

四川省出版工作者协会高校出版社工作委员会“农家书屋”系列丛书



DIANDONGCHE
XUDIANCHIWEIHUYUWEIXIU

电动车 蓄电池维护与维修



张慧玲 张天星 主编



电子科技
大学出版社



四川省出版工作者协会高校出版社工作委员会“农家书屋”系列丛书



DIANDONGCHE
XUDIANCHIWEIHUYUWEIXIU

电动车 蓄电池维护与维修

张慧玲 张天星 编著 刘桃序 主审



电子科技大学出版社



图书在版编目(CIP)数据

电动车蓄电池维护与维修 / 张慧玲, 张天星编著. —成都: 电子科技大学出版社, 2008.12

(四川省出版工作者协会高校出版社工作委员会

“农家书屋”系列丛书)

ISBN 978-7-5647-0026-3

I. 电… II. ①张…②张… III. ①电动自行车—蓄电池—维护②电动自行车—蓄电池—维修 IV. U484.07

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 001468 号

电动车蓄电池维护与维修

张慧玲 张天星 编著 刘桃序 主审

出 版: 电子科技大学出版社(成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编: 610051)

策划编辑: 张 鹏

责任编辑: 张 鹏

主 页: www.uestcp.com.cn

电子邮件: uestcp@uestcp.com.cn

发 行: 新华书店经销

印 刷: 郫县犀浦印刷厂

成品尺寸: 140mm×203mm 印张 7.25 字数 270 千字

版 次: 2008 年 12 月第一版

印 次: 2008 年 12 月第一次印刷

书 号: ISBN 978-7-5647-0026-3

定 价: 16.00 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

- ◆ 购买本书请与发行部联系。电话: (028) 83202323, 83256027。
- ◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。

四川省出版工作者协会高校出版社工作委员会

“农家书屋”系列丛书专家组成员

(按姓氏笔画)

- 丁任重 西南财经大学 教授
- 石有龙 农业部行业统计分析处 全国畜牧总站 研究员
- 冯先光 四川测绘局 高级工程师 成都理工大学客座教授
- 朱 宏 电子科技大学 教授
- 李建伟 农业部种植业司 高级农艺师
- 张汝全 成都市农林科学院 研究员
- 杨维德 成都市动物防疫监督总站 高级农艺师
- 周学东 四川大学 教授
- 赵昌文 四川大学 教授
- 曾必荣 成都市农业技术推广总站 高级农艺师
- 蒋葛夫 西南交通大学 教授

前 言

随着世界性石油危机的爆发，我国政府对节能、环保日益重视，并出台了一系列相关政策，促使电动车行业飞速发展，特别是适合人民大众的电动自行车越来越多。中国已经从自行车王国逐步转为电动助力车王国。但是，很多车用电池由于设计、使用或充电不当等原因，还没有达到应有寿命就提前下岗了。

本书作者从第一次接触铅酸蓄电池至今，已经有 50 多年的时间了，对电池的认识、使用和维修，积累了比较丰富和实用的经验。本书将主要围绕目前电动自行车大量使用的阀控铅酸蓄电池，介绍一些经验和体会，以帮助读者延长其使用寿命。

本书共分为六章和两个附录，其中：第一章为铅酸蓄电池的一些基本知识，是维护、维修电池的理论基础。第二章介绍铅酸蓄电池常见的几种失效模式、表象特征、形成原因和判断方法。第三章重点介绍诊断、维护和维修铅酸蓄电池的必要工具和设备，作者着重介绍了这类工具的自制及其使用方法，其中有些可以作为电子小产品。第四章是去离子水和蒸馏水的测试以及制作方法。铅酸蓄电池维护、维修离不开蒸馏水或去离子水，纯水的质量关系着电池的寿命。个人如何检测和制作合格的电池用水长期困扰着很多读者。作者根据多年实践经验，给大家介绍了一些简单可靠的定量测试方法和制作方法。

经营电动车和维修电池需要懂电池，那就需要对充电器以及充电器与电池的配合。速度控制器（简称或俗称控制器）以及控制器与电池的使用关系等作进一步了解，还要了解电动车其他相关配置。因此本书第五章在扼要介绍延长电池使用寿命的十大要点后，重点介绍了充电器和速度控制器的检测方法、调整改动的具体方法步骤。例如：铅酸蓄电池是由许多电池格组成的，在串联充电时，容量小的格电池被先充满，然后被过充，过充会造成该格失水；放电时容

量小的格先放完，然后被过放，过放会造成软化，维修后使容量进一步减少，恶性循环很快使该格报废，累及与该格一体的电池整体报废，使整个电池组不能正常工作。短接废格是最经济和对整车影响最小的维修方法。本章用了大量篇幅讲解短接单格后对充电器和速度控制器的改动。附录二为该部分内容配套的图纸和图片，是目前市场上各类速度控制器、充电器的典型代表。单数图号的图为电路原理图，双数图号的图为实物图片或元件分布图，图中对需要调整的零件作了标记，以便于读者实践时对照参考。

第六章是维修实例，从商业电池维修角度，分别按简、繁、易、难等检修思路介绍了“三板斧、四绝招、一短路”的维修方法，每类都列举了一个或几个典型例子，并且用小结概括要点。

本书为了保证系统性，对于知识类内容的介绍，本着难点分散的原则，采用了理论联系实际和滚雪球的方法；对于实用性和资料性的内容则是由简单到复杂，采用相对集中与合理分散相结合的方法进行介绍。附录一就铅酸蓄电池常常涉及的名词术语，参考电化学教科书并结合本文内容进行了说明，为读者进一步深造提供了一些预备知识。

本书中引用的一些理论知识和图表，主要来自朱松然教授主编的《铅酸蓄电池技术》第2版和《蓄电池手册》，部分电池生产实践和维修实践部分的相关内容来自电动车电池专家张平安老先生及众多网友的交流内容。在本书成稿之际，向朱教授和张老以及众多业内网友致谢。

另外，本书的出版得到了杭州得康蓄电池修复仪有限公司及公司总经理郑翱先生的鼎力支持，本书的电池研究及维修内容，很多采用了得康的电池相关设备，在此一并表示感谢！

编者

总序

作为国家的一项重大文化工程，“农家书屋”已经成为社会主义新农村建设和公共文化服务体系的重要组成部分，成为中央高度重视、社会各界十分关注的德政工程和民生工程，成为各级新闻出版行政部门履行公共文化服务职能的标志工程和重要抓手，成为新闻出版行业上下积极参与，促进行业自身大发展、大繁荣的难得契机。作为农村知识、信息和文化的传播平台，“农家书屋”发挥着让农民“多读书，读好书”的重要作用，肩负着培养新型农民的深远使命。实施“农家书屋”工程，事关当前，影响长远。

2007年11月，在昆明参加全国高校出版社图书订货会之际，四川省出版工作者协会高校出版社工作委员会五家成员单位召开了社长会议。经过充分论证，会议决定：为切实履行出版单位的社会责任，实现社会效益，充分发挥团队作用，四川省出版工作者协会高校出版社工作委员会将利用五家出版社各自的专业优势，整合出版资源，联合推出“‘农家书屋’系列丛书”（下称丛书），作为2008年四川省出版工作者协会高校出版社工作委员会的“重点工程”。

为把这项工作落到实处，四川省出版工作者协会高校出版社工作委员会成立了丛书专家小组和项目小组。专家小组由有关农业技术、经济、电子、医学、交通、地图、法律等方面的专家组成，主要负责对图书价值和质量进行评估。项目小组由各出版社相关人员组成，主要负责对图书选题、编校、出版和营销等相关事项进行协调和管理。

经过丛书专家小组、项目小组和五家成员单位的共同努力，丛书首批两百多种图书顺利出版了。这标志着2008年四川省出版工作者协会高校出版社工作委员会的“重点工程”首战告捷。

丛书考虑到广大农民读者的文化水平和阅读习惯，突出“科学性、实用性、导向性、权威性、前瞻性”，介绍了农业技能、法律、维权、健康、电子、经营理财、旅游、机械、维修等多方面的知识，适合广大农民阅读。总体上，丛书选题统筹规划，采用统一丛书名（“四川省出版工作者协会高校出版社工作委员会‘农家书屋’系列丛书”）、统一总序、统一标识、统一风格，采用手册式、问答式和讲故事明道理等方式来编写图书。内容上，丛书内容通俗易懂，图文并茂，突出科学性、针对性、实用性和趣味性。形式上，丛书力求用新技术、新内容、新形式提高农民朋友的综合素质。

丛书的出版，必将为广大农民朋友带来丰富的精神食量，必将为“农家书屋”增添新作品。丛书的出版，必将推动四川的构建和谐社会工作，必将为社会主义新农村建设作出自己应有的贡献。今后，我们将不断完善图书质量，继续补充图书品种，力争使丛书成为立足四川、辐射西南、影响全国的重要文化产品。

丛书出版过程中，得到了四川省新闻出版局有关领导和相关处室的高度重视和大力支持，在此表示衷心的感谢。

由于时间仓促和能力有限，书中错误不妥之处在所难免，恳请广大读者朋友批评指正，以便我们修改完善。

四川省出版工作者协会高校出版社工作委员会
2008年5月

目 录

| | |
|---------------------------|----|
| 第一章 维护与维修铅酸蓄电池必备的知识..... | 1 |
| 一、铅酸蓄电池的工作原理及特性..... | 1 |
| 二、三段式充电器及其和电池的配套..... | 16 |
| 三、电池的实验与鉴别..... | 21 |
| 第二章 电动车用铅酸蓄电池的常见失效形式..... | 25 |
| 一、失水..... | 25 |
| 二、硫酸盐化..... | 27 |
| 三、极板软化..... | 30 |
| 四、板栅腐蚀..... | 32 |
| 五、短路..... | 33 |
| 六、断路..... | 34 |
| 七、热失控..... | 35 |
| 第三章 铅酸蓄电池维护维修工具..... | 41 |
| 一、镉电极..... | 41 |
| 二、镀铅工具..... | 45 |
| 三、内阻表..... | 48 |
| 四、容量表..... | 50 |
| 五、大功率可调（电压、电流）电源..... | 57 |
| 六、恒流充电器..... | 60 |
| 八、消除硫化的设备..... | 72 |
| 九、更换极群的设备..... | 75 |
| 十、定时器..... | 76 |

| | |
|--------------------------------|-----|
| 第四章 铅酸蓄电池用水的测试和制作 | 79 |
| 一、测试方法..... | 79 |
| 二、铅酸蓄电池用水的制作..... | 84 |
| 三、阴、阳交换离子的预处理和复活..... | 86 |
| 四、几点经验..... | 87 |
| 第五章 电池维修的几个相关问题 | 90 |
| 一、速度控制器两个参数的检查..... | 90 |
| 二、充电器 4 个参数的检查..... | 93 |
| 三、延长电动车电池使用寿命的有效措施..... | 96 |
| 四、速度控制器电池欠压保护动作值的调整..... | 97 |
| 五、普通三段式充电器高、低恒压值的调整..... | 116 |
| 六、普通开关电源式充电器改造为电压可调的直流电源..... | 140 |
| 第六章 维修实例 | 143 |
| 一、铅酸蓄电池维护维修一般操作流程..... | 143 |
| 二、三板斧维修案例..... | 149 |
| 三、几种非电动车动力电池的维修实例..... | 157 |
| 四、胶体电池维修实例..... | 162 |
| 五、对单格落后不更换极群的维修案例..... | 164 |
| 六、使用定时器控制“恒流强充”的维修案例..... | 169 |
| 七、安全问题..... | 183 |
| 八、环保问题..... | 183 |
| 附录一 名词术语 | 184 |
| 1. 截止电压..... | 184 |
| 2. 深放电..... | 184 |
| 3. 过放电..... | 185 |

| | |
|--------------------------------|------------|
| 4. 充电饱和..... | 185 |
| 5. 过充电..... | 185 |
| 6. 仿化成充电..... | 186 |
| 7. 反充电..... | 186 |
| 8. 不均衡..... | 186 |
| 9. 配组..... | 187 |
| 10. 钝化..... | 188 |
| 11. 氧化还原反应和氧化数..... | 188 |
| 12. 离解常数..... | 189 |
| 13. 络合物及其反应..... | 190 |
| 14. 电极电势和复合电势..... | 190 |
| 15. 关于极化..... | 193 |
| 16. 关于难溶电解质溶度积和同离子效应..... | 194 |
| 附录二 常见电动车控制器与充电器图集..... | 196 |
| 一、控制器类..... | 196 |
| 二、充电器类..... | 211 |

第一章 维护与维修铅酸蓄 电池必备的知识

一、铅酸蓄电池的工作原理及特性

1. 铅酸蓄电池的构造

铅酸蓄电池是由浸渍在电解液中的正极板（二氧化铅 PbO_2 ）和负极板（海绵状纯铅 Pb ）组成的，电解液是硫酸（ H_2SO_4 ）的水溶液。当蓄电池和负载接通放电时，正极板上的 PbO_2 和负极板上的 Pb 都变成 PbSO_4 ，电解液中的 H_2SO_4 减少，相对密度下降。

充电时按相反的方向变化：正极板上的 PbSO_4 还原成过氧化铅 PbO_2 ；负极板上的 PbSO_4 还原成绒状 Pb ；电解液中的硫酸增加，相对密度变大。如略去中间复杂的化学反应过程，可用下式表示：



(1) 正极板

正极板的结构是板栅中填满铅膏，板栅是铅的合金，铅膏经生产时化成和使用后主要成分是 α 二氧化铅 PbO_2 和 β 二氧化铅 PbO_2 。

(2) 负极板

负极板的结构也是板栅中填满铅膏，铅膏经生产时化成和使用后主要成分是海绵状（绒状）纯铅 Pb 。

正常充、放电时，正负极板上参加电化学反应的物质统称活性物质，正极主要指 PbO_2 和 PbSO_4 ，负极主要指纯铅 Pb 和 PbSO_4 。

(3) 隔板

隔板是电池的重要组成，不属于活性物质。隔板本身是多孔的绝缘材料，电解液能顺利穿过它。传统的隔板主要作用是防止正负极板短路，自从超细玻璃纤维隔板（AGM）出现后，极大地改善了铅酸蓄电池的性能，被广泛用于密封阀控电池。超细玻璃纤维隔板具有防止正负极板短路、吸附储存电解液、提供氧气通路等功能。

(4) 板栅

板栅在电池中的作用是：支持活性物质，充当活性物质的载体，传导和汇集电流，使电流均匀分布在活性物质上。负极的板栅与负极活性物质接触的亲和性相对正极板栅与正极活性物质间亲和性要好得多。

为了增加电池的容量，一般由多块极板组成极群，即多块正极板和多块负极板分别用连接条（也叫做汇流排）焊接到一起。上述电池构造都是指一个格（Cell），标称 2V。电动车常用的电池标称电压为 12V，是由 6 个独立格在内部串联而成，对外只有两个极耳（也叫极桩或极柱）。电动自行车用铅酸蓄电池极柱都是铜材的，内部分别和第一个独立格的正极汇流排相连以及最后一个独立格的负极汇流排相连，出口处套有“O”型密封圈，防止酸沿极耳溢出。封口处红色的环氧树脂胶带表示正极，蓝色或黑色的环氧树脂胶带表示负极。同理，标称 6V 的电池是由 3 个独立格串联而成的。相邻格的正负极群由连接桥（过桥）相连，电动车电池的过桥一般不用穿孔方式，而是像彩虹一样越过电池底槽上口跨接两端。

2. 铅酸蓄电池的容量

(1) 额定容量和实际容量

铅酸蓄电池的容量单位有安时（A·h）和瓦时（W·h）两种，本文使用最大众化的安时（A·h）。铅酸蓄电池的容量有理论容量、实际容量和额定容量之分。理论容量是根据活性物质按一定的方法计算的最高值；实际容量是按一定条件放电能输出的电量，小于理论容量；额定容量也叫保证容量，是按国家颁布的标准，在一定放电条件下应该放出的最低限度的容量值。

容量一般用大写字母 C 及其下脚标（放电率）表示，电池外壳上一般标注的安时（A·h）数就是额定容量。下脚标 20 指 20h 率，国际上常用；下脚标 10 指 10h 率，国标对普通电池常用；下脚标 2 指 2h 率，电动自行车电池常用。

例如，常见的 2h 率 10A·h 的 12V 电池，指电池充足电，用 5A 恒流连续放电，端电压低到 10.5V 时的放电时间不得小于 2h 为合格。这里放电电流常用 0.1C（即 10h 率）、0.05C（20h 率）、0.5C（2h 率）等表示，就是将安时数除以小时率，单位是安培 A。标称 12V 电池的放电截止电压为 10.5V。容量必须标注放电率的原因是同一块电池不同的放电率得出的容量是不同的。

（2）影响电池实际容量的因素

一般来讲，影响电池实际容量的因素很多，归根结底是能参加电化学反应活性物质的多少以及相应条件。例如，标称 12V 电池中一个格出现极板部分脱落，并且仅是一个极（假设是阳极），那么这块电池的实际容量取决于这个故障格的容量。否则，即使极板完整，电解液不足，实际容量也会减小。当然，极板的孔隙被堵塞，内部的活性物质接触不到电解液也会使实际容量减小。温度每降低 1℃，容量大约降低 0.8%；温度低到 5℃ 时，电池容量明显降低。

（3）铅酸蓄电池单格的电动势和端电压

为了简化叙述和计算，本节及后面几节内容如铅酸蓄电池的放电特性都是以单格（Cell）为基础叙述的。多格电池乘以格数即可，标称 12V 电池×6，标称 6V 电池×3，依此类推。

电池电动势是指蓄电池在不充电也不放电状态下正、负极板之间的电位差，如果测量用的电压表内阻足够大，开路电压——电动势 E_0 。它的大小与电解液的相对密度和温度有关，当相对密度在 1.050~1.300 范围内时，可由下述经验公式计算其近似值：

$$E_0 = 0.85 + d$$

式中： E_0 为电池电动势，单位伏特（V）； d 为极板孔隙内 25℃ 时的电解液相对密度；0.85 为铅酸电池常数。

这个公式我们在后面经常用到，简称经验公式。这个电压具有负温度系数，每升高 1℃，电压下降 4mV 左右。

(4) 铅酸蓄电池的放电特性

如图 1-1 所示是单格电池按 0.05C (20h 率) 连续放电时端电压形成的一条曲线, 端电压 \approx 电动势 E_0 —电池极化电压 (可近似认为是电池内阻压降)。电池内阻很小, 一般是毫欧姆级。该曲线共分四段, 分析如下:

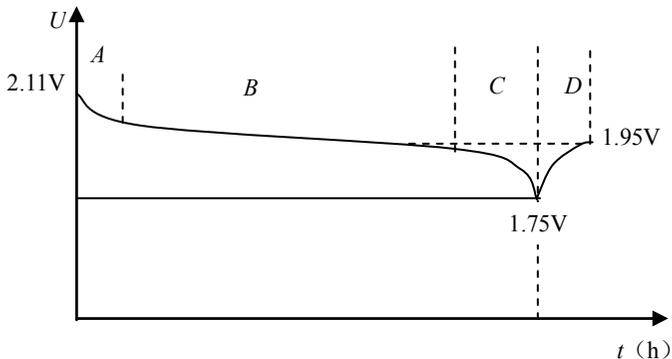


图 1-1 0.05C 电流放电特性

A 段(2.11~2.0V)为开始放电段 我们知道放电是消耗硫酸的, 这阶段首先消耗的是极板孔隙内的硫酸, 这部分硫酸非常有限, 所以极板孔隙内硫酸密度迅速下降, 由前述经验公式可知, 端电压随之迅速下降。

B 段(2.0~1.85V)为相对稳定段 随着极板孔内外硫酸浓度差的加大, 孔外硫酸向孔内扩散随之加快, 当孔内硫酸的消耗速度和孔外补充速度接近平衡时, 孔隙内硫酸密度稳定, 对外端电压趋于稳定。当然, 极板孔隙内硫酸密度总的趋势还是下降的, 只不过是降速缓慢, 对应曲线比较平直。这个阶段是放电最佳阶段, 这段曲线称为放电平台。

C 段(1.85~1.75V)为放电末段 曲线迅速下降, 由以下几个原因造成: 1) 放电接近终了, 极板孔隙外的硫酸密度大大降低, 难以维持与孔内足够的密度差, 离子向孔内扩散速度减慢。2) 放电生成物硫酸铅 $PbSO_4$ 附着在极板表面的增加, 势必堵塞孔隙, 障碍孔外硫酸向内扩散。3) 硫酸铅本身导电性能很差, 蓄电池内阻迅速增

加，内阻电压降随之增加，加剧端电压下降。曲线的拐弯处称为拐点。

一般将 1.75V 作为铅酸蓄电池的截止电压，继续放电叫过放电，过放电会缩短电池寿命。不同格数电池的截止电压 = 1.75V × 格数，标称 12V 的电池 6 个格，截止电压为 10.5V；36V 车用电池为 18 个格，截止电压为 31.5V；48V 车用电池为 24 个格，截止电压为 42V。

D 段 (1.75~1.95V) 为停止放电后反弹段 当放电达到截止电压 1.75V 时，切断外电路停止放电，由于极板孔隙外的硫酸密度毕竟比孔内高，会慢慢向孔隙内部扩散，使得极板孔隙内硫酸密度上升，这时端电压就会反弹回升。回升值与电池有关，与停止放电后时间有关。

(5) 铅酸蓄电池的充电特性

如图 1-2 所示是单格电池按 0.1C 恒流连续充电时端电压形成的一条曲线，端电压 = 电动势 E_0 + 电池极化电压。也按几段进行分析：

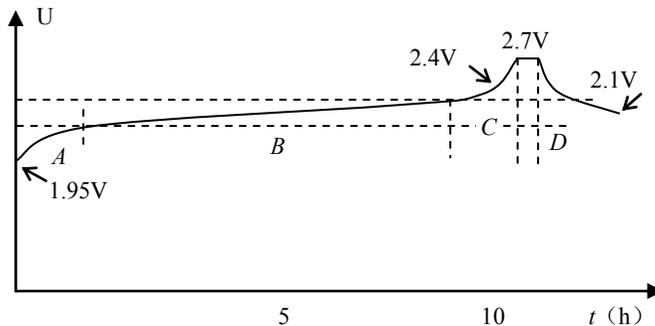


图 1-2 0.1C 电流充电特性

A 段 (1.95~2.3V) 为开始充电阶段 由于充电过程是硫酸铅转化为二氧化铅和铅，并有硫酸生成，开始接通充电电流时，极板孔隙内硫酸迅速增多，电解液密度增大，电动势迅速上升。

B 段 (2.3~2.4V) 为相对稳定阶段 极板孔隙内硫酸密度大于孔隙外部，就会向孔外扩散，当生成硫酸的速率和扩散速率相等时，由于扩散、活性物质表面及微孔内的硫酸浓度不再急剧上升，端电压的上升就较为缓慢，孔内电解液浓度将随着整个容器内的电解液密

度直线上升，这一过程时间较长。这一阶段，充电电能主要转化为化学能，即阳极的硫酸铅变为二氧化铅，阴极的硫酸铅变为绒状铅，硫酸密度增加。

C段(2.4~2.7V)为迅速上升阶段 这一阶段，电池极板上的可参加反应的活性物质90%都被还原为二氧化铅和绒状铅了，由于阳极开始析出氧气、阴极开始析出氢气，极板和电解液接触面积减小内阻增大，极化电压增加，为了保持恒流，端电压剧增。如继续使用此电流充电，电能的大部分将用于电解水，会大量产生气泡，严重时甚至呈现“沸腾现象”。后果是引起失水，以及气体冲刷导致活性物质脱落。

这个阶段的后期，因两极上大量析出气体，进行水的电解过程，端电压又达到一个新的稳定值，其数值取决于氢和氧的过电位，正常情况下该恒定值约为2.6V。

D段(2.7~2.1V)为停止充电迅速跌落阶段 切断充电电源后，电池开路电压因极化电压的消失而迅速降低（极化电压中的欧姆极化立即消失，浓差极化的消失因离子扩散到均匀需一定时间，而电化学极化的消失是在毫秒级）。

在适当富液的情况下蓄电池充电终了的特征是：

- 1) 蓄电池内产生大量气泡，呈“沸腾”状。
- 2) 端电压和电解液相对密度均上升至最大值，且两小时内不再增加。

重点强调：一般阳极析氧电压为2.35V，阴极析氢电压为2.42V。如果阴极混有铁、镉等物质时，析氢电压就会降低，析氢电压降低意味着容易失水。

关于电动车电池的放、充电曲线的特点：如图1-1和图1-2所示分别是铅酸电池的单格放、充电的典型曲线，充足电后电解液密度为1.26；一般电动车电池充足电后电解液密度为1.35，高出前者0.09，根据经验公式，它的电动势单格相应高于0.09V，6个格合起来为0.54V。放、充电曲线和图1-1和图1-2所示的相比：曲线主体部分是平行的，电动车电池的曲线高于图1-1和图1-2所示，但在2.7V处是一样的。

实际应用中，用得多的不是单格而是整块电池，例如12V电池