

# ICP-MS 测定生活饮用水中铀含量

## ICPMS-191

**摘要：**参考标准 GB/T 5750.13《生活饮用水标准检验方法 第 13 部分：放射性指标》（征求意见稿），使用岛津 ICPMS-2030 系列测定了生活饮用水中铀含量。结果表明，ICP-MS 测定铀的方法线性相关系数  $r=0.99990$ ，检出限为  $0.002 \mu\text{g/L}$ 。该方法检出限低、准确度高、分析效率高，适用于生活饮用水中铀含量的分析测定。

**关键词：**ICP-MS 生活饮用水 铀

铀广泛存在于自然界岩层及各种天然矿藏中，是一种重要的战略资源。受地质条件、铀矿开采和农业活动等自然和人为因素影响，铀可以被释放到天然水体中，造成水体污染。铀同时具有放射毒性与化学毒性，在人体累积可能导致肝脏、肾脏、生殖系统和神经系统等器官组织损伤。因此有关饮用水铀污染的环境健康研究受到广泛关注，GB 5749-2022《生活饮用水卫生标准》加入铀元素含量作为生活饮用水水质参考指标，其限值为  $0.03 \text{ mg/L}$ 。GB/T 5750.13《生活饮用水标

准检验方法 第 13 部分：放射性指标》（征求意见稿）规定了铀的测定方法为紫外荧光法和电感耦合等离子体质谱法。

ICP-MS 作为高灵敏度、多元素快速分析的无机质谱技术，是痕量、超痕量元素分析的主要手段。本文参考 GB/T 5750.13《生活饮用水标准检验方法 第 13 部分：放射性指标》，使用 ICPMS-2030 系列测定了生活饮用水中铀元素的含量。

## ■ 实验部分

### 1.1 仪器

岛津 ICPMS-2030 系列电感耦合等离子体质谱仪。

### 1.2 分析条件

ICP-MS 仪器分析条件见表 1。

表 1 ICP-OES 分析条件

参数	参数设定	参数	参数设定
高频功率	1.20 kW	等离子体气流速	9.0 L/min
辅助气流速	1.10 L/min	载气流速	0.70 L/min
炬管类型	Mini 炬管	雾化器	同轴
雾化室	旋流	雾化室温度	5°C
采样深度	5.0 mm	高频频率	27.12 MHz
碰撞气体	He	碰撞气流速	6 mL/min
池电压	-21 V	能量过滤器电压	7.0 V

### 1.3 实验器皿及试剂

实验所用器皿均使用硝酸溶液（1+1）浸泡 24 小时后，用去离子水冲洗，干燥备用；实验用硝酸为优级纯；实验用水为去离子水。

U 元素标准溶液（ $1000 \text{ mg/L}$ ），美国 AccuStandard；

混合内标溶液（ $100 \text{ mg/L}$ ），美国 AccuStandard。

### 1.4 样品前处理

准确量取  $100 \text{ mL}$  自来水样品，加入  $1 \text{ mL HNO}_3$  酸化，摇匀，待测。相同方法制备空白样品。

## ■ 结果与讨论

### 2.1 标准曲线和检出限

用 1% HNO<sub>3</sub> 配制铀标准溶液，浓度分别为 0、0.10、0.50、1.00、5.00、10.0、50.0、100 μg/L，标准曲线如图 1 所示。

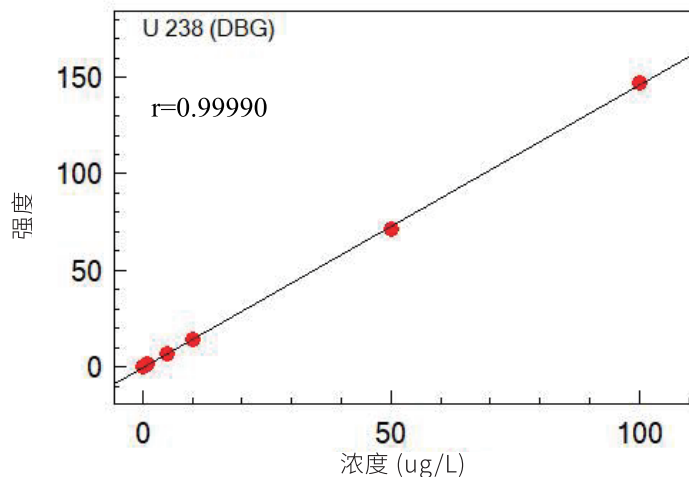


图 1 铀标准曲线

对空白溶液进行 6 次测定，以测定结果的 3 倍标准偏差计算检出限（DL），结果见表 2。

表 2 线性相关系数、仪器检出限和方法检出限

元素	线性相关系数 (r)	仪器检出限 (μg/L)	方法检出限 (μg/L)
<sup>238</sup> U	0.99990	0.002	0.002

### 2.2 样品结果

取前处理后的六份平行样品以内标法（内标 <sup>209</sup>Bi）进行测定，测定结果见表 3，不同浓度的加标样品测定结果见表 4。

表 3 样品测定结果

元素	样品	测定值 (μg/L)	RSD (n=3, %)	平均值 (μg/L)	平行样 RSD (n=6, %)
<sup>238</sup> U	平行 1	1.81	0.82	1.80	1.02
	平行 2	1.79	0.98		
	平行 3	1.81	2.20		
	平行 4	1.82	3.84		
	平行 5	1.79	1.56		
	平行 6	1.77	2.06		

表 4 不同浓度加标样品测定结果

元素	样品含量 ( $\mu\text{g/L}$ )	加标浓度 ( $\mu\text{g/L}$ )	加标后测定结果 ( $\mu\text{g/L}$ )	加标回收率 (%)
$^{238}\text{U}$	1.80	2.00	3.90	105
		5.00	6.89	102
		10.0	11.8	100

## ■ 结论

参考标准 GB/T 5750.13《生活饮用水标准检验方法 第 13 部分：放射性指标》（征求意见稿），使用岛津 ICPMS-2030 系列电感耦合等离子体质谱仪测定了生活饮用水中铀元素。ICP-MS 测定铀元素的相关系数  $r=0.99990$ ，方法检出限为  $0.002 \mu\text{g/L}$ ，平行样测定  $\text{RSD}<1.5\%$  ( $n=6$ )，加标回收率为  $100\% \sim 105\%$ ，该方法操作简便、快速，测试结果准确，可适用于生活饮用水中铀含量的测定。

岛津应用云

