

电感耦合等离子体质谱仪 技术白皮书



北京莱伯泰科仪器股份有限公司

1. 产品简介

LabMS 3000 ICP-MS 承载了莱伯泰科公司创始人胡克博士三十多年的质谱研发和研制经验，完全自主研发设计，拥有独立知识产权。该产品稳定、可靠、简便、灵活，具有稳定、耐用的离子源，宽动态范围的检测器以及用于消除多原子离子和双电荷离子干扰的新一代碰撞反应池技术。

LabMS 3000 拥有高性能和高稳定性的同时，兼具了良好的易用性。提炼多位质谱应用专家和应用团队使用需求而定制开发的 HiMass 智能工作站，具有简单易用的自动调谐、方法向导和数据分析工具，结合高性能质谱，LabMS 3000 将使您的工作比以往更轻松。

莱伯泰科拥有多种自动进样器以及丰富完善的可选附件，满足多种定性、定量、单颗粒、元素形态等应用需求。

2. 产品优势

■ 完善可靠的安全配置

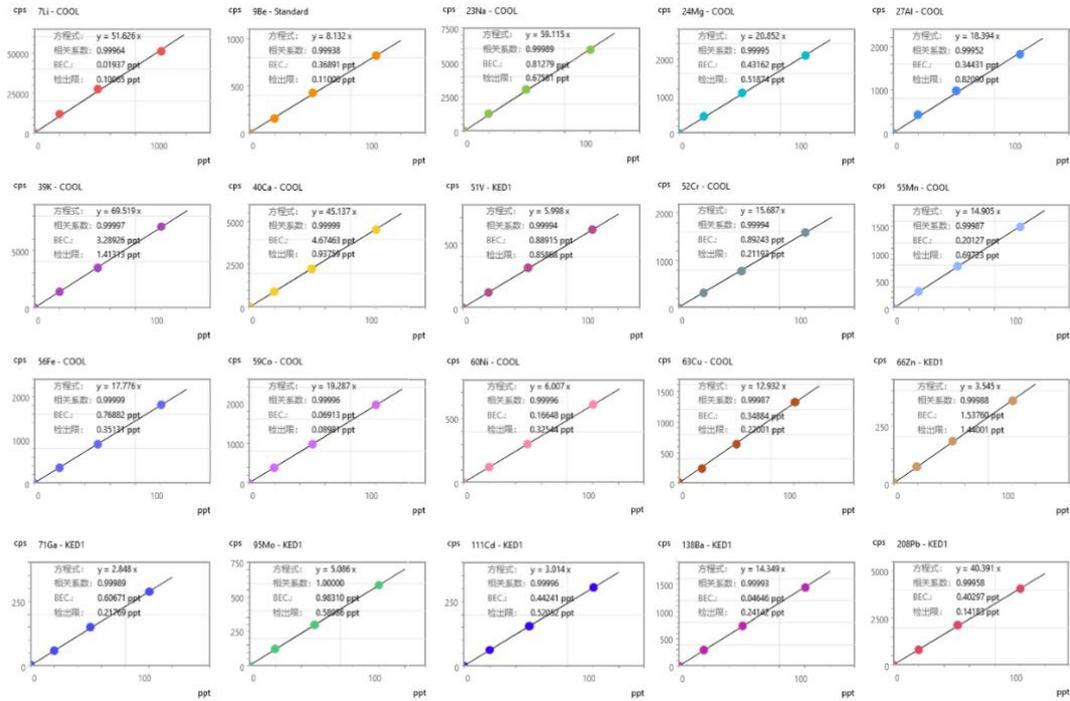
LabMS 3000 具有全面可靠的安全配置，包括多种气体压力、温度、排风监控等，带来全面可靠的安全防护，保证仪器长时间运行可靠性。



■ 优异的检出限

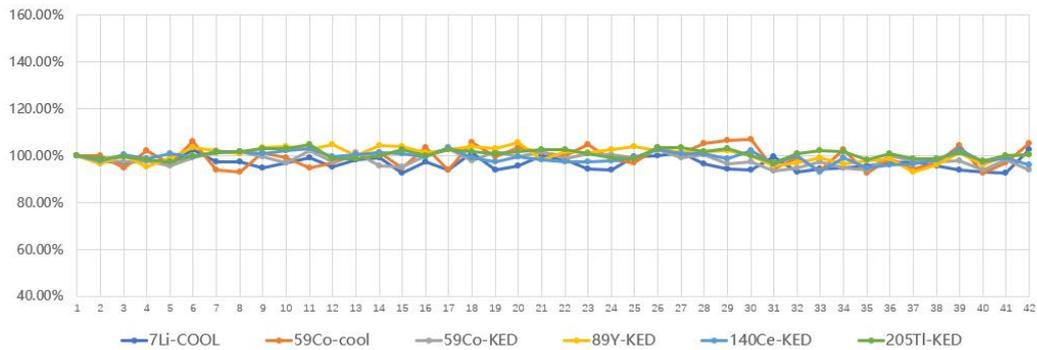
LabMS 3000 ICP-MS 具有高性能冷等离子体技术、屏蔽炬物理接地技术、双离子轴离子偏转技术，强强结合降低背景，从而获得更低的检测限和准确的超痕量

分析结果。



■ 出色的长期稳定性

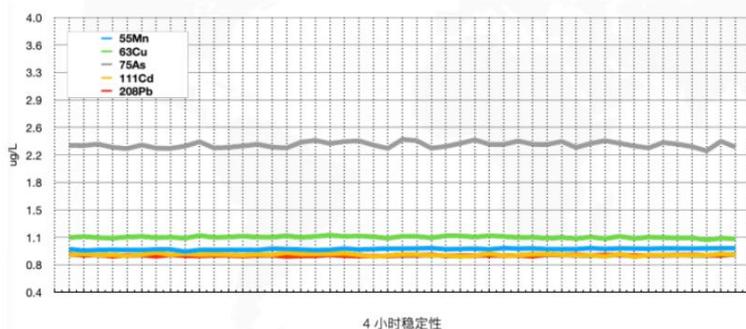
LabMS 3000 ICP-MS 采用工业标准 27.12 MHz 全固态 RF 发生器，具有极高的稳定性，冷、热等离子体快速稳定切换，确保仪器 24h 不间断安全稳定运行以及检测数据的可靠性。



硅片扫描液加标50ppt长时间（42h）分析稳定性

■ 强大的基体耐受性

优秀的接口设计以及加强型离子传输系统，带来强大的基体耐受性，即使高基体直接进样也可有效降低信号漂移。



元素	浓度	RSD %
Mn	0.97	2.5
Cu	1.09	1.2
As	2.30	1.6
Cd	0.91	1.4
Pb	0.92	0.8

直接分析尿液样品加标 1µg/L 的长期 (4 小时) 稳定性

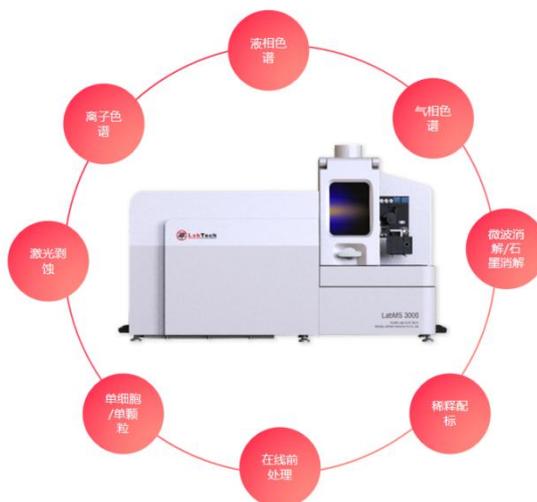
■ 灵活、简便和直观的质谱软件

HiMass 软件是莱伯泰科专门为质谱打造的智能软件平台，把智能与流程化相结合引入到仪器控制与操作流程上，更符合中国人操作习惯，可以确保高效、准确的运行与分析结果。



■ 丰富的扩展能力

莱伯泰科提供丰富完善的可选附件为多种配置和应用提供支持，包括激光剥蚀、液相色谱、离子色谱、气相色谱、微波消解、石墨消解等，实现一站式元素分析解决方案，使元素分析更高效、更准确、更安全。



3. 主要结构

LabMS 3000 ICP-MS 由 ICP-MS 主机机械泵、冷却循环水机、计算机系统以及可选的拓展附件/设备构成。

序号	主要结构/部件	单位	数量	备注/性能
1	离子源	个	1	主要由全固态 RF 发生器、匹配箱及射频线圈构成，具有过流保护、过压保护和温度保护功能，可长时间稳定运行。
2	接口	套	1	由采样锥、截取锥构成，高灵敏度、高复杂基体耐受和低干扰水平设计
3	提取透镜	套	1	提取透镜可通过施加不同电压来实现多种离子提取效果，可使用零电压、负电压等多种提取模式
4	离子传输系统	套	1	双离轴偏转透镜技术，免拆洗维护设计。离子前后两次离轴偏转，实现中性粒子、光子的有效消除，保证最佳的分析信噪比
5	碰撞反应池	套	1	新一代六极杆碰撞反应池技术，单一氦气的普适性适用于绝大多数应用测试，设置简单，使用安全，无需切换气体。其他纯反应气体（氧气、氢气）以及混合反应气（氦氦混合气）进入碰撞/反应池消除或转移干扰，精准去除特定干扰离子。
6	四极杆质量过滤器	套	1	高精度、高纯钨材料四极杆，高热稳定性陶瓷基座，保证最佳的质量轴稳定性。
7	检测器	套	1	长寿命的不连续打拿极电子倍增器可提供 10 个数量级的动态范围，在一次进样过程中脉冲和模拟模式之间自动切换
8	进样系统	套	1	由蠕动泵、雾化器、雾室、炬管构成，多种配置可选。
9	质谱专用分析软件	套	1	HiMass 软件是莱伯泰科专门为质谱打造的智能软件平台，把智能与流程化相结合引入到仪器控制与操作流程上，更符合中国人操作习惯，可以确保高效、准确的运行与分析结果。

莱伯泰科拥有多种自动进样器以及丰富完善的可选附件，满足多种应用需求。

名称	描述
Totalab-I 自动进样器	小体积的 Totalab-I 型自动进样器，进样针与质谱无限靠近，可以搭配防尘罩和适用于不同小体积样品瓶的样品盘，实现超痕量分析和小进样体积。配置灵活的样品架具有 89 个样品位，外加三个冲洗瓶为和一个洗针位。可与智能快速自动进样系统联用。
Totalab-L 自动进样器	可拓展的 Totalab-L 型自动进样器，支持不同规格样品架。具有不少于 240 个样品位（可扩展至 360 个样品位）及 5 个大瓶清晰位，是中等或较高通量样品分析时的极佳选择。可与智能快速自动进样系统联用。
快速进样系统	包含含惰性六通阀、泵、控制电路板、面板以及必要的管路和接头，节省进样和冲洗时间，提高分析通量。
液相色谱系统	全 PEEK 色谱泵（泵头、管路等），更好的惰性；高通量自动进样器，精确进样，避免人为误差。
激光剥蚀系统	与 ICP-MS 联用，实现固体样品（包括金属样品、地质样品，环境样品、材料样品等）直接分析，减少样品前处理过程。可以对固体样品中微量元素进行原位微区分析，包括较长采集时间的成像应用。
单细胞/单颗粒 进样分析包	包括专为单细胞和纳米颗粒应用设计的雾化器、雾化室及各种组件
智能稀释配标系统	该系统有 2×7 通阀、4 个电磁阀、2 个注射泵系统、1 个隔膜泵（快速进样）和 1 个蠕动泵组成。该系统与 MS 主机同一流路在线联用，同一软件平台操作，具备智能稀释，自动配标线，快速进样的功能。
其他	IC、GC、超级微波、石墨消解、电热蒸发、在线前处理设备

4. LabMS 3000 电感耦合等离子体质谱仪技术规格及性能参数

4.1 技术规格

4.1.1 全固态 ICP 离子源

电气指标（输出电压、输出电流、纹波与噪声、电磁兼容）均不弱于进口产品相应指标，且具有过流保护、过压保护和温度保护，可长时间稳定运行。

功率 500-1600W 连续可调，频率为 27.12 MHz，功率稳定性 $<\pm 0.1\%$ ，频率稳定性 $\leq\pm 0.01\%$ ，调节精度 1W。

等离子体分析高盐和高挥发性样品耐受力强，可快速匹配样品基体剧烈变化，氩气消耗低。

射频线圈使用内部冷却循环水主动冷却，避免自冷却线圈存在的过热隐患。

采用屏蔽炬物理接地技术消除锥口二次放电，彻底消除等离子体电势，避免锥口放电现象，延长锥使用寿命，均一化离子动能提高灵敏度及碰撞动能歧视效果。

用户可通过工作站软件控制步进电机进行三维(X, Y, Z 方向)移动，选择最优的等离子炬焰位置。步长调节精度 0.05mm，参数自动存储并可调取。

4.1.2 接口

采用双锥接口，锥材质为镍、铂材质可选，高灵敏度、高复杂基体耐受和低干扰水平设计。采样锥口径 1.1mm，截取锥锥口 0.5mm，兼顾保护分析腔真空度和耐高盐两个方面。双锥轴间距为 9.4mm，进一步提高仪器对高盐样品的耐受性，延长截取锥维护周期。

无需移开接口及泄真空就可以方便换锥维护。

4.1.3 提取透镜

提取透镜可通过施加不同电压来实现多种离子提取效果，可使用零电压、负电压等多种提取模式。

4.1.4 离子偏转透镜

双离轴偏转透镜技术，免拆洗维护设计。离子在碰撞反应池前后两次离轴偏转，实现中性粒子、光子的有效消除，保证最佳的分析信噪比。

4.1.5 碰撞反应池

具备干扰消除功能，撞反应池入口及出口电压均可设定至-120V 及以下。

无需采用氧气反应技术及其他类似功能，可控制约束离子束，保证可获得 238U 为 1023.9Mcps/ppm 的高灵敏度水平。

池内支持多种碰撞反应气体，单一氦气的普适性适用于绝大多数应用测试，设置简单，使用安全，无需切换气体。其他纯反应气体（氧气、氢气）以及混合反应气（氦氦混合气）进入碰撞/反应池消除或转移干扰，精准去除特定干扰离子。

碰撞反应池的氦气流量可达 10mL/min。

4.1.6 四极杆质量过滤器

高精度、高纯钨物理圆柱结构四极杆，驱动射频 2.5MHz，保证最佳的质量轴稳定性。

质谱范围：1-295amu。分辨率连续可调，可在同一分析方法中对分析元素使用 6 种分辨率设定。

4.1.7 检测器

长寿命的不连续打拿极电子倍增器具有 10 个数量级的线性范围，为脉冲模拟双模式同时型电子倍增器，两种模式可以自动切换。可在一次进样过程中同时完成扫描和跳峰分析(定性和定量分析)

检测器具有过载智能保护系统，提升使用寿命。

4.1.8 进样系统

(1) 雾化器

提供多种雾化器可选，包括高效石英同心雾化器；耐高盐同心雾化器；PFA 微量进样雾化器，具有高雾化效率及可耐氢氟酸进样。

(2) 雾化室

提供多种雾化室可选，包括石英雾化室及耐氢氟酸 PFA 雾化室。

标配小体积旋流型雾化室，死体积小，气溶胶雾化效率高，记忆效应低。可升级配置半导体控温附件，具有卓越的高性能帕尔贴制冷/热技术，整合 LabTech 获得市场广泛认可的冷却循环系统，强强联合保证控温附件的稳定性，控温范围 -15 ~ 80℃。

(3) 炬管

标配一体式石英炬管，免除繁琐的中心管拆卸安装麻烦，降低维护成本及损

坏风险。预准直的炬管座，易操作的卡式炬管设计。

(4) 蠕动泵

12 滚轮，4 通道蠕动泵。确保稳定进样的同时，可支持进样管、内标管、废液管同时运行。

(5) 氩气在线气体稀释系统

配置全自动在线气体稀释装置，利用基体稀释技术（MDT）可在炬管之前把含有 26%NaCl 的饱和食盐水样品的基体稀释到 0.3%NaCl 以内，实现长时间稳定分析。

稀释倍数可调，具有六种稀释模式，最大稀释倍数 100 倍，稀释气体流量连续可调。

4.1.9 气体控制

高精度气体质量流量计标配控制全部工作气体，包括雾化气、辅助气、冷却气、碰撞反应气，以及在线稀释气体和用于有机直接进样分析的附加气。

仪器在检测状态下总氩气消耗量 15L/min。

4.1.10 等离子体可视系统

具有带电磁屏蔽的等可视功能，配置大面积高清等离子体观察视窗，有效隔离紫外线及电磁辐射，可直接实时观测等离子体及锥口和中心管的状态；配置高灵敏度传感器，通过软件实时监控等离子体及锥口和中心管的状态，状态异常时，仪器状态对应指示图标变色提醒。

4.1.11 质谱专用分析软件

HiMass 软件是 LabTech 专门为质谱打造的智能软件平台，把智能与流程化相结合引入到仪器控制与操作流程上，更符合中国人操作习惯，可以确保高效、准确的运行与分析结果。HiMass 软件具有以下功能：

1) 具有性能检查，启动关闭真空，炬位调整，等离子体参数优化，标准\碰撞反应池工作模式切换等。

2) 实时数据显示和实时报告显示，智能化功能，可以依据需要随时调整进样时间和冲洗时间。

3) 软件可控制系统所有主附件，包括 ICP-MS 主机、机械泵、冷却循环水机、自动进样器，点火前及熄火后无需每次单独开关循环水机，提升系统稳定性及工

作效率。

4) 样品分析数据可以使用软件进行离线数据处理并生成报告。

并生成报告。

5) 形态分析 (选配): 自动完成色谱图采集、积分、计算含量并生成报告。

6) 单颗粒/单细胞分析 (选配): 检测单细胞中的金属含量或样品中的金属纳米颗粒。

7) 可根据用户需要开放仪器数据接口, 实现实验室 LIMS 系统与仪器双向联接。

4.2. 性能参数

4.1 灵敏度: 低质量数 (Li): 183Mcps/ppm; 中质量数 (In): 588Mcps/ppm; 高质量数 (U): 604Mcps/ppm。

4.2 标准模式下 (NoGas) 随机背景: 0.0cps (4.5amu); He 模式随机背景: 0.0cps (4.5amu)。

4.3 氧化物及双电荷: 氧化物产率 (CeO/Ce): 1.4%; 双电荷粒子 (Ce⁺⁺/Ce⁺): 2.1%。

4.4 检出限: 轻质量元素 (Be): 0.22ppt; 中质量数元素 (In): 0.03ppt; 高质量数元素 (Bi): 0.04ppt。

4.5 稳定性:

短期稳定性 20min (RSD): 铍 Be: 0.5%、铬 Cr: 0.5%、钴 Co: 0.4%、砷: 0.5%、镉 Cd: 0.6%、铟 In: 0.5%、铅 Pb: 0.6%、铋 Bi: 0.6%、铀 U: 0.4%。

测定过程: 在 20 分钟内, 对 1ng/mL 浓度的铍、铬、钴、砷、镉、铟、铅、铋、铀元素的标准混合溶液每次测定间隔 2 分钟, 每次测定重复扫描 10 次, 重复测定 10 次, 计算测量结果的 RSD;

长期稳定性 2hr (RSD): 铍 Be: 0.4%、铬 Cr: 0.3%、钴 Co: 0.4%、砷: 0.6%、镉 Cd: 0.8%、铟 In: 0.6%、铅 Pb: 0.3%、铋 Bi: 0.2%、铀 U: 0.3%。

测定过程: 在不少于 2 小时的时间内, 对 1ng/mL 浓度的铍、铬、钴、砷、镉、铟、铅、铋、铀元素的标准混合溶液, 每次测定间隔 10 分钟以上, 重复测量 11 次, 计算测量结果的 RSD。

5. LabLA 3000 激光剥蚀系统技术规格及性能参数

5.1 激光系统

采用光源波长为 213nm, 控制激光输出;

脉冲能量 5mJ/pulse;

光学衰减器调节能量 0-100%输出, 不同能量输出时光斑质量保持稳定;

激光脉冲宽度 3ns;

脉冲重复频率 1-20Hz; 配置水冷系统;

光斑尺寸范围 2-300 μm , 支持扩展;

固态激光闪烁灯使用寿命 8000 万次, 泵浦灯便于更换, 无需打开光路等, 用户可自行完成。

5.2 光学观察和成像系统

采用彩色高清晰显微成像系统, 最大光学放大倍率: 40 倍, 放大倍数可连续调节;

光学分辨率可达 1 μm ; 具有透射光、同轴光、泛光等多种照明方式, 采用高亮度 LED 光源, 三种模式的光线亮度可由电脑 0-100%可独立调节, 方便操作者观察样品。

5.3 进样系统

采用双气路双体积样品池, 小样品杯容积: 2 cm^3 ; 样品测试最佳空间稳定性 2%RSD, washout 时间为 500ms。

5.4 气体控制

内置气体控制器, 软件控制气流模式; 配置高精度氦气载气控制器。

5.5 控制与软件系统

控制软件支持 Windows7 及更高版操作系统, 在同一屏幕上可观察整个样品区域, 并导视微区位置;

控制软件具有如下功能:

可显示激光所有状态及参数, 样品台位置, 载气流量和照明控制等; 具有单点分析、深度分析、多点矩阵、光栅扫描、单线扫描、多线扫描、3D 轮廓跟踪扫描等功能; 具有动态扫描功能, 可实现点与点之间精确相切剥蚀, 实现剥蚀面无遗漏无重复剥蚀, 软件设置支持自动剥蚀进样;

软件终身免费升级；与质谱的操作软件可实现双向触发通讯，通过操作质谱软件即可控制激光剥蚀。

6. LCSPE 1500 液相色谱系统技术规格及性能参数

6.1 色谱泵

全惰性梯度泵，其整体流路为全惰性材质，操作压力范围 0 - 450 bar，流速范围下限 0.001 mL/min、上限 10.0 mL/min，在此范围内其流速精密度 0.01% RSD，梯度混合准确度 $\pm 0.5\%$ ，梯度延迟体积 800 μL 。

6.2 自动进样器

样品盘容量 120 位（适用于 2mL 标准样品瓶）；进样范围 0.1~100 μL ；进样精密度 0.3%（进样量 10 μL 时）；交叉污染 0.006%；流路材质：全 PEEK 或其它惰性材料。

6.3 柱温箱

控温范围室温上 4 $^{\circ}\text{C}$ ~90 $^{\circ}\text{C}$ ；控温精度 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$

6.4 脱气机

在线脱气机，4 通道，每通道内置体积 1.5mL。

6.5 联机接口

与 ICP-MS 仪同厂家生产的 LC-ICP-MS 惰性联用接口，可实现液相流出物与 ICP-MS 进样管的无缝连接，并配置内标添加管；

6.6 软件控制

由一台电脑控制，使用同一套软件完成液相和 ICP-MS 仪器控制、联机数据采集和分析；

3. 二极管阵列检测器

与液相色谱系统为同一品牌原厂集成，耐压能力 100 bar，标准流通池体积 10 μL ，波长范围 190 ~ 800 nm，最高采集速率 100 Hz。

3.2.7 应用能力：

100ppt 甲基 Hg、无机 Hg²⁺、乙基 Hg（以 Hg 计）等 3 种 Hg 形态的混合标准溶液可以用 LC-ICP-MS 在 10 分钟内完全分离并得出积分峰面积和保留时间等信息，各个 Hg 形态峰的信噪比 S/N>3。