



中华人民共和国国家标准

GB/T 44355—2024

煤的显微组分含量自动测定 图像分析法

Automatic determination of maceral group composition in coal —
Image analysis method

2024-08-23 发布

2025-03-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 方法提要 2

5 材料 2

 5.1 试样安装材料 2

 5.2 油浸液 2

6 仪器设备与测试系统 2

 6.1 反光显微镜 2

 6.2 数字程控可调电源 2

 6.3 自动载物台 2

 6.4 显微镜相机 3

 6.5 图像采集系统 3

 6.6 显微组分组自动识别测定系统 3

 6.7 整平器 3

7 样品制备 3

8 测定步骤 3

 8.1 仪器准备与调节 3

 8.2 图像自动采集 4

 8.3 图像调入 4

 8.4 图像预处理 4

 8.5 显微组分组识别及统计 4

9 结果计算 4

10 方法精密度 5

11 测定报告 5

附录 A（资料性） 煤的显微组分组含量自动测定报告 6

参考文献 7

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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国煤炭工业协会提出。

本文件由全国煤炭标准化技术委员会（SAC/TC 42）归口。

本文件起草单位：中煤科工西安研究院（集团）有限公司、煤炭科学技术研究院有限公司。

本文件主要起草人：宋孝忠、肖文钊、白向飞、刘善德、雷莹、丁华、皮中原、范章群、武琳琳、汤姗。

煤的显微组分含量自动测定 图像分析法

1 范围

本文件描述了在反光显微镜下运用图像处理技术自动测定煤的显微组分的方法。
本文件适用于单一煤层或单种煤的烟煤，褐煤和无烟煤参照使用。

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 12937 煤岩术语
GB/T 15588 烟煤显微组分分类
GB/T 16773 煤岩分析样品制备方法
GB/T 20733 数码相机 术语
GB/T 22063 显微镜 C型接口
GB/T 29298 数字（码）照相机通用规范

3 术语和定义

GB/T 12937、GB/T 15588 和 GB/T 20733 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

显微镜相机 microscope camera

通过专用接口与显微镜连接，具有输出显微镜成像数字信号功能的图像传感器，并通过数据接口与计算机相连，将此信号记录在存储媒体上的照相机。

3.2

像素 pixel

影像传感器上能单独感光的物理单元。

3.3

自动载物台 motorized stage

通过计算机程序控制沿 X、Y、Z 三轴方向自动移动的显微镜载物台。

3.4

图像采集系统 image acquisition system

能同时驱动显微镜自动载物台和显微镜相机的计算机控制系统。

注：包括自动载物台、图像采集装置及其驱动软件。

3.5

显微图像 microscopic image

利用显微镜相机对显微镜物镜下样品成像所拍摄的数字图像。

3.6

有效图像 valid image

在准焦条件下采集的煤岩样品显微图像，可清晰地分辨出显微组分、矿物、制样胶结物及各种组分边界。

3.7

测点 determination point

按照设定的点距和行距均匀布满煤岩样品的单个显微图像区域。

3.8

有效测点 valid determination point

有效图像中适于辨识显微组分的测点。

4 方法提要

通过显微镜相机、自动载物台与图像采集系统自动采集煤岩样品油浸物镜下显微数字图像，依据图像中显微组分的灰阶、结构、形貌等特征，运用图像处理技术，识别出图像中的镜质组、惰质组、壳质组目标物。由有效测点中识别出的各显微组分组的像素数量占全部有效测点总像素数量的百分数来表示各显微组分组的相对含量。

5 材料

5.1 试样安装材料

载片、胶泥。

5.2 油浸液

油浸液应不易干、无腐蚀性、不含有毒物质，在 23 ℃ 的折射指数 N_e ($\lambda=546\text{ nm}$ 的光中) 为 1.5180 ± 0.0004 ，温度系数小于 0.0005 K^{-1} 。

6 仪器设备与测试系统

6.1 反光显微镜

反光显微镜光源应有足够亮度且输出稳定的光源，采用功率为 50 W 或 100 W 的卤素石英灯或同等效果的 LED 灯室；油浸物镜应为 $\times 25 \sim \times 60$ ，目镜应为 $\times 8 \sim \times 12.5$ 。

6.2 数字程控可调电源

应具有数显可编程直流稳压/稳流电源，输出电压 0 V $\sim$ 12 V，分辨率 1 mV/0.1 mA。单个样品测定过程中，输出电压波动应控制在 $\pm 1\text{ mV}$ 。

6.3 自动载物台

自动载物台应满足以下要求：

- a) 在规定范围内，按设定的点距、行距和路线沿 X、Y 轴方向自动、连续移动，X、Y 行程大于 40 mm，重复定位精度小于 $10\text{ }\mu\text{m}$ ；
- b) 在 Z 轴方向自动调焦，可获取清晰煤岩样品显微图像。

6.4 显微镜相机

显微镜相机应满足以下技术条件：

- a) 图像传感器：电荷耦合阵列检测器（CCD）或互补型金属氧化物半导体器件（CMOS）；
- b) 图像传感器尺寸：1/2"或2/3"及以上；
- c) 接口：C型接口，符合GB/T 22063的要求；
- d) 位深：8 bit及以上；
- e) 图像质量：符合GB/T 29298的要求；
- f) 图像分辨率：1 024×768 PPI及以上，或80万像素以上；
- g) 图像文件格式：宜为JPG、BMP或TIFF格式；
- h) 曝光时间：可调且最短能至50 ms以下。

6.5 图像采集系统

图像采集系统应具备以下功能：

- a) 控制载物台按要求自动移动；
- b) 自动调焦控制功能；
- c) 自动采集每幅图像前应能消除物镜油浸液流动对成像的影响，采集间隔时间以能获取清晰图像为宜；
- d) 控制显微镜相机自动采集图像，有效图像采集率不低于90%；
- e) 图像自动传输到计算机，具有显示和存储功能。

6.6 显微组分组自动识别测定系统

测定系统功能包括但不限于：

- a) 调入图像采集系统采集的显微图像，判别、筛选有效图像；
- b) 具有图像裁剪，图像中的矿物、制样胶结物、空洞、裂隙等噪声去除，有效测点分析等显微图像预处理功能；
- c) 自动识别镜质组、惰质组和壳质组，并保存、备份原始图像和识别后各显微组分组图像，形成可溯源的数据；
- d) 分析计算显微组分组测定结果，绘制显微组分组含量柱状图；
- e) 形成、输出显微组分组含量测定报告。

6.7 整平器

用于将粉煤光片整平的装置，保证置于载片上的粉煤光片平整。

7 样品制备

煤岩粉煤光片的制备应符合GB/T 16773的规定。

8 测定步骤

8.1 仪器准备与调节

8.1.1 仪器准备

依次打开电源、灯和仪器的其他电器部件开关，调节显微镜。将油浸液（5.2）滴在已整平于载片上

的样品抛光面上，并将样品置于自动载物台上。

8.1.2 照明

卤素石英灯应调节成柯勒（Köhler）照明。调节显微镜视域光圈，使照明视域与取景尺寸相当。调节孔径光圈，使视域亮度适中、光线均匀、成像清晰。测定过程中不应再改变孔径光圈和视域光圈的大小。

8.1.3 对中

应保证物镜中心与显微镜光轴重合；使视域光圈的像准焦并对中；对显微镜相机接口进行微调，使采集图像中心与视域光圈中心重合。

8.1.4 图像采集参数设置

8.1.4.1 图像采集条件

调整图像采集系统（6.5）中的相关参数，如曝光时间、白平衡、图像分辨率等。曝光时间一般以 50 ms~100 ms 为宜，调整采集图像亮度至能辨识各显微组分。图像采集过程中不应更改上述参数。

8.1.4.2 样品移动

根据需要采集的图像数量，设定样品移动的点距、行距及路线，确保所采集的单个显微图像区域均匀布满整个光片。点距、行距应在 0.3 mm~0.6 mm 之间取一固定值，行距不应小于点距，均匀布满全片。

8.1.4.3 图像数量

有效测点数量不少于 500 个，且采集各显微图像区域应均匀分布于整个光片。

8.2 图像自动采集

设定好采集参数后，启动图像采集系统，自动完成图像采集和存储。

8.3 图像调入

显微组分组自动识别测定系统自动调入筛选后的有效图像。

8.4 图像预处理

对调入显微图像进行预处理，包括图像裁剪、噪声去除、有效测点分析。预处理后图像应保持其原始图像像素特性，不对显微组分做局部图像增强处理。

8.5 显微组分组识别及统计

显微组分组自动识别模块自动导入预处理后的有效测点图像，识别出输入图像中各显微组分组，并存储识别后显微组分组图像，计算每幅图像中各组分组所占像素数，统计出各显微组分组的体积分数。

9 结果计算

以各种显微组分组的像素统计个数占总有效测点像素数量的百分数（视为体积分数）为最终测定结果，数值保留到小数点后一位。各显微组分组的总有效像素数、去矿物基镜质组、惰质组、壳质组的体积分数计算按式（1）~式（4）计算。

$$\sum C = \sum_{k=1}^n (V_k + I_k + E_k) \dots\dots\dots (1)$$

$$P(V) = \frac{\sum_{k=1}^n V_k}{\sum C} \times 100\%$$

..... (2)

$$P(I) = \frac{\sum_{k=1}^n I_k}{\sum C} \times 100\%$$

..... (3)

$$P(E) = \frac{\sum_{k=1}^n E_k}{\sum C} \times 100\%$$

..... (4)

式中：

$\sum C$ —— 各显微组分组的总有效像素数；

V_k —— 第 k 幅有效测点图像中镜质组像素数；

I_k —— 第 k 幅有效测点图像中惰质组像素数；

E_k —— 第 k 幅有效测点图像中壳质组像素数；

$P(V)$ —— 镜质组的体积分数，%；

$P(I)$ —— 惰质组的体积分数，%；

$P(E)$ —— 壳质组的体积分数，%；

k —— 第1幅至第 n 幅有效测点显微图像。

注：本文件不统计矿物，含矿物基显微组分组及矿物的体积分数参照 GB/T 8899 统计计算。

10 方法精密度

镜质组、惰质组、壳质组测定结果的精密度见表 1。

表 1 重复性限和再现性限

体积分数 $P / \%$	重复性限 $ / \%$	再现性限 $ / \%$
$P \leq 10$	2.0	3.0
$10 < P \leq 30$	3.0	4.5
$30 < P \leq 60$	4.0	6.0
$60 < P \leq 90$	4.5	6.8
$P > 90$	4.0	6.0

11 测定报告

煤的显微组分组含量自动测定报告（示例）见附录 A。测定报告至少应包括：

- a) 样品编号；
- b) 依据标准；
- c) 测定仪器；
- d) 图像采集与测定条件（物镜放大倍数、显微镜相机芯片尺寸、点距、行距、图像大小、图像分辨率、图像数量、测点等）；
- e) 显微组分组的测值、有效测点数、含量柱状图；
- f) 测定者、审核者及测定日期。

附 录 A

(资 料 性)

煤的显微组分含量自动测定报告

煤的显微组分含量自动测定报告（示例）见表 A.1，煤的显微组分含量柱状图见图 A.1。

表 A.1 煤的显微组分含量测定报告

样品编号	×××	依据标准	GB/T ×××××	测定仪器	××
光源强度/V	9.00	物镜	50×, Oil		
图像分辨率	1 392×1 040	图像尺寸/μm	160×120	采集图像/幅	625
有效图像/幅	600	点距/mm	0.4	行距/mm	0.6
煤的显微组分含量					
镜质组/%	镜质组/%	壳质组/%	有效测点/个		
77.2	18.5	4.3	565		

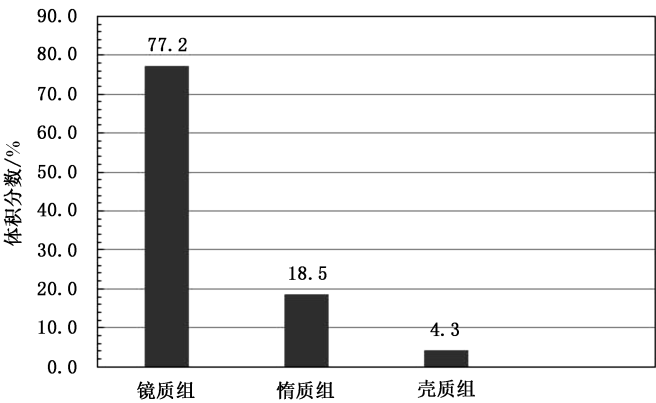


图 A.1 煤的显微组分含量柱状图

测定者：_____ 审核者：_____

测定单位：_____ 测定日期：____年____月____日

参 考 文 献

- [1] GB/T 8899 煤的显微组分组和矿物测定方法
-

