

锂离子电池技术与测试方法

目 录

第一部分

1.1 锂离子电池简介	2
1.2. 锂离子电池组成	3
1.3. 锂离子电池原理	4
1.4. 锂离子电池的种类	5
1.5. 锂离子电池优缺点	7
1.6. 如何正确使用锂离子电池	8

第二部分

ST-BTJCY3000 型智能电池充电放电检测仪

2.1. 性能特点	10
2.2. 技术指标	11
2.3 技术支持与网站信息	12

第三部分

聚合物锂离子电池规格、测试方法和标准

3. 1. 聚合物锂离子充电电池规格	15
3.2. 测试标准	16
3.3. 文档参考的国标依据	18

第一部分

1.1 锂离子电池简介



1.1.1 锂离子电池 (Li-ion Batteries) 是锂电池发展而来。在介绍 Li-ion 之前, 应先介绍锂电池。举例来讲, 以前照相机里用的扣式电池就属于锂电池。锂电池的正极材料是二氧化锰或亚硫酸氯, 负极是锂。电池组装完成后电池即有电压, 不需充电. 这种电池也可能充电, 但循环性能不好, 在充放电循环过程中, 容易形成锂枝晶, 造成电池内部短路, 所以一般情况下这种电池是禁止充电的。

1.1.2 后来, 日本索尼公司发明了以炭材料为负极, 以含锂的化合物作正极, 在充放电过程中, 没有金属锂存在, 只有锂离子, 这就是锂离子电池。当对电池进行充电时, 电池的正极上有锂离子生成, 生成的锂离子经过电解液运动到负极。而作为负极的碳呈层状结构, 它有很多微孔, 达到负极的锂离子就嵌入到碳层的微孔中, 嵌入的锂离子越多, 充电容量越高。同样, 当对电池进行放电时 (即我们使用电池的过程), 嵌在负极碳层中的锂离子脱出, 又运动回正极。回正极的锂离子越多, 放电容量越高。

1.1.3 我们通常所说的电池容量指的就是放电容量。在 Li-ion 的充放电过程中, 锂离子处于从正极 → 负极 → 正极的运动状态。Li-ion Batteries 就像一把摇椅, 摇椅的两端为电池的两极, 而锂离子就象运动员一样在摇椅来回奔跑。所以 Li-ion Batteries 又叫摇椅式电池。

1.2. 锂离子电池的组成

1.2.1 钢壳/铝壳系列：

- (1) 电池上下盖
- (2) 正极——活性物质一般为氧化锂钴
- (3) 隔膜——一种特殊的复合膜
- (4) 负极——活性物质为碳
- (5) 有机电解液
- (6) 电池壳（分为钢壳和铝壳两种）

1.2.2 软包装系列

- (1) 正极——活性物质一般为氧化锂钴
- (2) 隔膜——PP 或者 PE 复合膜
- (3) 负极——活性物质为碳
- (4) 有机电解液
- (5) 电池壳——铝塑复合膜

1.3. 锂离子电池原理

1.3.1 锂系电池分为锂电池和锂离子电池。目前手机和笔记本电脑使用的都是锂离子电池，通常人们俗称其为锂电池。手机等 PDA 产品使用的是锂离子电池，而真正的锂电池由于危险性大，没有应用于日常电子产品。

锂离子电池以碳素材料为负极，以含锂的化合物作正极，没有金属锂存在，只有锂离子，这就是锂离子电池。锂离子电池是指以锂离子嵌入化合物为正极材料电池的总称。锂离子电池的充放电过程，就是锂离子的嵌入和脱嵌过程。在锂离子的嵌入和脱嵌过程中，同时伴随着与锂离子等当量电子的嵌入和脱嵌（习惯上正极用嵌入或脱嵌表示，而负极用插入或脱插表示）。在充放电过程中，锂离子在正、负极之间往返嵌入/脱嵌和插入/脱插，被形象地称为“摇椅电池”。

1.3.2 锂离子电池能量密度大，平均输出电压高。自放电小，每月在 10% 以下。没有记忆效应。工作温度范围宽为 $-20^{\circ}\text{C} \sim 60^{\circ}\text{C}$ 。循环性能优越、可快速充放电、充电效率高达 100%，而且输出功率大。使用寿命长。没有环境污染，被称为绿色电池。

1.3.3 充电是电池重复使用的重要步骤，锂离子电池的充电过程分为两个阶段：恒流快充阶段（指示灯呈红色或黄色）和恒压电流递减阶段（指示灯呈绿色）。恒流快充阶段，电池电压逐步升高到电池的标准电压，随后在控制芯片下转入恒压阶段，电压不再升高以确保不会过充，电流则随着电池电量的上升逐步减弱到 0，而最终完成充电。电量统计芯片通过记录放电曲线可以抽样计算出电池的电量。锂离子电池在多次使用后，放电曲线会发生改变，锂离子电池虽然不存在记忆效应，但是充电不当会严重影响电池性能。

锂离子电池过度充放电会对正负极造成永久性损坏。过度放电导致负极碳片层结构出现塌陷，而塌陷会造成充电过程中锂离子无法插入；过度充电使过多的锂离子嵌入负极碳结构，而造成其中部分锂离子再也无法释放出来。

1.3.4 充电量等于充电电流乘以充电时间，在充电控制电压一定的情况下，充电电流越大（充电速度越快），充电电量越小。电池充电速度过快和终止电压控制点不当，同样会造成电池容量不足，实际是电池的部分电极活性物质没有得到充分反应就停止充电，这种充电不足的现象随着循环次数的增加而加剧。

1.4. 锂离子电池的种类

1.4.1 不可充电的锂电池有多种，目前常用的有锂—二氧化锰电池、锂—亚硫酸氯电池及锂和其它化合物电池。

1) 锂—二氧化锰电池(Li MnO₂)

锂—二氧化锰电池是一种以锂为阳极、以二氧化锰为阴极，并采用有机电解液的一次性电池。该电池的主要特点是电池电压高，额定电压为 3V(是一般碱性电池的 2 倍)；终止放电电压为 2V；比能量大(见上面举的例子)；放电电压稳定可靠；有较好的储存性能(储存时间 3 年以上)、自放电率低(年自放电率≤2%)；工作温度范围-20℃~+60℃。

该电池可以做成不同的外形以满足不同要求，它有长方形、圆柱形及纽扣形(扣式)。

2) 可充电锂离子电池

可充电锂离子电池是目前手机中应用最广泛的电池，但它较为“娇气”，在使用中不可过充、过放(会损坏电池或使之报废)。因此，在电池上有保护元器件或保护电路以防止昂贵的电池损坏。锂离子电池充电要求很高，要保证终止电压精度在 1%之内，目前各大半导体器件厂已开发出多种锂离子电池充电的 IC，以保证安全、可靠、快速地充电。

1.4.2 根据锂离子电池所用电解质材料不同，锂离子电池可以分为液态锂离子电池(lithium ion battery, 简称为 LIB)和聚合物锂离子电池(polymer lithium ion battery, 简称为 LIP)两大类。聚合物锂离子电池所用的正负极材料与液态锂离子都是相同的，电池的工作原理也基本一致。它们的主要区别在于电解质的不同，液态锂离子电池使用的是液体电解质，而聚合物锂离子电池则以固体聚合物电解质来代替，这种聚合物可以是“干态”的，也可以是“胶态”的，目前大部分采用聚合物胶体电解质。聚合物锂离子电池可分为三类：

(1) 固体聚合物电解质锂离子电池。电解质为聚合物与盐的混合物，这种电池在常温下的离子电导率低，适于高温使用。

(2) 凝胶聚合物电解质锂离子电池。即在固体聚合物电解质中加入增塑剂等添加剂，从而提高离子电导率，使电池可在常温下使用。

(3) 聚合物正极材料的锂离子电池。采用导电聚合物作为正极材料，其比能量是现有锂离子电池的 3 倍，是最新一代的锂离子电池。由于用固体电解质代替了液体电解质，与液态锂离子电池相比，聚合物锂离子电池具有可薄形化、任意面积化与任意形状化等优点，也不会产生漏液与燃烧爆炸等安全上的问题，因此可以用铝塑复合薄膜制造电池外壳，从而提高整个电池的比容量；聚合物锂离子电池还可以采用高分子作正极材料，其质量比能量将会比目前的液态锂离子电池提高 50%以上。

此外, 聚合物锂离子电池在工作电压、充放电循环寿命等方面都比锂离子电池有所提高。

基于以上优点, 聚合物锂离子电池被誉为下一代锂离子电池。聚合物锂离子(Lithium ion polymer)电池, 具有更高能量密度、小型化、薄型化、轻量化、高安全性、长循环寿命与低成本的新型电池。因此, 在未来 2~3 年内, 聚合物锂电池取代锂离子电池市场的份额将达 50%。

1.4.3 当前手机已被广泛使用, 早期的手机中多使用镍氢电池, 但灵巧型的手机则是锂离子电池。正确地使用锂离子电池对延长电池寿命是十分重要的。锂离子电池是目前应用最为广泛的锂电池, 它根据不同的电子产品的要求可以做成扁平长方形、圆柱形、长方形及扣式, 并且有由几个电池串联在一起组成的电池组。锂离子电池的额定电压为 3.6V(有的产品为 3.7 V)。充满电时的终止充电电压与电池阳极材料有关: 阳极材料为石墨的 4.2 V; 阳极材料为焦炭的 4.1V。不同阳极材料的内阻也不同, 焦炭阳极的内阻略大, 其放电曲线也略有差别。一般称为 4.1V 锂离子电池及 4.2V 锂离子电池。现在使用的大部分是 4.2V 的, 锂离子电池的终止放电电压为 2.5V~2.75V(电池厂给出工作电压范围或给出终止放电电压, 各参数略有不同)。低于终止放电电压继续放电称为过放, 过放对电池是有损害的。

1.4.4 锂离子电池不适合用作大电流放电, 过大电流放电时会降低放电时间(内部会产生较高的温度而损耗能量)。因此电池生产工厂给出最大放电电流, 在使用中应小于最大放电电流。锂离子电池对温度有一定要求, 工厂给出了充电温度范围、放电温度范围及保存温度范围。锂离子电池对充电的要求是很高的, 它要求精密的充电电路以保证充电的安全。终止充电电压精度允差为额定值的 $\pm 1\%$ (例如: 充 4.2V 的锂离子电池, 其允差为 $\pm 0.042V$), 过压充电会造成锂离子电池永久性损坏。锂离子电池充电电流应根据电池生产厂家的建议, 并要求有限流电路以免发生过流(过热)。一般常用的充电率为 0.25C~1C (C 是电池的容量, 如 C=800mAh, 1C 充电率即充电电流为 800mA)。在大电流充电时往往要检测电池温度, 以防止过热损坏电池或产生爆炸。

1.4.5 锂离子电池充电分为两个阶段: 先恒流充电, 到接近终止电压时改为恒压充电。以 800mAh 容量的电池为例, 其终止充电电压为 4.2V。电池以 800mA(充电率为 1C)恒流充电, 开始时电池电压以较大的斜率升压, 当电池电压接近 4.2V 时, 改成 4.2V 恒压充电, 电流渐降, 电压变化不大, 到充电电流降为 1/10C(约 80mA)时, 认为接近充满, 可以终止充电(有的充电器到 1/10C 后启动定时器, 过一定时间后结束充电)。锂离子电池在充电或放电过程中若发生过充、过放或过流时, 会造成电池的损坏或降低使用寿命。

1.5. 锂离子电池优缺点

1.5.1 锂离子电池具有以下优点：

- 1) 电压高，单体电池的工作电压高达 3.6-3.9V，是 Ni-Cd、Ni-H 电池的 3 倍
- 2) 比能量大，目前能达到的实际比能量为 100-125Wh/kg 和 240-300Wh/L (2 倍于 Ni-Cd, 1.5 倍于 Ni-MH)，未来随着技术发展，比能量可高达 150Wh/kg 和 400 Wh/L
- 3) 循环寿命长，一般均可达到 500 次以上，甚至 1000 次以上. 对于小电流放电的电器，电池的使用期限 将倍增电器的竞争力.
- 4) 安全性能好，无公害，无记忆效应. 作为Li-ion前身的锂电池，因金属锂易形成枝晶发生短路，缩减了其应用领域：Li-ion中不含镉、铅、汞等对环境有污染的元素：部分工艺（如烧结式）的Ni-Cd电池存在的一大弊病为“记忆效应”，严重束缚电池的使用，但Li-ion根本不存在这方面的问题。
- 5) 自放电小，室温下充满电的 Li-ion 储存 1 个月后的自放电率为 10%左右，大大低于 Ni-Cd 的 25-30%，Ni、MH 的 30-35%。
- 6) 可快速充放电，1C 充电是容量可以达到标称容量的 80%以上。
- 7) 工作温度范围高，工作温度为-25~45° C，随着电解质和正极的改进，期望能扩宽到-40~70° C。

1.5.2. 锂离子电池也存在着一一定的缺点

- 1) **电池成本较高。**主要表现在正极材料 LiCoO₂ 的价格高 (Co 的资源较少)，电解质体系提纯困难。
- 2) **不能大电流放电。**由于有机电解质体系等原因，电池内阻相对其他类电池大。故要求较小的放电电流密度，一般放电电流在 0.5C 以下，只适合于中小电流的电器使用。
- 3) **需要保护线路控制。**
 - A、过充保护：电池过充将破坏正极结构而影响性能和寿命；同时过充电使电解液分解，内部压力过高而导致漏液等问题；故必须在 4.1V-4.2V 的恒压下充电；
 - B、过放保护：过放会导致活性物质的恢复困难，故也需要有保护线路控制。

4) 充电电池定义

充电电池又称：蓄电池、二次电池，是可以反复充电使用的电池。常见的有：铅酸电池（用于汽车时，俗称“电瓶”）、镉镍电池、氢镍电池、锂离子电池。

5) 电池的额定容量

电池的额定容量指在一定放电条件下，电池放电至截止电压时放出的电量。IEC 标准规定镍镉和镍氢电池在 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ 环境下，以 0.1C 充电 16 小时后以 0.2C 放电至 1.0V 时所放出的电量为电池的额定容量。单位有 Ah, mAh (1Ah=1000mAh)

1.6. 如何正确使用锂离子电池.

正确使用锂离子电池应注意以下几点：

避免在严酷条件下使用，如：高温、高湿度、夏日阳光下长时间暴晒等，避免将电池投入火中；

装、拆电池时，应确保用电器具处于电源关闭状态；使用温度应保持在 $-20 \sim 55^\circ\text{C}$ 之间；

避免将电池长时间“存放”在停止使用的用电器具中；

1.6.1. 如何为新电池充电,

在使用锂电池中应注意的是，电池放置一段时间后则进入休眠状态，此时容量低于正常值，使用时间亦随之缩短。但锂电池很容易激活，只要经过 3—5 次正常的充放电循环就可激活电池，恢复正常容量。由于锂电池本身的特性，决定了它几乎没有记忆效应。因此用户手机中的新锂电池在激活过程中，是不需要特别的方法和设备的。不仅理论上是如此，从我自己的实践来看，从一开始就采用标准方法充电这种“自然激活”方式是最好的。

对于锂电池的“激活”问题，众多的说法是：充电时间一定要超过 12 小时，反复做三次，以便激活电池。这种“前三次充电要充 12 小时以上”的说法，明显是从镍电池（如镍镉和镍氢）延续下来的说法。所以这种说法，可以说一开始就是误传。锂电池和镍电池的充放电特性有非常大的区别，而且可以非常明确的告诉大家，在所查阅过的严肃的且正式的技术资料中都强调过充和过放电会对锂电池、特别是液体锂离子电池造成巨大的伤害。因而充电最好按照标准时间和标准方法充电，特别是不要进行超过 12 个小时的超长充电。

此外，锂电池或充电器在电池充满后都会自动停充，并不存在镍电充电器所谓的持续 10 几小时的“涓流”充电。也就是说，如果你的锂电池在充满后，放在充电器上也是白充。而我们谁都无法保证电池的充放电保护电路

的特性永不变化和质量的万无一失，所以你的电池将长期处在危险的边缘徘徊。这也是我们反对长充电的另一个理由。

此外，不可忽视的另外一个方面就是锂电池同样也不适合过放电，过放电对锂电池同样也很不利。

1.6.2、正常使用中应该何时开始充电

经常可以见到这种说法，因为充放电的次数是有限的，所以应该将手机电池的电量尽可能用光再充电。但是我找到一个关于锂离子电池充放电循环的实验表，关于循环寿命的数据列出如下：

循环寿命 (10%DOD): >1000 次

循环寿命 (100%DOD): >200 次

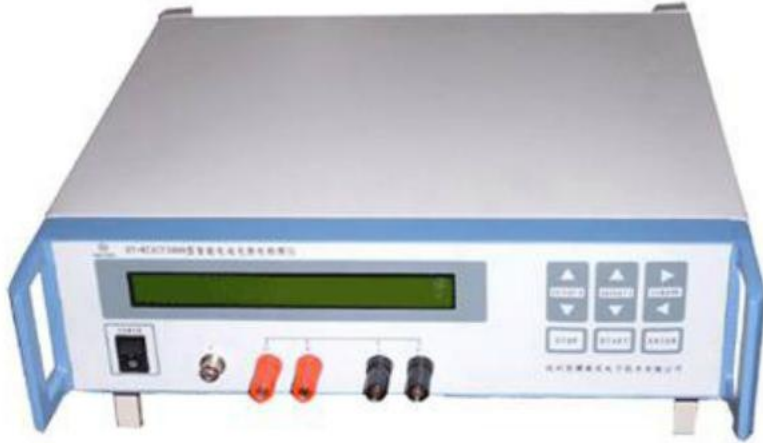
其中 DOD 是放电深度的英文缩写。从表中可见，可充电次数和放电深度有关，10%DOD 时的循环寿命要比 100%DOD 的要长很多。当然如果折合到实际充电的相对总容量： $10\% \times 1000 = 100$ ， $100\% \times 200 = 200$ ，后者的完全充放电还是要比较好一些，但前面网友的那个说法要做一些修正：在正常情况下，你应该有保留地按照电池剩余电量用完再充的原则充电，但假如你的电池在你预计第 2 天不可能坚持整个白天的时候，就应该及时开始充电，当然你如果愿意背着充电器到办公室又当别论。

电池剩余电量用完再充的原则并不是要你走向极端。和长充电一样流传甚广的一个说法，就是“尽量把电池的电量用完”。这种做法其实只是镍电池上的做法，目的是避免记忆效应发生，不幸的是它也在锂电池上流传之今。曾经有人因为手机电池电量过低的警告出现后，仍然不充电继续使用一直用到自动关机的例子。结果这个例子中的手机在后来的充电及开机中均无反应，不得不送客服检修。这其实就是由于电池因过度放电而导致电压过低，以至于不具备正常的充电和开机条件造成的。

建议手机电池的电量保持在满格的状态，当电量不满的时候就开始充电，2-3 小时以内为宜。

第二部分

ST-BTJCY3000 型智能电池充电放电检测仪



2.1. 性能特点

ST-BTJCY3000 型智能电池充放电检测仪由杭州思博泰克电子有限公司制造，是采用现代最新电力电子技术和智能微处理技术，专业为二次充电电池充放电过程实现智能控制、管理，达到性能监测，实际参数检测，供对电池性能比较、筛选目的而设计的高新技术产品。它通过 USB 端口与计算机相连接，实现智能控制，使用前先在计算机安装《电池测试仪软件》后运行。

ST-BTJCY3000 适合镍隔电池、镍氢电池、锂离子、锂聚合物电池、太阳能等电池或电池组检测、筛选、性能评估、锂电池保护板测试、手机电池保护功能测试或超级电容充放电容量测试等，本产品相对同类产品特点是产品精度高，测试结果直观明了，操作方便，便携式。

2.2. 技术指标 (ST-BTJCY3000)

- AC 输入电压: 220V ± 10%
- 具有电池充电、放电、内阻测试功能
- 提供电脑配套软件, 可以供镍隔/镍氢/锂电池等二次电池测试
- 充放电电压: 1.0000---5.0000V
- 充放电电流: 0.010---3.000A
- 电压显示最小分辨率: 0.3mV
- 电流显示最小分辨率: 1mA
- 电压设置最小分辨率: 10mV
- 电流设置最小分辨率: 1mA
- 电池内阻最小分辨率: 0.1mΩ
- 电压显示精度: < ±0.1%RD + 10mV
- 电流显示精度: < ±0.3%RD + 10mA
- 键盘设置、液晶显示
- RS232 接口上位机软件通信控制
- 恒流、恒压自动充电、放电
- 充电、放电模式参数任意设置、程控、保存功能
- 电池充放电实时电压、电流曲线显示
- 电池充放电过程中 X、Y 坐标任意点时间、容量、电压、电流参数显示
- 电池充放电电压、电流截止条件设置
- 过压、过流、反极性、过温保护
- 工作温度: -10~35℃

2.3 技术支持与网站信息

网站地址 <http://www.hzsupertech.com/>

在使用过程中,当软件曲线画面出现白屏幕现象,需要从网站下载更新文件去替代,具体操作如下,下载文件(trend.ocx),然后在windows系统system32文件夹下替代原有trend.ocx文件即可,如果对系统比较陌生,不熟悉操作,可以先查找trend.ocx,然后把下载好的trend.ocx全部覆盖所查找到的trend.ocx文件

ST-TS3001A 型电子负载上位机控制软件主界面

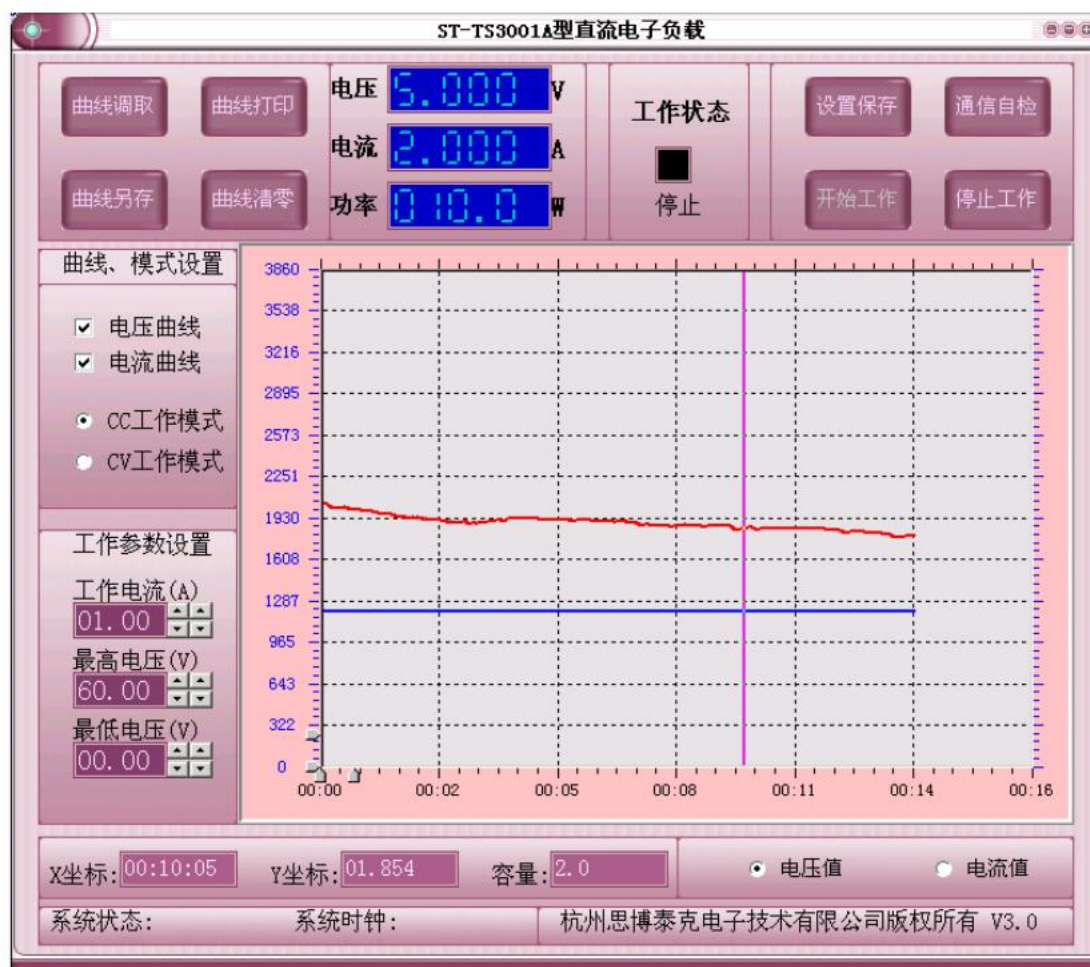


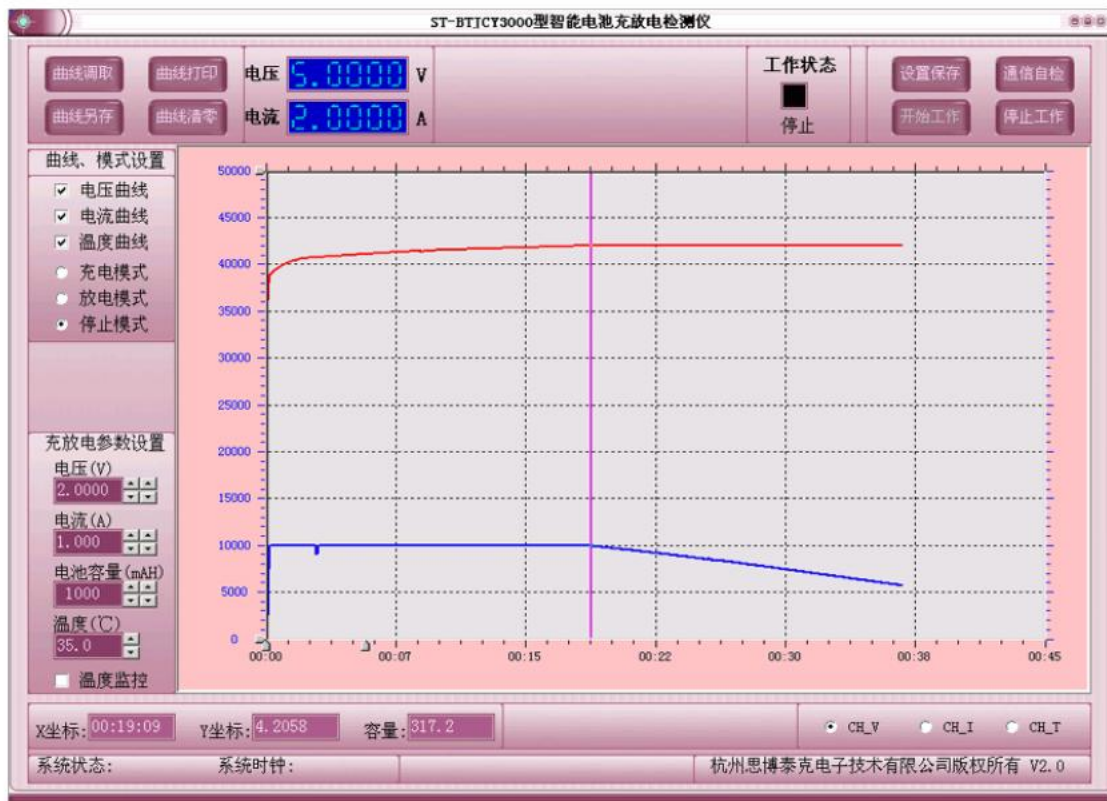
图 (1) ST-TS3001A 型直流

电子负载

ST-BTJCY 型电池检测仪上位机控制软件主界面



图(2) ST-BTJCY2000 型智能电池充放电检测仪



图(3) ST-BTJCY3000 型智能电池充放电检测仪

第三部分

聚合物锂离子电池规格、测试方法和标准

以下数据均以标称值为 3.7V 400mAh 的锂离子电池为例：

3. 1. 聚合物锂离子充电电池规格

序号	标称电压（出货电压）	3.7V（3.7~3.8V）
1	容量	400mAh（以0.2C 的电流，从4.2V 放电，截止至3.0V；）
2	内阻	≤105 mΩ
3	充电电压	4.20±0.05V
4	最大充电电流	1C（400mA）
5	充电方式	CC/CV（恒流/恒压）
6	最大放电电流	1.0C（400mA）（持续放电模式）
7	放电截止电压	3.0V/ one
8	工作温度	充电 0~+45℃ 放电 -20~+60℃
9	储存温度	-20~+45℃
10	相对湿度	65±20%

3.2. 测试标准

Item 项目	Symbol 符号	Content 详细内容	Criterion 标准	Remark 备注
Over charge Protection 过充保护	VDET1	Over charge detection voltage 过充电检测电压	4.30±0.05V	
	tVDET1	Over charge detection delay time 过充电检测延迟 时间	≤200mS	
	VREL1	Over charge release voltage 过充电解除电压	4.10±0.05V	
		Maximum charge current 最大充电电流	≤2.5A	
Over discharge protection ≤ 100mS 过放保护	VDET2	Over discharge detection voltage 过放电检测电压	2.4±0.1V	
	tVDET2	Over discharge detection delay time 过放电检测延迟 时间	≤100mS	
	VREL2	Over discharge release voltage 过放解除电压	3.0±0.1V	

Over current protection 过流保护	V_{DET3}	Over current detection voltage 过电流检测电压	$0.15 \pm 0.03V$	
	I_{DP}	Over current detection current 过电流保护电流	$2.5 \sim 5.0A$	
	tV_{DET3}	Detection delay time 检测延迟时间	$\leq 20mS$	
		Release condition 保护解除条件	Cut load 断开负载	
		Maximum continuous current 最大持续电流	$\leq 2.5A$	
Short protection 短路保护		Detection condition 保护条件	Exterior short circuit 外部电路短路	破坏性试验
	T_{SHORT}	Detection delay time 检测延迟时间	$\leq 50\mu S$	
		Release condition 保护解除条件	Cut short circuit 断开短路电路	
Interior resistance 内阻	R_{SS}	Main loop electrify resistance 主回路通态电阻	$V_c=4.2V; R_{SS} \leq 70m\Omega$	
Current consumption 消耗电流	I_{DD}	Current consume in normal operation 工作时电路内部消耗	$3.0 \mu A$ Type $6.0 \mu A$ Max	

3.3 本文档编写所参考的国标依据如下：

**3.3.1. 中华人民共和国国家标准GB/T 18287-2000
《蜂窝电话用锂离子电池总规范》**

**3.3.2. 中华人民共和国国家标准GB4943-2001
《信息技术设备的安全标准》**