



21世纪全国高等院校汽车类**创新型**应用人才培养规划教材

汽车电器 及电子控制技术

司景萍 高志鹰 主编
张玉萍 主审

- ✓ 完美结合设备和控制技术两大内容
- ✓ 详细阐述现代汽车各大先进系统
- ✓ 全面分析常见故障及排除技巧



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国高等院校汽车类创新型应用人才培养规划教材

汽车电器及电子控制技术

主 编	司景萍	高志鹰	
副主编	陈永艳	冯朝卿	张慧杰
主 审	张玉萍		



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书为普通高等院校汽车专业教材。本书分为“汽车电器”和“汽车电子控制技术”两篇，系统地介绍现代汽车上所使用的电气设备和电子控制技术两部分内容。

本书内容新颖、图文并茂、通俗易懂，可作为汽车类教材，也可作为与汽车相近专业的师生或从事汽车运输管理、汽车设计制造、汽车维修管理的工程技术人员及汽车修理工、驾驶员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车电器及电子控制技术/司景萍, 高志鹰主编. —北京: 北京大学出版社, 2012. 1

(21 世纪全国高等院校汽车类创新型应用人才培养规划教材)

ISBN 978-7-301-17538-5

I. ①汽… II. ①司…②高… III. ①汽车—电气设备—高等学校—教材②汽车—电子控制—高等学校—教材 IV. ①U463.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 203519 号

书 名: 汽车电器及电子控制技术

著作责任者: 司景萍 高志鹰 主编

策 划 编 辑: 童君鑫

责 任 编 辑: 周 瑞

标 准 书 号: ISBN 978-7-301-17538-5/TH·0271

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.cn>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电 子 邮 箱: pup_6@163.com

印 刷 者: 北京鑫海金澳胶印有限公司

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 31.75 印张 746 千字

2012 年 1 月第 1 版 2012 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 58.00 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

电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn

前 言

本书为高等院校汽车专业课程的教材。本书力求反映汽车电器与汽车电子控制的基本理论,尤其注重电子控制系统部分的理论系统性,知识体系完整,内容上努力做到由浅入深、循序渐进,并处理好重点与一般的关系,符合认知规律,便于学习。

本书分为“汽车电器”和“汽车电子控制技术”两篇,系统地介绍现代汽车上所使用的电气设备和电子控制技术两部分内容。第一篇“汽车电器”部分介绍汽车传统的电气与电子设备,主要内容有蓄电池、交流发电机、起动系统、点火系统、照明、信号与仪表系统汽车辅助电器以及汽车电路。第二篇“汽车电子控制技术”部分介绍现代汽车的电子控制技术,主要内容有电子控制原理基础、发动机电子控制系统、自动变速器、汽车行驶安全性控制系统、汽车舒适性控制系统以及汽车其他电子控制系统。

本书由内蒙古工业大学司景萍教授和高志鹰副教授担任主编,上海师范大学的张玉萍教授担任主审。司景萍负责编写第3章、第4章、第6章、第7章;陈永艳负责编写第1章、第2章、第5章;高志鹰负责编写第8章、第9章的9.1~9.3节和第10章;第9章的9.4~9.6节、第11章的11.6~11.8节、第12章由冯朝卿编写;第11章的11.1~11.5节、第13章由张慧杰编写。全书由司景萍和高志鹰进行统稿,其中第一篇汽车电器部分(第1~7章)由司景萍统稿;第二篇汽车电子控制技术部分(第8~13章)由高志鹰统稿。

本书在的编写过程中,参阅了大量的文献资料,从中获益不少,在此向原书作者表示感谢。

由于编者水平所限,书中难免有不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2011年11月

目 录

第一篇 汽车电器	1	2.3 新型交流发电机	42
第1章 蓄电池	2	2.3.1 无刷交流发电机	43
1.1 蓄电池的构造、工作原理和工作特性	4	2.3.2 高效型交流发电机	45
1.1.1 蓄电池的构造	4	2.4 交流发电机的检查、测试与故障诊断	47
1.1.2 蓄电池的工作原理	7	2.4.1 交流发电机的检测技术	47
1.1.3 蓄电池的工作特性	10	2.4.2 调节器的检查与调整	52
1.2 蓄电池的充电	14	2.4.3 交流发电机充电系统的使用与故障诊断	55
1.2.1 蓄电池充电的方法	14	习题	58
1.2.2 蓄电池充电的种类	16	第3章 起动系统	59
1.3 蓄电池的常见故障及其使用维护	18	3.1 起动机的结构及工作原理	61
1.3.1 蓄电池常见故障	18	3.1.1 直流串励式电动机	61
1.3.2 蓄电池的使用与维护	20	3.1.2 起动机的传动机构	66
1.4 新型蓄电池	21	3.1.3 起动机的控制装置	69
1.4.1 干荷电蓄电池	21	3.1.4 起动机的工作特性	71
1.4.2 免维护蓄电池	21	3.2 起动机的分类及型号	73
1.4.3 锌-空气电池	24	3.2.1 起动机的分类	73
1.4.4 镉-镍电池	24	3.2.2 起动机的型号	74
习题	24	3.3 电磁控制强制啮合式起动机	76
第2章 交流发电机	26	3.3.1 丰田汽车常规型起动机	76
2.1 交流发电机的构造、原理和工作特性	27	3.3.2 国产 QD124 型起动机	77
2.1.1 交流发电机的构造	27	3.4 其他形式的起动机	79
2.1.2 交流发电机的工作原理	31	3.4.1 电枢移动式起动机	79
2.1.3 交流发电机的工作特性	34	3.4.2 减速式起动机	80
2.2 交流发电机的调节器	35	3.5 起动机驱动保护电路	84
2.2.1 电压调节器原理及方法	35	3.6 起动机的试验与调整	85
2.2.2 交流发电机电压调节器的分类及型号	36	3.7 起动系统的常见故障及排除	86
2.2.3 触点振动式电压调节器	37	习题	89
2.2.4 电子式电压调节器	38	第4章 点火系统	90
		4.1 概述	92
		4.1.1 对点火系的要求	92
		4.1.2 点火系的分类	95



4.2	点火系的组成及工作原理	97
4.2.1	点火系的组成	97
4.2.2	点火系的工作原理	100
4.2.3	点火系工作过程分析	102
4.2.4	点火系的工作特性	106
4.3	点火系的主要部件	109
4.3.1	点火线圈	109
4.3.2	火花塞	112
4.3.3	分电器	114
4.3.4	点火器	124
4.4	电容放电式点火系	129
4.4.1	电容放电式点火系的组成	129
4.4.2	电容放电式点火系的工作原理	130
4.5	点火系的使用与故障检查	133
4.5.1	点火正时	133
4.5.2	点火系的试验	134
4.5.3	点火系的故障检查	137
	习题	142

第5章 照明、信号及仪表系统 143

5.1	照明系统	144
5.1.1	汽车照明系统的组成及要求	144
5.1.2	前照灯	144
5.1.3	其他照明灯	149
5.2	信号系统	150
5.2.1	信号灯	150
5.2.2	其他指示灯及报警系统	157
5.2.3	汽车喇叭	159
5.3	仪表系统	162
5.3.1	机油压力表	162
5.3.2	水温表	164
5.3.3	燃油表	166
5.3.4	车速里程表	168
5.3.5	发动机转速表	170
	习题	173

第6章 汽车辅助电器 174

6.1	风窗清洁装置	175
6.1.1	电动刮水器	175
6.1.2	清洗器	178
6.2	电动辅助装置	179
6.2.1	电动车窗	179
6.2.2	电动天窗	183
6.2.3	电动座椅	185
6.2.4	电动后视镜	194
6.3	中央门锁与防盗	197
6.3.1	中控门锁系统的组成与功能	197
6.3.2	中央门锁控制系统	199
6.3.3	防盗系统	203
6.4	汽车低温起动加热装置	207
6.4.1	柴油机的低温起动加热装置	207
6.4.2	汽油机的低温起动加热装置	211
6.5	汽车音响	212
6.5.1	汽车音响的特点	213
6.5.2	汽车音响的组成及基本原理	214
6.6	晶体管电动汽油泵	218
6.6.1	晶体管电动汽油泵的构造	218
6.6.2	晶体管电动汽油泵的工作原理	219
	习题	220

第7章 汽车电路 221

7.1	汽车全车线路的组成	223
7.1.1	导线及导线的连接	223
7.1.2	开关	227
7.1.3	电路保护器件	228
7.1.4	继电器	231
7.1.5	中央接线盒	232
7.2	汽车电路图	234
7.2.1	汽车电路图的种类	234

7.2.2 整车电路图的识读	238	9.3.4 微机控制电子点火系统的 控制	307
习题	240	9.3.5 微机控制电子点火系统的 工作过程	311
第二篇 汽车电子控制技术	241	9.4 发动机怠速控制系统	318
第8章 电子控制原理基础	242	9.4.1 怠速控制系统的分类	319
8.1 概述	243	9.4.2 怠速控制系统的组成与 控制内容	320
8.2 传感器	244	9.4.3 怠速控制系统的主要 部件	322
8.2.1 传感器的组成及特性	244	9.5 汽油机排放控制系统	328
8.2.2 空气流量传感器	246	9.5.1 废气再循环(EGR)控制 系统	329
8.2.3 进气压力传感器	254	9.5.2 三元催化转换器、氧传感器与 闭环控制	333
8.2.4 温度传感器	256	9.5.3 二次空气喷射系统的 控制	335
8.2.5 位置传感器	258	9.5.4 活性炭罐蒸发污染 控制	337
8.2.6 转速传感器和速度 传感器	268	9.5.5 曲轴箱强制通风系统	338
8.2.7 爆震传感器	272	9.6 柴油机电子控制系统	339
8.2.8 氧传感器	274	9.6.1 柴油机电控系统的 组成	339
8.3 电子控制装置	276	9.6.2 柴油机电控系统的控制 内容	339
8.3.1 输入电路	276	9.6.3 柴油机电子控制系统的 主要特点	341
8.3.2 微机	277	9.6.4 电控柴油机的分类	342
8.4 执行器	281	9.6.5 典型柴油机电子控制 系统的结构与原理	343
8.4.1 电动机类执行器	281	习题	347
8.4.2 电磁阀类执行器	282	第10章 自动变速器	349
习题	285	10.1 概述	350
第9章 发动机电子控制系统	286	10.1.1 自动变速器的分类	350
9.1 概述	287	10.1.2 自动变速器的特点	352
9.2 汽油机的电控燃油喷射系统	289	10.1.3 自动变速器基本组成 部分的功用	353
9.2.1 电控燃油喷射系统的 特点与分类	289	10.2 自动变速器的结构及原理	354
9.2.2 电控汽油喷射系统的 组成	295	10.2.1 液力变矩器	355
9.2.3 电控汽油喷射系统的 控制	300	10.2.2 齿轮变速机构	359
9.3 微机控制电子点火系统	303		
9.3.1 汽油发动机点火系的 特点	303		
9.3.2 微机控制电子点火系统的 分类	304		
9.3.3 微机控制电子点火系统的 组成	305		



10.3 自动变速器液压控制系统	363	11.3 汽车驱动防滑转控制系统 (ASR)	408
10.3.1 液压控制系统的组成及 基本原理	364	11.3.1 概述	408
10.3.2 自动变速器的供油 系统	364	11.3.2 ASR 的基本组成与工作 过程	410
10.3.3 自动变速器的操纵 机构	367	11.4 电子控制动力分配与电子 差速锁(EBD/EDS)	414
10.4 自动变速器的电子控制系统 ...	373	11.4.1 电子控制动力分配 (EBD)	414
10.4.1 信号输入装置	373	11.4.2 电子差速锁(EDS)	417
10.4.2 自动变速器的执行 机构	375	11.5 汽车电子制动系统(EBS)	418
10.4.3 自动变速器的 ECU	377	11.5.1 汽车电子制动系统(EBS) 概述	418
10.5 自动变速器的使用、试验与故障 诊断	380	11.5.2 EBS 的组成及工作 原理	419
10.5.1 自动变速器的使用	380	11.6 安全气囊和安全带	420
10.5.2 自动变速器的试验	382	11.6.1 安全气囊的分类	420
10.5.3 自动变速器的故障 自诊断	386	11.6.2 安全气囊的系统构成 ...	421
10.6 典型的自动变速器	387	11.6.3 安全带	426
10.6.1 捷达轿车 FLAT 自动 变速器	387	11.7 汽车雷达防碰撞系统	428
10.6.2 丰田 HIACE 小客车 A45DL 自动变速器	391	11.7.1 汽车雷达防追尾碰撞 系统	428
习题	393	11.7.2 汽车超声波雷达倒车防撞 系统	432
第 11 章 汽车行驶安全性控制系统	394	11.8 汽车行驶记录系统简介	434
11.1 概述	395	11.8.1 汽车行驶记录仪 分类	434
11.1.1 汽车防滑控制系统 简介	395	11.8.2 汽车行驶记录仪基本系统 组成与基本功能	434
11.1.2 汽车防滑控制系统基本 理论	396	11.8.3 汽车行驶记录仪的 应用	435
11.1.3 附着系数和滑动率的 关系	397	习题	436
11.2 汽车防抱死制动系统(ABS)	399	第 12 章 汽车舒适性控制系统	438
11.2.1 防抱死制动系统(ABS)的 组成	399	12.1 汽车电控悬架系统	439
11.2.2 防抱死制动系统(ABS)的 分类	401	12.1.1 悬架控制系统的分类 ...	440
11.2.3 防抱死制动系统(ABS)的 控制技术	405	12.1.2 半主动悬架系统	441
11.2.4 防抱死制动系统(ABS)的 工作过程	406	12.1.3 电子控制系统	445
		12.1.4 电子控制悬架的控制 方法	447
		12.2 汽车空调系统	448

12.2.1 制冷系统	449	13.1.3 电动助力转向系统的控制 方法	479
12.2.2 采暖系统与通风系统 ...	463	13.2 汽车巡航控制系统	481
12.2.3 汽车空调系统的使用与 维护	465	13.2.1 汽车巡航控制系统的 组成及基本原理	482
习题	467	13.2.2 汽车自适应巡航控制 系统	491
第 13 章 汽车其他电子控制系统	468	习题	495
13.1 汽车电动助力转向系统	470	参考文献	496
13.1.1 汽车助力转向系统的 作用和分类	471		
13.1.2 电动助力转向系统的 结构和工作原理	475		

第一篇

汽车电器

第 1 章

蓄电池



本章教学要点

知识要点	掌握程度	相关知识
汽车电源的组成与要求	掌握汽车电源的组成、作用、要求	蓄电池和发电机并联；汽车上使用的是起动机蓄电池和交流发电机
蓄电池的工作原理	掌握蓄电池的工作原理	蓄电池的充放电过程是可逆的化学反应
蓄电池的工作特性	掌握蓄电池的充放电特性	蓄电池放电终了和充电终了的特征
蓄电池的容量	了解蓄电池容量的概念及影响因素	影响蓄电池容量的因素主要有极板的构造、放电电流、电解液的温度和电解液的密度
蓄电池的使用和维护	掌握蓄电池的正确使用和维护方法	为了延长蓄电池的使用寿命，有相应的使用和维护注意事项



导入案例

铅蓄电池是最古老的二次电池,自1859年发明至今已有150多年的历史,但铅蓄电池仍占据了二次电池一半以上的份额。在内燃机起动、备用和储能等领域,其他电池目前尚无法替代;在我国近亿辆电动助力车上,95%以上仍配用铅蓄电池;全球铅蓄电池市场仍处于稳定增长阶段。铅蓄电池产品如此长盛不衰,除技术成熟、性价比高、安全可靠、功率特性和原料再生性好等突出优点外,还与它在竞争中技术不断提高密切相关。近年来,为适应储能与动力的需要,国外铅蓄电池新技术不断问世,如嵌入电容电极的“超级电池”使电池的功率特性提高;泡沫炭板栅使电池的比能量增加;新组分铅合金使电池的循环寿命可长达数千次;环保型生产工艺正在改变铅蓄电池“污染环境”的形象。

超级电池是一种混合式储能装置,用以取代复杂且高成本的超级电容器/铅酸电池系统。它把一个非对称超级电容器和一只铅酸电池组合成一只整体电池,无需附加昂贵的电子控制装置。因为电容器在高倍率放电和充电期间起缓冲器的作用,所以它会增加铅酸电池的功率和寿命。因此,这种混合技术能够在车辆加速和制动期间快速地输出和输入电荷。图1.1给出了超级电池的结构。一只铅酸单体电池是由一片二氧化铅正极板和一片海绵状铅负极板构成的。另一方面,一个非对称超级电容器是由一片二氧化铅正极板和一片碳基负极板(也就是电容器的电极)构成的。

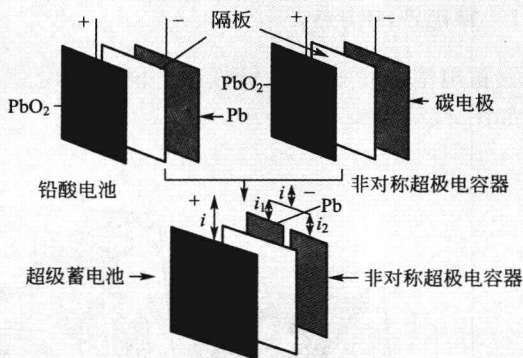


图 1.1 超级电池结构示意图

由于铅酸单体电池和非对称超级电容器中的正极板具有共同的组成,用并联方式把电容器的电极和铅酸负极板连接起来就能使这两种装置合并成一只整体电池。现在两个电极共用同一片铅酸正极板。对于这种设计来说,在充放电期间,组合负极板的总电流由两部分组成:一部分是电容器的电流,另一部分是铅酸负极板的电流。因此,电容器的电极这时能够起缓冲器的作用,与铅酸负极板分担充放电电流,这样就使铅酸负极板不致以HEV(混合动力汽车)负载所需的满倍率进行充放电。到目前为止的结果显示这些电池的循环性能至少已经是现有工艺水平铅酸电池循环性能的4倍。

蓄电池的主要功用是当发动机起动时,向起动机和点火系统供电;在发电机不发电或电压较低的情况下向用电设备供电,当用电设备同时接入较多,发电机超载时,协助发电机供电;蓄电池存电不足,而发电机负载又较少时,它可将发电机的电能转变为化学能储存起来(即充电)。此外,蓄电池还相当于一个容量很大的电容器,在发电机转速和用电负载发生较大变化时,可保持汽车电网电压的相对稳定。同时,还可吸收电路中随时出现的瞬时过电压,以保护用电设备尤其是电子元器件不被损坏,这一点对装有大量电子系统的现代新型汽车非常重要。



蓄电池种类很多,汽车上所使用的蓄电池必须能满足发动机起动的需要,即短时间内(3~5s)可供给起动机强大的起动电流(汽油发动机汽车一般为200~600A,柴油发动机汽车一般为800A以上)。根据蓄电池的工作特点,对汽车用蓄电池的主要要求是容量大、内阻小,以保证蓄电池具有足够的起动能力。能满足发动机起动需要的蓄电池称之为起动型蓄电池,汽车上使用的就是起动型蓄电池。

由于发动机工作时的转速变化范围很大,要求发电机在发动机转速变化范围内都能正常发电且电压稳定,以满足用电设备的用电需求;此外,要求发电机的体积小、重量轻、故障率低、发电效率高、充电性能良好、维护方便或少维护、使用寿命长等,以确保汽车使用性能要求。

1.1 蓄电池的构造、工作原理和工作特性

1.1.1 蓄电池的构造

铅蓄电池由正极板、负极板、隔板、电解液、外壳、连接条和接线柱等主要部件构成,如图1.2所示。

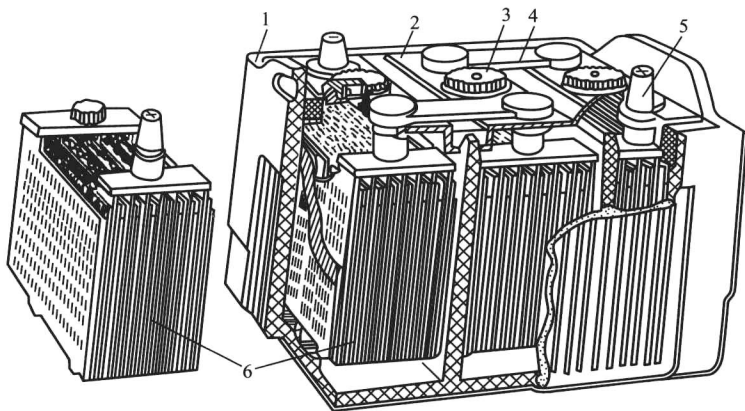


图 1.2 蓄电池的构造

1—蓄电池外壳;2—盖;3—加液孔螺塞;4—连接条;5—极桩;6—极板组

1. 极板与极板组

正极板上的活性物质是二氧化铅(PbO_2),负极板上的活性物质是纯铅(Pb),它们均由铅膏(铅粉、稀硫酸及少量添加剂的混合物)填充在用铅锑合金铸成的栅架上,经化成工艺(在蓄电池生产工艺中,对极板进行充电的过程称为“化成”,一般充电18~20h)处理而成的。在充足电的状态下,正极板呈深棕色,负极板呈深灰色。

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。为了增大蓄电池的容量,将多片正极板和负极板各自用横板焊接并联起来,组成正极板组和负极板组。将正、负极板相互嵌合(中间用隔板隔开)的极板组(图1.3)置于存有电解液的容器中,就

构成了单格电池，单格电池的标称电压为 2V。因此，一个 12V 的蓄电池由 6 个单格电池串联而成。

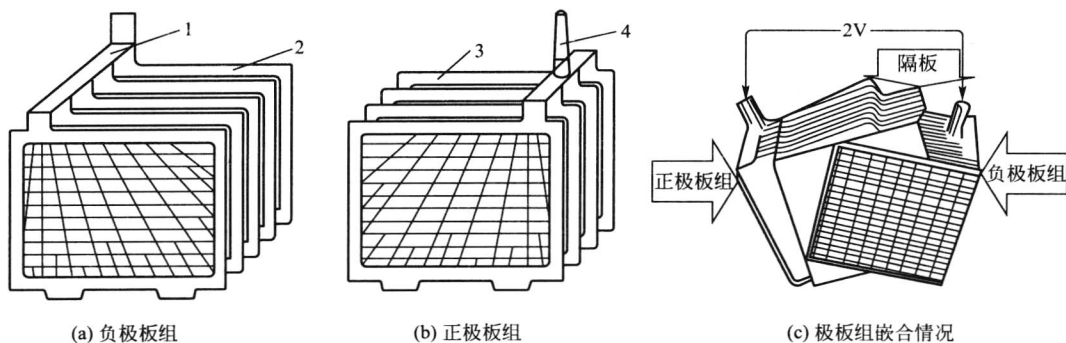


图 1.3 蓄电池极板组的结构

1—汇流条；2—负极板；3—正极板；4—极柱

负极板的数量总比正极板多一片，这样正极板都处于负极板之间，使正极板两侧放电均匀，否则，由于正极板的机械强度差，单面工作会使其两侧活性物质受热不均匀，造成极板拱曲而导致活性物质大量脱落。

国产蓄电池负极板的厚度为 1.8mm、正极板的厚度为 2.2mm。国外蓄电池大多采用薄型极板，厚度为 1.1~1.5mm。薄型极板对提高蓄电池的比容量（极板单位尺寸所提供的容量）和改善起动性能都是很有利的。

2. 隔板

正、负极板应尽量靠近，但彼此又不能接触而短路，故在相邻的正负极板之间加有绝缘隔板。隔板具有多孔性，以便电解液渗透，且化学性能要稳定。常用的隔板材料有木质、微孔橡胶、微孔塑料、塑料纤维以及浸树脂纸质隔板等。木质隔板耐酸性能差，在硫酸作用下容易炭化和变脆，且消耗木材不符合保护环境的时代发展潮流，因此已不再使用。微孔橡胶和微孔塑料隔板耐酸、耐高温性能好，寿命长，且成本低，因此目前广泛使用。隔板也是制成长方形片状，面积比极板略大些。厚度一般不超过 1mm，成形隔板的一面有特制的纵向沟槽，另一面则为平面。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。近年来，出现了一种微孔塑料套袋，将正极板紧紧地套装在里面，以防活性物质脱落。

3. 电解液

电解液的作用是形成电离，即在充电和放电的电化学反应中起离子间的导电作用，并参与化学反应。电解液是用专用的、密度为 1.84 的蓄电池用硫酸与蒸馏水按一定比例配制而成，电解液的密度一般为 1.23~1.30g/cm³。

配制电解液时，必须使用耐酸耐热的器皿，并且切记只能将硫酸徐徐倒入蒸馏水中并不断搅拌。

电解液的密度对蓄电池的工作有重要影响，密度大，可以减少结冰的危险并提高其容量，但密度过大，由于黏度增加，反而会降低蓄电池的容量，而且会缩短极板的使用寿命。



命。电解液相对密度随地区和气候条件而定，表 1-1 列出了不同地区和气候条件下的相对密度值。

表 1-1 不同地区和气温条件下的电解液的比重

气候条件	全充电蓄电池 15℃ 时的比重	
	冬季	夏季
冬季温度低于-40℃的地区	1.310	1.250
冬季温度高于-40℃的地区	1.290	1.250
冬季温度高于-30℃的地区	1.280	1.250
冬季温度高于-20℃的地区	1.270	1.240
冬季温度高于-0℃的地区	1.240	1.240

4. 壳体

蓄电池的壳体用来盛放电解液和极板组，外形为长立方体，内部一般分隔成互不相通的 3 个或 6 个单格电池槽，顶沿四周有与电池盖相接合的特制封沟，壳内底部有凸筋，用以支撑极板组。壳体材料耐酸、耐热、耐寒、耐振、绝缘性能好、有一定的机械强度。国内多采用硬橡胶外壳，即硬橡胶模压后，经硫化而成，俗称胶壳。近年来，由于工程塑料的发展，用塑料(聚丙烯)制成的蓄电池壳体越来越多。塑料外壳不仅耐酸、耐热、耐振，而且强度高、韧性好、质量轻。壳体壁较薄，一般为 3.5mm(胶壳壁厚为 10mm)，外形美观透明，塑料壳体易于热封合，生产效率高，已成为一种发展趋势。外壳的顶部有相同材料的池盖，分单体盖和整体盖两种。单体盖上有 3 个孔，两侧圆孔作为极桩孔，中间为带内螺纹的加液孔，平时用加液孔螺塞拧紧。加液孔螺塞的顶部中心有通气小孔，可随时排出蓄电池内逸出的 H_2 和 O_2 ，以免发生事故。整体盖有 3 个或 6 个加液孔和两个接外电路用的极桩。

5. 单格电池的连接方式

一只蓄电池一般都由 3 个或 6 个单格电池串联而成，额定电压分别为 6V 或 12V。其连接方法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 3 种，如图 1.4 所示。

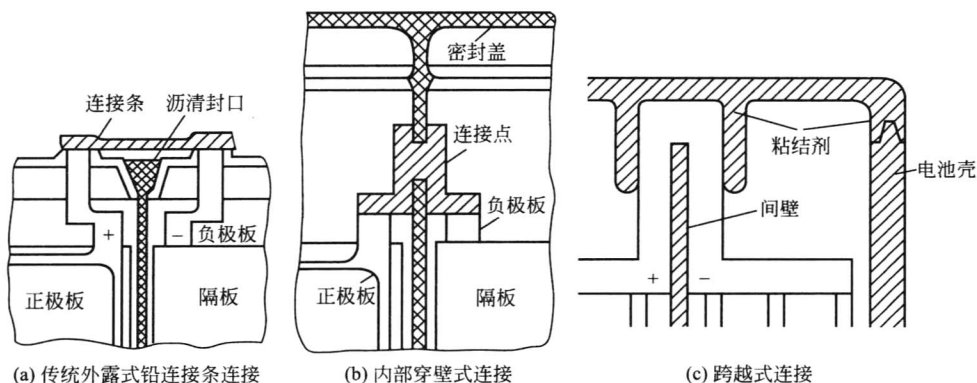


图 1.4 单格电池的连接方式

早期的蓄電池大多采用传统外露式鉛连接条连接方式,如图 1.4(a)所示。这种连接方式工艺简单,但耗鉛量多,连接电阻大,因而起动时电压降大、功率损耗也大,且容易造成短路。新型蓄電池则采用先进的穿壁式或跨越式连接方式。穿壁式连接方式如图 1.4(b)所示,它是在相邻单格電池之间的间壁上打孔供连接条穿过,将两个单格電池的极板组极柱连焊在一起。跨越式连接如图 1.4(c)所示,在相邻单格電池之间间壁的上边留有豁口,连接条通过豁口跨越间壁将两个单格電池的极板组极柱相连接,所有连接条均布置在蓄電池整体盖的下面。

穿壁式和跨越式连接方式与传统外露式鉛连接条连接方式相比,有连接短、省材料、电阻小、起动性能好等优点,且连接条损耗减少 80%,端电压提高 0.15~0.4V,节约材料 50%以上,因而得到广泛的应用。

1.1.2 蓄電池的工作原理

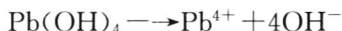
蓄電池是一种可逆的低压直流电源,就是能将化学能转换为电能,也能将电能转换为化学能。蓄電池(本节只介绍鉛酸蓄電池,并简称为蓄電池)的核心部分是极板和电解液,蓄電池建立电动势、放电和充电就是通过极板上的活性物质与电解液的电化学反应实现的。

根据双极硫酸盐化理论,蓄電池中参与化学反应的物质,正极板是二氧化鉛(PbO_2),负极板上是海绵状鉛(Pb),电解液是硫酸水溶液(H_2SO_4)。当蓄電池和负载接通放电时,正极板上的二氧化鉛和负极板上的鉛都将转变成硫酸鉛(PbSO_4),电解液中的硫酸成分减少,相对密度下降。当蓄電池接通直流电源充电时,正、负极板上的硫酸鉛又将分别恢复成原来的二氧化鉛和纯鉛,电解液中的硫酸成分增加,相对密度增大。若不考虑蓄電池化学反应的中间过程,其充、放电时总的化学反应方程式为



1. 蓄電池电动势的建立

当极板浸入电解液时,在负极板处, Pb 受到两方面的作用,一方面它有溶解于电解液的倾向,因而有少量鉛进入溶液,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+} 有沉附于极板表面的倾向。当两者达到平衡时,溶解便停止,此时极板具有负电位,约为 0.1V。正极板处,少量 PbO_2 溶入电解液,与水生成 $\text{Pb}(\text{OH})_4$,再分离成四价鉛离子和氢氧根离子,如图 1.5 所示。



由于 Pb^{4+} 沉附于极板的倾向大于溶解的倾向,因而沉附在正极板上,使极板呈正电位。当达到平衡时,约为 +2.0V。

因此,当外电路未接通,反应达到相对平衡状态时,蓄電池的静止电动势 E_0 约为

$$E_0 = 2.0 - (-0.1) = 2.1\text{V} \quad (1-2)$$

2. 蓄電池的放电过程

当蓄電池接上负载,在电动势的作用下,电流 I_t 从正极经过负载流往负极(即电子从负极到正极),使正极电位降低,负极电位升高,破坏了原有的平衡,如图 1.5 所示。

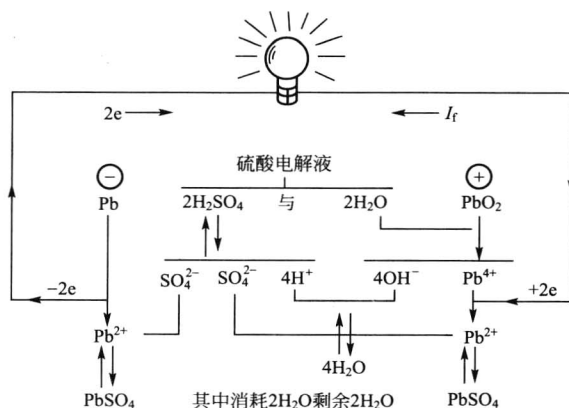
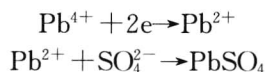
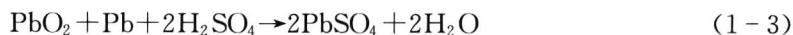


图 1.5 蓄电池的放电过程

在正极板处, Pb^{4+} 和电子结合变成二价铅离子 Pb^{2+} , Pb^{2+} 与电解液中的 SO_4^{2-} 结合生成 PbSO_4 沉附于正极板上, 即



在负极板处, Pb^{2+} 与电解液中的 SO_4^{2-} 结合也生成 PbSO_4 沉附在负极板上, 而极板上的金属铅继续溶解, 生成 Pb^{2+} 和电子。如果电路保持接通, 上述化学反应将不断进行, 使正极板上的 PbO_2 和负极板上的 Pb 都逐渐转变为 PbSO_4 , 电解液中的 H_2SO_4 逐渐减少而水增多, 电解液相对密度逐渐下降。整个放电过程的化学反应方程式为



理论上, 放电过程应进行到极板上的活性物质全部变为硫酸铅为止, 但在反应中由于电解液并不能完全渗透到活性物质的最内层, 使用中所谓放完电的蓄电池, 实际上只有 20%~30% 的活性物质变成了硫酸铅。因此采用薄型极板, 增加多孔率, 提高极板活性物质的利用率, 可明显提高蓄电池的容量。

3. 蓄电池的充电过程

充电时, 将蓄电池与外加直流电源并联。当电源电压高于蓄电池电动势时, 在外电源的作用下, 电流从蓄电池正极流入, 负极流出(即驱使电子从正极经外电路流入负极)。这时正负极板发生的反应正好与放电过程相反, 如图 1.6 所示。

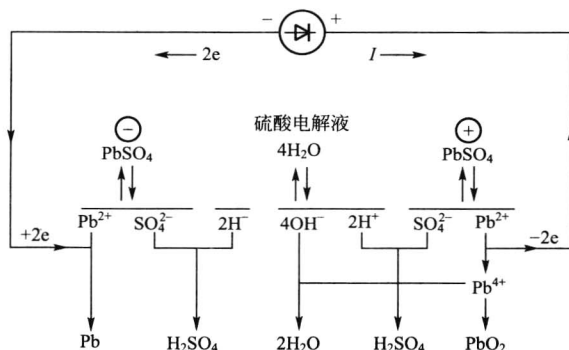


图 1.6 蓄电池的充电过程