

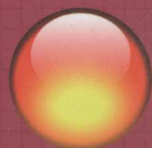
汽车专业技能型教育一体化教材

丛书主编 夏长明

汽车发动机电控系统 原理与维修



夏国勇 编



QICHE FADONGJI DIANKONG
XITONG YUANLI YU WEIXIU



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

汽车专业技能型教育一体化教材

汽车发动机电控系统 原理与维修

丛书主编 夏长明

丛书副主编 涂潭生 肖楠榕 李锡威 何南昌
夏国勇 编



机械工业出版社

本书以汽车发动机电控系统的检修为主线,系统地介绍了发动机电控系统中常用传感器的检修方法,电控燃油喷射系统、电控点火系统、其他辅助系统的构造以及检修方法,电控系统及电路疑难故障的诊断方法与电控系统及电路检修常用工具、仪器等内容;以大量图片形象描述汽车发动机电控系统部件的检修步骤、操作要领和技术要求等内容,并配以有针对性的实例作为演练,以达到一体化教学之目的。

本书按照“认知+技能+能力+实战”的理论与实践一体化教学规律进行编排,内容系统、连贯、完整,实际操作配以大量图片,具有较强的实用性。本书主要作为中高级技工类及中高级职业类学校汽车类专业教材,也可供汽车维修从业人员、汽车驾驶人员及汽车运行管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车发动机电控系统原理与维修/夏国勇编. —北京:
机械工业出版社, 2011. 2

汽车专业技能型教育一体化教材

ISBN 978-7-111-33359-3

I. ①汽… II. ①夏… III. ①汽车—发动机—电子系
统: 控制系统—理论—教材②汽车—发动机—电子系统:
控制系统—车辆修理—教材 IV. ①U472. 43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 020289 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: 徐 巍 责任编辑: 何士娟

责任校对: 张玉琴 封面设计: 路恩中

责任印制: 乔 宇

北京铭成印刷有限公司印刷

2011 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm · 14. 25 印张 · 349 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-33359-3

定价: 33. 00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010)88361066

销 售 一 部: (010)68326294

销 售 二 部: (010)88379649

读者购书热线: (010)88379203

门户网: <http://www.cmpbook.com>

教材网: <http://www.cmpedu.com>

封面无防伪标均为盗版

前 言

随着中国经济的飞速发展，人们的消费水平不断提高，汽车开始走进中国的千家万户。而与汽车消费息息相关的汽车维修产业，也将随着中国汽车保有量的不断增加而得到长足的发展。

汽车电子化、智能化已经成为现代汽车技术发展的主要趋势。技术的进步与革新必然会给维修行业带来机遇与挑战，如果因循守旧，固守陈规，缺乏学习，必将为时代所淘汰。而作为培养实用型技能人才的职业学校，应在教学与实践的环节上不断创新，探索出一种新的教学模式，即一体化教学模式。一体化教学模式有利于理论教学与实践教学的结合，有利于专业课程各教学环节的相互配合，有利于教师提高教学效率，有利于学生快速吸收知识、快速掌握技能、快速成才。

本书以一体化教学模式为指导思想，以企业实际作业任务为参考，同时结合理论分析进行编写。本书主要介绍了发动机电控系统常用传感器的检修方法，电控燃油喷射系统、电控点火系统及其他辅助电控系统的结构和检修方法、流程，电控系统及电路疑难故障的诊断方法，以及电控系统及电路检修常用工具、仪器等。本书以大量图片形象描述了汽车发动机电控系统部件的结构原理、检修步骤、操作要领和技术要求等，并配以有针对性的实例作为演练，以前人之经验作为借鉴。

本书按照“认知+技能+能力+实战”的理论与实践一体化教学规律进行编排，内容系统、连贯、完整，实际操作配以大量图片，具有较强的实用性。本书主要作为中高级技工类及中高级职业类学校汽车类专业教材，也可供汽车维修从业人员、汽车驾驶人员及汽车运行管理人员参考。

本书由夏国勇编写，在此，衷心感谢丛书主编夏长明及副主编们的大力支持与帮助。

由于作者水平有限，书中难免有纰漏及差错，希望读者在使用过程中及时批评指正，不胜感谢！

编 者

目 录

序言

前言

项目一 汽车发动机电控技术概述	1
任务1 发动机电控技术的发展概况	2
一、电控技术发展过程	2
二、汽车的主要电控系统	2
三、电控系统的基本组成及分类	3
四、电控技术对发动机性能的影响	5
任务2 发动机的主要电子控制系统	5
一、电控燃油喷射系统	5
二、电控点火系统	5
三、其他辅助控制系统	5
本项目小结	6
练习与思考	6
项目二 发动机电控系统主要传感器	8
任务1 空气流量计的相关知识	9
一、空气流量计的作用及结构原理	9
二、空气流量计的拆检流程及技术要求	17
三、空气流量计典型故障案例分析	20
任务2 进气歧管绝对压力传感器相关知识	21
一、进气歧管绝对压力传感器的基本结构及工作原理	21
二、进气歧管绝对压力传感器的拆检流程及技术要求	23
三、进气歧管绝对压力传感器的典型故障案例分析	25
任务3 冷却液温度传感器及进气温度传感器相关知识	25
一、冷却液温度传感器及进气温度传感器的作用及结构原理	25
二、冷却液温度传感器及进气温度传感器的检测流程及技术要求	27
三、冷却液温度传感器及进气温度传感器典型故障案例分析	29
任务4 凸轮轴/曲轴位置传感器相关知识	30
一、凸轮轴/曲轴位置传感器的作用及结构原理	30
二、凸轮轴/曲轴位置传感器典型故障案例分析	36
任务5 节气门位置传感器相关知识	37
一、节气门位置传感器的作用及结构原理	37
二、节气门位置传感器的拆检流程及技术要求	38
三、节气门位置传感器典型故障案例分析	39

任务6 氧传感器相关知识	39
一、氧传感器的作用及结构原理	39
二、氧传感器的拆检流程及技术要求	42
三、氧传感器典型故障案例分析	43
任务7 爆燃传感器相关知识	44
一、爆燃传感器的作用及结构原理	44
二、爆燃传感器的拆检流程及技术要求	46
三、爆燃传感器典型故障案例分析	47
任务8 常见开关信号及其他类型传感器相关知识	48
一、起动开关信号	48
二、制动开关及离合器开关信号	48
三、空调开关信号	48
四、车速传感器	49
本项目小结	50
练习与思考	51
项目三 电控燃油喷射系统	53
任务1 电控燃油喷射系统的分类与结构	54
一、电控燃油喷射系统的功能及分类	54
二、电控燃油喷射系统的结构	60
任务2 燃油供给系统的相关知识	63
一、燃油供给系统的主要部件及工作原理	63
二、燃油供给系统的拆检流程及技术要求	78
三、燃油供给系统典型故障案例分析	82
任务3 空气供给系统的相关知识	83
一、空气供给系统的主要部件及工作原理	83
二、空气供给系统的拆检流程及技术要求	86
三、空气供给系统典型故障案例分析	89
任务4 电控系统的相关知识	89
一、电控系统的主要部件及工作原理	89
二、电控系统典型故障案例分析	90
本项目小结	91
练习与思考	92
项目四 电控点火系统	95
任务1 电控点火系统的结构组成及工作原理	96
一、电控点火系统的功能	96
二、电控点火系统的分类、结构组成及工作原理	100
任务2 电控点火系统主要部件的拆检步骤及故障案例分析	105
一、火花塞	105
二、分电器(有分电器式电控点火系统)	107



三、高压导线	111
四、点火线圈	112
五、点火模块	115
任务3 使用示波器检查电控点火系统故障	116
一、示波器的使用	116
二、点火波形分析	117
三、使用示波器检查典型故障案例分析	119
本项目小结	120
练习与思考	120
项目五 汽油机辅助控制系统	124
任务1 怠速控制系统的认识	125
任务2 排放控制系统的认识	134
一、排放控制系统概述	134
二、曲轴箱通风控制系统	135
三、燃油蒸气排放控制系统	137
四、废气再循环系统	141
五、三元催化转化器与空燃比反馈控制系统	143
六、二次空气供给系统	145
七、热空气供给系统	147
任务3 进气控制系统的认识	148
一、动力阀控制系统	148
二、谐波增压控制系统	149
三、可变配气相位控制系统	150
任务4 增压控制系统的认识	153
一、废气涡轮增压系统的结构组成	154
二、废气涡轮增压系统的工作原理	154
三、废气涡轮增压器的检修流程及技术要求	155
任务5 其他辅助控制系统的认识	156
一、巡航控制系统	156
二、冷却风扇及发电机控制系统	161
三、故障自诊断系统	162
四、失效保护系统	164
五、应急备用系统	165
本项目小结	165
练习与思考	166
项目六 汽油机电控系统常见故障诊断与检修	169
任务1 电控发动机使用及检修注意事项	170
一、电控发动机使用注意事项	170
二、电控发动机检修注意事项	170

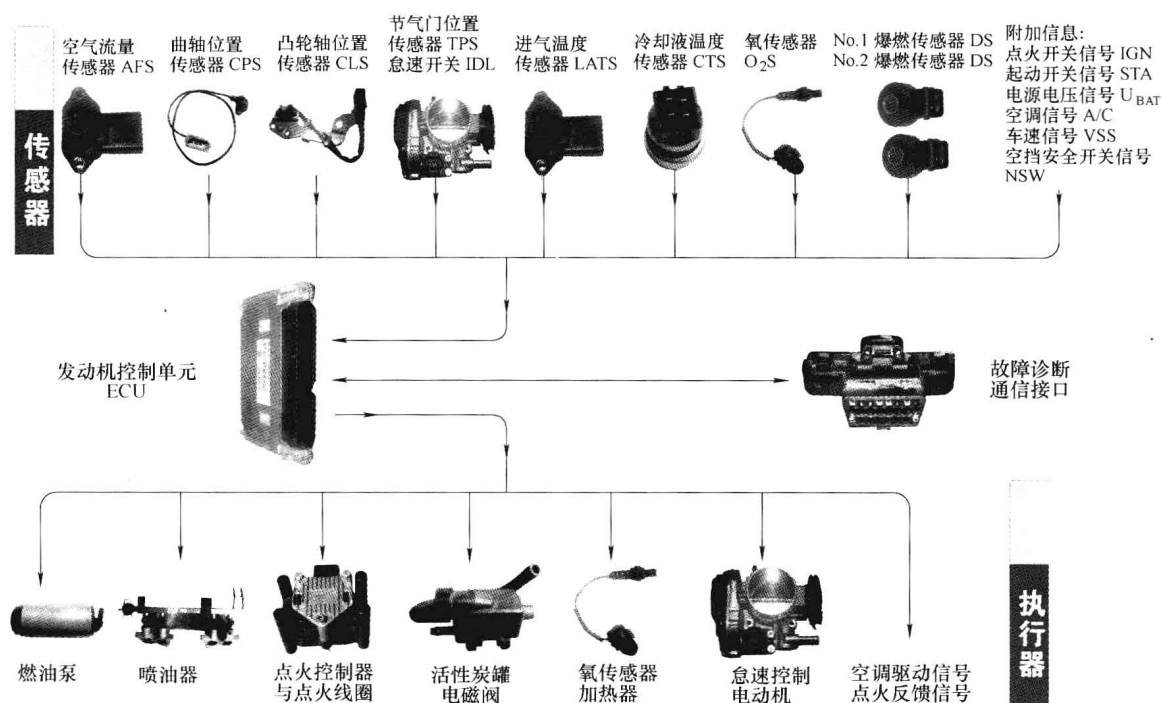


任务2 电控系统故障诊断检修常用工具、仪器的使用	170
一、电控系统故障诊断及检修常用工具的使用	170
二、电控系统故障诊断及检修常用仪器的使用	176
任务3 电控发动机的故障特征、诊断程序及分析方法	182
一、电控发动机常见故障的分类及特征	182
二、电控发动机故障诊断基本程序	183
三、电控发动机常见故障诊断的基本原则及分析方法	190
任务4 电控发动机疑难故障的检查项目	195
一、点火系统的检查	195
二、燃油压力及滤清器的检查	196
三、尾气排放的检查	196
四、进气系统泄漏的检查	197
五、气缸压缩压力的检查	197
任务5 电路识图基础知识	199
一、汽车电路的特点	199
二、汽车整车电路的组成	200
三、电路图的种类	201
四、汽车电路中的常见电路元件	203
五、汽车电路中的线路颜色、标记和符号	206
任务6 电控发动机常见故障及诊断流程	207
一、发动机不能起动	207
二、发动机怠速不稳、易熄火	208
三、发动机动力不足、加速不良	209
四、混合气过稀	209
五、混合气过浓	210
本项目小结	212
练习与思考	214
参考文献	217

项目一 汽车发动机电控技术概述

随着汽车技术及电子技术的不断发展，汽车电子技术得到了迅速应用，并成为一个国家汽车工业发展水平的标志。发动机电控技术也成为现代发动机的标志。

发动机电控系统主要由传感器、ECU 和执行器等组成。它通过对汽车运行参数的控制来提高发动机的性能。



【学习目标】

- ◇ 了解发动机电控技术的发展概况
- ◇ 知道应用在发动机上的主要电子控制系统



任务1 发动机电控技术的发展概况

一、电控技术发展过程

随着汽车技术及电子技术的不断发展,汽车电子技术得到了迅速应用,并成为汽车工业发展水平的标志。

汽车电子技术的发展大致可以分为三个阶段:

第一阶段,从20世纪60~70年代中期,主要是以单纯改善汽车部分性能而对汽车电器产品进行技术改造。如1955年汽车装用第一个电子装置——晶体管收音机、1960年美国克莱斯勒(Chrysler)公司和日本日产(Nissan)公司装用的硅二极管整流的交流发电机、1960年美国通用(GM)汽车公司将IC(集成电路)调节器应用于汽车上等,均发生于这一时期。

第二阶段,从20世纪70年代末期~20世纪90年代中期,主要是围绕汽车安全、节能和环保三大主题,汽车电控技术得到了更加广泛及完善的发展。如1967年德国博世(BOSCH)公司研制的电控汽油喷射系统、1970年美国福特(Ford)及德国博世(BOSCH)公司研制的电子控制防抱死制动系统(ABS)、1973年美国通用(GM)公司发明的IC点火装置、1976年美国克莱斯勒(Chrysler)公司首先装用的电控点火系统等,均发生于这一阶段。

第三阶段,20世纪90年代以后,在该期间电子技术的应用扩展到汽车底盘、车身、柴油机等领域,电控系统日趋完善。

二、汽车的主要电控系统

汽车电子控制系统可分为以下五个部分:

1) 发动机和动力传动集中控制系统(图1-1)。

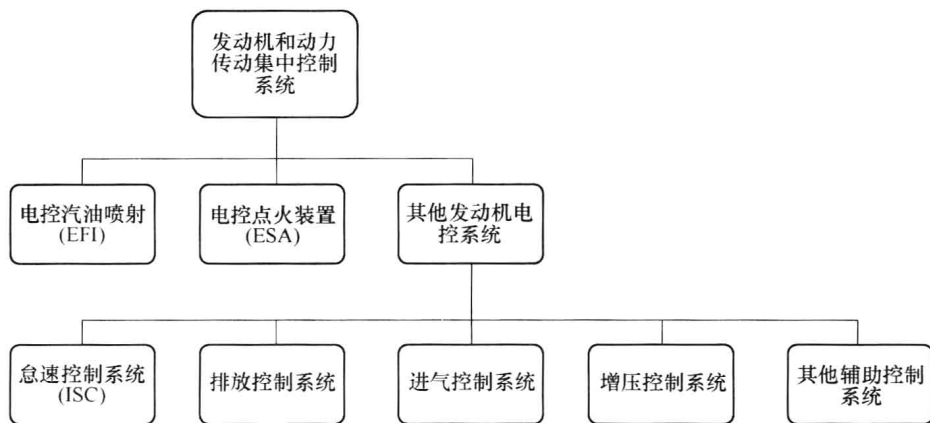
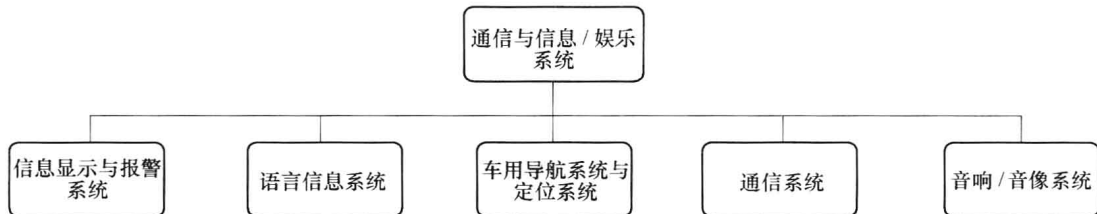
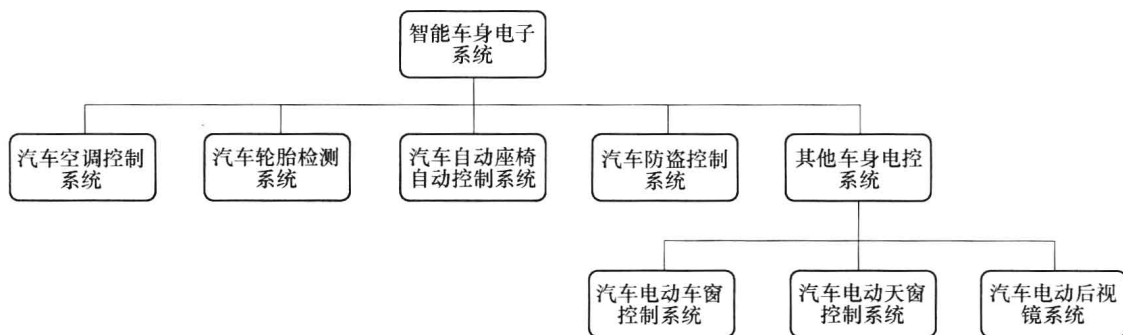
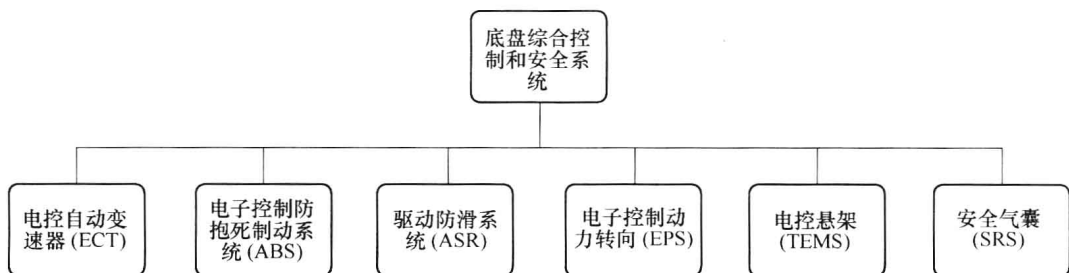


图1-1 发动机和动力传动集中控制系统

2) 底盘综合控制和安全系统(图1-2)。

3) 智能车身电子系统(图1-3)。

4) 通信与信息/娱乐系统(图1-4)。



5) 其他电控系统。

三、电控系统的基本组成及分类

电控系统一般由传感器、电子控制单元(ECU)、执行器三大部分组成。一套完整的电控系统和人体思维模式比较相似，传感器相当于人体的神经末梢，用于对外界信息进行监测；电子控制单元(ECU)相当于人体的大脑，收集并处理监测到的信息；执行器相当于人体的手和脚，用于执行大脑的指令。现代汽车电控系统方框图如图 1-5 所示，简化汽车控制系统模型如图 1-6 所示。

电控系统有开环控制系统和闭环控制系统两种基本类型。

开环控制系统是指 ECU 只根据传感器信号对执行元件进行控制，但控制结果是否达到预期目标对其控制过程没有影响；闭环控制系统是指在开环控制系统的基础上，还通过某些传感器，如用于喷油闭环控制的氧传感器和用于点火闭环控制的爆燃传感器，对控制结果进行检测并反馈给 ECU，ECU 再根据反馈信号对其控制误差进行修正。图 1-7 所示为电控系统



图 1-5 现代汽车电控系统方框图

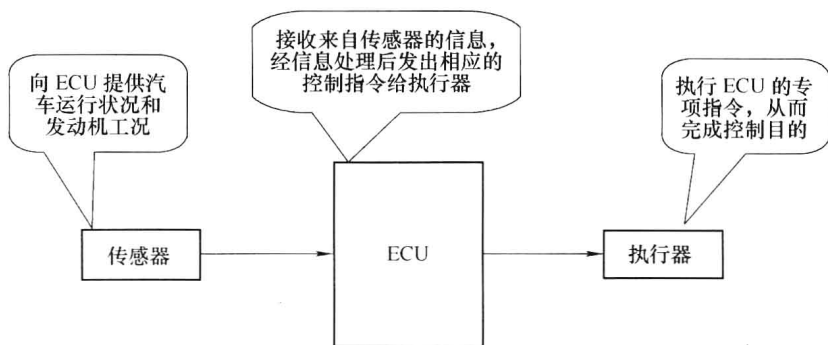


图 1-6 简化汽车控制系统模型

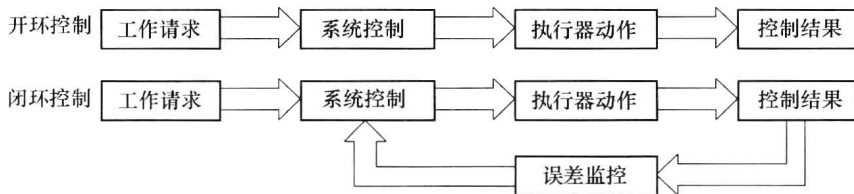


图 1-7 电控系统开环和闭环控制过程的示意图



开环和闭环控制过程的示意图。

目前汽车上的电控系统广泛采用开环控制与闭环控制相结合的方法进行控制。

四、电控技术对发动机性能的影响

1. 提高发动机的动力性

采用电控燃油喷射系统和进气控制系统,使发动机的充气效率提高,从而提高了发动机的动力性。

2. 提高发动机燃油经济性

电喷系统能精确控制空燃比,电控点火系统能精确控制点火提前角,从而使发动机燃烧更加完全。

3. 降低排放污染

电控系统使发动机在不同工况下都能获得更精确的可燃混合气浓度,降低了发动机的排放污染。

4. 改善发动机的加速和减速性能

电控系统 ECU 的高速处理功能,对进气量和供油量的控制能迅速响应,从而使发动机的加速和减速反应更灵敏。

5. 改善发动机的起动性能

在起动及暖机过程中,控制系统能根据发动机温度的变化,对喷油量和进气量进行精确控制,从而使发动机的起动更为容易。

任务2 发动机的主要电子控制系统

应用在发动机上的电子控制系统主要可以分为三大块:电控燃油喷射系统、电控点火系统及其他辅助控制系统。

一、电控燃油喷射系统

电控燃油喷射系统(Electronic Fuel Injection,EFI),是根据进气量确定基本喷油量,再根据其他传感器(如冷却液温度传感器、节气门位置传感器等)信号等对喷油量进行修正,使发动机在各种运行工况下均能获得最佳浓度的可燃混合气,从而提高发动机的动力性、经济性和排放性。

二、电控点火系统

电控点火系统(Electronic Spark Advance,ESA),主要是对点火提前角进行控制。根据各相关传感器信号,判断发动机的运行工况和运行条件,选择最理想的点火提前角点燃可燃混合气,从而改善发动机的燃烧过程,以实现提高发动机动力性、经济性和降低排放污染的目的。

三、其他辅助控制系统

其他辅助控制系统主要包括怠速控制系统、排放控制系统、进气控制系统、增压控制系



统、巡航控制系统、自诊断与报警系统、失效保护系统及应急备用系统等。

(1) 怠速控制系统 是在发动机怠速工况下,根据发动机冷却液温度、空调压缩机是否工作、变速器是否挂入挡位等,通过怠速控制阀对发动机的进气量进行控制,使发动机随时以最佳怠速转速运转。

(2) 排放控制系统 主要是对发动机排放控制装置的工作实行电子控制。排放控制的项目主要包括:废气再循环(EGR)控制、活性炭罐电磁阀控制、氧传感器和空燃比闭环控制,以及二次空气喷射控制等。

(3) 进气控制系统 主要是根据发动机转速和负荷的变化,对发动机的进气进行控制,以提高发动机的充气效率,从而改善发动机动力性。

(4) 增压控制系统 是对发动机进气增压装置的工作进行控制。在装有废气涡轮增压装置的汽车上,ECU 根据检测到的进气管压力,对增压装置进行控制,从而控制增压装置对进气增压的强度。

(5) 巡航控制系统 是在设定巡航控制模式后,ECU 根据汽车运行工况和运行环境信息,自动控制发动机工作,使汽车自动维持一定车速行驶。

(6) 自诊断与报警系统 系统将诊断出的故障信息以故障码的形式储存在存储器中,以便帮助维修人员确定故障类型和范围;同时,ECU 控制各种指示和报警装置,一旦控制系统出现故障,该系统就发出信号以警告提示。

(7) 失效保护系统 主要是当传感器或传感器线路发生故障时,控制系统自动按电脑中预先设定的参考信号值工作,以便发动机能继续运转。

(8) 应急备用系统 是当控制系统电脑发生故障时,自动启用备用系统(备用集成电路),按设定的信号控制发动机转入强制(安全)运转状态,以防车辆停驶在路途中。

本项目小结

1. 电控系统大体上可分为传感器、电子控制单元(ECU)和执行器三大部分,但不同的电控系统其结构特点也有所不同。

2. 采用发动机电控技术之后,发动机性能大幅度提高,这也是电喷系统及电控点火系统迅速普及的原因。

3. 使用在发动机上的电控系统主要有电控燃油喷射系统、电控点火系统、怠速控制系统、排放控制系统、进气控制系统、增压控制系统、巡航控制系统、自诊断与报警系统、失效保护系统和应急备用系统等。

4. 电控系统有开环和闭环两种控制类型。

5. 电控单元的基本功能是按照一定的程序对各种输入信号进行运算处理、储存、分析、处理,然后输出指令,控制执行元件工作,以达到快速、准确、自动控制发动机工作的目的。

练习与思考

一、填空题

1. 电控燃油喷射系统用英文表示为_____ ;怠速控制系统用英文表示为_____。



2. 目前, 应用在发动机上的电子控制系统主要包括电控燃油喷射系统、_____和其他辅助控制系统。

3. 电控点火系统最基本的功能是_____. 此外, 该系统还具有_____控制和_____控制功能。

4. 排放控制的项目主要包括废气再循环控制、活性炭罐电磁阀控制、氧传感器和_____, _____控制等。

5. 传感器的功用是_____。

6. 执行元件受_____控制, 其作用是_____。

7. 电控系统由_____, _____和_____三大部分组成。

8. 电控系统有_____和_____两种控制类型。

9. 应用在发动机上的电子控制技术有: 电控燃油喷射系统、_____, _____、_____, _____、进气控制系统、增压控制系统、巡航控制系统、自诊断与报警系统、失效保护系统和应急备用系统。

10. _____是采集并向 ECU 输送信息的装置。

二、判断题

1. 现代汽车广泛采用集中控制系统, 它是将多种控制功能集中到一个控制单元上。()

2. 电子控制系统中的信号输入装置是各种传感器。()

3. 闭环控制系统的控制方式比开环控制系统要简单。()

4. 开环控制的控制结果是否达到预期目标对其控制过程没有影响。()

5. 发动机集中控制系统中, 一个传感器信号输入 ECU 可以作为几个子控制系统的控制信号。()

6. 在发动机集中控制系统中, 同一传感器信号可应用于不同子控制系统中。()

7. 发动机集中控制系统中, 各子控制系统所需要的信息是不相同的。()

8. 后备系统是简易控制, 既能维持其基本功能, 又能保持发动机正常运行的最佳性能。()

三、问答题

1. 汽车电子技术的发展经历了哪三个阶段?

2. 电控技术对发动机性能有何影响?

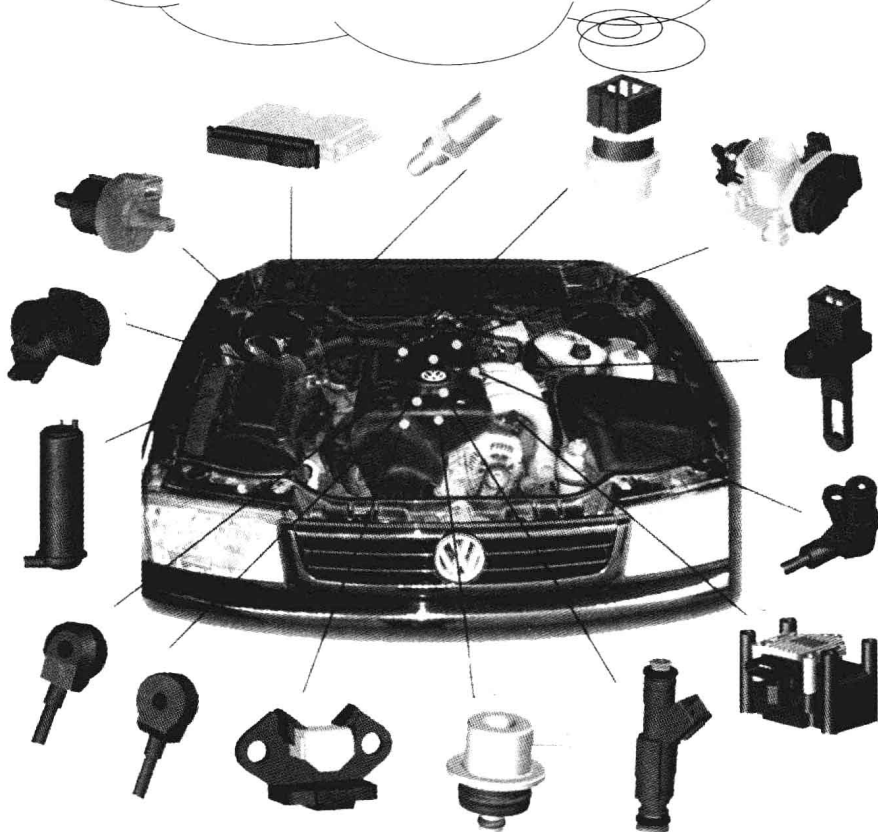
3. 传感器的功用是什么?

4. 什么叫开环控制系统? 什么叫闭环控制系统?

5. 电子控制单元的功能是什么?

项目二 发动机电控系统主要传感器

车用传感器是汽车计算机系统的输入装置，它把汽车运行中各种工况信息，如车速、各种介质的温度、发动机运转工况等，转化成电信号输送给 ECU，由 ECU 计算出最佳控制参数给执行器，以使发动机处于最佳工作状态。在汽车发动机上采用的传感器，主要有空气流量计、进气歧管绝对压力传感器、冷却液温度传感器、进气温度传感器、曲轴和凸轮轴位置传感器、节气门位置传感器、氧传感器、爆燃传感器、常见开关信号及车速传感器等。



【学习目标】

- ◇ 掌握空气流量计的相关知识
- ◇ 掌握进气歧管绝对压力传感器的相关知识
- ◇ 掌握冷却液温度传感器及进气温度传感器的相关知识
- ◇ 掌握凸轮轴/曲轴位置传感器的相关知识



- ◇ 掌握节气门位置传感器的相关知识
- ◇ 掌握氧传感器的相关知识
- ◇ 掌握爆燃传感器的相关知识
- ◇ 掌握常见开关信号及其他类型传感器的相关知识

任务1 空气流量计的相关知识

一、空气流量计的作用及结构原理

空气流量计主要应用于 L 型电控燃油喷射系统中,用于将单位时间内进入发动机的进气量转换成电信号,并将信号输入 ECU。空气流量计安装位置一般如图 2-1 所示。

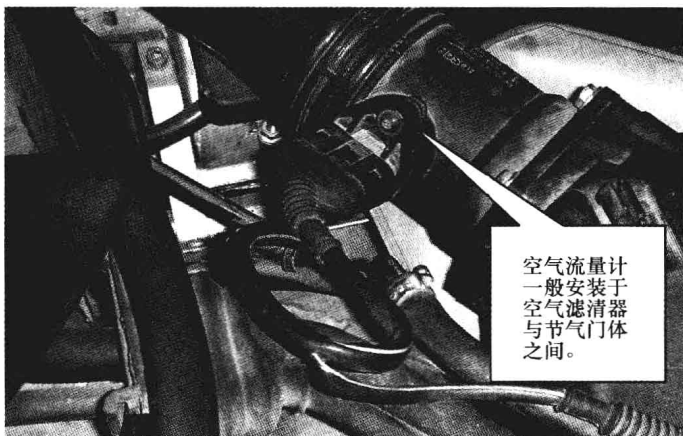


图 2-1 空气流量计的安装位置

空气流量计按照测量原理可分为叶片式空气流量计、热式空气流量计和卡门涡旋式空气流量计及量芯式空气流量计四种类型,如图 2-2 所示。

(一) 叶片式空气流量计

1. 叶片式空气流量计的结构

叶片式空气流量计也可以称为翼片式或翼板式空气流量计。其主要特点是结构简单、可靠性好,测量精度不受电压波动的影响;但其进气阻力大,急加速响应性较慢,外形尺寸较大,布置较困难。它主要应用于沃尔沃 760、雷克萨斯 ES300、宝马 535 等轿车发动机上。

叶片式空气流量计的结构如图 2-3 所示。它主要由测量板、补偿板(缓冲板)、回位弹簧、电位计、旁通空气道、怠速调整螺钉及接线插头等组成。叶片式空气流量计上一般还有一个电动燃油泵开关及一个进气温度传感器。

2. 叶片式空气流量计的工作原理

叶片式空气流量计的工作主要依赖于电位计(图 2-4)的工作。空气推力使测量板打开一个角度。当推开测量板的力和回位弹簧变形后的弹力相平衡时,测量板便停止转动,与测量板同轴转动的电位计轴带动可变电阻滑动触头滑动。当测量板保持某一开度时,就会使空气