

责任编辑 王 旻

封面设计



汽车电控发动机 故障诊断与排除

QICHE DIANKONG FADONGJI
GUZHANG ZHENDUAN YU PAICHU



人才培养模式与教学改革

汽车发动机机械维修

汽车自动变速器维修

汽车发动机拆装

汽车悬架、转向与制动系统维修

★ 汽车电控发动机故障诊断与排除

汽车传动系统维修

汽车动力电气维修

汽车维护

汽车车身电气维修

工程机械概论

仓储实务

物流机械设备

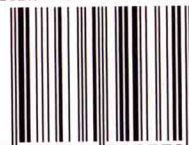
公路工程测量实训手册

公路工程试验检测实训手册

应用文写作基础

计算机应用基础一课一练

ISBN 978-7-5643-2937-2



9 787564 329372 >

定价: 21.00元

国家中等职业教育改革发展示范学校
国家中等职业教育改革发展示范学校系列教材

汽车电控发动机 故障诊断与排除

QICHE DIANKONG FADONGJI
GUZHANG ZHENDUAN YU PAICHU

雷小勇 陈 瑜 刘新江◎主编

常州大学图书馆
藏书章



西南交通大学出版社
• 成都 •

图书在版编目 (C I P) 数据

汽车电控发动机故障诊断与排除 / 雷小勇, 陈瑜, 刘新江主编. —成都: 西南交通大学出版社, 2014.3
国家中等职业教育改革发展示范学校建设系列教材
ISBN 978-7-5643-2937-2

I. ①汽… II. ①雷… ②陈… ③刘… III. ①汽车—
电子控制—发动机—故障诊断—中等专业学校—教材
IV. ①U472.43

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 035798 号

国家中等职业教育改革发展示范学校建设系列教材

汽车电控发动机故障诊断与排除

主编 雷小勇 陈瑜 刘新江

责任编辑	王 旻
封面设计	墨创文化
出版发行	西南交通大学出版社 (四川省成都市金牛区交大路 146 号)
发行部电话	028-87600564 028-87600533
邮政编码	610031
网 址	http://press.swjtu.edu.cn
印 刷	成都中铁二局永经堂印务有限责任公司
成品尺寸	185 mm × 260 mm
印 张	8.75
字 数	217 千字
版 次	2014 年 3 月第 1 版
印 次	2014 年 3 月第 1 次
书 号	ISBN 978-7-5643-2937-2
定 价	21.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

四川交通运输职业学校

国家中等职业教育改革发展示范学校建设

系列教材编写委员会

主 任 李 青

副主任 周 萍 刘有星 黄 霞

委 员 (排名不分先后)

朱博明 张秀娟 王新宇 刘新江

柏令勇 张定国 夏宇阳 周永春

陈 辉 钟 声 杨 萍 熊 瑛

陈勃西 黄仕利 袁 田 杨二杰

晏大蓉 (四川兴蜀公路建设发展有限责任公司)

钟建国 (四川省国盛汽车销售服务有限公司)

杜 华 (四川省杜臣物流有限公司)

冯克敏 (成都市新筑路桥机械股份有限公司)

四川交通职业技术学院

国家中等职业教育改革发展示范学校建设

系列教材编写委员会

2014年2月

总序

中等职业教育是我国教育体系的重要组织部分，是全面提高国民素质、增强民族产业发展实力、提升国家核心竞争力、构建和谐社会以及建设人力资源强国的基础性工程。为大力推进中等职业教育改革创新，全面提高办学质量，2010—2013年，国家组织实施中等职业教育改革发展示范学校建设计划，中央财政重点支持1000所中等职业学校改革创新，我校是第二批示范校建设单位之一。在近两年的示范建设过程中，我们与西南交通大学出版社合作开发了28本示范建设教材，且有17本即将公开出版，这是我校示范校建设取得的重要成果，也是弘扬学校特色和品牌的很好载体。

呈现在大家面前的这套系列教材，反映了我校近年教学科研工作的阶段性成果。从课程来源看，不仅有学校4个重点建设专业（道路与桥梁工程施工专业、汽车运用与维修专业、物流服务与管理专业、工程机械运用与维修专业）的课程，也有公共基础课程；从教材形态看，又可以分为两类：一是以知识性内容为主、兼顾实践性活动、培养学生综合素质的理实一体化教材；二是以学生实践为主的实训操作手册。教材的编写过程倾注了编者大量的心血，融入了作者独到的见解和心得，更是各专业课室集体智慧的结晶。

这套教材的开发，在学生状态分析的基础上，根据技能型人才培养的实际需要，积极实现职业岗位与专业教学的有机结合。这17本教材比较准确地把握了专业课程的特征，具备了一定的理论水平，突出了实践性、活动性，符合新课程理念，对我校课程建设将会产生深远的影响，对学生全面健康成长也会产生积极的作用，对创新中职学校人才培养模式与课程体系改革将起到引领和示范作用。

在内容上，这套教材有如下特点：一是对于基础知识教学以“必需、够用”为度，以讲清概念、强化应用为教学重点。二是根据职业岗位需求，基于工作过程为线索来组织写作思路。三是方法具体，基本技能可操作性强。四是表达简洁，图文并茂，形式生动活泼，学生易于理解、掌握和实践。

由于时间紧迫，编者理论和实践能力水平有限，书中难免存在一些不足和缺点，需要进一步修改、完善和充实。我们希望老师和同学们提出宝贵意见，希望读者和专家给予帮助指导，使之日臻完善！

四川交通运输职业学校

国家中等职业教育改革发展示范学校建设

系列教材编写委员会

2014年2月

前言

为深入贯彻《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020 年）》关于加快教育改革进程的精神，根据教育部关于全面推进素质教育、深化中等职业教育教学改革的意见中提出的“中等职业教育要全面贯彻党的教育方针，转变教育思想，树立以全面素质为基础、以能力为本位的新观念，培养与社会主义现代化建设要求相适应，德智体美劳全面发展，具有综合职业能力，在生产、服务、技术和管理第一线工作的高素质劳动者和中初级专门人才”要求，加快落实我校“国家中等职业教育改革发展示范校建设项目”，我们通过大量专业调查研究，请汽车运用与维修行业专家共同分析论证，对汽车运用与维修专业所涵盖的岗位进行了职业能力和工作任务分析，形成了汽车运用与维修专业较为标准的课程体系，于 2013 年 7 月，编辑了《汽车运用与维修专业主干专业教学标准与课程标准》。为更好地执行这两个标准，为我校提供适应新的教学要求的教材，我校教学指导委员会于 2013 年 9 月组织了汽车运用与维修专业系列教材的编写。

本系列教材涵盖了汽车维修、汽车钣金与涂装、汽车装饰与美容、汽车商务等 4 个专业的专业基础课和专业核心课程，主要有“汽车车身电气设备构造与维修”、“汽车动力电气设备构造与维修”、“汽车发动机机械维修”、“汽车发动机结构与拆装”、“汽车电控发动机故障诊断与检测”、“汽车传动系统构造与维修”、“汽车转向、制动系统构造与维修”、“汽车自动变速器构造与维修”、“汽车底盘结构与拆装”等课程的教材；这些教材可供交通运输类中等职业学校汽车运用与维修专业教学使用，也可作为专业维修企业的基础培训教材。

本系列教材体现了以工作（学习）任务为主线，以技能培养为核心，以“必需、够用”为原则，紧密联系生产、教学实际，加强技能培养，实现专业技能逐步提高的教学理念，具有以下特点：

（1）教材采用学习任务的形式编写，以汽车专业维修企业的典型工作任务为依据进行课程设计，通过任务（情境）描述、学习目标、学习内容、任务准备、任务实施、操作过程、评价反馈等模块，形成了专业知识和技能的内容。

（2）教材体现了中等职业教育的特点，注重知识的适用性、实践性和全面性，在知识和技能方面也形成了渐进性和系统性。

（3）教材反映了汽车工业的新知识、新技术、新工艺和新标准，同时顾及新设备、新材料和新方法的应用，特别注意与现场实际设备相结合，利于学生掌握知识和技能。

（4）教材文字简洁，通俗易懂，图文并茂，有利于提高学生的学习兴趣 and 取得较好的学习效果；对重要操作内容采用“连环画”图片展示，方便指导学生独立操作。

“汽车电控发动机故障诊断与检测”是我校汽车运用与维修专业的核心课程，全书由 8

个学习任务组成，分别介绍了电控发动机的整体结构特点、进气（冷却液）温度传感器检修、空气流量计的检修、节气门位置传感器的检修、燃油供给系统检修、点火系统检修、怠速控制系统检修、电控发动机综合故障诊断等内容。

本书由四川交通运输职业学校雷小勇、陈瑜、刘新江担任主编。电控发动机整体认识、空气流量计检修、怠速控制系统检修、电控发动机综合故障诊断由雷小勇编写；点火系统检修由袁永东编写；节气门位置传感器检修由陈瑜编写；燃油供给系统检修由刘新江编写；进气（冷却液）温度传感器检修由陈传剑编写。本书在编写过程中，得到了许多老师的支持，在此表示衷心感谢。

由于编者水平所限，加之编写时间仓促，书中难免有不当之处，恳请读者提出批评意见，以便再版时进行修订改正。

编 著

2014年1月

目 录

学习任务一 汽车电控发动机概述	1
一、任务准备	2
二、任务实施	9
三、评价与反馈	13
学习任务二 空气供给系统检修	15
一、任务准备	16
二、任务实施	20
三、评价与反馈	24
学习任务三 空气流量计、进气压力传感器检修	26
一、任务准备	27
二、任务实施	33
三、评价与反馈	37
学习任务四 节气门位置传感器检修	39
一、任务准备	40
二、任务实施	47
三、评价与反馈	55
学习任务五 燃油供给系统检修	57
一、任务准备	58
二、任务实施	67
三、评价与反馈	75
学习任务六 点火系统检修	77
一、任务准备	78
二、任务实施	91
三、评价与反馈	98

学习任务七 怠速控制系统检修	100
一、任务准备	101
二、任务实施	106
三、评价与反馈	112
学习任务八 电控发动机的故障诊断	114
一、任务准备	115
二、任务实施	122
三、评价与反馈	128
参考文献	130

学习任务一 汽车电控发动机概述



任务描述:

李先生 2003 年的帕萨特轿车在行驶到 18 000 km 左右时,发现仪表上的发动机故障灯开始亮起,有时还一闪一闪的。将车开到上海大众 4S 店,服务顾问经过初步诊断后,开出了检修电控发动机的工单,安排机电组专业人员排除故障。



学习目标:

通过本学习任务的学习,应当能:

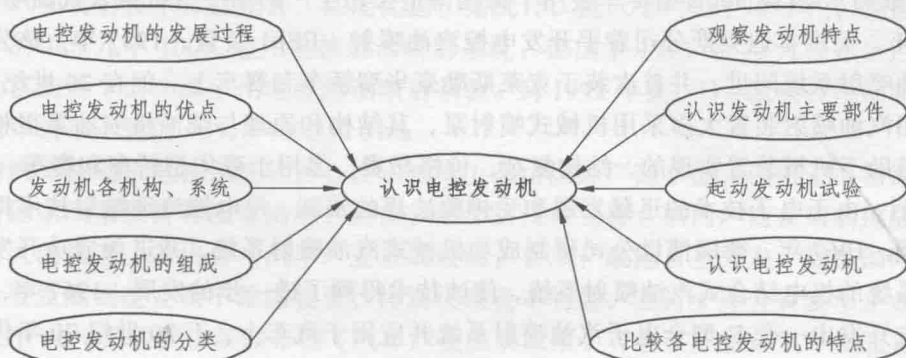
- (1) 描述电控发动机的简单发展过程。
- (2) 说明汽车电控发动机的优点。
- (3) 介绍汽车电控发动机的基本组成。
- (4) 对电控发动机进行简单分类。
- (5) 认识发动机的主要机构和系统。



建议学时: 6 课时



学习内容:



一、任务准备

引导问题 1：什么是汽车电控发动机？

电控汽油喷射发动机是装有电控装置、传感器、执行元件的智能控制发动机。它可以精确控制空燃比，使燃烧充分，显著减少排气污染。同时，由于发动机工作稳定性得到加强，从而降低了噪音。其传感器采集瞬息变化的空气进气量、发动机负荷、水温、进气温度等信号输入电脑，由电脑计算出适时的、恰当的汽油量和最佳点火提前角等，并输出控制信号给喷油阀和点火器等，使发动机在各工况下得到最佳性能。电控汽油喷射发动机组成如图 1-1 所示。

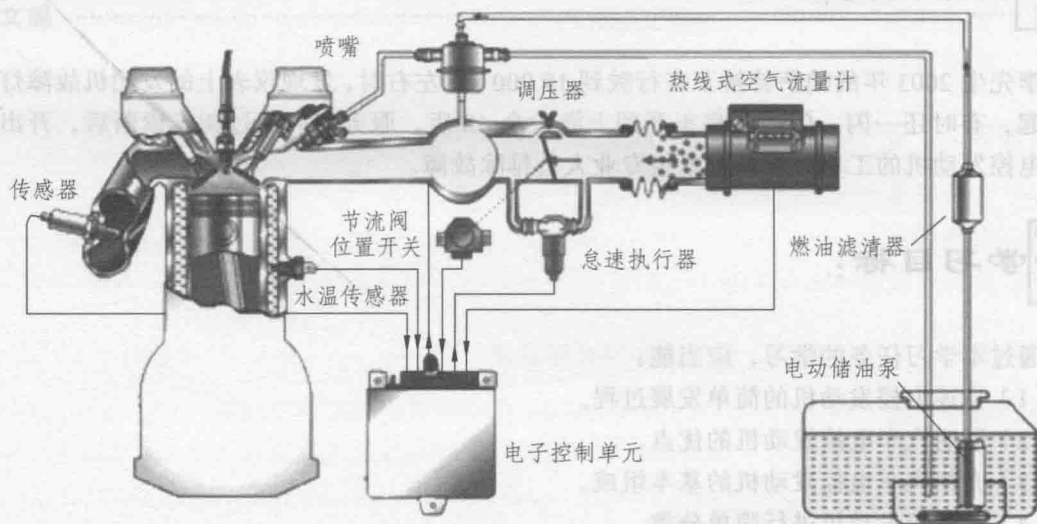


图 1-1 电控汽油喷射发动机组成图

引导问题 2：电控发动机是怎样发展起来的？

1. 电控发动机的历史由来

电子控制燃油喷射技术最早应用于飞机发动机，“二战”结束之后，燃油喷射技术才逐渐被应用于汽车发动机上。1952 年，曾用于“二战”德军飞机的机械式汽油喷射技术被应用于轿车，德国戴姆乐-奔驰 300L 型赛车装用了德国博世公司生产的第一台机械式汽油喷射装置。

1953 年，美国本迪克斯公司着手开发电控汽油喷射（EFI）装置，1957 年，该公司的电子控制汽油喷射系统问世，并首次装于克莱斯勒豪华型轿车和赛车上。但在 20 世纪 60 年代以前，车用汽油喷射装置大多采用机械式喷射泵，其结构和原理与柴油机喷油泵很相似，控制功能是借助于机械装置实现的，结构复杂，价格昂贵，多用于豪华型轿车和赛车。20 世纪 60 年代以后，由于电子技术的迅猛发展和受排放法规的限制，使电控汽油喷射技术得到了进一步的发展。1967 年，德国博世公司研制成功机械式汽油喷射系统，并进而成功开发增加了电子控制系统的机电结合式汽油喷射系统，使该技术得到了进一步的发展。1967 年，德国博世公司率先开发出一套 D 型全电子汽油喷射系统并应用于汽车上，于 20 世纪 70 年代首次批量生产，在当时率先达到了美国地方废气排放法规的要求，开创了汽油喷射系统的电子控制

的新时代。之后, L 型电控汽油喷射系统又进一步发展成为 LH 型系统, 后者既可精确测量进气质量, 补偿大气压力, 又可降低温度变化的影响, 而且进气阻力进一步减小, 使响应速度更快, 性能更加卓越。1979 年, 德国博世公司开始生产集电子点火和电控汽油喷射于一体的数字式发动机综合控制系统, 它可对空燃比、点火时刻、怠速转速和废气再循环等方面进行综合控制。电控汽油喷射技术日趋完善, 性能优越, 使得电控汽油喷射装置从 20 世纪 70 年代末开始得到迅猛发展。

2. 电控汽油喷射式发动机的发展与现状

汽车作为人类文明进步的标志之一, 已成为当今世界经济发展的支柱产业, 成为人们日常工作和生活中不可或缺的一部分。随着交通事业的发展, 公路总里程的增加, 汽车的保有量也在迅猛增长。2013 年我国私人汽车保有量就已超过 8 000 万辆, 历年的增长趋势如图 1-2 所示。汽车保有量的大幅度增长不仅导致石油燃料的大量消耗, 而且由此所产生的大量对人体有害的排放物(如 NO_x 、HC、CO 和微粒)所带来的环保问题, 都成为人类可持续发展中所遇到的棘手问题。所以, 如何节约有限的能源、降低汽车有害排放值、保护环境已成为我国现实发展中所考虑的关键问题。

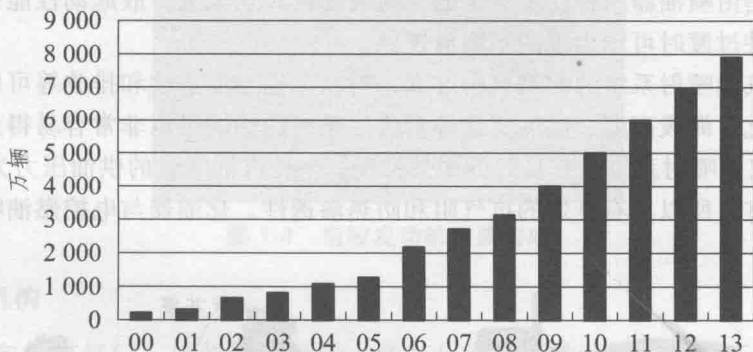


图 1-2 我国私人汽车历年增长图

电子控制作为最有希望的汽车发动机控制手段, 电控汽油喷射式发动机可以精确控制空燃比, 使燃烧充分, 显著减少排气污染, 发动机工作稳定性得到加强, 噪音降低。发动机电控系统采集传感器的各种有用信息, 由电控单元计算出最恰当的汽油量和最佳点火提前角等, 并控制喷油器和点火器等执行器, 使得发动机在各种工况下得到最佳性能。

电控汽油喷射技术日益完善, 性能优越。据统计, 进入 20 世纪 90 年代, 美国三大汽车公司生产的轿车几乎 100% 应用电控燃油喷射系统, 德国于 1993 年 10 月停止生产采用化油器式发动机的轿车而全部采用电控燃油喷射系统。到 1992 年美、日、欧电控汽油喷射的车辆分别占当年轿车产量的 95%、80% 和 51%。

目前汽车发动机电控系统的核心技术基本上都由国外厂商掌握, 但由于市场需求潜力巨大, 随着国家政策扶持和配套措施的到位, 法律法规的完善, 国内厂商在面临挑战的同时仍然拥有巨大的机遇。新出台《汽车产业发展政策》要求: 鼓励自主开发, 提高国际竞争力; 汽车行业要发展制造业而不是组装业; 体现民族资本利益, 坚持中外合资整车企业中中方所占股比不低于 50% 的原则。新颁布的《汽车产业发展政策》对企业产品自主开发能力的培养与提高给予了高度重视, 相信很快会有具有自主知识产权、自主品牌的汽车电子控制系统为国

产汽车配套，形成一定规模。目前国内自主开发能够满足相当于欧Ⅱ排放标准的电控燃油喷射系统，在技术上已不存在问题。

引导问题 3：电控汽油喷射发动机有什么优点？

电控汽油喷射发动机与化油器式发动机相比较具有以下优点：

(1) 电控汽油喷射系统易于控制燃油供给量，实现混合气空燃比及点火提前角的精确控制，使发动机无论什么工况都能处于最佳运行状态。

(2) 电控汽油喷射可以提高发动机进气效率进而提高输出功率。化油器可以使燃油细微化，改善发动机的过渡性，但其喉管直径不能无限地加大；电控汽油喷射则完全不需要喉管，这就减少了进气阻力，提高了进气效率，从而得到比化油器更高的输出功率。

(3) 由于汽油喷射系统不需要对进气加热，使得压缩温度较低，不易发生爆震，故可采用较高的压缩比来提高热效率。

(4) 化油器系统很大程度上依赖进气管的设计，特别是在低温起动时，由于燃油附着在进气管内壁，会使 HC 排放增加，还容易引起加速相应滞后。电控汽油喷射则不受其影响，它的燃油雾化是由喷油器的特性所决定的，与发动机转速无关，故起动性能良好，不存在从怠速向正常行驶过渡时可能出现的不圆滑现象。

(5) 电控汽油喷射系统的控制自由度大，对动力性、经济性和排放等可以实现多目标控制；因工况变化，海拔高度、温度变化等对供油系统的影响可以非常容易得到校正。

(6) 电控汽油喷射系统具有良好的耐热性能，电控汽油喷射的供油压力为 250 kPa 左右，它也没有浮子室，所以具有良好的抗气阻和防热渗透性。化油器与电控燃油喷射系统比较如图 1-3 所示。

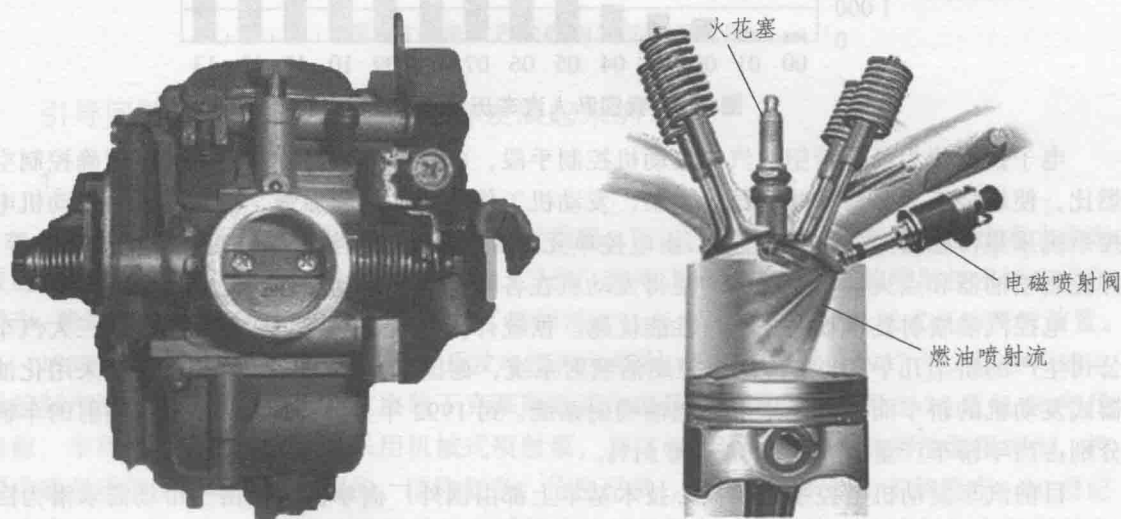


图 1-3 化油器与电控燃油喷射的对比

引导问题 4：电控汽油发动机有哪些机构和系统？

汽油发动机主要构成有两大机构、六大系统，如图 1-4 所示，主要构成如下：



1. 曲柄连杆机构

曲柄连杆机构包括机体组、活塞连杆组和曲轴飞轮组。这是发动机借以产生动力，并将活塞的往复直线运动转变为曲轴的旋转运动而输出动力的机构。机体组包括气缸盖、气缸体和机油盘。气缸体的上部为气缸盖，下部为曲轴箱，气缸体一般简称为缸体。发动机机体可作为发动机各机构、各系统的安装和配合的基体，而且其本身的许多部分又分别是曲柄连杆机构、配气机构、汽油喷射系、冷却系、润滑系的组成部分。气缸盖和缸体内壁与活塞顶部组成一个单坡屋脊性燃烧室，燃烧室中央有一个电火花塞，用来点燃混合气体。所以，机体组是承受高温高压的机件。

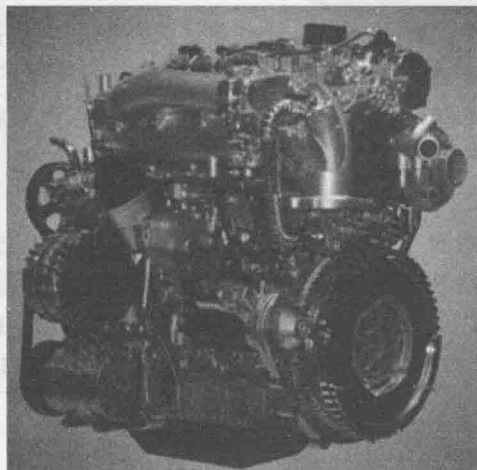


图 1-4 电控发动机主要构成

2. 配气机构

配气机构包括进气门、排气门、挺杆、进气凸轮轴、排气凸轮轴、正时齿轮以及凸轮轴正时皮带。配气机构的作用是将可燃气体及时充入气缸和及时地将燃烧后的废气从气缸中排出。

3. 冷却系统

冷却系统主要包括水泵、散热器、电控风扇、节温器、水道和缸内的冷却水套等。其作用是把发动机受热机件的热量带走，散发到大气中去，保证发动机正常工作；为空调取暖器提供热量，保证发动机冷车运转时受热均匀。

4. 起动系统

起动系统主要由起动机、蓄电池及控制部分等组成，功能主要是使静止的发动机起动并转入自行运转的过程，系统最主要的部件就是起动机。

5. 燃料供给系统

主要包括供给、供油和排气系统，分别由空气滤清器、节气门、进气歧管、排气歧管、排气管、汽油箱、输油泵、汽油滤清器、压力调节器、脉动衰减器、喷油器以及输油管、回油管

等组成,燃油供给和空气供给的作用是根据发动机负荷和发动机转速,由 ECU 确定的喷油量和进气量混合成可燃混合气,进入气缸以供燃烧做功,并通过排气系统将废气排出发动机。

6. 润滑系统

润滑系统采用压力润滑和飞溅润滑方式,它由机油泵、机油压力调节器、机油滤清器、机油冷却器和油道组成,其功用是将润滑油供给做相对运动的零件,以减少它们之间的摩擦阻力,减轻运动机件的磨损,并可冷却摩擦零件,清洗摩擦表面,润滑系统还可以起到密封作用。

7. 点火系统

点火系统主要由点火器、点火线圈、分电器、火花塞和电子控制器等组成。电子控制系统由曲轴位置传感器、凸轮轴位置传感器和 ECU 组成。点火系的作用是 ECU 根据发动机的各种状况,计算点火正时并将点火正时信号送至点火器。点火器将点火线圈产生的高电压依次按序分配到各个火花塞产生火花,点燃可燃混合气。

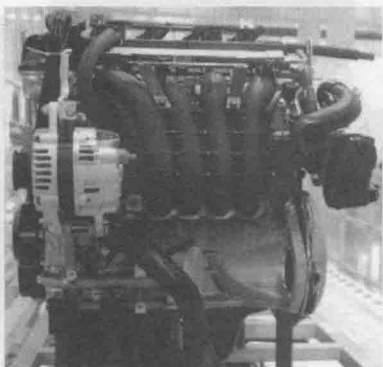
8. 电子控制系统

电子控制系统包括下列 3 个部分:传感器、控制器和执行器。系统由若干只检测发动机各种状况的传感器、一只按传感器信号确定喷油量的电控单元 (ECU),以及按 ECU 指令工作的喷油器组成。它的主要作用是根据发动机不同工况,决定最佳的喷油正时和喷油持续期。

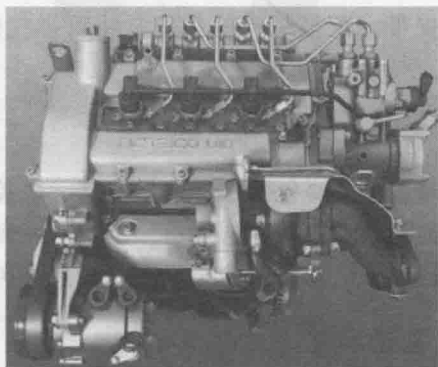
引导问题 5: 有哪些类型的电控发动机?

电控发动机按不同的分类方式有不同类型的电控发动机,主要有:

(1) 按发动机使用的燃料不同可将电控发动机分为汽油电控发动机和柴油电控发动机,如图 1-5 所示。汽油发动机技术成熟应用普遍,柴油电控发动机起步较晚,但发展潜力巨大。



(a) 汽油发动机



(b) 柴油发动机

图 1-5 汽油发动机与柴油发动机

(2) 电控发动机按吸入空气量的测量方式不同可分为直接测量式和间接测量式,如图 1-6 所示。直接测量式就是通过传感器直接测量进入发动机的空气的质量,也称 L 型;间接测量式就是通过进气压力、发动机转速、负荷计算出进入发动机的空气质量,也称为 D 型。



图 1-6 L 型与 D 型电控发动机最大特点

(3) 按喷射方式的不同可将电控发动机分为同时喷射、分组喷射、顺序喷射 3 种, 如图 1-7 所示。同时喷射是指各缸的喷油器同一时刻喷油、同一时刻停止喷油; 分组喷射是指将偶数喷油器分成 2~3 组, 每一组的喷油器同时喷油; 顺序喷射是指各缸的喷油器按各缸的工作顺序进行喷油, 也是应用最为广泛的喷射方式。

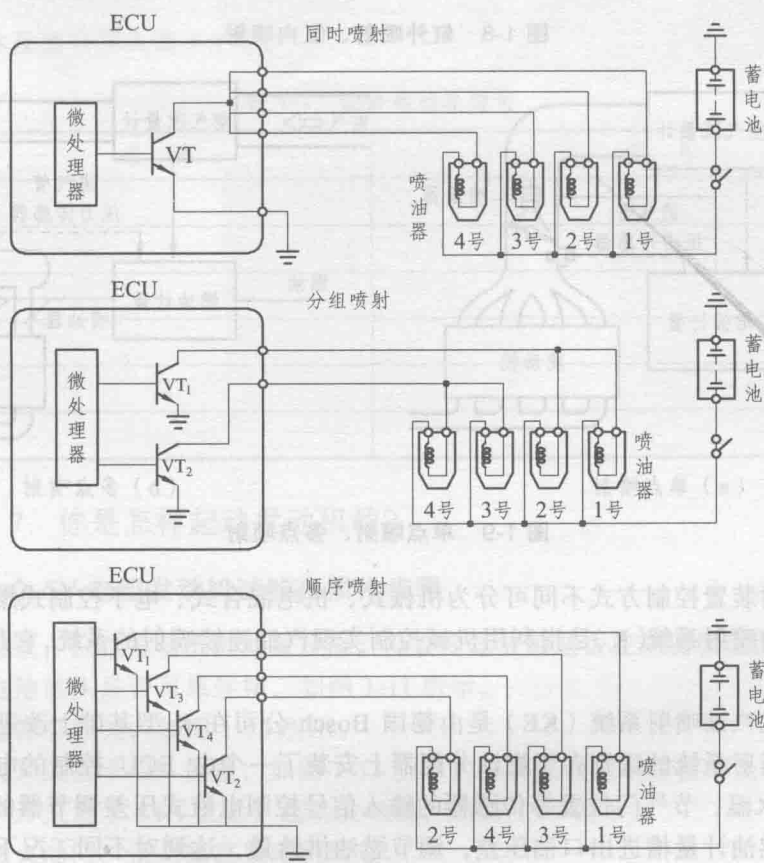


图 1-7 同时喷射、分组喷射、顺序喷射

(4) 按燃油喷射位置不同可分为缸内喷射和缸外喷射,如图 1-8 所示。缸内喷射也叫缸内直喷,是直接将燃油喷到气缸中,在气缸内与空气形成可燃混合气,这样更能发挥每一滴燃油的功效,但对喷油嘴的要求很高,因为气缸内是高温高压的环境。缸外喷射只是将燃油喷到进气歧管中,在那里形成可燃混合气再送入气缸,那里的环境好得多,无需采用特殊的喷油嘴,它的不足是不如缸内直喷的节油。缸外喷射按喷油器的多少还可以分为单点喷射和多点喷射,如图 1-9 所示。单点喷射是指整个发动机由 1~2 支喷油器喷油,多点喷射是指每缸装一支喷油器。

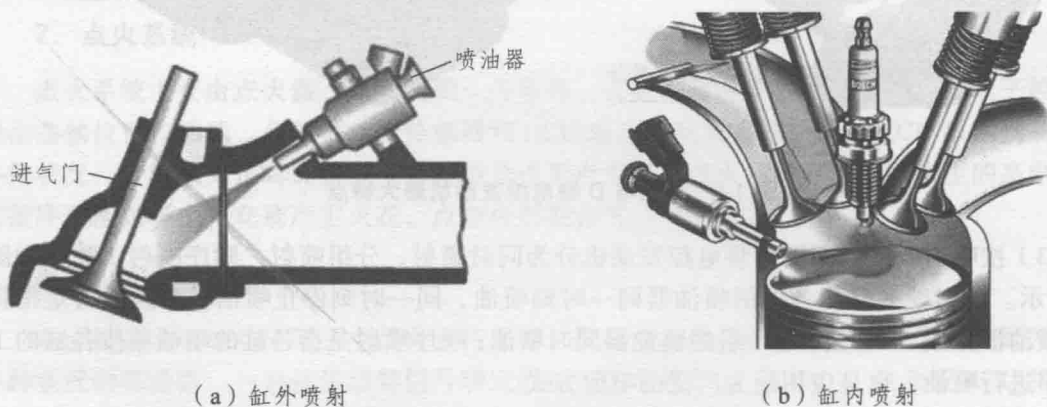


图 1-8 缸外喷射、缸内喷射

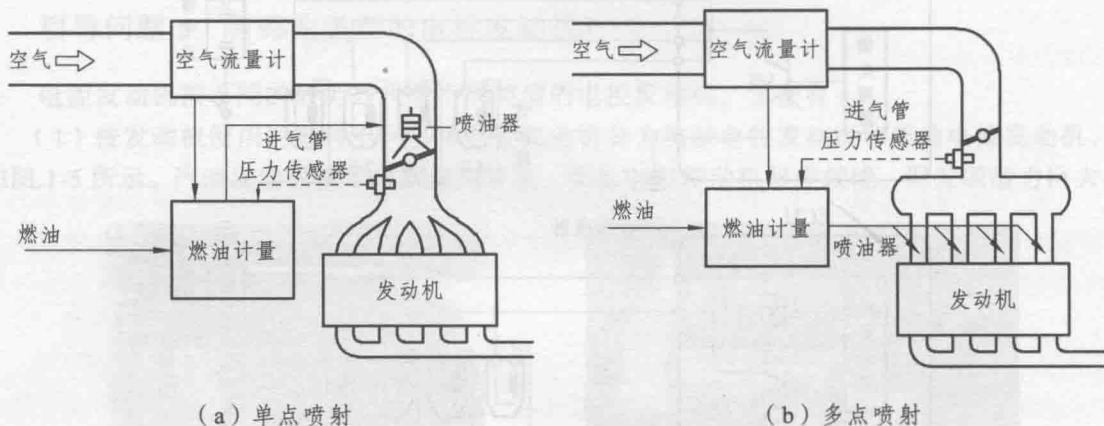


图 1-9 单点喷射、多点喷射

(5) 按喷射装置控制方式不同可分为机械式、机电混合式、电子控制式燃油喷射系统。

机械式汽油喷射系统(K)是指利用机械控制实现汽油连续喷射的系统,它是由德国 Bosch 公司研制成功。

机电混合式汽油喷射系统(KE)是由德国 Bosch 公司在 K 型基础上改进而成。它与 K 型机械式汽油喷射系统的区别在于燃油分配器上安装了一个由 ECU 控制的电液式压差调节器。ECU 根据水温、节气门位置等传感器的输入信号控制电液式压差调节器的动作。通过改变燃油分配器燃油计量槽进出口油压差,调节燃油供给量,达到对不同工况下可燃混合气空燃比的修正。