

# 国家标准《灰铸铁金相检验》解读

洪晓先<sup>1,2</sup>, 杨力<sup>3</sup>

(1.东风汽车有限公司工艺研究所, 湖北十堰 442001;

2.湖北汽车工业学院材料工程系, 湖北十堰 442001; 3.上海材料研究所, 上海 200437)

## 1 标准的历史概况

灰铸铁是指金相组织中石墨呈片状的铸铁。灰铸铁具有优良的铸造工艺性, 适合铸造薄壁、复杂铸件; 断屑性好, 适合高速切削; 炉料要求相对宽松, 熔化温度较低, 生产简便、成本低; 减震性、减摩性好, 抗压强度高特点, 故在铸造材料中灰铸铁的用量仍然最大。

我国最早的灰铸铁金相检验标准是 JB 2264—1978《灰铸铁金相》, 该标准将石墨形状按特征分为 A 型石墨: 片状石墨均匀分布; B 型石墨: 片状与点状石墨聚集成菊花状; C 型石墨: 部分带尖角块状、粗大片状初生石墨及小片状石墨; D 型石墨: 点状和片状枝晶间石墨呈无向分布; E 型石墨: 短小片状枝晶间石墨呈有方向分布; F 型石墨: 星状(或蜘蛛状)与短片状石墨混合均匀分布。石墨长度按 ASTM 标准分为八级。

1987 年在 JB 2264—1978《灰铸铁金相》的基础上制定了 GB/T 7216—1987《灰铸铁金相》国家标准, 由部标上升为国标, 在石墨分类和石墨特征描述方面基本没动, 还是沿用了 JB 2264—1978 的内容。20 多年来, 《灰铸铁金相》国家标准在灰铸铁检验中成为评定、对比的权威性规定和判据。随着我国对外交往业务的加大, 以及国外大量铸造企业进入我国, GB/T 7216—1987《灰铸铁金相》国家标准与 ISO 标准及其他国外标准的差异日显突出, 经常造成供需双方在金相检验结果判定上出现分歧, 给中国企业带来诸多不利。

原国标的问题主要表现为: 对灰铁中石墨特征的表述不够完整、清晰、准确, 使得对石墨形态的判定上与国际和国外标准不一致, 容易出现误导、误判, 加大企业生产成本。基于多年应用中出现的情况和铸造专家、企业的意见, GB/T 7216—2009《灰铸铁金相检验》等同采用 ISO 标准, 吸取 ASTM 标准的精华, 考虑到国内应用习惯沿袭了 GB/T 7216—1987《灰铸铁金相》的评级对比图片, 以达到简要、清晰、合理的效果, 符合国内表达、理解和应用习惯。

根据国家标准化管理委员会 2006 年 7 月 13 日下达的《关于下达 2006 年第一批制修订国家标准项目计划的通知》(国标委计划[2006]48 号)。对 GB/T

7216—1987《灰铸铁金相》的修订列入 2006 年第一批修订计划项目中, 制修订计划项目编号为: 20021033-T-604。

受全国铸造标准化技术委员会的委托, 由上海材料研究所承担本标准的负责起草任务。标准起草单位调研、查阅和收集了国内外标准, 研究确定了标准修订方案, 于 2007 年初提出《灰铸铁金相检验》标准草案稿。标准起草工作组成员单位: 东南大学、广东中天创展球铁有限公司、无锡一汽铸造有限公司、沈阳铸造研究所、东风汽车有限公司工艺研究所、一汽铸造有限公司、安徽神剑科技公司等对草案稿提出了诸多有益的修改意见和建议。在此基础上对国内更广泛使用单位征求意见, 对《球墨铸铁金相检验》标准草案稿作进一步修改和补充, 形成征求意见稿, 再发至行业各相关单位及专家征集意见。经反复几个循环的征求意见、修改、汇总、讨论再修改, 最后形成标准送审稿。

全国铸造标准化技术委员会铸铁分技术委员会于 2008 年 4 月 12—17 日在云南省昆明市对《灰铸铁金相检验》送审稿进行审查, 经铸铁分委会的审查, 要求对标准送审稿进一步修改。根据审查会提出的修改意见, 起草工作组对标准送审稿再次进行了修改。2008 年, 经过向行业内 20 多家企业和专家发函审查, 根据各专家的函审意见和铸铁分技术委员会的会审, 通过此项标准。2008 年底报国家标准化管理委员会批准发布。

本标准为推荐性国家标准。

## 2 新标准主要修改内容

### 2.1 等同采用 ISO 945: 2008 标准, 保留 GB/T 7216—1987 的基体评级图

一直以来, 我国根据铸铁的石墨形态及工艺不同划分铸铁的检验标准, 每个检验标准划分较细, 标准中既有和国际标准一致的石墨形态和分布, 石墨大小尺寸, 也保留了中国特色的显微组织评级图。而目前国际及国外标准关于铸铁的金相检验所涵盖的内容是所有铸铁件, 这些标准中仅对石墨的形态和分布, 石墨大小作了规定, 没有基体组织的评级图片。鉴于此, 在本次标准的修订中, 以 ISO 945: 2008 标准及 GB/T 7216—1987 标准为基础, 进行修订。因原国标

已使用 20 余年，且被国内广大用户熟悉，新版国标等同采用 ISO 945: 2008 标准中 I 型石墨部分的石墨形态分类和石墨尺寸，保留 GB/T 7216—1987 的评级图，方便应用。

## 2.2 标准名称更改

将GB/T 7216—1987《灰铸铁金相》改名为《灰铸铁金相检验》，突出本标准应用于检验的目的。

## 2.3 石墨分布形状说明更改

石墨分布形状说明的修改是新版标准最重要的内容修改，如表 1 所示。

表 1 新旧标准石墨分布情况说明

石墨类型	GB/T 7216—1987	GB/T 7216—2009
A	片状石墨均匀分布	石墨片呈无方向性均匀分布
B	片状与点状聚集成菊花状分布	片状及细小卷曲的片状石墨聚集成菊花状分布
C	部分带尖角块状，粗大片状初生石墨及小片状石墨	初生的粗大直片状石墨
D	点、片状枝晶间石墨呈无向分布	细小卷曲的片状石墨在枝晶间呈无方向性分布
E	短小片状枝晶间石墨呈有方向分布	片状石墨在枝晶二次分枝间呈方向性分布
F	星状（或蜘蛛状）与短片状石墨混合均匀分布	初生的星状（或蜘蛛状）石墨

从表 1 对比中可以看出，除了 A 型石墨分布形状说明比较接近外，其他类型石墨说明都有较大修改。

### (1) 点状石墨改为细小卷曲的片状石墨

原国标对 D 型石墨用点、片状表述不严谨，D 型石墨金相图片上直观的看好像近似点状，但实际上是细小卷曲状，因为这种石墨还是长大于宽，并非真正的点状。点状石墨一般习惯于指白口铸铁中的石墨，因白口铁碳当量低，冷速快，枝晶发达，石墨呈极为细小稀疏的 D 或 E 型，小到接近于黑点。本标准不适用于白口铸铁，所以灰铸铁中不应该存在点状石墨，但多年来点状石墨一词已用惯了，应纠正过来。国标中的 D 型石墨图片见图 1、和图 2。

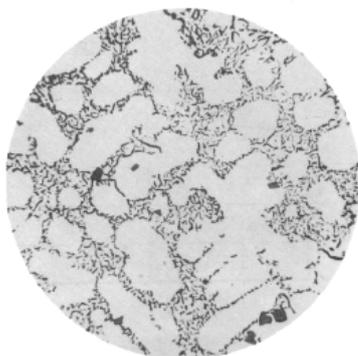


图 1 国标中的 D 型石墨图片

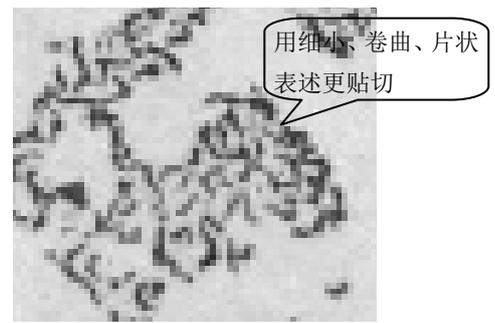


图 2 D 型石墨放大后的形貌

### (2) C 型石墨表述的改动最大

原标准对 C 型石墨的说明“部分带尖角块状”和“及小片状石墨”的表述不准确，甚至是错误的。

#### ①取消了“尖角块状”石墨的提法。

“尖角块状”是粗大直片状石墨的某个剖面正好与根部形成一个夹角导致，因 C 型石墨厚大，出现的几率较高。在实际应用中，一些粗大 A 型石墨也会出现类似情况。受“尖角块状”石墨提法的引导，应用中延伸出“块状”石墨的提法，“块状”石墨的说法不准确，容易把 C 型和 A 型石墨混淆。

②原标准中把“部分带尖角块状，粗大片状初生石墨及小片状石墨”都归类于 C 型石墨是不妥的。小片状石墨实际上应该是 A 型石墨，而不是 C 型石墨，即 C 型石墨通常是与 A 型石墨共同存在的，C 型石墨生于长于液相，没有树枝晶约束阻碍，所以长成粗大直片状，当铁液冷却到共晶温度出现石墨与奥氏体共晶生长，故伴有小片状 A 型石墨出现。因此 C 型石墨仅仅是指初生的粗大直片状石墨，并非是观测视场中的所有石墨，这个概念不应混淆，新标准在注释中特别给予指出。

③因为 C 型石墨是过共晶铁液成分的产物，所以只要灰铸铁金相中发现有 C 型石墨，不论数量多少都表明材质的碳当量过共晶，强度将急剧下降。C 型石墨量越多，铁液过共晶越严重。

④辨别是粗大 A 型石墨还是 C 型石墨主要看石墨片是否粗大平直，A 型石墨生长受树枝晶阻挡有一定弯曲度。再就是看是否属于初生石墨，可根据铸铁成分是否过共晶判断。

(3) 原标准中 D 型石墨和 E 型石墨的表述主要差异是前者无方向性分布，后者有方向性分布，这种表述说明了现象但未指明原因，而实际中经常有少量 D 型石墨是允许的，E 型则不允许。新标准强调了 E 型石墨是分布于枝晶二次分枝间，直接表明了为什么会呈方向性分布的原因。二次枝晶间隙小，排列规整，石墨在这个空间中析出成长，自然呈方向性。

(4) 和对 C 型石墨的说明一样，原标准把视场中的其他类型石墨也说成是 F 型石墨了，表述有误，不再赘述。F 型石墨也是在过共晶铁液中析出和长大

的，只是因为铁液冷却过快，石墨还未来得及长足够大就凝固了，所以有人把 F 型石墨称作“过共晶石墨”（在国际标准 ISO 945 中称作 C'型石墨）。F 型石墨是专指“初生的星状或蜘蛛状”石墨，通常也是与其他类型石墨共同存在。

（5）新标准是从机理上、本质上说明灰铁中石墨的分布形状特征，更有利于正确理解和鉴别，同时也纠正了原标准中一些不严谨的表述。

## 2.4 删除了基体组织特征

考虑到本标准以检验要求为主体，将 GB/T 7216—1987 中属于金属学基础内容的 4.3 基体组织特征和下属条款全部删除，因这些内容叙述与本标准并不直接相关。

### 2.4.1 删除了碳化物的形态内容

碳化物硬而脆，对性能和加工影响很大。灰铸铁件通常铸态使用，碳化物形态主要与其含量及合金元素量有关，对形态评价意义不大，故碳化物量是评价材质硬、脆程度的主要指标。

### 2.4.2 删除了磷共晶的分布内容

磷共晶也是硬、脆相，对铸铁的影响与碳化物类似，删除原因也类似。磷共晶经常会与碳化物形成复合磷共晶，为了帮助对相的性质作区分，将磷共晶类型放入资料性附录。

### 2.4.3 删除了珠光体片间距内容

珠光体片间距测试对样品制备要求高、耗时长，间距大小主要取决于铸件冷速和元素含量，故实际生产中极少使用，该项目与铸铁中石墨相比对材料的性能影响不大，本次修订中删除。

## 2.5 石墨长度可用图像分析软件检验

应用图像分析软件检测石墨长度快捷、准确，还可直观标注。图像分析技术和数码图片已被工程界广泛应用，金相检验方法也应适应和利用信息技术的发展成果。

## 2.6 共晶团数量检测由放大 40 倍改为 50 倍

目前显微镜的常用倍数为 50 倍，因此作了相应修改，B 组评级图放大倍数由原来 40 倍的  $\Phi 70$  mm 图片经换算改成 50 倍的  $\Phi 87.5$  mm 图片，这样共晶团个数不变，把图片直径加大了 17.5 mm，原图即可直接沿用。A 组放大 10 倍的内容未变。

## 2.7 增加了检验结果的表示

规定了检验结果的表示符号和用法，使检验结果清晰、一致。

## 2.8 增加了检验报告内容的要求

规定检验报告应包括六方面内容，即标准号、样品的名称及特征描述、测定方法、检验结果、检验报告编号和日期、试验员。规范检验报告格式，体现严肃性和严谨性。

# 3 新标准的应用

## 3.1 新标准中的表 1 应给予足够重视

GB/T 7216—2009《灰铸铁金相检验》国家标准对石墨分布形状说明作了较大的修改，特别是纠正了原国标中表述不准确、容易误解以及一些错误概念。标准的表述原则是准确、清晰、简要，新标准与原标准对石墨分布形状の説明看上去相差不大，但实际上的隐含意义很大，应给予足够重视。

## 3.2 慎用或不用点状和块状石墨

JB 2264—1978《灰铸铁金相》+ GB/T 7216—1987《灰铸铁金相》已实施 30 多年，点状石墨、块状石墨的提法和概念给使用者留下了深刻印象，并养成习惯，新国标实施后，建议慎用或不用点状石墨和块状石墨提法和概念，因为它只看到表象而忽略了实质，可能会曲解石墨的本质而误导用户。在表象与实质有差异的情况下，能表象、实质都兼顾到才好。

（1）A 型石墨的“块状”与 C 型石墨的“块状”对比，见图 3 和图 4。



图 3 A 型石墨的“块状”特征

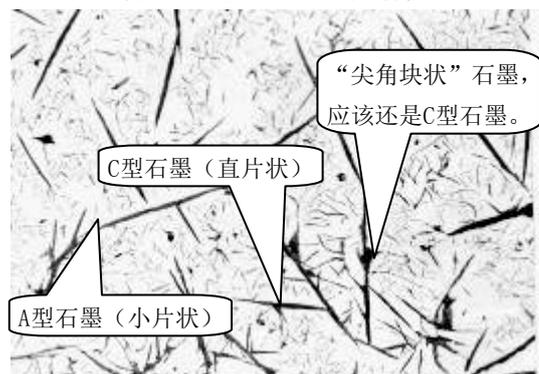


图 4 C 型石墨的“块状”特征

C 型石墨的“块状”和 A 型石墨的“块状”差异是：A 型石墨的“块”边角弯曲、圆钝，C 型石墨的“块”边角平直，尖角锐利，两者都属某个斜剖面的特征，而不是一种石墨类型。

（2）应该用细小曲卷片状石墨取代点状石墨，这是新标准给出的表述。

（3）新标准删除了块状石墨的提法，可以理解

为灰铸铁中不存在块状石墨。实际中出现的此类石墨难以辨别时，除了根据 C 型石墨“块”边角平直锐利特征外，如果伴有“初生的粗大直片状石墨”存在，则应是 C 型石墨，如果没有“初生的粗大直片状石墨”存在，而伴随有“粗大弯曲片状石墨”存在，则就是 A 型石墨。如果金相检验难以判断，可通过检验碳当量来进一步辨别、证实。

### 3.3 C 型石墨的特征

根据新国标的说明，金相检验中 C 型石墨的特征有两个：一是“初生”，即从铁液中直接析出并长大的石墨；二是“粗大直片状”，即石墨形状粗壮平直。在常规冷却条件下初生石墨必然是粗大直片状，因此这两个特征是共生的，同时存在的。或者说初生表现在石墨形状是平直的，所以只要是平直状石墨就可认定

是 C 型石墨，粗大程度和冷速有关。

### 3.4 F 型石墨

与 C 型石墨不同，为保证铸造工艺性和获得某些特殊性能，有时需要得到 F 型石墨。如灰铸铁活塞环，高碳当量有利于单体铸造，石墨量可以调节材质的弹性模量。

### 3.5 要求对不同类型石墨比例评估

在对外交往中，国外厂商通常提出不同类型石墨所占比例的要求（ISO 945—2008 有此规定），因此新国标对检验报告也规定了应评估注明每种石墨比例的要求。这一点国内目前普遍做得不够，因原国标无此要求，检验人员不标注每种石墨比例已成习惯，新国标已发布 2 年，很多较高资质的单位也不标注，委托方有要求除外。这方面的贯标还需加大力度。