



高等职业教育汽车运用技术专业规划教材

(第二版)

# 汽车典型电控系统构造与维修

交通职业教育教学指导委员会 组织编写

解福泉 主编



人民交通出版社  
China Communications Press

配光盘

高等职业教育汽车运用技术专业规划教材

Qiche Dianxing Diankong Xitong Gouzao yu Weixiu  
**汽车典型电控系统构造与维修**  
(第二版)

交通职业教育教学指导委员会 组织编写  
解福泉 主编



**人民交通出版社**

China Communications Press

## 内 容 提 要

本书是高等职业教育汽车运用技术专业规划教材,主要包括:电控发动机的构造与维修、电控自动变速器的构造与维修、电控制动系统的构造与维修、电控悬架的构造与维修、电控动力转向系统的构造与维修,共5个单元。

本书供高等职业院校汽车运用技术专业教学使用,也可作为相关行业岗位培训教材或自学用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

汽车典型电控系统构造与维修 / 解福泉主编. —2

版. —北京:人民交通出版社, 2011.4

ISBN 978-7-114-08860-5

I. ①汽… II. ①解… III. ①汽车—电子系统:控制系统—构造—高等学校:技术学校—教材②汽车—电子系统:控制系统—车辆修理—高等学校:技术学校—教材  
IV. ①U472.41

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第006608号

高等职业教育汽车运用技术专业规划教材

书 名: 汽车典型电控系统构造与维修(第二版)

著 作 者: 解福泉

责任编辑: 翁志新

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010) 59757969, 59757973

总 经 销: 人民交通出版社发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京交通印务实业公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 15.5

字 数: 354千

版 次: 2011年4月 第2版

印 次: 2011年4月 第1次印刷 累计第7次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-08860-5

印 数: 21000-24000册

定 价: 38.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

**交通职业教育教学指导委员会  
汽车运用与维修学科委员会**

**主任委员：**魏庆曜

**副主任委员：**张尔利 汤定国

**委 员：**唐 好 刘 锐 周建平 颜培钦 李富仓

解福泉 杨维和 屠卫星 黄晓敏 刘振楼

彭运钧 陈文华 崔选盟 崔振民 金朝勇

**秘 书：**吴玉基 秦兴顺

## 第二版前言

## DIERBANQIANYAN

《汽车典型电控系统构造与维修》自2005年9月出版发行后,受到广大师生的好评,被全国多所高职院校选为教学用书,该书至今已累计印刷6次。

本书第一版出版后,出版社和编者陆续收到了一些院校教师的信息反馈,他们对书中的内容提出了宝贵的意见和建议,并指出了一些错误。

2009年11月,人民交通出版社组织十几所院校的汽车系教师代表,在上海交通职业技术学院召开了高等职业教育汽车运用技术专业规划教材修订研讨会,对汽车运用技术专业规划教材进行了修订研讨,并确定了每本教材的修订方案。

本书的修订工作,是在该书第一版的基础上,吸收了教材使用院校教师的意见和建议,在高等职业教育汽车运用技术专业规划教材修订研讨会确定的修订方案指导下完成的。此次修订,教材的修改主要体现在以下几个方面:

(1)简化了第一版中“单元一 汽车电控系统常用检测设备”的内容,将其作为“附录”放在了全书最后。

(2)更新了“单元二 电控发动机的构造与维修”中电控发机构造的内容。

(3)更新了“单元三 电控自动变速器构造与维修”中电控自动变速器构造的内容。

(4)“单元四 ABS、ASR系统的构造与维修”更名为“单元三 电控制动系统的构造与维修”,增加了EBD、ESP等内容。

(5)删除了涉及老车型的陈旧内容。

(6)在全书的最后附上了“思考与练习”的答案。

(7)修正了教材第一版中的错误和不当之处。

(8)本教材配套的光盘随教材进行了修改。



本教材的修订工作主要由河南交通职业技术学院解福泉负责,编写分工为:解福泉编写单元一,陈纪民编写单元二、单元三,宋阳编写单元四,杨涛编写单元五,河南工业大学赵长松编写附录。

限于编者水平,书中难免有疏漏和错误之处,恳请广大读者提出宝贵建议,以便进一步修改和完善。

编 者

2010年9月

# 第一版前言

## DIYIBANQIANYAN

为贯彻《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》以及教育部等六部委《关于实施职业院校制造业和现代服务业技能型紧缺人才培养培训工程的通知》精神,全面实施《2003—2007 年教育振兴行动计划》中提出的“职业教育与培训创新工程”,积极推进课程改革和教材建设,为职业教育教学和培训提供更加丰富、多样和实用的教材,更好地满足职业教育改革与发展的需要,交通职业教育教学指导委员会汽车运用与维修学科委员会组织全国交通职业技术学院的专业教师,按照教育部颁布的《汽车运用与维修专业领域技能型紧缺人才培养培训指导方案》的要求,紧密结合目前汽车维修行业实际需求,编写了高等职业教育规划教材,供高等职业院校汽车运用技术专业教学使用。

本系列教材符合国家对技能型紧缺人才培养培训工作的要求,注重以就业为导向,以能力为本位,面向市场、面向社会,为经济结构调整和科技进步服务的原则,体现了职业教育的特色,满足了汽车运用技术领域高素质专业实用人才培养的需要。

本系列教材在组织编写过程中,认真总结了全国交通职业院校多年来的专业教学经验,注意吸收发达国家先进的职教理念和方法,形成了以下特色:

1. 专业培养目标设计基本指导思想是以行业关键技术操作岗位和技术管理岗位的岗位能力要求为核心,确定专业知识和能力培养目标,对实际现场操作能力要求达到中级技术工人水平,在系统专业知识方面要求达到高级技师水平,并为毕业生在其职业生涯中能顺利进入汽车运用工程师行列奠定良好发展基础;

2. 全套教材以《汽车文化》、《汽车专业英语》、《汽车电工与电子基础》、《汽车机械基础》、《汽车发动机构造与维修》、《汽车底盘构造与维修》、《汽车电气设备构造与维修》、《汽车维修质量检验》八门课程搭建专业基本能力平台,以适应各地各校的实际需求;

3. 打破了教材传统的章节体例,以专项能力培养为单元确定知识目标和能力目标,使培养过程实现“知行合一”;



4. 在内容的选择上,注重汽车后市场职业岗位对人才的知识、能力要求,力求与相应的职业资格标准衔接,并较多地反映了新知识、新技术、新工艺、新方法、新材料的内容;

5. 本套教材力图形成开放体系,一方面除本次推出清单所列教材之外,还将根据市场实际需求,陆续推出不同车系专门化教材;另一方面,还将随行业实际变化及时更新或改编部分专业教材。

《汽车典型电控系统构造与维修》是汽车运用与维修专业领域技能型紧缺人才培养培训课程之一,内容包括:汽车典型电控系统各传感器、执行器及电控单元(ECU)的性能检测方法和手段,并对各电控系统常见故障的诊断方法和步骤作了详细分析。应用举例均为国内常见车型,维修方法和数据具有较强的实用性,使学生具备对汽车典型电控系统的性能检测和故障诊断的技能,为毕业后从事高级轿车的维修奠定良好的基础。

参加本书编写工作的有:河南交通职业技术学院解福泉(编写单元一、单元二)、吴祥升(编写单元三)、张俊(编写单元四、单元五)、张幸伟(编写单元六)。全书由解福泉担任主编,北京市交通学校周建平担任主审。

限于编者经历和水平,教材内容难以覆盖全国各地的实际情况,希望各教学单位在积极选用和推广本系列教材的同时,注重总结经验,及时提出修改意见和建议,以便再版修订时改正。

交通职业教育教学指导委员会  
汽车运用与维修学科委员会

2005年5月



# 目 录

## MULU

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 单元一 电控发动机的构造与维修 .....        | 1   |
| 1 概述 .....                   | 1   |
| 1.1 电控发动机的功能 .....           | 1   |
| 1.2 电控发动机的分类 .....           | 2   |
| 1.3 电控发动机的优点 .....           | 2   |
| 1.4 电控发动机的组成 .....           | 3   |
| 2 电控发动机的控制电路分析 .....         | 18  |
| 2.1 燃油系统控制电路 .....           | 18  |
| 2.2 点火控制电路 .....             | 22  |
| 2.3 发动机怠速控制电路 .....          | 30  |
| 2.4 进、排气控制电路 .....           | 35  |
| 3 电控发动机的维修 .....             | 42  |
| 3.1 电控发动机各传感器的性能检测 .....     | 42  |
| 3.2 电控发动机的故障诊断与排除 .....      | 64  |
| 思考与练习 .....                  | 80  |
| 单元二 电控自动变速器的构造与维修 .....      | 82  |
| 1 概述 .....                   | 82  |
| 1.1 电控自动变速器的组成 .....         | 82  |
| 1.2 自动变速器的分类 .....           | 101 |
| 1.3 自动变速器的特点 .....           | 103 |
| 2 自动变速器控制电路分析 .....          | 104 |
| 2.1 控制电路的组成及功能 .....         | 104 |
| 2.2 控制电路的基本原理 .....          | 109 |
| 3 电控自动变速器的维修 .....           | 111 |
| 3.1 电控自动变速器主要控制元件的性能检测 ..... | 111 |
| 3.2 电控自动变速器的故障诊断与排除 .....    | 117 |
| 思考与练习 .....                  | 128 |

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| <b>单元三 电控制动系统的构造与维修</b> | 130 |
| 1 防抱死制动系统的构造与检修         | 130 |
| 1.1 概述                  | 130 |
| 1.2 防抱死制动系统的基本组成与工作原理   | 132 |
| 1.3 防抱死制动系统的故障诊断与检修     | 139 |
| 1.4 典型汽车防抱死制动系统的检修      | 143 |
| 2 驱动防滑系统的构造与检修          | 151 |
| 2.1 驱动防滑系统的作用           | 151 |
| 2.2 驱动防滑系统的控制原理         | 151 |
| 2.3 驱动防滑系统的组成与工作原理      | 152 |
| 2.4 典型汽车驱动防滑系统的检修       | 154 |
| 3 电子稳定程序系统的构造与维修        | 160 |
| 3.1 概述                  | 160 |
| 3.2 电子稳定程序系统的组成         | 161 |
| 3.3 典型汽车电子稳定程序系统的检修     | 167 |
| 4 电控制动系的扩展功能            | 172 |
| 4.1 电子制动力分配系统           | 172 |
| 4.2 电子差速锁系统             | 173 |
| 思考与练习                   | 176 |
| <b>单元四 电控悬架的构造与维修</b>   | 179 |
| 1 概述                    | 179 |
| 1.1 电控悬架的类型与要求          | 179 |
| 1.2 电控悬架的功能             | 179 |
| 2 电控悬架的组成与工作原理          | 180 |
| 2.1 电控空气悬架系统            | 180 |
| 2.2 电子控制油气弹簧悬架系统        | 188 |
| 2.3 带路况预测传感器的主动悬架系统     | 189 |

|                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| 3 电控悬架的检修 .....                 | 191        |
| 3.1 电控悬架故障的一般诊断方法 .....         | 191        |
| 3.2 典型汽车电控悬架的检修 .....           | 192        |
| 思考与练习 .....                     | 202        |
| <b>单元五 电控动力转向系统的构造与维修 .....</b> | <b>204</b> |
| 1 概述 .....                      | 204        |
| 2 液压式电控动力转向系统 .....             | 205        |
| 2.1 反力控制式电控动力转向系统 .....         | 205        |
| 2.2 流量控制式电控动力转向系统 .....         | 207        |
| 2.3 阀灵敏度控制式电控动力转向系统 .....       | 209        |
| 3 电动动力转向系统 .....                | 211        |
| 3.1 电动动力转向系统的特点 .....           | 211        |
| 3.2 电动动力转向系统的基本组成 .....         | 212        |
| 3.3 电动动力转向系统的工作原理 .....         | 214        |
| 4 典型车辆电控动力转向系统的故障诊断与检修 .....    | 214        |
| 4.1 油路的常规检修 .....               | 216        |
| 4.2 车速传感器信号的检查 .....            | 216        |
| 4.3 电磁阀的检修 .....                | 216        |
| 思考与练习 .....                     | 216        |
| <b>附录 汽车电控系统常用检测设备 .....</b>    | <b>217</b> |
| 1 汽车专用万用表 .....                 | 217        |
| 1.1 概述 .....                    | 217        |
| 1.2 面板介绍 .....                  | 218        |
| 2 解码器 .....                     | 221        |
| 2.1 解码器的结构简介 .....              | 221        |
| 2.2 解码器的功能 .....                | 222        |
| 3 发动机性能分析仪 .....                | 223        |



|                        |     |
|------------------------|-----|
| 3.1 发动机性能分析仪的结构简介..... | 224 |
| 3.2 发动机性能分析仪的功能.....   | 225 |
| 4 汽车专用示波器 .....        | 226 |
| 4.1 示波器的结构简介.....      | 226 |
| 4.2 示波器的功能.....        | 229 |
| 思考与练习参考答案 .....        | 231 |
| 参考文献 .....             | 233 |



## 单元一 电控发动机的构造与维修

### 学习目标

#### 知识目标

1. 简单叙述各传感器的构造、工作原理和性能检测原理;
2. 正确描述电控发动机的组成及各组成部分的作用;
3. 正确描述各传感器作用、安装位置及性能检查内容。

#### 能力目标

1. 能够安全正确拆装传感器;
2. 能够正确使用检测设备判断传感器的性能和控制电路。

## 1 概 述

### 1.1 电控发动机的功能

电控发动机以电控单元(ECU)为控制核心,以空气流量和发动机转速为控制基础,以喷油器的喷油量、喷油时刻、发动机怠速和点火装置等为控制对象,保证获得与发动机各种工况相匹配的最佳空燃比和点火提前角,同时适时调整发动机怠速。电控发动机主要由空气供给系统、燃油供给系统、点火系统和电子控制系统所组成。

空气供给系统将清洁适量的空气根据发动机工况的要求,定时送入汽缸内,驾驶员可通过加速踏板对进气量进行控制。发动机进气量由空气流量传感器计量后,作为主要控制信号告知电控单元,据此确定汽油的基本喷射量。节气门关闭(怠速)时,进气量由电控单元通过怠速阀控制。

燃油供给系统将具有一定压力的清洁汽油通过喷油器适时喷射到进气歧管内,系统油压由燃油压力调节器控制在规定的范围内,喷油量和喷射时刻均由电控单元根据各传感器的信号确定。为了使发动机具有良好的低温起动性能,在冷车起动发动机时,冷起动喷油器由电控单元或由温度—时间开关控制和主喷油器同时喷油。

点火系统主要由电子点火组件、点火线圈、火花塞、高压线和电控单元等所组成。

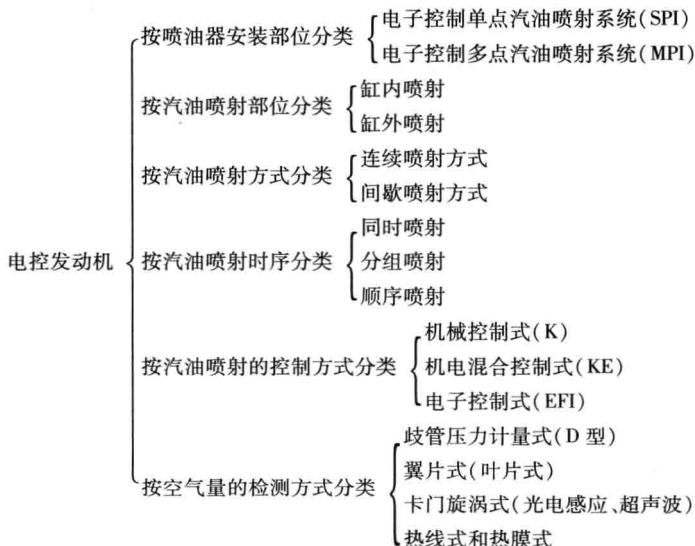
电子控制系统的核心部件是电控单元,在发动机工作时,电控单元接收各传感器的信号,经分析、比较、计算后,确定控制对象和范围,发出指令控制执行器,使发动机有最佳的进气量、空燃比、点火时刻,同时视情况调节发动机怠速。



电控单元先由转速、负荷和水温传感器的信号确定实际工况的最佳点火提前角,再由发动机转速传感器(曲轴位置传感器或凸轮轴位置传感器)确定活塞在汽缸内的实际位置,并发出指令控制电子点火组件(电子点火器),由电子点火组件完成点火线圈初级电路接通和断开的控制,从而在点火线圈次级绕组内产生出 20000V 左右的高电压,高压击穿火花塞间隙产生电火花,点燃可燃混合气。

## 1.2 电控发动机的分类

电控发动机的种类繁多,可按照喷油器安装位置、燃油喷射部位、喷射方式、喷射时序、控制方式和进气量检测方式的不同进行如下分类:



翼片式、卡门旋涡式、热线式和热膜式汽油喷射系统也称为“L”型喷射系统。

D 型电控发动机是通过检测进气歧管的真空度来间接测量发动机吸入的空气量,广泛应用于德国大众系列车上。“D”是德文“压力”的第一个字母。由于空气在进气管内的压力波动,决定了该方法的测量精度较差。L 型电控发动机是利用空气流量计直接测量发动机吸入的空气量。“L”是德文“空气”的第一个字母。其测量精度高于 D 型,故可更精确地控制空燃比。

## 1.3 电控发动机的优点

电控发动机与传统的化油器式发动机相比具有如下优点。

### 1.3.1 降低排放污染

汽油直接喷射系统,能根据发动机的各种不同工况迅速准确地提供与其相匹配的最佳空燃比,使汽油完全燃烧,同时与三元催化剂配合使用可以有效地减少 CO、HC 和 NO<sub>x</sub> 有害气体的排放量。尤其是在发动机急减速时,具有断油的功能。急减速时,节气门关闭,但发动机仍高速旋转,进入汽缸内的空气量减少,进气歧管内的真空度增高。在化油器式的供油系统中,此时会使黏附在进气歧管内壁上的汽油,由于歧管内真空度急剧升高而蒸发后进入汽缸,使混



合气变浓,造成燃烧不完全,使排气中的 HC 含量增加。而电控发动机在急减速时,发动机转速高于一定值(如 CHEROKEE 汽车转速高于 2000r/min;TOYOTA 汽车转速高于 2400r/min),会自动切断供油,可完全排除 HC 排放,使得发动机的排放符合现行的排放法规要求。

### 1.3.2 提高发动机的最大功率

因为电控发动机的进气不必预热,进、排气管可以分别布置在发动机缸体的两侧,如为了结构紧凑,进、排气管可布置在发动机缸体的同侧,但二者之间需有良好的隔热,从而使吸入汽缸的空气密度较大。电控发动机的进气不受化油器喉管的限制,加之配备直径较大、过渡非常圆滑的进气管道,可大大减小进气阻力,提高充气效率,因此,提高了发动机的最大功率。据有关资料介绍,可提高发动机功率 10% 左右。

### 1.3.3 耗油量低,经济性能好

电控发动机可以做到使发动机在各种工况下,精确地控制混合气的空燃比为最佳值,并且汽油是在一定压力下喷出,雾化品质好。同时进气管道不受汽油雾化的限制,可以设计得更加合理,使混合气向各缸均匀分配,所以燃料消耗量低。据有关资料介绍,油耗可降低 10% 左右。

### 1.3.4 改善了发动机的低温起动性能

化油器式发动机起动时,进气流速低,汽油供给量少,且雾化不好,发动机起动不良。而电控发动机内设有补充空气调节器和冷起动喷油器(冷起动阀),且汽油的供给量不受进气流速的限制,因此,可改善发动机的低温起动性能。

### 1.3.5 怠速平稳,工况过渡圆滑,工作可靠,灵敏度高

电控发动机由于计算机的运算速度极快,它可以根据各个传感器输入电信号迅速作出反应,及时而准确地将适量汽油喷入进气门附近,所以发动机的怠速稳定,加速性能好,工况过渡圆滑,操作灵敏度高,且故障率低,发动机电控单元在 10 万 km 内的故障率仅为千分之一。

## 1.4 电控发动机的组成

### 1.4.1 空气供给系统

空气供给系统主要由空气滤清器、空气流量传感器、(进气压力传感器)、怠速阀、节气门体、进气总管、进气歧管等组成。其组成和空气流通过程如图 1-1 所示。

发动机工作过程中,空气经空气滤清器过滤后,由节气门控制、空气流量传感器计量,通过节气门体进入进气总管,再分配到各进气歧管。在进气歧管内与喷油器喷出的汽油混合形成可燃混合气,吸入汽缸内燃烧。发动机怠速时,节气门就关闭,空气流经旁通气道进入汽缸,旁通气道流通截面的大小,由电控单元根据发动机实际工况通过怠速阀控制。

发动机冷却水温度较低时,为加快暖机过程,电控单元控制怠速阀加大旁通气道的通气截面,使满足快怠速所需的空气量流经空气流量传感器计量后,绕过节气门直接进入进气管。随着发动机冷却水温度的升高,电控单元控制怠速阀调节旁通气道的通气截面逐渐减小,则进气量随之减小,发动机水温正常后,其转速逐渐降低至正常怠速。

#### 1.4.1.1 进气管

进气管包括进气总管和进气歧管,如图 1-2 所示。

在单点喷射系统中,进气管的形状与化油器式发动机进气管的形状基本一致,称为靶型进



气管,如图 1-2a)所示。

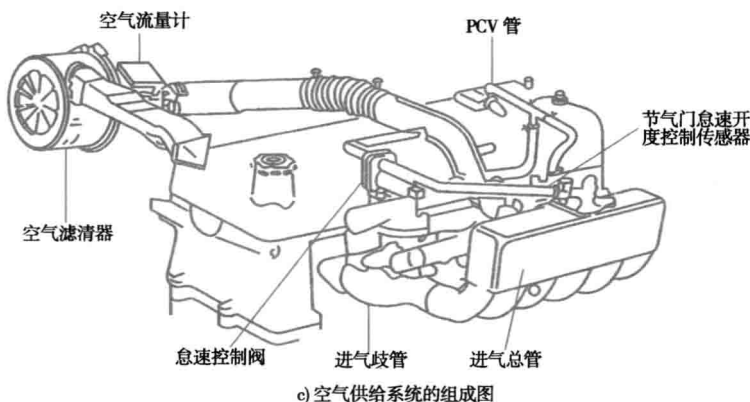
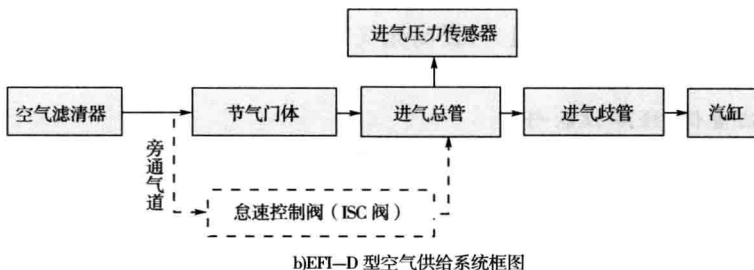
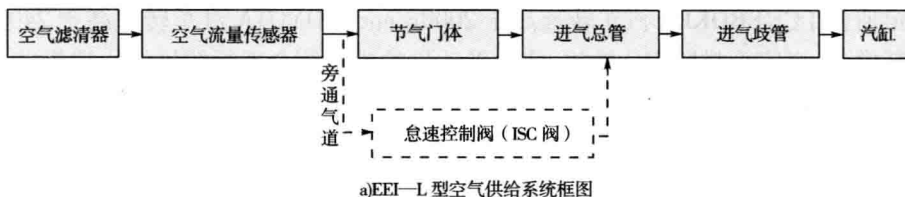


图 1-1 空气供给系统的组成

在多点喷射系统中,为了消除进气脉动和使各缸配气均匀,对进气总管和进气歧管在形状、容积等方面都提出了严格的设计要求。进气总管容积大,进气歧管形状过渡圆滑,称为香蕉型进气管,如图 1-2b)、图 1-2c)所示。发动机每缸分别设置独立的进气歧管,进气歧管和进气总管可制成如图 1-2b)所示的整体形式,也可制成如图 1-2c)所示的分体式,并用螺栓连接。

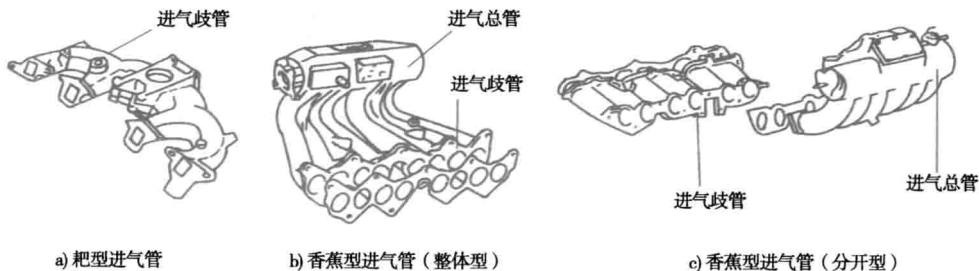


图 1-2 进气管的结构

1.4.1.2 节气门体

节气门体是控制发动机进气量的主要部件之一,安装在空气滤清器(或空气流量传感器)与进气总管之间。节气门体的构造如图 1-3 所示,主要由节气门、怠速调整螺钉、节气门位置传感器、发动机冷却水道和真空管接头等组成。有些节气门体上还装有发动机怠速控制阀。驾驶员通过加速踏板控制节气门开度,进而控制发动机进气量。节气门位置传感器与节气门同轴转动,其作用是将节气门的开度转变成电信号输送到电控单元。为了避免冬季空气中的水分在节气门体上结冰,在节气门体上设有冷却水流经的通道,以使冷却水对节气门体加热。

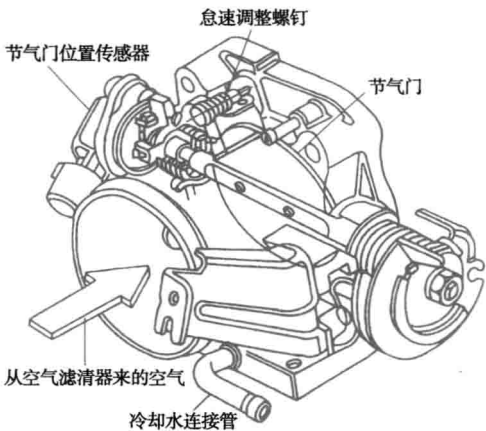


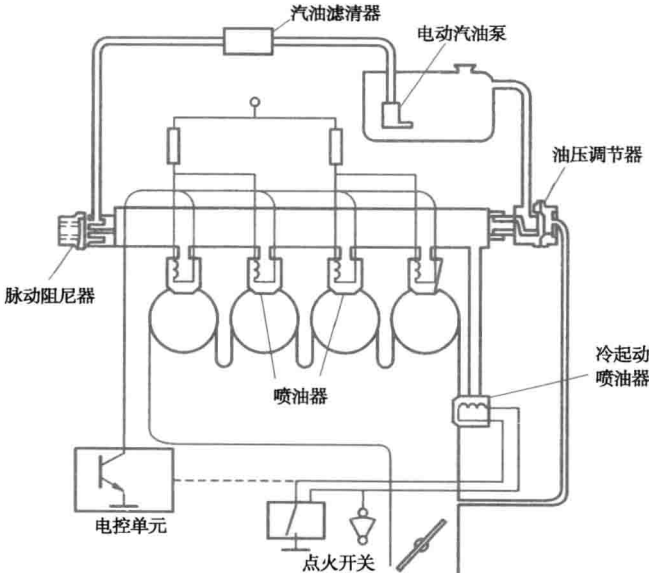
图 1-3 节气门体的结构

1.4.2 燃油供给系统

燃油供给系统主要由汽油箱、电动汽油泵、汽油滤清器、输油总管、压力调节器、喷油器和输油管道等组成,如图 1-4 所示。为了减小汽油在管道中的脉动,有些电控发动机上装有脉动阻尼器。



a) 燃油供给系统框图



b) 燃油供给系统示意图

图 1-4 燃油供给系统的组成