

寇国瑗 杨生辉 李建文 王克才 编

汽车电器与电子 控制系统



人民交通出版社

QICHE DIANQI YU DIANZI KONGZHI XITONG

汽车电器与电子控制系统

寇国瑗 杨生辉 李建文 王克才 编

人民交通出版社

图书在版编目(CIP)数据

汽车电器与电子控制系统/寇国瑗等编. —北京: 人民交通出版社, 1999

ISBN 7-114-03282-X

I. 汽… II. 寇… III. ①汽车-电气设备②汽车-电子控制-控制系统 IV. U463.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 08518 号

汽车电器与电子控制系统

寇国瑗 杨生辉 李建文 王克才 编

责任印制: 孙树田

插图设计: 高静芳 版式设计: 刘晓方 责任校对: 刘高彤

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号)

各地新华书店经销

北京鑫正大印刷厂印刷

开本: 787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张: 21 字数: 531 千

1999 年 3 月 第 1 版

1999 年 3 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数: 0001—3000 册 定价: 35.00 元

ISBN 7-114-03282-X

U·02341

内 容 提 要

本书共四篇十六章,介绍了现代汽车电子控制系统的组成、作用、结构、控制原理和故障自诊断系统,以及汽车电器总成的新结构与新技术。

本书可供汽车工业部门和汽车运输业的工程技术人员阅读,亦可作为大专院校汽车运用工程专业的教材使用。

前 言

近 10 多年来,汽车技术迅速发展,汽车的结构发生了革命性变化,但这些发展与变化几乎无一不是应用电子技术,特别是应用电子控制技术的结果。汽车的先进性,新型汽车的特点也主要集中表现在电子控制技术的应用程度上。电子控制系统在汽车上的广泛应用,使汽车的动力性、经济性、安全性、舒适性、可靠性都得到了显著改善和提高,并且使汽车排气对环境的污染从根本上得到控制。据统计,在发达国家,汽车电子装置的成本已平均占到整车成本的 30% 以上,汽车已进入崭新的电子控制时代,汽车电子控制技术已成为当代汽车技术领域关注和研究的重点课题。

面对电子技术,尤其是电子控制在汽车上广泛应用的现状和迅猛发展的趋势,本书在内容上着重介绍现代汽车电子控制系统的组成、作用、结构、控制原理以及故障自诊断;同时,侧重介绍汽车电器总成的新结构与新技术,力争做到既能反映当代世界汽车电子电器发展的最高技术水平和研究成果,又能结合我国汽车电子电器技术发展的现状。

本书在内容的编排上打破了国内汽车电气设备教材、著作长期以来的传统结构体系,建立了以当代汽车电子电器为主线的全新结构体系、逻辑性、系统性强,能充分反映当代汽车电子电器系统的内在联系。

本书共四篇十六章,约有 50% 以上内容是介绍电子系统的结构、原理、检测和自诊断测试,由于资料和实践条件所限,加之其中大部分新装置的内容尚处于消化吸收和逐步深化的阶段,在论述上肯定有不尽人意的地方,尚有待今后进一步充实、完善和深化。

本书由寇国瑗主编,参加编写的有杨生辉、李建文和王克才。编写的分工是:第一篇第一、二、三、四章和第二篇第五章由杨生辉编写;第二篇第六、七章由李建文编写;结论及第三篇第八、九、十、十一、十二章由寇国瑗编写;第四篇第十三、十四、十五、十六章由王克才编写。初稿完成经主编对全书统稿后,分别由齐志鹏、王遂双、舒华等进行了审阅,经编者修改后定稿。

本书内容新颖,结构体系科学合理,图文并茂,理论联系实际,可作为大专院校汽车专业学生的教材或参考书,也适合广大汽车技术人员、汽车修理人员、汽车驾驶员、车辆管理人员阅读。

在编写过程中参阅并引用了一些文献资料,谨对有关作者表示真诚的谢意。承蒙解放军运输工程学院图书馆同志们在资料上给以大力支持,以及该院汽车电器教研室全体同志的积极支持,在此一并表示衷心感谢。

鉴于作者水平,书中难免有错误和缺点,恳请同行专家、学者及读者批评指正。

编 者

目 录

绪论.....	1
---------	---

第一篇 电源系统

第一章 蓄电池	5
第一节 蓄电池的构造与型号.....	6
第二节 蓄电池的工作原理.....	9
第三节 蓄电池的工作特性	11
第四节 蓄电池常见故障	16
第五节 蓄电池的充电	17
第六节 蓄电池的使用与维护	21
第七节 干荷电蓄电池	24
第八节 免维护蓄电池	24
第二章 汽车交流发电机	26
第一节 交流发电机的工作原理	26
第二节 交流发电机的构造	27
第三节 交流发电机的工作特性	30
第四节 其它形式的交流发电机	32
第五节 交流发电机的检修	35
第三章 电压调节器	36
第一节 电压调节器的功用与调压原理	36
第二节 电磁振动式电压调节器	37
第三节 电磁振动式电压调节器实例	43
第四节 电子调节器	47
第五节 电压调节器的检查与调整	50
第四章 电源系统的功率匹配与过电压保护	52
第一节 电源系统的功率匹配	52
第二节 电源系统的过电压保护	56

第二篇 发动机电器与电子控制系统

第五章 起动机	62
第一节 直流电动机基本原理	62
第二节 起动电动机工作特性	63

第三节	电起动系统基本参数的确定	66
第四节	起动机的组成和结构	68
第五节	减速起动机	75
第六节	起动机的检修、调整与试验	81
第六章	点火系统	85
第一节	对点火系统的要求	86
第二节	传统点火系统的组成与结构	87
第三节	传统点火系统的工作过程分析	98
第四节	传统点火系统的工作特性	101
第五节	电子点火系统	105
第六节	点火系统的正确使用与故障诊断	117
第七章	发动机电子控制系统	120
第一节	概述	120
第二节	传感器的结构与工作原理	122
第三节	执行器的结构与工作原理	138
第四节	微机控制装置的构成与控制方式	146
第五节	故障自诊断测试	158

第三篇 汽车底盘的电子控制系统

第八章	汽车电子控制防抱制动系统(ABS)与驱动防滑系统(ASR)	162
第一节	电子控制防抱制动系统的基本原理	163
第二节	电子控制防抱制动系统的组成与分类	165
第三节	电子控制防抱制动系统的控制技术	167
第四节	电子控制防抱制动系统主要部件的结构与工作原理	172
第五节	电子控制防抱制动装置电控系统的故障自诊断测试	179
第六节	汽车驱动防滑系统(ASR)	182
第九章	汽车电子控制自动变速器	187
第一节	概述	187
第二节	电子控制自动变速器的组成与控制原理	189
第三节	电控自动变速器电子控制系统主要部件的结构与原理	196
第四节	电子控制自动变速器电控系统的故障自诊断测试	205
第十章	汽车电子控制悬架系统	207
第一节	概述	207
第二节	电子控制悬架系统的工作原理	208
第三节	主动式空气悬架系统的基本结构与原理	214
第四节	丰田电子控制主动式空气悬架系统	222
第五节	电子控制悬架系统的故障自诊断测试	225
第十一章	电子控制动力转向系统	229
第一节	对动力转向系统的要求与电子控制动力转向系统的组成及原理	229

第二节	电子控制动力转向系统主要部件的结构与工作原理	231
第三节	电子控制动力转向系统实例	234
第四节	电子控制动力转向系统的故障自诊断测试	239
第十二章	汽车电子巡航控制系统	242
第一节	概述	242
第二节	电子巡航控制系统的基本原理	244
第三节	电子巡航控制系统主要部件的结构与原理	245
第四节	丰田凌志(LEXUS)车的巡航控制系统	249
第五节	电子巡航控制系统的故障自诊断测试	252

第四篇 汽车车身电器与电子控制系统

第十三章	汽车信息显示系统	259
第一节	汽车传统仪表	259
第二节	汽车信息显示系统	263
第三节	电子显示器件与电子仪表	266
第十四章	汽车空调及自动控制系统	271
第一节	汽车空调技术概况	271
第二节	汽车空调系统的结构与工作	272
第三节	汽车空调系统的控制	281
第四节	电控气动的自动空调系统	284
第五节	全自动汽车空调系统	288
第六节	微型计算机控制的汽车自动空调系统	290
第七节	汽车空调电路	293
第八节	汽车空调系统的正确使用、故障诊断与排除	295
第十五章	汽车的其它电器与电子系统	299
第一节	汽车照明与电子控制照明系统	299
第二节	汽车信号装置	305
第三节	风窗玻璃刮水、洗涤和除霜装置	309
第四节	安全气囊	312
第五节	汽车低温起动预热装置	316
第六节	汽车电气设备对无线电的干扰与抑制措施	318
第十六章	汽车电气设备线路	319
第一节	电路控制与保护装置	319
第二节	全车线路	322
参考文献		326

绪 论

《汽车电器与电子控制系统》是以汽车构造、电工学、电子学、计算机、控制技术与通讯技术为基础,研究现代汽车电器与电子控制系统的组成、构造、原理、特性、检测和使用维修的一门专业课。在汽车技术进入机电一体化阶段的今天,其地位极为重要,正在汽车技术领域发展成为一门独立的分支学科。

电器与电子控制系统是汽车的重要组成部分,其性能的优劣直接影响汽车的动力性、经济性、可靠性、安全性、排气净化及舒适性等。

近 10 多年来,汽车技术迅速发展,新结构新技术不断采用,最突出最主要的变化是电子技术在汽车上的广泛应用。汽车电子控制技术作为新技术革命的产物,已获得汽车制造厂家和用户的广泛认同。一辆装有 30 多个微处理器的高级轿车,可使其动力性、经济性、安全性、舒适性都达到无与伦比的境地,并正朝着零污染目标迈进。汽车电子控制技术已不是汽车电子技术的简单合成,而是融为一体的专门技术。汽车的先进性、新型汽车的特点都集中表现在电控技术的应用程度上。据预测,到本世纪末,美国汽车电子装置的成本将平均占整车成本的 30%~35%。可以说,在发达国家,汽车已进入电子时代,汽车电子控制技术已经成为当代汽车技术领域关注和研究的重点问题。

汽车电子技术是汽车技术与电子技术相结合的产物。电子控制技术在汽车上,首先应用于发动机燃油消耗控制与排放控制,接着被应用于底盘部分的控制,以提高行驶的稳定性、安全性与舒适性等。随着交通运输向高密度发展,电子控制技术又进一步应用于汽车的乘坐安全性和导航等方面。

世界汽车电子技术的发展大致可分为三个阶段:

(1)活跃期(1960~1975年):60年代晶体管收音机、晶体管点火装置的实用化揭开了电子化时代的序幕,1967年波许公司开发生产了用进气管绝对压力控制空燃比的 D—Jetronic 模拟式电子控制汽油喷射系统,率先达到美国加州排放法规要求,开创了汽油喷射电子控制新时代;1973年又改进成精度更高的 L—Jetronic 电控汽油喷射系统。

从 60 年代末到 70 年代初,美国、日本还相继开发出电子控制防抱制动装置(ABS)和发电机集成电路调节器。这一时期汽车电子产品一般由分立元件和集成电路 IC 组成,产品成本高,且采用模拟电路,控制较复杂,所以未能在汽车上进一步推广使用。

(2)成长发展期(1975~1985年):这一时期由于计算机技术的迅速发展,汽车进入了微机控制时代。电子控制燃油喷射装置的控制功能得到扩充,在采用三元催化反应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—III),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。这一时期的特点是主要发展专用的独立控制系统。

(3)迅速发展期(1985年~现在):这一时期是高科技迅速发展时期,汽车电子产品的研制

开发竞争十分激烈,主要侧重于汽车性能的进一步提高和各种功能的进一步完善,以及减少汽车的质量。新推出的具有代表性的产品主要是:车速自动控制、动力转向控制、信息显示系统、故障诊断系统、驱动防滑系统(ASR)、电子门锁控制、安全气囊、自动空调系统、自动车窗和座椅调节系统、导航系统、汽车电话等。在控制系统的开发上则由原来单一功能的控制转向各种功能的综合控制以及车辆整体系统的控制。

21世纪汽车电子控制技术发展的目标是:环境保护、节约能源、安全性和智能化。汽车电子控制技术的发展方向是:发展整车控制技术,使整车控制智能化。为了在各个控制系统间进行信息交换,采用汽车内部网络作为解决当前分散控制问题的方法。因为通过汽车内部网络的信息通讯可实现汽车高度的集中控制及故障集中诊断,完成系统间各种必要的信息传递与交换。同时,控制系统应具有很高的可靠性,为此正在考虑采用诸如双系统的概念或控制监视功能。

汽车电器与电子控制系统可分为:电器装置和电子控制系统两大部分。

电器装置主要由电源、用电设备、检测装置和配电装置四部分组成。

1. 电源

电源包括蓄电池、发电机及其调节器。发电机是主要电源,蓄电池是辅助电源。发电机与蓄电池并联工作。发电机配有调节器,其主要作用是在发电机转速和负荷变化时,自动调节发电机电压,使之保持稳定。

2. 用电设备

汽车上的用电设备数量很多,大致可分为以下几种:

(1)起动系统:主要指起动机,其任务是起动发动机。

(2)点火系统:包括传统点火系统和电子点火系统的全部组件,其作用是产生高压电火花,点燃汽油发动机气缸内的可燃混合气。

(3)照明装置:包括车内外各种照明灯以及保证夜间安全行车所必需的灯光,其中以前照灯最为重要。

(4)信号装置:包括电喇叭、闪光器、蜂鸣器及各种信号灯,主要用来保证车辆运行时人车安全。

(5)辅助电器:包括电动刮水器电动机、风窗洗涤电动泵式喷水器、低温起动预热装置电热塞、电磁喷油器和电加热器、空调器电磁离合器和风机、玻璃升降电动机、座椅调节电动机、收录机、喇叭、防盗报警装置的报警喇叭、灯光以及点烟器等,为适应舒适、娱乐、安全保障的需要,辅助电器的数量和类型日趋增多。

3. 检测装置

包括各种电气监测仪表,如电流表、电压表、机油压力表、温度表、燃油表、车速里程表、发动机转速表和自检装置,用来监视发动机和其它装置的工作情况。

4. 配电装置

包括中央配电盒、电路开关、保险装置、插接件和导线等。

电子控制系统由发动机控制、底盘控制、车身控制、信息传递部分组成。

1. 发动机控制

发动机控制包括燃油喷射控制、点火时间控制、怠速运转控制、排气再循环控制、发动机爆燃控制和其它相应的控制以及自诊断系统、后备系统等。发动机控制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,同时尽可能降低汽车尾气中有害物质的排放量。

2. 汽车底盘控制

底盘部分的控制包括防抱制动控制(ABS)、驱动防滑控制(ASR)、变速器电子控制、悬架系统控制、电子控制动力转向、四轮转向(4WS)控制、巡航控制系统(CCS)。

ABS和ASR都是汽车的主动安全装置,ABS可防止汽车制动时车轮被抱死,产生侧滑,提高车辆的行驶稳定性和操纵性;ASR是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。

电子控制变速是通过检测节气门开度和车速,由微机按照换挡特性和换挡规律,精确控制变速比,使其达到最佳档位。它与机械系统比较,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,并能改善汽车的燃油经济性和操纵性,提高变速器的传动效率。

悬架系统控制可根据不同的路面状况和车辆运行工况,自动控制车身高度,主动地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。

电子控制动力转向系统是一种转向动力放大装置,它可根据车速、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,使汽车在停车或低速行驶时转动转向盘所需的力减小,而汽车在高速行驶时转动转向盘所需的力增大,即在各种行驶条件下实现转向盘上所需的力都是最佳值。全电子控制动力转向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,电控动力转向还可获得最优化的转向作用力特性,提高转向响应性。

四轮转向(4WS)控制是由安装在后悬架处、用于操纵后轮的后轮转向机构及前轮转向机构组成,它可使驾驶员能对汽车前后四个车轮进行转向操纵,改善车辆低速行驶时转向的灵活性,提高高速行驶时的稳定性和可控制性。

巡航控制(CCS)是指汽车的恒速行驶控制。该控制系统是根据车速传感器、定速控制开关及定速取消开关信号,通过进气管的真空度或直流电机控制节气门开度来保持预先设定车速的,而驾驶员不需脚踩加速踏板。在高速公路上长途行驶时可减轻驾驶员驾车的疲劳。

3. 车身控制

车身控制包括车用空调控制、车辆信息显示、挡风玻璃的刮水器控制、灯光控制、汽车门锁控制、电动车窗控制、电动座椅控制、安全气囊与安全带控制、防撞与防盗安全系统等。

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、发动机冷却水温度等)输入的信号,计算出经过空调热交换器后送入车内应该达到的出风温度,对混合空气调节器开度、风扇驱动电机转速、冷却器风门(或加热器风门)、压缩机等进行控制,自动地将车内温度保持在设定的温度值范围内,使车内的温度、湿度始终处于最佳值,为司乘人员提供一个舒适的乘坐环境。

车辆信息显示系统也称驾驶员信息系统,该系统正处于发展和完善阶段,它由车况监测部件、车载计算机和电子仪表三部分组成。汽车车况监测是传统仪表盘报警功能的发展,主要通过液位、压力、温度、灯光等传感器,监测发动机系统、制动系、电源系统以及车灯的故障。车载计算机提供的信息能提高行车的安全性、燃油经济性及乘坐舒适性,它能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、时钟温度等有关正确驾驶的信息。这些信息在需要时才通过键盘和按钮调出。电子仪表为驾驶员提供汽车行驶时最基本的操作信息(车速、发动机转速、机油温度、水温、行驶里程等),且这些信息连续在仪表板上显示。

汽车电子灯光控制系统可根据光线传感器检测到的车外天气光亮情况的信号,自动地将后灯和前照灯接通或切断,以提高汽车使用的便利性和行驶的安全性。

安全气囊控制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值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和挡风玻璃隔开,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挡风玻璃上发生伤亡事故。

4. 汽车信息传递

信息传递系统通常包括多路信息传递、汽车导航和蜂窝式移动电话等部分。

多路信息传递系统由显示器电子控制器、具有操作开关的显示器(监视器)和其它各种电子控制器(光盘、电视、音响、全球定位系统、移动电话等控制器)组成。每个电子控制器通过通讯网络与其它电子控制器相连。显示器电子控制器作为主控制器,通过各路通讯网络进行通讯管理及整个系统的控制,由显示器显示诸如行车用的交通地图信息资料、汽车油耗情况以及车辆行驶过程的信息等。

汽车导航系统由 GPS 接收机、电子地图等组成。

导航定位系统通过 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,驾驶员便可对当前车位一目了然。GPS 系统和地理信息系统(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。

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/接收器相联,不采用电话线;其次是电话可随汽车移动。当通讯开始时,移动电话需要选择一个适合的无线电波的频道,且必须通过基地站的程控电子开关板来控制蜂窝式移动电话与基地站连接。由于蜂窝式移动电话是四处游动,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地站所接通,同时这还与汽车所用的移动电话的计费问题相联系。美国的蜂窝式移动电话系统从基地站发射出的无线电频率在 870~890MHz 之间,而车载无线电台发射/接收两用机的发射频率在 825~845MHz 间。

汽车电系的特点:

1. 低压

汽车电系的标称电压有 12、24V 两种,目前汽油车普遍采用 12V 系统,而重型柴油车多采用 24V 系统。对发电装置,12V 系统的额定电压为 14V,24V 系统额定电压为 28V。低压系统的优点主要是:安全性好,蓄电池单格数少,对减少蓄电池质量和尺寸有利,白炽灯的灯丝较粗,寿命较长。

2. 直流

汽车采用直流系统的原因是发动机要靠电力起动机起动,起动机由蓄电池供电,而蓄电池电能消耗后又必须用直流电充电,所以汽车电系为一直流系统。

3. 单线制

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、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,线路简化清晰,安装和检修方便,且电器机件也不需与车体绝缘,所以现代汽车电系普遍采用单线制,但在特殊情况下,有时也需采用双线制。

4. 负极搭铁

采用单线制时,蓄电池的一个电极接到车体上,俗称“搭铁”。若蓄电池的负极与车体相接,就称为负极搭铁;反之,则称为正极搭铁。按国家机械工业部部颁标准规定,国产汽车电气系统统一采用负极搭铁。

第一篇 电源系统

电源系统包括蓄电池、发电机及其电压调节器。蓄电池与发电机并联工作,发电机是主要电源,用来给用电装置供电和给蓄电池充电。蓄电池是辅助电源,主要用来给起动机供电。当发电机不工作或转速较低时,车上的用电装置由蓄电池供电;当用电负荷超过发电机的最大功率时,由蓄电池协助发电机供电。发电机配有电压调节器,其作用是在发电机转速和负荷变化时,自动控制发电机的输出电压。在电源系统中,蓄电池容量的大小主要是根据起动机的功率来确定;发电机输出额定电流的大小应和整车用电装置的平均负荷电流相匹配。

现代汽车上越来越多的采用电子器件,而电源系统因电感性负载的变化或故障等原因,将不可避免地产生瞬变或非瞬变过电压。由于电子器件对过电压的敏感性,所以对电子装置须加装过电压保护装置来吸收抑制电源系统中可能产生的各种过电压,以保护电子装置中的电子元器件,使其可靠地工作。

第一章 蓄 电 池

蓄电池是一种可逆的低压直流电源。在汽车上它与发电机并联,向用电设备供电。在发电机工作时,用电设备所需电能主要由发电机供给,蓄电池的作用是:

- (1) 发动机起动时,向起动机和点火系供电。
- (2) 发电机不发电或电压较低的情况下向用电设备供电。
- (3) 当用电设备接入较多,发电机超载时,协助发电机供电。

(4) 蓄电池存电不足,而发电机负载又较少时,它可将发电机的电能变为化学能储存起来(即充电),此外,蓄电池还有稳定车辆电系电压的作用。

蓄电池的种类很多,用于汽车上的蓄电池必须能满足起动发动机的需要,即在短时间内(5~10s)可供给起动机强大的电流。汽油发动机一般需要 200~600A;柴油发动机一般需要 800~1000A。根据这一工作特点,对汽车用蓄电池的主要要求是:容量大、内阻小,以保证蓄电池具有足够的起动能力。根据电解液的不同,蓄电池可分为酸性和碱性两大类。碱性蓄电池的电解液为化学纯净的氢氧化钠 NaOH 溶液或氢氧化钾 KOH 溶液。酸性蓄电池的电解液为化学纯净的硫酸 H_2SO_4 溶液。由于酸性蓄电池极板上活性物质的主要成份是铅,因此称为铅酸蓄电池。铅酸蓄电池构造简单,内阻小,起动性能好,且价格较低,所以在汽车上得到广泛的应用。汽车装配蓄电池的主要目的是起动发动机,所以又将汽车用铅酸蓄电池称为起动型铅酸蓄电池。本章将主要介绍这种起动型铅酸蓄电池,通常简称为蓄电池。

第一节 蓄电池的构造与型号

一、蓄电池的构造

蓄电池由 3 个或 6 个单格电池串联而成。每个单格电池的电压约为 2V, 串联成 6V 或 12V 以供汽车选用。解放 CA1091(CA141)型汽车用蓄电池的构造如图 1-1 所示。

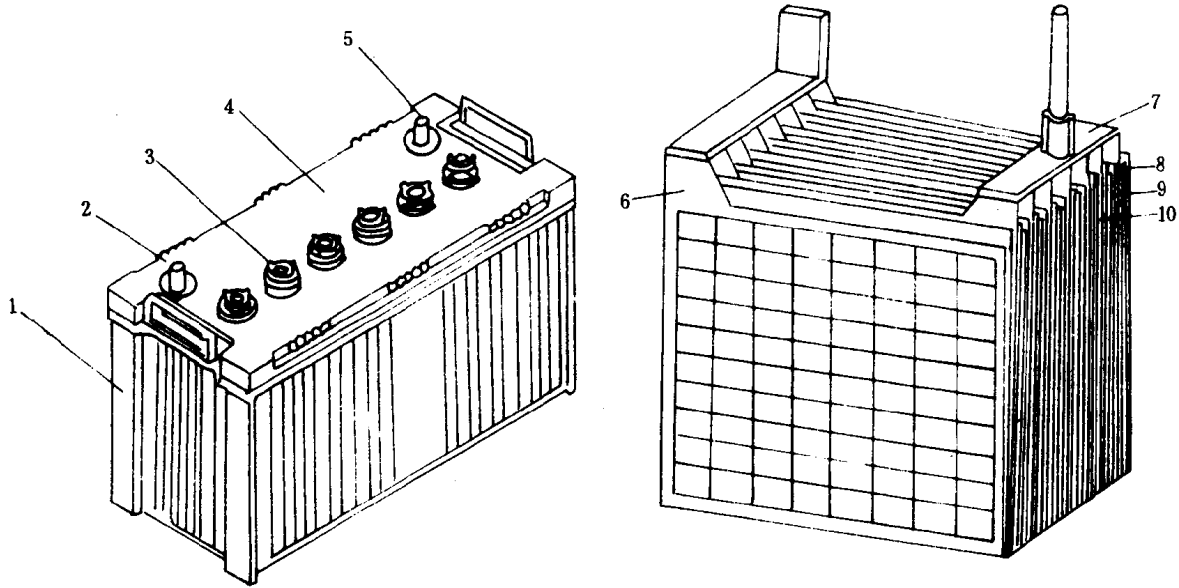


图 1-1 6-QA-100 型蓄电池

1-外壳;2-正极柱;3-加液孔螺塞;4-盖;5-负极柱;6-负极板组;7-正极板组;8-隔板;9-负极板;10-正极板

蓄电池主要由极板、隔板、电解液和外壳四部分组成。

1. 极板

极板是蓄电池的核心部分。在蓄电池充、放电过程中, 电能与化学能的相互转换, 依靠极板上活性物质和电解液中硫酸的化学反应来实现。极板是由栅架和活性物质组成, 形状如图 1-2 所示。

栅架是极板的骨架, 用以支撑活性物质和起导电作用。栅架结构如图 1-3 所示, 是由铅锑合金浇铸而成。含锑量国内为 5%~7%。加锑的目的是提高机械强度和浇铸性能。但是锑有副作用, 它会加速氢的析出而加速电解液消耗; 还易从正极板栅架中解析出来而引起蓄电池自放电和栅架腐蚀, 缩短蓄电池的使用寿命。目前国内外大都采用铅—低锑合金栅架, 含锑量

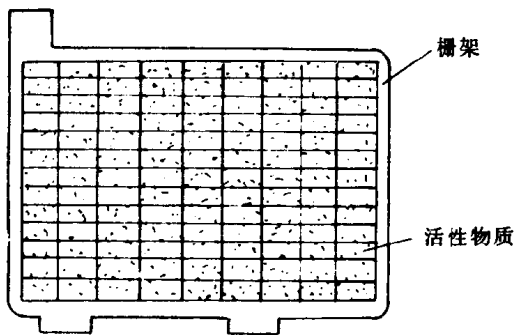


图 1-2 极板

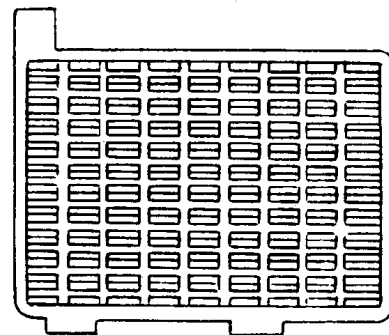


图 1-3 栅架

为 2%~3.5%。

极板上的工作物质称为活性物质,主要是由铅粉与一定密度的稀硫酸混合而成。铅粉是活性物质的主要原料,由铅球放入球磨机研磨而成。

极板分为正极板和负极板两种。将涂上铅膏后的生极板先经热风干燥,再放入稀硫酸中进行充电便得到正极板和负极板。正极板上的活性物质为二氧化铅(PbO_2),呈深棕色,负极板上的活性物质为海绵状纯铅(Pb),呈青灰色。

为了提高负极板活性物质的多孔性,防止其在使用过程中钝化和收缩,常在负极板的铅膏中加入少量腐植酸、硫酸钡、木素磺酸钠和木素磺酸钙等添加剂。其中木素磺酸钠和木素磺酸钙对改善蓄电池的低温起动性能有显著效果。

目前国产极板的厚度为 2~2.4mm,国外大都采用 1.1~1.5mm 厚的薄型极板(正极板比负极板厚)。采用薄型极板,对提高蓄电池的比容量(即单位尺寸提供的容量)和起动性能都很有利。

将一片正极板和一片负极板浸入电解液中,便可得到 2V 左右的电动势。为了增大蓄电池的容量,将多片正、负极板分别并联,用横板焊接起来便分别组成正、负极板组。横板上连有极桩,各片间留有空隙。安装时各片正、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电池。

在每个单格电池中,负极板总比正极板多一片。如东风 EQ1090 型汽车用 6-Q-105 型蓄电池,每个单格电池中的正极板为 7 片,负极板则为 8 片。因为正极板上的化学反应比负极板上的化学反应剧烈,所以正极板夹在负极板之间,可使其两侧放电均匀,防止两侧活性物质体积变化不一致而造成极板拱曲。

蓄电池的额定容量可按单格电池内正极板的额定容量来计算。因为单格电池内各片正极板均并联,所以蓄电池额定容量 Q_{20} (即 20h 率额定容量)就等于每片正极板的额定容量 Q_s 乘以单格电池内正极板片数 n ,即

$$Q_{20} = Q_s n \quad (1-1)$$

例如,东风 EQ1090 型汽车用 6-Q-105 型蓄电池,每个单格电池有正极板 $n=7$ 片,每片正极板的额定容量 $Q_s=15\text{Ah}$,所以该电池的额定容量 Q_{20} 为:

$$Q_{20} = Q_s n = 15 \times 7 = 105(\text{Ah})$$

2. 隔板

为了减少蓄电池的内阻和尺寸,蓄电池的正负极板应尽可能靠近。为了防止相邻正、负极板彼此接触而短路,正、负极板之间要用隔板隔开。

隔板应具有多孔性,以便电解液渗透,还应具有良好的耐酸性和抗氧化性。

隔板材料有微孔橡胶和微孔塑料等。微孔橡胶隔板性能好、寿命长,但生产工艺复杂、成本较高,故尚未推广使用。微孔塑料隔板孔径小、孔率高、薄而柔,生产效率高、成本低,因此目前广泛采用。

安装时,隔板带槽一面应面向正极板,且沟槽必须与外壳底部垂直。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,也能使气泡沿槽上升,还能使脱落的活性物质沿槽下沉。

3. 电解液

电解液由纯硫酸与蒸馏水按一定比例配制而成。

电解液的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应符合

合专业标准 ZBK84003 - 89 标准规定,所用硫酸应符合国标 GB4554 - 84 标准规定,所用蒸馏水应符合专业标准 ZBK84004 - 89 标准规定。因为工业用硫酸含铜、铁量较高,普通用水含杂质较多,会加速自放电,所以不能用于蓄电池。

4. 外壳

蓄电池外壳的功用是盛装电解液和极板组,外壳应耐酸、耐热、耐振动冲击。

外壳有硬橡胶外壳和聚丙烯塑料外壳两种。塑料外壳不仅耐酸、耐热、耐振动冲击,而且壳壁薄(厚 2mm,硬橡胶外壳一般为 5mm)、质量轻、且易于热封合,生产效率高,因此目前国内外都已普遍采用。

外壳为整体式结构,壳内由间壁分成 3 个或 6 个互不相通的单格,底部制有凸起的筋条用来搁置极板组。筋条之间的空隙可以积存极板脱落的活性物质,防止正、负极板短路。对于采用袋式隔板的蓄电池(如免维护蓄电池),因为脱落的活性物质存积在袋内,所以可以取消筋条。

蓄电池各单格电池之间均用铅质联条串联。联条设装在盖上是一种传统的联接方式,不仅浪费材料,而且还使蓄电池内阻增大,所以此种联接方式正在被穿壁式联接所取代。采用穿壁联接方式连接单格电池时,所用联条尺寸很小,并设装在蓄电池内部,如图 1-4 所示。

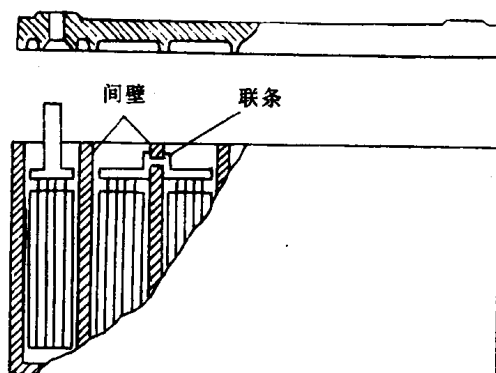


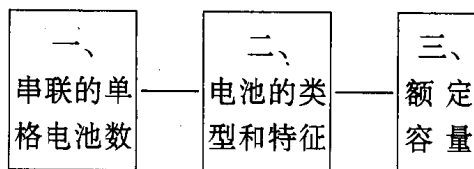
图 1-4 单格电池之间穿壁焊接示意图

每个单格电池都有一个加液孔。旋下加液孔塞,可以加注电解液或检测电解液相对密度;旋入孔塞可防止电解液溅出。孔塞上设有通气孔,该小孔应保持畅通,以便随时排出蓄电池内化学反应放出的氢气 H_2 和氧气 O_2 ,防止外壳胀裂和发生事故。

蓄电池盖有硬橡胶盖和聚丙烯耐酸塑料盖两种。前者与硬橡胶外壳配用,盖子与外壳之间的缝隙用沥青封口剂填封;后者与聚丙烯耐酸塑料外壳配用,其盖子为整体结构,与外壳之间采用热接工艺粘合。

二、蓄电池的型号

根据原机械工业部 JB2599 - 85《铅蓄电池产品型号编制方法》标准规定,蓄电池产品型号由三部分组成,各部分之间用破折号分开,其内容及排列如下:



(1) 串联单格电池数系指一只整体外壳内所包含的单格电池数目,用阿拉伯数字表示。

(2) 电池类型据其主要用途划分,起动型蓄电池用“Q”表示。

(3) 电池特征为附加部分,仅在同类用途的产品具有某种特征,而在型号中又必须加以区别时采用。如为干荷电蓄电池,则用字母“A”表示;如为无需(免)维护蓄电池,则用字母“W”来表示。

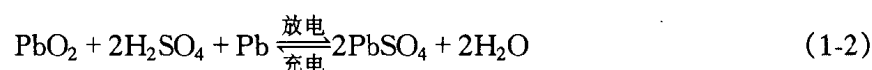
(4) 额定容量系指 20h 率额定容量,用阿拉伯数字表示,其单位为安培小时(Ah)。

例1 东风EQ1090型车用6-Q-105型蓄电池:表示是由6个单格电池组成,额定电压为12V,额定容量为105Ah的起动型蓄电池。

例2 北京BJ2020型车用6-QA-60型蓄电池:表示是由6个单格电池组成,额定电压为12V,额定容量为60Ah的起动型干荷电蓄电池。

第二节 蓄电池的工作原理

根据双硫化理论,充电状态的蓄电池正极板上的活性物质是二氧化铅,负极板上是海绵状铅,电解液是硫酸的水溶液。放电时,两极板的活性物质转变为硫酸铅,电解液中的硫酸减少,相对密度下降。充电时,正、负极板上的硫酸铅分别恢复成原来的二氧化铅和铅,电解液中的硫酸增加,相对密度增大。如略去中间的化学反应过程可用下式表示:

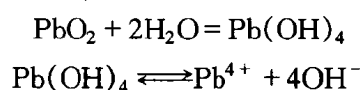


一、电动势的建立

蓄电池的电动势是正、负极板浸入电解液后产生的。当极板浸入电解液时,在负极板处金属铅受到两方面的作用,一方面它有溶解于电解液的倾向,因而有少量铅进入溶液,生成正离子 Pb^{2+} ,在极板上留下两个电子 $2e$,使极板带负电;另一方面,由于正、负电荷的吸引, 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,负极板相对于电解液具有负电位,约为 -0.1V 。

在正极板处,少量 PbO_2 溶入电解液,与水生成可分解的 $\text{Pb}(\text{OH})_4$,然后再游离成四价的铅离子和氢氧根离子。

即



四价铅离子 Pb^{4+} 沉附于极板的倾向大于溶解的倾向,因而沉附在正极板上,使极板相对于电解液具有正电位。当达到平衡时,约为 $+2.0\text{V}$ 。

在外电路接通前,上述反应达到动态平衡为止,使蓄电池的电动势约为

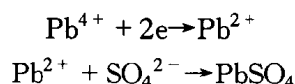
$$E = 2.0 - (-0.1) = 2.1(\text{V})$$

二、放电过程

蓄电池接上负载,在电动势的作用下,电路产生电流,电子从负极通过外电路流向正极,使正极电位降低,负极电位升高,破坏了原有的相对平衡状态。放电过程的化学反应过程如图1-5所示。

在正极板处,流到正极板上的电子与 Pb^{4+} 结合,变为 Pb^{2+} 进入溶液, Pb^{2+} 又与溶液中的 SO_4^{2-} 结合生成 PbSO_4 。

即:



由于 PbSO_4 的溶解度很小,因此生成后立刻从溶液中析出沉附在正极板上。

在负极板处,由于铅失去电子,变成 Pb^{2+} , Pb^{2+} 也与溶液中的 SO_4^{2-} 结合生成 PbSO_4 而沉附在负极板上。