

国家示范院校工学结合系列教材

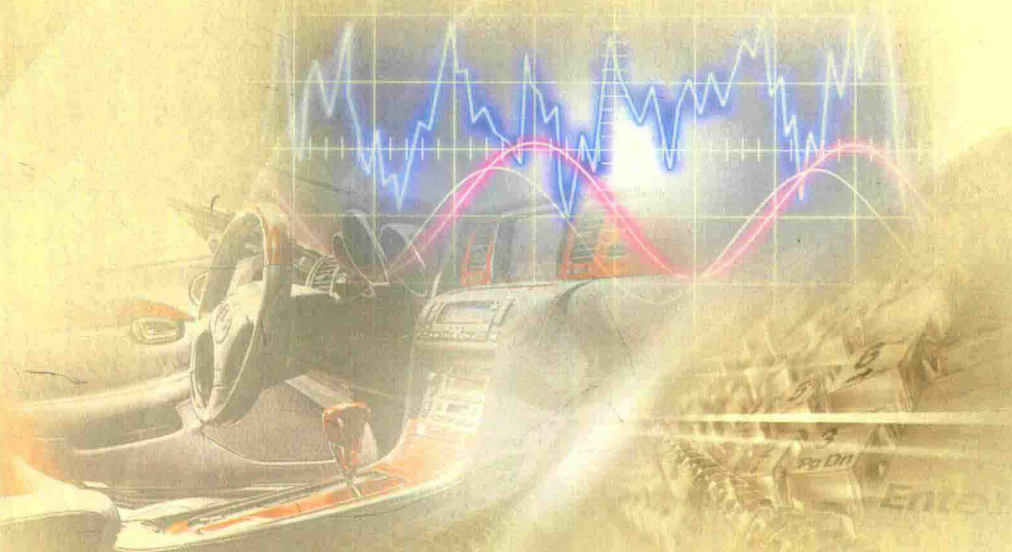
GUOJIA SHIFAN YUANXIAO GONGXUE JIEHE XILIE JIAOCAI

汽车

电器构造与维修

QICHE **Dianqi Gouzao Yu Weixiu**

王怀玲 主编



中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

工学结合系列教材

汽车电器构造与维修

主 编 王怀玲

副主编 秦 浩

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本教材是根据高等职业技术学院教学改革实践,为适应汽车电子技术的快速发展,按照任务驱动教学法的要求编写而成。全书共分十个学习任务,内容包括:蓄电池的结构原理与维护,充电系统的结构原理与维修,启动系统的结构原理与维修,点火系统的结构原理与维修,照明系统的结构原理与维修,信号系统的结构原理与维修,汽车仪表、报警装置的结构原理与维修,雨刮器和洗涤器的结构原理与维修,车门控制与电动座椅的结构原理与维修,汽车电气设备线路分析。

本书可作为高等职业技术学院、高等工程专科院校汽车类各专业的教材,也可供成人高等教育、汽车行业工程技术人员和汽车维修技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车电器构造与维修/王怀玲主编. —徐州:中国矿业大学出版社, 2014.1

ISBN 978 - 7 - 5646 - 2240 - 4

I. ①汽… II. ①王… III. ①汽车—电气设备—构造
②汽车—电气设备—车辆修理 IV. ①U472.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第020170号

书 名 汽车电器构造与维修

主 编 王怀玲

责任编辑 付继娟 何 戈

责任校对 杜锦芝

出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司

(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516)83885307 83884995

出版服务 (0516)83885767 83884920

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

开 本 787×1092 1/16 印张 14 字数 350 千字

版次印次 2014 年 1 月第 1 版 2014 年 1 月第 1 次印刷

定 价 26.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前言

本书是根据平顶山工业职业技术学院构建具有鲜明特色工学结合教材体系的总体规划,结合深入汽车维修企业的现场实践与所收集到的相关资料,组织平顶山工业职业技术学院专业教师和汽车维修行业技术人员共同编写。

进入 21 世纪以来我国汽车市场空前活跃,我国已经成为全球最大的汽车市场,汽车进入家庭的数量以惊人的速度增长。现代汽车也已发展成为机电液一体化控制的高科技载体,同时,在目前,汽车维修以诊断检测、换件为主,维修方法发生了很大变化,对汽车维修人员的技术水平提出了新的要求。为适应相关企业对汽车维修人才的需求,全面落实高等职业教育课程教学改革,我们深入汽车维修企业现场,结合高等职业院校教育特点,精心编写此书。

本教材具有以下特点:

(1) 选材新颖、实用,符合汽车维修现场实际。

① 为适应当前汽车技术的发展,摒弃同类教材中的一些陈旧滞后内容,大量引入电控新技术。以目前市场主流车型为主,做到教材内容与行业技术同步更新。

② 为适应目前汽车电器维修以总成更换为主的实际情况,在电器构造部分,与维修无关的结构原理仅作简介,惜墨如金;电器维修部分,以免拆诊断为主,大量删减有关零件拆检和修复的内容。

(2) 编排模式以任务为载体,实现工学结合。

① 教材编写按照任务驱动的教学方法。每一个任务为一个教学单元,各个单元均以一个实际的现场案例作为载体,引进学习任务,按照“呈现故障现象、分析故障原因、相关知识准备、实际操作、故障实施与验证”的流程进行教学设计,每个教学单元包括任务引入、相关知识、专业技能、任务工单四大部分,使教学环节符合学生的认识规律,并接近汽车维修企业的实际工作过程,有利于调动学生的学习兴趣和任务工单与任务引入案例相呼应,并体现出理论知识和操作技能并重的考核评价方式。

② “讲练”结合,适合理论实践一体化教学的要求。构造原理部分以理论教学为主,可结合实物进行认知、拆装;诊断维修部分以专项实训为主,穿插必要的分析。任务引入针对性强,实训项目具有代表性。

本教材有来自企业一线的技术人员参与,采用校企结合的教学团队方式组织编写。平顶山工业职业技术学院王怀玲担任主编,秦浩担任副主编。平顶山工业职业技术学院王艳琴、刘栓榜,郑州市公共交通总公司姜升,平顶山平运汽车运输有限责任公司任建良参编。具体分工:王怀玲编写任务二、任务三、任务四;秦浩编写任务一、任务五、任务六;王艳琴编写任务八、任务九;姜升、任建良编写任务七、任务十。刘栓榜负责对全书进行审核校对。

由于编者水平有限,编写时间仓促,书中疏漏之处在所难免,恳请读者提出宝贵意见。

编者

2013年6月

目 录

任务一 蓄电池的结构原理与维护	1
任务引入	1
相关知识	1
一、蓄电池的种类及功能	1
二、蓄电池的构造与型号	2
三、铅蓄电池的工作原理及特性	5
四、蓄电池容量及其影响因素	8
专业技能	9
一、蓄电池的常见故障诊断及使用方法	9
二、蓄电池技术状况的检测	11
三、蓄电池的充电	13
任务工单	17
任务二 充电系统的结构原理与维修	19
任务引入	19
相关知识	19
一、交流发电机的构造	19
二、交流发电机的工作原理	23
三、交流发电机的工作特性	28
四、电压调节器	29
五、无刷交流发电机	34
六、典型汽车充电系统电路	36
七、交流发电机及调节器的正确使用与维护	39
专业技能	40
一、充电系统的故障诊断	40
二、交流发电机的不解体性能试验	42
三、交流发电机的解体检测	44
任务工单	46
任务三 汽车启动系统的结构原理与维修	48
任务引入	48

相关知识	48
一、基本知识	48
二、启动机的结构	49
三、启动系的控制电路	54
四、其他类型的启动机	56
五、启动机的工作特性	59
专业技能	60
一、启动系的故障诊断	60
二、启动机的不解体检测	61
三、启动机的拆检	62
任务工单	65
 任务四 点火系统的结构原理与维修	67
任务引入	67
相关知识	67
一、基本知识	67
二、普通电子点火系	71
三、点火系的常用部件	76
四、电控点火系的点火方式	79
五、电控点火系的控制原理	83
专业技能	86
一、火花塞的检查	86
二、点火波形的观测	88
三、电控点火系的故障诊断	89
任务工单	92
 任务五 照明系统的结构原理与维修	94
任务引入	94
相关知识	94
一、基本知识	94
二、前照灯的结构及类型	95
三、前照灯的控制电路	98
专业技能	103
一、前照灯的远近光均不亮	103
二、前照灯远近光不全	103
三、左右前照灯亮度不同	103
四、前照灯均暗	104
任务工单	104

任务六 信号系统的结构原理与维修	106
任务引入	106
相关知识	106
一、基本知识	106
二、汽车转向灯及闪光器	107
三、其他信号装置	110
专业技能	113
一、转向信号电路常见故障的诊断与排除	113
二、电喇叭的故障与排除	114
任务工单	116
任务七 汽车仪表、报警装置的结构原理与维修	118
任务引入	118
相关知识	118
一、常规汽车仪表	118
二、报警指示装置	125
三、电子仪表的控制系统和显示装置	130
专业技能	134
一、仪表及报警装置电路接线认识	134
二、常规仪表的故障诊断与排除	134
三、电子仪表故障诊断	135
任务工单	139
任务八 雨刮器和洗涤器的结构原理与维修	140
任务引入	140
相关知识	140
一、雨刮器	140
二、洗涤器	143
三、雨刮器及洗涤器电路分析	144
专业技能	146
任务工单	148
任务九 车门控制与电动座椅的结构原理与维修	150
任务引入	150
相关知识	150
一、电动车窗	150
二、电动后视镜	151
三、电动中央门锁	156
四、新型车门控制系统	161

五、电动座椅	165
专业技能	176
一、中控门锁故障的诊断与检测	176
二、电动车窗的故障诊断	177
任务工单	179
 任务十 汽车电气设备线路分析	180
任务引入	180
相关知识	180
一、汽车电路图的类型	180
二、识读汽车电路图的一般要领	181
三、汽车电路图中符号含义和标示方法	184
四、汽车电路基础元件	199
专业技能	205
一、东风 EQ1091 型汽车全车电路分析	205
二、国外车系电路分析	208
三、汽车万用表的使用	214
 参考文献	216

任务一 蓄电池的结构原理与维护



任务引入

【案例】

某汽车维修店接到客户反映:其奥迪轿车购于 2007 年,运行三年来车况一直都很正常,只是最近几天车主临时出差使该车处于闲置状态,待车主返回后准备发动车辆时,发现在启动过程中发动机运转极其缓慢,并伴随着“嗒嗒”的声音。

【故障分析】

导致发动机启动无力的原因大致可以划分为如下几个方面:

- (1) 蓄电池储备的电能不足(俗称蓄电池“亏电”),使启动机启动转矩不足;
- (2) 启动系统故障,即启动机或启动线路故障(见任务四);
- (3) 发动机本身的故障。

本案例中轿车车况一直很正常,很可能是该车长期处于闲置状态导致蓄电池“亏电”。本单元将对由于蓄电池故障导致的发动机启动无力进行讨论、分析。

蓄电池“亏电”的原因多种多样,一般可归纳为两个方面:

- (1) 蓄电池本身故障,如蓄电池极板短路,活性物质脱落、自行放电等;
- (2) 外部故障,如因汽车某些用电设备持续用电等原因造成蓄电池对外放电等。

【问题引入】

蓄电池的内部结构是怎样的?它是如何工作的?有何特性?出现蓄电池“亏电”故障如何排除?蓄电池在使用过程中应注意哪些问题?



相关知识

一、蓄电池的种类及功能

(一) 蓄电池的种类

蓄电池是一种可逆的低压直流电源,它既能将化学能转化为电能,也能将电能转换为化学能。蓄电池可分为碱性蓄电池和酸性蓄电池两大类。汽车上广泛采用的蓄电池由于其极板的主要成分是铅,电解液是稀硫酸,所以又称为铅酸蓄电池。汽车上的蓄电池主要用于启动发动机,又称启动型铅酸蓄电池,简称蓄电池,俗称电瓶。汽车上采用的蓄电池可分为普通铅蓄电池、干荷电蓄电池和免维护蓄电池等。目前,免维护蓄电池应用广泛。

(二) 蓄电池的作用

汽车上装有蓄电池与发电机两个直流电源,全车用电设备均与直流电源并联连接,电路如图 1-1 所示。

蓄电池的作用有:

- (1) 发动机启动时,向启动机和点火系统供电;
- (2) 发动机低速运转时,向用电设备和发电机励磁绕组供电;

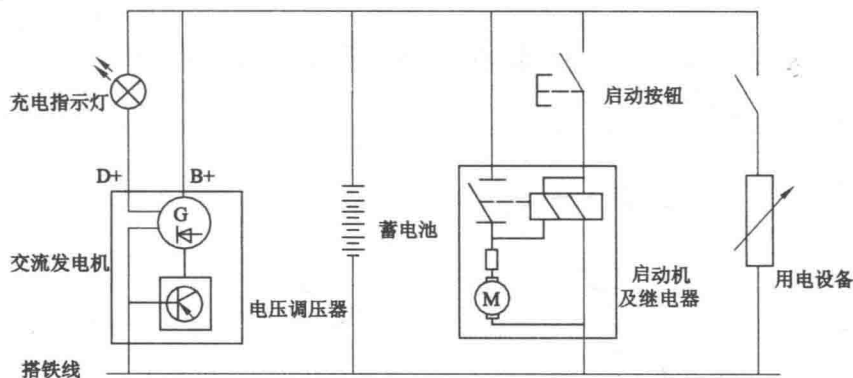


图 1-1 汽车电源系组成

- (3) 发动机中、高速运转时,将发电机剩余电能转化为化学能储存起来;
- (4) 发电机过载时,协助发电机向用电设备供电;
- (5) 蓄电池相当于一个大电容器,能吸收电路中出现的瞬时过电压,保护电子元件,保持汽车电气系统电压稳定。

二、蓄电池的构造与型号

(一) 普通铅蓄电池的构造

普通铅蓄电池由正极板、负极板、隔板、电解液、外壳、蓄电池盖等组成,如图 1-2 所示。

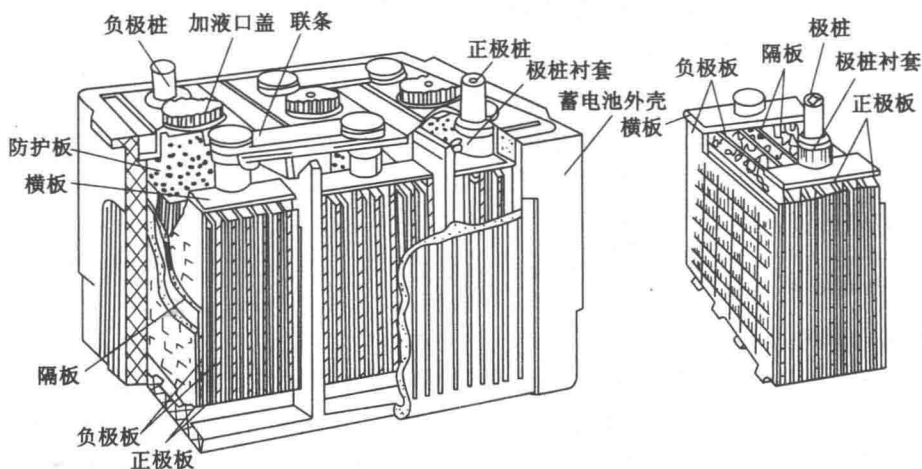


图 1-2 蓄电池的结构

1. 极板

极板是蓄电池的核心,蓄电池极板分正、负极板,由栅架和活性物质组成。活性物质填充在用铅锑合金铸成的栅架上,正极板上的活性物质是褐色的二氧化铅(PbO_2),负极板上的活性物质是青灰色海绵状铅(Pb)。在蓄电池充、放电过程中,电能与化学能的转换就是通过正、负极板上的活性物质与电解液中的硫酸进行电化学反应来实现的。

由于单片极板上的活性物质数量少,所存储的电量少,为了增大蓄电池的容量,通常将

多片正、负极板并联,用横板焊接。安装时,正负极板相互嵌合,中间插入隔板,组成正、负极板组。

在栅架的铅锑合金中,锑的质量分数为 $6\%\sim 8.5\%$,加入锑是为了提高栅架的机械强度并改善浇注性能。但铅锑合金耐电化学腐蚀性能比纯铅差,锑易从正极板栅架中解析出来,引起蓄电池自行放电和栅架的膨胀、溃烂,缩短蓄电池的使用寿命。在免维护蓄电池中已采用铅—低锑合金栅架(锑质量分数为 $2\%\sim 3\%$)和铅—钙—锡合金栅架(无锑栅架)。

在每个单格电池中,负极板的数量总比正极板多一片。这是因为正极板进行的电化学反应比负极板强烈,且正极板上的活性物质比较疏松,因此在制造时使正极板处于负极板之间,防止正极板放电不均匀造成极板拱曲而使活性物质脱落。

2. 隔板

为避免正、负两极板彼此接触而导致短路,正负极板间用绝缘的隔板隔开。隔板具有多孔性,以利电解液渗透,减小蓄电池内阻。此外,其化学稳定性要好,具有耐酸和抗氧化性。

常用隔板的材料有木质、微孔橡胶、微孔塑料、玻璃纤维等。木质隔板价格便宜,但耐酸性性能差,已很少使用。微孔橡胶隔板性能好、寿命长,但生产工艺复杂、成本较高,故尚未推广使用。微孔塑料隔板孔径小、孔率高、薄而软、生产效率高、成本低,因此目前广泛使用。

3. 电解液

电解液的作用是与极板上的活性物质发生电化学反应,进行电能和化学能的相互转换。由密度为 1.84 g/cm^3 的化学纯硫酸和密度为 1 g/cm^3 的蒸馏水按一定比例配制而成。

电解液的密度一般为 $1.23\sim 1.30\text{ g/cm}^3$,使用时密度应根据地区、气候条件和制造厂的要求而定,见表1-1。

表 1-1 适应不同气温的电解液密度

地区气候条件	完全充足电的蓄电池在 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时的密度/(g/cm^3)	
	冬季	夏季
冬季温度低于 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$	1.30	1.26
冬季温度高于 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$	1.28	1.24
冬季温度高于 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$	1.27	1.24
冬季温度高于 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$	1.26	1.23
冬季温度高于 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$	1.23	1.23

4. 壳体

蓄电池壳体用于盛放电解液和极板组,要求其耐酸、耐热、耐振动冲击、绝缘性能好,主要有硬橡胶外壳和聚丙烯塑料外壳两种。

5. 联条

由于单格蓄电池产生的电动势为 2 V ,为获得 6 V 或 12 V 电动势,蓄电池需要将3组或6组极板串联起来。联条用于连接蓄电池各单格。传统的联条安装在蓄电池外壳之外,不仅浪费材料、容易损坏,还导致蓄电池自放电,所以这种连接方式正被穿壁式联条所取代。采用穿壁式联条连接单格电池时,所用联条尺寸很小,并设在蓄电池内部。如图1-3所示。

6. 加液孔盖

加液孔盖可以防止电解液溅出和方便加注电解液。加液孔盖上有通气孔,便于排出蓄

电池内因化学反应产生的 H_2 和 O_2 ，以免发生事故。

(二) 干荷电蓄电池

干荷电蓄电池与普通铅蓄电池的区别在于：在极板组干燥状态下，可较长时间（两年）保存制造过程中所得的电荷。普通铅蓄电池负极板上的活性物质铅，由于面积大，化学活性高，容易氧化，所以易使电量消失。干荷电蓄电池负极板在制造过程中加入松香、油酸、硬脂酸等防氧化剂，并且在化合过程中有一次深放电循环，或者反复进行充放电。化合后的负极板，先用清水冲洗，再放入防氧化剂（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，即可制成干荷电极板。

干荷电蓄电池在存放期内启用，只要注入标准密度的电解液至规定高度，静置 20~30 min 后，无须初充电即可使用。存放期超过两年的干荷电蓄电池，由于极板有部分氧化，使用前应以补充充电的电流充电 5~10 h 后方可使用。

(三) 免维护蓄电池

免维护蓄电池是指在汽车合理使用期间，不需要对蓄电池进行加注蒸馏水、检测电解液液面高度、检测电解液密度等维护作业，是目前汽车上应用最为普遍的铅酸蓄电池。

免维护蓄电池的结构特点如下：

(1) 栅架材料采用铅钙合金。既提高了栅架的机械强度，又减少了蓄电池的耗水量和自放电。

(2) 采用了袋式微孔聚氯乙烯隔板。将正极板装在隔板袋内，既可避免正极板上的活性物质脱落，又能防止极板短路。因此壳体底部不需要凸起的肋条，降低了极板组的高度，增大了极板上方的容积，使电解液储存量增多。

(3) 采用了新型安全通气装置和气体收集器。在蓄电池盖内部设置了一个氧化铝滤清器，可阻止水蒸气和硫酸气体通过，同时，又可以使氢气和氧气顺利逸出。通气塞中装有催化剂银，可促使氢、氧离子重新结合成水回到蓄电池中。

有的蓄电池内部还安装有电解液密度计（俗称电眼），如图 1-4 所示，可自动显示蓄电池的存电状态和电解液液面的高低。如果密度计的观察窗呈绿色，表明蓄电池存电充足，可正常使用；若显示深绿色或黑色，表明蓄电池存电不足，需补充充电；若显示浅黄色或无色，表明蓄电池已接近报废。

(四) 蓄电池的规格型号

按 JB/T 2599—2012《铅酸蓄电池名称、型号编制与命名办法》规定，蓄电池的型号一般标注在外壳上，其排列及含义如下：

I—II—III

第 I 部分：表示串联的单格电池数，用阿拉伯数字表示。

第 II 部分：包含两方面内容，都用汉语拼音字母表示。前面第 1 项表示蓄电池的类型，

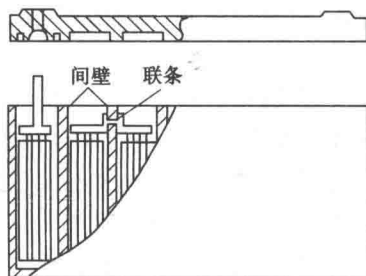


图 1-3 穿壁式联条连接
单格电池示意图

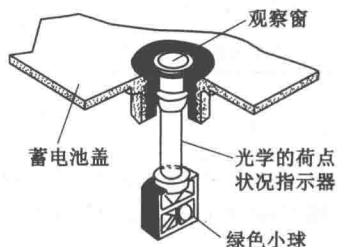


图 1-4 免维护蓄电池内装式密度计

Q 表示启动用蓄电池;M 表示摩托车用铅蓄电池;JC 表示舰船用铅蓄电池。后面第 2 项表示蓄电池特征,各代号含义见表 1-2。

表 1-2 铅蓄电池特征代号

特征代号	蓄电池特征	特征代号	蓄电池特征	特征代号	蓄电池特征
A	干荷电	J	胶体电解液	D	带液式
H	湿荷电	M	密封式	Y	液密式
W	免维护	B	半密封式	Q	气密式
S	少维护	F	防酸式	I	激活式

第Ⅲ部分:表示蓄电池 20 h 放电率的额定容量,单位是 A·h。

例如,6—QW—75,表示由 6 个单格电池组成,额定电压为 12 V,启动用免维护电池,额定容量为 75 A·h。

三、铅蓄电池的工作原理及特性

(一) 铅蓄电池的工作原理

铅蓄电池的工作原理就是化学能和电能的相互转化。

铅蓄电池由浸渍在电解液中的正极板(二氧化铅 PbO₂)和负极板(海绵状纯铅 Pb)组成,电解液是硫酸(H₂SO₄)的水溶液。蓄电池和负载接通放电时,正极板上的 PbO₂ 和负极板上的 Pb 都变成 PbSO₄,电解液中的 H₂SO₄ 减少而水增多,电解液密度下降。铅蓄电池放电化学反应过程如图 1-5 所示。理论上,蓄电池放电终了时极板上的活性物质应全部变成 PbSO₄,实际上,只有 20%~30%的活性物质变成 PbSO₄。因此,提高极板的多孔性,减少极板的厚度,提高极板活性物质的利用率可提高铅蓄电池的供电能力。

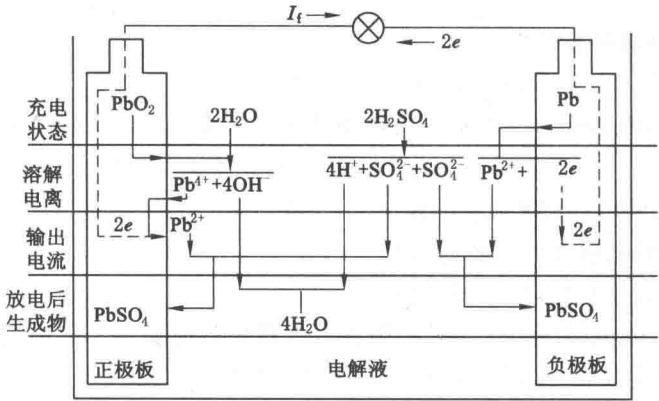


图 1-5 蓄电池的放电过程

铅蓄电池充电时正负极板上发生的化学反应与放电过程正好相反,其化学反应过程如图 1-6 所示。充电时正负极板上的 PbSO₄ 分别恢复成原来的 PbO₂ 和 Pb,电解液中的 H₂SO₄ 增加而水减少,电解液密度增加。因此,可以用测量电解液密度的方法定性地判断蓄电池充放电的程度。

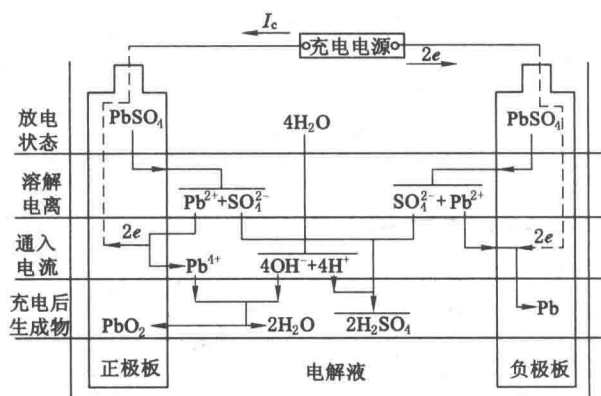


图 1-6 蓄电池的充电过程

因此,蓄电池充放电过程的化学反应是可逆的,总的化学反应式如下:



(二) 蓄电池的工作特性

1. 静止电动势和内阻

(1) 静止电动势。在蓄电池内部工作物质的运动处于静止状态(不充电也不放电)时,蓄电池的电动势称为静止电动势。

静止电动势可用万用表直接测量,静止电动势的大小取决于电解液的密度和温度,在电解液密度为 $1.050 \sim 1.300 \text{ g/cm}^3$ 的范围内,蓄电池的静止电动势可用下面的经验公式计算:

$$E_j = 0.84 + \rho_{25} \text{ } ^\circ\text{C}$$

式中 E_j ——蓄电池的静止电动势, V;

$\rho_{25} \text{ } ^\circ\text{C}$ —— $25 \text{ } ^\circ\text{C}$ 时电解液的密度, g/cm^3 。

如果测量电解液密度时的电解液温度不是标准温度 $25 \text{ } ^\circ\text{C}$, 则需要进行换算, 公式为:

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

式中 ρ_t ——实测的电解液密度, g/cm^3 ;

t ——测量时电解液的温度, $^\circ\text{C}$;

β ——密度温度系数, 取 $\beta = 0.00075$ 。

(2) 内阻。蓄电池的内阻大小反映了蓄电池带负载的能力。在相同条件下, 内阻越小, 输出电流越大, 带负载能力越强, 越能满足启动的需要。蓄电池内阻包括极板电阻、隔板电阻、电解液电阻、铅连接条和极桩的电阻等。

电解液的电阻与电解液的温度和密度有关。温度降低时, 电解液的黏度增大, 渗透能力下降而引起电阻增加。电解液的密度过高时, 电解液的黏度增大, 渗透能力下降, 电阻值增大。电解液的密度过低时, H_2SO_4 的含量少, 导电的离子少, 导电性能差, 电阻也增大。电解液在密度为 1.20 g/cm^3 时, 电阻相对较小。

铅蓄电池的内阻是很小的, 如美国标准 SAEJ546 明确规定, 12 V 蓄电池在标准负荷时的内阻为 0.014Ω 。因此, 铅蓄电池可以获得较大的输出电流, 以适应启动需要。

2. 蓄电池的放电特性

蓄电池的放电特性是指恒流放电时,蓄电池端电压 U_t 、电动势 E 和电解液密度 $\rho_{25^\circ\text{C}}$ 随放电时间变化的规律。完全充足电的蓄电池以 20 h 放电率恒流放电的特性曲线如图 1-7 所示。

由于是恒流放电,单位时间内消耗的硫酸量相同,所以,电解液的密度 $\rho_{25^\circ\text{C}}$ 呈直线下降,静止电动势也直线下降。一般电解液密度每下降 0.04 g/cm^3 ,蓄电池放电约为额定容量的 25%。

放电时,由于蓄电池内阻的影响,蓄电池端电压 U_t 低于电动势 E 。

放电开始时,蓄电池端电压 U_t 从 2.11 V 迅速下降,这是由于放电之初极板孔隙内的 H_2SO_4 迅速消耗,密度迅速下降的缘故。当渗透速度与化学反应速度达到相对平衡时,极板孔隙内电解液密度的变化速率趋于一致,端电压将随整个容器内的电解液密度降低而缓慢下降到 1.85 V。放电接近终了时,化学反应渗入到极板内层,而放电时生成的硫酸铅较原来的活性物质的体积大,硫酸铅聚集在极板孔隙内,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的硫酸难以补充,孔隙内的电解液密度便迅速下降,端电压也随之急剧下降。再继续放电即为过度放电。过度放电对蓄电池十分有害,易使极板损坏。

此时如果切断电源,让蓄电池“休息”一下,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,蓄电池的端电压将会有所回升。

由此可见,蓄电池放电终了的特征是:

- (1) 单格电压放电至终止电压(以 20 h 放电率放电,单格电压降至 1.75 V)。
- (2) 电解液密度降至最小许可值,约 1.11 g/cm^3 。

蓄电池允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。

3. 蓄电池的充电特性

蓄电池的充电特性是指恒流充电时,蓄电池充电电压 U_c 、电动势 E 及电解液密度 $\rho_{25^\circ\text{C}}$ 等随充电时间变化的规律。蓄电池以 20 h 充电率恒电流充电时的特性曲线如图 1-8 所示。

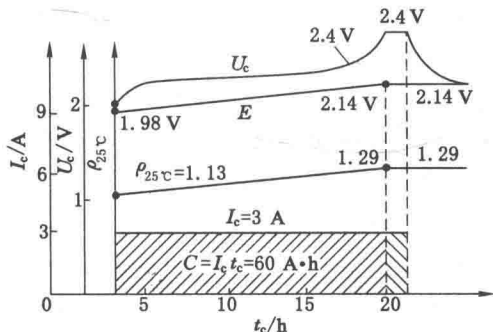


图 1-8 蓄电池的充电特性

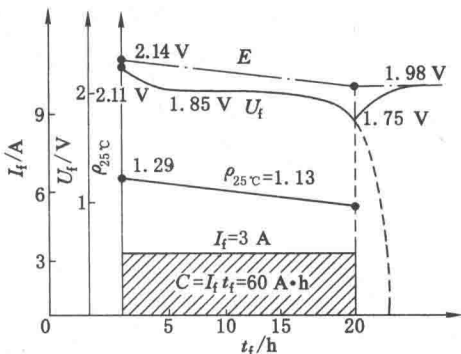


图 1-7 蓄电池的放电特性

由于采用恒流充电,单位时间内生成的硫酸量相同,所以,电解液的密度 $\rho_{25^\circ\text{C}}$ 呈直线上升,静止电动势也随之上升。

充电时,电源必须克服蓄电池内阻的电压降,因此,充电电压要高于蓄电池的电动势。

充电开始时,极板孔隙内表层迅速生成硫酸,使孔隙中电解液的密度增大,因此,蓄电池单格端电压迅速上升。当孔隙内硫酸向外扩散,继续充电至孔隙内产生硫酸的速度

和渗透的速度达到平衡时,蓄电池的端电压就不再上升,而是随着整个容器内电解液密度的上升而相应提高。当蓄电池单格电压达到 $2.3 \sim 2.4 \text{ V}$ 时,极板外层的活性物质基本都恢复为 PbO_2 和 Pb 了,继续通电,则使电解液中的水电解,产生 H_2 和 O_2 ,以气泡形式出现,形成“沸腾”现象。由于产生的 H_2 以离子状态 H^+ 集结在溶液中负极板处,来不及立即全部变成气泡放出,使得溶液与极板之间产生约 0.33 V 的附加电压,因而蓄电池单格端电压 U 上升至 2.7 V 左右。

蓄电池单格端电压 U 上升至 2.7 V 时应切断电源,停止充电,否则将会造成“过充电”。长时间过充电易加速极板活性物质的脱落,使极板过早损坏,因此必须避免。在实际使用中,为保证将蓄电池充足电,往往在出现“沸腾”之后,再继续充电 $2 \sim 3 \text{ h}$,注意测量端电压和电解液密度,如果不再增加,才停止充电。

充电停止后由于充电电流为零,端电压迅速回落,极板孔隙内的电解液和容器中的电解液密度趋于平衡,因而蓄电池端电压又降至 2.11 V 左右。

可见,蓄电池在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) 端电压上升至最大值,且 2 h 内不再增加。
- (3) 电解液密度上升至最大值,且 $2 \sim 3 \text{ h}$ 内不再增加。

四、蓄电池容量及其影响因素

(一) 蓄电池的容量

蓄电池的容量是衡量蓄电池对外放电能力、质量优劣及选用蓄电池的最重要指标。

蓄电池的容量是指在规定的放电条件下,完全充足电的蓄电池所能输出的电量,用 C 表示:

$$C = I_t t_t$$

式中 C ——蓄电池容量, $\text{A} \cdot \text{h}$;

I_t ——放电电流, A ;

t_t ——放电持续时间, h 。

蓄电池的容量与放电电流、放电持续时间及电解液温度有关。因此,蓄电池出厂时规定的额定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取得的。

(1) 额定容量。GB/T 5008.1—2013 规定:完全充足电的蓄电池,在电解液温度为 25°C 时,以 20 h 放电率的电流连续放电到单格电压降为 1.75 V 时所输出的电量,用 C_{20} 表示。

例如,6—Q—105 型蓄电池,在电解液平均温度为 25°C 时时,以 5.25 A 的电流连续放电 20 h 后,单格电压降至 1.75 V ,其 20 h 额定容量则为: $C_{20} = 5.25 \text{ A} \times 20 \text{ h} = 105 \text{ A} \cdot \text{h}$ 。

(2) 储备容量。储备容量是国际上通用的另外一种蓄电池容量表示方法,它是指完全充足电的蓄电池,在电解液温度为 25°C ,以 25 A 电流放电至单格电压降为 1.75 V 时,放电所持续的时间,用 C_m 表示,单位为 min (分钟)。它说明当汽车充电系统失效时,汽车尚能持续提供 25 A 电流的能力。

(3) 启动容量。表示蓄电池在发动机接启动机时的供电能力,有常温和低温两种启动容量。

① 常温启动容量,即电解液初始温度 25°C 时,以 5 min 放电率的电流放电,放电 5 min