



电控发动机检测

DIANKONG FADONGJI JIANCE

杨雪茹 主编
梅德纯 主审



梅德纯 主审

电控发动机检测

DIANKONG FADONGJI JIANCE

杨雪茹 主编

赵永城 王瑜 汤彬 程红星 参编



江苏大学出版社
JIANGSU UNIVERSITY PRESS

镇江

图书在版编目(CIP)数据

电控发动机检测 / 杨雪茹主编. —镇江: 江苏大学出版社, 2014. 6
ISBN 978-7-81130-717-7

I. ①电… II. ①杨… III. ①汽车—电子控制—发动机—检测—高等学校—教材 IV. ①U472.43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 120358 号

电控发动机检测

主 编/杨雪茹
责任编辑/李菊萍
出版发行/江苏大学出版社
地 址/江苏省镇江市梦溪园巷 30 号(邮编: 212003)
电 话/0511-84446464(传真)
网 址/<http://press.ujs.edu.cn>
排 版/镇江文苑制版印刷有限责任公司
印 刷/丹阳市兴华印刷厂
经 销/江苏省新华书店
开 本/787 mm×1 092 mm 1/16
印 张/13.25
字 数/333 千字
版 次/2014 年 6 月第 1 版 2014 年 6 月第 1 次印刷
书 号/ISBN 978-7-81130-717-7
定 价/29.00 元

如有印装质量问题请与本社营销部联系(电话:0511-84440882)

前 言

为满足汽车维修行业技能型人才培养的需求,适应职业教育全面施行理论实践一体化的教学要求,本书的编写紧紧围绕以职业工作需求为培养目标,以技能训练为中心,注重实践操作,增强学生的感性认识,激发学习兴趣,理论指导实践,使学生能够轻松掌握所学知识,自然达到融会贯通的效果。

本书将专业知识项目化,从基础知识和技能训练入手,理论联系实际,注重反映职业教育实用化的特点,内容具有一定的系统性、实用性和先进性,有利于培养学生分析问题、解决问题的能力和团队协作的能力。

全书分为汽油发动机电控系统的认知、汽油发动机电控燃油喷射系统的检修、汽油发动机电控点火系统的检修、排气净化与排放控制系统的检修、发动机怠速控制系统检修 5 个项目,结合讲解基础知识和专业技能,培养学生解决实际问题的能力。

本书 5 个项目都由江苏省交通技师学院教师编写,其中项目一由赵永城负责,项目二由杨雪茹负责,项目三由汤彬负责,项目四由程红星负责,项目五由王瑜负责。全书由杨雪茹统稿,江苏省交通技师学院梅德纯主审。参加本书编写和整理的还有邹明森、刘爱志、吴飞、朱阳、傅明海、黄华、王圣惟老师。

本书在编写过程中,得到镇江奥达汽车销售服务有限公司、南京天泓汽车集团有限公司、镇江宝德汽车服务有限公司、镇江凡达汽车销售有限公司、镇江飞驰商务车有限公司、镇江浩伟汽车贸易有限公司等单位的大力支持,在此一并表示感谢!

由于编者水平所限,书中难免有错误和疏漏之处,恳请广大读者批评和指正!

编 者

Contents

目 录

项目 1 汽油发动机电控系统的认知	1
任务 1 知识准备	2
汽车发动机电控技术概述	2
发动机电控系统的组成及工作原理	2
电控系统在汽油发动机上的应用	3
任务 2 项目实施	12
任务 3 拓展知识	13
车间安全知识	13
工具和设备使用注意事项	17
巩固与提高	25
项目 2 汽油发动机电控燃油喷射系统的检修	29
任务 1 知识准备	30
电控燃油喷射系统概述	30
电控燃油喷射系统的组成及工作原理	34
空气供给系统主要元件的构造与检修	42
燃油供给系统主要元件的构造与检修	55
控制系统主要元件的构造与检修	61
任务 2 项目实施	73
任务 3 拓展知识	83
巩固与提高	89
项目 3 汽油发动机电控点火系统的检修	97
任务 1 知识准备	98
汽油发动机电控点火系统概述	98
电控点火系统的控制功能	101



电控点火系统的检修	110
任务2 项目实施	112
任务3 拓展知识	122
电控点火系统检修注意事项	122
电控点火系统故障排除实例	123
巩固与提高	126
项目4 废气净化与排放控制系统的检修	131
任务1 知识准备	132
排放污染物概述	132
废气净化措施	133
二次空气喷射系统检修	135
汽油蒸气排放控制系统(EVAP)的检修	136
废气再循环(EGR)控制系统检修	139
三元催化转化器的检修	141
曲轴箱强制通风装置的检修	145
进气增压控制系统的检修	147
任务2 项目实施	150
任务3 拓展知识	156
废气净化系统检修注意事项	156
巩固与提高	158
项目5 发动机怠速控制系统检修	163
任务1 知识准备	164
怠速的定义及怠速控制的任务	164
怠速控制系统的功能与组成	165
怠速控制机构(怠速控制器)的分类、结构及工作原理	167
任务2 项目实施	177
任务3 拓展知识	190
电控燃油喷射式发动机常见典型故障的检修	190
故障诊断基本流程	198
巩固与提高	200
参考文献	203

项目 1

1

汽油发动机电控系统的认知

项目要求：

1. 了解电控汽油发动机电控技术的发展概况；
2. 掌握发动机电控系统的组成和基本工作原理；
3. 了解电控系统在汽油发动机上的应用；
4. 掌握常用工具的使用方法；
5. 掌握在生产中的安全要求和安全规范。

任务 1

知识准备

汽车发动机电控技术概述

汽车是当今社会最重要的交通工具之一,各国的汽车研究人员普遍认识到,采用电子技术是解决汽车制造业面临的许多技术难题的最佳方案,尤其是在汽车发动机方面。

汽车发动机电控技术的发展始于 20 世纪 60 年代,可分为 3 个阶段。

第一阶段,从 20 世纪 60 年代中期到 70 年代末期,主要是为改善部分性能而对汽车电器产品进行技术改造。例如,1955 年汽车上安装了第一个电子装置——晶体管收音机,1960 年美国克莱斯勒公司和日本日产公司在汽车上安装了硅二极管整流的交流发电机,同年美国通用公司将 IC(集成电路)调节器应用于汽车上。

第二阶段,从 20 世纪 70 年代末期到 90 年代中期。进入 20 世纪 70 年代后,随着汽车数量的日益增多,汽车安全问题和排放污染日益严重,能源危机的影响更加突出,汽车发达国家相继制定了严格的排放法规和汽车燃油经济性法规。为解决汽车安全、节能和污染三大问题,电子技术在汽车上的应用更加广泛和完善。例如,1967 年德国 BOSCH 公司研制出电控燃油喷射系统,1970 年美国福特公司首先在汽车上应用了除发动机以外的电控装置,1973 年美国通用公司在汽车上装用了 IC 点火装置,1976 年美国克莱斯勒公司首先装用了电控点火系统。

第三阶段,从 20 世纪 90 年代中期到现在,这一阶段的发展主要体现在以“人—车—环境”为主线的系统工程整体的优化上,即在人工智能方面。例如,使汽车不仅能在高速公路上行驶,而且也将能在信息高速公路上奔驰(如 1997 年出现的网络汽车)。汽车不仅是人们可靠的交通工具,而且也将变成人际交往的流动办公室和舒适的娱乐室,成为人类社会活动中的重要场所。

随着现代电子技术的飞速发展,特别是微机技术在汽车上的广泛应用,使得汽车的内涵和功能不断拓展和延伸,汽车机电一体化——汽车电子化正逐渐成为现代汽车(特别是轿车)的基本特征。发动机电控设备作为汽车电控系统中的重要一环,为适应日趋严格的安全、排放法规,受到国内外汽车厂商的高度重视,并得到了空前发展。

发动机电控系统的组成及工作原理

发动机电控系统主要由传感器、电子控制单元(ECU)、执行器 3 个部分组成,如图 1.1 所示。传感器作为输入部分,用于测量物理信号(温度、压力等),并将其转换为电信

号;ECU 的作用是接收传感器的输入信号,并按设定的程序进行计算处理,输出处理结果;执行器则根据 ECU 输出的电信号驱动执行机构,使之按要求变化。

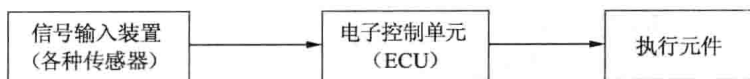


图 1.1 发动机电控系统基本组成

1. 电子控制单元(ECU)

ECU 以微机为中心,包括前置的 A/D 转换器、数字信号缓冲器以及后置的信号放大器等。微机运算速度快、精度高,能实时控制,并具备多中断响应等功能。当前 ECU 的发展总趋势是从单系统单机控制向多系统集中控制过渡。汽车电控系统将采用计算机网络技术使发动机电控系统、车身电控系统、底盘电控系统及信息与通信系统等各系统的 ECU 相连接,形成机内分布式计算机网络,实现汽车电子综合控制。

2. 传感器

传感器通常由敏感元件和转换元件组成,用来检测发动机的温度、转速、压力等信号,并将其转换成电压信号传递给发动机 ECU。

3. 执行器

执行器用来执行 ECU 发出的命令信号。目前,汽车电控系统的执行器种类繁多,有电磁阀、电动机、压电元件、点火器、电磁继电器、热电偶等,它们的结构与功能不尽相同。执行器的发展方向是智能化执行器和固态智能动力装置。



电控系统在汽油发动机上的应用

发动机电控系统可分为电控汽油喷射、电控点火、怠速控制、废气再循环控制、增压控制、故障自诊断、故障保险、备用控制以及其他控制技术。

1. 电控汽油喷射(EFI)系统

电控汽油喷射系统(简称电喷系统)是在 19 世纪 60 年代末发展起来的,较之早期普遍使用的化油器供油系统,其突出优点在于更为精确的空燃比控制,可实现最佳空燃比,同时电喷技术改善了汽油的雾化、蒸发性能,提高了发动机功率和扭矩。

目前,电喷系统主要采用开环与闭环控制(反馈控制)相结合的控制方式。对暖机、怠速等需要供给浓混合气的工况采取开环控制,其他工况下则通过排气管中设置的氧传感器,测量实际空燃比进行反馈控制。系统控制的原理框图如图 1.2 所示。

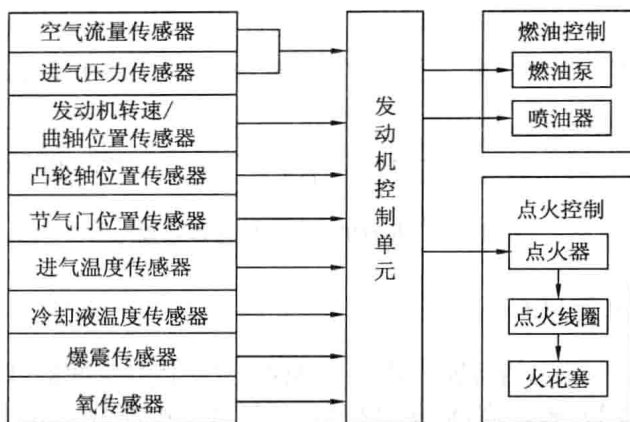


图 1.2 电控发动机系统控制原理框图

ECU 根据空气流量计或进气歧管绝对压力传感器和转速传感器信号测量进气空气量,根据冷却液温度、进气温度、氧传感器信号等确定合适的空燃比,计算所需喷油量,进而对执行器(喷油器和电路断开继电器)进行控制。

按照喷油器安装位置的不同,电喷系统可分为 3 种形式:单点喷射(SPI)、多点喷射(MPI)和缸内直接喷射。

单点喷射系统将 1~2 个喷油器安装在进气管节气门处,如图 1.3 所示。

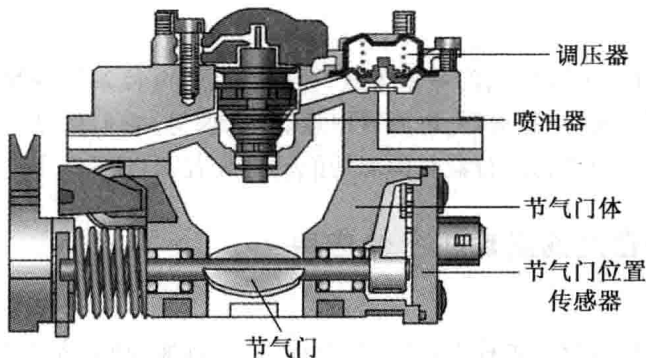


图 1.3 单点喷射系统

多点喷射系统(如图 1.4 所示)的各个喷油器分别安装在各缸的进气歧管上,使各缸混合气分配较均匀,故在轿车中应用较广。按照其喷油时序的不同,多点喷射又可细分为同时喷射、分组喷射和顺序喷射 3 种。其中,顺序喷射使喷油器能按各缸的点火顺序进行喷油,每循环喷一次,该喷射方式较其他两种喷射方式应用效果更好。

缸内直喷(如图 1.5 所示),特别是四冲程汽油机缸内直喷是当前轿车汽油喷射中的前沿技术,最早由日本三菱公司研制开发。其喷油器安装在气缸盖上,工作时直接将汽油喷入气缸内进行混合燃烧。直喷技术的实现大大降低了汽油机的油耗,动力性能也较缸外喷射更为优越;同时,配合其他机构,使得高空燃比稀燃技术得以实现。

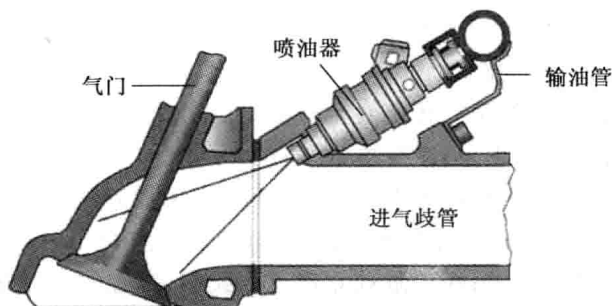


图 1.4 多点喷射系统



图 1.5 缸内直喷系统

2. 电子控制点火系统

早在 20 世纪初,点火系统在汽车发动机上就已开始应用,从有触点式、普通无触点式(如图 1.6 所示)、集成电路式,发展到现今的微机控制电子点火系统。微机控制电子点火系统可控制并维持发动机点火提前角(ESA)在最佳范围以内,使汽油机的点火时刻更接近于理想状态,进一步挖掘出了发动机的潜能。

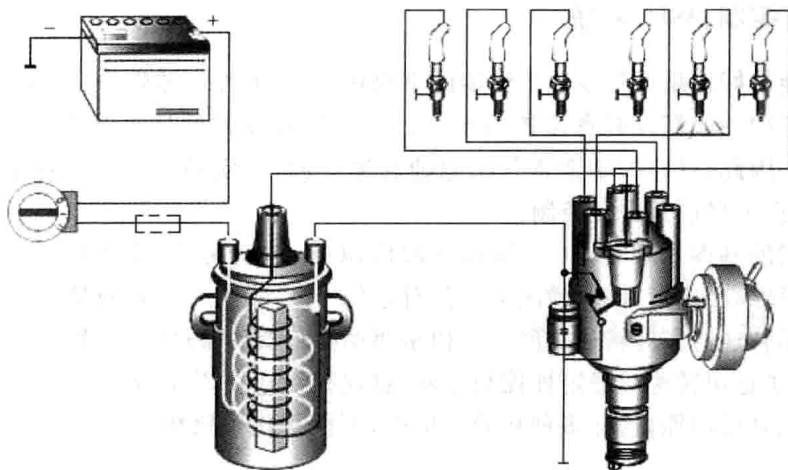


图 1.6 普通无触点式点火系统



在微机控制点火系统中,目前出现了一种无分电器式点火(DIS)系统,它取消了普通微机控制点火系统中的分电器,改由 ECU 内部控制各缸配电。点火线圈产生的高压电不需经过分电器分配,直接送至火花塞发生点火。无分电器式点火系统可消除分火头与分电器盖边电极的火花放电现象,减少电磁干扰。

无分电器式点火系统根据点火顺序的不同可分为双缸同时点火和单缸独立点火(如图1.7所示)两种。在双缸同时点火方式中,每两缸一组合用一个点火线圈,所有缸体分成若干组按组依次进行点火;在单缸独立点火方式中,每缸的火花塞都设有单独的点火线圈,各缸可依次点火。

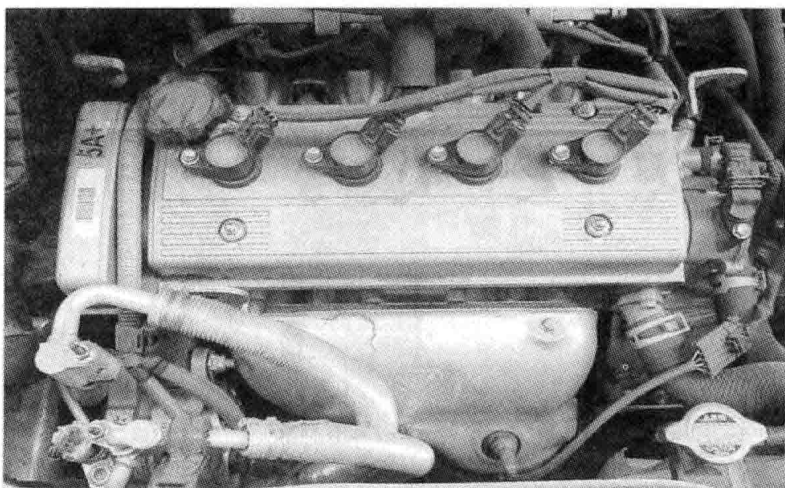


图 1.7 独立点火系统

在发动机的电控点火系统中,采用了开环和闭环相结合的控制形式。启动阶段的点火时刻由 ECU 中的专门信号进行开环控制;正常运行期间,则通过增设爆震传感器进行爆震反馈控制,根据爆震传感器的反馈信号调整点火时刻使发动机保持在临界爆震状态。

3. 怠速控制 (ISC) 系统

怠速性能的好坏是评价发动机性能的重要指标,怠速性能差将导致油耗增加、排污加重。现代轿车中一般都设有怠速控制系统,由 ECU 控制并维持发动机怠速在某一稳定转速范围内。因此,怠速控制通常是指怠速转速控制,其实质就是对怠速工况时的进气量、喷油量及点火提前角进行控制。

怠速控制的基本原理是 ECU 根据冷却液温度、空调负荷、空挡信号等计算目标转速,并与实际转速相比较,同时检测节气门怠速信号及车速信号,判断是否处于怠速状态,确认后按目标转速与实际转速之间的差值来驱动执行器调整进气量,如图 1.8 所示。

目前,除了怠速转速的稳定性控制之外,怠速控制还可以实现启动控制、暖机控制以及负荷变化控制等功能,这样多种功能的集中,不仅简化了机构,而且也提高了怠速控制的精确性。

怠速控制系统根据进气量控制方式的不同可分为节气门直动式和旁通空气式两种。

怠速控制阀是旁通空气式怠速控制系统的执行器,按工作原理不同有步进电机式、旋转电磁阀式、占空比式和开关控制式等几种类型。

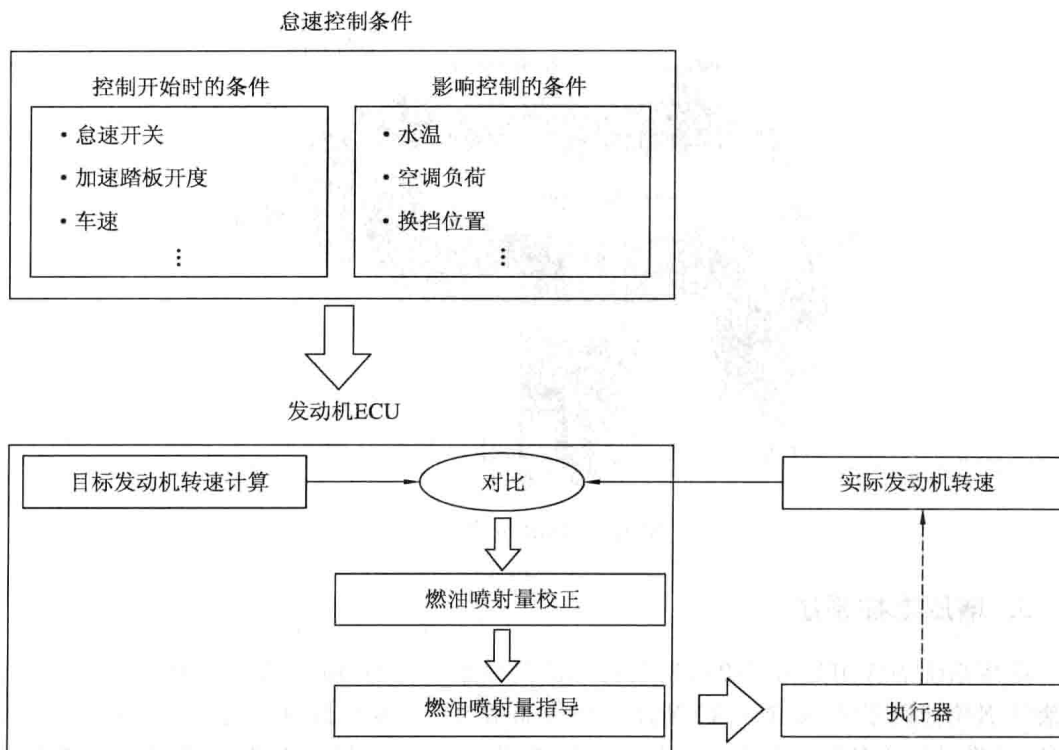


图 1.8 怠速控制基本原理图

4. 废气再循环(EGR)电控系统

将少量的废气(5%~20%)再次循环进入气缸与新鲜可燃混合气混合后燃烧,可有效抑制 NO_x 的产生。EGR 电控系统由 ECU 控制 EGR 阀改变流通截面来调节排气量,从而实现再循环废气率的变化。通常在发动机暖机、怠速、低负荷、高负荷等工况下不需进行 EGR 控制。

EGR 控制的一般过程如下:ECU 根据发动机的转速、节气门开度、冷却液温度等信号计算最佳再循环废气率,再通过控制 EGR 阀的开度来实现 EGR 控制。而 ECU 对 EGR 阀的控制,实质上是通过真空调节阀的控制来实现的。真空调节阀一般是电磁式的,将 ECU 输出的电信号转换为气压变化,从而实现对气动式 EGR 阀的控制。ECU 还通过压力传感器或 EGR 位置传感器测量再循环废气率信号进行反馈控制。

EGR 电控系统如图 1.9 所示。

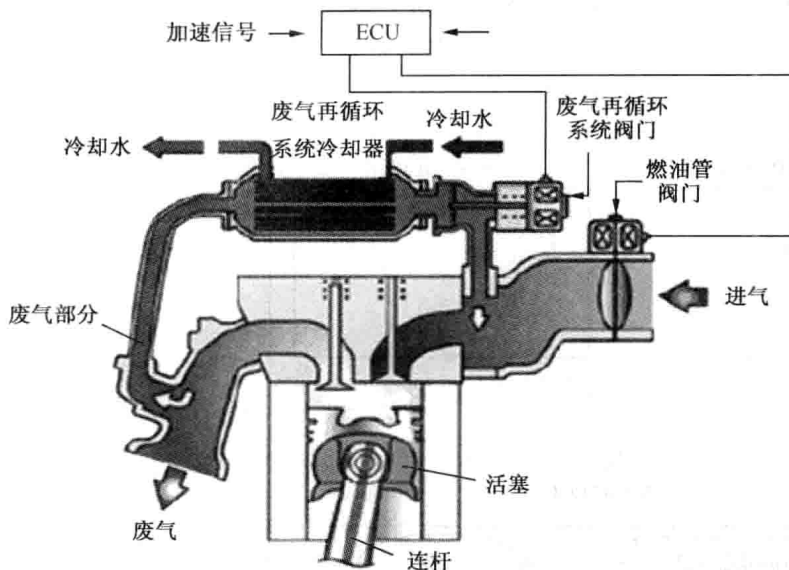


图 1.9 EGR 电控系统

5. 增压电控系统

增压系统的作用是为了提高发动机的进气效率。目前,应用较普遍的增压系统是电控废气涡轮增压系统,如图 1.10 所示。增压器是为与发动机低速小负荷工况相匹配而设计的,当发动机大负荷运行时容易导致增压器超速运行而损坏,为此,电控废气涡轮增压系统专门在排气管废气涡轮室中增加了一个旁通气道,由 ECU 控制切换阀的开度大小进行调整,切换阀闭合,废气通过涡轮室排出;当发动机大负荷运行导致废气涡轮转速升高,进气压力超过限值时,ECU 将开启切换阀,使旁通气道导通,废气不经涡轮室而直接由旁通气道排出,增压器停止工作。

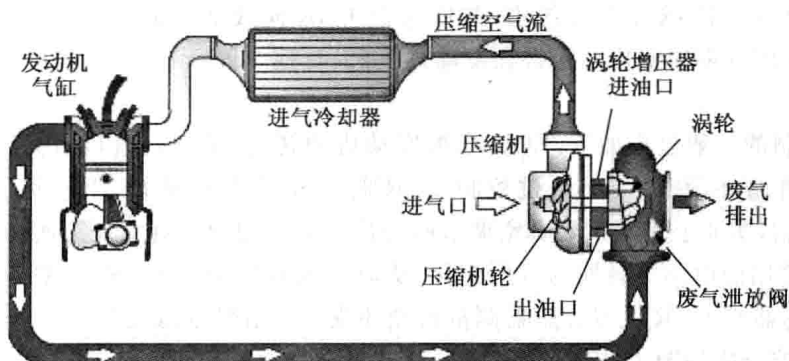


图 1.10 电控废气涡轮增压系统

6. 故障自诊断系统

现代轿车发动机的电控系统中,ECU 一般都带有故障自诊断系统,自行监测、诊断

发动机控制系统各部分的故障,如图 1.11 所示。对于传感器,可通过检测其信号是否超出规定范围直接进行判断;对于执行器,则在其初始电路中增设专门回路来实现监测;对于 ECU 本身,使用专用程序进行诊断。

故障自诊断系统时刻监测各控制系统的工作情况,当出现故障时,一般轿车仪表板上的故障指示灯闪烁报警,同时将故障信息以代码的形式保存在微机的存储器中,维修时不仅可以通过故障指示灯间断闪烁来读取故障码,也可以通过专用的检测仪器以数字的形式显示故障代码,以便进一步通过手册查出故障原因。自诊断系统很好地解决了复杂电控系统难以判断故障的问题。

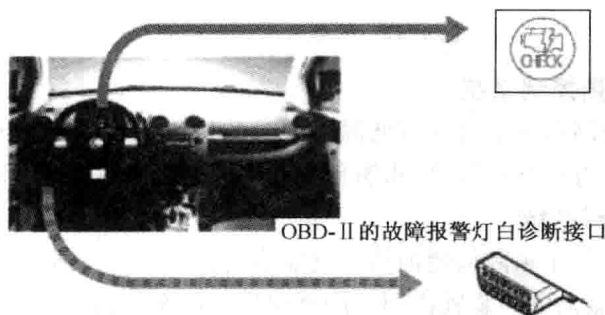


图 1.11 OBD-II 故障自诊断系统

7. 故障保险系统及故障备用控制系统

当自诊断系统检测出传感器及其电路故障后,ECU 中的故障保险系统自动启动,故障保险系统会用程序设定的数据取代故障部分输入的非正常信号,进行直接控制。故障保险系统一般通过软件编程来实现。

当微机或主要传感器(如进气歧管压力传感器)出现故障时,ECU 立即将主控权由微机切换至故障备用系统中,由其代替微机工作。故障备用系统作为 ECU 的一个集成电路模块,根据启动信号和怠速触点状态信号,一般只能以最简单的控制方案维持汽车的运行,保证轿车“缓慢回家”以便修理,而不能达到微机控制时的最佳性能。

8. 其他电控系统

1) 进气涡流电控系统

进气涡流可以促进汽油蒸发以及与空气的均匀混合,提高燃烧效率。电控进气涡流在轿车(特别是采用稀燃技术的轿车)上应用较多。其结构是在进气口附近增设一个涡流控制阀,通过 ECU 采集转速、节气门开度、冷却液温度等信号,并加以处理后控制其旋转角度,引导气流偏转产生涡流,调节涡流比,实现涡流控制。

2) 可变进气控制系统(VIS 系统)

可变进气控制系统(如图 1.12 所示)是从增加进气量、提高进气效率的角度出发来改善发动机动力性能的,该系统有两种类型:一种是可变流通面积控制方式,它通过 ECU 控制安装在进气管道中的控制阀的旋转角度来改变进气流通截面,满足不同工况对进气



量的需求;另一种是可变流通长度控制方式,由 ECU 控制进气管道中的控制阀来调整进气管的长度。实践证明,可变进气控制系统可增强发动机动力性和经济性。

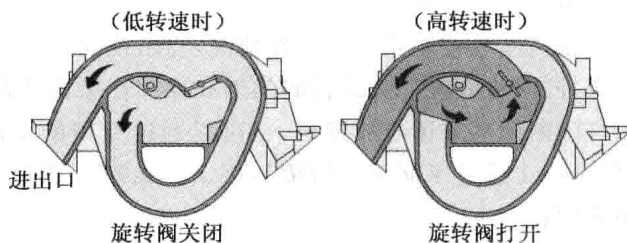


图 1.12 可变进气控制系统

3) 进气温度预热控制系统

进气温度预热控制系统通过调节低温启动时的进气温度来促进汽油蒸发,改善排放性能。预热方式主要有排气管预热、水温预热和正温度元件(PTC)预热 3 种形式。

4) 燃油蒸发电控系统

燃油蒸发电控系统用来降低燃油箱中汽油蒸气排向大气所造成的污染,如图 1.13 所示。目前,活性炭罐蒸发电控装置得到了广泛应用。停车期间,利用活性炭罐吸收汽油蒸气,防止其向大气扩散;发动机运行后,ECU 控制活性炭罐与进气管之间的导通,并利用进气真空度将活性炭罐中吸附的汽油蒸气导入进气管,这样可有效防止汽油蒸气的外逸,降低 HC 的排放。

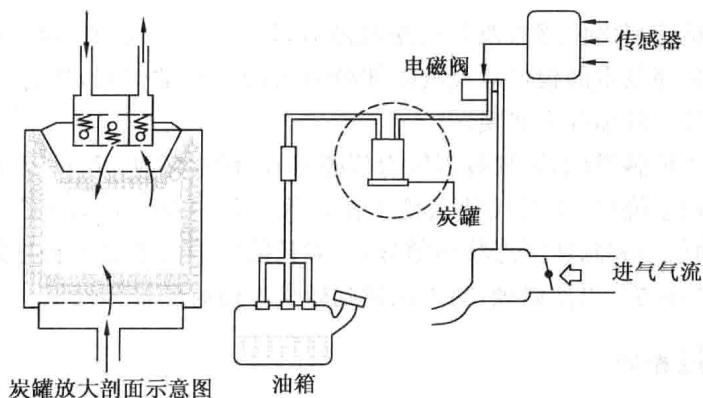


图 1.13 燃油蒸发电控系统

5) 曲轴箱强制通风电控系统

曲轴箱强制通风电控系统的作用是将气缸中经活塞环间隙渗入曲轴箱内的气体再次循环进入进气管中,以减少该部分气体直接排向大气造成的污染,如图 1.14 所示。现代电控系统中,由 ECU 根据节气门位置信号、转速信号等控制强制通风阀,从而实现曲轴箱内气体与进气管之间的导通,将气缸中经活塞环间隙渗入曲轴箱内的气体再循环进入进气管中,以减少该部分气体直接排向大气造成的污染。

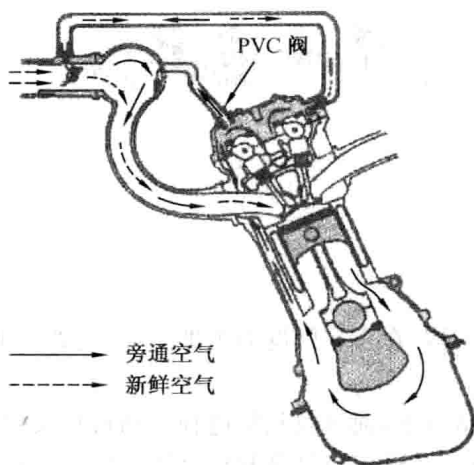


图 1.14 曲轴箱强制通风系统

6) 二次空气喷射系统

二次空气喷射作为控制污染物排放的措施之一,与催化转换器配合使用。二次空气喷射系统由 ECU 控制二次空气喷射气道的导通,将新鲜空气引入催化转换器中,实现对 NO_x , CO , HC 的转变,如图 1.15 所示。

随着研究的进一步深入,又出现了许多新技术,如闭缸控制,它可根据负荷的不同要求,停止部分气缸的燃油供给与点火控制,减少浪费,提高发动机效率;加速踏板电控系统可避免机械式加速踏板因为磨损而产生的误差,提高控制精度。

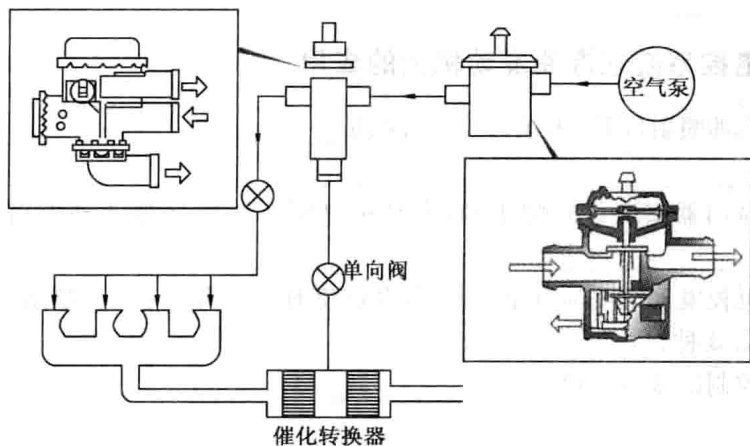


图 1.15 二次空气喷射系统