FLUKE®

至精至准 智造未来

福禄克测试仪器
锂电池行业
应用产品手册

在“碳中和”和“碳达峰”双碳目标引导下，能源生产和消费在全世界范围内有望迎来大变革，锂电行业作为新能源产业链中的重要锚点，确定性机遇已经到来。

政策驱动下，能源生产侧积极发展非化石能源，风能和光伏为代表的新能源供应受制于环境影响，供电不稳定，因此基于大规模储能技术的锂电发展势在必行，与此同时，传统汽车尾气排放所带来的环境问题，推动大众对新能源汽车的兴趣，新能源汽车动力电池将成为锂电池领域具有巨大潜力的增长点。

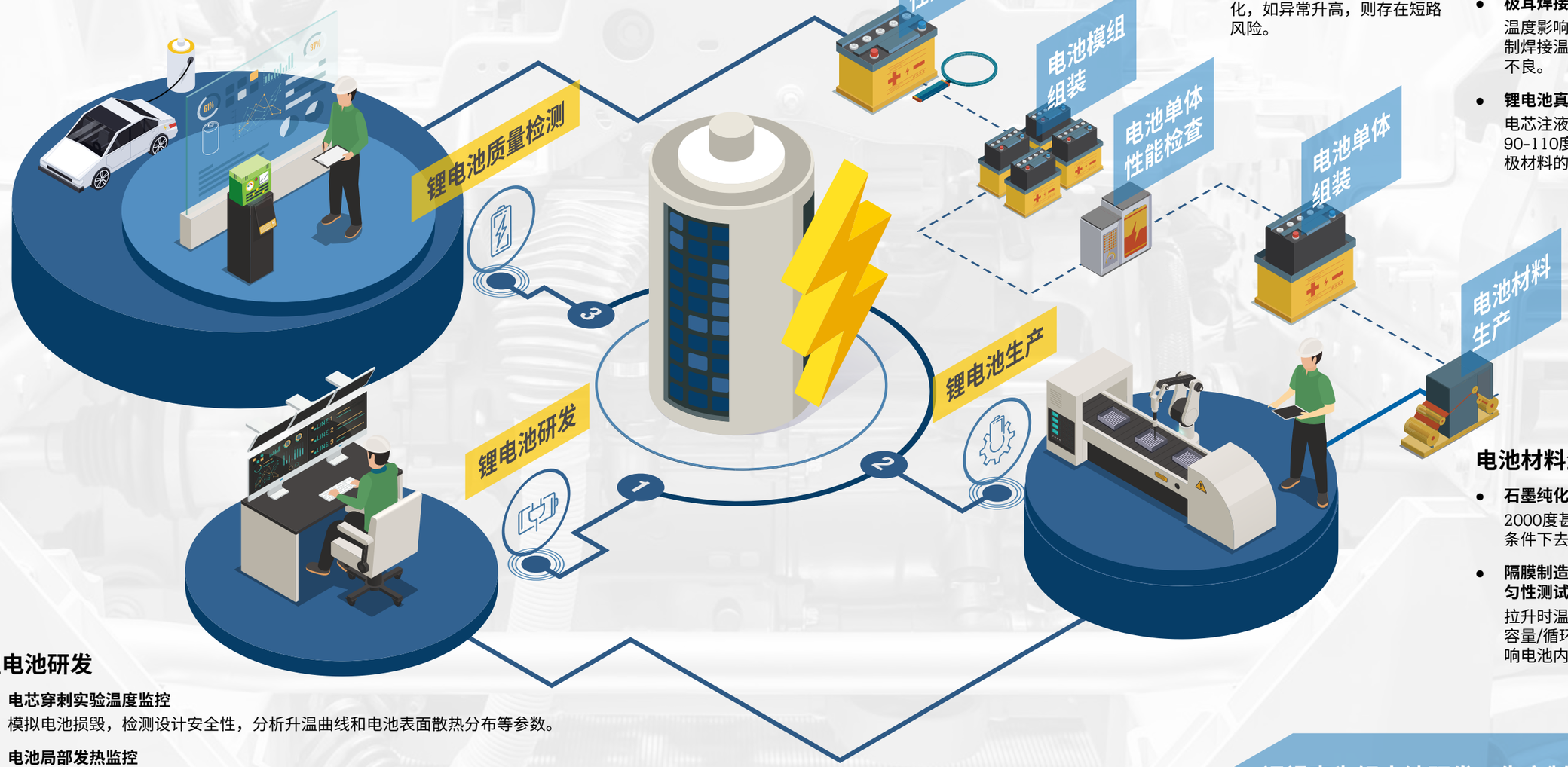
锂电池根据应用领域分为动力型锂电池、储能型锂电池和消费型锂电池，根据赛迪智库和乘联会数据，2021年国内动力电池装机量达到154.5GWh，同比增长142.8%，占据市场主导。 而在储能电站、5G基站等领域广泛使用的储能锂电池出货量为13.4GWh，同比增长55.8%，增长较快。

36氪研究院《2021年中国锂离子电池行业洞察报告》
新浪财经头条《新能源汽车行业2021年度盘点》

在广泛的行业应用中，锂电池性能需要满足**能量密度大、轻量化、使用寿命长，以及大电流充放电，重复充放电条件下的安全性能**。行业领导企业积极发展换电技术，电池生产的一致性提出了更高的要求。这就需要从锂电池的研发阶段、生产制造阶段和质量检测阶段层层把关，通过检验检测手段保障锂电池的性能。

锂电池质量检测

- **电池包出厂检测**
  抽查量产的电池内部绝缘和内阻性能，确保量产电池绝缘/内阻性能一致性。



电池模组性能检查

- **电芯与模组测试中的测温**
  对发热/散热进行平衡控制，以温度监测确保质量安全性能，并为热偶装车安装提供参考。

电池单体的性能检查

- **OCV、ACR、壳体电压检测**
  分容化成阶段测试OCV来判断电池内部老化趋势，测试ACR以筛选工艺一致性高的电池，检测壳体电压以避免绝缘不良，同一测试台完成OCV/ACR/壳体电压测试。
- **OCV检测时测温**
  OCV检测同时关注电芯温度变化，如异常升高，则存在短路风险。

电池单体组装

- **电极涂布干燥测温**
  涂布工艺对温度要求较高，将直接影响干燥效率以及涂层与基材的剥离强度。
- **极片轧制测温**
  轧辊的温度影响极片的压实密度，进而影响电容和电阻，需实时监控。
- **极耳焊接**
  温度影响焊接质量，需检测并控制焊接温度，避免空焊/虚焊等不良。
- **锂电池真空干燥**
  电芯注液前彻底除水，工艺温度90-110度，以保证正确的正负极材料的含水量。

电池材料生产

- **石墨纯化**
  2000度甚至3000度以上的高温条件下去除石墨材料杂质。
- **隔膜制造/隔膜拉伸过程温度均匀性测试/控制**
  拉升时温度均匀性影响其性能/容量/循环寿命/安全性，进而影响电池内阻和界面结构。

锂电池研发

- **电芯穿刺实验温度监控**
  模拟电池损毁，检测设计安全性，分析升温曲线和电池表面散热分布等参数。
- **电池局部发热监控**
  对发热/散热进行平衡控制，以温度监测确保质量安全性能，并为热偶装车安装提供参考。
- **充放电测试**
  电芯在单位时间内充电至额定容量，监测OCV同时监测电芯不同温度点，建立OCV/SOC关系曲线模型，以检测荷电状态。

福禄克为锂电池研发、生产制造和质检等重要环节提供全面和针对性的解决方案，我们与客户共同研发，攻克技术难点，以深厚的行业经验和定制化解决方案满足特殊需求。

Fluke test tools

1 锂电池研发

应用点

电芯穿刺实验温度监控

电芯穿刺实验即在研发阶段故意将电池电芯刺穿损毁，以模拟新能源汽车中所使用的动力电池，因车祸等原因电池被刺穿损毁，以检测电池模组设计是否安全，避免损毁后导致的着火或爆炸。在穿刺实验过程中，升温曲线和电池表面散热分布变化是需要分析的重要参数，使用福禄克热像仪配合智能化软件，可以精准高效地得到这些参数。

TiX650

电池局部发热监控及电池模组研发测温监控

电池使用过程中，化学能转化为电能并产生热量，而电芯安全使用最大不确定因素是电芯由于内部组件质量或设计原因，如能量密度过高或散热设计问题，导致的着火或爆炸。为了确保电池的安全运行，在研发设计阶段需对电池组件的发热和散热进行平衡控制，以充分全面的温度监测确保电池质量及安全性能。可使用福禄克热像仪配合智能化软件，方便地确认散热等设计是否合理，并且为后期装车的热偶安装位置提供重要参考。

TiX650

充放电测试

电芯研发过程中，需要进行充放电测试，以确保其充放电表现满足使用需求。具体而言，充电测试需要电芯在单位时间内充电至额定容量，需要检测仪器提供电容测试功能的同时具有时间记录功能。放电则按照0.2C（充放电倍率C=充放电电流（mA）/额定容量（mA·h））放电。充放电测试过程中，检测仪器精度越高，则更有助于研发精准性需求，采用高精度、低间隔时长的方式采集数据，可通过趋势分析功能直观观察测试时间内所需的统计信息（最大/最小/平均值/标准偏差）。

充放电测试中，为了检测荷电状态（SOC, state of charge），即剩余电量，需同时对点位温度进行检测，将充满电的电池以固定放电倍率进行放电，因处于不同温度、不同寿命时期时的电池，在相同的开路电压（OCV）下，SOC差别较大，因此在监测电池OCV数据的同时，还需要使用数据采集器和接触式电阻对电芯不同温度点进行监测，通过其电压与温度的数据来建立OCV/SOC关系曲线模型，并在此基础上以电压（OCV）确定剩余电量（SOC）。

TV40 8558A 8588A 5522A 7109A 2638A

解决方案

Fluke TiX650
红外热像仪

应用：电池局部发热监控/电池模组研发测温监控/电芯穿刺实验温度监控

- 640 x 480（307,200像素）
- 9Hz/60Hz高帧频数据流传输
- 配备专业的SmartView R&D软件分析

TV40
热像仪

应用：OCV检测中的测温

- 全方位、24X7不间断监控
- IP66级防尘防水设计，工业级抗震抗电磁干扰
- 可在恶劣环境下稳定运行
- 智能化可编程软件

8558A/8588A
八位半台式数字多用表

应用：充放电测试中评估充放电机的功率和效能

- 电压测试提供八位半以上数表，并有超限报警
- 容量测试自带时间戳功能，可记录充放电时间
- 提供趋势分析功能

5522A
高级多产品校准器

应用：数字多用表校准和充放电测试

- 可校准六位半以下数字多用表
- 可输出高精度高稳定性的电压和电流

2638A
数据采集器

应用：充放电测试

- 根据国家计量规范JJF1101-2019，环境实验箱中的温度分布需要做可靠性测试，使用Fluke 2638A数据采集器可以实现这一需求
- 配合7109A便携式校准恒温槽共同使用，监测2638A数据采集器准确性

7109A
便携式校准恒温槽

应用：同时校准多个温度传感器

- 性能稳定、精度高且易携带
- 温度范围 -25°C 至 140°C

Fluke test tools

2.1 电池材料生产制造

应用点

负极材料 石墨的纯化

利用石墨耐高温的特性，在高温条件下去除杂质，测温仪器需要长时间测试2000度以上的高温，极端条件下甚至需要测试3000度以上的高温。

Endur-ance

隔膜制造/拉伸过程中温度均匀性的测试和控制

隔膜用于分隔电池正、负极，同时必须使电解质离子能通过，其性能直接影响电池内阻和界面结构，隔膜拉升过程中，温度均匀性对隔膜性能，特别是隔膜容量，循环寿命和安全特性都有直接影响，可通过检测温度均匀性提高对隔膜性能的把控。

MP　T40

Endurance 系列 高精度测温仪

应用：负极材料 - 石墨的纯化

- 最高能测试3500度高温温度
- 精度高，长期使用稳定性好

MP 系列扫描成像仪 T40 系列点温仪

应用：隔膜制造/隔膜拉伸过程中温度均匀性的测试和控制

- 薄膜专用响应波长，测量um级厚的薄膜温度
- 1024个线测量点，确保分辨mm级的薄膜缺陷
- 150HZ的扫描频率，可快速测量
- 数据连续记录，回溯不良以及工艺参数分析

解决方案

2.2 电池单体的组装

应用点

电极涂布干燥测温

锂电池电极涂布是指将正负极浆料均匀地涂覆到正负极材料上，直接影响锂电池的容量和安全性能，涂布过程应避免杂质影响，同时当前流行的挤出式涂布和挤压式涂布工艺均对温度要求较高，温度将直接影响干燥效率以及涂层与基材的剥离强度。

MI3　MP

极片轧制测温

电池极片轧制是正负极板上电池材料压实的过程，增加正极或负极材料的压实密度，以增大电池的放电容量，减小内阻，减小极化损失，延长电池的循环寿命。电池极片的压实密度非常重要，受轧制的轧辊的温度影响，因此需要对轧辊温度进行实时监控。

MI3

极耳的焊接

高温条件下，铜和铝极耳焊接到仪器，温度控制直接影响焊接质量，因此需要检测并控制焊接温度，避免出现空焊，虚焊等不良。

MI3

锂电池真空干燥

锂电池电芯完成封装后，需将电解液注入电芯中，注液前需进行彻底除水，以避免电池充满状态下痕量的水与电池负极（类锂金属性质）发生反应，该过程要求控制工艺温度在90-110度之间，以保证正确的湿度和正负极材料的含水量。

DP5

MI3 在线式红外测温仪 MP 扫描成像仪

应用：电极涂布干燥测温

- 均匀、连续在线监控，对异常温度实时报警
- 分扇区监控，快速定位不良位置
- 生产数据的连续记录，方便回溯不良和工艺参数分析

MI3 在线式红外测温仪

应用：极片轧制测温

- 轧辊高反射，采用创新性的信噪比增强技术，解决轧辊高反射带来的红外温度测量误差
- 直接测量辊面真实温度
- 响应快

MI3 在线式红外测温仪（有色金属专用型号）

应用：极耳的焊接

DP5 记录仪

应用：锂电池真空干燥

- 配备专用隔热保护箱，可与产品一起放入腔体内
- 经历并记录整个工艺过程中的温度变化，及烘箱内的温度均匀性
- 保证整个烘箱都处在最佳的工艺温度范围内。

解决方案

Fluke test tools

2.3 电池单体的性能检查

应用点

电池单体开路电压检测（OCV）、交流内阻（ACR）检测、壳体电压检测

现阶段OCV/ACR/壳体电压测试在同一测试台完成测试。

分容化成阶段锂电池会进行老化测试，期间电池内部会有晶体析出，这种现象将在未来引起劣化甚至短路的风险，因此在制作工艺中需要每隔一段时间测试电池开路电压（OCV）来判断电池内部老化趋势。

成型且合格的电芯需要通过测试内阻（ACR）进行筛选，通过严苛的筛选将工艺一致性高的电池归为一类，为后续模组封装做准备。

壳体测试用于检测电池的正负极与外壳之间是否存在裂纹，从而判断电池内部是否有绝缘不良。

BT 5300

OCV检测中的测温

OCV开路电压检测中要同时关注电池电芯的温度变化，如检测到电芯温度异常升高，则该电芯存在短路风险。

MI3

解决方案

BT5300
高精度电池测试仪

应用：电池单体开路电压检测（OCV）、交流内阻（ACR）检测、壳体电压检测

- 提供OCV/ACR/壳体电压检测三合一方案
- 带载能力大，测试速度快
- 稳定性高

MI3 在线式红外测温仪

应用：OCV检测中的测温

- 数字通讯协议方便多探头组网；
- 小巧探头设计方便现场安装；

2.4 电池模组、电池包电池组的组装及性能检查

应用点

电芯与模组测试中的测温

TV40

解决方案

TV40 热像仪

应用：电芯与模组测试中的测温

- 全方位、24X7不间断监控
- IP66级防尘防水设计，工业级抗震抗电磁干扰
- 可在恶劣环境下稳定运行
- 智能化可编程软件

3 锂电池质量检测

应用点

电池包出厂检测

电池包出厂时，需抽查量产的电池内部绝缘和内阻性能，避免由于生产工艺的不稳定导致电池性能的偏移，确保量产电池在最大范围内的绝缘与内阻性能的一致性。

1587C　BT510　BT 5300

解决方案

1587 FC
绝缘万用表

应用：电池包出厂绝缘检测

- 小巧轻便，方便手持
- 一键提供1000V电压供绝缘测试
- TrendIt™ 图表的 PI/DAR 定时比测试，迅速发现潮湿和污染绝缘问题

BT510
蓄电池内阻分析仪

应用：电池包出厂检测

- 同时测量电池内阻和电压
- 自定义测试放电电压，可用于测量容量损失
- 纹波电压测试

BT5300
高精度电池测试仪

应用：电池包出厂检测

- 提供OCV/ACR/壳体电压检测三合一方案
- 带载能力大，测试速度快
- 稳定性高

Fluke test tools

设备常规检测及维护

日常电气维护

Fluke 15B+,17B+ 和18B+ 数字万用表

- 深受工程师欢迎和喜爱
- 功能齐全
- CAT III 600V 安全设计指标

Fluke 287C 和 289C 真有效值工业万用表

- 超大计数，超强分析，精准捕捉信号变化
- 高精度，更适合研发使用
- 万用表中的旗舰机型

Fluke 87V MAX 真有效值数字万用表

- 4米防摔，经久耐用
- IP67 等级防水、防尘外壳，适用于极端的作业场所
- 耐高低温-55°C 至 40°C

Fluke 62 MAX+ 红外测温仪

- 坚固耐用，3米防摔，IP54防护防尘防水
- 双激光指示，准确识别测温区域
- 高温低温报警，快速显示超出限值和测量值

Fluke VT06 和 VT08 轻便型红外热像仪

- 直观画面，即拍即查
- 防尘防水防摔，无惧严酷环境
- 续航持久，可长时间使用

Fluke 319 交直流全能钳表

- 交直流1000A大量程，0.01A高分辨率
- 真有效值测量，更精准稳定
- 电压/电流/电阻/频率/通断/启动电流，一机搞定产品

Fluke 1732 和 1734 三相功率计

- 同时测试4路电压（最高1000V）、3路电流（最高6000A）、功率的变化趋势
- 评估三相负载的能耗，三相不平衡
- 检测功率因数、总谐波畸变率，评估用电效率

Fluke 342 毫安级交直流钳表

- 1mA高分辨率 精准稳定
- 机身小巧轻便，方便携带
- 小钳口设计，适合密集排线

Fluke T6-1000RPO 非接触电压电流测试仪

- 开口钳测电压，单手更安全
- 电压电流双行显示，一目了然
- U型开口钳设计，便捷耐用

Fluke 377 和 378 谐波与能效筛查钳表

- 开口钳测电压，单手更安全
- 电压电流双行显示，一目了然
- U型开口钳设计，便捷耐用

温度检测

Fluke 563 红外测温仪

- 测温范围涵盖-32°C-760°C
- 距离系数比50:1，测量距离更远
- 可接K行热电偶接触式测量，
  标配独代热电偶80PK-1

Fluke 54-II 接触式测温仪

- 高精准度与稳定性±(读数的0.05%±0.3°C)
- 双通道测量，可显示温差
- 配合PVF SC2可分析温度趋势

Fluke TiS75+ 和 TiS55+ 红外热成像仪

- 384*288像素，提供优秀画质
- -20至550°C量程，适用于大多数设备维护及研发品管场合
- 免调焦+手动对焦，远距离扫描大目标/近距离检测小目标，快速切换

绝缘检测

Fluke 1508 绝缘电阻测试仪（数字摇表）

- 一键测试更快更准 / 自动放电，操作简单安全无忧
- 远控表笔 第三只“手”轻松高效
- 电压、电阻、 PI DAR功能，一机全部搞定

Fluke 1587C FC 绝缘万用表

- 高至1000V绝缘测试电压，满足各种场景绝缘电阻测试需求
- 具备绝缘电阻测试仪与多种数字万用表功能，一表十用，众多用户的选择
- 简洁的图表，助您迅速发现潮湿和污染绝缘问题

Fluke test tools

Fluke 1535高压绝缘电阻测试仪

- 2500V 500GΩ大量程 满足更多场景
- 一键测量 自动放电 安全高效
- 全中文按键 轻松上手

Fluke1537 2500V绝缘电阻测试仪

1537除包含1535功能之外，还具备以下功能

- 交/直流电压/电阻测量
- >5mA短路电流，测试速度更快，结果更准确
- 线性增加 (100 V/s) 测试电压的步进模式，击穿电压指示

Fluke 1550C 绝缘电阻测试仪

- 测试电压高达5kV，适合所有应用
- 可测量高达 2TΩ 的电阻
- CAT III 1000 V, CAT IV 600 V 安全等级

接地检测

Fluke 1630-2 FC 接地环路电阻测试钳表

- 擅长测试狭小空间的设备接地电阻
- 坚固的钳表钳口即使在恶劣的工业环境中也能保证精准和耐用
- 无辅助极测量法，适用建筑物内部、电缆塔或无法放置辅助接地极的任何地方

Fluke 1625-2 KIT 接地电阻测试仪

- 支持四种接地电阻测试方法，一台仪器胜任不同场景测试需求
- 操作提示和丰富配件避免错误链接，节省测试时间
- 自动选择频率，避开干扰信号，得到更为准确的测量结果

振动检测

Fluke 802 振动点检仪

- 四种测试模式，满足现场复杂的测试环境
- 高重复性，保证连续测试准确度
- 一键测量，6秒得到评估数值

Fluke 810 测振仪

- 对常见机械故障（轴承、失中、不平衡、松动）识别和定位
- 通过总体振动等级，快速评估机器总体运行状况
- 可导出详细的诊断报告和频谱图，帮助确认数据质量，并缩小故障根源的范围

Fluke 830 激光轴对中仪

- 单一激光测量技术，达到更好的数据准确性
- 直观的引导式用户界面，快捷又轻松完成机器对中
- 罗盘测量模式，实现灵活、可靠和可重复的测量

电机传动控制系统维护

Fluke 190-III系列彩色数字示波表

- 即触即测，无需繁琐设置，自动捕获、查看和分析复杂波形
- 兼具便携工具的坚固耐用性和台式示波器的精密性
- 软件加持，可远程控制，用软件查看和分析数据

Fluke MDA-550 电机驱动分析仪

- 电机驱动分析、波形分析、记录仪强大的3合1运维工具
- 检测变频器输入输出、直流母线纹波、轴电压、捕捉瞬态过电压
- 谐波和三相不平衡测试

电能质量检测

Fluke 1736 和 1738 三相电能质量分析仪

- 各次谐波含量分析
- 记录超标事件

Fluke 125B 工业用手持式示波表

- 万用示波表，集示波器、多用表、无纸记录仪于一身
- 安全耐用，适合现场测试
- 存储功能强大，可作为单相谐波、功率表、录波仪

Fluke 1775三相电能质量分析仪

- 按照标准评估供电质量
- 通讯方式多样，可以远程通讯、操作、分析

能耗管理

Fluke ii900 系列工业声学成像仪

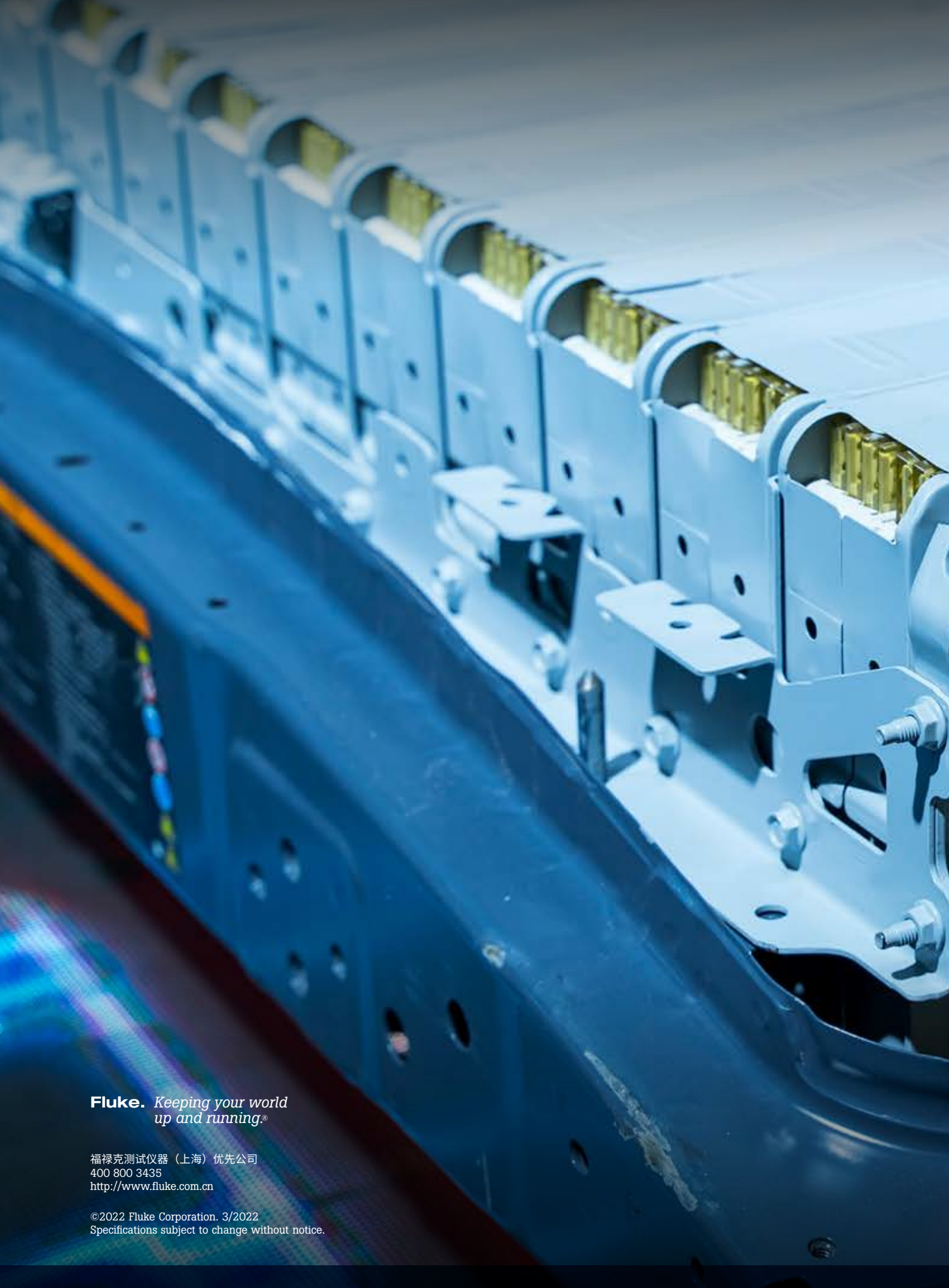
- 快速准确定位压缩空气系统中的各种气体泄漏，减少能源浪费
- 声学成像技术，直观看到泄漏点位置，眼见为实
- 操作简单，无需培训

Fluke 1740系列 在线可移动式电能质量记录仪

- 测量所有三相电压和电流以及零线电流： 三相和零线电压导线及四个柔性电流探头。
- 全面记录： 该设备中可以存储 20 多个不同的记录会话。可自动记录各种电能和电能质量变量，让您始终掌握测量趋势。
- 测量精度高： 符合严格的 IEC 61000-4-30 A 类第 3 版标准“测试和测量技术 - 电能质量测量方法。

Fluke Ti480 PRO 红外热像仪

- 快速高效发现异常发热点，事半功倍
- 640级别像素，清晰画质，测温更准确
- 连拍/录像功能，助您轻松完成能源管理任务



Fluke. *Keeping your world up and running.®*

福禄克测试仪器（上海）优先公司
400 800 3435
http://www.fluke.com.cn

©2022 Fluke Corporation. 3/2022
Specifications subject to change without notice.