



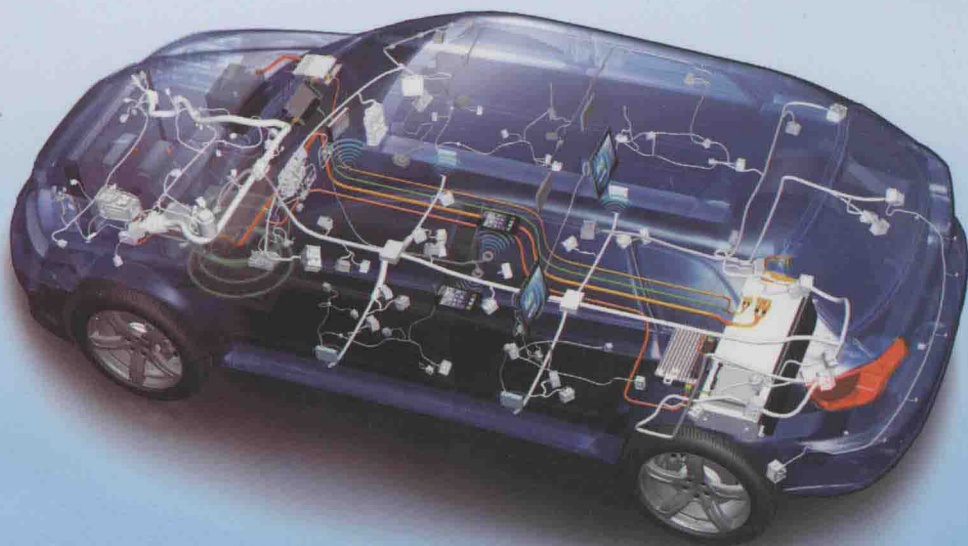
“十三五”普通高等教育汽车服务工程专业规划教材

QICHE DIANQI YU DIANZI JISHU

汽车电器与电子技术

(第二版)

蹇小平 麻友良◎主 编
林广宇◎副主编



电子课件下载

www.ccpres.com.cn



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.



普通高等教育汽车服务工程专业规划教材

汽车电器与电子技术

(第二版)

蹇小平 麻友良 主 编
林广宇 副主编



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书为“十三五”普通高等教育汽车服务工程专业规划教材,共16章,主要包括汽车电源系统、起动机、点火系统、照明与信号系统、汽车仪表及指示灯系统、车身与辅助电气设备、汽车电气系统配电装置及总线路、汽车电子控制技术基础、发动机电子控制系统、电子控制自动变速器、电子防滑控制系统、电子控制动力转向系统、电子控制悬架系统、车身电子系统、汽车网络技术和电子控制系统的故障诊断等。

本书为高等学校汽车服务工程专业的教材,也可供交通运输、载运工具运用工程、车辆工程等专业的学生使用,以及从事汽车服务行业和相关工程技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车电器与电子技术/蹇小平,麻友良主编. —2
版. —北京:人民交通出版社股份有限公司,2018. 1
ISBN 978-7-114-14214-7

I. ①汽… II. ①蹇… ②麻 III. ①汽车—电器②
汽车—电子技术 IV. ①U463. 6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 236089 号

“十三五”普通高等教育汽车服务工程专业规划教材

书 名: 汽车电器与电子技术(第二版)

著 作 者: 蹇小平 麻友良

责任编辑: 曹 静

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 22.75

字 数: 525 千

版 次: 2006年9月 第1版

2018年1月 第2版

印 次: 2018年1月 第2版 第1次印刷 累计第8次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-14214-7

定 价: 48.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

“十三五”普通高等教育汽车服务工程专业规划教材编委会

主任委员:许洪国(吉林大学)

副主任委员:

张国方(武汉理工大学)

简晓春(重庆交通大学)

李岳林(长沙理工大学)

关志伟(天津职业技术师范大学)

储江伟(东北林业大学)

王生昌(长安大学)

肖生发(湖北汽车工业学院)

付百学(黑龙江工程学院)

委员:

杨志发(吉林大学)

赵长利(山东交通学院)

李耀平(昆明理工大学)

李国庆(江苏理工学院)

周水庭(厦门理工学院)

方祖华(上海师范大学)

黄 玮(天津职业技术师范大学)

姚层林(武汉商学院)

李素华(江汉大学)

刘志强(长沙理工大学)

陈文刚(西南林业大学)

廖抒华(广西科技大学)

程文明(江西科技学院)

钟 勇(福建工程学院)

彭小龙(南京工业大学浦江学院)

陈庆樟(常熟理工学院)

田玉东(上海电机学院)

陈无畏(合肥工业大学)

马其华(上海工程技术大学)

杜丹丰(东北林业大学)

唐 岚(西华大学)

林谋有(南昌工程学院)

路玉峰(齐鲁工业大学)

宋年秀(青岛理工大学)

郭健忠(武汉科技大学)

鄢志军(皖西学院)

田茂盛(重庆交通大学)

夏基胜(盐城工学院)

孟利清(西南林业大学)

王 飞(安阳工学院)

李军政(湖南农业大学)

鲁植雄(南京农业大学)

张新峰(长安大学)

姜连勃(深圳大学)

迟瑞娟(中国农业大学)

赵 伟(河南科技大学)

左付山(南京林业大学)

王国富(桂林航天工业学院)

秘书处:李 斌 曹 静 李 良

前 言

Qianyan

《汽车电器与电子技术》自 2006 年出版以来,受到广大读者的欢迎,被多所院校作为教材选用。本书在近 10 年的教学实践和使用过程中,也发现了书中部分章节的内容和结构存在一些待修正之处,许多老师和学生对本书的内容也提出了一些建设性的意见和建议。在此期间,汽车工业有了很大的发展,汽车电器与电子技术发展更为迅速,大量新技术在汽车上的应用与日俱增。为了使本书能够及时反映汽车电子电器技术领域的最新发展,适应汽车电器与电子技术专业人才培养的要求,满足高等学校对课程改革的需要,有必要对本书进行全面修订。

为了保持原书的特点,本书第二版在章节层次的编排上未做大的调整,重点修改了上版中的部分文字和插图错误;规范了名词术语;删去了原书中比较陈旧的车型数据和内容;补充和更新了书中引用的一些相关标准和规范;根据汽车电器与电子技术的最新发展,在内容上进行了更新。同时本书在修订过程中力求文字更加通俗简练,插图更加清晰准确,使本书达到较为全面、系统地介绍汽车电器与电子系统的目的,满足高等学校教学和相关工程技术人员参考的需要。

本书由长安大学蹇小平、武汉科技大学麻友良任主编,长安大学林广宇任副主编,蹇小平负责全书的统稿。本书第一、七、十六章及第六章第四节由长安大学蹇小平编写,第八、九、十、十一章及第六章第一、二、三节由武汉科技大学麻友良编写,第二、四、五章由武汉科技大学孟芳编写,第三、十五章由长安大学林广宇编写,第十二、十三章由长安大学林广宇、冯镇编写,第十四章由长安大学郭金刚编写。

本书在编写过程中参考了大量文献资料,除了书末列出的部分参考文献外,还参考了一些来自杂志和互联网的相关资料,在此,编者向参考资料原作者表示真诚的谢意。由于编者水平有限,书中难免存在不妥和错误之处,恳切希望读者批评指正。

编 者

2017 年 10 月

目 录

Mulu

第一章 汽车电源系统	1
第一节 蓄电池的构造、工作原理及特性	1
第二节 蓄电池的容量及其影响因素	8
第三节 蓄电池的使用与维护	9
第四节 改进型铅酸蓄电池	13
第五节 车用交流发电机的特点和类型	14
第六节 交流发电机的构造、工作原理和特性	15
第七节 交流发电机调节器概述	26
第八节 电子调节器	29
第九节 充电指示灯电路	35
第十节 汽车电源系统的使用与检修	38
第二章 起动机	46
第一节 概述	46
第二节 电磁操纵强制啮合式起动机结构及工作原理	48
第三节 起动系统的使用及故障检修	59
第三章 点火系统	62
第一节 汽车对点火系统的要求	62
第二节 点火系统的组成与工作原理	64
第三节 点火系统工作过程分析	68
第四节 点火系统特性及其影响因素	71
第五节 典型电子点火系统结构与工作原理	74
第六节 点火系统的构造	85
第七节 点火系统的使用与故障诊断	90
第四章 照明与信号系统	96
第一节 概述	96
第二节 汽车照明系统	97

第三节	汽车信号系统·····	102
第四节	照明与信号系统典型电路·····	109
第五章	汽车仪表及指示灯系统·····	115
第一节	汽车仪表·····	115
第二节	指示灯系统·····	122
第三节	组合式仪表·····	125
第六章	车身与辅助电气设备·····	128
第一节	电动刮水器和风窗玻璃洗涤器·····	128
第二节	电动辅助装置·····	131
第三节	汽车低温起动预热装置·····	136
第四节	汽车空调系统·····	139
第七章	汽车电器系统配电装置及总线路·····	147
第一节	汽车电器线路组成和特点·····	147
第二节	汽车电器配电器件·····	148
第三节	汽车电路的表达及分析方法·····	157
第四节	汽车电器线路故障的检测与诊断·····	163
第八章	汽车电子控制技术基础·····	167
第一节	概述·····	167
第二节	汽车电子控制系统常用的传感器·····	169
第三节	电子控制器·····	194
第四节	执行机构·····	197
第九章	发动机电子控制系统·····	202
第一节	点火控制系统·····	202
第二节	汽油喷射控制系统·····	217
第三节	发动机辅助控制系统·····	231
第四节	发动机集中控制系统·····	241
第十章	电子控制自动变速器·····	248
第一节	概述·····	248
第二节	电子控制自动变速器的结构及控制原理·····	250
第十一章	电子防滑控制系统·····	265
第一节	概述·····	265
第二节	电子控制防抱死制动系统·····	267
第三节	电子控制驱动防滑系统·····	282
第四节	汽车其他防滑控制技术·····	290

第十二章	电子控制动力转向系统	295
第一节	概述	295
第二节	电子控制动力转向系统的工作原理	295
第三节	电子控制四轮转向系统简介	302
第十三章	电子控制悬架系统	305
第一节	概述	305
第二节	半主动悬架系统	306
第三节	主动悬架系统	310
第十四章	车身电子系统	316
第一节	安全气囊系统	316
第二节	汽车电子防盗系统	321
第三节	自动空调系统简介	324
第四节	汽车安全辅助驾驶技术	327
第五节	车载导航和车联网系统	330
第十五章	汽车网络技术	333
第一节	概述	333
第二节	控制器局域网(CAN)技术在汽车上的应用	335
第三节	其他车载网络系统简介	342
第十六章	电子控制系统的故障诊断	344
第一节	电子控制系统使用与检修注意事项	344
第二节	电子控制系统故障诊断的基本方法	344
第三节	电子控制系统故障自诊断系统简介	346
附录	国产汽车电路原理图常用图形符号	349
参考文献		354



第一章 汽车电源系统

汽车电源系统由蓄电池、发电机两个电源组成,两者并联协调工作对汽车用电设备供电。汽车起动时,由蓄电池向点火系及起动机提供电能,在发动机正常工作情况下,由发电机为全车用电设备供电,同时还对蓄电池充电。

第一节 蓄电池的构造、工作原理及特性

一、蓄电池的作用、要求与类型

蓄电池是一种可逆直流电源,其主要作用是:

- (1) 发动机起动时,向起动机和点火系统供电。
- (2) 发电机不发电或电压较低时,向用电设备供电。
- (3) 当用电设备同时接入较多使得发电机超载时,协助发电机供电。
- (4) 当发电机的端电压高于蓄电池的电动势时,它可将电能转变为化学能储存起来(即充电)。

此外,蓄电池还相当于一个容量很大的电容器,在发电机转速和用电负载发生较大变化时,可保持汽车电网电压相对稳定,同时还可吸收电网中随时出现的瞬间过电压,以保护用电设备尤其是电子元器件不被损坏,这一点对装有大量电子系统的现代汽车是非常重要的。一般不允许发电机脱开蓄电池运转。

汽车上使用的蓄电池必须能满足起动发动机的需要,即在较短时间内(5~10s)可供给起动机强大的电流(一般为200~600A,有的柴油机可达1000A),这种蓄电池通常称为起动型蓄电池。蓄电池种类较多,根据电解液的不同,有酸性和碱性之分。起动型铅酸蓄电池构造简单、内阻小、电压稳定、起动性好且价格低廉,因此在汽车上得到广泛应用。

二、蓄电池的构造

蓄电池由单体电池串联而成,每个单体内均盛装有电解液,插入正负极板组便成为单体电池。每个单体电池的标称电压约为2V,将3个或6个单体电池串联后便成为一只6V或12V蓄电池。蓄电池主要由极板组、隔板、外壳、电解液等组成,如图1-1所示。

1. 极板

极板分正极板和负极板两种,均由栅架和填充在其上的活性物质构成。正极板上的活性物质是二氧化铅(PbO_2),呈深棕色。负极板上的活性物质是海绵状纯铅(Pb),呈青灰色。蓄电池充、放电过程中,电能和化学能的相互转换是依靠极板上活性物质和电解液的化学反应来实现的。

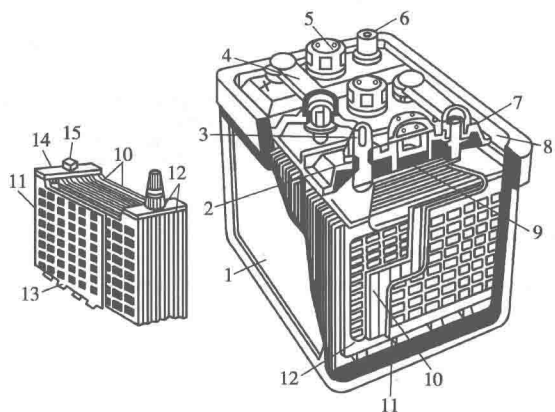


图 1-1 蓄电池的构造

1-外壳;2-封闭环;3-正极桩;4-连接条;5-加液孔;6-负极桩;
7-电池盖;8-封料;9-护板;10-隔板;11-负极板;12-正极板;
13-支承凸起;14-横条;15-电桩

栅架的作用是容纳活性物质并使极板成型,一般由铅锑合金浇铸而成。加入锑是为了提高栅架的机械强度并改善浇铸性能。

为了增大蓄电池的容量,将多片正、负极板分别用横条焊接并联后组成正、负极板组,如图 1-1 所示。横条上连有极柱,各片间留有间隙。安装时正负极板相互嵌合,中间插入隔板。在每个单体电池中,负极板的数量比正极板多一片,这样正极板都处于负极板之间,使其两侧放电均匀,否则由于正极板的机械强度差,单面工作会使两侧活性物质体积变化不一致,而容易造成极板拱曲。

2. 隔板

为了减小蓄电池的内阻和尺寸,正负极板尽可能地靠近,但为了避免彼此接触而短路,正负极板之间用隔板隔开。隔板材料应具有多孔性,以便电解液渗透,且具有良好的耐酸性和抗氧化性。隔板通常用微孔塑料、微孔橡胶、木质材料、玻璃纤维材料等压制而成。由于微孔橡胶、微孔塑料的耐酸、耐高温性能好,价格也越来越便宜,因而得到广泛应用。

隔板一面平滑,一面制有沟槽。安装时,沟槽的一面朝向正极板,这是因为正极板在充、放电过程中化学反应激烈,沟槽能使电解液较顺利地上下流通。同时,充电时生成的气泡可沿槽上升,脱落的活性物质则会沿槽下沉。

3. 体

蓄电池外壳是用来盛放电解液和极板组的,外壳应耐酸、耐热、耐振。早期的蓄电池外壳多用硬橡胶制成,现已大量采用聚丙烯塑料外壳。这种壳体不但耐酸、耐热、耐振,而且强度高,壳体壁较薄(一般为 3.5mm,而硬橡胶壳体壁厚为 10mm),质量轻,外形美观,透明。

壳体底部的凸筋是用来支持极板组的,并可使脱落的活性物质掉入凹槽中,以免正、负极板短路。

4. 电解液

电解液是蓄电池内部发生化学反应中起离子间的导电作用并参与化学反应,由化学纯净硫酸和蒸馏水按一定的比例配制而成。

电解液的纯度和密度对蓄电池寿命和性能影响极大,如用工业硫酸和非蒸馏水配制,将带进有害物质(如铁、盐酸、锰、硝酸、铜、砷、醋酸及有机化合物等)而引起蓄电池内部自行放电,减少蓄电池容量。电解液的密度一般为 $1.24 \sim 1.31 \text{g/cm}^3$ 。密度过低,冬季易结冰;密度过高,则电解液黏度增加,蓄电池内阻增大,同时将加速极板的腐蚀而使其使用寿命缩短。

5. 单体电池的连接方式

单体电池的串联方法一般有传统外露式铅连接条连接、内部穿壁式连接和跨越式三种方式,如图 1-2 所示。

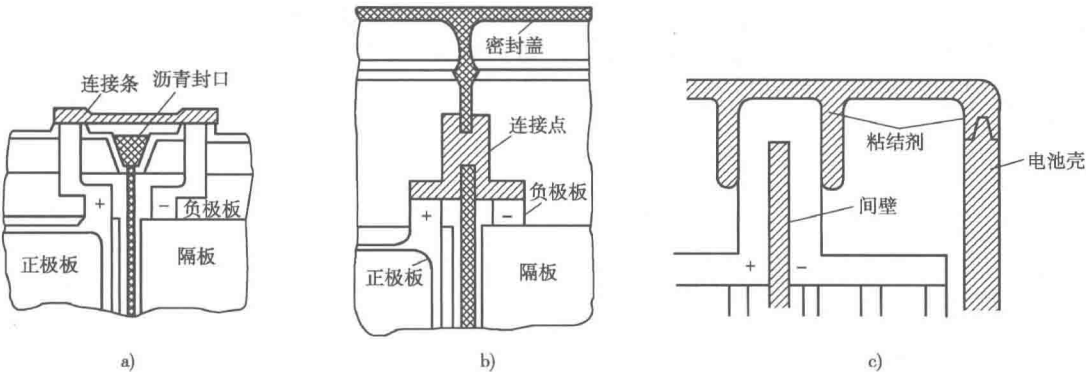


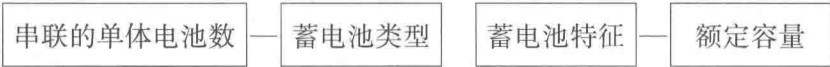
图 1-2 单体电池的连接方式

a) 传统外露式铅连接条连接;b) 内部穿壁式连接;c) 跨越式连接

早期的蓄电池大多采用传统外露式铅连接条连接,如图 1-2a) 所示。这种连接方式工艺简单,但耗铅量多,连接电阻大,因而起动时电压降大、功率损耗也大,且易造成短路,现已很少采用。目前蓄电池大量采用穿壁或跨越式连接方式。穿壁式连接如图 1-2b) 所示,它是在相邻单体电池之间的间壁式打孔供连接条穿过,将两个单体电池的极板组极柱连焊在一起。跨越式连接如图 1-2c) 所示,在相邻单体电池的间壁上边留有豁口,连接条通过豁口跨越间壁将两个单体电池的极板组极柱相连接,所有连接条均布置在整体盖的下面。

三、蓄电池的型号

根据工信部发的《铅酸蓄电池名称、型号编制与命名办法》(JB/T 2599—2012),蓄电池型号由以下几部分组成:



- (1) 串联的单体电池数,用阿拉伯数字表示。
- (2) 蓄电池类型是根据其主要用途来划分的。如起动用蓄电池代号为“Q”,摩托车用蓄电池代号为“M”,电动牵引车用动力蓄电池代号为“D”。
- (3) 蓄电池特征为附加部分,仅在同类用途产品中具有某种特征而在型号中又必须加以区别时采用。当产品同时具有两种特征时,原则上按表 1-1 顺序将两个代号并列标示。

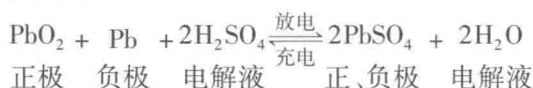
蓄电池产品特征代号 表 1-1

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
产品特征	密封式	免维护	干式荷电	湿式荷电	微型阀控式	排气式	胶体式	卷绕式	阀控式
代号	M	W	A	H	WF	P	J	JR	F

- (4) 额定容量指 20h 率额定容量,单位为 $A \cdot h$,用阿拉伯数字表示。
 - (5) 产品具有某些特殊性能时,可在相应产品型号的末尾注明。如 G 表示薄型极板的高起动率蓄电池,S 表示采用工程塑料外壳、电池盖及热封工艺的蓄电池。
- 例如:6-QA-105G:由 6 个单体电池组成,额定电压为 12V,额定容量为 105A · h 的起动用干荷电高起动率蓄电池。

四、蓄电池的工作原理

蓄电池中发生的化学反应是可逆的。蓄电池在放电时,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, 密度减小。充电时按相反的方向变化, 正负极板上的 PbSO_4 分别变成原来的 PbO_2 和 Pb , 电解液中的硫酸增加, 密度增大。如略去中间的化学反应过程, 可用下式表示:



1. 电势的建立

当极板浸入电解液时, 在负极板处的金属铅受到两方面的作用: 一方面它有溶解于电解液的倾向, 因而有少量铅进入溶液, 生成 Pb^{2+} , 在极板上留下两个电子, 使极板带负电; 另一方面, 由于正、负电荷的吸引, Pb^{2+} 有沉附于极板表面的倾向。当两者达到平衡时, 溶解便停止, 此时极板具有负电位, 约为 -0.1V 。正极板处, 少量 PbO_2 溶入电解液, 与水生成 $\text{Pb}(\text{OH})_4$, 再分离成 Pb^{4+} 和 OH^- 。 Pb^{4+} 沉附于极板的倾向大于溶解的倾向, 因而沉附在正极板上使极板呈正电位, 达到平衡时, 约为 $+2.0\text{V}$ 。

因此, 当外电路未接通, 反应达到相对平衡状态时, 蓄电池的静止电动势 E_0 约为 2.1V 。

2. 放电过程

蓄电池接上负载, 在电动势的作用下, 电流 I_f 从正极经过负载流往负极 (即电子从负极到正极), 使正极电位降低, 负极电位升高, 破坏了原有的平衡。在正极板处, Pb^{4+} 和电子结合变成 Pb^{2+} , Pb^{2+} 与电解液中的 SO_4^{2-} 结合生成 PbSO_4 沉附在正极板上。在负极板处, Pb^{2+}

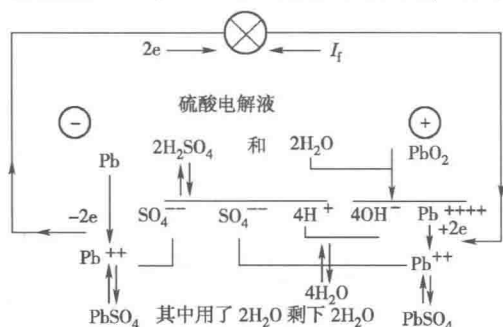


图 1-3 蓄电池的放电过程

与电解液中的 SO_4^{2-} 结合也生成 PbSO_4 沉附在负极板上, 而极板上的 Pb 继续溶解, 生成 Pb^{2+} 和电子。如果电路不中断, 上述化学反应将继续进行, 使正极板上的 PbO_2 和负极板上的 Pb 都逐渐转变为 PbSO_4 , 电解液中 H_2SO_4 逐渐减少而 H_2O 增多, 故电解液密度下降。放电时的化学反应过程如图 1-3 所示。理论上, 放电过程应进行到极板上的所有活性物质全部变为 PbSO_4 为止。而实际上是不可能的, 因为电解液不能渗透到活性物质的最里层。使用中所谓

放完电的蓄电池, 实际上只有 $20\% \sim 30\%$ 的活性物质变成了 PbSO_4 , 因此采用薄型极板、增加多孔率, 可提高活性物质的利用率。

3. 充电过程

充电时, 应将蓄电池接直流电源。当电源电压高于蓄电池电动势时, 电流从蓄电池正极流入, 负极流出 (即驱动电子从正极经外电路流入负极)。这时正、负极板发生的反应与放电过程相反。在负极板处有少量的 PbSO_4 进入电解液中, 离解为 Pb^{2+} 和 SO_4^{2-} , Pb^{2+} 在电源的作用下获得两个电子变为 Pb 沉附在极板上, 而 SO_4^{2-} 则与电解液中的 H^+ 结合, 生成 H_2SO_4 。正极板处, 也有少量的 PbSO_4 进入电解液中, 离解为 Pb^{2+} 和 SO_4^{2-} , Pb^{2+} 在电源作用

下失去两个电子变为 Pb^{4+} , Pb^{4+} 和电解液中水离解出来的 OH^- 结合生成 $\text{Pb}(\text{OH})_4$, $\text{Pb}(\text{OH})_4$ 又分解为 PbO_2 和 H_2O , 而 SO_4^{2-} 与电解液中的 H^+ 结合生成 H_2SO_4 。充电时的化学反应过程如图 1-4 所示。充电过程中, 正、负极板上的 PbSO_4 逐渐恢复为 PbO_2 和 Pb , 电解液中 H_2SO_4 逐渐增多, H_2O 逐渐减少, 密度增大。充电终期, 电解液密度升到最大值, 且会引起水的电解。

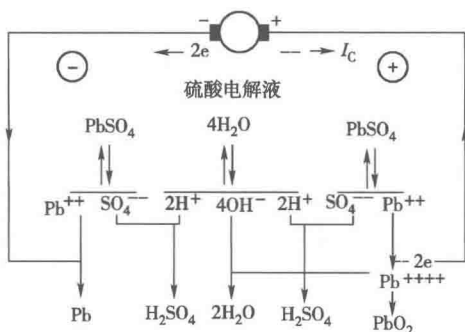


图 1-4 蓄电池的充电过程

五、蓄电池的工作特性

1. 蓄电池的基本电特性

1) 静止电动势

静止电动势是指蓄电池在静止状态下, 正负极之间的电位差(即开路电压), 用 E_0 表示。 E_0 的大小与电解液的密度和温度有关, 在密度为 $1.05 \sim 1.30 \text{g/cm}^3$ 的范围内, 可由下述公式计算其近似值:

$$E_0 = 0.85 + \rho_{25^\circ\text{C}} \quad (1-1)$$

式中: $\rho_{25^\circ\text{C}}$ —— 25°C 时的电解液密度, g/cm^3 。

实测所得电解液密度可按下式换算成 25°C 时的密度:

$$\rho_{25^\circ\text{C}} = \rho_t + \beta(t - 25) \quad (1-2)$$

式中: ρ_t —— 实际测得的电解液密度, g/cm^3 ;

t —— 实际测得的电解液温度, $^\circ\text{C}$;

β —— 电解液密度温度系数, $\beta = 0.00075$, 即每温升 1°C , 电解液密度下降 0.00075g/cm^3 。

电解液的密度在充电时增大, 放电时减小, 一般在 $1.12 \sim 1.30 \text{g/cm}^3$ 之间波动, 因此静止电动势也相应地在 $1.97 \sim 2.15 \text{V}$ 之间变化。

2) 内阻

蓄电池的内阻反映了蓄电池的负载能力。在相同的条件下, 内阻越小, 输出电流越大, 负载能力越强。蓄电池的内阻为极板电阻、电解液电阻、隔板电阻、铅连接条和极柱电阻的总和, 用 R_0 表示。

极板电阻一般很小, 并且随极板上的活性物质变化而变化。充电后电阻变小, 放电后电阻变大, 特别是在放电结束, 由于有效活性物质转变为硫酸铅, 则电阻大大增加。

隔板电阻因所用的材料而异。木质隔板比微孔橡胶隔板和微孔塑料隔板的电阻大。另外, 隔板越薄, 电阻越小。

电解液的电阻随其温度和密度的不同而变化。如 6-Q-75 型蓄电池在温度为 40°C 时, 其内阻约为 0.01Ω , 但在 -20°C 时则为 0.019Ω 。可见, 内阻随温度的降低而增大。电解液内阻随其密度的变化关系如图 1-5 所示。密度为 1.2g/cm^3 时 (25°C), 硫酸的离解度最好, 黏度较小, 电阻也最小。蓄电池在使用过程中, 电解液密度在其内阻较小的范围内变化。

连接条电阻与单体电池的连接形式有关。内部穿壁式和跨越式连接的电阻比传统外露式铅连接条电阻要小。

一般来说,起动型铅蓄电池的内阻是很小的。在小电流放电时对蓄电池的电力输出影响很小,但在大电流放电时(如起动发动机时),如内阻过大,则会引起其端电压的大幅度下降,从而影响起动性能。

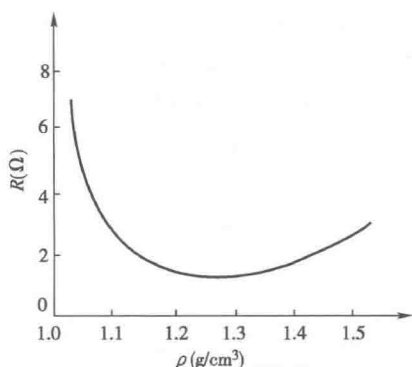


图 1-5 电解液内阻随其密度的变化关系(温度为 25℃)

2. 蓄电池的充、放电特性

蓄电池的充、放电特性是指在恒流充、放电过程中,蓄电池的电动势、端电压和电解液密度等参数随时间变化的规律。

1) 充电特性

如图 1-6 所示,6-Q-75 蓄电池以 7.5 A 电流充电时的特性曲线。充电时,电源电压必须克服蓄电池的电动势和内阻的压降,因此充电过程中蓄电池的端电压总是大于电动势。

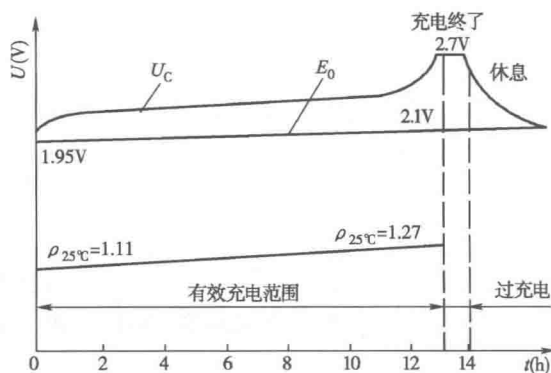


图 1-6 蓄电池充电特性

充电初期,端电压迅速上升,是因为充电时极板上的活性物质和电解液的反应首先在极板孔隙内进行,极板孔隙中迅速生成的硫酸来不及向极板外扩散,使孔隙中的电解液密度快速增大,致使电池的电动势和端电压迅速上升。

充电中期,随着充电的进行,新生成的硫酸不断向周围扩散,当极板孔隙中生成硫酸的速度和硫酸向外扩散的速度处于动态平衡时,蓄电池端电压的上升速度比较稳定,随着整个容器内电解液密度的上升而相应增高。

充电末期,单体蓄电池端电压达到 2.3 ~ 2.4 V,这时极板上的活性物质几乎最大限度地转变为二氧化铅和海绵状铅,如继续充电,电解液中的水将开始电解而产生氢气和氧气,以气泡的形式剧烈放出,形成所谓的“沸腾”状态。由于氢离子在极板上与电子的结合不是瞬间完成而是缓慢进行的,于是靠近负极板处会积存有较多的正离子 H^+ ,使溶液和极板之间

产生了附加电位差(也称氢过电位,约为0.33V),因而使单体电压急剧升至2.7V左右。此时应停止充电,否则,将造成蓄电池的过充电。过充电时,由于剧烈地放出气泡,会在极板内部造成压力,加速活性物质的脱落而使极板过早损坏。所以,应尽量避免长时间的过充电。

在实际充电中,为了保证将蓄电池充足,往往需要2~3h的过充电才行。全部充电过程中,极板孔隙内的电解液密度比容器中的稍大一些。因此,蓄电池的电动势总是高于静止电动势。充电停止后,极板孔隙内电解液和容器中的电解液密度趋向平衡,因而单体蓄电池的端电压又降至2.1V左右。

蓄电池充电终了的特征是:

- (1) 蓄电池内部产生大量气泡,即所谓“沸腾”。
- (2) 端电压和电解液密度均上升至最大值,且2~3h内不再增加。

2) 放电特性

图1-7所示为6-Q-75型蓄电池以放电电流 $I_t = 3.75A$ 放电时的特性曲线。

由于放电过程中电流是恒定的,单位时间内所消耗的硫酸量是一定的,所以电解液的密度沿直线下降。密度每下降0.03~0.038g/cm³,蓄电池放电约25%。

放电过程中,因为蓄电池内阻上有压降,所以端电压总是小于电动势。放电开始时,单体电压从2.1V迅速下降,这是因为极板孔隙中硫酸迅速消耗使密度降低的缘故。当渗透到极板孔隙的硫酸和消耗的硫酸达到平衡时,单体电压将随整个容器内电解液密度的降低而缓慢地下降到1.95V。

接着电压又迅速下降至1.75V,此时应停止放电,如继续放电,电压将急剧下降。这是由于放电终了时,化学反应深入到极板的内层,而放电时生成的硫酸铅较原来活性物质的体积大(是海绵状铅的2.68倍,是二氧化铅的1.86倍),硫酸铅聚积在极板孔隙内,缩小了孔隙的截面积,使电解液渗入困难,因而极板孔隙内消耗掉的硫酸难以得到补充,孔隙内的电解液密度便迅速下降,端电压也随之急剧下降。

当端电压降至一定值时再继续放电即为过度放电。过度放电对蓄电池是有害的,因为孔隙中生成的粗结晶硫酸铅,充电时不易还原,而使极板损坏、容量下降。

停止放电后,由于极板孔隙中的电解液和容器中的电解液相互渗透,趋于平衡,蓄电池的端电压将稍有回升(称为蓄电池“休息”)。

蓄电池放电终了的特征是:

- (1) 电解液密度降低到最小许可值(约为1.1g/cm³)。
- (2) 单体电池的端电压降至放电终止电压。

容许的放电终止电压与放电电流强度有关,放电电流越大,则放完电的时间越短,而允许的放电终止电压越低,见表1-2。

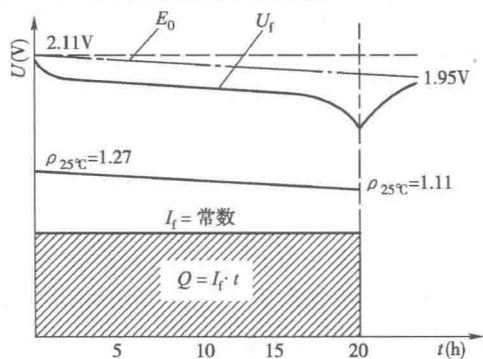


图1-7 蓄电池放电特性

起动型蓄电池放电终止电压与放电率的关系

表1-2

放电情况	放电率	20h	10h	3h	30min	5min
	放电电流(A)	0.057C ₂₀	0.1C ₂₀	0.25C ₂₀	C ₂₀	3C ₂₀
单体电池终止电压(V)		1.75	1.70	1.65	1.55	1.50

第二节 蓄电池的容量及其影响因素

一、蓄电池的容量

蓄电池的容量是指在一定的放电条件下,蓄电池所能输出的电量。它标志着蓄电池对外供电的能力,即

$$C = I_t t_f \quad (1-3)$$

式中: C ——蓄电池容量, $A \cdot h$;

I_t ——放电电流, A ;

t_f ——放电持续时间, h 。

蓄电池的容量与放电电流、电解液温度等因素有关,因此蓄电池的标称容量是在一定的放电电流、一定的终止电压和一定的电解液温度下确定的。标称容量有以下两种:

(1) 20h 率额定容量:指完全充足电的蓄电池,在电解液温度为 $25^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$,以 20h 放电率放电电流连续放电至 12V 蓄电池端电压降到 $10.50\text{V} \pm 0.05\text{V}$ 时所输出的电量,用 C_n 表示,单位为 $A \cdot h$ 。我国生产的蓄电池所标注的额定容量即为 20h 率额定容量。

(2) 储备容量:国际蓄电池协会和美国汽车工程师协会(SAE)规定的一种蓄电池容量表示法,即储备容量表示法,根据我国《起动用铅酸蓄电池》(GB/T 5008.1—2013)标准,蓄电池的储备容量是指完全充足电的蓄电池,在电解液温度为 $25^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 时,以 25A 电流放电至 12V 蓄电池端电压达 $10.50\text{V} \pm 0.05\text{V}$ 时,放电所持续的时间,用 $C_{r,n}$ 表示,单位为 min。如北京切诺基用 58-475 型蓄电池的储备容量为 82min。

储备容量与额定容量之间的换算关系可按下式进行:

$$YC_n = \zeta(C_{r,n}) \quad (1-4)$$

式中: $\gamma = 0.8455$ (富液式蓄电池)或 $\gamma = 0.8928$ (阀控式蓄电池);

$\zeta = 1.2429$ (富液式蓄电池)或 $\zeta = 0.8939$ (阀控式蓄电池)。

二、影响蓄电池容量的使用因素

蓄电池的容量不是一个固定不变的常数,而与很多因素有关,归纳起来可分为两类:一类是与生产工艺及产品结构有关的因素,如活性物质的数量、极板的厚薄、活性物质的孔率等;另一类是使用条件,如放电电流、电解液温度和电解液密度等。

$$C_{r,n} = \beta(C_n)^d \quad (1-5)$$

式中: $d = 1.1828$ (富液式蓄电池)或 $d = 1.1201$ (阀控式蓄电池);

$\beta = 0.7732$ (富液式蓄电池)或 $\beta = 1.1339$ (阀控式蓄电池)。

1. 放电电流

放电电流越大,极板表面活性物质的孔隙很快会被生成的硫酸铅所堵塞,使极板内层的活性物质不能参与化学反应,故蓄电池容量减小。放电电流对蓄电池容量的影响如图 1-8 所示。从图中可以看出,随着放电电流的增大,蓄电池容量变小。

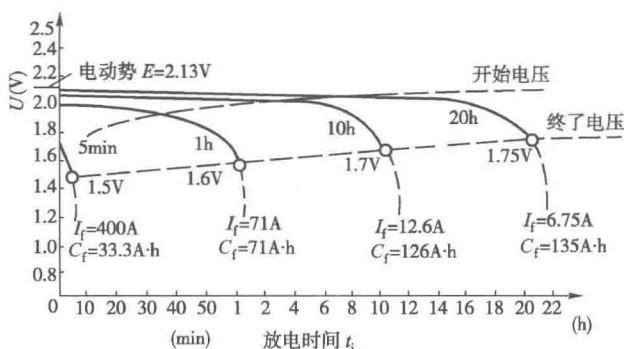


图 1-8 放电电流对蓄电池容量的影响

2. 电解液温度

温度降低则容量减小,这是由于温度降低时,电解液的黏度增大,渗入极板内部困难;同时电解液电阻也增大,使蓄电池内阻增加,消耗在内阻上的压降增大,蓄电池端电压降低,容量因此减小。温度每下降 1°C ,缓慢放电时的容量约减小 1% ,迅速放电时约减小 2% 。不同温度下的容量可用下式换算为 25°C 时的容量。

$$C_{25^{\circ}\text{C}} = C_t [1 - 0.01(t - 25)] \quad (1-6)$$

式中: $C_{25^{\circ}\text{C}}$ ——换算为 25°C 时的容量, $\text{A} \cdot \text{h}$;

C_t ——电解液平均温度为 $t^{\circ}\text{C}$ 时的实际容量, $\text{A} \cdot \text{h}$;

t ——放电终止时中间单体电池电解液的温度, $^{\circ}\text{C}$ 。

由于温度对蓄电池放电时的端电压和容量有很大影响,因此在寒冷天气应特别注意蓄电池的保温。

3. 电解液密度

适当增加电解液的密度,可以提高电解液的渗透速度和蓄电池的电动势,并减小内阻,使蓄电池的容量增大。但密度过大时,由于电解液的黏度增大使渗透速度减低,内阻和极板硫化增加,又会使蓄电池的容量减小。起动用蓄电池一般使用密度为 $1.26 \sim 1.29 \text{g/cm}^3$ 的电解液。

第三节 蓄电池的使用与维护

一、蓄电池的充电

充电是蓄电池使用过程中的一个重要环节。对于新启用的蓄电池,在使用前必须进行初次充电;使用中的蓄电池也要根据情况进行补充充电;在存放期中,每 3 个月也要进行一次放电—充电循环处理,以保持蓄电池一定的容量,延长其使用寿命。

1. 初充电

新蓄电池或修复后的蓄电池在使用之前的首次充电称为初充电。初充电对蓄电池的性能和使用寿命影响很大。若初充电未充足,则蓄电池的容量会长期偏低,寿命将会缩短;若初充电过量,隔板和极板受到严重腐蚀,其寿命也会降低。因此,初充电要十分认真。初充电的特点是充电电流小,充电时间长(一般为 $70 \sim 90\text{h}$)。初充电的步骤如下:

(1) 新蓄电池启封后,加注一定密度的电解液(密度一般为 $1.25 \sim 1.28 \text{g/cm}^3$),然后静