

汽车电气

与智能系统

● 主 编 方晓汾 朱剑宝



 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

高等职业教育“新形态”
精品系列教材·汽车类

汽车电气与智能系统

主 编 方晓汾 朱剑宝
副主编 袁 琼 武春龙 张正中

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书结合国内汽车类专业、行业、企业岗位的迫切需求,将汽车电器设备新技术、车载智能技术等内容项目化,全面系统地解析传统汽车电器设备、智能控制、车联网等关键技术。每个项目从实际需求出发,将知识获取、技能培养、素养构建有机融合,将原理、结构、应用等进行全面剖析。

本书可供汽车行业的工程技术人员以及汽车类相关专业,特别是应用型汽车类本科和高职院校汽车类专业用作教材或相关专业培训教材,也可供汽车爱好者学习之用。

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

汽车电气与智能系统 / 方晓汾, 朱剑宝主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2020. 8
(2020. 9 重印)

ISBN 978 - 7 - 5682 - 8834 - 7

I. ①汽… II. ①方… ②朱… III. ①汽车 - 电气设备 - 高等学校 - 教材 ②智能控制 - 汽车 - 高等学校 - 教材 IV. ①U46

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2020) 第 142934 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市天和华印刷装订有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 11.5

彩 插 / 1

字 数 / 270 千字

版 次 / 2020 年 8 月第 1 版 2020 年 9 月第 2 次印刷

定 价 / 36.00 元

责任编辑 / 梁铜华

文案编辑 / 梁铜华

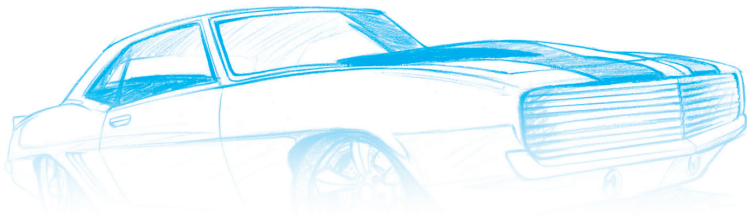
责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

编 委

- 方晓汾 衢州职业技术学院
朱剑宝 福建船政交通职业学院
袁 琼 重庆工业职业技术学院
钟文浩 惠州经济职业技术学院
张正中 金华职业技术学院
武春龙 河北工业大学
张 勇 东北石油大学
唐 鹏 重庆工业职业技术学院
朱 昀 衢州欧龙汽车有限公司
纪英诗 衢州欧龙汽车有限公司
陈先亮 东莞职业技术学院
王兴强 北京车之家信息技术公司
黄 磊 爱柯迪股份有限公司
郑黄鸿 衢州宝驿汽车服务有限公司
陈晓勇 衢州福特4S店
毕少平 浙江中通汽车销售服务有限公司
陈乐凯 温州滨海中升雷克萨斯汽车销售有限公司
钱忠源 江苏康众汽配有限公司
胡旭峰 衢州市柯城尚诚汽车服务中心
叶 娜 温州华能达汽车销售服务有限公司
胡林才 58金融福州分公司
吴志平 衢州市柯城平信工程机械维修部
姜双智 金华市东风汽车技术服务站



前言

遵循工程教育中的“新工科建设”培养创新人才，赋能未来。在此背景下，现代汽车不再仅仅是简单的代步工具，已同时具备了交通、娱乐、办公和通信等多种功能，汽车的电子化已经进入数字化、智能化阶段，电子技术的快速发展，为汽车向电子化、智能化、网络化、多媒体的方向发展创造了条件。国家正在实施创新驱动发展、“中国制造2025”、“互联网+”、“网络强国”等重大战略，为响应国家战略需求，支撑服务以新技术、新业态、新产业、新模式为特点的新经济蓬勃发展，突破核心关键技术，构筑先发优势，在未来全球创新生态系统中占据战略制高点，迫切需要培养大批新兴工程科技人才，为加快建设和发展新工科奠定了良好基础。本书按照新工科工程教育的培养模式和基本特点，以培养高技术应用型专门人才为出发点，以适应社会需要为目标，将纸质素材和数字化素材进行了结合，获得了校企合作开发课程项目“汽车电器设备与维修”（编号：XQKC201611）的支持。

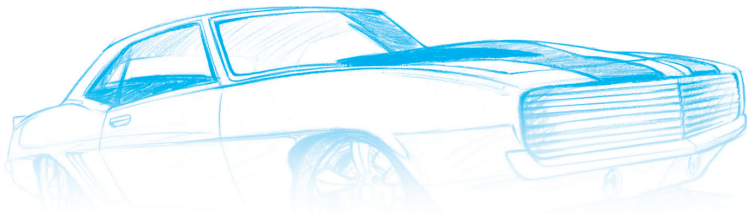
本书内容包括五个项目。项目一，主要以传统内燃机汽车电器设备结构、电路图以及典型故障类型为出发点，内容涵盖汽车电源、起动系统、点火系统、空调系统等，以具体的电器设备为主线，系统阐述了具体结构、原理，并辅以具体案例，直观形象、易于理解。项目二，以汽车电子控制系统为主线，阐述了汽车电子控制系统工作原理，辅以多种案例，对汽车控制器电路图、传感器模块的具体工作原理进行了介绍。项目三，以汽车总线系统为出发点，阐述了汽车各控制模块之间的通信协议，具体以案例为依托，阐述和分析了CAN等常见的通信协议以及通信工作原理。项目四，具体阐述了辅助驾驶及导航系统，并对自动驾驶系统安全等级以及发展趋势进行了介绍。项目五，具体阐述了汽车防盗与信息服务系统结构、工作原理，借助各案例对汽车防盗和信息服务系统做了较为深入的剖析。

本书由方晓汾、朱剑宝任主编，袁琼、武春龙、张正中任副主编。具体分工为：方晓汾、朱剑宝统稿（负责项目一~项目五的整体构思与编写）；项目一由方晓汾编写，袁琼校审；项目二由方晓汾编写，朱剑宝校审；项目三由方晓汾编写，朱剑宝校审；项目四由方晓汾、朱剑宝编写，武春龙校审；项目五由朱剑宝编写，张正中校审。

感谢参与校企合作工作的上海大众4S的毕少平技师、福特4S店陈晓勇技师、奔驰4S店的纪英诗技师等。

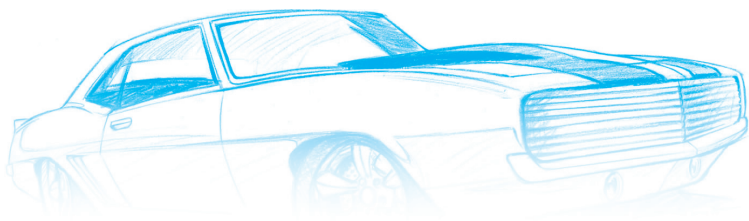
由于编者水平有限，经验不足，加之编写时间仓促，书中难免存在不当或错误之处，恳请读者批评指正（Email：fangxiaofen1985@hotmail.com）。

方晓汾



目 录

项目一 汽车电器设备及维护	001
1.1 汽车电器设备组成	001
1.2 蓄电池结构认知与维护	005
1.3 发电机结构认知与维护	013
1.4 发动机起动系统认知与维护	017
1.5 点火系统认知与维护	023
1.6 智能启停系统认知与维护	035
1.7 照明系统认知与维护	044
1.8 空调系统认知与维护	055
项目二 汽车电子控制系统及维护	100
2.1 传感器系统	100
2.2 处理器系统	116
2.3 喷油嘴喷油控制	125
2.4 典型故障与维护	131
项目三 汽车总线系统与网络	135
3.1 总线与信息处理	135
3.2 车载网络系统	137
3.3 智能 V2X (Vehicle to Everything) 系统	142
3.4 某车型 CAN 总线系统故障案例	148
项目四 辅助驾驶与导航系统	152
4.1 辅助驾驶系统	152
4.2 自动驾驶系统	156
4.3 导航体系	160
项目五 防盗与信息服务系统	164
5.1 防盗与智能进入系统	164
5.2 智能终端系统	169
参考文献	172



项目一

汽车电器设备及维护

随着汽车越来越智能化，汽车上的电器设备也越来越多。随着近年来电子技术的发展，汽车上出现了大量的电子控制系统，汽车的电子化程度已经成为国际上衡量汽车先进水平的重要标准，电子装置的成本占整车成本的比例越来越高。汽车整车电器设备包括满足车辆运行的基本设备和为了提高车辆安全性、舒适性而增加的一些电子控制系统。它们的主要特点是：

(1) 低压——汽车电系的额定电压有 12 V、24 V 两种，汽油车普遍采用 12 V 电系，而柴油车多采用 24 V 电系。电器产品额定运行端电压，对发电装置 12 V 电系为 14 V，对 24 V 电系为 28 V，对用电设备电压在 0.9 ~ 1.25 倍额定电压范围内变动时应能正常工作。

(2) 直流——主要从蓄电池的充电方式来考虑。汽车电系采用直流是因为起动发动机的起动机为直流串激式电动机，其工作时必须由蓄电池供电，而蓄电池消耗电能后又必须用直流电来充电。

(3) 单线制——单线制即从电源到用电设备使用一根导线连接，而另一根导线则用汽车车体或发动机机体的金属部分代替。单线制可节省导线，使线路简化、清晰，便于安装与检修。

(4) 负极搭铁——将蓄电池的负极与车体相连接，称为负极搭铁。

1.1 汽车电器设备组成



学习目标

- (1) 了解汽车电器设备中的电源系统、基本电器设备、配电装置；
- (2) 了解电源系统类型、组成与作用；
- (3) 掌握基本电器设备的类型、组成与作用。

汽车电器设备是依靠电路进行工作的，电路就是电流的通路，它是为了某种需要由某些电工设备或元件按一定方式组合起来的。电路由电源、负载和中间环节（开关、导线等）

三个部分组成，这三个部分称为组成电路的“三要素”。

整车电器设备主要包括的内容如图 1-1-1 所示。

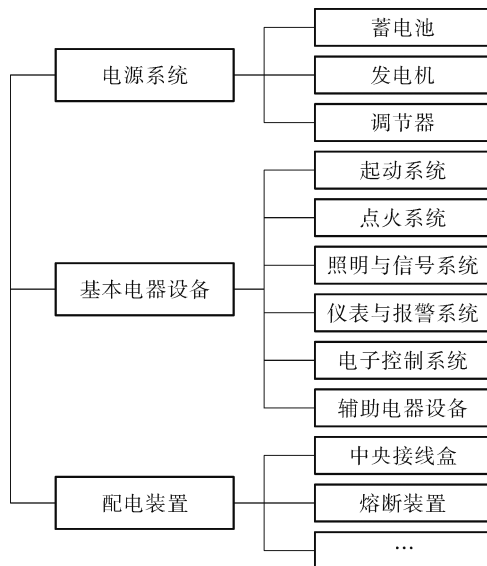


图 1-1-1 整车电器设备

1. 电源系统

电源系统包括蓄电池、发电机、调节器。其中发电机为主电源，发电机正常工作时，由发电机向全车用电设备供电，同时给蓄电池充电。调节器的作用是使发电机的输出电压保持恒定。

(1) 蓄电池。蓄电池为可逆的直流电源。在汽车上使用最广泛的是起动用铅酸蓄电池(图 1-1-2)，它与发动机并联，向用电设备供电。蓄电池的作用是：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；当蓄电池存电不足，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。因此它在汽车上占有重要位置。正确使用和维护保养蓄电池，对延长蓄电池的使用寿命极为重要。所以，汽车修理厂要担负维护、修理及启用新蓄电池等作业项目。



图 1-1-2 铅酸蓄电池

(2) 发电机。发电机是汽车的主要电源，它在正常工作时，对除起动机以外的所有的用电设备供电，并向蓄电池充电，以补充蓄电池在使用中所消耗的电能。汽车所用的发电机有直流发电机和交流发电机两种。直流发电机是利用机械换向器整流；交流发电机（图 1-1-3）是利用硅二极管整流，故又称硅整流发电机。



图 1-1-3 交流发电机

汽车用电器都是按照一定的直流电压设计的，汽油机常用 12 V，柴油机常用 24 V。在汽车上，发电机既是用电器的电源，又是蓄电池的充电装置。为了满足用电器和蓄电池的要求，人们对发电机的供电电压和电流变化范围也有一定的限制。

(3) 调节器。直流发电机所匹配的调节器一般都是由电压调节器、电流限制器、截断继电器三部分组成。而交流发电机的调节器可大大简化：由于硅二极管具有单向导电的特性，当发电机电压高于蓄电池电动势时，二极管有阻止反向电流的作用，所以交流发电机不再需要截断继电器；由于交流发电机具有限制输出电流的能力，因此也不再需要电流限制器。但它的电压仍是随转速变化而变化的，所以为了得到恒定的直流电压，还必须装有电压调节器。

2. 基本电器设备

(1) 起动系统。起动系统一般包括串励式直流电动机（电刷、电枢、磁场绕组等）、传动机构或称啮合机构（离合器、中间支撑板、限位螺母等）、控制装置（即起动开关，包括电磁开关、拨叉等），它的作用是起动发动机（图 1-1-4）。

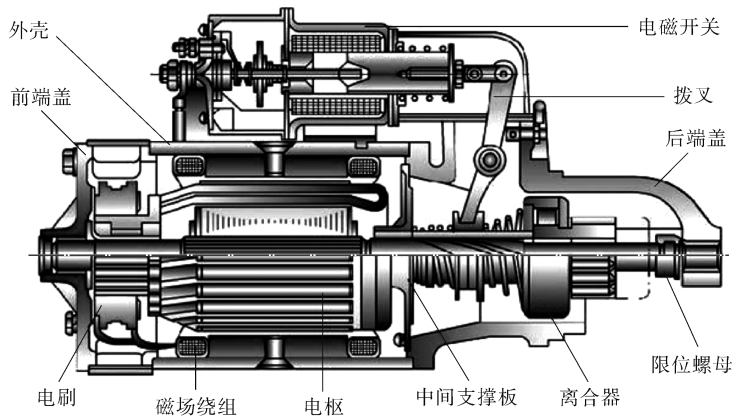


图 1-1-4 汽车起动系统结构

(2) 点火系统。点火系统包括点火开关、点火线圈、分电器总成、火花塞等，其作用是产生高压电火花，点燃汽油机发动机气缸内的混合气。

在现代汽油发动机中，气缸内燃料和空气的混合气大多采用高压电火花点火。高压电火花点火具有火花形成迅速、点火时间准确、调节容易等优点。

(3) 照明与信号系统。照明系统包括汽车内、外各种照明灯及其控制装置，主要有前照灯、雾灯、尾灯、制动灯、顶灯、转向灯等，用来保证夜间行车安全。

信号系统包括喇叭、蜂鸣器、闪光器及各种行车信号标识灯，用来保证车辆运行时的人车安全。

(4) 仪表与报警系统。仪表系统包括各种电器仪表，主要有电流表、充电指示灯、电压表、机油压力表、温度表、燃油表、车速及里程表、发动机转速表等，用来显示发动机和汽车行驶中有关装置的工作状况。

汽车仪表的作用是帮助驾驶员实时掌握汽车主要部件或系统的工作情况，及时发现和排除可能出现的故障和不安全因素，以保证良好的行驶状态。汽车常用仪表有电流表、冷却液温度表、发动机机油压力表、燃油油量表及车速里程表，有的汽车还有发动机转速表和制动系储气筒气压表等。

在现代汽车上，为了指示汽车各个重要系统的工作状况、保证行车安全、防止事故发生所设置的灯光或声音信号装置称为报警装置。如机油压力过低、冷却液温度过高、制动液液面高度不足、发电机不充电、油箱燃油存储量过少以及电子控制系统如安全气囊、ABS 系统、发动机控制系统等发生故障时，汽车的报警装置将及时点亮安装在组合仪表上相应的指示灯，发出报警信号，提醒驾驶员注意或停车检修。例如：冷却液温度过高报警灯、机油压力过低报警灯等。

(5) 电子控制系统。汽车电子控制单元 (ECU) (图 1-1-5) 中枢电路元件即微型计算机，主要由中央处理器 (CPU)，用于存储程序和数据的内存储器，输入/输出 (I/O) 接口和系统总线组成。汽车微机控制系统功能分为七大类，包括发动机控制、变速器控制、行驶与制动转向控制、安全保证及仪表警报、电源系统、舒适性和娱乐通信。

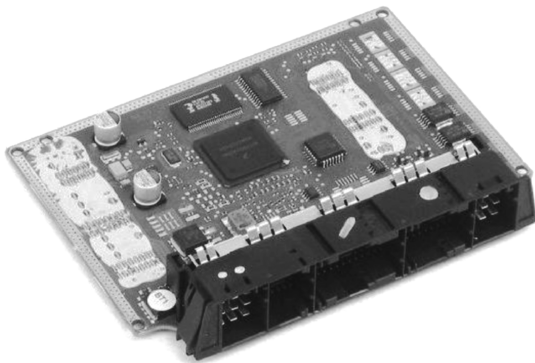


图 1-1-5 汽车电子控制单元 (ECU)

(6) 辅助电器系统。辅助电器系统包括电动刮水器、空调器、低温启动预热装置、收录机、点烟器、玻璃升降器等。

随着汽车辅助工业的发展和现代化技术在汽车方面的应用，现代汽车用的辅助电器设备

中,除了汽车用音响设备、通信器材和汽车电视等服务性装置外,都是一些与汽车本身使用性能有关的电器设备,如电动刮水器、电动洗窗器、电动玻璃升降器、暖风通风装置、电动座位移动机构、发动机冷却系统电动风扇、电动燃料泵、冷气压缩机用电磁离合器等。这些辅助电气设备大体可分为三类:电机类、电磁离合器类和电动泵类。

3. 配电装置

配电装置包括中央接线盒、电路开关、熔断装置(图1-1-6)、插接器和导线等,可以保证线路工作的可靠性和安全性。

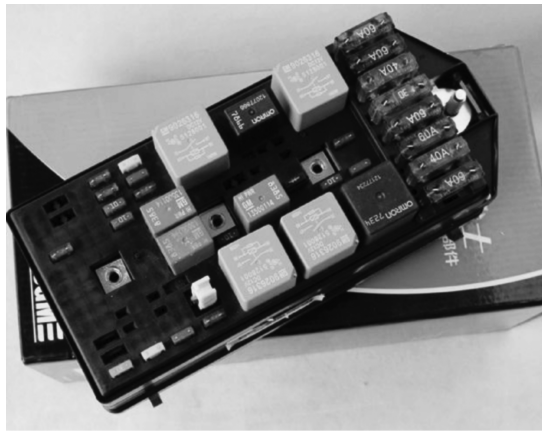


图1-1-6 熔断装置(保险盒)

1.2 蓄电池结构认知与维护



学习目标

- (1) 了解蓄电池的技术参数、选型和标准;
- (2) 了解蓄电池的结构和充放电原理;
- (3) 掌握蓄电池的日常维护和性能检测方法。

1. 蓄电池的功用

蓄电池是一种可逆的低压直流电源,是汽车电源的重要组成部分。蓄电池既能将化学能转换为电能,又能将电能转换为化学能。它的作用是:

- (1) 起动发动机时,供给起动机大电流。
- (2) 在发电机不发电或电压较低的情况下向用电设备供电。
- (3) 当用电设备短时间耗电超过发电机供电能力时,协助发电机向用电设备供电。
- (4) 蓄电池存电不足,而发电机负载又较小时,它可将发电机的电能转变为化学能储存起来(即充电)。
- (5) 蓄电池相当于一个大电容器,它可随时将发电机产生的过电压吸收掉,起到保护晶体管、延长发电机使用寿命的作用。

2. 蓄电池的类型

按外部结构，蓄电池可分为：橡胶槽蓄电池和塑料槽蓄电池；按性能，蓄电池可分为：湿荷电蓄电池、干荷电蓄电池和免维护蓄电池等。目前汽车上广泛采用干荷电、免维护塑料槽的铅酸蓄电池。

3. 蓄电池的结构和识别

铅酸蓄电池的结构如图 1-2-1 所示。它主要由极板、隔板、电解液、外壳和极柱与穿壁式联条等部分组成。

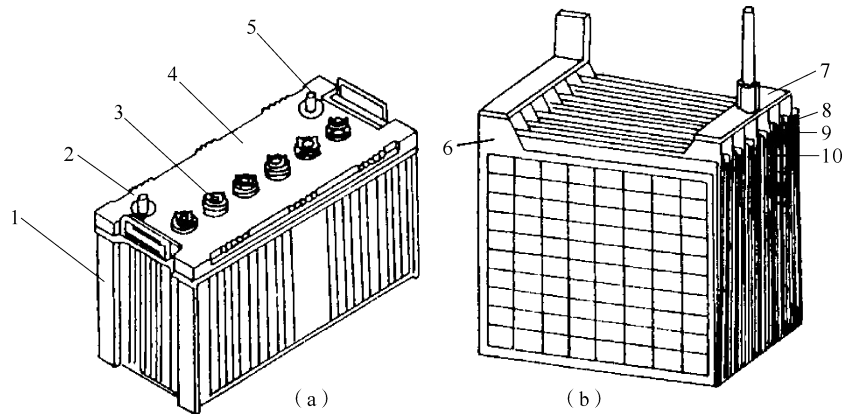


图 1-2-1 铅酸蓄电池的结构

1—外壳；2—正极板；3—加液孔螺塞；4—电池盖；5—负极柱；6—负极板组；
7—正极板组；8—隔板；9—负极板；10—正极板

(1) 极板。极板分正极板和负极板，每片极板均由栅架和活性物质构成。正极板上的活性物质为二氧化铅，呈棕红色；负极板上的活性物质为海绵状纯铅，呈青灰色。为了增大蓄电池的容量，需要把正、负极板分别焊成极板组，且负极板组比正极板组多一片。

(2) 隔板。隔板通常用木质、微孔橡胶、微孔塑料或玻璃纤维制成。隔板安装在正、负极板之间，防止正、负极板因相碰而短路。隔板一面制有沟槽，装配时有沟槽面应竖直面面向正极板。

(3) 电解液。电解液由纯净硫酸与蒸馏水按一定比例配制而成，其密度可用密度计测量，一般在 $1.23 \sim 1.30 \text{ g/cm}^3$ 。

(4) 外壳。蓄电池外壳用橡胶或塑料制成，用以储存电解液和支承极板。外壳内部有隔壁，把外壳内部分成三个或六个单格。

(5) 极柱与穿壁式联条。每个单格电池都有正、负两个极柱，分别连接正、负极板组，连接正极板组的叫正极柱，连接负极板组的叫负极柱。正极柱接起动机开关（接柱），负极柱接车架（接铁）。

穿壁式联条用来连接相邻单格电池的正、负极柱，使各单格电池相互串联成更高电压的电池。如一只 12 V 的蓄电池由 6 个单格电池串联而成。

4. 蓄电池的型号标志

根据 JB/T 2599—2012《铅酸蓄电池名称、型号编制与命名办法》的规定，蓄电池型号是指一个或几个字母与数字组合成的符号，分别表示用途、结构特征，并将这些符号按一定

的规律排列组合成一种标记。

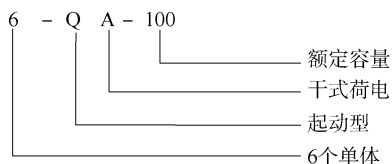
蓄电池型号由三部分组成：

第一部分为串联的单体蓄电池数；

第二部分为蓄电池用途、结构特征代号；

第三部分为标准规定的额定容量。

例如：



(1) 串联单格电池数。串联单格电池数指一个整体壳体内所包含的单格电池数目，用阿拉伯数字表示。

(2) 蓄电池类型。蓄电池类型根据蓄电池主要用途划分，起动型蓄电池用“Q”表示，代号“Q”是汉字“起”拼音的第一个字母。

(3) 蓄电池特征。蓄电池特征为附加部分，仅在同类用途的产品中具有某种特征，而在型号中又必须加以区别时采用。如干荷电蓄电池，则用汉字“干”拼音的第二个字母“A”表示；免维护蓄电池则用“无”字拼音的第一个字母“W”来表示。当产品同时具有两种特征时，原则上应按表1-2-1所示顺序用两个代号并列表示。

(4) 额定容量。额定容量是指20h额定容量，用阿拉伯数字表示，单位为安培·小时(A·h)，在型号中可略去不写。

蓄电池容量通常以正极板的片数 n 来估算，若每片标准正极板额定容量 C 为15A·h，则蓄电池额定容量 $C_{20} = C \cdot n$ 。

(5) 特殊性能。在产品具有某些特殊性能时，可用相应的代号加在型号末尾表示。如“G”表示薄型极板的高起动率电池，“S”表示采用工程塑料外壳与热封合工艺的蓄电池。

表 1-2-1 蓄电池产品特征代号

序号	蓄电池特征	型号	汉字及拼音或英语字头	
1	密封式	M	密	mi
2	免维护	W	维	wei
3	干式荷电	A	干	gan
4	湿式荷电	H	湿	shi
5	微型阀控式	WF	微阀	wei fa
6	排气式	P	排	pai
7	胶体式	J	胶	jiao
8	卷绕式	JR	卷绕	juan rao
9	阀控式	F	阀	fa

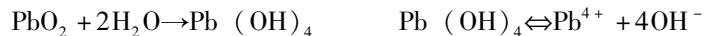
例1：东风EQ2102型越野汽车用6-QW-180型蓄电池：表示由6个单格电池组成、额定电压为12V、额定容量为180A·h的起动型免维护蓄电池。

例2：解放 CQ1121J 载货汽车用 6-QAW-180 型蓄电池：表示由 6 个单格电池组成、额定电压为 12 V、额定容量为 180 A·h 的起动型干荷电免维护蓄电池。

5. 铅酸蓄电池工作原理

铅酸蓄电池的充、放电是由正极板上的活性物质二氧化铅 (PbO₂)、负极板上的活性物质海绵状的纯铅 (Pb) 与电解液中的硫酸 (H₂SO₄) 发生化学反应来完成的。

(1) 电动势的建立。当正、负极板浸入电解液后，在单格蓄电池的正、负极柱间产生电动势。在正极板处，少量 PbO₂ 溶于电解液，与水 (H₂O) 生成 Pb(OH)₄，再分解成四价铅离子 (Pb⁴⁺) 和氢氧根离子 (OH⁻)。即：



Pb⁴⁺ 沉附于极板的表面，OH⁻ 留在电解液中，使正极板相对于电解液具有正电位。当达到平衡时，约为 +2.0 V。

在负极板处金属铅受到两方面的作用，一方面它有溶解于电解液的倾向，因而有少量铅进入电解液，生成二价铅离子 (Pb²⁺)，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，Pb²⁺ 有沉附于极板表面的倾向。当两者达到平衡时，负极板相对于电解液具有负电位，约为 -0.1 V。

因此，在外电路未接通，反应达到相对平衡状态时，蓄电池的电动势为：

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

这是单格蓄电池正、负极间的电动势，那么由 6 个单格串联而成的一块蓄电池，其电动势为 2.1 × 6 = 12.6 (V)。

(2) 放电过程。蓄电池将化学能转换为电能的过程称为放电过程，如图 1-2-2 (a) 所示。

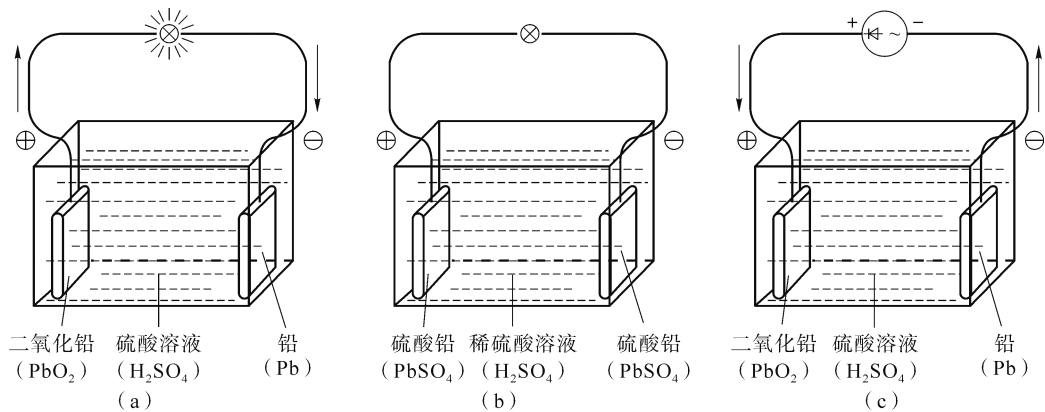


图 1-2-2 蓄电池充、放电过程

(a) 放电过程；(b) 放电終了；(c) 充电过程

蓄电池接上负载，在电动势的作用下，电流从正极经过负载流向负极（即电子从负极流向正极），使正极电位降低，负极电位升高，破坏了原有的平衡。

电解液中 H₂SO₄ 的电离过程为：H₂SO₄ ⇌ 2H⁺ + SO₄²⁻。

在正极板处，Pb⁴⁺ 与电子结合变成 Pb²⁺，Pb²⁺ 与电解液中的硫酸根离子 (SO₄²⁻) 结合生成 PbSO₄ 沉附于正极板上，即：Pb⁴⁺ + 2e → Pb²⁺；Pb²⁺ + SO₄²⁻ → PbSO₄。

在负极板处, Pb^{2+} 与电解液中的 SO_4^{2-} 结合也生成 PbSO_4 沉附于负极板上, 而极板上的金属铅继续溶解, 生成 Pb^{2+} 和电子, 即: $\text{Pb} - 2\text{e} \rightarrow \text{Pb}^{2+}$; $\text{Pb}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{PbSO}_4$ 。

在电解液中, H^+ 和 OH^- 结合生成水, 即: $\text{H}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ 。

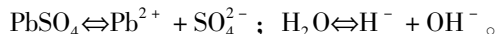
如果电路不中断, 上述的化学反应继续进行, 正极板上的 PbO_2 和负极板上的 Pb 都逐渐转变为 PbSO_4 , 电解液中的 H_2SO_4 含量逐渐减少而水含量增多, 故电解液的相对密度下降。同时因 PbSO_4 的导电性比 PbO_2 和 Pb 差, 随其含量的逐渐增加, 内阻增大, 供电能力下降。

蓄电池在放电过程中总的化学反应方程式为: $\text{PbO}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Pb} = 2\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$, 如图 1-2-2 (b) 所示。

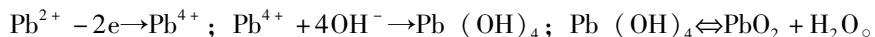
(3) 充电过程。蓄电池将电能转换成化学能的过程称为充电过程, 如图 1-2-2 (c) 所示。充电时, 蓄电池应接直流电源, 蓄电池的正极接电源正极, 蓄电池负极接电源负极。

当电源电压高于蓄电池的电动势时, 在电场力作用下, 电流从蓄电池的正极流入, 从负极流出 (即驱使电子从正极经外电路流入负极)。这时在正、负极发生的化学反应正好与放电过程相反。

在电场力的作用下, 正、负极板上的硫酸铅和电解液中的水均发生电离, 即:



在正极板处, Pb^{2+} 失去两个电子 (2e) 变成 Pb^{4+} , 与电解液中的 OH^- 结合生成 $\text{Pb}(\text{OH})_4$, 它又分解为 PbO_2 和 H_2O , PbO_2 附着在正极板上, 即:

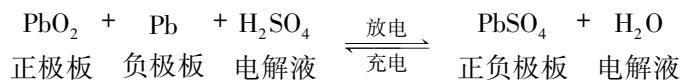


在负极板处, Pb^{2+} 在电场力的作用下获得两个电子 (2e) 变成金属铅, 并附着在负极板上, 即: $\text{Pb}^{2+} + 2\text{e} \rightarrow \text{Pb}$ 。

在电解液中, H^+ 和 SO_4^{2-} 结合生成 H_2SO_4 , 即: $2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$ 。

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 , 电解液中的硫酸含量逐渐增多, 水含量逐渐减少。当 PbSO_4 已基本还原成 PbO_2 和 Pb 时, 充电电流主要用来电解水, 即: $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow$, 使正极冒出氧气 (O_2), 负极冒出氢气 (H_2)。充电电流越大, 则冒气越多, 极易使极板上的活性物质脱落。故在充电末期, 充电电流以小为宜。

蓄电池充电和放电过程是可逆的电化学反应过程, 内部导电靠离子运动实现。如略去中间的化学反应过程, 可用下式表示:



6. 蓄电池的正确使用及维护

要想正确使用蓄电池, 必须了解其工作原理以及各种状况下的工作状态, 在正确的时间进行必要的维护保养, 并且能对常见的故障采取一定的解决措施, 这样才能使其发挥出最大的使用价值, 延长蓄电池的使用寿命。

(1) 蓄电池的选择。应根据外形尺寸和额定容量选择合适的蓄电池。容量太小易导致起动困难, 容量太大易导致蓄电池长期充电不足。

(2) 正确及时充电。对放完电的蓄电池要在 24h 内及时充电; 车上使用的蓄电池一般每两个月补充充电一次; 蓄电池放电程度, 冬季不得超过 25%, 夏季不得超过 50%; 带电解液存放电池要每两个月补充充电一次。

(3) 正确操作使用。不超时连续起动起动机; 安装、搬运时要轻搬轻放; 蓄电池安装要牢固。

(4) 及时清洁维护。经常清除蓄电池表面的灰尘；极柱和电线连接要牢靠，及时清除氧化物并涂上油脂；经常疏通蓄电池的通气孔。

(5) 做好防范工作。防止充电电流过大和长时间过充电；防止过度放电；防止电解液液面过低；防止电解液密度过高；防止电解液内混入杂质。

(6) 冬季蓄电池的使用。应保持蓄电池处于充足电的状态；注意对蓄电池保温；起动发动机前对发动机进行预热，便于起动。

(7) 跨接起动的注意事项。在蓄电池跨接起动时，应注意以下问题：应确认两车的蓄电池额定电压相同，供电蓄电池的容量（A·h）应大于亏电蓄电池的容量。如果没有合适的供电车辆，也可以用单独的蓄电池供电；不要将亏电蓄电池的正、负极连接导线与车辆断开；关闭亏电车内所有电器设备。

7. 检查蓄电池电量及故障处理

对于免维护蓄电池来说，查看其电量非常简便。有的蓄电池顶部会有一个电量指示孔，观察其显示颜色即可判断蓄电池电量。一般情况下显示绿色为正常，如果显示淡黄色或无色，则说明蓄电池电量已不足，需要及时更换。如果蓄电池没有电量指示孔，您可以开车至4S维修店，维修技师会使用专用的蓄电池检测仪，通过检测蓄电池当前的电压和电流来判断蓄电池电量是否正常，如果检测数据低于规定数值，就需要对蓄电池进行必要的维护或者更换了。如果平时您发现发动机不易起动，也可能是蓄电池电量不足引起的，最好到维修店进行检查，必要时进行更换。

使用不当会导致蓄电池出现各种故障，并缩短其使用寿命。常见外部故障有壳体或盖子出现裂纹、封口开胶、极柱松动或腐蚀等；内部故障有极板硫化、活性物质脱落、极板短路、自行放电和极板拱曲等。蓄电池外部故障很容易发现，易修复，而内部故障不易发现且发现后不易排除。因此在使用中应以预防为主，尽量避免内部故障产生。下面具体讲解三种常见的蓄电池故障及解决方案。

(1) 极板硫化。极板上生成白色粗晶粒硫酸铅的现象称为“硫酸铅硬化”，简称“硫化”。这种粗晶粒的硫酸铅会堵塞极板孔隙，使电解液渗入困难，容量降低，且硫化层导电性差，内阻显著增大，导致起动性能和充电性能下降。

解决方案：

- ①对蓄电池定期进行补充充电，使其经常处于充足电的状态。
- ②放完电的蓄电池应在24h内进行补充充电。
- ③电解液相对密度应适当，液面高度应符合要求。

(2) 活性物质脱落。活性物质脱落主要是正极板上的 PbO_2 脱落，特征为：充电时电解液中有褐色物质自底部上升，单体蓄电池端电压上升快，电解液过早出现“沸腾”现象，而电解液密度不能达到规定的最大值；放电时，蓄电池容量明显下降。

解决方案：

- ①避免过充电和大电流长时间充、放电。
- ②安装搬运蓄电池时应轻搬轻放，避免震动冲击。
- ③蓄电池在汽车上的安装应牢固可靠。

(3) 自行放电。蓄电池在无负载状态下电量自行消失的现象称为自行放电或漏电。若每昼夜电量降低超过了2%额定容量，则说明蓄电池有自行放电故障。

解决方案：

- ①配制电解液用的硫酸及蒸馏水必须符合规定。
- ②配制电解液所用器皿必须是耐酸材料，配好的电解液应妥善保管，严防掉入脏物。
- ③加液螺塞要盖好，保持电池外表清洁干燥。
- ④补充的蒸馏水要符合要求。

8. 某车型蓄电池故障排除案例

据维修工描述，一辆通用别克商务车的蓄电池经常亏电，通常放置几天后，早上起困难，无法着车；一个月前，车辆更换了新的蓄电池，结果没过三天，又变得起困难，到维修厂检查多次，仍然没有找到故障原因。

一般汽车电源系统由蓄电池和交流发电机组成，其工作原理包括两个工作过程，即发动机不工作时的电源系统工作过程，以及发动机工作时的电源系统工作过程。发动机不工作时，发动机不旋转，不产生发电电压和充电电流。蓄电池正极接线端通过起动机导线，并利用起动机正极端子与发电机充电导线串接，与发电机电枢端相连并通过内部整流器与发电机壳体实现接地。由于整流器是由二极管构成的，所以发电机不发电时，对蓄电池提供正向电压，发电机整流器的二极管处于反向截止，电阻无穷大，相当于开路。此时，电源系统工作过程中，只有蓄电池单独向全车配电系统供电，提供电压，发电机处于蓄电池为电源的负载状态。

发动机工作时，电枢端子产生发电电压，由于发电机产生的发电电压高于蓄电池正、负极的开路电压，所以开始向蓄电池充电，蓄电池此时相当于发电机的一个负载，发动机同时向全车配电系统提供发电电压。由于现在设计的汽车发电机输出功率比较大，所以当全车配电系统处于最大负荷状态时，也能满足需要，且保持蓄电池处于充足电的状态。而采用小容量的蓄电池，仅能满足发动机起动的需要，或满足 ACC 挡位车身电气系统短时间工作的需要。

为了说明诊断思路，下面绘制一个电源系统和配电系统的逻辑电路（图 1-2-3）：沿水平方向分别画出两条平行线，上边的一条平行线代表蓄电池的正极线，用“B”表示，下边的一条平行线代表蓄电池的负极线，用“E”表示，并在两条平行线之间，分别等距画出四个相同大小的逻辑方框，它们与两条平行线相平行。在每个逻辑方框上、下边的中部，分别引出与平行线相垂直的线，各自连接于上条平行线或下条平行线。每个逻辑方框与下边平行线相连的交点都标注“E”，表示其负极即接地。第一个逻辑方框代表蓄电池，在其正极端标注“B”；第二个逻辑方框代表发电机，在其正极端标注“D”；第三个逻辑方框代表由发动机舱内的继电器/熔断装置构成的配电系统，在其正极端标注“P1”；第四个逻辑方框代表由车内仪表台右侧的继电器/熔断装置构成的配电系统，在其正极端标注“P2”。

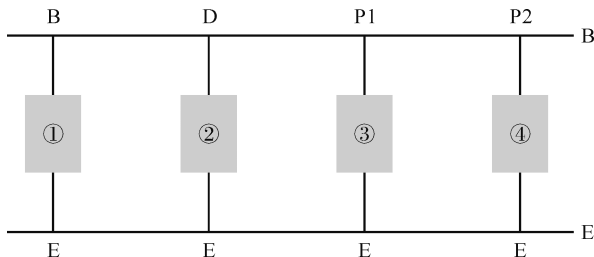


图 1-2-3 电源系统和配电系统的逻辑电路

- ①蓄电池；②发电机；③由发动机舱内的继电器/熔断装置构成的配电系统；
- ④由车内仪表台右侧的继电器/熔断装置构成的配电系统