

QICHE DIANQI JISHU

汽车电气技术

主 编 刘惠春 王 静
副主编 李 琪 王 超 徐 征
主 审 徐庆福



东北林业大学出版社

汽车电气技术

主 编	刘惠春	王 静		
副主编	李 琪	王 超	徐 征	
主 审	徐庆福			

东北林业大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

汽车电气技术/刘惠春, 王静主编. —哈尔滨: 东北林业大学出版社, 2008. 7
ISBN 978-7-81131-308-6

I. 汽… II. ①刘…②王… III. 汽车-电气设备 IV. U463.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 113089 号

责任编辑: 卢 伟

封面设计: 彭 宇



NEFUP

汽车电气技术

Qiche Dianqi Jishu

主 编 刘惠春 王 静

副主编 李 琪 王 超 徐 征

主 审 徐庆福

东北林业大学出版社出版发行

(哈尔滨市和兴路 26 号)

哈尔滨市工大节能印刷厂印装

开本 787 × 1092 1/16 印张 12.5 字数 288 千字

2008 年 7 月第 1 版 2008 年 7 月第 1 次印刷

印数 1—1 000

ISBN 978-7-81131-308-6

U · 58 定价: 30.00 元

内 容 简 介

本书全面系统地阐述了汽车电器的结构、原理、使用、检测及维修等专业知识和技术，注重理论与实际相结合，侧重汽车电器与电子技术的能力培养，力求内容科学，先进适用，通俗易懂，应用性强，以便满足读者了解和掌握汽车电器专业知识及技能的需要。本书介绍了大量的汽车电器与电子最新技术，既可作为高职院校汽车维修与检测专业教材，也可供汽车专业技术人员参考。

前 言

随着汽车工业和电子技术的迅速发展,汽车电子产品越来越多,汽车电子化已成为当今世界汽车工业发展的必然趋势。现代汽车已不再是以前的传统机械产品,而是电子化程度越来越高的机电一体化产品。

本书是作者在汽车电器与电子技术教学实践的基础上,为适应我国汽车工业发展和高职汽车类专业教学的需要,依据高职高专教育教学指导思想和原则编写的,其目的是为新时期汽车电器与电子技术专业人才培养提供科学、先进、实用的教材或参考书。

本书共分为九章,主要包括概述、蓄电池、交流发电机及其调节器、起动系、点火系、照明与信号系统、仪表与汽车报警装置、辅助电气设备和全车线路等内容,系统地阐述了汽车电器与电子控制系统的结构、原理、使用、故障诊断和维修,增加了汽车电子技术比重,注重理论与实际相结合,侧重汽车电器与电子技术的能力培养,力求内容科学,先进适用,通俗易懂,应用性强。

本书由哈尔滨职业技术学院刘惠春、长春大学王静主编,黑龙江生态工程职业学院教授、工学博士徐庆福主审,黑龙江省合江林业科学研究所李琪、哈尔滨汽轮机有限责任公司王超、哈尔滨工业大学徐征担任副主编。

本书编写分工是:第一章、第二章、第三章由刘惠春编写;第四章、第五章由王静编写;第六章由徐征编写;第七章由王淑琴编写;第八章由王超编写;第九章由李琪编写。刘惠春、王静负责全书大纲的确定和统稿。黑龙江生态工程职业学院教授、东北林业大学森林工程专业博士徐庆福任本书主审,并提出宝贵的建议和意见,在此表示衷心的感谢!

本书在出版过程中得到东北林业大学经济管理学院胡艳英老师、黑龙江生态工程职业学院李睿老师的大力支持和帮助,在此表示感谢!同时本书在编写过程中,参考了有关文献资料,在此向参考文献作者表示诚挚的谢意!

由于编者水平有限,编写时间仓促,书中难免有不足之处,敬请读者批评指正。

编 者
2008年5月

目 录

第一章 概述	1
第二章 蓄电池	4
第一节 蓄电池的类型、作用与型号	4
第二节 蓄电池的结构	5
第三节 蓄电池的工作原理与特性	7
第四节 蓄电池的容量及影响因素	11
第五节 蓄电池的充电及充电设备	13
第六节 改进型铅酸蓄电池	15
第七节 蓄电池的使用与维护	17
第三章 交流发电机及其调节器	20
第一节 正弦交流电路	20
第二节 磁路与电磁感应	24
第三节 半导体元件	27
第四节 交流发电机的结构	30
第五节 交流发电机的工作原理与特性	34
第六节 交流发电机电压调节器调节原理	38
第七节 电子电压调节器	38
第八节 充电指示灯控制电路与瞬变过电压保护电路	41
第九节 交流发电机及调节器的使用与维护	45
第十节 充电系故障诊断与排除	45
第四章 起动系	47
第一节 起动机的结构	47
第二节 起动机的工作原理	49
第三节 起动系控制电路	55
第四节 起动系的使用与维护	57
第五节 起动系的故障诊断与排除	65
第五章 点火系	69
第一节 变压器	69
第二节 传统点火系的结构及工作原理	71
第三节 传统点火系主要元件的构造	77
第四节 传统点火系主要元件的检修	88
第五节 传统点火系的使用与维护	95
第六节 无触点电子点火系	98
第七节 电容放电式点火系	107
第八节 微机控制的点火系	110
第九节 点火系的使用与检修	115
第六章 照明与信号系统	123
第一节 照明系统的组成及要求	123
第二节 前照灯	123
第三节 照明系统电路分析	128
第四节 信号系统的组成及要求	130

第五节	电喇叭	131
第六节	转向信号闪光器	133
第七节	其他信号装置	137
第七章	仪表与汽车报警装置	140
第一节	汽车仪表	140
第二节	汽车报警装置	145
第八章	辅助电气设备	148
第一节	风窗清洁装置	148
第二节	起动预热装置	151
第三节	电动中央门锁	155
第四节	电动座椅、电动车窗及电动后视镜	157
第五节	汽车防盗系统	160
第九章	全车线路	163
第一节	安全用电常识	163
第二节	汽车导线与插接器	165
第三节	开关、保护装置及继电器	168
第四节	汽车电路图表示方法	173
第五节	汽车电路图实例	175
参考文献		192

第一章 概述

汽车作为交通运输工具,自诞生以来百余年的时间,改变了人类传统的生活方式,有力地推动了社会历史的发展,促进了地区经济的繁荣,给人类的生活带来了方便和舒适。与此同时,汽车工业本身也在应用中进一步得到长足的发展。

汽车电器与电子设备是车辆的重要组成部分,其性能优良与先进性关系到汽车的性能。

一、汽车电气技术的现状与发展

随着电子技术、传感技术及控制技术的发展,汽车的电子技术随之快速发展,其方向大致分两类:一是汽车部件电子化;二是总成及其之间的自动检测、控制和诊断。

汽车电气技术的发展大致可分为五个阶段:

1. 汽车常规电器阶段

1886年德国发明汽车,常规电器应用在汽车上,例如点火系、电源系和照明灯光等。

2. 汽车电子产品由分立元件和集成电路组成阶段

这一阶段时间为20世纪50年代至70年代初,例如电子点火器、集成电路调节器等。

3. 发展专用、独立系统阶段

这一阶段时间为20世纪70年代中期至80年代中期,典型产品如电子控制汽油喷射系统、制动防抱死系统。

4. 开发综合系统及整车控制系统阶段

这一阶段时间为20世纪80年代中期至90年代中期,例如:集发动机控制与自动变速器控制为一体的动力传动系统、制动防抱死与防滑转控制系统等。

5. 发展人工智能系统阶段

这一阶段时间为20世纪90年代中期至现在,典型产品如自动驾驶系统、自动巡航系统等。

二、汽车电气技术的发展趋势

汽车电气技术可分解为汽车电器技术与汽车电子技术,其总的发展趋势是自动化和智能化,最大限度地提高汽车经济性、动力性、安全性、环保性及舒适性等。

1. 汽车电器技术的发展趋势

汽车电器系统的发展趋势是采用多种电压等级的配电网络系统。

为了满足汽车电器负载日益增多的需求,汽车电源系统将发生巨大变化,电器负载将采用电压等级为5V、12V、24V、42V、350V的配电网络供电。其中,起动电源24V仍将使用两只12V铅酸蓄电池串联供电,汽车电子控制系统将采用5V直流电源供电,汽车车灯将采用12V直流电源供电,各种驱动电机将采用42V直流电源供电,各种电磁阀将采用350V直流电源供电。12V直流电可直接由蓄电池获得,5V、42V和350V直流电可用DC—DC,即直流—直流变换器转换获得。

12V铅酸蓄电池目前仍是最经济、最有效、最可靠,且生产工艺最成熟的起动电源。各种汽车电子控制系统采用的单片机与信号处理电路均采用5V直流电源。12V车灯灯泡不仅互换性强,而且生产工艺成熟,能够延长使用寿命。电机电压的上限值取决于安全性半导体器件的额定工作电压,对于各种驱动电机总成,绝大多数汽车制造厂家倾向于选用42V直流电源供电的主要原因在于:首先,能与单相48V有效值的全波整流输出平均电压值相

对应；其次，能够采用现有 60V 标准工艺制造半导体器件进行处理；第三，42V 直流电源安全，不至于造成人身伤害。为使电磁阀或螺线管等驱动机构产生足够的电磁吸力，需要用 350V 左右的直流电源供电。

2. 汽车电子控制技术的发展趋势

随着相关行业电子技术的发展，尤其是大规模集成电路和微机控制技术的应用，汽车电子控制系统日趋细致和完善。较为成熟的汽车电子技术如下：

- (1) 电控发动机燃油喷射系统；
- (2) 电控自动变速系统；
- (3) 电控防抱死制动系统；
- (4) 电控防侧滑控制系统；
- (5) 电控悬架系统；
- (6) 汽车巡航控制系统；
- (7) 安全气囊与安全带控制系统。

三、汽车电气系统的组成

汽车电气设备由汽车电器系统与汽车电子控制系统两部分组成，每一部分又由若干个子系统组成。汽车电器系统的主要功能是保证汽车正常行驶，而汽车电子控制系统的主要功能是提高汽车的整体性能，包括动力性、经济性、排放性能、安全性、操纵性和通过性等。

1. 汽车电器系统的组成

(1) 电源系统

主要由蓄电池、发电机、调节器及充电指示装置组成。其作用是向全车用电设备提供低压直流电能。

(2) 起动系统

又称起动系，主要由起动机、起动控制装置等组成，其作用是用于起动发动机。

(3) 点火系统

又称点火系，它仅用于汽油机上，主要由点火线圈、火花塞等组成。其作用是在气缸中适时可靠地产生电火花，以便点燃气缸中的可燃混合气。

(4) 照明系统

包括车内外各种照明灯及其控制装置，以便夜间行车。

(5) 信号系统

包括声响信号和灯光信号两类。其作用是警告行人、车辆，以引起注意，指示行驶趋向，指示操纵件状态，报警运行性机械故障，以提高行驶和停车的安全性、可靠性。

(6) 仪表系统

常见的仪表有电流表、电压表、机油压力表、水温表、燃油表、气压表、车速里程表、发动机转速表等，为驾驶员提供运行信息。

(7) 辅助电气设备

包括收音机、风窗刮水清洁设备、电动车窗、中控门锁、电动座椅、车载电视等，以提高驾驶员及乘客乘坐环境的安全性和舒适性。

2. 汽车电子控制系统的组成

为提高经济性、动力性、环保性及安全性等，现在汽车上大量应用电子控制系统，大致分为驱动系统、安全系统、通讯系统和舒适系统。

四、汽车电气系统的特点

汽车电器与电子控制系统有以下四个特点：

1. 两个电源

发电机和蓄电池并联连接，均可为全车供电。

2. 并联单线

汽车用电设备较多，采用并联电路能确保各支路的电气设备相互独立控制，布线清晰、安装方便、节约导线、维修简便。汽车电气设备一般采用单线制接线方式，即把车架、发动机等金属机体连通，并作为电气设备公共连接端，即搭铁端使用。安装在钣金件上、挂车上或非金属零件上的电气设备一般采用双线制。

3. 低压直流

采用低压电气系统的主要优点是安全。汽车电气系统的标准电压有 12V 与 24V 两种，汽油发动机汽车普遍采用 12V 电气系统，柴油发动机汽车大多数采用 24V 电气系统。12V 与 24V 电气系统的额定电压分别为 14V 和 28V。

汽车采用直流电气系统的原因是发动机靠电力起动机启动，起动机采用直流电动机且由蓄电池供电，而蓄电池必须使用直流电充电，所以汽车电气系统为直流电气系统。

4. 负极搭铁

为减少蓄电池电缆铜端子在车架车身连接处的化学腐蚀，提高搭铁可靠性，统一标准，便于汽车电子设备的生产、使用和维修，且正极搭铁产生无线电干扰较大。《汽车电子设备基本技术条件》规定：汽车电气系统采用单线制时，必须统一电源负极搭铁。

五、汽车电路检修方法

汽车电路故障主要包括电器设备使用而产生的损坏和线路故障等。几种常见的检修方法如下。

1. 直观诊断法

汽车电路发生故障时，有时会有冒烟、火花、异味、焦臭、发热等异常现象。这些现象可通过人的视觉、嗅觉、听觉、触觉感觉到，从而可以直接判断出故障所在部位。

2. 断路法

汽车电路设备发生搭铁及短路故障时，可用断路法判断，即将疑似搭铁故障电路断路后，根据电器设备中搭铁故障是否存在，判断电路搭铁的部位和原因。

3. 短路法

汽车电路中出现断路故障，可以用短路法判断，即用导线将疑似断路故障的电路短接，观察仪表指针变化或电器设备工作状况，从而判断出该电路中是否存在断路故障。

4. 试灯法

用一只汽车灯泡作为试灯，检查电路中是否有断路故障。由于试灯法测试时电流较大，所以与电子控制单元相连的电路不能用试灯法检查。

5. 仪表法

观察汽车仪表板上的电流表、水温表、燃油表、机油压力表等的指示情况，判断电路中是否有故障。

6. 仪器法

随着汽车技术的发展，汽车的检测、诊断和维修技术越来越完善，我们可以利用专用的或通用的诊断仪器进行检查，以准确地确定汽车电气系统故障的所在。

第二章 蓄电池

汽车电源系统由蓄电池、交流发电机及其调节器组成,如图 2-1 所示。

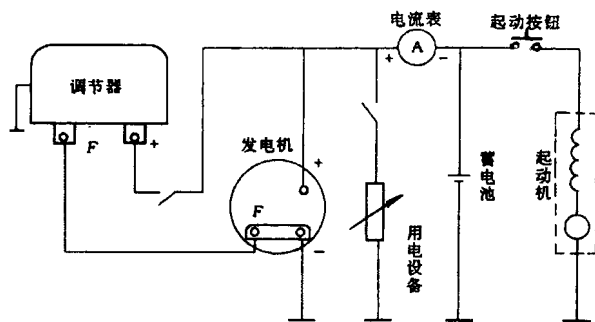


图 2-1 汽车电源系统

第一节 蓄电池的类型、作用与型号

一、蓄电池的类型

汽车用蓄电池有酸性蓄电池和碱性蓄电池两类。汽车用铅酸蓄电池又分为普通型和改进型电池。

改进型蓄电池有干荷电蓄电池、湿荷电蓄电池、免维护蓄电池和胶体蓄电池等。改进型蓄电池目前应用最广泛的是铅酸蓄电池。蓄电池在汽车上的安装位置根据车型和结构而定。一般轿车的蓄电池装在发动机罩内；货车的蓄电池装在车架前部的左侧或右侧，以空载时重量平衡为原则；客车的蓄电池多装在车厢内。蓄电池都是用特制的金属框架和防震垫固定。

蓄电池的种类很多，但用于汽车上的蓄电池必须能满足起动发动机的需要，这样的蓄电池通常成为起动型蓄电池。由于铅酸蓄电池构造简单、内阻小、起动性好，且价格低廉，因此在汽车上广泛采用。但铅酸蓄电池的缺点是比能低，使用寿命短。

二、蓄电池的作用

汽车上的用电设备是由发电机和蓄电池并联供电的。在使用中，如果发电机开始正常运转，其输出电压高于铅蓄电池的电动势，发电机单独为用电设备供电。

蓄电池作用如下。

1. 起动时供电

起动发动机时，蓄电池向起动机提供大电流，汽油机电流可达 200~600A，柴油机可达 1 000A，并向点火系及其他用电设备供电。

2. 备用供电

发电机不发电或电压较低的情况下向用电设备供电。

3. 协助供电

当用电设备同时接入较多，发电机超载时，蓄电池协助发电机供电。

4. 自动充电

在发电机的端电压高于蓄电池电动势时，蓄电池能够通过电化学反应将一部分发电机产生的电能转化为化学能，并在蓄电池内储存起来备用。

5. 吸收瞬变过电压，稳定电网电压

蓄电池在电路中相当于一个较大的电容器，能吸收电路中随时出现的瞬时过电压，以保护电子器件不被击穿，延长电子元件使用寿命。

三、蓄电池型号标注方法

根据《蓄电池产品型号编制方法》规定，蓄电池型号由三部分组成，各部分间用连字符分开。

(1) 串联单格电池数。指壳体内所包含的单格电池数目，用阿拉伯数字表示。

(2) 电池类型。根据蓄电池用途划分，启动型蓄电池用“Q”表示，“Q”是“起”字第一个拼音字母。

(3) 电池特征。仅在同类用途的产品具有某种特征，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，原则上应按表 2-1 所示顺序用两个代号先后并列表示。

表 2-1 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	胶质电解式	J

(4) 额定容量。指 20h 放电率额定容量，用阿拉伯数字表示，单位为安培·小时(A·h)，在型号中可省略。

(5) 特殊性能。产品具有某些特殊性能时，可用相应的代号加在型号末尾表示。如“G”或“B”表示采用薄型极板的高起动蓄电池，“S”表示采用工程塑料外壳与热封合工艺的蓄电池，“D”表示低温起动性能好的蓄电池。

(6) 举例：6-QA-90 型蓄电池，表示由 6 个单格电池组成，额定电压为 12V，额定容量的起动型干荷电蓄电池。

第二节 蓄电池的结构

现在汽车用蓄电池多数采用改进型铅酸蓄电池，普通蓄电池已逐渐被淘汰，但因其结

构是以改进型铅酸蓄电池为基础，蓄电池结构学习仍以铅酸蓄电池为主。

铅酸蓄电池包括极板、隔板、电解液、接线柱、联条及壳体等。

一、极板

极板是蓄电池的核心，由栅架与活性物质组成。在蓄电池充放电过程中，电能与化学能的相互转换，全部依靠极板上的活性物质与电解液中的硫酸产生电化学反应来实现。

栅架由铅锑合金浇铸而成，并加工成放射形状。栅架中添加锑，其目的是提高机械强度及改善浇铸性能。免维护蓄电池采用了耗水量小、导电性能好的铅钙锡合金栅架，并采用热模滚压及拉伸等工艺制成。

活性物质是极板上参与电化学反应的工作物质，主要由铅粉与一定密度的稀硫酸及少量添加剂混合而成。铅粉是活性物质的主要原料，由铅块放入球磨机研磨而成。

极板分为正极板和负极板两种。正极板上的活性物质为二氧化铅，呈深棕色。负极板上的活性物质为海绵状铅，呈深灰色。目前国内外都已采用 1.1~1.5mm 厚的薄型极板，正极板比负极板稍厚，对提高蓄电池的比能量和起动性能有帮助。

单片极板的电量有限，为了增大蓄电池的容量，将许多片正、负极板分别并联，并用汇流条焊接起来分别组成正、负极板组，如图 2-2 所示，汇流条上浇铸有极桩，各片极板之间留有空隙。安装时，各片正、负极板相互嵌合，中间插入隔板后装入电池槽内便可形成单格电池。

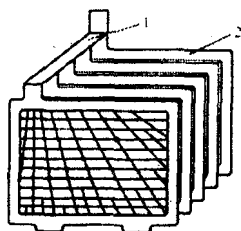


图 2-2 蓄电池极板

1—汇流条； 2—极板

在每个单格电池中，负极板总比正极板多一片。因为正极板上的化学反应比负极板上的化学反应剧烈，所以将正极板夹在负极板之间，可使其两侧放电均匀，防止活性物质体积变化不一致，造成极板拱曲。

将一片正极板和一片负极板浸入电解液中，便可得到 2V 左右的电压。汽车用蓄电池由 6 个单格电池串联成 12V，供汽车选用。12V 电气系统汽车选用一只蓄电池，24V 电气系统汽车选用两只 12V 蓄电池，将其串联使用。

二、隔板

为了减少蓄电池的内阻和体积，蓄电池内部正负极应尽可能地靠近，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；隔板材料化学性能要求稳定，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、微孔塑料和玻璃纤维等。木质隔板价格低，耐酸性能差，易炭化发黑变脆。微孔塑料耐酸、耐高温性能好，因此使用较多。玻璃纤维隔板因操作工艺复杂不易实现机械化而逐渐被淘汰。安装时，隔板带有沟槽的一面应向正极板，这是因为正极板在充放电过程中反应激烈，沟槽能使电解液顺利地上下流通。

三、电解液

电解液由纯硫酸和蒸馏水按一定比例配置而成，密度一般为 $1.24 \sim 1.30 \text{g/cm}^3$ 。电解液的纯度是影响蓄电池的性能和使用寿命的重要因素，工业用硫酸和自来水中含铁、铜等有害杂质，会增加蓄电池自行放电机，损坏极板，不能用于蓄电池。

四、联条

铅蓄电池总成都是由 3 个或 6 个单格组成的。每单格电池之间靠铅联条连接起来。传统的连接方式是联条装在盖子上面，缺点是浪费材料，蓄电池内阻增大，目前这种连接方式已被穿壁式联条和跨越式联条代替。

五、壳体

蓄电池的壳体用来盛放电解液、极板组及隔板。要求外壳耐酸、耐热、耐震及质量轻。多采用硬橡胶外壳。近年来，由于工程塑料发展很快，很多蓄电池外壳用工程塑料做成。工程塑料材料壳体质量轻、外形美观、透明，且耐酸性好。

壳体为整体式结构，壳内间壁为 3 个或 6 个互不相通的单格，底部有突起的肋条，肋条间的空隙用来积存脱落下来的活性物质，以防止极板间短路。每个单格的盖子中间有加液孔，可用来检查液面高度和测量电解液密度。加液孔用螺塞拧紧，螺塞中心孔的通气孔应保持畅通，保证蓄电池化学反应放出的气体能随时逸出。在极板组上部常装有耐酸塑料护板，以防止测量电解液相对密度、液面高度及加液时损坏极板上部。盖子与外壳之间的缝隙用封口胶密封，封口胶要求： $+35^\circ\text{C}$ 不溢流， -30°C 不产生裂纹。

六、接线柱

普通铅蓄电池首尾两极板组的横板上焊有接线柱，接线柱有圆锥形、L 形和侧孔形三种，为了便于区别，正接线柱上或旁边标有“+”或“P”记号，负接线柱上标有“-”或“N”记号，有些蓄电池正接线柱上涂有红色漆。

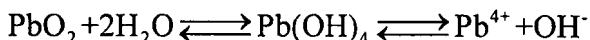
第三节 蓄电池的工作原理与特性

一、蓄电池的工作原理

1. 电动势的建立

当极板浸入电解液时，在负极板处，金属铅受到两个方面的作用，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 0.1V 。

正极板处少量 PbO_2 溶入电解液，与水生成 $\text{Pb}(\text{OH})_4$ ，再分离成四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 $+2.0\text{V}$ 。

因此，当外电路接通，反应达到相对平衡状态时，正负极板之间电动势约为 2.1V 。

2. 充放电过程

当蓄电池接通外电路负载放电时，正极板上的 PbO_2 和负极板的 Pb 都变成了 PbSO_4 ，电解液中的硫酸减少，水增多。充电时，正负极板上的 PbSO_4 分别恢复成原来的 PbO_2 和 Pb ，电解液中的水减少，硫酸增多。如图 2-3、图 2-4 所示。

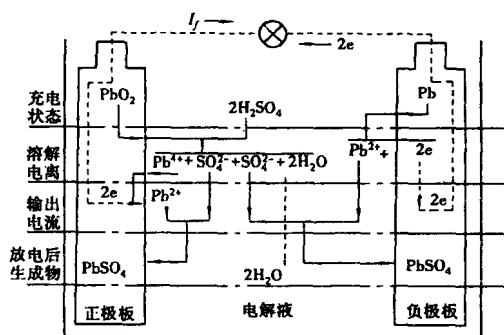


图 2-3 蓄电池的放电过程

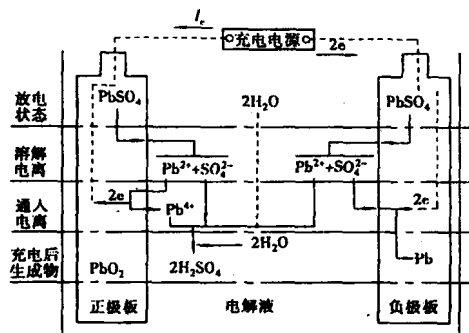


图 2-4 蓄电池的充电过程

铅蓄电池在充放电过程中的化学反应是可逆的。在接通用电设备时，蓄电池作为电源向外供电，将内部的化学能转变为电能。当存电不足且将蓄电池与其他具有适当电压的直流电源并联时，又能向蓄电池充电。

二、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、充电特性和放电特性。

1. 静止电动势

蓄电池处于静止状态，正负极板间的电位差称为静止电动势。其值大小与电解液的相对密度和温度有关，在密度为 $1.05 \sim 1.30 \text{ g/cm}^3$ 范围内，静止电动势 E 可以用下述经验公式计算：

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

式中： $\rho_{25^\circ\text{C}}$ —— 25°C 时电解液的相对密度， g/cm^3 。

实测密度按下式换算成 25°C 时的密度，即：

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

式中: ρ_t ——实测电解液密度, g/cm^3 ;

τ ——实测电解液温度, $^{\circ}\text{C}$;

β ——密度温度系数, $\beta = 0.00075\text{g}/(\text{cm}^3 \cdot ^{\circ}\text{C})$, 即温度每升高 1°C , 密度降低 $0.00075\text{g}/\text{cm}^3$ 。

铅蓄电池电解液的密度在充电时增高, 放电时降低。

2. 内阻

蓄电池的内阻包括极板、隔板、电解液及铅连接条的内阻。铅蓄电池的内阻一般很小, 这样可以获得较大的放电电流。

极板电阻一般很小, 并且随极板上的活性物质的变化而变化, 充电后电阻很小, 放电后电阻很大, 特别是放电终了, 由于活性物质转变为硫酸铅, 则电阻大大增加。

隔板电阻因材料而异, 木质隔板比微孔橡胶隔板、微孔塑料隔板电阻大。

电解液的电阻随密度、温度不同而变化。

电解液密度适中时, 硫酸的电离情况最好, 黏度较小, 电阻也小。

铅连接条穿壁式连接内阻最小。

从以上分析可知, 适当在不结冰的前提下采用低密度和提高电解液温度 (40°C 以下), 对降低电解液的内阻来说尤其在冬季有实际意义。

3. 放电特性

蓄电池的充电特性是指充电电流恒定时, 蓄电池放电电压、电动势及电解液相对密度随放电时间的变化规律。图 2-5 为完全充足电的蓄电池 20h 放电率恒流放电的特性曲线。

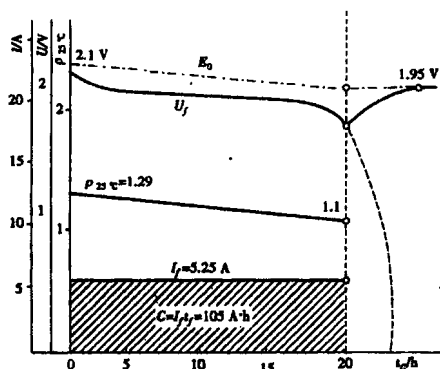


图 2-5 蓄电池放电特性曲线

放电时, 由于蓄电池电阻 R_0 的影响, 故蓄电池端电压 U_f 低于其电动势 E , 即:

$$U = E - IR_0 \quad (2-3)$$

放电开始时, 蓄电池端电压 U 从 2.1V 迅速下降, 这是由于放电开始极板孔隙内的 H_2SO_4 迅速消耗, 相对密度迅速下降的缘故。随着极板孔隙内渗透速度加快, 当其渗透速度与化学反应速度达到相对平衡时, 极板孔隙内的电解液相对密度的变化速率与整个容器内电解液相对密度的变化速率趋于一致, 端电压将随整个容器内电解液相对密度降低而缓慢下降到 1.85V 。随后端电压又迅速降低到 1.75V , 此时应立即停止放电, 此电压值为单格电池的终止电压。若继续放电, 端电压会急剧下降, 这是因为放电终了时, 化学反应深入到极板

的内层，并且放电过程中生成的硫酸铅较原来活性物质的体积大且积聚在孔隙内，使孔隙变小，电解液渗透困难，由此造成极板孔隙内电解液相对密度迅速下降，端电压随之急剧下降。继续放电则为过度放电。过度放电对蓄电池有害，会造成极板硫化，严重时影响蓄电池的寿命，并导致蓄电池的容量下降。

放电停止后，由于电解液渗透的结果，使孔隙内外的电解液密度趋于一致，蓄电池单格电池电动势会回升至 1.95V。

由于恒流放电，故单位时间内所消耗的 H_2SO_4 的数量保持一定，因此，电解液的相对密度 $\rho_{25^\circ\text{C}}$ 时呈线性变化。一般电解液相对密度每下降 $0.04\text{g}/\text{cm}^3$ ，蓄电池放电量大约为额定容量的 25%。

蓄电池放电终止的特征为：

- (1) 单格电池电压下降至放电终止电压。
- (2) 电解液密度下降至最小的许可值。

此外，放电所容许的终止电压与放电电流的大小有关，放电电流越大，放电的时间则越短，允许的放电终止电压越低，见表 2-2。

表 2-2 放电电流与终止电压关系

放电电流/A	$0.05C_{20}$	$0.1C_{20}$	$0.25C_{20}$	$1C_{20}$
连续放电时间/h	20	10	3	0.5
单格电池终止电压/V	1.75	1.70	1.65	1.55

4. 充电特性

蓄电池的充电特性是指放电电流恒定时，蓄电池充电电压、电动势及电解液相对密度随充电时间的变化规律。蓄电池充电特性曲线，如图 2-6 所示。

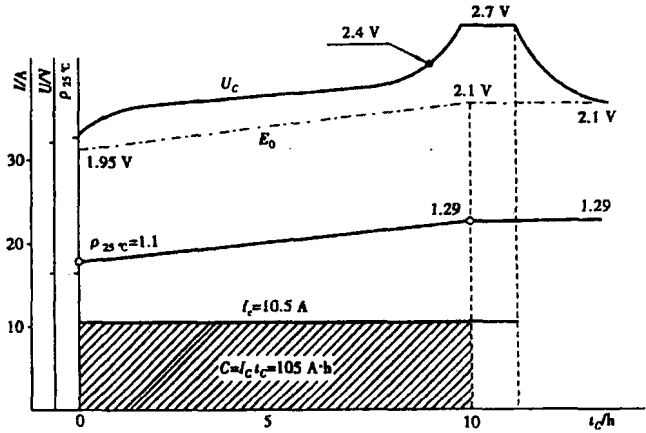


图 2-6 蓄电池充电特性曲线

由于充电电源必须克服蓄电池内阻 R_0 的电压降，因此，充电电压 U_c 要高于蓄电池的电动势 E ，即：

$$U=E+IR_0 \quad (2-4)$$

充电开始时，蓄电池电压迅速上升，这是因为在极板孔隙内急剧发生化学反应所导致，生成的硫酸使得极板孔隙内的电解液的相对密度迅速上升，端电压随之迅速上升，随着极