

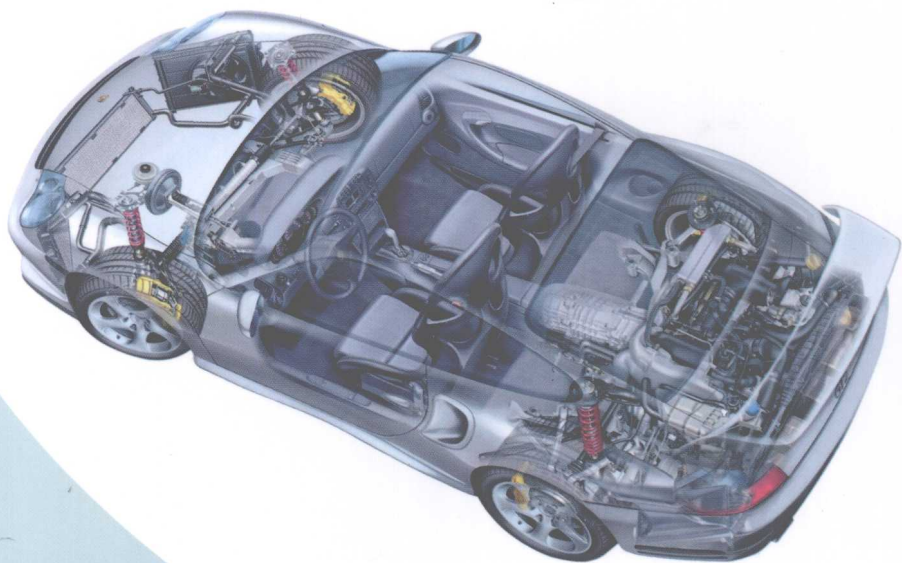
第2版

汽车电器与 电子控制系统

普通高等教育交通类专业规划教材



麻友良 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育交通类专业规划教材

汽车电器与电子控制系统

第 2 版

主编 麻友良

主审 明平顺



机械工业出版社

本书系统介绍了现代汽车上所用的电器与电子控制装置,全书分为“汽车电器”和“汽车电子控制系统”两篇。第一篇汽车电器部分主要介绍传统汽车电器与电子设备的结构、原理及部分电气系统的故障检修,第二篇汽车电子控制系统部分主要介绍现代汽车电子控制系统的结构、控制原理及主要控制装置的故障检修。

本书在理论深度上满足了本科生学习的要求,同时以典型汽车电器和电子控制系统为例,介绍了汽车电器与电控系统故障检修的实践知识,以满足本科生学习与掌握实践技能的需要;对高职和普通专科学学生,本书在适用于学生偏重于实践知识学习的同时,也满足了学生理论上提高的学习要求。本书在不增加太多篇幅的前提下,兼顾了理论性和实践性,使之成为本科“交通运输”、“车辆工程”等专业和专科“汽车维修”、“汽车电子技术”、“汽车运用工程”等专业的通用型教材,同时也适合作为“车辆工程”、“汽车运用工程”等专业研究生相关课程的教材和学习参考书。

除了大专院校学生用作教材外,本书也适用于汽车使用与维修工人和技术人员学习“汽车电器与电子控制技术”和进行汽车电器与电子控制系统故障检修的实践指导。

图书在版编目(CIP)数据

汽车电器与电子控制系统/麻友良主编. —2版.
—北京:机械工业出版社,2006.12
普通高等教育交通类专业规划教材
ISBN 978-7-111-10038-6

I. 汽… II. 麻… III. ①汽车-电气设备-高等学校-教材②汽车-电子系统:控制系统-高等学校-教材 IV. U463.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第142969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:杨民强
责任编辑:张亚秋 版式设计:冉晓华 责任校对:程俊巧 姚培新
封面设计:姚毅 责任印制:洪汉军
北京京丰印刷厂印刷
2007年1月第2版·第1次印刷
169mm×239mm·16.25印张·632千字
0 001—4 000册
定价:45.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
销售服务热线电话:(010) 68326294
购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643
编辑热线电话:(010) 88379771
封面无防伪标均为盗版

第2版前言

《汽车电器与电子控制系统》是为交通运输（汽车服务工程等方向）专业“汽车电器与电子控制技术”类课程教学的需要而编写的教材，2003年1月出版以来已两次重印。由于种种原因，该教材图文留下了较多的遗憾，部分章节的内容与结构存在不合理或错误之处。面对众多的读者，我们深为书中的不合理和错误而感到不安，总想着早些将该教材作全面的修订，使之成为真正满足广大读者需要的好教材。

在机械工业出版社的支持下，经过一年多的努力，第2版《汽车电器与电子控制系统》终于完成。我们对原教材部分章节的结构与层次进行了调整，使之更加合理，并对某些系统的具体故障检修内容进行了删减，增加了汽车网络技术、电子节气门、无回油燃油供给系统等新内容；重写了部分章节，以完善这些章节的内容与结构，使全书的风格保持一致；对全书图文进行了校改，力求文字更加通俗简练，插图更加清晰准确。

原教材配有CD光盘，供读者方便学习之用。由于我们是第一次制作多媒体光盘，缺乏经验，光盘的内容和形式都不太理想，对读者学习帮助极为有限。考虑到光盘的实际作用及书价较高给学生带来的负担，第2版《汽车电器与电子控制系统》教材暂不附带光盘。我们正为建设“汽车电器与电子控制技术”优质课程而设计制作多媒体课件和学习光盘，待适于本课程多媒体教学课件和与本课程学习紧密相关的多媒体学习光盘完成后，我们一定会尽快提供给大家。

第2版《汽车电器与电子控制系统》由武汉科技大学麻友良教授任主编，参加编写的有赵英勋（第十四章、第十九章、第二十一章）、孟芳（第五章、第六章、第二十二章）、刘明（第二十章）、刘国栋（第二十三章），麻友良编写了其余各章并对全书进行统稿，由武汉理工大学明平顺教授主审。

本书编写过程中，参阅了大量的书籍资料，从中获益不少，在此向各位图书的作者表示感谢。由于水平所限，第2版一定还会有不少的不足和错误之处，恳请读者提出宝贵意见，以便在下次修订时予以纠正。

编者

目 录

第 2 版前言

第一篇 汽车电器

| | |
|-------------------|----|
| 第一章 车载电源 | 1 |
| 第一节 概述 | 1 |
| 一、汽车电源的组成与要求 | 1 |
| 二、汽车电源的现状与发展 | 2 |
| 第二节 蓄电池 | 3 |
| 一、蓄电池的基本原理 | 3 |
| 二、蓄电池的构造 | 5 |
| 三、蓄电池的工作特性 | 8 |
| 四、蓄电池的容量及影响因素 | 11 |
| 五、蓄电池常见故障及排除 | 13 |
| 六、蓄电池的使用与维护 | 16 |
| 七、蓄电池的充电 | 18 |
| 八、改进型铅酸蓄电池 | 22 |
| 第三节 交流发电机及调节器 | 24 |
| 一、交流发电机的原理 | 24 |
| 二、交流发电机的结构 | 26 |
| 三、交流发电机的工作特性 | 32 |
| 四、交流发电机调节器的作用与原理 | 34 |
| 五、触点式调节器 | 36 |
| 六、电子调节器 | 41 |
| 七、发电机充电指示灯控制电路 | 46 |
| 八、交流发电机及调节器的检修 | 49 |
| 九、其他类型的发电机 | 54 |
| 第四节 电源系统的使用 | 58 |
| 一、电源系统使用与维护操作注意事项 | 58 |
| 二、充电系统常见故障及故障诊断 | 59 |
| 第二章 起动机 | 63 |
| 第一节 概述 | 63 |
| 一、起动系的基本组成 | 63 |

| | |
|-------------------|-----|
| 二、起动机类型 | 64 |
| 第二节 起动机结构、工作原理及特性 | 65 |
| 一、直流电动机 | 66 |
| 二、传动机构 | 70 |
| 三、电磁开关 | 74 |
| 四、起动机的工作特性 | 76 |
| 五、起动机控制电路 | 78 |
| 六、其他类型的起动机 | 82 |
| 第三节 起动机使用与故障诊断 | 87 |
| 一、起动机部件检修 | 87 |
| 二、起动机试验 | 89 |
| 三、起动机常见故障及诊断 | 90 |
| 第三章 点火系统 | 93 |
| 第一节 概述 | 93 |
| 一、对点火系统的要求 | 93 |
| 二、点火系统的发展概况 | 94 |
| 三、点火系统分类 | 95 |
| 第二节 传统触点式点火系统 | 96 |
| 一、传统触点式点火系统工作原理 | 96 |
| 二、传统触点式点火系统工作特性 | 99 |
| 三、传统触点式点火系统结构 | 101 |
| 第三节 电子点火系统 | 111 |
| 一、电子点火系统的组成与基本原理 | 112 |
| 二、电子点火系统部件结构与原理 | 112 |
| 三、电容储能式电子点火系统简介 | 121 |
| 第四节 点火系统使用与故障诊断 | 123 |
| 一、点火正时 | 123 |
| 二、点火系统主要部件检修方法 | 125 |
| 三、点火系统故障诊断 | 133 |
| 第四章 照明与信号系统 | 136 |
| 第一节 概述 | 136 |
| 一、汽车照明系统基本组成及要求 | 136 |
| 二、汽车信号系统基本组成及要求 | 136 |
| 第二节 前照灯 | 137 |
| 一、前照灯结构 | 137 |
| 二、前照灯防眩目 | 139 |
| 三、前照灯控制电路 | 141 |
| 第三节 照明系统电路与故障检修 | 143 |

VI

| | |
|---------------------|------------|
| 一、照明系统电路 | 143 |
| 二、前照灯的检测与调整 | 144 |
| 三、照明系统的故障诊断 | 145 |
| 第四节·电喇叭 | 146 |
| 一、触点式电喇叭 | 146 |
| 二、无触点电喇叭 | 147 |
| 三、喇叭继电器 | 149 |
| 第五节 转向信号装置 | 150 |
| 一、电容式闪光器 | 150 |
| 二、翼片式闪光器 | 151 |
| 三、电子闪光器 | 152 |
| 第六节·其他信号装置 | 154 |
| 一、危险警告信号装置 | 154 |
| 二、制动信号装置 | 154 |
| 三、倒车灯与倒车蜂鸣器 | 155 |
| 四、示廓灯 | 156 |
| 第七节·汽车信号电路与故障检修 | 156 |
| 一、汽车信号电路 | 156 |
| 二、汽车信号电路故障诊断 | 157 |
| 第五章 仪表及指示灯系统 | 160 |
| 第一节·概述 | 160 |
| 一、仪表系统的组成及要求 | 160 |
| 二、指示灯系统的组成及要求 | 160 |
| 第二节 仪表系统 | 161 |
| 一、电流表 | 161 |
| 二、机油压力表 | 162 |
| 三、发动机冷却液温度表 | 163 |
| 四、燃油表 | 165 |
| 五、车速里程表 | 168 |
| 六、发动机转速表 | 170 |
| 第三节 指示灯系统 | 171 |
| 一、机油压力过低指示灯 | 171 |
| 二、制动气压不足报警灯 | 171 |
| 三、制动液面不足报警灯 | 172 |
| 四、燃油量不足报警灯 | 172 |
| 五、驻车制动未松报警灯 | 173 |
| 六、制动蹄片磨损报警灯 | 173 |
| 七、冷却液温度过高报警灯 | 174 |

| | |
|------------------------------|------------|
| 八、制动灯断丝报警灯 | 174 |
| 第六章 汽车其他电气装置 | 176 |
| 第一节 电动刮水器与风窗玻璃洗涤器、除霜装置 | 176 |
| 一、电动刮水器 | 176 |
| 二、风窗玻璃洗涤器 | 179 |
| 三、风窗玻璃除霜装置 | 180 |
| 第二节 电动辅助装置 | 181 |
| 一、电动车窗 | 181 |
| 二、电动座椅 | 183 |
| 三、电动后视镜 | 184 |
| 四、电动门锁 | 186 |
| 第三节 汽车低温起动加热装置 | 187 |
| 一、柴油机低温起动加热装置 | 187 |
| 二、汽油机低温起动加热装置 | 191 |
| 第四节 汽车电气设备的电磁干扰与抑制 | 191 |
| 一、电磁干扰的形成与危害 | 191 |
| 二、防止电磁波干扰的措施 | 192 |
| 第七章 汽车电气设备线路 | 195 |
| 第一节 概述 | 195 |
| 一、汽车电系特点 | 195 |
| 二、现代汽车电系发展方向 | 195 |
| 第二节 汽车电路控制与保护 | 196 |
| 一、汽车电路控制 | 196 |
| 二、汽车电路保护 | 201 |
| 第三节 汽车线路与线束 | 203 |
| 一、线路 | 203 |
| 二、线束 | 207 |
| 第四节 汽车电路图 | 207 |
| 一、汽车电路原理图 | 207 |
| 二、汽车电路线路图 | 207 |
| 三、汽车电路线束图 | 210 |
| 四、汽车电路分析方法 | 213 |

第二篇 汽车电子控制系统

| | |
|-----------------------------|------------|
| 第八章 汽车电子控制技术基础 | 215 |
| 第一节 概述 | 215 |
| 一、汽车电子控制技术发展概况 | 215 |
| 二、汽车电子控制系统的基本组成 | 216 |

| | |
|-----------------------------|------------|
| 三、汽车电子控制系统的类型 | 216 |
| 第二节 传感器 | 217 |
| 一、发动机转速与曲轴位置传感器 | 217 |
| 二、空气流量传感器 | 223 |
| 三、进气压力传感器 | 228 |
| 四、温度传感器 | 230 |
| 五、节气门位置传感器 | 232 |
| 六、氧传感器 | 233 |
| 七、爆燃传感器 | 235 |
| 八、车速/车轮转速传感器 | 237 |
| 九、车身位移传感器 | 240 |
| 十、转向盘转角传感器 | 243 |
| 十一、其他传感器 | 244 |
| 第三节 电子控制器 | 249 |
| 一、输入电路 | 249 |
| 二、微处理器 | 251 |
| 三、输出电路 | 252 |
| 第四节 执行机构 | 253 |
| 一、电动机类执行机构 | 253 |
| 二、电磁阀类执行机构 | 255 |
| 第九章 汽油喷射控制系统 | 260 |
| 第一节 概述 | 260 |
| 一、汽油喷射技术发展概况与特点 | 260 |
| 二、汽油喷射系统分类 | 261 |
| 第二节 汽油喷射控制系统结构与原理 | 263 |
| 一、汽油喷射电子控制系统的控制原理 | 263 |
| 二、电子控制汽油喷射系统的结构 | 268 |
| 第十章 电子点火控制系统 | 279 |
| 第一节 概述 | 279 |
| 一、电子点火控制技术发展概况与特点 | 279 |
| 二、电子点火控制系统分类 | 281 |
| 第二节 电子点火控制系统的结构与原理 | 283 |
| 一、电子点火控制原理 | 283 |
| 二、电子控制点火系统的结构 | 295 |
| 第十一章 发动机怠速控制系统 | 302 |
| 第一节 概述 | 302 |
| 一、怠速控制系统的作用 | 302 |
| 二、怠速控制系统的分类 | 303 |

| | |
|-------------------------------------|------------|
| 第二节 · 发动机怠速控制系统的结构与原理 | 304 |
| 一、怠速控制系统原理 | 304 |
| 二、怠速控制系统部件的结构 | 306 |
| 第十二章 汽车排放控制系统 | 310 |
| 第一节 概述 | 310 |
| 一、汽车排放的形成和危害 | 310 |
| 二、汽车排放控制的作用与分类 | 310 |
| 第二节 废气再循环控制系统 | 311 |
| 一、废气再循环控制的作用与控制方式 | 311 |
| 二、废气再循环电子控制系统的结构与原理 | 313 |
| 第三节 燃油蒸发排放控制系统 | 316 |
| 一、燃油蒸发排放控制系统的作用与控制方式 | 316 |
| 二、燃油蒸发排放控制系统的结构与原理 | 317 |
| 第十三章 发动机集中电子控制系统 | 320 |
| 第一节 概述 | 320 |
| 一、发动机集中电子控制系统概况 | 320 |
| 二、发动机集中控制系统功能的扩展 | 321 |
| 第二节 发动机集中电子控制系统实例 | 324 |
| 一、日产公司的发动机集中电子控制系统 (ECCS) | 324 |
| 二、丰田公司的计算机控制系统 (TCCS) | 329 |
| 第三节 发动机集中电子控制系统的故障检修 | 332 |
| 一、电子控制系统的故障自诊 | 332 |
| 二、发动机电子控制系统部件的检修 | 339 |
| 三、电控发动机故障诊断方法 | 348 |
| 第十四章 电子控制自动变速器 | 350 |
| 第一节 概述 | 350 |
| 一、自动变速器的发展概况 | 350 |
| 二、自动变速器的分类 | 350 |
| 三、电子控制自动变速器的基本组成及特点 | 352 |
| 第二节 电子控制自动变速器的结构与原理 | 354 |
| 一、电子控制自动变速器的控制原理 | 354 |
| 二、电子控制自动变速器部件的结构与原理 | 359 |
| 第三节 电子控制自动变速器故障检修 | 373 |
| 一、电子控制自动变速器的检查与试验 | 373 |
| 二、电子控制自动变速器的故障诊断方法 | 374 |
| 三、自动变速器电子控制系统部件的故障检修 | 378 |
| 第十五章 电子控制防抱死制动系统 (ABS) | 381 |
| 第一节 概述 | 381 |

| | |
|------------------------------------|------------|
| 一、防抱死制动控制系统的作用及发展概况 | 381 |
| 二、防抱死制动系统的分类 | 383 |
| 第二节 防抱死制动系统 (ABS) 的结构与原理 | 385 |
| 一、防抱死制动系统的控制原理 | 385 |
| 二、防抱死电子控制系统部件的结构与原理 | 389 |
| 第三节 防抱死制动系统 (ABS) 的使用与检修 | 401 |
| 一、防抱死制动系统的使用 | 401 |
| 二、防抱死制动系统的故障诊断 | 402 |
| 三、防抱死制动系统主要部件的故障检修 | 403 |
| 第十六章 电子控制防滑转 (ASR) 系统 | 405 |
| 第一节 概述 | 405 |
| 一、汽车防滑转系统的作用 | 405 |
| 二、防车轮滑转的控制方式 | 406 |
| 第二节 电子控制防滑转系统 ASR 的结构与原理 | 407 |
| 一、电子防滑转控制原理 | 407 |
| 二、ASR 系统部件的结构原理 | 409 |
| 第十七章 电子控制动力转向系统 | 416 |
| 第一节 概述 | 416 |
| 一、电子控制动力转向系统的作用 | 416 |
| 二、电子控制动力转向系统的分类 | 416 |
| 三、电动式动力转向系统的特点与发展趋势 | 418 |
| 第二节 电子控制动力转向系统的结构与原理 | 420 |
| 一、液力式电子控制动力转向系统的原理 | 420 |
| 二、液力式电子控制动力转向系统的组成部件 | 423 |
| 三、电动式电子控制动力转向系统的原理 | 423 |
| 四、电动式电子控制动力转向系统的组成部件 | 425 |
| 第十八章 电子控制悬架系统 | 429 |
| 第一节 概述 | 429 |
| 一、电子控制悬架系统的作用 | 429 |
| 二、电子控制悬架系统的分类 | 430 |
| 第二节 电子控制悬架的结构与工作原理 | 431 |
| 一、半主动悬架系统简介 | 431 |
| 二、主动式悬架系统的工作原理 | 433 |
| 三、主动式悬架系统的组成部件 | 438 |
| 第十九章 汽车巡航控制系统 | 446 |
| 第一节 概述 | 446 |
| 一、汽车巡航控制系统的作用 | 446 |
| 二、汽车巡航控制系统的分类 | 447 |

| | |
|-------------------------------|------------|
| 第二节 巡航控制系统的结构和工作原理 | 448 |
| 一、巡航控制系统的工作原理 | 448 |
| 二、巡航控制系统的组成部件 | 450 |
| 第二十章 汽车空调与空调控制系统 | 457 |
| 第一节 概述 | 457 |
| 一、汽车空调的作用与发展概况 | 457 |
| 二、汽车空调的分类 | 458 |
| 第二节 汽车空调制冷系统 | 459 |
| 一、汽车空调制冷系统的工作原理 | 459 |
| 二、汽车空调制冷系统的组成部件 | 459 |
| 三、汽车空调制冷系统的控制电路 | 462 |
| 第三节 汽车采暖通风系统 | 466 |
| 一、采暖装置 | 466 |
| 二、通风与空气净化装置 | 467 |
| 第四节 汽车空调电子控制系统 | 468 |
| 一、汽车空调电子控制系统的控制原理 | 468 |
| 二、汽车空调电子控制系统的组成部件 | 469 |
| 第二十一章 安全气囊装置 | 476 |
| 第一节 概述 | 476 |
| 一、安全气囊的作用 | 476 |
| 二、安全气囊的分类 | 476 |
| 第二节 安全气囊的组成与工作原理 | 477 |
| 一、安全气囊的工作原理 | 477 |
| 二、安全气囊的组成部件 | 479 |
| 三、安全气囊使用注意事项 | 484 |
| 第二十二章 电子仪表与防盗系统 | 485 |
| 第一节 电子仪表 | 485 |
| 一、电子仪表概述 | 485 |
| 二、电子显示装置 | 486 |
| 三、电子仪表板 | 489 |
| 第二节 汽车防盗系统 | 491 |
| 一、汽车防盗系统概述 | 491 |
| 二、电子防盗系统的组成与原理 | 492 |
| 第二十三章 汽车网络技术简介 | 497 |
| 第一节 概述 | 497 |
| 一、汽车网络信息传输系统的应用背景 | 497 |
| 二、汽车网络信息传输系统的特点 | 497 |
| 三、汽车网络信息传输技术发展概况 | 498 |

第二节 控制器局域网 (CAN) 技术在汽车上的应用 499

一、CAN 总线系统概述 499

二、CAN 总线系统的结构 500

三、CAN 总线的数据传输特点 502

四、CAN 总线应用示例 502

参考文献 506

第一篇 汽车电器

第一章 车载电源

第一节 概述

一、汽车电源的组成与要求

1. 汽车电源的组成

汽车电源由蓄电池和发电机两个电源并联而成，如图 1-1 所示。

在发动机工作时，发动机带动发电机发电，向汽车用电设备提供电能，并向蓄电池充电。在起动发动机时，则由蓄电池向起动机及点火系统（汽油发动机）等提供电能。蓄电池除了主要用作起动电源外，还有如下功用。

①在发动机怠速运转或停转（发电机电压低或不发电）时，向车载用电设备供电。

②当同时启用的车载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。

③在其存电不足及发电机负载不多时，通过充电的方式将发电机的电能转换为化学能储存起来。

④蓄电池内部的极板构成了一个容量很大的电容器，它可以吸收电路中的瞬变电压脉冲，对汽车电路中的电子元件起到保护作用。

⑤对汽车电子控制系统来说，蓄电池是电子控制器的不间断电源。

2. 对汽车电源的要求

蓄电池用作发动机的起动电源，需要在短时间内向起动机提供大电流（汽油发动机为 100~600A，大型柴油发动机可达 1000A），因此，要求其内阻要小，大

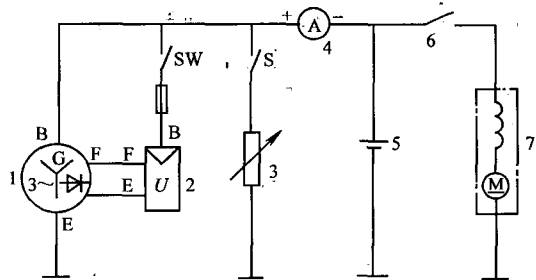


图 1-1 汽车电源的组成

1—发电机 2—调节器 3—用电设备 4—电流表
5—蓄电池 6—起动开关 7—起动机

电流输出时电压要稳定，以确保有良好的起动机性能。除了能满足发动机起动需要外，还要求蓄电池的充电性能良好、使用寿命长、维护方便或少维护，以满足良好的汽车使用性能要求。

发动机工作时的转速变化很大，要求发电机在发动机转速变化范围内都能正常发电且电压稳定，以满足用电设备的用电需求；此外，要求发电机的体积小、重量轻、故障率低、发电效率高、使用寿命长等，以确保汽车良好的使用性能。

二、汽车电源的现状与发展

1. 蓄电池

可充电的蓄电池也被称之为二次电池，目前世界上已有的二次电池有数十种，根据其电解质的酸碱性可分为酸性蓄电池、碱性蓄电池和中性蓄电池。极板为铅，电解液为硫酸水溶液的铅酸蓄电池具有内阻小、电压稳定的特点，能迅速提供大电流，是较为理想的起动电源。此外，铅酸蓄电池的结构简单，其结构及生产工艺等较为成熟、成本低，因而汽车上普遍采用铅酸蓄电池。

普通铅酸蓄电池（称之为干封蓄电池）比能量低、维护工作量大、使用寿命短，新蓄电池需经初充电才能使用。多年来，铅酸蓄电池在结构、材质及工艺等方面不断地进行改进，以提高其性能。目前汽车上使用的多为改进型铅酸蓄电池，比如，无需初充电的干荷电、湿荷电蓄电池，可防止电解液非正常损失和极板活性物质脱落的胶质蓄电池，使用寿命长且无需经常维护的免维护蓄电池等。

国内外都致力于研究与开发碱性蓄电池，比如，镍氢蓄电池、锂离子蓄电池、锌空气蓄电池、铁镍蓄电池、铁空气蓄电池等。这些蓄电池的能量密度、使用寿命等方面都要优于铅酸蓄电池，但由于其内阻较大，不适合用作起动电源。目前，碱性蓄电池只是在电动汽车上使用。中性蓄电池到目前为止，出现还较少，且技术上还有待成熟。

铅酸蓄电池作为起动电源，在其结构、材质、工艺等方面仍有改良和发展的空间，可以制造出体积小、重量轻、供电能力强和使用寿命长的铅酸蓄电池，并实现免维护化。

2. 发电机及调节器

车载发电机最早使用的是直流同步发电机，这种发电机一般为铸铁外壳且磁极较大，采用机械换向器整流，其体积大、重量比功率小、低速充电性差、高速换向器换向火花大，因此，已不能适应现代汽车对车载发电机的要求而被淘汰。现在汽车上已普遍使用硅整流交流发电机。硅整流发电机有多种结构形式，根据发电机的励磁方式不同分，有普通励磁式（通过电刷引入励磁电流）、无刷励磁式和永磁式等几种，其中普通励磁方式使用最为普遍；根据搭铁方式分，有内搭铁式和外搭铁式两种，内搭铁式使用居多；按整流二极管的数量又有六管、八管、九管、十一管等不同形式的交流发电机。

发电机调节器的作用是在发动机转速变化时使发电机的电压仍保持稳定。交流发电机最初所配用的是触点式调节器，现已逐渐被电子式调节器所替代。电子调节器有分立元件和集成电路两种类型，现基本上都采用集成电路，分立元件式电子调节器已较少见。

在现代汽车上，调节器安装在发电机内部的整体式交流发电机已有较多的应用。交流发电机及调节器的进一步发展是：低速充电性能好、工作可靠性好、发电效率更高，以满足汽车电气系统对电源越来越高的要求。

3. 汽车电源的电压

现代汽车电气系统普遍采用 12V 电系，只有部分大型柴油车的起动系统采用 24V 系统。随着汽车电子控制设备越来越多的应用，12V 系统已显得不适应。未来汽车电源的电压标准将提高到 42V，以使发电机能提供更大的极限功率，减小线束和提高信号传送的质量。未来的汽车电系电压，可满足更多电器和电子控制装置的用电要求，并使整个汽车电系的工作更加稳定、安全、可靠。

第二节 蓄 电 池

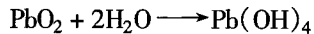
一、蓄电池的基本原理

铅酸蓄电池的核心部分是极板和电解液，蓄电池通过极板上的活性物质与电解液的电化学反应建立电动势、进行放电和充电过程。

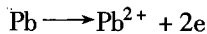
1. 蓄电池电动势的建立

蓄电池正极板上的活性物质为二氧化铅 (PbO_2)，负极板上的活性物质为纯铅 (Pb)，电解液为硫酸的水溶液 ($\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$)。浸入电解液的极板会有少量的活性物质溶解电离。

正极板处 PbO_2 溶解、电离后有四价的铅离子 (Pb^{4+}) 沉附于正极板：



负极板处 Pb 溶解后有电子 e 留在负极板：



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

2. 蓄电池的放电过程

蓄电池接上负载，在电动势的作用下，负极板上的电子 e 经外电路和负载流向正极板，形成放电电流。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。放电电流使得正、负极板上的 Pb^{4+} 和 e 数量减少, 原有的平衡被破坏, 于是, 正、负极板上的 PbO_2 、 Pb 继续溶解电离, 以补充消耗掉的 Pb^{4+} 、 e 。与此同时, 电解液中的 Pb^{2+} 浓度增加并与 SO_4^{2-} 生成硫酸铅 (PbSO_4), 分别沉附于正、负极板表面, 其放电过程如图 1-2 所示。

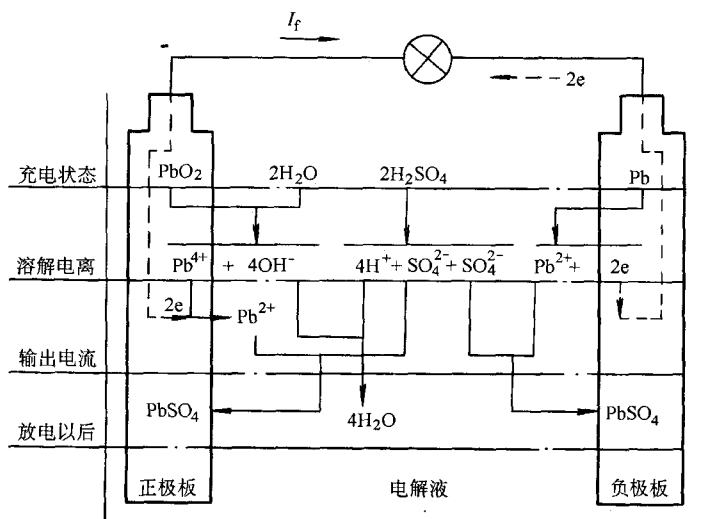


图 1-2 蓄电池放电过程示意图

放电过程中, 正负极板上的活性物质 PbO_2 、 Pb 逐渐转变为 PbSO_4 , 电解液中的 H_2SO_4 减少, H_2O 增加, 电解液的密度下降。

理论上, 蓄电池的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。实际上, 由于放电生成的 PbSO_4 沉附于极板表面, 使电解液不能渗入到极板内层, 造成极板内层的活性物质不能充分利用。

3. 蓄电池的充电过程

蓄电池正、负极板上有少量 PbSO_4 溶于电解液, 呈离子状态。当接通充电电源后, 电源力使正极板的电子 e 经充电电路流向负极板, 形成充电电流。正极板附近的 Pb^{2+} 失去 2 个电子而变为 Pb^{4+} , 并与电解液中水解出来的 OH^- 结合, 生成 $\text{Pb}(\text{OH})_4$, $\text{Pb}(\text{OH})_4$ 又分解为 PbO_2 和 H_2O , PbO_2 沉附于正极板上; 负极板附近的 Pb^{2+} 则得到 2 个电子变为 Pb , 沉附于负极板。正负极板附近的 SO_4^{2-} 与电解液中的 H^+ 生成 H_2SO_4 。充电电流使电解液中的 Pb^{2+} 、 SO_4^{2-} 减少, 极板上的 PbSO_4 就继续溶解电离。充电过程如图 1-3 所示。

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