

CHAIYOUJI DIANKONG XITONG JIANXIU



柴油机 电控系统检修

许炳照 编著
杨 平 主审

2.43...
59



国防工业出版社

National Defense Industry Press

II472.43

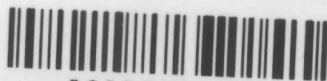
59

柴油机电控系统检修

许炳照 编著

杨平 主审

昆明理工大学图书馆
呈贡校区
中文藏书章



03002203719

国防工业出版社

·北京·

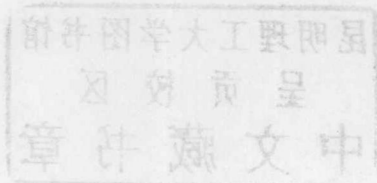
图书在版编目(CIP)数据

柴油机电控系统检修 / 许炳照编著. —北京:国防工业出版社, 2013. 1

ISBN 978 - 7 - 118 - 08338 - 5

I. ①柴... II. ①许... III. ①汽车 - 柴油机 - 电子系统 - 控制系统 - 车辆修理 IV. ①U472. 43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 204686 号



※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京嘉恒彩色印刷有限责任公司

新华书店经售

*

开本 710 × 960 1/16 印张 15½ 字数 281 千字

2013 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 28.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

前言

柴油机电控系统检修是以电控柴油机为动力的运输车辆和机械设备使用与维修岗位的主要工作内容,也是高职高专开设以电控柴油机为动力的相关机械设备维修专业的主干课程。随着电控技术的日臻成熟,要求柴油机实现电控,以改善燃油的经济性和降低排放污染,驱使柴油机技术向高压、电控方向快速发展,电控柴油机的故障诊断方法与检修手段也随之发生了重大变化,“七分诊断、三分修理”的理念已被人们广泛接受。

为了使大家更好、更全面地掌握以电控柴油机为动力的运输车辆和机械设备的维修技能,本书编著者深入企业调研,分析具体典型性工作任务,在教学实践中提炼出既能满足学生用书,利于教学改革,又能反映当代电控柴油机真实技术水平,适应职业教育需要,体现工学结合的特色教材。在工程机械使用与维护专业、港口机械及自动化控制专业的教学实践中,以国家示范性高职院校及部分国内国际知名校企合作企业为依托,收集和归纳大量教学资料整理成为校内讲义,在投入两年有效教学实践的基础上,进行“基于工作过程”的教学化处理,特色鲜明,实用性强,并确定了教材编著的主导思想:

(1) 明确应达到的技能目标以及为了达到目标而提出的相关知识要求和技能要求,设计任务载体和教学实施媒体,全方位进行教学化处理。

(2) 以电控柴油机主流技术为基础,由浅入深、由简单到复杂,循序渐进地组织教学内容,不追求所有配套电控柴油机机械设备知识的完整性,而是强调核心知识的应用性,以“够用、适度”为原则,以完成具体生产任务为导向,体现知识与技能相融合的“做中学”理念。

(3) 通过教学过程与工作过程的一致性,体现基于工作过程的教学方法,突出对学生职业能力与综合素质的全面培养,并满足知识学习与技能实训一体化用书需求。

(4) 教材编著立足于以电控柴油机为动力的运输车辆和机械设备维修的实际需要,按柴油机电控系统的部件和控制功能要求,不涉及某具体车辆或机械设备的动力检修步骤和工艺要求,而是尽可能多地介绍柴油机电控系统主流技术的结构、原理、检修及典型系统综合故障的诊断方法,体现职业教育应用的开放性。

(5) 教材设计以柴油机电控系统的构造认识、原理表述、性能检测及典型综合故障诊断技能为主,图文并茂,易学易懂,可满足不同行业电控柴油机维修学员自主学习的需要。

本课程的教学组织是以典型的职业岗位工作任务为导向,按照完成工作任务的步骤,结合学科新技术,组织教学内容,编排教学过程。每个学习单元的基本模式:案例导入→知识链接→技能训练(工作目标与要求、技能准备、工作载体、实训步骤、实训工单、检查评估)→案例分析与讨论。选用本教材的各院校可结合自己的实际情况,开设以某一机型配置的电控柴油机维修为实训项目,拓宽教材适用范围,以实施“基于工作过程”为导向展开教学。

本课程包括四个教学单元,在内容安排上,力求准确、具体、详细,突出实践性和实用性,并具前瞻性。教材教学参考学时为40学时,其中实训环节为8学时,各部分的教学学时请参考附录一《柴油机电控系统检修》一体化课程参考标准,各院校可结合自身教学需要,适当增加实训环节的教学课时。

本书由福建船政交通职业学院许炳照编著,杨平主审。在编写过程中得到许多筑路机械、物流单位和港口机械诸多技术专家的热情指导与帮助,同时,参考了大量的相关书籍和文献,在此一并对专家、学者们表示衷心的感谢。

由于目前尚未发现一本同类内容的教材,加之编著者学识和水平有限,本书只是一种教学总结和初步尝试,恳请使用本书的教师、学生和专业人员对书中的不妥和误漏之处予以批评指正。

编著者

目 录

单元1 柴油机电控系统的认识	1
案例导入	1
知识链接	1
1.1 电控柴油机发展现状	1
1.2 电控高压柴油喷射系统原理	8
1.3 电控高压柴油喷射系统的种类	11
1.4 柴油机电控系统结构组成	13
1.5 电控柴油机主要传感器	15
1.6 柴油机电控系统的 ECM 及其控制电路	16
1.6.1 柴油机 ECM 的主要功能	16
1.6.2 控制电路	17
1.7 我国电控柴油机主要厂家产品介绍	23
1.8 电控柴油机英文缩写及其含义	25
技能训练	28
1.9 实训任务一 柴油机电控系统总体结构的识别	28
1.9.1 工作目标与要求	28
1.9.2 技能准备	28
1.9.3 工作载体	30
1.9.4 实训步骤	30
1.9.5 实训工单	30
1.9.6 检查评估	33
案例分析与讨论	34
单元2 柴油机电控系统传感器检修	36
案例导入	36
知识链接	36
2.1 传感器的类型与功用	36
2.2 柴油机电控系统常用温度传感器的构造与检修	39
2.3 柴油机电控系统位置传感器的构造与检修	43

2.3.1	加速踏板位置传感器	43
2.3.2	齿杆位置(分配泵滑套位置)传感器	45
2.3.3	喷油器针阀升程传感器	49
2.3.4	废气再循环阀开度传感器	53
2.3.5	加速踏板位置传感器的检修	53
2.4	柴油机电控系统压力传感器的构造与检修	56
2.4.1	共轨压力传感器	57
2.4.2	进气管压力传感器	58
2.4.3	润滑油压力传感器	60
2.4.4	大气压力传感器	61
2.4.5	进气压力传感器的检修	62
2.5	曲轴位置传感器和凸轮轴位置传感器的构造与检修	64
2.5.1	曲轴位置传感器和凸轮轴位置传感器的构造与原理	64
2.5.2	曲轴位置传感器和凸轮轴位置传感器的检修	68
2.6	空气流量传感器的构造与检修	70
2.6.1	热膜式空气流量传感器的结构与原理	70
2.6.2	热线式空气流量传感器结构与原理	71
2.6.3	涡流式空气流量传感器的结构与原理	73
2.6.4	空气流量传感器的检修	75
2.7	氧传感器的结构与检修	77
2.8	爆震传感器的结构与检修	80
2.9	ECM 常供电电源、ON/ST 电源及接地电路检修	82
2.9.1	电控柴油机 ECM 功能简介	82
2.9.2	ECM 电源电路及搭铁电路分析	83
2.9.3	BOSCH 共轨系统 ECM—EDC7 的引脚代号	85
2.9.4	ECM 电源电路及搭铁电路检修	89
2.9.5	其他控制电路检修	90
	技能训练	92
2.10	实训任务二 柴油机电控系统传感器检修	92
2.10.1	工作目标与要求	92
2.10.2	技能准备	93
2.10.3	工作载体	99
2.10.4	实训步骤	99
2.10.5	实训工单	100
2.10.6	检查评估	102

案例分析与讨论	103
单元3 柴油机电控燃油喷射系统执行器检修	106
案例导入	106
知识链接	106
3.1 柴油机电控燃油系统的类型与组成	106
3.1.1 柴油机电控燃油系统的特点	106
3.1.2 柴油机电控燃油系统的类型	107
3.1.3 柴油机电控燃油系统的组成	107
3.2 电控直列泵系统	110
3.2.1 电控直列泵系统的结构组成	110
3.2.2 电控直列泵系统主要部件的构造与工作原理	111
3.3 电控分配泵系统	113
3.3.1 位置控制式电控分配泵系统	113
3.3.2 时间控制式电控分配泵系统	115
3.4 电控单缸泵系统	117
3.4.1 电控泵喷嘴系统	117
3.4.2 电控单体泵系统	121
3.5 电控共轨喷射系统	123
3.5.1 电控共轨喷射系统的组成与原理	124
3.5.2 电控共轨喷射系统的主要部件及其结构	126
3.6 柴油机冷启动预热装置的检修	138
3.6.1 启动预热系统结构	138
3.6.2 预热继电器控制使用	142
3.7 执行器的驱动方式	143
技能训练	144
3.8 实训任务三 柴油机电控燃油喷射系统执行器检修	144
3.8.1 工作目标与要求	144
3.8.2 技能准备	145
3.8.3 工作载体	152
3.8.4 实训步骤	152
3.8.5 实训工单	152
3.8.6 检查评估	157
案例分析与讨论	158
单元4 典型柴油机电控喷射系统综合故障检修	161
案例导入	161

知识链接	161
4.1 玉柴 YC6G 电控柴油机的检修	161
4.1.1 玉柴 YC6G、YC4G、YC6L 电控柴油机的结构组成	161
4.1.2 电子控制系统的功能	162
4.1.3 电控系统主要部件	163
4.1.4 故障诊断系统	169
4.1.5 电控欧Ⅲ柴油机的使用	173
4.2 康明斯 ISCe 高压共轨柴油机故障代码检修	174
4.2.1 电控系统检修的注意事项	174
4.2.2 故障代码诊断原则	174
4.2.3 故障诊断与排除方法	175
4.2.4 OEM 设置的故障代码诊断与排除	176
技能训练	209
4.3 实训任务四 柴油机电控系统综合故障检测	209
4.3.1 工作目标与要求	209
4.3.2 技能准备	210
4.3.3 工作载体	214
4.3.4 实训步骤	214
4.3.5 实施工单	214
4.3.6 检查评估	216
案例分析与讨论	217
附录一 《柴油机电控系统检修》一体化课程教学参考标准	225
附录二 康明斯 ISDE 210-31 柴油机电路图	插页
参考文献	234

单元1 柴油机电控系统的认识

【案例导入】

有一辆牵引汽车,配置有潍柴 WP6.240 型共轨柴油机,当行驶到 4.3 万 km 时,出现柴油机启动受控故障,将启动开关置于 ST 位置,起动机无任何动作,柴油机无法启动。

【知识链接】

1.1 电控柴油机发展现状

柴油机电子控制(简称电控)技术,是一种用微型计算机实现对柴油机工作过程优化控制的技术。它使用微型计算机控制技术替代传统柴油机中通过机械、液力和电气手段对供油时刻、供油量、转速、启动特性、加速特性、限速特性、超速保护等参数和工况进行控制,目的是能够获得更好的控制效果。随着柴油机电控化技术的发展,其应用范围在不断扩大,柴油机上可用微型计算机控制的内容也越来越多。

而由于柴油机电控技术的发展,其内部结构和外围部件也有了新的发展方向,如可变进排气门、可调增压器喷嘴环、电控废气再循环阀、电控低温冷启动预热装置等都是柴油机电控化技术应用发展的产物。因此,电控技术不仅能应用于柴油机,同时也促进柴油机自身技术发生了重大变革。

1.1.1 柴油机电控技术的发展概况

柴油机电控系统 with 汽油机电控系统相似,也是由传感器、电控模块(简称单元)和执行器三部分组成。其中传感器、电控模块的技术与其他领域的电控技术没有原则上的区别,只是在具体需求上有一定的特殊性。但在执行器方面却集中反映了柴油机电控系统的主要特征,最主要的执行器是柴油机电控供油系统,因此,对于柴油机电控技术发展的阶段划分,主要是依据柴油机电控燃油系统的发展阶段来进行的。

最早柴油机电控技术的发展主要集中在对燃油系统的控制。人们习惯称柴油机电控系统为柴油机电喷系统,其技术内涵远远超出了控制喷油的范围,已经包含了日益增多的控制内容。

1) 位置控制式

从 20 世纪 70 年代开始,随着电子微处理器技术的发展,对柴油机电控技术的

研究开始起步,最早的电控燃油喷射系统称为位置控制式。这种系统保留了传统机械系统的喷油泵、高压油管和喷油器,同时也保留了传统高压油泵中调节供油量的齿条、齿圈、柱塞套和柱塞上用于调节每次供油量的斜槽等。但供油量调节齿条不再是通过机械式离心调速器来调控,而是通过电控系统操作电磁执行器或位置控制电动机来调控。这种系统对柴油机本体不需做什么改动,继承性较好,便于对现有柴油机的改造。但是,这种系统的控制自由度与原系统相比没有多少优点,控制精度提高也不多。

位置控制式的电控燃油喷射系统在直列泵和分配泵上均有应用,如日本 KOMATSU 株式会社(小松公司)于 1987 年开发了 KP21 型电控直列式喷油泵,1989 年日本 DENSO 株式会社(电装公司)开发了 ECD 电控直列式油泵,1993 年德国 Bosch(博世)开发出带控制滑套的直列式喷油泵 Rp43,而美国的 CATERPILLAR(卡特皮勒公司)也曾推出类似的产品 PEEC 系统。在国内,无锡油泵油嘴研究所也曾实现过此类系统,但人们更习惯称为“电调”系统。位置控制式的技术在某些柴油机中还有应用,本教材单元 3 中提到的轴向电控分配泵也属于这个范畴。

2) 时间控制式

时间控制式相对于位置控制式电控喷油系统应用较多,它用高速卸载电磁阀替代传统的调节供油量的齿条、齿圈、柱塞套和柱塞上用于调节每次供油量的斜槽,但油泵柱塞依然按原来的方式由凸轮轴驱动,并进行压油作业。高速卸载电磁阀处于柱塞腔的上方,当电磁阀打开时,柱塞腔与进油道相通,柱塞上行只会使燃油回到进油道,但如果在柱塞上行期间的某一时段内关闭高速卸载电磁阀,柱塞上方将形成封闭的高压油腔,压力会迅速上升并通过高压油管和喷油器喷入汽缸,通过对柱塞上行期间供油时段的选择,可以对供油提前角和供油持续角做出调整,对供油持续角的调整就是对每次供油量的调整。

从时间控制式电控喷油系统的原理可以看出,它已经在相当程度上摆脱了机械结构对供油时刻的限制,可以利用柱塞上行过程任一段行程实现供油,从而获得理想的供油正时。由于只能利用柱塞上行时段实现供油调节,所以供油在一定程度上受限于供油泵凸轮结构的形式,这使得供油压力受转速影响较大。实践证明,时间控制式电控喷油系统对于改善柴油机工况帮助很大,可以借助这种系统实现国Ⅲ排放标准。国外较有代表性的产品是德国 Bosch 公司的 EUP 系列电控单体泵,国内则有成都威特电喷公司的 WP-2000 和 WP-1000 等产品,在应用中获得了很好的效果。使用这种电控泵,最大喷油压力可达 130MPa~160MPa,可以明显地改进燃油雾化效果。

目前,时间控制式电控喷油系统已经被国内柴油机生产厂商所接受和应用,有人认为它将是下一阶段国内最有可能广泛流行的系统。而国内自主设计生产这种时间控制式燃油系统的历史还不长,但是,市场需求量却很大。由于这种系统国产

化,制造成本及销售价格也相对合理,在“十二五”期间产销量会有较大的提高。

3) 时间—压力控制式

时间—压力控制式电控燃油系统的特点是有有一个共用的高压燃油油轨系统(Common Rail Fuel System, CRFS),国内称这种系统为高压共轨系统。一般高压油轨被安装在汽缸盖侧方,呈管状,与曲轴轴线平行,在与各汽缸相对的位置,引出高压油管连接对应汽缸的喷油器,而喷油器受电驱动信号控制,当存在驱动电流时,喷油器的高速电磁泄压阀会被打开,引发喷油器针阀两端压力差升高、针阀抬起、燃油喷入汽缸,由于在油轨内压力一定,每次供油量大体与供油时间成正比,因此也被称作时间—压力式控制系统。高压共轨系统具有很突出的特点:

(1) 燃油喷射压力与柴油机转速和负荷无关。在柴油机低转速时,仍可以实现较高的燃油喷射压力,这可以使柴油机低转速、低负荷时的性能得到改善。

(2) 对喷油时刻和喷油量的控制非常自由。

(3) 对喷油规律的调节能力很强。喷油控制仅取决于高速电磁阀这一运动部件,由于这个运动件质量比较小,因此,其运动惯性也很小,实际控制时,可以实现在一个工作循环内的多次喷射,有效地改进燃烧效果。

(4) 能够实现很高的燃油喷射压力,可以达到 $160\text{MPa} \sim 200\text{MPa}$ 。

(5) 适应性较强,可以用于多种柴油机机型。

由于高压共轨系统具备上述优异的性能,得以较好地控制柴油机燃烧的压升率,燃烧噪声也得到了控制,拓宽了柴油机的使用领域,同时,也降低了排放。尽管共轨系统优点突出,但由于其对制造技术要求很高,且生产设备投入资金需求较多,因此,只有少数国外的技术先进厂商实现了共轨系统的批量制造,其中主要有德国的博世、美国的德尔福、日本的电装等,他们的产品已经在货车和轿车柴油机上得到了广泛应用。国内有一汽集团无锡油泵油嘴研究所的共轨系统,二汽集团的东风康明斯、广西的玉柴、山东潍坊柴油机等其他国内厂商也已在研制和推出高压共轨燃油系统。

2. 国内柴油机电控技术的发展现状

国内柴油机电控技术在起步方面晚于先进工业国家,但是,由于近年来市场需求方面的强力拉动,已经在多个方面取得了一定的进步。

首先是一些高校研究人员取得的成绩。国内的高校研究人员在柴油机电控研究工作起步并不算晚,只是由于国内配套技术不健全,影响了其成果的产业化进程,但却为国内这一领域的发展起到了带头作用。国内较突出的研究成果:大连理工大学的张育华教授、上海交通大学的卓斌教授、北京理工大学的王尚勇教授等,他们的共同特点是通过学习国外先进技术和自身的开拓性研究,掌握了柴油机电控系统的基本要素,拿出电控柴油机的示范样机,总结和撰写了一些技术专著,成为国内柴油机电控技术的早期书籍,并培养了一批国内柴油机电控技术的新生力

量,为国内柴油机电控技术的发展提供了专门人材。这些高校专家对国内柴油机电控技术的贡献主要是完成了柴油机微型计算机控制系统的设计,为后续的控制系統发展提供了方向。他们还尝试制造出柴油机电控系统的控制器和执行器,主要是按照国外产品的样本,通过消化吸收并提出自己的设计创意,但由于国内加工制造条件的限制,在产业化应用上还不是很理想。

在实用性的技术研发领域,一些有条件的科研机构也在柴油机电控技术发展做出了努力,如一汽集团无锡油泵油嘴研究所,是国内最早开始柴油机电控共轨燃油系统研究的单位之一;由成都飞机集团创办的成都威特电喷有限公司,是国内最早将电控单体泵系统转为实用化的公司。在此之前,更多人认为应该直接实现共轨式燃油系统,因为这是国际已成熟的主流技术,但根据国情,由于现有的柴油机制造资源不可能在短期内快速更新,因此如何通过继承来实现发展,显得很重要。采用电控单体泵系统实现传统柴油机的电控升级技术改造,能够最大限度保持原有柴油机技术的继承性,这就使对原柴油机制造生产线的改动最小化,同时缩短了技术改造的周期,使原有产品经过改造后短时间内就能形成批量的生产,满足市场需求。

目前,在柴油机电控化改造工作中存在一股不可忽视的力量,这就是一些颇具实力的柴油机高压油泵和喷油器制造企业,这些企业的共同特点是具备成熟的大规模精密制造能力,在国内企业中其制造设备、开发投入能力、技术支持能力都较好,更重要的是可以实现柴油机的国Ⅲ排放标准。因此,这些企业既担负着历史使命,又面临残酷的生存压力。另外,由于国外厂商的技术保护,柴油机电控系统的相关制造技术难以通过技术市场直接获得。在这种情况下,有些油泵制造企业通过自己组织研发,在柴油机电控燃油系统的开发上取得了令人瞩目的进步,在电控共轨系统、电控单体泵系统和电控分配泵系统等方面的研究工作都处于推进过程中。

在柴油机电控体系中,电控模块(ECM)作为一个重要的部件,也属于核心技术。国内企业有成都威特公司仿校德国博世、美国德尔福的做法,通过同时提供包括 ECM 部件在内的完整电控系统来向用户提供服务;而亚新科南岳有限公司则与专业的 ECM 服务商合作,共同推出柴油机电控燃油系统。

近年来,国内能够独立提供 ECM 技术服务的企业主要有两家:一家是江苏镇江恒驰科技有限公司,该公司由于开发出了通用 ECM 平台 HTU 而在国内产业技术中处在领先地位。另一家是创建恒驰公司,张育华博士通过 HTU 的开放式技术构架,为柴油机专业人员自主开发 ECM 产品提供了一个基础平台,同时也为柴油机的电控化改造提供成套技术服务。

3. 国内柴油机电控技术发展中存在的问题

国内柴油机电控技术发展中存在的问题主要涉及以下三个技术领域。

1) 传感器制造技术

传感器是电控系统的输入信号源,在电控柴油机上最基本的传感器配置一般

有曲轴位置传感器、凸轮轴位置传感器、加速踏板位置传感器、进气温度和压力传感器等。国内柴油机电控技术发展方兴未艾,而汽油机电控却已经成为广泛市场化的一种技术,到了2010年,国内各类汽车的生产量已经达到1850万辆以上,其中也包括重载、专用和城市公交(部分公交车辆燃料为LNG或CNG)等机型的柴油车辆,而在各行业的重型机械设备电控柴油机的应用也在推进中,这种情况促使大量的相关低端技术逐渐国产化,而普通传感器技术大体上可以归于这样一类技术,国内有许多企业能够为电控汽油机配套生产各种传感器,这些汽油机传感器中的大多数原则上也能适用于柴油机,这无疑为国内柴油机电控化发展准备了基础条件。所以,传感器需求已不再是国内柴油机电控技术发展的障碍。

2) 执行器制造技术

涉及柴油机电控系统的执行器,主要有电控高压燃油系统、电控废气再循环阀、电控可调喷嘴环增压器、电控变速器等。其中最主要的还是电控高压燃油系统,这是实现柴油机电控化最重要的执行部件。

迄今为止,国内电控高压燃油系统的研发已进行了多年,有些较成熟的产品已经开始装车运行。在研发和制造电控高压燃油系统的技术中,最主要的技术难点是高精度的机械加工制造技术和高速电磁执行器技术,特别是针对高压共轨系统核心部件高速电磁阀,其机械加工制造精度是机械工业技术能达到的最高水准,以国内现有的制造工艺难以实现。显然,如果要想实现国内企业对于柴油机电控燃油系统的加工制造,必须伴随着工业基础制造能力的提升和技术改造。近年来,以成都威特公司、衡阳亚新科公司、一汽集团无锡油泵油嘴研究所等厂商为代表的企业,通过较大的资金投入,引进国外最先进的制造设备,整体地提升了制造水平,为实现电控高压燃油系统的国产化打下了基础,国内也初步实现了柴油机电控单体泵系统的批量生产,但对于高压共轨系统的成批制造仍需要作出很大的努力。

柴油机电控单体泵系统和高压共轨系统的制造难度主要集中在高速电磁阀上,这种阀件工作频率要求极高,以转速为3000r/min的四冲程柴油机为例,阀的工作频率为1500Hz,因此,要求要保证阀的密封性能,又要保证阀件电磁驱动的可靠性和使用寿命。综合上述条件,对于阀材料的机械强度、物理性质、疲劳强度以及零件的结构和加工精度等,都提出了极高的要求。

对于柴油机高压共轨系统,还存在高压油泵的工作性能和静态密封性的问题。共轨系统的高压油泵,要实现稳定的高压油输出,输出压力要求达到160MPa~200MPa以上,这对高压油泵的结构、材料和制造精度的要求都非常高。共轨系统整个高压部分在工作过程中处在持续的高压状态,这对于所有接头和整个结构的密封要求更为严格,只有完全解决这些问题,才能满足高压共轨系统工作的可

靠性。

3) ECM 制造技术

对于 ECM 的制造,依赖于微处理器元件。国内在微处理器的设计制造技术面虽然取得很大突破,但针对制造柴油机 ECM 所需要的单片机元件,还没有对应的专利。国内在 ECM 技术所依赖的单片机元件,常用飞思卡尔、英飞灵、英特尔公司等国外企业的产品,这些产品不仅性能优越,而且价格也比较合理,能够满足国内市场的需求,但长远来看仍存在自主知识产权问题。

在 ECM 设计制造技术领域,国内的专业人员已经进行了多年的努力,特别是在最近几年,国内 ECM 制造已经出现了较完整的技术平台和各类产品模块,针对任何一种具体需求,都能够较容易地找到可以直接应用的成型的 ECM 产品。但是,国内柴油机 ECM 技术仍受到很大的制约,由于国内尚无较成熟的电控燃油系统,使 ECM 的应用受到限制,而来自国外的柴油机电控系统供货商提供的都是自己的成套技术服务,使国内 ECM 服务商的产品难以得到应用。目前,由于受到国内的柴油机电控燃油系统逐渐实现产品化的影响,国外的电控燃油系统执行器部件也开始从系统技术服务商控制下的专属产品,逐渐转变为市场上可以直接从制造商手中购得的自由产品,价格也不得不降到合理水平。

4. 国外电控柴油机发展简介

国外柴油机实现电控始于 20 世纪 80 年代末期。在美国和欧洲各国家从小型客车到轻、中、重型载货汽车装用经济、环保、电控柴油机已经很普遍。柴油车之所以被人们重视,是因为柴油机比汽油机省油,同功率的柴油机和汽油机相比,柴油机要节省 25% ~ 30% 的燃油;CO₂排放量比汽油机低 30% 左右,HC 的排放量也比汽油机低;并且柴油机热效率高、寿命长,更适合应用于大负荷作业的工程机械装机要求。

柴油机中最关键的电控燃油喷射技术,均来自德国的博世、西门子、美国的德尔福和日本的电装等跨国公司,我国及世界各国柴油机电控技术由于受到制造工艺和制造经验的限制,其主要制造技术现时仍被这四家公司垄断着。柴油机电控技术的发展经历了第一代位置控制和第二代时间控制,现在已经发展到第三代时间—压力控制方式,即高压共轨系统。而就高压共轨燃油喷射系统而言,德国博世公司也已将该项技术发展到了第三代,见表 1-1。

1997 年,博世公司开始生产第一代高压共轨系统;2003 年,开始批量生产第三代带压电式喷油器的共轨燃油喷射系统。从表 1-1 可以看出,第一代、第二代共轨燃油喷射系统采用带电磁阀的喷油器,电磁阀线圈通电时电感存在滞后时间,而压电式喷油器在加上电压 0.1ms 以内就会做出响应,解决了电磁响应阀滞后时间问题,它的切换十分迅速准确,可重现性好。博世第三代采用压电式喷油器替代了电磁阀的喷油器,技术更为先进。

表 1-1 博世三代高压共轨燃油喷射系统特性

特性 \ 系统	第一代共轨燃油喷射系统	第二代共轨燃油喷射系统	第三代共轨燃油喷射系统
最大喷射压力/MPa	135	160	200
喷油器	带电磁阀的喷油器	带电磁阀的喷油器	压电式喷油器
喷嘴油孔形式	柱式(内外一致)	锥形(内大外小)	锥形(内大外小)
喷孔直径和数量	0.2mm;5孔	0.14mm;5孔~6孔	0.11mm~0.13mm;6孔
喷射次数	根据发动机负荷和排放要求有预喷、主喷1次~2次	根据发动机负荷和排放要求有预喷、主喷和后喷1次~4次	根据发动机负荷和排放要求有预喷、主喷和后喷1次~5次
达到的尾气排放标准	欧Ⅲ	欧Ⅳ	欧Ⅳ、欧Ⅴ

近年来欧洲的排放标准越来越严格,在参照欧洲排放标准的基础上,影响最大的国Ⅲ标准由国家环境保护总局和国家质量监督检验检疫总局共同发布,主要包括 GB 18352.3—2005《轻型汽车污染物排放限值及测量方法(国Ⅲ、国Ⅳ阶段)》和 GB 17691—2005《车用压燃式、气体燃料点燃式发动机与汽车排气污染物排放限值及测量方法(国Ⅲ、国Ⅳ、国Ⅴ阶段)》。GB 18352.3—2005 的国Ⅲ、国Ⅳ阶段最基本的 I 型试验为最终排放量不超过表 1-2 的限额,则满足标准要求。

表 1-2 国Ⅲ、国Ⅳ阶段 I 型试验排放值

阶段	类别	级别	基准质量 (RM)/kg	限 值 (g/km)								
				一氧化碳 (CO)		碳氢化合物 (HC)		氮氧化物 (NO _x)		碳氧化合物 和氮氧化物 (HC + NO _x)		颗粒物 (PM)
				L ₁		L ₂		L ₃		L ₂ + L ₃		L ₄
				汽油	柴油	汽油	柴油	汽油	柴油	汽油	柴油	柴油
Ⅲ	第一类车	—	全部	2.30	0.64	0.20	—	0.15	0.50	—	0.56	0.050
	第二类车	I	RM ≤ 1305	2.30	0.64	0.20	—	0.15	0.50	—	0.56	0.050
		II	1305 < RM ≤ 1760	4.17	0.80	0.25	—	0.18	0.65	—	0.72	0.070
		III	1760 < RM	5.22	0.95	0.29	—	0.21	0.78	—	0.86	0.100
Ⅳ	第一类车	—	全部	1.00	0.50	0.10	—	0.08	0.25	—	0.30	0.025
	第二类车	I	RM ≤ 1305	1.00	0.50	0.10	—	0.08	0.25	—	0.30	0.025
		II	1305 < RM ≤ 1760	1.81	0.63	0.13	—	0.10	0.33	—	0.39	0.040
		III	1760 < RM	2.27	0.74	0.16	—	0.11	0.39	—	0.46	0.060

5. 国内柴油机电控技术展望

目前,国外厂商以其技术上的优势地位,在国内的柴油机电控技术市场上占据统治地位。但由于其产品价格较高,因此主要是面向国内的高端市场。目前,国内已经有多数的中、重型柴油机配用了进口的电控设备,从厂商的目标出发,主要是为了应对国Ⅲ标准所准备的方案。由于国外的技术引入大多会引发柴油机产品价格的变化,造成产品市场区域的重新定位。对于中、重型柴油机,由于其价格基数较高,由电控系统引发的价格增加的比例相对影响较小,因此发展得快一些。在不断严格的环境保护压力作用下,国内市场上这些产品已经有了一定的市场,但由于国外厂商所提供国内的大多是一种服务性的技术,在实现应用的同时也增加了一种依赖,最终柴油机企业甚至会更像是“零部件生产商”,而提供系统服务的电控技术服务商则会较多地成为控制产品总体性能的责任人,并由此获取主要的市场利益。有观点认为这种情况的发展可能会引发柴油机生产厂商的生存忧虑,而国内 ECM 企业的开放式服务理念,最终将会使控制权回到柴油机企业的手中,这对于柴油机制造厂商必然有较大的吸引力,国产部件的价格优势和对国内市场的定位,会使柴油机电控系统最终成为柴油机的普通部件,成为柴油机企业自由选择柴油机配件的内容。

柴油机电控化技术和产品的国产化趋势,一直伴随着对国外先进技术的引进而不断发展,其应用几乎已经到了水到渠成的地步,国内柴油机电控技术还远不如国外同类技术成熟,但是由于在出现时就打上了“中国造”的印记,所以对国内市场的适应性、开放性表现特别出色,市场价格也大大低于国外同类产品,这使其成为国内低端市场的首选。展望下一步的发展,以国内技术为特征的柴油机电控化技术和相关产品将在一个时期内与国外先进技术共同在国内市场上并存,国内技术成熟性落后于国外,而在价格成本上有一定优势,因此,最初将更多地在下端的市场得到应用。但由于国内技术的开放性,将日益使国内柴油机和制造企业转向国产技术,并通过电控技术的不断成熟,柴油机电控的主体技术将拥有自己的知识产权。而在技术上占据优势的国外技术服务商,也会在市场竞争中,逐步地改变现有的服务方式,使其与中国市场的需求趋势一致,从而从中获得合理的市场份额,或是适当放弃中低端市场,追求更高层次的技术市场定位。

1.2 电控高压柴油喷射系统原理

柴油机电控系统和汽油机电控系统一样,也是由传感器、ECM 和执行器组成。在电控柴油机上所选用的传感器有曲轴位置传感器、凸轮轴位置传感器、加速踏板位置传感器、车速传感器、燃油压力传感器、进气温度传感器、燃油温度传感器、冷却液温度传感器、增压压力传感器和空气质量流量传感器等。ECM 根据各种传感