



汽车维修技能修炼丛书

QICHE WEIXIU JINENG XIULIAN CONGSHU



国Ⅲ柴油机 维修技巧与 故障案例分析

母忠林 ◎ 主编 / 黎国辉 ◎ 副主编



◎国Ⅲ（包括电控单体泵、电控共轨）柴油机在使用、维修、保养、故障诊断与排除等诸多方面的综合性知识

◎柴油机起动、运行、排烟及机械损坏等故障案例的分析、诊断及排除



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



汽车维修技能修炼丛书

国Ⅲ柴油机维修技巧与 故障案例分析

主 编 母忠林
副主编 黎国辉



机械工业出版社

本书详细地介绍了国Ⅲ柴油机(包括电控单体泵燃油系统、电控共轨燃油系统)在使用、维修、保养及故障分析、诊断与排除等诸多方面的内容和柴油机起动、运行、排烟及机械损坏等故障的分析、诊断及故障案例,具有较强的针对性和实用性,不失为柴油机使用和维修人员的良师益友。

本书可以作为柴油机爱好者和初级维修服务人员了解柴油机使用与维修知识的入门教材,也可以作为柴油机使用人员、中级维修服务人员和相关大专院校柴油机专业师生的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

国Ⅲ柴油机维修技巧与故障案例分析/母忠林主编.

—北京:机械工业出版社,2012.8

(汽车维修技能修炼丛书)

ISBN 978-7-111-39361-0

I. ①国… II. ①母… III. ①汽车—柴油机—车辆修理②汽车—柴油机—故障诊断 IV. ①U472.43

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第182164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:连景岩 责任编辑:连景岩

责任校对:肖琳 封面设计:鞠杨

责任印制:乔宇

北京铭成印刷有限公司印刷

2013年1月第1版第1次印刷

184mm×260mm·23.75印张·588千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-39361-0

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

社服务中心:(010)88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

柴油机经过了 100 多年的发展,已由最初简单的自然进气、机械喷油发展到今天的涡轮增压、电控喷油,取得了前所未有的巨大进步。而电子控制技术在柴油机上的全面应用,给柴油机行业带来了更大的生机。如今的柴油机正在越来越接近人们预期的低污染、环保、动力强劲、运行可靠和使用寿命长的愿望。我们有理由相信,随着科学技术的不断进步,柴油机行业也将取得更大的进步和发展。

然而,随着柴油机技术的不断发展和电子控制技术的广泛应用,柴油机行业给从事保养、维修、故障诊断与排除的维修服务人员提出了全新的要求。以前那些普通柴油机的保养、维修、故障诊断与排除经验,或多或少都受到了不同程度的挑战,一切都需要重新开始。本书的重点是介绍国Ⅲ柴油机(包括电控单体泵燃油系统、电控共轨燃油系统)在使用、维修、保养以及故障分析、诊断与排除等诸多方面的内容和柴油机起动、运行、排烟及机械损坏等故障的分析、诊断及故障案例,具有较强的针对性和实用性,不失为柴油机使用和维修人员的良师益友。

本书可以作为柴油机爱好者和初级维修服务人员了解柴油机使用与维修知识的入门教材,也可以作为柴油机使用操作人员、中级维修服务人员和相关大专院校柴油机专业师生的参考资料。

本书由中国柴油机服务网高级工程师母忠林主编,深圳市道依茨柴油机服务有限公司黎国辉为副主编,参与本书编写的还有深圳市道依茨柴油机服务有限公司许建利、谢彦锋。

本书所涉及的技术参数和数据,如果与制造厂家的数据不符时,以制造厂家数据为准。书中如有不足之处,敬请读者批评指正。

编者

目 录

前言

第一章 国Ⅲ柴油机的基础知识..... 1

第一节 国Ⅲ柴油机的基本概念..... 1

第二节 柴油机的基本参数 11

第三节 柴油机的燃烧室 19

第四节 柴油机的基本构造 23

第五节 柴油机的工作原理 41

第六节 柴油机废气排放控制技术 50

第二章 国Ⅲ柴油机的使用与维修 54

第一节 柴油机使用与保养的综合要求 54

第二节 柴油机用油料的基础知识及选用 61

第三节 燃油系统主要部件的维修与保养 68

第四节 柴油机 PT 泵燃油系统的维修与保养 73

第五节 柴油机曲柄连杆机构的维修与保养 79

第六节 柴油机润滑系统的维修与保养 97

第七节 柴油机冷却系统的维修与保养 99

第八节 柴油机配气机构的维修与保养..... 106

第九节 柴油机增压系统的使用与保养要求..... 112

第十节 操作不当引发的柴油机故障及预防措施..... 115

第三章 柴油机单体泵燃油系统的使用与维修..... 118

第一节 柴油机单体泵供油系统的使用与保养..... 119

第二节 单体泵柴油机供油正时的检查与调整..... 123

第三节 柴油机单体泵供油系统的检修要点..... 129

第四节 电控单体泵柴油机常见故障的分析与排除..... 131

第五节 电控单体泵柴油机综合故障码及其含义..... 144

第四章 电控共轨柴油机燃油系统的使用与维修..... 153

第一节 电控高压共轨燃油喷射系统的基本结构..... 153

第二节 电控共轨燃油喷射系统主要部件的结构与功用..... 157

第三节 高压共轨燃油喷射系统的电控系统原理..... 168

第四节 电控共轨柴油机的使用与维修..... 171

第五节 电控共轨柴油机故障的诊断与排除..... 196

第六节 电控共轨柴油机电控系统的故障检修案例..... 204

第五章 柴油机起动故障的原因分析与排除..... 210

第一节 柴油机起动故障之起动系统的综合分析..... 211

第二节 柴油机起动故障之非起动系统的原因分析与处理..... 215

第三节 电控柴油机起动故障的原因分析与处理..... 227

第四节 柴油机热机起动困难故障的原因分析与排除..... 234

第五节 冬季柴油机冷起动困难故障的解决方法..... 237



第六章 柴油机排烟异常故障的原因

分析与排除..... 241

- 第一节 柴油机排气冒黑烟故障的综合
原因分析..... 242
- 第二节 柴油机排气冒黑烟故障之喷油
系统原因的分析与排除..... 243
- 第三节 柴油机排气冒黑烟故障之气缸压
缩不足的原因分析与排除 ... 253
- 第四节 柴油机排气冒黑烟故障之其他
原因分析与排除..... 259
- 第五节 电控柴油机排气冒黑烟故障的
原因分析与排除..... 264
- 第六节 柴油机排气冒蓝烟故障的原因
分析与排除..... 266
- 第七节 柴油机排气冒白烟故障的原因
分析与排除..... 272
- 第八节 柴油机其他非正常排烟故障
原因分析..... 275

第七章 柴油机运行异常故障的

分析与排除..... 278

- 第一节 柴油机动力不足故障的
分析与排除..... 278
- 第二节 柴油机润滑系统运行故障的
分析与排除..... 286
- 第三节 柴油机过热故障的
分析与排除..... 299

- 第四节 柴油机缺缸运行故障的诊断与
排除..... 304

- 第五节 柴油机异响故障的原因
分析与排除..... 306

- 第六节 涡轮增压器运行故障的
分析与排除..... 313

- 第七节 柴油机异常磨损故障的
分析与预防..... 317

- 第八节 柴油机其他运行异常故障的
分析与排除..... 321

- 第九节 柴油机运行过程中出现故障的
应急处理方法..... 329

第八章 柴油机机械损坏故障的原因

分析与排除..... 333

- 第一节 柴油机轴瓦异常损坏故障的原因
分析与排除..... 333

- 第二节 柴油机曲轴异常损坏故障的
分析与排除..... 340

- 第三节 柴油机活塞异常损坏故障的原因
分析与排除..... 347

- 第四节 柴油机活塞环异常损坏故障的原
因分析与排除..... 354

- 第五节 柴油机其他机械异常损坏故障的
原因分析及预防..... 359

- 第六节 柴油机发生机械故障的征兆和处
理措施..... 372

第一章 国Ⅲ柴油机的基础知识

柴油机是用柴油作燃料的内燃机。柴油机为压缩点火式发动机，又常因其主要发明者德国人鲁道夫·狄塞尔而被称为狄塞尔发动机。柴油机具有热效率高、功率范围宽广、起动迅速、维修方便、运行安全、使用寿命长等特点，因而得到了广泛的应用，在国民经济和国防建设中处于重要地位。

第一节 国Ⅲ柴油机的基本概念

一、柴油机的分类

柴油机在工作时，吸入到气缸内的空气，因活塞的运动而受到较高程度的压缩，压缩终了时气缸内达到 $500 \sim 700^{\circ}\text{C}$ 的高温 and $3.0 \sim 5.0\text{MPa}$ 的高压。然后将燃油以雾状的形式喷入高温空气中，与高温空气混合形成可燃混合气，自动着火燃烧。燃烧中释放的能量(最大超过 13.0MPa 爆发力)作用在活塞顶面上，推动活塞并通过连杆和曲轴转换为旋转的机械能。因此，柴油机实际上是一部将燃料的化学能转换为机械能并对外输出动力的机器。它以柴油为燃料，所以称为柴油机(或柴油发动机)。多缸柴油机的外形如图 1-1 所示。

柴油机被广泛地用于多种设备的驱动动力，如重型车、大型客车、工程机械、农业机械等，在这些行业发挥着重要的作用。柴油机的分类见表 1-1。

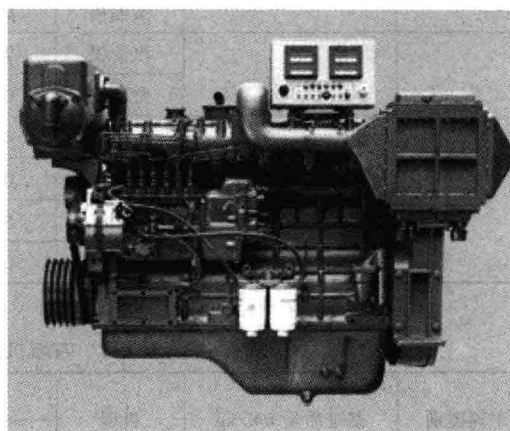


图 1-1 多缸柴油机的外形

表 1-1 柴油机的分类

分类方式	详细说明
工作循环	二冲程柴油机、四冲程柴油机
冷却方式	水冷(液体冷却)柴油机、风冷柴油机
进气方式	自然进气柴油机、增压柴油机和增压中冷柴油机
活塞平均速度	低速机 $v_m < 6\text{m/s}$; 中速机 $v_m = 6 \sim 9\text{m/s}$; 高速机 $v_m = 9 \sim 13\text{m/s}$
转速(船用机)	高速机 $n > 1000\text{r/min}$; 中速机 $n = 350 \sim 1000\text{r/min}$; 低速机 $n < 350\text{r/min}$
燃烧方式	直喷式柴油机、涡流室式柴油机、预燃室式柴油机
气缸数目	单缸柴油机、两缸柴油机和多缸柴油机(气缸数大于 3)

(续)

分类方式	详细 说明
用途	船用柴油机、机车用柴油机、汽车用柴油机、工程机械用柴油机、农用柴油机等
布置方式	直列式柴油机、V 形柴油机、水平对置柴油机、星形柴油机、W 字形柴油机等
燃料	轻质燃料柴油机、重油柴油机等
供油方式	机械式喷油泵柴油机、单体泵柴油机、共轨柴油机、PT 泵柴油机、VE 分配泵柴油机等

二、国Ⅲ柴油机的概念

国Ⅲ柴油机是指柴油机的废气排放指标必须达到国Ⅲ排放标准的柴油机。国Ⅲ排放标准与欧Ⅲ排放标准基本一致。内燃机废气排放的欧Ⅲ、欧Ⅳ标准详见表 1-2 和表 1-3。

表 1-2 内燃机废气排放的欧Ⅲ标准

车辆类别	基准质量 RM/kg	机型	限值/(g/km)				
			CO	HC	NO_x	$HC + NO_x$	PM
第一类车	全部	汽油机	2.30	0.20	0.15		
		柴油机	0.64		0.50	0.56	0.05
第二类车	1 级 $RM \leq 1305$	汽油机	2.30	0.20	0.15		
		柴油机	0.64		0.50	0.56	0.05
	2 级 $1305 < RM \leq 1760$	汽油机	4.17	0.25	0.18		
		柴油机	0.80		0.65	0.72	0.07
	3 级 $RM > 1760$	汽油机	5.22	0.29	0.21		
		柴油机	0.95		0.78	0.86	0.10

表 1-3 内燃机废气排放的欧Ⅳ标准

车辆类别	基准质量 RM/kg	机型	限值/(g/km)				
			CO	HC	NO_x	$HC + NO_x$	PM
第一类车	全部	汽油机	1.00	0.10	0.08		
		柴油机	0.50		0.25	0.30	0.025
第二类车	1 级 $RM \leq 1305$	汽油机	1.00	0.10	0.08		
		柴油机	0.64		0.25	0.30	0.025
	2 级 $1305 < RM \leq 1760$	汽油机	1.81	0.13	0.10		
		柴油机	0.63		0.33	0.39	0.04
	3 级 $RM > 1760$	汽油机	2.77	0.16	0.11		
		柴油机	0.74		0.39	0.46	0.06

目前，能够达到和满足国Ⅲ排放标准的柴油机，都是对燃油系统进行了重大改进后的电控柴油机，主要品种如下。



- ① 电控单体泵燃油系统柴油机。
- ② 电控高压共轨燃油系统柴油机。
- ③ 电控分配泵燃油系统柴油机。
- ④ 电控泵喷嘴燃油系统柴油机。
- ⑤ 电控 H 泵 + EGR 柴油机等。

使用最为广泛的中小功率车用和工程机械用国Ⅲ柴油机是电控单体泵柴油机和电控高压共轨柴油机(图 1-2)。

三、柴油机的基本构造

柴油机是一种将燃料燃烧产生的热能转化为机械能的机器,要完成能量转换的全部过程,就必须有一套相应的转换机构和系统。虽然柴油机有多种类型,具体构造也不完全一样,但无论是单缸船用柴油机还是多缸柴油机,其基本结构都是相同的,如图 1-3 所示。

传统柴油机的基本结构包括曲柄连杆机构、配气机构、传动机构、燃油供给系统、润滑系统、冷却系统、起动系统(俗称三大机构、四大系统)。这些系统和机构的良好配合,是柴油机能够产生动力并对外输出动力的关键。

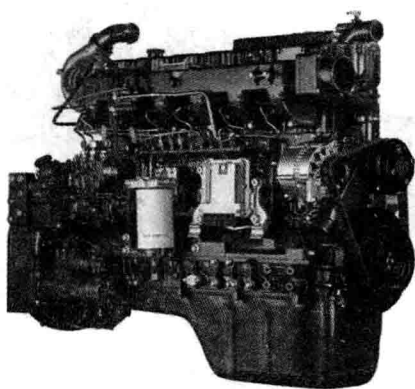


图 1-2 国产某型六缸共轨柴油机

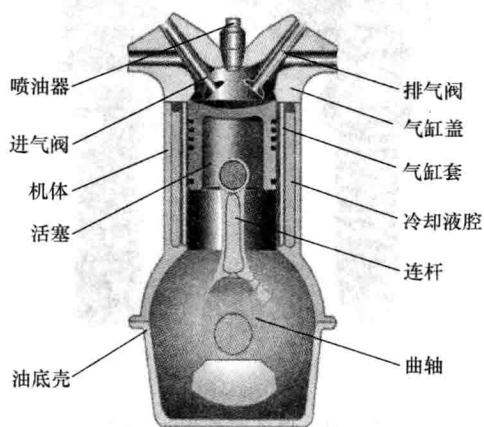


图 1-3 柴油机的基本结构

以上三大机构、四大系统中,曲柄连杆机构、配气机构和燃油供给系统是柴油机的三个最基本的部分,它们互相配合,完成柴油机的工作循环,实现能量的转换。使用过程中,三者的技术状态及相互之间的配合对柴油机的性能具有决定性的影响。润滑系统和冷却系统作为柴油机的辅助系统,是柴油机长期正常工作不可缺少的重要部分。如果润滑系统或冷却系统工作不正常,那么柴油机就会发生故障,也不能正常工作。

由此可见,柴油机在使用过程中,必须对以上各部分予以充分重视,不可忽视任何一部分,否则,柴油机的正常工作将无法保证,甚至会造成柴油机的严重损坏。

对于现代柴油机而言,在上述基本结构的基础上,通过增加增压系统(提高进气压力)而成为增压柴油机,通过对燃油系统的电控化而成为电控柴油机(包括电控高压共轨柴油机和电控单体泵柴油机)。

四、机械式单体泵柴油机

单体泵供油系统，顾名思义，它的供油系统的核心部件喷油泵是单体的、单个的（图 1-4）。单体泵供油系统与传统的机械式喷油泵相比，在结构形式上的主要不同是每个油泵都是独立的，分别安装在柴油机气缸体上，对应每个气缸，在气缸体上有安装单体泵的孔，六缸柴油机就有六个单体泵（四缸柴油机就有四个单体泵），这六个单体泵是由整个柴油机的凸轮轴来驱动的，也就是说单体泵作为一个整体部件安装在柴油机的气缸体（或其他位置）上，由配气凸轮轴上的喷油凸轮驱动。

而传统的六缸柴油机的机械式喷油泵布置在整机缸体的外侧，通过外部托架固定在柴油机缸体上，在喷油泵的泵体内，有一根凸轮轴，专门驱动六套柱塞。

道依茨 BFM1013 柴油机为（电控）单体泵柴油机的典型机型（图 1-5）。

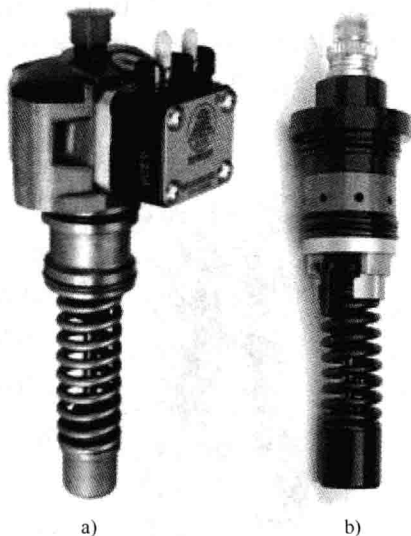


图 1-4 单体泵外形示意图

a) 电控式单体泵 b) 机械式单体泵

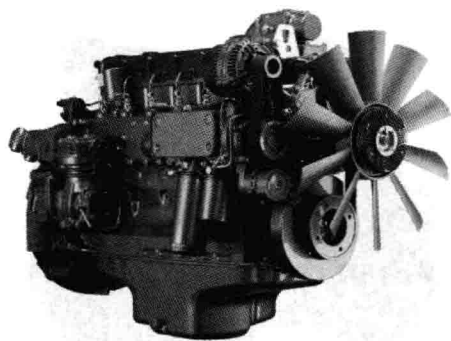


图 1-5 道依茨 BFM1013 柴油机

机械式单体泵喷油系统的特点是，单体泵技术使燃烧更适合工况的需要，因而燃烧更充分，效率更高，降低了排气污染和燃油消耗率。它还有以下优点。

- ① 由凸轮轴通过挺柱（滚轮）驱动，结构紧凑，刚性好。
- ② 喷油压力可以高达 160.0MPa。
- ③ 较小的安装空间。
- ④ 高压油管短且标准化。
- ⑤ 调速性能好。
- ⑥ 具有自排气功能。
- ⑦ 维修服务相对简单，换泵容易。

机械式单体泵因其喷油时间及喷油量的控制不够精确（需要人工调整），排放指标一般只能达到欧Ⅱ标准，已逐步被电控单体泵燃油系统取代。



五、电控单体泵柴油机

电控单体泵燃油喷射系统可以说是柴油机的一次革命,不仅使柴油机性能大幅度提高,而且在设计上也是一次彻底的革新,一个喷油器对应一个高压油泵,使得喷油系统的零部件相对简单了许多,便于系列化、标准化生产和使用维修。

与机械式单体泵燃油系统不同的是电控单体泵的上部有电磁阀(图1-6),电磁阀能够按照特性图谱的数据精确地控制喷油正时及喷油时间,以确保柴油机的排气指标达到和超过国Ⅲ标准。

电控单体泵燃油喷射系统已在国内商用车柴油机上获得了广泛的应用,如大柴 CA6DE3 系列柴油机、玉柴 YC6L(6G) 系列柴油机、朝柴 4102 系列柴油机等采用的都是电控单体泵燃油喷射系统。

电控单体泵柴油机燃油喷射系统主要由控制元件(ECU)、检测元件(各种传感器)和执行元件三大部分组成,如图1-7所示,各部分的功用如图1-8所示。

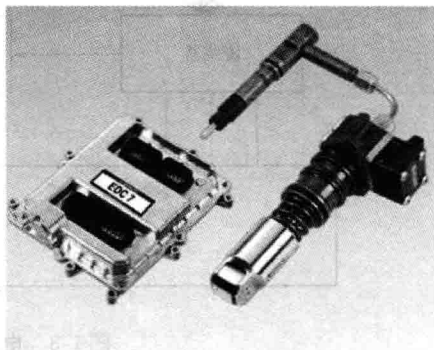


图1-6 电控单体泵、ECU及喷油器

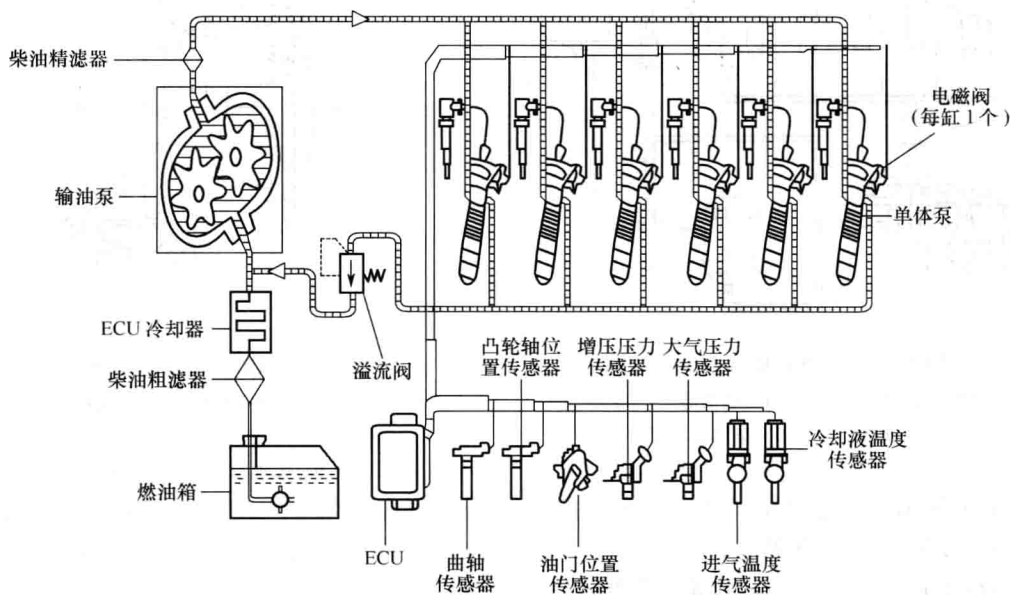


图1-7 电控单体泵柴油机燃油喷射系统示意图

六、PT 泵燃油系统柴油机

PT 泵燃油喷射系统(图1-9)的喷油器为主动式喷油,低压柴油在喷油器中通过摇臂压动喷油器的柱塞产生高压,喷油器也是一种柱塞泵,其驱动机构如图1-10所示。P和T分别指作用于喷油器油杯计量孔的压力和计量孔的开启时间。当油门开度增大时,油路中的柴油流量增加,油路中的油压也随之增加。在计量孔开启时间不变的前提下,进入油杯中的柴

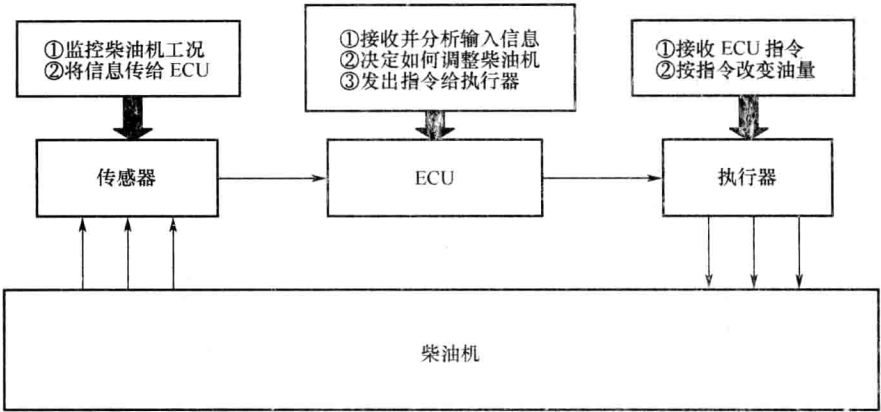


图 1-8 电控单体泵柴油机各部分的功用

油增多，使柴油机加速，同时喷油器喷油的频率增加，计量孔开启的时间缩短，限制了单次喷油量，其控制精度要高于直列泵系统。

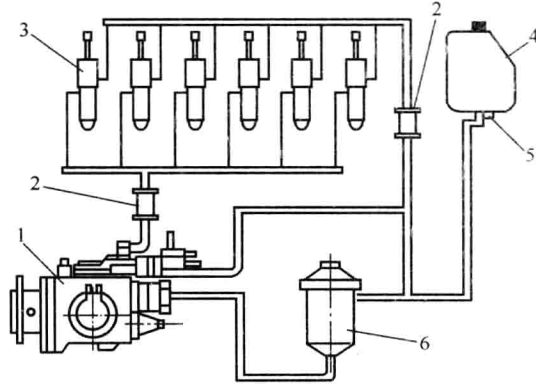


图 1-9 PT 泵燃油喷油系统示意图

1—供油泵 2—单向阀 3—喷油器 4—燃油箱
5—油箱开关 6—柴油滤清器

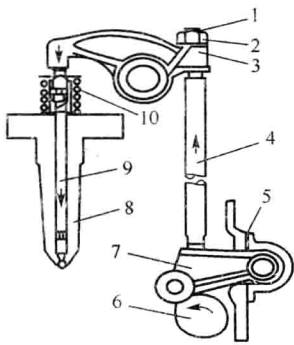


图 1-10 PT 喷油器的驱动机构

1—调整螺钉 2—锁紧螺母 3—摇臂 4—推杆
5—调整垫片 6—凸轮 7—随动臂 8—喷油器体
9—喷油器柱塞 10—弹簧

PT 泵的调速器也是机械离心式的，其结构是柱塞在柱塞套内滑动，控制油路的宽窄，离心力推动柱塞向油路变窄的方向移动，减小压力和喷油量，限制转速的增加。弹簧推动柱塞向油路变宽的一侧移动，弹簧力与离心力相互制约，保持动态平衡。

该系统的油门和停机电磁阀在油路中串联在调速器之前，所以不会出现“飞车”，其喷油压力可达 70 ~ 100MPa。PT 泵燃油喷射系统在动力性、经济性以及环保方面都优于直列泵喷油系统和分配泵喷油系统。PT 泵燃油系统是康明斯 K 系列、N 系列等机型专用的燃油喷射系统，已有电控 PT 泵燃油喷射系统。PT 泵燃油系统中，燃油箱的位置高于 PT 泵和 PT 喷油器。

七、分配泵燃油系统柴油机

分配泵燃油喷射系统(图 1-11)与直列泵燃油喷射系统的相同之处是采用柱塞式喷油泵



和机械离心式调速器，喷油器与喷油泵用油管连接，喷油器为被动式喷油；不同之处是分配泵减少了柱塞泵的数量（只有 1 个柱塞偶件），通过分配转子按各缸的工作顺序将高压柴油送至各缸的喷油器，高压油管在安装时必须按照分配转子的旋转方向和各缸的工作顺序连接。

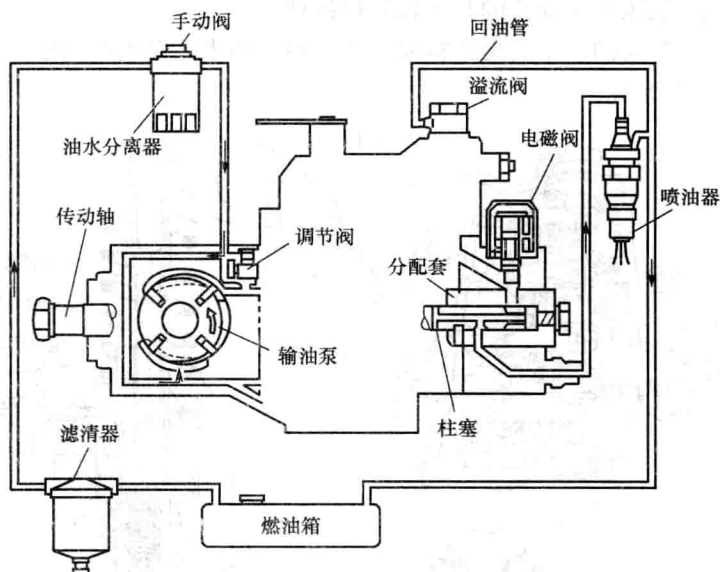


图 1-11 柴油机分配泵燃油喷射系统

分配泵（图 1-12）柱塞数量的减少使喷油泵本身体积减小，结构更加紧凑，降低了成本。驱动转速的增加使喷油压力更高。分配泵驱动转速可以达到曲轴转速的 3 倍。在柱塞偶件密封程度不变的前提下，喷油泵驱动转速越高喷油压力越高，分配泵喷油压力可达 60 ~ 80 MPa。高压喷射有利于柴油更充分地雾化燃烧，降低烟度。

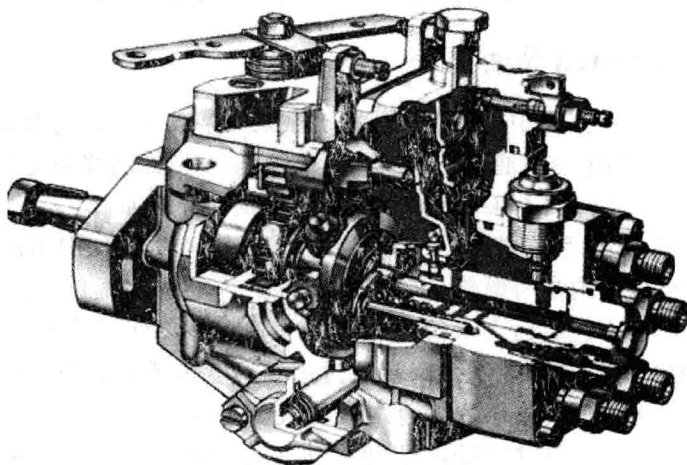


图 1-12 VE 分配泵的结构示意图

康明斯 6BT 柴油机、依维柯 8140 柴油机、五十铃 4JB1 柴油机等均采用的是分配泵燃油

喷射系统，目前已开发有电控分配泵燃油喷射系统。

八、电控泵喷嘴(UIS) 技术

在泵喷嘴系统中，喷油泵和喷油嘴组成一个单元。每缸的缸盖上都装有这样一个单元，它直接通过摇臂或间接地由柴油机的凸轮轴通过推杆来驱动。

国产捷达、宝来等柴油轿车的柴油机采用了泵喷嘴技术。泵喷嘴燃油系统的结构与驱动机构示意图如图 1-13 所示。

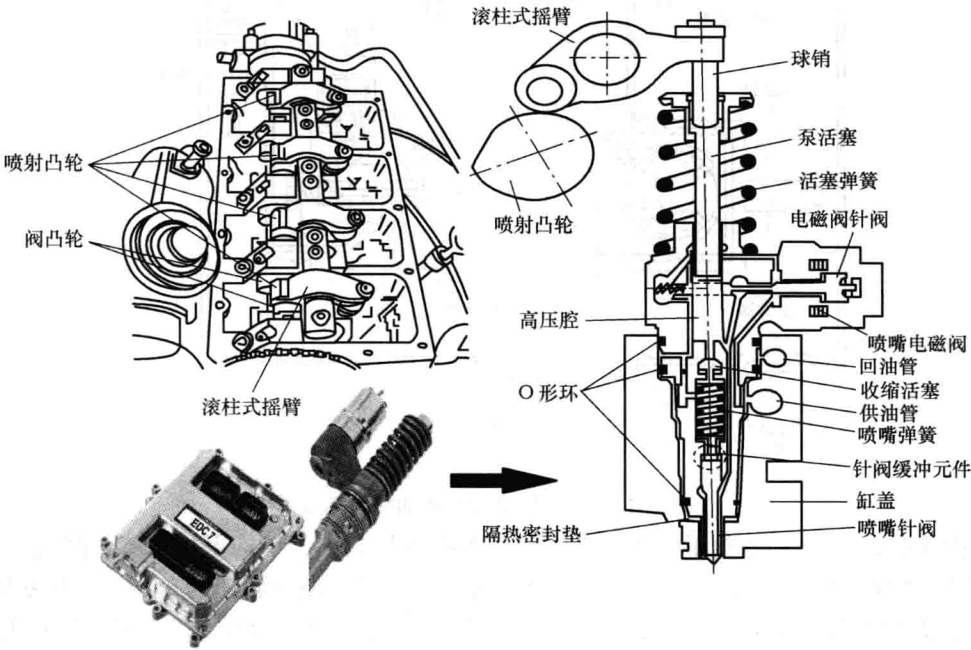


图 1-13 泵喷嘴燃油系统的结构与驱动机构示意图

九、电控 H 泵 + EGR 柴油机

这里说的 EGR 柴油机，是中国重汽在国 II 机械泵的基础上，利用电磁铁控制机械泵的齿条和出油阀，制成简易电控喷油泵外加 EGR 系统、排放指标能够满足国 III 排放标准的柴油机，准确的说法是“直列泵 + EGR 系统”柴油机。简要介绍如下。

(1) 电控冷却的 EGR 系统概述 EGR 系统就是从柴油机排气中引回部分废气与新鲜空气共同进入柴油机气缸内参与燃烧，既降低了气缸内的燃烧温度，又能有效地控制高温富氧条件下 NO_x 的生成，从而大大降低了发动机废气中 NO_x 的含量。中国重汽采用的 EGR 系统是由发动机 ECU 进行控制，ECU 通过进气温度传感器、进气压力传感器、冷却液温度传感器、发动机转速传感器、加速踏板位置传感器以及车辆制动信号来感知发动机的各种状态，从而控制 EGR 控制阀的开度和废气再循环比率。EGR 系统的工作原理如图 1-14 所示。

(2) 电控供油速率燃油喷射泵 电控供油速率燃油喷射泵(简称 H 泵,如图 1-15 所示)的开发是以预行程可电控调节为基础，通过 ECU 对预行程调节机构的控制，来实现对喷油

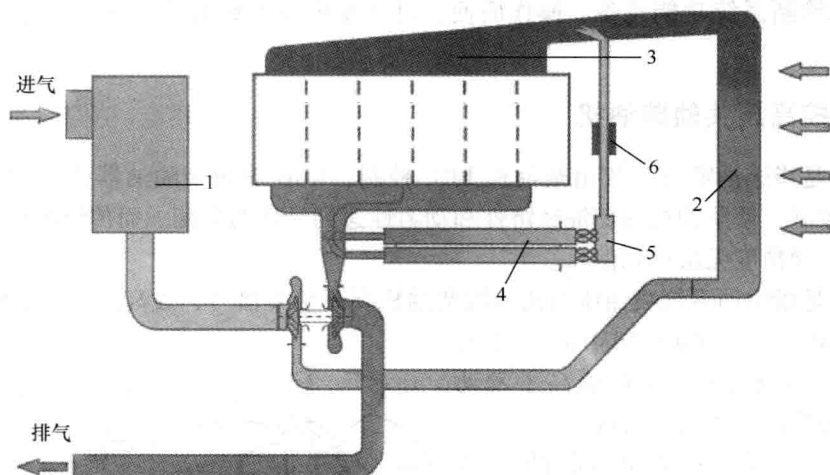


图 1-14 EGR 系统的工作原理

1—空气滤清器 2—中冷器 3—进气歧管 4—EGR 冷却器 5—峰值单向阀 6—EGR 控制阀

量、喷油定时和喷射压力的精确控制。

H 泵可以实现泵端高达 120MPa、嘴端高达 148MPa 的高喷射压力，配以多孔喷油器，完全可以满足颗粒排放国Ⅲ要求。

H 泵拥有预行程电控可调结构，其供油预行程可在一定范围内由 ECU 程控调节，按柴油机不同工况的需要改变预行程。试验表明，通过 ECU 对预行程的控制，可以得到精确的喷油定时和喷射压力，同时配合油门位置传感器，使喷油量控制更精确，从而保证柴油机可在整个工作范围内达到最优化的经济性能和排放性能。

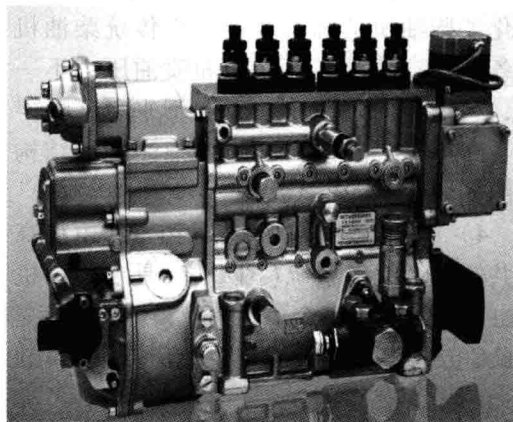


图 1-15 H 泵的外形结构示意图

(3) 喷油器 采用德尔福(Delphi)公司生产的欧Ⅲ专用 8 孔低惯量喷油器，具有工作可靠、性能好、适应性广泛等特点，能有效改善发动机的燃烧性能。

(4) EGR 国Ⅲ柴油机的技术优势

- 1) 柴油机的废气排放完全满足国Ⅲ排放标准。
- 2) 完全拥有核心技术和自主知识产权，有利于提高企业的核心竞争力。
- 3) 燃油喷射系统和 EGR 系统均由 ECU 控制，可灵活控制喷油压力、喷油量、喷油时间，使发动机的排放、动力输出和油耗得到最佳匹配。
- 4) 电控系统具备完善的跛行回家(limp home)功能，可在系统发生故障时维持运行到服务站进行维修，降低抛锚风险。
- 5) 燃油经济性突出，节能效果显著，运营成本大大降低。
- 6) 油品适应性好，适合国情，降低了维护和修理费用，用户使用成本降低。

7) 故障诊断系统功能完备、操作简便, 可实现电控系统故障的准确判断, 简化维修过程。

十、电控高压共轨柴油机

1) 电控是指燃油喷射系统由柴油机 ECU 控制, ECU 对每个喷油器的喷油量、喷油时刻进行精确控制, 使柴油机的燃油经济性和动力性达到最佳的平衡。而传统的柴油机则是由机械控制, 控制精度无法得到保障。

2) 高压是指喷油系统喷油压力比传统柴油机要高出 2 倍多, 最高能达到 200MPa(而传统柴油机喷油压力为 60 ~ 70MPa)。压力大, 雾化好, 燃烧充分, 从而提高了发动机动力性, 最终达到省油的目的。

3) 共轨是指通过公共油管同时供给各个喷油器, 喷油量经过 ECU 的精确计算, 同时向各个喷油器提供同样品质、同样压力的燃油, 使柴油机运转更加平顺, 从而优化了柴油机的综合性能。而传统柴油机由各缸独自喷油, 喷油量和喷油压力不一致, 运转不均匀, 造成燃烧不平稳, 噪声大, 油耗高。电控高压共轨柴油机的结构如图 1-16 所示。

4) 电控高压共轨系统的组成。电控高压共轨燃油喷射系统(图 1-17) 是在柴油机气缸盖上安装了一个燃油钢管, 燃油钢管是一个长管状密闭容器, 各缸喷油器通过高压油管与此管连接, 共同使用这根油管, 称为共轨。

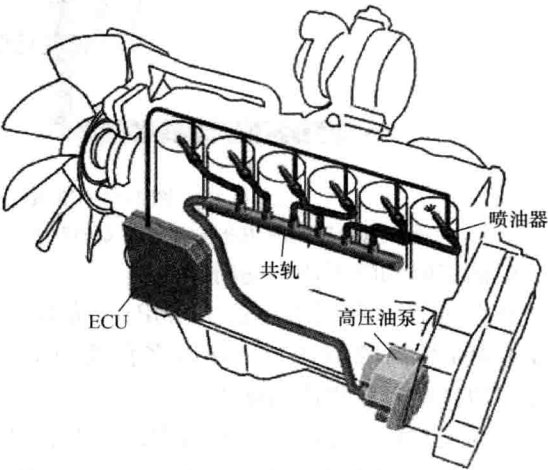


图 1-16 电控高压共轨柴油机的结构

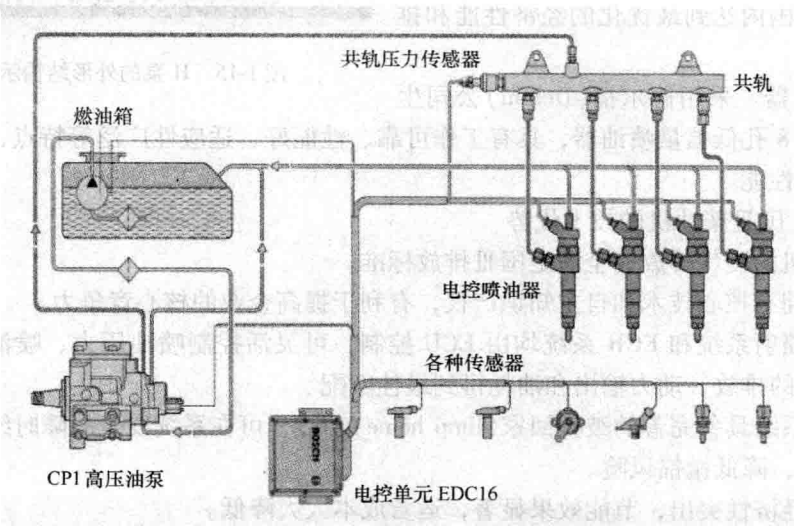


图 1-17 四缸电控高压共轨燃油喷射系统



高压喷油泵通过单向阀不断地向共轨内部泵入高压柴油,共轨类似于制动系统的储气罐。压力传感器将共轨内的压力反馈给 ECU,并通过控制电磁阀的适当开启卸油以调节共轨内的压力。共轨内的压力就是喷油器的喷油压力,可达 $140 \sim 160\text{MPa}$,甚至更高。油压的产生方式与柱塞泵式完全不同。

供油正时由喷油器电磁阀控制,喷油量由电磁阀的持续开启时间控制,所以该系统既不需要提前器也不需要调速器。所有这些都由 ECU 自动控制。该系统的正常工作要求其喷油器电磁阀必须能够准时、快速、可靠地开闭,并且能承受长期高频率开闭的工况。

因此,电控共轨柴油机的动力性较好、省油,加速时排气无黑烟,但是电控装置的成本较高。

5) 电控高压共轨柴油机的特点。柴油机共轨式电控燃油喷射技术是一种全新的技术,集计算机控制技术、现代传感器检测技术以及先进的喷油器结构于一身。它不仅能达到较高的喷油压力、实现喷油压力和喷油量的控制,而且还能实现预喷射和分段喷射,从而优化喷油特性、降低柴油机噪声和大大减少废气有害成分的排放量,主要特点如下。

① 宽广的应用领域。用于小型乘用车和轻型货车,每缸功率可达 30kW ;用于重型货车、内燃机车和船舶,每缸功率可达 200kW 左右。

② 采用先进的电子控制装置及配有高速电磁开关阀,使得喷油过程的控制十分方便,并且可控参数多,利于柴油机燃烧过程的全程优化。

③ 采用共轨方式供油,喷油系统压力波动小,各喷油器间相互影响小,喷油压力控制精度较高,喷油量控制较准确。

④ 高速电磁开关阀频率高、控制灵活,使喷油系统的喷油压力可调范围大,并且能方便地实现预喷射等功能,为优化柴油机喷油规律、改善其性能和降低废气排放提供了有效手段。

⑤ 系统结构移植方便、适应范围广,尤其是与目前的小型、中型及重型柴油机均能很好地匹配,因而市场前景广阔。

⑥ 可独立地柔性控制喷油正时,配合高的喷油压力($120 \sim 200\text{MPa}$)。目前常用的 BOSCH 公司的共轨系统轨道压力为 145MPa ,可同时将 NO_x 和微粒(PM)控制在较小的数值内,以满足排放要求。

⑦ 共轨式电控燃油喷射技术有助于减少柴油机的有害尾气排放量,并具有降低噪声、降低燃油消耗、提高动力输出等方面的综合性能。高压共轨电控燃油喷射技术的应用有利于地球环境保护,加速促进柴油机工业、汽车工业,特别是工程机械相关工业的向前发展,是柴油机今后重点应用的燃油喷射技术之一。

第二节 柴油机的基本参数

一、柴油机的基本术语

柴油机要完成将燃料的化学能转变为机械能,需要一系列的机构和零部件,才能实现能量的转换。柴油机的常用术语位置示意图如图 1-18 所示,具体说明见表 1-4。