



高职高专“十一五”规划教材

汽车类

汽车电气 设备与维修

QICHE



张森林 王培先 主编



机械工业出版社

www.cnmp.com.cn

高职高专“十一五”规划教材·汽车类

汽车电气设备与维修

主 编	张森林	王培先
副主编	王宏元	王 皓
主 审	张松青	

北 京
冶金工业出版社
2009

内 容 简 介

本教材是根据《教育部关于加强高职高专教育教材建设的若干意见》的精神,紧密结合高职高专现代汽车类专业领域技能型紧缺人才培养目标的需求而编写的。本教材在讲授汽车电气设备的结构、原理基本知识的基础上,将汽车电气设备的电路原理、电路分析、电路检测、使用与维护、故障诊断与维修、全车电路分析与实训等内容融为一体。本教材以典型的国内外车型为基础,结合汽车使用性能和企业维修特点与要求,突出理论联系实际,考核与职业技能鉴定标准并轨;加强针对性和实用性,旨在培养学生的技术应用能力。

本书适于高职高专院校汽车应用、检测与维修等相关专业使用,可作为成人高教相关课程的教材,也可作为相关专业技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

汽车电气设备与维修 / 张森林, 王培先主编. —北京: 冶金工业出版社, 2009.5

ISBN 978-7-5024-4951-3

I. 汽… II. ①张…②王… III. 汽车—电气设备—车辆修理—高等学校: 技术学校—教材 IV. U472.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 064472 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 postmaster@cnmip.com.cn

责任编辑 刘 源

ISBN 978-7-5024-4951-3

北京天正元印务有限公司印刷; 冶金工业出版社发行; 各地新华书店经销

2009 年 5 月第 1 版, 2009 年 5 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 17.5 印张; 414 千字; 272 页; 1-3000 册

29.00 元

(本书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

前言

本教材是根据《教育部、国家发改委、财政部、劳动社会保障部、科技部、国资委关于进一步加强国家重点领域紧缺人才培养工作的意见》和《教育部关于加强高职高专教育教材建设的若干意见》的精神，为进一步加强高职高专教材建设，推动学科体系的创新，促进产学研相结合，提高教学质量，促进高职高专教育事业的发展，在广泛调查研究的基础上，本着“以服务为宗旨、以就业为导向、走产学研相结合的发展道路”的原则，紧密结合高职高专现代服务业人才培养的需求而编写的。

本课程是高职高专院校汽车应用、检测与维修等专业的一门主干专业课，全书共分为8章，总课时为90学时。其中理论讲授为60学时，实验、实训为30学时。

教学单元	合计	课时安排	
		理论讲授	实验、实训
绪 论	2	2	0
第1章 汽车电源系统	18	14	4
第2章 汽车起动系统	10	6	4
第3章 汽车点火系统	12	8	4
第4章 汽车照明与信号系统	10	6	4
第5章 汽车仪表与报警系统	8	6	2
第6章 汽车辅助电器系统	8	6	2
第7章 车用空调系统	12	8	4
第8章 汽车全车电路	10	4	6
合 计	90	60	30

为满足高职高专院校汽车应用、检测与维修等专业的教学需要，本教材较系统地介绍了现代汽车的电源系统、起动系统、点火系统、照明与信号系统、仪表与报警系统、辅助电器系统和车用空调系统的基本结构原理与维修知识；讲授了汽车全车电路的识读方法与技巧和汽车电气设备常见故障的诊断与排除方法。通过本课程的学习和技能训练，学生能掌握汽车电气设备的基本结构与原理，能熟练运用汽车电气设备维修的常用工具与维修设备，熟悉典型汽车的基本电路，掌握汽车电气设备的检测、调整和维修的基本方法；具有对汽车电气设备分析判断和常见故障诊断与排除的能力；熟悉电子技术与计算机技术在现代汽车上的应用与发展趋势；具备对汽车电气设备进行维护、调整、检修的基本操作技能，并考取相应的证书。

由于现代汽车电气设备的电子化、计算机控制化已成为新的发展趋势，故为适应新的电子技术在现代汽车上的广泛应用，本教材在内容上介绍了一些全新的、成熟的、实用的技术，以典型的国内外车型为基础，结合汽车使用性能和企业维修特点与要求，突出实践应用能力；并十分注重理论联系实际，考核与职业技能鉴定标准并轨；加强针对性和实用

性，旨在培养学生的技术应用能力。本教材是具有鲜明特色的高职高专教材。

本书由张森林、王培先任主编，王宏元、王皓任副主编，孙忠民、李源、刘威、张江波参加编写。全书由张松青统稿。

本书在编写过程中承蒙有关单位及参编院校的大力支持和帮助，在此表示衷心的感谢，在编写此书时还借鉴、参考了许多有关文献、出版物，并向参考文献的作者及同仁表示诚挚的谢意！

由于编者水平所限，书中如有不足之处敬请使用本书的师生与读者批评指正，以便修订时改进。如读者在使用本书的过程中有其他意见或建议，恳请向编者(bjzhangxf@126.com)踊跃提出宝贵意见。

编 者

目 录

绪 论	1	一、实训目的与要求	48
第 1 章 汽车电源系统	3	二、实训设备与器材	48
1.1 汽车用蓄电池	3	三、考核方式	49
1.1.1 蓄电池的种类、构造及型号	3	四、实训操作步骤及注意要点	49
1.1.2 蓄电池的工作原理及 工作特性	7	习题	53
1.1.3 蓄电池的技术性能参数	11	第 2 章 汽车起动系统	54
1.1.4 蓄电池的充电及充电设备	14	2.1 起动机	54
1.1.5 蓄电池的使用与检修	16	2.1.1 起动机的功用和组成	54
1.2 硅整流交流发电机	19	2.1.2 直流电动机及其特性	56
1.2.1 交流发电机的结构、 工作原理	19	2.1.3 传动机构	61
1.2.2 硅整流交流发电机的型号 及类型	26	2.1.4 控制装置	66
1.2.3 硅整流交流发电机的 工作特性	28	2.1.5 典型汽车起动系统	71
1.3 电压调节器	30	2.2 起动机的使用与维护	77
1.3.1 电压调节器的工作原理 和分类	30	2.2.1 起动机的使用与维护	77
1.3.2 晶体管式电压调节器	31	2.2.2 起动机的故障诊断	77
1.3.3 电源系保护电路	35	本章小结	81
1.4 汽车充电系统的使用与维护	37	实训 3 起动机的拆装及检测	82
1.4.1 交流发电机及调节器的 使用与检测	37	一、实训目的与要求	82
1.4.2 汽车电源系统常见故障 的诊断与排除	41	二、实训设备与器材	82
本章小结	43	三、考核方式	82
实训 1 蓄电池的维护保养	44	四、实训操作步骤及注意要点	82
一、实训目的与要求	44	习题	86
二、实训设备与器材	44	第 3 章 汽车点火系统	87
三、考核方式	44	3.1 电感式点火系统	87
四、实训操作步骤及注意要点	44	3.1.1 电感式传统点火系统	87
实训 2 硅整流交流发电机的拆装 与检测	48	3.1.2 电感式电子点火系统	94
		3.1.3 电感式计算机控制点火 系统	97
		3.2 其他点火系统	101
		3.2.1 电容储能电子点火系统的 组成和工作原理	101
		3.2.2 电容储能电子点火系统 的特点	102

3.3 点火系统的使用与维护	102	5.2 报警系统	139
3.3.1 传统点火系统的故障诊断	103	5.2.1 报警系统的作用与结构	
3.3.2 电子点火系统的故障诊断	105	原理	139
本章小结	107	5.2.2 电子式报警系统的结构	
实训4 点火系统的检测	107	原理	143
一、实训目的与要求	107	5.2.3 报警系统的电路	146
二、实训设备与器材	107	5.3 汽车仪表与报警系统的使用与	
三、考核方式	107	维护	147
四、实训操作步骤及注意要点	108	5.3.1 汽车仪表使用注意事项	147
习题	110	5.3.2 燃油表、冷却液温度表、	
第4章 汽车照明与信号系统	111	机油压力表常见故障的	
4.1 照明系统	111	诊断与排除	147
4.1.1 照明系统的组成与功用	111	5.3.3 车速里程表	149
4.1.2 前照灯	112	5.3.4 发动机转速表	149
4.1.3 前照灯的防炫目措施	114	本章小结	149
4.1.4 照明系统控制电路	115	实训6 仪表系统的检测与故障排除	150
4.2 信号系统	116	一、实训目的与要求	150
4.2.1 转向灯和闪光器	116	二、实训设备与器材	150
4.2.2 倒车信号装置	117	三、考核方式	150
4.2.3 喇叭	120	四、实训操作步骤及注意要点	150
4.2.4 信号系统电路	122	习题	153
4.3 照明与信号系统的使用与维护	124	第6章 汽车辅助电器系统	155
4.3.1 照明系统常见故障的		6.1 汽车辅助电器系统概述	155
诊断与排除	124	6.1.1 电动雨刮器、洗涤和	
4.3.2 信号系统常见故障的		除霜装置	155
诊断与排除	125	6.1.2 电动车窗	159
本章小结	125	6.1.3 中央控制门锁与防盗装置	162
实训5 前照灯的检测和调整	125	6.1.4 安全气囊	163
一、实训目的与要求	125	6.2 汽车辅助电器系统的检修	171
二、实训设备与器材	126	6.2.1 电动雨刮器的故障分析	171
三、考核方式	126	6.2.2 洗涤装置的故障分析	172
四、实训操作步骤及注意要点	126	6.2.3 除霜装置的故障分析	172
习题	128	6.2.4 电动车窗的故障分析	173
第5章 汽车仪表与报警系统	129	6.2.5 中央控制门锁与防盗	
5.1 汽车仪表	129	装置的故障分析	173
5.1.1 汽车仪表的组成与类型	130	6.2.6 安全气囊的故障分析	174
5.1.2 汽车仪表的作用与结构		本章小结	176
原理	131	实训7 汽车辅助电器的认识及	
		故障诊断	177

一、实训目的与要求	177
二、实训设备与器材	177
三、考核方式	177
四、实训操作步骤及注意要点	177
习题	182

第 7 章 车用空调系统

7.1 车用空调系统的结构与原理	183
7.1.1 车用空调的功用与特点	183
7.1.2 制冷剂与冷冻机油	184
7.1.3 车用空调制冷系统的 构造与工作原理	185
7.2 车用空调系统的控制与操纵 控制系统	190
7.2.1 车用空调系统的控制系统	190
7.2.2 空调的操纵控制系统	192
7.2.3 几种典型车用空调系统 的控制电路	196
7.3 车用空调系统的使用与维护	198
7.3.1 车用空调系统的专用工具 及设备	198
7.3.2 车用空调的检修	200
7.4 车用空调常见故障的诊断与排除	207
7.4.1 车用空调常见故障的 诊断方法	207
7.4.2 车用空调常见故障	209
7.4.3 车用空调制冷系统维修 注意事项	213
7.4.4 车用空调系统的使用 与保养	213
本章小结	215
实训 8 车用空调压缩机的拆装与 检修	215
一、实训目的与要求	215
二、实训设备与器材	216

三、考核方式	216
四、实训操作步骤及注意要点	216
习题	220

第 8 章 汽车全车电路

8.1 汽车电路基础	221
8.1.1 汽车电器设备线路的 组成和特点	221
8.1.2 汽车电路基础元件	223
8.1.3 汽车电路的分类	228
8.1.4 汽车电路图	230
8.2 常见的汽车电路图	236
8.2.1 大众系列电路分析	236
8.2.2 丰田系列电路分析	244
8.3 汽车电气系统故障	251
8.3.1 汽车电气系统故障原因	251
8.3.2 汽车电气系统常见故障 的诊断方法	252
8.3.3 汽车电气系统检修的 注意事项	253
本章小结	254
实训 9 汽车电路连接训练	254
一、实训目的与要求	254
二、实训设备与器材	254
三、考核方式	254
四、实训操作步骤及注意要点	255
实训 10 汽车电器设备线路分析	258
一、实训目的与要求	258
二、实训设备与器材	259
三、考核方式	259
四、实训操作步骤及注意要点	259
习题	262

附录 汽车常用电器图形符号

参考文献

绪 论

(1) 本课程的性质、教学目的和要求。

1) 本课程的性质和任务。本课程是高职高专院校汽车应用、检测与维修等专业的一门主干专业课,其课程任务是:使学生通过本课程的学习熟悉汽车电器的基本电路,掌握汽车电气设备的基本知识与基本维修技能,并具有分析问题、判断问题和排除常见故障的能力,以及为后续课程拓展知识的能力。

2) 教学目的和要求。通过本课程的学习,学生能掌握汽车电气设备的正确使用、维护、检测、调整和维修的基本方法,对汽车电气设备具有分析判断和排除常见故障的能力,熟悉电子技术与计算机技术在现代汽车上的应用与发展趋势。

(2) 现代汽车电器的发展状况。

进入 21 世纪的电子信息时代,随着汽车工业的飞速发展,人们对汽车的各种性能要求也越来越高,传统的汽车电气系统与机械系统已很难满足汽车节能、排放与安全法规的高标准要求。作为汽车必不可少的蓄电池、发电机、调节器、起动机、点火、照明、信号、仪表、报警、安全和辅助电器等,这些传统的汽车电气设备也发生了巨大的变化,特别是电子控制技术在汽车工业中的广泛应用,使得汽车电气系统越来越复杂,正朝着电子化、集成化、智能化方向发展。

(3) 汽车电气系统的组成。

汽车电气设备主要由电源系统、起动系统、点火系统、照明与信号系统、仪表与报警系统、电子控制装置、辅助装置和车用空调等部分组成,如图 0-1 所示是桑塔纳 2000 型轿车电气设备的基本位置图,如图 0-2 所示是汽车电气设备组成方框图。

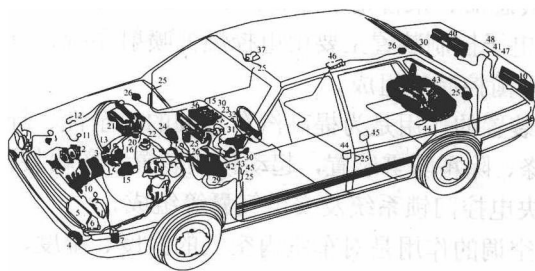


图 0-1 桑塔纳 2000 型轿车电气设备位置图

1—双音喇叭; 2—空调压缩机; 3—硅整流发电机; 4—雾灯; 5—前照灯; 6—转向指示灯; 7—空调储液干燥器; 8—卸荷继电器; 9—电动风扇双速热敏开关; 10—风扇电动机; 11—进气电预热器; 12—化油器怠速电磁切断阀; 13—热敏开关; 14—机油油压开关; 15—起动机; 16—火花塞; 17—风窗清洗液电动泵; 18—冷却液液面传感器; 19—分电器; 20—点火线圈; 21—蓄电池; 22—制动液液面传感器; 23—倒车灯开关; 24—空调、暖风用鼓风机; 25—车门接触开关; 26—扬声器; 27—点火控制器; 28—风窗雨刮器电动机; 29—中央接线盒; 30—前照灯变光开关; 31—组合开关; 32—空调及风量旋钮; 33—雾灯开关; 34—后窗电加热器开关; 35—危险信号报警灯开关; 36—收放机; 37—顶灯; 38—油箱油面传感器; 39—后窗电加热器; 40—组合后灯; 41—牌照灯; 42—电动天线; 43—电动后视镜; 44—中控门锁; 45—电动车窗; 46—侧顶灯; 47—后盖集中控制锁; 48—行李箱灯

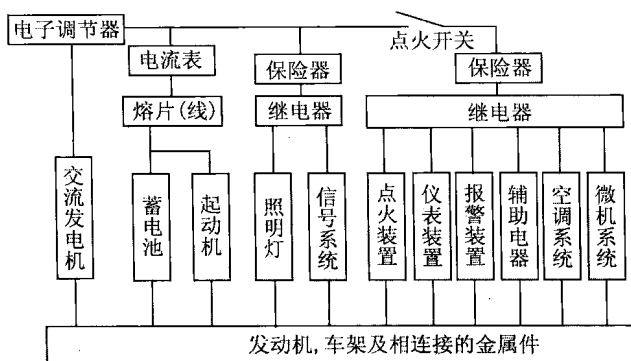


图 0-2 汽车电气设备组成方框图

1) 电源系统。电源系统的作用是向汽车上各用电设备与控制装置提供低压直流电，以满足全车用电需要。电源系统主要由蓄电池、发电机及匹配的调节器和电流表等组成。

2) 起动系统。起动系统的作用是带动飞轮旋转使发动机启动。起动系统主要由起动机、启动开关和起动保护装置等组成。

3) 点火系统。点火系统(汽油发动机用)的作用是将电源供给的低压电转变为高压电，适时可靠地点燃发动机气缸中的可燃混合气。点火系统主要由点火开关、点火线圈、分电器、电子点火器和火花塞等组成，此外，采用电控单元进行点火控制时，可以不用分电器。

4) 照明与信号系统。照明系统的作用是保证汽车在夜间或雾中在一定范围内有合适的照度，确保车辆正常行驶的安全。信号系统的作用是告示行人车辆引起注意，指示行驶趋向、操作件状态。照明与信号系统主要由前照灯、雾灯、转向灯、示廓灯、制动灯、倒车灯和电喇叭等组成。

5) 仪表与报警系统。仪表系统的作用是显示汽车运行参数以及交通信息。报警系统的作用是警示汽车运行性机械故障情景，以确保行驶和停车的安全性、可靠性。仪表与报警系统主要由各种仪表、传感器、报警指示灯和控制器等组成。

6) 电子控制装置。电子控制装置主要由电控燃油喷射系统、自动变速器、制动防抱死系统、恒速控制和悬架平衡控制等组成。

7) 辅助装置。辅助装置的作用是为提高汽车行驶的安全性、舒适性、经济性。辅助装置一般由风窗刮水、洗涤、除霜防雾装置，起动预热装置、音响装置、车窗电动升降装置、电动座椅调节装置、中央电控门锁系统及安全气囊等组成。

8) 车用空调。车用空调的作用是对车室内空气的温度、湿度、流速和清洁度等参数进行调节，使乘客和驾驶员感到舒适。车用空调主要由制冷系统、暖风系统、通风系统、空气净化系统和控制系统等部分组成。

第 1 章 汽车电源系统

1.1 汽车用蓄电池

蓄电池是一种将化学能转化为电能的装置，是可逆的直流电源。用于汽车上的蓄电池为汽车发动机起动提供电能。为满足发动机起动需要，蓄电池应保证在 5~10s 的短时间内，提供汽车起动机足够大的电流。汽油机起动电流为 200~600A，有的柴油机起动电流达 1 000A。

蓄电池的功用：发动机起动时，向起动机和点火系供电；发电机不工作或电压较低时向用电设备供电；发电机超载时，协助发电机供电；发电机端电压高于蓄电池电动势时，将发电机的电能转化为化学能储存起来。另外，蓄电池还相当于一个大电容器，能够吸收发电机的过电压，保护车用电子元件免受损坏。

1.1.1 蓄电池的种类、构造及型号

1.1.1.1 蓄电池的分类

目前，汽车上使用的蓄电池有两大类，铅酸蓄电池和碱性蓄电池。车用铅酸蓄电池又分为普通型、干荷电型、湿荷电型、少维护型、免维护型和胶体型等。车用碱性蓄电池又分为铁镍蓄电池、镉镍蓄电池和银锌蓄电池等。

铅酸蓄电池具有结构简单、价格低廉，易于满足大量生产的汽车需要；同时其内阻小，起动性能好，因此，在汽车上得到了广泛应用。碱性蓄电池虽然具有寿命长、容器和极板的机械强度高、无硫化现象、工作可靠、耐强电流放电，但是其内阻大、价格高，没有得到广泛应用。

1.1.1.2 普通型蓄电池的构造

普通铅酸蓄电池主要由极板、隔板、电解液、壳体和联条等部分组成，其结构如图 1-1 所示。蓄电池由 3 只或 6 只单格电池串联而成，每只单格电池的电压约为 2.1V，串联后蓄电池电压为 6V 或 12V。汽油机汽车均选用 12V 蓄电池；柴油机汽车电源设计为 24V。

1. 极板

极板是蓄电池的核心部分，分为正极板和负极板两种，均由栅架和填充在上面的活性物质组成，如图 1-2 所示。极板上的活性物质为参与电化学反应的工作物质，主要由铅粉、添加剂和一定浓度的稀硫酸混合而成。其中正极板上的活性物质为二氧化铅(PbO_2)，呈深棕色；负极板上的活性物质为海绵状纯铅 Pb，呈青灰色。

栅架的作用是容纳活性物质并使极板成形。由铅锑合金浇铸而成，加锑可以提高其机械强度和浇铸性能。但是锑会加速铅的析出而加速电解液消耗，还易从正极板栅架中析出而引起蓄电池自放电和栅架腐蚀，缩短蓄电池的使用寿命。所以，目前国内外大都采用低锑合金栅架，含锑量为 2%~3.5%。

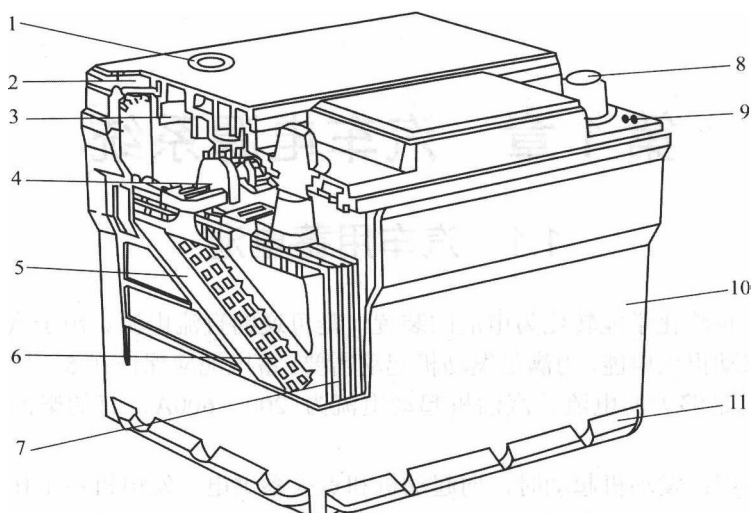


图 1-1 普通铅酸蓄电池结构

1—密度计；2—排烟孔；3—液气隔板；4—联条；5—活性物质；
6—栅架；7—隔板；8—极桩；9—模压代号；10—壳体；11—下滑面

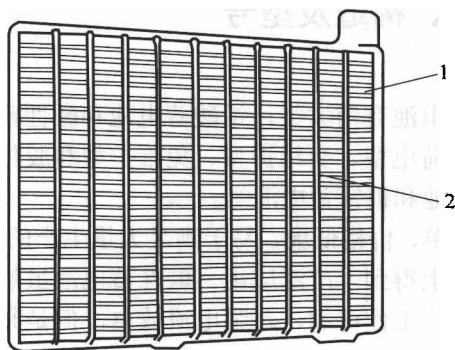


图 1-2 极板结构

1—栅架；2—活性物质

极板的厚度对蓄电池的容量和起动性能有着极大的影响。目前国产极板厚度为 $1.8 \sim 2.4\text{mm}$ ，其中正极板厚度为 2.2mm 、负极板厚度为 1.8mm ；国外大都采用 $1.1 \sim 1.5\text{mm}$ 厚的薄型极板。采用薄型极板可提高蓄电池的容量和起动性能。

为增大蓄电池的容量，可将多片正、负极板分别并联，用横板焊接成正、负极板组，横板上有极柱，各片间留有空隙。安装时各片正、负极板相互嵌合，中间插入隔板后装入蓄电池单格便形成单格电池。如图 1-3 所示，在每个单格电池中负极板总比正极板多一片。因为正极板活性物质比较疏松，且正极板处的化学反应剧烈，反应前后活性

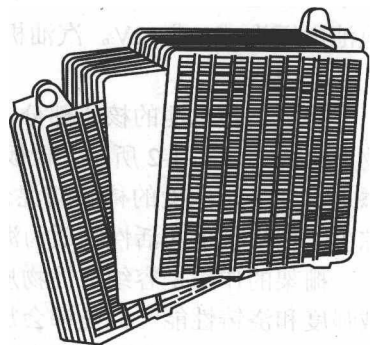


图 1-3 极板组

物质体积变化较大，所以正极板加在负极板之间，可使其两侧放电均匀，从而减轻正极板的翘曲和活性物质脱落。

2. 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、良好耐酸性和抗氧化性的特点。常用的隔板有木质隔板、微孔橡胶隔板、微孔塑料隔板、玻璃纤维隔板和纸板等。由于微孔塑料隔板孔径小、孔率高、薄而柔、生产效率高、成本低，因此目前广泛应用。

3. 电解液

铅酸蓄电池的电解液由密度为 1.84g/cm^3 的纯硫酸和蒸馏水配制而成，密度一般在 $1.24\sim 1.31\text{g/cm}^3$ ，使用时根据当地最低气温或制造厂的要求进行选择，见表 1-1。配制电解液必须使用耐酸的容器，一般使用玻璃器皿，切记只能将硫酸慢慢的倒入蒸馏水中，并不断搅拌。

表 1-1 电解液相对密度与放电程度对照表

单位: g/cm^3

气候条件	充足电时电解液相对密度	放电时电解液相对密度			
		放电 25%	放电 50%	放电 75%	全放电
冬季气温低于 -40°C 地区	1.31	1.27	1.23	1.19	1.15
冬季气温高于 -40°C 地区	1.29	1.25	1.21	1.17	1.13
冬季气温高于 -20°C 地区	1.27	1.23	1.19	1.15	1.11
冬季气温高于 0°C 地区(海南)	1.24	1.20	1.16	1.12	1.09

注：表中相对密度值是指温度为 25°C 时的值，环境温度每升高 1°C ，应在测得的密度值上加 0.007 ，每降低 1°C 则应减 0.007 。

4. 壳体

蓄电池外壳为一整体式结构的容器，极板、隔板和电解液均装入外壳内。外壳应由耐酸、耐振、绝缘性好并具有一定机械强度的材料制成，一般采用橡胶或塑料制成。

蓄电池电压一般有 6V 和 12V 两种规格，因此，外壳内由间壁分成 3 个和 6 个互不相通的单格，底部制有凸筋用来支撑极板组。凸筋之间的间隙可以积存极板脱落的活性物质，避免正负极板短路。每个单格的盖中间有加液孔。可以用来检查液面高度和测量电解液的密度，加液孔平时用加液螺塞拧紧。加液螺塞中心的通气孔应保持畅通，使蓄电池电化学反应放出的气体随时逸出。在极板组上部装有防护板，以防止测量电解液相对密度、液面高度或添加电解液时，损坏极板上部。

5. 联条

联条的作用是将单格蓄电池串联起来，提高整个蓄电池的端电压。联条一般由铅锑合金铸造而成，有外露式、跨桥式和穿壁对焊式 3 种，前者用在硬橡胶外壳和盖上，后两种用在塑料外壳和盖上。单体电池的连接方式如图 1-4 所示。

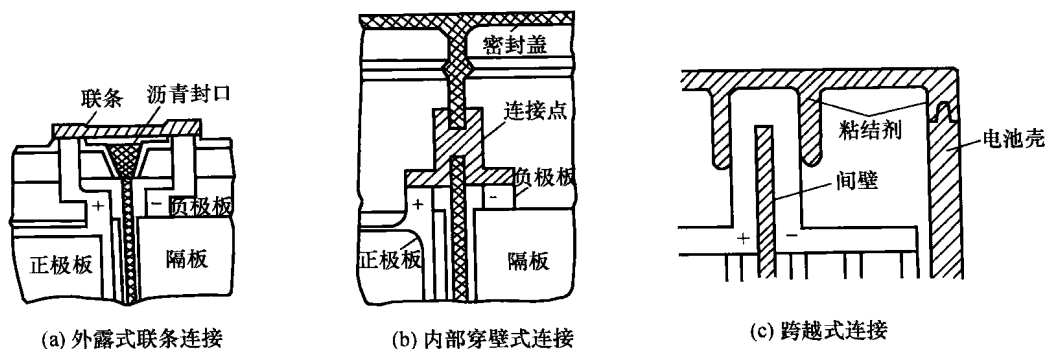


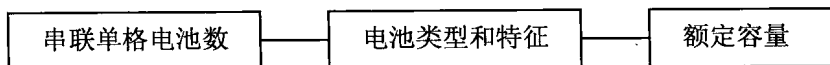
图 1-4 单体电池的连接方式

6. 接线柱

普通铅酸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 3 种。为了便于区分，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油漆。

1.1.1.3 蓄电池的型号

蓄电池的型号按 JB/T 2599—1993《铅酸蓄电池产品型号编制方法》的规定，铅蓄电池型号由 3 部分组成，其排列与含义如下。



(1) 串联单格电池数：用阿拉伯数字表示。

(2) 电池类型：用一个汉语拼音字母表示，代表蓄电池类型，如起动型蓄电池用“Q”表示。

(3) 电池特征：为附加部分，用一个汉语字母表示，仅在同类用途的产品有某种特征，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，应按顺序将两个代号并接标志，各代号具体含义见表 1-2。

(4) 额定容量：指 20h 放电率时的额定容量，用阿拉伯数字表示，单位为 $A \cdot h$ ，在型号中可省略不写。有时在额定容量后面用一个字母表示特殊性能，G——表示高起动率，S——表示塑料外壳，D——表示低温起动性好。

表 1-2 常见电池产品特征代号

序号	1	2	3	4	5	6	7
产品	干荷电	湿荷电	免维护	少维护	激活式	密闭式	胶质电解液
代号	A	H	W	S	I	M	J

(5) 举例。

6-Q-105：表示由 6 个单格串联，额定电压 12V，额定容量 105A·h 的起动型蓄电池。

6-QAW-100：表示由 6 个单格串联，额定电压为 12V，额定容量 100A·h 的起动型干荷电免维护蓄电池。

6-QA-40S：表示由 6 个单格串联，额定电压为 12V，额定容量 40A·h 的起动型干荷

电塑料外壳蓄电池(夏利 TJ7100 轿车用)。

1.1.2 蓄电池的工作原理及工作特性

1.1.2.1 蓄电池的工作原理

铅蓄电池充放电原理,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 H_2SO_4 减少, 水增多。充电时, 正极板和负极板上的 PbSO_4 分别恢复成原来的 PbO_2 和 Pb , 电解液中的水减少, H_2SO_4 增多。

1. 蓄电池电动势的建立

当极板浸入电解液后, 由于少量的活性物质溶解于电解液, 便产生了电极电位差, 而且因为正负极板的电极电位的差值形成了蓄电池的电动势。蓄电池电动势建立过程如图 1-5 所示。

在正极板处, 少量的 PbO_2 溶于电解液中, 与水生产 $\text{Pb}(\text{OH})_4$, 再分离成 4 价铅离子和氢氧根离子, 即

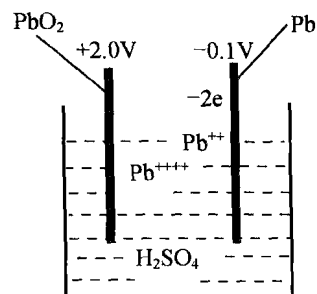
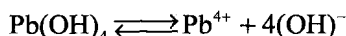
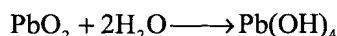


图 1-5 蓄电池电动势建立过程

其中, 溶液中的 Pb^{4+} 有沉附于极板的倾向, 使极板呈正电位, 同时由于正、负电荷的吸引, 极板上 Pb^{4+} 和溶液中的 OH^- 有结合生成的 $\text{Pb}(\text{OH})_4$ 倾向, 由于 Pb^{4+} 沉附于极板的倾向大于溶解的倾向, 因此达到平衡时, 使正极板呈约 2.0V 的正电位。

在负极板处, 活性物质铅一方面有溶解于电解液的倾向, 使极板表面有少量的 Pb^{2+} 进入电解液, 极板带负电; 另一方面, 由于异种电荷吸引使 Pb^{2+} 有沉淀于极板表面的趋势。达到动态平衡时极板有约 0.1V 的负电位。

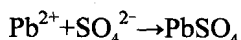
因此, 外电路未接通时, 蓄电池的静止电动势约为 2.1V。

$$E_0 = 2.0 - (-0.1) = 2.1\text{V} \quad (1-1)$$

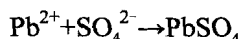
2. 蓄电池的放电

当蓄电池接通负载后, 由于蓄电池两端的电势差使得负极板上的电子通过负载到达正极板。放电时的化学反应过程如图 1-6 所示。

正极板处: $\text{Pb}^{4+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pb}^{2+}$



负极板处: $\text{Pb} - 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pb}^{2+}$



在电解液中, H_2SO_4 离解为 SO_4^{2-} 和 H^+ , 而 H^+ 与溶液中的 OH^- 结合生成水, 即

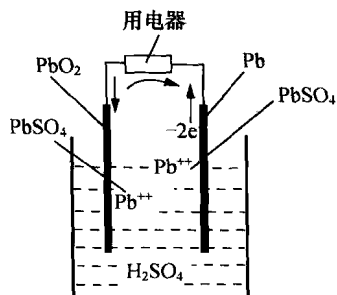
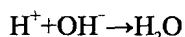


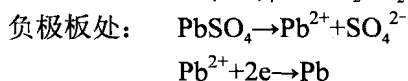
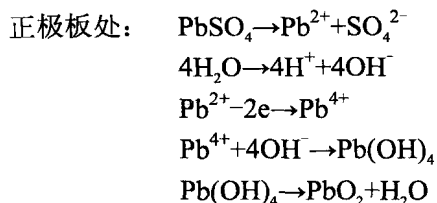
图 1-6 蓄电池放电过程

从以上反应过程看, 正、负极板的活性物质与电解液中的

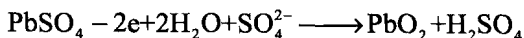
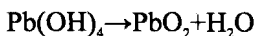
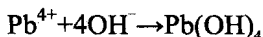
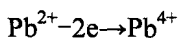
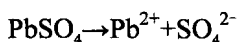
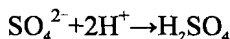
硫酸发生化学反应,正、负极板上的 PbO_2 、 Pb 都变成了 PbSO_4 覆盖在极板上。同时,电解液中的 H_2SO_4 被消耗产生水,电解液的密度下降,在放电过程中蓄电池的化学能转化为电能。理论上讲,放电过程应进行到极板上的活性物质全部转化为 PbSO_4 为止,但是由于放电过程产生的 PbSO_4 沉附于极板表面,电解液不能渗透到活性物质的内部,在放电完成只有 20%~30% 的活性物质参与电化学反应,这就是采用薄型极板,增加极板的多孔性,可提高蓄电池容量的原因。

3. 蓄电池的充电

充电时,将蓄电池接充电机。当充电机的电压高于蓄电池电动势时,在电势差的作用下,电流从蓄电池的正极板流入,负极板流出,与放电过程相反。其反应过程如图 1-7 所示。



在电解液中, SO_4^{2-} 则与电解液中的 H^+ 结合,生成 H_2SO_4 ,即



从反应过程可知,在充电过程中,正、负极板上的 PbSO_4 分别转换为 PbO_2 和 Pb ,电解液中的 H_2SO_4 含量逐渐增多,电解液的密度逐渐增大。

当充电接近终止时,正、负极板上的 PbSO_4 分别转换为活性物质 PbO_2 和 Pb ,此时,如果继续充电,将引起水的电解。其反应方程式为



蓄电池在充、放电时,总的化学反应过程可用下式表示

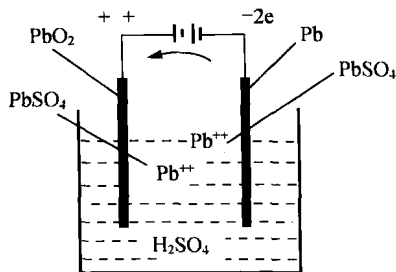
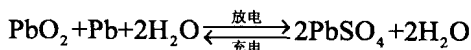


图 1-7 蓄电池充电过程

1.1.2.2 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(不充电也不放电)时,正负极板间的电位差(开路电压)称为静止电动势。它的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_0 可用下述经验公式计算

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

式中 $\rho_{25^\circ\text{C}}$ —— 25°C 的电解液相对密度。

实测所得电解液相对密度应按下式换算成 25°C 时的相对密度

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

式中 ρ_t ——实际测得的电解液密度;

t ——实际测得的电解液温度;

β ——密度温度系数 $A=0.00075$, 即温度每升高 1°C , 相对密度将上升 0.00075 。

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

2. 内阻

电流流过铅蓄电池时所受到的阻力称为铅蓄电池的内阻。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。蓄电池内阻包括极板、隔板、电解液、联条和极柱等的电阻。

极板电阻很小,且随其活性物质的变化而变化,充足电时电阻最小,随着放电阻变大,在放电终止时,由于活性物质转变为导电性能较差的 PbSO_4 , 因此电阻大大增加。

隔板电阻与材料有关,还与隔板的厚度、多孔性有关。微孔橡胶和塑料隔板的电阻比较小。

电解液的电阻与其温度和密度有关。温度降低时会因电解液的黏度增大,渗透能力下降而引起电阻增大。而电解液的密度过高或过低时,均会导致电阻增大。密度过高时,由于黏度增大,使渗透能力下降,引起电阻增加;密度过低时,又会引起电解液的离子数下降,导致扩散能力下降,引起电阻增加。当密度为 $1.2 \text{g/cm}^3 (15^\circ\text{C})$ 时,电阻值相对较小。

由以上分析可知,适当采用低密度电解液和提高电解液温度(如冬季对蓄电池的保温),对降低蓄电池内阻、提高起动性能都十分有利。

3. 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的密度随时间变化的规律。如图 1-8 所示为 6-QA-60 型干荷电蓄电池以 20h 放电率进行恒流放电的特性曲线。

由于放电过程是恒流放电,电流值不变,单位时间内所消耗的硫酸量相同,因此,电解液的密度随时间呈直线下降。密度每下降 0.04g/cm^3 , 蓄电池放电约为 25% 。