

# 原子吸收光谱法测定不锈钢餐具容器中的铅、镉、铬和镍含量

AAS-081

**摘要：**参考 GB 9684-2011《食品安全国家标准 不锈钢制品》等相关标准，使用原子吸收光谱法测定了不锈钢碗和不锈钢口杯浸泡液中的 Pb、Cd、Cr 和 Ni 含量。实验结果表明，该方法所得各元素标准曲线线性相关系数良好， $r \geq 0.9997$ ，Pb、Cd、Ni 和 Cr 元素的检出限分别为 0.148  $\mu\text{g/L}$ ，0.005  $\mu\text{g/L}$ ，0.601  $\mu\text{g/L}$  和 0.011  $\text{mg/L}$ ，测定结果准确，回收率在 86.8~109.1% 之间，该方法适合不锈钢餐具容器中重金属元素的检测。

**关键词：**不锈钢餐具 原子吸收 铅 镉 铬 镍

不锈钢是一种耐腐蚀性能较好的合金材料，其中一般都掺杂有铬和镍等重金属。以不锈钢材质制作的餐具和容器在日常生活中随处可见。然而，有研究表明：一些质量欠佳的不锈钢餐具容器在使用过程中，铬、镍、铅、镉等重金属有可能会迁移到食物和水中，从而进入使用者的体内，对使用者的身体健康造成不良影响。国

家标准 GB 9684-2011《食品安全国家标准 不锈钢制品》对此作了严格的规定，“3.3 理化指标”部分规定了在一定的浸泡条件下，铅、镉、铬、镍等重金属的限量值。本文参照该标准，采用原子吸收光谱法测定了不锈钢餐具容器浸泡液中 Pb、Cd、Cr 和 Ni 含量。

## 实验部分

### 1.1 仪器

岛津 AA-7000 原子吸收分光光度计

### 1.2 实验器皿及试剂

实验所用玻璃器皿在使用前采用 30% 硝酸浸泡 24 小时；实验所用乙酸为优级纯试剂，实验用水为超纯去

离子水。

### 1.3 仪器条件和参数

配制 4 种元素的一系列标准溶液，开机待仪器稳定后，按表 1 和表 2 中的仪器工作条件，标准曲线法计算结果。

表1 石墨炉工作条件

| 元<br>素 | 波长<br>(nm) | 光谱<br>通带<br>(nm) | 点灯<br>方式 | 灯电<br>流<br>(mA) | 灵敏度<br>方式 | 干燥                           |           | 灰化                           |           | 原子化                          |           | 清洁                           |           |
|--------|------------|------------------|----------|-----------------|-----------|------------------------------|-----------|------------------------------|-----------|------------------------------|-----------|------------------------------|-----------|
|        |            |                  |          |                 |           | 温度<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | 时间<br>(s) | 温度<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | 时间<br>(s) | 温度<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | 时间<br>(s) | 温度<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | 时间<br>(s) |
| Pb     | 283.3      | 0.7              | BGC-D2   | 10              | 高         | 150                          | 20        | 300                          | 10        | 2000                         | 2         | 2200                         | 2         |
| Cd     | 228.8      | 0.7              | BGC-D2   | 8               | 高         | 150                          | 20        | 300                          | 10        | 1800                         | 3         | 2000                         | 2         |
| Ni     | 232.0      | 0.2              | BGC-D2   | 12              | 标准        | 120                          | 20        | 800                          | 10        | 2500                         | 2         | 2500                         | 2         |

表2 火焰法工作条件

| 元素 | 波长<br>(nm) | 火焰类型                              | 燃烧头高度<br>(mm) | 点灯方式   | 狭缝<br>(nm) | 灯电流<br>(mA) | 燃气流量<br>(L/min) | 助燃气流量<br>(L/min) |
|----|------------|-----------------------------------|---------------|--------|------------|-------------|-----------------|------------------|
| Cr | 357.9      | Air-C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> | 9             | BGC-D2 | 0.7        | 10          | 3.3             | 15.0             |

### 1.4 样品前处理

参照 GB 9684-2011, 以体积分数为 4% 的乙酸溶液为浸泡液, 浸泡条件为 200 mL/dm<sup>2</sup>, 煮沸 30 min, 再室温放置 24 h。

以体积分数为 4% 的乙酸溶液作为样品空白。

## ■ 结果讨论

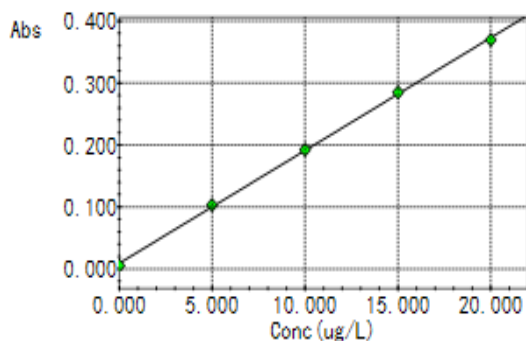
### 2.1 标准曲线及方程式

依照表 3 中所述, 配制 4 种元素的不同浓度标准溶液, 以测得的吸光度值为纵坐标, 浓度为横坐标, 得标准曲线。

表3 各元素标准曲线浓度

| 元素 | 标准溶液浓度 |     |      |      |      |
|----|--------|-----|------|------|------|
| Pb | 0.0    | 5.0 | 10.0 | 15.0 | 20.0 |
| Cd | 0.0    | 0.2 | 0.5  | 0.8  | 1.0  |
| Cr | 0.0    | 0.5 | 1.0  | 1.5  | 2.0  |
| Ni | 0.0    | 6.0 | 12.0 | 24.0 | 40.0 |

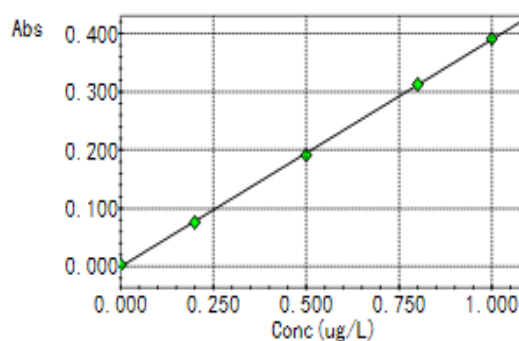
注:Cr 的浓度单位为 mg/L, 其他元素为 μg/L。



$$\text{Abs} = 0.018220\text{Conc} + 0.0090200$$

$$r = 0.9997$$

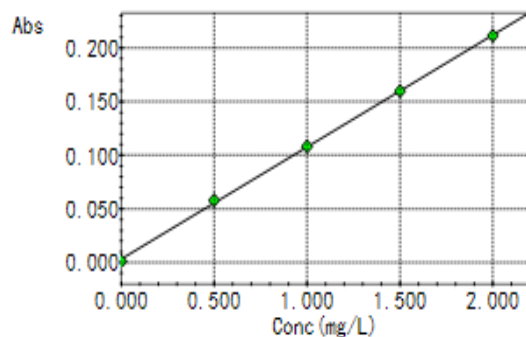
图1 Pb 标准曲线



$$\text{Abs} = 0.39000\text{Conc} - 4.0000\text{e-}005$$

$$r = 0.9999$$

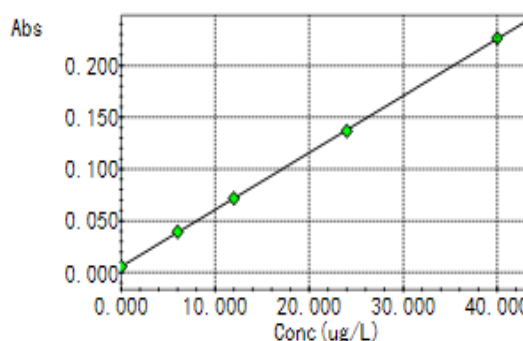
图2 Cd 标准曲线



$$\text{Abs} = 0.10456\text{Conc} + 0.0032000$$

$$r = 0.9998$$

图3 Cr 标准曲线



$$\text{Abs} = 0.0054943\text{Conc} + 0.0058941$$

$$r = 1.0000$$

图4 Ni 标准曲线

在各自的浓度范围内, 4 种检测元素的吸光度与浓度有着良好的线性关系, 相关系数为  $r=0.9997\sim 1.0000$ .

## 2.2 方法检出限

按照实验方法, 对空白溶液重复测定 11 次, 根据 3 倍的标准偏差除以标准曲线斜率求得各元素的检出限, 结果如表 4 所示:

表4 各元素检出限

| 元素  | Pb    | Cd    | Ni    | Cr    |
|-----|-------|-------|-------|-------|
| 检出限 | 0.148 | 0.005 | 0.601 | 0.011 |

注: Cr 的浓度单位为 mg/L, 其他元素为  $\mu\text{g/L}$ .

## 2.3 样品检测结果、加标回收率和精密度

以从市面上随机采购的不锈钢碗和不锈钢口杯作为检测样品, 参照 GB 9684-2011 前处理方法对其进行浸泡后, 浸泡液进样测定其中 4 种元素含量; 在浸泡液中标后, 以同样的方法前处理后检测得加标后含量, 并计算加标回收率和精密度。

表5 不锈钢样品浸泡液中各元素含量、加标回收率和精密度

| 样品    | 元素 | 样品含量  | 加标量  | 检测含量  | 加标回收率(%) | RSD(% , n=5) |
|-------|----|-------|------|-------|----------|--------------|
| 不锈钢碗  | Pb | 0.41  | 2.00 | 2.09  | 86.8     | 1.03         |
|       | Cd | 0.01  | 0.10 | 0.10  | 90.9     | 3.27         |
|       | Ni | 10.77 | 4.00 | 14.02 | 94.9     | 5.44         |
|       | Cr | 0.06  | 0.03 | 0.09  | 104.4    | 0.41         |
| 不锈钢口杯 | Pb | 0.19  | 2.00 | 2.39  | 109.1    | 0.56         |
|       | Cd | 0.07  | 0.10 | 0.17  | 97.7     | 4.38         |
|       | Ni | 7.97  | 4.00 | 11.58 | 96.7     | 2.09         |
|       | Cr | 0.03  | 0.03 | 0.06  | 96.8     | 0.61         |

注: 上表中结果由公式  $X=C*V/S$  换算而来, 其中 X 表示最终结果, C 为进样样品浓度 (单位:  $\mu\text{g/L}$  或  $\text{mg/L}$ ), V 为浸泡液体积 (单位: L),  $V=(0.2 \text{ L}/\text{dm}^2)*S$ , S 为不锈钢制品与浸泡液接触面积 (单位:  $\text{dm}^2$ ), 换算后, Cr 元素的浓度单位为  $\text{mg}/\text{dm}^2$ , 其他元素为  $\mu\text{g}/\text{dm}^2$ .

## 结论

参考 GB 9684-2011 《食品安全国家标准 不锈钢制品》等相关标准, 使用原子吸收光谱法测定了不锈钢碗和不锈钢口杯浸泡液中的 Pb、Cd、Cr 和 Ni 含量。实验表明: 该方法所得各元素标准曲线线性相关系数良好,  $r\geq 0.9997$ , 检出限低 (Pb  $0.148 \mu\text{g/L}$ ; Cd  $0.005 \mu\text{g/L}$ ; Ni  $0.601 \mu\text{g/L}$ ; Cr  $0.011 \text{ mg/L}$ ), 测定结果准确, 回收率在 86.8~109.1% 之间, 该方法适合不锈钢餐具容器中重金属元素的检测。