

# 是德科技 BT2191A

## 自放电测量系统

BT2192A 自放电测量系统软件

技术资料



### 探寻锂离子电池自放电特性的新方式

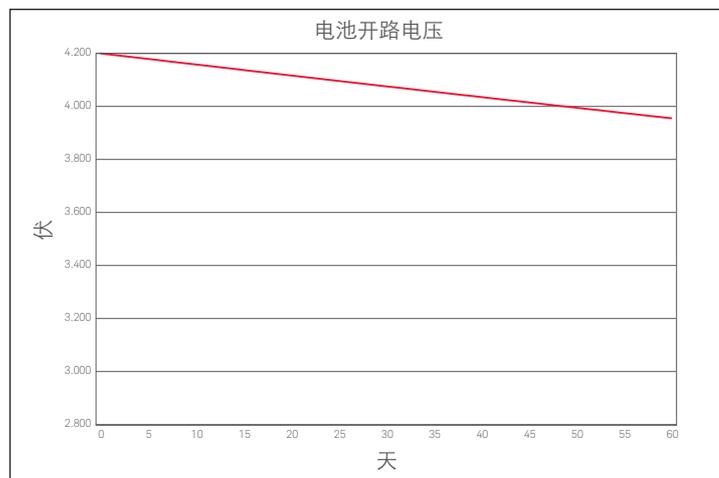
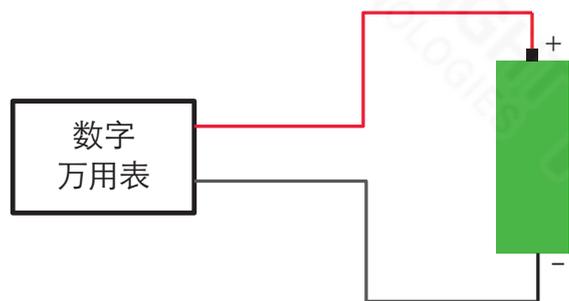
- 自放电电流的表征只需几分钟或几小时, 而不是几个星期或几个月
- 更快得出评测结果, 更快实现设计迭代
- 用于控制、绘图、记录和数据存储的软件
- 无需将电池储存几个星期甚至几个月

## 评测自放电面临的挑战

对锂离子电池设计人员而言，快速测量其电池设计的自放电特性，非常具有挑战性。而对于锂离子电池的用户来说，如果他们正在考虑将电池用于电子设备和电池组设计，要对锂离子电池的自放电特性进行评测，同样具有挑战性。



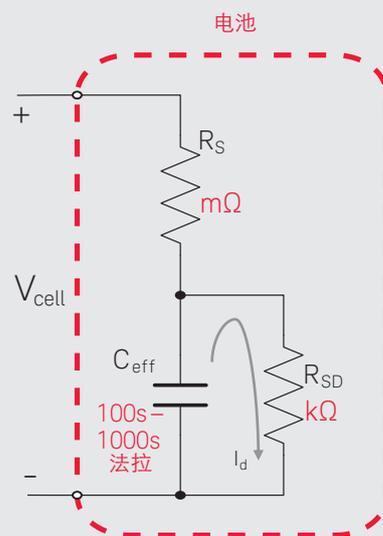
这个挑战不在于测量有多么复杂，而在于它测量起来非常耗时。现在的测量方式通常是测量电池的开路电压 (OCV) 随时间变化的程度，将其作为充电状态 (SoC) 因自放电而发生变化的程度指标。由于大多数锂离子电池在电池放电时 OCV 变化非常小，因此，观察电池充电状态 (SoC) 的变化需要很长时间。根据电池的种类，这个过程可能需要几个星期到几个月。



## 什么是自放电电流?

大多数锂离子电池即使没有进行任何连接也会逐渐放电。储存的能量渐渐损失，导致电池可用容量比预期的低。当多节电池组装成电池组时，电池自放电速率的差异会导致电池组内部的电池不平衡。典型的电池管理系统会将所有电池放电至最低电池的电平，缩短了有效的电池使用时间。

锂离子电池的自放电通常可按如下方式建模。



- $C_{eff}$  是电池的有效电容，用于存储电池的电荷。
- $R_S$  是电池内部或串联电阻。由于  $V_{cell} = V_{ocv} - (I * R_S)$ ，因此当您向更多电流从电池中放出时， $R_S$  会使得电池电压下降。
- $R_{SD}$  是自放电电流流过的并联电阻。如果电池没有任何连接 (开路)， $C_{eff}$  通过高值  $R_{SD}$  放电，产生数十或数百  $\mu A$  的自放电电流 ( $I_d$ )。经过几个星期或几个月之后，这种自放电路径会消耗  $C_{eff}$  中存储的能量，从而导致  $V_{cell}$  下降。

虽然在任何一个电池上花费的测量时间不是很长,但随着时间的推移,您需要进行一系列这样的测量,这会对您的设计周期造成很大的影响。自放电评测从开始到结束可能需要几个星期或是几个月,即使在此期间您不是将所有时间都花在电池评测上。这会对使用被测电池的产品的上市时间产生很大影响,无论您是新电池的设计人员,还是设备设计团队的电池评测人员。

当您在进行电池设计时,您会对电池充电,允许电荷完成再分配,然后启动自放电评测过程。您会测量 OCV,然后将电池存储起来等待 OCV 发生变化。您可能必须将电池存储在温度受控的条件下,因为电池电压会随温度变化。然后,您可以将注意力转移到其他设计或任务上。



当您再回头看这些电池时,总是需要一段时间回忆起原来的评测进度。它的效率肯定不如您不经过等待就能看到自放电特性时那么高。

而对于大容量电池而言,这个问题更为突出,这也是目前市场增长很大的地方。由于所需的安全预防措施,大型电池本身具有更复杂的测试设置和存储问题。

## 挑战的真正影响

如果表征自放电的时间是您的电池设计或评测周期中的选通任务,那么完成自放电测量所需的额外周数基本上相当于将您的电池设计或设备设计推向市场额外花费的时间。如果您在迭代设计时需要多个测试周期,那么延迟的时间会按您经历的测试周期数翻倍。所有这些都造成错失良机,因为您没有比竞争对手更快将自己的设计推向市场。

## 评测锂离子电池自放电特性的更好方式

要测量电池的自放电性能，您需要直接测量电池的自放电电流。能够进行这种电流测量的恒电势测量系统必须具有以下重要特性：

- 连接电池的测量设备对电池充电状态（SoC）的干扰必须最小。
- 测试设备施加到电池上的电压必须保持等于电池电压。如若不然，电池会充电或放电，您会启动电荷再分配电流以及 RC 稳定电流，而这两种电流会掩盖您想要测量的自放电电流。
- 施加到电池上的电压必须非常稳定。施加的电压如果有任何不稳定或噪声，会导致电荷再分配电流在自放电电流测量中显示为噪声。
- 测试设备必须能精确测量数十  $\mu\text{A}$  范围内的低电平自放电电流。

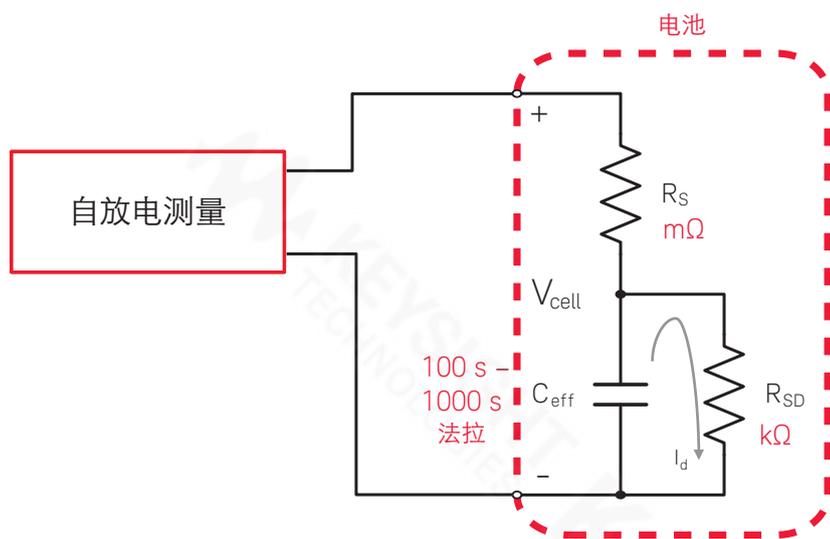
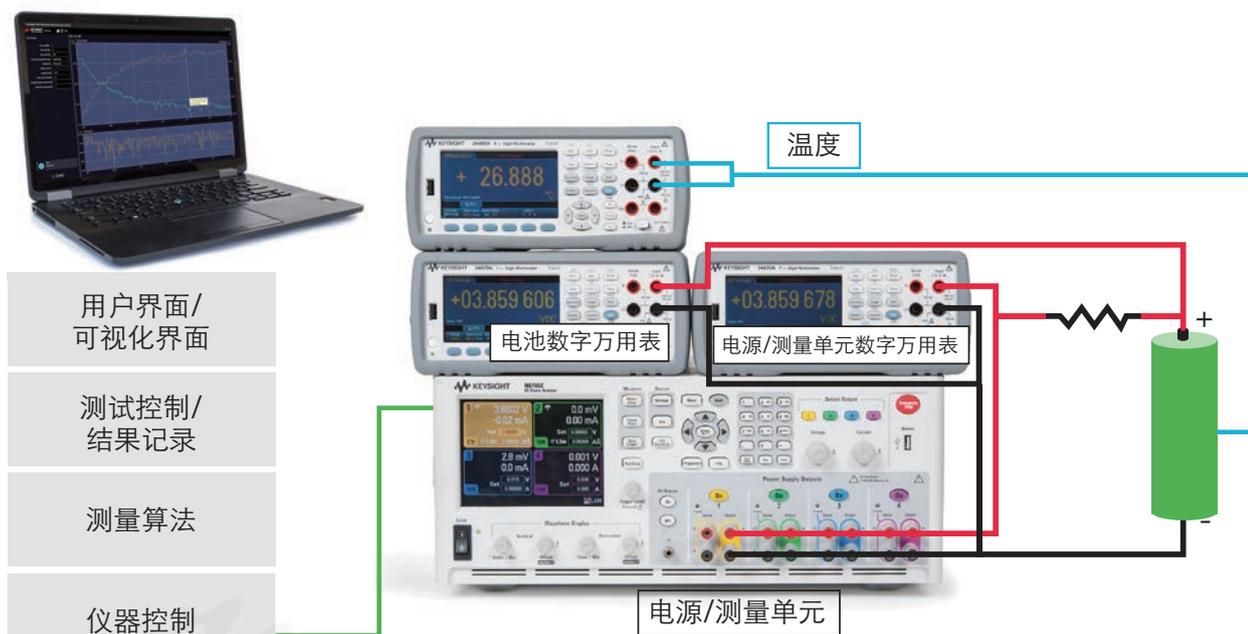


图 1. 自放电电池模型

## 是德科技自放电测量系统



BT2191A 自放电测量系统

是德科技的最新自放电测量系统能快速测量自放电电流。该恒电势测量系统具有快速进行直流电流测量所需的各种特性：

- 对电池的干扰最低
  - 施加到电池上的电压能与实际电池电压快速匹配 ( $\pm 5 \mu\text{V}$ )。这样可以最大限度地减少新的充电或放电，从而将新的 RC 稳定电流控制到最小。
  - 施加到电池上的电压非常稳定 ( $\pm 10 \mu\text{Vpk}$ )，能最大限度地减少自放电电流测量时持续的电荷再分配电流噪声。
- 能精确测量低电平自放电电流，精度达到  $\pm$  (读数的  $0.025\% + 100 \text{ nA}$ )。

是德科技自放电测量系统可以显著缩短测量电池自放电电流所需的时间。测试表明，对于像圆柱形 18650 或 21700 电池这样的较小电池，您可以根据电池特性在 30 分钟到 2 小时之间快速确定稳定的自放电电流。而对于容量较大的软包电池（如 10-60 Ah），则通常需要 1-2 小时。

比起等待几个星期或几个月让电池的 OCV 产生足够的变化以确定电池的品质，这是一个很大的改进。而且它显著缩短了测试周期，加快了产品上市。

自放电测量系统还能测量电池温度。它可以让您了解电池电压和自放电电流如何随温度而变化。由于电池的电压具有复杂的温度系数，因此监测电池温度可以让您了解温度对电池电压的影响。这样您就可以控制由温度变化引起的电池电压变化。而控制电压变化能消除自放电电流测量中的重大误差源。您可以使用 BT2191A 附带的 T 型热电偶，或是自己提供传感器和接线。支持的传感器包括：T、J、K、E、N、R 型热电偶； $5 \text{ k}\Omega$  热敏电阻；Pt100 和 Pt1000 电阻温度探测器。

## 自放电测量系统软件

- 测量和记录电池自放电电流、电池电压、电池温度。
- 对系统中的仪器进行配置。
- 保存或记录测量数据。
- 调用之前储存的测量结果进行显示和分析。
- 将记录的数据导出到 Microsoft Excel (xlsx 文件)。
- 匹配功能可测量初始电池电压并调整施加的电压进行匹配, 从而更快获得精确的自放电测量结果。
- 允许用户调整与电池相连的有效总电阻值 (包括物理电阻器)。这使得用户可以选择总电阻值来优化测量的 RC 稳定时间。电阻越低, 稳定时间越短, 但由于电压随温度波动, 电流测量噪声会增加。



图 2. 良好 18650 电池的测试结果: 在约 1.5 小时测得 9.08  $\mu\text{A}$  的稳定自放电电流。

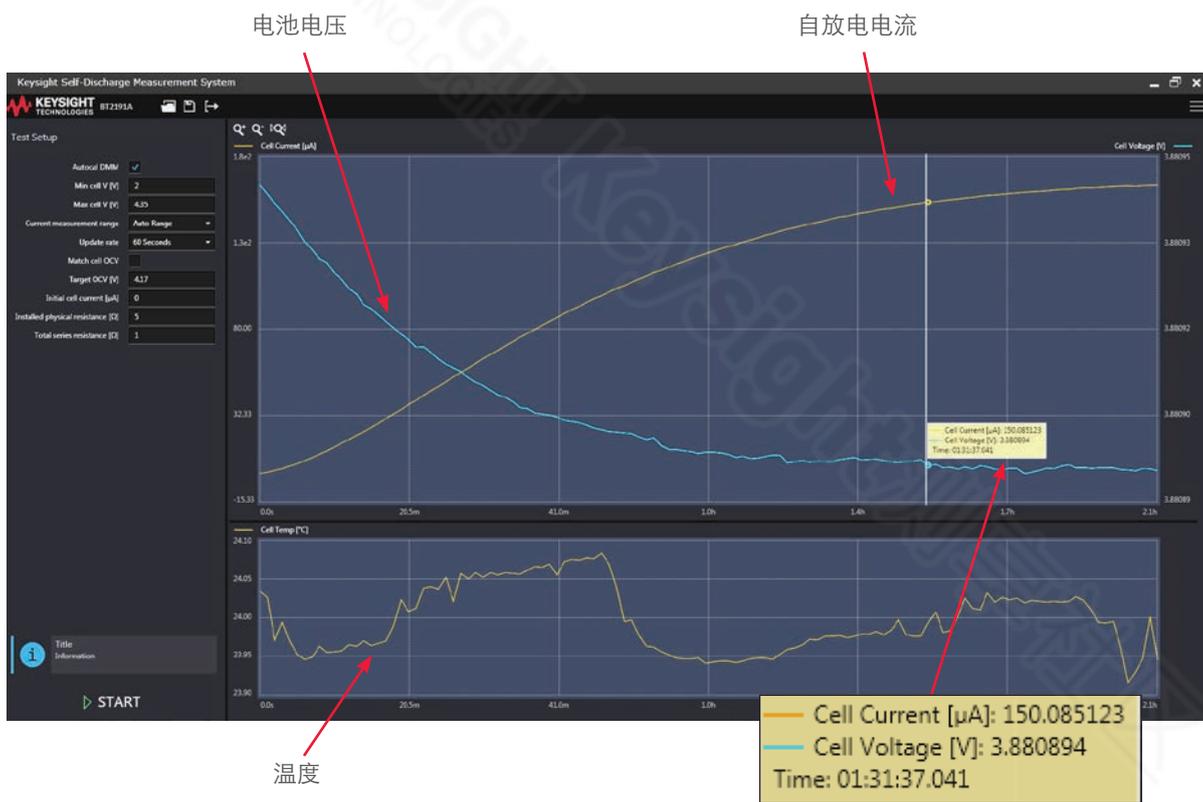


图 3. 高放电 18650 电池的测试结果: 在约 1.5 小时测得 150  $\mu\text{A}$  的稳定自放电电流。

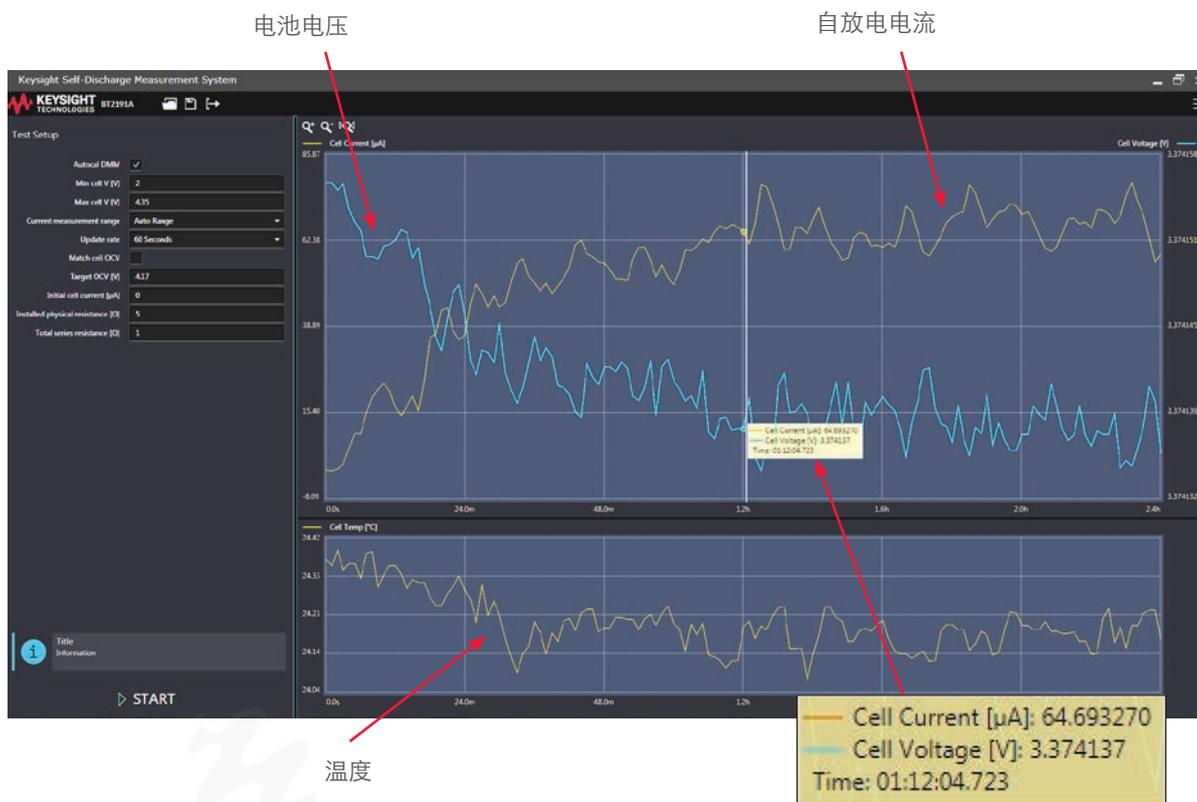


图 4. 良好 10 Ah 软包电池的测试结果: 在约 1.2 小时测得 65 µA 的稳定自放电电流。



图 5. 高放电 10 Ah 软包电池的测试结果: 在约 2.5 小时测得 122 µA 的稳定自放电电流。

## BT2191A 自放电测量系统

### 技术指标

参数	技术指标
电池电流测量精度 (1 分钟积分测量, 采用 N6782A 进行测量)	
电流 $\leq 1$ mA	$\pm(0.025\% + 100 \text{ nA})$
电流 $\leq 10$ mA	$\pm(0.025\% + 10 \text{ }\mu\text{A})$
电池电压测量精度 (采用 34470A 进行测量)	$\pm(0.0016\% + 20 \text{ }\mu\text{V})$

### 典型特性

参数	技术指标
电压源和测量范围	0.5 V 至 4.5 V
电压源稳定性 (典型值) 在 24 小时内通过 1 分钟积分测量。施加在电源/测量单元的输出端子上。布线和互连错误可能会降低性能。	$\pm 10 \text{ }\mu\text{Vpk}$
可编程电阻范围 (包括线束中安装的物理电阻器)	0.1 至 10 $\Omega$
物理电阻范围 (包括物理电阻器、接线和电池内部电阻)	0.1 至 10 $\Omega$
可编程电阻精度	$\pm 100 \text{ m}\Omega$
电池电流测量范围	$\pm 10 \text{ mA}$
测量速率	每 10 秒、30 秒或 60 秒进行 1 次测量
工作气温范围 环境气温的最大波动必须低于每小时 5° C。	25 到 35° C
其他环境因素	请参阅各仪器的相关信息
上电后的预热时间	2 小时
支持的最低电池有效电容	100 法拉
支持的最低 R*C (电池有效电容与可编程电阻设置的乘积)	50 秒
测量结果最大文件大小	每次测试最多测量 500,000 个读数。测试能以 1 分钟的测量记录间隔运行 300 天, 能以 30 秒的测量记录间隔运行 150 天, 或以 10 秒的记录间隔运行 50 天。
合规性 (EMC, 安全)	请参阅各仪器的相关信息。
计算机接口	LAN (用户提供以太网交换机和以太网电缆与仪器相连)
噪声	请参阅各仪器的相关信息。
交流电源输入	请参阅各仪器的相关信息。
典型重量与物理尺寸	请参阅各仪器的相关信息。

## 订货信息

产品	名称	描述
BT2191A	自放电测量系统	解决方案包包括： <ul style="list-style-type: none"> <li>- BT2192A 自放电测量系统软件</li> <li>- N6705C 直流电源分析仪</li> <li>- N6782A 2 象限电源/测量单元</li> <li>- 34470A 数字万用表, 7½ 位数 (数量 2) 用于电源/测量单元和电池电压测量</li> <li>- 34465A 数字万用表, 6½ 位数用于温度测量</li> <li>- BT2191-60001 接线套件, 由两个接线组件 (用于将仪器和温度传感器连接到电池) 和 5 Ω 电阻器组成</li> </ul>
BT2192A	自放电测量系统软件	仅软件

注: 用户提供系统计算机、以太网交换机和以太网电缆来连接仪器

### BT2191A 自放电测量系统

产品/选件	描述
BT2191A	自放电测量系统
BT2192A-1FP	软件永久固定许可证
BT2192A-1TP	软件永久可转移许可证
BT2192A-1FY	软件 1 年期固定许可证
BT2192A-1TY	软件 1 年期可转移许可证

### BT2192A 自放电测量系统软件

产品/选件	描述
BT2192A	自放电测量系统软件
BT2192A-1FP	永久固定许可证
BT2192A-1TP	永久可转移许可证
BT2192A-1FY	1 年期固定许可证
BT2192A-1TY	1 年期可转移许可证

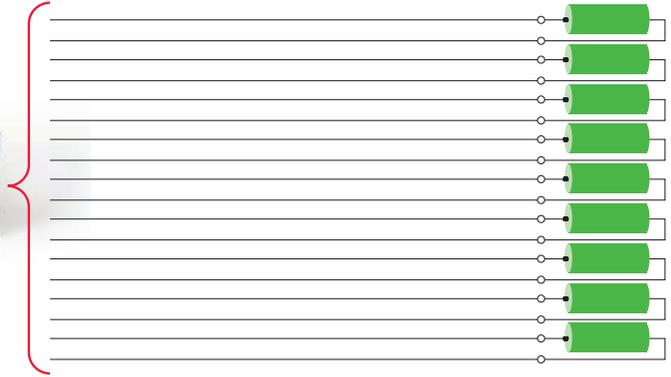
### BT2191-60001 接线套件

产品	描述
电缆——热电偶、T 型	2 米长热电偶导线连接双香蕉插头, 用于测量电池温度。如有需求, 用户可以提供其他温度传感器和导线。支持的传感器: T、J、K、E、N、R 型热电偶, 5 kΩ 热敏电阻, Pt100 和 Pt1000 电阻温度探测器。
电缆组件——被测器件线束	用于连接被测电池与仪器 (电源/测量单元数字万用表, 电池数字万用表, 电源/测量单元) 的接线。包括用于连接电池的鳄鱼夹、用于连接 5 Ω 电阻器的鳄鱼夹。通过双香蕉插头与仪器进行连接。电缆线束在电池和仪器之间留有大约 2 米的间隔。
5 Ω 电阻器	需要电阻器对自放电电流进行有效的测量。物理电阻器加上编程电阻器的总电阻必须在 0.1 Ω 到 10 Ω 之间。

## 用于在电池制造环境中测量自放电特性

是德科技正在申请专利的自放电测量技术实施可以显著缩短区别良好或不良自放电性能所需的时间。

BT2152A 自放电分析仪  
32 个通道, 2U 机架安装



BT2152A 自放电分析仪在制造过程中能够显著缩短区别良好或不良电池自放电性能所需的时间。您可以大幅度缩减在制品、流动资金和设备成本。

了解更多信息, 请访问 [www.keysight.com/find/BT2152](http://www.keysight.com/find/BT2152) 或与是德科技联系。

KEYSIGHT Technologies Keysight 测量社区

## 演进

我们独有的硬件、软件和技术人员资源组合能够帮助您实现下一次突破。  
我们正在开启技术的未来。



从惠普到安捷伦再到是德科技

如欲获得是德科技的产品、应用和服务信息，请与是德科技联系。如欲获得完整的产品列表，请访问：[www.keysight.com/find/contactus](http://www.keysight.com/find/contactus)

**是德科技客户服务热线**  
热线电话: 800-810-0189、400-810-0189  
热线传真: 800-820-2816、400-820-3863  
电子邮件: [tm\\_asia@keysight.com](mailto:tm_asia@keysight.com)

**是德科技(中国)有限公司**  
北京市朝阳区望京北路3号是德科技大厦  
电话: 86 010 64396888  
传真: 86 010 64390156  
邮编: 100102

**是德科技(成都)有限公司**  
成都市高新区南部园区天府四街116号  
电话: 86 28 83108888  
传真: 86 28 85330931  
邮编: 610041

**是德科技香港有限公司**  
香港北角电器道169号康宏汇25楼  
电话: 852 31977777  
传真: 852 25069233

**上海分公司**  
上海市虹口区四川北路1350号  
利通广场19楼  
电话: 86 21 26102888  
传真: 86 21 26102688  
邮编: 200080

**深圳分公司**  
深圳市福田区福华一路6号  
免税商务大厦裙楼东3层3B-8单元  
电话: 86 755 83079588  
传真: 86 755 82763181  
邮编: 518048

**广州分公司**  
广州市天河区黄埔大道西76号  
富力盈隆广场1307室  
电话: 86 20 38390680  
传真: 86 20 38390712  
邮编: 510623

**西安办事处**  
西安市碑林区南关正街88号  
长安国际大厦D座501  
电话: 86 29 88861357  
传真: 86 29 88861355  
邮编: 710068

**南京办事处**  
南京市鼓楼区汉中路2号  
金陵饭店亚太商务楼8层  
电话: 86 25 66102588  
传真: 86 25 66102641  
邮编: 210005

**苏州办事处**  
苏州市工业园区苏华路一号  
世纪金融大厦1611室  
电话: 86 512 62532023  
传真: 86 512 62887307  
邮编: 215021

**武汉办事处**  
武汉市武昌区中南路99号  
武汉保利广场18楼A座  
电话: 86 27 87119188  
传真: 86 27 87119177  
邮编: 430071

**上海MSD办事处**  
上海市虹口区欧阳路196号  
26号楼一楼J+H单元  
电话: 86 21 26102888  
传真: 86 21 26102688  
邮编: 200083

本文中的产品指标和说明可不经通知而更改  
© Keysight Technologies, 2017  
Published in USA, April 26, 2017  
出版号: 5992-2292CHCN  
[www.keysight.com](http://www.keysight.com)

### myKeysight

myKeysight

[www.keysight.com/find/mykeysight](http://www.keysight.com/find/mykeysight)  
个性化视图为您提供最适合自己的信息！

是德科技服务

**KEYSIGHT SERVICES**  
Accelerate Technology Adoption.  
Lower costs.

[www.keysight.com/find/services](http://www.keysight.com/find/services)

我们拥有业界领先的技术人员、流程和工具，可以提供深度的设计、测试和测量服务。最终的结果就是：我们帮助您应用新技术，以及经工程师改进的流程，从而降低成本。

3年保修



[www.keysight.com/find/ThreeYearWarranty](http://www.keysight.com/find/ThreeYearWarranty)

是德科技卓越的产品可靠性和广泛的3年保修服务完美结合，从另一途径帮助您实现业务目标：增强测量信心、降低拥有成本、增强操作方便性。

Keysight Assurance Plans



[www.keysight.com/find/AssurancePlans](http://www.keysight.com/find/AssurancePlans)

10年的周密保护以及持续的巨大预算投入，可确保您的仪器符合规范要求，精确的测量让您可以继续高枕无忧。

是德科技渠道合作伙伴

[www.keysight.com/find/channelpartners](http://www.keysight.com/find/channelpartners)

黄金搭档：是德科技的专业测量技术和丰富产品与渠道合作伙伴的便捷供货渠道完美结合。

[www.keysight.com/find/bt2191a](http://www.keysight.com/find/bt2191a)