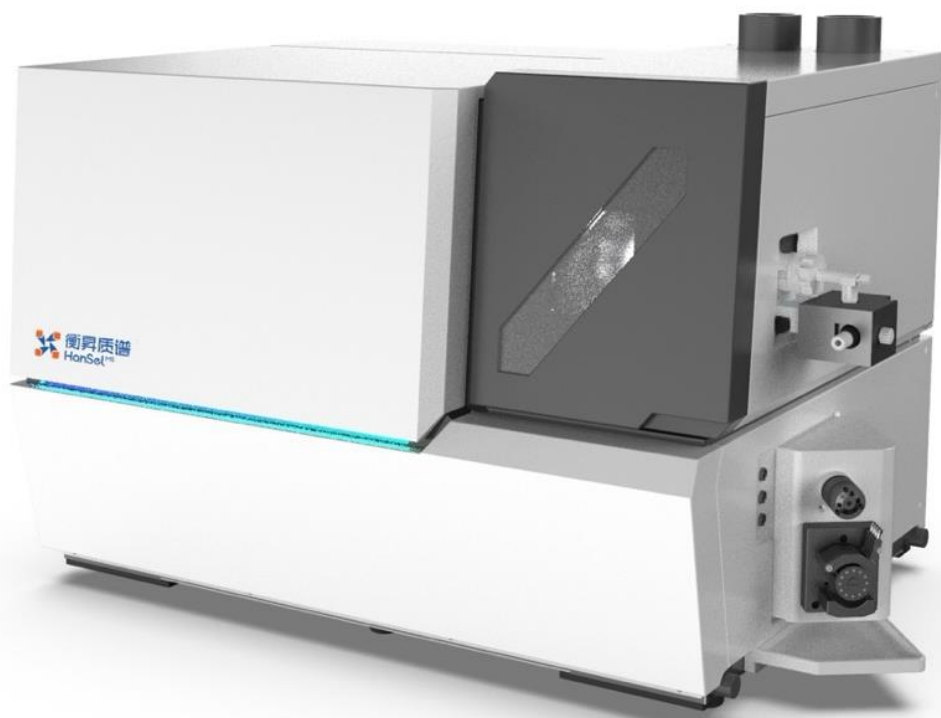


iQuad 2300

电感耦合等离子体质谱仪

技术方案文件



一、为什么需要电感耦合等离子体质谱仪

电感耦合等离子体质谱仪（ICP-MS）是一种将 ICP 技术和质谱结合到一起的分析仪器。ICP 利用在电感线圈上施加的强大的功率的高频射频信号在内部形成高温等离子体，并通过载气的推动，保证等离子体的平衡和持续电离，在 ICP-MS 中，ICP 起到离子源的作用，高温的等离子体使大多数样品中的元素都电离出一个电子而形成了一价正离子。质谱是一个质量筛选和分析器，通过选择不同的质荷比（ m/z ）的离子定性，检测器进而分析计算出对应元素的强度定量。ICP-MS 可以测量溶液中含量在 $\mu\text{g/L}$ 或 $\mu\text{g/L}$ 以下的微量元素，由于其出色的分析能力，现已被广泛的应用于食品、环境、生物制药、地质、疾控、材料、高校及科研等各个领域。

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国土壤污染防治法》、《中华人民共和国海洋环境保护法》，防治生态环境污染，改善生态环境质量，规范土壤和沉积物中金属元素的测定方法。标准《土壤和沉积物 19 种金属元素总量的测定-电感耦合等离子体质谱法》即 HJ1315-2023 规定了测定土壤和沉积物中 19 种金属元素总量的方法。同样《水质 65 种元素的测定-电感耦合等离子体质谱法》即 HJ700-2014 则贯彻《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，规范了水中 65 种元素的监测方法。这两个方法成为 ICPMS 的应用规范。

随着社会经济迅速发展，工业“三废”及汽车尾气的排放、污水灌溉，化肥农药等农业投入品过量使用，给食品产地环境带来了各种重金属金属污染，在这样的环境中种养殖的动植物及微生物被动吸收富集其有害物质，必然造成食品中含有毒重金属元素甚至超标，威胁了人类和生物的健康安全。近年来，人民生活品质提升对食品质量要求越来越高，发展绿色安全食品，全面提升食品质量，已经成为现代食品的必然选择。因此，食品生产与销售期间，必须严格把控重金属污染情况，全方位保障食品的安全，避免“镉大米”、“血铅”、“镉麦”等事件的发生。

食品中铅（Pb）、镉（Cd）等元素的测定一直使用火焰原子吸收法或石墨炉原子吸收分光光度法，其手续繁琐，工作周期冗长，严重影响工作效率，而 ICP-MS 作为 20 世纪新研发的分析仪器，随着时代的发展，其使用越发普及，在最新的食品限量标准：《食品安全国家标准-食品中污染物限量 GB 2762-2017》和元素分析方法标准：《食品安全国家标准-食品中多元素的测定 GB 5009.268-

2016》中，更是明确将电感耦合等离子体质谱法（ICP-MS）规定为第一法，其极低的检出限、多元素同时分析、分析速度快、元素覆盖范围广等特点可完全满足农产品领域的分析需求。

食品安全国家标准 食品中多元素的测定

1 范围

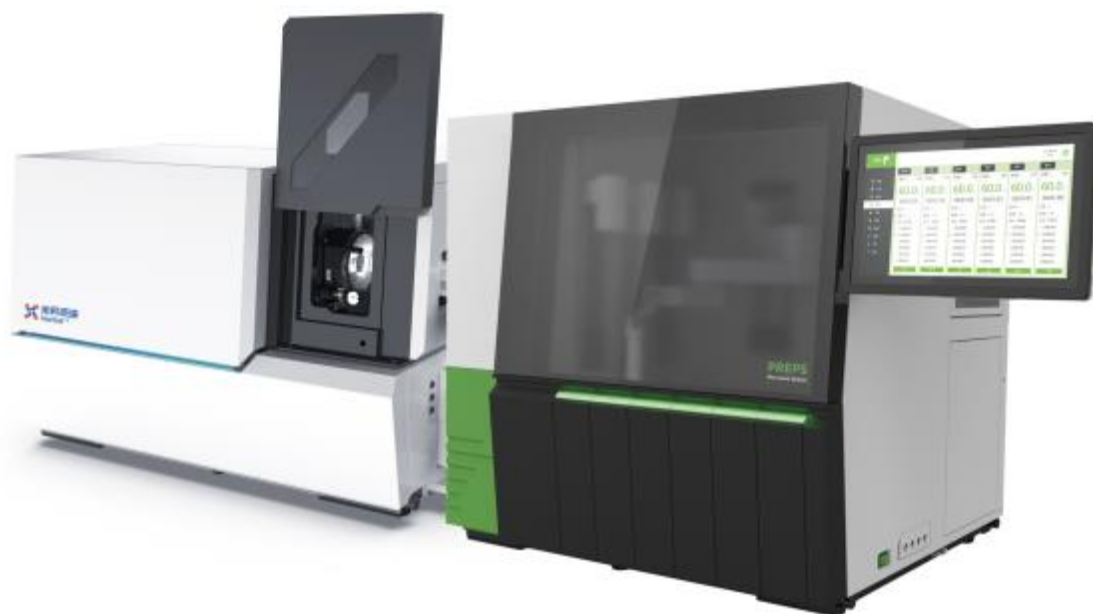
本标准规定了食品中多元素测定的电感耦合等离子体质谱法（ICP-MS）和电感耦合等离子体发射光谱法（ICP-OES）。

第一法适用于食品中硼、钠、镁、铝、钾、钙、钛、钒、铬、锰、铁、钴、镍、铜、锌、砷、硒、锶、钼、镉、锡、锑、钡、汞、铊、铅的测定；第二法适用于食品中铝、硼、钡、钙、铜、铁、钾、镁、锰、钠、镍、磷、锶、钛、钒、锌的测定。

第一法 电感耦合等离子体质谱法（ICP-MS）

二、iQuad 2300 产品性能介绍

经过持续性能提升，iQuad 2300 ICP-MS 于 2023 年推出。在二代机的基础上七通阀快速进样系统再度升级、带轴向加速功能的六级杆碰撞/反应池功能的进一步开发、电脑软件一键启动功能的再次优化和全新的手机端控制软件的推出等，使得仪器在稳健可靠的基础上又增加了高通量快速分析和操作便捷性等优势，百尺竿头更进一步。



和微波消解机器人在线联用的多元素检测方法，只需称样，即可获得最终的检测结果，可显著降低人为因素造成的误差，提升方法准确性，为食品质量安全监管和环境安全监管提供技术支撑。

食品种类繁多，样品基质也千差万别，检测元素多，样品量大，通常需要常量元素和痕量元素同时分析，因此要求仪器动态线性范围宽，耐受性好，iQuad 2300 系列在复杂食品样品的分析中展现出卓越的性能，确保每次检测结果的高精度与可靠性，为食品安全和环境健康提供坚实保障。

优势 1 — 快速完成元素分析前处理流程。

超高的自动化程度，只需称样，即可获得最终的检测结果，可显著降低人为因素造成的误差，获得更好的准确结果。

优势 2 — 超长纯钨四极杆

超长纯钨四级杆具有最佳的热稳定性，支持高分辨模式，具有最好的质量控制精度，可以支持标准分辨率和高分辨率两种分析模式，其中标准分辨率为 0.75amu 可以支持全部分析项目，而高分辨率高达 0.25amu，可以支持血液中 Mn 的测定（高 Fe 环境，血红蛋白），在几百到几千 ppm 的高 Fe 样本中精准测定 0.Xppb 的 Mn，同位素丰度比达到 10^{-8} 。

搭配脉冲/模拟双模检测器，动态范围 $\geq 10^{11}$ ，环境适应性更强，能够在同一分析过程中同时检测常量元素和痕量元素，确保数据的高灵敏度和精准度。

优势 3 — 智能电子稀释技术

独特的智能电子稀释技术，智能精确离子传输控制，一次进样，同时分析常量、痕量元素，不同元素不同比例稀释，高低含量同时分析，减少手动稀释样品步骤，稀释倍数可以达到 10,000 倍，大大提升工作效率。

优势 4 — 双 90°偏转设计

仪器结构采用二次离轴，双 90°偏转设计，优化了离子传输路径，消除中性粒子和光子的干扰，有效降低背景干扰，大幅提高信噪比。

优势 5 – 带轴向加速的碰撞反应池技术

带轴向加速功能六极杆碰撞/反应池，可以实现碰撞模式和反应模式，自动切换，消除干扰的同时，提高仪器的信噪比。

优势 6 – 灵活的做样能力

可为每个样品“量身定制”前处理方案，可随时调整做样顺序，提升整个联用系统的灵活性。

三、iQuad 2300 在部分行业的应用案例

1、使用 Hansel iQuad 2300 ICP-MS 对乳制品中重金属进行分析

应用简报编号：HS20241015-CN

使用 Hansel iQuad 2300 ICP-MS 对乳制品中营养元素及重金属进行分析

作者 李孟婷/宋杰 衡昇质谱（北京）仪器有限公司

微波机器人结合 ICP-MS 对乳制品中 13 种元素进行分析



前言

乳制品是人类膳食中重要的营养来源，对婴儿和儿童更是如此。通过检测 Na、K、Mg、Ca、P 等常量元素以及 Fe、Mn、Cu、Zn 等微量元素的浓度，可以提供有价值的营养信息。另外还需要检测乳制品中的 As、Cr、Hg、Pb 等痕量的有害元素，用于监控可能来自环境或加工运输过程中的潜在污染。

相对于石墨炉原子吸收法，电感耦合等离子体质谱仪 (ICP-MS) 具有灵敏度高、涵盖元素范围广、线性范围宽和干扰少等特点，非常适合用于多元素同时分析。在分析痕量元素的同时，其分析范围可拓宽至常量元素，大大提高了检测效率和样品通量，是食品样品中多元素分析的理想选择。

本文参照食品安全国家标准 GB 5009.268-2016，使用全自动微波消解机器人对婴幼儿配方奶粉及牛奶样

品进行快速全自动消解，并利用 ICP-MS 方法，一次进样，利用智能电子稀释功能，同时分析了 9 种营养元素 4 种有害元素，实现了一次进样，无需任何切换，同时分析高、低含量元素的高通量，准确定量。

实验部分

样品和试剂

文中检测使用样品均自超市，包括婴儿配方奶粉及牛奶；乳制品质控样由相关企业提供。参考《实验室质量控制规范 食品理化检测》(GB/T 27404-2008) 对分析方法进行验证。

用硝酸 ($\geq 65\%$, Sigma-Aldrich) 进行微波消解和标准品/样品前处理。使用 18.2 M Ω -cm (Millipore, Bedford, MA, USA) 去离子水 (DIW) 进行所有稀释。

标样

钠、镁、磷、钾、钙、锰、铁、铜、锌、铬、砷、铅、汞、钒、锆和钼单元素标准溶液 (中科睿谱)。每组校准标样单独配制。

样品前处理

将样品 (0.5 g 奶粉或 1~2 g 液态奶) 和奶粉质控样 (0.5 g) 于消解罐中称重后，P3 超能微波机器人 (屹尧科技) 自动完成加酸、消解、冷却、开盖、定容等步骤；P3 内置三个独立的微波通道，每批运行的 3 个样品，分别加入 6mL 硝酸，在 P3 中进行全自动消解、定容。同法做样品空白。

表 1. 微波消解程序

温度 (°C)	程序升温时间 (min)	保持时间 (min)
140	0	1
170	0	1
190	0	5

仪器

采用 iQuad 2300 动能歧视模式 (He 碰撞模式) 测量，有效减少常见的基质多原子离子干扰。婴儿奶粉中通常 K、Na 等营养元素含量较高，而重金属又是微量甚至痕量级别的，利用 iQuad 2300 独特的电子稀释功能，对待测元素设置不同的稀释倍数，一次

2、使用 iQuad 2300 ICP-MS 测试地表水中 65 种元素

应用简报编号: HS20241015-01CN

使用Hansel iQuad 2300 ICP-MS 测试地表水中 65种元素

作者 黄泽超 衡昇质谱（北京）仪器有限公司

使用 KED 模式对地表水中 65 种元素定量分析



前言

自然界中的水是地球上最重要的资源之一，它存在于各种形式中，包括海洋、河流、湖泊、冰川、地下水和大气中的水汽等。这些水体支撑着地球上的生命，维持着生态系统的平衡。自然界中的水循环过程将水从一个地方转移到另一个地方，涵盖了蒸发、降水、地下水和河流流动等过程，形成了一个复杂而精密的系统。维持自然界中水的清洁和可持续利用对地球生态系统的稳定和人类社会的发展至关重要。

目前水质元素的分析面临一个很大的挑战，如何在保证灵敏度并不伤害检测器的前提下，对常量元素进行方便、快速、准确的检测分析，衡昇质谱 iQuad 2300 智能电子稀释功能很好的满足了这一要求。

参照中华人民共和国环境保护标准 HJ700-2014 水质中 65 种元素的测定 电感耦合等离子体质谱法，利用电感耦合等离子体质谱仪，分析水中 65 种元素，为了使该方法能准确、可靠、始终如一地获得客观实际的检测数据，按照 HJ168-2020 的要

求，需要对该方法进行验证。验证的项目包括重复性、线性及范围、准确度、正确度，各项验证结果符合标准要求。

实验部分

样品和试剂

所使用样品均来自客户提供，参照 HJ700-2014 水质中 65 种元素的测定 电感耦合等离子体质谱法对分析方法进行验证。

用硝酸 ($\geq 65\%$, GR), 对水样进行酸化处理。使用 18.2 MQ-cm (Millipore, Bedford, MA, USA) 去离子水 (DIW) 进行所有稀释。

标样

使中国计量科学研究院的钾、钠、钙、镁、铁、锰、铜、锌、铬、砷、铅、磷等 65 种单标，按照 HJ700-2014 附录 B 表 B.3 推荐分组方式配制标准曲线。

使用 2 % (v/v) 硝酸溶液由衡昇混合内标制得含 Sc、Ge、Rh、In、Tb、Bi 的内标 (ISTD) 溶液。

样品前处理

地表水样品采集后，用 0.45 μm 的滤膜过滤，弃去初始滤液 50ml，用 1: 1 硝酸调制 pH 小于 2

仪器

使用标准 iQuad 2300 ICP-MS A 型 (衡昇质谱) 进行分析。使用氦气碰撞模式 (KED 模式) 去除质谱干扰。

使用 ICP-MS 软件内的自动调谐功能对 ICP-MS 进行优化。所用仪器运行条件及各元素电子稀释参数如表 1 所示。

表 1. 2300 ICP-MS 运行条件

参数	设置
RF 功率 (W)	1500
采样深度 (mm)	2
雾化器气体 (L/min)	1.05
雾化器	玻璃同心雾化器
雾室	玻璃旋流雾室
氦气流速 (mL/min)	3.80
测量模式	KED 模式

3、使用 iQuad 2300 ICP-MS 测试土壤中重金属元素

应用简报编号: HS20241015-01CN

使用 Hansel iQuad 2300 ICP-MS 测定土壤中重金属元素

作者 李孟婷 衡昇质谱（北京）仪器有限公司

使用碰撞模式对土壤消解液中的 19 种元素进行简单稳定的定量分析



前言

土壤是地球生态系统的重要组成部分，土壤质量的下降会对生态环境造成严重影响。土壤也是农业生产的基础，土壤的质量直接影响农作物的生长和产量。通过土壤检测，不仅可以了解土壤中的营养元素、有机质、PH 值等关键参数，为农民提供科学的施肥建议，提高土壤肥力，增加农作物产量；也可以可以发现土壤中的重金属、有机污染物等有害物质，从而及时采取措施进行治理，避免这些污染物通过食物链进入人体，危害人类健康。

电感耦合等离子体质谱仪 (ICP-MS) 具有线性范围宽、分析速度快、灵敏度高、可多元素同时分析的特点，相比其他检测方法，大大提高了检测效率和样品通量，其分析范围可从痕量元素扩宽至常量元素，因此，ICP-MS 法已被广泛应用于环境和生命科学领域以检测金属元素。

本文参照环境标准 HJ 1315-2023，使用微波消解仪、石墨赶酸器，并利用 ICP-MS 方法，一次进样，同时分析了 19 种金属元素，实现了高通量，稳定，准确分析。

实验部分

样品和试剂

硝酸 (BV-III, 化学试剂研究所生产); 18.2 MΩ-cm 去离子水 (Millipore); GSS 系列标准物质 (地球物理地球化学勘查研究所)。

用硝酸 (BV-III, 化学试剂研究所生产) 进行微波消解和标准品 / 样品前处理。使用 18.2 MΩ-cm (Millipore, Bedford, MA, USA) 去离子水 (DIW) 进行所有稀释。

标样

银、砷、钡、铍、铋、镉、铬、钴、铜、锂、锰、钼、镍、铈、锆、铅、铀、钒、钨、铷、铯、铟和铊单标准溶液 (中科睿谱)。每组校准标样单独配制。

仪器

M6 微波消解 (上海屹尧)

iQuad 2300 ICP-MS (衡昇质谱)

样品前处理

称取 0.1g 土壤样品，置于消解罐中，再加入 9ml 硝酸、3ml 盐酸、2ml 氢氟酸，充分混匀，反应平稳后，加盖拧紧，将消解罐装入微波消解仪中，使用表 1. 微波消解程序进行消解，消解结束后冷却至室温，在通风橱中缓缓泄压放气，消解罐中加入 1ml 高氯酸，160°C~180°C 加热至白烟几乎冒尽，内容物呈粘稠状态，冷却至室温，定容至 50ml。

表 1. 微波消解程序

步骤	温度 (°C)	升温时间 (min)	保持时间 (min)
1	120	0	2
2	150	0	2
3	180	0	25

4、使用 iQuad 2300 ICP-MS 测试海水

应用简报编号：HS2024CN1105

使用 Hansel iQuad 2300 ICP-MS 气体稀释技术直接进样测定海水，无惧高盐基体

作者 件文旺 衡昇质谱（北京）仪器有限公司

使用一个流量的氦气KED模式对海水中的Cr, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Pb进行的定量分析



前言

海水中无机元素的分析对于理解海洋生态系统的功能、保护海洋环境、评估人类活动的影响以及预测气候变化等方面都具有重要的科学和实际意义。

海水中元素分析的必要性体现在以下几个方面：

生物地球化学循环：海水中的无机元素，尤其是痕量金属元素，对海洋生物地球化学循环过程起着重要作用。这些元素参与了海洋生命的方方面面，从初级生产力中细胞质的形成到蛋白质的合成。例如，一些痕量金属（如 Fe, Ni, Cu 和 Zn 等）对有机体的生长至关重要。

生态系统健康：海水中的某些无机元素是海洋生物生长所必需的微量元素，直接影响着海洋浮游植物的生长及其固碳、固氮作用，是海洋初级生产力的关键调控因子。同时，这些元素的浓度变化也关乎着海洋生态系统的健康。

污染物监测：海水中的某些无机元素，如铅，主要是由人类活动排放的污染物。对这些元素的监测有助于评估人类活动对海洋环境的影响，并为污染控制提供科学依据。

众所周知，ICP-MS 是元素分析利器，相对其他技术，具有多元素同时分析能力，线性范围宽，测试速度快，定量限低，专属性强等特点。

ICP-MS 分析超过 3% 的含盐量的海水时，面临的主要挑战是如何降低基体效应与信号漂移，以保证准确度与数据的长期稳定性。本文以广东某地近岸海水为样品，不做任何处理的情况下对 Cr, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Pb 进行分析，重点考察不使用基体匹配，仅用外标法的前提下，使用 iQuad 2300 分析 7 元素的加标回收率以及内标回收率。

实验部分

样品和试剂

样品：广东某地采集的近岸海水

试剂：GR 级别硝酸、盐酸；色谱级甲醇；自制 18.2 MΩ·cm 超纯水。

元素标准溶液与内标溶液

元素标准液：包含 Cr, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Pb 的元素混标。使用 3% 盐酸稀释该混标：得到 5-200 μg/L 的工作曲线。

内标溶液：使用 2% 甲醇溶液与 2% 盐酸将 Pt, Te, Ge 元素标准液稀释至一个混合内标溶液中。

5、使用 iQuad 2300 ICP-MS 测试过氧化氢样品

应用简报编号：HS2526CN

使用Hansel iQuad 2300 ICP-MS 测试过 氧化氢中的21种元素杂 质

作者 作文旺 衡昇质谱（北京）仪器有限公司

iQuad 2300冷、热焰自动切换配合
KED模式测试过氧化氢中的Li, B,
Na, K等21种元素杂质



前言

过氧化氢 H_2O_2 作为重要的基础化学品，在半导体制造、医药生产、食品加工及环境治理等领域具有不可替代的作用。其纯度直接关系到终端产品的性能与安全性，尤其在高精尖产业（如集成电路光刻工艺和注射用药品生产）中，痕量金属杂质的残留可能引发催化分解、产品污染或器件失效等严重后果。

电感耦合等离子体质谱（ICP-MS）凭借其超高灵敏度（ppt级检出限）、宽动态线性范围及多元素同步分析能力，成为表征过氧化氢中痕量元素杂质的核心手段。

通过精准定量 Fe、Cr、Ni、Cu、As、Cd、Pb 等关键杂质元素，ICP-MS 测试不仅为生产工艺优化和原料质量控制提供数据支撑，更是满足 ICH Q3D、USP<232>/<233>及 SEMI 国际标准等严苛法规要求的必备技术保障，对保障高纯化学品可靠性、提升下游产品良率及规避安全风险具有决定性意义。

实验部分

样品和试剂

样品：纯度为 30%的过氧化氢

元素标准溶液

元素标液：100ppm 的元素混标

样品处理

直接将瓶装甲醇转移至 HDPE 小瓶中，配合天平采用单容器标准加入法测定。

仪器与方法关键参数

使用 Hansel iQuad 2300 型 ICP-MS 进行分析。使用 ICP-MS 软件内的自动调谐功能对冷热模式条件进行优化。

表 1 2300 ICP-MS 运行条件

参数	热模式	冷模式
RF 功率 (W)	1500	550
采样深度 (mm) ^a	9.5	11
提取透镜电压 (V)	-92	-68
聚焦透镜 (V)	-7.5	-10.5
等离子体气流量 (L/min)	15	
氦气流速 (mL/min) ^c	4; 0.5	
进样方式	自吸进样	
雾化器类型	同心玻璃	
雾化器流量 (L/min)	0.72	
中心管直径 (mm)	1.0	
锥材质	Pt	
雾化室制冷温度 °C	4	
积分时间 (s) ^b	1	

a 此处采样深度的含义是：样品锥锥口与线圈之间的距离

b 延长积分时间可以在一定范围内改善检出限

c 低质量数采用 0.5ml/min 的流量

6、 使用 iQuad2300 ICPMS 测试化妆品

应用简报编号: IQUAD2512CN

使用Hansel iQuad 2300 ICP-MS 对化妆品中铅砷汞镉4种元素进行分析

作者 李孟婷 衡昇质谱(北京)仪器有限公司

使用 KED 模式对化妆品中铅砷汞镉 4 种元素定量分析



前言

化妆品是人们日常生活中广泛使用的产品，其质量和安全性直接影响消费者的健康。随着对化妆品安全性的关注不断提高，重金属污染已成为行业监管和消费者关注的焦点。金属元素可能来源于原材料、生产工艺或包装材料，一旦超标，可能对人体健康造成危害。某些金属元素，如铅（Pb）、汞（Hg）、镉（Cd）和砷（As），在超标情况下可能对人体健康造成严重危害。例如，铅可能引起神经系统损伤，汞会影响肾脏和神经系统，镉具有致癌性，而砷可能导致皮肤病变和癌症。长期接触这些有害金属会增加慢性中毒的风险，特别是对于孕妇、婴幼儿和敏感人群而言，危害更为严重。

因此，对化妆品中金属元素的检测至关重要。

全球多个国家和地区都对化妆品中的金属元素限量做出了规定。例如，欧盟《化妆品法规》（EC 1223/2009）严格限制重金属的含量，美国 FDA 也对某些化妆品中的铅含量进行了监管，中国《化妆品安

全技术规范》对多种有害金属元素进行了限制。

化妆品中金属元素的检测主要采用原子吸收光谱法（AAS）、电感耦合等离子体质谱法（ICP-MS）和电感耦合等离子体发射光谱法（ICP-OES）等。原子吸收光谱法（AAS）：适用于检测微量金属元素，如铅、镉等；电感耦合等离子体质谱法（ICP-MS）：具有更高的灵敏度和准确度，能检测超痕量金属元素。通过科学检测和严格监管，可以最大程度地减少化妆品中的金属污染风险，让消费者能够安全、放心地使用各类美容产品。

本文参照《化妆品安全技术规范》，使用 iQuad 2300 对散粉和口红中铅、砷、汞、镉 4 种金属元素进行检测。

实验部分

样品和试剂

文中检测使用样品为客户提供的散粉、口红。参考《化妆品安全技术规范》对样品进行消解和测试。

用硝酸（BV-III，化学试剂研究所生产）进行微波消解和标准品/样品前处理。使用 18.2 MΩ·cm（Millipore, Bedford, MA, USA）去离子水（DIW）进行所有稀释。

标样

铅、砷、汞、镉、金、锆、钨和铋单元素标准溶液（中科睿谱）。每组校准标准单独配制。

样品前处理

称取 0.3g~0.4g 的样品于微波消解罐中，加入 1ml 双氧水和 6ml 硝酸，混匀后按照表 1 的消解程序进行微波消解。消解结束后取出消解罐，冷却至室温后，转移至 50ml 离心管中，用 2% 的硝酸定容至刻线，待测。

表 1. 微波消解程序

温度 (°C)	程序升温时间 (min)	保持时间 (min)
120	0	2
150	0	2
170	0	2
190	0	25

四、产品详细技术规格

1 主要用途:

适用于环境领域的水、土、气及固废等各类元素含量分析。

2 符合标准:

HJ 700-2014 水质 65 种元素的测定电感耦合等离子体质谱法

HJ 1315-2023 土壤和沉积物 19 种金属元素总量的测定电感耦合等离子体质谱法

HJ 766—2015 固体废物金属元素的测定电感耦合等离子体质谱法

3 iQuad 2300 技术参数

总体规格: 具备高盐在线稀释功能, 针对复杂基质样品可在线稀释并直接进样。配备耐氢氟酸进样系统用于含氢氟酸样品直接进样。

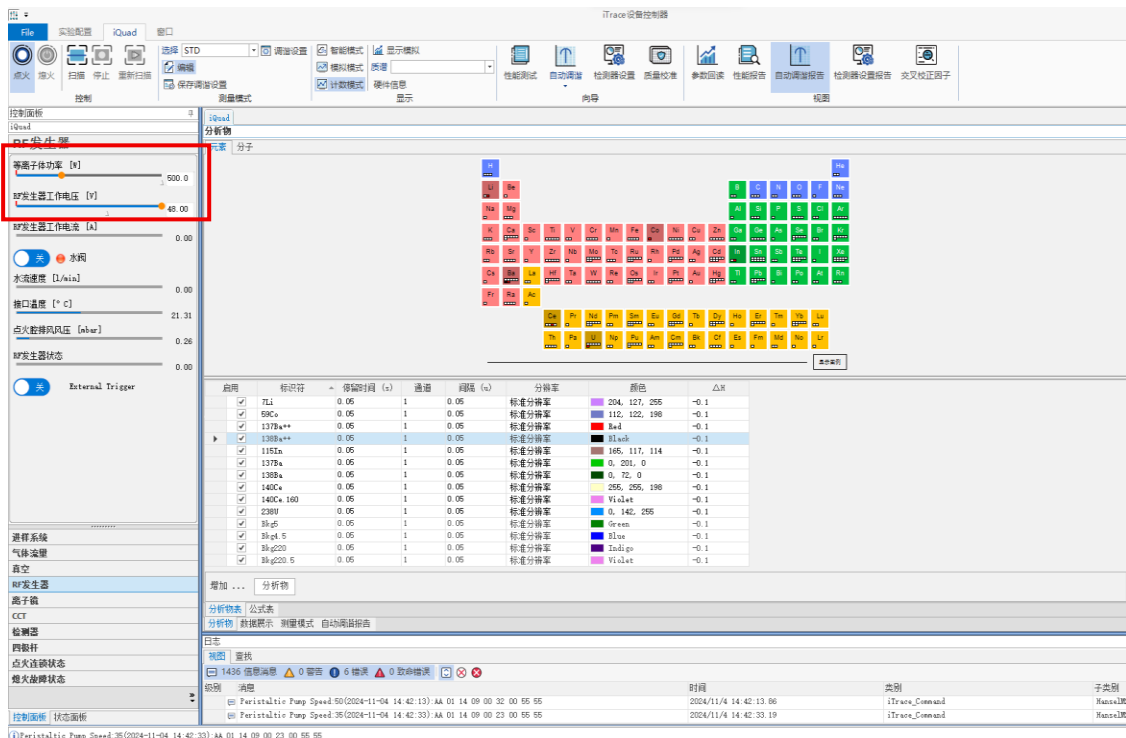
具备单氩模式, 无需切换气体, 可一次性测定 65 种元素。

3.1 硬件参数

3.1.1 雾化室: 配置原厂半导体制冷装置, 降温温度-10 摄氏度。

3.1.2 等离子体射频发生器: 数字式驱动的固态发生器 27.12MHz, 高效长寿命, 最大功率 1.6 kW。

3.1.3 离子源能够使用 500W 功率冷焰模式, 从而大幅减少 40Ca 受到的 Ar 离子干扰。40Ca 的检出限可以达到 10ppt 以下。



The screenshot shows the iQuad 2300 software interface. On the left, there is a control panel with various parameters:

- 等电子体功率 [W]: 500.0
- 射频发生器工作电压 [V]: 48.00
- 射频发生器工作电流 [A]: 0.00
- 水流量 [L/min]: 0.00
- 接口温度 [°C]: 21.31
- 点火数排风 [m³/h]: 0.26
- 射频发生器状态: 0.00

 The main area displays a periodic table with elements color-coded by group. Below the table is a table of parameters:

启用	标识符	停留时间 (s)	进道	间隔 (s)	分辨率	颜色	ΔE
✓	7Li	0.05	1	0.05	标准分辨率	204, 127, 255	-0.1
✓	9Be	0.05	1	0.05	标准分辨率	112, 122, 198	-0.1
✓	12B	0.05	1	0.05	标准分辨率	Red	-0.1
✓	13B	0.05	1	0.05	标准分辨率	Black	-0.1
✓	11Li	0.05	1	0.05	标准分辨率	165, 117, 114	-0.1
✓	13B	0.05	1	0.05	标准分辨率	0, 201, 0	-0.1
✓	13B	0.05	1	0.05	标准分辨率	0, 12, 0	-0.1
✓	14C	0.05	1	0.05	标准分辨率	255, 255, 198	-0.1
✓	14C	0.05	1	0.05	标准分辨率	Violet	-0.1
✓	238U	0.05	1	0.05	标准分辨率	0, 142, 255	-0.1
✓	89Ac	0.05	1	0.05	标准分辨率	Green	-0.1
✓	88Ac	0.05	1	0.05	标准分辨率	Blue	-0.1
✓	88Ac	0.05	1	0.05	标准分辨率	Indigo	-0.1
✓	88Ac	0.05	1	0.05	标准分辨率	Violet	-0.1

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 1 μ g/L 的溶液，测得 $^{40}\text{Ca}^+$ 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	$^{40}\text{Ca}^+$	名称	$^{40}\text{Ca}^+$
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	/	/
SD	62.3	DL/ppt	9.4

3.1.4 宽范围采样深度调节，采样深度极值 15mm；

3.1.5 接口：镍采样锥与截取锥；具有 0.5mm 的截取锥孔，减少高基体样品进入仪器真空腔，保证质谱系统得长期稳定性，减少真空腔内的维护。

3.1.6 离子提取透镜可在不卸真空情况下快速拆卸和更换，偏转透镜在真空腔中无需维护。



3.1.7 离子在进入碰撞反应池前经过 1 次 180°C 偏转, 以去除其中中性噪声粒子。

3.1.8 工作气体控制: 仪器由质量流量控制器控制各个工作气体, MFC 控制的气体流路数量 5 个, 五个气体流量控制器的具体分别为在线稀释气或有机加氧气*1, 等离子体气*1, 雾化气*1, 辅助气*1, 碰撞反应气*1。

3.1.9 高基体接口: 配置 200 倍耐高盐稀释接口, 包括在线氦气稀释系统气路和稀释气通入装置, 能够实现高盐海水、污水等的直接进样分析, 减少盐分在进样系统的沉积。同时降低氧化物产率至 0.3% 以下, 降低氧化物干扰。

3.1.10 碰撞反应池:

3.1.10.1 配置带轴向加速功能的六极杆结构碰撞反应池

3.1.10.2 碰撞反应池支持反应模式, 可耐氨气, 不同模式切换时间小于 5 秒。

3.1.10.3 六极杆碰撞反应池设计, 无需加热, 有效避免碰撞反应池被污染

3.1.10.4 碰撞反应池到主四级杆具有 180 度偏转, 四极杆到检测器无需偏转, 能更有效消除中性噪音。

3.1.11 配置长寿命检测器: 按照每日分析 300 个水样计算, 检测器寿命大于 10 年。

3.1.12 质量分析器:

3.1.12.1 质谱测定范围: 2 至 260amu;

3.1.12.2 四极杆驱动频率: $\geq 2.5\text{MHz}$;

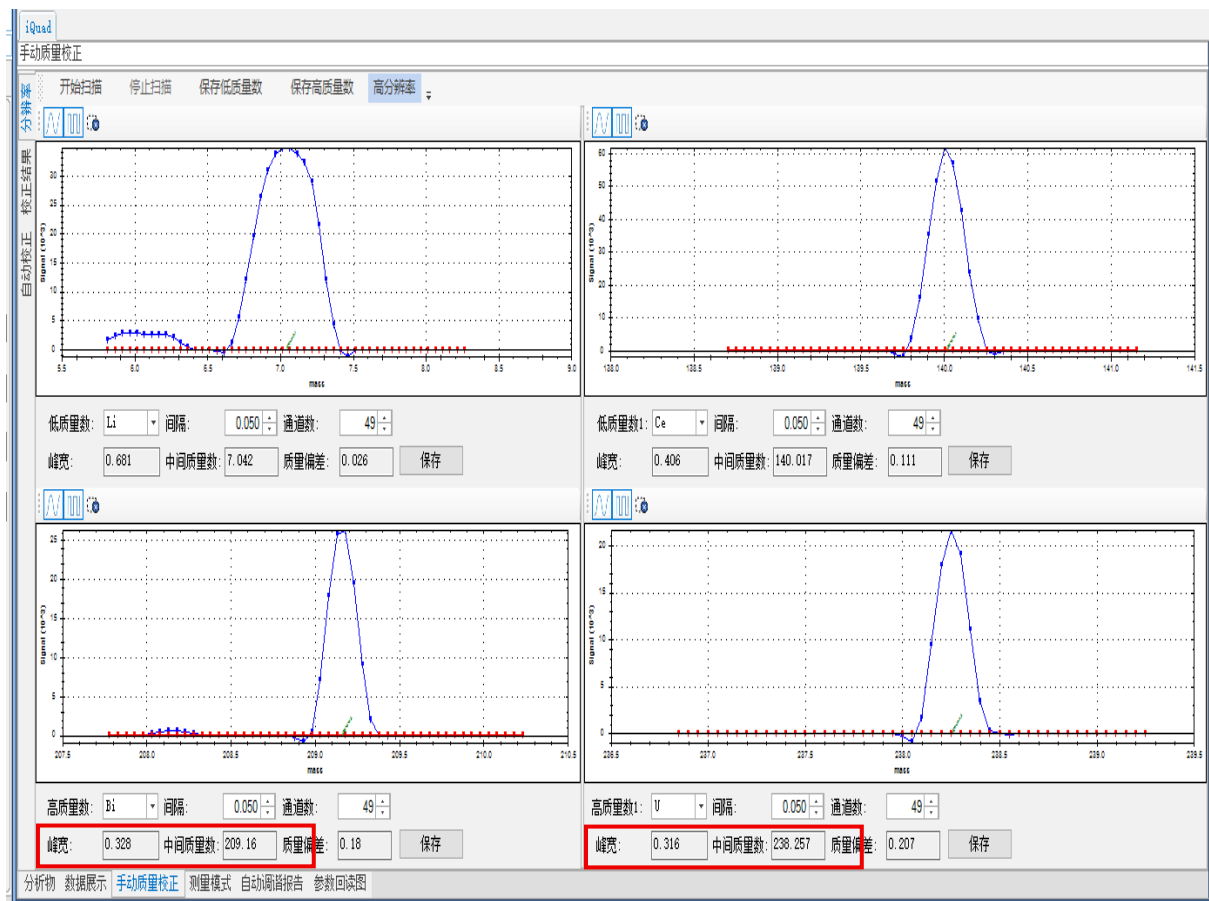
3.1.12.3 采取双曲面电场的 12mm 直径 250mm 长度主四极杆, 提供最理想电场分布、最佳丰度灵敏度以及除标准单位质量分辨率模式外的高分辨模式;

3.1.13 可升级高级分析能力:

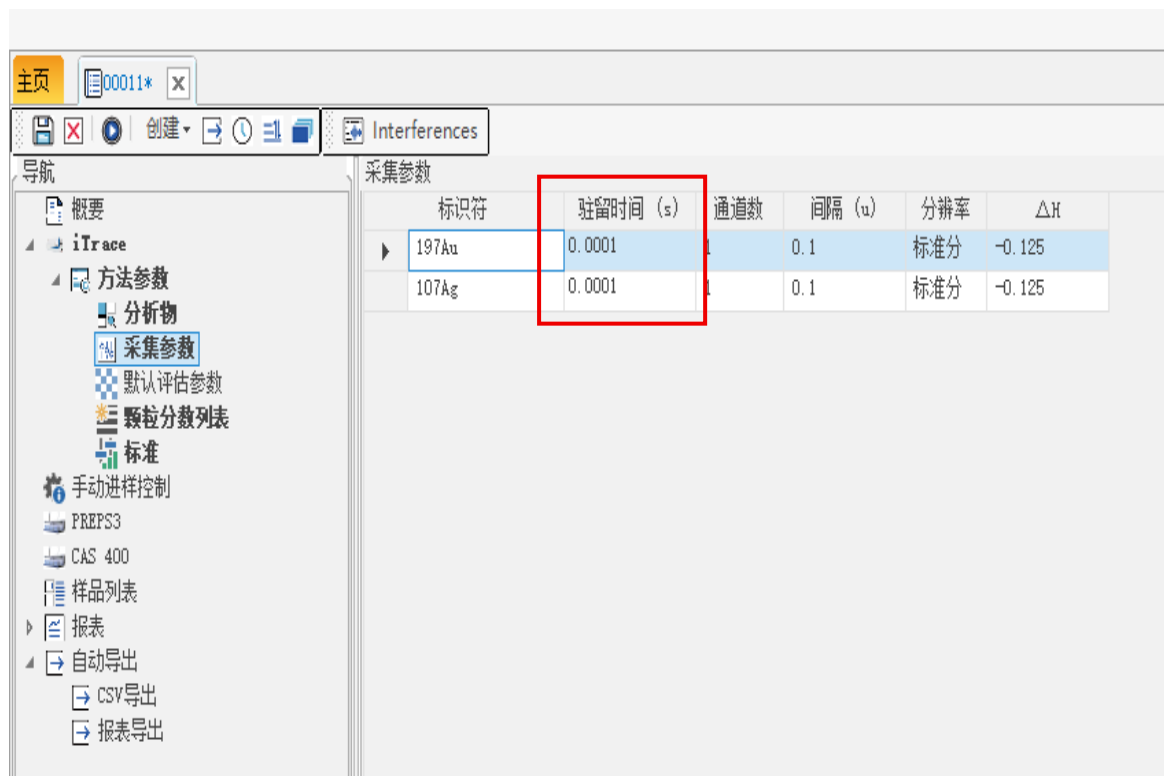
3.1.13.1 具备高级数据采集功能, 能够实现长时间连续在线采集数据, 可以同时在线监测设备和液相色谱等联机, 进行瞬时信号分析。

3.1.13.2 具备检测器死时间校正, 能够进行高精度同位素比值分析等, 从而为环境污染物溯源提供依据。

3.1.13.3 设备具备高分辨率的窄峰模式, 能够测定非整数质荷比的双电荷离子, 从而通过校准消除稀土元素对于这些元素的干扰。提供软件窄峰模式和非整数质量数设定截图证明。



3.1.13.4 检测器最短积分时间缩短到 0.1ms 以下，从而具备纳米颗粒物分析能力，能够检测水体中固体金属颗粒的元素组成，粒径和数量等信息。



Interferences

采集参数

标识符	驻留时间 (s)	通道数	间隔 (u)	分辨率	ΔH
197Au	0.0001		0.1	标准分	-0.125
107Ag	0.0001		0.1	标准分	-0.125

3.2 工作站配置:

3.2.1 原厂配置计算机系统:

3.2.1.1 配置: 四核 3.2 GHz; 4G 内存; 500G HDD; 16 倍速 DVD; 22 吋液晶显示器;

3.2.1.2 激光打印机;

3.3 操作软件:

3.3.1 操作系统: Windows 10 64 位操作系统;

3.3.2 全自动工作条件调谐;

3.3.3 可使用多个内标元素分别校正, 保证校正后的结果更接近目标元素, 更可靠地校正各种样品基体效应;

3.3.4 批量数据表功能质量控制标准的在线显示与控制数据直接粘贴到 Microsoft Excel 表格 (随机配置) 或 LIMS 数据系统;

3.4 性能指标: (验收指标, 所有指标须在氧化物产率(CeO^+/Ce^+) $\leq 2.0\%$ 下检测)

3.4.1 低质量数灵敏度: $7\text{Li} \geq 110 \text{ M cps/ppm}$

3.4.2 中质量数灵敏度: $115\text{In} \geq 350 \text{ M cps/ppm}$

3.4.3 高质量数灵敏度: $205\text{Tl} \geq 350 \text{ M cps/ppm}$

3.4.4 低质量数检测限: $9\text{Be} \leq 0.2\text{ppt}$

3.4.5 中质量数检测限: $115\text{In} \leq 0.05 \text{ ppt}$

3.4.6 高质量数检测限: $209\text{Bi} \leq 0.05\text{ppt}$

3.4.7 背景: $\leq 0.5 \text{ cps}$ (在质量数 4.5, 9 或 220 amu 处实测背景)

3.4.8 氧化物产率(CeO^+/Ce^+) : $\leq 2.0\%$

3.4.9 双电荷产率($\text{Ce}^{2+}/\text{Ce}^+$) : $\leq 3.0\%$

3.4.10 丰度灵敏度: 低质量端 $\leq 5 \times 10^{-7}$, 高质量端 $\leq 1 \times 10^{-7}$

3.4.11 短期稳定性(RSD): $\leq 2\%$ (20 min) (须在 1ppb 标准溶液中测定)

3.4.12 长期稳定性(RSD): $\leq 3\%$ (4 hrs) (须在 1ppb 标准溶液中测定)

3.4.13 满足亚 ppt 级到百分级浓度测定, 在同一次运行中同时测定痕量与常量元素; 无需电子或手动稀释, 能实现样品主量元素浓度在 10000ppm, 有毒害元素含量 10ppt;

3.4.14 样品检出限要求: 在多元分析中, 一次分析不少于 26 种元素, 获得 9Be



与 11B 的 $DL \leq 6.0 \text{ppt}$, 56Fe 与 78Se 的 $DL \leq 20 \text{ppt}$, 202Hg 的 $DL \leq 2.0 \text{ppb}$;

3.4.15 一次进样多元素检测能力: 1 次进样, 在一个氦气模式条件下即可以完成 65 种元素的检测, 并达到 HJ700 要求的检出限以下。

衡昇质谱(北京)仪器有限公司

400-100-7866