

# 混合动力汽车用高功率型锂离子电池

庞 静<sup>1</sup>, 卢世刚<sup>1</sup>, 杜纪磊<sup>2</sup>, 张 刚<sup>3</sup>, 刘人敏<sup>1</sup>, 陈晓红<sup>4</sup>

(1. 北京有色金属研究总院, 北京 100088; 2. 山东潍坊青鸟华光电池有限公司, 山东 潍坊 261000;  
3. 山东大学, 山东 济南 250006; 4. 黄冈职业技术学院, 湖北 黄冈 361007)

**摘要:** 研制了 40 Ah 混合动力汽车 (HEV) 用高功率型锂离子动力电池。放电测试结果显示: 电池大电流输出能力良好, 最大脉冲功率达 898 W/kg。电池循环 200 次 (25 ℃, 1 C) 的容量保持率大于 90%, 表现出优异的循环性能; 电池 -20 ℃ 与 55 ℃ 的 1 C 放电容量分别为常温下的 96.63% 和 103%, 具有良好的温度适应能力。安全测试显示: 电池具有较强的抗过充能力。

**关键词:** 高功率锂离子电池; 混合动力汽车; 脉冲功率

**中图分类号:** TM912.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1579(2004)03-0159-02

## High-power Li-ion batteries for hybrid electric vehicles

PANG Jing<sup>1</sup>, LU Shi-gang<sup>1</sup>, DU Ji-lei<sup>2</sup>, ZHANG Gang<sup>3</sup>,  
LIU Ren-min<sup>1</sup>, CHEN Xiao-hong<sup>4</sup>

(1. General Research Institute for Nonferrous Metals, Beijing 100088, China; 2. Weifang Jadebird Huaguang Battery Co., Ltd., Weifang, Shandong 261000, China; 3. Shandong University, Jinan, Shandong 250006, China;  
4. Huanggang Polytechnics, Huanggang, Hubei 361007, China)

**Abstract:** 40 Ah high-power Li-ion batteries were developed. Discharge test showed that it could be discharged with high current and the maximum discharge pulse power of the battery was 898 W/kg. After 200 cycles at 25 ℃ with 1 C rate, the battery retained 95% of its initial capacity. The discharge capacity at -20 ℃ and 55 ℃ retained 96.63% and 103% of its capacity at normal temperature, it had good adaptability for temperature. Overcharge behavior of the battery was studied and it had strong tolerance to overcharging.

**Key words:** high-power Li-ion battery; hybrid electric vehicles (HEV); pulse power

锂离子电池的功率特性、安全性及对环境温度的适应能力还有待进一步提高<sup>[1]</sup>。本文旨在探索一种工艺, 重点提高电池的功率特性、电池在滥用条件下的安全特性以及电池的温度适应能力, 以满足电动车用的要求。

### 1 实验

40 Ah 圆柱形锂离子电池以钴酸锂为正极, MCMB 为负极, 1 mol/L LiPF<sub>6</sub>/EC + EMC + DMC (体积比 1:1:1) + 添加剂为电解液。电极片采用卷绕结构, 正极耳与正极柱一体化, 负极耳与负极片一体化, 采用双重安全阀和热关闭机制隔膜 (Celgard 2340)。BS-9366 二次电池性能检测装置 (广州擎天) 用于

单体电池的性能测试; BS-VR 电池内阻测试仪 (广州擎天) 用于测试电池内阻。

### 2 结果与讨论

#### 2.1 电池的充放电特性

混合动力汽车 (HEV) 电源应具有良好的大电流持续放电能力和脉冲放电能力<sup>[1]</sup>, 尤其是大电流脉冲放电能力。锂离子电池充放电特性与电池内阻密切相关, 大电流放电时尤为明显, 这可通过电池放电时的端电压 ( $U$ ) 与内阻 ( $R$ ) 的关系表示:

$$U = E - IR \quad (1)$$

电池内阻过大, 造成大电流放电时内部电压降增加, 电池

### 作者简介:

庞 静 (1972 - ), 女, 河北人, 北京有色金属研究总院博士生, 研究方向: 电池及相关材料;  
卢世刚 (1966 - ), 男, 湖北人, 北京有色金属研究总院教授, 研究方向: 电池及相关材料;  
杜纪磊 (1978 - ), 男, 山东人, 山东潍坊青鸟华光电池有限公司工程师, 研究方向: 电池及相关材料;  
张 刚 (1964 - ), 男, 山东人, 山东大学博士后, 研究方向: 电池材料;  
刘人敏 (1939 - ), 男, 湖北人, 北京有色金属研究总院教授, 研究方向: 电池及相关材料;  
陈晓红 (1967 - ), 女, 湖北人, 黄冈职业技术学院副教授, 研究方向: 材料。

电压很快降低到放电终止电压,同时导致电池大电流放电时过热损坏。为了降低内阻,电池采用特殊的极耳设计和独特的集流方式,同时采用薄型电极增加电极面积,并不断优化电极材料种类及电极配方,改善电极导电性,提高电极反应活性,降低电化学反应极化,从根本上提高了电池的大电流输出能力。

表 1 为依据国家 863 高功率动力蓄电池组性能测试规范,对所研制电池不同荷电状态下 15 s 脉冲功率的测试结果。由表 1 可见,研制的锂离子电池最高脉冲功率接近 900 W/kg。

表 1 40 Ah 锂离子电池脉冲放电特性

Table 1 Pulse discharge characteristics of 40 Ah Li-ion battery

荷电状态/ % State of charge	放电电流/ A Discharge current	比功率/ $W \cdot kg^{-1}$ Specific power
100	191	467
88	248	570
75	377	784
61	453	898

## 2.2 电池的温度特性

汽车用锂离子电池必须保证在较宽的温度范围内(-20~55)能正常工作。电池的低温性能与电解液的组成有关<sup>[2]</sup>。比较不同电解液体系对电池低温性能的影响,在电解液中加入适量的芳香族添加剂,可明显提高电解液的低温导电率。

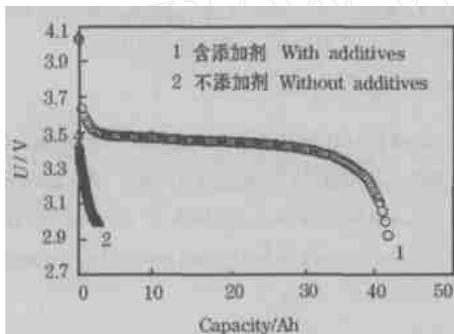


图 1 电池 -20 放电曲线

Fig. 1 Discharge curves of batteries at -20

由图 1 可见,含添加剂的电池低温放电性能明显优于不含添加剂的电池。表 2 给出了含添加剂的电池在不同温度下的 1 C 放电容量,研制的 40 Ah 锂离子电池在 -20、55 下分别可以放出常温容量的 96.63% 和 103%。

表 2 电池不同温度放电容量

Table 2 Discharge capacities of battery at difference temperatures

t/	-20	25	55
容量 Capacity/ Ah	41.25	42.69	43.97
保持率 Retaining rate/ %	96.63	100	103

## 2.3 电池安全性能

锂离子电池的安全性能是决定其应用的关键因素之一<sup>[3-4]</sup>。研制的电池采用圆柱形空心结构,以提高电池的散热能力,同时针对钴酸锂抗过充性能较差的问题,采用含有芳香族添加剂的电解液。

由图 2 可见,电池过充 31 min 后,电压快速增加到设定值,此时电流剧减,电池壳体温度上升到 95 后下降,电池未发生爆炸起火现象。当充电电压高于某一极限时,电解液中的添加

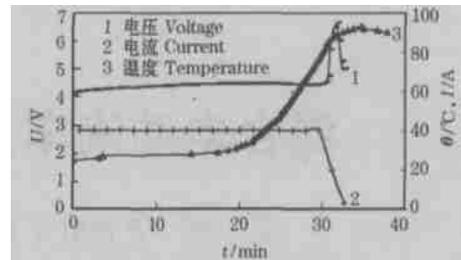


图 2 电池过充曲线

Fig. 2 Overcharging curves of battery

剂一方面与电池内部其他组分发生氧化还原反应,产生的热量导致电池内部温度升高,当温度升高到隔膜熔点时(130),隔膜微孔关闭;另一方面本身发生电化学聚合,聚合物颗粒在隔膜上的沉积,堵塞微孔,造成电池内阻上升,电压升高,电流剧减,最终切断电路,达到安全保护的目的。电池短路、跌落测试结果表明:电池具有较好的安全性能。

## 2.4 电池循环性能

在确保电池高功率、高安全性和良好的温度特性的同时,对所研制电池的常温循环性能进行了测试,充放电电流为 1 C,充放电截止电压分别为 4.1 V 和 3 V,结果见图 3。

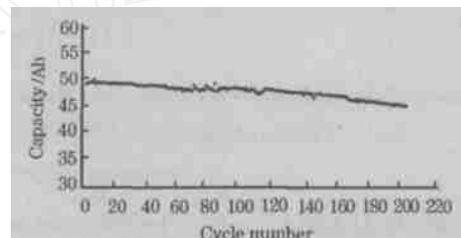


图 3 40 Ah 锂离子电池循环特性

Fig. 3 Cycle characteristics of 40 Ah Li-ion battery

由图 3 可见,电池在循环 200 周后还能保持大约 92% 的容量,容量衰减小于 10%,具有良好的循环性能。

## 3 结论

a. 研制了 40 Ah 混合动力汽车用高功率型锂离子电池,电池脉冲峰值比功率 898 W/kg,功率密度 2 175 W/L,满足整车工况要求。

b. 新型材料和电解液的使用,提高了电池的安全性能和温度适应能力,使用温度范围 -20~55,满足混合动力汽车低温启动要求。

## 参考文献:

- [1] CHEN Li-quan(陈立泉). 混合动力汽车及其电池[J]. Battery Bi-monthly(电池),2000,30(3):98-100.
- [2] Smart M C. Electrolytes for low-temperature lithium batteries based on ternary mixtures of aliphatic carbonates[J]. J Electrochem Soc, 1999,146(2):486-492.
- [3] Botte G G, White R E, Zhang Z. Thermal stability of  $LiPF_6$ -EC-EMC electrolyte for lithium ion batteries[J]. J Power Sources, 2001,97-98:570-575.
- [4] MacNeil D D, Lu Z, Chen Z, et al. A comparison of the electrode/electrolyte reaction at elevated temperatures for various Li-ion battery cathodes [J]. J Power Sources, 2002,108(1-2):8-14.

收稿日期:2003-07-20