

汽车 电子学



Qiche
dianzixue
jichu

基础

刘海鸥 陶 刚 编著
陈慧岩 主审

汽车电子学基础

刘海鸥 陶 刚 编著
陈慧岩 主审

 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书以电工、电子学和控制理论中基本的原理为出发点,完整、系统地讲述汽车电子学基础知识,主要包括汽车电器系统简介、汽车电子控制系统硬件、汽车电子控制系统的基础理论和软件设计、车用总线技术及汽车电子控制系统应用实例等。

本书适合高等院校车辆工程专业的学生阅读,并且可作为教学参考用书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

汽车电子学基础 / 刘海鸥,陶刚编著. —北京:北京理工大学出版社,
2007.6

ISBN 978 - 7 - 5640 - 0944 - 1

I. 汽… II. ①刘… ②陶… III. 汽车-电子技术 IV. U463.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 039978 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京地质印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 12

字 数 / 274 千字

版 次 / 2007 年 6 月第 1 版 2007 年 6 月第 1 次印刷

印 数 / 1 ~ 4000 册

定 价 / 20.00 元

责任校对 / 张 宏

责任印制 / 吴皓云

图书出现印装质量问题,本社负责调换



前言

《汽车电子学基础》是北京理工大学机械与车辆工程学院车辆电子工程实验室为适应我国现代汽车电子技术领域的发展形势,根据多年的教学科研实践经验而编著的。本书的宗旨是完整、系统地讲述汽车电子学基础知识、新技术的发展和前景,以作为高等院校有关专业的教材,并可供具有初步的电工和电子技术、汽车构造及原理等相关知识的工程技术人员进行参考。

随着汽车工业的发展,汽车电子技术日益成为汽车技术发展的重要领域,将电子技术引进汽车,用电脑代替人脑以精确判断汽车及路面状况,用电控系统取代繁重的机械控制元件。汽车电子化被认为是汽车技术发展进程中的一次革命,汽车电子化的程度被看做是衡量现代汽车水平的重要标志,是用来开发新车型,改进汽车性能最重要的技术措施。按照对汽车行驶性能作用的影响划分,可以把汽车电子产品归纳为两类:一类是汽车电子控制装置,汽车电子控制装置要和车上机械系统进行配合使用,即所谓“机电结合”的汽车电子装置;另一类是车载汽车电子装置,车载汽车电子装置是在汽车环境下能够独立使用的电子装置,它和汽车本身的性能并无直接关系。

本书的内容选取原则是:以电工、电子学和控制理论最基本的原理为出发点。本书共分六章,主要内容包括汽车电器系统简介、汽车电子控制系统电路、自动控制理论基础、总线及控制局域网总线 CAN 及汽车电子控制系统应用实例等。

本书由刘海鸥、陶刚主编,编写组成员是陈慧岩、席军强、翟涌、金亚英,全书由陈慧岩教授主审。

作者殷切希望采用本书的教师、学生和使用本书的专业技术人员,对本书的内容、结构及疏漏、错误之处给予批评、指正。

北京理工大学机械与车辆工程学院
《汽车电子学基础》编写组



目 录

第 1 章 汽车电子学基础概述	(1)
1.1 汽车电子学基础	(1)
1.2 汽车电子技术的主要内容	(2)
1.3 汽车电子技术的发展趋势	(2)
第 2 章 汽车电器系统简介	(5)
2.1 概述	(5)
2.2 电源系统	(6)
2.3 起动系统	(20)
2.4 点火系统	(31)
2.5 照明与信号系统	(39)
习题与思考题	(46)
第 3 章 汽车电子控制系统硬件	(47)
3.1 计算机控制系统概述	(47)
3.2 汽车电子控制系统硬件的组成	(48)
3.3 车用传感器	(49)
3.4 电子控制器 (ECU)	(70)
3.5 执行器	(96)
习题与思考题	(104)
第 4 章 汽车电子控制系统的基础理论和软件设计	(105)
4.1 自动控制理论基础概述	(105)
4.2 开环与闭环控制	(106)
4.3 比例—积分—微分 (PID) 控制	(108)
4.4 自适应控制	(118)
4.5 模糊控制	(123)
4.6 人工神经网络控制	(128)
4.7 控制系统软件设计	(131)
习题与思考题	(136)



第5章 车用总线技术	(137)
5.1 概述	(137)
5.2 几种车用总线通信技术	(139)
5.3 现场总线和开放系统互联参考模型	(141)
5.4 控制器局域网总线 (CAN)	(146)
5.5 局域互联网络 (LIN)	(160)
习题与思考题	(163)
第6章 汽车电子控制系统应用实例	(164)
6.1 电子控制汽油喷射系统	(164)
6.2 机械式自动变速器 (AMT)	(171)
6.3 动力传动一体化电子控制系统	(175)
习题与思考题	(183)
参考文献	(184)

第 1 章

汽车电子学基础概述

随着汽车工业与电子工业的不断发展，在现代汽车上，电子技术的应用越来越广泛，汽车电子化的程度也越来越高。汽车电子产业已成为支持汽车工业发展的一门相对独立的新兴支柱产业。目前，国外轿车上的电子系统成本平均占到整车成本的 1/3。汽车电子系统在提高汽车的动力性、操纵性、燃油经济性和安全性，以及减少排放污染等方面发挥着越来越重要的作用。21 世纪生产的轿车 90% 已采用微机控制装置。可以说，今天的汽车已经进入了电子控制的年代。

1.1 汽车电子学基础

1.1.1 主要内容

《汽车电子学基础》一书以电工、电子学和控制理论最基本的原理为出发点，完整、系统地讲述汽车电子学基础知识、新技术的发展和应用前景，主要包括汽车电器系统简介、汽车电子控制系统电路、自动控制理论基础、车用总线技术和汽车电子控制系统应用实例等。其中“汽车电器系统简介”部分系统地介绍了交流发电机、起动机和照明电路的电路基本组成与工作原理等；“汽车电子控制系统电路”部分将整个汽车电子控制系统分为传感器、控制器和执行器三个组成部分；“汽车电子控制系统的基础理论和软件设计”部分介绍了汽车电子控制系统中常用的控制理论和方法，包括比例—积分—微分（PID）控制、自适应控制、模糊控制和神经网络控制等；“车用总线技术”部分介绍了总线的基本概念和操作，并重点介绍了目前在汽车电子控制系统中得到广泛应用的 CAN 总线的技术规范和相关器件，同时还对 LIN 总线的原理进行了介绍；“汽车电子控制系统应用实例”部分列举了几类典型的控制系统，如电子控制汽油喷射系统和动力传动一体化控制系统等。

1.1.2 学习目的

通过《汽车电子学基础》课程的系统学习，使学生熟练掌握现代汽车电子系统的基本组成与原理，汽车各种类型电子控制系统的基本组成原理和结构，电子控制系统之间的通信方式，最后通过汽油机电子燃油喷射控制系统、电控机械式变速箱控制系统和动力传动一体化控制实例来巩固前面所学内容。

1.2 汽车电子技术的主要内容

当前汽车电子技术的应用,可大致分为如下4个方面:

(1) 动力传动总成电子控制 (Powertrain Control)。用于降低油耗,减少污染,减小动力传动系统的冲击,减轻驾驶员的疲劳,提高车辆的动力性、经济性和舒适性。主要有发动机电子控制、变速箱电子控制和动力总成的综合电子管理等,是目前高级轿车所配备的基本电子控制系统。

(2) 底盘电子控制 (Vehicle Control)。用于提高车辆的舒适性、安全性和动力性等。主要有主动/半主动悬架及车高自动调节 (SC) 系统、制动和防滑与车辆动态性能电子控制系统 (ABS/ASR/VDC)、转向控制 (如4WS)、驱动控制 (如4WD) 和巡航控制等,在这些方面应用的电子控制系统正在迅速发展。

(3) 车身系统电子控制 (Body Control)。用于增强车辆的安全性、舒适性和方便性。主要有安全气囊、安全带、中央防盗门锁、自适应空调、车内噪声控制、座椅控制,以及自动刮水器、自动车窗、灯光自动调节控制和满足多种用电设备需求的电源管理系统等。

(4) 信息通信系统 (Information & Communication)。用于和社会联结,以及协调整车各部分的电子控制功能。主要有将大量计算机、传感器与交通管理服务系统联结在一起的综合显示系统、驾驶员信息系统、语音信息、导航系统 (GPS 和惯性导航)、计算机网络系统、状态监测与故障诊断系统等,是未来汽车电子技术发展的主要方向。

1.3 汽车电子技术的发展趋势

在未来的几年中,汽车电子技术的发展将主要集中在汽车网络、通信系统、音响娱乐系统、动力总成、底盘控制、安全系统和车身控制方面。据 Strategy Analytics 分析,汽车电子业总有效市场额 (Total Available Market, TAM) 在 2001 年已达到 111 亿美元,2006 年达到 161 亿美元,2009 年将达到 187 亿美元。而在每辆轿车上的半导体器件平均用量 2001 年为 205 美元,到 2009 年将达到 267 美元。消费者对汽车需求的增加、网络在汽车中的高速发展、安全与防盗需求的增加、机械系统到电子系统的转换,以及动力总成方面性能的提高,正在迅速地推动着半导体器件在汽车电子中的发展和应用。

具体来讲,可以将未来汽车电子技术的发展趋势总结为如下几个方面。

(1) 传感器。未来的汽车传感器技术的发展趋势是微型化、多功能化、集成化和智能化,它不仅能提供用于模拟和处理的信号,而且还能对信号做放大处理。同时,它还能自动进行时漂、温漂和非线性的自校正,具有较强的抵抗外部电磁干扰的能力,保证传感器信号的质量不受影响,即使在特别恶劣的使用条件下,仍能保持较高的精度。它还具有结构紧凑、安装方便的优点,从而免受机械特性的影响。

20 世纪末期,设计技术、材料技术、特别是 MEMS (微机电系统) 技术的发展使微型传感器提高到了一个新的水平,利用微电子机械加工技术将微米级的敏感元件、信号处理器和数据处置装置封装在同一个芯片上,它具有体积小、价格便宜、可靠性高等特点。同时, MEMS 微型传感器具备降低汽车电子系统成本及提高其性能方面的优势,正在逐步取代基于

传统机电技术的传感器。MEMS 传感器将成为世界汽车电子的重要组成部分。

(2) 微处理器。微处理器已广泛地应用于安全、环保、发动机、传动系、速度控制和故障诊断中。目前,美国汽车用 8 位的微处理机占多数,约占总量的 65%, 16 位和 32 位微处理器市场正在迅速地扩大。近两年来, 16 位的用量增加约 50%, 而 8 位的只增加 11%。

(3) 软件技术。随着汽车电子技术应用的增加,对有关控制软件的需求也相应增加,并要求进一步与计算机联网。因此,要求使用多种软件,并开发出通用的高水平语言,以满足各种硬件的要求。轿车上多通道传输网络将大大地依赖于软件。软件总数的增加及其功能的提高,将使汽车计算机能够完成越来越复杂的任务。

(4) 集成化技术。汽车电子技术的一个发展趋势是功能集成化,从而实现更经济、更有效、可诊断的数据中心。例如,传感器系统的集成化可减少布线,简化控制系统,并可使传感器系统的体积减小 60% ~ 80%。

(5) 汽车网络技术。随着电控器件在汽车上越来越多的应用,车载电子设备间的数据通信变得越来越重要。由此,以分布式控制系统为基础构造汽车车载电子网络系统是很有必要的。大量数据的快速交换、高可靠性和低成本是对汽车电子网络系统的要求。基于对现有车辆网络协议新的分类方法和主流协议分析,可以看出汽车网络技术的发展趋势主要有以下几个方面:

① 高速、实时、容错网络控制技术。线控概念(x-by-wire)是汽车控制工程中的一个新概念,该技术极大地改善了汽车的可操纵性、安全性和总体结构,车辆设计的灵活度也大大增加。使用这种技术使汽车的操纵系统、制动系统和其他辅助系统能够通过电子方式,而不是传统的机械方式进行控制。也就是说,传统的传动部件诸如转向柱、踏板连杆、变速连杆等将会被基于网络控制的各种传感器、控制器和执行器组成的线控系统所取代。x-by-wire 技术必将促进高速、实时、容错的网络通信技术的发展。图 1.1 所示为线控技术在汽车上的应用。从图中

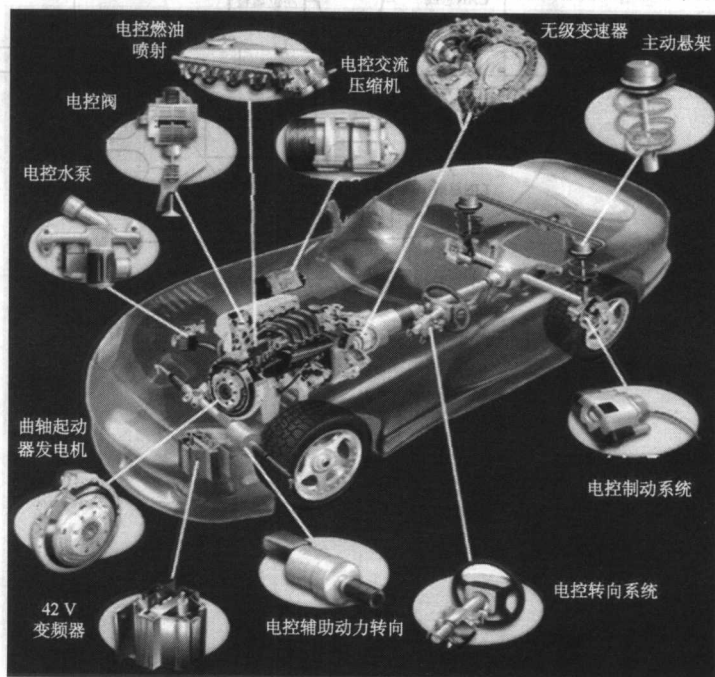


图 1.1 线控技术在汽车上的应用

可以看出，线控技术的应用几乎涵盖了整个汽车系统，从动力传动系统、操纵系统到安全与舒适性系统。可以预见，线控技术在汽车上还将得到越来越广泛的推广应用。

② 多媒体、高带宽的网络技术的发展。未来汽车网络同时将是一个多媒体、高宽带的网络，它会使车内生活更轻松，并在某种程度上将办公室移入车内。

③ 网络技术迅速普及。几年前，汽车网络控制的应用还局限在高档车上，而短短几年内，汽车网络技术的发展速度之快，已经使其在中低档汽车中得到了越来越多的应用。

图 1.2 所示为网络技术在汽车上的应用。从图中可以看出，电气和电控系统遍布汽车的整个系统，同时，传感器和执行器也更加智能化。

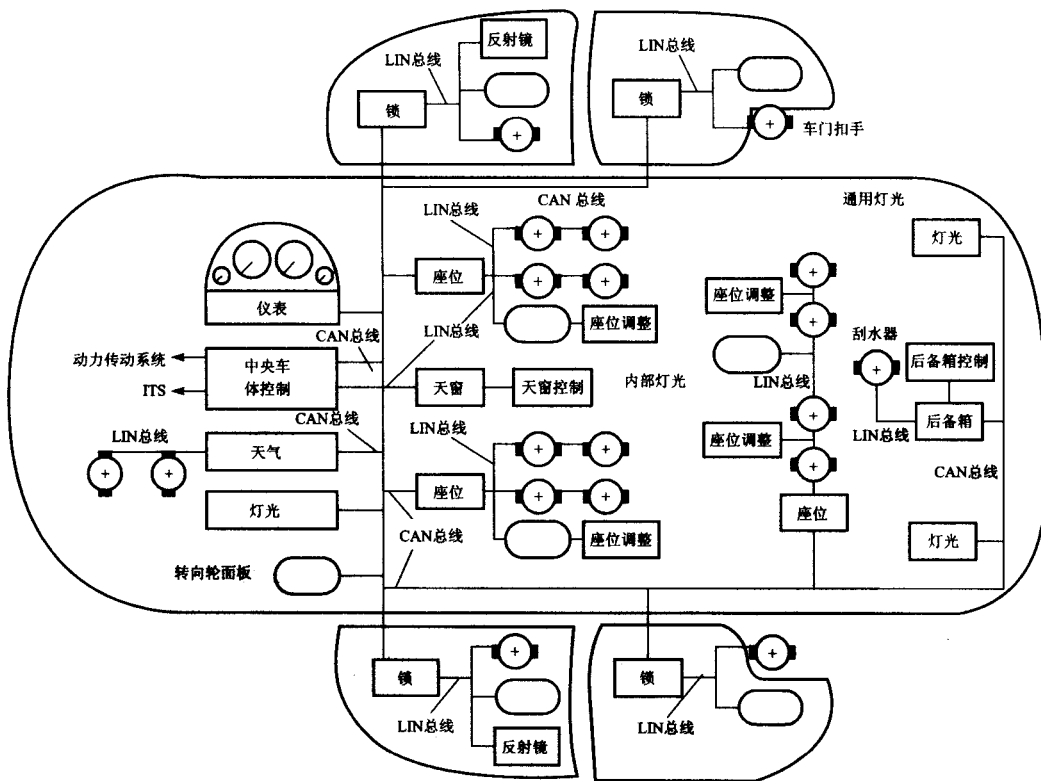


图 1.2 网络技术在汽车上的应用

第 2 章

汽车电器系统简介

电器设备是汽车的重要组成部分，其性能的好坏直接影响到汽车的动力性、经济性、可靠性、安全性、排气净化和舒适性。随着汽车结构的改进与性能的不断提高，汽车上装用的传统电器设备正面临着巨大的冲击。随着汽车工业和电子工业的高速发展，汽车上所装用的电器与电子设备的数量将会与日俱增，所起的作用也将越来越重要。

2.1 概述

2.1.1 汽车电器和电子设备的组成

现代汽车所装用的电器与电子设备的数量很多，但按其用途可大致归纳并划分为下列两部分。

1. 电源部分

电源部分包括蓄电池、发电机及其调节器。两者并联工作，发电机是主电源，蓄电池是辅助电源。当发电机工作时，由发电机向整车的用电设备供电，并同时给蓄电池充电；发电机配有调节器，其主要作用是在发动机转速变化时，调节发电机的输出电压使之保持稳定。当发电机不工作时，如发动机起动时，由蓄电池向起动机和点火系统（汽油机）等用电设备供电，同时蓄电池还可以储存能量。

2. 用电设备

汽车上的用电设备很多，基本可以分为以下几个主要系统：

(1) 起动系统。主要指起动机，用来起动发动机。

(2) 照明与信号系统。照明系统包括车内外各种照明灯，用以提供夜间安全行车所必要的灯光。信号系统主要用来提供安全行车所必要的信号，如电喇叭和各种信号灯等。

(3) 仪表与报警系统。仪表包括各种机械式或电子式的显示装置，如燃油油量表、机油压力表、发动机转速表和车速里程表等，属于车辆的监测设备，可以为驾驶员提供整车运行状态参数；报警装置可以在整车运行状态失常或不安全时，发出信号，比仪表更直观。

(4) 辅助电器系统。包括电动刮水器、电动车窗、低温起动预热装置、空调和音响视听设备等。辅助电器有日益增多的趋势，主要向舒适、娱乐、保障安全方向发展。

(5) 点火系统（汽油机）。用来产生电火花，点燃汽油发动机气缸内的可燃混合气，是汽油发动机不可缺少的组成部分。

(6) 电子控制系统。包括电子控制燃油喷射系统、自动变速器、安全气囊和制动防抱



死系统等。

2.1.2 汽车电器系统的特点和发展趋势

汽车电器系统涉及的装置虽然种类繁多、功能各异，但都必须与汽车电器系统的特点相一致，主要包括：

(1) 低压。汽车电器系统的额定电压有 12 V、24 V 两种。采用汽油为燃料的车辆普遍采用 12 V 电源，而大型柴油车多采用 24 V，未来将提高到 42 V。

(2) 直流。主要从给蓄电池充电的角度考虑。

(3) 单线并联。单线制是指从电源到用电设备只用一根导线连接，而用汽车底盘和发动机等金属机体作为另一公用导线。由于单线制节省导线、线路清晰、安装和检修方便，且电器也不需与车体绝缘，因此现代汽车均采用单线制供电。

(4) 负极搭铁。采用单线制时，蓄电池的一个电极须接至车架上，俗称“搭铁”，将蓄电池的负极接车架就称为“负极搭铁”；反之，则称为“正极搭铁”。按我国标准 GB 2261—1971《车辆拖拉机用电设备技术条件》的规定，汽车电器系统已统一规定为负极搭铁。

汽车电器设备是贯穿全车的一个完整系统。它的部件分布于全车各个系统。

同时必须注意到，随着汽车电子装置数量的逐渐增多，消耗的电能正在大幅度增加。现有的 12 V、24 V 电源，已满足不了汽车上所有电器系统的需要。为了满足汽车电器对电源功率的要求，目前世界各国正在研究采用 48 V 电源系统，今后将采用集成起动机 - 发电机一体化 42 V 供电系统，发电机最大输出功率将会由目前的 1 kW 提高到 8 kW 左右，发电效率将会达到 80% 以上。

2.2 电源系统

2.2.1 概述

通常以内燃机为动力的汽车而言，汽车电源系统由蓄电池、发电机和调节器组成。蓄电池与发电机并联工作，发电机是汽车的主要电源，蓄电池是辅助电源。在发动机工作时，由发动机带动发电机向汽车用电设备提供电能，并向蓄电池充电。调节器的功用是在发电机转速升高到一定程度时，自动调节发电机的输出电压，使其保持稳定。

近年来，由于燃油车辆受到排放污染和能源危机的冲击，用蓄电池代替发动机作为汽车动力源的电动车辆成为世界各国探索和研制的重要内容，对于作为电动汽车动力源的新型蓄电池的研究是其中很重要的内容。本书只介绍起动型蓄电池。

2.2.2 起动型蓄电池

2.2.2.1 蓄电池的功用、要求和分类

1. 蓄电池的功用

起动型蓄电池的主要功用可以概括如下：

(1) 起动发动机。在起动发动机时向起动机和点火系统（汽油发动机）等提供电能。

(2) 备用供电。在发电机电压低或不发电（发动机处于怠速或停转状态）时，向车载用电设备供电。

(3) 辅助供电。当汽车上同时启用的用电设备功率超过了发电机的额定功率时，协助发电机供电。

(4) 存储能量。在其存电不足及发电机负载不多时，将发电机的电能转换为化学能存储起来。

(5) 稳定电源电压，保护电子设备。蓄电池相当于一个大电容，可以吸收电路中的瞬态变化过电压，保持汽车电器系统电压的稳定，保护电器设备和电子元器件。

2. 对蓄电池的要求

根据蓄电池的功用，可以将对起动型蓄电池的要求概括如下：

(1) 内阻小，大电流输出时的电压稳定。当起动发动机时，蓄电池必须能够在短时间（5~10 s）内向起动机提供连续大电流。一般而言，以汽油发动机为动力的车辆需要 200~600 A，以柴油发动机为动力的车辆一般需要 800~1 000 A。根据这一工作特点，对车辆使用的起动型蓄电池的要求为内阻小，保证具有足够的起动能力。

(2) 充电性能良好，使用寿命长，维护方便或免维护。

3. 蓄电池的分类

根据电解液的酸碱性，蓄电池可分为酸性蓄电池、碱性蓄电池和中性蓄电池。

(1) 铅酸蓄电池。极板为铅、电解液为硫酸水溶液的铅酸蓄电池满足起动型蓄电池的要求，诸如内阻小、大电流输出时的电压稳定等。此外，铅酸蓄电池的结构简单、结构和生产工艺较为成熟、成本低。因此，目前各种车辆上普遍采用铅酸蓄电池。

(2) 碱性蓄电池。一些碱性蓄电池的能量密度、使用寿命等均优于铅酸蓄电池，但由于其内阻较大，不适用于作为起动型蓄电池，目前只在一些电动车辆上使用。

(3) 中性蓄电池。应用较少，技术上有待成熟。

2.2.2.2 蓄电池的结构

本节介绍铅酸蓄电池的结构。如图 2.1 所示，铅酸蓄电池主要由极板、隔板、电解液和外壳四个部分组成。

(1) 极板和极板组。极板分为正极板和负极板。在蓄电池的充放电过程中，电能与化学能的相互转换就是依靠极板上活性物质与电解液中硫酸的化学反应来实现的。

无论正极板还是负极板，通常都以栅架为基板，基板具有良好的导电性、耐腐蚀性和一定的机械强度。栅架的作用是固结活性物质，将活性物质填充在栅架的空隙里形成极板。正极板上的活性物质是二氧化铅（ PbO_2 ），呈深棕色；负极板上的活性物质是纯铅（ Pb ），呈深灰色。

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。将正负极板组相互嵌合（中间用隔板隔开）的极板组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 2 V，因此一个 12 V 的蓄电池就需要有 6 个单格电池串联而成。

(2) 隔板。安装时正负极板应尽量靠近，以减小蓄电池的内阻和外形尺寸。为避免正负极板相互接触而造成短路，正负极板间应用绝缘的隔板将正负极隔开。隔板具有多孔性，以利于电解液渗透。此外，隔板材料还应具有良好的耐酸性和抗氧化性。常用的隔板材料有

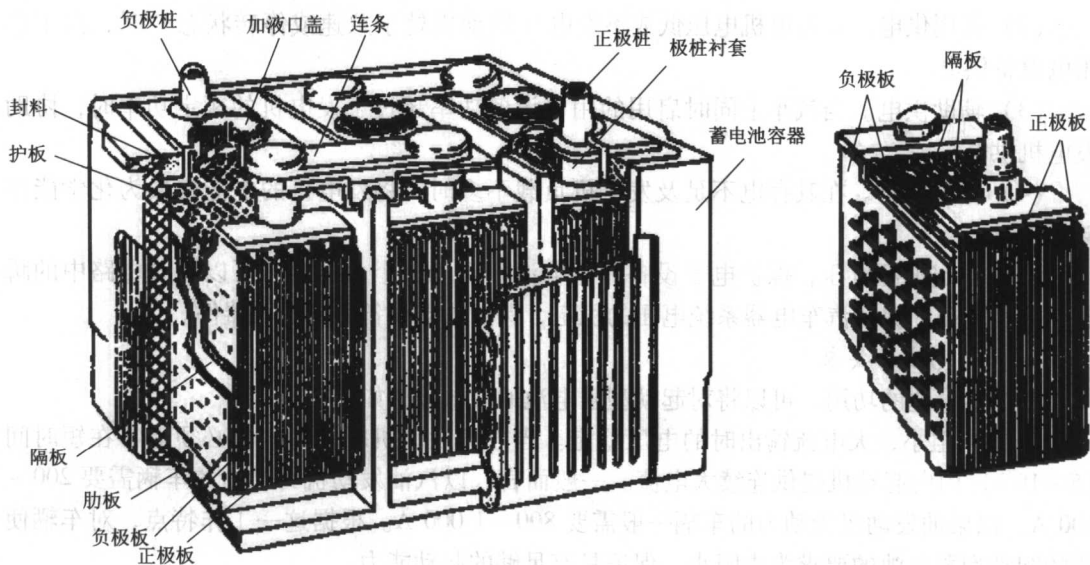


图 2.1 铅酸蓄电池的基本结构

木质、微孔橡胶和微孔塑料等。

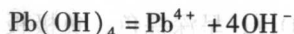
(3) 电解液。电解液由纯硫酸与蒸馏水按一定比例配置而成。电解液在蓄电池充放电的化学反应过程中，起到离子间的导电作用，并参与蓄电池的化学反应。

(4) 壳体。壳体用于盛放电解液和极板组。壳体为整体式结构，底部有突起的棱条以搁置极板组。壳体上部采用相同材料的电池盖密封，电池盖上设有对应于每个单格电池的加液孔，用于添加电解液和蒸馏水，以及检查电解液液面高度和测量电解液的密度。加液孔盖上的通风孔供蓄电池化学反应中产生的气体排出。

2.2.2.3 蓄电池的工作原理

蓄电池的核心部分是极板和电解液，蓄电池建立电动势、放电和充电就是通过极板的活性物质与电解液的电化学反应实现的。在铅酸蓄电池中，正极板为 PbO_2 ，负极板为 Pb ，电解液为硫酸 (H_2SO_4) 的水溶液。在两极浸入电解液时，就会有少量的活性物质溶解电离。

在正极板处，少量的 PbO_2 溶入电解液，与水生成 $Pb(OH)_4$ ，再分离成四价铅离子 Pb^{4+} 和氢氧根离子 (OH^-)，即



负极板处 Pb 溶解后有电子 e 留在负极板上：



上述过程是可逆的，一个充足电的蓄电池，当溶解、电离的速率与它的逆过程的速率达到动态平衡时，正极板上具有稳定数量的 Pb^{4+} ，使得正极板相对于电解液有 $+2.0\text{ V}$ 的电位差；负极板上的 e 则使负极板相对于电解液有 -0.1 V 的电位差。因此，充足电的蓄电池在静止状态下的电动势为 2.1 V 。

(1) 蓄电池的放电过程。蓄电池放电时的化学反应过程如图 2.2 所示。当蓄电池与外界电路接通后，在电动势 E 的作用下，负极板上的电子 e 经外电路和负载流向正极板，使电

路中产生电流 I_f 。这使得正极板上的 Pb^{4+} 得到 2 个电子，变成二价铅离子 (Pb^{2+})，并溶于电解液中。而 Pb^{2+} 与电解液中的硫酸根离子 SO_4^{2-} 结合成 $PbSO_4$ ，并沉附于正极板上，即

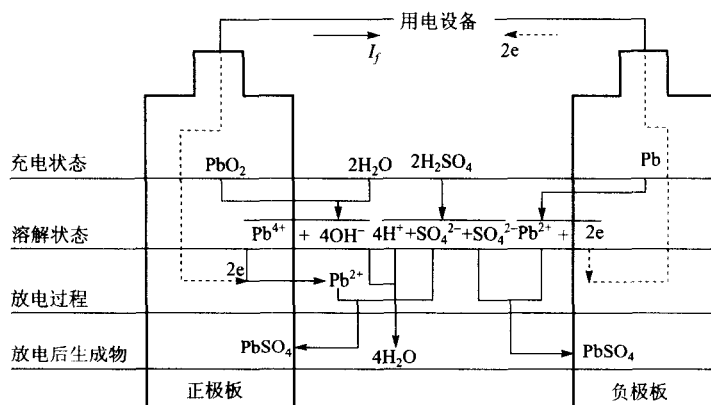


图 2.2 蓄电池放电时的化学反应过程



在负极板上，失去电子的 Pb 变为 Pb^{2+} ，其与电解液中的 SO_4^{2-} 结合生成 $PbSO_4$ 而沉附于负极板上，即



在电解液中， H_2SO_4 失去 SO_4^{2-} 而余下氢离子 H^+ ，它与 OH^- 结合生成水，即

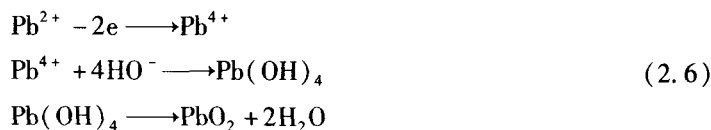


也就是说，在放电过程中，极板上的活性物质将逐渐转化为 $PbSO_4$ ，同时，由于电解液中 SO_4^{2-} 的不断减少，使得电解液的浓度下降。

理论上，放电过程可一直进行到极板上所有的活性物质都转变为 $PbSO_4$ 为止，但由于放电生成的 $PbSO_4$ 沉附于极板表面，使电解液不能渗入极板内层，造成极板内层的活性物质不能利用。因此，采用薄型极板，增加多孔性，可提高活性物质的利用率。

(2) 蓄电池的充电过程。蓄电池充电时，正负极板与直流电源相连，当充电电源的端电压高于蓄电池的电动势时，在电场的作用下，充电电流 I_c 以与放电电流相反的方向流动，使正极板电位升高，负极板电位下降，正负极板的平衡被破坏。充电时的化学反应过程如图 2.3 所示。

在正极板处的 Pb^{2+} ，失去两个电子变为 Pb^{4+} ，再与电解液中水分解产生的 OH^- 结合生成 $Pb(OH)_4$ ，又被分解为 PbO_2 和 H_2O ， PbO_2 沉附于正极板上，即



在负极板处， Pb^{2+} 得到两个电子变成 Pb 沉附于负极板上，即



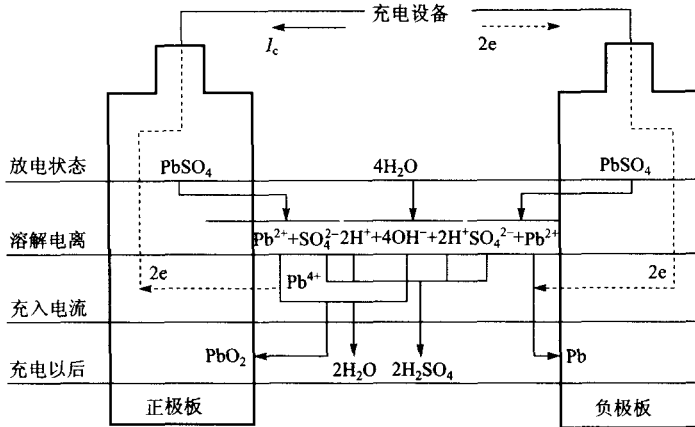


图 2.3 蓄电池充电时的化学反应过程

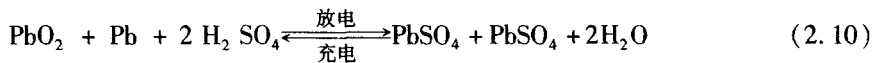
而在负极板附近的 SO_4^{2-} 与电解液中的 H^+ 结合成 H_2SO_4 ，即



由此可见，在充电过程中，正负极板上的 PbSO_4 逐渐转化为正极板的 PbO_2 和负极板上的 Pb ，电解液中的 H_2O 减少， H_2SO_4 增加，其密度增大。当充电接近终了时，充电电流会使水分解，变成 O_2 、 H_2 ，并从电解液中逸出。水的分解反应式为



不考虑蓄电池化学反应中间过程，其充、放电时的总反应式为



正极板 负极板 电解液 正极板 负极板 电解液

2.2.3 交流发电机

汽车上虽然装有蓄电池，但除了电动汽车外，蓄电池的主要作用是起动发动机，以及在发动机不工作时作为备用电源使用，即蓄电池只能作为备用电源，汽车上均装有作为主电源的发电机。由于现代汽车的各种功能越来越完善，自动化程度越来越高，导致用电设备的数量越来越多。因此，要求发电机的输出功率不断增大。传统的整流子式换向直流发电机因体积大、发电量较小、高速时换向器产生的火花大等众多原因，近年来已基本被硅整流式交流发电机取代。本书只介绍交流发电机和电压调节器。

交流发电机与直流发电机相比具有体积小、质量轻、结构简单、维修方便、使用寿命长、发动机低速时充电性能好、配用的电压调节器结构简单、对无线电信号干扰小，能节省大量钢材等优点。汽车上使用的交流发电机多为三相交流发电机，主要由三相同步交流发电机和硅二极管整流器组成，所以又称为硅整流发电机，简称交流发电机。

2.2.3.1 交流发电机的功用、要求和分类

1) 交流发电机的功用

发电机由车辆发动机驱动，其功用是将发动机的机械能转变为电能，向除起动机以外的所有用电设备供电，并及时对蓄电池进行补充充电。

2) 对交流发电机的要求

(1) 在发动机转速变化范围内均能够正常发电并保持电压稳定。由于发动机在运行过程中, 转速变化范围很大, 所以要求为了保证车上用电设备正常工作, 交流发电机必须保证在发动机较大的转速变化范围内均能提供稳定的输出电压。

(2) 体积小, 质量轻, 故障率低, 发电效率高, 使用寿命长。

3) 交流发电机的分类

(1) 按发电机的励磁方式分:

① 普通励磁式, 即通过电刷引入励磁电流, 是应用最为普遍的一种。

② 无刷励磁式, 即无电刷、滑环结构的交流发电机。

③ 永磁式, 即转子磁极采用永磁材料的交流发电机。

(2) 按磁场绕组搭铁方式分:

① 内搭铁式, 即磁场绕组的一端与发电机壳相连接。

② 外搭铁式, 即磁场绕组的一端经调节器后搭铁。

(3) 按整流二极管的数量分:

① 六管交流发电机。其整流器由六只硅二极管组成, 这种形式应用最为广泛;

② 八管交流发电机。指具有两个中性点二极管的交流发电机, 其整流器总成共有 8 只二极管;

③ 九管交流发电机。指具有三个磁场二极管的交流发电机, 其整流器总成共有 9 只二极管;

④ 十一管交流发电机。指具有中性点二极管和磁场二极管的交流发电机, 其整流器总成共有 11 支二极管。

2.2.3.2 交流发电机的结构

交流发电机在汽车上的位置如图 2.4 所示。

目前国内外生产的汽车交流发电机, 其结构基本相同, 主要由转子、定子、整流器、前后端盖、风扇和带轮等组成。图 2.5 所示为交流发电机的整体结构 (用于红旗和奥迪轿车), 图 2.6 所示为 JF132 型交流发电机的整体图 (用于东风汽车)。

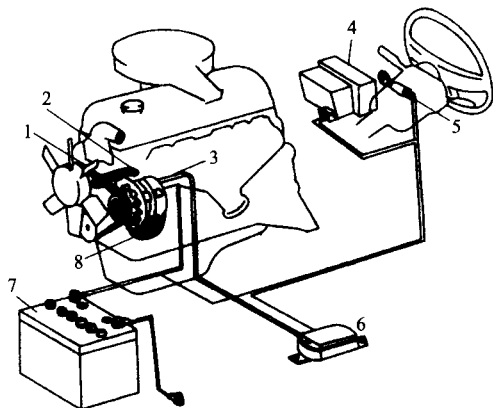


图 2.4 交流发电机在汽车上的位置

1—V带; 2—调整臂; 3—发电机; 4—仪表;
5—点火开关; 6—调节器; 7—蓄电池; 8—支架

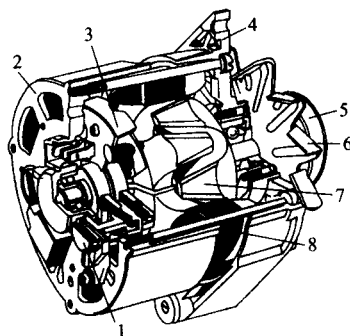


图 2.5 交流发电机的整体结构

1—电刷和电压调节器; 2—后端盖; 3—元件板总成;
4—前端盖; 5—带轮; 6—风扇; 7—转子; 8—定子