



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 26824—2020  
代替 GB/T 26824—2011

---

## 纳米氧化铝

Nanoscale alumina

2020-12-14 发布

2021-07-01 实施

---

国家市场监督管理总局 发布  
国家标准化管理委员会

## 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。

本文件代替 GB/T 26824—2011《纳米氧化铝》，与 GB/T 26824—2011 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 增加了引言；
- b) 修改了文件的适用范围(见第 1 章,2011 年版的第 1 章)；
- c) 增加了部分引用文件(见第 2 章)；
- d) 增加了术语和定义(见第 3 章)；
- e) 修改了产品分类,增加了产品代号(见第 4 章,2011 年版的第 3 章)；
- f) 删除了纳米氧化铝技术指标及要求,增加了液相法制备的纳米氧化铝技术要求和气相法制备的纳米氧化铝技术要求(见表 1、表 2,2011 年版的表 1)；
- g) 增加了悬浮液 pH 值和微观形貌测试要求；修改了二氧化硅、三氧化二铁、氧化钠、氧化钙、氧化镁含量的参考测定方法(见第 6 章,2011 年版的第 5 章)；
- h) 增加了采样(见第 7 章)；
- i) 修改了检验规则(见第 8 章,2011 年版的第 6 章)；
- j) 将包装、标识、贮存和运输合并为一章(见第 9 章,2011 年版的第 7 章、第 8 章)。

本文件由中国科学院提出。

本文件由全国纳米技术标准化技术委员会纳米材料分技术委员会(SAC/TC 279/SC 1)归口。

本文件起草单位：广州汇富研究院有限公司、中国检验检疫科学研究院、宣城晶瑞新材料有限公司、广州吉必盛科技实业有限公司、冶金工业信息标准研究院、山东国瓷功能材料股份有限公司、中关村华清石墨烯产业技术创新联盟、中国科学院上海硅酸盐研究所、青海圣诺光电科技有限公司、北京市理化分析测试中心。

本文件主要起草人：吴春蕾、邹明强、徐进、李政法、李倩、司留启、戴石锋、汪正、刘江华、刘伟丽、杜海晶、王升、徐勇、邱钦标、田子健、莫雪魁、张梅。

本文件所代替文件的历次版本发布情况为：

——GB/T 26824—2011。

## 引 言

纳米氧化铝是一种耐腐蚀、耐高温、高硬度、易分散的纳米新材料,已在电池隔膜、催化剂载体、陶瓷涂层和抛光研磨等众多领域得到了广泛应用。纳米氧化铝工业化制备方法主要有液相法和气相法,不同工艺方法制备的纳米氧化铝在晶型、形貌和性能等方面都展现出独特的性质特征,使其在不同的应用方向显示出各自的性能优势。如液相法可以产出高纯度 $\alpha$ 晶型的纳米氧化铝,在激光晶体、锂电池隔膜涂层、导热粉体和陶瓷涂层等领域的应用方兴未艾;液相法也可以得到高纯度 $\gamma$ 晶型的纳米氧化铝,在汽车和化工尾气用高效催化剂载体上展现出广阔的应用价值。气相法制备的纳米氧化铝,一般是 $\gamma$ 晶型为主的混合晶体,颗粒聚集的微观形貌呈枝状,在荧光粉、节能荧光灯中的抗紫外涂层、粉末涂料、催化剂载体和抛光研磨等领域有独特的应用。

本文件结合制备工艺、应用领域的技术需求建立了相应的要求,有利于产业上下游准确表征和评价纳米氧化铝,对促进纳米氧化铝在更大范围的推广和应用具有重要指导意义。

# 纳 米 氧 化 铝

## 1 范围

本文件规定了纳米氧化铝的产品分类和代号、技术要求、试验方法、取样、检验规则、包装、标识、贮存和运输。

本文件适用于液相法和气相法制备的纳米氧化铝的质量检查和验收。其他工艺制备的纳米氧化铝可参照执行。

氧化铝分子式： $\text{Al}_2\text{O}_3$ 。

## 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 191 包装储运图示标志

GB/T 6609.2 氧化铝化学分析方法和物理性能测定方法 第2部分：300℃和1000℃质量损失的测定

GB/T 6678 化工产品采样总则

GB/T 6679 固体化工产品采样通则

GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定

GB/T 19587—2017 气体吸附 BET 法测定固态物质比表面积

GB/T 20020—2013 气相二氧化硅

GB/T 30544.4 纳米科技 术语 第4部分：纳米结构材料

GB/T 30904 无机化工产品 晶型结构分析 X 射线衍射法

GB/T 37248 高纯氧化铝 痕量金属元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法

## 3 术语和定义

GB/T 30544.4 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### 液相法 liquid phase method

由一种或多种合适的可溶性金属盐类，计量配制成溶液，使各元素呈离子或分子态，再选择一种合适的沉淀剂或用蒸发、升华、水解等操作，使金属离子均匀沉淀或结晶出来，最后将沉淀物或结晶物脱水或者加热分解而得到超细粉体的方法。

注：常见的有水热法、沉淀法、溶胶-凝胶法。

### 3.2

#### 气相法 gas phase method

通过各种方式使物质汽化，并在气体状态下发生物理或者化学变化，再通过冷却过程使颗粒聚集长大形成超细粉体的方法。

注：常见的有蒸发冷凝法和气相水解法。

4 产品分类和代号

4.1 分类

4.1.1 按照产品制备方法的不同进行分类。可分为液相法制备的纳米氧化铝和气相法制备的纳米氧化铝,简称为液相法纳米氧化铝和气相法纳米氧化铝,分别用 L 和 G 表示。

注:由于不同工艺制备的纳米氧化铝在物理、化学、性能等参数方面有较大差异,在选用产品时需关注制备方法。

4.1.2 按晶体结构组成为单一晶型和混合晶型。单一晶型用其晶型型号直接标识,混合晶型用 Mix 标识。

4.2 代号

纳米氧化铝可用材料名称、晶型和制备方法进行标识。

示例:液相法制备的 α 单一晶型纳米氧化铝,其代号为:Nano Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-α(L)。

注:必要时,在上述代号基础上可增加其他参数信息,如粒径、形貌、比表面积等参数,具体标识由供需双方协商确定。

5 技术要求

5.1 外观

一般为白色粉末,无目视可见的杂质异物。

5.2 要求

纳米氧化铝技术要求按照制备方法应符合表 1 或表 2 的规定。

表 1 液相法制备的纳米氧化铝技术要求

序号	项目	单位	要求
1	氧化铝(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )主含量(以 300 °C 干基计)	%	≥98.0
2	晶体结构	—	报告(单一晶型的型号或混合晶型的各晶型型号)
3	平均粒径 <sup>a</sup>	nm	≤100(提供粒径分布图)
4	微观形貌 <sup>b</sup>	—	报告(提供颗粒微观形貌图)
5	氮吸附 BET 比表面积 <sup>c</sup>	m <sup>2</sup> /g	标称值×(1±15%)
6	悬浮液 pH 值	—	≥5.0
7	灼烧减量(1 000 °C, 2 h, 基于 300 °C 干基)	%	≤2.0
8	二氧化硅(SiO <sub>2</sub> )含量(以 300 °C 干基计)	mg/kg	≤300
9	三氧化二铁(Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )含量(以 300 °C 干基计)	mg/kg	≤100
10	氧化钠(Na <sub>2</sub> O)含量(以 300 °C 干基计)	mg/kg	≤200
11	氧化钙(CaO)含量(以 300 °C 干基计)	mg/kg	≤20
12	氧化镁(MgO)含量(以 300 °C 干基计)	mg/kg	≤20
<sup>a</sup> 平均粒径仅适用于球形或类球形纳米氧化铝,通过透射电子显微镜(TEM)测定。			
<sup>b</sup> 微观形貌通过透射电子显微镜(TEM)给出。			
<sup>c</sup> 对于氮吸附 BET 比表面积小于 20 m <sup>2</sup> /g 的产品,其指标由供需双方协商确认。			

表 2 气相法制备的纳米氧化铝技术要求

序号	项目	单位	要求
1	氧化铝( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )主含量(以 300 °C 干基计)	%	$\geq 98.0$
2	晶体结构	—	报告(单一晶型的型号或混合晶型的各晶型型号)
3	平均粒径 <sup>a</sup>	nm	$\leq 80$ (提供粒径分布图)
4	微观形貌 <sup>b</sup>	—	报告(提供颗粒微观形貌图)
5	氮吸附 BET 比表面积 <sup>c</sup>	$\text{m}^2/\text{g}$	标称值 $\times(1\pm 15\%)$
6	悬浮液 pH 值	—	$\geq 3.9$
7	灼烧减量(1 000 °C, 2 h, 基于 300 °C 干基)	%	$\leq 2.0$
8	二氧化硅( $\text{SiO}_2$ )含量(以 300 °C 干基计)	mg/kg	$\leq 300$
9	三氧化二铁( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )含量(以 300 °C 干基计)	mg/kg	$\leq 1000$
10	氧化钠( $\text{Na}_2\text{O}$ )含量(以 300 °C 干基计)	mg/kg	$\leq 200$
11	氧化钙( $\text{CaO}$ )含量(以 300 °C 干基计)	mg/kg	$\leq 300$
12	氧化镁( $\text{MgO}$ )含量(以 300 °C 干基计)	mg/kg	$\leq 200$
<sup>a</sup> 平均粒径仅适用于球形或类球形纳米氧化铝,通过透射电子显微镜(TEM)测定。 <sup>b</sup> 微观形貌通过透射电子显微镜(TEM)给出。 <sup>c</sup> 对于氮吸附 BET 比表面积小于 $20 \text{ m}^2/\text{g}$ 的产品,其指标由供需双方协商确认。			

6 试验方法

安全提示——本试验方法中使用的部分试剂具有毒性或腐蚀性,操作时须小心谨慎。如溅到皮肤上应立即用水冲洗,严重者应立即治疗。使用易燃品时,严禁使用明火加热。

6.1 氧化铝质量分数测定

将 300 °C  $\pm$  5 °C(空气气氛)干燥 2 h 的干基样品总量设为 100%,干基样品总量减去灼烧减量及二氧化硅、三氧化二铁、氧化钠、氧化钙、氧化镁杂质含量所占比例即为该样品的氧化铝质量分数。

氧化铝质量分数按式(1)计算:

$$w(\text{Al}_2\text{O}_3) = 100 - \text{LOI} - \sum I \dots\dots\dots (1)$$

式中:  
 $w(\text{Al}_2\text{O}_3)$ —— $\text{Al}_2\text{O}_3$  的质量分数,%;  
LOI ——试样灼烧减量,以质量分数表示,%;  
 $\sum I$  ——二氧化硅、三氧化二铁、氧化钠、氧化钙、氧化镁杂质的质量分数之和,%。

6.2 XRD 测定晶体结构

按 GB/T 30904 规定,利用 X 射线衍射仪对样品进行测量,依据衍射数据对晶型结构进行判断,纳米氧化铝的 X 射线衍射图谱参见附录 A。

6.3 平均粒径和微观形貌测定

平均粒径和微观形貌按附录 B 测定。

#### 6.4 氮吸附 BET 比表面积

称取适量试样,精确至 0.000 1 g,置于预先干燥的试样管内,在脱气站上于 120 °C 脱气 2 h,置于比表面仪上,按照 GB/T 19587—2017 中静态容量法的规定进行测量。

#### 6.5 悬浮液 pH 值测定

悬浮液 pH 值按 GB/T 20020—2013 附录 E 测定。

#### 6.6 灼烧减量测定

灼烧减量按 GB/T 6609.2 进行测定。

#### 6.7 二氧化硅、三氧化二铁、氧化钠、氧化钙、氧化镁含量的测定

样品于 300 °C ± 5 °C 烘箱中干燥 2 h,于干燥器冷却至室温,然后按 GB/T 37248 规定进行测定。

### 7 采样

按 GB/T 6678 的规定确定采集的样品量和样品数,并按照 GB/T 6679 的规定进行采样和保存。

### 8 检验规则

#### 8.1 型式检验

8.1.1 在下列情况之一时,应进行型式检验:

- a) 更新关键生产工艺;
- b) 主要原料有变化;
- c) 正常生产时,每三个月进行一次型式检验,以考核产品质量的稳定性;
- d) 停产又恢复生产;
- e) 与上次型式检验有较大差异;
- f) 合同规定;
- g) 客户提出型式检验要求。

8.1.2 型式检验按照第 5 章的技术要求进行全部项目检测,检验结果全部合格,则型式检验通过。

#### 8.2 出厂检验和验收

8.2.1 产品由供方按本文件的规定进行氧化铝含量、晶体结构、氮吸附 BET 比表面积、灼烧减量、悬浮液 pH 值、二氧化硅含量、三氧化二铁含量、氧化钠含量、氧化钙含量、氧化镁含量进行检验。

8.2.2 按出厂检验项目检验,按照 GB/T 8170 规定的修约值比较法判定产品检验结果是否符合本文件规定。检验结果按本文件的规定判定,如有一项指标不符合本文件要求时,应重新在两倍量的包装袋中采样进行复验,复验的结果如有一项指标不符合本文件要求时,则整批产品为不合格。

8.2.3 需方有权按照本文件的规定对所收到的纳米氧化铝进行验收,验收时间由供需双方约定。

8.2.4 当供需双方发生质量异议时,应由双方共同采样并签封,送或寄到国家认定的检验机构进行检验。

## 9 包装、标识、贮存和运输

### 9.1 包装

纳米氧化铝的外包装可采用塑料桶、塑料编织袋或纸塑复合袋的包装方式。如果使用塑料桶或者塑料编织袋,则需要加内包装。内包装推荐采用两层聚乙烯薄膜袋,并进行封口,以保证塑料袋密封。每袋净含量通过供需双方协商确定。

### 9.2 标识

纳米氧化铝包装容器上应有牢固清晰的标志,内容包括:生产厂名、厂址、产品名称、商标、类别、净含量、批号或生产日期及本文件编号,以及 GB/T 191 规定的“怕雨”标志。

### 9.3 贮存和运输

纳米氧化铝贮存和运输中应防止雨淋、受潮,日晒、受热,不应与碱类及酸类物品混贮和混运。





附 录 A  
(资料性)

纳米氧化铝的 X 射线衍射图谱

纳米氧化铝的 X 射线衍射图谱见图 A.1～图 A.4。

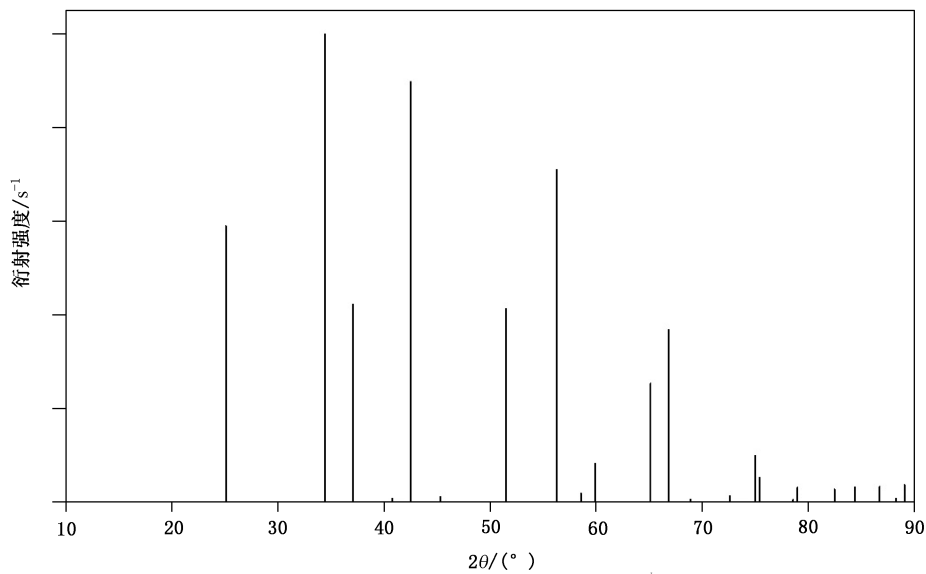


图 A.1  $\alpha$  晶型氧化铝 X 射线衍射图谱(X 光源:CuK $\alpha$ 1)

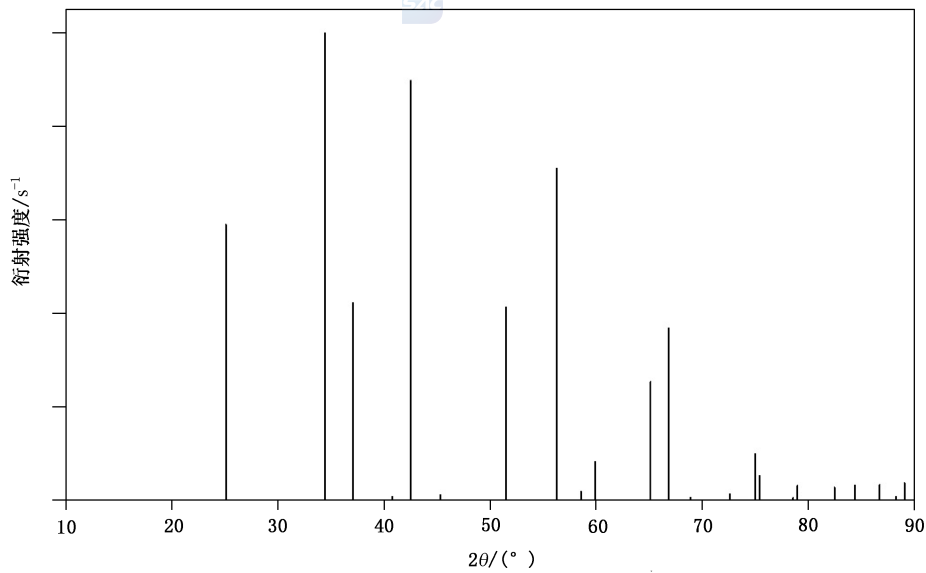


图 A.2  $\gamma$  晶型氧化铝 X 射线衍射图谱(X 光源:CuK $\alpha$ 1)

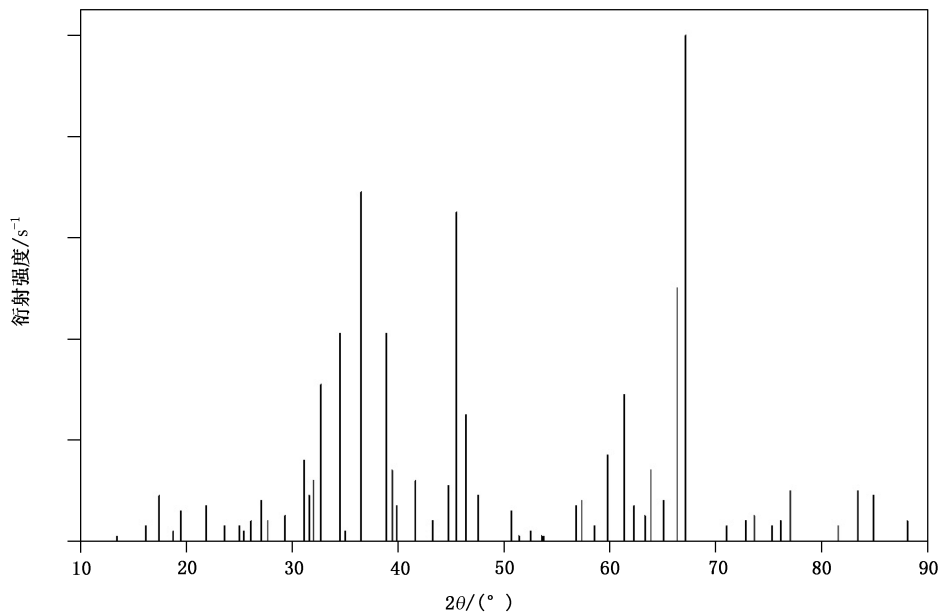


图 A.3  $\delta$  晶型氧化铝 X 射线衍射图谱(X 光源:CuK $\alpha$ 1)

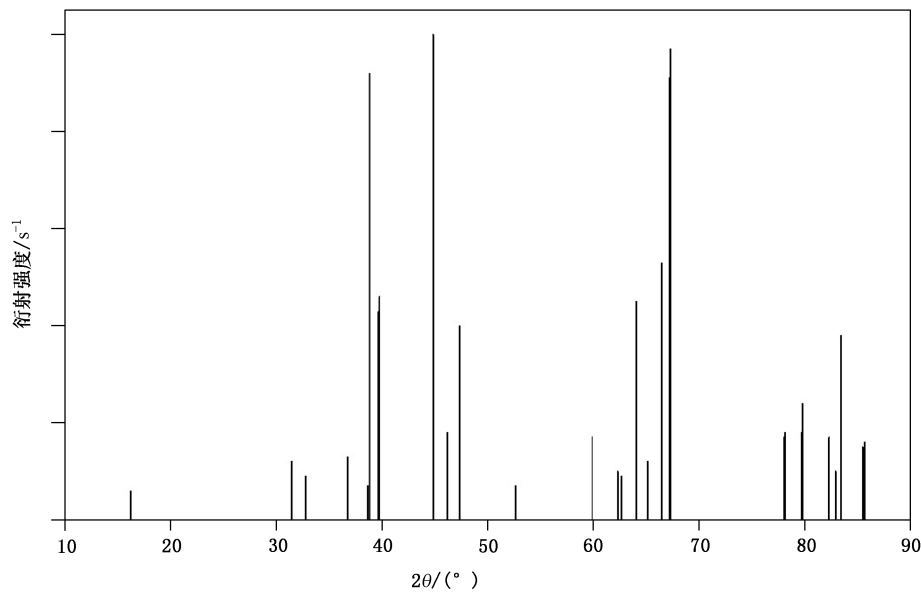


图 A.4  $\theta$  晶型氧化铝 X 射线衍射图谱(X 光源:CuK $\alpha$ 1)

## 附 录 B

(规范性)

### 透射电子显微镜测定平均粒径和微观形貌

#### B.1 方法概要

利用透射电子显微镜(TEM)测量纳米氧化铝的平均粒径和微观形貌。

#### B.2 试剂和原料

平均粒径和微观形貌测定所需试剂和原料如下:

- a) 乙醇:分析纯;
- b) 丙酮:分析纯;
- c) 醋酸纤维树脂:分析纯;
- d) 醋酸纤维树脂丙酮溶液:称取醋酸纤维树脂 2.5 g 置于 1 000 mL 的烧杯中,加入 500 mL 丙酮,超声波振荡下完全溶解,转移至 500 mL 玻璃磨口瓶中,于 4 ℃左右保存;
- e) 蒸馏水:蒸馏水或去离子水;
- f) 载玻片:25 mm×75 mm×0.8 mm 或等效者。

#### B.3 仪器和设备

平均粒径和微观形貌测定所需仪器和设备如下:

- a) 分析天平:感量为 0.1 mg;
- b) 烧杯:1 000 mL;
- c) 超声波振荡器;
- d) 玻璃磨口瓶:500 mL;
- e) 铜网:直径 3 mm;
- f) 注射器:1 mL,带注射针头;
- g) 喷镀仪;
- h) 透射电子显微镜:点分辨率不次于 0.3 nm;照相机(CCD)像素 $\geq 1\,024 \times 1\,024$ 。

#### B.4 透射电子显微镜载膜的制备

配制醋酸纤维树脂丙酮溶液。将干净载玻片 2/3 面积斜插入装有醋酸纤维树脂丙酮溶液的烧杯中,慢慢从烧杯中提取出来,将粘有醋酸纤维树脂薄膜的载玻片慢慢斜放入装有蒸馏水的烧杯,脱去醋酸纤维树脂薄膜,使薄膜浮于水面。在薄膜上面均匀放上电镜试样铜网,铜网间距不小于 10 mm,用滤纸将放有铜网的薄膜从水中粘取备用。

可使用满足测试要求的同类商品化电镜载膜。

B.5 透射电子显微镜试样的制备

称取纳米氧化铝试样,以无水乙醇作为溶剂,用超声波振荡器振荡分散 15 min 后,用注射器针头抽取溶液,滴 1 滴溶液在铜网上面,形成水滴状,干后用喷镀仪喷镀一层碳膜。

B.6 透射电子显微镜平均粒径的测定

样品测量前,对透射电子显微镜的标尺进行校准。将试样放置于透射电子显微镜的样品台上,在 10 万放大倍数下,选择颗粒明显、均匀和集中的区域,用照相机或 CCD 数字记录系统摄下 5 个视域的电子显微镜照片。在照片上用标尺测量不少于 100 个颗粒的长径和短径,取算术平均值。

平均粒径  $d$  按式(B.1)计算:

$$d = \frac{\sum(d_1 + d_2)}{2n} \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

- $d_1$ ——微粒的长径,单位为纳米(nm);
- $d_2$ ——微粒的短径,单位为纳米(nm);
- $n$  ——量取微粒的个数。

B.7 透射电子显微镜微观形貌的测定

在平均粒径测试过程中摄下 5 个视域的电子显微镜照片,用于报告颗粒微观形貌。

\_\_\_\_\_

