

使用 ICP-OES 结合自动稀释测定锂盐中的多种元素

使用 Agilent 5800 VDV ICP-OES 和 Agilent ADS 2 自动稀释器自动分析锂离子电池用锂盐原材料



作者

Ruby Bradford
安捷伦科技有限公司

前言

向更可持续的实践和节能解决方案过渡，推动了对高质量锂离子电池 (LIBs) 的需求。LIBs 需要使用的基础锂盐，有氢氧化锂 (LiOH) 和碳酸锂 (Li_2CO_3)，随着用于开发这些化学品的新技术不断涌现，氯化锂 (LiCl) 在提取工艺中的使用也越来越多^[1,2]。为了生产高纯度锂盐，冶炼厂必须确保源盐 (LiCl) 不含污染物，因为锂盐原材料质量不佳会对电池的最终性能产生负面影响。

电感耦合等离子体发射光谱 (ICP-OES) 是能够对多种类型样品 (包括 LIB 相关样品) 中痕量元素进行快速且同时测量的理想分析技术^[3]。与许多分析技术一样, ICP-OES 的标准溶液制备需要覆盖较宽的分析范围, 并且样品在分析前往往需要稀释。制备和稀释步骤均耗时耗力, 可能还会在这两个过程中引入污染物和误差。在 ICP-OES 分析中结合先进的自动稀释技术可缩短样品分析周期, 大大降低人为错误的风险, 同时确保结果的准确性。

安捷伦高级稀释系统 (ADS 2) 专为安捷伦 ICP-OES (和 ICP-MS) 仪器开发设计, 有助于快速、同时测量锂盐中的多种痕量元素。实现标准溶液制备和样品稀释的自动化, 大大缩短了样品前处理时间, 使分析员能够专注于更富有成效的任务。

与 ADS 2 配合使用的 Agilent 5800 垂直双向观测 (VDV) ICP-OES 系统, 是需要处理大量样品或旨在提高效率的实验室的理想选择。自动稀释系统为经验不足的操作人员进行常规分析提供了充分的支持, 同时有效降低了样品前处理期间出错的风险。ADS 2 完全集成到 Agilent ICP Expert Pro 仪器控制软件中, 并且包括拓展方法开发、简化使用和加快分析速度的多种功能。ADS 2 的一些功能包括:

- **自动配标:** 采用单一储备液进行全自动在线建立标准曲线。自动配标可缩短标样制备所花费的时间, 大大减少化学废弃物, 并降低引入错误的风险
- **预设稀释:** 分析前, 通过已知 (指定的) 稀释倍数自动稀释溶液或样品
- **二次稀释:** 如果样品的实测浓度高于标准曲线浓度 (超范围), 或如果超过内标回收率限值, 则进行自动稀释
- **总结行:** 能够保留所有数据并从中选择最佳测量结果进行显示的软件功能, 总结行有利于直观地查看数据, 减少手动处理数据, 缩短报告时间

在本研究中, 使用配备 ADS 2 自动稀释器和 Agilent SPS 4 自动进样器的 5800 VDV ICP-OES 测定工业级 LiCl 中的 28 种元素。测定的元素包括铝、砷、硼、钡、铍、钙、镉、钴、铬、铜、铁、镓、锗、钾、锂、镁、锰、钼、钠、镍、铅、硫、铟、硅、锶、钛、钒和锌。

实验部分

仪器

5800 VDV ICP-OES 配备了集成式高级切换阀 (AVS 7)、ADS 2 自动稀释器和 SPS 4 自动进样器 (图 1)。AVS 和 ADS 2 系统无缝配合, 可大幅提高样品通量, 缩短样品分析周期, 并降低单个样品的分析成本^[4]。使用 ADS 2 在线自动稀释器, 有助于准确地自动制备校准溶液和自动稀释样品, 节省分析人员的时间和实验室消耗品。此外, ADS 2 和 AVS 的一体化设计避免了在不进行稀释时增加额外的时间, 解决了其他稀释系统的常见缺点。使用 SPS 4 自动进样器将样品自动输送至仪器。5800 ICP-OES 配备 SeaSpray 雾化器、双通道旋流雾化室和安捷伦半可拆卸式 VDV 炬管 (带 1.8 mm 内径 (id) 中心管)。使用 ICP Expert Pro 软件* 控制所有仪器。

集成式 ICP-OES 工作流程自动化系统的操作条件分别列于表 1 和表 2。



图 1. 配备集成式 AVS 切换阀 (左)、安捷伦高级稀释系统 ADS 2 (中) 和 Agilent SPS 4 自动进样器 (右) 的 Agilent 5800 VDV ICP-OES

为了在高基质 LIB 样品的长期分析运行中提供耐用且稳定的等离子体，5800 VDV ICP-OES 使用 27 MHz 的固频 (SSRF) 发生器提供的垂直等离子体和冷锥接口 (CCI)。CCI 能消除等离子体的尾焰影响，避免在温度较低的尾焰区域内形成的干扰。因此，在轴向观测模式下采集等离子体发射信号，可以测量大多数痕量浓度水平的元素，干扰影响非常小。

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)	-	6
RF 功率 (kW)	1.3	1.1
雾化气流量 (L/min)	0.8	0.9
等离子体气流量 (L/min)	13	
辅助气流量 (L/min)	1.4	
重复次数	3	
冲洗时间 (s)	0	
读取时间 (s)	10	5
稳定时间 (s)	10	4
样品泵管	白色-白色	
内标泵管	黑色-黑色	
废液泵管	蓝色-蓝色	

表 2. Agilent AVS 和 ADS 2 操作参数

参数	设置
样品定量环体积 (mL)	1.5
泵流量 - 样品提升 (mL/min)	35
泵流量 - 注入 (mL/min)	5
阀提升延迟时间 (s)	13
气泡注入时间 (s)	1
预冲洗时间 (s)	1

标样和样品前处理

使用安捷伦 1000 mg/L 和 10000 mg/L 单元素标准溶液，配制 27 种元素 (1 mg/L) 和 Li 元素 (10 mg/L) 的储备液 (10% HNO₃ 介质)。使用 10% HNO₃，通过 ADS 2 以 100x、20x、10x 和 1x 对储备液进行自动稀释，建立分析范围所需的标准工作曲线。大多数元素的最终浓度为 0、0.010、0.050、0.100 和 1.000 mg/L，Li 的最终浓度为 0、0.100、0.500、1.000 和 10.000 mg/L。通过 ADS 2 进行自动配标避免了由分析人员进行耗时且容易出错的标样制备。

出于质量控制 (QC) 和验证目的，使用空白 10% HNO₃ 溶液作为连续校准空白 (CCB)。使用含有 5 mg/L Li 和 0.500 mg/L 所有其他元素的溶液作为连续校准验证 (CCV) 溶液。使用不同于标样溶液的安捷伦多元素质控标液 27 并加入 Ga、Ge、Li 和 S 元素配制成 CCV 溶液。

使用对应的安捷伦单元素标准溶液在 10% HNO₃ 介质中配制含 5 mg/L 钇 (Y)、50 mg/L 铷 (Rb)、50 mg/L 碲 (Te)、20 mg/L 铋 (Bi) 和 20 mg/L 铟 (In) 的内标溶液。使用内标以消除各种基质效应或电离干扰。

样品前处理方法严格遵循中国 GB/T 11064.16-2013 国标方法中规定的程序^[5]。制备 1% LiCl 样品溶液，准确称取 0.5 g 99% LiCl，缓慢溶于 10% HNO₃ 中。然后将溶液定容至 50 mL，前处理稀释倍数为 100x。

同时分别制备加标量为 0.100 和 0.250 mg/L 的 1% LiCl 样品加标溶液。

使用 ADS 2 自动制备校准溶液

所有校准曲线均使用 ADS 2 的自动配标功能通过单一储备液创建。ADS 2 通过 ICP Expert 软件全面控制，以特定的稀释倍数 (100、20、10、1) 稀释储备液，创建所有校准曲线。自动配标可在不到 20 min 的时间内制备标样和校准曲线，而使用传统手动方法则需要超过 1 小时。配标过程的大幅简化提高了分析工作流程的整体效率。图 4 显示了 Cr 的代表性线性校准曲线 (R 值为 1.0000)。

除了帮助分析人员节省大量时间外，自动配标还可减少实验室消耗品的使用，大大减少浪费。此外，它还可降低样品前处理过程中引入错误和污染的风险，从而提高结果的可信度。



图 2. 标准储备液放入 Agilent SPS 4 自动进样器标准样品架位置 2 处, 使用 Agilent ADS 2 对标准储备液进行不同稀释倍数的自动配标

二次自动稀释和结果汇总

ADS 2 可以根据样品测量结果对样品溶液进行二次稀释。当样品测量结果超过最大校准范围或内标回收率超过范围时, ICP Expert 软件自动计算所需的稀释倍数, 使超出范围的分析元素处于用户设定的范围内 (图 3)。

当在未稀释的情况下测量时, 1% LiCl 中高浓度 Li 的存在导致钠 (Na) 等元素的信号由于易电离元素 (EIE) 效应而增强。通过加入高纯度 Cs 缓冲液或使用 Rb 作为内标可校正该问题 (图 3, 溶液标签 “Original”)。而在 ICP-OES 分析中, 内标回收率超过 2.0 的报告结果通常是不被接受的。因此, 通过在软件中设定内标回收率最大值为 2.0, ADS 2 会对原始溶液进行 10 倍二次稀释, 使比值低于 2.0 (图 3, 溶液标签 “Dilution - 10”)。由于稀释后的测量结果超出 Na 的校准范围, ADS 2 再次执行了二次稀释, 使测量结果处于浓度范围内 (图 3, 溶液标签 “Dilution - 100”)。两步二次稀释均自动进行, 无需分析人员进行任何操作。

选择最佳测量结果			
Solution Label	Timestamp	Na 1 589.592 nm ppm	Rb 1 780.026 nm Ratio
LP 1% LiCl	1/23/2024 4:58:16 PM	1.27	--
Summary	1/23/2024 4:58:16 PM	1.27	--
Original	1/23/2024 4:51:37 PM	#####	2.94
Dilution - 10	1/23/2024 4:53:42 PM	12.23	1.92
Dilution - 100	1/23/2024 4:55:53 PM	1.27	1.27

图 3. Agilent ADS 2 对 1% LiCl 进行二次稀释以满足内标比值要求 (< 2.0) 以及避免 Na 589.592 nm 超浓度范围的示例

ICP Expert 的总结行功能 (图 3, 溶液标签 “Summary”) 支持在重新测量溶液后, 不会覆盖任何现有数据或创建新工作表。这样的信息布局有助于更清晰地浏览数据, 二次稀释结果显示在 “Summary” (总结) 标题下。总结行从可用的重新测量数据中为每个元素选择最佳测量结果, 为报告的数据集提供了更高的可信度。

预设自动稀释可提高常规分析的效率

ADS 2 可以对溶液进行高达 400 倍的稀释, 通过在软件中指定稀释倍数可以进行准确的预设稀释。在进行常规稀释的实验室中该功能非常有用, 可从日常操作中剔除耗时的手动步骤。

传统上, 使用 ICP-OES 对高纯度化学品中的常量和痕量元素进行定量分析时, 同一样品需要准备多份样品溶液, 以便在每种元素各自的标准曲线范围内进行测量, 从而避免 EIEs 干扰。然而, 使用 5800 VDV ICP-OES 和 ADS 2, 只需准备一份样品溶液, 即可同时测定 LiCl 中的常量元素 Li 和其他痕量元素。

为了定量 1% LiCl 基质中的 Li, 经计算需额外稀释 200 倍以使测量结果在 0–10 mg/L 的标准曲线范围内。使用 ADS 2 通过预设稀释自动制备该溶液。然后可以使用单一方法通过单个样品瓶定量 Li, 而不需要手动稀释任何溶液或手动制备单独的标准溶液。ADS 2 避免了手动制备第二份样品的需求, 并减少了实验室消耗品的额外使用, 包括塑料样品瓶、移液器吸头和额外的酸稀释液。

结果与讨论

自动配标和线性

如表 3 所示, 27 种元素使用自动配标在 0.010–1.000 mg/L 之间建立标准曲线, 而 Li 在 0.100–10.00 mg/L 之间进行自动配标。每个标准点由 ADS 2 对单个储备液在多个稀释倍数下进行自动稀释来创建。配制的储备液中 Li 为 10 mg/L, 其他元素均为 1 mg/L。利用该储备液, 通过 100x、20x、10x 和 1x 自动稀释获得了标准曲线范围内的四个标准浓度。

如相关系数 (0.99986–1.0000) 所示, 所有校准曲线在相应范围内均呈线性。图 4 为 Co 的代表性谱图和校准曲线。

表 3. 分析元素、背景校正、内标和标准曲线信息

元素与波长 (nm)	观测模式	背景校正	标准曲线范围 (mg/L)	相关系数	IS 与波长 (nm)
Al 237.312	轴向	拟合	0.010-1.000	1.00000	Te 214.282
As 188.980	轴向	拟合	0.010-1.000	0.99999	Te 214.282
B 182.577	轴向	拟合	0.010-1.000	1.00000	Te 214.282
Ba 455.403	轴向	拟合	0.010-1.000	0.99999	Y 371.029
Be 313.042	轴向	拟合	0.010-1.000	0.99999	Y 371.029
Ca 396.847	轴向	拟合	0.010-1.000	1.00000	Y 371.029
Cd 226.502	轴向	拟合	0.010-1.000	0.99999	Y 371.029
Co 238.892	轴向	拟合	0.010-1.000	1.00000	In 230.606
Cr 267.716	轴向	拟合	0.010-1.000	1.00000	Y 371.029
Cu 213.598	轴向	拟合	0.010-1.000	0.99999	Y 371.029
Fe 238.204	轴向	拟合	0.010-1.000	1.00000	Y 371.029
Ga 294.363	轴向	拟合	0.010-1.000	1.00000	In 325.609
Ge 209.426	轴向	拟合	0.010-1.000	1.00000	Te 214.282
K 766.491	轴向	拟合	0.010-1.000	1.00000	Rb 780.026
Li 670.783	轴向	拟合	0.100-10.00	1.00000	Y 371.029
Mg 279.553	轴向	拟合	0.010-1.000	0.99999	In 230.606
Mn 257.610	轴向	拟合	0.010-1.000	1.00000	Y 371.029
Mo 202.032	轴向	拟合	0.010-1.000	1.00000	Y 371.029
Na 589.592	径向	拟合	0.010-1.000	0.99986	Rb 780.026
Ni 216.555	轴向	拟合	0.010-1.000	1.00000	Y 371.029
Pb 220.353	轴向	拟合	0.010-1.000	1.00000	In 230.606
S 180.669	轴向	拟合	0.010-1.000	0.99999	In 325.609
Sb 217.582	轴向	拟合	0.010-1.000	1.00000	Te 214.282
Si 251.611	轴向	拟合	0.010-1.000	0.99999	Te 214.282
Sr 407.771	轴向	拟合	0.010-1.000	0.99999	Y 371.029
Ti 336.122	轴向	拟合	0.010-1.000	1.00000	Y 371.029
V 292.401	轴向	拟合	0.010-1.000	1.00000	Y 371.029
Zn 202.548	轴向	拟合	0.010-1.000	1.00000	Y 371.029

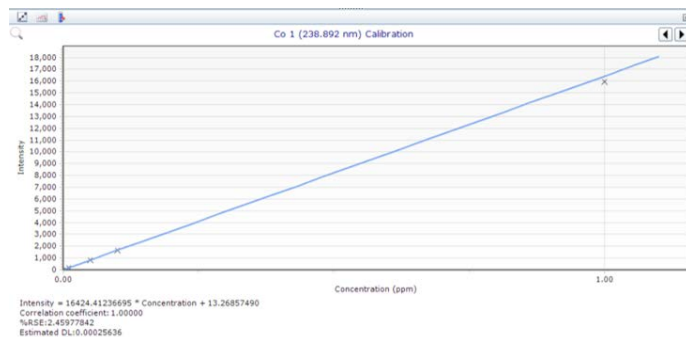
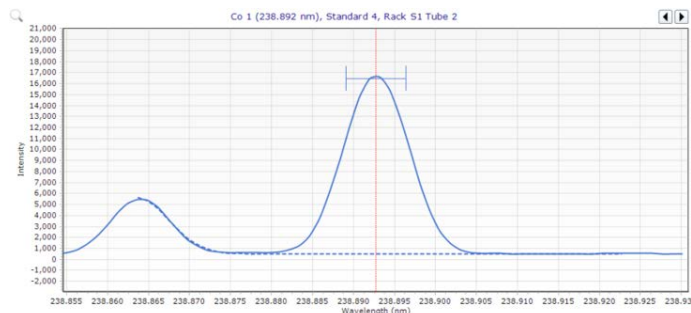


图 4. 使用自动拟合背景校正 (左) 的 Co 238.892 nm 代表性谱图以及线性校准曲线 (右), 相关系数为 1.0000, 相对标准误差 RSE < 3%

方法检出限

使用表 1 中的 5800 VDV ICP-OES 操作条件确定方法检出限 (MDLs)。为确定 MDLs, 使用配备 ADS 2 自动稀释系统的 5800 VDV ICP-OES, 在不连续的三天分别对代表性 1% LiCl (基质为 10% HNO₃) 溶液测量 10 次。而计算 Li 元素的 MDL 则通过测量 10% HNO₃ 溶液。MDLs 为溶液 10 次测量结果标准偏差的 3 倍。然后计算三天分别测量的平均值, 并显示应用稀释倍数前后的结果。

1% LiCl 样品中所有 28 种元素的定量结果可参见表 4, 表中给出了来自同一个样品瓶中浓度 < 0.001 mg/L 的某些痕量元素和 > 1000 mg/L 的基质元素 Li 的定量结果。

加标回收率测试

表 4 显示了使用配备 ADS 2 的 5800 VDV ICP-OES 对加标样品进行分析获得的结果。以 0.100 和 0.250 mg/L 对 1% LiCl 溶液加标。所有加标回收率均在预期浓度的 ±10% 范围内, 证明了分析 LiCl 溶液的方法准确度。显示的所有加标信息为 1% LiCl 溶液中的加标情况, 并未应用稀释倍数。

表 4. 使用 Agilent 5800 VDV ICP-OES 在 LiCl 中测得的元素的 MDLs (分别以原始样品和按照 0.500 g 样品定容至 50 mL 的溶液计算)、定量结果和加标回收率数据 (n = 3)

元素与波长 (nm)	1% LiCl			1% LiCl (加标 0.100 mg/L)		1% LiCl (加标 0.250 mg/L)	
	样品的 MDL (mg/kg)	溶液的 MDL (mg/L)	实测浓度 (mg/L)	实测浓度 (mg/L)	加标回收率 (%)	实测浓度 (mg/L)	加标回收率 (%)
Al 237.312	0.46	0.0046	0.0076	0.102	102	0.260	104
As 188.980	0.34	0.0034	<MDL	0.106	106	0.272	109
B 182.577	0.17	0.0018	<MDL	0.103	103	0.265	106
Ba 455.403	0.013	0.00013	0.0031	0.094	94	0.238	95
Be 313.042	0.058	0.00058	<MDL	0.098	98	0.250	100
Ca 396.847	1.0	0.010	0.38	0.091	91	0.237	95
Cd 226.502	0.033	0.00033	<MDL	0.093	93	0.237	95
Co 238.892	0.058	0.00058	<MDL	0.104	104	0.264	106
Cr 267.716	0.051	0.00051	0.00070	0.097	97	0.246	98
Cu 213.598	0.16	0.0016	<MDL	0.090	90	0.233	93
Fe 238.204	0.030	0.00030	0.00159	0.092	92	0.235	94
Ga 294.363	0.13	0.0013	<MDL	0.095	95	0.243	97
Ge 209.426	0.60	0.0060	<MDL	0.098	98	0.253	101
K 766.491	5.0	0.050	0.054	0.104	104	0.265	106
Mg 279.553	0.012	0.00012	0.0011	0.108	108	0.273	109
Mn 257.610	0.014	0.00014	0.00015	0.094	94	0.238	95
Mo 202.032	0.069	0.00069	0.00095	0.099	99	0.252	101
Na 589.592	0.45	0.0045	<MDL	0.098	98	0.247	99
Ni 216.555	0.098	0.00098	0.00116	0.093	93	0.239	95
Pb 220.353	0.37	0.0037	<MDL	0.101	101	0.259	103
S 180.669	0.77	0.0077	0.10	0.097	97	0.254	102
Sb 217.582	0.35	0.0035	<MDL	0.107	107	0.270	108
Si 288.158	0.37	0.0037	0.048	0.105	105	0.263	105
Sr 407.771	0.017	0.00017	0.0050	0.095	95	0.241	96
Ti 336.122	0.014	0.00014	<MDL	0.101	101	0.254	101
V 292.401	0.079	0.00079	<MDL	0.100	100	0.253	101
Zn 202.548	0.15	0.0015	0.045	0.097	97	0.247	99
Li 670.783	0.094*	0.00094**	1632	NA			

* 由 10% HNO₃ 空白溶液生成

长期稳定性

为确定 5800 VDV ICP-OES 和 ADS 2 的稳定性, 在 10 小时内对 375 份溶液进行测定, 且没有重新做标准曲线。这些溶液包括 0.5% LiCl 溶液和 QC 组溶液, QC 组溶液包括 CCB 和 CCV 溶液 (27 种元素的浓度为 5 mg/L, Li 元素的浓度为 50 mg/L)。ADS 2 对 CCV 溶液进行 10 倍稀释, 使最终浓度分别为 0.500 和 5.000 mg/L。

图 6 中的 CCV 回收率图显示, 在整个分析运行 (包括每次测定前的自动稀释) 中, 所有元素的稳定性均在 100% ±10% 以内。回收率数据和测量精密度 (%RSDs 小于 3%) 表明, 对于 10 小时内 LiCl 的常规分析, 5800 VDV ICP-OES 和 ADS 2 方法具有出色的可靠性。

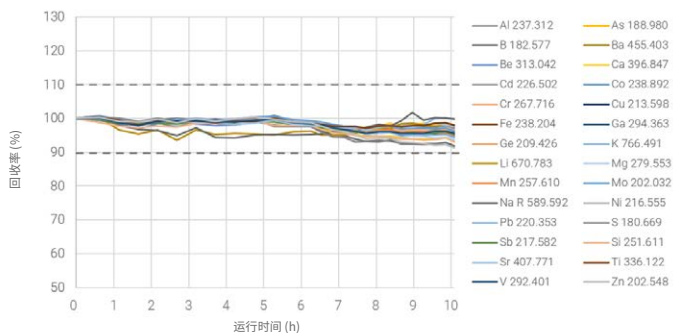


图 5. 10 小时内 QC 溶液的归一化回收率

结论

使用配备 Agilent ADS 2 的 Agilent 5800 VDV ICP-OES 定量分析 99% LiCl 固体中的常量元素锂和 27 种痕量杂质元素。锂离子电池 (LIB) 领域越来越多地使用 LiCl 来生产锂离子电池用锂盐。使用 ADS 2 和专用软件实现了自动化优势, 提高了效率, 减少了样品手动前处理, 减少了浪费, 并避免了人为错误。配备 ADS 2 的 5800 ICP-OES 自动化方法的优势包括:

- 自动校准: 使用储备液进行完全自动配标, 无需手动制备标准品溶液以涵盖较宽的分析元素浓度范围
- 预设稀释: 使用 ADS 2 将 1% LiCl 样品自动稀释 200 倍, 使 Li 的浓度在 10 mg/L 标准曲线范围上限内。然后可以使用单一方法定量 Li, 而不需要手动稀释任何溶液
- 二次稀释: 对于内标比值超过 2.0 和钠浓度超过标准曲线范围的样品, ADS 2 将自动稀释
- 总结行: 从可用的二次稀释再测量结果中选择最佳测量结果进行显示的软件功能。使用户可以更直观地查看数据, 并减少手动数据处理所需的时间

5800 VDV ICP-OES 方法获得了高质量的结果。样品中大多数元素的 MDLs 低于 1 mg/kg。加标浓度为 0.100 mg/L 和 0.250 mg/L 的 27 种元素的回收率均在 90%-110% 之间, 表明具有出色的准确度。仪器在 10 小时内展现出优异的稳定性和可靠性, QC 测量回收率在 90%-110% 之间, 平均 %RSDs 低于 3%。

本研究证实了配备 ADS 2 的 5800 ICP-OES 适用于 LiCl 等高基质样品的 QC 分析。在 LIB 生产过程的大多数阶段都会遇到这类复杂样品。ADS 2 自动稀释器进一步改善了该方法, 通过减少标准品和样品的手动处理, 提高了效率。

参考文献

1. Pan, X.; Dou, Z.; Zhang, T.; Meng, D.; Han, X. Basic Study on Direct Preparation of Lithium Carbonate Powders by Membrane Electrolysis. *Hydrometallurgy* **2020**, *191*, 105193. <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2019.105193>
2. Purification of Industrial Grade Lithium Chloride for the Recovery of High Purity Battery Grade Lithium Carbonate. *Separation and Purification Technology* **2019**, *214*, 168–173. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2018.05.020>
3. 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](#)
4. 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
5. GB/T 11064.16-2013, 碳酸锂、单水氢氧化锂、氯化锂化学分析方法。第 16 部分: 钙、镁、铜、铅、锌、镍、锰、镉、铝量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法; 国家标准: 中国 (2013)

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
注射器, 5 mL, ADS 稀释器 (用于 ICP-OES 和 ICP-MS 载液)	5299-0037
注射器, 10 mL, 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
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
ADS 2 和自动进样器的稀释液/载液瓶套件 (6 L, HDPE)	5005-0435

废液容器套件, 10 L, 带 Stay Safe 溶剂瓶安全盖和过滤器	5005-0437
安捷伦多元素质量控制标准品 27	5190-9418
安捷伦 Al 单元素标液, 1000 ppm, 500 mL	5190-8243
安捷伦 As 单元素标液, 1000 ppm, 500 mL	5190-8247
安捷伦 B 单元素标液, 1000 ppm, 500 mL	5190-8255
安捷伦 Ba 单元素标液, 1000 ppm, 500 mL	5190-8249
安捷伦 Be 单元素标液, 1000 ppm, 500 mL	5190-8251
安捷伦 Bi 单元素标液, 1000 ppm, 500 mL	5190-8253
安捷伦 Ca 单元素标液, 1000 ppm, 500 mL	5190-8330
安捷伦 Cd 单元素标液, 1000 ppm, 500 mL	5190-8328
安捷伦 Co 单元素标液, 1000 ppm, 500 mL	5190-8347
安捷伦 Cr 单元素标液, 1000 ppm, 500 mL	5190-8345
安捷伦 Cu 单元素标液, 1000 ppm, 500 mL	5190-8349
安捷伦 Fe 单元素标液, 1000 ppm, 500 mL	5190-8472
安捷伦 Ga 单元素标液, 1000 ppm, 500 mL	5190-8458
安捷伦 Ge 单元素标液, 1000 ppm, 500 mL	5190-8460
安捷伦 In 单元素标液, 1000 ppm, 500 mL	5190-8468
安捷伦 K 单元素标液, 1000 ppm, 500 mL	5190-8504
安捷伦 Li 单元素标液, 10000 ppm, 500 mL	5190-8409
安捷伦 Mg 单元素标液, 1000 ppm, 500 mL	5190-8482
安捷伦 Mn 单元素标液, 1000 ppm, 500 mL	5190-8484
安捷伦 Mo 单元素标液, 1000 ppm, 500 mL	5190-8488
安捷伦 Na 单元素标液, 1000 ppm, 500 mL	5190-8526
安捷伦 Ni 单元素标液, 1000 ppm, 500 mL	5190-8492
安捷伦 Pb 单元素标液, 1000 ppm, 500 mL	5190-8476
安捷伦 Rb 单元素标液, 1000 ppm, 500 mL	5190-8512
安捷伦 S 单元素标液, 1000 ppm, 500 mL	5190-8530
安捷伦 Sb 单元素标液, 1000 ppm, 500 mL	5190-8245
安捷伦 Si 单元素标液, 1000 ppm, 500 mL	5190-8522
安捷伦 Te 单元素标液, 1000 ppm, 500 mL	5190-8534
安捷伦 Sr 单元素标液, 1000 ppm, 500 mL	5190-8528
安捷伦 Ti 单元素标液, 1000 ppm, 500 mL	5190-8546
安捷伦 V 单元素标液, 1000 ppm, 500 mL	5190-8552
安捷伦 Y 单元素标液, 1000 ppm, 500 mL	5190-8556
安捷伦 Zn 单元素标液, 1000 ppm, 500 mL	5190-8558

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

DE83497726

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 25 日, 中国出版
5994-7179ZHCN

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

