



普通高等教育“十五”国家级规划教材 6

(高职高专教育)

汽车运用与维修系列

汽车电器与电路

李春明 主编



高等教育出版社

普通高等教育“十五”国家级规划教材

(高职高专教育)

汽车电器与电路

李春明 主 编

高等教育出版社

内容简介

本书是普通高等教育“十五”国家级规划教材(高职高专教育),是根据高职高专教育人才培养目标编写的。

本书在结构上分为汽车电器与汽车电路分析两大部分,在讲解汽车电器与电子设备的结构、工作原理、使用与检修知识的基础上,系统地介绍了汽车电路的识图、汽车电路分析的基本方法、典型车系的电路分析等内容。本书注重理论与实践的结合,加强针对性与实用性,旨在培养学生的技术应用能力,是一本具有鲜明特色的高职高专教材。

本书可作为高等职业学校、高等专科学校、成人院校及本科院校举办的二级职业技术学院和民办高校汽车检测与维修、汽车运用等相关专业的教材,也可以作为汽车技术培训等相关课程的教材。

图书在版编目(CIP)数据

汽车电器与电路/李春明主编. —北京:高等教育出版社, 2003.9

普通高等教育“十五”国家级规划教材

ISBN 7-04-012640-0

I. 汽... II. 李... III. ①汽车-电气设备-高等学校-教材②汽车-电路分析-高等学校-教材
IV. U463.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 056916 号

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-82028899

购书热线 010-64054588
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所
印 刷 廊坊市科通印业有限公司

开 本 787×1092 1/16
印 张 18.5
字 数 450 000

版 次 2003 年 9 月第 1 版
印 次 2003 年 9 月第 1 次印刷
定 价 23.30 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

出版说明

为加强高职高专教育的教材建设工作,2000年教育部高等教育司颁发了《关于加强高职高专教育教材建设的若干意见》(教高司[2000]19号),提出了“力争经过5年的努力,编写、出版500本左右高职高专教育规划教材”的目标,并将高职高专教育规划教材的建设工作分为两步实施:先用2至3年时间,在继承原有教材建设成果的基础上,充分汲取近年来高职高专院校在探索培养高等技术应用性专门人才和教材建设方面取得的成功经验,解决好高职高专教育教材的有无问题;然后,再用2至3年的时间,在实施《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,推出一批特色鲜明的高质量的高职高专教育教材。根据这一精神,有关院校和出版社从2000年秋季开始,积极组织编写和出版了一批“教育部高职高专规划教材”。这些高职高专规划教材是依据1999年教育部组织制定的《高职高专教育基础课程教学基本要求》(草案)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(草案)编写的,随着这些教材的陆续出版,基本上解决了高职高专教材的有无问题,完成了教育部高职高专规划教材建设工作的第一步。

2002年教育部确定了普通高等教育“十五”国家级教材规划选题,将高职高专教育规划教材纳入其中。“十五”国家级规划教材的建设将以“实施精品战略,抓好重点规划”为指导方针,重点抓好公共基础课、专业基础课和专业主干课教材的建设,特别要注意选择一部分原来基础较好的优秀教材进行修订使其逐步形成精品教材;同时还要扩大教材品种,实现教材系列配套,并处理好教材的统一性与多样化、基本教材与辅助教材、文字教材与软件教材的关系,在此基础上形成特色鲜明、一纲多本、优化配套的高职高专教育教材体系。

普通高等教育“十五”国家级规划教材(高职高专教育)适用于高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校使用。

教育部高等教育司

2002年11月30日

前 言

随着汽车工业的发展,人们对汽车的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日趋严格的关于汽车节能、排放与安全法规的要求。作为汽车必不可少的蓄电池、发电机、起动机、照明、信号、仪表、报警等传统意义上的汽车电器正在发生着巨大的变化,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、智能化的方向发展。因此,在现代汽车运用与维修的实际工作中,汽车电路图已成为必不可少的工具,借助资料能够读懂汽车电路图、进行电路分析是对从事现代汽车维修专业技术人员的基本要求。这对汽车电器教学提出了新的更高的要求,因此突出汽车电路分析与汽车各主要电气系统常见故障诊断的内容是本书的特点。

本书在结构上分为汽车电器与汽车电路分析两大部分。第1章至第8章主要讲解汽车电器与电子设备的结构、原理、使用与维护技术;第9章至第12章主要介绍汽车电路识图、电路分析方法与汽车各主要电气系统常见故障的诊断分析方法。在使用本书时,可以先讲授汽车电器的内容,然后系统地讲授汽车电路分析的内容;也可以在讲授汽车电器部分内容的同时穿插汽车电路分析内容,如在讲授完蓄电池、交流发电机与电压调节器内容之后,介绍汽车电路分析的基础知识、电路的识图方法,有针对性地进行汽车电源系统的电路分析,这样也会收到较好的教学效果。本书以一些厂家的产品为例,为了便于学生在维修中与实际产品图对照,未将这些产品的电路图及有关符号用新标准统一,特此说明。

本书面对高职高专教育而编写,其特色可以概括为:

- (1) 全书通过电路分析将汽车电器、汽车电路故障等相关知识有机地结合起来;
- (2) 在加强针对性与实用性的同时,重点突出汽车电路的分析方法;
- (3) 在讲解汽车电器部分基本知识的同时,重点介绍现代轿车所采用的电器与电子设备;
- (4) 在讲解汽车电路分析部分基本电路识图、电路检修方法、各主要电气系统接线特点与常见故障诊断的基础上,有针对性地向德国大众、日本丰田、美国通用、法国雪铁龙等典型车系的电路分析方法;
- (5) 注重理论与实践的紧密结合,既有汽车电器的使用与维护知识,又有电路故障的诊断与排除知识;
- (6) 内容广泛,保持了汽车电器与电路分析知识的完整性。

本书由长春汽车工业高等专科学校李春明主编。参加编写的有:滕洪波(第1、2章)、丛彦波(第3、5章)、韩东(第4章)、丁卓(第6章)、张军(第7章)、赵晓宛(第8章)、李春明(第9、10、11章、第12章的12.2节与12.4节)、刘艳莉(第12章的12.1节)、赵宇(第12章的12.3节)。

本书由吉林大学王耀斌教授审阅,他提出了许多宝贵的意见,在此深表谢意。

在本书的编写过程中得到了许多专家与同行的热情支持,并参阅了许多国内外文献,在此一

并表示感谢。

由于编者水平有限,书中可能存在不妥或错漏之处,恳请读者批评指正。

编者

2003 年 2 月

目 录

第1章 蓄电池	1	4.4 点火系统主要部件	79
学习目标	1	4.5 点火系统的使用与维护	86
1.1 蓄电池的构造与型号	1	小结	87
1.2 蓄电池的工作原理	6	习题与思考题	88
1.3 蓄电池的工作特性	9	第5章 照明与信号系统	89
1.4 影响蓄电池容量的因素	12	学习目标	89
1.5 蓄电池的充电	14	5.1 汽车灯具的种类	89
1.6 蓄电池的使用与维护	17	5.2 前照灯	90
小结	20	5.3 雾灯	99
习题与思考题	21	5.4 转向灯与危险报警灯	99
第2章 交流发电机与电压调节器	22	5.5 制动信号灯	101
学习目标	22	5.6 倒车信号装置	102
2.1 交流发电机的构造	22	5.7 电喇叭	104
2.2 交流发电机的工作原理	27	小结	107
2.3 交流发电机的工作特性	30	习题与思考题	107
2.4 无刷交流发电机	32	第6章 仪表与报警系统	108
2.5 电压调节器	34	学习目标	108
2.6 交流发电机与电压调节器的维护 ..	41	6.1 仪表	108
小结	45	6.2 报警系统	115
习题与思考题	46	6.3 电子显示系统	118
第3章 起动机	47	小结	122
学习目标	47	习题与思考题	123
3.1 起动机的构造与型号	47	第7章 辅助电气系统	124
3.2 直流电动机	51	学习目标	124
3.3 起动机的传动机构	56	7.1 风窗清洁装置	124
3.4 起动机的操纵机构	59	7.2 起动预热装置	131
3.5 起动机的使用与维护	61	7.3 电动车窗	133
小结	63	7.4 电动后视镜	136
习题与思考题	64	7.5 电动中央门锁	137
第4章 点火系统	65	7.6 电动座椅	140
学习目标	65	小结	144
4.1 传统点火系统	65	习题与思考题	144
4.2 无触点电子点火系统	70	第8章 空调系统	145
4.3 微机控制点火系统	76	学习目标	145

8.1 概述	145	习题与思考题	217
8.2 汽车空调系统构造	149	第11章 汽车主要电气系统电路分析 ...	218
8.3 汽车空调系统的自动控制	161	学习目标	218
8.4 汽车空调系统的使用与维护	165	11.1 电源系统	218
小结	170	11.2 起动系统	221
习题与思考题	170	11.3 点火系统	225
第9章 汽车电路分析基础	172	11.4 照明系统	229
学习目标	172	11.5 信号系统	233
9.1 汽车电器基础元件	172	11.6 仪表与报警系统	237
9.2 汽车电路的特点	177	11.7 电子控制系统	241
9.3 汽车电路图种类	179	小结	241
9.4 汽车电路检修常识	183	习题与思考题	242
小结	186	第12章 典型车系电路分析	243
习题与思考题	186	学习目标	243
第10章 汽车电路的识图	187	12.1 大众车系电路分析	243
学习目标	187	12.2 丰田车系电路分析	252
10.1 常用图形符号与有关标志	187	12.3 通用车系电路分析	266
10.2 接线柱标记	196	12.4 雪铁龙车系电路分析	275
10.3 汽车电路识图一般方法	205	小结	285
10.4 汽车电路识图实例	207	习题与思考题	286
小结	217	主要参考文献	287

第1章 蓄电池

学习目标

通过本章的学习,重点掌握汽车用蓄电池的基本构造、充电知识、正确使用与维护方法;理解蓄电池的工作原理;了解蓄电池的工作特性及影响蓄电池容量的因素。

蓄电池是一种将化学能转变为电能的装置,属于可逆的直流电源。用于汽车上的蓄电池,必须满足起动发动机的需要,即在 $5 \sim 10\text{ s}$ 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 $200 \sim 600\text{ A}$,有的柴油机起动电流达 $1\,000\text{ A}$ 。

由于使用电解液不同,起动型蓄电池分为酸性和碱性蓄电池。铅酸蓄电池结构简单,价格低廉,易于满足大量生产的汽车的需要;同时其内阻小,起动性能好,能在短时间内提供起动机所需要的大电流,因此在汽车上得到广泛应用。

在汽车上,蓄电池与发电机并联向用电设备供电。在发动机工作时,用电设备所需电能主要由发电机供给。蓄电池的功用为:发动机起动时,向起动机和点火系供电;发电机不发电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,将发电机的电能转变为化学能储存起来;吸收发电机的过电压,保护车用电子元件。

1.1 蓄电池的构造与型号

1.1.1 蓄电池的基本构造

铅酸蓄电池是在盛有稀硫酸的容器中插入两组极板而构成的电能储存器,它由极板、隔板、外壳、电解液等部分组成。容器分为3格或6格,每格里装有电解液,正负极板组浸入电解液中成为单格电池。每个单格电池的标称电压为 2 V ,3格串联起来成为 6 V 蓄电池,6格串联起来成为 12 V 蓄电池。蓄电池的构造见图1.1。

1. 极板

极板是蓄电池的基本部件,由它接受充入的电能和向外释放电能。极板分正极板和负极板两种。正极板上的活性物质是二氧化铅,呈棕红色;负极板上的活性物质是海绵状纯铅,呈青灰色。蓄电池在充电与放电过程中,电能和化学能的相互转换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、负极板上的活性物质分别填充在铅锑合金铸成的栅架上。铅锑合金中,铅占94%,锑占6%。加入少量的锑是为了提高栅架的机械强度并改善浇注性能。但是,铅锑合金耐电化学腐蚀性能较差,在要求高倍率放电和提高比能而采用薄形极板时,高锑含量板栅的使用寿命势必降

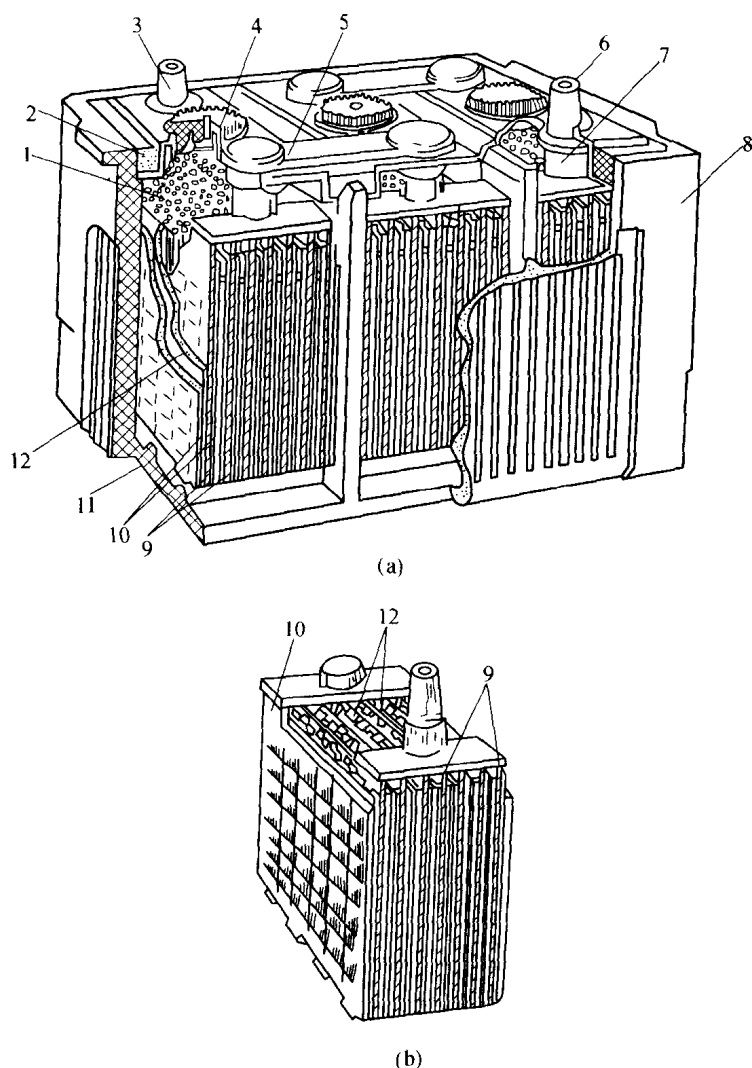


图 1.1 蓄电池的构造

(a) 整体结构;(b) 单格结构

1—护板;2—封料;3—负极接线柱;4—加液孔螺塞;5—连接条;6—正极接线柱;

7—电极衬套;8—外壳;9—正极板;10—负极板;11—肋条;12—隔板

低。因此,采用低锡合金就十分重要了,目前板栅含锡量为 $2\% \sim 3\%$ 。在板栅合金中加入 $0.1\% \sim 0.2\%$ 的砷,可以减缓腐蚀速度,提高硬度与机械强度,增强其抗变形能力,延长蓄电池的使用寿命。目前国内外已使用铅锡砷合金作板栅。

正极活性物质脱落和板栅腐蚀是决定蓄电池使用寿命的主要原因。出于对使用期限的考虑,正极板栅要厚一些,负极板栅厚度一般为正极板栅厚度的 $70\% \sim 80\%$ 。国产蓄电池负极板厚度为 $1.6 \sim 1.8 \text{ mm}$,也有薄至 $1.2 \sim 1.4 \text{ mm}$ 的;正极板厚度为 $2.2 \sim 2.4 \text{ mm}$,也有薄至 $1.6 \sim 1.8 \text{ mm}$ 的。薄形极板的使用能改善汽车的起动性能,提高蓄电池的比能。

为了增大蓄电池的容量,一般将多片正极板(4~13片)和多片负极板(5~14片)分别并联,组成正极板组和负极板组。安装时,将正负极板组相互嵌合,中间插入隔板,就成了单格电池。在每个单格电池中,负极板的数量总是比正极板要多一片。正极板都处在负极板之间,最外面2片都是负极板。正极板活性物质较疏松,机械强度低,这样把正极板夹在负极板中间,可使其两侧放电均匀,在工作时不易因活性物质膨胀而翘曲,不易造成活性物质脱落。

国产汽车起动用铅酸蓄电池主要有两大类,即干封式蓄电池和干荷电式蓄电池。干荷电式蓄电池与普通干封式蓄电池的区别在于:其极板组在干燥状态下能够较长时间地保存制造过程中所得到的电荷。干荷电式蓄电池之所以具有干荷电性能,主要是负极板的制造工艺不同。干荷电式蓄电池在2年的保存期中,如果需要交付使用,只需在使用之前加入符合规定密度的电解液就可以了。例如,对于干荷电式蓄电池6-QA-60,只需加入密度为 1.280 g/cm^3 (25°C 时)的电解液,调整液面高度高出极板组15 mm左右,不需要进行初充电就可以投入使用。对于保存期超过2年的干荷电式蓄电池,因为其极板上有部分活性物质被氧化,使用之前应进行补充充电。

2. 隔板

为了减少蓄电池内部尺寸,降低蓄电池的内阻,蓄电池内部正负极板应尽可能靠近。但为了避免相互接触而短路,正负极板之间要用绝缘的隔板隔开。隔板材料应具有多孔性结构,以便电解液自由渗透,而且化学性能应稳定,具有良好的耐酸性和抗氧化性。常见的隔板材料有木材、微孔橡胶、微孔塑料、玻璃纤维纸浆和玻璃丝棉等几类。

隔板为一厚度小于1 mm的长方形薄片,其长和宽均比极板略大一点。成形隔板的一面有特制的沟槽。安装时,应将带沟槽的一面竖直朝向正极板。

3. 电解液

铅酸蓄电池的电解液由密度为 1.84 g/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。电解液的纯度是影响蓄电池性能和使用寿命的重要因素,一般工业用硫酸和普通水中,因含有铁、铜等有害杂质,绝对不能加入到蓄电池中去,否则容易自行放电,并且容易损坏极板。因此,蓄电池电解液要用规定的蓄电池专用硫酸和蒸馏水配制。

表 1.1 不同气温下的电解液密度

使用地区最低温度/ $^\circ\text{C}$	冬 季/ (g/cm^3)	夏 季/ (g/cm^3)
< -40	1.31	1.27
$-40\sim -30$	1.29	1.25
$-30\sim -20$	1.28	1.25
$-20\sim 0$	1.27	1.24
> 0	1.24	1.24

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。蓄电池电压一般有6 V和12 V两种规格,因此,外壳内由间壁分成3个或6个互不相通的单格。例如,12 V蓄电池

内分成6个单格,由5个单格壁将容器分为互不相通的6个小容器。各个单格底部做有垫角,其突起的肋条用以搁置极板组,使其下方有足够的空间作为沉淀槽,容纳脱落的活性物质,以免堆积起来使正负极板相接触而造成短路。

外壳应耐酸、耐热、耐寒、抗震动,并具有足够的机械强度。常用的材料有硬质橡胶、沥青塑料、工程塑料。工程塑料美观透明,耐酸,质量轻,强度高,发展非常快。我国目前已大量生产聚丙烯等工程塑料蓄电池外壳。

5. 其他零部件

(1) 铅连接条

由于蓄电池各单格为串联连接,因此不同极性的极桩用铅连接条连接起来。铅连接条由铅锡合金铸成,有外露式、跨桥式和穿壁对焊式三种,前者用在硬橡胶外壳和盖上,后两种用在塑料外壳和盖上。

外露式是指连接条外露在蓄电池盖的上面;跨桥式是指连接条下部在蓄电池的平面上,或埋在盖下,连接部分跨接在各单格电池的中间壁上;穿壁对焊式是指在中间壁上打孔,使极板组柄直接穿过中间隔壁而将各单格电池连接起来。穿壁式连接方式见图1.2。

(2) 加注孔盖

用橡胶或塑料制成,旋在蓄电池盖的加注孔内。加注孔盖上有通气孔,下端有特制的隔板,其作用是将通气孔与单格上面的空间部分地隔开,以防汽车颠簸时,电解液从通气孔溅出。

加注孔盖上的通气孔应经常保持畅通,使蓄电池内部的 H_2 与 O_2 排出以防蓄电池过早损坏或爆炸。若在孔盖上安装一个过滤器,还可以避免水蒸气逸出,减少水的消耗。

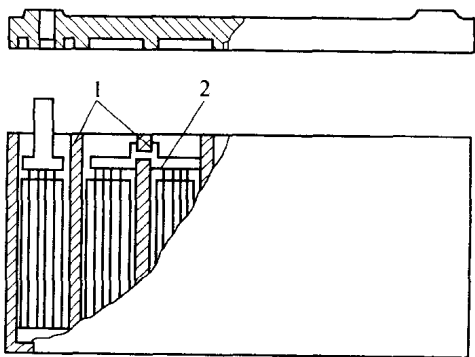


图1.2 单格电池之间的穿壁焊示意图

1—间壁;2—连接条

1.1.2 蓄电池的型号

按原机械部 JB 2599—85《起动型铅蓄电池标准》规定,国产铅蓄电池的型号分为三段,其排列及其含义如下:

串联的单格电池	电池类型	电池特征	额定容量	特殊性能
1	2		3	

第1部分表示串联的单格电池数,用阿拉伯数字组成,其标准电压是这个数字的2倍。

第2部分表示蓄电池的类型和特征,用汉语拼音字母表示。其中前一部分字母表示蓄电池的类型,如“Q”表示起动用铅蓄电池。后一部分为蓄电池的特征代号,如“A”表示干荷电式,具有两种特征时按表1.2顺序将两个代号并列标志,各代号具体含义见表1.2。

第3部分表示蓄电池的额定容量,我国目前规定采用20h放电率的容量安培小时数 $A \cdot h$ 。

此外,有的蓄电池在额定容量后面用一个字母表示其具有的特殊性能,如:Q—高起动率;

S—塑料槽;D—低温起动性能好。

表 1.2 铅蓄电池特征代号

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	密封式	Y	液密式
W	免维护	B	半密封式	Q	气密式
S	少维护	F	防酸式	I	激活式

例如,CA1170P2K2 柴油车用型号为 6-QAW-100S 的蓄电池,是由 6 个单格串联而成,标准电压为 12 V,额定容量 100 A·h 的干荷电式免维护蓄电池,它采用了塑料整体式外壳,薄型极板,使用时只需加入规定密度的电解液,静止 0.5 h,就可以投入使用。

1.1.3 免维护铅蓄电池的特点

免维护铅蓄电池又称 MF 蓄电池,现在被越来越广泛地使用,其构造见图 1.3。与普通铅蓄电池相比在构造与使用特性上具有很多特点。

1. 免维护铅蓄电池的结构特点

① 采用低锡合金或铅钙合金 Pb-Ca 制作极板栅架,提高了氧在正极、氢在负极的析出过电位,使蓄电池在使用时失水量少,以保证在整个使用寿命期内无需补充水;同时使自放电小,荷电保持能力增强。

② 采用密封式压铸成型极桩,不易断裂,避免酸气腐蚀。

③ 外壳为聚丙烯塑料热压而成,槽底没有肋条,极板组可以直接安放在蓄电池底部,使极板上部的电解液量增加一倍多。而且,外壳壳体内壁较薄,与同容量的普通铅酸蓄电池相比较,体积小,质量轻。

④ 隔板采用袋式聚氯乙烯隔板。极板被隔板所包围,可以保护正极板上的活性物质不至脱落,并能够防止极板短路,同时还可使蓄电持久。

⑤ 通气孔采用新型安全通气装置。这样的通气孔既可避免蓄电池内的硫酸气与外部火花直接接触发生爆炸,又可借助催化剂钯,帮助排出的氢离子与氧离子结合成水再回到电池中去,减少了水的消耗,因而可以使用三四年不必补加蒸馏水。这种通气装置还可以使蓄电池顶部和接线柱保持清洁,减少接线端头的腐蚀,保证接线牢固可靠。

⑥ 单格电池间的极板组的连接条,采用穿壁式贯通连接,可减少内阻。

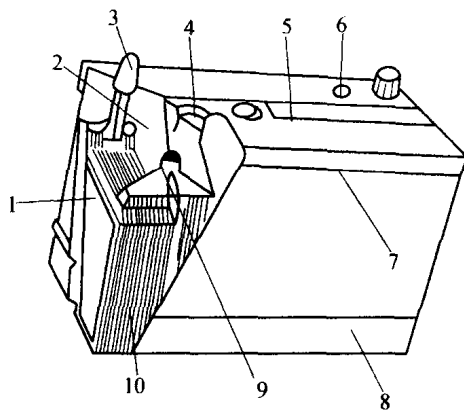


图 1.3 免维护铅蓄电池的构造

1—极板组;2—极板上部;3—压铸成型密封式极桩;
4—安全通气装置;5—盖;6—内装液体密度计;7—外
壳与盖粘接处;8—外壳;9—穿壁式单格电池连接条;
10—袋式隔板

⑦ 有的蓄电池内部还安装有液体密度计(俗称电眼),可以自动显示蓄电池的存电状态和电解液的液面高低。

2. 免维护铅蓄电池的使用特性

(1) 使用中不需要加水

普通蓄电池在接近完全充电时,由于过充电而造成水的分解,会析出氢气和氧气,使电解液液面降低,而且充电终了的充电速率越大,耗水量就越多。免维护蓄电池与普通蓄电池相比较,在同时使用18个月后,前者的过充电电流为52 mA,而后者达110 mA;而且前者充电电流仅为后者的1/20,因而析气量减少了95%,耗水量也大大减少。

此外,由于免维护蓄电池采用袋式隔板将极板完全包住,并且极板都是直接安放在蓄电池的地板上。这样,不仅储液量增加,而且耗水量也大大减少,因此免维护蓄电池在使用中不需要加水。

(2) 自放电少,寿命长

普通蓄电池由于极板栅架采用铅锑合金,在放电过程中,锑要从栅架内转移到正、负极板的活性物质以及电解液中去,因而增加了自放电,缩短了使用寿命。正常情况下蓄电池使用寿命为2年。免维护蓄电池极板栅架采用铅钙合金,由于板栅中没有锑,使自放电大为减少,延长了使用寿命。免维护蓄电池的正常使用寿命为4年,比普通蓄电池提高一倍。

(3) 接线柱腐蚀较小

普通蓄电池中,由于析出的酸气聚集在蓄电池顶部,不仅会腐蚀接线柱,还会在电极极桩之间形成短路电流。免维护蓄电池因为有新型安全通气装置,不仅能将酸气保留在单格电池内部,而且能够预防火花或火焰进入蓄电池;不但可以减少或避免由外部原因引起的蓄电池爆炸,而且能够保持蓄电池盖顶部的干燥,从而减少了接线柱的腐蚀,保证电气线路连接牢固可靠。

(4) 起动性能好

免维护蓄电池由于单格电池之间采用了穿壁式连接,缩短了电路的连接长度,减小了内阻,可以使连接条上的功率损失减少80%,放电电压提高0.15~0.4 V。因此与普通蓄电池相比具有较好的起动性能。

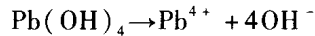
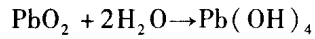
1.2 蓄电池的工作原理

根据双极硫酸盐化理论,蓄电池中参与化学反应的物质,正极板上是 PbO_2 ,负极板上是 Pb ,电解液是 H_2SO_4 的水溶液。蓄电池放电时,正极板上的 PbO_2 和负极板上的 Pb 都变成 PbSO_4 ,电解液中的 H_2SO_4 减少,密度下降。蓄电池充电时,则按相反的方向变化,正极板上的 PbSO_4 恢复成 PbO_2 ,负极板上的 PbSO_4 恢复成 Pb ,电解液中的 H_2SO_4 增加,密度增大。

1.2.1 蓄电池电动势的建立

极板浸入电解液后,由于少量的活性物质溶解于电解液,产生了电极电位,并且由于正负极板的电极电位不同而形成了蓄电池的电动势。

在正极板处,少量的 PbO_2 溶入电解液中,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



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+} 有与溶液中 OH^- 结合,生成 $\text{Pb}(\text{OH})_4$ 的倾向,当两者达到动态平衡时,正极板的电极电位约为 $+2.0\text{ V}$ 。

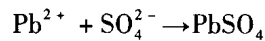
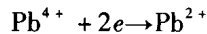
同理,在负极板处,金属铅受两方面的作用,一方面它有溶解于电解液的倾向,因而极板表面上有少量 Pb^{2+} 进入电解液,使极板带负电;另一方面,由于正、负电荷的吸引, Pb^{2+} 有沉附于极板表面的倾向。当两者达到动态平衡时,极板的电极电位约为 -0.1 V 。

因此,一个充足电的蓄电池,在静止状态下的电动势 E_0 约为 2.1 V 。

实际测定的结果是 $E_0 = 2.044\text{ V}$ 。

1.2.2 蓄电池的放电过程

如果将蓄电池与外电路的负荷接通,例如接亮汽车前照灯,蓄电池与前照灯就组成了完整的电路。当电路中产生电流时,电子 e 从负极板经过外电路的负荷流往正极板,使正极板的电位下降,从而破坏了原有的平衡状态。流到正极板的电子 e 与 Pb^{4+} 结合,变成二价离子 Pb^{2+} , Pb^{2+} 与 SO_4^{2-} 化合,生成 PbSO_4 而沉附在正极板上,即



在负极板处, Pb^{2+} 与电解液中的 SO_4^{2-} 化合也生成 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+} , 留下电子 $2e$ 。

在外部电路的电流继续流通时,蓄电池正极板上的 PbO_2 和负极板上的 Pb 将不断转变为 PbSO_4 , 电解液中的 H_2SO_4 逐渐减少,而 H_2O 逐渐增多,电解液密度下降。铅蓄电池放电时的化学过程见图 1.4。

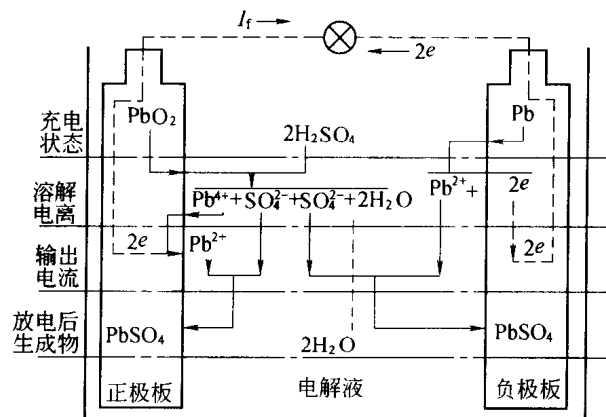


图 1.4 铅蓄电池的放电过程

从理论上说,蓄电池的这种放电过程将进行到极板上的所有活性物质全部转变为 Pb_2SO_4 为止,而实际上不可能达到这种情况,因为电解液不能渗透到极板活性物质最内层中去。在使用中所谓放完电的蓄电池,极板上的活性物质材料实际上只有 20% ~ 30% 转变成了 PbSO_4 。因此,采用薄型极板,增加多孔性,提高极板活性物质的利用率是蓄电池工业的发展方向。我国已经有一些厂家生产薄型极板蓄电池。

1.2.3 蓄电池的充电过程

充电时蓄电池的正负两极接通直流电源,当电源电压高于蓄电池的电动势时,在电源力的作用下,电流将以相反的方向通过蓄电池,即由蓄电池的正极流入,从蓄电池的负极流出,也就是电子由正极板经外电路流往负极板。这时正负极板发生的化学反应正好与放电过程相反,其化学反应过程见图 1.5。

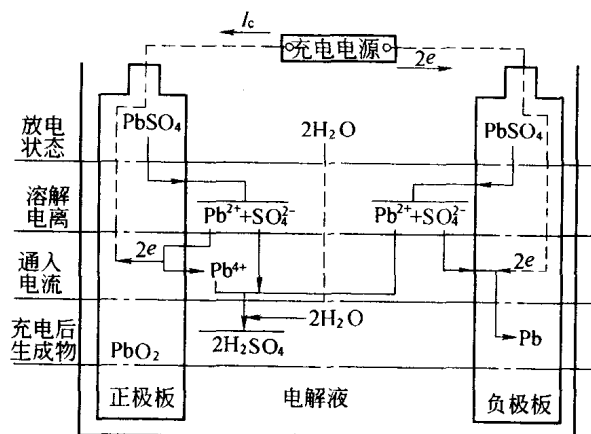
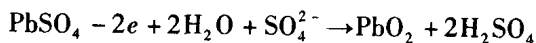
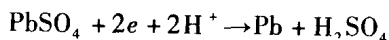


图 1.5 铅蓄电池的充电过程

在正极板处,有少量的 PbSO_4 溶于电解液中,产生 Pb^{2+} 和 SO_4^{2-} , Pb^{2+} 在电源力作用下失去两个电子变成 Pb^{4+} ,它又和电解液中解析出来的 OH^- 结合,生成 $\text{Pb}(\text{OH})_4$, $\text{Pb}(\text{OH})_4$ 再分解成为 PbO_2 和 H_2O ,而 SO_4^{2-} 与电解液中的 H^+ 化合生成 H_2SO_4 。正极板上的总反应为

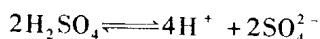


在负极板处,也有少量的 PbSO_4 溶于电解液中,产生 Pb^{2+} 和 SO_4^{2-} , Pb^{2+} 在电源力的作用下获得两个电子变成金属 Pb ,沉附在极板上,而 SO_4^{2-} 则与电解液中的 H^+ 化合生成 H_2SO_4 。负极板上的总反应为

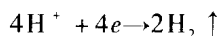


由此可见,在充电过程中,正负极板上的 PbSO_4 将逐渐恢复为 PbO_2 和 Pb ,电解液中的硫酸 (H_2SO_4) 成分逐渐增多,水 (H_2O) 逐渐减少。

充电期间,电解液密度将升到最大值,并且引起水的分解。其反应式为



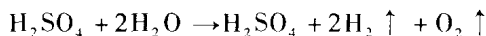
负极上的反应为



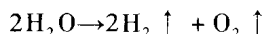
正极上的反应为



蓄电池的总反应为

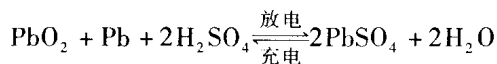


因此,实际上分解的是 H_2O ,即



由蓄电池充放电时的化学反应过程,可以得出如下几点结论。

① 蓄电池在放电时,电解液中的硫酸将逐渐减少,而水将逐渐增多,电解液密度下降;蓄电池在充电时,电解液中的硫酸将逐渐增多,而水将逐渐减少,电解液密度增加。因此,可以通过测量电解液密度的方法来判断蓄电池的充放电程度。在蓄电池的充放电过程中,极板的活性物质是处在化合和分解的运动之中,略去中间的化学反应,这一运动的过程可以表示为



② 在充放电时,电解液密度发生变化,主要是由于正极板的活性物质发生化学反应的结果,因此要求正极板处的电解液流动性要好。所以在装配蓄电池时,应将隔板有沟槽的一面对正正极板,以便电解液流通。

③ 蓄电池放电终了时,极板上尚余有 70% ~ 80% 的活性物质没有起作用。因此,要减轻铅蓄电池的质量,提高供电能力,应该充分提高极板活性物质的利用率,在结构上提高极板的多孔性,减少极板的厚度。

1.3 蓄电池的工作特性

要使蓄电池得到合理使用,必须掌握它的工作特性,即蓄电池的静止电动势、内阻和充放电特性的变化规律。

1.3.1 蓄电池的静止电动势

在蓄电池内部工作物质的运动处于暂时的平衡状态时,蓄电池的电动势称为静止电动势。静止电动势的大小取决于电解液的密度和温度,在电解液密度为 $1.050 \sim 1.300 \text{ g/cm}^3$ 的范围内,蓄电池的静止电动势可用下面的经验公式计算

$$E_0 = 0.84 + \rho_{25^\circ\text{C}}$$

式中, E_0 ——蓄电池的静止电动势,单位为 V;

$\rho_{25^\circ\text{C}}$ —— 25°C 时电解液的密度。

如果测量电解液密度时的电解液温度不是标准温度 25°C ,则需要进行换算,公式为

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