

# **RIGOL**

## **应用指南**

### **电池放电测试应用指南**

**2021 年 4 月**

**RIGOL TECHNOLOGIES CO., LTD.**

# 前言

## 版权

©2021 普源精电科技股份有限公司

## 商标信息

**RIGOL** 是普源精电科技股份有限公司的注册商标。

## 声明

- 本公司产品受中国及其它国家和地区的专利（包括已取得的和正在申请的专利）保护。
- 本公司保留改变规格及价格的权利。
- 本手册提供的信息取代以往出版的所有资料。
- 本手册提供的信息如有变更，恕不另行通知。
- 对于本手册可能包含的错误，或因手册所提供的信息及演绎的功能，以及因使用本手册而导致的任何偶然或继发的损失，**RIGOL** 概不负责。
- 未经 **RIGOL** 事先书面许可，不得影印、复制或改编本手册的任何部分。

## 产品认证

**RIGOL** 认证本产品符合中国国家产品标准和行业产品标准及 ISO9001:2015 标准和 ISO14001:2015 标准，并进一步认证本产品符合其它国际标准组织成员的相关标准。

## 联系我们

如您在使用此产品或本手册的过程中有任何问题或需求，可与 **RIGOL** 联系：

电子邮箱：[service@rigol.com](mailto:service@rigol.com)

网址：[www.rigol.com](http://www.rigol.com)

---

## 本应用指南

- 简要介绍电池放电测试原理。
- 电池放电测试工作方式。
- 电池放电测试环境搭建。
- 电池放电测试测试步骤。

完成全文阅读，大概需要 10 分钟时间。

## 简介

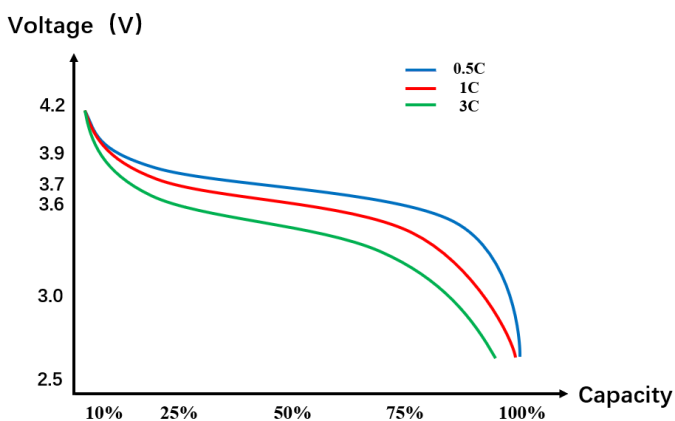
电能是我们生活中使用最为方便的能源，我们无时无刻不在使用着电能。时至今日，我们已经能够随时随地获得电能，这些便捷离不开可充电的锂离子电池。锂电池经过多年的技术革新，综合性能不断提升，已经应用在了非常多的领域，但正因为如此，对电池的全面的测试非常有必要，因为锂电池在工作异常时可能出现起火爆炸的事故，导致人身伤害和财产损失。在电池的各项测试中，电池放电测试是其中重要的一环。电池的放电测试对电池循环寿命，放电性能评估有很大的帮助。

电池放电测试过程中不仅仅需要关注电池的电学参数，电池的温度也是非常重要的一点，因为温度是直接影响锂离子电池的安全性和可靠性的因素之一。除了安全方面，温度也会对锂离子电池的有效容量和放电性能产生很大的影响。在寒冷的冬天电动汽车的性能大幅下降很大程度上和电池在低温环境中的性能下降有关。

此外，在实际的使用中，电池往往会遵循电池厂家指定的标准进行充电，充电过程相对更平稳，更可控，然而放电过程却是随着负载的不同会有很大的差异，放电过程一旦产生大量的热量聚集，超过电池允许的工作温度，就会影响其安全性和可靠性。

可见对电池在不同温度环境下的放电性能测试和放电过程中的温度变化检测是一个产品开发中不可忽视的重要步骤，本文我们就来介绍一下如何使用通用测试测量设备对电池进行放电测试并进行参数监测。

常见的锂离子电池的典型放电曲线如下：



通常，这个曲线是由电池生产厂家在指定的测试条件下的一个参考曲线，而对于客户实际的多样化的应用需求，需要有针对性设计测试条件。

一般来说，电池的性能受电池温度、电池内阻、充放电循环次数、放电电流、放电方式等多种因素影响，而对于存储了一段时间的电池，存放时间、存放的温度等也会影响到电池在使用时的性能。因此，测试电池放电特性是一个需要较长时间、重复性的工作。

## 工作方式

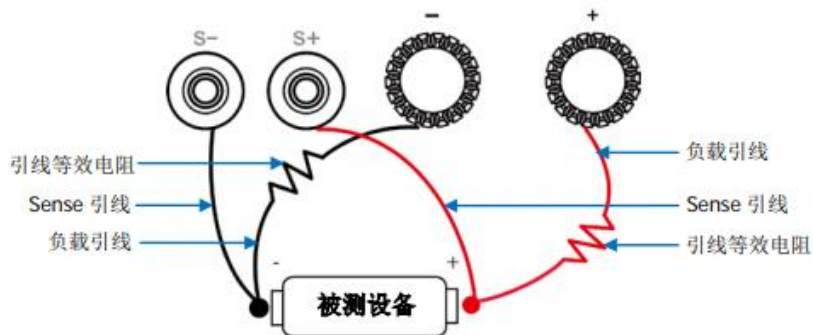
在电池放电测试中需要关注如下几个问题：

### 电池的端口电压

在电池放电测试中，需要时刻关注电池的端口电压。一方面，计算电池可释放出来的能量需要根据电池的实时端口电压进行计算，以得到实际放电过程中的准确的功率参数；另一方面，由于锂电池在过度放电时会因为电池内部物质或结构发生不可逆变化而导致电池损坏或性能下降，为了避免这种情况发生，电子负载的电池测试模式需要设定放电终止的阈值电压，一旦达到终止放电的电压条件，电子负载能自动停止测试而无需人时刻监视电池电压，以避免电池的过度放电。

### 电池到电子负载之间导线的电阻

电池到电子负载之间的导线必然存在一定的电阻，当被测设备输出大电流时，负载引线上的压降将变得不可忽略，这将使电子负载在建立负载电流之后的端口电压低于电池实际的端口电压，显然，这与连接线缆的引线等效电阻有直接的关系。为了确保电子负载可以准确测量被测设备的输出电压，电子负载需要提供独立于堵在端子的额外远端 Sense 端子，当电子负载处于 Sense 工作模式时，Sense 功能被启用，接线方式如下图所示。



按照正确的方式连接 Sense 端子和被测设备的输出端后，电子负载可以直接通过 Sense 端子检测被测对象的实际电压，从而自动补偿电子负载引线电阻引起的压降，使得电子负载可以准确的测量电池的端口电压。

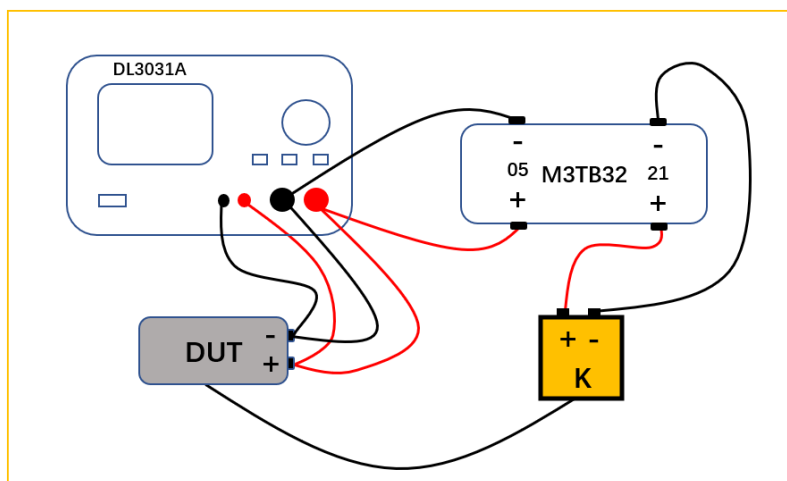
## 电池的温度

在整个放电测试的过程中，电池的温度也是需要监测的信息之一。一方面，电池放电过程中，电池不可避免地会因为欧姆内阻产生热量，也会有内部电化学反应产生的热量，尤其是在较大功率放电时，电池将会有明显的温升；另一方面，电池的温度变化会对电池的性能产生显著的影响，过高和过低的温度都会严重影响电池的性能甚至影响电池的安全使用。此外，在电池寿命的后期，随着电池性能下降，内阻增加，同样的放电条件下电池的温度会上升更快，严重时可能超过电池的安全限制范围，造成安全风险。

对于整组的电池组来说，受限于散热条件，位于电池组不同位置的电池单体的散热能力会有显著的差异。在放电过程中，即使电池单体的特性完全一致也会因为散热能力的差异造成电池组内的电池单体出现温度不均衡，而这种温度的不均衡将在反复的充放电中使得电池单体间的性能出现差异或造成差异不断增加。

综上所述，在放电过程中准确地测量电池的电压和温度，才能更准确地评估电池的放电特性。

## 环境搭建



1. 准备一台 DL3000 可编程电子负载，如 DL3031A。
2. 一个具有保护板的电池组，如选用多串组的电池组，最好选择带有均衡充电接口可检测每节电池的电压的电池组。
3. 准备一台 M300 数据采集/开关系统，配备 MC3065（DMM 模块）和一张多路复用器模块 MC3120、接线盒 M3TB20、热电偶等，该模块需要支持两线制测试并可承受电池组的工作电压。（为了安全起见，请勿选择只可转换 HI 输入的 MC3164 型 64 通道单端多路复用器）。

4. 使用将热电偶测温点贴至电池表面，并将热电偶连接至多路复用器接线盒；
5. 将电池组的正极和负极分别连接到 DL3031A 的正极和负极上，并正确的按照四线制方式连接 Sense 线缆
6. 电池组的电压测量线路连接至 M300 数据采集/开关系统以检测和记录放电过程的电池组电压变化。
7. （可选）如果需要监测每节电池的电压，则可以将每节电池的电压测量接口均连接到 M300 数据采集/开关系统中。（对于单节电池或者对电池组串联后的均压特性不关注时无需该步骤）
8. 将 DL3000 的后面板电流监控输出端子信号连接到 M300 中以检测和记录放电电流。

## 操作步骤

### Step1 启用 M300 测量功能

- 在默认列表中，点击编辑列表，点击新建，选择电压测试通道号 521 点击确定，选择测试 DCV，量程选择自动，点击完成，完成电压测试通道配置。

- 继续点击新建，建立温度测试通道，选择温度测试通道 505，选择 TEMP，类型选择 TC，接着选择热电偶型号，本次测试选择的是 K 型热电偶，型号选择 K，单位选择°C 点击完成

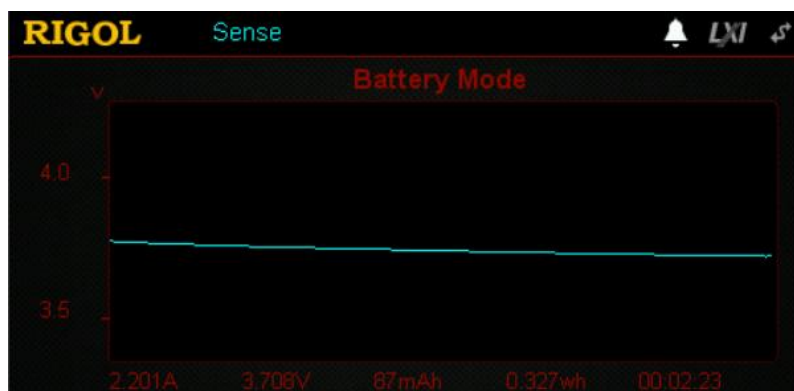
- 点击 Monitor，进入通道监视界面，选择多通道，添加通道 505 与 521，观察此时的电压与温度测量值

### Step2 启用 DL3031 电池测试功能

- 按 APP 键切换至 Battery 测试功能主界面，如图所示，主界面上方显示“Battery”。



- 设置电流值为 **0.5A**。（为了安全，该设置必须与电池性能匹配，在安全的电流范围内）
- 设置截止电压为 **3.8V**。（为了安全，该设置必须与电池性能匹配，在放电下限值之上，放电时间和电池容量可选）
- 按下 ON/OFF，启动电子负载
- 按下负载上的绿色眼睛按钮，即可打开电池放电曲线，设置合适的窗口时间，即可观察对应时间内电池的电压或电流变化曲线。



## 总结

通过使用 DL3000 系列电子负载和 M300 系列数据采集可以快速地完成电池放电测试，您可以根据实际需求选择使用。

型号	总功率	电压	电流	最高频率	电流斜率	电流回读分辨率	电压回读分辨率
 DL3021	200W	150V	40A	15kHz	2.5A/us	1mA	1mV
DL3021A	200W	150V	40A	30kHz	3.0A/us	0.1mA	0.1mV
DL3031	350W	150V	60A	15kHz	2.5A/us	1mA	1mV
DL3031A	350W	150V	60A	30kHz	5.0A/us	0.1mA	0.1mV

型号	
插槽数量	5
模块种类	8
内置万用表	无
最大扫描速度	60通道/s
单机最多通道数	256