

汽车发动机管理系统 检测与维修

● 主 编 张习泉

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

汽车发动机管理系统检测与维修

主 编 张习泉
副主编 曾 建 胡丁凡
参 编 赵洪华 向峻伯
刘 迪



 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书把汽车发动机管理系统按照生产实践中的子系统进行组合编写,共分六个项目,分别为发动机管理系统简介、发动机进气系统检测与维修、发动机燃油系统检测与维修、发动机点火系统检测与维修、发动机排放控制系统检测与维修、发动机辅助控制系统检测与维修等内容。

本书既可作为高等院校汽车相关专业的教材,也可供汽车专业相关技术人员参考使用。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

汽车发动机管理系统检测与维修/张习泉主编. —北京:北京理工大学出版社, 2018. 1

ISBN 978 - 7 - 5682 - 5266 - 9

I. ①汽… II. ①张… III. ①汽车 - 发动机 - 机械系统 - 车辆检修 - 高等学校 - 教材 IV. ①U472. 43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 020716 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / [http:// www. bitpress. com. cn](http://www.bitpress.com.cn)

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市天利华印刷装订有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 9.25

字 数 / 217 千字

版 次 / 2018 年 1 月第 1 版 2018 年 1 月第 1 次印刷

定 价 / 39.00 元

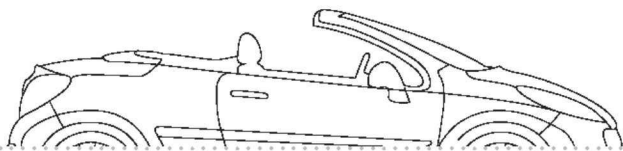
责任编辑 / 梁铜华

文案编辑 / 梁铜华

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李 洋

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换



前言

P R E F A C E

“汽车发动机管理系统检测与维修”是汽车维修专业的一门专业核心课程，目标是让学生掌握汽车发动机管理系统结构、工作原理和基本检修能力。它需要以汽车认识、汽车维修基础、汽车保养、汽车电器等课程的学习为基础，是进一步学习汽车整车故障检测等课程的基础。

该课程是根据汽车维修企业机电维修岗位对发动机管理系统典型工作任务要求，贯穿汽车维修工职业标准，参考国际职业标准，确定发动机管理系统检测与维修行动领域，采用任务驱动、项目教学、理实一体的教学模式来进行的。因此，我们按各个子系统（学习领域）来编写本教材，构建系统故障诊断能力，突出系统维修手册的查询、理解和运用，让学生掌握汽车发动机管理系统结构、控制原理、诊断策略和基本检修能力。

汽车发动机管理系统检测与维修是汽车维修专业学生毕业后的主要就业方向 and 从事汽车维修的重要工作。汽车结构繁杂，品牌繁多，升级换代快，市场的压力要求汽车维修从业人员拥有汽车保养、故障检测等知识。

本教材以发动机系统为领域，以该领域的项目为载体实施教学，项目选取科学，符合该门课程的工作逻辑，能形成系列知识，让学生在完成项目的过程中逐步提高职业能力，可操作性强。

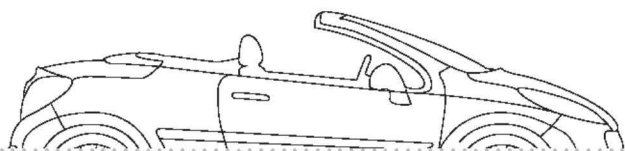
教材内容反映了新技术、新工艺。

本教材打破了传统的学科教材编写模式，以“发动机管理系统”为主线，以行业标准、国家职业标准为依据，将本课程分解成为各个子系统来编写教材。

参加编写本书的人员有张习泉、曾建、胡丁凡、赵洪华、向峻伯、刘迪等。由于编者水平有限，书中的缺点和疏漏之处在所难免，恳请广大读者批评和指正。

编 者

2017 年 10 月



目 录

C O N T E N T S

项目一 发动机管理系统简介	001
课题 认识发动机管理系统	001
项目二 发动机进气系统检测与维修	008
课题一 认识发动机进气系统	008
课题二 空气流量传感器	011
课题三 进气歧管绝对压力传感器	025
课题四 温度传感器	028
课题五 节气门位置传感器 (TPS)	031
课题六 实验实训	039
项目三 发动机燃油系统检测与维修	040
课题一 认识汽油发动机燃油系统	040
课题二 电动汽油泵	041
课题三 喷油器	046
课题四 燃油压力调节器	050
课题五 燃油供给系统附件	053
课题六 汽油直喷发动机电控系统	054
课题七 实验实训	062
项目四 汽车点火系统检测与维修	064
课题一 点火系统认知	064
课题二 凸轮轴位置传感器的检测	069
课题三 曲轴位置传感器的检测	071
课题四 爆震传感器的检测	073
课题五 点火线圈的检查	076
课题六 火花塞的检测	079
课题七 实验实训	081
项目五 发动机排放控制系统检测与维修	083
课题一 认识排放控制系统	083
课题二 曲轴箱强制通风系统的检测与维修	087



课题三	活性炭罐系统的检测与维修·····	090
课题四	废气再循环系统的检测与维修·····	093
课题五	三元催化转换器（TWC）的检测与维修·····	098
课题六	氧传感器的检测·····	101
课题七	二次空气喷射系统（AI/AS）的检测与维修·····	108
课题八	实验实训·····	109
项目六	发动机辅助控制系统检测与维修·····	111
课题一	怠速控制系统·····	111
课题二	进气控制·····	119
课题三	涡轮增压·····	129
课题四	其他辅助控制系统·····	133
课题五	实验实训·····	138
参考文献	·····	139

项目一

发动机管理系统简介



知识目标

- 能描述发动机管理系统组成。
- 能描述发动机管理系统工作过程。
- 能描述故障自诊断系统的特点。
- 能描述开环控制与闭环控制的特点。
- 能描述安全保险功用与备用系统功用。

课题 认识发动机管理系统

(一) 电控系统的组成

电控系统的组成如图 1-1 所示。

任何一种电子控制系统，其主要组成都可分为电子控制单元（ECU）、信号输入装置和执行元件三部分。

1. 电子控制单元（ECU）

ECU（如图 1-2 所示），给各传感器提供参考电压，接收传感器信号，进行存储、计算和分析处理后向执行器发出指令。

2. 信号输入装置

信号输入装置即各种传感器（如图 1-3 所示），用于采集控制系统所需的信息，并将其转换成电信号通过线路输送给 ECU。

常用的传感器有：进气压力传感器、空气流量传感器、节气门位置传感器、凸轮轴位置传感器、曲轴位置传感器、进气温度传感器、冷却液温度传感器、车速传感器、爆震传感器、起动开关、空调开关、挡位开关、制动灯开关等。

（1）进气压力传感器：反映进气歧管内的绝对压力大小的变化，是向 ECU 提供计算喷油持续时间的基准信号。

（2）空气流量传感器：测量发动机吸入的空气量，提供给 ECU 作为计算喷油时间的基准信号。



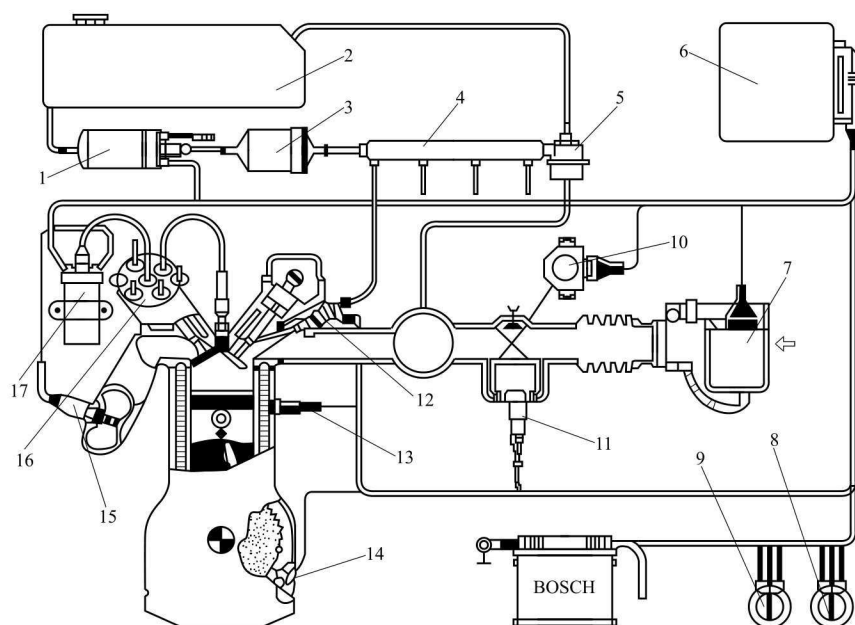


图 1-1 典型电控系统组成

- 1—电动汽油泵；2—燃油箱；3—燃油滤清器；4—燃油分配管；5—压力调节器；6—控制单元；7—空气流量计；
8—空调开关；9—点火开关；10—节气门位置传感器；11—怠速空气调节器；12—喷油器；
13—温度传感器；14—曲轴位置传感器；15—氧传感器；16—分电器；17—点火线圈

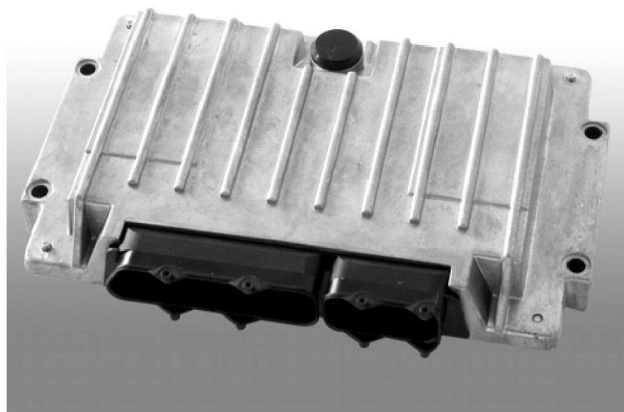


图 1-2 电子控制单元



图 1-3 各种传感器

(3) 节气门位置传感器：测量节气门打开的角度，提供给 ECU 作为断油、控制空燃比、修正点火提前角的基准信号。

(4) 曲轴位置传感器：检测曲轴及发动机转速，提供给 ECU 作为确定点火正时及工作顺序的基准信号。

(5) 氧传感器：检测排气中的氧浓度，提供给 ECU 作为控制空燃比在最佳值（理论值）附近的基准信号。

(6) 进气温度传感器：检测进气温度，提供给 ECU 作为计算空气密度的依据。

(7) 水温传感器：检测冷却液的温度，向 ECU 提供发动机温度信息。

(8) 爆震传感器：安装在气缸体上专门检测发动机的爆燃状况，提供给 ECU 以便其根据信号调整点火提前角。

3. 执行元件

执行元件（如图 1-4 所示）是受 ECU 控制，具体执行某项控制功能的装置。



图 1-4 执行元件

常用的执行元件有喷油器、点火器、怠速控制阀、EGR 阀、炭罐电磁阀、油泵继电器、节气门控制电机、二次空气喷射阀、仪表显示器等。

(1) 喷油器：用来给发动机的气缸内部进行喷射燃油。

(2) 点火器：用于对发动机气缸内高压混合气体点火提供能量。

(3) 怠速控制阀：控制发动机怠速通道，稳定发动机怠速。

(4) EGR 阀：控制发动机废气循环。

(5) 炭罐电磁阀：控制炭罐内的汽油蒸气。

(6) 油泵继电器：控制汽车汽油泵工作。

4. 电控系统的功用

1) 空气供给系统

空气供给系统如图 1-5 所示。

功用：为发动机提供清洁的空气并控制发动机正常工作时的供气量。

2) 燃油供给系统

燃油供给系统如图 1-6 所示。

功用：供给喷油器一定压力的燃油，喷油器则根据电脑指令喷油。

3) 控制系统

ECU 根据空气流量传感器信号和发动机转速信号确定基本喷油时间，再根据其他传感器对喷油时间进行修正，并按最后确定的总喷油时间向喷油器发出指令，使喷油器喷油或断油。

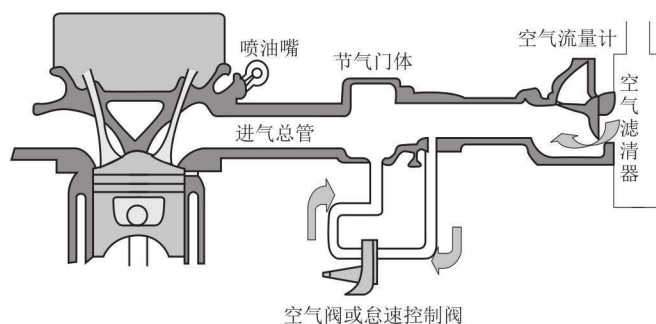


图 1-5 空气供给系统

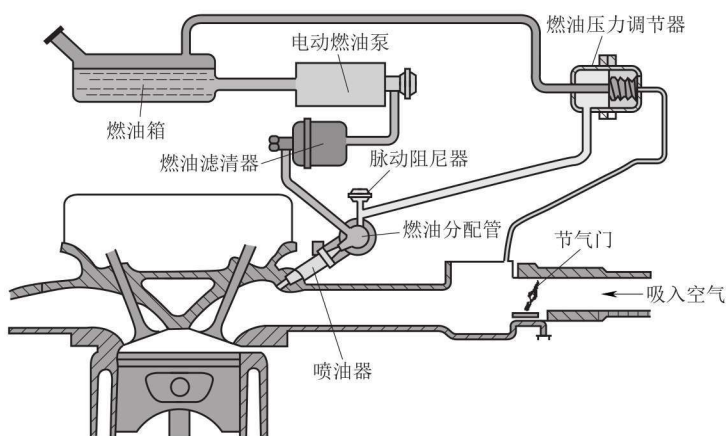


图 1-6 燃油供给系统

(二) 电控系统工作过程

电控系统由电子控制单元（即 ECU，俗称电脑）、发动机转速传感器（也称曲轴位置传感器）、空气流量传感器、节流阀体、进气温度传感器、冷却液温度传感器（发动机水温传感器）、k 传感器（即氧传感器）、爆震传感器、相位传感器（也称凸轮轴位置传感器或霍尔传感器）、点火线圈、油压调节器和喷油器等组成。

驾驶员通过节气门（俗称油门）控制发动机进气量，ECU 通过节气门位置传感器得知节气门开度，再综合发动机转速、空气流量、进气温度等传感器及电子开关提供的信息，经分析、计算，确定出最佳喷油量和点火时刻，向喷油器和点火线圈发出喷油和点火指令。发动机转速和空气流量信号是 ECU 计算基本喷油量的主信号，ECU 再根据进气温度传感器、冷却液温度传感器、爆震传感器和节气门位置传感器等发来的信号对喷油量进行必要的修正，确定出实际喷油量，然后根据从转速传感器得到的曲轴位置信号和相位传感器检测到的 1 缸压缩上止点信号，适时地向喷油器和点火线圈发出动作指令。

(三) 开环控制与闭环控制

1. 开环控制

ECU 根据传感器的信号对执行器进行控制，但不去检测控制结果；开环控制是指控制装置与被控对象之间只有按顺序工作，没有反向联系的控制过程，按这种方式组成的系统称为开环控制系统。其特点是系统的输出量不会对系统的控制作用产生影响，没有自动修正或



补偿的能力。

2. 闭环控制

闭环控制也叫反馈控制，是在开环控制的基础上，对控制结果进行检测，并反馈给 ECU。闭环控制有反馈环节，通过反馈系统使系统的精确度提高，响应时间缩短，适合于对系统响应时间和稳定性要求高的系统。

（四）故障自诊断系统

汽车电控系统在设计时，都在 ECU 中设置了一个故障自诊断系统，又称为“车载自动诊断系统”（On-Board Diagnostics, OBD）。故障自诊断系统会在运行过程中不断监测电控系统各组成部分的工作情况，如有异常，则立即点亮仪表盘上的一个故障警告灯，以提醒驾驶员汽车电控系统出现故障。

1. 基本原理

故障自诊断模块监测的对象是电控汽车上的各种传感器（如空气流量传感器）、电子控制系统本身以及执行元件（如继电器），故障判断正是针对上述 3 种对象进行的。故障自诊断模块利用汽车电子控制系统的信号输入电路，在汽车运行过程中监测上述 3 种对象的输入信息。当某一信号超出了预设的范围值且这一现象在一定的时间内不消失时，故障自诊断模块便判断其为这一信号对应的电路或元件出现故障，并把这一故障以代码的形式存入内部存储器，同时点亮仪表盘上的故障指示灯。

2. 自诊断系统程序

（1）接通点火开关，起动发动机，使发动机预热到冷却水温度达到 50°C 以上、发动机速度达到 $3\,000\text{ r/min}$ 以上、增压值达到 0.1 MPa 以上。

（2）用手将节气门全负荷开关接通约 3 s 。

（3）当速度表指示达到临界值时，开始调出故障码（故障灯处于接通状态）。

（4）按诊断结果排除故障，经路试证明故障全部排除后，关断点火开关，清除故障代码，自诊断结束。

3. 自诊断系统功能

1) 故障报警

一般通过设置在仪表板上报警灯的闪亮来向车主报警。在装有显示器的汽车上，也有直接用文字来显示报警内容的。

2) 故障存储

当检测故障时，在存储器中存储故障部位的代码。一般情况下，即使点火开关处于断开位置，微机 and 存储部分的电源也保持接通状态而不至于使存储的内容丢失。只有在断开蓄电池电源或拔掉保险丝时，由于切断了微机的电源，存储器内的故障代码才会被自动消除。

3) 故障处理

在汽车运行过程中如果发生故障，为了不妨碍正常行驶，由微机进行调控，利用预编程程序中的代用值（标准值）进行计算以保持基本的行驶性能，待停车后再由车主或维修人员进行相应的检修。

4. 使用注意事项

在多个故障代码同时存在时，故障代码一般以从小到大的顺序显示输出。

不同车系或车型，进入自诊断的方法可能不同，其故障代码所指的含义也不同。

自诊断系统所诊断的故障是有限的，而且自诊断系统本身也可能出现故障，因此，还应进行其他方式的系统检查。

对具有静态读码和动态读码的电控系统，应注意读码的先后顺序以及有关的转码程序，否则会造成读码的失败。

对多路信息传输的诊断，要了解该车型该系统的传输介质、局域网形式、网络通信协议、仲裁功能。

数据总线的故障，一般采用示波器或汽车专用光纤诊断仪来观察通信数据信号是否与标准通信数据信号相符。

（五）安全保险功能与备用系统

1. 安全保险功能

当任何一个传感器出现问题时，如果 ECU 仍然继续以通常的方式控制发动机，就可能使发动机或其他部件出现问题。为避免出现这种情况，ECU 的安全保险功能可以依靠存储器内的数据使控制系统继续工作或者停机。

下面介绍电路中出现故障时所发生的情况及安全保险功能的作用：

（1）如果水温或进气温度信号电路发生开路或短路现象，则 ECU 检测到低于 -40°C 或高于 139°C 的温度，它们会使空燃比太浓或太稀，从而导致发动机失速或运转粗暴。此时系统采用正常运转值（标准值），标准值按发动机特征确定，通常采用冷却水温度 80°C ，进气温度 20°C 。

（2）如果点火系统中出现故障而不能点火，系统则停止喷油。

（3）当节气门位置传感器电路中出现开路或断路时，ECU 则会检测到节气门处于完全打开或关闭状态。此时系统采用正常值运转。

（4）发动机曲轴位置传感器信号 G1 和 G2 用于识别气缸和确定曲轴基准角。如果出现开路或者短路，则系统无法控制发动机，从而导致发动机失速或不能起动；如果仍然收到 G1 或 G2 信号，那曲轴基准角还能由保留的 G 信号判断。

2. 应急备用系统的功用

当发动机微电脑内控制程序出现故障时，微电脑会按预存的程序控制燃油喷射和点火正时，使电子控制系统维持最基本的控制功能，使发动机维持运转。

1) 备用系统工作的条件

备用系统在遇到下列情况之一时开始工作：

（1）当微处理器停止输出点火正时信号时。

（2）当进气压力信号电路出现断路或短路以及 T 端断开时（D 型 EFI 系统）。

应急备用系统的电路如图 1-7 所示。

2) 备用状态

当使用条件之一得到满足时，用一固定值取代喷油时间和点火提前角，保持发动机继续运行，备用集成电路（IC）根据起动（STA）信号和怠速（IDL）触头状态选择设定的数值，如日产公司提供的数据（如表 1-1 所示）。

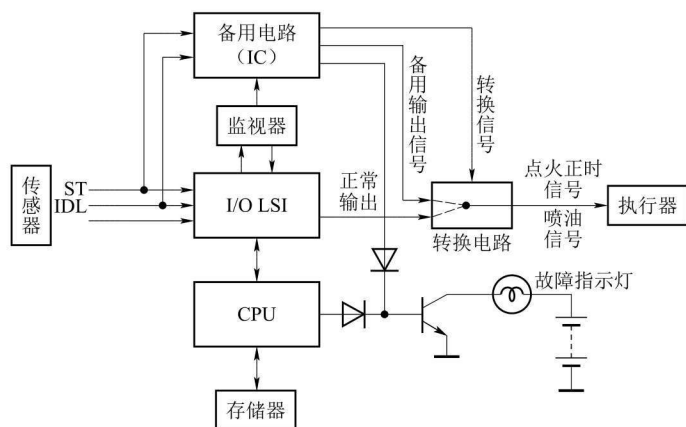


图 1-7 应急备用系统的电路

表 1-1 备用状态数据

项目	起动（触头 STA 闭合）	怠速（IDL 触头闭合）	非怠速（IDL 断开）
喷油持续时间	12.0 ms	2.3 ms	4.1 ms
喷油频率	每转一次		
点火提前角	上止点前 10°	上止点前 10°	上止点前 20°
闭合时间	5.12 ms		

这种备用系统又称为“缓慢回家”系统。采用备用系统时，“检查发动机灯”亮。在条件（1）时，没有故障码输出；在条件（2）时，有故障码输出，固定值的大小取决于发动机的型号。

小结

本项目主要学习发动机管理系统的基本构成和简单功能。通过学习，对发动机管理系统有一定了解，明确后续的学习任务。



项目二

发动机进气系统检测与维修



1. 知识目标

- 能描述进气系统的组成及作用；
- 能描述空气流量传感器、进气压力传感器、进气温度传感器、节气门位置传感器、水温传感器的结构及工作原理；
- 能描述怠速控制阀、进气量的控制原理；
- 能描述空气滤清器、谐振腔、进气歧管的结构及作用。

2. 能力目标

- 能查阅使用维修技术资料；
- 能使用解码器读取进气系统的故障码、数据流；
- 能进行传感器的检测；
- 能完成进气系统真空测试并能分析测试结果；
- 能进行进气系统主要部件的检测及更换；
- 掌握进气系统典型故障的诊断方法；
- 建立进气系统的故障诊断思路。

❁ 课题一 认识发动机进气系统

一、进气系统的功用、组成及类型

（一）进气系统功用

进气系统为发动机可燃混合气的形成提供清洁的空气，并计量和控制汽油燃烧时所需要的空气量。

（二）进气系统组成

以 L 型系统为例，空气经空气滤清器过滤后，用空气流量传感器检测进气量，通过节气门体进入进气总管，再分配到各进气歧管。在进气歧管内，从喷油器喷出的汽油和空气混合后被吸入气缸内燃烧。

（三）进气系统分类

进气系统根据检测计量空气质量的方式不同，分为直接检测（L 型）和间接检测（D

型), 如图 2-1 (a)、(b) 所示。

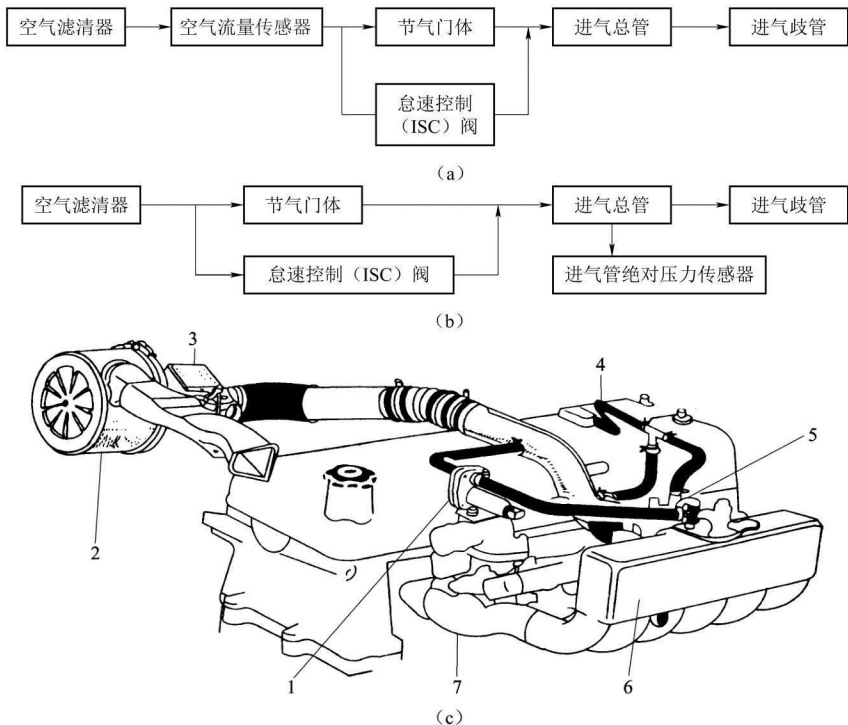


图 2-1 空气供给系统

(a) EFI—L 空气系统框图; (b) EFI—D 空气系统框图; (c) 结构示意图

1—空气阀; 2—空气滤清器; 3—空气流量传感器; 4—PVC 管;

5—节气门怠速开关控制传感器; 6—进气总管; 7—进气歧管

二、空气滤清器和活性炭过滤器

空气滤清器和活性炭过滤器如图 2-2 所示。

1. 空气滤清器作用

空气滤清器防止空气中的灰尘和杂物等随空气吸入气缸，同时还可以防止发动机回火时火焰传到外面。

2. 活性炭过滤器作用

活性炭过滤器吸附来自进气歧管的 HC。



图 2-2 空气滤清器及活性炭过滤器

三、节气门体

节气门体及其组成如图 2-3 和图 2-4 所示。

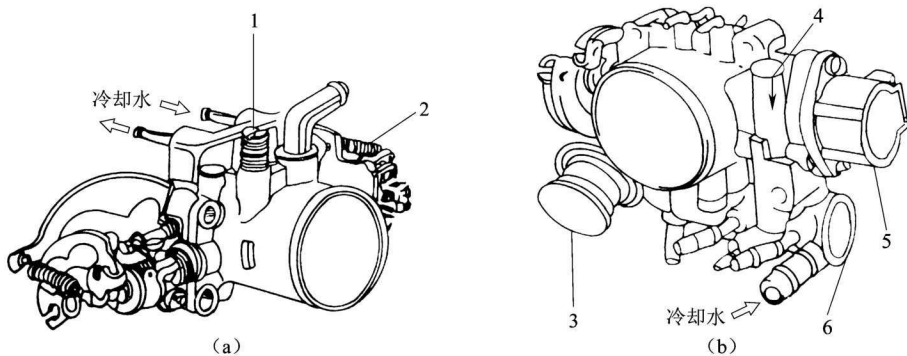


图 2-3 节气门体

1、4—怠速调整螺钉；2、5—节气门位置传感器；3—缓冲器；6—空气阀

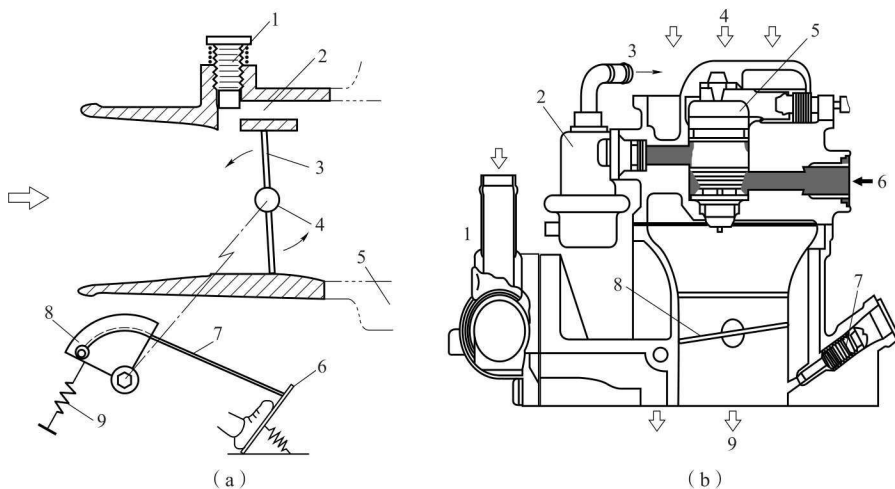


图 2-4 节气门体组成

(a) 多点喷射 (MPI) 节气门体；(b) 单点喷射 (SPI) 节气门体

(a)：1—旁通螺钉；2—旁通气道；3—节气门；4—轴；5—稳压箱；

6—加速踏板；7—加速踏板拉线；8—操纵臂；9—回位弹簧

(b)：1—空气阀；2—压力调节器；3—接燃油箱；4—来自空气滤清器的空气；

5—主喷油器；6—来自燃油泵的燃油；7—怠速调整螺钉；8—节气门；9—通往发动机的混合气

1. 节气门体作用

节气门体置于空气流量传感器和发动机之间的进气管上，节气门与驾驶员的加速踏板（油门）联动，通过改变进气通路截面积，控制发动机运转工况。

2. 节气门体组成

节气门体由节气门、旁通气道、节气门位置传感器、怠速控制阀等组成。由于 EFI 系统在发动机怠速时通常将节气门全关，故设一旁通气道，在发动机怠速时，供给少量空气。节气门位置传感器装在节气门轴上，用以检测节气门开启的角度。为防止寒冷季节流经节气门的空气中水分在节气门体上冻结，有些节气门体上设有使发动机冷却水流经的管路。

四、进气管

进气管包括进气总管和进气歧管。

单点喷射（SPI）系统发动机采用中央喷射的方法，进气管形状与化油器式发动机的进气管形状基本一致，如图 2-5（a）所示。

多点喷射（MPI）系统发动机为了消除进气脉动和使各缸配气均匀，对进气总管、歧管在形状、容积等方面都提出了严格的设计要求。各缸分别设独立的歧管，歧管与总管可制成整体型，如图 2-5（b）所示。

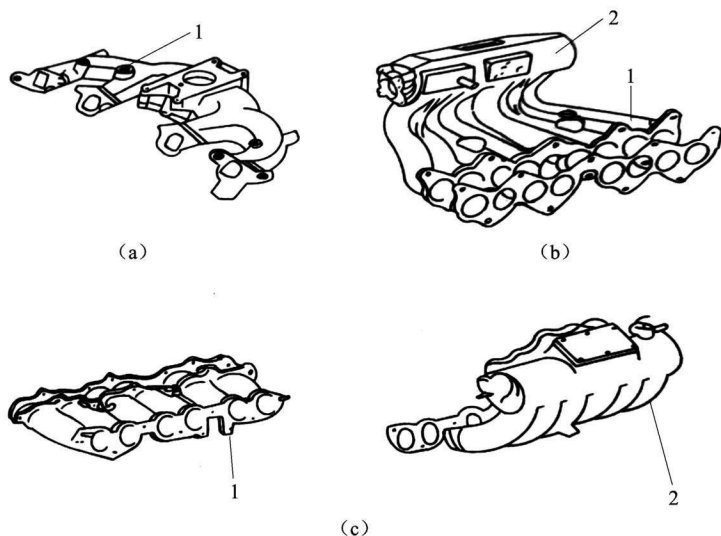


图 2-5 进气管

（a）SPI 系统；（b）整体型 MPI 系统；（c）分开型 MPI 系统

1—进气歧管；2—进气总管

课题二 空气流量传感器

一、空气流量传感器作用

空气流量传感器简称空气流量计，测量进入发动机气缸的所有空气流量，并将测量结果转换成电信号送给发动机电控单元 ECU，空气流量传感器信号是 ECU 决定喷油量和点火正时的基本信号之一。

二、空气流量传感器分类

空气流量传感器分为质量型和体积型两种类型。

质量型空气流量传感器分为热线式和热膜式两类；体积型空气流量传感器分为叶片式和卡门旋涡式两类，如图 2-6 所示。