



# 瓦斯地质学

河南理工大学  
资源环境学院地质工程系

# 第四章 控制煤与瓦斯突出的地质条件

## 4 控制煤与瓦斯突出的地质条件

- ❖ 煤与瓦斯突出分区分带受地质条件控制(焦作工学院)。
- ❖ 突出面积占整个煤层10%左右，苏联顿巴斯突出区域占整个煤层5-7%。
- ❖ 瓦斯形成和保存是突出的物质基础，突出地质因素是发生突出的必要条件。

# 4 控制煤与瓦斯突出的地质条件

## □ 4.1 地质构造

大量实际资料表明，煤与瓦斯突出多分布在地质构造破坏带，地质构造是控制煤与瓦斯突出的主要地质因素。有些突出点，虽然其附近地质条件无明显异常，但却处于某些封闭型构造圈闭的范围内，或受某些特殊的构造边界所控制。

保加利亚有90%的突出发生在构造破坏带，在苏联顿巴斯煤田，缓倾斜煤层有80%的突出、急倾斜煤层有50%的突出集中发生在地质破坏带

四川南桐矿区(1955~1972年)在有资料记载的464次突出中，有436次(占94%)发生在构造带；红卫煤矿(1954~1976年)225次突出中有190多次(占85%)发生在煤包处。

## 4 控制煤与瓦斯突出的地质条件

北票矿区、英岗岭矿区85%发生在构造破坏带

地质类型	北票局 (1951—1977)年		英岗岭煤矿 (1967—1978)年	
	次	占总次数(%)	次	占总次数(%)
断层附近	391	35.1	21	20.6
小褶曲	21	1.9	2	2.0
煤层倾向、走向变化	61	5.5	7	6.8
煤层厚度变化	206	18.5	30	29.5
煤包			42	41.1
岩浆侵入	265	23.8		
资料不详或未发现	169	15.2		
合 计	1113	100	102	100

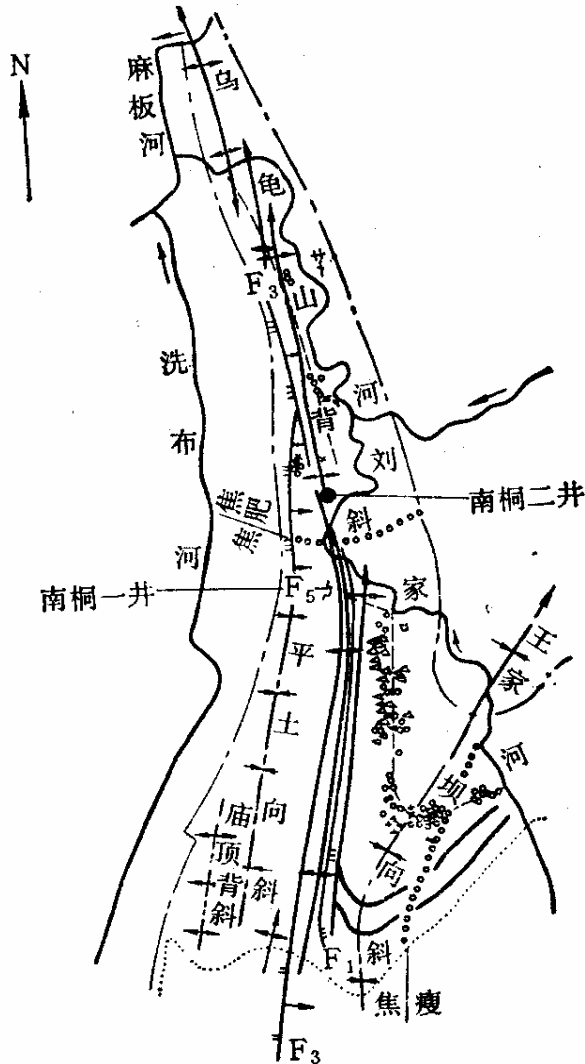
## 4 控制煤与瓦斯突出的地质条件

### (1) 封闭的向斜轴附近

向斜是由水平侧压力作用形成的，在其中性面的下部产生张应力，在中性面上部产生压应力。在轴部地带，上面受到强大的压应力作用，而下面受到深部地层的阻力，是地应力较高的地带。因此，封闭向斜的轴部地带往往是突出点分布密集的区域。

## 4 控制煤与瓦斯突出的地质条件

南桐煤矿突出点分布示意图

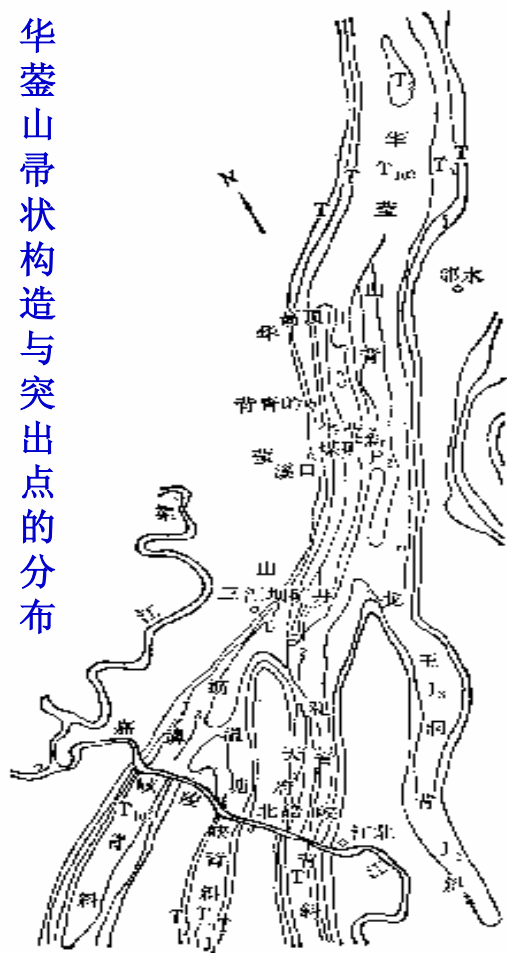


南桐矿区的八面山向斜(包括次一级的王家坝向斜、鸦雀岩倾伏向斜), 处于川黔南北构造带与新华夏至华夏式构造(龙骨溪大背斜)的复合处, 承受了强烈的区域构造应力。并且八面山向斜、王家坝向斜均有较宽缓的轴部地区, 平面上有迂回的余地, 形变量较小, 以致在构造运动中相当一部分地应力以弹性潜能形式储存于岩层内部, 从而成为突出集中的构造。全矿区约有80%的突出发生在八面山向斜、王家坝向斜, 鸦雀岩向斜和甘家坪向斜。南桐煤矿的大部分突出, 包括最大的一次3500吨的突出, 都发生在王家坝向斜的轴部附近。

# 4 控制煤与瓦斯突出的地质条件

## (2) 帚状构造的收敛端

华蓥山帚状构造与突出点的分布



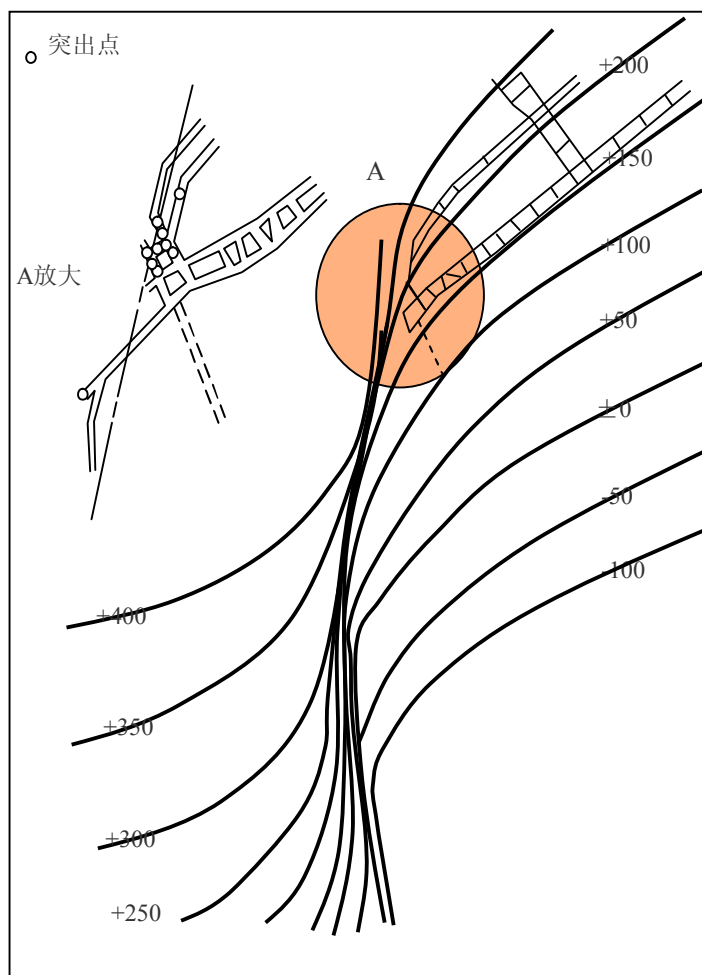
帚状构造的收敛端常常是应力集中的区域，因而有较大的突出危险性。例如，天府矿务局三汇一矿+280m主平硐掘开断层上、下盘的六号煤层时，分别发生了强度**12780t**和**2500t**的特大型突出。在三号煤层掘进巷道时，又发生了强度为数十吨的29次突出。从区域上看，突出是受华蓥山帚状构造控制的。



# 4 控制煤与瓦斯突出的地质条件

## (3) 煤层扭转区

鱼田堡矿东部边界扭转区突出分布示意图

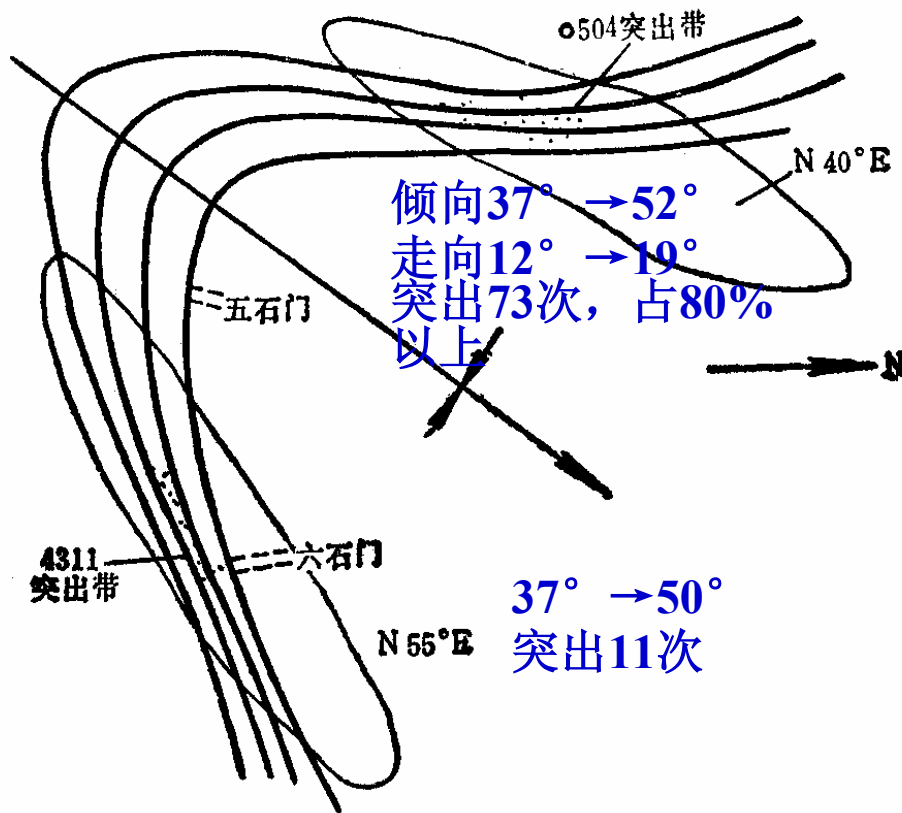


在煤层扭转区，由于受到强大的扭力作用，煤层逐渐发生倒转，构造应力高度集中，故常常是突出严重的地区。

例如，南桐矿区有两个主要扭转区。一个扭转区在鱼田堡煤矿东部边界附近，受强力挤压作用，煤层走向由东西向急剧转为南北向，倾角突然变陡，有 $30^\circ$ 左右突变为近于直立和局部倒转，所以称为扭转带。这个扭转带是该矿三个严重突出带之一，至1989年底已发生的25次突出，均发生在扭转轴西侧50m范围内。

# 4 控制煤与瓦斯突出的地质条件

## (4) 煤层产状变化地带



南桐煤矿一井王家坝向斜西翼转折带  
突出点分布示意图

煤层产状沿走向(倾向)转折处(变陡、缓)是地应力集中区。

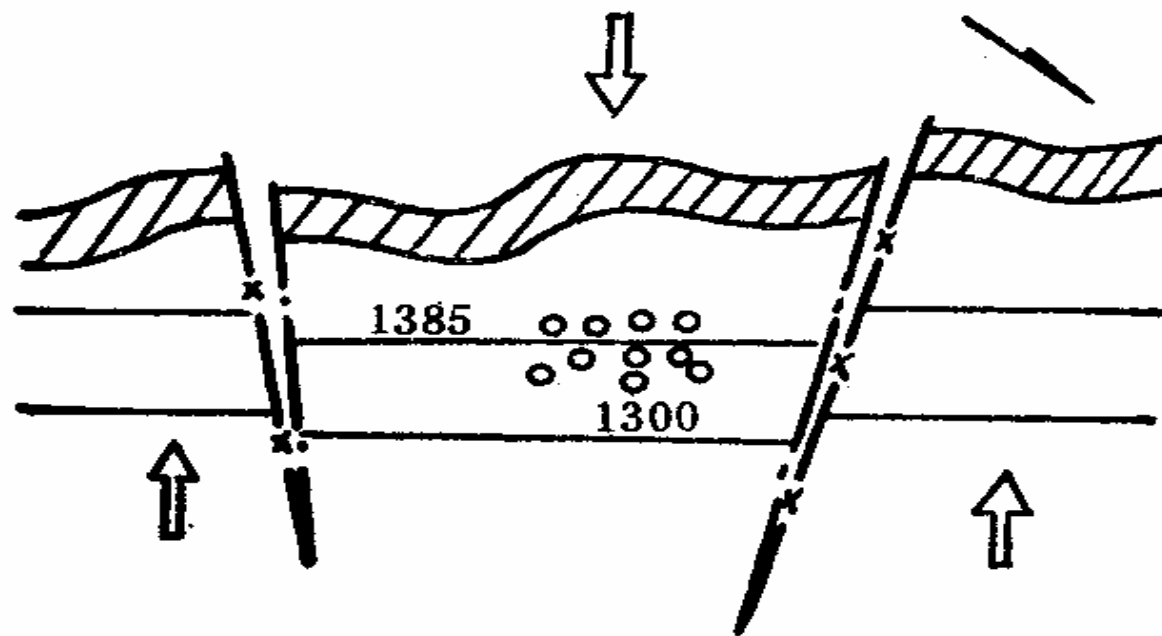
当煤层的倾角由8°变到14°时(曲率半径 $p \approx 600\text{m}$ ), 如果弹性岩石埋藏在距离中性面60米处, 地应力可以超过砂岩极限强度的几倍。

## 4 控制煤与瓦斯突出的地质条件

### (5) 压性、压扭性小断层附近

断裂构造是地应力达到或超过岩石断裂强度时，岩石连续发生破坏的产物，总的表现为地应力的释放。然而，在一些由于受到水平方向挤压而形成的断距较小的压性或压扭性小断层带，应力释放还不充分，仍保持着应力集中，其两侧还处于强烈挤压状态，对瓦斯储存也较为有利。同时，两侧的煤体结构遭到破坏，因而常常是突出集中的地点。

## 4 控制煤与瓦斯突出的地质条件


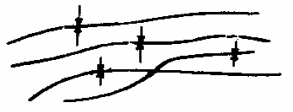
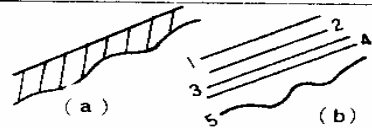

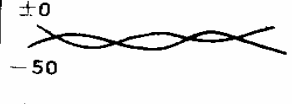

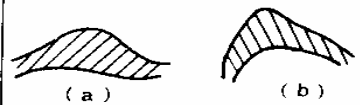


六枝煤矿的东二采区构造与突出点分布示意图

煤层厚度由6-7米增至10米左右，并造成次一级的压扭性小断层发育。该采区突出14次，占全矿七号煤层突出总次数的61%。

# 4 控制煤与瓦斯突出的地质条件

## 煤与瓦斯突出危险地带

突出危险带 地质构造类型	图式	典型矿井
压扭性逆断层带		立新矿蛇形山井 马田矿桐子山艾和山井 梅田矿区一、二、四矿
紧闭褶皱发育地带		萍乡青山矿硬子槽 英岗岭矿建山井、枫林井
不协调褶皱发育地带		江西新华矿一井 湖南里王庙井、坦家冲井、金竹山矿一平硐
封闭断层 之间的地堑式构造		焦作李封矿天官区
受扭曲的直立煤层		萍乡青山矿大槽、硬子槽 湖南两市塘矿区立新矿 咸沙坝井
具有波状 起伏的单斜构造		湖南利民煤矿东翼、 资江煤矿
透镜状煤包或薄煤 带所包围的厚煤带		红卫矿里王庙井、坦家 冲井、新华一井、梅田矿区

# 4 控制煤与瓦斯突出的地质条件

## □ 4.2 煤层厚度变化

### ❖ 突出集中发生在煤层厚度变化地带

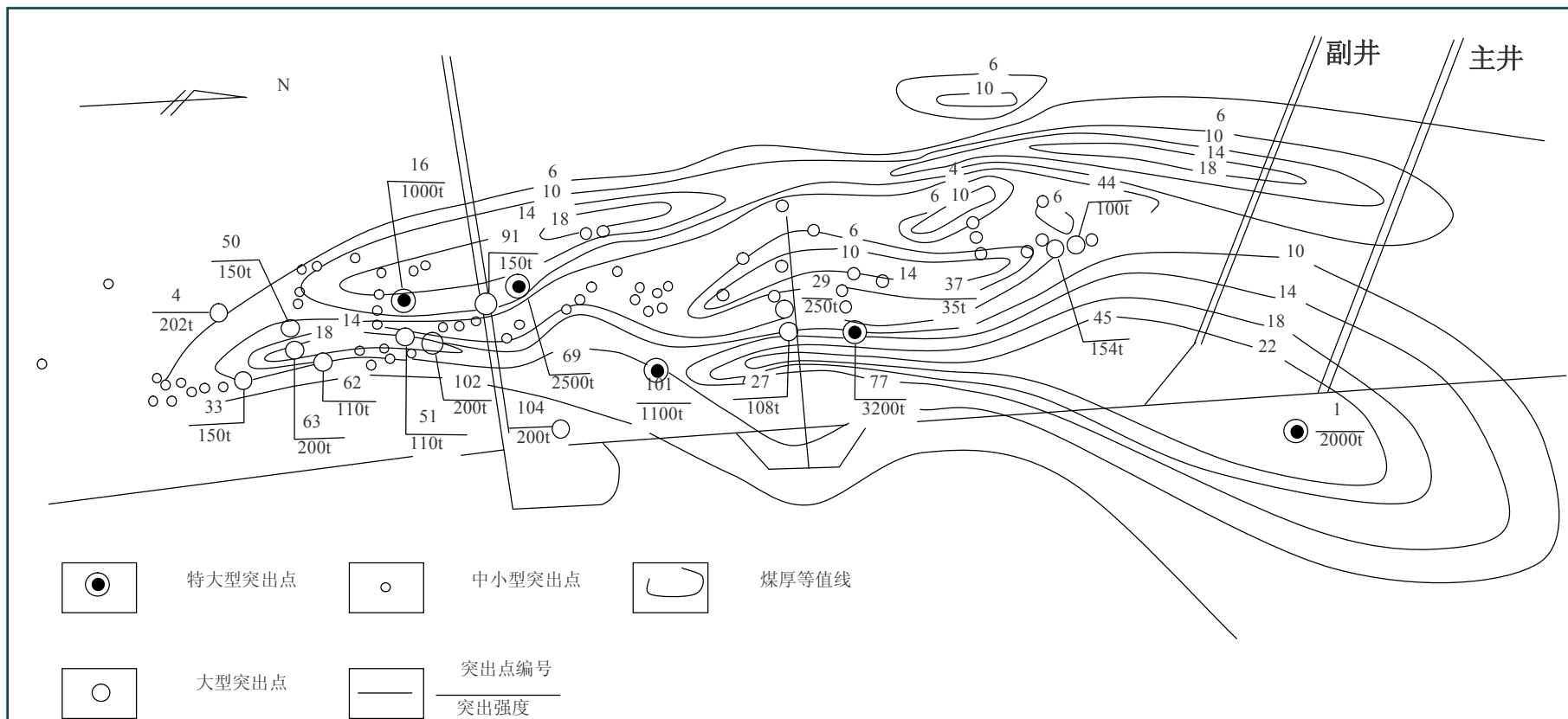
如北票矿务局、英岗岭煤矿突出发生在这类构造地带约占20~30%，湖南白沙矿务局红卫煤矿在此类构造带发生的突出还要多一些。

### ❖ 煤层厚度变化的原因很多

其中有原生的因素

后期构造运动因素

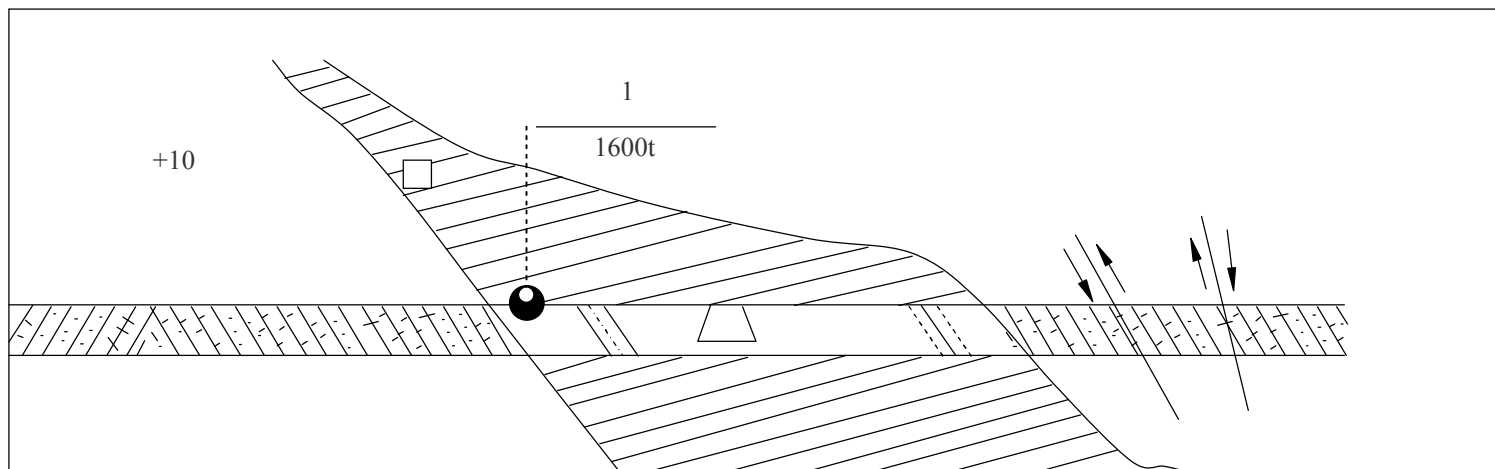
# 4 控制煤与瓦斯突出的地质条件



红卫煤矿坦家冲井116采区瓦斯突出与煤厚变化关系图

85%突出发生在煤包，9次特大型突出集中煤包最厚处

# 4 控制煤与瓦斯突出的地质条件



红卫煤矿里王庙井底车场特大型突出点剖面图



# 4 控制煤与瓦斯突出的地质条件

## □ 4.3 煤体结构

### 1. 几个概念

**原生结构：**煤层原始沉积时的结构。

**构造结构：**受构造应力作用，煤的原生结构遭受破坏后所表现出的结构称为构造结构。

**软煤：**在发生突出的地点及附近的煤层都具有层理紊乱，煤质松软的特点。人们习惯上把这种煤叫做软分层煤，或简称软煤。地质角度分析，软分层煤应属于**构造煤**，它是煤层在构造应力作用下形变的产物。在突出矿井，构造煤的存在是发生突出的一个必要条件。

# 4 控制煤与瓦斯突出的地质条件

## 2. 构造煤类型

按照煤在构造作用下的破碎程度，可将构造煤分为三种类型。

**碎裂煤：**煤被密集的相互交叉的裂隙切割成碎块，这些碎块保持尖棱角状，相互之间没有大的移位，煤仅在一些剪性裂隙表面被磨成细粉。

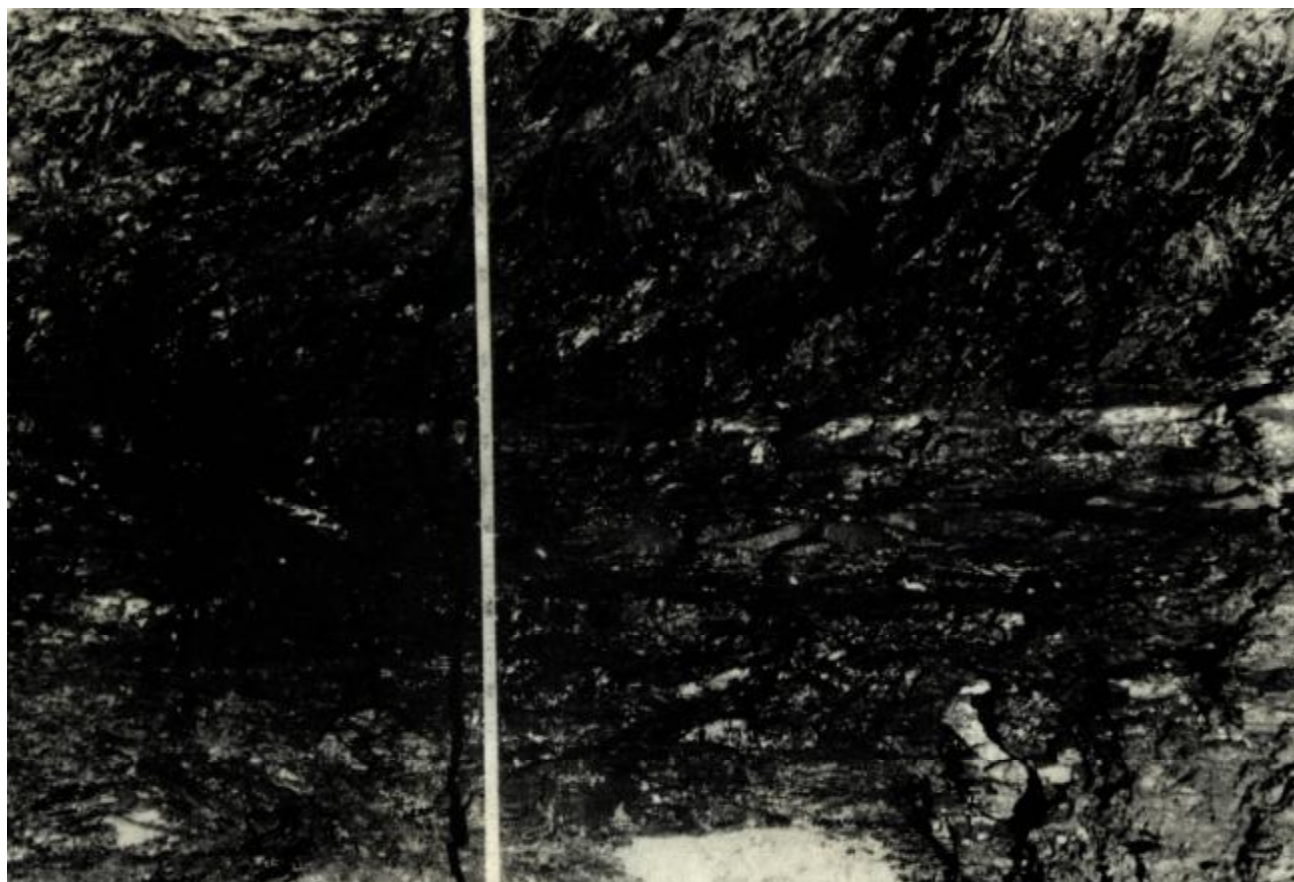
**碎粒煤：**煤已破碎成粒状，其主要粒径在1mm以上。由于运动过程中颗粒间相互摩擦，大部分颗粒被磨去了棱角，并被重新压紧。

**糜棱煤：**煤已破碎成细粒状或细粉状，并被重新压紧，其主要粒径在1mm以下，有时煤粒磨得很细，只相当于岩石的粉砂级。

# 4 控制煤与瓦斯突出的地质条件

## 3. 构造煤特征

宏观特征

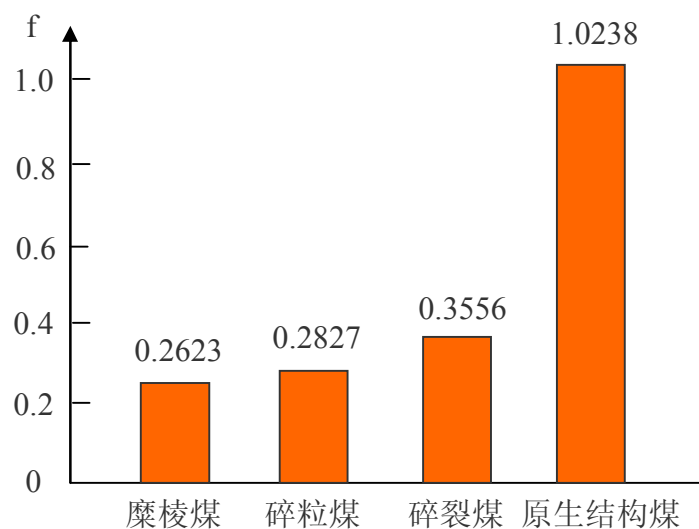


构造煤分层和原生结构煤分层(井下煤壁)

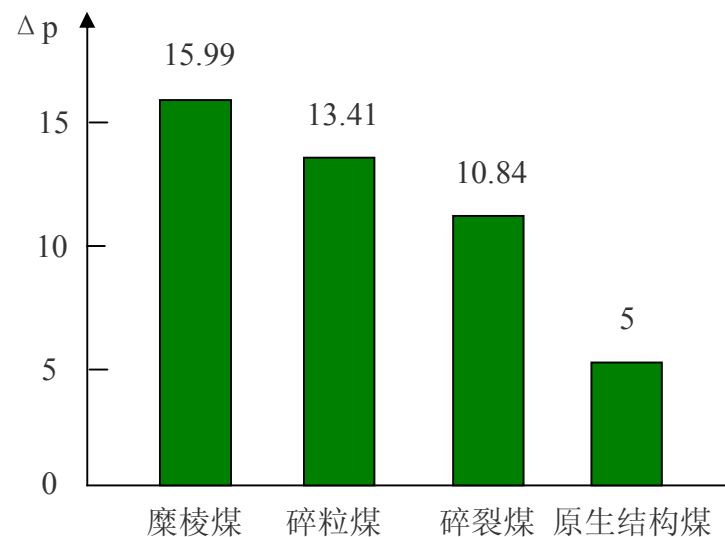
# 4 控制煤与瓦斯突出的地质条件

## 4. 构造煤的瓦斯地质特征

随着煤体破坏程度的增高，煤的坚固性系数( $f$ 值)降低，而瓦斯放散指数( $\Delta p$ )增大。同原生结构煤相比，构造煤具有坚固性系数小、瓦斯放散指数大和瓦斯含量高等特点，这是构造煤易于发生突出的重要原因。



萍乡青山矿各类煤的坚固性系数直方图



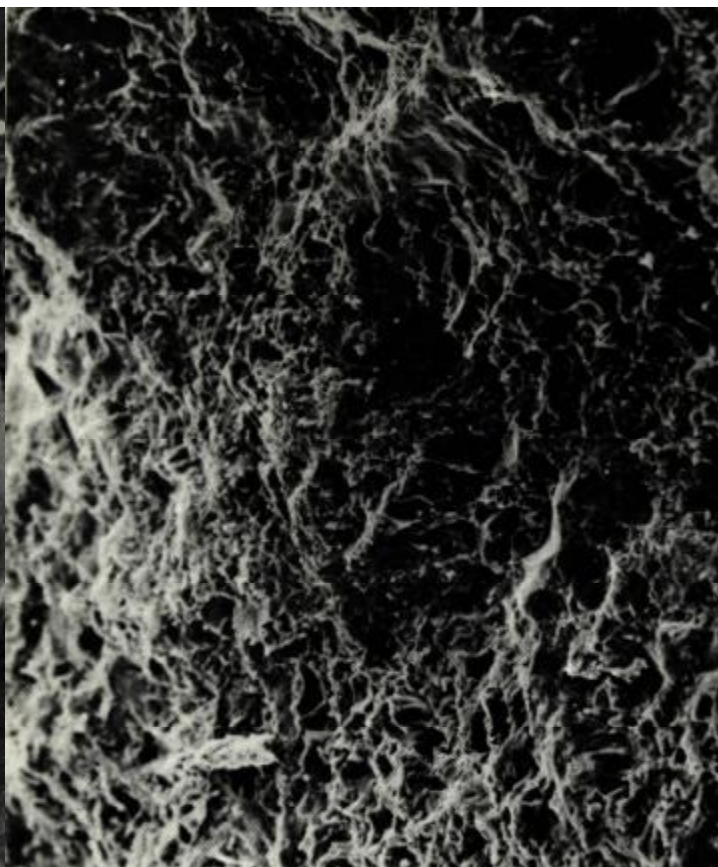
萍乡青山矿各类煤的瓦斯放散指数直方图

## 4 控制煤与瓦斯突出的地质条件

### 微观结构



原生结构煤电镜图像



构造煤的蜂窝状结构

网络结构

蜂窝结构

碎裂结构

岩溶状结构

表面积增大

煤体强度降低



## 4 控制煤与瓦斯突出的地质条件

### 构造煤发育是发生突出的必要条件

- ◆ 构造煤是一种高分散性多孔介质；
- ◆ 煤的孔隙裂隙十分发育，比表面积增大；
- ◆ 煤体强度低， $f$  均在0.5以下，一般0.2-0.3；
- ◆ 高应力条件下，孔隙易闭合形成“煤砖”；
- ◆ 构造挤压、剪切作用形成的压扭性构造使煤层发生强烈韧塑性变形和破坏。

# 4 控制煤与瓦斯突出的地质条件

## □ 4.4 煤结构破坏程度分类

前苏联提出五类划分法、四类法（河南理工大学）  
我国煤与瓦斯防治细则规定五类

**构造变动引起的煤厚变化和煤体结构破坏是受地质构造控制的**，因此上述三个因素可归结为地质构造破坏。煤与瓦斯突出为什么集中发生在构造破坏带呢？大部分研究者认为：地质构造变动引起煤层厚度变化，加深了煤的破坏程度，使煤的机械强度降低、瓦斯放散能力提高，或因处于某一构造部位，使煤层中的瓦斯向地表排放不利等，瓦斯含量增高。另外，在一些构造带，存在着较高的构造应力，增大了突出危险性。

## 煤体结构四类分类法

类型	类型	赋存状态和分层特点	光泽和层理	煤体破碎程度	裂隙、揉皱发程度	手试强度	坚固性系数	瓦斯放散初速度	突出危险程度
I	原生结构煤	层状、似层状，与上下分层整合接触	煤岩类型界限清晰，原生条带状结构明显	呈现较大的保持棱角的块体，块体间无相对位移	内、外生裂隙，均可辨认，未见揉皱镜面	捏不动或成厘米级碎块	>0.8	<10	非突出
II	碎裂煤	层状、似层状、透镜状，与上下分层整合接触	煤岩类型界限清晰，原生条带状结构断续可见	呈现棱角状块体，块体间已有相对位移	煤体被多组互相交切裂隙切割，未见揉皱镜面	可捻搓成厘米、毫米级碎粒	0.8-0.3	10-15	过渡
III	碎粒煤	透镜状、团块状，与上下分层呈构造不整合接触	光泽暗淡，原生结构遭到破坏	煤被搓揉捻碎，主要粒级在1毫米以上	构造镜面发育	易捻搓成毫米级碎粒或煤粉	<0.3	>15	易突出
IV	糜棱煤	透镜状、团块状，与上下分层呈构造不整合接触	光泽暗淡，原生结构遭到破坏	煤被搓揉捻碎得更细小，主要粒级在1毫米以下	构造、揉皱镜面发育	极易捻搓成粉末或粉尘	<0.3	>20	易突出



本章结束!



# 瓦斯地质学

河南理工大学  
资源环境学院地质工程系

# 第五章 瓦斯参数测试方法

# 5 瓦斯参数测试方法

## □ 5.1 有关煤层瓦斯的几个概念

- ❖ 煤层原始瓦斯压力
- ❖ 煤层残存瓦斯压力
- ❖ 煤层原始瓦斯含量
- ❖ 煤层残存瓦斯含量
- ❖ 煤的瓦斯容量
- ❖ 瓦斯浓度
- ❖ 矿井相对、绝对瓦斯涌出量
- ❖ 瓦斯放散初速度
- ❖ 煤的坚固性系数

## 5 瓦斯参数测试方法

### 煤层原始瓦斯压力

当煤层未受采动影响而处于原始赋存状态时，煤中平衡瓦斯压力称之为煤层原始瓦斯压力，其物理单位为MPa（兆帕）。

### 煤层残存瓦斯压力

当煤层受采动影响涌出一部分瓦斯后，此时煤层中残留瓦斯的压力大小称之为煤层残存瓦斯压力，单位为MPa。煤层的残存瓦斯压力总小于原始瓦斯压力。

### 煤层原始瓦斯含量

当煤层未受采动影响而处于原始赋存状态时，单位重量煤中所含有的换算成标准状态下（0℃，0.1MPa）的瓦斯体积称之为煤层原始瓦斯含量，它常用 $\text{m}^3/\text{t}$ 和 $\text{cm}^3/\text{g}$ 作计量单位。

### 煤层残存瓦斯含量

当煤层受采动影响而涌出一部分瓦斯后，单位重量煤中所含有的换算成标准状态下的瓦斯体积称之为煤层残存瓦斯含量。

## 5 瓦斯参数测试方法

### 煤的可解吸瓦斯含量

煤自原始瓦斯含量与0.1 MPa瓦斯压力下的煤层残存瓦斯含量之差称之为煤的可解吸瓦斯含量，其物理单位为 $\text{m}^3/\text{t}$ 或 $\text{cm}^3/\text{g}$ 。煤的可解吸瓦斯含量大致代表单位重量的煤在开采过程中在井下可能涌出的瓦斯量。

### 煤的瓦斯容量

当煤中瓦斯压力无限升高时，单位重量煤所能吸附的换算成标准状态下的瓦斯体积称之为煤的瓦斯容量。瓦斯容量与煤的变质程度有关，从褐煤到无烟煤，随着煤的变质程度的升高，瓦斯容量也随着加大。瓦斯容量实际上是煤对瓦斯的极限吸附量。

## 5 瓦斯参数测试方法

### 瓦斯浓度

单位体积空气中所含有的瓦斯体积的体积百分数称之为瓦斯浓度，常用%作单位，我们常说的瓦斯浓度为1%表示的是井下每 $1\text{m}^3$ 大气中含有 $0.01\text{m}^3$ 的瓦斯，或者说每 $100\text{m}^3$ 的井下空气中含有 $1\text{m}^3$ 的瓦斯。

### 矿井相对瓦斯涌出量

矿井在正常生产条件下每采一吨煤所涌出的瓦斯体积称之为矿井相对瓦斯涌出量，单位是 $\text{m}^3/\text{t}$ 。

### 矿井绝对瓦斯涌出量

矿井在单位时间内涌出瓦斯的体积， $\text{m}^3/\text{min}$ 或 $\text{m}^3/\text{t}$ ；

## 5 瓦斯参数测试方法

### 瓦斯放散初速度( $\Delta p$ )

它是一个假定指标，表示充有瓦斯的煤样放散瓦斯快慢的一个指标，无量纲。

### 煤的坚固性系数( $f$ )

反映煤体破坏程度的一个指标，无量纲。



# 5 瓦斯参数测试方法

## □ 5.2 煤层瓦斯含量测定

### 5.2.1 煤层瓦斯含量测定方法分类

1. 根据应用范围：  
地质勘探钻孔中应用方法  
煤矿井下应用方法
2. 根据方法特点：直接测定法

直接测定法比较简单，直接从煤、岩试样中抽出瓦斯，测定其成份和瓦斯含量。

#### 间接测定方法

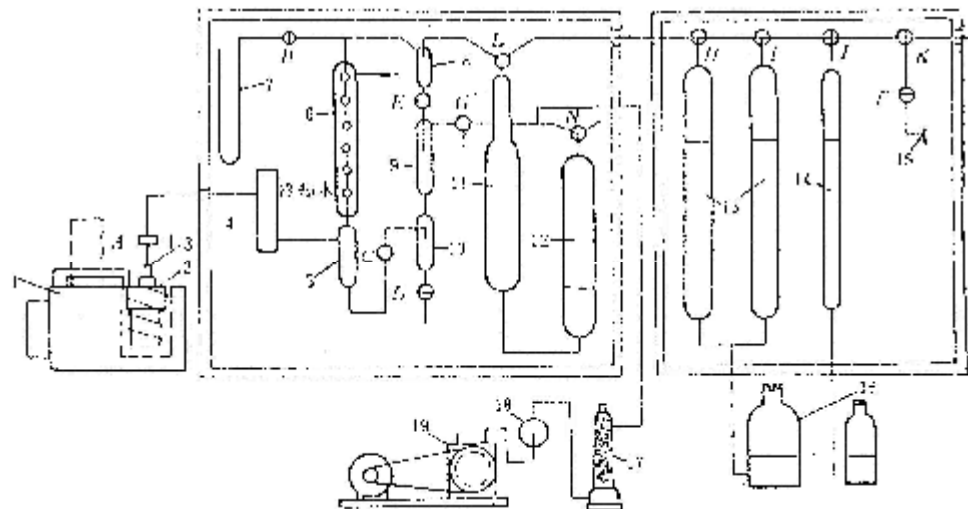
比较复杂，先测定孔隙率、 $a$ 、 $b$ 值，煤的工业分析，再计算瓦斯含量。

# 5 瓦斯参数测试方法

## 5.2.2 煤层瓦斯含量直接测定方法

### 1. 煤的残存瓦斯含量测定方法

- (1) 取样。采取新鲜煤芯或碎煤约200g，装入特制密封容器（真空罐）中加以密封。
- (2) 实验室脱气与气体分析。试样送到实验室后脱气，加热至95度真空抽出气体进行色谱分析。



## 5 瓦斯参数测试方法

- (3) 煤样粉碎。煤样脱气结束后，打开真空罐取出煤样，放进密封球磨罐进行粉碎。要求粉碎后煤样绝大部分（80%以上）的粒度在0.25mm以下。
- (4) 粉碎后脱气与气体分析。将装有已粉碎煤样的密封球磨罐进行加热和真空脱气，方法同步骤（2），直到基本上无气体解吸为止。
- (5) 煤样称重与工业分析。
- (6) 煤中残存瓦斯量计算。根据2个阶段脱气的气体分析结果中的氧含量，扣除混入的空气成份，即换算出了无空气基的煤层气体成分，再根据两次脱气抽出的气体体积和成份、煤样重量和煤质分析结果，就很容易算出单位重量煤（或可燃质）中含有的瓦斯量，即煤的残存瓦斯含量。

# 5 瓦斯参数测试方法

## 2. 地勘期间煤层瓦斯含量测定方法(解吸法)

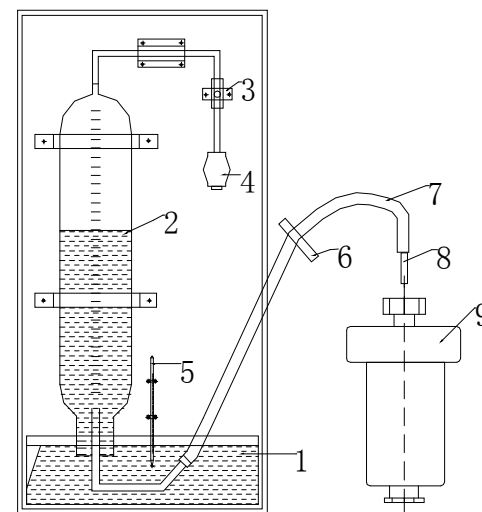
### 解吸法:

解吸法是把钻孔专用仪器采样改为用普通岩芯管在孔底取煤芯，利用密封罐在煤芯提升到孔口时采样。这样做的结果，既减少了钻孔采样的困难，又不影响正常钻进。该法自1973年起在美国得到了广泛的应用，抚顺分院在1978~1981年期间在我国一些煤田进行了工业试验，完善了测定中所用的成套仪器和工具，已使之标准化。

## 5 瓦斯参数测试方法

### 测定步骤:

- (1) 采样。用普通煤芯管采取煤芯，当煤芯升到地表之后，选取煤样约300~400g，立即放进密封罐中密封，在采样过程中，测定提升煤芯和煤样在空气中的暴露时间。
- (2) 瓦斯解吸规律测定。测定进行2h后，把煤样送到试验室进行脱气和气体分析。
- (3) 损失瓦斯量计算。测定进行2h后，把煤样送到试验室进行脱气和气体分析。煤样解吸测定前损失的瓦斯量取决于煤芯在孔内和空气中的暴露时间和煤样瓦斯解吸规律。



1-水箱 2-量管 3-螺旋夹 4-吸气球  
5-温度计 6-弹簧夹 7-胶管 8-穿  
刺针头 9-密封罐

解吸速度测定仪

## 5 瓦斯参数测试方法

试验和理论分析结果表明，煤样在刚开始暴露的一段时间内，累计解吸的瓦斯量与煤样解吸时间的平方根成正比例，即：

$$V_z = k\sqrt{t_0 + t}$$

式中  $V_z$ ——煤样自暴露时起到解吸测定进行时间为 $t$ 时的瓦斯总解吸体积，ml；

$t_0$ ——煤样在解吸测定前的暴露时间，min；

$$t_0 = \frac{1}{2}t_1 + t_2$$

$t_1$ ——提钻时间，据经验煤样在钻孔的暴露时间取为，min；

$t_2$ ——解吸测定前煤样在地面的暴露时间，min；

$t$ ——煤样解吸测定的时间，min；

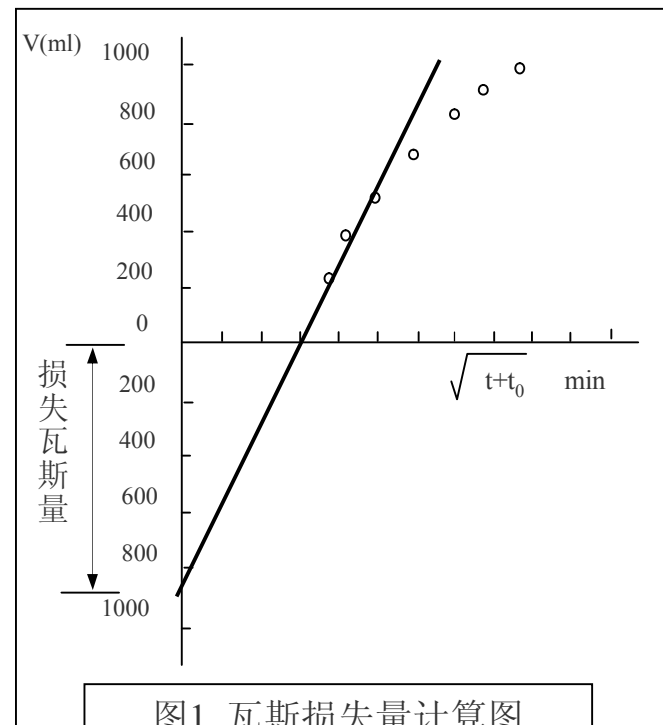
$k$ ——比例常数，。

## 5 瓦斯参数测试方法

解吸测定测出的瓦斯解吸量 $V$ 仅为煤样总解吸量 $V_z$ 的一部分，仅是 $t_0$ 到 $t$ 那部分解吸量，解吸测定前煤样在暴露时间 $t_0$ 时已损失的瓦斯量  $V_z = k\sqrt{t_0}$  由此

$$V = k\sqrt{t_0 + t} - V_2$$

从现场应用该法的来看，损失瓦量量占煤样总瓦斯量的10%~50%。应尽量减少煤样的暴露时间，尽量选取较大粒度的煤样，以减小瓦斯损失量在煤样总瓦斯量中所占的比重。



## 5 瓦斯参数测试方法

(4) 试验室煤样脱气及气体成分分析。经过解吸测定结束后的煤样，在密封状态下应尽快送到试验室进行加热（95℃）真空脱气，脱气完后将煤样粉碎，再进行一次脱气，最后进行气体组分分析。脱气、粉碎和气体分析方法与测残存瓦斯含量时相同。

(5) 瓦斯含量计算。

$$X_0 = \frac{V_1 + V_2 + V_3 + V_4}{G}$$

$X_0$  -----煤样原始瓦斯含量， ml/g；

$V_1$  -----煤样解析测定中累计解析出的瓦斯体积， ml；

$V_2$  -----推算出的瓦斯损失量， ml；

$V_3$  -----煤样粉碎前脱出量， ml；

$V_4$  -----煤样粉碎后脱出量， ml；

$G$  -----煤样重量， g；



## 5 瓦斯参数测试方法

### 3. 井下煤层瓦斯含量测定方法—钻屑解吸法(A)

#### 钻屑解吸法(A):

抚顺分院在1980~1981年期间,研究提出了钻屑解吸法测定煤层瓦斯含量的方法。方法的原理与地勘钻孔所用解吸法相同。与在地勘钻孔中应用相比,该法在井下煤层钻孔应用的明显优点:

一是煤样暴露时间短,一般为3~5min,且易准确进行测定;

二是煤样在钻孔中的解吸条件与在空气中大致相同,无泥浆和泥浆压力的影响。

## 5 瓦斯参数测试方法

### 煤样解吸随时间变化规律

$q = q_1 t^{-k}$  式中  $q$ ---在解析时间为 $t$ 时煤样的解析瓦斯速度, ml/g.min  
 $q_1$ --- $t=1$ min时煤样瓦斯解析速度, ml/g•min;  
 $k$ ---解析速度随时间的衰减系数;

在解析时间为 $t$ 时累计的解析瓦斯量为:  $Q = \int_0^t q_1 t^{-k} dt = \frac{q_1}{1-k} t^{1-k}$

钻孔见煤止煤样测定解吸这段时间 $t_0$ , 损失的瓦斯量为:

$Q_2 = \frac{q_1}{1-k} t_0^{1-k}$  式中  $Q_2$ ---煤样瓦斯损失量, ml/g;  
 $t_0$ ---煤样解吸前的暴露时间, min。

当 $k \geq 1$ 时, 无解, 只适用于 $k < 1$ 的情况。

现场解吸瓦斯量、残存量计算与地勘解吸计算方法相同。

## 5 瓦斯参数测试方法

### 4. 井下煤层瓦斯含量测定方法—钻屑解吸法(B)

中国矿业大学的俞启香教授提出了一种新的钻屑解吸法，简称钻屑解吸法(B)。和钻屑解吸法(A)相比，钻屑解吸法(B)只是对取样时的钻屑损失瓦斯量计算作了改进，改进后的方法适应于所有煤层，无论突出煤还是非突出煤，也无论煤样粒度。

损失量计算公式：
$$Q_2 = -\frac{r_0}{k} [e^{-kt_1} - 1]$$

式中  $r_0$ ——钻屑开始解吸瓦斯时的解吸瓦斯速度；  
 $k$ ——常数；  
 $t_1$ ——煤样从脱离煤体至开始解吸测定所用时间。

## 5 瓦斯参数测试方法

### 5. 井下煤层瓦斯含量测定方法—钻屑解吸法(C)

无论是钻屑解吸法A或B，均要计算取样损失量、残存量这些测定在需要在专门的实验室完成，因此测定周期长。为了实现井下煤层瓦斯含量快速测定，抚顺分院在1993~1995年期间提出了一种新的钻屑解吸法—钻屑解吸法(C)，研制了WP-1型井下煤层瓦斯含量快速测定仪。

计算公式：

$$X = a + bV_1$$

式中 X——煤层瓦斯含量，ml/g；

ab——反映X与V1间性常数，不同煤层值不同；

V<sub>1</sub>——煤样从脱离煤体至开始解吸测定所用时间。

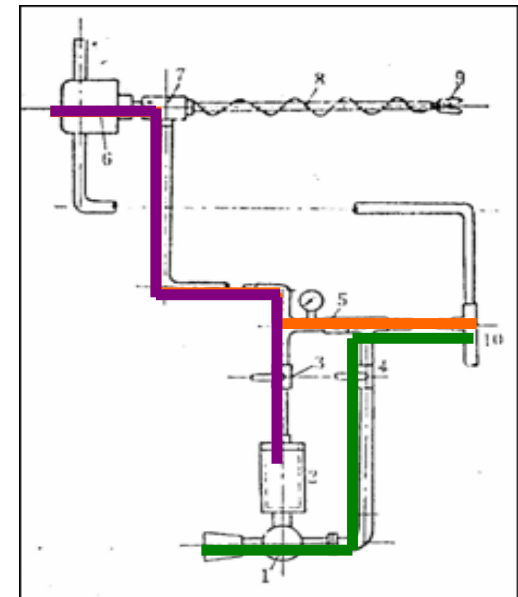
# 5 瓦斯参数测试方法

## 6. 煤层可解吸瓦斯含量测定

原理是根据煤的瓦斯解吸规律来补偿采样过程中损失的瓦斯量。煤的可解吸瓦斯含量等于煤的原始含量与0.1MPa瓦斯压力下煤的残存瓦斯含量之差，它的实际意义大致代表煤在开采过程中在井下可能泄出的瓦斯量。

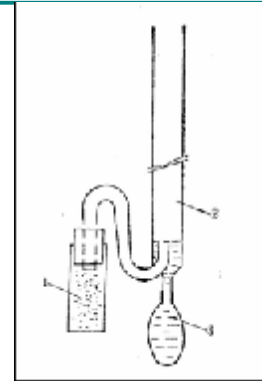
### 测定步骤

- (1) 采样。用手持式压风钻机垂直于新鲜暴露煤壁面打直径约42mm、深12~15m的钻孔，每隔2m取两个煤样，打钻时使用中空螺旋钻，1-2mm粒度，记录取样时间 $t_1$ 。



## 5 瓦斯参数测试方法

(2) 瓦斯解吸量测定。测定经过相同时间 $t_1$ 的瓦斯解吸量 $q_1$



(3) 送样过程中瓦斯解吸量。将煤样从样品管中取出装入容积为0.5L或1L的塑料瓶，同时测定并记下测定地点空气中的瓦斯浓度 $C_0$ ；样品送到试验室后开瓶前再一次测定瓶中的瓦斯浓度 $C$ 。

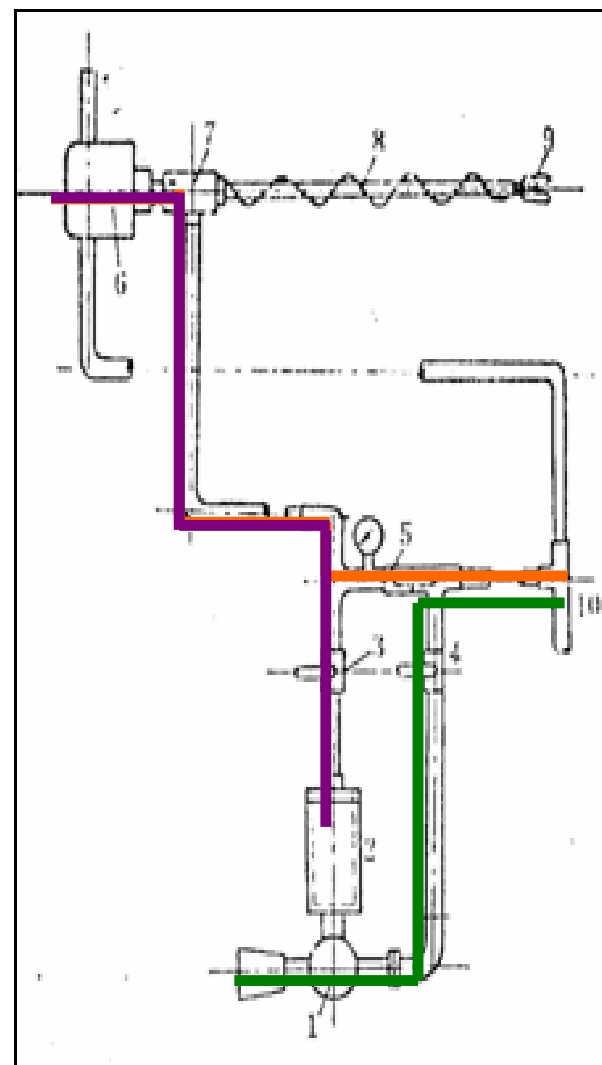
(4) 煤样粉碎过程和粉碎后解吸的瓦斯量。打开煤样瓶称煤样重量，并迅速放入密封粉碎罐中磨20~30min，同时收集粉碎过程中泄出的瓦斯，直至无气泡泄出为止，记录泄出瓦斯体积 $Q_3$ 。

## 5 瓦斯参数测试方法

不采样时，阀门3和4关闭，阀门5打开。

钻进时，压风经接头7和钻杆8的中心孔吹向孔底，将钻屑排出孔外。

采煤样时，关闭阀门5，打开阀门3和4，压风经阀门4和引射器1吹出，在孔底造成负压，钻孔底部钻屑在负压作用下，瞬间经钻杆中心孔、接头7、阀门3进入煤样筒，煤样筒装有筛网，煤屑经筛选将粒度为1~2mm的煤样收集起来。取煤样10g，装入样品管中，同时记录从采样到装入样品管的时间 $t_1$ （一般为1~2min）。



## 5 瓦斯参数测试方法

(5) 可解吸瓦斯量计算。

① 从煤体钻取煤样到煤样装入塑料瓶这段时间煤样所泄出的瓦斯量 $Q_1$ 。它包括煤样暴露时间为 $t_1$ 时的损失瓦斯量和时间从 $t_1$ 到 $2t_1$ 实测的解吸量 $q$ 。

$$Q_1 = k\sqrt{t_1 + t_1} = k\sqrt{2t_1}$$

$$q = k\sqrt{2t_1} - k\sqrt{t_1}$$

$$Q_1 = 3.4q$$

② 煤样在塑料瓶中在运送期间泄出的瓦斯量 $Q_2$

$$Q_2 = \left( \frac{C - C_0}{100} \right) \left( 1 + \frac{C}{100} \right) V$$

$V$ —塑料瓶体积, ml;

$C$ —采样地点井下空气中瓦斯浓度,%;

$C_0$ —塑料瓶中空气中的瓦斯浓度,%;

③ 煤样粉碎过程中和粉碎后释放的瓦斯量 $Q_3$ 直接测定得出

$$X = \left( \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3}{m} \right) \frac{1}{1 - 1.1A_{ad}}$$

$X$ --纯煤的可解吸瓦斯量, ml/g;

$m$ --煤样重量, g;

$A_{ad}$ --煤灰份校正系数, 1.1。



# 5 瓦斯参数测试方法

## □ 5.2.3 煤层瓦斯含量间接测定方法

### 1. 根据瓦斯压力和煤吸附等温曲线确定瓦斯含量

$$X = \frac{abp}{1+bp} \frac{1}{1+0.31M_{ad}} e^{n(t_s-t)} + \frac{10Kp}{k} \quad (\text{可燃质})$$

式中 X——纯煤（煤中可燃质）的瓦斯含量，m<sup>3</sup>/t；  
p——煤层瓦斯压力，MPa；  
a——吸附常数，试验温度下煤的极限吸附量，m<sup>3</sup>/t；  
b——吸附常数，MPa<sup>-1</sup>；  
t<sub>s</sub>——试验室作吸附试验的温度，℃；  
t——井下煤体温度，℃；  
M<sub>ad</sub>——煤中水分含量，%；  
n——系数，按下式确定：  
K——煤的孔隙容积，m<sup>3</sup>/t；  
k——甲烷压缩系数。

$$n = \frac{0.02}{0.993 + 0.07p}$$

## 5 瓦斯参数测试方法

甲烷压缩系数k

压 力 (Mpa)	温 度 (°C)					
	0	10	20	30	40	50
0.1	1.00	1.04	1.08	1.12	1.16	1.20
1.0	0.97	1.02	1.06	1.10	1.14	1.18
2.0	0.95	1.00	1.04	1.08	1.12	1.16
3.0	0.92	0.97	1.02	1.06	1.10	1.14
4.0	0.90	0.95	1.00	1.04	1.08	1.12
5.0	0.87	0.93	0.98	1.02	1.06	1.11
6.0	0.85	0.90	0.95	1.00	1.05	1.10
7.0	0.83	0.88	0.93	0.98	1.04	1.09

## 5 瓦斯参数测试方法

### 原煤瓦斯含量

$$X_0 = X \frac{100 - A_{ad} - M_{ad}}{100}$$

式中  $X_0$ ——原煤瓦斯含量， $\text{m}^3/\text{t}$ ；

$A_{ad}$ ——煤中灰份含量，%；

$M_{ad}$ ——煤中水分含量，%。

# 5 瓦斯参数测试方法

## 2. 含量系数法

中国矿业大学周世宁提出：

$$X = \alpha \sqrt{p}$$

式中 X——煤层瓦斯含量， $\text{m}^3/\text{t}$ ；  
p——煤层瓦斯压力，MPa；  
 $\alpha$  ——煤的瓦斯含量系数， $\text{m}^3 / \text{m}^3 \cdot \text{MPa}^{\frac{1}{2}}$

## 5 瓦斯参数测试方法

### 测定步骤:

(1) 在掘进巷道的新鲜暴露煤面，用煤电钻打眼采煤样，煤样粒度为0.1~0.2mm，重量为60~75g，装入密封罐。

(2) 用井下钻孔自然涌出的瓦斯作为瓦斯源，用特制的高压打气筒，将钻孔涌出的瓦斯打入密封罐内。为了排除气筒和罐内残存的空气，应先用瓦斯清洗气筒和煤样罐数次，然后向煤样正式注入瓦斯。特制打气筒打气最高压力达2.5MPa时，即可满足测定含量系数的要求。

(3) 煤样罐充气达2.0MPa以上时，即关闭罐的阀门，然后送入实验室在简易测定装置上测定调至不同平衡瓦斯压力下煤样所解吸出的瓦斯量。最后按式求出平均的煤的瓦斯含量系数 $\alpha$ 值。

## 5 瓦斯参数测试方法

### 3. 根据煤残存瓦斯量推算煤层瓦斯含量

波兰提出：

在正常作业的掘进工作面，在煤壁暴露30min后，从煤层顶部和底部各取一个煤样，装入密封罐，送入试验室测定煤的残存瓦斯含量。如工作面煤壁暴露时间已超过30min，则采样时应把工作面煤壁清除0.2~0.3m深，再采煤样。

(1) 当实测煤的残存量小于 $3\text{m}^3/\text{t}$ 。  $X_0 = 1.33X_c$

(2) 当实测煤的残存量大于 $3\text{m}^3/\text{t}$ 。  $X_0 = 2.05X_c - 2.17$

$X_0$ —纯煤原始瓦斯含量， $\text{m}^3/\text{t}$ ；

$X_c$ —实测煤的残存瓦斯含量， $\text{m}^3/\text{t}$ 。

# 5 瓦斯参数测试方法

## 5.3 煤层瓦斯压力测定

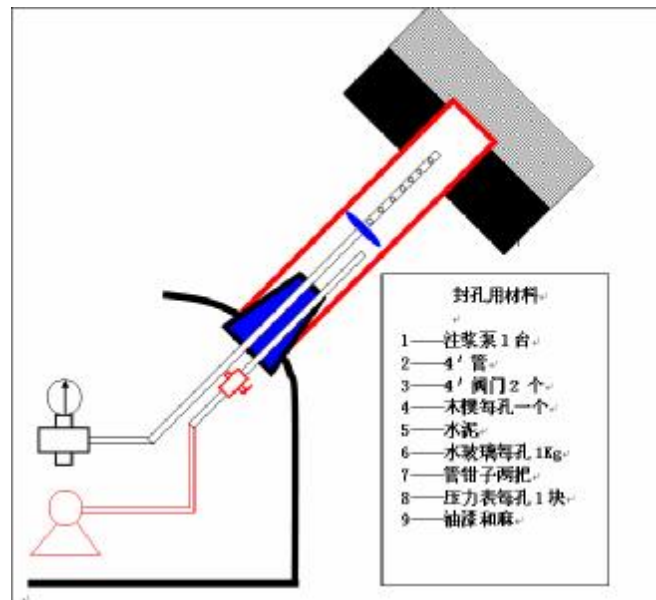
瓦斯压力：煤层中瓦斯所具有的气体压力(游离瓦斯)， $p$ ，单位MPa或 $\text{kgf}/\text{cm}^2$ 。

### 测定方法

#### 1. 直接测定法

被动测压法

主动测压法



上行孔

下行孔

平行孔

# 5 瓦斯参数测试方法

## 几种封孔方法

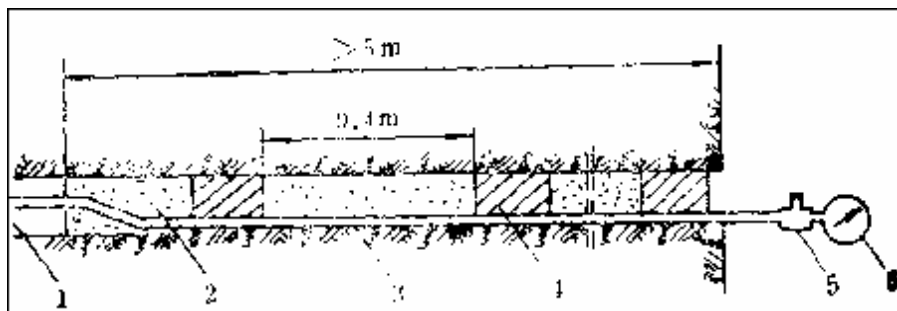


图 4-1 人工填料封孔测压的方法

- 1—测压室；2—封孔材料；3—测压管；4—木楔；  
5—三通接头；6—压力表



图 4-2 简单的胶圈封孔器

- 1—加压手把；2—定位手把；3—内管，4—外管，  
5—胶圈，6—内管挡盘

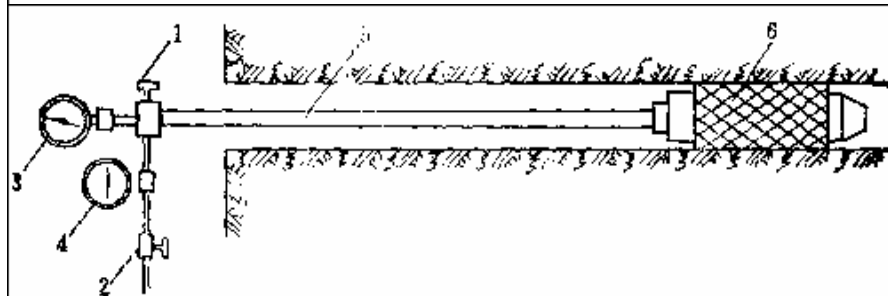


图 4-3 液压胶囊式封孔

- 1—瓦斯阀门；2—油压阀门；3—瓦斯压力表；4—油压压力表；  
5—双层高压胶管；6—液压胶囊

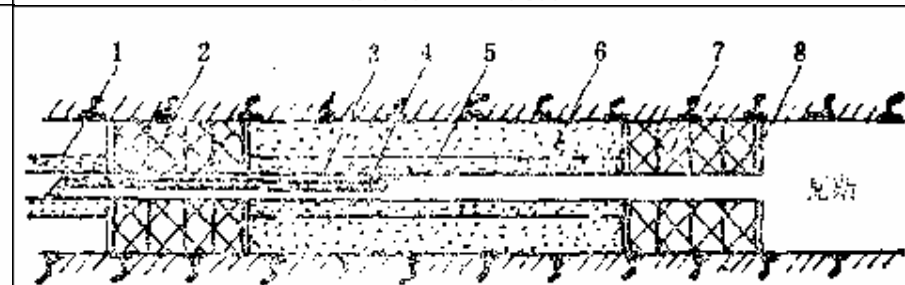


图 4-5 胶圈—压力粘液封孔系统

- 1—外管；2—胶圈；3—内管；4—导液管；5—支撑外管；  
6—压力粘液；7—胶圈；8—内挡盘



# 5 瓦斯参数测试方法

## 2. 间接测定法(朗格缪尔方程)

$$X = \frac{abp}{1+bp} \cdot \frac{1}{1+0.31M_{ad}} \cdot e^{n(t_s-t)} + \frac{10Kp}{k}$$

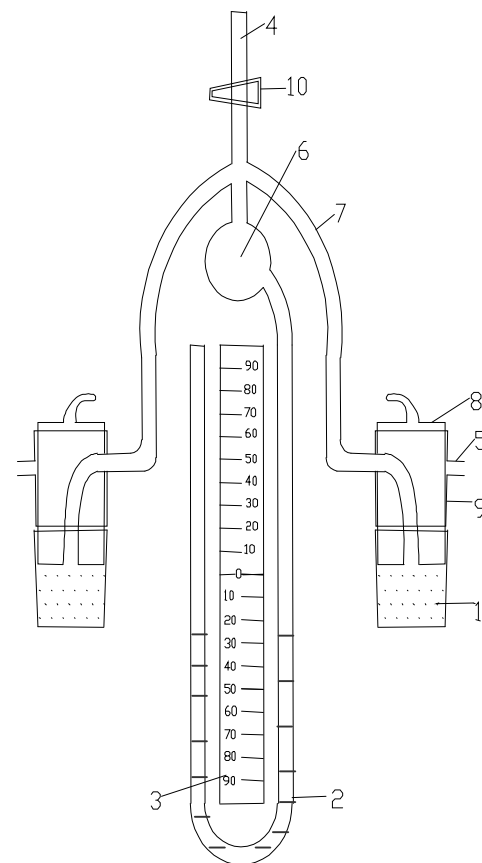
- 间接测定法煤层瓦斯压力误差大，但井下操作简单，测定时间短。
- 直接测压煤层瓦斯压力误差小，井下封孔困难，测定周期长。

# 5 瓦斯参数测试方法

## □ 5.4 瓦斯放散初速度测定

### 测定步骤

- (1) 采样：新鲜煤壁250g，无烟煤2-3mm，其它煤种0.25-0.5mm，3.5g各二个，装入。
- (2) 煤样脱气：真空抽1.5h。
- (3) 煤样充气：1标准大气压下，充 $\text{CH}_4$  1.5h。
- (4) 测定瓦斯放散初速度：



△p测定装置

1—玻璃杯；2—水银压力计；3—标尺；4、5—管口；6—玻璃球形腔；7—玻璃管；8—玻璃塞9—套管；10—开关

## 5 瓦斯参数测试方法

- (5) 开动真空泵对仪器管道死空间进行脱气，使U型管泵真空计两端液面相平。
- (6) 停止真空泵，关闭仪器死空间通往真空泵的阀门，打开试样瓶的阀门，使煤样与仪器被抽空的死空间相连并同时启动秒表计时，10s时关闭阀门，读出汞柱计两端汞柱差 $P_1$  (mm)，45s时再打开阀门，60s时关闭阀门，再一次读出汞柱计两端汞柱差 $P_2$  (mm)。
- (7) 瓦斯放散初速度 $\Delta P = P_2 - P_1$ ，同一煤样的两个试样测出的 $\Delta P$ 值之差不应大于1，否则需要重新测定。

## 5 瓦斯参数测试方法

### □ 5.5 煤的坚固性系数 $f$ 值测定

- (1) 在煤层厚度的上、下部各采集直径为100mm煤两块，重量约1.5~2.0kg，用塑料袋密封，作好标记送实验室。
- (2) 将井下煤样用手工破碎成20~30mm粒度的煤样，分成50g一份，每5份为一组(250g)，共需3组(750g)。
- (3) 将每份煤样放入捣碎筒内后，把2.4kg的重锤提高到600mm高度并使之自由落体，每份煤样落锤冲击3次。
- (4) 每组煤样捣碎后，经过筛分，把粒度为0.5mm以下的粉煤倒入计量筒内，轻轻敲打使之密实，插入具有刻度的活塞尺，量出粉煤高度(即粉末在计量桶内的实际高度，读至毫米)。

## 5 瓦斯参数测试方法

当  $l \geq 30mm$  时，冲击次数 $n$ ，即为3次，按以上步骤继续进行其它各组测定；

当  $l < 30mm$  时，第一组试样做废，每份试样冲击次数 $n$ 改为5次，按以上步骤进行冲击、筛分和测量，仍以5份作为一组，测定煤粉高度。

⑤ 按下式计算每组煤的坚固性系数 $f$ 值：

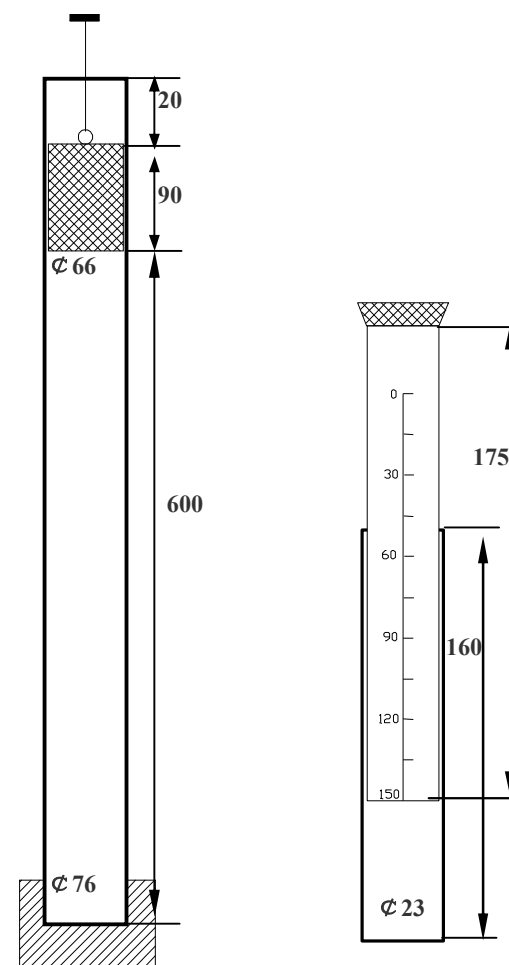
$$f = 20n / l$$

式中  $f$ ——为煤的坚固性系数；

$n$ ——每份试样的冲击次数，次；

$l$ ——每组试样筛下粉煤计量高度，m；

⑥ 3组煤所测 $f$ 值的算术平均值即为测定地点煤样的坚固性系数。



$f$  值测筒及落锤

## 5 瓦斯参数测试方法

### □ 5.6 煤层透气性系数测定

煤是一种多孔介质，在一定的压力梯度下，气体和液体可以在煤体中流动。煤层透气性是煤层对瓦斯流动的阻力，通常用透气性系数来表示。透气性系数越大，瓦斯在煤层中流动越容易。煤层透气性系数  $\lambda$  在我国普遍用的单位是  $\text{m}^2/\text{Mpa}^2 \cdot \text{d}$ ，其物理意义是在1米长的煤体上，当压力平方差为1  $\text{Mpa}^2$ 时，通过 $1\text{m}^2$ 煤层断面，每日流过的瓦斯立方米数。 $1\text{m}^2/\text{Mpa}^2 \cdot \text{d}$ 相当于0.025mD(毫达西)。

## 5 瓦斯参数测试方法

### K计算公式(径向稳定流)

$$K = \frac{0.2\mu PaQL}{F(P_1^2 - P_2^2)}$$

- 式中
- K——煤样的透气性系数，D(达西)；
  - $\mu$ ——在试验温度条件下，瓦斯的绝对粘度， $10^{-3}\text{Pa}\cdot\text{S}$ ；
  - $P_1$ 、 $P_2$ ——煤样瓦斯入口和出口端的瓦斯压力，Mpa；
  - $P_a$ ——大气压力，0.1Mp；
  - Q——瓦斯流量， $\text{cm}^3/\text{s}$ ；
  - L——煤样长度，cm；
  - F——煤样断面积， $\text{cm}^2$ ；

## 5 瓦斯参数测试方法

### 测定方法

- (1) 打钻测定煤层瓦斯压力
- (2) 卸压测定钻孔瓦斯流量
- (3) 测定煤层瓦斯含量系数
- (4) 煤层透气性系数计算方法(径向非稳定流)

中国矿业大学在实验室用相似模拟试验方法进行试验，并以相似准数表达了试验的结果。



# 5 瓦斯参数测试方法

## 径向不稳定流计算公式

$$Y = \frac{A}{\lambda} \quad F^0 = B\lambda$$

$$A = \frac{qr_1}{p_0^2 - p_1^2}, \quad B = \frac{4 \times p_0^{1.5}}{ar_1^2}$$

$$F_0 = 10^{-2} \sim 1, \quad \lambda = A^{1.61} B^{0.61}$$

$$F_0 = 1 \sim 10, \quad \lambda = A^{1.39} B^{0.39}$$

$$F_0 = 10 \sim 10^2, \quad \lambda = 1.1A^{1.25} B^{0.25}$$

$$F_0 = 10^2 \sim 10^3, \quad \lambda = 1.83A^{1.14} B^{0.137}$$

$$F_0 = 10^3 \sim 10^5, \quad \lambda = 2.1A^{1.11} B^{0.0111}$$

$$F_0 = 10^5 \sim 10^7, \quad \lambda = 3.14A^{1.07} B^{0.07}$$

$P_0$ —煤层原始绝对瓦斯压力(表压力加0.1), Mpa

$P_1$ —钻孔中的瓦斯压力, 一般为0.1Mpa;

$\lambda$ —煤层的透气性系数,  $m^2/Mpa^2 \cdot d$ ;

$r_1$ —钻孔半径, m;

$q$ —在排放时间为 $t$ 时, 钻孔煤壁单位面积的瓦斯流量,  $m^3/m^2 \cdot d$ ;  $q = \frac{Q}{2\pi r_1 L}$

$Q$ —时间 $t$ 时测出的钻孔流量,  $m^3/t$ ;

$L$ —钻孔见煤长度, 一般为煤层厚度, m;

$t$ —从钻孔卸压到测定钻孔瓦斯流量时间, d;

$a$ —煤层瓦斯含量系数,  $\frac{m^3}{m^3 \cdot Mpa^{\frac{1}{2}}}$   $a = X/\sqrt{p}$

$X$ —煤的瓦斯含量,  $m^3/m^3$ ;

$P$ —确定煤瓦斯含量时的瓦斯压力, Mpa;

## 5 瓦斯参数测试方法

### 注意事项

- (1) 打测压钻孔时要注意有无喷孔，如有喷孔，应测定喷出的煤量，然后折合计算孔径；
- (2) 测定钻孔瓦斯流量时，可在不同时间多测几个瓦斯流量值，以便分析距钻孔不同距离煤体透气性的变化规律；
- (3) 卸压后到测定流量时间长时，钻孔见长度可不取实测值(如钻孔与煤层面斜交)，而取等于煤厚；如时间短，则L值可取为钻孔见煤长度。

# 5 瓦斯参数测试方法

## □ 5.6 其它瓦斯参数测定

### 1. 吸附常数a. b值

井下取样，送实验室测定。

### 2. 孔隙率

井下采样，送实验室测定(真密度、视密度)。

### 3. 煤比表面积

1g煤所拥有的表面积，井下采样，送实验室测定。

### 4. 煤的瓦斯解吸速度

吸附平衡煤样卸压后，瓦斯吸附量与时间变化关系呈幂指数关系。

本章結束!