

锂离子电池行业的分析测量与 真空解决方案



安捷伦助力您取得成功



目录

清洁能源需求 — 推动电池行业的发展	3
锂离子电池产业链	5
采矿和原料加工	6
电池组件生产	11
电池装配	17
电池回收	20
电池研发	22
提供全方位支持的安捷伦服务	23
应用于锂电池行业的安捷伦产品	27
可持续发展与环境承诺	28



清洁能源需求 — 推动电池行业的发展

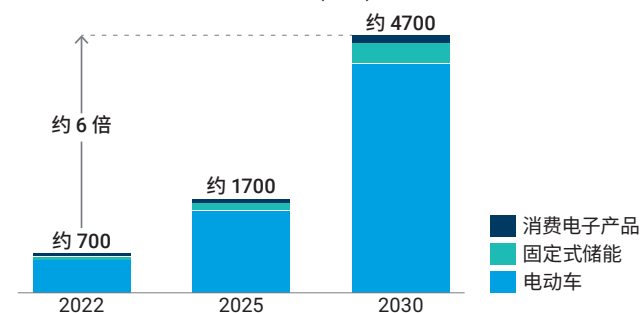


快速增长的行业需要能够提供广泛产品和服务的灵活的分析合作伙伴

电动汽车 (EVs) 和可再生能源储存需求正在推动锂离子电池 (LIB) 市场以空前的速度增长。这一增长导致对分析服务的需求激增，以确保电池产品质量、保护环境和工人健康，并实现电池材料的循环使用。如果未能正确表征原料、产品或配方，就可能导致代价高昂的延误、生产中断，需要深入调查根本原因。

安捷伦与支持可再生能源转型的公司合作。从分析设备到真空泵，再到培训、方法开发和技术咨询，以及采购融资、实验室审计和资产管理。我们可以为任何公司提供帮助，无论是需要资金和方法开发支持的初创公司，还是需要能够全天候运行的仪器以确保实现生产目标的大型电池制造商。

按行业划分的全球锂离子电池需求 (GWh)



电动汽车正推动锂离子电池行业快速增长。

来源: [McKinsey & Company](#)

全球锂离子电池市场规模 (十亿美元)



到 2025 年，锂离子电池市场将增长到接近 1000 亿美元。



分析仪器

使用已广泛应用于电池供应链的准确可靠的色谱、质谱和光谱分析仪器，可靠地满足您的分析检测需求。

[更多信息](#)



真空和检漏设备

使用我们的真空和检漏产品，包括为满足您的设计、生产、装配和测试要求而量身定制的集成解决方案，确保您的运营获得高标准的质量和效率。

[更多信息](#)



实验室耗材

安捷伦提供各种备件和消耗品、化学标准品、有证标准物质和样品前处理耗材，确保您的分析结果准确可靠，并且仪器实现理想的性能。

[更多信息](#)



分析方法开发和应用咨询

使用优化的方法、仪器和方案提高测试的经济性。

[方法咨询服务](#)



分析人员培训和支持

我们的培训课程涵盖故障排除、维护、样品前处理和软件操作，助您改进实验室运营并尽可能减少停机时间。活跃的在线社区能够为分析人员面临的问题提供答案。

[安捷伦培训](#)

[安捷伦社区](#)



产品服务和维护

灵活的服务和维护计划，助您缩短停机时间、获得准确可靠的数据并满足行业法规要求。

[仪器服务](#)

[资产绩效管理](#)

[CrossLab Connect](#)



翻新仪器、仪器回购

认证翻新仪器以超值价格提供出色的性能和可靠性。安捷伦以旧换新和回购计划帮助您将资产转变为收入。您也得以安全处置报废的仪器。

[认证翻新仪器](#)

[仪器回购](#)



软件解决方案

从安全、集中管理分析记录的数据管理系统，到确保投资实现更高收益的资产管理系统。

[更多信息](#)

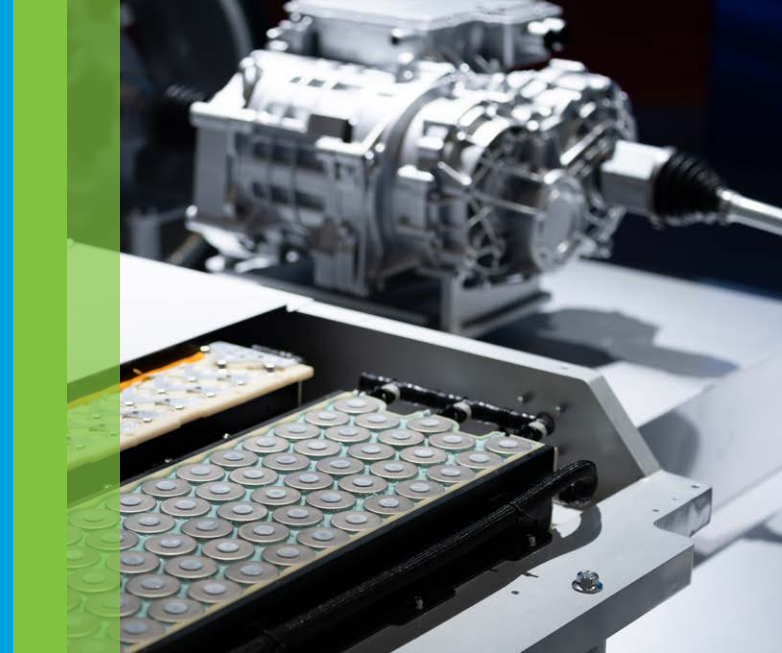


财务服务

安捷伦为资本性支出、仪器订阅服务以及捆绑服务、消耗品和技术支持提供灵活的支付计划，可按月支付且支付金额确定。

[更多信息](#)

锂离子电池产业链



电池生命周期的开始 — 寻找高质量原料矿床，并尽可能提高提取材料的产量和纯度，同时确保工人和环境安全。

快速增长的电池回收行业成为循环经济的一部分，可减少能源需求、CO₂ 排放并缓解原料短缺问题。



制造高规格的正极、负极、电解液和隔膜，获得安全的高性能电池。

在电池生产过程中，电池装配、注液、电极除气、负极/正极/电池组的测试以及电池外壳检漏对于电池性能、寿命和安全性至关重要。

采矿和原料加工



勘探和提取

在勘探对于锂离子电池 (LiB) 生产至关重要的矿床时，所用的技术包括从航空光谱到地面采样和钻芯等多种技术。虽然初步勘探可以使用远程或基础的现场仪器，但实现全面分析需要进行广泛的采样和实验室检测。

锂可以从由锂铝硅酸盐（锂辉石）组成的岩石中提取。锂也可以来自卤水，其中锂存在于地下水储层中富含矿物质的盐水中，需要将这些水抽到地面进行处理。其他矿物，如镍、钴、锰、铜、铝、铁、磷酸盐和石墨，对 LiB 的生产同样至关重要。FTIR、火焰 AAS、MP-AES、ICP-OES 和 ICP-MS 等分析技术对于及时获得准确的数据至关重要，有助于地质学家和工程师制定决策。

采矿环境条件苛刻，需要坚固耐用且操作方便的仪器。现代矿山必须采取安全、环保的做法。定期监测和分析对于确保工人安全和生产优化至关重要，需要使用不同的仪器分析各种材料。采矿也会产生大量废物，需要进行全面分析，以了解其组成、潜在的未来价值和环境影响。

有效且高效的采矿需要稳定、准确的分析工具，以确保安全性、优化产量并尽可能减少废物。

为未来注入动力：

用于电池矿物发掘的元素分析仪器购买指南

[下载指南](#)



测试需求

进行电池矿物勘探和提取的公司通常需要在矿区或商业实验室进行以下分析测试。

矿区生命周期阶段	测试需求	所需仪器	应用示例
矿物勘探	使用地球物理方法确定矿床后，需要对地表和地下岩石或卤水样品进行测试，以确认和表征所含的元素	X 射线荧光 (XRF) FTIR、ICP-OES、ICP-MS、AAS	使用 ICP-OES 对锂卤水中的关键元素进行定量分析 使用 ICP-OES 对地化样品中的碱金属进行超快速测定 使用手持式安捷伦 FTIR 分析仪进行岩石和矿物的现场测定 伟晶岩和锂辉石矿中碱金属的分析
确定矿床规模和质量	矿物分析，以确定矿床开采是否经济可行且对环境负责	X 射线荧光 (XRF) ICP-OES、ICP-MS、AAS、离子色谱	使用 AAS 分析伟晶岩矿石中的锂含量 使用安捷伦 MP-AES 测定碱金属矿中的金属 使用 ICP-OES 分析伟晶岩和锂辉石矿中的碱金属
矿物可提取性	冶金测试，以确定从矿石中提取和加工矿物的容易程度，并评估不同的提取方法	X 射线衍射 (XRD)、ICP-OES、ICP-MS、AAS、FTIR	使用手持式安捷伦 FTIR 分析仪揭示岩石和矿物组成 测量矿石样品中的水分含量 (PDF)
环境评估	考察对空气、水和土壤质量以及当地生物多样性的潜在影响	ICP-MS、ICP-OES、FAAS、气相色谱/质谱 (GC/MS) 和各种微生物测定法	根据标准方法使用 ICP-OES 分析环境水样 根据 US EPA 6010D 使用 ICP-OES 分析土壤、沉积物和污泥
矿区和精炼厂 EH&S	监测产量并尽可能减少运营中的废物 监测气体和粉尘，确保矿工安全 监测废物流，确保符合环保要求，并发现进一步提取的机会	GC、LC、UV-Vis、FTIR、FAAS、MP-AES、ICP-OES 和 ICP-MS	使用微型气相色谱仪分析矿井气体 使用 ICP-OES 对空气过滤器进行多元素分析

矿物加工

矿物精炼可提高其纯度，并将其转变为可使用的化学形态。在加工阶段需要进行化学分析，以监测加入的化学物质，确保它们不会污染工艺，还需要监测中间产物，以确保通过加工可以获得合适的纯度和产率。还需要通过化学分析确保最终产品的质量和产量。金属精矿和中间产物的基质非常复杂，通常需要由熟练的实验员或光谱工作者来操作分析仪器。

从锂辉石（锂铝硅酸盐矿物）中提取的锂被精炼成锂盐、碳酸锂和氢氧化锂。加工通常从焙烧阶段开始，然后是酸浸出，并使用碳酸钠将其转化为碳酸锂。然后将锂盐加热、过滤并干燥。

从卤水中提取的锂在蒸发池中浓缩，首先去除不需要的硼和镁，然后用碳酸钠处理以沉淀碳酸锂，最后再次过滤、清洗和干燥。

ICP-OES 是锂加工厂中常用于检测样品元素含量的技术。FTIR 和 UV-Vis 也可以用于这些测量。若电池制造商需要更高纯度的材料，可能会需要灵敏度更高的技术如 ICP-MS。

测试需求

加工电池矿物的公司通常需要具备以下分析测试能力。

矿物加工阶段	测试需求	所需仪器	应用示例
精炼	鉴定和定量存在的杂质元素	ICP-OES 或 ICP-MS、FTIR	使用 ICP-OES 测定硫酸铜中的杂质元素
最终产品	检测最终产品的纯度	ICP-OES 或 ICP-MS	使用 ICP-OES 测定碳酸锂中的杂质元素 使用 ICP-MS/MS 对锂离子电池原料中的 64 种元素进行痕量定量分析 使用 ICP-OES 测定氢氧化锂中的杂质元素

全球电池联盟护照

全球电池联盟制定了“电池护照”，以实现可持续发展和循环价值链的透明度。该护照报告了有关电池原产地、化学成分和性能的数据。此外还报告了可持续性证书，包括生产中的碳足迹、循环性和资源效率。欧盟电池法规第 65 条要求提供“电池护照”，其中包含电池型号和单个电池的信息。

中国政府也正在采用数字电池护照，以促进与欧盟的贸易，要求中国电池行业遵循类似的数据透明度要求。所有参与电池价值链的公司都需要了解并遵守报告要求。

有机原料加工

锂离子电池产业链中会使用有机聚合物和溶剂。从原油精炼和后续加工所得到的材料涉及：

- 乙烯和丙烯聚合物
- 特种聚合物，如掺杂聚乙炔聚噻吩、经处理的带涂层聚酯 (PET)、聚偏二氟乙烯 (PVDF)
- 各种碳酸酯溶剂和特种添加剂

需要分析仪器来鉴定、表征和评估原料、工艺中间体和成品的质量。该测试通常根据公认的标准（例如，ASTM 和 ISO）进行。

气相色谱和气质联用分析仪可快速提供有关复杂烃流的详细形态信息。这些信息有助于准确计算原料价值以及加工溶剂、聚合物和特种化学品的纯度和质量。

使用原子光谱技术（如 MP-AES、ICP-OES 和 ICP-MS）定量分析石化加工过程中各阶段的无机杂质。

分子光谱仪器（如 UV-Vis 和 FTIR 光谱）能够在整个化学过程中提供定量信息。UV-Vis 可确认有机溶剂的品质。FTIR 光谱可确认鉴定有机溶剂和聚合物，进行降解研究并定量分析聚合物比例、添加剂和污染物。



测试需求

加工电池用有机材料的公司通常需要具备以下分析测试能力。

测试需求	所需仪器	应用示例
原油加工前的评估	MP-AES、ICP-OES	原油的高通量、多元素分析 Agilent 4200/4210 微波等离子体原子发射光谱仪直接对原油进行多元素分析 (PDF)
生产过程中的杂质监测	GC、GC/MS	使用气相色谱和氮化学发光检测对乙烯中的氨进行痕量分析 用 Agilent 7890A GC 微板流路控制技术同时分析乙烯原料中的痕量氧化物和烃类杂质 利用配备高效离子源的安捷伦砷化氢/磷化氢 GC/MS 分析仪分析乙烯和丙烯中的砷化氢/磷化氢 乙烯和丙烯烃类产品中永久气体的痕量分析
	MP-AES、ICP-OES、ICP-MS	使用 MP-AES 测定原油残留物邻二甲苯稀释液中的铁、镍和钒
聚合物材料鉴定和表征	FTIR	利用 FTIR 光谱实现整个生命周期的塑料材料鉴定 使用 FTIR 进行聚合物分析 利用 FTIR 对锂离子电池中所用的溶剂进行鉴定

能源与化工行业分析仪
解决方案

本指南汇总了服务于能源与化工行业的安捷伦分析仪产品组合。单击此处获取您的特定工作流程解决方案。

[下载指南](#)

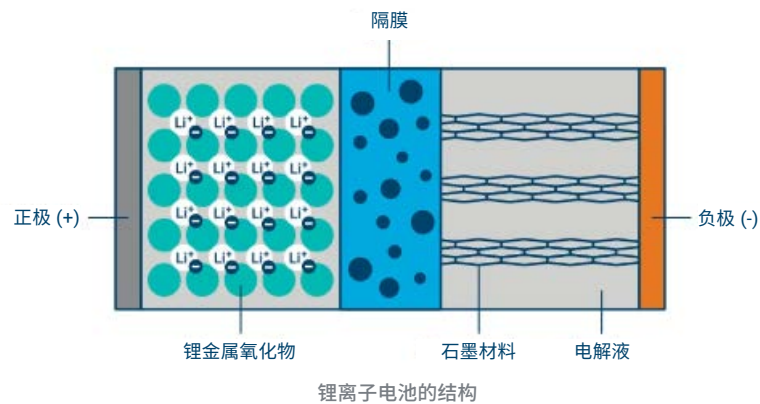


电池组件生产



锂离子电池中的每个组件都会影响电池的性能和寿命，当配方有误或制造不当时，会导致电池提前失效。

锂离子电池中有四个主要组件：正极、负极、电解液和隔膜。



使用 ICP-OES 对锂离子电池材料进行元素分析的实用指南

[下载指南](#)



正极

正极在电池性能中起主要作用。正极活性材料前驱体 (pCAM) 的组成和正极的机械结构可能影响电池的性能指标（包括能量密度、安全性和寿命）。常见的正极化学物质包括：磷酸铁锂 (LFP)；镍锰钴酸锂 (NMC)；锂镍钴氧化铝 (NCA)；以及钴酸锂 (LCO)。

正极是通过将 pCAM 浆料涂布在正极基底（通常为铝箔）上来制备而成的。浆料由粉末状 pCAM 与丁苯橡胶 (SBR) 或聚偏二氟乙烯 (PVDF) 粘合剂和导电粉末（石墨）在 N-甲基吡咯烷酮 (NMP) 溶剂中制成。

通常在真空下分散 pCAM 浆料，以避免夹杂气体。一旦将浆料涂布到正极上，就不再可能进行原位化学测试，因此在沉积之前需要对所有杂质进行测试。将箔片加热并干燥以去除 NMP 溶剂，然后再进行滚压。加热过程中去除的 NMP 溶剂可回收再利用，但需要进行检测，以确保未引入杂质。

现在可以将正极切割为适当尺寸。在制成电池之前，对正极进行真空加热以去除任何残留水分。然后在真空下进行干燥包装。

杂质检测

正极中存在的金属杂质将对电池性能、寿命和安全性产生不利影响。需对使用的化学品、粘合剂、导电粉末和浆液溶剂以及最终的 pCAM 产品（在将其应用于正极之前）进行分析测试，以确保质量和纯度。测定高浓度金属盐溶液中的痕量杂质难度较大，需要分析人员拥有相应的专业知识并采用精密仪器。

测试和加工需求

生产电池正极的公司通常需要具备以下分析测试能力。

测试/加工需求	所需设备	应用示例
确认所用的化学品及其纯度	ICP-OES ICP-MS FTIR	使用 ICP-OES 测定高纯度硝酸铝中的痕量金属杂质 使用 ICP-OES 对锂离子电池 (LIB) 中间原料化学品进行元素分析 利用 FTIR 快速、轻松地对锂离子电池中所用的盐进行材料鉴定
生产工艺中的杂质监测	ICP-OES ICP-MS FTIR	使用 ICP-OES 对 LIBs 用磷酸铁锂正极材料中的杂质元素进行分析 LIB 正极材料中痕量元素的 ICP-MS 分析
基质材料混合	旋片泵和罗茨泵	用于新能源汽车的安捷伦真空和检漏解决方案
集流体涂布	扩散泵	
层压锂离子电极真空干燥	涡旋式干泵	用于新能源汽车的安捷伦真空和检漏解决方案

节省数周或数月的规程编写时间

安捷伦拥有一套完整的标准操作规程 (SOP)，用于分析 LFP 正极中的杂质（根据 GB/T 30835-2014 方法）。该 SOP 免费提供，为 Word 格式，可复制并粘贴到您公司的模板中。

可在线获取 [SOP 样本](#)。



负极

LiB 中负极的化学组成和结构相对简单，主要为涂覆有石墨的铜箔。针对提高能效并降低电池重量和成本的研究仍在继续。例如，石墨-硅复合涂层具有更高的能量密度，而镀铜金属或镀铜聚合物则有望成为更轻、更经济的负极基底。

天然或合成石墨（NG 或 SG）一直是负极活性材料 (AAM) 的主要组分。石墨的粒径和纯度非常关键。NG 经过开采和研磨，以获得合适的粒径。SG 是用焦炭在高温下制成的，因此在生产过程中需要消耗大量能源并排放大量二氧化碳。不过，SG 可以通过受控工艺生产，从而获得更高的纯度，因而受到电池制造商的青睐。

负极的生产从石墨浆料、导电材料（如石墨烯）、丁苯橡胶 (SBR) 或聚偏二氟乙烯 (PVDF)（作为粘合剂）和分散剂（如羟甲基纤维素钠 (CMC)）开始。然后将浆料涂覆到集流体（通常为铜箔）上。利用不含烃类的真空泵，通过真空干燥去除水分。然后将所得带涂层的铜箔切割成适当尺寸。真空干燥步骤对于去除杂质、残留气泡和油残留物至关重要，否则可能会损害电池的电气性能。

杂质检测

为确保产品质量，在制备负极前需要对所用的材料进行杂质检测。所用的材料包括用于电沉积以制造负极基底的 CuSO₄ 以及用于涂覆铜负极的石墨、PVDF、SBR 和水。

测试和加工需求

生产电池负极的公司通常需要具备以下分析测试能力。

测试/加工需求	所需仪器	应用示例
确认所用的化学品及其纯度	ICP-OES	使用 ICP-OES 测定 Si-C 负极材料中的杂质元素
	ICP-MS	使用 ICP-OES 测定硫酸铜中的杂质元素
负极中杂质的定量和鉴定	ICP-OES	使用 ICP-OES 测定石墨类负极中的杂质元素
	ICP-MS	使用安捷伦 ICP-MS 对锂离子电池负极的杂质元素进行分析
		使用 ICP-OES 测定硫酸铜中的杂质元素
基质材料混合	旋片泵和罗茨泵	用于新能源汽车的安捷伦真空和检漏解决方案
集流体涂布	扩散泵	
层压锂离子电极真空干燥	涡旋式干泵	

节省数周或数月的规程编写时间

安捷伦拥有一套完整的标准操作规程 (SOP)，用于分析石墨和硅-石墨负极材料中的杂质（根据 GB/T 24533-2019 方法）。该 SOP 免费提供，为 Word 格式，可复制并粘贴到您公司的模板中。

可在线获取 [SOP 样本](#)。



真空在正极和负极生产过程中的应用

真空技术在锂电池电极生产中的三个关键阶段起到举足轻重的作用：基质材料混合、涂布和真空干燥。

在基质材料混合过程中，在真空条件下混合活性材料、粘合剂和导电剂，以获得所需的均匀度、粘度和纯度。真空有助于消除气泡，提高材料纯度和电极的整体电气性能。

在涂布阶段，将活性材料精准沉积到集流体上对于获得理想的电化学性能至关重要。真空对于实现正确的工艺条件至关重要。

最后，真空干燥对于去除层压锂离子电极中的水分而不损害其微观结构是不可或缺的。真空条件会影响除水效果。使用涡旋式真空干泵维持适当的真空水平对于确保电极的质量至关重要。



图片经 Nordmeccanica 授权使用

用于新能源汽车的安捷伦真空和检漏解决方案

[下载](#)产品样本，了解有关安捷伦用于电池行业的产品的相关信息。



电解液

要获得理想的电池性能和寿命，电解液需要在锂盐、有机溶剂以及保护性添加剂和性能增强添加剂之间达到合适的平衡。电池寿命短通常是由生产工艺相关问题引起的，例如原料中的杂质或添加剂比例不当。

电解液测试

确认原料纯度、前驱体混合物和电解液配方是重要的质量控制步骤，尤其是对于锂盐，即电解液浆液中最昂贵的组分（按重量计）。此类检测必须快速、准确且易于操作，不会造成生产延误。与生产相关的降解研究也必须快速完成。此外，还需要针对产品开发和改进进行更深入的研究。

六氟磷酸锂是汽车电池电解液中最常用的锂盐。将锂盐溶于一系列有机碳酸酯溶剂（包括有机磷酸酯）中。生产过程中还可能采用没有现成参比标准的特有材料，或涉及使用新材料进行新产品/配方测试。

有机溶剂通常是环状和线性烷基碳酸酯的混合物。它们的作用是高效溶解锂盐，并促进离子快速解离。由于溶剂是构成浆料的主要成分（按重量），因此测试和监测其纯度非常重要。添加剂的成分和作用各不相同（例如，成膜和高/低温添加剂），虽然其含量较低，但对于改善电解液性能至关重要。这些复杂的样品需要色谱分离才能实现全面分析，但测试必须快速且操作简单。

此外，还需要考虑样品处理要求。例如，为了安全检测锂盐，建议仅在氧气和湿度受控的环境（例如手套箱）中处理这些材料。可用于在手套箱内检测锂盐的仪器能够保护分析人员，并使测量变得更加简单。

测试和加工需求

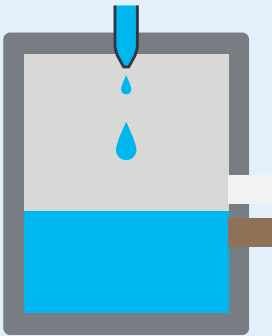
电池电解液的生产依赖于以下测试能力：

测试/加工需求	所需仪器	应用示例
确认所用的化学品及其纯度	ICP-OES 和 ICP-MS FTIR GC/MS GC/FID	利用 FTIR 快速、轻松地对锂离子电池中所用的盐进行材料鉴定 利用 FTIR 快速、轻松地对锂离子电池中所用的溶剂进行材料鉴定
在整个生产过程中定量和鉴定电解液中的杂质 确认电解液组成	ICP-OES 和 ICP-MS FTIR GC/MS GC/FID	使用 ICP-OES 快速分析电池电解液中的杂质元素 锂离子电池电解液中杂质元素的准确 ICP-MS 分析 使用 GC/MSD 测定锂电池电解液中的碳酸酯溶剂和添加剂 使用 Agilent 8860 气相色谱系统分析电池电解液中的碳酸酯类和添加剂
注液工艺搭建	旋片泵、罗茨泵和涡旋式干泵	用于新能源汽车的安捷伦真空和检漏解决方案

过程控制 — 电池注液

电池注液会影响电池的效率 and 寿命。在该过程中使用真空技术以实现两个关键目标：

- 电解液在电池内均匀分布。这一点至关重要，因为电解液是确保锂离子在电极之间移动的介质。电解液分布不均匀可能导致电池性能效率低下
- 确保电极湿润并防止残留气泡。电解液必须充分覆盖电极表面，必须去除任何残留气体。这样可以确保正极的有效性和锂离子的平稳流动



隔膜

LiB 中的隔膜将负极与正极电隔离，同时允许锂离子在两个电极之间流动。隔膜的设计和会影响电池安全性、热稳定性和整体性能。隔膜必须是多孔的，以允许离子通过，但又需要具有足够高的刚性和机械性能。在过热条件下，隔膜还应阻断离子传输，以防止热失控。聚丙烯 (PP) 或聚乙烯 (PE) 是电动汽车应用中最常用的材料；不过，其他聚合物配方和陶瓷添加剂也正在开发中。必须尽可能减少隔膜材料中的杂质，以防止发生不必要和不受控的反应。如果使用陶瓷，它们需要具有超高纯度。快速进行纯度和组成测试可大幅提高生产工艺流程。技术人员需要对材料质量进行简单的在线或半在线确认，并获得明确的合格/不合格结果，以便做出准确的生产决策。不合格批次会延误下游流程并增加成本。

测试需求		
测试需求	所需仪器	应用示例
研究电池退化 — 考察粘合剂和隔膜材料在充放电过程中的化学键变化	FTIR	使用 FTIR 进行聚合物分析
在生产过程中确认原料和在制品的身份，包括表面改性和官能化研究，以及监测添加剂水平、共聚单体含量、支化和立构规整度	FTIR	利用 FTIR 光谱实现整个生命周期的塑料材料鉴定 使用 FTIR 进行聚合物分析 使用压片 FTIR 技术测量聚乙烯/聚丙烯混合物中聚乙烯的百分含量

电池装配



在电池生产的最后阶段，需要将单个电池组合成电池组。根据最终电池配置和应用的不同，生产要求各不相同。与其他生产阶段一样，电池装配必须保持高质量，以确保获得理想的寿命、性能和安全性。电池模块和最终电池组的密封性至关重要。

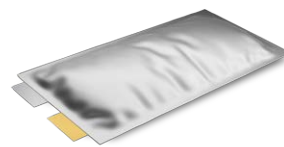
电池类型



方形锂电池



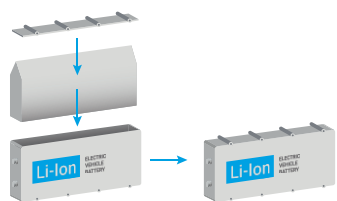
圆柱形锂电池



软包锂电池

外部电池壳体或外壳容纳电池单元并保护它们免受损坏和受到环境因素的影响。这些外壳必须防水、防尘，并提供足够的耐腐蚀性、电磁屏蔽和高效冷却性能。外壳通常由耐用材料（如铝、钢或聚合物）制成，旨在耐受高温和其他恶劣条件。此外，电池也可以包装在软袋中。

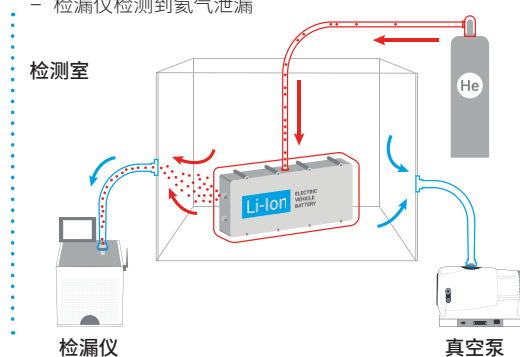
电池组装



电池检测

- 检测室被抽真空
- 充满氦气的电池组
- 检漏仪检测到氦气泄漏

检测室



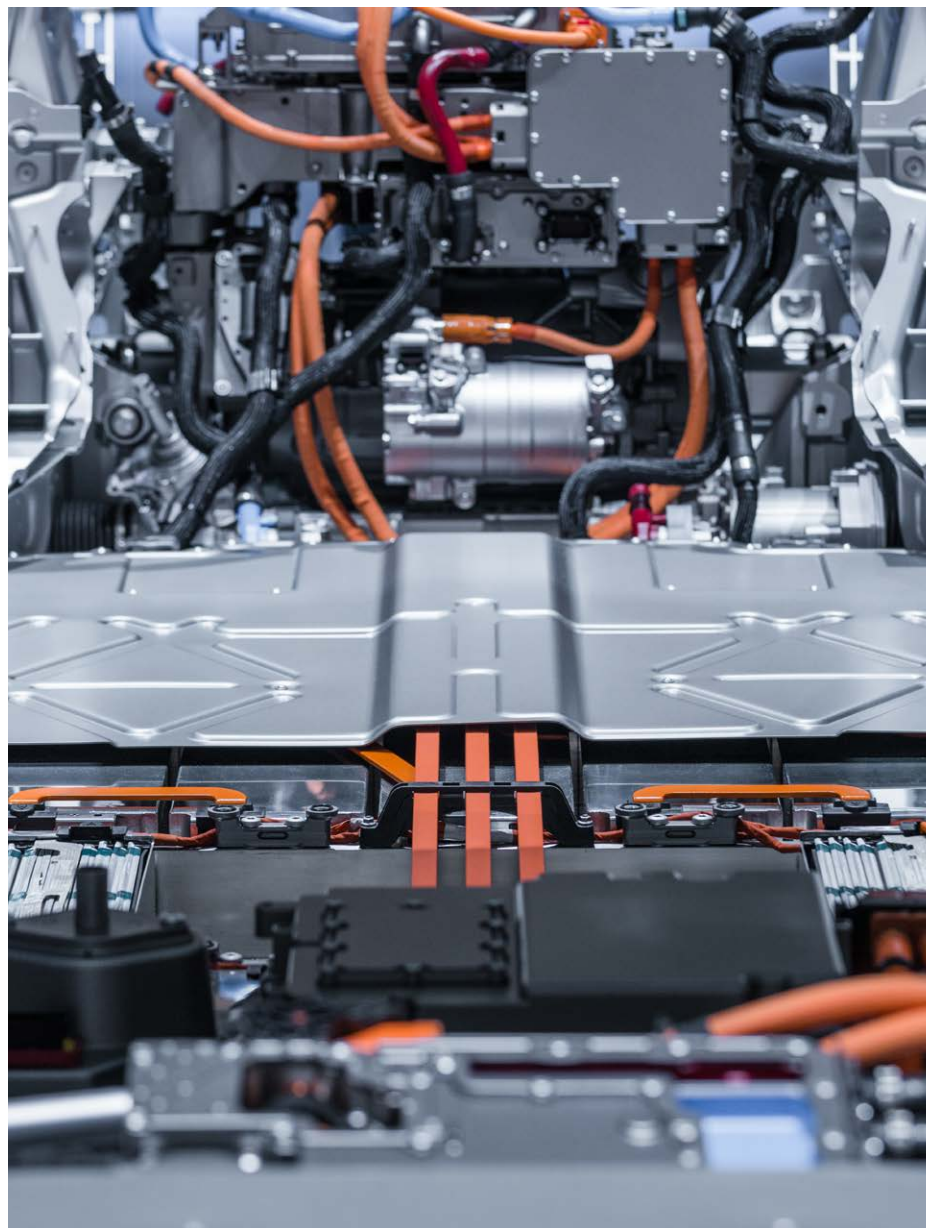
泄漏测试

典型的泄漏测试配置包括使用真空泵对检测室抽真空。在将氦气检漏仪连接至检测室之前，将检测室内的电池组充满氦气。该测试可识别电池外壳潜在的泄漏或裂纹所导致的任何氦气排放。

当检测系统无法提供真空时，**基于聚集的检漏**是用于识别电池泄漏的一种替代方法。使用该方法时，将氦气检漏仪的吸枪入口连接至包围潜在泄漏源的外壳上。外壳必须形成足够的密封，以积聚任何可能泄漏的氦气，使外壳内部的氦气浓度增加。电池外壳设计为防水且防尘，并需要经过特定的检漏测试。

电池温度管理

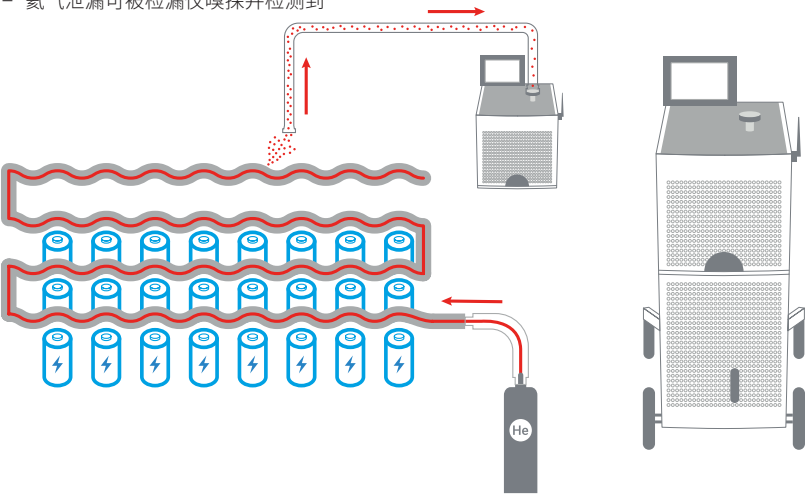
电池外壳还包含一个用于控制温度的温度管理系统。温度对电池运行、容量、寿命、充电和安全性有重要影响。低温可能导致容量降低，因为它们会导致电池内化学反应减慢。高温可能造成严重危害，包括火灾和爆炸风险。高温还会加速电池电极的降解过程，从而随着充放循环增加逐渐影响最大储存容量。



最新的电动汽车冷却系统通过液体循环来准确控制所有关键部件的温度，包括电子器件、电机、驾驶室和电池本身。电池冷却系统内的潜在泄漏以及与电池元件之间可能的接触会影响电池的耐用性和电池组的安全性。在冷却系统生产过程中及时准确地检测此类泄漏至关重要。

冷却系统检测

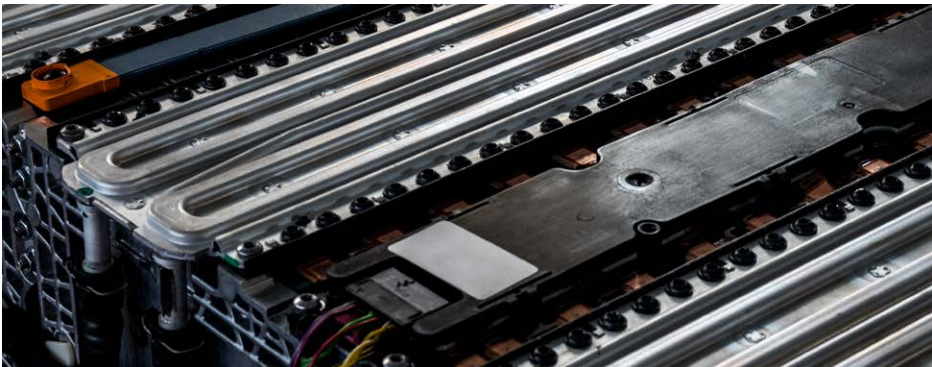
- 在空气中进行检测
- 充满氦气的冷却蛇形管
- 氦气泄漏可被检漏仪嗅探并检测到



利用氦气检漏系统检测生产期间和生产后电池冷却系统中的泄漏。

降解、膨胀气体和老化研究

通常，电解液降解会引起电池老化，进而导致性能下降。这种降解在电池内部产生气体（称为膨胀气体），这些气体通常是永久性气体和轻质烃类。膨胀气体的成分分析可用于识别生产问题并改善电池设计。事实上，在开发过程中，通常会对电池进行人为老化，以促进降解，以便实现后续分析以及工艺和配方优化。气相色谱是一种用于膨胀气体分析的理想技术，因为它操作简单并可提供可靠的化合物鉴定。



测试需求

生产电池壳体和外壳的公司通常需要具备以下测试能力。

测试需求	所需仪器	应用示例
检测电池壳体中的泄漏	氦气检漏仪	使用微型气相色谱仪分析锂离子电池中的膨胀气体
检测电池外壳和冷却系统中的泄漏	GC	电池冷却泄漏测试 — 参见第 8 页 HLD 氦质谱检漏仪 使用积聚法对加压部件进行氦气检漏
在生产过程中确认原料和在制品的身份	FTIR	利用 FTIR 光谱实现整个生命周期的塑料材料鉴定 使用 FTIR 进行聚合物分析 使用压片 FTIR 技术测量聚乙烯/聚丙烯混合物中聚乙烯的百分含量
检测电解液降解和电池单元内部的气体生成	GC	使用微型气相色谱仪分析锂离子电池中的膨胀气体

电池回收



锂离子电池回收对于环境保护、减少废弃物和经济可持续性至关重要。回收对于实现电动汽车的环境和可持续性承诺也至关重要。电动汽车的日益普及加剧了废电池中的金属或有机化合物渗入环境的潜在影响。

虽然电池性能可能随时间的推移而降低，但其（锂、镍、钴等）仍然存在，并可以不断回收并循环利用。如果回收的材料纯度足够高，则 NMP 等溶剂也可以重复使用。

随着锂离子电池市场的增长，更多的原料将来源于电池回收，而不是开采。

可是，建立和运营回收设施却具有挑战性。因为电池未实现标准化，或在设计时未考虑到回收。它们的化学组成因制造商而异，要实现经济高效的回收具有挑战性。

在分析测试方面，电池回收过程需要采用与电池生产类似的测试。需要进行材料鉴定、杂质分析检测，并确保材料满足相应的指标要求。针对回收材料的行业标准方法很少，因此通常采用标准质量控制分析方法对回收材料进行测试。

电池生产过程中产生的废物

电池制造商也会回收原料废物以重新引入生产链中。这些回收的材料将通过现有的质量控制测试程序进行检测。

测试需求

回收电池的公司通常需要具备以下测试能力。

测试需求	所需仪器	应用示例
测量黑物质 (black mass) 的元素含量以优化回收工艺	ICP-OES ICP-MS	使用 ICP-OES 对锂离子电池（回收电池）中间原料化学品进行元素分析 使用 ICP-OES 对回收的锂离子电池样品中的金属进行测定
测定回收电池材料的元素含量以确定材料纯度	ICP-OES ICP-MS	这些检测与电池生产期间所用的检测相同。见本文档前面的负极和正极部分。
环境排放和工人安全监控	ICP-OES、UV-Vis、GC、GC/MS、LC、LC/MS	测量水中的氟化物 使用 ICP-OES 按照 HJ 776-2015 方法对各种类型的水进行快速、稳定的分析 空气过滤器的多元素分析

电池回收工艺

电池回收工艺包括：

湿法冶金工艺：

粉碎产生的细粉末状残留物或冶炼过程的产物都需要进行湿法冶金处理。这涉及使用化学品从残留物中提取出金属。例如，使用酸浸出工艺，可以将锂以碳酸锂的形式提取出来，然后可对其进行进一步加工并在新电池中重复使用。

物理分离：

一些先进的回收方法利用泡沫浮选或重力分离等物理过程，根据材料的物理性质对其进行区分和提取。

纯化：

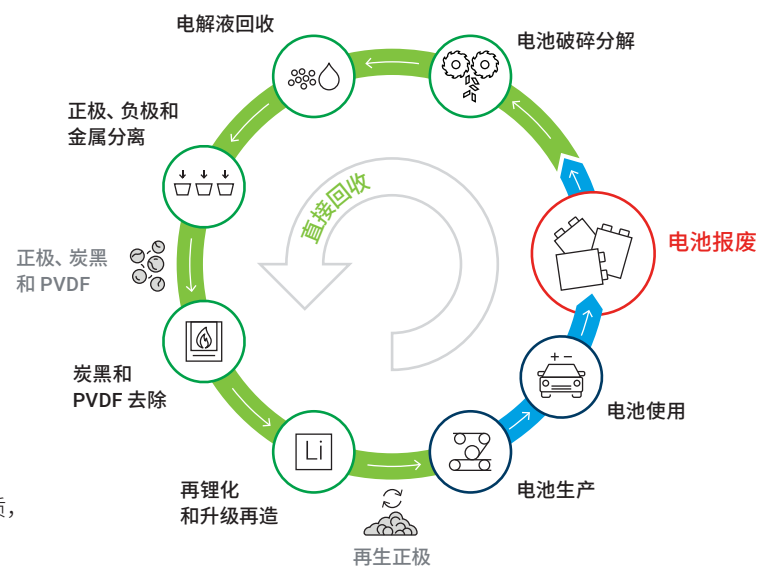
对提取的金属进行纯化处理，以去除各种杂质，确保满足重复使用所需的质量标准。

高温冶金（熔炼）工艺：

这是一种高温工艺，电池废料将被送入熔炉中。热量会使有机组分燃烧，钴、镍和铜等金属以合金形式从熔渣中回收。该方法可高效回收钴和其他金属，但对于锂不太有效。

再加工（切碎或压碎）：

将电池切碎或压碎成小块，获得金属成分与其他材料的混合物。然后对该混合物进行筛分，将较大的金属块与较细的粉末状材料分离，得到“黑粉”材料。



废物处理：

对剩余材料（包括电解质、有机溶剂和其他不可回收的材料）进行处理，以中和有害物质。然后遵循相应的环境法规管理和处置该废物。

材料精炼和制备以供重复使用：

金属经过纯化后，则将其加工成适用于生产的形式，如金属盐或前驱体材料。然后，这些材料可以重新整合到电池生产链中，或用于其他行业。

电池研发



电池行业的研发 (R&D) 推动了创新和电池性能、寿命、安全性和成本效益的提升。研发探索新的材料和化学物质来提高能量密度 — 这对于延长电动汽车的续航里程和电网的储存容量至关重要。研发重点还包括改进生产工艺以扩大生产规模并降低成本，并参与解决生产问题。研发还有助于可持续发展，通过更高效的回收技术以及减少或避免使用有毒或稀有材料，找到尽可能减少环境影响的方法。

研发团队还可提供生产支持，执行本基础导论前面所述的各种分析。研发人员往往需要比质控实验室更灵敏、更灵活的分析仪器来研究新材料、配方并进行性能和降解研究。研发实验室必须处理更广泛的样品，因为他们需要检测新材料并分析更低含量的杂质。质谱技术，如 ICP-MS、GC/MS、LC/MS，可提供研发应用所需的高灵敏度。

应用示例

[使用四极杆飞行时间 LC/MS 研究和分析基于有机溶剂的锂离子电池电解液及其分解产物](#)

[使用 ICP-MS/MS 定量分析碳酸锂中的 64 种痕量元素](#)

[锂离子电池电解液中杂质元素的准确 ICP-MS 分析](#)

[使用 LC/MS 对锂离子电池电解液进行质量控制](#)

提供全方位支持的安捷伦服务



无论您是需要资金购买设备，还是需要帮助进行员工培训或技术支持，安捷伦都是您值得信赖的合作伙伴。以下是我们提供的一些支持服务。

财务服务

无论是增加产能，将业务扩展到价值链的其他部分，还是将研发扩展到新电池配方和类型，您的资本预算都可能成为您实现雄心壮志的障碍 — 其实不必如此。

面对不断发展的技术和监管要求，保持竞争力所面临的挑战使设备所有者倍感压力 — 尤其是在资本预算缩减和运营预算受到通货膨胀影响的情况下。安捷伦财务服务可以帮助您在控制预算的同时获取关键技术。

安捷伦可设计灵活的支付计划来满足您的业务和分析需求。您可以根据您的预算周期调整支付方式：分期递增、分期递减或延期付款。您还可以选择我们便捷的合并功能，将服务、消耗品和支持的费用分摊为每月支付一笔金额确定的款项。此外，灵活购买计划使您能够管理您的运营预算。

您甚至可以利用仪器订阅服务的优势。安捷伦是您理想的合作伙伴，助您简化采购、购买和预算规划。

更多信息

安捷伦科技公司与相应国家/地区的优选金融服务提供商合作，为客户提供财务解决方案-融资分期付款服务。
提供的服务须经信贷审批，并需要根据金融服务提供商的要求填写所有必要的文件。
本文中的信息、说明和指标如有变更，恕不另行通知。

认证翻新仪器让您的预算“物尽其用”

认证翻新仪器能够为您的实验室提供所需的性能、可靠性和价值。回收仪器经过了全面翻新和测试流程，并提供与新仪器相同的一年质保服务。翻新包括原厂更新和消耗品部件、启动组件包及外表翻新，保证安捷伦的高品质、高性能和高性价比。以经济实惠的价格买到翻新仪器的同时，您还可以享受创新技术带来的诸多益处。

[更多信息](#)

通过仪器回购降低获取最新技术的成本

安捷伦还针对实验室资产提供以旧换新和回购计划，使您能够将未充分利用的资产转化为收入。我们免费提供废旧仪器拆卸，在释放其价值的同时，为您的可持续发展目标提供支持，减少废弃物、妥善处置废旧仪器，让实验室仪器得以“寿终正寝”。

[更多信息](#)





产品服务和维护

当生产或分析的时间至关重要时，您需要确保您的设备值得信赖。根据您的具体需求量身定制灵活的服务和维护计划，使您的团队能够缩短停机时间、获得准确可靠的数据并遵守行业法规。

精选服务计划还包括预防性维护，已证实这可以降低维修成本并缩短每年的停机时间。远程诊断选项可以帮助您在问题变得更严重之前识别并解决这些问题。还提供针对安捷伦和非安捷伦设备的支持和维护服务。

仪器服务

真空和检漏服务

软件解决方案

如果您想要充分利用您的分析仪器，安捷伦提供了用于仪器控制和数据分析的数据系统、实验室信息学和自动化软件、数据和工作流程管理以及其他实验室软件包，可增强数据可视化和数据挖掘能力。

对开放数据的承诺是为您的分析挑战和业务需求提供解决方案的核心。必须确保能够在所需时间获取所需数据，以便做出关键决策。对于涉及多个数据流和流程的环境，您需要对分析设备与信息学工具进行无缝集成。安捷伦致力于提供仪器控制框架，这意味着您可以轻松地将我们的设备引入现有非安捷伦软件体系中，您也可以尝试了解安捷伦为您量身定制的软件解决方案。

Agilent OpenLab 软件产品组合是完善的产品套装，其中包括样品管理、数据采集、数据分析、数据管理、实验室工作流程管理模块。这些产品可轻松集成，协同工作，涵盖从生成分析请求到数据存档的整个分析工作流程。OpenLab 软件可提高实验室通量和结果的质量，并将成为您数据可靠性策略的重要组成部分。

安捷伦 SLIMS 工作流程管理软件是一种用于简化和组织实验室运营的解决方案。它具有一系列功能，包括样品追溯、实验管理和自动化结果报告。安捷伦 SLIMS 凭借直观的界面和灵活的选项，可根据您实验室的特定需求量身定制，适用于各种实验室规模、复杂程度或质量体系需求。

OpenLab 套装数据管理

SLIMS

提供全方位支持的安捷伦服务

分析方法开发和应用咨询

方法咨询服务

通过优化方法和方案提高测试的经济性，从而满足您的需求。小变化可能产生大影响。我们的团队可以利用他们的专业见解来创建方法，或者帮助您维持当前方法的性能。作为本地安装和验证的一部分，他们还可以从另一台仪器或另一间实验室，甚至在全球范围内转移方法，帮助您立即投入生产。

[方法咨询服务](#)

质量体系服务

验证服务可以提供关于仪器出色性能的书面证据，确保您满足质量体系需求。Agilent CrossLab 验证服务能够为各种分析仪器提供经济高效的验证证明。验证包括工厂推荐的安捷伦系统测试，并提供仪器具有出色性能的书面证据。基于计量学的测试确认关键仪器功能准确且经过验证。

[验证服务](#)

分析人员培训和支持

要组建一支既能满足当前需求又能应对未来挑战的团队，人员发展和培训至关重要。安捷伦培训通过组织团队成员学习新技术的要点和先进方法的实际应用，帮助您组建一支自信可靠的团队。我们的培训课程涵盖故障排除、维护和样品前处理，助您改进实验室运营并尽可能减少停机时间。我们还提供关于色谱、质谱和光谱仪器操作软件的课程。

[培训服务](#)



CrossLab Connect

与擅长实验室运营的伙伴合作，更轻松地优化实验室性能，让实验室专注于科学研究。在数字实验室时代，这样的伙伴关系可以提供更高的透明度和出色的资产控制，同时能够降低成本并提高可持续性。Agilent CrossLab Connect 是实验室全面资产绩效管理计划的数字化核心。

CrossLab Connect 结合了资产管理、数据分析和行业专业知识，让您整个实验室一目了然。一套专为您的实验室量身定制的数字工具，可提供关键信息，让您能够高效、有效、可持续地履行分析承诺。

[资产绩效管理](#)

[CrossLab Connect](#)

选择安捷伦用于锂电池行业的产品



5800 ICP-OES



7850 ICP-MS



Cary 630 FTIR



Cary 60 紫外-可见分光光度计



真空泵和检漏系统



Revident LC/Q-TOF 和
1290 Infinity II HPLC



990 微型气相色谱仪



5977C GC/MSD 和 8860 GC

可持续发展与环境承诺



电动汽车的环保前景不断推动制造商积极行动并取得成果。再制造、电池回收以及设施环境、健康和安全管理是日常体现环境和可持续发展价值观的几种方式。

安捷伦拥有共同的价值观。我们致力于解决可持续性问题，并[报告我们的进展](#)。我们正进一步扩展这些努力，[承诺实现温室气体净零排放](#)，并制定了与《巴黎协定》一致的中期目标。安捷伦净零承诺涉及生产的产品、与客户和供应商的合作方式、内部运营管理方式以及对实现目标肩负的责任。

我们所做的许多努力都是为了让客户能够在不影响业务承诺的情况下实现其可持续发展目标。这些努力包括：

- 增加获得 My Green Lab 归责性、一致性和透明度 (ACT) 标签的仪器数量
- 在产品包装上添加 “How2Recycle” 标签
- 安捷伦客户演示实验室获得 My Green Lab 认证
- 推出用于 GC/MS 的 HydroInert 离子源，其使用可再生的氢气代替不可再生的氦气作为载气运行
- 提供有助于减少实验室能耗的资产绩效管理软件



了解有关安捷伦致力于实现 ESG 目标的[更多信息](#)



通过与 MyGreenLab（一个致力于打造科技领域的全球可持续性文化的非营利组织）合作，安捷伦获得了第三方指导和验证流程，将可持续发展策略应用到日常测试和研究中；仪器、工作流程，甚至整个实验室均可得到认证。

这些赞助和认证建立在安捷伦与 My Green Lab 持续合作的基础上，包括获得 My Green Lab 的 ACT 标签。这些标签为消费者提供了经第三方验证的有关安捷伦产品和服务环境影响的信息，使实验室更容易做出更具发展持续性的选择。

ACT 标签产品

了解更多信息：

www.agilent.com/en/solutions/materials-testing-research/battery-testing

如需获取技术问题的答案和安捷伦社区的资源，请访问：

community.agilent.com

获取更多信息

explore.agilent.com/materials-testing-research-cn

咨询专家

www.agilent.com/en/contact-us/page

DE99519736

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，2023
2023 年 11 月 30 日，中国出版
5994-6848ZHCN

