

电子节气门

目前，大多数发动机采用电子节气门，如图 1 所示。电子节气门是受 ECU 控制的，踩油门的信号先传给 ECU，ECU 根据踩油门的速度和深度来猜测你的意图，从而控制节气门开度。

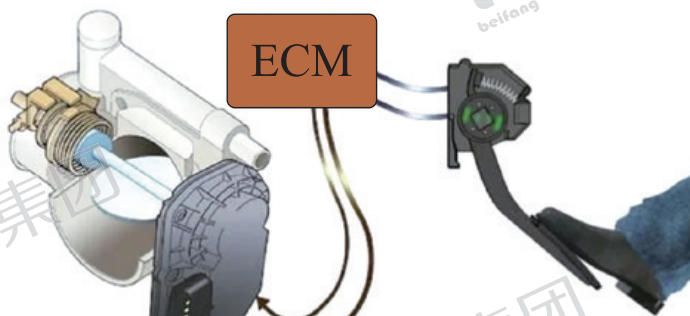


图 1 电子节气门

由于电子节气门是直接受 ECU 控制的，因此，节气门的开度并不是一直随着油门踏板的动作进行运转。在怠速时，油门踏板处于最顶端位置，此时，节气门并没有关闭，而是根据各种信号调整开度进行怠速控制。在急减速时，虽然油门踏板信息急速下降，但电子节气门则缓缓降低开度，以便使发动机平稳过度。在巡航控制时，虽然司机的脚从油门踏板上挪开，不对油门踏板进行控制，但节气门依然在调整开度，以保证汽车按设定的车速行驶。

电子节气门也有自我学习功能，在更换或清洗后需要进行匹配调整。

电子节气门系统（如图 2）取消油门踏板与节气门体之间的拉线，在油门踏板上加装踏板位置传感器。

节流阀的开启和关闭由控制单元进行控制，使节气门开度得到精确控制，优化了发动机的输出扭矩，提高汽车的经济、环保、动力及操控性能；另一方面，可实现怠速控制、巡航控制和车辆稳定控制等的集成，简化了控制系统结构。

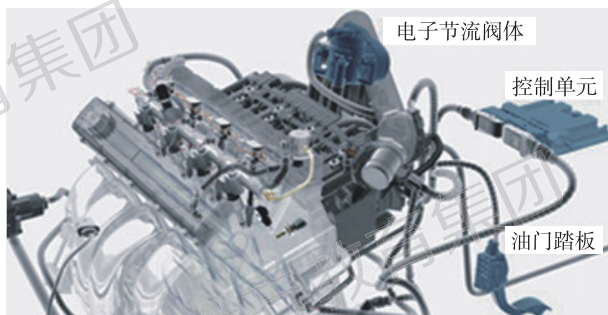


图 2 电子节气门

一、结构组成

电子节气门控制系统由：加速踏板传感器、发动机控制单元、节气门体、故障指示灯等组成，如图 3 所示。

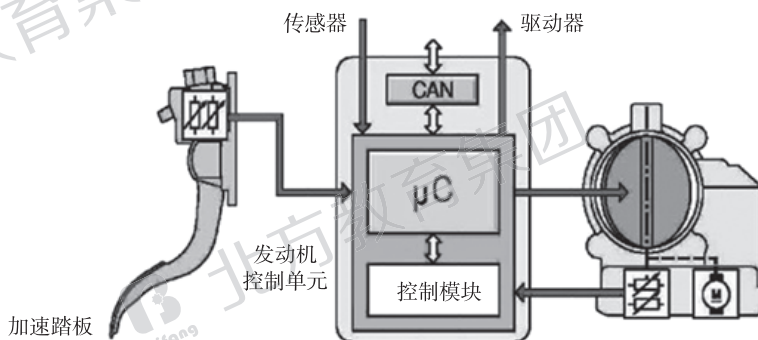


图3 电子节气门控制系统结构图

1. 加速踏板位置传感器

(1) 作用

加速踏板（如图4所示）的主要作用是控制节气门的开度，从而控制发动机的动力输出。

在加速踏板上安装有位移传感器，当驾驶员踩踏加速踏板时，ECU会采集踏板上位移传感器的开度变化以及加速度，根据内置的算法来判断驾驶员的驾驶意图，然后向发动机节气门的控制电机发送相应的控制信号，从而控制发动机的动力输出。



图4 加速踏板位置传感器

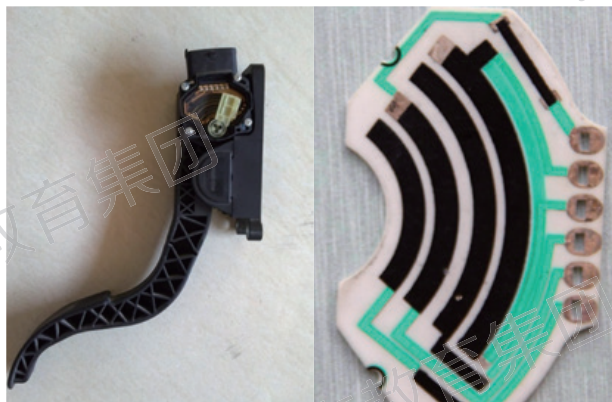


图5 电位计式加速踏板位置传感器

(2) 分类

常见的加速踏板位置传感器类型有：电位计式、霍尔式和电磁式三种。

(3) 电位计式加速踏板位置传感器

1) 结构

电位计式加速踏板位置传感器（如图5所示）以分压电路原理工作，ECU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电刷相连，其电路如图6所示。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，ECU将该电压转变成加速踏板的位置信号。加速踏板位置传感器同时输出两组信号给ECU，保证输出信号的可靠性。

2) 检测

① 外观检查

首先应检查是否因车内驾驶座椅下方地毯过厚或位置不当将踏板顶住而无法踩到100%位置。

随后检查应检查线路插头是否虚接，针脚、插头是否存在腐蚀、氧化现象。

② 单件检查

拆下传感器，测量电源线1和地线1针脚之间、电源线2和地线2针脚之间电阻应为规定值，压动踏

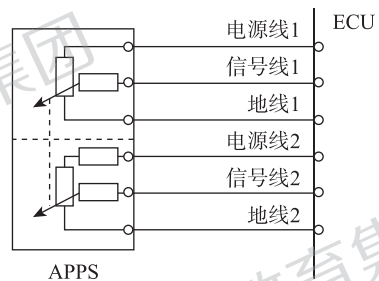


图6 电位计式加速踏板位置传感器电路

板过程中信号线 1 和地线 1 针脚之间、信号线 2 和地线 2 针脚之间电阻值应连续变化。有的车型是一个逐渐增大，一个逐渐减小；也有的车型一个是同时增强或减弱。

③ 线路检查

拆下传感器插头，电源线 1、信号线 1 和地线 1 之间电压应为 5V，电源线 2、信号线 2 和地线 2 之间电压也应为 5V。

④ 数据流检查

接入解码器，选取读取数据流一项，通电状态下，不踩动踏板。“加速踏板 1 原始电压值”、“加速踏板 2 原始电压值”应为规定值，踩下踏板后，观察随着踏板开度的增大两组信号线的输出电压也随之变化。有的车型是一个逐渐增大，一个逐渐减小；也有的车型一个是同时增强或减弱。

(4) 霍尔式加速踏板位置传感器

霍尔式加速踏板位置传感器的内部由两套霍尔元件和磁铁组成(如图 7 所示)，当踏下加速踏板时，磁铁可随之转动，改变了与霍尔元件之间的位置，从而造成了霍尔元件中磁通量的变化，根据霍尔原理，输出的信号电压也发生了变化。

霍尔式加速踏板位置传感器不仅能够精确地检测出加速踏板的位置，还采用了无接触式，并简化了结构，所以不易发生故障。为了确保工作的可靠性，一般会输出两套信号，即 VPA1 和 VPA2，其中 VPA1 用于检测加速踏板的位置，VPA2 用于检测 VPA1 的故障(如图 7 所示)。

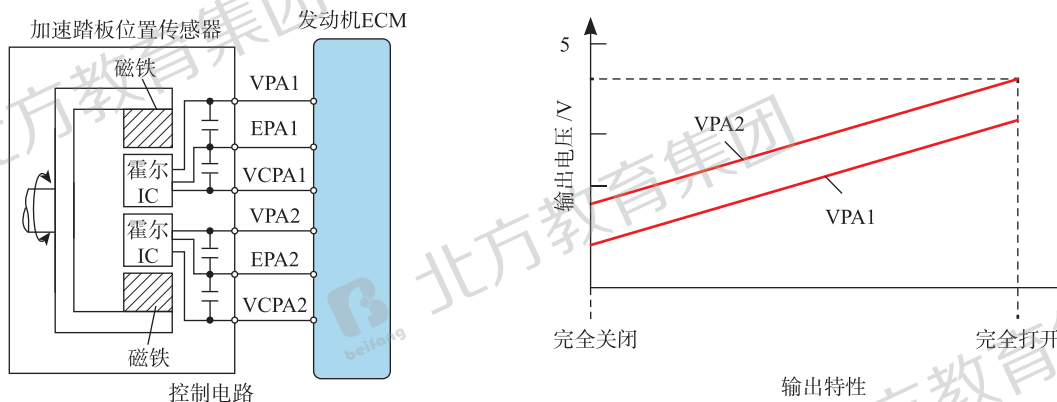


图 7 霍尔式加速踏板位置传感器的控制电路及输出特性

(5) 电磁式加速踏板位置传感器

在大众的某些车型(如速腾轿车)上使用的是电磁式加速踏板位置传感器(如图 8 所示)。它是采用电磁感应原理制成的，主要由金属片(由转移方向的机械部件带动)和感应装置组成(安装在印制电路板上)。

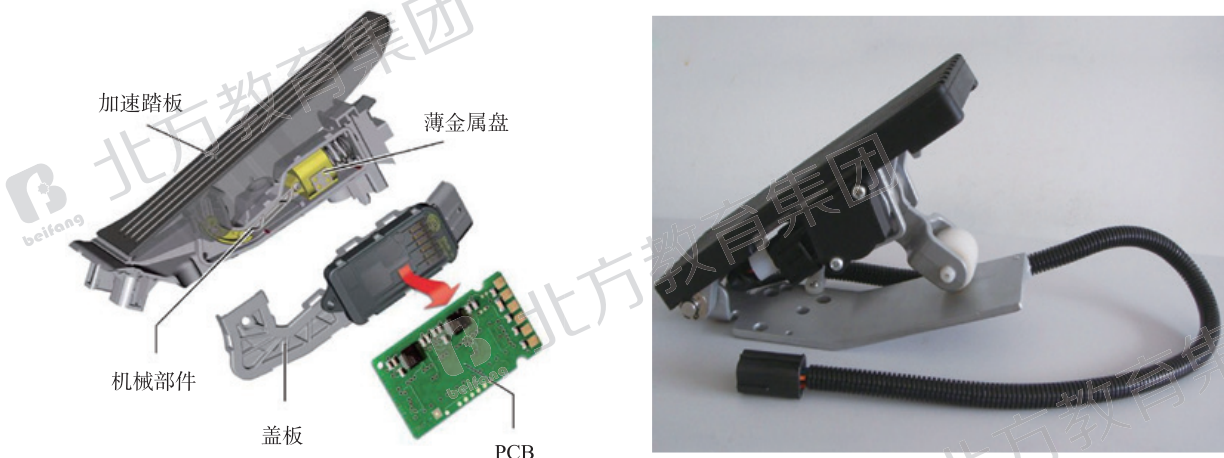


图 8 电磁式加速踏板位置传感器的组成

机械部件将加速踏板的杠杆运动转换为金属片直线移动。当驾驶员踩下油门踏板时，金属片会沿直线移动（靠近印制电路板）如图 9、图 10 所示。

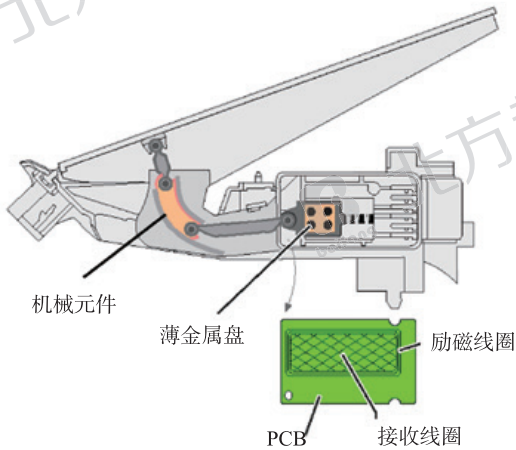


图 9 加速踏板未踩下

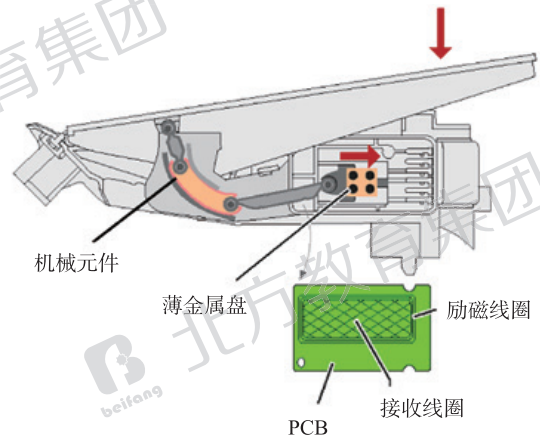


图 10 加速踏板已踩下

感应装置主要由一个励磁线圈、三个菱形的感应线圈（如图 3-3-11）以及一个控制电子装置和一个分析电子装置组成。3 个感应线圈呈 120° 分布排列，当金属片沿直线移动，会引起感应三个感应线圈内部的磁场发生变化，从而感应出不同的电压信号，如此使电控单元精确得知加速踏板的位置，其原理如下：

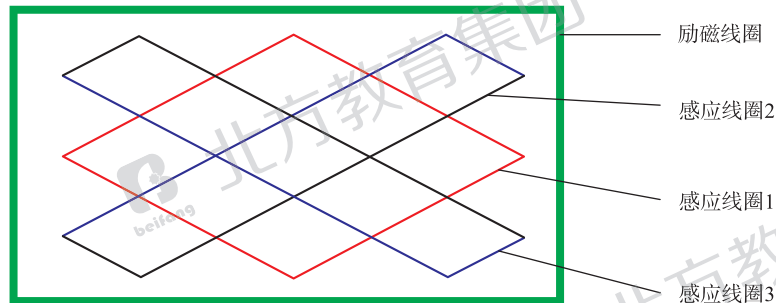


图 3-3-11 励磁线圈及感应线圈

发动机控制单元提供 5V 的电压给踏板电子装置产生高频的交流电压，以便励磁线圈上形成交变电磁场，如图 12、图 13、图 14 所示，这个交变电磁场作用在移动的金属片上。此时围绕该金属片形成另一个交变电磁场。这个取决于位置的交变电磁场作用在接收线圈上，并在此以感应方式形成相应的交流信号。交流感应电压的高低主要取决于金属片的位置，电控单元根据这个交流电压的大小来控制油门的开度。

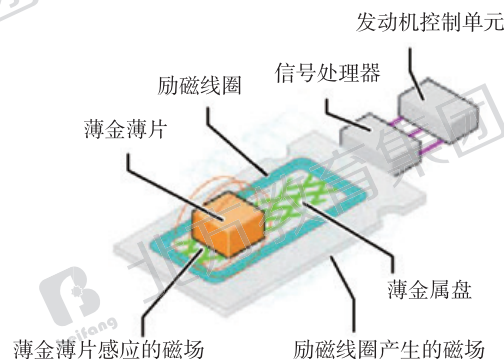


图 12 传感器内电子元件的工作原理

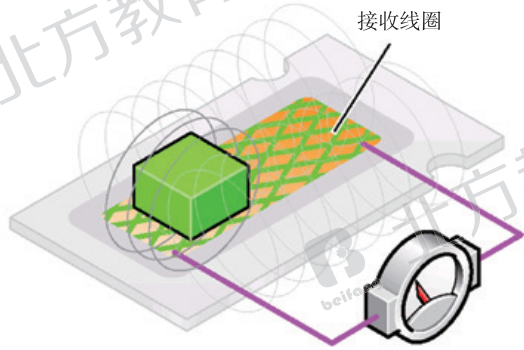


图 13 加速踏板未踩下

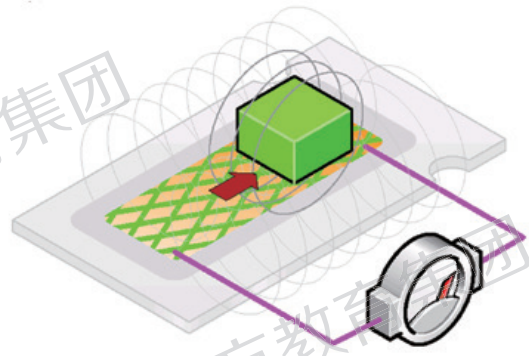


图 14 加速踏板已踩下

踏板内部依然采用 2 个传感器使信号呈冗余信号输出。由于使用了 2 个传感器，所以它使用了双供电原则。其中，1 号脚和 2 号脚为电源正电 5V 供给，3 号脚和 5 号脚为传感器的负极供电，4 号脚为传感器信号电压输出，输出电压为 1~4.5V，6 号脚也是传感器信号输出，但输出电压为 0.45~2.5V。加速踏板开度与电压关系如图 15 所示。

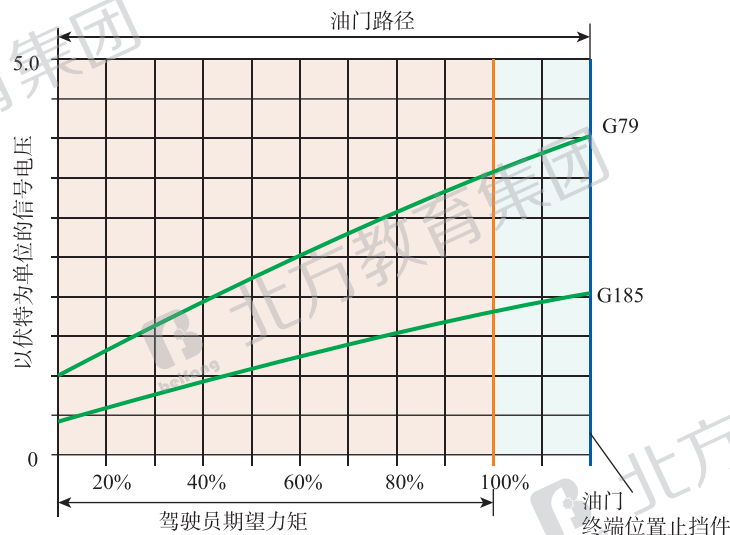


图 15 加速踏板开度与电压关系

(6) 控制策略

加速踏板模块一般由加速踏板位置传感器 1、踏板位传感器 2 组成，使用两个传感器是为了最大程度地保证安全性。这种系统配置也被称为“冗余系统”，冗余在字面上的意义是“多余的”。在技术上，如果某种信息提供高于系统工作所要求时，则发生冗余。

发动机控制单元能够根据两个加速踏板位置传感器所提供的信号识别出加速踏板当前的位置。

·如果一个传感器发生故障，则发生以下情况：

—存储故障代码，并点亮 EPC 故障指示灯。

—系统开始启动怠速运行模式，如果在定义的测试时间内第二个传感器在怠速位置内，则车辆继续运行。

—如果需要进入节气门全开状态，则发动机转速缓慢提高。

—此外，也通过制动灯开关 F 或制动踏板开关 F47 识别怠速。

—舒适系统功能，如巡航控制或发动机制动调节功能被关闭。

·如果两个传感器都发生故障时，则发生以下情况：

—存储故障代码，并点亮 EPC 故障指示灯。

—发动机保持高怠速（最高 1500r/min）下运行，并不再对加速踏板的动作作出响应。

由于发动机管理系统的不同，两个传感器同时发生故障时可能不会被正确的识别出来，故障指示

灯没有点亮。发动机在高怠速下运行，并不再对加速踏板的动作作出响应。

2. 电子节气门体

电子节气门体位于进气管上，它由节气门体、节气门、节气门驱动装置、节气门驱动装置角度传感器1、节气门驱动装置角度传感器2等组成，如图16所示。电子节气门体的功能是开启或关闭节气门，同时将节气门开启的角度传递给发动机控制单元。

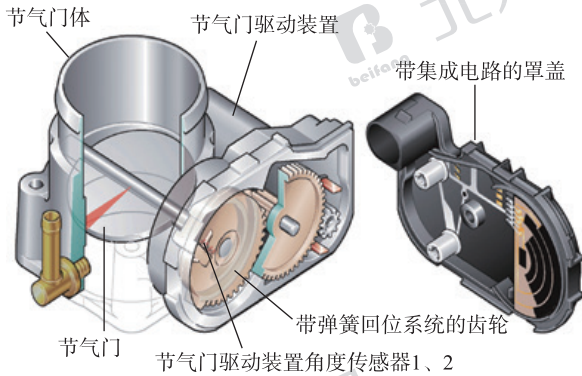


图 16 电子节气门体内部结构

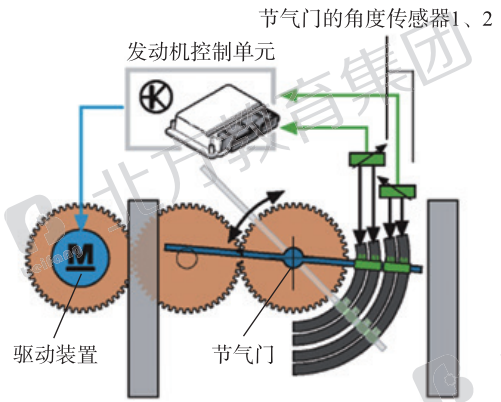


图 17 电子节气门驱动图

发动机控制单元通过激活节气门驱动装置的电机来完成，如图17所示。节气门开启的角度由节气门驱动角度传感器传给发动机控制单元。

节气门驱动角度传感器（也是节气位置传感器）将节气门体的开度信息反馈给发动机控制单元，发动机控制单元根据此反馈信息与计算出的目标值进行对比，以确保节气门开度的精确控制。

出于安全性的考虑，一般使用两个传感器节气门驱动角度传感器，采用“冗余系统”，节气门驱动角度传感器的类型一般为电位计式和霍尔式，其原理和加速踏板位置传感器相同。

节气门驱动角度传感器信息也用于燃油及点火系统的相关控制，节气门的角度在测量数据块中以百分比来显示的，因此0%表示关闭，100%表示全开。

3. 故障指示灯

接通点火开关后，EPC 点亮 3s，如果系统没有故障码，或者在这期间没有检测到故障，则指示灯熄灭；如果系统中存有故障码，发动机控制单元激活故障指示灯。故障指示灯直接由发动机控制单元控制接地线，如图18所示。故障指示灯发生故障时对节气门的功能没有影响，但是会在故障存储器中存储一个故障码。指示灯没有闪码功能。

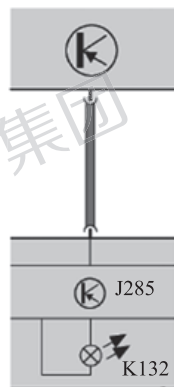


图 18 故障指示灯电路图

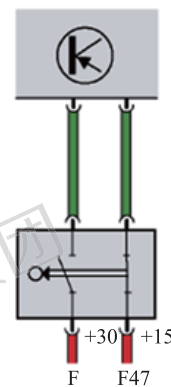


图 19 制动灯开关电路

4. 制动踏板位置开关

(1) 信号的作用

两个传感器都集成在位于制动踏板的部件中，“制动踏板踩下”的信号在电子节气门控制系统中的两个作用：

- 关闭巡航系统。
- 加速踏板位置传感器发生故障时，被用作缺省的怠速信号。

图 19 为制动踏板开关电路，F47 被作为发动机控制单元的一个后备信息传感器。

(2) 信号故障的影响

如果一个传感器发生故障，或者发现输入信号不正常，发动机控制单元开始执行以下功能：

- 舒适系统功能，例如：巡航控制系统被关闭。
- 如果一个加速踏板位置传感器也发生故障时，发动机转速限制在高怠速。

5. 离合器踏板位置开关

(1) 信号的作用

通过来自离合器踏板开关的信号，发动机控制单元可以识别离合器踏板的状态。关闭负载变化功能，实现过渡工况控制。

(2) 信号故障后的影响

自诊断功能不能对离合器踏板开关进行检查。它没有替代功能，可能会发生换挡加速时喘振现象。

(3) 电路离合器开关如图 20 在正常位置时，该开关是闭合的，它从 15 号接线柱得到电源。

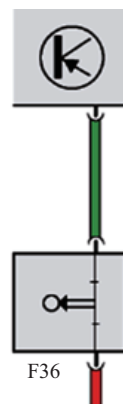


图 20 离合器踏板开关

二、控制原理

驾驶员操纵加速踏板，加速踏板位置传感器产生相应的电压信号输入节气门控制单元，控制单元首先对输入的信号进行滤波，以消除环境噪声的影响，然后根据当前的工作模式、踏板移动量和变化率解析驾驶员意图，计算出对发动机扭矩的基本需求，得到相应的节气门转角的基本期望值。

然后再汽车其他工况信息以及各种传感器信号如发动机转速、档位、节气门位置、空调能耗等等，由此计算出整车所需求的全部扭矩，通过对节气门转角期望值进行补偿，得到节气门的最佳开度，并把相应的电压信号发送到驱动电路模块，驱动控制电机使节气门达到最佳的开度位置。节气门位置传感器则把节气门的开度信号反馈给节气门控制单元，形成闭环的位置控制。

三、控制策略

1. 基于发动机扭矩需求的节气门控制

传统油门的节气门开度完全取决于驾驶员的操作意图。电子节气门系统的节气门开度并不完全由加速踏板位置决定，而是控制单元根据当前行驶状况下整车对发动机的全部扭矩需求，计算出节气门的最佳开度，从而控制电机驱动节气门到达相应的开度。因此，节气门的实际开度并不完全与驾驶员的操作意图一致。控制单元根据整车扭矩需求获得所需的理论扭矩，而实际扭矩通过发动机转速、点火提前角和发动机负荷信号求得。在发动机扭矩调节过程中，控制单元首先将实际扭矩与理论扭矩进行对比，如果两者有偏差，发动机电控系统将通过适当的调节作用使实际扭矩值和理论扭矩值一致。

2. 可选的工作模式

驾驶员可根据不同的行车需要，通过模式开关选择不同的工作模式，一般有正常模式、动力模式和雪地模式三种，区别在于节气门对加速踏板的响应速度不同。在正常模式下，节气门对加速踏板的响应速度适合于大多数行驶工况。在动力模式下，节气门加快对加速踏板的响应速度，发动机能提供额外的动力。在附着较差的工况下（比如：雪地，雨天）驾驶员可选择雪地模式驾驶车辆，此时节气门对加速踏板的响应降低，发动机输出的功率比正常情况下小，使车轮不易打滑，保持车辆稳定行驶。

3. 海拔高度补偿

在海拔较高的地区，大气压下降，空气稀薄，氧气含量下降，会导致发动机输出功率下降。此时电子节气门系统可按照大气压强和海拔高度的函数关系对节气门开度进行补偿，保证发动机输出功率和加速踏板位置的关系保持稳定。

4. 控制功能扩展及其原理

早期的电子节气门功能比较简单，在形式上采用一个机械式的主节气门串联一个电控的辅助节气门，往往只能实现某一单一的功能。现代电子节气门则独立成一个系统，可实现多种控制功能，既提高行驶可靠性，又使结构简化，成本降低。主要有如下控制功能：

(1) 牵引力控制 (ASR)

牵引力控制系统又称驱动防滑系统。它的作用是当汽车加速时将滑移率控制在一定的范围内，从而防止驱动轮快速滑动。它的功能一是提高牵引力；二是保持汽车的行驶稳定。它通过减少节气门开度来降低发动机功率从而达到控制目的。原理如下：控制单元采集加速踏板的位置、车轮速度和方向盘转向角度等信号，通过计算求得滑移率，并产生相应的控制电压信号，通过数据总线把信号传送到控制单元，依据此信号，控制单元将减少节气门开度来调整混合气流量，以降低发动机功率。此时控制单元对节气门发出的控制信号将不受驾驶员驾驶意图的影响，这样就可以避免驾车者的误操作。

(2) 巡航控制 (CCS)

巡航控制系统又称为速度控制系统，它是一种减轻驾车者疲劳的装置。当驾驶员开启该系统时，车速将被固定下来，驾驶员不必长时间踩踏加速踏板。原理如下：车速传感器将车速信号输入控制单元，控制单元根据行驶阻力的变化输出信号自动调节节气门开度，当汽车阻力增大（上坡）和车速降低时，控制节气门开度增大，反之减小，使行驶车速保持稳定。

(3) 怠速控制 (ISC)

电子节气门系统取消了怠速调节阀，而是直接由控制单元调节节气门开度来实现车辆的怠速控制。

(4) 减少换挡冲击控制

根据当前车速、节气门开度以及发动机转速等信号，控制单元选择合适的传动比，实现自动换挡。

5. 缸内喷射时的节气门控制策略

对于缸内直喷发动机来说，在分层燃烧和稀薄均质燃烧时，发动机的功率及扭矩控制取决于喷油量，因此，无论油门踏板位置在哪里，电子节气门均处在打开状态；在均质燃烧时，发动机的功率及扭矩控制取决于电子节气门的开度，此时，电子节气门按照以上四条控制。