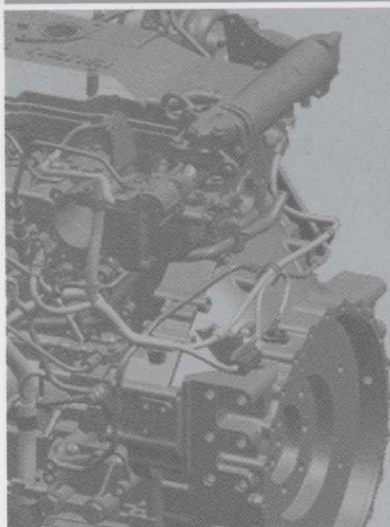




WAJUEJI WUSHILING
DIANPEN CHAIYOUJI
GOUZAO YU CHAIZHUANG WEIXIU



挖掘机五十铃 电喷柴油机

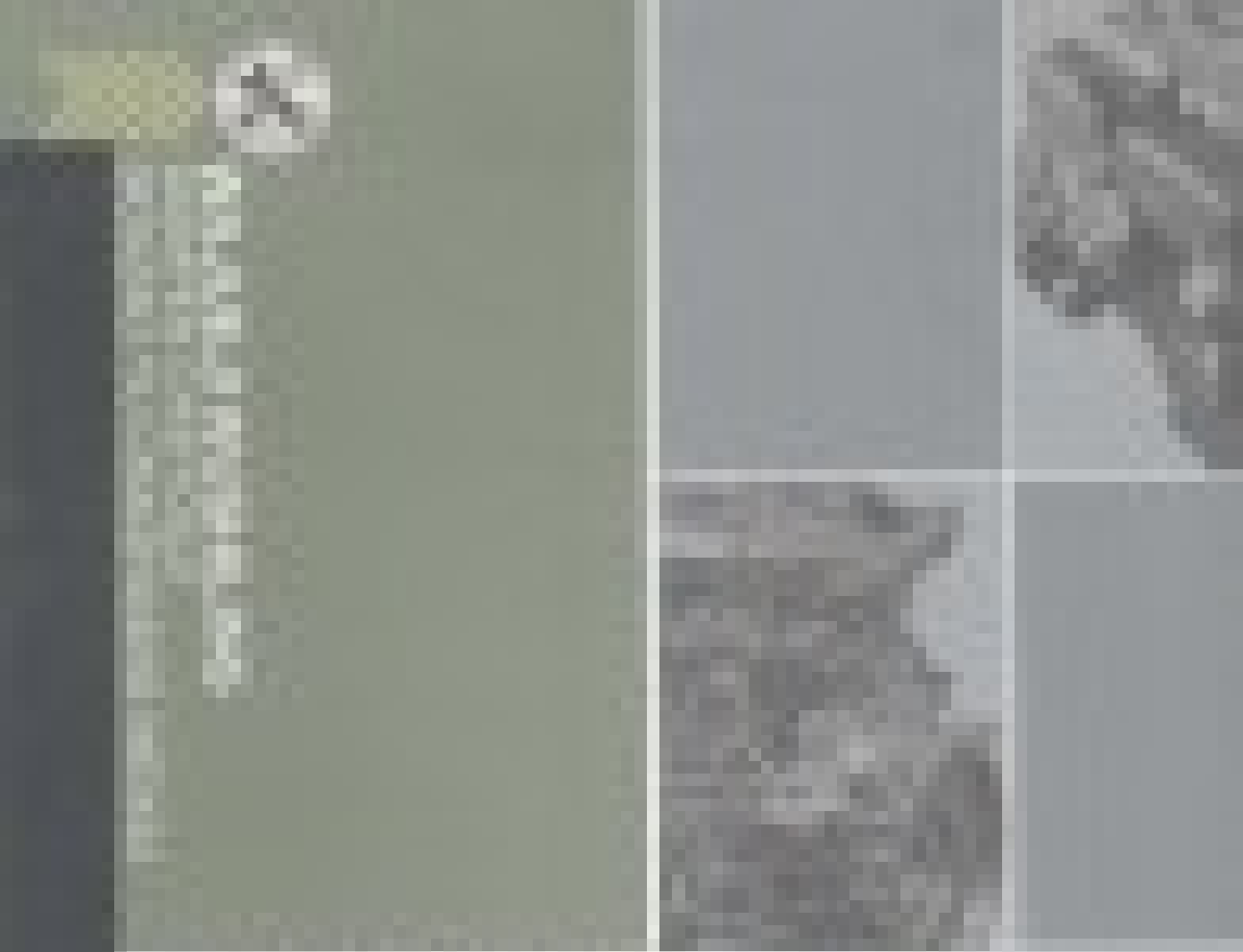
构造与拆装维修

李波 主编



化学工业出版社





挖掘机五十铃 电喷柴油机

构造与维修

王 强 编著

机械工业出版社



挖掘机五十铃电喷柴油机 构造与拆装维修

李 波 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书全面介绍了挖掘机五十铃电喷柴油机系统的结构组成、工作原理和工作过程,重点介绍了电喷柴油机控制系统的维护、维修及故障诊断与排除。书中采用了大量的图片,结合现场工作中出现的问题给出了故障诊断的方法、故障诊断的程序,帮助挖掘机维修、保养技术人员快速、准确地排除故障,资料翔实,实用性强。

可供工程机械维修技术人员,特别是挖掘机维修技术人员、售后服务人员使用和参考。

图书在版编目(CIP)数据

挖掘机五十铃电喷柴油机构造与拆装维修/李波主编.
—北京:化学工业出版社,2011.10
ISBN 978-7-122-11970-4

I. 挖… II. 李… III. ①挖掘机-电子控制-柴油
机-构造②挖掘机-电子控制-柴油机-维修 IV. TU621

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第151196号

责任编辑:张兴辉
责任校对:周梦华

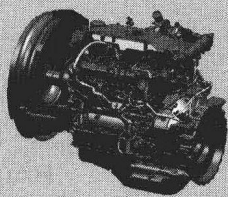
文字编辑:韩亚南
装帧设计:王晓宇

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)
印 装:三河市延风印装厂
787mm×1092mm 1/16 印张20¼ 字数505千字 2012年1月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:79.00元

版权所有 违者必究



■ 前 言 ■

当前,随着我国国民经济的快速发展,工程机械行业的技术水平有了较大提高,挖掘机也得到了飞快的发展。挖掘机由原来的全进口到目前的基本国产化,由原来的个别品牌到现在的多品牌、多种类、多型号,挖掘机的性能也由开始的机液化,发展为机、液、电一体化高科技产品。

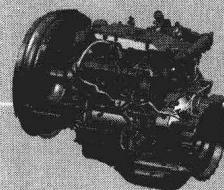
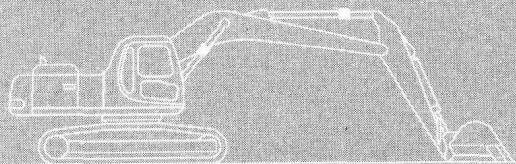
目前,挖掘机机、液、电一体化技术的发展,对挖掘机的使用、维护与修理提出了更高的要求,特别是电子控制技术已广泛应用于挖掘机的各主要系统。挖掘机的源动力系统电控柴油机的应用,使挖掘机的结构、效能、使用寿命等有了较大的提高,对挖掘机降低消耗、减少环境污染起到了关键作用。电控发动机的应用,无疑对维修人员提出了一个新的挑战。维修人员惟有不断地巩固和拓展知识,才能适应当代挖掘机维修的需要。

为了更快、更好、更高地掌握这一技术,我们编写了这本《挖掘机五十铃电喷柴油机构造维修速查手册》。本手册讲述了五十铃电喷柴油机在日本住友挖掘机上的配置应用,主要帮助读者全面了解挖掘机电喷柴油机系统的发展过程,具体讲述了五十铃电喷柴油机系统的结构组成、工作原理和工作过程,又重点具体介绍了电喷柴油机控制系统的维护、维修及故障诊断与排除。为了读者平时维修的方便性和可查性,书中采用了大量的图片,结合实际工作中出现的问题给出了故障诊断的方法、故障诊断的程序,帮助挖掘机维修、保养技术人员快速、准确地排除故障。

本书由李波主编,李文强、李秋、朱永杰、徐文秀、马志梅等人参与编写工作。

由于编者水平有限,在编写过程中难免出现不足与纰漏之处,恳请广大读者批评指正。

编 者



目 录 CONTENTS

第 1 章	PAGE
五十铃电喷柴油机类型	001
1.1 五十铃电喷柴油机的发展阶段及特点	001
1.1.1 柴油机的发展	001
1.1.2 柴油机燃油喷射技术的发展	002
1.1.3 燃油喷射的几种形式	003
1.1.4 共轨燃油喷射系统	005
1.2 电喷发动机的类型及特点	007
1.2.1 电喷发动机的类型	007
1.2.2 电喷发动机的品牌	009
1.2.3 电喷发动机的特点	010
1.2.4 使用中的维护事项	012
第 2 章	PAGE
五十铃 4HK 电喷柴油机原理及特点	014
2.1 电喷柴油机原理	014
2.1.1 电喷原理	014
2.1.2 4HK 电喷共轨燃油系统	016
2.2 4HK 柴油机的特点	017
2.2.1 4HK 燃油系统特点	017
2.2.2 4HK1 电喷柴油发动机与普通柴油机的主要区别	017
2.2.3 4HK1 电喷发动机与 6BG1 普通发动机性能参数的比较	023
2.2.4 4HK 电喷工作过程	024
第 3 章	PAGE
4HK 电喷柴油机的构造组成	026
3.1 电喷柴油机喷油系统	026
3.1.1 电喷喷油系统	026
3.1.2 喷油系统总成件的功能	026
3.1.3 燃油喷射系统（共轨式）主要部件	026

3.2 电控管理系统	036
3.2.1 控制器	036
3.2.2 ECM 对燃油系统的八大控制	038
3.2.3 传感器	044
3.2.4 执行器的电控制	049
3.2.5 发动机控制信息的反馈功能	053
3.2.6 显示器	056
3.3 4HK1 电控柴油发动机机械部分	059
3.3.1 曲轴连杆机构	060
3.3.2 配气机构	063
3.3.3 冷却系统	065
3.3.4 润滑系统	067
3.3.5 进排气系统	070

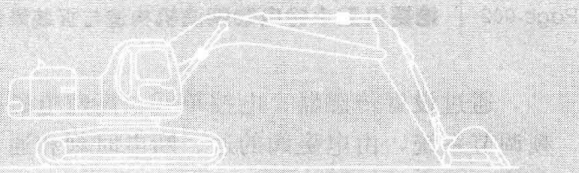
第 4 章	PAGE
电喷柴油机的拆装与维修	072

4.1 燃油电喷系统拆装与维修	072
4.2 电控器件拆装与维修	090
4.2.1 拆装要点	090
4.2.2 故障诊断的基本原则	091
4.2.3 ECM 维修的几种方法	092
4.2.4 发动机电控 ECM (电脑板) 的维修步骤	094
4.2.5 发动机 ECM 装车后的测试	095
4.2.6 电控器件传感器拆装与维修	096
4.2.7 电气系统发电机拆卸与安装	097
4.3 传统机械部分拆装与维修	099
4.3.1 曲轴的拆装维修要点	099
4.3.2 配气机构的拆装维修要点	102
4.3.3 特定部位的螺栓或螺母群	105
4.3.4 发动机润滑系统	107

第 5 章	PAGE
故障诊断	109

5.1 电控发动机故障诊断的一般原则	109
5.2 故障诊断方法	110
5.2.1 4HK 故障流程图诊断方法	110
5.2.2 挖掘机现场故障诊断法	115

5.2.3	使用检测工具诊断故障法	120
5.3	4HK 发动机故障诊断的内容	126
5.3.1	控制系统的故障诊断	126
5.3.2	九大电路图	130
5.3.3	发动机线束分布图	132
5.3.4	E- H 端子编号	132
5.3.5	电控机械系统故障诊断方法	140
5.3.6	发动机故障检查方法二例	150
5.4	发动机 DTC 故障代码	154
5.4.1	发动机 DTC 故障一览表	154
5.4.2	故障修复	164
5.4.3	发动机主要故障症状特征一览表	167
5.4.4	各装置参考值	167
第 6 章		PAGE
住友 210-5五十铃4HK1X故障排除		169
6.1	故障排除步骤的说明	169
6.1.1	故障排除内容的说明	169
6.1.2	故障代码及故障名序列	170
6.2	故障排除	172
参考文献		317



第 1 章 Chapter 1

五十铃电喷柴油机类型

1.1 五十铃电喷柴油机的发展阶段及特点

1.1.1 柴油机的发展

(1) 柴油机电控技术三个阶段

柴油机电控技术是在解决能源危机和排放污染两大难题的背景下在飞速发展的电子技术控制平台上发展起来的。汽油机电控技术的发展为柴油机电控技术的发展提供了宝贵经验。

具体说来，柴油机电控技术发展大致分为三个阶段：位置控制、时间控制、时间-压力控制（压力控制）。

柴油机电控三个阶段	第一代	位置控制	常规压力电控喷油系统	喷油泵-高压管-喷油嘴系统
	第二代	时间控制	高压电磁阀直接控制高压燃油的喷射	喷油泵-高压管-喷油嘴系统
	第三代	时间-压力控制（压力控制）	高压电控喷油系统	电子控制共轨器

第一代柴油机电控燃油喷射系统即为常规压力电控喷油系统，其特点是结构不需要改动，生产继承性好，便于对现有柴油机进行升级换代，但缺点是系统响应慢，控制频率低，控制自由度小，控制精度不高，喷油压力无法独立控制。

第二代电控燃油喷射系统称为时间控制式，是指用高速电磁阀直接控制高压燃油的适时喷射。时间控制式可以是保留原来的喷油泵-高压管-喷油嘴系统，也可以采用新型的产生高压的燃油系统，用高压电磁阀直接控制高压燃油的喷射，喷油始点取决于电磁阀关闭时刻，喷油量取决于电磁阀关闭时间的长短。一般情况下，电磁阀关闭，执行喷油；电磁阀打开，喷油结束。因此，时间控制式既可实现喷油量控制又可以实现喷油定时的控制。时间控制式电控喷油系统中，喷油泵仍采取传统直列泵、单体泵、分配泵的原理，即通过由柴油机曲轴驱动的喷油泵凸轮轴，使柱塞压缩燃油，从而产生高压脉冲，这一脉冲以压力波的形式传至喷油嘴，并顶开针阀。柱塞只承担供油加压的功能。供油量、供油时刻则由高速电磁阀单独完成。因此，供油加压与供油调节在结构上就相互独立。

电控分配泵上采用时间控制式的有：日本丰田公司的 ECD-2 型，电装公司的 ECD-V3 型等；电控泵嘴上采用时间控制式的有：德国 Robert Bosch 公司研制的电控泵喷嘴系统；电控单体泵上采用时间控制式的有：德国 Robert Bosch 公司研制的电控单体泵。

第三代柴油机电控燃油喷射系统称为时间-压力控制式（高压电控喷油系统），是目前国际上最先进的燃油系统。其改变了传统燃油供给系统的组成和结构，主要以电子控制共轨（各种喷油器共用一个高压油管）式喷油系统为特征，直接对喷油器的喷油量、喷油正时、喷油率、喷油规律、喷油压力等进行“时间-压力控制”或“压力控制”。

通过设置传感器、电控单元、高速电磁阀和相关电/液控制执行元件等，组成数字式高频调节系统，由电磁阀的通、断电时刻和通、断电时间控制喷油泵的供油量和供油压时。但供油压力还无法独立控制。

共轨喷油系统摒弃了以往传统使用的泵-管-嘴脉动供油的形式，而拥有一个高压油泵，在柴油机的驱动下，以一定的速比连续将高压燃油输送到共轨（即公共容器）内，高压燃油再由共轨送入各缸喷油器。在这里，高压油泵并不直接控制喷油，而仅仅是向共轨供油以维持所需的共轨压力，并通过连续调节共轨压力来控制喷射压力，采用压力-时间式燃油计量原理，用高速电磁阀控制喷射过程。喷油压力、喷油量及喷油定时由电控单元（ECU）灵活控制。电控共轨喷射系统代表着未来柴油机燃油系统的一个发展方向，这是因为它具有如下鲜明的特点。

- ① 可实现高压喷射。
- ② 喷射压力独立于发动机转速，可以改善发动机低速 / 低负荷性能。
- ③ 可以实现预喷射，调节喷油速率形状，实现理想喷射规律。
- ④ 喷油定时和喷油量可自由选定。
- ⑤ 具有良好的喷射特征。
- ⑥ 结构简单，可靠性好，适应性强。

(2) 按产生高压燃油的机构分类

柴油机电控喷油系统除了上述分类之外，还可以根据其产生高压燃油的机构，分为直列泵电控喷射系统、电控分配泵喷射系统、泵喷嘴电控喷射系统、单体泵电控喷射系统、共轨式电控喷射系统。

1.1.2 柴油机燃油喷射技术的发展

柴油机燃油喷射系统是柴油机的核心，对柴油机的动力性、经济性和排放性能都有着决定性的影响，所以柴油机的技术进步，大多都与喷油系统的进步有着密切的关系。因而柴油机喷油系统在它的发展过程中出现了各种各样的技术。

① 高喷射压力。高喷油压力对于柴油机的工作过程有着重要的影响，提高喷油压力为解决 NO_x 和 PM（微粒）排放的折中关系、同时降低 NO_x 和 PM 排放创造了先决条件。这是因为提高喷油系统压力一方面可以使喷雾细化，另一方面可以增加喷雾的动量，增加了喷雾内部的紊流程度和吸入的空气量，这些都极大地加强了燃油和空气的混合，阻止形成过浓的混合气，降低了 PM 的排放量。另一方面，增加喷油压力可以加快缸内的燃烧过程，所以可以采用较小喷油提前角，缩短滞燃期，从而减少了在滞燃期内生成的大量的 NO_x 和炭烟。

② 油压不受发动机工况影响。传统的泵-管-嘴系统喷油压力受发动机转速的影响很大，所以低速时由于喷油压力低，燃油雾化质量差，使发动机的燃烧恶化，炭烟排放增加，同时限制了发动机空气的利用率，使发动机的低速转矩急剧恶化。采用先进的喷油系统（如共轨燃油系统）可以克服这一缺点，使发动机的排放性能和动力性能得到改善。

③ 高度柔性的调节能力（喷油压力、喷油量、喷油定时、喷油率）。由于柴油机的燃烧过程是边混合、边燃烧，所以喷油过程对柴油机的燃烧过程有着很大的影响，甚至是决定性的影响。只有实现对喷油系统高度柔性调节，才能根据发动机的工况，控制燃烧过程，控制缸内的温度和压力，使发动机的排放和其他性能得到综合最优。

④ 多次喷射和小喷油量的精确控制。多次喷射一方面是一种控制柴油机放热率曲线的

有效手段，另一方面也是采用先进燃烧概念和先进尾气后处理技术（如吸附型 NO_x 催化转换器）的必要手段。随着喷油压力的不断提高，给喷油量的控制，特别是小油量的精确控制带来了很大的困难，所以小油量的精确控制是未来柴油机电子控制技术的重要内容，对保证柴油机的工作均匀性具有决定性的意义。

随着柴油机技术和电子控制技术的不断进步，柴油机的燃油供给系统发生了巨大的变化，在发展过程中表现了下列特点。

① 燃油系统出现了多种结构：包括直列泵，可变预行程直列泵，转子泵（轴向压缩、径向压缩），泵喷嘴（EUI、UIS），单体泵（EUP、UPS），共轨系统 CRS（蓄压式、液压式、高压共轨）等。

② 燃油加压原理：由受发动机转速影响的脉动式的喷油加压原理发展为与发动机转速无关的稳定压力喷油。

③ 喷油量控制方式：由传统的位置式控制，发展到时间控制和压力-时间控制方式。

1.1.3 燃油喷射的几种形式

EUI 已被许多主要的发动机制造商广泛采用，如 Detroit Diesel、Caterpillar、John Deere、Cummins、MTU 和 Volvo 等公司。目前，单体式喷油器向燃烧室喷油的压力可以达到 193.1~206.8MPa，各种电控单体式喷油器的电磁阀都由 ECM（电子控制模块）发出的脉冲电信号进行控制，由 ECM 决定喷油的速率、定时、持续时间和结束时刻。

有许多发动机制造商采用了电子控制单体式喷油泵（EUP），采用单体式喷油泵的主要发动机制造商有 Mercedes-Benz、Volvo/Renault VI/Mack、MTU/DDC 等公司。单体式喷油泵就是发动机的每个汽缸单独使用一个喷油泵，每个单体式喷油泵都由发动机的凸轮轴进行驱动，只用很短的高压油管将燃油输送给安装在发动机汽缸盖上的喷油嘴，每个电控单体式喷油泵的电磁阀都由发动机 ECM 发出的脉冲电信号进行控制，由 ECM 决定喷油的速率、持续时间和结束时刻。

目前，全世界仍有数百家发动机制造商采用 Bosch 公司从 1927 年就开始批量生产的基本喷油泵和调速器，当然，现在的喷油泵和喷油器都实现了电子控制，尽管许多仍然还是通过凸轮轴和推杆或顶置凸轮轴进行机械驱动，将燃油压力升高到足以开启喷油嘴或喷油器内由弹簧加载的喷油阀。由 International 公司和 Caterpillar 公司联合设计的液压驱动电子控制单体式喷油器（HEUI）被广泛用于其各自的发动机产品上，在 HEUI 中无须机械驱动，而是由发动机产生的高压润滑油进行驱动。

在柴油机上已经使用的四种基本的机械或电子控制燃油喷射系统是：弹簧加压或蓄能器燃油喷射系统；源于 Bosch 结构的脉动式喷油泵燃油喷射系统；分配泵燃油喷射系统。恒压或共轨燃油喷射系统。

电子控制分配泵燃油喷射系统是根据各种传感器的信息检测出发动机的实际状态，由计算机完成如下控制：一是喷油量控制；二是喷油时间控制；三是怠速转速控制。此外，还有两项附加控制功能：一是故障诊断功能；二是故障应急功能。

根据不同的机型电子控制的具体内容不同。有些机型可以实现上述的喷油量、喷油时间、怠速转速三项控制，有些机型仅对喷油时间进行控制。从原理方面来说，电控分配泵燃油系统的构成，除喷油泵外，和直列泵系统几乎一样。电控分配泵系统按喷油量、喷油时间的控制方法可分为两类：一类是位置控制式；另一类是时间控制式。

① 位置控制式电控分配泵系统 就是将 VE 分配泵（机械分配泵系列）中的机械调速器换成电子控制的执行机构，在博世公司和杰克赛尔公司都曾大量生产。

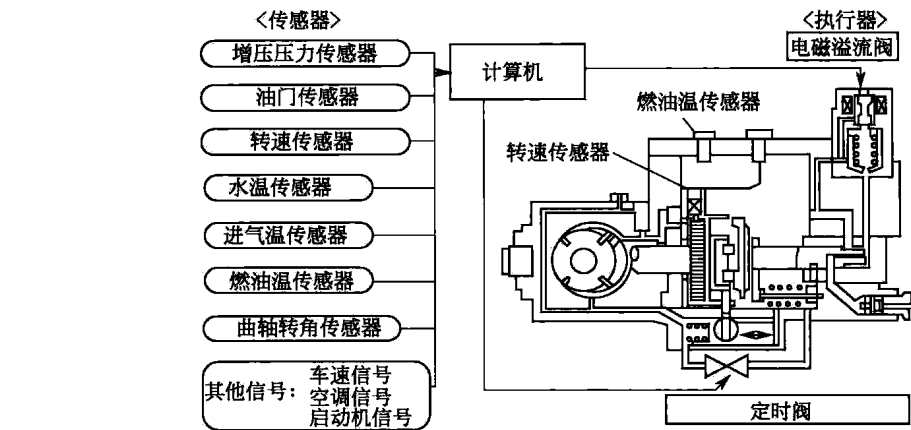


图 1-1 典型的电控分配泵的系统图

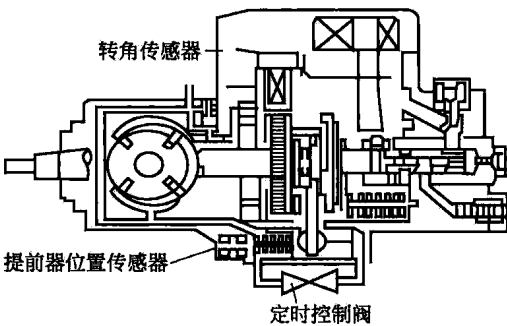


图 1-2 电控分配泵——位置控制式

位置控制式电控分配泵系统的结构如图 1-1 所示。采用旋转螺线圈式执行机构，由于转子的旋转，改变轴下端的偏心球的位置来控制溢油环的位置。工作原理如图 1-2 所示。

② 时间控制式电控分配泵系统（图 1-3） 微型计算机内设有时钟，通过时钟，控制喷油终了时间，从而控制喷油量。控制喷油终了的执行机构是电磁阀，对每次喷油都可以进行控制，因此，可以取消其他的喷油量控制机构。另外，在时间控制方式中，电子回路比较简单。

典型的时间控制式分配泵产品有：日本电装公司的 ECD-V3 型分配泵、德国博世公司的 VP44 型分配泵等。

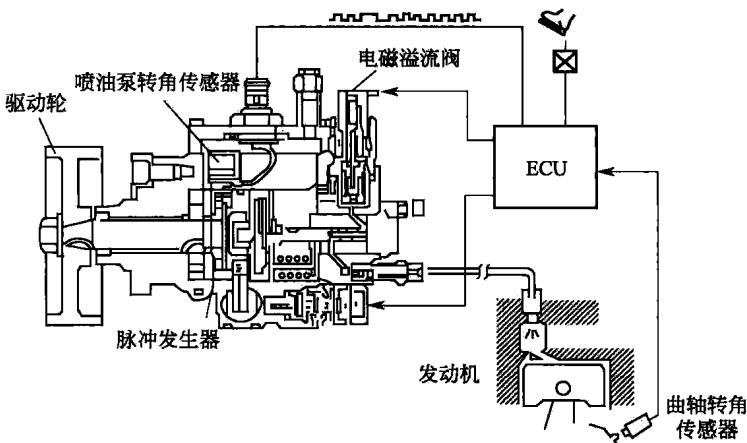


图 1-3 时间控制式电控分配泵系统

③ 电控高压共轨燃油系统 20 世纪 90 年代研制出了一种全新的燃油喷射系统——电控共轨燃油系统。在其问世不久，就显示出巨大的优越性。

通过各种传感器检测出发动机的实际运行状态，通过计算机的计算和处理，可以对喷油量、喷油时间、喷油压力和喷油率进行最佳控制。

典型的高压电控共轨燃油系统到目前为止，最具有代表性的有：图 1-4 所示的日本电装公司的 ECD-U2 系统和图 1-5 所示的 UNIJET 系统等。

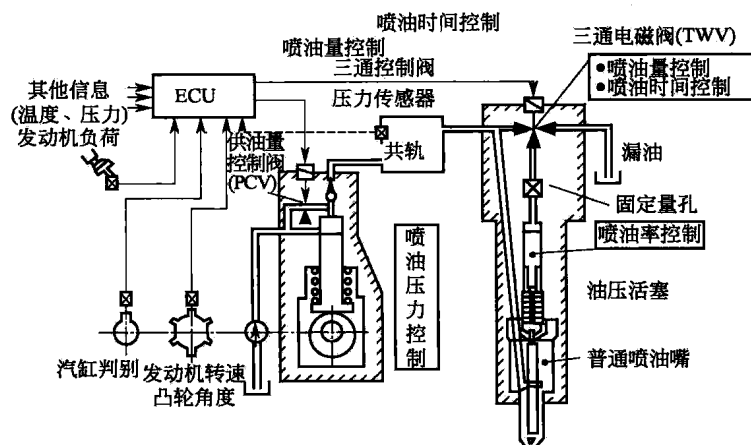


图 1-4 ECD-U2 共轨系统（早期）

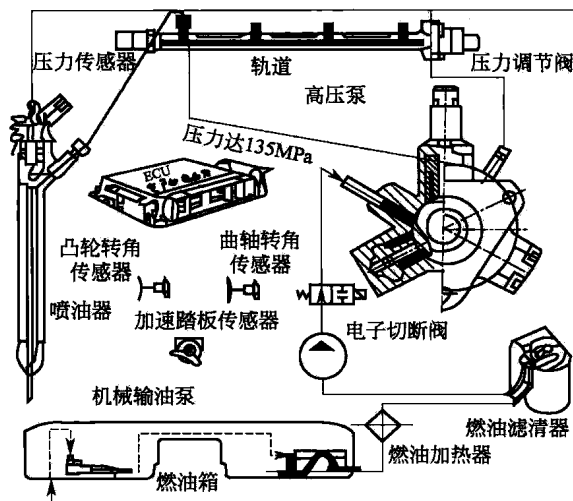


图 1-5 UNIJET 型电控共轨燃油系统

1.1.4 共轨燃油喷射系统

目前，最广泛采用的一种燃油喷射系统是电子控制共轨燃油喷射系统，现在全球许多主要的发动机制造商都在这一点达成共识。

“共轨”一词大约与柴油机同时出现，其基本含义是将燃油从共同油管或油轨以高压供给所有喷油嘴或喷油器。在 Diesel 的原型发动机上，利用高压空气将经过机械机构计量的柴油以细碎的油雾带入发动机汽缸，美国最早出现的机械式共轨喷油系统发动机是由 Atla-

Imperial 柴油机公司于 1919 年制造的。多柱塞泵将燃油输送到蓄能器中，由限压阀将公共油轨中的燃油压力保持在 $344\sim 758\text{kPa}$ 。

类似的共轨燃油喷射系统已经被使用了很多年，该系统有进油和回油两根油管，进油管向喷油器总成供应高压燃油，回油管接收由喷油器总成溢流的燃油。早期的发动机将两根油管平行固定在汽缸盖的外部，后来的发动机将两根油管沿着汽缸盖长度方向铸造在汽缸盖中。进油管中的燃油压力随发动机的转速而变，因为由齿轮驱动的油泵的流量与发动机的转速成比例变化，最大燃油压力由设在燃油泵中的限压阀通过将高压燃油流回吸油口一侧进行控制，根据系统的不同，最大燃油压力一般保持在 $345\sim 758\text{kPa}$ 。因此，通常将其归类为低压燃油系统，喷油器内的喷油高压是由摇臂总成驱动产生的。MUI 喷油系统喷油压力的范围一般是 $129.3\sim 156.5\text{MPa}$ ，这些共轨喷油系统已经被 DetroitDiesel 公司和 Caterpillar 公司使用了多年。

另一种独特的低压机械式喷油系统是被 Cummins 发动机公司用于部分型号发动机上的压力时间 (PT) 系统，其工作原理与共轨燃油喷射系统有些相似，由一个齿轮泵向旋转柱塞供油，机械调速器根据发动机的转速和负荷调节柱塞的位置，燃油在压力作用下通过汽缸盖中的油道供给喷油器，发动机的转速决定了供油压力，供油压力又受限压阀控制，喷油器中的燃油计量时间决定了喷油量和喷油时间，PT 系统还能通过改变燃油泵的燃油旁通截面尺寸来改变燃油压力，在满负荷调速转速下，系统的共轨压力一般为 $1034\sim 2068\text{kPa}$ ，而 PT 系统的喷油压力一般在 $129.3\sim 149.6\text{MPa}$ 范围内。现在，在大多数 Cummins 发动机上，PT 燃油系统已被新型电子控制燃油系统所取代。

① 蓄能器燃油喷射系统 目前，Cummins 发动机公司在其 ISC、QSC 8.3 和 ISL 等型号发动机上采用了 Cummins 蓄能器燃油喷射系统 (CAPS)，这种电子控制喷油系统的供油压力范围为 $34\sim 102\text{MPa}$ ，该系统能够对喷油量和定时 (开始、持续和结束) 进行电子控制，该系统还能在低怠速与高怠速设定值之间进行调速控制。系统中采用了许多发动机传感器，这些传感器与 Cummins 电子控制模块 (ECM) 相连。

② 脉动式喷油泵燃油系统 由 Bosch 公司及其授权公司自 1927 年开始生产的喷油泵-高压油管-喷油嘴 (PLZ) 燃油喷射系统就是典型的脉动式喷油泵系统。这些机械控制或电子控制的喷油泵有一根由发动机驱动的凸轮轴，凸轮轴位于喷油泵壳体底座内，在多缸发动机上，凸轮的凸起驱动一系列垂直布置的泵油柱塞进行上下运动，将燃油压力提升到足够高后输送给喷油嘴，再由喷油嘴喷入燃烧室中。脉动式喷油泵系统经过多年使用，其喷油压力范围已达 $103.4\sim 137.9\text{MPa}$ ，可以配用不同形式的机械调速器或 Bosch 公司的电子柴油机控制 (EDC) 系统，这种最为普及的燃油系统已经并将继续被广泛地用于全球的柴油机上。

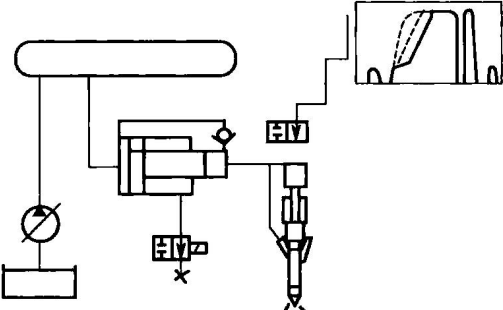
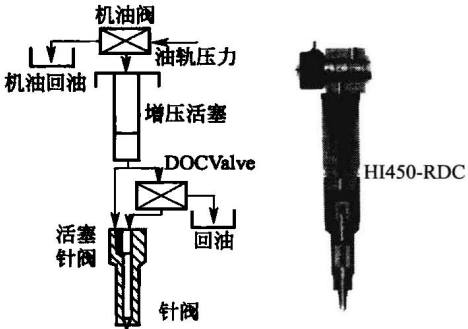
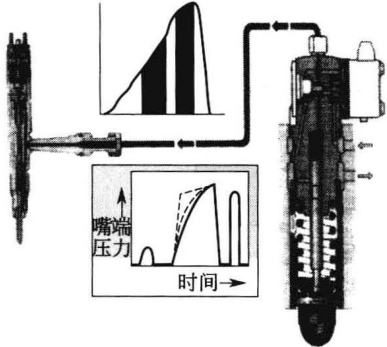
③ 分配式喷油泵系统 分配泵小巧而紧凑，由比利时人 Francois Feyens 于 1914 年获得专利，这种喷油系统利用一个旋转的分配转子将经过计量的燃油送入汽缸，其设计原理源于汽油机上的分电器转子，但它分配的不是高压电，而是按照发动机发火次序将高压柴油供给各缸喷油嘴。有些分配式喷油泵采用两个或多个泵油柱塞来产生所需的喷油高压，另有一些分配式喷油泵则采用一边做往复运动一边做旋转运动的单个泵油柱塞向喷油嘴供油。目前，分配式喷油泵被用于轻型、小功率、小排量柴油车以及小到中功率工业用柴油机，这些分配式喷油泵 (由于尺寸太小) 的泵油能力受到限制，喷油压力大约只及电子控制单体式喷油器的一半，新型分配式喷油泵已经实现了电子控制，喷油压力大约为 96.5MPa 。

1.2 电喷发动机的类型及特点

1.2.1 电喷发动机的类型

表 1-1 所示是三种典型的先进柔性高压喷油系统的原理。分别是 Bosch 公司的增压活塞共轨系统（APCRS 系统）、卡特彼勒公司的 HEUI-CRD 系统以及 Delphi（德尔福）公司的 E3-EUI 系统。这几个系统具有下列共同的特点。

表 1-1 三种典型先进柔性高压喷油系统原理

厂 牌	特 点	系 统 图
Bosch 喷油系统的不同技术概念	①带压力放大的共轨系统 ②每缸两阀 ③油轨, 压力可达 1000bar, 灵活选择 ④2000bar (具有 2400bar 的潜力)	Bosch 的 APCRS 系统(增压活塞共轨系统) 
卡特(CAT)喷油系统的不同技术概念	①带压力放大的共轨系统 ②每缸两阀 ③机油油轨, 压力可达 380bar, 灵活选择 ④2000 bar (具有 2400bar 的潜力)	卡特彼勒公司的 HEUI-CRD 系统(液压驱动电与控制泵喷嘴, RDI 减少直径) 
德尔福(Delphi)喷油系统的不同技术概念	①凸轮驱动系统 ②每缸两阀 ③凸轮, 不可灵活选择, 取决于转速和负荷 ④2000bar (具有 2400bar 的潜力)	Delphi 公司的 E3-EUI 系统(电子控制泵喷嘴) 

- ① 在结构上都采用了两个控制电磁阀，一个用于喷油压力的控制（PCV），另一个用于喷油时刻和喷油量的控制（SCV）。
- ② 都具有超过 2000bar（1bar=10⁵ Pa）的喷油压力，并具有达到 2400bar 喷油压力的潜力。
- ③ 具有实现多次喷射的能力。
- ④ 与共轨喷油系统相比，喷油压力控制的瞬态响应很快，在发出控制指令的下一个循环就可以实现对喷油压力的控制，因而避免了传统共轨系统中变工况时因油轨压力滞后产生的油量控制误差和转速的瞬时波动。
- ⑤ 通过两个控电磁阀的配合可以实现喷射速率的柔性调节。

图 1-6 是高压共轨系统组成图，图 1-7 是高压共轨系统控制系统组成和控制功能图。

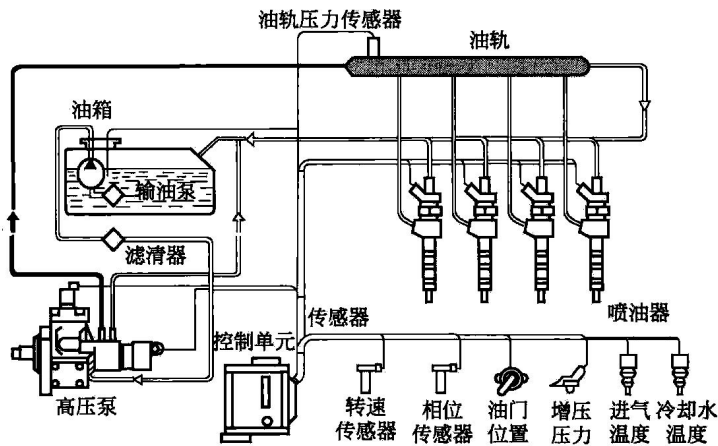


图 1-6 高压共轨系统组成图

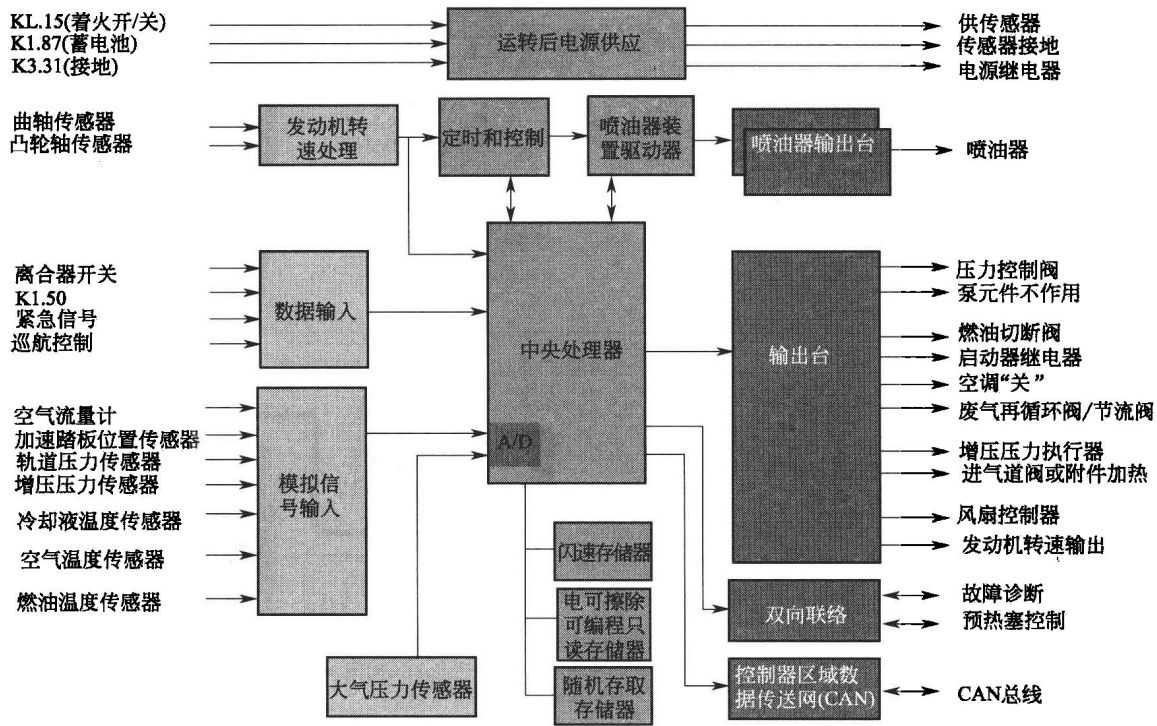


图 1-7 高压共轨系统控制系统组成和控制功能图

图 1-8 是 Bosch 的增压活塞共轨系统 (APCRS 系统) 的原理图。燃油经加压后进入油轨, 然后经高压管进入各缸的喷油器。燃油在喷油器内分为两路: 一路进入增压活塞上部的油腔并经节流孔进入增压活塞内部, 后经喷油压力控制阀流回油箱; 另一路经单向阀进入增压活塞小头的油腔、针阀压力室并经节流孔流入控制活塞上部的控制油腔内。由于增压活塞的增压作用, 被单向阀隔离的部分燃油压力升高, 使喷油压力可以达到 2000bar 以上, 由于高压部分位于喷油器内, 所以提高了系统的可靠性。喷油压力的控制是通过喷油压力控制阀 (PCV) 实现的, 改变控制信号就可以控制增压活塞大头、下油腔的压力差大小, 从而控制作用在增压活塞小头油腔内燃油上的压力, 使针阀压力室内的喷射油压发生改变。喷油控制阀 (SCV) 的工作原理与普通的共轨系统的高速电磁阀的工作原理相同, 即当 SCV 断电时, 由于燃油压力产生的作用于控制活塞上部的压力大于作用于针阀承压面上的压力, 所以喷油器不喷油; 当 SCV 通电时, 由于控制活塞上部油腔进油节流孔小于出油节流孔, 所以控制活塞上部油腔内油压降低, 控制活塞上部的压力迅速减小, 针阀迅速开启并喷油。通过多次接通 SCV, 就可以实现多次喷油。如果与压力控制阀 (PCV, 也称供油泵控制阀) 配合, 就可以实现不同形状的主喷射速率曲线。