

# 压敏电阻与 PTC 热敏电阻配合使用

## The Varistor in Conjunction with the PTC Thermistor Used

孙丹峰<sup>1</sup>, 季幼章<sup>1,2</sup>

Sun Danfeng<sup>1</sup>, Ji Youzhang<sup>1,2</sup>

1 苏州市电通电力电子有限公司 (苏州, 215011)

2 中国科学院等离子体物理研究所 (合肥, 230031)

1 Suzhou Eleston Power Electronics Co., Ltd (Suzhou, 215011)

2 Institute of Plasma Physics Chinese Academy of Sciences (Hefei, 230031)

**摘要:** 压敏电阻与 PTC 热敏电阻配合使用, 利用压敏电阻过电压时产生的电流和温度使热敏电阻响应迅速, 利用热敏电阻阻值上升对电压和电流的影响, 反过来对压敏电阻进行保护, 从而组成电源的保护电路。本文综述了在荧光灯预热启动、电能仪表、LED 驱动电源、通信保安单元等中的应用。

**关键词:** 压敏电阻 PTC 热敏电阻 配合使用

**Abstract:** The varistor is used in conjunction with the PTC thermistor. The current and temperature produced by the over-voltage of the varistor makes the thermistor response promptly. In return, the influence of the increasing resistance of the thermistor on voltage and current can protect the varistor. As a result, power's protective circuit is formed. This paper analyzes its application in preheating start of fluorescent lamp, power meter, LED-driven power, communication security unit.

**Key words:** Varistor, PTC thermistor, Used in conjunction

[中图分类号] TM86 [文献标识码] A 文章编号: 1561-0349 (2015) 01-0039-05

### 1 引言

压敏电阻是一种半导体非线性电阻, 没有过电压时呈高阻值状态, 一旦过电压, 立即将电压限制到一定值, 其阻抗突变为低值。PTC 热敏电阻是一种典型具有温度敏感性的半导体电阻, 超过一定的温度 (居里温度) 时, 它的电阻值随着温度的升高呈阶跃性的增高。温度越高, 电阻值越大。

将压敏电阻与 PTC 热敏电阻配合使用, 利用压敏电阻过电压时产生的电流和温度使热敏电阻响应迅速, 利用热敏电阻阻值上升对电压和电流的影响, 反过来对压敏电阻进行保护, 从而组成电源的保护电路。本文综述了在荧光灯预热启动、电能仪表、LED 驱动电源、通信保安单元等中的应用。

### 2 压敏电阻与 PTC 热敏电阻组成电源的保护电路

针对 24V 电源的保护电路设计, 主要用到压敏电阻

$R_V$ 、PTC 热敏电阻  $R_T$  以及瞬态抑制二极管 TVS 组成的电源保护电路<sup>[1]</sup>。

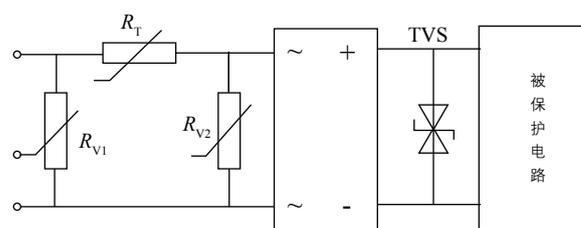


图 1 压敏电阻热敏电阻以及 TVS 管组成的电源保护电路

电源保护原理: 大电压加在电路上, 先作用于压敏电阻  $R_{V2}$  产生大电流, 大电流经过热敏电阻  $R_T$ , 使其发热而进入高阻状态, 热敏电阻  $R_T$  承受了主要的电压, 使后面的被保护电路不会因电压过大而烧坏。压敏电阻  $R_{V1}$  的作用主要针对雷击浪涌的保护。

电路中元件：(1) 压敏电阻  $R_{V2}$  选用 WMR14D330KA3AL，动作电压在  $33V \pm 1\%$ ；(2) 热敏电阻  $R_T$  选用 MZII10A200 RM ~ 320RM，额定零功率电阻  $20V \sim 32V$ ，不动作电流  $40mA$ ，动作电流  $250mA$ ；(3) TVS 管选用 SMC30CA(BFK)，动作电压在  $35.5V$  左右。

在没有热敏电阻的情况下，给保护电路加电压，在加到  $45V_{DC}$  时 TVS 会被烧坏；加入热敏电阻后，由于 PTC 热敏电阻动作后阻抗快速变大，分担了超出部分的电压，在给保护电路加上  $220V_{AC}$  的电压时，装置器件也不会因过压而出现损坏。

### 3 PTC 热敏电阻与压敏电阻在荧光灯预热启动中的应用

#### 3.1 灯丝预热用 PTC 热敏电阻

##### 3.1.1 PTC 热敏电阻直接跨接预热启动

将 PTC 热敏电阻用在荧光灯电子镇流器、电子节能灯上，将 PTC 热敏电阻直接跨接在灯管的谐振电容两端，可以改变电子镇流器、电子节能灯的硬启动为预热启动，使灯丝预热时间达  $0.4s \sim 2s$ ，可延长灯管寿命 3 倍以上<sup>[2,3]</sup>。

应用 PTC 热敏电阻实现预热启动如图 2 所示。

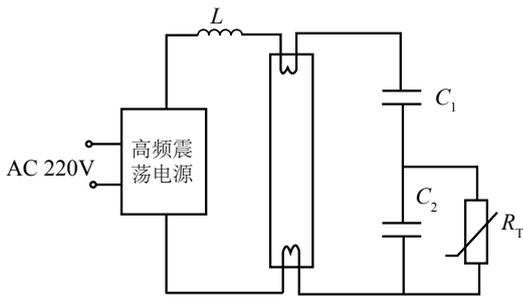


图 2 PTC 热敏电阻实现荧光灯预热启动电路图

刚接通开关时，热敏电阻  $R_T$  处于常温态，其阻值远远低于  $C_2$  阻值，电流通过  $C_1$ 、 $R_T$  组成回路预热灯丝。约  $0.4s \sim 2s$  后， $R_T$  焦耳热温度超过居里点温度， $T_c$  跃入高阻态，其阻值远远高于  $C_2$  阻值，电流通过  $C_1$ 、 $C_2$  组成回路导致谐振，产生高压点亮灯管。

##### 3.1.2 PTC 热敏电阻直接跨接预热启动的缺点

问题在于灯管正常工作后，热敏电阻  $R_T$  始终处于热动平衡状态，这是因为热敏电阻不能完全阻断灯阴极的分流，热敏电阻体温的高低影响着通过电流的大小。通过电流的大小又影响到热敏电阻体温的变化。具体地讲，当热敏电阻 PTC 呈现高阻状态时，电流减小，热敏电阻 PTC 体温随之降低，阻值便减小，又导致流过 PTC 热敏电阻的电流增大，如此循环热敏电阻始终处于变化状态之中。

这种状态具有如下危害：

(1) PTC 热敏电阻在预热启动电路中始终有功耗，一般为总功率的 4%；

(2) PTC 热敏电阻功耗产生的热量，使荧光灯和电子镇流器壳内的温度升高，会造成其它电子元件、特别是晶体管和电解电容器损坏，使故障率上升；

(3) 荧光灯点亮后，灯丝回路因 PTC 热敏电阻的存在，始终有电流通过灯丝，由此而形成发射电流，缩短了阴极的使用寿命；

(4) 预热电路中的 PTC 热敏电阻在灯管点亮后，仍处在  $80^\circ C$  以上的高温环境下，易造成 PTC 热敏电阻晶界电阻性能的蜕化，使温阻系数改变，预热时间变长；

(5) PTC 热敏电阻最难满足耐高压这一指标，会使 PTC 热敏电阻对灯丝的预热性能变差。

#### 3.2 智能型 PTC 热敏电阻

在荧光灯阴极预热技术的基础上，利用电感材料的固有特性和气体放电灯的负阻特性，研制成功了既能满足荧光灯灯丝预热要求，又能自动关断的智能元件<sup>[2,3]</sup>。

##### 3.2.1 智能型 PTC 热敏电阻预热启动

把具有适当阻值及开关温度  $T_c$  的 PTC 延迟型热敏电阻，同具有适当的压敏电压  $U_{1mA}$  和通流量的压敏电阻  $R_V$  进行串联复合，使成为智能电阻  $R_i$ ，用以取代电子镇流器及电子节能灯中的普通热敏电阻 PTC。PTC 热敏电阻的温阻特性示于图 3。氧化锌压敏电阻的伏安特性示于图 4。

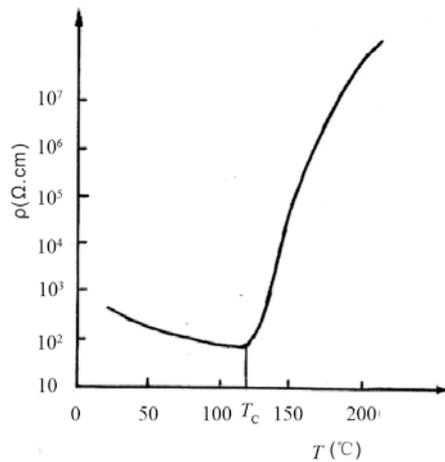


图 3 PTC 热敏电阻阻温曲线图

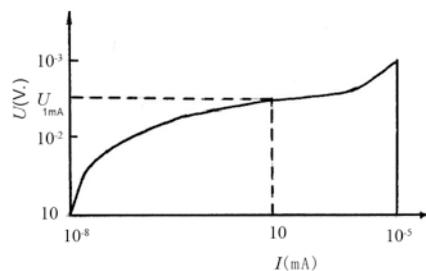


图 4 氧化锌压敏电阻伏安特性

从图4可看出,氧化锌压敏电阻是对电压非常敏感的器件,其通流值随所施加的电压值的增大而急剧增大,把 PTC 热敏电阻  $R_T$  和压敏电阻  $R_V$  复合成智能电阻  $R_i$ , 接在电子镇流器的灯丝预热回路中(如图5所示,去掉普通 PTC 热敏电阻,代之以  $R_i$  即可)。

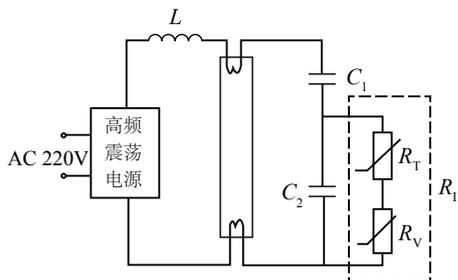


图5 PTC 热敏电阻和压敏电阻组成预热回路

其作用过程如下:

(1) 当接通电源瞬间,电子镇流器的开路输出电压(一般为 100V 左右)使压敏电阻  $R_V$  导通,适当选择  $U_{1mA}$ , 使导通电流等于该灯管的灯丝预热电流,灯丝电流经  $R_i$  流过;

(2) 适当选择 PTC 热敏电阻的阻值、体积及开关温度后,使在 0.4s ~ 1s 达到此开关温度后,  $R_i$  中的 PTC 热敏电阻  $R_T$  阻值骤增至高阻状态,这样,一方面限制了压敏电阻的通流量,一方面使  $R_i=R_V+R_T$  支路近于开路,这时由  $L$  和  $C_1$  构成的串联谐振回路(见图5)起振,谐振电压  $U_2$ (见图6)增大到把灯管点亮;

(3) 灯点亮后呈负阻特性,灯管两端电压下降到灯管正常工作电压,此灯管工作电压一般选得低于所选定的压敏电阻的压敏电压  $U_{1mA}$ , 所以,灯点亮后,  $R_V$  自行关断,  $R_i=R_V+R_T$  处于“休闲状态”。

图6示出 PTC 热敏电阻预热启动过程图。

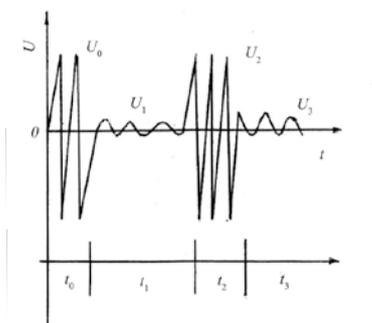


图6 PTC 热敏电阻预热启动过程图

### 3.2.2 智能型 PTC 热敏电阻特点

PTC 热敏电阻  $R_T$  与压敏电阻  $R_V$  的串联复合体组成智能热敏电阻  $R_i$ , 完成荧光灯灯丝预热和“关断”功能。

(1) 利用 PTC 热敏电阻  $R_T$  的延迟特性来完成灯丝预热时间。

(2) 利用 PTC 热敏电阻  $R_T$  的限流特性,来保护压敏电阻  $R_V$  不至于“过荷”而烧坏。

(3) 利用压敏电阻  $R_V$  的压敏电压  $U_{1mA}$  特性和荧光灯管的负阻特性,满足预热电流并关断预热回路。自身功耗近于零,相当于一个无触点的自动开关。

## 4 PTC 热敏电阻与压敏电阻在电能仪表中的应用

### 4.1 电能表变压器初级过压保护

把 PTC 热敏电阻  $R_T$  串联在负载电路中,当电路处于正常工作状态时,流过 PTC 热敏电阻  $R_T$  的电流不足以使其温升超过居里温度而处于低阻状态,一旦电路出现故障或过压使回路中电流突增时,PTC 热敏电阻  $R_T$  的阻值因自热在短时间内上升(3 ~ 4)个数量级呈高阻状态,将电路切断。当故障排除后,PTC 热敏电阻  $R_T$  又恢复源导通状态<sup>[4-7]</sup>。

图7示出 PTC 热敏电阻在电能仪表中的应用电路图

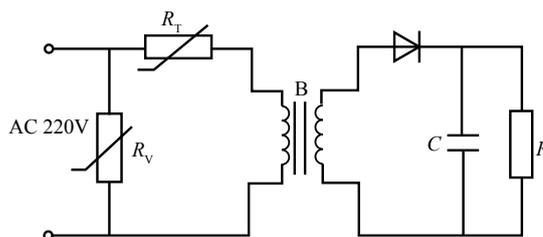


图7 PTC 热敏电阻在电能仪表中应用电路图

### 4.2 复合型 PTC 热敏电阻在电能仪表变压器初级过压防护中的最新应用

(1) 将一个 PTC 热敏电阻  $R_T$  和一个压敏电阻  $R_V$  (压敏电压值根据变压器额定电压不同而不同)紧贴并焊接封装成一体而成。此技术利用了压敏电阻过压快速响应,PTC 热敏电阻对温度和电流的双重敏感性,以及其可恢复的特性<sup>[4-7]</sup>。

(2) 将此复合型 PTC 热敏电阻接入电路中,正常状态下(AC220 ± 20%),压敏电阻  $R_V$  不工作,热敏电阻  $R_T$  串联在电路中做限流电阻用,对被保护电路无影响。

图8示出复合型热敏电阻在电能仪表中应用电路图。

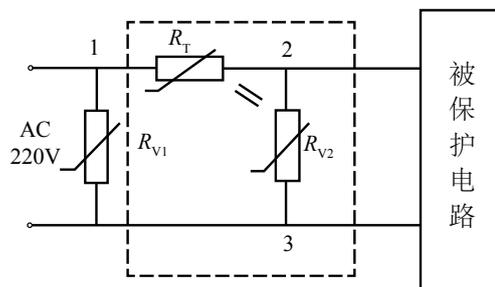


图8 复合型热敏电阻在电能仪表中应用电路图

(3) 过电压状态下, DC390V 的压敏电阻 ns 级的短时间内立即响应, 使电源电压箝位在压敏电阻的残压范围内, 电源正常工作, 过电压降低后恢复到最初工作状态。接着 PTC 热敏电阻  $R_T$  因为故障电流引起的自热和压敏电阻  $R_{V2}$  的热耦合作用, 温度迅速上升而阻值增大, 很短时间内承担分压, 降低了压敏电阻和被保护电路的过电压值, 达到了保护效果。当过电压消失, 元器件散热后恢复常态, 恢复到前面状态。

(4) 由于有了热敏电阻  $R_T$  和压敏电阻  $R_{V2}$  之间电流和电压的综合保护效果, 在不担心电阻损毁的前提下, 在这款复合型 PTC 热敏电阻的设计中, 对压敏电阻  $R_{V2}$  的压敏电压和热敏电阻  $R_T$  的额定工作电流做了设计: 选择了 DC 状态下压敏电压为 360V ~ 450V 的压敏电阻, 其最低交流开启电压为  $254V_{AC}$ , 基本上能满足所有 220V 单相、三相表变压器初级 1.9 倍过电压保护要求。

(5) 这样设计既能满足所有型号变压器的初级过电压保护, 又能加快任何环境温度下过电压保护时热敏电阻的响应速度, 还能降低群脉冲、浪涌过程中高残压对电表计精度影响。保护过程完成后, 由于压敏电阻散热的影响还能使变压器初级维持在  $220 \pm 20\%$  的正常工作电压。

另外, 复合热敏电阻除了应用在变压器初级保护外, 同时也可以用于保护开关电源模块。

## 5 复合型 PTC 热敏电阻对 LED 驱动电源的保护

### 5.1 小功率 LED 驱动电源用复合型 PTC 热敏电阻

将一个 PTC 热敏电阻和一个压敏电阻封装在一起, 利用热敏电阻阻值上升对电压和电流的影响反过来对压敏电阻进行保护<sup>[8]</sup>。图 9 示出对小功率 LED 驱动电源实现过压、过流、过热保护示意图。

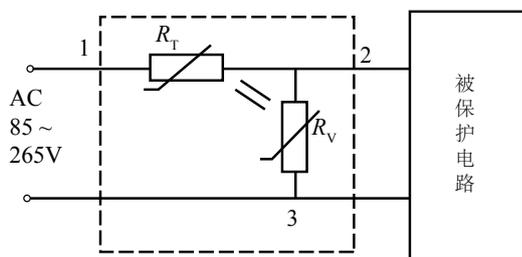


图 9 小功率 LED 驱动电源用复合型 PTC 热敏电阻

### 5.2 交流 LED 用复合型 PTC 热敏电阻

在不带驱动电源的 AC LED 灯中, 用 PTC 热敏电阻的额定工作电流随环境温度变化而变化的特性, 可以调节交流 LED 灯在高温环境下通过的电流来延长 LED 灯的寿命<sup>[8]</sup>。如图 10 所示, 3W 的交流 LED 灯, 某型号的 PTC 热敏电阻在  $50^\circ\text{C}$  时的额定工作电流为 14mA, 并联电阻后的等效阻值为  $300\Omega$ , 当环境温度上升为  $60^\circ\text{C}$  时热敏电阻阻值上升, 此时等

效电阻值为  $3k\Omega$ , 根据此原理可调节高温时流过 LED 的电流。并联不同的电阻值, 可达到不同的调节比例, 由此延长 LED 的使用寿命。

在该电路中设计一颗复合型 PTC 热敏电阻, 更具备防过压、防过流、调节高温电流的最佳效果 (见图 10)。

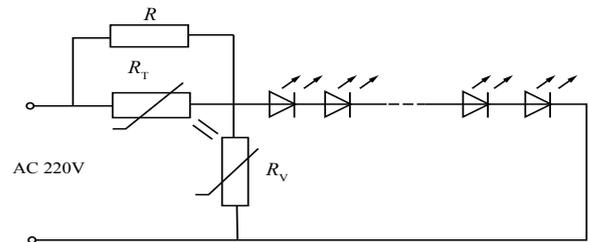


图 10 交流 LED 用复合型 PTC 热敏电阻电路图

### 5.3 大功率 LED 电源防雷用碟型热压敏过压保护器

在大功率 LED 路灯的 LED 驱动电源中, 由于使用环境较为恶劣, 一般较易受到雷电感应或异常过电压的影响。如空旷地带高立的路灯杆成为空气中带电云层的泄放通道, 受到雷击。由于用电量降低导致供电电压偏高后叠加的操作浪涌等, 都会使大功率 LED 路灯驱动电源的过压防雷保护面临一个尴尬的局面。如果选择压敏电压偏高的压敏电阻, 则会因残压降偏高对后续电路的保护效果不理想; 如果选择压敏电压较低的压敏电阻, 则会用同压敏电阻的频繁响应而失效返修的比例过大而增加维护成本。

根据复合型 PTC 热敏电阻器热压敏热耦合的综合保护效果, 设计了一款碟型热压敏过压保护器。

这是一颗压敏电阻和两颗 PTC 热敏电阻器组合在一起的过压保护器<sup>[8]</sup>, 见图 11。

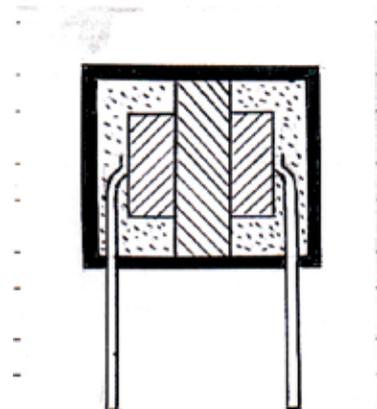


图 11 大功率 LED 电源防雷器热压敏过压保护器

由于热压敏电流和电压之间的综合保护效果, 选择了 DC431 的压敏电阻应用在 AC220V 的交流电源环境中, 设计了两颗 PTC 热敏电阻左右对称装配。这种独特的双保险结构, 不仅增加了该产品的热容量, 也使过电压保护器件的并联使用成为一种简单的可能。

## 6 压敏电阻加热敏电阻组成保安单元

图 12 示出压敏电阻加 PTC 热敏电阻组成保安单元的电路原理图<sup>[9, 10]</sup>。

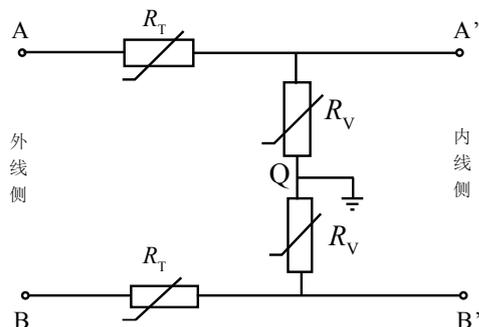


图 12 压敏电阻加热敏电阻组成保安单元原理图

压敏电阻属于电压限幅型，它动作时两端的电压有多大，就要看它吸收多大的过电流。压敏电阻的过流值与其瞬间电阻的乘积，称为残压。残压不能超过被保护器件的允许耐压，否则不能保护。

压敏电阻具有响应速度快、抗雷击能力强（与通流容量成正比）的优点。在图 12 电路中 PTC 热敏电阻置于外线侧，压敏电阻置于内线侧。当市电与音频电缆相碰时，压敏电阻便击穿接地，Q 点电位降到 0，从而保护了通信设备。由于 PTC 热敏电阻串接在回路中，故障电流流过时，其自身阻值急剧

上升，故障电流迅速地限制在 300mA 以内，通信电缆得以保护。故障排除，PTC 热敏电阻自动恢复到原状，电路仍能正常运行。

### 参考文献

- [1] <http://www.docin.com/p-420774114.html>
- [2] <http://www.docin.com/p-445467405.html>
- [3] <http://www.goepe.com/apollo/offer-sinochip-b321846.html>
- [4] 沈朝阳. 复合型 PTC 热敏电阻在电能仪表中的最新应用. 2009 第十八届中国电工仪器仪表产业发展论坛暨展会论文集. 北京: 2009 年 4 月 101~104 页
- [5] 沈朝阳. 复合型 PTC 热敏电阻. <http://www.doc88.com/p-385368180682.html>
- [6] 潘丁峰, 林超俊. 2012 第二十四届中国电工仪器仪表产品发展论坛暨展览会论文集, 2012 年, 133~136 页
- [7] <http://wenku.baidu.com/view/91d3321ea8114431b90dd8e1.html>
- [8] <http://blog.1688.com/article/i29253684.html>
- [9] 郑天良. 电力系统通信, 1997 年第 2 期, 43 页
- [10] 孙丹峰, 季幼章. 中国电子学会敏感技术分会电压敏专业学部第二十届学术年会论文专刊, 深圳: 2013 年 11 月, 100~102 页

(上接第 45 页)

## 3 结论

本文以方形锂离子动力电池为研究对象，研究了存储过程中维护频率对电池存储性能的影响。实验结果发现，尽管电池存储过程中需要定期维护，但是维护的时间间隔不当，对电池的性能保持也会有负面影响。因此，为保持电池性能处于最佳状态，应该根据电池的存储状态选择适当的时间间隔进行维护。

### 参考文献

- [1] 卢世刚, 刘莎. 电动汽车用动力电池的主要发展方向. 新材料产业, 2005, 4: 49~54.
- [2] 毛国龙. 锂离子动力电池发展现状及应用前景. 中国电子商情, 2009, 14~20.
- [3] 吴国良.; 锂离子电池荷电贮存性能的研究. 电池, 2007, 37(4), 275~277.
- [4] TAKENO K, ICHIMUR M, TAKANO K, et al. Influence of cycle capacity deterioration and storage capacity deterioration on Li-ion batteries

used in mobile phones[J]. Journal of Power Sources, 2005, 142, 298-305.

- [5] RAMASAMY R P, LEE J W, POPOV B N. Simulation of capacity loss in carbon electrode for lithium-ion cells during storage[J]. Journal of Power Sources, 2007, 166, 266-272.
- [6] AURBACH D, MARKOVSKY B, SALITRA G, ETAL. Review on electrode-electrolyte solution interactions, related to cathode materials for Li-ion batteries[J]. Journal of Power Sources, 2007, 165, 491-499.
- [7] 斋藤喜康 鹿野昌宏 小林宏典. 锂离子电池存储过程中造成电池性能衰减反应的解析. 第 52 回电池讨论会演讲要旨集, 4A05, 2011, 74.
- [8] 李佳, 张建, 张熙贵等. 储存后锂离子电池的性能研究. 电源技术, 2009, 33(7), 552~556.
- [9] 夏保佳, 姜豫皖, 张建等. 锂离子电池储存性能研究, 第 29 届全国化学与物理电源学术年会. 2011.