

福田汽车国三产品技术培训手册

(柴油共轨系统)

北汽福田汽车股份有限公司营销公司

二 00 七年六月

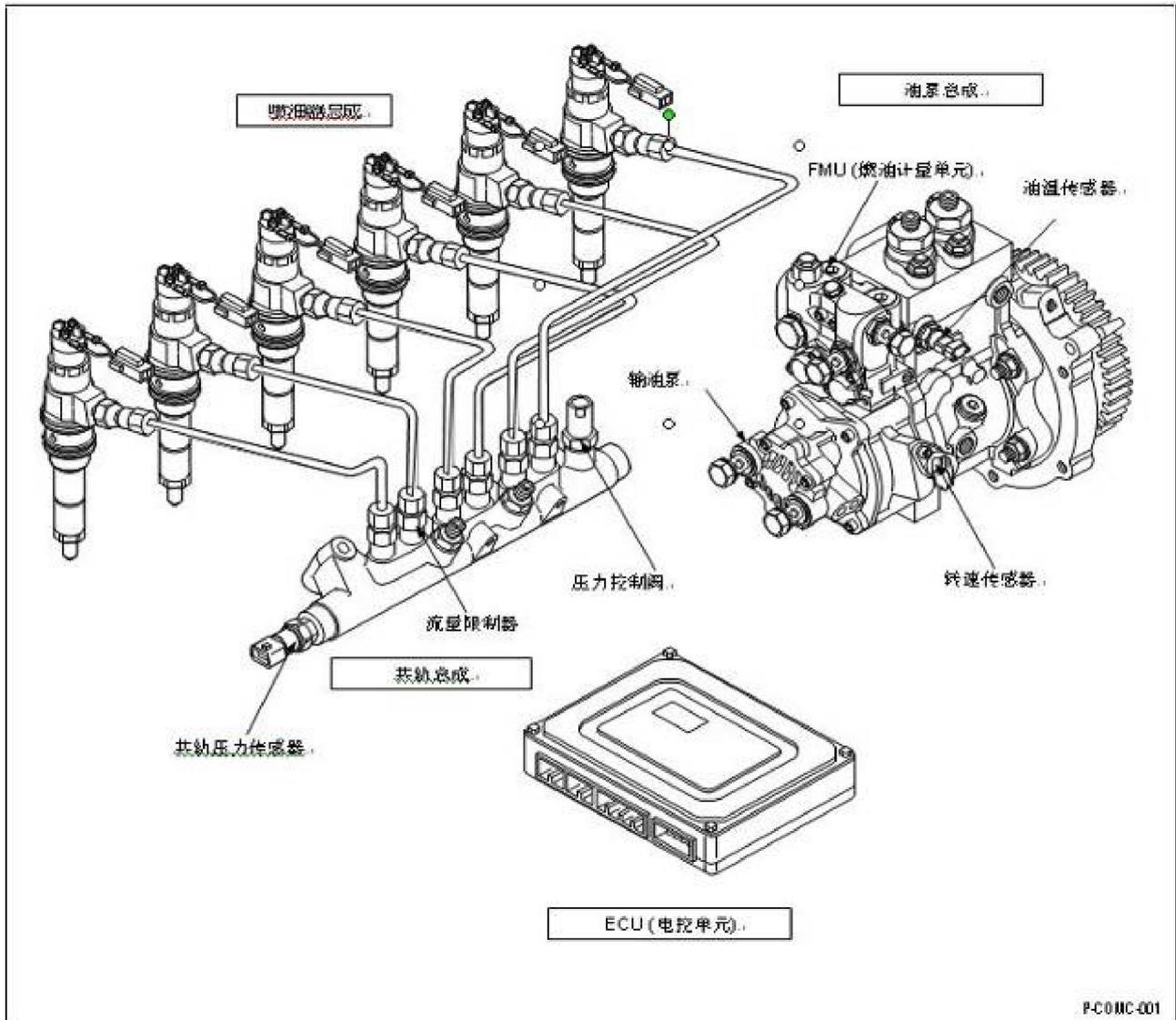
目录

一、柴油共轨工作原理及主要零部件介绍.....	2
1、总体结构及工作原理.....	2
2、共轨系统主要零部件介绍.....	3
二、福田产品柴油共轨系统介绍.....	12
1、大柴 4DC2 发动机柴油共轨系统介绍.....	12
2 发动机装配调试操作过程及注意事项.....	20
三、柴油共轨系统常见故障及可能的故障部位.....	24
1、故障诊断安全提示.....	24
2、故障诊断原则.....	24
3、常见故障及可能的故障部位.....	25
四、福田专用故障诊断仪介绍—金德 K81.....	27
五、博世共轨系统喷油器专用拆装工具使用简介.....	34

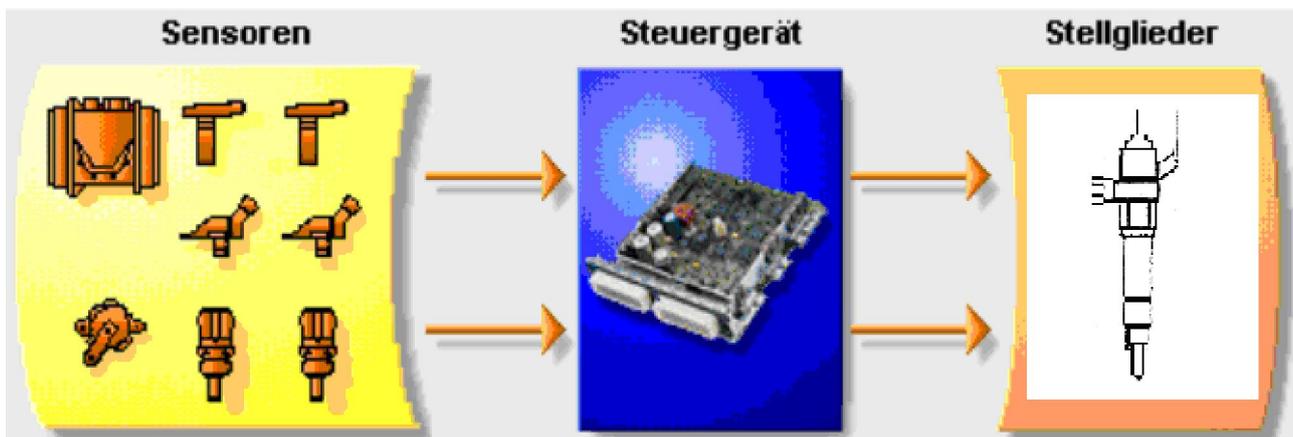
一、柴油共轨工作原理及主要零部件介绍

(一) 总体结构及工作原理

1、总体结构



2 共轨系统工作原理示意图



传感器

ECU 控制单元

执行器

工作原理：

共轨系统可用来提供最合适的燃油喷射量和喷射时刻，以此来满足发动机可靠性、动力性、低烟、低噪音、高输出、低排放的要求。

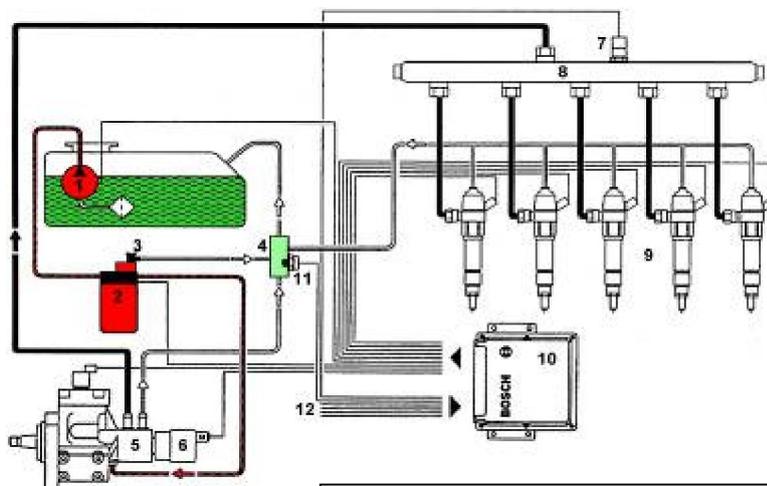
发动机的工作情况（如：发动机转速、加速踏板位置、冷却水温）被各种传感器检测到，ECU（电子控制单元）根据上述传感器检测到的信号对燃油喷射量、喷射时刻、喷射压力进行全面的控制，确保发动机处于最佳的工作状态。

ECU 控制着大多数的零部件并且具备诊断和警报系统，用来提醒驾驶员故障的发生。共轨系统由电控供油泵总成、喷油器总成、共轨总成组成。它们与 ECU 传感器等共同控制各种零部件。

（二）共轨系统主要零部件介绍

1、柴油共轨系统的管路布置

- 1=电动输油泵
- 2=燃油滤清器
- 3=回油阀
- 4=回游储存器
- 5=CP1 高压泵
- 6=高压控制阀
- 7=共轨压力传感器 (RPS)
- 8=共管
- 9=喷油器
- 10=EDC 15 C 控制单元
- 11=油温传感器
- 12=其它传感器



2 低压部分

低压部分（油路）为高压部分（油路）供给足够的油量，其中最重要的零部件有：油箱，带有粗滤装置的供油泵，低压回路的进、出油管，细滤器，喷油泵，高压泵的低压区。

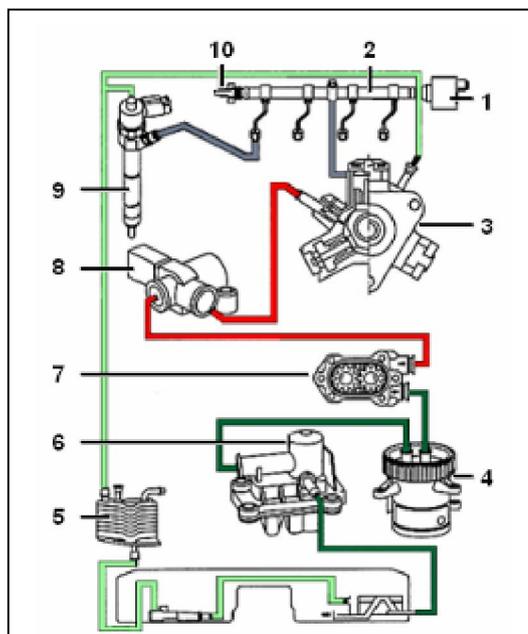


图 1 共轨燃油喷射系统系统图

- 1-压力控制阀；2-共管；3-高压泵；4-燃油滤清器；5-燃油冷却器；6-燃油预热器；
- 7-输油泵；8-停车阀；9-喷油器

2.1 供油泵

供油泵的工作是维持足够供给高压泵的燃油量。在各种工作状态、在不同的必要的压力下、在整个工作寿命期都必须满足上述要求。

目前，在柴油机上主要使用机械齿轮驱动的燃油泵。

2.1.1 齿轮式燃油泵

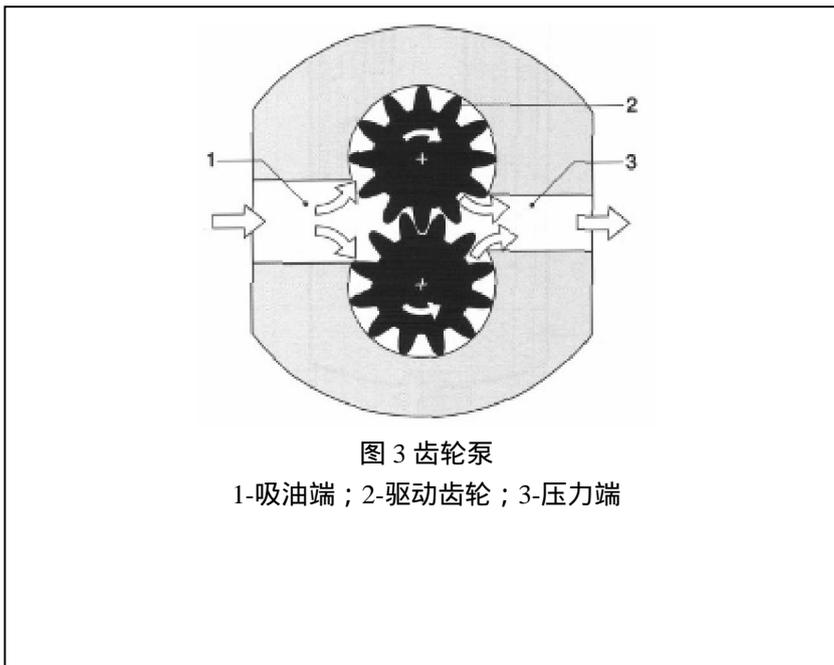
在轿车，商务汽车和越野汽车上，齿轮式燃油泵是用来为共轨高压油泵提供燃油的。它既可以集成在高压油泵中，由高压油泵驱动轴驱动，也可以直接连接到发动机上，由发动机驱动。

普通的驱动形式有：连轴器，齿轮或者齿带式连接。

齿轮泵主要零部件是两个在旋转时相互啮合的反转齿轮。燃油被吸入泵体和齿轮之间的空腔内，并被输送到压力侧的出油口，旋转齿轮间的啮合线在吸油端与泵的压力端提供了良好的密封，并且能防止燃油回流。

齿轮式燃油泵的供油量与发动机转速成比例，齿轮泵的供油量在进油口端的节流阀或者出油口端的溢流阀限制。

齿轮式燃油泵是免维护的。在第一次起动前，或者油箱内燃油被用尽，燃油系统内要排尽空气，可以直接在齿轮式燃油泵上或者低压油路中安装一个手动泵。



2.2燃油滤清器

燃油中若含有杂质，将导致油泵零部件、出油阀、喷油嘴的损坏。因此必须装用燃油滤清器，燃油滤清器必须符合喷射系统的特定要求，否则燃油供给系统正常运转和相关元件的使用寿命将无法得到保证。柴油中含有可溶于乳状或者自由水（例如：用于温度变化的冷却水），若这种水进入喷射系统，将会引起燃油系统元件的穴蚀。

和其他喷射系统一样，共轨同样需要一个带有油水分离的燃油滤清器，带有油水分离的燃油滤清器可以把水从水分收集器中排出。随着柴油机在轿车上应用数量的增加，当带有油水分离的燃油滤清器的水分收集器水位到达一定高度时，通过报警灯来提示自动报警装置，告知驾驶员需进行水分收集器排水。

3 高压部分

共轨系统的高压部分被分成高压发生器、压力蓄能器和燃油计量元件。最重要的零部件：配有元件关闭阀和压力控制阀的高压泵（CP1）或者带有进油计量比例阀的高压泵（CP2 CP3），高压蓄能器，共轨压力传感器，压力控制阀，流量控制阀和喷油器。

3.1高压泵

高压泵是高压回路和低压回路的分界面，在所有工况下，它主要负责在车辆的整个使用寿命中供给足够的高压燃油，同时还必须保证为使发动机迅速起动所需要的额外的供油量和压力要求。

高压泵不断的产生高压蓄能器所需的系统压力。这就意味着燃油并不是在每个单一的喷射过程都必须被压缩（相对于传统的系统燃油）。

高压泵被较好的安装在与传统柴油机分配泵相同的位置上。它是通过连轴器、齿轮、驱动链条、或者驱动齿带由发动机驱动，其最高转速不超过 3000 转 / 分钟。高压泵可以通过低压油路过来的燃油或者由发动机主油道过来的机油润滑。高压油泵上安装有用于进行压力控制的压力控制阀（压力控制阀亦可安装于高压蓄能器上）或者进油计量比例阀。燃油被三个成辐射状安装互隔

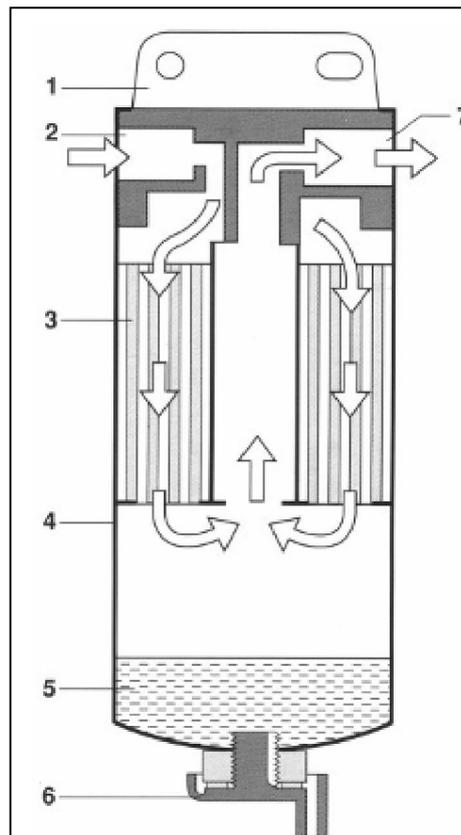


图 4 带油水分离装置滤清器

- 1-滤清器盖；2-进油口；3-纸质滤芯；
- 4-壳体；5-水分收集器；6-放水螺塞；
- 7-出油口

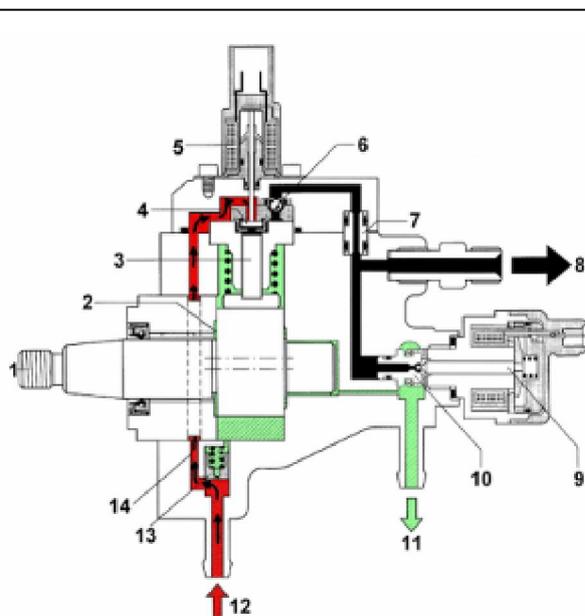


图 5 CP1 高压泵

- 1-带偏心凸轮的驱动轴；2-多边形环；3-油泵柱塞；4-进油阀；5-元件关闭阀；6-出油阀；7-套；8-去共管的高压接头；9-压力控制阀；10-球阀 / 压力控制阀；
- 11-回油；12-燃油供给 250kPa (2.5 bar)；13-节流阀 (安全阀)；14-燃油供给通道

120° 的泵油柱塞压缩，高压泵每转一圈，有三次供油，峰值驱动扭矩较低，油泵驱动系统保持较稳定的负荷。16N·M的扭矩大概是驱动一个同等分配泵所需扭矩的 1/9，这就意味着共轨系统比传统的喷射系统在泵的驱动方面具有较少的负荷。驱动泵所需的动力是随着共轨压力和泵的速度（供油量）成比例上升的。对于一个 2升发动机，在标定转速共轨压力为 1350bar时，高压泵仅需要 3.8kw功率消耗（保证油泵效率接近 90%）。

供油泵将燃油从油箱泵起，经过带有油水分离装置的燃油滤清器到达高压泵的进油口。供油泵使燃油经安全阀的节流孔，进入高压泵的润滑和冷却回路。凸轮轴使三个泵的柱塞按照凸轮的外形上下运动。

当供油油压超过安全阀的开启压力（0.5~ 1.5bar），当高压泵的柱塞正向下运动时（吸油行程），供油泵能使燃油经高压泵进油阀进入柱塞腔。在高压泵柱塞越过下止点后，进油阀关闭。这样，柱塞腔内的燃油被密封，它将以高于供油压力的油压被压缩，油压的升高一旦达到共轨的油压出油阀被打开，被压缩的燃油就进入了高压循环。柱塞继续供给燃油，直至到达上止点（供油行程）。上止点后，压力减小，导致出油阀关闭，仍然在柱塞腔内的燃油压力也下降，柱塞又向下运动。只要柱塞腔内的压力降至低于供油泵的供油压力时，进油阀又开启，吸油过程又开始。

CP1高压泵是为大供油量而设计的，在怠速和部分载荷的工况下过量高压燃油经压力控制阀流回油箱。压缩燃油在油箱中释放压力，由于能量是消耗在第一次压缩燃油的过程中，这个过程不仅对燃油的不必要加热，整体的效率也下降了。从某种程度上讲，这种效率损失可以由关闭一个泵油部件来补偿。

当一个泵油部件被关闭时，将导致进入共轨的燃油量下降。这项功能通过使某一个进油阀保持常开来实现。当电磁阀被触发时，一个与它连接的销轴持续使进油阀打开，该泵油部件被断开。结果，被引入泵油部件内的燃油在供油行程不能被压缩，因为在部件腔内没有压力产生，燃油又流回低压管道。当需要较小动力时，一个泵油元件被断开，高压泵不是连续而是间歇的供给燃油。

对于 CP3高压油泵而言，通过进油计量比例阀控制进入高压油泵的燃油量，从而控制高压油泵的供油量，以便满足共轨压力的要求。此种设计方案能有效的降低动力消耗，同时避免对燃油进行不必要的加热。

高压泵的供油率是与它的旋转速度成比例的，它与油泵及发动机转速有关。喷油泵传动比的确定的依据是使得喷油泵的供油量与发动机对燃油系统的性能要求相适应；同时需保证在加速踏板到底的情况下的发动机燃油量的要求须覆盖全部范围。相对于曲轴而言，传动比在 1: 2到 2: 3都是可能的。

3.2压力控制阀

压力控制阀设定一个正确的对应于发动机负荷的共轨压力，并且将它保持在这一水平。

当共轨压力过大，压力控制阀打开，一部分燃油经回油管路流回油箱。

当共轨压力过小，压力控制阀关闭，并将高压与低压段密封隔开。

压力控制阀是通过一个安装法兰连接到高压泵或者高压蓄能器的。为了使高压段与低压段之间有良好的密封，枢轴使一个球阀抵靠在密封座上，有两个力作用在枢轴上：一是压下的弹簧力；二是一个由电磁铁产生的作用力。为了保证润滑和冷却，燃油必须流经枢轴。

压力控制阀由两个闭环控制组成：

- 用于设定变化的平均共轨压力的慢速作用的电子控制环；

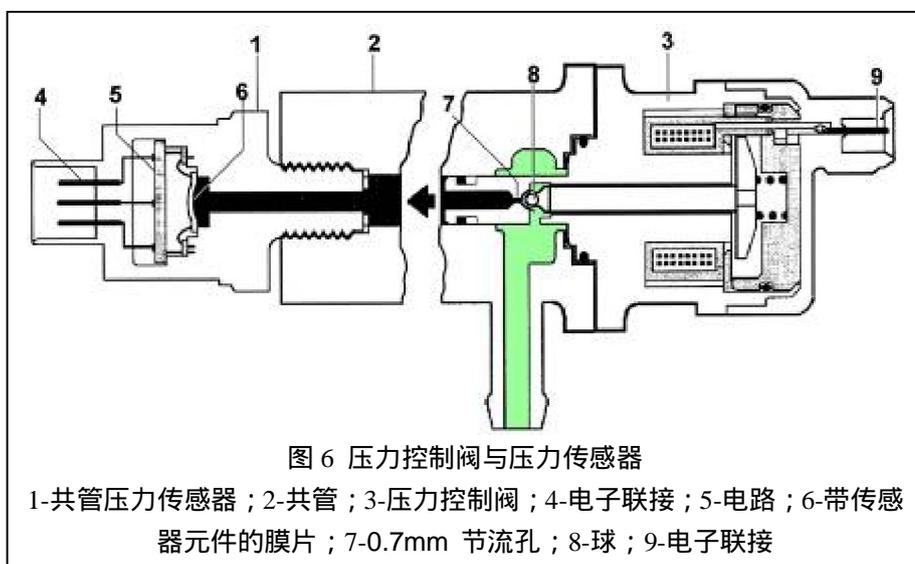


图 6 压力控制阀与压力传感器

1-共管压力传感器；2-共管；3-压力控制阀；4-电子联接；5-电路；6-带传感器元件的膜片；7-0.7mm 节流孔；8-球；9-电子联接

- 用于补偿高频压力波动的快速作用的机械液压控制环。

压力控制阀未通电

来自于共轨或者高压泵出口的高压作用于压力控制阀。由于未通电的电磁铁不产生作用力，高压燃油压力超过弹簧弹力导致控制阀打开，并维持至由供油量决定的某种程度，以弹簧被设计成能产生近似100bar的压力。

压力控制阀通电

若需要增大高压回路中的压力，由电磁铁产生的力将作用于弹簧上。压力控制阀被触发并关闭，直到共轨的压力与弹簧弹力和电磁铁的合力平衡。接着，阀保持部分开启，并维持一定的燃油压力。泵的供油量的改变或者由于油嘴引起共轨油量的降低引起的压力变化由阀的不同开度设置来补偿的。电磁铁产生的力是与由变化的脉宽控制的激励电流的大小成比例的。1KHz的脉冲频率足够用来防止不期望的电磁铁 - 衔铁运动或者共轨压力波动。

3.3 高压蓄能器

高压蓄能器存储高压燃油。同时，由于高压泵的供油和燃油喷射产生的高压振荡在共轨容积中衰减，这样保证在喷油器打开时刻，喷射压力维持定值。

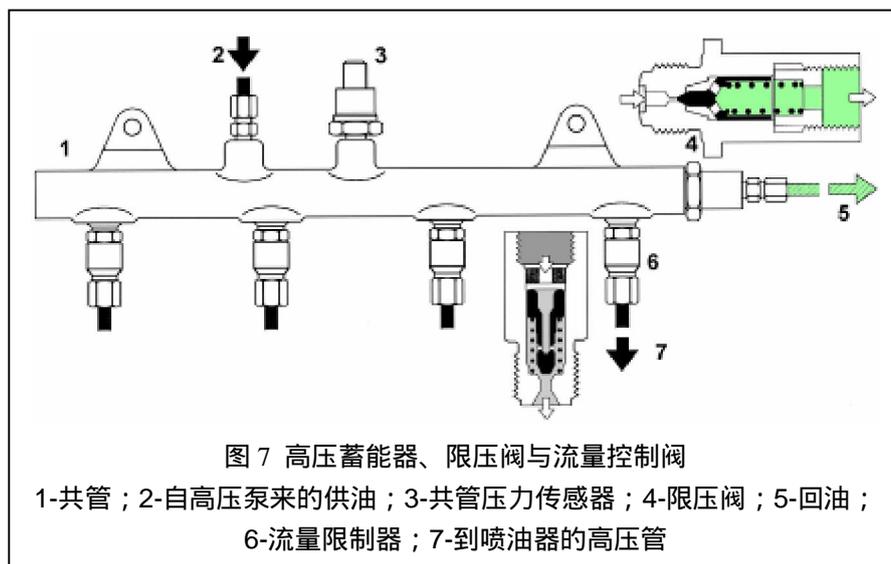
共轨同时作为燃油分配器。

根据发动机的安装条件对共轨的约束管状燃油共轨的设计是可变的。共轨上装有用测量供给燃油的共轨压力传感器、限压阀和流量限制器、压力控制阀（如果高压泵上未装压力控制阀）。

由高压油泵过来的高压燃油通过高压油管到达共轨的进油口。通过进油口燃油进入共轨并被分配到各个油嘴。

燃油压力由共轨压力传感器测量并通过压力控制阀调节到所要求的数值。限压阀用来防止油压超过最大许用压力。高压燃油通过流量限制器从共轨到油嘴，它可以防止油嘴关闭不严时，燃油进入燃烧室。

共轨的内部永久的充满压力油。高压下的燃油的可压缩性被用来产生储能作用，当燃油从共轨被用于喷射时，即使喷油量较大，高压蓄能器的压力保持实质上的定值。



3.4 限压阀

限压阀具有与溢流阀一样的功能。若压力过大，限压阀将打开泄油通道来控制共轨压力。限压阀允许瞬时最大共轨压力为系统额定压力+50bar。

限压阀是由以下零部件构成的一个机械装置：

- 带有螺纹的壳体；
- 流回油箱的回油油路；
- 活动柱塞；
- 弹簧。

在通向共轨油路的末端，壳体上开有一个通道，柱塞的锥形末端顶住壳体的密封座，限压阀处于关闭状态。在正常工作压力时弹簧力使柱塞抵住密封座，限压阀始终关闭。一旦超过系统最大压力，共轨压力大于弹簧力，柱塞在共轨压力作用下将被迫上升，此时，高压燃油流通过通道流入柱塞，再通过它流向一

段通往油箱的回油路。当阀打开时燃油流出共轨，从而限制共轨内部压力。

3.5 流量限制器

流量限制器的任务是阻止在某个喷油器关闭不严时的不期望情况下的连续喷射。为了完成这个工作，只要流出共轨的燃油量超过一定量，流量限制器立即关闭通往有问题的喷油器的油路。

流量限制器由一个带有旋入高压共轨螺纹的金属壳体和一段为了旋入喷油器的螺纹组成。壳体在每端都提供有为共轨和喷油器油路连接的通道。

在流量限制器内部有一个被弹簧推向燃油蓄能器方向的活塞，活塞与壳体内壁间密封，中间的轴向通道用来连接进油、出油口路。

轴向通道末端直径减小，其节流作用用作控制燃油流量。

正常工作过程：活塞处于自由位置，即活塞抵靠在流量限制器的共轨端。燃油喷射时，喷油器端的喷有压力下降，导致活塞向喷油器方向移动，流量限制器通过活塞移动来补偿由喷油器从共轨中获得的燃油量，而不是通过节流孔来补偿，因为它的孔径太小了。在喷油过程结束时，处于居中位置活塞并未关闭出油口。弹簧使它回位到自由位置，此时燃油通过节流孔向喷油器方向流动。

弹簧和节流孔是通过精确设计的，即使在最大喷油量（加上安全储备），活塞都有可能移回流量限制器共轨端位置，并保持在该位置直到下一次喷射开始。

大量泄漏故障状态下的工作过程：由于大量燃油流出共轨，流量限制器活塞被迫离开自由位置，抵靠至出口处的密封座，即处于流量限制器的喷油器端，并保持在这个位置，阻止燃油进入喷油器。

少量缺少的故障工作过程由于燃油泄漏，流量限制器活塞无法回到自由位置，经过数次喷油后，活塞移向出口处的密封座，并保持在这个位置，直到发动机熄火，关闭通向喷油器的进油口。

3.6 喷油器

喷油时刻和喷油量的调整是通过电子触发的喷油器实现的。这些喷油器取代了喷油嘴 - 帽总成(喷油嘴和喷油嘴帽)。

与已经存在的直喷柴油机中的喷油嘴 - 帽总成相类似的压具同样被应用于气缸顶部用于安装喷油器，也就是说，共轨的喷油器可以在发动机无需变动的情况下，就安装在已存在的直喷柴油机的气缸顶部。

喷油器可以被拆分为一系列功能部件：孔式喷油嘴，液压伺服系统和电磁阀。

燃油来自于高压油路，经通道流向喷油嘴，同时经节流孔流向控制腔，控制腔与燃油回路相连，途径一个受电磁阀控制其开关的泄油孔。

泄油孔关闭时，作用于针阀控制活塞的液压力超过了它在喷油嘴针阀承压面的力，结果，针阀被迫进入阀座且将高压通道与燃烧室隔离，密封。

当喷油器的电磁阀被触发，泄油孔被打开，这引起控制腔的压力下降，结果，活塞上的液压力也随之下降，一旦液压力降至低于作用于喷油嘴针阀承压面上的力，针阀被打开，燃油经喷孔喷入燃烧室。这种对喷油嘴针阀的不直接控制采用了一套液压力放大系统，因为快速打开针阀所需的力不能直接由电磁阀产生，所谓的打开针阀所需的控制作用，是通过电磁阀打开泄油孔使得控制腔压力降低，从而

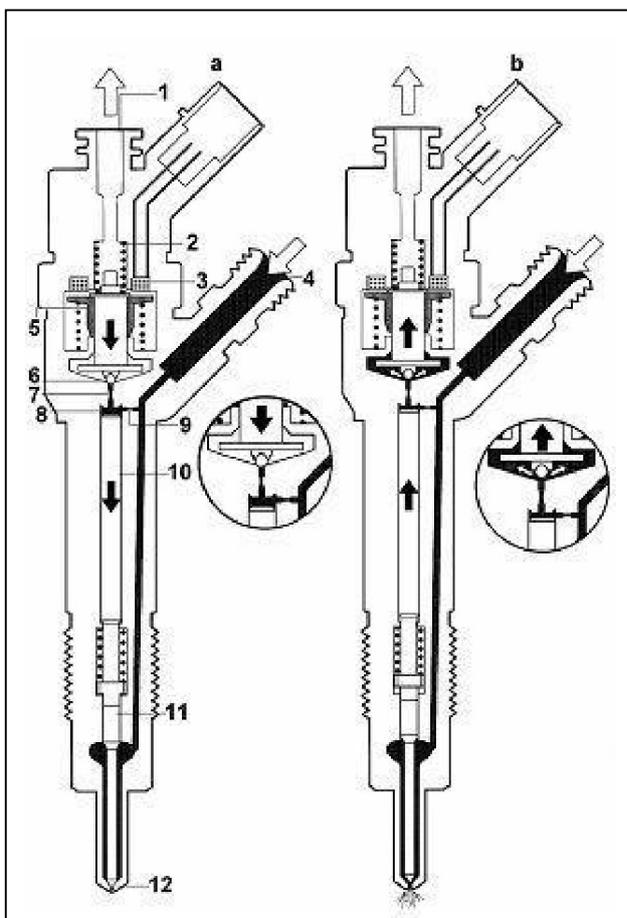


图 8 共轨系统喷油器

- 1-回油管；2-回位弹簧；3-线圈；4-高压连接；
 - 5-枢轴盘；6-球阀；7-泄油孔；8-控制腔；9-进油口；10-控制活塞；11-油嘴轴针；12-喷油嘴
- 图 1-喷油器关闭 图 2-喷油器打开

打开针阀。

此外，燃油还在针阀和控制柱塞处产生泄漏，控制和泄漏的燃油，通过回油管，会同高压泵和压力控制阀的回油流回油箱。

在发动机的运转和高压泵的产生压力状态下，将喷油器的工作过程划分为四个阶段：

- 喷油器关闭（有高压时）；
- 喷油器打开（开始喷射）；
- 喷油器完全打开；
- 喷油器关闭（喷射结束）。

这些工作阶段是由于作用于喷油器各零部件的分配力所导致的。发动机停机时，共轨中没有压力时，喷油嘴弹簧使喷油器关闭。

喷油器关闭（自由状态）：在自由状态，电磁阀没有通电，所以它是关着的。

泄油孔关闭，阀的弹簧使枢轴的球体顶在泄油孔座上，共轨高压在阀控制腔建立，同样的压力也存在于喷油嘴的承压腔内。共轨压力作用于控制活塞的末端面，与喷油嘴弹簧力共同作用，克服由承压腔产生的开启力，维持喷油嘴在关闭位置。

喷油器打开（开始喷射）：喷油器处于它的自由状态，电磁阀通以用于保证它快速打开的峰值电流。

由电磁触产生的力超过了阀的弹簧力，触发器打开了泄油孔。几乎同时，较高的拾取电流降至较低的电磁铁所需的维持电流，磁路的磁隙变小使得仅需较小的维持电流使得控制阀保持开启。当泄油孔打开时，燃油将从阀控制腔流入位于它上方的空腔，燃油并由此经回油管回到油箱。泄油孔破坏了绝对的压力平衡，最终在阀控制腔内的压力也下降。这导致阀控制腔内的压力低于仍与共轨有相同压力水平的喷油嘴承压腔的压力，阀控制腔内压力的减小，导致作用于控制活塞上的力的减小，最终喷油嘴针阀打开，喷射开始。喷油嘴针阀的打开速度取决于流过控制腔的进、泄油孔时的不同流量。控制活塞到达上方的停止位置，那里仍由在进、出油口之间的燃油流动所产生的缓冲保持着。这时，喷油器喷油嘴完全打开，且燃油以几乎与共轨内的相同压力喷入燃烧室内。喷油器的强制分配与它在打开阶段时相似。

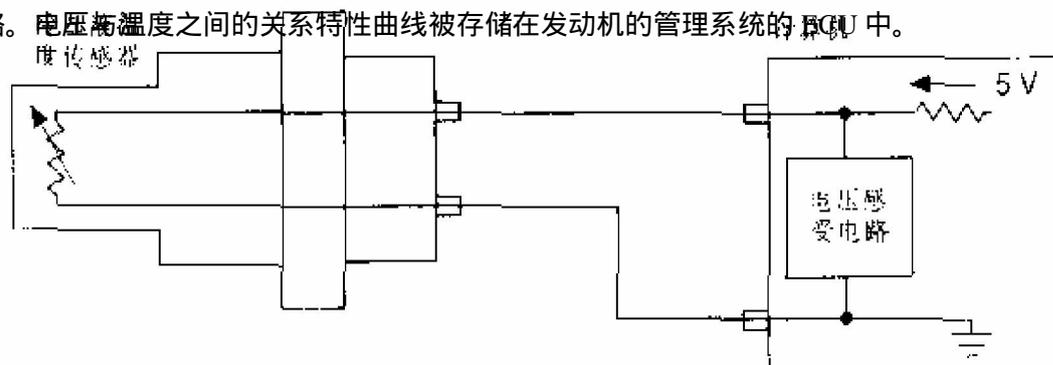
喷油器关闭（喷射结束）：一旦电磁阀不被触发，阀弹簧使枢轴向下运动，球阀将关闭泄油孔。枢轴被设计成两个元件，虽然枢轴盘在它向下运动过程中是由一个驱动凸肩导向的，但它能利用抵消弹簧对回位弹簧缓冲，从而尽量没有向下的作用力枢轴和球阀上。泄油孔的关闭泄油口，燃油经进油口进入控制腔建立压力，这个压力与共轨内的压力相同，该压力在控制活塞末端面上产生一个增大的力，这个力再加上弹簧力，此时超过了由承压腔产生的力，所以喷油器针阀关闭。喷油器针阀的关闭速度取决于进油孔的流量，一旦喷油嘴针阀又运动至底部密封位置时，喷射停止。

4、各种传感器介绍

4.1 温度传感器

根据其特定的应用范围，多种形式的温度传感器被使用，一种随温度变化的半导体测量电阻被安装于传感器的内部。温度传感器中常常使用负阻系数的温度电阻（NTC），较少的温度传感器使用正阻系数的温度电阻（PTC）。

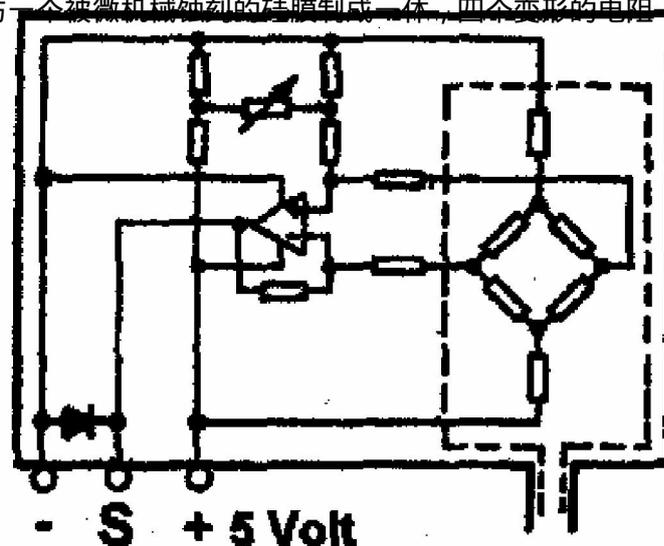
温度传感器的温度电阻作为 5V 分压电路的一部分，温度传感器的两端与受压电路相连接，当温度传感器的温度电阻随温度发生变化时，受压电路的电压发生变化，该电压被输入到 ECU 接口电路的模数转换电路。电压与温度之间的关系特性曲线被存储在发动机的管理系统的 ECU 中。



4.2 压力传感器

压力传感器的测量元件安装于其中心部位，它与一个被微机械蚀刻的硅膜制成一体，四个变形的电阻分布在硅膜的膜片上。

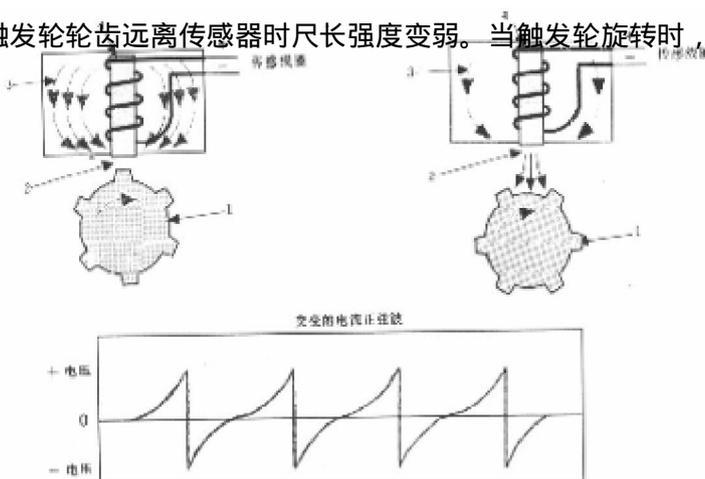
当有微小压力作用于硅膜膜片上时它们的电阻值发生变化，测量元件的四周被一盖子环绕，测量元件与盖子一起将参考真空封闭。微机械压力传感器也可以与温度传感器制成一体，独立的测量温度和压力。根据压力测量的范围，传感器的膜片可以制成 $10 \dots 1000 \mu\text{m}$ 厚度。压力传感器以惠斯登电桥（Wheatstone Bridge）原理工作，当膜片在气压作用下发生变形时，四个测量电阻的其中的两个电阻值升高而其他两个电阻值降低，这将导致电桥的输出端产生电压，我们以该电压值代表压力。



信号处理电子电路被集成在传感器内部，该电路用于对电桥电压进行放大，同时补偿温度的影响，产生线性的压力特性曲线。其输出电压在 $0 \dots 5\text{V}$ 范围，通过端子与发动机的 ECU 连接，发动机 ECU 以此输出电压计算压力。

4.3 感应式发动机转速传感器

永久磁铁发出的磁场通过软铁芯传到触发轮，磁场的强度受到触发轮与传感器间得磁隙的影响，当触发轮轮齿向传感器接近时，磁场强度变强，当触发轮轮齿远离传感器时磁场强度变弱。当触发轮旋转时，将会产生一个交变的磁场，从而使得电磁线圈产生一个正弦感应电压，交变电压的振幅随着触发轮转速的提高而加大（几 $\text{mV} \dots > 100\text{V}$ ），我们要求至少在 30rpm 时就能产生合适的信号电压。

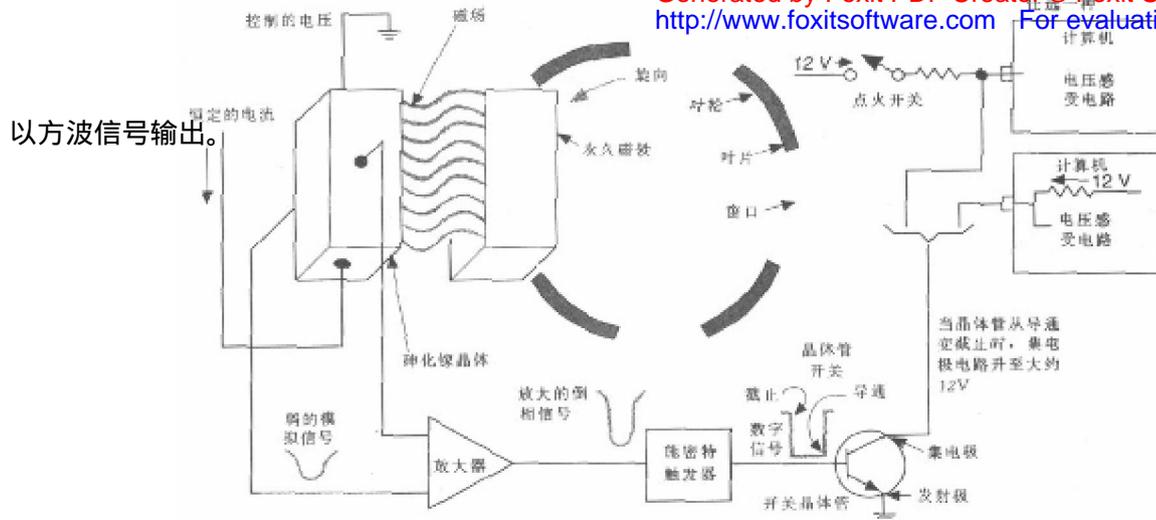


传感器安装正对着铁磁体的触发轮，它们之间被较小的空气间隙隔开。在传感器内部有一个软铁芯，该铁心被线圈包围，并与一个永久磁铁相连。

4.4 霍尔效应相位传感器

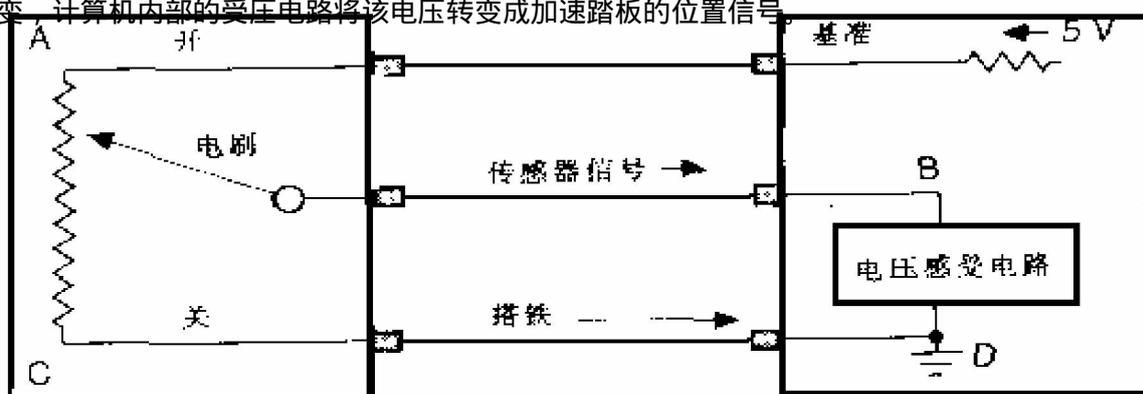
霍尔线型传感器使用霍尔效应原理，一个铁磁体的触发轮随凸轮轴一起转动，霍尔效应的集成电路安装于触发论和永久磁铁间，永久磁铁产生垂直于霍尔元件的磁场。

如果其中一个触发轮齿通过载流线型传感器元件（半导体晶片），它改变了垂直于霍尔元件的磁场强度，这将使得在长轴方向电压下驱动的电子向垂直于电流的方向偏离，从而在该方向产生 mV 级电压信号，其幅值与传感器相对于触发轮的转速有关。与传感器霍尔集成电路制成一体的计算电路对信号进行处理并



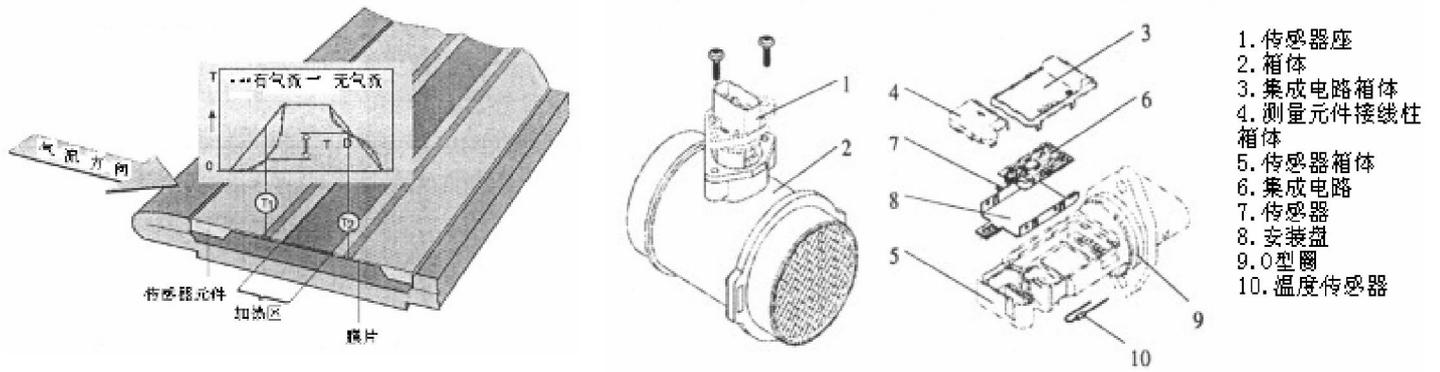
4.5 电位计型加速踏板位置传感器

电位计型加速踏板位置传感器以分压电路原理工作，计算机供给传感器电路 5V 电压。加速踏板通过转轴与传感器内部的滑动变阻器的电刷连接，加速踏板位置传感器的位置改变时，电刷与接地端的电压发生改变，计算机内部的受压电路将该电压转变成加速踏板的位置信号。



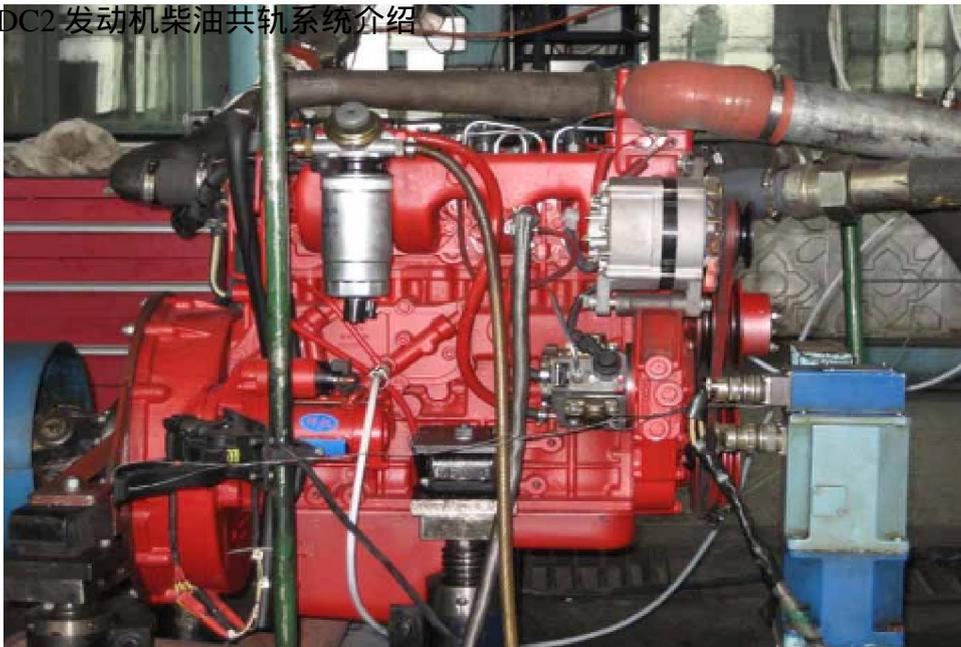
4.6 热膜式空气流量计

热膜式空气流量计是一个带有逻辑输出的空气质量传感器，为了获得空气流量，传感器元件上的传感器膜片被中间安装的加热电阻加热，膜片上的温度分配被与加热电阻平行安装的温度电阻测量。通过传感器的气流改变了膜片上的温度分配，从而使得两个温度电阻的电阻值产生差异。电阻值的差异取决于气流的方向和流量，因此空气流量传感器对空气的流量和方向具有较高的要求。微机械制造的传感器元件的小尺寸和较低的热容量式的传感器的响应时间 $<15\text{ms}$ 。如需要可以在传感器内部安装进气温度传感器，用以测量进气温度。

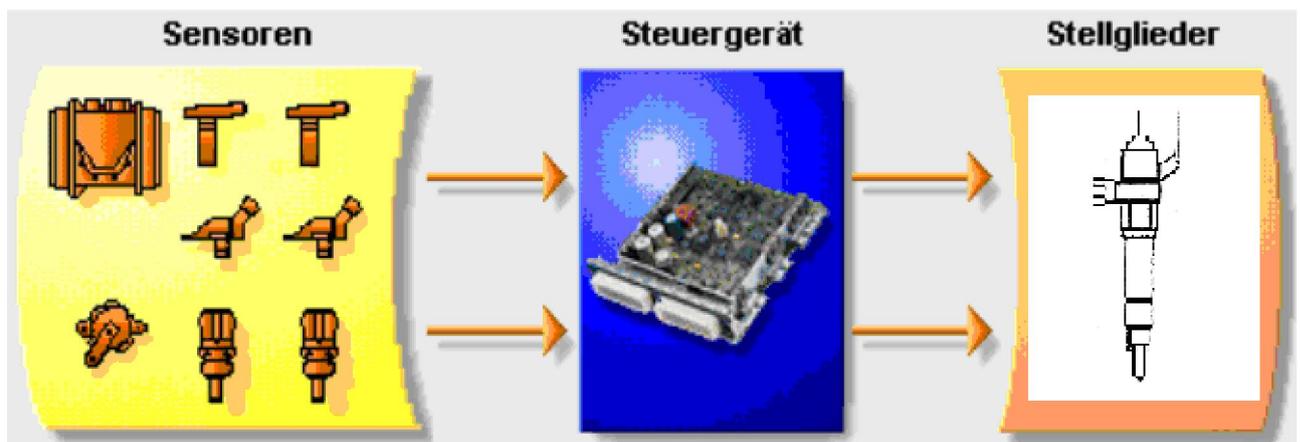


二、福田产品柴油共轨系统介绍

1、大柴 4DC2 发动机柴油共轨系统介绍



柴油共轨原理示意图



1.1 高压共轨系统组成



ECU:EDC16C39

1.1.1 电控单元

1.1.1.1 功能介绍

(1) 起动控制：对于一台发动机，为确保起动的可靠性和起动烟度排放要求，喷油定时和起动扭矩必须根据以下方式设定：喷油定时=f(转速, 喷油量, 冷却液温度) 起动扭矩=f(转速, 冷却液温度, 起动时间) 起动控制功能一直处于激活状态直到发动机转速超过起动结束转速,进入到怠速控制,只有到这个时候,驾驶员才能对发动机进行操作。起动停止转速由冷却液温度和大气压力决定。

(2) 低怠速控制：当发动机进入到怠速控制阶段,怠速控制器起作用,控制发动机的运转。怠速控制器是一个纯PID控制器,由该控制器保持发动机怠速转速为一个常数。怠速转速与冷却液温度相关,例如:在发动机温度低时的怠速转速比温度高时的转速要高。此外,如果油门踏板出现故障,怠速转速将提高,以保持一个驾驶者可将车辆开到维修站的最低转速。

(3) 驾驶性控制

A、扭矩控制：当采用扭矩控制时,来自油门踏板的值被解释为:根据当时发动机的转速,驾驶者对车轮输出扭矩的期望值。期望扭矩=f(油门踏板位置值,发动机转速) 该控制方式类似于两极式的机械调速器。

B、速度控制：当速度控制起作用时,来自油门踏板的值被解释为:驾驶者对转速的期望值,并且运行于某一设定的调速率下。转速的期望值=f(油门踏板的值) 该控制方式类似于全程式的机械调速器。

(4) 扭矩限制 发动机发出的最大扭矩可用以下方式进行限制：

A、烟度限制：最大扭矩的限制与吸入的空气量有关,空气压力和空气温度这两个参数决定进气量。由进气量限制最大扭矩,防止发动机冒黑烟。

B、发动机保护：不管在什么状态下,一旦冷却液温度超出上限,最大扭矩必须作相应的减小,以防止发动机过热。

C、应急扭矩限制：当电控单元诊断出电控系统有严重故障时,发动机将降低最大扭矩,迫使驾驶员去维修站修正错误。以下的错误类型可能导致该功能发生：油门踏板传感器故障 转速信号故障 电磁阀驱动故障

(5) 喷油定时调整：喷油定时的调整是为了满足排放法规和燃油经济性的需要,同时还要兼顾到冷起动和

低噪声。喷油定时的调整与发动机性能和附加修正有关。喷油定时=f(转速,喷油量,冷却温度,进气压力,大气压力)。

(6) 燃油温度补偿 随着温度的升高,发动机性能下降。原因是:燃油密度下降和粘度的下降,喷油泵的泄漏量增加。通过测量的燃油温度和相应的调整控制补偿来平衡温度对喷油量的影响。

(7) 各缸均匀性 各缸均匀性功能是由于由于喷油泵的制造公差而引起的燃油喷射量不同而进行的补偿。

(8) 冷起动辅助控制 在低温环境下,为提高发动机的冷起动性能,电控单元会根据当前发动机的温度来决定是否需要进气预热以及预热时间长短,这是通过对进气预热继电器的进行控制实现的。

(9) 发动机保护功能 用于在某些极限条件下对发动机进行保护。如冷却液温度太高、机油压力太低等工况下,就要降低发动机功率,甚至使发动机停机,已达到保护发动机的目的。

(10) 发动机排气制动 一旦电控单元检测到来自排气制动开关的需求信号,根据当前发动机转速,来决定是否启动排气制动功能。如果启动了排气制动功能,则同时燃油系统将立刻停止喷油。如果这时司机踩油门踏板加速,则会自动退出排气制动,即使排气制动开关是关闭的。

(11) 最大车速限制 最大车速控制功能设定最大的行车速度限制,防止驾驶者超速行驶。最大车速限制值由电控系统预先编程

(12) 巡航功能 车辆按照一个恒定的车速行驶,不需要驾驶者控制油门踏板,这样可以减轻驾驶员的劳动强度,提高驾驶舒适性。驾驶者可以通过巡航控制开关调整车速。

*巡航操作:

A、进入巡航:点动一下SET+开关,则以当前车速作为巡航设定车速进入巡航功能;

B、加速、减速:连续按SET+或SET-,则巡航设定车速以一斜率增加或减少;点动SET+或SET-则巡航设定车速以一步长增加或减少。

C、退出巡航:踩刹车、离合,或者按动OFF(ON/OFF开关为自复位开关,常态ON)、排气制动开关,都可以退出巡航。

D、巡航恢复:退出巡航后,可以按SET+再次进入巡航(以当前车速作为巡航设定车速),如果按动RESUME开关,则恢复退出巡航前的巡航设定车速。

E、踩油门加速:在巡航功能激活状态下,司机踩油门则处于加速状态,并且巡航功能不退出,当司机停止踩油门后,马上恢复巡航状态,车辆减速,减到踩油门之前的巡航设定车速。

(13) 通讯接口

ISO接口 ISO通讯接口采用ISO9141(K线)标准串行数据通讯方式,可实现与电控单元之间的数据交换。它包括有以下功能:诊断数据的交换(错误信息,清除出错列表)控制系统的编程(读取和编程有关参数)

A、实现发动机测试功能

B、读出测量值和计算值

C、CAN接口:CAN采取SAE J1939标准,是一种高速串行通讯方式,该通讯方式主要用于不同的电控单元之间。它包括有以下功能:

数据的交换

读出测量参数值和计算值

喷射限制

发动机制动操作

降低性能操作

输入默认值或性能特征量（替代油门踏板等）

1.1.1.2 工作参数

A、工作电压

- 额定电压12V，连续工作电压10~16V；
- 最大消耗功率：在12V时，约为25W；

B、 ECU正常工作的允许温度范围是-40 到+85 ；

C、 ECU存储温度范围是-40 到+40 ，可存储10年；

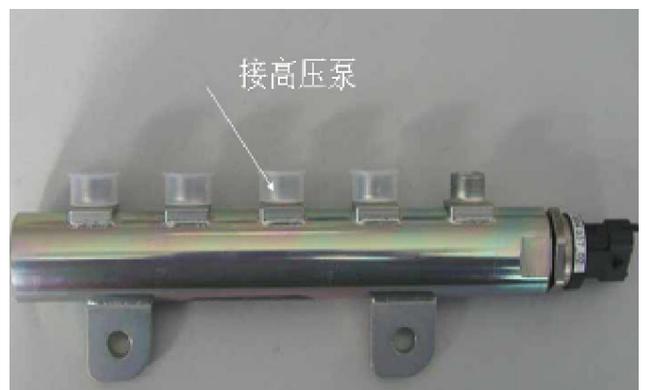
1.1.2 喷油器



喷油器

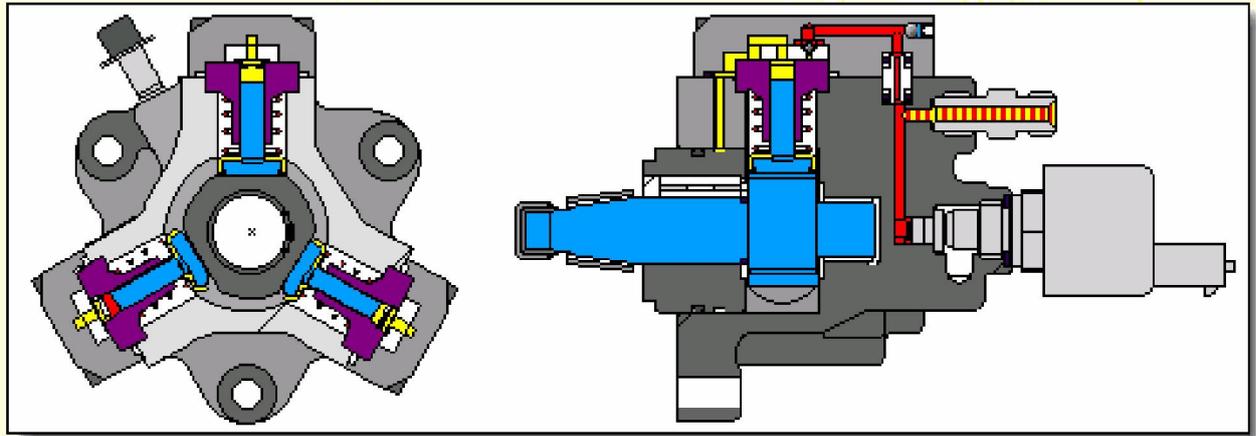


高压油泵



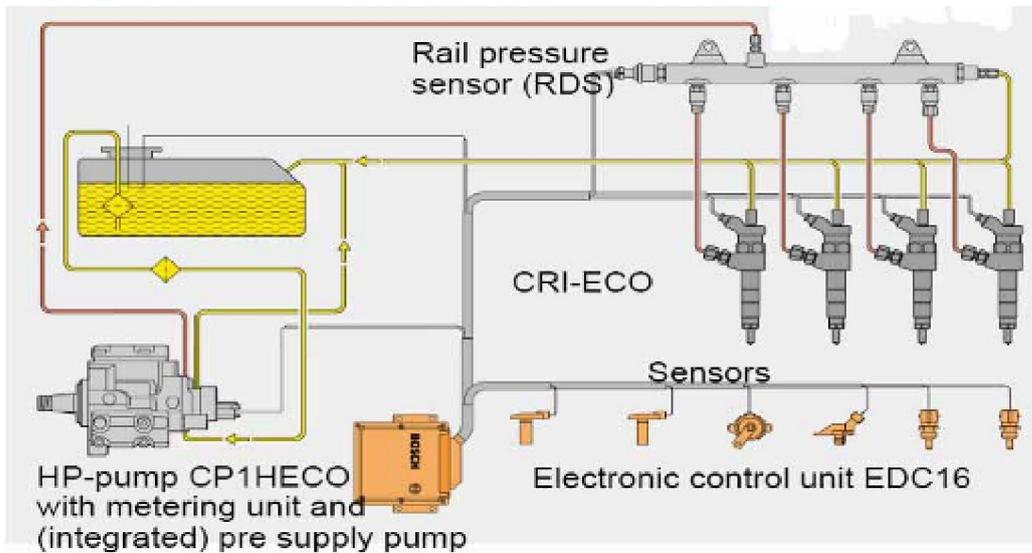
1.1.3 高压油泵和油轨

油轨



高压油泵原理示意图

1.2 高压共轨系统工作原理



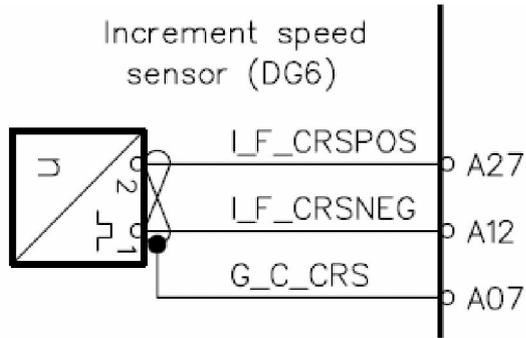
1.3 传感器及在发动机上的位置及工作特性参数

- A 曲轴转速传感器（磁电式），安装间隙： $1.0_{\pm 0.5}mm$
- B 凸轮轴位置传感器（霍尔式），安装间隙： $1.0_{\pm 0.5}mm$
- C 进气温度压力传感器
- D 水温传感器
- E 共轨压力传感器
- F 油门位置传感器（在整车上）

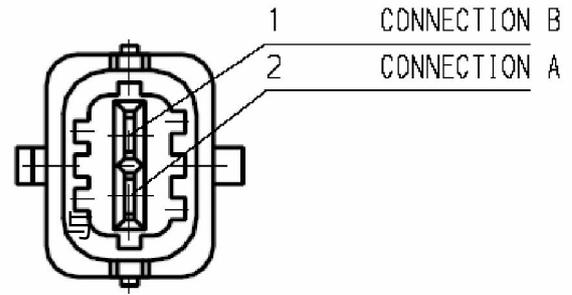
1.3.1 曲轴转速传感器（磁电式）

曲轴转速传感器通过测量发动机飞轮上齿信号向 ECU 提供发动机的瞬时转速，以用于对发动机进行精确的定时和油量控制。该传感器失效会导致发动机无法正常起动。

- 测量范围：50~4000 rpm
- 线圈电阻：约860



与 ECU 的连接



传感器引脚

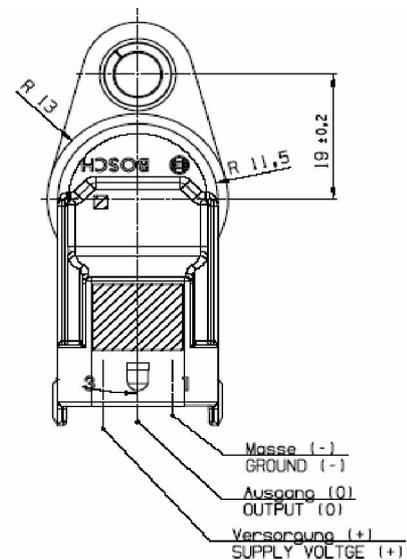
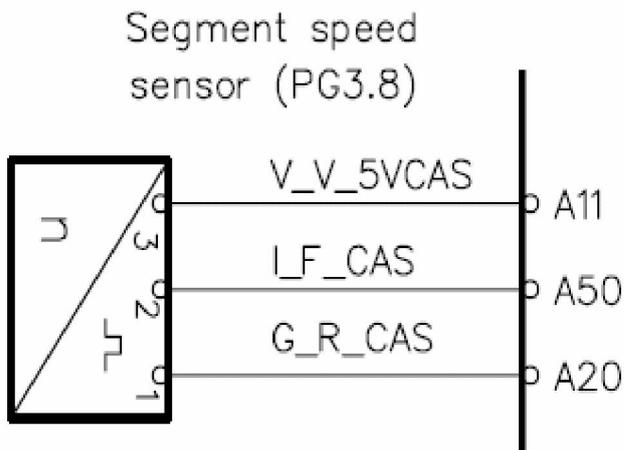
曲轴转速传感器安装位置：
 安装间隙：1.0±0.5mm



1.3.2 凸轮轴位置传感器

凸轮轴信号传感器连同曲轴转速传感器给ECU提供正确的一缸上止点信号，该传感器失效会导致发动机起动困难。

测量范围：50~4000 rpm



供电电压：5V

与 ECU 的连接

凸轴位置传感器安装位置：
 安装间隙：1.0±0.5mm

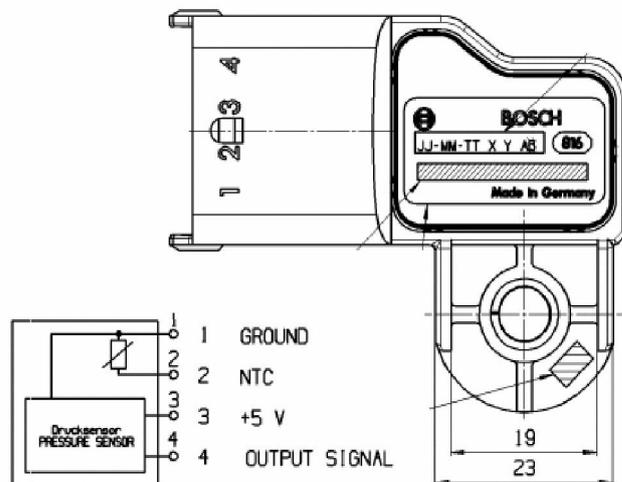
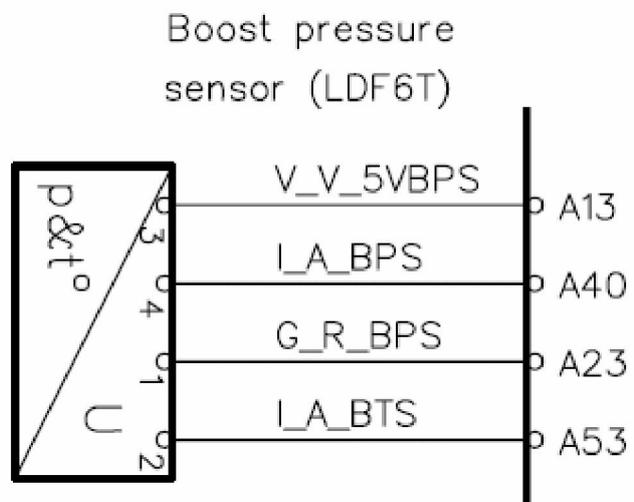
传感器引脚



1.3.3 进气压力温度传感器

进气压力温度传感器向ECU提供发动机中冷后的进气温度和进气压力信息。压力敏感元件为硅膜片式，温度敏感元件为负温度系数的热敏电阻式（NTC）

.测量范围：压力 0.2~2.5bar（绝对压



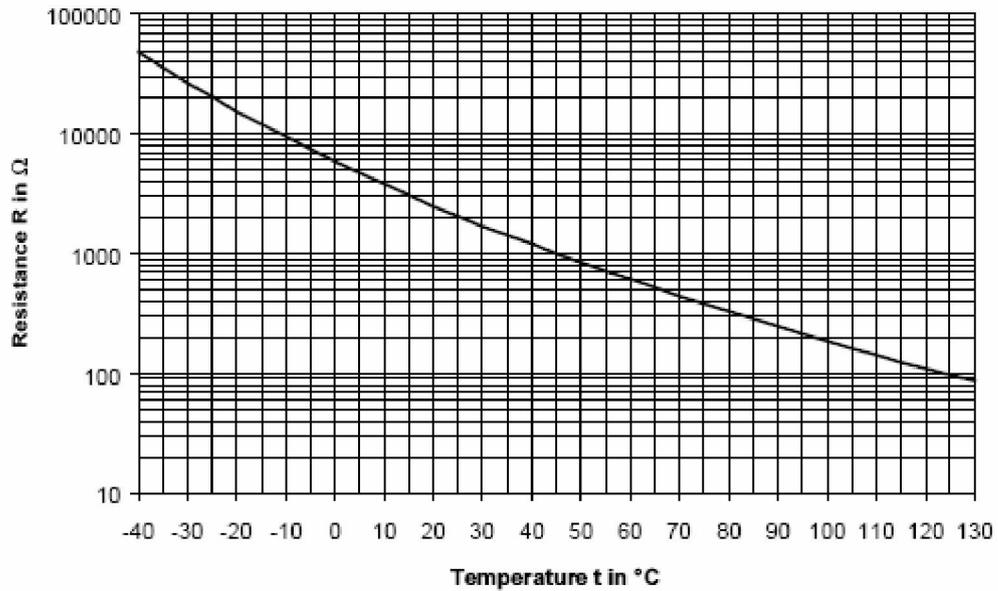
力)：温度 -40 ~130 ；供电电压：5V

与ECU的连接

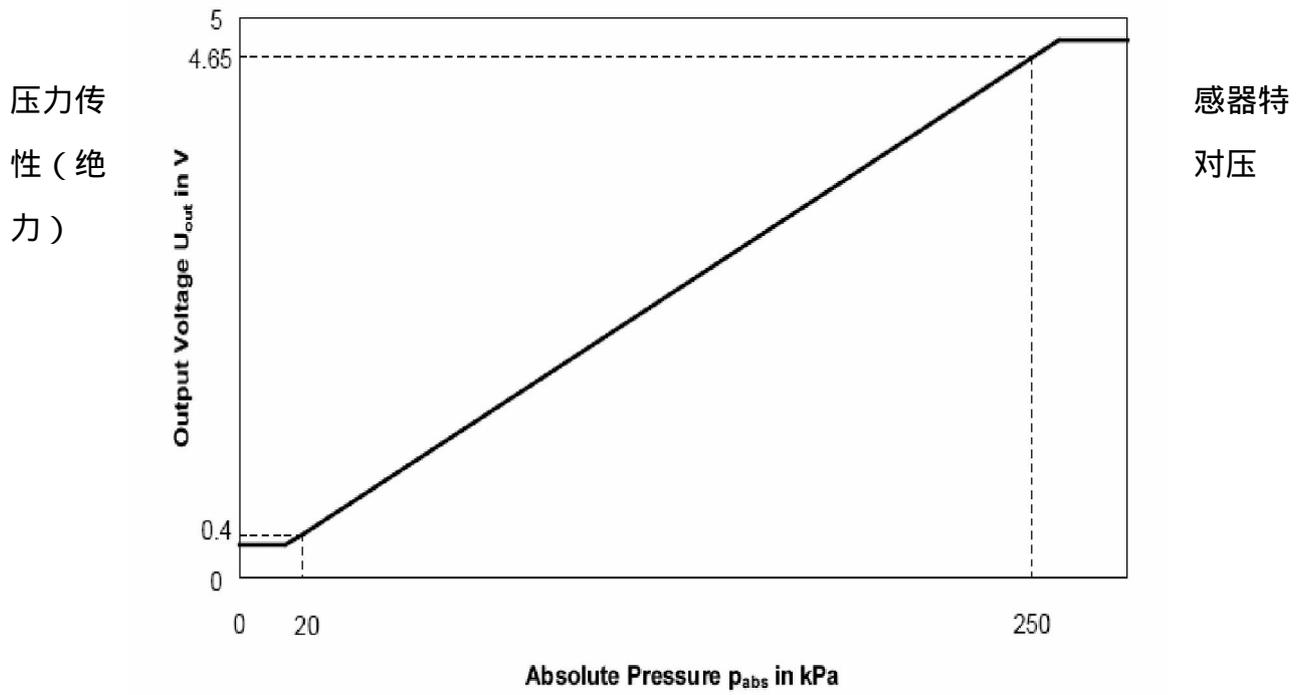
传感器引脚

温
特

度传感器
性



Temperature in °C	Resistance in Ω		
	minimum	nominal	maximum
-40 ± 1	42661	48153	54224
-35 ± 1	31810	35763	40118
-30 ± 1	23976	26855	30015
-25 ± 1	18258	20376	22695
-20 ± 1	14039	15614	17333
-15 ± 1	10895	12078	13365
-10 ± 1	8529.5	9426.0	10399
-5 ± 1	6733.5	7419.0	8161.4
0 ± 1	5358.1	5886.7	6457.8
5 ± 1	4295.9	4706.9	5149.8
10 ± 1	3469.2	3791.1	4137.3
15 ± 1	2820.9	3074.9	3347.5
20 ± 1	2308.8	2510.6	2726.8
25 ± 1	1904.0	2062.9	2235.6
30 ± 1	1586.1	1715.4	1853.1
35 ± 1	1326.3	1431.8	1544.1
40 ± 1	1113.0	1199.6	1291.5
45 ± 1	937.41	1008.6	1084.2
50 ± 1	792.27	851.10	913.45
55 ± 1	671.90	720.65	772.28
60 ± 1	571.72	612.27	655.16
65 ± 1	488.07	521.91	557.67
70 ± 1	417.98	446.33	476.24
75 ± 1	359.08	382.89	407.99
80 ± 1	309.41	329.48	350.61
85 ± 1	267.40	284.06	302.22
90 ± 1	231.76	246.15	261.27
95 ± 1	201.44	213.68	226.53
100 ± 1	175.52	186.00	196.95
105 ± 1	153.18	162.35	171.88
110 ± 1	134.04	142.08	150.43
115 ± 1	117.59	124.66	132.00
120 ± 1	103.42	109.65	116.12
125 ± 1	91.18	96.68	102.39
130 ± 1	80.58	85.45	90.51



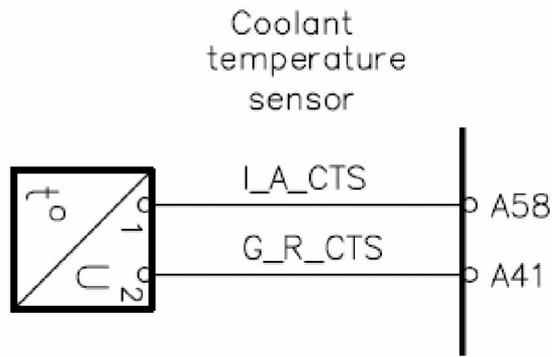
进气压力温度传感器安装位置：



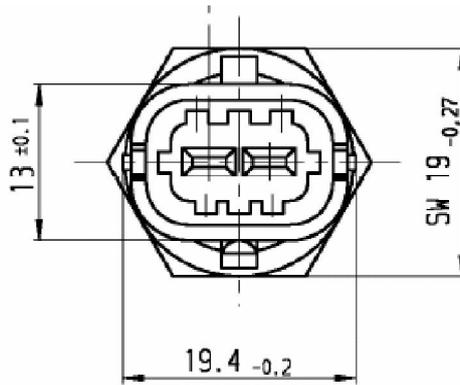
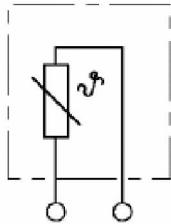
1.3.4冷却水温度传感器

冷却液温度
却液温度信息。敏
电阻式 (NTC)
•测量范围：

传感器向ECU提供发动机冷
感元件为负温度系数的热敏
-40 ~140 。



Schaltbild
WIRING DIAGRAM

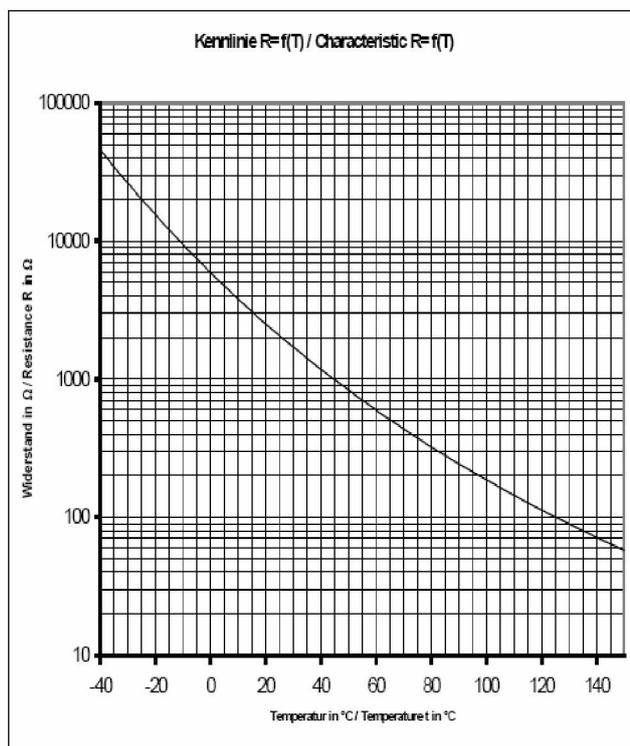
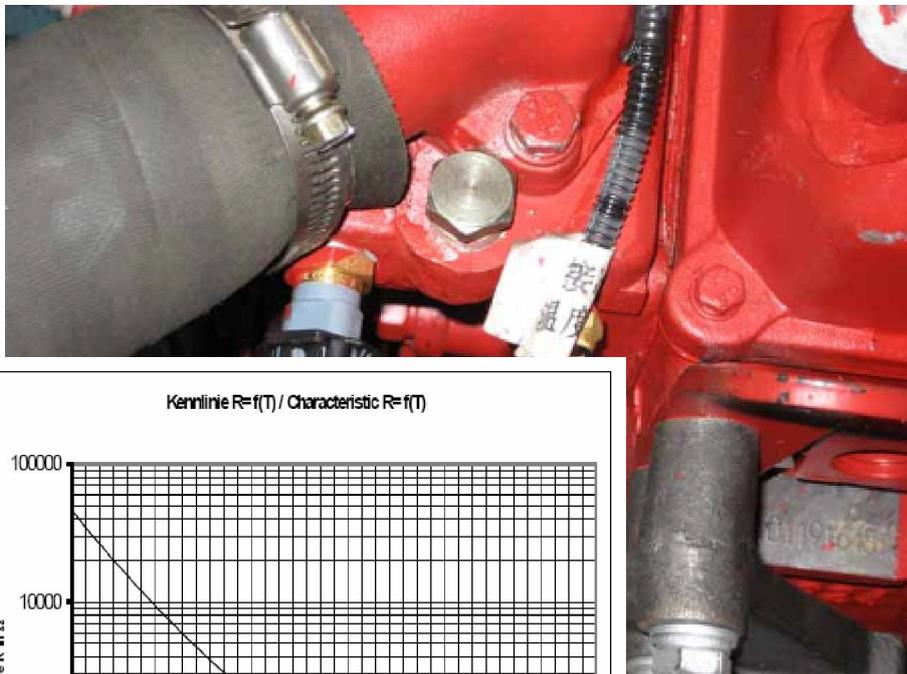


与ECU的连接

传感器引脚

传感器特性 (NTC)

冷却水温度传感器安装位置：



1.3.5、共轨
共轨
中燃油压力

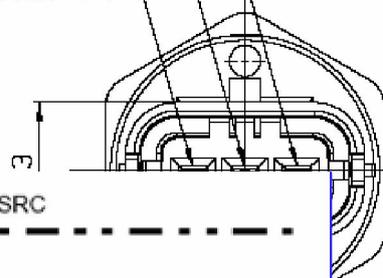
压力传感器
压力传感器向ECU提供共轨
信息。

•测量范围：0~180MPa 供电电压：5V 输出电压：0.5~4.6V

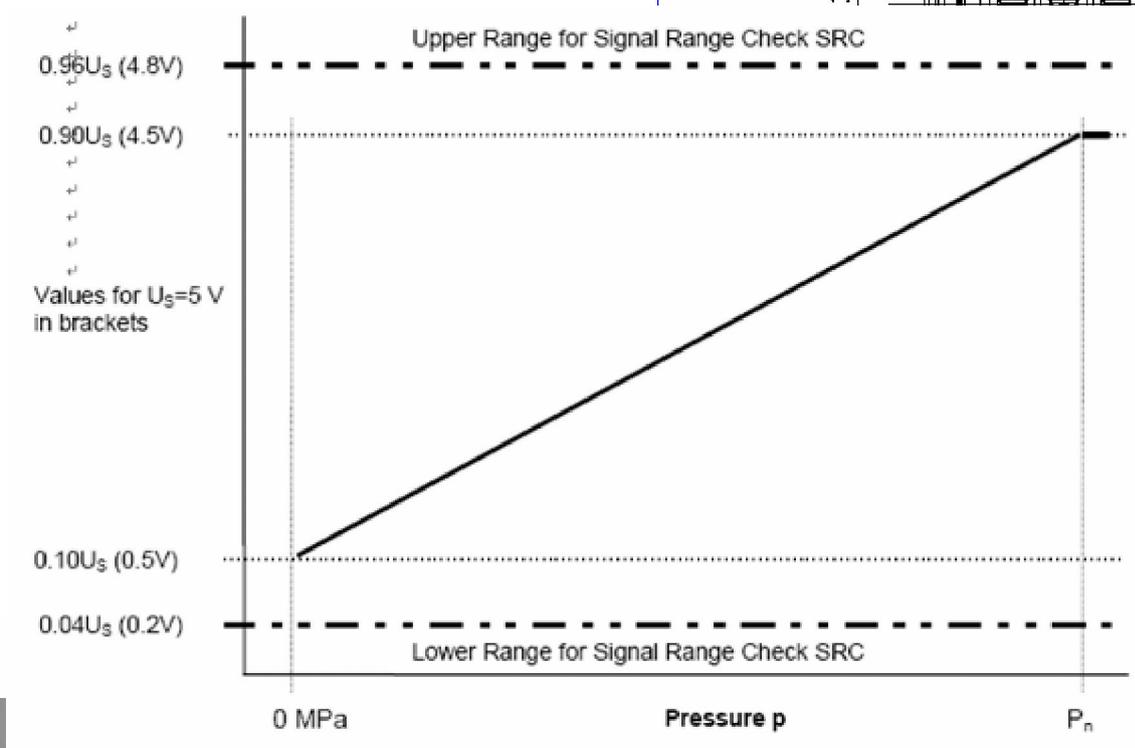
传感器引脚

与 ECU 的连接

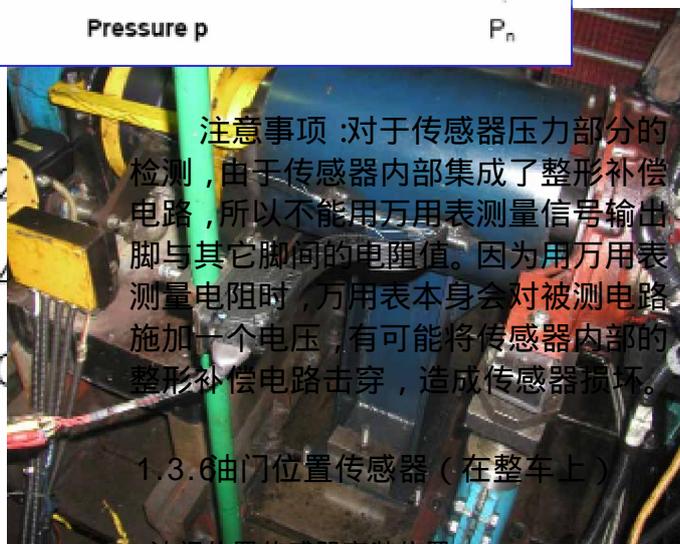
Pin 3: Versorgung I+I
PIN 3: SUPPLY VOLTAGE (+)
Pin 2: Ausgang
PIN 2: OUTPUT
Pin 1: Masse (-)
PIN 1: GROUND (-)



压力传感器特性



油门位置传感器



注意事项:对于传感器压力部分的检测,由于传感器内部集成了整形补偿电路,所以不能用万用表测量信号输出脚与其它脚间的电阻值。因为用万用表测量电阻时,万用表本身会对被测电路施加一个电压,有可能将传感器内部的整形补偿电路击穿,造成传感器损坏。

1.3.6 油门位置传感器 (在整车上)

油门位置传感器安装位置

2 发动机装配调试操作过程及注意事项

2.1 喷油器的安装

在拆装喷油器前必须仔细清洁喷油器四周，拆装下来的喷油器要注意保护，防止磕碰。

安装喷油器时，其前端必须使用 2mm 铜垫，并且只能装一个。

2.2 高压油泵的安装

高压油泵安装包括从高压油泵到共轨，从共轨到各个喷油器之间的高压油管的安装，要求在上紧螺母前各油管接头端自由对准共轨或喷油器连接处，使得上紧螺母时不费劲。

2.3 线束的安装

发动机线束的安装要严格遵守工艺要求，喷油器、高压油泵、水温传感器、进气压力/温度传感器线束要从各缸喷油器高压油管下端共轨上端穿过，注意高压油泵和水温的线束标识，不要接反。

2.4 ECU 的安装

ECU 安装要考虑到温度、防干扰、振动等因素。具体要求如下：

A ECU 的型号为 EDC16C39-4DC，该 ECU 为底盘安装方式，非发动机安装，即不能安装在发动机机体上。

B ECU 正常工作允许的环境温度范围是 -40 到 +85 。

C ECU 必须有良好的通风。

D ECU 允许的振荡负荷 $< 10\text{m/s}^2$ 。

E ECU 的悬挂位置总是垂直于位于一边的插接件。

F 为了自由的进行抽头安装，要在插头一边预留出足够的空间位置（大约 $1 \times \text{ECU 宽} - 180\text{mm}$ ）。

三、柴油共轨系统常见故障及可能的故障部位

1、故障诊断安全提示

- 没有接通蓄电池不要起动发动机
- 发动机运行时，不要从车内电网拆卸蓄电池
- 蓄电池的极性和控制单元的极性不能搞反
- 为起动发动机不能使用快速起动装置，只能采用蓄电池辅助起动
- 给车辆蓄电池充电时，需拆下蓄电池
- 控制线路的各种插头只能在断电状态（点火开关关）进行拔插
- 应遵循制造商的要求使用合适的设备进行故障诊断，故障诊断时，诊断设备应与发动机机体接地
- 不能传统的方法进行新型电控柴油发动机的故障诊断
- 诊断设备与发动机的控制单元的连接接插应合适

2、故障诊断原则

只有经过该系统专业知识的培训的技师方能从事新型电控柴油系统的故障诊断

应用合适的诊断设备、专用工具进行电控柴油系统的故障诊断

故障诊断前需要仔细阅读发动机制造厂的操作指南和技术说明

电控柴油机系统故障诊断多采用逆源诊断法，先使用诊断设备找出故障的可能原因，然后从外围设备到控制单元逐步寻找故障所在的部位，最后加以解决

3、常见故障及可能的故障部位

3.1 发动机不能起动

- 防盗系统
- 电源电压
- 主继电器
- 保险丝/连接电缆/接口
- 发动机转速传感器
- 没有燃油或燃油不正确
- 燃油系统有空气
- 低压油路堵塞或漏气或电动泵不工作
- 预热电路（冬季）
- 高压泵或供轨压力控制装置
- 喷油嘴电磁阀
- 控制单元
- 发动机机械故障

3.2 发动机熄火但可再次起动

- 保险丝/连接电缆/接口连接松动
- 点火开关触点
- 燃油不正确

- 低压油路堵塞或压力过低（电动输油泵、回油阀）
- 燃油系统油空气(重点低压油路)
- 高压油路（油泵、压力控制装置）
- 高压油泵及喷油嘴控制电路

3.3 启动困难

- 电瓶电压
- 启动马达
- 继电器及启动开关
- 燃油有问题
- 燃油系统有空气
- 预热系统
- 冷却液温度传感器（冬季）
- 低压油路不畅或压力过低
- 高压油路压力过低
- 共轨压力调节装置
- 喷油器工作不良或控制问题
- 发动机机械系统问题

3.4 发动机工作在高怠速

- 加速踏板位置传感器

4、暖机过程加速过程敲缸

- 冷却液温度传感器
- 喷油器连接电路
- 喷油器故障

3.5 怠速抖动

燃油问题

燃油系统有空气

低压油路堵塞或压力过低

喷油器工作不良

喷油器电路

共轨压力传感器、共轨压力调节装置

高压油泵

发动机机械部分

3.6 发动机在所有范围动力不足

- 真空系统（真空泵 600hpa）
- 空气滤清器堵塞

- 燃油问题
- 低压油路供油不畅或压力过低
- 涡轮增压器失效
- 加速踏板位置传感器位置不当或信号问题
- 废气旁通阀
- 排气制动
- 中冷器堵塞
- 增压器后有泄漏
- 冷却液温度、燃油温度、增压压力传感器
- 共轨压力传感器
- 喷油器、高压泵
- 发动机机械系统

3.7 发动机冒白烟或蓝烟

- 冷却液温度传感器
- 燃油系统有空气
- 低压油路堵塞
- 预热系统
- 机油平面过高
- 发动机机械系统

3.8 发动冒黑烟

空气滤清器堵塞

冷却液温度传感器

涡轮增压器

喷油器及其控制电路（极少）

真空泵

发动机机械系统

3.9 发动机过热

- 燃油问题
- 冷却液温度传感器
- 冷却风扇
- 冷却风扇电路
- 发动机机械系统



四、福田专用故障诊断仪介绍—金德 K81

1、熟悉仪器

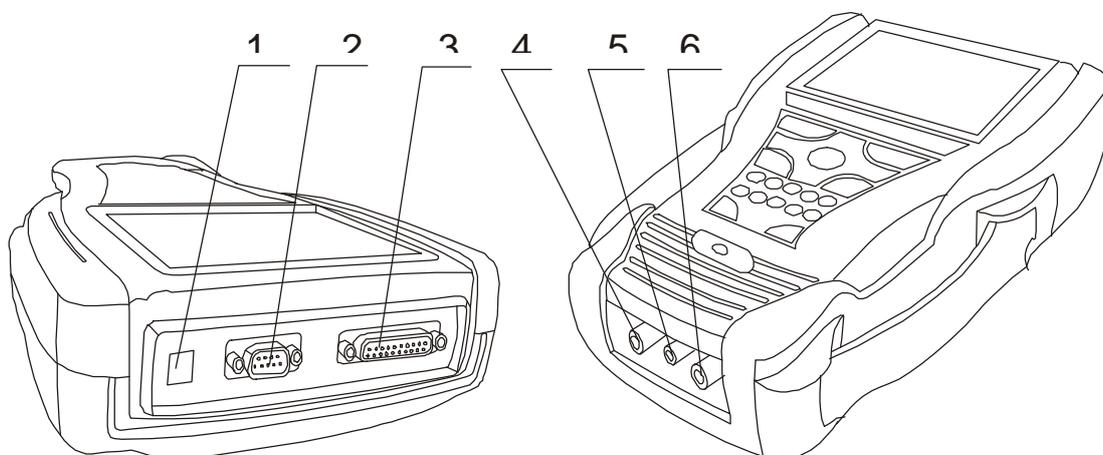
金德 K81 操作面板简洁明了，操作方便，数字输入更迅速，而且在使用过程中每一步都按键提示，只要按照提示操作就可以了，K81 操作面板如右图所示。

确认键 方向键 F2 辅助键 数字键 亮度键 电源键 F1 辅助键 退出键 操作键全标准化设计一目了然

与手机操作介面没什么区别，完全符合人体工程学的设计。

K81 主机的端口

1 : DC12V 电源 2 : RS-232 串口 3 : 诊断测试口
4 : 示波 CH1 5 : 触发 CH3 6 : 示波 CH2



2、仪器对福田车系的诊断功能

金德 K81 作为北汽福田配套的专用机，针对福田汽车所装备过的所有系统都能进行诊断。

现在福田汽车车主要使用的是德国博世共轨系统，主要配装在大柴 4DC2 机型和 BI493ZLQ3 机型上。

3、仪器使用

在诊断仪机箱中拿出测试延长线和 OBD-II 诊断接头，并与诊断仪连接好，再把 OBD-II 诊断接头接到表板台左下方的接口上，通过车上的诊断接头给 K81 给综诊断仪通电。这时仪器自动启动（K81 诊断仪没设计电源开关）。



屏幕出现正在初始化的图标，初始化完毕出现欢迎界面，这时按任意键都会进入到主界面。

仪器使用

金德 K81 综合诊断仪的主界面



选择车辆进行故障诊断

下面以北汽福田通用诊断仪为例：

在主界面中选择“汽车检测”，在弹出的界面中选择“中国车系”并在下一级界面中选择“按车型选择”，在中国型菜单中找到“北汽福田”并进入。

这时会弹出北汽福田的四种车系：轿车、皮卡、SUV 和轻客。进入到轻卡中选择“博世柴油共轨系统（ECU）”中，这时可以看到诊断界面为：读取故障码、清故障码、读数据流、动作测试。

3.1 故障码读取和清除故障码

光标在“读取故障码”上按确认键，诊断仪就进入到读码程序，若没有在发动机的 ECU 中发现故障记忆，

则会弹出“系统正常”的提示。若读出有故障记忆，则可记录故障记忆的内容，并执行“清故障码”命令。然后进行试车验证故障码是否重复出现，如果出现则根据故障提示内容进行进一步诊断维修。

3.2 读数据流

读动态数据流功能是帮助分析无故障码故障现象的最好手段，也是验证有故障记忆的故障现象的很好方法。

通过对故障现象及故障码内容相关元件的数据进行动态分析可以判断和验证故障的发生位置及原因。

当然观察动态数据流的能力需要一定时间的练习。明白数据没有唯一性只有相对性的道理，可用于参考的数据资料大多来自测量正常车型过程中的总结。所以数据流分析能力来自平时的锻炼，在不熟悉数据流分析前一定要在平时多测试正常车辆的动态数据，不要车坏了后再去看故障车的数据。

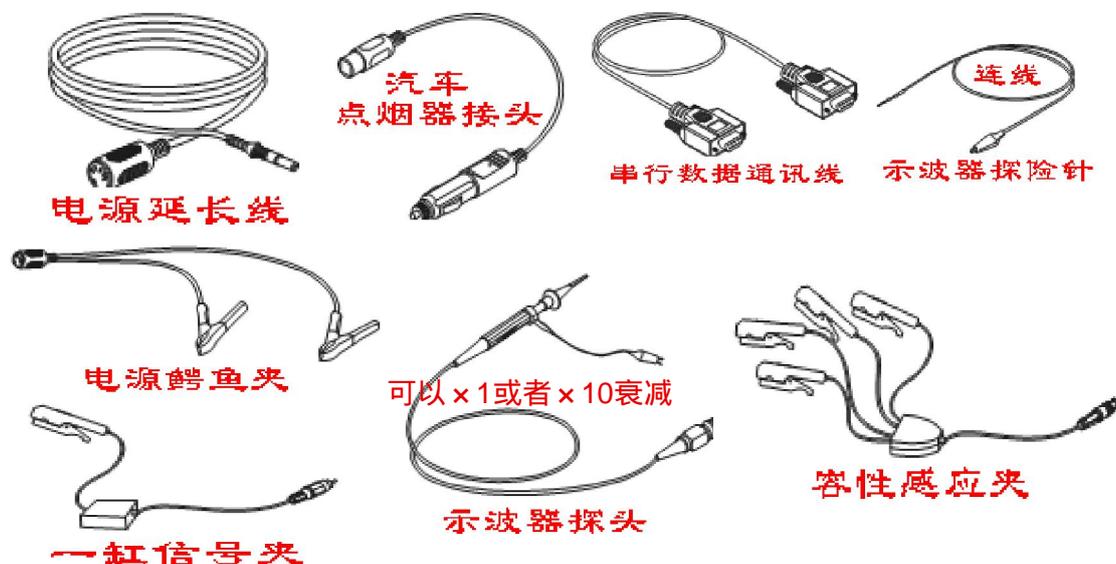
3.3 动作测试

动作测试是对发动机 ECU 控制输出级性能的验证手段，是通讯式诊断的主要手段之一。要验证发动机 ECU 对信号的理解及处理并驱动，做动作测试是很好的途径。

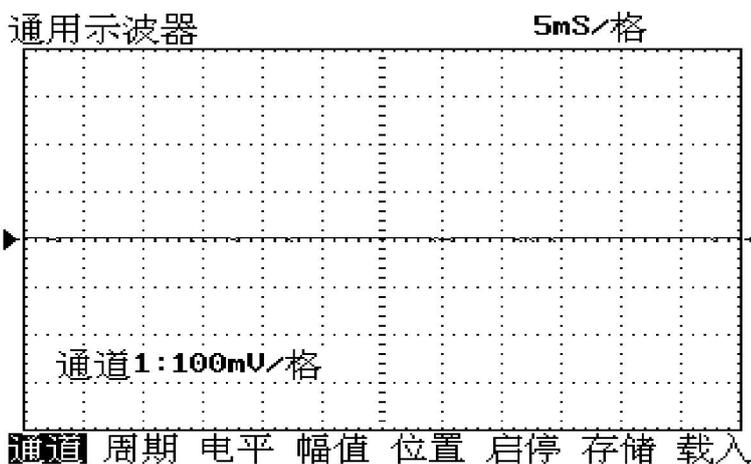
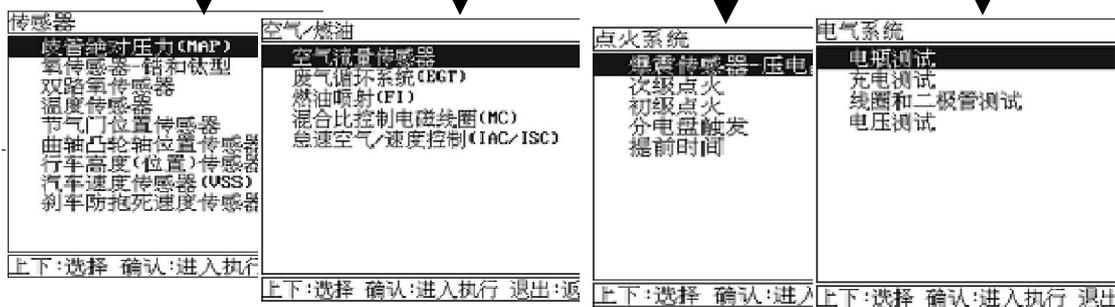
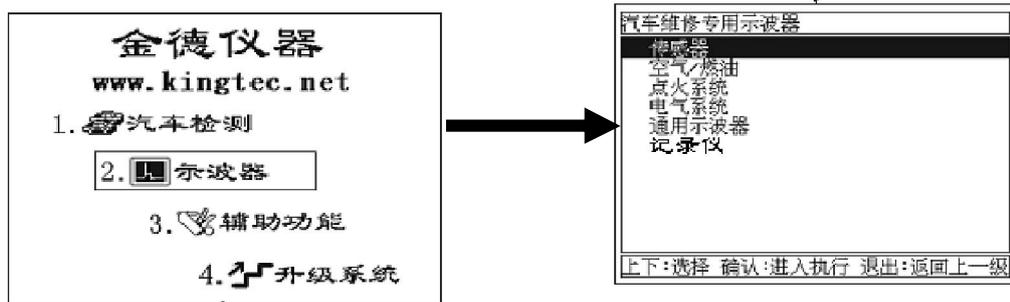
通过解码器发送一个命令给发动机 ECU，当 ECU 收到这个命令后，理解并控制其输出级功率放大器，对元件执行动作指令。通过观察执行器的动作或听执行器发出的响声来判断电脑及执行元件的执行情况，这样可快速判断出从电脑经线路到元件的功能是否正常。

3.4 示波器使用

3.4.1 K81 示波器方面的附件



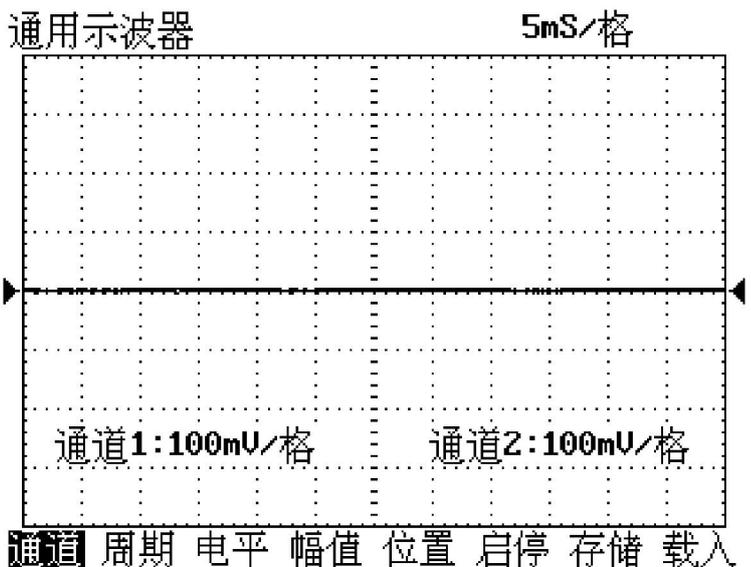
3.4.2 示波器使用菜单



3.4.3 通用型示波器的调整方法

屏幕的下方选项：

通道、周期、电平、幅值、位置、启停、存储和载入，按左右方向键可以对项目进行选择。



A、通道调整

按上下方向键可以选择通道 1 (CH1) 通道 2 (CH2) 和双通道方式三种形式，双通道方如图。

B、周期调整

选择周期调整，按上下键可以改变每单格时间的长短，如果开机时设定的是 10mS/格，按向下键则会变为 5mS/格，波形就会变稀，按向上键则会变为 20mS/格，波形会变密。最高精度为：2.5 μ S=每秒 50 万次。

C、电平调整

对纵轴的触发电平进行调整，对于同一波形，选择不同的触发电平，波形在显示屏上的位置就会跟着变化，如果触发电平的数值超出波形的最大最小范围时，波形将产生游动，在屏幕上不能稳定住。

D、幅值调整

按上下方向键可以调整纵向波形幅值的大小，K81 可以选择：

1 : 100mV、1 : 200mV、1 : 0.5V、1 : 1.0V、1 : 2.5V、1 : 5V

E、位置调整

选择位置调整可以对波形的上下显示位置进行调整，按向上方向键，波形就会上移，按向下方向键，波形就会向下移动。

F、波形的存储和载入

在选择通用示波器时，如果要存储当前波形，必须先选择**启停**，按[ENTER]键冻结当前波形，然后选择**存储**，按确认键，按左右方向键选择存储区，每一个界面可以存储两个波形，再次选择**启停**，按[ENTER]确认，重新显示当前波形。如果要载入波形，则选择**载入**，按[ENTER]确认，左右方向键选择存储的区间，然后按[ENTER]键确认，就可以载入存在当前区间的波形。

4、诊断仪辅助功能介绍



4.1 调节亮度

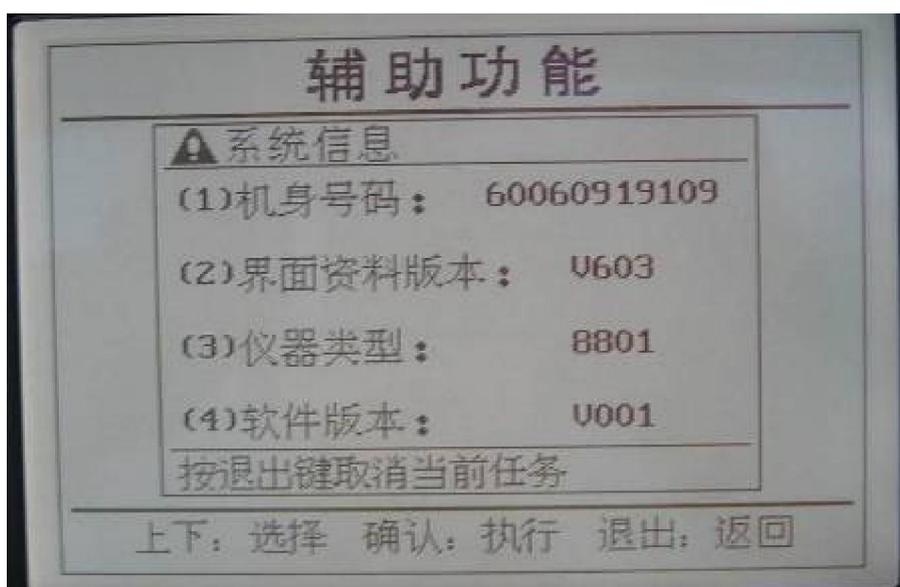
辅助功能

- 1、亮度调节
- 2、本机ID信息
- 3、模拟 PC2000
- 4、用户注册

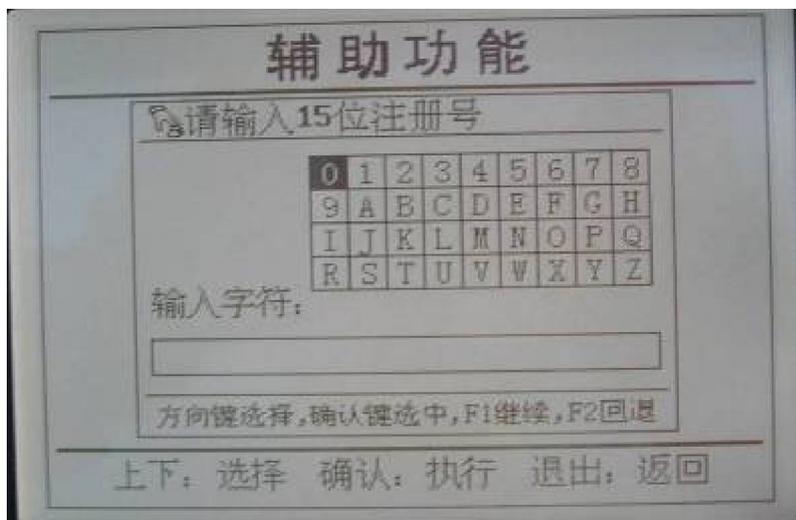
联系电话 0755--83476767

按上下键选择,按确认键执行,按退出键返回主菜单

4.2 查阅机身号和软件版本号



4.3 新用户注册



五、博世柴油共轨系统喷油器专用拆装工具使用介绍

1、喷油器拔出工具



工具零件



组装后的工具



工具使用示意图

2、喷油器压入工具



工具



工具使用示意图 1



工具使用示意图 2

3 清洁工具

