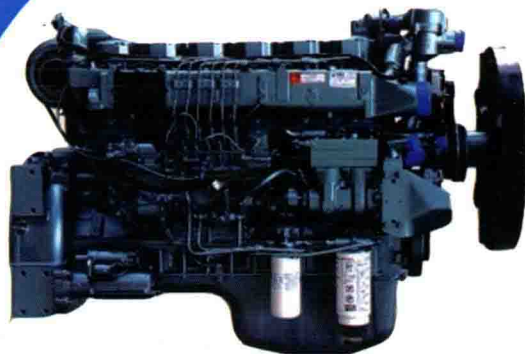


全国中等职业教育教材委员会专家推荐教材



电控发动机构造与维修

主编 © 苏畅 周敬东 杨方金



东北师范大学出版社
Northeast Normal University Press

电控发动机构造与维修

主 编	苏 畅	周敬东	杨 勇	金 飞
副主编	魏勇福	李国君	戴 荣	航 武
编 委	张志才	周 煜	汪 文	聪 斌
	杨建武	许雪松		



东北师范大学出版社

长 春

元 05.00 : 付 壹

地址: 长春市人民大街461号, 邮编: 130021, 电话: 0431-5961811, 传真: 0431-5961812

图书在版编目 (CIP) 数据

电控发动机构造与维修 / 苏畅, 周敬东, 杨方金主编. —长春: 东北师范大学出版社, 2012. 6

ISBN 978-7-5602-8389-0

I. ①电… II. ①苏…②周…③杨… III. ①电动机—控制—电器—教材 IV. ①G480

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 093142 号

☐责任编辑: 汲明 ☐封面设计: 林粤祺

☐责任校对: 王强 ☐责任印制: 周文

东北师范大学出版社出版发行
吉林省长春市净月经济开发区金宝街 118 号 (邮政编码: 130117)

电话: 010-51263695

网址: <http://www.nenup.com>

电子函件: sdcbbs@mail.jl.cn

东北师范大学出版社激光照排中心制版
北京市全海印刷厂
北京市顺义区南彩镇东江头村村委会东侧 1000 米 (邮政编码: 101300)

2012 年 6 月第 1 版 2012 年 6 月第 1 次印刷
幅面尺寸: 185 mm×230 mm 印张: 18.25 字数: 382 千

定价: 36.80 元

如发现印装质量问题, 影响阅读, 可直接与承印厂联系调换

特别鸣谢

本书是根据教育部《重庆市立信职业教育中心 汽车运用与维修专业教学指导方案》中主干课《湖北省宜昌机电工程学校 课程教学基本要求》，并参照有关行业的职业技能要求，由四川省南溪县职业高级中学、昆明现代工商旅游学校、

编者在长期从事《贵州省电子工业学校》、《肇庆市工业贸易学校》、《四川省仁寿县二职中》

1. 体现中等职业学《宜宾食品工业职业中学校》、《广西南宁市商贸技工学校》、《广西华侨学校》

2. 根据培养目标，重庆农业机械化学校引入了一些新技术，开阔学生视野。
3. 遵循教学基本要求规定的内容和要求，进行模块组合。全书按照各章书的具体内容，组成不同形式的模块，可供不同学校、不同学制的学生作弹性选择，有一定的灵活性和较广泛的可适用性。

4. 文字简练，图文并茂，形象直观，通俗易懂。

本书由重庆市立信职业教育中心苏畅、宜昌市机电工程学校周敏东、四川省南溪县职业高级中学教师编委会任主编，由魏勇福、李国君、戴秉敏任副主编，其中苏畅编写（模块五），周敏东编写（绪论、模块四），戴秉敏编写（模块一），魏勇福编写（模块六），李国君编写（模块三），戴秉敏编写（模块七），苏畅、周敏东共同编写（模块二），任文忠、魏建武、许雪松共同编写

前言

本书是根据教育部 2001 年颁发的《中等职业学校汽车运用与维修专业教学指导方案》中主干课程《汽车底盘构造与维修课程教学基本要求》，并参照有关行业的职业技能鉴定规范及中级技术工人等级标准编写的中等职业教育国家规划教材。

编者在长期从事中职汽车专业教学基础上，为适应中等职业教育教学改革的新形势，贯彻以素质教育为基础，以提高能力为指导思想，突出职业教育特色，在编写过程中注重考虑了以下四方面问题：

1. 体现中等职业学校培养目标，即培养中、初级专门人才和高素质劳动者的要求，教学内容侧重于应用，增加了技能实训内容，包括课间实习及专业实训。
2. 根据培养目标和现代社会的需求，介绍了一些新技术，开阔学生思路。
3. 遵循教学基本要求规定的内容和要求，进行模块组合。全书按照各章节的具体内容，组成不同形式的模块，可供不同学校、不同学制的学生作弹性选择，有一定的灵活性和较广泛的适用性。
4. 文字简练，图文并茂，形象直观，通俗易懂。

本书由重庆市立信职业教育中心苏畅、宜昌市机电工程学校周敬东、四川省南溪县职业高级中学校杨方金任主编，由魏勇福、李国君、戴荣航任副主编，其中苏畅编写（模块五），周敬东编写（绪论、模块四），杨方金编写（模块一），魏勇福编写（模块六），李国君编写（模块三），戴荣航编写（模块七），张志才、周煜共同编写（模块二），汪文聪、杨建武、许雪松共同编写

(模块八)，全书由苏畅负责统筹策划和全面校审

由于编者水平有限，书中错误和问题在所难免，恳请读者批评指正。

前言

编者

为适应我国社会主义现代化建设需要，根据教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》和《教育部关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》文件精神，在教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》和《教育部关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》的指导下，根据《教育部关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》和《教育部关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》的要求，结合我国高等职业教育的实际情况，编写了这本《高等职业教育专业教学标准》。

本书在编写过程中，参考了国内外有关文献资料，吸收了近年来高等职业教育改革的成果，力求做到科学性、先进性和实用性的统一。本书可作为高等职业院校各专业教学改革的参考，也可供从事高等职业教育工作的教师、管理人员和研究人员参考。

本书在编写过程中，得到了有关领导和专家的大力支持，在此表示衷心的感谢。由于编者水平有限，书中难免存在不足之处，恳请广大读者批评指正。

编者

目 录

绪 论	1
模块一 汽油机电控燃油喷射系统概述	7
任务一 电控燃油喷射系统的组成、分类及基本原理	7
任务二 电控燃油喷射系统的控制功能	18
技能训练 发动机电控系统的认识	22
复习思考题	23
模块二 电控发动机维修常用诊断仪器与设备	26
任务一 数字万用表	26
任务二 诊断仪	33
技能实训	64
复习题	67
模块三 电控系统主要信号输入装置的拆装与检测	69
任务一 空气流量计	69
技能实训 空气流量传感器的性能检测	78
任务二 进气歧管压力传感器	84
技能实训 进气歧管压力传感器的检测	88

任务三 节气门位置传感器	91
技能训练 节气门位置传感器的性能检测与调整	93
任务四 发动机曲轴位置传感器与凸轮轴位置传感器	99
技能实训 发动机曲轴位置传感器与凸轮轴位置传感器的性能检测	105
任务五 温度传感器拆装与检测	109
技能实训 水温传感器的性能检测	111
任务六 氧传感器	112
技能实训 氧传感器的性能检测	114
任务七 爆震传感器	118
技能实训 爆震传感器电阻的检测	119
任务八 车速传感器、启动信号及各开关信号	122
复习思考题	126
模块四 燃油供给系统主要部件的拆装与检测	127
任务一 电动汽油泵与汽油滤清器的拆装与检测	127
任务二 燃油压力调节器及油压脉动阻力器的拆装与检测	144
任务三 喷油器的拆装与检测	148
任务四 燃油供给系统的检测	153
技能训练 燃油供给系统及主要部件的检测	157
复习思考	160
模块五 电控汽油发动机的其他控制装置	162
任务一 怠速控制系统	162
任务二 进气控制系统	173
任务三 排气控制系统	182
技能训练 电控汽油发动机的其他控制装置的结构认识和检测	193

复习思考题	197
模块六 缸内直喷系统简介	200
模块七 电控汽油发动机的使用、维护与故障诊断	207
任务一 电控汽油发动机的使用、维修注意事项	207
任务二 电控汽油发动机故障诊断的一般方法	213
任务三 发动机汽油电控系统常见故障的诊断与维修	217
任务四 保养灯归零方法	233
技能实训 发动机电控系统的维护和故障诊断	237
复习思考题	238
模块八 电控柴油机	240
任务一 电控柴油机概述	240
任务二 柴油机电控系统的组成与工作原理	254
技能实训 柴油机电控系统的结构认识	278
复习思考题	280
参考文献	283

绪 论

一、电喷发动机发展史

1864 年居住在奥地利的德国人马尔库斯在一次研制装饰灯时,偶然发现石油炼制后的产品之一——汽油,在气化后有很大的爆发力,便开始研制汽油发动机。从那时起,经过近 150 年的不断发展,发动机技术取得了翻天覆地的巨大发展。特别是电子技术在发动机上的广泛应用,如汽油机的可变气门正时技术、双顶置凸轮轴技术、缸内直喷技术、VCM 汽缸管理技术、涡轮增压技术;柴油机的高压共轨技术、单体泵技术、泵喷嘴技术等等。使现代汽车发动机的动力性、经济性以及噪声、排气污染等诸多方面都得到了极大地改善。

1867 年,德国人奥托(Nicolaus August Otto)制作了一台卧式气压煤气发动机样品。并提出了内燃机的四冲程理论,为内燃机的发明奠定了理论基础。德国人戴姆勒和卡尔·本茨根据奥托发动机的原理,各自研制出具有现代意义的汽油发动机,为汽车的发展铺平了道路。

1886 年第一辆汽车诞生,那台搭载在“三轮奔驰”上的卧式单缸二冲程汽油发动机,成为了第一辆汽车的发动机。

1892 年,德国工程师狄塞尔根据定压热功循环原理,研制出压燃式柴油机,并取得了制造这种发动机的专利权。因此,柴油机常被称为“狄塞尔发动机”。但由于当时的柴油机体积庞大、粗笨等原因,未能应用到汽车上。

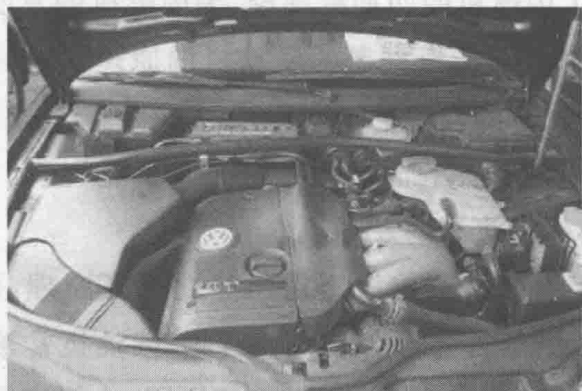
化油器式汽油发动机 化油器最早诞生于 1892 年,由美国人杜里埃发明。随着技术的演进,化油器功能愈加完备。但化油器固定的供油方式无法

全面满足发动机的运转需求,以致产生黑烟、燃烧不全与马力不足等状况。上个世纪中后期,各大发动机厂商纷纷采用电子燃油喷射技术取代化油器,以降低油耗、提升功率、改善排气污染。我国从 2001 年 9 月 1 日起,明令禁止生产销售化油器轿车,此后所有车型都改用电喷发动机。



化油器

电控汽油发动机 电子控制汽油喷射发动机最早出现于 1967 年,即由德国 BOSCH(博世,也译作“波许”)公司研制的 D 型电子喷射装置,最初被用在大众等德系轿车上。这种装置以进气管内的气压作为主参数,以预先设定的程序计算和控制喷油量。



大众 1.8T 电喷发动机

由于当时的电子技术相对落后,因此与化油器相比,存在结构复杂,成本

高,不稳定的缺点。针对这些缺点,博世公司又开发了一种称为 L 型的电子控制汽油喷射装置,它以进气管内的空气流量和发电机转速作为主参数,可以直接按照进气流量与发动机转速的关系确定进气质量,据此计算和控制喷油量。这种装置由于设计合理,工作可靠,广泛为欧洲和日本等汽车制造公司所采用,并奠定了今天电子控制燃油喷射装置的雏形。

目前,电喷系统的行车电脑会随时侦测发动机温度、进气流量、转速、震动等工况变化,并依照实际需求调整供油量与点火时间,因此在动力输出、燃油经济性与排气污染等方面可以取得相当不错的平衡。同时为了增加发动机进气量,提高燃油效率,发动机从早期的进气管单点喷射,演化至多点喷射、缸内喷射,气门数量从两个增加至最多五个。

缸内直喷汽油发动机 近几年,欧美厂商意识到电喷技术的研发已经进入瓶颈期,于是缸内直喷技术成为了各大厂商的主攻方向。目前市场上备受关注的缸内直喷发动机包括:大众 FSI 缸内直喷发动机、梅赛德斯—奔驰 CGI 缸内直喷发动机、宝马 GDI 缸内直喷发动机以及通用 SIDI 双模直喷发动机等。

研究表明,发动机的压缩比越高,其能量转换效率就越高,动力表现就越强大,相应的节能效果也越明显。而采用缸内直喷技术就可以大幅度的提高压缩比,如奥迪 3.2 升 FSI 缸内直喷发动机的压缩比达到了 10.3;凯迪拉克 3.6 升 SIDI 双模缸内直喷发动机的压缩比达到了 11.3。此外,缸内直喷系统的燃烧室、活塞也大多具有特殊的导流槽,喷油压力也相应提高,空气在进入燃烧室后能够产生气旋涡流,增强了汽油的雾化效果,提高了燃烧效率。

一般而言,应用了缸内直喷技术的发动机要比同排量的多点喷射发动机的峰值功率提升 10% 至 15%,而峰值扭矩能提升 5% 至 10%。这样的提升,可谓是一种质变,而单靠增加气门数量是难以达到这一效果的。

柴油机的发展简介 尽管柴油机早在 19 世纪末就已出现,但那时的柴油机由压缩空气供油,体积庞大、粗笨,无法应用到汽车上。1924 年,美国的康明斯公司正式采用了泵——喷油器供油系统。这一发明有效地降低了柴油机的

质量,同年在柏林汽车展览上 MAN(曼)公司展示了一台装备柴油机的卡车,这是第一台装有柴油机的汽车。不久以后,博世公司开始正式生产柱塞式喷油泵。正是由于柱塞泵的普及,为柴油机大规模安装到汽车上提供了可能,1936 年奔驰公司生产出了第一台柴油机轿车 260D。

20 世纪 70 年代以后,博世公司把汽油机的电控技术引入柴油机,开创了柴油机技术发展的新纪元。早期的电控柴油机是将原喷油泵上的机械式调速器改为电子控制调速器。而后又研制出了电控单体泵技术、电控泵喷嘴技术和电控高压共轨喷射技术。其中,电控单体泵、电控泵喷嘴的喷油压力可达 2500bar(250MPa)甚至更高。

由于电控单体泵技术、电控泵喷嘴技术存在喷油压力受发动机转速影响的问题。使用蓄压系统的高压共轨技术成功解决了喷油压力受发动机转速影响的问题,其喷油压力虽然低于泵喷嘴系统和单体泵技术,但高压共轨技术具有对任意缸数发动机喷油压力进行调节,且范围宽泛的特点,在中小功率柴油机上得到广泛采用。高压共轨技术的不足之处在于对柴油的质量要求较高。

目前,电控柴油机技术已在国内外很多的汽车上使用:如 CA6DE3 系列柴油机、玉柴 YC4D120 系列柴油机及沃尔沃卡车 FM12 系列采用单体泵技术,而大众公司的 TDI、宝来 TDI、途安 TDI 和奥迪 TDI 等发动机采用泵喷嘴技术。目前使用高压共轨柴油机的汽车有阿尔法罗密欧 156、奔驰 C 级车、沃尔沃的 S60、V70D5 及宝马 230d 等轿车,以及东风风神 EQH 系列、中国重汽 WP 系列、江淮 HFC4DA1 系列、南京依维柯 SOFIM 索菲姆柴油发动机等。

发动机新技术的不断涌现 与老式发动机相比,现代的发动机运转更加平顺了,抖动不再那么剧烈了,燃油经济性也更高了,马力更足了,排气污染更低了,特别是噪音控制方面几乎彻底扭转了人们的印象。这些改变都是依赖于新技术的运用,如改善发动机进气的有:本田的 VETC、丰田的 VVT-I、现代的 CVVT、通用的 DVVT 等可变气门正时技术,VIS 可变进气道技术,涡轮增压中冷技术等等;为降低排气污染,在排气管里又增加了氧传感器,三元催化转化器,以及废气再循环(EGR)技术等。当前,网络技术也正逐步应用到汽

车的控制系统中,发动机、变速器等各子系统实现了集中、协调控制,使整车的控制水平又上了一个新台阶。

随着各国对汽车尾气排放要求的越来越高,更多的发动机新技术必将不断涌现。

二、电控汽油发动机的优点

1. 精确控制空燃比

采用进气计量装置,实时、准确地测量发动机的进气量,根据发动机不同工况(转速、负荷)和目标空燃比计算喷油量。同时利用氧传感器监测排气中的氧含量以及进气温度、压力等传感器测得的进气温度、海拔高度等参数修正喷油量,实现空燃比的最优控制。

2. 进气阻力小,充气效率高

与化油器式发动机相比,进气系统取消了喉管,进气阻力大大减小,提高了发动机的充气效率,提升发动机功率,改善了汽车的加速性能。

3. 混合气质量高,缸间差异小

燃油以一定压力喷入进气道或气缸,雾化质量高,利于完全燃烧。而当前广泛采用多点燃油喷射技术,使各缸混合气均匀性大大提高。

4. 启动容易,暖机性能好

发动机启动时,发动机电脑(ECU)计算出启动供油量,并据此控制喷油,使发动机迅速启动。启动后若冷却液温度低于正常工作温度,能以快怠速运行一段时间,以实现自动暖机。

5. 减速断油,节能减排

当节气门关闭而发动机转速超过预定转速时(如汽车减速滑行时),ECU控制喷油器停止喷油,而在发动机转速降到一定程度时自动恢复喷油,避免熄火。这一功能不仅使汽车减速滑行时驾驶员不再需要空挡、熄火,而且大大降

低了发动机在这一过程中的 CH 排放,降低了油耗,减少了排气污染。

6. 故障自诊断,提高了修车效率

汽车电气设备的故障约占汽车总故障的 1/3。由于电子控制汽车均装有自诊断系统,从而提高了故障诊断的速度和准确性,缩短了汽车的修复时间,并带来很好的社会效益和经济效益。

7. 备用功能,保证发动机工作可靠

当电控燃油喷射系统的某些部位发生不影响发动机维持运转的故障时,自诊断系统点亮故障报警灯,同时系统自动启动备用功能,维持发动机运转,以便驾驶员能够将汽车开到修理厂。如水温传感器发生故障,电控系统将不再采集水温数据,而用某一个固定值(具体数值因车型不同而异)代替,以维持发动机运转。

与传统的化油器式发动机相比,采用电控燃油喷射系统可以提高发动机功率 5%~10%,节省燃油消耗 10%~15%,废气污染物排放减少 20%。由于转矩特性明显改善,瞬时响应快,汽车加速性能大大提高,且怠速平稳,冷启动更容易,暖机更迅速。

模块一 汽油机电控燃油喷射系统概述



学习目标

1. 掌握汽油机电控系统的组成与分类
2. 掌握汽油机电控系统的基本原理
3. 掌握汽油机电控系统的基本控制功能

任务一 电控燃油喷射系统的组成、分类及基本原理

汽油发动机电控系统虽然种类繁多,结构不尽相同,但其控制内容、各控制部分的组成及控制原理基本相同。

一、电控燃油喷射系统的组成与基本原理

电子控制燃油喷射系统(EFI)一般由三部分组成,即空气供给系统、燃油供给系统和电子控制系统。

(一)空气供给系统

空气供给系统的作用是根据发动机的工况要求,定时地将清洁的空气供入汽缸,并对实际进入发动机的空气量进行实时测量,为电控系统计算喷油量提供主要依据。

如图1-1所示,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)、怠速调整装置、节气门体、进气总管、进气歧管等组成。

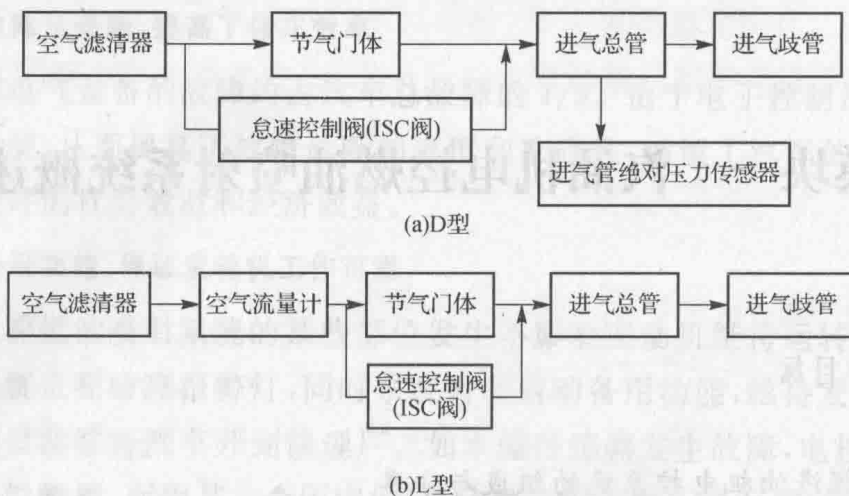


图 1-1 空气供给系统原理图

图 1-2 所示为 L 型 EFI 系统的空气供给系统。

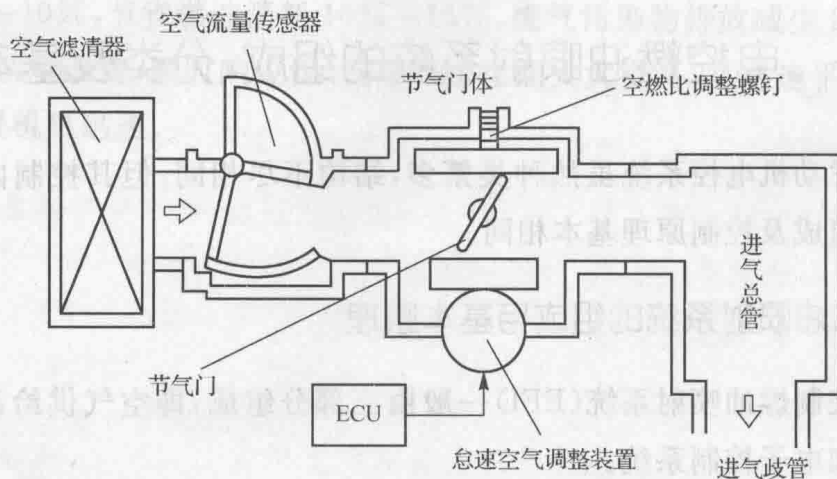


图 1-2 L型电喷系统的空气供给系统

空气经过空气滤清器过滤以后,由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。安装在进气歧管上的喷油器将燃油喷入歧管,与空气混合后被吸入气缸。驾驶员利用加速踏板控制节气门的开度来控制发动机的进气量。发动机怠速由 ECU 控制的怠速空气调整装置调节。