

使用配备 ISIS 3 不连续进样系统的 Agilent 7900 ICP-MS 最大程度提高复杂基质样品的分析效率

每个样品的 EPA 6020A 合规分析只需不到 90 秒

应用简报

作者

Kazuo Yamanaka¹ 和 Steve Wilbur²

¹ 安捷伦科技（日本）有限公司

² 安捷伦科技（美国）有限公司

环境



前言

随着安捷伦氦 (He) 模式八极杆反应池系统 (ORS) 碰撞池技术的发展以及高基质进样 (HMI) 气溶胶稀释技术的推出，对复杂的高基质环境样品（如土壤和污泥）进行稳定而准确的 ICP-MS 分析已成为常规方法 [1]。然而，合同环境实验室中日益激烈的竞争和财务压力使其越来越关注所用分析仪器和方法的分析效率。与此同时，在提高样品通量时不影响数据质量和简便易用性也是必需的。为满足这些日益严格的分析效率要求，安捷伦开发出了新版集成样品引入系统 ISIS 3，该系统使 Agilent 7900 ICP-MS 用户能够执行高速不连续进样分析，同时使采集的数据质量完全满足美国国家环境保护局 (EPA) 对数据采集的要求。



Agilent Technologies

通过结合 Agilent 7900 ORS⁴ He 模式碰撞池、超高基质进样 (UHMI) 与 ISIS 3 的独特优势，可实现非常出色的协同作用，使该系统能够实现更快速的分析，同时获得更高的简便易用性和优异的基质耐受性。本研究证明了将用于干扰去除的 He 模式、使用 UHMI 的气溶胶稀释和不连续进样相结合对于实现最佳分析效率和数据质量的优势。

合同实验室成功要素

在合同环境实验室中，一次成功的分析运行要考虑以下指标：

- 准确度（分析结果是否正确？）
- 精密度（结果的重现性如何？）
- 合规性（是否经得起法规审查？）
- 费用（获得分析结果的成本是多少？）

考虑到分析效率作为分析“费用”的重要因素而受到越来越多关注，显然在保持检测限“切合目的要求”（即满足法规要求）的同时更快速地执行分析是常规合同实验室的首要目标。ORS⁴ 的快速池气体切换能力允许将不连续进样与多种气体模式结合使用，以实现对受干扰及不受干扰（主要为低质量

数）元素的最佳测量。7900 ICP-MS 的高灵敏度还允许使用极短的积分时间，且不降低检测限。

实验部分

仪器

分析采用配备标准镍锥、玻璃同心雾化器和 UHMI 选件的 Agilent 7900 ICP-MS。UHMI 将气溶胶稀释与等离子体温度自动优化结合，最大程度提高了 7900 ICP-MS 的等离子体稳定性。与 Agilent 7700 系列 ICP-MS 所用的上一代 HMI 相比，7900 ICP-MS 采用的 UHMI 可提供更宽范围的气溶胶稀释（最高至 100 倍）并改善样品冲洗性能。

7900 ICP-MS 配备可选的 ISIS 3 不连续进样 (DS) 附件以实现所需的高样品通量。ISIS-DS 还可最大程度缩短每次测试时仪器暴露于样品的时间，从而有助于进一步改善对大批样品的基质耐受性。ISIS 3 切换阀置于靠近雾化器处，可最大程度缩短管线长度并优化不连续进样分析周期。ISIS 3 切换阀的第七个端口允许在阀中将内标 (ISTD) 溶液在线加入载气流中，在雾化之前实现溶液的高效混合并快速达到稳定。

表 1. Agilent 7900 ICP-MS 和 ISIS 3 操作条件

ICP-MS 参数	无气体模式	He 模式
RF 功率 (W)	1600	
载气流速 (L/min)	0.77	
稀释气流速 (L/min)	0.28	
透镜调谐	自动调谐	自动调谐
反应池气体流速 (mL/min)	0.0	4.3
动能歧视电压 (V)	5.0	
元素数量	1 种分析物， 1 种 ISTD	25 种分析物， 6 种 ISTD
总采集时间（重复 3 次）(秒)	41	

ISIS-DS 参数		
定量环体积 (μL)	1000	
	时间	进样泵泵速
载样	12 s	28%
稳定时间	7 s	5%
针头冲洗	23 s	5%
针头冲洗 1	6 s	80%
针头冲洗 2	10 s	5%
可选的定量环针头冲洗	9 s	50%
可选的定量环清洗	1 s	5%

ISIS-DS 操作的基本原理请见安捷伦科技公司出版物 5990-3678CHCN [2]。ISIS 3 的新功能是增加了由计算机控制的三通阀，能够在内标溶液和调谐溶液之间进行切换。该阀可实现仪器优化和样品分析的完全自动化，无需手动切换管线。在本研究中，利用固定的等离子体参数进行自动调谐，以对仪器性能进行优化。仪器条件如表 1 所示。

图 1 示出 ISIS-DS 系统的基本操作过程：步骤 1 — 载样（左上图）。使用高速 ISIS 3 活塞泵将样品快速吸入样品定量环中，同时将含有在线内标的空白载气不断泵送至雾化器中。步骤 2 — 进样（右上图）。然后旋转 7 通阀，将载气切换到定量环中，将前面的样品推入雾化器中。与此同时，自动进样器针头移至清洗口，在加载下一个样品之前对样品引入管线进行冲洗。

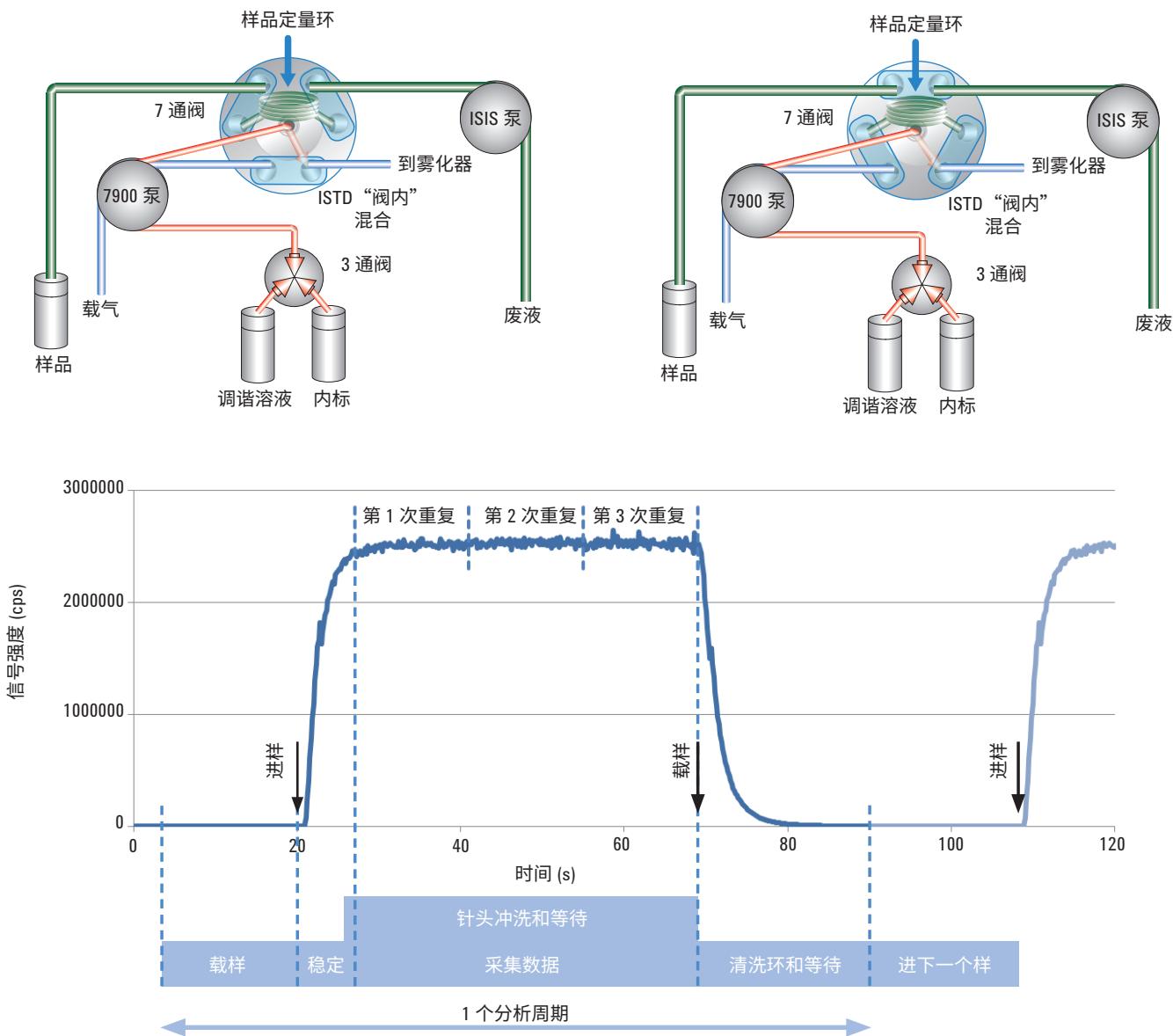


图 1. ISIS-DS 操作概述。阀处于载样位置（左上图）和进样位置（右上图）。在 ISIS 3 运行过程中获得的实际分析物和内标信号如下方带标注的曲线所示

1000 μL 的定量环体积提供了足够长的稳态信号，由此可在待采集的两种不同池模式下完成三次重复测定。这一配置突出了在 He 模式下有效去除干扰的重要实际优势之一，其中可采用相同的池气体和条件去除所有多原子干扰，从而仅需对所有受干扰的分析物采用一种池模式。Agilent 7900 ICP-MS 上的 ORS⁴ 还具有快速池气体切换功能，因此每次进样可在两种池模式（He 模式和无气体模式）下重复采集三次。相比之下，在利用反应池气体的 ICP-MS 系统上使用不连续进样时，多元素分析所需的不同反应气体的切换和池设置需要的时间显著延长，因

此池的设置并不能最优，样品也需要进行多次分析，或者采取其他可替代的干扰控制手段。

通过长时间分析一个典型环境样品序列来测试准确度、分析效率和长期稳定性，此类分析代表了合同环境实验室所面临的日常工作量。样品包括 EPA 方法 6020A 所规定的水/土壤/沉积物的有证标准物质 (CRM)、加标样品以及质量控制 (QC) 样品（图 2）。利用 1% HNO_3 和 0.5% HCl 基质配制校准标样。无需基质匹配，且在整个 9.5 h 的序列分析中无需进行重新校准。

结果

本研究对于大多数元素采用 He 反应池模式，并对低质量数元素采用无气体模式。总之，在 9 小时 35 分钟的时间内测试了 383 个样品，每个样品的运行时间为 90 秒。与使用配备 ISIS 2 的 7700x ICP-MS 开展的类似研究相比，通量提高了约 30% [3]。

方法检测限

对低浓度标样重复测定十次计算 3σ 方法检测限 (MDL)，标样中含痕量元素 0.1 ppb、矿物元素 10 ppb 和 Hg 0.01 ppb（表 2）。在无气体模式下采集铍，并在 He 模式下采集其他元素。采用尽可能短的积分时间，以最大程度缩短总采集时间。这些并非“最佳”检测限，而是足以满足方法要求的检测限。利用更长的分析时间，以及对更高纯度试剂和清洁工作实践方法的大量投资可以降低背景的污染水平，从而实现更低的检测限，但是这种做法将导致分析成本相应的增加。

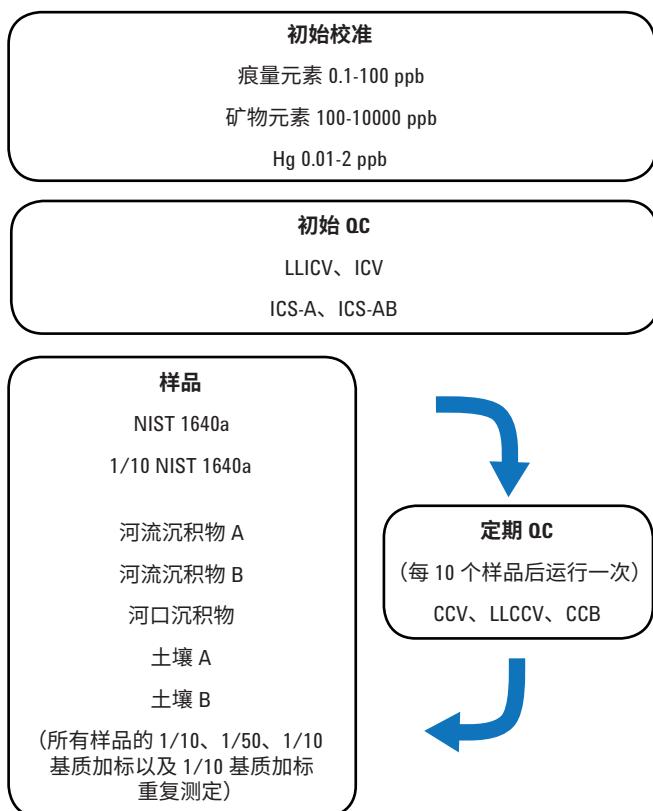


图 2. 在一个 9.5 h 的序列中分析的样品、校准物和 QC 溶液的序列。不断重复样品列表，每运行 10 个样品后自动插入定期 QC 序列。9 小时 35 分钟内的总分析次数为 383 次

缩写：低含量初始校准验证 (LLICV)，初始校准验证 (ICV)，干扰校验样品 (ICS)，连续校准验证 (CCV)，低含量连续校准验证 (LLCCV)，连续校准空白 (CCB)

满足 EPA QA/QC 要求

EPA 方法 6020A 是一种以性能为基础的方法。因此，与用于饮用水分析的方法 200.8 不同，EPA 并未限制在方法 6020 应用中使用碰撞/反应池 (CRC) 技术。

表 2. 根据低浓度校准标样 10 次重复测定结果计算得出的 3σ 方法检测限

同位素/元素	反应池模式	积分时间 (s)	3σ MDL (ppb)
9 Be	无气体	0.5	0.015
23 Na	He	0.1	2.1
24 Mg	He	0.1	0.87
27 Al	He	0.5	0.22
39 K	He	0.1	3.9
44 Ca	He	0.2	5.4
51 V	He	0.3	0.020
52 Cr	He	0.3	0.020
55 Mn	He	0.3	0.033
56 Fe	He	0.3	0.23
59 Co	He	0.3	0.014
60 Ni	He	0.3	0.022
63 Cu	He	0.3	0.009
66 Zn	He	0.3	0.055
75 As	He	1.0	0.022
78 Se	He	2.0	0.20
95 Mo	He	0.3	0.016
107 Ag	He	0.3	0.010
111 Cd	He	0.3	0.027
121 Sb	He	0.3	0.023
137 Ba	He	0.3	0.031
201 Hg	He	2.0	0.007
205 Tl	He	0.3	0.006
208 Pb	He	0.3 (0.1x3)*	0.016
232 Th	He	0.1	0.007
238 U	He	0.1	0.008

* Pb 的测试以三种丰度最高的同位素 206、207 和 208 之和进行

最新版 EPA 6020A (2007 年 2 月) 增加了在接近方法报告最低限处进行低含量初始校准验证 (LLICV) 检验的要求。推荐的对照限为实际值的 $\pm 30\%$ 。LLICV 和初始校准验证 (ICV) 检验溶液的结果如表 3 所示。LLICV 结果确认所有痕量元素均获得了亚 ppb 级报告限，而矿物元素的报告限则处于 10-50 ppb 的范围内。减少实验室和试剂对矿物元素的污染可实现更低的报告限（如果需要）。

除计算并验证 MDL 和报告限以外，方法 6020A 规定所有样品的内标 (ISTD) 回收率要超过校准空白中 ISTD 响应的 70%。每 10 个实际样品分析后，必须对处于校准中间浓度的连续校准验证 (CCV) 样品进行分析，并且响应值必须处于真值的 $\pm 10\%$ 以内。如果不满足这些标准，则必须重新分析受影响的样品，在 ISTD 不达标的情况下需要在稀释后重新分析，在 CCV 不达标的情况下则需要在重新校准后进行重新分析。序列中运行的所有 28 次 CCV 重复测定的 CCV 回收率如图 3 所示。仅钠、铝和镁超出了 $+10\%$ 限值，因为高浓度样品分析带来了交叉污染。内标回收率如图 4 所示。ISTD 图中接近水平的斜率表示整个序列中不存在由于基质在接口或透镜上的积聚而导致的灵敏度损失。此外，所有样品均满足内标要求，证明配备 UHMI 的 7900 ICP-MS 系统具有出色的基质耐受性。

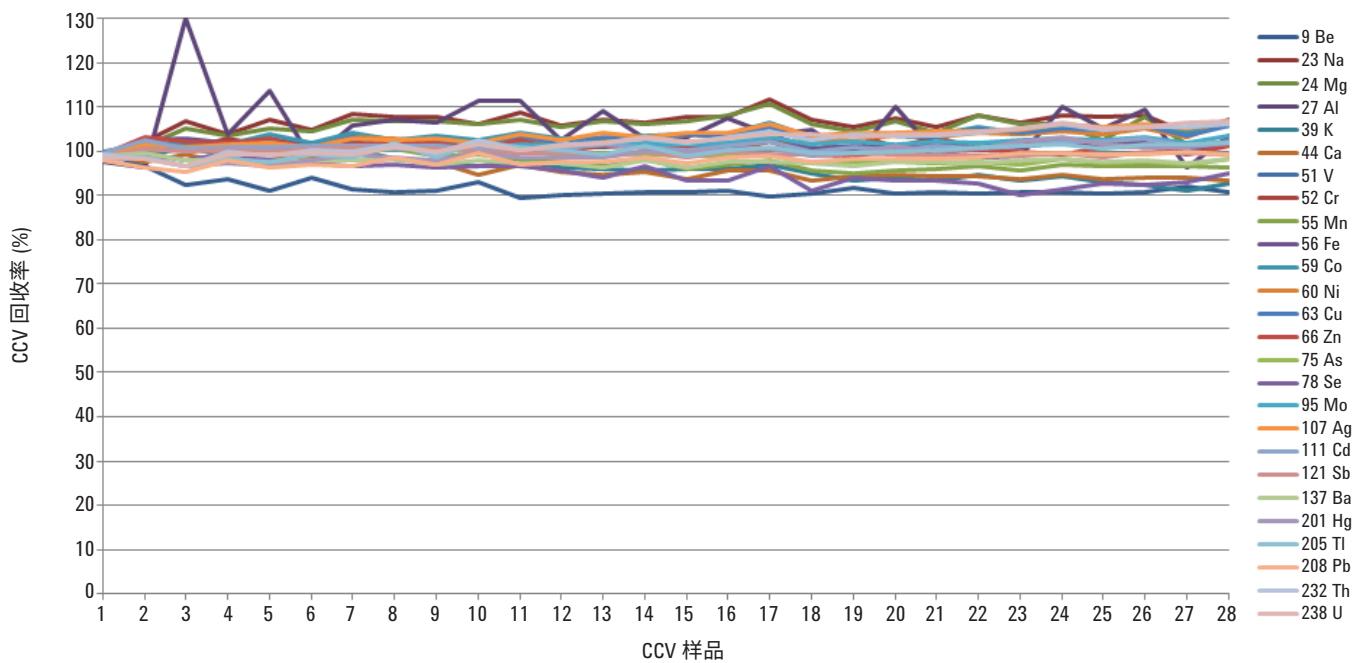


图 3. 序列分析过程中获得的连续校准验证 (CCV) 回收率。注意：仅某些钠、铝和镁的曲线超出了 +10% 限值，因为高浓度样品分析带来了交叉污染

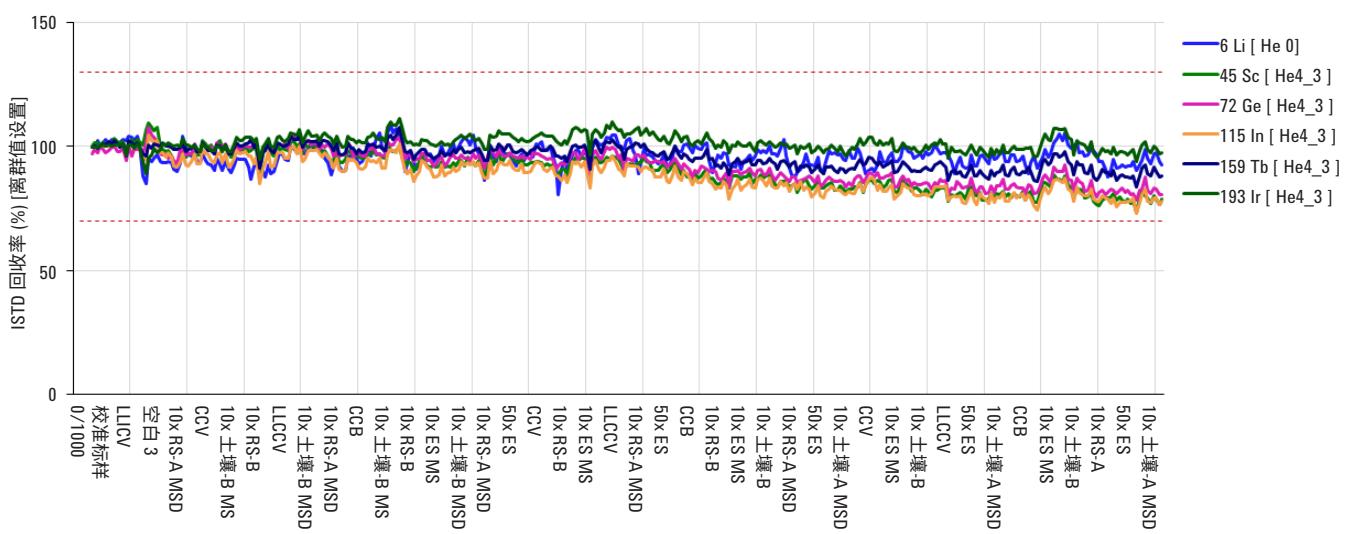


图 4. 所有样品校准空白归一化的内标回收率。由于空间有限，未示出所有样品的名称。未出现内标不达标的情况

表 3. 低含量初始校准验证 (LLICV) 和初始校准验证 (ICV) 浓度与回收率。EPA 规定的 LLICV 回收率限值为实际值的 $\pm 30\%$ ；ICV 回收率限值为实际值的 $\pm 10\%$

同位素/元素	LLICV (ppb)	LLICV 回收率 (%)	ICV (ppb)	ICV 回收率 (%)
9 Be	0.1	96	50	101
23 Na	50	95	5000	100
24 Mg	10	103	5000	101
27 Al	10	94	50	101
39 K	50	102	5000	101
44 Ca	50	119	5000	103
51 V	0.1	99	50	100
52 Cr	0.5	100	50	102
55 Mn	0.5	104	50	101
56 Fe	10	97	5000	100
59 Co	0.1	98	50	102
60 Ni	0.1	87	50	102
63 Cu	0.1	100	50	102
66 Zn	0.5	105	50	101
75 As	0.1	103	50	102
78 Se	1.0	115	50	100
95 Mo	0.1	92	50	101
107 Ag	0.1	105	50	103
111 Cd	0.1	103	50	101
121 Sb	0.1	110	50	100
137 Ba	0.1	99	50	100
201 Hg	0.1	126	1	105
205 Tl	0.1	108	50	102
208 Pb	0.5	102	50	100
232 Th	0.1	106	50	102
238 U	0.1	107	50	101

有证标准物质的回收率

对六种有证标准样品进行了重复分析。其中包括 NIST 1640a 天然水 (NIST, Gaithersburg MD)、CRM 河流沉积物 A、CRM 河流沉积物 B、CRM 河口沉积物、CRM 土壤 A 和 CRM 土壤 B (High Purity Standards – Charleston SC, USA)。NIST 1640a 在不经稀释的情况下进行分析，将其他标准物质稀释 10 倍和 50 倍后进行分析。表 4 所列的值为稀释 10 倍后得到的分析结果。在整个序列中，每个样品均重复测量多次，并计算每种分析物的平均浓度、相对标准偏差百分比 (%RSD) 和平均回收率（表 4）。并非所有标准物质中的所有分析物均经过认证，空白单元格表明不存在标准值。

基质加标和基质加标重复测定

除上述 CRM 以外，对加入校准中间浓度（痕量元素为 50 ppb，Na、Mg、K、Ca 和 Fe 矿物元素为 5000 ppb，Hg 为 1 ppb）的基质加标 (MS) CRM 和基质加标重复测定 (MSD) CRM 进行定期分析，这些样品与整个序列中的其他样品夹杂在一起。除了对 NIST 1640a 重复分析 7 次外，对这些样品类型中的每个样品重复分析 14 次。这些样品无需与校准标样和空白样品进行基质匹配，因为 UHMI 可确保获得温度稳定性极高的等离子体条件 (He 模式下的 CeO/Ce 比率约 0.2%)，从而有效消除基质抑制。结果如表 5 所示。

所有元素均满足 EPA 对基质加标的 75% 至 125% 回收率的要求，获得了优异的精密度。计算了 MS 和 MSD 样品之间的相对百分比偏差 (RPD)。EPA 6020A 要求浓度大于 MDL 100 倍的分析物的 RPD 小于 $\pm 20\%$ 。所有元素均通过了 MS/MSD 测试，所有元素的 RPD 均低于 2%，进一步突出表明 7900 ICP-MS 具有优异的精密度。

表4. 分析的六种 CRM 中所有认证元素的平均测定值、相对标准偏差百分比 (%RSD) 和平均回收率。空白单元格表明无标准值

同位素/元素	NIST 1640a (n = 7)			河流沉积物 A (1/10, n = 14)*			河流沉积物 B (1/10, n = 14)*		
	平均浓度 (ppb)	%RSD	平均 回收率 (%)	平均浓度 (ppb)	%RSD	平均 回收率 (%)	平均浓度 (ppb)	%RSD	平均 回收率 (%)
9 Be	2.80	2.4	93	0.026	9.8		ND		
23 Na	3112	2.0	107	5326	1.8	107	5610	1.6	112
24 Mg	1062	1.7	101	7375	1.8	105	13130	1.3	109
27 Al	57.8	4.4	109	25180	1.3	101	61460	0.6	102
39 K	561	5.4	97	14730	2.4	98	20220	2.3	101
44 Ca	5373	3.2	97	29050	1.8	97	28960	1.6	97
51 V	15.4	1.5	103	25.5	1.1	102	104	0.7	104
52 Cr	40.5	1.6	101	30950	1.1	103	1592	0.9	106
55 Mn	40.0	1.7	100	786	2.2	98	587	1.1	98
56 Fe	44.2	5.7	121	122000	0.9	102	41610	0.6	104
59 Co	20.7	2.1	103	12.1	1.5	121	16.3	1.3	109
60 Ni	25.7	1.8	103	52.2	1.4	104	52.8	1.4	106
63 Cu	87.9	2.0	103	101.9	1.7	102	104	1.4	104
66 Zn	56.1	1.3	102	1454	0.9	97	493	0.8	99
75 As	7.99	1.4	100	60.2	1.3	100	20.4	1.4	102
78 Se	18.5	5.1	93	2.28	5.7	114	0.95	10.5	95
95 Mo	45.8	2.0	101	0.074	7.0		0.17	4.8	
107 Ag	8.25	2.8	103	ND			0.17	2.3	
111 Cd	3.97	1.8	100	10.2	1.1	102	3.18	2.4	106
121 Sb	5.07	1.8	100	50.7	0.7	102	4.22	0.9	106
137 Ba	147	1.1	98	49.3	0.7	99	392	0.5	98
201 Hg	ND			ND			0.023	10.9	
205 Tl	1.58	3.0	98	0.99	1.4	99	1.15	1.6	115
208 Pb	12.5	4.4	104	742	1.8	106	212	1.7	106
232 Th	0.002	40		2.04	2.6	102	9.93	2.3	99
238 U	25.2	3.8	100	1.02	3.1	102	3.02	2.9	101

* 1/10 稀释溶液的浓度

ND：低于检测限

表4 (续). 分析的六种 CRM 中所有认证元素的平均测定值、相对标准偏差百分比 (%RSD) 和平均回收率。空白单元格表明无标准值

同位素/元素	河口沉积物 (1/10, n = 14)*			土壤 A (1/10, n = 14)*			土壤 B (1/10, n = 14)*		
	平均浓度 (ppb)	%RSD	平均 回收率 (%)	平均浓度 (ppb)	%RSD	平均 回收率 (%)	平均浓度 (ppb)	%RSD	平均 回收率 (%)
9 Be	1.78	1.7	89	ND			ND		
23 Na	22170	1.2	111	7659	1.2	109	10980	1.7	110
24 Mg	10950	1.2	110	7583	1.1	108	8720	2.0	109
27 Al	70960	0.7	101	50750	1.1	101	71180	1.7	102
39 K	15120	2.6	101	19870	3.0	99	20920	3.1	100
44 Ca	7821	2.2	98	33620	2.1	96	12140	2.2	97
51 V	104	0.6	104	10.4	0.7	104	82.7	1.6	103
52 Cr	82.8	0.5	104	0.36	32.4		41.6	1.6	104
55 Mn	393	1.5	98	10.4	1.4	104	10055	1.8	101
56 Fe	36250	0.7	104	20540	0.5	103	36110	1.6	103
59 Co	11.2	1.5	112	0.34	1.1		11.0	2.1	110
60 Ni	31.6	1.3	105	31.0	1.2	103	21.3	1.7	106
63 Cu	20.9	1.5	104	30.8	1.3	103	326	2.3	109
66 Zn	150	0.8	100	99.6	0.9	100	7050	1.7	101
75 As	10.4	1.6	104	20.2	1.4	101	607	2.1	101
78 Se	4.63	5.0	93	1.00	13.9	100	ND		
95 Mo	0.04	11.4		0.044	10.7		0.16	5.2	
107 Ag	0.016	7.0		0.020	6.3		0.080	4.7	
111 Cd	0.11	9.1		0.37	3.3		20.5	1.7	103
121 Sb	0.56	1.6		3.13	1.0	104	40.9	1.7	102
137 Ba	1.33	2.6		493	0.5	99	697	1.6	100
201 Hg	0.016	12.8		0.048	5.3		0.007	29	
205 Tl	0.010	8.3		0.016	4.1		0.15	2.6	
208 Pb	29.3	1.5	98	39.0	1.7	98	6352	2.6	106
232 Th	10.1	2.4	101	10.0	2.5	100	10.2	3.3	102
238 U	0.003	17.4		1.01	3.2	101	25.6	3.6	103

* 1/10 稀释溶液的浓度

ND：低于检测限

表 5. 1/10 河流沉积物-A 的加标回收率和基质加标 (MS)/基质加标重复测定 (MSD) 相对百分比偏差 (RPD) (n = 13)

同位素/元素	基质加标平均值 (ppb)	%RSD	加标浓度 (ppb)	平均回收率 (%)	RPD MS/MSD (%)
9 Be	9.42	1.2	10	94	0.5
23 Na	6374	1.9	1000	105	0.4
24 Mg	8360	1.8	1000	98	0.1
27 Al	24890	1.0	10	n/a	
39 K	15700	2.2	1000	96	1.0
44 Ca	29840	1.4	1000	n/a	
51 V	35.7	0.9	10	101	0.4
52 Cr	31150	1.1	10	n/a	
55 Mn	795	2.0	10	n/a	
56 Fe	123600	0.7	1000	n/a	
59 Co	22.6	1.4	10	105	0.3
60 Ni	62.8	1.3	10	106	0.5
63 Cu	113	1.6	10	107	0.5
66 Zn	1466	0.7	10	n/a	
75 As	70.2	1.5	10	100	0.5
78 Se	11.6	3.5	10	94	0.7
95 Mo	10.4	1.0	10	104	0.6
107 Ag	10.4	1.6	10	104	0.5
111 Cd	20.3	0.9	10	101	0.8
121 Sb	60.9	0.7	10	101	0.3
137 Ba	59.4	1.0	10	100	0.2
201 Hg	0.108	3.1	0.1	105	0.4
205 Tl	10.9	1.6	10	99	0.1
208 Pb	750	1.7	10	n/a	
232 Th	12.1	2.3	10	101	0.3
238 U	11.1	2.6	10	101	0.6

表5 (续). 1/10 河流土壤-B 的加标回收率和基质加标 (MS)/基质加标重复测定 (MSD) 相对百分比偏差 (RPD) (n = 14)

同位素/元素	基质加标平均值 (ppb)	%RSD	加标浓度 (ppb)	平均回收率 (%)	RPD MS/MSD (%)
9 Be	8.87	0.8	10	89	0.4
23 Na	12020	1.0	1000	103	0.1
24 Mg	9768	0.9	1000	105	0.2
27 Al	70970	1.2	10	n/a	
39 K	21790	3.4	1000	87	0.0
44 Ca	13060	2.5	1000	92	0.1
51 V	92.6	1.0	10	99	0.2
52 Cr	51.6	1.1	10	100	0.0
55 Mn	10030	1.7	10	n/a	
56 Fe	36970	1.1	1000	86	0.2
59 Co	21.5	1.1	10	104	0.1
60 Ni	31.5	1.0	10	103	0.0
63 Cu	334	1.5	10	86	0.2
66 Zn	7007	1.2	10	n/a	
75 As	615	2.1	10	n/a	
78 Se	9.15	4.1	10	91	1.9
95 Mo	10.4	1.4	10	103	0.6
107 Ag	10.6	1.7	10	105	0.4
111 Cd	30.5	1.0	10	100	0.8
121 Sb	50.8	1.3	10	99	0.1
137 Ba	705	1.1	10	80	0.2
201 Hg	0.117	2.9	0.1	110	0.7
205 Tl	10.1	1.6	10	99	0.2
208 Pb	6329	1.7	10	n/a	
232 Th	20.4	2.4	10	101	0.1
238 U	35.9	2.7	10	103	1.4

结论

本研究表明使用 Agilent 7900 ICP-MS 能够以高准确度、高精密度和长期稳定性分析长序列的高浓度总溶解固体 (TDS) 样品。该系统结合了用于去除多原子干扰的 He 模式、用于实现高度稳定等离子体条件的 UHMI 以及 ISIS 3 不连续进样系统的优点。其优势如下所述：

- ISIS 3 采用恒流雾化，在高速吸取样品之后无需进行稳定，因此将每个样品的分析时间缩短了一分钟
- ISIS 3 将样品吸取和分析分开，从而系统能够在前一次分析完成之前开始冲洗，将运行时间又缩短了一分钟
- ISIS 3 仅在实际采集数据的过程中将样品引入质谱仪中；在其他所有时间雾化的是洁净的空白溶液。这使进入仪器的样品量减少了 3-5 倍，从而降低了对清洁和维护的要求
- ISIS 3 能够使系统优化到样品测试和数据分析的过程成为一个连续的工作流程，无需手动操作管线进行干预
- 通过密切结合 ISIS 3 阀、雾化器和 UHMI 可实现更快速清洗，缩短所需的冲洗时间
- UHMI 通过准确且可重现地控制气溶胶稀释减少了引入等离子体中的总样品载量，从而避免成本高昂的重复运行并减少了系统维护
- 快速池气体切换支持在单次进样分析（每个样品重复测定三次）中采用通用的 He 模式和高灵敏度无气体模式，优化了采集条件，适用于任何样品基质组成，且对采集时间没有显著影响

最终呈现出的优点是与传统 ICP-MS 系统相比操作更简单、通量更高且长期稳定性得到改善。

参考文献

1. Steve Wilbur 和 Craig Jones，使用 Agilent 7700x/7800 ICP-MS 按照美国 EPA 6020A 方法对高基质样品进行简单可靠的分析，安捷伦科技有限公司，出版号 5990-5514CHCN，(2010)
2. Steve Wilbur、Takeo Kuwabara 和 Tetsushi Sakai，使用配备集成样品引入系统-不连续进样 (ISIS-DS) 的 Agilent 7500cx 进行环境样品的快速分析，安捷伦科技有限公司，出版号 5990-3678CHCN，(2009)
3. Steve Wilbur 和 Craig Jones，“Maximizing Productivity in High Matrix Samples using the Agilent 7700x ICP-MS with ISIS Discrete Sampling”(使用带 ISIS 不连续进样系统的 Agilent 7700x ICP-MS 最大程度提高复杂基质样品的分析效率)，安捷伦科技有限公司，出版号 5990-5437EN，(2010)

www.agilent.com

安捷伦对本资料可能存在的错误或由于提供、展示或使用本资料所造成的间接损失不承担任何责任。

本资料中的信息、说明和指标如有变更，恕不另行通知。

© 安捷伦科技（中国）有限公司，2014

2014 年 10 月 15 日，中国出版

出版号：5991-5208CHCN



Agilent Technologies