



艾德克斯 IT5101 锂电池内阻测试

摘要：艾德克斯 IT5101 内阻测试仪是一款适用于各种不同电池的快速电池内阻测试仪。采用交流主动注入正弦信号的方法结合开尔文四端子测量法，加上统计测量、比较器等功能，可以精确可靠地对电池进行出厂检测和分拣。

正文

随着锂电池的大量应用，对于锂电池性能参数的快速测试也有了大量需求。导电剂等添加剂的加入使得现代锂离子电池在寿命期内的内阻非常低，同时也让内阻测试变得更加不可靠。

艾德克斯 IT5101 内阻测试仪是一款高精度、高分辨率、高速的电池内阻测试仪。采用交流四端子的测试方法，可更精准地测试电池内阻和电压。电阻分辨率可达 $0.1\mu\Omega$ ，电压分辨率可达 $10\mu\text{V}$ 。利用外部 U 盘存储，可长时间进行统计运算。内建比较器功能，可自动判断电池参数是否符合标准，统计合格率，适合各种电池的检测和分拣。内建 GPIB,USB,LAN 通讯接口，支持 SCPI 协议，广泛应用于手机、无人机等智能锂电池、动力电池、以及蓄电池等各种电池的测试。

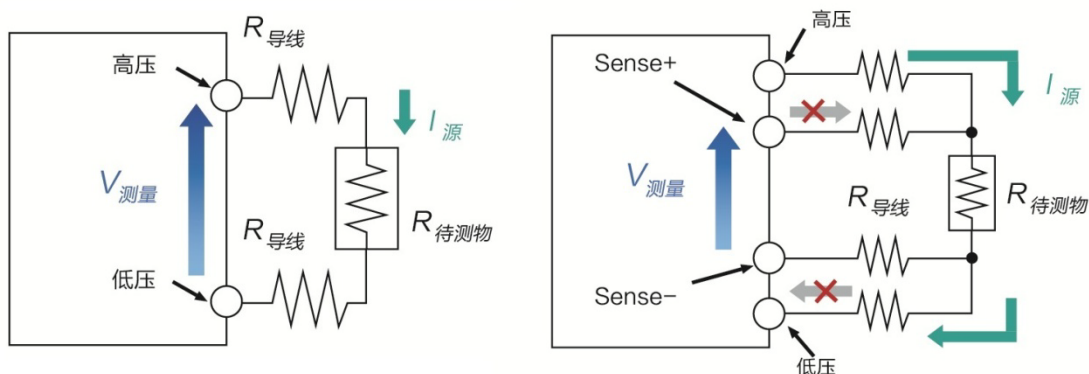


图一、IT5101 电池内阻测试仪

IT5101 采用四端子测量法测量电池内阻（开尔文测量法）

测量电池电阻一般采用二线法和四线法（如图二所示），最简单常用的方法是采用二线测量法，电阻等于电压除以电流，然而这种方法会引入导线电阻和接触电阻。因此测量小电阻时，比如电池内阻大多为毫欧级，导线电阻和待测物（DUT）阻值相当，为了保证测量的可靠性和准确性，必须采用四线测量法，四线法也称为开尔文（Kelvin）法，由一对 SOURCE 导线供应电流，另一对 SENSE 导线量测电压，电压、电流回路相互独立，如此可消除导线电阻效应，而且可以只量测 DUT 两端的整体压降。配合艾德克斯的四款开尔文测试夹具和调零板（如图三所示），可精确测量电池内阻，具体测试方法如下：

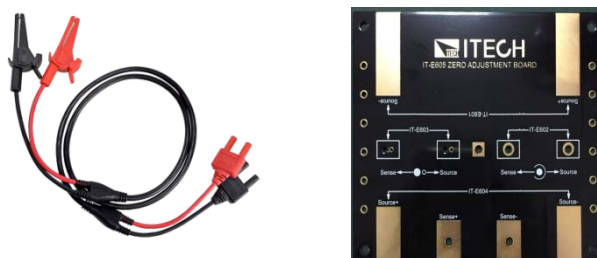
通过 IT5101 的 SOURCE 端子向 DUT 输入交流信号。在 SENSE 端子上测量因 DUT 的阻抗产生的压降。此时，由于 SENSE 端子连接在内部高阻抗电压计上，因此导线电阻和接触电阻 $R_{\text{导线}}$ 、 $R_{\text{接触}}$ 上几乎没有电流流过。因此，可以认为 $R_{\text{导线}}$ 、 $R_{\text{接触}}$ 上几乎没有压降。这样，就消除了导线和接触电阻的电压降。根据同步检波法，IT5101 将 DUT 的阻抗划分为有效电阻和电抗，并且仅显示有效电阻。



二线测量法

开尔文四线测量法

图二、二线测量法和开尔文四线测量法对比



图三、开尔文测试夹具 IT-E602 和调零板 IT-E605

IT5101 的注入式交流快速精确测量法

为了快速测试手机、笔记本电脑、摄像机等便携式电池，市面上多数测试仪会采用负载脉冲进行测试并观察电压和电流的关系，利用欧姆定律计算出内阻值。最后比较电阻或电压表上的值推算电池的健康状态（SOH）。

然而负载脉冲法并不适合大容量电池的测试，因此交流电导率测试法适用面更广，后者采用交流电压加在电池两端的直流电压上，类似纹波一样对电池交替充放电。

目前，市面上手持式电池内阻测试仪多采用了交流电导率测试法，既可以测试可移动式电池，也可以测试固定式电池。然而为了减少成本和方便系统搭建，这些测试仪往往拉载电池脉冲信号测试，而不是注入正弦信号，而脉冲信号通常不是电压控制的，而且容易超过热电池电压*。铅酸蓄电池的热电池电压阈值是每节电池 25mV。脉冲信号超过这个电压就像音频放大器的过功率使用，结果会导致噪声和畸变。而且为了节约成本，测试信号往往使用频率低于 100Hz 的脉冲信号。

虽然交流电导测试法可以提供精确测量，但必须保证电池是充满电的状态或者测量前只经过了短时放电或搁置。当电池电量较低时，交流电导测试法则较为不可靠，甚至会误判电池的电性能。因此用户常会抱怨测试结果与电池充电状态的相关性。

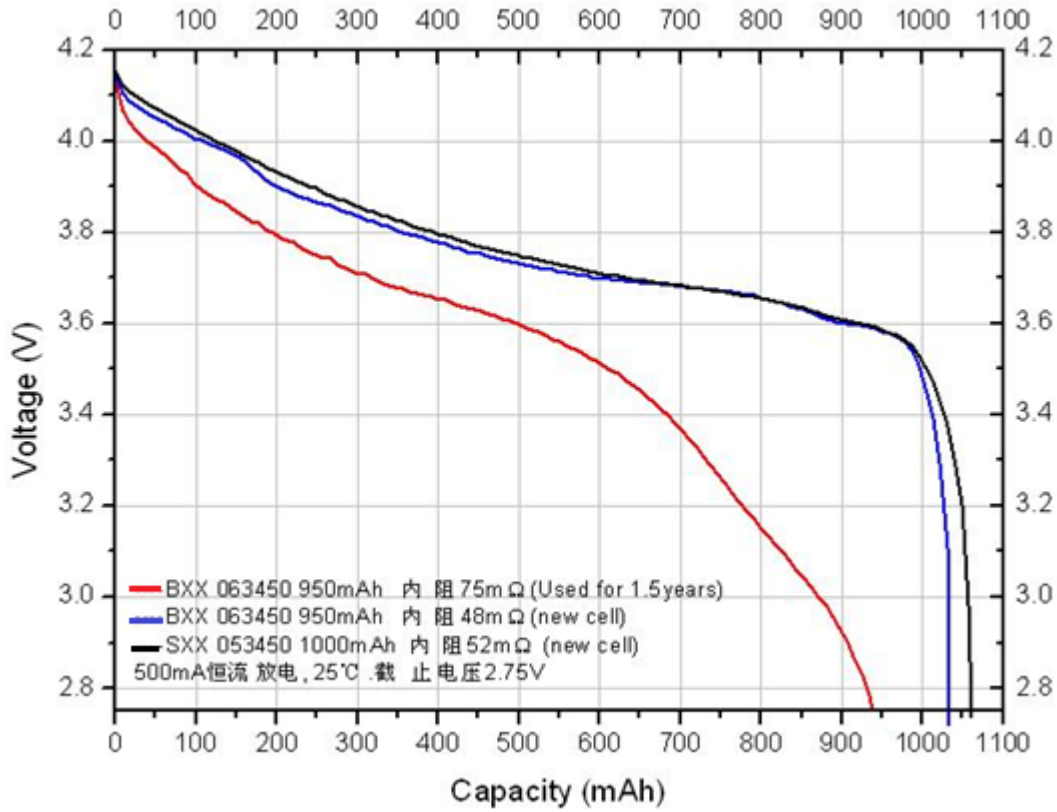
艾德克斯 IT5101 的内阻测试采用 IEC 测试标准，利用 1KHz 的主动注入正弦小信号的方法，输入并测量 AC 电压叠加在电池 DC 电压上的幅值计算电池电阻。无需考虑电池的充电状态，即可精确测量电池内阻，极具性价比，是电池内阻和电压测试的首选仪器。

IT5101 测量锂电池电压——推算电池电量（SOC）

锂电池端电压和电池容量存在一定的斜率可供近似推算电池电量。虽然实际上有多种影响电池剩余容量的因素，比如内部化学反应引起的自放电现象、电池的循环充放电历史、温度等等，但手机厂家通常会依据电池的开路电压（OCV）推算电池容量。如图四所示，红色曲线代表了使用了一年半后的电池，与新电池相比，电池容量降低了 10%，电池内阻增加了



56%，容量和电压的分布关系更接近于均分。



图四、不同锂离子电池电压与容量关系^[1]

艾德克斯 IT5101 电池内阻测试仪可以快速精确测量各种电池的端电压，配合开尔文测试夹，同时采样电池电压、内阻的速度高达 125 次/秒，分辨率最小 10uV，精度高达万分之一。其最大测试电压高达 300V，适用于小至纽扣电池、便携式电池，大至高压电池、电池包的电压检测。

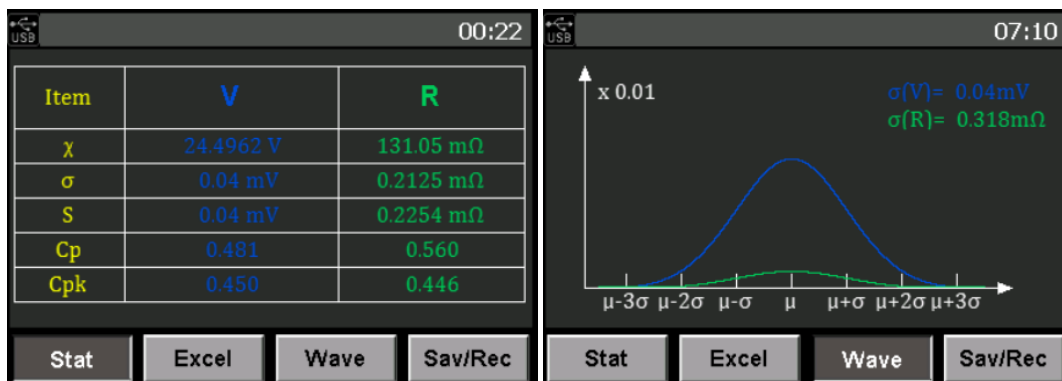
多功能保证产线上的快速量产测试——比较器功能、统计运算

艾德克斯 IT5101 提供比较功能，用户可以开启比较功能并设置比较范围或基准，在测试过程中显示比较结果，并可设置蜂鸣报警或显示报警，非常便于产线上电池的批量检测产品的规格。此外，打开绝对值功能，即使电池极性接反，也可以依据绝对值进行比较，为产线上的快速检测提供了便捷。



图五、IT5101 利用统计功能测量 ipad 锂电池的电压和内阻

除了比较器功能，艾德克斯 IT5101 还可以实现电池批量测试结果的记录和统计分析功能。计算并显示平均值、最大值、最小值、母标准偏差、采样标准偏差以及工序能力指数。统计结果可以列表或正态分布图显示，如图六所示，适用于工程管理和品质评价。



图六、统计结果显示（列表和正态分布图）

为了排除测量异常情况的发生，如果导线电阻、DUT 与导线之间或导线与本仪器之间的接触电阻过大，IT5101 则不能向 DUT 注入测试电流，因此会产生电阻测试异常显示，屏幕电阻显示变为“-----”，此功能可以防止产线上由于疲劳测量导致的错误测量。

结论：

艾德克斯IT5101是一款多功能、高精度适用于测试各类电池的内阻和电压的测试仪。艾德克斯电子致力于电池测试领域等各种产业测试领域的研究，除了IT5101，电池测试的明星产品还有IT5102多通道在线电池内阻测试仪、ITS5300电池自动测试系统。继承了艾德克斯产品一贯的高性能、高品质，能满足多通道、大容量电池的测试需求，节约成本，提高产线和研发效率。

*热电池电压：电池是非线性系统。在 25℃，单节电池 25mV 以下，电池响应的公式变为线性，此电压称为热电池电压。



微信号：itechelectronics

微信名称：艾德克斯电子



参考文献：

[1]、如何判断电池的剩余容量, http://blog.sina.com.cn/s/blog_53a811100100dvwa.html