦斯变化规律。

60年代初期抚顺所在丰丰煤矿开展了瓦斯赋存与地质因素关系的研究，指出了瓦斯储存与地质构造有密切关系。

64年焦作矿区在煤炭部的支持下，在焦作矿开展了瓦斯涌出量与地质关系的研究，用三要素法的方法收集和分析资料，提出了在地质带瓦斯涌出呈驼峰现象的规律，并开展了瓦斯涌出量预测。

初显锋芒的瓦斯地质工作，在十年动乱中被中断了。

广泛开展瓦斯地质工作是在70年代后期。74年四川矿院与南桐矿务局开始将地质力学应用到瓦斯突面分布的分析上。随即四川省天府、南桐、华莹山中段、贵州六枝以及焦作矿院等单位进一步应用地质力学的观点对突面分布作了分析。

78年在煤炭部的支持下，由焦作矿院和焦作矿务局等

备 在焦作召开了我国煤炭历史上第一次瓦斯地质会议。会议的有关专题总结和论文反映了我国瓦斯地质研究的现状，可说是瓦斯地质的一个阶段性总结。

通过广泛的研究，研究者们一致认为：

① 瓦斯分布和瓦斯突出分布是不均衡的；

② 这种分布不均衡与地质因素有密切联系。

也就进一步用大量的实际材料说明开展瓦斯地质工作是完全必要的，目前正在我国已开始形成一支教学、科研、生产相结合，专职与兼职相结合的群众性研究队伍，并取得了一些对生产有指导意义的成果。

“瓦斯地质”这个边缘学科已在我国逐步形成和发展，随着煤矿生产的发展，它将会逐步完善，它的前景也会逐步为人们所认识。

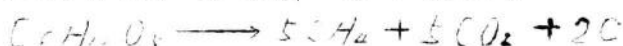
## 第二章 影响瓦斯容易分布的地质因素

### § 1. 瓦斯地质的成因：

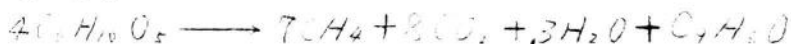
凡是植物遗体经过复杂的生物化学和物理化学作用转变而来。煤层中瓦斯的主要成份（甲烷、重烃、二氧化碳、氢等）是这个过程伴生的产物。

成煤作用可分为泥炭化作用和煤化作用两个阶段。两个阶段都可以形成瓦斯。

在成煤的第一个阶段——泥炭化阶段，植物遗体转化为泥炭，是微生物参与下发生的非常复杂的生物化学过程。植物分解便可以产生瓦斯，如下式所示：



纤维素



(丁香油)

这阶段生成的气体，由于离地表近多扩散到大气中，所以在煤层中保存的较少。

成煤的第二阶段——煤化作用阶段，发生在泥炭物质被无机物质的沉积物复盖之后。由于温度和压力作用持续的长时间，泥炭转变为褐煤、褐煤再过渡到各种烟煤和无烟煤。引起了煤发生一系列的物理—化学变化，含碳量增加，挥发分、水分、氢、氧等含量降低。在这一过程形成的气态产物是以甲烷为主的气态烃。有火成岩侵入煤层产生接触变质时，亦可生成如煤干馏时所生成的同样的气体，重烃氮化合物、氢及沼气。

这阶段形成的气体量大，但由于埋藏在地下深处，不易扩散，因此目前煤层中含有的沼气，绝大部分是这阶段形成的。

在个别煤层中也有一部分  $\text{CH}_4$  来自于油气田。如四川中梁山 12 号煤层中的瓦斯与底板石灰岩溶洞中的天然气相近。陕西铜川焦坪煤矿井中的  $\text{CH}_4$  则与顶底板砂岩含油层有关。最近有人提出煤化作用能形成大量天然气，并应用这一理论指导天然气的勘探工作，取得了显著效果，即找到石油、天然气共生的煤层。

据苏联报导，生成一吨褐煤产生 68 米<sup>3</sup> 瓦斯，生成一吨肥煤产生 330 米<sup>3</sup> 瓦斯。当煤化作用进入无烟煤时，瓦斯总体积超过 400 米<sup>3</sup>。而目前煤层中保存的  $\text{CH}_4$  一般都在 10—50  $\text{M}^3$  以下，保留的多少取决于煤产地的地质历史。

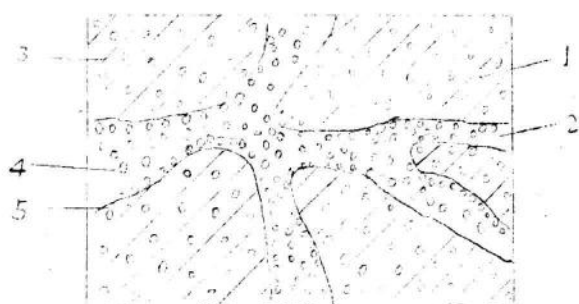
## §2 瓦斯在煤层中的

### 赋存状态：



瓦斯在煤层或者层中有两种存在状态(图1)

1. 游离状态(自由状态)瓦斯: 瓦斯以自由的气体状态存在于煤体、围岩的孔隙、裂隙或空洞中。瓦斯分子在煤体孔隙内又以自由运动。游离瓦斯存在量的大小, 既决定于煤层和围岩内的自由空间, 即孔隙度, 同时也决定于外界的温度和压力。



瓦斯在煤体中存在状况

- 1 —— 煤体; 2 —— 孔隙; 3 —— 吸收瓦斯  
4 —— 游离瓦斯; 5 —— 吸附瓦斯

图1. 煤层中瓦斯存在状态示意图

煤的孔隙率变化很大, 一般在3~20%, 和煤的变质程度有一定的关系, 大致随着变质程度增高有着从大到小, 而后变大的趋势。

煤的孔隙直径变化也很大, 从只有几埃的微孔到肉眼可见的裂隙, 依孔径大小区分大孔( $>1000\text{Å}$ )、过渡孔( $10\sim 1000\text{Å}$ )和微孔( $10\sim 15\text{Å}$ )。大孔是煤层中瓦斯运动的通道, 游离瓦斯充满在孔隙空间。

2. 吸附状态瓦斯: 这种状态又可分为两种:

(1) 吸附瓦斯: 瓦斯被吸附在煤体或者体孔隙的表面, 形成一层瓦斯薄膜。薄膜的形成是由于气体分子与固体颗粒之间存在着很大的分子引力。吸附量的大小, 取决于煤对瓦斯的吸附能力, 而吸附能力又取决于煤的孔隙度, 变质程度

以及外界的温度和压力

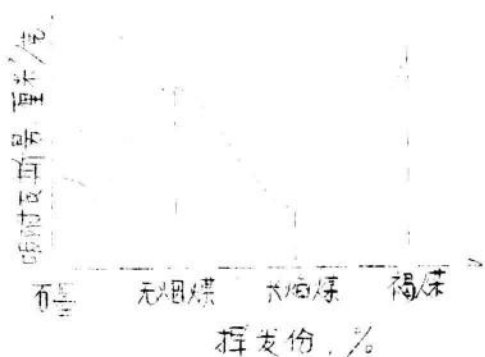


图2. 不同煤质对瓦斯的吸附能力的示意图

煤中大部分瓦斯是以吸附状态存在于微孔之中，所以，微孔是贮存瓦斯的“仓库”。微孔具有很大的内表面积，1克煤的内表面积可达 $150 \sim 200$ 米<sup>2</sup>，微孔表面积超过大孔的200倍。

(2) 吸收状态瓦斯：气体分子的一部分被吸附在煤的内表面上，同时也有一部分气体分子进入煤体裂隙结构内，与煤分子紧密地结合成固溶体，称为吸收瓦斯。

解吸现象——瓦斯在煤体中存在的两种状态不是固定不变的，当外界压力降低或温度升高时，吸附瓦斯可以变为游离瓦斯，这种现象称为瓦斯的解吸现象。它是一种热反应，瓦斯解吸是吸热过程，而瓦斯吸附则是放热过程。二者方向相反，是可逆现象。

### §3. 瓦斯的运移及瓦斯的分带

正如前面所述，设计杯煤变质最终阶段生成的甲烷易的

为  $200 \sim 400$  米/吨，而经过长期的自然排放，目前保存的只是生成瓦斯易的  $-P$  分。

瓦斯排放的途径主要是：(1) 运移到围岩中，(2) 溶解于地下水，(3) 排放到大气中。

瓦斯运移既可以沿煤层层理，也可以通过具有透气的煤层顶底板，还可以通过岩层裂隙和断层。因此瓦斯的运移、排放和保存是受地质条件制约的。

对许多矿井不同深度瓦斯成分的分析，矿井瓦斯具有分带现象。据蔡金对顿巴斯煤田的研究，将煤层中瓦斯分布状况由浅到深划分为以下三个带。

1. 二氧化碳——氮气体带： $CO_2 > 20\%$ 。
2. 氮气体带： $N_2 > 80\%$ ， $CO_2 < 10 \sim 20\%$ 。
3. 氮气——沼气体带： $N_2 < 80\%$ ， $CH_4 < 80\%$ 。
4. 沼气体带： $CH_4 > 80\%$ 。

前三个带统称为风化带。在这个带内煤层中变质生成的瓦斯产生了向地表的迁移运动。

风化带的下  $P$  界限按下列原则确定：

- (1) 在煤层中所含瓦斯中沼气成分  $> 80\%$ ；
- (2) 煤层中瓦斯压力  $1 \sim 1.5 \text{ kg/cm}^2$ ；
- (3) 在同样的自然条件下（水分、温度等）与沼气压力为  $1 \sim 1.5 \text{ kg/cm}^2$  相当的瓦斯含量；
- (4) 矿井相对瓦斯涌出量  $< 2$  米<sup>3</sup>/吨煤。

在我国各煤田瓦斯风化带的深度差异很大，开滦各庄在  $480$  米，郑南红卫、马田、立新等矿不到  $100$  米。一般为  $200 \sim 300$  米。影响风化带的深度的因素在下节中将谈到。

## 6.4 影响瓦斯含量的地质因素

形成瓦斯易与难采瓦斯易差别很大，不同的煤田、同一

油田内不同的井田、同一井田内不同区块其瓦斯含量有很大的差异。亦即瓦斯分布是不均衡的，为什么会有这些差异，为什么分布不均衡？影响的主要因素是什么？据资料分析主要是受下列因素影响：

### 1. 孔隙作用的影响

在本章第二节已提到瓦斯大多存在微孔隙中或吸附在微孔隙的表面，因此微孔隙的多少对瓦斯含量有着决定性的影响。

在成煤初期煤的结构疏松，孔隙率大，瓦斯分子能渗入煤体内，因此褐煤具有很大的吸附瓦斯能力。但褐煤在自然条件下，本身尚未生成大量瓦斯，生成的瓦斯也不易保存，所以它虽然具有很大的吸附能力，缺乏表泥，所含瓦斯量是很小的。在煤的变质过程中，在地压的作用下，孔隙率减少，煤质渐趋致密。在长焰煤中，其孔隙和表面积都比较少，所以吸附瓦斯的能力大大降低，最大的吸附瓦斯量在20~30米<sup>3</sup>/吨左右。随着煤的进一步变质，在高温高压作用下，煤体内产生许多微孔隙，使表面积到无烟煤时达最大，因此无烟煤的吸附瓦斯能力最强，可达50~60米<sup>3</sup>/吨。但在强大地压的进一步作用下，微孔隙收缩减少，到石墨变为零，使吸附能力消失。

因此，自长焰煤至无烟煤的瓦斯含量是逐步升高的趋势，而到高变质的无烟煤和石墨则显著下降瓦斯含量很少。

### 2. 围岩的透气性：

围岩是指煤层顶底板岩石，瓦斯在煤层中是具有压力的气体存在着的，在漫长的地质历史中是不断的运移和排放。其流动和排放的方式和速度与围岩的透气性，及透气性岩层有密切关系。

一般泥岩、粉砂岩、泥灰岩等是隔气的，而砂岩特别是中粗粒砂岩和砾岩层是透气的，砂岩也不能一般看待，若胶结条件好，裂隙少也可以成为隔气的。对于石灰岩若含水条

件好裂隙溶洞发育则是好透气层。

根据岩层的透气性能不同，可以将各种岩层划分为隔气层和透气层；在多气层气系的矿井，可将隔气层分成气组的隔气层和气层的隔气层。

在我国中生代气系一般比中、新生代气系隔气条件好，中生代巨相含气建造其砂岩比重较大，河床相沉积较多，因而透气条件较好，这也就是古生代气系比中生代气系瓦斯含量大的主要原因。

从大区域来看华南瓦斯大，西北瓦斯小，主要是气系的透气性的差别，西北主要是中生代气系。

各个气田和矿区都有本身不同的围岩条件，在中新生代气田也有隔气条件好的。如抚顺气田气系时代为老第三纪，在上石炭统组中含有数十至一百米以上的厚煤层，煤层顶板为50~100米的褐色、暗褐色致密油页岩，再上为300~600米的钙质页岩、页岩和浅灰色灰岩互层，底板为碳酸盐化的玄武岩、鲕状菱铁矿和灰色粘土岩，上下皆有较厚的隔气层，不透气，尽管气的氧化程度不高，为气灶长焰灶，由于封闭条件好，瓦斯只能沿倾角为4°的煤层向上，从露头缓慢逸散，因此瓦斯大，目前日采一吨气排至瓦斯21.2M<sup>3</sup>。

在古生代气系中，当气系受到古河床冲刷，河床沉积成为气层顶板，也是良好的透气条件，如湖南白沙矿区龙家山井，牛马司矿区铁箕山井，皆为上二叠龙潭气系，但遭到白垩纪至老第三纪河床相的红层冲刷，该井瓦斯比湘都井田瓦斯就小。

### 3. 地质构造

对于气层顶板极岩石透气性小的气田或矿井，气层中的瓦斯含量很大程度取决于地质构造。

地质构造中首先是断层的影响，有的断层有利于瓦斯排放，有的则不利于瓦斯排放，前者为开放性断层，后者为封闭性断层；断层的封闭性或者开放性决定下列条件：

(1) 断层的性质：一般压性断层或压扭性断层封闭条件好。

张性断层开放条件较好；

(1) 断层与地壳或冲积层的联通情况，通地壳或与未经胶结的冲积层相通则为开放性的；

(2) 断层将煤层断开后，煤层与另一盘接触的岩层性质，若对盘为透水性好的岩层，则为开放性断层；

(3) 断层的特征，断层带为泥质岩石充填并且没有裂隙则封闭条件好；若为断层角砾组成，裂隙发育则透气条件好，为封闭性或半封闭性断层。

褶曲类型不同，对瓦斯分布也有明显影响。一般向斜盆地有利于瓦斯的储存，背斜构造则不利于瓦斯的储存。复向斜褶皱褶皱也都是对储存瓦斯有利的构造。

煤层倾角陡比倾角小的更有利于排放，在其他条件相同的条件下，缓倾斜煤层比急倾斜煤层瓦斯大。

#### 4. 地下水的活动：

在地下水活动强烈的地区，瓦斯含量小，地下水活动弱的地区，瓦斯含量高。这种现象在湖南、四川都有十分明显的实例。

地下水对瓦斯含量的影响主要表现在两个方面：(1) 地下水的流动有助于瓦斯的排放，地下水可以溶解瓦斯，瓦斯可随地下水流走，(2) 水吸附在煤或裂隙壁的表面，减弱了煤对瓦斯的吸附能力，水充填了煤的孔隙，排挤了自由状态的瓦斯。这两个方面的原因，因而煤层含水能降低瓦斯含量。

#### 5. 煤层埋藏深度：

前面已介绍了瓦斯的分带，随着深度增加瓦斯含量也增大。在不受地表大气影响的深度，瓦斯含量、涌出量反瓦斯压力与深度增加有一定的比例关系，可用瓦斯梯度来表示。瓦斯梯度——矿井相对涌出量增加 1 (米<sup>3</sup>/吨) 时深度增加的米数。

瓦斯压力梯度——同一矿井瓦斯压力增加一个大气压的垂直距离。在深 1 米的瓦斯压力增加数为瓦斯压力增长率，瓦斯梯度可通过下式求得：

$$G = \frac{H_2 - H_1}{C_2 - C_1} \quad (\text{米}^3/\text{吨})$$

式中  $G$  —— 瓦斯梯度 米<sup>3</sup>/米<sup>3</sup>/吨

$H_1, H_2$  —— 风化带以下两次测定深度,

$C_1, C_2$  —— 对应于  $H_1, H_2$  的相对瓦斯涌出量  
(米<sup>3</sup>/吨)

在矿区一定范围内, 瓦斯梯度是比较稳定的, 可作为予测瓦斯涌出量的重要指标。

我国一些矿井瓦斯梯度值如下表:

矿 井	风化带下限(米)	瓦斯梯度
开滦赵各庄矿	480	29
焦作焦西矿	90	15
抚顺龙凤矿	200	10
辽源西安矿	131	8.2
阳泉回石矿七尺灶	50	27

除上述诸因素外, 煤层厚度变化, 大灰岩侵入等对瓦斯涌出量也有直接影响。只是各矿区影响程度不同罢了。

## 第三章 影响煤和瓦斯突 出的地质因素

瓦斯突出是指在采掘过程中，煤和瓦斯的突然喷出。这种喷出是在短时间内（几分钟甚至几秒钟）产生强大的冲击力，破坏工作面岩壁，从煤层深处排出大量煤和瓦斯，并伴有强烈的声响。

瓦斯突出（以下简称突出）对煤矿安全生产是一种严重的威胁。据不完全统计到1979年止我国有18个省（区）发生过突出。突出矿井有近200对，总共突出近7000次，十吨以上突出40次。突出最重的是湖南、四川、贵州、江西、辽宁等省。由于突出造成了许多事故，严重影响煤矿建设和生产的发展。

对瓦斯突出的研究主要内容有三个方向：瓦斯突出机理、突出于预测和突出防治措施。从地质角度进行研究主要是研究突出发生与地质的关系，为于预测和防治提供依据。

瓦斯突出机理综合假说认为瓦斯突出是由（1）地压（地层静压力、地质构造应力和矿山压力）、（2）瓦斯压力、（3）煤的机械物理性质等因素，综合影响的结果。这三个方面都涉及到地质条件。下面分别予以简要介绍。

### 1. 地压：

（1）地层静压力：地层静压力是随着深度增加而增加，在具有突出的矿井，地层静压力越大，突出的危险程度增加。

由于瓦斯突出是各种影响综合影响的结果，所以始突深度（发生突出的最小深度）各个矿区相差很大。在我国有的矿井始突深度不到100米，而有的矿井开始深度已达200米以上还未发生突出。因此，对突出深度影响的分析必须在其他条件相同的情况下进行比较。也就是说突出危险程度随深度增加而加大，是同一矿井或相同地质条件进行比较而言。

（2）地质构造应力（或称残余应力）：国内外资料都一致认为：瓦斯突出主要集中在某些地质构造带内，突出发生的位置也多与某些小型地质构造有关。对这一事实如何进行



解释？因此人们企图用地质构造应力的存在来说明，认为突  
出危险带存在有地应力或地应力的集中。有的认为是残余应  
力的存在，也有的认为是新构造应力，也有认为残余应力或  
新构造应力并不是主要的，而是构造地应力破坏了煤体，使  
煤层形成了易于突出的破坏结构。

不论那一种提法都有一定的事实依据，要更有说服力的  
来说明还需要作大量的工作。我们认为地质构造的作用主要  
表现在三个方面：(1)地质构造应力破坏了煤体，形成有利于  
突出的赋存和突出的煤层破坏结构；(2)地质构造带更容易  
造成采区矿应力的集中；(3)地质构造造成瓦斯分布不均匀。

地应力集中带主要表现在(1)褶皱断裂发育地带；(2)  
由后期改造形成的显著的煤层厚度变化(有的表现为张裂的  
层间滑动或层间不协调褶皱)；(3)由后期改造引起的煤层变  
形的裂隙。即形成了构造煤。这三者的迭加或表现为一种情  
况都是地质历史上的地应力集中的表现。

我们所说的地应力集中带，主要是从地质历史上的构造  
应力场的分布分析，对南方多数突出矿井来看，现今构造  
应力场具有一定的继承性。

据地质力学分析，山字型构造前弧弧顶、反射弧，有柱  
中段、旋转构造的收敛端、褶曲轴 $\pi$ 、褶曲转折处、倾伏褶  
曲的倾伏端、断裂交叉处、断裂转折处、断裂末梢，以及拼  
造形迹、构造体系的复合 $\pi$ 位都是构造应力集中的 $\pi$ 位。因  
此煤和瓦斯突出集中带和突出带的位置，往往与上述构造  
形式和构造形迹有关。

(3) 矿山压力 在煤体内开凿巷道以后，原来岩体受力  
平衡状态遭到了破坏，巷道周围的岩石受力情况要发生变  
化。由于力的不平衡，会使巷道周围产生变形、破坏以至冒落。  
这种来自巷道周围岩体的作用力，称为矿山压力。由于矿  
山压力的作用，使这些地应力增加，其数值可为原有应力  
的2—3倍，即应力集中系数等于2—3，在巷道的四角其