



汽车发动机

电控技术

主编 焦 亮 赵玉清

QICHE
FADONGJI
DIANKONG JISHU



电子科技大学出版社

汽车发动机

QICHE
FADONGJI
DIANKONG JISHU

电控技术

主 编 焦 亮 赵玉清
副主编 王 雪 简立明



常州大学图书馆
藏书章



电子科技大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

汽车发动机电控技术 / 焦亮, 赵玉清主编. —成都:
电子科技大学出版社, 2015.5
ISBN 978-7-5647-3006-2

I. ①汽… II. ①焦…②赵… III. ①汽车—发动机
—电子系统—控制系统—高等学校—教材 IV. ①U464

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 108046 号

汽车发动机电控技术

焦 亮 赵玉清 主 编

出 版: 电子科技大学出版社
地 址: 成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 (邮编 610051)
策划编辑: 辜守义
责任编辑: 辜守义
主 页: www.uestcp.com.cn
电子邮箱: uestcp@uestcp.com.cn
发 行: 新华书店经销
印 刷: 四川永先数码印刷有限公司
成品尺寸: 185mm×260mm 印张 18 字数 430 千字
版 次: 2015 年 5 月第 1 版
印 次: 2015 年 5 月第 1 次印刷
书 号: ISBN 978-7-5647-3006-2
定 价: 46.00 元

版权所有★侵权必究

- ◆ 本社发行部电话: 028-83202463; 本社邮购电话: 028-83201495。
- ◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。

前 言

随着我国汽车工业的高速发展,电子控制技术越来越广泛地应用在汽车上,给汽车的使用和维修带来了根本改变。为了使汽车专业的学生及有关技术人员能更全面、系统地掌握有关汽车发动机电控技术的知识,笔者参阅了相关资料,编写了本教材。此外,为了使学生和读者了解未来汽车电子技术的新知识,还对被称为“绿色汽车”的动力装置燃气发动机电控技术及汽车车载网络技术做了介绍。

本书立足于汽车运用工程,突出了汽车维修专项技能方面的知识,密切结合维修市场,服务于专业。在教材编写过程中,进一步注意了内容的编排、文字的表述,进行了删繁就简、突出重点、兼顾全面的调整,以利于学习。

本书包括9章内容,主要针对当代汽车发动机电控技术方面的专业培训,讲解了发动机电控系统及其元器件的结构、原理以及检测维修。本教材能够满足汽车检测与维修、汽车电子等专业学生的教学要求,同时也可作为汽车维修中、高级技工培训提高的参考读本。

在此,对支持本书编写工作的全体同仁表示感谢,同时对本书所引参考文献的作者表示诚挚的谢意。

由于编者水平所限,加之时间仓促,书中难免有疏漏和不当之处,欢迎读者批评指正。

编 者
2015年2月

目 录

第一章 汽车电子控制系统	(1)
第一节 汽车电子控制系统概述	(1)
第二节 汽车电子控制系统的组成	(3)
第三节 汽车电子控制系统的分类	(8)
第四节 汽车发动机电控系统概述	(9)
第二章 汽油机电控燃油喷射系统	(17)
第一节 电控燃油喷射系统概述	(17)
第二节 汽油机电控燃油喷射系统的组成与工作原理	(19)
第三节 汽油机燃油供给系统的组成及工作原理	(22)
第四节 汽油机空气供给系统的组成及工作原理	(31)
第五节 控制系统主要元件的构造与检修	(34)
第三章 电控点火系统	(59)
第一节 概述	(59)
第二节 电控点火系统的组成与控制原理	(63)
第三节 电控点火系统主要部件的结构与工作原理	(68)
第四节 直接点火系统与有分电器电控点火系统	(73)
第五节 点火控制	(76)
第四章 汽油机高速控制系统	(84)
第一节 怠速控制系统的功能和组成	(84)
第二节 发动机怠速控制的工作原理	(85)
第五章 进气控制系统	(95)
第一节 进气控制系统概述	(95)
第二节 动力阀控制系统	(96)
第三节 谐波进气增压系统	(97)
第四节 可变配气相位控制系统	(100)
第五节 废气涡轮增压系统	(106)
第六节 电子节气门控制系统	(107)
第六章 排放控制系统	(117)
第一节 曲轴箱强制通风系统	(117)
第二节 汽油蒸发控制系统	(120)
第三节 废气再循环控制系统	(123)
第四节 二次空气喷射系统	(132)

第五节 催化转化系统·····	(133)
第七章 柴油机电控系统·····	(142)
第一节 概述·····	(142)
第二节 柴油机电控燃油喷射系统·····	(142)
第三节 直列柱塞泵电控燃油喷射系统·····	(144)
第四节 轴向柱塞式分配泵电控燃油喷射系统·····	(156)
第五节 径向柱塞式分配泵电控燃油喷射系统·····	(167)
第六节 泵喷嘴电控燃油喷射系统·····	(175)
第七节 单体泵电控燃油喷射系统·····	(183)
第八节 共轨式电控燃油喷射系统·····	(185)
第九节 柴油机电控燃油喷射系统传感器·····	(192)
第十节 柴油机电控燃油喷射系统主要附件·····	(202)
第八章 代用燃料发动机电控技术·····	(212)
第一节 概述·····	(212)
第二节 两用燃料发动机混合器供气电控系统·····	(219)
第三节 两用燃料发动机·····	(223)
第四节 电控 CNG 喷射系统 ·····	(229)
第九章 发动机电控系统常见故障诊断·····	(242)
第一节 注意事项·····	(242)
第二节 故障诊断的常用工具和仪器·····	(243)
第三节 故障诊断的基本方法·····	(252)
第四节 汽油机电子控制系统故障的诊断·····	(258)
第五节 发动机电控系统仪器诊断·····	(266)
参考文献·····	(281)

第一章 汽车电子控制系统

第一节 汽车电子控制系统概述

一、汽车电子控制系统的发展历程

从传统意义上讲,汽车由发动机、底盘、车身和电气设备四部分组成。而汽车发展至今,电子控制技术已贯穿于汽车的每一部分,如发动机燃油喷射控制、自动变速器控制、悬架智能控制、驱动防滑控制、电子防撞控制和空调自动控制等。

汽车电子化经历了四个阶段:二极管的发明促使了汽车电子的诞生(第一阶段,车载收音机、发电机硅整流器和晶体管无触点点火是当时的代表技术)、晶体管和模拟集成电路的诞生促生了汽车电子技术的第二次飞跃(发动机电子管理系统、电控自动变速器系统、制动防抱死系统等得到了很大的发展)、微型计算机的兴起使汽车电子进入了第三阶段(动力总成控制系统、制动/转向/悬架控制系统、车身电子控制系统、通信和导航系统等)、微型传感器和大容量存储系统的发展使汽车电子进入第四阶段(电子技术、自动控制技术、传感器技术、网络技术和机电一体化技术被综合应用在汽车上)。汽车电子技术的发展历程如图1-1所示。

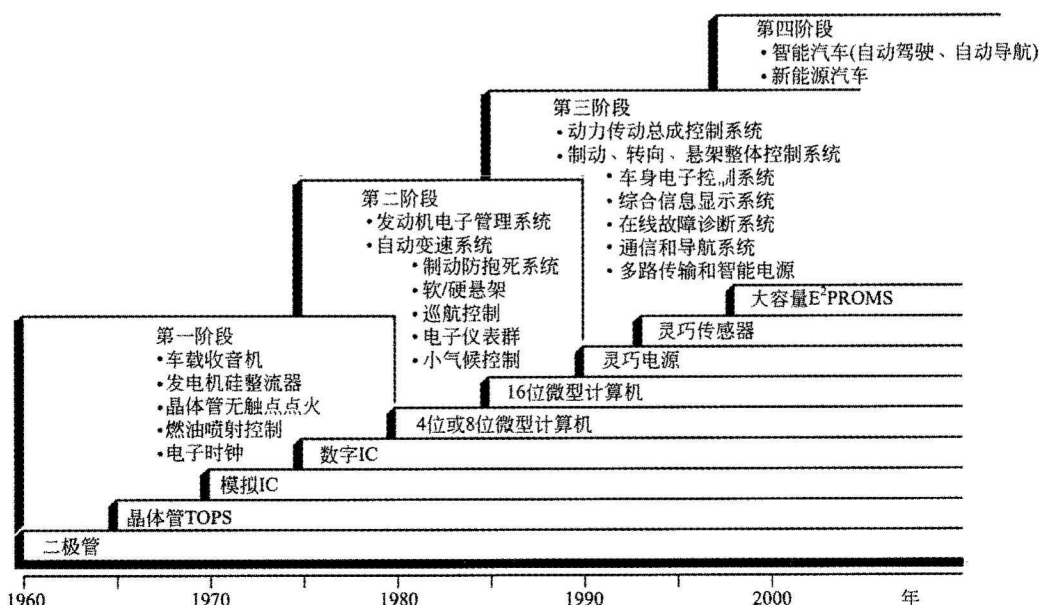


图1-1 汽车电子技术的发展历程

二、现代汽车电子控制系统

知识链接

奔驰 S 系列轿车的主要配置(见表 1 - 1)

表 1 - 1 奔驰 S 系列(S300、S350、S500、S600)轿车的主要配置

序号	系 统	配 置
1	动力系统	3.0 ~ 5.5L 发动机,连续可变气门系统、定速巡航控制系统,电子限速及可变限速装置、7 速 Touch shift 自动变速器,带转向盘换挡按钮
2	安全	驾驶员安全气囊、副驾驶员安全气囊、前排头部气囊(气帘)、后排头部气囊(气帘)、前排侧气囊、后排侧气囊、膝部气囊
3	防盗	车内中控锁、遥控钥匙、无钥匙启动系统
4	操控	ABS、制动力分配(EBD)、牵引力控制(ASR/TCS/TRC/ATC)、制动辅助(EBA/BAS)、车身稳定控制(ESP/DSC/VSC)、电控空气悬挂、胎压监测装置、零胎压继续行驶、动力随速转向、主动转向系统
5	外部配置	天窗(手动、电动、全景)、同色后视镜、运动板包围、铝合金轮毂
6	内部	真皮转向盘、左脚休息踏板、转向盘上下调节、转向盘前后调节、多功能转向盘、转向盘换挡、定速巡航、泊车辅助、多功能显示屏、HUD 抬头数字显示
7	座椅	真皮座椅、运动座椅、座椅高低调节、腰部支撑调节、前排座椅电动调节、电动座椅记忆、座椅加热、前座中央扶手、后座中央扶手、前后排杯架、座椅按摩/通风、后排座椅整体放倒及按比例放倒
8	多媒体	GPS 导航系统、DVD 语音电子导航系统、多媒体控制系统、蓝牙系统、车载电视、车载电话、中控台液晶屏、后排液晶屏、MP3 支持、单 CD(光盘)、多 CD 转换器、多 DVD 系统、2 ~ 3/4 ~ 5/6 ~ 7/8 喇叭以上扬声器系统
9	灯光	氙气大灯、自动大灯、转向灯、前后雾灯、大灯高度可调、大灯清洗装置
10	车窗/后视镜	前电动车窗、后电动车窗、防夹手功能、电动后视镜、后视镜加热、后视镜电动折叠、手动后遮阳帘、电动后遮阳帘、后视镜防眩目、后排侧遮阳帘、遮阳板化妆镜、感应雨刷
11	空调/冰箱	手动或自动空调、后座出风口、温度分区控制、车内空气调节、车载冰箱

汽车电子控制系统包括:发动机电子控制系统、底盘电子控制系统、车身电子控制系统、信息与通信系统和整车控制系统等,如图 1 - 2 所示。

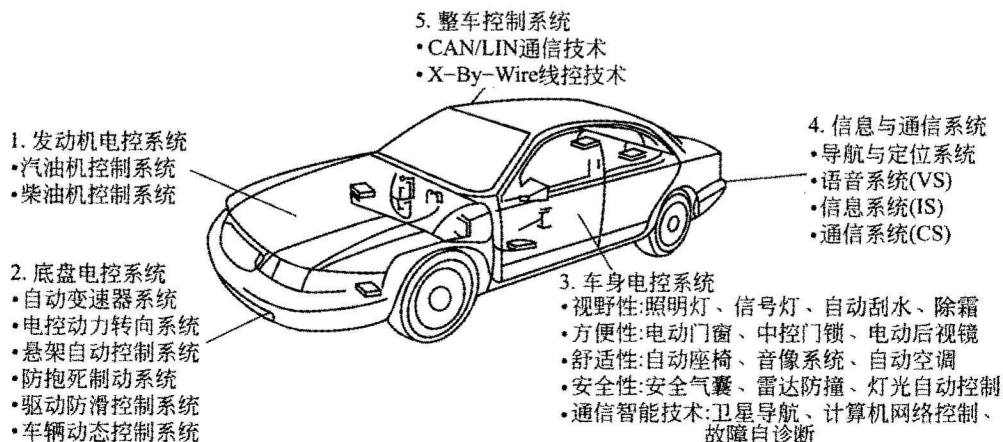


图 1 - 2 汽车电子控制系统

(一) 发动机电子控制系统

发动机电子控制系统(EECS)通过对发动机点火、喷油、空燃比和尾气排放等进行控制,使发动机在最佳状态下工作,达到整车性能好、节约能源、降低尾气排放的目的。

发动机电子控制系统主要包括:电控点火系统(ESA)、电控燃油喷射系统(EFI)、废气再循环控制(EGR)和怠速控制系统(ISC)等。

(二) 底盘电子控制系统

汽车底盘电子控制系统包括电控自动变速器系统、电控动力转向系统、电控悬架系统、防抱死制动系统、驱动防滑控制系统、巡航控制系统和车辆动态控制系统等。

(三) 车身电子控制系统

汽车车身电子控制系统包括改善汽车的视野性、安全性、方便性、舒适性、娱乐性通信与智能系统等。例如,汽车灯光自动控制系统、自动刮水与洗涤系统、自动门窗、自动天窗、自动座椅、汽车音像、自动空调、安全气囊和自动防撞系统等。

(四) 通信系统

通信系统包括汽车导航与定位系统、语音系统、信息显示系统和通信系统等。

(五) 整车综合控制系统(技术)

1. CAN/LIN 通信技术(车载网络系统)

CAN 即控制器局域网。CAN 总线在整车各 ECU(电子控制单元)之间交换信息,形成汽车电子控制网络。发动机管理系统、自动变速器和仪表装备等均嵌入 CAN 控制系统。

LIN 的目标是为现有汽车网络(如 CAN 总线)提供辅助功能。在智能传感器和制动装置之间通信,使用 LIN 总线可大大节省成本。

2. X-By-Wire(线控技术)

X-By-Wire 系统由三部分组成:控制系统、执行系统和通信系统。控制系统的功能是根据驾驶员的意图和车辆行驶状况,对执行器发出执行命令;执行系统的功能是在控制系统的控制下,完成具体的执行动作(转向、制动等);通信系统则实现控制系统和执行系统内部及其之间的信息传输。

第二节 汽车电子控制系统的组成

一、汽车电控发动机的总体结构

现代汽车电控发动机的总体结构如图 1 - 3 和图 1 - 4 所示。

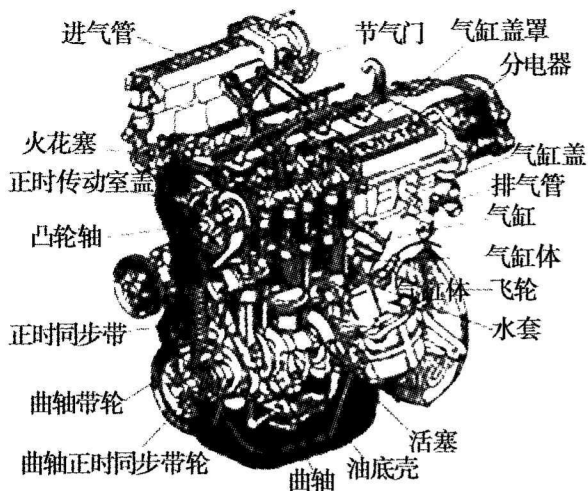


图 1 - 3 丰田 4E-FE 型电控发动机纵剖面

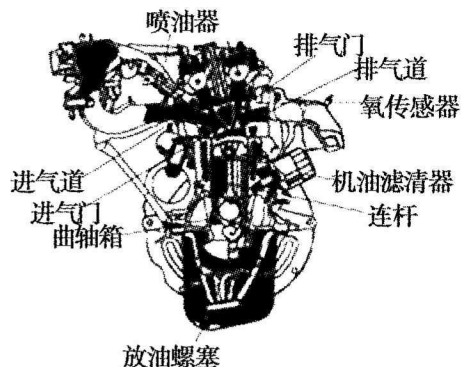


图 1 - 4 丰田 4E-FE 型电控发动机横剖面

二、汽车电子技术的组成

汽车电子技术包括汽车电子控制系统和车载电子信息系统两大部分,如图 1 - 5 所示。

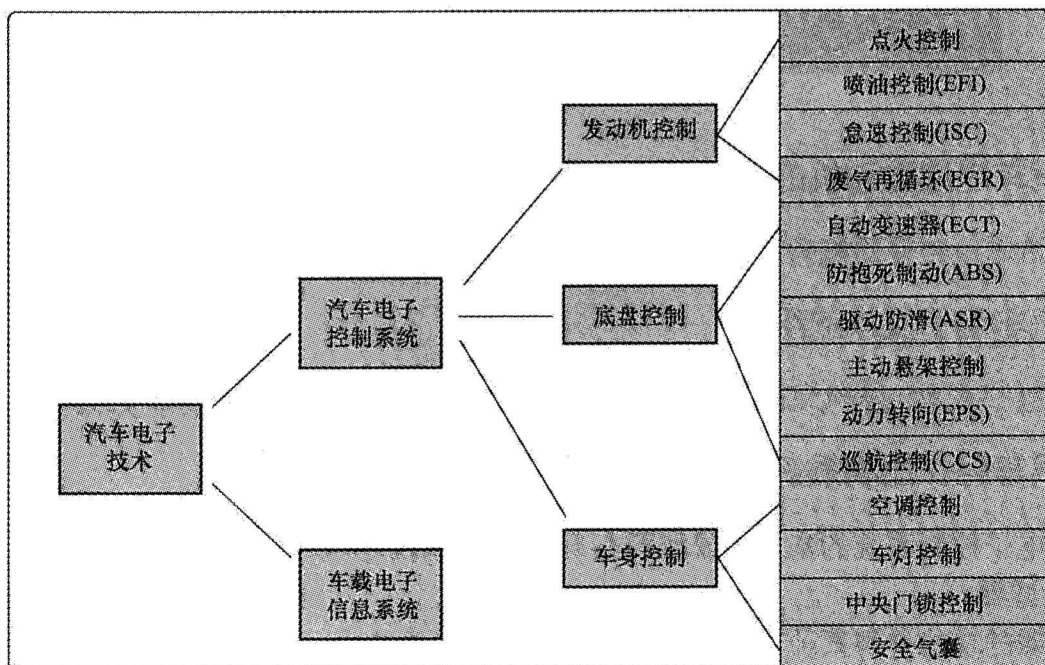


图 1 - 5 汽车电子技术的组成示意图

三、汽车电子控制系统的基本组成

汽车电子控制系统的基本组成如图 1 - 6 和图 1 - 7 所示。

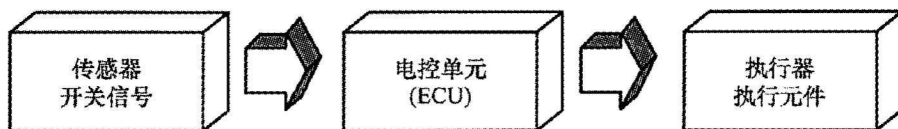


图 1-6 组成汽车电控系统的三个主要部分

汽车电子控制系统的基本组成包括三个主要部分,即传感器、执行器和电控单元。

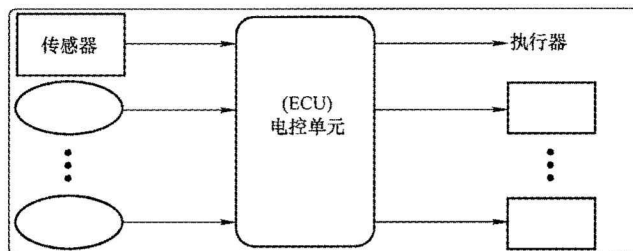


图 1-7 汽车电子控制系统的基本组成

(一) 传感器

传感器的功能是将某种变化的物理量(绝大部分是非电量)转化成对应的电信号。汽车电控系统的一些最常用的传感器如图 1-8 所示。



图 1-8 一些常用的传感器

传感器的作用:感受运行过程中诸如温度、压力、转速、位置、空气流量、气体浓度等物理量的状态及变化情况,并将其转变为数字信号送给控制单元。

(二) 执行器

汽车电控系统常用执行器如图 1-9 所示。

执行器:ECU 动作命令的执行者,通过执行器完成各种动作和实现系统的功能。常见各类执行器如继电器、直流电动机、步进电动机、电磁阀等。



图 1 - 9 一些常用的执行器

现代汽车电控发动机与传统发动机所不同的是其燃料供给系统和点火系统是由电控单元(ECU)控制的燃油喷射系统和点火系统。它们对于提高发动机的动力性、燃油经济性以及减少排放污染起到了关键性的作用。

(三) 电控单元(ECU)

图 1 - 10 展示了部分电控单元(ECU)的外形照片。

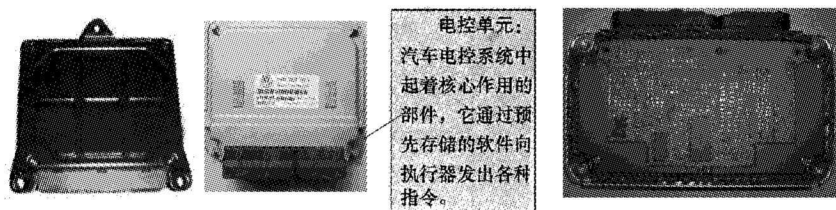


图 1 - 10 一些 ECU 实物图

(四) 电控系统框图

图 1 - 11 是电控系统的工作原理框图。

电控系统的工作原理：各类传感器将检测到的信号，经过放大和转换后输入给ECU，由ECU的微处理器对其进行计算和处理，然后再将各种经过输出处理的执行指令传递给各类执行器执行。

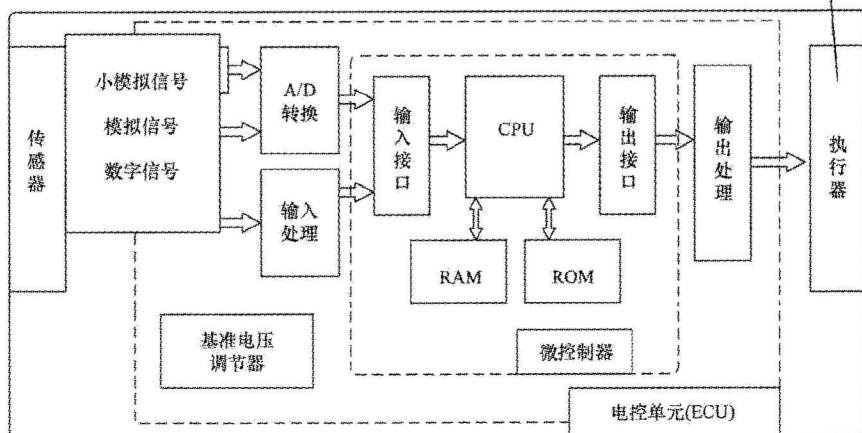


图 1 - 11 电控系统的工作原理框图

四、发动机电子控制系统的组成

(一) 发动机电控燃油喷射系统的部件组成

图 1 - 12 为桑塔纳 2000GSI、3000 型轿车电控系统的主要部件组成示意图。

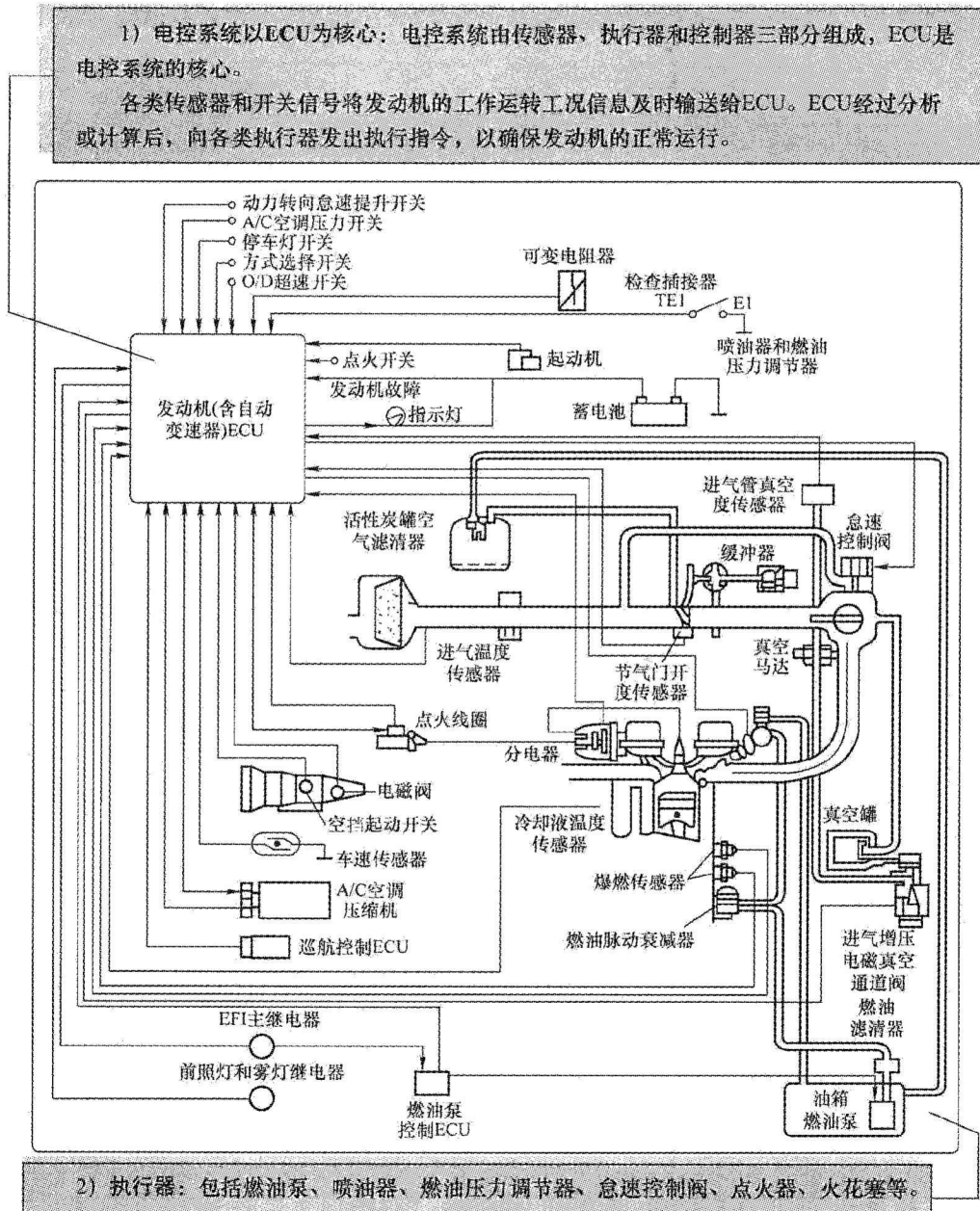


图 1 - 12 桑塔纳 2000GSI、3000 型轿车电控系统的部件组成示意图

(二) 发动机电控系统各类部件的安装位置

发动机电控系统的各类部件在轿车上的安装位置如图 1 - 13 所示。

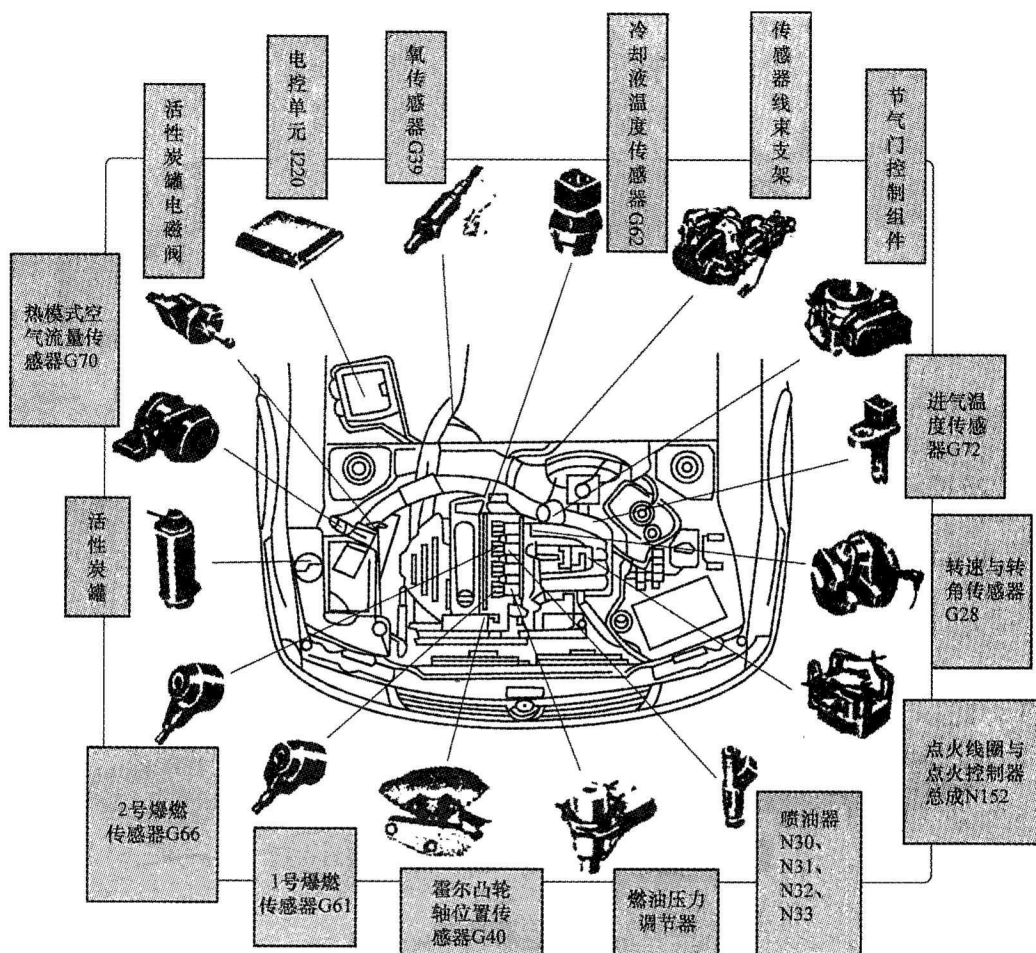


图 1 - 13 桑塔纳 2000GSi, 3000 型轿车电控系统控制部件的安装位置

第三节 汽车电子控制系统的分类

一、按控制对象分类

汽车电子控制系统按控制对象可分为三类,如图 1 - 14 所示。

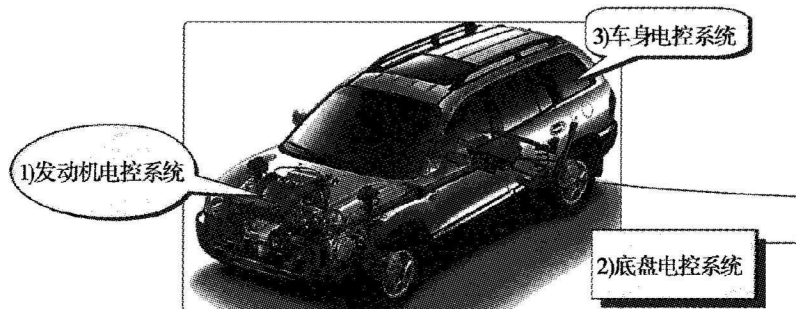


图 1 - 14 汽车电控系统按控制对象分类

二、按控制对象分类

汽车电子控制系统按控制目标可分为七类,如图 1 - 15 所示。

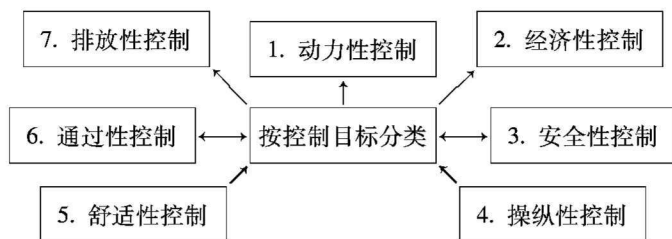


图 1 - 15 汽车电子控制系统按控制目标分类

第四节 汽车发动机电控系统概述

一、发动机电控系统的发展过程

(一) 发动机电控技术发展

1934 年,德国采用怀特(Wright)兄弟发明的向发动机进气管内连续喷射汽油来配制混合气的技术,研制成功了第一架采用燃油喷射式发动机的军用战斗机。

汽车上最初采用的电子装置是晶体管收音机,于 1948 年发明,到 20 世纪 60 年代,硅二极管第一次用于汽车的交流发电机上,继而大量应用于点火系统和调节器上。

1952 年,德国博世(Bosch)公司研制成功第一台机械控制汽油喷射式发动机,将汽油直接喷入气缸内,空燃比利用气动式混合气调节器调节,配装在戴姆勒—奔驰(Daimler - Benz)300L 型赛车上。

1958 年,Bosch 公司研制成功机械控制汽油喷射式发动机,空燃比采用机械式油量分配器调节,配装在戴姆勒—奔驰 220S 型轿车上。

集成电路于 1958 年发明,在 20 世纪 70 年代后期,为满足日益严格的汽车废气排放法规和人们对汽车发动机的燃料经济性的要求,开始对发动机的控制进行微处理。

1976 年,计算机首次用于汽车上,美国克莱斯勒公司用模拟计算机控制发动机的点火时刻。

1977 年,美国通用汽车公司将数字计算机用于点火自动控制系统,它是一种简单的现代计算机控制系统。

1979 年,开发了能综合控制点火时刻、排气循环、空燃比和怠速转速并具有自我诊断功能的电子式发动机的集中控制系统。

德国波许公司在 1967 年研制成功 D 型电子燃油喷射系统;同年,又开发了 L 型电子燃油喷射系统。1981 年,该公司又将电子燃油喷射系统中的叶片式空气流量计,改用热线式空气流量计,开发了 L - H 型电子燃油喷射系统。

20 世纪 80 年代,出现了计算机控制的汽车仪表系统,它可以对汽车上的几十个参数同时进行测量、处理,并对主要工况进行高、低限报警。

20 世纪 80 年代以后,电子技术在汽车上的应用范围越来越广。

汽车电子技术的应用,按其发展过程概括起来可以分为三个阶段:

第一阶段,从 20 世纪 60 年代中期到 20 世纪 70 年代中期,表现为电子装置代替某些机械部件,主要是为了改善部分性能而对汽车产品进行的技术改造。

第二阶段,从 20 世纪 70 年代末期到 20 世纪 90 年代中期,为解决安全、污染和节能三大问题,研制出电控汽油喷射系统、电子控制防滑制动装置和电控点火系统,表现为电子装置被应用于某些机械装置无法解决的复杂控制系统。

第三阶段,20 世纪 90 年代中期以后,电子装置成为汽车设计中必不可少的装置,承担着汽车基本控制任务,处理外部和内部的各种信息。电子技术广泛地应用在底盘、车身、车用柴油发动机等多个领域。

发动机采用电控技术以后,可以使其动力性、燃油经济性大大提高,可以降低排污,同时汽车的启动性能、加减速性能得到了很好的改善。

(二)现代汽车电控系统的发展趋势

汽车电子化被认为是汽车技术发展进程中的一次革命,汽车电子化的程度被看做是衡量现代汽车水平的重要标志,是用来开发新车型、改进汽车性能最重要的技术措施。汽车制造商认为,增加汽车电子设备的数量、促进汽车电子化是夺取未来汽车市场非常重要的有效手段。

早期的汽车电控系统多采用一个电子控制单元(ECU)控制汽车的某一个系统,如果有多个系统就要采用多个 ECU 进行控制,称为单独控制。现在一般利用微处理器使控制功能集中化,将多种控制功能集中到一个 ECU 上,可以不必重复设置传感器和 ECU,这称为集中控制系统。现代汽车都采用集中控制系统,例如,将发动机管理系统和自动变速器控制系统,集成为动力传动系统的综合控制(PCM);将制动防抱死控制系统(ABS)、牵引力控制系统(TCS)和驱动防滑控制系统(ASR)综合在一起进行制动控制;通过中央底盘控制器,将制动、悬架、转向、动力传动等控制系统通过总线进行连接。控制器通过复杂的控制运算,对各子系统进行协调,将车辆行驶性能控制到最佳水平,形成一体化底盘控制系统(UCC)。

汽车的各种操纵系统向着电子化和电动化发展,实现“线操控”,用导线代替原来的机械传动机构,例如,“导线制动”、“导线转向”、“电子油门”等。

由于汽车上的电子电器装置数量急剧增多,为了减少连接导线的数量和质量,网络、总线技术在此期间有了很大的发展。通信线将各种汽车电子装置连接成为一个网络,通过数据总线发送和接收信息。电子装置除了独立完成各自的控制功能外,还可以为其他控制装置提供数据服务。由于使用了网络化的设计,简化了布线,减少了电气节点的数量和导线的用量,使装配工作更为简化,同时也增加了信息传送的可靠性。通过数据总线可以访问任何一个电控装置,读取故障码对其进行故障诊断,使整车维修工作变得更为简单。车载局域网将逐步替代单独控制器;车载计算机的处理能力将有显著提高。

二、电控系统的基本概念

发动机电控技术的理论基础就是现代控制理论。从早期的经典控制到目前的智能控制,控制理论在汽车电控中得到了广泛的应用。主要有 PID 控制、最优控制、自适应控制、滑模控制、模糊控制、神经网络控制以及预测控制等。现代控制理论的发展使得电控系统更能

适应复杂的多变量系统、时变系统和非线性系统,甚至对于数学模型不甚精确的系统也能实施精确有效的控制,而这正是发动机电控得以实现的前提。发动机电控系统由若干个子控制系统组成。由于各汽车公司开发研制的电控系统千差万别,系统控制功能、控制参数和控制精度各不相同,采用的控制部件(传感器和执行器)的数量和类型也各不相同。无论子系统有多少,也不管系统有多复杂,都离不开一些共同的控制理论及技术。例如,自动控制是采用控制装置使被控制对象(如机器设备的运行或生产过程的进行)自动地按照给定的规律运行,使被控制对象的一个或数个物理量(如电压、电流、速度、位置、温度、流量等)能够在一定的精度范围内按照给定的规律变化。

(一) 电控系统的基本组成与类型

1. 组成

任何一种电控系统,都可分为信号输入装置、ECU 和执行元件三部分组成,其组成如图 1-16 所示。



图 1-16 电控系统的基本组成

信号输入装置(即各种传感器)用来检测发动机的运行参数或状态,将非电量的有关参数或状态转化成电信号,然后不失真地将有关信息提供给 ECU。目前,发动机用传感器有开关脉冲量和连续模拟量两种,具体应根据所需的监控参数及要求选用。

ECU 是以单片机为核心的控制器,是一个典型的数字式控制器,由单片机、接口电路等硬件和软件组成。主要硬件有中央处理器(CPU)、存储器、输入/输出(I/O)设备、定时器/计数器等。软件分为两种类型,即系统软件和应用软件。控制工程人员必须了解被控对象发动机及其控制目标,同时也必须了解和掌握单片机系统硬件、软件的设计和调试方法。主要功能为给各传感器提供参考电压,接受传感器信号即采集信息,对信息进行存储、计算和分析处理后向执行器发出指令、进行程序控制等。

在控制器的存储器中,预先存有所需的发动机的调控参数或状态的目标数据。这些目标数据是发动机的各种不同参数和最优运行结果的综合,一般是通过统计或实测得到的。当由传感器检测到的发动机的某一实际参数进入单片机控制器后,先与存储器中的相应参数和最优运行结果比较。如果两者相同,则整个发动机电控系统保持原状态,发动机继续按先前状态运行。反之,当实际参数偏离目标参数时,单片机控制器则会根据该偏离值的大小和极性(正或负),按一定的控制策略进行有关信息的处理。

对数字信号的处理主要有两种方法:

第一种是根据预定控制规律的控制算法对输入信号进行直接运算和处理,然后输出控制信号,这是一种较为简单的控制;

第二种是对输入的数字信号进行特征抽取,从大量的输入信号中抽取那些有用的信息,然后根据所抽取的特征值来决定控制决策,这是一种较为复杂的高级控制。

经过运算处理后,控制器通过 I/O 通道输出控制决策信号。这些信号只能以数码形式出现,它既可以表示数值的大小或极性,也可以代表约定的确定信息。当执行器所需要的是连续时间函数信号(模拟量)时,控制器的输出信号还必须通过数/模(D/A)转换器,然后再输给执行器的驱动部分。这样,执行器就按特定的规律调节发动机的有关机构,使发动机的相应