



# 目 录

## 项目一 汽车柴油机电控系统认知

任务目标 .....	( 3 )
任务描述 .....	( 3 )
● 任务内容 .....	( 3 )
● 实施条件 .....	( 4 )
任务实施 .....	( 4 )
步骤一 区分汽车柴油机电控燃油喷射系统 .....	( 4 )
步骤二 认识汽车柴油机电控泵喷嘴系统 .....	( 6 )
步骤三 认识汽车柴油机电控单体泵系统 .....	( 8 )
步骤四 认识汽车柴油机电控高压共轨系统 .....	( 10 )
巩固与拓展 .....	( 14 )

## 项目二 汽车电控柴油机油路检修

任务 2.1 低压油路检修 .....	( 17 )
任务目标 .....	( 17 )
任务描述 .....	( 17 )
● 任务内容 .....	( 17 )
● 实施条件 .....	( 18 )
任务实施 .....	( 18 )
步骤一 拆检共轨柴油机低压油路主要零部件 .....	( 18 )
步骤二 分析低压油路常见故障 .....	( 25 )
步骤三 快速检查低压油路 .....	( 25 )
步骤四 更换滤清器及排气 .....	( 26 )
步骤五 燃油滤清器放水 .....	( 27 )
巩固与拓展 .....	( 30 )



任务 2.2 高压油路检修	( 32 )
任务目标	( 32 )
任务描述	( 32 )
● 任务内容	( 32 )
● 实施条件	( 32 )
任务实施	( 33 )
步骤一 拆检共轨柴油机高压油路主要零部件	( 33 )
步骤二 分析高压油路常见故障	( 43 )
步骤三 测量共轨压力	( 44 )
步骤四 拆装喷油器	( 44 )
步骤五 确认喷油器的型号、配件号及修正码	( 45 )
巩固与拓展	( 51 )

### 项目三 汽车柴油机电控系统传感器检修

任务 3.1 曲轴位置传感器检修	( 55 )
任务目标	( 55 )
任务描述	( 55 )
● 任务内容	( 55 )
● 实施条件	( 56 )
任务实施	( 56 )
步骤一 确认安装位置	( 56 )
步骤二 认识曲轴位置传感器	( 57 )
步骤三 检测曲轴位置传感器	( 58 )
步骤四 维修与更换	( 60 )
巩固与拓展	( 61 )
任务 3.2 凸轮轴位置传感器检修	( 62 )
任务目标	( 62 )
任务描述	( 62 )
● 任务内容	( 62 )
● 实施条件	( 62 )
任务实施	( 62 )
步骤一 确认安装位置	( 62 )





步骤二 认识凸轮轴位置传感器.....	( 64 )
步骤三 检测凸轮轴位置传感器.....	( 66 )
步骤四 维修与更换.....	( 67 )
巩固与拓展.....	( 68 )
<b>任务 3.3 加速踏板位置传感器检修.....</b>	<b>( 69 )</b>
任务目标.....	( 69 )
任务描述.....	( 69 )
● 任务内容.....	( 69 )
● 实施条件.....	( 69 )
任务实施.....	( 70 )
步骤一 认识加速踏板位置传感器.....	( 70 )
步骤二 读取故障码.....	( 71 )
步骤三 读取、分析加速踏板位置传感器的数据流.....	( 71 )
步骤四 检测加速踏板位置传感器.....	( 72 )
巩固与拓展.....	( 75 )
<b>任务 3.4 冷却液温度传感器检修.....</b>	<b>( 76 )</b>
任务目标.....	( 76 )
任务描述.....	( 76 )
● 任务内容.....	( 76 )
● 实施条件.....	( 76 )
任务实施.....	( 76 )
步骤一 认识冷却液温度传感器.....	( 76 )
步骤二 读取故障码.....	( 78 )
步骤三 读取、分析冷却液温度传感器的数据流.....	( 78 )
步骤四 检测冷却液温度传感器.....	( 79 )
步骤五 维修与更换.....	( 80 )
巩固与拓展.....	( 81 )
<b>任务 3.5 共轨压力传感器检修.....</b>	<b>( 83 )</b>
任务目标.....	( 83 )
任务描述.....	( 83 )
● 任务内容.....	( 83 )



● 实施条件 .....	( 83 )
任务实施 .....	( 83 )
步骤一 认识共轨压力传感器 .....	( 83 )
步骤二 读取故障码 .....	( 85 )
步骤三 读取、分析共轨压力传感器的数据流 .....	( 86 )
步骤四 检测共轨压力传感器 .....	( 86 )
步骤五 维修与更换 .....	( 87 )
巩固与拓展 .....	( 88 )
任务 3.6 增压压力及温度传感器检修 .....	( 89 )
任务目标 .....	( 89 )
任务描述 .....	( 89 )
● 任务内容 .....	( 89 )
● 实施条件 .....	( 89 )
任务实施 .....	( 89 )
步骤一 认识增压压力及温度传感器 .....	( 89 )
步骤二 读取故障码 .....	( 91 )
步骤三 读取、分析增压压力及温度传感器的数据流 .....	( 92 )
步骤四 检测增压压力及温度传感器 .....	( 92 )
步骤五 维修与更换 .....	( 93 )
巩固与拓展 .....	( 96 )
任务 3.7 燃油含水率传感器检修 .....	( 97 )
任务目标 .....	( 97 )
任务描述 .....	( 97 )
● 任务内容 .....	( 97 )
● 实施条件 .....	( 97 )
任务实施 .....	( 97 )
步骤一 认识燃油含水率传感器 .....	( 97 )
步骤二 测量传感器电压值 .....	( 98 )
步骤三 测量传感器电阻值 .....	( 98 )
步骤四 检查外线路 .....	( 99 )
巩固与拓展 .....	( 103 )





## 项目四 汽车柴油机电控系统执行器检修

任务 4.1 共轨压力调节阀检修	(107)
任务目标	(107)
任务描述	(107)
● 任务内容	(107)
● 实施条件	(108)
任务实施	(108)
步骤一 认识共轨压力调节阀	(108)
步骤二 确认安装位置	(111)
步骤三 检修进油计量比例电磁阀	(112)
巩固与拓展	(115)
任务 4.2 喷油器电磁阀检修	(116)
任务目标	(116)
任务描述	(116)
● 任务内容	(116)
● 实施条件	(116)
任务实施	(116)
步骤一 认识喷油器电磁阀	(116)
步骤二 确认喷油器的型号、配件号及修正码	(120)
步骤三 读取故障码	(122)
步骤四 测量喷油器电磁阀电阻值	(122)
步骤五 测量喷油器电磁阀电压值	(122)
步骤六 测量喷油器电磁阀波形	(123)
步骤七 写、读喷油器 IQA 修正码	(124)
巩固与拓展	(134)
任务 4.3 电控预热系统检修	(135)
任务目标	(135)
任务描述	(135)
● 任务内容	(135)
● 实施条件	(135)
任务实施	(135)
步骤一 认识柴油机预热系统	(135)



步骤二 观察预热指示灯 .....	( 138 )
步骤三 测量预热塞电压值及电阻值 .....	( 139 )
步骤四 检查预热继电器及控制器的电路 .....	( 139 )
巩固与拓展 .....	( 141 )
<b>任务 4.4 电控 EGR 系统检修</b> .....	( 142 )
任务目标 .....	( 142 )
任务描述 .....	( 142 )
● 任务内容 .....	( 142 )
● 实施条件 .....	( 142 )
任务实施 .....	( 142 )
步骤一 认识电控 EGR 系统 .....	( 142 )
步骤二 读取故障码 .....	( 149 )
步骤三 读取、分析数据流 .....	( 149 )
步骤四 检修 EGR 系统 .....	( 150 )
巩固与拓展 .....	( 163 )
<b>任务 4.5 电控节气门翻板系统检修</b> .....	( 165 )
任务目标 .....	( 165 )
任务描述 .....	( 165 )
● 任务内容 .....	( 165 )
● 实施条件 .....	( 165 )
任务实施 .....	( 165 )
步骤一 认识电控节气门翻板系统 .....	( 165 )
步骤二 检查外观 .....	( 168 )
步骤三 读取故障码、数据流 .....	( 168 )
步骤四 检修电磁阀 .....	( 168 )
巩固与拓展 .....	( 171 )
<b>任务 4.6 电控可变截面增压 VGT 系统检修</b> .....	( 173 )
任务目标 .....	( 173 )
任务描述 .....	( 173 )
● 任务内容 .....	( 173 )
● 实施条件 .....	( 173 )
任务实施 .....	( 173 )





步骤一 认识废气涡轮增压系统·····	( 173 )
步骤二 检查外观·····	( 183 )
步骤三 读取故障码、数据流·····	( 183 )
步骤四 检查 VGT 电磁阀·····	( 184 )
巩固与拓展·····	( 189 )

## 项目五 汽车柴油机电控系统控制器检修

任务目标·····	( 193 )
任务描述·····	( 193 )
● 任务内容·····	( 193 )
● 实施条件·····	( 193 )
任务实施·····	( 194 )
步骤一 认识博世共轨系统控制器·····	( 194 )
步骤二 分析 ECU 的电源电路及搭铁电路 ( 外围电路 )·····	( 197 )
步骤三 检测 ECU 电源电路·····	( 202 )
步骤四 维修 ECU 电源电路·····	( 203 )
巩固与拓展·····	( 213 )

## 项目六 汽车柴油机电控系统典型故障诊断与排除

任务 6.1 电控柴油机启动不着车故障诊断与排除·····	( 217 )
任务目标·····	( 217 )
任务描述·····	( 218 )
● 任务内容·····	( 218 )
● 实施条件·····	( 218 )
任务实施·····	( 218 )
步骤一 确认故障现象·····	( 218 )
步骤二 分析故障原因·····	( 218 )
步骤三 故障诊断与排除·····	( 219 )
巩固与拓展·····	( 230 )
任务 6.2 电控柴油机冒黑烟故障诊断与排除·····	( 232 )
任务目标·····	( 232 )
任务描述·····	( 232 )





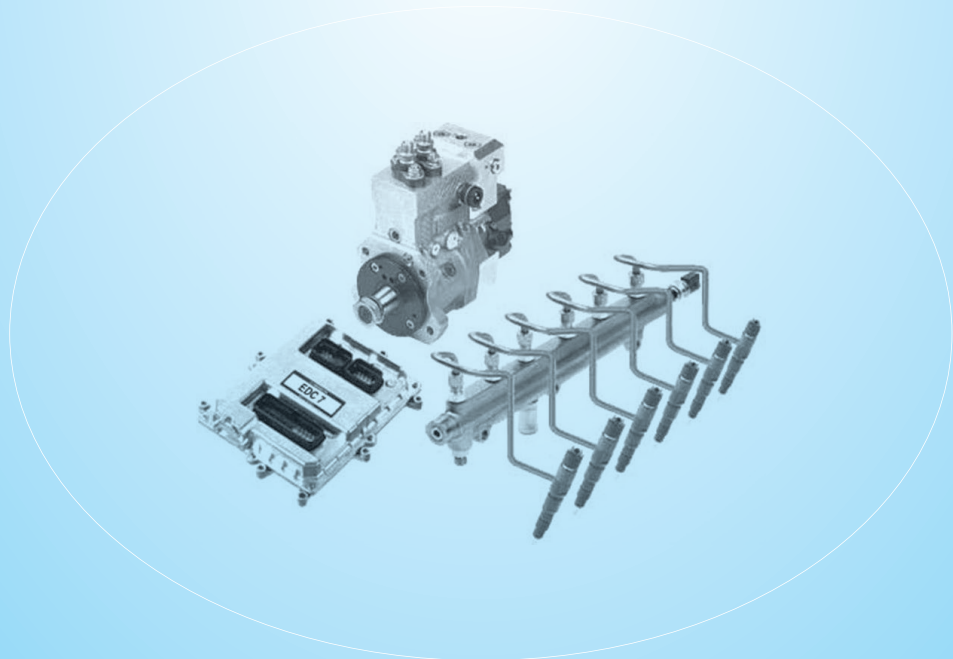
● 任务内容 .....	( 232 )
● 实施条件 .....	( 232 )
任务实施 .....	( 232 )
步骤一 确认故障现象 .....	( 232 )
步骤二 分析故障原因及诊断方法 .....	( 233 )
巩固与拓展 .....	( 239 )
任务 6.3 电控柴油机动力不足故障诊断与排除 .....	( 241 )
任务目标 .....	( 241 )
任务描述 .....	( 241 )
● 任务内容 .....	( 241 )
● 实施条件 .....	( 241 )
任务实施 .....	( 241 )
步骤一 确认故障现象 .....	( 241 )
步骤二 分析故障原因及诊断方法 .....	( 242 )
巩固与拓展 .....	( 253 )

## 参考文献



# 项目一

## 汽车柴油机电控系统认知





2008年7月1日,我国车用柴油机开始执行国Ⅲ排放标准,传统柴油机必须加装电控系统。能够满足国Ⅲ排放标准的主流技术路线是电控高压共轨系统、电控单体泵系统以及电控泵喷嘴系统,其中,电控高压共轨系统由于具有技术先进、升级潜力大的优点,在市场占有主导地位。

2013年7月1日,我国车用柴油机开始执行国Ⅳ排放标准,相比较国Ⅲ排放标准,国Ⅳ标准要求为国Ⅲ限值的基础上,氮氧化物( $\text{NO}_x$ )进一步降低30%,颗粒物(PM)降低80%,CO、HC及烟度也均有一定程度的降低。2018年1月1日,我国车用柴油机将全部执行国Ⅴ排放标准。

为实现国Ⅳ及以上排放标准,常见的两种后处理技术路线为:选择性还原催化(Selective Catalytic Reduction, SCR)技术、废气再循环(Exhaust Gas Recirculation, EGR)+柴油颗粒过滤器(Diesel Particulate Filter, DPF)技术。SCR技术路线先通过机前处理、机内净化,降低PM,同时允许 $\text{NO}_x$ 有一定程度的升高,升高的 $\text{NO}_x$ 用SCR系统催化还原,达到同时降低 $\text{NO}_x$ 和PM的目的。而EGR+DPF技术路线先通过废气再循环EGR技术降低 $\text{NO}_x$ 的排放,同时允许PM有一定程度的升高,升高的颗粒物PM用颗粒捕捉器DPF捕集,也可以实现同时降低 $\text{NO}_x$ 和PM的效果。目前,两种技术路线在国Ⅳ及国Ⅴ柴油机上都有应用。

## 任务目标

通过本任务的学习,学生应达到以下目标:

- 了解汽车柴油机电控燃油喷射系统的种类;
- 熟悉汽车柴油机电控泵喷嘴系统;
- 熟悉汽车柴油机电控单体泵系统;
- 掌握汽车柴油机电控高压共轨系统。

## 任务描述

### ● 任务内容

利用长城GW2.8TC、潍柴WP10.336增压共轨柴油机试验台或整车,熟



悉国Ⅲ、国Ⅳ柴油机应用的电控系统，对市场占有率最大的电控高压共轨系统进行重点掌握。

### ● 实施条件

1. 长城 GW2.8TC 增压共轨柴油机试验台。
2. 潍柴 WP10.336 增压共轨柴油机试验台。

## 任务实施

### 步骤一 区分汽车柴油机电控燃油喷射系统

#### 做一做

以学习小组为单位，通过查阅相关学习资料、观看教材网站的课程资源，以及现场观摩汽车柴油机等途径，更多地了解有关汽车柴油机燃油喷射系统的知识。同学们将有关知识进行系统整理后，在小组之间交流。

#### 相关知识

汽车柴油机燃油喷射技术已实现了由传统的纯机械操纵式喷油向现代的电控控制式喷油过渡。而现代电控燃油喷射技术的崛起，则得益于计算机技术和传感器检测技术的迅猛发展。

柴油机电子控制技术始于 20 世纪 70 年代。自 20 世纪 80 年代以来，德国博世公司、日本电装公司、英国卢卡斯公司、奔驰汽车公司、美国通用的底特律柴油机公司、康明斯公司、卡特彼勒公司、日本五十铃汽车公司及小松制作所等都竞相开发新产品并投放市场，以满足日益严格的排放法规要求。

柴油机电控技术发展经历了位置类控制、时间类控制、时间—压力类控制三个阶段。

#### 1. 位置类控制

位置类控制系统不仅保留了传统的喷油泵、高压油管及喷油器，还保留了原喷油泵中的齿条、滑套、柱塞上的斜槽等控制油量的机械传动机构，只是对齿条或者滑套的运动位置予以电子控制。

供油量的“位置类控制”特点是用模拟量来控制执行元件工作，通过对喷油泵油量控制机构的定位来得到所需的供油量。无论采用何种类型的电子调速器，都需要由部分机械装置来完成对喷油泵供油量的调节，因此降低了控制精度和响应速度。

带电子调速器的直列泵、电控分配泵都属于位置类控制。目前，国Ⅲ、



国IV柴油机几乎没有采用位置类控制的。

## 2. 时间类控制

时间类控制系统供油仍维持传统的脉动式柱塞泵油方式，但是用高速强力电磁阀直接控制高压燃油，一般情况下，电磁阀关闭，开始喷油；电磁阀打开，喷油结束。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的持续时间。传统喷油泵中的齿条、滑套、柱塞上的斜槽和供油提前角自动调整装置等全部取消，对喷射正时、喷油量控制的自由度更大。

电控单体泵系统（图 1-1）、电控泵喷嘴系统（图 1-2）就属于时间类控制。目前，国内生产的成都威特、亚新科南岳以及德国博世（Bosch）、美国德尔福（Delphi）电控单体泵系统，在部分国III柴油机配套使用，而电控泵喷嘴系统在国内柴油机应用较少。

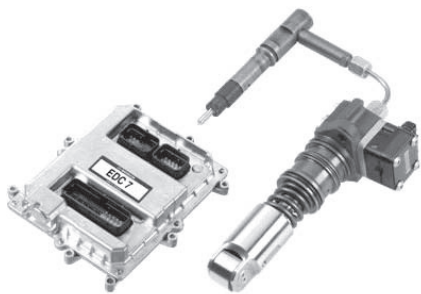


图 1-1 电控单体泵系统



图 1-2 电控泵喷嘴系统

## 3. 时间—压力类控制

在时间类控制的基础上，增加对燃油喷射压力的控制（如电控高压共轨系统），将燃油高压建立过程和燃油喷射过程在时序上完全分开，实现喷油量、喷油正时、喷油规律及喷油压力更加灵活、柔性的控制。

目前，国III及以上排放标准的柴油机广泛应用的电控高压共轨系统（图 1-3）就属于时间—压力类控制。

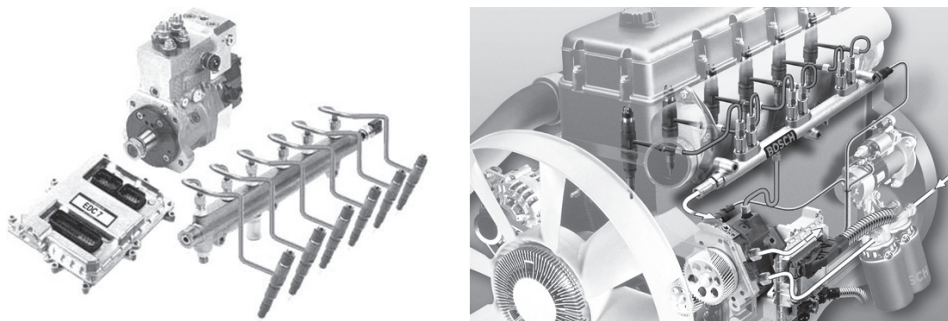


图 1-3 电控高压共轨系统

笔记

## 笔记

## 步骤二 认识汽车柴油机电控泵喷嘴系统

## 做一做

以学习小组为单位，在教师的指导下对电控喷油嘴进行拆装，在拆装过程中记录各零部件的名称，了解系统组成。

## 相关知识

## 一、系统组成

电控泵喷嘴（图 1-4）就是将泵油柱塞和喷油嘴合成一体，安装在缸盖上（图 1-5）。电控泵喷嘴系统由于无高压油管，所以可以消除长的高压油管中压力波动和燃油压缩的影响，高压容积大大减少，因此喷射压力可以很高。它的驱动机构比较特殊，一般采用凸轮轴的凸轮驱动摇臂的一端，摇臂的另一端驱动泵喷嘴（图 1-6），因此，电控泵喷嘴系统最适宜与顶置式凸轮驱动方式匹配。正是由于受到顶置凸轮轴布置的限制，目前国Ⅲ及以上排放标准的柴油机较少采用电控泵喷嘴系统。



图 1-4 电控泵喷嘴

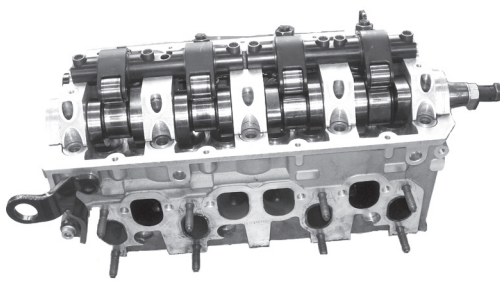
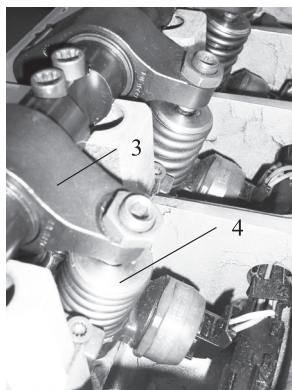
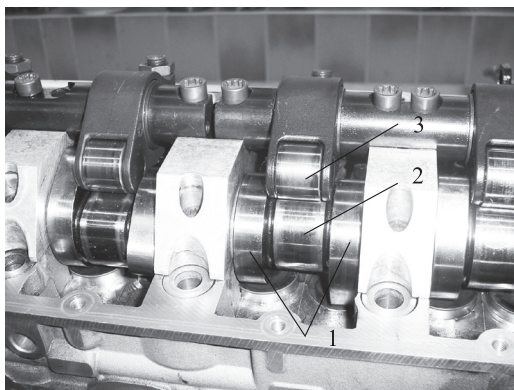


图 1-5 电控泵喷嘴用的缸盖总成



1—驱动气门的凸轮；2—驱动泵喷嘴传动摇臂的凸轮；3—驱动泵喷嘴的摇臂总成；4—泵喷嘴

图 1-6 电控泵喷嘴的驱动

电控泵喷嘴系统主要由泵喷嘴、驱动摇臂机构、电子控制单元（ECU）、各种传感器等组成，如图 1-7 所示。博世电控泵喷嘴燃油喷射系统如图 1-8 所示（博世泵喷嘴系统在国内应用较少，主要推广共轨系统）。

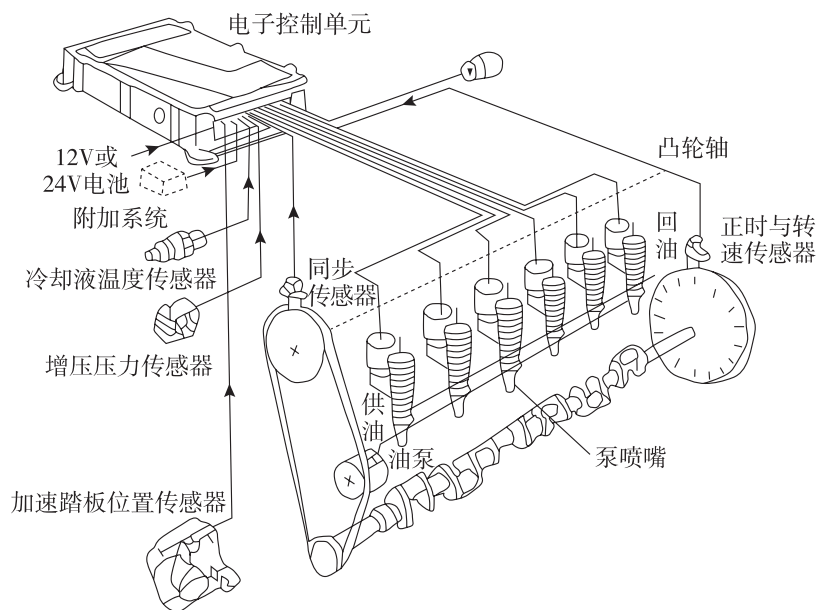


图 1-7 电控泵喷嘴燃油系统组成

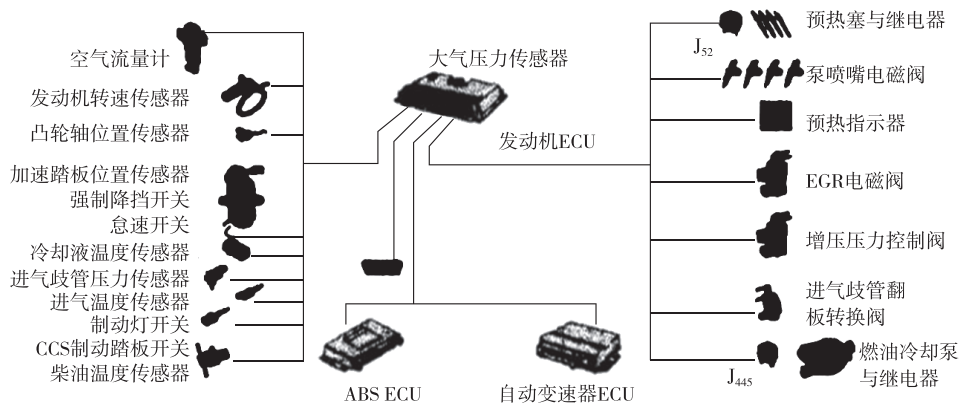


图 1-8 博世电控泵喷嘴燃油喷射系统组成

电控泵喷嘴系统的特点是燃油压力升高仍然是机械式的，喷油始点和终点由电磁阀控制，即发动机 ECU 通过对电磁阀的控制可以实现对喷油量、喷油正时的精确控制。

## 二、结构特点

(1) 采用大容量齿轮式供油泵，确保将燃油稳定地供给到安装在气缸盖内部的喷油器。

笔记

 笔记

(2) 主供油管和气缸盖上的各个喷油器之间由支管连接, 溢出燃油通过连接各喷油器的回油管并经调压阀排出到气缸盖外部。

(3) ECU 可直接安装在发动机机体上, 缩短了线束长度。为了减少因发动机引起的振动, 采用橡胶固定, 同时, 采用燃油冷却 ECU 的背面(与博世 EDC7 系统类似)。

(4) ECU 根据安装在飞轮外壳上的曲轴位置传感器以及凸轮轴位置传感器检测到的发动机转速、曲轴位置、一缸压缩上止点、加速踏板位置传感器信号及其他传感器信号进行最佳燃油喷射控制。

(5) 泵喷嘴内部的柱塞通过摇臂由凸轮轴驱动, 压缩燃油, 建立高压。

(6) 喷油器的高速电磁阀是常开的, 燃油通过气缸盖内部的油路流动; 但电磁阀关闭时, 柱塞开始向喷油嘴压油, 燃油从喷油嘴喷入气缸; 当电磁阀打开时, 回油开始, 喷油结束。

(7) 因为取消了高压油管, 不仅可以实现高压喷射, 而且可以通过适当组合喷油嘴的喷孔流通截面积和驱动凸轮的形状, 使喷油率的形状缓慢上升, 减少预喷射期间的喷油量, 降低发动机的燃烧噪声。

### 步骤三 认识汽车柴油机电控单体泵系统

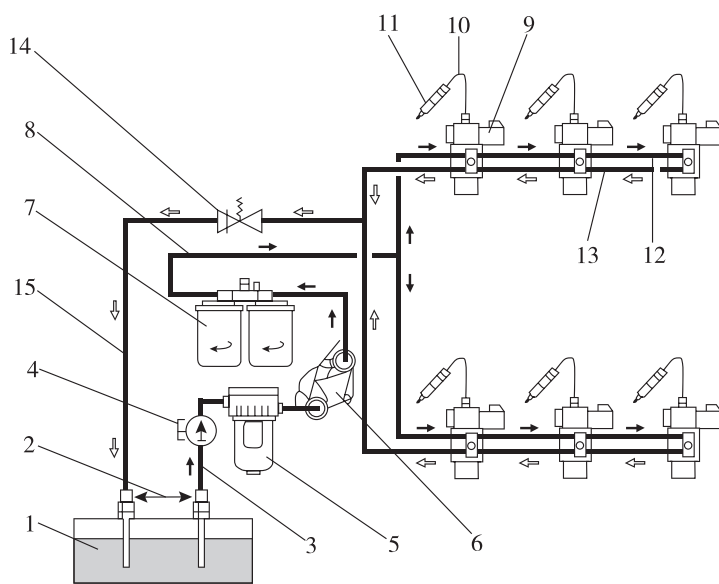
 做一做

以学习小组为单位, 识读如图 1-9 所示的道依茨 TCD2015 柴油机电控单体泵燃油喷射系统图和如图 1-10 所示的电控单体泵系统工作原理图, 然后推举 1 人代表小组进行交流。

 相关知识

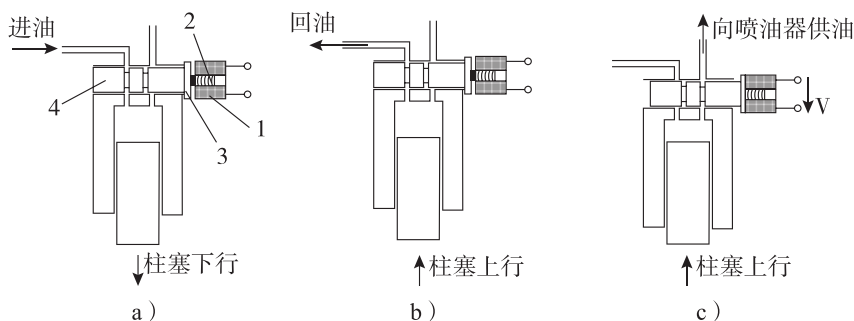
电控单体泵系统通过在高压油泵上设置电磁阀, 对喷油量、喷油正时进行精确控制, 这是传统的机械柱塞式燃油系统无法实现的; 同时, 在国 II 传统柴油机的基础上可以很方便地升级改造, 对原有的柴油机部件改动很小, 因此, 部分商用车如大柴、玉柴、朝柴等部分机型, 采用了电控单体泵系统。国 III 柴油机电控单体泵系统喷油器采用了优化后的机械式喷油器, 而国 IV 柴油机的喷油器必须采用电控喷油器。道依茨 TCD2015 柴油机电控单体泵燃油喷射系统如图 1-9 所示。

电控单体泵系统的工作原理示意图如图 1-10 所示。



1—燃油箱；2—燃油箱进出油管；3—进油管；4—手油泵；5—柴油粗滤器；6—输油泵；7—柴油细滤器；8—油管；9—单体泵；10—高压油管；11—喷油器；12—单体泵进油管；13—回油管；14—限压阀；15—回油管

图 1-9 道依茨 TCD2015 柴油机电控单体泵燃油喷射系统



1—电磁线圈；2—弹簧；3—衔铁；4—滑阀

图 1-10 电控单体泵系统工作原理示意图

在电控单体泵中，高速电磁阀主要由电磁线圈、弹簧、衔铁和滑阀组成。当电磁线圈不通电时，弹簧将滑阀压向左边，此时仅有回油通道与柱塞腔相通。如果此时活塞下行（图 1-10a），则是进油状态，燃油在输油泵的作用下进入柱塞腔；活塞上行（图 1-10b），则会将燃油压回进油道产生回油。当活塞上行时，如果电磁线圈通电（图 1-10c），则电磁线圈产生的吸引力吸引衔铁克服弹簧压力使滑阀向右移动，此时回油道被滑阀封闭，而供油通道被打开，燃油将在柱塞的推动下以高压通过供油通道流向喷油器喷入气缸。



## 步骤四 认识汽车柴油机电控高压共轨系统

### 做一做

以学习小组为单位，充分讨论并理解汽车柴油机电控高压共轨系统的工作原理，然后做出尽可能简短和准确的归纳，推举 1 人代表小组进行交流。

### 相关知识

传统燃油喷射系统压力的产生和喷油量跟喷油泵的凸轮和柱塞联系在一起，喷油的压力随着发动机转速与喷油量的增加而增加。这种燃油系统已经无法满足日益严格的排放法规要求。

共轨系统（Common Rail System, CRS）将燃油在高压下储存在蓄压器（高压油轨，以下简称共轨）中，从本质上克服了传统柴油机喷射系统的缺陷，主要特征有：喷油压力的产生不依赖于发动机转速与系统喷油量，可根据发动机不同的工况灵活控制喷射压力和喷油量，从而实现低转速高喷射压力，达到低速高转矩、低排放及优化燃油经济性的目的。发动机 ECU 根据运行的工况，依据相关的控制曲线图（MAP 图），确定所需理想的喷油量和喷油时间，再由喷油器精确地喷射，甚至多次喷射，实现喷油正时、喷油量及喷油规律的精确控制，ECU 通过对进油计量单元（俗称轨压调节阀）的控制，实现共轨压力的调节。

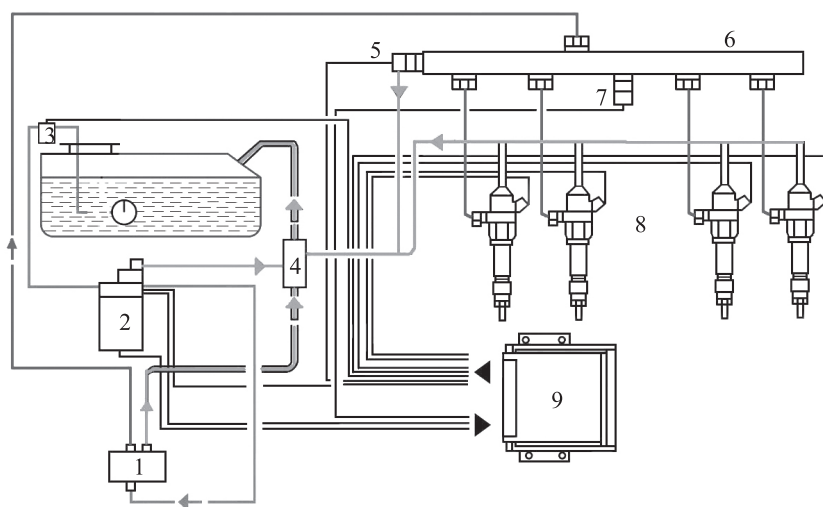
### 一、高压共轨电控燃油喷射系统的基本组成和工作原理

#### 1. 系统的基本组成

高压共轨电控燃油喷射系统油路主要包括低压油路和高压油路两部分。低压油路包括油箱、滤清器、输油泵、低压油管等；高压油路包括高压油泵、共轨、喷油器及高压油管等。电控系统主要由电控单元（ECU）、各种传感器及执行器等组成。

#### 2. 系统的基本工作原理

电动燃油泵从油箱将柴油泵入高压油泵的进油口，由发动机驱动的高压油泵将燃油加压后送入共轨，通过对共轨压力的精确控制，使共轨内的燃油压力大小与发动机的转速无关（而传统柴油机供油压力与发动机转速有关），再由电磁阀控制各缸喷油器在相应时刻喷油。ECU 通过对喷油器的控制，实现对喷油量、喷油正时及喷油规律的精确控制；ECU 通过对轨压调节阀的控制，实现对共轨压力的调节，在共轨上通过设置共轨压力传感器，实现对共轨压力的闭环控制（图 1-11）。



1—高压油泵；2—燃油滤清器；3—电动燃油泵；4—回油接头；5—轨压调节阀；6—共轨；  
7—共轨压力传感器；8—喷油器；9—电控单元

图 1-11 华泰圣达菲车 D4EA 柴油机电控高压共轨系统管路布置（第一代共轨）

## 二、高压共轨电控燃油喷射系统的优点

共轨式燃油喷射系统于 20 世纪 90 年代中后期才正式进入实用化阶段。电控高压共轨燃油喷射系统可实现在传统燃油喷射系统中无法实现的功能，其优点主要体现在以下几个方面。

1. 共轨系统中的喷油压力柔性可调，对不同工况可确定所需的最佳喷射压力，从而优化柴油机综合性能。
2. 可独立地柔性控制喷油正时，配合高的喷射压力（120 ~ 200MPa），可同时控制  $\text{NO}_x$  和 PM 在较小的数值内，以满足排放要求。
3. 柔性控制喷油速率变化，实现理想喷油规律，容易实现预喷射和多次喷射，可优化燃烧过程，使发动机燃油消耗、烟度、噪声和排放等综合性能指标得到明显改善，有利于改进发动机转矩特性。
4. 由电磁阀（或压电晶体）控制喷油，控制精度高，在柴油机运转范围内各缸供油不均匀性得到明显改善，从而减轻柴油机的振动和降低排放。

### 知识延伸

#### 博世共轨系统

作为汽车技术领域的领导者之一，博世公司在基于电子控制管理系统的涡轮增压直喷柴油机领域开发出了蓄压式燃油喷射系统，或称为共轨系统（CRS）。与其他喷射系统相比，共轨系统把产生压力的过程与燃油喷射过程

笔记

## 笔记

相分离。“共轨”被作为高压蓄压器，其内部始终保持最佳燃油压力以适应发动机的具体工况要求。除此之外，共轨系统还提供了更多的扩展功能及在燃烧过程设计上更大的自由度，它可以使柴油发动机的排放更低、燃油经济性更好、噪声更低。

博世共轨系统于1997年被首次采用，截至目前，博世集团已生产销售近一亿套共轨系统，成为柴油机共轨系统的世界第一大供应商。

第一代电控高压共轨系统高压油泵总是保持在最高压力，采用高压端调节共轨压力（轨压调节阀位于共轨上或高压油泵的高压端），导致燃油的不必要的压缩和燃油温度的提高。该系统为商用车设计的最高喷射压力为140MPa、乘用车为135MPa。除此之外，特殊的共轨系统还可用于大型柴油发动机，如火车机车和船用发动机等。目前，国内华泰圣达菲车的D4EA柴油机（进口）安装的就是第一代博世共轨系统（图1-11），而国内生产的国Ⅲ、国Ⅳ柴油机已极少采用第一代共轨系统。

第二代电控高压共轨系统可根据发动机需求而改变共轨压力（按需调节共轨压力），采用进油端调节共轨压力，并具有预喷射和后喷射功能。其最大的喷射压力可以达到160MPa左右。该共轨系统使用可以控制油量的油泵，在进油计量单元的作用下，即使在压力较低的情况下，系统也可以根据实际情况提供合适的供油量。该系统不仅有助于降低燃油消耗，而且还可以降低燃油温度，从而可以省去燃油冷却装置。目前，国内生产的国Ⅲ、国Ⅳ柴油机绝大部分采用的是博世第二代共轨系统。

第三代电控高压共轨系统的最高喷射压力增加到180MPa。其主要特点是以石英压电原理的执行器替代高速电磁阀驱动喷油器针阀。博世公司的石英压电式喷油器利用石英晶体在电场作用下的长度变化（逆压电效应），使喷油器在1/10000s内做出动作响应，它比高速电磁阀动作响应速度提高几倍，且其体积非常小，不存在任何摩擦。压电式喷油器的应用有利于提高喷油的雾化质量，使预喷、主喷、后喷之间的时间间隔进一步缩短，以对整个喷射过程实现更灵活的控制，从而实现对喷油量、喷油正时及喷油规律的更精确控制。西门子公司是最早开发出压电式喷油器的厂家。

## 警告

目前，国内汽车柴油机应用的电控高压共轨系统，最高压力为160MPa左右，因此，绝对不允许在发动机运转时拆检高压油管或喷油器，以免高压燃油喷射飞溅伤人！



电控高压共轨系统由于技术先进、升级潜力大，在国内国Ⅲ、国Ⅳ柴油机上得到了普遍应用，因此，本教材后续课程内容，除非特殊说明，都是以电控高压共轨系统为例。另外，考虑到博世共轨产品占有近90%的市场份额，课程内容选择以德国博世系统为主，适当兼顾美国德尔福、日本电装共轨系统。

 笔记

## 绿色技术

### 燃气发动机

燃气发动机是 LPG、CNG、LNG 发动机的统称。

LPG——Liquefied Petroleum Gas，液化石油气，主要成分是丙烷和丁烷。LPG 发动机包括 LPG 单燃料发动机、柴油 /LPG 双燃料发动机、汽油 /LPG 两用燃料发动机。

CNG——Compressed Natural Gas，压缩天然气，主要成分是甲烷。CNG 发动机包括 CNG 单燃料发动机、柴油 /CNG 双燃料发动机、汽油 /CNG 两用燃料发动机。

LNG——Liquefied Natural Gas，液化天然气，主要成分是甲烷，是天然气的液态形式。

燃气发动机根据使用的燃料类型的不同可以划分为下列三种类型。

- (1) 单燃料发动机。单燃料发动机有 LPG、CNG 单燃料发动机。
- (2) 两用燃料发动机。可切换使用两种燃料，又分为汽油 /LPG 两用燃料发动机、汽油 /CNG 两用燃料发动机。
- (3) 双燃料发动机。同时燃烧两种燃料，俗称掺烧发动机，又分为柴油 /LPG 双燃料发动机、柴油 /CNG 双燃料发动机。

燃气发动机与柴油机相比，具有下列本质的区别。

- (1) 功率控制方式不同。柴油机功率控制是通过控制喷油量来实现的；燃气发动机功率控制是通过控制进入发动机的进气量来实现的。
- (2) 燃烧方式不同（由燃料特性决定，天然气易爆燃）。柴油机采用压燃的方式，而天然气采用点燃的方式。
- (3) 燃气发动机具有经济性好、排温低，特别是可以显著降低排放污染物的优点，同时大大降低了 CO<sub>2</sub> 的排放量，能够实现国Ⅳ以及国Ⅴ排放标准。

## 笔记

## 巩固与拓展

## 一、知识巩固

对照图 1-12，梳理自己所掌握的本任务知识体系，并与同学相互交流、研讨个人对相关知识的理解。

电控高压共轨、电控单体泵、电控泵喷嘴

区分汽车柴油机电控燃油喷射系统

认识汽车柴油机电控泵喷嘴系统

认识汽车柴油机电控单体泵系统

认识汽车柴油机电控高压共轨系统

能对喷油量、喷油正时、喷油规律及喷油压力进行精确控制  
了解其在国Ⅲ及以上的柴油机上的广泛应用

图 1-12 本任务知识体系

## 二、拓展任务

1. 以学习小组为单位，对比长城 GW2.8TC 共轨柴油机试验台与五十铃 4JB1 传统柴油机试验台，观察、分析和讨论二者有哪些主要的不同点。

2. 以学习小组为单位，对比长城 GW2.8TC 共轨柴油机试验台与潍柴 WP10.336 共轨柴油机试验台，观察、分析和讨论同样作为共轨柴油机，二者又有哪些不同点。