

康明斯 ISBe

高压共轨柴油机

维修手册

KANGMINGSI ISBe GAOYA GONGGUI
CHAIYOUJI WEIXIU SHOUCE

宋福昌 宋 萌 等编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS




 訂閱，頁閱，頁刺育世，并本國凡

法律服务热线电话: (010) 68359

[illegible]

机械工业出版社



机械工业出版社

本书重点介绍了康明斯 ISBe 高压共轨柴油机的结构与维修方法。全书共分六个部分,包括:高压共轨柴油机概述、ISBe 柴油机的组成、ISBe 柴油机故障码检修、ISBe 柴油机一般故障排除、ISBe 柴油机机械部分检修和 ISBe 柴油机电子控制装置检修。

本书内容详细、准确,配有大量图表,易学、易查。本书可供柴油机维修人员、柴油机工程技术人员和大中专院校汽车应用专业的师生阅读参考。

著者 宋 昌 宋 昌 宋 昌

图书在版编目(CIP)数据

康明斯 ISBe 高压共轨柴油机维修手册/宋福昌 宋萌等编
著. —北京:机械工业出版社, 2008. 1
ISBN 978-7-111-21916-3

I. 康… II. ①宋…②宋… III. 柴油机—维修—技术手册
IV. TK428-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 109158 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:徐 巍 责任编辑:刘 焯 版式设计:张世琴
责任校对:刘志文 封面设计:王伟光 责任印制:洪汉军

北京铭成印刷有限公司印刷

2008 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·30.25 印张·1 插页·755 千字

0 001—4 000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-21916-3

定价:55.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)88379771

封面无防伪标均为盗版 出 业 工 册 册

前言

康明斯 ISBe 柴油机依靠其独特的每缸四气门、中冷废气涡轮增压,以及先进的博世电控共轨技术,实现了大功率、低油耗、低排放、低噪声和故障率低等优异性能。其排放已达欧Ⅲ标准,并且具有向欧Ⅳ和欧Ⅴ标准发展的潜质。ISBe 柴油机已由东风发动机公司和美国康明斯发动机公司合作生产,应用在国内的城市公交客车、旅游汽车、重型载货汽车和特种运输车辆上。经实践证实,该发动机动力强劲,燃油经济性好、故障率低,尾气排放的有害物质少,清洁、环保,能很好地适应环境保护的需要,同时也可以为北京 2008 年绿色奥运创造一个没有污染的环境作出贡献。

为使用好、维护好 ISBe 柴油机,保持其优异的性能,本书重点介绍了 ISBe 柴油机结构与维修方面的内容。书中对主要装置的工作原理、安装位置、故障原因、检修要领做了重点讲解。力求贴近读者需求,为解决实际维修问题提供依据。

参加本书编写的有宋福昌、宋萌、宋卓、张有文、汪赵欣、宋福长、宋楠、宋永杰、张久玲、宋军、宋美珍、赵春元、汪银校、宋福生、赵霞、宋彻、宋柯、马建平、涂丹丹、涂军、曹丽华、刘梦羽、王新铃、赵菲、涂燕、李铁军、杨静、杨振峰、张冰、林凤丽。

编者

目 录

前言	4.13 润滑系统	180
第1章 高压共轨柴油机概述	4.14 排放系统	186
1.1 高压柴油共轨系统的组成	4.15 PTO 或巡航控制系统	191
1.2 高压共轨系统的工作原理	第5章 ISBe 柴油机机械部分检修	192
1.3 VP 分配式高压燃油泵工作原理	5.1 缸体	192
1.4 喷油器工作原理	5.2 缸盖	216
1.5 高压共轨系统的控制功能	5.3 摇臂	224
第2章 ISBe 柴油机的组成	5.4 凸轮随动件/挺杆	229
2.1 康明斯 ISB 系列柴油机的结构组成	5.5 燃油系统	230
2.2 英文缩写及其含义	5.6 喷油器和燃油管	241
2.3 电气连接线路图	5.7 润滑系统	256
2.4 电控燃油系统	5.8 冷却系统	277
第3章 ISBe 柴油机故障码检修	5.9 燃油泵驱动装置	297
3.1 故障码诊断系统	5.10 进气系统	298
3.2 电路检修注意事项	5.11 排气系统	326
3.3 信息式故障码故障排除	5.12 压缩空气系统	330
3.4 OEM 设定的故障码诊断与排除	5.13 电气设备	337
第4章 ISBe 柴油机一般故障排除	5.14 发动机测试	348
4.1 空气压缩机系统	5.15 安装配合件	362
4.2 发电机充电系统	5.16 其他零部件	371
4.3 通信系统	5.17 车辆制动系统	375
4.4 冷却系统	5.18 发动机维修技术规范	376
4.5 曲轴箱通风系统	第6章 ISBe 柴油机电子控制	
4.6 起动系统	装置检修	381
4.7 噪声	6.1 电子控制装置检修概述	381
4.8 动力不足	6.2 各种传感器的检修	389
4.9 发动机运转不稳	6.3 各种开关和电路的检修	403
4.10 报警指示灯	6.4 电子控制模块的检查与标定	462
4.11 燃油系统	6.5 各种连接器的更换	465
4.12 进气系统		

第 1 章 高压共轨柴油机概述

1.1 高压柴油共轨系统的组成

电子控制高压柴油共轨系统由电子控制系统和燃油供给系统两部分组成,如图 1-1 所示。

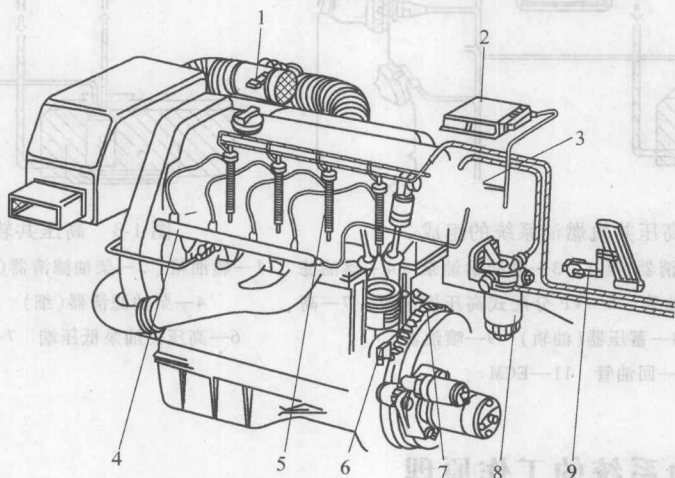


图 1-1 高压共轨系统的基本组成

1—空气流量传感器 2—ECM 3—VP 分配式高压燃油泵 4—高压蓄压器 5—喷油器
6—曲轴转速传感器 7—冷却液温度传感器 8—柴油滤清器 9—加速踏板位置传感器

1. 电子控制部分

电子控制部分由 ECM、各种传感器和执行器组成。执行器主要有喷油器、喷油控制阀(电磁阀)、泵油控制阀(电磁阀)、蓄压器压力控制阀、电加热器等。电子控制系统的功能是 ECM 根据各种传感器的输入信号,由 ECM 经过比较、运算、处理后,计算得出最佳喷油时间和喷油量,向喷油器控制阀(电磁阀)发出开启或关闭指令,从而精确控制发动机的工作过程。

2. 燃油供给部分

中型、重型柴油机的高压共轨系统为蓄压器式共轨系统,该系统由燃油箱、柴油滤清器、电动输油泵、VP 分配式高压燃油泵、高/低压燃油管、蓄压器(油轨)、喷油器、回油管和 ECM 等组成,见图 1-2。燃油供给部分又分低压部分和高压部分,分别见图 1-3 和图 1-4。

燃油供给系统的工作原理是:低压燃油由电动输油泵从燃油箱中吸出后,经柴油滤清器输送到分配式高压燃油泵。柴油经高压燃油泵加压后输送到蓄压器中,由限压阀调整压力,使蓄压器中的燃油压力始终保持不变。喷油器控制阀即电磁阀的开启和关闭,由 ECM 根据各种传感器和开关输入的信号进行控制。

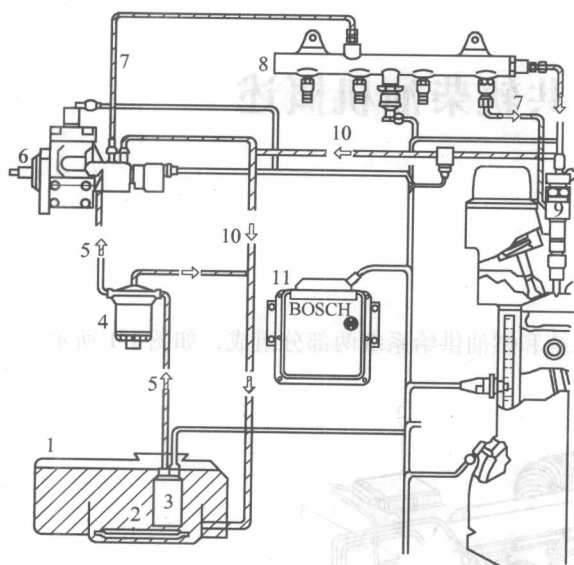


图 1-2 高压共轨燃油系统的组成

1—燃油箱 2—燃油滤清器(粗) 3—电动输油泵 4—燃油滤清器(细) 5—低压燃油管 6—VP 分配式高压燃油泵 7—高压燃油管 8—蓄压器(油轨) 9—喷油器 10—回油管 11—ECM

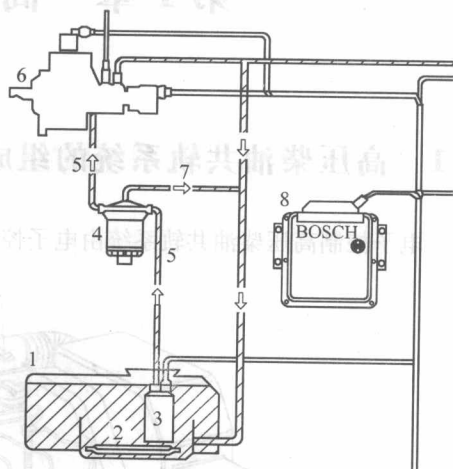


图 1-3 高压共轨低压部分

1—燃油箱 2—柴油滤清器(粗) 3—电动输油泵 4—柴油滤清器(细) 5—低压燃油管 6—高压燃油泵低压端 7—回油管 8—ECM

1.2 高压共轨系统的工作原理

对照图 1-3 和图 1-4 可以看出,燃油从燃油箱中由电动输油泵吸出后,经过油水分离器、燃油滤清器滤清后,被输送到 VP 分配式高压燃油泵,这时燃油压力为 0.2MPa。进入 VP 分配泵的燃油一部分通过高压燃油泵上的安全阀进入燃油泵的润滑和冷却油路后,流回燃油箱;一部分进入 VP 分配式燃油泵。在 VP 分配泵中,燃油被加压到 135MPa 后被输送到蓄压器。在蓄压器上有一个压力传感器和一个通过切断油路来控制油量的压力控制阀。用压力控制阀来调节 ECM 设定的油轨压力。高压柴油从蓄压器、流量限制阀经高压油管进入喷油器控制阀(电磁阀)和喷油器。进入喷油器的燃油,一路直接喷入燃烧室,而另一路在喷油期间从针阀导向部分泄出和从控制套筒与柱塞的缝隙处泄漏出的多

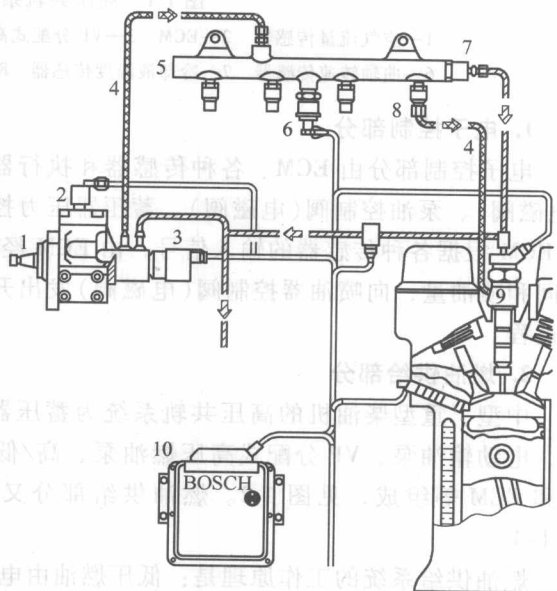


图 1-4 高压共轨高压部分

1—VP 分配式高压燃油泵 2—切断阀 3—压力控制阀(调节阀) 4—高压油管 5—蓄压器(油轨) 6—蓄压器压力传感器 7—限压阀 8—流量限制阀 9—喷油器 10—ECM

余燃油一起流回燃油箱。

在电子控制高压柴油共轨系统中,由各种传感器(如曲轴转速传感器、加速踏板位置传感器、凸轮轴位置传感器、各种温度传感器和压力传感器等)及时检测出发动机的实际运行状态,由ECM中的微型计算机根据预置的程序进行运算后,确定适合于该工况下的最佳喷油量、喷油时刻、喷油速率模型参数等。ECM发出指令,使发动机始终处在最佳工作状态,发动机的动力性、经济性得到有效发挥,并使发动机的排放污染降到最低。

电控高压柴油共轨是指在高压燃油泵、压力传感器和ECM组成的闭环控制系统中,喷油压力大小与发动机转速无关的一种供油方式。在共轨系统中,喷射压力的产生和喷射过程是完全彼此分开的。高压燃油泵把高压燃油输入到蓄压器中,通过对蓄压器内油压调整实现油压精确控制,使最终高压油管内的油压大小与发动机的转速无关。高压共轨供油方式可以大大减小柴油机供油压力随发动机转速的变化,也就减少了传统柴油机的缺陷。ECM控制喷油器的喷油量,而喷油量大小则仅由蓄压器中燃油压力和电磁阀开启时间的长短决定。

在ECM控制系统中,曲轴转速传感器(同时用作曲轴位置传感器)用来测定发动机的转速,凸轮轴位置传感器用来确定发动机的发火顺序。加速踏板位置传感器是一种电位计,它通过电信号告知ECM驾驶员对发动机转矩的要求。

进气歧管压力传感器用于检测进气压力,ECM根据进气压力大小转换成空气质量流量大小,ECM按空燃比控制喷油量。在废气涡轮增压并带有增压压力调节装置的发动机上,增压压力传感器用于检测增压压力,ECM根据增压压力的大小,按空燃比控制喷油量。在

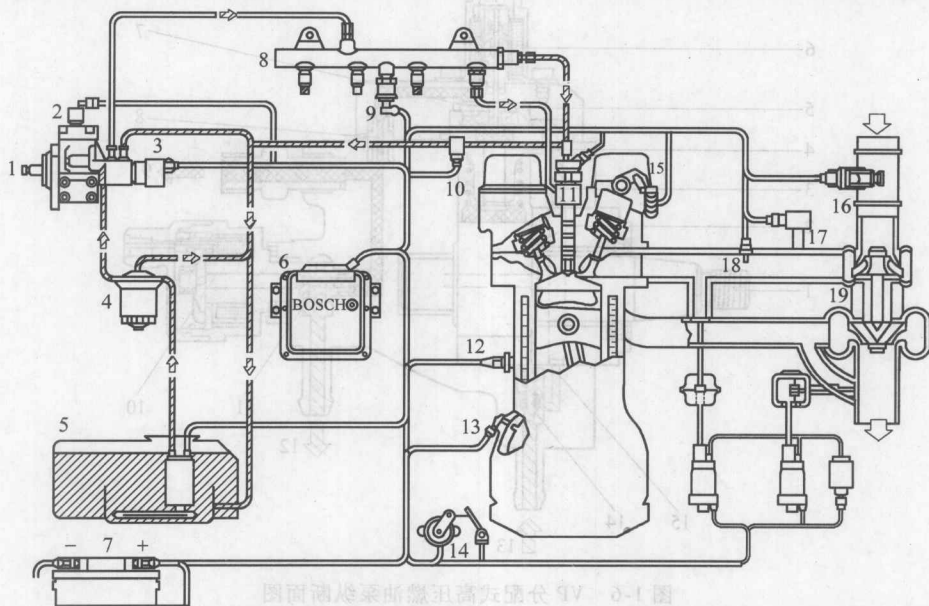


图 1-5 博世公司高压共轨系统的传感器和燃油系统部件连接关系

1—VP 分配式燃油泵 2—燃油切断阀 3—压力控制阀 4—柴油滤清器 5—燃油箱(内有输油泵和燃油粗滤器)

6—ECM 7—蓄电池 8—蓄压器(油轨) 9—燃油压力传感器 10—燃油温度传感器

11—喷油器 12—冷却液温度传感器 13—曲轴转速传感器 14—加速踏板位置传感器

15—凸轮轴位置传感器 16—进气歧管压力传感器 17—增压压力传感器

18—进气温度传感器 19—涡轮增压器

发动机冷机起动或温度较低时, ECM 可以根据冷却液温度传感器和空气温度传感器的信号电压值对喷油起始点、预喷油量、主喷油量及其他参数进行匹配。ECM 还根据其他传感器和数据传输线(CAN)输入的数值, 进行各项综合控制。

ECM 控制装置还具有自诊断功能, 它随时在对系统的主要部件的工作进行技术诊断, 如果某个部件出现了故障, 诊断系统会向驾驶员发出警报, 并根据情况进行处理, 或者使发动机切断燃油供给, 或者切换控制模式使车辆继续行驶到修理厂。

在电控高压柴油共轨系统中, 供油压力与发动机的转速、负荷无关, 它是独立控制的。在油轨中的压力传感器检测燃油压力, 并与 ECM 设定的目标喷射压力进行比较后进行反馈控制。图 1-5 为博世公司高压共轨系统的传感器和燃油系统部件的连接关系。

1.3 VP 分配式高压燃油泵工作原理

博世公司高压柴油共轨系统使用的是 VP 系列电控分配式高压燃油泵。目前在直喷式电控柴油机上, 应用较多的是 VP37 和 VP44 型分配泵。其中 VP37 型电控分配泵多应用在轿车柴油机上, VP44 型电控分配泵多应用在重型柴油机上。图 1-6 和图 1-7 分别是 VP 分配泵的纵断面和横断面图。

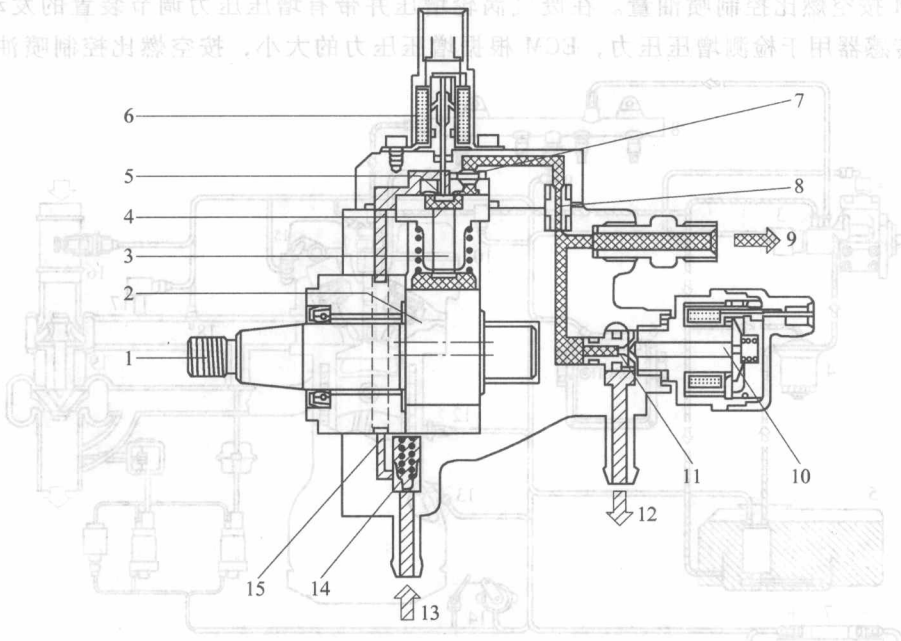


图 1-6 VP 分配式高压燃油泵纵断面图

- 1—驱动轴 2—偏心凸轮 3—柱塞泵油组件(3 组) 4—高压腔 5—吸油阀 6—切断阀
7—出油阀 8—密封件 9—高压油管接头 10—压力控制阀 11—球阀 12—回油口

13—进油口 14—安全阀(带节流孔) 15—低压油道

VP 分配式高压燃油泵由三个径向排列、互相呈 120° 夹角的柱塞组成。VP 分配泵通过联轴器, 由凸轮轴上的燃油泵驱动齿轮带动旋转, 燃油泵的转速是发动机转速的一半。分配泵总成中的三个泵油柱塞由驱动轴上的凸轮驱动, 进行往复运动, 每个泵油柱塞有弹簧对其

施加作用力，目的是减小柱塞振动，并且使柱塞始终与驱动轴上的偏心凸轮接触。当柱塞向下运动时，为吸油行程，吸油阀将开启，允许低压燃油进入泵腔，而当柱塞到达下止点时，进油阀关闭，泵腔内的燃油在向上运动的柱塞作用下被加压后输送到蓄压器中，高压燃油被储存在蓄压器中等待喷射。图 1-8 为高压蓄压器，即油轨。它是一根锻造钢管，油轨内径为 10mm，长度在 280~600mm 范围之间，具体长度按发动机的要求而定，各缸上的喷油器通过各自的油管与油轨连接。燃油压力控制阀见图 1-9，它安装在高压燃油泵上。ECM 通过控制燃油压力控制阀可以精确保持泵油压力，油轨中的压力由蓄压器压力控制阀进行调整，使压力大小始终保持不变。燃油压力控制阀是电磁控制的球形阀，弹簧向球阀施加作用力，电磁铁也对球阀施加作用力，压力控制阀与分配泵连接处有 O 形密封圈保持密封。球阀承受着油轨中燃油的高压作用，高压燃油作用力由弹簧力和电磁力共同抵消，而电磁力大小由 ECM 的 PWM 调制信号电流进行控制。所以，通过电磁阀电流大小将决定油轨中燃油压力的高低。当油轨中的压力超过发动机运转状态下的期望值时，球阀将会开启，允许油轨中的压力燃油通过回油管流回燃油箱；如果油轨中燃油压力过低，球阀将关闭，允许高压燃油泵增大油轨中的燃油压力。由此可知，ECM 通过压力控制阀对系统压力实现闭环控制。

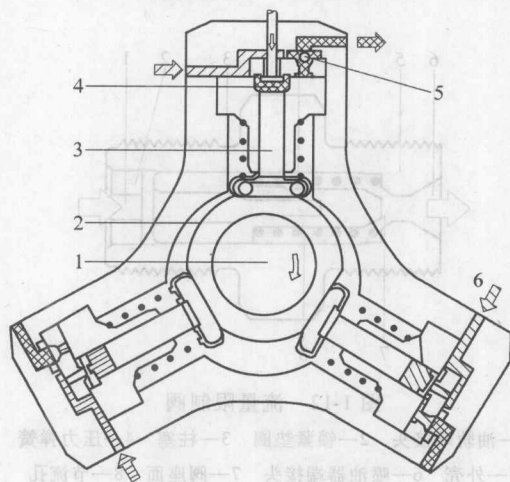


图 1-7 VP 分配式高压燃油泵横断面图

- 1—驱动轴 2—偏心凸轮 3—柱塞泵油组件(3组)
4—吸油阀 5—出油阀 6—进油口

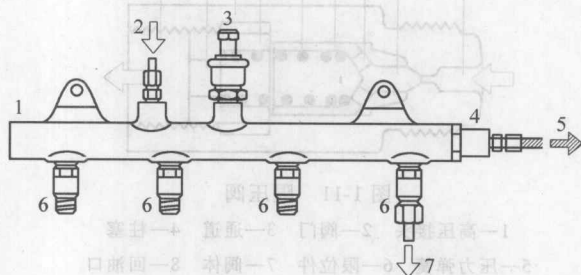


图 1-8 高压蓄压器(油轨)

- 1—油轨 2—高压燃油泵进油口 3—油轨压力传感器
4—限压阀 5—出油口 6—流量限制阀
7—喷油器连接油管

油轨压力传感器安装在蓄压器上，见图 1-8 中的件 3。油轨压力传感器的作用是检测油轨内的燃油压力，该传感器将燃油压力信号反馈给 ECM，ECM 根据该信号对燃油系统的压力进行闭环控制。图 1-10 为油轨压力传感器结构图。

在蓄压器上还安装有限压阀和流量限制阀，见图 1-11 和图 1-12。

限压阀与溢流阀的作用相同。在压力限定值被超出时，限压阀通过打开溢流口来限制油轨中的压力。限压阀允许的油轨中的最大压力为 150MPa。在油轨的连接端，阀体上有一通道，通过柱塞的锥形头部与阀体的密封座保持关闭。在正常工作压力下，一般为 135MPa，弹簧使柱塞紧紧压在密封座上，使蓄压器保持关闭。当压力超过系统最大压力时，弹簧被压缩，柱塞被顶起，高压燃油溢出，流回燃油箱，即当阀打开时，燃油从油轨中溢出，油轨压

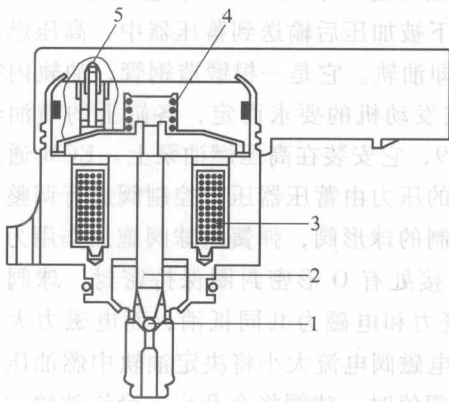


图 1-9 燃油压力控制阀

- 1—球阀 2—电枢线圈 3—电磁铁
4—弹簧 5—电线接头

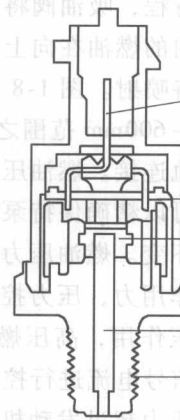


图 1-10 油轨压力传感器

- 1—电线接头 2—评估电路 3—带传感装置的皮膜
4—高压接头 5—固定螺纹

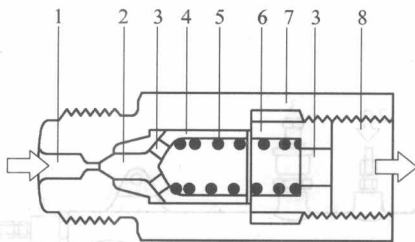


图 1-11 限压阀

- 1—高压接头 2—阀门 3—通道 4—柱塞
5—压力弹簧 6—限位件 7—阀体 8—回油口

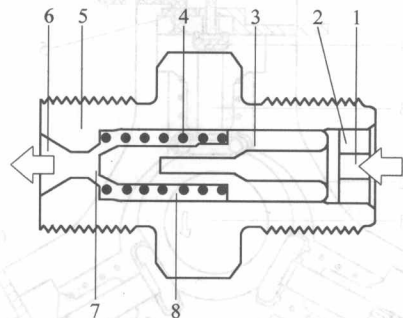


图 1-12 流量限制阀

- 1—油轨端接头 2—锁紧垫圈 3—柱塞 4—压力弹簧
5—外壳 6—喷油器端接头 7—阀座面 8—节流孔

力下降。

流量限制阀的作用是当油轨输出的油量超过规定值时，流量限制阀关闭通往喷油器的油路。正常工作时，柱塞停留在静止位置，靠在流量限制阀油轨端的接头上。当喷油器被打开开始喷油时，喷油器端的压力下降，导致柱塞向喷油器方向移动。流量限制阀通过柱塞移动而产生的排油量用来补偿喷油器从油轨中获得的油量。而当喷油停止时，柱塞停止移动，压力弹簧将柱塞推回到静止位置，燃油从节流孔内流出。压力弹簧和节流孔经过计算，无论燃油大量泄漏还是少量泄漏，柱塞都会回到油轨侧的限位件上，阻止燃油进入喷油器。

1.4 喷油器工作原理

博世公司高压共轨系统电磁喷油器的结构见图 1-13。

电磁喷油器的工作原理是：当喷油器电磁阀未被触发时，喷油器关闭着，泄油孔也关闭着，小弹簧将电枢的球阀压向回油节流孔上，在阀控制腔内形成共轨高压。同样，在喷油器腔内也形成共轨高压，共轨压力对控制柱塞端面的压力加上喷油器弹簧的压力与高压燃油作用在针阀锥面上的开启力相平衡，使针阀保持关闭状态，如图 1-13a 所示。

当电磁阀被触发时，电枢将泄油口打开，燃油从阀控制腔流到上方的空腔中，并从空腔通过回油通道返回燃油箱，使阀控制腔中的压力降低。阀控制腔中的压力降低，减小了作用在控制柱塞上的力，这时喷油器针阀被打开，喷油器开始喷油，如图 1-13b 所示。

电磁阀一旦断电，不被触发，小弹簧力会使电磁阀电枢下压，阀球就将泄油孔关闭。泄油孔关闭后，燃油从进油孔进入控制腔建立起油压，这个压力为油轨压力，该油轨压力作用在控制柱塞端面上。由于油轨压力加上弹簧力大于喷油器腔中的压力，使喷油器针阀关闭。

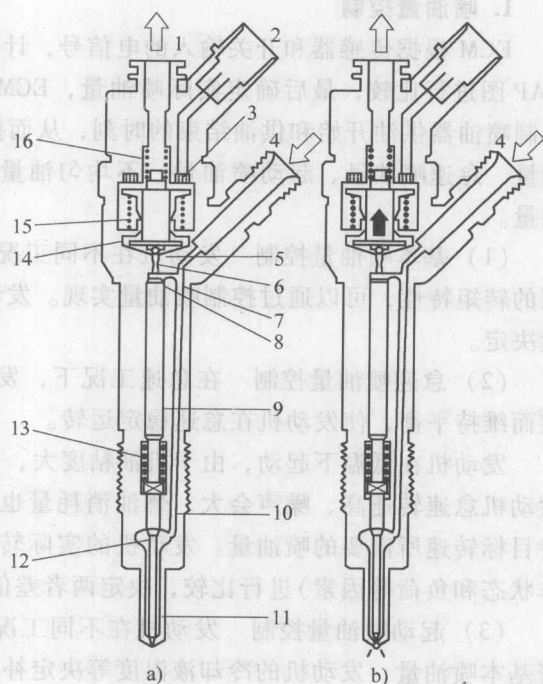


图 1-13 电磁喷油器结构

a) 喷油器关闭(静止状态) b) 喷油器开启(喷油)

1—回油管 2—电线接头 3—电磁阀 4—高压燃油进口
5—单向阀 6—泄油孔 7—进油孔 8—阀控制腔 9—柱塞
10—油道 11—针阀 12—喷油器腔 13—喷油器
弹簧 14—阀控制室 15—大弹簧 16—小弹簧

1.5 高压共轨系统的控制功能

符合欧Ⅲ以上标准的低排放高压共轨柴油机，其燃油喷射系统的基本任务是根据柴油机输出功率的需要，在柴油机的每循环中，把经过计算后的燃油量，按喷油正时、以很高的喷射压力，把柴油喷入发动机燃烧室。为此，共轨柴油机燃油喷射系统主要控制功能是喷油量控制、喷油压力控制、喷油速率控制、喷油时间控制和喷射方式控制。为有效完成各项控制，要求低排放柴油机燃烧系统应满足下列各项条件。

① 共轨柴油机在各种不同工况下都应具有较高而稳定的喷射压力。满足欧Ⅲ排放标准的柴油机，喷射压力高达 135MPa 以上，欧Ⅳ标准的在 180~200MPa 以上。高的喷油压力会得到足够高的燃油喷射初速度，使燃油颗粒得到充分细化来提高雾化质量并加快燃烧速度，彻底改善排放性能。

② 共轨柴油机喷油速率得到优化，使 NO_x 和 PM(可吸入颗粒物)排放大大降低，实现每循环多次喷射。

③ 发动机每循环喷油量根据实际工况经过精确计算，能适应需要。

④ 发动机在不同工况下，ECM 控制合理的喷油正时，使发动机的动力性、经济性和排放等综合性能得到最佳发挥。

1. 喷油量控制

ECM 根据传感器和开关输入的电信号, 计算出喷油量, 并与存储在 ECM 中的目标值和 MAP 图进行比较, 最后确定实际喷油量, ECM 发送驱动信号, 使喷油电磁阀开启或关闭, 控制喷油器供油开始和供油结束的时刻, 从而控制喷油量。喷油量控制的基本内容有基本喷油量、怠速喷油量、起动喷油量、不均匀油量补偿, 巡航控制喷油量和空调压缩机运转喷油量。

(1) 基本喷油量控制 发动机在不同工况下工作, 要求输出不同的转矩, 为了获得不同的转矩特性, 可以通过控制喷油量实现。发动机的基本喷油量由发动机转速和加速踏板位置决定。

(2) 怠速喷油量控制 在怠速工况下, 发动机输出的转矩主要用于克服机件本身的摩擦而维持平衡, 使发动机在怠速稳定运转。

发动机在低温下起动, 由于机油粘度大、发动机摩擦阻力大, 发动机怠速可能不稳; 若发动机怠速转速高、噪声会大、燃油消耗量也大, ECM 会执行怠速转速自动调节功能, 维持目标转速所需要的喷油量。发动机的实际转速和目标转速(由发动机冷却液温度、空调工作状态和负荷等因素)进行比较, 决定两者差值求得所必需的喷油量并进行反馈控制。

(3) 起动喷油量控制 发动机在不同工况下运转, 其加速踏板位置和发动机转速决定着基本喷油量, 发动机的冷却液温度等决定补偿喷油量。发动机起动时, 实际喷油量由这两部分决定。

(4) 不均匀油量补偿控制 发动机工作时, 各缸喷油量不均匀会引起燃烧压力不均匀; 各缸混合气燃烧差异引起各缸间转速不均匀; 曲轴旋转速度变化引起振动等。为了减少转速波动, 使运转平稳, 必须调节各缸喷油量, 使每一气缸所需燃油量精确, 必须进行不均匀油量补偿。ECM 负责检测各缸每次作功行程时转速的波动, 再与其他所有气缸的平均转速相比较, 分别向各缸补偿相应的喷油量。

(5) 巡航控制喷油量控制 巡航控制就是为了减少驾驶员的疲劳, 不需操纵加速踏板而维持恒速行驶的控制过程。

当驾驶员接通巡航控制系统的“速度控制开关”时, 速度控制系统开始工作。ECM 能够根据行驶阻力变化情况, 自动调节油门的开度。油门位置传感器将油门的开度变化输入 ECM, ECM 将控制喷油电磁阀的开启和关闭时间, 补偿或减少喷油量, 使汽车保持恒速行驶。

(6) 空调压缩机运转喷油量控制 当驾驶员打开空调开关后, ECM 接收到空调选择信号及空调请求信号时, 首先调整怠速电动机, 提高发动机怠速转速, 接着 ECM 使空调离合器继电器接地, 接通空调压缩机电磁离合器, 使压缩机工作。当空调压缩机工作时, 由于负荷增加了, ECM 接着调整喷油量, 以适应负荷增大的需要, 防止怠速转速过低或过高。

ECM 还根据发动机工况的变化, 实时控制空调压缩机的工作。当 ECM 感知油门全开工况, 就切断空调继电器接地电路, 使空调停止运转, 以减小负荷, 减少喷油量, 直到油门全开时间超过 15s; 如果发动机冷却液温度超过 125℃, ECM 不接通空调继电器, 既不增加发动机的负荷, 也不增加发动机的喷油量。

2. 喷油时间控制

在共轨发动机中, 为实现发动机内的最佳燃烧, ECM 根据发动机的运行工况和外部环

境条件经常调节喷油时间，即进行最佳喷油时间控制。具体控制方法是，由发动机决定基本喷油时间，同时，还要根据发动机的负荷、冷却液温度、进气温度和压力、燃油温度和压力等对基本喷油时间进行修正，决定目标喷油时间。

3. 喷油压力控制

在共轨喷射系统中，ECM 根据安装在油轨上的压力传感器的电信号，计算出实际喷油压力。并将其值和目标压力值进行比较，然后发出指令控制高压燃油泵，升高压力或降低压力，实行闭环控制，完成最佳喷油压力控制。

喷油压力愈大，喷油能量愈高、喷雾愈细、混合气形成和燃烧愈完全，柴油机的排放性能和动力性、经济性都会得到进一步改善。

高的喷射压力可以明显改善燃油和空气的混合，从而降低排放烟度和可吸入颗粒物的排放量，同时又可缩短着火落后区，使柴油机工作柔和、燃烧噪声小。高压柴油共轨发动机，喷射压力最大可达 200MPa 以上，大负荷时柴油机的排放烟度可大幅度降低。

4. 喷油速率控制

喷油规律是影响柴油机排放的主要因素。理想的喷油规律要求喷射初期要缓慢，喷油速率不能太高，目的是减少在滞燃期内的可燃混合气量，降低初期燃烧速率，以降低最高燃烧温度和压力升高率，抑制 NO_x 生成和降低燃烧噪声。预喷射是实现初期缓慢燃烧的方法。喷射中期采用高喷射压力和高喷油速率，目的是加快燃烧速度，防止生成微粒和提高热效率。主喷射发生在中期，可加快可燃混合气的扩散燃烧速度。喷油后期要求迅速结束喷射，防止在较低的喷油压力和喷油速率下燃油雾化变差，导致燃烧不完全，而使 HC 和 PM(可吸入颗粒物)排放增加。后喷射可有效降低排放物，使未燃烧的可燃物进一步燃烧掉。在共轨柴油机中，进行多次喷射，可使喷油规律优化。

5. 喷油方式控制

共轨柴油机采用多次喷射，就是将每一工作循环中的喷油过程分成几段进行，每段喷油都是相互独立的，目的是控制燃烧速率。多次喷射包括先导喷射、预喷射、主喷射、后喷射和次后喷射等。在多次喷射过程中，

电磁阀执行开启和关闭喷油器的工作，可以实现喷油规律优化。在主喷射之前的预喷射，可以降低燃烧噪声；使预喷射要靠近主喷射，可有效地降低 PM 排放量。而后喷射过程，少量燃油随废气排放再燃烧，会使有害颗粒物进一步燃烧掉，更为有效地减少 PM 的排放量。图 1-14 为喷油器针阀升程与曲轴转角的关系，表 1-1 为多次喷射作用效果。

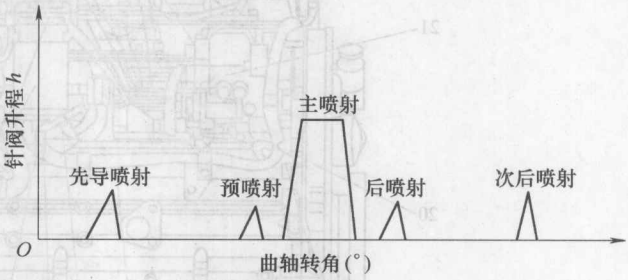


图 1-14 针阀升程与曲轴转角的关系

表 1-1 多次喷射作用效果

喷射方式	作用效果
先导喷射	进行预混合燃烧，可降低可吸入颗粒物排放
预喷射	缩短主喷射的着火延迟、降低 NO _x 和燃烧噪声
后喷射	促进扩散燃烧、降低颗粒物排放
次后喷射	排气温度升高，通过供给还原剂、进行后处理、降低 NO _x 和颗粒物排放

第 2 章 ISBe 柴油机的组成

2.1 康明斯 ISB 系列柴油机的结构组成

康明斯 ISB 系列高压柴油共轨发动机有 ISB(4 缸机)和 ISBe(4 缸机和 6 缸机)之分,其中 4 缸机排量为 3.9L,6 缸机排量为 5.9L。我国引进的 ISBe 柴油机,排量为 5.9L,该发动机为直列 6 缸、四冲程、水冷、增压中冷、高压柴油共轨电子控制式燃油喷射,使用博世分配式燃油泵,燃油泵型号为 CP3。而 ISB 柴油机使用的是 VP44 型燃油泵,CP3 和 VP44 两种燃油泵无根本区别,VP44 使用一个单独电控单元(ECM)进行燃油喷射控制,而 CP3 由发动机主电控单元(ECM)进行综合控制。ISBe 系列柴油机基本性能见表 2-1。

图 2-1 为 ISB 柴油机总成部件安装位置图。

图 2-2 至图 2-11 为两种不同排量发动机总成部件安装位置图。

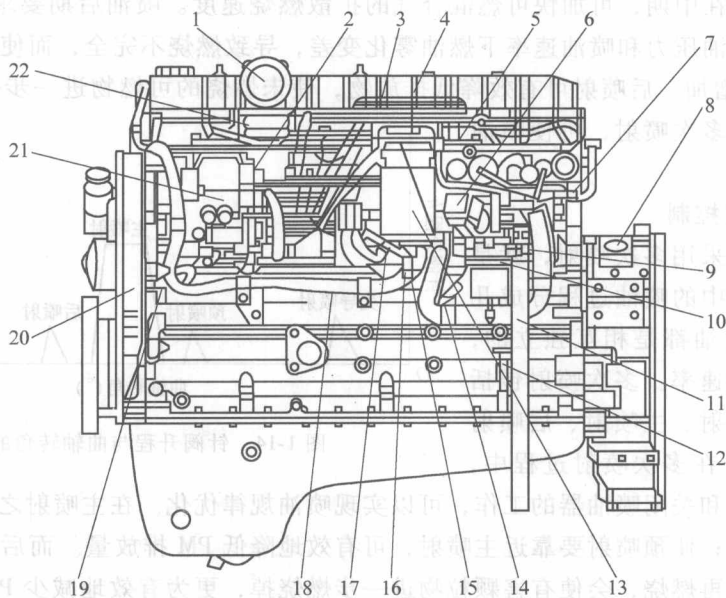


图 2-1 ISB 柴油机总成部件安装位置图

- 1—发动机进气口 2—V 形燃油泵连接器 3—OEM 连接器 4—高压燃油管 5—进气管
- 6—燃油泵继电器 7—3/4in NPTF 水加热器(选装件) 8—3/4in 16UNF 电磁传感器安装孔
- 9—燃油进油管接头 10—输油泵 11—燃油含水传感器 12—曲轴箱通风口
- 13—燃油滤清器及油水分离器 14—发动机转速传感器 15—机油压力传感器
- 16—油水排放阀 17—ECM 18—1/8in NPTF 压力机油管 19—发动机曲轴位置传感器
- 20—发动机规格铭牌 21—博世电控 V 形分配式燃油泵 22—进气预热装置

表 2-1 ISBe 柴油机基本性能

型 号	ISBe 220-31	ISBe 185-32	ISBe 225-30
性 能			
型式	四冲程、水冷、直列 6 缸、增压中冷、高压共轨		
最大功率/(kW/(r·min ⁻¹))	162/2500	136/2500	184/2500
最大扭矩/(N·m/(r·min ⁻¹))	820/1500	700/1500	950/1500
排量/L	5.9	5.9	5.9
排放标准	欧 III	欧 III	欧 III
装用车型	城市客车、豪华旅游客车、重型载货车和特种运输车辆		

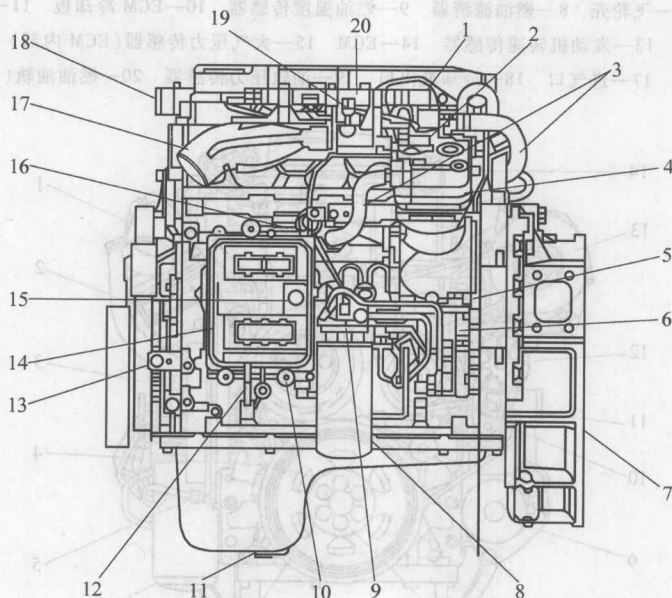


图 2-2 3.9L 发动机进气侧视图

- 1—油轨减压阀 2—进气歧管压力/温度传感器 3—空气压缩机冷却液管 4—空气压缩机
 5—发动机曲轴位置(凸轮轴位置)传感器 6—博世燃油泵 7—飞轮壳 8—燃油滤清器
 9—燃油温度传感器 10—ECM 冷却板 11—油底壳放油螺栓 12—机油标尺
 13—发动机转速传感器 14—ECM 15—大气压力传感器(ECM 内部) 16—冷却板燃油进口
 17—进气口 18—冷却液出口 19—油轨压力传感器 20—燃油油轨(蓄压器)

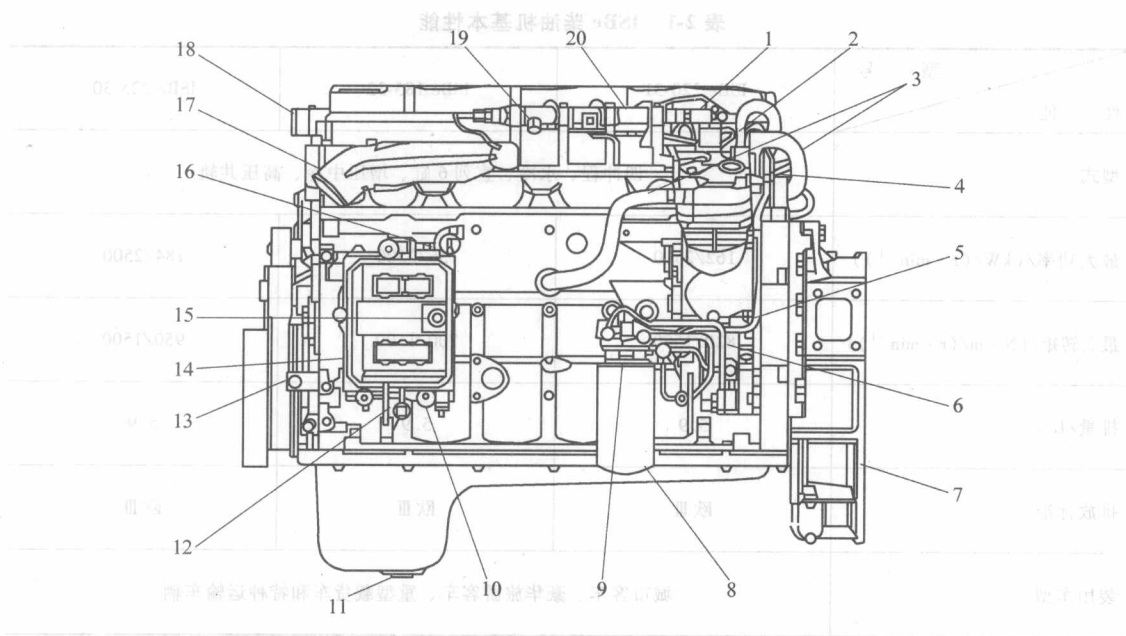


图 2-3 5.9L 发动机进气侧视图

- 1—油轨减压阀 2—进气歧管压力/温度传感器 3—空气压缩机冷却液管 4—空气压缩机 5—发动机曲轴位置传感器
6—博世燃油泵 7—飞轮壳 8—燃油滤清器 9—燃油温度传感器 10—ECM 冷却板 11—油底壳放油螺栓
12—机油标尺 13—发动机转速传感器 14—ECM 15—大气压力传感器(ECM 内部) 16—冷却板
燃油进口 17—进气口 18—冷却液出口 19—油轨压力传感器 20—燃油油轨(蓄压器)

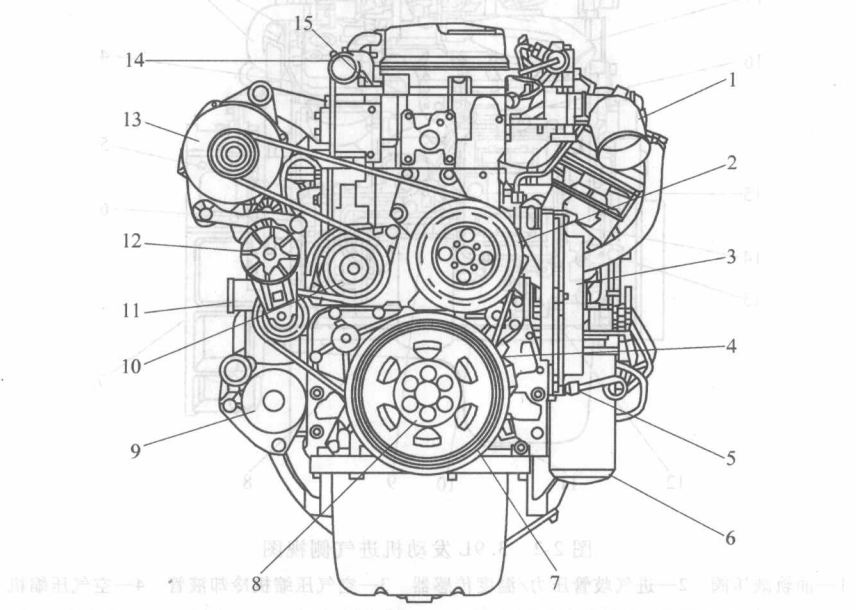


图 2-4 3.9L 发动机前视图

- 1—进气口 2—风扇驱动轮 3—ECM 4—发动机转速传感器 5—机油标尺
6—燃油滤清器 7—减振器 8—风扇或动力输出(PTO)驱动法兰安装座 9—起动机
10—水泵 11—冷却液入口 12—传动带张紧轮 13—交流发电机 14—冷却液出口 15—冷却液温度传感器