

# 使用Hansel iQuad 2300型 ICP-MS 在冷焰模式下对元素Ca进行分析

衡昇质谱（北京）仪器有限公司

## 使用冷焰模式对元素 Ca 进行分析



### 前言

钙（Ca）作为典型的碱土金属元素，是生物体中含量最丰富的无机元素之一，在骨骼结构、细胞信号传导以及酶活性调控等方面发挥着关键作用；同时，在工业材料及地球化学体系中，钙含量也是重要的评价指标。因此，实现对钙元素的快速、准确测定具有重要的理论意义与应用价值。

然而，ICP-MS 在测定钙元素时面临一定的技术挑战。一方面，钙在多数实际样品中属于高含量元素，容易引起检测器饱和及基体效应增强，从而影响测定的准确性与重复性；另一方面，钙的主要同位素<sup>40</sup>Ca（丰度约 96.9%）与等离子体中大量存在的<sup>40</sup>Ar<sup>+</sup>产生严重的同量异位素干扰，同时还可能受到如<sup>40</sup>Ar<sup>1</sup>H<sup>+</sup>、<sup>40</sup>K<sup>+</sup>等多原子离子或同量离子的叠加影响。此外，样品基体中的共存元素（如 Na、Mg、K 等）也会通过空间电荷效应或离子抑制效应进一步干扰钙的信号响应，增加分析的不确定性。

针对上述问题，通常需要在 ICP-MS 分析过程中引入多种优化策略。例如，可采用冷等离子体（Cool

Plasma）条件，通过降低射频功率抑制 Ar<sup>+</sup>的产生，从而显著降低<sup>40</sup>Ar<sup>+</sup>对<sup>40</sup>Ca 的干扰；或利用碰撞/反应池技术（CRC），通过引入 He、H<sub>2</sub>或 NH<sub>3</sub>等气体，有效消除多原子离子干扰，提高信噪比。此外，还可选择测定低丰度同位素（如<sup>42</sup>Ca、<sup>44</sup>Ca）以规避主要干扰，或通过内标校正、基体匹配及标准加入法等手段改善定量准确性。在样品前处理方面，合理的酸消解体系及稀释倍数控制也对降低基体效应具有重要作用。

综上所述，ICP-MS 在钙元素分析中虽具有显著优势，但其测定过程对仪器参数优化及干扰消除技术依赖较高。系统研究 ICP-MS 测定钙元素的关键影响因素及优化方法，对于提升复杂样品中钙的检测精度与方法可靠性具有重要意义。

本文使用 iQuad 2300 型 ICP-MS 在冷焰模式下对元素 Ca 进行分析。

## 实验部分

### 样品和试剂

用硝酸（BV-III，化学试剂研究所生产）配置标准溶液等。使用 18.2 MΩ·cm (Millipore, Bedford, MA, USA) 去离子水 (DIW) 进行所有稀释。

### 标样

钙单元素标准溶液（中科睿谱）。

### 仪器

iQuad 2300 型 ICP-MS（衡昇质谱）

使用 ICP-MS 软件内的自动调谐功能对仪器进行优化，优化完成后再将样品引入系统。所用仪器运行条件如表 1 所示。

表 1. 2300 型 ICP-MS 运行条件

参数	设置
雾化器	同心雾化器
雾室	旋流雾室
锥	镍锥
等离子气流量	16L/min
RF功率	500W
驻留时间	0.1s

参数	设置
重复测量次数	3
测量模式	冷焰模式
碰撞/反应池气体	H <sub>2</sub>

同时，保持较高的分析灵敏度，从而显著提升<sup>40</sup>Ca测定的信噪比。

综上所述，iQuad 2300 型 ICP-MS 采用冷焰模式测定钙（Ca）元素是一种切实可行且技术成熟的分析方案，有效降低了<sup>40</sup>Ar<sup>+</sup>对<sup>40</sup>Ca 的同量干扰，实现了对高丰度同位素<sup>40</sup>Ca 的直接测定。

## 结果与讨论

### 方法检出限

将 P 元素的标准溶液用 2% 的硝酸稀释，配置 1μg/L 的溶液，测得 <sup>40</sup>Ca<sup>+</sup> 的灵敏度为 19902.9 cps/ppb，根据测试 11 个超纯水的响应值的标准偏差，计算检出限，数据如下：

表 3. 检出限

名称	<sup>40</sup> Ca <sup>+</sup>	名称	<sup>40</sup> Ca <sup>+</sup>
纯水-1	18022.6	纯水-7	18115.6
纯水-2	18083.8	纯水-8	18174.5
纯水-3	18052.9	纯水-9	18176.3
纯水-4	18032.7	纯水-10	18181.4
纯水-5	18074.1	纯水-11	18128.2
纯水-6	18187.7	/	/
<b>SD</b>	<b>62.3</b>	<b>DL/ppt</b>	<b>9.4</b>

## 结论

冷焰模式的核心原理在于通过降低射频功率（通常由常规的 1200–1600 W 降低至约 600–900 W），使等离子体温度下降，从而显著抑制氩气的电离效率，减少<sup>40</sup>Ar<sup>+</sup>的生成。同时，钙元素由于其较低的第一电离能（6.11 eV），在较低温度的等离子体中仍能够保持较高的电离效率，因此<sup>40</sup>Ca<sup>+</sup>信号衰减相对较小。基于这一差异，冷焰模式可以在有效降低背景干扰的