



普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套教材
普通高等教育应用型本科“十三五”规划教材

汽车构造与原理

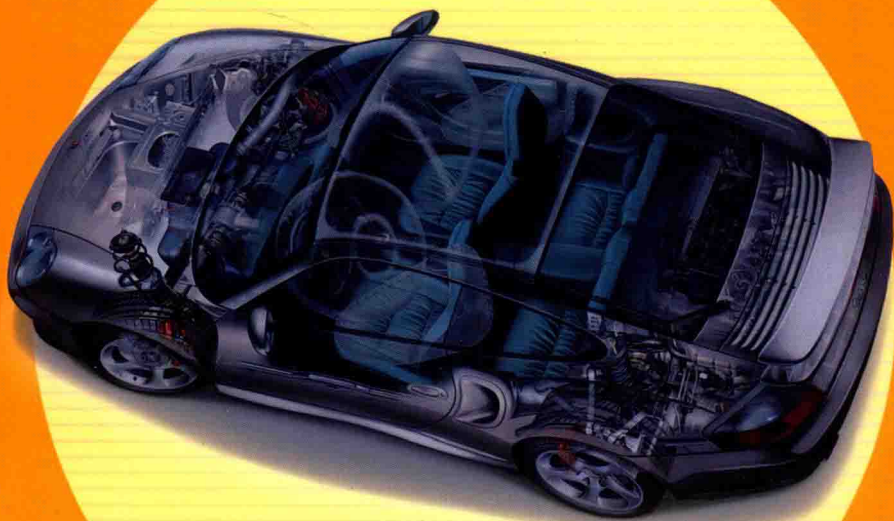
(下册 电气设备 新能源汽车)

第4版

QICHE GOUZAO YU YUANLI



© 吴伟斌 蔡兴旺 主编



配电子课件

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套教材
普通高等教育应用型本科“十三五”规划教材

汽车构造与原理

(下册 电气设备 新能源汽车)

第4版

丛书主编 蔡兴旺
丛书副主编 王海林 刘仁鑫 吴伟斌
本书主编 吴伟斌 蔡兴旺
本书副主编 王 斌
本书参编 李晓珍 黄大星



机械工业出版社

本书分上、中、下3册并配套实训教材。丛书以乘用车为主,将汽车的构造与原理有机融合,系统地介绍了现代汽车的结构、工作原理、拆装、日常使用维护与主要检查调整等内容,突出了现代汽车电子控制技术及新一代高压共轨电控柴油机、直喷汽油机等新结构,电动汽车、燃气汽车等新车型,以及可变气缸控制、车辆动态集成控制、车载网络CAN、智能起动系统等新技术。

本书为下册,内容包括汽车电源系统、汽车仪表及警示系统、汽车照明系统及信号装置、汽车空调系统、汽车防盗系统、汽车影音与导航系统、车载网络系统、汽车其他电器设备、汽车总电路、电动汽车、燃气汽车和其他新能源汽车共12章。

本书可作为普通高等院校应用型本科汽车类专业的专业基础教材或专业教材,也可以作为高职高专、成教、职大、中专技校及汽车培训机构的参考教材。

本书附带教师参考资料,内含PPT、视频资料、图库和习题解答,生动、形象地展示了现代汽车各总成与零部件的构造、工作原理、拆装与部分检查调整,极大地方便了教师备课、授课和学生课外学习,凡使用本书作为教材的教师可登录机械工业出版社教育服务网 www.cmpedu.com 注册后免费下载。咨询电话:010-88379375。

图书在版编目(CIP)数据

汽车构造与原理. 下册, 电气设备、新能源汽车/吴伟斌, 蔡兴旺主编. —4版. —北京: 机械工业出版社, 2018.9

普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套教材
普通高等教育应用型本科“十三五”规划教材

ISBN 978-7-111-62032-7

I. ①汽… II. ①吴…②蔡… III. ①汽车-构造-高等学校-教材②汽车-电气设备-高等学校-教材③新能源-汽车-高等学校-教材 IV. ①U463

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第029669号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑: 葛晓慧 责任编辑: 葛晓慧 谢熠萌

责任校对: 刘丽华 李锦莉 责任印制: 李昂

北京京丰印刷厂印刷

2019年6月第4版·第1次印刷

184mm×260mm·13.5印张·332千字

0 001—1 900册

标准书号: ISBN 978-7-111-62032-7

定价: 36.00元

电话服务

客服电话: 010-88361066

010-88379833

010-68326294

封底无防伪标均为盗版

网络服务

机工官网: www.cmpbook.com

机工官博: weibo.com/cmp1952

金书网: www.golden-book.com

机工教育服务网: www.cmpedu.com

序

由机械工业出版社出版,蔡兴旺、王海林、刘仁鑫、吴伟斌等教授主编的《汽车构造与原理(上、中、下册)》和《汽车构造与原理实训》教材从2004年出版到现在,均已修订2次,连续印刷20余次,受到全国广大师生的认可和好评,其中《汽车构造与原理实训》和《汽车构造与原理(上册)》都被教育部评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材,《汽车构造与原理实训》还被评为教育部精品教材和“十二五”高等职业教育国家规划教材。

近年来,随着汽车专业教学改革不断深入,汽车新技术和新结构不断涌现,大量本科院校转型应用型本科,着力加强技术技能的培养,为了适应新形势下汽车相关专业教学改革的需要,我们对原教材进行了第3次修订,形成了本丛书。

本丛书将汽车的构造与原理有机融合,以乘用车为主,全面地介绍了现代汽车的结构、工作原理、拆装、日常使用维护与主要检查调整等内容,突出了现代汽车电子控制技术等新结构、新技术。教材编写突出以下主要理念:

- 1) 以社会需求为目标,技术应用能力为主线,着力提高学生实践技能、应用水平、创新能力和综合素质。
- 2) 以学生学习为主体,老师教学为主导。
- 3) 理论与实践紧密结合,汽车结构、原理与实践有机融合。
- 4) 精简或删除陈旧内容,及时补充学科、行业的新标准、新知识、新技术、新成果。
- 5) 按照学生认识规律,进行教材设计,由感性至理性,实用性、实践性、科学性、先进性、思想性、趣味性、人文交融性相结合。
- 6) 教材风格新颖、活泼、通俗、精练,多采用图表。教材配套教师参考资料,方便教学和学生自学。

本丛书分《汽车构造与原理第4版(上册 发动机)》《汽车构造与原理第4版(中册 底盘 车身)》《汽车构造与原理第4版(下册 电气设备 新能源汽车)》3册共29章以及《汽车构造与原理实训第4版》配套实训教材。由蔡兴旺教授担任丛书主编,王海林、刘仁鑫、吴伟斌3位教授担任丛书副主编。

本丛书的《汽车构造与原理第4版(上册 发动机)》由王海林教授和蔡兴旺教授担任主编。编写分工为:王海林(第4章)、蔡兴旺(总论、第1章、第2章、第5章、第10章的10.1节、10.2节)、王斌(第3章)、余志兵(第6章)、李晓珍(第7章)、黄大星(第10章的10.3节)、张毅(第8章、第9章)。

本丛书的《汽车构造与原理第4版(中册 底盘 车身)》由刘仁鑫教授和蔡兴旺教授担任主编。编写分工为:刘仁鑫(第11章的11.2~11.5节)、蔡兴旺(第14章)、廖一峰(第12章)、李锦(第13章)、龙江启(第15章、第16章、第17章)、谢锐波(第11章的11.1节、11.6节、11.7节)。

本丛书的《汽车构造与原理第4版(下册 电气设备 新能源汽车)》由吴伟斌教授和蔡



兴旺教授担任主编。编写分工为：吴伟斌（第22章、第23章、第24章）、蔡兴旺（第19章、第21章、第25章、第27章、第28章、第29章）、王斌（第18章）、李晓珍（第20章）、黄大星（第26章）。

本丛书的《汽车构造与原理实训第4版》由蔡兴旺教授担任主编。编写分工为：蔡兴旺（总论、第1章、第2章、第5章、第10章的10.1节、第14章、第19章、第21章、第25章、第27章、第28章、第29章）、王海林（第4章）、刘仁鑫（第11章的11.2~11.5节）、吴伟斌（第22章、第23章、第24章）、王斌（第3章、第18章）、余志兵（第6章）、廖一峰（第12章）、李锦（第13章）、李晓珍（第7章、第20章）、龙江启（第15章、第16章、第17章）、张毅（第8章、第9章）、黄大星（第10章的10.2节、第26章）、谢锐波（第11章的11.1节、11.6节、11.7节）。

本丛书附带教师参考资料，内含PPT、视频资料、图库和习题解答，生动、形象地展示了现代汽车各总成与零部件的构造、工作原理、拆装与部分检查调整，非常方便教师备课、授课和学生课外学习。

在本丛书编写及光盘制作过程中，得到广东省教育厅、广州汽车工业集团、机械工业出版社、清华大学、华南理工大学、华南农业大学、江西农业大学、韶关学院、温州大学、顺德东升汽车修理厂等单位和个人的大力支持与帮助，在此深表感谢！本书引用了国内外一些工厂、研究所、大专院校的产品图样和试验研究资料，在此谨致深切的谢意！

本丛书涉及面广，编者编写水平有限，故疏忽谬误之处在所难免，敬请同行专家和广大读者批评指正。

《汽车构造与原理》编写组

前 言

近年来,随着汽车专业教学改革不断深入,大量本科院校转型应用型本科,着力加强技术技能的培养,加上汽车新技术和新结构不断涌现,特别是汽车上技术更新最快的电气设备更是发展迅速。近几年新能源汽车行业的飞速发展也使学校的专业教学发生了较大变化,为了适应新形势下汽车相关专业教学改革的需要,我们对教材进行了第3次修订。

本书以乘用车为主,将汽车的构造与原理有机融合,全面地介绍了现代汽车上的电气设备等内容,突出了现代汽车电子控制技术等新结构、新技术的介绍,并且引入了新能源汽车的相关内容。全书的主要内容包括:汽车电源系统、汽车仪表及警示系统、汽车照明系统及信号装置、汽车空调系统、汽车防盗系统、汽车影音与导航系统、车载网络系统、汽车其他电气设备、汽车总电路、电动汽车、燃气汽车和其他新能源汽车共12章。

本丛书可作为普通高等教育应用型本科汽车类专业教材,也可以作为高职高专、成教、职大、中专技校及汽车培训的参考用书。

本书由吴伟斌教授和蔡兴旺教授担任主编。编写分工为:吴伟斌(第22章、第23章、第24章)、蔡兴旺(第19章、第21章、第25章、第27章、第28章、第29章)、王斌(第18章)、李晓珍(第20章)、黄大星(第26章)。

本书编写及光盘制作过程中,得到广东省教育厅、广州汽车工业集团、机械工业出版社、清华大学、华南理工大学、华南农业大学、江西农业大学、韶关学院、温州大学、顺德东升汽车修理厂、广州智维电子科技有限公司等单位和个人的大力支持与帮助,在此深表感谢!本书引用了国内外一些工厂、研究所、大专院校的产品图样和试验研究资料,在此谨致深切的谢意。

本书涉及面广,编者水平有限,疏忽谬误之处在所难免,敬请同行专家和广大读者批评指正。

编 者

汽车常用缩略语

- ABS——防抱死制动系统
A/F——空燃比
ASR——驱动防滑调节系统
AT——自动变速器
BEV——纯电动汽车
BLIS——盲点信息系统
BSG——传动带驱动起动-发电一体电机
CA——曲轴转角
CAN——控制器局域网
CCS——巡航控制系统
CISS——集成性安全核心系统
CNGV——压缩天然气汽车
CO——一氧化碳
DIS——无分电器点火系统
DLI——无分电器点火(系统)
DOD——可变排量技术
DOHC——双顶置凸轮轴
DSC——动态稳定控制(系统)
EBD——电子控制制动力分配(系统)
ECD——电子控制式柴油机
ECU——电子控制单元
EDS——电子差速锁
EFI——电子燃油喷射
EGR——废气再循环
EI——电子点火
ESC——电子稳定控制(系统)
ESP——电子稳定程序
ETS——电子牵引力控制系统
EV——电动汽车
FCEV——燃料电池电动汽车
FFV——可变燃料汽车
FSI——燃料分层喷射
GDI——汽油(缸内)直接喷射
GPS——全球定位系统
HC——碳氢化合物
HCCI——均质充量压缩点燃
HEV——混合动力电动汽车
ISC——怠速控制
KS——爆燃传感器
LPGV——液化石油气汽车
MCE——多循环发动机
MPI——多点(汽油)喷射(系统)
NO_x——氮氧化物
OBD-II——第二代车载自诊断系统
RFID——射频识别
SOHC——单顶置凸轮轴
SPI——单点(汽油)喷射(系统)
SRS——辅助约束系统(安全气囊)
SSS——速度感应式转向(系统)
SVC——萨博可变压缩比
TCS——牵引力控制系统
TPMS——轮胎气压监视系统
VCM——可变气缸管理技术
VDIM——车辆动态集成管理
VIN——车辆识别代号
VSA——汽车稳定性辅助(系统)
VSC——汽车稳定性控制(系统)
VTEC——气门正时电子控制
VVT——可变气门正时
4WD——四轮驱动

目录

序

前言

汽车常用缩略语

第四篇 汽车电气设备

第 18 章 汽车电源系统	3
18.1 汽车蓄电池	4
18.2 汽车发电机	9
18.3 汽车电压调节器	13
18.4 充电指示及过电压保护	17
本章小结	19
思考题	19
第 19 章 汽车仪表及警示系统	20
19.1 汽车仪表及警示系统总体组成与分类	21
19.2 主要汽车仪表结构与原理	24
19.3 主要汽车警示装置结构与原理	35
本章小结	37
思考题	38
第 20 章 汽车照明系统及信号装置	39
20.1 汽车照明系统	40
20.2 汽车信号装置	44
本章小结	48
思考题	48
第 21 章 汽车空调系统	49
21.1 汽车空调系统概述	50
21.2 手动空调系统结构与原理	51
21.3 自动空调系统结构与原理	67
本章小结	69
思考题	70
第 22 章 汽车防盗系统	71
22.1 汽车机械防盗系统	72
22.2 汽车电子防盗系统	73
22.3 汽车防盗系统的发展动态	78
本章小结	80
思考题	81



第 23 章 汽车影音与导航系统	82
23.1 汽车影音系统概述	83
23.2 汽车影音系统基本组成与原理	83
23.3 汽车导航系统概述	91
23.4 汽车导航系统基本组成与原理	91
本章小结	94
思考题	94
第 24 章 车载网络系统	95
24.1 车载网络系统概述	96
24.2 CAN 总线技术及其应用	97
24.3 LIN 总线与 BSD 总线技术	102
24.4 MOST 总线与 DDB 技术	105
24.5 Byteflight 总线技术	109
24.6 以太网与 FlexRay 技术	117
本章小结	126
思考题	127
第 25 章 汽车其他电气设备	128
25.1 刮水器的结构原理	129
25.2 风窗洗涤器的结构原理	131
25.3 风窗除霜(雾)装置的结构原理	131
25.4 电动后视镜的结构原理	131
25.5 汽车巡航控制系统的结构原理	134
本章小结	136
思考题	137
第 26 章 汽车总电路	138
26.1 汽车电路图类型	139
26.2 汽车电路元器件	141
26.3 全车电路图与识读方法	148
本章小结	154
思考题	154

第五篇 新能源汽车

第 27 章 电动汽车	157
27.1 纯电动汽车	158
27.2 混合动力电动汽车	171
27.3 燃料电池电动汽车	177
本章小结	180
思考题	181
第 28 章 燃气汽车	182
28.1 燃气汽车概述	183
28.2 CNG 汽车的结构与原理	183
28.3 LPG 汽车的结构与原理	186



28.4 氢气汽车的结构与原理	191
本章小结	193
思考题	193
第29章 其他新能源汽车	194
29.1 太阳能汽车	195
29.2 醇燃料汽车	197
29.3 二甲醚燃料汽车	200
29.4 其他燃料汽车简介	203
本章小结	204
思考题	205
参考文献	206

第四篇 · 汽车电气设备

汽车电气如同人体神经，遍布全车。任何一条电路、一个插头或一个电器出问题，立即影响到汽车的某个性能或功能，严重的直接影响到汽车的动力性、经济性、可靠性、安全性、排气净化及舒适性，甚至无法启动和行驶。统计表明，汽车电气部分所出现的故障占汽车全部故障的30%以上。学习和研究汽车电气设备的作用、原理、结构和使用检修方法，对于从事汽车方面的工作具有十分重要的意义。

汽车经过一百多年的发展，发展最快的当属汽车电气设备。汽车发展的最初阶段，除了点火系统外几乎没有其他电气设备。到20世纪初至20世纪70年代末期，汽车电子装置逐步代替机械部件。20世纪70年代末期以后，微机开始在汽车上应用，迅速实现了对汽车各个部分诸多功能的集中智能控制（图 x-1）。

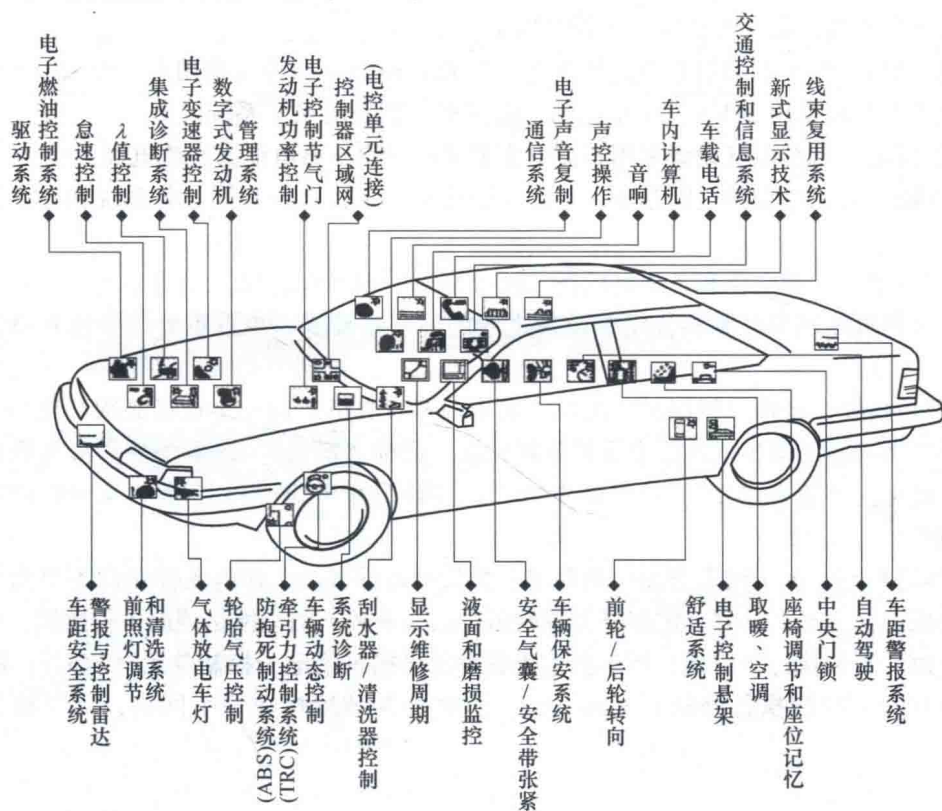


图 x-1 汽车电气设备

现代汽车电气设备，按其用途大致可分为五大类。

(1) **供配电设备** 供配电设备主要包括电源（蓄电池、发电机等）、熔断器、继电器、导线和插接器等，给用电设备提供工作所需的电能。

(2) **用电设备** 用电设备是将电能转换成其他形式能的设备。例如起动机、电动机、电动刮水器、电磁驱动器和各种电泵等，把电能转换成机械能；各种照明灯、指示与警告灯、闪光器等，把电能转换成光能；汽车喇叭、蜂鸣器、音响等，将电能变成声能；电磁离合器、继电器等，把电能变成磁能；点火器与加热器等，把电能转换成热能。

(3) **信号采集设备** 信号采集设备指用来完成信号提取并将信号转换成电量（电阻、电压、电流）的设备，也称为传感器。例如，汽车上的温度传感器、压力传感器、转速传感器、振动传感器等。

(4) **信号处理设备** 信号处理设备也称为电子控制单元（ECU），是用以完成信号接收、处理（逻辑运算、比较、放大）并将处理结果（处理后的信号）输出的设备，例如汽车各电子控制单元的微机（单片机）。

(5) **检测显示设备** 检测显示设备是指完成人机对话的各种仪表和显示屏。

汽车众多电气设备与机械装置往往紧密相连，难以分割，如汽车电子燃油喷射系统、ABS等已经在前面相关章节中进行了叙述，这里不再重复。本书侧重于其他电气设备，如电源系统、防盗装置、音响、仪表、灯光、车载网络和全车电路等内容。

学习汽车电气设备，首先应该掌握其以下基本特点：

1) **低电压**。汽车上的用电设备额定电压有12V和24V两种（乘用车一般采用12V、大型柴油机货车一般采用24V）。21世纪初，有些车开始采用42V系统。

2) **直流电**。汽车电气设备采用直流电主要是由于汽车蓄电池为直流电源。

3) **并联**。各用电设备之间基本上采用并联连接，工作电压相同，各系统和各部件之间互不影响。

4) **单线制**。一般电源和各用电设备之间分别用一根导线连接，而用车架、车身、发动机机体等金属机体充当电源和各用电设备之间的另一根导线。少数重要设备也有单独双线连接。

5) **负极搭铁**。采用单线制时，电源（蓄电池和发电机）的一个电极必须与充当公共导线的车架、车身、发动机机体等金属机体相连接，俗称“搭铁”，若电源的负极与金属机体相连接，就称为“负极搭铁”，反之则称为“正极搭铁”。我国和大多数国家一样规定采用“负极搭铁”。

6) **网络控制**。由于汽车智能化的要求，多数用电设备的工作电流控制已不是由单一的开关信号控制，而是由具有一定逻辑关系的多个信号来控制的。网络控制由传感器、电子控制单元（ECU）和执行器组成，传感器采集各种信号提供给电子控制单元（ECU），ECU再通过计算分析去控制执行器执行某种功能。这些控制装置构成一个网络，所以称为网络控制。

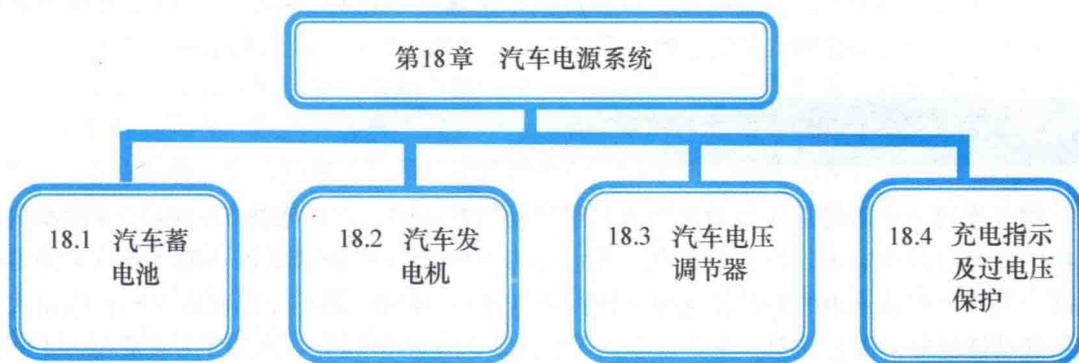
第 18 章



汽车电源系统



内容架构



教学目标要求、重点与难点

序号	教学目标要求	教学重点	教学难点
1	掌握汽车电源系统的作用及组成	✓	
2	掌握蓄电池的基本结构、工作原理及其分类	✓	
3	理解蓄电池的容量及型号	✓	
4	掌握汽车发电机的结构及工作原理	✓	✓
5	掌握电压调节器的类型、结构及工作原理	✓	✓
6	理解充电指示电路原理		
7	理解过电压保护电路原理		
8	学会辨认汽车蓄电池及发动机零部件	✓	



汽车电源系统主要由蓄电池和发电机并联组成,还包括电压调节器、充电指示及过电压保护电路等,它们负责向汽车点火系统、起动系统、各指示灯、信号发射装置等全车电气设备供电(图18-1)。

在发动机起动时,蓄电池向起动机、点火系统以及燃油喷射系统等用电设备供电。当发动机低速运转或不运转时,发电机发出电压很低或不发电,由蓄电池向全车电气设备供电。

当发动机转速大于一定值时,由发电机向全车电气设备供电,并同时给蓄电池充电。当汽车上的用电设备所需功率超过发电机的额定功率时,蓄电池和发电机共同向用电设备供电。另外,蓄电池还相当于一个容量很大的电容器,可以吸收电路中的瞬时过电压,以保持汽车电路电压相对稳定,保护电子元件不被破坏。对于汽车防盗系统和汽车电子控制系统等,蓄电池还是其不间断的电源。

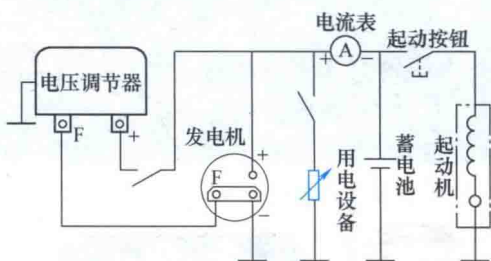


图18-1 蓄电池与发电机并联电路

18.1 汽车蓄电池

蓄电池的主要功用是向起动机供电。当发动机起动时,蓄电池在5~10s内为起动机连续提供强大的起动电流,汽油发动机一般为200~600A,柴油发动机一般为500~1000A。目前,汽车上普遍采用的铅酸蓄电池(简称蓄电池),具有内阻小、能在短时间内输出大电流、起动性能好、工艺简单、生产成本低等特点。汽车用铅酸蓄电池又分为普通型、干式荷电型、湿式荷电型、免维护型和胶体型。

18.1.1 汽车蓄电池的构造

现代汽车用铅酸蓄电池由6个单格蓄电池串联而成,每个单格蓄电池电压约为2V,串联后蓄电池电压为12V。多数柴油机电源电压设计为24V,用两只12V蓄电池串联供电。

蓄电池的构造如图18-2所示,它一般由极板、隔板、壳体、电解液、连接板和接线柱等组成。蓄电池的结构认识与拆装使用参见《汽车构造与原理实训》教材及其光盘的项目18.1。

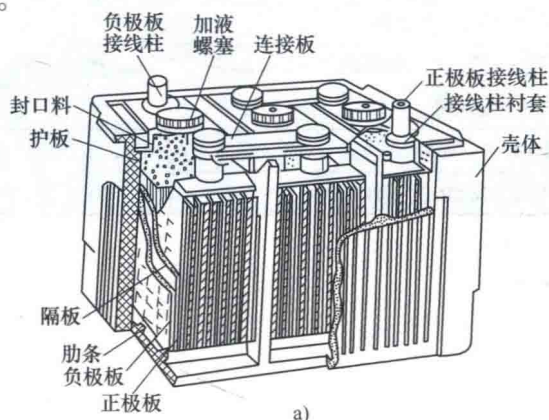


图18-2 蓄电池的构造
a) 结构图 b) 实物图



1. 极板

极板由栅架和活性物质组成,如图18-3所示。栅架由铅锑合金浇铸而成,活性物质涂覆在栅架上。极板有正极板和负极板两种,均由栅架和填充在其上的活性物质构成。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海绵状纯铅,呈青灰色。

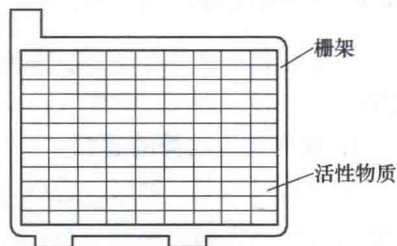


图18-3 极板

为了增大蓄电池的容量,将多片正、负极板分别并联,并用连接板焊接,组成正、负极板组。安装时,正、负极板相互嵌合,中间插入隔板后装入蓄电池单格内便形成单格蓄电池。在每个单格蓄电池中负极板总比正极板多一片,因为正极板的活性物质比较疏松,且正极板处的化学反应激烈,反应前后活性物质的体积变化较大,所以正极板夹在负极板之间,可使两侧放电均匀,从而减轻正极板的翘曲及减少活性物质的脱落。

2. 隔板

为了防止正负极板间短路及减小蓄电池的内阻和尺寸,正负极板之间用隔板隔开。隔板材料应具有多孔性,以便电解液渗透,还应具有良好的耐酸性和抗氧化性。隔板常用材料有木质、微孔橡胶、微孔塑料、玻璃纤维和纸板等。安装时,隔板带沟槽的一面朝向正极板,因为正极板在充放电过程中化学反应剧烈,沟槽既能使电解液上下流通,也能使气泡沿沟槽上升,还能使脱落的活性物质沿沟槽下沉。

有的厂家用微孔塑料袋做成袋式隔板,套在正极板上,可以有效防止活性物质脱落,避免极板内部短路并使组装工艺简化。

3. 壳体

壳体用来盛装电解液和极板组。它由耐酸、耐热、耐振、绝缘性能好且有一定机械强度的材料制成。早期采用硬橡胶,近年来多用工程塑料,如聚丙烯。

壳体为整体式结构,壳内由间壁分成3个或6个互不相通的单格,底部有凸起的肋条,以放置极板组。肋条间的空隙用来积存脱落下来的活性物质,以防止在极板间造成短路。每个单格的盖板中间有加液孔,用来添加电解液和蒸馏水,也可用来检查电解液液面高度和测量电解液的相对密度。加液孔用加液螺塞拧紧,螺塞中心有通气孔,便于蓄电池化学反应中产生的气体能自由逸出。使用中应注意通气孔的畅通,否则会使壳体炸裂。

4. 电解液

蓄电池电解液是由纯硫酸和蒸馏水按一定比例配制而成的稀硫酸溶液,硫酸溶液在充电和放电的电化学反应中起离子间导电作用,并参与化学反应。

电解液的纯度是影响蓄电池性能和使用寿命的重要因素。因此,配制电解液应采用化学纯硫酸和蒸馏水。工业硫酸和一般的水中含有铁等杂质,会增加自放电和损坏极板,不能用于配制蓄电池电解液。

5. 接线柱和连接板

铅酸蓄电池首尾两极板组的横板上焊有接线柱(也称极桩),正接线柱连接起动机和电流表的电线,负接线柱连接车身或车架的搭铁线。正接线柱附近标有“+”或“P”标记,负接线柱附近标有“-”或“N”标记。

连接板的作用是将单格蓄电池串联起来,提高整个蓄电池端电压。连接板一般由铅锑合



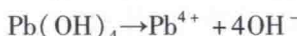
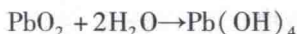
金铸造而成,硬橡胶外壳蓄电池的连接板位于蓄电池的上方,塑料外壳蓄电池则采用穿墙式连接板。

18.1.2 蓄电池的工作原理

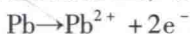
蓄电池是一个化学电源,在充电时,靠内部的化学反应将电源的电能不能转变成化学能储存起来;用电时,再通过化学反应将化学能转变成电能,供给用电设备。

1. 蓄电池电动势的建立

当极板浸入电解液时,极板上就会有少量活性物质溶解电离。在正极板处的 PbO_2 溶解电离后,有四价的铅离子 (Pb^{4+}) 沉附于正极板上,使极板呈正电位。

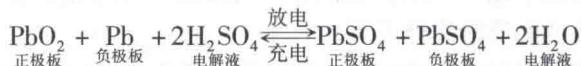


在负极板处的 Pb 溶解后有电子留在负极板上,使极板呈负电位。



2. 蓄电池的放电

蓄电池外电路接通后,在电动势的作用下,负极板的电子经外电路流向正极板,正极板上的 Pb^{4+} 得到两个电子,变成二价铅离子 (Pb^{2+}),并溶于电解液中;与此同时,负极板上的 Pb 不断放出电子,变成 Pb^{2+} (图 18-4),其化学反应方程式为



由此可见,放电过程正负极活性物质不断变成 Pb^{2+} ,溶于电解液,与电解液中的 SO_4^{2-} 反应生成 PbSO_4 ,分别沉附在正负极板表面,使电解液中 H_2SO_4 减少, H_2O 增加,电解液密度降低,通过密度计测量电解液密度,就可以知道蓄电池存电情况。一般蓄电池充足电时的电解液密度为 $1.24 \sim 1.31 \text{g/cm}^3$,电解液密度每降低 0.01g/cm^3 ,相当蓄电池放电 6%。

3. 蓄电池的充电

充电过程的化学反应与放电过程相反,上述的化学反应方程式是可逆的。充电时正、负极板表面的 PbSO_4 分别还原为 PbO_2 和 Pb ,电解液中的 H_2O 减少, H_2SO_4 增加,电解液密度增加。当

蓄电池充足电后,单格正极板正电位为 2V,负极板负电位为 -0.1V,蓄电池电动势为 2.1V。当蓄电池过充电时,会引起电解液中的水电解成氧气和氢气逸出。

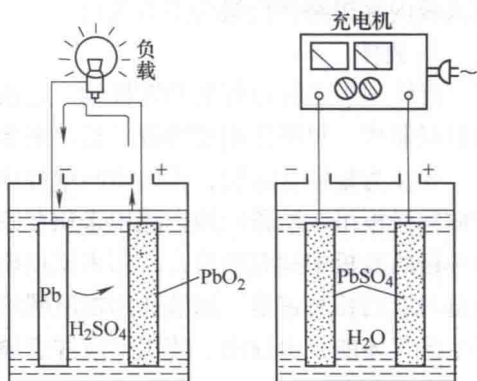


图 18-4 铅酸蓄电池充放电原理

想一想

蓄电池正负极短路会产生什么后果?

18.1.3 其他改进型蓄电池

1. 干式荷电蓄电池

普通铅酸蓄电池负极板在储运过程中,活性物质表面易被氧化,为把这部分物质还原,



需要进行比较烦琐的初充电。干式荷电铅酸蓄电池（图 18-5）负极板的活性物质在铅中配有一定比例的抗氧化剂，如松香、油酸和羊毛脂等。经深化处理后，活性物质形成了较深层的海绵状结构，再经防氧化处理，极板表面附着了一层较薄的保护膜，提高了抗氧化性能，最后还经惰性气体或真空干燥处理。经过这样的处理，能使负极板上的海绵状纯铅在空气中保存而不被氧化，达到负极板在干燥状态下长期保存电荷的目的（一般为 1~2 年）。

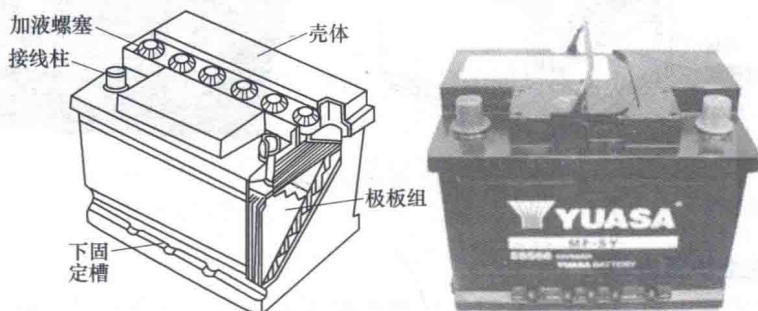


图 18-5 干式荷电铅酸蓄电池

目前干式荷电蓄电池均采用穿墙式连接板、整体塑料容器结构，基本取代了传统的铅酸蓄电池。

初次使用干式荷电蓄电池时，需将蓄电池加液螺塞拧开，疏通通气孔，加入标准的电解液到规定的高度，记下密度和温度，将蓄电池静放 20min，然后测量电解液的温度和密度。如果温度上升不超过 6°C ，密度下降不超过 $0.01\text{g}/\text{cm}^3$ ，则蓄电池可以使用；若超过以上规定的差值，则需要按照正常充电率对蓄电池进行充电，干式荷电蓄电池除不必长时间初充电外，其使用与维护要求和普通铅酸蓄电池完全一样。

2. 免维护蓄电池

免维护蓄电池也称为 MF 蓄电池（Maintenance-Free Battery），它是指在使用寿命期内无须进行日常维护的蓄电池，除有几个很小的通气孔外，其余部分全部密封。免维护蓄电池的突出优点是在汽车合理使用过程中无须添加蒸馏水，蓄电池自放电小，仅为普通蓄电池的 $1/8 \sim 1/6$ ，在使用期内一般无须进行补充充电；正负极接线柱腐蚀小或无腐蚀，使用寿命长，内阻小，起动性能好。

免维护蓄电池（图 18-6）在结构、工艺和材料等方面采用了一些措施，主要有以下几项：

1) 通气螺塞通气采用安全通气装置，可以阻止水蒸气和硫酸气体排出，因而减少了电解液的消耗，避免了可燃分解气体与外部火花接触而产生爆炸，也减少了正负极接线柱的腐蚀。有的免维护蓄电池在通气螺塞中装有催化剂钯，可帮助水解的氢氧根离子结合成水后再回到蓄电池中去，进一步减少了电解液的消耗。

2) 采用袋式微孔塑料隔板，将正极板包住，避免了极板的短路，因而可以使容器底部不需要肋条，从而降低了极板组的高度，使极板上部的容积增大，增加了电解液的储存量。

3) 极板栅架采用铅-钙-锡合金或低锑合金，减少了析气量，使电解液中水的消耗降低，并使自放电也大为减少。

4) 装有内装式电解液密度计，密度计指示器以不同颜色显示蓄电池的存电情况及液面高度。