



中华人民共和国国家标准

GB/T 26656—2011

蠕墨铸铁金相检验

Metallographic test for compacted(vermicular)graphite cast irons

2011-06-16 发布

2012-03-01 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

目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 金相试样的制备	1
4 检验项目和评级	1
附录 A (资料性附录) 石墨分类	9
附录 B (资料性附录) 石墨形态	11
附录 C (资料性附录) 蠕墨铸铁蠕化率的测定	13

前 言

本标准依据 GB/T 1.1—2009 的编写规则起草。

本标准参考国际标准 ISO 16112:2006《蠕墨铸铁 分类》附录 B 的有关内容重新制定。

——本标准将蠕化率分为八个级别。

——采用 ISO 16112:2006 标准附录 B 中蠕化率 $\geq 95\%$ 、 90% 、 85% 、 80% 四个级别的金相图片。

——本标准附录 A 为引自 ISO 945 的石墨分类。

——参照 ISO 16112:2006 标准附录 B,用面积法测定、计算蠕墨铸铁蠕化率。

本标准由全国铸造标准化技术委员会(SAT/TC 54)提出并归口。

本标准负责起草单位:山东省淄博蠕墨铸铁股份有限公司。

本标准参加起草单位:郑州机械研究所、东风汽车公司、日月重工股份有限公司、西峡县内燃机进排气管有限责任公司、山东省机械设计研究院、无锡一汽铸造有限公司、山东精良海纬机械有限公司、沈阳铸造研究所。

本标准主要起草人:文景宝、张忠仇、万仁芳、叶芳华、王云岗、宋贤发、赵新武、张志勇、韩振中、张恒岩、伊立冬、张寅。

蠕墨铸铁金相检验

1 范围

本标准规定了金相试样的制备、检验项目和评级。

本标准适用于蠕墨铸铁的石墨形态判别,蠕化率、珠光体、磷共晶和碳化物数量与分级的评定。

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 13298 金相显微组织检验方法

3 金相试样的制备

3.1 金相试样应在与铸件同时浇注、同炉热处理的试块或铸件上切取。

3.2 金相试样的制备按 GB/T 13298 规定执行,切取和制备金相试样过程中应防止组织发生变化、石墨剥落及石墨曳尾,试样表面应光洁,不允许有划痕。

4 检验项目和评级

4.1 蠕化率的分级和评定

4.1.1 石墨形态

蠕墨铸铁中的石墨主要为附录 A 中的蠕虫状石墨(Ⅲ型),以及少量球状石墨(Ⅵ型)和团状、团絮状石墨(Ⅳ、Ⅴ型)存在,不允许出现片状和细片状石墨(Ⅰ、Ⅱ型)。

蠕虫状石墨的形态参见附录 B。

4.1.2 蠕化率的计算(蠕墨铸铁中不允许存在片状石墨)

本标准规定蠕化率按面积法计算。

$$\text{蠕化率} = \frac{\sum A_{\text{蠕虫状石墨}} + 0.5 \sum A_{\text{团状、团絮状石墨}}}{\sum A_{\text{每个石墨}}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

$A_{\text{蠕虫状石墨}}$ ——蠕虫状石墨颗粒的面积;(圆形系数 RSF 为 <0.525);

$A_{\text{团状、团絮状石墨}}$ ——团状、团絮状石墨颗粒的面积;(圆形系数 RSF 为 $0.525 \sim 0.625$);

$A_{\text{每个石墨}}$ ——每个石墨颗粒(最大中心长度 $\geq 10 \mu\text{m}$)的面积。

蠕墨铸铁蠕化率的计算见附录 C。

4.1.3 检验蠕化率时,放大 100 倍,视场直径为 70 mm 或不小于此面积,被视场周界切割的石墨不计,放大 100 倍时,少量 $<1 \text{ mm}$ (实际尺寸 $10 \mu\text{m}$,视界面积为 0.785 mm^2)的石墨不计。

4.1.4 在抛光状态下检验石墨的蠕化分级,原则上选放大 100 倍,先按附录 C 的圆形系数(RSF)对石

墨分类,然后按 4.1.2 计算蠕化率,随机取 5 个视场平均。

4.1.5 用图像分析仪进行评定时,在抛光态下直接进行阈值分割提取石墨颗粒,按附录 C 和 4.1.2 计算蠕化率,随机选 5 个视场平均。

4.1.6 蠕化率分级

按随机取 5 个视场对照以下图片评定。

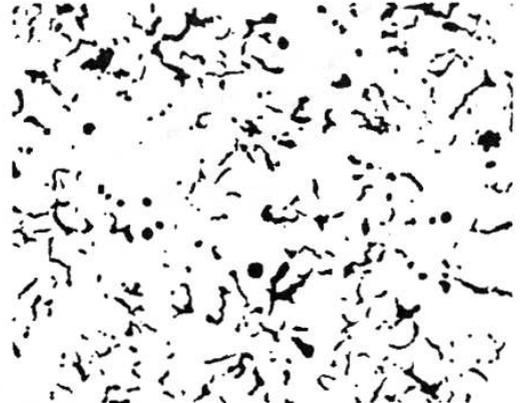
蠕化率分为 8 级,见表 1、图 1a)~图 1h)。蠕化率分级应在抛光后、未浸蚀的试样上进行,放大倍数为 100 倍。

表 1 蠕化率分级

蠕化率级别	蠕虫状石墨量	图 号
蠕 95	≥95%	图 1a)
蠕 90	90%	图 1b)
蠕 85	85%	图 1c)
蠕 80	80%	图 1d)
蠕 70	70%	图 1e)
蠕 60	60%	图 1f)
蠕 50	50%	图 1g)
蠕 40	40%	图 1h)



a) 蠕 95



b) 蠕 90

图 1 蠕化率分级图 100×

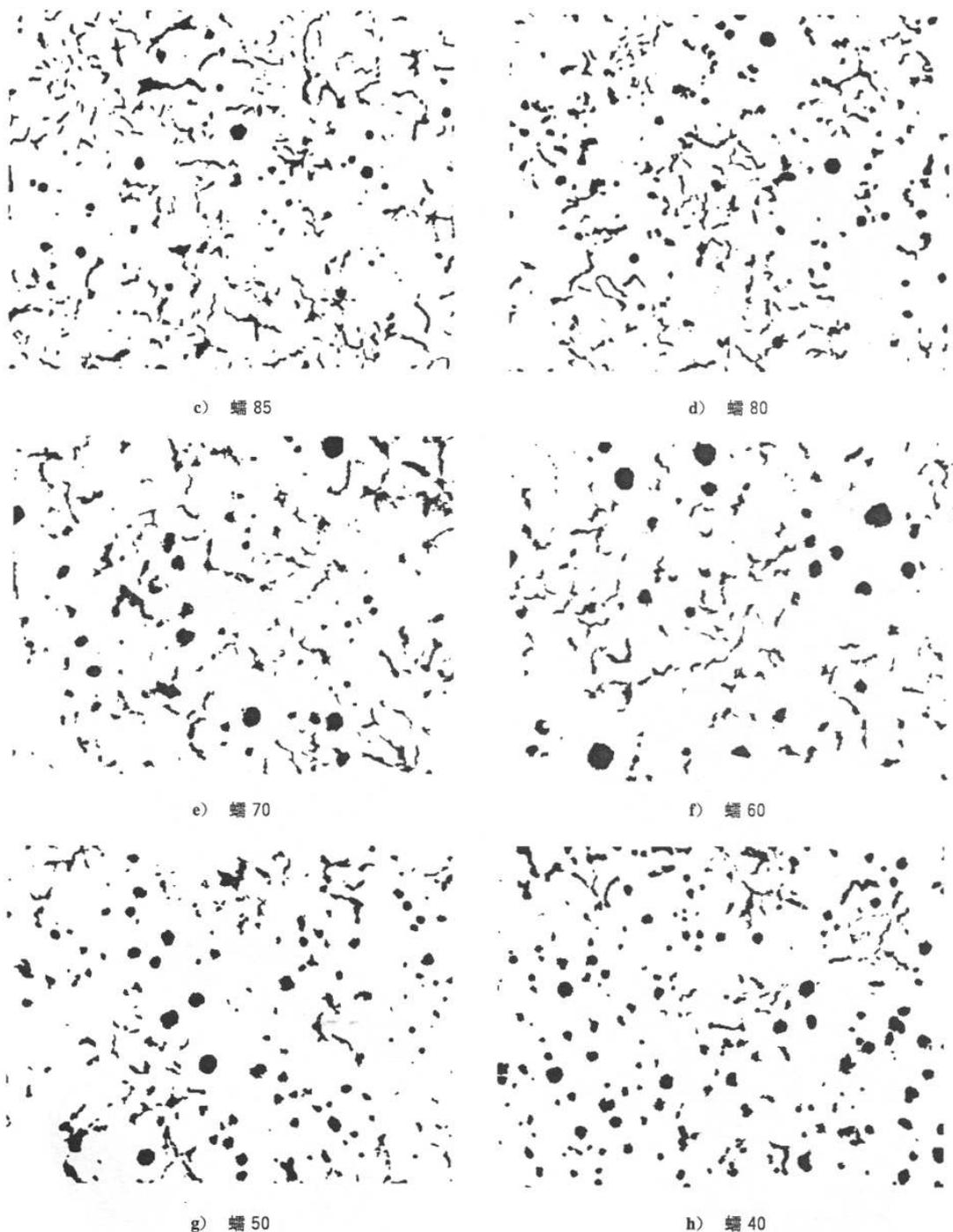


图 1 (续)

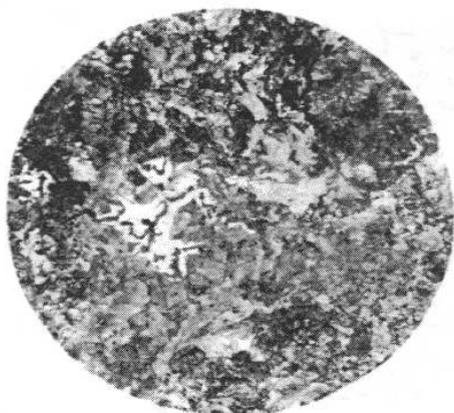
4.2 珠光体数量

4.2.1 抛光后的试样经 2%~5% 硝酸酒精溶液浸蚀后, 检验珠光体数量(珠光体+铁素体=100%), 放大倍数 100 倍。选取有代表性的视场对照相应的评级图评定。

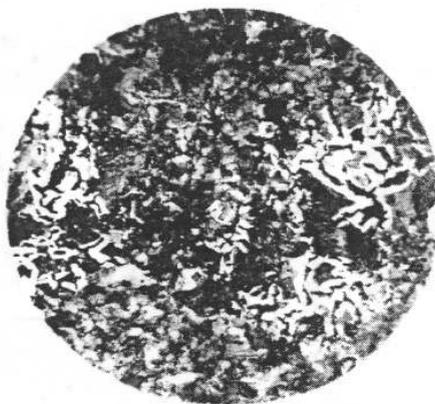
4.2.2 珠光体数量分级见表 2、图 2a)~图 2j)。

表 2 珠光体数量分级

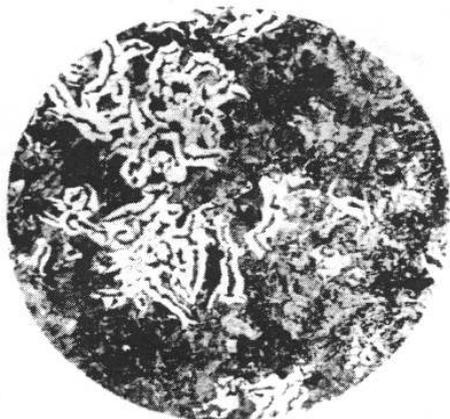
名 称	珠 光 体 数 量	图 号
珠 95	>90%	图 2a)
珠 85	>80%~90%	图 2b)
珠 75	>70%~80%	图 2c)
珠 65	>60%~70%	图 2d)
珠 55	>50%~60%	图 2e)
珠 45	>40%~50%	图 2f)
珠 35	>30%~40%	图 2g)
珠 25	>20%~30%	图 2h)
珠 15	>10%~20%	图 2i)
珠 5	≤10%	图 2j)



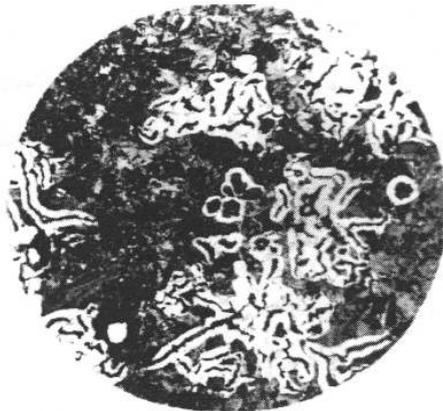
a) 珠 95



b) 珠 85

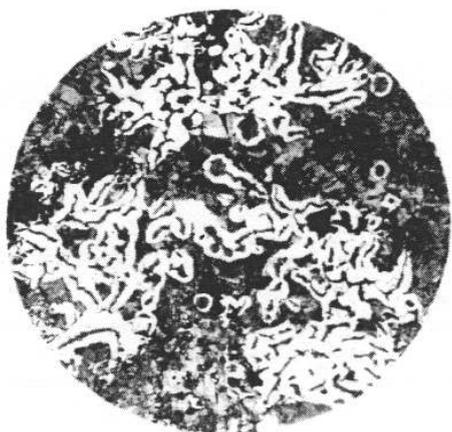


c) 珠 75

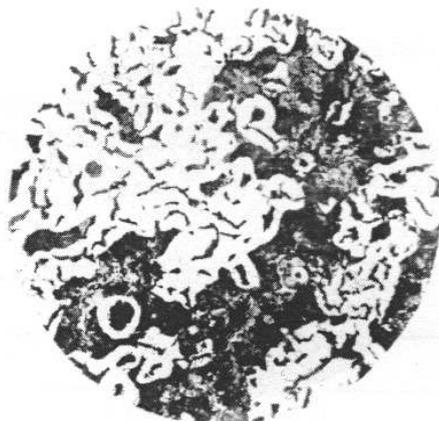


d) 珠 65

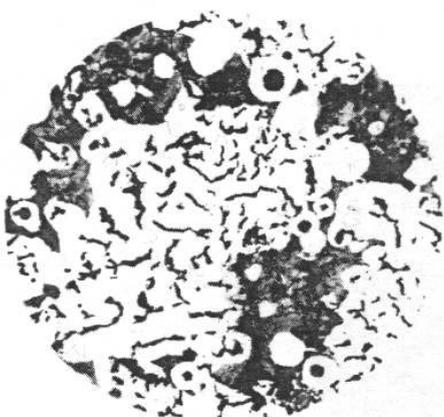
图 2 珠光体数量分级图 100×



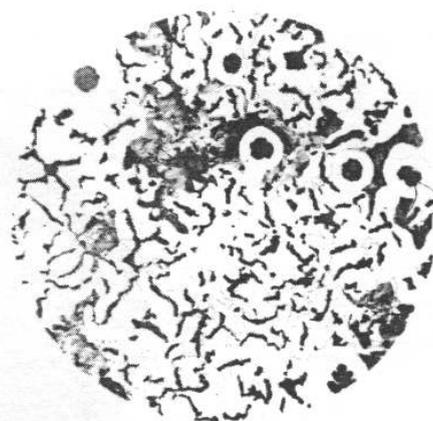
e) 珠 55



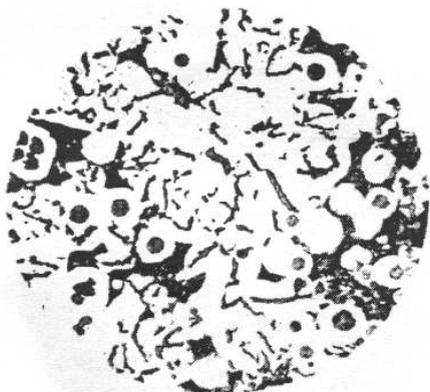
f) 珠 45



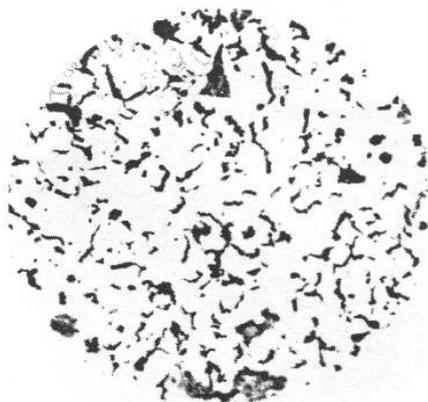
g) 珠 35



h) 珠 25



i) 珠 15



j) 珠 5

图 2 (续)

4.3 磷共晶数量

4.3.1 抛光后的试样经 2%~5% 硝酸酒精溶液浸蚀后, 检验磷共晶数量, 放大倍数 100 倍。首先观察整个受检面, 以数量最多的视场对照相应的评级图评定。

4.3.2 磷共晶数量分级见表 3 和图 3a)~图 3e)。

表 3 磷共晶数量分级

名 称	磷 共 晶 数 量	图 号
磷 0.5	$\approx 0.5\%$	图 3a)
磷 1	$\approx 1\%$	图 3b)
磷 2	$\approx 2\%$	图 3c)
磷 3	$\approx 3\%$	图 3d)
磷 5	$\approx 5\%$	图 3e)



a) 磷 0.5



b) 磷 1



c) 磷 2

图 3 磷共晶数量分级图 100×

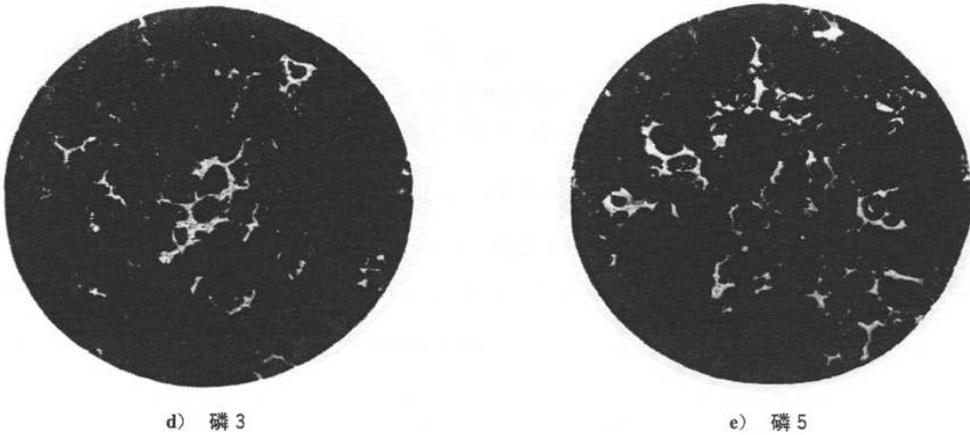


图 3 (续)

4.4 碳化物数量

4.4.1 抛光后的试样经 2%~5% 硝酸酒精溶液浸蚀后, 检验碳化物数量, 放大倍数 100 倍。首先观察整个受检面, 以数量最多的视场对照相应的评级图评定。

4.4.2 碳化物数量分级见表 4 和图 4a)~图 4f)。

表 4 碳化物数量分级

名 称	碳化物数量	图 号
碳 1	≈1%	图 4a)
碳 2	≈2%	图 4b)
碳 3	≈3%	图 4c)
碳 5	≈5%	图 4d)
碳 7	≈7%	图 4e)
碳 10	≈10%	图 4f)

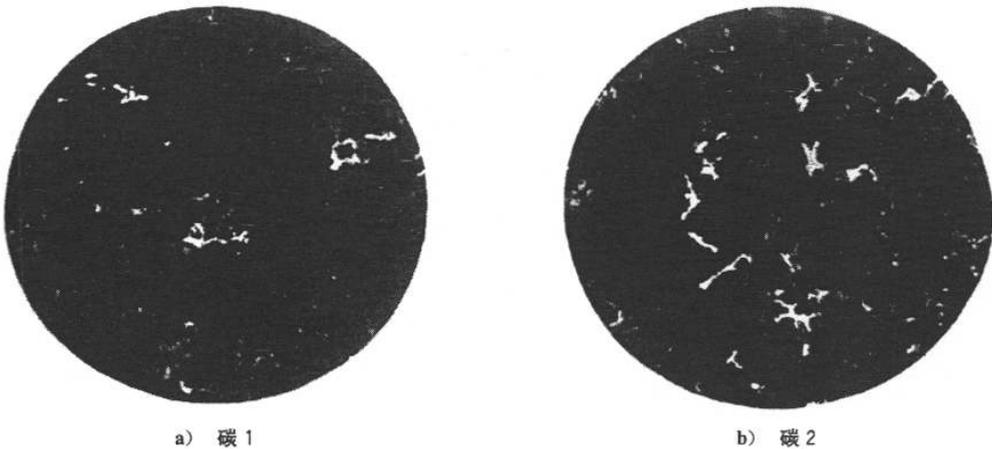
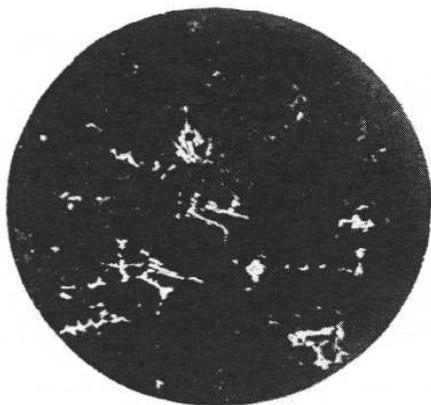
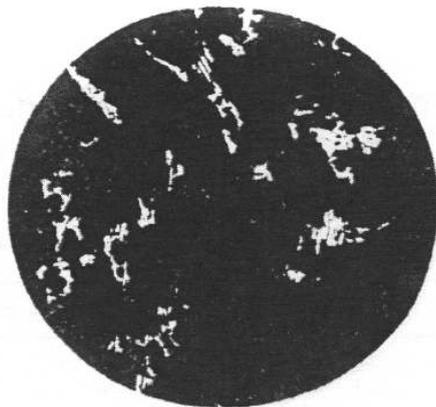


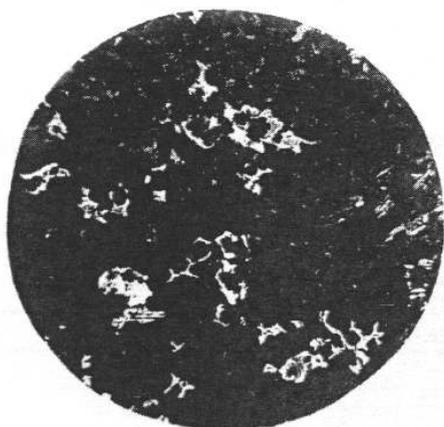
图 4 碳化物数量分级图 100×



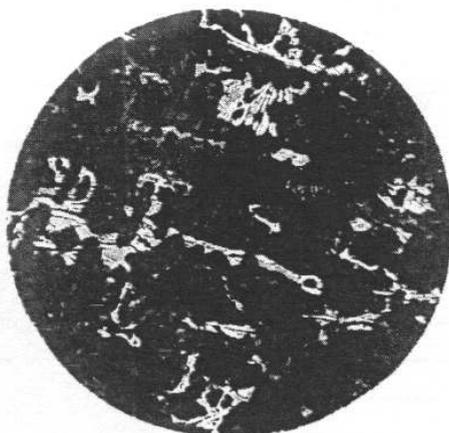
c) 碳 3



d) 碳 5



e) 碳 7



f) 碳 10

图 4 (续)

附 录 A
(资料性附录)
石 墨 分 类

A.1 按石墨形态分为六类(引自 ISO 945),具体分类见表 A.1 及图 A.1。

表 A.1 石墨分类

石墨类型	名 称
I	片状石墨
II	聚集的片状石墨,蟹状石墨
III	蠕虫状石墨
IV	团絮状石墨
V	团状石墨
VI	球状石墨

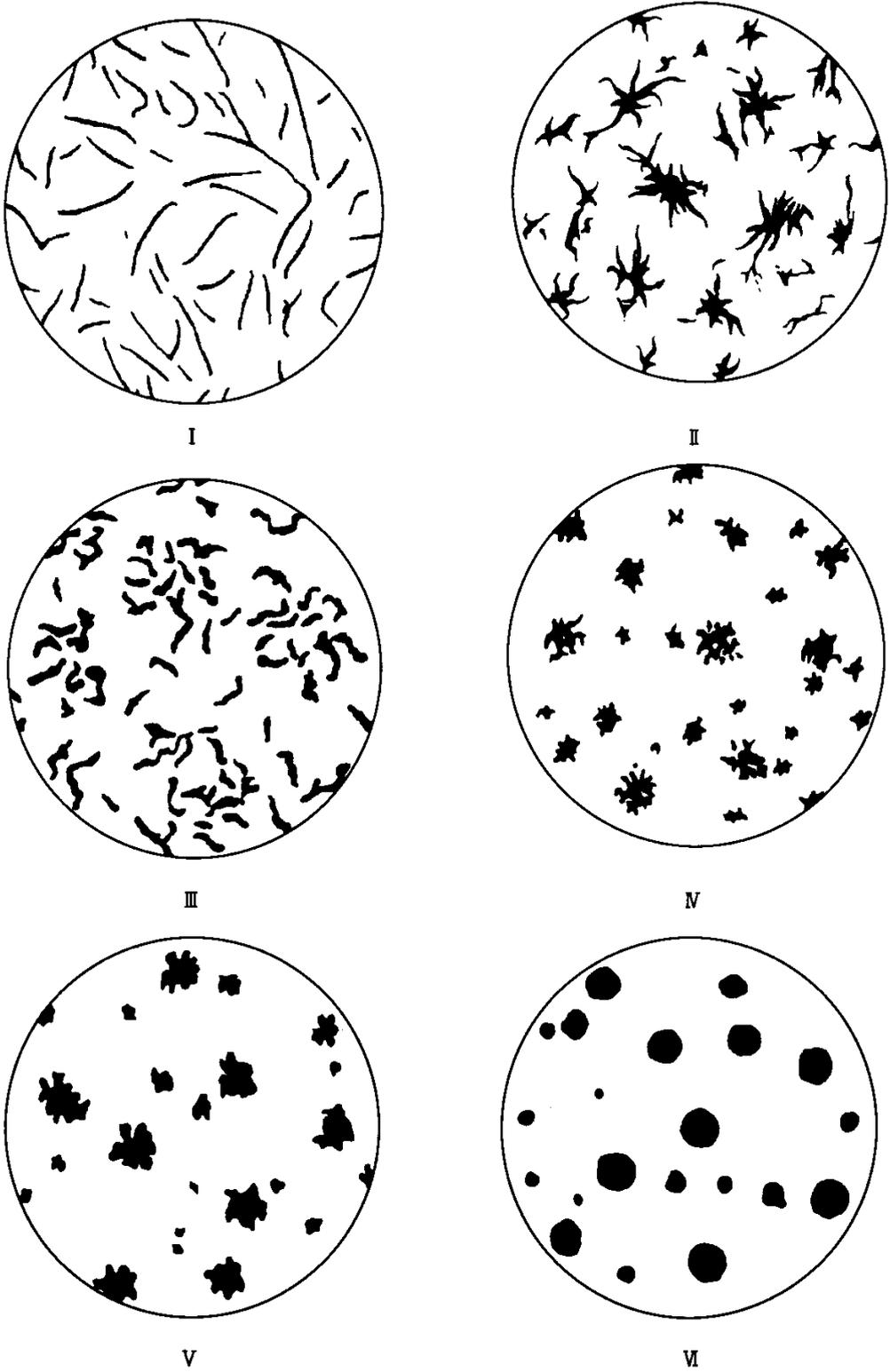


图 A.1 石墨分类示意图

附 录 B
(资料性附录)
石 墨 形 态

B.1 蠕虫状石墨在光学显微镜下观察的二维形态

未浸蚀的试样上观察石墨形态见表 B.1 和图 B.1。

表 B.1 蠕虫状石墨的二维形态

名 称	形 态	图 号
蠕虫状石墨	大部分为彼此孤立、两侧不甚平整、端部圆钝的石墨	图 B.1



图 B.1 蠕虫状石墨 100×

B.2 蠕虫状石墨的三维形态

试样深腐蚀后,在扫描电子显微镜下观察,可看到蠕虫状石墨的三维形态,见表 B.2 和图 B.2~图 B.5。

表 B.2 蠕虫状石墨的三维形态

名 称	形 态	图 号
蠕虫状石墨共晶团	在共晶团内蠕虫状石墨分枝生长而又联系在一起	图 B.2
蠕虫状石墨部分分枝	光学显微镜下观察到的部分圆形石墨与蠕虫状石墨联系在一起,是蠕虫状石墨的一部分	图 B.3
蠕虫状石墨分枝端部	端部圆钝,通常呈螺旋生长形态	图 B.4
蠕虫状石墨分枝侧面	侧面呈层叠状形态	图 B.5

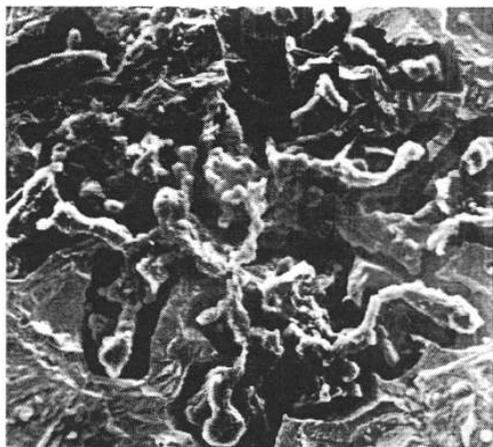


图 B.2 蠕虫状石墨共晶团 400×

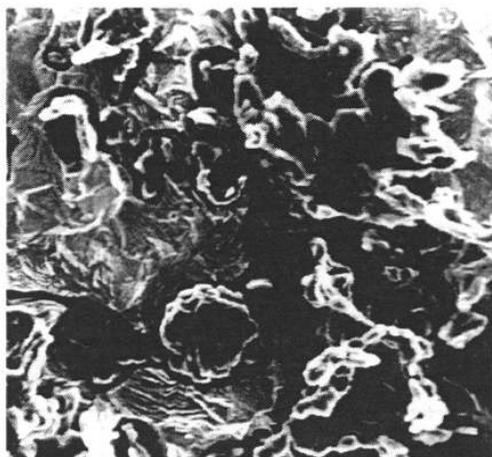


图 B.3 蠕虫状石墨部分分枝 300×

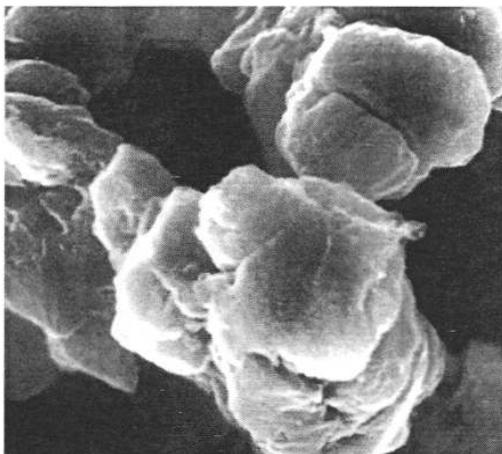


图 B.4 蠕虫状石墨分枝端部 2 600×

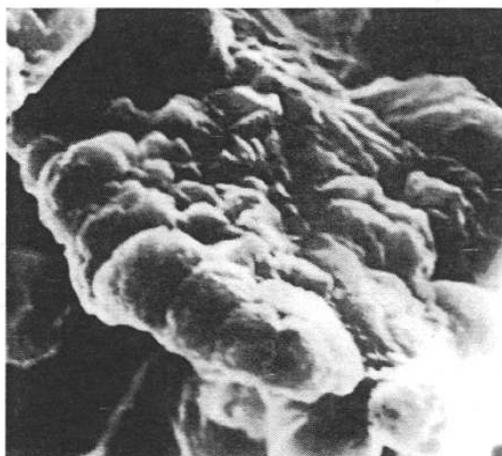


图 B.5 蠕虫状石墨分枝侧面 1 000×

附录 C
(资料性附录)
蠕墨铸铁蠕化率的测定

C.1 蠕墨铸铁的蠕化率可以用蠕虫状石墨和部分团状、团絮状石墨(按照 ISO 945 中的Ⅲ型和部分Ⅳ、Ⅴ型石墨)占石墨总面积的百分比来表示和确定。

C.2 蠕化率的级别不仅取决于铸铁的处理过程(原铁液、残余镁量、残余稀土量、孕育程度等),而且也与铸件断面的冷却模数有关。此外,通常会看到一些与铸型接触面处石墨的衰退,由此在铸件表面边缘地带出现极少数的片状(细片状)石墨。蠕化率测定时,不选择该铸件表面边缘区域。

C.3 蠕化率通常是在放大 100 倍的试样抛光面上测定的。精确的分析要求试样抛光面上有足够数量的被用来评定的尺寸、形状准确的石墨颗粒。蠕化率可以由半自动或自动的图像分析(仪)等方法来测定。

C.4 为了保证得到图像分析的精确测量结果,应当调节均匀一致的光线亮度。灰度标临界点值(阈值)应被调节到所有的石墨研究对象都能清楚地呈现。取最小视界面积为 4 mm²。用于分析的图像像素大小应当小于 1 μm。图像分辨率随石墨粒度(粗细程度)和碳当量不同而变,因此要求测试的视场多一些。

C.5 圆形系数作为用图像分析仪测试蠕化率的主要根据。圆形系数由公式(C.1)和图 C.1 确定。

$$\text{圆形系数} = \frac{A}{A_m} = \frac{4 \times A}{\pi \times l_m^2} \quad \dots\dots\dots (C.1)$$

式中:

A_m ——直径为 l_m 的圆的面积;

A ——分析研究的石墨颗粒面积;

l_m ——分析研究的石墨颗粒最大中心线长度等于石墨颗粒周界两点之间的最大距离。

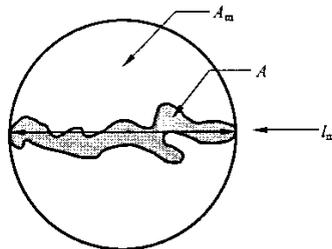


图 C.1 圆形系数的确定

C.6 按照表 C.1 的圆形系数对大于 10 μm 的石墨进行分类,可分为球(团)状石墨(ISO 945 中的Ⅵ型),团状、团絮状石墨(ISO 945 中的Ⅳ和Ⅴ型)和蠕虫状石墨(ISO 945 中的Ⅲ型)。最大中心线长度小于 10 μm 和图像轮廓边界接触点的石墨不包括在内。蠕墨铸铁组织中不允许存在的片状石墨和其他不蠕化的石墨组织,也不包括在内。

表 C.1 石墨按圆形系数分类

圆形系数	石墨类型
>0.625~1	球状(ISO 945 中的Ⅵ型)
0.525~0.625	团状、团絮状(ISO 945 中的Ⅳ和Ⅴ型)
<0.525	蠕虫状(ISO 945 中的Ⅲ型)

注:片状石墨和中心线最大长度小于 10 μm 的石墨不包括在分析之内。

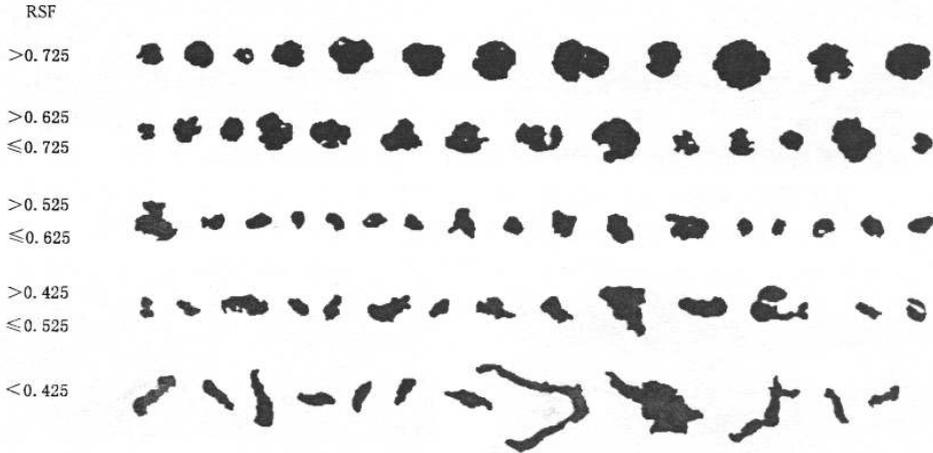
C.7 蠕化率百分比按面积法计算如下：

$$\text{蠕化率} = \frac{\sum A_{\text{蠕虫状石墨}} + 0.5 \times \sum A_{\text{团状、团絮状石墨}}}{\sum A_{\text{每个石墨}}} \times 100\% \dots\dots\dots (C.2)$$

式中：

- $A_{\text{蠕虫状石墨}}$ —— 蠕虫状石墨颗粒的面积；
- $A_{\text{团状、团絮状石墨}}$ —— 团状、团絮状石墨颗粒的面积；
- $A_{\text{每个石墨}}$ —— 每个石墨颗粒的面积。

C.8 各种不同圆形系数的石墨见图 C.2。



说明：RSF——圆形系数。

图 C.2 按圆形系数对石墨分类的示意图

C.9 测试蠕化率的部位,由供需双方商定。

