

21世纪全国高职高专机电系列实用规划教材



21st CENTURY
实用规划教材

汽车发动机电控系统 原理与维修

主 编 张吉国 王洪章



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国高职高专机电系列实用规划教材

汽车发动机电控系统原理与维修

主 编	张吉国	王洪章	
副主编	隋礼辉	祁传琦	
参 编	解后循	李香桂	魏成国
	隋礼江	杨 洋	赫世文



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书系统地介绍了发动机电控系统主要总成的作用、结构、原理、检测、故障排除等内容,包括汽车发动机电控系统概述、汽油机电控燃油喷射系统、进气增压控制系统、怠速控制系统、排放控制系统、电控点火控制系统、其他控制系统、汽油机电控系统常见故障诊断与排除、柴油机电控系统。

本书可作为高等职业院校汽车运用与维修专业的职业基础课教材,也可供从事修理行业的人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车发动机电控系统原理与维修/张吉国,王洪章主编. —北京:北京大学出版社,2008.8

(21世纪全国高职高专机电系列实用规划教材)

ISBN 978-7-301-13658-4

I. 汽… II. ①张…②王… III. ①汽车—发动机—电子系统:控制系统—理论—高等学校:技术学校—教材②汽车—发动机—电子系统:控制系统—车辆修理—高等学校:技术学校—教材 IV. U472.43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 052312 号

书 名:汽车发动机电控系统原理与维修

著作责任者:张吉国 王洪章 主编

策 划 编 辑:赖 青 徐 凡

责 任 编 辑:孙哲伟

标 准 书 号:ISBN 978-7-301-13658-4/TH·0104

出 版 者:北京大学出版社

地 址:北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址:<http://www.pup.cn> <http://www.pup6.com>

电 话:邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电 子 邮 箱:pup_6@163.com

印 刷 者:涿州市星河印刷有限公司

发 行 者:北京大学出版社

经 销 者:新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 16 印张 365 千字

2008 年 8 月第 1 版 2008 年 8 月第 1 次印刷

定 价:25.00 元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话:010-62752024

电子邮箱:fd@pup.pku.edu.cn

《21 世纪全国高职高专机电系列实用规划教材》

专家编审委员会

主 任 傅水根

副主任 (按拼音顺序排名)

陈铁牛	李 辉	刘 涛	祁翠琴
钱东东	盛 健	王世震	吴宗保
张吉国	郑晓峰		

委 员 (按拼音顺序排名)

蔡兴旺	曹建东	柴增田	程 艳
丁学恭	傅维亚	高 原	何 伟
胡 勇	李国兴	李源生	梁南丁
刘靖岩	刘瑞己	刘 铁	卢菊洪
马立克	南秀蓉	欧阳全会	钱泉森
邱士安	宋德明	王世辉	王用伦
王欲进	吴百中	吴水萍	武昭辉
肖 珑	徐 萍	喻宗泉	袁 广
张 勤	张西振	张 莹	周 征

丛书总序

高等职业技术教育是我国高等教育的重要组成部分。从 20 世纪 90 年代末开始, 伴随我国高等教育的快速发展, 高等职业技术教育也进入了快速发展时期。在短短的几年时间内, 我国高等职业技术教育的规模, 无论是在校生数量还是院校的数量, 都已接近高等教育总规模的半壁江山。因此, 高等职业技术教育承担着为我国走新型工业化道路、调整经济结构和转变增长方式提供高素质技能型人才的重任。随着我国经济建设步伐的加快, 特别是随着我国由制造大国向制造强国的转变, 现代制造业急需高素质高技能的专业人才。

为了使高职高专机电类专业毕业生满足市场需求, 具备企业所需的知识能力和专业素质, 高职高专院校的机电类专业根据市场和社会需要, 努力建立培养企业生产第一线所需的高等职业技术应用型人才的教学体系和教材资源环境, 不断更新教学内容, 改进教学方法, 积极探讨机电类专业创新人才的培养模式, 大力推进精品专业、精品课程和教材建设。因此, 组织编写符合高等职业教育特色的机电类专业规划教材是高等职业技术教育发展的需要。

教材建设是高等学校建设的一项基本内容, 高质量的教材是培养合格人才的基本保证。大力发展高等职业教育, 培养和造就适应生产、建设、管理、服务第一线需要的高素质技能型人才, 要求我们必须重视高等职业教育教材改革与建设, 编写和出版具有高等职业教育自身特色的教材。近年来, 高职教材建设取得了一定成绩, 出版的教材种类有所增加, 但与高职发展需求相比, 还存在较大的差距。其中部分教材还没有真正过渡到以培养技术应用能力为主的体系中来, 高职特色反映也不够, 极少数教材内容过于肤浅, 这些都对高职人才培养十分不利。因此, 做好高职教材改革与建设工作刻不容缓。

北京大学出版社抓住这一时机, 组织全国长期从事高职高专教学工作并具有丰富实践经验的骨干教师, 编写了高职高专机电系列实用规划教材, 对传统的课程体系进行了有效的整合, 注意了课程体系结构的调整, 反映系列教材各门课程之间的渗透与衔接, 内容合理分配; 努力拓宽知识面, 在培养学生的创新能力方面进行了初步的探索, 加强理论联系实际, 突出技能培养和理论知识的应用能力培养, 精简了理论内容, 既满足大类专业对理论、技能及其基础素质的要求, 同时提供选择和创新的空間, 以满足学有余力的学生进修或探究学习的需求; 对专业技术内容进行了及时的更新, 反映了技术的最新发展, 同时结合行业的特色, 缩短了学生专业技术技能与生产一线要求的距离, 具有鲜明的高等职业技术人才培养特色。

最后, 我们感谢参加本系列教材编著和审稿的各位老师所付出的大量卓有成效的辛勤劳动, 也感谢北京大学出版社的领导和编辑们对本系列教材的支持和编审工作。由于编写的时间紧、相互协调难度大等原因, 本系列教材还存在一些不足和错漏。我们相信, 在使用本系列教材的教师和学生的关心和帮助下, 不断改进和完善这套教材, 使之成为我国高等职业技术教育的教学改革、课程体系建设和教材建设中的优秀教材。

《21 世纪全国高职高专机电系列实用规划教材》

专家编审委员会

2007 年 7 月

前 言

《国务院关于大力发展职业教育的决定》(国发[2005] 35号)指出:“进一步深化教育教学改革。根据市场和社会需要,不断更新教学内容,改进教学方法。”“加强职业院校学生实践能力和职业技能的培养,高度重视实践和实训环节教学。”教育部在职业教育会议上要求:“把发展职业教育摆在更加重要的战略位置,要把职业教育工作的重点放到提高质量上,深化教育教学改革,把提高质量贯穿在教育教学全过程,把促进学生全面发展贯穿到学校工作的各个方面。”

发展职业教育,提高职业教育质量,首先要编写一套好的教材。北京大学出版社组织了全国多家职业院校编写了本套教材。作为本套教材中的重点教材,在编写前,我们进行了广泛调研,深入到全国各地的汽车修理企业及开设汽车类专业的高职业院校。通过调研,我们确立了理论服务于实践,知识服务于技能,教学服务于社会的宗旨。围绕这一宗旨,针对汽车发动机电控技术的发展以及我国汽车售后服务的现状,我们对教材的编写思路进行了梳理,同时请有关专家进行了讨论,最终形成了本书的编写提纲。我们对书中的图进行了创新,大量采用了实物图,使之更加符合读者的阅读习惯。

全书共9章,由内蒙古交通职业技术学院张吉国、张家口职业技术学院王洪章任主编,内蒙古交通职业技术学院隋礼辉、成都航空职业技术学院祁传琦任副主编。参编人员有苏州农业职业技术学院解后循、甘肃畜牧工程职业技术学院李香桂、内蒙古交通职业技术学院魏成国、内蒙古赤峰市生产力促进中心隋礼江、兰州理工大学杨洋、南京南汽发动机有限公司赫世文等。

本教材在编写过程中,参考了大量的教材、杂志,在此谨致以诚挚的谢意!

由于时间仓促和水平所限,书中不当之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者
2008.5

目 录

第 1 章 汽车发动机电控系统概述 1

- 1.1 发动机电控技术的发展 1
 - 1.1.1 汽油机电子控制技术的发展状况 1
 - 1.1.2 柴油机电子控制技术的发展状况 2
- 1.2 发动机电控系统的基本组成与原理 4
 - 1.2.1 汽油机控制 4
 - 1.2.2 柴油机电子控制系统的内容 6

第 2 章 汽油机电控燃油喷射系统 7

- 2.1 汽油机电控燃油喷射系统概述 7
 - 2.1.1 汽油机电控喷射系统的分类 7
 - 2.1.2 汽油机电控喷射系统的组成 11
 - 2.1.3 汽油机电控喷射系统的优点 13
- 2.2 空气供给系统 14
 - 2.2.1 空气供给系统的组成与型式 14
 - 2.2.2 空气供给系统主要零、部件的结构 15
- 2.3 燃油系统 32
 - 2.3.1 燃油滤清器 32
 - 2.3.2 电动汽油泵 34
 - 2.3.3 燃油压力调节器 38
 - 2.3.4 燃油压力脉动减振器 39
 - 2.3.5 喷油器 39
- 2.4 电子控制系统 44
 - 2.4.1 水温传感器 45
 - 2.4.2 进气温度传感器 47

- 2.4.3 曲轴位置传感器和发动机转速传感器 47
- 2.4.4 车速传感器 52
- 2.4.5 节气门开度传感器 54
- 2.4.6 爆震传感器 57
- 2.4.7 氧传感器 60
- 2.4.8 稀薄混合比传感器 65
- 2.4.9 大气压力传感器 65
- 2.4.10 冷起动喷油器温度时间开关(冷起动喷油器控制传感器) 66
- 2.4.11 开关信号 67
- 2.4.12 可变电阻器型传感器 68
- 2.4.13 喷油器附加电阻 68
- 2.4.14 主继电器 69
- 2.4.15 断路继电器 70
- 2.4.16 电子控制单元(ECU) 71

复习思考题 77

第 3 章 进气增压控制系统 79

- 3.1 概述 79
- 3.2 废气涡轮增压 79
 - 3.2.1 废气涡轮增压系统的组成与工作原理 79
 - 3.2.2 主要元件 80
- 3.3 进气惯性增压和可变进气道系统增压 83
 - 3.3.1 丰田公司的进气惯性增压控制系统 83
 - 3.3.2 马自达公司采用的可变惯性增压进气系统 85
 - 3.3.3 日产 MAXIM 动力阀进气系统 85
 - 3.3.4 奥迪 A6 的进气歧管转换系统 87

第4章 怠速控制系统	88	5.6.2 燃油蒸发控制系统的检测与维修	125
4.1 概述	88	第6章 电控点火控制系统	127
4.1.1 怠速控制系统的组成	88	6.1 概述	127
4.1.2 怠速控制原理	89	6.1.1 汽油机对点火系统的要求	127
4.1.3 怠速控制执行机构的类型及控制过程	89	6.1.2 点火系统的组成与工作原理	128
4.2 怠速控制执行机构	89	6.1.3 电控点火系统的功能	129
4.2.1 节气门直动式怠速控制执行机构	90	6.1.4 主要机件构造及检修	135
4.2.2 旁通空气式怠速控制执行机构	91	6.1.5 点火系统的故障诊断	140
4.2.3 典型发动机怠速的检查与调整	96	6.2 有分电器的电控点火系统	141
4.2.4 常见怠速故障分析	98	6.3 无分电器的电控点火系统	143
第5章 排放控制系统	99	6.3.1 同时点火方式	144
5.1 概述	99	6.3.2 单独点火方式	149
5.1.1 排气污染物控制	99	第7章 其他控制系统	152
5.1.2 非排气污染物控制	100	7.1 电源控制	152
5.2 氧传感器	100	7.2 可变配气相位及气门升程系统	155
5.2.1 氧传感器的结构及工作原理	100	7.2.1 概述	155
5.2.2 氧传感器的故障及检测	103	7.2.2 可变配气相位及气门升程电子控制系统的工作原理	157
5.3 三元催化技术	106	7.2.3 可变配气相位及气门升程电子控制系统的检测与维修	162
5.3.1 三元催化转换器的的工作原理	106	7.3 巡航控制系统	167
5.3.2 三元催化转换器的检测与维修	107	7.3.1 系统的功能及优点	167
5.4 废气再循环控制系统	111	7.3.2 巡航控制系统的基本工作原理	168
5.4.1 EGR 系统的工作原理	111	7.3.3 电子式巡航控制系统	169
5.4.2 EGR 系统的检测与维修	115	7.3.4 一般巡航控制系统的使用	172
5.5 二次空气喷射(AI)系统	117	7.3.5 巡航控制系统使用注意事项	173
5.5.1 二次空气喷射系统的工作原理	118	7.3.6 典型巡航控制系统简介	173
5.5.2 二次空气喷射系统的检测与维修	121	7.3.7 巡航系统的检测	180
5.6 燃油蒸发控制(EVAP)系统	122	7.3.8 巡航控制系统的故障诊断	183
5.6.1 燃油蒸发控制系统的工作原理	122	7.4 电子节气门系统	185
		7.4.1 电子节气门总成	186

7.4.2	加速踏板位置传感器	187	8.3.3	发动机故障码诊断方法 ...	218
7.4.3	电子节气门系统的常见故障	187	8.3.4	电控发动机故障排除实例	221
7.4.4	C5A6 电子节气门的检修	188	第 9 章 柴油机电控系统	224	
7.4.5	丰田汽车电子节气门系统的检修	189	9.1	柴油机电控技术概述	224
第 8 章 汽油机电控系统常见故障诊断与排除	192		9.1.1	柴油机电控技术的发展	224
8.1	概述	192	9.1.2	柴油机电控燃油喷射系统的优点	225
8.1.1	汽油机电控系统使用、检修注意事项	192	9.1.3	柴油机电控系统的功能与组成	226
8.1.2	故障诊断与排除常用工具	193	9.1.4	柴油机电控系统的控制功能	227
8.1.3	故障诊断与排除常用仪器	196	9.2	共轨式柴油机电控系统	228
8.2	汽油机电控系统故障诊断的原则及方法	200	9.2.1	液力活塞增压式共轨系统	228
8.2.1	汽油机电控系统故障诊断的原则和一般程序	200	9.2.2	高压共轨系统	230
8.2.2	汽油机电控系统故障诊断的基本方法	202	9.3	柴油发动机空气系统的电子控制	235
8.3	汽油机电控系统常见故障的诊断与排除	203	9.3.1	增压压力控制系统	235
8.3.1	故障诊断推理列表	203	9.3.2	排气再循环控制系统	237
8.3.2	电路及电控元件故障诊断	207	9.3.3	排放后处理系统	238
			9.3.4	柴油机空气系统电子控制的特点	240
			复习思考题	241	
			参考文献	242	

第 1 章 汽车发动机电控系统概述

1.1 发动机电控技术的发展

1.1.1 汽油机电子控制技术的发展状况

汽油机电子控制技术集中体现在汽油机喷射技术、汽油机点火技术、排放控制技术、进气增压技术、自诊断技术等方面。其中汽油机喷射技术经历了机械式喷射技术、机电式喷射技术、电子控制式喷射技术等几个阶段。1952 年,德国戴姆勒奔驰 300L 型赛车装用了博世公司(Bosch)生产的第一台机械式汽油喷射装置,它采用气动式混合气调节器控制空燃比,向汽缸内直接喷射。1958 年,德国 Mercedes-Bens 220S 型轿车装备了博世公司和 Kugelfischer 公司共同研制和生产的带油量分配器的进气管汽油喷射装置。20 世纪 60 年代以前,车用汽油喷射装置大多数采用机械式柱塞喷射泵,其结构和工作原理与柴油机喷油泵十分相似,控制功能也是借助于机械装置实现的,结构复杂,价格昂贵,发展缓慢,技术上无重大突破,应用范围也仅仅局限于赛车和为数不多的追求高速和大功率的豪华型轿车。在车用汽油发动机领域内化油器仍占有绝对优势。1967 年,博世公司研制成功 K-Jetronic 机械式汽油喷射系统,由电动汽油泵提供 0.36MPa 低压汽油,经汽油分配器输往各缸进气管上的机械式喷油器,向进气口连续喷射,用挡流板式空气流量计操纵油量分配器中的计量槽来控制空燃比。后来,该喷射系统经改进,发展成为机电结合式的 KE-Jetronic 汽油喷射系统(在 K-Jetronic 系统的油量分配器上增设一只电液式压差调节器)。1967 年,博世公司开始批量生产用进气管绝对压力控制空燃比的 D-Jetronic 模拟式电子控制汽油喷射系统。1973 年经改进发展成为 L-Jetronic 电控汽油喷射系统,用叶片式空气流量计直接测进气空气体积流量来控制空燃比,比用进气管绝对压力间接控制的方式精度高,稳定性好。1981 年,L-Jetronic 系统又进一步改进发展成为 LH-Jetronic 系统,用新颖的热线式空气流量计代替机械式空气流量计,可直接测出进气空气的质量流量,无须附加专门装置来补偿大气压力和温度变化的影响,并且进气阻力小,加速响应快。1979 年,博世公司开始生产集电子点火和电控汽油喷射于一体的 Motronic 数字式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竞相研制成功与各自车型配套的数字式发动机集中控制系统,例如,美国通用汽车公司(General Motors Corporation, GM)DEFI 系统、福特汽车公司(Ford)EEC-III 系统,以及日本日产汽车公司 ECCS 系统、丰田汽车公司 TCCS 系统等。这些系统能够对空燃比、点火时刻、怠速转速和废气再循环等多方面进行综合控制,控制精度愈来愈高,控制功能也日趋完善。

价格低廉的单点电控汽油喷射系统一度在普通车上广泛被采用。1980 年美国通用公司首先研制成功一种结构简单,节流阀体喷射系统(TBI)。1983 年博世公司推出了汽油压力只有 0.1MPa 的 MONO-Jetronic 低压中央喷射系统。中央喷射(单点喷射)系统在进气

管原先安装化油器的部位仅用一只电磁喷油器集中喷射,能迅速地输送汽油通过节流阀,在节流阀上方没有或极少发生汽油附着管壁的现象,从而消除了由此引起的混合气燃烧的延迟,缩短了供油和空燃比信息反馈之间的时间间隔,提高了控制精度,排放效果得以改善。同时,采用节气门转角和发动机转速来控制空燃比的所谓 A/R 控制方式,省去了空气流量计,结构和控制方式均较简单,兼顾了发动机性能和成本,对发动机结构的影响又较小。随着废气排放法规日益严格,这种单点喷射系统在排量小于 2L 的普通轿车上得到了迅速的推广应用。

随着近年燃油价格不断上涨,汽车运行的最佳经济性也成为各大车厂不断寻求的目标。汽油直喷式是实现这一目标的途径之一,汽油机实现直喷式已经成为一种新世纪的潮流。

汽油直喷式也称为缸内喷射式,它与一般汽油发动机的主要区别在于汽油喷射的位置,目前一般汽油发动机上所用的汽油电控喷射系统,是将汽油喷入进汽歧管或进气管道上,与空气混合成混合气后再通过进气门进入汽缸燃烧室内被点燃做功;而缸内喷射式汽油发动机顾名思义是在汽缸内喷注汽油,它将喷油嘴安装在燃烧室内,将汽油直接喷注在汽缸燃烧室内,空气则通过进气门进入燃烧室与汽油混合成混合气被点燃做功。由于这种形式与直喷式柴油机相似,因此有人认为缸内喷射式汽油发动机是将柴油机的形式移植到汽油机上的一种创举。缸内喷射式汽油发动机的优点是油耗量低,升功率大。混合比达到 40:1(一般汽油发动机的混合比是 14.7:1),也就是人们所说的“稀燃”。机内的活塞顶部一半是球形,另一半是壁面,空气从气门冲进来后在活塞的压缩下形成一股涡流运动,当压缩行程行将结束时,在燃烧室顶部的喷油嘴开始喷油,汽油与空气在涡流运动的作用下形成混合气,这种急速旋转的混合气是分层次的,越接近火花塞越浓,易于点火做功。缸内喷射压缩比达到 12,与同体积的一般发动机相比,其功率与扭矩都提高了 10%。

1.1.2 柴油机电子控制技术的发展状况

1. 柴油机电子控制技术的发展历史

柴油机电子控制技术始于 20 世纪 70 年代。20 世纪 80 年代以来,英国卢卡斯公司、德国博世公司、奔驰汽车公司、美国通用的底特律柴油机公司、康明斯公司、卡特彼勒公司、日本五十铃汽车公司及小松制作所等都竞相开发新产品并投放市场,以满足日益严格的排放法规要求。

由于柴油机具备高扭矩、高寿命、低油耗、低排放等特点,因此柴油机成为解决汽车及工程机械能源问题最现实和最可靠的手段。其使用范围越来越广,数量越来越多。同时对柴油机的动力性能、经济性能、控制废气排放和噪声污染的要求也越来越高。依靠传统的机械控制喷油系统已无法满足上述要求,也难以实现喷油量、喷油压力和喷射正时完全按最佳工况运转的要求。近年来,随着计算机技术、传感器技术及信息技术的迅速发展,使电子产品的可靠性、成本、体积等各方面都能满足柴油机进行电子控制的要求,并且电子控制燃油喷射很容易实现。

实际上,柴油机排气中的 CO 和 HC 比汽油机少得多。其中 NO_x 排放量与汽油机相近,只是排气微粒较多,这与柴油机燃烧机理有关。柴油机是一种非均质燃烧,可燃混合气形成时间很短,而且可燃混合气形成与燃烧过程交错在一起。通过分析柴油机喷油规律

得到：喷入燃料的雾化质量、汽缸内气体的流动以及燃烧室形状等均直接影响燃烧过程的进展及有害排放物的生成。提高喷油压力和柴油雾化效果、使用预喷射、分段喷射等可以有效地改善排放。

经过多年的研究和新技术应用，柴油机的现状已与以往大不相同。现代先进的柴油机一般采用电控喷射、高压共轨、涡轮增压中冷等技术，在质量、噪声、烟度等方面已取得重大突破，达到了汽油机的水平。随着国际上日益严格的排放控制标准（如欧洲Ⅳ、Ⅴ标准）的颁布与实施，无论是汽油机还是柴油机都面临着严峻的挑战，解决的办法之一是采用电子控制燃油喷射的技术。现在，柴油机电子控制技术在发达国家的应用率已达到60%以上。

2. 柴油机电子控制技术的发展趋势

柴油机电子控制技术的发展趋势主要有以下几个方面。

1) 高的喷射压力

为满足排放法规的要求，柴油喷射压力从10MPa提高到200MPa。如此高的喷射压力可明显改善柴油和空气的混合质量，缩短着火延迟期，使燃烧更迅速、更彻底，并且控制燃烧温度，从而降低废气排放。

2) 独立的喷射压力控制

传统柴油机的供油系统的喷射压力与柴油机的转速负荷有关。这种特性对于低转速、部分负荷条件下的燃油经济性和排放不利。若供油系统具有不依赖转速和负荷的喷射压力控制能力，就可选择最合适的喷射压力使喷射持续期、着火延迟期最佳，使柴油机在各种工况下的废气排放最低而经济性最优。

3) 改善柴油机燃油经济性

用户对柴油机的燃油消耗率非常关注。高喷射压力、独立的喷射压力控制、小喷孔、高平均喷油压力等措施都能降低燃油消耗率，从而提高柴油机的燃油使用经济性。

4) 独立的燃油喷射正时控制

喷射正时直接影响到柴油机活塞上止点前喷入汽缸的油量，决定着汽缸的峰值爆发压力和最高温度。高的汽缸压力和温度可以改善燃油使用经济性，但导致 NO_x 增加。而不依赖于转速和负荷的喷射正时控制能力，是在燃油消耗率和排放之间实现最佳平衡的关键措施。

5) 可变的预喷射控制能力

预喷射可以降低颗粒排放，又不增加 NO_x 排放，还可改善柴油机冷起动性能、降低冷态工况下白烟的排放，降低噪声，改善低速扭矩。但是预喷射量、预喷射与主喷射之间的时间间隔在不同工况下的要求是不一样的。可见具有可变的预喷射控制能力对柴油机的性能和排放十分有利。

6) 最小油量的控制能力

供油系统具有高喷射压力的能力与柴油机怠速所需要的小油量控制能力发生矛盾。当供油系统具有预喷射能力后将会使控制小油量的能力进一步降低。由于工程机械用柴油机的工况很复杂，怠速工况经常出现，而电喷柴油机容易实现最小油量控制。

7) 快速断油能力

喷射结束时必须快速断油，如果不能快速断油，在低压力下喷射的柴油就会因燃烧不

充分而冒黑烟、增加 HC 排放。电喷柴油机喷油器上采用的高速电磁开关阀很容易实现快速断油。

8) 降低驱动扭矩冲击载荷

燃油喷射系统在很高的压力下工作,既增加了驱动系统所需要的平均扭矩,又加大了冲击载荷。燃油喷射系统对驱动系统平稳加载和卸载的能力,是一种衡量喷射系统的标准。而电喷柴油机技术中的高压共轨技术则大大降低了驱动扭矩冲击载荷。

1.2 发动机电控系统的基本组成与原理

1.2.1 汽油机控制

一般来讲,汽油机电子控制系统具有以下功能。

1. 电子控制燃油喷射

电子控制燃油喷射主要包括喷油量、喷射正时、减速断油及超速断油的控制。

1) 喷油量控制

电控单元将发动机空气流量(或进气压力)信号作为主控信号,确定基本喷油量。在不同的工况下,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

当采用与发动机曲轴旋转同步的顺序喷射方式时,电控单元不仅要控制喷油量,还要根据发动机各缸的发火顺序,将喷射时间控制在进气行程内的最佳的时刻。

3) 减速断油及超速断油控制

以下介绍减速和超速时的断油控制。

(1) 减速断油控制。汽车减速行驶时,驾驶员快速松开加速踏板,电控单元将会切断喷油器的控制电路,使喷油器停止喷油,以降低减速时 HC 及 CO 的排放量。当发动机转速降至特定转速时,又恢复供油。

(2) 超速断油控制。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,电控单元将会在临界转速时切断喷油器控制电路,使喷油器停止喷油,防止超速。

2. 电子控制点火

点火系统的控制主要包括点火提前角控制、通电时间控制与恒流控制以及爆震控制等。

1) 点火提前角控制

发动机电控单元的存储器内存储着发动机的初始点火提前角。发动机运转时,电控单元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控制信号,控制点火系的工作。

2) 通电时间控制与恒流控制

为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,电控单元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,使初级电流在极短时间内迅速增长到额定值,减小转速对次级电压的影响,改善点火特性。

3) 爆震控制

当电控单元收到爆震传感器的信号后,对爆震信号进行滤波处理并判定是否在设定范围内,当判定发生爆震时,立即推迟点火时刻。当判定接收的信号不在设定的范围内时,则采用提前角反馈控制形式。此项控制是点火时刻控制中的追加功能,在装有废气涡轮增压器的发动机上常采用此种控制。

3. 怠速控制

发动机怠速时,由于负荷变化而引起转速波动,为使发动机保持稳定,此时电控单元将通过控制怠速控制阀的开度来控制旁通气道的进气量从而调节发动机的怠速转速。

4. 排放控制

为了适应越来越严格的排放法规,汽车上安装了多种排放控制装置。这些装置主要有:排气再循环控制装置,氧传感器及三元催化转化器、二次空气喷射控制装置,燃油蒸气排放控制装置等。相应的控制内容有以下方面。

1) 排气再循环控制

当发动机温度达到一定温度时,根据发动机负荷和转速,由电控单元控制 EGR 阀的开度,使排放的气体进行再循环,以降低 NO_x 排放量。

2) 开环与闭环控制

在装有氧传感器及三元催化转化器的发动机中,电控单元根据发动机的工况及氧传感器反馈的空燃比信号,确定进行开环控制与闭环控制。

3) 二次空气喷射控制

电控单元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) 燃油蒸气排放控制

电控单元根据发动机工作温度、转速、负荷等信号,控制活性燃油蒸气排放装置的工作,以降低燃油蒸发污染。

5. 进气增压控制

1) 可变进气道控制

发动机在不同负荷下,电控单元控制通过控制真空电磁阀来控制动力阀的开闭,从而改变进气量,改善发动机的输出扭矩与动力。

2) 涡轮增压控制

电控单元根据发动机的负荷和转速信号,控制真空电磁阀来控制涡轮增压器内转换阀的动作,从而改善发动机大负荷下的充气效率,提高输出扭矩和动力。

6. 警告提示

电控单元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、催化装置过热等。

7. 自诊断与报警

当电子控制系统出现故障时,电控单元将会点亮仪表板上的“检查发动机”灯,提醒驾驶员注意,发动机已出现故障,并将故障信息存储到电控单元中。通过一定程序,修理人员就可以将故障码及有关信息资料调出,供检修用。

8. 失效保护

当电控单元检测到传感器或线路故障时,就会按电控单元的存储器内预先设置的程序进行控制并使发动机运转,但性能将有所下降。这个功能的设置是为了使驾驶员能够将汽车开到就近的修理厂进行维修。

1.2.2 柴油机电子控制系统的内容

现代轿车柴油发动机电控系统采用的技术如下。

1. 时间控制的柴油电喷技术

采用时间控制的柴油电喷技术的喷射系统逐渐向高压化迈进,高压喷射可使柴油雾化得非常细,其发动机的燃烧过程进行得相当完善,而且速度快,同时又不明显提高燃烧温度,从而提高了直喷式柴油发动机压力,全面降低 HC、CO、NO_x、微粒物和炭烟的排放,还能显著地降低油耗。

2. 共轨式电喷系统

共轨式电喷系统是柴油发动机高压喷射系统的一种,最高压力可达到 220MPa。电控共轨喷射又称为压力时间喷射或第三代喷射,它可分为中压共轨和高压共轨两大类。ECU 产生的电脉冲按顺序触发喷油器电磁阀,确定发动机每次喷油的起始和关闭时刻,电控共轨喷射还可采用多次喷射的方式来灵活控制喷油的速率。

3. 涡轮增压中冷技术

柴油发动机采用废气涡轮增压技术后,燃料能够完全燃烧,可降低 CO 和 HC 的生成量。

4. 采用多气门技术

多气门可增大柴油发动机的进气量,使柴油的燃烧更彻底,排气更快、更彻底,从而提高了柴油发动机的输出功率。

5. 废气再循环技术

根据发动机的温度及负荷大小,适量地将一部分废气引入进气管,再送入汽缸,使燃烧反应速度减慢,降低燃烧的最高温度,从而降低 NO_x 的排放量。

第2章 汽油机电控燃油喷射系统

2.1 汽油机电控燃油喷射系统概述

汽油机燃油喷射系统对发动机混合气的配制与化油器不一样,它以直接或间接测出的空气量信号为基础,计算出发动机燃烧必需的汽油量,通过喷油器的开启给发动机提供适量的燃油,控制精确的空燃比。汽油机燃油喷射系统,经历了半个世纪的不断完善和发展,已经广泛应用于现代汽车的发动机上。国外从20世纪70年代开始,就在汽车上大量采用汽油机燃油喷射系统。美国当前新生产的汽油机轿车,几乎全部采用燃油喷射系统;日本及欧洲等国的使用比例也达到90%以上。汽油机燃油喷射在中国使用的历史不长,但发展非常迅速,从2000年7月1日开始,中国已对生产配装化油器的上百种轿车和5座以下的微型轿车发出禁令,汽油机燃油喷射系统的使用已呈普及之势。

2.1.1 汽油机电控喷射系统的分类

燃油喷射系统在发动机上的应用可按以下形式分类。

1. 按汽油喷射方式分类

1) 缸内喷射

缸内喷射方式是将汽油直接喷射到汽缸内。因喷油器直接安装在发动机缸盖上,其本身必须能够承受高温、高压,且受到发动机结构制约,故较少采用这种形式。

2) 进气管喷射

进气管喷射方式是目前普遍采用的喷射方式。根据喷油数量和安装位置的不同又可分为两种:一种是在进气总管的节气门上方装有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(SPI),如图2-1(a)所示;另一种是在各缸的进气歧管上分别装有一个喷油器的多点喷射方式(MPI),如图2-1(b)所示。对于节气门体喷射,由于采用的喷

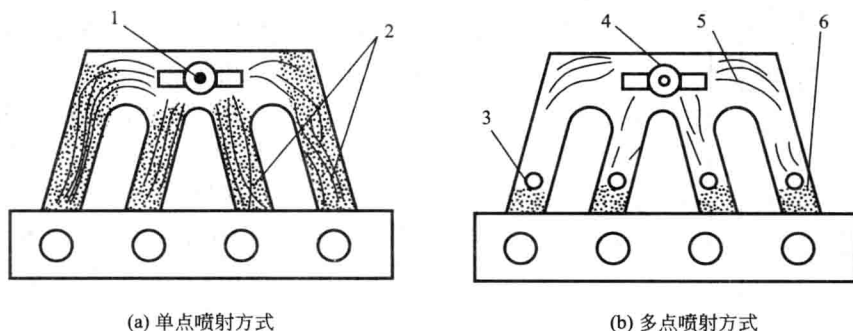


图 2-1 喷油器安装位置示意图

1—节气门上带有喷油器; 2—混合气; 3—喷油器; 4—节气门; 5—空气; 6—对进气门喷油

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匀和供油滞后等缺点。与缸内喷射比较起来,进气歧管喷射油器不受缸内高温、高压的直接影响,喷油器的设计和发动机结构的改动都要简单些。

2. 按喷射控制装置的形式不同分类

1) 机械式

机械式的燃油的计量是通过机械转动与液体转动来实现的,即 K 型系统。

2) 电子控制式

电子控制式的燃油的计量是由电控单元及电磁喷油器实现的,即 EFI(Electronic Fuel Injection)。

3) 机电一体混合控制式

和机械喷射系统一样,机电一体混合控制式的也是通过机械、液体喷射装置实现控制的,同时它还设有一个电控单元、多个传感器和电液混合气调节器来调节混合气的成分,从而提高了控制的灵活性,扩展了控制功能,即 KE 型系统。

3. 按喷射方式不同分类

1) 间歇喷射或脉冲喷射式

对每一个汽缸的喷射都有一个经计算确定的喷射持续期,喷射多数是在进气过程中的某段时间内进行的,喷射持续时间对应所控制的喷油量。所有的缸内直接喷射系统和多数进气管喷射系统都采用间歇喷射的方式。

2) 连续喷射或稳定喷射方式

燃油喷射的时间占有全工作循环的时间,连续喷射都是喷在进气管道内,而且大部分的燃油是在进气门关闭后喷射的,因此大部分燃油也是在进气道内蒸发的,K 型、KE 型和大部分 SPI 系统采用这种喷射方式。

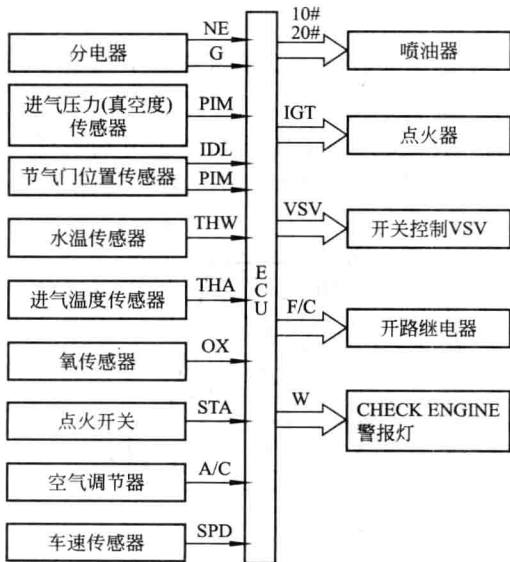


图 2-2 D 型燃油喷射系统框图

4. 对电子控制汽油喷射系统,可按空气流量的测量方式分类

电子控制汽油喷射系统按空气流量的测量方式可分为速度密度控制、质量流量控制和节流速度控制等型式。

1) 速度密度控制型(D 型 EFI 系统)

速度密度控制型系统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方式。“D”是德文“压力”一词的第一个字母。D 型系统是最早的、典型的多点压力感应式喷射系统。美国的通用、福特和克莱斯勒,日本的丰田、本田、铃木和大发等主要汽车公司,都有类似的产品。由于空气在进气管内波动,因而使该方法的测量精度稍差,并且响应性较慢,其系统组成如图 2-2 所示。