

---

# 地球环境所开发出高铀样品中超微量钚同位素的ICP-MS-MS测量方法

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/7297.html>

*本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！*

## 地球环境所开发出高铀样品 中超微量钚同位素的ICP-MS-MS测量方法

钚是人类核活动释放到环境中的主要人工放射性元素，包括 $^{238}\text{Pu}$ 、 $^{239}\text{Pu}$ 、 $^{240}\text{Pu}$ 和 $^{242}\text{Pu}$ 等四种主要放射性同位素。不同来源的钚具有不同的同位素组成(如 $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 比值)，根据样品中不同钚同位素组成这一指纹特征，可以追踪环境中放射性物质的来源，并用于与核扩散、核走私以及核恐怖等相关的核诊断研究。另外释放于环境中的钚同位素也可以用于土壤侵蚀、大气颗粒物形成、传输路径和形成机理研究，以及近80年来的年代指标。传统的钚同位素测量方法为放射性衰变测量法，如阿尔法能谱、液体闪烁谱等，对于长寿命钚同位素的测量灵敏度较低、分析时间长。近年来质谱测量技术被广泛用于钚同位素的测量。但是由于土壤等环境样品中的钚含量( $<10^{-12}$  g/g)较低，同时存在有大量铀，其中 $^{238}\text{U}$ 对钚同位素( $^{239}\text{Pu}$ ， $^{240}\text{Pu}$ )的测量存在严重干扰，影响分析探测限和分析准确度。

最近，中国科学院地球环境研究所环境放射性研究组，针对高水平铀样品中痕量钚同位素的测量挑战，基于串联等离子体质谱仪(ICP-MS-MS)和碰撞反应原理，结合放射化学分离，建立了一种高铀浓度环境样

品中痕量钚同位素的分析方法。

通过对于不同碰撞反应气在消除 $^{238}\text{U}$

U干扰上的行为和对测量灵敏度影响的研究，发现 $\text{NH}_3$ 和 $\text{CO}_2$ 作为碰撞反应气体均可有效去除 $^{238}\text{U}^1\text{H}$ 和 $^{238}\text{U}^1\text{H}_2$ 对 $^{239}\text{Pu}$ 和 $^{240}\text{Pu}$

测量的干扰，其中 $\text{CO}_2$

的性能更优。另外还发现He作为碰撞气体可以大幅提高钚同位素分析灵敏度(3倍)。在最佳条件下，可将 $^{238}\text{U}$ 的干扰降低至 $10^{-8}$

量级，比目前已报道值低2个量级以上

。这主要是由于 $\text{CO}_2$ 作为反应气体，可以将 $\text{UH}^+$ 和 $\text{U}^+$ 有效转化为 $\text{UO}^+$

和 $\text{UO}_2^+$ ，从而极大地消除了 $^{238}\text{U}^1\text{H}^+$ 的干扰，而 $\text{Pu}^+$ 与 $\text{CO}_2$

的反应性较低，大部分仍保留为 $\text{Pu}^+$

，从而极大地改善了高铀样品中超微量 $^{239}\text{Pu}$ 和 $^{240}\text{Pu}$ 测定，使得该方法对 $^{239}\text{Pu}$ 和 $^{240}\text{Pu}$

的探测极限达到 $10^{-16}$

克量级。结合使用TEVA树脂的萃取色谱分离除去样品中的基体组分和主要铀，该方法可准确测

---

定<sup>238</sup>U/<sup>239</sup>Pu >

10<sup>12</sup>的高铀含量样品中10<sup>-16</sup>克量级的超微量<sup>239</sup>Pu和<sup>240</sup>

Pu。本方法为钚同位素在土壤侵蚀、核诊断、沉积物定年和洋流循环等示踪应用提供了保障。

该项目得到科技部基础性工作专项、中科院国际合作局国际伙伴计划、国家自然科学基金、国家大气中污染成因与治理攻关项目等的资助。

论文链接：[12](#)

图：以CO<sub>2</sub>-He作为碰撞反应气为例，ICP-MS-MS对于U<sup>+</sup>的去除和Pu<sup>+</sup>的测量  
研究团队单位：地球环境研究所

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](#)转发