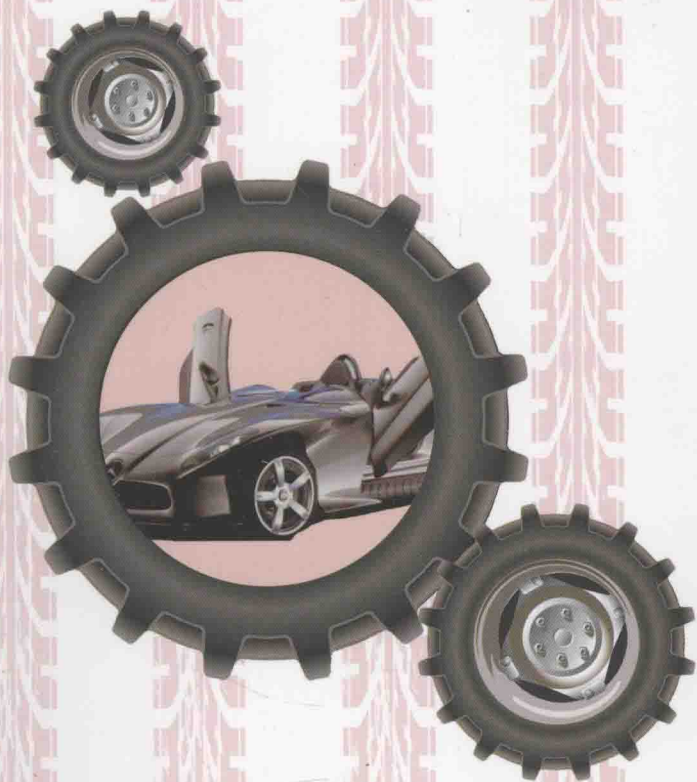


普通高等教育规划教材

汽车专业系列

# 汽车电器

陈传灿 金惠云 主编



高等教育出版社  
HIGHER EDUCATION PRESS

普通高等教育规划教材  
汽车专业系列

# 汽车电器

Qiche Dianqi

陈传灿 金惠云 主编  
忻芸 陈翔 参编



高等教育出版社·北京  
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

## 内容提要

本书共分7章,第1章至第5章介绍了车用蓄电池、交流发电机及电压调节器、起动系统、电子点火系统、汽车空调等传统电器的结构、原理及其控制系统,第6章为车身电器及电子控制系统,第7章为全车电路及分析识读。本书既注重理论的完整性,又强调实用性和实践性。

本书可作为高职高专、应用型本科院校汽车类专业相关课程教材,也可供汽车制造、汽车维修、汽车运输部门的工程技术人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

汽车电器/陈传灿,金惠云主编.--北京:高等教育出版社,2012.8

ISBN 978-7-04-034169-0

I. ①汽… II. ①陈…②金… III. ①汽车-电气设备-高等职业教育-教材 IV. ①U463.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第140970号

策划编辑	徐进	责任编辑	徐进	封面设计	于涛	版式设计	杜微言
插图绘制	尹莉	责任校对	王雨	责任印制	田甜		

出版发行 高等教育出版社  
社 址 北京市西城区德外大街4号  
邮政编码 100120  
印 刷 北京铭传印刷有限公司  
开 本 787mm×1092mm 1/16  
印 张 17.75  
字 数 430千字  
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598  
网 址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>  
网上订购 <http://www.landracom.com>  
<http://www.landracom.com.cn>  
版 次 2012年8月第1版  
印 次 2012年8月第1次印刷  
定 价 28.90元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换  
版权所有 侵权必究  
物 料 号 34169-00

# 前 言

电器与电子设备是汽车的重要组成部分,其性能的好坏直接影响汽车的动力性、经济性、可靠性、安全性及环保性。例如:为使汽车发动机获得好的经济性,需靠点火系在最适当的时刻点火;为使发动机可靠起动,需采用电动起动机;为保证汽车工作可靠、行驶安全,则有赖于各种指示仪表、信号装置和照明等电器的正常工作。

随着汽车工业的不断发展,人们在努力追求汽车动力性、经济性的同时,对汽车行驶的安全性、稳定性和驾乘舒适性也提出了更新更高的要求,特别是20世纪70年代世界性的石油危机以及汽车排气对大气环境造成的污染日趋严重,迫使各国相继制定颁布了严格的油耗法规和排气法规。为此,汽车的设计、生产面临着如何很好地解决汽车在提高动力性、降低油耗和排气污染、改善汽车行驶的安全性及驾乘舒适性等方面存在的问题,以满足日趋严格的油耗法规、排气法规及安全性能法规。由于汽车工作的复杂性以及上述各项性能指标间的相互影响和矛盾,用传统的机械调节和控制方法实现如空燃比、点火时刻、制动防滑系统等最佳控制显然是不可能的。无疑,电子技术特别是大规模集成电路(LSI)和微型计算机的高速发展和应用,为解决上述问题提供了有效的手段。因此,汽车电子化是解决上述问题的有效途径,是汽车发展的必然趋势。

汽车的电子化进程始于20世纪60年代。从开始的硅二极管整流器、晶体管电压调节器到集成电路(IC)控制的电子点火装置;从模拟计算机用于汽车发动机的控制,到1977年采用数字式微型计算机控制点火时刻,发展可谓神速。微型计算机用于汽车发动机的控制后,使发动机的动力性、经济性、排气污染等各方面的性能都得到很大的提高。同时,微型计算机在汽车上的应用很快由发动机的控制发展到汽车其他各个系统的控制,出现了电子控制的自动变速器、电子控制防抱死制动系统(ABS)和防滑系统(ASR)、电子车速控制系统、自动空调系统、电控主动悬架及车辆信息中心等,使汽车的整体水平有了很大的提高。目前,汽车的电子化已由20世纪70年代被迫应用电子技术发展到今天各国竞相应用先进的电子技术,并以很高的速度渗透到汽车的各个系统,应用目的也由简单取代传统的机械调节发展到通过微型计算机对汽车各系统进行最优化控制,并向智能化方向发展。

本书由陈传灿、金惠云担任主编,参加本书编写的有:同济大学陈传灿(第6章),上海交通大学职业技术学院金惠云(第3、4、7章),上海市交通学校忻芸(第1、2章),上海南湖职校二分校陈翔(第5章)。本书由同济大学汽车学院博士生导师罗勇教授担任主审。

在本书编写过程中参考了大量已出版的相关图书和文献资料,谨对有关作者表示真诚的谢意。汽车技术发展迅速,加之编者水平有限,书中难免存在不妥之处,恳请各教学单位在使用本书时及时提出修改意见和建议,以便再版修订时改正。

编 者  
2012年5月

# 目 录

<b>第 1 章 车用蓄电池</b> .....	1
1.1 蓄电池的结构与型号 .....	1
1.2 蓄电池的工作原理 .....	6
1.3 蓄电池的工作特性 .....	8
1.4 蓄电池的容量及其影响因素 .....	11
1.5 改良类铅酸蓄电池简介 .....	13
1.6 蓄电池的使用与维护 .....	16
复习思考题 .....	25
<b>第 2 章 汽车交流发电机及电压调节器</b> .....	27
2.1 交流发电机的分类与构造 .....	27
2.2 交流发电机的工作特性 .....	33
2.3 电压调节器 .....	36
2.4 电源系统的过电压及保护 .....	46
2.5 交流发电机和调节器的使用与维修 .....	50
复习思考题 .....	58
<b>第 3 章 起动系统</b> .....	59
3.1 起动机的组成和结构 .....	59
3.2 起动电机的工作原理与工作特性 .....	64
3.3 汽车起动电路实例及分析 .....	67
3.4 减速起动机 .....	70
3.5 起动机的使用与维修 .....	74
复习思考题 .....	80
<b>第 4 章 电子点火系统</b> .....	81
4.1 概述 .....	81
4.2 电子点火系统的组成与结构原理 .....	85
4.3 电子点火系统的使用与故障诊断 .....	98
4.4 微机控制的点火系统 .....	103
复习思考题 .....	113
<b>第 5 章 汽车空调及其控制系统</b> .....	114
5.1 概述 .....	114
5.2 汽车通风系统 .....	116
5.3 汽车暖风系统 .....	117
5.4 汽车空气净化系统 .....	122
5.5 汽车空调的制冷剂与冷冻油 .....	124
5.6 汽车空调制冷的工作原理 .....	127
5.7 汽车制冷系统的组成与工作过程 .....	129
5.8 汽车空调的控制系统 .....	143
复习思考题 .....	154
<b>第 6 章 车身电器及电子控制系统</b> .....	156
6.1 汽车照明、信号、仪表、警报装置及其控制系统 .....	156
6.2 汽车信息显示系统 .....	167
6.3 汽车中央门锁与防盗系统 .....	191
6.4 汽车导航系统 .....	203
6.5 汽车巡航控制系统 .....	209
6.6 安全气囊与安全带控制系统 .....	215
6.7 车身其他辅助电器 .....	222
复习思考题 .....	248
<b>第 7 章 汽车全车电路及分析识读</b> .....	250
7.1 汽车总线路的组成和特点 .....	250
7.2 汽车电路元器件 .....	257
7.3 汽车电路图分析识读 .....	268
复习思考题 .....	275
<b>参考文献</b> .....	276

# 第 1 章 车用蓄电池

蓄电池是一个化学电池,靠内部的化学反应在充电时将电能转变成化学能储存起来,在用电时将储存的化学能转变成电能供给用电设备。蓄电池的种类很多,目前汽车上主要采用的是启动型酸性铅蓄电池,本书中简称为“蓄电池”(图 1-1)。

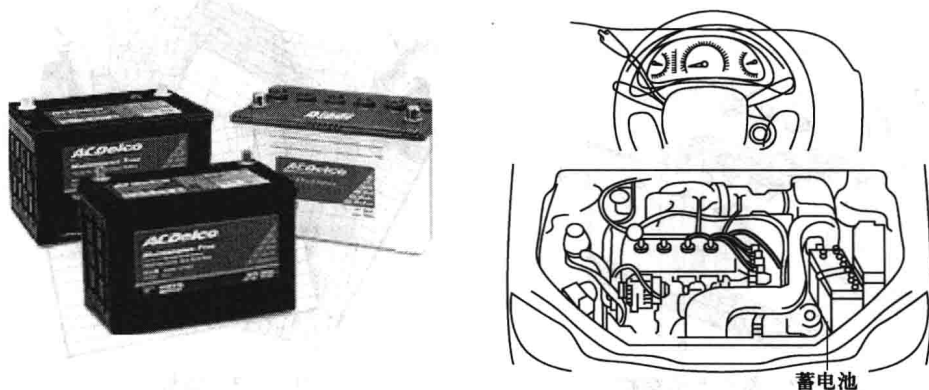


图 1-1 蓄电池外观图

## 1.1 蓄电池的结构与型号

### 1.1.1 蓄电池的作用

1. 发动机起动时,向起动机及其他用电设备(如点火系、仪表系及发电机励磁绕组)提供电能。起动时向起动机提供强大的电流(一般汽油机为 200 ~ 600 A,柴油机可达 1 000 A),是汽车蓄电池的一个主要用途,所以称之为启动型蓄电池。

2. 发动机怠速运转,发电机端电压低于蓄电池充电电压时,仍由蓄电池向用电设备供电。

3. 发动机中、高速运转,发电机端电压高于蓄电池充电电压,而蓄电池又存电不足时,将发电机多余的电能转变成化学能储存起来,称之为被充电。

4. 当用电设备负载过大,已超过发电机供电能力时,蓄电池协同发电机向用电设备供电。

5. 发电机转速或负载变化时,能保持汽车电气系统电压稳定。此时蓄电池相当于一个较大的电容器,吸收电路中出现的瞬时过电压,保护电子元器件不被击穿。

### 1.1.2 蓄电池的结构

普通酸性铅蓄电池是在装有稀硫酸溶液的容器内插入正、负两极板组而构成的电能存储器。它由若干个单格电池组成,每个单格电池电压为 2 V,电动势为 2.1 V,各个单格电池之间互不相

通,使用联条将它们串联起来。

图 1-2 所示为一只由 3 个单格电池组成的普通酸性铅蓄电池。

普通型铅酸蓄电池由极板组、隔板、电解液、外壳、联条、极桩和加液孔盖等组成。

### 1. 极板组

由数片正极板焊在同一横板上构成正极板组,数片负极板焊在同一横板上构成负极板组。正、负极板片交叉间隔,并且正、负极板间还需用隔板隔开。每一个单格电池由一正极板组、一负极板组以及隔板组成,如图 1-3 所示。

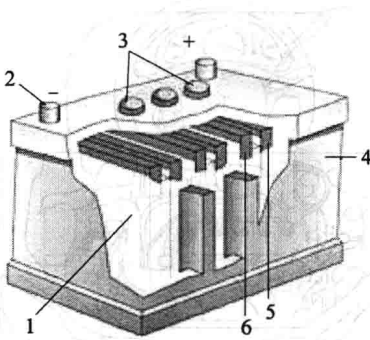


图 1-2 蓄电池的结构

1—隔板;2—极桩;3—加液孔;  
4—外壳;5—正极板;6—负极板

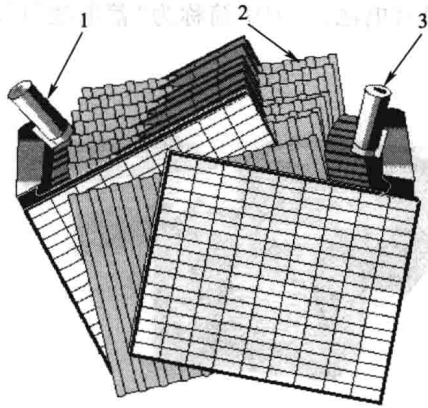


图 1-3 极板

1—正极板组;2—隔板;3—负极板组

极板是蓄电池的重要部件,用以将电能释放或充入。

每片极板内部都有一铅锑合金铸成的栅架,起支撑作用,其中锑的含量较低,约占 5%。在栅架中,锑是为了提高极板的机械强度而加入的。在栅架上涂以不同的化学涂料,它是进行化学反应的活性物质。正极板的活性物质为细小结晶状的二氧化铅( $\text{PbO}_2$ ),颜色为褐色。负极板的活性物质为多孔性海绵状纯铅( $\text{Pb}$ ),颜色为青灰色,它们是经过化成(在蓄电池生产工艺中,对极板进行充电的过程称为“化成”,一般充电 18~20 h)过程后而最终形成的,经使用放电后,正、负极板表面会有一层细腻而松软的硫酸铅晶粒。

使用中,由于正极板的化学反应比负极板大,所以一般将正极板做得厚一些,从而延长蓄电池使用寿命(接受同样电量,正极板所占用的活性物质比例要大一些),且在单格电池内负极板总要比正极板多一片,目的是充分利用正极板的使用面积,以使正极板两侧放电均匀,防止放电不均而造成的极板翘曲,从而使活性物质脱落。

### 2. 隔板

隔板是插入正、负极板之间的多孔性薄板,它能防止正、负极板间因距离过近以致产生接触而短路。

隔板材料有木质、纸质、微孔橡胶、微孔塑料、玻璃纤维和玻璃丝棉等。木质隔板的使用寿命较短;微孔橡胶隔板性能好、寿命长,但成本高;微孔塑料隔板多孔率高,薄而柔韧,成本又低,因此被广泛采用。近年来,还有的将微孔塑料做成袋式,紧包在正极板的外部,防止活性物质脱落,减小电池的尺寸。

有些隔板的一个面带有特制的沟槽,安装时应将其带沟槽的一面朝向正极板并直立安装,若使用玻璃丝棉时,则应将其夹在隔板与正极板之间,以使正极板有充分的空间进行化学反应,以免极板上的活性物质脱落而发生极板堵塞。

### 3. 电解液

电解液是由密度为  $1.84 \text{ g/cm}^3$  的纯硫酸和蒸馏水按比例配制而成的,在全充电状态下,其相对密度一般在  $1.24 \sim 1.30 \text{ g/cm}^3$  的范围内,电解液的密度是影响铅蓄电池性能和寿命的主要因素。所以,工业用硫酸和普通的水不能加入电解液中,因其中含有铁、铜等有害物质,会产生自放电等不利情况。

配制电解液时,应使用专用硫酸和蒸馏水,且采用耐酸、耐热的容器进行,配制时,需先将蒸馏水倒入容器,然后沿玻璃搅棒慢慢倒入硫酸,且不断搅拌。不能先倒入硫酸,然后再加蒸馏水,否则会发生飞溅伤害事故。在配制电解液时,还需密切注意蓄电池的温度应控制在  $30^\circ\text{C}$  左右。

电解液的相对密度对蓄电池的工作有很大影响,相对密度的大小因地区和气候条件的不同应作适当的调整。如冬季电解液密度相对高一些,夏季则相对低一些。表 1-1 列出了不同地区和气候条件下的电解液相对密度。

表 1-1 不同地区和气候条件下电解液相对密度

气候条件	完全充足电的蓄电池在 $15^\circ\text{C}$ 时的电解液密度 ( $\text{g/cm}^3$ )	
	冬季	夏季
冬季温度低于 $-40^\circ\text{C}$ 的地区	1.31	1.27
冬季温度在 $-40^\circ\text{C}$ 以上的地区	1.29	1.25
冬季温度在 $-30^\circ\text{C}$ 以上的地区	1.28	1.25
冬季温度在 $-20^\circ\text{C}$ 以上的地区	1.27	1.24
冬季温度在 $0^\circ\text{C}$ 以上的地区	1.24	1.24

### 4. 外壳

外壳是用来盛放电解液、极板组和隔板的容器,大多由 6 个单格或 3 个单格组合而成,单格之间互不相通,单格底部有凸肋,用以支撑极板组,给脱落的活性物质以一定的盛放空间,防止活性物质脱落而短路于极板,如图 1-4 所示。

外壳材料需耐酸、耐热、耐寒、耐震、绝缘性好,具有足够的机械强度。

### 5. 联条

蓄电池各个单格电池之间的连接为串联连接,用铅连接条将不同极性的极桩连接起来,形成联条,联条由铅锑合金铸成,有敞露式连接和穿壁式连接两种方式。敞露式连接由于使用材料多且内阻增加,已逐渐被穿壁式连接所取代,如图 1-5 所示。

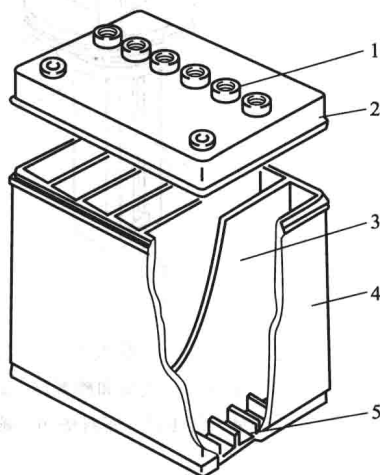


图 1-4 蓄电池外壳

1—注入口;2—盖;3—隔板;4—蓄电池壳体;5—肋条



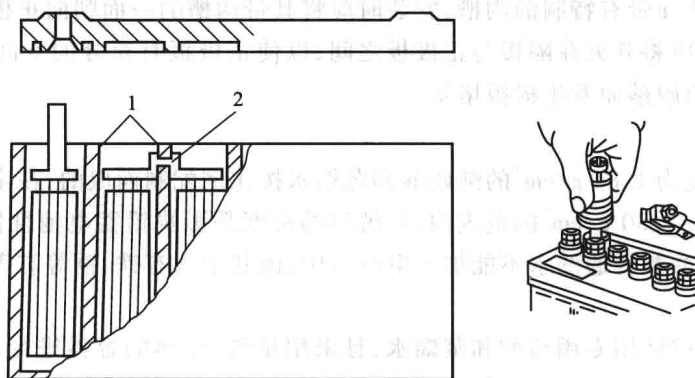


图 1-5 联接  
1—间壁;2—联接

### 6. 加液孔盖

加液孔盖是用来封住加液孔的,用橡胶或塑料制成,如图 1-6 所示。旋下加液孔盖,可以加注电解液或检测电解液密度;旋入孔盖可防止电解液溅出。盖上有通气孔,可随时排出蓄电池内的  $H_2$  和  $O_2$ ,以免发生爆炸事故。下部有特制的隔层,作用是在汽车颠簸时,防止电解液从通气孔中溅出。

新的蓄电池通气孔是密封的,在使用时,应先将盖上的通气孔打开,以保持畅通。

### 7. 极桩

极桩是蓄电池极板与汽车电气系统的连接件,它分为正极桩和负极桩。正极桩用“+”或涂以红颜色表示,负极桩用“-”或涂以蓝颜色表示。极桩由铅锑合金铸成,如图 1-7 所示。

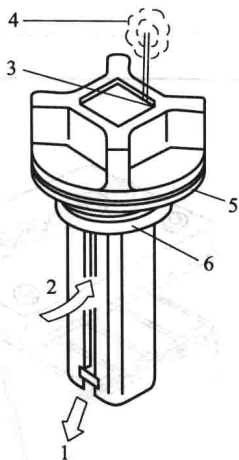


图 1-6 蓄电池加液孔盖

1—酸滴;2—气体和酸雾;3—通气孔;  
4—气体;5—密封垫;6—螺纹



图 1-7 蓄电池极桩

### 1.1.3 蓄电池的型号

按原机械工业部标准 JB2599-85《铅蓄电池产品型号编制方法》,将铅蓄电池型号分成五部

分,其形式如下:

### I    II    III    IV    V

I——用数字表示一个整体蓄电池串联的单格电池数。

如:3——表示3个单格,额定电压6V;6——表示6个单格,额定电压12V。

II——蓄电池的主要用途,用大写汉语拼音字母表示。

如:Q——起动用;M——摩托车用;N——内燃机车用。

III——结构特征代号,用大写汉语拼音字母表示。

如:A为干荷电式,H为湿荷电式,W为免维护式,F为防酸式,J为胶体电解质,Y为液密式,B为半密闭式,D为带液式,Q为气密式,无字母表示普通型。

IV——20h放电率额定容量,单位是A·h,但不标注。

V——特殊性能,用大写汉语拼音字母表示。

如:G——高起动率;S——塑料槽;D——低温起动性能好。

例如:东风牌EQ1090E型汽车蓄电池型号为6-Q-105D。表示蓄电池由6个单格电池组成,额定电压为 $6 \times 2 = 12$  V,20h放电率额定容量为105 A·h,低温起动性能好。

国产普通型铅酸蓄电池的规格见表1-2。

表1-2 国产普通型铅酸蓄电池的规格

序号	类别	蓄电池型号	蓄电池规格	单格 电池数	额定 电压 (V)	20 h 放电 率额定容量 (A·h)	最大外形尺寸(mm)			参考质量(kg)	
							长	宽	总高	有电 解液	无电 解液
1	第一类	3-Q-75	6 V/75 A·h	3	6	75	197	178	250	17	14
2		3-Q-90	6 V/90 A·h			90	224	178	250	20	15
3		3-Q-105	6 V/105 A·h			105	251	178	250	23	18
4		3-Q-120	6 V/120 A·h			120	278	178	250	25	20
5		3-Q-135	6 V/135 A·h			135	305	178	250	27	22
6		3-Q-150	6 V/150 A·h			150	332	178	250	29	24
7		3-Q-195	6 V/195 A·h			195	343	178	250	41	34
8	第二类	6-Q-60	12 V/60 A·h	6	12	60	319	178	250	25	21
9		6-Q-75	12 V/75 A·h			75	373	178	250	33	27
10		6-Q-90	12 V/90 A·h			90	427	178	250	39	31
11		6-Q-105	12 V/105 A·h			105	485	178	250	47	37
12	第三类	6-Q-120	12 V/120 A·h	6	12	120	517	198	250	52	41
13		6-Q-135	12 V/135 A·h			135	517	216	250	58	46
14		6-Q-150	12 V/150 A·h			150	517	234	250	63	50
15		6-Q-165	12 V/165 A·h			165	517	252	250	67	54
16		6-Q-195	12 V/195 A·h			195	517	288	250	75	61
17	第四类	6-Q-40G	12 V/40 A·h	6	12	40	212	172	250	75	61
18		6-Q-60G	12 V/60 A·h			60	219	172	250	75	61
19		6-Q-80G	12 V/80 A·h			80	346	172	250	75	61

## 1.2 蓄电池的工作原理

铅蓄电池的极板与电解液之间,在不同的条件下,能进行可逆的电化学反应。一种是将蓄电池两极与一用电设备(负载)连接,负载中有电流流过,蓄电池输出功率,称之为放电。另一种是将一直流电源接入蓄电池两极,将直流电输入蓄电池,称之为充电(图1-8)。

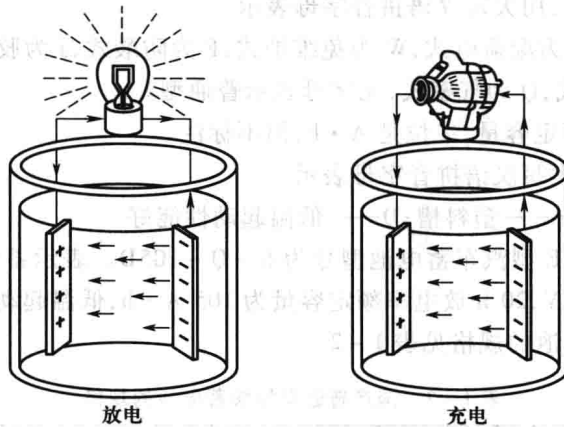
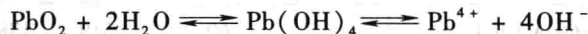


图1-8 蓄电池基本工作原理

### 1.2.1 电动势的建立

当极板浸入电解液时,在负极板处,金属铅受到两个方向的作用,一方面它有溶解于电解液的倾向,因而有少量的铅进入溶液,生成  $Pb^{2+}$  在极板上留下两个电子  $2e$ ,使极板带负电。另一方面,由于正负电荷的吸引, $Pb^{2+}$  有沉浮于极板表面的倾向,当两者达到平衡时,负极板具有负电位约  $0.1\text{ V}$ 。

正极板处少量  $PbSO_4$  溶入电解液,与水生成  $Pb(OH)_4$ ,再分离成4价铅离子和氢氧根离子。即



$Pb^{4+}$  沉附于极板的倾向大于溶解的倾向,使极板呈正电位,当达到平衡时,正极板的电位约为  $+2.0\text{ V}$ 。当外电路未接通,反应达到相对平衡状态时,正负极板之间电动势  $E_j$  值为

$$E_j = 2.0 - (-0.1) = 2.1\text{ V}$$

### 1.2.2 放电原理

在接入负载后,在电动势  $E_j$  作用下,在电路内产生电流  $I_r$ ,电子  $e$  从负极板流向正极板,负极板上的铅与硫酸反应时,每个铅原子留下两个电子在极板上而成正离子与硫酸根离子结合成硫酸铅。极板呈负电位。放电时的化学反应过程如图1-9所示。

正极板上的二氧化铅溶解于硫酸,形成4价铅离子,它与负极板经电流线路带来的两个电子结合形成了易与硫酸根离子结合的2价铅离子,正极板因得到电子而成正电位。

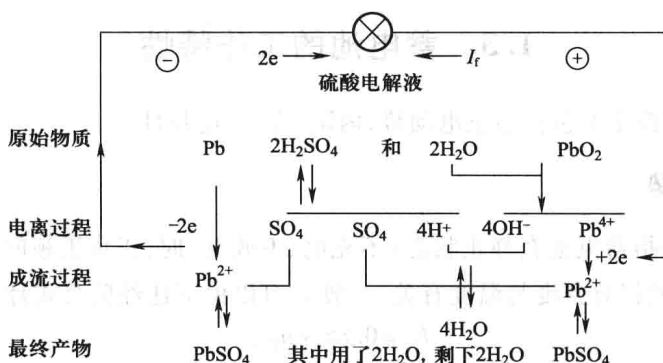
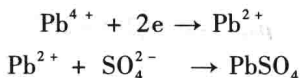


图 1-9 蓄电池的放电过程

即



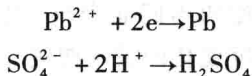
在负极板处,  $Pb^{2+}$  与电解液中的  $SO_4^{2-}$  结合也生成  $PbSO_4$  沉积在负极板上, 而极板上的金属铅继续溶解, 生成  $Pb^{2+}$  和电子。如果电路不中断, 上述化学反应将继续进行, 使正极板上的  $PbO_2$  和负极板上的  $Pb$  不断转变为  $PbSO_4$ , 而使电解液中的  $H_2SO_4$  逐渐减少, 而  $H_2O$  增多, 电解液相对密度下降。

### 1.2.3 充电原理

充电时, 对正、负极板加以电源电压, 在极板间电场的作用下, 电解液中  $PbSO_4$  分子离解, 被分成  $SO_4^{2-}$  和  $Pb^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$  在电场的作用下失去两个电子, 形成 4 价铅离子, 与水分解得来的氧离子作用形成  $PbO_2$  (附在正极板上), 而负极板上  $Pb^{2+}$  因得到两个电子而还原成铅原子 (附在负极板上) 形成海绵状纯铅的沉积, 使负极板恢复到充电状态的原状。

电解液中硫酸根离子与水分子离解出来的氢离子结合而生成硫酸, 使相对密度上升。

即



蓄电池的充电过程, 如图 1-10 所示。

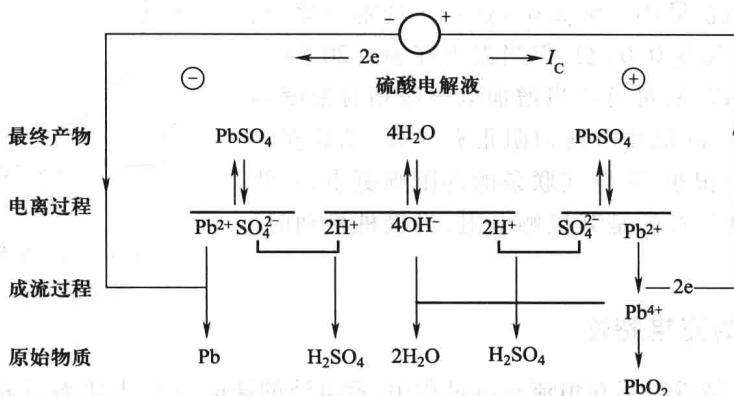


图 1-10 蓄电池的充电过程

### 1.3 蓄电池的工作特性

蓄电池的工作特性主要包括静止电动势,内阻,充、放电特性。

#### 1.3.1 静止电动势

静止电动势  $E_j$  是指蓄电池在静止状态(不充电、不放电)时,正负极板间的电位差(即开路电压)。其大小与电解液相对密度与温度有关,一般  $E_j$  可以由下述经验公式计算:

$$E_j = 0.85 + \rho_{25^\circ\text{C}}$$

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

而实际测出的电解液相对密度应按以下公式换算为 25℃ 时的相对密度:

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

式中:  $\rho_t$  —— 实测相对密度,  $\text{g}/\text{cm}^3$ ;

$\beta$  —— 相对密度系数,  $\beta = 0.00075$ ;

$t$  —— 实测温度, ℃。

汽车用蓄电池的电解液密度在充电时增高,放电时下降,一般在  $1.12 \sim 1.30 \text{ g}/\text{cm}^3$  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。

#### 1.3.2 内阻

蓄电池的内阻包括了极板、隔板、电解液、联条和极桩等的电阻。蓄电池的内阻较小,因此可获得较大的放电电流。

极板的内阻一般很小,且随极板的活性物质的变化而变化,即充电后电阻变小,放电后电阻增大。特别是在放电终了时,大部分活性物质转为硫酸铅,因此电阻大大增加。

隔板的电阻随材料的不同而不同,一般木质隔板较微孔塑料隔板电阻大。

电解液的电阻随其相对密度、温度的不同而变化,如图 1-11 所示为电解液内阻随相对密度变化的关系曲线。

当相对密度为  $1.2 \text{ g}/\text{cm}^3$  时(15℃ 时),硫酸的离解最好,黏度最小,电阻也最小。例如 6-Q-75 型蓄电池,温度为 40℃ 时,内阻仅为  $0.01 \Omega$ ,但当温度降为  $-20^\circ\text{C}$  时,内阻则增加到  $0.019 \Omega$ ,可见适当增加电解液相对密度和提高电解液温度,对降低蓄电池内阻很有好处,尤其在冬季。联条的内阻也很小,穿壁式联条的内阻则更小,在使用中所谓的极桩电阻指的是其接触电阻,当极桩松动时,接触电阻增大许多。

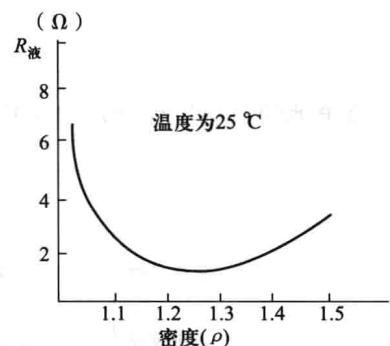


图 1-11 电解液内阻随相对密度变化的关系

#### 1.3.3 蓄电池的充电特性

蓄电池的充电特性是指在恒流充电过程中,蓄电池的端电压  $U_c$  与电解液相对密度  $\rho$  随时间而变化的规律。试验表明,以一恒定电流  $I_c$  向一只完全放电的蓄电池进行充电,充电过程中,每

隔一段时间,测量其单格电池的端电压  $U_c$  和电解液相对密度  $\rho_{25^\circ\text{C}}$ ,便可得到如图 1-12 所示的蓄电池充电特性曲线。

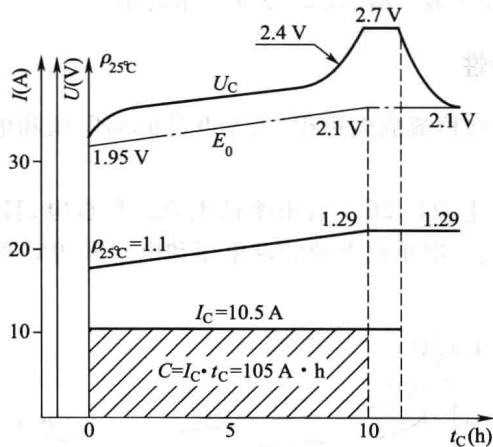


图 1-12 蓄电池充电特性曲线

充电时,电源电压必须克服蓄电池的电动势和电池内部的压降,因此在整个充电过程中,蓄电池的端电压总是大于电动势,即:

$$U_c = E_0 + I_c R_0$$

式中:  $U_c$ ——端电压, V;

$E_0$ ——电动势, V;

$I_c$ ——充电电流, A;

$R_0$ ——蓄电池内阻,  $\Omega$ 。

由于充电电流恒定,单位时间内生成硫酸的数量是一定的,所以电解液相对密度  $\rho$  随充电时间的延长而呈直线上升。

充电过程中,蓄电池端电压的变化规律是:开始充电时,端电压迅速上升,然后进入稳定阶段,端电压缓慢上升到 2.4 V 左右(此时有少量气泡产生),接着端电压迅速上升到 2.7 V 左右保持不变(此时有大量气泡产生),切断充电电流后,端电压逐渐下降到一定值后不再变化。

端电压如此变化的原因是:开始充电时,极板孔隙内迅速生成硫酸,孔隙内电解液相对密度增大,端电压迅速上升,当孔隙内生成硫酸的速度与向外扩散的速度达到平衡时,端电压随整个容器内电解液相对密度的上升而增大。当端电压达到 2.4 V 左右时,电解液中开始冒气泡,此种现象说明蓄电池基本充足电,正负极板上的硫酸铅已基本转变为二氧化铅和铅,此时一部分电流用来电解水,从而产生氢气和氧气。继续充电时,随着少量硫酸铅的继续转化,电解水的电流增大,产生的氢离子结合成氢气的速度小于氢离子产生的速度。故在正、负极板间产生了一定的附加电位差(约 0.3 V),因此端电压迅速上升,直到 2.7 V 左右保持不变,电解液出现“沸腾”现象,此时电解液密度也不再变化。切断充电电流后,内阻压降立即消失,集聚在负极板周围的氢离子形成氢气逸出,极板孔隙内的硫酸向外扩散,使容器内的电解液混合均匀,端电压下降到由此时电解液密度所决定的电动势数值。

蓄电池充电终了时有如下特征:

- 1) 蓄电池内产生大量气泡,即出现“沸腾”现象。
- 2) 端电压上升到最大值,且 2 h 内不再增加。
- 3) 电解液相对密度上升到最大值,且 2~3 h 内不再增加。

### 1.3.4 蓄电池的放电特性

蓄电池的放电特性是指在恒流放电过程中,蓄电池的端电压和电解液相对密度随放电时间而变化的规律。

将一只完全充足电的蓄电池以 20 h 放电率的电流进行放电,且不断调节可变电阻,使放电电流恒定,每隔一定时间测量一次单格电池的端电压和电解液相对密度,绘出如图 1-13 所示的放电特性曲线。

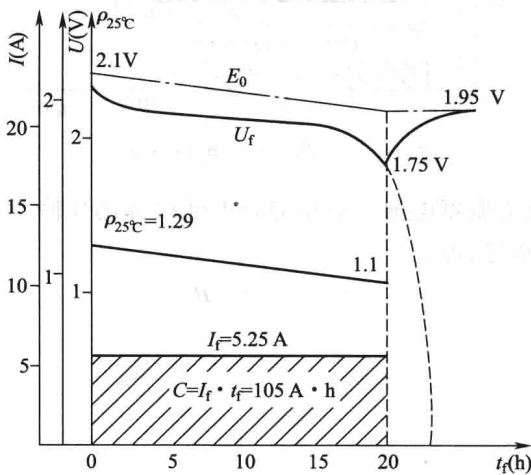


图 1-13 放电特性曲线

放电过程中,因为蓄电池内阻  $R_0$  上有压降,所以蓄电池的端电压  $U_f$  也总是小于其电动势  $E_0$ ,即:

$$U_f = E_0 - I_f R_0$$

式中:  $U_f$ ——端电压, V;

$E_0$ ——电动势, V;

$R_0$ ——内阻,  $\Omega$ ;

$I_f$ ——放电电流, A。

放电时,由于放电电流是恒定的,所以单位时间内消耗的硫酸量是恒定的,生成水的量也是恒定的,所以电解液相对密度是随放电时间的延长而按直线规律下降的。而端电压的变化规律不是均衡的,放电开始时,端电压下降较快,而中间阶段较平缓,接近放电终了时,又迅速下降。当端电压下降到 1.75 V 时(若继续放电,端电压将急剧下降到 0),若切断放电电流,端电压又会上升到一定值。蓄电池的整个放电过程分为以下四个阶段:

#### 1. 开始放电阶段

开始放电时,化学反应在极板孔内进行,首先消耗的是极板孔内的硫酸,而该范围内硫酸很有限,此时外围硫酸来不及向内补充,所以极板孔内电解液密度迅速下降(电动势迅速下降),端

电压迅速下降。

### 2. 相对稳定阶段

随着极板孔隙内电解液密度的不断下降,孔隙内外的电解液的密度差不断增大,在密度差的作用下,硫酸向孔隙内的扩散速度也随之加快,从而使放电电压和放电电流得以维持。

当孔隙外补充的硫酸与孔隙内部消耗的硫酸基本相等时,极板孔隙内外的密度差将基本保持一定,这时孔隙内电解液密度将随孔隙外密度一起下降,端电压也接近似于直线规律缓慢下降。

### 3. 迅速下降阶段

由于下面三个方面的原因,导致了端电压迅速下降。它们是:

1) 当放电接近终了时,孔隙外电解液密度已大大下降,孔隙外硫酸向孔隙内补充的速度减慢,离子的扩散速度下降。

2) 随着放电时间的延长,极板表面硫酸铅的数量增多,使孔隙变小,将极板活性物质与电解液隔开来。

3) 硫酸铅本身的导电性能差,放电时间越长,硫酸铅越多,内阻越大。通常,把端电压急剧下降的临界点(端电压为 1.75 V)称为放电终了,此点的电压即为终止电压——以 20 h 放电率连续放电到每单格电池电压为 1.75 V 时的电压。若此时仍继续放电,端电压会很快下降到 0,所以必须停止放电。

### 4. 电压回升阶段

停止放电后,由于放电电流为零,故内阻上的压降为零,且应有足够时间让硫酸渗入到极板孔隙内,使电解液混合均匀,所以端电压回升到由此时电解液密度相对应的电动势数值。蓄电池放电终了,停止放电后,端电压回升只是一种表面现象,若重新接通电路,继续放电,电压急剧下降到零的现象又会出现。

蓄电池放电终了的特征:

1) 电解液相对密度值降低到最小许可值。

2) 单格电池的端电压降至放电终止电压。

## 1.4 蓄电池的容量及其影响因素

### 1.4.1 蓄电池容量

蓄电池的工作参数之一为容量。它标志着对外供电能力的大小。蓄电池的容量指的是一只完全充足电的蓄电池在允许的放电范围内所输出的电量。即

$$Q = I_t \cdot t_t$$

式中:  $Q$ ——容量, A·h;

$I_t$ ——放电电流, A;

$t_t$ ——放电时间, h。

蓄电池的容量与放电电流和电解液温度、密度等因素有关,一般将容量分为起动容量和额定容量。



### 1.4.2 额定容量( $Q_e$ )

蓄电池出厂时规定的额定容量是在一定的电解液温度、一定的放电电流和一定的终止电压下测得的。国家标准 GB5008.1-91《起动用铅酸蓄电池技术条件》规定,以 20 h 放电率额定容量作为起动机蓄电池的额定容量。

蓄电池的 20 h 放电率额定容量是指:完全充足电的蓄电池在电解液温度为  $25 \pm 5^\circ\text{C}$  条件下,以 20 h 率的放电电流(即  $0.05C_{20}$  A)连续放电至蓄电池的端电压降到  $10.5 \pm 0.05$  V 时输出的电量,用  $C_{20}$  表示,单位为  $\text{A} \cdot \text{h}$ 。

额定容量是检验蓄电池质量的重要指标。新蓄电池必须达到该指标,否则就为不合格产品。

### 1.4.3 起动容量

起动容量表明蓄电池在起动发动机时的供电能力。起动容量又分常温起动容量和低温起动容量。

#### 1. 常温起动容量

常温起动容量是指电解液平均温度为  $30^\circ\text{C}$  时,以 5 min 放电率的电流(约  $3Q_e$  的电流)放电到单格电压降至 1.5 V 时所输出的电量。

例如:6-Q-105 型蓄电池以  $3 \times 105 = 315$  A 的大电流放电 5 min 到单格电压降至 1.5 V 时,常温起动容量为  $= 315 \times 5 \div 60 = 26.25 (\text{A} \cdot \text{h})$ ,约为额定容量的 1/4。

#### 2. 低温起动容量

低温起动容量是指在电解液平均温度为  $-18^\circ\text{C}$  时,以  $3Q_e$  的大电流放电 2.5 min 到单格电压降至 1.5 V 时所输出的电量。

例如:6-Q-105 型蓄电池,以  $3 \times 105 = 315$  A 的大电流放电 2.5 min 到单格电压降至 1.5 V 时,低温起动容量为  $315 \times 2.5 \div 60 = 13.125 (\text{A} \cdot \text{h})$ ,约为额定容量的 1/8。

### 1.4.4 影响蓄电池容量的因素

#### 1. 制造因素

##### (1) 极板的片数及面积

极板片数越多,面积越大,则极板上反应的活性物质越多,从而容量越大。极板片数与容量的关系可用以下公式估算:

$$Q = \text{正极板片数} \times 15$$

另外,极板上活性物质的多孔情况越好,孔隙内反应的机会也越多,容量也越大。另外如无凸肋的壳体,使极板面积也能增大,从而容量增大。

##### (2) 隔板材料及厚度

隔板材料要渗透性好,以便电化学反应强烈,蓄电池容量越大;厚度减薄可增大极板间中心距,也使容量能够增大。

#### 2. 使用因素

##### (1) 放电电流

放电电流越大,蓄电池端电压下降越快,放电至标准终止电压的时间也越短。极板孔隙迅速