

# 煤层气含量测试中的有关问题

李小彦 (煤炭科学研究总院西安分院 710054)

**摘要** 为完善煤层气含量测试技术,笔者以美国 GRI 气含量测试指南为基础,根据我国煤层气勘探开发中诸多试验井的解吸试验结果,分析了测试环节的最佳实施尺度,探讨了各测试参数间的关系,对煤层气含量测试技术提出了新的认识。

**关键词** 煤层气含量 解吸速率 损失气 残余气

**中国图书资料分类法分类号** P618.11

**作者简介** 李小彦 女 46 岁 高级工程师 煤岩学及煤油气地质

## 1 引言

煤层气作为一种洁净高效的新能源,是新世纪能源工业的一部分。目前美国等发达国家已进入商业性开采阶段,并有配套的测试仪器设备和测试方法。1994 年我院引进了该测试方法和设备,几年来在我国主要煤矿区做了大量的测试试验,提出了适合于我国煤层气含量的测试方法技术规范(企业标准),但是一些操作环节和取心过程中客观因素可能使煤层气含量测试失真,本文将这些问题提出讨论以引起煤层气评价时重视。

## 2 测试样品选择

用于煤层气含量测试的样品有两种:一种是利用绳索取心获得的煤心样;一种是在钻进时从循环钻井液中获得的煤屑样。煤心样品在岩心管中基本

保持煤层的原始状态,提上地面后按自然顺序装罐密封。煤屑样品多为毫米级粉粒样,循环到振动筛后冲洗干净无序状装罐密封。

自然解吸过程中,煤心样品随解吸时间加长,累计解吸量明显增加,解吸持续时间长,总解吸量大,吸附时间(定义为总气量的 63.2% 处的时间)长;煤屑样品在解吸初期解吸量大,以后很快趋于平缓,解吸持续时间短,总解吸量小,吸附时间短。

如果把两类样品的解吸量计算到单位质量,以同一时间的气含量做比较,则两类样品的解吸速率变化趋势如图 1。

由图可见,样品类型影响气含量测值的大小,煤心样品的气含量测值更接近于实际,可直接应用;而煤屑样品测值明显偏低。这一点在资源评价时务必注意。

运移理论认为,扩散系数、解吸速率变化取决于

## DESORPTION PROPERTIES OF SOME COAL RESERVOIRS AND METHANE RECOVERY RECOVERY RATE IN CHINA

Fu Xuehai Qin Yong (College of Mineral Resource and Environment Sciences, CUMT)

Ye Jianping Tang Shuheng (The First Exploration Bureau, China National Administration of Coal Geology)

Zhang Yungeng (The First Exploration Team, Anhui Exploration Bureau of Coal Geology)

**Abstract** Based on desorption experiments under normal pressure and the data obtained from coalbed methane (CBM) well tests, it is suggested that the desorption properties of coal reservoirs in China are very different from each other and the desorption rates are controlled primarily by buried depths and coal ranks. The optimum desorption depth ranges from 400 to 600 m. However, it increases with coal rank if the vitrinite reflectance ( $R_{o,max}$ ) is less than 3%, and decreases with coal rank if  $R_{o,max}$  larger than 3%. In China there is no apparent correlation between adsorption time and coal ranks, however, in some places of China the adsorption time is related to gas content. If the gas content is low, the adsorption time must be long, especially when the gas content is less than  $8 m^3/t$ . The existing data show that the adsorption time of coal reservoirs in China is generally less than 9 d. The coalbed gas recovery rate is not only controlled by gas content, adsorption and desorption properties of coal, and by in place pressure system, but also by drilling techniques and mining technology. According to experiences in the U.S. and measurement in China, the average theoretical recovery rate of CBM in China is estimated as 27%.

**Keywords** coalbed methane; desorption volume; adsorption time; degree of saturation; recovery rate

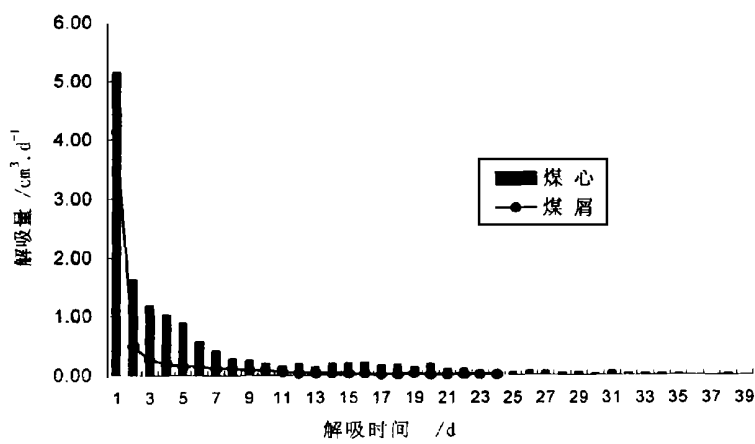


图 1 煤心、煤屑样品解吸速率对比图

基质单元的大小和形状,在同等时间内,基质单元越小,则逸散量越大。同一煤层的煤心样品,由于垂向的非均质性和各回次取心操作的差异性,样品出现柱状( $>5\text{ cm}$ )、块状( $5\sim5\text{ mm}$ )、粉粒状( $<5\text{ mm}$ )等不同几何形态,其粒度相差悬殊。这 3 种样品在解吸阶段的气量存在一些差异。粒度大的块状样品,煤体比表面积小,气体扩散、运移的路径相对长,气体克服扩散阻力大,采样时逸散气量小,装罐后解吸气量大,解吸结束束缚在煤中的气量大,磨后残余气量也大;反之亦然。所以在剖面上煤层气含量表现出一定的差异。

勘探中应尽量采取煤心样品,由于客观原因不能实现,才可采取煤屑样品代替。根据十几口井数百个样品的测试结果分析,发现同一口井煤心样品与煤屑样品的解吸特征具有如下关系:解吸持续时间煤心样品是煤屑样品的 2~5 倍,总气含量煤心样品为煤屑样品的 1.5~3 倍,吸附时间煤心样品为煤屑样品的 2~15 倍。研究者可借鉴此经验数据估算当地的实际气含量测值。

3 温度 压力影响

气体解吸量是温度、压力、时间的函数。采样周围环境温度、压力变化使得解吸气体体积膨胀或收缩;样品本身的温度、压力的变化决定着气体从煤基质的扩散速率及通过微孔、裂隙的解吸速率。

模拟储层温度在大气压力下自然解吸,是为了恢复原始地层温度求得准确的气含量测值,这点很重要。但要完全恢复储层温度、连续检测压力变化目前还无法做到。采用绳索取心,使得煤心提升时间大大缩短,但提升过程中样品的温度在发生变化,到达地面放入水浴后最终又恢复到储层温度;压力同时也在逐渐减小,最终维持在大气压力下;这个过程势必影响样品最初的解吸速率,所以尽可能缩短采样

时间很有必要。

Mavor 等人<sup>[1]</sup>做过一个实验,即将两个组成和煤级相似的样品分别在接近储层温度和低于储层温度下自然解吸,发现低于储层温度的样品损失气低估 57%,气含量低估 29%,吸附时间缩短了 3 倍多。

实际解吸过程中,储层温度和压力高的煤层,气体扩散、解吸速率也高。同时,记录环境温度和压力数值,实测的解吸数据要校正到标准条件下才可使用。

4 损失气计算改进

4.1 计算参数及方法

解吸样品损失气计算有两个重要的时间参数,对于不同取心方式概念是不同的。

煤心样品:在清水钻进时,岩心管提至井深一半处的时间为零时间,假设此时气体压力大于储层压力开始解吸。从零时间到样品装罐密封的时间为损失气时间。

煤屑样品:如为清水钻进,停钻后开泵循环,则开泵至煤屑到筛时间的 1/4 为零时间,零时间与到筛时间的和为损失气时间。如为无岩心钻进,则记录切割开始、结束时间,通过泥浆录井获取迟到时间(从井底到筛上),迟到时间的 1/2 加上到筛至封罐时间即为损失气时间。

损失气计算方法很多,推荐 GRI“直接法”,将储层温度下最初实测的有效数据点连线,沿损失气时间反推至零时间来确定。大量测试表明,同一煤层的煤屑样品损失气量大约是煤心样品的 2~3 倍。

4.2 结果处理

损失气取决于原地气体浓度、压力、样品的解吸动力学、钻孔温度、压力梯度、时间等因素。实测结果证明,原地气含量高、储层温度高、压力大,气体解吸速率就高,计算得的损失气量就大;逸散气计算受控

于采样时间,采样时间越长,损失量越大;逸散气计算受控于煤粒几何形态,煤粒越小,损失量越大。故应尽可能缩短采样时间,保持样品原始几何形态,以保证损失气计算的准确性。

一般来说,利用绳索取心,1 000 m 以浅井孔,损失气时间小于 10 min 时,损失气可占到总气含量的 10%±,采样过程温度、压力变化的影响可忽略;但在采样时间较长时,则要采取补救措施。有资料记载<sup>[2]</sup>,起钻至封罐所需时间近似于样品装罐后置于水浴恢复到储层温度所需的时间,即解吸最初的几个数据会因温度降低而导致解吸速率下降,造成计算的损失气偏低。所以在采样时间较长时,可以考虑最初几个数据点(1~3 个)不参与计算,这样就弥补了采样时温度、压力变化造成的负面影响。

需要指出的是,煤屑损失气计算沿用煤心样品方法,未考虑样品粒度是不妥的,需以后积累资料研究解决。

5 残余气测试讨论

5.1 测试方法及结果

残余气指自然解吸结束后(在大气压力条件下)仍然滞留在煤中的那部分气体。残余气测试方法主要有两种,其测试方法及参数比较如表 1。

表 1 残余气测试方法及测定参数比较。

测试方法	样品质量 /g	球磨时间	残余气量 /cm <sup>3</sup> ·g <sup>-1</sup>	占气含量 比例/%
粉碎机法	100	15 min	0.1~0.2	1~2
球磨法 <sup>[3]</sup>	400~500	2~4 h	0.5~3.5	5~30

显然粉碎机法样量太少,其代表性欠佳,数值偏低,其方法的适用性有待探讨。

球磨法是较规范的方法。用球磨法对煤屑或粉粒状样品做残余气测定,结果发现<5 mm 以下的煤粒粉碎后气体产出量很少,说明此时的样品粒度已接近气体运移路径极限,大气压力条件下气体分子逸散殆尽。所以样品粒度很小时做残余气测定已无多大实际意义。

另外,残余气测试时,由于强制性粉碎,第一天解吸速率很高,其后迅速减小。这是区别于自然解吸的一个特点。

5.2 球磨时间

测试时,球磨时间固定是实验可比的一个前提条件。一般华北石炭二叠纪低中煤级煤球磨 2 h,样品的大部分可达到 0.246 4 mm(60 目)以下,高煤级煤或硬度较大的煤,则需要 4 h 或更长的时间才可达该效果。

对不同时代、不同地区煤样,球磨时间的再探索是必要的,可考虑它们的岩石学组成、变质作用类型等地质因素。

5.3 粒度分布

装入罐内的样品块度大约为 2~3 cm,球磨后筛分,大部分样品已小于 0.246 4 mm(60 目)而位于筛下,这时筛上滞留样品的粒度介于<2~0.2 mm 之间,分布复杂无规律,但大多被不同程度的粉碎了。粒度变小使得部分气体得以释放,但该部分样品重量则未参与计算,这样做可能使得残余气值稍有偏高,但如统一规定,则无大碍。

6 建议

煤层气含量测试集基础理论和方法技术为一体,需要在方法和仪器上配套发展,体现当前学科最新的水平。实践使我们得出以下认识:

a·样品是测试的重要环节,勘探试验尽可能利用绳索取心;现场记录准确的时间参数。

b·完善损失气计算方法数学模型,从不同几何形态样品的物理化学特征,探讨气体扩散速率和解吸速率变化,提出煤屑样品损失气计算方法。

c·残余气测试以球磨法为好,今后需要对不同时代煤结合球磨时间与粒度分布状况探讨最优球磨时间的可分性。

参考文献

1 Mavor M J, Close J C, Pratt T J. Summry of the Completion Optimization and Assessment Laboratory (COAL) Site Gas Research Institute Topical Report No. GRI-91/0377. Chicago, Illinois, 1991

2 John D M, Paul S S, Timothy J P. A Guide To Detemining Coalbed Gas Content Gas Research Instiute No. GRI-94/0396, 1995.

3 煤炭科学研究总院西安分院. 煤层气含量测试方法规范, QB003-1998(内部资料) (收稿日期 1999-08-25)

DISCUSSION RELATED TO COALBED GAS CONTENT MEASUREMENT

Li Xiaoyan (Xi'an Branch, CCRI, 710054)

**Abstract** To perfect the techniques of gas content measurement, the best implement of testing steps are analyzed, depended on the Gas Content Guideline of USA and numerous gas content data measured for testing wells during coalbed gas development in China. Meanwhile the relations among individual test parameters are discussed, providing new understanding.

**Keywords** coalbed methane content; desorption rate; lost gas; remained gas