



中华人民共和国国家环境保护标准

HJ□□□-201□

土壤和沉积物 11种元素的测定 碱熔 -电感耦合等离子体原子发射光谱法

Soil and Sediment-Determination of 11 Kinds of Element-Alkaline

Fusion and Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectroscopy

(征求意见稿)

201□-□□-□□发布

201□-□□-□□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	2
6 仪器和设备	2
7 样品	2
8 分析步骤	3
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
附录A（规范性附录）方法检出限和测定下限.....	7
附录B（资料性附录）方法的精密度和准确度	8

前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》，保护环境，保障人体健康，规范土壤和沉积物中无机元素的测定方法，制定本标准。

本标准规定了测定土壤和沉积物中锰 (Mn)、钡 (Ba)、钒 (V)、锶 (Sr)、钛 (Ti)、钙 (Ca)、镁 (Mg)、铁 (Fe)、铝 (Al)、钾 (K)、硅 (Si) 11 种元素的碱熔-电感耦合等离子体原子发射光谱法。

本标准首次发布。

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：吉林省环境监测中心站、环境保护部环境标准研究所。

本标准验证单位：吉林出入境检验检疫局检验检疫技术中心、吉林省国土资源部长春矿业资源监督检验中心、天津市环境监测中心站、哈尔滨市环境监测中心站、广东省环境监测中心站和吉林大学化学学院。

本标准环境保护部 201□年□□月□□日批准。

本标准自 201□年□□月□□日起实施。

本标准由环境保护部解释。

土壤和沉积物 11种元素的测定 碱熔-电感耦合等离子体原子发射光谱法

警告：实验中所使用的硝酸具有强氧化性和腐蚀性，盐酸具有强挥发性和腐蚀性，操作时应按规定要求佩戴防护用品，溶液配制及样品提取过程中应在通风橱中进行操作。

1 适用范围

本标准规定了测定土壤和沉积物中锰（Mn）、钡（Ba）、钒（V）、锶（Sr）、钛（Ti）、钙（Ca）、镁（Mg）、铁（Fe）、铝（Al）、钾（K）、硅（Si）11种元素的碱熔-电感耦合等离子体原子发射光谱法。

本标准适用于土壤和沉积物中锰（Mn）、钡（Ba）、钒（V）、锶（Sr）、钛（Ti）、钙（Ca）、镁（Mg）、铁（Fe）、铝（Al）、钾（K）、硅（Si）11种元素的测定。

当样品量为 0.2g时，本标准测定锰（Mn）、钡（Ba）、钒（V）、锶（Sr）和钛（Ti）5种金属元素的方法检出限为 10~19mg/kg、测定下限为 40~76mg/kg；测定钙（CaO）、镁（MgO）、铁（Fe₂O₃）、铝（Al₂O₃）、钾（K₂O）、硅（SiO₂）6种金属氧化物的方法检出限为 0.007~0.07%，测定下限为 0.03~0.27%，详见附录A。

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。

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 613 土壤 干物质和水分的测定 重量法

HJ/T 166 土壤环境监测技术规范

3 方法原理

将土壤或沉积物样品与碱性熔剂（碳酸钠、偏硼酸锂/四硼酸锂）混合，在高温下熔融全分解，用酸（硝酸/盐酸）提取熔块。提取液在进样器中被雾化并由氩载气带入等离子体火炬中，目标元素在等离子炬中挥发、原子化、激发并辐射出特征谱线。不同元素的原子在激发或电离时可发射出特征光谱，特征光谱的强弱与样品中待测元素含量在一定范围内呈正比。

4 干扰和消除

物理干扰一般由样品的粘滞程度及表面张力变化而致，尤其是当样品中可溶盐（0.1%以上）或样品酸度（盐酸或硝酸 20%以上，硫酸 1%以上）过高时都会对测定产生干扰。消除此类干扰的方法一般是将样品稀释、采用内标、选择耐高盐的雾化器等。基体匹配法（配制与待测样品基体成份相似的标准溶液）也是消除此干扰的有效方法。基体匹配法消除的化学干扰包括分子化合物形成和电离效应等。

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。所有盐类均于 105℃ 下干燥 1h。

- 5.1 浓盐酸： $\rho(\text{HCl}) = 1.19\text{g/ml}$ ，优级纯。
- 5.2 浓硝酸： $\rho(\text{HNO}_3) = 1.41\text{g/ml}$ ，优级纯。
- 5.3 碳酸钠 (Na_2CO_3)：优级纯。
- 5.4 四硼酸锂 ($\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$)：优级纯。
- 5.5 偏硼酸锂 (LiBO_2)：优级纯。
- 5.6 硝酸溶液： $\varphi(\text{HNO}_3) = 20\%$ ，用浓硝酸 (5.2) 进行配制。
- 5.7 硝酸溶液： $\varphi(\text{HNO}_3) = 1\%$ ，用浓硝酸 (5.2) 进行配制。
- 5.8 单元素标准贮备液： $\rho = 1000\text{mg/L}$

镁 (Mg)、钙 (Ca)、钛 (Ti)、锰 (Mn)、铁 (Fe)、铝 (Al)、硅 (Si)、钾 (K)、钡 (Ba)、钒 (V)、锶 (Sr)、铑 (Rh) 浓度为 1000mg/L。直接购买市售有证标准溶液。

- 5.9 锰、钡、钒、锶混合标准使用液： $\rho = 10.0\text{mg/L}$

分别准确量取 1.00 ml 锰、钡、钒、锶标准贮备液 (5.8) 至 100 ml 容量瓶中，用硝酸溶液 (5.7) 定容至标线，混匀。

- 5.10 钛标准使用液： $\rho = 100.0\text{mg/L}$

准确量取 10.0 ml 钛标准贮备液 (5.8) 至 100 ml 容量瓶中，用硝酸溶液 (5.7) 定容，混匀。

- 5.11 铑内标溶液： $\rho = 100.0\text{mg/L}$

准确量取 10.0ml 铑标准贮备液 (5.8) 至 100 ml 容量瓶中，用硝酸溶液 (5.7) 定容，混匀。

- 5.12 基体匹配溶液：

称取碳酸钠 2.0g、四硼酸锂 0.2g、偏硼酸锂 0.8 g 于 250 ml 烧杯中，加入约 100 ml 水，再沿杯壁缓慢加入 64ml 浓盐酸(5.1)和 16ml 浓硝酸(5.2)，冷却后用去离子水定容至 1000ml。

- 5.13 氩气：钢瓶气，纯度不低于 99.999%。

6 仪器和设备

- 6.1 电感耦合等离子原子发射光谱仪：耐高盐的雾化器。
- 6.2 烘箱。
- 6.3 分析天平 0.0001g。
- 6.4 马弗炉：具有良好的温控功能。
- 6.5 铂金坩埚：30ml。
- 6.6 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 166 的相关规定进行土壤样品的采集和保存。按照 GB 17378.3 及 GB 17378.5

的相关规定进行沉积物样品采集和保存。

7.2 样品的制备

将采集好的样品（一般不少于 500g）混匀后用四分法缩分至约 100g 自然风干或冷冻干燥，除去石子和动植物残体等异物，用木棒或玛瑙棒研压，通过 2mm 尼龙筛除去砂砾。再用玛瑙研钵将其研磨至全部通过 0.25mm（60 目）尼龙筛，过筛后的样品再继续研磨至通过 0.15mm（100 目）尼龙筛，混匀后备用。

7.3 试样的制备

称取碳酸钠熔融剂 1.0 g，置于坩埚底部，再加四硼酸锂 0.1 g、偏硼酸锂 0.4 g。称取土壤或沉积物样品（7.2）0.20g（称准至 0.0002 g）样品于坩埚（6.5）中，转动坩埚使样品与熔剂充份混匀后置坩埚于马弗炉中，90 分钟内逐渐升温到 1000℃，保持此温度 30 分钟。熔融完成后稍冷，将坩埚沿壁慢慢放入已盛有 100 毫升水的 250 毫升烧杯中过夜（水要浸过样品）。待熔块溶解完全后加入 32ml 浓盐酸（5.1）和 8ml 浓硝酸（5.2），取出铂金坩埚，用去离子水冲洗干净，然后转移至 500ml 容量瓶中，用水定容，待测。

注 1：如果熔剂中不加碳酸钠，只加四硼酸锂 0.2 g 和偏硼酸锂 0.8 g，按上述步骤进行试样制备，用 16 ml 浓硝酸（5.2）提取熔块，在波长 589.592 处可以测定钠元素。其方法检出限、精密度和准确度见附录 C。

7.4 空白试样的制备

除不加样品外，其他按与试样制备相同的步骤（7.3），制备空白试样。

7.5 样品的含水率

在试样制备的同时，称取土壤或沉积物样品（7.2），按照 HJ613-2011 测定土壤样品中干物质含量，按照 GB 17378.5 测定沉积物样品的含水率。

8 分析步骤

8.1 仪器调试与校准

8.1.1 仪器参考测量条件

不同型号仪器的最佳测定条件不同，可根据仪器使用说明书调节仪器至最佳工作状态，本标准推荐测量条件，见表 1。

表 1 仪器参考测量条件

元素	波长 nm	观测方式	功率	冷却气	载气	辅助气	积分时间	内标铊
				(L/min)				波长 343.489nm
Mn	257.610 293.305	水平	1200W	15	0.8	0.2	1-5s	用
Ba	455.403 493.408	水平	1200W	15	0.8	0.2	1-5s	用
V	292.402	水平	1200W	15	0.8	0.2	1-5s	用
Sr	460.733	水平	1200W	15	0.8	0.2	1-5s	用
Ti	334.940 336.121	垂直	1200W	15	0.8	0.2	1-5s	用
K	766.490	垂直	1200W	15	0.8	0.2	1-5s	可不用

Ca	315.887 396.847	垂直	1200W	15	0.8	0.2	1-5s	可不用
Mg	285.213 279.077	垂直	1200W	15	0.8	0.2	1-5s	可不用
Fe	238.204 239.562	垂直	1200W	15	0.8	0.2	1-5s	可不用
Al	396.153 308.215	垂直	1200W	15	0.8	0.2	1-5s	可不用
Si	251.611 212.412	垂直	1500W	15	0.5	1.0	1-10 s	用

8.1.2 校准系列配制

8.1.2.1 分别准确量取 0.00、0.50、1.00、2.50、4.00、5.00ml 锰、钡、钒、锶标准使用液（5.9）至 6 个 50 ml 容量瓶中，用基体匹配溶液（5.12）定容，混匀。锰、钡、钒、锶浓度分别为 0.00、0.10、0.20、0.50、0.80、1.00 mg/L。

8.1.2.2 分别准确量取 0.00、0.50、1.00、3.00、4.00、5.00ml 铝、铁标准贮备溶液（5.8）至 6 个 50ml 容量瓶中，用基体匹配溶液（5.12）定容，混匀。铝、铁浓度分别为 0.00、10.0、20.0、30.0、40.0、50.0 mg/L。

8.1.2.3 分别准确量取 0.00、0.25、0.50、0.75、1.00、1.50ml 钙、镁、钾标准贮备溶液（5.8）至 6 个 50ml 容量瓶中，用基体匹配溶液（5.12）定容，混匀。钙、镁、钾浓度分别为 0.00、5.00、10.0、15.0、20.0、30.0mg/L。

8.1.2.4 分别准确量取 0.00、0.50、1.00、2.50、4.00、5.00ml 钛标准使用液（5.10）至 6 个 50ml 容量瓶中，用基体匹配溶液（5.12）定容至标线，混匀。钛浓度分别为 0.00、1.00、2.00、5.00、8.00、10.0 mg/L。

8.1.2.5 分别准确量取 0.00、0.50、1.00、2.50、4.00、5.00ml 硅标准溶液（5.8）至 6 个 50ml 容量瓶中，用基体匹配溶液（5.12）定容，混匀。硅浓度分别为 0.00、10.0、20.0、50.0、80.0、100mg/L。

8.1.3 内标溶液的加入

8.1.3.1 测定元素锰（Mn）、钡（Ba）、钒（V）、锶（Sr）、硅（Si）时建议加入内标。加内标的方法有两种：a.在线蠕动泵加入，量取2.50ml铯贮备液（5.8）到500ml容量瓶中，用硝酸溶液（5.7）定容，铯内标浓度为5.00 mg/L。在蠕动泵上加一个三通装置，进内标溶液管路与进样管路平行，两个管路各连到三通一端汇合后进入雾化器。b.在锰（Mn）、钡（Ba）、钒（V）、锶（Sr）、硅（Si）各个标准溶液中加入铯内标溶液（5.11）2.50ml，再定容到50 ml；在试样溶液、空白试样溶液中加入铯贮备液（5.8）2.50 ml，再定容到500 ml，使内标浓度在各溶液中均为5.00mg/L。

8.1.3.2 设定校准空白内标的强度为100%，其它试样内标的强度在90%-110%之间可用，否则重新做样。

8.1.4 绘制校准曲线

按照仪器参考条件，由低浓度到高浓度顺次测定校准系列溶液的强度。用扣除空白的校

准系列溶液强度为纵坐标，以相对应的元素含量（mg/L）为横坐标，绘制校准曲线。

8.2 测定

按照与绘制校准曲线相同仪器分析条件和操作步骤进行试样的测定。

8.3 空白试验

按照与试样测定相同的仪器条件和操作步骤（8.2）进行空白试样的测定。每批样品至少制备 2 个空白溶液。

9 结果计算与表示

9.1 土壤样品中元素镁（MgO）、钙（CaO）、钾（K₂O）、铁（Fe₂O₃）、铝（Al₂O₃）、硅（SiO₂）的含量 ω （%）按照公式（1）进行计算；钛（Ti）、锰（Mn）、钡（Ba）、钒（V）、锶（Sr）、含量 ω （mg/kg），按照公式（2）进行计算。

沉积物样品中元素镁（MgO）、钙（CaO）、钾（K₂O）、铁（Fe₂O₃）、铝（Al₂O₃）、硅（SiO₂）的含量 ω （%），按照公式（3）进行计算；钛（Ti）、锰（Mn）、钡（Ba）、钒（V）、锶（Sr）、含量 ω （mg/kg），按照公式（4）进行计算。

$$\omega = (\rho_1 - \rho_0) \times \frac{V_0}{mw_{dm}} \times \frac{M_2}{M_1} \times 10^{-4} \quad (1)$$

$$\omega = (\rho_1 - \rho_0) \times \frac{V_0}{mw_{dm}} \quad (2)$$

$$\omega = (\rho_1 - \rho_0) \times \frac{V_0}{m(1 - w_{H_2O})} \times \frac{M_2}{M_1} \times 10^{-4} \quad (3)$$

$$\omega = (\rho_1 - \rho_0) \times \frac{V_0}{m(1 - w_{H_2O})} \quad (4)$$

式中：

ω ——样品中待测元素的含量，%或mg/kg；

ρ_1 ——校准曲线上查得元素的浓度，mg/L；

ρ_0 ——由校准曲线上查得的空白试样中元素的浓度，mg/L；

V_0 ——试样的定容体积，mL；

m ——称取样品的质量，g；

w_{dm} ——土壤样品中干物质含量，%；

w_{H_2O} ——沉积物含水率，%；

M_2 ——待测元素氧化物摩尔质量；

M_1 ——待测元素摩尔质量。

9.2 结果表示

钛（Ti）、锰（Mn）、钡（Ba）、钒（V）、锶（Sr）测定结果取整数。钙（CaO）、镁（MgO）、

铁 (Fe_2O_3)、钾 (K_2O)、铝 (Al_2O_3)、硅 (SiO_2) 测定结果保留小数点后两位数字。

10 精密度和准确度

10.1 精密度

六家实验室分别对11种金属元素四种不同含量的标准样品进行了分析测定,实验室内相对偏差为0.11%~7.5%;实验室间相对偏差为0.21%~5.1%;锰(Mn)、钡(Ba)、钒(V)、锶(Sr)和钛(Ti)5种金属元素重复性限 r 为4mg/Kg ~287mg/Kg,再现性限 R 为6mg/Kg ~529mg/Kg;钙(CaO)、镁(MgO)、铁(Fe_2O_3)、铝(Al_2O_3)、钾(K_2O)、硅(SiO_2)6种金属氧化物重复性限 r 为0.03% ~4.5%,再现性限 R 为0.05%~4.9%。

10.2 准确度

六家实验室对11种元素四种不同含量的标准样品进行测定,对国家一级标样分析的相对误差(平均)为-1.6% ~9.0%。加标回收率为79.4%~96.4%,加标回收率最终值为(79.4±2.5%)~(96.4±9.0%),准确度汇总数据详见附录B2。

11 质量保证和质量控制

- 11.1 每批样品测定时,最少要有2个全程序空白。全程序空白的浓度不应大于方法检出限值。
- 11.2 每批样品按10%的比例进行平行样测定(样品数量少于10个时,应至少做一个平行样品),平行样测定结果的相对偏差应小于20%。
- 11.3 每批样品测定时,应分析一个有证标准样品,其测定值应在保证值范围内。
- 11.4 校准曲线的相关系数应大于等于0.995。
- 11.5 每批样品应测定一个校准曲线中间浓度的校核样品,校核样品测定值与校准曲线相对应点浓度的相对误差应不超过10%。

12 注意事项

- 12.1 建议锰(Mn)、钡(Ba)、钒(V)、锶(Sr)和硅(SiO_2)元素测定时加内标,加入内标后,结果明显变好,尤其硅元素,必须加内标。
- 12.2 低含量元素如锰、钡、钒、锶用水平观测效果好,其余用垂直观测。
- 12.3 根据测试液中待测金属的含量,选择合适浓度的待测金属标准溶液。
- 12.4 玻璃器皿使用前用硝酸溶液(5.6)浸泡过夜,洗净。

13 废物处理

实验中产生的废酸和废物应分类收集,属危险废物的应委托有资质的单位进行处理。

附录 A

(规范性附录)

方法检出限和测定下限

当样品量为 0.2g 时，本标准的方法检出限和测定下限见附表 A。

附表 A 方法检出限和测定下限

元素名称	检出限 (mg/kg)	测定下限 (mg/kg)	元素名称	检出限 (%)	测定下限 (%)
Mn	19	75	CaO	0.007	0.03
Ba	12	48	MgO	0.01	0.04
V	13	50	Fe ₂ O ₃	0.01	0.04
Sr	13	50	Al ₂ O ₃	0.05	0.22
Ti	10	40	K ₂ O	0.02	0.08
			SiO ₂	0.07	0.28

附录 B
(资料性附录)

方法精密度和准确度

附表 B.1 给出了本方法的精密度，附表 B.2 给出了本方法的准确度。

附表 B.1 方法的准确度

元素名称	标准样品	标准值 (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 r (mg/Kg)	再现性限 R (mg/Kg)
Mn	GSS-4	1420±75	0.31-4.7	3.5	91	164
	GSS-10	681±13	0.32-1.5	0.69	21	23
	GSD-1a	910±28	0.48-4.1	0.69	58	56
	GSD-9	620±20	0.52-3.0	1.0	31	34
Ba	GSS-4	213±20	0.64-2.2	1.9	10	15
	GSS-10	613±12	0.32-1.3	0.79	15	19
	GSD-1a	920±77	0.78-4.7	5.1	59	143
	GSD-9	430±18	0.57-3.3	2.0	24	33
V	GSS-4	247±14	0.26-2.4	4.1	12	30
	GSS-10	74±3	1.2-2.7	1.9	4	6
	GSD-1a	115±11	1.4-5.1	2.9	12	14
	GSD-9	97±6	1.1-4.9	3.5	8	12
Sr	GSS-4	77±6	1.2-6.3	4.3	7	11
	GSS-10	226±5	0.48-2.1	0.98	9	10
	GSD-1a	486±32	0.71-6.0	3.7	36	61
	GSD-9	166±9	0.57-4.3	1.7	11	13
Ti	GSS-4	10800±310	0.19-2.0	1.5	287	529
	GSS-10	4270±60	0.14-1.1	0.51	90	102
	GSD-1a	5370±210	0.52-3.1	1.6	277	355
	GSD-9	5500±160	0.38-2.1	1.7	170	302
CaO %	GSS-4	0.26±0.04	1.1-7.5	5.0	0.03	0.05
	GSS-10	2.62±0.06	0.47-2.2	1.1	0.10	0.12
	GSD-1a	4.0±0.1	0.20-2.1	1.2	0.16	0.20
	GSD-9	5.35±0.09	0.27-1.6	0.7	0.15	0.17
MgO %	GSS-4	0.49±0.05	0.69-5.9	3.7	0.05	0.07
	GSS-10	1.30±0.03	0.41-2.7	1.0	0.06	0.06
	GSD-1a	3.30±0.17	0.24-3.0	3.2	0.20	0.35
	GSD-9	2.39±0.06	0.50-2.3	1.3	0.08	0.11
Fe ₂ O ₃ %	GSS-4	10.30±0.11	0.11-0.98	0.4	0.20	0.22
	GSS-10	4.17±0.03	0.19-0.71	0.39	0.06	0.07
	GSD-1a	6.50±0.15	0.48-1.7	0.80	0.22	0.25
	GSD-9	4.86±0.07	0.50-1.4	0.68	0.12	0.14
Al ₂ O ₃ %	GSS-4	23.45±0.19	0.24-0.84	0.36	0.38	0.42
	GSS-10	13.8±0.11	0.14-0.58	0.30	0.19	0.21
	GSD-1a	15.36±0.06	0.18-0.38	0.21	0.12	0.14
	GSD-9	10.58±0.10	0.12-0.80	0.48	0.17	0.21
K ₂ O %	GSS-4	1.03±0.06	0.73-4.9	3.6	0.08	0.12
	GSS-10	2.65±0.05	0.31-1.7	1.1	0.07	0.10
	GSD-1a	2.8±0.1	0.63-3.2	2.0	0.13	0.20
	GSD-9	1.99±0.06	0.59-2.9	1.7	0.08	0.12
SiO ₂ %	GSS-4	50.95±0.14	0.77-4.3	2.3	3.94	4.89
	GSS-10	65.5±0.12	0.27-4.1	1.5	4.21	4.68
	GSD-1a	59.07±0.21	0.78-4.9	1.8	3.95	4.68
	GSD-9	64.89±0.11	0.39-5.2	1.5	4.47	4.87

附表 B.2 方法的准确度

元素名称	标准样品	标准值 (mg/Kg)	测定平均值 (mg/Kg)	相对误差 均值 (%)	相对误差最 终值 (%)	加标回收率 (%)	加标回收率 最终值 (%)
Mn	GSS-4	1420±75	1430	0.72	0.70±7.1	土壤	
	GSS-10	681±13	683	0.27	0.27±1.1	94.5	94.5±7.5
	GSD-1a	910±28	920	1.1	1.1±1.4	沉积物	
	GSD-9	620±20	621	0.16	0.16±2.1	95.9	95.9±13.4
Ba	GSS-4	213±20	229	7.3	7.3±4.0	土壤	
	GSS-10	613±12	617	0.54	0.54±1.5	90.3	90.3±17.9
	GSD-1a	920±77	932	1.4	1.4±10	沉积物	
	GSD-9	430±18	437	1.7	1.7±4.1	85.6	85.6±6.2
V	GSS-4	247±14	247	0.07	0.07±8.1	土壤	
	GSS-10	74±3	74	-0.23	-0.23±3.6	89.1	89.1±14.9
	GSD-1a	115±11	117	1.3	1.3±5.7	沉积物	
	GSD-9	97±6	99	1.9	1.9±7.2	93.8	93.8±11.3
Sr	GSS-4	77±6	80	3.3	3.3±8.6	土壤	
	GSS-10	226±5	227	0.55	0.55±2.0	86.0	86.0±5.4
	GSD-1a	486±32	490	0.89	0.89±6.5	沉积物	
	GSD-9	166±9	170	2.1	2.1±3.4	87.0	87.0±3.4
Ti	GSS-4	10800±310	10814	0.13	0.13±3.0	土壤	
	GSS-10	4270±60	4283	0.17	0.17±0.84	79.4	79.4±2.5
	GSD-1a	5370±210	5433	1.2	1.2±3.3	沉积物	
	GSD-9	5500±160	5521	0.39	0.39±3.4	82.3	82.3±1.2
CaO%	GSS-4	0.26±0.04	0.28	9.0	9.0±9.3	土壤	
	GSS-10	2.62±0.06	2.63	0.26	0.26±2.1	87.6	87.6±4.2
	GSD-1a	4.0±0.1	4.03	0.75	0.75±2.4	沉积物	
	GSD-9	5.35±0.09	5.38	0.50	0.50±1.4	95.0	95.0±16.5
MgO%	GSS-4	0.49±0.05	0.51	4.1	4.1±7.7	土壤	
	GSS-10	1.30±0.03	1.31	1.0	1.0±2.3	94.4	94.4±6.1
	GSD-1a	3.30±0.17	3.31	0.30	0.30±6.4	沉积物	
	GSD-9	2.39±0.06	2.41	0.91	0.91±2.6	93.1	93.1±11.8
Fe ₂ O ₃ %	GSS-4	10.30±0.11	10.35	0.49	0.49±0.82	土壤	
	GSS-10	4.17±0.03	4.18	0.04	0.04±0.64	91.7	91.7±4.1
	GSD-1a	6.50±0.15	6.46	-0.62	-0.62±1.6	沉积物	
	GSD-9	4.86±0.07	4.87	0.24	0.24±1.4	90.8	90.8±9.1
Al ₂ O ₃ %	GSS-4	23.45±0.19	23.47	0.09	0.09±0.72	土壤	
	GSS-10	13.8±0.11	13.81	0.08	0.08±0.60	88.6	88.6±4.0
	GSD-1a	15.36±0.06	15.37	0.07	0.07±0.44	沉积物	
	GSD-9	10.58±0.10	10.60	0.18	0.18±0.96	92.1	92.1±9.2
K ₂ O%	GSS-4	1.03±0.06	1.04	0.49	0.49±7.1	土壤	
	GSS-10	2.65±0.05	2.65	0.31	0.31±2.3	96.4	96.4±9.0
	GSD-1a	2.8±0.1	2.79	-0.42	-0.42±4.0	沉积物	
	GSD-9	1.99±0.06	1.98	-0.34	-0.34±3.3	93.7	93.7±4.9
SiO ₂ %	GSS-4	50.95±0.14	50.63	-0.63	-0.63±4.6	/	
	GSS-10	65.5±0.12	65.08	-0.68	-0.68±2.8		
	GSD-1a	59.07±0.21	59.10	0.04	0.04±3.6		
	GSD-9	64.89±0.11	63.66	-1.6	-1.6±2.9		