

# 中华人民共和国国家环境保护标准

HJ 749-2015

代替 GB/T 15555.6-1995

---

## 固体废物 总铬的测定 火焰原子吸收分光光度法

Solid Waste-Determination of total chromium

-Flame atomic absorption spectrometry

(发布稿)

2015-08-21发布

2015-10-01实施

---

环 境 保 护 部 发 布



# 目 次

前 言.....	ii
1 适用范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 方法原理.....	1
4 干扰和消除.....	1
5 试剂和材料.....	1
6 仪器和设备.....	2
7 样品.....	2
8 分析步骤.....	4
9 结果计算与表示.....	5
10 精密度和准确度.....	6
11 质量保证和质量控制.....	6
12 注意事项.....	6
13 废物处理.....	7
附录 A（规范性附录） 标准加入法.....	8
附录 B（资料性附录） 标准加入法的适用性判断.....	9

## 前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》和《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，保护环境，保障人体健康，规范固体废物中总铬的测定方法，制定本标准。

本标准规定了测定固体废物和固体废物浸出液中总铬的火焰原子吸收分光光度法。

本标准是对《固体废物 总铬的测定 直接吸入火焰原子吸收分光光度法》（GB/T 15555.6-1995）的修订。

本标准首次发布于 1995 年，原标准起草单位为中国环境监测总站，本次为第一次修订。本次修订的主要内容如下：

- 增加了固体废物中总铬含量的测定；
- 规定了方法的检出限；
- 增加了固体废物浸出液的微波消解预处理方法；
- 细化了精密度和准确度；
- 增加了质量保证和质量控制的规定；
- 增加了注意事项条款；
- 增加了废物处理的规定。

自本标准实施之日起，原国家环境保护总局 1995 年批准、发布的国家环境保护标准《固体废物 总铬的测定 直接吸入火焰原子吸收分光光度法》（GB/T 15555.6-1995）废止。

本标准的附录 A 为规范性附录，附录 B 为资料性附录。

本标准由环境保护部科技标准司组织制订。

本标准主要起草单位：哈尔滨市环境监测中心站。

本标准验证单位：黑龙江省环境监测中心站、大连市环境监测中心、鞍山市环境监测中心站、长春市环境监测中心站、齐齐哈尔市环境监测中心站和大庆市环境监测中心站。

本标准环境保护部 2015 年 8 月 21 日批准。

本标准自 2015 年 10 月 1 日起实施。

本标准由环境保护部解释。

# 固体废物 总铬的测定 火焰原子吸收分光光度法

警告：消解操作须在通风橱内进行，应按规定要求佩带防护器具，避免接触皮肤和衣服。

## 1 适用范围

本标准规定了测定固体废物和固体废物浸出液中总铬的火焰原子吸收分光光度法。

本标准适用于固体废物和固体废物浸出液中总铬的测定。

测定固体废物，样品量为 0.2 g，定容体积为 50 ml 时，本方法检出限为 8 mg/kg，测定下限为 30 mg/kg。测定固体废物浸出液，定容体积为 50 ml 时，本方法检出限为 0.03 mg/L，测定下限为 0.12 mg/L。

## 2 规范性引用文件

本标准内容引用了下列文件或其中的条款。凡是不注明日期的引用文件，其有效版本适用于本标准。

HJ/T 20	工业固体废物采样制样技术规范
HJ/T 298	危险废物鉴别技术规范
HJ/T 299	固体废物 浸出毒性浸出方法 硫酸硝酸法
HJ/T 300	固体废物 浸出毒性浸出方法 醋酸缓冲溶液法
HJ 491	土壤 总铬的测定 火焰原子吸收分光光度法
HJ 557	固体废物 浸出毒性浸出方法 水平振荡法

## 3 方法原理

固体废物浸出液或固体废物经酸消解后直接喷入火焰原子吸收分光光度仪的空气-乙炔火焰中，所形成的铬基态原子对 357.9 nm 或其他共振线产生吸收，其吸光度值与铬的质量浓度成正比。

## 4 干扰和消除

4.1 7% 以上的 HCl、HClO<sub>4</sub> 对铬的测定有正干扰；HNO<sub>3</sub> 和 H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 产生负干扰。在空气-乙炔火焰中产生负干扰的金属元素及干扰顺序为 Cu>Ba>Al>Mg>Ca、Na、Sr、Zn、Sn。且这些干扰情况与铬的存在形态(Cr<sup>3+</sup>，Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup>)无关。

4.2 Fe<sup>3+</sup> 产生负干扰，而对 Cr<sup>6+</sup> 有正干扰；Mn、Ni 仅对 Cr<sup>3+</sup> 产生负干扰，而不干扰 Cr<sup>6+</sup> 的测定。当使用贫燃性空气-乙炔火焰时，Fe 和 Ni 的干扰变小，但铬测定的灵敏度明显降低。在试样中加入 1%~2% 的氯化铵可以消除 Fe、Ni、Mn 等金属元素和 HCl、HNO<sub>3</sub> 等酸类干扰。加入 1% 焦硫酸钾也可消除共存金属成分的干扰。

## 5 试剂和材料

除非另有说明，分析时均使用符合国家标准的分析纯化学试剂，实验用水为新制备的去离子水或蒸馏水。

5.1 重铬酸钾 (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>)：基准试剂。

5.2 过硫酸铵 [(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>]。

- 5.3 氯化铵 ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ )。
- 5.4 焦硫酸钾 ( $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_7$ )。
- 5.5 硝酸:  $\rho(\text{HNO}_3)=1.42\text{ g/ml}$ , 优级纯。
- 5.6 盐酸:  $\rho(\text{HCl})=1.19\text{ g/ml}$ , 优级纯。
- 5.7 过氧化氢:  $\rho(\text{H}_2\text{O}_2)=1.11\text{ g/ml}$ , 优级纯。
- 5.8 氢氟酸:  $\rho(\text{HF})=1.18\text{ g/ml}$ , 优级纯。
- 5.9 过硫酸铵溶液:  $\omega((\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8)=5\%$ , 称取 5.0 g 过硫酸铵 (5.2) 溶解于 100 ml 水中。
- 5.10 氯化铵溶液:  $\omega(\text{NH}_4\text{Cl})=10\%$ , 称取 10.0 g 氯化铵 (5.3) 溶解于 100 ml 水中。
- 5.11 焦硫酸钾溶液:  $\omega(\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_7)=1\%$ , 称取 1.0 g 焦硫酸钾 (5.4) 溶解于 100 ml 水中。
- 5.12 硝酸溶液: 1+99 (V/V), 用浓硝酸 (5.5) 配制。
- 5.13 硝酸溶液: 1+1 (V/V), 用浓硝酸 (5.5) 配制。
- 5.14 盐酸溶液: 1+2 (V/V), 用浓盐酸 (5.6) 配制。
- 5.15 铬标准贮备液:  $\rho(\text{Cr})=1000\text{ mg/L}$   
购买市售有证标准物质/有证标准样品, 或准确称取 0.2829 g 基准重铬酸钾 (5.1), 用少量水溶解后, 转移入 100ml 容量瓶中, 实验用水定容后摇匀, 常温保存 6 个月。
- 5.16 铬标准使用液:  $\rho(\text{Cr})=50.0\text{ mg/L}$   
准确量取铬标准贮备液 (5.15) 5.00 ml 于 100 ml 容量瓶中, 实验用水定容摇匀。
- 5.17 燃气: 乙炔, 纯度 $\geq 99.0\%$ 。
- 5.18 助燃气: 空气, 进入燃烧器之前应经过适当过滤以除去其中的水、油和其他杂质。

## 6 仪器和设备

- 6.1 火焰原子吸收分光光度计。
- 6.2 铬空心阴极灯。
- 6.3 空气压缩机, 应具备有除水、除油和除尘装置。
- 6.4 微波消解仪: 具有温度控制和程序升温功能, 温度精度可达 $\pm 2^\circ\text{C}$ 。
- 6.5 电热板: 具有温控功能。
- 6.6 天平: 精度为 0.0001 g。
- 6.7 天平: 精度为 0.01 g。
- 6.8 聚四氟乙烯坩埚。
- 6.9 尼龙筛: 100 目。
- 6.10 一般实验室常用仪器和设备。

## 7 样品

### 7.1 样品的采集和保存

按照 HJ/T 20 和 HJ/T 298 的相关规定进行固体废物样品的采集和保存。

### 7.2 样品的制备

#### 7.2.1 固体废物样品

按照 HJ/T 20 的相关规定进行固体废物样品的制备。对于固态废物或粘稠状的污泥样

品，准确称取 10 g 样品 ( $m_1$ ，精确至 0.01 g)，自然风干或冷冻干燥，再次称重 ( $m_2$ ，精确至 0.01 g)，研磨，全部过 100 目筛备用。

### 7.2.2 固体废物浸出液样品

按照 HJ/T 299、HJ/T 300 和 HJ 557 的方法制备固体废物浸出液样品。

## 7.3 试样的制备

### 7.3.1 固体废物试样

#### 7.3.1.1 电热板消解法

称取 0.2 g ( $m_3$ ，精确至 0.0001 g) 固体废物样品 (7.2.1) 于 50 ml 聚四氟乙烯坩埚，用水润湿后加入 10 ml 浓盐酸 (5.6)，于通风橱内的电热板上 50℃ 加热，使样品初步分解，待蒸发至约剩 3 ml 左右时，加入 5 ml 浓硝酸 (5.5)，5 ml 氢氟酸 (5.8)，加盖后于电热板约 120~130℃ 加热 0.5~1 h 左右，开盖冷却加入 2 ml 过氧化氢 (5.7)，再加盖 150~160℃ 加热 1 h 左右，然后开盖，驱赶白烟并蒸至内容物呈不流动状态的液珠状 (趁热观察)。可视消解情况，再补加 3 ml 浓硝酸 (5.5)，3 ml 氢氟酸 (5.8)，1 ml 过氧化氢 (5.7)，重复以上消解过程。取下坩埚稍冷，加入 1 ml 硝酸溶液 (5.13)，温热溶解可溶性残渣，将所有试液移至 50 ml 容量瓶中，加入 5 ml 氯化铵溶液 (5.10)，实验用水定容 ( $V_0$ )，待测。

注 1：30%过氧化氢的总加入量不得超过 10ml。

#### 7.3.1.2 微波消解法

称取 0.2 g ( $m_3$ ，精确至 0.0001 g) 固体废物样品 (7.2.1) 于微波消解罐中，用少量水润湿后加入 3 ml 浓硝酸 (5.5)、1 ml 浓盐酸 (5.6)，参照表 1 进行消解，冷却后将内容物全部移至 50 ml 聚四氟乙烯坩埚，加盖，置于电热板上，微沸状态下驱赶白烟，至白烟不再产生，取下稍冷，加入 2 ml 实验用水、3 ml 氢氟酸 (5.8) 和 2 ml 过氧化氢 (5.7)，继续加热，分次加入 1 ml 过氧化氢 (5.7)，至反应稳定，持续加热至内容物呈粘稠状。取下稍冷，加入 3 ml 盐酸溶液 (5.14)，温热溶解可溶性残渣，全量移至 50 ml 容量瓶中，加入 5 ml 氯化铵溶液 (5.10)，实验用水定容 ( $V_0$ )，待测。

注 2：微波消解后如果消解液已澄清，则不用再加入氢氟酸和过氧化氢，赶酸后直接定容。

表 1 微波消解仪参考条件

程序	升温时间 (min)	消解温度	保持时间 (min)
第一步	10	室温~170℃	5
第二步	10	170℃~175℃	5

### 7.3.2 固体废物浸出液试样

#### (1) 电热板消解法

量取 50.00 ml ( $V_2$ ) 浸出液样品 (7.2.2) 于 150 ml 三角瓶中，加入 2 ml 浓硝酸 (5.5) 和 5 ml 过硫酸铵溶液 (5.9)，摇匀。在三角瓶口插入小漏斗后置于电热板上加热，煮沸至试液体积约 20 ml 时取下，冷却。

如试液呈粘稠状，应补加 2 ml 浓硝酸 (5.5)，继续加热，重复上述操作，至试液澄清或颜色保持不变。用少量实验用水冲洗小漏斗和三角瓶内壁，将所有试液全部移至 50 ml 容量瓶中，加入 5 ml 氯化铵溶液 (5.10)，实验用水定容 ( $V_1$ )，待测。

## (2) 微波消解法

量取 5.00~10.00 ml 浸出液样品 (7.2.2) 于微波消解罐中, 加入 1 ml 浓硝酸 (5.5) 和 1 ml 过硫酸铵溶液 (5.9), 参照表 1 进行消解, 冷却后将溶液移至 50 ml 容量瓶中, 用少量实验用水冲洗微波消解罐, 将试液全部移至 50 ml 容量瓶中, 加入 5 ml 氯化铵溶液 (5.10), 实验用水定容 ( $V_1$ ), 待测。

注 3: 微波消解方法不适合于消解有机物含量较高的样品, 如浸出液中含有较高有机物, 建议使用电热板法。

## 7.4 空白试样的制备

### 7.4.1 固体废物空白试样

按照 7.3.1.1 步骤制备固体废物空白试样。

### 7.4.2 固体废物浸出液空白试样

按照 7.3.2.1 步骤制备固体废物浸出液空白试样。

## 8 分析步骤

### 8.1 仪器参考条件

不同型号原子吸收分光光度计的最佳工作条件不同, 应按照仪器使用说明书进行操作, 本标准推荐仪器参考条件如下。

表 2 参考测量条件

元素	Cr
测定波长 (nm)	357.9
通带宽度 (nm)	0.7
火焰性质	富燃性火焰
次灵敏线 (nm)	359.0; 360.5; 425.4
燃烧器高度 (mm)	使空心阴极灯光斑通过亮蓝色部分

注 4: 点燃乙炔-空气火焰后, 应使燃烧器温度达到热平衡后方可进行测定。

### 8.2 校准

分别量取 0、0.50、1.00、2.00、3.00、5.00 ml 铬标准使用液 (5.16) 于 50 ml 容量瓶中, 分别加入 5 ml 氯化铵溶液 (5.10), 用硝酸溶液 (5.12) 定容至标线, 混匀。此标准系列浓度分别为: 0、0.50、1.00、2.00、3.00、5.00 mg/L。

按照参考测量条件 (8.1), 由低浓度到高浓度依次测定标准系列的吸光度。以零浓度校正吸光度为纵坐标, 以铬的浓度 (mg/L) 为横坐标, 绘制校准曲线。

注 5: 当样品基体成分复杂或者不明时, 或加标回收率超过本方法质控要求范围时, 应采用标准加入法进行试样测定并计算结果, 参见附录 A, 标准加入法的适用性判断见附录 B。

### 8.3 样品测定

将制备好的试料与绘制校准曲线相同仪器分析条件进行测定。当试料浓度超过校准曲线最高浓度时可减少样品量或增加稀释倍数。

### 8.4 空白试验

将制备好的空白试样 7.4 按照仪器参考条件 (8.1) 进行测定。

## 9 结果计算与表示

### 9.1 固体废物测试的结果计算

#### 9.1.1 固态和粘稠状的污泥固体废物

固体废物中总铬的含量  $\omega$  (mg/kg) 按照公式 (1) 进行计算。

$$\omega = \frac{(\rho - \rho_0) \times V_0}{m_3} \times \frac{m_2}{m_1} \times f \quad (1)$$

式中： $\omega$ ——固体废物中总铬的含量，mg/kg；

$\rho$ ——由校准曲线上查得的试样中总铬的浓度，mg/L；

$\rho_0$ ——由校准曲线上查得的空白试样中总铬的浓度，mg/L；

$V_0$ ——消解后定容体积，ml；

$m_1$ ——固体样品的质量，g；

$m_2$ ——干燥后固体样品的质量，g；

$m_3$ ——研磨过筛后试样的质量，g；

$f$ ——稀释倍数。

#### 9.1.2 液态和半固态（粘稠状污泥除外）固体废物

固体废物中总铬的含量  $\omega$  (mg/kg) 按照公式 (2) 进行计算。

$$\omega = \frac{(\rho - \rho_0) \times V_0}{m_3} \times f \quad (2)$$

式中： $\omega$ ——固体废物中总铬的含量，mg/kg；

$\rho$ ——由校准曲线上查得的试样中总铬的浓度，mg/L；

$\rho_0$ ——由校准曲线上查得的空白试样中总铬的浓度，mg/L；

$V_0$ ——消解后定容体积，ml；

$m_3$ ——称取样品的质量，g；

$f$ ——稀释倍数。

### 9.2 固体废物浸出液测试的结果计算

固体废物浸出液中总铬的浓度  $\rho$  (mg/L)，按照公式 (3) 进行计算。

$$\rho = \frac{(\rho_1 - \rho_0) \times V_1}{V_2} \times f \quad (3)$$

式中： $\rho$ ——固体废物浸出液中总铬的浓度，mg/L；

$\rho_1$ ——由校准曲线上查得的试样中总铬的浓度，mg/L；

$\rho_0$ ——由校准曲线上查得的空白试样中总铬的浓度，mg/L；

$V_1$ ——浸出液消解后定容体积，ml；

$V_2$ ——消解时取浸出液的体积, ml;

$f$ ——稀释倍数。

### 9.3 结果表示

当固体废物样品测定结果小于 100 mg/kg 时, 保留至整数位; 当测定结果大于等于 100 mg/kg 时, 保留 3 位有效数字。

当固体废物浸出液样品测定结果小于 1 mg/L 时, 保留小数点后 2 位; 当测定结果大于等于 1 mg/L 时, 保留 3 位有效数字。

## 10 精密度和准确度

### 10.1 精密度

对于固体废物, 六家实验室分别对质量浓度为 135.5 mg/kg 和 125.0mg/kg 的污水处理厂的生活污泥样品、工业污泥样品和锌渣标准样品进行测定, 实验室内相对标准偏差分别为 6.0%~11.5%、5.4%~12.7%、3.6%~7.4%, 实验室间相对标准偏差分别为 4.9%、6.0%、4.2%, 重复性限  $r$  分别为 78 mg/kg、68 mg/kg、17 $\mu$ g/g, 再现性限  $R$  分别为 389mg/kg、356 mg/kg、128 $\mu$ g/g。

对于固体废物浸出液, 六家实验室对总铬质量浓度分别为 0.25 mg/L、1.20 mg/L 和 2.20 mg/L 的浸出液样品进行了测定, 实验室内相对标准偏差在 0.2~3.0%、0.2~3.3%、0.2~1.6%; 实验室间相对标准偏差分别为 1.7%、4.3%、5.5%; 重复性限  $r$  为 0.02 mg/L、0.10 mg/L 和 0.07 mg/L; 再现性限  $R$  为 0.02 mg/L、0.17 mg/L 和 0.35 mg/L。

### 10.2 准确度

对于固体废物, 六家验证实验室对锌渣标准物质进行测定, 相对误差在 0.45~8.6%, 相对误差最终值为 4.4% $\pm$ 5.2%。

对于固体废物浸出液, 六家实验室对浸出液中总铬质量浓度为 0.25 mg/L 和 1.20 mg/L 的浸出液样品进行了加标测定, 加标回收率分别为: 95.0~117%和 95.0~106%; 加标回收率最终值: 103% $\pm$ 15.0%和 99.4% $\pm$ 8.0%。

## 11 质量保证和质量控制

11.1 每批样品应做空白试验, 其测定结果应低于方法检出限。每分析 20 个样品应进行一次零浓度样品分析。如测定结果高于方法检出限, 校准曲线零点, 重新测定样品。

11.2 每次样品分析应绘制校准曲线, 相关系数应大于或等于 0.999。

11.3 每 20 个样品应分析一个校准曲线的中间点浓度标准溶液, 其测定结果与校准曲线该点浓度的相对偏差应小于等于 10%。否则, 需重新绘制校准曲线。

11.4 每批样品应至少做 10%的平行样品测定 (样品数量少于 10 至少做一个), 两次平行样品分析结果相对偏差应小于 20%。

11.5 每批样品应至少做 10%加标回收样品试验 (样品数量少于 10 至少做一个), 加标回收率应在 85~120%之间。

## 12 注意事项

12.1 实验所用玻璃容器先用 10%硝酸溶液浸泡 24 h, 然后用自来水和实验用水依次冲洗干净, 放在干净的环境中晾干。整个清洗过程不得使用重铬酸钾洗液。

12.2 燃烧器高度对铬的灵敏度有明显影响。测定时需将燃烧器高度调至最佳。这时不仅测定灵敏度高，读数稳定，且干扰较小。

12.3 铬的测定波长比较多，以 357.9 nm 线最为灵敏，可测定低含量的铬。359.4、360.5 nm 线灵敏度稍低于 357.9 nm 线，也可以使用。但测定高含量的铬时，建议使用 425.5 nm, 427.5 nm 或 429.0 nm 线。它们都处于可见光区，受分子吸收等光谱干扰较小，灵敏度比 357.9 nm 低 3~5 倍。

12.4 如固体废物经酸消解后的液体呈绿色，在电热板消解过程中加入 5 ml 过硫酸铵溶液（5.9）。

12.5 在消解过程中不得将溶液蒸干且煮沸过程要防止样品喷溅。如果蒸干或喷溅，应重新取样进行消解。

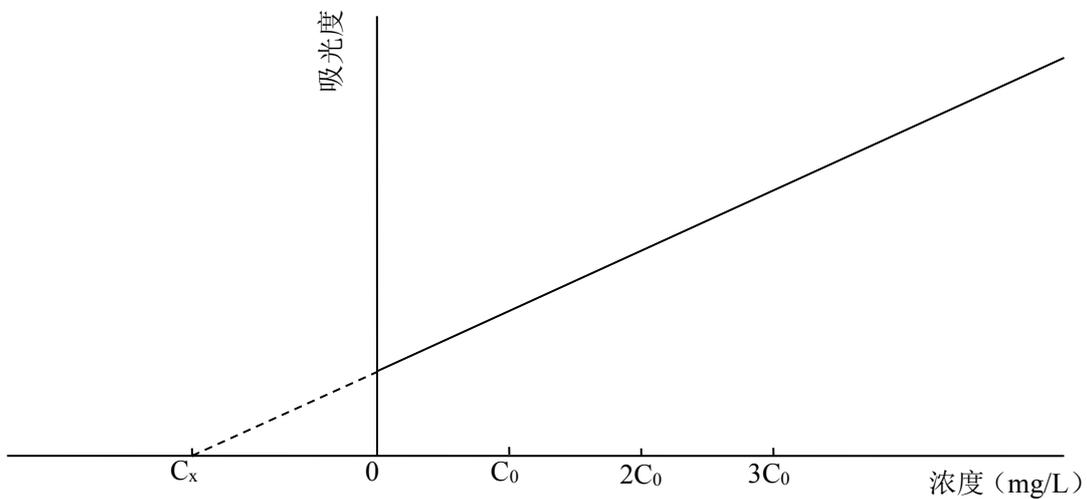
### 13 废物处理

实验样品及实验过程中产生的所有废弃物应分类收集，集中保存，送至有资质单位集中处理。

附录 A  
(规范性附录)  
标准加入法

A.1 校准曲线的绘制

分别量取等量的适量待测试样溶液四份，配制总体积均为 50 ml 的四份溶液，第 1 份不加标准溶液，第 2、3、4 份分别按比例加入不同浓度的标准溶液，溶液浓度分别为： $C_X$ 、 $C_X+C_0$ 、 $C_X+2C_0$ 、 $C_X+3C_0$ ；加入标准溶液  $C_0$  的浓度应约等于 0.5 倍量的试样浓度即  $C_0 \approx 0.5C_X$ ，再在每份溶液中各加入 5 ml 氯化铵溶液 (5.10)，用硝酸溶液 (5.12) 定容。用空白溶液调零，在相同测定条件下依次测定吸光度，以加入标准溶液的浓度为横坐标，相应的吸光度为纵坐标绘制校准曲线，曲线反向延伸与浓度轴的交点即为试样溶液中待测元素的浓度。该方法只适用于浓度和吸光度呈线性的区域。(加入标准溶液的体积所引起的误差不超过 0.5%)。待测元素浓度与对应吸光度的关系，见附图 A.1。



附图 A.1 待测元素浓度与对应吸光度的关系

A.2 注意事项

采用标准加入法只能消除基体效应带来的影响，不能消除背景吸收的影响。

## 附录 B

### (资料性附录)

#### 标准加入法的适用性判断

测定实际试样的吸光度为 A，从校准曲线上查得浓度为  $x$ 。再向实际试样中加入标准量  $s$ ，再进行测试，其吸光度为 B，从校准曲线上查得浓度为  $y$ 。按照公式 (B.1) 计算实际试样中的含量  $c$ ：

$$c = \left( \frac{s}{y-x} \right) \times x \quad (\text{B.1})$$

当存在基体效应时， $\frac{s}{y-x}$  在 0.5~1.5 之间时，可用标准加入法，当  $\frac{s}{y-x}$  超出此范围时，标准加入法不适用。

---