

T/GRM

中关村绿色矿山产业联盟团体标准

T/GRM XXXX—2026

煤层透气性系数测试计算方法

Test calculation method for gas permeability coefficient of coal seam

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

中关村绿色矿山产业联盟 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 测定原理及方法 1

5 仪器、仪表 2

6 参数测定 2

7 计算方法 3

附录 A（规范性） 煤样采取记录表格式 5

附录 B（规范性） 钻孔施工参数记录表格式 6

附录 C（规范性） 煤层瓦斯压力测定记录表格式 7

附录 D（规范性） 钻孔瓦斯流量测定记录表格式 8

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本标准的某些内容可能涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由中关村绿色矿山产业联盟提出并归口。

本文件起草单位：中国矿业大学（北京）、太原理工大学、太原科技大学、煤炭科学研究总院有限公司、山西兰花科技创业股份有限公司。

本文件主要起草人：秦跃平、刘佳、赵振保、齐庆杰、吴锦旗。

本文件为首次发布。

煤层透气性系数测试计算方法

1 范围

本文件规定了煤层透气性系数测试计算方法的原理、实验室参数和井下参数的测定方法、仪器仪表、透气性系数的计算方法等。

本文件适用于煤矿井下采用顺层钻孔或穿层钻孔测定煤层透气性系数的现场测试与计算。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 217 煤的真相对密度测试方法

GB/T 482 煤层煤样采取方法

GB/T 23561.4—2009 煤和岩石物理力学性质测定方法 第4部分：煤和岩石孔隙率计算方法

GB/T 6949 煤的视相对密度测定方法

AQ/T 1047 煤矿井下煤层瓦斯压力的直接测定方法

NB/T 10888—2021 煤的高压等温吸附试验方法 重量法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

煤层透气性系数 gas permeability coefficient of coal seam

表征煤层对瓦斯流动的阻力，反映瓦斯沿煤层流动难易程度的系数。

3.2

初始瓦斯压力 initial gas pressure

未采动条件下，煤层孔隙内瓦斯绝对压力。

3.3

钻孔瓦斯流量 gas flow rate from boreholes

单位时间内钻孔自然涌出的瓦斯量。

3.4

煤的孔隙率 porosity of coal

煤的孔隙体积与其总体积之比。

3.5

煤的瓦斯吸附常数 adsorption constant of coal

瓦斯吸附常数a, 给定温度下，单位质量煤体的极限吸附量。瓦斯吸附常数b, 反映吸附与脱附速率之比的吸附平衡常数。

4 测定原理及方法

4.1 测定原理

钻孔周围煤体为连续均匀介质，煤层透气性系数保持不变；瓦斯视为理想气体，其涌入钻孔过程为等温过程；钻孔周围瓦斯在压力梯度作用下流入钻孔，服从达西定律，数学表达式见公式（1）。

$$q = \lambda \left. \frac{\partial P}{\partial r} \right|_{r=r_1} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

q ——钻孔表面瓦斯涌出速度，即单位面积壁面上单位时间所涌出瓦斯在标准状况下的体积，单位为米每天（m/d）；

λ ——煤层透气性系数，单位为平方米每平方兆帕每天[m²/(MPa²·d)】；

r_1 ——钻孔半径，单位为米（m）；

$\partial P/\partial r$ ——压力平方梯度，单位为平方兆帕每平方米[MPa²/m]。

4.2 测定方法

测定煤层透气性系数的具体方法为：

- 1) 向煤层施工尽量垂直且穿过煤层的穿层钻孔，或尽量垂直于煤壁且高度位于煤层中间的顺层钻孔，封孔后待压力达到最大值且稳定后测定煤层瓦斯压力；
- 2) 测压完成后打开阀门，使钻孔内压力降至大气压力，测出各个时刻钻孔自然瓦斯排放量并记录；
- 3) 结合实验室参数测定结果计算煤层透气性系数。

5 仪器、仪表

煤层透气性系数测定过程中，压力表、气体流量计仪器、仪表应满足下列要求：

- a) 压力表：应满足 GB/T 1227 要求；
- b) 气体流量计：应满足 GB/T 32201 要求；
- c) 气压计：根据测定地点标高选择合适的量程范围，最大允许误差不大于±1 hPa；
- d) 计时器：秒表

6 参数测定

6.1 实验室参数测定

6.1.1 煤样采取

具备煤层巷道内采取煤样条件的，应在测压钻孔见煤点附近巷道煤壁上采取新鲜煤样，采样方法按照GB/T482规定执行，否则，应利用瓦斯压力测定钻孔采取煤样。每个瓦斯压力测点应采取1个煤样，穿层钻孔时采样厚度应为测压钻孔穿入煤层的厚度，顺层钻孔时需钻孔达到预定长度之后取样。煤样采取记录表见附录A。

6.1.2 煤的瓦斯吸附常数（a、b 值）测定

按照NB/T 10888—2021规定执行。

6.1.3 煤的真、视相对密度测定

按照GB/T217、GB/T6949规定执行。

6.1.4 煤的孔隙率测定

按照GB/T 23561.4—2009规定执行。

6.2 井下参数测定

6.2.1 煤层瓦斯压力测定

测压钻孔布置应满足如下要求：

- a) 当煤层为顺层钻孔时, 钻孔布置在煤层中间, 且尽量长以避免钻孔端头效应影响数据准确性; 当煤层为穿层钻孔时, 钻孔垂直煤层(偏斜角度 $\leq 30^\circ$)贯穿煤层, 穿层测压钻孔应穿透煤层全厚(如不能贯穿则至少穿透 3m 以上)。
- b) 测定地点的选择原则, 测定钻孔施工及封孔和测压方法按 AQ/T 1047 规定执行。钻孔施工记录表见附录 B, 瓦斯压力记录表见附录 C。

6.2.2 钻孔瓦斯流量测定

测定步骤如下:

- a) 测定前用气压计测定并记录巷道内大气压力值;
- b) 待瓦斯压力稳定后(压力稳定的判断标准详见 AQ/T 1047), 卸掉压力表并记录时间, 钻孔瓦斯呈自然排放状态;
- c) 当煤层采用穿层钻孔时, 打开测压钻孔后 24h 内测定 3 次钻孔瓦斯流量。以自然排放开始到瓦斯涌出状态稳定(即孔内压力与大气压接近时)的平均时间点作为起始计算时间。首次测定时, 瓦斯流量值的记录频率为 1min/次, 测定次数不小于 5 次, 瓦斯流量测定值取记录数值的平均值, 记录表见附录 D。2h 之内进行第 2 次测定, 且第 3 次测定与第 2 次测定时间间隔不大于 2h;
- d) 首次测定后 24h 内完成第 4 次测定。之后测定的时间间隔按照第四次测定时间间隔, 直到瓦斯流量的测定值变化率小于 10%以上;
- e) 取最后一次瓦斯流量的测定值用于计算煤层透气性系数;
- f) 当煤层采用顺层钻孔时, 测量人员采用三班制工作方式, 开启钻孔后第一天内 3 个班都进行测量。根据煤矿实测数据分析, 10 天之内的钻孔流量数据可用于顺层钻孔计算煤层透气性系数。
- g) 若上向孔或水平钻孔存在大量水, 应采取气水分离措施后测定瓦斯流量; 下向孔有积水时, 该钻孔作废。

7 计算方法

7.1 计算公式

煤层透气性系数 λ 按公式(2)进行计算:

$$\left[\begin{array}{ll} Fo = 10^{-5} \sim 10^{-2} & \lambda = 7.070U \cdot W^{0.9037} \\ Fo = 10^{-2} \sim 10^{-1} & \lambda = 3.226U \cdot W^{0.6810} \\ Fo = 10^{-1} \sim 1 & \lambda = 2.027U \cdot W^{0.4543} \\ Fo = 1 \sim 10 & \lambda = 1.850U \cdot W^{0.2809} \\ Fo = 10^1 \sim 10^2 & \lambda = 2.098U \cdot W^{0.1808} \\ Fo = 10^2 \sim 10^3 & \lambda = 2.4716U \cdot W^{0.1302} \end{array} \right] \dots\dots\dots (2)$$

其中 Fo 、 U 和 W 分别用公式(3)、公式(4)和公式(5)计算:

$$Fo = \frac{\sqrt{P_0} \lambda t}{\rho r_1^2 ab} \cdot \exp \left(\frac{3.714b\sqrt{P_0}}{2.614 + b\sqrt{P_0}} + 1.28 \frac{P_1}{P_0} - \frac{1.965nT_0}{a\rho_m b p_0 T_s} - 0.973 \right) \dots\dots\dots (3)$$

$$U = \frac{Q}{2\pi L P_0} \cdot \exp \left[0.9671 \left(\frac{P_1}{P_0} - 0.01 \right) \right] \dots\dots\dots (4)$$

$$W = \frac{0.3743qt}{\rho a b r_1 \sqrt{P_0}} \cdot \exp \left(\frac{3.714b\sqrt{P_0}}{2.614 + b\sqrt{P_0}} + 2.395 \frac{P_1}{P_0} - \frac{1.965T_0 n}{a\rho_m b T_s p_0} \right) \dots\dots\dots (5)$$

式中:

λ ——煤层透气性系数，单位为平方米每平方兆帕天， $[\text{m}^2/(\text{MPa}^2 \cdot \text{d})]$ ；
 b ——瓦斯吸附常数，单位为兆帕负一次方（ MPa^{-1} ）；
 P_0 ——煤层原始瓦斯压力的平方，单位为兆帕平方（ MPa^2 ）；
 P_1 ——钻孔瓦斯抽采压力的平方，0.01，单位为兆帕平方（ MPa^2 ）；
 p_{B0} ——一个标准大气压，0.101325，单位为兆帕（ MPa ）；
 T_0 ——标况温度，273.15，单位为开尔文（ K ）；
 T_s ——煤层实际温度，单位为开尔文（ K ）；
 a ——瓦斯吸附常数，指煤的饱和吸附量，单位为立方米每吨（ m^3/t ）；
 ρ ——煤的视相对密度，单位为吨每立方米（ t/m^3 ）；
 ρ_m ——煤的真密度，单位为吨每立方米（ t/m^3 ）；
 n ——煤的孔隙率；
 r_1 ——钻孔半径，单位为米（ m ）；
 t ——从钻孔开始排放瓦斯到瓦斯流量测定结束时的时间间隔，单位为天（ d ）；
 Q ——钻孔瓦斯流量测定结果，单位为立方米每天（ m^3/d ）；
 L ——钻孔穿透煤层厚度，单位米（ m ）。

7.2 计算步骤

煤层透气性系数采用迭代计算方法求解，采用计算机程序（参见附录E）或人工计算实现，步骤如下：

- 根据实验室及井下测定参数，利用公式（4）和公式（5）计算 U 、 W 值；
 - 选取公式(2)中 F_0 范围内的任意值作为 F_0 的初值。
 - 将 F_0 值代入公式（2）计算出 λ 值；
 - 利用公式（3）得到新的 F_0 ；
 - 重复步骤（c）和（d）；
- 直至连续两次迭代得到的 λ 和 F_0 相同，相对偏差小于 0.001，认为计算收敛。迭代结束后，计算得到的 λ 值即为该测点的透气性系数。

7.3 煤层透气性系数的确定

测定区域的煤层透气性系数，以所有钻孔各次测算透气性系数的平均值给出。（当煤层为顺层钻孔时，10天之内的计算值若无明显的衰减则取平均值做为测定区域的煤层透气性系数；若煤层透气性出现衰减，则选取衰减之前的钻孔流量数据进行煤层透气性系数的确定。）

附 录 A
(资料性)
煤样采取记录表格式

煤样采取记录内容及格式见表A.1。

表 A. 1 煤样采取记录表

矿井名称		煤层编号		煤样编号	
取样地点		取样钻孔编号		采样人	
取样日期			实验室测定参数		

附 录 C
(资料性)
煤层瓦斯压力测定记录表格式

煤层瓦斯压力测定记录表格式见表C.1。

表 C.1 煤层瓦斯压力测定记录表

矿井名称:	煤层名称:	测压地点:	测定地点的大气压力:
煤层厚度:	煤层倾角:	测压气室标高:	测压气室埋深:
开钻时间:	揭煤时间:	钻完时间:	封孔时间:
			封孔深度:

[illegible]

测定人员: _____ 审核: _____

附 录 D
(资料性)
钻孔瓦斯流量测定记录表格式

钻孔瓦斯流量测定记录表格式见表D.1。

表 D. 1 钻孔瓦斯流量测定记录表

钻孔地点	钻孔编号	钻孔参数			拆表时间 日 时 分
		方位 (°)	倾角 (°)	钻孔长 m	
第一次测定					
时间 日 时 分		瓦斯流量 mL/min		平均值 mL/min	
第二次测定					
时间 日 时 分		瓦斯流量 mL/min		平均值 mL/min	
第三次测定					
时间 日 时 分		瓦斯流量 mL/min		平均值 mL/min	
第四次测定					
时间 日 时 分		瓦斯流量 mL/min		平均值 mL/min	

测定人员：

审核：

(资料性附录)

煤层透气性系数计算机计算流程参见图 E.1。

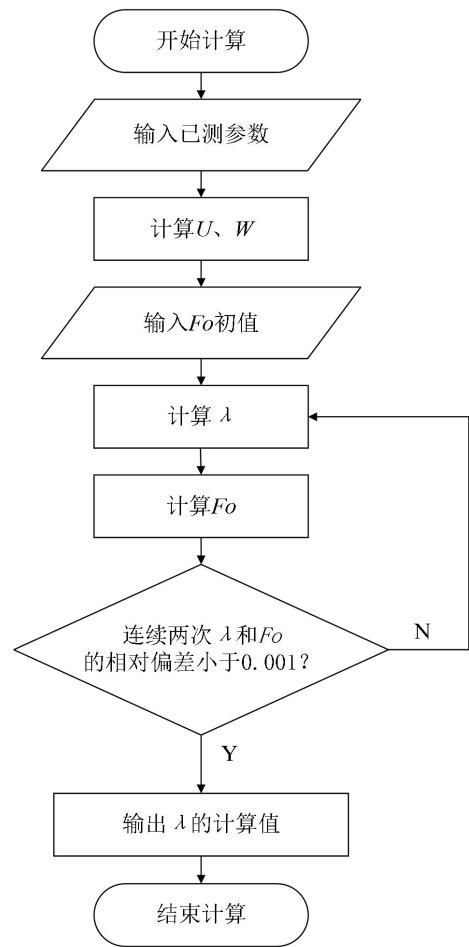


图 E.1 煤层透气性系数计算机计算流程图