

矿山安全科技进河南
河南焦作市 2025年5月

快速准确测定煤层瓦斯压力的新方法

王兆丰（研究员）

河南理工大学



汇报提纲

01 煤层瓦斯压力的作用

02 现有测压方法面临的困境

03 快速准确测定瓦斯压力的新方法

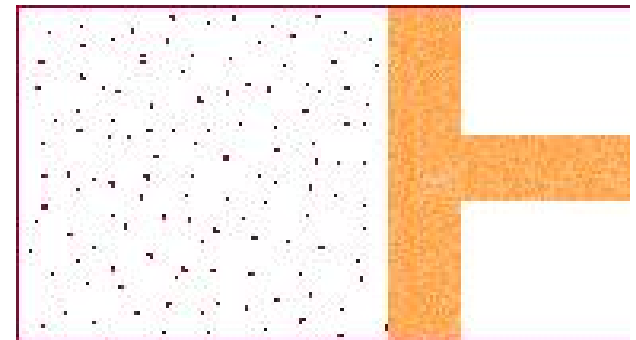
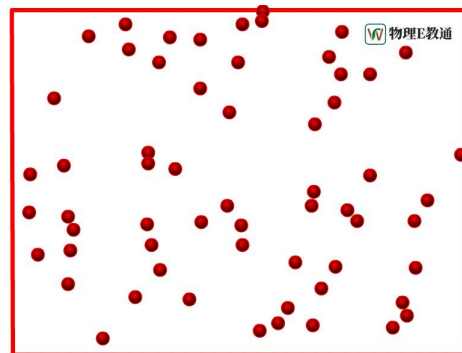
04 新方法的工程应用与效果检验

一、煤层瓦斯压力的作用

煤层瓦斯压力是煤层孔（裂）隙中游离瓦斯分子自由热运动撞击孔（裂）隙壁面所产生的应力，单位是MPa。

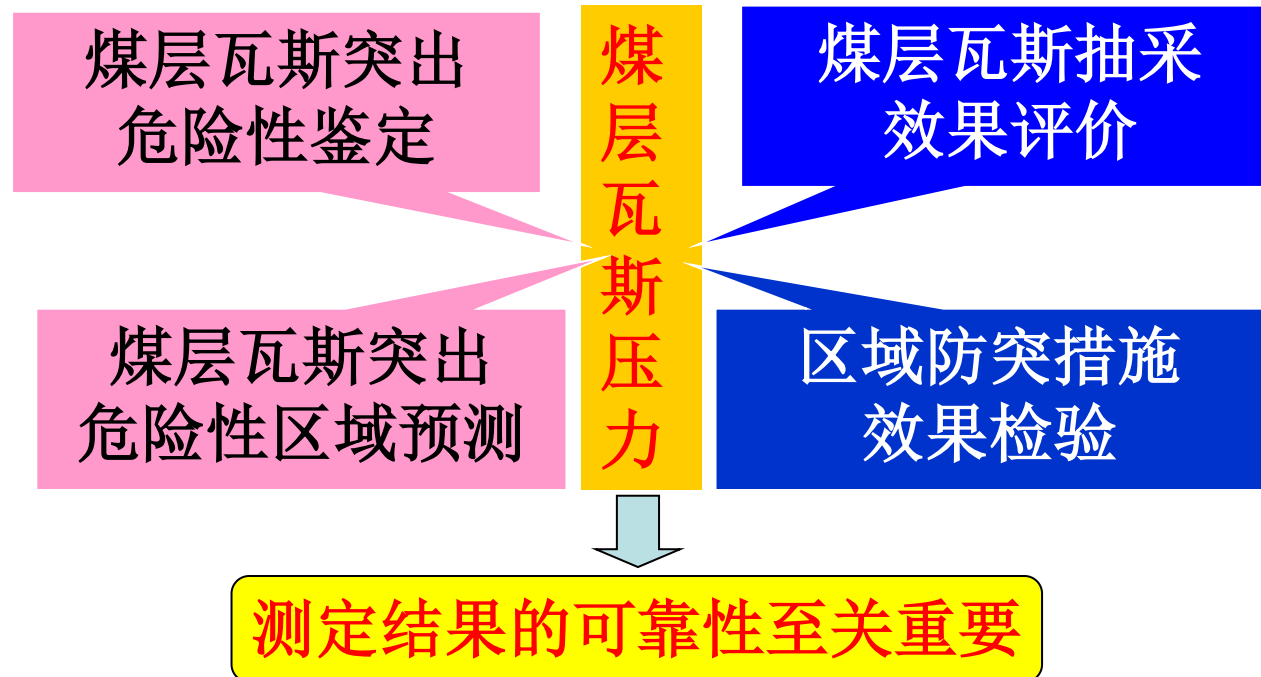
煤层瓦斯压力是瓦斯分子动能的宏观力学表现，虽然本身不直接等同于能量，但可作为能量储存、传递或转化的伴随参数，例如瓦斯膨胀能的计算。

$$W = \frac{P_0 V_0}{n-1} \left[\left(\frac{P_1}{P_0} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right]$$



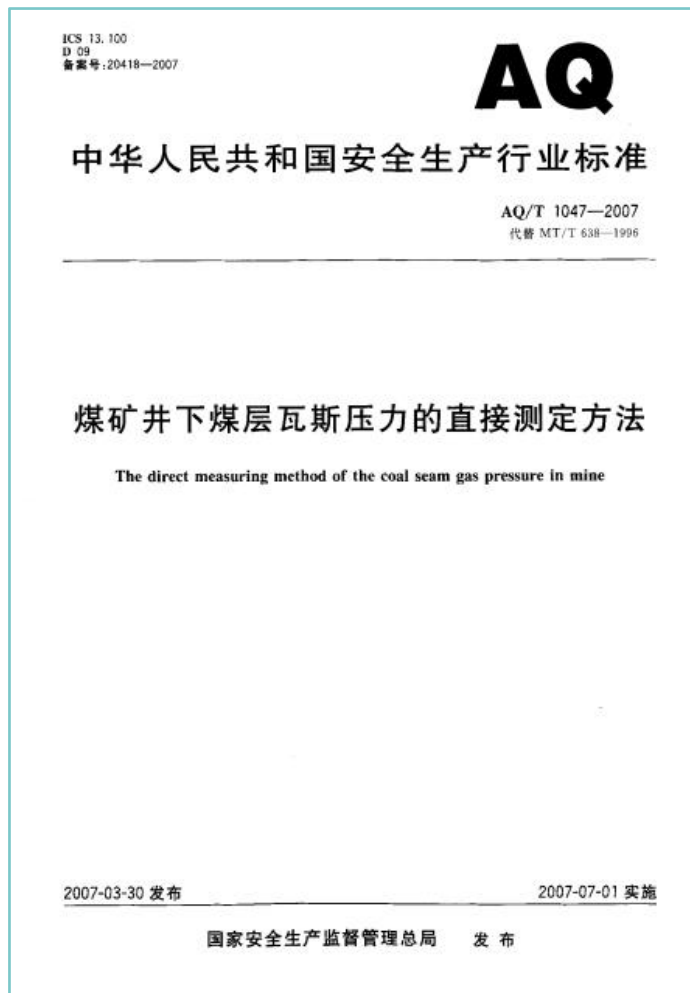
一、煤层瓦斯压力的作用

瓦斯压力在煤矿瓦斯治理中具有不可替代的地位，被广泛用于瓦斯含量测定、瓦斯突出危险性预测、消突措施效果评价、瓦斯抽采设计、地面煤层气开发等，特别是在瓦斯突出防治中。



二、现行测压方法面临的困境

1.现行的测压方法--封孔测压法

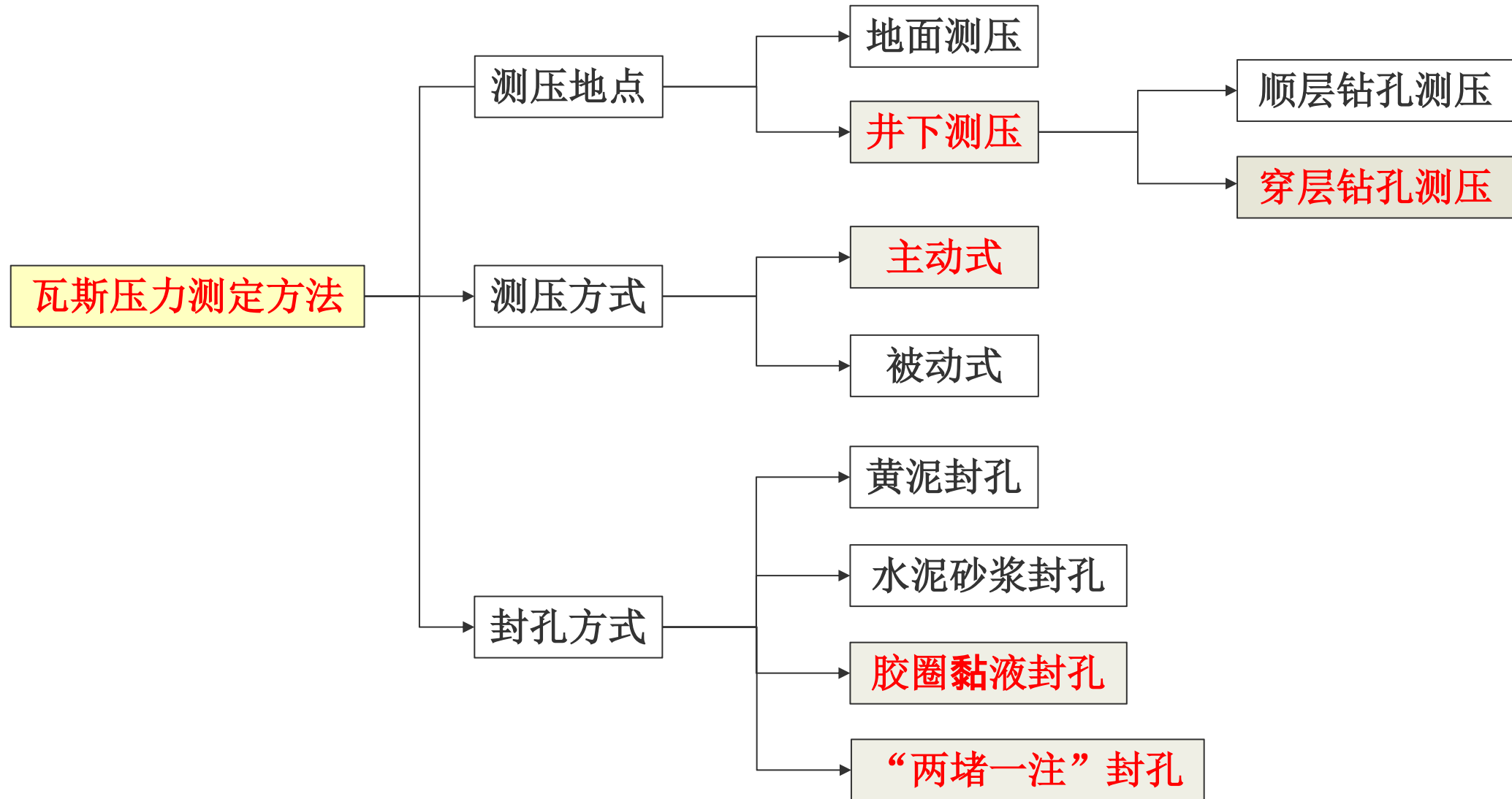


测压原理:

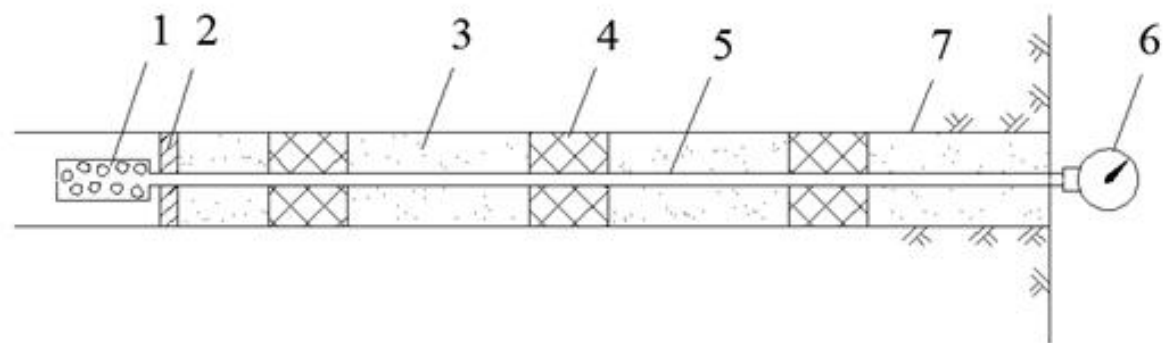
通过钻孔揭露煤层，安设测定仪表并密封钻孔，利用煤层中瓦斯自然压力恢复或人为补偿的方式，实现钻孔揭露煤层处的瓦斯压力**再平衡**。

采用封孔材料对钻孔进行封堵，在煤层内形成测压室，煤层瓦斯通过测压管与压力表导通，气室通过煤层无限流场的瓦斯补充，最终平衡。

二、现行测压方法面临的困境

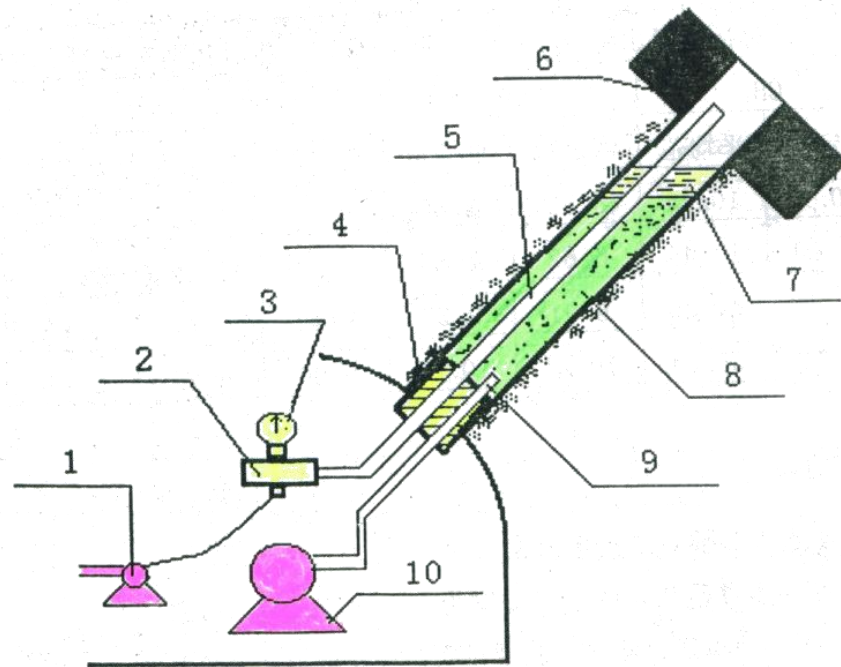


二、现行测压方法面临的困境



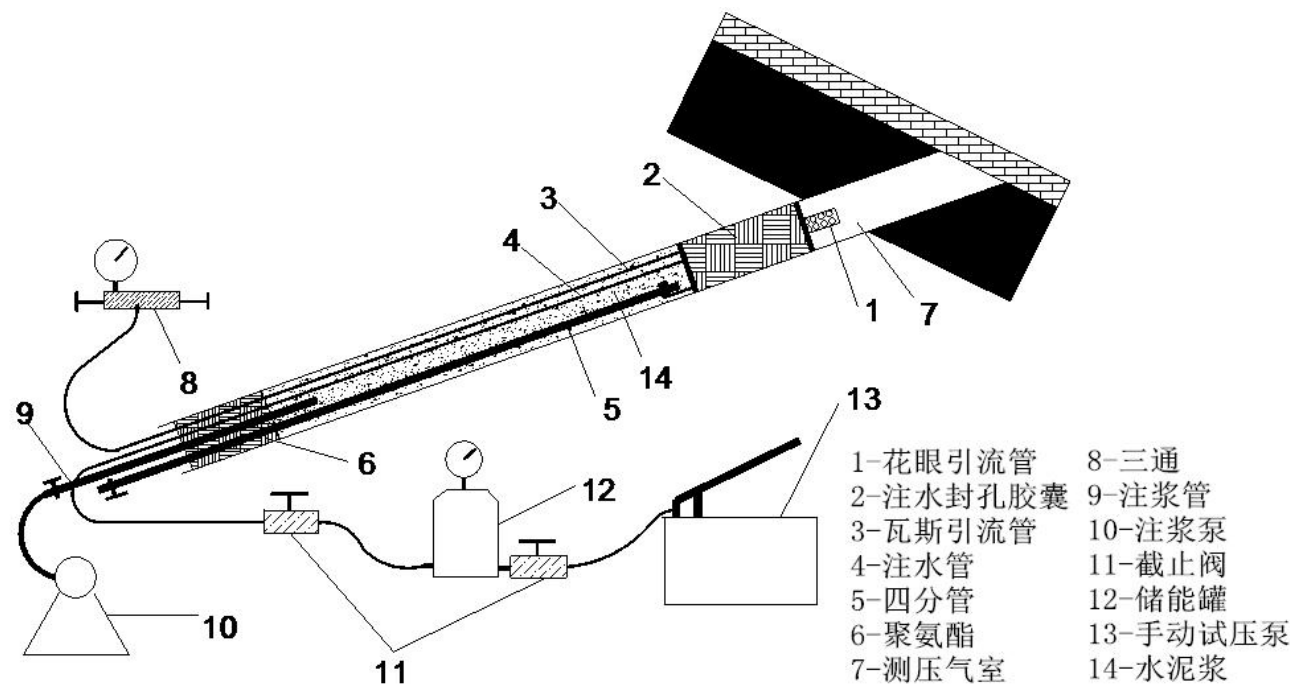
1-前端筛管; 2-挡料圆盘; 3-充填材料; 4-木楔; 5-测压管; 6-压力表; 7-钻孔

黄泥封孔测压法

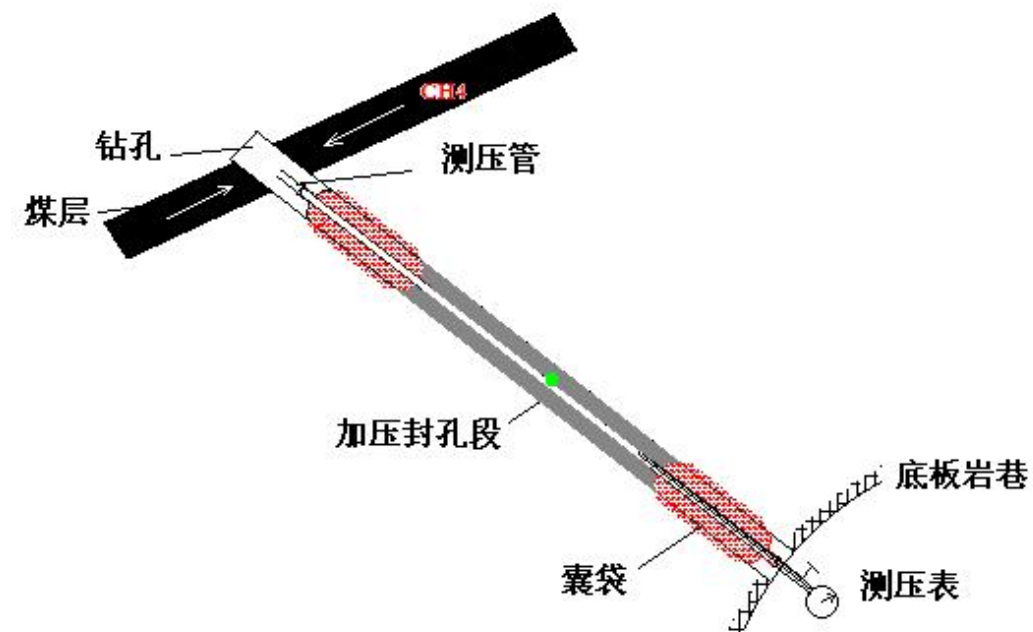


注浆封孔测压法

二、现行测压方法面临的困境



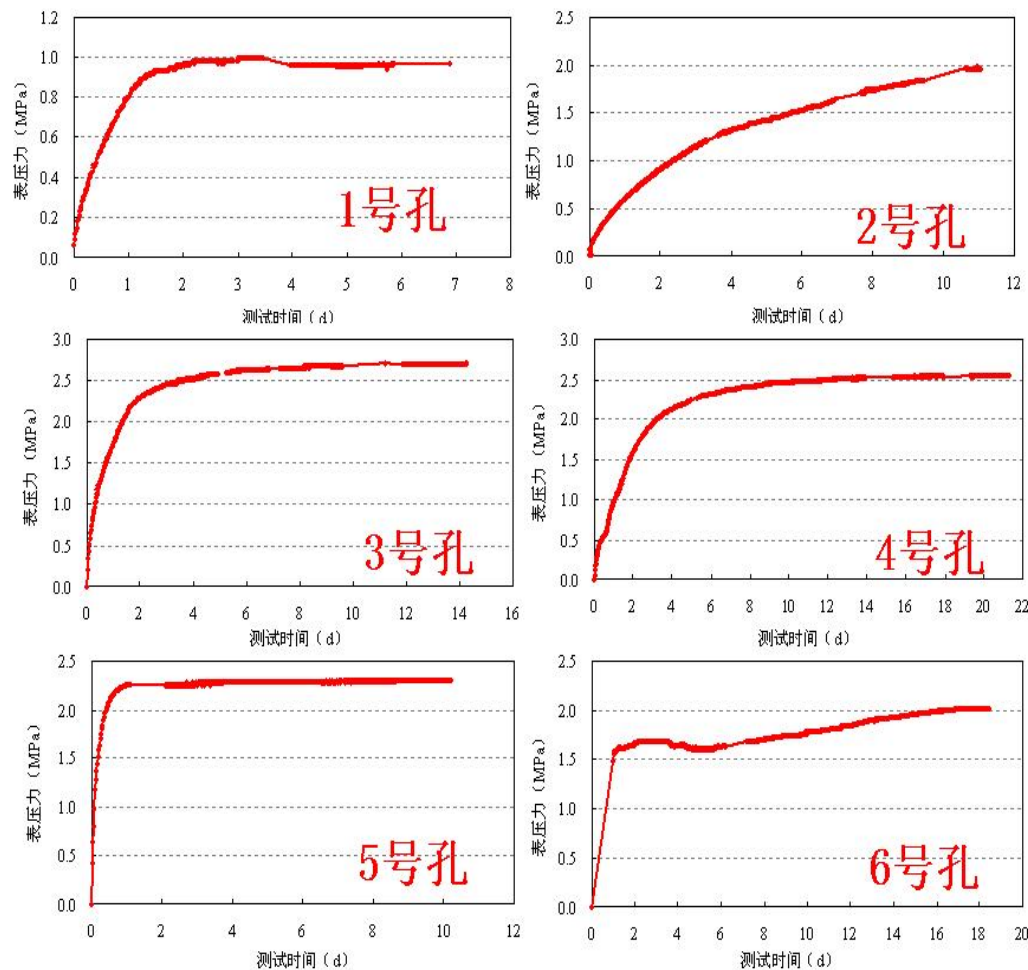
胶圈粘液封孔测压法



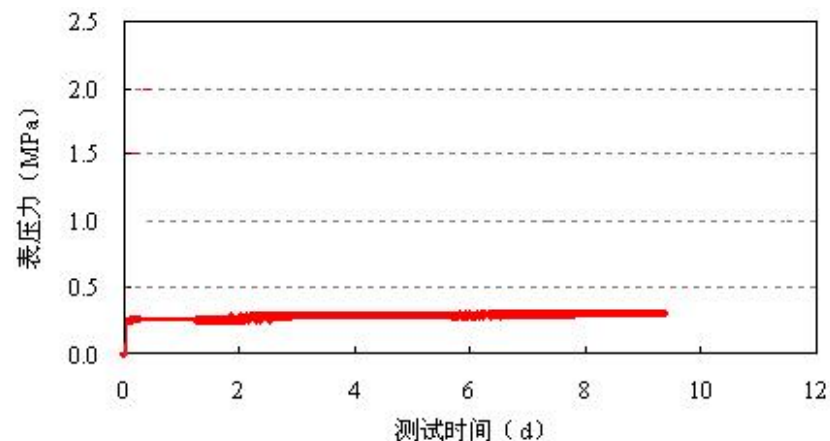
“两堵一注”封孔测压法

二、现行测压方法面临的困境

2. 现行测压方法存在的问题



原始瓦斯压力测定结果



残余瓦斯压力测定结果

现行测压方法面临的问题:

- ① 满足测压条件的地点很少;
- ② 测定周期长, 自然压力恢复不得少于21天, 压力补偿时最少得5d以上;
- ③ 绝大多数残余瓦斯压力测值为零, 残余瓦斯含量与残余瓦斯压力严重不符;

二、现行测压方法面临的困境

理论上讲，在现有的抽采钻孔布置、抽采时间下，将煤层残余瓦斯压力（表压）抽到零是不可能的。

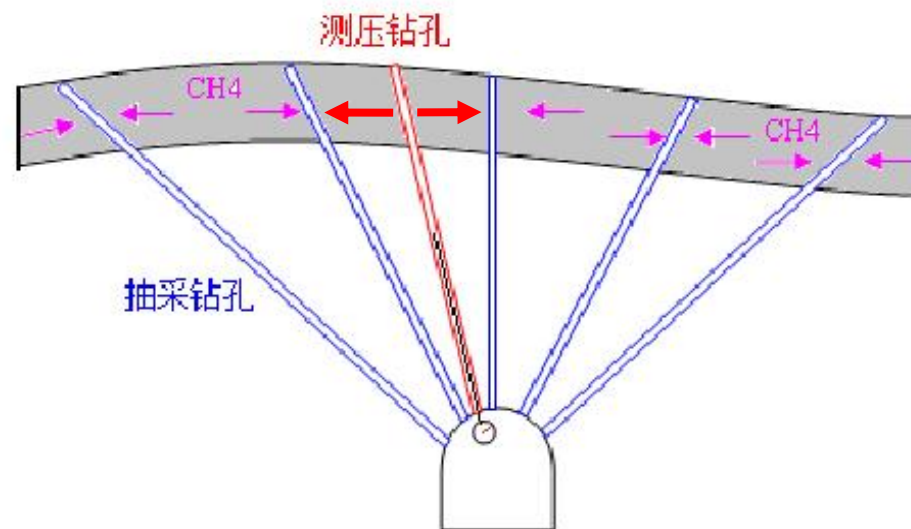
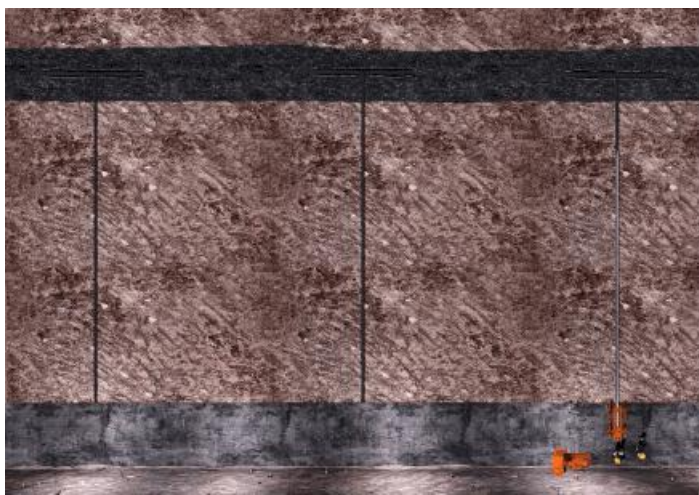
$$X = \frac{abP}{1+bP} \cdot \frac{100 - A_d - M_{ad}}{100} \cdot \frac{1}{1 + 0.31M_{ad}} + \frac{10KP}{\gamma}$$

a ----22.43 m³/t;
 b ----0.8723 MPa⁻¹;
 M_{ad} ----2.83%;
 A_d ----11.45%;
 K ----0.11 m³/t
 γ ----1.001

残余瓦斯压力 (MPa)	残余瓦斯含量 (m ³ /t)
0.1	1.65
0.2	3.08
0.3	4.32
0.4	5.41
0.5	6.39
0.6	7.27

二、现行测压方法面临的困境

- ❑ 煤层预抽瓦斯（尤其是采取增透措施）后，煤层内部已经形成联通的裂隙网；
- ❑ 测到的压力不是残余瓦斯含量对应的残余瓦斯压力，而是煤层内部瓦斯流动阻力甚至是抽采负压；
- ❑ 封孔测压方法不适合受抽采或采动等影响的煤层瓦斯压力测定。



三、快速准确测定瓦斯压力的新方法

现行的封孔测压法无法准确测定煤层的残余瓦斯压力，怎么解决？

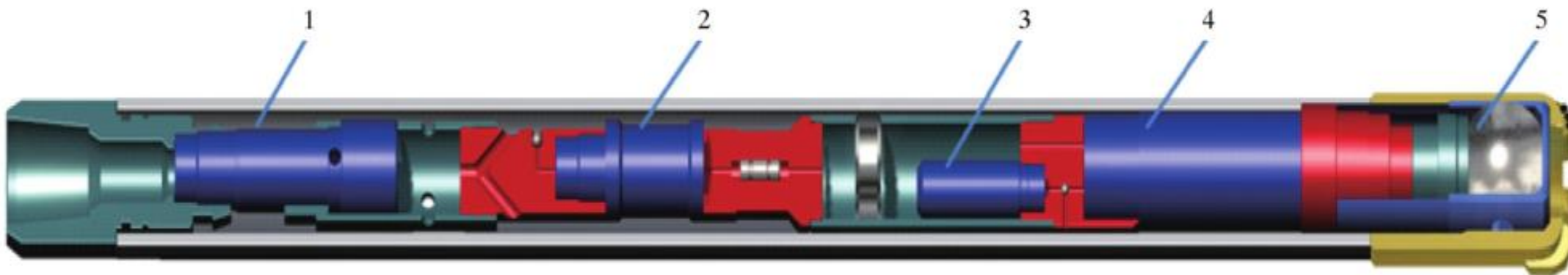
技术思路1： 利用实测瓦斯含量用朗格缪尔方程反算瓦斯压力

$$X = \frac{abP}{1+bP} \cdot \frac{100 - A_d - M_{ad}}{100} \cdot \frac{1}{1 + 0.31M_{ad}} + \frac{10KP}{\gamma}$$

理论上可行，但实际上不行：1) 需要测试参数太多（瓦斯含量，吸附常数、工业分析，孔隙率等），**工作量大，周期长**；2) 无法每个点去测定上述参数，只能一个采区测一组参数，因此，即使瓦斯含量测值可靠，推算出来的瓦斯压力**也不一定可信**；3) 失去瓦斯压力和瓦斯含量测值**相互验证**的效果。

三、快速准确测定瓦斯压力的新方法

技术思路2：保压取芯法



1--液压提升机构 2--压力补偿总成 3--测量装置 4---保压-取芯内筒 5--密封球阀组件

仍然存在一些尚未攻克的难题：

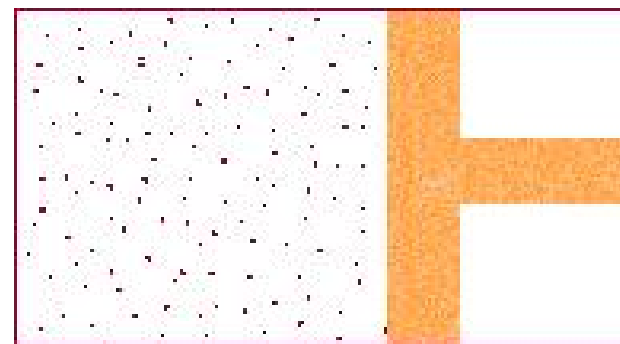
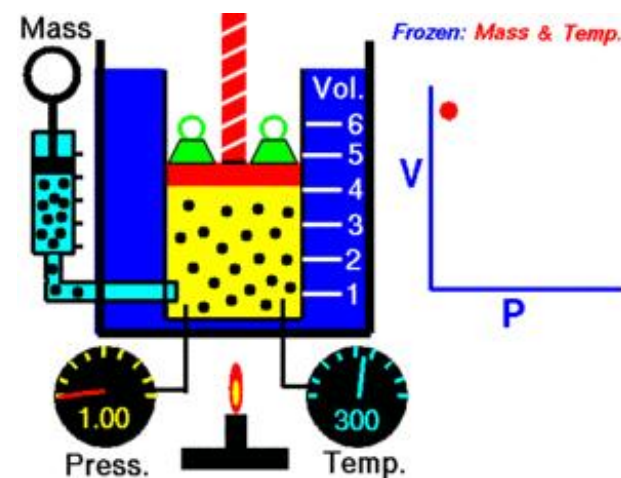
- 设备复杂；
- 取样时间长；
- 保压成功率低。

三、快速准确测定瓦斯压力的新方法

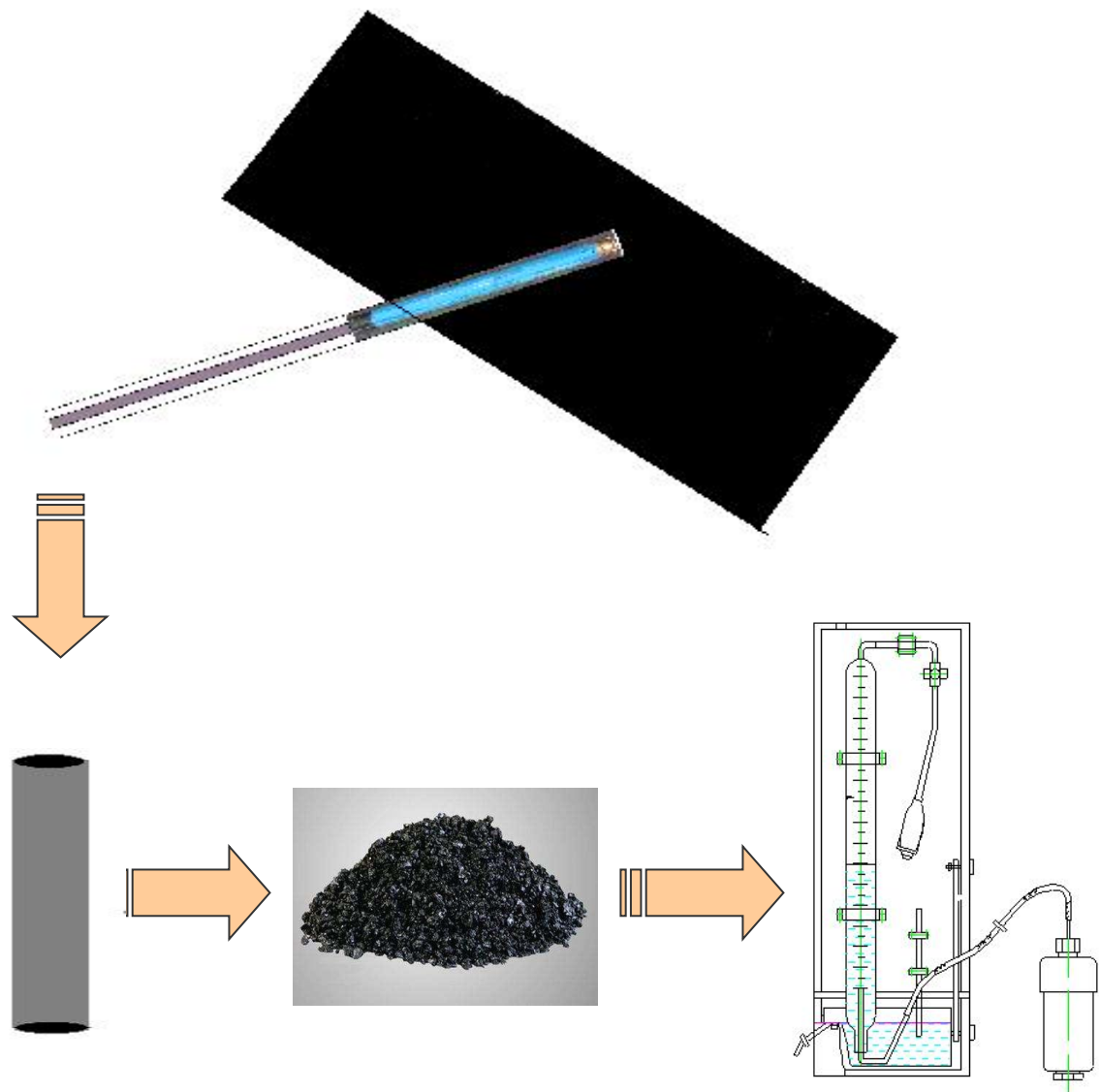
技术思路3：状态复原法



因为温度变低或漏气，
气球变瘪了。如何把瘪
了的气球变回原来鼓溜
的气球？



三、快速准确测定瓦斯压力的新方法

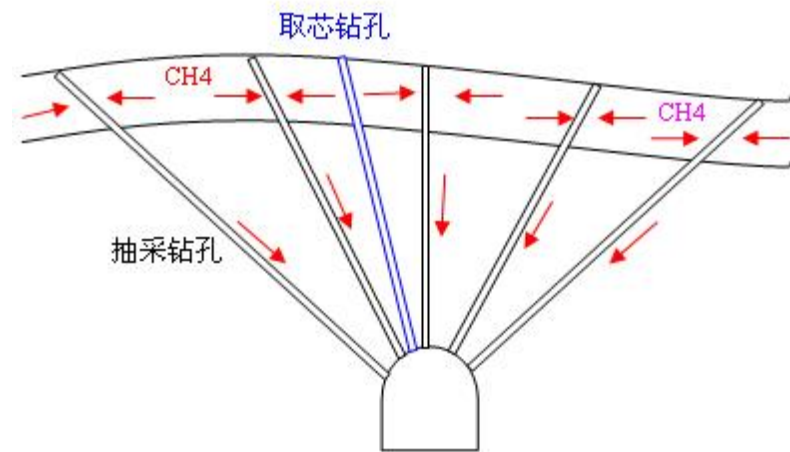
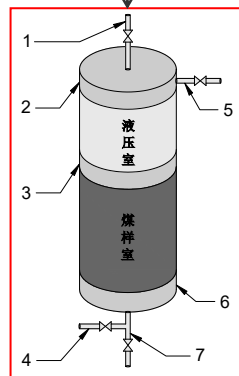
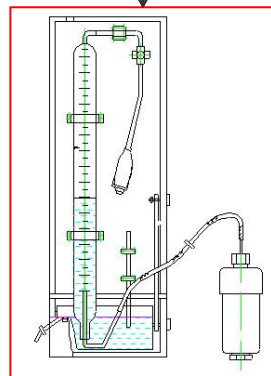
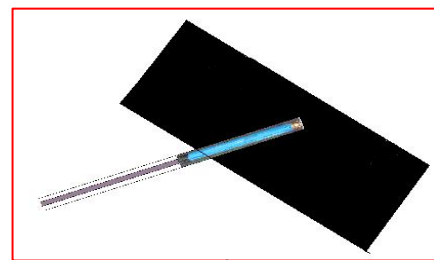
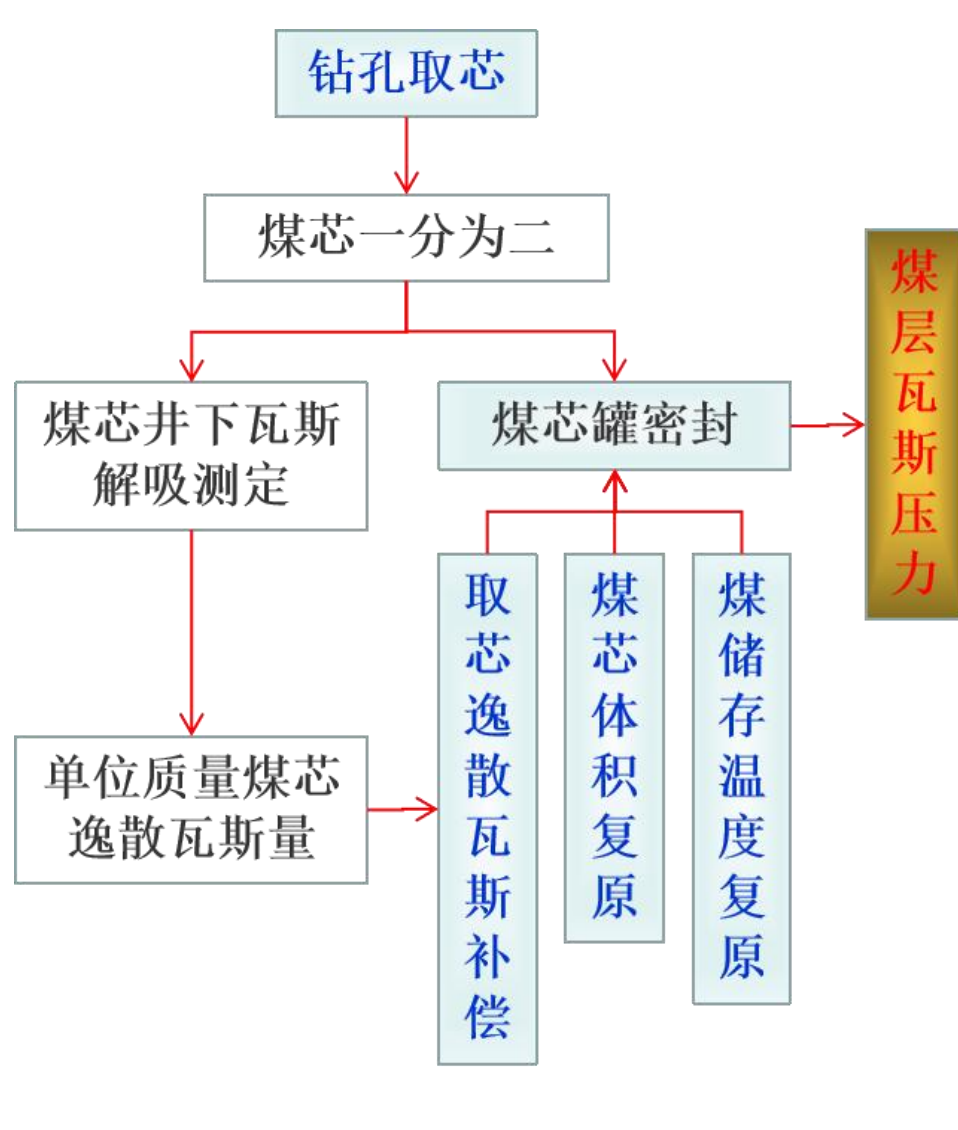


煤层瓦斯含量测定时，与原位煤体相比，煤芯从采集到装入煤样罐中有三个变化：

- 逸散了一部分瓦斯；
- 孔隙率增加，体积扩大；
- 温度发生变化。

能不能像复原气球一样，对取出煤样进行原位状态复原，快速准确测得残余瓦斯含量对应的残余瓦斯压力？

三、快速准确测定瓦斯压力的新方法

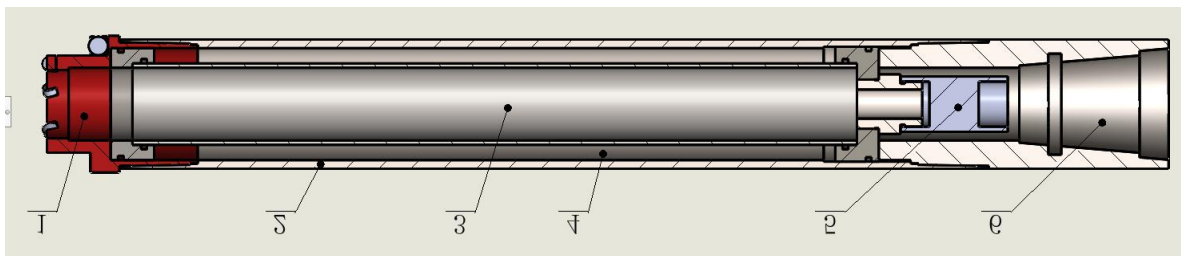


测试步骤：

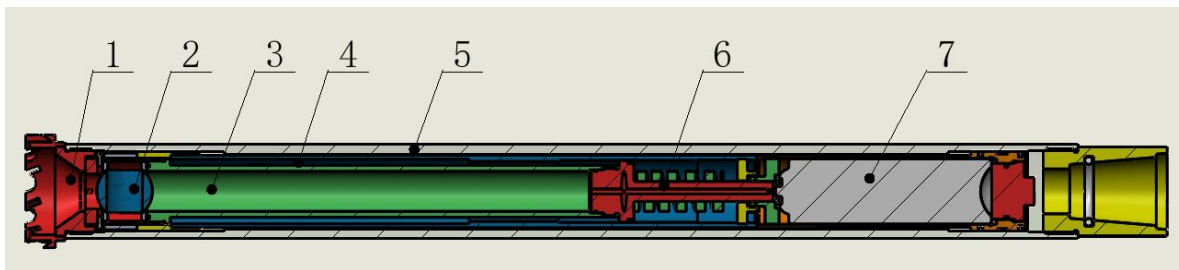
- ① 钻孔取芯 (井下)
- ② 瓦斯解吸测定 (井下)
- ③ 逸散瓦斯补偿 (实验室)
- ④ 煤样体积复原 (实验室)
- ⑤ 储存温度复原 (实验室)

三、快速准确测定瓦斯压力的新方法

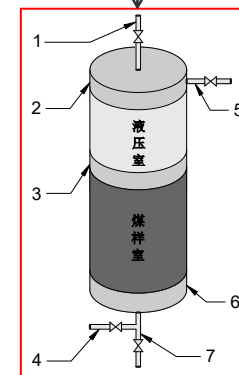
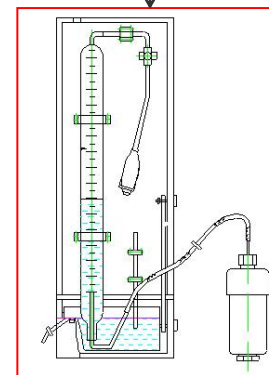
步骤1：井下钻孔取芯



隔热型取芯器

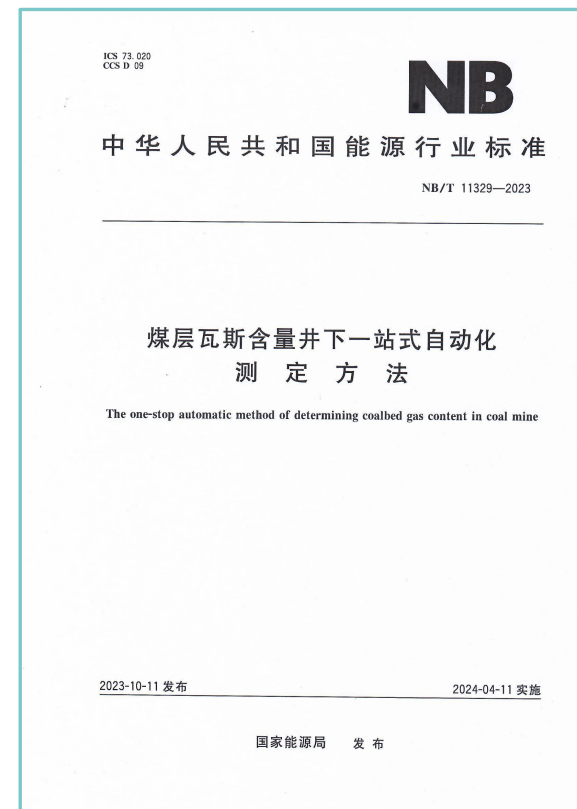
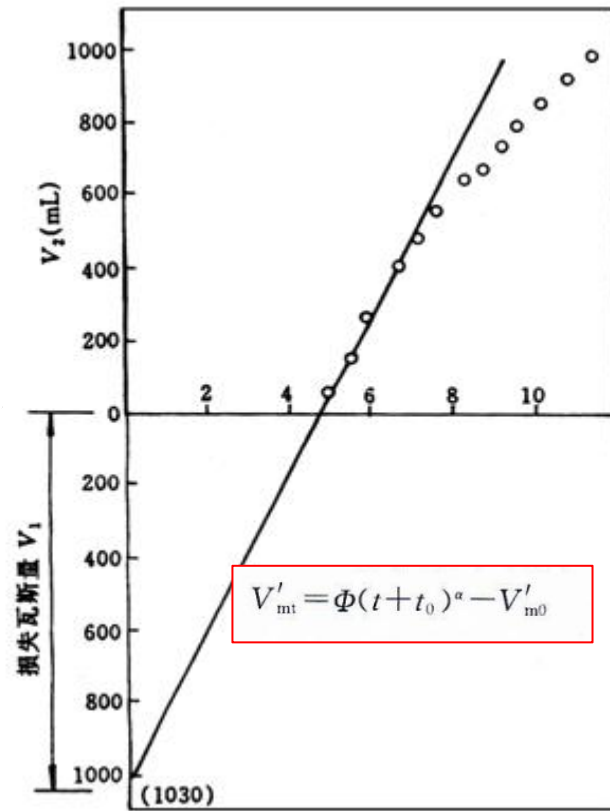
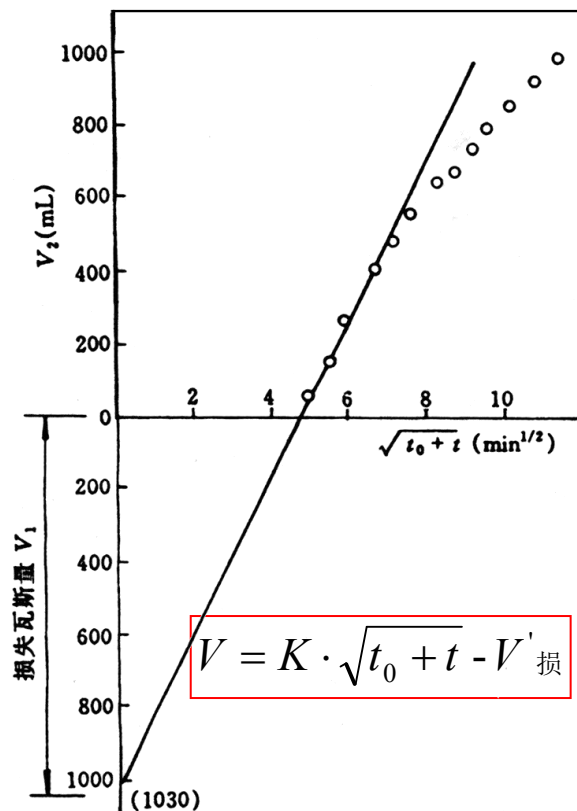
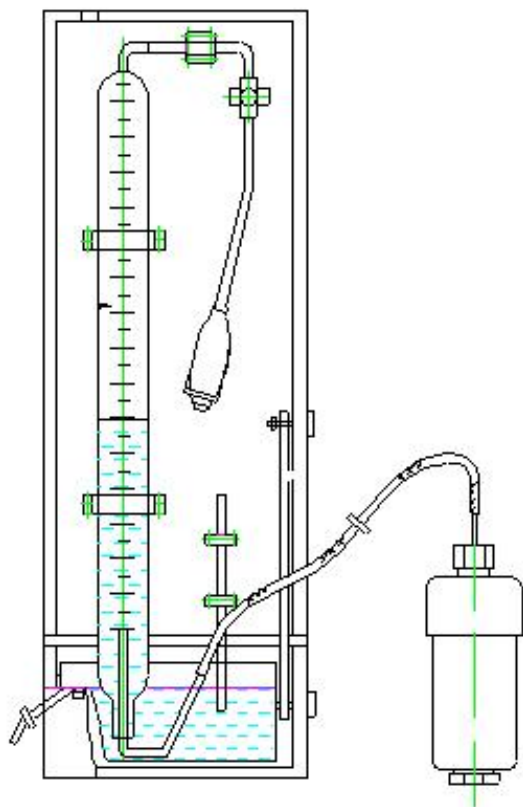


冷冻保压取芯器



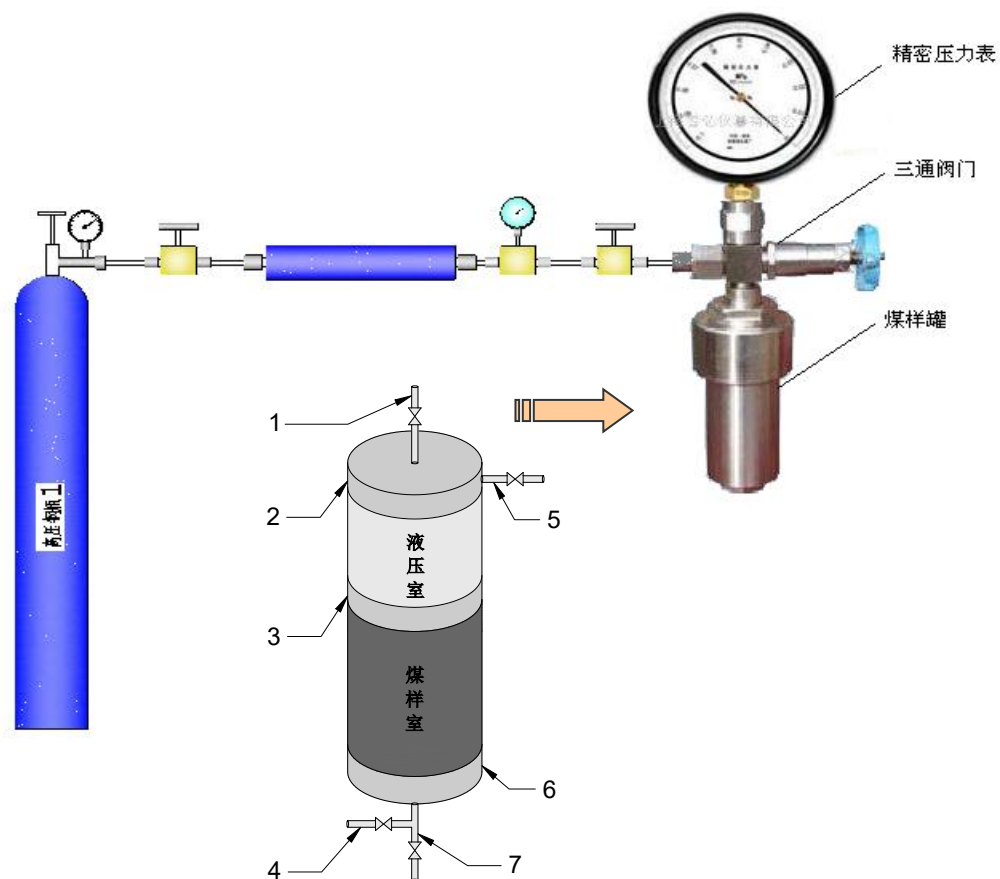
三、快速准确测定瓦斯压力的新方法

步骤2：井下瓦斯解吸测定



三、快速准确测定瓦斯压力的新方法

步骤3：漏失瓦斯量补偿



取样过程漏失瓦斯量确定：

- 单位重量平行样取样过程漏失瓦斯量；
- 残存瓦斯压力测定试样重量；
- 漏失瓦斯补偿量。



三、快速准确测定瓦斯压力的新方法

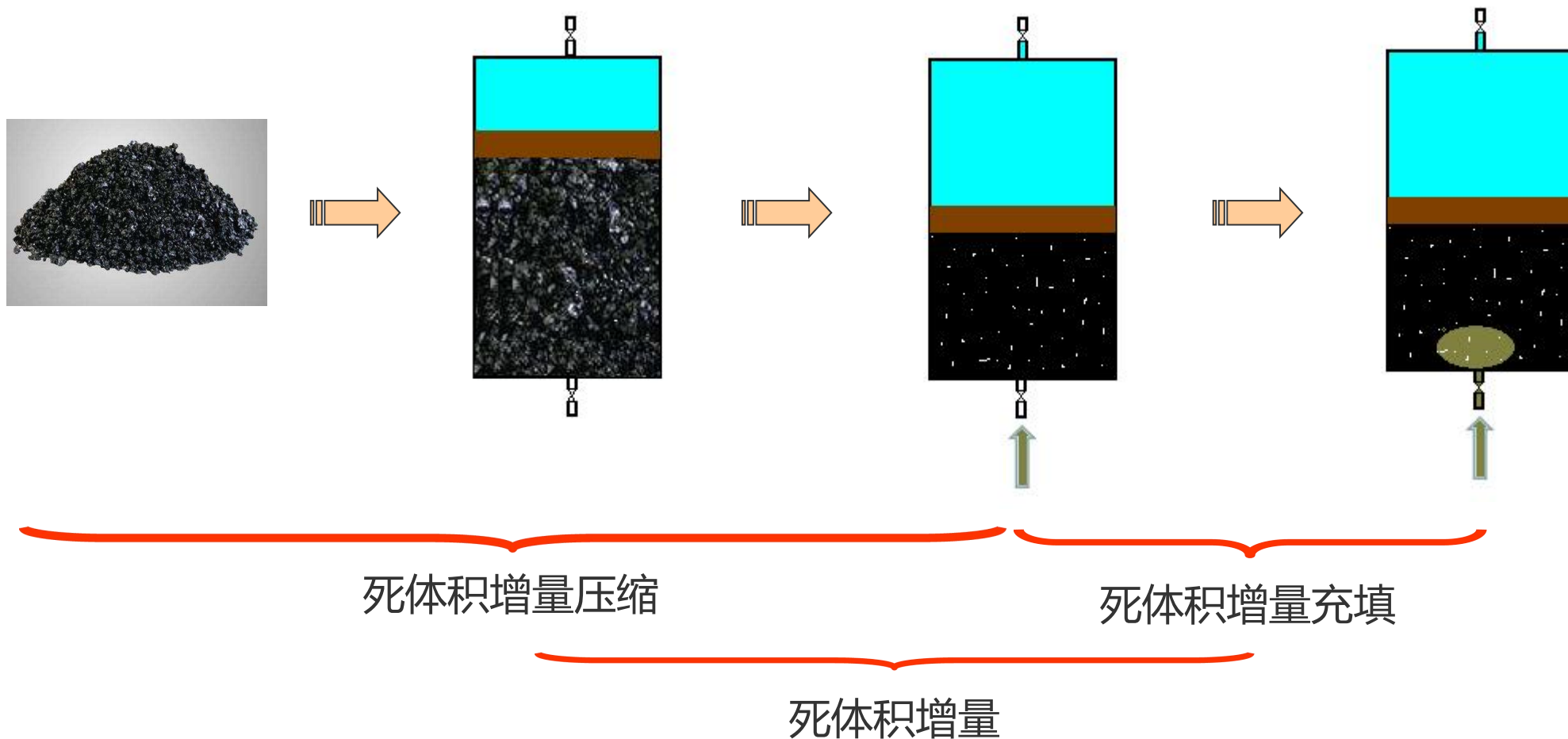
步骤4：煤芯体积复原



为何要进行煤芯体积复原?

- 柱状煤变成了颗粒煤，体积扩大，游离空间增加；
- 煤样装入煤样罐，进一步扩大游离空间；
- 游离空间的增加，吸附瓦斯解吸，降低瓦斯压力。

三、快速准确测定瓦斯压力的新方法



三、快速准确测定瓦斯压力的新方法

步骤5：储层条件瓦斯压力恢复



瓦斯压力恢复条件：

- 煤储层温度 ($T, ^\circ\text{C}$) ;
- 恢复时间;
- 连续8小时不变化。

三、快速准确测定瓦斯压力的新方法



获得国家发明专利（ZL201910461321.4），2024年被制定为国家能源行业标准（NB/T 11754-2024）。

主要技术参数：

- 极限真空4Pa；
- 死体积标定精度：0.1ml；
- 瓦斯量补偿精度：0.1ml；
- 恒速恒压泵工作压力：70MPa，分辨率0.001；
- 高低温恒温水浴：温度-10~100℃，控温精度 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ ；
- 瓦斯压力测定周期： $\leq 12\text{h}$ ；
- 瓦斯压力测定成功率不低于95%，准确率不低于93%。

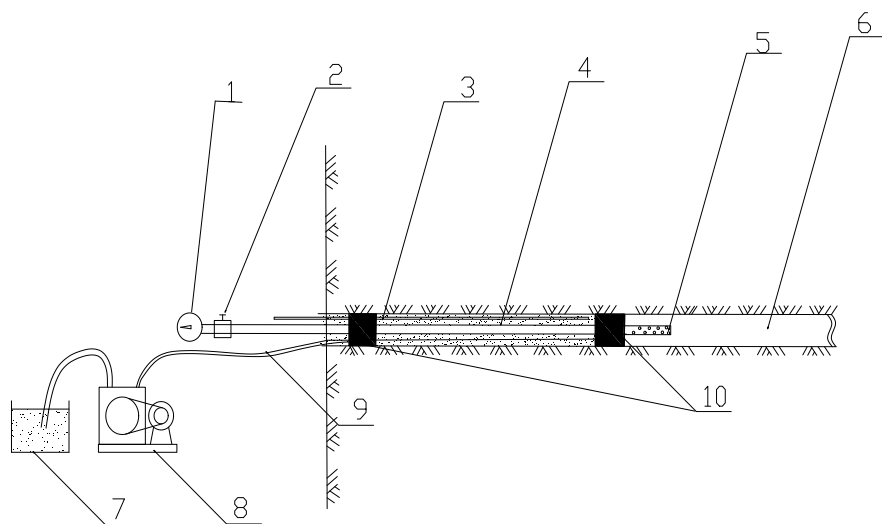
NB/T 11

本文
起草，
请注
本文
本文
有限公司
南能源集
大屯注册
本文
栋、赵鹏

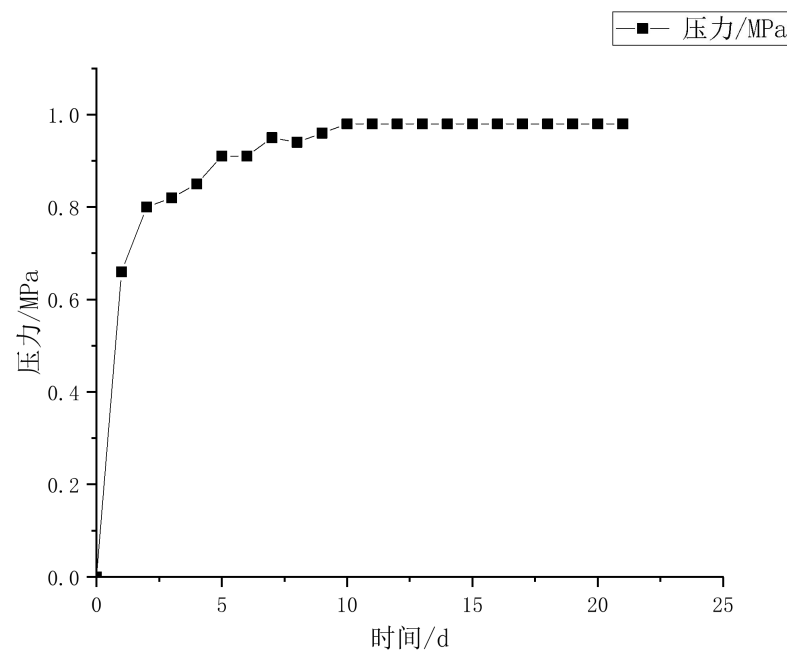
四、新方法的工程应用与效果检验

□ 原始瓦斯压力测定实例----山西阳泰集团小西煤矿

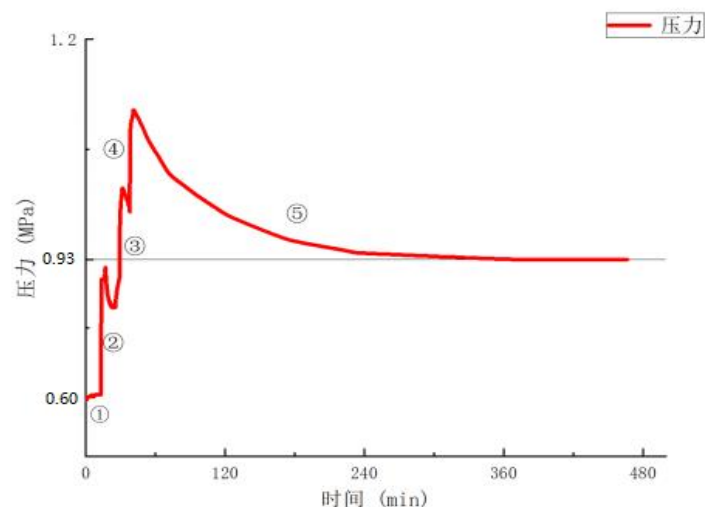
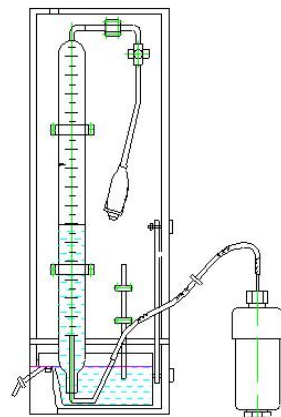
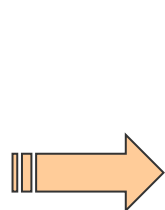
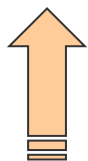
现场实测：在3108正巷9号钻场，采用顺层钻孔测定3号煤层原始瓦斯压力，稳定表压**0.98MPa**，瓦斯含量14.57 m³/t。



顺层钻孔囊袋式“两堵一注”带压注浆测压



四、新方法的工程应用与效果检验



①-残余瓦斯压力；②-漏失气体补偿；③、④-死体积复原；⑤-恢复压力

状态复原法瓦斯压力测定：

- ①漏失瓦斯量补偿 (248ml)；
- ②煤芯体积复原 (259.82ml)；
- ③储层温度 (21℃) 吸附平衡；
- ④稳定瓦斯压力 **1.03MPa** (表压)

比封孔测压法瓦斯压力测值高 **0.15MPa**，与利用瓦斯含量反演得到的瓦斯压力 (**1.08MPa**) 基本相符。

四、新方法的工程应用与效果检验

□ 残余瓦斯压力测定实例----神火集团大磨岭煤矿

测试地点	测试孔 编号	煤样质 量 (g)	测试温度 (℃)	瓦斯补偿量 (mL)	死体积瓦 斯补偿量 (mL)	恢复压力 (MPa)
12051下底抽巷6#钻场 西10m处	CY-1	277.7	25	9.72	166	0.21
12051下底抽巷3#钻场 东10m处+	CY-2	250.9	25	10.54	150	0.17
12021上底抽巷2#钻场 与3#钻场之间	CY-3	276.4	25	11.33	187	0.14
12021下底抽巷5#钻场	CY-4	275.7	25	6.89	180	0.15
四车场工作面	CY-5	290	25	0	182	0.13

四、新方法的工程应用与效果检验

测试地点	测试孔编号	“两堵一注”实测瓦斯压力 (MPa)	免封孔 瓦斯压力 (MPa)	根据瓦斯含量反演压力 (MPa)
12051下底抽巷6#钻场西10 m处	CY-1	0.1	0.21	0.18
12051下底抽巷3#钻场东10 m处	CY-2	0.1	0.17	0.13
12021上底抽巷2#钻场与3#钻场之间	CY-3	0.1	0.14	0.16
12021下底抽巷5#钻场	CY-4	0.1	0.15	0.20
四车场工作面	CY-5	0.1	0.13	0.11

免封孔煤层瓦斯压力测定技术及其装备已在河南、山西、黑龙江等省10多个煤矿进行了推广应用和比对测试，结果表明：瓦斯压力测定周期8-12小时，测定成功率100%，测值准确率93%以上，达到了瓦斯压力快速准确测定的目的。

A scenic view of a river with a bridge and buildings in the background. The river is in the foreground, and a bridge with multiple arches spans across it. In the background, there are several buildings, including a prominent red one on the left and a tall chimney in the center. The sky is blue with some clouds, and the overall atmosphere is calm and peaceful.

敬请批评指正！