

电感耦合等离子体质谱法

作者

Ewa Pruszkowski, Ph.D.
Senior ICP-MS Application Scientist

Cynthia P. Bosnak
Senior Product Specialist

PerkinElmer, Inc.
Shelton, CT USA

使用NexION 300Q ICP-MS标准模式按照 美国EPA方法 200.8对 饮用水检测的研究

引言

由美国环境保护署（EPA）颁布的方法200.8是使用电感耦合等离子体质谱法（ICP-MS）测定地下水、地表水、饮用水和污水的非常有效的方法。该方法于1990年首次发布，以支持国家饮用水基本规定（NPDWR）。作为安全饮用水法案（SDWA，1986）的一部分，NPDWR规定了公共供水系统中12种主要污染元素的最大污染浓度（MCL）。方法200.8已经过多次修改，其中包

括依据国家二级饮用水规章（NSDWR）增加的9个二级污染物。这21个元素及推荐的测定质量数见表1。方法200.8目前使用的版本是修订版5.4，该版本于1994年被批准适用于饮用水分析，1995年1月正式生效³。此外，国家污染物排放消除系统（NPDES）许可证制度为了控制通航水系统的污染物排放（1977年清洁水法案（CWA）修订的一部分）⁴，于1992年也推荐使用方法200.8进行污水监测。2007年，方法200.8被批准可在全国范围内测定这种基质的样品。

应用报告3 (共3份) -为什么?

这是系列应用报告中的第一份报告, 这一系列的报告主要介绍了使用一台创新的、新一代的ICP-MS: NexION 300, 按照美国EPA方法200.8对饮用水中21种主要污染物和二级污染物进行测定的情况。报告对这项技术进行了概述, 特别是对仪器拥有专利的通用池技术 (UCT) 在根据样品基质干扰的严重性和用户需求的基础上, 如何在标准模式、使用动能歧视 (KED) 的碰撞模式, 或者是反应模式 (动态反应池-DRC) 下运行的情况进行了描述。

本研究分别用3个不同的应用报告进行介绍。由于目前方法200.8还没有批准引入使用碰撞/反应池技术测定饮用水, 本应用报告重点关注NexION 300Q的标准模式, 在该模式下仅通过方法200.8中提到的校正方程来尽量减小基体造成的多原子干扰。考虑到方法200.8最终会允许在饮用水检测中使用碰撞/反应池技术, 我们的第二份应用报告 (“使用NexION 300X ICP-MS在标准和碰撞模式下按照美国EPA方法200.8对饮用水检测的研究”) 介绍了一种利用NexION 300X同时在标准和碰撞 (KED) 模式下检测饮用水的方法¹, 而第三份报告 (“使用NexION 300D ICP-MS在标准、碰撞、反应三种模式下按照美国EPA方法200.8对饮用水检测的研究”) 则介绍了如何利用NexION 300D在标准、碰撞 (KED) 和反应 (DRC) 三种模式下通过一个分析方法对21种元素同时进行准确分析的应用情况。²



表1. 方法200.8中涉及的全部元素及推荐测定质量数

测定元素	元素符号	推荐质量数 (amu)
铍	Be	9
铝	Al	27
钒	V	51
铬	Cr	52
锰	Mn	55
钴	Co	59
镍	Ni	60
铜	Cu	65
锌	Zn	66
砷	As	75
硒	Se	82
钼	Mo	98
银	Ag	107
镉	Cd	111
锑	Sb	121
钡	Ba	137
汞	Hg	202
铊	Tl	205
铅	Pb	206, 207, 208
钍	Th	232
铀	U	238
钠*	Na	23
镁*	Mg	24
钾*	K	39
钙*	Ca	44
铁*	Fe	54

备注: 标有星号 (*) 的元素列入本表仅提供信息

方法200.8是一个全面的方法, 该方法不仅推荐了测定元素质量数选择、仪器调谐和校准, 以及干扰校正的程序, 同时还对样品采集、保存和处理提供了具体说明。此外, 方法200.8还要求按照一套具体的质量保证/控制协议来检测样品, 以确保检测数据的可信度。方法200.8是一个详尽的资料汇编, 在过去的17年里它已被成功的应用到对环境样品痕量元素的测定工作中。

因此, 对于一台新仪器而言, 通过性能的初步论证和持续的质量控制程序要求证明其能够满足现有技术和潜在新技术要求的能力是非常重要的。考虑到这一点, 我们通过检测饮用水样品对新一代的ICP-MS系统-NexION 300进行了评价, 特别是要更好的了解NexION 300在极其繁重的样品检测任务(这在美国和世界其他地方开展环境监测任务的实验室是非常典型的)下的性能表现。

实验仪器

在这项研究中, 我们使用NexION® 300Q (珀金埃尔默仪器有限公司, 康乃狄克州谢尔顿) 对方法200.8中规定的所有元素进行了测定。已有文献5对这台仪器进行过专门介绍, 但值得一提的是这个版本(300Q) 不具备碰撞池和反应池的检测能力。虽然在日后可以使用通用池对其进行升级, 但考虑到本应用报告的目的, 我们使用标准模式配置的仪器。对那些不太了解通用池技术的读者, 本文专门列出解释栏对3种检测模式进行了简要介绍。

本文是专门评价仪器在标准模式下检测饮用水能力的应用报告, 仪器使用的操作参数见表2。

表2. ICP-MS仪器操作条件

组件/参数	类型/值/模式
雾化器	Meinhard® 玻璃雾化器
雾化室	玻璃旋流雾室
三锥界面材料	镍/铝
等离子气体流量	16.0 L/min
辅助气流量	1.2 L/min
雾化气流量	1.00 – 1.05 L/min
样品提升速率	250 µL/min
功率	1600 W
积分时间	500 – 1500 ms
样品重复测定次数	3
运行模式	标准

NexION 300 ICP-MS配置和功能

NexION 300 ICP-MS系列仪器主要有四种不同的配置。NexION 300Q没有碰撞/反应池, 仅能在标准模式下使用, 而NexION 300X, 300D和 300S都配置安装了通用池。NexION300X只能使用一种反应气, 而NexION300D和300S可以灵活的使用2种反应气。NexION300S也是专门为性能和灵敏度需求最高的用户提供的, 如半导体行业。NexION 300 ICP-MS三种工作模式包括:

标准模式: 反应池主动排空去除残余气体。关闭反应池保证仪器处于真正的标准模式。这就意味着仪器不会因为被动排空系统而降低灵敏度, 而被动排空系统即使是在标准模式下也要强制使用动能歧视, 以消除潜在的干扰, 因此也只能使用一种碰撞气体。在这种模式下, 碰撞池关闭时仪器就是有效的标准ICP-MS系统。

使用动能歧视的碰撞模式: 在这种模式下, 使用动能歧视 (KED), 仪器提供了传统的碰撞池功能。通过使用一种惰性气体, 如氦, 碰撞模式消除了许多简单的由溶剂或氫形成的多原子光谱干扰, 使得碰撞模式非常适用于半定量分析、环境样品监测, 以及未知样品的测定。对于简单基质的样品, 碰撞模式提供了性能和易操作性的理想组合。

使用DRC的反应模式: 这是公认的能够提供最大检测能力的技术, 使用动态反应池 (DRC) 技术的仪器真正反应模式能在基本或完全不损失测定元素灵敏度的情况下全部消除任何干扰。与碰撞池不同的是, DRC技术的特点是通过扫描四级杆消除通用池中反应产生的所有干扰, 这就使得在实验中可以使用任何反应性气体。并且通过优化四级杆的条件, 只有我们需要的元素能够进入到检测四级杆。目前公认离子-分子化学反应是反应池在减少复杂的多原子离子干扰方面具有最佳性能的原因。⁶

200.8方法

本文将不在对方法200.8和整个检测流程的内容进行详细介绍, 因为2008年已经有一篇应用报告对使用以前ICP-MS技术检测的方法进行过介绍⁷。然而, 在对一组样品分析前, 必须遵照一整套的相关规定, 确保仪器是在最佳状态下运行。以下为方法200.8的相关要求:

- 点炬, 预热30分钟
- 按照仪器生产商的说明优化仪器
- 进行质量校正检查, 如果质量变化大于0.1 amu, 进行调整
- 进行分辨率检查, 若在5%峰高处大于0.75amu, 进行调整
- 使用空白和标准溶液进行校准
- 对所有需要的质量数进行干扰校正
- 初测样品大概的浓度和存在的内标
- 进行仪器性能评价测试:
 - 仪器检出限 (IDLs)
 - 方法检出限 (MDLs)
 - 线性动态范围 (LDR)
 - 加标回收率
 - 仪器长时间运行稳定性

运行质量控制样品 (QCSs) 或标准参考物质 (SRMs), 如:

- 饮用水中痕量金属高纯度标准 (TMDW), 包括原液和稀释液
- NIST® 1643e
- 运行未知样品 (例如实验室当地的水样)
- 检查质量控制样品的检测结果, 判定结果是否达标

在对仪器进行调谐和优化后, 性能评价测试和准确测定已知浓度的参考物质的结果对于使用方法200.8检测未知样品取得好的准确度和精密度至关重要。出于这个原因, 比较不同检测模式的性能就很重要了, 特别是其减少多原子离子干扰的能力。本文不涉及相关内容, 我们系列文章中的其他两篇将重点关注这个问题。^{1,2}

标准系列浓度

用于评价的多元素标准系列由1%硝酸 (HNO₃) 配制, 具体元素及其浓度值见表3。

我们严格按照方法200.8的规定, 通过内标的调谐和监测, 以及待测元素其他同位素的测定进行干扰校正。完成后, 进行上文提到的方法200.8协议规定中的全部性能测试。

表3. 标准系列浓度

测定元素	标准溶液1 (µg/L)	标准溶液2 (µg/L)	标准溶液3 (µg/L)	标准溶液4 (µg/L)
Be, Al, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Mo, Ag, Cd, Sb, Ba, Tl, Pb, Th, U, Fe*	1	10	50	100
Hg	0.1	1	5	10
Na*, Mg*, K*, Ca*	100	1000	5000	10000
内标- ⁴⁵ Sc, ⁷² Ge, ¹⁰³ Rh, ¹¹⁵ In, ¹⁵⁹ Tb	20 – 200 µg/L			

备注: 方法200.8不包括标有星号 (*) 的元素-这些元素仅提供信息。

性能测试

以下内容与方法200.8中介绍的最重要的性能测试项目：

- 仪器检出限 (IDLs)
- 方法检出限 (MDLs)
- 线性动态范围 (LDR)
- 标准参考物质 (SRMs) 或质量控制样品 (QCSs) 的分析
- 典型样品加标回收
- 使用质量控制样品进行的仪器长时间运行稳定性试验

以上测试内容分别详述如下：

仪器检出限

按照方法200.8章节3.5中推荐的方法程序测定仪器检出限 (IDLs)，方法200.8将IDL定义为待测元素信号响应值的浓度，等于在某一分析质量数时，重复测定标准空白溶液 (1% HNO_3) 10次后计算得出的标准偏差乘以3所得到的值。结果应接近或优于方法200.8中估计的IDLs。

方法检出限

按照方法200.8章节9.2.4中介绍的方案测定方法检出限 (MDLs)。方法中这样描述道：使用加标的标准空白溶液 (2% HNO_3) 进行7次平行实验，MDLs的计算公式如下：

$$\text{MDL} = (t) \times (S)$$

其中：

t = Student's t值 (99%置信水平和自由度为n-1的标准偏差估计值)

(7次平行实验的t=3.14)

S = 平行实验测定结果的标准偏差 (自由度为n-1)

由于方法200.8规定方法检出限的测定应按照方法检出限估计值的2-5倍加标进行测定，因此本实验使用不同的加标浓度计算方法检出限。测定结果应等于或优于方法200.8中的估计值。

线性动态范围

根据方法200.8章节9.2.2对测定的每个同位素建立线性曲线范围。在使用表3中列举的标准空白和标准溶液对仪器进行校正后，对一系列浓度递增的标准溶液进行测定。线性动态范围规定标准溶液测定的结果与标准溶液真值的差别不超过10%。根据方法200.8，动态线性范围的上限测得的信号值不能比根据较低浓度的标准溶液推算出来的信号值低10%。

标准参考/质量控制样品测定

通过检测两个标准参考/质量控制样品进行方法准确性和精密度的测试。在这项指标测试中，检测的参考物质是饮用水中痕量金属高纯度标准物质 (TMDW)，并同时使用原液和10倍稀释样品进行加标实验。另外，测定标准参考物质NIST® 1643e “水中痕量元素” 并与推荐值进行比较。

加标回收率

通过在我们实验室的自来水水样中加标20 $\mu\text{g/L}$ 进行加标回收率评价。加标回收率应在方法200.8中规定的可接受值 $\pm 30\%$ 范围内。

质量控制样品测定的仪器长时间运行稳定型

质控样品也被用于仪器全程运行的校准检查，对仪器在9个小时运行时间（这是部分实验室每天“典型”的工作时长）里的长期稳定性进行评价。

方法200.8章节9.2.3中对质量控制进行了规定，要求必须在校准曲线建立后，以及每分析10个样品后立即分析一次质量控制样品 (QCS)。将质控样品的测定结果与真值进行比较可求得回收率。如果质控样品的测定值没有真值 $\pm 10\%$ 范围内，就应该停止检测，待问题解决后再重新进行检测。

结果

按照方法200.8批准的校正方程，在仪器的标准模式下开展检测，详细内容见表4。

表4. 使用NexION 300Q ICP-MS按照方法200.8测定时用到的同位素和校正方程

测定元素	元素符号	监测的同位素 (amu)	
铍	Be	9	
铝	Al	27	
钒	V	51	-3.127 * [ClO53 - (0.113 * Cr 52)]
铬	Cr	52	
锰	Mn	55	
钴	Co	59	
镍	Ni	60	
铜	Cu	65	
锌	Zn	66	
砷	As	75	-3.127*[ArCl77-0.815*Se 82)]
硒	Se	82	- 1.0087* Kr 83
钼	Mo	98	- 0.110588* Ru 101
银	Ag	107	
镉	Cd	111	-1.073*[MoO108-(0.712 *Pd 106)]
锑	Sb	121	
钡	Ba	137	
汞	Hg	202	
铊	Tl	205	
铅	Pb	208	+ 1* Pb 206 + 1* Pb 207
钍	Th	232	
铀	U	238	
钠*	Na	23	
镁*	Mg	24	
钾*	K	39	
钙*	Ca	44	
铁*	Fe	54	- 0.0282* Cr 52

备注：标有星号 (*) 的元素列入本表仅提供信息

由表5可见仪器检出限、方法检出限和线性动态范围的测定结果。每个质量使用0.5-1.5秒的积分时间，表中所有元素的测定结果都能与方法200.8的指导值相吻合。全部21个元素、5个内标元素，以及方法200.8批准的其它同位素每测定一次共耗时1分53秒。

表5. 使用NexION 300Q ICP-MS标准模式按照方法200.8测得的仪器检出限 (IDLs) 和方法检出限 (MDLs)，以及线性动态范围 (LDR)

测定元素	仪器检出限 (IDLs) (µg/L)	MDL加标 (µg/L)	MDL (µg/L)	线性范围 (mg/L)
Be	0.0005	0.002	0.0008	50
Al	0.01	0.05	0.03	100
V	0.006	0.01	0.01	100
Cr	0.02	0.05	0.02	100
Mn	0.002	0.01	0.004	100
Co	0.0005	0.002	0.0008	100
Ni	0.002	0.01	0.002	100
Cu	0.0007	0.002	0.0009	100
Zn	0.008	0.05	0.03	100
As	0.006	0.01	0.009	100
Se	0.03	0.05	0.03	50
Mo	0.0006	0.002	0.001	100
Ag	0.0006	0.002	0.001	100
Cd	0.003	0.01	0.003	100
Sb	0.0009	0.002	0.001	100
Ba	0.0009	0.002	0.002	50
Hg	0.0003	0.002	0.002	0.05
Tl	0.0002	0.002	0.0008	50
Pb	0.0003	0.002	0.0004	50
Th	0.0002	0.002	0.0006	20
U	0.0001	0.002	0.0004	20
Na*	0.03	0.05	0.03	50
Mg*	0.002	0.01	0.002	50
K*	0.8	5.0	1.0	30
Ca*	0.06	0.5	0.1	100
Fe*	1.3	5.0	2.6	100

备注：标有星号 (*) 的元素列入本表仅提供信息

通过对饮用水标准参考物质（高纯标准TMDW）的原液和稀释液进行的加标回收实验的结果列于表6。标准参考物质NIST® 1643e的测定结果列于表7。通过取自我们实验室的自来水样品进行的加标实验数据列于表8。由表6、7、8可见，几乎所有的CRM测定值与推荐值的偏差都在10%范围内，并且所有加标回收率都在方法200.8要求标准值±30%范围内。

表6. 使用NexION 300Q ICP-MS检测饮用水中痕量金属高纯度标准物质 (TMDW) 的检测值和加标回收率 (原液的测定结果见表左侧, 10倍稀释液的测定结果见表右侧)

测定元素	饮用水中痕量金属高纯度标准物质 (原液)			饮用水中痕量金属高纯度标准物质 (10倍稀释液)		
	标准推荐值 (µg/L)	平均测定值(µg/L)	回收率 (%)	标准推荐值 (µg/L)	平均测定值(µg/L)	回收率 (%)
Be	20.0	17.44	87.2	20.0	19.31	96.6
Al	120	114.3	95.2	120	114.9	95.7
V	30.0	28.37	94.6	30.0	26.62	88.7
Cr	20.0	19.40	97.0	20.0	18.88	94.4
Mn	40.0	39.51	98.8	40.0	37.03	92.6
Co	25.0	23.64	94.6	25.0	22.80	91.2
Ni	60.0	57.86	96.4	60.0	56.24	93.7
Cu	20.0	19.22	96.1	20.0	19.71	98.6
Zn	70.0	68.07	97.2	70.0	68.15	97.4
As	80.0	78.68	98.4	80.0	76.81	96.0
Se	10.0	9.66	96.6	10.0	9.59	95.9
Mo	100	97.14	97.1	100	91.56	91.6
Ag	N/C	1.80		N/C	1.31	
Cd	10.0	9.80	98.0	10.0	9.74	97.4
Sb	10.0	10.02	100.2	10.0	9.69	96.9
Ba	50.0	49.27	98.5	50.0	47.22	94.4
Hg	N/C	<0.002		N/C	<0.02	
Tl	10.0	9.46	94.6	10.0	9.34	93.4
Pb	40.0	38.66	96.6	40.0	39.42	98.6
Th	N/C	0.002		N/C	0.004	
U	10.0	9.73	97.3	10.0	9.70	97.0
Na*	6000	5897	98.3	6000	5988	99.8
Mg*	9000	8781	97.6	9000	8987	99.9
K*	2500	2431	97.3	2500	2393	95.7
Ca*	35000	33715	96.3	35000	33689	96.3
Fe*	100	91.47	91.5	100	91.06	91.1

备注: 标有星号 (*) 的元素列入本表仅提供信息

N/C =没有标准值

表7. 使用NexION 300Q ICP-MS 测定饮水标准推荐物质 (SRM, NIST® 1643e) 的结果

测定元素	NIST® SRM 1643e水中痕量元素		
	标准值 (µg/L)	平均测定值 (µg/L)	回收率 (%)
Be	13.98	13.24	94.7
Al	141.8	137.7	97.1
V	37.86	36.70	96.9
Cr	20.40	20.00	98.0
Mn	38.97	37.37	95.9
Co	27.06	25.25	93.3
Ni	62.41	59.42	95.2
Cu	22.76	21.30	93.6
Zn	78.50	73.86	94.1
As	60.45	57.25	94.7
Se	11.97	11.30	94.4
Mo	121.4	117.3	96.7
Ag	1.06	0.99	93.1
Cd	6.57	6.26	95.4
Sb	58.30	55.38	95.0
Ba	544.2	511.0	93.9
Hg	N/C	0.01	
Tl	7.445	6.67	89.5
Pb	19.63	18.05	91.9
Th	N/C	<0.0006	
U	N/C	<0.0004	
Na*	20740	20272	97.7
Mg*	8037	7561	94.1
K*	2034	1919	94.3
Ca*	32300	29750	92.1
Fe*	98.1	98.23	100.1

备注: 标有星号 (*) 的元素列入本表仅提供信息
N/C =没有标准值

根据测得的仪器准确性, 通过在12小时分析时长内每测定10个样品就测定一次TMDW QCS样品对仪器的长时间运行稳定性进行评价。结果见图1。在超过12小时的时间里, 所有元素的测定值与真值之间的差别都小于±10%, 证明仪器具有很好的稳定性, 完全符合200.8指导值的规定。

表8. 使用NexION 300Q ICP-MS测定本实验室水样的结果

测定元素	实验室当地饮用水样品加标回收率			
	样品浓度 (µg/L)	加标浓度 (µg/L)	样品加标测定浓度 (µg/L)	加标回收率 (%)
Be	0.01	20.00	20.86	104.3
Al	37.10	20.00	57.75	103.2
V	0.19	20.00	18.96	93.8
Cr	0.10	20.00	19.47	96.9
Mn	2.14	20.00	21.41	96.4
Co	0.02	20.00	19.53	97.6
Ni	0.17	20.00	19.94	98.9
Cu	111.5	20.00	130.9	96.7
Zn	3.65	20.00	24.22	102.9
As	0.66	20.00	20.89	101.1
Se	0.02	20.00	20.52	102.5
Mo	0.28	20.00	20.02	98.7
Ag	0.05	20.00	20.127	100.4
Cd	<0.003	20.00	20.33	101.7
Sb	0.03	20.00	20.26	101.2
Ba	3.66	20.00	23.87	101.1
Hg	0.02	2.00	2.01	99.7
Tl	0.04	20.00	20.15	100.5
Pb	0.29	20.00	20.55	101.3
Th	0.06	20.00	20.07	100.0
U	0.14	20.00	20.16	100.1
Na*	3478	2000	5490	100.6
Mg*	267	2000	2268	100.0
K*	193	2000	2137	97.2
Ca*	3390	2000	5377	99.3
Fe*	57.35	20.00	76.49	95.7

备注: 标有星号 (*) 的元素列入本表仅提供信息

总结

本研究进行的评价已清楚的表明, NexION 300Q ICP-MS系统是满足美国EPA方法200.8检测饮用水样品实际需求的极佳选择。使用仪器的标准模式就能很轻松的符合方法200.8规定的仪器检出限和方法检出限要求。研究结果同样也表明仪器在分析标准物质和实际饮用水加标样品时具有非常好的准确性。然而, 在按照方法200.8进行的所有性能测试实验中, 仪器的漂移性测定实验给人留下的印象最为深刻。12小时稳定性实验表明, 仪器运行12小时后, 被测元素信号测定值与在仪器初始运行时测定的信号值相差小于±9%, 这对于满足那些开展大样本量饮用水测定工作的

环境实验室对仪器长时间运行稳定性的要求而言是非常重要的。这项研究将在对仪器的碰撞模式和反应模式（在另外两份应用报告）检测能力作出评价后完成。^{1,2}

参考文献

1. The Analysis of Drinking Waters by U.S. EPA Method 200.8 using the NexION 300X ICP-MS in Standard and Collision Modes: PerkinElmer Inc. Application Note, 2012.
2. The Analysis of Drinking Waters by U.S. EPA Method 200.8 Using the NexION 300D ICP-MS in Standard, Collision and Reaction Modes: PerkinElmer Inc. Application Note, 2012.
3. U.S. EPA Method 200.8 Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by ICP-MS, Revision 5.4, 1994: <http://www.epa.gov/sam/pdfs/EPA-200.8.pdf>.
4. U.S. EPA National Pollutant Discharge Elimination System (NPDES): <http://cfpub.epa.gov/npdes/>.
5. The Thirty Minute Guide to ICP-MS: PerkinElmer Inc. Technical Note, 2011.
6. S.D. Tanner and V.I. Baranov, Theory, Design and Operation of a Dynamic Reaction Cell for ICP-MS, Atomic Spectroscopy, 20 (2), 45–52, 1999.
7. M. Mahar, K. Neubauer, Z. Grosser, Improved Performance in the Analysis of Drinking Waters & Wastewaters by EPA Method 200.8 with an SC-FAST, PerkinElmer Inc. Application Note, 2008.

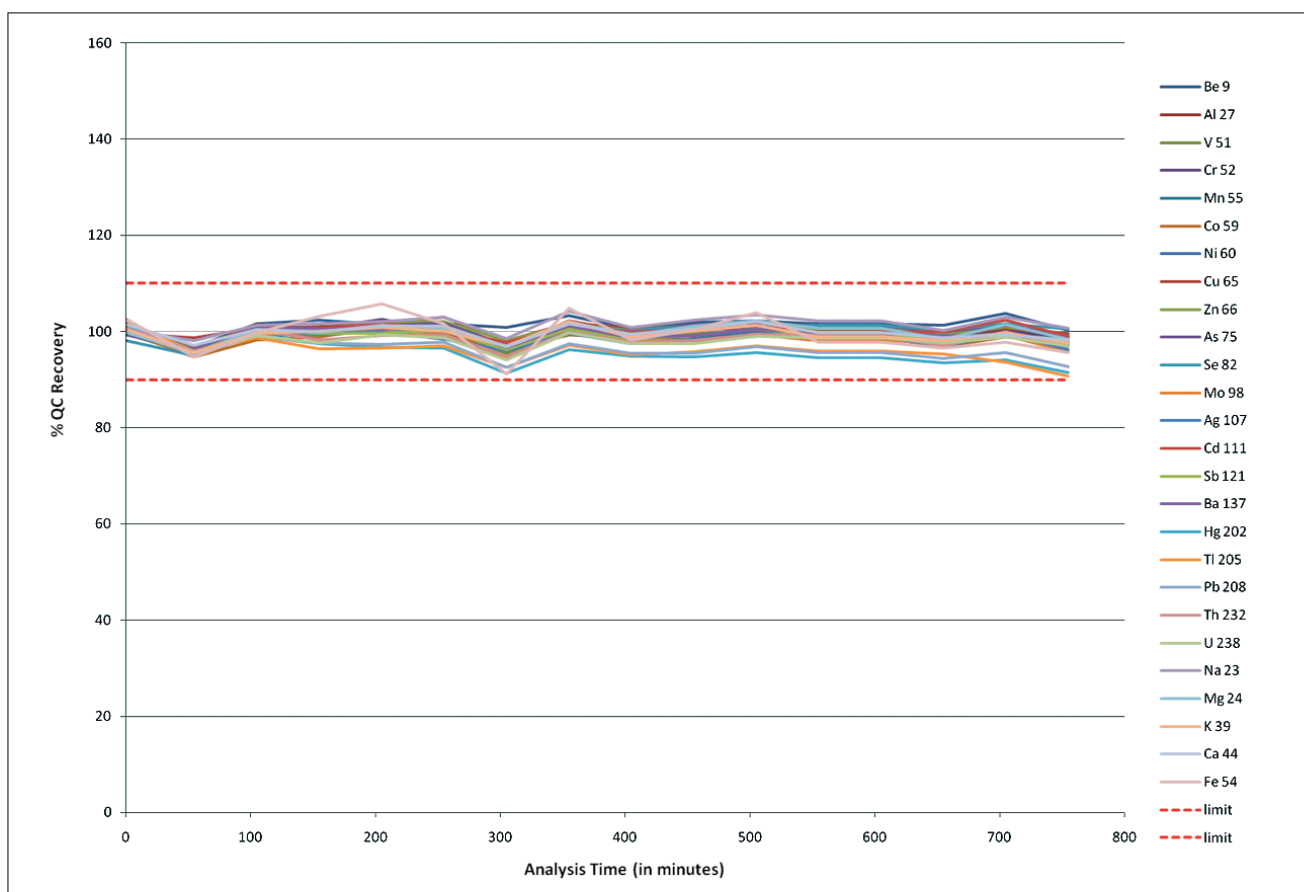


图1.使用NexION 300Q ICP-MS在12小时仪器长时间稳定性检测中每测定10个样品测定一次TMDW QCS样品的回收率。

PerkinElmer, Inc.

珀金埃尔默仪器（上海）有限公司
地址：上海张江高科园区李冰路67弄4号
邮编：201203
电话：800 820 5046 或 021-38769510
传真：021-50791316
www.perkinelmer.com.cn



要获取全球办事处的完整列表，请访问<http://www.perkinelmer.com.cn/AboutUs/ContactUs/ContactUs>

版权所有 ©2012, PerkinElmer, Inc. 保留所有权利。PerkinElmer® 是PerkinElmer, Inc. 的注册商标。其它所有商标均为其各自所有者或所有者的财产。