

21  
世纪

21世纪高职高专系列教材

# 汽车电器与 电子设备

中国机械工业教育协会 组编



机械工业出版社  
China Machine Press

21世纪高职高专系列教材

# 汽车电器与电子设备

中国机械工业教育协会 组编

主 编 山东工程学院 曲金玉  
副主编 江苏理工大学 陈照章  
参 编 山东工程学院 刘永启 杜纪功 杨中玉 赵明 孟庆和  
江苏理工大学 须琼和  
石油大学 王玉华 武万龙



机械工业出版社

本书全面系统地讲述了汽车电器与电子设备的结构、原理、检测诊断与维修。全书共分12章,第1至6章分别讲述蓄电池、交流发电机与调节器、起动机、传统点火系统与电子点火系统、照明与信号装置、辅助电器设备等内容;第7至12章分别讲述电子燃油喷射系统、防抱死制动系统、安全气囊系统、电控自动变速器、巡航控制系统、电控悬架等内容。各章结合桑塔纳2000、奥迪100、红旗CA7220AE、富康ZX、夏利7100U等轿车和部分进口轿车以及东风EQ1090、解放CA1091等货车,系统讲解了汽车电器和电子设备的结构、原理和故障诊断及检修。

本书可作为交通运输专业、车辆工程专业、汽车运用与维修等专业高职高专教材,可作为普通高校有关专业的教学参考书,也可供从事汽车检测维修、汽车设计制造、汽车运输管理等行业的工程技术人员阅读参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

汽车电器与电子设备/中国机械工业教育协会组编. —北京:  
机械工业出版社, 2001. 5  
21世纪高职高专系列教材  
ISBN 7-111-08390-3

I. 汽… II. 中… III. ①汽车-电气设备-高等学校: 技术学校-  
教材②汽车-电子设备-高等学校: 技术学校-教材 IV. U463.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2001)第028011号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)  
责任编辑:朱华 版式设计:冉晓华 责任校对:吴美英  
封面设计:姚毅 责任印制:郭景龙  
北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行  
2001年7月第1版·第1次印刷  
787mm×1092mm<sup>1/16</sup>·17印张·420千字  
0 001—4 000册  
定价:25.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换  
本社购书热线电话(010)68993821、68326677-2527

## 21 世纪高职高专系列教材编委会名单

**编委会主任** 中国机械工业教育协会 郝广发

**编委会副主任** (单位按笔画排)

山东工程学院 仪垂杰

大连理工大学 唐志宏

天津大学 周志刚

甘肃工业大学 路文江

江苏理工大学 杨继昌

成都航空职业技术学院 陈玉华

机械工业出版社 陈瑞藻 (常务)

沈阳工业大学 李荣德

河北工业大学 檀润华

武汉船舶职业技术学院 郭江平

金华职业技术学院 余党军

**编委会委员** (单位按笔画排)

广东白云职业技术学院 谢瀚华

山东省职业技术教育师资培训中心 邹培明

上海电机技术高等专科学校 徐余法

天津中德职业技术学院 李大卫

天津理工学院职业技术学院 沙洪均

日照职业技术学院 李连业

北方交通大学职业技术学院 佟立本

辽宁工学院职业技术学院 李居参

包头职业技术学院 郑刚

北京科技大学职业技术学院 马德青

北京建设职工大学 常莲

北京海淀走读大学 成运花

江苏理工大学 吴向阳

合肥联合大学 杨久志

同济大学 孙章

机械工业出版社 李超群 余茂祚 (常务)

沈阳建筑工程学院 王宝金

佳木斯大学职业技术学院 王跃国

河北工业大学 范顺成

哈尔滨理工大学工业技术学院 线恒录

洛阳大学 吴锐

洛阳工学院职业技术学院 李德顺

南昌大学 肖玉梅

厦门大学 朱立秒

湖北工学院高等职业技术学院 吴振彪

彭城职业大学 陈嘉莉

燕山大学 刘德有

# 序

1999年6月中共中央国务院召开第三次全国教育工作会议,作出了“关于深化教育改革,全面推进素质教育的决定”的重大决策,强调教育在综合国力的形成中处于基础地位,坚持实施科教兴国的战略。决定中明确提出要大力发展高等职业教育,培养一大批具有必备的理论知识和较强的实践能力,适应生产、建设、管理、服务第一线急需的高等技术应用性专门人才。为此,教育部召开了关于加强高职高专教学工作会议,进一步明确了高职高专是以培养技术应用性专门人才为根本任务;以适应社会需要为目标;以培养技术应用能力为主线设计学生的知识、能力、素质结构和培养方案;以“应用”为主旨和特征来构建课程和教学内容体系;高职高专的专业设置要体现地区、行业经济和社会发展的需要,即用人的需求;教材可以“一纲多本”,形成有特色的高职高专教材系列。

“教书育人,教材先行”,教育离不开教材。为了贯彻中共中央国务院以及教育部关于高职高专人才培养目标及教材建设的总体要求,中国机械工业教育协会、机械工业出版社组织全国部分有高职高专教学经验的职业技术学院、普通高等学校编写了这套《21世纪高职高专系列教材》。教材首批80余本(书目附书后)已陆续出版发行。

本套教材是根据高中毕业3年制(总学时1600~1800)、兼顾2年制(总学时1100~1200)的高职高专教学计划需要编写的。在内容上突出了基础理论知识的应用和实践能力的培养。基础理论课以应用为目的,以必需、够用为度,以讲清概念、强化应用为重点;专业课加强了针对性和实用性,强化了实践教学。为了扩大使用面,在内容的取舍上也考虑到电大、职大、业大、函大等教育的教学、自学需要。

每类专业的教材在内容安排和体系上是有机联系、相互衔接的,但每本教材又有各自的独立性。因此各地区院校可根据自己的教学特点进行选择使用。

为了提高质量,真正编写出有显著特色的21世纪高职高专系列教材,组织编写队伍时,采取专门办高职的院校与办高职的普通高等院校相互协作编写并交叉审稿,以便实践教学和理论教学能相互渗透。

机械工业出版社是我国成立最早、规模最大的科技出版社之一,在教材编辑出版方面有雄厚的实力和丰富的经验,出版了一大批适用于全国研究生、大学本科、专科、中专、职工培训等各种层次的成套系列教材,在国内享有很高的声誉。我们相信这套教材也一定能成为具有我国特色的、适合21世纪高职高专教育特点的一系列教材。

中国机械工业教育协会

# 前 言

本书是高等职业技术教育理工科类教学用书,也可作为成人高校、高专、夜大、职大、业大、函大等层次的教学用书和广大自学者及工程技术人员的自学用书,也可作为普通高等院校有关专业的教学参考书。

在编写本书时,我们从高职教育的实际出发,结合教学和生产实际的需要,确定了编写的指导思想和教材特色。以应用为目的,强化应用为重点,力求内容系统、准确、新颖。本教材主要突出以下特点:

1. 坚持学以致用,理论与实践相结合的原则。各章节在讲解基本结构、工作原理和分析电路时,尽量结合最新常见车型,并力求图文并茂,信息量大、可操作性强,以培养实际应用能力。

2. 在保证基本内容全面、系统的前提下,突出重点内容和加强汽车电子技术的内容。随着汽车电子化的普及,汽车电器与电子设备不断更新,对于已淘汰的技术尽量少讲或不讲;对于重点章节,如交流发电机与调节器、电子点火系统、电子燃油喷射系统、防抱死控制系统等内容,在系统介绍基本结构原理的同时,还介绍了典型车型电路及其有关检测方法。

3. 为满足多媒体教学的要求,编者为本教材配套制作了部分幻灯片、实验操作录相带和光盘,各院校可根据实际需要选用。

全书共12章,计划总课时为60学时,对部分章节可采用现场教学和实验教学等方式,各院校可根据实际情况决定内容的取舍。

参加编写的单位和个人有:

第1章、第2章和第3章 山东工程学院 刘永启 赵明;第4章、第10章和第11章 江苏理工大学 陈照章 须琮和;第5章和第6章 山东工程学院 杜纪功 孟庆和;第7章和第12章 山东工程学院 曲金玉;第9章 石油大学 王玉华 武万龙。此外,山东工程学院 程成,青岛建工学院 林永会,曲阜师范大学机电学院 郭长亮,石油大学 刘春暖,湖南师范大学职业技术学院 杨沿平参加了部分章节的编写和修订。

本书由山东工程学院曲金玉任主编,陈照章任副主编。全书文稿由曲金玉进行了全面修订。

限于作者水平有限,加之时间仓促,书中难免有错误和不当之处,敬请专家、同仁和广大读者批评指正。

编者

# 目 录

序

前言

## 第 1 章 蓄电池 ..... 1

### 1.1 蓄电池的结构与型号 ..... 1

1.1.1 蓄电池的结构 ..... 1

1.1.2 蓄电池的规格型号 ..... 3

### 1.2 蓄电池的工作原理 ..... 4

1.2.1 放电过程 ..... 4

1.2.2 充电过程 ..... 5

### 1.3 蓄电池的工作特性 ..... 5

1.3.1 静止电动势 ..... 5

1.3.2 蓄电池内阻 ..... 6

1.3.3 蓄电池的放电特性 ..... 6

1.3.4 蓄电池的充电特性 ..... 7

1.3.5 蓄电池的容量及其影响因素 ..... 8

### 1.4 蓄电池的充电及充电设备 ..... 9

1.4.1 蓄电池的充电种类 ..... 9

1.4.2 充电方法 ..... 10

1.4.3 充电设备 ..... 11

1.4.4 蓄电池充电注意事项 ..... 12

### 1.5 改进的铅蓄电池 ..... 12

1.5.1 干荷电铅蓄电池 ..... 12

1.5.2 免维护蓄电池 ..... 13

1.5.3 胶体电解质铅蓄电池 ..... 14

### 1.6 蓄电池的使用维护和

故障诊断 ..... 14

1.6.1 蓄电池的正确使用和维护 ..... 14

1.6.2 蓄电池技术状况的检验 ..... 14

1.6.3 蓄电池常见故障及其排除 ..... 17

### 复习思考题 ..... 18

## 第 2 章 交流发电机与调节器 ..... 19

### 2.1 汽车电源系统的组成 ..... 19

### 2.2 交流发电机的结构 ..... 19

2.2.1 转子 ..... 20

2.2.2 定子 ..... 20

2.2.3 整流器 ..... 21

2.2.4 端盖与电刷总成 ..... 22

2.2.5 国产交流发电机的型号 ..... 22

### 2.3 交流发电机的工作原理 ..... 22

2.3.1 发电原理 ..... 22

2.3.2 整流原理 ..... 23

2.3.3 励磁方式 ..... 24

### 2.4 交流发电机的工作特性 ..... 24

2.4.1 空载特性 ..... 24

2.4.2 输出特性 ..... 24

2.4.3 外特性 ..... 25

### 2.5 电压调节器 ..... 25

2.5.1 电压调节器的基本原理 ..... 25

2.5.2 双级电磁振动式电压调节器 ..... 26

2.5.3 晶体管电压调节器 ..... 27

2.5.4 集成电路调节器 ..... 29

### 2.6 交流发电机与调节器的检测 与实验 ..... 32

2.6.1 交流发电机使用和维修注意  
事项 ..... 32

2.6.2 交流发电机的检测与实验 ..... 32

2.6.3 调节器故障检查与调整 ..... 34

### 2.7 充电系故障判断与排除 ..... 38

### 复习思考题 ..... 39

## 第 3 章 起动系统 ..... 40

### 3.1 起动系统的组成和作用 ..... 40

### 3.2 起动机的结构与工作原理 ..... 40

3.2.1 起动机的组成 ..... 40

3.2.2 直流电动机的结构和  
工作原理 ..... 40

3.2.3 串励直流电动机的特性 ..... 42

3.2.4 起动机的型号和分类 ..... 43

<b>3.3 起动机传动机构和电磁操纵机构</b> .....	44	<b>4.4 无触点电子点火系统</b> .....	69
3.3.1 起动机传动机构 .....	44	4.4.1 无触点电子点火系统的组成 .....	69
3.3.2 起动机电磁操纵机构 .....	45	4.4.2 磁感应式电子点火系统 .....	69
<b>3.4 汽车起动系统电路实例分析</b> .....	46	4.4.3 霍尔效应式电子点火系统 .....	72
3.4.1 解放 CA1091 汽车起动系统电路 .....	46	<b>4.5 计算机点火系统</b> .....	76
3.4.2 东风 EQ1090 汽车起动系统电路 .....	47	4.5.1 计算机点火系统的组成 .....	76
3.4.3 北京切诺基汽车起动系统电路 .....	48	4.5.2 计算机点火系统的基本工作原理 .....	77
3.4.4 桑塔纳轿车起动系统电路 .....	48	4.5.3 丰田汽车 TCCS 计算机点火系统的组成和部件结构 .....	78
<b>3.5 减速起动机和永磁起动机</b> .....	49	<b>4.6 无分电器点火系统</b> .....	81
3.5.1 减速起动机 .....	49	4.6.1 无分电器点火系统的组成 .....	81
3.5.2 永磁起动机 .....	50	4.6.2 无分电器点火系统的工作原理 .....	81
<b>3.6 起动机的试验与检修</b> .....	50	<b>4.7 电子点火系统的故障诊断</b> .....	83
3.6.1 起动机的正确使用和维护 .....	50	4.7.1 电子点火系统使用与维修中的注意事项 .....	83
3.6.2 起动机试验 .....	50	4.7.2 故障诊断 .....	83
3.6.3 起动机的检修 .....	52	<b>复习思考题</b> .....	85
3.6.4 起动机的调整 .....	53	<b>第 5 章 照明与信号系统</b> .....	86
3.6.5 起动系统常见故障的诊断与排除 .....	54	<b>5.1 照明与信号系统的组成及其要求</b> .....	86
<b>复习思考题</b> .....	55	5.1.1 照明系统 .....	86
<b>第 4 章 传统点火系统与电子点火系统</b> .....	56	5.1.2 灯光信号系统 .....	86
<b>4.1 传统点火系统的组成及其工作原理</b> .....	56	5.1.3 声响信号装置 .....	87
4.1.1 传统点火系统的组成 .....	56	<b>5.2 照明系统</b> .....	87
4.1.2 传统点火系统的基本工作原理 .....	56	5.2.1 前照灯的组成 .....	87
4.1.3 对点火系统的基本要求 .....	57	5.2.2 前照灯的防眩目 .....	89
<b>4.2 传统点火系统的部件结构与电路分析</b> .....	57	5.2.3 前照灯控制电路 .....	89
4.2.1 传统点火系统的部件结构 .....	57	5.2.4 前照灯的检验与调整 .....	91
4.2.2 点火系统线路分析举例 .....	65	<b>5.3 灯光信号系统</b> .....	93
<b>4.3 传统点火系统的故障诊断检测与调整</b> .....	66	5.3.1 转向信号灯电路 .....	93
4.3.1 点火正时的检查与调整 .....	66	5.3.2 危险报警信号灯电路 .....	95
4.3.2 故障诊断检测 .....	68	5.3.3 制动灯电路 .....	95
		<b>5.4 声响信号系统</b> .....	96
		5.4.1 电喇叭及其控制电路 .....	96
		5.4.2 倒车报警装置 .....	98
		<b>复习思考题</b> .....	99
		<b>第 6 章 汽车仪表与显示系统</b> .....	100
		<b>6.1 汽车仪表系统</b> .....	100



6.1.1	电流表	100	7.5.1	系统的组成	125
6.1.2	油压表	101	7.5.2	系统主要部件的结构和 工作原理	126
6.1.3	水温表	102	<b>7.6 发动机电子控制系统</b>	127	
6.1.4	燃油表	102	7.6.1	莫特朗尼克系统的组成 和功能	128
6.1.5	车速里程表	103	7.6.2	燃油喷射系统和点火系统	128
6.1.6	发动机转速表	104	7.6.3	怠速控制系统	128
<b>6.2 汽车显示报警系统</b>	105	7.6.4	排放控制	130	
6.2.1	充电指示灯	105	7.6.5	故障自诊断系统、故障运行和 安全保险	130
6.2.2	润滑油压力过低报警装置	105	7.6.6	发动机电子控制系统 电路示例	131
6.2.3	制动液面报警装置	106	<b>7.7 电喷发动机的故障检修基本 规则和步骤</b>	135	
6.2.4	燃油液位报警装置	106	7.7.1	电喷发动机检修的基本规则	135
6.2.5	水温报警装置	107	7.7.2	发动机电控系统故障检修 一般步骤	135
<b>6.3 电子显示系统简介</b>	108	<b>7.8 故障码的读取与消除-用人工方 式读取与消除故障码示例</b>	137		
6.3.1	电子显示器件	108	7.8.1	富康 AL1.6i、AG1.6i BOSCH MP5.2 系统故障码的读取 与消除	137
6.3.2	电子仪表板和驾驶员 信息中心	109	7.8.2	美国可莱斯勒公司故障码的 读取与消除示例	138
<b>复习思考题</b>	109	7.8.3	日本丰田汽车公司故障码的 读取与消除方法	138	
<b>第7章 电子燃油喷射系统</b>	110	<b>7.9 用元征 431ME 电眼盯故障诊断 仪测试国产大众车系示例</b>	140		
<b>7.1 电子燃油喷射系统的概念、 类型及其特点</b>	110	7.9.1	汽车电控系统测试仪概述	140	
7.1.1	电子燃油喷射的概念	110	7.9.2	用元征 431ME 电眼盯故障诊断仪 检测国产大众车系电控系统 测试示例	141
7.1.2	电子燃油喷射系统的类型 及其特点	110	7.9.3	OBD- II 故障码	148
<b>7.2 L型电子燃油喷射系统</b>	111	<b>复习思考题</b>	150		
7.2.1	L型电子燃油喷射系统 的组成	111	<b>第8章 防抱死制动系统的 原理与检修</b>	151	
7.2.2	供油系统	112	<b>8.1 ABS系统的组成和基本 工作原理</b>	151	
7.2.3	进气系统	115	8.1.1	ABS系统的组成	151
7.2.4	电控系统	116			
<b>7.3 LH型电子燃油喷射系统</b>	120				
7.3.1	系统的组成和特点	120			
7.3.2	热线式空气流量计和热膜式 空气流量计	120			
7.3.3	电控系统	122			
7.3.4	电控系统其他控制功能	122			
<b>7.4 D型电子燃油喷射系统</b>	123				
7.4.1	系统的组成和特点	123			
7.4.2	供油系统	123			
7.4.3	进气系统	123			
7.4.4	电控系统的组成和电路示例	124			
<b>7.5 单点电子燃油喷射系统</b>	125				

8.1.2	ABS 基本工作原理	151	9.3.2	安全气囊系统检修规则	175
8.1.3	ABS 系统的类型	152	<b>9.4 安全气囊系统故障码的 读取与消除</b>		176
<b>8.2 桑塔纳 2000GSi MK20 - I 型 ABS 系统</b>		153	9.4.1	丰田凌志轿车安全气囊系统故障 码的读取和消除	176
8.2.1	系统的组成和控制电路	153	9.4.2	奥迪轿车的安全气囊系统的故障 诊断与检测	177
8.2.2	ABS 系统主要部件结构和 工作原理	153	9.4.3	奔驰轿车安全气囊系统 故障诊断	178
<b>8.3 红旗 CA7220AE 轿车-凯尔海斯 (Kelsey-Hayes)ABS 系统</b>		157	<b>复习思考题</b>		180
8.3.1	Kelsey-Hayes ABS 系统的组成和 控制电路	157	<b>第 10 章 汽车其他电子控制 系统简介</b>		181
8.3.2	系统部件的结构	157	<b>10.1 电控自动变速器</b>		181
<b>8.4 波许(BOSCH)ABS 系统</b>		159	10.1.1	电控自动变速器的组成和 基本工作过程	181
8.4.1	波许 ABS 系统	159	10.1.2	液力变矩器	181
8.4.2	波许 ABS 系统电路示例	161	10.1.3	行星齿轮变速系统	181
<b>8.5 ABS 系统故障诊断与检修</b>		162	10.1.4	液压自动操纵系统	182
8.5.1	ABS 系统检修要求	162	10.1.5	电子控制系统	184
8.5.2	ABS 系统故障诊断方法	162	10.1.6	电控自动变速器电控系统的 故障自诊断	185
8.5.3	用 V. A. G1552 测试仪读取和清除 桑塔纳 2000GSi 轿车 ABS 系统 故障码	163	<b>10.2 汽车巡航控制系统</b>		186
8.5.4	用 ABS 警告灯读取红旗 CA7220AE 轿车 ABS 系统故障码	166	10.2.1	巡航控制系统的组成	186
<b>复习思考题</b>		167	10.2.2	巡航控制系统的基本原理	187
<b>第 9 章 安全气囊系统</b>		168	10.2.3	凌志轿车巡航控制系统	187
<b>9.1 安全气囊系统的作用和 基本类型</b>		168	<b>10.3 电控悬架系统</b>		188
9.1.1	安全气囊系统的作用	168	10.3.1	半主动悬架的控制系统	189
9.1.2	安全气囊系统的基本类型	168	10.3.2	主动式空气悬架的 控制系统	189
9.1.3	安全气囊系统的工作过程	169	<b>10.4 电子防盗系统</b>		194
<b>9.2 安全气囊系统的组成和 电路实例</b>		169	10.4.1	汽车电子防盗报警系统	194
9.2.1	丰田凌志轿车电子式 安全气囊	169	10.4.2	桑塔纳 2000GSi 型轿车 防盗系统	194
9.2.2	奥迪轿车安全气囊系统	172	<b>复习思考题</b>		196
9.2.3	奔驰轿车安全气囊系统 电路和特点	173	<b>第 11 章 汽车辅助电器设备</b>		197
<b>9.3 安全气囊系统的正确使用与故障 检测规则</b>		175	<b>11.1 电动刮水器与洗涤器</b>		197
9.3.1	安全气囊系统的正确使用	175	11.1.1	刮水器的组成与原理	197
			11.1.2	变速刮水器工作原理	197
			11.1.3	风窗洗涤器	198

11.1.4	风窗刮水与洗涤系统 控制电路	198	12.2.3	插接器	215
<b>11.2</b>	<b>汽车空调</b>	<b>201</b>	<b>12.3</b>	<b>开关、继电器和熔断丝</b>	<b>215</b>
11.2.1	汽车空调的基本组成 和类型	201	12.3.1	开关	215
11.2.2	汽车空调制冷循环工作 过程	201	12.3.2	继电器	216
11.2.3	制冷系统部件结构	202	12.3.3	熔断丝	216
11.2.4	空调系统控制电路	203	12.3.4	中央线路板	218
11.2.5	汽车空调操纵系统	205	<b>12.4</b>	<b>全车电路分析示例-东风</b>	
<b>11.3</b>	<b>风窗除霜装置和电动门窗玻璃 升降器</b>	<b>208</b>		<b>EQ1090 全车电路分析</b>	<b>219</b>
11.3.1	风窗除霜装置	208	12.4.1	电源电路	221
11.3.2	电动门窗玻璃升降器	208	12.4.2	起动电路	221
<b>11.4</b>	<b>汽车音响</b>	<b>209</b>	12.4.3	点火系统电路	222
<b>复习思考题</b>		<b>212</b>	12.4.4	照明电路	222
<b>第 12 章</b>	<b>汽车电器与电子设备</b>		12.4.5	信号电路	223
	<b>总线路</b>	<b>213</b>	12.4.6	仪表和报警装置电路	223
<b>12.1</b>	<b>汽车总线路的组成和特点</b>	<b>213</b>	12.4.7	辅助电器	224
12.1.1	汽车总线路的组成	213	<b>12.5</b>	<b>全车电路图及其识读方法</b>	<b>224</b>
12.1.2	汽车电路的特点	213	12.5.1	桑塔纳 2000 系列轿车全车 电路图及识读方法	224
<b>12.2</b>	<b>汽车线路中的导线、线束和 插接件</b>	<b>213</b>	12.5.2	富康 ZX 轿车全车电路图 及识读方法	239
12.2.1	导线	213	<b>复习思考题</b>		<b>250</b>
12.2.2	线束	215	<b>附录一:汽车电器与电子设备常用 名词术语汉、英对照</b>		<b>251</b>
			<b>附录二:汽车电器与电子设备常用 缩略语英汉对照</b>		<b>257</b>
			<b>主要参考文献</b>		<b>260</b>

# 第1章 蓄 电 池

蓄电池是可逆式直流电源，它与发电机并联后组成汽车电源。在发动机正常工作时，汽车用电设备主要由发电机供电，蓄电池的作用是：

- (1) 发动机起动时，向起动机、点火系供电。
- (2) 发电机不发电或电压较低时，向用电设备供电。
- (3) 当用电设备开启较多、发电机负荷较大时，协助发电机供电。
- (4) 当蓄电池存电不足且发电机运转时，发电机向蓄电池充电，实现能量转换和储存。

此外，蓄电池还相当于大电容，可吸收电路中的瞬时过电压，起到稳定电路电压的作用，以保护汽车电器与电子设备中的电子元件不受损坏。

汽车用蓄电池必须满足发动机起动的需要，即在短时间内向起动机提供大电流（汽油机约为 200~600A，柴油机可达到 1000A），这种蓄电池通常又称为起动机蓄电池。蓄电池有多种类型，根据电解液的不同，可分为酸性蓄电池和碱性蓄电池。由于铅酸蓄电池具有内阻小，电压稳定的特点，并且结构简单、成本低，起动性能好，所以在汽车上得到了广泛的应用。本章主要介绍铅酸蓄电池，简称蓄电池。

## 1.1 蓄电池的结构与型号

### 1.1.1 蓄电池的结构

蓄电池的结构如图 1-1 所示，它主要由极板、隔板、壳体、电解液、铅连接条、极柱等部分组成。一般分隔为三个或六个单格，每个单格电池的标称电压为 2V，将三个或六个单格电池串联后制成一只 6V 或 12V 蓄电池总成。

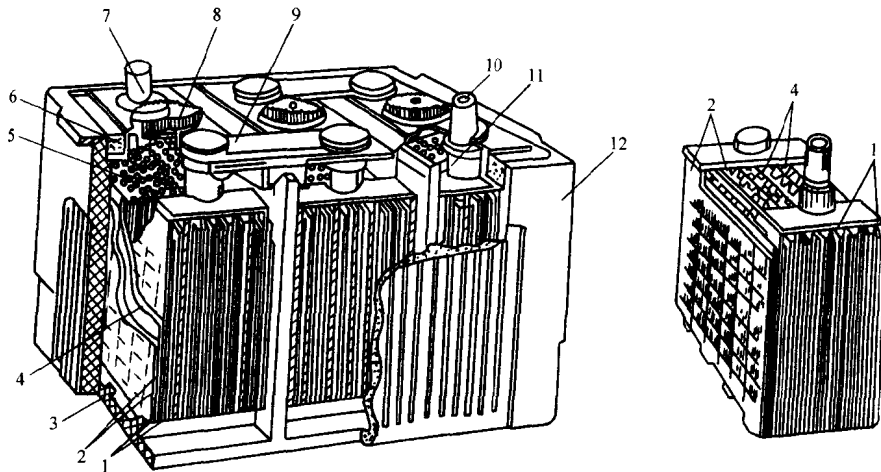


图 1-1 蓄电池结构

- 1—正极板 2—负极板 3—肋条 4—隔板 5—护板护板 6—封料 7—负极接线柱  
8—加液孔螺塞 9—连条 10—正极接线柱 11—电极衬套 12—蓄电池容器

1. 极板 极板分为正极板和负极板，是蓄电池的核心，由栅架和活性物质构成。蓄电池在充、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。加入锑是为了提高栅架的机械强度并改善浇铸性能。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，引起蓄电池的自放电和栅架的膨胀、溃烂。因此，栅架的生产材料将向低锑（含锑量小于 3%）甚至不含锑的铅钙合金发展。

国产负极板的厚度为 1.8mm、正极板为 2.2mm。国外大多采用薄型极板，厚度为 1.1mm~1.5mm。

为了增大蓄电池的容量，将多片正、负极板分别并联，组成正、负极板组，正、负极板相互嵌合，中间插入隔板。在每个单格电池中，负极板的数量总比正极板多一片，正极板都处于负极板之间，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。

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造成短路，正负极板之间要用隔板隔开。隔板材料应具有多孔性且化学性能稳定，以便电解液渗透，并具有良好的耐酸性和抗氧化性。

隔板的材料有木质、微孔橡胶、微孔塑料、以及浸树脂纸质等。

安装时，隔板上带沟槽的一面应面向正极板，这是因为正极板在充、放电过程中化学反应激烈，沟槽能使电解液较顺利地上下流通。同时，使正极板上脱落的活性物质顺利地掉入壳底槽中。

近年来，还将微孔塑料隔板制成袋状，紧包在正极板外部，可进一步防止活性物质脱落，避免极板内部短路并使组装工艺简化。

3. 壳体 蓄电池的壳体用于盛放电解液和极板组，由耐酸、耐热、耐振、绝缘性好并且有一定机械强度的材料制成。早期生产的起动型蓄电池壳体大都采用硬橡胶制成，目前普遍采用聚丙烯塑料壳体。

壳体为整体式结构，壳内由间壁分成 3 个或 6 个单格，底部有突起的肋条，用来搁置极板组。肋条间的空隙用来积存脱落下来的活性物质，以防止在极板间造成短路。壳体上部用加液孔螺塞密封，在每个单格的电池盖上都有一个加液孔，用于添加电解液和蒸馏水，也可用于检查电解液液面高度和测量电解液密度。加液孔螺塞拧紧在加液孔上，以防电解液溅出，螺塞上有通气孔，可使蓄电池化学反应放出的气体 ( $\text{H}_2$  和  $\text{O}_2$  等) 随时逸出。聚丙烯塑料壳体电池盖采用整体式结构。

汽车用蓄电池是由单格电池串联成的蓄电池组，蓄电池的串联方式一般有传统外露式铅连接条连接、内部穿壁式连接和跨越式连接三种，如图 1-2 所示。

4. 电解液 电解液由高纯度硫酸（密度为  $1.84\text{g}/\text{cm}^3$ ）和蒸馏水按一定比例配制而成，电解液密度一般为  $1.24\sim 1.30\text{g}/\text{cm}^3$ 。电解液的配制应严格选用符合 GB4554-84 标准的二级专用硫酸和蒸馏水。电解液密度在  $25^\circ\text{C}$  时一般为  $1.24\sim 1.285\text{g}/\text{cm}^3$ 。不同地区和气候条件下，电解液相对密度要求不同，具体要求见表 1-1。

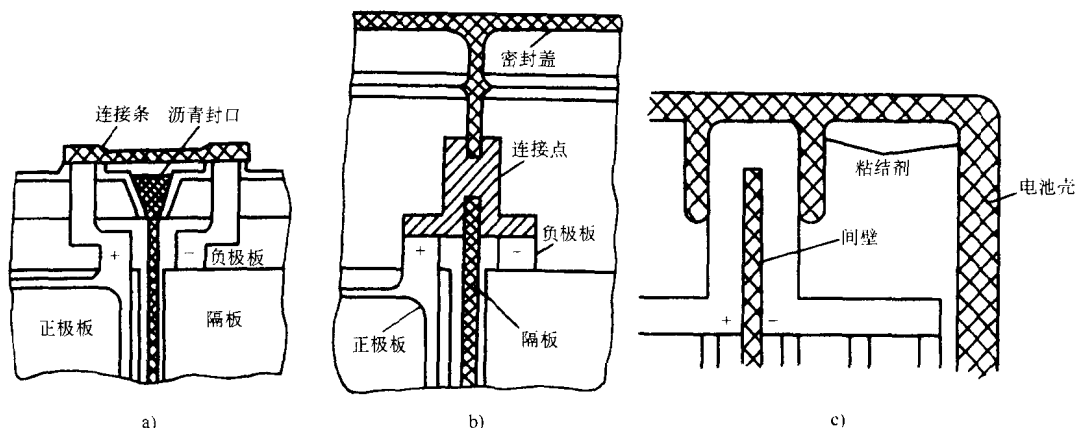


图 1-2 单格电池的连接方式

a) 传统外露式铅连条连接 b) 内部穿壁式连接 c) 跨越式连接

表 1-1 不同地区和气候条件下电解液的密度要求

气候条件	全充电蓄电池 25°C 时的密度 / (g/cm <sup>3</sup> )	
	冬季	夏季
冬季温度低于 -40°C 地区	1.310	1.250
冬季温度高于 -40°C 地区	1.290	1.250
冬季温度高于 -30°C 地区	1.280	1.250
冬季温度高于 -20°C 地区	1.270	1.240
冬季温度高于 0°C 地区	1.240	1.240

### 1.1.2 蓄电池的规格型号

按照我国原机械工业部 JB2599-85《起动型铅蓄电池标准》规定，蓄电池产品型号和含义如下：

□1—□2□3—□4—□5

第一部分表示蓄电池总成由几个单个格电池组成，用阿拉伯数字表示。

第二部分表示蓄电池用途，用大写字母表示，如汽车用蓄电池用“Q”表示，摩托车用蓄电池用“M”表示。

第三部分表示蓄电池特征，用大写字母表示，可省略不写，蓄电池特征代号见表 1-2。

第四部分表示 20h 放电率的额定容量，用阿拉伯数字表示，单位是 A·h。

第五部分表示特殊性能，用大写字母表示，如薄型极板的高起动率电池用“G”表示。

表 1-2 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	密闭式	Y	液密式
W	免维护	B	半密闭式	Q	气密式
S	少维护	F	防酸式	I	激活式

型号举例：例如 3-Q-90，表示由 3 个单格电池组成，额定电压为 6V，额定容量为 90A·h 的起动用蓄电池。又如 6-QAW-100，表示由 6 个单格电池组成，额定电压 12V，额定容量为 100A·h 的起动用干荷电免维护蓄电池。

国产部分车型的蓄电池型号和主要性能见表 1-3。

表 1-3 国产部分车型的蓄电池型号和主要性能

车 型	铅 蓄 电 池			车 型	铅 蓄 电 池		
	型 号	额 定 电 压 /V	额 定 容 量 /A·h		型 号	额 定 电 压 /V	额 定 容 量 /A·h
红旗 CA7220AE	6-QA-63S	12	63	解放 CA1091	6-QAW-100	12	100
奥迪 100	6-QAS-63	12	63	东风 EQ1090	6-QA-105D	12	105
桑塔纳 2000	6-QAW-54	12	54	南京依维柯 35.10		12	110
富康	L. 250A-12V	12	42 或 50	江西五十铃 NHR54		12	80
北京切诺基	58-390 或 58-475	12	60 或 75	江西五十铃 NPR59		12×2	60×2
天津夏利	6-QA-40S	12	40				

## 1.2 蓄电池的工作原理

蓄电池的充电过程和放电过程是一种可逆的化学反应，充电过程是将电能转化为化学能储存在蓄电池中，放电过程是将化学能转变为电能供给汽车用电设备。

### 1.2.1 放电过程

放电过程如图 1-3 所示，当极板浸入电解液时，在负极板有少量铅溶入电解液生成  $Pb^{2+}$ ，从而在负极板上留下多余的电子，使负极板呈负电位，约为  $-0.1V$ 。

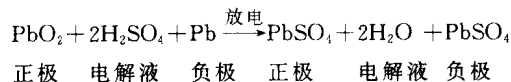
在正极板处，少量  $PbO_2$  溶入电解液，与水反应生成  $Pb(OH)_4$ ， $Pb(OH)_4$  再分离成  $Pb^{4+}$  和  $OH^-$ 。

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

$$E_0 = 2.0V - (-0.1V) = 2.1V$$

若接通外电路，在电动势的作用下，使电路产生电流  $I_t$ ，在正极板处  $Pb^{4+}$  和负极板的电子结合，生成二价铅离子  $Pb^{2+}$ 。 $Pb^{2+}$  与电解液中的  $SO_4^{2-}$  结合，生成  $PbSO_4$  而沉附在正极板上，使得正极板电位降低。

在负极板处  $Pb^{2+}$  与  $SO_4^{2-}$  结合，生成  $PbSO_4$  而沉附在负极板上。放电过程的化学方程式为



理论上，放电过程应使极板上的活性物质全部转变为硫酸铅而实际上，由于电解液不能渗透到活性物质的最内层，放电终了的蓄电池只有 20%~30% 的活性物质转变为硫酸铅，因此采用薄型极板，增加多孔性，以提高活性物质的利用率。

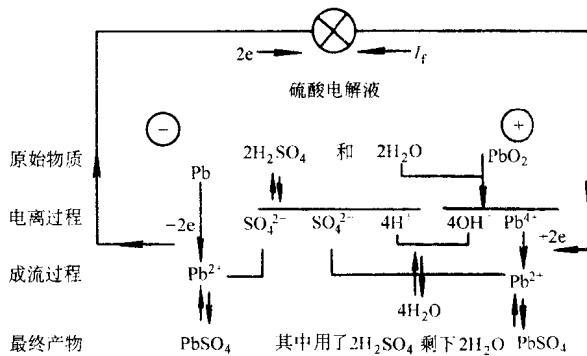
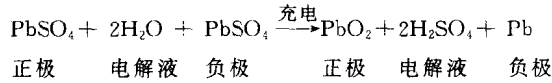


图 1-3 蓄电池的放电过程

放电时,使正、负极板上活性物质  $\text{PbO}_2$  和  $\text{Pb}$  将不断地转化为  $\text{PbSO}_4$ , 电解液中的  $\text{H}_2\text{SO}_4$  将不断的减小, 而  $\text{H}_2\text{O}$  增多, 电解液密度下降。

### 1.2.2 充电过程

充电时, 蓄电池外接直流电源, 因直流电源端电压高于蓄电池电动势, 故电流从正极流向负极。此时正、负极板发生的反应与放电过程相反, 其化学反应方程式为



充电过程如图 1-4 所示, 正极板处有少量  $\text{PbSO}_4$  溶于电解液变成  $\text{Pb}^{2+}$  和  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$  在外界电场的作用下失去两个电子变成  $\text{Pb}^{4+}$ , 和电解液中  $\text{OH}^-$  结合生成  $\text{Pb}(\text{OH})_4$ ,  $\text{Pb}(\text{OH})_4$  进一步分解成  $\text{PbO}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{PbO}_2$  沉附在正极板上, 而  $\text{SO}_4^{2-}$  和电解液中的  $\text{H}^+$  结合成  $\text{H}_2\text{SO}_4$ 。

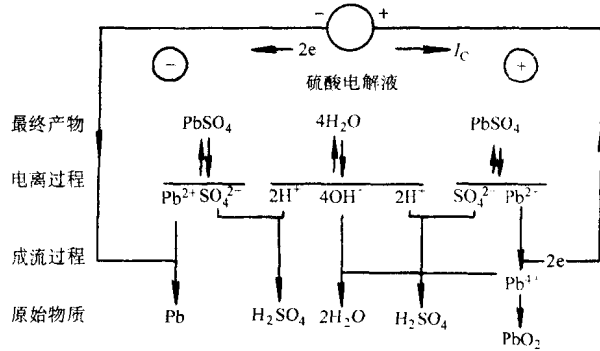


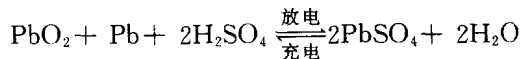
图 1-4 蓄电池的充电过程

负极板上有少量  $\text{PbSO}_4$  溶入电解液中, 变成  $\text{Pb}^{2+}$  和  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$  在外界电场的作用下获得两个电子变成  $\text{Pb}$ , 沉附在负极板上,  $\text{SO}_4^{2-}$  则和电解液中  $\text{H}^+$  结合变成  $\text{H}_2\text{SO}_4$ 。

充电接近终了时, 电解液的相对密度升至最大值, 并引起水的电解, 即负极板周围的  $2\text{H}^+$  得到 2 个电子后, 变成  $\text{H}_2$  从电解液中逸出; 正极板周围的  $\text{O}^{2-}$  失去 2 个电子后, 变成  $\text{O}_2$  从电解液中逸出。

由此可见, 充电过程中消耗了水, 生成了硫酸, 故充电时电解液的密度是上升的; 而放电过程中消耗了硫酸, 生成了水, 故放电时电解液密度是下降的。

蓄电池在充、放电过程中, 总的化学反应方程式为



## 1.3 蓄电池的工作特性

### 1.3.1 静止电动势

静止电动势  $E_0$  是指单格电池在静止状态下 (不进行充、放电时) 正负极板之间的电位差。静止电动势主要取决于电解液的密度和温度。电解液相对密度  $1.05 \sim 1.30 \text{g/cm}^3$  范围内, 单格电池的静止电动势可以用下述经验公式计算

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

式中  $\rho_{25^\circ\text{C}}$  ——  $25^\circ\text{C}$  时的电解液密度 ( $\text{g/cm}^3$ )。

实际测得的电解液密度应按下式换算成  $25^\circ\text{C}$  时的密度

$$\rho_{15^\circ\text{C}} = \rho_t + \beta (t - 25) \quad (1-2)$$

式中  $\rho_t$  —— 实际测得的电解液密度 ( $\text{g/cm}^3$ );

$\beta$  —— 密度温度系数。  $\beta = 0.00075$ , 即温度每升高  $1^\circ\text{C}$ , 密度将下降  $0.00075 \text{g/cm}^3$ ;



$t$ ——实际测得的电解液温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )。

### 1.3.2 蓄电池内阻

蓄电池内阻包括极板电阻、隔板电阻、电解液电阻和连条电阻等。

极板电阻很小,其阻值随活性物质而变化。充电后电阻减小,放电后电阻增大。

隔板电阻与材料有关,木质隔板多孔性差,其电阻值比微孔橡胶、微孔塑料隔板的大。

电解液的电阻随着密度、温度不同而变化。实验证明,电解液的密度在  $1.20\text{g}/\text{cm}^3$  ( $15^{\circ}\text{C}$ ) 时,阻值最小,如图 1-5 所示。原因是该密度时,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  离解出的  $\text{H}^+$  和  $\text{HSO}_4^-$  的数量较多。温度降低时,离子活动能力差,电阻增大。

一只技术状态良好的蓄电池的内阻只有  $0.01\Omega$  左右。因此在起动时可以输出较大电流,满足起动机的需要。

### 1.3.3 蓄电池的放电特性

蓄电池的放电特性是指充足电的蓄电池在恒流放电过程中,端电压  $U$ 、电解液密度  $\rho_{15^{\circ}\text{C}}$  随时间变化的规律。蓄电池以 20h 放电率恒流放电的特性曲线如图 1-6 所示。

电解液密度是随着放电的进行按直线规律下降的。这是因为在恒流放电过程中,单位时间内消耗的硫酸和生成水的数量是一定的缘故。

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,中间较平缓,接近放电终了时,又迅速下降,当电压降到  $1.75\text{V}$  时(若继续放电,电压将急剧下降到零),若切断放电电流,端电压又上升到一定值。

开始放电时,化学反应在极板孔隙内进行,首先消耗的是极板孔隙内的硫酸,因极板孔隙较小,所以极板孔隙内电解液密度迅速下降,电动势迅速下降,端电压迅速下降。

随着极板孔隙内电解液密度的不断下降,孔隙内外电解液的密度差不断增大,在密度差的作用下,硫酸向孔隙内渗透。当渗透到孔隙的硫酸与消耗的硫酸达到动态平衡时,孔隙内部的电解液密度将随着孔隙外电解液密度一起下降,端电压按近似直线规律缓慢下降。

在迅速下降阶段,由于极板表面和孔隙中生成的硫酸铅体积较大,孔隙变小,使孔隙外的电解液向内渗透困难,所以孔隙内已稀释的电解液很难与孔隙外的电解液混合,密度下降很快;同时,由于硫酸铅本身的导电性能差,放电时间越长,硫酸铅越多,内电阻越大。

通常把端电压急剧下降的临界点,称为放电终了。当蓄电池达到放电终了时,必须停止放电。放电终了后再继续放电,称为过放电。由于极板孔隙被大颗粒的硫酸铅堵塞,电解液无法渗入内部参加化学反应,极板孔隙内电解液密度急剧下降到零,端电压也将急剧下降到

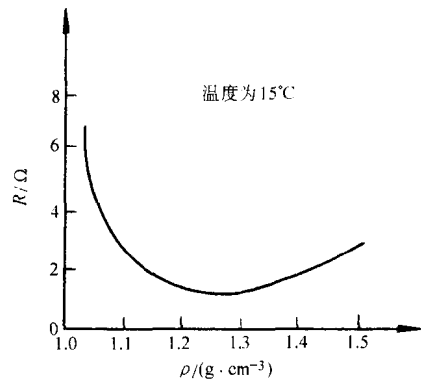


图 1-5 电解液电阻与密度的关系

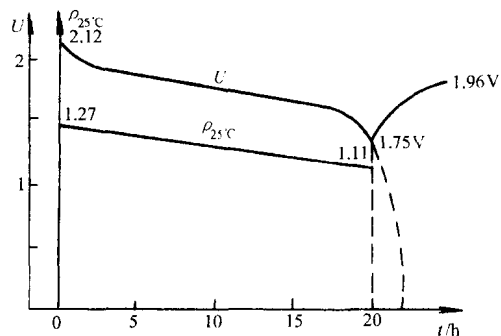


图 1-6 蓄电池放电特性曲线