

使用 ICP-OES 分析土壤实现工作流程自动化

使用配备高级稀释系统的 Agilent 5800 ICP-OES 对高基质样品进行高效分析



作者

Daniel McCarthy
安捷伦科技有限公司

前言

在许多环境检测实验室中，通常需要测试大量的样品。用户对 ICP-OES 的要求是，既要提供样品快速分析的能力，同时还要保证结果准确。安捷伦开发出适用于安捷伦 ICP-OES（和 ICP-MS）仪器的高级稀释系统 (ADS 2)。ADS 2 是一种智能自动稀释系统，包括高级阀系统 (AVS)。该系统能够自动完成整个分析序列中的许多手动任务，从而提高 ICP-OES 工作流程的分析效率^[1]。

传统上，ICP-OES 方法的成功运行依赖于分析人员所执行的手动任务。如一般样品前处理流程中的制备标准溶液和稀释样品操作，以及样品初始测试结果超出标准曲线范围和/或线性动态范围时，分析人员需要执行的样品二次稀释。这些手动操作可能引入试剂污染或用户误差，从而影响结果的质量。

纳入切换阀作为 ICP-OES 样品引入系统的一部分，可显著提高样品通量。进一步纳入自动稀释附件，将有助于消除手动稀释引起的误差。然而，许多自动稀释附件的操作方式会降低切换阀的样品通量优势，当不进行稀释时，会影响样品通量。但是借助 ADS 2 自动稀释系统，用户能充分发挥自动化的优势，自动完成标准溶液的配制和样品稀释等此类费时费力且容易出错的操作。所有这些优势与使用 AVS 7 切换阀所实现的样品通量优势可以兼得。当不需要稀释时，该附件对样品分析周期的影响极小。

在本研究中，根据 EPA 6010D 标准方法^[2]，使用配备 AVS 7 切换阀和 ADS 2 自动稀释系统的 Agilent 5800 垂直双向观测 (VDV) ICP-OES (图 1) 分析土壤样品。由于土壤样品的组成复杂多样，因此该方法需要使用各种标准溶液。ADS 2 具有创建线性标准溶液和二次稀释超范围样品的能力，使配备 AVS 7 的 5800 ICP-OES 能够获得高质量数据，并实现适合高通量应用的短样品间隔。

根据 EPA 方法 3051A^[3]，利用微波辅助硝酸 (HNO₃) 消解法对土壤样品进行前处理。本研究中报告的 32 种元素包括银、铝、砷、硼、钡、铍、钙、镉、铈、钴、铬、铜、铁、汞、钾、锂、镁、锰、钼、钠、镍、磷、铅、锑、硒、锡、锶、钛、铊、钒、钨和锆。

实验部分

仪器

ICP-OES

所有测试均采用通过 Agilent ICP Expert Pro 软件进行操作的 5800 VDV ICP-OES。5800 ICP-OES 的垂直炬管可确保长时间稳定地测试各种样品（包括可使用 EPA 6010D 方法运行的复杂多样的土壤样品）。另外，仪器先进的 VistaChip III 检测器提供了高速连续波长覆盖，使分析人员可以为每种元素选择多个波长，而不会增加分析的时间延迟。



图 1. 配备集成 AVS 切换阀 (左)、Agilent ADS 2 (中) 和 Agilent SPS 4 自动进样器 (右) 的 Agilent 5800 VDV ICP-OES

自动稀释和样品前处理系统

为实现自动稀释、快速样品分析和高样品通量，5800 VDV ICP-OES 配备 ADS 2 和 Agilent SPS 4 自动进样器 (图 1)。

ADS 2 是一种双注射器、三阀自动稀释系统，紧靠仪器放置，并且完全通过 ICP Expert Pro 软件* 进行控制。当进行自动稀释时，注射器以精确的比例将稀释液和样品快速输送至定量环中，实现 2 倍至 400 倍之间的精准稀释。当不进行自动稀释时，切换阀允许样品完全绕过 ADS 2 系统。这种设计可确保在不需要稀释样品时，保持快速样品提升和高样品通量的优势。

5800 ICP-OES 配备双通道玻璃旋流雾化室、带 1.8 mm 中心管的可拆卸式易安装 VDV 炬管以及 SeaSpray 雾化器。仪器操作条件列于表 1 至表 3 中。

表 1. Agilent 5800 VDV ICP-OES 仪器和方法参数

参数	设置	
	轴向观测	径向观测
观测模式		
读取时间 (s)	10	10
重复次数	3	3
样品提升延迟 (s)	0	
稳定时间 (s)	10	0
冲洗时间 (s)	0	
泵速 (rpm)	12	
RF 功率 (kW)	1.2	
辅助气流速 (L/min)	1	
等离子体流速 (L/min)	12	
雾化器流速 (L/min)	0.7	
观测高度 (mm)	NA	8
样品泵管	白色-白色	
内标泵管	黑色-黑色	
废液泵管	蓝色-蓝色	
背景校正	左/右侧离峰*	

* 运行 US EPA 6010D 方法的分析人员通常使用离峰背景校正和干扰元素校正 (IEC)

表 2. Agilent AVS 7 切换阀系统参数

参数	设置
样品定量环体积 (mL)	1.5
泵速 — 提升 (mL/min)	40
泵速 — 进样 (mL/min)	7
阀提升延迟时间 (s)	11
气泡注射时间 (s)	1.4
预先冲洗时间 (s)	2

表 3. Agilent ADS 2 自动稀释系统参数

参数	设置
稀释定量环体积 (mL)	1.5
载液注射器体积 (mL)	5
稀释液注射器体积 (mL)	10

标样和样品前处理

标准溶液

使用购自 High-Purity Standards (Charleston, SC, USA)* 的各种单元素储备液制备标准储备液和干扰校正标液。用 10% HNO₃ 制备 4 份高浓度储备液，其中包含单元素标准品的不同组合。

然后在线自动制备标准储备液的多份稀释液，并通过 ADS 2 系统引入 5800 ICP-OES 中。在稀释倍数为 100、10 和 1（未稀释）下分析标准溶液。如果标准范围需要涵盖更多数量级，ADS 2 系统允许使用含有不同浓度元素的多种单独的标准储备液。

标准物质和样品

通过分析三种 NIST 标准参比物质 (SRM)：2709a San Joaquin 土壤、2710a Montana 土壤 I 和 2711a Montana 土壤 II，对方法的准确度进行评估。利用 AVS 7，将内标 (IS) 溶液（含有在 10% HNO₃ 中的 5 ppm 钇 (Y)、5 ppm 镧 (Lu)、5 ppm 铱 (Ir) 和 100 ppm 铷 (Rb)）自动在线加入所有溶液中。

样品前处理

根据 EPA 3051A 中给出的指导原则制备土壤 SRM 样品进行分析。准确称取约 0.75 g 各样品，并转移至洁净的石英微波容器中。将样品置于 6 mL 18 MΩ 去离子 (DI) 水 (Millipore) 和 6 mL HNO₃ (Merck) 中预消解约 15 min。然后盖上容器盖，置于 CEM Blade 微波消解系统 (CEM Corporation, NC, USA) 中，使用表 4 中列出的程序进行消解。冷却后，将溶液用去离子水定容至 50 mL。使用涡旋混合器充分混合样品，然后以 3000 rpm 离心 10 min。

* 还有安捷伦单元素标准品可供选择

表 4. 微波方法参数

参数	设置
温度 (°C)	115
压力 (psi)	700
程序升温时间 (min)	5
保持时间 (min)	10

预设自动稀释

ADS 2 自动稀释系统可用于对样品进行额外的预设稀释。分析人员在 ICP Expert 软件中指定稀释倍数，然后 ADS 2 将自动执行稀释，作为工作表运行的一部分。对于传统上在测试前对部分或所有样品进行手动稀释的实验室而言，预设自动稀释是一种有用的工具。通常对初始前处理后需要额外稀释步骤的样品、包含已知的超范围元素（尤其是难以冲洗的元素，如硼）的样品或基质过高的样品进行该预稀释。预设自动稀释还可以将配好的储备液稀释已知的倍数，从而制备质量控制 (QC) 溶液，例如初始和连续校准验证 (ICV 和 CCV) 以及低浓度 (LL) QC 溶液。自动制备 QC 溶液消除了另一个潜在的误差来源，使用户在进行数据分析时，可确保标准溶液的准确性。本研究使用 ADS 2 制备 QC 溶液。

自动二次稀释和结果汇总

ADS 2 系统对超出 QC 参数的所有样品进行自动稀释。如果样品超出用户定义的浓度限值，ICP Expert 软件将为超出范围的待测元素计算适当的稀释倍数，使其处于标准范围内。然后在自动稀释后重新分析相关样品。

使用 ADS 2 的用户对结果触发自动二次稀释具有高度控制力。用户可以根据每个波长轻松打开或关闭针对其方法的自动二次稀释，并在工作表的所有样品中应用这些设置。还可以在工作表中或根据每个样品精确定义哪些波长应触发针对不同批次样品的自动稀释。如果不是需要所有的样品或者所有待测元素的结果都在范围内，此选项可以显著节省时间。

此外，当校准超出范围时，用户可以控制软件所生成的稀释倍数。借助 ICP Expert 软件，用户可以选择二次稀释，以使超范围浓度降至待测元素标准范围的中间或下限。此功能选项使得测试浓度落入已知呈线性的标准范围内，从而获得高准确度结果。

当通过重新分析多份稀释液获得样品的多组结果时，ICP Expert 软件能够为用户提供单个“汇总”结果。汇总结果仅包括各稀释液中可接受的元素结果（根据用户定义的 QC 参数）。稀释或创建结果汇总时无需分析人员操作，从而显著节省人力并提高样品结果接受率。

结果与讨论

仪器和方法检出限

使用表 1 中列出的 5800 VDV ICP-OES 操作条件确定仪器检出限 (IDL)。一旦确定 IDL，用 10% HNO₃（与标准溶液所用的基质相同）制备浓度为 IDL 300–500 倍的加标溶液。然后使用 ADS 2 自动稀释系统将该溶液稀释至 IDL 的 3–5 倍进行测试。为确定方法检出限 (MDL)，在 3 天内将溶液分析 10 次。MDL 作为加标测试结果的 3σ 来计算（表 5）。

表 5. 溶液和样品中的 MDL 是基于 0.75 g 样品/50 mL

元素	波长 (nm)	溶液中的 MDL (mg/L)	样品中的 MDL (mg/kg)	元素	波长 (nm)	溶液中的 MDL (mg/L)	样品中的 MDL (mg/kg)
Ag	328.068	0.0004	0.0225	Mn	257.610	0.0001	0.0072
Al	237.312	0.0214	1.37	Mo	204.598	0.0011	0.0692
As	188.980	0.0039	0.252	Na	589.592	0.0071	0.454
B	249.678	0.0003	0.0158	Ni	231.604	0.0005	0.034
Ba	233.527	0.0002	0.0117	P	213.618	0.0004	0.0264
Be	313.107	2E-05	0.0013	Pb	220.353	0.0028	0.175
Ca	317.933	0.0036	0.231	Sb	217.582	0.0063	0.399
Cd	214.439	0.0001	0.0068	Se	196.026	0.0038	0.244
Ce	418.659	0.001	0.0653	Si	251.611	0.0013	0.0817
Co	230.786	0.0006	0.0348	Sn	189.925	0.0038	0.239
Cr	205.56	0.0003	0.0181	Sr	421.552	0.0001	0.0044
Cu	327.395	0.0004	0.0239	Ti	334.941	0.0001	0.0053
Fe	238.204	0.0008	0.0487	Tl	190.794	0.0046	0.29
Hg	184.887	0.001	0.0644	V	292.401	0.0008	0.0527
K	766.491	0.0903	5.75	Zn	206.2	0.0005	0.0331
Li	670.783	0.0012	0.0779	Zr	327.307	0.0002	0.0127
Mg	285.213	0.0005	0.0295				

自动配制标准曲线和线性

图 2 显示了常量 (Al) 和痕量 (As) 元素的代表性标准曲线。所有校准均保持最小相关系数 ≥ 0.9998 。针对所有元素的每次校准由 ADS 2 按 100 倍、10 倍和 1 倍稀释倍数自动稀释单个标准储备液创建。纳入空白后,可以在宽浓度范围内对每种元素进行四点校准。

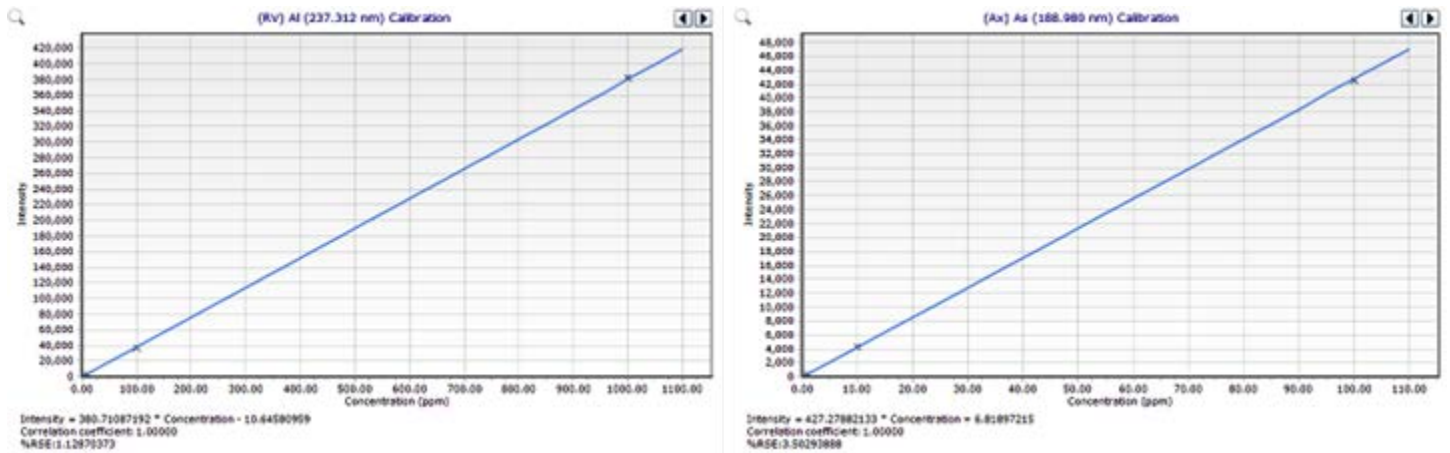


图 2. 含有空白、1 ppm、10 ppm 和 100 ppm 标准品的 Al 和 As 的代表性标准曲线。通过使用 Agilent ADS 2 自动稀释系统稀释单元素标准储备液,生成校准点

SRM 和基质加标 (MS) 回收率测试

表 6 概述了使用配备 ADS 2 的 5800 VDV ICP-OES 对三种土壤 SRMs 进行分析的结果。按照 EPA 3051A HNO₃ 微波消解程序得到的所有元素的实测值均在预期范围内。土壤通常含有宽浓度范围的元素，其中 Al、Ca、Fe、K、Mg 和 Na 等金属通常以高含量存在。

因此，需要对 SRM 进行样品稀释，以确保能够在标准范围内报告所有待测元素的结果。使用 ADS 2 的二次稀释能力自动完成这些稀释，且 ICP Expert 软件将自动整理每个样品的单个汇总结果。

表 6. 使用配备 ADS 2 的 Agilent 5800 VDV ICP-OES 测得的三种土壤 SRM 的结果。所有单位均为 mg/kg

元素	所使用的稀释倍数	SRM 2709a			SRM 2710a			SRM 2711a		
		下限	上限	实测值	下限	上限	实测值	下限	上限	实测值
Al	10	13000	17000	16262	8200	12000	9441	9800	15000	14075
Ca	10	12000	14000	13748	1700	2000	1855	14000	17000	16028
Fe	10	22000	26000	25923	30000	36000	34262	14000	18000	15464
K	10	2600	4000	3023	3800	4700	4189	3300	4600	4174
Mg	10	9700	11000	10932	3200	3600	3427	5000	6600	6292
Na	10	460	610	527	550	650	582	140	210	145
Ag	1	0.14	4.1	0.6	31	39	3.8	4	6.1	5.5
As	1	6.4	10.0	10.0	1300	1600	1577	81	110	102
B	1			30.0			3.5			7.2
Ba	1	350	400	384	490	540	515	170	220	185
Be	1	0.5	0.72	0.7	0.24	0.51	0.5	0.73	1.10	1.05
Cd	1	0.33	0.66	0.33	9.6	12	12.0	43	56	53
Ce	1			30.1			23.1			42.1
Co	1	8.2	13	10.2	2.8	5.2	3.0	5.5	9	7.0
Cr	1	46	67	55.7	9.2	11	9.2	12	18	13.8
Cu	1	24	28	28	3100	3500	3242	120	160	130
Hg	1	0.79	0.92	0.8	9.3	12	9.9	6.3	8.3	7.7
Li	1			28.2			9.3			11.3
Mn	1	380	450	450	1500	1800	1578	450	580	504
Mo	1			1.1			7.5			1.1
Ni	1	59	71	70.5	4.8	6	5.1	13	18	15.0
P	1			567			915			715
Pb	1	8.1	11	10.0	4700	5800	5259	1100	1400	1294
Sb	1	1.2	1.5	1.2	5	12	6.2	2.8	7.2	3.1
Se	1	0.69	1.9	0.8	1.5	2.6	2.1	1.4	1.9	1.8
Sn	1			0.8			7.6			2.6
Sr	1			98.8			53.9			36.7
Ti	1			147			622			174
Tl	1	0.74	1.6	0.8	1.3	3.6	3.2	0.71	3.1	2.8
V	1	43	71	53.5	35	43	36.2	24	34	27.5
Zn	1	69	87	84.9	3300	4400	3882	310	380	361
Zr	1			5.6			8.1			8.1

表 6 中列出的结果是在不添加 HCl 的情况下获得的，HCl 通常被添加到样品中，以确保溶液中 Ag、Sb 和 Hg 等痕量元素的稳定性。两种 SRM 中的 Ag 以及所有三种 SRM 中的 Sb 和 Hg 获得了处于预期范围内的回收率。为确定在不添加 HCl 的情况下得到的所有痕量元素测试结果的准确度，将 0.4 mL 加标溶液加入 10 mL 各 SRM 消解液中，所得到的加标结果见表 7 中的“加标浓度”列。所有元素（包括 Ag、Sb 和 Hg）的加标回收率结果均在 EPA 6010D 规定的 $\pm 25\%$ 的可接受标准范围内。加标样品的实测值和预期值以 mg/L 表示。

表 7. 添加至土壤 SRM 消解液中的微量元素的加标回收率结果。所有单位均为 mg/L

元素	加标浓度	SRM 2709a			SRM 2710a			SRM 2711a		
		实测值	预期值	回收率 %	实测值	预期值	回收率 %	实测值	预期值	回收率 %
Ag	0.96	1.04	0.97	107	1.05	1.02	103	1.11	1.04	107
As	0.96	1.09	1.11	99	23.58	23.76	81	2.45	2.43	102
B	0.10	0.53	0.53	103	0.14	0.15	98	0.21	0.20	106
Be	0.10	0.11	0.11	102	0.10	0.10	99	0.11	0.11	103
Cd	0.10	0.10	0.10	98	0.27	0.27	98	0.87	0.86	116
Ce	0.96	1.39	1.39	99	1.27	1.29	98	1.57	1.57	100
Co	0.10	0.23	0.24	92	0.13	0.14	93	0.19	0.20	97
Cr	0.96	1.76	1.76	100	1.08	1.09	98	1.18	1.16	102
Cu	0.96	1.33	1.36	97	47.69	47.85	84	2.85	2.83	101
Hg	0.10	0.11	0.11	103	0.23	0.24	96	0.21	0.21	106
Li	0.96	1.37	1.37	100	1.07	1.10	97	1.15	1.13	102
Mo	0.10	0.11	0.11	102	0.20	0.20	100	0.12	0.11	104
Ni	0.10	1.10	1.11	93	0.17	0.17	96	0.31	0.31	101
P	0.96	9.06	9.13	93	14.10	14.20	90	11.39	11.30	110
Sb	0.10	0.11	0.11	97	0.20	0.19	109	0.14	0.14	101
Se	0.10	0.11	0.11	98	0.11	0.13	84	0.14	0.12	118
Sn	0.10	0.11	0.11	99	0.20	0.21	96	0.14	0.13	102
Ti	0.96	3.19	3.09	111	10.07	9.96	111	3.59	3.47	112
Tl	0.10	0.10	0.11	96	0.14	0.14	94	0.13	0.14	89
V	0.96	1.76	1.73	103	1.49	1.48	101	1.41	1.36	106
Zr	0.10	0.17	0.18	96	0.21	0.21	93	0.21	0.21	99
Sr	0.10	1.52	1.52	99	0.87	0.88	96	0.64	0.63	118

长期稳定性

图 3 显示了使用 ADS 2 制备 QC 溶液可达到的稀释准确度水平。为确定 5800 VDV ICP-OES 的稳定性以及利用 ADS 2 重复自动稀释随时间变化的一致性，在 7 小时内分析了 258 份溶液。这些溶液由消解的土壤样品和 CCV 溶液组成，该 CCV 溶液是通过使用 ADS 2 自动稀释系统将每次测试的储备液稀释 10 倍制得的。每 10 个样品后测试一次 CCV。为显示长时间运行期间 5800 ICP-OES 的稳定性以及 ADS 2 的稀释一致性，绘制了 CCV 溶液的回收率-时间曲线。CCV 的所有结果均在预期值 $\pm 10\%$ 以内，且所有元素的 RSD 均小于 2%。

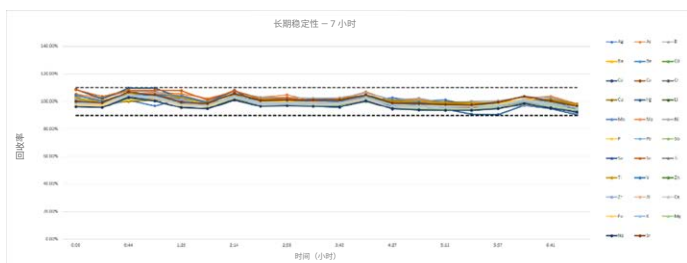


图 3. 长期稳定性测试显示了在 7 小时内分析的 CCV 溶液的回收率。虚线表示 $\pm 10\%$ 的对照限值

样品通量

表 8 显示了使用 ADS 2 在几种稀释倍数下通过该方法所示的单个样品分析时间。这些时间是通过在每个稀释倍数下，10 次重复测试的单个样品分析时间取平均值计算而来。所有时间均包括 60 s 总测试时间，如表 1 所示。

表 8. 使用 ADS 2 在几种不同的稀释倍数下所获得的单个样品分析时间

稀释倍数	总样品分析时间
1 (未稀释)	1 min 30 s
10	1 min 56 s
100	1 min 58 s
200	2 min 1 s

本应用根据 US EPA 方法 6010D^[4] 通过配备 AVS 7 的 5800 ICP-OES 分析废弃物样品时，在未经稀释的情况下所获得的单个样品分析时间仅比此前未使用自动稀释系统的测试时间多出 2 s。由此可见，当不需要样品稀释时，ADS 2 对样品通量的影响极小。

结论

Agilent 5800 VDV ICP-OES 是在遵守 US EPA 6010D 方法要求的同时，获得出色的结果准确度和高样品通量的理想仪器。将 Agilent ADS 2 自动稀释系统与 5800 ICP-OES 和 AVS 7 切换阀集成，提高了工作效率，对于复杂样品（如土壤）的分析而言优势更为突出。用于环境样品分析的安捷伦 ICP-OES 工作流程自动化系统的优势包括：

- 自动配制标准曲线，其能够由单一初始储备液自动、实时创建多级标准。使用 ADS 2 可实现高达 400 倍的稀释，能够自动校准以涵盖宽浓度范围。该系统还可以在长时间内配制重现性很高的标准储备液的稀释液（CCV 溶液），从而确保日常校准的一致性
- 预设自动稀释，使分析人员能够为样品预测试指定稀释倍数，并且 ADS 2 自动执行该稀释，作为工作表运行的一部分。与在许多实验室中进行的更传统的手动稀释相比，预设自动稀释可以显著节省时间，降低人为错误的风险，并降低污染风险
- 如果待测元素或内标结果超出用户定义的可接受范围，自动二次稀释将提示 ADS 2 自动稀释样品。这种智能自动稀释功能显著降低了运行结束时重新分析样品的需求，改善了分析周期并降低了单个样品的总体成本
- Agilent ICP Expert 软件的结果汇总功能自动将样品的多次稀释中取得的结果整理到分析页面上易于解读的单个行中，从而节省更多时间

配备 ADS 2 的 5800 ICP-OES 为样品中的大多数元素提供了低于 1 mg/kg 的 MDL，突出显示了土壤中多元素分析方法的灵敏度。土壤 SRM 中元素的回收率处于预期范围内，证实了样品前处理方法的适用性。对土壤 SRM 中的痕量元素进行加标，回收率在 ±20% 范围内，证明了该方法的准确度。5800 VDV ICP-OES 在 7 小时内展现出出色的稳定性，QC 测试结果回收率在 ±10% 以内，且所有元素的 RSD 低于 2%。

参考文献

1. Agilent Advanced Dilution System (ADS 2) – Technical overview (安捷伦高级稀释系统 (ADS 2) – 技术概述)，安捷伦出版物，[5994-7211EN](#)
2. EPA Method 6010D (SW-846): Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry, Revision 5, July 2018, accessed January 2024, <https://www.epa.gov/esam/epa-method-6010d-sw-846-inductively-coupled-plasma-atomic-emission-spectrometry>
3. EPA Method 3051A Microwave Assisted Acid Digestion of Sediments, Sludges, Soils, and Oils, Revision 1, February 2007, accessed January 2024, <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-12/documents/3051a.pdf>
4. Riles, P. Analysis of Waste Samples According to US EPA Method 6010D (根据 US EPA 方法 6010D 分析废弃物样品)，安捷伦出版物，[5994-2027EN](#)

注：[提供](#)使用 ICP-OES 分析废弃物样品的消耗品指南。

安捷伦部件号

描述	部件号
用于 5000 系列 VDV/SVDV ICP-OES 的易安装 1.8 mm 半可拆卸式炬管	G8010-60236
玻璃双通道旋流雾化室，带有球形接头和 UniFit 排废口，适用于 Agilent 5000 系列 ICP-OES	G8010-60256
用于 5000 系列 ICP-OES 的 SeaSpray 同心玻璃雾化器	G8010-60255
蠕动泵管，白色/白色，12/包	3710034400
蠕动泵管，黑色/黑色，12/包	3710027200
蠕动泵管，蓝色/蓝色，12/包	3710034600
安捷伦多元素质量控制标准品 27	5190-9418

5 mL 注射器，ADS 稀释器（用于 ICP-OES 和 ICP-MS 载液）	5299-0037
10 mL 注射器，ADS 稀释器（用于 ICP-OES 稀释液）	5299-0038
样品定量环，ADS/AVS，1.50 mL，内径 1.00 mm，1/包	5005-0425
用于 ADS 2 和自动进样器的稀释液/载液瓶套件（6 L HDPE）	5005-0435
铝 (Al) 标准品，500 mL，在 5% HNO ₃ 溶液中含有 10000 µg/mL 的 Al	5190-8353
锑 (Sb) 标准品，500 mL，在 1% HNO ₃ 、1% 酒石酸溶液中含有 10000 µg/mL 的 Sb	5190-8355
砷 (As) 标准品，500 mL，在 5% HNO ₃ 溶液中含有 10000 µg/mL 的 As	5190-8357
钡 (Ba) 标准品，500 mL，在 5% HNO ₃ 溶液中含有 10000 µg/mL 的 Ba	5190-8359
铍 (Be) 标准品，500 mL，在 5% HNO ₃ 溶液中含有 10000 µg/mL 的 Be	5190-8361
硼 (B) 标准品，500 mL，在 1% NH ₄ OH 溶液中含有 10000 µg/mL 的 B	5190-8365
镉 (Cd) 标准品，500 mL，在 5% HNO ₃ 溶液中含有 10000 µg/mL 的 Cd	5190-8367
钙 (Ca) 标准品，500 mL，在 5% HNO ₃ 溶液中含有 10000 µg/mL 的 Ca	5190-8369
铈 (Ce) 标准品，500 mL，在 5% HNO ₃ 溶液中含有 10000 µg/mL 的 Ce	5190-8371
铬 (Cr) 标准品，500 mL，在 5% HNO ₃ 溶液中含有 10000 µg/mL 的 Cr	5190-8375
钴 (Co) 标准品，500 mL，在 5% HNO ₃ 溶液中含有 10000 µg/mL 的 Co	5190-8377
铜 (Cu) 标准品，500 mL，在 5% HNO ₃ 溶液中含有 10000 µg/mL 的 Cu	5190-8379
铅 (Pb) 标准品，500 mL，在 5% HNO ₃ 溶液中含有 10000 µg/mL 的 Pb	5190-8407
锂 (Li) 标准品，500 mL，在 5% HNO ₃ 溶液中含有 10000 µg/mL 的 Li	5190-8409
镁 (Mg) 标准品，500 mL，在 5% HNO ₃ 溶液中含有 10000 µg/mL 的 Mg	5190-8413
锰 (Mn) 标准品，500 mL，在 5% HNO ₃ 溶液中含有 10000 µg/mL 的 Mn	5190-8415
汞 (Hg) 标准品，500 mL，在 5% HNO ₃ 溶液中含有 10000 µg/mL 的 Hg	5190-8417
镍 (Ni) 标准品，500 mL，在 5% HNO ₃ 溶液中含有 10000 µg/mL 的 Ni	5190-8423
磷 (P) 标准品，500 mL，在 5% HNO ₃ 溶液中含有 10000 µg/mL 的 P	5190-8429
钾 (K) 标准品，500 mL，在 5% HNO ₃ 溶液中含有 10000 µg/mL 的 K	5190-8433
硒 (Se) 标准品，500 mL，在 5% HNO ₃ 溶液中含有 10000 µg/mL 的 Se	5190-8449
银 (Ag) 标准品，500 mL，在 5% HNO ₃ 溶液中含有 10000 µg/mL 的 Ag	5190-8453
钠 (Na) 标准品，用于 ICP-OES 和 MP-AES，10000 µg/mL，500 mL	5190-8206
锶 (Sr) 标准品，用于 ICP-OES 和 MP-AES，10000 µg/mL，500 mL	5190-8208
钛 (Ti) 标准品，500 mL，在 H ₂ O 溶液中含有 10000 µg/mL 的 Ti	5190-8225
钒 (V) 标准品，500 mL，在 5% HNO ₃ 溶液中含有 10000 µg/mL 的 V	5190-8229
锌 (Zn) 标准品，500 mL，在 5% HNO ₃ 溶液中含有 10000 µg/mL 的 Zn	5190-8235
铁 (Fe) 标准品，100 mL，在 5% HNO ₃ 溶液中含有 10000 µg/mL 的 Fe	5190-8402
钼 (Mo) 标准品，100 mL，在 1% NH ₄ OH 溶液中含有 10000 µg/mL 的 Mo	5190-8418
铊 (Tl) 标准品，100 mL，在 5% HNO ₃ 溶液中含有 10000 µg/mL 的 Tl	5190-8217
锡 (Sn) 标准品，100 mL，在 20% HCl 溶液中含有 10000 µg/mL 的 Sn	5190-8221
锆 (Zr) 标准品，100 mL，在 5% HNO ₃ 溶液中含有 10000 µg/mL 的 Zr	5190-8236

www.agilent.com/chem/5800icp-oes

DE36347297

本文中的信息、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，2024
2024 年 3 月 19 日，中国出版
5994-7203ZHCN

查找当地的安捷伦客户中心：

www.agilent.com/chem/contactus-cn

免费专线：

800-820-3278，400-820-3278 (手机用户)

联系我们：

LSCA-China_800@agilent.com

在线询价：

www.agilent.com/chem/erfq-cn



Trusted Answers