

## 浊度法测定五氧化二锑粉体中的氯含量

张晓娟<sup>1,2</sup>, 符招弟<sup>1</sup>, 魏 伟<sup>1</sup>, 刘艳花<sup>1</sup>, 张 琮<sup>1</sup>, 杨 林<sup>1</sup>

(1. 长沙矿冶院检测技术有限公司, 湖南 长沙 410012; 2. 湖南农业大学, 湖南 长沙 410012)

**摘要:** 采用浊度法测定五氧化二锑粉体中的氯含量. 探究了样品溶解方法、溶解酸度、样品质量和溶解时间对测定结果的影响. 结果表明: 五氧化二锑粉体样品质量为 0.500 0 ~ 1.000 0 g, 10% 硝酸水溶液溶解, 酸溶时间 2 h 后定容测定的准确度较高. 进一步进行加标回收试验, 得到五氧化二锑粉体中氯含量的加标回收率均在 96.20% ~ 99.13% 之间, 说明方法的准确度高. 同时进行了 11 次平行试验, 得到的相对标准偏差均小于 5%, 表明方法精密度高、重复性良好.

**关键词:** 五氧化二锑粉体; 氯含量; 浊度法

中图分类号: O657.3

文献标志码: B

文章编号: 1006-3757(2025)01-0063-06

DOI: 10.16495/j.1006-3757.2025.01.008

CSTR: 32263.14/j.1006-3757.2025.01.008

## Determination of Chlorine Content in Antimony Pentoxide Powder by Turbidimetry

ZHANG Xiaojuan<sup>1,2</sup>, FU Zhaodi<sup>1</sup>, WEI Wei<sup>1</sup>, LIU Yanhua<sup>1</sup>, ZHANG Cong<sup>1</sup>, YANG Lin<sup>1</sup>

(1. *Testing Technology Company of Changsha Research Institute of Mining and Metallurgy Co. Ltd., Changsha 410012, China*; 2. *Hunan Agricultural University, Changsha 410012, China*)

**Abstract:** A turbidimetry for the determination of chlorine in antimony pentoxide powder was established. The experimental conditions of dissolution method, concentration of nitric acid, sample mass, and dissolution time were studied. The results showed that the sample mass of antimony pentoxide powder was 0.500 0 ~ 1.000 0 g and the solution was dissolved in 10% nitric acid solution for 2 h. The spiked recoveries of chlorine in the sample were 96.20% ~ 99.13%, indicating the high accuracy of the method. At the same time, 11 parallel experiments were carried out, and the relative standard deviations were all less than 5%, which showed that the method has a good accuracy and repeatability.

**Key words:** antimony pentoxide powder; chlorine content; turbidimetry

阻燃剂被广泛用于阻燃制品中, 其品类众多. 锑化合物是常用无机阻燃剂之一, 有五氧化二锑和三氧化二锑等, 当其与含卤阻燃剂并用时, 不仅能使阻燃作用增大, 而且还可以减少含卤阻燃剂用量. 目前, 使用较多的阻燃剂或阻燃增效剂是锑系阻燃剂<sup>[1]</sup>. 五氧化二锑阻燃剂具有颗粒微细、比表面积大、活性高、分散性好、发烟量小、毒害小、不影响高聚物的色泽和透明度等优点, 且达到相同阻燃效果时的添加量少, 一般仅为三氧化二锑的 30%, 有利于

降低成本、减小阻燃剂对高聚物性能的不良影响, 是锑系阻燃增效剂中的较优选择<sup>[2]</sup>. 胶体五氧化二锑经干燥可制成粉末产品, 加水又可以制成一定浓度的水溶胶, 使用方便, 主要用于塑料、涂料、织物等制品中, 具有极好的阻燃增效作用. 五氧化二锑除了作为阻燃剂外, 还可作为塑料和金属的表面处理剂, 以提高硬度和耐磨性、增强防蚀能力等, 另外, 还可用于钠离子电池负极<sup>[3]</sup> 和吸附稀酸中锑等<sup>[4-5]</sup>.

五氧化二锑的制备方法主要有氯化水解法、离

子交换法、电渗析法、胶溶法等<sup>[6-8]</sup>。在五氧化二锑的制备过程中会引入氯离子,氯离子是强氧化剂,若其含量过高,会使五氧化二锑参与化学反应,从而影响其稳定性和使用寿命,还会导致五氧化二锑的表面活性增加,影响其表面性质。目前,氯离子的测定方法主要有滴定法<sup>[9]</sup>、氯离子选择电极法<sup>[10]</sup>、硫氰酸汞分光光度法<sup>[11]</sup>、离子色谱法<sup>[12]</sup>和浊度法<sup>[13-15]</sup>等。虽然测定氯离子的方法很多,但是针对不同样品需要选择合适的分析方法,比如:常用的滴定法主要用于测定氯离子含量大于0.5%的样品。而低含量氯离子样品的测定方法主要有硫氰酸汞分光光度法、氯离子选择电极法、离子色谱法和浊度法。其中,硫氰酸汞分光光度法中的硫氰酸汞具有剧毒性和危险性,需要在专业环境下使用,对人和环境危害较大,因此已经逐渐被其他方法取代。氯离子选择电极法的前处理过程较为复杂且不能实现批量化分析。离子色谱法应用广泛,但在测定化工产品上有局限性,因为其对大多数阴离子均有响应,而化工产品中存在其他阴离子杂质,在测定时易受样品中主成分的干扰,出现大长峰从而干扰目标物测定,同时仪器污染严重<sup>[16]</sup>。另外,离子色谱造价高且分析时间较长,而浊度法成本低、操作简单、分析时间短,可以测定大批量样品,相对其他方法大大节省时间和成本,广泛使用在化工制品、矿石等低含量氯离子的测定中。目前关于五氧化二锑中氯离子的测定方法鲜有报道,但是氯离子是五氧化二锑生产企业产品控制的重要指标,故建立快速简单测定五氧化二锑中氯离子的测定方法是必要的。五氧化二锑是纯度较高的化工产品,其氯杂质含量很低,一般的测定方法并不适用。浊度法是在硝酸介质中加入银离子,银离子与氯离子反应生成难溶氯化银,在一定时间内,氯化银会呈悬浊液,可于分光光度计测定其吸光度,从而求得氯的含量。该方法主要针对高纯度的化工产品,产品氯杂质含量低且其他干扰物质少,因此选择浊度法进行测定。

本文通过选用合适的前处理方法,使用浊度法快速测定五氧化二锑中氯离子,方法准确度高,重复性好,可为五氧化二锑产品中氯含量的测定提供技术支撑。

## 1 试验部分

### 1.1 主要仪器与试剂

紫外-可见分光光度计:UV4800型,美国优尼

科公司;分析天平:AG135型,瑞士Mettler-Toledo公司;恒温水浴锅:SGM M8/108,洛阳西格马公司;箱式电阻炉:型号为5-12,杭州蓝天仪器有限公司;水系过滤膜:0.45  $\mu\text{m}$ ,上海安谱实验科技股份有限公司;针式过滤器:13  $\mu\text{m}$ ×0.45  $\mu\text{m}$ ,天津市津腾试验设备有限公司。氯离子标准品:1 000 mg/L,18C035-3,国家有色金属及电子材料分析测试中心;硝酸银、碳酸钠、对硝基苯酚指示剂:分析纯,天津市科密欧化学试剂有限公司;硝酸:优级纯,天津市科密欧化学试剂有限公司;乙醇:分析纯,阿拉丁试剂有限公司;一级水:四川优普超纯水机制备。五氧化二锑样品:长沙烨星锑业有限公司。

### 1.2 溶液配制

对硝基苯酚指示剂溶液:称取0.100 0 g对硝基苯酚指示剂,加乙醇溶解,定容至100 mL。

36%、10%硝酸溶液:在250 mL的容量瓶中加入少量水,加入90 mL硝酸用水定容至刻度,得到36%硝酸溶液。在250 mL的容量瓶中加入少量的水,加入25 mL硝酸用水定容至刻度,得到10%硝酸溶液。

0.10 mol/L硝酸银溶液:称取16.987 3 g硝酸银,加水溶解,定容至1 L棕色容量瓶中,滴加硝酸溶液使溶液透亮,用水稀释至刻度,存于暗处。

氯离子系列标准工作液:取1 mL氯离子标准品至10 mL的容量瓶中,用水稀释至刻度,配制成100 mg/L的氯离子中间标准溶液。移取0、0.50、1.0、2.0、3.0、4.0和5.0 mL氯离子中间标准溶液,分别置于25 mL容量瓶或比色管中,加少量水,滴加1~2滴对硝基酚指示剂,溶液呈黄色,滴加硝酸溶液至黄色消失后再补加2 mL,随后加入0.10 mol/L硝酸银溶液,用纯水定容至刻度,放至35  $^{\circ}\text{C}$ 水浴锅中保温30 min,冷却至室温后测定。以氯离子浓度为横坐标,吸光度为纵坐标得到标准曲线方程。

### 1.3 样品测定

准确称取0.3~1.0 g(精确到0.000 1 g)样品于烧杯中,加入10%硝酸溶液20 mL,搅拌均匀,静置2 h,中间不时搅拌5~6次,移入50 mL容量瓶中,用水稀释至刻度,0.45  $\mu\text{m}$ 微孔滤膜过滤。吸取上述10 mL滤液于25 mL容量瓶或比色管中,滴加1~2滴对硝基酚指示剂,如果是黄色,则滴加36%硝酸溶液至黄色消失后再补加入2 mL;如果显示无色,加入2 mL硝酸水溶液,2 mL 0.10 mol/L硝酸银溶液,去离子水稀释至刻度,放入35  $^{\circ}\text{C}$ 水浴锅中保

温 30 min 后, 冷却待测. 测定时, 将溶液移至 3 cm 比色皿, 以水作参比, 用紫外-可见分光光度计于 420 nm 波长处测定其吸光度, 随样品做空白对照. 将吸光度值代入 1.2 节所得标准曲线方程, 得到样品溶液中氯离子的含量(%), 按式(1)计算可得样品中氯离子的质量分数:

$$\omega = \frac{(m_1 - m_0) \times V \times 10^{-6}}{m \times V_1} \times 100\% \quad (1)$$

式中:  $m_1$ —样品中测得的氯质量( $\mu\text{g}$ );  $m_0$ —空白溶液的氯质量( $\mu\text{g}$ );  $m$ —样品的质量(g);  $V$ —样品的总体积(mL);  $V_1$ —分取样品的体积(mL).

2 结果与讨论

2.1 酸式溶解法和碱式熔融法的方法对比

酸式溶解法是采用一定比例优级纯的硝酸水溶液作为溶解试剂, 碱式熔融法是将样品和无水碳酸钠在马弗炉中进行高温熔融. 酸式溶解法: 准确称取 0.500 0 g 样品于 150 mL 烧杯中, 分别加入 20 mL 10% 稀硝酸溶液, 溶解样品, 并搅拌均匀, 静置 2 h, 中间搅拌多次, 后移至 50 mL 容量瓶中, 用纯水稀释至刻度, 过滤. 碱式熔融法: 在瓷坩埚底部预铺 2 勺无水碳酸钠, 准确称取 0.500 0 g 样品于坩埚中, 用干净的玻璃棒轻轻搅匀, 尽量不碰触底部, 再加 2 勺无水碳酸钠覆盖样品, 于 650  $^{\circ}\text{C}$  马弗炉中加热 1 h 后取出, 冷却, 倒入 150 mL 烧杯中, 加入 20 mL 热水浸取, 冷却后定容至 50 mL 容量瓶中, 用微孔滤膜过滤. 经两种前处理方法处理后的样品按照 1.3 项测定其吸光度, 结果如表 1 所列.

表 1 酸式溶解法和碱式熔融法的测试结果对比表  
Table 1 Comparison of test results of acid dissolution and alkaline melting methods

| 前处理方式 | 含氯量/% |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|
|       | 1#    | 平均含量  | 2#    | 平均含量  |
| 酸式溶解法 | 0.093 | 0.091 | 0.064 | 0.066 |
|       | 0.088 |       | 0.067 |       |
|       | 0.093 |       | 0.066 |       |
|       | 0.089 |       | 0.068 |       |
| 碱式熔融法 | 0.073 | 0.070 | 0.039 | 0.039 |
|       | 0.070 |       | 0.042 |       |
|       | 0.068 |       | 0.032 |       |
|       | 0.071 |       | 0.044 |       |

由表 1 可知, 酸式溶解法测得的氯离子浓度均高于碱式熔融法, 另外碱式熔融法会引入无水碳酸钠, 该试剂存在较高的氯离子空白, 较难消除, 虽然同步做了试剂空白, 但是当样品本身含量较低时, 干扰较大. 当采用酸式溶解法时, 氯离子空白较低, 且分析步骤少, 分析时间短. 故选择酸式溶解法.

2.2 硝酸浓度的选择

为了探究酸式溶解法中硝酸浓度对五氧化二锑样品中氯离子溶出效果的影响, 分别以 1.0%、5.0%、10% 和 20% 的硝酸水溶液为溶解试剂, 每组平行测定 4 个样品. 称取样品于 150 mL 烧杯中, 分别加入 20 mL 不同浓度硝酸水溶液, 其他条件不变, 按照 1.3 项测定其吸光度, 结果如表 2 所列.

表 2 不同硝酸水溶液的浓度对氯离子溶出效果的影响  
Table 2 Effect of different concentrations of nitric acid solution on dissolution effect of chloride ion

| 硝酸溶液浓度/% | 含氯量/% |       |       |       |
|----------|-------|-------|-------|-------|
|          | 1#    | 平均含量  | 2#    | 平均含量  |
| 1.0      | 0.082 | 0.082 | 0.062 | 0.061 |
|          | 0.080 |       | 0.061 |       |
|          | 0.083 |       | 0.060 |       |
|          | 0.084 |       | 0.061 |       |
| 5.0      | 0.085 | 0.086 | 0.062 | 0.064 |
|          | 0.086 |       | 0.063 |       |
|          | 0.087 |       | 0.064 |       |
|          | 0.087 |       | 0.065 |       |
| 10       | 0.093 | 0.092 | 0.066 | 0.066 |
|          | 0.092 |       | 0.064 |       |
|          | 0.091 |       | 0.067 |       |
|          | 0.092 |       | 0.068 |       |
| 20       | 0.091 | 0.092 | 0.066 | 0.066 |
|          | 0.093 |       | 0.065 |       |
|          | 0.092 |       | 0.067 |       |
|          | 0.092 |       | 0.066 |       |

由表 2 可知, 随着硝酸水溶液浓度的增大, 酸式溶解法溶出氯含量逐渐升高, 当硝酸浓度为 10% 时, 逐渐趋于平衡, 继续增加硝酸浓度, 结果变化不明显, 综合考虑选 10% 硝酸水溶液.

2.3 样品质量的选择

分别称取 4 组质量约 0.100 0、0.300 0、0.500 0

和 1.000 0 g 的样品于 150 mL 烧杯中,加入 20 mL 10% 硝酸溶液溶解样品,每组平行测定 3 个样品.按照 1.3 项下方法测定吸光度,结果如表 3 所列.

表 3 不同样品质量对氯离子测定结果影响  
Table 3 Effect of different sample mass on results of chloride ion determination

| 样品质量/g  | 含氯量/% |       |       |       |       |       |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|         | 1#    | 平均含量  | RSD   | 2#    | 平均含量  | RSD   |
| 0.100 0 | 0.073 | 0.078 | 10.06 | 0.061 | 0.066 | 12.84 |
|         | 0.084 |       |       | 0.076 |       |       |
|         | 0.089 |       |       | 0.060 |       |       |
|         | 0.069 |       |       | 0.059 |       |       |
|         | 0.072 |       |       | 0.077 |       |       |
|         | 0.081 |       |       | 0.061 |       |       |
| 0.300 0 | 0.093 | 0.091 | 7.01  | 0.066 | 0.066 | 7.46  |
|         | 0.091 |       |       | 0.066 |       |       |
|         | 0.096 |       |       | 0.071 |       |       |
|         | 0.081 |       |       | 0.058 |       |       |
|         | 0.086 |       |       | 0.062 |       |       |
|         | 0.098 |       |       | 0.070 |       |       |
| 0.500 0 | 0.092 | 0.090 | 4.12  | 0.067 | 0.068 | 4.16  |
|         | 0.092 |       |       | 0.070 |       |       |
|         | 0.088 |       |       | 0.068 |       |       |
|         | 0.096 |       |       | 0.065 |       |       |
|         | 0.085 |       |       | 0.071 |       |       |
|         | 0.091 |       |       | 0.069 |       |       |
| 1.000 0 | 0.091 | 0.091 | 3.63  | 0.066 | 0.068 | 3.78  |
|         | 0.090 |       |       | 0.068 |       |       |
|         | 0.089 |       |       | 0.070 |       |       |
|         | 0.092 |       |       | 0.069 |       |       |
|         | 0.094 |       |       | 0.065 |       |       |
|         | 0.086 |       |       | 0.072 |       |       |

由表 3 可知,样品质量过少,可能不均匀,导致结果的精密度变差.当样品质量为 0.100 0 g 和 0.300 0 g 时,1#和 2#样品的氯含量相对标准偏差(RSD)远大于 5%.且由于样品质量过少,氯离子的浓度过低,超出标准曲线准确测定范围,可能导致测定结果偏差较大.当样品质量为 0.500 0 ~ 1.000 0 g 时,氯离子的测量结果相差不大,且 RSD 均小于 5%.故综合考虑,样品质量可根据实际样品的情况,

选在 0.500 0 ~ 1.000 0 g 之间.

2.4 酸溶时间的选择

称取样品于 150 mL 烧杯中,分别加入 20 mL 10% 硝酸溶液溶解样品,酸溶时间分别为 1、2、3 和 4 h 四组,每组 3 个平行样品,其他条件不变,按照“1.3 样品测定”测定吸光度,结果见表 4.

表 4 不同酸溶时间对氯离子测定结果影响  
Table 4 Effect of different acid dissolution times on results of chloride ion determination

| 酸溶时间/h | 含氯量/% |       |       |       |
|--------|-------|-------|-------|-------|
|        | 1#    | 平均含量  | 2#    | 平均含量  |
| 1      | 0.089 | 0.089 | 0.065 | 0.066 |
|        | 0.090 |       | 0.067 |       |
|        | 0.089 |       | 0.066 |       |
| 2      | 0.088 | 0.090 | 0.069 | 0.068 |
|        | 0.091 |       | 0.068 |       |
|        | 0.092 |       | 0.067 |       |
| 3      | 0.092 | 0.092 | 0.066 | 0.067 |
|        | 0.090 |       | 0.066 |       |
|        | 0.093 |       | 0.069 |       |
| 4      | 0.090 | 0.091 | 0.063 | 0.067 |
|        | 0.091 |       | 0.068 |       |
|        | 0.092 |       | 0.069 |       |

由表 4 可知,酸溶时间为 1 h 时,五氧化二锑样品氯含量的测定结果略低于其他时间,2、3 和 4 h 时没有显著差异,从节省时间和提高工作效率的方面考虑,优先选用 2 h 作为最佳的酸溶时间.

2.5 标准曲线绘制

按 1.3 项下方法测定氯离子系列标准工作液的吸光度.以氯离子的质量浓度为横坐标,以吸光度为纵坐标,绘制标准工作曲线,计算线性方程和线性相关系数.结果表明,氯离子在质量浓度为 5.00 ~ 50.0 μg/mL 内线性关系良好,线性回归方程为  $y = 2.08x - 0.4$ ,确定系数  $R^2 = 0.999\ 9$ .

2.6 精密度试验

按照 1.3 项下的分析测定步骤对氯含量不同的五氧化二锑样品进行 11 次测定,结果见表 5 所列.

从表 5 数据可知,不同五氧化二锑样品中氯含量的 RSD 均小于 5%,可以满足五氧化二锑样品中氯的测定.



表 5 精密度试验  
Table 5 Precision test

| 样品<br>编号 | 氯含量测定结果                     | 平均值   | 标准<br>偏差 | /%   |  |
|----------|-----------------------------|-------|----------|------|--|
|          |                             |       |          | RSD  |  |
| 1#       | 0.092, 0.091, 0.093, 0.091, | 0.092 | 0.001 51 | 1.64 |  |
|          | 0.093, 0.094, 0.089, 0.092, |       |          |      |  |
| 2#       | 0.067, 0.068, 0.067, 0.066, | 0.065 | 0.002 55 | 3.92 |  |
|          | 0.068, 0.062, 0.063, 0.063, |       |          |      |  |
|          | 0.061, 0.064, 0.067         |       |          |      |  |

2.7 样品加标回收试验

为了考察本方法的准确度,精密称取适量的五氧化二锑样品,分别加入 50、100 和 150 μg 的氯离子标准溶液,每组 3 个平行样品.按照 1.3 项下样品前处理和测定中的分析测定步骤进行回收率试验,测定结果如表 6 所列.

表 6 样品加标回收试验  
Table 6 Spiked recorveries of samples

| 样品编号 | 样品质<br>量/g | 样品含<br>氯量/μg | 加标氯<br>量/μg | 测得<br>量/μg | 回收<br>率/% |
|------|------------|--------------|-------------|------------|-----------|
| 2#   | 0.318 4    | 210.1        | 50          | 258.2      | 96.20     |
|      | 0.314 6    | 207.6        | 50          | 256.8      | 98.40     |
|      | 0.307 8    | 203.2        | 50          | 251.8      | 97.20     |
|      | 0.305 6    | 201.7        | 100         | 298.4      | 96.70     |
|      | 0.320 5    | 211.5        | 100         | 310.2      | 98.70     |
|      | 0.308 6    | 203.7        | 100         | 302.5      | 98.80     |
|      | 0.301 2    | 198.8        | 150         | 345.8      | 98.00     |
|      | 0.303 2    | 200.1        | 150         | 348.8      | 99.13     |
|      | 0.308 9    | 203.9        | 150         | 350.6      | 97.80     |

由加标回收试验可知,五氧化二锑样品中氯的加标回收率在 96.20%~99.13% 之间,满足五氧化二锑样品中氯的测定.

3 结论

本文对溶解方式(酸式溶解法)、酸溶浓度(10% 硝酸溶液)、酸溶解时间(2 h)和称样量(0.500 0~1.000 0 g)试验条件进行优化,采用浊度法快速测定五氧化二锑中氯离子.精密度试验的 RSD 小于 5%,加标回收率在 96.20%~99.13% 之间,

说明该方法的重复性好,准确度高,满足五氧化二锑样品中氯的测定.该方法前处理简便,有效提高了分析速度,节省了分析时间,是较好的五氧化二锑样品中氯离子的测定方法,可用于化工企业生产产品中氯杂质的日常监督测定.

参考文献:

[ 1 ] 张利,陈文汨,龚竹清,等.胶体五氧化二锑胶粒大小与分布的影响因素及其稳定性[J].中国有色金属学报,2004,14(5): 878-882. [ZHANG Li, CHEN Wenmi, GONG Zhuqing, et al. Size and distribution and its stability of colloidal Sb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> particle prepared by refluxing oxidation with hydrogen peroxide as oxidant[J]. Chinese Journal of Nonferrous Metals, 2004, 14 (5): 878-882.]

[ 2 ] 张利,陈文汨,龚竹青.胶体五氧化二锑研究现状及发展方向[J].材料导报,2003,17(6): 37-39. [ZHANG Li, CHEN Wenmi, GONG Zhuqing, et al. Colloidal antimony pentoxide: current states of research and future direction[J]. Material Guide, 2003, 17(6): 37-39.]

[ 3 ] 费杰,王娜,黄剑锋,等.一种负载不同形貌五氧化二锑碳布材料的制备方法及其在钠离子电池负极的应用:中国,2019110565362A[P].2019-09-24.

[ 4 ] 陈虹,张承红.水合五氧化二锑吸附稀酸中锶的研究[J].水处理技术,2009,35(10): 59-62. [CHEN Hong, ZHANG Chenghong. Study on adsorption of strontium onto hydrated antimony pentoxide in diluted nitric acid[J]. Water Treatment Technology, 2009, 35(10): 59-62.]

[ 5 ] 杨彬,李兵,张劲松,等.水合五氧化二锑-磷钼酸铵对锶、铯的吸附性能研究[J].核动力工程,2016,37(S1): 52-55. [YANG Bin, LI Bing, ZHANG Jin-song. Study on adsorption properties of strontium and cesium of HAP and HAP-AMP[J]. Nuclear Power Engineering, 2016, 37(S1): 52-55.]

[ 6 ] 朱建平,闫宏伟,黄雪锋,等.应用于光学玻璃的粉末状五氧化二锑的制备[J].天津化工,2023,37(4): 42-45.

[ 7 ] 王建强,王焕梅,侯侠.胶体五氧化二锑的制备研究[J].无机盐工业,2010,42(5): 50-52. [WANG Jian-qiang, WANG Huanmei, HOU Xia. Study on preparation of colloidal antimony pentoxide[J]. Inorganic Chemicals Industry, 2010, 42(5): 50-52.]

[ 8 ] 廖光荣,单桃云,刘鹄鸣,等.疏水性五氧化二锑有机溶胶及粉体制备工艺研究[C].2015 年(黄石)中西

- 部第八届有色金属工业发展论坛优秀论文集, 2015: 113-116.
- [ 9 ] 夏洁. 全自动电位滴定仪法测定复合肥料中氯离子的含量 [J]. 肥料与健康, 2020, 47(5): 63-65. [XIA Jie. Determination of chloride ion content in compound fertilizer by automatic potentiometric titrator[J]. Fertilizer and Health, 2020, 10(5): 63-65.]
- [ 10 ] 李擎, 颜晓华, 李锐. 氯离子选择电极法测碳酸钴中  $\text{Cl}^-$  含量 [J]. 硬质合金, 2020, 37(5): 373-377. [LI Qing, YAN Xiaohua, LI Rui. Determination of  $\text{Cl}^-$  content in cobalt carbonate by chloride ion selective electrode method[J]. Cemented Carbide, 2020, 37(5): 373-377.]
- [ 11 ] 孙姣琦, 姜大伟, 张春野, 等. 硫氰酸汞分光光度法测定肥料中的氯离子含量 [J]. 质检分析, 2023, 4: 121-125, 129. [SUN Jiaoqi, JIANG Dawei, ZHANG Chunye, et al. Determination of chloride ion content in fertilizer by mercury thiocyanate spectrophotometry[J]. Quality Inspection Analysis, 2023, 4: 121-125, 129.]
- [ 12 ] 柳玲, 王浩, 赵伟欣. 离子色谱法同时测定土壤中 7 种水溶性阴离子 [J]. 中国无机分析化学, 2024, 14(12): 1676-1684. [LIU Ling, WANG Hao, ZHAO Weixin. Simultaneous determination of 7 kinds of water-soluble anions in soil by ion chromatography[J]. Chinese inorganic Analytical Chemistry, 2024, 14(12): 1676-1684.]
- [ 13 ] 刘晓杰, 李尚远, 徐剑瑛, 等. 基于浊度法的贵金属合金电镀废水中氯离子含量的测定 [J]. 广州化工, 2024, 52(6): 204-207, 218. [LIU Xiaojie, LI Shangyuan, XU Jianying, et al. Determination of chloride ion content in noble metal alloy electroplating wastewater based on turbidity method[J]. Guangzhou Chemical, 2024, 52(6): 204-207, 218.]
- [ 14 ] 关黎晓. 高纯碳酸锂中氯化银浊度法测定氯量的研究 [J]. 新疆有色金属, 2023, 6: 58-59.
- [ 15 ] 千林凤, 郭志强, 晁惠雨, 等. 电站锅炉、压力容器用水中氯离子的现场快速检测研究 [J]. 广东化工, 2023, 50(10): 188-190. [QIAN Linfeng, GUO Zhiqiang, CHAO Huiyu, et al. Rapid on-site detection of chloride ions in boiler and pressure vessels water of power plant[J]. Guangdong Chemical Industry, 2023, 50(10): 188-190.]
- [ 16 ] 郝志宁. 水中氯离子的测定方法及其研究进展 [J]. 环境科学与管理, 2016, 41(5): 162-164. [HAO Zhi-ning. Determination of chloride ion in water and its research progress[J]. Environmental Science and Management, 2016, 41(5): 162-164.]