

中信汽车·车闻天下（第 49 期）

—— 柴油机前处理专题之一 高压共轨系统

中信证券研究部 汽车行业研究组

李春波

电话：010-60838203

邮件：lcb@citics.com

执业证书编号：S1010510120010

联系人：陈俊斌

电话：010-60836703

邮件：chenjb@citics.com

许英博

电话：010-60838704

邮件：xuyb@citics.com

执业证书编号：S1010510120041

联系人：高嵩

电话：010-60838822

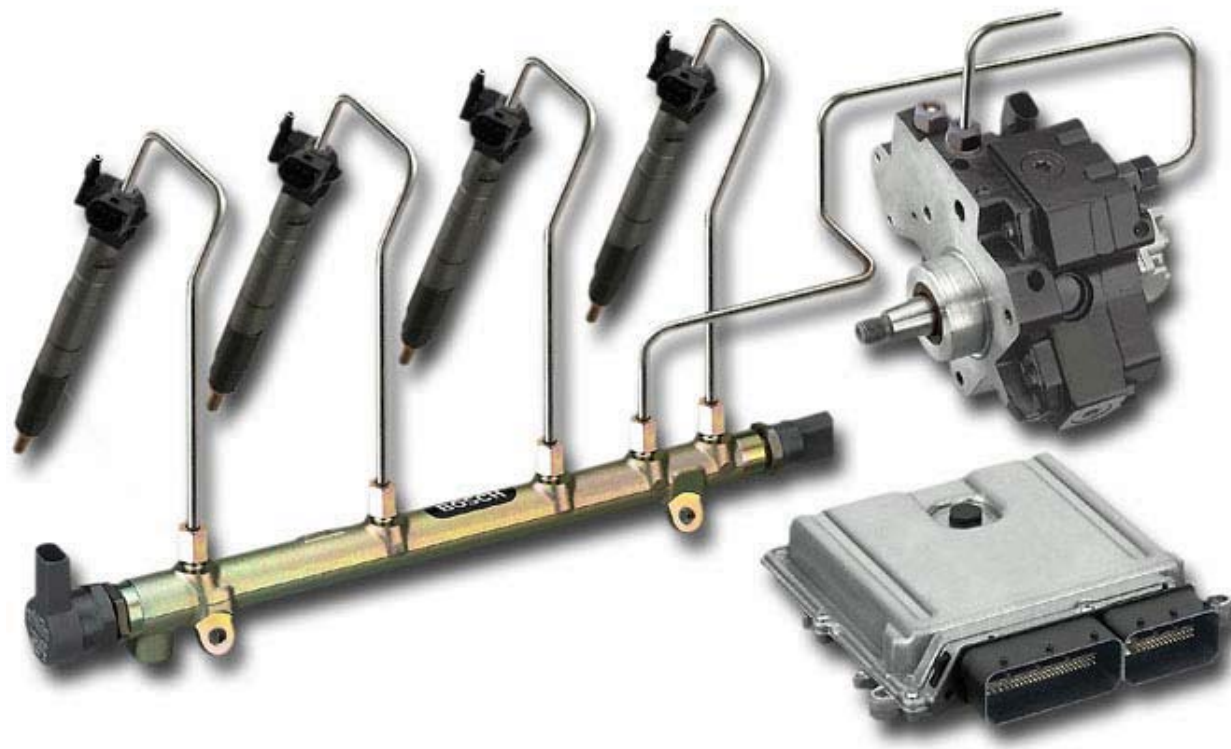
邮件：gs@citics.com

本期引言：

环保部《关于实施国家第四阶段车用压燃式发动机与汽车污染物排放标准的公告》中指出，中重型车国 IV 标准将分车型、分区域实施；中重型商用车国 IV 标准将于 2013 年 7 月 1 日起在全国实施；国 III 标准型式核准截止时间延长至 2012 年 6 月 30 日。

满足国 IV 排放法规必须依靠后处理，同时对前处理也提出了更高的要求。共轨系统作为电控燃油喷射系统的典型代表，是柴油机前处理的重要备选方案。根据目前国内柴油机电控系统的发展状况和相关企业的竞争格局，我们认为法规实施后，共轨系统占车用柴油机燃油喷射系统的份额仍有望进一步提升。本期『车闻天下』，我们将介绍共轨系统的构成、工作原理和市场竞争格局。

如有疑问欢迎交流。



资料来源：博世

目 录

高压共轨系统是柴油机电控燃油喷射系统的典型代表..... 1

国 IV 法规实施将助推高压共轨系统份额提升 2

柴油机高压共轨系统的结构和工作原理..... 3

 高压共轨系统的工作原理和工作方式 4

 共轨系统主要零部件 5

 喷油器 5

 ECU 6

 高压油泵 7

 传感器 7

共轨系统主要企业 8

 国际市场 8

 国内市场 8

插图目录

图 1：电控高压共轨被广泛采用 1

图 2：康明斯等采用电控泵喷嘴技术 1

图 3：依维柯等采用电控单体泵技术 1

图 4：柴油机排放关键控制技术 3

图 5：共轨系统的结构示意图（博世中型） 3

图 6：共轨系统的结构示意图（博世重型） 3

图 7：共轨系统的结构示意图（博世轻型） 4

图 8：共轨系统喷油方式 5

图 9：共轨系统关键零部件在发动机上的安装位置 5

图 10：博世高压共轨系统喷油器剖视图 6

图 11：博世高压共轨系统喷油器结构图 6

图 12：喷油器的工作原理 6

图 13：共轨系统 ECU 6

图 14：共轨系统的高压油泵 7

图 15：德尔福共轨系统结构与核心部件 8

表格目录

表 1：欧美主要厂家欧 III-欧 IV 采用的技术路线——共轨为主流 1

表 2：柴油车排放标准及其（推迟）实施日期..... 2

表 3：共轨系统与直列泵工作原理比较..... 4

表 4：共轨系统主要传感器及功能..... 7

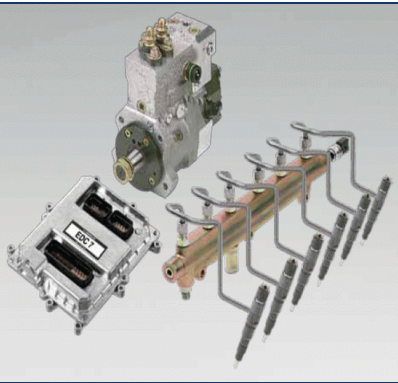
表 5：共轨系统主要执行器及功能..... 7

高压共轨系统是柴油机电控燃油喷射系统的典型代表

柴油机燃油供给系统是给柴油机工作提供燃油的系统，包括共轨系统、各种油泵、喷油器等。不同的燃油供给系统精度和成本差异较大，同时受到排放标准的影响显著。柴油喷射技术经历了传统的纯机械操纵式喷油和现代的电控操纵式喷油这两个发展阶段。目前电控喷油技术已从初期的位置控制型发展到时间控制型。现代电控喷油技术实现的手段主要有电控泵喷嘴、电控单体泵以及电控共轨系统。

我国的国 III、国 IV 标准分别相当于欧洲的欧洲 III 号和 IV 号排放法规。从欧洲主流商用车企业选择的欧 III 和欧 IV 技术路线看，高压共轨技术、电控泵喷嘴技术和电控单体泵技术是主流技术路线。其中电控高压共轨技术被国际巨头沃尔沃、曼和奔驰等采用，是目前应用最广泛的实现欧 IV 排放的技术。

图 1：电控高压共轨被广泛采用



资料来源：Google 图片

图 2：康明斯等采用电控泵喷嘴技术



资料来源：Google 图片

图 3：依维柯等采用电控单体泵技术



资料来源：Google 图片

表 1：欧美主要厂家欧 III-欧 IV 采用的技术路线——共轨为主流

发动机厂家	中重卡发动机		
	型号	排量 (L)	电控燃油喷射
PACCAR	PX-6	6.7	共轨
	PX-8	8.3	共轨
	PR	9.2	单体泵
	MX	12.9	单体泵
NAVISTAR	MAXXFORCE7	6.4	共轨
	MAXXFORCE13	12.4	共轨
MAN	D20	6.9	共轨
	D28	10	共轨
CUMMINS	ISB	6.7	共轨
	ISL	8.9	共轨
	ISM	10.8	泵喷嘴
SCANIA	DC13	9.3	共轨
IVECO	CURS0R13	13	泵喷嘴
	CURS0R9	8.7	泵喷嘴
MERCEDES	OM906A	6.37	泵喷嘴
	OM926LA	7.2	泵喷嘴
	OM442LA	15.92	单体泵
CAT.	C9	9.3	共轨
	C15	15.2	泵喷嘴
HINO	J08C	7.98	共轨
	J13C	12.9	共轨
Renault	DCI11	11	共轨
BENZ	1833LL	7.2	泵喷嘴

资料来源：Automarket，中信证券研究部

目前我国共轨系统占中重型柴油机燃油喷射系统的份额略高于 30%，远高于其他电控方案（如电控单体泵、电控泵喷嘴等）。我们认为，共轨系统份额较高的原因主要包括技术更为成熟，博世等企业进入中国较早、占全球份额较高，以及博世后期推出低成本共轨系统导致成本大幅降低等。

国 IV 法规实施将助推高压共轨系统份额提升

环保部《关于实施国家第四阶段车用压燃式发动机与汽车污染物排放标准的公告》中指出，中重型车国 IV 标准将分车型、分区域实施；中重型商用车国 IV 标准将于 2013 年 7 月 1 日起在全国实施；国 III 标准型式核准截止时间延长至 2012 年 6 月 30 日。

表 2：柴油车排放标准及其（推迟）实施日期

国家标准号	地点	级别	正式实施时间	原定实施时间		第一次推迟实施时间	第二次推迟实施时间
				型式核准	新车销售	新车销售	新车销售
(轻型车≤3.5 吨) GB18532.3-2005	北京	国 II	2003.01.01				
		国 III	2005.12.30				
		国 IV	2008.03.01				
	全国	国 II	2004.07.01				
		国 III	2009.07.01	2007.07.01(**)	2008.07.01(**)	2009.07.01	
		国 IV	尚未实施	2010.07.01(**)	2011.07.01(**)	2013.07.01(***)	
(中重型车>3.5 吨) GB17691-2005	北京	国 III	-				
		国 IV	2008.07.01				
		国 V	尚未实施				
	全国	国 III	2008.07.01	2007.01.01(*)	2008.01.01(*)	2008.07.01	
		国 IV	尚未正式实施	2010.01.01(*)	2011.01.01(*)	2012.01.01(***)	2013.07.01(****)
		国 V	尚未实施	2012.01.01(*)	2013.01.01(*)		待定

注：

*：《车用压燃式、气体燃料点燃式发动机与汽车排气污染物排放限值及测量方法（中国 III、IV、V 阶段）》（GB17691-2005），2005.05.30

**：《轻型汽车污染物排放限值及测量方法（中国 III、IV 阶段）》（GB18352.3-2005），2005.04.15

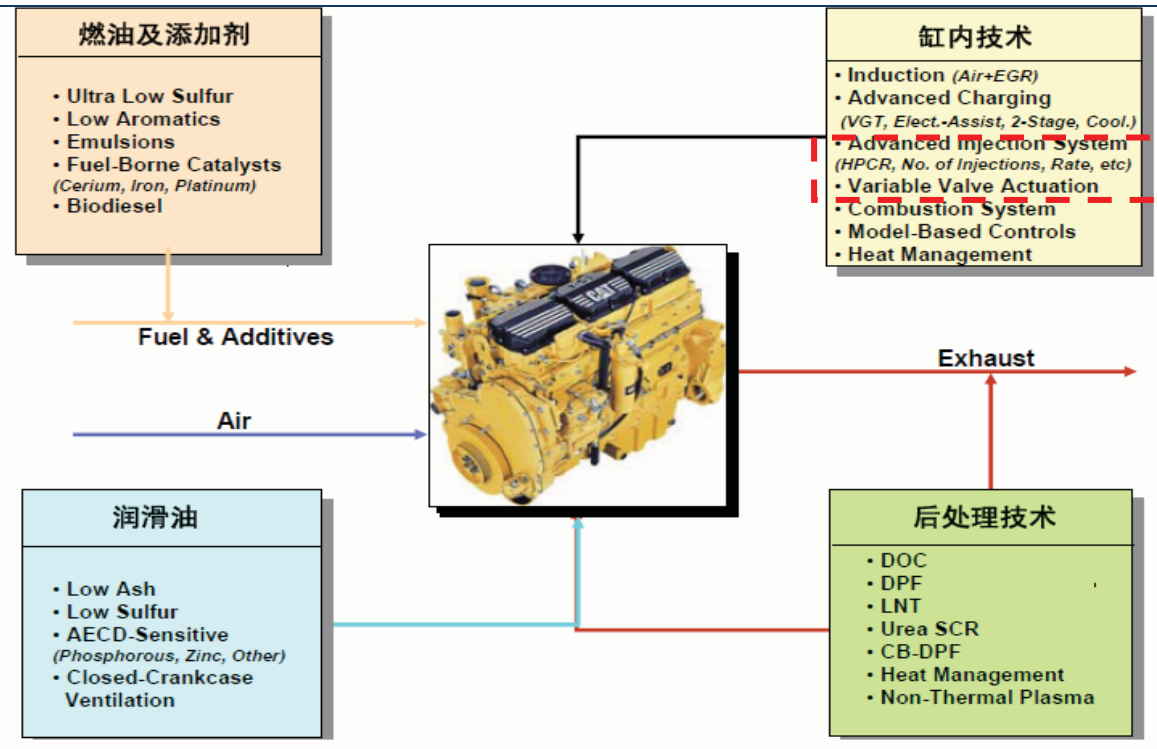
***：环保部《关于国家机动车排放标准第四阶段限值实施日期的复函》，2010.10.21

****：环保部《关于实施国家第四阶段车用压燃式发动机与汽车污染物排放标准的公告》，2011.12.29

资料来源：环保部，中信证券研究部

满足国 IV 排放法规必须依靠后处理，同时对前处理也提出了更高的要求。共轨系统作为电控燃油喷射系统的典型代表，是柴油机前处理的重要备选方案。根据目前国内柴油机电控系统的发展状况和相关企业的竞争格局，我们认为法规实施后，共轨系统占车用柴油机燃油喷射系统的份额仍有望进一步提升。

图 4：柴油机排放关键控制技术



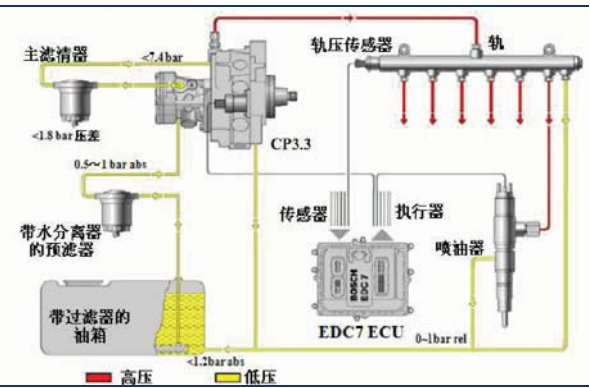
资料来源：清华大学，中信证券研究部

我们认为，国 IV 法规正式实施后，考虑到我国国情，共轨占中重卡的份额有望从目前略高于 30%提升至 50%以上，以威孚高科 WAPS 为代表的其他电控喷油系统有望获得接 30%-40%的份额，其余则为采用机械泵的国 IV 以下排放标准车辆。从目前国内柴油机前处理的竞争格局看，我们认为博世汽柴有望依靠绝对的产品优势和成本的不断降低保持在共轨领域的准垄断地位；威孚高科的 WAPS 系统有望取代目前 EGR 国 III 产品采用的 PW2000 等机械泵，保持并逐步提升在柴油机国 IV 前处理领域的市场份额。

柴油机高压共轨系统的结构和工作原理

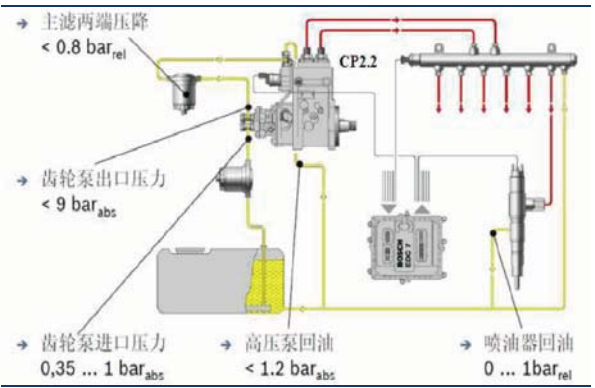
高压系统主要由 ECU、高压油泵、油轨、高压油管、喷油器、滤清器、传感器和执行器等零部件组成。其中喷油器、ECU 和高压油泵三个部件占共轨系统价值量较大的份额。

图 5：共轨系统的结构示意图（博世中型）



资料来源：玉柴机器，中信证券研究部

图 6：共轨系统的结构示意图（博世重型）



资料来源：玉柴机器，中信证券研究部

图 7：共轨系统的结构示意图（博世轻型）



资料来源：博世，中信证券研究部

高压共轨系统的工作原理和工作方式

工作原理：高压共轨技术是指在高压油泵、压力传感器和电子控制单元组成的闭环系统中，将喷射压力的产生和喷射过程彼此完全分开的一种供油方式。它是由高压油泵将高压燃油输送到公共供油管，通过公共供油管内的油压实现精确控制，使高压油管压力大小与发动机的转速无关，可以大幅度减小柴油机供油压力随发动机转速变化的程度，从而更精确的控制发动机各种工况下的喷油量和喷油时间。

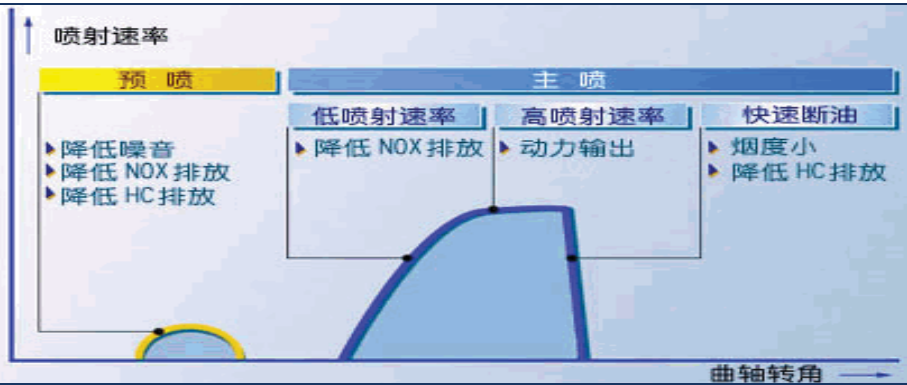
表 3：共轨系统与直列泵工作原理比较

	直列泵	共轨系统
系统组成	正时器+喷油泵+调速器+喷油器	喷油泵+共轨+ECU+喷油器+喷油控制电磁阀
喷油量控制	调速器	电子控制单元+喷油控制电磁阀
喷油时间控制	正时器	电子控制单元+喷油控制电磁阀
增压过程控制	喷油泵	喷油泵
高压油分配	喷油泵	共轨管
喷油压力控制	根据发动机转速及喷油量	喷油泵及油压控制阀

资料来源：博世，中信证券研究部

工作过程及特点：供油泵从油箱将燃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增压后送入共轨腔内，再由电磁阀控制各缸喷油器在相应时刻喷油。预喷射在主喷射之前，将小部分燃油喷入气缸，在缸内发生预混合或者部分燃烧，缩短主喷射的着火延迟期。这样缸内压力升高率和峰值压力都会下降，发动机工作比较缓和，同时缸内温度降低使得 NOx 排放减小。预喷射还可以降低失火的可能性，改善高压共轨系统的冷起动性能。主喷射初期降低喷射速率，也可以减少着火延迟期内喷入气缸内的油量。提高主喷射中期的喷射速率，可以缩短喷射时间从而缩短缓燃期，使燃烧在发动机更有效的曲轴转角范围内完成，提高输出功率，减少燃油消耗，降低碳烟排放。主喷射末期快速断油可以减少不完全燃烧的燃油，降低烟度和碳氢排放。

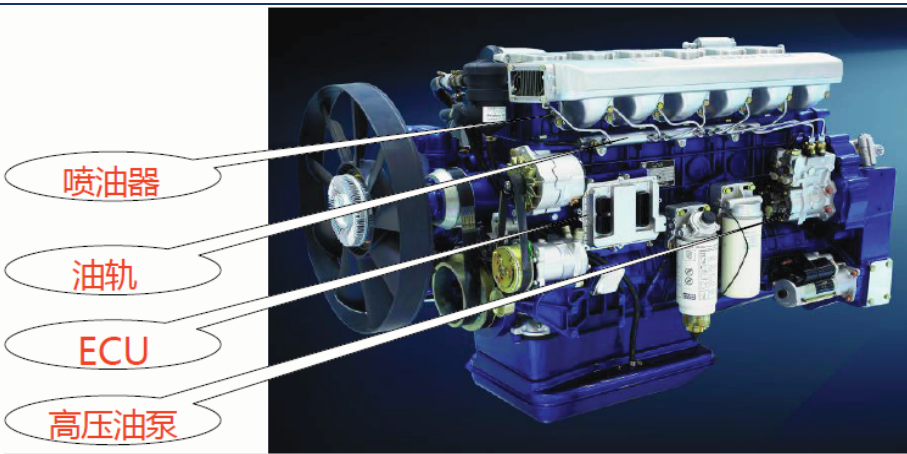
图 8：共轨系统喷油方式



资料来源：德尔福

共轨系统主要零部件

图 9：共轨系统关键零部件在发动机上的安装位置



资料来源：博世，中信证券研究部

喷油器

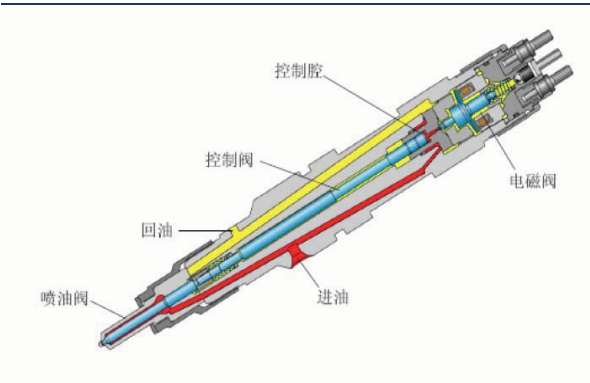
电控喷油器总成是共轨系统的核心部件，由上部电磁阀，中部控制活塞和下部喷油嘴偶件组成。其工作原理是电磁铁未通电时，与电磁衔铁相连的平衡控制阀处于关闭状态，高压共轨压力通过进油节流孔作用在液压活塞顶面，由于液压活塞顶面面积大于喷油嘴承压面积，加上喷油嘴弹簧的作用力，使得喷油嘴针阀不能抬起。当电磁铁通电后，在电磁力的作用下衔铁带动平衡控制阀迅速开启，使控制室内的压力下降，针阀打开喷油。电磁铁断电后，在弹簧力的作用下，平衡控制阀关闭，作用于液压活塞顶面的压力增大，使针阀落座，停止喷油，从而完成一个喷油过程。

图 10：博世高压共轨系统喷油器剖视图



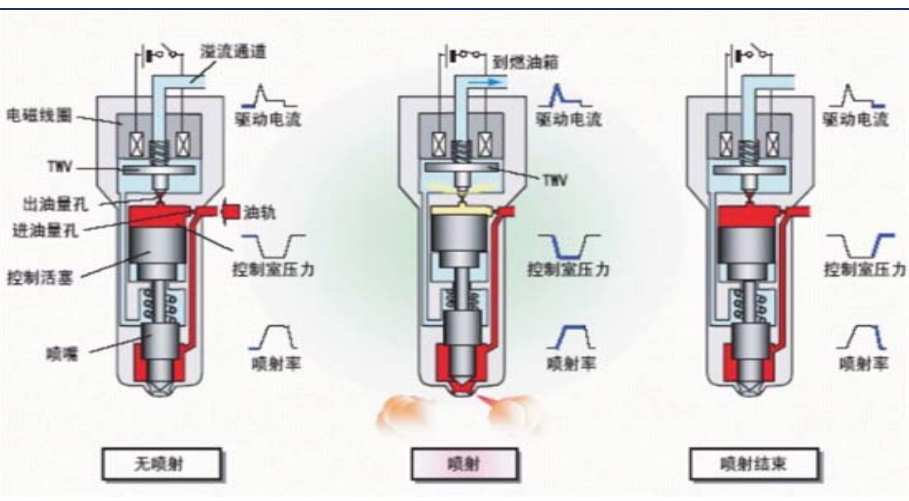
资料来源：博世

图 11：博世高压共轨系统喷油器结构图



资料来源：博世

图 12：喷油器的工作原理

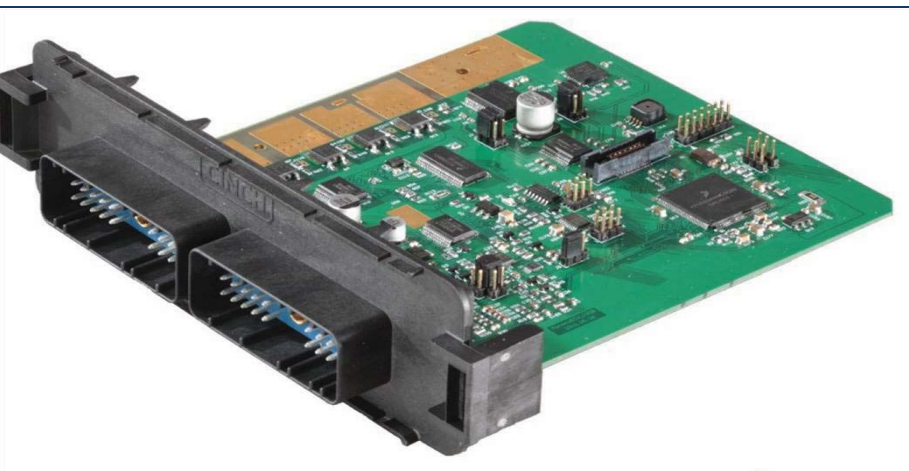


资料来源：百度图片，中信证券研究部

ECU

ECU 是电控发动机的控制中心，通过接收各传感器传送来的发动机运行信息，加以运算处理后控制各执行器动作。

图 13：共轨系统 ECU

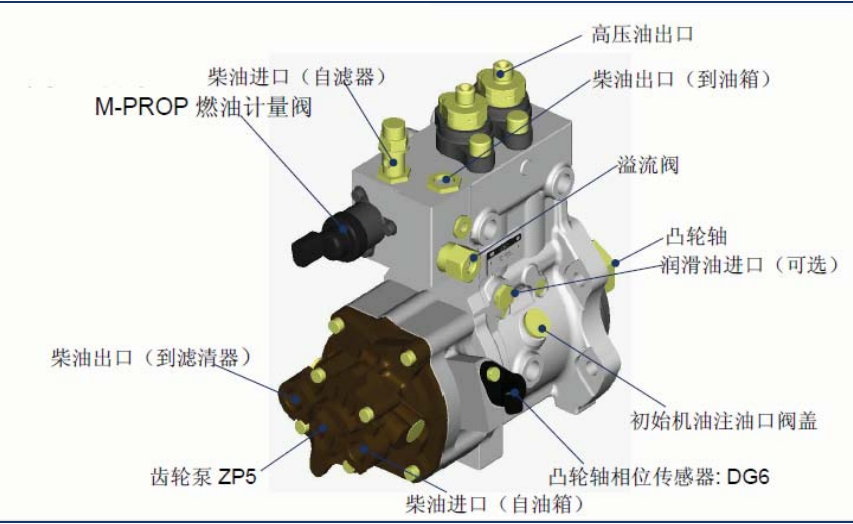


资料来源：博世

高压油泵

高压油泵的作用是提供足够的油压（150-250Mpa），向油轨供应柴油，一般采用齿轮泵。

图 14：共轨系统的高压油泵



资料来源：博世

传感器

除上述主要部件外，整套系统还包括较多的传感器和执行器。传感器将各种表征发动机运行状况的指标数据以及驾驶员驾驶意图数据采集并传递给 ECU，执行器则负责实施 ECU 经过分析后做出的指令，实现对燃烧喷射的控制等任务。

表 4：共轨系统主要传感器及功能

序号	名称	功能描述
1	曲轴传感器	精确计算曲轴位置，用于喷油时刻和喷油量计算、转速计算
2	凸轮轴传感器	气缸判别
3	进气温度传感器	测量进气温度，修正喷油量和喷油正时，过热保护
	增压压力传感器	监测进气压力，调节喷油控制，与进气温度集成在一起
4	机油压力温度传感器	测量机油压力和温度，用于喷油的修正和发动机的保护
5	冷却水温度传感器	测量冷却水温度，用于冷启动、目标怠速计算等，同时还用于修正喷油提前角、最大功率保护等
6	共轨压力传感器	测量共轨管中的燃油压力，保证油压控制稳定
7	油门位置传感器	将驾驶员的意图送给控制器 ECU
8	车速传感器	提供车速信号给 ECU，用于整车驱动控制，由整车提供
9	大气压力传感器	用于校正控制参数，集成在 ECU 中

资料来源：博世，中信证券研究部

表 5：共轨系统主要执行器及功能

序号	名称	功能描述
1	燃油计量阀	控制高压油泵进油量，保持共轨压力满足指令需求
2	喷油器电磁阀	精确控制喷油提前角、喷油量
3	继电器	用于空调压缩机、排气制动和冷启动装置的控制
4	指示灯	故障指示灯、冷启动指示灯
5	转速输出	用于整车转速表
6	CAN 总线	用于与整车动力总成、ABS、ASR、仪表、车身等系统的联合控制
7	K 线（ISO K-Line）	用于故障诊断和整车标定

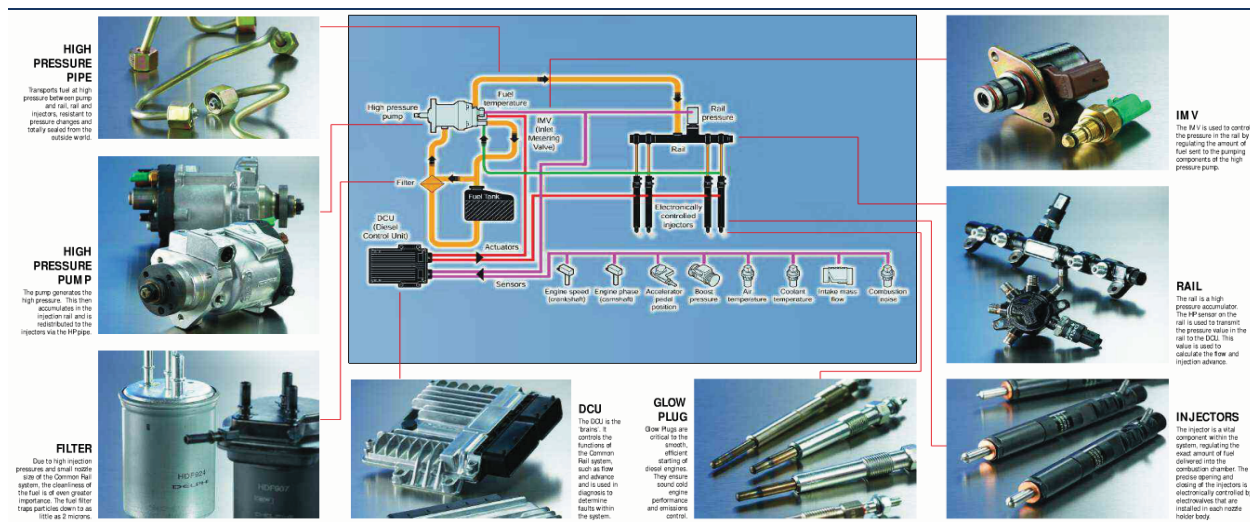
资料来源：博世，中信证券研究部

共轨系统主要企业

国际市场

博世是全球高压共轨系统的领头羊，市场份额约 70%-80%。除博世外，德尔福和电装也是共轨系统的主要供应商。上述三家公司基本垄断全球共轨系统市场。

图 15：德尔福共轨系统结构与核心部件



资料来源：德尔福

国内市场

国际巨头市场份额：由于博世进入中国较早，且与威孚高科在柴油机燃油喷射系统领域建立了紧密的合作关系，因此在产品 and 渠道方面拥有远强于其他竞争对手的优势，目前国内共轨系统的市场份额超过 80%。此外，日本电装也于 2007 年在常州成立了燃油喷射系统公司，两期投资额接近 1 亿美元。德尔福（中国）投资公司也向中国市场提供共轨产品。

国际巨头产品战略：德尔福在中国市场针对中轻型车推广共轨技术，针对重型车提供泵喷嘴和单体泵技术；博世电喷系统最新技术已经由电控共轨发展到电控液力放大系统，在中国市场仍主推高压共轨系统；电装目前正在研发第三代、第四代共轨系统，并已国产化适应中国市场需求的共轨系统。

本土企业向上突围：

我国在电控直喷式柴油机方面已积累了一定的经验，但总体来说与国外还存在差距，主要体现在制造工艺和批量生产的质量控制。此外，国内共轨系统相关配套体系不健全，部分零部件还依靠进口，如单片机芯片、共轨压力传感器等。

目前威孚高科正在机型 WAPS 系统的研发，有望成为国 IV 阶段前处理系统中端解决方案；成都威特能够提供电控单体泵低成本解决方案；辽宁新风集团从德国利勃海尔旗下 CRT 共轨技术公司引进柴油机高压共轨系统，在此基础上开发出适合于中国车用柴油机、并拥有自主知识产权的高压共轨系统，目前已实现 40 万套产能，并配套朝柴、云内、扬动等国内企业；亚新科也已基本完成共轨系统的设计，即将进入批量生产阶段。

分析师声明 Analyst Certification

主要负责撰写本研究报告全部或部分内容的研究分析师在此声明：(i) 本研究报告所表述的任何观点均精准地反映了上述每位分析师个人对标的证券和发行人的看法；(ii) 该分析师所得报酬的任何组成部分无论是在过去、现在及将来均不会直接或间接地与研究报告所表述的具体建议或观点相联系。The analysts primarily responsible for the preparation of all or part of the research report contained herein hereby certify that: (i) the views expressed in this research report accurately reflect the personal views of each such analyst about the subject securities and issuers; and (ii) no part of the analyst's compensation was, is, or will be directly or indirectly, related to the specific recommendations or views expressed in this research report.

一般性声明

此报告并非针对或意图发送给或为任何就送发、发布、可得到或使用此报告而使中信证券股份有限公司及其附属机构（以下统称“中信证券”）违反当地的法律或法规或可致使中信证券受制于相关法律或法规的任何地区、国家或其它管辖区域的公民或居民。除非另有规定，本报告中的所有材料版权均属中信证券。未经中信证券事先书面授权，不得以任何方式修改、发送或者复制本报告及其所包含的材料、内容。所有于此报告中使用的商标、服务标识及标记均为中信证券的商标、服务标识及标记。

本报告是机密的，只有收件人才能使用。本报告所载的信息、材料或分析工具只提供给阁下作参考之用，不是或不应被视为出售、购买或认购证券或其它金融工具的要约或要约邀请。中信证券也不因收件人收到本报告而视其为中信证券的客户。

本报告所载资料的来源及观点的出处皆被中信证券认为可靠，但中信证券不保证其准确性或完整性。除法律或规则规定必须承担的责任外，中信证券不对因使用此报告的材料而引致的损失负任何责任。收件人不应单纯依靠此报告而取代个人的独立判断。本报告所指的证券或金融工具的价格、价值及收入可跌可升。以往的表现不应作为日后表现的显示及担保。本报告所载的资料、意见及推测反映中信证券于最初发布此报告日期当日的判断，可在不发出通知的情形下做出更改，亦可因使用不同假设和标准、采用不同观点和分析方法而与中信证券其它业务部门或单位所给出的意见不同或者相反。本报告不构成私人咨询建议，也没有考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需要。收件人应考虑本报告中的任何意见或建议是否符合其特定状况。

中信证券利用信息隔离墙控制内部一个或多个领域，以及部门间之信息流动。撰写本报告的分析师的薪酬由研究部门管理层和公司高级管理层全权决定。分析师的薪酬不是基于中信证券投行收入而定，但是，分析师的薪酬可能与投行整体收入有关，其中包括投行、销售与交易业务。

在法律许可的情况下，中信证券的一位或多位董事、高级职员和/或员工(包括参与准备或发行此报告的人)可能(1)与此报告所提到的任何公司建立或保持顾问、投资银行或证券服务关系，(2)已经向此报告所提到的公司提供了大量的建议或投资服务。在法律许可的情况下，中信证券的一位或多位董事、高级职员和/或员工可能担任此报告所提到的公司的董事。在法律许可的情况下，中信证券可能参与或投资此报告所提到的公司的金融交易，向有关公司提供或获取服务，及/或持有其证券或期权或进行证券或期权交易。

若中信证券以外的金融机构发送本报告，则由该金融机构独自为此发送行为负责。该机构客户应联系该机构以交易本报告中提及的证券或要求获悉更详细信息。本报告不构成中信证券向发送本报告金融机构之客户提供的投资建议，中信证券的董事、高级职员和员工亦不为前述金融机构之客户因使用本报告或报告载明的内容引起的直接或连带损失承担任何责任。

中信证券股份有限公司及其附属及联营公司 2012 版权所有。保留一切权利。

根据中国证监会核发的经营证券业务许可，中信证券股份有限公司的经营经营范围包括证券投资咨询业务。

评级说明

1. 投资建议的比较标准	评级	说明
投资建议分为股票评级和行业评级。	股票投资评级	买入 相对中标 300 指数涨幅 20%以上；
以报告发布后的 6 个月内的市场表现为比较标准，报告发布日后的 6 个月内的公司股价（或行业指数）的涨跌幅相对同期的中信标普 300 指数的涨跌幅为基准；		增持 相对中标 300 指数涨幅介于 5%~20%之间；
		持有 相对中标 300 指数涨幅介于-10%~5%之间；
		卖出 相对中标 300 指数跌幅 10%以上；
2. 投资建议的评级标准	行业投资评级	强于大市 相对中标 300 指数涨幅 10%以上；
报告发布日后的 6 个月内的公司股价（或行业指数）的涨跌幅相对同期的中信标普 300 指数的涨跌幅；		中性 相对中标 300 指数涨幅介于-10%~10%之间；
		弱于大市 相对中标 300 指数跌幅 10%以上

北京	上海	深圳	中信证券国际有限公司
地址：北京市朝阳区亮马桥路 48 号 中信证券大厦（100125）	上海浦东新区世纪大道 1568 号 中建大厦 22 楼（200122）	深圳市福田区中心三路 8 号中信 证券大厦（518048）	香港中环添美道 1 号中信 大厦 26 楼

Foreign Broker-Dealer Disclosures for Distributing to the U.S. 就向美国地区发送研究报告而作的外国经纪商-交易商声明

This report has been produced in its entirety by CITIC Securities Limited Company ("CITIC Securities", regulated by the China Securities Regulatory Commission. Securities Business License Number: Z20374000). This report is being distributed in the United States by CITIC Securities pursuant to Rule 15a-6(a) (2) under the U.S. Securities Exchange Act of 1934 exclusively to "major U.S. institutional investors" as defined in Rule 15a-6 and the SEC no-action letters thereunder. 本报告由中信证券股份有限公司（简称“中信证券”，受中国证监会监管，经营证券业务许可证编号：Z20374000）制作。按照《1934 年美国证券交易法案》下的 15a-6(a) (2) 规则，在美国本报告由中信证券仅向 15a-6 规则及其下《美国证券交易委员会无异议函》所定义的“主要美国机构投资者”发送。