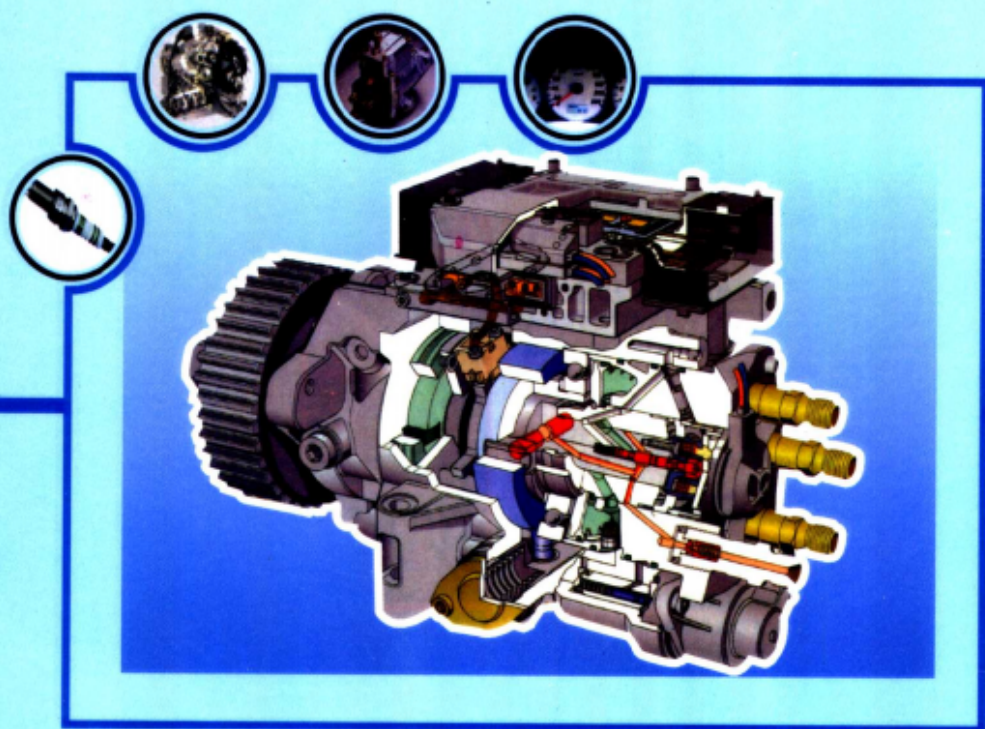


# 汽车电器与电子技术

杨生辉 舒 华 王克才 主编



国防工业出版社

<http://www.ndip.cn>



责任编辑：徐 静

# 汽车电器与电子技术



ISBN 7-118-03515-7



9 787118 035155 >

7-118-03515-7/U.262

定价：39.00 元

# 汽车电器与电子技术

杨生辉 舒 华 王克才 主编

国防工业出版社

·北京·

**图书在版编目(CIP)数据**

汽车电器与电子技术/杨生辉等主编. —北京:国防  
工业出版社, 2004. 9

ISBN 7-118-03515-7

I. 汽… II. 杨… III. 汽车—电气设备  
IV. U463.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 080309 号

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

新艺印刷厂印刷

新华书店经售

\*

开本 787×1092 1/16 印张 29 677 千字

2004 年 9 月第 1 版 2004 年 9 月北京第 1 次印刷

印数:1—4000 册 定价:39.00 元

---

(本书如有印装错误,我社负责调换)

# 前 言

本书根据中国人民解放军军事交通学院 2001 年新编“车辆运用工程专业教学大纲”组织编写。

近半个世纪以来,汽车技术的发展主要是汽车电器与电子技术的发展。汽车电子化是汽车发展的必由之路,2001 年 1 月 1 日开始,国内生产的小轿车都已装备发动机电子控制系统(EECS),部分汽车还装备或选装了电子控制自动变速系统(ECT)、防抱死制动系统(ABS)和安全气囊系统(SRS)等电子控制系统。

本书主要介绍了汽车电源系统、启动系统、点火系统、汽车空调系统、信息显示系统、照明信号与辅助电器系统、发动机电子控制系统、电子控制自动变速系统、汽车制动防抱死系统、安全气囊与安全带控制系统、汽车巡航控制系统、电子控制悬架系统、电子控制动力转向系统和驱动轮防滑转控制系统的结构组成、工作原理、检修试验与故障诊断方法。内容新颖、图文并茂,通俗易懂。

本书由军事交通学院杨生辉副教授、舒华教授、王克才讲师主编。其中,第一、二、三、四章由杨生辉副教授编写;第五、六、七、十一、十三、十五章由王克才讲师编写,第八、九、十、十二、十四、十六章由舒华教授编写。全书由舒华教授定稿。

在编写过程中,得到了上海大众汽车有限公司、南京军区空军汽车修理厂、沈阳军区汽车检测维修中心、中国交通物资华北公司、总后军事交通学院图书馆以及军交运输研究所等单位的大力支持,在此一并表示感谢!

由于编者水平有限,书中不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

作 者

2004 年 9 月于天津

# 目 录

## 第一篇 汽车电器系统

<b>第一章 蓄电池</b> .....	1
第一节 蓄电池的构造与型号.....	1
第二节 蓄电池的工作原理.....	6
第三节 蓄电池的工作特性.....	9
第四节 蓄电池常见故障 .....	15
第五节 蓄电池充电 .....	17
第六节 蓄电池使用与维护 .....	21
第七节 免维护蓄电池 .....	24
第八节 新型蓄电池 .....	25
<b>第二章 交流发电机</b> .....	28
第一节 交流发电机的工作原理 .....	28
第二节 交流发电机的构造 .....	29
第三节 交流发电机的工作特性 .....	35
第四节 其他型式的交流发电机 .....	37
第五节 电压调节器 .....	41
第六节 交流发电机及调节器的检修 .....	49
<b>第三章 启动机</b> .....	54
第一节 直流电动机 .....	54
第二节 启动机基本参数的选择 .....	59
第三节 启动机传动机构 .....	61
第四节 启动机控制装置 .....	65
第五节 减速启动机 .....	69
第六节 启动机的检修与试验 .....	71
<b>第四章 点火系统</b> .....	75
第一节 对点火系统的要求 .....	75
第二节 传统点火系统的组成与工作原理 .....	79
第三节 传统点火系统的工作特性 .....	83
第四节 传统点火系统的构造 .....	85
第五节 电子点火系统 .....	94
第六节 点火系统的使用与故障诊断.....	103
<b>第五章 汽车空调系统</b> .....	107

第一节	汽车空调系统的组成	107
第二节	汽车空调系统结构与工作原理	109
第三节	汽车空调系统控制电路	120
第四节	汽车自动空调系统	126
第五节	空调系统的使用与维修	131
<b>第六章</b>	<b>信息显示系统</b>	<b>139</b>
第一节	汽车仪表	139
第二节	汽车安全报警装置	148
<b>第七章</b>	<b>照明信号与辅助电器系统</b>	<b>154</b>
第一节	照明系统	154
第二节	信号系统	160
第三节	辅助电器设备	164
第四节	汽车电器设备对无线电的干扰及其抑制措施	181
<b>第二篇 汽车电子控制技术</b>		
<b>第八章</b>	<b>汽车电子控制技术概述</b>	<b>183</b>
第一节	汽车电子控制技术应用与发展	183
第二节	汽车电子控制系统控制方式	185
第三节	汽车电子控制系统分类	187
<b>第九章</b>	<b>发动机电子控制系统</b>	<b>190</b>
第一节	发动机电子控制系统功用与组成	190
第二节	发动机燃油喷射系统组成与类型	195
第三节	发动机传感器结构原理	210
第四节	发动机执行器结构原理	254
第五节	发动机电控单元结构原理	267
第六节	发动机燃油喷射系统控制过程	272
第七节	发动机空燃比反馈控制系统控制过程	285
第八节	发动机断油控制系统控制过程	287
第九节	发动机怠速控制系统控制过程	289
第十节	发动机点火系统控制过程	293
第十一节	发动机控制系统故障诊断与检修	306
<b>第十章</b>	<b>电子控制自动变速系统</b>	<b>312</b>
第一节	电子控制自动变速系统组成与分类	312
第二节	自动变速器变速系统	316
第三节	自动变速器液压控制系统	327
第四节	自动变速器电子控制系统	341
第五节	电子控制自动变速系统控制过程	348
<b>第十一章</b>	<b>汽车制动防抱死系统</b>	<b>355</b>
第一节	制动防抱死系统的基本理论	355

第二节	ABS 组成、主要部件结构及工作原理 .....	361
第三节	ABS 应用实例 .....	369
第四节	ABS 的正确使用与故障诊断 .....	391
<b>第十二章</b>	<b>安全气囊与安全带控制系统 .....</b>	<b>396</b>
第一节	安全气囊系统组成与分类 .....	396
第二节	安全气囊系统工作原理 .....	398
第三节	安全气囊系统控制部件结构原理 .....	400
第四节	座椅安全带控制系统 .....	407
<b>第十三章</b>	<b>汽车巡航控制系统 .....</b>	<b>410</b>
第一节	巡航控制系统的基本原理 .....	410
第二节	巡航控制系统主要部件结构与原理 .....	412
第三节	巡航控制系统实例 .....	415
第四节	巡航控制系统的使用与注意事项 .....	418
<b>第十四章</b>	<b>电子控制悬架系统 .....</b>	<b>420</b>
第一节	电子控制悬架系统组成与分类 .....	420
第二节	电子控制变高度悬架系统 .....	421
第三节	电子控制变刚度悬架系统 .....	423
第四节	电子控制变阻尼悬架系统 .....	425
第五节	变高度变刚度变阻尼悬架系统 .....	430
<b>第十五章</b>	<b>电子控制动力转向系统 .....</b>	<b>435</b>
第一节	液压式电子控制动力转向系统 .....	435
第二节	电动式电子控制动力转向系统 .....	441
<b>第十六章</b>	<b>防滑转控制系统 .....</b>	<b>449</b>
第一节	防滑转控制系统的功用与原理 .....	449
第二节	防滑转控制系统的控制方式 .....	451
第三节	防滑转控制系统的控制方法 .....	453
<b>参考文献</b>	.....	<b>456</b>



# 第一篇 汽车电器系统

## 第一章 蓄电池

蓄电池是一种可逆直流电源,在汽车上与发电机并联,它的作用是:

- (1) 启动发动机时,向启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) 当发电机超载时,协助发电机向用电设备供电。

(4) 当发电机的端电压高于蓄电池的电动势时,蓄电池可将发电机一部分电能转化为化学能储存起来,即充电。此外,蓄电池还相当于一个容量较大的电容器,具有稳定电源系统电压的作用。

蓄电池的种类很多,根据电解液不同,有酸性和碱性之分。由于铅酸蓄电池内阻小,电压稳定,在短时间内能供给较大的启动电流(汽油机一般为 200A ~ 600A,柴油机可达 1000A),而且结构简单,价格较低,所以在汽车上得到广泛应用。本章主要介绍铅酸蓄电池,简称蓄电池。

### 第一节 蓄电池的构造与型号

蓄电池的构造如图 1-1 所示。它主要由极板、隔板、电解液及壳体等部分组成。壳体一般分为 3 个或 6 个单格,每个单格电池的标称电压为 2V,将 3 个或 6 个单格电池串联后便成为一只 6V 或 12V 蓄电池总成。图 1-2 所示为单格蓄电池的结构。

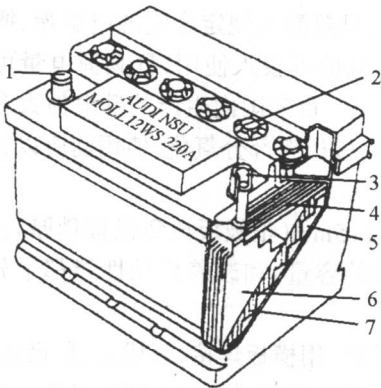


图 1-1 蓄电池的构造  
1—负极柱; 2—加液孔塞; 3—正极柱; 4—电解液液面标记; 5—负极板; 6—正极板; 7—隔板。

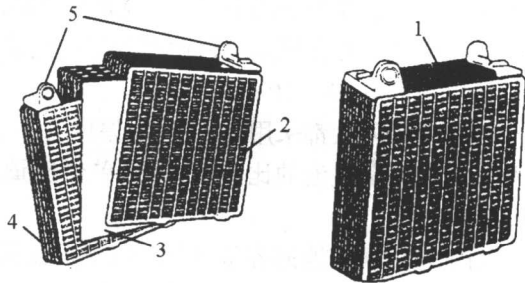


图 1-2 单格蓄电池结构  
1—组装完的单格电池; 2—负极板组; 3—隔板;  
4—正极板组; 5—极板联条。

## 一、极板

极板是蓄电池的核心,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。蓄电池充、放电过程中,电能和化学能的相互转换就是依靠极板上活性物质和电解液中硫酸的化学反应来实现的。正极板上的活性物质是二氧化铅( $\text{PbO}_2$ ),呈深棕色。负极板上的活性物质是海绵状纯铅( $\text{Pb}$ ),呈青灰色。

栅架的作用是容纳活性物质并使极板成形,一般由铅锑合金浇铸而成。铅锑合金中,含锑量为6%~8.5%,加锑是为了提高栅架的机械强度并改善浇铸性能。但锑有副作用,它会加速氢的析出而加速电解液中蒸馏水的消耗,还易从正极板栅架中解析出来而引起蓄电池自放电和栅架的膨胀、溃烂,缩短蓄电池的使用寿命。因此,栅架的生产材料正向低锑(含锑量小于3%)、甚至不含锑的铅钙合金发展。

铅粉是极板活性物质的主要原料。它是用铅块放入球磨机中研磨成粉,在研磨中铅粉与空气接触,氧化成氧化铅,然后加入一定的添加剂和硫酸溶液调和成膏状,涂在栅架上,干燥后放入硫酸溶液中,经较长时间的充电(用电化学方法在极板上形成活性物质的过程,也称“化成”过程,一般在18h~20h),使正极板形成棕色的二氧化铅,负极板形成青灰色的海绵状铅。为了防止负极板上活性物质的收缩,增加其孔率,常在负极板的铅膏中加入少量腐植酸、硫酸钡、木素磺酸钠或木素磺酸钙等添加剂。同时还在铅膏中加入天然纤维或合成纤维,以防止极板上活性物质的脱落和裂纹。

正极板的活性物质——二氧化铅化学活性比较稳定,其荷电性能可以较长时间的保持;而负极板上的活性物质——海绵状铅由于表面积大,化学活性高,容易氧化。所以为了使极板在干燥状态的条件下,能够较长时间地保存在制造过程中所得到的电荷,还要在负极板的铅膏中加入松香、油酸、硬脂酸等抗氧化剂,并且在化成过程中有一次深放电循环或进行反复地充电、放电,使活性物质达到深化。化成后的负极板,先用清水冲洗后,再放入抗氧化剂溶液(硼酸、水杨酸混合液)中进行浸渍处理,让负极板表面生成一层保护膜,并采用特殊干燥工艺(干燥罐中充入惰性气体或抽成真空),经过这样处理形成的极板称为干荷电极板,组成的蓄电池称为干荷电蓄电池。

干荷电蓄电池在规定的保存期内(2年)如需使用,只要灌入规定密度的电解液,搁置15min,调整液面高度至规定标准后,不需要进行初充电即可投入使用,且其荷电量可达到蓄电池额定容量的80%以上,因此是应急的理想电源。目前国内生产的蓄电池大多是干荷电蓄电池。对存储期超过两年的干荷电蓄电池,因极板有部分氧化,使用前应以补充充电的电流充电5h~10h后再使用。

目前国内外大都采用薄型极板,厚度为1.1mm~1.5mm(正极板比负极板稍厚)。薄型极板对提高蓄电池的比容量(极板单位质量所提供的容量)和改善启动性能都十分有利。

为了增大蓄电池的容量,将多片正、负极板分别并联,用横板焊接,组成正、负极板组。横板上联有极柱,各片间留有空隙。安装时正、负极板组相互嵌合,中间插入隔板。在每个单格电池中,负极板的数量总是比正极板多一片,因此,安装后正极板处于负极板之间,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,而造成极板拱曲。

## 二、隔板

为了减小蓄电池的内阻和尺寸,蓄电池内部正、负极板应尽可能地靠近,但为了避免彼此接触而短路,正、负极板之间要用隔板隔开。隔板材料应具有多孔性,以便电解液渗透,且化学性能要稳定,即具有良好的耐酸性和抗氧化性。

隔板材料有木质、微孔橡胶、微孔塑料等。安装时隔板带槽的一面应面向正极板,且沟槽与壳体底部垂直。因为沟槽能使电解液较顺利地上下流通,使气泡沿槽上升,还能使正极板上脱落的活性物质沿槽下沉。

在现代新型蓄电池中,还采用了袋式隔板。使用时,正极板放置在袋式隔板中,脱落的活性物质保留在袋内,不仅可以防止极板短路,而且可以取消壳体的底部凸起的筋条,使极板上部容积增大,从而增大电解液的储存量。

## 三、电解液

电解液由纯硫酸与蒸馏水按一定比例配制而成。密度一般为  $1.22\text{g}/\text{cm}^3 \sim 1.30\text{g}/\text{cm}^3$ 。电解液的纯度是影响蓄电池电气性能和使用寿命的重要因素。因此,电解液的配制应严格选用标准的专用硫酸和蒸馏水。工业用硫酸和一般的水中铜、铁等杂质较多,会加速蓄电池的自放电,故不能用于蓄电池。

## 四、壳体

壳体是用来盛装电解液和极板组的,应由耐酸、耐热、耐震、绝缘性好并且具有一定机械强度的材料制成。

壳体材料有硬橡胶和聚丙烯塑料两种。塑料壳体不仅耐酸、耐热、耐震,而且壳壁薄(壁厚约 2mm,硬橡胶壳体一般为 5mm)、质量小、且易于热封合,外形美观、成本低、生产效率高,因此被普遍采用。

壳体为整体式结构,壳内由隔壁分成 3 个或 6 个互不相通的单格,底部制有凸起的筋条用来搁置极板组。筋条之间的空隙可以积存极板脱落的活性物质,防止正、负极板短路。对于采用袋式隔板的蓄电池,可以取消筋条。

蓄电池各单格之间均用铅质联条串联。早期生产的蓄电池采用外露式联接方式,其联条设置在盖上。这种联接方式耗铅量多,联接电阻大,所以这种联接方式正在被穿壁式联接方式所取代。穿壁式联接方式是在相邻单格电池的隔壁上打孔供联接条穿过,将两个单格电池的极板组极柱焊接在一起,如图 1-3 所示。穿壁式联接方式联条设置在蓄电池内部,具有联接短、省材料、电阻小等优点。

蓄电池盖有硬橡胶和聚丙烯塑料两种。前者与硬橡胶壳体配用,盖子与壳体之间的缝隙用沥青封口剂填封;后者与聚丙烯塑料壳体配用,其盖子为整体结构,与壳体之间采用热接工艺沾合。

在蓄电池盖上,每个单格电池都设有一个加液孔。旋下加液孔盖,可以加注电解液或检查电解液密度;孔盖上设有通气孔,以便排出化学反应产生的氢气和氧气,防止壳体胀裂或发生爆炸事故。对于全密封型免维护蓄电池,由于蓄电池盖上没有设置加液孔,因此

不能用传统的密度计来测量电解液的密度,为此在这种免维护蓄电池上设有一只小型密度计来指示蓄电池的技术状况,如图 1-4 所示。

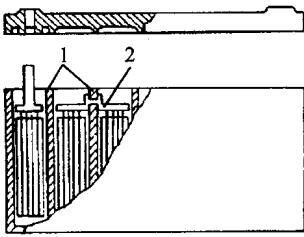


图 1-3 单格电池之间  
穿壁式联接示意图  
1—间壁; 2—联条。

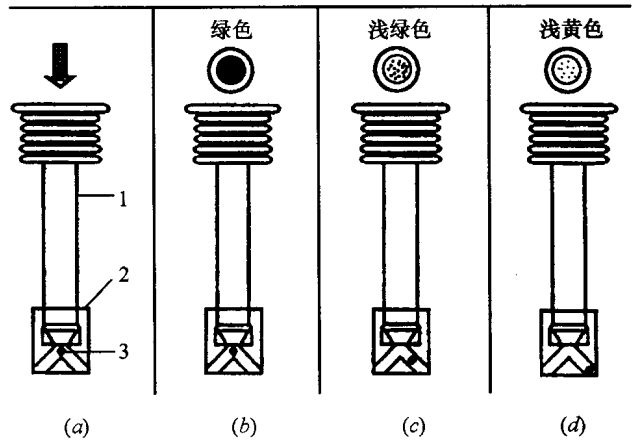


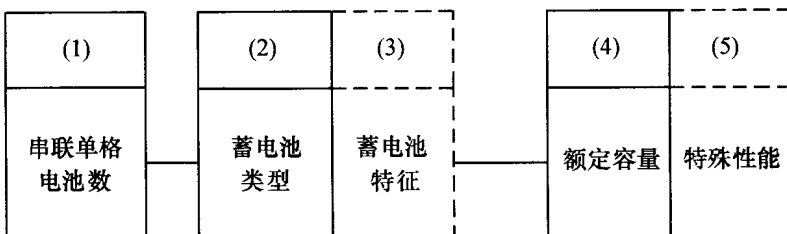
图 1-4 内装式密度计结构  
(a)密度计结构; (b)充电良好; (c)充电不足; (d)液面过低。  
1—玻璃棒; 2—笼子; 3—小球。

内装式密度计的玻璃管伸在电解液中,下端连接一个笼子,笼子中有一个绿色小球。随着蓄电池充电程度的变化,绿色小球在笼子中上下移动。当密度大于  $1.22 \text{ g/cm}^3$  (充电程度在 65% 以上) 时,绿色小球上升至笼子顶部并与玻璃管下端接触,从蓄电池盖上观察孔中就会看到绿色亮点,表示蓄电池技术状态良好;如果从观察孔中看到的颜色为浅绿色,说明小球的位置下降,表示电解液密度低于 65%,蓄电池充电不足;如果从观察孔中看到的颜色为浅黄色或者无色,说明电解液液面已下降到笼子底部,表示蓄电池已无法正常工作,必须更换新品。

需要说明的是不同品牌蓄电池的内装式密度计,表示方法可能有所不同。比如丰田汽车装用的免维护蓄电池,其 B 型密度计呈蓝色时,说明蓄电池放电在 25% 以下;呈白色时,说明蓄电池需要进行充电;呈红色时,则说明电解液低于极板,蓄电池已报废,需要更换。

### 五、蓄电池型号

根据原机械工业部 JB2599—85《铅蓄电池产品型号编制方法》规定,蓄电池型号由 3 部分组成,各部分之间用破折号分开,其内容及排列如下:



(1) 串联单格电池数,用阿拉伯数字表示。

(2) 蓄电池类型是根据主要用途划分的。如启动型蓄电池用“Q”表示,摩托车用蓄电池用“M”表示。

(3) 蓄电池特征为附加部分,仅在同类用途的产品中具有某种特征而在型号中又必须加以区别时采用。如干荷电蓄电池用“A”表示;无需(免)维护蓄电池用“W”来表示。当产品同时具有两种特征时,原则上应按表 1-1 所列顺序用两个代号并列表示。

(4) 额定容量是指 20h 率额定容量,单位为 Ah,用阿拉伯数字表示。

(5) 在产品具有某些特殊性能时,可用相应的代号加在产品型号的末尾。如“G”表示薄型极板的高启动率电池,“S”表示采用工程塑料外壳、电池盖及热封工艺的蓄电池。

表 1-1 蓄电池产品特征代号

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

例如,东风 EQ2102 型越野汽车用 6-QW-180 型蓄电池,表示由 6 个单格电池组成,额定电压为 12V,额定容量为 180Ah 的启动型免维护蓄电池。

东风 EQ1090 型载货汽车用 6-Q-105 型蓄电池,表示由 6 个单格电池组成,额定电压为 12V,额定容量为 105Ah 的启动型蓄电池。

北京 BJ2020 型吉普车用 6-QA-60 型蓄电池,表示由 6 个单格电池组成,额定电压为 12V,额定容量为 60Ah 的启动型干荷电蓄电池。

表 1-2 所列为常用蓄电池品种和规格。

表 1-2 常用蓄电池品种规格

序号	额定电压/ V	20h 率额定容量 C <sub>20</sub> /Ah	储备容量 t <sub>r</sub> /min	启动电流 I <sub>S</sub> /A	最大外形尺寸/mm		
					长(L)	宽(B)	高(H)
1	12	30	43	120	187	127	227
2	12	35(36)	52	144	197	129	227
3	12	40	59	160	238	138	235
4	12	45	67	180	238	129	227
5	12	50	76	200	260	173	235
6	12	60	94	240	270	173	235
7	12	70	113	280	310	173	235
8	12	75	123	300	310	173	235
9	12	80	133	320	310	173	235
10	12	90	154	315	380	177	235

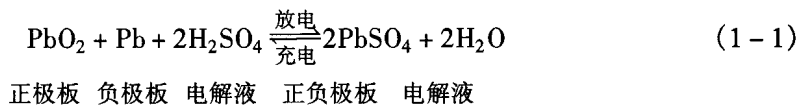
(续)

序号	额定电压/ V	20h 率额定容量 C <sub>20</sub> /Ah	储备容量 t <sub>r</sub> /min	启动电流 I <sub>S</sub> /A	最大外形尺寸/mm		
					长(L)	宽(B)	高(H)
11	12	100	175	350	410	177	250
12	12	105	187	368	450	177	250
13	12	120	223	420	513	189	260
14	12	135	260	405	513	189	260
15	12	150	300	450	513	223	260
16	12	165	342	495	513	223	260
17	12	180	386	540	513	223	260
18	12	195	432	585	517	272	260
19	12	200	441	600	521	278	270
20	12	210	450	630	521	278	270
21	12	220	460	660	521	278	270

## 第二节 蓄电池的工作原理

蓄电池是由浸渍在电解液中的正极板和负极板组成,电解液是硫酸水溶液。蓄电池中发生的化学反应是可逆的。其化学反应过程有各种不同的理论,一般认为格拉斯顿和特拉普于 1882 年提出的双极硫酸盐化理论(简称双硫化理论)能较确切地说明蓄电池的化学反应过程。

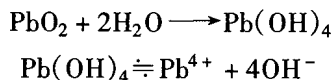
根据双硫化理论,铅蓄电池正极板上的活性物质是二氧化铅(PbO<sub>2</sub>),负极板上是海绵状铅(Pb),电解液是硫酸(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)的水溶液。当蓄电池和负载接通放电时,正极板上的二氧化铅和负极板上的铅都将转变成硫酸铅(PbSO<sub>4</sub>),电解液中的硫酸减少,密度下降。当蓄电池接通直流电源充电时,正、负极板上的硫酸铅将分别恢复成原来的二氧化铅和纯铅,电解液中的硫酸增加,密度增大。如果略去化学反应的中间过程,其化学反应方程式可用下式表示:



### 一、电动势的建立

蓄电池的电动势是正、负极板浸入电解液后产生的。当极板浸入电解液时,在负极板,有少量铅溶入电解液,生成 Pb<sup>2+</sup>,在极板上留下两个电子 2e,使极板带负电,此时负极板相对于电解液具有 0.1V 的负电位。

在正极板处,少量 PbO<sub>2</sub> 溶入电解液,与水生成 Pb(OH)<sub>4</sub>,再分离成四价铅离子和氢氧根离子,即



一部分  $\text{Pb}^{4+}$  沉附在正极板上,使极板呈正电位,约为  $+2.0\text{V}$ 。因此,当外电路未接通时,蓄电池的静止电动势  $E_0$  约为:

$$E_0 = 2.0 - (-0.1) = 2.1\text{V}$$

## 二、蓄电池的放电

蓄电池接上负载,在电动势的作用下,电流  $I_f$  从正极经过负载流向负极(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。放电时的化学反应过程,如图 1-5 所示。

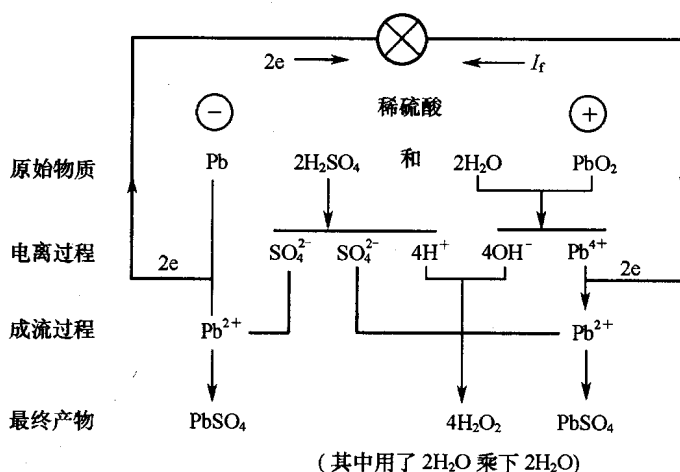
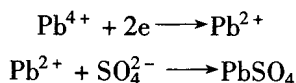


图 1-5 蓄电池的放电过程

在正极板处,  $\text{Pb}^{4+}$  和电子结合,变成二价铅离子  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$  与电解液中的  $\text{SO}_4^{2-}$  结合生成  $\text{PbSO}_4$  沉附于极板上,即



在负极板处,  $\text{Pb}^{2+}$  与电解液中的  $\text{SO}_4^{2-}$  结合也生成  $\text{PbSO}_4$  沉附在负极板上。极板上的金属铅继续溶解,生成  $\text{Pb}^{2+}$  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  $\text{PbO}_2$  和负极板上的  $\text{Pb}$  都逐渐变为  $\text{PbSO}_4$ ,电解液中的  $\text{H}_2\text{SO}_4$  逐渐减少而水增多,故电解液密度下降。

理论上,放电过程应进行到极板上的活性物质全部变为硫酸铅为止。而实际上,使用中所谓放完电的蓄电池,只有  $20\% \sim 30\%$  的活性物质转变成了硫酸铅。这是因为电解液不可能充分渗透到极板的内层。因此,采用薄型极板,增加极板的孔率是提高活性物质利用率的有效途径。

### 三、蓄电池的充电

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,在电源力的作用下,电流从蓄电池正极流入,负极流出(即驱使电子从正极经外电路流入负极),这时正、负极板发生的反应正好与放电过程相反,其化学反应过程如图 1-6 所示。

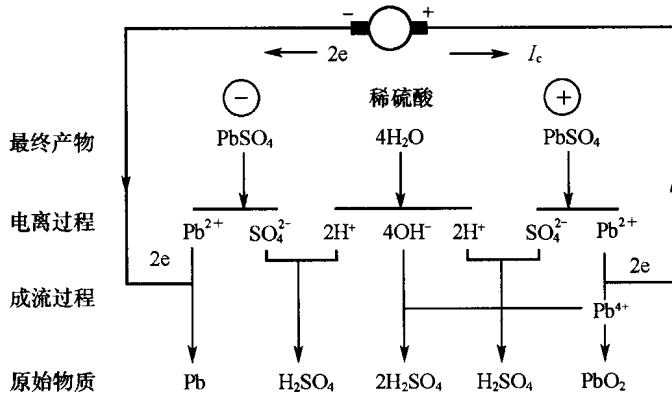
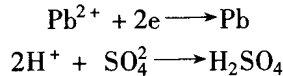


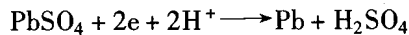
图 1-6 蓄电池的充电过程

在负极板处有少量的  $\text{PbSO}_4$  进入电解液中,离解为  $\text{Pb}^{2+}$  和  $\text{SO}_4^{2-}$ ,即  $\text{PbSO}_4 \rightarrow \text{Pb}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$ 。

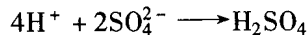
$\text{Pb}^{2+}$  在电源的作用下获得两个电子变为金属  $\text{Pb}$ ,沉附在负极板上。而  $\text{SO}_4^{2-}$  则与电解液中的  $\text{H}^+$  结合,生成硫酸,即



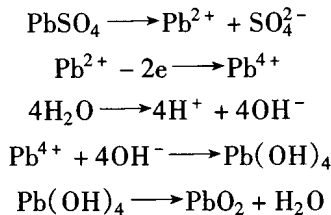
负极板上总的反应为:



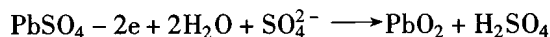
正极板处,也有少量  $\text{PbSO}_4$  进入电解液中,离解为  $\text{Pb}^{2+}$  和  $\text{SO}_4^{2-}$ , $\text{Pb}^{2+}$  在电源作用下失去两个电子变为  $\text{Pb}^{4+}$ , $\text{Pb}^{4+}$  与电解液中水离解出来的  $\text{OH}^-$  结合,生成  $\text{Pb}(\text{OH})_4$ , $\text{Pb}(\text{OH})_4$  分解为  $\text{PbO}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$ ,而  $\text{SO}_4^{2-}$  则与电解液中的  $\text{H}^+$  结合生成硫酸



其反应式如下:



正极板上总的反应为:

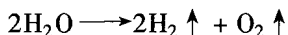


可见,在充电过程中,正、负极板上的  $\text{PbSO}_4$  将逐渐恢复为  $\text{PbO}_2$  和  $\text{Pb}$ ,电解液中硫



酸成分逐渐增多,水逐渐减少。

充电终期,电解液密度将升到最大值,且会引起水的分解,水分解的化学反应式为:



### 第三节 蓄电池的工作特性

蓄电池的工作特性主要包括蓄电池的电动势、内阻、充放电特性和容量。

#### 一、静止电动势

静止电动势是指蓄电池在静止状态(不充电也不放电),正、负极板之间的电位差(即开路电压),用  $E_0$  表示。它的大小与电解液的密度及温度有关,在密度为  $1.05\text{g}/\text{cm}^3 \sim 1.30\text{g}/\text{cm}^3$  的范围内,可由下述公式近似计算:

$$E_0 = 0.85 + \rho_{25^\circ\text{C}} \quad (\text{V}) \quad (1-2)$$

式中  $\rho_{25^\circ\text{C}}$ ——为  $25^\circ\text{C}$  时的电解液密度。

实测所得电解液密度应按下式换算成  $25^\circ\text{C}$  时的密度为

$$\rho_{25^\circ\text{C}} = \rho_t + \beta(t - 25) \quad (1-3)$$

式中  $\rho_t$ ——实测电解液密度( $\text{g}/\text{cm}^3$ );

$t$ ——实测电解液温度( $^\circ\text{C}$ );

$\beta$ ——密度温度系数( $\beta = 0.0007$ ),即温度每升高  $1^\circ\text{C}$ ,密度将降低  $0.0007\text{g}/\text{cm}^3$ 。

汽车用蓄电池的电解液相对密度在充电时升高,放电时下降,一般在  $1.12\text{g}/\text{cm}^3 \sim 1.30\text{g}/\text{cm}^3$  之间波动,因此其静止电动势也相应地在  $1.97\text{V} \sim 2.15\text{V}$  之间变化。

#### 二、内阻

蓄电池的内阻大小反映了蓄电池带负载能力。在相同条件下,内阻越小,输出电流越大,带负载能力越强。蓄电池的内阻包括极板电阻、隔板电阻、电解液电阻、联条电阻和极柱电阻。

极板电阻很小,且随极板上活性物质的变化而变化。充电时电阻变小,放电时电阻变大,特别是在放电终了时,由于活性物质转变成成为导电性能较差的硫酸铅,因此电阻大大增加。

隔板电阻与材料及孔率、孔径等因素有关。

电解液的电阻与其温度和密度有关。如  $6-Q-75$  型蓄电池在温度为  $40^\circ\text{C}$  时的内阻为  $0.010\Omega$ ,而在  $-20^\circ\text{C}$  时内阻则为  $0.019\Omega$ ,可见内阻随温度降低而增大。

电解液电阻与密度的关系如图 1-7 所示。由图可见,电解液密度为  $1.20\text{g}/\text{cm}^3$  时,硫酸的离解度最好,粘度较小,所以电阻最小。

联条电阻与蓄电池单格之间的连接形式有关。外露式联接条电阻比内部穿壁式的要大。

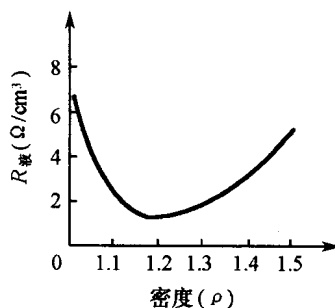


图 1-7 电解液内阻与密度的关系