



# 气体发动机知识培训

——ESI系统

玉柴机器股份有限公司客户服务中心

一、玉柴气体发动机结构及原理

二、天然气发动机主要零部件结构及特性

三、使用和保养

# 最基本的常识

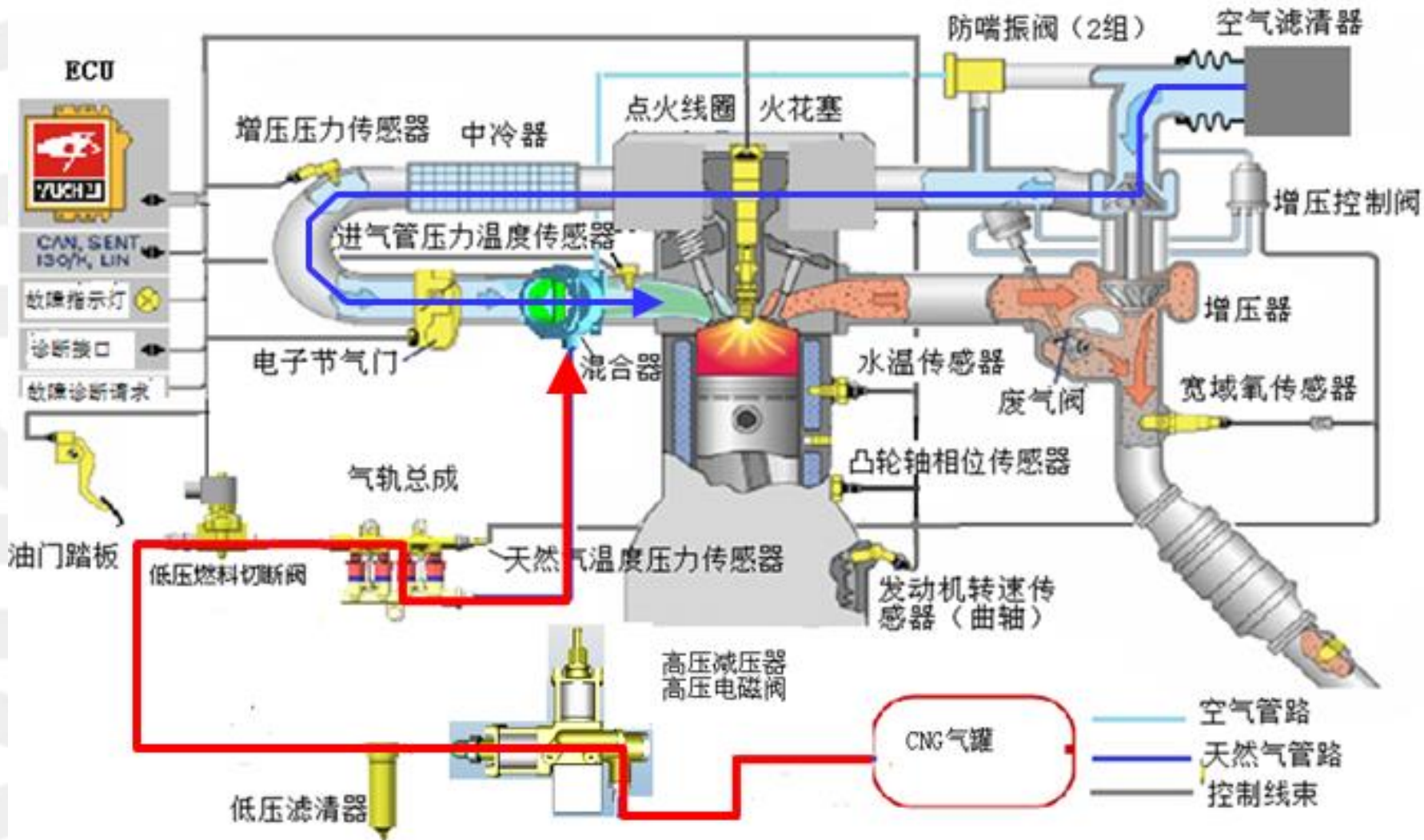
本文气体机是指LPG、CNG、LNG发动机。

- ◆ 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。

玉柴ESI系统技术特点：

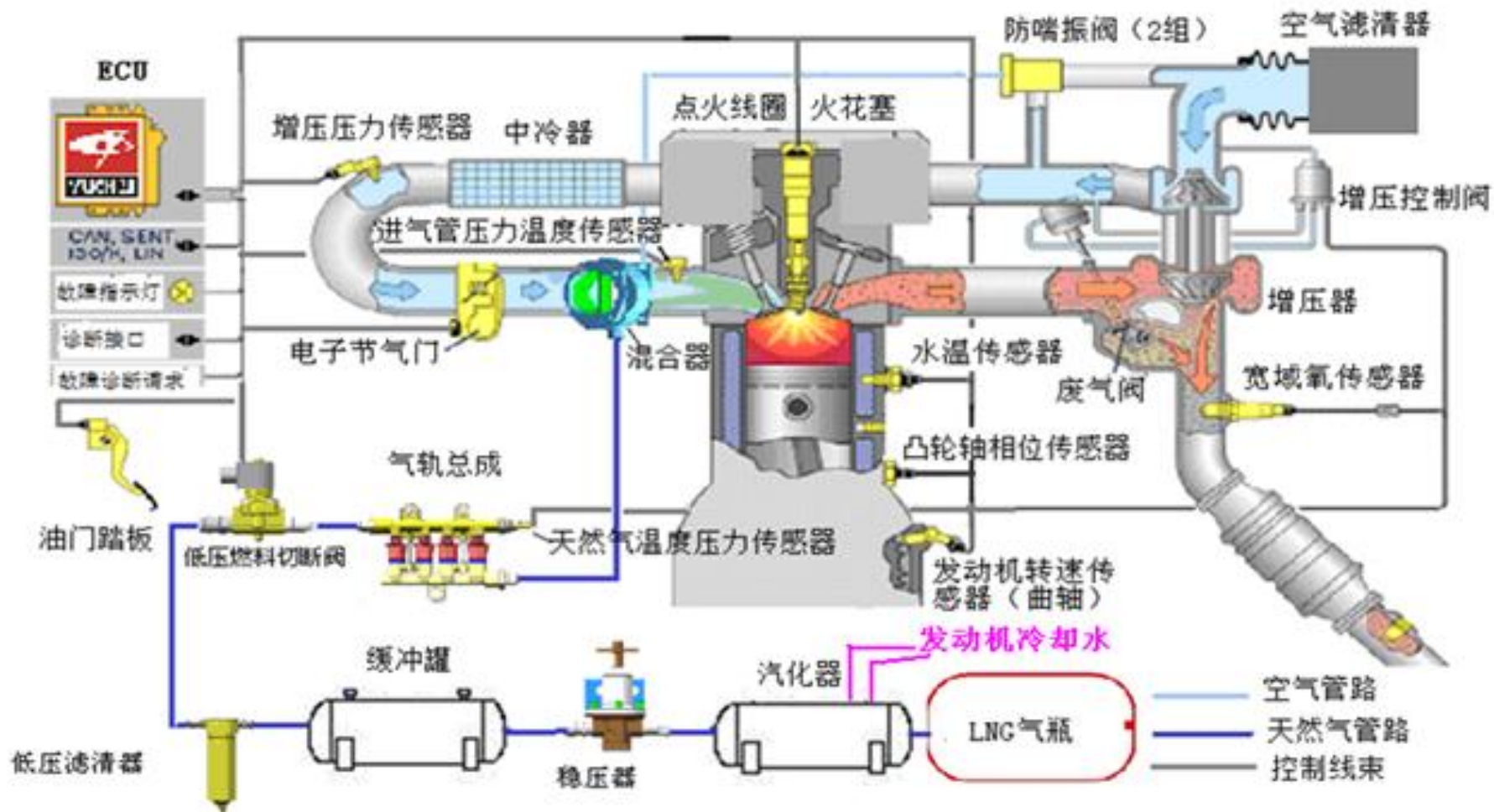
- 电控单点燃气喷射方式控制燃气量，国际主流技术
- 带宽域氧传感器的空燃比闭环控制，保证经济性和排放的完美平衡
- 增压中冷稀薄燃烧，保证高效节能和清洁燃烧
- 单缸独立高能点火，保证燃料经济性
- 电控节气门和放气阀，保证精确的空气管理
- 高精度的传感器，保证控制系统测量、控制精准
- 强大的整车功能，适用中国客户的各种需求
- 完善的故障诊断、保护策略，保护发动机，及时排除故障

## ● 单点喷射CNG发动机控制系统





## ●单点喷射LNG发动机控制系统



# 1.2 气体发动机控制系统



凸轮轴、曲轴转速传感器



节气门前进气压力传感器



节气门后进气压力传感器(MAP/MAT)

大气环境传感器  
(集成在控制器内部)



电子油门踏板

水温传感器



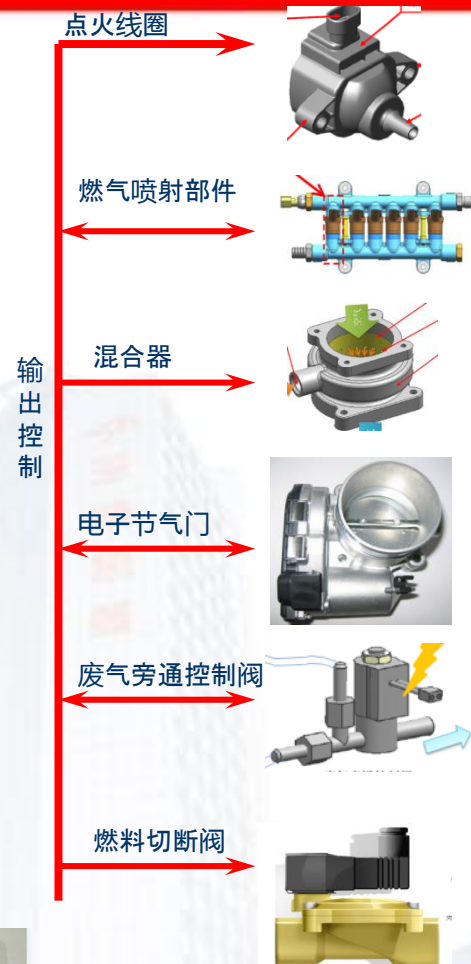
天然气温度传感器



氧传感器

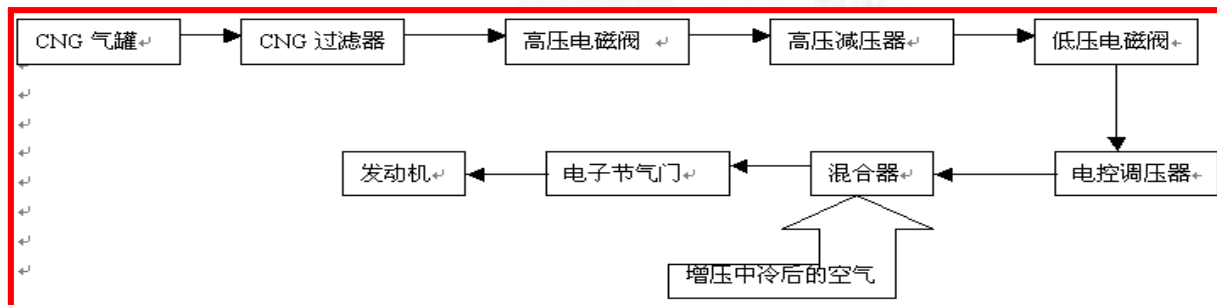


传感器输入



从CNG发动机工作原理图可看出，该发动机基本原理为：

- ① 高压的压缩天然气从储气钢瓶出来，经高压滤清器过滤后，到达高压电磁阀；
- ② 天然气经高压电磁阀进入高压减压器；
  - 高压减压器的作用是将高压的压缩天然气（工作压力200bar-30bar）经过减压加热将压力调整至4bar-6bar；
  - 高压天然气在减压过程中由于减压膨胀，需要吸收大量的热量，为防止减压器结冰，将发动机冷却液引出到减压器对燃气进行加热。
- ③ 经减压后的天然气进入燃气喷射部件，燃气喷射部件的作用是根据发动机运行工况精确控制天然气喷射；
- ④ 天然气与空气在混合器内充分混合，进入发动机缸内，经火花塞点燃进行燃烧做功；
- ⑤ 火花塞的点火时刻由ECU控制，氧传感器即时监控燃烧后的尾气的氧浓度，推算出空燃比，ECU根据氧传感器的反馈信号和控制MAP及时修正天然气喷射量。



从LNG发动机工作原理图可看出，该发动机基本原理为：

- ① 液态的天然气从LNG气瓶出来，经过汽化器加热气化成气态的天然气；
- ② 稳压器将液态天然气比较高的压力（16bar）降低并稳定在4bar-6bar；
- ③ 降压后的天然气通过燃气滤清器过滤后，进入燃气喷射部件，燃气喷射部件根据发动机运行工况精确控制天然气喷射量；
- ④ 天然气与空气在混合器内充分混合，进入发动机缸内，经火花塞点燃进行燃烧做功；
- ⑤ 火花塞的点火时刻由ECM控制，氧传感器即时监控燃烧后的尾气的氧浓度，推算出空燃比，ECM根据氧传感器的反馈信号，控制实际的MAP值及时修正天然气喷射量。



## 二、天然气发动机主要零部件结构及特性

### 1、燃料供给系统

- 高压减压器
- 低压电磁阀部件
- 燃气喷射部件
- 混合器部件
- 电子节气门

### 2、点火系统

- ◆ 点火线圈
- ◆ 高压导线
- ◆ 火花塞

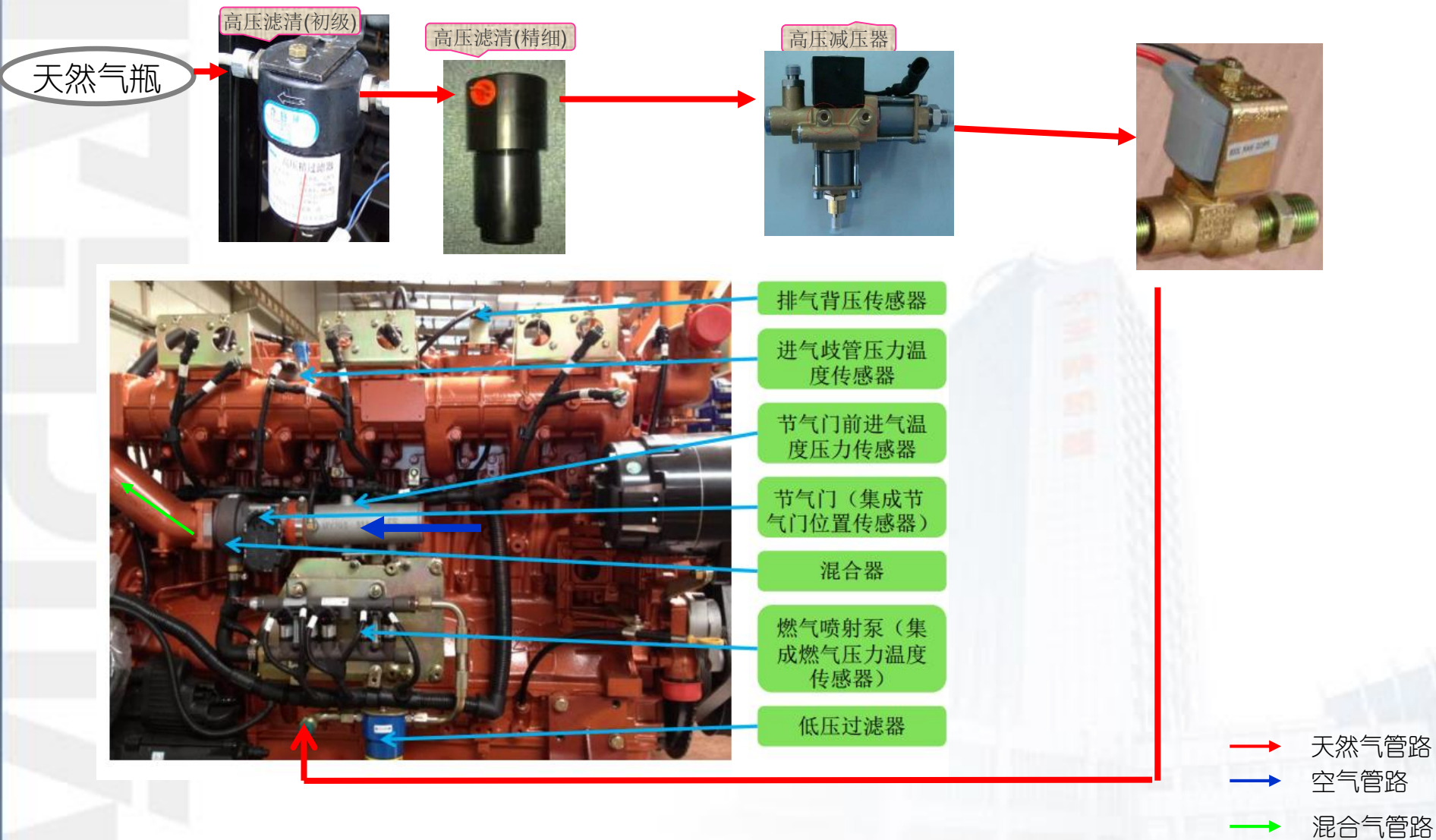
### 3、增压压力控制系统

- 废气旁通控制阀
- 防喘振阀

### 4、传感器

### 5、电子控制模块

## 2.1-1 CNG燃料供给系统

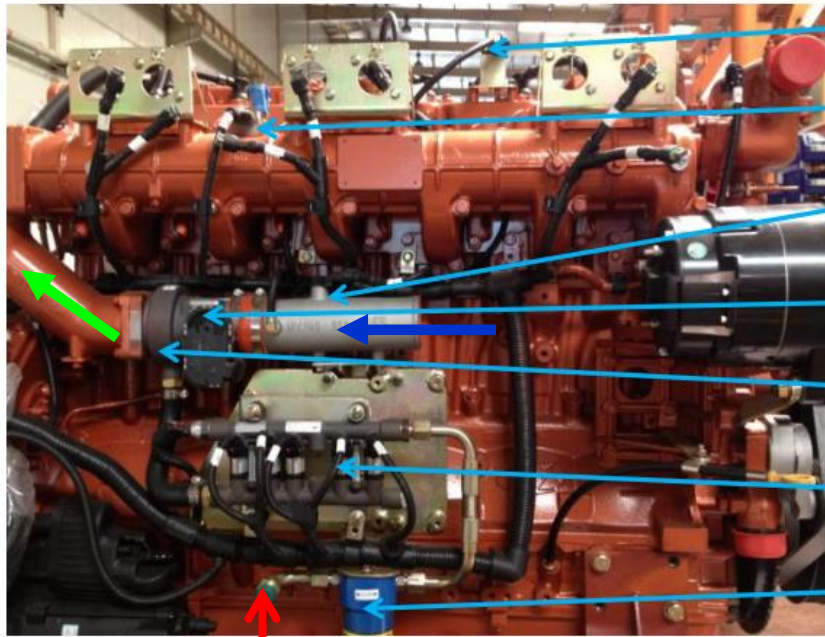


# 2.1-1 LNG燃料供给系统

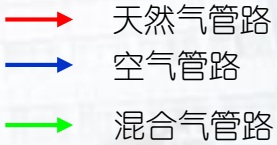
LNG气瓶



汽化器



- 排气背压传感器
- 进气歧管压力温度传感器
- 节气门前进气温度压力传感器
- 节气门 (集成节气门位置传感器)
- 混合器
- 燃气喷射泵 (集成燃气压力温度传感器)
- 低压过滤器





### 工作原理

通过两级活塞式的减压装置，将高压的 CNG 气体（最大220barG），减压到系统需求压力，保证发动机稳态工况下，出口压力基本稳定。加上 MAP 反馈压力的接入，使该减压器具备较强的变工况适应性。由于集成电磁阀，可以实现燃气通断控制。

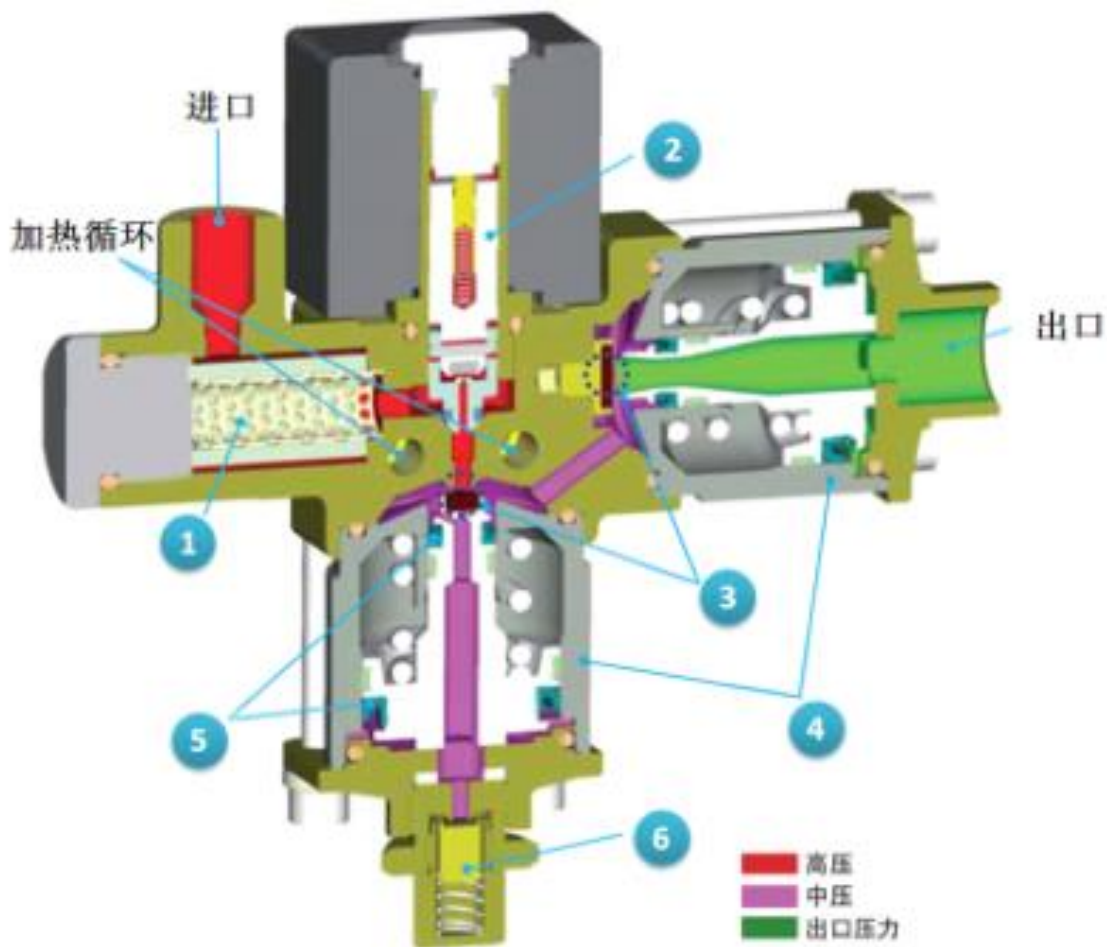
### 安装要求

减压调节器应安装在靠近发动机进气管和振动较小的位置，但不应直接安装在发动机上。所以减压调节器必须安装在汽车（底盘）大梁上。设计减压调节器支架时，应注意减压调节器的安装位置不能高于发动机散热器顶部，易于连接到发动机冷却液回路上；同时保证减压器的截止阀端朝上，不能拿偏离垂直位置 $\pm 15^\circ$



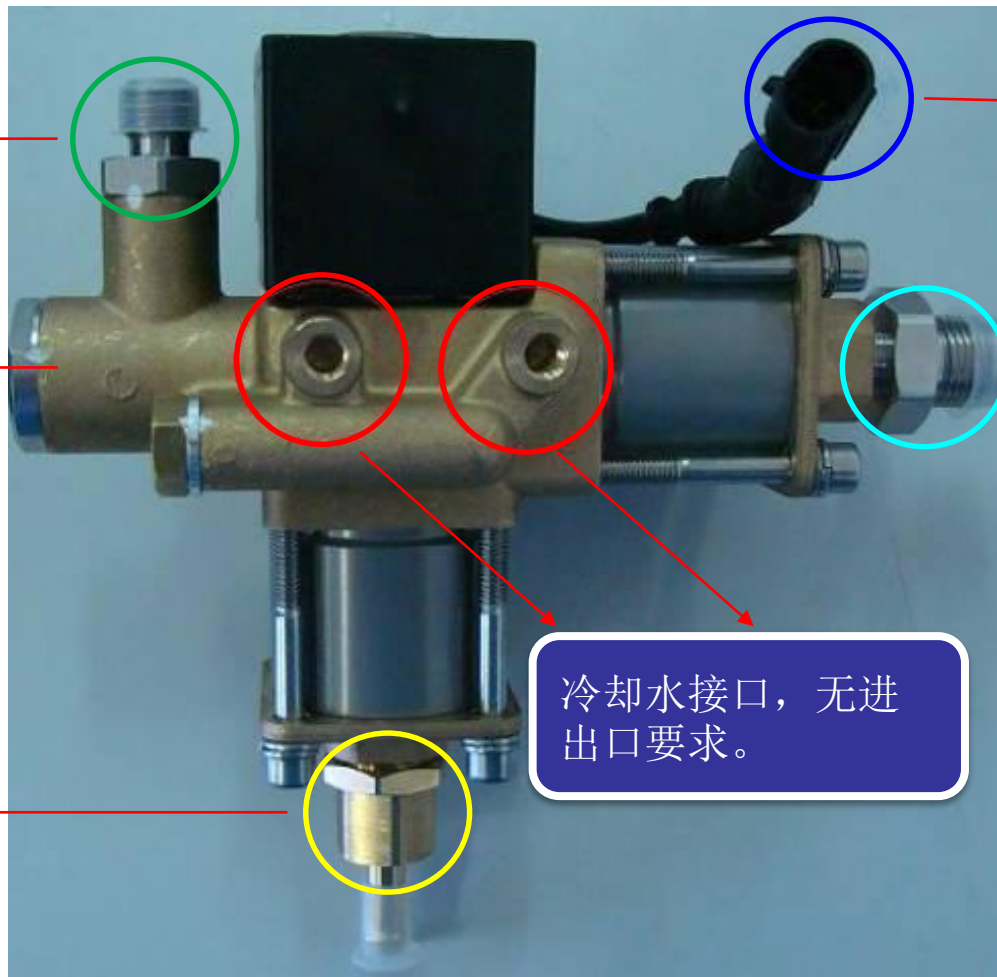


## 2.1.1 高压减压器



- 1、过滤器
- 2、截止阀
- 3、喷管
- 4、气缸-活塞-弹簧组件
- 5、动态密封
- 6、泄压阀
- 7、排气阀

高压减压器的外观



燃气入口

电磁线圈接口

滤芯, 需定期保养

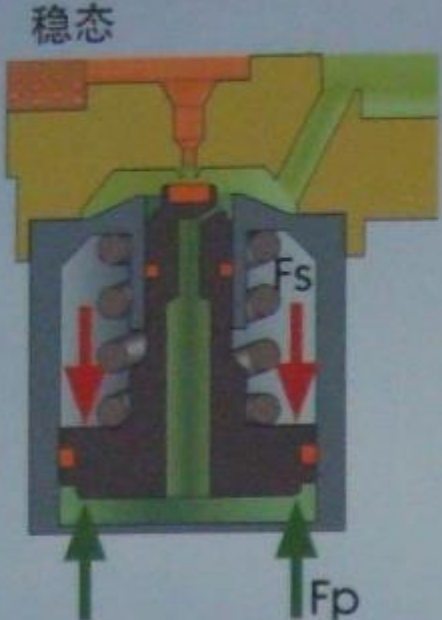
燃气出口

泄压排气口

冷却水接口, 无进出口要求。

### 高压减压器的工作原理

稳态时：



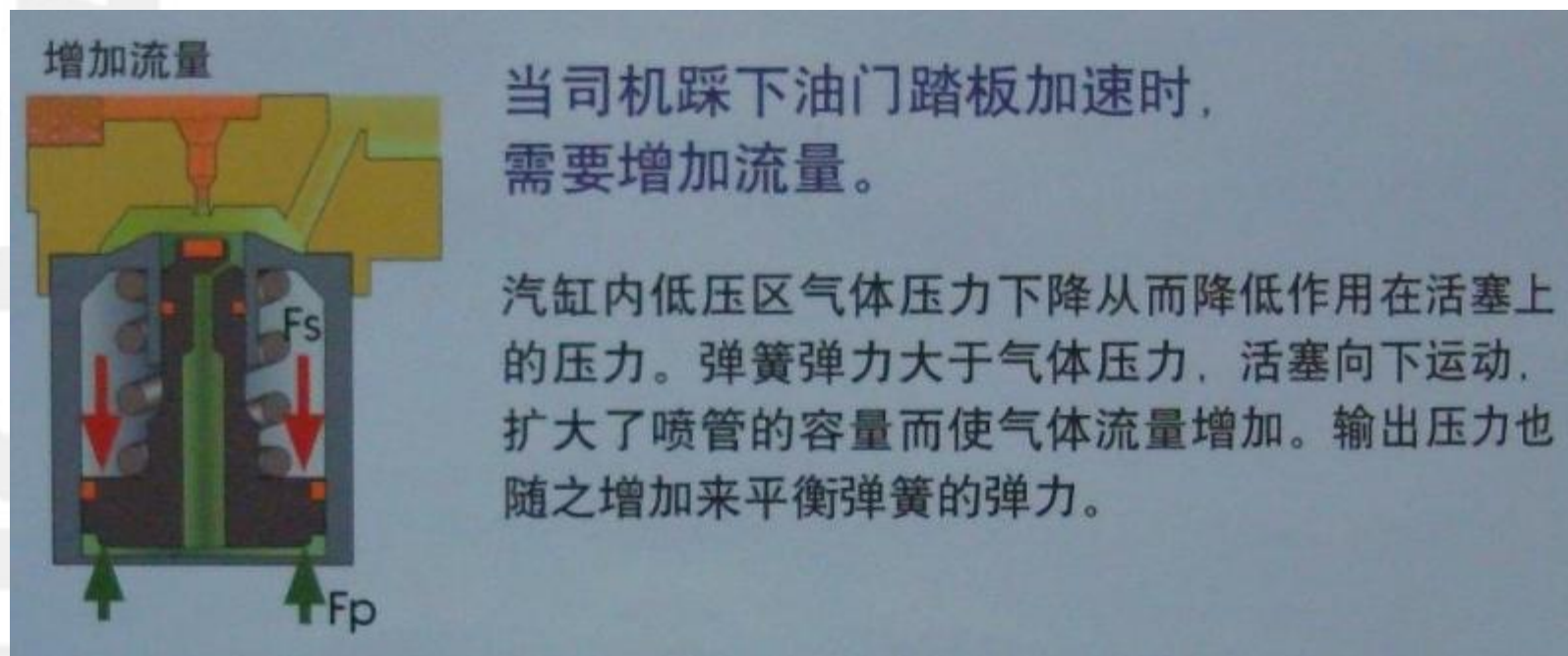
#### 车辆行驶过程中的压力调节器工作原理

在正常的工作状态下，压缩天然气在喷嘴中流通。此时，高压气瓶的压力值(也就是最高220bar)下降至出口压力(即9bar)。汽缸内的低压区气体(绿色区域)所产生的压力( $F_p$ -如图中绿色箭头所示)向上作用于活塞产生推力，缩小了喷管的容量，从而限制了压缩天然气的流量。此时，弹簧由于压缩而产生的弹力( $F_s$ -红色箭头)向下推动活塞而使喷管的容量扩大。

整个系统在作用于活塞上的气体压力和弹簧弹力大小相等时取得平衡。

### 高压减压器的工作原理

增加流量时：

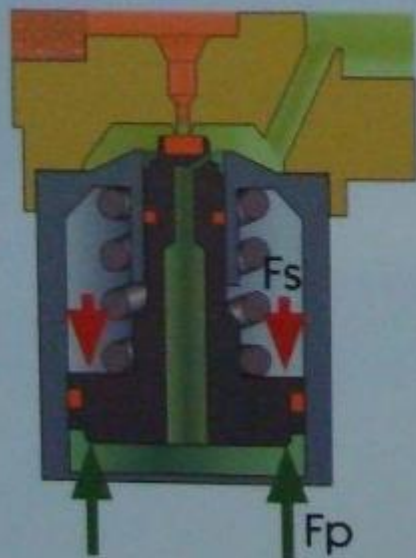




### 高压减压器的工作原理

降低流量时：

降低流量

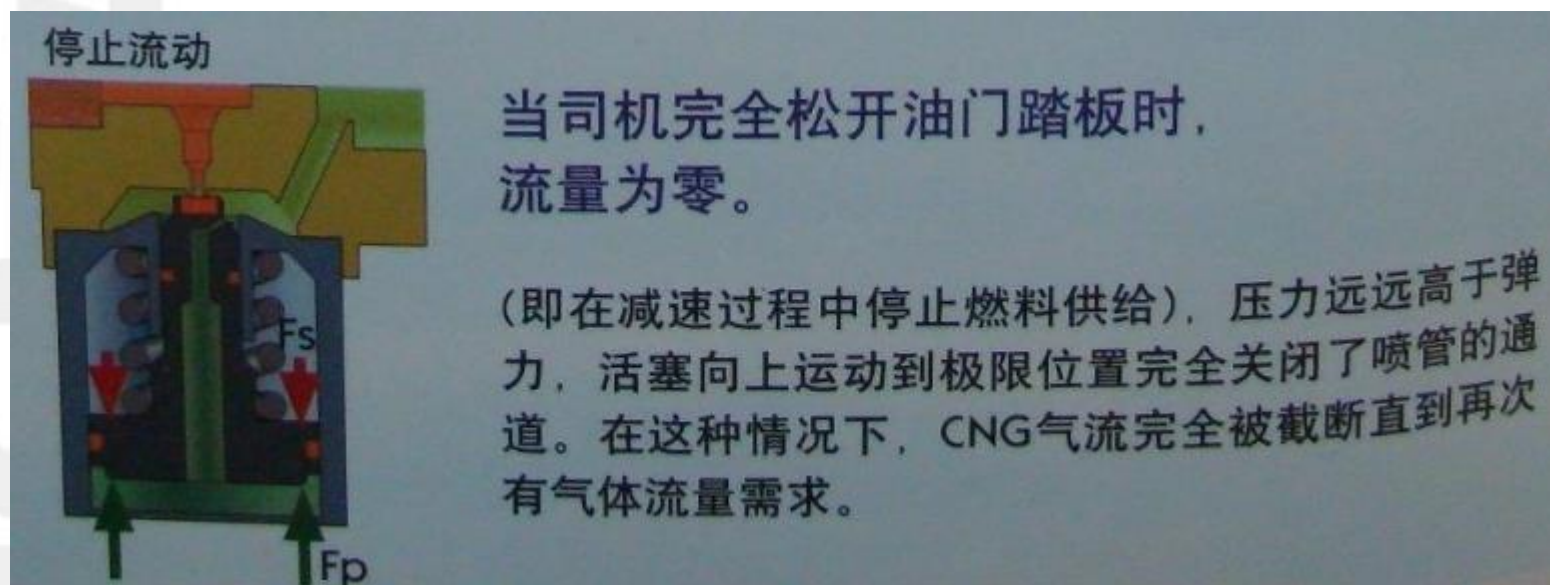


当司机轻松油门踏板减速时，  
需要降低流量。

汽缸内低压区气体压力升高，增大作用在活塞上的力。气体压力大于弹簧弹力，活塞向上运动，缩小喷管的容量从而减少气体流量。输出压力也随之减小来平衡弹簧的弹力。

### 高压减压器的工作原理

停止流动时：



## 2.1.2-1 低压电磁阀部件（阀芯式）

工作原理及安装要求：

工作原理：由线圈驱动阀芯，由ECM控制其开合，停机状态下处于常闭状态。

作用：及时切断或恢复燃料供给；切断时尽可能将下游获得的燃料量减到最少。



安装要求：

1、为有效防止高压电磁阀进气接头与高压电磁阀结合部位漏气，安装该接头时，必须使用螺纹密封胶（如乐泰262）有效密封。

2、要求尽可能靠近电控调压器安装。





## 2.1.2-2 低压电磁阀部件（膜片式）

### ➤ 作用

用于接通和切断天然气低压管路的燃气供给。在停机状态下起到阻止燃气泄漏的作用，以保证发动机的使用安全。

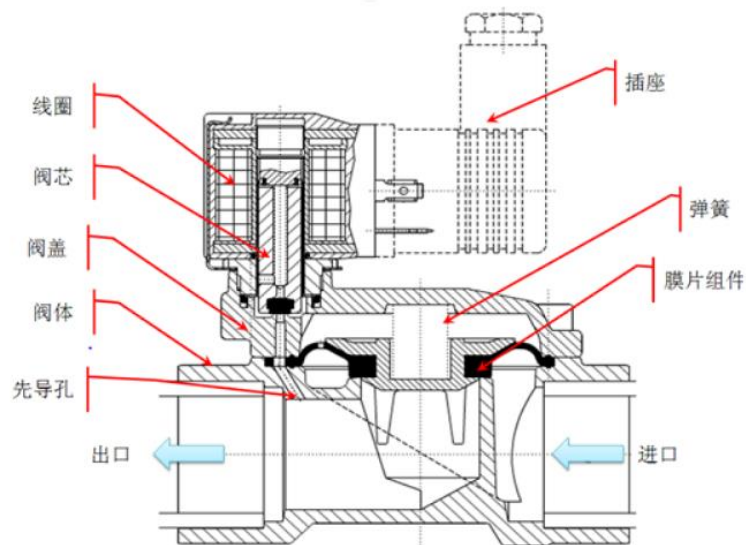
### ➤ 特性参数

工作温度：

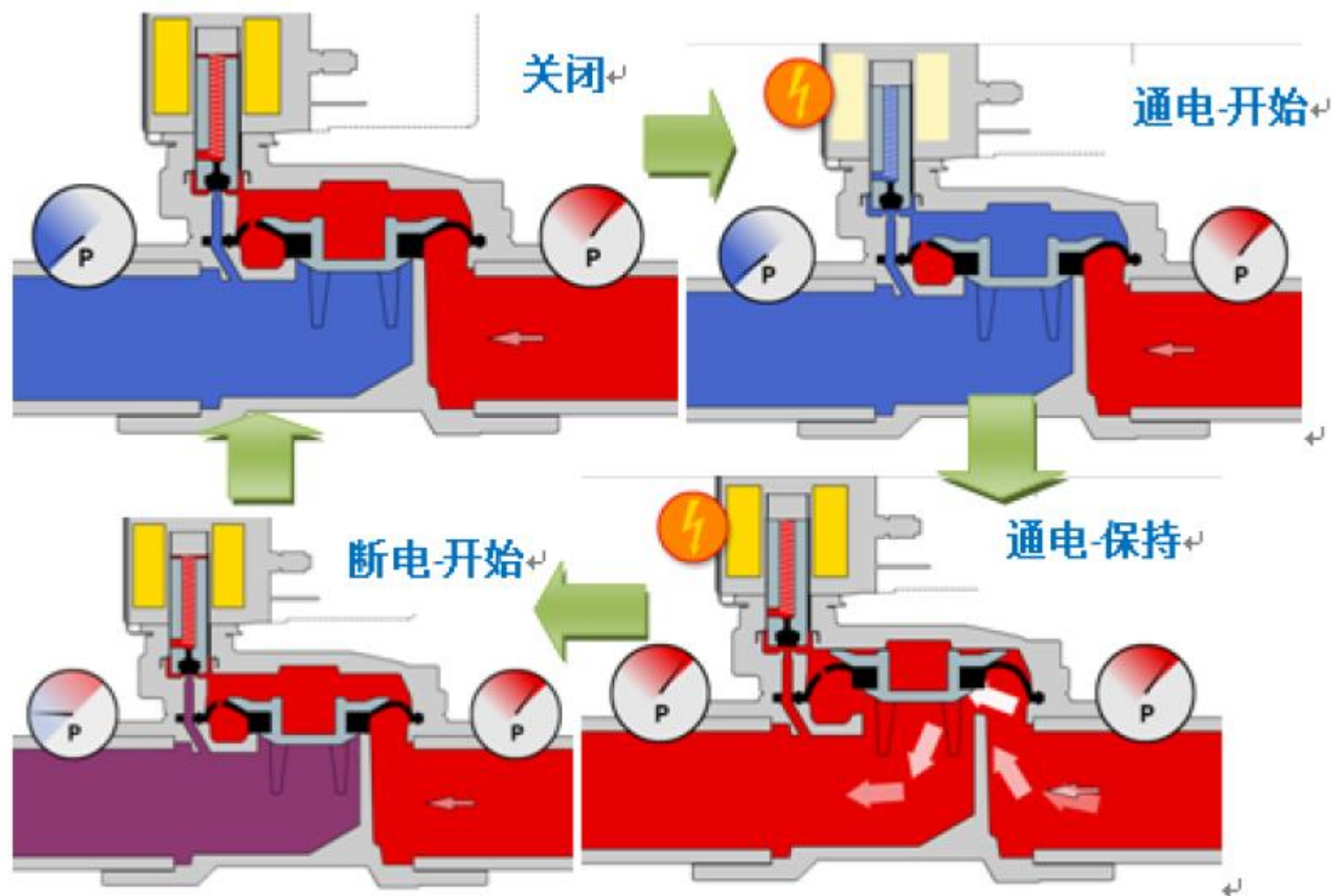
工作电压：24VDC

功率：8W

工作压力：0.1~18bar







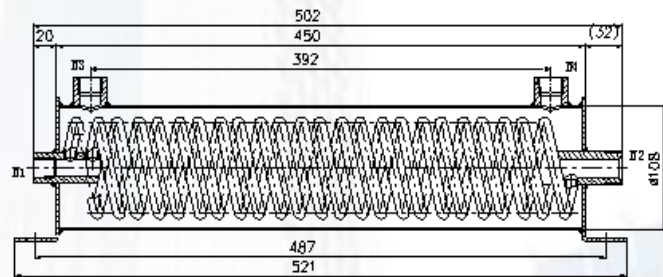
## 2.1.3 汽化器 (LNG)

### 1、汽化器主要作用:

- ① 汽化器是将液态的天然气经过加热，汽化成气态的天然气。
- ② 汽化器必须安装在汽车（底盘）大梁上，布置汽化器时，应尽可能靠近发动机，以减少低压管路流程阻力。
- ③ 汽化器使用发动机冷却水来加热LNG，设计汽化器支架时，应注意汽化器的安装位置不能高于发动机散热器顶部。否则会导致加热水不能流经汽化器，导致器结冰冻裂。

### 2、汽化器的选择原则，如右表:

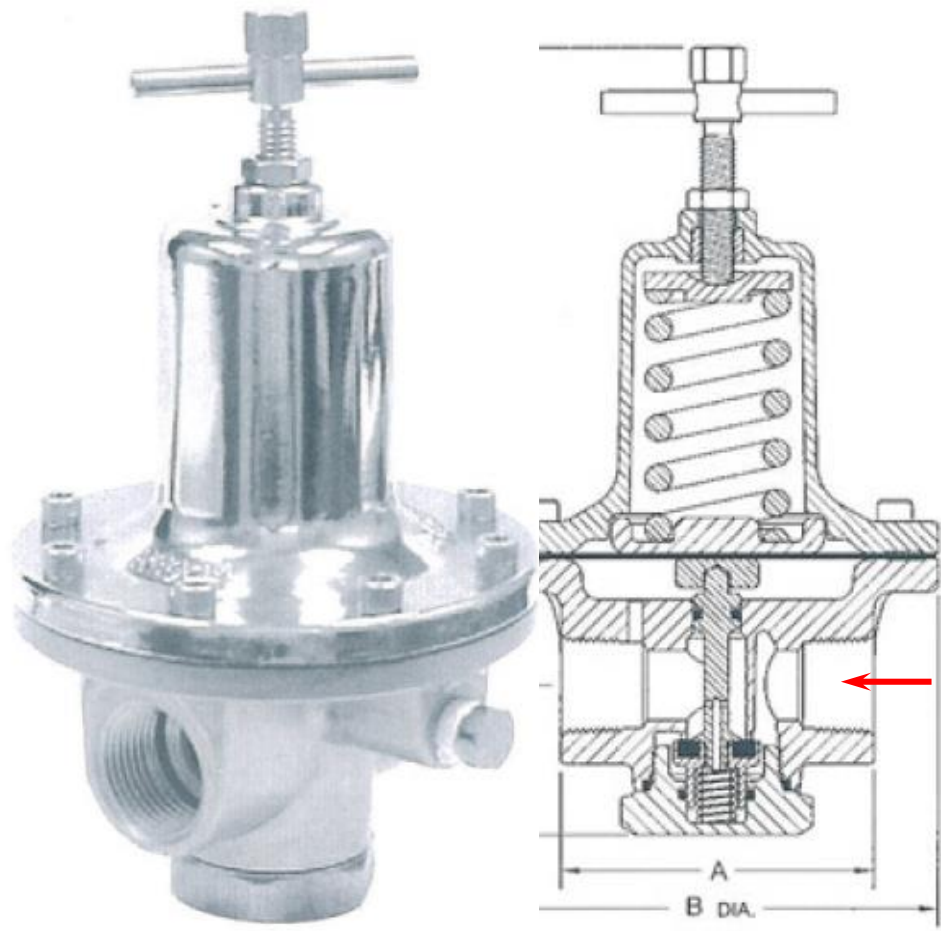
发动机功率 (马力)	LNG汽化器 (m <sup>3</sup> /h)
150	25~30
170/180	30~40
190	35~45
210	40~50
230	50~60
260	55~65
290	60~70
320	65~75
340	70~80
375	80~90



## 2.1.4 稳压器 (LNG)

稳压器的主要作用在于：

- ① 当气瓶内液体温度升高，气瓶最高可能超过16bar，而玉柴发动机最高使用压力为13.8bar，超过该压力可能导致电控调压器失效、发动机无法启动、游车、催化器烧结等故障；
- ② 在汽化器和低压电磁阀之间安装一个稳压器，通过稳压器减压作用，使压力降低至稳压器设定压力，以保证进入发动机的天然气压力符合发动机要求；
- ③ 稳压器出口必须安装一个压力表，以监测稳压器出口压力；
- ④ 稳压器需安装牢固，并有减振措施。





## 2.1.5 燃气喷射部件

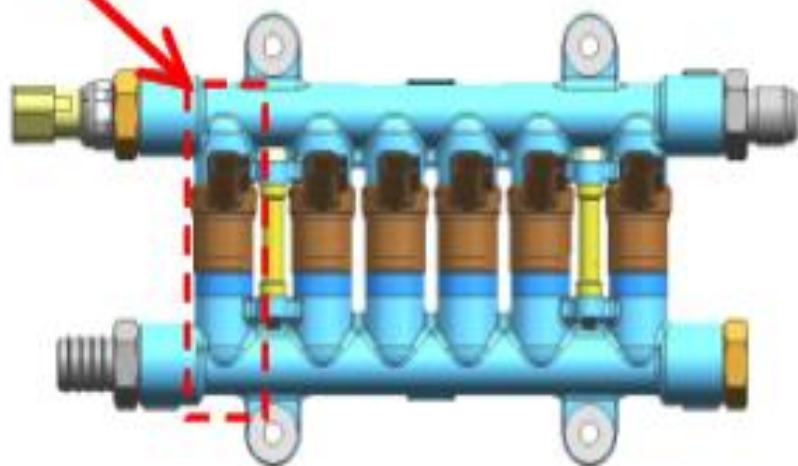
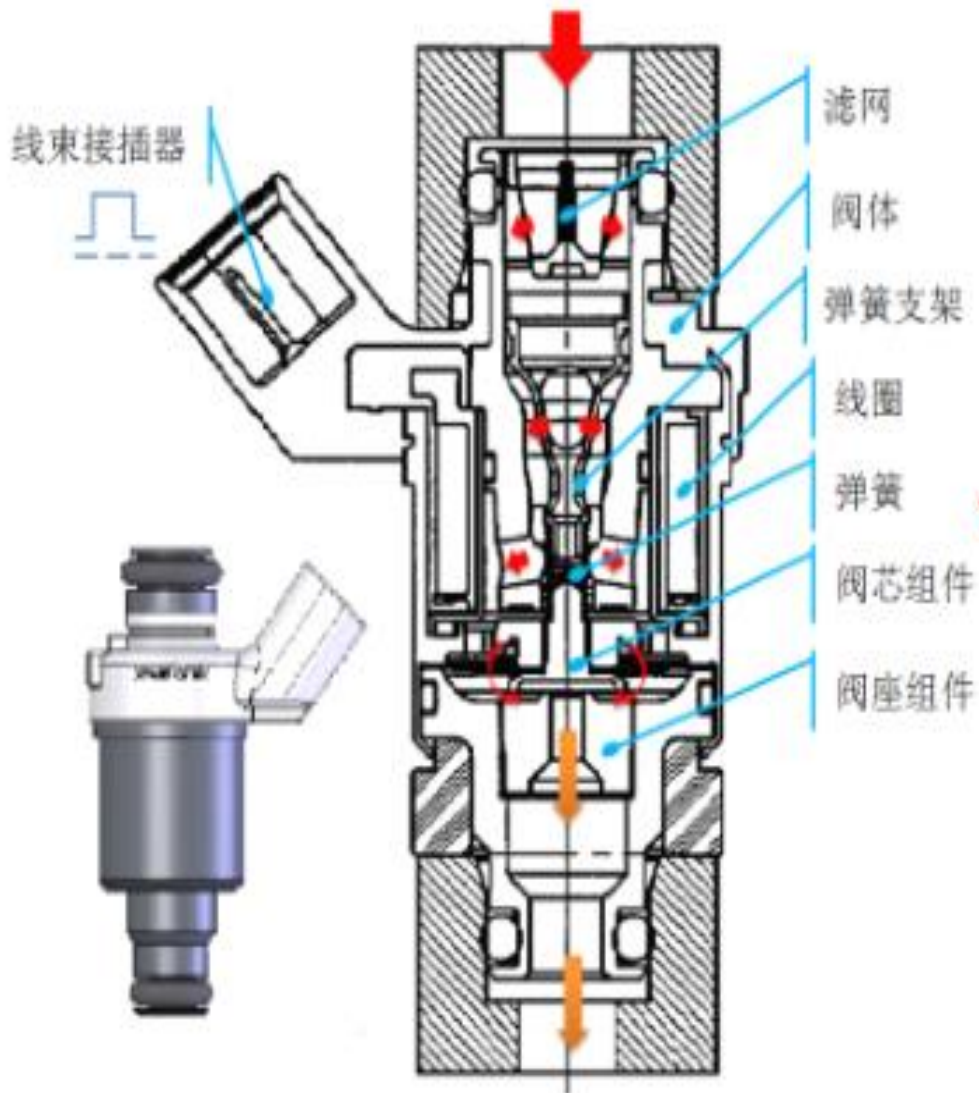
工作原理：天然气喷嘴的作用是在不同的发动机工况下，根据 ECU 的控制策略，按照控制程序标定参数，喷射适量的天然气。在一定的喷射压力下，喷嘴喷出的天然气量与其开启的时间成线性关系。

- 喷嘴上游必须加装燃气初滤和精滤，以保护喷嘴
- 燃气初滤和精滤必须定期保养（详见保养手册）
- 喷嘴必须定期清洗保养（详见保养手册）





## 2.1.5 燃气喷射部件



## 2.1.5 燃气喷射部件

特性参数:

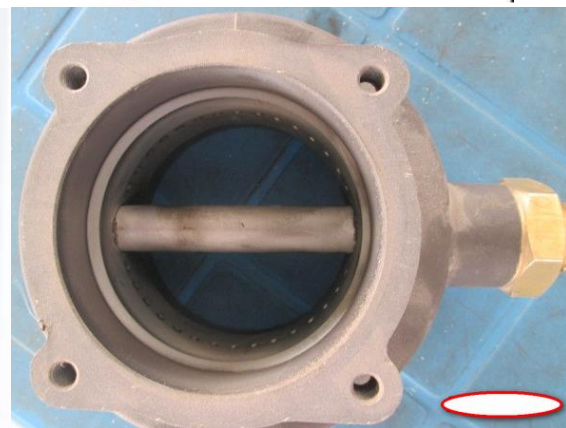
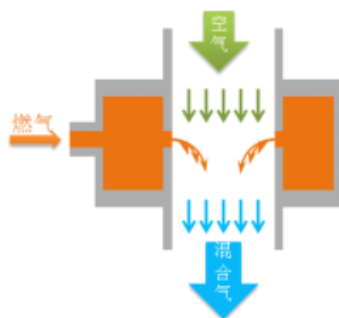
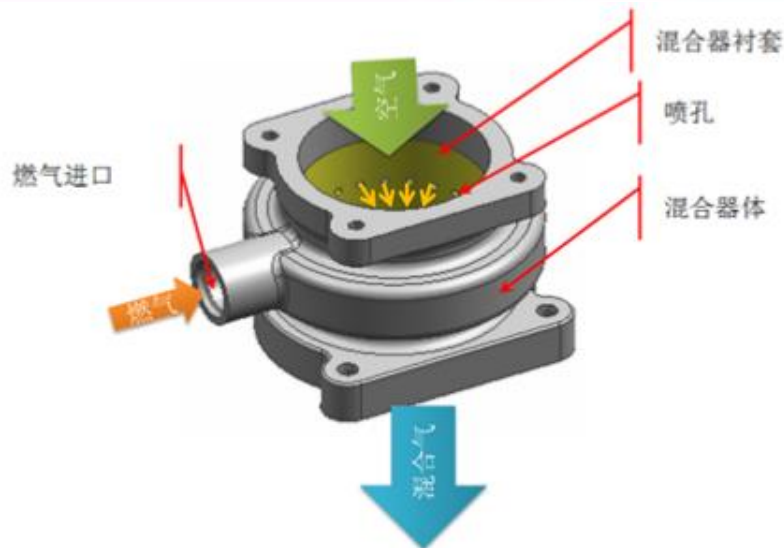
项目	特性参数	
	京滨	Nikki
适用燃料类型	CNG\LPG\氢燃料	CNG\LNG\LPG
驱动类型	峰值保持型	峰值保持型
典型工作电压 (范围)	DC 14V (6.3V~16V)	DC 28V(10V~32V)
喷嘴座材料	橡胶	橡胶
阀体泄露量	<0.3ml/min	<0.5ml/min
工作压力	≤392kPa	400kPa~750kPa
工作温度范围	-30℃~120℃	-30℃~130℃
环境温度范围	-30℃~120℃	-40℃~130℃
振动要求	≤147m/s <sup>2</sup> (15G) @50~400Hz	<196.2m/s <sup>2</sup> ×200Hz
LFR (线性流量范围)	12.8cc/st	250NL/min AIR
喷嘴的电阻	1.25 Ω (@20℃)	1.5 Ω (@24℃)



## 2.1.6 混合器部件

**工作原理：**燃气通过混合器燃气进口，进入混合器和衬套之间的腔室。由于此时，燃气压力大于该位置的空气压力，所以燃气从衬套的喷孔喷入，与从中冷器过来的空气一起形成可燃混合气。

**特点：**结构简单；抗回火能力强；低速混合效果优秀；通过对进气管结构的设计优化，弥补了该混合器在发动机高速（大空气流量）工况下，混合效果不好缺陷。



## 2.1.7-1电子节气门

工作原理及作用：通过控制蝶阀的开度，控制进入缸内的混和气的量，从而控制发动机的转速和负荷。

驾驶者通过油门踏板，将动力需求传送给ECM，ECM接收到油门踏板信号后，根据发动机运行工况控制电子节气门开度。通过控制蝶阀开度，控制怠速转速和调速特性曲线。

安装要求：

安装电子节气门时，驱动电机轴线必须保持水平方向。





## 2.1.7-1 电子节气门

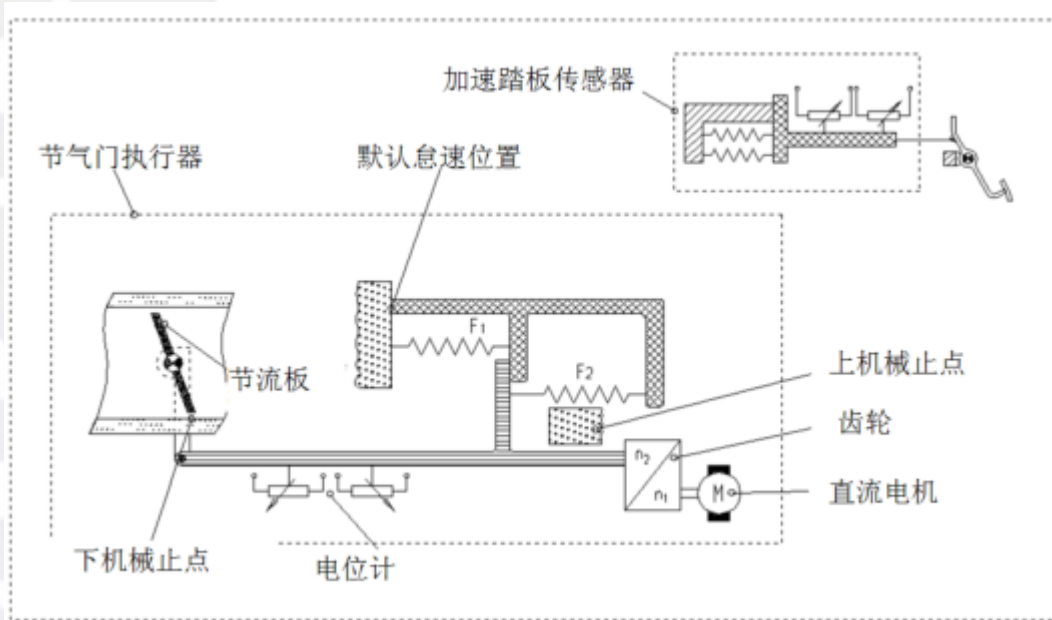
电气参数：

工作电压：6—16V

直流电机的电阻（24℃）： $1.5\Omega \pm 0.3\Omega$

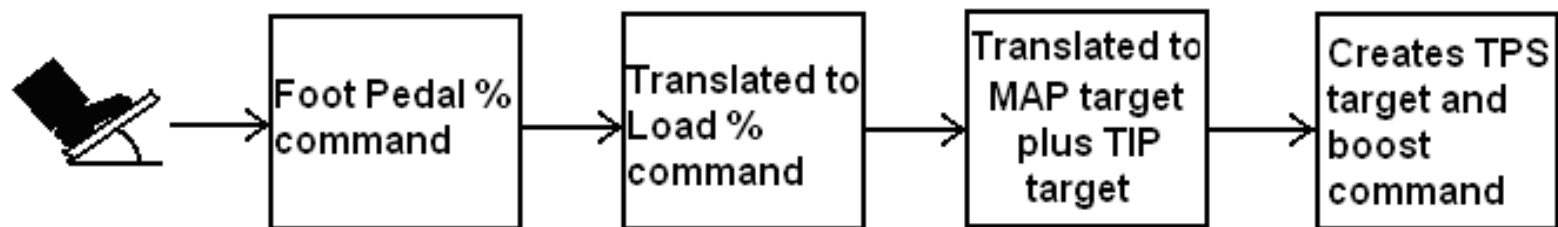
电位计工作电压： $5V \pm 0.2V$

电位计 TPS1 和 TPS2 之间(5#、6#公端子间的电阻)的电阻（24℃）： $1.25k\Omega \pm 30\%$



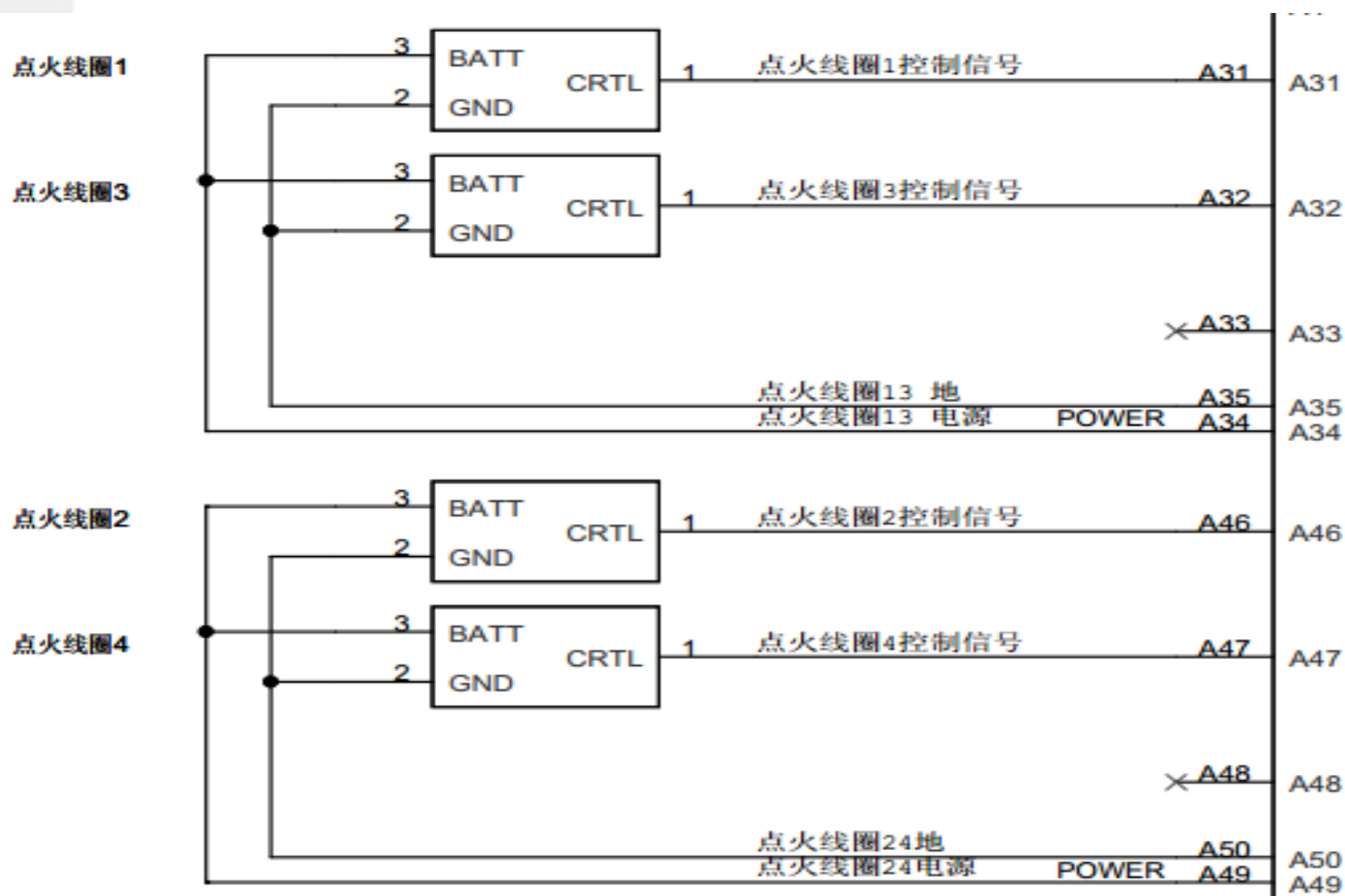
驾驶员通过油门踏板，将动力需求传送给 ECU，ECU 接收到油门踏板信号后，根据发动机运行工况，ECU 发出电子节气门直流电机驱动信号，驱动节气门的节流板转动，同时 ECU 采集电位计的电压信号，转换成节气门节流板的位置信号，实现直流电机的闭环控制。通过控制蝶阀开度，控制怠速转速和调速特性曲线

## 2.1.7-2负荷的控制



- 1、司机通过油门踏板传递一个电信号（油门位置命令）给ECM后，ECM将其转换成一个负荷百分比命令。然后计算出要达到此负荷需要的MAP目标和TIP目标。
- 2、ECM控制电子节气门开度和废气旁通阀开度使实测的MAP值达到MAP目标。
- 3、ECM控制节气门进行调整，校正节气门前后的压差，使TIP实测值达到TIP的目标值，在调整节气门的过程中不断调整废气旁通阀的开度，保持MAP的实测值和目标值一致。

## 2.2 点火系统



## 2.2.1 点火线圈

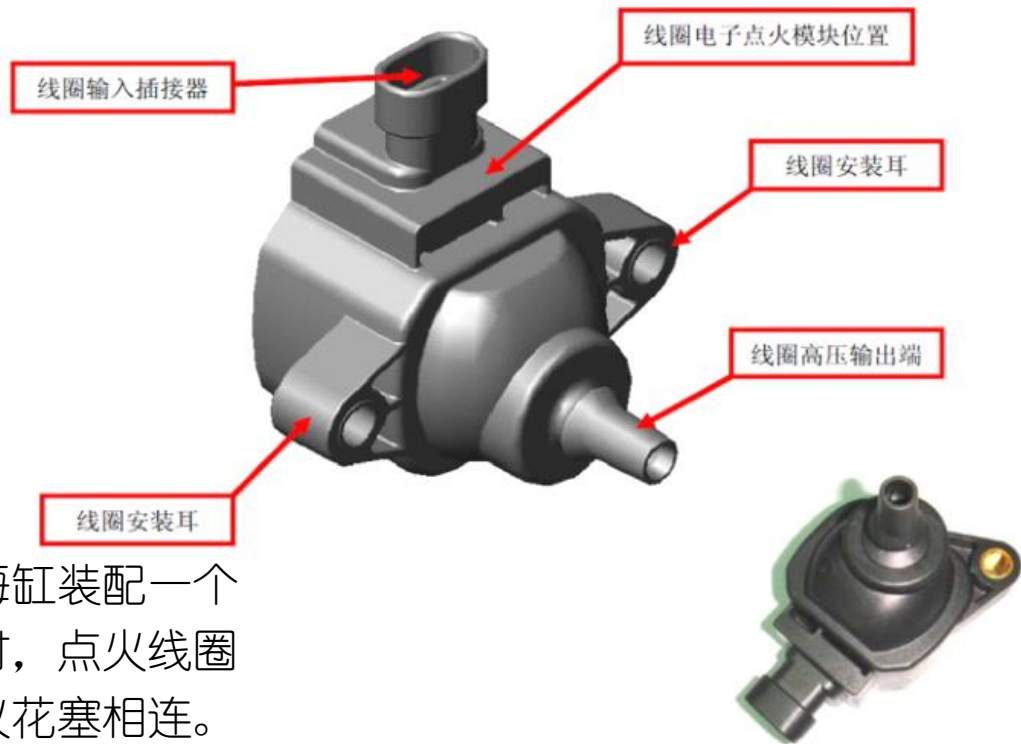
### ◆作用：

▶接收来自ECM点火指令，产生高电压并将高电压传递给火花塞，产生火花，点燃天然气。

▶点火线圈能根据ECM指令控制点火时刻，使发动机实现低排放、低气耗

### ◆安装要求：

点火线圈设计适用于装配在线圈支架上，每缸装配一个点火线圈。当点火线圈装配在线圈支架上时，点火线圈通过高压导线将线圈的高压端与缸体内的火花塞相连。点火线圈两个安装耳上各设计有一个通孔，被用于将点火线圈安装在发动机上的线圈支架板装配。其装配需要使用两个 M6 的紧固螺钉直接安装在发动机的线圈支架上。安装螺栓的拧紧力矩：6~9N.m、点火线圈的装配位置应保证其工作时有足够的空气流动量进行散热，

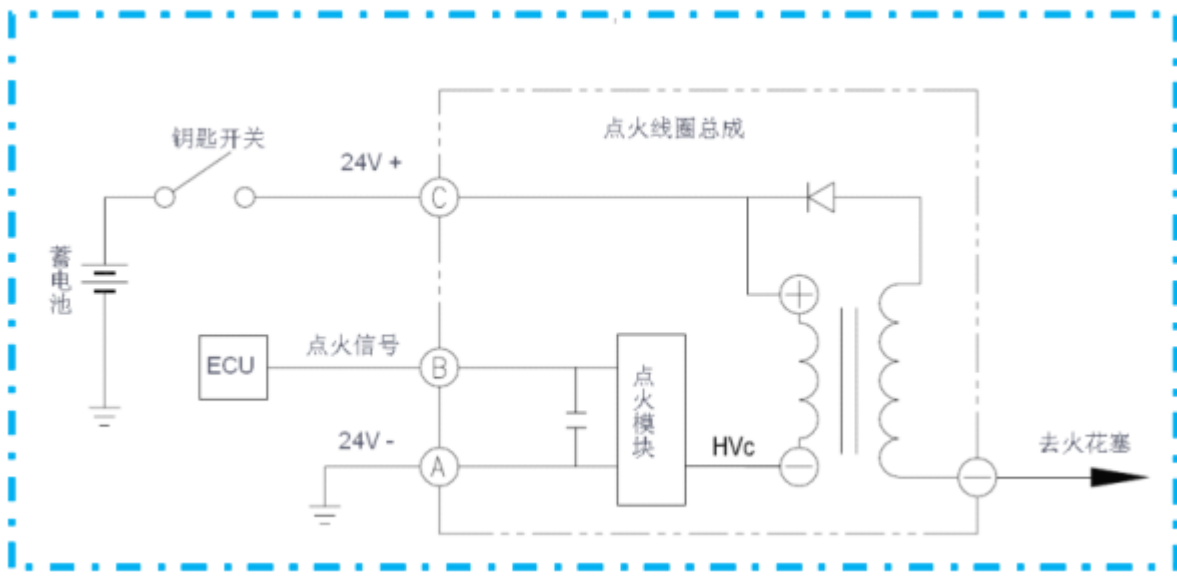




## 2.2.1 点火线圈

点火线圈技术参数: :::

- ❖ 工作电压: 16V~32V DC
- ❖ 工作温度: -40°C~130°C
- ❖ 储存温度: -40~140°C
- ❖ 初级电阻: 0.5~0.62Ω



单点式智能点火线圈的次级线圈的高压输出端子通过高压点火线和火花塞相连。

当初级线圈在低压输入电流产生闭合形成电感突变时，在次级线圈绕组中感应出极高电压，输出的高压通过高压点火线连接到火花塞上，使火花塞跳火。

## 2.2.2 高压导线

### ◆作用：

点火线圈（二次线圈）感应出几万伏满足点火要求的电压，通过高压导线，将高压电传给火花塞，点燃气缸中的可燃混合气

### ◆技术参数：

1. 电缆和护套应无异常、变形、变色、破损以及龟裂现象；
2. 插入力 $< 49\text{N}$ 、脱开力 $30\sim 70\text{N}$ ；
3. 导线电阻： $\leq 7\text{K}\Omega/\text{m}$ ；
4. 耐高压： $\geq 30\text{KV}$ ，工频交流电压 $10\text{min}$ 不应击穿；
5. 护套耐热温度 $230^\circ\text{C}$ 。
6. 其他符合GB/T14820和GB14023的要求。



## 2.2.3 火花塞

◆作用：接收来自点火线圈的高电压，产生火花，点燃天然气。

火花塞的点火电压可达到40kV或更高。随着时间的推移，火花塞会逐渐腐蚀而且电极间隙扩大，火花塞跳火需要的能量将增大，严重时会出现失火现象。火花塞间隙的要求：

厂家	图号	适用机型	间隙要求
NGK	M2A00-3705002A	除 6L 外的所有 ESI 系统机型	0.4±0.02mm
NGK	LN100-3705002	6L	0.33±0.03mm
冠军	K1A00-3705002S1	6MK	0.35±0.02mm

◆安装要求：

◆1、安装时拧紧点火花塞，按规定的力矩拧紧，必须使用专用火花塞套筒。

◆2、安装时，必须保持终端螺丝帽、绝缘体部分、密封垫片、螺纹部分的清洁；

◆特别说明：1、新火花塞安装前，必须检查火花塞间隙，是否符合技术要求。如不符合，现场按照技术要求调整。

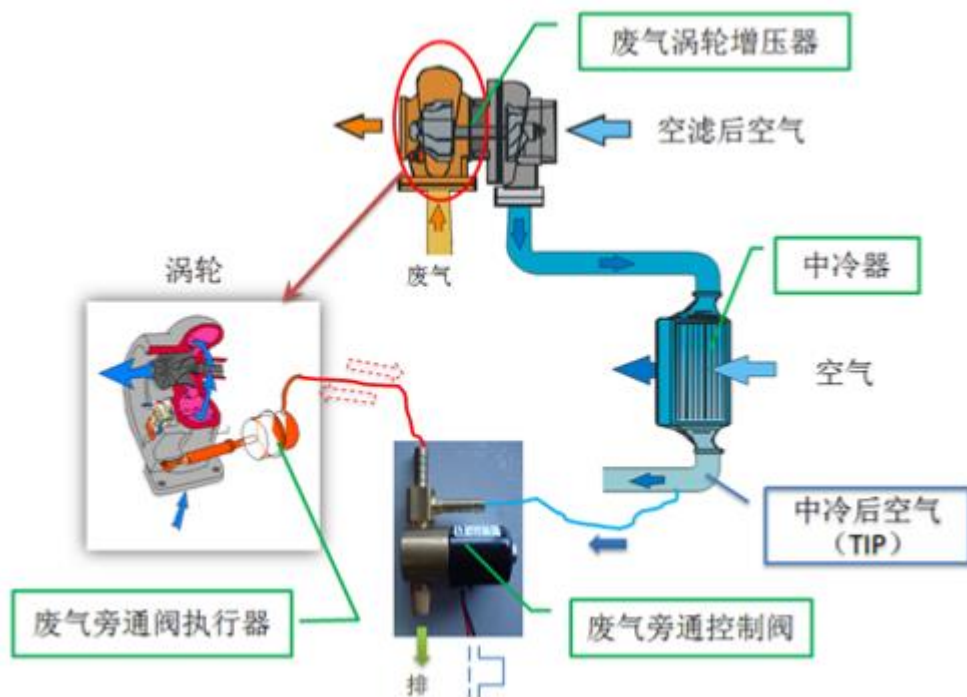
◆2、保养火花塞时，禁止在火花塞头部涂抹导电膏；禁止在火花塞绝缘陶瓷体上涂抹润滑油、绝缘硅脂等



## 2.3.1 增压压力控制

增压器提供一个和发动机负荷相应的可变的进气增压压力，增压器的废气旁通阀可以通过释放涡轮处的排气压力来调节、适应发动机需要的增压压力。

通过废气旁通控制阀，实时控制作用在增压器旁通控制机构膜片上的压力，从而控制增压器涡轮机的废气旁通阀，控制发动机所有运行工况的增压压力，从而实现发动机理想的扭矩曲线。





## 2.3.2 废气旁通控制阀

工作原理和作用：

废气旁通控制阀相当于高频开关电磁阀。通过控制废气旁通控制阀的出口压力（ACT端），来控制增压器废气旁通阀的开度，进而控制发动机的增压压力。采用该技术能有效提升发动机低速扭矩，满足公交车频繁起步的工作要求！

电气参数：

工作电压：DC 24V  $\pm$  10%

耗能：最大8W 在24V

工作温度：-35°C~ 95°C

进气过滤器要求：最大颗粒直径20 $\mu$ m

安装要求

1、安装在散热条件较好的低温区，保证零部件可靠性。

2、安装方向，与竖直向上方向成 $\pm 5^\circ$  夹角以内的任何角度

**特别注意：**进气接头、执行接头、出气接头不可接错。



以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/935233130220011123>