

赛默飞 ELEMENT 2

电感耦合等离子体质谱仪 ( ICP-MS )

高性能 高分辨率 ICP-MS

Element 2

**Thermo**  
SCIENTIFIC

# 赛默飞 ELEMENT 2

## 高性能高分辨率 ICP-MS

### 通用仪器

超过 500 台仪器安装在世界的各个角落，创造着一个个成功事迹，仅举数例：

比利时  
OCAS.



钢铁应用研究中心，与激光进样系统连接。  
[www.ocas.be](http://www.ocas.be)



瑞典  
ALS Scandinavia AB.

斯堪的纳维亚（半岛）的领先商务服务实验室，Emma Engstrom 在操作。  
[www.analytica.se](http://www.analytica.se)

加拿大  
Seastar Chemicals Inc.



高纯化学试剂的制造商，  
BradMcKelvey 博士。  
[www.seastarchemicals.com](http://www.seastarchemicals.com)



美国  
Micron Technology Inc.

先进半导体解决方案，Kevin Coyle 在操作。  
[www.micron.com](http://www.micron.com)

德国  
Institute for  
Transuranium  
Elements.



为放射性样品分析设计的手套箱。  
<http://itu.jrc.ec.europa.eu/>



美国  
Desert Research  
Institute.

水文科学部 Steve Lambert 在操作。  
[www.dri.edu](http://www.dri.edu)

- 周期表中几乎所有元素的多元素同时分析，浓度范围从 mg/L 到 pg/L
  - 兼容无机、有机溶液基体和固体样品
- 利用高分辨率直接分析有干扰的同位素
  - 百分之百的确信不含干扰的元素图谱
- 过渡信号的多元素检测器
  - 例如：与 CE, HPLC, GC, FFF 和激光进样等连用
- 高精度同位素比分析
  - 不受此同位素有无干扰的限制
- 全自动调试和分析
  - 与一个全面的，可用户定义的质量控制系统结合
- 可靠而坚固，完全适合用于 24/7 的在线控制
  - 最高的样品通量
- 最好的灵活性，可用于高级的研究工作



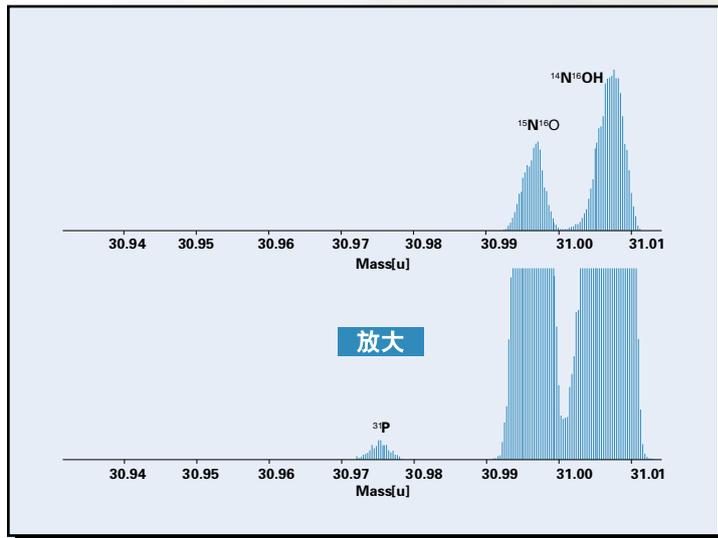
# 高分辨率

明确地把目标元素和干扰分开是得到准确而且精确的分析结果的先决条件。高分辨率是这种分离的最通用的手段。

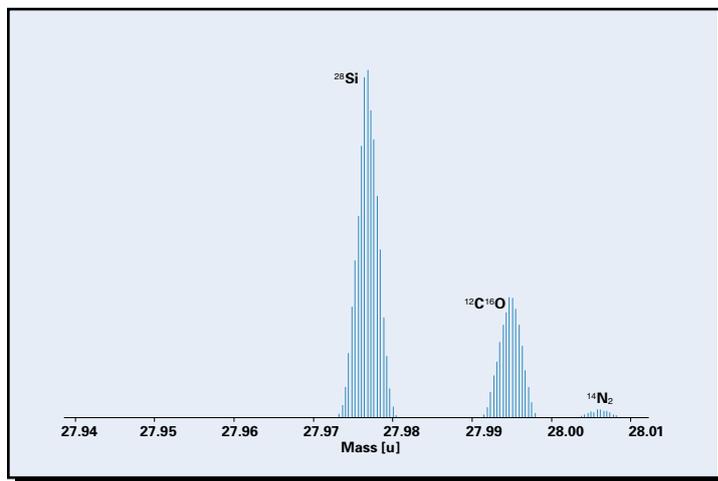
质谱干扰是 ICP-MS 的主要局限。Ar 等离子体气、水、酸和样品基体本身结合在一起会产生各种各样宽范围的多原子聚离子。这种聚离子干扰可能拥有和目标元素相同的质量数，导致表观上所测得的目标元素浓度不合实际地高。通常，可采用多种手段减小或者消除这类多原子离子干扰，包括采用数学校正、特殊的样品导入系统、特殊的等离子体参数和碰撞 / 动态反应池来抑制部分的干扰。具有高分辨率的双聚焦磁质谱仪的卓越之处在于简单地利用干扰和目标元素的质量数之间的微弱差别完全分离两者。

高分辨率是 ELEMENT 2 独有的特征。这种能力适用于周期表中绝大多数元素和几乎所有类型基体的样品中的元素定量及同位素比值分析。

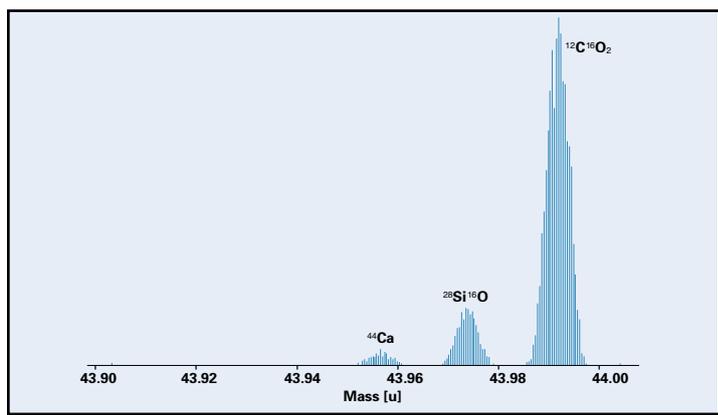
在超纯净水这类简单基体中，特别是目标元素的浓度很低时，干扰的存在也是不容忽视的。



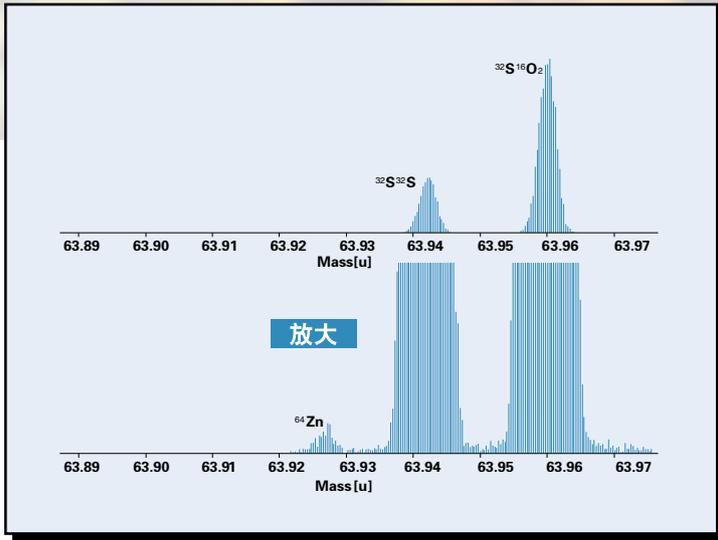
超纯净水中的磷，中分辨率



超纯净水中的硅，中分辨率



超纯净水中的钙，中分辨率



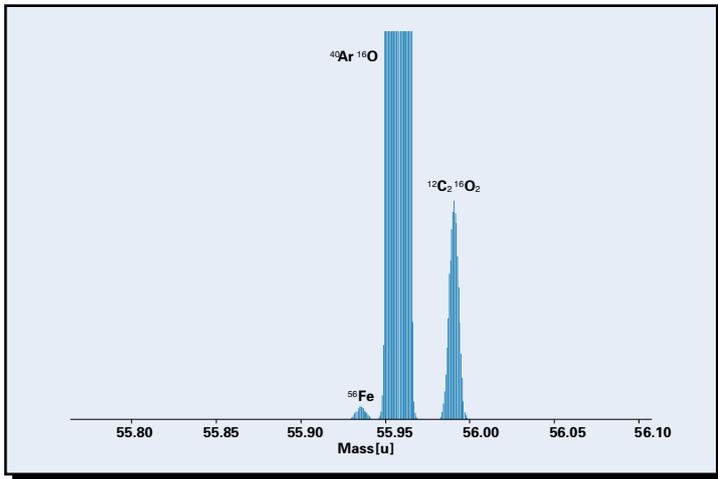
硫酸 (10 % w/w) 中的锌, 高分辨率

基体组成越复杂, 可能产生的干扰种类也就越多。高分辨率的先进之处在于这种技术不受干扰具体类型的限制。对于简单基体样品, 采用高分辨可轻松将  $m/z=56$  处的  $^{56}\text{Fe}$  与  $^{40}\text{Ar}^{16}\text{O}$  分开。类似地, 对于复杂基体,  $^{56}\text{Fe}$  也可与  $^{40}\text{Ca}^{16}\text{O}$  完全分离。

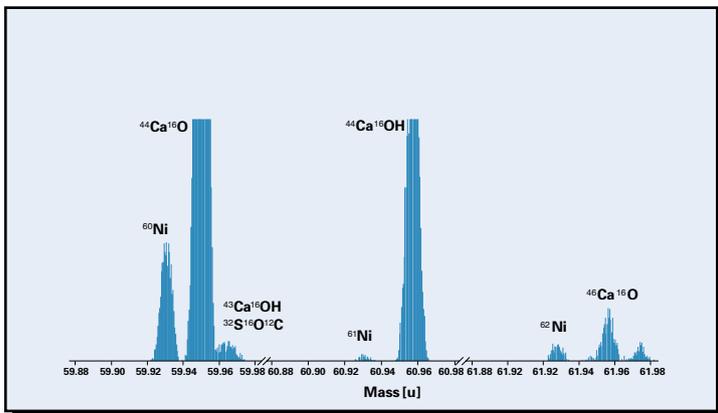
应用高分辨率可以将 As ( $m/z=75$ ) 与  $^{40}\text{Ar}^{35}\text{Cl}$  分离, 因而可以对盐酸 (HCl) 基体中的砷进行定量分析。同理,  $^{75}\text{As}$  与  $^{40}\text{Ca}^{35}\text{Cl}$  也可完全分离, 因而对与含有钙或者氯基体样品的分析也不成问题。

因为生成过多的质谱干扰而被敬而远之的矿物酸和有机试剂, 应用高分辨率模式可以简单地进行分析。

应用高分辨率可以得到简单清晰的谱线, 而且不会产生新的干扰。



液晶基体中的铁, 冷等离子体, 中分辨率



地下水中镍的同位素, 中分辨率

# 原理

ELEMENT 2 是双聚焦扇形磁场 ICP-MS。

## 等离子体和接口

ELEMENT 2 的氩气等离子体离子源和接口处于接地电位。这使得仪器与外围设备像 HPLC、CE、GC 和激光剥蚀进样等系统的连接变得非常直接了当。接口采用接地的屏蔽电极使等离子体与感应线圈电容去耦，使得离子的初始动能分散从大约 20eV 降低到 5eV 左右。动能分散的减少提高了离子的传输率，确保 Element 2 在所有分辨率条件下均拥有出众的灵敏度。

离子传输光学系统把离子从等离子体接口聚焦到为双聚焦分析仪设计的进口狭缝上。ELEMENT 2 的离子传输光学系统的设计成就了仪器的低本底，高灵敏度和最小并且最稳定的质量歧视。

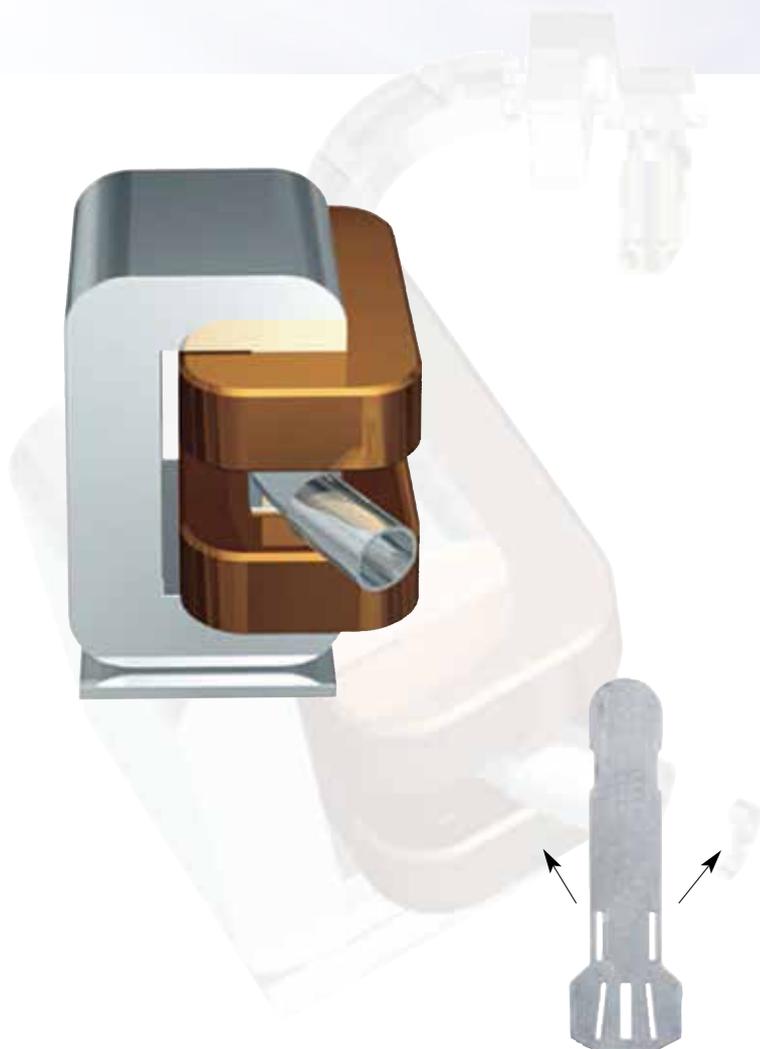
## 高分辨率

ELEMENT 2 的三个固定分辨率之间可通过改变入射和出射狭缝位置进行全自动切换。具有专利权的固定狭缝设计保证了最佳的分辨率稳定性和重现性。

<sup>1</sup> 已批准专利：US5552599, GB2282479

<sup>2</sup> 已批准专利：US5625185

<sup>3</sup> 已批准专利：US5451780, GB2281438



- 离子传输光学系统  
保证平坦的响应曲线，低本底和高灵敏度



- 模拟和计数模式下同时测量
- 全自动交叉校准

## 质量分离

磁场会根据离子的质量和能量来实现离子的分离。ELEMENT 2 所使用的磁铁是专门为 ICP-MS 的应用而设计的。磁场体积相对较小，高度层化并配备高效的水冷，保证了最高的质量稳定性。配备了新型大功率电源的磁场调节器控制磁场的变化，实现了扇形磁场仪器前所未闻的高速扫描。<sup>4</sup>

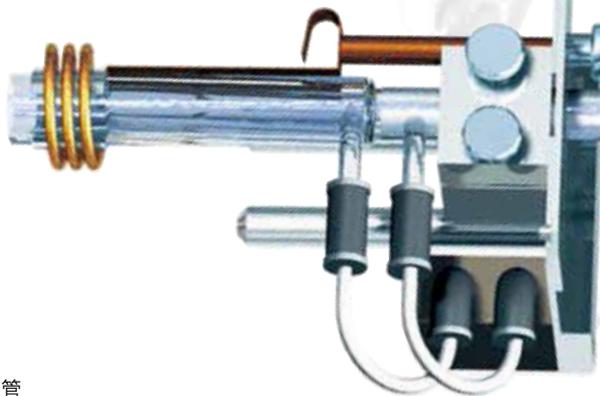
离子经磁场分离后会进入电场分析器进行能量聚焦。磁场和电场的结合就是双聚焦，是 ELEMENT 2 的高分辨率特征的成功之母。



- 地电势接口
- 锥的更换轻松容易
- 抗化学腐蚀

## 检出系统

ELEMENT 2 配备了不连续打拿极检出系统。它的二次电子倍增器采用了具有负 8 千伏电位的转换打拿极来代替离子束直接轰击检出器以发动电子瀑布的传统方法，从而实现了整个质量范围的统一反应。该检测器具有大于 9 个数量级的线性，检出浓度从 ppq 至 ppm。因此微量元素和主成分的定量可以在一个单一分析中实现。



- 带有屏蔽电极 (GE) 的炬管

GE 降低了离子能量的分散，从而提高了离子传输。这与扇形磁场 ICP-MS 的高加速电压一起共同实现了灵敏度的增加。冷等离子体测量也需要 GE。

<sup>4</sup> 赛默飞世尔科技技术报告  
TN30074\_E

# 分辨率

## 低分辨率

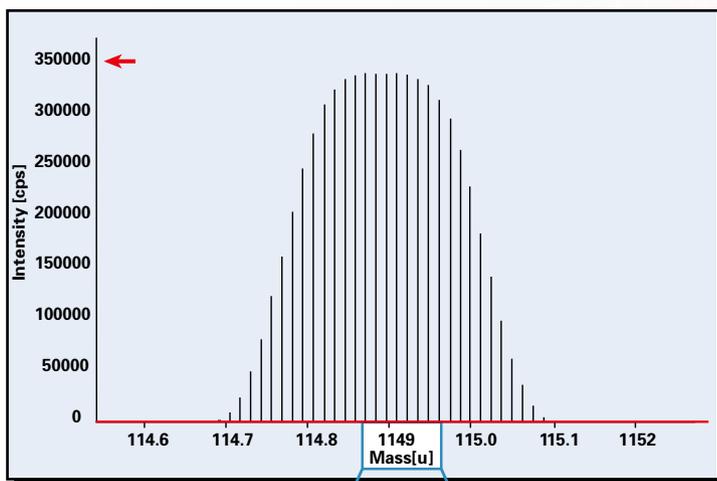
低分辨率用于无干扰的同位素。应用这个模式的 ELEMENT 2 具有所有商业 ICP-MS 仪器中最高的灵敏度。同时，平顶峰型对于高精度同位素比分析中具有绝对优势。

## 中分辨率

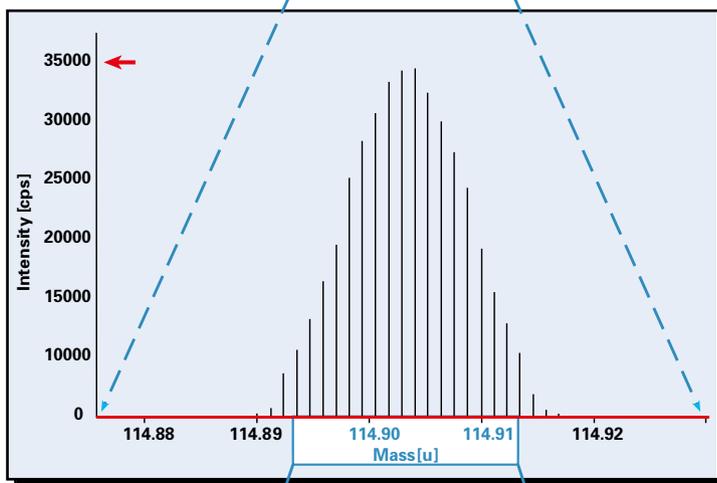
中分辨率保证了大多数样品基体中的绝大多数元素能在无干扰的状态下进行分析。例如，过渡元素在日常分析中都采用中分辨，因为从 24 到 70 的质量范围之间会产生非常多的多原子聚离子干扰。

## 高分辨率

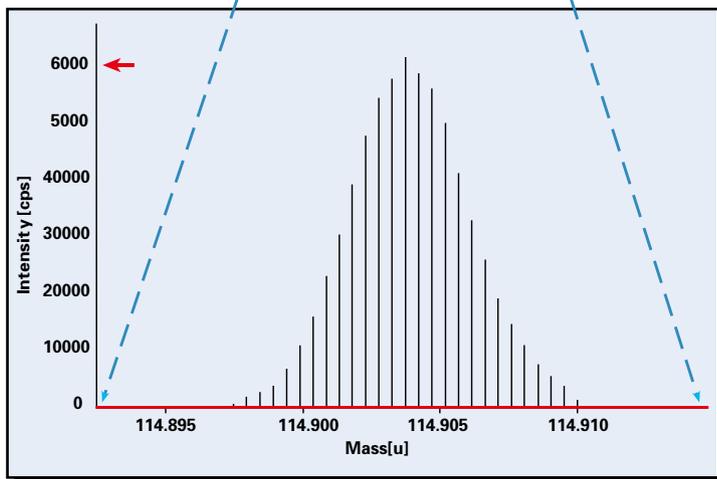
高分辨率用于最具挑战性的基体。例如，采用高分辨将氯基体中的砷、硒与氙二聚物离子和氙氯干扰分离，或者将地质基体中的重稀土元素与轻稀土元素的氧化物分离，以及将铂族元素与氙 - 过渡金属分子、和 / 或 Hf、Ta、W 的氧化物分离。



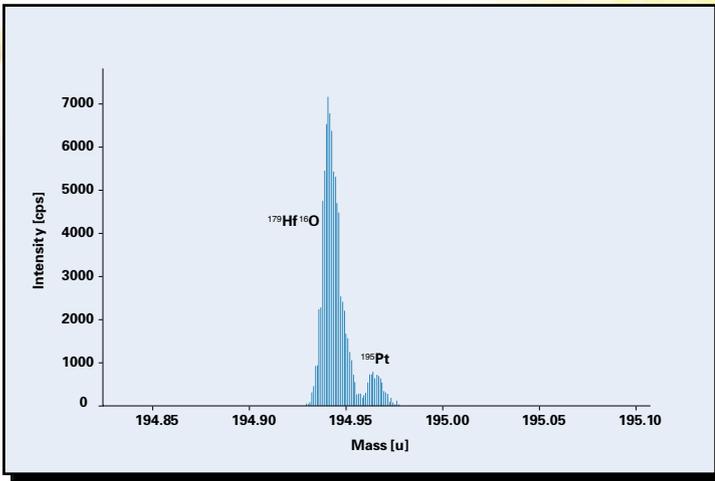
100 ng/L  $^{115}\text{In}$ , 低分辨率



100 ng/L  $^{115}\text{In}$ , 中分辨率



100 ng/L  $^{115}\text{In}$ , 高分辨率



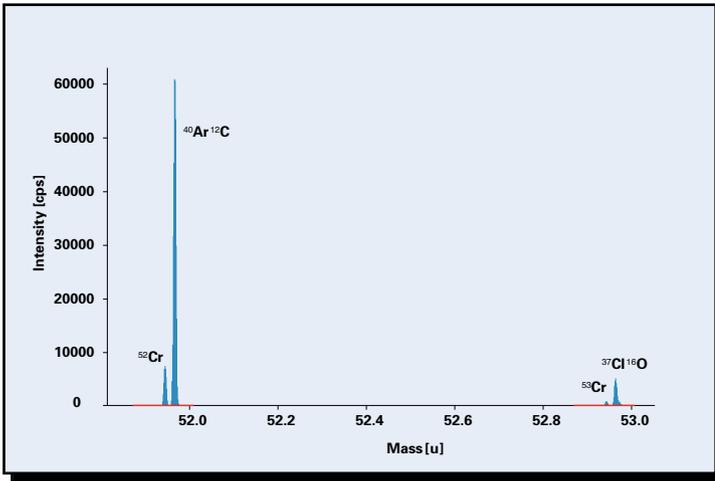
100  $\mu\text{g/L}$  铪中 100 ng/L 的铂，高分辨率

因为分辨率的改变是通过改变质谱仪的进口和出口狭缝的宽度获得的，所以高分辨率 ICP-MS 的仪器灵敏度与使用的分辨能模式有关。

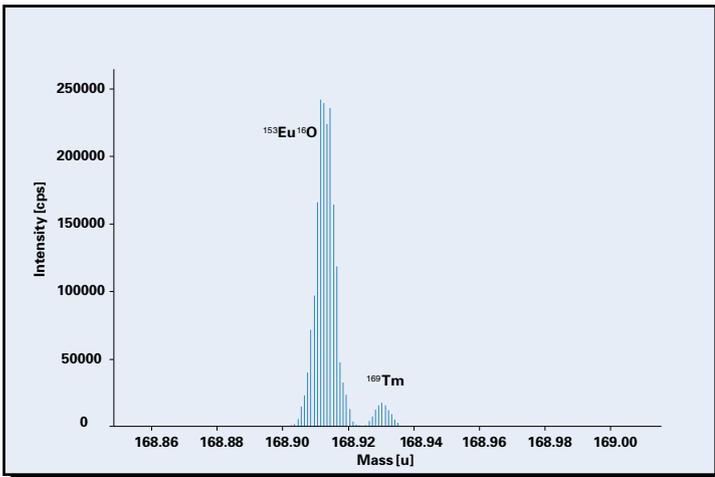
因此，ELEMENT 2 的三个固定分辨率对应三个灵敏度：更宽的狭缝、更高的灵敏度。

分辨率之间的灵敏度比是固定的：不受质量数和基体的影响

即便是高分辨率模式，ELEMENT 2 的固有灵敏度也足以实现亚 ppt 级的检出下限。



血液样品中的铬，中分辨率



钬基体中的铥，高分辨率

# 灵敏度和稳定性

## 灵敏度和低本底

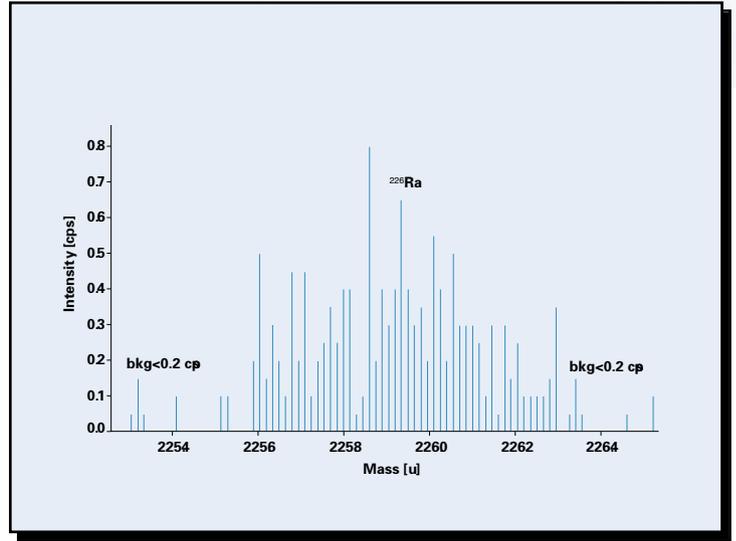
毫无疑问，最高的仪器灵敏度是获得最低的检出下限的先决条件。然而只有灵敏度也是不够的，检出下限是由信噪比来定义的。ELEMENT 2 保证低至 fg/L 的检出下限是完全可能获得的。

## 复杂基体中的检出下限

即便对不以最低的检出下限为目标的用户来说，ELEMENT 2 的高灵敏度也具有非常大的先进性。因为灵敏度越高，分析复杂基体时就能既不牺牲检出下限又能提高稀释倍数。

## 灵敏度和“稀释后分析”

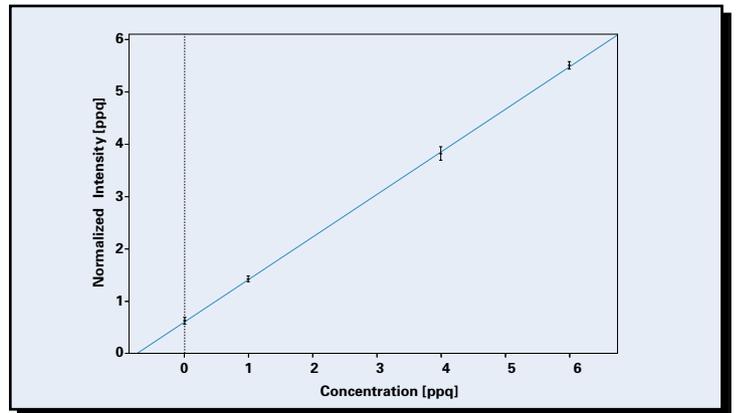
在漫长的分析历史中，海水、矿物酸和有机溶剂的分析都必须先做基体分离，但有了 ELEMENT 2，现在只需要简单地稀释，这就是“稀释后分析”。采用这种方法能很大程度减少基体对样品导入系统，等离子体和接口造成的负担。这对放射性核基体的分析也非常重要，因为在这类应用中废弃物的量必须控制到最低。



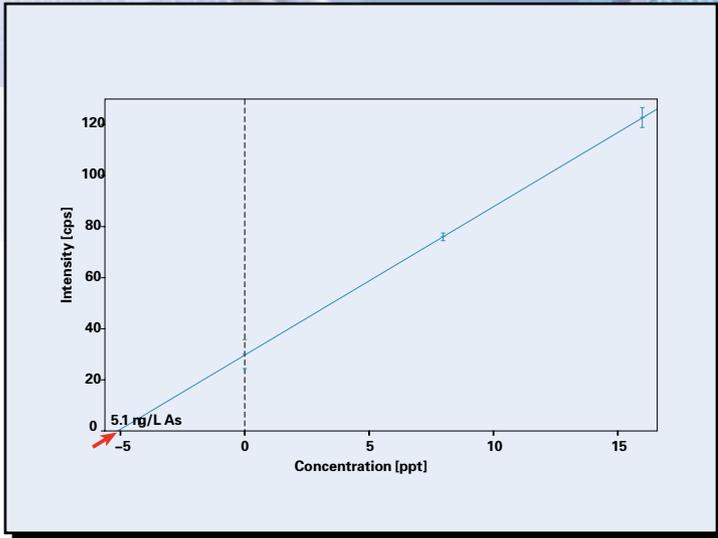
矿泉水，未稀释 (5% HNO<sub>3</sub>)，~200 fg/L 镭，低分辨率

	Resolution	LoD [ng/L] insolution
<sup>23</sup> Na	Low	1.3
<sup>90</sup> Zr	Low	0.06
<sup>107</sup> Ag	Low	0.03
<sup>151</sup> Eu	Low	0.04
<sup>47</sup> Ti	Medium	0.3
<sup>52</sup> Cr	Medium	0.3
<sup>63</sup> Cu	Medium	0.6
<sup>66</sup> Zn	Medium	1.5
<sup>79</sup> Br	Medium	5.0
<sup>75</sup> As	High	2.0
<sup>155</sup> Gd	High	0.2

50 mg/L 铀的检出下限



<sup>226</sup>Ra, 外部校正曲线, 1, 4, 6 pg/L, R<sup>2</sup>=1.000

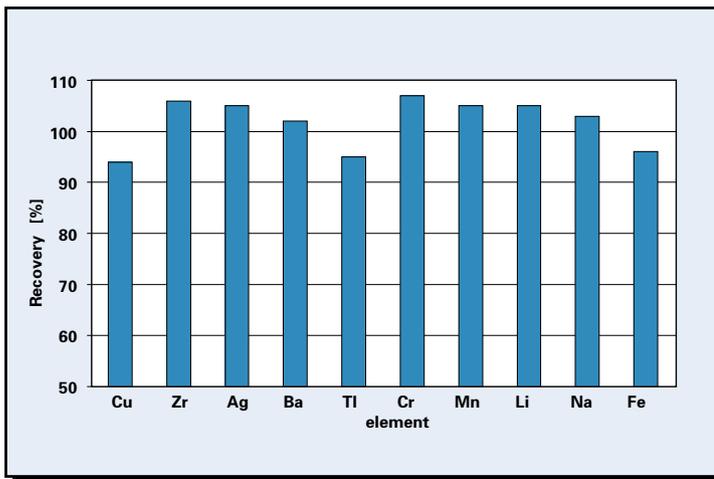


盐酸 (10 % v/v) 中砷的标准添加分析

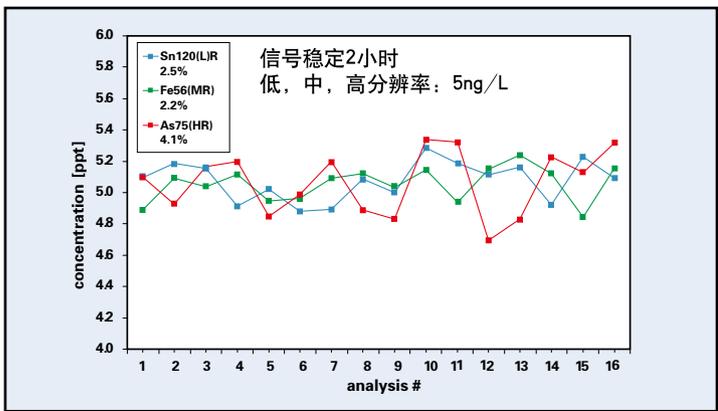
### 信号稳定性和检出下限

磁式 ICP-MS 具有很高的加速电压和卓越的聚焦特性，所以实现了出众的离子传输稳定性。

这个特性与高灵敏度、低本底、无干扰分析和先进的样品导入系统结合在一起，使 ELEMENT 2 能不受基体的限制，提供最低的检出下限。与此同时，ELEMENT 2 即使在数个 ppt 的低浓度领域也显示出最高的稳定性，能把定量下限推向前所未有的低范围。



超纯水中 1 ng/L 的标准添加回收率实验：



# 质量稳定性

ELEMENT 2 的成熟设计提供了扇形磁场 ICP-MS 前所未有的高速扫描。从质量数 7 到 240 再跳回 7，所需时间甚至小于 150 毫秒。

## 扫描

常规扫描是通过磁场和电场的跳跃组合来实现的。

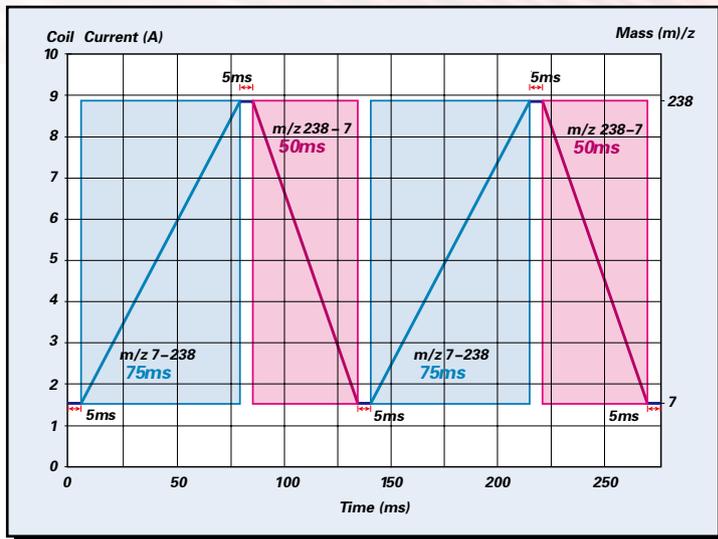
ELEMENT 2 具有一个独特的能力，可以通过降低加速电压来实现扫描，从磁场的设定质量数开始可远至高于此初始质量数百分之三十的范围。在改变加速电压时，磁场是恒定的。这种独创的扫描技术的组合带来了磁式 ICP-MS 前所未有的最高速扫描。

## 质量稳定性

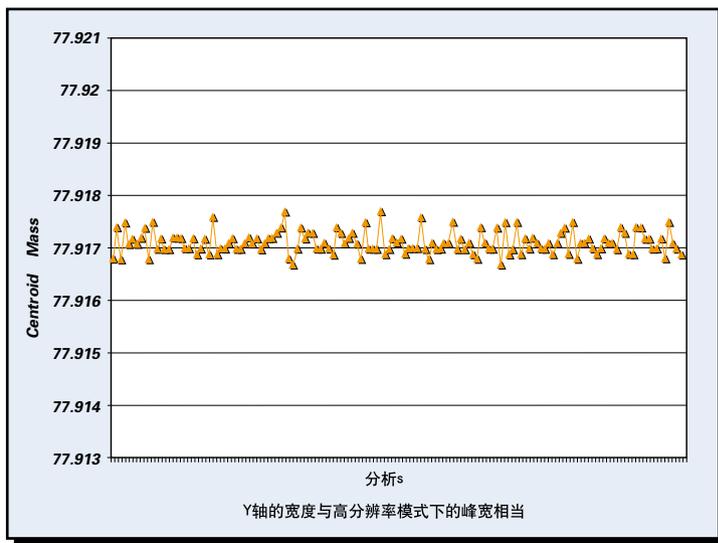
ELEMENT 2 保证了其它 ICP-MS 无以匹敌的最高质量稳定性。这使得高速峰顶跳跃的分析方法取代扫描过整个峰宽的传统方法成为可能，大大缩短分析时间。成熟的硬件和智能软件的组合保证了高分辨率的质量稳定性，使得质量标尺校正不再成为日常分析工作流程。

上述特征与高灵敏度结合，允许在分析时采用极短的积分时间，从而使 ELEMENT 2 成为史无前例的最快的磁式 ICP-MS。

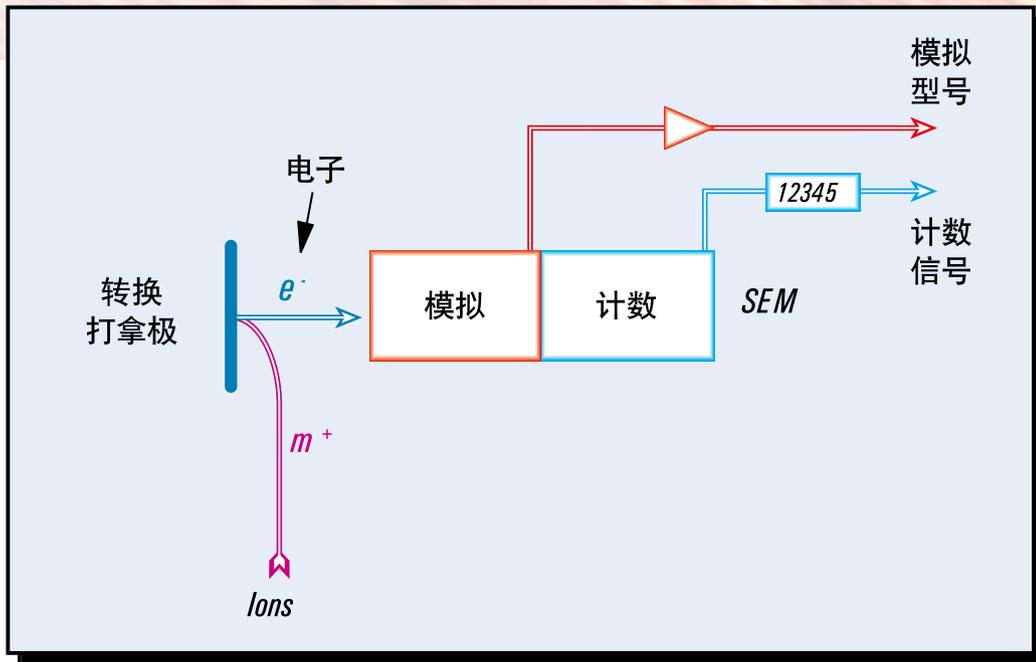
史无前例的扫描速度和高灵敏度的组合开创了 ELEMENT 2 作为短暂的过渡信号的检出器的新纪元。



全磁周期时序



高分辨率下 12 小时 <sup>78</sup>Se 质量稳定性



实际分析中最终的目标就是同时分析主成分和微量元素。

ELEMENT 2 装备了不连续打拿极检出系统，能够在单次分析中同时定量跨越 9 个数量级的主成分和微量元素。

ELEMENT 2 的检出系统与一个拥有 -8kV 电位的转换打拿极构成一体。高至 -8kV 的加速电压实现了不受质量数影响的检出器反应效益，使计数和模拟两种模式之间的全自动交叉校正成为可能。

不需要用户的介入。

自动交叉校正确保了在随时更新检测器的响应 - 随时为无法预料的样品做好准备。

与此同时，这个检出器也适宜于比值很大的同位素比的测量。较小的同位素应用计数模式，较大的同位素应用模拟模式能获得最精确，最准确的结果。

# 软件系统

## ELEMENT 2 软件

ELEMENT 2 的软件控制和监视 ICPMS 分析所需的所有仪器功能，包括数据处理和 ELEMENT 2 的自动调谐。

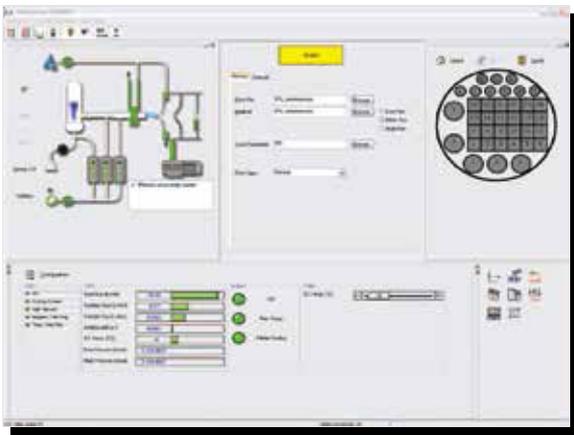
这套软件还提供元素分析中可能用到的所有定量程序（定性，定量，半定量，同位素稀释法），还有同位素比和时间为横轴的分析模式。

## 控制和调谐

- 包括 ICP 参数、炬管位置、透镜和倍增器电压在内的所有参数的自动调谐
- 全自动、可用户定义的等离子体点火和熄火程序
- 自动进样器的图解显示使设置简单明了

## 测量方法的设置

- 简单直观地从周期表或电子数据表模式中选择目标元素
- 自动、可用户定义的同量异位数校正
- 电子数据表的“点击和拖曳”复制机能



仪器启动和自动进样器控制

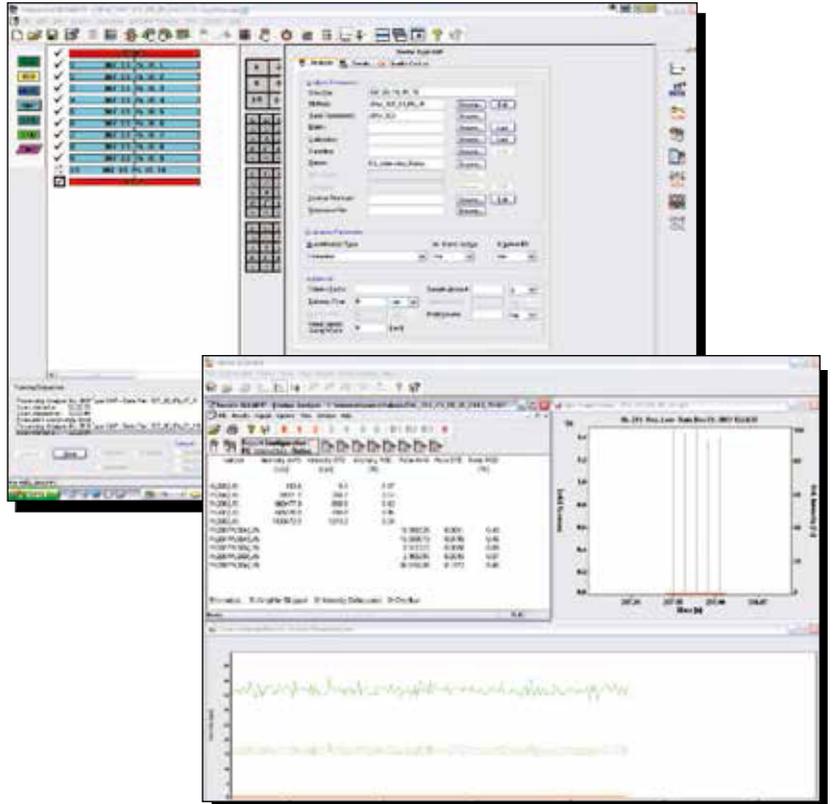
## 建立和运行测量程序表

- 应用图解式或电子数据表式显示模式可以简单直观地建立样品分析顺序表
- 智能型强大的 QA/QC 系统符合包括 USEPA 200.8 和 6020 在内的国际规范。灵活的编辑器可以被用于任何实验室定义特殊的 QA/QC 标准。

## 显示结果和建立报告

- 实况显示图谱，检量线，完整的定量结果和时间轴分析结果
- 能以几种形式（ASCII, GRAMS, Spectacle, GLITTER, ANDI 和 Xcalibur）在线输出时间轴数据，以便用第三方软件进行进一步解析

- 远程控制 and 诊断
- 所有仪器参数的设置和读入



ELEMENT 2 的软件是在充分利用 Microsoft Windows XP Professional 操作系统的可靠性和稳定性的基础上开发而出的易用，艺术性的作品。这个软件系统为满足 ELEMENT 2 的日常基本操作的要求，提供稳定，简单的界面进行了最优化，但同时也为先进性的科研保持了灵活性。

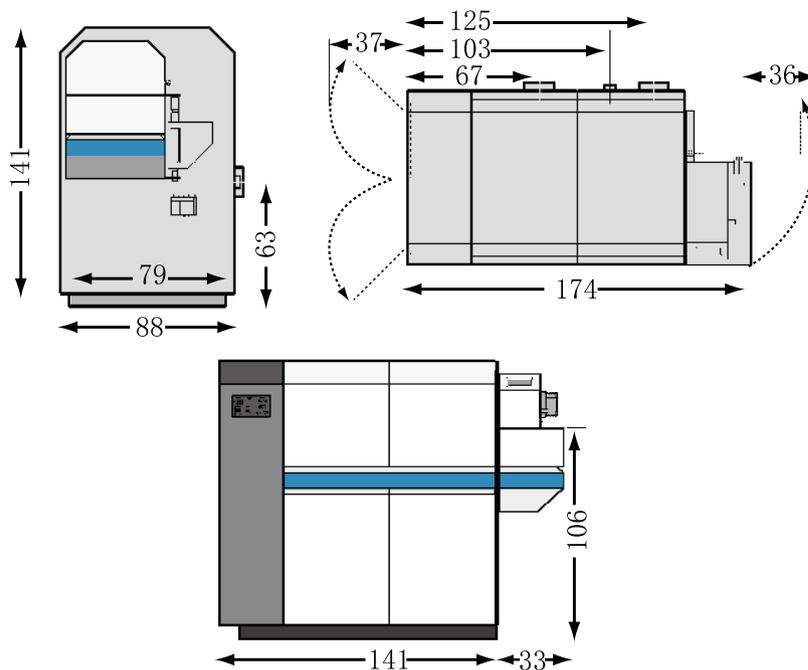
因为采用了 Microsoft Windows XP Professional 操作系统和标准化的编程语言，作为数据系统的计算机能简单地与网络连接，传送数据和进行 ELEMENT 2 的远程控制。

## 指标和安装要求

电源	三相, 230/400 V $\pm$ 10 %, 50/60 Hz, 每相 32 A 保险 功率: 大约 9 kVA
环境	温度 18-24 摄氏度 ( 64-75 华氏度 ) 湿度 50-60%, 没有冷凝, 无腐蚀
冷却水	大约 200 L/h 温度 10-20 摄氏度 4-6 bar ( 43-65 psi )
氦气	纯度最低要达到 99.996% 18 L 分钟 调节压力 8-10 bar ( 116-145 psi ) 建议采用不间断氦气供气
等离子体排气口	1 个; 直径 6 cm; 90 m <sup>3</sup> /h; 可调节 ( 氦气 + 样品蒸汽 )
电子系统排气口	2 个; 直径 15 cm; 800 m <sup>3</sup> /h

ELEMENT 2: 放置面积和尺寸

( 单位: 厘米 )



更安全

ThermoFisher  
SCIENTIFIC

更清洁

更健康

赛默飞致力于帮助您使世界变得

## 关于赛默飞世尔科技

赛默飞世尔科技（纽约证交所代码：TMO）是科学服务领域的世界领导者。公司年销售额 170 亿美元，在 50 个国家拥有约 50,000 名员工。我们的使命是帮助客户使世界更健康、更清洁、更安全。我们的产品和服务帮助客户加速生命科学领域的研究、解决在分析领域所遇到的复杂问题与挑战，促进医疗诊断发展、提高实验室生产力。借助于首要品牌 Thermo Scientific、Applied Biosystems、Invitrogen、Fisher Scientific 和 Unity Lab Services，我们将创新技术、便捷采购方案和实验室运营管理的整体解决方案相结合，为客户、股东和员工创造价值。欲了解更多信息，请浏览公司网站：[www.thermofisher.com](http://www.thermofisher.com)

## 赛默飞世尔科技中国

赛默飞世尔科技进入中国发展已有 30 多年，在中国的总部设于上海，并在北京、广州、香港、台湾、成都、沈阳、西安、南京、武汉等地设立了分公司，员工人数约 3700 名。我们的产品主要包括分析仪器、实验室设备、试剂、耗材和软件等，提供实验室综合解决方案，为各行各业的客户服务。为了满足中国市场的需求，现有 8 家工厂分别在上海、北京和苏州运营。我们在全中国共设立了 6 个应用开发中心，将世界级的前沿技术和产品带给国内客户，并提供应用开发与培训等多项服务；位于上海的中国创新中心结合国内市场的需求和国外先进技术，研发适合中国的技术和产品；我们拥有遍布全国的维修服务网点和特别成立的中国技术培训团队，在全国有超过 2000 名专业人员直接为客户提供服务。我们致力于帮助客户使世界更健康、更清洁、更安全。欲了解更多信息，请登录网站 [www.thermofisher.cn](http://www.thermofisher.cn)



赛默飞 ioms

赛默飞世尔科技（中国）有限公司

**全国服务热线：800 810 5118**  
**400 650 5118（支持手机用户）**

**Thermo**  
SCIENTIFIC  
Part of Thermo Fisher Scientific