



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 10561—2005/ISO 4967:1998(E)  
代替 GB/T 10561—1989

---

## 钢中非金属夹杂物含量的测定 标准评级图显微检验法

Steel—Determination of content of nonmetallic inclusions—  
Micrographic method using standards diagrams

(ISO 4967:1998, IDT)

2005-05-13 发布

2005-10-01 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

本标准等同采用 ISO 4967:1998(E)《钢中非金属夹杂物含量的测定——标准评级图显微检验法》。  
本标准代替 GB/T 10561—1989《钢中非金属夹杂物的显微评定方法》。

本标准等同翻译 ISO 4967:1998(E)。

为了便于使用,本标准对 ISO 4967:1998 做了下列编辑性修改:

- “本国际标准”一词改为“本标准”;
- 用小数点“.”代替作为小数点的逗号“,”;
- 删除国际标准的前言;
- 增加了附录 NA。

本标准与 GB/T 10561—1989 相比主要变化如下:

- 标准名称由《钢中非金属夹杂物的显微评定方法》改为《钢中非金属夹杂物含量的测定——标准评级图显微检验法》;
- 扩大了标准的适用范围(见 1);
- 增加了原理一章(见 2);
- 增加图像分析法(见附录 D);
- 对夹杂物的评级界限、宽度系数、取样尺寸、评级原则、视场的形状和尺寸进行了修改(见表 1、表 2, 3.5.1, 5.2.3);
- 标准评级图谱由 JK 图和 ASTM 图 2 套评级图谱改设 1 套 ISO 评级图谱(见附录 A);
- 将制取样注意方法和其他产品取样方法改为资料性附录(1993 版的 2.1.5 和图 5, 本版的附录 NA)。

本标准对 ISO 4967:1998 有误之处进行了更正, 主要如下:

- 表 1 中的 B 类 2 级夹杂物的总长度由“342  $\mu\text{m}$ ”改为“343  $\mu\text{m}$ ”;
- 表 2 中粗系的“最小宽度”栏目下的各行数字前均加上“>”符号;
- 对图 1、图 2、图 3、图 6 进行了重新制作;
- 第 6.2A 法的示例中, 原“B 2s”改为“B 2.5s”;
- 附录 A 的 DS 夹杂物的图片上方, 原直径“>13  $\mu\text{m}$ ~76  $\mu\text{m}$ ”改为“13  $\mu\text{m}$ ~76  $\mu\text{m}$ ”;
- 附录 C 表 C.1 中, 视场序号为 8 的 A 类粗系“1”级夹杂物改为“—”;
- 附录 C 表 C.1 中, 视场序号为 12 的 D 类粗系“—”改为“1 s”;
- 附录 C 表 C.2 中, 视场级别数为 1 级的 D 类粗系夹杂物的“1”改为“2”;
- 附录 C C3.1 中, 原“(见 6.2)”改为“(见 6.3)”;
- 附录 C C.4 公式中, 原“ $C_i = \left[ \sum_{i=0.5}^{3.5} f_i \times n_i \right] \frac{1000}{S}$ ”改为“ $C_i = \left[ \sum_{i=0.5}^{3.0} f_i \times n_i \right] \frac{1000}{S}$ ”。

本标准的附录 A 为规范性附录, 附录 B、附录 C、附录 D、附录 NA 为资料性附录。

本标准由中国钢铁工业协会提出。

本标准由全国钢标准化技术委员会归口。

本标准起草单位: 宝钢集团上海五钢有限公司、冶金工业信息标准研究院、抚顺特殊钢(集团)股份有限公司、大连金牛股份有限公司。

本标准主要起草人: 何群雄、栾燕、邹莲娣、曾文涛、真娟、孙时秋。

本标准 1989 年 3 月首次发布。

## 钢中非金属夹杂物含量的测定 标准评级图显微检验法

### 1 范围

本标准规定了用标准图谱评定压缩比大于或等于 3 的轧制或锻制钢材中的非金属夹杂物的显微评定方法。这种方法广泛用于对给定用途钢适应性的评估。但是,由于受试验人员的影响,即使采用大量试样也很难再现试验结果,因此,使用本方法时应十分慎重。

注:本标准图谱可能不适用于评定某些类型钢(例如:易切削钢)。

本标准还提供了测定非金属夹杂物的图像分析法(见附录 D)。

### 2 原理

将所观察的视场与本标准图谱进行对比,并分别对每类夹杂物进行评级。当采用图像分析法时,各视场应按附录 D 给出的关系曲线评定。

这些评级图片相当于 100 倍下纵向抛光平面上面积为  $0.50 \text{ mm}^2$  的正方形视场。

根据夹杂物的形态和分布,标准图谱分为 A、B、C、D 和 DS 五大类。

这五大类夹杂物代表最常观察到的夹杂物的类型和形态:

- A 类(硫化物类):具有高的延展性,有较宽范围形态比(长度/宽度)的单个灰色夹杂物,一般端部呈圆角;
- B 类(氧化铝类):大多数没有变形,带角的,形态比小(一般 $<3$ ),黑色或带蓝色的颗粒,沿轧制方向排成一行(至少有 3 个颗粒);
- C 类(硅酸盐类):具有高的延展性,有较宽范围形态比(一般 $\geq 3$ )的单个呈黑色或深灰色夹杂物,一般端部呈锐角;
- D 类(球状氧化物类):不变形,带角或圆形的,形态比小(一般 $<3$ ),黑色或带蓝色的,无规则分布的颗粒;
- DS 类(单颗粒球状类):圆形或近似圆形,直径 $\geq 13 \mu\text{m}$ 的单颗粒夹杂物。

非传统类型夹杂物的评定也可通过将其形状与上述五类夹杂物进行比较,并注明其化学特征。例如:球状硫化物可作为 D 类夹杂物评定,但在试验报告中应加注一个下标(如: $D_{\text{self}}$ 表示; $D_{\text{as}}$ 表示球状硫化钙; $D_{\text{res}}$ 表示球状稀土硫化物; $D_{\text{dag}}$ 表示球状复相夹杂物,如硫化钙包裹着氧化铝)。

沉淀相类如硼化物、碳化物、碳氮化合物或氮化物的评定,也可以根据它们的形态与上述五类夹杂物进行比较,并按上述的方法表示它们的化学特征。

注:在进行试验之前,可采用大于 100 倍的放大倍率对非传统类型夹杂物进行检验,以确定其化学特征。

每类夹杂物又根据非金属夹杂物颗粒宽度的不同分成两个系列,每个系列由表示夹杂物含量递增的六级图片组成。

附录 A 列出了每类夹杂物的评级图谱。

评级图片级别  $i$  从 0.5 级到 3 级,这些级别随着夹杂物的长度或串(条)状夹杂物的长度(A、B、C 类),或夹杂物的数量(D 类),或夹杂物的直径(DS 类)的增加而递增,具体划分界限见表 1。各类夹杂物的宽度划分界限见表 2。例如:图谱 A 类  $i=2$  表示在显微镜下观察的夹杂物的形态属于 A 类,而分布和数量属于第 2 级图片。

表 1 评级界限(最小值)

评级图级别 <i>i</i>	夹杂物类别				
	A 总长度 $\mu\text{m}$	B 总长度 $\mu\text{m}$	C 总长度 $\mu\text{m}$	D 数量 个	DS 直径 $\mu\text{m}$
0.5	37	17	18	1	13
1	127	77	76	4	19
1.5	261	184	176	9	27
2	436	343	320	16	38
2.5	649	555	510	25	53
3	898 ( $<1181$ )	822 ( $<1147$ )	746 ( $<1029$ )	36 ( $<49$ )	76 ( $<107$ )

注：以上 A、B 和 C 类夹杂物的总长度是按附录 D 给出的公式计算的，并取最接近的整数。

表 2 夹杂物宽度

类 别	细系		粗系	
	最小宽度 $\mu\text{m}$	最大宽度 $\mu\text{m}$	最小宽度 $\mu\text{m}$	最大宽度 $\mu\text{m}$
A	2	4	$>4$	12
B	2	9	$>9$	15
C	2	5	$>5$	12
D	3	8	$>8$	13

注：D 类夹杂物的最大尺寸定义为直径。

### 3 取样

夹杂物的形态在很大程度上取决于钢材压缩变形程度，因此，只有在经过相似程度变形的试样坯制备的截面上才可能进行测量结果的比较。

用于测量夹杂物含量试样的抛光面面积应约为  $200\text{ mm}^2$  ( $20\text{ mm} \times 10\text{ mm}$ )，并平行于钢材纵轴，位于钢材外表面到中心的中间位置。

取样方法应在产品标准或专门协议中规定。对于板材，检验面应近似位于其宽度的四分之一处。

如果产品标准没有规定，取样方法如下：

- 直径或边长大于  $40\text{ mm}$  的钢棒或钢坯：检验面为钢材外表面到中心的中间位置的部分径向截面(图 1)；
- 直径或边长大于  $25\text{ mm}$ 、小于或等于  $40\text{ mm}$  的钢棒或钢坯：检验面为通过直径的截面的一半(由试样中心到边缘，图 2)；
- 直径或边长小于或等于  $25\text{ mm}$  的钢棒：检验面为通过直径的整个截面，其长度应保证得到约  $200\text{ mm}^2$  的检验面积(图 3)；
- 厚度小于或等于  $25\text{ mm}$  的钢板：检验面位于宽度  $1/4$  处的全厚度截面(见图 4)；
- 厚度大于  $25\text{ mm}$ 、小于或等于  $50\text{ mm}$  的钢板：检验面为位于宽度的  $1/4$  和从钢板表面到中心的位置，检验面为钢板厚度的  $1/2$  截面(见图 5)；

——厚度大于 50 mm 的钢板:检验面为位于宽度的 1/4 和从钢板表面到中心之间的中间位置,检验面为钢板厚度的 1/4 截面(见图 6)。

取样数量应在具体产品标准或专门协议中规定。

其他钢材取样方法,应按供需双方协议规定(若无协议,可按附录 NA 进行)。

单位为毫米

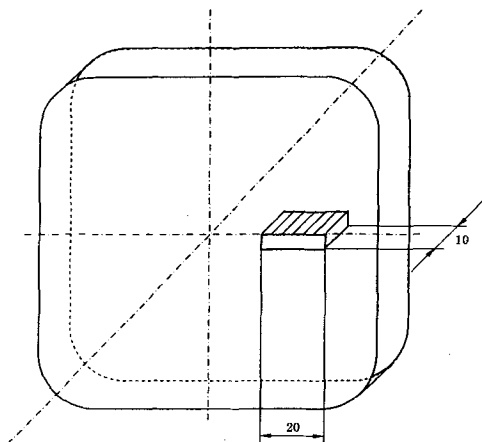


图 1 直径或边长大于 40 mm 的钢棒或钢坯的取样

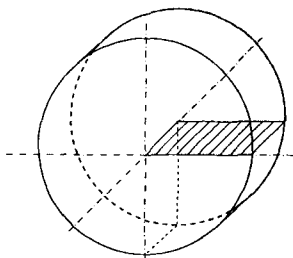


图 2 直径或边长  $>25\text{ mm} \sim 40\text{ mm}$  钢棒或钢坯的取样

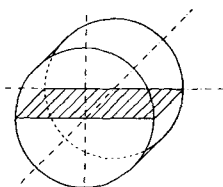
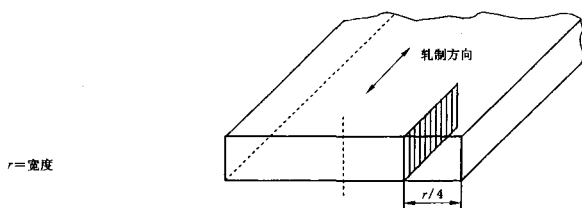
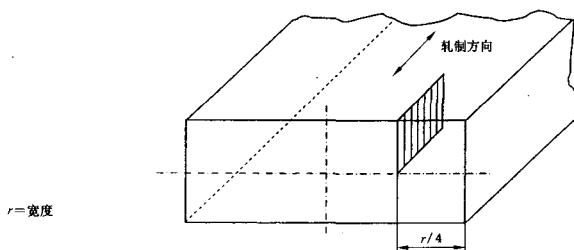
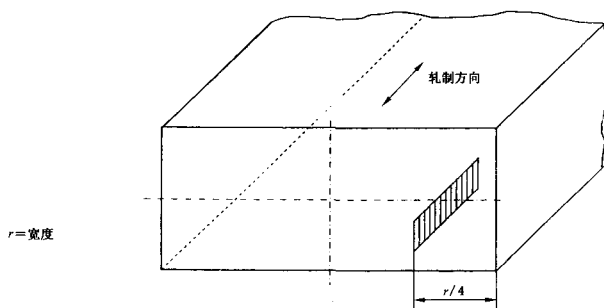


图 3 直径或边长  $\leq 25\text{ mm}$  钢棒的取样

单位为毫米

图4 厚度 $\leq 25$  mm钢板的取样图5 厚度 $> 25$  mm~50 mm钢板的取样图6 厚度 $> 50$  mm钢板的取样

#### 4 试样制备

试样应切割加工,以便获得检验面。为了使检验面平整、避免抛光时试样边缘磨成圆角,试样可用夹具或镶嵌的方法加以固定。

试样抛光时,最重要是要避免夹杂物的剥落、变形或抛光表面被污染,以便检验面尽可能干净和夹杂物的形态不受影响。当夹杂物细小时,上述操作要点尤其重要。用金刚石磨料抛光是适宜的。在某些情况下,为了使试样得到尽可能高的硬度,在抛光前试样可进行热处理。

#### 5 夹杂物含量的测定

##### 5.1 观察方法

在显微镜下可用下列两种方法之一检验:

——投影到毛玻璃上；

——用目镜直接观察。

在检验过程中应始终保持所选用的观察方法。

如果图像被投影到毛玻璃或类似装置上，必须保证放大  $100\times\pm 2\times$ （在毛玻璃上）。在毛玻璃投影屏上面或背后放一个清晰的边长为 71 mm 的正方形（实际面积为  $0.50\text{ mm}^2$ ）塑料轮廓线，然后用正方形内的图像与标准图片（附录 A）进行比较；

如果用目镜检验夹杂物，则应在显微镜的适当位置上放置如图 7 所示试验网格，以使在图像上试验框内的面积是  $0.50\text{ mm}^2$ 。

注：在特殊情况下，可采用大于 100 倍的放大倍率，但对标准图谱应采用同一放大倍率，并在试验报告中注明。

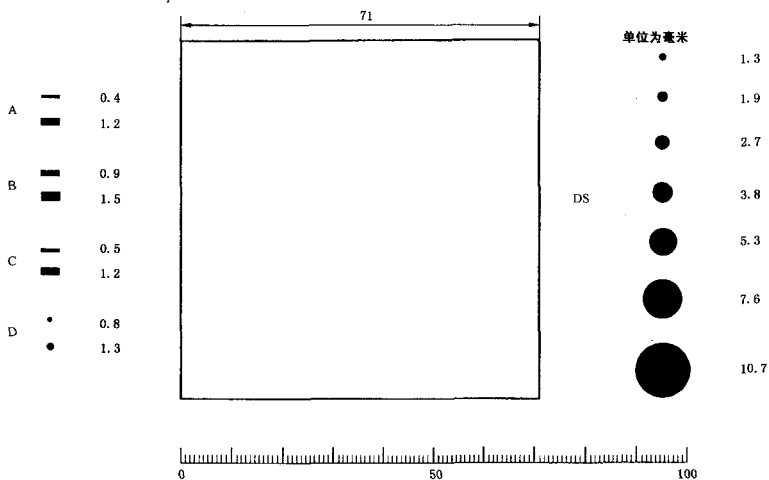


图 7 格子轮廓线或标线的测量网

## 5.2 实际检验

可采用下列两种方法。

### 5.2.1 A 法

应检验整个抛光面。对于每一类夹杂物，按细系和粗系记下与所检验面上最恶劣视场相符合的标准图片的级别数。

### 5.2.2 B 法

应检验整个抛光面。试样每一视场同标准图片相对比，每类夹杂物按细系或粗系记下与检验视场最符合的级别数（标准图片旁边所示的级别数）。

为了使检验费用降到最低，可以通过研究，减少检验视场数，并使之分布符合一定的方案，然后对试样做局部检验。但无论是视场数，还是这些视场的分布，均应事前协议商定。

### 5.2.3 A 法和 B 法的通则

将每一个观察的视场与标准评级图谱进行对比。如果一个视场处于两相邻标准图片之间时，应记录较低的一级。

对于个别的夹杂物和串（条）状夹杂物，如果其长度超过视场的边长（0.710 mm），或宽度或直径大于粗系最大值（见表 2），则应当作超尺寸（长度、宽度或直径）夹杂物进行评定，并分别记录。但是，这些

夹杂物仍应纳入该视场的评级。

为了提高实际测量(A、B、C类夹杂物的长度,DS类夹杂物的直径)及计数(D类夹杂物)的再现性,可采用图7所示的透明网格或轮廓线,并使用表1和表2规定的评级界限以及第2章有关评级图夹杂物形态的描述作为评级图片的说明。

非传统类型夹杂物按与其形态最接近的A、B、C、D、DS类夹杂物评定。将非传统类别夹杂物的长度、数量、宽度或直径与评级图片上每类夹杂物进行对比,或测量非传统类型夹杂物的总长度、数量、宽度或直径,使用表1和表2选择与夹杂物含量相应的级别或宽度系列(细、粗或超尺寸),然后在表示该类夹杂物的符号后加注下标,以表示非传统类型夹杂物的特征,并在试验报告中注明下标的含义。

对于A、B和C类夹杂物,用 $l_1$ 和 $l_2$ 分别表示两个在或者不在一条直线上的夹杂物或串(条)状夹杂物的长度,如果两夹杂物之间的纵向距离 $d$ 小于或等于 $40\text{ }\mu\text{m}$ 且沿轧制方向的横向距离 $s$ (夹杂物中心之间的距离)小于或等于 $10\text{ }\mu\text{m}$ 时,则应视为一条夹杂物或串(条)状夹杂物(见图8和图9)。

如果一个串(条)状夹杂物内夹杂物的宽度不同,则应将该夹杂物的最大宽度视为该串(条)状夹杂物的宽度。

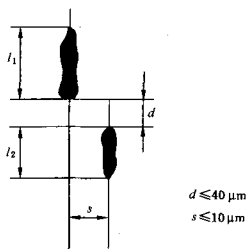


图8 A类和C类夹杂物

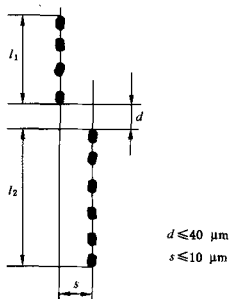


图9 B类夹杂物

## 6 结果表示

### 6.1 通则

除非在产品标准中已指明,检验结果可按下述方法表示。

用每个试样的级别以及在此基础上所得的每炉钢每类 and 每个宽度系列夹杂物的级别算术平均值来表示结果。这种方法与5.2.1所述的方法结合使用。

### 6.2 A法

表示与每类夹杂物和每个宽度系列夹杂物最恶劣视场相符合的级别(见附录B)。

在每类夹杂物代号后再加上最恶劣视场的级别,用字母e表示出现粗系的夹杂物,s表示出现超尺寸夹杂物(见5.2.3)。

例如:A2,B1e,C3,D1,B2.5s,DS0.5。

用于表示非传统类型的夹杂物下标应注明其含义。

### 6.3 B法

表示给定观察视场数( $N$ )中每类夹杂物及每个宽度系列夹杂物在给定级别上的视场总数。

对于所给定的各类夹杂物的级别,可用所有视场的全套数据,按专门的方法来表示其结果,如根据双方协议规定总级别( $i_{\text{tot}}$ )或平均级别( $i_{\text{moy}}$ )。

例如:A类夹杂物



级别为 0.5 的视场数为  $n_1$ ;

级别为 1 的视场数为  $n_2$ ;

级别为 1.5 的视场数为  $n_3$ ;

级别为 2 的视场数为  $n_4$ ;

级别为 2.5 的视场数为  $n_5$ ;

级别为 3 的视场数为  $n_6$ ;

则

$$i_{\text{tot}} = (n_1 \times 0.5) + (n_2 \times 1) + (n_3 \times 1.5) + (n_4 \times 2) + (n_5 \times 2.5) + (n_6 \times 3)$$

$$i_{\text{may}} = i_{\text{tot}} / N$$

式中： $N$  为所观察视场的总数。

典型夹杂物结果列于附录 C。

## 7 试验报告

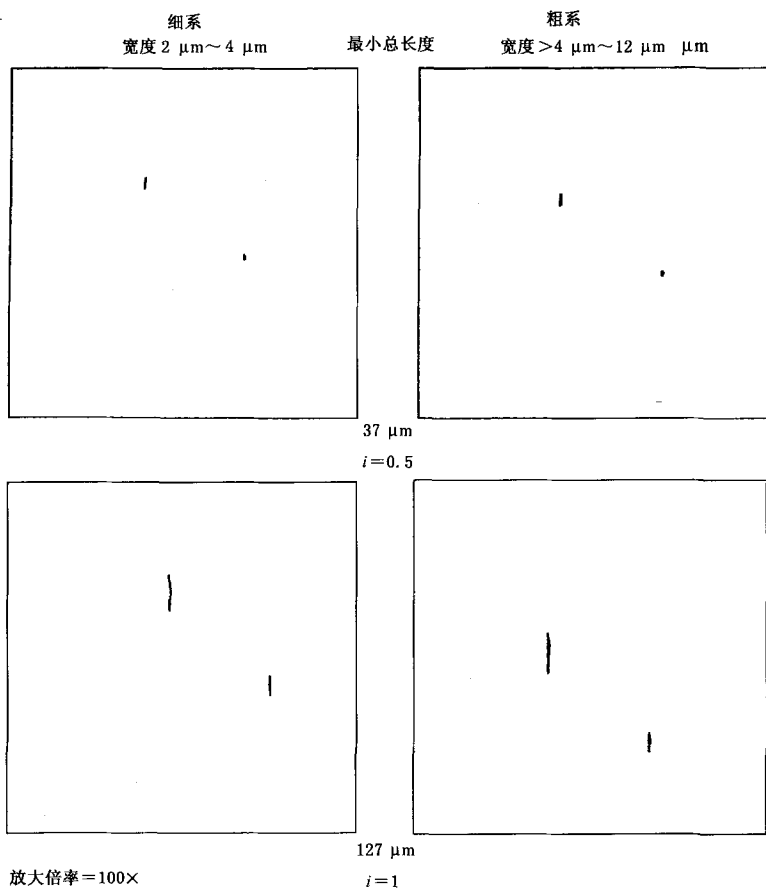
试验报告应包括如下各项：

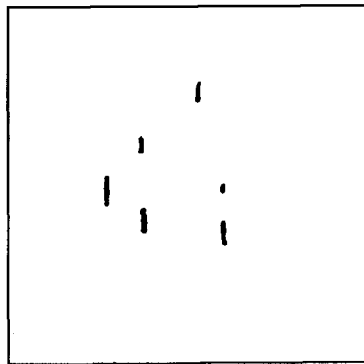
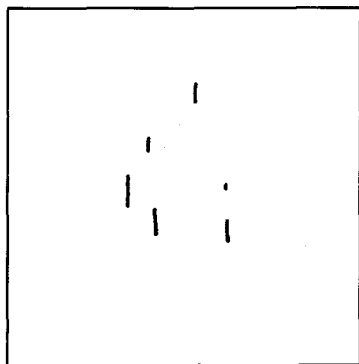
- a) 本标准号；
- b) 钢的牌号和炉号；
- c) 产品类型和尺寸；
- d) 取样方法及检验面位置；
- e) 选用的方法(观察方法、检验方法、结果表示方法)；
- f) 放大倍率(如果大于 100 倍时)；
- g) 观察的视场数或总检验面积；
- h) 各项检验结果(夹杂物或串(条)状夹杂物的尺寸超过标准评级图者应予以注明)；
- i) 对非传统类型夹杂物所采用的下标的说明；
- j) 试验报告编号和日期；
- k) 试验员姓名。

附录 A  
(规范性附录)

A、B、C、D 和 DS 夹杂物的 ISO 评级图

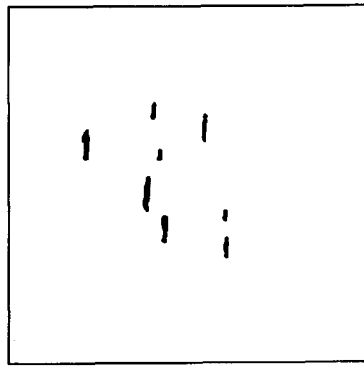
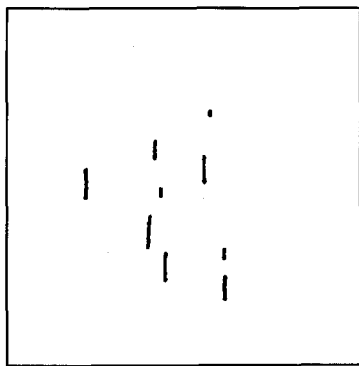
A  
(硫化物类)





261  $\mu\text{m}$

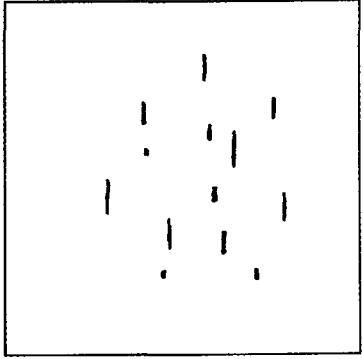
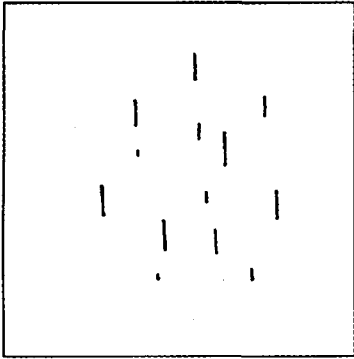
$i=1.5$



436  $\mu\text{m}$

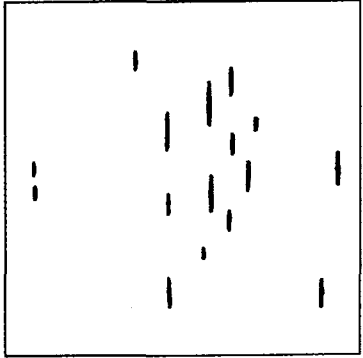
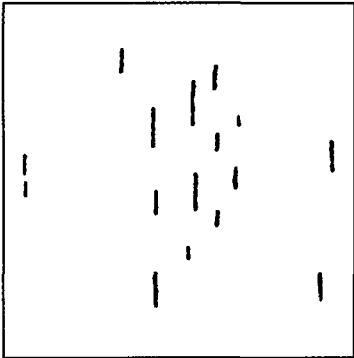
$i=2$

放大倍率=100×



649  $\mu\text{m}$

$i=2.5$



898  $\mu\text{m}$

$i=3$

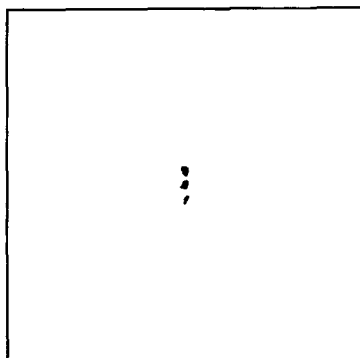
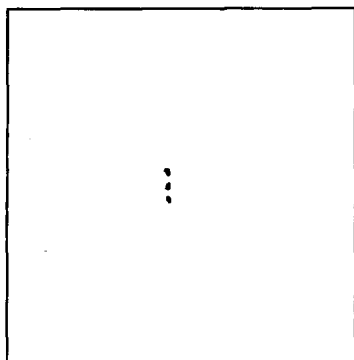
放大倍率=100×

B  
(氧化铝类)

细系  
宽度  $2\ \mu\text{m} \sim 9\ \mu\text{m}$

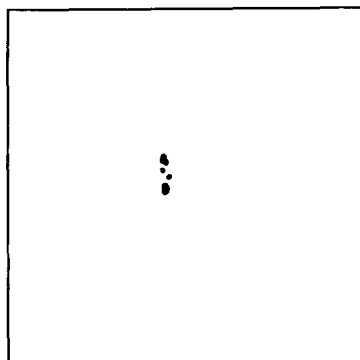
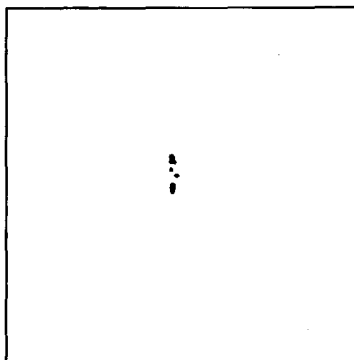
最小总长度

粗系  
宽度  $>9\ \mu\text{m} \sim 15\ \mu\text{m}$



$17\ \mu\text{m}$

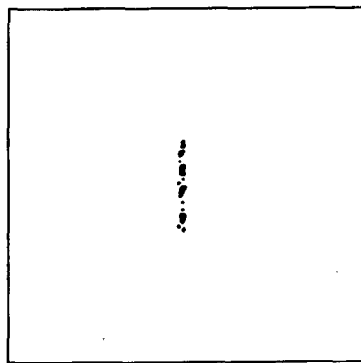
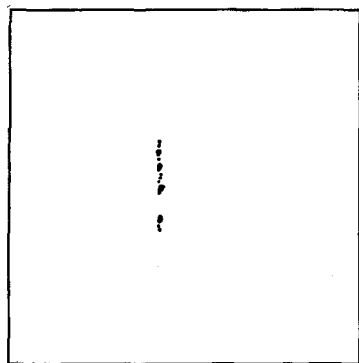
$i=0.5$



$77\ \mu\text{m}$

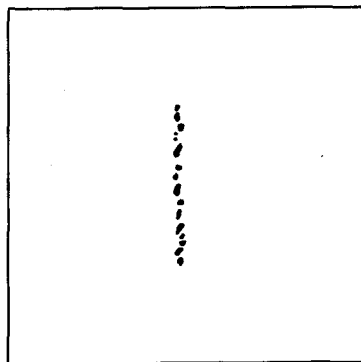
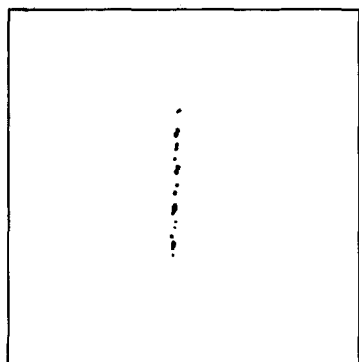
$i=1$

放大倍率=100×



184  $\mu\text{m}$

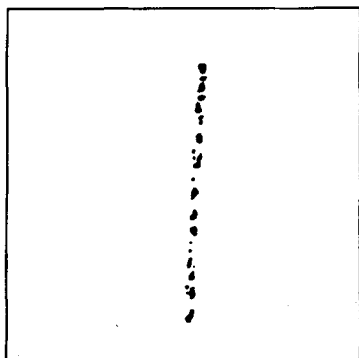
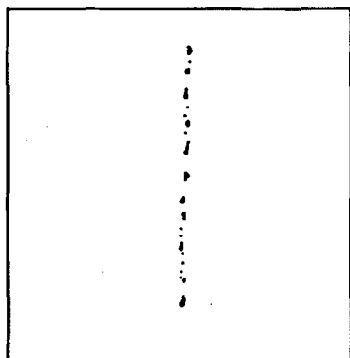
$i=1.5$



343  $\mu\text{m}$

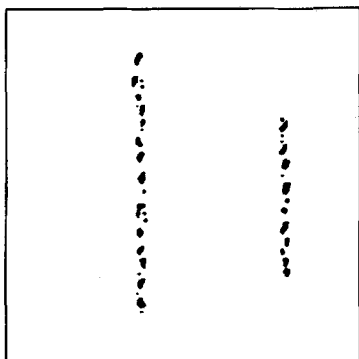
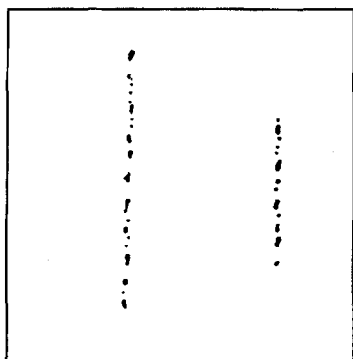
$i=2$

放大倍率=100×



555  $\mu\text{m}$

$i=2.5$

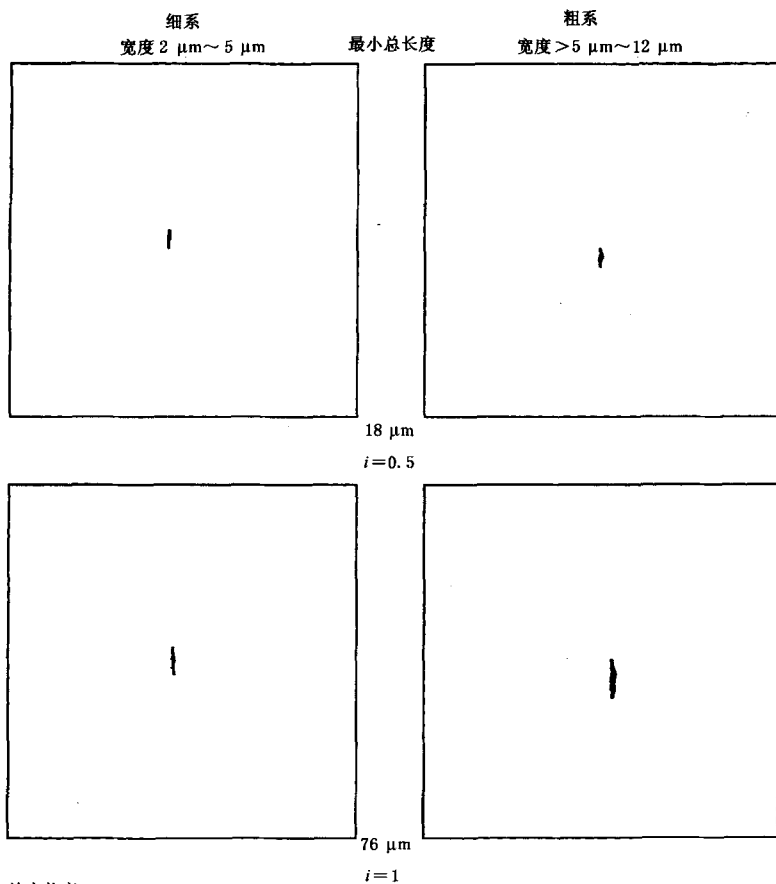


822  $\mu\text{m}$

$i=3$

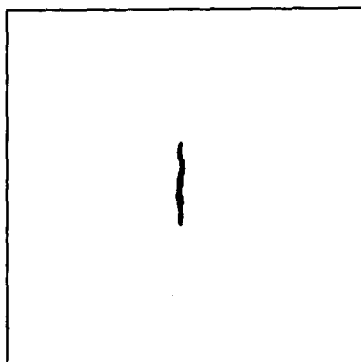
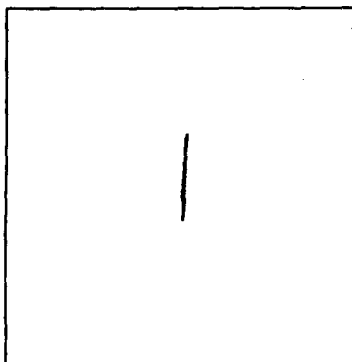
放大倍率=100×

C  
(硅酸盐类)



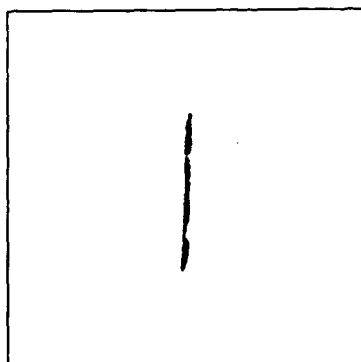
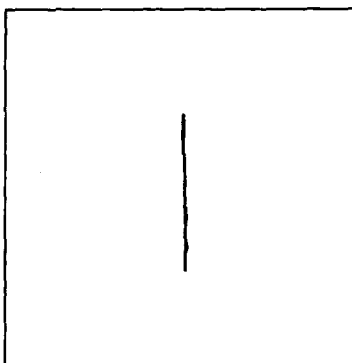
放大倍率=100×





176  $\mu\text{m}$

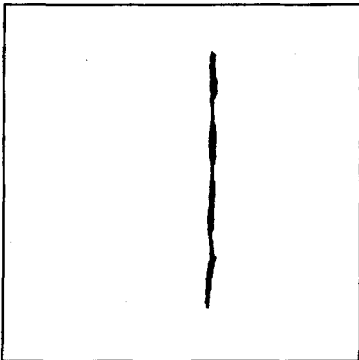
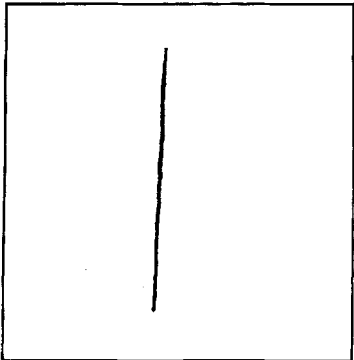
$i=1.5$



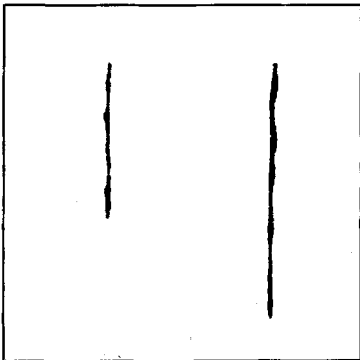
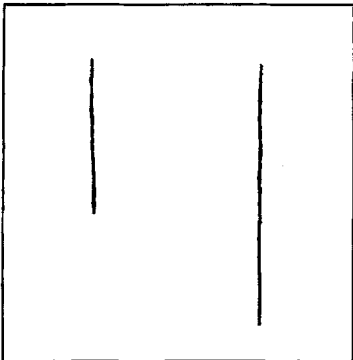
320  $\mu\text{m}$

$i=2$

放大倍率=100×



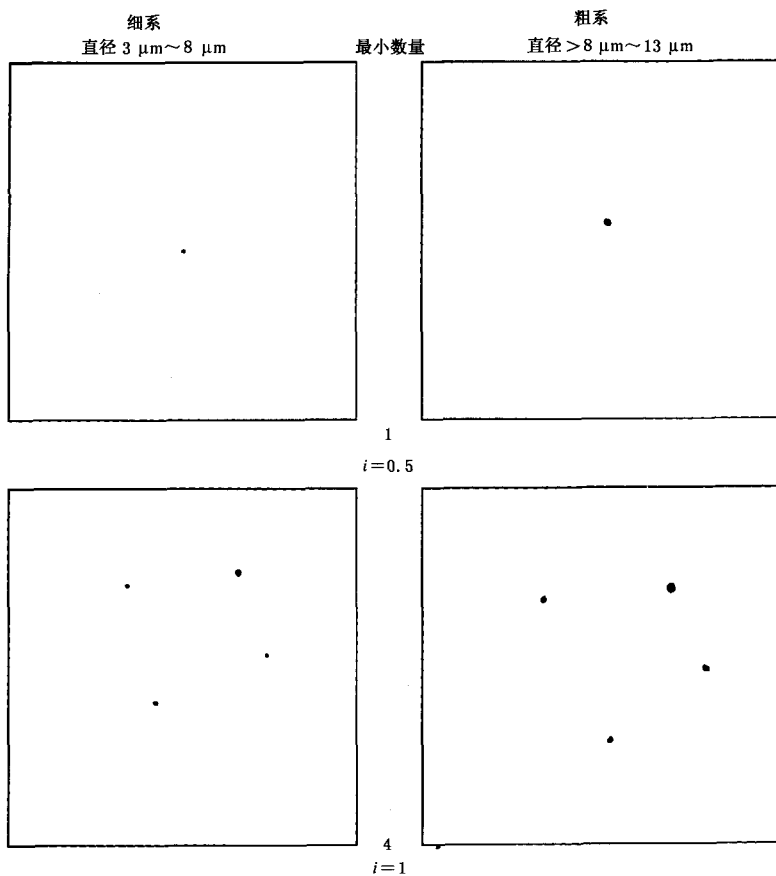
510  $\mu\text{m}$   
 $i = 2.5$



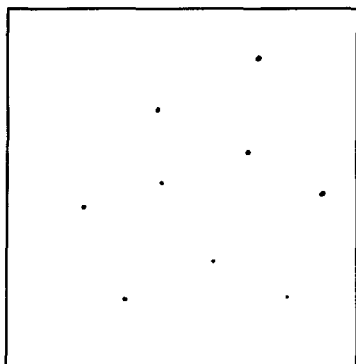
746  $\mu\text{m}$   
 $i = 3$

放大倍率=100×

D  
(环状氧化物类)

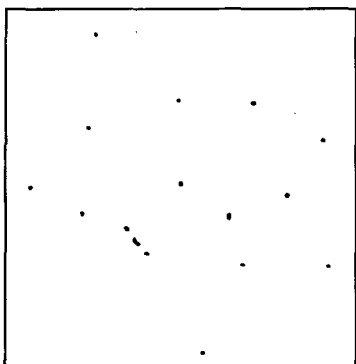
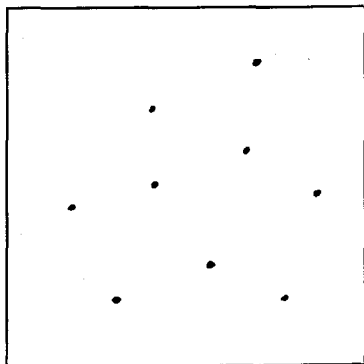


放大倍率=100×



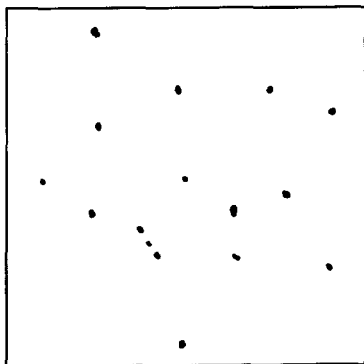
9

$i=1.5$

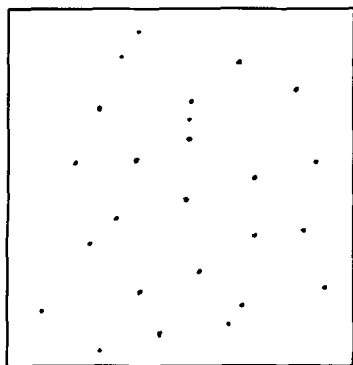


16

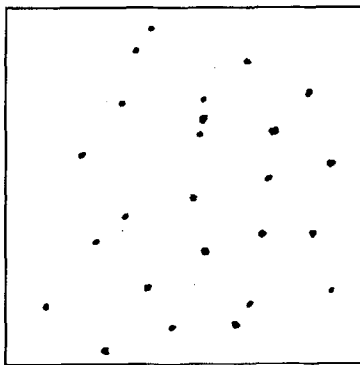
$i=2$



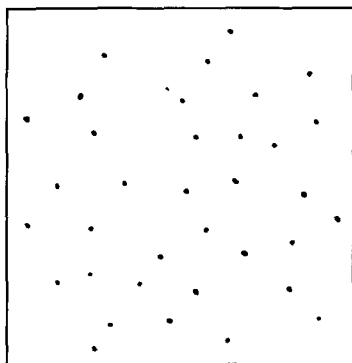
放大倍率=100×



25

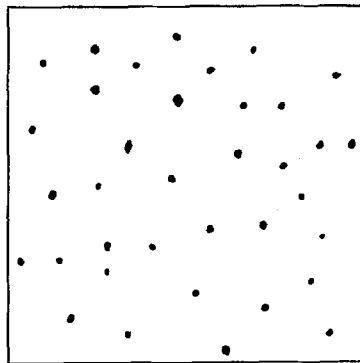


$i=2.5$

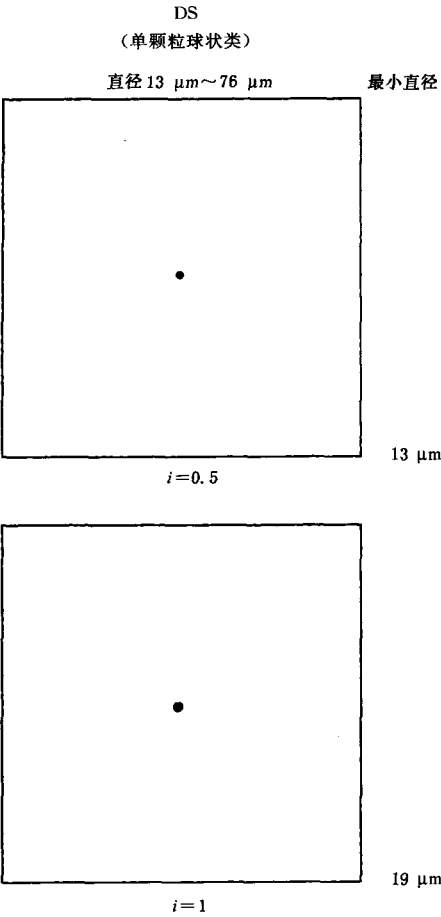


36

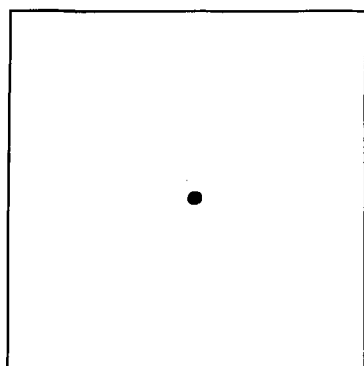
$i=3$



放大倍率=100×

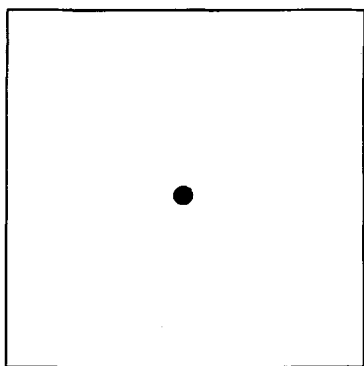


放大倍率=100×



$i=1.5$

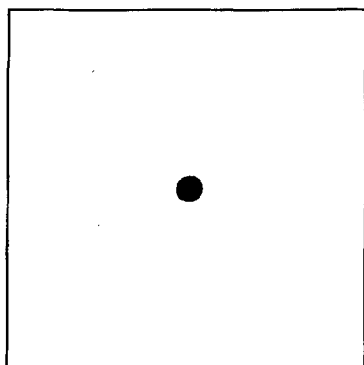
27  $\mu\text{m}$



$i=2$

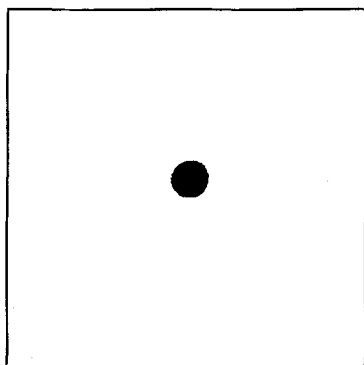
38  $\mu\text{m}$

放大倍率=100×



53  $\mu\text{m}$

$i = 2.5$



76  $\mu\text{m}$

$i = 3$

放大倍率 $\approx 100\times$



**附 录 B**

(资料性附录)

**某一个视场的评定和超尺寸夹杂物或串(条)状夹杂物的评定**

**B.1 评定某一视场的示例:**

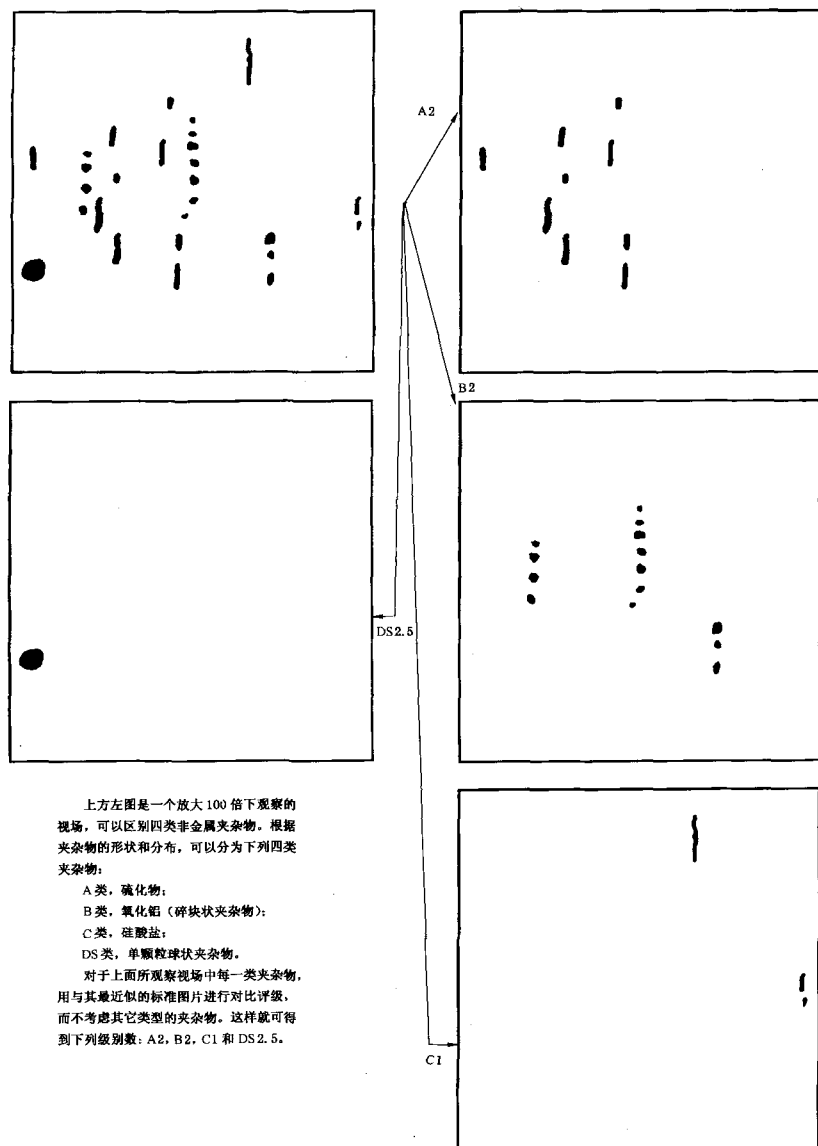


图 B.1 视场评定

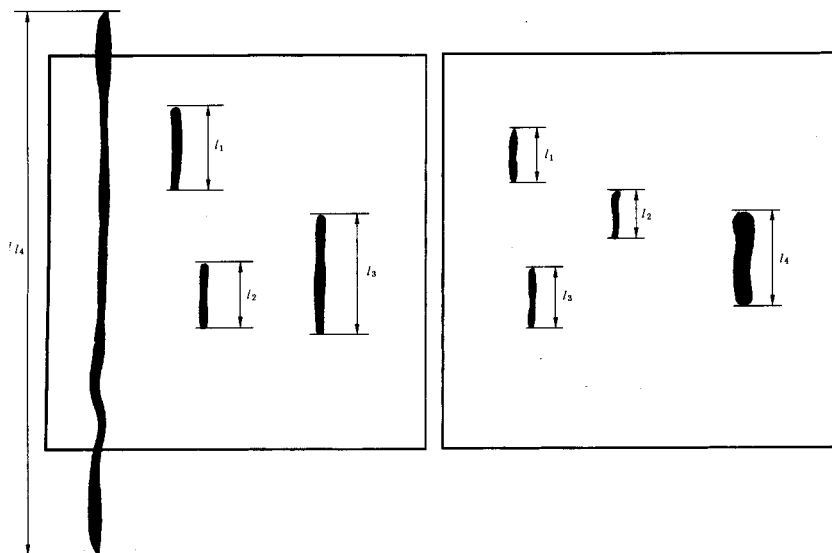
**B.2 超大尺寸夹杂物或串(条)状夹杂物的评定实例**

如果夹杂物或串(条)状夹杂物仅长度超长,则对于方法 B,将位于视场内夹杂物或串(条)状夹杂物,或对于方法 A,按 0.710 mm 计入同一视场中同类及同一宽度夹杂物的长度(见图 B.2a)。

如果夹杂物或串(条)状夹杂物的宽度或直径(D 类夹杂物)超尺寸,则应计入该视场中粗系夹杂物评定结果(见图 B.2b)。

对于 D 类夹杂物,如果颗粒数大于 49,级别数可按附录 D 的公式计算。

对于直径大于 0.107 mm 的 DS 类夹杂物,级别数可按附录 D 的公式计算。



视场级别数是按夹杂物总长度  $L$  评定,

$$L = 0.71 + l_1 + l_2 + l_3$$

并单独指明夹杂物  $l_4$  超长

a) 超长串(条)状夹杂物

视场级别数是根据夹杂物总长度  $L$

$$L = l_1 + l_2 + l_3 + l_4$$

并单独指明夹杂物  $l_4$  超宽

b) 宽度或直径超尺寸的夹杂物或串  
(条)状夹杂物

**图 B.2 超大尺寸夹杂物或串(条)状夹杂物的视场评定**

## 附录 C

(资料性附录)

## 检验结果典型举例

(对一个所给定的观察视场数,按夹杂物类型,表示不同级别的视场总数)

## C.1 按照视场和夹杂物类型表示

表 C.1 给出这类评定结果的实例。为了使这种编排简化起见,这里仅取观察视场总数为 20 个,而通常最少检验 100 个视场。

表 C.1 级别数

视场序号	各类夹杂物级别								
	A		B		C		D		DS
	细	粗	细	粗	细	粗	细	粗	
1	—	0.5	1	—	0.5	—	—	—	—
2	0.5	—	—	—	0.5	—	—	—	—
3	0.5	—	0.5	—	—	0.5	—	—	0.5
4	1	—	—	0.5	1.5	—	—	0.5	—
5	—	—	—	1.5	—	1	—	—	—
6	1.5	—	—	—	—	—	0.5	—	1
7	—	1s	1.5	—	—	0.5	—	—	—
8	—	—	—	1	1	—	—	1	—
9	0.5	—	0.5	—	0.5	—	—	—	—
10	—	0.5	1	—	0.5	—	—	—	—
11	1	—	0.5	—	—	0.5	—	—	1
12	0.5	—	—	—	—	—	—	1s	—
13	—	—	—	0.5	—	1.5	1	—	—
14	2	—	—	1	—	—	—	—	—
15	—	—	—	—	0.5	—	—	—	—
16	0.5	—	1	—	—	1	—	—	—
17	0.5	—	0.5	—	—	—	—	0.5	1.5
18	—	—	—	1.5	1	—	—	—	—
19	—	2	—	3	0.5	—	0.5	—	—
20	—	—	0.5	—	—	0.5	—	—	—

## C.2 按夹杂物类型的每一级别视场的总数

根据这些检验结果,就能确定不同级别数和各类夹杂物的视场总数。表 C.2 列出了视场总数的数值。

表 C.2 视场总数

视场级别	各类夹杂物的视场数								
	A		B		C		D		DS
	细	粗	细	粗	细	粗	细	粗	
0.5	6	2	5	2	6	4	2	2	1
1	2	1	3	2	2	2	1	2	2
1.5	1	0	1	2	1	1	0	0	1
2	1	1	0	0	0	0	0	0	0
2.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	1	0	0	0	0	0

注：对于长度大于视场直径，或宽度或直径大于表 2 所规定值的夹杂物，应按标准评级图进行评级，并在试验报告中单独注明。

### C.3 计算总级别数 $i_{\text{tot}}$ 和平均级别数 $i_{\text{moy}}$

利用表 C.2 给出的视场总数，就能计算出每类夹杂物和每个系列夹杂物相应的总级别数和平均级别数。

#### C.3.1 A 类夹杂物

##### a) 细系

$$i_{\text{tot}} = (6 \times 0.5) + (2 \times 1) + (1 \times 1.5) + (1 \times 2) = 8.5$$

$$i_{\text{moy}} = \frac{i_{\text{tot}}}{N} = \frac{8.5}{20} = 0.425$$

$N$  表示观察视场总数 (见 6.3)

##### b) 粗系

$$i_{\text{tot}} = (2 \times 0.5) + (1 \times 1) + (1 \times 2) = 4$$

$$i_{\text{moy}} = \frac{4}{20} = 0.20 (\text{标注 } 1s)$$

#### C.3.2 B 类夹杂物

##### a) 细系

$$i_{\text{tot}} = (5 \times 0.5) + (3 \times 1) + (1 \times 1.5) = 7$$

$$i_{\text{moy}} = \frac{7}{20} = 0.35$$

##### b) 粗系

$$i_{\text{tot}} = (2 \times 0.5) + (2 \times 1) + (2 \times 1.5) + (1 \times 3) = 9$$

$$i_{\text{moy}} = \frac{9}{20} = 0.45$$

#### C.3.3 C 类夹杂物

##### a) 细系

$$i_{\text{tot}} = (6 \times 0.5) + (2 \times 1) + (1 \times 1.5) = 6.5$$

$$i_{\text{moy}} = \frac{6.5}{20} = 0.325$$

##### b) 粗系

$$i_{\text{tot}} = (4 \times 0.5) + (2 \times 1) + (1 \times 1.5) = 5.5$$

$$i_{\text{moy}} = \frac{5.5}{20} = 0.275$$

### C.3.4 D 类夹杂物

#### a) 细系

$$i_{\text{tot}} = (2 \times 0.5) + (1 \times 1) = 2$$

$$i_{\text{moy}} = \frac{2}{20} = 0.10$$

#### b) 粗系

$$i_{\text{tot}} = (2 \times 0.5) + (2 \times 1) = 3$$

$$i_{\text{moy}} = \frac{3}{20} = 0.15 (\text{标注 } 1s)$$

### C.3.5 DS 类夹杂物

$$i_{\text{tot}} = (1 \times 0.5) + (2 \times 1) + (1 \times 1.5) = 4$$

$$i_{\text{moy}} = \frac{4.0}{20} = 0.20$$

## C.4 权重因素

采用每个级别的权重因数,以使按夹杂物的数量计算出总的纯洁度级别是可行的。  
可以采用表 C.3 给出的权重因数。

表 C.3 权重因数

级别 $i$	权重因素 $f_i$
0.5	0.05
1	0.1
1.5	0.2
2	0.5
2.5	1
3	2

下列公式计算纯洁度级别  $C_i$ :

$$C_i = \left[ \sum_{i=0.5}^{3.0} f_i \times n_i \right] \frac{1\,000}{S}$$

式中:

$f_i$ ——权重因数;

$n_i$ —— $i$  级别的视场数;

$S$ ——试样的总检验面积,单位为每平方毫米( $\text{mm}^2$ )。

## 附录 D

(资料性附录)

## 评级图片级别与夹杂物测定值的关系

下列各图所示是 A、B、C、D 和 DS 类夹杂物的评级图片级别与夹杂物测定值的关系(长度或直径用  $\mu\text{m}$  表示,或用每个视场的数量表示)。下列公式可用于由夹杂物的测量值计算出夹杂物的级别数,或由夹杂物的级别数计算出夹杂物的测量值,例如:要测量评级图片级别在 3 以上夹杂物。

## D.1 由夹杂物的测量值计算评级图片级别

A 类硫化物,长度( $L$ )用  $\mu\text{m}$  表示:

$$\lg(i) = [0.5605 \lg(L)] - 1.179$$

B 类氧化铝,长度( $L$ )用  $\mu\text{m}$  表示:

$$\lg(i) = [0.4626 \lg(L)] - 0.871$$

C 类硅酸盐,长度( $L$ )用  $\mu\text{m}$  表示:

$$\lg(i) = [0.4807 \lg(L)] - 0.904$$

D 类球状氧化物,每个视场中的数量( $n$ ):

$$\lg(i) = [0.51 \lg(n)] - 0.301$$

DS 类单颗粒状氧化物,直径( $d$ )用  $\mu\text{m}$  表示:

$$i = [3.311 \lg(d)] - 3.22$$

除 DS 类夹杂物以外,由反对数可获得  $i$  值。

## D.2 由评级图片级别计算夹杂物的测量值

A 类硫化物,长度( $L$ )用  $\mu\text{m}$  表示:

$$\lg(L) = [1.784 \lg(i)] + 2.104$$

B 类氧化铝,长度( $L$ )用  $\mu\text{m}$  表示:

$$\lg(L) = [2.1616 \lg(i)] + 1.884$$

C 类硅酸盐,长度( $L$ )用  $\mu\text{m}$  表示:

$$\lg(L) = [2.081 \lg(i)] + 1.88$$

D 类球状氧化物,每个视场中的数量( $n$ ):

$$\lg(n) = [21 \lg(i)] + 0.602$$

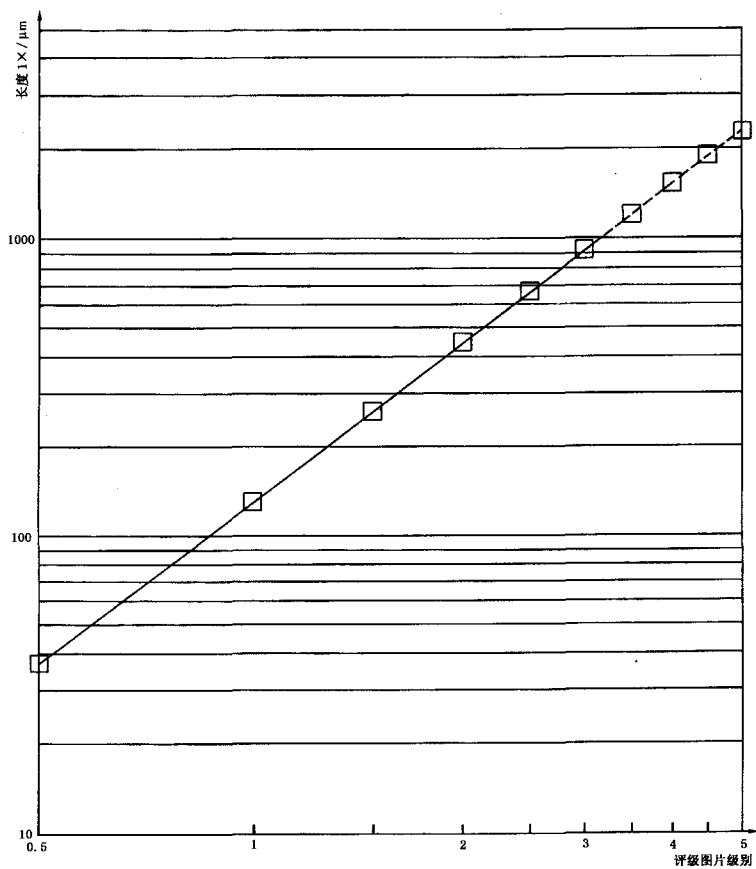
DS 类单颗粒球状氧化物,直径( $d$ )用  $\mu\text{m}$  表示:

$$\lg(d) = [0.302i] + 0.972$$

测量值可由反对数获得。

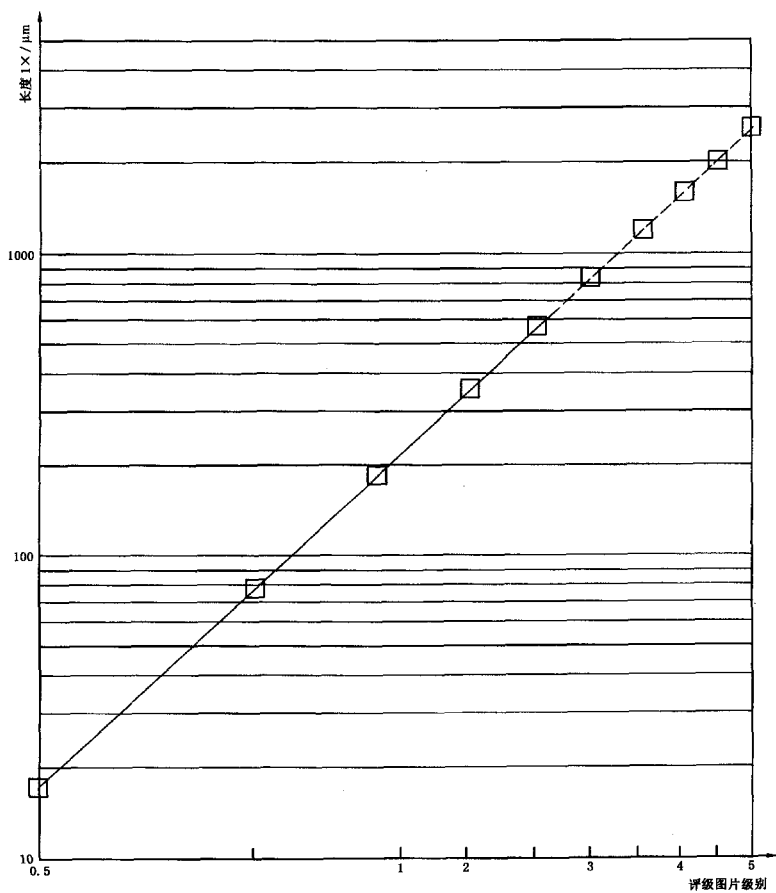
以上线性回归公式,  $R^2$  值均在 0.9999 以上。

A类(硫化物类)

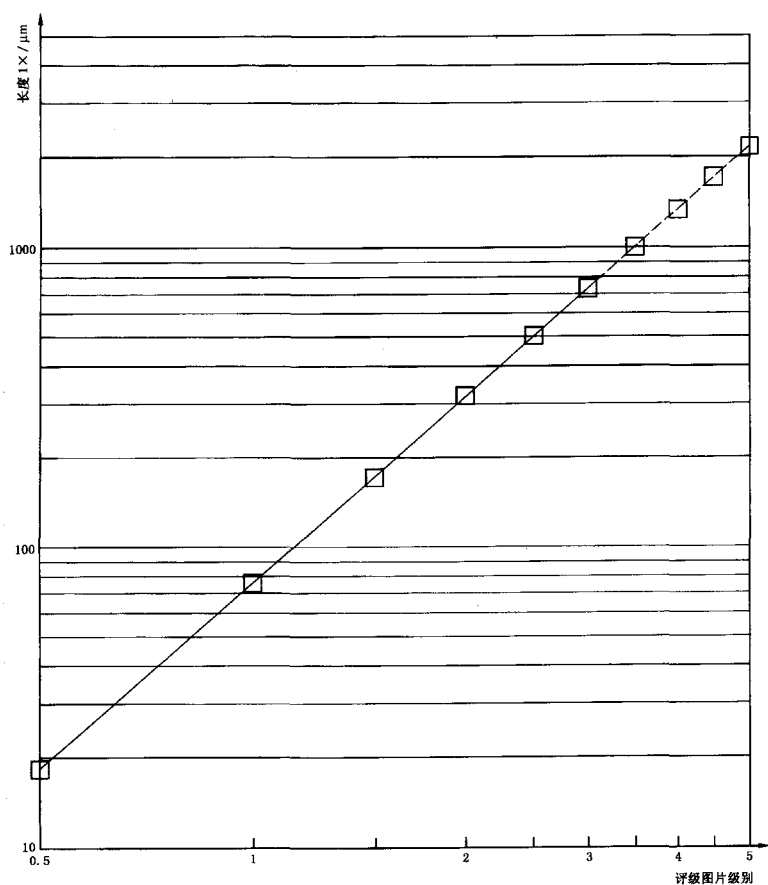




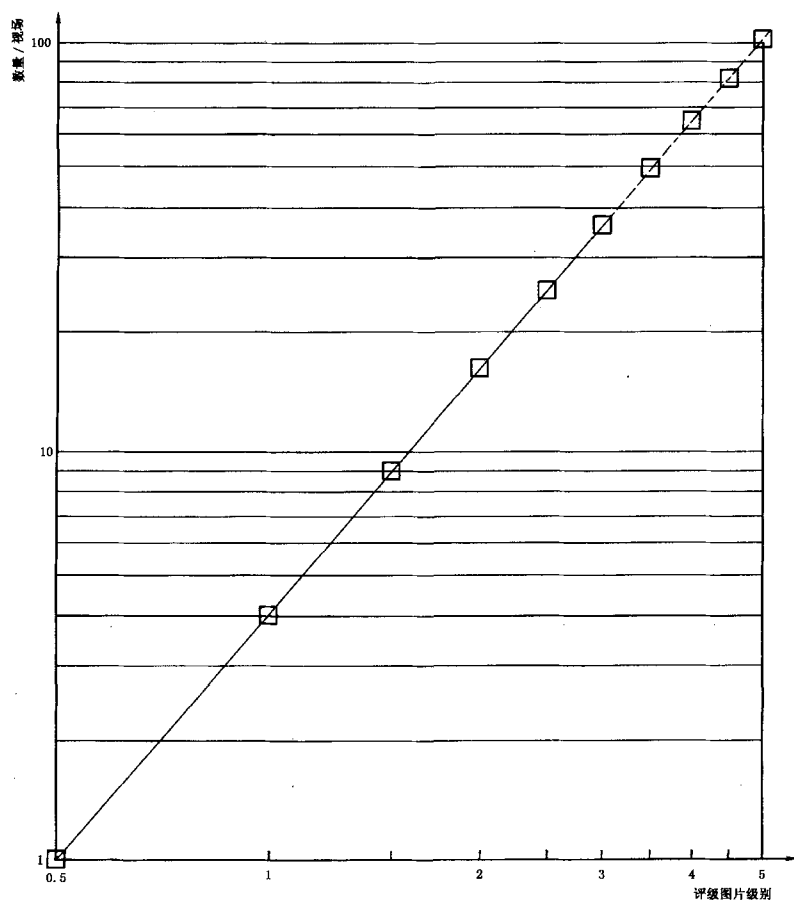
## B类(氧化铝类)



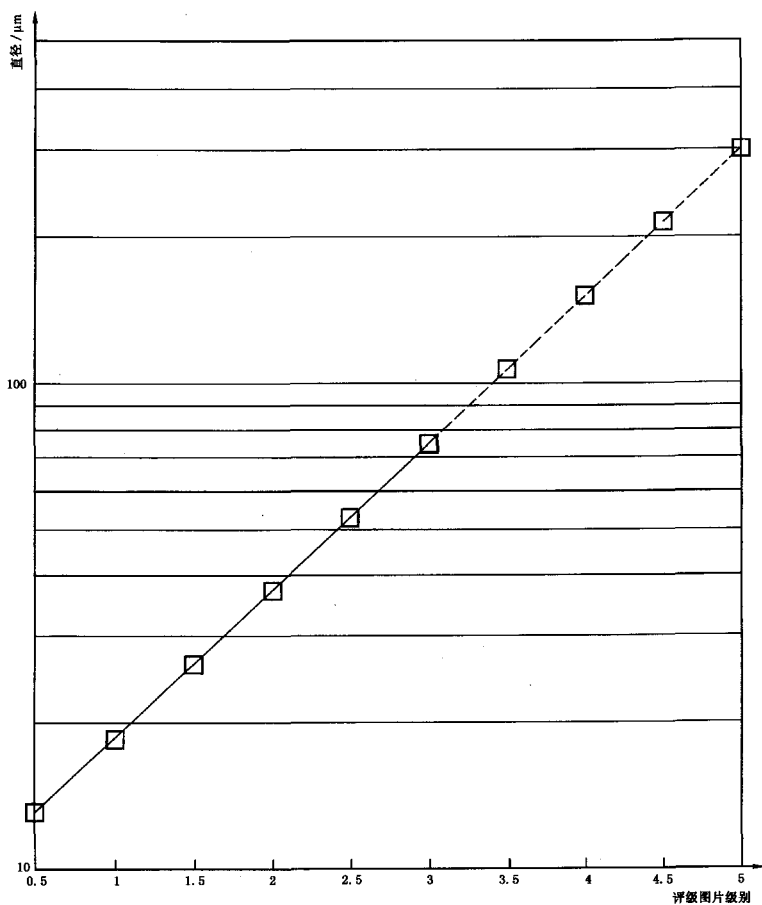
C类(硅酸盐类)



## D类(球状氧化物类)



DS 类(单颗粒球状类)



## 附录 NA

(资料性附录)

## 制取样注意方法和其他产品取样

## NA.1 制取样注意方法

试样应在冷状态下,用机械方法切取。若用气割或热切割等方法切取时,必须将金属融化区、塑性变形区完全去除。

淬火后的试样不应有淬火裂纹,以免影响正确评定。

## NA.2 取样部位和取样面积

当产品厚度、直径或壁厚较小时,则应从同一试样上截取足够数量的试样,以保证检验面积为  $200\text{ mm}^2$ ,并将试样视为一支试样;当取样数达 10 个长  $10\text{ mm}$  的试样作为一支试样时,检验面不足  $200\text{ mm}^2$  是允许的。

钢管的取样方法如图 NA.1 所示。

单位为毫米

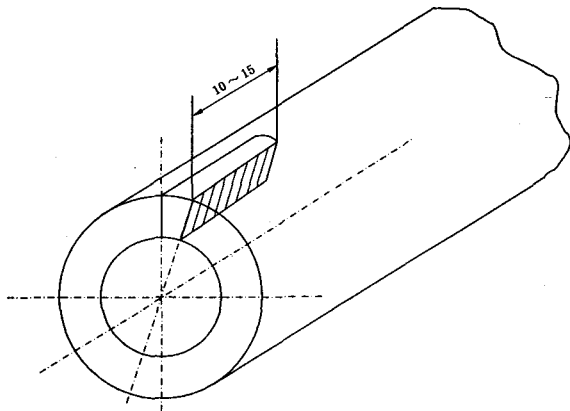


图 NA.1 钢管取样