



“十三五”职业院校汽车系列规划教材
“互联网+”新形态一体化精品教材

汽车发动机 电控系统检修

（微课版）

主审◎李贤彬 主编◎杨杭旭 渠珍珍 周定武



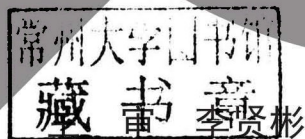
电子科技大学出版社



“十三五”职业院校汽车系列规划教材
“互联网+”新形态一体化精品教材

汽车发动机 电控系统检修

（微课版）



主 编 杨杭旭 渠珍珍 周定武

副主编 （按姓氏拼音排序）

陈天训 方韶华 刘冬梅 李 赞

施卢丹 徐建军 周梅芳 周习祥



电子科技大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

汽车发动机电控系统检修 / 杨杭旭, 渠珍珍, 周定武主编. — 成都: 电子科技大学出版社, 2017.5
ISBN 978-7-5647-4359-8

I. ①汽… II. ①杨… ②渠… ③周… III. ①汽车-发动机-电子系统-控制系统-检修 IV. ①U472.43

中国版本图书馆CIP数据核字 (2017) 第096942号

汽车发动机电控系统检修

杨杭旭 渠珍珍 周定武 主 编

出 版 电子科技大学出版社 (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 张鹏
责任编辑 张鹏
主 页 www.uestcp.com.cn
电子邮箱 uestcp@uestcp.com.cn
发 行 新华书店经销
印 刷 北京荣玉印刷有限公司
成品尺寸 185mm × 260mm 印张19 字数464千字
版 次 2017年5月第1版
印 次 2017年5月第1次印刷
书 号 ISBN 978-7-5647-4359-8
定 价 42.00元

■ 版权所有 侵权必究 ■

- ◆ 本社发行部电话: 028-83202463; 本社邮购电话: 028-83208003。
- ◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。



本教材编写依据《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020年）》为指导，吸收了近年来汽车高职教育教学所取得的新成果，立足以人为本，以技能为导向的原则，根据广大学生的要求，精选学生终身受用的基础理论、基本知识和基本技能，突出实用性和新颖性。按照学生的认知规律，由表及里、由浅入深、分项目分任务组织教材体系。

本学习领域（课程）以真实的工作任务为导向，通过对汽修行业所涵盖的岗位群进行工作任务与职业能力分析，对企业典型工作任务进行了教学化处理，实现了从企业典型工作任务到课堂学习性工作任务的转变，更好的适应了“理实一体化”教学的需要；同时以任务为引领，设计了17个学习性工作任务，每个工作任务都是一个完整的工作过程，以行动为导向，通过完成具体的工作任务，掌握相关的知识和相应的技能，为学生综合职业能力的培养打下基础。

同时，本教材在传统纸质教材的基础上加入了数字化教学资源，顺应了新常态一体化教材的建设趋势，为使用本教材的师生、读者提供更多实践指导。

本书可以作为高职高专院校及应用型本科专业教材，还可以作为汽车培训及中专技校的参考教材，也可作为相关技术人员的自学教材。此外，本书作者还为广大一线教师提供了服务于本书的教学资源库，有需要者可致电010-57749959或发邮件至2033489814@qq.com。

本书在编写过程中参考了许多资料和文献，在此对相关作者表示诚挚的谢意。由于编者水平有限，书中难免有不妥和疏漏之处，恳请读者批评指正。

编 者



学习性工作任务1

发动机传感器工作不良故障检修 / 1

- 子工作任务1.1 发动机电控系统识别 / 3
- 子工作任务1.2 空气流量传感器工作不良故障检修 / 21
- 子工作任务1.3 进气压力传感器工作不良故障检修 / 43
- 子工作任务1.4 曲轴位置传感器工作不良故障检修 / 57
- 子工作任务1.5 凸轮轴位置传感器工作不良故障检修 / 79
- 子工作任务1.6 节气门位置传感器工作不良故障检修 / 88
- 子工作任务1.7 进气温度、冷却液温度传感器工作不良故障检修 / 109
- 子工作任务1.8 氧传感器工作不良故障检修 / 123

学习性工作任务2

发动机无初始燃烧故障检修 / 141

- 子工作任务2.1 发动机无初始燃烧（有高压火）故障检修 / 143
- 子工作任务2.2 发动机无初始燃烧（无高压火）故障检修 / 192

学习性工作任务3

发动机进气不良故障检修 / 213

- 子工作任务3.1 发动机进气系统组成与故障分析诊断 / 215
- 子工作任务3.2 发动机怠速控制系统工作异常故障检修 / 238

学习性工作任务4

发动机排放超标故障检修 / 257

子工作任务4.1 三元催化转化器、燃油蒸发控制系统工作异常故障检修 / 259

子工作任务4.2 发动机废气再循环系统工作不良故障检修 / 274

学习性工作任务5

发动机综合疑难故障检修

子工作任务5.1 发动机不能起动故障检修

子工作任务5.2 发动机怠速不良故障检修

子工作任务5.3 发动机加速不良故障检修



参考文献 / 296

学习性工作任务1

发动机传感器 工作不良故障检修



子工作任务

1.1

发动机电控系统识别

任务导入

针对客户报修关于发动机电控系统相关故障的检修，要求在车辆维修前对发动机电控系统有一定的认识，同时在维修过程中能准确的找到故障车发动机电控系统相关部件（传感器、执行元件等）的位置。通过完成本项任务，在此过程中学习相关理论知识和掌握查找相关元件的方法。

任务目标

知识目标

- ◆了解发动机电控技术的发展历程。
- ◆掌握发动机电子控制系统的总体组成及工作原理。
- ◆掌握发动机电子控制系统的主要传感器、执行器作用及结构。

技能目标

- ◆能阐述发动机电子控制系统的总体组成及工作原理。
- ◆能识别发动机电子控制系统的主要传感器、执行器。
- ◆能精确查找发动机电子控制系统主要传感器的安装位置。

认知学习

一、汽油机电控技术的发展

汽油喷射技术早在上世纪30年代已应用于航空发动机上，二次世界大战后，汽油喷射技术逐渐应用到汽车发动机上。

20世纪60年代，由德国“博世”（BOSCH）公司成功研制了K-Jetrunic机械式汽油喷射系统，后来在K-Jetrunic系统的基础上，经改进成为KE-Jetrunic机械式汽油喷射系统。

1957年，德国“博世”公司研制开发了D型电子控制汽油喷射系统，开创了汽油喷射电子控制的新时代。

20世纪70年代，德国“博世”公司在D型电子控制汽油喷射系统的基础上，又相继开发了L型电子控制汽油喷射系统和LH型电子控制汽油喷射系统。

20世纪70年代，美国通用（GM）汽车公司采用了集成电路（IC）点火装置和高

能点火（HEI）系统，并在分电器内装上点火控制线路，使点火系统成为一体。

1976年美国克莱斯勒汽车公司首创电子控制点火系统。系统中使用了模拟计算机，根据输入的空气温度、进气温度、水温、转速和负荷，计算出最佳点火时刻。1977年通用公司开始使用数字点火时刻控制系统。同年，福特公司将这种发动机上的电子控制系统扩展到同时控制废气再循环和二次空气喷射上。

1979年，德国“博世”公司开始生产集中电子点火和电控汽油喷射系统于一体的Motronic发动机集中控制系统。与此同时，美国和日本各大汽车公司也相继开发出与各自车型配套的电控发动机汽油喷射系统。

为了将电子控制汽油喷射系统进一步推广到普通轿车及轻型载货车上。1960年，美国通用公司首先研制成功一种结构简单、价格便宜的TBI节气门体喷射系统。1983年，德国波许公司又研制出Mono型单点喷射系统。

二、发动机电控燃油喷射系统的分类

燃油喷射系统的种类很多，主要按以下几种方式分类。

（一）按喷射位置的不同分类

1.缸内直接喷射式

该喷射方式是将汽油直接喷射到气缸内。因喷油器直接安装在发动机缸盖上，其本身必须能够承受燃气产生的高温、高压，且受到发动机结构制约，故这种形式采用较少。

2.进气管喷射

该喷射方式是目前普遍采用的喷射方式。根据喷油器和安装位置的不同又可分为两种：一种是在进气管的集合部有1~2个喷油器的单点节气门体喷射方式，也称为单点喷射方式；另一种是在各个气缸的进气歧管上各安装有一个喷油器的多点喷射方式。对于节气门体喷射，由于采用的喷油器少，易于实现计算机控制，成本比多点喷射方式低，但存在各缸燃料分配不均和供油滞后等缺点，与缸内喷射比较，喷油器不受缸内高温、高压的直接影响，喷油器的设计和发动机结构的改动都简单些。

（二）按喷射控制装置的形式不同分类

1.机械式

机械式汽油喷射系统早在五、六十年代就运用于汽车上，其空气计量板与汽油分配压差阀组合在一起。空气计量板检测空气流量的大小后，靠连接杆传动操纵汽油分配压差阀的柱塞动作，以汽油计量槽开度的大小控制喷油量，以达到控制混合空燃比的目的。见图1-1-1。

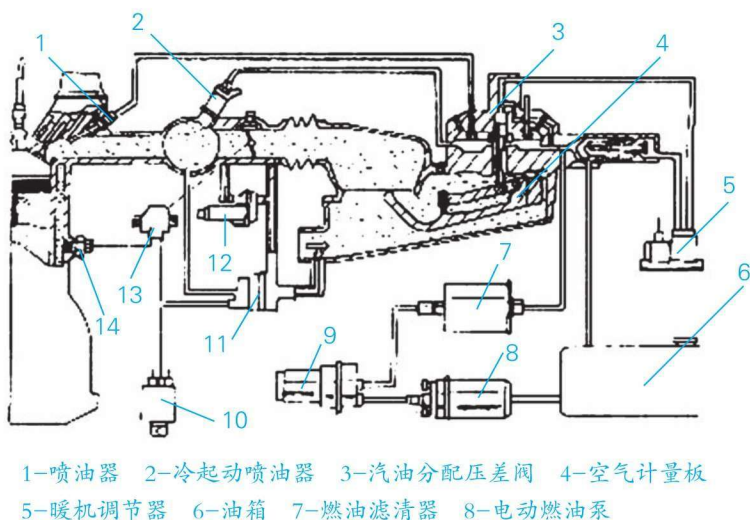


图1-1-1 机械式汽油喷射系统

2. 电子式

电子控制式汽油喷射系统在六、七十年代大多只控制汽油喷射，八十年代开始与点火控制一起构成发动机电子集成控制系统。它根据各种传感器测量的发动机运行状况的信号送给ECU。由ECU运算后，发出控制喷油量和点火时刻等多种指令，实现了多种机能的控制。见图1-1-2。

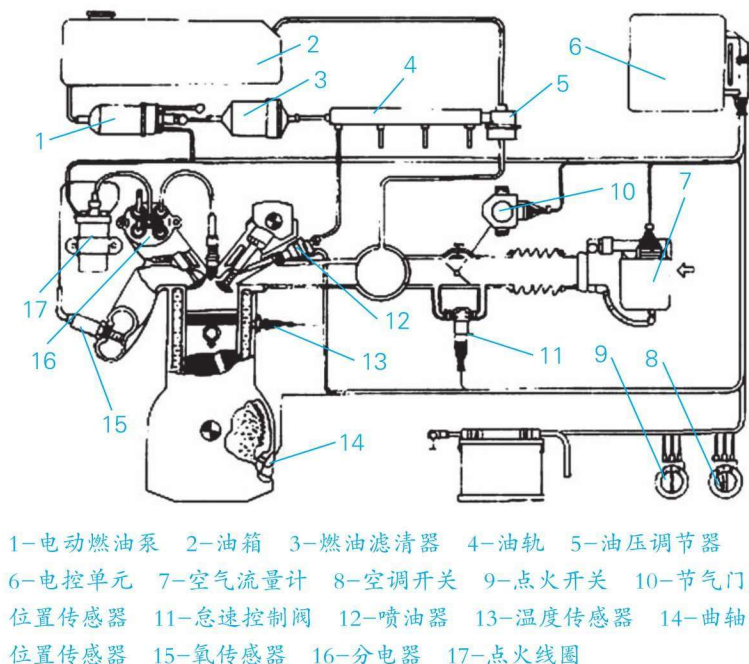
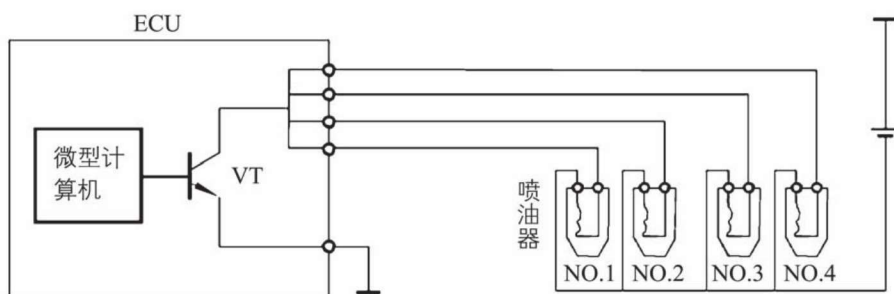


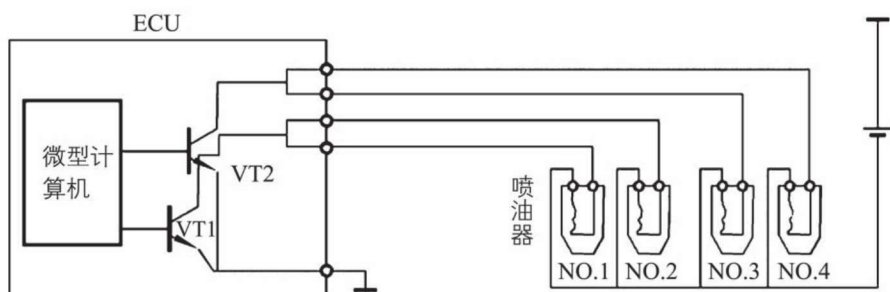
图1-1-2 电子控制式汽油喷射系统

(三) 按燃油的喷射方式不同分类

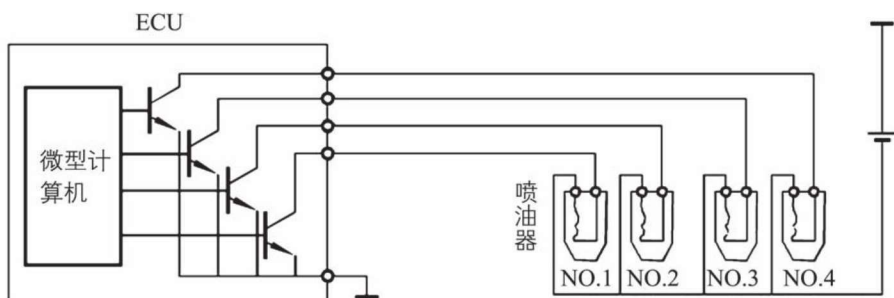
按燃油的喷射方式不同分类见图1-1-3所示。



(a) 同时喷射控制电路



(b) 分组喷射控制电路



(c) 顺序喷射控制电路

图1-1-3 喷油器喷射方式控制电路

1. 同时喷射式（连续喷射式）

同时喷射式是指在发动机运行期间，各缸喷油器同时开启同时关闭，由计算机的同一个喷油指令控制所有的喷油器同时工作。

2. 分组喷射式

分组喷射式是将喷油器分成两组交替喷射，计算机发出两路指令，每路指令控制一组喷油器。

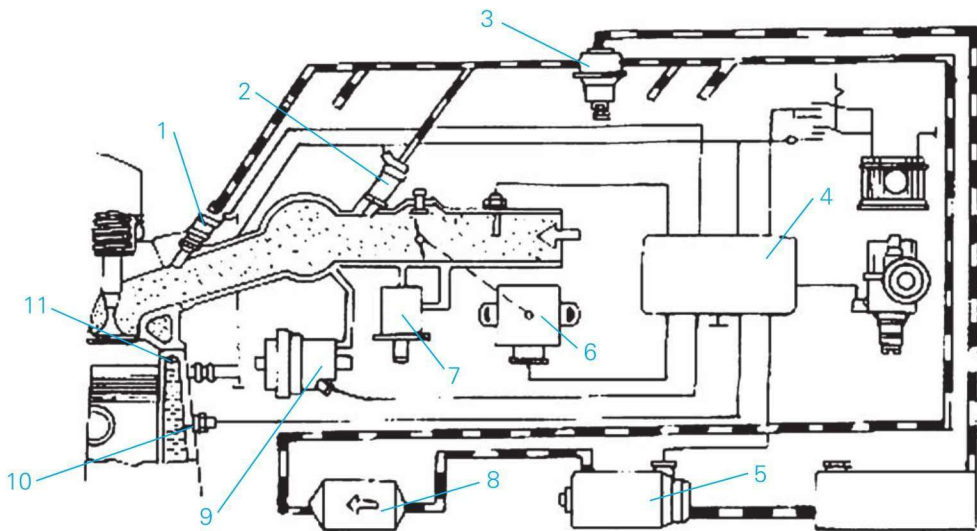
3.顺序喷射式

顺序喷射式是指喷油器按发动机各缸进气行程的顺序轮流喷射，它具有喷射正时功能，由计算机根据曲轴位置传感器提供的信号，辨识各缸的进气行程，适时发出各缸的喷油脉冲信号，以实现顺序喷射的功能。

（四）按空气流量的测量方式分类

1.速度密度控制法（EFI-D型系统）

它是通过检测进气歧管的压力（真空度）和发动机的转速，推算发动机吸入的空气量，并计算燃油流量的速度密度控制。D型EFI系统是最早的、典型的多点压力感应式喷射系统。由于空气在进气管内的压力波动，该方法的测量精度稍低。其系统组成如图1-1-4所示。



1-喷油器 2-冷起动喷油器 3-油压调节器 4-电控单元 5-电动汽油泵
6-节气门位置传感器 7-怠速控制阀 8-汽油滤清器 9-进气歧管压力传感器
10-水温传感器 11-冷起动喷油器温度控制开关

图1-1-4 EFI-D型电控汽油喷射系统

2.质量流量控制法（EFI-L型系统）

采用这种方法计量空气的电控汽油喷射系统，是直接测量进入气缸内空气的质量，将该空气的质量转换成电信号，输送给ECU，由ECU根据空气的质量计算出与之相适应的喷油量，以控制混合气的空燃比在最佳值。目前常用的空气流量计有叶片式、卡门旋涡式和热线式等。其测量的准确度高于D型，故可更精确控制空燃比。如图1-1-5所示。



L型电子燃油喷射系统

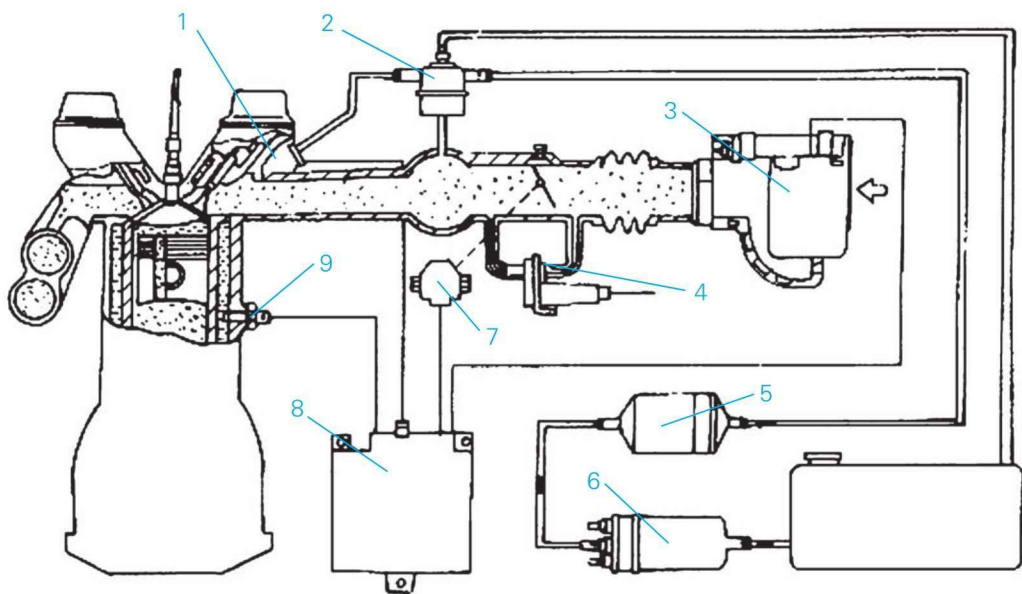


图1-1-5 EFI-L型电控汽油喷射系统

3. 节流速度控制法

节流速度控制法是利用节流阀的开度和发动机转速，推算每一循环吸入发动机的空气量，根据推算的空气量，计算汽油喷射量，由于是直接测量节流阀开度的角位移，所以过渡响应性能好，它在竞赛汽车中得到应用，有些Mono（单点喷射）系统也采用了该方式。但是，由于吸入的空气量与节气门开度和发动机转速是复杂的函数关系，所以不容易准确测定吸入的空气量。

三、发动机电控燃油喷射系统的主要控制内容

发动机电子控制应用非常普遍，它可以实现低油耗、低污染，减小动力传递系统的冲击，减轻驾驶员的疲劳，提高汽车的动力性、经济性和舒适性。目前汽油机上常用的电子控制装置及控制内容主要有。

（一）电控燃油喷射（EFI）

电控燃油喷射主要包括喷油量、喷射正时、燃油停供及燃油泵的控制。

1. 喷油量的控制

电子控制单元（ECU）将发动机转速和负荷信号作为主要信号，确定基本喷油量（喷油电磁阀开启时间长短），并根据其他有关输入信号加以修正，最后确定总喷油量。

2. 喷油正时控制

在电控燃油喷射系统中，当采用与发动机转动同步的顺序独立喷射系统方式时，ECU不仅要控制喷油量，还要根据发动机各缸的点火顺序，将喷油时刻控制在

一个最佳的时刻。

3. 减速断油及限速断油控制

(1) 减速断油控制

汽车行驶中，驾驶员快速松开加速踏板时，ECU将会切断燃油喷射控制电路，停止喷油，以降低减速时HC和CO排放量，当发动机转速下降至某一特定转速时，又恢复供油。

(2) 限速断油控制

发动机加速时，发动机转速超过安全转速或汽车车速超过设定的最高车速，ECU将会在临界转速时切断燃油喷射控制电路，停止喷油，防止超速。

4. 燃油泵控制

当接通点火开关后，ECU将控制燃油泵工作2~3s，以建立必须的油压，此时若不启动发动机，ECU将切断燃油泵控制电路，燃油泵停止工作，在发动机起动过程和运转过程中，ECU控制燃油泵保持正常运转。

(二) 电控点火装置 (ESA)

电控点火装置的控制主要包括点火提前角、闭合角及爆震控制等方面。

1. 点火提前角控制

点火提前角即点火的初始时刻。在ECU中，存储着发动机在各种工况及运行条件下最理想的点火提前角。发动机运转时，ECU根据发动机的转速和负荷信号，确定基本点火提前角，并根据其他有关信号进行修正，最后确定点火提前角，并向电子点火控制器输出点火指示信号，以控制点火系的工作。

2. 闭合角与恒流控制

闭合角即点火的持续时间。为了保证点火线圈初级电路有足够大的断开电流，以产生足够高的次级电压，同时也要防止通电时间过长使点火线圈过热而损坏，ECU可根据蓄电池电压及转速等信号，控制点火线圈初级电路的通电时间，在高能点火装置中，还增加了恒流控制电路，以使初级电流在最短的迅速增长到额定值，减少转速对次级电压的影响，改善点火特性。

3. 爆震控制

当ECU收到爆震传感器输出的信号后，ECU对信号进行滤波处理并判断有无爆震，在检测到爆震时，立即把点火提前角滞后，以免爆震的发生，在无爆震时，则将点火时刻提前。

(三) 怠速控制 (ISC)

发动机怠速运行时，如果空调压缩机工作，变速器挂入挡位，发电机负荷加大等状况而使怠速运转工况发生变化，则由ECU控制怠速控制阀，使发动机处在最佳怠速转速下运转。

（四）排放控制

排放控制项目主要有：废气再循环控制（EGR）、氧传感器及三元催化转化器开环、闭环控制、二次空气喷射控制、活性炭罐电磁阀控制等。

1. EGR废气再循环控制

当发动机温度达到一定温度时，根据发动机负荷和转速，ECU控制EGR阀，使废气进行再循环，以降NO_x的排放量。

2. 开环与闭环的控制

在装有氧传感器及三元催化转化器的发动机中，ECU根据发动机的工况及氧传感器反馈的空燃比信号，确定开环控制和闭环控制方式。

3. 二次空气喷射控制

ECU根据发动机的工作温度，控制新鲜空气喷入排气歧管或三元催化转化器中，以减少排气污染。

4. 活性炭罐电磁阀控制

ECU根据发动机的工作温度、转速、负荷等信号，控制活性炭罐电磁阀的工作，以降低燃油蒸汽蒸发污染。

（五）进气控制

1. 动力阀控制

发动机在不同负荷下，ECU控制真空电磁阀，以控制动力阀的开闭来改变进气流量，从而改善发动机的输出转矩和动力。

2. 涡流控制阀

ECU根据发动机的负荷和转速信号，控制真空电磁阀，以控制涡流控制阀的开闭，改善发动机大负荷下的充气效率，提高输出转矩和动力。

（六）增压控制

ECU根据进气压力传感器（MAP）检测的进气压力信号去控制释压电磁阀，以控制排气通路切换阀，改变排气通路的走向，从而控制废气涡轮增压器进入工作或停止工作。

（七）警告提示

ECU控制各种指示和警告装置，显示有关控制系统的工作状况，当控制系统出现故障时能及时发出警告信号。如氧传感器失效、催化剂过热、冷却水温过高等。

（八）自我诊断与报警系统

当控制系统出现故障时，ECU将会点亮仪表板上的“检查发动机”（CHECK ENGINE）灯，提醒驾驶员注意，发动机已出现故障，并将故障信息储存到ECU中，通过一定程序，能将故障码及有关信息资料调出，供检修使用。

（九）传感器故障预诊参考系统（失效保护）

当ECU检测到传感器或线路故障时，即会自动按ECU预设的程序提供预设定

值，以便发动机仍能保持运转，但性能将有所下降。

(十) ECU故障备用控制系统

当ECU发生故障时，则会自动启用备用系统，使发动机进入强制运转状态，以便驾驶员将车辆开到修理厂进行修理。

四、发动机电控系统的基本组成及工作原理

发动机电控系统主要由信号输入装置（传感器）、电子控制单元（ECU）、执行器等组成。如图1-1-6所示。

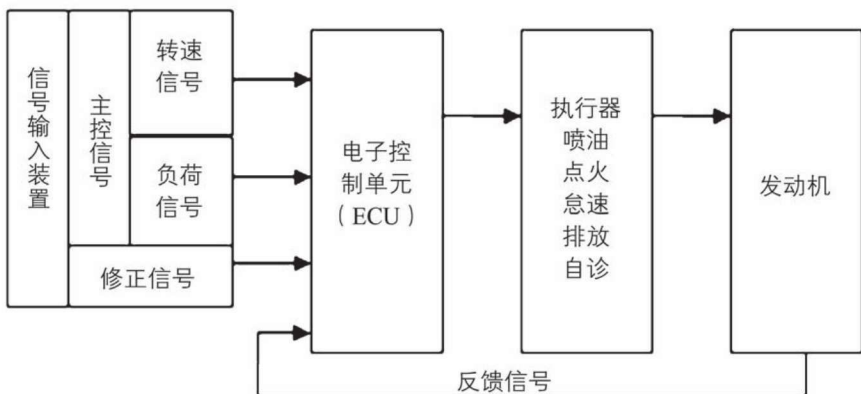


图1-1-6 发动机电控系统的组成

(一) 信号输入装置及输入信号

发动机电控系统的信号输入主要是通过各种传感器或其他控制装置将各种控制信号输入ECU的。发动机电控系统用的传感器和输入信号主要有以下几种。

1. 空气流量计（MAF）

在L型EFI系统中，由空气流量计测量发动机吸入的空气量，并将信号输入ECU，作为燃油喷射和点火控制的主控制信号。

2. 进气（歧管绝对）压力传感器（MAP）

在D型EFI系统中，由进气压力传感器测量进气管压力（真空度），并将信号输入ECU，作为燃油喷射和点火控制信号的主控制信号。

3. 发动机转速与曲轴位置传感器

曲轴位置传感器检测曲轴（或活塞）位置信号和曲轴转角信号（转速信号）并输入ECU，作为点火和燃油喷射的主控制信号。

4. 凸轮轴位置传感器

凸轮轴位置传感器又叫同步信号传感器，它是一个气缸判别装置，向ECU输入凸轮轴位置信号，是点火控制的主控信号。

5. 上止点位置传感器

向ECU提供1缸上止点位置信号，作为点火控制的主控信号。