

附表 3

## 政府采购进口产品专家论证意见

<b>一、基本情况</b>	
申请单位	广西壮族自治区生态环境厅
拟采购产品名称	多接收电感耦合等离子体质谱仪
拟采购产品金额	850 万元（1 台）
采购项目所属项目名称	广西涉重金属突发环境事件应急监测能力建设项目
采购项目所属项目金额	2531 万元
<b>二、申请理由</b>	
<input checked="" type="checkbox"/> 1. 中国境内无法获取：	
<input type="checkbox"/> 2. 无法以合理的商业条件获取：	
<input type="checkbox"/> 3. 其他：目前国内产品的性能无法满足使用要求。	
<p><b>原因阐述：</b></p> <p style="padding-left: 2em;">（一）采购设备的用途</p> <p style="padding-left: 2em;">采购的 MC-ICP-MS 将主要用于以下核心分析工作：</p> <p style="padding-left: 2em;">高精度同位素比值测定：对铅（Pb）、镉（Cd）、汞（Hg）、铬（Cr）、锌（Zn）、铜（Cu）等关键重金属元素的稳定同位素进行精确测定，获取其独特的同位素组成“指纹”。</p> <p style="padding-left: 2em;">污染源解析与指纹库建设：建立我省典型重金属污染源（重点矿区、冶炼企业、污灌土壤、大气沉降等）的同位素特征指纹数据库。</p> <p style="padding-left: 2em;">环境介质中重金属溯源：应用于水（地表水、地下水）、土壤、沉积物、大气颗粒物等环境样品，通过对比污染样品与潜在源的同位素指纹，精确识别主要贡献源及其贡献比例。</p> <p style="padding-left: 2em;">迁移转化过程研究：追踪重金属在环境介质中的迁移路径、转化过程及归趋，揭示污染形成机制。输贡献，是达成污染精准溯源、责任清晰界定、管控措施高效优化的关键核心技术支撑。</p>	

## (二) 采购设备的主要性能要求

### 1. ICP 离子源

1.1 0-2kW、27 MHz 固态射频 RF 发生器；稳定工作范围 $\geq 500\sim 1600\text{W}$ ，在不同工作模式（溶液雾化、液相、膜去溶、激光剥蚀等进样方式）条件下反射功率均 $\leq 2\text{W}$ ；

### 2 ICP 接口

2.1 由采样锥和截取锥组成 ICP 接口，接口区配备大抽速干泵，配备水冷及其安全保护装置，排风系统；

2.2 等离子体接口易于和各进样系统联接及切换；点火操作中即可进行各外设之间的切换；

### 3 离子传输及透镜系统

3.1 离子透镜系统：插拔式提取透镜，易于维护更换；离子加速电压 $\geq 6\text{Kv}$ ；

3.2 入射狭缝宽度可调，最高分辨能力 (RP)  $\text{Redge}5\%$ ， $95\% \geq 8500$  而保持平顶峰且离子传输效率相对于低分辨率 $\geq 10\%$ ；

3.3 变焦离子光学系统；

### 4 双聚焦质量分析系统

4.1 双聚焦质量分析系统包括静电场分析器和扇形磁场分析器；

4.2 质量范围 $\geq 4\sim 300\text{ amu}$ ，可同时测定离子质量数范围 $>22\%$ ；

### 5 多接收检测系统

5.1 检测接收器系统：接收器 $\geq 10$ 个； $\geq 10$ 个法拉第杯和 5 个以上离子计数器；

5.2 法拉第杯：拉第杯大于等于 10 个，保证近 100% 的接收效率；可校正增益消除杯接收效率系数；法拉第杯噪音 $< 20\ \mu\text{V}$ ， $10^{11}\ \Omega$ 放大器信号响应时间 $\leq 0.1\text{s}$ ， $\tau$ 校正放大器衰减在 10V 信号停止 $\leq 2\text{s}$ 后低于 10ppm，可校正消除放大器衰减系数；

5.3 离子计数器，5 个以上 SEM 离子计数器，SEM 动态范围 $\geq 0\sim 2\text{Mcps}$ ，离子计数器稳定性 $< 0.08\%$ ，噪音 $\leq 0.5\text{ cps}$ ；

5.4 除所有法拉第杯标配  $10^{11}\ \Omega$  电阻放大器外，额外低信号检测器 5 个以上 ( $10^{13}\ \Omega$  电阻放

大器或  $10^{12} \Omega$  电阻放大器或离子计数器)；

5.5 放大器设置：可通过软件更改法拉第杯与放大器的连接；软件通过电流校正板自动校正不同规格放大器的增益，全自动校正放大器响应时间和衰减时间；

5.6 法拉第杯检测信号范围： $10^{11} \Omega$  放大器电阻的法拉第杯，信号范围  $\geq 0 \sim 55V$ ； $10^{13} \Omega$ ： $0 \sim 0.55V$ 。

5.7 放大器室恒温控制，精度  $\leq 0.01^\circ C$ ，稳定性  $\leq 0.01^\circ C/h$ ；

5.8 与激光联用时，可一次激光采样用法拉第杯和离子计数器同时静态测定和瞬时信号 (TRA) 测定同位素的相关比值。

## 6 仪器技术指标

6.1 信号稳定性：在不同锥条件下，稳定性 (RSD)  $< 2\% / (2h)$ ；

6.2 系统稳定性：系统质量稳定性  $< 50 \text{ ppm/h}$ ；

### 6.3 分辨率

低分辨率： $\geq 300$  (10%峰谷)；

中分辨率： $> 6000$  (边缘 5, 95%)，15%传输效率；

高分辨率： $> 9000$  (边缘 5, 95%)，10%传输效率。

6.4 质量分析范围：质量分析范围  $\geq 4 \sim 300 \text{ amu}$ ；质量色散范围  $\geq 22\%$ ；

### 6.5 法拉第杯及放大器

法拉第杯背景噪音  $\leq 20 \mu V$ ，背景稳定性 (RSD)  $\leq 2.5 \text{ ppm}$ ，Tau 校正后， $10^{11} \Omega$  放大器响应衰减在信号停止  $\leq 2s$  后低于  $10 \text{ ppm}$ ； $10^{13} \Omega$  放大器响应衰减时间  $\leq 8$  秒内低于  $100 \text{ ppm}$ ；

### 6.6 离子计数器

6.6.1 动态范围：0-1.2 Mcps；

6.6.2 噪音： $< 0.1 \text{ cps}$ ；

6.6.3 稳定性： $< 0.1 \text{ \% / hr}$  (RSD) at  $100,000 \text{ cps}$ ；

6.7 丰度灵敏度 (237U)： $< 5 \text{ ppm}$ ；

### 6.8 信号灵敏度

6.8.1 使用 100  $\mu\text{L}/\text{min}$  雾化器湿法进样获得的信号灵敏度（标准锥）（V/ppm）

$\text{Li} \geq 15$ ;  $\text{Fe} \geq 10(\text{MR})$ ;  $\text{Sr} \geq 40$ ;  $\text{Nd} \geq 45$ ;  $\text{Hf} \geq 45$ ;  $\text{Pb} \geq 50$ ;  $\text{U} \geq 50$ ;

6.8.2 使用 100  $\mu\text{L}/\text{min}$  PFA 雾化器膜去溶干法进样获得的信号灵敏度（V/ppm）

$\text{Li} \geq 500$ ;  $\text{Fe} \geq 80$ ;  $\text{Sr} \geq 900$ ;  $\text{Nd} \geq 700$ ;  $\text{Hf} \geq 1000$ ;  $\text{Pb} \geq 1200$ ;  $\text{U} \geq 1000$ ;

#### 6.9 分析精密度

使用标准样品锥和截取锥、100  $\mu\text{L}/\text{min}$  石英雾化器湿法进样和使用高灵敏度样品锥和截取锥、100  $\mu\text{L}/\text{min}$  PFA 雾化器膜去溶进样，常规样品分析不少于 10 次测量的同位素比值均达到以下精密度（与准确度同时进行），同位素比值的内精度 RSE(1s,  $n \geq 10$ ) 和外精度 RSD(1s,  $n \geq 10$ ) 分别优于：

$7\text{Li}/6\text{Li} \leq 100 \text{ ppm}$  和  $\leq 200\text{ppm}$ ;

$87\text{Sr}/86\text{Sr} \leq 15 \text{ ppm}$  和  $\leq 15\text{ppm}$ ;

$143\text{Nd}/144\text{Nd} \leq 15 \text{ ppm}$  和  $\leq 15 \text{ ppm}$ ;

$176\text{Hf}/177\text{Hf} \leq 15 \text{ ppm}$  和  $\leq 15\text{ppm}$ ;

$207\text{Pb}/206\text{Pb} \leq 15\text{ppm}$  和  $\leq 15 \text{ ppm}$ ;

$206\text{Pb}/204\text{Pb} \leq 40 \text{ ppm}$  和  $\leq 60 \text{ ppm}$ ;

$235\text{U}/238\text{U} \leq 200\text{ppm}$  和  $\leq 200 \text{ ppm}$ 。

#### 4.10 分析准确度

使用不同采样锥和截取锥组合，在 100  $\mu\text{L}/\text{min}$  石英雾化器湿法进样和 100  $\mu\text{L}/\text{min}$  PFA 雾化器膜去溶干法进样，准确度满足以下条件（与精度同时测定），同位素比准确度（相对于参考值的 RE）：

$87\text{Sr}/86\text{Sr} = 0.71022-0.71030(\text{SRM } 987)$ ;

$143\text{Nd}/144\text{Nd} = 0.511542-0.511580(\text{Natural})$ ;

$176\text{Hf}/177\text{Hf} = 0.282145-0.282175(\text{Natural})$ ;

$206\text{Pb}/204\text{Pb} = 16.926-16.934(\text{SRM } 981+\text{TI corr.})$ ;

$207\text{Pb}/206\text{Pb} = 0.9145-0.9146(\text{SRM } 981+\text{TI corr.})$ ;

208Pb/206Pb=2.1660-2.1664(SRM 981+TI corr.);

(三) 其他

目前国内无此类型产品，此设备不属于国家限制进口或禁止进口的设备，建议购买进口设备。因此，建议采购进口产品。

三、专家论证意见

多接收电感耦合等离子体串联质谱仪(MC-ICP-MS)是既可测定同位素又可测定痕量元素的多功能、高精度的分析仪器。主要用于同位素分析和同位素年代学分析。广泛应用地质学研究、化学和环境等相关的分析领域。在环境分析中，除了测定重金属含量外，高精度同位素比值测定，追踪重金属在环境介质中的迁移路径、转化过程及归趋，揭示污染形成机制，是达成污染精准溯源、责任清晰界定、管控措施高效优化的关键核心技术支撑。进口产品的主要性能指标：

1 分辨率与质量抗干扰分离能力，最高分辨率达 10000 FWHM。

2 灵敏度与痕量分析效率，灵敏度可达 800Mcps/ppm, 对某元素检出限低至 0.2ppt。

3 同位素比值精度与长期稳定性 机械定位精度 $<1\ \mu\text{m}$ , 信号同步采集误差 $<0.001\%$ 。

4 灵活性与全质量覆盖 10 个拉第杯+高灵敏度 SEM 同步工作，自动切换。

5 干扰消除与基体的耐受性 对氧化物或氯化物的抑制能力显著，冷等离子体模式下，氧化物的产率 $<1.5\%$ 。

综上所述，进口产品有极高的技术性能优势，经查目前尚未见有国产同类产品，况且该产品也不属于我国《禁止进口货物目录》中的产品。为了完全满足采购单位使用需求，建议采购进口多接收电感耦合等离子体质谱仪。

专家签字：

郭品 朱涛 冯超

王亚明

马桂

2026年2月2日

附表 3

## 政府采购进口产品专家论证意见

<b>一、基本情况</b>	
申请单位	广西壮族自治区生态环境厅
拟采购产品名称	三重四极杆电感耦合等离子体质谱仪
拟采购产品金额	225 万元（1 台）
采购项目所属项目名称	广西涉重金属突发环境事件应急监测能力建设项目
采购项目所属项目金额	2531 万元
<b>二、申请理由</b>	
<input type="checkbox"/> 1. 中国境内无法获取：	
<input type="checkbox"/> 2. 无法以合理的商业条件获取：	
<input checked="" type="checkbox"/> 3. 其他：目前国内产品的性能无法满足使用要求。	
<b>原因阐述：</b>	
<p style="text-align: center;">（一）采购设备的用途</p> <p>本项目拟采购的一套三重四极杆电感耦合等离子体质谱仪（ICP-MS/MS），旨在进一步加强广西生态环境监测系统的重金属监测能力建设。根据《广西深入打好涉重金属环境安全风险隐患排查整治攻坚战行动方案（2025—2030 年）》相关要求，为贯彻落实国家及上级部门关于涉重金属环境安全隐患排查整治工作的决策部署，有力支撑打好涉重金属污染防治攻坚战、总体战、持久战，现亟需提升重金属监测装备的技术水平与分析效能。</p> <p>相比于传统的单四极杆 ICP-MS，三重四极杆电感耦合等离子体质谱仪（ICP-MS/MS）具备独特的干扰消除能力，能够有效解决单四极杆设备在反应模式下因复杂基体干扰导致的反应过程不可控、反应产物难以预测等问题。该技术显著提升了反应模式的稳定性和可靠性，使仪器在复杂基体中超痕量重金属分析的准确性、重复性与长期稳定性实现大幅提升。其高灵敏度、</p>	

强抗干扰能力和优异的检测稳定性，有助于应对日益复杂的元素分析需求，进一步降低方法检出限，确保监测数据的科学性与权威性。

## （二）采购设备的主要性能要求

### 1. 三重四极杆电感耦合等离子体质谱仪

1.1 整机气路控制：使用不少于 7 个高精度气体质量流量控制器，包括等离子体气、辅助气、雾化气、补偿气、稀释气等多路气体（验收时现场查验）及 4 路碰撞反应池气路

1.2 仪器应对高盐样品具有良好的耐受性，可以通过气体稀释对盐度超过 25% 的饱和食盐水的进行长时间的稳定分析，稀释倍数  $\geq 90$  倍；

1.3 碰撞/反应氦气流速  $\geq 10\text{mL}/\text{min}$ ；

1.4 短期稳定性 (RSD)： $\leq 2\%$  (20min)；

1.5 长期稳定性 (RSD)： $\leq 3\%$  (2hrs)；

1.6 标准模式下灵敏度：

1.6.1 低质量数 (Li 或 Be)： $\geq 100\text{Mcps}/\text{ppm}$ ；

1.6.2 中质量数 (Y 或 In)： $\geq 700\text{Mcps}/\text{ppm}$ ；

1.6.3 高质量数 (Tl 或 U)： $\geq 350\text{Mcps}/\text{ppm}$ ；

1.7 背景： $\leq 0.5\text{ cps}$ ；

1.8 仪器检出限：

1.8.1 轻质量数元素： $\leq 0.2\text{ppt}$ ；

1.8.2 中质量数元素： $\leq 0.5\text{ppt}$ ；

1.8.3 高质量数元素： $\leq 0.5\text{ppt}$ ；

1.9 氧化物离子产率： $\leq 2\%$ ；

1.10 双电荷离子产率： $\leq 3\%$ ；

### 2 液相色谱系统要求

2.1 基本要求：为保证整套系统的兼容稳定性和使用的方便性，要求液相色谱系统与 ICP-MS/MS 主机必须由同一制造厂商生产提供（不接受贴牌产品），由 ICPMSMS 质谱软件统一

控制，不接受不同品牌设备的拼凑及混搭方式配置；

2.2 形态分析能力：As 形态分析能力：可实现亚砷酸根（As<sup>3+</sup>），砷胆碱，一甲基砷酸，二甲基砷酸，砷酸根（As<sup>5+</sup>），共 5 种 As 形态分析；Hg 元素形态分析能力：可实现二价汞，甲基汞，乙基汞，苯基汞，共 4 种 Hg 形态分析；锡形态分析能力：可实现三甲基氯化锡（TMT）、二苯基氯化锡（DPT）、二丁基氯化锡（DBT）、三丁基氯化锡（TBT）、三苯基氯化锡（TPhT）共 5 种 Sn 形态分析；

2.3 泵：

2.3.1 四元泵，内置 4 通道脱气机；

2.3.2 压力范围：0-60mpa（压力更高为优）；

2.3.3 流量范围 0.001-10.0mL/min 连续可调，步进：0.001ml/min；

2.4 自动进样系统：

2.4.1 样品瓶位：≥120 位；

2.4.2 进样体积：0.1~100μL；

2.4.3 最高耐压：≥60mpa；

2.5 柱温箱：

2.5.1 容量：可同时放置至少 2 根长度 25cm 以上的色谱柱；

2.5.2 温控范围：4~85 °C；

### （三）进口仪器和国产仪器性能比较

经调研，市场上使用的多接收电感耦合等离子体质谱仪大部分为进口产品。国产三重四极杆电感耦合等离子体质谱仪研发起步较晚，国产首台 ICP-MS/MS 于 2020 年推出，上市时间短，还没有经过实际应用的考验，目前三重四极杆电感耦合等离子体质谱仪在多项关键技术性能指标上达不到所需监测技术要求。进口串联四极杆质谱已经有了 20 年以上的生产经验，仪器无论是硬件的设计还是软件的应用都很成熟。

进口产品的优异性能体现在以下几个方面：

（1）仪器灵敏度和检出限：灵敏度和检出限对常规元素总量分析和前沿的单纳米颗粒/

单细胞分析、激光烧蚀、色谱联机应用，都是非常关键的核心指标。在此指标上，国产设备与进口设备也同样存在差距，进口设备的低中高质量数 Li、Y、Tl 灵敏度可以达到  $\geq 200$ 、700、400 Mcps，国产设备的低中高质量数 Li、Y、Tl 灵敏度分别为  $\geq 50$ 、100、100 Mcps。进口设备低、中、高质量数检测限分别  $\leq 0.04$ 、0.01、0.01 ppt，国内品牌  $\leq 0.5$ 、0.1、0.1 ppt，差一个数量级。对高电离元素 S、P、Cl 等元素检测需要高灵敏度和低背景，目前仅进口品牌满足。此外，国产线性动态范围也比进口品牌低一个数量级。

(2) 丰度灵敏度：四极杆质谱临近质谱峰之间存在峰的拖尾，拖尾会造成虚假的信号。良好的丰度灵敏度，从而抑制邻近同位素的峰拖尾。国产设备如谱育丰度灵敏度为  $5 \times 10^{-8}$ ，主流进口品牌可以达到  $1 \times 10^{-10}$  甚至  $1 \times 10^{-11}$ ，国产设备低两个数量级以上，仅具有同单四极杆质谱相当的丰度灵敏度，进行痕量元素分析时无法消除相邻高含量质谱峰拖尾干扰，故国产设备无法满足需求。

(3) 仪器耐盐度：进口品牌安捷伦、赛默飞和 PE 的 ICP-MS 都可配置在线氦气稀释系统，能够直接进样分析含盐量达 25% 的样品。对于海产品、高盐食品、血液、尿液、环境等样品无需担心仪器的灵敏度和稳定性问题。国内同类设备虽然也有在线氦气稀释系统，目前其最高耐盐度仅能达到 10% 左右，差距明显。进口品牌氧化物产率 (CeO/Ce) 低于 1.8%，国产 3%，基体耐受性差，炬管和接口锥的维护频次大大提高，增大人力和耗材消耗。

(4) 抗干扰能力：碰撞/反应池技术是 ICP-MS 消除干扰最核心的技术，可以保证元素定量的数据准确性和稳定性。四极杆、八极杆碰撞反应池是目前主流的技术，在应对复杂基体中痕量元素分析时抗干扰能力更强，可以保证复杂基体样本元素的精确定量，而国产设备采用主流厂商淘汰的六极杆技术，碰撞效率差，抗干扰检测技术有待提高，无法应对如土壤中低浓度 As、Cd 检测。

(5) 仪器扩展功能：进口设备经过多年的发展，已经成熟开展了大量应用。除了常规的元素分析，进口设备还具备多种扩展功能，包括液相色谱 (LC)、气相色谱 (GC)、毛细管电泳 (CE) 联机分析元素形态/价态，激光剥蚀进行生物成像分析，单纳米颗粒、单细胞分析，微塑料应用等。国产设备目前尚没有完善的纳米颗粒物分析模块，也无法和 GC/CE 等设备进行

联机进行高阶形态分析，缺乏对应的解决方案。

#### (四) 其他

目前该产品不属于国家禁止采购的进口产品，产品在国内普遍应用，性能良好，综合上述比较，进口产品比国产产品在性能、实用性及服务上均有明显优势。因此，建议采购进口产品。

### 三、专家论证意见

1、进口产品灵敏度和质量检出限高：低中高质量数 Li、Y、Tl 灵敏度可以达到  $\geq 200$ 、700、400 Mcps，低、中、高质量数检测限分别  $\leq 0.04$ 、0.01、0.01 ppt；国产产品灵敏度和质量检出限高较低：低中高质量数 Li、Y、Tl 灵敏度分别为  $\geq 50$ 、100、100 Mcps，高质量数检测限分别  $\leq 0.5$ 、0.1、0.1 ppt。

2、进口产品丰度灵敏度高：达到  $1 \times 10^{-10}$ ；国产产品丰度灵敏度较低：为  $5 \times 10^{-8}$ 。

3、进口产品耐盐度好：分析含盐量达 25% 的样品；国内同类产品目前其最高耐盐度仅能达到 10% 左右，耐盐度性较差。

4、进口产品抗干扰能力强：四极杆、八极杆碰撞反应池是目前主流的技术，在应对复杂基体中痕量元素分析时抗干扰能力强，可以保证复杂基体样本元素的精确定量；国产产品采用六极杆技术，碰撞效率较差，抗干扰检测技术有待提高，不能应对如土壤中低浓度 As、Cd 检测。

经查，该产品不属于我国《禁止进口货物目录》中的产品。

综上所述，进口产品灵敏度和质量检出限、丰度灵敏度、耐盐度、抗干扰能力等方面优于国产同类产品，为了完全满足采购单位使用需求，建议采购进口三重四极杆电感耦合等离子体质谱仪。

专家签字：

郭品平 朱松 冯志军

王明

孙桂

2026 年 2 月 2 日