



目录 Contents

项目一 绪论

1/

任务一 汽车电器与电子技术的发展与应用	3
任务二 汽车电器与电子技术的组成	4
任务三 汽车电器与电子技术的特点	9

项目二 汽车电源系统

11/

任务一 蓄电池	13
任务二 交流发电机	23
任务三 电源系统的故障检修	31

项目三 汽车起动系统

39/

任务一 起动机的检修	41
任务二 起动系统检修	53

项目四 点火系统

61/

任务一 微机控制点火系统结构	63
任务二 微机控制点火系统的故障检修	66

项目五 照明与信号系统

75/

任务一 照明系统检修	77
任务二 信号系统检修	87





项目六 仪表与报警系统

97

- | | | |
|-----|-----------|-----|
| 任务一 | 仪表系统认识与检修 | 99 |
| 任务二 | 报警系统认识与检修 | 105 |

项目七 汽车辅助电器

111

- | | | |
|-----|--------------------|-----|
| 任务一 | 电动刮水器与风窗玻璃洗涤器、除霜装置 | 113 |
| 任务二 | 电动座椅 | 120 |
| 任务三 | 电动车窗 | 126 |
| 任务四 | 电动后视镜 | 133 |
| 任务五 | 汽车空调 | 138 |

项目八 车辆网络控制系统

149

- | | | |
|-----|----------|-----|
| 任务一 | 车辆网络控制系统 | 151 |
| 任务二 | 车载网络技术 | 156 |

参考文献

173





项目一

绪 论



回溯汽车电气系统的发展轨迹，早期汽车仅配备简单的电气装置，如基本的照明与点火系统。随着时代进步、科技持续赋能，汽车电气系统迈向智能化、集成化。以车载娱乐系统为例，从最初单调的收音机，发展至如今集高清大屏显示、智能语音交互、多源信息娱乐于一体的复杂系统，为驾乘者带来了全方位的舒适体验。

在这一发展进程中，我国汽车产业砥砺前行。曾经，在传统燃油车电气技术领域，我国长期处于追赶地位，核心技术受制于人；但进入新能源汽车时代，形势迎来转机。国家高瞻远瞩，大力扶持新能源汽车产业，大量科研人员投身其中，为我国产业发展带来了长足进步。

项目目标

知识目标

了解汽车电气设备及电子技术的发展状况；掌握汽车电器与电子技术的组成；掌握汽车电器与电子技术的特点。

能力目标

能说出汽车电器与电子技术的组成。

素质目标

遵守 8S 操作规程；同学之间团结、协作，互帮互助、共同提高。

项目任务

任务一 汽车电器与电子技术的发展与应用

任务二 汽车电器与电子技术的组成

任务三 汽车电器与电子技术的特点

资源准备

汽车电气检修一体化教室，并准备如下实训设备、仪器设备、工量具等。

1. 设备：电气设备相关系统台架或教学实训车辆（每小组一台，4~6 人一组），相关工量具、仪器设备及零部件等。
2. 辅助材料：白板、导线、镊子、电胶布、手电筒等。
3. 任务资料：任务指导书、任务工单。
4. 课程资源：教学软件、教学微课等。



任务一 汽车电器与电子技术的发展与应用



情景导入

华为芯片断供事件为我国汽车技术发展带来了什么启示？



任务目标

1. 了解汽车电器与电子技术的发展。
2. 能够掌握汽车电器与电子技术的应用。



信息收集

20 世纪 50 年代——机械设备为主，只有必备的电源和用电设备。

20 世纪 60 年代——交流发电机，之后有电子式电压调节器。20 世纪 60 年代晶体管收音机、晶体管点火装置的实用化开启了电子化时代的序幕，主要产品有交流发电机、电子电压调节器、电子闪光器、电子控制喇叭、电子式间歇刮水控制器、汽车收音机、电子点火控制器、数字时钟等。1967 年，德国博世（Bosch）公司根据美国奔德士（Bendix）公司的专利技术，开始批量生产利用进气支管绝对压力信号和模拟计算机来控制发动机空燃比的 D 型燃油喷射系统（D-Jetronic）。产品装配在德国大众汽车公司的 VW 1600 型和奔驰 280SE 型轿车上，率先达到了当时美国加利福尼亚州的排放法规要求，开创了汽油发动机电子控制燃油喷射技术的新时代。

20 世纪 70—80 年代——电子控制高能点火，之后有电控燃油喷射系统（electronic fuel injection system, EFI）、电子控制自动变速器（electronic controlled transmission, ECT）、制动防抱死系统（anti-lock braking system, ABS）；微型计算机（简称微机）技术运用于汽车，如驾驶辅助装置、安全警报装置、通信装置、娱乐装置等。由于计算机技术的迅速发展，汽车进入了微型计算机（微机）控制时代，在此期间，汽车上广泛应用集成电路和 16 位以下的微处理器。电控燃油喷射系统的控制功能进一步得到扩充，在三元催化转化器的系统中采用了氧传感器，形成了闭环控制系统，显著降低了污染。有的采用了发动机整体控制（如日产 ECCS、丰田的 TCCS、福特的 EEC），同时开发了微机控制的自动变速器和悬架系统，出现了无分电器的微机控制点火系统和后轮转向控制，研制出微机控制的空调系统。其主要特点是发展专用、独立的控制系统，主要产品有电控燃油喷射系统、空燃比反馈控制系统、制动防抱死系统、安全气囊系统、电子控制自动变速系统、巡航控制系统、车辆导航系统、座椅安全带收紧系统、车辆防盗系统、故障自诊断系统、车身高度自动控制系统、数字式组合仪表盘（包括数字式车速表、里程表、转速计、燃油表、冷却液温度表）等。





20 世纪 90 年代中期至今——主要研究、发展车辆的智能控制技术，模拟人的思维和行为对车辆进行控制，主要产品有四轮转向控制系统、轮胎气压监控系统、语音合成与识别系统、数字式油压表、蜂窝式电话、可热式风窗玻璃、倒车示警器、超速限制器、自动后视镜系统、道路状态指示器、车速自动控制（巡航控制系统（cruise control system, CCS））、电动助力转向控制、信息显示系统、故障自诊断系统、驱动防滑系统（acceleration slip regulation, ASR）、电子门锁控制、自动空调系统、自动车窗和座椅调节系统、导航系统、汽车电话、智能型安全气囊、制动力分配系统（electronic brakeforce distribution, EBD）、电子差速锁（electronic differential system, EDS）、自适应前照灯系统（adaptive front-lighting system, AFS）、防/避撞控制系统、自动制动系统、自动驾驶系统和电子地图、电子感应制动系统、动力最优化控制系统、通信与导航协调系统、安全驾驶监测与警告系统等。

今后，汽车电子控制技术将集中围绕如下几个方向发展：

- (1) 满足用户需求，大幅提高汽车的性能，使之更加灵活、方便、安全、可靠。
- (2) 满足社会需求，保护环境，节约能源、资源。
- (3) 实现包括道路在内的交通系统智能化，将汽车和人有机地联结起来。

自动驾驶汽车技术的出现将汽车发展推到了新的高度，智能网联汽车在与社会联结方面取得重大突破，包括新能源汽车技术、传感器技术、线性控制技术，广泛使用蜂窝电话与全球定位系统（GPS）、蓝牙技术，以及采用车载网络来集成所有汽车部件的电子控制项目，使整个系统具有自动控制、资源共享、故障诊断和修复功能。



新能源汽车
故障案例



任务二 汽车电器与电子技术的组成



情景导入

比亚迪电动汽车的汽车电器设备有哪些亮点？



任务目标

了解汽车电器与电子技术的组成。



信息收集

随着汽车工业的发展，人们对汽车性能的要求也越来越高，传统的汽车电气系统与机械系统已很难满足日趋严格的关于汽车节能、排放等安全法规的要求。汽车必不可少的蓄电池、发电机、起动机、照明、信号、仪表、报警等传统意义上的汽车电器也发生着巨大的变化，特别是电子控制技





术在汽车工业中的广泛应用,使得汽车电气系统越来越复杂,并朝着电子化、集成化、智能化的方向发展。

汽车电器与电子控制系统可分为电器设备和电子控制系统两大部分。

一、汽车电器设备

汽车电器设备的组成包括三大部分:电源、用电设备和配电装置及全车电路。汽车电器设备按功能可分为电源系统、起动系统、点火系统、照明系统、信号装置、仪表及报警装置、汽车电子控制系统、辅助装置等部分,如图 1-1 所示。

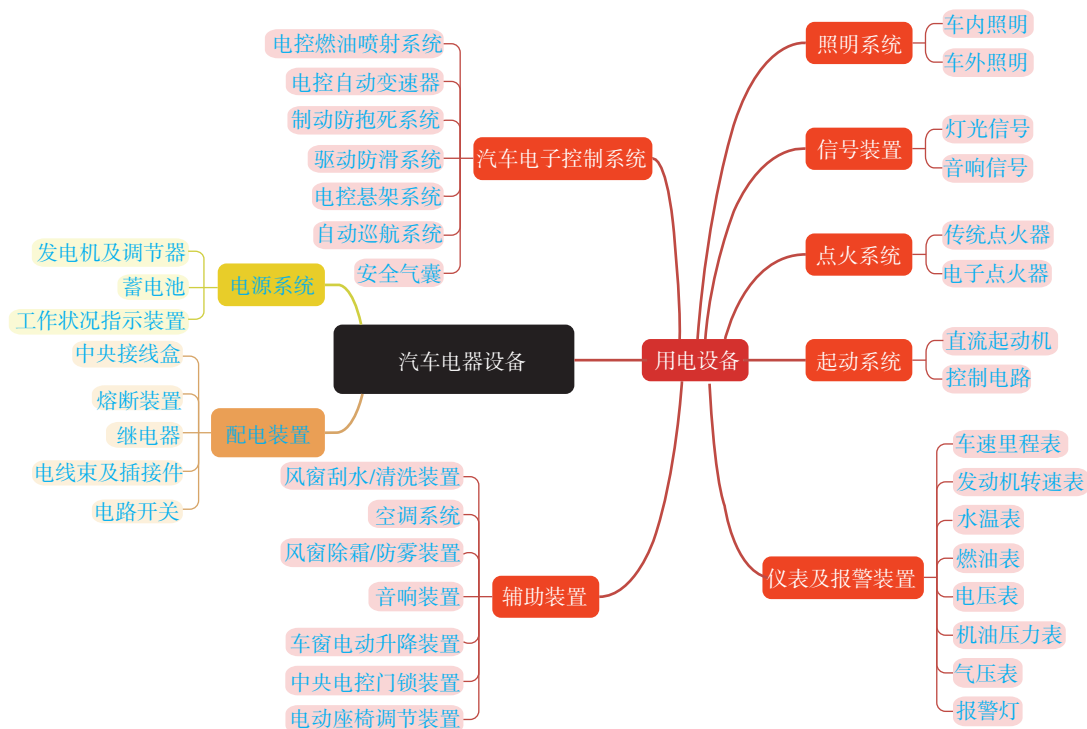


图 1-1 汽车电器设备的组成

1. 电源系统

电源系统由蓄电池、发电机及调节器,以及工作状态指示装置(电流表、充电指示灯)等组成。其作用是向全车用电设备提供低压直流电。

2. 起动系统

起动系统由直流起动机及控制电路(起动继电器、起动开关及起动保护装置)组成。其作用是带动飞轮旋转,使曲轴达到发动机必要的起动转速。

3. 点火系统(仅限于汽油发动机)

点火系统由点火线圈、高压线、分电器、电子点火器、火花塞、点火开关等组成。点火系统的作用是将低压电转变为高压电,适时可靠地点燃气缸中的可燃混合气。





4. 照明系统、信号装置

照明系统、信号装置由前照灯、雾灯、示廓灯、转向灯、制动灯、倒车灯、电喇叭及其控制继电器和开关组成。照明系统的作用是使车辆内外一定范围内保持合适的照度；信号系统的作用是告示行人、车辆引起注意，指示行驶方向及操纵件的状态。

5. 仪表及报警装置

仪表及报警装置由仪表、传感器、各种报警指示灯及控制器组成。其作用是显示汽车运行参数及交通信息，对运行性机械故障进行报警，以确保行驶和停车的安全性、可靠性。

6. 汽车电子控制系统

汽车电子控制系统由电控燃油喷射系统、电控自动变速器、制动防抱死系统、自动巡航系统及电控悬架系统等组成。

7. 辅助装置

辅助装置由为提高车辆安全性、舒适性、经济性等各种功能的电器装置组成。辅助装置因车型不同而有所差异，一般包括风窗刮水/清洗装置、风窗除霜/防雾装置、音响装置、空调系统、车窗电动升降装置、电动座椅调节装置及中央电控门锁装置等。

二、汽车电子控制系统

根据汽车的总体结构，汽车电子控制系统分为发动机控制系统、底盘控制系统和车身控制系统三个部分。

1. 发动机控制系统

发动机控制系统包括发动机燃料喷射控制系统、最佳点火提前角控制系统、最佳空燃比控制系统、排气再循环（exhaust gas recirculation, EGR）控制系统、怠速控制（idle speed control, ISC）系统等。发动机控制系统能最大限度地提高发动机的动力性，改善发动机运行的经济性，同时尽可能地降低汽车尾气中有害物质的排放量。

（1）发动机燃料喷射控制系统。

发动机燃料喷射控制系统随时根据检测到的发动机的基本负荷状态、冷却液温度、进气温度、进气量、节气门位置、发动机转速、汽车速度及空调负荷等情况，通过电子控制单元（electronic control unit, ECU）计算确定出最适宜的燃料喷射量和喷射时刻，以获得尽量低的燃料消耗率及良好的工作稳定性、适应性和排放性能。

（2）最佳点火提前角控制系统。

最佳点火提前角控制系统的作用是使发动机在不同转速和进气量等条件下实现最佳点火提前角，使发动机能发出最大的功率或转矩，而将油耗和排放降低到最低限度。该系统的控制方式分为开环和闭环两种，闭环是在开环的基础上，增加爆燃传感器进行反馈控制，其点火时刻的精确度比开环高，但排气净化性能稍差。

（3）最佳空燃比控制系统。

空燃比控制是电控燃油喷射发动机的一项重要内容，它能有效地控制可燃混合气空燃比，使发动机





在各种工况及有关因素的影响下达到最佳空燃比,从而实现提高功率、降低油耗、减少排气污染等功效。该系统的控制方式有开环与闭环两种,闭环控制是在开环控制的基础上,在一定条件下,由 ECU 根据氧传感器输出的混合气(空燃比)信号,修正燃油供给量,使混合气空燃比保持在理想状态。

(4) 排气再循环控制系统。

排气再循环控制系统是将一部分排气引入进气侧的新鲜混合气中,以抑制发动机有害气体氮氧化物生成。该系统能根据发动机的工况,适时调节排气再循环的流量,以减少排气中的有害气体。它是一种净化排气的有效手段。

(5) 怠速控制系统。

怠速控制系统能根据发动机冷却液温度及其他有关参数(如空调开关信号、动力转向开关信号等),使发动机的怠速处于最佳状态。

除上述控制系统外,在发动机部分实现电子控制的内容还有:电动燃油泵、发电机输出、冷却风扇、发动机排量、节气门正时、二次空气喷射、发动机增压、油气蒸发及系统自诊断等。

随着微机技术的进一步发展,微机将会在现代汽车上承担更重要的任务,如控制燃烧室的容积和形状、控制压缩比、检测汽车零件机械磨损状况等。

2. 底盘控制系统

底盘控制系统包括制动防抱死控制系统(ABS)、驱动防滑控制系统(ASR)、变速器电子控制系统、电控悬架系统、动力转向控制系统、四轮转向(four-wheel steering, 4WS)控制系统等。

(1) 汽车 ABS 和 ASR。

ABS 可以防止汽车制动时车轮被抱死而产生侧滑,从而提高车辆的行驶稳定性和操纵性;ASR 用来防止汽车起步和加速时驱动轮打滑,从而使车辆在起步或加速时的操纵性和稳定性处于最佳状态。

(2) 变速器电子控制系统。

变速器电子控制系统通过对节气门开度和车速的检测,由微机根据换挡特性和换挡规律,精确控制变速比,使其达到最佳挡位。与机械系统相比,变速器电子控制系统动力传动精度提高,控制机构更加简单,变速器设计更加随意,并且能够改善汽车的燃油经济性和操纵性,提高变速器的传动效率。

(3) 电控悬架系统。

电控悬架系统根据不同的路面状况和车辆运行工况,自动控制车身高度,主动改变悬架的刚度和阻尼,同时改善汽车的行驶稳定性和平顺性。

(4) 动力转向控制系统。

动力转向控制系统是一种转向动力放大装置,可根据车速、转向角、转矩等传感器信号自动控制施加在转向盘上的转向力,使驾驶员在汽车停车或低速行驶时转动方向盘所需的力减小,而在汽车高速行驶时转动方向盘所需的力增大,即在各种行驶条件下实现转动方向盘所需的力都是最佳值。动力转向控制系统可提供回正力矩和阻尼力矩,从而获得最优转向回正特性,且大大改善车辆行驶稳定性。此外,动力转向控制系统还可获得最优化的转向作用力特性,提高转向响应性。

(5) 四轮转向控制系统。

四轮转向控制系统可对汽车 4 个车轮进行转向控制,改善车辆行驶时转向的灵活性,提高汽车高速行驶时的稳定性和可控制性。

3. 车身控制系统

车身控制系统包括车用空调控制系统、车辆信息显示系统、灯光控制系统、约束辅助系统(sup-





plemental restraint system, SRS)、多路信息传输系统、汽车导航系统, 蜂窝式移动电话、巡航控制系统、汽车防盗系统、汽车防撞控制系统等。

(1) 车用空调控制系统。

车用全自动空调的电子控制器根据各种温度传感器(车内温度、车外温度、太阳辐射强度、蒸发器温度、发动机冷却液温度等)输入的信号, 计算出经过空调热交换后送入车内应该达到的出风温度, 对混合空气调节器开度、风扇驱动电动机转速、冷却器(或加热器风门)、压缩机等进行控制, 自动将车内温度保持在设定范围内, 为驾乘人员提供舒适的驾乘环境。

(2) 车辆信息显示系统。

车辆信息显示系统又称驾驶员信息系统, 它由车况检测部件、车载计算机和电子仪表三部分组成。车况检测部件由传统仪表板报警功能发展而来, 主要通过液位、压力、温度、灯光等传感器检测发动机、制动系统、电源系统及车灯的故障。车载计算机提供的信息能够提高行车的安全性、燃油经济性及乘坐舒适性, 能够使驾驶员获得平均油耗、瞬时油耗、平均车速、可行驶里程、驾驶时间、温度等信息, 这些信息在需要时可通过键盘和按钮调出。电子仪表是信息显示系统的终端, 可以直观反馈车况信息, 相比传统仪表其显示量大、响应快, 还能实现故障警示, 提升行车安全性。

(3) 灯光控制系统。

灯光控制系统根据光线传感器检测到的车外天气光亮情况, 自动将后灯和前照灯接通或切断, 以提高汽车使用的方便性和行驶的安全性。一些车辆配置有大灯随动系统, 转弯时可以随动调节大灯照明角度。

(4) 约束辅助系统。

约束辅助系统是一种被动安全保护装置。其功能是: 当传感器检测到撞车事故发生时, 即向控制器发送信号; 而当判断电路根据传感器送来的信号判断为严重撞车情况时, 即触发装在转向盘内的氮气发生器(膨胀器), 点燃气体发生剂, 产生高压氮气迅速吹胀气囊。吹胀的气囊将驾驶员与转向盘及风窗玻璃隔开, 以防止撞车过程中驾驶员的头部和胸部直接撞在转向盘或风窗玻璃上, 发生伤亡事故。

(5) 多路信息传输系统。

多路信息传输系统由显示器电子控制器、具有操作开关的控制器(监视器)和其他各种电子控制器(光盘、电视、音响、全球定位系统(GPS)、移动电话等控制器)组成。每个电子控制器通过通信网络与其他电子控制器相互连接。显示器电子控制器作为主控制器, 通过各路通信网络进行通信管理及整个系统的控制, 显示器显示行车用的交通地图信息资料、汽车油耗等情况及车辆行驶过程的信息等。

(6) 汽车导航系统。

汽车导航系统由全球定位系统接收机、电子地图等组成。汽车导航系统通过 GPS 接收机接收卫星信号, 解算出自身经纬度坐标, 然后与微机内的电子地图匹配, 在屏幕上动态显示车辆运行轨迹, 驾驶员便可对当前坐标一目了然。GPS 系统和地理信息系统(geographic information system, GIS)可提供大量有用信息, 满足车辆定位与导航、交通管理与监控的需要, 并为驾驶员提供旅馆、加油站、修车厂等信息服务。

(7) 蜂窝式移动电话。

蜂窝式移动电话与常规电话不同。首先, 蜂窝式移动电话的话机及拨号的按键直接与无线电发射/接收器相连, 不采用电话线; 其次, 电话可随汽车移动。当通信开始时, 移动电话需要选择一个合适的无线电波的频道, 且必须通过基站的远程控制电子开关板来控制蜂窝式移动电话与基站连接。由于蜂窝式移动电话是四处移动的, 因此还必须了解移动电话所处的位置(即汽车所处的位置), 这样蜂窝





式移动电话才能被覆盖该地区的基站所接通，同时还与汽车所用的移动电话计费问题相联系。

(8) 巡航控制系统。

巡航控制系统的作用是使汽车工作在发动机有利转速范围内时，驾驶员无须踩加速踏板，从而减轻其驾驶操纵劳动强度，提高行驶舒适性的汽车自动行驶装置。驾驶员利用控制开关，可将保持恒速、减速、恢复原速和加速等命令输入计算机。当驾驶员操纵保持恒速开关时，计算机记忆调节后的车速，开始进行恒速行车控制，通过进气管的真空度或直流电动机控制节气门开度，以保持预先设定的车速，而驾驶员无须控制加速踏板。记忆车速和实际车速都输入计算机的比较电路，比较电路的输出信号经过补偿电路、执行部件、发动机和变速器实现驱动力的变换。

(9) 汽车防盗系统。

汽车防盗系统分为机械式防盗系统和电控防盗系统。机械式防盗系统没有中央门锁，仅在起动车辆所必需的零件上加锁，如轮胎锁、转向盘锁、变速杆锁等。机械式防盗系统安全性较差，使用不方便，正逐渐被淘汰。

电控防盗系统一般与电控中央门锁和报警装置联合使用，装有红外监视系统、超声波传感器、倾斜传感器及电子止动系统。当盗贼非法打开车门、行李舱门等强行进入车内，企图起动车辆时，将会警笛大作、灯光闪烁、发动机无法工作、车辆瘫痪，让盗贼惊慌失措、狼狈逃窜。但由于法令的限制，一些会产生噪声的防盗系统可能会被判定为不合格产品。

(10) 汽车防撞控制系统。

汽车防撞控制系统通过防碰撞传感器（电荷耦合器件（charge coupled device, CCD）摄像元件、扫描激光雷达、超声波传感器、电磁波传感器等）、信息采集与分析的电子控制单元检测和确定可能与汽车碰撞方向的物体的位置及状态，通过输出电路和采取应急措施电路在必要时提出危险警示和采取应急避让措施，防止发生碰撞。

根据控制功能，汽车电子控制系统可分为动力性系统、安全性系统、舒适性系统和娱乐信息控制系统 4 种。每一个控制系统可以由各自的 ECU 单独控制，也可以几个系统组合起来用一个 ECU 进行控制。对于不同的车型，其组合形式和控制功能不尽相同。



任务三 汽车电器与电子技术的特点



情景导入

汽车电器电路和普通家用电器照明电路有哪些不同？





信息收集

现代汽车电气与电子设备虽然种类繁多、功能各异，但其线路都应遵循一定的原则，了解这些原则对进行汽车电路分析很有帮助。

1. 低压电源

汽车电气系统的额定电压主要有 12 V 和 24 V 两种。汽油车普遍采用 12 V 电源，柴油车多采用 24 V 电源（由两个 12 V 蓄电池串联而成）。一般 12 V 系统的汽车运行中的电压为 14 V，24 V 系统的汽车运行中的电压为 28 V。新能源汽车采用低压（12 V）控制高压。

2. 直流电源

现代汽车发动机是靠电力起动机起动的，起动机由蓄电池供电，而向蓄电池充电又必须用直流电源，所以汽车电源系统为直流系统。新能源汽车的动力电池同样也是直流电源。

3. 并联单线制

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。单线连接是汽车线路的特殊性，它是指汽车上所有电器设备的正极采用导线相互连接，而负极则直接或间接通过导线与车架或车身金属部分相连，即搭铁。任何一个电路中的电流都是从电源的正极出发，经导线流入用电设备后，再由电器设备自身或负极导线搭铁，通过车架或车身流回电源负极而形成回路。

由于单线制导线用量少、线路清晰、接线方便，因此广泛被现代汽车采用。

各用电设备均采用并联。汽车上的两个电源（蓄电池与发电机）之间及所有用电设备之间都是正极接正极、负极接负极，并联连接。由于采用并联连接，因此汽车使用中某一支路用电设备损坏时，并不影响其他支路用电设备的正常工作。

4. 负极搭铁

蓄电池的负极与车体相连接，称为负极搭铁；蓄电池的正极与车架或车身相连接，称为正极搭铁。负极搭铁对车架或车身金属的化学腐蚀较轻，对无线电干扰小。我国标准规定汽车线路统一采用负极搭铁。

5. 设有保险装置

为了防止因短路或搭铁而烧坏线路，电路中一般设有保护装置，如熔断器、易熔线等。



新能源汽车
电路特点



思考题与习题

1. 概述汽车电器与电子控制系统的分类及特点。
2. 举例说明为什么电子技术在汽车上能够得到越来越多的应用？
3. 针对汽车电子技术的发展，谈谈自己的感受。





项目二

汽车电源系统



早期国产汽车蓄电池长期依赖铅酸技术，面临能量密度低（仅 $40 \sim 50 \text{ (W} \cdot \text{h) / kg}$ ）、污染严重（每生产 1 t 铅酸电池产生 3 t 废水）的困境。2011 年，宁德时代组建“无钴电池”研发团队，团队耗时 7 a，最终推出能量密度达 $250 \text{ (W} \cdot \text{h) / kg}$ 的磷酸铁锂刀片电池，针刺测试中不起火、不爆炸，且全生命周期碳排放量比铅酸电池低 67%。

在汽车电源系统的教学中，“电池医生”张黎明的故事是工匠精神与技术创新的鲜活注脚。2002 年，刚进入汽修行业的张黎明发现，传统铅酸蓄电池平均寿命仅 2 a，大量因维护不当而提前报废的电池不仅增加企业成本，更造成重金属污染。“能不能让电池‘延年益寿’？”这个朴素的念头，成为他二十年如一日扎根一线的动力源。

项目目标

知识目标

了解汽车电源系统的工作原理，掌握汽车电源系统的组成、工作过程和检修方法。

能力目标

能熟练使用汽车专用万用表，具备汽车电源系统维护和检测能力。

素质目标

遵守 8S 操作规程；同学之间团结、协作，互帮互助、共同提高。

项目任务

任务一 蓄电池

任务二 交流发电机

任务三 电源系统的故障检修

资源准备

汽车电气检修一体化教室，并准备如下实训设备、仪器设备、工量具等。

1. 设备：电源系统台架或教学实训车辆（每小组一台，4~6 人一组），相关工量具、仪器设备及零部件等。
2. 辅助材料：白板、导线、镊子、电胶布、手电筒等。
3. 任务资料：任务指导书、任务工单。
4. 课程资源：教学软件、教学微课等。



任务一 蓄 电 池



情景导入

一辆轿车无法起动，现象为起动时起动机运转无力，仪表灯光闪烁，有“嚓嚓”声。车主与4S店联系，修理人员赶到现场进行维修，检测时发现蓄电池电压不足12 V，蓄电池亏电。使用新蓄电池搭线并联蓄电池，起动车辆，运行正常。为了正确地判断蓄电池故障，汽车维修人员必须熟悉电源系统中的蓄电池的结构、工作原理，掌握蓄电池的检修方法。



任务目标

1. 了解蓄电池的结构原理与型号。
2. 掌握蓄电池的正确使用与维护方法。



信息收集

汽车电气设备主要由电源系统、用电设备和配电装置三部分组成。汽车电源系统主要由蓄电池、发电机、调节器、充电指示灯等组成，如图2-1所示。

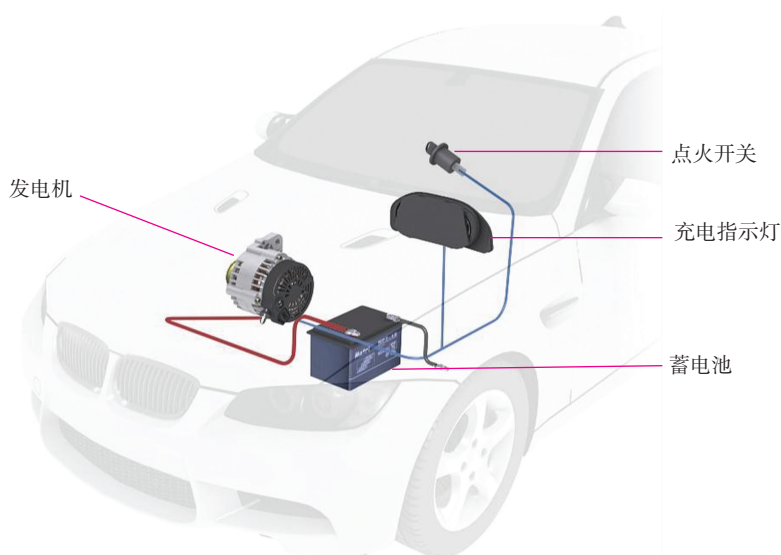


图 2-1 汽车电源系统





蓄电池的功用：发动机起动时，向起动机和点火系统供电；发电机不发电或电压较低时，向用电设备供电；发电机超载时，协助发电机供电；发电机端电压高于蓄电池电动势时，将发电机的电能转变为化学能储存起来；吸收发电机的过电压，保护车用电子元件。

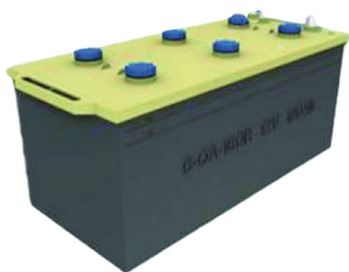
一、蓄电池的构造和分类

常见的蓄电池主要分为三类，如图 2-2 所示，分别为普通蓄电池、干荷蓄电池和免维护蓄电池。

(1) 普通蓄电池：极板由铅和铅的氧化物构成，电解液是硫酸的水溶液。在初次使用时需加注电解液并充电。主要优点是电压稳定、价格便宜；缺点是比能（每公斤蓄电池储存的电能）低、使用寿命短、日常维护繁杂。

(2) 干荷蓄电池：全称干式荷电铅酸蓄电池，存放在 2 a 内的新品初次使用无须充电，加入电解液静置 20~30 min 即可使用；存放超 2 a 需补充充电。主要优点是负极板储电能力强，干燥、密封条件下可在 2 a 内保存电量。普通开口款日常补水维护烦琐，密封免维护款养护简单。

(3) 免维护蓄电池：由于自身结构上的优势，电解液的消耗量非常小，使用时无须加注和补充电解液，使用寿命一般为普通蓄电池的两倍。它还具有耐震、耐高温、体积小、自放电小、维护方便的特点；缺点是价格略高、使用寿命相对较短。



(a) 普通蓄电池



(b) 干荷蓄电池



(c) 免维护蓄电池

图 2-2 蓄电池常见类型

二、干荷蓄电池

干荷蓄电池在出厂时没有添加电解液，当使用时才开始添加电解液，其使用寿命才开始计算。它并非只因“干态无液”而得名，其核心在于特制的负极板工艺，能实现长期储电。其在干燥状态下能够较长时间（2 a）内保存其在出厂时的电荷量。干荷蓄电池的活性物质与普通蓄电池是一样的，但负极板的制造工艺与普通蓄电池不同。

三、免维护蓄电池的结构特点和使用特性

免维护蓄电池指在有效使用期（一般为 3~4 a）内无须进行添加蒸馏水等维护工作的蓄电池，也称为无须维护蓄电池。

蓄电池由多个单体电池串联而成，每个单体电池内均盛装有电解液，插入正、负极板组便成为单体电池。蓄电池主要由正极板、负极板、加液孔盖、链条、正极桩、负极桩、壳体等组成，如图 2-3 所示。





1. 极板与极板组

极板分正极板和负极板两种，均由用铅锑合金铸成的栅架和填充在其上的活性物质构成。栅架的作用是容纳活性物质并使极板成型，加入锑是为了提高栅架的机械强度并改善浇铸性能。正、负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的纯铅（ Pb ），呈青灰色。蓄电池充、放电过程中，电能和化学能的相互转换是依靠极板上活性物质和电解液的化学反应实现的。

将一片正极板和一片负极板浸入电解液中，便可得到 2 V 左右的电压。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，就构成了单体电池，单体电池的标称电压为 2 V。因此，一个 12 V 的蓄电池就需用 6 个单体电池串联而成。蓄电池极板组的结构如图 2-4 所示。

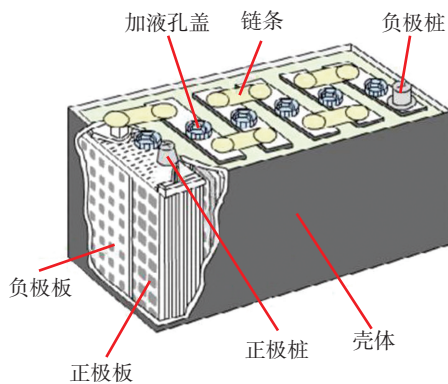
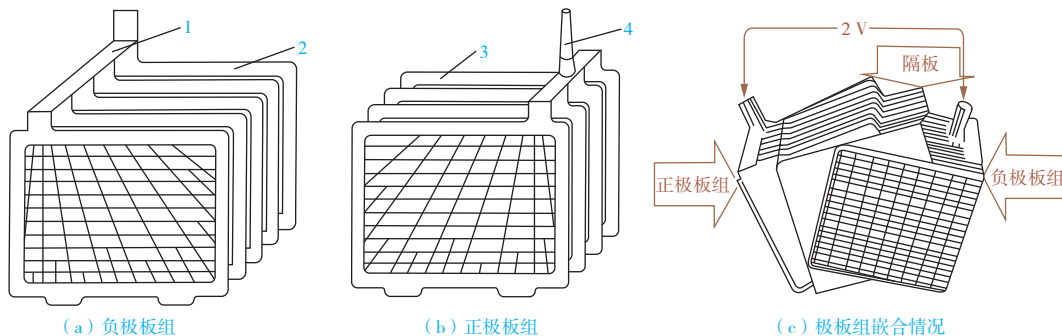


图 2-3 蓄电池结构图



1—汇流条；2—负极板；3—正极板；4—极柱。

图 2-4 蓄电池极板组的结构

每个单体电池的正极板总比负极板少一片，这是为了使每片正极板都置于两片负极板之间，使两面的放电均匀。由于正极板上的活性物质比较疏松，若单面放电，容易造成极板拱曲而使活性物质脱落。

目前，国内外都已采用厚 1.1 mm、1.5 mm 的薄型极板（正极板比负极板稍厚）。薄型极板对提高蓄电池的比能和起动性能都十分有利。

2. 隔板

正、负极板应尽可能靠近，以减小蓄电池内阻和尺寸。为了防止相邻正、负极板因接触而短路，用隔板将正、负极板隔开。隔板材料有木材、微孔橡胶和微孔塑料等。木质隔板耐酸性能差，在硫酸作用下容易炭化和变脆，且消耗木材不符合环保的时代发展潮流，因此目前已不再使用。微孔橡胶和微孔塑料隔板耐酸、耐高温性能好，寿命长且成本低，因此目前被广泛使用。

微孔塑料和微孔橡胶隔板的结构如图 2-5（a）所示。安装隔板时，带槽一面应面向正极板，且沟槽必须与壳体底部垂直。因为正极板在充、放电过程中的化学反应剧烈，沟槽能使电解液上下直通，也能使气泡沿槽上升，还能使脱落的活性物质沿槽下沉。



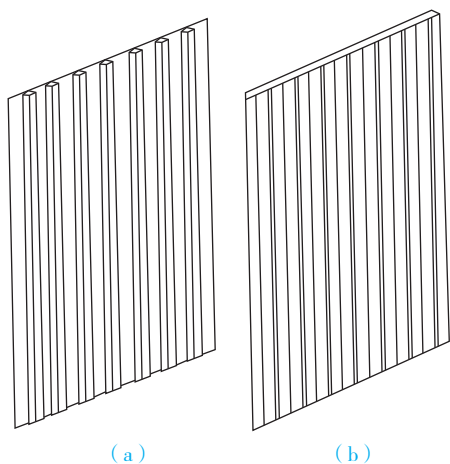


图 2-5 隔板

免维护蓄电池普遍采用聚氯乙烯袋式隔板, 结构如图 2-5 (b) 所示。使用时, 正极板被隔板袋包住, 脱落的活性物质保留在袋内, 不仅可以防止极板短路, 而且可以取消壳体底部凸起的肋条, 使极板上部容积增大, 从而增大电解液的储存量。

3. 电解液

电解液的作用是使极板上的活性物质发生化学反应。电解液由纯净硫酸与蒸馏水按一定的比例配制而成, 密度一般为 $1.24 \sim 1.30 \text{ g/cm}^3$ 。

电解液纯度是影响蓄电池电气性能和使用寿命的重要因素。因此, 蓄电池用电解液必须符合专业标准规定, 所用硫酸和蒸馏水也必须符合相应的国家标准和专业标准的规定。

由于工业用硫酸和普通水中含铜、铁等杂质较多, 会加速蓄电池自放电, 所以不能用作蓄电池电解液。

4. 壳体

壳体用于盛放电解液和极板组。蓄电池壳体由电池槽和电池盖两部分组成, 壳内用隔板分成 6 个互不相通的单体, 底部的突棱用以搁置极板组, 突棱间的凹槽则可积存从极板上脱落的活性物质, 以避免沉积的活性物质连接正、负极板而造成短路。对于采用袋式隔板的免维护蓄电池, 因为脱落的活性物质存积在袋内, 所以没有设置突棱。蓄电池壳体应耐酸、耐热、耐振动、耐冲击等。目前使用的干荷蓄电池与免维护蓄电池普遍采用聚丙烯透明塑料壳体, 电池槽与电池盖之间采用热压工艺黏合为整体结构, 不仅耐酸、耐热、耐振动、耐冲击, 而且壳壁薄而轻 (厚约 2 mm), 易于热封合, 外形美观, 成本低廉, 生产效率高。单体电池的加液孔盖都设有一通气小孔, 用于在蓄电池充电时及时排出电解水产生的氢气和氧气, 以防止气体集聚导致其内部压力升高, 造成胀裂容器甚至产生爆炸事故。如在孔盖上安装氧过滤器, 还可以减少水蒸气的溢出, 从而减少水的消耗。

5. 蓄电池技术状态指示器

目前, 装备全密封型免维护蓄电池的轿车越来越多, 由于这种蓄电池盖上没有设置加液孔, 因此不能用普通密度计测量电解液的密度。为此, 在这种全密封型免维护蓄电池盖上设有一个蓄电池技术状态指示器来说明蓄电池的技术状况, 如图 2-6 所示。

蓄电池技术状态指示器又称为内装式密度计, 由透明塑料管、底座和颜色不同的两只小球 (一只为绿色, 另一只为红色) 组成, 通过螺纹安装在蓄电池盖上。两只小球安放在塑料管与底座之间的中心孔中, 红色球在上、绿色球在下。两只小球由密度不同的材料制成, 因此可随电解液密度变化而上下浮动。



图 2-6 蓄电池技术状态指示器



蓄电池技术状态指示器是根据光学折射原理反映蓄电池技术状态的。当蓄电池电量充足、电解液密度大于 1.22 g/cm^3 时，两只小球向上浮动到极限位置，通过光线折射，红、绿两只小球可形成不同的颜色组合。从指示器顶部进行观察：当中心呈红色圆点、周围呈绿色圆环时，表示蓄电池技术状态良好，英文标示为“OK”。

当蓄电池电量不足、电解液相对密度过低时，绿色小球下移到极限位置，其观察结果，中心呈红色圆点、周围呈无色透明圆环，表示蓄电池亏电严重，必须立即充电，英文标示为“Charging necessary”。

当电解液液面过低时，两只小球都下移到极限位置，其观察结果，中心呈无色透明圆点、周围呈红色圆环，表示电解液不足，说明蓄电池不能继续使用，必须更换蓄电池。如果这种指示器安装在干荷蓄电池上，则表示必须添加蒸馏水，英文标示为“Add distilled water”。

免维护蓄电池有使用中不需要加水、自放电少、寿命长、接线柱腐蚀较小、起动性能好等特点。

四、带发动机起停功能的免维护蓄电池

加强型富液式蓄电池（enhanced flooded battery, EFB），如图 2-7 所示。其电池槽内在除去极板、隔板及其他固态装配部件后，剩余空间会被硫酸电解液完全填满，电解液处于足量充盈状态，因此被称为富液式蓄电池。

EFB 是传统富液蓄电池的增强版本，通过优化结构设计 with 材料配方，提升了放电性能，并在一定程度上具备深度循环能力，多用于车载用电设备相对较少的日系车型及经济型起停汽车。

吸附式玻璃纤维隔板（absorbent glass mat, AGM）蓄电池则完全是一种创新型产品，产品设计和制造工艺与传统富液式蓄电池完全不同。采用先进的 AGM 技术，内部电解液牢牢吸附在隔板周围，无流动酸液，并且辅以先进的压力控制阀来调节蓄电池内部和外部的气压，因此通常情况下 AGM 蓄电池并不开口排气，如图 2-8 所示。AGM 蓄电池更节油、更能保护环境。据检测，AGM 蓄电池能够省油 $5\% \sim 10\%$ ，而且降低 $10\% \sim 20\%$ 的二氧化碳消耗量。AGM 蓄电池的充电循环次数是普通铅酸蓄电池的 $3 \sim 4$ 倍，能够满足车辆更高的用电负载需求，并支持动能回收功能，更加节能、环保。因此，AGM 蓄电池多用于配备动能回收系统与起停功能的高端车型。

不过，EFB 的适用温度范围比 AGM 蓄电池更广，耐热性更好，且价格更低廉，而 AGM 蓄电池不适用于高温环境。正是由于这一特性差异，EFB 多安装在发动机舱内，AGM 蓄电池则多布置在后备厢。

此外，在更换蓄电池时，将 AGM 蓄电池更换为 EFB 通常可行；但将 EFB 更换为 AGM 蓄电池则存在问题。一方面，AGM 蓄电池无法适应高温环境；另一方面，EFB 也难以与原车电池管理系统（battery management system, BMS）匹配，容易出现故障码或兼容性问题，带来安全隐患。



图 2-7 EFB



图 2-8 AGM 蓄电池

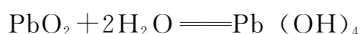




五、蓄电池的工作原理

1. 电动势的建立

当极板浸入电解液时,在负极板处金属铅受到两方面作用:一方面,它有溶解于电解液的倾向,因而有少量铅进入溶液,生成 Pb^{2+} ,在极板上留下电子 2e^- ,使极板带负电;另一方面,由于正、负电荷互相吸引, Pb^{2+} 有沉附于极板表面的倾向。当两者达到平衡时溶解便停止,此时极板具有负电位,约为 -0.1 V 。正极板处,少量 PbO_2 溶入电解液,与水生成 $\text{Pb}(\text{OH})_4$,再分离成 Pb^{4+} 和 OH^- ,即



Pb^{4+} 沉附于极板的倾向大于溶解的倾向,因而会沉附在正极板上,使极板呈正电位。当达到平衡时,约为 $+2.0\text{ V}$ 。

因此,当外电路未接通、反应达到相对平衡状态时,蓄电池的静止电动势 E_0 约为

$$E_0 = 2.0\text{ V} - (-0.1\text{ V}) = 2.1\text{ V}$$

2. 蓄电池的放电过程

蓄电池接上负载,在电动势的作用下,电流 I_f 从正极经过负载流往负极(即电子从负极到正极),使正极电位降低,负极电位升高,破坏了原有的平衡状态。蓄电池放电过程如图 2-9 所示。

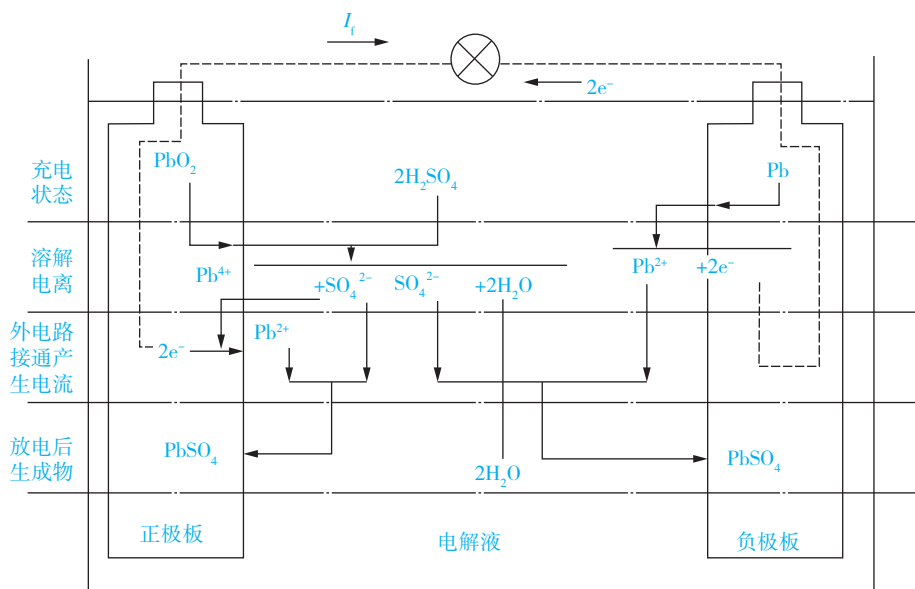
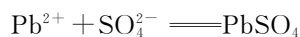
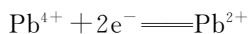


图 2-9 蓄电池放电过程

在正极板处, Pb^{4+} 和电子结合, 变成 Pb^{2+} , Pb^{2+} 与电解液中的 SO_4^{2-} 结合生成 PbSO_4 并沉附于极板上, 即





3. 蓄电池的充电过程

充电时，应将蓄电池接直流电源。当电源电压高于蓄电池电动势时，在电场力的作用下，电流从蓄电池正极流入，负极流出。这时正、负极板发生的反应正好与放电过程相反。蓄电池充电过程如图 2-10 所示。

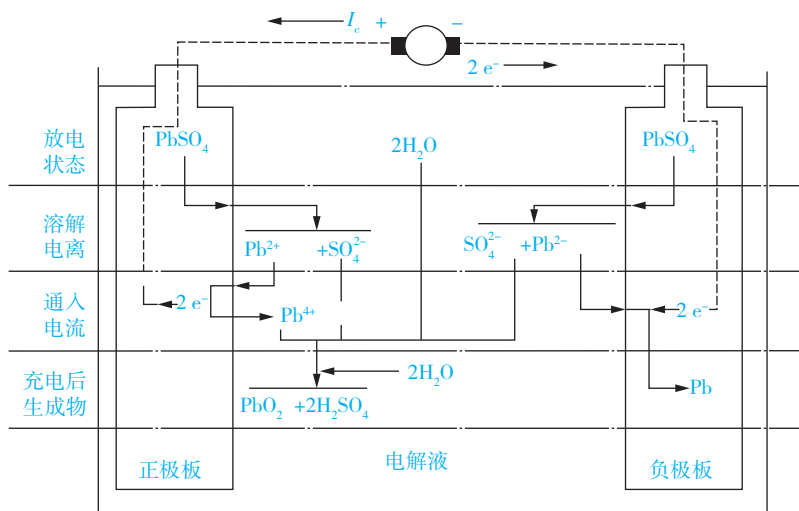


图 2-10 蓄电池充电过程

负极板上的总反应式为

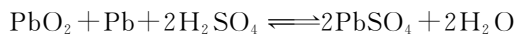


正极板上的总反应式为



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 H_2SO_4 成分逐渐增多， H_2O 逐渐减少。

综上所述，蓄电池充、放电过程中的化学反应是可逆的。总的反应式如下：



六、蓄电池的型号

标准规定，蓄电池的型号由 5 个部分组成，蓄电池型号的表示方法如图 2-11 所示。



图 2-11 蓄电池型号的表示方法

- (1) 第 1 部分表示蓄电池含有单个格电池数量，用阿拉伯数字表示。
- (2) 第 2 部分表示蓄电池用途，用大写字母表示，如汽车用蓄电池用 Q 表示，为起动用蓄电池。
- (3) 第 3 部分表示蓄电池特征，用大写字母表示。
- (4) 第 4 部分表示 20 h 放电率的额定容量，用阿拉伯数字表示，单位是 Ah。
- (5) 第 5 部分表示特殊性能，用大写字母表示，若无字为一般性能蓄电池，如 G 为高起动率、S 为塑料外壳。

以蓄电池型号 6-QA-60S 为例，如图 2-12 所示。





根据《铅酸蓄电池名称、型号编制与命名方法》(JB/T 2599—2012), 蓄电池型号由串联的单体电池数、电池的类型和特征、额定容量及特殊性能组成。

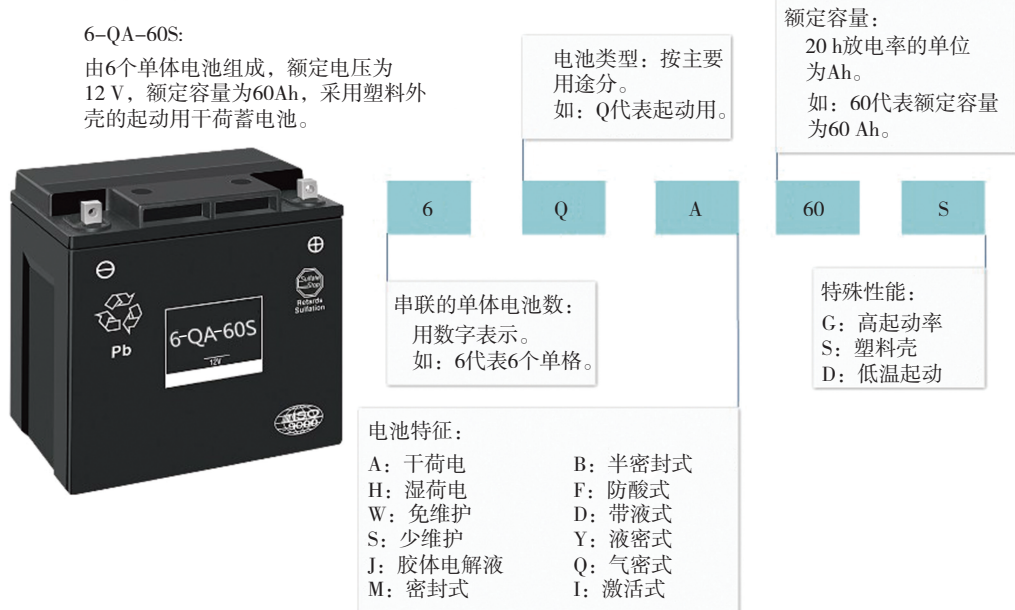


图 2-12 蓄电池型号 6-QA-60S

七、影响蓄电池容量的因素

蓄电池的容量标志着蓄电池对外供电的能力。一完全充足电的蓄电池, 在允许的放电范围内所输出的电量称为蓄电池的容量, 即

$$C = I_t t_f$$

式中 C ——蓄电池的容量, 单位为 Ah;

I_t ——放电电流, 单位为 A;

t_f ——放电时间, 单位为 h。

蓄电池的容量与放电电流的大小及电解液的温度有关, 蓄电池出厂时规定的额定容量是在一定的放电电流、一定的终止电压和一定的电解液温度下测得的。

分析表明, 蓄电池容量的大小与放电允许范围内实际参与化学反应的活性物质的量有极大的关系。因此, 影响蓄电池容量的因素有以下 4 个:

- (1) 放电电流。
- (2) 电解液的温度。
- (3) 电解液的密度。
- (4) 电解液的纯度。

电解液的密度: 指硫酸和蒸馏水混合溶液的浓度, 反映硫酸在电解液中的占比。

电解液的纯度: 指电解液中除了硫酸和蒸馏水外的杂质的含量, 反映电解液的纯净程度。

八、蓄电池的正确使用与维护

1. 蓄电池的正确使用

(1) 蓄电池的电解液是硫酸, 具有强腐蚀性。应牢靠安装蓄电池, 拆卸和搬运蓄电池时应竖直搬运, 并且轻搬轻放, 切勿敲打。

(2) 避免蓄电池大电流、长时间工作。如不要连续接通起动机电路, 每次接通的时间不得超过





5 s；如果一次未能起动，应停顿 15 s 以上再进行第二次起动；如果连续三次未能起动发动机，应查明原因，排除故障后再接通起动发动机。

(3) 在冬季使用蓄电池时，应做好蓄电池保温工作，应特别注意保持蓄电池充足电，以免电解液密度低而结冰。

(4) 拆卸蓄电池电缆时，必须确认点火开关处于关闭位置。应先拆蓄电池负极，再拆蓄电池正极；安装蓄电池电缆时，应先安装蓄电池正极，再安装蓄电池负极，以免拆卸过程中造成蓄电池短路。

(5) 在蓄电池使用过程中，要注意亏电或放完电的蓄电池应及时充足电，停驶车辆的蓄电池每两个月应进行一次补充充电。

(6) 普通蓄电池使用过程中，应经常检查各单格内电解液的液面高度，如电解液不足应及时补充蒸馏水，还要经常疏通加液孔盖上的通气孔。

2. 蓄电池的充电方法

蓄电池的充电方法可分为定流充电、定压充电和快速充电三种，应根据具体情况正确选择充电方法。

(1) 定流充电。

在充电过程中，充电电流保持不变的充电方法称为定流充电。充电电流的大小必须按容量最小的蓄电池来选定，大小为额定容量 C_{20} 的 $\frac{1}{15} \sim \frac{1}{10}$ 。

补充说明： C_{20} 代表蓄电池的 20 h 额定容量，指电解液温度为 25 ℃ 时，蓄电池以恒定电流放电 20 h 至终止电压，所能放出的电量，单位为 Ah。

定流充电有较大的适应性，可以任意选择和调整充电电流，因此可对各种不同状态的蓄电池充电，如新蓄电池的初充电、在用蓄电池的补充充电、去硫充电等。定流充电的不足之处在于需要经常调节充电电流，充电时间较长。

(2) 定压充电。

在充电过程中，直流电源电压保持不变的充电方法称为定压充电。定压充电时，初期充电电流较大，充电开始后的 4~5 h 内，蓄电池就可以获得本身额定容量的 90%~95% 的电量，因而能大幅缩短充电时间。

定压充电的充电时间短，但无法调整充电电流的大小，所以适应性较差，不能将蓄电池完全充满，故只适用于蓄电池补充充电。同时，定压充电要求所有参与充电的蓄电池电压完全相等。

(3) 快速充电。

目前采用的快速充电方法有脉冲快速充电法和大电流递减充电法。

快速充电具有充电时间短、空气污染小、省电节能的优点，因此一般在蓄电池集中、充电频繁的场所或应急部门使用。但其输出容量较低，能量转换效率也较低，不能将蓄电池完全充满，且对蓄电池的寿命有不利的影响。因此，在正常情况下，应按蓄电池生产厂家提供的规定电流值进行初充电或补充充电，在特殊情况下才采用快速充电。

3. 蓄电池充电的种类

(1) 初充电。

新蓄电池或修复后的蓄电池在使用之前的首次充电称为初充电，它的目的在于恢复蓄电池存放期间，因极板上部分活性物质缓慢硫化和自放电而失去的电量。因此，初充电对蓄电池的使用性能极为重要。初充电的特点是充电电流小、充电时间长。

(2) 补充充电。

在汽车上使用蓄电池时，经常有充电不足的现象发生，城区公共汽车等短距离运营的车辆这种现





象更为突出。应根据需要对蓄电池进行补充充电，一般每个月进行一次充电。

九、蓄电池常见故障检修

蓄电池的常见故障有极板硫化、容量下降、自放电等，一般可通过观察窗、密度计、高率放电计和万用表等设备检查蓄电池的状况。

1. 极板硫化

(1) 故障现象。

- ① 电池容量降低，端电压下降很快。
- ② 充电时，电压上升快，很快达到 2.7 V 以上，过早出现“沸腾”现象。
- ③ 极板表面生成不易溶解的白色大颗粒。

(2) 故障原因。

- ① 蓄电池长期充电不足，极板上生成的硫酸铅经过多次结晶，便形成粗大的、不易溶解的硫酸铅晶体。
- ② 电解液液面过低，极板上部与空气接触而氧化，生成粗晶粒的硫酸铅。
- ③ 蓄电池经常过量放电或深放电，在极板细小孔隙的内层生成硫酸铅，平时充电不易恢复。
- ④ 电解液不纯导致蓄电池自放电，产生硫酸铅，为硫酸铅再结晶提供条件。

(3) 排除方法。

蓄电池初充电要充足，蓄电池使用期间要及时进行定期补充充电。对于轻微硫化的蓄电池，可采用 2~3 A 的小电流长时间过充电，使硫酸铅还原成活性物质。对硫化严重的蓄电池，应更换极板或予以报废。

2. 自放电

(1) 故障现象。

充足电的蓄电池放置不用会逐渐失去电量，这种现象称为自放电。由于蓄电池本身结构的原因，其自放电是不可避免的，但若每昼夜容量下降超过 2%，则应视为自放电故障。

(2) 故障原因。

- ① 电解液中含杂质过多，电解液中的杂质沉附于极板上产生局部放电，从而使蓄电池失去电量。
- ② 蓄电池外壳不清洁，溢出电解液堆积在盖板上，使正、负极桩形成回路，引起自放电。
- ③ 蓄电池长期放置不用，硫酸下沉，下部电解液的密度比上部高，极板的上、下部之间出现电位差，引起自放电。
- ④ 极板活性物质脱落，下部沉淀物过多使极板短路，引起自放电。

(3) 排除方法。

对于自放电严重的蓄电池，应倒出电解液，用蒸馏水冲洗极板和隔板，然后再重新组装，加入新的电解液重新充电。

3. 蓄电池容量下降

(1) 故障现象。

蓄电池在供电时，很快就电量耗尽，不能提供用电设备所需的正常电压。如汽车起动时，起动机

