

## 赛默飞世尔原子发射光谱仪

iCAP PRO XP

技术白皮书

### 1. 分光系统

1.1 单色器：具备高分辨率中阶梯光栅和石英棱镜两级分光。

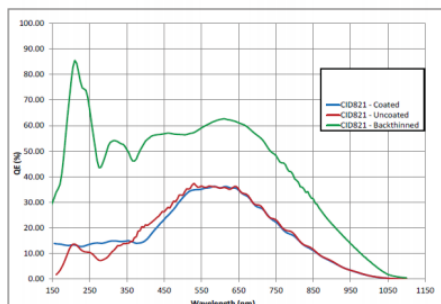
★1.1.1 波长范围：至少满足 167~950nm，覆盖从 167-950nm 整个波长范围，无任何波长断点（提供该仪器软件截图和测定 167.079nmAl 与 894.347nmCs 的图谱证明）。

160 到 167 中间没有实际可用的波长，所以采用 167-950 的设计对检测器有效使用面积更多。不仅仅能测 Cs，还可以测氯。

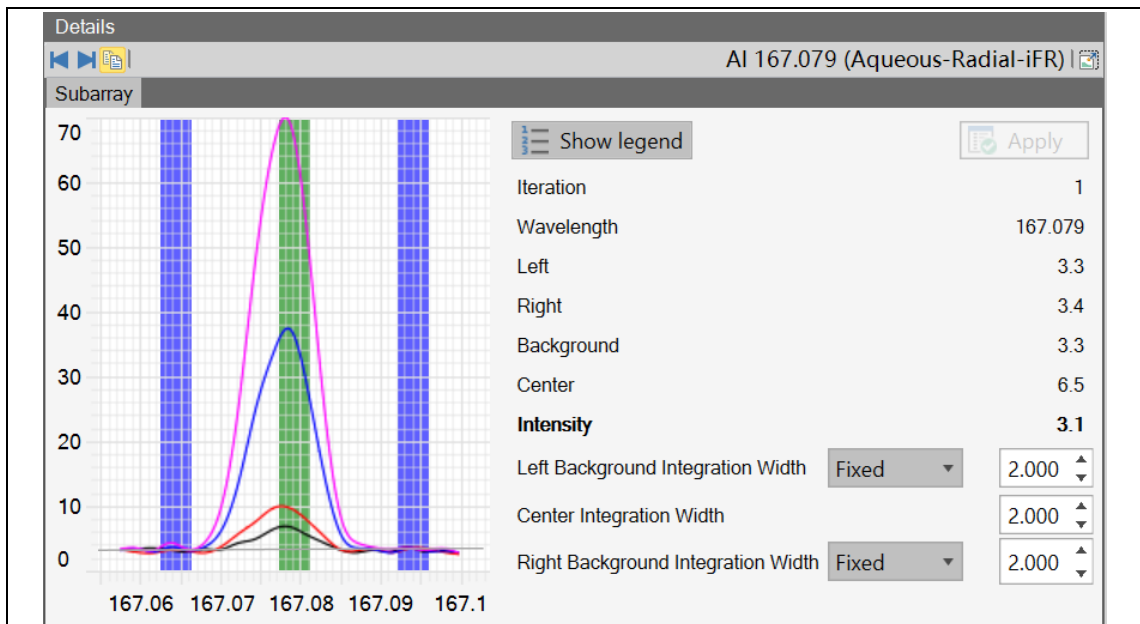
国际原子能机构给出铝的波长是 167.079nm。

Thermo Fisher iCAP PRO Series ICP-OES 采用面阵结构背照式固态检测器（电荷注入式 CID 检测器），总有效像素为 2048 X2048 共计 419 万个有效像素单元，有效的全谱图像光谱响应范围为 166.189nm-1013.419nm，保证对真空紫外区、紫外区、可见区、红外区、近红外区光谱信号的实时响应，具体可见以下由 iCAP PRO Series ICP-OES 仪器操作软件 Qtegra 通过 CID 检测器拍摄的经中阶梯光栅和棱镜二维色散后的全谱图像：近红外光谱区 1013nm 响应上限以及真空紫外区 166nm 响应下限连续光谱信号图。

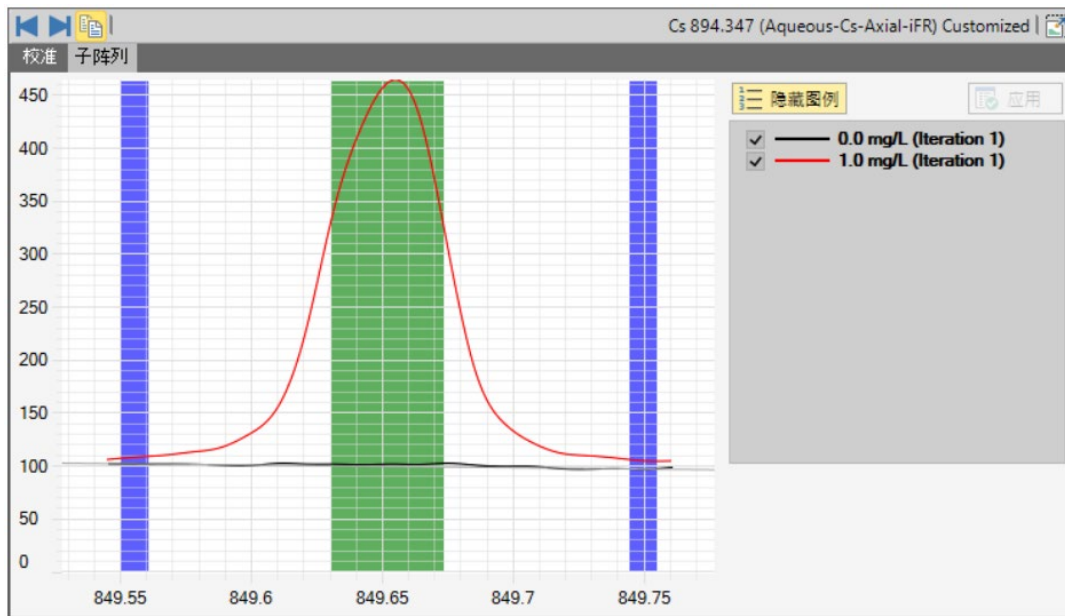
Nondestructive Read Out: Any pixel on the CID821 can be interrogated, yielding the pixel's photon-generated signal, at any point in time without affecting the photon-generated charge in that pixel site (or any other pixel site).



CID 检测器 150nm-1050nm QE 及 CID 检测器实物图



167.079nmAl 的图谱证明



894.347nmCs 的图谱证明

▲1.1.2 光学分辨率:  $\leq 0.006\text{nm}$  (在  $200\text{nm}$  处); 像素分辨率 $\leq 0.002\text{nm}$ 。

光学分辨率在  $0.005\text{nm}$  以下的 ICP 都是采用单道扫描型 ICP 的原理, 需要转动光栅。长期使用会有机械结构的损耗, 容易发生故障。该类型的仪器测试速度很慢。而  $0.006\text{nm}$  以上的都是全谱直读型 ICP, 测试速度快, 无论多少个波长,  $1\text{min}$  测试时间; 光栅位置固定, 光传播更稳定, 使用成本更低。

1.1.3 波长准确度:  $< 0.0004\text{nm}$ 。

1.1.4 波长校正: 碳线、氮线、氩线动态波长校正, 无需额外氦灯, 没有额外耗材。如果采用氦灯动态校正, 氦灯是消耗品。

采用碳线、氮线、氩线动态波长校正, 无需额外氦灯, 没有额外耗材。如果采用氦灯动态校正, 氦灯是消耗品。

1.1.5 光室吹扫: 气体为高纯氩气, 需提前吹扫和延时吹扫, 开机即可点火,  $\leq 5\text{min}$  就能达到最佳分析状态。

更先进的高端 ICP 必备标志有两个：光室恒温 and 检测温度低于零下 40°C。光室必须恒温才能保证光在传播过程中稳定，即开即用是低端 ICP 的特点，结构类似于连续光源原子吸收。光室恒温技术决定了好的 ICP 不可能开机即用，最起码需要升温。另外，工业氩气对光传播不利，会影响 167-190nm 的波长。

## 2. CID 检测器

CID 为非破坏性检测器，CID 可多次积分，信噪比更高。无溢出；饱和电荷仅在像素内，不扩散，CID 可同时测高低浓度，无需稀释。

▲ 2.1 像素分辨率：≤0.002nm/pixel。

2.2 检测范围：至少 6 个数量级

▲ 2.3 工作温度：≥ -45°C；Peltier 制冷，≤5min 冷却到 -45°C

2.4 具备多种背景校正方式，包括但不限于自动、动态、线性、非线性。

## ★ 3. 高频发生器

自激式高频发生器：750 ~ 1600W 可调，功率波动 ≤0.1%。

无需更高功率即可正常工作，发生器传输效率更高、更节能、更环保，且不易发生故障。

## 4. 炬管和等离子体

4.1 炬管高度：垂直安装，高度上下可调。

▲ 4.2 测量方式：包括但不限于轴向、轴向扩展、侧向、侧向扩展等测量方式

4.3 气体控制：软件控制的质量流量控制器（MFC），可稳定控制载气、辅助气、等离子气、吹扫气、反吹气等各路气体的流量。

▲ 4.4 加氧功能：有机样品直接进样时，具有加氧辅助燃烧功能（提供该仪器通氧管接口照片）。



仪器通氧管接口照片

▲ 4.5 尾焰消除：专利氩气反吹无需水冷技术。采光锥氮化硅材质，耐高温，无额外耗材产生。

★ 5. 进样系统：蠕动泵：12 滚轮，4 通道蠕动泵，泵速自动可调，压力可调，具有泵速快进功能。

6. 实时安全监控系统：

可监控所有气体压力和流量，冷却循环水流量和温度，射频发生器功率，炬管位置，光室（吹扫）气体压力，等离子体室门开与关，排气量，等离子体炬焰点燃与关闭，多重传感器连续监测所有运行参数和状态，确保安全和无人监护。具有多重防辐射屏蔽门。

### 7.分析软件

7.1 可支持中英文，内置分析方法包括但不限于标准曲线法、标准加入法、标准加入校正法、内标法、光强度法等。

7.2 谱线库丰富（≥52000 条），有各分析线的相对灵敏度和各种干扰的识别。

7.3 允许重新背景校正。

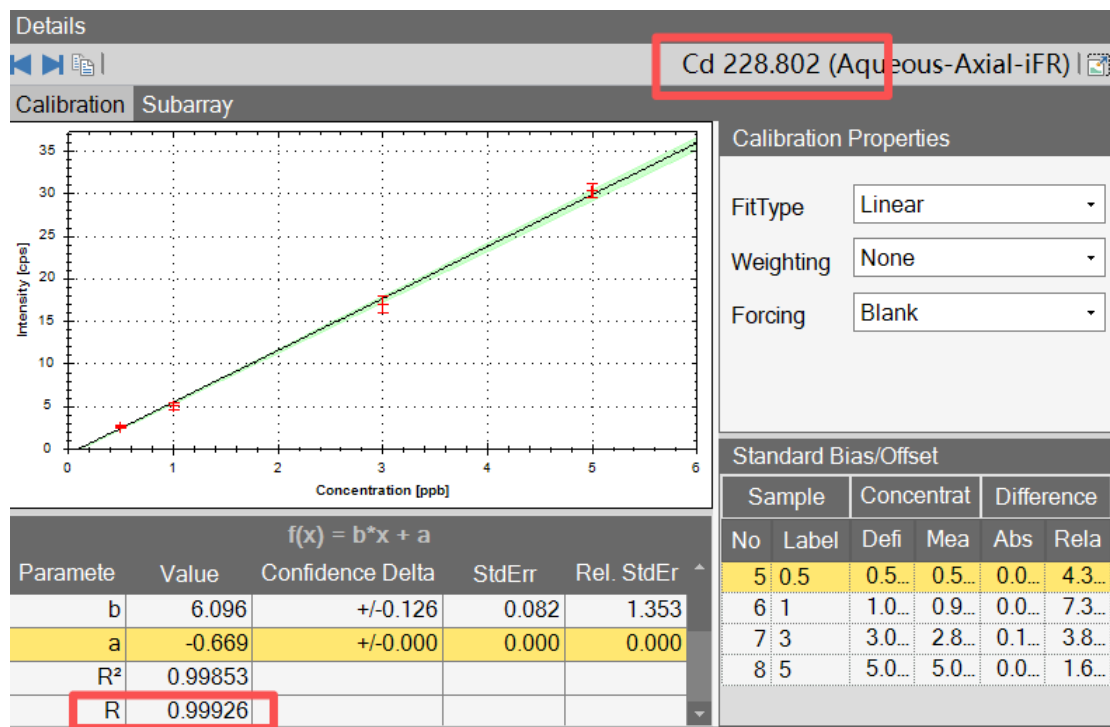
7.4 详尽的质控软件包和检测各种信息的质控图。

7.5 具有远程诊断、网络通讯和数据再处理功能。

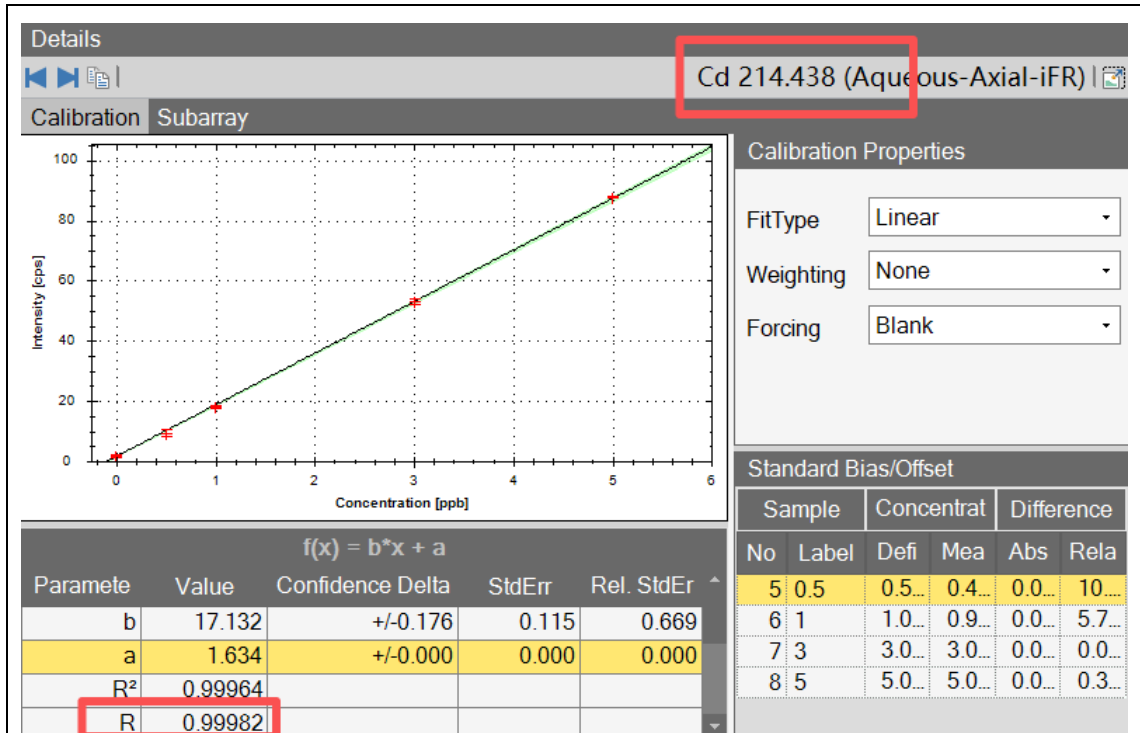
### 8.性能指标

8.1 短期稳定性: RSD≤0.50%; 长期稳定性: ≥4 小时, RSD≤2.0%。

▲8.2 高灵敏度进样系统: 能测出 0、0.50、1.00、3.00、5.00 (μg/L) Cd (228.802nm) 标准曲线, 0、20、50、100、200 (mg/L) Cl (波长 858.597nm) 标准曲线和 0、0.050、0.25、1.00、2.00 (mg/L) S (180.731nm) 标准曲线。5 点拟合, 不可删除, 线性拟合系数 R≥0.999 (提供曲线证明)。10μg/LCd 和 100μg/LAs 的混合标准溶液在 As228.812nm 处测定, As 与 Cd 的峰谷比 As 的峰高≤10%; 1mg/LTi 在 190.7960nm 与 190.8100nm 双线的分辨率图及主峰 190.7960nm 的 FWHM 值≤0.0004nm (验收指标)。



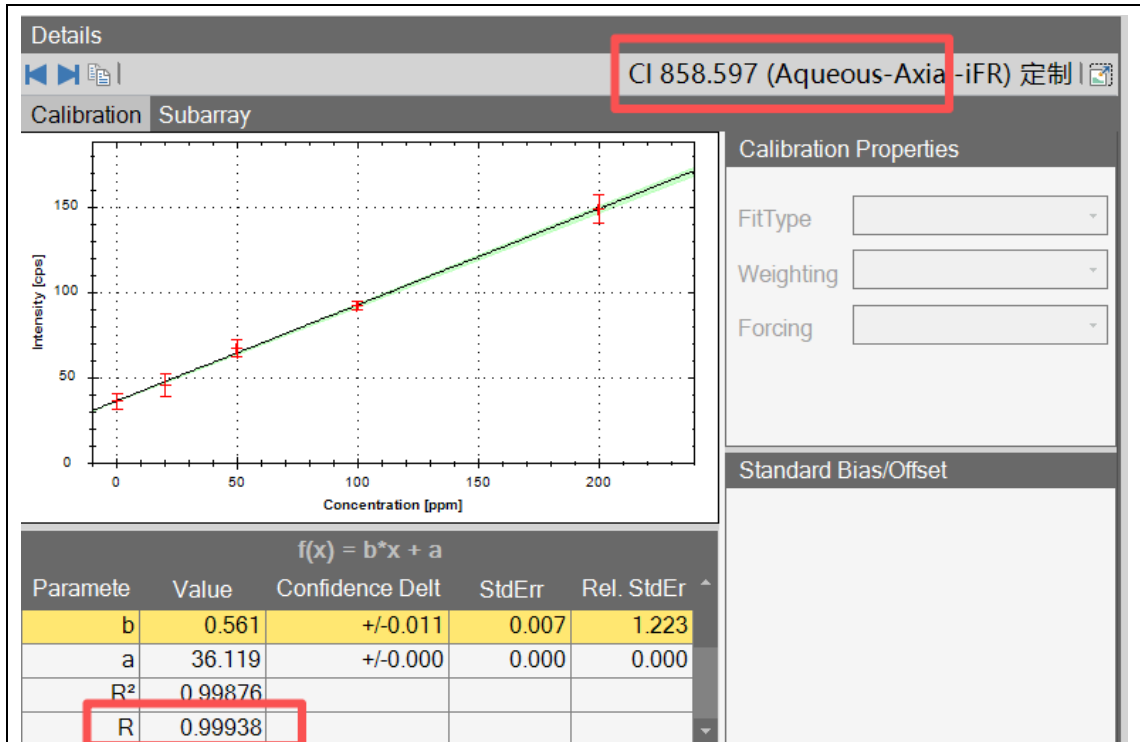
0、0.50、1.00、3.00、5.00 (μg/L) Cd (228.802nm) 标准曲线



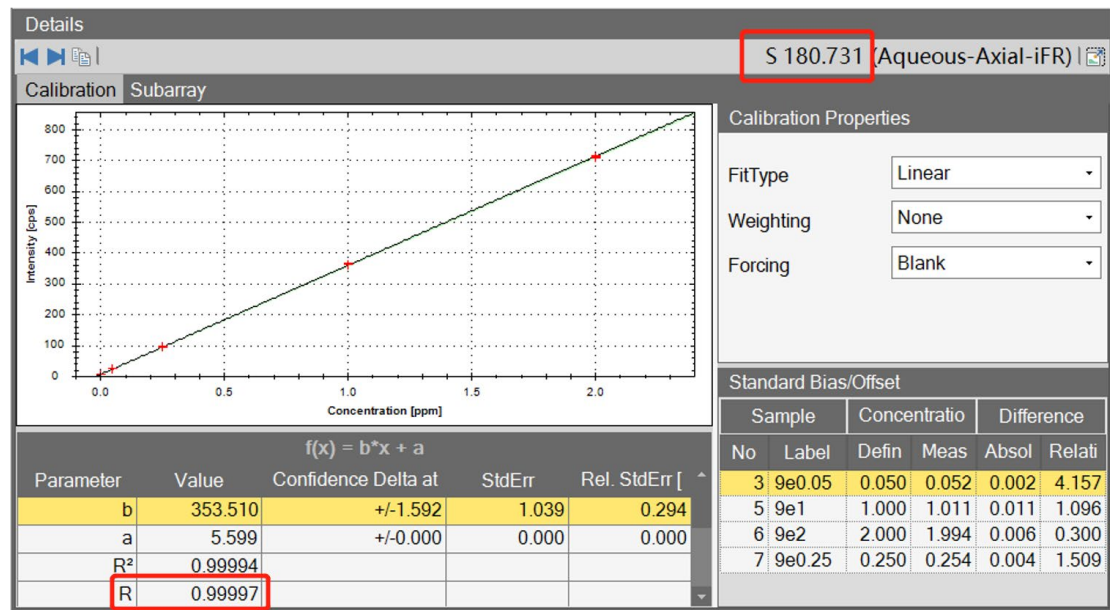
0、0.50、1.00、3.00、5.00 (μg/L) Cd (214.438 nm) 标准曲线

Cl 在 858.597 才是最佳波长:

Ion	Observed Wavelength Air (nm)	Ritz Wavelength Air (nm)	Rel. Int. (?)	$A_{ki}$ (s <sup>-1</sup> )	Acc.	$E_j$ (cm <sup>-1</sup> )	$E_k$ (cm <sup>-1</sup> )	Lower Level Conf., Term, J
Cl I	858.597	858.5981	75000	1.9e+07	D	72 488.568	84 132.262	3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P)4s 4p <sup>3</sup> / <sub>2</sub>
Cl I	862.854		450					
Cl I	864.171		300					
Cl I	868.626	868.6281	3500	3.9e+06	D	74 225.846	85 735.091	3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P)4s 2p <sup>3</sup> / <sub>2</sub>
Cl I	891.292		2200					
Cl I	894.806	894.8062	3000	1.2e+07	D	71 958.363	83 130.900	3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P)4s 4p <sup>5</sup> / <sub>2</sub>



0、20、50、100、200 (mg/L) Cl (波长 858.597nm) 标准曲线



0、0.050、0.25、1.00、2.00 (mg/L) S (180.731nm) 标准曲线

▲8.3 提供应用文章按环保标准 HJ776—2015 ICP 法测试工业废水中 36 种元素 (Li、Na、K、Be、Mg、Ca、Sr、Ba、B、Al、Si、Sn、Pb、P、As、Sb、Bi、S、Se、Ti、Zr、V、Cr、Mo、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Ag、Zn、Cd、W、U、Ga、In)；

表5. HJ 776—2015水质测定方法中使用玻璃同心雾化器的分析物的最佳波长、检测限( $X_{LD}$ )和定量限( $X_{LO}$ )列表。对于大多数分析物, 多个波长被验证为适合此类分析的波长, 但此处仅列出了灵敏度最佳且 $X_{LD}$ 和 $X_{LO}$ 最低的波长。

分析物	波长 (nm)	观察模式, 所有iFR	LD ( $\mu$ g·L <sup>-1</sup> )	LQ ( $\mu$ g·L <sup>-1</sup> )	分析物	波长 (nm)	观察模式, 所有iFR	LD ( $\mu$ g·L <sup>-1</sup> )	LQ ( $\mu$ g·L <sup>-1</sup> )
Ag	328.068	轴向	0.87	2.61	Mn	257.610	轴向	0.003	0.009
Al	167.079	轴向	0.14	0.42	Mo	202.030	轴向	0.43	1.29
As	189.042	轴向	1.48	4.44	Na	589.592	径向	5.19	15.57
B	249.773	轴向	0.71	2.13	Ni	231.604	轴向	0.6	1.8
Ba	233.527	轴向	0.06	0.18	P	177.495	轴向	1.54	4.62
Be	234.861	轴向	0.03	0.09	Pb	220.353	轴向	0.83	2.49
Bi	223.061	轴向	0.84	2.52	S	180.731	轴向	1.68	5.04
Ca	315.887	径向	2.93	8.79	Sb	206.833	轴向	1.18	3.54
Cd	214.438	轴向	0.09	0.27	Se	196.09	轴向	2.29	6.87
Co	228.616	轴向	0.16	0.48	Si	212.412	轴向	1.67	5.01
Cr	267.716	轴向	0.09	0.27	Sn	189.989	轴向	0.74	2.22
Cu	324.754	轴向	0.22	0.66	Sr	407.771	轴向	0.01	0.03
Fe	238.204	轴向	0.11	0.33	Ti	334.941	轴向	0.04	0.12
Ga	287.424	轴向	1.21	3.63	U	367.007	轴向	1.65	4.95
In	325.609	轴向	2.58	7.74	V	290.882	轴向	0.87	2.61
K	766.490	径向	13.0	39.0	W	207.911	轴向	0.5	1.5
Li	670.791	径向	0.58	1.74	Zn	206.200	轴向	0.37	1.11
Mg	279.553	径向	0.13	0.39	Zr	339.198	轴向	0.07	0.21

按环保标准 HJ776—2015 ICP 法测试工业废水中 36 种元素

★8.4 按环保标准 HJ776—2015 ICP 法测试地表水中 25 种元素 (Mo、 Ag、 P、 Ti 、 V、 Li 、 Na 、 K、 Be 、 Mg 、 Ca 、 Sr 、 Ba 、 B 、 Al、 Pb 、 Cr、 Mn 、 Fe 、 Co 、 Ni 、 Cu 、 Zn 、 Cd; Si) ;