



中华人民共和国国家标准

GB/T 15588—2013
代替 GB/T 15588—2001

烟煤显微组分分类

Classification of macerals for bituminous coal

2013-12-17 发布

2014-05-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 15588—2001《烟煤显微组分分类》。与 GB/T 15588—2001 相比,主要变化如下:

——将“粗粒体”分为“粗粒体 1”和“粗粒体 2”两个显微亚组分。

本标准由中国煤炭工业协会提出。

本标准由全国煤炭标准化技术委员会(SAC/TC 42)归口。

本标准起草单位:中煤科工集团西安研究院。

本标准主要起草人:张群、肖文钊、陈佩元、窦廷焕、罗俊文。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

——GB/T 15588—1995、GB/T 15588—2001。

烟煤显微组分分类

1 范围

本标准规定了烟煤显微组分的分类、名称和代号,并给出了烟煤显微组分的特征描述。

本标准适用于烟煤的资源评价、加工利用和成因研究等方面的生产、科研及教学工作。煤化程度与烟煤接近的褐煤和无烟煤可参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 6948 煤的镜质体反射率显微镜测定方法(GB/T 6948—2008,ISO 7404-5:1994,MOD)

GB/T 12937 煤岩术语(GB/T 12937—2008,ISO 7404-1:1994,MOD)

3 分类原则

采用成因与工艺性质相结合的原则,以显微镜油浸反射光下的特征为主,结合透射光和荧光特征进行分类。

首先根据煤中有机成分的颜色、反射力、突起、形态、结构特征,划分出显微组分组;再根据细胞结构保存程度、形态、大小以及光性特征的差别,将显微组分组进一步划分为显微组分和显微亚组分。

4 分类方案

烟煤显微组分分类方案见表1。其中包括3个显微组分组、20个显微组分、14个显微亚组分。其特征描述见附录A。

表1 烟煤显微组分分类

显微组分组 (Maceral Group)	代号 (Symbol)	显微组分 (Maceral)	代号 (Symbol)	显微亚组分 (Submaceral)	代号 (Symbol)
镜质组 (Vitrinite)	V	结构镜质体 (Telinite)	T	结构镜质体 1(Telinite 1) 结构镜质体 2(Telinite 2)	T1 T2
		无结构镜质体 (Collinite)	C	均质镜质体(Telocollinite) 基质镜质体(Desmocollinite) 团块镜质体(Corpocollinite) 胶质镜质体(Gelocollinite)	TC DC CC GC
		碎屑镜质体 (Vitrodetrinite)	VD	—	—

表 1 (续)

显微组分组 (Maceral Group)	代号 (Symbol)	显微组分 (Maceral)	代号 (Symbol)	显微亚组分 (Submaceral)	代号 (Symbol)
惰质组 (Inertinite)	I	丝质体(Fusinite)	F	火焚丝质体(Pyrofusinite) 氧化丝质体(Oxyfusinite)	PF OF
		半丝质体(Semifusinite)	Sf	—	—
		真菌体(Funginite)	Fu	—	—
		分泌体(Secretinite)	Se	—	—
		粗粒体(Macrinite)	Ma	粗粒体 1(Macrinite 1) 粗粒体 2(Macrinite 2)	Ma1 Ma2
		微粒体(Micrinite)	Mi	—	—
		碎屑惰质体 (Inertodetrinite)	ID	—	—
壳质组 (Exinite)	E	孢粉体(Sporinite)	Sp	大孢子体(Macrosporinite) 小孢子体(Microsporinite)	MaS MiS
		角质体(Cutinite)	Cu	—	—
		树脂体(Resinite)	Re	—	—
		木栓质体(Suberinite)	Sub	—	—
		树皮体(Barkinite)	Ba	—	—
		沥青质体(Bituminite)	Bt	—	—
		渗出沥青体 (Exsudatinite)	Ex	—	—
		荧光体(Fluorinite)	Fl	—	—
		藻类体(Alginite)	Alg	结构藻类体(Telalginite) 层状藻类体(Lamalginite)	TA LA
		碎屑类脂体 (Liptodetrinite)	LD	—	—

烟煤中常见矿物及其鉴定特征见附录 B。

附 录 A

(资料性附录)

烟煤显微组分特征描述

A.1 镜质组

A.1.1 镜质组特征

镜质组是由成煤植物的木质纤维组织,经腐植化作用和凝胶化作用而形成的显微组分组。

在低煤化烟煤中,镜质组在油浸反射光下呈深灰色,无突起。随煤化程度增加,反射力增大,反射色变浅,可由深灰色变为灰白色;正交偏光下光学各向异性明显增强。镜质组的透光色为橙色-橙红色,随煤化程度增加,透光色变深,可由橙红色变为棕色,直至不透明;

镜质组有时具弱荧光性。

根据细胞结构保存程度及形态、大小等特征,镜质组可分为 3 个显微组分和若干个显微亚组分。

A.1.2 结构镜质体

显微镜下显示植物细胞结构的镜质体(指细胞壁部分)。根据细胞结构保存的完好程度,结构镜质体又可分为如下两个显微亚组分:

- a) 结构镜质体 1,细胞结构保存完好的结构镜质体。细胞壁未膨胀或微膨胀,细胞腔清晰可见,细胞排列规则。细胞腔中空,或为矿物和其他显微组分充填;
- b) 结构镜质体 2,细胞壁强烈膨胀,细胞腔完全变形或几乎消失,但可见细胞结构残迹,细胞腔闭合后常呈线条状结构。由树叶形成的结构镜质体 2,常具角质体镶边,有时显示团块状结构。

A.1.3 无结构镜质体

显微镜下不显示植物细胞结构的镜质体。根据其形态,无结构镜质体又可分为如下 4 个亚组分:

- a) 均质镜质体,在垂直层理切面中呈宽窄不等的条带状或透镜状,均一、纯净,常见垂直层理方向的裂纹。低阶烟煤中有时可见不清晰隐结构,经氧化腐蚀,可见清晰的细胞结构。该显微组分为镜质体反射率测定对象;
- b) 基质镜质体,没有固定形态,胶结其他显微组分或共生矿物。均匀基质镜质体显示均一结构,颜色均匀;不均匀基质镜质体为大小不一、形态各异、颜色略有深浅变化的团块状或斑点状集合体。在低、中阶煤中,与均质镜质体相比,反射率略低,透光色略浅。该显微组分亦为反射率测定对象;
- c) 团块镜质体,多呈圆形、椭圆形、纺锤形、轮廓清晰的均质块体。常充填细胞腔,其大小与细胞腔一致;也可单独出现,最大者可达 300 μm 。油浸反射光下与均质镜质体反射色接近或略浅,呈深灰色或浅灰色,透射光下为红色-红褐色;
- d) 胶质镜质体,均一纯净,无确定形态,常充填在细胞腔、裂隙及真菌体和孢粉体的空腔中。镜下其他光性特征与均质镜质体相似。

A.1.4 碎屑镜质体

粒径小于 10 μm 的镜质体碎屑,多呈粒状或不规则状,偶见棱角状,常被基质镜质体胶结。

A.2 惰质组

A.2.1 惰质组特征

惰质组主要由成煤植物的木质纤维组织受丝炭化作用转化形成的显微组分组,少数惰质体来源于真菌遗体,或是在热演化过程中次生。油浸反射光下呈灰白色-亮白色或亮黄白色,反射力强,中高突起。透射光下呈棕黑色-黑色,微透明或不透明。一般不发荧光。惰质组在煤化作用过程中的光性变化不及镜质体明显。根据细胞结构和形态特征等,惰质组可分为 7 个显微组分。

A.2.2 丝质体

油浸反光下为亮白色或亮黄色,中-高突起,具细胞结构,呈条带状、透镜状或不规则状。常见细胞结构保存完好,甚至可见清晰的年轮及分节的管胞。细胞腔一般中空或被矿物、有机质充填。根据成因和反射色不同丝质体可分为如下两个亚组分:

- a) 火焚丝质体,植物或泥炭在泥炭沼泽发生火灾时,受高温碳化热解作用转变形成的丝质体。火焚丝质体的细胞结构清晰,细胞壁薄,反射率和突起很高,油浸反光下为亮黄白色。
- b) 氧化丝质体,与火焚丝质体相比,细胞结构保存较差,反射率和突起稍低,油浸反光下为亮白色或白色。

A.2.3 半丝质体

油浸反光下为灰白色,中突起,呈条带状、透镜状或不规则状,具细胞结构,有的呈现较清晰的、排列规则的木质细胞结构,有的细胞壁膨胀或仅显示细胞腔的残迹。

A.2.4 真菌体

来源于真菌菌孢子、菌丝、菌核和密丝组织。油浸反射光下呈现灰白色、亮白色或亮黄白色,中-高突起,显示真菌的形态和结构特征。来源于真菌菌孢的真菌体,外形呈椭圆形、纺锤形,内部显示单细胞腔、双细胞腔或多细胞腔结构。形成于真菌核的真菌体,外形呈近圆形,内部显示蜂窝状或网状的多细胞结构。

A.2.5 分泌体

由树脂、丹宁等分泌物经丝炭化作用形成,因而常被称为氧化树脂体,但它也可能起源于腐植凝胶。油浸反射光下为灰白色、白色至亮黄白色,中高突起。形态多呈圆形、椭圆形或不规则形状,大小不一,轮廓清晰。一般致密、均匀。根据结构不同可分为无孔洞、有孔洞和具裂隙的 3 种。无孔洞的多为较小的浑圆状,表面光滑,轮廓清晰。有孔洞的往往具有大小相近的圆形小孔。第三种则呈现出方向大约一致或不一致的氧化裂纹。

A.2.6 粗粒体

粗粒体油浸反光下为灰白色、白色、淡黄白色,中-高突起。有的完全均一,有的隐约可见残余的细胞结构。通常为不规则的浑圆状单体或不定形基质。一般大于 30 μm 。粗粒体可分为如下两个亚组分:

- a) 粗粒体 1,在油浸反光镜下为灰白色,具有一定外形轮廓的粗粒体;
- b) 粗粒体 2,在油浸反光镜下为亮白色或亮黄白色,呈无定形基质状的粗粒体。

A.2.7 微粒体

油浸反光下呈白灰色-灰白色至黄白色的细小圆形或似圆形的颗粒,粒径一般在 $1\ \mu\text{m}$ 以下。常聚集成小条带、小透镜状或细分散在无结构镜质体中。也常充填于结构镜质体的胞腔内或呈不定形基质状出现。反射力明显高于镜质体,微突起或无突起。主要为煤化作用过程中的次生显微组分。

A.2.8 碎屑惰质体

为惰质组的碎屑成分,粒径小于 $30\ \mu\text{m}$,形态极不规则。

A.3 壳质组

A.3.1 壳质组特征

壳质组主要来源于高等植物的繁殖器官、保护组织、分泌物和菌藻类,以及与这些物质相关的降解物,也称为类脂组(Liptinite)。

从低阶烟煤到中阶烟煤,壳质组在油浸反射光下呈灰黑色到深灰色,反射率比煤中其他显微组分都低,突起由中高突起降到微突起;在透射光下呈柠檬黄色-黄色-桔黄色-红色,大多轮廓清楚,外形特征明显;随煤化程度增高,壳质组反射率等光学特征比共生的镜质组变化快,中阶烟煤的壳质组颜色和突起与镜质组趋于一致;高阶烟煤的壳质组反射率比镜质组还要高,常具强烈的光学各向异性。

壳质组具有明显的荧光性。从低阶烟煤到中阶烟煤,类脂组在蓝光激发下发绿黄色-亮黄色-橙黄色-褐色荧光,随煤化程度增高,荧光强度减弱,当镜质体反射率大于 1.30% 左右时,荧光趋于消失。

A.3.2 孢粉体

孢粉体是由成煤植物的繁殖器官大孢子、小孢子和花粉形成的,分为 2 个显微亚组分。由大孢子形成的孢粉体称为大孢子体。由于小孢子和花粉在煤垂直层理切片中非常相似,很难区分,故将小孢子和花粉形成的孢粉体统称为小孢子体。孢子体可分为如下两个亚组分:

- a) 大孢子体,长轴一般大于 $100\ \mu\text{m}$ 。最大可达 $5\ 000\ \mu\text{m}\sim 10\ 000\ \mu\text{m}$ 。在垂直层理的煤片中,常呈封闭的扁环状。常有大的褶曲,转折处呈钝圆形。大孢子体的内缘平滑,外缘一般平整光滑,有时可见瘤状、刺状等纹饰;
- b) 小孢子体,长轴小于 $100\ \mu\text{m}$ 。在垂直层理的煤片中,多呈扁环状蠕虫状、细短的线条状或似三角形状。外缘一般平整光滑,有时可见刺状纹饰。常呈分散状单个个体出现,有时可见小孢子体密集堆集。

A.3.3 角质体

来源于植物的叶和嫩枝、果实表皮的角质层。显微镜下角质体呈厚度不等的细长条带。外缘平滑,而内缘大多呈锯齿状,叶的角质体保存完好时,为上下两片锯齿相对,且末端褶曲处呈尖角状。一般顺层理分布,有时密集呈薄层状。角质体可以镶边的形式与镜质体伴生。根据厚度,可将角质体分为厚壁角质体和薄壁角质体两种。

A.3.4 树脂体

来源于植物的树脂以及树胶、脂肪和蜡质分泌物。树脂体主要呈细胞充填物出现,有时也呈分散状

或层状出现,在垂直层理的煤片中,树脂体常呈圆形、卵形、纺锤形等,或呈小杆状。

油浸反射色深于孢粉体和角质体,多为深灰色,有时可见带红色色调的内反射现象。一般不显示突起。在透射光下,树脂体多呈淡黄色、柠檬黄色,也呈橙红色。

A.3.5 木栓质体

来源于植物的木栓组织的栓质化细胞壁。细胞腔有时中空,有时为团块状镜质体充填。常显示叠瓦状构造。栓质化细胞壁在油浸反射光下呈均一的深灰色,低突起到微突起,在低阶烟煤中可发较弱的荧光。

A.3.6 树皮体

可能来源于植物茎和根的皮层组织,细胞壁和细胞腔的充填物皆栓质化。

在油浸反射光下呈灰黑色至深灰色,低突起或微突起。树皮体有多种保存形态,常为多层状、有时为多层环状或单层状等。在纵切面上,由扁平长方形细胞叠瓦状排列而成,呈轮廓清晰的块状。水平切面上呈不规则的多边形。透射光下呈柠檬黄、金黄、橙红及红色。具有明显的亮绿黄色、亮黄色至黄褐色荧光,各层细胞的荧光强度不同,荧光色差异较大。

A.3.7 沥青质体

沥青质体是藻类、浮游生物、细菌等强烈降解的产物。油浸反射光下呈棕黑色或灰黑色。没有一定的形态和结构,分布在其他显微组分之间。也见有充填于细小裂隙中或呈微细条带状出现。微突起或无突起,反射率较低,具荧光性,呈褐色。

A.3.8 渗出沥青体

渗出沥青体是各种类脂体及富氢的镜质体,在煤化作用的沥青化阶段渗出的次生物质。呈楔形或沿一定方向延伸,充填于裂隙或孔隙中,并常与母体相连,其光性特征与母体基本一致或略有差别。透射光下呈金黄色或橙黄色;蓝光激发下荧光色变化较大,多为亮黄色或暗黄色,多与母体的荧光性相似。

A.3.9 荧光体

由植物分泌的油脂等转化而成的具强荧光的类脂体。在蓝光激发下发很强的亮黄色或亮绿色荧光。荧光体常呈单体或成群的粒状、油滴状及小透镜状,主要分布于叶肉组织间隙或细胞腔内。油浸反射光下为灰黑色或黑灰色,微突起,透射光下为柠檬黄色或黄色。

A.3.10 藻类体

藻类体是由低等植物藻类形成的显微组分,它是腐泥煤的主要组分。根据结构和形态特征藻类体分为如下两个亚组分:

- a) 结构藻类体,普通反射光下为灰色,结构和形态清晰,低-中突起。油浸反射光下呈灰黑色或黑色,反射率很低。透射光下色调不均一,多呈柠檬黄色、橙黄色。蓝光激发下发强荧光,结构更加清晰,随煤化程度增高,荧光色由柠檬黄色变化为橙黄色至红褐色。煤中常见的是由皮拉藻形成的结构藻类体,呈不规则的椭圆形和纺锤形等形状。在垂直层理切片中,表面呈斑点状、海绵状,边缘呈放射状、似菊花状的群体细胞结构特征。由轮奇藻形成的结构藻类体较少见,

水平切面为中空的一环带,边缘呈齿状,在垂直切面上中空部分压实后呈线性;

- b) 层状藻类体,细胞结构和形态保存不好,在垂直层理的切面中呈纹层状、线条状。油浸反射光下呈灰黑色至暗灰色。蓝光激发下荧光色为黄色,桔黄色至褐色。

A.3.11 碎屑壳质体

粒径小于 $3\ \mu\text{m}$ 的碎屑状类脂体,常成群出现,在油浸反射光下呈深灰色,在蓝光激发下发亮黄色荧光。

附 录 B
(资料性附录)

烟煤中常见矿物及其鉴定特征

B.1 矿物种类

反射光下能辨认的常见矿物,按成分分为 5 类,见表 B.1。

表 B.1 煤中常见矿物种类

种类	代号	常见矿物
粘土类	CM	黏土矿物
硫化物类	SM	黄铁矿、白铁矿
碳酸盐类	CaM	方解石、菱铁矿
氧化硅类	SiM	石英
其他矿物类	OM	金红石、长石、石膏

B.2 反射光下鉴定特征

B.2.1 粘土类

粘土矿物是煤中最主要的矿物,一般可占煤中矿物总量的 70%左右。普通反射光下为暗灰色、土灰色,油浸反射光下为灰黑色、黑色,低突起或微突起,表面不光滑,常呈微粒状、团块状、透镜状、薄层状产出,或充填于细胞腔中。

B.2.2 硫化物类

煤中常见的硫化物矿物主要是黄铁矿,其次是白铁矿等。黄铁矿在普通反射光下为黄白色,油浸反射光下为亮黄白色,突起很高,表面平整,有时不易磨光呈蜂窝状。常呈结核状、浸染状或莓粒状集合体产出,或充填于裂隙和细胞腔中。黄铁矿为均质,在正交偏光下全消光,而白铁矿具有强非均质性,偏光色为黄-绿-紫色,双反射显著。常呈放射状、同心圆状集合体。

B.2.3 碳酸盐类

煤中常见的碳酸盐类矿物主要有方解石和菱铁矿。

方解石在普通反射光下为灰色,低突起,油浸反射光下为灰棕色,表面平整光滑,强非均质性,偏光色为浅灰-暗灰色,内反射显乳白色-棕色,双反射显著。多呈脉状充填裂隙或胞腔中,常见双晶纹及菱形解理纹。菱铁矿的突起比方解石高,常呈结核状、球粒状集合体产出,有时呈脉状。其他特征与方解石相似。

B.2.4 氧化硅类

煤中氧化硅类矿物以石英为主。普通反射光下为深灰色,有时呈浅紫灰色,油浸反射光下为黑色。一般表面平整,由于磨损硬度大,突起很高,周围常有暗色环。呈棱角状、半棱角状碎屑为主。自生石英

呈自形晶或半自形晶,也有充填细胞腔的,热液石英多呈脉状充填在显微组分的裂隙中。

B.2.5 其他矿物类

其他矿物类特征描述从略。
