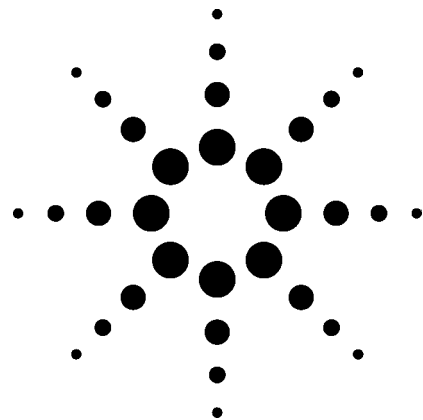


大规模生产商业实验室使用传统的金属分析技术与 ICP-MS 的相对成本和生产能力比较

应用



作者

Steve Wilbur
Agilent Technologies, Inc.
3380 146th PI SE Suite 300
Bellevue, WA 98007 USA

摘要

为有助于那些使用石墨炉原子吸收和等离子体光学发射光谱的实验室算一算改换使用电感耦合等离子体质谱可能节约的费用，本文建立了一种财经模式，以几个典型实验室的计算结果为例加以介绍。

引言

过去 5 年中，电感耦合等离子体质谱法 (ICP-MS) 在环境、半导体、地质以及一些健康科学行业中对痕量金属的分析应用得到了显著增长。促使其增长的因素有三个。第一是许多应用中对于金属的检出限要求越来越低。第二是现代 ICP-MS 仪器的分析性能、可靠性以及易使用性有了很大改进。第三就是经济学因素。

传统上，大多数元素分析是用原子吸收 (AA) 或光学发射光谱 (OES) 来完成的。通常，对于超痕量元素 (sub-ppb) 是采用高灵敏度的单元素分析技术 – 石墨炉原子吸收 (GFAA) 测定。痕量和次量 (ppb to ppm) 元素是采用灵敏度稍差一些但具有多元素同时测定功能的电感耦合等离子体光学发射光谱 (ICP-OES) 测定。

随着更多样品中更多的元素对于 sub-ppb 检出限需求的增长，ICP-OES 有些力所难及，而 GFAA 的可信任度在增加。然而，尽管 GFAA 比较灵敏，但它比较慢，运作成本高，而且动态范围有限。由于 GFAA 比 ICP-OES 慢的多，所以许多常规实验室对于必须用 GFAA 测定的每种元素配有专用的 GFAA 仪器 – 即一台 ICP-OES 和多台 GFAA 配套使用。此外，汞的分析还需要增加第三种技术，冷蒸汽原子吸收或原子荧光。不过，简单起见，本文举例中没考虑单独的汞分析仪。这些技术都可能需要单独的样品处理和分离，单独测定、数据处理和存档，大大增加了每个样品的运行成本。

本文的目的是评价当 ICP-MS 作为常规的高灵敏度多元素分析技术取代由一台 ICP-OES、多台 GFAA 以及一台汞分析仪完成的大多数常规多元素分析所带来的生产效率和成本效果。ICP-MS 对于许多不同类型样品良好的分析适应性是有目共睹的。最近，安捷伦公司推出了 7500 系列 ICP-MS 八极杆反应池系统，使得 ICP-MS 能够完全取代 GFAA 和 ICP-OES。



方法

为了便于研究，采用 Excel 建立了电子表格形式的样品成本比较模式。用户可以提供与样品数目和样品类型有关的详细参数，以及相关的样品制备、仪器和分析成本。输出的是每个样品的分析成本。报告还包括每个月样品分析所需要的总时间，需要分析的元素数目以及仪器的数量。该模式可以对 GFAA，ICP-OES 以及 ICP-MS 进行比较。该模式中的大多数参数几乎可以输入任何值，本文介绍的结果取自做这些分析的几个商业实验室。

没有模式可以对所有情形都做出准确的预言而且还足够简单有用。因此，简单起见，在本模式的设计和输入的数据实例中做了一些假设。我们认为这些假设是符合实际情况的，不会对结果带来明显的偏差。该工具易于使用，用户可以快速简单地依据实验室特定信息评价这三种技术的成本效力。

假设

- GFAA 系统成本 US\$30K
- ICP-OES 系统成本 US\$100K
- ICP-MS 系统成本 US\$180K
- 资助（经费）成本是 6%
- 一般设备成本，比如实验室空间，效用等难以估计，而且多数情况下不会对结果有显著影响，所以忽略不计。
- 一个仪器操作人员可以保持一台先进的自动化的 GFAA，ICP-OES，或 ICP-MS 仪器每天运转两班（16 小时）。如任何技术每天的分析时间超过 16 小时的话，则需要额外的仪器和操作人员。仪器的增量为 1；操作人员的增量为分数，因为假定操作人员可以同时从事实验室其它任务，而成本计算只针对操作员花费在特定分析任务上的那部分时间。

- GFAA 是一种单元素分析技术。有多个灯的仪器仍然是一次执行一个元素的分析。一般每个元素的分析时间是 90 秒，每个元素需要重复分析两次（曝光两次）。
- ICP-OES 和 ICP-MS 是多元素分析技术，元素的数目不会对分析时间有显著影响。实际并非严格如此，只是为了简单化而作的合理化假设。
- GFAA 使用加压氩气，每瓶用 40 小时 (\$100)。
- GFAA 石墨管和平台每套 \$50，能用 100 次。
- ICP-MS 和 ICP-OES 使用的是液氦，每瓶（杜瓦瓶）可以使用 3 星期 (\$250)。
- ICP-MS 检测器一般能使用 3 年，每年成本按 3 年寿命折算。

结果

通过改变实验室现有的仪器装备定额和每个月现有的以及预期要分析的样品数量来评价几个典型的实验室方案。对为了满足检出限要求而必须要用 GFAA (没有 ICP-MS) 分析的元素数目的影响也进行了测试。

方案 1

实验室有一台 GFAA 和一台 ICP-OES。可能购买 ICP-MS 并在 3 年内分期付款。见表 1。

表 1. 方案 1

| 样品/月 | GFAA 元素 | 需要的 # GFAA | 成本/样品 GFAA + ICP-OES | 需要的 # ICP-MS | 成本/样品 ICP-MS | 节约/月 |
|------|------------|---------------|----------------------------|-----------------|-----------------|-----------|
| 400 | 8 | 1 | \$41 | 1 | \$30 | \$4,536 |
| 1000 | 8 | 2 | \$33 | 1 | \$15 | \$18,196 |
| 5000 | 8 | 9 | \$31 | 2 | \$9 | \$112,968 |

方案 2

实验室已有 2 台 GFAA 和一台 ICP-OES。可能购买 ICP-MS 并在 3 年内分期付款。见表 2。

表 2. 方案 2

| 样品/月 | GFAA 元素 | 需要的 # GFAA | 成本/样品 GFAA + ICP-OES | 需要的 # ICP-MS | 成本/样品 ICP-MS | 节约/月 |
|------|------------|---------------|----------------------------|-----------------|-----------------|-----------|
| 400 | 8 | 1 | \$41 | 1 | \$30 | \$4,536 |
| 1000 | 8 | 2 | \$32 | 1 | \$15 | \$17,283 |
| 5000 | 8 | 9 | \$31 | 2 | \$9 | \$112,055 |

方案 3

实验室目前没有仪器。可能要购买 GFAA 和 ICP-OES 或 ICP-MS。见表 3。

表 3. 方案 3

| 样品/月 | GFAA 元素 | 需要的 # GFAA | 成本/样品 GFAA + ICP-OES | 需要的 # ICP-MS | 成本/样品 ICP-MS | 节约/月 |
|------|------------|---------------|----------------------------|-----------------|-----------------|-----------|
| 400 | 8 | 1 | \$51 | 1 | \$30 | \$8,491 |
| 1000 | 8 | 2 | \$37 | 1 | \$15 | \$22,151 |
| 5000 | 8 | 9 | \$32 | 2 | \$9 | \$116,923 |

方案 4

每个样品的成本与 GFAA 元素数目的关系比较（需要购买所有仪器）。见表 4。

表 4. 方案 4

| 样品/月 | GFAA 元素 | 需要的 # GFAA | 成本/样品 GFAA + ICP-OES | 需要的 # ICP-MS | 成本/样品 ICP-MS | 节约/月 |
|------|---------|------------|----------------------|--------------|--------------|----------|
| 1000 | 2 | 1 | \$24 | 1 | \$14 | \$9,601 |
| 1000 | 4 | 1 | \$28 | 1 | \$14 | \$12,751 |
| 1000 | 8 | 2 | \$38 | 1 | \$14 | \$22,151 |
| 1000 | 10 | 3 | \$42 | 1 | \$14 | \$27,490 |

讨论

在以上所有方案中，即使对于已经拥有两台石墨炉原子吸收和一台 ICP-OES（普通配置）并可能购买 ICP-MS 的实验室，每个样品的成本还是 ICP-MS 比较低。这主要是因为 GFAA 的消耗品成本高，加之 GFAA 和 ICP-OES 需要两次独立的样品制备步骤。另外，随着每月分析的样品从 400 这样一个保守的数字到 1000，再到 5000，其差别大的多。这是因为 GFAA 的实验室成本快速增加，而 ICP-MS 的分析能力高的多，且消耗成本低，只需要一次样品制备。

ICP-MS 的投资获益

从以上几个表中可以计算出简单的投资获益 (ROI)。在此例中，新的 ICP-MS 系统每个月的成本大约为 US \$5500.00（假定购买价为 US\$180K，分 3 年按 6% 付费）。图 1 是对已经拥有两台 GFAA 和一台 ICP-OES 的实验室样品负荷量和偿还时间的关系。y 轴代表使用 ICP-MS 相对于 GFAA + ICP-OES 的月节约累计数（在三个不同的样品负荷量时与 ICP-MS 仪器未付款余额的比较）。可以看出，ICP-MS 的累计节约与每月分析 2000 件样品，四个月之后的盈利相等。即使每月分析的样品数量少到 400 件，在大约 20 个月时其累计节约也足以付清 ICP-MS 仪器费。在此例中，假定了 8 个需要石墨炉分析的元素，其它假定条件如上。

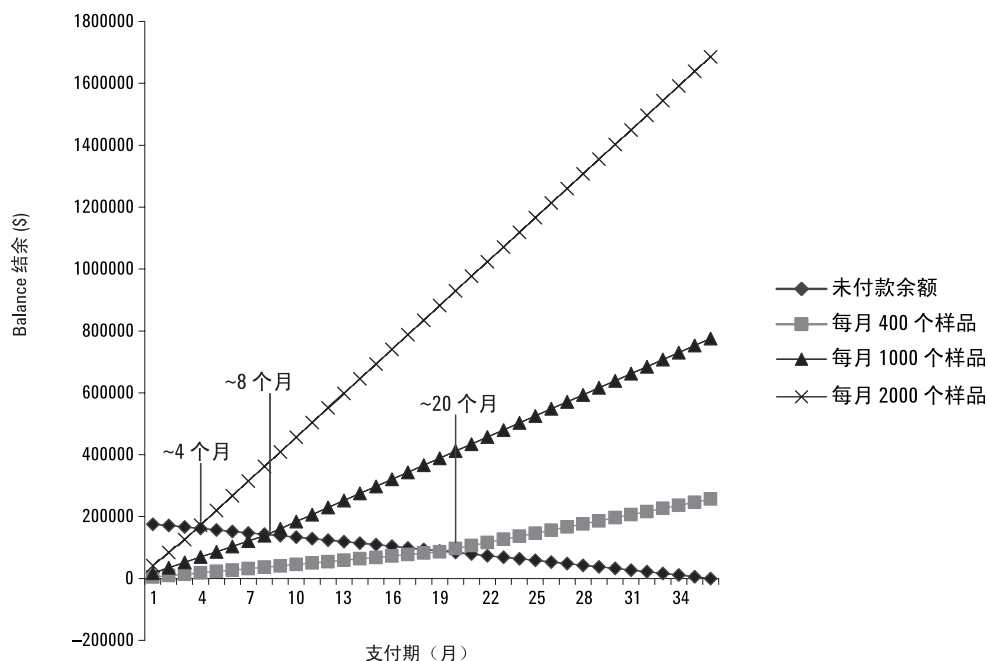


图 1. 购买 ICP-MS 在三个样品负荷水平的累计投资获益与 ICP-MS 的月未付款余额的关系。此例中，假定当余额和剩余贷款相等时，累计收入用于支付贷款。在交叉点上，净月收入的增加与贷款数一样。在此例中，每月分析 2000 件样品的实验室在大约 4 个月 after 付清 ICP-MS 款，1000 件样品的实验室大约需要 8 个月，而 400 件样品的实验室大约需要 20 个月。在 36 个月结束时（最初的贷款期），净收入对于每月 400 个样品的实验室超过 \$200K，1000 件样品超过 \$750K，而 2000 件样品的实验室超过 \$1700K。

结论

几乎对于任何联合使用 GFAA 和 ICP-OES 每星期至少分析 100 个样品（每月 400 个）的金属分析实验室，换成用 ICP-MS 仪器分析都将省钱。盈利多少取决于样品数量，如样品量每月为 2000 时，返还 ICP-MS 款的时间可以短至 4 个月。即使实验室已经拥有 GFAA 和 ICP-OES 仪器，其成本优势不会明显减少，也不会受 GFAA 元素数目的明显影响。方案 4 表明，对于每月至少分析 1000 件样品，而 GFAA 只分析两个元素的实验室，采用 ICP-MS 的成本节约大约是每月 \$10,000。而且，用 ICP-MS 可以获得更有把握的结果，所有分析元素的检出限与 GFAA 相当（或更好），现代 ICP-MS 仪器具有耐用、操作简单以及选择容易的特点。ICP-MS 对于高工作量实验室的分析能力可以很快付清仪器购买款并显著提高实验室的利润。

更多信息

有关我们产品和服务的更多信息，请访问我们的网址：
www.agilent.com/chem/cn。

安捷伦科技公司对本材料中可能有的错误或与装置、性能及材料使用有关内容而带来的意外伤害和问题不负任何责任。

本材料内容如有改变，恕不另行通知。

© 安捷伦科技有限公司版权，2005

中国印刷
2005年1月27日
5989-1585CHCN