

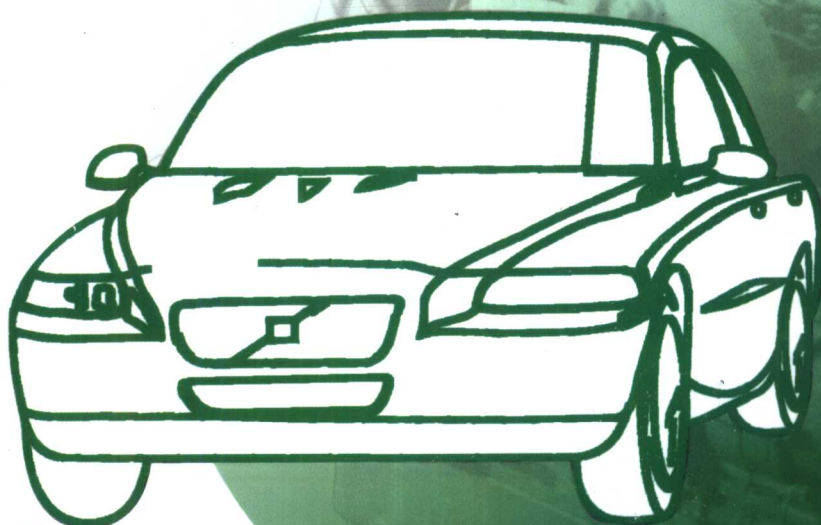


高职高专汽车专业教材

汽车柴油机电控技术

Electronic Control Technology of Automobile Diesel Engine

张西振 田有为 [主编]



人民交通出版社

China Communications Press



高职高专汽车专业教材

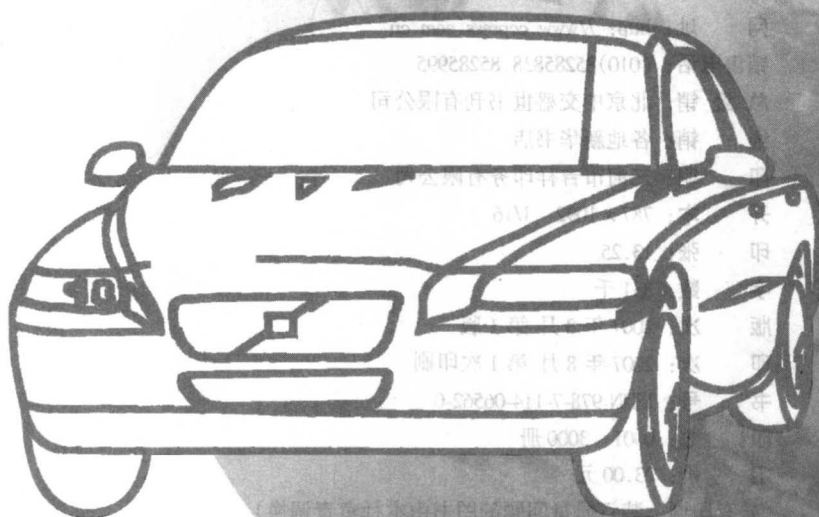
张西振 田有为

本书是根据教育部颁布的《汽车专业人才培养方案》和《汽车专业教学大纲》的要求，结合当前汽车专业教学改革的实际，参照国外先进教材编写而成的。本书可作为高职高专汽车专业及相关专业的教材，也可供从事汽车维修工作的技术人员参考。

汽车柴油机电控技术

Electronic Control Technology of Automobile Diesel Engine

张西振 田有为 [主编]



人民交通出版社

China Communications Press

内 容 提 要

本书系统阐述了汽车柴油机电控系统的结构原理与维修方法,并对柴油机第三代压电式共轨系统、选择性催化转换技术、颗粒过滤器再生技术、废气再循环冷却系统等新技术作了详细介绍。全书共分五章,内容包括汽车柴油机电控技术概述、柴油机电控燃油喷射系统、柴油机辅助控制系统、柴油机电控系统传感器、柴油机电控系统维修。

本书内容先进、资料翔实、图文并茂、通俗易懂,适合作为高职高专院校、中职学校和专业培训相关课程的教材,同时也可作为汽车维修技术人员的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

汽车柴油机电控技术 / 张西振, 田有为主编. —北京:
人民交通出版社, 2007.8
ISBN 978-7-114-06562-0

I. 汽… II. ①张…②田… III. 汽车-柴油机-电气控制 IV. U472.43

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 069775 号

书 名: 汽车柴油机电控技术

著 译 者: 张西振 田有为

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.ccpress.com.cn>

销售电话: (010)85285838, 85285995

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 三河市吉祥印务有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 13.25

字 数: 331 千

版 次: 2007 年 8 月 第 1 版

印 次: 2007 年 8 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-06562-0

印 数: 0001~3000 册

定 价: 23.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前言

自 20 世纪 80 年代电子控制技术在柴油机上应用以来,柴油机电控燃油喷射系统已从最基本的燃油喷射控制,扩展到多目标控制的燃油喷射控制,并从单一的燃油喷射控制扩展到包括怠速控制、进气控制、增压控制、排放控制、起动控制、巡航控制、故障自诊断、失效保护、发动机与变速器的综合控制等在内的全方位集中控制。

尤其是 20 世纪 90 年代以来,随着电控技术在汽车柴油机上应用的日益增多,控制精度不断提高,控制功能不断强大,加上“共轨”技术、“时间控制”燃油喷射技术、涡轮增压中冷技术、多气门技术、废气再循环技术等在汽车柴油机上应用的逐渐成熟,使汽车柴油机在重量、噪声、烟度等方面已取得重大突破,达到了汽油机的水平,在轿车和轻型车动力竞争中,柴油机的发展势头令人瞩目。但目前国内有关汽车柴油机电控技术方面的资料较少,尤其是针对汽车柴油机电控技术方面的职业教育和专业培训教材更是空白,本书正是为适应当前职业教育和汽车维修技术人员的需要而编写的。

本书不仅对汽车柴油机应用广泛的电控燃油喷射系统、怠速控制系统、进气控制系统、增压控制系统、排放控制系统等进行了系统、详细的阐述,对已比较成熟的第三代共轨系统(压电式)、废气再循环冷却系统、选择性催化还原技术(SCR)、过滤器主动再生技术等新技术也作了详细介绍。此外,为使读者了解汽车柴油机的新技术发展方向,本书对处于研究阶段的静电吸附捕集技术、高压脉冲电晕等离子体技术等也作了简单介绍。本书编写过程中,充分考虑了目前国内职业教育的特点,力求从生产一线对该专业人才知识、能力的需要出发,本着理论知识必须够用的原则,重点对柴油机电控系统的基本组成、主要元件结构和工作原理、常见故障诊断方法、检修方法进行介绍,并列举了常见发动机电控系统实例以加强针对性。同时,也介绍了正在推广应用和正在研制但尚未成熟的柴油机新技术,以便使读者了解更多的汽车柴油机新技术知识。

本书由辽宁省交通高等专科学校张西振、田有为担任主编,宁波工程学院涂先库、云南交通职业技术学院杨宇担任副主编,其他参与编写的还有黄艳玲、张义、邢恩辉等。

由于时间仓促和编者水平有限,书中不当甚至错误之处在所难免,恳请使用本教材的师生和读者批评指正,在此对本书参考文献的作者表示感谢。

编 者

2007 年 5 月

目 录

第一章 概述	1
第一节 柴油机电控技术的发展	1
第二节 柴油机电控技术的特点	4
第三节 应用在柴油机上的电控系统	7
第四节 柴油机电控系统的基本组成	10
复习思考题	14
第二章 柴油机电控燃油喷射系统	15
第一节 直列柱塞泵电控系统	15
第二节 轴向柱塞式分配泵电控系统	26
第三节 径向柱塞式分配泵电控系统	35
第四节 泵喷嘴电控系统	42
第五节 单体泵电控燃油喷射系统	48
第六节 共轨式电控燃油喷射系统	50
第七节 柴油机电控燃油喷射系统主要附件	57
复习思考题	65
第三章 柴油机辅助控制系统	67
第一节 怠速控制系统	67
第二节 进气控制系统	69
第三节 增压控制系统	77
第四节 起动控制系统	82
第五节 排放控制系统	85
第六节 巡航控制系统	101
第七节 故障自诊断系统	104
第八节 失效保护系统	107
复习思考题	108
第四章 柴油机电控系统传感器	109
第一节 加速踏板位置传感器	109
第二节 凸轮轴/曲轴位置传感器	110
第三节 供(喷)油量传感器	114
第四节 供(喷)油正时传感器	117
第五节 压力传感器	120
第六节 温度传感器	122



第七节 空气流量传感器.....	123
第八节 氧传感器.....	126
复习思考题.....	129
第五章 柴油机电控系统维修.....	130
第一节 使用与维修注意事项.....	130
第二节 维修常用仪器设备.....	134
第三节 故障诊断基本方法.....	141
第四节 传感器万用表检测.....	156
第五节 执行元件万用表检测.....	164
第六节 电路故障万用表检测.....	168
第七节 ECU 万用表检测	188
第八节 电控系统仪器诊断.....	189
复习思考题.....	203
参考文献.....	204





第一章 概 述

学习目标：

1. 了解柴油机电控技术的发展历程和现状；
2. 了解柴油机电控技术的特点；
3. 了解应用在现代柴油机上的主要电控系统；
4. 掌握柴油机电控系统的基本组成。

第一节 柴油机电控技术的发展

一、柴油机技术的发展历程

1892年,德国工程师鲁道夫·狄赛尔(Rudolf Diesel)受面粉厂粉尘爆炸的启发,设想将吸入汽缸的空气高度压缩,使其温度超过燃料的自然温度,再用高压空气将燃料吹入汽缸,使之着火燃烧。他首创的压缩点火式内燃机于1897年研制成功,这种内燃机以后大多用柴油作为燃料,故称为柴油机。

众所周知,燃料供给系统是柴油机技术的核心,早期的柴油机,正是由于没有良好的燃料供给系统,其性能和转速无法满足汽车动力的要求。1898年柴油机首先用于固定式发电机组,1903年用作商船动力,1904年装于舰艇,1913年第一台以柴油机为动力的内燃机车制成。直至1927年,德国BOSCH公司研制出了直列式合成泵,带来了柴油机技术的第一次飞跃,从此机械式供油系统取代了蓄压式供油系统,为柴油机的高速化、改善燃烧、提高性能创造了条件,使柴油机在汽车上的应用成为可能。

采用进气增压技术是提高发动机升功率的重要手段之一。20世纪50年代出现的废气涡轮增压技术,带来了柴油机技术的第二次飞跃。在第二次世界大战期间,增压技术广泛应用在飞机发动机上,直到1954年,瑞典的沃尔沃(VOLVO)汽车公司首先将增压技术应用在汽车柴油机上,使柴油机的升功率大幅度提高的同时,也奠定了柴油机作为中、重型车辆动力装置的主导地位。

尽管柴油机热效率高(比汽油机高约10%)、燃油消耗率低(比汽油机低约20%)的优点和发展潜力是汽油机无法比拟的,但自柴油机问世至今,在一个多世纪的发展历程中,其升功率低、比质量大、振动和噪声大、起动性能差、制造成本高的缺点,始终是限制柴油机在汽车(尤其是轿车和轻型车)上广泛应用的瓶颈。20世纪80年代电子控制技术在柴油机上的应用,带来了柴油机技术的第三次飞跃,推进了轿车和轻型车柴油化的进程。





二、柴油机电控技术的发展历程

和汽油机电控技术一样,柴油机电控技术也是在解决能源危机和排放污染两大难题的背景下,在飞速发展的电子控制技术平台上发展起来的。汽油机电控技术的发展和日趋成熟也为柴油机电控技术的发展提供了宝贵经验。

20 世纪 50 年代中期开始,汽车排放污染问题已引起汽车发达国家的重视。20 世纪 70 年代两次(1973 年和 1979 年)波及全世界的石油危机,使人们意识到石油资源的有限性(全世界石油产量预测见图 1-1)和节约石油能源的重要性。在此历史条件下,柴油机燃油经济性好、CO 和 HC 排放量低的特点,引起国外各大汽车公司和研究机构的重视,对轿车和轻型车柴油机的投入加大,使柴油机在升功率、比质量、振动和噪声等方面与汽油机的差距缩小,轿车和轻型车的柴油化率逐年提高。

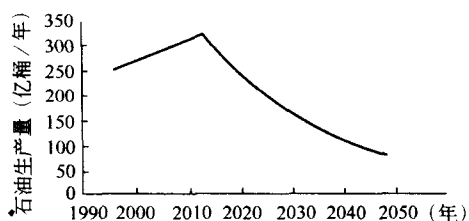


图 1-1 全世界石油产量预测

在柴油机技术发展的同时,随着 20 世纪 80 年代电控技术、增压技术、净化处理技术在柴油机上的广泛应用,使柴油机的燃油经济性和升功率进一步提高,CO、HC 和 NO_x 的排放量进一步降低,在轿车和轻型车动力竞争中,柴油机的优势开始显现。

现代汽车柴油机发展面临的主要问题是进一步降低油耗、降低 NO_x 和颗粒排放、降低噪声。解决这些问题,就必须实现柴油机循环喷油量的高精度控制、喷油正时和喷油速率的优化控制、喷油压力的独立控制(不受喷油量和转速的影响)。柴油机传统的机械式燃料供给系统无法实现上述所要求的各种控制,汽油机电控技术发展的经验证明,只有以计算机为电控单元的电子控制技术,才能使柴油机的动力性、经济性、排放性及噪声等各个方面的指标进一步得到改善,从而提高柴油机与汽油机竞争汽车动力的优势。

20 世纪 80 年代以来,电控技术在柴油机供给系统中的应用,按对供(喷)油量、供(喷)油正时、供(喷)油速率和喷油压力等的控制方式分,经历了“位置控制”、“时间控制”、“时间-压力控制”或“压力控制”3 个阶段。采用“位置控制”和“时间控制”的柴油机电控系统供(喷)油压力与传统柴油机供给系统相同,称为常规压力电控喷油系统或第一代柴油机电控燃油喷射系统。采用“时间-压力控制”或“压力控制”的柴油机电控系统可对喷油压力进行控制,且喷油压力较高,称为高压电控喷油系统或第二代柴油机电控燃油喷射系统。

在采用“位置控制”的第一代柴油机电控燃油喷射系统中,保留了传统柴油机供给系统(直列柱塞泵、分配泵、P-T 系统等)的基本组成和结构,只是取消了机械控制部件(调速器等),在原有的喷油泵基础上,增加传感器、电控单元、电子调速器或电/液控制执行元件等组成的控制系统,使控制精度和响应速度得以提高。其优点是柴油机的结构几乎不需改动,生产继承性好,便于对现有柴油机进行升级换代。缺点是“位置控制”系统响应慢、控制频率低、控制自由度小、控制精度还不够高,喷油压力也无法独立控制。

在采用“时间控制”的第一代柴油机电控燃油喷射系统中,也是基本保留了传统燃油供给系统的组成和结构,通过设置传感器、电控单元、高速电磁阀和有关电/液控制执行元件等,组





成数字式高频调节系统,由电磁阀的通、断电时刻和通、断电时间控制喷油泵的供油量和供油正时,其控制自由度和控制精度都是“位置控制”所无法比拟的,但供(喷)油压力还无法独立控制。

第二代柴油机电控燃油喷射系统基本改变了传统燃油供给系统的组成和结构,主要以电控共轨(各缸喷油器共用一个高压油管)式喷油系统为特征,直接对喷油器的喷油量、喷油正时、喷油速率和喷油规律、喷油压力等进行“时间-压力控制”或“压力控制”。

20 世纪 90 年代以来,随着电子控制技术在柴油机上应用的日益增多,控制精度不断提高,控制功能不断扩大,加上增压技术和废气再循环技术等柴油机上应用的逐渐成熟,大大提高了柴油机在轿车和轻型车动力装置中的竞争力。目前,欧美国家除 100% 的重型车装用柴油机外,90% 的轻型车采用柴油机,轿车的柴油化率也达到 32%,法国、西班牙等国的轿车柴油化率更是高达 50%。

作为我国柴油车发展的先行者,一汽大众凭借德国大众技术上的强大后盾,在柴油机技术的发展上已经取得了很大进步,其 2003 年推出的国内第一款柴油轿车捷达 SDI,2004 年相继推出的宝来 TDI 柴油轿车和奥迪 A6 TDI 都受到了国内消费者的广泛好评。随着社会经济的发展,对环保的要求越来越高,柴油发动机电控系统研究和相应产品的开发必将成为我国汽车柴油发动机技术领域中的一个热点,这将大大促进我国汽车柴油发动机产品的更新换代,在未来短时期内参与国际竞争奠定坚实的基础。

三、现代柴油机的先进技术

经过多年的研究和新技术应用,柴油机的技术现状已与以往大不相同。现代先进的柴油机一般采用电控燃油喷射、高压共轨、涡轮增压中冷等技术,在重量、噪声、烟度等方面已取得重大突破,达到了汽油机的水平。

1. “共轨”技术

在传统柴油机燃料供给系统中,高压油管中柴油的压力随发动机的转速、负荷等因素而变化,使实际的喷油量、喷油正时、喷油规律无法实现精确控制,而由于高压油泵与各缸喷油器间一般均有独立的高压油管,控制各高压油管中柴油的压力比较困难。为此,现代柴油机采用了“共轨”技术。

“共轨”即“公共油轨”或称公共供油管,是指利用一个“公共油轨”向各缸喷油器供油。现代柴油机采用“共轨”技术,由高压油泵把高压燃油输送到“公共油轨”,通过由高压油泵、压力传感器和 ECU 组成的闭环电子控制系统,对“公共油轨”内的油压实现独立且精确的控制,以减小喷油压力的波动和各喷油器间的相互影响,从而提高对喷油量的控制精度。

2. “时间控制”燃油喷射技术

在传统柴油机燃料供给系统中,供(喷)油的开始与结束时刻,都是由供油提前角自动调节器、高压油泵和喷油器这些机械装置来控制的。现代柴油机通过由 ECU 控制的高速电磁阀来直接控制供(喷)油的开始与结束时刻,利用高速电磁阀动作频率高、控制灵活的特点,使控制供(喷)油量和供(喷)油正时的精度大大提高,并且能方便地实现预喷射和优化喷油规律等功能。





3. 涡轮增压中冷技术

涡轮增压中冷技术是指利用涡轮增压器将新鲜空气压缩,再经过冷却器冷却使被压缩的空气温度降低(可降至 50°C 以下),然后经进气歧管、进气门流入汽缸。空气进入汽缸前,经过压缩、冷却两次提高密度,使柴油机的充气效率大幅度提高,不仅增大了柴油机的升功率,而且对改善柴油机的燃油经济性和降低排放污染也有利。

4. 多气门技术

与汽油机相同,现代柴油机也广泛采用多气门技术(每个汽缸 2 个以上气门),以减小进、排气阻力,改善柴油机的性能。

5. 废气再循环技术

现代柴油机采用废气再循环技术的目的与汽油机相同,均是为了降低燃烧的最高温度,从而降低 NO_x 的排放量。

第二节 柴油机电控技术的特点

一、柴油机采用电控技术的优势

近年来柴油机电控技术的发展势头是令人瞩目的,柴油机采用电控技术以后,可以实现更为复杂的控制规律,且随着电控技术的逐步发展和不断成熟,更容易满足人们对柴油机所提出的种种苛刻要求。与传统柴油机相比,采用电控技术的现代柴油机具有燃油经济性更高、排放污染更低、工作更可靠、低温起动更容易等优势。

1. 燃油经济性和排放性更好

柴油机采用电控技术后,由于其控制精度高、控制自由度大、控制功能齐全,因而能实现整个运行范围内的参数优化,不仅能进一步降低排放,还可以进一步提高燃油经济性。

2. 工作可靠性更高

利用电控技术能够随时检测影响发动机工作可靠性的一些参数,如机油压力、排气温度、曲轴轴承温度及发动机的转速等。一旦某项参数超出设定值,控制系统会立即报警,同时控制执行器进行相应的调节,直到这些参数恢复正常为止。对于一些影响柴油机工作可靠性的重要参数,控制系统还可为发动机提供双重甚至是多重保护,以免造成重大事故。

3. 低温起动更容易

由于柴油机是压燃式,发动机在低温条件下着火相当困难,因此需使用预热塞。起动时,驾驶员先使发动机减压以提高转速,再返回压缩状态,起动预热塞使之迅速着火,这一系列操作十分麻烦,如果操作不熟练,很容易因反复起动而导致蓄电池放电过度。电子控制系统能够以最佳的程序替代驾驶员进行这种麻烦的起动操作,使柴油机低温起动更容易。

4. 运转更稳定

响应快、精度高是对一个控制系统的基本要求,控制系统的响应速度越快、控制精度越高,被控对象的性能指标就越容易接近最优值。由于传统柴油机油泵调速器的反馈控制系统响应特性差、控制精度低,而容易导致发动机在负荷急剧变化和小负荷低速运转时,产生游车现象。电控系统的响应速度和控制精度远高于机械控制系统,所以采用电控技术的柴油机运转





更稳定。

此外,发动机怠速运转时,为防止因负荷的增加(如动力转向泵、空调压缩机工作等)而产生游车和熄火现象,传统的方法是把怠速转速调高。柴油机采用电控技术后,无论负荷怎样增减,都能保证其怠速工况下以最低的转速稳定运转,而且有利于提高柴油机的燃油经济性。

5. 适应性强

燃料供给系统可以说是柴油机的“心脏”,传统柴油机需要改进或变换用途时,只能靠改变其机械式燃料供给系统来实现,重新设计、试制和加工的周期长、成本高,极不方便。采用电控技术的柴油机,在上述情况下一般只需改变 ECU 中的软件程序,而基本上不涉及硬件系统,甚至不需要任何变更便能用于不同种类的柴油机。如全能电子调速器便是一例:在出厂前的软件编程中,已考虑了各种不同调速率的要求,控制盒上设有不同调速率的转换开关,用户可根据发动机的工作性质设定调速率,这既增强了电子调速器的匹配适应能力,也大大地方便了用户。

6. 动力输出和负荷匹配更精确

采用柴油机与自动变速器综合控制,能随着柴油机负荷的变化在一定范围内自动调整其动力输出和动力传递,使柴油机的动力输出和负荷得到更精确的匹配,有利于其最佳性能(主要是动力性)的发挥。

7. 实现增压控制

柴油机的转速不易提高,要提高其输出功率,必须增大柴油机的转矩,采用涡轮增压已成为一种应用较为广泛的手段。可是,为了用好增压柴油机,有必要对增压装置进行精确的控制,采用电子控制技术无疑是最好的选择。

8. 结构紧凑,维修方便

对于现代高速柴油机而言,采用电控技术,可大大减小相关零部件(特别是燃油供给系统部件)的尺寸和质量,使零部件安装部位免受空间位置的约束,不仅可以提高柴油机的紧凑性,而且有利于柴油机日常维护及修理。

此外,电控柴油机的故障自诊断功能,也可在柴油机发生故障后,对维修人员提供信息帮助,使故障诊断和排除更为快捷有效。

二、柴油机与汽油机电控技术的比较

由于柴油机与汽油机使用的燃料不同,结构(尤其燃料供给系统)和工作特点也存在很大差异,为此采用的电控技术也各有特点。

1. 对混合气浓度的控制方式不同

汽油机一般要求混合气浓度在过量空气系数等于 1 的状态下工作,所以汽油机普遍采用带氧传感器的闭环电控燃油喷射系统,由氧传感器检测废气中残余氧的含量,以确定混合气浓度,并通过调节喷油量来保持过量空气系数尽量接近 1 的状态。柴油机对混合气浓度一般没有相对固定的要求,所以对混合气浓度控制并不严格。

2. 对喷油压力的要求不同

由于柴油与汽油的性质不同,为保证混合气的形成质量,柴油机与汽油机对喷油压力的要求相关很大。汽油机多点喷射系统的喷油压力一般为 $0.25 \sim 0.35 \text{ MPa}$,单点喷射系统的喷油



压力一般为 $0.07 \sim 0.10 \text{ MPa}$, 而柴油机的喷油压力高达 $100 \sim 200 \text{ MPa}$, 如何建立更高的喷油压力是柴油机技术发展的重点和难点。

3. 对燃烧过程的控制途径不同

汽油机主要通过控制点火正时和点火能量来控制燃烧过程, 而柴油机则是通过控制喷油正时、喷油持续时间和喷油速率来控制燃烧过程。

4. 柴油喷射的电控执行器复杂

柴油机燃油喷射具有高压、高频、脉动等特点。其喷射压力高达 200 MPa , 为汽油机喷射压力的 100 倍以上。同时柴油机需要对喷油量、喷油正时、喷油压力等多参数进行综合控制, 而且柴油机对喷油正时的精度要求很高。这就导致了柴油喷射的电控执行器要复杂得多, 其软件的难度也大于汽油机。

5. 柴油机电控燃油喷射系统形式多样

传统的柴油机具有直列泵、分配泵、泵喷油器、单缸泵等结构完全不同的系统。实施电控技术的执行机构比较复杂, 形成了柴油喷射系统的多样化。

三、电控柴油机的技术参数

目前, 国内生产轿车装用的柴油机主要有: 一汽大众捷达轿车装用的 1.9L SDI (SUCTION DIRECT INJECTION: 吸气式直接喷射) 电控柴油机、宝来轿车装用的 1.9L TDI (TURBO DIRECT INJECTION: 涡轮增压式直接喷射) 电控柴油机和奥迪 A6 轿车装用的 2.5L TDI 电控柴油机。

1. 捷达 1.9L SDI 电控柴油机主要技术参数

缸数: 4 个

气门数/缸: 2 个

排量: 1.9L

缸径: 79.5mm

压缩比: 19.0 : 1

最大扭矩: $125 \text{ N} \cdot \text{m}$ (2 000 ~ 2 600 r/min)

最大输出功率: 47 kW (4 000 r/min)

作功顺序: 1-3-4-2

捷达 1.9L SDI 电控柴油机装有废气再循环装置和三元催化转换器, 其外特性曲线见图 1-2。

2. 宝来 1.9L TDI 电控柴油机主要技术参数

缸数: 4 个

气门数/缸: 2 个

排量: 1.9L

缸径: 79.5mm

压缩比: 19.0 : 1

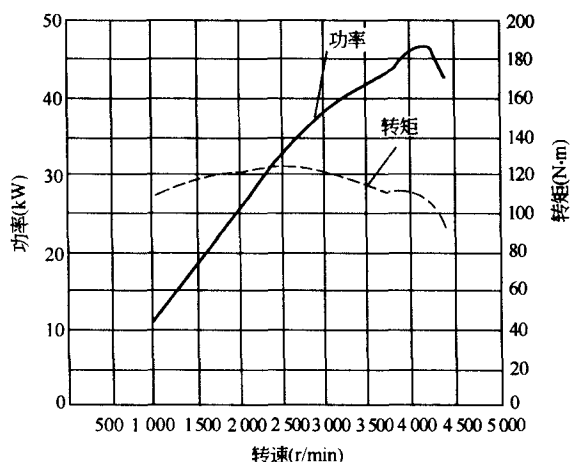


图 1-2 捷达 1.9L SDI 电控柴油机外特性曲线





最大转矩: $240 \text{ N} \cdot \text{m}$ ($2\,000 \sim 2\,600 \text{ r/min}$)

最大输出功率: 74 kW ($4\,000 \text{ r/min}$)

作功顺序: 1-3-4-2

宝来 1.9L TDI 电控柴油机装有废气涡轮增压器、废气再循环装置和三元催化转换器, 其外特性曲线见图 1-3。

3. 奥迪 A6 2.5L TDI 电控柴油机主要技术参数

缸数: 6 个

气门数/缸: 4 个

排量: 2.5L

缸径: 78.3mm

压缩比: 18.5 : 1

最大转矩: $370 \text{ N} \cdot \text{m}$ ($1\,500 \sim 2\,750 \text{ r/min}$)

最大输出功率: 133 kW ($4\,000 \text{ r/min}$)

作功顺序: 1-4-3-6-2-5

奥迪 A6 2.5L TDI 电控柴油机装有可调节式涡轮增压器、废气再循环装置和三元催化器, 其外特性曲线见图 1-4。

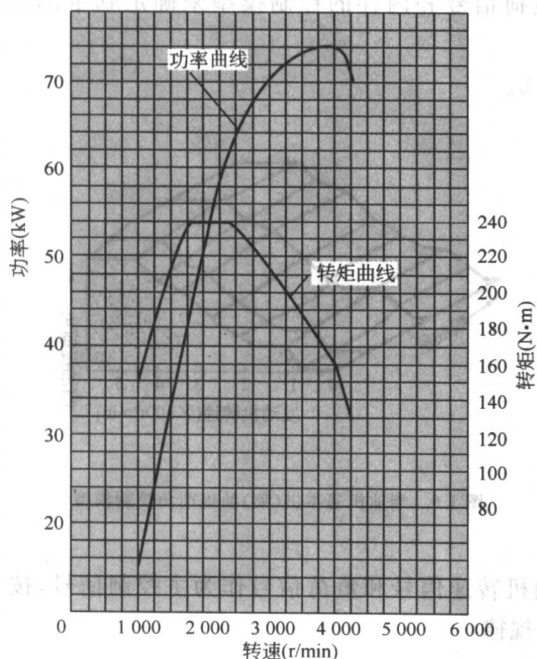


图 1-3 宝来 1.9L TDI 电控柴油机外特性曲线

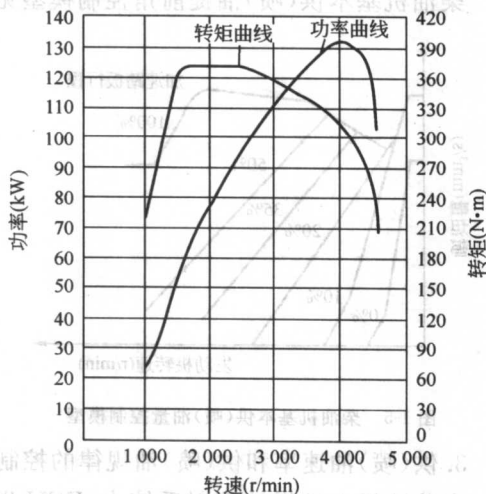


图 1-4 奥迪 A6 2.5L TDI 电控柴油机外特性曲线

第三节 应用在柴油机上的电控系统

随着柴油机电控技术的发展, 柴油机电控系统从最基本的燃油喷射控制, 即供(喷)油量控

制和供(喷)油正时控制,已扩展到包括对供(喷)油速率控制和喷油压力控制在内的多项目标控制的燃油喷射控制;并从单一的燃油喷射控制扩展到包括怠速控制、进气控制、增压控制、排放控制、起动控制、巡航控制、故障自诊断、失效保护、发动机与变速器的综合控制等在内的全方位集中控制。

一、燃油喷射控制系统

燃油喷射控制主要包括:供(喷)油量控制、供(喷)油正时控制、供(喷)油速率控制和喷油压力控制等。

1. 供(喷)油量控制

供(喷)油量控制是柴油机电控燃油喷射系统最主要的控制功能之一。在起动、怠速、正常运行等各种工况下,ECU 根据发动机转速信号、负荷信号(加速踏板位置信号)和内存控制模型来确定基本供(喷)油量,再根据冷却液温度信号、进气温度信号、起动开关信号、空调开关信号、反馈信号等对供(喷)油量进行修正。

柴油机基本供(喷)油量控制模型见图 1-5。

2. 供(喷)油正时控制

供(喷)油正时控制也是柴油机电控燃油喷射系统最主要的控制功能之一。在柴油机电控燃油喷射系统中,ECU 根据发动机转速信号、负荷信号和内存的控制模型来确定基本的供(喷)油提前角,再根据反馈信号进行修正。

柴油机基本供(喷)油提前角控制模型见图 1-6。

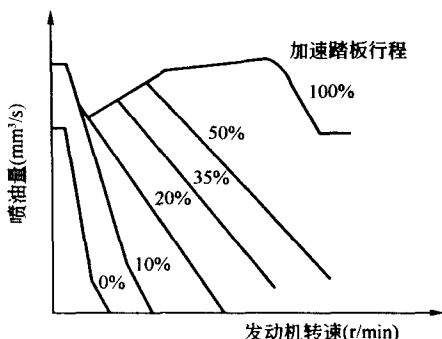


图 1-5 柴油机基本供(喷)油量控制模型

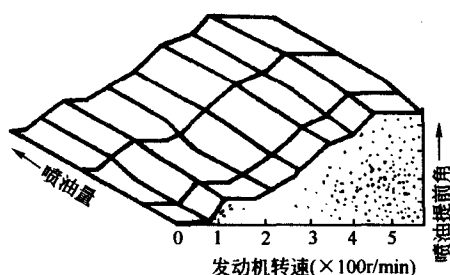


图 1-6 柴油机基本供(喷)油提前角控制模型

3. 供(喷)油速率和供(喷)油规律的控制

在柴油机电控燃油喷射系统中,ECU 以柴油机转速信号和负荷信号作为主控制信号,按预设的程序确定最佳的供(喷)油速率和供(喷)油规律。

4. 喷油压力的控制

在柴油机电控燃油喷射系统中,ECU 以柴油机转速信号和负荷信号作为主控制信号,按预设的程序确定最佳的喷油压力,并对喷油压力进行闭环控制。

5. 柴油机低油压保护

柴油机机油压力过低时,ECU 根据机油压力传感器信号减少供(喷)油量,降低转速并报警;当机油压力降到一定值以下时,则切断燃油供给,强制使发动机熄火。





6. 增压器工作保护

装有增压装置的柴油机,增压压力过高会造成中冷器和汽缸内最高压力升高;增压压力过低则会导致进气量不足使排气温度升高。因此 ECU 根据增压压力信号适当调节供(喷)油量,并在增压压力过高或过低时报警。

二、怠速控制系统

柴油机的怠速控制主要包括怠速转速控制和怠速时各缸均匀性的控制。

1. 怠速转速的控制

怠速工况时,ECU 以柴油机转速信号和负荷信号作为主控制信号,按内存程序确定怠速时的供(喷)油量,并根据冷却液温度信号、进气温度信号、空调开关信号、转速(反馈)信号等,对怠速供(喷)油量进行修正控制,使怠速转速保持稳定。

2. 各缸均匀性的控制

在共轨式第二代柴油机电控燃油喷射系统中,由 ECU 分别对各缸的喷油器进行控制(顺序喷射控制),ECU 可以通过精确测定曲轴转速,根据各缸做功行程中曲轴转速的变化确定各缸供(喷)油量的偏差,然后进行补偿调节。

三、进气控制系统

柴油机的进气控制主要包括进气节流控制、可变进气涡流控制和可变配气正时控制。

1. 进气节流控制

ECU 主要根据柴油机转速信号和负荷信号,控制设在进气管中的节气门开度,以满足不同工况对进气流量的不同要求。

2. 进气涡流控制

ECU 以柴油机转速和负荷作为主控制信号,按内存的程序对进气涡流强度进行控制,以满足不同工况对进气涡流强度的不同要求。

3. 气门驱动控制

ECU 根据柴油机转速信号和负荷信号,按内存程序控制气门驱动机构,以改变配气正时和气门升程,满足发动机不同工况的要求。

四、增压控制系统

柴油机的增压控制主要是由 ECU 根据柴油机转速信号、负荷信号、增压压力信号等,通过控制废气旁通阀的开度或废气喷射器的喷射角度、涡轮增压器废气进口截面大小等措施,实现对废气涡轮增压器工作状态和增压压力的控制,以改善柴油机的转矩特性,提高加速性能,降低排放和噪声。

五、排放控制系统

柴油机的排放控制主要是废气再循环(EGR)控制。ECU 主要根据柴油机转速和负荷信号,按内存程序控制 EGR 阀开度,以调节 EGR 率。





六、起动控制系统

柴油机起动控制主要包括供(喷)油量控制、供(喷)油正时控制和预热装置控制。其中供(喷)油量控制和供(喷)油正时控制与其他工况相同。柴油机冷起动时的预热装置一般都是电加热装置(如进气预热塞等),ECU 根据柴油机起动时的冷却液温度决定电加热装置是否通电以及通电持续时间,并在柴油机起动后或起动温度较高时,自动切断电加热装置电源。

七、巡航控制系统

带有巡航控制功能的柴油机电控系统,当通过巡航控制开关选定巡航控制模式后,ECU 即可根据车速信号等自动维持汽车以一定车速行驶。

八、故障自诊断和失效保护系统

柴油机电控系统中也包含故障自诊断和失效保护两个子系统。柴油机电控系统出现故障时,自诊断系统将点亮仪表盘上的“故障指示灯”,提醒驾驶员注意,并储存故障码,检修时可通过一定的操作程序调取故障码等信息;同时失效保护系统起动相应保护程序,使柴油机能够继续保持运转或强制熄火。

九、柴油机与自动变速器的综合控制系统

在装用电控自动变速器的柴油车上,将柴油机控制 ECU 和自动变速器控制 ECU 合为一体,实现柴油机与自动变速器的综合控制,以改善汽车的变速性能。

第四节 柴油机电控系统的基本组成

一、电控系统的基本组成及类型

1. 电控系统的基本组成

电子控制系统(简称电控系统)是指采用计算机等电子设备作为控制装置的自动控制系统。任何一种电子控制系统,其主要组成都可分为信号输入装置、电子控制单元(ECU)和执行元件三大部分,见图 1-7。

电子控制系统中的信号输入装置是各种传感器。传感器的功用是采集控制系统所需的信息,并将其转换成电信号通过线路输送给 ECU。

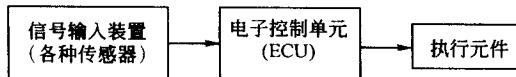


图 1-7 电控系统的基本组成

电子控制单元(ECU)是一种综合控制电子装置,其功用是给各传感器提供参考(基准)电压,接受传感器或其他装置输入的电信号,并对所接受的信号进行存储、计算和分析处理,根据计算和分析的结果向执行元件发出指令。





执行元件是受 ECU 控制,具体执行某项控制功能的装置。

2. 电控系统的类型

电子控制系统有两种基本类型:开环控制系统和闭环控制系统。

开环控制系统的控制方式比较简单,ECU 只根据各传感器信号对执行元件进行控制,而控制的结果是否达到预期目标对其控制过程没有影响。

而闭环控制系统除具有开环控制的功能外,还对其控制结果进行检测,并将检测结果(即反馈信号)输入 ECU,ECU 则根据反馈信号对其控制误差进行修正,所以闭环控制系统的控制精度比开环控制系统高。

二、柴油机电控系统传感器

传感器(包括信号开关)用来检测柴油机与汽车的运行状态,并将检测结果转换成电信号输送给 ECU。根据用途和功能,现代汽车柴油机电控系统中使用的传感器分为以下 3 种类型。

1. 运行工况传感器

运行工况传感器是指用来检测柴油机运行工况基本参数的传感器,如加速踏板位置传感器、凸轮轴/曲轴位置传感器、空气流量计等。这类传感器向 ECU 输送的信号,一般作为控制系统工作时的主要控制信号,用来确定基本循环供(喷)油量或基本供(喷)油提前角等。

2. 修正信号传感器

修正信号传感器一般是指用来检测柴油机运行工况非基本参数的传感器,如冷却液温度传感器、燃油温度传感器、进气温度传感器、进气压力传感器等。这类传感器向 ECU 输送的信号,作为控制系统工作时的辅助控制信号,用来对基本循环供(喷)油量或基本供(喷)油提前角等进行修正。

3. 反馈信号传感器

柴油机电控燃油喷射系统一般对供(喷)油量和供(喷)油正时采用闭环控制,反馈信号传感器就是指闭环控制系统中用来检测控制系统执行元件实际位置的传感器,在柴油机电控燃油喷射系统中主要包括供(喷)油量传感器(如供油齿条位置传感器、滑套位置传感器、燃油压力传感器等)和供(喷)油正时传感器(如分配泵正时活塞位置传感器、着火正时传感器等)两大类。

在不同柴油机电控燃油喷射系统中,由于控制供(喷)油量和供(喷)油正时的执行元件不同,负荷传感器和正时传感器的名称、数量和类型也不同,传感器通常采用电位计式、差动电感式或电磁感应式。

上述传感器中大多数是和现代汽车汽油机电控系统中使用的传感器通用的,如凸轮轴/曲轴位置传感器、各种温度传感器、空气流量计等。但也有一些是与汽油机电控系统中使用的传感器不完全相同的,或是柴油机电控系统中特有的,如光电式着火正时传感器等。

三、柴油机控制 ECU

ECU 的功用是根据各传感器输入信号和内存程序,计算出供(喷)油量和供(喷)油开始时刻,并向执行元件发出指令信号。柴油机电控系统在运算原理、控制原理、存储原理、数据传输原理及程序设计等方面与汽油机电控系统基本相同。

