



# 中华人民共和国国家环境保护标准

HJ□□□-20□□

---

## 水质 65 种元素的测定 电感耦合等离子体质谱法

Water quality-Determination of 65 elements  
Inductively coupled plasma-mass spectrometry

(征求意见稿)

20□□-□□-□□发布

20□□-□□-□□实施

---

环 境 保 护 部 发布

# 目 次

前 言.....	I
1 适用范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 方法原理.....	1
5 干扰及消除.....	1
6 试剂和材料.....	2
7 仪器和设备.....	3
8 样品.....	4
9 分析步骤.....	4
10 结果计算与表示.....	6
11 精密度和准确度.....	6
12 质量保证和质量控制.....	7
13 废弃物的处理.....	7
14 注意事项.....	8
附录 A（规范性附录） 方法的检出限和测定下限.....	9
附录 B（资料性附录） 多原子离子的干扰及干扰校正方程.....	10
附录 C（资料性附录） 方法的精密度和准确度.....	13

## 前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》和《中华人民共和国水污染防治法》，保护环境，保障人体健康，规范水中 65 种元素的测定方法，制定本标准。

本标准规定了水中 65 种元素的电感耦合等离子体质谱法。

本标准为首次发布。

本标准的附录 A 为规范性附录，附录 B~附录 C 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：江苏省环境监测中心、苏州市环境监测中心站。

本标准验证单位：南京市环境监测中心站、无锡市环境监测中心站、绍兴市环境监测中心站、宁波市环境监测中心、苏州市自来水公司水质检测中心、马鞍山环境监测中心站。

本标准环境保护部 20□□年□□月□□日批准。

本标准自 20□□年□□月□□日起实施。

本标准由环境保护部解释。



干扰和质谱干扰。物理干扰与样品导入有关，使用内标技术可以克服物理干扰，有效克服仪器的漂移，保证测量的准确性。质谱干扰主要由同量异位素、双电荷离子和分子离子等产生，可以通过采用最优化仪器、干扰校正方程等方法消除。

### 5.1 物理干扰

包括检测样品与标准溶液的粘度、表面张力和溶解性总固体的差异所引起的干扰，物理干扰可用内标物进行校正。内标元素在不同溶液基体下，具有良好的稳定性，通过目标元素的离子强度和内标元素离子强度的比率，可了解样品输送、仪器漂移等的影响。

### 5.2 同量异位素干扰

相邻元素间的异位素有相同的质荷比，不能被四极杆质量分析器所分辨，可能引起异位素干扰。通过选择测定同位素和干扰校正可减少或消除同量异位素干扰。附录 B 中 B-2 是本方法为避开此类干扰所推荐使用的数学校正方程，通过测量干扰元素的另一同位素，再由分析信号扣除对应的信号，在使用前必须验证其正确性，并将所用的数学方程记录在报告中。

### 5.3 多原子（分子）离子的干扰

由两个或两个以上原子结合成的多原子离子，具有和待测元素相同的质荷比所引起的干扰，如在放电体中 Ar、H、O 是占优势的粒子，既可相互结合，又可与被分析样品的基体元素形成多原子离子（如样品制备过程中使用的溶剂或酸中的主要元素 N、S、Cl 等参与这种反应）。多原子（分子）离子干扰很大程度上受仪器操作条件的影响，通过调整操作条件可以减少这种干扰。已证实的影响 ICP-MS 测定的多原子离子干扰详见附录 B 中 B-1。

### 5.4 丰度灵敏度

丰度较大的同位素会产生拖尾峰，影响相邻质量峰的测定。可调整质谱仪的分辨率以减少这种干扰。

### 5.5 记忆效应

在连续分析浓度差异较大的样品或标准品时，样品中待测元素沉积并滞留在真空界面、喷雾腔和雾化器上会导致记忆干扰，可通过延长样品间的洗涤时间来避免这类干扰的发生。

## 6 试剂和材料

6.1 氩气：纯度不低于 99.99%。

6.2 超纯水：电阻率大于 18.0 MΩ/cm。

6.3 浓硝酸： $\rho(\text{HNO}_3) = 1.42 \text{ g/ml}$ ，优级纯或高纯（如微电子级），必要时经亚沸蒸馏。

6.4 浓盐酸： $\rho(\text{HCl}) = 1.19 \text{ g/ml}$ ，优级纯或高纯（如微电子级），必要时经亚沸蒸馏。

6.5 硝酸溶液：1+99。

6.6 硝酸溶液：2+98。

6.7 硝酸溶液：1+1。

6.8 盐酸溶液：1+1。

6.9 标准储备溶液

### 6.9.1 单元素标准储备溶液： $\rho=1.00\mu\text{g/L}$ 。

各分析元素标准储备溶液可用光谱纯金属或金属盐类（基准或高纯试剂）配制成浓度为  $1.00\mu\text{g/L}$  的标准储备溶液，储备溶液配制酸度保持在 1% 以上。也可购买有证标准溶液。

### 6.9.2 混合标准储备溶液： $\rho=10.00\mu\text{g/L}$ 。

混合标准储备溶液可根据元素间相互干扰的情况、标准溶液的性质以及待测元素的含量，将元素分组配制。也可以购买有证标准溶液。

### 6.9.3 混合标准使用溶液

混合元素标准使用溶液每隔两周配制一次或现配现用。ICP-MS 方法测定各元素的工作曲线较宽，实际操作中根据样品的含量范围确定工作曲线。根据实验室仪器的灵敏程度，建议的标准使用溶液浓度范围见表 1。

表 1 建议元素标准工作溶液浓度范围

元素	常规元素	钾、钠、钙、镁
标准工作溶液浓度范围	1-200 $\mu\text{g/L}$	1-100mg/L

注 1：钾、钠、钙、镁等元素由于含量相对较高，尽量不要使用 ICP-MS 方法测定。

注 2：所有元素的标准储备溶液配制后均应在密封的聚乙烯或聚丙烯瓶中保存。

注 3：包含元素 Ag 的溶液需要避光保存。

6.10 质谱调谐液：可购买有证标准溶液。该溶液需含有足以覆盖全质谱范围的元素离子，推荐选用锂、铍、钴、镍、铟、钡、铈、铅、铋、铀等元素，混合溶液的浓度为  $10\mu\text{g/ml}$ 。使用前用硝酸溶液（6.5）逐级稀释至  $1.0\mu\text{g/L}$ 。

### 6.11 内标元素标准储备溶液

内标元素应根据元素同位素的质量数大小来选择，为样品溶液中不含有的元素，且质量数、电离能与所测元素接近。可直接购买有证标准溶液，也可用光谱纯金属或相应的金属盐类（基准或高纯试剂）进行配制。推荐选用钐、铕、钆、铽、铟、铪、铋为内标元素。混合溶液的浓度为  $10\mu\text{g/ml}$ ，使用前用硝酸溶液（6.5）稀释至  $20\mu\text{g/L}$ （钐  $50\mu\text{g/L}$ ）。内标元素的选择可参考附录 B-3。

## 7 仪器和设备

7.1 电感耦合等离子体质谱仪及其相应的设备。仪器工作环境和对电源的要求需根据仪器说明书规定执行。仪器扫描范围：5-250amu，最小分辨率为峰高 5% 处分辨率为 1amu。

7.2 温控电热板。

7.3 微波消解仪。

7.4 超纯水制备仪。

7.5 过滤装置，孔径为  $0.45\mu\text{m}$  的醋酸纤维或聚乙烯滤膜。

- 7.6 聚四氟乙烯烧杯：250ml。
- 7.7 聚乙烯容量瓶：50ml、100ml。
- 7.8 聚丙烯或聚四氟乙烯瓶：100ml。
- 7.9 A 级玻璃量器。
- 7.10 一般实验室常用仪器设备。

## 8 样品

### 8.1 样品的采集与保存

参照 HJ/T 91 和 HJ/T 164 的相关规定进行，可溶态元素和元素总量样品应分别采集。

### 8.2 样品的制备

#### 8.2.1 可溶态元素

用 0.45  $\mu\text{m}$  有机微孔滤膜过滤样品，弃去初始的 50~100mL 溶液，收集所需体积的滤液，每 100ml 滤液中加入 1 ml 浓硝酸（6.3），酸化至  $\text{pH}\leq 2$ ，待测。

#### 8.2.2 元素总量

##### 8.2.2.1 电热板消解法

准确量取 100.0ml 摇匀后的样品于 250ml 聚四氟乙烯烧杯中，加入 2ml 硝酸溶液（6.7）和 1.0ml 盐酸溶液（6.8），置于电热板上加热消解。在 85 $^{\circ}\text{C}$  持续加热，保持溶液不沸腾，直至样品蒸发至 20ml 左右。在烧杯口盖上表面皿，并保持轻微持续回流 30min。待样品冷却后，将其全部转移至 50ml 容量瓶中，用水定容，加盖，摇匀保存。因为无法估计不同基体对被稀释溶液稳定性的影响，所以一旦样品前处理完毕，应尽快进行分析。如样品中待测元素含量低于方法检出限，可适度浓缩样品。按照试样的制备相同操作步骤，制备空白试样。

##### 8.2.2.2 微波消解法

准确量取 45.0ml 摇匀后的样品于消解罐中（可根据微波消解罐的体积等比例减少取样量和加入的酸量），加入 4.0 ml 浓硝酸（6.3）和 1.0ml 浓盐酸（6.4），将消解罐放入微波消解仪，设定程序，使消解温度在 10 分钟内升高到 170 $^{\circ}\text{C}$ ，并在 170 $^{\circ}\text{C}$  保持 10 分钟。消解完毕后，冷却至室温。将消解液移至 50ml 容量瓶中，用水定容至刻度，摇匀，待测。

### 8.3 空白试样的制备

以实验用水代替样品，按照 8.3 步骤制备空白试样。

## 9 分析步骤

### 9.1 仪器操作

按照仪器生产商提供的操作条件开机，仪器点燃后至少预热半小时，其间用调谐溶液（6.10）调整仪器灵敏度、信噪比等各项指标直至达到检测要求。

针对不同型号的仪器、不同的分析项目及分析要求，仪器的主要工作参数存在一定的差异。仪器参考条件见表 2。

表2 参考仪器条件

项目	要求
等离子体功率	1400 W
冷却气流量	14 L/s
辅助气流量	1L/s
雾化气流量	0.85 L/s
进样量	0.6mL/min
雾化室温度	3℃
提取透镜	-102V
测量模式	峰跳
通道数	3
样品测定次数	3
测量时间	60s
冲洗时间	60s
进样时间	30s

## 9.2 设置分析程序

仪器灵敏度、氧化物、双电荷、分辨率等各项指标达到测定要求后，编辑测定方法、干扰方程及选择各测定元素，引入在线内标溶液，观测内标灵敏度。内标物及分析物质量的选择可参考附录 B-3。

## 9.3 分析测定

### 9.3.1 校准曲线绘制

在聚四氟乙烯容量瓶中依次配置一系列待测元素标准溶液。钾，钠，钙，镁浓度为 0 mg/L、0.5 mg/L、5.0 mg/L、10.0 mg/L、25.0 mg/L、50.0 mg/L、100mg/L，其余元素浓度为 0 μg/L、0.10μg/L、0.50μg/L、1.0μg/L、5.0μg/L、10.0μg/L、50.0μg/L、100μg/L、200μg/L。标准曲线的浓度范围可根据测量需要进行调整。内标标准溶液（6.11）可直接加入各样品中，也可在样品雾化之前通过蠕动泵自动加入。

注：在确定了曲线的线性范围后，每天可使用一个校准空白和三个浓度点建立校准曲线，曲线的浓度应涵盖样品测定范围。

### 9.3.2 测定

分析每个样品前，先用清洗空白溶液冲洗系统直到信号降至最低（通常约30 秒），待分析信号稳定后（通常约30 秒）才可开始测定样品。样品测定时应加入内标准品。若样品中待测元素浓度超出校准曲线范围，需经稀释后重新测定。试样溶液基体复杂，多原子离子干扰严重时，可通过附录B-2所列的校正方程进行校正，也可通过碰撞/反应池技术等手段进行校正。

按照设定的分析程序，依次分析校准空白溶液、多元素校正标准溶液和样品，绘制标准曲线、计算回归方程，扣除背景或以干扰系数法修正干扰，由计算机打印分析结果。

## 9.4 空白溶液

9.4.1 校准空白，1%硝酸（V/V）介质的试剂水，用来建立分析校准曲线；采用直接加入法时，加内标。

9.4.2 实验室试剂空白，必须与样品处理过程一样加入相同体积的所有试剂，用来评价样品制备过程中可能的污染和背景谱干扰。实验室试剂空白的制备过程必须和样品处理步骤（需要的话，也要进行消解）完全相同，测定样品的分析结果应减去实验室试剂空白。

9.4.3 清洗空白，含 2%硝酸（V/V）的试剂水，在测定样品过程中用来清洗仪器，以降低记忆效应干扰。

## 10 结果计算与表示

### 10.1 结果计算

样品中金属元素含量（ $\mu\text{g/L}$ ）按照公式（1）进行计算。

$$\rho = (\rho_1 - \rho_2) \times f \quad (1)$$

式中：

$\rho$ ——样品中金属元素的浓度， $\mu\text{g/L}$ ；

$\rho_1$ ——样品中金属元素的质量浓度， $\mu\text{g/L}$ ；

$\rho_2$ ——空白样品中金属元素的质量浓度， $\mu\text{g/L}$ ；

$f$ ——稀释倍数。

### 10.2 结果表示

元素浓度值低于 10，要保留 2 位有效数字；浓度值等于或大于 10，保留 3 位有效数字。

## 11 精密度和准确度

### 11.1 精密度

6 个实验室对钾、钠、钙、镁浓度为 5.0mg/L、25.0mg/L 和 50.0mg/L 的统一空白加标样进行了直接测定：

实验室内相对标准偏差分别为：2.90%~12.8%、1.27%~7.93%、1.46%~6.85%；

实验室间相对标准偏差分别为：2.83%~7.71%、3.99%~5.70%、1.41~3.53%；

重复性限范围为：0.99mg/L~1.26mg/L、1.78  $\mu\text{g/L}$ ~3.42mg/L、3.56mg/L~5.67mg/L。

再现性限范围为：1.01mg/L~1.53mg/L、3.06  $\mu\text{g/L}$ ~4.60mg/L、4.85mg/L~7.58mg/L。

6 个实验室对其余 61 种元素浓度为 0.1~20 $\mu\text{g/L}$ 、20.0~50 $\mu\text{g/L}$  和 50.0~100 $\mu\text{g/L}$  的统一空白加标样进行了直接测定：

实验室内相对标准偏差分别为：2.01%~14.1%、1.27%~10.14%、1.15%~7.84%；

实验室间相对标准偏差分别为：0.86%~10.4%、1.00%~9.81%、0.85~4.80%；

重复性限范围为：0.02 $\mu\text{g/L}$ ~3.31 $\mu\text{g/L}$ 、0.08 $\mu\text{g/L}$ ~7.38 $\mu\text{g/L}$ 、3.47 $\mu\text{g/L}$ ~11.9 $\mu\text{g/L}$ 。

再现性限范围为：0.02 $\mu\text{g/L}$ ~4.37 $\mu\text{g/L}$ 、0.08 $\mu\text{g/L}$ ~8.24 $\mu\text{g/L}$ 、3.82 $\mu\text{g/L}$ ~16.9 $\mu\text{g/L}$ 。

## 11.2 准确度

6家实验室对地表水、废水两种水体进行可溶态及总量的加标回收实验，地表水、废水两种水体可溶态加标回收率范围分别为：86.8%~102.3%，85.7%~108.6%，加标回收率最终值为 $86.8\% \pm 8.6\% \sim 102.3\% \pm 7.7\%$ ， $85.7\% \pm 7.6\% \sim 108.6\% \pm 9.9\%$ 。

地表水、废水两种水体总量加标回收率范围分别为：91.2%~109.7%，92.07%~107.6%，加标回收率最终值为 $91.2\% \pm 16.8\% \sim 109.7\% \pm 13.2\%$ ， $92.0\% \pm 11.4\% \sim 107.6\% \pm 3.6\%$ 。

精密度和准确度结果统计见附录 C。

## 12 质量保证和质量控制

12.1 试剂纯度：由于 ICP-MS 检出限极低，因此建议在标准溶液配制和样品前处理时均必须使用高纯度试剂，以降低测定空白值。

12.2 预处理酸体系：除标准中提到的硝酸-盐酸混合体系外，若其它酸体系（如硝酸-双氧水体系）能够达到本标准规定的检出限、精密度和准确度要求，则也可以使用。

12.1 标准曲线：每次分析均应绘制校准曲线。通常情况下，校准曲线的相关系数应达到 0.999 以上。

12.2 全程序空白：每批样品应至少做一个全程序空白，所测元素的空白值不得超过方法检出限。若超出则须查找原因，重新分析直至合格之后才能分析样品。

12.3 内标：在每次分析中必须监测内标的强度，试样中内标的响应值应大于校准曲线响应值的70%以上，否则说明仪器响应发生漂移或有干扰产生，应查找原因进行重新分析。内标回收率应在60%-130%之间，低于此范围需要稀释样品或者重新做标准曲线，高于此范围需要重新做标准曲线。

12.4 实验室控制样品：在处理的每批样品中，应在试剂空白中加入每种分析物质，其浓度应与校准曲线中间浓度相当，然后按照整个步骤进行预处理和测定，其加标回收率应在80%~120%之间。也可以使用有证标准样品代替加标，其测定值应在标准要求的范围内。

12.5 基体加标：每批样品应至少测定 10%的加标样品，样品数量少于 10 时，应至少测定一个加标样品，测定的加标回收率应在 80~120%之间。

12.6 连续校准：每分析10个样品，应分析一次校准曲线中间浓度点，其测定结果与实际浓度值相对偏差应 $\leq 10\%$ ，否则应查找原因或重新建立校准曲线。每批样品分析完毕后，应进行一次曲线最低点的分析，其测定结果与实际浓度值相对偏差应 $\leq 30\%$ 。

## 13 废弃物的处理

根据国家相应的固废处理法，交由有资质的处置单位进行统一处理。

## 14 注意事项

14.1 实验所用器皿，在使用前须用硝酸溶液（6.7）浸泡至少 12h 后，用去离子水冲洗干净后方可使用。

14.2 对于高浓度水样，应先用 ICP-AES 或原子吸收测定，也可用半定量分析法扫描样品，确定其中的高浓度元素，由此获取的信息选择适当的测定方法或稀释后测定，避免样品分析期间对检测器的潜在损害，同时鉴别浓度超过线性范围的元素。

14.3 盐酸、硝酸均具有强烈的化学腐蚀性和刺激性，操作时应按规定要求佩戴防护器具，并在通风橱中进行，避免酸雾吸入呼吸道和接触皮肤、衣物。

附录 A 规范性附录

表 A 方法检出限和测定下限

单位:  $\mu\text{g/L}$

元素	检出限	测定下限
银 Ag	0.04	0.16
铝 Al	1.15	4.61
砷 As	0.12	0.48
金 Au	0.02	0.08
硼 B	1.25	5.00
钡 Ba	0.20	0.81
铍 Be	0.04	0.14
铋 Bi	0.03	0.12
钙 Ca	6.61	26.4
镉 Cd	0.05	0.19
铈 Ce	0.03	0.12
钴 Co	0.03	0.14
铬 Cr	0.11	0.43
铯 Cs	0.03	0.14
铜 Cu	0.08	0.31
镝 Dy	0.03	0.12
铒 Er	0.02	0.10
铕 Eu	0.04	0.14
铁 Fe	0.82	3.28
镓 Ga	0.02	0.09
钆 Gd	0.03	0.12
锗 Ge	0.02	0.10

元素	检出限	测定下限
铪 Hf	0.03	0.12
铥 Ho	0.03	0.14
铟 In	0.03	0.10
铱 Ir	0.04	0.18
钾 K	4.50	18.0
镧 La	0.02	0.08
锂 Li	0.33	1.31
镱 Lu	0.04	0.16
镁 Mg	0.48	1.91
锰 Mn	0.12	0.46
钼 Mo	0.06	0.23
钠 Na	6.36	25.4
铌 Nb	0.02	0.09
钕 Nd	0.04	0.15
镍 Ni	0.06	0.26
磷 P	19.6	78.2
铅 Pb	0.09	0.36
钯 Pd	0.02	0.09
镨 Pr	0.04	0.16
铂 Pt	0.03	0.13
铷 Rb	0.04	0.15
铼 Re	0.04	0.16

元素	检出限	测定下限
铑 Rh	0.03	0.12
钌 Ru	0.05	0.21
锑 Sb	0.15	0.61
钪 Sc	0.20	0.79
硒 Se	0.41	1.65
钐 Sm	0.04	0.18
锡 Sn	0.08	0.30
锶 Sr	0.29	1.17
铽 Tb	0.05	0.19
碲 Te	0.05	0.19
钍 Th	0.05	0.21
钛 Ti	0.46	1.86
铊 Tl	0.02	0.07
铥 Tm	0.04	0.16
铀 U	0.04	0.17
钒 V	0.08	0.31
钨 W	0.43	1.73
钇 Y	0.04	0.16
镱 Yb	0.05	0.19
锌 Zn	0.67	2.68
锆 Zr	0.04	0.15

附录B 资料性附录

表B-1 ICP-MS测定中常见的多原子离子干扰

分子离子	质量	受干扰元素	分子离子	质量	受干扰元素
NH <sup>+</sup>	15	—	81BrO <sup>+</sup>	97	Mo
OH <sup>+</sup>	17	—	<sup>81</sup> BrOH <sup>+</sup>	98	Mo
OH <sub>2</sub> <sup>+</sup>	18	—	Ar <sup>81</sup> Br <sup>+</sup>	121	Sb
C <sub>2</sub> <sup>+</sup>	24	Mg	<sup>35</sup> Cl <sup>+</sup>	51	V
CN <sup>+</sup>	26	Mg	<sup>35</sup> ClOH <sup>+</sup>	52	Cr
CO <sup>+</sup>	28	Si	<sup>27</sup> ClO <sup>+</sup>	53	Cr
N <sub>2</sub> <sup>+</sup>	28	Si	<sup>37</sup> ClOH <sup>+</sup>	54	Cr
N <sub>2</sub> H <sup>+</sup>	29	Si	Ar <sup>35</sup> Cl <sup>+</sup>	75	As
NO <sup>+</sup>	30	—	Ar <sup>37</sup> Cl <sup>+</sup>	77	Se
NOH <sup>+</sup>	31	P	<sup>32</sup> SO <sup>+</sup>	48	Ti
O <sub>2</sub> <sup>+</sup>	32	Si	<sup>32</sup> SOH <sup>+</sup>	49	—
O <sub>2</sub> H <sup>+</sup>	33	—	<sup>34</sup> SO <sup>+</sup>	50	V, Cr
<sup>36</sup> ArH <sup>+</sup>	37	Cl	<sup>34</sup> SOH <sup>+</sup>	51	V
<sup>38</sup> ArH <sup>+</sup>	39	K	SO <sub>2</sub> <sup>+</sup> , S <sub>2</sub> <sup>+</sup>	64	Zn
<sup>40</sup> ArH <sup>+</sup>	41	—	Ar <sup>32</sup> S <sup>+</sup>	72	Ge
CO <sub>2</sub> <sup>+</sup>	44	Ca	Ar <sup>34</sup> S <sup>+</sup>	74	Ge
CO <sub>2</sub> H <sup>+</sup>	45	Se	PO <sup>+</sup>	47	Ti
ArC <sup>+</sup> , ArO <sup>+</sup>	52	Cr	POH <sup>+</sup>	49	Ti
ArN <sup>+</sup>	54	Cr	PO <sub>2</sub> <sup>+</sup>	63	Cu
ArNH <sup>+</sup>	55	Mn	ArP <sup>+</sup>	71	Ga
ArO <sup>+</sup>	56	Fe	ArNa <sup>+</sup>	63	Cu
ArH <sup>+</sup>	57	Fe	ArK <sup>+</sup>	79	Br
<sup>40</sup> Ar <sup>36</sup> Ar <sup>+</sup>	76	Se	ArCa <sup>+</sup>	80	Se
<sup>40</sup> Ar <sup>38</sup> Ar <sup>+</sup>	78	Se	TiO	62-66	Ni, Cu, Zn
<sup>40</sup> Ar <sub>2</sub> <sup>+</sup>	80	Se	ZrO	106-112	Ag, Cd
<sup>81</sup> BrH <sup>+</sup>	82	Se	MoO	108-116	Cd
<sup>79</sup> BrO <sup>+</sup>	95	Mo	NbO	109	Ag

表B-2 ICP-MS测定中常用的干扰校正方程

同位素	干扰校正方程
51V	$51M - 3.127 \times (53M - 0.113 \times 52M)$
75As	$75M - 3.127 \times (77M - 0.815 \times 82M)$
82Se	$82M - 1.009 \times 83M$
98Mo	$98M - 0.146 \times 99M$
111Cd	$111M - 1.073 \times 108M - 0.712 \times 106M$
114Cd	$114M - 0.027 \times 118M - 1.63 \times 108M$
115In	$115M - 0.016 \times 118M$
208Pb	$206M + 207M + 208M$

注：“M”为元素通用符号。

表 B-3 推荐的分析物质量与内标物

元素	质量数	内标
银	107	Rh
铝	27	Sc
砷	75	Ge
金	197	Re
硼	11	Sc
钡	135	In
铍	9	Sc
铋	209	Re
钙	44	Sc
镉	111	Rh
	114	In
铈	140	In
钴	59	Sc
铬	52	Sc
铬	53	Sc
铯	133	In
铜	63	Ge
	65	Ge
镓	163	In
铟	166	In
铊	151	In
铁	56	Sc
镓	69	Ge
钆	157	In
	158	In

元素	质量数	内标
锆	74	Y
铈	165	In
铟	115	Rh
铷	193	Re
钾	39	Sc
镧	139	In
锂	7	Sc
铈	175	Re
镁	24	Sc
锰	55	Sc
钼	95	Rh
	98	Rh
钠	23	Sc
铈	93	Rh
钹	146	In
镍	60	Sc
磷	60	Ge
铅	208	Re
钨	108	Rh
镱	141	In
铂	195	Re
铷	85	Y
铪	187	Bi
铈	103	In
钨	102	Rh

元素	质量数	内标
铈	121	In
铈	45	Ge
硒	77	Ge
钐	147	In
锡	118	In
	120	In
铈	88	Y
铈	159	In
碲	126	In
钍	232	Re
铈	48	Sc
铈	205	Re
铈	169	In
铈	238	Re
钐	51	Sc
钐	184	Re
钐	89	Ge
铈	172	Re
铈	66	Ge
铈	90	Y

## 附录 C 资料性附录

表 C-1 六家实验室的精密度汇总表

元素	浓度水平	总平均值 $\bar{X}$ ( $\mu\text{g/L}$ )	实验室内相对标准偏差(%)	室间相对标准偏差 RSD%	重复性限 $r(\mu\text{g/L})$	再现性限 $R(\mu\text{g/L})$
银 Ag	1	0.929	5.9~14.1	3.71	0.25	0.26
	2	18.39	2.4~10.1	2.76	3.07	3.14
	3	46.80	2.2~5.0	2.67	5.21	5.90
铝 Al	1	4.920	5.5~9.3	1.56	1.01	1.07
	2	18.94	2.9~6.9	3.25	2.50	2.86
	3	45.96	2.9~7.7	2.17	6.75	6.77
砷 As	1	0.962	5.1~12.0	3.57	0.24	0.24
	2	18.57	2.1~6.6	1.62	1.89	1.92
	3	46.66	2.9~6.8	0.85	5.68	6.04
金 Au	1	0.093	5.0~11.8	6.39	0.02	0.03
	2	18.19	1.9~5.5	5.26	1.66	3.08
	3	46.00	1.9~4.1	2.46	4.21	4.98
硼 B	1	4.549	5.6~7.7	1.92	0.86	0.90
	2	18.79	1.9~7.1	2.75	2.18	2.47
	3	47.11	2.1~6.5	2.31	4.77	5.31
钡 Ba	1	0.919	3.0~8.5	2.83	0.16	0.16
	2	18.59	2.2~4.7	1.71	1.68	1.78
	3	46.56	2.0~4.9	1.82	4.42	4.68
铍 Be	1	0.922	4.1~8.5	1.98	0.18	0.19
	2	18.32	2.1~7.6	2.50	2.09	2.30
	3	46.03	2.0~6.7	2.01	4.64	4.97
铋 Bi	1	0.927	3.2~11.2	3.89	0.19	0.20
	2	18.73	2.5~7.2	1.62	2.81	2.91
	3	46.81	1.6~7.0	1.53	6.99	7.27
钙 Ca*	1	4.893	6.6~12.8	6.49	1.26	1.45
	2	23.92	2.0~6.0	5.70	2.81	4.60
	3	46.98	1.8~4.5	3.48	4.51	6.16
镉 Cd	1	0.960	4.4~8.4	3.49	0.17	0.18
	2	18.59	2.0~6.7	2.54	2.19	2.40
	3	46.44	1.8~6.8	1.28	5.40	5.59
铈 Ce	1	0.098	7.2~10.4	6.62	0.03	0.03
	2	18.56	2.3~6.6	3.73	1.98	2.65
	3	46.47	2.0~6.8	2.97	5.00	5.98
钴 Co	1	0.949	4.1~11.3	5.10	0.20	0.23
	2	19.15	2.3~7.3	3.04	2.80	3.03
	3	47.87	2.1~6.9	2.52	6.23	6.61
铬 Cr	1	0.921	3.4~8.8	8.19	0.18	0.27
	2	18.58	1.9~4.1	4.06	1.47	2.50
	3	46.02	2.0~4.1	1.90	3.47	4.00
铯 Cs	1	0.928	5.5~6.8	2.27	0.17	0.17
	2	18.95	1.9~6.8	1.96	1.90	2.02
	3	46.88	1.2~6.8	1.50	4.43	4.50
铜 Cu	1	0.971	4.0~9.6	5.78	0.20	0.24
	2	18.77	2.0~4.1	3.12	1.69	2.25
	3	47.14	1.6~4.9	2.72	4.38	5.37
镝 Dy	1	0.101	4.5~13.2	5.34	0.03	0.03
	2	18.82	2.1~4.7	2.80	2.13	2.44
	3	47.09	2.6~4.5	2.69	4.88	5.69

续表 C-1 六家实验室的精密度汇总表

元素	浓度水平	总平均值 $\bar{X}$ ( $\mu\text{g/L}$ )	实验室内相对标准偏差(%)	室间相对标准偏差 RSD%	重复性限 $r$ ( $\mu\text{g/L}$ )	再现性限 $R$ ( $\mu\text{g/L}$ )
铒 Er	1	0.102	4.2~11.1	8.32	0.02	0.03
	2	18.81	2.2~4.0	3.58	1.86	2.54
	3	46.83	2.8~3.9	2.79	4.44	5.46
铕 Eu	1	0.102	4.9~9.5	7.54	0.02	0.03
	2	18.97	2.1~6.8	4.04	2.02	2.83
	3	46.83	1.5~6.7	2.41	4.63	5.27
铁 Fe	1	4.938	6.4~9.2	2.59	1.01	1.03
	2	19.02	2.0~7.3	4.05	2.35	3.04
	3	46.07	2.6~7.5	2.71	5.58	6.18
镓 Ga	1	0.968	4.1~11.3	2.16	0.20	0.21
	2	18.75	1.9~6.8	2.12	1.97	2.12
	3	46.60	1.8~7.1	1.60	4.81	4.86
钆 Gd	1	0.103	3.4~11.1	7.52	0.02	0.03
	2	18.59	3.3~7.2	1.60	2.39	2.44
	3	46.92	3.1~6.5	2.66	5.50	6.11
锗 Ge	1	0.970	7.2~11.3	4.33	0.26	0.26
	2	18.70	3.0~6.9	2.69	2.72	2.86
	3	47.45	2.1~6.9	2.18	6.46	6.57
铪 Hf	1	0.094	5.5~9.6	5.43	0.02	0.02
	2	18.48	2.1~3.6	2.10	1.45	1.71
	3	46.56	2.4~4.0	1.58	4.09	4.27
铥 Ho	1	0.101	3.7~10.1	5.15	0.02	0.02
	2	18.88	3.1~6.1	4.34	2.18	3.04
	3	47.07	2.4~6.8	2.26	5.26	5.65
铟 In	1	0.934	3.4~9.1	4.52	0.16	0.19
	2	18.42	2.3~6.5	4.38	2.69	3.34
	3	46.97	3.4~6.5	3.74	6.72	7.86
铱 Ir	1	0.102	4.3~13.4	7.95	0.02	0.03
	2	18.70	2.7~4.8	3.51	1.94	2.55
	3	47.00	3.0~4.7	1.77	4.74	4.92
钾 K*	1	5.057	5.1~9.2	7.62	1.12	1.49
	2	23.44	2.3~4.2	4.00	2.28	3.35
	3	45.31	1.8~4.4	5.10	4.32	7.58
镧 La	1	0.101	3.8~13.6	8.49	0.02	0.03
	2	18.80	3.4~6.8	3.07	2.36	2.69
	3	47.33	2.9~7.2	2.84	5.70	6.42
锂 Li	1	0.932	3.2~7.4	3.02	0.15	0.16
	2	18.10	1.9~6.8	2.34	2.15	2.29
	3	47.11	1.9~7.4	3.23	6.17	7.06
镱 Lu	1	0.102	3.1~12.8	6.57	0.02	0.03
	2	19.40	2.2~6.5	3.29	2.27	2.74
	3	47.82	1.5~7.0	3.37	5.60	6.81
镁 Mg*	1	4.697	2.9~11.8	2.83	0.99	1.01
	2	23.85	1.8~7.9	4.51	3.42	4.34
	3	45.26	2.1~6.9	3.64	5.67	6.93
锰 Mn	1	0.957	2.6~9.8	5.92	0.20	0.24
	2	18.78	1.7~4.8	2.73	1.82	2.20
	3	46.56	1.7~4.6	1.90	3.92	4.36
钼 Mo	1	4.638	3.1~8.8	7.58	0.14	0.24
	2	18.37	3.5~7.8	9.81	2.97	5.73
	3	48.14	3.0~5.6	4.42	5.77	7.95

续表 C-1 六家实验室的精密度汇总表

元素	浓度水平	总平均值 $\bar{X}$ ( $\mu\text{g/L}$ )	实验室内相对标准偏差(%)	室间相对标准偏差 RSD%	重复性限 $r$ ( $\mu\text{g/L}$ )	再现性限 $R$ ( $\mu\text{g/L}$ )
钠 Na*	1	4.959	5.1~11.4	7.71	1.19	1.53
	2	23.21	1.3~3.5	3.99	1.78	3.06
	3	45.46	1.5~3.4	2.82	3.56	4.85
铌 Nb	1	0.949	5.8~10.1	3.45	0.21	0.21
	2	18.79	2.7~5.7	3.01	1.87	2.33
	3	47.54	2.3~5.3	3.20	4.82	6.12
钕 Nd	1	0.103	4.7~9.7	9.61	0.02	0.03
	2	18.51	4.0~6.8	2.01	2.68	2.70
	3	47.43	3.6~7.1	2.47	6.83	7.05
镍 Ni	1	0.991	3.6~8.1	7.62	0.18	0.27
	2	18.68	2.8~5.5	1.00	2.05	2.15
	3	46.40	2.7~5.2	2.46	4.97	5.55
磷 P	1	19.50	5.3~7.3	5.78	3.31	4.37
	2	48.70	3.4~6.4	3.48	7.38	8.24
	3	97.30	3.1~5.5	4.76	11.92	16.93
铅 Pb	1	0.923	4.9~10.6	1.67	0.19	0.20
	2	18.59	2.2~6.7	3.07	2.11	2.50
	3	46.60	1.5~7.3	2.12	4.98	5.32
钯 Pd	1	0.094	4.9~10.9	7.06	0.02	0.03
	2	18.82	2.1~6.9	3.05	2.65	2.90
	3	47.00	2.4~7.0	2.25	6.95	7.00
镨 Pr	1	0.101	3.6~12.1	6.90	0.02	0.03
	2	18.80	2.2~7.1	2.61	2.49	2.66
	3	47.03	2.4~7.0	2.33	6.44	6.63
铂 Pt	1	0.095	4.8~9.5	6.44	0.02	0.02
	2	18.84	2.6~6.9	2.19	2.62	2.66
	3	47.11	2.5~6.3	2.25	6.31	6.48
铷 Rb	1	0.955	6.4~10.6	3.46	0.23	0.23
	2	18.40	2.0~6.8	1.96	1.98	2.07
	3	46.27	2.0~6.6	2.74	4.51	5.44
铼 Re	1	0.935	4.9~11.5	1.53	0.20	0.22
	2	18.96	2.0~6.4	2.49	2.36	2.53
	3	46.94	1.9~7.1	3.47	6.20	7.27
铑 Rh	1	0.098	5.6~11.5	9.00	0.02	0.03
	2	18.86	2.1~6.9	2.53	2.56	2.69
	3	47.33	2.8~7.6	2.07	6.91	6.95
钌 Ru	1	0.093	4.6~9.1	2.21	0.02	0.02
	2	18.59	2.1~4.0	2.68	1.50	1.95
	3	46.53	2.5~5.5	2.30	4.85	5.34
锑 Sb	1	0.476	2.0~11.8	2.11	0.13	0.13
	2	19.04	3.0~7.3	2.30	2.63	2.70
	3	47.51	3.7~6.9	2.61	6.61	6.96
钪 Sc	1	0.548	6.1~9.0	1.73	0.11	0.11
	2	18.73	3.4~6.8	7.24	2.61	4.48
	3	46.52	3.4~6.8	4.80	6.66	8.72
硒 Se	1	0.944	6.5~10.2	6.42	0.22	0.26
	2	18.70	2.9~6.8	2.83	2.54	2.75
	3	47.08	2.3~7.8	2.53	5.89	6.33
钐 Sm	1	0.101	4.4~9.8	7.68	0.02	0.03
	2	18.60	3.2~6.3	2.12	2.53	2.56
	3	47.40	3.0~7.0	2.21	6.67	6.76

续表 C-1 六家实验室的精密度汇总表

元素	浓度水平	总平均值 $\bar{X}$ ( $\mu\text{g/L}$ )	实验室内相对标准偏差(%)	室间相对标准偏差 RSD%	重复性限 $r(\mu\text{g/L})$	再现性限 $R(\mu\text{g/L})$
锡 Sn	1	0.448	5.6~7.7	1.28	0.08	0.09
	2	18.87	2.0~6.9	1.92	2.48	2.48
	3	47.48	1.7~7.2	1.83	6.68	6.79
锶 Sr	1	0.913	4.4~9.5	3.03	0.19	0.19
	2	19.21	2.0~6.8	1.38	2.01	2.04
	3	47.40	2.2~7.1	1.88	4.94	5.16
铽 Tb	1	0.100	5.2~10.7	6.40	0.02	0.03
	2	18.95	2.6~6.0	3.29	1.99	2.52
	3	47.08	1.3~6.8	2.01	5.30	5.51
碲 Te	1	0.102	3.3~11.2	5.38	0.02	0.03
	2	18.90	1.8~6.1	2.56	2.01	2.28
	3	47.00	2.1~6.0	2.27	5.18	5.60
钍 Th	1	0.103	5.3~7.4	9.73	0.02	0.03
	2	19.07	2.1~5.7	3.67	1.96	2.65
	3	46.59	1.9~7.0	2.36	5.30	5.74
钛 Ti	1	4.596	7.4~13.4	3.73	1.27	1.29
	2	19.00	2.4~6.2	1.56	1.99	2.00
	3	47.05	1.9~7.4	3.13	5.20	6.29
铊 Tl	1	0.931	6.0~10.4	1.75	0.20	0.21
	2	18.94	3.4~5.0	2.98	2.19	2.55
	3	47.20	2.8~5.5	2.35	5.34	5.78
铥 Tm	1	0.104	4.1~6.1	7.40	0.02	0.03
	2	19.13	1.7~7.3	2.15	2.73	2.74
	3	47.62	1.8~6.9	1.87	6.85	6.97
铀 U	1	0.925	4.2~11.2	1.65	0.22	0.23
	2	18.68	2.8~6.7	2.63	2.24	2.46
	3	47.36	2.3~6.9	2.58	5.64	6.19
钒 V	1	0.945	5.9~8.6	4.69	0.20	0.22
	2	18.67	2.3~3.8	1.83	1.63	1.76
	3	46.28	1.8~3.5	0.86	3.68	3.82
钨 W	1	4.530	3.7~10.1	7.20	1.05	1.32
	2	18.31	2.1~8.7	7.28	2.74	4.49
	3	51.51	2.4~7.2	6.12	7.02	10.91
钇 Y	1	0.101	5.1~9.4	6.65	0.02	0.03
	2	18.68	2.3~4.1	3.59	1.54	2.35
	3	46.79	2.5~4.2	1.83	4.30	4.60
镱 Yb	1	0.100	5.0~11.9	6.30	0.02	0.03
	2	18.76	3.6~5.9	2.49	2.25	2.44
	3	47.23	3.2~6.8	1.94	5.92	5.98
锌 Zn	1	1.001	3.2~8.8	10.38	0.17	0.33
	2	18.23	2.0~6.6	2.51	1.90	2.15
	3	46.02	2.1~6.8	2.64	4.62	5.42
锆 Zr	1	0.935	5.0~11.1	2.35	0.21	0.22
	2	19.09	2.5~6.6	2.95	2.07	2.46
	3	47.27	2.3~6.8	1.47	5.14	5.20

注：加\*单位为 mg/L。

表 C-2 六家实验室测定可溶性元素的准确度汇总表

元素	样品	实验室间加标 回收率 $\overline{P}$	实验室间加标回收率 相对标准偏差 $S_p$	实验室间加标回收率 最终值 $\overline{P} \pm 2 S_p$
银 Ag	地表水	98.2	5.9	98.2±11.8
	废水	97.0	3.3	97.0±6.6
铝 Al	地表水	89.6	9.0	89.6±18
	废水	99.4	5.1	99.4±10.1
砷 As	地表水	91.8	6.7	91.8±13.3
	废水	89.1	4.1	89.1±8.3
金 Au	地表水	91.9	7.4	91.9±14.7
	废水	94.3	7.9	94.3±15.8
硼 B	地表水	98.0	8.9	98.0±17.9
	废水	96.6	7.3	96.6±14.7
钡 Ba	地表水	99.8	10.5	99.8±21.1
	废水	90.6	3.3	90.6±6.6
铍 Be	地表水	89.3	4.1	89.3±8.2
	废水	98.1	5.3	98.1±10.7
铋 Bi	地表水	95.2	8.3	95.2±16.6
	废水	92.3	4.5	92.3±9.1
钙 Ca	地表水	99.3	6.6	99.3±13.1
	废水	103.4	11.4	103.4±22.8
镉 Cd	地表水	93.5	1.9	93.5±3.7
	废水	101.7	10.0	101.7±20.1
铈 Ce	地表水	101.2	3.0	101.2±6.1
	废水	91.8	3.9	91.8±7.9
钴 Co	地表水	93.1	4.3	93.1±8.7
	废水	89.8	4.1	89.8±8.1
铬 Cr	地表水	93.2	5.8	93.2±11.7
	废水	91.1	3.4	91.1±6.7
铯 Cs	地表水	96.1	4.4	96.1±8.9
	废水	95.7	1.6	95.7±3.2
铜 Cu	地表水	94.6	7.3	94.6±14.7
	废水	95.3	11.5	95.3±22.9
镝 Dy	地表水	92.3	3.1	92.3±6.2
	废水	98.7	2.6	98.7±5.1
铒 Er	地表水	97.7	4.1	97.7±8.2
	废水	106.2	4.8	106.2±9.6
铕 Eu	地表水	91.8	2.0	91.8±4.0
	废水	93.3	5.6	93.3±11.2
铁 Fe	地表水	97.2	9.1	97.2±18.3
	废水	98.7	5.0	98.7±9.9
镓 Ga	地表水	102.3	3.9	102.3±7.7
	废水	98.8	3.6	98.8±7.2
钆 Gd	地表水	101.3	8.9	101.3±17.8
	废水	108.6	5.0	108.6±9.9
锗 Ge	地表水	93.7	4.9	93.7±9.7
	废水	94.2	6.1	94.2±12.1
铪 Hf	地表水	93.5	5.9	93.5±11.8
	废水	99.7	9.7	99.7±19.5
铥 Ho	地表水	86.8	4.1	86.8±8.2
	废水	91.9	2.7	91.9±5.4
铟 In	地表水	90.8	3.8	90.8±7.7
	废水	90.4	1.9	90.4±3.7

续表 C-2 六家实验室测定可溶性元素的准确度汇总表

元素	样品	实验室间加标 回收率 $\overline{P}$	实验室间加标回收率 相对标准偏差 $S_p$	实验室间加标回收率 最终值 $\overline{P} \pm 2 S_p$
铱 Ir	地表水	88.0	7.9	88.0±15.8
	废水	85.7	3.8	85.7±7.6
钾 K	地表水	92.4	8.2	92.4±16.4
	废水	96.4	8.5	96.4±17.1
镧 La	地表水	99.0	5.2	99.0±10.4
	废水	99.0	5.9	99.0±11.7
锂 Li	地表水	93.5	5.4	93.5±10.9
	废水	91.5	4.0	91.5±8.1
镱 Lu	地表水	91.1	3.6	91.1±7.2
	废水	97.7	3.0	97.7±5.9
镁 Mg	地表水	94.4	6.9	94.4±13.7
	废水	93.0	6.3	93±12.7
锰 Mn	地表水	95.5	7.6	95.5±15.3
	废水	92.0	1.9	92.0±3.7
钼 Mo	地表水	92.0	6.0	91.8±12
	废水	100.2	4.9	100.2±9.8
钠 Na	地表水	89.5	4.7	89.5±9.4
	废水	100.3	5.2	100.3±10.4
铌 Nb	地表水	90.5	1.7	90.5±3.4
	废水	95.5	5.3	95.5±10.7
钕 Nd	地表水	95.8	8.3	95.8±16.5
	废水	99.1	6.1	99.1±12.2
镍 Ni	地表水	93.8	7.3	93.8±14.7
	废水	89.6	4.1	89.6±8.3
磷 P	地表水	89.8	4.4	89.8±8.8
	废水	92.8	1.4	92.8±2.8
铅 Pb	地表水	92.4	5.0	92.4±10.1
	废水	91.1	3.7	91.1±7.3
钯 Pd	地表水	89.2	5.1	89.2±10.3
	废水	91.6	4.8	91.6±9.7
镨 Pr	地表水	91.2	7.2	91.2±14.5
	废水	97.3	6.3	97.3±12.7
铂 Pt	地表水	88.1	5.2	88.1±10.3
	废水	90.4	3.8	90.4±7.7
铷 Rb	地表水	93.8	1.4	93.8±2.8
	废水	91.8	4.3	91.8±8.6
铼 Re	地表水	99.9	2.6	99.9±5.2
	废水	99.6	2.4	99.6±4.9
铑 Rh	地表水	88.8	3.6	88.8±7.2
	废水	104.9	9.8	104.9±19.6
钌 Ru	地表水	94.4	9.2	94.4±18.4
	废水	91.7	5.4	91.7±10.8
锑 Sb	地表水	98.4	4.3	98.4±8.6
	废水	93.2	8.0	93.2±16.0
钪 Sc	地表水	87.6	4.0	87.6±8.0
	废水	87.8	5.2	87.8±10.3
硒 Se	地表水	99.8	7.8	99.8±15.5
	废水	89.8	4.0	89.8±8
钷 Sm	地表水	89.0	7.0	89±13.9
	废水	94.3	4.6	94.3±9.2
锡 Sn	地表水	91.4	3.3	91.4±6.6
	废水	90.1	6.0	90.1±12.0

续表 C-2 六家实验室测定可溶性元素的准确度汇总表

元素	样品	实验室间加标 回收率 $\overline{P}$	实验室间加标回收率 相对标准偏差 $S_p$	实验室间加标回收率 最终值 $\overline{P} \pm 2 S_p$
锶 Sr	地表水	86.8	3.7	86.8±7.3
	废水	91.4	12.3	91.4±24.6
铽 Tb	地表水	91.4	5.3	91.4±10.5
	废水	97.5	6.3	97.5±12.6
碲 Te	地表水	101.2	5.2	101.2±10.3
	废水	96.6	9.3	96.6±18.6
钍 Th	地表水	87.2	7.4	87.2±14.8
	废水	95.2	8.4	95.2±16.9
钛 Ti	地表水	88.4	5.5	88.4±11
	废水	89.1	4.8	89.1±9.7
铊 Tl	地表水	91.6	5.4	91.6±10.8
	废水	89.8	2.5	89.8±5.0
铥 Tm	地表水	100.2	4.1	100.2±8.2
	废水	106.3	4.8	106.3±9.6
铀 U	地表水	93.7	5.3	93.7±10.5
	废水	92.5	3.4	92.5±6.7
钒 V	地表水	96.3	4.2	96.3±8.4
	废水	92.0	3.4	92.0±6.9
钨 W	地表水	95.1	5.8	95.1±11.6
	废水	101.8	5.8	101.8±11.7
钇 Y	地表水	98.2	5.6	98.2±11.2
	废水	98.5	4.0	98.5±8.0
镱 Yb	地表水	91.7	1.4	91.7±2.8
	废水	94.4	4.2	94.4±8.4
锌 Zn	地表水	96.1	3.6	96.1±7.2
	废水	91.4	3.0	91.4±6.1
锆 Zr	地表水	100.4	10.5	100.4±2.1
	废水	104.1	8.4	104.1±16.7

表 C-3 六家实验室测定元素总量的准确度汇总表

元素	样品	实验室间加标回收率 $\bar{P}$ (%)	实验室间加标回收率相对标准偏差 $S_p$	实验室间加标回收率最终值 $\bar{P} \pm 2 S_p$ (%)
银 Ag	地表水	99.3	5.9	99.3±11.9
	废水	98.0	3.3	98±6.7
铝 Al	地表水	91.5	9.4	91.5±18.8
	废水	97.3	8.7	97.3±17.4
砷 As	地表水	106.6	6.4	106.6±12.7
	废水	99.9	4.6	99.9±9.3
金 Au	地表水	98.0	9.4	98±18.8
	废水	104.2	12.3	104.2±24.5
硼 B	地表水	100.0	9.3	100±18.6
	废水	94.8	9.0	94.8±18
钡 Ba	地表水	108.2	7.6	108.2±15.2
	废水	102.9	7.0	102.9±13.9
铍 Be	地表水	102.7	4.7	102.7±9.4
	废水	100.0	5.4	100±10.9
铋 Bi	地表水	96.2	8.4	96.2±16.7
	废水	93.2	4.6	93.2±9.2
钙 Ca	地表水	104.7	7.2	104.7±14.3
	废水	98.4	8.4	98.4±16.7
镉 Cd	地表水	96.3	1.9	96.3±3.8
	废水	97.2	6.7	97.2±13.4
铈 Ce	地表水	104.1	7.5	104.1±15
	废水	102.5	7.1	102.5±14.2
钴 Co	地表水	100.6	4.7	100.6±9.4
	废水	96.9	4.4	96.9±8.8
铬 Cr	地表水	100.5	6.2	100.5±12.5
	废水	98.3	3.6	98.3±7.2
铯 Cs	地表水	103.8	4.8	103.8±9.6
	废水	103.4	1.7	103.4±3.4
铜 Cu	地表水	102.0	8.0	102±15.9
	废水	96.0	9.8	96±19.7
镝 Dy	地表水	99.5	3.4	99.5±6.7
	废水	106.0	2.6	106±5.1
铒 Er	地表水	98.1	4.2	98.1±8.4
	废水	105.7	4.1	105.7±8.1
铕 Eu	地表水	98.8	2.1	98.8±4.3
	废水	100.2	6.0	100.2±12
铁 Fe	地表水	100.9	10.8	100.9±21.5
	废水	102.8	3.9	102.8±7.7
镓 Ga	地表水	104.0	3.9	104±7.8
	废水	100.4	3.6	100.4±7.3
钆 Gd	地表水	101.2	9.2	101.2±18.3
	废水	107.0	4.0	107±8
锗 Ge	地表水	104.9	5.4	104.9±10.9
	废水	105.5	6.8	105.5±13.6
铪 Hf	地表水	105.4	7.0	105.4±13.9
	废水	99.8	7.8	99.8±15.6
铥 Ho	地表水	97.3	4.6	97.3±9.2
	废水	103.1	3.3	103.1±6.5
铟 In	地表水	101.7	4.3	101.7±8.6
	废水	101.2	2.1	101.2±4.2
铱 Ir	地表水	97.3	12.0	97.3±24.1

元素	样品	实验室间加标回收率 $\bar{P}$ (%)	实验室间加标回收率相对标准偏差 $S_p$	实验室间加标回收率最终值 $\bar{P} \pm 2 S_p$ (%)
	废水	97.1	5.8	97.1±11.6

续表 C-3 六家实验室测定元素总量的准确度汇总表

元素	样品	实验室间加标回收率 $\bar{P}$ (%)	实验室间加标回收率相对标准偏差 $S_p$	实验室间加标回收率最终值 $\bar{P} \pm 2 S_p$ (%)
钾 K	地表水	96.0	8.8	96±17.5
	废水	97.2	12.6	97.2±25.2
镧 La	地表水	106.0	5.8	106±11.6
	废水	102.6	5.8	102.6±11.6
锂 Li	地表水	100.7	5.9	100.7±11.7
	废水	98.6	4.3	98.6±8.7
镱 Lu	地表水	98.4	3.9	98.4±7.8
	废水	105.3	3.1	105.3±6.2
镁 Mg	地表水	94.3	7.1	94.3±14.2
	废水	105.7	9.5	105.7±19.1
锰 Mn	地表水	103.0	8.2	103±16.5
	废水	99.4	2.0	99.4±4
钼 Mo	地表水	92.1	10.6	92.1±21.2
	废水	104.7	5.5	104.7±11
钠 Na	地表水	92.2	4.9	92.2±9.7
	废水	103.3	5.4	103.3±10.7
铌 Nb	地表水	97.4	1.8	97.4±3.6
	废水	102.5	5.4	102.5±10.8
钕 Nd	地表水	102.5	9.2	102.5±18.5
	废水	102.4	8.5	102.4±16.9
镍 Ni	地表水	101.2	7.9	101.2±15.9
	废水	96.6	4.5	96.6±9
磷 P	地表水	98.6	9.6	98.6±19.3
	废水	98.5	5.7	98.5±11.5
铅 Pb	地表水	99.8	5.4	99.8±10.9
	废水	98.3	4.0	98.3±7.9
钯 Pd	地表水	95.1	6.8	95.1±13.5
	废水	100.8	6.1	100.8±12.3
镨 Pr	地表水	98.2	7.9	98.2±15.7
	废水	104.3	6.7	104.3±13.4
铂 Pt	地表水	95.0	5.6	95±11.2
	废水	97.4	4.0	97.4±8
铷 Rb	地表水	101.1	1.5	101.1±2.9
	废水	98.9	4.7	98.9±9.3
铼 Re	地表水	107.9	2.8	107.9±5.6
	废水	107.6	2.6	107.6±5.3
铑 Rh	地表水	96.3	5.8	96.3±11.7
	废水	102.3	9.5	102.3±19
钌 Ru	地表水	97.2	4.5	97.2±8.9
	废水	102.9	6.0	102.9±12
锑 Sb	地表水	103.7	10.3	103.7±20.6
	废水	105.4	14.2	105.4±28.3
钪 Sc	地表水	92.0	2.1	92±4.2
	废水	96.9	6.0	96.9±11.9
硒 Se	地表水	109.7	6.6	109.7±13.2
	废水	100.7	4.4	100.7±8.9

钐 Sm	地表水	100.0	7.7	100±15.5
	废水	106.4	5.4	106.4±10.7
锡 Sn	地表水	98.0	3.9	98±7.9
	废水	95.1	7.8	95.1±15.6
锶 Sr	地表水	99.3	7.8	99.3±15.5
	废水	97.2	8.5	97.2±16.9

续表 C-3 六家实验室测定元素总量的准确度汇总表

元素	样品	实验室间加标回收率 $\bar{P}$ (%)	实验室间加标回收率相对标准偏差 $S_p$	实验室间加标回收率 = 最终值 $\bar{P} \pm 2 S_p$ (%)
铽 Tb	地表水	95.8	5.6	95.8±11.1
	废水	101.9	6.8	101.9±13.5
碲 Te	地表水	105.8	6.8	105.8±13.6
	废水	92.0	5.7	92±11.4
钍 Th	地表水	93.5	8.2	93.5±16.4
	废水	101.3	9.2	101.3±18.4
钛 Ti	地表水	94.4	6.1	94.4±12.1
	废水	99.2	6.3	99.2±12.7
铊 Tl	地表水	98.9	5.8	98.9±11.6
	废水	97.0	2.7	97±5.4
铥 Tm	地表水	96.8	4.2	96.8±8.3
	废水	102.3	3.8	102.3±7.7
铀 U	地表水	101.2	5.7	101.2±11.3
	废水	99.9	3.6	99.9±7.3
钒 V	地表水	103.9	4.6	103.9±9.1
	废水	99.3	3.7	99.3±7.5
钨 W	地表水	91.2	8.4	91.2±16.7
	废水	100.5	6.7	100.5±13.5
钇 Y	地表水	104.8	6.1	104.8±12.3
	废水	102.5	3.7	102.5±7.4
镱 Yb	地表水	98.8	1.6	98.8±3.1
	废水	101.6	4.6	101.6±9.1
锌 Zn	地表水	104.9	3.9	104.9±7.9
	废水	96.8	3.4	96.8±6.8
锆 Zr	地表水	97.1	10.3	97.1±20.6
	废水	107.6	1.8	107.6±3.5