

## 水质 总铬的测定

Water quality—Determination of total chromium

## 1 定义

总铬的测定是将三价铬氧化成六价铬后，用二苯碳酰二肼分光光度法测定。当铬含量高时（大于1 mg/L），也可采用硫酸亚铁铵滴定法。

## 第一篇 高锰酸钾氧化—二苯碳酰二肼分光光度法

## 2 适用范围

2.1 本标准适用于地面水和工业废水中总铬的测定。

## 2.2 测定范围

试份体积为50ml，使用光程长为30mm的比色皿，本方法的最小检出量为0.2μg铬，最低检出浓度为0.004 mg/L，使用光程为10mm的比色皿，测定上限浓度为1.0 mg/L。

## 2.3 干扰

铁含量大于1 mg/L显黄色，六价钼和汞也和显色剂反应，生成有色化合物，但在本方法的显色酸度下，反应不灵敏，钼和汞的浓度达200mg/L不干扰测定。钒有干扰，其含量高于4 mg/L时即干扰显色。但钒与显色剂反应后10min，可自行褪色。

## 3 原理

在酸性溶液中，试样的三价铬被高锰酸钾氧化成六价铬。六价铬与二苯碳酰二肼反应生成紫红色化合物，于波长540nm处进行分光光度测定。

过量的高锰酸钾用亚硝酸钠分解，而过量的亚硝酸钠又被尿素分解。

## 4 试剂

测定过程中，除非另有说明，均使用符合国家标准或专业标准的分析纯试剂和蒸馏水或同等纯度的水，所有试剂应不含铬。

4.1 丙酮 (C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O)。

4.2 硫酸

4.2.1 1 + 1 硫酸溶液。

将硫酸 (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, ρ = 1.84g/ml, 优级纯) 缓缓加入到同体积的水中，混匀。

4.3 磷酸: 1 + 1 溶液。

将磷酸 (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, ρ = 1.69g/ml) 与水等体积混合。

4.4 硝酸 (HNO<sub>3</sub>, ρ = 1.42g/ml)。

4.5 氯仿 (CHCl<sub>3</sub>)。

4.6 高锰酸钾: 40g/L 溶液。

称取高锰酸钾 (KMnO<sub>4</sub>) 4g, 在加热和搅拌下溶于水, 最后稀释至100ml。

4.7 尿素: 200g/L 溶液。

称取尿素  $[(\text{NH}_2)_2\text{CO}]$  20g, 溶于水并稀释至 100 ml。

**4.8 亚硝酸钠:** 20g/L 溶液。

称取亚硝酸钠 ( $\text{NaNO}_2$ ) 2 g, 溶于水并稀释至 100 ml。

**4.9 氢氧化铵:** 1 + 1 溶液。

氨水 ( $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,  $\rho = 0.90\text{g/ml}$ ) 与等体积水混合。

**4.10 铜铁试剂:** 50g/L 溶液。

称取铜铁试剂  $[\text{C}_6\text{H}_5\text{N}(\text{NO})\text{ONH}_4]$  5 g, 溶于冰水中并稀释至 100 ml, 临用时新配。

**4.11 铬标准贮备溶液:** 0.1000g/L。

称取于 110℃ 干燥 2 h 的重铬酸钾 ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , 优级纯)  $0.2829 \pm 0.0001\text{g}$ , 用水溶解后, 移入 1000 ml 容量瓶中, 用水稀释至标线, 摇匀。此溶液 1 ml 含 0.10mg 铬。

**4.12 铬标准溶液:** 1 mg/L。

吸取 5.00 ml 铬标准贮备液 (4.11) 置于 500 ml 容量瓶中, 用水稀释至标线, 摇匀。此溶液 1 ml 含 1.00 $\mu\text{g}$  铬。使用当天配制。

**4.13 铬标准溶液:** 5.00mg/L。

吸取 25.00 ml 铬标准贮备液 (4.11), 置于 500 ml 容量瓶中, 用水稀释至标线, 摇匀。此溶液 1 ml 含 5.00 $\mu\text{g}$  铬。使用当天配制。

**4.14 显色剂:** 二苯碳酰二肼, 2 g/L 丙酮溶液。

称取二苯碳酰二肼 ( $\text{C}_{13}\text{H}_{14}\text{N}_4\text{O}$ ) 0.2 g, 溶于 50 ml 丙酮 (4.1) 中, 加水稀释至 100 ml, 摇匀。贮于棕色瓶, 置冰箱中。色变深后, 不能使用。

## 5 仪器

一般实验室仪器和:

**5.1 分光光度计。**

注: 所有玻璃器皿内壁须光洁, 以免吸附铬离子。不得用重铬酸钾洗液洗涤, 可用硝酸、硫酸混合液或合成洗涤剂洗涤, 洗涤后要冲洗干净。

## 6 采样与样品

实验室样品应该用玻璃瓶采集。采集时, 加入硝酸调节样品 pH 值小于 2。在采集后尽快测定, 如放置, 不得超过 24 h。

## 7 步骤

**7.1 样品的预处理**

**7.1.1** 一般清洁地面水可直接用高锰酸钾氧化后测定。

**7.1.2 硝酸-硫酸消解:** 样品中含有大量的有机物需进行消解处理。

取 50.0 ml 或适量样品 (含铬少于 50 $\mu\text{g}$ ), 置 100 ml 烧杯中, 加入 5 ml 硝酸 (4.4) 和 3 ml 硫酸 (4.2), 蒸发至冒白烟, 如溶液仍有颜色, 再加入 5 ml 硝酸 (4.4), 重复上述操作, 至溶液清澈, 冷却。

用水稀释至 10 ml, 用氢氧化铵溶液 (4.9) 中和至 pH 为 1 ~ 2, 移入 50 ml 容量瓶中, 用水稀释至标线, 摇匀, 供测定。

**7.1.3 铜铁试剂-氯仿萃取** 除去铝、钒、铁、铜。

取 50.0 ml 或适量样品 (铬含量少于 50 $\mu\text{g}$ ), 置 100 ml 分液漏斗中, 用氢氧化铵溶液 (4.9) 调至中性 (加水至 50 ml)。加入 3 ml 硫酸溶液 (4.2.1)。

用冰水冷却后, 加入 5 ml 铜铁试剂 (4.10) 后振摇 1 min, 置冰水中冷却 2 min。每次用 5 ml 氯仿 (4.5) 共萃取三次, 弃去氯仿层。

将水层移入锥形瓶中，用少量水洗涤分液漏斗，洗涤水亦并入锥形瓶中。加热煮沸，使水层中氯仿挥发后，按7.1.2和7.2处理。

## 7.2 高锰酸钾氧化三价铬

7.2.1 取50.0ml或适量（铬含量少于50 $\mu$ g）样品或经7.1.2、7.1.3处理的试样，置于150ml锥形瓶中，用氢氧化铵溶液（4.9）或硫酸溶液（4.2.1）调至中性，加入几粒玻璃珠，加入0.5ml硫酸溶液（4.2.1）、0.5ml磷酸溶液（4.3）（加水至50ml），摇匀，加2滴高锰酸钾溶液（4.6），如紫红色消退，则应添加高锰酸钾溶液保持紫红色。加热煮沸至溶液体积约剩20ml。

取下冷却，加入1ml尿素溶液（4.7），摇匀。用滴管滴加亚硝酸钠溶液（4.8），每加一滴充分摇匀，至高锰酸钾的紫红色刚好褪去。稍停片刻，待溶液内气泡逸出，转移至50ml比色管中。

注：① 也可用叠氮化钠还原过量的高锰酸钾。即在氧化步骤完成后取下，趁热逐滴加入浓度为2g/L的叠氮化钠溶液，每加一滴立即摇匀，煮沸，重复数次，至紫红色完全褪去，继续煮沸1min。

警告：叠氮化钠是易爆危险品。

② 如样品中含有少量铁（Fe<sup>3+</sup>）干扰测定，可将7.2.1中加入0.5ml硫酸（4.2.1）、0.5ml磷酸溶液（4.3）改为加入1.5ml磷酸溶液（4.3）。

## 7.3 测定

取50ml或适量（含铬量少于50 $\mu$ g）经7.2步骤处理的试份置50ml比色管中，用水稀释至刻线，加入2ml显色剂（4.14），摇匀。10min后，在540nm波长下，用10或30mm光程的比色皿，以水做参比，测定吸光度。减去空白试验吸光度，从校准曲线（7.5）上查得铬的含量。

## 7.4 空白试验

按与试样完全相同的处理步骤进行空白试验，仅用50ml水代替试样。

## 7.5 校准

向一系列150ml锥形瓶中分别加入0、0.20、0.50、1.00、2.00、4.00、6.00、8.00和10.00ml铬标准溶液（4.12或4.13），用水稀释至50ml。然后按照测定试样的步骤（7.1、7.2、7.3）进行处理。

从测得的吸光度减去空白试验的吸光度后，绘制以含铬量对吸光度的曲线。

## 8 结果的表示

### 8.1 计算方法

总铬含量  $c_1$  (mg/L) 按式（1）计算：

$$c_1 = \frac{m}{V} \dots \dots \dots (1)$$

式中： $m$ ——从校准曲线上查得的试份中含铬量， $\mu$ g；

$V$ ——试份的体积，ml。

铬含量低于0.1mg/L，结果以三位小数表示。六价铬含量高于0.1mg/L，结果以三位有效数字表示。

### 8.2 精密度和准确度

七个实验室测定含铬0.080mg/L的统一分发标准溶液，按7.2步骤测定结果如下：

#### 8.2.1 重复性

实验室内相对标准偏差为1.1%。

#### 8.2.2 再现性

实验室间总相对标准偏差为1.4%。

#### 8.2.3 准确度

相对误差为-0.75%。

## 第二篇 硫酸亚铁铵滴定法

## 9 适用范围

本标准适用于水和废水中高浓度（大于 1 mg/L）总铬的测定。

## 10 原理

在酸性溶液中，以银盐作催化剂，用过硫酸铵将三价铬氧化成六价铬。加入少量氯化钠并煮沸，除去过量的过硫酸铵及反应中产生的氯气。以苯基代邻氨基苯甲酸做指示剂，用硫酸亚铁铵溶液滴定，使六价铬还原为三价铬，溶液呈绿色为终点。根据硫酸亚铁铵溶液的用量，计算出样品中总铬的含量。

钒对测定有干扰，但在一般含铬废水中钒的含量在允许限以下。

## 11 试剂

在测定过程中，除非另有说明，均使用符合国家标准或专业标准的分析纯试剂和蒸馏水或同等纯度的水。

## 11.1 5% (V/V) 硫酸溶液。

取硫酸（4.2）100 ml 缓慢加入到 2 L 水中，混匀。

11.2 磷酸（ $\text{H}_3\text{PO}_4$ ， $\rho = 1.69 \text{ g/ml}$ ）。

11.3 硫酸-磷酸混合液：取 150 ml 硫酸（4.2）缓慢加入到 700 ml 水中，冷却后，加入 150 ml 磷酸（11.2）混匀。

11.4 过硫酸铵〔 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 〕：250 g/L 溶液。

11.5 铬标准溶液：称取于 110℃ 干燥 2 h 的重铬酸钾（ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ，优级纯） $0.5658 \pm 0.0001 \text{ g}$ ，用水溶解后，移入 1000 ml 容量瓶中，加入稀释至标线，摇匀。此溶液 1 ml 含 0.2 mg 铬。

## 11.6 硫酸亚铁铵溶液。

称取硫酸亚铁铵〔 $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 〕 $3.95 \pm 0.01 \text{ g}$ ，用 500 ml 硫酸溶液（11.1）溶解，过滤至 2000 ml 容量瓶中，用硫酸溶液（11.1）稀释至标线。临用时，用铬标准溶液（11.5）标定。

标定：吸取三份各 25.0 ml 铬标准溶液（11.5）置 500 ml 锥形瓶中，用水稀释至 200 ml 左右。加入 20 ml 硫酸-磷酸混合液（11.3），用硫酸亚铁铵溶液（11.6）滴定至淡黄色。加入 3 滴苯基代邻氨基苯甲酸指示剂（11.12），继续滴定至溶液由红色突变为亮绿色为终点，记录用量  $V$ 。

三份铬标准溶液所消耗硫酸亚铁铵溶液的毫升数的极差值不应超过 0.05 ml，取其平均值。

按式（2）计算：

$$T = \frac{0.20 \times 25.0}{V} = \frac{5.0}{V} \dots\dots\dots (2)$$

式中：T——硫酸亚铁铵溶液对铬的滴定度，mg/ml。

## 11.7 硫酸锰：10 g/L 溶液。

将硫酸锰（ $\text{MnSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ）1 g 溶于水稀释至 100 ml。

## 11.8 硝酸银：5 g/L 溶液。

将硝酸银（ $\text{AgNO}_3$ ）0.5 g 溶于水并稀释至 100 ml。

## 11.9 无水碳酸钠：50 g/L 溶液。

将无水碳酸钠（ $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ）5 g 溶于水并稀释至 100 ml。

## 11.10 氢氧化铵：1 + 1 溶液。

取氨水（ $\rho = 0.90 \text{ g/ml}$ ）加入等体积水中，混匀。

## 11.11 氯化钠：10 g/L 溶液。

将氯化钠（ $\text{NaCl}$ ）1 g 溶于水并稀释至 100 ml。

**11.12 苯基代邻氨基苯甲酸指示剂。**

称取苯基代邻氨基苯甲酸 (phenylan thranilic acid) 0.27g溶于5ml碳酸钠溶液(11.9)中,用水稀释至250ml。

**12 步骤****12.1 测定**

吸取适量样品于150ml烧杯中,按7.1.2步骤消解后转移至500ml锥形瓶中(如果样品清澈、无色,可直接取适量样品于500ml锥形瓶中)。用氢氧化铵溶液(11.10)中和至溶液pH为1~2。加入20ml硫酸-磷酸混合液(11.3)、1~3滴硝酸银溶液(11.8)、0.5ml硫酸锰溶液(11.7)、25ml过硫酸铵溶液(11.4),摇匀,加入几粒玻璃珠。加热至出现高锰酸盐的紫红色,煮沸10min。

取下稍冷,加入5ml氯化钠溶液(11.11),加热煮沸10~15min,除尽氯气。取下迅速冷却,用水洗涤瓶壁并稀释至220ml左右。加入3滴苯基代邻氨基苯甲酸指示剂(11.12),用硫酸亚铁铵溶液(11.6)滴定至溶液由红色突变为绿色即为终点,记下用量 $V_1$ 。

注:① 应注意掌握加热煮沸时间,若加热煮沸时间不够,过量的过硫酸铵及氯气未除尽,会使结果偏高;若煮沸时间太长,溶液体积小,酸度高,可能使六价铬还原为三价铬,使结果偏低。

② 苯基代邻氨基苯甲酸指示剂,在测定样品和空白试验时加入量要保持一致。

**12.2 空白试验**

按12.1步骤进行空白试验,仅用和样品体积相同的水代替样品。

**13 结果表示****13.1 计算方法**

总铬含量 $c_2$ (mg/L)按式(3)计算:

$$c_2 = \frac{(V_1 - V_0)T \times 1000}{V} \dots\dots\dots (3)$$

式中:  $V_1$ ——滴定样品时,硫酸亚铁铵溶液(11.6)用量,ml;  
 $V_0$ ——空白试验时,硫酸亚铁铵溶液(11.6)用量,ml;  
 $T$ ——硫酸亚铁铵溶液(11.6)对铬的滴定度,mg/ml;  
 $V$ ——样品的体积,ml。

**附加说明:**

本标准由国家环境保护局规划标准处提出。

本标准由北京市环保监测中心负责起草。

本标准主要起草人尚邦懿。

本标准由中国环境监测总站负责解释。