

汽车先进技术论坛丛书

QICHE XIANJIN JISHU LUNTAN CONGSHU

电控柴油机 燃烧系统匹配

王军 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

汽车先进技术论坛丛书

电控柴油机 燃烧系统匹配

王军 编著



机械工业出版社

面对石油资源日渐减少和排放法规日益严格的现状,电控柴油机在节能减排方面表现出很大的优势。燃烧系统是电控柴油机的核心,直接决定着其性能指标。本书围绕电控柴油机的燃烧系统,重点论述电控柴油机总体要求、燃烧系统指标,详细介绍了进气系统、喷油系统、燃烧室和电控系统的匹配,论述了子系统的原理、方法、手段和结果。本书力求简明地体现柴油机新技术的特点,系统地阐述各种新技术的组成、工作原理和基本功能,使读者对电控柴油机燃烧系统有一个全面的认识。

本书适合柴油机厂家及研究院所技术人员阅读参考,也可供内燃机专业院校师生阅读使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

电控柴油机燃烧系统匹配/王军编著. —北京:机械工业出版社, 2016. 11

(汽车先进技术论坛丛书)

ISBN 978-7-111-55858-3

I. ①电… II. ①王… III. ①汽车—柴油机—电子系统—控制系统
IV. ①U464. 172

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 325436 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:何士娟 责任编辑:何士娟 孙 鹏

责任校对:佟瑞鑫 封面设计:路恩中

责任印制:李 昂

三河市宏达印刷有限公司印刷

2017 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

169mm × 239mm · 14.25 印张 · 270 千字

0 001—1900 册

标准书号:ISBN 978-7-111-55858-3

定价:59.80 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88361066

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-68326294

机工官博:weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网:www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网:www.cmpedu.com

随着石油资源的日渐减少和排放法规的日益严格,电控柴油机正向高功率密度、高可靠性、低油耗、低排放方向飞速发展,在节能减排方面具有很大优势。

燃烧系统是电控柴油机的核心,直接决定着其性能指标。系统学习电控柴油机燃烧系统基础知识,不仅对提高柴油机性能十分重要,而且对电控柴油机使用维护也是必不可少的。虽然电控柴油机燃烧系统方面的文献不少,但每篇文献只涉及某一方面的专题,缺乏系统的论述;出于技术保密的考虑,国外文献只是给出结论和结果,因此现有的教材介绍电控柴油机燃烧系统比较分散,不能从技术层面满足专业技术人员的需求。

本书围绕电控柴油机的燃烧系统,重点论述电控柴油机总体要求、燃烧系统指标,详细介绍了进气系统、喷油系统、燃烧室和电控系统的匹配,论述了子系统的原理、方法、手段和结果。本书力求简明地体现柴油机新技术的特点,系统地阐述各种新技术的组成、工作原理和基本功能,使读者对电控柴油机燃烧系统有一个全面的认识。

本书由装甲兵工程学院王军副教授编写,全书由北京理工大学张幽彤教授审阅。在编写过程中,参考和引用了国内外有关论文、文献、教材,在此对这些作者表示衷心的感谢。由于编著者水平有限,书中难免有疏漏错误,恳请读者批评指正。

编著者

2016年6月

目 录

Contents

前言	
第一章 绪论	1
第一节 概述	1
一、电控柴油机	1
二、燃烧系统	3
第二节 电控柴油机发展	5
一、国外发展	5
二、国内发展	8
第二章 燃烧系统总体匹配	11
第一节 电控柴油机开发	11
一、电控柴油机的开发目标	11
二、电控柴油机的开发规范	13
第二节 燃烧系统匹配	15
一、燃烧系统的匹配目标	15
二、燃烧系统的匹配流程	20
第三节 匹配方法	22
一、参数匹配方法	22
二、多系统匹配方法	24
第三章 燃烧系统匹配指标	28
第一节 燃烧系统的总体要求	28
一、总体要求	28
二、指标要求	30
第二节 子系统指标	31
一、进气系统指标	31
二、燃油供给系统指标	35
三、燃烧室指标	40
四、电控系统指标	45

第四章 进气系统匹配	50
第一节 进气系统	50
一、进气系统概述	50
二、进气道设计	51
三、进气道评价	55
第二节 可变进气	57
一、电控可变进气系统	57
二、可变涡流匹配	60
第三节 可变气门	64
一、电控可变气门系统	64
二、可变气门匹配	66
三、可变气门性能	75
第五章 燃油供给系统匹配	77
第一节 电控喷油系统	77
一、系统功能	77
二、系统分类	78
第二节 电控喷油系统匹配	84
一、电控喷油系统选型	84
二、匹配内容及要求	87
三、基于 KBE 的喷油系统匹配	88
四、协同匹配	94
五、匹配流程	95
第三节 结构和性能仿真匹配	98
一、匹配仿真模型	98
二、结构匹配仿真	102
三、性能仿真匹配	105
第六章 燃烧室匹配	113
第一节 匹配分析	113
一、燃烧室协同化匹配	113
二、高压喷射油束雾化分析	113
第二节 缩口燃烧室	116
一、结构参数	116
二、设计目标	118
三、结构优化	118
四、流场分析	121

第三节 燃烧室匹配设计	124
一、燃烧室设计	124
二、喷油嘴匹配	130
第七章 电控系统匹配	136
第一节 匹配概述	136
一、匹配要求	136
二、匹配内容	137
三、组成与功能	137
第二节 电控系统开发设计	140
一、电控系统开发	140
二、电控系统设计	143
三、电控系统控制策略	155
第八章 电控系统标定	159
第一节 标定概述	159
一、电控系统标定	159
二、标定分类	162
第二节 标定装置	163
一、标定装置概述	163
二、典型系统	165
三、MAP 获取方法	171
第三节 标定实例	171
一、台架试验标定	171
二、整车试验标定	178
第九章 燃烧系统匹配试验	183
第一节 匹配试验概述	183
一、试验要求	183
二、试验分类	184
三、试验流程	185
四、试验分析	185
五、试验方法	186
第二节 进气系统匹配试验	191
一、稳流试验方法	191
二、稳流试验装置	193
三、稳流试验分析	196
第三节 燃油供给系统匹配试验	197

一、试验内容.....	197
二、喷油参数测量.....	198
第四节 电控系统匹配试验	203
一、试验内容.....	203
二、试验平台.....	204
三、喷油控制测量.....	205
第五节 燃烧室匹配试验	212
一、试验台架设备.....	212
二、参数匹配.....	213
参考文献.....	217



第一章

绪论

第一节 概述

一、电控柴油机

柴油机自问世以来，经过一百多年的发展，以其热效率高、经济性好、可靠性高的优势，成为交通运输中主要的动力源。2013 年，国外汽车的生产量已达 5000 万辆，目前美国、日本、欧洲等发达国家的中重型载重汽车动力已全部采用柴油机，柴油机在轻型汽车和轿车上的应用上也呈现逐年递增的趋势（图 1-1）。2015 年，中国汽车的生产量达到 2450 万辆，柴油车占到 10%。未来汽车动力的发展呈柴油化的趋势日趋明朗。

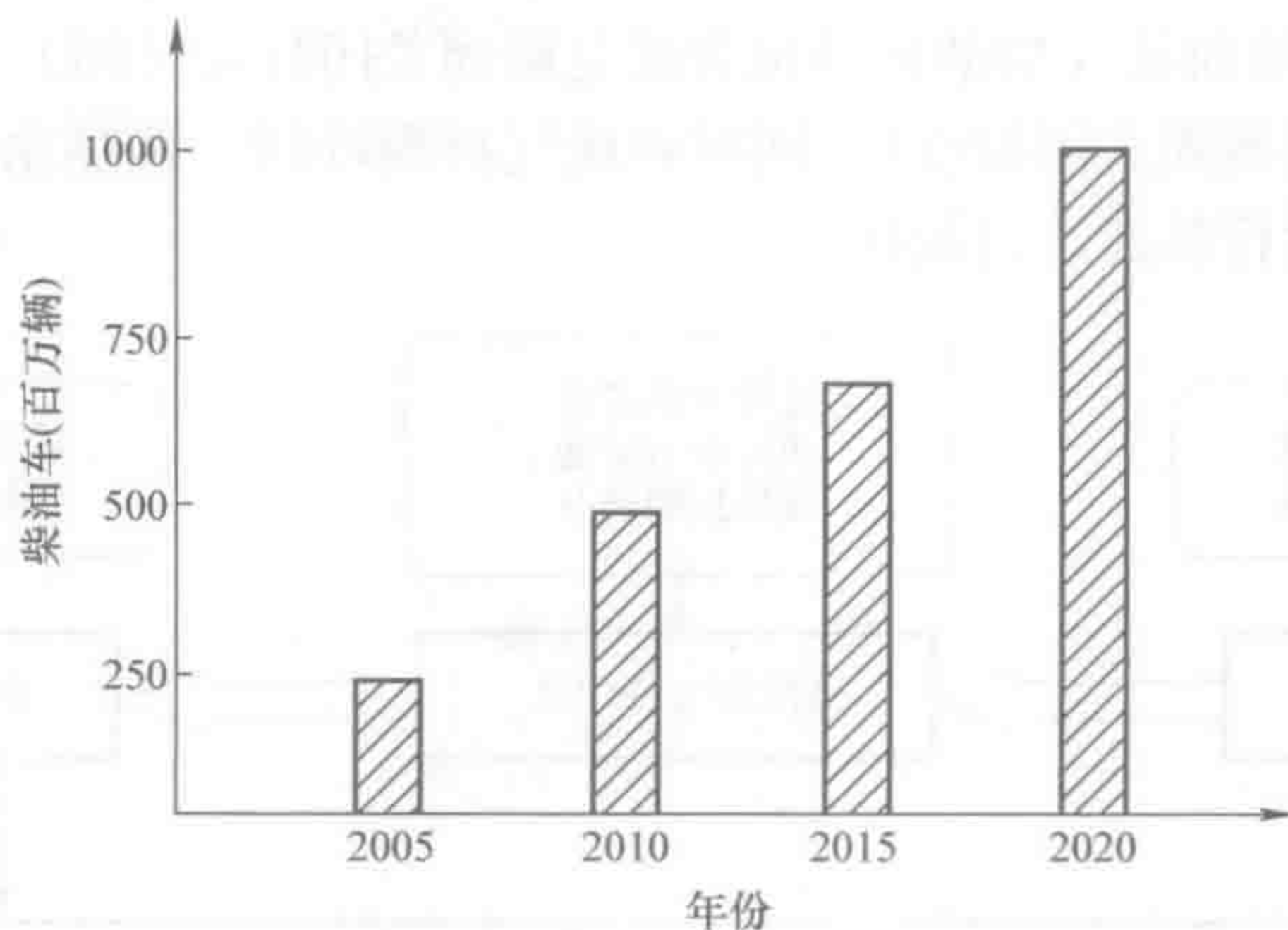


图 1-1 欧洲柴油机在乘用车动力中所占的比例增长趋势

随着柴油汽车数量的增加，柴油机有害排放物微粒（PM）和氮氧化物（NO_x）

给环境带来了巨大的污染，各国开始实行严格的排放法规。美国于 2004 年开始执行新的 EPA 排放法规，欧洲 2009 年实行了欧 V 排放法规，中国于 2010 年起全面实施国 IV 排放标准，降低有害排放已成为柴油机研究中的首要任务。为满足日益严格的柴油机排放法规，柴油机燃烧组织和外围控制需要满足更高的要求。柴油机原有的机械调控系统已经无法满足新排放法规的要求。电子控制技术以其良好的快速性、灵活性和准确性，提高了柴油机的控制精度，将柴油机的燃烧系统参数调节到最佳，从而降低柴油机的排放。柴油机的电子控制技术（电控技术）是柴油机技术发展历程中的第三个“里程碑”。电控喷油技术是最先在柴油机上应用的，通过电子控制精确地调节喷油定时和喷油量，以获得良好的喷油效果。电控喷油技术已成为柴油机提高动力性、经济性和降低排放的主要手段。

电控柴油机是指采用电子控制燃油喷射及排放的柴油机。在机械柴油机中加入“相当于计算机中 CPU”的电控单元（Electronic Control Unit, ECU），从柴油机的不同位置采集状态参数信号，再通过交互方式进行处理，电控单元精确地控制喷油过程，使柴油机在不同工况下良好运行。

电控系统是电控柴油机不同于机械柴油机的显著子系统。电控柴油机的电控系统由传感器、电控单元（ECU）和执行机构三部分组成，如图 1-2 所示。电控系统对进气部件、喷油系统以及其他部件进行电子控制，实现喷油参数或其他控制参数随柴油机工况的实时控制。电控系统通过转速、加速踏板位置、进气温度及进气压力、燃油温度、冷却液温度等传感器，将实时检测的柴油机状态参数同时输入电控单元（ECU）；查找储存的设定喷油参数表（MAP）中参数值，经过计算按照最佳值或计算后的目标值，把指令送到执行器，执行器根据电控单元（ECU）指令控制喷油量（供油齿条位置或电磁阀关闭持续时间）和喷油正时（正时控制阀开闭或电磁阀关闭始点），同时对废气再循环阀、预热塞等执行机构进行控制，使柴油机运行状态达到最佳。

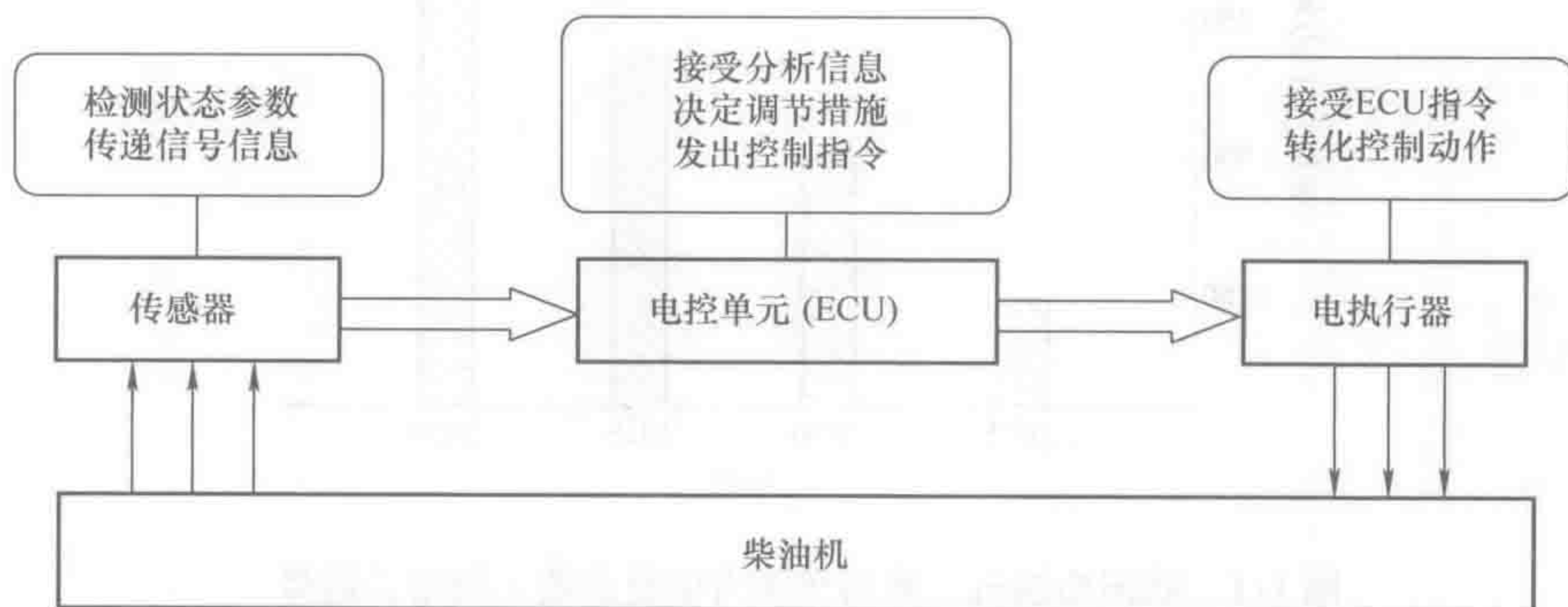


图 1-2 柴油机电控系统

与机械柴油机相比,由于电控系统的加入和调控,使电控柴油机具有显著的优势:

1) 良好的适应性。实现了燃油喷射系统、增压系统和排放系统的单一控制或多个控制,能够灵活地调节喷油压力和精确控制喷油参数,使柴油机运行良好。当外界温度较低时,电控单元(ECU)可控制一个进气加热器来加热柴油机进气,提高冷起动能力,改善低温运行性能。

2) 更高的可靠性。由于柴油机运行状态参数是实时采集的,能够及时发现柴油机的运行故障,便于及时处理和应对。此外故障码指示使维修更为便捷,具有良好的维修性。

3) 最佳的运行模式。最佳运行模式是指根据用户使用要求的不同,自由选择柴油机的运行模式,如经济性运行模式、低排放运行模式和低负荷运行模式,保证发动机运行在最优状态。

4) 全面的故障监控。故障监控能保证在线检测各缸负荷,并确保各缸的负荷均匀分布,防止柴油机发生超负荷;在故障发生前,能够提前报警,并启动应急处理程序。电控柴油机具有更好的保护功能:它在运行过程中,当关键参数出现一段时间异常后(通常约几秒钟),就会自动降低转矩和转速,并点亮报警灯;当出现严重问题时,如果设定了停机保护功能,将会自动停机,并点亮停机灯。

5) 良好的协调配合。第一,电控柴油机可以准确地按照路况、载重量等外部情况,自动决定喷油量和喷油定时等参数,还可以同变速器、防抱死制动系统(ABS)等部件相互配合,实现信号传输和信息共享,使柴油机保持在最佳工作状态;第二,电控柴油机还具有柴油机保护、故障自诊断、传感器保护等多项功能;此外,还具有舒适驾驶的各种功能,如巡航功能,当驾驶人松开加速踏板时,车辆可按驾驶人设定的车速行驶,实行柴油机自动控制。

电控柴油机的发展受外因和内因两方面的作用。外部因素,如石油资源的日渐减少引起的能源危机、有害排放给环境带来巨大污染,为电控柴油机的应用开辟了广阔的市场空间;内部因素是柴油机自身要求技术更新,电子技术和控制技术的飞速发展作为柴油机的电控化提供技术基础,成为柴油机发展的技术保障。电控技术大幅度地降低了柴油机的振动、噪声,更好地彰显柴油机经济性好、动力性好的优点,使电控柴油机广泛应用于船舶、发电装置、工程机械、车辆的动力方面。

二、燃烧系统

柴油机燃烧系统将柴油的化学能通过燃烧转变为热能。柴油通过喷油器以液态雾状喷入燃烧室,与空气混合形成混合气,在燃烧室内高温自行着火,形成燃烧过程。油气混合气的质量和燃烧过程的好坏直接影响柴油机的性能指标。机械

柴油机的燃烧系统是指为组织油气混合气形成和燃烧，在结构和控制上所采取的各种措施的综合，具体为柴油机的燃油供油系统、进排气系统、燃烧室，简称为“油、气、室”。油气混合质量取决于燃烧室、喷油器和进气三者之间的合理匹配。在柴油机上引入电控喷油系统或电控进气系统后，合理组织燃烧是电控柴油机获得良好性能的基础，因此电控柴油机燃烧系统包括燃烧室、燃油供给系统、进排气系统以及电控系统。提高柴油机性能是柴油机发展的目标，子系统的结构和参数匹配是实现柴油机最佳性能的基础，燃烧系统的匹配就是要实现各子系统的结构和参数合理优化匹配。

为获得均匀的混合气和良好的燃烧品质，合理选择柴油机燃烧系统的形式和参数极为重要。柴油机燃烧系统参数一般有结构参数和运行参数，燃烧系统结构参数涉及喷油系统、进气系统、燃烧室和电控系统等各子系统。各子系统有许多具体的影响因素，分别见表 1-1 ~ 表 1-4。

表 1-1 燃油供给系因素

名称	部 件	因 素
喷油器	安装	安装角、伸出量、偏移量
	喷孔	喷孔直径、喷孔数和锥角，孔的布置
	喷油压力	初压力、峰值压力
	油束	贯穿距离、贯穿率、落点
	喷油	喷油提前角、喷油持续期
	喷嘴形式	P 型、S 型
喷油泵	形式	柱塞泵、分配泵、泵 - 喷嘴
	柱塞	柱塞直径
	供油量	最大循环供油量、循环喷油量

表 1-2 进气系因素

名称	部 件	因 素
进气	充量	充量系数、充气规律
	增压	增压比、中冷
	涡流	涡流比
	配气相位	进排气定时、重叠角、进气规律

表 1-3 燃烧室因素

名称	因 素	参 数
形式	类型	直喷、间喷式
	口型	直口、收口、敞口

(续)

名称	因 素	参 数
形式	中心底部	突起，突起形式和程度
	气门坑	是否有气门坑、坑深大小
结构	位置	燃烧室偏移量、顶隙
	口径	面容比
	深度、中心高	口径比、径深比

表 1-4 电控系统因素

名称	因 素	参 数
形式	芯片类型	CPU 总线频率、管脚数目
	输入电路	电压值、电流值
	输出电路	功率放大值
	通信方式	通信速度、传输量
	存储类型	容量
性能	可靠性	信号正确率、功耗、发热量、电磁兼容性、无故障时间、电气故障

燃油供给系统、进气系统和燃烧室的各参数既不是越大越好，也不是越小越好，而是存在一个最佳值，与此最佳值对应的其他参数也随之不同。在某一工况下，参数的最佳值满足柴油机的某些性能要求，而对于其他工况，不能使柴油机的性能最佳。

燃烧系统运行参数是指电控系统采集和控制的柴油机参数，这些参数只能根据具体情况寻求最佳的匹配。所以采用统筹兼顾而取折中值，不仅要在油、气、室结构参数匹配的基础上，结合柴油机常用工况确定控制参数，而且要与柴油机使用环境状况相匹配，如在高海拔、低温、高温、高湿度的环境下确定控制参数。

第二节 电控柴油机发展

一、国外发展

柴油机在其诞生的一百多年中发生了巨大的变化，经历两个时期发展。第一个时期是 1896 ~ 1980 年的机械柴油机发展壮大期。柴油机不断完善燃烧系统，提高功率和扩大应用范围，典型代表是高压喷油泵技术、增压器技术。第二个时期是 1980 年至今的电控柴油机发展壮大期。电子控制技术应用于柴油机，使得柴油机焕发了新的活力，典型代表是辅助系统电控化技术、高压共轨喷油技术。在这

两个时期内,柴油机在不同阶段上呈现不同的技术特征。

1) 1882 ~ 1927 年为初级阶段。1882 年,德国人狄赛尔 (Rudolf Diesel) 提出了发动机压燃式工作原理,1896 年制成了第一台压燃式发动机,采用空气喷射系统将燃油吹入气缸,稳定工作时间不长,可靠性差。1923 年,德国 MAN 公司研制了 40hp (1hp = 0.735kW)、900r/min 的压燃式发动机,并装在 4t 货车上;1924 年,戴姆莱公司研制了空气喷射的 40hp、1000r/min 压燃式发动机,并装在公共汽车上,车速达到 23km/h。

2) 1927 ~ 1970 年为壮大阶段。20 世纪 20 年代末期,德国博世 (BOSCH) 公司为解决燃油供给问题,研制了柴油机用直列式合成泵,从而使得柴油机小型化,在汽车上的应用迅速发展起来。在随后 20 多年中,德国曼公司 (MAN)、奔驰公司 (BENZ)、日本五十铃公司和日野公司陆续开发出直接喷油柴油机。20 世纪 50 年代,间歇控制泵喷射系统的柴油机已应用在轮船及货车上,这一时期的柴油机采用机械喷射系统,该系统主要由机械的喷油泵和喷油器组成,由于机械调速器和机械喷油提前器的控制精度低,反应不灵敏,这些机械装置虽然实现了对影响柴油机经济性和排放指标的主要参数的控制,但控制效果始终不能令人满意。

3) 1970 ~ 1995 年为发展阶段。20 世纪 70 年代后的石油危机和汽车排放污染,使柴油机技术的发展既面临新的挑战,又得到了新的机遇。电控燃油喷射系统的出现,实现了燃油喷射系统喷射特性 (喷油量、喷射定时和喷油率) 随柴油机工况变化的动态优化,极大地降低了柴油机的有害排放物,改善了其经济性,提高了控制精度。对喷油泵或分配泵齿杆进行位置控制的喷油系统称为第一代电控喷油系统,对喷油泵或泵喷嘴实施时间控制的喷油系统称为第二代电控喷油系统。典型的第一代、第二代电控喷油系统分别见表 1-5 和表 1-6。德国博世 (BOSCH)、日本杰克赛尔 (Zexel)、美国 Stanadyne 等公司分别推出了基于不同设计理念的电控柴油喷射系统。在电控泵喷嘴系统研究方面,美国 Detroit 柴油机公司的 DDEC 系统、Cummins 公司的电控 P—T 系统、德国 BOSCH 公司的泵喷嘴系统都是较早研究成功的机械驱动式电控泵喷嘴系统。美国 BKM 公司, Caterpillar 公司, 日本 Komatsu 公司则研制了蓄压式电控泵喷嘴系统。国外研制的单体泵主要有德国 BOSCH 公司的电控单体泵 (EUP) 系统,其最高喷射压力可达 160MPa。

4) 1995 年至今为电控柴油机繁荣阶段。一种全新的燃油喷射系统——共轨燃油喷射系统的应用,全面地提升了柴油机性能。电控共轨喷油系统不同于传统喷油系统,控制功能和参数大大增加,被称为第三代电控喷油系统。通过传感器检测柴油机的实际运行状态,经电控系统数据处理后,由相应执行器对喷油时间、喷油率和喷油量实现最佳控制,同时通过调整进入共轨管中的燃油量,实现对共轨管内的压力控制。日本电装公司的 ECD—U2 系统、意大利 Fiat 公司的 Unijet 系统、英国 Lucas Varity 公司的 LDCR 系统、德国 BOSCH 公司的轿车用 CR 系统等都

属于电控共轨燃油喷射系统。典型的第三代电控喷油系统技术特征见表 1-7。

表 1-5 第一代电控喷油系统技术特征

形式	系统名称	喷油量控制	喷油定时控制
直列泵	COPEC（日本 Zexel 公司）	喷油泵齿杆位移控制	液压提前角控制
	EDR（德国 BOSCH 公司）	喷油泵齿杆位移控制	供油提前角控制
	PEEC（德国 BOSCH 公司）	喷油泵齿杆位移控制	改变凸轮相位
	TECS（日本 Zexel 公司）	齿条位移控制	控制套筒改变预行程
分配泵	ECD - V1（日本电装公司）	控制滑套位移	VE 泵提前器
	EPIC（英国 Lucas 公司）	控制分配转子轴向位移	改变内凸轮环相位
	PCF（美国 Standyne 公司）	控制凸轮从动轴向位移	控制泵的提前器
	100 型（美国 AMBAC 公司）	控制滑套位移	改变凸轮相位
	EDC（德国 BOSCH 公司）	电磁阀直接控制滑套	VE 泵提前器

表 1-6 第二代电控喷油系统技术特征

形式	系统名称	喷油量控制	喷油定时控制
喷油泵	MODEL - I（日本 Zexel 公司）	控制电磁阀关闭持续时间	控制电磁阀关闭时刻
	VP44（德国 BOSCH 公司）	控制电磁阀关闭持续时间	控制电磁阀关闭时刻
	DS（美国 Standyne 公司）	控制电磁阀关闭持续时间	控制电磁阀关闭时刻
	DDEC（美国底特律公司）	控制电磁阀关闭持续时间	控制电磁阀关闭时刻
	FM1012（德国道依茨公司）	控制电磁阀关闭持续时间	控制电磁阀关闭时刻
	EPIC（英国 Lucas 公司）	控制电磁阀关闭持续时间	控制电磁阀关闭时刻

表 1-7 第三代电控喷油系统技术特征

系统名称	喷油量控制	喷油定时控制	压力调节
ECD - U2（日本电装公司）	控制电磁阀开启持续时间	液压提前角控制	出油量控制
CR（德国 BOSCH 公司）	控制电磁阀开启持续时间	供油提前角控制	变量控制油量
Sevojet（美国 BKM 公司）	压力调节器控制供油压力	改变凸轮相位	出油量控制
HEUI（美国 Caterpillar 公司）	控制阀喷油开始、关闭	套筒改变预行程	出油压力控制
EDC（德国 BOSCH 公司）	控制电磁阀开启持续时间	改变内凸轮环相位	—

德国 BOSCH 公司于 1997 年率先开始批量生产配有共轨燃油喷射系统的乘用车，当时博世和奔驰联合推出共轨技术的 1.7L 和 2.2L 排量的 4 气门直喷式新型柴油机应用在奔驰 A、C、E 级轿车上。BMW 公司的小排量 320 型共轨柴油机被列入了 Rover 75 型汽车的 320D 发动机系列中，30D 6 缸柴油机被誉为目前最精确优化的柴油机。德国 MTU 公司是世界上第一个批量生产共轨式喷油系统柴油机的生产

厂家，从1996年以来，共轨式喷油系统在其4000系列柴油机上得到了成功的应用，其新一代的2000CR柴油机采用了与4000系列柴油机不同的第三代共轨式燃油喷射系统。法国Renault VI公司是欧洲第一家所有货车柴油机均采用共轨喷射系统的制造商。

目前电控高压共轨喷射系统的发展趋势是更高的喷射压力（200MPa）、更小的喷孔直径（0.11~0.13mm）、更短的响应时间（0.1ms）、更低的功率消耗（压电晶体喷油器）和功能更完善的软件。

二、国内发展

国内电控柴油机的发展最早是从电控高压喷油系统的研究起步的。在电控泵喷嘴和电控单体泵系统研究方面，国内目前研究单位主要有清华大学、天津大学、上海交通大学、无锡油泵油嘴研究所、北京理工大学、北方发动机研究所、上海船用柴油机研究所等单位，主要从事系统开发、部件研制、控制算法、控制参数影响等方面的研究。

1980年初到1990年末，国内研究了第一代电控喷油系统，主要是电子调速器和电液供油提前器研究。北方发动机研究所和哈尔滨工程大学先后完成电子调速器的研究，并有产品投放市场，并应用到车辆上。

1990年末到2000年初，国内研究开始第二代、第三代电控喷油系统。表1-8列出了这些单位的研究成果。

表 1-8 国内电控第二代、第三代电控喷油系统

单位	研究内容	成果
清华大学	电控直列泵管嘴系统	自主研制了高速电磁阀，早期的时间式电控喷油系统
无锡油泵油嘴研究所	电控共轨系统	国内第三代电控喷油系统，喷油压力与喷油量的调节不独立
天津大学	电控高压共轨喷油系统	共轨蓄压、规律可调的电控喷油系统，可预喷、快速断油
上海交通大学	GD-1 高压共轨喷油系统	喷油压力、喷油定时、喷油量均可调节，具备其他功能
北京理工大学	电控蓄压共轨喷油系统	喷射压力 130MPa，电控系统自主研发，完成 50h 考核

2000年以后，国内部分大学、研究所和企业通过合作或独立自主研发，取得了各具特色的研究成果，并有数十项专利公布。上海交通大学将GD-1型高压共

轨燃油喷射系统配装玉柴的6缸车用柴油机；北京理工大学也在进行高压共轨系统电控喷油器的研究，实现了高压喷射和高速电磁阀的驱动；无锡油泵油嘴研究所在EQB231柴油机上进行了高压共轨系统电控系统研制及匹配研究，研发的共轨系统已在无锡公交车投入使用；中国威孚公司在高压共轨系统供油泵方面进行了研究。2004年，清华大学和成都威特电喷有限责任公司合作开发了新型电控系统，推出外挂式电控组合式单体泵，可满足国内市场的大多数轻型和中型车用柴油机产品的配套要求。

2010年，我国实施了国Ⅳ柴油机排放标准。随着柴油机排放标准的提高，柴油机必须采用电控喷射系统。而国内电控系统的研制还处于研究试制阶段，离大批量生产还差距甚远，根本不能满足国内柴油机厂家的需求，因此国内柴油机厂家加紧开发电控燃油喷射柴油机。由于自己不掌握电控燃油喷射技术，只能采用引进、合资、委托开发或联合开发的方法。国内骨干柴油机厂家都已开发出一种或多种达到国Ⅲ排放标准的电控燃油喷射柴油机，而第三种方式能使国内柴油机企业参加开发过程并拥有自主知识产权。当然，这些电控柴油机无一例外地都采用德国博世公司（BOSCH）、美国德尔福公司（Delphi）或日本电装公司（Denso）的电控喷油系统，见表1-9。

表 1-9 国产国Ⅲ系列电控柴油机

发动机型号	排放标准	缸径×行程 /mm×mm	装备车型	生产厂家	电控喷油系统
CA6DE3、 BF6M1013	欧Ⅲ	92×100	一汽轻型华凯 自卸车 CA 系列	大连柴油机 分公司	BOSCH 单体泵
CY4B39Tie	欧Ⅲ	108×112	江淮 1063 系列	东风朝阳 柴油机公司	NY 单体泵
QD32 旷野 风影系列	欧Ⅱ、 欧Ⅲ	110×112	丹东曙光奥龙和 郑州日产 P27 皮卡	东风朝阳 柴油机公司	采用涡流室技术
蓝擎系列 WP10、WP12	欧Ⅲ	112×132	福田欧曼、 济南公交	潍坊柴油机公司	BOSCH 共轨
CA4DL 系列 6CK、6DL 系列	欧Ⅲ	105×125	解放奥威重卡	无锡柴油机厂	Denso 共轨
YC6L 系列	欧Ⅳ	108×132	东风中型货车	玉林柴油机 股份有限公司	BOSCH 共轨/ NY 单体泵
YC4W 系列	欧Ⅳ	112×132	江淮格尔发、红岩	玉林柴油机公司	美国 DCR 共轨 (Delphi)