

HJ

中华人民共和国国家生态环境标准

HJ 1315—2023

土壤和沉积物 19 种金属元素总量的 测定 电感耦合等离子体质谱法

Soil and sediment—Determination of 19 total metal elements

—Inductively coupled plasma mass spectrometry

本电子版为正式标准文本，由生态环境部环境标准研究所审校排版。

2023-11-27 发布

2024-06-01 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 干扰和消除.....	2
5 试剂和材料.....	2
6 仪器和设备.....	3
7 样品.....	3
8 分析步骤.....	4
9 结果计算与表示.....	5
10 准确度.....	6
11 质量保证和质量控制.....	6
12 废物处置.....	7
13 注意事项.....	7
附录 A（规范性附录） 方法检出限和测定下限.....	8
附录 B（资料性附录） 质谱型干扰、干扰校正方程、推荐质量数、内标元素与分析模式.....	9
附录 C（资料性附录） 单元素标准贮备液的配制.....	11
附录 D（资料性附录） 方法的准确度.....	13

前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国土壤污染防治法》《中华人民共和国海洋环境保护法》，防治生态环境污染，改善生态环境质量，规范土壤和沉积物中金属元素的测定方法，制定本标准。

本标准规定了测定土壤和沉积物中 19 种金属元素总量的电感耦合等离子体质谱法。

本标准的附录 A 为规范性附录，附录 B~附录 D 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。

本标准主要起草单位：中国环境监测总站、生态环境部华南环境科学研究所、湖南省生态环境监测中心、河南省生态环境监测中心。

本标准验证单位：湖北省生态环境监测中心站、河南省济源生态环境监测中心、辽宁省生态环境监测中心、宁夏回族自治区生态环境监测中心、天津市生态环境监测中心、北京市生态环境监测中心。

本标准生态环境部 2023 年 11 月 27 日批准。

本标准自 2024 年 6 月 1 日起实施。

本标准由生态环境部解释。

土壤和沉积物 19 种金属元素总量的测定

电感耦合等离子体质谱法

警告：砷、铍和铊等标准溶液为剧毒物质；实验中使用的高氯酸、硝酸具有强氧化性和腐蚀性，盐酸、氢氟酸具有强挥发性和强腐蚀性；溶液配制及样品前处理过程应在通风橱中进行，操作时应按要求佩戴防护用具，避免吸入呼吸道或直接接触皮肤和衣物。

1 适用范围

本标准规定了测定土壤和沉积物中 19 种金属元素总量的电感耦合等离子体质谱法。

本标准适用于土壤和沉积物中银（Ag）、砷（As）、钡（Ba）、铍（Be）、铋（Bi）、镉（Cd）、铬（Cr）、钴（Co）、铜（Cu）、锂（Li）、锰（Mn）、钼（Mo）、镍（Ni）、锑（Sb）、锶（Sr）、铅（Pb）、铊（Tl）、钒（V）和锌（Zn）共 19 种金属元素的测定。

当取样量为 0.1 g、消解后定容体积为 50 ml 时，19 种金属元素的方法检出限为 0.02 mg/kg~5 mg/kg，测定下限为 0.08 mg/kg~20 mg/kg，详见附录 A。

2 规范性引用文件

本标准引用了下列文件或其中的条款。凡是注明日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本标准。凡是未注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）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
GB/T 32722	土壤质量 土壤样品长期和短期保存指南
HJ/T 166	土壤环境监测技术规范
HJ 442.4	近岸海域环境监测技术规范 第四部分 近岸海域沉积物监测
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

3 方法原理

土壤或沉积物样品经消解后，采用电感耦合等离子体质谱法进行检测，根据元素的质谱图或特征离子进行定性，内标法定量。试样由载气带入雾化系统进行雾化后，以气溶胶形式进入等离子体的轴向通道，在高温和惰性气体中被充分蒸发、解离、原子化和电离，转化成带正电荷离子经离子采集系统进入质谱仪，质谱仪根据离子的质荷比进行分离并定性、定量分析。在一定浓度范围内，离子的质荷比所对应的信号响应值与其浓度成正比。

4 干扰和消除

4.1 质谱型干扰

质谱型干扰主要包括多原子离子干扰、同量异位素干扰、氧化物干扰和双电荷干扰等。多原子离子干扰是电感耦合等离子体质谱仪最主要的干扰来源，可利用干扰校正方程、仪器条件优化以及碰撞反应池技术等加以解决。同量异位素干扰可以使用其他质量数、干扰校正方程或在分析前对样品使用化学分离等方法进行消除。氧化物干扰和双电荷干扰可通过调节仪器参数降低影响。Ag、As、Cd、Cr 和 V 等元素的质谱型干扰，宜采用碰撞或反应模式等降低或消除。主要的质谱型干扰见附录 B 中的表 B.1，常用的干扰校正方程见附录 B 中的表 B.2。

4.2 非质谱型干扰

非质谱型干扰主要包括基体抑制干扰、空间电荷效应干扰和物理效应干扰等。非质谱型干扰程度与样品基体性质有关，可通过内标法、仪器条件优化或标准加入法等降低干扰。内标元素的选取参见附录 B 中的表 B.3。

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。实验用水为不含目标物的超纯水。

5.1 硝酸 (HNO₃)： $\rho=1.42$ g/ml。

5.2 氢氟酸 (HF)： $\rho=1.16$ g/ml。

5.3 高氯酸 (HClO₄)： $\rho=1.67$ g/ml。

5.4 盐酸 (HCl)： $\rho=1.19$ g/ml。

5.5 硝酸溶液。

硝酸 (5.1) 和实验用水以 1:99 的体积比混合。

5.6 单元素标准贮备液： $\rho=1000$ mg/L。

使用基准或高纯级的金属、金属氧化物或金属盐类物质配制成浓度为 1000 mg/L 的单元素标准贮备液，具体配制方法参见附录 C。4 °C 以下冷藏保存 2 a。亦可购买市售有证标准溶液。

5.7 多元素标准贮备液： $\rho=100.0$ mg/L。

单元素标准贮备液 (5.6) 混合后，用硝酸溶液 (5.5) 稀释，按照表 3 的分组，配制成浓度为 100.0 mg/L 的多元素标准贮备液。4 °C 以下冷藏保存 2 a。亦可购买市售有证标准溶液。

5.8 多元素标准使用液： $\rho=1.00$ mg/L。

用硝酸溶液 (5.5) 稀释多元素标准贮备液 (5.7) 配制成浓度为 1.00 mg/L 的多元素标准使用液。4 °C 以下冷藏保存 1 a。亦可购买市售有证标准溶液。

5.9 内标标准贮备液： $\rho=10.0$ mg/L。

宜选用 ⁷²Ge、¹⁰³Rh、¹¹⁵In 和 ¹⁸⁵Re 等为内标元素，可参考 5.6 使用基准或高纯级的金属、金属氧化物或金属盐类物质配制内标标准贮备液。4 °C 以下冷藏保存 2 a。亦可购买市售标准溶液。

5.10 内标标准使用液。

用硝酸溶液 (5.5) 稀释内标标准贮备液 (5.9) 配制成适当浓度的内标标准使用液，使内标标准使用液与样品溶液混合后的内标元素浓度为 10 µg/L~100 µg/L。4 °C 以下冷藏保存 1 a。

5.11 调谐溶液。

宜选用含有 Li、Be、Mg、Co、Y、In、Ba、Ce、Tl、Pb、Bi 和 U 等元素的溶液作为质谱仪的调谐

溶液。可参考 5.6 使用基准或高纯级的金属、金属氧化物或金属盐类物质配制。调谐溶液中元素浓度为 $1.0 \mu\text{g/L} \sim 10.0 \mu\text{g/L}$ 。4 °C 以下冷藏保存 6 个月。亦可购买市售标准溶液。

5.12 氙气：纯度 $\geq 99.999\%$ 。

注 1：所有元素的标准贮备液和使用液配制后均应在密封的聚乙烯或聚丙烯瓶中保存。

注 2：含有元素 Ag 的溶液需要避光保存。

6 仪器和设备

6.1 电感耦合等离子体质谱仪：能够扫描的质量范围为 $5 \text{ amu} \sim 250 \text{ amu}$ ，分辨率为 10%峰高处的峰宽介于 $0.6 \text{ amu} \sim 0.8 \text{ amu}$ 。

6.2 微波消解仪：功率为 $400 \text{ W} \sim 1600 \text{ W}$ ，控温精度为 $\pm 2.5 \text{ }^\circ\text{C}$ ，具有程序化功率设定功能，配有聚四氟乙烯或其他耐高温高压耐腐蚀材质的微波消解罐。

6.3 电热板：控温精度为 $\pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ ，温度 $\geq 200 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

6.4 分析天平：分度值为 0.1 mg 。

6.5 坩埚：聚四氟乙烯材质， 50 ml 。

6.6 一般实验室常用仪器和设备。

7 样品

7.1 样品采集和保存

土壤样品按照 HJ/T 166 和 GB/T 32722 的相关规定采集和保存，沉积物样品按照 HJ 494、GB 17378.3 和 HJ 442.4 的相关规定采集和保存。

7.2 样品的制备

除去样品中的异物（枝棒、叶片、石子等），分别按照 HJ/T 166 和 GB 17378.5 的相关要求制备土壤及沉积物样品。土壤样品一份用于测定干物质含量，另一份用于制备试样。沉积物样品一份用于测定含水率，另一份用于制备试样。

7.3 水分的测定

土壤样品干物质含量的测定按照 HJ 613 执行，沉积物样品含水率的测定按照 GB 17378.5 执行。

7.4 试样的制备

7.4.1 微波消解法

称取 $0.1 \text{ g} \sim 0.5 \text{ g}$ （精确至 0.1 mg ）样品（7.2）于微波消解罐中，沿内壁滴加少量实验用水润湿样品，加入 9 ml 硝酸（5.1）和 3 ml 盐酸（5.4），充分混匀、反应平稳后，加盖拧紧，将消解罐装入微波消解仪（6.2）中。参照表 1 的升温程序进行微波消解，消解结束后冷却至室温。从微波消解仪（6.2）中取出消解罐，在通风橱中缓缓泄压放气，打开消解罐，将消解罐内的内容物全部转移至坩埚（6.5）中，用少许实验用水洗涤消解罐及盖子，一并转移至坩埚中。在坩埚中加入 2 ml 氢氟酸（5.2），将坩埚置于电热板（6.3）上， $120 \text{ }^\circ\text{C} \sim 140 \text{ }^\circ\text{C}$ 加热至内容物呈不流动的粘稠状态。为达到良好的飞硅效果，加热时应经常摇动坩埚。取下坩埚，冷却至室温，加入 1 ml 高氯酸（5.3）， $160 \text{ }^\circ\text{C} \sim 180 \text{ }^\circ\text{C}$ 继续加热至白烟几乎冒尽，内容物呈粘稠状态。取下坩埚、稍冷，滴加少量硝酸溶液（5.5）冲洗坩埚内壁，温

热溶解内容物，冷却至室温后，转移至 50 ml 容量瓶中，用少量硝酸溶液（5.5）反复多次洗涤坩埚内壁，洗涤液一并转入容量瓶中，用硝酸溶液（5.5）定容至标线，摇匀，保存于聚乙烯瓶中，待测。

表 1 微波消解参考升温程序

步骤	升温时间 (min)	消解温度 (°C)	保持时间 (min)
1	7	室温→120	3
2	5	120→160	3
3	5	160→180	25

7.4.2 电热板消解法

称取 0.1 g~0.5 g（精确至 0.1 mg）样品（7.2）于坩埚（6.5）中，沿内壁滴加实验用水润湿样品，加入 10 ml 盐酸（5.4），于通风橱内电热板（6.3）上 90 °C~100 °C 加热，使样品初步分解。待内容物蒸发至剩余约 5 ml 时，加入 15 ml 硝酸（5.1），120 °C~140 °C 加热至无明显颗粒，加入 5 ml 氢氟酸（5.2），120 °C~140 °C 加热至内容物呈不流动的粘稠状态。为达到良好的飞硅效果，加热时应经常摇动坩埚。取下坩埚，冷却至室温，加入 1 ml 高氯酸（5.3），160 °C~180 °C 继续加热至白烟几乎冒尽，内容物呈粘稠状态。取下坩埚、稍冷，滴加少量硝酸溶液（5.5）冲洗坩埚内壁，温热溶解内容物，冷却至室温后，转移至 50 ml 容量瓶中，用少量硝酸溶液（5.5）反复多次洗涤坩埚内壁，洗涤液一并转入容量瓶中，用硝酸溶液（5.5）定容至标线，摇匀，保存于聚乙烯瓶中，待测。

注 1：若坩埚内有黑色物存在，表明消解不完全。向坩埚中补加 1 ml 高氯酸（5.3）并在 160 °C~180 °C 下加盖反应，至黑色物消失后开盖继续加热至白烟几乎冒尽，内容物呈粘稠状态。

注 2：土壤和沉积物样品种类较多、基体差异悬殊，消解时可适当调整酸试剂用量和消解温度等条件。

注 3：在满足本方法原理和质量控制要求的前提下，经验证后可使用其他自动或手动消解方法。

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，保证空白试样和试样的加酸量一致。

8 分析步骤

8.1 仪器参考条件

不同型号仪器的最佳工作条件不同，应按照仪器使用说明书设定标准模式、反应模式或碰撞模式。仪器操作参考条件见表 2。干扰方程见附录 B 中的表 B.2，质量数、内标元素和分析模式的选取见附录 B 中的表 B.3。

表 2 仪器操作参考条件

功率 (W)	采样锥和截取锥材质	载气流速 (L/min)	冷却气流速 (L/min)	检测方式
1550	Pt 或 Ni	0.96	15	跳峰，自动测定 3 次

8.2 仪器调谐

点燃等离子体后，仪器预热稳定 30 min。用调谐溶液（5.11）对仪器性能进行优化，使仪器的灵敏

度、氧化物、双电荷、质量轴和分辨率满足要求，且质谱仪给出的调谐溶液中所含元素信号强度的相对标准偏差应 $\leq 5\%$ 。

8.3 标准曲线的建立

分别移取一定体积的多元素标准使用液（5.8）于同一组容量瓶中，用硝酸溶液（5.5）定容、混匀，配制成系列标准溶液，其参考浓度见表3，标准曲线的浓度范围可根据实际需要进行合理调整。内标标准使用液（5.10）可以直接加入到系列标准溶液中，也可以在样品雾化之前通过蠕动泵在线加入。标准系列中内标元素浓度应保持一致。

按照浓度由低到高的顺序依次测定标准系列，以各目标元素的质量浓度为横坐标，以经内标校正后的对应元素信号响应值为纵坐标，建立标准曲线的线性回归方程。

表3 各元素标准溶液系列参考浓度

元素	标准溶液浓度（ $\mu\text{g/L}$ ）						
	0	0.50	1.00	2.00	5.00	10.0	20.0
Ag、Bi、Cd、Tl	0	0.50	1.00	2.00	5.00	10.0	20.0
Be、Mo、Sb	0	0.50	1.00	5.00	10.0	20.0	50.0
As、Co、Cr、Cu、Li、Ni、Pb、V、Zn	0	5.00	10.0	20.0	50.0	100	200
Ba、Mn、Sr	0	10.0	20.0	50.0	100	200	500

8.4 试样测定

试样（7.4）测定前，用硝酸溶液（5.5）冲洗系统直到信号降至最低，待分析信号稳定后才可开始测定。在试样中加入与标准曲线相同量的内标标准使用液（5.10）。按照与建立标准曲线（8.3）相同的仪器分析条件和操作步骤进行试样的测定。若试样中待测元素浓度超出标准曲线范围，用硝酸溶液（5.5）适当稀释后重新测定。

8.5 空白试验

按照与试样测定（8.4）相同的仪器条件（8.1）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 土壤样品中待测元素的含量 w_i （ mg/kg ）按照公式（1）计算：

$$w_i = \frac{(\rho_i \times f - \rho_{0i}) \times V}{m \times w_{dm} \times 1000} \quad (1)$$

式中： w_i ——土壤样品中待测元素的含量， mg/kg ；

ρ_i ——由标准曲线计算所得试样中待测元素的质量浓度， $\mu\text{g/L}$ ；

ρ_{0i} ——空白试样中对应待测元素的质量浓度， $\mu\text{g/L}$ ；

V ——消解后试样的定容体积， ml ；

f ——试样的稀释倍数；

m ——称取土壤样品的质量， g ；

w_{dm} ——土壤样品干物质含量， $\%$ 。

9.1.2 沉积物样品中待测元素的含量 w_i （ mg/kg ）按照公式（2）计算：

$$w_i = \frac{(\rho_i \times f - \rho_{0i}) \times V}{m \times (1 - w) \times 1000} \quad (2)$$

式中： w_i ——沉积物样品中待测元素的含量，mg/kg；

ρ_i ——由标准曲线计算所得试样中待测元素的质量浓度， $\mu\text{g/L}$ ；

ρ_{0i} ——空白试样中对应待测元素的质量浓度， $\mu\text{g/L}$ ；

V ——消解后试样的定容体积，ml；

f ——试样的稀释倍数；

m ——称取沉积物样品的质量，g；

w ——沉积物样品含水率，%。

9.2 结果表示

测定结果小数点后位数的保留与方法检出限一致，最多保留 3 位有效数字。

10 准确度

10.1 精密度

六家实验室采用微波消解法对含 19 种金属元素的 GSS-5、GSS-7、GSS-25、GSS-27、GSD-7a、GSD-12、GSD-15、GSD-19、水稻土、红壤、黄壤、灰钙土和棕壤共 13 种统一有证标准物质及实际样品进行了 6 次重复测定，各金属元素实验室内相对标准偏差为 0~24%，实验室间相对标准偏差为 0.75%~24%，重复性限为 0.02 mg/kg~223 mg/kg，再现性限为 0.03 mg/kg~245 mg/kg。

六家实验室采用电热板消解法对含 19 种金属元素的 GSS-5、GSS-7、GSS-25、GSS-27、GSD-7a、GSD-12、GSD-15、GSD-19、水稻土、红壤、黄壤、灰钙土和棕壤共 13 种统一有证标准物质及实际样品进行了 6 次重复测定，各金属元素实验室内相对标准偏差为 0~20%，实验室间相对标准偏差为 0.93%~21%，重复性限为 0.01 mg/kg~149 mg/kg，再现性限为 0.02 mg/kg~276 mg/kg。

精密度数据参见附录 D 中的表 D.1 和表 D.2。

10.2 正确度

六家实验室采用微波消解法对含 19 种金属元素的 GSS-5、GSS-7、GSS-25、GSS-27、GSD-7a、GSD-12、GSD-15、GSD-19 共 8 种统一有证标准物质进行了 6 次重复测定，各金属元素的相对误差为-13%~10%，相对误差最终值为-26%~26%。

六家实验室采用电热板消解法对含 19 种金属元素的 GSS-5、GSS-7、GSS-25、GSS-27、GSD-7a、GSD-12、GSD-15、GSD-19 等 8 种统一有证标准物质进行了 6 次重复测定，各金属元素的相对误差为-13%~12%，相对误差最终值为-31%~38%。

正确度数据参见附录 D 中的表 D.3 和表 D.4。

11 质量保证和质量控制

11.1 每批样品至少分析 2 个空白试样（7.5），各元素测定结果均应低于测定下限。

11.2 每次分析应建立标准曲线，相关系数应 ≥ 0.999 。

11.3 每 20 个样品或每批次（少于 20 个样品/批）应分析 1 个平行样，平行样品测定结果的相对偏差应在 $\pm 25\%$ 以内。

11.4 每 20 个样品或每批次（少于 20 个样品/批）应同时测定 1 个有证标准物质，其测定结果与标准值的相对误差应在±25%以内。

11.5 每次分析试样时，内标响应回收率应为 70%~130%，否则说明仪器发生漂移或有干扰产生，应查明原因后重新分析。

11.6 连续分析测试时，每 20 个样品或每批次（少于 20 个样品/批）样品分析结束后，进行一次标准系列中间浓度点核查，中间浓度点测定值与标准值的相对误差应控制在±10%以内。

12 废物处置

实验过程中产生的废物应集中收集，分类保存，并做好相应标识，依法处置。

13 注意事项

13.1 如果测定高浓度样品，应用硝酸溶液（5.5）稀释后测定，亦或选用其他合适仪器。

13.2 定容后的试样应尽快分析，如果留样保存，应移至硬质聚丙烯或聚四氟乙烯材质容器。

13.3 每次测试样品后应用硝酸溶液（5.5）清洗锥体和系统。

13.4 如果发现样品中含有内标元素，需要更换内标或适当提高内标元素浓度。

13.5 Ag 和 Cd 等元素受氧化物干扰严重，仪器调谐（8.2）时宜通过增加碰撞气流量等方式降低氧化物产率。

附 录 A
(规范性附录)
方法检出限和测定下限

表 A.1 为本标准的方法检出限和测定下限。

表 A.1 方法检出限和测定下限

元素	检出限 (mg/kg)	测定下限 (mg/kg)
Ag	0.03	0.12
As	0.2	0.8
Ba	1	4
Be	0.02	0.08
Bi	0.1	0.4
Cd	0.03	0.12
Co	0.06	0.24
Cr	2	8
Cu	0.7	2.8
Li	0.1	0.4
Mn	2	8
Mo	0.1	0.4
Ni	2	8
Pb	1	4
Sb	0.3	1.2
Sr	0.8	3.2
Tl	0.02	0.08
V	0.4	1.6
Zn	5	20

附 录 B
(资料性附录)

质谱型干扰、干扰校正方程、推荐质量数、内标元素与分析模式

表 B.1 给出了电感耦合等离子体质谱法测定中主要的质谱型干扰；表 B.2 给出了常用的干扰校正方程；表 B.3 给出了各元素的推荐质量数、内标元素与分析模式等测定参考参数。

表 B.1 电感耦合等离子体质谱法测定金属元素的主要质谱型干扰

元素	质量数	多原子离子干扰	同量异位素干扰	氧化物干扰	双电荷干扰
Ag	107	NbN ⁺	-	ZrO ⁺ , YO ⁺	-
	109	-	-	NbO ⁺ , ZrO ⁺	-
As	75	ArCl ⁺ , CaCl ⁺	-	CoO ⁺	Nd ⁺⁺ , Sm ⁺⁺
Ba	135	-	La ⁺ , Ce ⁺	-	-
Cd	111	MoOH ⁺ , ZrOH ⁺	-	MoO ⁺	-
	114	MoOH ⁺	Sn ⁺	MoO ⁺ , RuO ⁺	-
Co	59	CaOH ⁺ , MgCl ⁺	-	CaO ⁺	Sn ⁺⁺
Cr	52	ArC ⁺ , ClOH ⁺	-	ArO ⁺	-
	53	ArOH ⁺	Fe ⁺	ClO ⁺ , ArO ⁺	-
Cu	63	ArNa ⁺ , MgCl ⁺	-	TiO ⁺	-
	65	SOOH ⁺	-	TiO ⁺	Ba ⁺⁺
Mn	55	NaS ⁺ , ArOH ⁺ , ArNH ⁺	-	ArO ⁺ , ClO ⁺ , KO ⁺	-
Mo	98	-	Ru ⁺	KrO ⁺	-
Ni	58	CaN ⁺ , NaCl ⁺ , MgS ⁺	Fe ⁺	ArO ⁺ , CaO ⁺	Sn ⁺⁺
	60	CaOH ⁺ , MgCl ⁺ , NaCl ⁺	-	CaO ⁺	Sn ⁺⁺
Sb	123	-	Te ⁺	-	-
Sr	88	-	-	-	Yb ⁺⁺
V	51	SOH ⁺ , CIN ⁺ , ArNH ⁺	-	ClO ⁺	-
Zn	64	AlCl ⁺ , SS ⁺ , FeC ⁺	Ni ⁺	CaO ⁺	-
	66	PCl ⁺ , SS ⁺ , FeC ⁺	-	TiO ⁺	Ba ⁺⁺
	68	FeN ⁺ , PCl ⁺ , ArS ⁺ , FeC ⁺ , SS ⁺ , ArNN ⁺	-	CrO ⁺	Nd ⁺⁺ , Sm ⁺⁺ , Ba ⁺⁺ , Ce ⁺⁺

表 B.2 电感耦合等离子体质谱法测定中常用的干扰校正方程

同位素	干扰校正方程	适用模式
^{51}V	$^{51}\text{M}-3.127 \times (^{53}\text{M}-0.113 \times ^{52}\text{M})$	标准
^{75}As	$^{75}\text{M}-3.127 \times (^{77}\text{M}-0.815 \times ^{82}\text{M})$	标准
^{98}Mo	$^{98}\text{M}-0.146 \times ^{99}\text{M}$	标准
^{111}Cd	$^{111}\text{M}-1.073 \times ^{108}\text{M}-0.712 \times ^{106}\text{M}$	标准
^{114}Cd	$^{114}\text{M}-0.027 \times ^{118}\text{M}-1.63 \times ^{108}\text{M}$	标准
^{114}Cd	$^{114}\text{M}-0.027 \times ^{118}\text{M}$	碰撞
^{208}Pb	$^{206}\text{M}+^{207}\text{M}+^{208}\text{M}$	标准、碰撞

注：“M”为元素通用符号。

表 B.3 各元素推荐质量数、内标元素与分析模式

元素	质量数	内标元素	分析模式
Ag	107、109	Rh	碰撞、反应
As	75	Ge、Rh	碰撞、反应
Ba	135	Rh	碰撞、标准、反应
Be	9	Ge、Rh	标准、碰撞、反应
Bi	209	Re	标准、碰撞、反应
Cd	111、114	Rh	碰撞、反应
Co	59	Ge、Rh	标准、碰撞、反应
Cr	52	Ge	碰撞、反应
Cu	63、65	Ge、Rh	碰撞、标准、反应
Li	7	Rh	标准、碰撞、反应
Mn	55	Ge	碰撞、标准、反应
Mo	95、98	Rh	碰撞、标准、反应
Ni	60	Ge、Rh	标准、碰撞、反应
Pb	208	Re	标准、碰撞、反应
Sb	121	Rh	标准、碰撞、反应
Sr	88	Ge	碰撞、标准、反应
Tl	205	Re	标准、碰撞、反应
V	51	Ge	碰撞、反应
Zn	66	Ge	碰撞、标准、反应

附录 C

(资料性附录)

单元素标准贮备液的配制

表 C.1 为推荐的单元素标准贮备液配制方法。

表 C.1 单元素标准贮备液配制方法

元素	配制方法	浓度 (mg/L)
Ag	准确称取 0.158 g (精确至 0.1 mg) 硝酸银 (AgNO ₃)，置于烧杯中，加入 10 ml 硝酸溶液 (1+1) 溶解，冷却后移入 100 ml 容量瓶中，用水稀释至刻度，摇匀。硝酸银使用前经 105 °C 干燥 2 h，置于硅胶干燥器中备用。	1000
As	准确称取 0.153 g (精确至 0.1 mg) 五氧化二砷 (As ₂ O ₅)，置于烧杯中，加入 10 ml 硝酸溶液 (1+1) 溶解，冷却后移入 100 ml 容量瓶中，用水稀释至刻度，摇匀。五氧化二砷使用前经 105 °C 干燥 2 h，置于硅胶干燥器中备用。	1000
Ba	准确称取 0.144 g (精确至 0.1 mg) 碳酸钡 (BaCO ₃)，置于烧杯中，加入水及 20 ml 硝酸溶液 (1+1)，加热至溶解。冷却后移入 100 ml 容量瓶中，用水稀释至刻度，摇匀。碳酸钡使用前经 105 °C 干燥 2 h，置于硅胶干燥器中备用。	1000
Be	准确称取 1.96 g (精确至 0.1 mg) 硫酸铍 (BeSO ₄ ·4H ₂ O)，置于烧杯中，加水溶解，冷却后移入 100 ml 容量瓶中，加入 20 ml 硝酸溶液 (1+1)，用水稀释至刻度，摇匀。硫酸铍使用前经 105 °C 干燥 2 h，置于硅胶干燥器中备用。	1000
Bi	准确称取 0.112 g (精确至 0.1 mg) 三氧化二铋 (Bi ₂ O ₃)，置于烧杯中，加入 20 ml 硝酸溶液 (1+1)，低温加热至完全溶解。冷却后移入 100 ml 容量瓶中，用水稀释至刻度，摇匀。三氧化二铋使用前经 105 °C 干燥 2 h，置于硅胶干燥器中备用。	1000
Cd	准确称取 0.114 g (精确至 0.1 mg) 氧化镉 (CdO)，置于烧杯中，加入 20 ml 硝酸溶液 (1+1)，加热至溶解。冷却后移入 100 ml 容量瓶中，用水稀释至刻度，摇匀。氧化镉使用前经 105 °C 干燥 2 h，置于硅胶干燥器中备用。	1000
Co	准确称取 0.100 g (精确至 0.1 mg) 金属钴 (Co)，置于烧杯中，加入 50 ml 硝酸溶液 (1+1)，加热溶解。冷却后移入 100 ml 容量瓶中，用水稀释至刻度，摇匀。金属钴使用前用稀酸处理表面，再用去离子水或乙醇清洗，置于硅胶干燥器中备用。	1000
Cr	准确称取 0.283 g (精确至 0.1 mg) 重铬酸钾 (K ₂ Cr ₂ O ₇)，置于烧杯中，用水溶解，冷却后移入 100 ml 容量瓶中，用水稀释至刻度，摇匀。重铬酸钾使用前经 105 °C 干燥 2 h，置于硅胶干燥器中备用。	1000
Cu	准确称取 0.100 g (精确至 0.1 mg) 金属铜 (Cu)，置于烧杯中，加入 20 ml 硝酸 (1+1) 溶液，加热溶解。冷却后移入 100 ml 容量瓶中，用水稀释至刻度，摇匀。金属铜使用前用稀酸处理表面，再用去离子水或乙醇清洗，置于硅胶干燥器中备用。	1000
Li	准确称取 0.532 g (精确至 0.1 mg) 碳酸锂 (Li ₂ CO ₃)，置于烧杯中，加入 5 ml 水润湿，盖上表面皿，缓慢滴加 20 ml 硝酸溶液 (1+1)，低温加热至全部溶解。冷却后移入 100 ml 容量瓶中，用水稀释至刻度，摇匀。碳酸锂使用前经 105 °C 干燥 2 h，置于硅胶干燥器中备用。	1000
Mn	准确称取 0.100 g (精确至 0.1 mg) 金属锰 (Mn)，置于烧杯中，加入 10 ml 硝酸溶液 (1+1)，加热溶解。冷却后移入 100 ml 容量瓶中，用水稀释至刻度，摇匀。金属锰使用前用稀酸处理表面，再用去离子水或乙醇清洗，置于硅胶干燥器中备用。	1000
Mo	准确称取 0.204 g (精确至 0.1 mg) 钼酸铵 [(NH ₄) ₂ MoO ₄]，置于烧杯中，加入 20 ml 硝酸溶液 (1+1) 溶解，冷却后移入 100 ml 容量瓶中，用水稀释至刻度，摇匀。钼酸铵使用前经 105 °C 干燥 2 h，置于硅胶干燥器中备用。	1000
Ni	准确称取 0.100 g (精确至 0.1 mg) 金属镍 (Ni)，置于烧杯中，加入 10 ml 硝酸溶液 (1+1) 溶解，加热蒸发至近干，加 1% 硝酸溶解，冷却后移入 100 ml 容量瓶中，用水稀释至刻度，摇匀。金属镍使用前用稀酸处理表面，再用去离子水或乙醇清洗，置于硅胶干燥器中备用。	1000

续表

元素	配制方法	浓度 (mg/L)
Pb	准确称取 0.160 g (精确至 0.1 mg) 硝酸铅[Pb(NO ₃) ₂], 置于烧杯中, 加入 20 ml 硝酸溶液 (1+1) 溶解, 冷却后移入 100 ml 容量瓶中, 用水稀释至刻度, 摇匀。硝酸铅使用前经 105 °C 干燥 2 h, 置于硅胶干燥器中备用。	1000
Sb	准确称取 0.120 g (精确至 0.1 mg) 三氧化二锑 (Sb ₂ O ₃), 置于烧杯中, 加入 20 ml 硝酸溶液 (1+1) 溶解, 冷却后移入 100 ml 容量瓶中, 用水稀释至刻度, 摇匀。三氧化二锑使用前经 105 °C 干燥 2 h, 置于硅胶干燥器中备用。	1000
Sr	准确称取 0.242 g (精确至 0.1 mg) 硝酸锶[Sr(NO ₃) ₂], 置于烧杯中, 用水润湿。加入 20 ml 硝酸溶液 (1+1), 低温加热至溶解。冷却后移入 100 ml 容量瓶中, 用水稀释至刻度, 摇匀。硝酸锶使用前经 105 °C 干燥 2h, 置于硅胶干燥器中备用。	1000
Tl	准确称取 0.130 g (精确至 0.1 mg) 硝酸铊 (TlNO ₃), 置于烧杯中, 加入 20 ml 硝酸溶液 (1+1) 溶解, 冷却后移入 100 ml 容量瓶中, 用水稀释至刻度, 摇匀。硝酸铊使用前经 105 °C 干燥 2 h, 置于硅胶干燥器中备用。	1000
V	准确称取 0.230 g (精确至 0.1 mg) 偏钒酸铵 (NH ₄ VO ₃), 置于烧杯中, 加入 10 ml 硝酸溶液 (1+1) 溶解。必要时加热, 直至完全溶解。冷却后移入 100 ml 容量瓶中, 用水稀释至刻度, 摇匀。偏钒酸铵使用前经 105 °C 干燥 2 h, 置于硅胶干燥器中备用。	1000
Zn	准确称取 0.124 g (精确至 0.1 mg) 氧化锌 (ZnO), 置于烧杯中, 用水润湿。加入 40 ml 硝酸溶液 (1+1), 低温加热至溶解。冷却后移入 100 ml 容量瓶中, 用水稀释至刻度, 摇匀。氧化锌使用前经 105 °C 干燥 2 h, 置于硅胶干燥器中备用。	1000

附 录 D
(资料性附录)
方法的准确度

表 D.1~表 D.4 为本标准的精密度和正确度汇总表。

表 D.1 精密度汇总 (微波消解)

元素	样品	平均值 (mg/kg)	实验室内相对标准 偏差 (%)	实验室间相对标准 偏差 (%)	重复性限 (mg/kg)	再现性限 (mg/kg)
Ag	土壤标样 1	4.44	2.1~6.9	4.4	0.61	0.78
	土壤标样 4	0.15	0.12~4.8	4.8	0.03	0.03
	沉积物标样 1	1.14	0.80~8.7	7.5	0.17	0.28
	沉积物标样 2	1.14	1.4~5.4	5.4	0.13	0.21
	沉积物标样 3	0.15	0.70~8.7	5.6	0.02	0.03
As	土壤标样 1	397	0.80~4.8	5.2	26	63
	土壤标样 2	4.8	1.6~12	8.3	0.8	1.3
	土壤标样 3	12.3	1.3~10	4.2	1.6	2.1
	土壤标样 4	13.5	1.7~9.7	1.3	2.0	1.9
	沉积物标样 1	11.0	0.90~9.1	6.7	1.8	2.7
	沉积物标样 2	108	1.3~5.4	3.9	9.6	15
	沉积物标样 3	14.3	2.0~7.4	6.5	1.9	3.1
	沉积物标样 4	3.1	1.8~16	4.8	0.9	0.9
	实际样品 1	37.9	1.9~6.7	14	4.5	15
	实际样品 2	11.5	2.0~24	13	4.7	5.9
	实际样品 3	31.3	2.0~4.3	10	3.0	9.6
实际样品 4	12.8	2.0~14	3.3	2.7	2.7	
Ba	土壤标样 1	289	1.9~7.8	3.5	33	41
	土壤标样 2	175	0.60~9.2	7.6	24	43
	土壤标样 3	499	1.0~2.6	0.75	22	23
	土壤标样 4	495	1.3~5.6	2.9	39	54
	沉积物标样 1	428	1.1~4.1	2.8	28	43
	沉积物标样 2	203	2.1~5.8	2.1	22	23
	沉积物标样 3	453	0.80~3.4	1.4	28	31
	沉积物标样 4	553	0.90~12	3.1	78	86
	实际样品 1	342	0.60~9.0	4.2	39	53
	实际样品 2	271	0.90~3.2	5.6	17	46
	实际样品 3	186	0.30~5.1	8.3	17	46
	实际样品 4	533	0.82~2.1	3.5	23	56
	实际样品 5	384	1.4~3.3	2.9	29	41

元素	样品	平均值 (mg/kg)	实验室内相对标准 偏差 (%)	实验室间相对标准 偏差 (%)	重复性限 (mg/kg)	再现性限 (mg/kg)
Be	土壤标样 1	1.87	2.7~15	9.2	0.42	0.61
	土壤标样 2	2.50	0~13	10	0.61	0.88
	土壤标样 3	1.89	3.5~7.3	5.4	0.61	0.63
	土壤标样 4	2.33	2.0~7.1	5.6	0.33	0.47
	沉积物标样 1	1.59	4.1~19	5.5	0.44	0.47
	沉积物标样 2	8.11	1.0~16	2.5	1.7	1.7
	沉积物标样 3	2.14	1.4~20	5.1	0.53	0.57
	沉积物标样 4	1.80	1.3~8.8	6.2	0.26	0.39
	实际样品 1	7.19	1.6~5.4	9.0	0.81	1.9
	实际样品 2	4.25	2.5~5.5	24	0.48	2.9
	实际样品 3	1.37	1.0~4.7	8.9	0.13	0.36
	实际样品 4	2.09	1.9~6.5	18	0.27	1.1
	实际样品 5	1.48	1.3~6.9	16	0.17	0.67
Bi	土壤标样 1	40.6	0.80~6.9	5.0	4.6	7.1
	土壤标样 2	0.2	3.0~20	8.4	0.1	0.1
	土壤标样 3	0.3	2.3~3.4	1.6	0.1	0.1
	土壤标样 4	0.8	0.60~2.7	5.0	0.1	0.1
	沉积物标样 1	0.2	2.2~11	7.0	0.1	0.1
	沉积物标样 2	10.5	1.8~4.8	7.3	1.0	2.3
	沉积物标样 3	0.5	1.0~6.0	5.4	0.1	0.1
	沉积物标样 4	0.2	2.3~9.8	3.0	0.1	0.1
	实际样品 1	45.8	0.50~9.2	4.7	6.1	8.2
	实际样品 2	0.7	1.4~9.8	9.7	0.1	0.2
	实际样品 3	0.8	0.30~4.5	6.4	0.1	0.2
	实际样品 4	0.3	0.70~19	9.0	0.1	0.1
	实际样品 5	0.2	0.70~9.3	4.5	0.1	0.1
Cd	土壤标样 1	0.43	2.4~7.7	10	0.07	0.14
	土壤标样 3	0.17	0.90~17	6.0	0.04	0.04
	土壤标样 4	0.60	1.8~16	3.6	0.13	0.13
	沉积物标样 1	5.24	1.2~21	11	1.1	1.9
	沉积物标样 2	4.23	1.6~6.3	2.4	0.40	0.47
	沉积物标样 3	0.33	1.8~8.3	4.0	0.04	0.06
	实际样品 1	1.45	0.47~12	18	0.26	0.76
	实际样品 3	0.19	2.5~4.3	15	0.02	0.08
实际样品 4	0.14	1.3~15	6.0	0.03	0.03	
Co	土壤标样 1	12.1	0.30~4.8	5.7	2.0	2.7
	土壤标样 2	98.9	1.0~24	5.3	26	28
	土壤标样 3	11.7	0.10~1.5	6.7	1.9	2.8
	土壤标样 4	18.7	0.90~3.4	3.2	1.3	2.0
	沉积物标样 1	14.8	1.6~13	5.0	2.4	3.0
	沉积物标样 2	8.42	0.60~4.7	6.4	0.68	1.6
	沉积物标样 3	9.80	1.0~11	4.1	1.3	1.6

续表

元素	样品	平均值 (mg/kg)	实验室内相对标准 偏差 (%)	实验室间相对标准 偏差 (%)	重复性限 (mg/kg)	再现性限 (mg/kg)
Co	沉积物标样 4	19.1	0.60~8.6	3.2	2.2	2.6
	实际样品 1	7.42	1.5~8.7	13	1.2	2.9
	实际样品 2	6.04	2.7~9.1	14	1.1	2.6
	实际样品 3	16.0	0.70~6.9	12	1.9	5.7
	实际样品 4	12.1	1.2~11	13	2.0	4.7
	实际样品 5	8.32	0.60~9.5	12	1.2	2.9
Cr	土壤标样 1	120	1.8~9.4	5.9	17	25
	土壤标样 2	410	1.1~16	3.8	85	89
	土壤标样 3	66	1.7~4.6	3.2	6	80
	土壤标样 4	93	2.1~5.0	5.6	9	17
	沉积物标样 1	43	1.4~9.3	2.4	6	7
	沉积物标样 2	36	2.2~4.4	4.9	3	6
	沉积物标样 3	61	1.0~14	5.5	13	15
	沉积物标样 4	78	2.2~8.3	5.2	9	14
	实际样品 1	69	0.60~7.1	8.3	9	18
	实际样品 2	43	0.60~10	7.0	70	10
	实际样品 3	91	1.7~7.8	6.6	11	20
	实际样品 4	78	1.8~13	3.9	14	15
	实际样品 5	58	2.4~8.6	5.1	9	12
	Cu	土壤标样 1	143	1.6~11	2.5	19
土壤标样 2		98.7	1.2~12	4.2	15	18
土壤标样 3		23.6	0.70~6.5	4.6	2.7	3.9
土壤标样 4		53.5	1.2~4.2	4.9	3.4	7.9
沉积物标样 1		22.6	0.70~12	3.6	4.2	4.2
沉积物标样 2		1228	1.2~3.3	1.4	73	82
沉积物标样 3		129	0.50~6.6	2.9	11	14
沉积物标样 4		42.8	0.70~5.5	2.8	4.1	5.0
实际样品 1		171	1.2~2.5	2.3	9.4	14
实际样品 2		16.2	2.0~9.7	15	2.8	7.2
实际样品 3		28.8	1.5~2.8	13	2.1	11
实际样品 4		24.5	1.2~9.6	11	3.5	8.2
实际样品 5		13.5	1.4~9.5	15	2.0	5.8
Li		土壤标样 1	56.6	1.1~6.6	2.4	6.3
	土壤标样 2	19.7	1.2~13	4.7	3.5	4.1
	土壤标样 3	31.6	1.1~4.4	3.5	2.6	3.9
	土壤标样 4	41.7	1.5~5.3	4.9	4.3	6.9
	沉积物标样 1	36.1	0.90~11	4.6	5.4	6.8
	沉积物标样 2	38.9	1.7~6.1	3.9	3.8	5.5
	沉积物标样 3	20.8	1.0~9.5	3.8	3.1	3.6
	沉积物标样 4	42.9	0.90~5.2	4.3	4.2	6.4
	实际样品 1	182	0.90~6.6	5.4	20	33
	实际样品 2	27.2	2.1~5.9	12	2.9	9.3

元素	样品	平均值 (mg/kg)	实验室内相对标准 偏差 (%)	实验室间相对标准 偏差 (%)	重复性限 (mg/kg)	再现性限 (mg/kg)	
Li	实际样品 3	56.4	2.1~4.3	7.1	5.4	12	
	实际样品 4	32.3	0.90~4.9	4.8	2.6	4.9	
	实际样品 5	22.1	1.7~4.8	6.3	1.8	4.2	
Mn	土壤标样 1	1362	1.4~4.0	1.9	108	122	
	土壤标样 2	1777	1.7~2.3	2.1	100	138	
	土壤标样 3	629	1.0~21	5.2	150	165	
	土壤标样 4	959	1.3~3.1	1.0	54	57	
	沉积物标样 1	879	1.0~1.7	1.5	34	48	
	沉积物标样 2	1411	0.50~8.4	1.9	157	162	
	沉积物标样 3	1435	1.0~12	3.4	223	245	
	沉积物标样 4	800	2.1~4.5	2.5	68	84	
	实际样品 1	461	0.70~12	7.2	81	118	
	实际样品 2	217	1.3~13	5.3	46	53	
	实际样品 3	833	1.2~13	2.4	136	136	
	实际样品 4	669	1.4~14	5.5	121	151	
	实际样品 5	480	1.2~11	5.6	75	102	
	Mo	土壤标样 1	4.8	0.80~14	3.5	0.8	0.9
土壤标样 2		3.0	1.4~15	6.7	0.6	0.8	
土壤标样 3		0.7	1.0~10	5.0	0.1	0.1	
土壤标样 4		0.9	1.9~14	5.1	0.2	0.2	
沉积物标样 1		0.8	1.5~13	6.3	0.1	0.2	
沉积物标样 2		8.7	1.9~18	3.2	2.0	2.0	
沉积物标样 3		0.9	1.2~18	4.7	0.2	0.2	
沉积物标样 4		0.8	1.6~12	5.5	0.2	0.2	
实际样品 1		11	0.40~15	7.9	3.0	3.8	
实际样品 2		0.9	0.50~10	7.8	0.1	0.2	
实际样品 3		2.9	0.40~3.0	8.7	0.2	0.7	
实际样品 4		0.8	0.70~6.3	9.0	0.1	0.2	
Ni		土壤标样 1	41	0.60~11	3.8	7	8
		土壤标样 2	275	0.90~14	3.3	47	50
	土壤标样 3	31	1.5~5.6	8.0	4	8	
	土壤标样 4	44	1.7~12	5.7	8	10	
	沉积物标样 1	22	1.9~12	3.4	4	4	
	沉积物标样 2	12	0.70~7.9	4.0	2	2	
	沉积物标样 3	19	1.2~11	3.7	3	3	
	沉积物标样 4	70	1.0~6.6	3.6	8	10	
	实际样品 1	27	1.3~7.2	15	3	12	
	实际样品 2	14	2.8~8.1	16	2	6	
	实际样品 3	32	0.80~10	15	5	14	
	实际样品 4	32	1.4~12	17	6	16	
	实际样品 5	20	0.70~10	15	3	9	

续表

元素	样品	平均值 (mg/kg)	实验室内相对标准 偏差 (%)	实验室间相对标准 偏差 (%)	重复性限 (mg/kg)	再现性限 (mg/kg)
Pb	土壤标样 1	567	1.3~6.5	3.6	64	81
	土壤标样 2	13	1.4~14	3.6	3	3
	土壤标样 3	22	1.6~9.2	2.4	3	3
	土壤标样 4	42	0.40~11	4.5	6	8
	沉积物标样 1	565	0.50~5.3	3.5	48	70
	沉积物标样 2	291	0.60~5.0	3.8	24	38
	沉积物标样 3	217	0.80~8.9	2.8	23	27
	沉积物标样 4	19	0.55~8.6	0.96	3	3
	实际样品 1	69	1.2~3.5	9.0	5	18
	实际样品 2	48	0.80~9.2	5.3	7	10
	实际样品 3	51	0.60~8.0	3.9	7	8
	实际样品 4	21	0.70~9.1	5.3	3	4
	实际样品 5	15	1.6~12	13	3	6
Sb	土壤标样 1	37.2	1.1~8.8	5.3	4.6	6.9
	土壤标样 4	1.3	0.23~9.9	8.8	0.2	0.4
	沉积物标样 1	2.1	1.4~12	5.5	0.4	0.5
	沉积物标样 2	24.3	1.9~15	2.2	5.1	4.9
	实际样品 1	17.4	0.90~5.7	11	1.9	5.5
	实际样品 2	1.4	1.2~11	12	0.2	0.5
	实际样品 3	3.8	0.80~8.4	8.6	0.6	1.0
实际样品 4	1.3	1.3~12	6.8	0.2	0.3	
Sr	土壤标样 1	41.8	0.60~3.8	6.7	3.0	8.3
	土壤标样 2	26.5	1.5~11	6.3	3.7	5.8
	土壤标样 3	194	0.30~3.9	5.5	17	33
	土壤标样 4	146	1.0~4.0	4.0	9.7	19
	沉积物标样 1	234	1.7~2.9	3.9	16	30
	沉积物标样 2	23.5	2.3~6.5	10	3.1	7.2
	沉积物标样 3	169	0.60~7.0	5.5	17	30
	沉积物标样 4	118	1.2~6.3	5.1	12	20
	实际样品 1	30.7	0.80~13	21	6.9	19
	实际样品 2	16.3	1.0~20	16	4.6	8.6
	实际样品 3	45.6	0.80~9.0	14	7.6	19
实际样品 4	177	0.40~5.3	10	14	52	
实际样品 5	182	0.80~4.6	7.9	13	42	
Tl	土壤标样 1	1.75	0~5.2	7.8	0.14	0.40
	土壤标样 2	0.18	1.3~6.4	6.2	0.02	0.04
	土壤标样 3	0.57	0.97~6.1	5.1	0.06	0.10
	土壤标样 4	0.65	0.70~5.4	3.3	0.06	0.08
	沉积物标样 1	0.43	0.96~9.1	10	0.09	0.15
	沉积物标样 2	1.73	1.3~5.6	6.5	0.15	0.34
	沉积物标样 3	0.88	0.60~2.7	5.2	0.03	0.13
	沉积物标样 4	0.74	0.80~3.8	3.7	0.05	0.09

元素	样品	平均值 (mg/kg)	实验室内相对标准 偏差 (%)	实验室间相对标准 偏差 (%)	重复性限 (mg/kg)	再现性限 (mg/kg)
Tl	实际样品 1	2.01	1.4~4.9	8.3	0.20	0.50
	实际样品 2	2.37	0~8.1	5.2	0.30	0.44
	实际样品 3	0.78	0~5.0	4.3	0.07	0.11
	实际样品 4	0.61	0~9.1	5.0	0.07	0.11
	实际样品 5	0.35	0.40~12	14	0.07	0.15
V	土壤标样 1	167	1.2~9.3	4.9	22	31
	土壤标样 2	246	1.1~11	5.4	38	51
	土壤标样 3	77.7	0.30~3.1	3.0	4.6	7.8
	土壤标样 4	121	0.50~3.1	1.2	8.0	8.3
	沉积物标样 1	76.3	0.80~11	4.1	11	14
	沉积物标样 2	45.8	0.90~6.5	3.9	4.7	6.5
	沉积物标样 3	78.0	0.90~10	4.4	11	14
	沉积物标样 4	120	0.40~3.1	3.8	7.6	15
	实际样品 1	98.2	1.0~3.7	17	5.9	46
	实际样品 2	92.2	1.5~9.5	7.0	14	22
	实际样品 3	206	1.1~7.1	15	21	89
	实际样品 4	87.5	0.90~11	11	14	30
	实际样品 5	72.1	1.6~7.9	11	8.8	24
Zn	土壤标样 1	497	0.50~4.3	3.1	36	54
	土壤标样 2	141	2.1~7.8	3.0	17	19
	土壤标样 3	66	1.2~9.4	4.8	9	12
	土壤标样 4	126	1.1~7.4	1.7	13	13
	沉积物标样 1	781	1.1~2.2	1.1	38	42
	沉积物标样 2	515	1.0~16	5.9	108	130
	沉积物标样 3	204	1.6~4.0	4.0	15	27
	沉积物标样 4	71	0.60~6.1	1.9	6	7
	实际样品 1	125	1.5~3.9	7.3	9	27
	实际样品 2	64	2.6~5.7	7.3	7	15
	实际样品 3	93	1.0~2.3	14	6	36
	实际样品 4	66	0.90~2.7	5.1	4	10
	实际样品 5	66	0.50~2.5	2.7	3	6

注 1: 标准土壤样品编号。1: GBW07405 (GSS-5); 2: GBW07407 (GSS-7); 3: GBW07454 (GSS-25); 4: GBW07456 (GSS-27)。

注 2: 标准沉积物样品编号。1: GBW07307a (GSD-7a); 2: GBW07312 (GSD-12); 3: GBW07358 (GSD-15); 4: GBW07362 (GSD-19)。

注 3: 实际样品编号。1: 水稻土; 2: 红壤; 3: 黄壤; 4: 灰钙土; 5: 棕壤。

表 D.2 精密度汇总（电热板消解）

元素	样品	平均值 (mg/kg)	实验室内相对标准 偏差 (%)	实验室间相对标准 偏差 (%)	重复性限 (mg/kg)	再现性限 (mg/kg)
Ag	土壤标样 1	4.61	2.6~10	10	0.84	1.5
	土壤标样 4	0.15	0.70~15	5.1	0.03	0.03
	沉积物标样 1	1.15	0.90~4.5	2.5	0.10	0.11
	沉积物标样 2	1.15	1.3~6.7	2.3	0.14	0.15
	沉积物标样 3	0.14	0.70~5.4	3.4	0.02	0.02
As	土壤标样 1	399	0.80~6.7	4.4	36	59
	土壤标样 2	5.4	0.90~2.6	12	0.3	1.8
	土壤标样 3	12.5	1.3~12	4.0	1.9	2.2
	土壤标样 4	13.5	0.70~17	3.0	3.0	3.0
	沉积物标样 1	11.7	0.90~5.8	4.4	1.3	1.8
	沉积物标样 2	105	1.5~4.1	7.4	10	24
	沉积物标样 3	14.4	1.3~3.8	7.6	0.9	3.2
	沉积物标样 4	3.1	1.0~6.2	7.4	0.4	0.7
	实际样品 1	40.4	1.3~9.0	11	4.9	14
	实际样品 2	12.0	1.8~16	10	3.4	4.7
	实际样品 3	32.4	1.3~4.5	5.5	2.9	5.6
	实际样品 4	12.4	0.90~17	4.4	3.2	3.3
Ba	土壤标样 1	296	0.90~4.6	3.8	22	38
	土壤标样 2	180	1.9~16	12	35	67
	土壤标样 3	515	1.3~4.8	7.3	35	110
	土壤标样 4	510	0.90~19	6.8	33	102
	沉积物标样 1	450	0.80~3.5	7.0	26	92
	沉积物标样 2	205	0.90~5.1	3.4	22	28
	沉积物标样 3	461	1.0~6.6	6.6	44	94
	沉积物标样 4	543	0.80~2.9	5.7	27	90
	实际样品 1	336	0.60~14	4.6	59	69
	实际样品 2	269	0.45~5.0	5.2	21	44
	实际样品 3	186	0.72~5.5	9.9	23	56
	实际样品 4	517	0.48~5.1	7.7	33	116
Be	实际样品 5	374	0.70~3.5	7.5	21	81
	土壤标样 1	1.86	0~17	11	0.46	0.69
	土壤标样 2	2.45	1.2~16	4.8	0.52	0.58
	土壤标样 3	1.81	1.7~20	7.6	0.49	0.59
	土壤标样 4	2.20	1.0~14	7.4	0.37	0.57
	沉积物标样 1	1.57	1.7~5.6	5.9	0.18	0.31
	沉积物标样 2	8.01	0.60~6.2	8.1	0.81	2.0
	沉积物标样 3	2.09	1.1~5.2	7.0	0.21	0.46
	沉积物标样 4	1.82	1.3~5.8	6.3	0.20	0.40
	实际样品 1	7.40	0.60~9.7	13	1.2	3.0
实际样品 2	3.64	2.9~4.6	9.7	0.38	1.0	
实际样品 3	1.37	1.5~5.2	7.4	0.14	0.31	

元素	样品	平均值 (mg/kg)	实验室内相对标准 偏差 (%)	实验室间相对标准 偏差 (%)	重复性限 (mg/kg)	再现性限 (mg/kg)
Be	实际样品 4	1.92	0.74~5.5	5.8	0.19	0.36
	实际样品 5	1.44	0.90~6.6	5.4	0.16	0.26
Bi	土壤标样 1	40.8	2.1~7.0	5.1	4.1	6.9
	土壤标样 2	0.2	2.8~14	8.0	0.1	0.1
	土壤标样 3	0.3	0.90~3.3	4.3	0.1	0.1
	土壤标样 4	0.8	1.0~6.3	3.4	0.1	0.1
	沉积物标样 1	0.2	2.1~9.5	3.8	0.1	0.1
	沉积物标样 2	10.7	2.0~8.3	4.6	1.4	1.9
	沉积物标样 3	0.5	1.8~4.3	2.6	0.1	0.1
	沉积物标样 4	0.2	1.9~7.6	2.6	0.1	0.1
	实际样品 1	45.5	0.30~5.5	4.5	4.3	6.9
	实际样品 2	0.7	1.3~6.7	9.1	0.1	0.2
	实际样品 3	0.7	0.90~3.3	8.6	0.1	0.2
	实际样品 4	0.3	1.5~5.2	5.4	0.1	0.1
实际样品 5	0.2	1.1~13	9.8	0.1	0.1	
Cd	土壤标样 1	0.44	1.0~6.8	8.3	0.06	0.12
	土壤标样 3	0.17	2.4~5.7	8.5	0.02	0.05
	土壤标样 4	0.58	0.80~17	3.1	0.11	0.11
	沉积物标样 1	5.42	0.90~2.5	3.5	0.28	0.58
	沉积物标样 2	4.10	1.6~3.2	3.3	0.29	0.46
	沉积物标样 3	0.33	1.2~3.9	3.0	0.03	0.04
	实际样品 1	1.40	0.50~3.7	18	0.09	0.69
	实际样品 3	0.18	2.8~8.1	8.9	0.03	0.05
实际样品 4	0.13	1.5~6.8	9.0	0.02	0.04	
Co	土壤标样 1	12.3	1.1~5.4	3.9	1.2	1.7
	土壤标样 2	101	0.50~3.4	4.5	5.6	14
	土壤标样 3	12.0	0.30~2.8	5.5	0.66	2.0
	土壤标样 4	19.1	0.90~7.2	4.8	2.0	3.1
	沉积物标样 1	15.1	0.90~4.0	2.9	1.1	1.6
	沉积物标样 2	8.41	1.5~5.4	5.1	0.69	1.4
	沉积物标样 3	10.1	0.90~5.7	4.6	0.84	1.5
	沉积物标样 4	19.2	0.90~3.8	2.8	1.3	2.0
	实际样品 1	7.36	1.2~2.7	9.2	0.42	1.9
	实际样品 2	5.84	2.2~5.0	12	0.53	2.0
	实际样品 3	15.8	0.70~4.5	9.7	1.1	4.4
	实际样品 4	11.7	1.3~4.9	9.2	0.85	3.1
实际样品 5	8.24	0.80~3.0	9.3	0.48	2.2	
Cr	土壤标样 1	120	2.1~7.1	3.2	14	17
	土壤标样 2	411	1.5~3.4	4.3	26	55
	土壤标样 3	66	0.70~6.7	8.3	6	16
	土壤标样 4	94	0.90~8.8	7.2	13	22

续表

元素	样品	平均值 (mg/kg)	实验室内相对标准 偏差 (%)	实验室间相对标准 偏差 (%)	重复性限 (mg/kg)	再现性限 (mg/kg)
Cr	沉积物标样 1	43	1.0~6.2	3.4	4	5
	沉积物标样 2	35	2.0~6.0	3.0	4	5
	沉积物标样 3	62	1.1~5.8	7.7	6	15
	沉积物标样 4	76	2.3~10	4.0	10	13
	实际样品 1	67	1.6~7.0	7.6	7	16
	实际样品 2	42	1.2~4.5	6.4	3	8
	实际样品 3	87	1.6~4.6	7.7	8	20
	实际样品 4	74	1.9~6.0	4.8	8	12
	实际样品 5	56	2.8~12	9.2	11	18
Cu	土壤标样 1	145	0.40~8.0	1.6	17	17
	土壤标样 2	96.9	0.50~5.3	2.1	7.6	9.0
	土壤标样 3	23.9	0.40~11	5.9	3.6	5.1
	土壤标样 4	55.3	0.90~12	3.6	8.3	9.4
	沉积物标样 1	23.0	0.80~8.5	3.7	3.1	3.7
	沉积物标样 2	1221	1.2~3.2	1.0	65	69
	沉积物标样 3	134	0.80~7.3	3.2	14	18
	沉积物标样 4	43.0	1.3~5.4	3.1	4.1	5.3
	实际样品 1	172	0.60~2.2	4.0	7.6	21
	实际样品 2	15.8	1.1~6.0	8.8	1.7	4.2
	实际样品 3	30.0	0.84~2.8	12	1.9	9.9
	实际样品 4	23.8	1.0~6.9	9.1	2.4	6.4
	实际样品 5	12.7	0.80~3.0	11	0.8	4.1
Li	土壤标样 1	57.3	1.7~4.1	3.3	4.7	6.8
	土壤标样 2	19.8	1.2~4.2	5.3	1.5	3.2
	土壤标样 3	32.0	0.80~6.6	4.5	3.2	5.0
	土壤标样 4	41.4	0.90~3.0	5.5	2.5	6.7
	沉积物标样 1	36.9	0.80~6.5	4.3	3.7	5.6
	沉积物标样 2	38.4	1.0~3.3	3.0	2.5	4.0
	沉积物标样 3	20.4	1.4~2.5	6.2	1.1	3.7
	沉积物标样 4	42.7	1.5~3.5	3.7	3.2	5.3
	实际样品 1	184	0.30~3.0	7.8	11	41
	实际样品 2	27.7	2.0~5.3	12	3.2	9.6
	实际样品 3	56.1	0.80~5.3	12	5.2	19
	实际样品 4	33.0	1.4~3.9	5.3	2.4	5.4
	实际样品 5	22.1	1.2~11	8.6	3.0	6.0
Mn	土壤标样 1	1369	1.1~5.8	3.0	149	178
	土壤标样 2	1804	0.50~3.9	3.3	115	199
	土壤标样 3	638	0.80~5.2	5.3	46	103
	土壤标样 4	975	1.3~5.4	6.0	83	180
	沉积物标样 1	884	0.80~3.5	1.3	54	58
	沉积物标样 2	1392	1.2~4.3	2.7	104	142
	沉积物标样 3	1438	0.70~6.7	6.2	132	276

元素	样品	平均值 (mg/kg)	实验室内相对标准 偏差 (%)	实验室间相对标准 偏差 (%)	重复性限 (mg/kg)	再现性限 (mg/kg)	
Mn	沉积物标样 4	798	1.2~4.8	2.4	62	78	
	实际样品 1	448	0.30~5.2	4.9	38	71	
	实际样品 2	209	0.80~9.1	9.5	25	60	
	实际样品 3	816	1.2~3.0	2.3	50	70	
	实际样品 4	655	0.80~3.5	4.8	43	96	
	实际样品 5	475	0.90~3.1	2.0	29	38	
Mo	土壤标样 1	4.8	0.70~2.6	5.4	0.2	0.8	
	土壤标样 2	3.0	0.80~2.5	7.9	0.2	0.7	
	土壤标样 3	0.7	1.0~5.2	5.1	0.1	0.1	
	土壤标样 4	0.9	1.5~3.4	5.6	0.1	0.2	
	沉积物标样 1	0.8	1.1~4.2	3.7	0.1	0.1	
	沉积物标样 2	8.5	0.50~3.6	5.5	0.6	1.4	
	沉积物标样 3	0.9	0.80~9.1	5.5	0.1	0.2	
	沉积物标样 4	0.8	0.40~3.7	7.4	0.1	0.2	
	实际样品 1	11.8	0.60~15	9.1	3.8	4.6	
	实际样品 2	1.0	0~4.6	6.3	0.1	0.2	
	实际样品 3	2.8	0.70~2.9	7.6	0.2	0.6	
	实际样品 4	0.8	0.70~6.8	12	0.1	0.3	
	Ni	土壤标样 1	41	1.2~5.2	3.0	4	5
		土壤标样 2	275	0.90~3.3	3.6	17	32
土壤标样 3		29	0.40~20	4.8	7	7	
土壤标样 4		42	0.80~16	4.4	8	9	
沉积物标样 1		22	1.0~7.6	3.7	2	3	
沉积物标样 2		13	0.90~5.8	4.1	1	2	
沉积物标样 3		19	0.90~8.9	6.4	2	4	
沉积物标样 4		70	0.80~3.9	3.8	5	9	
实际样品 1		27	0.60~2.2	8.0	1	6	
实际样品 2		14	1.4~5.2	14	1	6	
实际样品 3		32	0.66~2.8	5.0	2	5	
实际样品 4		32	0.99~6.1	13	3	11	
实际样品 5		19	1.7~6.1	10	2	6	
Pb		土壤标样 1	568	0.70~7.3	4.0	56	86
	土壤标样 2	13	1.6~5.7	4.0	1	2	
	土壤标样 3	21	0.80~24	8.5	5	7	
	土壤标样 4	41	0.60~16	6.5	7	10	
	沉积物标样 1	561	0.70~3.4	4.3	34	75	
	沉积物标样 2	294	1.9~3.4	4.4	21	41	
	沉积物标样 3	210	1.0~2.0	2.3	9	16	
	沉积物标样 4	21	0.90~4.9	1.1	1	1	
	实际样品 1	70	0.50~1.9	4.4	3	9	
	实际样品 2	48	1.0~4.0	2.9	4	5	
	实际样品 3	50	0.90~4.4	4.3	3	7	

续表

元素	样品	平均值 (mg/kg)	实验室内相对标准 偏差 (%)	实验室间相对标准 偏差 (%)	重复性限 (mg/kg)	再现性限 (mg/kg)
Pb	实际样品 4	20	1.1~5.6	3.3	2	3
	实际样品 5	15	1.4~13	7.3	2	4
Sb	土壤标样 1	34.7	2.2~3.7	4.7	2.8	5.2
	土壤标样 4	1.3	1.2~17	7.1	0.3	0.4
	沉积物标样 1	2.1	1.4~5.2	6.7	0.2	0.4
	沉积物标样 2	23.9	1.3~4.4	3.5	1.9	2.9
	实际样品 1	17.7	0.70~4.1	12	1.0	5.9
	实际样品 2	1.4	0.80~11	16	0.2	0.6
	实际样品 3	3.7	1.0~4.7	6.6	0.3	0.8
	实际样品 4	1.2	1.0~9.8	17	0.2	0.6
Sr	土壤标样 1	40.6	1.1~11	6.8	5.4	9.2
	土壤标样 2	26.3	1.2~6.6	7.8	2.5	6.2
	土壤标样 3	194	0.60~6.0	2.4	16	20
	土壤标样 4	145	0.70~6.5	5.0	12	23
	沉积物标样 1	229	0.80~13	3.5	38	41
	沉积物标样 2	24.3	1.3~10	9.9	3.5	7.5
	沉积物标样 3	164	0.80~8.7	8.7	21	44
	沉积物标样 4	114	1.0~4.6	11	7.3	35
	实际样品 1	30.9	0.70~4.0	12	2.3	10
	实际样品 2	16.3	1.2~3.2	14	1.2	6.5
	实际样品 3	45.6	1.1~5.5	9.2	4.1	12
	实际样品 4	181	0.70~3.9	4.4	9.8	24
	实际样品 5	181	1.1~7.6	5.8	17	34
	Tl	土壤标样 1	1.69	0~6.6	8.5	0.16
土壤标样 2		0.18	1.2~4.1	11	0.01	0.06
土壤标样 3		0.58	0.97~4.0	5.1	0.04	0.09
土壤标样 4		0.68	0.70~6.5	4.5	0.06	0.10
沉积物标样 1		0.42	1.2~2.6	8.8	0.02	0.11
沉积物标样 2		1.71	1.1~15	7.6	0.34	0.48
沉积物标样 3		0.89	0.70~6.3	3.1	0.08	0.10
沉积物标样 4		0.74	1.4~7.0	2.8	0.07	0.08
实际样品 1		2.02	0.60~3.8	6.3	0.13	0.38
实际样品 2		2.36	0.60~4.2	6.1	0.19	0.44
实际样品 3		0.77	0.10~1.7	7.9	0.04	0.17
实际样品 4		0.59	0~1.6	10	0.02	0.17
实际样品 5		0.35	0~1.5	15	0.01	0.15
V		土壤标样 1	166	0.80~5.4	3.9	15
	土壤标样 2	250	1.0~2.4	4.3	11	32
	土壤标样 3	78.1	0.90~2.9	0.93	4.3	4.4
	土壤标样 4	122	0.60~2.5	2.1	4.8	9.1
	沉积物标样 1	79.7	0.90~1.9	7.7	3.6	17
	沉积物标样 2	45.9	0.90~3.5	8.3	3.0	11

续表

元素	样品	平均值 (mg/kg)	实验室内相对标准 偏差 (%)	实验室间相对标准 偏差 (%)	重复性限 (mg/kg)	再现性限 (mg/kg)
V	沉积物标样 3	80.5	0.30~3.8	8.3	4.9	19
	沉积物标样 4	125	0.70~4.6	8.2	8.2	30
	实际样品 1	97.0	0.69~5.6	21	7.1	57
	实际样品 2	88.7	1.5~3.6	5.6	6.5	15
	实际样品 3	203	0.90~3.5	17	16	96
	实际样品 4	81.5	1.3~4.2	15	6.2	35
	实际样品 5	69.6	2.0~4.3	13	5.8	25
Zn	土壤标样 1	502	0.70~1.2	2.9	22	46
	土壤标样 2	144	0.60~4.5	6.7	13	29
	土壤标样 3	68	0.90~4.7	6.2	6	13
	土壤标样 4	129	0.40~3.6	8.9	7	22
	沉积物标样 1	784	1.1~5.0	2.0	54	96
	沉积物标样 2	511	1.3~8.3	5.6	59	26
	沉积物标样 3	208	1.1~2.4	2.9	17	23
	沉积物标样 4	75	1.4~6.6	8.5	7	19
	实际样品 1	131	0.80~3.1	7.3	8	28
	实际样品 2	67	1.1~10	10	9	21
	实际样品 3	100	0.50~3.2	17	7	47
	实际样品 4	69	0.50~4.3	9.7	6	20
	实际样品 5	68	1.1~7.1	8.8	6	18
	注 1: 标准土壤样品编号。1: GBW07405 (GSS-5); 2: GBW07407 (GSS-7); 3: GBW07454 (GSS-25); 4: GBW07456 (GSS-27)。					
注 2: 标准沉积物样品编号。1: GBW07307a (GSD-7a); 2: GBW07312 (GSD-12); 3: GBW07358 (GSD-15); 4: GBW07362 (GSD-19)。						
注 3: 实际样品编号。1: 水稻土; 2: 红壤; 3: 黄壤; 4: 灰钙土; 5: 棕壤。						

表 D.3 正确度汇总（微波消解）

元素	样品	平均值 (mg/kg)	相对误差 (%)	相对误差最终值 (%)
Ag	土壤标样 1	4.44	0.90	-7.9~9.7
	土壤标样 4	0.15	10	-0.74~21
	沉积物标样 1	1.14	-3.4	-20~13
	沉积物标样 2	1.14	-0.51	-11~10
	沉积物标样 3	0.14	3.4	-7.8~15
As	土壤标样 1	397	-3.7	-14~6.8
	土壤标样 2	4.8	0.74	-16~18
	土壤标样 3	12.3	-4.6	-12~3.1
	土壤标样 4	13.5	1.8	-1.6~5.2
	沉积物标样 1	11.0	-2.5	-15~10
	沉积物标样 2	108	-6.1	-13~1.2
	沉积物标样 3	14.3	-0.48	-13~12
	沉积物标样 4	3.1	3.6	-6.4~14
Ba	土壤标样 1	289	-2.5	-9.3~4.4
	土壤标样 2	175	-3.0	-18~12
	土壤标样 3	497	0.34	-1.9~2.5
	土壤标样 4	495	-0.22	-6.1~5.6
	沉积物标样 1	428	-2.4	-8.4~3.7
	沉积物标样 2	202	-2.3	-7.0~2.5
	沉积物标样 3	452	-0.58	-3.4~2.2
	沉积物标样 4	553	-2.5	-8.4~3.5
Be	土壤标样 1	1.87	-6.8	-24~11
	土壤标样 2	2.50	-11	-28~6.6
	土壤标样 3	1.89	-0.30	-11~11
	土壤标样 4	2.33	-1.2	-10~13
	沉积物标样 1	1.59	-0.76	-12~10
	沉积物标样 2	8.11	-1.1	-6.1~4.0
	沉积物标样 3	2.14	-2.8	-13~7.3
	沉积物标样 4	1.80	-6.4	-18~5.0
Bi	土壤标样 1	40.6	-0.88	-11~9.0
	土壤标样 2	0.2	1.1	-16~18
	土壤标样 3	0.3	0.47	-3.5~4.4
	土壤标样 4	0.8	1.3	-8.9~12
	沉积物标样 1	0.2	2.8	-12~18
	沉积物标样 2	10.5	-4.1	-18~10
	沉积物标样 3	0.5	-1.4	-12~8.9
	沉积物标样 4	0.2	0.42	-9.0~10
Cd	土壤标样 1	0.43	-3.8	-24~16
	土壤标样 3	0.17	-0.83	-13~11
	土壤标样 4	0.60	1.5	6.0~9.0
	沉积物标样 1	5.24	-6.3	-26~14
	沉积物标样 2	4.23	4.3	0.47~8.1

元素	样品	平均值 (mg/kg)	相对误差 (%)	相对误差最终值 (%)
Cd	沉积物标样 3	0.33	-2.2	-10~5.6
Co	土壤标样 1	12.1	1.5	-9.1~12
	土壤标样 2	98.9	1.8	-8.9~13
	土壤标样 3	11.7	-2.6	-16~10
	土壤标样 4	18.7	-1.7	-7.8~4.5
	沉积物标样 1	14.8	-3.4	-13~6.7
	沉积物标样 2	8.42	-3.4	-16~9.0
	沉积物标样 3	9.80	-3.9	-12~3.9
	沉积物标样 4	19.1	-2.1	-8.3~4.1
Cr	土壤标样 1	120	1.5	-10~13
	土壤标样 2	410	-0.023	-7.6~7.6
	土壤标样 3	66	-0.10	-6.5~6.3
	土壤标样 4	93	0.94	-10~12
	沉积物标样 1	43	-0.97	-8.5~6.5
	沉积物标样 2	36	1.7	-8.2~12
	沉积物标样 3	61	-0.50	-11~10
	沉积物标样 4	78	-0.89	-11~9.3
Cu	土壤标样 1	143	-0.59	-5.5~4.4
	土壤标样 2	98.7	1.8	-6.8~10
	土壤标样 3	23.6	-0.12	-9.4~9.1
	土壤标样 4	53.5	-0.92	-11~8.8
	沉积物标样 1	22.6	-0.18	-7.2~6.9
	沉积物标样 2	1228	-0.14	-3.0~2.7
	沉积物标样 3	129	-2.2	-7.9~3.6
	沉积物标样 4	42.8	-0.57	-6.1~5.0
Li	土壤标样 1	56.6	0.98	-3.8~5.7
	土壤标样 2	19.7	0.78	-8.7~10
	土壤标样 3	31.6	-1.3	-8.3~5.7
	土壤标样 4	41.7	1.6	-8.3~12
	沉积物标样 1	36.1	-2.5	-11~6.4
	沉积物标样 2	38.9	-0.34	-8.1~7.4
	沉积物标样 3	20.8	0.50	-7.2~8.2
	沉积物标样 4	42.9	-0.25	-8.9~8.4
Mn	土壤标样 1	1368	0.57	-3.4~4.5
	土壤标样 2	1775	-0.26	-4.0~3.5
	土壤标样 3	629	-0.70	-12~11
	土壤标样 4	959	0.39	-1.6~2.4
	沉积物标样 1	876	-1.0	-3.9~1.8
	沉积物标样 2	1411	0.81	-3.0~4.6
	沉积物标样 3	1435	1.1	-5.7~7.8
	沉积物标样 4	800	0.28	-4.8~5.3
Mo	土壤标样 1	4.8	4.2	-3.2~12
	土壤标样 2	3.0	2.4	-11~16

续表

元素	样品	平均值 (mg/kg)	相对误差 (%)	相对误差最终值 (%)
Mo	土壤标样 3	0.7	2.9	-7.8~14
	土壤标样 4	0.9	4.3	-6.3~15
	沉积物标样 1	0.8	-4.1	-17~8.4
	沉积物标样 2	8.7	3.6	3.1~10
	沉积物标样 3	0.9	-0.73	-10~8.7
	沉积物标样 4	0.8	-0.30	-11~11
Ni	土壤标样 1	41	3.1	-4.8~11
	土壤标样 2	275	-0.30	-7.0~6.4
	土壤标样 3	31	1.9	-15~18
	土壤标样 4	44	2.2	-9.0~13
	沉积物标样 1	22	0.32	-4.8~3.0
	沉积物标样 2	12	-3.0	-11~4.9
	沉积物标样 3	19	1.1	-6.3~8.5
	沉积物标样 4	70	0.50	-6.8~7.8
Pb	土壤标样 1	567	2.7	-4.6~10
	土壤标样 2	13	-4.7	-20~10
	土壤标样 3	22	1.1	-7.5~9.8
	土壤标样 4	42	0.44	-12~13
	沉积物标样 1	565	1.8	-5.3~8.8
	沉积物标样 2	291	2.0	-5.6~9.6
	沉积物标样 3	217	3.2	-2.5~8.9
	沉积物标样 4	19	1.8	-0.18~3.7
Sb	土壤标样 1	37.2	6.4	-5.0~18
	土壤标样 4	1.3	6.3	-12~25
	沉积物标样 1	2.1	0.58	-8.8~10
	沉积物标样 2	24.3	1.4	-3.1~5.9
Sr	土壤标样 1	41.8	-0.39	-14~13
	土壤标样 2	26.5	2.0	-11~15
	土壤标样 3	194	2.3	-11~15
	土壤标样 4	146	0.19	-7.8~8.2
	沉积物标样 1	234	-0.77	-8.6~7.1
	沉积物标样 2	23.5	-2.0	-22~17
	沉积物标样 3	169	-1.2	-12~9.8
	沉积物标样 4	118	0.73	-9.5~11
Tl	土壤标样 1	1.75	9.6	-7.2~26
	土壤标样 2	0.18	-13	-23~-2.4
	土壤标样 3	0.57	-3.8	-13~5.8
	土壤标样 4	0.65	-3.3	-10~3.4
	沉积物标样 1	0.43	-4.2	-22~14
	沉积物标样 2	1.73	-1.6	-14~11
	沉积物标样 3	0.88	-3.1	-13~-6.8
	沉积物标样 4	0.74	-3.6	-11~3.9

续表

元素	样品	平均值 (mg/kg)	相对误差 (%)	相对误差最终值 (%)
V	土壤标样 1	167	0.71	-9.1~11
	土壤标样 2	246	0.22	-11~11
	土壤标样 3	77.7	0.93	-5.1~7.0
	土壤标样 4	121	1.1	-1.3~3.5
	沉积物标样 1	76.3	-0.97	-9.1~7.2
	沉积物标样 2	45.8	-2.3	-11~6.0
	沉积物标样 3	78.0	1.3	-7.7~10
	沉积物标样 4	120	-0.24	-8.1~7.6
Zn	土壤标样 1	497	0.66	-5.5~6.8
	土壤标样 2	141	-0.85	-7.0~5.2
	土壤标样 3	66	0.72	-8.9~10
	土壤标样 4	126	-0.83	-4.0~2.4
	沉积物标样 1	783	0.43	-1.9~2.7
	沉积物标样 2	515	3.6	-8.9~16
	沉积物标样 3	204	-2.3	-10~5.6
	沉积物标样 4	71	-4.4	-8.1~-0.72
注 1: 标准土壤样品编号。1: GBW07405 (GSS-5); 2: GBW07407 (GSS-7); 3: GBW07454 (GSS-25); 4: GBW07456 (GSS-27)。				
注 2: 标准沉积物样品编号。1: GBW07307a (GSD-7a); 2: GBW07312 (GSD-12); 3: GBW07358 (GSD-15); 4: GBW07362 (GSD-19)。				

表 D.4 正确度汇总（电热板消解）

元素	样品	平均值 (mg/kg)	相对误差 (%)	相对误差最终值 (%)
Ag	土壤标样 1	4.61	4.9	-17~26
	土壤标样 4	0.15	8.3	-3.4~20
	沉积物标样 1	1.15	-4.0	-8.7~0.71
	沉积物标样 2	1.15	0.26	-4.4~5.0
	沉积物标样 3	0.14	2.7	-4.3~9.7
As	土壤标样 1	399	-3.9	-12~4.6
	土壤标样 2	5.4	12	-14~38
	土壤标样 3	12.5	-3.2	-12~5.2
	土壤标样 4	13.5	1.3	-4.5~7.0
	沉积物标样 1	11.7	3.3	-5.8~12
	沉积物标样 2	105	-8.4	-22~5.1
	沉积物标样 3	14.4	0.42	-15~16
	沉积物标样 4	3.1	2.8	-12~18
Ba	土壤标样 1	296	-0.033	8.1~8.0
	土壤标样 2	180	-0.062	-23~23
	土壤标样 3	515	3.9	-11~19
	土壤标样 4	510	2.9	-11~17
	沉积物标样 1	450	2.9	-11~17
	沉积物标样 2	205	-0.62	-7.5~6.2
	沉积物标样 3	453	-4.4	-15~6.7
	沉积物标样 4	543	-4.4	-15~6.7
Be	土壤标样 1	1.86	-7.1	-27~-13
	土壤标样 2	2.45	-12	-21~-3.8
	土壤标样 3	1.81	-4.6	-19~10
	土壤标样 4	2.20	-4.4	-19~9.8
	沉积物标样 1	1.57	-1.8	-13~9.8
	沉积物标样 2	8.01	-2.3	-18~-13
	沉积物标样 3	2.09	-5.0	-19~8.8
	沉积物标样 4	1.82	-4.3	-16~7.8
Bi	土壤标样 1	40.8	-0.51	-11~9.6
	土壤标样 2	0.2	-1.4	-16~13
	土壤标样 3	0.3	-1.5	-9.5~6.6
	土壤标样 4	0.8	0.99	-6.0~8.0
	沉积物标样 1	0.2	1.1	-6.9~9.2
	沉积物标样 2	10.7	-1.8	11~7.4
	沉积物标样 3	0.5	0.34	-4.9~5.6
	沉积物标样 4	0.2	-2.4	-7.4~2.6
Cd	土壤标样 1	0.44	-2.7	-19~14
	土壤标样 3	0.17	-3.6	-19~12
	土壤标样 4	0.58	-1.4	-7.4~4.6
	沉积物标样 1	5.40	-3.1	-9.9~3.6
	沉积物标样 2	4.10	2.7	-5.7~11

元素	样品	平均值 (mg/kg)	相对误差 (%)	相对误差最终值 (%)
Cd	沉积物标样 3	0.33	-1.8	-8.3~4.7
Co	土壤标样 1	12.3	2.6	-5.3~11
	土壤标样 2	101	3.8	-5.4~13
	土壤标样 3	12.0	0.20	-11~11
	土壤标样 4	19.1	0.32	-9.4~10
	沉积物标样 1	15.1	-0.60	-6.5~5.3
	沉积物标样 2	8.41	-4.5	-14~5.2
	沉积物标样 3	10.1	-0.84	-9.9~8.2
	沉积物标样 4	19.2	-1.5	-7.1~4.1
Cr	土壤标样 1	120	2.0	-4.4~8.3
	土壤标样 2	411	0.35	-8.3~9.0
	土壤标样 3	66	-0.55	-17~16
	土壤标样 4	94	1.8	-13~17
	沉积物标样 1	43	-0.48	-7.3~6.3
	沉积物标样 2	35	-0.60	-6.6~5.4
	沉积物标样 3	62	1.9	-14~17
	沉积物标样 4	76	-3.3	-11~4.6
Cu	土壤标样 1	145	0.30	-3.6~4.2
	土壤标样 2	96.9	-0.14	-4.5~4.2
	土壤标样 3	23.9	1.4	-10~13
	土壤标样 4	55.3	2.4	-5.0~9.7
	沉积物标样 1	23.0	2.3	-5.3~9.9
	沉积物标样 2	1221	-0.75	-2.9~1.4
	沉积物标样 3	134	1.1	-5.0~7.2
	沉积物标样 4	43.0	0.050	6.2~6.3
Li	土壤标样 1	57.3	2.3	-4.5~9.1
	土壤标样 2	19.8	1.5	-9.3~12
	土壤标样 3	32.0	-0.087	-9.1~8.9
	土壤标样 4	41.4	0.85	-9.9~12
	沉积物标样 1	36.9	-0.40	-8.9~8.1
	沉积物标样 2	38.4	-1.5	-7.4~4.4
	沉积物标样 3	20.4	-1.2	-14~11
	沉积物标样 4	42.7	-0.66	-8.1~6.8
Mn	土壤标样 1	1369	0.60	-5.4~6.6
	土壤标样 2	1804	1.3	-5.5~8.2
	土壤标样 3	638	1.0	-9.9~12
	土壤标样 4	975	2.1	10~15
	沉积物标样 1	884	-0.23	-2.8~2.3
	沉积物标样 2	1392	-0.60	-6.0~4.8
	沉积物标样 3	1438	1.3	-11~14
	沉积物标样 4	798	0.053	-4.8~4.9
Mo	土壤标样 1	4.8	4.0	-7.3~15
	土壤标样 2	3.0	4.5	-12~21

续表

元素	样品	平均值 (mg/kg)	相对误差 (%)	相对误差最终值 (%)
Mo	土壤标样 3	0.7	0.31	-9.7~10
	土壤标样 4	0.9	3.2	-8.6~15
	沉积物标样 1	0.8	-4.1	-11~3.2
	沉积物标样 2	8.5	4.5	-14~23
	沉积物标样 3	0.9	-1.0	-13~11
	沉积物标样 4	0.8	0.16	-14~15
Ni	土壤标样 1	41	3.0	-3.6~8.8
	土壤标样 2	275	-0.56	-7.7~6.6
	土壤标样 3	29	-2.3	-12~7.1
	土壤标样 4	42	-1.3	-9.9~7.4
	沉积物标样 1	22	1.5	-5.9~9.0
	沉积物标样 2	13	-1.2	-9.3~7.0
	沉积物标样 3	19	1.1	-12~14
	沉积物标样 4	70	0.13	-7.5~7.8
Pb	土壤标样 1	568	2.9	-6.0~12
	土壤标样 2	13	-9.5	-16~-3.1
	土壤标样 3	21	-3.0	-19~13
	土壤标样 4	41	-0.30	-13~13
	沉积物标样 1	561	1.1	-7.8~9.9
	沉积物标样 2	294	3.3	-5.9~12
	沉积物标样 3	210	-0.24	-4.8~4.3
	沉积物标样 4	19	0.041	-2.4~2.5
Sb	土壤标样 1	34.7	-0.88	-10~8.3
	土壤标样 4	1.3	8.3	-7.1~24
	沉积物标样 1	2.1	0.53	13~14
	沉积物标样 2	24.0	-0.47	-7.3~6.4
Sr	土壤标样 1	40.6	-3.4	-16~10
	土壤标样 2	26.3	1.3	-14~17
	土壤标样 3	194	1.1	-3.8~6.0
	土壤标样 4	145	-0.75	-11~9.2
	沉积物标样 1	229	-3.0	-9.8~3.9
	沉积物标样 2	24.3	1.3	-19~21
	沉积物标样 3	164	-4.3	-21~12
	沉积物标样 4	114	-2.5	-24~19
Tl	土壤标样 1	1.69	5.7	-12~24
	土壤标样 2	0.18	-13	-31~5.1
	土壤标样 3	0.58	-2.4	-13~7.9
	土壤标样 4	0.68	3.8	-8.3~16
	沉积物标样 1	0.42	-8.0	-22~-5.5
	沉积物标样 2	1.71	-3.3	-19~12
	沉积物标样 3	0.89	0.54	-11~12
	沉积物标样 4	0.74	-0.31	-23~22

元素	样品	平均值 (mg/kg)	相对误差 (%)	相对误差最终值 (%)
V	土壤标样 1	166	-0.059	-7.8~7.7
	土壤标样 2	250	4.3	-6.7~11
	土壤标样 3	77.7	0.92	-1.8~3.7
	土壤标样 4	122	1.6	2.7~5.8
	沉积物标样 1	79.7	3.5	-12~20
	沉积物标样 2	45.9	-2.5	-19~14
	沉积物标样 3	80.5	3.6	-15~22
	沉积物标样 4	125	2.4	-16~20
Zn	土壤标样 1	502	1.8	-4.2~7.6
	土壤标样 2	144	1.4	12~15
	土壤标样 3	68	2.4	-10~15
	土壤标样 4	129	1.4	-16~19
	沉积物标样 1	784	0.55	-3.5~4.6
	沉积物标样 2	511	2.5	-8.9~14
	沉积物标样 3	208	-0.43	-6.3~-5.4
	沉积物标样 4	75	1.6	-15~19
注 1: 标准土壤样品编号。1: GBW07405 (GSS-5); 2: GBW07407 (GSS-7); 3: GBW07454 (GSS-25); 4: GBW07456 (GSS-27)。				
注 2: 标准沉积物样品编号。1: GBW07307a (GSD-7a); 2: GBW07312 (GSD-12); 3: GBW07358 (GSD-15); 4: GBW07362 (GSD-19)。				