

21

21世纪全国高校应用人才培养汽车类规划教材

汽车电器 与电子控制技术

QICHE DIANQI YU DIANZI KONGZHI JISHU

曲金玉 崔振民 主 编
谭德荣 主 审



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

U463.6
6

21 世纪全国高校应用人才培养汽车类规划教材

汽车电器与电子控制技术

曲金玉 崔振民 主编

谭德荣 主审



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书全面、系统地讲述了汽车电器设备与电子控制系统的结构、原理与检测诊断。全书共分 14 章：第 1 至 7 章分别讲述蓄电池、交流发电机与调节器、起动系统、传统点火系统与电子点火系统、照明与信号系统、汽车仪表与报警指示灯系统、汽车辅助电器设备等汽车电器设备内容；第 8 至 13 章分别讲述电子燃油喷射系统、电控自动变速器、防抱死制动系统与驱动防滑系统、安全气囊系统、汽车巡航控制系统、电子控制悬架等汽车电子控制系统内容；第 14 章讲述了汽车电器与电子系统总电路。各章结合上海大众桑塔纳 2000、帕萨特 B5、上海通用别克、广州本田雅阁、一汽红旗、一汽大众捷达、富康等轿车以及东风 EQ1090、解放 CA1091 等货车，系统讲解了汽车电器和电子控制系统的结构、原理和故障检测诊断。

本书可作为大专院校汽车运用工程、汽车服务工程、交通运输（载运工具运用工程）、车辆工程、汽车电子技术等专业的教材或参考书，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

汽车电器与电子控制技术/曲金玉，崔振民主编。—北京：北京大学出版社，2006.8
(21 世纪全国高校应用人才培养汽车类规划教材)
ISBN 7-301-10984-9

I. 汽… II. ①曲… ②崔… III. ①汽车—电器设备—高等学校—教材 ②汽车—电子控制—高等学校—教材 IV. U463.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2006）第 096422 号

书 名：汽车电器与电子控制技术

著作责任者：曲金玉 崔振民 主编

责任编辑：胡伟晔 许振伍

标准书号：ISBN 7-301-10984-9/U·0005

出版者：北京大学出版社

地 址：北京市海淀区成府路 205 号 100871

电 话：邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62765013 出版部 62754962

网 址：<http://www.pup.cn>

电子信箱：xxjs@pup.pku.edu.cn

印 刷 者：北京飞达印刷有限责任公司

发 行 者：北京大学出版社

经 销 者：新华书店

787 毫米×980 毫米 16 开本 21.75 印张 475 千字

2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷

定 价：35.00 元

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有，侵权必究

举报电话：010-62752024；电子信箱：fd@pup.pku.edu.cn

前 言

随着汽车技术的发展,汽车电器和电子控制技术在汽车中占有日益重要的地位。汽车电器和电子控制技术是提高汽车动力性、经济性、安全性、可靠性、操纵方便性、舒适性和降低排放的重要手段,汽车电器和电子控制技术是汽车运用工程、交通运输(载运工具运用工程)、车辆工程、汽车电子技术等专业重要的专业课之一。为满足本课程教学的要求,特编写该教材。

本教材在编写过程中注重理论联系实际,力求内容系统、新颖、图文并茂、重点突出。各章节在讲解基本组成、结构原理时,尽量结合最新常见车型典型电路进行分析讲解,注重培养学生的电路分析和故障检测诊断的能力。对于交流发电机与调节器、电子点火系统、电子燃油喷射系统、电控自动变速器、防抱死控制系统等重要章节,在全面、系统地讲解其基本组成、结构原理的基础上,还介绍了部分代表车型的电路及其检测诊断方法。

本书共14章,第1至7章侧重讲述汽车电器设备,第8至13章侧重讲述汽车主要的电子控制系统,第14章结合典型车型的整车电路,讲述汽车电器与电子系统总电路。参加各章的编写的有:第1章由江苏大学陈冲编写;第2章、第8章、第9章由山东理工大学曲金玉编写;第3章、第12章由江苏大学张家龙编写;第4章、第14章由山东交通职业学院崔振民编写;第5章、第6章、第7章由江苏大学刘占锋编写;第11章由南京工程学院丁左武编写;第10章由山东理工大学任桂周编写;第13章由山东理工大学郭常亮编写。

本书由曲金玉、崔振民任主编。全书内容由曲金玉、崔振民进行了全面修订。山东理工大学谭德荣对全书进行了审阅。

本书可作为大专院校汽车运用工程、汽车服务工程、交通运输(载运工具运用工程)、车辆工程、汽车电子技术等专业学生的教材或参考书,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。

本书在编写过程中参照了大量的书籍资料,在此向原书作者表示真诚的感谢。由于作者水平有限,书中难免有错误和不当之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2006年6月

目 录

第 1 章 蓄电池	1
1.1 蓄电池的结构与型号	1
1.1.1 蓄电池的构造	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 充电过程	4
1.2.2 放电过程	5
1.3 蓄电池的工作特性	6
1.3.1 静止电动势	6
1.3.2 蓄电池的内阻	7
1.3.3 蓄电池的充电特性	7
1.3.4 蓄电池的放电特性	8
1.3.6 蓄电池的容量及影响因素	9
1.4 蓄电池的充电	11
1.4.1 蓄电池的充电种类	11
1.4.2 充电方法	12
1.5 新型铅酸蓄电池	14
1.5.1 干荷电铅酸蓄电池	14
1.5.2 免维护蓄电池	15
1.5.3 胶体电解质铅酸蓄电池	16
1.6 蓄电池的使用与维护	16
1.6.1 蓄电池的正确使用和维护	16
1.6.2 蓄电池技术状况的检查	17
1.6.3 蓄电池的常见故障及维修	18
1.7 思考题	19
第 2 章 交流发电机与调节器	20
2.1 汽车电源系统的组成	20
2.2 交流发电机的类型和构造	20
2.2.1 交流发电机的类型	20
2.2.2 交流发电机的构造	21

2.2.3	国产交流发电机的型号	25
2.3	交流发电机的工作原理	26
2.3.1	发电原理	26
2.3.2	整流原理	26
2.3.3	励磁方式	28
2.3.4	带中性点输出的交流发电机整流原理	28
2.3.5	带励磁二极管的交流发电机	30
2.4	交流发电机的工作特性	31
2.4.1	空载特性	31
2.4.2	输出特性	31
2.4.3	外特性	32
2.5	电压调节器	32
2.5.1	电压调节器的作用和类型	32
2.5.2	电压调节器的基本原理	33
2.5.3	双级电磁振动式电压调节器	33
2.5.4	晶体管电压调节器	35
2.5.5	集成电路调节器	37
2.6	充电系统电路实例分析	41
2.6.1	解放 CA1091 充电系统电路	41
2.6.2	上海大众 SANTANA 2000 系列轿车充电系统电路	41
2.6.3	上海通用别克轿车充电系统电路	42
2.7	交流发电机与调节器的检测与实验	43
2.7.1	交流发电机使用和维修注意事项	43
2.7.2	交流发电机的检测与实验	44
2.7.3	调节器故障检查与调整	47
2.8	充电系统故障判断与排除	50
2.9	思考题	51
第 3 章	起动系统	53
3.1	起动系统的组成和作用	53
3.2	起动机的结构与工作原理	53
3.2.1	起动机的组成	53
3.2.2	直流电动机的结构和工作原理	54
3.2.3	串励直流电动机的特性	57
3.2.4	起动机的型号和分类	58
3.3	起动机的传动机构和电磁操纵机构	59

3.3.1	起动机传动机构	59
3.3.2	起动机电磁操纵机构	61
3.4	减速起动机和永磁起动机	62
3.4.1	减速起动机	62
3.4.2	永磁起动机	63
3.5	汽车起动系统电路实例分析	64
3.5.1	解放 CA1091 汽车起动系统电路	64
3.5.2	桑塔纳轿车起动系统电路	65
3.5.3	上海别克汽车起动系统电路	66
3.6	起动机试验与检修	67
3.6.1	起动机正确使用和维护	67
3.6.2	起动机试验	67
3.6.3	起动机检修	68
3.6.4	起动机调整	70
3.6.5	起动系统常见故障的诊断与排除	71
3.7	思考题	72
第4章	传统点火系统与电子点火系统	73
4.1	概述	73
4.1.1	点火系统的作用	73
4.1.2	点火系统的分类	73
4.1.3	发动机点火系统的基本要求	73
4.2	传统点火系统的组成及其工作原理	74
4.2.1	传统点火系统的组成	74
4.2.2	传统点火系统的基本工作原理	75
4.2.3	传统点火系统的主要部件	76
4.3	无触点电子点火系统	85
4.3.1	无触点电子点火系统的组成	85
4.3.2	磁感应式电子点火系统	86
4.3.3	霍尔效应式电子点火系统	87
4.4	微机控制点火系统	90
4.4.1	微机控制点火系统的组成	91
4.4.2	微机控制点火系统的基本工作原理	92
4.4.3	微机控制点火系统的应用实例	94
4.5	无分电器点火系统	97
4.5.1	无分电器点火系统的组成	97

4.5.2	无分电器点火系统的工作原理.....	97
4.6	电子点火系统的故障诊断.....	99
4.6.1	点火系统的常见故障.....	99
4.6.2	电子点火系统使用与维修中的注意事项.....	100
4.6.3	无触点电子点火系统的故障检查.....	100
4.7	思考题.....	105
第5章	照明与信号系统.....	106
5.1	照明与信号系统的组成及其要求.....	106
5.1.1	照明系统.....	106
5.1.2	灯光信号系统.....	107
5.1.3	声响信号装置.....	107
5.2	照明系统.....	108
5.2.1	前照灯的组成.....	108
5.2.2	前照灯的防眩目.....	111
5.2.3	前照灯控制电路.....	112
5.2.4	前照灯的检验项目与要求.....	113
5.3	灯光信号系统和声响信号系统.....	113
5.3.1	转向信号灯电路.....	114
5.3.2	危险报警信号灯电路.....	116
5.3.3	制动信号灯.....	117
5.4	声响信号系统.....	118
5.4.1	电喇叭及其控制电路.....	118
5.4.2	倒车报警控制装置.....	119
5.5	思考题.....	121
第6章	汽车仪表与报警指示灯系统.....	122
6.1	汽车仪表与报警指示灯系统的组成.....	122
6.2	汽车仪表系统.....	123
6.2.1	汽车仪表系统电路.....	123
6.2.2	电流表.....	124
6.2.3	机油压力表.....	125
6.2.4	水温表.....	126
6.2.5	燃油表.....	127
6.2.6	车速里程表.....	128
6.2.7	发动机转速表.....	129
6.3	汽车报警灯.....	131

6.3.1	充电指示灯	131
6.3.2	机油压力过低报警灯	131
6.3.3	制动液面报警灯	132
6.3.4	燃油液位报警装置	132
6.3.5	水温报警灯	133
6.4	思考题	133
第7章	汽车辅助电器设备	134
7.1	电动刮水器与风窗洗涤器	134
7.1.1	电动刮水器	134
7.1.2	风窗玻璃洗涤器	136
7.2	汽车空调	137
7.2.1	汽车空调的基本组成和类型	137
7.2.2	汽车空调制冷循环工作过程	137
7.2.3	制冷系统结构部件	138
7.2.4	空调系统控制电路	141
7.3	风窗除霜装置和电动门窗	143
7.3.1	风窗除霜装置	143
7.3.2	电动门窗	143
7.4	汽车音响	145
7.5	中控门锁	146
7.6	思考题	148
第8章	电子燃油喷射系统	149
8.1	概述	149
8.1.1	电子燃油喷射系统的作用	149
8.1.2	电子燃油喷射方式和系统的基本类型	149
8.2	L型、LH型多点电子燃油喷射系统	150
8.2.1	L型、LH型电子燃油喷射系统的组成	150
8.2.2	供油系统	152
8.2.3	进气系统	154
8.2.4	电控系统	159
8.2.5	喷油脉宽的确定	164
8.3	D型电子燃油喷射系统	165
8.3.1	系统的组成和特点	165
8.3.2	供油系统	166
8.3.3	进气系统	166

8.3.4	电控系统的组成和电路示例	167
8.4	单点电子燃油喷射系统	168
8.4.1	系统的组成	168
8.4.2	系统主要部件的结构和工作原理	169
8.5	汽油机电控电子控制系统	171
8.5.1	汽油机电控电子控制系统的组成和功能	171
8.5.2	莫特朗尼克系统	172
8.5.3	发动机主要控制系统	173
8.6	发动机辅助控制系统	173
8.6.1	怠速控制系统	173
8.6.2	排放控制系统	177
8.6.3	进气增压控制	178
8.6.4	可变气门正时与气门升程电子控制	180
8.6.5	故障自诊断系统、故障运行和安全保险	182
8.7	发动机电子控制系统电路和检测诊断	183
8.7.1	电喷发动机检修的基本规则	183
8.7.2	桑塔纳 2000GSi 轿车发动机电控系统检测诊断	183
8.7.3	红旗 CA7220AE 轿车 4GE 型发动机电控系统	186
8.7.4	第 2 代车载诊断系统 OBD-II	190
8.8	思考题	192
第 9 章	电控自动变速器	193
9.1	概述	193
9.1.1	自动变速器的类型	193
9.1.2	电控自动变速器的基本组成和工作过程	193
9.2	液力变矩器和行星齿轮变速器	195
9.2.1	液力变矩器	195
9.2.2	行星齿轮变速器	197
9.2.3	液压系统	204
9.3	电子控制系统	205
9.3.1	电子控制系统的组成与作用	205
9.3.2	电子控制系统基本工作原理	207
9.3.3	01N 型自动变速器电子控制系统部件	209
9.4	电控自动变速器的故障检测与诊断	212
9.4.1	电控自动变速器的一般检测步骤	212
9.4.2	电控系统故障自诊断检测	213

9.4.3 电控自动变速器的检测试验	217
9.5 思考题	218
第10章 防抱死制动系统与驱动防滑系统	219
10.1 ABS系统基本工作原理	219
10.1.1 ABS系统基本工作原理	219
10.1.2 ABS系统的类型	221
10.2 ABS的组成与结构	221
10.2.1 ABS系统的组成	221
10.2.2 车轮转速传感器	222
10.2.3 电控单元(ABS ECU)	223
10.2.4 制动压力调节器	224
10.2.5 制动开关和ABS报警灯	226
10.2.6 桑塔纳2000GSi MK20-I型ABS系统	226
10.3 驱动防滑系统	230
10.3.1 ASR控制的基本方式	230
10.3.2 ASR的工作原理	231
10.4 驱动防滑系统的组成与结构	232
10.4.1 驱动防滑系统的组成	232
10.4.2 驱动防滑系统的结构	232
10.5 ABS/ASR系统故障诊断与维修	234
10.5.1 ABS/ASR系统检修要求	234
10.5.2 ABS/ASR系统故障诊断方法	235
10.5.3 用V.A.G1552测试仪读取和清除 桑塔纳2000GSi轿车ABS系统故障码	236
10.5.4 上海别克ABS/ETS/TCS系统及检修	239
10.6 思考题	248
第11章 安全气囊系统	249
11.1 安全气囊系统的作用和基本类型	249
11.1.1 安全气囊系统的作用	249
11.1.2 安全气囊系统的基本类型	250
11.2 安全气囊系统的组成和工作原理	251
11.2.1 安全气囊系统的组成	251
11.2.2 碰撞传感器	251
11.2.3 气体发生器及安全气囊组件	253
11.2.4 电控单元	256

11.2.5	SRS 指示灯和线束.....	257
11.2.6	安全气囊系统电路实例.....	257
11.3	安全气囊系统的故障检测.....	261
11.3.1	安全气囊系统的正确使用.....	261
11.3.2	安全气囊系统检修规则.....	261
11.3.3	上海大众帕萨特 B5 安全气囊系统故障检测.....	262
11.3.4	广州本田雅阁轿车安全气囊系统故障码的读取和消除.....	265
11.5	思考题.....	268
第 12 章	汽车巡航控制系统.....	269
12.1	巡航控制系统的组成与工作原理.....	269
12.1.1	巡航控制系统的组成.....	269
12.1.2	巡航控制系统的基本原理.....	270
12.2	巡航控制系统的电路和部件结构.....	270
12.2.1	巡航控制系统的电路.....	270
12.2.2	巡航控制系统的部件结构.....	271
12.3	巡航控制系统的故障诊断.....	274
12.3.1	巡航控制系统的故障自诊断.....	274
12.3.2	巡航控制系统故障检查排除方法.....	277
12.4	思考题.....	279
第 13 章	电子控制悬架.....	280
13.1	半主动悬架与主动悬架的概念.....	280
13.2	半主动悬架系统.....	280
13.2.1	半主动悬架系统的组成.....	280
13.2.1	半主动悬架系统的工作原理.....	281
13.3	主动悬架系统.....	283
13.3.1	主动悬架系统的组成和基本结构.....	283
13.3.2	空气悬架刚度与阻尼的自动调节.....	286
13.3.3	车身高度调节.....	287
13.4	电子控制悬架的故障诊断与检测实例.....	289
13.4.1	电子控制悬架的故障自诊断.....	289
13.4.2	电子控制悬架故障检查.....	290
13.5	思考题.....	292
第 14 章	汽车电器与电子系统总线路.....	293
14.1	汽车总线路的组成和特点.....	293
14.1.1	汽车总线路的组成.....	293

14.1.2	汽车电路的特点.....	293
14.1.3	汽车电路的表示方法.....	294
14.2	汽车线路中的导线、线束和插接件.....	294
14.2.1	导线.....	294
14.2.2	线束.....	296
14.2.3	插接器.....	296
14.3	开关、继电器和熔断丝.....	297
14.3.1	开关.....	297
14.3.2	继电器.....	297
14.3.3	熔断丝.....	297
14.4	捷达系列轿车全车电路图及识读方法.....	299
14.4.1	捷达系列轿车电路图中符号的含义.....	299
14.4.2	捷达系列轿车全车电路图.....	302
	参考文献.....	333

第 1 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组成电源系统向用电设备供电。蓄电池的作用是：

- (1) 汽车发动机起动时，向发动机和点火系统供电。
- (2) 当发电机不发电或电压较低时向用电设备供电。
- (3) 发电机过载时，协助发电机向用电设备供电。
- (4) 发动机正常运转时，发电机向蓄电池充电。

(5) 蓄电池还有稳定电压的作用。蓄电池相当于一个大的电容器，可吸收电路中的瞬时高电压，从而保护电子元件不被击穿。

汽车用的是起动型蓄电池，满足起动发动机的需要，5 s~10 s 内向起动机提供强大的电流，一般汽油机为 200 A~600 A，有些柴油机高达 1000 A。

铅酸蓄电池结构简单，价格低廉，同时其内阻小，起动性能好，因此在汽车上得到广泛的应用。车用铅酸蓄电池按其结构特点不同，可分为普通型、干荷型、免维护型和胶体型铅酸蓄电池。本章主要介绍汽车用起动型铅酸蓄电池。

1.1 蓄电池的结构与型号

1.1.1 蓄电池的构造

蓄电池的构造如图 1-1 所示，一般由 3 个或 6 个单格电池串联而成。单格电池主要由极板、隔板、电解液和外壳等组成。每个单格电池的标称电压为 2 V。

1. 极板

极板是蓄电池的基本部件，由它接受输入的电能和向外释放电能。极板的活性物质与电解液反应，完成蓄电池的充、放电化学反应。

蓄电池的极板分为正极板和负极板，它们都是由栅架和涂在栅架上的活性物质构成的，正、负极板的外形相同。

极板栅架由铅锑合金浇铸而成，加锑是为了改善浇铸性能和提高机械强度。

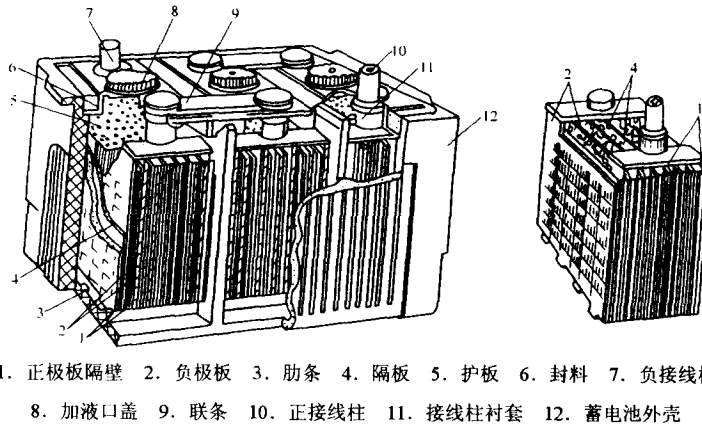


图 1-1 蓄电池的构造

正极板的活性物质是棕红色的二氧化铅 (PbO_2)，负极板的活性物质是青灰色的海绵状纯铅 (Pb)。为了使电解液能顺利渗入极板内部，极板的活性物质应具有多孔性。

将正、负极板各一片，浸入电解液内，可获得约 2.1 V 的电动势。为了增大蓄电池的容量，在单格电池中，将多片正、负极板分别焊接成正、负极板组。然后将正、负极板组交错装插在一起，形成单格电池的极板组。在一个单格内负极板总是比正极板多一片，这样可以使正极板两面都处于负极板之间，正极板放电均匀，避免了正极板两侧活性物质体积变化不一致造成的极板拱曲、活性物质脱落。

2. 隔板

隔板安装在正、负极板之间，其作用是使正负极板尽量靠近而又不至于接触短路，以缩小蓄电池的体积，防止极板变形及活性物质脱落。

隔板多采用微孔塑料、橡胶、纸质及玻璃纤维等材料制成。隔板材料具有多孔性，便于电解液渗透，还要具有耐酸、绝缘、抗氧化等性能。隔板通常一面带有沟槽（或玻璃纤维），安装时，应将带沟槽面朝向正极板，并使沟槽竖直放置。

3. 电解液

电解液是由相对密度为 1.84 的纯硫酸 (H_2SO_4) 和蒸馏水 (H_2O) 配制而成的，相对密度一般在 1.24~1.31 之间。使用时应根据制造厂的要求和当地的气温条件选择，见表 1-1。

4. 外壳

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，外壳应耐酸、耐热、耐寒、耐震。外壳的材料有硬质橡胶和聚丙烯塑料两种，由于聚丙烯材料的外壳轻，

美观透明，且综合性能好，现已取代了传统的硬橡胶外壳。外壳被间壁分为3个或6个互相分离的小格子，底部有凸起的肋条支撑极板组，肋条之间的空间用来盛放极板脱落的活性物质，以防极板短路。

表 1-1 不同地区和气候条件下的电解液的相对密度

使用地区最低气温 (°C)	全充电 25°C 时的相对密度	
	冬 季	夏 季
<-40	1.31	1.27
-30~40	1.29	1.26
-20~-30	1.28	1.25
0~20	1.27	1.24

采用橡胶外壳时，每单格有一个小盖，小盖两端的孔是为了将单格电池的电极穿出，中间有一个电解液加液孔，平时拧装一个螺塞（又称加液孔盖），螺塞上有一个通气小孔，蓄电池使用时应保持其畅通。盖子与外壳间用封口胶密封。

5. 联条

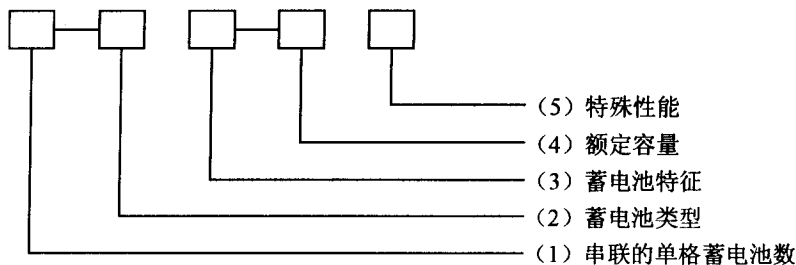
联条的作用是将各单格电池串联起来。传统蓄电池的联条是外露式的，用铅锑合金铸造而成，耗材较多、电阻较大，已逐渐被穿壁式或跨接式取代。

6. 极桩

极桩有锥台形和L形等形式。为便于识别，在极桩的上方或旁边标刻有“+”（或P）“-”（或N）标记，或者在正极桩上涂红色油漆。

1.1.2 蓄电池的规格型号

根据我国原机械工业部 JB 2599—1985《起动型铅酸蓄电池标准》规定，蓄电池型号由三部分组成，其内容及排列如下：



(1) 串联的单格电池数，用阿拉伯数字表示。

(2) 电池类型，按蓄电池的主要用途划分，起动型蓄电池用“Q”表示。

(3) 电池特征，用字母标注。无特殊特征时，该项省略不标；当产品同时具有两种特征时，应按表 1-2 的顺序将两个特征代号并列标注。

(4) 额定容量，指 20 h 放电率时的额定容量，用阿拉伯数字表示，单位是安培小时 (A·h)。

(5) 特殊性能，用大写字母表示，如高温起动蓄电池用“G”表示，低温起动性能好的蓄电池用“D”表示，塑料外壳蓄电池用“S”表示等。

表 1-2 蓄电池的结构代号

结构特征	代号	汉字	结构特征	代号	汉字	结构特征	代号	汉字
干荷电	A	干	湿荷电	H	湿	免维护	W	维

例如，红旗 CA7220AE 型轿车用 6-QA-60S 型蓄电池，是由 6 个单格电池组成，额定电压为 12 V，额定容量为 60 A·h，采用塑料外壳的干荷电启动型蓄电池。

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，放电过程是将化学能转化为电能。

1.2.1 充电过程

蓄电池的充电过程是将电能转化为化学能的过程。充电时，当电源电压高于蓄电池的电动势时，在电场力的作用下，电流从蓄电池正极流入，再从负极流出。此时的化学反应过程如图 1-2 所示。

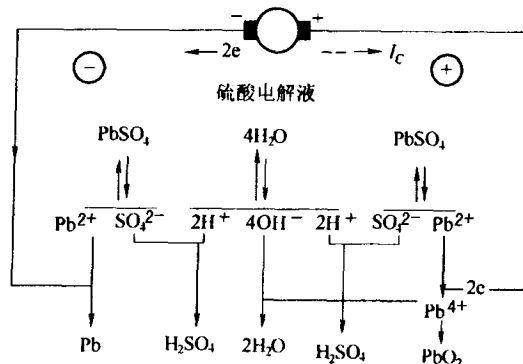


图 1-2 蓄电池的充电过程