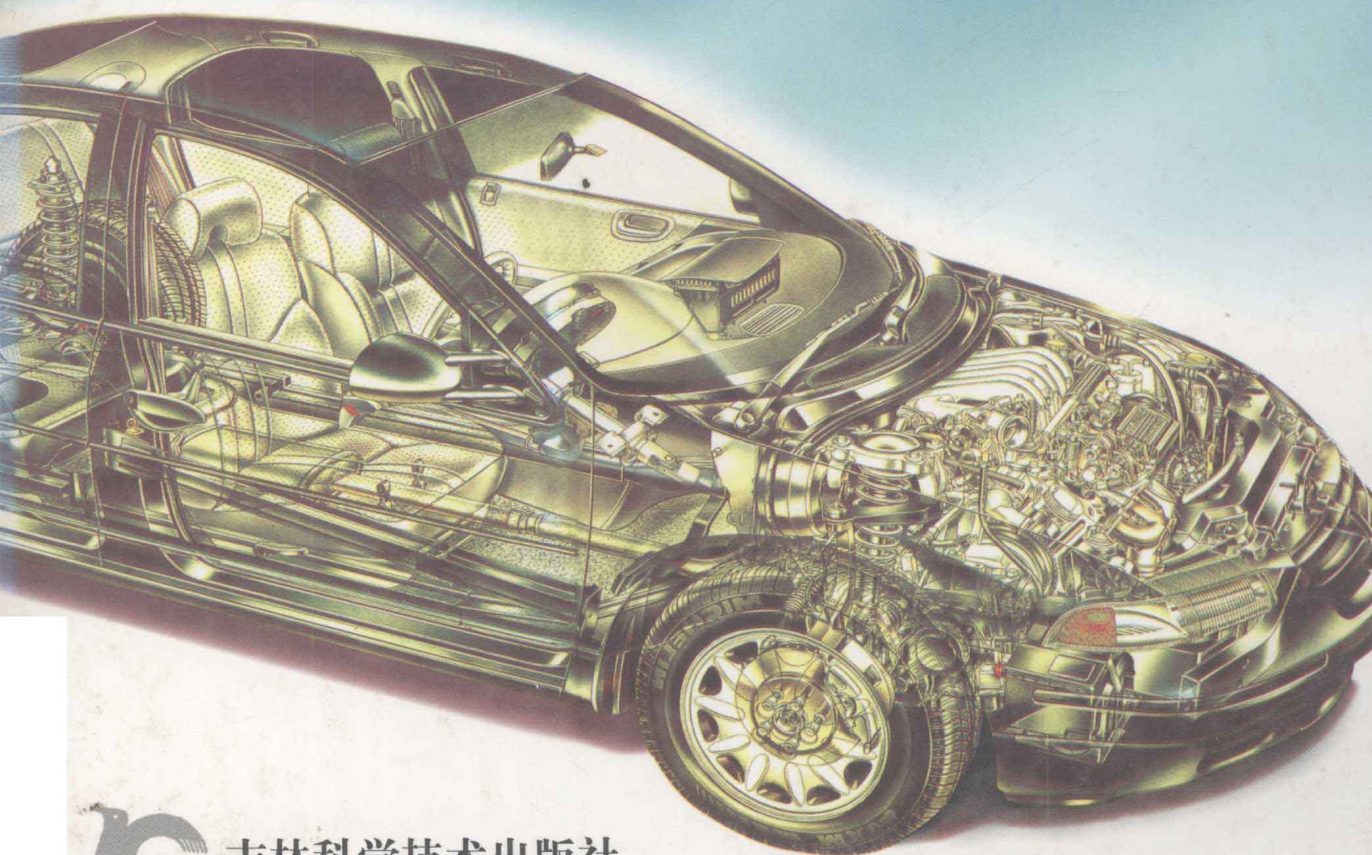


精编

中外轿车 实用维修全书

电气分册



吉林科学技术出版社

精 编 中 外 轿 车 实 用 维 修 全 书

电气分册

马淑芝 侯志辉 主编

吉林科学技术出版社

精编中外轿车实用维修全书(电气分册)

马淑芝 侯志辉 主编

责任编辑:李 玫 齐 郁

封面设计:曲 刚

出版 吉林科学技术出版社 787×1092毫米 16开本 插页4 1 047 000字 42.5印张
发行 1999年4月第1版 1999年4月第1次印刷
印刷 长春新华印刷厂 ISBN 7-5384-2090-8/U·165 定价:65.00元

地址 长春市人民大街124号 邮编 130021 电话 5635177 传真 5635185
电子信箱 JLKJCBS @ public.cc.jl.cn

《精编中外轿车实用维修全书》 编写委员会

顾 问：郭孔辉

主任委员：王耀斌 赵玉秋

委 员：关文达 曲义民 马淑芝 耿存喜

《电气分册》编写人员

主 编：马淑芝 侯志辉

副 主 编：任 有

编写人员：李作兴 侯 磊 康 辉 耿 聪

李世武 王 巍 王 英 迟瑞娟

张建强 李云梅 贾 富

前 言

随着改革开放的不断深入,我国现代化建设出现了空前繁荣的景象。担任国民经济发展“先锋官”的交通运输业也得到了迅猛的发展。作为交通运输工具的汽车数量与日俱增,尤其是商用轿车、出租轿车、家用轿车增长迅速。据统计我国轿车目前保有量已超过了 200 万辆,占全国汽车保有量的 1/4;国产轿车年产量约 30 万辆,约占全国汽车年产量的 1/4。如何管理好、使用好,维修好轿车的任务,已经落到了全国汽车维修行业的肩上。

由于目前我国运行的轿车种类复杂,国别繁多,大都到了整车大修和总成大修的时机,在进行维修、检测时,很难找到内容较全的轿车维修资料和技术数据,这给轿车的维修工作带来了一定的困难,也直接影响到轿车的正常使用。应汽车维修行业的广大管理人员、技术人员、维修检验和驾驶人员等的要求,我们邀请了高等院校有丰富经验的专家教授,根据自己多年积累、收集的大量资料和长期的维修实践,编写了这套《精编中外轿车实用维修全书》。

该书共五个分册:第一分册为《发动机分册》,由张西振、杨洪庆主编;第二分册为《底盘分册》,由郑定浩、张西振主编;第三分册为《电气分册》,由马淑芝、侯志辉主编;第四分册为《车身分册》,由郑殿旺主编;第五分册为《基础分册》,由周茹波主编。全书约 500 万字,力求做到图文并茂,深入浅出,集先进性、实用性、全面性与一体。愿本书能为我国轿车的发展贡献一份力量。

本分册为电气分册,在收集和分析了国内外各种轿车的使用与维修资料的基础上,总结了多年来使用与维修的实践经验,较为系统地介绍了现代轿车常用电器与电子设备、发动机和汽车电控系统的结构、原理、故障诊断与维修方法,以及常用诊断设备等有关知识。在编写过程中,注意理论联系实际,力求达到举一反三的效果。

编者

1999 年 1 月

目 录

第一章 汽车电气设备概述.....	(1)
一、汽车电子与电控技术的发展概况.....	(1)
二、汽车电子与电控技术的应用概况.....	(2)
三、汽车电气设备的组成.....	(4)
四、汽车电控系统的故障诊断.....	(4)
第二章 汽车电源.....	(6)
一、概述.....	(6)
二、蓄电池.....	(6)
三、发电机.....	(26)
四、交流发电机的调节器.....	(34)
五、常见车型充电系统电路原理图.....	(42)
六、交流发电机充电系统常见故障与故障诊断.....	(44)
七、交流发电机、调节器的检修与性能测试.....	(49)
第三章 起动机.....	(56)
一、概述.....	(56)
二、电磁啮合式起动机.....	(59)
三、减速起动机.....	(63)
四、永磁起动机和永磁减速起动机.....	(64)
五、常见车型的起动电路.....	(65)
六、起动系统中常见故障与故障诊断.....	(68)
七、起动机的检修与性能测试.....	(70)
八、起动机规格与维修数据.....	(78)
第四章 点火系.....	(80)
一、概述.....	(80)
二、传统点火系的组成与工作原理.....	(81)
三、点火提前及其调节机构.....	(87)
四、半导体点火系.....	(93)
五、点火系常见故障与诊断方法.....	(103)
六、微机点火控制系统.....	(118)
七、无分电器点火系统.....	(130)
第五章 汽油喷射式发动机与电子控制系统——机械式燃油喷射系统.....	(113)
一、概述.....	(113)
二、机械式燃油喷射系统.....	(135)
三、机械式燃油喷射系统的组成.....	(136)
四、机械式燃油喷射系统的工作过程.....	(148)

五、机械式燃油喷射系统中的怠速稳定与减速燃油切断装置	(149)
六、机械式燃油喷射系统的检修	(150)
七、电控机械式燃油喷射系统	(160)
第六章 汽油喷射式发动机与电子控制系统——电控燃油喷射系统	(166)
一、概述	(166)
二、发动机集中控制系统的组成	(169)
三、汽油喷射控制	(191)
四、点火控制	(199)
五、怠速控制	(200)
六、废气再循环控制	(201)
七、燃油蒸汽排放控制	(203)
八、功率阀控制	(205)
九、故障自诊断系统	(206)
十、备用与安全系统	(208)
十一、其他控制功能	(209)
第七章 汽油喷射式发动机与电子控制系统——故障诊断与维修	(212)
一、概述	(212)
二、故障灯与故障代码	(214)
三、丰田汽车公司凌志 LS400 型轿车发动机电控系统的故障诊断与维修	(222)
四、日产汽车公司 MAXIMA 轿车发动机电控系统的故障诊断与维修	(272)
五、北京切诺基发动机电控系统的故障诊断	(313)
六、奥迪 V6 发动机的电控系统	(331)
七、美国通用子弹头汽车发动机电控系统	(350)
第八章 汽车自动变速器及其电子控制系统	(384)
一、概述	(384)
二、自动变速器的组成	(384)
三、自动变速器的传动路线	(395)
四、工作过程	(400)
五、A341E、A342E 电液自动变速器	(404)
六、奥迪 V8 轿车四档电液自动变速器	(439)
七、自动变速器的试验	(450)
八、自动变速器的使用	(455)
第九章 汽车的防抱制动与其他控制系统	(458)
一、汽车的电控防抱制动系统	(458)
二、汽车的牵引控制系统	(491)
三、汽车空气悬架的控制系统	(515)
四、汽车巡航控制系统	(543)
第十章 空调控制系统	(549)
一、空调器的主要电控装置	(549)

二、典型车型空调控制系统分析·····	(552)
三、汽车空调器控制电路实例·····	(562)
四、汽车空调器的使用与维护·····	(567)
第十一章 照明与信号系统·····	(573)
一、照明系统·····	(573)
二、制动与转向信号灯·····	(583)
三、喇叭·····	(585)
四、报警信号及其控制·····	(586)
五、夏利轿车照明系统·····	(587)
第十二章 仪表、显示及其他辅助电器·····	(594)
一、车用仪表·····	(594)
二、常用显示器件·····	(603)
三、雨刮器、洗涤器及其控制·····	(605)
四、电动窗控制·····	(609)
五、后视镜控制·····	(618)
六、电动座椅控制·····	(620)
七、门锁与防盗系统·····	(626)
八、安全气囊系统·····	(632)
第十三章 电控系统常用检测设备·····	(646)
一、概述·····	(646)
二、汽车万用表·····	(646)
三、喷油器清洗试验台·····	(648)
四、汽车故障电脑解码器·····	(650)
五、电子示波器·····	(654)
第十四章 全车电路·····	(656)
一、汽车电路分析·····	(656)
二、上海桑塔纳轿车电路系统解析·····	(664)

第一章 汽车电气设备概述

汽车的电器与电子设备以及近年来发展起来的电控装置统称为汽车电气设备，它是汽车的重要组成部分，其结构、性能与技术状况的好坏，对汽车的动力性、经济性、舒适性、可靠性和排放都有很大的影响。

近年来，随着汽车工业、电子工业的发展，特别是电子技术、大规模集成电路和微机控制技术在汽车上的应用，使现代汽车的结构发生了巨大的变化。并且在减少排气污染、降低燃料消耗，提高汽车、发动机的动力性，改善汽车的操纵性、安全性、舒适性，以及汽车的故障诊断与维修等许多方面都收到明显的效果。

一、汽车电子与电控技术的发展概况

电子技术在汽车上应用的研究，是从 50 年代开始的。但是，由于当时使用的电子元件是电子管，其体积大、成本高、结构复杂，而没有进入适用阶段。

60 年代后，由于半导体器件的研究和生产的迅速发展，而开始应用于汽车的电子产品中。当时在汽车上应用最多的半导体器件是交流发电机的整流二极管，从而使交流发电机在很短的时间内取代了传统的直流发电机。

1966 年后，美国、欧洲的一些国家先后颁布了有关限制汽车排污的法规；随着能源紧张，许多国家又相继制定了油耗法，迫使各个国家的汽车制造商去努力寻求既能满足排放法规的要求，又能降低油耗指标的途径，并将注意力集中到汽油喷射式发动机，及发动机电子控制的研究上。

70 年代，大规模集成电路和微处理机的出现，才使汽车电子控制技术的研究得到长足的发展。1976 年美国通用汽车公司，成功地将微处理机应用于汽车发动机的电子控制，使传统的发动机结构发生了重大的变化。从此，微机在汽车上的应用迅速发展并普及开来。

目前，电控装置在汽车上的应用范围，已由初期的发动机控制、变速器控制，逐渐发展到安全系统、速度控制系统以及仪表、显示和故障诊断系统，今后还将向更广泛的应用场合发展。

汽车的电子与微机控制技术能得到迅速发展和广泛应用，除因为汽车电子与微机控制装置具有结构简单、体积小、重量轻、工作可靠、使用与维修方便等许多优点外，它还具有如下特点：

1. 功能强，它可以完成某些机械装置甚至普通电子装置所不能完成的操作；它可以按设计者的要求，迅速、精确、可靠地控制被控对象的工作；它还可以根据发动机运行的状况，对计算结果加以修正，实现闭环反馈控制，使汽车、发动机在任何工况下均获得最佳控制参数，如最佳点火时刻、最佳空燃比、最佳怠速转速等等。

2. 电子与微机控制装置的应用，简化了机械结构，有利于实现机、电、液一体化。

3. 微机控制装置具有故障自诊断功能。在汽车、发动机运行时，它除完成对被控对象的控制之外，还监视电控系统中各传感器、控制器和执行机构的工作，当某些传感器或执行机构发生故障时，它将存贮故障代码，使汽车电控系统的故障诊断和维修工作大大简化。

目前，电子与电控技术不仅在各种轿车上得到广泛应用，在各种类型的载货汽车上的应用也日益广泛。

二、汽车电子与电控技术的应用概况

汽车上采用电控装置使汽车结构和性能的改善，更促进了汽车电控技术的发展和應用，至今它已深入到汽车的各个系统，已经取代或正在取代原有的一些机械装置或普通的电子装置。

1. 汽车发动机集中控制系统

在发动机的电控系统中，微机控制装置的功能很强，它可以同时实现对发动机多项参数的集中控制，如：汽油喷射式发动机的空燃比控制、发动机点火时刻的控制、怠速控制、废气再循环控制、功率阀控制、备用与保险功能以及故障自诊断功能等等。

2. 自动变速器的控制

汽车自动变速器的控制系统，在汽车运行中根据发动机转速、道路条件、驾驶员的意图，以及其他运行条件的变化，自动控制车辆的动力传递，改变车速，使车辆运行中适时换入最佳档位。它可以改善汽车的换档特性，使车辆运行中获得最佳的动力性、经济性和舒适性，减轻驾驶人员的劳动强度。

3. 汽车的速度控制

速度控制也称为巡航控制。速度控制系统可以在汽车运行中，根据行驶阻力的变化，在驾驶员不踩加速踏板的情况下，随着道路阻力和空气阻力的变化，自动地调节节气门的开度，使车辆按驾驶员设定的目标车速恒速行驶。在汽车运行中，驾驶员还可以通过指令开关，使车速提高或降低到新的目标车速，此后车辆即以新的行驶速度恒速运行。

汽车的速度控制系统，使汽车的驾驶操作变得十分轻松。

4. 汽车的防抱死制动控制

汽车的防抱死制动控制系统，也称为 ABS 系统。

当驾驶员踩下加速踏板使汽车制动的过程中，各车轮的转速应当同时降低，如果某一个车轮速度降低过快提前抱死，将使车辆出现侧滑、甩尾等不良现象，以致出现交通事故。

防抱制动系统在汽车制动过程中，监视各车轮的转速，并通过调节车轮制动器制动压力的方法，防止某一车轮提前抱死，可以提高汽车行驶的安全性。

防抱制动系统在国内外汽车上应用十分广泛，许多国家已将防抱制动控制，规定为汽车的必备安全装置。

有些车辆的防抱制动系统还与防滑控制(有些国家称为牵引控制)系统共同使用，即汽车在起动、加速或光滑路面上行驶时，可以根据路面状况，使驱动车轮保持最佳的驱动力，防止出现驱动轮打滑的现象。

5. 底盘的其他电控系统

(1) 悬架控制系统

汽车的悬架控制系统，可以根据路面的状况、乘员或货物的多少，自动调整车辆的高

度、阻尼特性和弹性特性，并对车辆的形态进行调整。

例如：汽车在良好的路面上行驶时，悬架控制系统自动地将弹簧(空气弹簧)变软，提高车辆的舒适性；当汽车在凸凹不平的劣质路面上行驶时，它将弹簧硬，以减少车辆的颠波、冲击和碰撞；当汽车后部的乘客多或满载时，汽车处于仰头状态，使前照灯的光轴向上，造成迎面来车的驾驶员眩目，它可以使车辆自动找平；当汽车加速时，它可以防止汽车后部下坐，当紧急制动时它还可以防止汽车栽头等等。

(2)转向控制系统

转向控制系统有多种型式，如：电子控制动力转向、四轮转向和其他高灵敏度的转向系统。

6. 汽车信息系统的控制

汽车信息系统的电子控制主要应用于汽车的仪表、显示系统；调度、营运、交通指挥，汽车电话、车际通讯等通讯联络系统；紧急报警、车载传真机，以及汽车导航等各种信息系统的电子控制。

汽车信息系统的发展还可以使汽车在运行中，与包括国际互联网在内的全球通讯网络建立联系，获取商业信息、行程方向、交通情况甚至电子邮件等等。车载计算机的功能还可以启动车载导航系统，采集并使用车外的信息，以协助驾驶员对变化的气候和道路的情况作出迅速的反应。

7. 监视与报警系统

汽车的电控系统还可以实现对汽车运行状况的监视与报警系统的控制，如：

- 驾驶员精神状态的监视与报警；
- 燃油箱及电源状况的监视与报警；
- 前照灯及电源控制与断线报警；
- 胎压显示与报警，等等。

8. 辅助电器及其他控制装置

随着汽车电子技术的发展及其在汽车上的应用，确保驾驶人员和乘客的舒适性与安全性的电子装置日益增多，且因车型的豪华程度而异。常用的电子装置如：

- 汽车空调自动控制系统；
- 车厢内光线自动调节；
- 电动门窗和车门闭锁装置；
- 语言开门电子装置；
- 座椅自动调整；
- 车厢内音像设备；
- 安全气囊；
- 防盗报警与防盗控制装置；
- 电子式红外防睡器，等等。

9. 汽车总线控制

汽车上大量采用电器、电子与电控装置，使汽车电路十分复杂，导线数量增多，要求车用导线细径化、轻型化的同时，人们正在努力实现汽车电路的多路传输系统，和总线控制，以简化汽车的电路。

三、汽车电气设备的组成

各个国家以致不同生产厂家生产的汽车，所使用的电气与电子设备及电控系统的类型、结构、数量功能等各个方面都具有很大的差异，但是无论哪种车型上的电气设备，概括起来可以划分为电源和用电设备两大类。

1. 汽车上的电源

在各种类型的汽车上都装备着发电机和蓄电池这样两个电源，用来向汽车上的全部用电设备供电。在汽车运行时它们是配合工作的。

车用蓄电池主要用于汽车发动机的起动，一般采用铅蓄电池。常用的铅蓄电池可以分为普通铅蓄电池和无维护蓄电池。前者在使用中需要定期保养和维护，对机体和接线柱有腐蚀作用，还具有寿命短、自放电严重等许多缺点。后者因自放电少、无腐蚀、寿命长，且在使用中无须保养与维护，而得到广泛应用。

车用发电机几乎都采用硅整流交流发电机。它在汽车运行时向用电设备供电，并向蓄电池充电。为了在汽车运行时保持发电机输出电压恒定，车用交流发电机都配用电压调节器。常用的调节器有触点式调节器、晶体管调节器和集成电路调节器。集成电路调节器体积小，可以安装在发电机内部，成为整体式交流发电机。整体式交流发电机简化了充电系统的电路，已广泛应用于国内外汽车上。目前，还有些汽车上进一步取消了调节器，由电控系统直接进行电压调节。

2. 汽车的用电设备

汽车上，除电源之外的全部电气设备均属用电设备，其内容十分广泛，且因车型而异。大致分为如下几个部分：

(1) 起动系

起动系由电力起动机、起动开关、起动继电器等组成。用来在起动发动机时转动发动机曲轴，使发动机起动。

(2) 点火系

点火系统在发动机工作时，按时产生电火花将混合气点燃。常用点火系统有传统点火系、半导体点火系、微机控制点火系等多种型式。

(3) 汽车、发动机微机控制系统

微机控制技术的发展及其在汽车上的应用，使汽车、发动机电控系统所包含的内容十分广泛。为了充分发挥微机控制装置的功能，一般实行多项参数的集中控制。

(4) 冷气与空调控制

冷气与空调控制系统，可以按照驾驶员的意图，使车厢内保持恒定的温度，提高乘坐的舒适性。

(5) 照明、仪表及其他辅助电器。

四、汽车电控系统的故障诊断

电子装置特别是微型计算机在汽车控制系统的应用，使现代汽车成为一个比较复杂的机、电、液一体化的系统。它虽然简化了车辆的机械结构，改善了车辆的性能，但是由于各

种传感器和执行机构的种类和数量繁多，汽车的电路十分复杂，使汽车电控系统的故障诊断与维修面临着一个新的课题。

实际上，汽车电控系统中的微机控制装置，具有足够的可靠性和使用寿命，在正常使用的条件下，它不易损坏。此外，微机控制装置的功能强，它除完成对被控对象的控制外，还具有故障自诊断和安全保护功能。

自诊断系统在汽车发动机运行中，监视各传感器、执行机构和控制系统自身的工作，若检测到某传感器或执行机构输入错误的信号，或没有输入信号，即判断为故障，立即点亮仪表板上的故障灯，并将所发生的故障转变为相应的故障代码，存入控制单元的专用存贮器中，必要时它还将自动进入备用或保险系统，执行备用或保险程序，避免电控系统中元器件的损坏，并使车辆维持运行，能开回维修站。

虽然汽车电控系统的故障诊断是一项复杂而精细的工作，需要从故障诊断与维修的人员具有一定的文化水平。但是，在掌握了电控系统的结构、原理的基础上，按照各车型维修手册的规定，充分利用自诊断系统的功能，借助于专用的检测仪器和检测设备，便可以顺利地进行汽车电控系统的故障诊断与排除。

第二章 汽车电源

一、概述

现代轿车上，大量采用电器与电子装置，用电设备的数量多，耗电量大。电源的供电能力和工作性能对车辆的运行及用电设备的工作有着非常重要的影响。因此，要求汽车的电源必须在汽车的各种运行状况下，均能可靠的向各种用电设备供电。

国内外各种类型的汽车上，均以蓄电池和发电机两个供电装置作为电源，组成汽车的充电系统，它们共同向各种用电设备供电。

在汽车上，蓄电池和发电机是并联连接配合工作的。它们配合工作的情况如下：

(1) 起动发动机时，由蓄电池向起动机、点火系、仪表等主要用电设备供电。

(2) 发动机起动后发动机低速运转，发电机电压低于一定值时，由蓄电池向点火系、仪表等除起动机之外的全部用电设备供电。

(3) 发动机正常运行，发电机电压高于蓄电池电压时，由发电机向除起动机之外的全部用电设备供电，并向蓄电池充电，将多余的电能转变为化学能贮存起来。

(4) 当同时工作的用电设备过多，用电量过大，超过发电机供电能力时，蓄电池协助发电机向用电设备供电。

二、蓄电池

在汽车上，蓄电池的主要作用是在起动发动机时向起动机供电。

发动机起动时，起动机应产生强大的电磁力矩，克服发动机的全部阻力矩，使曲轴旋转，混合气燃烧，发动机开始工作。因此，在起动时蓄电池必须在很短的时间内(5~10s)，供给起动机 200~600A(有些大功率起动机的起动电流可达 1000A)的强大电流。

目前，在国内外汽车上广泛使用的蓄电池是铅酸蓄电池。

铅酸蓄电池简称铅蓄电池，其内阻极小，能在短时间内输出大电流，起动性能好，且结构简单，价格便宜。

(一) 铅蓄电池的结构与工作原理

1. 铅蓄电池的结构

车用铅蓄电池主要用于起动，也称为起动蓄电池，以下简称蓄电池。它由 3 个或 6 个单格蓄电池串联而成。每个单格蓄电池的标称电压为 2V，串联成为 6V 或 12V 蓄电池。

每个单格蓄电池均由极板、隔板、电解液组成，并分别安装于壳体的 3 个或 6 个单格中，如图 2-1 所示。

(1)极板

蓄电池的极板分为正极板和负极板。

正极板和负极板都以用铅 - 锑合金浇铸成的栅架为骨架，在其上填充活性物质，经形成处理，使正极板的活性物质转变为深棕色的二氧化铅 (PbO_2)，负极板的活性物质转变为青灰色的海绵状铅 (Pb)。图 2-2 是极板与栅架的示意图。极板上的活性物质具有多孔性。使电解液可以渗透到极板内层，增大活性物质与电解液的接触面积，在充放电化学反应时极板内层的活性物质得到充分利用，提高蓄电池的容量。

每片正负极板上的活性物质及其贮存的电能是有限的，为了增大蓄电池的容量，每个单格蓄电池内都由多片正极板和多片负极板组成。即将多片正极板和多片负极板分别用横板连接成正极板组和负极板组，极板组的极板之间留有间隙、将正、负两个极板组互相嵌合，成为正负极板组，如图 2-3 所示。由于正极板的活性物质较疏松，机械强度差，要求正负极板组中负极板较正极板多一片，使每片正极板都处于两片负极板之间，充、放电时极板两侧放电均匀，防止因活性物质膨胀极板挠曲，造成活性物质脱落，极板早期损坏。

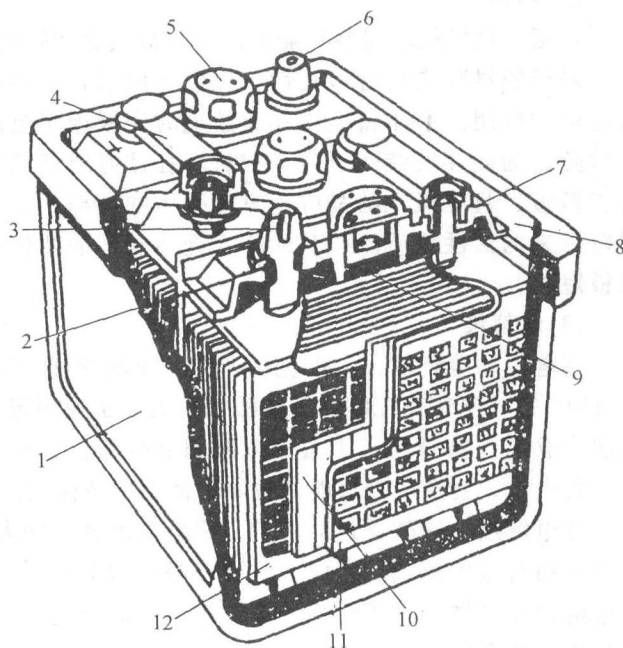


图 2-1 蓄电池的结构

1. 壳体；2. 密封环；3. 正电桩；4. 连条；5. 加液孔盖；6. 负电桩；7. 蓄电池盖；8. 封料；9. 护板；10. 隔板；11. 负极板；12. 正极板

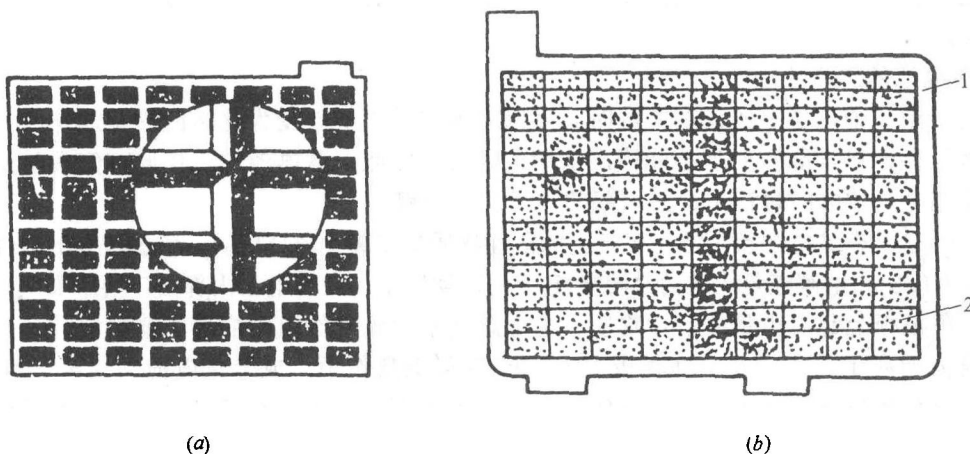


图 2-2 极板与栅架

(a) 栅架 (b) 极板

1. 栅架；2. 活性物质

(2)隔板

在正、负极板之间装有隔板，防止极板之间短路。

隔板的材料应具有多孔性，以便电解液自由渗透，减小蓄电池的内阻。由于蓄电池在充放电时正极板附近的化学反应激烈，为此在安装隔板时，应将多孔性好或有槽的一侧对着正极板，且隔板上的槽应垂直于壳体的底部，使正极板上脱落下来的活性物质能顺利地落入壳体底部的凹槽中，防止极板短路。

(3)电解液

蓄电池的电解液，是由化学上的纯净硫酸(H_2SO_4)和蒸馏水(H_2O)按一定比例配制成的硫酸水溶液。工业用硫酸和非蒸馏水中含有有害杂质，不可用来配制电解液，否则由于杂质带入蓄电池，会造成自放电的故障，甚至损坏极板。

在电解液中硫酸含量的多少，用电解液密度的大小来衡量。电解液的密度对蓄电池的容量和寿命有很大影响。密度大些可以提高蓄电池的容量，并减少结冰的危险。密度过大，由于电解液粘度增加，流动性变坏，使蓄电池容量下降，而且电解液的腐蚀作用增强，降低极板和隔板的寿命。

电解液的密度一般为 $1.24 \sim 1.31 \text{g/cm}^3$ 。电解液密度的大小应依地区、气候条件和制造厂的要求而定。在冬季和寒冷地区应使用密度较高的电解液。

(4)壳体

车用蓄电池的壳体采用整体式结构。壳体内部分成3个或6个互不相通的单格，每个单格内装有极板组和电解液组成一个单格蓄电池。壳体的底部有凸起的肋条，支撑极板组，并使极板上脱落下来的活性物质落入凹槽中，防止极板短路。壳体的上部用盖子密封。每个单格的盖子中间有加液孔，用来加注电解液，检查或调节电解液的密度。加液孔平时用盖子密封。加液孔盖子中间有通气孔，使化学反应中产生的气体能随时逸出。为了减少蓄电池在贮存和运输中极板氧化，在蓄电池出厂前将盖子上的通气孔密封，为此在蓄电池使用前应将通气孔打开。

2. 蓄电池的工作原理

蓄电池是一个化学电源，在充电时它可以将电源的电能转变为化学能贮存起来，在用电时它再将贮存的化学能转变为电能输出给用电设备。因此，蓄电池的工作原理实质上是研究蓄电池在充电、放电的过程中，其内部的化学反应过程。

如上所述，充足电的蓄电池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海绵状铅(Pb)，电解液是硫酸的水溶液(H_2SO_4)。实际上，在蓄电池内部由于溶解和电离的作用，正、负极板上都有少量的活性物质，与电解液中的硫酸作用而溶解于电解液中，并以带正、负电荷的离子状态存在。在正极板处， PbO_2 与硫酸作用生成带正电荷的铅离子(Pb^{++})、带负电荷的硫酸根(SO_4^{--})和水(H_2O)，带正电的铅离子沉浮在正极板上，使正极板具有正电位，约为 $+2\text{V}$ 。在负极板处， Pb 电离为铅离子(Pb^{++})和电子(2e)，铅离子溶解于电解液中，而将2个电子留在负极板上，使负极板具有负电位，约为 -0.1V 。于是正、负极板之间就形成了 $2.1\text{V} (+2\text{V} - (-0.1)\text{V})$ 的电位差，即单格蓄电池的电压实际上是 2.1V 左右。

当将用电设备接在蓄电池的两电极之间时，负极板上的电子(2e)立即沿用电设备和连接

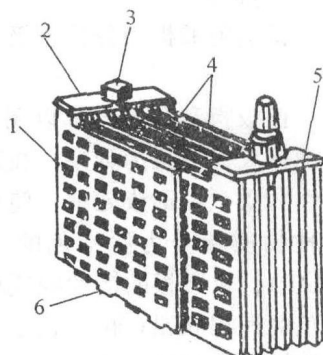
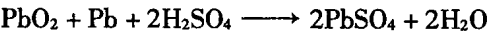


图 2-3 极板组

1. 负极板组；2. 横条；3. 电桩；
4. 隔板；5. 正极板组；6. 支承凸起

电路流向正极板，形成从蓄电池正极流向负极的放电电流，蓄电池开始放电，如图 2-4(a)所示。在蓄电池内部，正极板上的铅离子获得电子并与电解液中的硫酸根结合，生成硫酸铅(PbSO₄)沉浮在正极板上；负极板上失去了电子铅离子也与电解液中的硫酸根结合，生成硫酸铅沉浮在负极板上。在放电过程中，正、负极板上的活性物质将不断地溶解、电离并转变为硫酸铅，电解液中的硫酸因生成硫酸铅而逐渐减少，水分则不断增加，因此电解液密度下降。

放电过程的化学反应方程式如下：



理论上，放电过程可以进行到极板上的全部活性物质都转变为硫酸铅为止。实际上，由于放电过程中生成的硫酸铅的体积，较原活性物质的体积大，先生成的硫酸铅逐渐地堵塞了极板的孔隙，使电解液不能渗透到极板内层，在大部分活性物质没有来得及参加化学反应时放电化学反应就停止了。

放完电的蓄电池，正、负极板上的活性物质都转变为硫酸铅，可以用充电的方法使它重新转变为充足电的状态。

在放电状态下，正、负极板上的硫酸铅也有少量溶解在电解液中，并电离为铅离子(Pb⁺⁺)和硫酸根(SO₄⁻⁻)。当将充电电源接在蓄电池的两端，进行充电时，在电源的作用下，迫使 2 个电子(2e)源源不断地从蓄电池的正极板返回负极板，形成了从充电电源的正极流向蓄电池正极的充电电流 I_c，图 2-4(b)所示。在蓄电池内部则发生与放电过程相反的化学反应。正极板上的铅离子又失去了 2 个电子，并与硫酸根及水作用重新转变为二氧化铅和硫酸；负极板上的铅离子获得 2 个电子而再转变为纯铅。电解液中，水分减少硫酸增多，电解液密度升高。

充电过程的化学反应方程式如下：

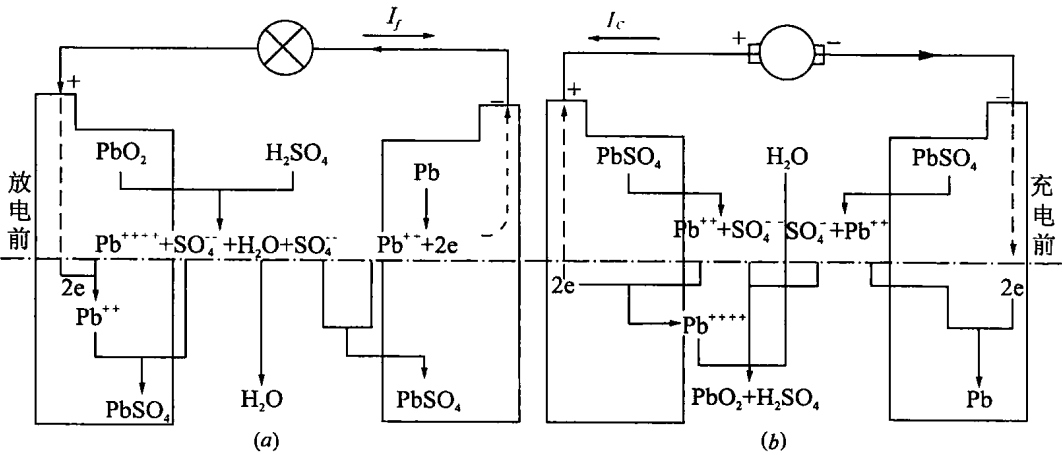
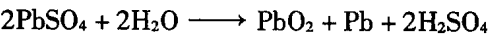


图 2-4 蓄电池充、放电原理
(a)放电 (b)充电

充电过程中，上述化学反应不断进行，直至极板上的活性物质完全恢复成放电前的状态，充电结束。