



高等学校汽车服务工程专业教材

汽车电器与电子技术

◎ 长安大学 蹇小平 主编
◎ 武汉科技大学 麻友良

QICHE DIAN QI YU DI AN ZHI SHU



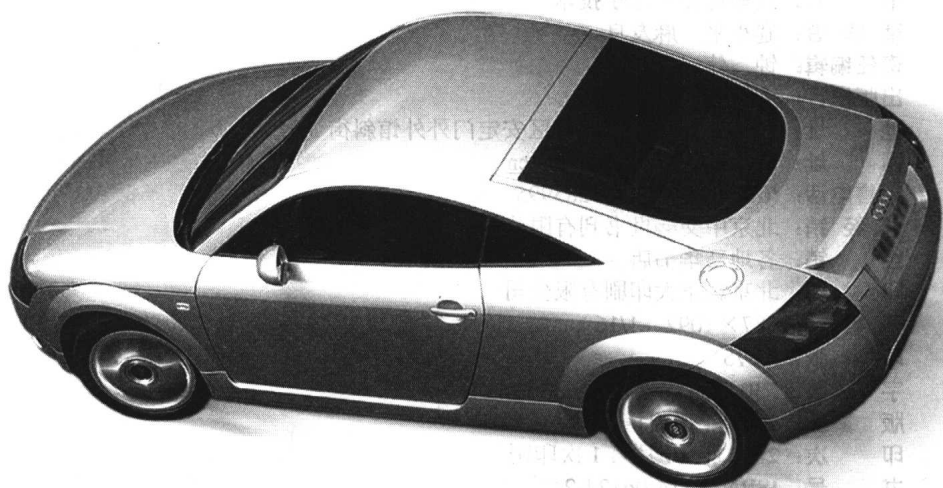
人民交通出版社
China Communications Press



高等学校汽车服务工程专业教材

汽车电器与电子技术

◎ 长安大学 蹇小平 主编
◎ 武汉科技大学 麻友良



人民交通出版社

QICHEDIANQIYUJIANJI

内 容 提 要

本书共 16 章,主要介绍汽车电源系统、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、汽车电器系统配电装置及总线路等传统汽车电器系统,以及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、汽车网络技术简介和电子控制系统的故障诊断等汽车电子控制系统。

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、载运工具运用工程等专业的大学生使用,以及从事汽车服务行业和相关工程技术的人员学习参考。

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. —北京:
人民交通出版社, 2006.9
ISBN 7-114-06124-2

I.汽... II.①蹇...②麻... III.①汽车-电气设
备②汽车-电子技术 IV.U463.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 093842 号

高等学校汽车服务工程专业教材

书 号: 汽车电器与电子技术

著 者: 蹇小平 麻友良

责任编辑: 钟 伟

出版发行: 人民交通出版社

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)85285838,85285995

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 22.75

字 数: 530 千

版 次: 2006 年 10 月第 1 版

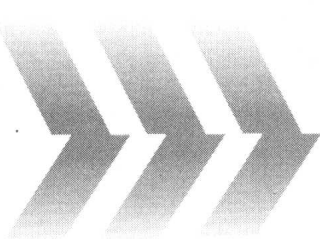
印 次: 2006 年 10 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-114-06124-2

印 数: 0001—4000 册

定 价: 35.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)



高等学校汽车服务工程专业教材编委会

编委会主任

刘仲国 (华南农业大学)

编委会副主任 (按姓名拼音排序)

陈焕江 (长安大学)

李显生 (吉林大学)

王国林 (江苏大学)

编委会委员 (按姓名拼音排序)

戴汝泉 (山东交通学院)

杜建 (长安大学)

傅厚扬 (昆明理工大学)

高利 (北京理工大学)

郭晓汾 (长安大学)

何效平 (华南农业大学)

蹇小平 (长安大学)

李江天 (武汉理工大学)

李祥贵 (山东交通学院)

李仲兴 (江苏大学)

刘刚 (昆明理工大学)

刘玲丽 (武汉科技大学)

刘志强 (长沙理工大学)

鲁植雄 (南京农业大学)

骆勇 (西华大学)

麻友良 (武汉科技大学)

冉广仁 (山东交通学院)

任有 (吉林大学)

唐秋生 (重庆交通学院)

隗海林 (吉林大学)

吴芷红 (山东交通学院)

宇仁德 (山东理工大学)

张国方 (武汉理工大学)

教材策划组成员名单

刘敏嘉 白 峻 钟 伟 林宇峰

序

XU

汽车工业是国民经济的支柱产业之一,是高度专业化、自动化的综合性工业。在我国,汽车工业正以前所未有的速度迅猛发展,年产量由改革开放前的几万辆发展到 2004 年的 507 万辆,跃居世界第 4 位。据统计,2004 年我国汽车保有量达到 2840 万辆,预计到 2010 年汽车保有量将突破 6000 万辆。

随着我国成功地加入 WTO,汽车工业迎来了新的机遇和挑战。科技是第一生产力,科技须以人为本,汽车行业需要大量的专业技术人才,所以,汽车人才的储备和水平的高低是决定竞争能力的重要因素之一。目前,在发达国家和地区汽车服务贸易体系已相当成熟,主要体现在较大规模的连锁品牌、销售服务网络和消费信贷等方面。我国汽车贸易体系正在迅速发展,但在运营环节的服务上还非常欠缺。为适应新形势的需要,我国各高等院校也正在大力加强汽车类专业的设置以及课程的改革。目前,经教育部备案或批准设置了交通运输专业的高等院校已经超过 100 所。截至到 2004 年底,已经有包括武汉理工大学、同济大学、吉林大学、长安大学、长沙理工大学等 12 所高等院校增设了新兴的汽车服务工程专业。汽车服务工程专业主要是培养具有汽车产品及技术基础,必要的国际贸易、工商管理理论知识,具有一定的现代信息技术和网络技术知识,能够适应汽车产品设计服务、汽车生产服务、汽车销售服务、汽车技术服务、汽车保险、汽车运输服务、物流经营等领域工作的高级复合型人才。为了更好地服务于各高等学校汽车服务工程专业的教学及学科建设,人民交通出版社结合自身汽车类专业教材、图书的出版优势,于 2004 年 8 月在北京组织召开了“全国高等学校汽车服务工程专业教材编写会议”,并成立了教材编写委员会。在这次会议上,来自北京理工大学、长安大学、长沙理工大学、重庆交通学院、华南农业大学、吉林大学、江苏大学、昆明理工大学、南京农业大学、山东交通学院、山东理工大学、武汉科技大学、武汉理

工大学、西华大学等众多著名院校的专家及教授,在总结目前全国汽车服务工程专业发展现状、讨论其未来发展趋势的基础上,提出了该套教材的整体编写方案。

本系列教材将力求做到:

(1)顺应当前高等教育改革的形势,既注重学生理论知识的丰富,又注重实践能力的培养;

(2)涵盖面广,为高校教学提供丰富多样且实用的教材;

(3)由教学一线、年富力强的作者执笔;

(4)定价较低。

相信本套教材的出版将对各高等学校汽车服务工程专业的教学及学科建设提供积极的帮助,我作为汽车与交通运输领域的教育工作者衷心地希望更多专家学者为本套教材的建设提出宝贵的意见,使之更加完善,以有利于更好地服务于高等学校汽车服务工程专业人才的培养。

庄继德

前言

QIANYAN

本书是根据全国高等学校汽车服务工程专业教材编写会议通过的《汽车电器与电子技术》教材编写大纲,并结合目前教学改革的具体情况编写的。该书为21世纪交通版高等学校汽车服务工程专业系列教材之一,也可供交通运输、载运工具运用工程等专业的学生使用。

汽车电器与电子控制系统是汽车的重要组成部分,其性能的好坏直接影响到汽车的动力性、经济性、可靠性、安全性、排气净化和舒适性。随着汽车结构的改进与性能的不断提高,汽车上装用的传统电气设备已面临巨大的冲击。近年来,伴随电子工业的飞速发展,电子技术在汽车上的应用越来越广,汽车电子装置的新产品不断涌现,特别是大规模集成电路及微型处理机的应用,大大推动了汽车电器及电子控制系统的发展,使汽车电器系统发生了巨大的变革。

本书共16章,其中第1~7章介绍汽车电源系统、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、汽车电器系统配电装置及总线路等传统汽车电器系统的内容;第8~16章为汽车电子控制系统,内容包括: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、汽车网络技术简介和电子控制系统的故障诊断等。本书在编写过程中,作者根据自己多年的教学和实践经验,对传统汽车电器系统的内容进行了精炼;对汽车的电子控制系统的介绍力求做到内容全面新颖,结构简洁,以适应汽车电子系统不断发展的需要。

本书第1、7、14、16章及第6章第4节由长安大学蹇小平编写,第8、9、10、11章及第6章第1、2、3节由武汉科技大学麻友良编写,第2、4、5章由武汉科技大学孟芳编写,第3、12、13、15章由长安大学林广宇编写。

本书在编写过程中参考了大量资料和文献,在此,编者对原作者表示真诚的谢意。由于编者水平有限,书中可能存在不妥和错误之处,恳切希望读者批评指正。

编 者

目录 MULU

第 1 章 汽车电源系统	1
1.1 蓄电池的构造、工作原理及特性	1
1.2 蓄电池的容量及其影响因素	8
1.3 蓄电池的使用与维护	9
1.4 改进型铅酸蓄电池	13
1.5 车用交流发电机的特点和类型	14
1.6 交流发电机的构造、工作原理和特性	15
1.7 交流发电机调节器概述	27
1.8 电磁振动式调节器	28
1.9 电子调节器	32
1.10 充电指示灯电路	38
1.11 汽车电源系统的使用与检修	41
第 2 章 起动机	49
2.1 概述	49
2.2 电磁操纵强制啮合式起动机结构及工作原理	51
2.3 起动系统的使用及故障检修	62
第 3 章 点火系统	66
3.1 汽车对点火系统的要求	66
3.2 传统点火系的组成、工作原理与工作特性	68
3.3 电子点火系统概述	73
3.4 电子点火系统的工作原理	75
3.5 点火系的构造	85
3.6 点火系统的使用与故障诊断	90
第 4 章 照明与信号系统	97
4.1 概述	97
4.2 汽车照明系统	98
4.3 汽车信号系统	102

4.4	照明与信号系统典型电路	109
第5章	汽车仪表及指示灯系统	115
5.1	汽车仪表	115
5.2	指示灯系统	122
5.3	组合式仪表	125
第6章	车身与辅助电气设备	128
6.1	电动刮水器和风窗玻璃洗涤器	128
6.2	电动辅助装置	132
6.3	汽车低温起动预热装置	137
6.4	汽车空调系统	140
第7章	汽车电器系统配电装置及总线路	148
7.1	汽车电器线路组成和特点	148
7.2	汽车电器配电器件	149
7.3	汽车电路的表达及分析方法	159
7.4	汽车电器线路故障的检测与诊断	165
第8章	汽车电子控制技术基础	169
8.1	概述	169
8.2	汽车电子控制系统常用的传感器	171
8.3	电子控制器	197
8.4	执行机构	200
第9章	发动机电子控制系统	205
9.1	点火控制系统	205
9.2	汽油喷射控制系统	221
9.3	发动机辅助控制系统	234
9.4	发动机集中控制系统	245
第10章	电子控制自动变速器	253
10.1	概述	253
10.2	电子控制自动变速器的结构及控制原理	255
第11章	电子防滑控制系统	270
11.1	概述	270
11.2	电子控制防抱死制动系统	272
11.3	电子控制驱动防滑系统	288
第12章	电子控制动力转向系统	296
12.1	概述	296
12.2	电子控制动力转向系统的工作原理	297
第13章	电子控制悬架系统	306
13.1	概述	306
13.2	半主动悬架系统	307
13.3	主动悬架系统	310
第14章	车身电子系统	317

14.1	安全气囊系统	317
14.2	电子防盗系统	322
14.3	自动空调系统简介	326
第 15 章	汽车网络技术简介	329
15.1	概述	329
15.2	控制器局域网(CAN)技术在汽车上的应用	331
第 16 章	电子控制系统的故障诊断	339
16.1	电子控制系统使用与检修注意事项	339
16.2	电子控制系统故障诊断的基本方法	339
16.3	电子控制系统故障自诊断系统简介	341
附录	国产汽车电路原理图常用图形符号	344
	参考文献	349



第1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。

1.1 蓄电池的构造、工作原理及特性

1.1.1 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。

1.1.2 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。

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,见图 1-1。

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. 壳体

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、耐震。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、耐震,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),重量轻,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

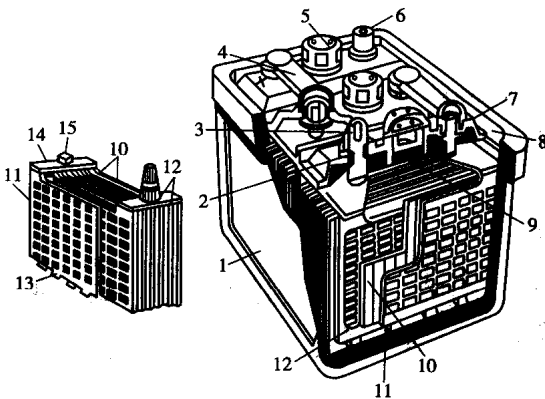


图 1-1 蓄电池的构造

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



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,则电解液粘度增加,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。

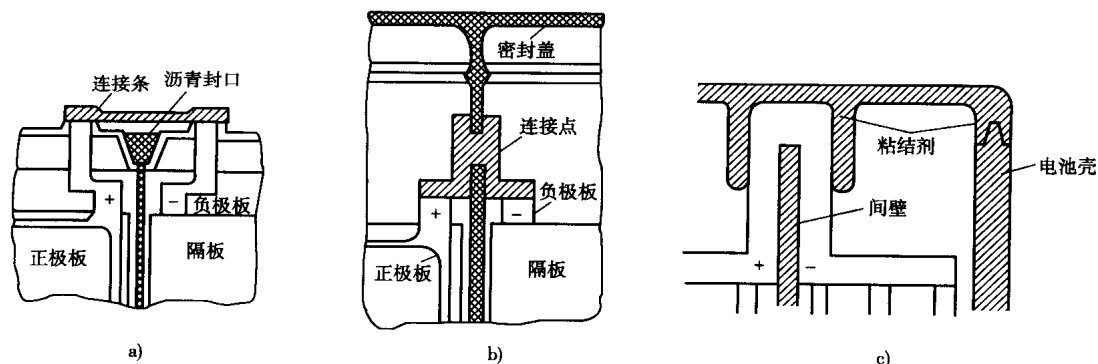


图 1-2 单体电池的连接方式

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,见图 1-2 a)。这种连接方式工艺简单,但耗铅量多,连接电阻大,因而起动机时电压降大、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。穿壁式连接见图 1-2b),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。跨越式连接见图 1-2c),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。

1.1.3 蓄电池的型号

根据机械工业部颁发的 JB/T 2599—1993《铅酸蓄电池型号编制办法》,蓄电池型号由以下几部分组成:

串联的单体电池数

— 蓄电池类型

— 蓄电池特征

— 额定容量

(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”。

(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。

(4) 额定容量指 20h 率额定容量,单位为 $\text{A}\cdot\text{h}$,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。



产品特征代号

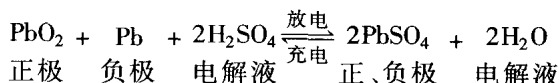
表 1-1

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
产品特征	干荷电	湿荷电	免维护	少维护	防酸式	密闭式	半密闭式	液密式	气密式	激活式	带液式	胶质电解质
代号	A	H	W	S	F	M	B	Y	Q	I	D	J

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。

1.1.4 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 $Pb(OH)_4$,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 $+2.0V$ 。

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_t 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+} 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% ~ 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

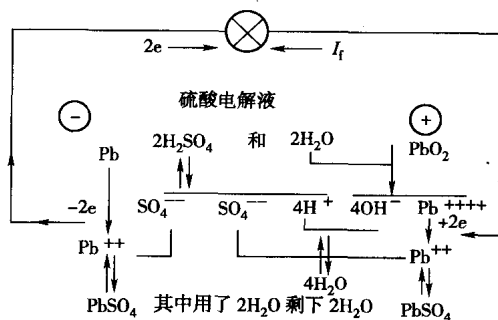


图 1-3 蓄电池的放电过程



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。

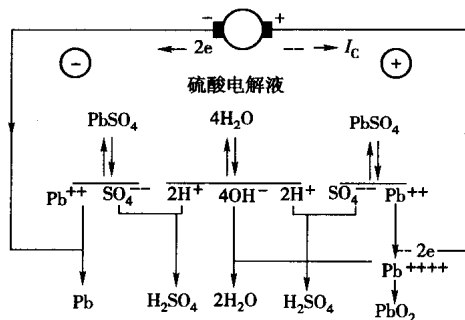


图 1-4 蓄电池的充电过程

1.1.5 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℃ 时,其内阻约为 0.01Ω,但在 -20℃ 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/cm³ 时(25℃),硫酸的离解度最好,粘度较小,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。

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,3-Q-75 蓄电池以 7.5A 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。

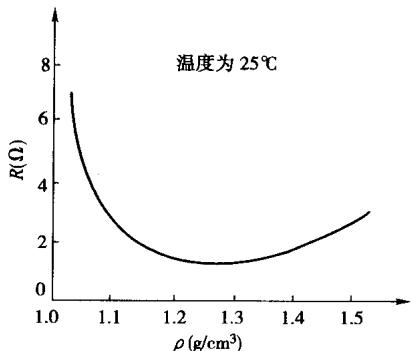


图 1-5 电解液内阻随其密度的变化关系

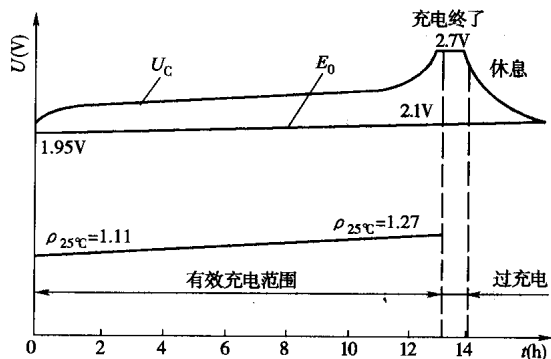


图 1-6 蓄电池充电特性

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,蓄电池端电压达到 2.3~2.4V,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 $0.33V$),因而使端电压急剧升至 $2.7V$ 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 $2 \sim 3h$ 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,因而蓄电池的端电压又降至 $2.1V$ 左右。

蓄电池充电终止的特征是:

- (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 $2 \sim 3h$ 内不再增加。

2) 放电特性

图 1-7 所示为 3-Q-75 型蓄电池以放电电流 $I_f = 3.75A$ 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。 $\rho_{25^\circ C}$ 密度每下降 $0.03 \sim 0.038g/cm^3$,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,端电压从 $2.1V$ 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,端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”)。

蓄电池放电终止的特征是:

- (1) 电解液密度降低到最小许可值(约为 $1.1g/cm^3$);
- (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。

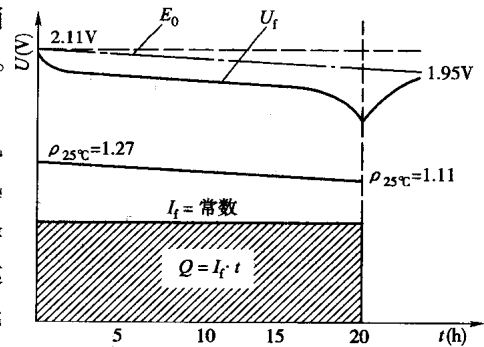


图 1-7 蓄电池放电特性