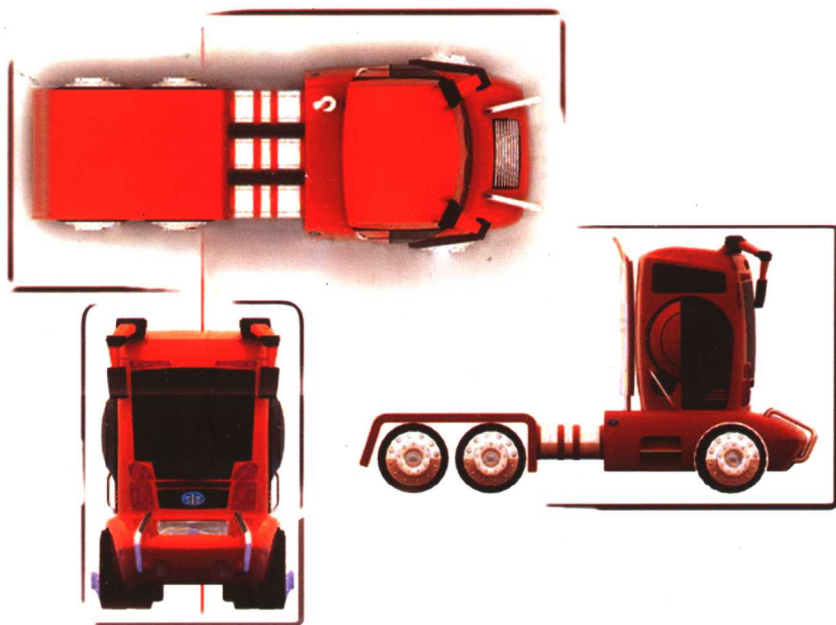


电子控制 高压共轨 柴油机 故障检修

与先进科技同步 与时代生活同行

宋福昌 编著



国防工业出版社
National Defense Industry Press

电子控制高压 共轨柴油机故障检修

宋福昌 编著

 国防工业出版社
National Defense Industry Press

内 容 简 介

本书以康明斯 ISBe、ISCe 高压共轨柴油(欧Ⅲ)机为主,重点介绍了电子控制高压共轨柴油机结构与检修方面的内容。全书分八部分,包括:电子控制柴油发动机概述、博世公司电控柴油机燃油喷射系统、康明斯 ISBe 高压共轨柴油机维修信息、康明斯 ISBe 高压共轨柴油机故障代码检修、康明斯 ISBe 高压共轨柴油机主要部件检修、康明斯 ISCe 高压共轨柴油机维修信息、康明斯 ISCe 高压共轨柴油机故障代码检修以及高压共轨柴油机在国产大中型旅行客车上的应用。

本书内容新颖、图文并茂,可供柴油机维修人员、工程技术人员和广大驾驶员及从事汽车维修教学的师生阅读参考,也可供城市公交客车、大中型旅游客车配套选型参考。

图书在版编目(CIP)数据

电子控制高压共轨柴油机故障检修 / 宋福昌编著.
北京:国防工业出版社, 2007.1
ISBN 7-118-04798-8

I. 电... II. 宋... III. 汽车—柴油机—故障修复
IV. U472.43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 117872 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 100044)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 19 字数 429 千字

2007 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 38.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

国家环保总局 2005 年底发布了五项机动车污染物排放新标准,公路用车自 2007 年 1 月 1 日实施国Ⅲ排放标准。为适应环保的需要,为迎接 2008 年绿色奥运,创造一个没有污染、全新的环境,城市公交客车、大中型旅行客车都在逐步更新使用欧Ⅲ排放标准的柴油汽车。这部分新款欧Ⅲ排放标准的柴油车,尾气排放的 PM、HC、NO_x、CO、HC + NO_x 有害物质少,清洁、环保车辆已经受到人们的赞扬。为保持欧Ⅲ排放标准的柴油车的优异性能,本书对公交客车上使用的康明斯高压共轨 ISBe、ISCe 柴油机做了结构和故障检修方面的介绍。本书重点介绍了这两款柴油机的故障代码诊断维修以及主要部件的检修方面的内容。对主要部件的工作原理、安装位置、故障原因、故障结果及维修要领做了交待。相信读者根据书中内容,通过实践会很快掌握这两款柴油机的维修技术。本书编写的目的也是为广大从事柴油机维修工作人员尽快掌握泵喷嘴、单体泵和高压共轨柴油机的结构和维修技术问题。

此外,对国内合资生产的欧Ⅲ排放标准的柴油机在大中型城市旅游客车的应用情况,在本书的第八章也做了介绍。目的是帮助用户深入了解这些车的性能,为正确选型配套提供一定的理论数据,可做为用户的参考资料。

编 者

2006.10

目 录

第一章 电子控制柴油机概述	1
一、电子控制柴油机发展现状	1
二、电控高压柴油喷射系统原理	3
三、电控高压柴油喷射系统的种类	5
四、电控高压柴油喷射系统的优点	6
第二章 博世公司电控柴油机燃油喷射系统	9
一、电控泵喷嘴系统	9
二、电控单体泵系统	16
三、柴油机电子控制系统	20
四、高压共轨系统	25
五、玉柴 YC6G 电控柴油机的检修	34
第三章 康明斯 ISBe 高压共轨柴油机维修信息	45
一、ISBe 柴油发动机结构组成	45
二、英文缩写及其含义	50
三、电气连接线路图	51
四、电控燃油系统信息	51
第四章 康明斯 ISBe 高压共轨柴油机故障代码检修	56
一、故障代码诊断系统	56
二、电路检修注意事项	58
三、信息式故障代码排除	59
四、OEM 设定的故障代码诊断与排除	60
第五章 康明斯 ISBe 高压共轨柴油机主要部件检修	98
一、各种传感器的检修	98
二、各种开关的检修	109
三、汽缸体与汽缸盖的检修	130
四、燃油系统检修	136
五、润滑系统检修	142

六、冷却系统检修	150
七、进气系统检修	153
八、排气系统检修	166
九、压缩空气系统检修	166
十、安装配合件检修	168
十一、发动机维修技术规范	174
第六章 康明斯 ISCe 高压共轨柴油机维修信息	178
一、康明斯 ISCe 柴油机结构组成	178
二、电控燃油系统信息	178
第七章 康明斯 ISCe 高压共轨柴油机故障代码检修	190
一、故障代码诊断原则	190
二、OEM 设置的故障代码诊断与排除	190
三、电子控制系统主要部件检修	219
四、燃油系统主要部件检修	231
第八章 高压共轨柴油机在国产大中型旅游客车上的应用	238
一、旅游客车的发展现状	238
二、高压共轨柴油机在国产大中型旅游客车上的应用	238
参考文献	290

第一章 电子控制柴油机概述

一、电子控制柴油机发展现状

国外柴油机实现电子控制已经有近 20 年的历史。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、电子控制柴油机已经很普遍。柴油车之所以被人们重视,是因为柴油车比汽油车省油,同功率的柴油车和汽油车相比,柴油车要节省 25% ~ 30% 的燃油; CO₂ 排放量比汽油车低 30% 左右, HC 的排放量也比汽油车低;并且柴油机热效率高、寿命长。随着全球石油资源日渐减少,清洁柴油车越来越被市场接受。在过去一年里,在意大利柴油车已占市场份额的 47.3%,预计今年柴油车市场份额将达到 50%,意大利将成为欧洲第 6 个柴油车销售超过汽油车的国家。在法国、西班牙、奥地利、比利时和卢森堡,柴油车的销售量已经超过了汽油车。在整个欧洲柴油车的销售份额已经达到 46.2%,而且每年在以 4% 的速度增长。

柴油机中最关键的电控燃油喷射技术,均来自博世、德尔福、西门子和日本电装等跨国公司,我国及世界各国柴油机电控技术均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 所列。

表 1-1 博世(Bosch)三代高压共轨燃油喷射系统特性

系 统 特 性	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	1350bar (1bar = 10 ⁵ Pa)	1600bar	1800bar
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
喷嘴油孔型式	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

博世公司 1997 年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 以内就会作出响应,解决了电磁阀滞后时间问题,它的切换十分迅速准确,可重现性好。博世第三代共轨燃油喷射系统采用压电式喷油器替代了电磁阀喷油器,技术更为先进。

随着美国和欧洲各国排放法规日益严格,柴油机的燃油喷射系统在向高压喷射方向发展。西方各国柴油车已广泛采用电控泵喷嘴、电控单体泵和电控高压共轨燃油喷射系统来解决柴油机尾气排放污染问题。石油资源日益紧缺已成为制约各国经济发展的一大障碍。我国为推行“绿色奥运”治理污染,也将在2007年和2010年开始执行国Ⅲ、国Ⅳ排放法规。我国汽车行业人士提出大力发展柴油车,至今,我国轻、中、重型载货汽车以及大中型城市客车,柴油车已经占有绝对优势。我国在引进博世、德尔福和日本电装公司技术合资生产了30多种欧Ⅲ排放标准的高压共轨柴油机,仅2005年柴油机总产量已达到1274000台,全国柴油车总产量已达570万辆之多,国产柴油机的发展速度像“井喷”一样。表1-2列出了我国柴油机主要厂家生产的欧Ⅲ柴油机。

表1-2中,康明斯ISBe、ISCe、ISLe三款欧Ⅲ排放标准柴油机是与美国康明斯公司合作生产,其燃油喷射系统是博世公司技术;增压系统采用的是霍耳塞特废气涡轮增压器,用于提高低速扭矩特性。这三款柴油机的产量不但能满足国内城市客车和重型载重汽车的需要,同时还出口,仅2005年1月~11月,就出口达2000多台。

玉柴YC6G系列柴油机是引进美国德尔福技术,经美国西南研究院技术改进,缸体、缸盖、曲轴进口,其余型号柴油机大部分与德国FEV汽车发动机公司合作,采用德尔福公司电控单体泵和高压共轨技术,其燃油喷射压力可达1600bar。YC4W75-30型欧Ⅲ柴油机是玉柴公司与德国FEV公司联合设计、开发用于微型客车、轿车的柴油机,该发动机技术采用德尔福Multee1600电控共轨系统和可变截面涡轮增压器,全负荷最低油耗小于 $209\text{g}/(\text{kW}\cdot\text{h})$,净重只有100kg,升功率为 $46\text{kW}/\text{L}$ 。玉柴欧Ⅲ柴油机功率覆盖从 55kW ~ 258kW 范围,其中 55kW 柴油机排量仅1.2L。玉柴公司生产的各类柴油机可与大型客车(10m~12m)、中型客车(7.8m~9.5m)、轻型客车(6m以下)、微型客车和微型轿车配套。

上柴公司的6CK300-3是在D6114B型柴油机基础上,引进日本电装公司ECO-D2高压共轨技术,上柴生产的各类柴油机均可与重型载货汽车、大型城市豪华客车配套。

一汽解放锡柴公司的6DL系列6DL-35R柴油机的排量为8.6L,功率为 257kW ,燃油喷射系统采用的是日本电装或博世公司技术。

潍柴公司的WP10、WP12柴油机排量为10L和12L,功率为 264kW 和 352kW ,柴油机重型化是一种发展趋势。目前国外重型柴油机排量在12L,排放达欧Ⅲ、欧Ⅳ的已成为主导产品。美国重型载重柴油车发动机功率大都在 220.6kW ~ 441.2kW 之间,而且普遍采用电控技术,西欧重型柴油机功率也在 220.6kW 以上。这无疑说明了我国柴油机重型化已与世界先进国家发展趋势相一致。

东风朝柴公司生产的CYQD32T柴油机采用的是日本尼桑公司电控燃油喷射系统,燃烧室为涡流式、增压后可达欧Ⅲ标准。该公司的CY6D78Ti型柴油机采用每缸四气门、新型对称燃烧室,发动机可装用在中型卡车、客车和轻型货车。

南京依维柯公司欧Ⅲ柴油机是在原SOF1M2.8L柴油机本体上,把机械式喷射系统改为博世高压共轨系统改造而成、发动机汽缸盖经过重新设计而成,它可装用在轻型客车上。

我国《柴油车排放污染防治技术政策》中说明,为使国产柴油机达到欧Ⅲ(或国Ⅲ)控制水平,可采用电控高压共轨、电控单体泵、电控泵喷嘴、增压中冷、废气再循环及安装氧化型催化转换器等技术相结合的综合治理技术。国内柴油机生产厂家对柴油机控制排放的技术路线应分三大趋势走向,即对中期、长期和未来走向提出了发展要求。中期应采用增压中冷、电控柴

油喷射、EGR、废气后处理,降低柴油含硫量在 50×10^{-6} 以下;长期应采用电控高压喷射、改善 EGR 和增压、完善废气后处理、闭环捕捉器等先进的后处理技术,以及降低柴油含硫量在 10×10^{-6} 以下;未来应采用均质燃烧、可变喷口的燃油喷射系统、电力驱动和采用氧化柴油。柴油机发展的三大趋势是针对本国国情而言,它是一项艰巨的任务。

欧洲柴油车发展速度快与欧洲的柴油质量好有很大关系。欧洲已经实施欧Ⅳ标准,正在向欧Ⅴ标准过渡。欧Ⅳ标准对柴油的质量要求是含硫量要降到 50×10^{-6} 以下,未来要降到 15×10^{-6} 以下。因为要实施欧Ⅴ标准,对柴油质量要求会更高。我国汽车产业发展政策中已经明确要求发展乘用车用柴油机,要发展柴油车,就必须用好柴油,用好柴油就必须降低含硫量。北京国Ⅲ标准采用的柴油含硫量大约为 100×10^{-6} 。目前我国国家优质柴油标准为 500×10^{-6} 。所以要执行国Ⅲ及国Ⅳ标准,我国的柴油含硫量必须要降到 50×10^{-6} 或更低一些。

德国(奔驰公司)、美国(通用、福特)及日本等国生产的混合动力汽车异军突起,已经打入市场。混合动力汽车的第一级动力是柴油,第二级动力是电,叫柴油混合动力;若第一级动力是汽油,第二级动力是电,则叫汽油混合动力。美国等国家正大力发展柴油混合动力汽车,其一级动力和二级动力可以串联或并联或以混合连接形式结合在一起。一级动力带一个发电机,也可以带一个变速器,由变速器直接传动。工作时由发电机向蓄电池充电,由电驱动。混合动力可以是电动机驱动,也可以是发动机经过变速器驱动。混合动力汽车还有一个制动能量再生装置,当汽车制动或减速时,会回收能量把动能变成电能向蓄电池充电。混合动力汽车可以大大降低油耗,可以减少机械零件的种类和数量,是节能环保的新动力,大有发展前途。

二、电控高压柴油喷射系统原理

柴油机电控原理和汽油机电控原理一样,也是由电控单元 ECM、传感器和执行器组成。在电控柴油机上所用的传感器有曲轴转速传感器、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、冷却水温度传感器、增压压力传感器和空气质量流量传感器等。ECM 根据各种传感器检测到的柴油机运行参数,与 ECM 中预先存储的参数值或脉谱图相比较,按其最佳值或经过运算后目标值为指令输送到执行器。执行器(如喷油器电磁阀)根据 ECM 指令控制喷油量(电磁阀开闭持续时间)和喷油正时(电磁阀开闭始点)。电控柴油机喷射系统通过局域网(CAN)控制器和底盘传动装置 ECU、ABS/ASR 系统 ECU、AC 系统 ECU、SRS 系统 ECU 等进行信息交流,以便对全车进行综合控制。

柴油机电控原理与汽油机电控原理有许多相似的地方,但柴油机实行电控要复杂得多。

1. 电控高压柴油喷射技术

柴油机实行高压柴油电子控制的目的是为了改善柴油机的燃油经济性和降低排放污染。特别是世界能源日益缺乏和日益严格的排放法规的实施,驱使柴油机向高压柴油电子控制方向发展是必然结果。目前,欧Ⅲ排放标准的电控柴油机,其最高喷射压力已达到 200MPa 以上,比汽油机喷射压力高许多倍。并且柴油机喷射系统具有高压、高频、脉动等特点,这就要求柴油机电控喷油器结构复杂,需要由电磁阀控制。电控柴油机为达到喷油量和喷油正时精确控制,喷油器电磁阀应具有响应速度快、重现性好;为降低排放污染物的生成,必须改善柴油机的燃烧,ECM 控制喷油器应进行预喷、主喷和后喷,目的是使柴油细化、更好地燃烧、有效地抑制颗粒物和 NO_x 的生成。而汽油机电控单元只控制喷油器进行主喷,且只有一个多点喷射模

式。柴油机电控系统多样化也不同于汽油机。目前,柴油机电控系统占主导地位的喷射类型有电控泵喷嘴、电控单体泵和高压共轨三种形式。每个系统中有不同的结构,喷射系统压力都很高,其结果都是向着经济、环保方向发展。

2. 增压中冷技术

高速柴油机大都采用废气涡轮增压技术,目的是提高柴油机的功率输出、改善燃油的雾化性能,降低燃油消耗和 CO、HC 及颗粒物的排放。增压后的柴油机由于热负荷的增大、扫气过程的改善和过量空气系数的增加,会使 NO_x 生成量增多,从而导致 NO_x 的排放量增加。为改善 NO_x 的排放,采用增压中冷技术,可以提高进气密度,降低发动机热负荷,可改善 NO_x 的排放量。目前,可变截面涡轮增压器(VGT、VNT)和 EGR 的应用,可改变增压柴油机的低速扭矩特性和响应性,使柴油机的性能与排放得到优化。

3. 废气再循环 EGR 技术

加热式 EGR 废气再循环系统,通过在进气系统引入适量废气、降低燃烧开始的氧浓度以及通过降低燃烧速率和放热率(降低燃烧过程的高温持续区),可以有效控制 NO_x 的生成。

冷却式 EGR 系统是把从排气管引入的废气进行冷却后再导入进气管,对改善 NO_x 的排放作用更明显。但结构复杂、成本高,大多用在高档增压柴油机上,或者在实行欧 IV 标准时,在柴油机上采用此项技术。采用冷却式 EGR 的缺点是会影响排放效果的稳定性。

4. 排气后处理技术

减少柴油机可吸入颗粒物的方法有机内净化和机外净化,而机外净化主要是采用微粒捕集器。微粒捕集器是用于减少柴油机颗粒物的后处理装置,它的工作原理是用捕集器过滤废气中的颗粒物,然后通过氧化颗粒物来清洁捕集器使之再生。博世公司研制的微粒捕集器采用烧结的金属过滤体,它有很高的除粉尘功能、较小的压降,使用寿命长,比陶瓷材料过滤体寿命高 1 倍。它可以使微粒在过滤体上有规律地堆积、有规律地燃烧。微粒捕集器是一种捕捉颗粒物使之燃烧掉、减少颗粒物和降低 NO_x 排放的有效装置。

5. 均质燃烧技术

电控柴油机由于喷油压力高、燃油在较大范围内同时燃烧,所以汽缸内最大燃烧压力和压力升高率较大。柴油机混合气中空气过量,使压缩比高、燃烧剧烈,燃烧温度高、NO_x 生成量大。同时由于柴油机中混合气的均匀度较差、容易造成局部燃烧不良,特别容易造成在燃烧室内温度较高和氧气不足而生成微粒和碳烟,所以柴油机的 NO_x 和颗粒物、碳烟排放量比汽油机严重。另外,柴油机还存在 NO_x 和颗粒物排放控制相冲突的矛盾,降低 NO_x 排放措施又会增加颗粒物的排放;而降低颗粒物排放又会提高 NO_x 的排放,其原因是由于非均匀燃烧造成的。为了避免扩散燃烧和降低局部的燃烧温度,必须促进燃油和空气的混合,许多研究者提出了预混合压缩燃烧技术,即 HCCI 均质燃烧。采用均质燃烧技术的柴油机热效率高、NO_x 排放量低,而又几乎没有碳烟排放。

6. 柴油机本身结构设计优化

柴油机结构设计优化是很重要的技术措施,目前广泛采用的是多气门机构、进气涡流优化、燃烧室优化和降低机油消耗等。

在中、重型柴油机上多采用每缸 4 气门技术,目的是增加进气量,为减小进气阻力,应加大进、排气门流通截面积,可以增大汽缸排空速率,可以降低气门节流损失,有利于柴油机燃烧室

扫气过程,在涡轮增压柴油机中,可以增大废气能量利用率,提高涡轮效率。

降低柴油机颗粒物排放的技术措施是提高喷射压力和增大进气涡流。这两种方法可以促进均匀混合气的形成,防止燃油过浓造成燃烧不良,从柴油机结构上抑制颗粒物的生成。但进气涡流不能过大,过大的涡流又会弱化火焰传播,同时增大进气阻力而影响发动机的动力性,所以进气涡流要优化设计。

柴油机汽缸盖燃烧室优化设计很重要,它是控制排放的基础。根据喷油器喷嘴孔直径尺寸、喷孔多少、喷油油束形状与燃烧室的配合关系,应选择合适的燃烧室形状,并根据进气旋流、喷油器安装位置、喷射压力等技术参数通过设计计算和实验确定最佳结构尺寸。

柴油机由于负荷重、压缩比大,汽缸壁润滑油参与燃烧是造成柴油机排放颗粒物的重要源头,也是造成润滑油烧损的原因。所以优化设计活塞与汽缸的配合间隙、优化活塞环间隙和汽缸壁尺寸配合关系,是降低润滑油消耗的措施之一。

三、电控高压柴油喷射系统的种类

1. 位置控制式电控柴油喷射系统

位置控制式电控柴油喷射系统是第一代电控柴油喷射系统,在该系统中仍保留着喷油泵—高压油管—喷油器(PLN)、控制齿条、齿圈、滑套、柱塞上的螺旋槽等油量控制机构,齿条或滑套的移动位置由原来的机械控制改成电子控制。在改进后的电控位置控制系统中,常用博世公司的电控分配泵。在该系统中,ECM根据滑套位置传感器输入的信号驱动油量调节器调节供油量。若滑套位置传感器和油量调节器失效,发动机运行不稳直至熄火,这时发动机的预热指示灯闪烁。喷油器喷油正时控制,是由ECM根据安装在第3缸喷油器上的针阀升程传感器信号,来确定喷油器喷油正时点。如果针阀升程位置传感器失效,喷油器喷油正时信号将转换到开环控制。在正常工作时,喷油器喷油正时信号由闭环功能控制,即ECM根据发动机转速、负荷和温度等信号进行控制。若针阀升程传感器信号失效,发动机运转不稳、废气排放恶化,发动机预热灯闪烁。

一汽捷达轿车SDI电控柴油喷射系统,就是采用博世公司EDC,即在VP37分配泵上实行位置控制式电控柴油喷射系统。

2. 时间控制式电控柴油喷射系统

1) 电控单体式喷油器系统(EUI,Electronic Unit Injection)

电控单体式喷油器系统,即电控泵喷嘴系统,其喷油量由安装在喷嘴总成上的电磁阀关闭时间决定,喷油正时由电磁阀关闭时刻决定,所以称作时间控制式电控柴油喷射系统。电控泵喷嘴由凸轮摇臂机构驱动,泵喷嘴系统将喷油泵、喷油嘴和电磁阀组合在一起。每缸安装一组泵喷嘴,四缸机有4个泵喷嘴,六缸机有6个泵喷嘴。泵喷嘴由安装在汽缸体上的凸轮轴摇臂驱动或由安装在汽缸盖上的凸轮轴摇臂驱动。

电控泵喷嘴没有高压油管,没有机械式供油量调节齿条。喷油量和喷油正时由电子控制单元根据各种传感器输入的信号和油门踏板位置信号,电子控制单元使电磁阀关闭执行喷油,电磁阀打开喷油结束。在电控泵喷嘴系统中,由于没有高压油管,所以具有很高的机械强度,喷油压力可达200MPa以上。

电控泵喷嘴可应用于小型客车、轻型车及中、重型载货汽车柴油机上,其尾气排放可达欧Ⅲ标准以上。一汽大众宝来、奥迪A6TDI柴油机均采用博世电控泵喷嘴系统。

2) 电控单体泵系统(EUP, Electronic Unit Pump)

电控单体泵和电控泵喷嘴一样,燃油喷射所需要的高压燃油,仍然由套筒内做往复运动柱塞产生,喷油量和喷油正时控制,则由电控单元 ECM 根据各种传感器输入的信号控制电磁阀关闭执行喷油,电磁阀打开喷油结束。单体式喷油泵总成内的单体泵、六缸发动机有 6 个、四缸发动机有 4 个。单体泵体上的滚轮由发动机凸轮轴驱动,推动套筒内的柱塞向上运动,产生喷射所需的高压。当 ECM 使电磁阀断电时,高压燃油顶开喷嘴针阀将燃油喷入汽缸,喷油完毕,ECM 发出通电指令,电磁阀打开,柱塞在回位弹簧作用下向下移动时,低压燃油开始溢流回油箱。单体泵喷油压力可达 180MPa 以上。

每个单体泵上安装有一个电磁阀,ECM 控制电磁阀的关闭和打开时间的长短,决定喷油量和喷油正时,所以电控单体泵仍属于时间控制式,是第二代电控柴油喷射系统。

电控单体泵有高压油管,和电控泵喷嘴一样,没有机械式供油量调节齿条。

电控单体泵系统是由博世公司喷油泵—高压油管—喷油嘴(PLN)系统发展起来的高压燃油喷射系统,现已广泛应用在美国和欧洲各国的电控柴油车上,特别是在重型载货汽车柴油机上应用的电控单体泵,其燃油经济性好、排放可达欧Ⅲ标准。我国玉柴公司引用美国德尔福电控单体泵系统,研制和开发了排放达到欧Ⅲ标准的 YC6G、YC6L、YC4G 系列电控单体泵燃油喷射系统。

3. 高压共轨电控燃油喷射系统(CRFS, Common Rail Fuel System)

高压共轨电控燃油喷射系统是一种燃油喷射压力与发动机转速无关的供油方式,即喷射压力的产生和喷射过程互相分开。在该系统中,高压油泵(柱塞泵或分配式油泵)把高压燃油输送到高压蓄压器(公共油轨),油轨内的高压燃油通过燃油分配器,按发动机喷油顺序,将高压燃油输送到喷油器,喷油器内电磁阀根据 ECM 指令切断回油通路,高压燃油克服喷油器内弹簧预紧力而开启喷油,最高喷射压力可达 135MPa 以上。

高压共轨系统是压力—时间控制式喷油系统,高压油泵只是向油轨供油以维持所必需的油轨中油压,而公共油轨中的油压由压力调节阀进行调节,以控制喷射压力大小,用电磁阀关闭时间长短控制喷油量。高压共轨系统喷油压力大小独立于发动机的转速和负荷,喷油正时、喷油压力和喷油持续时间可以在较宽的范围内选择。共轨系统可以根据发动机的需要进行预喷射、主喷射和二次喷射,可以提高燃烧效率、可减少 NO_x,排放可达欧Ⅲ标准。

我国欧Ⅲ排放标准的城市公交客车,其发动机绝大多数是引进美国康明斯 ISBe、ISCe 发动机并在东风康明斯公司生产,这两款柴油机采用蓄压器高压共轨系统,发动机每缸四气门、废气涡轮增压、发动机功率较大、油耗低,其排放可达欧Ⅲ标准。这两款发动机在国产大中型城市客车、旅游客车上的应用,在本书的第八章做了详细介绍。

四、电控高压柴油喷射系统的优点

1. 燃油经济性好,降低了噪声,提高了尾气排放标准

高压柴油喷射系统喷油压力高,喷射过程分预喷、主喷和二次喷射使燃油雾化好、燃烧充分,可降低燃烧噪声和燃油消耗,并可降低 NO_x 排放量。

2. 电控柴油机运转平稳

高压共轨系统,其喷油压力与转速无关,只取决于蓄压器中的燃油压力,喷油压力由压力传感器监测,使压力保持一致。解决了传统喷油泵高、低速时压差过大问题,也解决了柴油机

运转不稳的问题。

3. 电控柴油机工作可靠

电控柴油机控制系统中,ECM 随时监测传感器输入的工作参数是否正确。当某些参数超过设定值时,ECM 立即报警,同时控制执行器进行调节和修正,直到发动机工作正常为止。如果 ECM 监测到一些重要参数不正确并将会影响到柴油机工作可靠性时,ECM 会使燃油喷射高速电磁阀切断燃油通路,使发动机运行进入自我保护,避免造成损失。

4. 具有故障诊断功能,减少了维修工作量

ECM 对发动机电控系统 中的传感器、执行器和连接线路进行监测,当传感器及其连接电路出现故障时,ECM 会确认故障,并以故障码的形式进行存储,为排除故障带来方便。

5. 对柴油机的调速可精确控制

在电控柴油机喷射系统中,机械离心式调速器被电子调速器代替,燃油喷射量只与发动机负荷和转速有关,与节气门调节无关,所以电控柴油机调速控制精度高。

6. 响应速度快,控制更为精确

在高压共轨喷射系统中,采用压电式喷油器,响应速度快,解决了电磁阀时间滞后问题,使喷油迅速、断油时间准确,控制精度高。

7. 电控柴油机应用广泛

电控高压喷射柴油机由于采用直喷、涡轮增压、每缸四气门,使排放的颗粒物大大减少,因而广泛应用在小客车、轻型客车、大型城市客车及中重型载货汽车上。

表 1-2 我国柴油机主要厂家生产的欧Ⅲ柴油机

生产厂家	机 型		电控高压柴油喷射系统		排量 /L	功率 /kW	扭矩 /(N·m)	适 用 车 型
			类别	所属公司				
东风康明斯发动机有限公司	康明斯 ISBe	185-30	高压共轨	德国博世	5.9	136	700	6缸机用于载重为 25t 的卡车、大型客车,4缸机用于 4t 以下的卡车和 8m 以下的客车
		220-30	高压共轨	德国博世	5.9	162	820	
		250-30	高压共轨	德国博世	5.9	184	950	
		275-30	高压共轨	德国博世	5.9	202	955	
	康明斯 ISCe	225-30	高压共轨	德国博世	8.3	166	955	35t 以下载重车及 12m 客车
		260-30	高压共轨	德国博世	8.3	191	1060	
		300-30	高压共轨	德国博世	8.3	223	1250	
	康明斯 ISLe	300-30	高压共轨	德国博世	8.9	223	1250	41t 重型货车、大型双层客车、豪华大巴等
		325-30	高压共轨	德国博世	8.9	242	1250	
		350-30	高压共轨	德国博世	8.9	258	1550	
玉柴机器股份有限公司	YC6L		电控单体泵	美国德尔福	8.424	258	1400	大型客车(10m~12m)
	YC6G		电控单体泵	美国德尔福	7.8	177	950	中型客车(7.8m~9.5m)
	YC4G		电控单体泵	美国德尔福	5.202	155	780	中型客车(7.8m~9.5m)
	YC4F	YC4F100-30	高压共轨	美国德尔福	2.66	75	245	轻型客车(6m 以下)
		YC4F115-30	高压共轨	美国德尔福	2.66	85	300	轻型客车(6m 以下)
	YC4W75-30		高压共轨	美国德尔福	1.2	55	153	微型客车、微型轿车
	YC4L		电控单体泵	美国德尔福	5.616	173	850	大、中型客车

(续)

生产厂家	机 型		电控高压柴油喷射系统		排量 /L	功率 /kW	扭矩 /(N·m)	适 用 车 型
			类别	所属公司				
上海 柴 油 机 有 限 公 司 股 份	6CK300-3		高压共轨	日本电装	8.27	221	1200	大型客车(10m~12m) 重型货车(总重40t)
	日野(上海) P11C	P11C-325UK	高压共轨	日本电装	10.52	239	1250	大型客车、重型货车
		P11C-360CJ	高压共轨	日本电装	10.52	257	1420	大型客车、重型货车
	日野(上海)J08C		高压共轨	—	7.9	223	—	大型客车、重型货车
	09 系列	09-280	高压共轨	日本电装	8.82	205	1150	重型货车、大型客车
		09-300	高压共轨	日本电装	8.82	220	1230	重型货车、大型客车
		09-320	高压共轨	日本电装	8.82	235	1250	重型货车、大型客车
		09-350	高压共轨	日本电装	8.82	258	1350	重型货车、大型客车
		09-370	高压共轨	日本电装	8.82	272	1600	重型货车、大型客车
一汽解放大 连柴油机分 公司	CA4DC2		高压共轨	德国博世	3.2	66-88	—	轻型客车、卡车
	CA6DE3		高压共轨	德国博世	6.8	118-176	—	中型客车、卡车
一汽解放无 锡柴油机分 公司	6DL 系列	6DL-32R	高压共轨	日本电装	7.7	235	1230~1350	客车(11m~12m)和重 型卡车(10t~40t)
		6DL-35R	高压共轨	德国博世	8.6	257	1450	
	6DF3		高压共轨	德国博世	6.7	176	910	10m 客车、中型卡车
东风朝阳柴 油机有限责 任公司	CYQD 32 系列	CYQD32T	—	—	3.153	80.9	221	轻卡、轻客、皮卡
		CYQD32Ti	—	日本尼桑	3.152	101.5	313	轻卡、轻客、皮卡
	CY6D78Ti		高压共轨	未定	7.79	180~191	830	中型卡车、客车
	CY4102 系列		高压共轨	未定	3.856	125	600	轻型货车、6m~7m 客车
潍柴动力股 份有限公司	WP10		高压共轨	德国博世	10	264	—	大型客车、重型货车
	WP12		高压共轨	德国博世	12	352	—	大型客车、重型货车
南京依维柯 有限公司发 动机分公司	索菲姆柴 油机	8140.43S	高压共轨	德国博世	2.798	92	290	轻型客车
		8140.43N	高压共轨	德国博世	2.798	107	320	轻型客车

第二章 博世公司电控柴油机燃油喷射系统

一、电控泵喷嘴系统

1. 电控泵喷嘴系统的结构组成

柴油机采用电控泵喷嘴(EUI)喷射系统是因为喷射压力高、燃油经济性好、排放标准高、发动机运转平稳、输出功率高等优点。泵喷嘴系统早已应用在柴油轿车和中重型载货汽车上。电控泵喷嘴是由机械式泵喷嘴系统发展起来的,在该系统中,泵喷嘴实际上是由喷油泵、喷油嘴和电磁阀组成的一个整体,没有高压油管,泵喷嘴直接安装在汽缸盖上,每缸安装一组泵喷嘴,它既是喷油泵又是喷油嘴,泵喷嘴的随动机构由凸轮轴驱动工作。电控泵喷嘴电子控制系统由 ECM、各种传感器(如曲轴转速、凸轮轴位置、进气压力、燃油压力/温度、增压压力、油门踏板位置、冷却液温度和机油温度传感器等)、泵喷嘴和高速电磁阀组成,如图 2-1 所示。

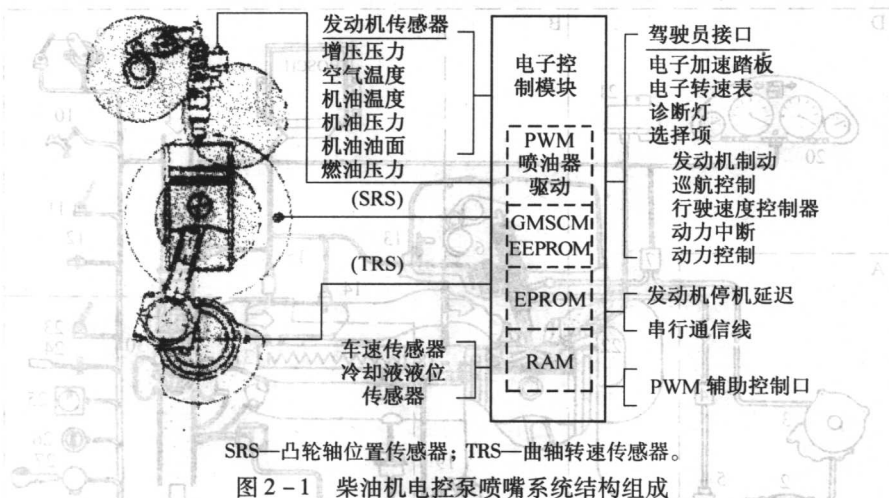


图 2-1 柴油机电控泵喷嘴系统结构组成

电控泵喷嘴可以安装在汽缸内或汽缸盖上,每缸一组泵喷嘴,它既是油泵又是喷油嘴,由发动机凸轮轴摇臂驱动泵喷嘴随动机构,使其上下运动。图 2-2 为电控泵喷嘴的驱动形式。

在电控泵喷嘴系统中,由凸轮摇臂机构直接驱动喷油器。高速电磁阀和喷油器组装在一起,在喷油器中,泵油柱塞不再带有螺旋槽,其喷油量和喷油正时由 ECM 根据各种传感器输入的信号、经过分析处理,并计算出相应的最佳控制参数值、输出指令控制高速电磁阀线圈的通、断时刻及通、断时间长短,即控制高压燃油的回油通路的开闭时刻,达到控制喷油始点和停油时刻,从而实现喷油提前和喷油量控制。传感器从 ECM 接收 5.0V 直流输入信号,再根据其工作情况向 ECM 反馈 0.5V~5.0V 的信号。然后,ECM 根据存储器中的预置的校正表确定和计算一个脉宽调制 PWM 信号,以便控制喷油器向燃烧室喷油时间、喷油始点,保证发动机在任何工况下性能都达到最佳。

图 2-3 和图 2-4 为博世公司泵喷嘴系统在柴油轿车和载货柴油汽车上的应用组成情况。

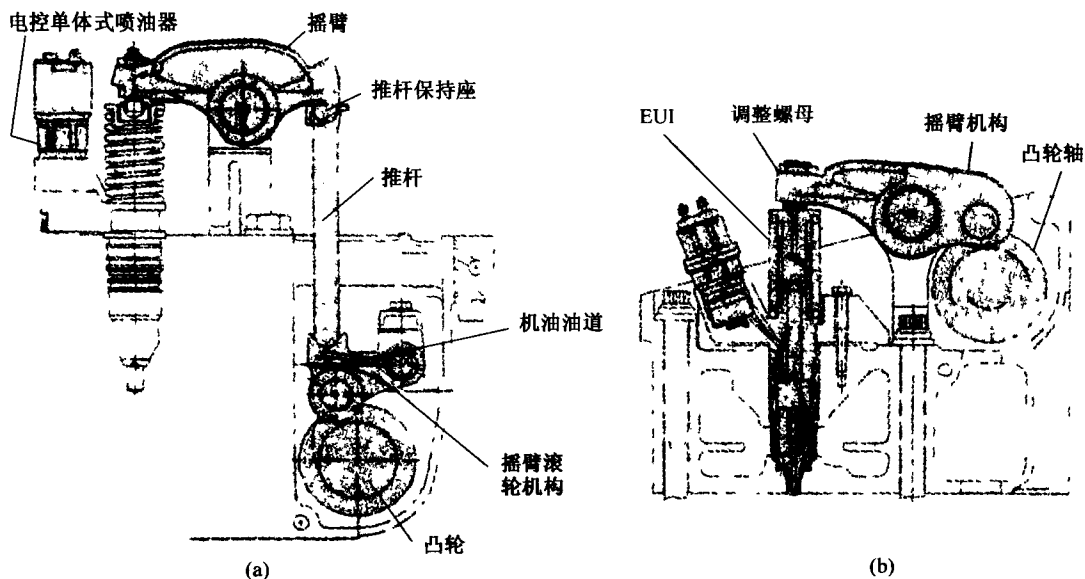


图 2-2 电控泵喷嘴的驱动形式

(a) 由安置在汽缸体内的凸轮轴驱动的电控单体式喷油器；(b) 由安置在汽缸盖上的凸轮轴(顶置式)驱动的电控单体式喷油器。

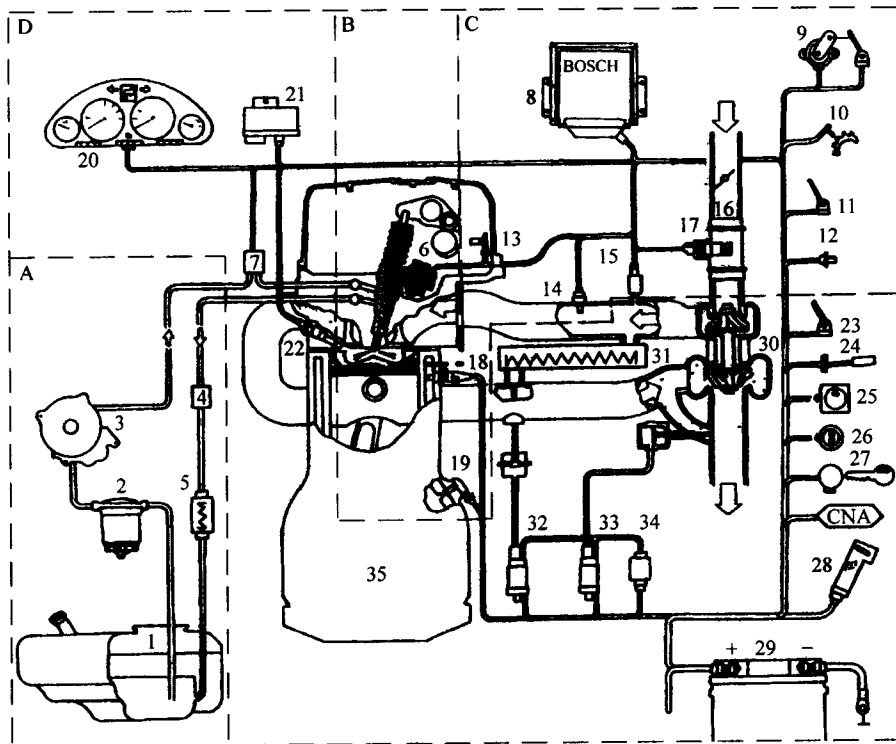


图 2-3 柴油轿车泵喷嘴系统组成示意图

1—油箱；2—柴油滤清器；3—燃油泵；4—限压阀；5—柴油冷却器；6—泵喷嘴；7—燃油温度传感器；8—ECM；9—加速踏板位置传感器；10—车速传感器；11—制动接触器；12—进气温度传感器；13—凸轮轴位置传感器(霍尔式)；14—进气温度传感器；15—增压压力传感器；16—进气节流阀；17—热膜式空气质量流量传感器；18—冷却液温度传感器；19—曲轴位置传感器(电磁式)；20—仪表板；21—电热塞控制器；22—电热塞；23—离合器踏板；24—巡航控制单元；25—空调压缩机；26—空调压缩机控制单元；27—启动开关；28—诊断接口；29—蓄电池；30—废气涡轮增压器；31—EGR 冷却器；32—EGR 执行器；33—增压压力执行器；34—真空泵；35—CAN 局域网控制器；A—燃油供给低压部分；B—燃油供给高压部分；C—电控系统部分；D—辅助部件。

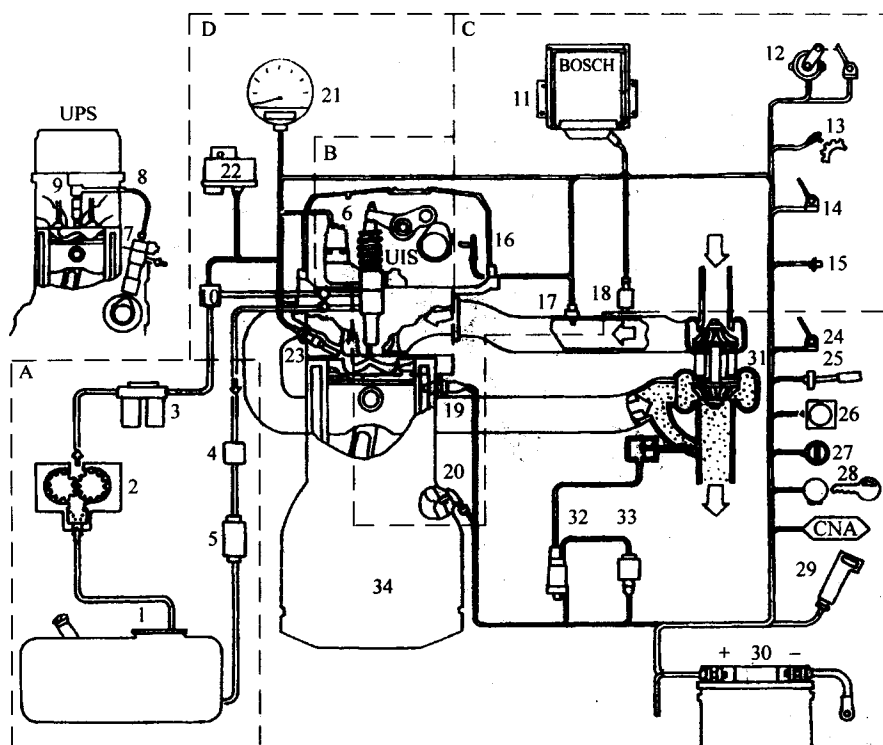


图 2-4 载货柴油汽车泵喷嘴系统组成示意图

1—油箱；2—燃油泵；3—柴油滤清器；4—限压阀；5—柴油冷却器；6—泵喷嘴(EUI)；7—单体泵(EUP)；8—高压油管；9—单体泵喷油器；10—燃油温度传感器；11—ECM；12—加速踏板位置传感器；13—车速传感器；14—制动接触器；15—空气温度传感器；16—凸轮轴位置传感器(电磁式)；17—进气温度传感器；18—增压压力传感器；19—冷却液温度传感器；20—曲轴位置传感器(电磁式)；21—仪表板；22—预热线控制器；23—预热线；24—离合器踏板；25—巡航控制单元；26—空调压缩机；27—空调压缩机控制单元；28—启动开关；29—诊断接口；30—蓄电池；31—废气涡轮增压器；32—增压压力执行器；33—真空泵；34—CAN 局域网控制器；A—燃油供给低压部分；B—燃油供给高压部分；C—电控系统部分；D—辅助部件。

图 2-5 为电控泵喷嘴系统主要部件连接关系。泵喷嘴系统是时间控制制式,用于直喷式柴油机上,最高喷射压力可达 205MPa。

从图 2-2 ~ 图 2-5 可以看出,电控泵喷嘴系统,其柴油压力的升高是由机械式增压获得,而喷油始点和喷油终点由电磁阀控制,也就是泵喷嘴的喷油总量和喷油时间是由高速电磁阀的开闭控制的。在该系统中,输油泵采用大容量齿轮泵,完成低压系统供油。从油箱被齿轮泵吸出的燃油要经过柴油滤清器过滤除掉杂质后,供给泵喷嘴主进油管,主供油管与汽缸盖上的各个喷油器的支管相连接。多余的燃油经过与各个喷油器的溢油管经调压阀、柴油冷却器流回油箱。ECM 控制高速电磁阀的开闭,ECM 的安装要减低振动,采用橡胶垫固定在汽缸体侧面,同时采用低压燃油从其背面流过进行冷却。喷油器内的柱塞由摇臂凸轮轴驱动,使燃油被压缩升压,喷油器的高速电磁阀是常开式的,燃油通过油管进入主进油管,当电磁阀关闭时,柱塞才开始向喷油嘴压油,这时柴油从喷油嘴喷入汽缸;当电磁阀打开时,溢流口被打开,喷油立刻停止。高速电磁阀的开闭由 ECM 控制,ECM 根据各种传感器输入的信号及发动机运行状态,实现喷油时间和喷油量的最佳控制。电控泵喷嘴系统因为没有高压油管,高压燃油只在