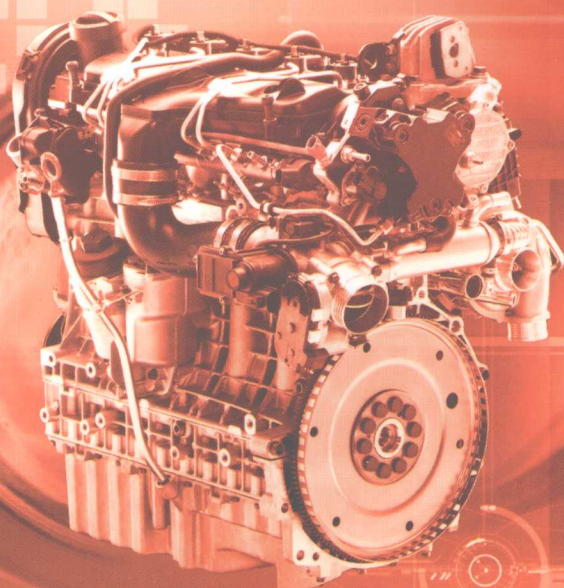




中等职业学校教学用书(汽车运用与维修专业)

电控柴油机维修技术

◎ 宋福昌 赵万军 编著



技能型紧缺人才培养



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

中等职业学校教学用书（汽车运用与维修专业）

电控柴油机维修技术

宋福昌 赵万军 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书重点介绍了电控柴油机燃油喷射系统的结构原理、控制排放污染的措施及辅助系统。突出介绍了博世公司和日本电装公司的高压共轨技术。书中列举了捷达、宝来、奥迪 A6、玉柴 YCG6、五十铃 6HK1-TC 和康明斯 ISBe 电控柴油机故障检修方面的内容。

本书内容新颖、图文并茂，可作为中等专业学校汽车维修专业的教材，也可供汽车维修工人和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电控柴油机维修技术/宋福昌,赵万军编著. —北京:电子工业出版社,2008.4

中等职业学校教学用书. 汽车运用与维修专业

ISBN 978-7-121-05897-4

I. 电… II. ①宋…②赵… III. 汽车—电子控制—柴油机—维修—专业学校—教材 IV. U472.43

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 012636 号

策划编辑: 杨宏利

责任编辑: 宋兆武 陈心中

印 刷: 北京牛山世兴印刷厂

装 订:

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 18 字数: 457.6 千字

印 次: 2008 年 4 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 24.80 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言



现代化的柴油轿车、轻型和中重型柴油载货汽车都使用了电子控制燃油喷射技术、增压中冷技术、四气门技术、废气再循环等先进技术。为了控制柴油车尾气排放，微粒捕集器(DPF)+EGR 废气再循环、选择性催化还原(SCR)等排气后处理技术，都已成功地应用在柴油机的排放系统中，并且行之有效。欧Ⅲ排放标准的柴油车，加装排气后处理装置后，其排放标准可达欧Ⅳ标准。柴油汽车发展到今天，已不是传统概念的柴油车了。

电控柴油汽车因节能、经济、环保、安全、耐用、性能优越和可以实现规模化生产而得到了很大发展。在欧洲，20世纪90年代初，轿车中大约有20%为柴油车，到90年代末柴油轿车已达到40%，2004年柴油轿车在新车销售中的比例已超过45%。美国2000年注册的新柴油轿车为30.1万辆，而在2004年已达到47万辆，柴油轿车的销量增长迅速。世界各国面临着石油资源的短缺，大力发展柴油汽车，也是为节约燃料而必须推广的项目。

我国经济突飞猛进地发展，也带动汽车工业有了很大的发展。我国石油资源的短缺十分突出，大力发展柴油汽车是一项减少燃油消耗的有效措施。为了使从事汽车维修工作的同行们深入了解电控柴油机燃油喷射系统的种类、结构特点和工作原理，以及使用维护、故障排除方面的内容，根据实际工作经验，在参照同行们的技术资料的基础上，结合我国电控柴油机发展的实际情况，编写了本书，以供从事教学工作的师生和维修人员、工程技术人员学习参考。

我国各大柴油机厂家引进的电控柴油喷射技术，大多是德国博世(Bosch)公司高压共轨技术和日本电装(Denso)公司高压共轨技术，以及美国德尔福(Delphi)公司电控单体泵。为此，本书重点对博世公司和电装公司的电控高压共轨燃油喷射系统，从结构组成原理上做了介绍。对于柴油车排放污染控制措施，结合国际、国内目前已采用的成熟的技术套路做了介绍，以供同行们使用、维护欧Ⅳ排放标准的柴油车时参考。

编 者
2008年3月





第 1 章 电控柴油机概述	1
1.1 电控柴油机发展概况	1
1.2 电控柴油机的优点	3
1.3 电控燃油系统的分类	4
1.3.1 位置控制式电控燃油喷射系统	4
1.3.2 时间控制式电控燃油喷射系统	8
1.3.3 时间-压力控制式高压共轨系统	12
1.3.4 压力控制式高压共轨系统	13
1.4 电控柴油机的控制功能	14
第 2 章 电控柴油机燃油喷射系统	17
2.1 直列柱塞泵电控系统	17
2.2 电控分配泵喷射系统	19
2.2.1 日本电装公司 ECD-V1 系统	19
2.2.2 日本电装公司 ECD-V3 系统	22
2.2.3 日本五十铃公司 I-TEC 系统	24
2.2.4 博世公司电控分配泵系统	28
2.3 博世公司电控泵喷嘴系统	30
2.3.1 电控泵喷嘴系统的结构组成	30
2.3.2 泵喷嘴的结构	33
2.3.3 泵喷嘴的工作过程	35
2.3.4 高速电磁阀	37
2.4 博世公司电控单体泵系统	38
2.5 EUI/EUP 电子控制系统	45
2.5.1 电子控制系统的组成	45
2.5.2 传感器	47
2.5.3 电子控制单元	49
2.5.4 执行器	49
2.6 美国德尔福公司电控单体泵系统	49
2.6.1 德尔福电控单体泵系统的组成	49
2.6.2 德尔福电控单体泵系统的控制功能	50
2.6.3 电控单体泵系统 (EUP) 的技术特点	51

2.7	电控高压共轨系统	51
2.7.1	博世公司高压共轨系统	51
2.7.2	日本电装公司高压共轨系统	61
2.7.3	电控高压共轨系统 (CRFS) 的技术特点	70
2.7.4	单体泵和高压共轨技术的比较	71
第3章	电控柴油机常用传感器	72
3.1	温度传感器	72
3.1.1	进气温度传感器	73
3.1.2	冷却液温度传感器	74
3.1.3	排气温度传感器	75
3.1.4	燃油温度传感器	77
3.2	压力传感器	79
3.2.1	压阻式压力传感器	79
3.2.2	压电式压力传感器	80
3.2.3	油轨压力传感器	80
3.2.4	燃烧压力传感器	82
3.2.5	机油压力传感器	82
3.2.6	进气歧管压力传感器	83
3.2.7	大气压力传感器	85
3.3	转速传感器	85
3.3.1	发动机转速传感器	85
3.3.2	汽缸判别传感器	89
3.3.3	车速传感器	90
3.4	空气质量流量计	94
3.4.1	热线式空气质量流量计	94
3.4.2	热膜式空气流量计	95
3.5	位置传感器	97
3.5.1	加速踏板位置传感器	97
3.5.2	齿杆位移传感器	100
3.5.3	喷油器针阀升程传感器	103
3.6	氧传感器	105
3.6.1	二氧化锆氧传感器	105
3.6.2	加热型二氧化锆氧传感器	106
3.6.3	二氧化钛氧传感器	106
3.6.4	宽频带氧传感器	107
第4章	电控柴油机排放控制与辅助控制系统	108
4.1	柴油机与汽油机排放控制技术的不同点	108
4.2	柴油机排放控制技术	108
4.2.1	欧III柴油机在欧II柴油机上采取的新技术	108
4.2.2	欧IV柴油机在欧III柴油机上采取的新技术	109

4.2.3	氮氧化物选择性催化转化 (SCR) 系统工作原理	109
4.2.4	废气再循环和微粒捕集器 (EGR+DPF) 系统工作原理	110
4.3	废气再循环 (EGR) 系统	112
4.3.1	废气再循环 (EGR) 系统工作原理	112
4.3.2	EGR 率的控制	113
4.3.3	增压柴油机 EGR 系统	114
4.3.4	废气再循环排气冷却	115
4.3.5	柴油机 EGR 的控制过程	115
4.3.6	EGR 系统结构	116
4.4	催化转化器	117
4.4.1	催化转化器工作原理	117
4.4.2	催化转化器的故障诊断方法	120
4.4.3	催化转化器的正确使用方法	122
4.5	颗粒捕集器	123
4.5.1	颗粒捕集器的工作原理	123
4.5.2	颗粒捕集器的类型和结构	123
4.5.3	颗粒捕集器的再生技术	124
4.5.4	逆向再生颗粒捕集装置	125
4.6	四效催化转化器	126
4.6.1	四效催化转化器的工作原理	126
4.6.2	丰田公司四效催化转化器	127
4.7	废气涡轮增压器	128
4.7.1	废气涡轮增压器的工作原理	128
4.7.2	废气涡轮增压器的种类	128
4.8	进气歧管翻板控制	136
4.8.1	捷达轿车进气歧管翻板控制装置	136
4.8.2	宝来轿车进气歧管翻板控制装置	137
4.9	可变进气涡流控制	137
4.9.1	采用副进气道的可变涡流系统	137
4.9.2	采用喷孔式变涡流系统	137
4.10	预热系统	138
4.10.1	启动预热系统	138
4.10.2	陶瓷预热杆	141
第 5 章	捷达 SDI 电控柴油机故障检修	142
5.1	捷达 SDI 柴油机电控系统的组成	142
5.1.1	电控轴向压缩式分配泵系统的组成	142
5.1.2	电控轴向压缩式分配泵系统的工作原理	143
5.1.3	电控系统主要部件的结构	144
5.2	电控分配泵的检修	145
5.2.1	燃油系统的主要部件	145

5.2.2	轴向压缩式分配泵的拆装	146
5.2.3	动态检查和喷油始点的调整	147
5.2.4	喷油器的拆装与检查	149
5.3	电控系统自我诊断	150
5.3.1	使用故障诊断仪可选择的功能	150
5.3.2	使用故障诊断仪测试条件	150
5.3.3	自我诊断顺序	150
5.4	故障码的查询与清除	152
5.4.1	故障码的查询	152
5.4.2	清除故障码	152
5.4.3	故障码内容	153
5.5	执行元件诊断	158
5.5.1	诊断仪和工具	158
5.5.2	诊断测试条件	158
5.5.3	执行元件诊断测试过程	159
5.6	电控系统主要部件检修	160
5.6.1	更换发动机电控单元	160
5.6.2	电控单元编码	161
5.6.3	发动机电控单元与防盗器间匹配	161
5.6.4	发动机电控单元电源电压检查	162
5.6.5	发动机转速传感器的检查	162
5.6.6	冷却液温度传感器的检查	163
5.6.7	进气歧管温度传感器的检查	164
5.6.8	燃油温度传感器的检查	164
5.6.9	调节活塞运动传感器和油量调节器的检查	165
5.6.10	针阀升程传感器的检查	166
5.6.11	喷油正时调整范围检查	166
5.6.12	进气歧管翻板电机的检查	167
5.6.13	车速信号的检查	168
5.6.14	离合器踏板开关的检查	168
5.6.15	制动灯开关和制动踏板开关的检查	169
5.6.16	空调信号的检查	169
5.6.17	空调系统信号与发动机转速间匹配情况的检查	170
5.6.18	废气再循环阀的检查	171
5.6.19	预热塞系统的检查	172
第6章	宝来TDI电控柴油机故障检修	173
6.1	宝来TDI柴油机泵喷嘴电控系统的组成	173
6.2	泵喷嘴的结构与工作原理	175
6.2.1	泵喷嘴的工作原理	175
6.2.2	泵喷嘴的结构与工作过程	175

6.3	电控系统主要部件功用	177
6.3.1	热膜式空气流量计 G70	177
6.3.2	燃油泵	178
6.3.3	分配管	178
6.3.4	泵喷嘴的驱动机构	179
6.3.5	发动机转速传感器 G28	179
6.3.6	霍尔传感器(凸轮轴位置传感器) G40	179
6.3.7	加速踏板位置传感器 G79	179
6.3.8	冷却液温度传感器 G62	180
6.3.9	进气歧管压力传感器 G71	180
6.3.10	进气温度传感器 G42	180
6.3.11	燃油温度传感器 G81	180
6.3.12	大气压力传感器 F96	180
6.3.13	强制降挡开关 F8	180
6.3.14	离合器踏板开关 F36	180
6.3.15	制动灯开关 F 和制动踏板开关 F47	180
6.3.16	其他信号	180
6.3.17	泵喷嘴电磁阀 N240~N243	181
6.3.18	进气歧管翻板转换阀 N239	181
6.3.19	增压压力控制电磁阀 N75	181
6.3.20	燃油冷却器继电器 J445	181
6.3.21	预热警报灯 K29	181
6.3.22	辅助输出信号	181
6.4	电控系统自我诊断	182
6.4.1	故障诊断仪可选择的功能	182
6.4.2	使用故障诊断仪测试的条件	182
6.4.3	自我诊断顺序	182
6.4.4	查询存储器的自动检测程序	183
6.4.5	读取故障码	184
6.4.6	清除故障码	184
6.4.7	故障码表	185
6.5	电控系统主要部件检修	190
6.5.1	进气歧管翻板转换阀	190
6.5.2	泵喷嘴	191
6.5.3	直喷系统电源电压	193
6.5.4	发动机转速传感器 G28	193
6.5.5	进气歧管压力传感器 G71	193
6.5.6	冷却液温度传感器 G62	194
6.5.7	制动灯开关和制动踏板开关	195
6.5.8	离合器踏板开关	196

6.5.9	进气歧管温度传感器	197
6.5.10	燃油温度传感器	198
6.5.11	空气流量计	199
6.5.12	凸轮轴位置传感器	199
6.6	辅助信号检查	200
6.6.1	车速信号	200
6.6.2	空调系统信号	200
6.6.3	空调系统信号与发动机转速间的匹配	201
6.6.4	发动机转速信号	202
6.6.5	巡航控制系统 (CCS)	202
6.7	发动机电控单元的更换和编码	203
6.7.1	发动机电控单元的更换	203
6.7.2	对发动机电控单元进行编码	203
6.8	预热塞系统	204
6.8.1	检查预热塞系统	204
6.8.2	检查预热塞	204
第 7 章	奥迪 A6 3.0I-V6-TDI 电控柴油机故障检修	205
7.1	奥迪 A6 TDI 高压共轨柴油机电控系统的组成	205
7.1.1	电控系统元件安装位置	205
7.1.2	高压共轨燃油喷射系统	206
7.2	电控系统故障诊断	208
7.2.1	自我诊断系统的特点	208
7.2.2	用 VAS 5051 选择发动机电控单元	208
7.3	故障码表	209
第 8 章	玉柴 YC6G 和五十铃 6HK1-TC 电控柴油机故障检修	218
8.1	玉柴 YC6G 电控柴油机故障检修	218
8.1.1	玉柴 YC6G、YC4G、YC6L 电控柴油机的结构组成	218
8.1.2	电子控制系统的功能	219
8.1.3	电控系统的主要部件	220
8.1.4	故障诊断系统	224
8.1.5	电控欧Ⅲ柴油机的使用与维护	226
8.1.6	电控欧Ⅲ柴油机性能数据	227
8.2	五十铃 6HK1-TC 电控柴油机故障检修	228
8.2.1	6HK1-TC 电控柴油机结构参数	228
8.2.2	6HK1-TC 柴油机高压共轨系统	230
8.2.3	6HK1-TC 柴油机电控燃油系统主要部件	231
8.2.4	故障诊断	238
第 9 章	康明斯 ISBe 电控柴油机故障检修	241
9.1	康明斯 ISB 系列柴油机的结构组成	241
9.2	电控燃油系统	247

9.3 故障码诊断系统.....	251
9.4 电路检修注意事项.....	254
9.5 信息式故障码故障排除.....	255
9.6 OEM 设定的故障码内容.....	256
9.7 电控系统主要部件检修.....	259
参考文献	273

第1章 电控柴油机概述



1.1 电控柴油机发展概况

为了解决传统柴油机工作噪声大、尾气排放污染严重等问题，20世纪80年代，随着电子技术的发展，欧洲国家和美国、日本等工业发达国家的汽车柴油机已采用电子控制技术。由于电子控制柴油机（简称电控柴油机）的动力性、经济性、排放及噪声等各项指标比传统柴油机有进一步改善，因而得到了很大发展。直到今天，电控柴油机已经发展到了第三代。第一代的位置控制式，第二代的时间控制式，第三代为时间-压力控制式，即电控高压共轨系统。就高压共轨系统而言，德国博世（Bosch）公司已将该技术发展到了第三代共轨系统，而且一代比一代控制精度高、喷射压力高。到目前为止，排放达欧IV、欧V标准的电控柴油机，其燃油喷射最高压力可达200 MPa。

在第一代位置控制式燃油系统中，基本保留了传统柴油机燃油系统的结构，只取消了机械式调速器，改由传感器、电控单元和执行器组成的电子调速器（或称电子控制执行机构），使控制精度和响应速度得到一定程度的提高。位置控制式电控系统的优点是柴油机的基本结构几乎不需改动，便于对现有的柴油机进行升级换代。其不足之处是响应慢、控制精度不高、喷油压力不能独立控制。

在第二代时间控制式燃油系统中，也保留了传统柴油机燃油供给系统的结构，通过新增加的传感器、电控单元和高速电磁阀（执行器）组成的数字式调节系统，由高速电磁阀直接控制高压燃油的喷射正时和喷油量。电磁阀关闭，执行喷油；电磁阀打开，喷油结束。因此，由电磁阀通、断时刻和通、断时间长短控制喷油量和喷油正时。其优点是，控制自由度大，供油加压和供油调节在结构上相互独立，可以简化喷油泵结构，强度得到提高，高压燃油喷射能力加强。其不足之处是供油压力还无法控制。

第三代时间-压力控制式燃油系统是国外20世纪90年代中期研制的一种新型柴油机电控技术，即高压共轨系统。在这种系统中，基本改变了传统柴油机燃油供给系统的组成和结构，主要以蓄压器式电控共轨（各缸喷油器共用一个高压油管）喷油系统为特征，由电控单元直接对电磁喷油器的喷油量、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。高压油泵并不直接控制喷油，它的任务仅仅是向共轨油管（蓄压器）供油以维持所需的共轨油压。设在共轨油管上的压力控制阀可以连续调节共轨压力来控制喷油压力。

高压共轨系统是目前世界上最先进的燃油系统，其优点是可实现高压喷射，最高压力已达200 MPa，喷射压力独立于发动机转速，即与发动机转速无关，可实现理想的喷油规律，具有优异的喷射特性，可实现多次喷射，能有效地抑制和减少尾气排放物中的有害成分。目

前, 高压共轨系统已广泛应用在电控柴油轿车、载货汽车、客车、工程机械、水泥搅拌车和牵引汽车柴油发动机上。

柴油机实现电子控制已经有 20 多年的历史。在美国和欧洲各国, 从小客车到轻、中、重型载货汽车装用经济、环保的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; 二氧化碳 (CO₂) 排放量比汽油车低 30% 左右, 碳氢化合物 (HC) 的排放量也比汽油车低; 柴油机热效率高、寿命长。随着全球石油资源日益减少, 节能、省油的电控柴油车越来越被市场接受。

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。西方国家柴油机已广泛采用电控泵喷嘴 (时间控制式)、电控单体泵 (时间控制式) 和电控高压共轨 (时间-压力控制式) 燃油喷射系统来解决柴油机尾气排放污染问题。目前, 柴油机中最关键的电控燃油喷射技术, 均来自德国博世公司、美国德尔福公司、德国西门子公司和日本电装公司。

为了改变我国缺少乘用车和商用车用轻型和重型低污染、低噪声、高性能柴油机的局面, 汽车行业先后从美国、德国、日本、意大利、奥地利和法国等国家引进了先进技术, 经过消化、吸收, 推出了一系列适合我国国情的、大小不同排量的电控柴油机, 同时也正在努力开发具有自主品牌的电控柴油机。中国一汽与德国大众公司合作, 先后生产出捷达、宝来、奥迪 A6 等电控柴油轿车, 其尾气排放达欧 III 标准。上海大众汽车公司也在帕萨特、波罗轿车上安装电控柴油机。昆明云内汽车公司推出了两款适合于轻型车使用的 D16TCI 和 D19TCI 电控柴油机, 上海奇瑞也推出了三款小排量电控柴油机。在商用车方面, 由各大柴油机制造公司合资生产的适合城市公交客车、豪华大巴和载货汽车、工种机械、牵引车、水泥搅拌车使用的电控柴油机更是名目繁多。

例如, 广西玉柴机器集团有限公司在 2007 年上半年共生产柴油机 26.4 万台, 同比增长 34.60%, 产量居全行业之首。其产品覆盖面广, 从 1.2 L 到 10.0 L, 主要机型有 YC6M、YC6L、YC6G、YC6A、YC4F、YC4W 等, 产品大量供应东风、北汽福田、宇通、一汽等厂家。玉柴生产的柴油机, 其尾气排放大多达欧 III 标准, 有些机型达欧 IV 标准, 例如 YC6L-40、YC4G260N-40, 分别采用高压共轨和电控单体泵、每缸 4 气门技术、涡轮增压、中冷技术。为了使柴油机的排放达到欧 IV 标准, 玉柴的 YC6L-40 型柴油机除了采用电控单体泵和增压中冷技术, 还采用德国的 SCR (选择性催化还原后处理系统)。SCR 是目前欧洲的主流技术路线, 在国内柴油含硫量较高的情况下, SCR 方案是中重型柴油机从欧 III 走向欧 IV 的最好选择, 因为 SCR 催化器排气后处理系统对硫相对不敏感。目前, 玉柴的欧 IV 柴油机已使用在北京的公交车上。但欧 IV 排放标准柴油机价格高, 玉柴 YC6L-40 柴油机比欧 III 发动机价格高出 50%, 欧 IV 柴油机推向市场仍然任重道远。

一汽集团所属的大柴、锡柴, 2007 年上半年共生产柴油机 15.5 万台, 同比增长 15.5 万台。锡柴 6DL1-3ZE3 与奥地利 AVL 公司合作开发的欧 III 柴油机, 采用日本电装公司高压共轨 ECD-U2 技术、增压中冷技术, 烟度小于 1.5 FSN, 噪声低于 95 dB (A), 排放达欧 III 标准。大柴生产的 BF6M1013、BF4M1013 电控单体泵喷射系统柴油机, 排放达欧 III 标准。大柴与道依茨合作生产的 CA4DC、CA4DS、CA6DE、CA6DF 柴油机, 其尾气排放达欧 III 标准。

东风康明斯发动机公司生产的 ISBe、ISDe、ISLe 柴油机是引进美国康明斯技术合作生产



的欧Ⅲ柴油机，它们被应用在公交客车、载货汽车、豪华旅游汽车和工程机械及特种车辆上。

上海柴油机公司与日本日野柴油机公司合作生产的PIIC系列柴油机，采用日本电装公司高压共轨技术，最高喷射压力达180 MPa，排放达欧Ⅲ标准，并且具有达欧Ⅳ标准潜质。日野PIIC电控柴油机适用于豪华旅游客车和重型载货汽车。

已经推出达到欧Ⅲ标准柴油机的部分国内厂家主要有广西玉柴、潍柴动力、上海柴油机股份有限公司、上海日野、一汽解放汽车有限公司无锡柴油机分公司、东风康明斯发动机有限公司、重庆康明斯发动机有限公司、华北柴油机厂、昆明云南动力股份有限公司、东风朝阳柴油机有限责任公司、江苏四达集团无锡柴油机厂、奇瑞动力、南京依维柯(IVECO)、北京福田环保动力股份有限公司发动机厂、南昌江铃汽车集团发动机有限责任公司等。一汽集团无锡油泵油嘴研究所自主开发的高压共轨系统已在深圳、无锡、上海等地公交车上成功试用。清华大学、成都威特电喷有限责任公司合作开发的组合式电控单体泵已批量装车成功运用。国产电控柴油机及燃油喷射技术发展呈现出欣欣向荣的美好前景。

1.2 电控柴油机的优点

1. 改善低温启动性

传统柴油机启动系统预热需要人工操作，而电控柴油机进气预热器由ECM(电控单元)通过一个连接到蓄电池电源上的继电器控制。进气预热器安装在发动机进气道中，其预热器特性通过标定设置，用户不能调整。发动机在低温启动时，由ECM以最佳的程序代替驾驶员的操作，使柴油机低温启动快捷。

2. 降低氮氧化物和烟度的排放

电控柴油机可根据发动机的转速和负荷精确控制喷油量，使之不超过冒烟界限的范围；与此同时，又可以根据发动机工况调节喷油始点，从而可以降低烟度。在有效地减少和抑制颗粒物和氮氧化物(NO_x)生成方面，电控柴油机采用SCR(选择性催化还原)技术，可以降低 NO_x 的生成量；或采用DPF(微粒捕集器)技术有效地减少颗粒物和降低 NO_x 排放量。DPF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。

3. 提高发动机的运转平稳性

传统柴油机的机械式调速器的反馈控制响应速度慢，容易导致柴油机在负荷变化时运转速度产生波动。而电控柴油机取消了机械式调速器，改由由传感器、电控单元和执行器组成的电子调速器。电控单元根据各种传感器和开关信号决定怠速转速开始时刻和怠速转速的大小，并决定在该怠速转速下相应的喷油量。电子调速器控制电路响应性好，无论负荷怎样增减，不会使发动机运转产生波动，保证发动机运转平稳。

4. 提高发动机的动力性和经济性

传统柴油机燃油供给装置由柱塞、出油阀、喷油器等组成，由于机械磨损，会使喷油量、喷油正时产生较大的误差。电控柴油机的电控单元能根据各种传感器信号精确计算喷油量和

喷油正时,从而可以提高柴油机的动力性和经济性。

5. 控制涡轮增压

废气涡轮增压器采用电子控制,目的是保证柴油机在低速时有较高的转矩,又能保证柴油机在标定点附近增压压力不致过高,以防止负荷过高而功率下降和涡轮增压器超速。电控柴油轿车上使用可调增压器,在重型载货汽车上采用连续反馈控制可变喷嘴涡轮增压器,采用电子控制技术可对它们进行精确的控制。

6. 电控柴油机适应性广

只要改变电控单元的控制程序和数据,即对电控单元重新标定,一种喷油泵就能广泛应用在各种柴油机上。柴油机的燃油喷射控制可与变速器控制、怠速控制等各种控制系统进行组合实行集中控制,缩短柴油机电控系统开发周期,并可降低成本,从而扩大柴油机电控系统的应用范围。

1.3 电控燃油系统的分类

1.3.1 位置控制式电控燃油喷射系统

传统柴油机喷油量大小通过机械方式进行控制,即由喷油泵柱塞顶面封住径向油孔到柱塞斜槽露出油孔的距离决定,也就是由喷油泵的供油有效行程决定。驾驶员踩下油门踏板,拉动控制油条使柱塞转动,改变柱塞与开有回油孔的柱塞套筒的相对位置,增加或减小柱塞的供油有效行程,从而调节喷油量。加速踏板通过调速器与控制齿条联动,根据发动机的转速和负荷的变化调节供油量。喷油时刻控制则由安装在发动机和喷油泵之间的供油提前角自动调节器,根据发动机的转速调节凸轮轴的相对位置来调节喷油时刻。所以,传统柴油机的供油量、供油时刻控制精度、供油特性、响应性等较差。第一代位置控制式燃油系统保留了传统柴油机的高压油泵—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,只是对齿条或滑套的移动位置进行电子控制。用电子调速器代替了传统机械式离心调速器,用发动机转速传感器和加速踏板位置传感器代替了原有的转速和负荷传感机构(如离心飞块、真空室等),用ECM控制的电子执行机构代替了机械离心式调速执行机构和加速踏板传动机构。

第一代位置控制式电控燃油系统,主要有用直列柱塞泵和转子分配泵进行位置控制两种机构。

1. 电控直列柱塞泵的燃油系统

电控直列柱塞泵的燃油系统的喷油量控制装置采用占空比电磁阀式或直流电动机式电子调速器,其反馈元件是齿条位置传感器。占空比电磁阀式电子调速器的结构如图1-1所示。占空比电磁阀安装在原高压油泵供油齿条的一端,电磁阀的铁芯与高压油泵的供油齿条连成一体。当电流流过电磁线圈时,产生作用在铁芯上、与通电占空比成正比的电磁力,铁芯推动供油齿条移动。当电磁力与供油齿条回位弹簧力相平衡时,供油齿条就停留在该位置上,若改变电磁阀通电占空比即可调节供油齿条的位置。设置一个供油齿条位置传感器作为反馈

元件，向 ECM 输送供油齿条实际位置，即可实现供油量的闭环控制。直列柱塞泵的供油齿条位置传感器和发动机转速传感器安装在电子调速器内。

电控直列柱塞泵的燃油系统的喷油正时控制机构是在原高压油泵机械式供油提前角自动调节器的基础上，增加电控元件来实现对喷油泵供油正时控制。其控制喷油正时的方式与机械控制方式一样，也是靠改变喷油泵凸轮轴与柴油机曲轴之间的相对位置来实现供油正时的调节。图 1-2 为直列柱塞泵供油正时电控系统的组成，它主要由正时控制器、电磁阀、转速传感器、正时传感器和 ECM 组成。两个电磁阀分别安装在正时控制器进、回油路中，控制正时控制器工作的液压油来自柴油机润滑系。正时控制器安装在喷油泵驱动轴与凸轮轴之间，由液压控制的正时控制器可以使喷油泵凸轮轴相对驱动轴在一定范围内转动。柴油机转速传感器安装在喷油泵驱动轴上，ECM 主要根据转速和负荷信号确定基本供油提前角，再根据水温等信号进行修正，并通过两个电磁阀控制正时控制器工作，以实现喷油泵正时控制。正时传感器安装在喷油泵凸轮轴上，用来检测凸轮轴的位置和转角，ECM 根据正时传感器信号判断实际的供油正时，并对供油正时进行闭环控制。

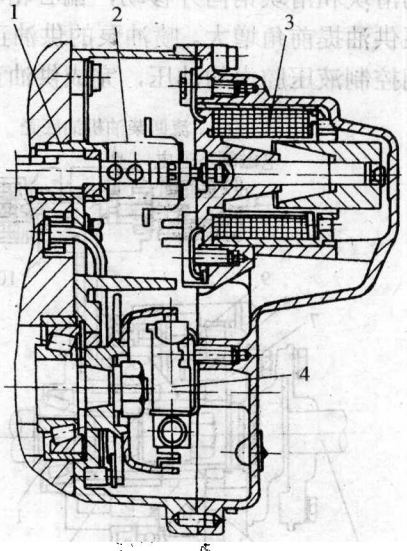


图 1-1 占空比电磁阀式电子调速器结构
1—供油齿条；2—回位弹簧；3—电磁阀；4—转速传感器

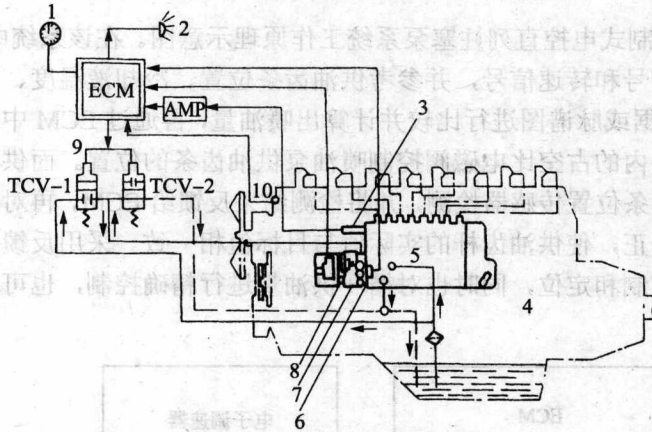


图 1-2 直列柱塞泵供油正时电控系统
1—转速表；2—故障指示灯；3—供油齿条位置传感器；4—柴油机；5—喷油泵；6—正时传感器；
7—正时控制器；8—转速传感器；9—电磁阀；10—冷却液温度传感器

直列泵常用的正时控制器为电控液压式，它的工作原理如图 1-3 所示。喷油泵驱动轴通过驱动盘、滑块、滑块销、大小偏心轮驱动凸轮轴转动。当需要减小供油提前角时，ECM 控制电磁阀使正时控制器的进油通道关闭而回油通道开启 [图 1-3 (a)]，液压腔内的油压下降，在回位弹簧的作用下活塞向右移动，而滑块和滑块销向内径向移动，安装在滑块销上的大小偏心轮转动，使凸轮轴相对驱动盘沿转动相反的方向转过一定角度，这时，喷油泵供油提前

角减小。当需要使喷油泵供油提前时，ECM 控制电磁阀使正时控制器的进油通道开启而使回油通道关闭 [图 1-3 (b)]，液压润滑油进入液压腔使油压升高，并推动活塞向左移动，活塞推动滑块和滑块销向外移动，偏心轮转动使凸轮轴相对驱动盘沿转动方向转过一定角度，喷油泵供油提前角增大。喷油泵的供油正时随正时控制器液压腔内的油压而变化，ECM 通过电磁阀控制液压腔内的油压，完成供油正时控制。

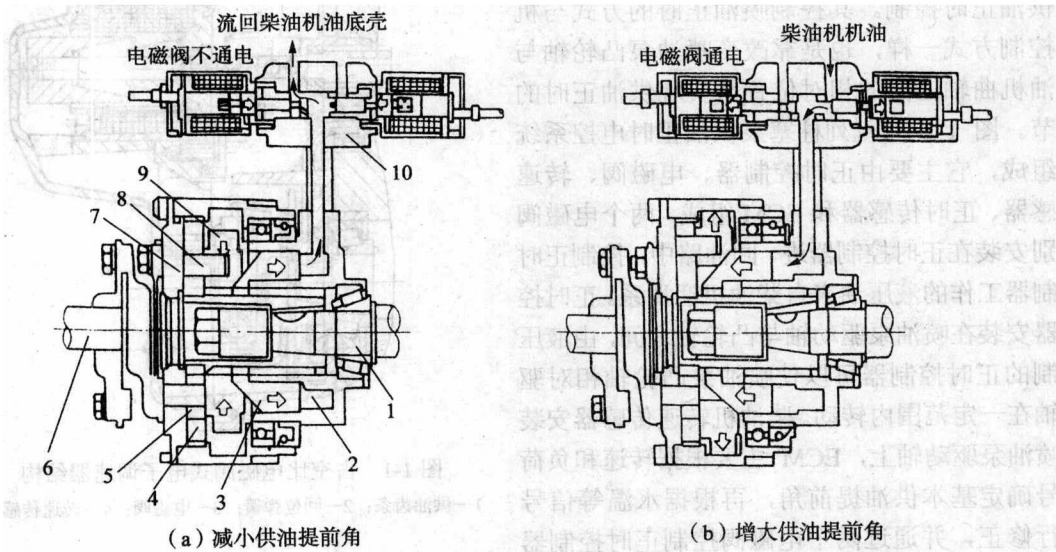


图 1-3 电控液压式正时控制器的工作原理

- 1—凸轮轴；2—液压腔；3—液压活塞；4—大偏心轮；5—小偏心轮；
- 6—驱动轴；7—驱动盘；8—滑块销；9—滑块；10—电磁阀

图 1-4 为位置控制式电控直列柱塞泵系统工作原理示意图。在该系统中，ECM 根据负荷（加速踏板位置）信号和转速信号，并参考供油齿条位置、冷却液温度、进气压力等信号，按 ECM 内存储的数据或脉谱图进行比较并计算出喷油量，再通过 ECM 中的行程或位置伺服电路，使电子调速器内的占空比电磁阀控制喷油泵供油齿条的位置。而供油齿条的实际位置由电子调速器内的齿条位置传感器检测，并将检测结果反馈给 ECM，再对输送给占空比电磁阀的占空比值进行修正，使供油齿杆的实际值与目标值相一致。采用反馈控制，可对供油齿杆位置进行高精度控制和定位，同时也对循环供油量进行精确控制，也可用来监测控制系统是否发生了故障。

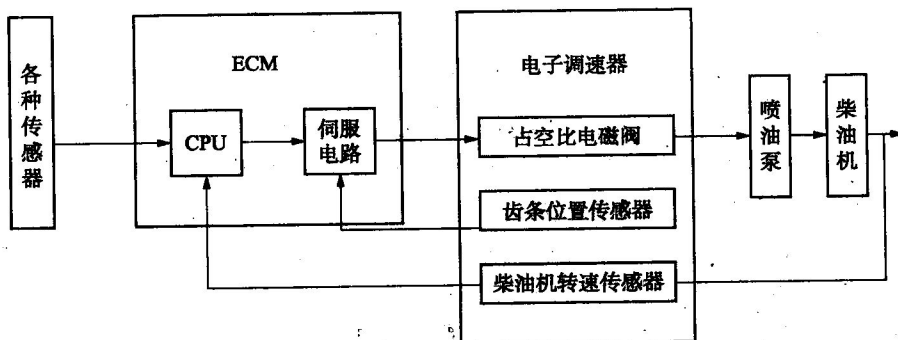


图 1-4 位置控制式电控直列柱塞泵系统工作原理示意图