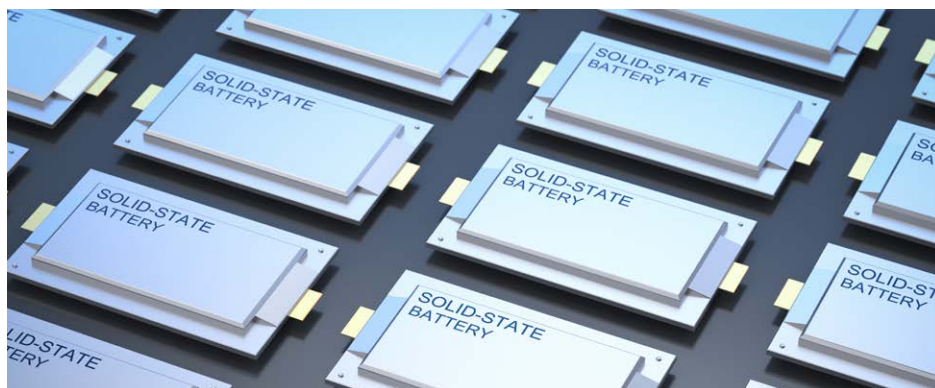


## 利用 ICP-OES 测定硫化物固体电解质中的元素

采用 Agilent 5800 VDV ICP-OES 分析新一代固态锂电池电解质的化学成分



### 作者

Ruby Bradford,  
安捷伦科技有限公司

### 前言

可再生能源的快速发展与新能源汽车的普及，推动了人们对新一代储能技术的关注。目前，锂离子电池 (LIBs) 作为主流储能技术，广泛应用于各类场景。然而，LIBs 的发展也受限于原材料供应、高成本问题，同时其安全性也备受关注。固态电池正逐步成为一种颇具潜力的替代储能技术。这类电池使用固体超离子材料作为电解质，替代了传统的液相电解质。这种材料通过固体晶格传输离子，与传统电池相比，具有更高的能量密度，同时安全性更高、工作温度范围更广<sup>[1]</sup>。Li<sub>10</sub>GeP<sub>2</sub>S<sub>12</sub> (LGPS) 是目前备受关注的无机固体电解质之一，因具有高离子电导率而成为研究热点。与传统电池电解质一样，固体电解质也必须保证高品质与高纯度，才能有效促进离子传输。若电解质中存在元素污染物，则可能会破坏电解质的规则晶格结构，进而影响电池的循环寿命、使用寿命和安全性<sup>[2,3]</sup>。

电感耦合等离子体发射光谱 (ICP-OES) 等光谱技术广泛应用于测定复杂材料中的元素污染物。该技术分析速度快、灵敏度高、耐受高含量总溶解态固体 (TDS)，尤其适用于同时测定电池电解质等样品中的痕量元素。

在整个 LIB 产业链中，已广泛采用 Agilent 5800 垂直双向观测 (VDV) 和 5900 同步垂直双向观测 (SVDV) ICP-OES，以满足行业多样化的分析需求<sup>[4]</sup>。这两款仪器都非常适用于研发新型材料、处理大批量样品，或致力于提升检测效率的实验室。由于目前尚无针对 LGPS 分析的对照检测方法，因此我们重点进行了检测方法的开发、优化与验证，以确保结果的准确性和可靠性。为更好地推进整个研究，我们利用了以下硬件与软件实用功能：

- IntelliQuant Screening：利用快速扫描软件功能，对 LGPS 样品开展全波长范围的元素含量初筛。获得的半定量数据可提供样品中元素种类的关键信息，有助于选择合适的分析波长并确定校准范围
- 早期维护反馈 (EMF)：此软件功能依托一系列传感器、计数器及追踪器，可在仪器需要维护时向分析人员发出提醒。通过维持仪器的理想运行状态，可以减少非必要停机时间，提升仪器的检测效率
- 智能冲洗：此功能可根据样品中各元素的实际冲洗时间，自动调整冲洗时间。这种智能冲洗程序能有效避免难洗脱元素或高浓度元素引发的残留干扰问题

本研究采用配备 Agilent SPS 4 自动进样器的 5800 VDV ICP-OES，对经过微波消解处理的电池级 LGPS 电解质粉末中的 29 种元素进行了测定。这 29 种元素包括铝、砷、硼、钡、铍、钙、镉、钴、铬、铜、铁、镓、锆、钾、锂、镁、锰、钼、钠、镍、磷、铅、硫、锑、硅、锶、钛、钒和锌。

## 实验部分

### 仪器



图 1. 配备 Agilent SPS 4 自动进样器及 Agilent ICP Expert 软件的 Agilent 5800 VDV ICP-OES

5800 VDV ICP-OES (图 1) 配备 SeaSpray 雾化器、双通道旋流雾化室和易安装全可拆卸的 VDV 炬管 (带 1.8 mm 内径 (id) 中心管)。使用 SPS 4 自动进样器将样品自动输送至仪器。仪器由 Agilent ICP Expert 软件 (7.7 版) 控制，该软件选配了 Pro-pack 软件模块，其中包含 IntelliQuant Screening 和智能冲洗等多项智能软件功能。这些功能在方法开发和分析时间优化方面发挥了重要作用。仪器操作参数列于表 1。

表 1. Agilent 5800 VDV ICP-OES 仪器和方法参数

参数	设置	
	轴向	径向
观测模式	轴向	径向
观测高度 (mm)	-	8
RF 功率 (kW)	1.2	
雾化器流速 (L/min)	0.7	
等离子体气流量 (L/min)	12	
辅助气流量 (L/min)	1.0	
重复测定次数	3	
冲洗时间 (s)*	3-60	
读数时间 (s)	5	
稳定时间 (s)	15	5
样品泵管	白色/白色	
内标泵管	橙色/白色	
废液泵管	蓝色/蓝色	

\* 最短和最长冲洗时间由智能冲洗功能确定

## 标样和样品前处理

使用安捷伦 1000 mg/L 单元素校准标样溶液，在 24% 逆王水中配制浓度为 0.050、0.100 和 0.500 mg/L 的标准溶液。24% 逆王水采用批量配制方式：按 3:1 的体积比，向 190 mL 去离子水中加入硝酸（HNO<sub>3</sub>，45 mL）和盐酸（HCl，15 mL），得到 250 mL 24% 的逆王水溶液。该溶液的配比不同于传统王水中 HNO<sub>3</sub> 与 HCl 1:3 的摩尔比。因为研究发现，逆王水配方有助于处理硫化物含量高的样品，例如 LGPS<sup>[5]</sup>。

实验所用 LGPS 样品为市售品，纯度 99.9%，购自 MSE Supplies LLC (Tucson, AZ, USA)，详见图 2。样品经浓逆王水溶解后，使用 MARS 6 微波消解系统 (CEM, Buckingham, UK) 进行微波消解。



图 2. LGPS (Li<sub>10</sub>GeP<sub>2</sub>S<sub>12</sub>) 样品粉末

在处理待分析的样品时，在通风橱中准确称取 0.100 g LGPS 粉末至 75 mL PFA MARS Xpress 消解罐中，整个过程尽量减少空气接触。空气中的水分会与样品发生反应，生成有臭味的硫化氢气体。然后加入 1 mL 去离子水，以及 9 mL 浓硝酸和 3 mL 浓盐酸。添加酸液（特别是 HNO<sub>3</sub>）时采用逐滴加入的方式，以控制剧烈反应并减少气体生成。

加标样品的制备方法如下：在称取样品加入微波消解罐后，向其中加入所有待测元素（Li、Ge、P、S 除外）的标液。为获得 0.200 mg/L 的加标浓度，需准确移取 0.1 mL 安捷伦多元素质量控制标准品 27 加入消解罐中。为确保覆盖全部待测元素，另使用 Ga 的单元素标准溶液进行了单独加标，使其浓度同样为 0.200 mg/L。

通过调整去离子水的体积，使加标样品与未加标样品的基质匹配。例如，若加标体积为 0.100 mL，则补加 0.900 mL 去离子水，使总体积达到 1 mL。随后按常规操作加入两种酸（HNO<sub>3</sub> 和 HCl）。

所有样品均按照表 2 所示的微波消解程序进行消解。在同一批次中对每种样品类型进行平行样消解，消解完成后，将消解液转移至试管中，用去离子水定容至 50 mL。最终基质为含 0.2% LGPS 的 24% 逆王水溶液。

内标 (IS) 溶液含有 5 mg/L Y 和 50 mg/L Rb，基质为 5% HNO<sub>3</sub>，采用安捷伦单元素标准溶液制备。通过 Y 型接头将内标 (IS) 溶液在线引入 ICP-OES 系统，用于校正各类基质效应或电离干扰。

表 2. MARS 6 微波消解系统参数

参数	设置
最大功率 (W)	1800
温度 (°C)	200
程序升温时间 (min)	25
保持时间 (min)	10

## 方法开发：IntelliQuant Screening

IntelliQuant Screening 智能半定量分析工具可在几秒钟内采集每个样品的全谱测量数据，并根据预先测定的校准曲线计算半定量数据<sup>[7,9]</sup>。在为所有待测元素建立校准曲线之前，先用该工具对消解后的 LGPS 样品进行筛查，确认存在 Li、Ge、P 和 S 元素，并识别任何可能存在的杂质。检测结果以元素周期表“热图”形式呈现，直观展示了样品的组成情况，可以看到 Fe、Cu 和 Si 含量略高（图 3）。然后利用这些信息，可以为所有待测元素确定合适的校准范围。



图 3. 含 0.2% LGPS 的 24% 逆王水的 IntelliQuant Screening “热图”，显示了分析元素的半定量浓度。杂质元素已用蓝色标出

IntelliQuant Screening 还配备了有效的波长星级评定系统。该软件可以针对待测元素选择用于定量分析的最佳波长，同时也会显示可能存在光谱重叠或其他干扰的波长。以 Li 为例（图 4），采用波长星级评定系统为 LGPS 定量分析选择合适的分析元素波长。

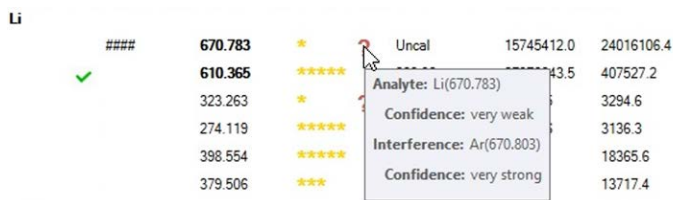


图 4. IntelliQuant Screening 波长星级评定系统，此处以 Li 为例。由于 Ar 对 Li 670.783 nm 谱线的干扰，软件推荐使用 Li 610.365 nm 谱线

### 优化样品间的冲洗时间

智能冲洗功能在本应用中展现出了显著优势。在标准 ICP-OES 方法中，分析人员必须根据最高浓度的样品来设定冲洗时间。事实上，并非所有样品都含有高浓度的待测元素，因此无需长时间冲洗。智能冲洗软件可在冲洗阶段实时监测待测元素的信号强度，当强度降至用户设定的阈值时，软件自动终止冲洗。通过减少不必要的冲洗时间，用户可大幅缩短整个样品分析流程的时间。

在本应用中，智能冲洗功能能够自动识别低浓度样品（例如空白溶液）并判定其无需 60 秒的常规冲洗。因此，软件自动大幅缩短了低浓度溶液的冲洗时间，同时针对高浓度样品保持了所需的充分冲洗效果，显著节省了整个流程的时间。对 100 个样品的分析对比显示，采用智能冲洗功能相较固定 60 秒冲洗的常规方法，累计节省时长超 1 小时（图 5）。图 5 中智能冲洗的数据呈非线性，直观表明在分析 QC 模块时冲洗时间较短，而在分析待测元素浓度较高的样品组时冲洗时间较长。

相较其他元素，硅元素需要更长的冲洗时间。尤其是在硅含量较高的溶液中，例如最高浓度的校准标样，这一现象尤为明显。通过在软件中设定硅元素需要“彻底”冲洗的指令，系统会额外增加冲洗时间，以确保在测定下一个样品前将硅完全冲洗干净。采用这种方法，分析人员可确保样品间无残留干扰问题。

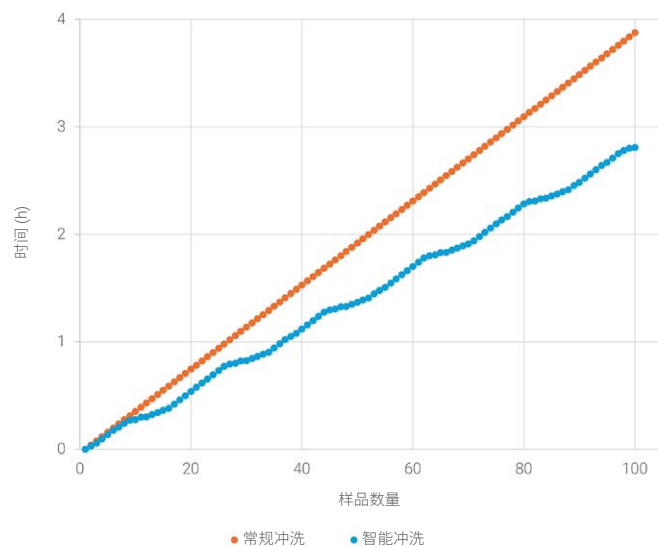


图 5. 采用智能冲洗（蓝色）与常规 60 秒冲洗（橙色）分析 100 个样品的时间对比

## 仪器自动维护追踪

5800 仪器的 EMF 功能借助一系列传感器和计数器，在需要维护时向用户发出提醒，无需人工追踪维护记录。在多人共用同一台仪器的情况下，这一提醒功能尤为实用。确保仪器始终处于理想运行状态，既能减少重复测量需求，也有助于维持仪器的理想性能。

由于本研究中所分析的新型基质尚无成熟分析方法或参考方法可循，因此需要开展大量的测试工作。为保证仪器在长时间的分析运行中保持理想性能，我们将 EMF 软件的提醒功能设置为：在“等离子体开启”累计达到 40 小时后，提醒分析人员检查并更换泵管（图 6）。磨损或堵塞的泵管会影响检测结果质量，因此定期更换泵管可以免费时费力且成本高昂的重新检测需求。

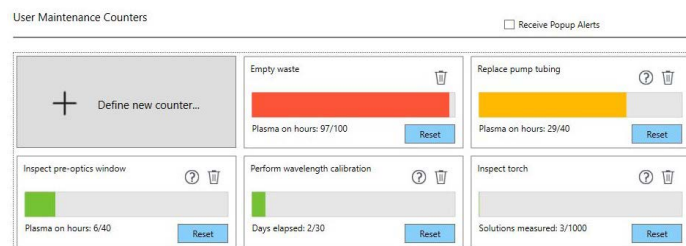


图 6. 早期维护反馈计数器根据用户设定的时间间隔指示着各项维护任务的状态

## 结果与讨论

### 校准和线性

所有 29 种待测元素均采用外标法进行定量分析，并通过仪器默认的自动拟合背景校正 (FBC) 程序进行背景校正。FBC 软件可自动校正简单和复杂的背景峰，无需人工干预。线性回归分析结果表明，各目标元素在校准范围内具有优异的线性，相关系数在 0.99900 至 1.00000 之间（表 3）。图 7 为 Cr 267.716 nm 的谱图和校准曲线。

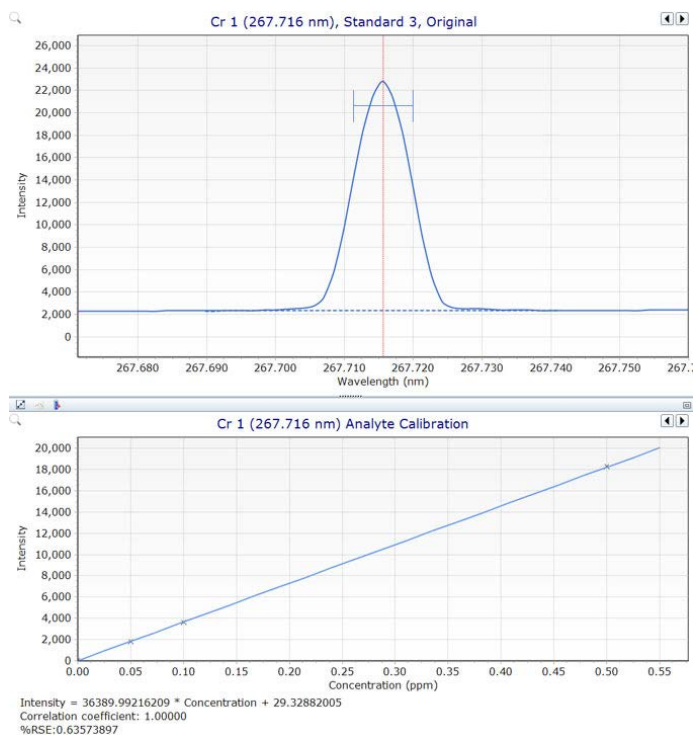


图 7. 上图：使用自动拟合背景校正获得的 Cr 267.716 nm 的谱图。下图：Cr 267.716 nm 的线性校准曲线，相关系数为 1.00000，相对标准误差 (%RSE) < 1%

表 3. 目标元素、背景校正、内标和校准信息。主量元素 Li、Ge、P 和 S 以粗体突出显示

元素与波长 (nm)	观测模式	背景校正	校准范围 (mg/L)	相关系数	内标与波长 (nm)
Al 396.152	轴向	拟合	0.050–0.500	0.99988	Y 371.029
As 188.980	轴向	拟合	0.050–0.500	0.99996	Y 371.029
B 249.772	轴向	拟合	0.050–0.500	0.99998	Y 371.029
Ba 455.403	轴向	拟合	0.050–0.500	1.00000	Y 371.029
Be 313.042	轴向	拟合	0.050–0.500	1.00000	Y 371.029
Ca 396.847	轴向	拟合	0.050–0.500	0.99998	Y 371.029
Cd 214.439	轴向	拟合	0.050–0.500	1.00000	Y 371.029
Co 238.892	轴向	拟合	0.050–0.500	1.00000	Y 371.029
Cr 267.716	轴向	拟合	0.050–0.500	1.00000	Y 371.029
Cu 327.395	轴向	拟合	0.050–0.500	0.99997	Y 371.029
Fe 238.204	轴向	拟合	0.050–0.500	0.99931	Y 371.029
Ga 294.363	轴向	拟合	0.050–0.500	0.99995	Y 371.029
K 766.491	轴向	拟合	0.050–0.500	0.99995	Rb 780.026
Mg 279.553	轴向	拟合	0.050–0.500	1.00000	Y 371.029
Mn 257.610	轴向	拟合	0.050–0.500	1.00000	Y 371.029
Mo 202.032	轴向	拟合	0.050–0.500	1.00000	Y 371.029
Na 589.592	径向	拟合	0.050–0.500	0.99998	Y 371.029
Ni 231.604	轴向	拟合	0.050–0.500	1.00000	Y 371.029
Pb 220.353	轴向	拟合	0.050–0.500	1.00000	Y 371.029
Sb 217.582	轴向	拟合	0.050–0.500	0.99998	Y 371.029
Si 251.611	轴向	拟合	0.050–0.500	0.99994	Y 371.029
Sr 407.771	轴向	拟合	0.050–0.500	1.00000	Y 371.029
Ti 336.122	轴向	拟合	0.050–0.500	0.99999	Y 371.029
V 292.401	轴向	拟合	0.050–0.500	1.00000	Y 371.029
Zn 213.857	轴向	拟合	0.050–0.500	0.99992	Y 371.029
<b>Li 610.365</b>	<b>径向</b>	<b>拟合</b>	<b>50–500</b>	<b>0.99999</b>	<b>Y 371.029</b>
<b>Ge 209.426</b>	<b>径向</b>	<b>拟合</b>	<b>50–500</b>	<b>1.00000</b>	<b>Y 371.029</b>
<b>P 213.618</b>	<b>径向</b>	<b>拟合</b>	<b>50–500</b>	<b>0.99999</b>	<b>Y 371.029</b>
<b>S 182.562</b>	<b>径向</b>	<b>拟合</b>	<b>50–500</b>	<b>0.99999</b>	<b>Y 371.029</b>

### 方法检出限

方法检出限 (MDLs) 使用与样品采用相同消解程序进行处理的“方法空白”溶液来确定。方法空白溶液的配制步骤如下：向 1 mL 去离子水中加入 9 mL 浓硝酸与 3 mL 浓盐酸，按照表 2 所列的消解方法进行消解。然后将溶液转移到试管中，稀释至 50 mL，得到 24% 的逆王水。

在非连续的几天里，每天对方法空白溶液进行三组单独的 10 次测量。MDLs 按 10 次方法空白测定结果的标准偏差乘以 3 计算。随后对所得三组方法检出限取平均值，并分别报告经稀释倍数（500 倍）校正前和校正后的结果（表 4）。

### 加标回收率测试

除 Li、Ge、P 和 S 外，在 0.2% LGPS 溶液中对其余待测元素进行加标，加标浓度为 0.200 mg/L。如表 4 所示，加标回收率均在预期浓度的 100% ± 10% 范围内。优异的回收率结果证明了 5800 ICP-OES 方法分析 LGPS 样品的准确性。

给出的所有加标信息均未考虑稀释倍数，且代表了 0.2% LGPS 溶液中的加标情况。

表 4. 使用 Agilent 5800 VDV ICP-OES 在 LGPS 中测得的元素的 MDLs (分别以原始样品 (mg/kg) 和溶液 (µg/L) 计算, 后者基于 0.100 g 样品稀释至 50 mL)、定量结果和加标回收率数据 (n = 3)

元素与波长 (nm)	LGPS	0.2% LGPS		0.2% LGPS + 0.200 mg/L 加标	
	样品的 MDL (mg/kg)	溶液的 MDL (µg/L)	实测浓度 (mg/L)	实测浓度 (mg/L)	加标回收率 (%)
Al 396.152	0.573	1.15	0.0138	0.203	95
As 188.980	2.23	4.45	0.0154	0.206	95
B 249.772	0.362	0.724	< MDL	0.187	94
Ba 455.403	0.0373	0.0745	0.000392	0.192	96
Be 313.042	0.00750	0.0150	< MDL	0.197	99
Ca 396.847	1.18	2.36	0.0239	0.215	95
Cd 214.439	0.175	0.350	< MDL	0.193	97
Co 238.892	0.278	0.556	< MDL	0.196	98
Cr 267.716	0.277	0.554	0.00971	0.197	94
Cu 327.395	0.244	0.487	0.0617	0.249	94
Fe 238.204	0.236	0.472	0.0312	0.228	98
Ga 294.363	1.82	3.64	< MDL	0.191	94
K 766.491	1.62	3.23	< MDL	0.198	98
Mg 279.553	0.0703	0.141	0.00651	0.199	96
Mn 257.610	0.0554	0.111	0.000756	0.196	97
Mo 202.032	0.464	0.929	< MDL	0.196	98
Na 589.592	1.24	2.48	0.00988	0.204	97
Ni 231.604	0.615	1.23	0.00332	0.200	98
Pb 220.353	1.59	3.18	< MDL	0.190	95
Sb 217.582	1.60	3.20	< MDL	0.189	94
Si 251.611	2.42	4.84	0.0240	0.213	94
Sr 407.771	0.00837	0.0167	0.000179	0.195	97
Ti 336.122	0.115	0.230	0.00186	0.197	97
V 292.401	0.529	1.06	< MDL	0.194	97
Zn 213.857	0.213	0.427	0.000827	0.202	100
Li 610.365	4.62	9.25	212		
Ge 209.426	30.1	60.1	208		
P 213.618	7.31	14.6	190		
S 182.562	61.9	124	1115		

主要元素 (Li、Ge、P 和 S) 的定量结果与半定量结果的偏差在 100% ± 20% 范围内, 证明了 IntelliQuant Screening 作为方法开发工具的实用价值。

### 长期稳定性

为评估 5800 VDV ICP-OES 的稳定性, 在连续 8 小时内进行了 241 次测量, 整个过程未进行重新校准。测试溶液由 10 份 LGPS 溶液和一个 QC 模块组成, 其中 QC 模块包含冲洗液、

连续校准空白 (CCB) 溶液和连续校准验证 (CCV) 溶液。CCV 溶液中除 Li、Ge、P 和 S 的浓度为 250 mg/L 外, 其余所有待测元素的浓度均为 0.250 mg/L。然后绘制了 CCV 的回收率图, 如图 8 所示。所有元素的回收率均保持在 100% ± 5% 范围内, 整个分析过程中未出现 QC 不合格的情况。除 As 的相对标准偏差 (%RSD) ≤ 5% 外, 其余元素的 %RSD 均 ≤ 2.5%。回收率数据表明, 利用 5800 VDV ICP-OES 分析固态电解质材料, 能够实现连续超过八小时的稳定分析。

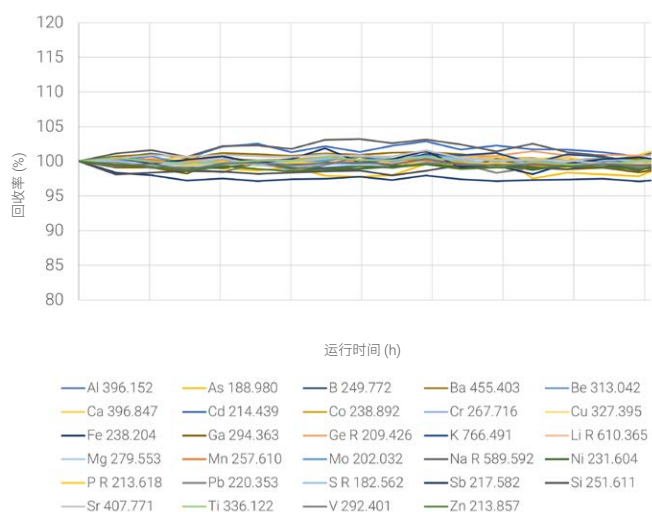


图 8. 连续八小时内 QC 溶液的归一化回收率，所有元素的回收率均在  $100\% \pm 5\%$  范围内

## 结论

本研究采用配备 Agilent SPS 4 自动进样器的 Agilent 5800 VDV ICP-OES，对 99.9% LGPS（一种用作固态 LIBs 电解质的固体超离子材料）中的 29 种元素进行了定量分析。样品采用逆水王微波消解后，进样至 ICP-OES 进行分析。鉴于目前尚无可参考的成熟分析方法，本研究采用以下智能工具简化方法开发流程并优化分析流程，确保整个分析过程获得稳定可靠的高质量结果：

- 利用 IntelliQuant Screening 方法开发工具设置合适的校准范围，并选择最佳定量分析波长
- 智能冲洗功能通过实时监测待测元素信号强度，动态调整最低必需冲洗时间，在保证数据准确性的同时大幅缩短整体分析时间。相比每份样品固定冲洗 60 秒的传统方法，该功能可为每 100 个样品节省超过 60 分钟的分析时间
- 早期维护反馈功能根据实际使用情况，在需要维护时向分析人员发出提醒，保障仪器始终处于理想工作状态，提升设备有效运行时间

通过对 LGPS 样品进行加标回收率测试，评估了方法的准确性。所有元素的回收率均在  $100\% \pm 10\%$  范围内，大多数元素的精密度 (%RSD) 低于 2.5%。在长达八小时的连续运行中，仪器表现出卓越的稳定性，没有出现任何 QC 不合格的情况。本研究表明，固态电池电解质制造商可以采用 5800 VDV ICP-OES 对杂质元素进行可靠、准确的检测。

## 参考文献

1. Khalid, M.; Arshid, N.; Grace, N. Background of energy storage. In *Advances in Supercapacitor and Supercapattery: Innovations in Energy Storage Devices*, Elsevier, 2020; pp. 1–26.
2. Deng, S.; Sun, Q.; Li, M.; Adair, K.; Yu, C.; Li, J.; Li, W.; Fu, J.; Li, X.; Li, R.; Hu, Y.; Chen, N.; Huang, H.; Zhang, L.; Zhao, S.; Lu, S.; Sun, X. Insight into cathode surface to boost the performance of solid-state batteries. *Energy Storage Mater.*, **2021**, 35, 661–668.  
<https://doi.org/10.1016/j.ensm.2020.12.003>
3. Vilá, R. A.; Huang, W.; Cui, Y. Nickel impurities in the solid-electrolyte interphase of lithium-metal anodes revealed by cryogenic electron microscopy. *Cell Rep. Phys. Sci.*, **2020**, 1(9), 100188.  
<https://doi.org/10.1016/j.xcrp.2020.100188>
4. 使用 ICP-OES 对锂离子电池材料进行元素分析的实用指南，安捷伦出版物，[5994-5489ZHCN](#)
5. Wang, Y.; Baker, L. A.; Helmecci, E.; Brindle, I. D. Rapid high-performance sample digestion of base metal ores using high-intensity infrared radiation with determination by nitrogen-based microwave plasma optical spectrometry. *Anal. Chem. Res.*, **2016**, 7, 17–22.  
<https://doi.org/10.1016/j.ancr.2016.02.002>
6. Agilent ICP Expert 软件：用于 ICP-OES 的强大软件和智能工具，安捷伦出版物，[5994-1517ZHCN](#)
7. Agilent IntelliQuant Screening：更智能、更快速的半定量 ICP-OES 分析，安捷伦出版物，[5994-1518ZHCN](#)
8. 安捷伦智能冲洗：显著提高分析效率，大幅减少误差，安捷伦出版物，[5991-8456ZHCN](#)
9. Agilent IntelliQuant 软件：更深入地了解样品并简化方法开发，安捷伦出版物，[5994-1516ZHCN](#)

注：Agilent 5800 VDV ICP-OES 需配备 ICP Expert Pro-pack 软件才能启用 IntelliQuant Screening 和智能冲洗功能。ICP Expert Pro-pack 软件为 Agilent 5900 SVDV 系统的标准配置。

## 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	<a href="#">G8020-68005</a>
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	<a href="#">G8010-60256</a>
用于 5000 系列 ICP-OES 的 SeaSpray 同心玻璃雾化器	<a href="#">G8010-60255</a>
蠕动泵管, 白色/白色, 12/包	<a href="#">3710034400</a>
蠕动泵管, 橙色/白色, 12/包	<a href="#">3710046900</a>
蠕动泵管, 蓝色/蓝色, 12/包	<a href="#">3710034600</a>
用于 ADS 2 和自动进样器的稀释液/载液瓶套件 (6 L HDPE)	<a href="#">5005-0435</a>
废液容器套件, 10 L, 带 Stay Safe 溶剂瓶安全盖和过滤器	<a href="#">5005-0437</a>
安捷伦多元素质量控制标准品 27	<a href="#">5190-9418</a>
安捷伦 Al 单元素储备液, 1000 ppm, 500 mL	<a href="#">5190-8243</a>
安捷伦 As 单元素储备液, 1000 ppm, 500 mL	<a href="#">5190-8247</a>
安捷伦 B 单元素储备液, 1000 ppm, 500 mL	<a href="#">5190-8255</a>
安捷伦 Ba 单元素储备液, 1000 ppm, 500 mL	<a href="#">5190-8249</a>
安捷伦 Be 单元素储备液, 1000 ppm, 500 mL	<a href="#">5190-8251</a>
安捷伦 Ca 单元素储备液, 1000 ppm, 500 mL	<a href="#">5190-8330</a>
安捷伦 Cd 单元素储备液, 1000 ppm, 500 mL	<a href="#">5190-8328</a>
安捷伦 Co 单元素储备液, 1000 ppm, 500 mL	<a href="#">5190-8347</a>
安捷伦 Cr 单元素储备液, 1000 ppm, 500 mL	<a href="#">5190-8345</a>
安捷伦 Cu 单元素储备液, 1000 ppm, 500 mL	<a href="#">5190-8349</a>
安捷伦 Fe 单元素储备液, 1000 ppm, 500 mL	<a href="#">5190-8472</a>
安捷伦 Ga 单元素储备液, 1000 ppm, 500 mL	<a href="#">5190-8457</a>
安捷伦 Ge 单元素储备液, 10000 ppm, 100 mL	<a href="#">5190-8390</a>
安捷伦 K 单元素储备液, 1000 ppm, 500 mL	<a href="#">5190-8504</a>
安捷伦 Li 单元素储备液, 10000 ppm, 500 mL	<a href="#">5190-8409</a>
安捷伦 Mg 单元素储备液, 1000 ppm, 500 mL	<a href="#">5190-8482</a>
安捷伦 Mn 单元素储备液, 1000 ppm, 500 mL	<a href="#">5190-8484</a>
安捷伦 Mo 单元素储备液, 1000 ppm, 500 mL	<a href="#">5190-8488</a>
安捷伦 Na 单元素储备液, 1000 ppm, 500 mL	<a href="#">5190-8526</a>
安捷伦 Ni 单元素储备液, 1000 ppm, 500 mL	<a href="#">5190-8492</a>
安捷伦 P 单元素储备液, 10000 ppm, 500 mL	<a href="#">5190-8429</a>
安捷伦 Pb 单元素储备液, 1000 ppm, 500 mL	<a href="#">5190-8476</a>
安捷伦 Rb 单元素储备液, 1000 ppm, 500 mL	<a href="#">5190-8440</a>
安捷伦 S 单元素储备液, 10000 ppm, 500 mL	<a href="#">5190-8210</a>
安捷伦 Sb 单元素储备液, 1000 ppm, 500 mL	<a href="#">5190-8245</a>
安捷伦 Si 单元素储备液, 1000 ppm, 500 mL	<a href="#">5190-8522</a>
安捷伦 Sr 单元素储备液, 1000 ppm, 500 mL	<a href="#">5190-8528</a>
安捷伦 Ti 单元素储备液, 1000 ppm, 500 mL	<a href="#">5190-8546</a>
安捷伦 V 单元素储备液, 1000 ppm, 500 mL	<a href="#">5190-8552</a>
安捷伦 Y 单元素储备液, 1000 ppm, 500 mL	<a href="#">5190-8556</a>
安捷伦 Zn 单元素储备液, 1000 ppm, 500 mL	<a href="#">5190-8558</a>

查找当地的安捷伦客户中心:

[www.agilent.com/chem/contactus-cn](http://www.agilent.com/chem/contactus-cn)

[www.agilent.com/chem/5800icpoes](http://www.agilent.com/chem/5800icpoes)

免费专线:

800-820-3278, 400-820-3278 (手机用户)

DE-005345

联系我们:

[LSCA-China\\_800@agilent.com](mailto:LSCA-China_800@agilent.com)

本文中的信息、说明和指标如有变更, 恕不另行通知。

在线询价:

[www.agilent.com/chem/erfq-cn](http://www.agilent.com/chem/erfq-cn)

© 安捷伦科技 (中国) 有限公司, 2025  
2025 年 5 月 23 日, 中国出版  
5994-8287ZHCN

