

# 使用电感耦合等离子体质谱仪分析土壤和沉积物的 SW-846 Method 6020

## 简介

美国环境保护局 (EPA) 发布了含数百种指导方法的 SW-846 固体废物物理/化学分析方法包, 并定期进行更新。这些方法被广泛应用于资源保护回收方案 (RCRA) C 项管辖内的各项测试。1995 年 1 月 13 日, 美国 EPA 修订了 RCRA C 项下的管辖内容 (FR 60, NO.9, p.3089), 将 Method 6020 加入到 SW-846 的第三版中。<sup>1</sup>

1998 年 5 月, 美国 EPA 固体废物部更新 Method 6020 为 Method 6020A。<sup>2</sup>

Method 6020 分析元素列于表 1, Method 6020A 分析元素列于表 2。美国 EPA 还建议, 如果州法规与当地法规要求测试包括 Method 6020A 元素, 需先从有关管理机构获得许可。

作者:

Ruth E. Wolf  
Eric Denoyer  
Zoe Grosser

PerkinElmer Instruments

Shelton, Connecticut 06484 USA

1 有关 SW-846 方法, 可参阅以下文献: National Technical Information Service (NTIS), U.S. Department of Commerce, 5285 Port Royal Road, Springfield, VA 22161, publication number PB97-156111GEI; U.S. Government Printing Office (GPO), Superintendent of Documents, Washington, DC 20402, publication number 955-001-00000-1, 也可通过 Internet 进行查询, 网址为 <http://www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/test/sw846a.htm>。

2 这不是需要特定方法的情况的详表。有关完整列表, 请参阅 FR 60, No. 9, p. 3089, Friday, January 13, 1995。

本应用资料介绍了使用 Elan 6000 电感耦合等离子体质谱仪检测表 1 所列的美国 EPA Method 6020 方法的所有元素的分析性能。<sup>3</sup>

表 1. Method 6020 中包括的元素和推荐使用的分析同位素。

分析物	元素符号	推荐使用的 分析质量数
铝	Al	27
锑	Sb	123
砷	As	75
钡	Ba	135
铍	Be	9
镉	Cd	111, 114
铬	Cr	52, 53
钴	Co	59
铜	Cu	63, 65
铅	Pb	206, 207, 208
锰	Mn	55
镍	Ni	60, 61
银	Ag	107, 109
铊	Tl	205
锌	Zn	66, 67, 68

表 2. Method 6020A 中所包括的其它元素和推荐使用的分析同位素。

分析物	元素符号	推荐使用的 分析质量数
钙	Ca	44
铁	Fe	54, 56, 57
镁	Mg	25, 26
汞	Hg	200
钾	K	39
硒	Se	76, 77, 78, 82
钠	Na	23
钒	V	50, 51

另外，也包括检测 Method 6020A（参见表 2）所列除汞元素的分析性能。通过 Elan 6000 提供的出色性能和质量控制测试分析，可以帮助用户方便的建立 Method 6020 的日常分析，同时，对于某些实验室，可以扩展到对 Method 6020A 中除 Hg 以外的元素的分析。汞并不包括在本次研究中，因为所分析的样品是使用 Method 3050 中所介绍的消解步骤制备的，而这种消解步骤不适用于汞的测定。此外，该研究将 Method 6020 中所列出的质量控制要求应用于包括 Method 6020A 在内的所有元素分析，该质量控制要求比这两种方法要求更为严格。但是，用户应在将 Method 6020 中的任何偏差和修改用于日常分析之前，就添加 Method 6020(1994 年 9 月修订版 0)的表 1 中所列分析物以外的分析物一事，与

最终数据用户和管理机构取得联系。

方法概要

Method 6020 是一种常规分析方法，可提供关于样品收集、保存和处理的具体说明，以及用于仪器校正、调谐和干扰修正的必需和推荐方法。此外，Method 6020 还建议要有一组特定的质量控制样品与所有样品一起进行分析，以确保使用此方法所获取的数据的质量。Method 6020 适用于水样品和废提取物或废消解物中低浓度（从 ppb 到低于 ppb）金属的测定。对于水样品中所溶解的金属的测定，不需要进行消解。对于要确定其中总（可酸解）元素的地下水、液态样品、工业废物、土壤、污泥、沉积物及其它固体废物，需要在过滤和分析之前进行酸消解。SW-846 根据所需结果、样品基体以及要测定的元素，来提供适当的样品制备技术。表 3 提供每种样品制备方法中所列出的元素的概况。建议使用介绍微波消解水和废物的 Method 3015、3015A、3050 和 3051A，因为这些样品制备方法涵盖了最多种类的分析物。因为这些消解方法是在封闭的容器中执行消解，所以将会减少样品和空白样品污染。如同所有 EPA 方法一样，Method 6020 会用很多章节来介绍强制性的和推荐的分析过程。因为读者对许多推荐的方法也都很了解，所以下文将会对其进行简要介绍。

3 在此介绍的性能数据和操作条件也同样适用于 ELAN 6100 和 ELAN 9000 电感耦合等离子体质谱仪系统。

## Method 6020 摘要

### 确立初始性能数据

1. 仪器检测限和方法检测限
2. 线性范围

### 日常分析

1. 点炬并稳定 30 分钟
2. 调试仪器
  - a. 按照制造商的说明进行调试
  - b. 使用含代表性元素的调试溶液（建议使用 10 ppb Li、Co、In、Tl）
  - c. 在样品分析前，先分析调试溶液 4 次 (RSD<5%)。
3. 执行质量校正检查，如果变动 >0.1 amu，则会进行调整
4. 执行分辨率检查，如果 10% 峰高度处 >0.9 amu，则要进行调整
5. 使用空白和至少一个标准溶液做工作曲线
  - a. 监测所有干扰校正所需的质量
  - b. 使用冲洗液在每个标准样品间冲洗
  - c. 在所有计算中使用三次重复的平均值。
6. 通过运行初始校正验证溶液 (ICV) 来验证标准曲线
  - a. 必须来自独立来源
  - b. 接受界限为真值的 10%
7. 运行校正空白样品
  - a. 每种元素的界限为 < 3 \* IDL
8. 运行干扰检查溶液 A 和 AB
  - a. 在运行开始时或每 12 小时时需要（选用较频繁的方式）
  - b. Method 6020 中未规定接受界限
9. 运行样品和相应批次样品，然后运行质量控制样品
  - a. 每 10 个样品需要运行 CCV/CCB（连续校正验证和空白样品）
  - b. 实验室控制样品 (LCS) - 每种基体一个或每批（每一批由 20 个或更少的样品组成）一个
  - c. 每种基体一个重复样品，或者每批（每一批由 20 个或更少的样品组成）一个重复样品
  - d. 稀释测试：对于读数为试剂空白样品 100 倍的样品，运行以 1:5 倍稀释的每种基体或每批样品（由 20 个或更少的样品组成）
  - e. 每 12 小时运行一次干扰检查标准液 A 和 AB
10. 查看质量控制样品与通过/失败条件比较的结果

表 3. SW-846 样品制备方法 3005-3051A 中所列出的元素。标有星号的元素为 Method 6020 中的元素。

元素	Method 3015/3015A (?wave-aq)	Method 3051/3051A (?wave-s)	Method 3005A (hp-aq)	Method 3010A (hp-aqtot)	Method 3020A (hp-aq-GFAA)	Method 7060 (As -gfaa)	Method 7740 (Se - gfaa)	Method 7760 (Ag - flaa)	Method 7761 (Ag - gfaa)	Method 3050 (ICP - s)	Method 3050 (GFAA-s)
Al*	X	X	X	X						X	
Sb*	X	X	X	X							
As*	X	X	X	X		X				X	X
B		X									
Ba*	X	X	X	X						X	
Be*	X	X	X	X	X					X	X
Cd*	X	X	X	X	X					X	X
Ca	X	X	X	X						X	
Cr*	X	X	X	X	X					X	X
Co*	X	X	X	X	X					X	X
Cu*	X	X	X	X						X	
Fe	X	X	X	X						X	X
Pb*	X	X	X	X	X					X	X
Mg	X	X	X	X						X	
Mn*	X	X	X	X						X	
Hg		X									
Mo	X	X	X	X	X					X	X
Ni*	X	X	X	X						X	
Os										X	
K	X	X	X	X						X	
Se	X	X	X	X			X			X	X
Ag*	X	X	X	X				X	X	X	
Na	X	X	X	X						X	
Sr		X									
Tl*	X	X	X	X	X					X	X
V	X	X	X	X	X					X	X
Zn*	X	X	X	X						X	

实验  
仪器

装配有 AS-91 自动进样器的 ELAN 6000 电感耦合等离子体质谱仪 (PerkinElmer SCIEX, Concord, Ontario, Canada) 系统用于分析许多已制备好的参考样品。ELAN 6000 结合了高灵敏度功能,易于使用且样品通量高。仪器条件和方法参数在表 4 中列出。

标准样品

由于电感耦合等离子体质谱仪的灵敏度很高,所以必须使用超纯酸和储备标准溶液。在此应用资料中,所有的溶液都是使用超纯酸和来自实验室试剂级供水系统的 I 类水 (大于 18 兆欧/厘米) 制备的。用于 Method 6020 的校正标准样品、质量控制标准样品与参考物质由 PerkinElmer Pure™ (PerkinElmer Instruments, Shelton, CT)、High Purity Standards (Charleston, SC)、Inorganic Ventures, Inc. (Lakewood, NJ)、VHG Labs (Manchester, NH) 和 NIST (Gaithersburg, MD) 生产。超纯硝酸和盐酸由 Seastar Chemicals, Inc. (Sidney, BC, Canada) 生产。

调试

含有 10 ppb Be、Co、Rh、In、Ba、Ce 与 Pb 的调试溶液用于 Method 6020。此溶液符合 Method 6020 (修订版 0) 第 5.8 节中的要求,且覆盖所有分析元素质量范围。尽管 Method 6020 建议将 Li、Co、In 和 Tl 溶液作为适当的调试溶液的示例,但这一特定溶液并不是该方法所特别需要的。如果使用含有 Be、Co、Rh、In、Ba、Ce 和 Pb 的溶液,则将允许在提供由仪器制造商针对监控仪器性能所建议的日常灵敏度信息的同时,为多种 EPA 方法调试仪器。此外,调试溶液中 Mg 和 Pb 的存在也允许在高质量和低质量范围内检查仪器的分辨率。仪器的分辨率是消除某些干扰的重要因素。Method 6020 中所建议的调试溶液未充分检查电感耦合等离子体质

表 4. ELAN 6000 仪器条件和方法参数

RF 功率	1500 瓦
等离子体气	15 L/分钟
辅助气	1 L/分钟
雾化气	0.725 - 0.775 L/分钟
蠕动泵速	1.5 mL/分钟
进样系统	带有 Scott 雾室的十字交叉雾化器
冲洗时间	以 48 rpm 的速度冲洗 35 秒
样品导入时间	以 48 rpm 的速度导入 25 秒
平衡时间	以 24 rpm 的速度平衡 10 秒
分析时间 (总时间)	2 分 06 秒
检测器模式	双检测器模式
离子透镜	使用自动透镜 (AutoLens)
采样锥/截取锥	镍
扫描模式	峰跳跃
点数/峰	1
停留时间	每点 100 ms
扫描次数/读取	8
读取次数/重复	1
重复次数	3
每个样品的总时间	3 分 16 秒

谱仪的分辨率,因为该溶液不含具有邻近同位素峰的元素。该溶液也包括 Ba 和 Ce,从而可以对仪器氧化物 (CeO/Ce) 比例和双电荷 (Ba<sup>++</sup>/Ba) 比例进行监测。此外,监测氧化物和双电荷比例还可以帮助分析人员确定这二种干扰的程度。此调试溶液用于执行质量校正、分辨率检查、参数优化、自动离子透镜 (AutoLens) 优化和日常稳定性测试。通过向 2% 的硝酸中加入 0.50 mL 1000 ppm 的单元素储备溶液 (珀金埃尔默的原产样品: N930-0172 、 N930-0179 、 N930-0113 、 N930-0124 、 N930-0175 、 N930-0144 、 N930-0103 和 N930-0110) 制备一份 10 ppm 的储备溶液。需要时可将此储备溶液稀释 1000 倍来制备 10 ppb 的日常调试溶液。

内标

内标采用几种单标 (PerkinElmer Pure) 和含 <sup>6</sup>Li、Sc、In、Tb、Bi (VHG Labs Cat#LIS-100) 的混标组成。最终溶液浓度为 10ppm <sup>6</sup>Li、Sc、In、Tb、Bi、Rh、Y 和 50ppm Ge。所有空白、标准和样品均须加入内标,最终浓度为 20ppb <sup>6</sup>Li、Sc、In、Tb、Bi、Rh、Y 和 100ppb

Ge。锗比 Sc、Y、In 或者 Rh 适合做 As、Se、Zn 和 ppm 级 Na、Ca、Mg、K 的内标元素,因为其具有与 As、Se、Zn 更接近的电离能 (表 5),而且能降低 Na、K 等易电离元素带来的干扰。

表 5. 几种元素电离能

元素	第一电离能 (V)
Y	6.30
Sc	6.54
Ge	7.90
Zn	9.34
Se	9.75
As	9.81

标准曲线

标准空白为 1% 硝酸，标准曲线范围列于表 6。实验表明，对于许多样品基体而言，将下列三种标准样品配合使用可获得最佳性能，但是需要根据各个实验室的具体需求对标准样品的数量和成分进行一定修改。为获取这些元素的方法性能数据，除 Method 6020 中所列元素之外，还添加了一些其它元素。这些添加元素包括 Ca、Mg、Na、K、Fe、V、Se、Mo、U 和 Th。

同位素选取

一般使用 ICP-MS 分析样品时，对于同一元素均会选取多于一种质量数以进行数学同质异位素校正及消除分子干扰。同量异位素干扰是指当某元素的一种同位素与另一元素的一种同位素具有相同的理论原子量的情况下对结果造成的干扰。例如，锡和镉都具有原子量为 114 的同位素。如果要在存在锡的情况下测量原子量为 114 的镉，则必须要对原子量为 114 的锡的量进行修正。这通常通过测量替代同位素（如 Sn 118）的 Sn 量并使用已知的天然丰度来修正原子量为 114 的 Sn 的量来实现。分子干扰出现时还会在等离子体中形成氯化物和氧化物之类的物质，这可以通过类似的方式进行修正。表 7 显示使用 ELAN 6000 执行 Method 6020 所用的质量数和干扰校正方程。所有分析都是在跳峰模式中完成的，总停留时间为每读取一种同位素耗时 100 ms。

表 6. 标准溶液浓度

分析物	标准 1 浓度 (µg/L)	标准 2 浓度 (µg/L)	标准 3 浓度 (µg/L)
Al、Sb、As、Ba、Be、Cd、Cr、Co、Cu、Pb、Mn、Mo、Ni、Se、Ag、Tl、Th、U、V、Zn	10	20	100
Na、Ca、Mg、K、Fe	100	1,000	10,000

表 7. 用于 Method 6020 方法的所选同位素和干扰校正方程

分析物	元素符号	监测的同位素	干扰校正方程
铝	Al	27	
锑	Sb	121,123	Sb 123 = Sb 123 - 0.127189 * Te 125
砷	As	75	As 75 = As 75 - 3.127 * [ArCl 77 - (0.815*Se 82)]
钡	Ba	135,137	
铍	Be	9	
镉	Cd	106,108,111,114	Cd 111=Cd 111 - 1.073 * [MoO 108 - (0.712*Pd 106)] Cd 114 = Cd 114 - 0.026826 * Sn 118
铬	Cr	52,53	
钴	Co	59	
铜	Cu	63,65	
铅	Pb	206,207,208	Pb 108 = Pb 108 + Pb 106 + Pb 107
锰	Mn	55	
镍	Ni	60,62	
银	Ag	107,109	
铊	Tl	203,205	
锌	Zn	66,67,68	
内标			
锂	Li	6	
钪	Sc	45	
钇	Y	89	
铑	Rh	103	
铟	In	115	
铽	Tb	159	
铋	Bi	209	
锗	Ge	72	
(附加元素)			
钼	Mo	95,97,98	Mo 98= Mo 98 - 0.110588 * Ru 101
硒	Se	77,82	Se 82 = Se 82 - 1.008696 * Kr 83
钍	Th	232	
铀	U	238	
钒	V	51	V 51=V 51 - 3.127*[ClO 53 - (0.113*Cr 52)]
钙	Ca	44	
镁	Mg	24	
钠	Na	23	
钾	K	39	
铁	Fe	54	Fe 54 = Fe 54 - 0.028226 * Cr 52

初始性能验证

仪器检出限 (IDL)

使用 Method 6020 第 8.2 节中所参考的步骤来确定仪器检出限 (IDL)。IDL 的计算方法为：在非连续的三天内每天连续七次测量试剂空白溶液，然后将所得的三次运行的标准偏差的平均值乘以三。表 8 显示了使用 ELAN 6000 在 1% 硝酸校正空白样中获得的 IDL。

方法检出限 (MDL)

因为在大多数情况下，如果使用 Method 6020 就会需要使用酸消解，所以已确定使用电感耦合等离子体最终步骤（即，包括添加盐酸）的 Method 3050 消解的估计 MDL 值。要在样品运行中模拟由电感耦合等离子体质谱仪所分析的真实样品基体，需使用去离子水以 1:10 的比例稀释 Method 3050 样品制备空白液的等分试样。现已确定，已消解物质中的某些分析物通常具有足够高的浓度，可保证能够进行十倍稀释。稀释还有助于降低氯化物对 V、As 和 Se 的干扰程度。此外，用去离子水以 1:10 比例稀释已消解土壤样品，可帮助增加长期稳定性以及减少仪器的全面维护。将已稀释的样品制备空白样作为独立样品进行 8 次分析，每次读取之间均冲洗；将 8 次重复测量的浓度的标准偏差乘以三可获取 MDL。此步骤遵循 SW-846 第一章第 5 节有关方法检出限的确定的一部分中所提供的指导。所得的 MDL 结果也列于表 8 中。

干扰评估

Method 6020 要求监控干扰对分析数据质量的影响。这需要通过分析和获取适合的干扰检查溶液 A 和 AB (ICSA 和 ICSAB) 的结果来完成。ICSA 和 ICSAB 的成分在表 9 中给出。

如果干扰物质（例如，作为常见干扰物所列出的 C、Cl、Mo、Zr 和 W）的浓度非常低，不足以引起明显干扰，Method 6020 允许不经校

表 8. ELAN 6000 IDL、MDL 和 Method 6020 的线性范围

分析物	质量	IDL (?g/L)	MDL (?g/L)	线性范围 (mg/L)
Be	9	0.02	0.02	10
Al	27	0.04	0.12	10
Cr	52	0.1	0.5	10
Mn	55	0.004	0.009	10
Co	59	0.002	0.002	10
Ni	60	0.007	0.04	10
Cu	65	0.005	0.02	10
Zn	66	0.015	0.03	5
As	75	0.06	0.2	5
Ag	107	0.03	0.03	5
Cd	114	0.002	0.004	5
Sb	123	0.003	0.03	10
Ba	135	0.01	0.01	10
Tl	205	0.0003	0.0003	10
Pb	208	0.001	0.009	10
Se*	82	0.09	0.09	5
Mo*	98	0.004	0.004	5
Th*	232	0.002	0.002	10
U*	238	0.0009	0.0009	10
V*	51	0.03	1.2	10
Na*	23	0.6	4	100
Ca*	44	15	20	200 **
Mg*	24	0.02	0.04	100
K*	39	9	9	100
Fe*	54	4	4	200 **

\*仅供参考。

\*\* 用于运行线性测试的最高浓度标准。

正即报告数据。Method 6020 要求在分析运行开始时或每 12 小时一次（选用较频繁的方式）运行干扰检查溶液 ICSA 和 ICSAB。但是，在 Method 6020 中没有为 ICSA 或 ICSAB 提供任何特定可接受标准。分析时也要意识到，ICSAB 溶液中的某些分析物不稳定并可能生成沉淀物。强烈建议在马上开始分析之前制备该溶液，因为它只能稳定存在几小时。对干扰检查溶液使用列于表 7 中的干扰校正常式所获取的结果显示在表 10 中。表 10 中还显示了在分析含有 100 ppm 或更高浓度的 Na、Mg、Ca、Al 和 Fe 样品之前和仅使用最大泵速度清洗 35 秒之后，对连续校正验证样品 (CCV) 的良好回收率。

表 9. Method 6020 ICSA 和 ICSAB 溶液的成分。

分析物	浓度	
	在 ICSA 中	在 ICSAB 中
Al、Ca、Fe、 Mg、Na、 P、K、S	100 mg/L	100 mg/L
C（碳）	200 mg/L	200 mg/L
Cl（氯）	1000 mg/L	1000 mg/L
Mo、Ti	2 mg/L	2 mg/L
As、Cd、Cr、 Co、Cu、Mn、 Ni、Ag、Zn	0 mg/L	0.020 mg/L



线性范围

方法要求为所有检测元素建立线性范围，仪器使用双检测器模式并做相应检测器优化。检测器优化在仪器初始优化时进行，在模拟电压时采得 200,000 至 1,000,000 cps（通常使用250—500ppb 溶液）。双检测器模式优化通常由检测同位素多少决定快慢程度，优化表 7 所列元素约需时 6 分钟。

在使用表 6 中所列的空白样和标准样校正 ELAN 6000 之后，对一系列增加浓度的标准样进行分析以确定线性范围。将线性动态范围 (LDR) 定义为浓度，其结果（以浓度为单位）与标准样的真值（制备值）之间存在着 +/- 10% 的差异。将该定义用于线性范围，因为它与

EPA Method 200.8“使用电感耦合等离子体质谱仪分析水和废水”(Analysis of Waters and Wastes by ICP-MS) 中的定义相一致。在 Method 6020 或 SW-846 的第一章中未给出线性范围的具体定义。表 8 给出由上述方法所确定的线性动态范围。

实验表明，线性动态范围随着溶液的成分而略有变化。出于多种原因（包括沉淀、总溶解固体成分和基体干扰），含有 Method 6020 中所有高浓度 (10-100 ppm) 元素的多元素溶液将导致形成对于某些元素来说较低的线性动态范围。因此，将使用单元素溶液所确定的线性动态范围应用到真实样品（其中可能

含有几种或很多种高浓度分析物）时要加倍小心。为获取最准确的结果，建议使用基体近似样品的溶液或混标进行线性范围测定。

质量控制

始终遵循在 Method 6020 和 SW-846 的第一章中指定的质量控制流程。在校正了所有样品分析之后，立即对初始校正验证 (ICV) 和初始校正空白样品 (ICB) 进行分析。使用 ELAN 软件的 QC 检查功能将 ICV 和 ICB 的测量结果与真值进行比较，以计算回收百分比。如果 ICV 结果不在真值的 ± 10% 之内，则终止分析并更正问题。

表 10. 对 ICSA 和 ICSAB 溶液的分析。

分析物	质量	前 ICS		ICSAB		后 ICS
		A/AB CCV 回收百分比	测量值 ICSA (ug/L)	测量值 ICSAB	分析物 回收百分比	A/AB CCV 回收百分比
Be	9	98	0.03	0.04		101
Al	27	101	93946.78	100926.2		110
V	51	101	1.89	21.26	97	108
Cr	52	101	9.58	27.38	89	110
Mn	55	102	5.66	26.87	106	109
Co	59	101	2.46	21.64	96	108
Ni	60	102	4.96	24.00	95	108
Cu	65	100	3.71	22.26	93	110
Zn	66	102	9.70	26.37	83	108
As	75	102	12.28	31.13	94	108
Se	77	104	12.61	31.90	96	105
Se	82	104	0.37	16.92	83	106
Mo	98	103	1969.46	1972.61		107
Ag	107	103	0.14	20.37	101	107
Cd	111	102	-0.10	20.10	101	105
Cd	114	103	2.57	23.08	103	107
Sb	123	103	1.39	1.41		109
Ba	135	102	2.37	2.62		106
Tl	205	100	0.10	0.10		105
Pb	208	101	0.41	0.46		105
Th	232	101	0.03	0.02		105
U	238	102	0.01	0.01		103
Na	23	99	88278.01	93854.91		105
Mg	24	99	87703.39	94434.63		107
K	39	102	95436.18	101688.08		108
Ca	44	104	92621.23	99664.45		109
Fe	54	104	90836.22	98883.31		110

ELAN 软件的 QC 检查功能也可用于监测连续校正空白样浓度、内部标准样浓度、加标回收率、重复回收率和连续校正标准样品。附录 I 中显示分析运行期间 ICV 所获取的一个示例 QC 报告, 包括 ICV 的计算回收率。附录 II 显示一个类似的加标样品的 QC 报告, 其中有几种元素的结果超出限制。如报告所示, ELAN 软件的自动 QC 检查功能可以计算内标回收率和加标回收率, 还可以打印消息来通知分析人员有 QC 检查超出了预置限值。还可以设置两种交互性操作, 以在超出 QC 标准样或样品的预设可接受限值时执行多种功能。这些操作包括的项目有重新校正、重新分析检查标准样、进行指定时间的清洗等等。此外, 如果使用自动稀释附件, QC 软件会自动触发对超出范围的样品的稀释。

### 稳定性

在合成基体溶液 (由在 50 ppm Na、Ca、Fe、K 和 Mg 基体中的所有 Method 6020 分析物 (200 ppb) 组成) 分析之间运行连续校正验证 (CCV) 标准样品。为验证校正的稳定性, 绘制出超过 5 小时分析时间的每次 CCV 的回收百分比。由于自动仪器关闭功能因氩气用尽而被触发, 所以测试将在 5 小时后自动中断。结果显示在下面的图 1 中。Method 6020 要求 CCV 的质量控制限是真值或制备值的  $\pm 10\%$ 。在整个 5 小时内, 所有元素的回收百分比均在 10% 的限制之中。为清晰起见, 将整个质量范围内有限数量的元素显示在图 1 中, 以说明 ELAN 6000 的稳定性。

### 数据处理

使用 ELAN 软件计算了所有结果, 包括样品浓度、内标回收率、QC 样品和 QC 标准样的结果。分析结果被作为结果报告发送到一个文件, 然后被导入 Microsoft® Excel 和 Word 以生成成本应用资料 and 所有支持数据表。

### 样品分析

#### NIST SRM 2711 - 蒙大拿土壤

在其监测程序中, 美国 EPA 已建立许多用于测定不稳定元素或可萃取元素的浸析方法。这些方法包括 Method 3015、3015A、3050、3051 和 3051A。因为通常与 NIST SRM 相关的值为合计值, 所以无法直接将这此值与从使用这些 EPA 浸析方法之一来分析制备的 SRM 中所获得的值进行比较。所报告的不稳定或可萃取元素的浓度通常低于总浓度; 但是, 如果该元素完全不稳定, 则可将回收率求和。一种元素的回收率可受到几种因素的影响, 包括存在于样品中的物质、浸析介质 (即, EPA 样品制备方法)、浸

析时间与温度、样品浸析介质混合物的 pH 值。十七个协作实验室针对 FAAS 和 ICP-AES 测量使用经过更改的美国 EPA Method 3050 方法, 现已报告了 SRM 2711 数据。方法中的变化是在其最后一步中使用盐酸。

珀金埃尔默获得了 SRM 2711, 并使用美国 EPA Method 3050 (最终使用盐酸处理) 进行处理。然后, 分析已消解样品, 以评估使用 ELAN 6000 电感耦合等离子体质谱仪的 Method 6020 的性能。

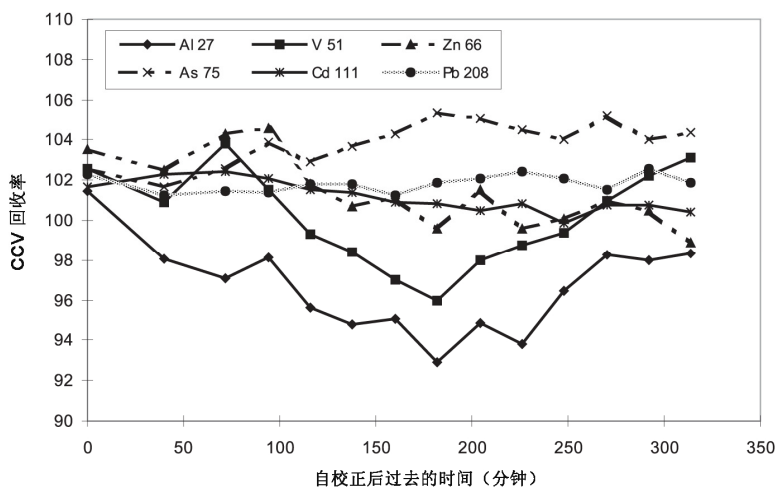


图 1. 校正稳定性, 历时 5 小时。



由于 SRM 2711 消解物中许多成分的相对浓度较高，并且酸含量（15% 总量中含有 5% HCl）也相对较高，所以在使用 Method 6020 进行分析之前先将消解物稀释十倍。表 11 列出进行 Method 3050 消解后所获得的 NIST SRM 2711（以 mg/kg 为单位）的结果。表 11 还提供由十七个实验室使用 NIST 轮询研究方法所获得的平均值以及所报告的范围。重复分析 SRM 2711 消解物，且重复测量之间的相对百分比偏差 (RPD) 正好符合 20% RPD 这一 Method 6020 要求。所观察到的最大 RPD 为 5.3%。如表 11 所示，在 ELAN

6000 上使用 Method 6020 方法分析的许多元素，与在 NIST 研究中从这种 SRM 中所获得的平均值非常接近。此外，所有值（除钠之外）也都在 NIST 研究中所报告的范围之内。在 ELAN 6000 上获得的钠浓度略高于 NIST 范围的高浓度一端；但是，其中的差距很小，这可能是由于认为钠具有普遍存在的特性而造成的污染所致。

还分析了稀释消解物中 100 ppb 的分析加标，并计算了加标回收率。除铅之外，所有元素的加标回收率都在 96-110% 回收率之间。铅的回收率为 132%；但是，溶液

中铅的加标值比存在于消解物中的铅的真值小十倍。因此，并不期望获取 75-125% 之间的可接受的加标回收率。

**HPS 经验证的参考物质 - 河口沉积物：**

另一种经验证的参考物质获取自 High Purity Standards, Inc., Charleston, SC。该参考物质是一种已经过消解的河口沉积物，在销售时将附带分析证书，其中指出所提供的参考溶液的最终浓度。该溶液也在使用 Method 6020 方法进行分析之前已稀释十倍。

表 11. NIST SRM 2711 - 适度污染的蒙大拿土壤的结果

分析物	质量数	测量浓度		RSD	RPD	NIST 浸析值 mg/kg	范围		加标量 (ppb)	加标 回收率 (%)
		mg/kg	标准偏差				低	高		
Be	9	1.1	0.03	2.54	3.59				100.0	104
Al	27	20066.5	621.82	3.10	4.38	18000.0	12000.0	23000.0	100.0	---
V	51	48.2	1.63	3.39	4.79	42.0	34.0	50.0	100.0	98
Cr	52	23.7	0.23	0.95	1.35	20.0	15.0	25.0	100.0	97
Mn	55	493.0	14.82	3.01	4.25	490.0	400.0	620.0	100.0	110
Co	59	8.1	0.12	1.44	2.03	8.2	7.0	12.0	100.0	98
Ni	60	17.1	0.01	0.08	0.11	16.0	14.0	20.0	100.0	96
Cu	63	104.1	3.62	3.48	4.92	100.0	91.0	110.0	100.0	99
Zn	66	315.8	8.79	2.78	3.94	310.0	290.0	340.0	100.0	111
As	75	94.0	1.93	2.06	2.91	90.0	88.0	110.0	100.0	103
Se	82	2.2	0.11	4.92	6.96	NR			100.0	109
Mo	98	1.2	0.02	1.48	2.09	<2			100.0	105
Ag	107	4.3	0.03	0.67	0.94	4.0	2.5	5.5	100.0	102
Cd	111	40.0	0.91	2.27	3.20	40.0	32.0	46.0	100.0	102
Sb	123	3.9	0.14	3.71	5.25	<10			100.0	98
Ba	135	192.2	6.64	3.45	4.88	200.0	170.0	260.0	100.0	98
Tl	205	1.8	0.06	3.58	5.07				100.0	105
Pb	208	1087.3	35.25	3.24	4.58	1100.0	930.0	1500.0	100.0	132
Na	23	320.3	5.82	1.82	2.57	260.0	200.0	290.0		---
Mg	24	7726.8	201.46	2.61	3.69	8100.0	7200.0	8900.0		---
K	39	5064.4	128.65	2.54	3.59	3800.0	2600.0	5300.0		---
Ca	44	20742.0	166.68	0.80	1.14	21000.0	20000.0	25000.0		---
Fe	54	21662.2	526.25	2.43	3.44	22000.0	17000.0	26000.0		---

重复分析 CRM，并在表 12 中给出两次测量的相对百分比偏差 (RPD) 以及结果。通常，河口沉积物的测量结果正好与由制造商所提供的经验证的值一致。存在于此 CRM 中的大多数元素的回收率在经验证值的  $\pm 10\%$  之内。除两种元素（铝和钙）以外的所有元素都在计算的 CRM 限制之内。计算的限制是通过以下方法获得：首先计算与标准（在分析证书中说明，是所述浓度值的  $\pm 0.5\%$ ）相关的误差，然后考虑该方法中原有的这些限制的  $\pm 10\%$  误差，因为在校正标准样品和单独的校正验证标准样品之间允许存在这  $10\%$  的误差。

同样也对 CRM 执行分析加标。向 CRM 的独立等分试样中添加 150 ppb，然后使用 ELAN QC 软件自动计算加标回收率。所有加标元素的加标回收率都极其出色（通常为 90-117% 的回收率），并且正好在 Method 6020 方法中所述的 75-125% 的回收限制之内。

**HPS CRM 河流沉积物 A:**

同样还对第二个 High Purity Standards CRM 进行分析，以获取精确度和准确性数据。在使用 Method 6020 方法进行分析之前，将 CRM 河流沉积物 A 稀释十倍，但并不需要对其进行任何消解。表 13 列出河流沉积物 A 的结

果。所测量的值再一次与经验证值极其一致，通常在经验证值的  $10\%$  之内。所有分析都是重复完成的，其中所有可测量的元素都可重复获得  $6\%$  或更少的 RPD。

也执行 150 ppb 的分析加标，同样获取可接受的结果。加标元素的加标回收率在 93-116% 之间，再次与 Method 6020 接受界限相一致。

**ELAN 的优点**

ELAN 6000 的自动化使实验室大幅度提高效率。

表 12. 高纯度河口沉积物

分析物	质量	浓度 (mg/kg)	RSD (n=2)	RPD (n=2)	验证值 回收百分比	高纯度 验证值 (mg/kg)	验证值 计算限		加标 (ppb)	加标 回收率 (%)
							低	高		
Be	9	0.02	5.0	-7.1		---			150	116.9
Al	27	548	2.1	-3.0	84.2	650	582	719	150	n/a
V	51	0.99	2.4	-3.4	98.5	1	0.90	1.11	150	97.1
Cr	52	0.78	0.9	-1.2	97.4	0.8	0.72	0.88	150	97.0
Mn	55	3.64	0.6	-0.8	104.0	3.5	3.13	3.87	150	90.2
Co	59	0.12	3.1	-4.4	116.0	0.1	0.09	0.11	150	97.4
Ni	60	0.31	4.2	-6.0	104.0	0.3	0.27	0.33	150	96.3
Cu	63	0.20	2.3	-3.3	99.6	0.2	0.18	0.22	150	96.0
Zn	66	1.52	2.3	-3.2	108.5	1.4	1.25	1.55	150	98.2
As	75	0.11	0.9	-1.3	112.4	0.1	0.09	0.11	150	98.4
Se	77	0.05	2.2	3.1	96.2	0.05	0.04	0.06	150	98.1
Mo	98	0.00	4.0	5.7		-			150	100.5
Ag	107	0.00	2.6	3.6		-			150	94.9
Cd	114	0.0004	1.1	-1.5	104.0	0.0004	0.0004	0.0004	150	93.6
Sb	123	0.0040	0.5	0.7	98.9	0.004	0.0036	0.0044	150	103.3
Ba	135	0.00	-1.6	-2.2		-			150	98.9
Tl	205	0.00	9.7	13.8		-			150	99.6
Pb	208	0.31	0.1	-0.1	104.3	0.3	0.27	0.33	150	102.4
Th	232	0.12	0.1	0.2	115.9	0.1	0.09	0.11	150	109.8
U	238	0.00	13.3	-18.8		-			150	110.7
Al	27	661	1.0	1.4	101.7	650	582	719	150	
Na	23	193	3.6	5.1	96.4	200	179	221	150	
Mg	24	95	1.0	1.5	94.8	100	90	111	n/a	
K	39	145	3.3	-4.6	96.3	150	134	166	n/a	
Fe	54	341	2.1	-3.0	97.6	350	313	387	n/a	
Ca	44	101	5.1	-7.2	126.2	80	72	88	n/a	

AutoStart 功能可在您到达之前使仪器自动启动并预热。AutoStop 功能可使仪器在无人看管的情况下完成整夜运行后自动关闭。将自动进样器与软件的内置质量控制检查功能配合使用可真正实现无人操作，同时，软件功能可使用户直接真实完整地做出 Method 6020 要求报告并整合用户定义的方法流程。用户设置操作包括诸如清洗样品或标准样品达到指定的次数、重新运行样品或标准样品、重新校正、标记超出限制的样品和检查标准样品之类的选项，以及其它许多选项。如果将 ELAN 与自动稀释附件配合使用，则可通过将超范围样品稀释到范围之内并重新进行分析来进一步提高效率。

ELAN 的另一优点是具有 SimulScan™ 功能，能够同时获取脉冲计数和模拟数据。在旧式仪器上，要建立所使用的检测器模式，就必须进行预扫描，从而造成资源浪费，但使用此功能就无需再进行这种预扫描。使用 SimulScan 和双模式检测，还能够通过单次质量扫描对 Method 6020 方法中的痕量元素和主要组分在 IDL 到高浓度 (10-100 ppm) 的范围内进行测定。使用其它功能（例如定制分辨率）甚至可将关键元素的线性范围扩展至更高。

DynaRinse™ 功能还可以用于缩短冲洗时间，在批量模式自动运行期间，仪器对高浓度标准样的冲洗时间较之低浓度样品更长。作为一项

预防措施，这样就避免了为所有样品都设置不必要的较长的冲洗时间。可将 ELAN 质量控制检查流程配置为监测所有样品结果，如果样品浓度超出了确立的样品限值，则延长相应的冲洗时间，也可以将其与自动稀释附件配合使用，以自动稀释超出范围的样品。

表 13. 高纯度河流沉积物 A

分析物	质量	测量结果 mg/kg	RSD (n=2)	重复 RPD	验证值的 回收百分比	验证值 (mg/kg)	验证 值限制 低	验证 值限制 高	加标 (ppb)	加标 回收率 (%)
Be	9	0.002	14.8	20.9		---				109.8
Al	27	238	3.7	-5.3	105.8	225	201	246	---	
V	51	0.25	1.9	2.7	100.7	0.25	0.22	0.27	150	102.4
Cr	52	276	1.5	2.1	91.9	300	269	328	---	
Mn	55	8.0	0.0	0.0	100.3	8	7.2	8.8	150	115.9
Co	59	0.113	0.3	0.4	113.2	0.1	0.09	0.11	150	96.0
Ni	60	0.504	0.2	0.3	100.7	0.5	0.45	0.55	150	93.4
Cu	63	1.0	2.0	2.8	94.1	1.1	1.0	1.2	150	93.1
Zn	66	13.9	0.1	-0.2	92.5	15	13.4	16.4	150	117.6
As	75	0.538	0.7	-1.0	89.7	0.6	0.54	0.66	150	95.4
Se	77	0.021	3.0	-4.3	107.4	0.02	0.02	0.02	150	95.6
Mo	98	0.001	8.7	12.4	---	---			150	108.2
Ag	107	0.001	69.1	97.7	---	---			150	100.9
Cd	111	0.100	0.7	-1.0	100.5	0.1	0.09	0.11	150	102.5
Sb	123	0.533	1.1	1.5	106.6	0.5	0.45	0.55	150	106.2
Ba	135	0.534	2.1	3.0	106.9	0.5	0.45	0.55	150	103.5
Tl	205	0.010	0.4	-0.6	100.8	0.01	0.01	0.01	150	99.7
Pb	208	6.8	1.6	-2.3	97.3	7	6.3	7.7	150	96.7
Th	232	0.019	2.4	-3.4	94.1	0.02	0.02	0.02	150	96.6
U	238	0.010	1.5	-2.1	98.8	0.01	0.01	0.01	150	98.5
Na	23	57	1.5	2.1	103.1	55	49	60		
Mg	24	78	1.2	1.6	104.6	75	67	82		
K	39	134	2.7	3.9	107.3	125	112	137		
Ca	44	306	1.3	1.9	101.9	300	269	328		
Fe	54	1176	0.5	0.8	98.0	1200	1075	1313		

### 经济性分析

回收期和内部收益率 (IRR) 是两种常用的财务计算方法, 可显示电感耦合等离子体质谱仪能够在多长时间之内为环境实验室带来效益。基于使用的假设和定义, 根据各实验室采用的适当的分析方案, ELAN 电感耦合等离子体质谱仪可在 12 个月内为实验室收回前期投入。表 14 概括多种情况的回收期和内部收益率 (IRR) 计算结果。

即使保守估计, 电感耦合等离子体质谱仪在环境实验室中的月 IRR 也是不错的。其优势在样品浓度较高和样品单价较昂贵时更加明显。

### 结论

ELAN 6000 电感耦合等离子体质谱仪已被证明符合美国 EPA Method 6020 方法的要求。此外, 它易于使用, 在自动质量控制检查和复杂样品分析中尽显优势。使用这种方法来取代依靠旧式技术的方法, 可以明显提高常规的环境实验室的生产率。

表 14. ELAN 的财务收益摘要

每月 样品数	每个样品的 价格 (\$)	月 IRR (%)	回收期 (月)
180	75.00	0	--
500	75.00	7	12.4
1,000	75.00	17	6.9
180	125.00	0	>24
500	125.00	17	7
1,000	125.00	31	4.5
180	300.00	14	8
500	300.00	42	3.7
1,000	300.00	68	3

# 附录 I

## Method 6020 – 汇总报告

样品 ID: QC Std 1  
 采样日期/时间: Tuesday, May 23, 1995 14:34:27  
 样品类型:  
 样品描述: Independent Calibration Verification (ICV)  
 重复次数: 3  
 样品文件:  
 方法文件: C:\AdministratorData\Method\EPA 6020.mth  
 数据文件: c:\administratordata\dataset\may 23\QC Std 1.025  
 调试文件: default.tun  
 优化文件: default.dac  
 浓度结果

	分析物	质量数	测量强度平均值	净强度	浓度平均值	浓度 SD	浓度 RSD	样品单位	质量控制标准样 回收率 (%)	内标回收率 (%)
>	Li	6	2997.858	2997.86				ug/L		93.074
-	Be	9	6565.103	2.19	50.8548	1.9254	3.786	ug/L	101.71	
-	Al	27	107322.208	1.28	51.5023	0.4209	0.8173	ug/L	103.005	
>	Sc	45	82638.727	82638.73				ug/L		99.83
-	V	51	383766.711	4.57	51.419	0.5459	1.0618	ug/L	102.838	
-	Cr	52	248630.496	2.92	51.6054	0.5785	1.1211	ug/L	103.211	
-	Cr	53	29453.939	0.34	51.6499	0.8857	1.7149	ug/L	103.3	
-	Mn	55	363522.972	4.39	51.39	0.0897	0.1746	ug/L	102.78	
-	Co	59	283656.208	3.43	51.157	0.1784	0.3488	ug/L	102.314	
-	Ni	60	60974.098	0.74	51.445	0.7449	1.448	ug/L	102.89	
-	Cu	63	143099.442	1.73	52.1412	0.9325	1.7884	ug/L	104.282	
-	Cu	65	67320.689	0.81	52.1969	0.3371	0.6458	ug/L	104.394	
-	Zn	66	41967.066	0.5	51.576	0.4137	0.802	ug/L	103.152	
-	Zn	67	6857.321	0.08	51.8159	0.2013	0.3884	ug/L	103.632	
-	Zn	68	29842.198	0.36	52.2819	0.1981	0.3788	ug/L	104.564	
>	Ge	72	82319.852	82319.85				ug/L		102.678
-	As	75	66445.207	0.8	51.3651	0.969	1.8864	ug/L	102.73	
-	Se	77	4332.409	0.05	50.8572	0.3409	0.6704	ug/L	101.714	
-	Se	82	6291.906	0.07	52.0958	0.5564	1.068	ug/L	104.192	
-	Y	89	177027.097	-2275.89				ug/L		
-	Mo	98	152753.034	1.16	51.0261	2.1987	4.309	ug/L	102.052	
-	Ag	107	239616.862	1.81	51.418	1.5516	3.0176	ug/L	102.836	
-	Cd	111	57901.606	0.44	50.9186	1.502	2.9497	ug/L	101.837	
-	Cd	114	117148.005	0.89	51.5495	1.5776	3.0603	ug/L	103.099	
>	In	115	132290.797	132290.8				ug/L		96.615
-	Sb	121	162979.405	1.23	51.6728	1.1285	2.1839	ug/L	103.346	
-	Sb	123	121844.264	0.92	51.5588	0.9263	1.7965	ug/L	103.118	
-	Ba	135	36016.585	0.31	51.7872	0.8038	1.5521	ug/L	103.574	
-	Ba	137	60681.802	0.53	50.8521	0.62	1.2192	ug/L	101.704	
>	Tb	159	114938.903	114938.9				ug/L		97.994
-	Ho	165	115178.269	0				ug/L		
-	Tl	205	340239.753	2.96	51.7231	1.1032	2.1328	ug/L	103.446	
-	Pb	208	460288.72	4	51.9558	1.0458	2.0129	ug/L	103.912	
-	Bi	209	89561.296	0.01				ug/L		
-	Th	232	453129.238	3.94	52.173	0.5099	0.9773	ug/L	104.346	
-	U	238	435257.036	3.79	51.6421	0.9257	1.7925	ug/L	103.284	
-	Na	23	10996536.06	132.96	5029.1479	123.2935	2.4516	ug/L	100.583	
-	Mg	24	7275130.401	88.03	5088.5568	119.5406	2.3492	ug/L	101.771	
-	K	39	25459108.43	299.95	5069.8943	42.2943	0.8342	ug/L	101.398	
-	Ca	44	848962.246	9.46	5155.8989	80.5124	1.5616	ug/L	103.118	
-	Fe	54	1773160.394	21.24	5213.0433	48.3627	0.9277	ug/L	104.261	
>	Sc	45	82638.727	82638.73				ug/L		99.83
-	Kr	83	140.669	-9.33				ug/L		

附录 II

Method 6020 – 汇总报告

样品 ID: 2711 - 10x  
采样日期/时间: Tuesday, May 23, 1995 16:28:39  
样品类型: Spike – 3  
样品描述: Spiked soil sample  
重复次数: 3  
方法文件: C: \AdministratorData\Method\EPA 6020.mth  
数据文件: c:\administratordata\dataset\may 23\2711 - 10 x.048  
调试文件: default.tun  
优化文件: default.dac

浓度结果								计算值		
	分析物	质量数	测量强度平均值	净强度平均值	浓度平均值	浓度 SD	浓度 RSD	样品单位	质量控制标准样 回收率 (%)	内标回收率 (%)
▷	Li	6	2925.5	2925.5				ug/L		90.828
└	Be	9	11815.792	4.04	93.8936	3.768	4.0131	ug/L	93.022	
└	Al	27	41784027.96	416.15	16751.6139	532.9427	3.1814	ug/L		
▷	Sc	45	100455.902	100455.9				ug/L		121.354
└	V	51	1047884.252	10.36	116.62	3.0751	2.6368	ug/L	76.582	
└	Cr	52	547077.792	5.36	94.6982	2.5521	2.695	ug/L	79.143	
└	Cr	53	86370.279	0.84	128.1061	4.3722	3.413	ug/L	64.679	
└	Mn	55	3721922.056	37.06	433.5059	12.2622	2.8286	ug/L	106.077	
└	Co	59	559692.835	5.57	83.0814	2.0301	2.4436	ug/L	77.732	
└	Ni	60	129045.107	1.28	89.6244	1.9877	2.2178	ug/L	78.255	
└	Cu	63	508572.938	5.06	152.6573	3.574	2.3412	ug/L	82.458	
└	Cu	65	241311.579	2.4	154.119	3.2014	2.0772	ug/L	83.215	
└	Zn	66	296961.587	3.87	396.665	11.9051	3.0013	ug/L	128.936	
└	Zn	67	47071.692	0.61	391.5305	14.7626	3.7705	ug/L	124.089	
└	Zn	68	210350.732	2.74	400.7192	10.357	2.5846	ug/L	130.049	
▷	Ge	72	76580.848	76580.85				ug/L		95.519
└	As	75	210794.305	2.75	176.146	5.2196	2.9632	ug/L	108.987	
└	Se	77	9902.823	0.13	127.8762	4.3255	3.3825	ug/L	101.112	
└	Se	82	11694.969	0.15	105.2503	3.844	3.6523	ug/L	103.896	
└	Y	89	366521.547	187218.56				ug/L		
└	Mo	98	274751.029	2.19	96.6192	3.7329	3.8635	ug/L	95.639	
└	Ag	107	445253.43	3.54	100.6128	2.9112	2.8935	ug/L	97.263	
└	Cd	111	141289.368	1.12	130.9622	3.6204	2.7645	ug/L	98.86	
└	Cd	114	287216.536	2.29	133.1175	2.3819	1.7893	ug/L	100.757	
▷	In	115	125634.957	125634.96				ug/L		91.754
└	Sb	121	307400.543	2.45	102.6356	2.7502	2.6796	ug/L	99.307	
└	Sb	123	229732.012	1.83	102.3997	3.6602	3.5744	ug/L	99.083	
└	Ba	135	187615.122	1.73	287.0421	0.8354	0.291	ug/L	119.236	
└	Ba	137	310859.856	2.87	277.0697	1.6777	0.6055	ug/L	110.62	
▷	Tb	159	108143.86	108143.86				ug/L		92.201
└	Ho	165	110612.991	0.02				ug/L		
└	Tl	205	643677.398	5.95	104.0021	2.1385	2.0562	ug/L	102.521	
└	Pb	208	8953994.648	82.79	1075.8669	12.7314	1.1834	ug/L	106.193	
└	Bi	209	97388.94	0.13				ug/L		
└	Th	232	920421.726	8.51	112.6388	0.4665	0.4142	ug/L	104.042	
└	U	238	831673.158	7.69	104.887	1.1624	1.1082	ug/L	103.86	
└	Na	23	568982.668	5.56	210.3043	4.2573	2.0244	ug/L		
└	Mg	24	9855504.012	98.14	5673.0246	151.9007	2.6776	ug/L		
└	K	39	22868706.07	219.61	3711.8727	98.5728	2.6556	ug/L		
└	Ca	44	2812566.979	27.2	14820.5364	324.6438	2.1905	ug/L		
└	Fe	54	7167696.759	71.18	17466.6936	596.7214	3.4163	ug/L		
▷	Sc	45	100455.902	100455.9				ug/L		121.354
	Kr	83	171.337	21.33				ug/L		

测量类型

样品的 Sc 45 内部标准样  
Cr 53 加标  
Zn 66 加标  
Zn 68 加标  
样品的 Sc 45 内部标准样

分析物

质量数

超出限值消息

样品内部标准样超出限值 (30-120%)  
加标回收率超出限值 (+/- 25%)  
加标回收率超出限值 (+/- 25%)  
加标回收率超出限值 (+/- 25%)  
样品内部标准样超出限值 (30-120%)



**PerkinElmer Instruments**  
710 Bridgeport Avenue  
Shelton, CT 06484-4794 USA  
电话: (800) 762-4000 或  
(+1) 203-925-4600  
[www.perkinelmer.com/instruments](http://www.perkinelmer.com/instruments)

©2002 PerkinElmer, Inc. 保留所有权利。PerkinElmer 是珀金埃尔默有限公司的商标。PerkinElmer Pure、SimulScan、AutoLens、AutoStart、AutoStop 和 DynaRinse 是珀金埃尔默仪器有限责任公司的商标。SCIEX 和 ELAN 是 MDS, Inc. 分部 MDS Sciex 的注册商标。Microsoft Excel 和 Word 是 Microsoft Corporation 的注册商标。珀金埃尔默保留随时更改此文档的权利, 对于编辑、图片或排版错误概不承担任何责任。

D-6,582A      KG040205      美国印制  
ENVA-301A

