

中华人民共和国国家环境保护标准

HJ 1081-2019

土壤和沉积物 钴的测定 火焰原子吸收分光光度法

**Soil and sediment—Determination of cobalt
—Flame atomic absorption spectrometry**

(发布稿)

本电子版为发布稿。请以中国环境出版集团出版的正式标准文本为准。

2019-12-31 发布

2020-06-30 实施

生态环境部 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 干扰及消除.....	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.....	5
11 质量保证和质量控制.....	6
12 废物处理.....	7
13 注意事项.....	7
附录 A（资料性附录）标准加入法.....	8

前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》和《中华人民共和国土壤污染防治法》，保护生态环境，保障人体健康，规范土壤和沉积物中钴的测定方法，制定本标准。

本标准规定了测定土壤和沉积物中钴的火焰原子吸收分光光度法。

本标准的附录A为资料性附录。

本标准首次发布。

本标准由生态环境部生态环境监测司、法规与标准司组织制订。

本标准起草单位：湖南省生态环境监测中心。

本标准验证单位：天津市生态环境监测中心、广西壮族自治区生态环境监测中心、湖南省长沙生态环境监测中心、湖南省湘潭生态环境监测中心、湖南省郴州生态环境监测中心和广电计量检测（湖南）有限公司。

本标准生态环境部2019年12月31日批准。

本标准自2020年6月30日起实施。

本标准由生态环境部解释。

土壤和沉积物 钴的测定 火焰原子吸收分光光度法

警告：硝酸、高氯酸、氢氟酸等具有强氧化性和强腐蚀性，试剂配制和试样制备过程应在通风橱内进行，操作时应按要求佩戴防护器具，避免吸入呼吸道或接触皮肤和衣物。

1 适用范围

本标准规定了测定土壤和沉积物中钴的火焰原子吸收分光光度法。

本标准适用于土壤和沉积物中总量钴的测定。

当取样量为 0.5 g，定容体积为 50 ml 时，方法检出限为 2 mg/kg，测定下限为 8 mg/kg。

2 规范性引用文件

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

GB 17378.3 海洋监测规范 第 3 部分：样品采集、贮存与运输

GB 17378.5 海洋监测规范 第 5 部分：沉积物分析

HJ 25.2 建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则

HJ 494 水质 采样技术指导

HJ 613 土壤 干物质和水分的测定 重量法

HJ 832 土壤和沉积物 金属元素总量的消解 微波消解法

HJ/T 91 地表水和污水监测技术规范

HJ/T 166 土壤环境监测技术规范

3 方法原理

土壤或沉积物样品经酸消解后，喷入贫燃性空气-乙炔火焰中，在高温火焰中形成的钴基态原子，对钴锐线光源或连续光源发射的 240.7 nm 特征谱线产生选择性吸收，在一定浓度范围内，其吸光度与钴的质量浓度成正比。

4 干扰及消除

试样中浓度低于 10 mg/L 的 Zn 和 Ni、20 mg/L 的 Ba 和 Pb、60 mg/L 的 Mn、400 mg/L 的 Mg、500 mg/L 的 K、900 mg/L 的 Ti、3000 mg/L 的 Al、5000 mg/L 的 Ca 和 7000 mg/L 的 Na 对钴的测定无干扰。

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优级纯试剂，实验用水为新制备的纯水或

蒸馏水。

5.1 盐酸： $\rho(\text{HCl}) = 1.19 \text{ g/ml}$ 。

5.2 硝酸： $\rho(\text{HNO}_3) = 1.42 \text{ g/ml}$ 。

5.3 氢氟酸： $\rho(\text{HF}) = 1.49 \text{ g/ml}$ 。

5.4 高氯酸： $\rho(\text{HClO}_4) = 1.68 \text{ g/ml}$ 。

5.5 金属钴：光谱纯。

5.6 硝酸溶液：1+1。

5.7 硝酸溶液：1+99。

5.8 钴标准贮备液： $\rho(\text{Co}) = 500 \text{ mg/L}$ 。

准确称取 0.1 g（精确至 0.1 mg）金属钴（5.5），用 6 ml 硝酸溶液（5.6）加热溶解，冷却，用水定容至 200 ml。转移至聚乙烯试剂瓶中，0℃~4℃密封冷藏，有效期两年。也可直接购买市售有证标准溶液。

5.9 钴标准使用液： $\rho(\text{Co}) = 50 \text{ mg/L}$ 。

准确吸取 10.0 ml 钴标准贮备液（5.8）于 100 ml 容量瓶中，加入硝酸溶液（5.7）定容至标线，摇匀。4℃以下冷藏保存，有效期一年。

5.10 燃气：乙炔，纯度 $\geq 99.6\%$ 。

5.11 助燃气：空气。

6 仪器和设备

6.1 火焰原子吸收分光光度计。

6.2 钴锐线光源或具 240.7 nm 谱线的连续光源。

6.3 微波消解仪：功率为 600 W~1500 W，温度精度为 $\pm 2.5^\circ\text{C}$ ，具微波消解罐。

6.4 电热板：具温控功能，温度精度为 $\pm 5^\circ\text{C}$ 。

6.5 具盖聚四氟乙烯烧杯或坩埚：50 ml。

6.6 分析天平：感量为 0.1 mg。

6.7 尼龙筛：孔径 0.15 mm（100 目）。

6.8 一般实验室常用仪器和设备。

7 样品

7.1 样品采集和保存

按照 HJ/T 166 和 HJ 25.2 的相关要求采集和保存土壤样品；按照 GB 17378.3 的相关要求采集和保存海洋沉积物样品；按照 HJ/T 91 和 HJ 494 的相关要求采集地表水沉积物样品，按照 HJ/T 166 的相关要求保存地表水沉积物样品。

7.2 样品的制备

按照 HJ/T 166 和 GB 17378.3 的要求，除去样品中的枝棒、叶片、石子等异物，将采集的样品在实验室进行风干、粗磨、细磨至过尼龙筛（6.7）。

7.3 水分和干物质的测定

按照 HJ 613 测定土壤样品 (7.2) 的干物质含量; 按照 GB 17378.5 测定沉积物样品 (7.2) 的含水率。

7.4 试样的制备

7.4.1 电热板消解

称取 0.5 g (精确至 0.1 mg) 样品 (7.2), 置于聚四氟乙烯烧杯或坩埚 (6.5) 内, 加 2~3 滴水润湿后, 先后加入 2 ml 盐酸 (5.1)、10 ml 硝酸 (5.2)、2 ml 氢氟酸 (5.3) 和 1 ml 高氯酸 (5.4), 180℃ 加盖消解约 1 h, 揭盖飞硅、赶酸, 温度控制在 210℃ 以内, 蒸至近干, 若烧杯或坩埚壁上有黑色碳化物, 则继续加入 1 ml 高氯酸 (5.4), 直至内容物呈白色或淡黄色不流动的半凝固状。取下聚四氟乙烯烧杯或坩埚稍冷, 加入 0.5 ml 硝酸 (5.2), 温热溶解可溶性残渣, 冷却后全量转移至 50 ml 容量瓶中, 用水定容至标线, 摇匀, 静置, 取上清液待测。

7.4.2 微波消解

称取 0.5 g (精确至 0.1 mg) 样品, 置于微波消解罐内, 加 2~3 滴水润湿后, 加入 1 ml 盐酸 (5.1)、5 ml 硝酸 (5.2) 和 2 ml 氢氟酸 (5.3), 按照一定消解条件 (见表 1) 进行消解, 消解完后冷却至室温, 将消解液全部转移至聚四氟乙烯烧杯或坩埚 (6.5) 中, 加入 1 ml 高氯酸 (5.4), 采用电热板加热, 温度控制在 180℃ 加盖加热 30 min, 然后揭盖赶酸 (温度控制在 180℃, 为达到良好的飞硅效果, 应经常摇动烧杯或坩埚), 至溶液近干。若烧杯或坩埚壁上有黑色碳化物, 则继续加入 1 ml 高氯酸 (5.4), 直至内容物呈白色或淡黄色不流动的半凝固状。取下聚四氟乙烯烧杯或坩埚稍冷, 加入 0.5 ml 硝酸 (5.2), 温热溶解可溶性残渣, 冷却后全量转移至 50 ml 容量瓶中, 用水定容至标线, 摇匀, 静置, 取上清液待测。或者按照 HJ 832 中钴的消解方法进行消解。

表 1 微波消解升温程序参考表

步骤	温度 (°C)	升温时间 (min)	保持时间 (min)
1	室温~150	7	3
2	150~210	5	20

7.5 空白试样的制备

不称取样品, 按照与试样制备 (7.4) 相同的步骤进行空白试样的制备。

8 分析步骤

8.1 仪器参考工作条件

根据仪器使用说明书调节仪器至最佳工作状态。参考测试条件见表 2。

表 2 仪器工作参数

名称	参数
测定波长 (nm)	240.7
通带宽度 (nm)	0.2
灯电流 (mA)	7.0
乙炔流量 (L/min)	2.5
空气流量 (L/min)	13.5
火焰类型	贫燃

8.2 标准曲线的建立

分别准确移取 0 ml、0.20 ml、1.00 ml、2.00 ml、4.00 ml、6.00 ml、10.00 ml 钴标准使用液 (5.9) 于 100 ml 容量瓶中, 用硝酸溶液 (5.7) 定容至标线, 摇匀, 使钴的质量浓度分别为 0 mg/L、0.10 mg/L、0.50 mg/L、1.00 mg/L、2.00 mg/L、3.00 mg/L、5.00 mg/L。按仪器测量条件由低到高质量浓度顺序测定标准溶液的吸光度。以钴标准系列质量浓度为横坐标, 相应的吸光度为纵坐标, 建立标准曲线。

注 1: 采用标准加入法进行测定时, 参见附录 A;

注 2: 可根据仪器灵敏度或试样的浓度范围配制其他浓度水平的标准系列, 至少配制 6 个浓度点 (含零浓度点)。

8.3 试样测定

按照与标准曲线建立 (8.2) 相同的仪器条件进行试样 (7.4) 的测定。若样品浓度范围超过标准曲线范围, 则用硝酸溶液 (5.7) 稀释后测定。

8.4 空白试样测定

按照与试样测定 (8.3) 相同的步骤进行空白试样 (7.5) 的测定。

9 结果计算与表示

9.1 结果计算

9.1.1 土壤样品的计算

土壤样品中钴的含量 w_1 (mg/kg)，按照式 (1) 进行计算。

$$w_1 = \frac{(\rho \times D - \rho_0) \times V}{m \times w_{dm}} \quad (1)$$

式中： w_1 ——土壤样品中钴的含量，mg/kg；

ρ ——由标准曲线计算所得试样中钴的质量浓度，mg/L；

ρ_0 ——空白试样中钴的质量浓度，mg/L；

V ——试样的定容体积，ml；

D ——试样的稀释倍数；

m ——土壤样品的称样量，g；

w_{dm} ——土壤样品干物质含量，%。

9.1.2 沉积物样品的计算

沉积物样品中钴的含量 w_2 (mg/kg)，按照式 (2) 进行计算。

$$w_2 = \frac{(\rho \times D - \rho_0) \times V}{m \times (1 - w_{H_2O})} \quad (2)$$

式中： w_2 ——沉积物样品中钴的含量，mg/kg；

ρ ——由标准曲线计算所得试样中钴的质量浓度，mg/L；

ρ_0 ——空白试样中钴的质量浓度，mg/L；

V ——试样的定容体积，ml；

D ——试样的稀释倍数；

m ——沉积物样品的称样量，g；

w_{H_2O} ——沉积物样品含水率，%。

9.2 结果表示

测定结果小数位数与方法检出限保持一致，最多保留 3 位有效数字。

10 精密度和准确度

10.1 精密度

六家实验室分别对钴含量为 8.1 mg/kg、11.6 mg/kg、22.8 mg/kg 的 3 种土壤实际样品进行 6 次重复测定，电热板法实验室内相对标准偏差范围分别为 3.2%~9.1%、1.9%~4.1%、

1.7%~4.5%，实验室间相对标准偏差分别为 19%、9.3%、7.1%，重复性限分别为 2 mg/kg、2 mg/kg、3 mg/kg，再现性限分别为 5 mg/kg、4 mg/kg、5 mg/kg；微波法实验室内相对标准偏差范围分别为 3.2%~5.0%、2.3%~4.7%、1.5%~5.4%，实验室间相对标准偏差分别为 16.9%、8.2%、9.4%，重复性限分别为 1 mg/kg、2 mg/kg、3 mg/kg，再现性限分别为 4 mg/kg、3 mg/kg、7 mg/kg。

六家实验室分别对钴含量为 12.0 mg/kg、17.4 mg/kg、24.0 mg/kg 的 3 种沉积物实际样品进行 6 次重复测定，电热板法实验室内相对标准偏差范围分别为 1.2%~5.7%、1.7%~5.5%、1.2%~4.0%，实验室间相对标准偏差分别为 12%、9.6%、5.8%，重复性限分别为 2 mg/kg、2 mg/kg、2 mg/kg，再现性限分别为 5 mg/kg、5 mg/kg、5 mg/kg；微波法实验室内相对标准偏差范围分别为 2.6%~5.5%、1.3%~6.4%、1.6%~4.9%，实验室间相对标准偏差分别为 11%、10.7%、7.3%，重复性限分别为 2 mg/kg、2 mg/kg、2 mg/kg，再现性限分别为 4 mg/kg、6 mg/kg、6 mg/kg。

10.2 准确度

六家实验室分别对 GSS-9 和 GSS-5 两种土壤有证标准物质进行 6 次重复测定，电热板法相对误差范围分别为-9.3%~8.6%、-11%~4.2%，相对误差最终值分别为-1.8%±14.8%、-0.1%±12.2%；微波法相对误差范围分别为-7.1%~6.4%、-7.9%~6.7%，相对误差最终值分别为-0.2%±9.2%、-1.6%±10.4%。

六家实验室分别对 GSD-7a 和 GSD-11 两种沉积物有证标准物质进行 6 次重复测定，电热板法相对误差范围分别为 -2.6%~0.7%、-4.7%~4.8%，相对误差最终值分别为 -1.1%±2.6%、-1.6%±9.0%；微波法相对误差范围分别为-2.6%~2.7%、-4.7%~5.9%，相对误差最终值分别为 0.03%±3.6%、-1.8%±9.0%。

六家实验室对钴含量为 8.1 mg/kg、22.8 mg/kg 的土壤统一样品进行了加标分析测定，电热板法加标回收率范围分别为 92.5%~102%、85.0%~111%，加标回收率的最终值分别为 97.1%±7.6%、97.4%±16.6%；微波法加标回收率范围分别为 91.0%~105%、86.7%~109%，加标回收率的最终值分别为 97.3%±9.0%、98.1%±15.0%。

六家实验室对钴含量为 12.0 mg/kg、24.0 mg/kg 的沉积物统一样品进行了加标分析测定，电热板法加标回收率范围分别为 91.0%~102%、86.5%~108%，加标回收率的最终值分别为 95.3%±8.2%、98.9%±16.4%；微波法加标回收率范围分别为 83.0%~111%、93.5%~101%，加标回收率的最终值分别为 96.8%±19.0%、95.6%±7.4%。

11 质量保证和质量控制

11.1 每批样品至少做 2 个空白试样，空白值应低于方法测定下限。

11.2 每次测定应绘制标准曲线，其线性相关系数应 ≥ 0.999 。每 20 个样品或每批次（少于 20 个样品/批）分析结束后，需进行标准系列零浓度点和中间浓度点核查。零浓度点测定值应低于方法检出限，中间浓度测定值与该点浓度的相对偏差应 $\leq 10\%$ ，否则应重新建立标准曲线。

11.3 每 20 个样品或每批次（少于 20 个样品/批）应进行 1 次平行双样测定，单次平行样

测定结果的相对偏差应 $\leq 15\%$ 。

11.4 每 20 个样品或每批样品同时测定 1 个有证标准样品，其测定结果与保证值的相对误差应在 $\pm 20\%$ 以内。或每批次（少于 20 个样品/批）应进行 1 个实际样品加标测定，加标回收率应在 80%~120%之间。

12 废物处理

实验中产生的废物应集中收集，并做好相应标识，委托有资质的单位进行处理。

13 注意事项

13.1 若通过验证满足本标准的质量控制和质量保证要求，可根据样品实际情况对取样量和加酸量进行适当调整。

13.2 实验过程中，应避免使用金属器具。

附录A
(资料性附录)
标准加入法

A.1 校准曲线绘制方法

分别量取四份等量待测试样（浓度为 C_x ），配制总体积相同的四份溶液。第一份不加标准溶液，第二、三、四份分别按比例加入不同浓度的标准溶液，四份溶液的浓度分别为： C_x 、 C_x+C_0 、 C_x+2C_0 、 C_x+3C_0 。用空白试剂调零，在相同条件下依次测定四份溶液的吸光度。以吸光度为纵坐标，加入标准溶液的浓度为横坐标，绘制标准加入曲线，曲线延伸与横坐标的交点即为待测试样的浓度。待测试样浓度与对应吸光度的关系见图 A.1。

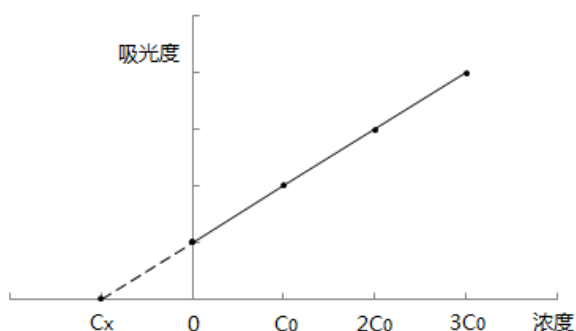


图 A.1 待测样品浓度与对应吸光度的关系

A.2 注意事项

- A.2.2 本方法只适用于待测样品浓度与吸光度呈线性的区域。
- A.2.3 加入标准溶液所引起的体积变化不应超过 0.5%。
- A.2.4 本方法只能补偿基体效应造成的影响，不能消除背景吸收的影响。

A.3 标准加入法的适用性判断

测定待测试样的吸光度为 A ，从校准曲线上查得浓度为 x 。再向待测试样中加入标准溶液，加标浓度为 s ，测定其吸光度为 B ，从校准曲线上查得浓度为 y 。按照公式 (A.1) 计算待测试样的浓度 C ：

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

当存在基体效应时， $s/(y-x)$ 在 0.5~1.5 之间，可用标准加入法；当 $s/(y-x)$ 超出此范围时，标准加入法不适用。