

废气再循环

废气再循环（Exhaust Gas Recirculation，即 EGR）系统的作用是把一部分排气引入进气系统中使其和新鲜混合气一起进入气缸中参与燃烧，其主要目的是减少氮氧化物（NO_x）的排放，如图 1 所示为 EGR 阀实物图。

氮氧化物（NO_x）是混合气在高温和富氧条件下燃烧时，含在混合气中的 N₂ 和 O₂ 发生化学反应产生的。燃烧温度越高，N₂ 和 O₂ 越容易反应，排出的 NO_x 越多。所以减少 NO_x 的最好方法就是降低燃烧室的温度。如图 2 所示，废气再循环控制系统部件主要有 EGR 阀、EGR 枢轴位置传感器和 EGR 真空调节器等，其中 EGR 阀是最关键的部件。

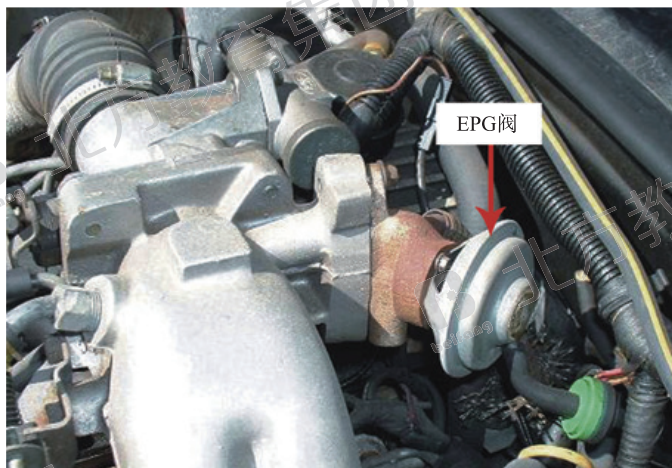


图 1 EGR 阀实物图

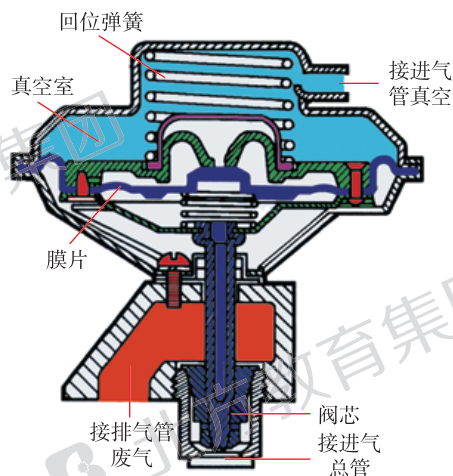


图 2 EGR 阀内部结构原理

一、基本工作原理

在高温燃烧的状态下，气缸中的氮气与氧气结合生成氮氧化物（NO_x）。可以通过以下措施减少 NO_x 的生成。

1. 加浓混合气，降低燃烧温度。但这会增加 HC 与 CO 的排放量。
2. 降低压缩比，但这样会降低效率与燃油经济性。
3. 将排气管内废气引入气缸，降低气缸内的燃烧温度（废气再循环）。

排气中的废气已经燃烧过就不会再燃烧，这些气体可以顶替部分的正常进气。因而废气再循环可以放慢燃烧过程，使燃烧温度下降以减少 NO_x 的生成量。轻负荷与中等发动机转速是 EGR 的最佳条件，因为此时对发动机功率没太大的需求。

如果负荷增加，则减少 EGR（或在节气门大开时取消 EGR）来给司机提供尽可能多的扭矩。此外在高负荷时没有足够的发动机真空来开启 EGR 阀，如图 3 所示。

4. 怠速时禁用 EGR。
5. 基本上要求 EGR 要随发动机冷却液温度及进气温度减少或推迟，因为排气中有水可能造成节流板结冰，发动机在升温前燃烧也不稳定。
6. 随着大气压力降低，最终停止 EGR，因为开启 EGR 阀的发动机真空是随海拔高度的增加而减少的。

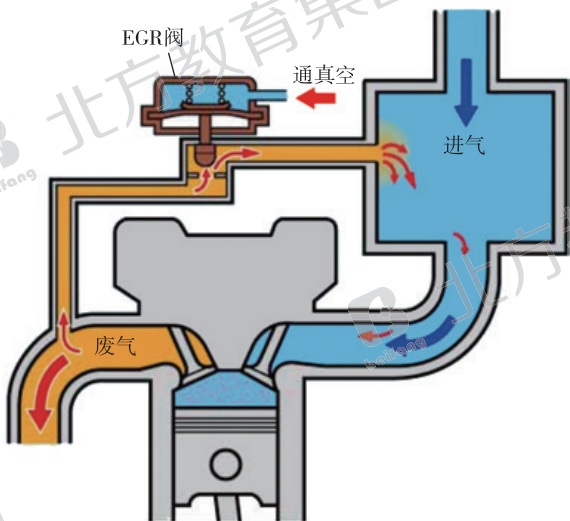


图3 真空驱动式 EGR 阀系统

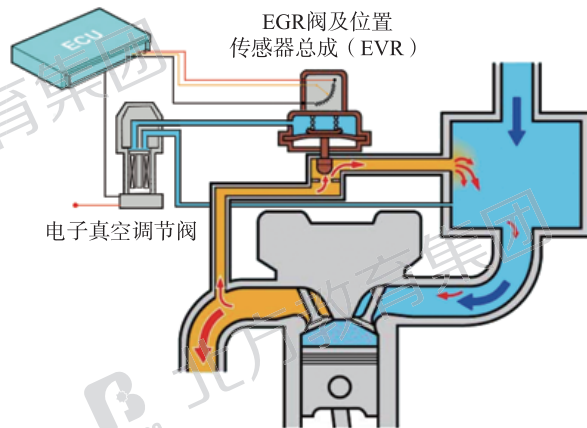


图4 电子式 EGR 系统

7. 随着 EGR 量的增加，点火角度提前。现代发动机控制系统，点火提前角基于的是 DPFE 传感器计算的实际的废气再循环率，而不是所要求的废气再循环率。这样不管系统怎样工作，点火提前角都是正确的。

二、电子式 EGR 系统

EVR Sonic EGR 系统是闭环系统采用真空操纵的 EGR 阀，用 EGR 阀位置 (EVP) 传感器提供反馈。EGR 阀通过一个占空比控制的 EGR 调节器电磁阀 (EVR) 加以调节。EVR 用来控制 EGR 阀位置以提供所要求的 EGR 流量，如图 4 所示。

随着 EGR 阀开启，EVP 信号电压增加。这种系统只探测 EGR 阀的阀针位置，流量只是由开启的 EGR 阀位置推断的，不能探测实际流量或阻塞。

三、电控 EGR 系统 (EEGR)

1. 电控系统的重点

电控 EGR 系统采用步进电机直接操纵 EGR 阀，而不是利用发动机真空和膜片操纵。真空控制的 EGR 阀、DPFE 传感器、EVR 电磁阀、孔管全部取消。通过 0 至 52 个步级进行控制，使 EGR 阀从全闭步进到全开位置，EGR 阀的位置决定 EGR 的流量。由于无 EGR 阀位置反馈，需要用 MAP 传感器监测 EGR 流量的正确性。发动机冷却液流经此总成，使系统的工作温度下降增加了电机的寿命，如图 5 所示。

2. 电控 EGR 系统的工作原理

以集成在一起的电子器件和软件算法控制带有位置反馈信号的转动磁体，这一整体就是废气再循环电磁阀和节流阀门板的电子控制装置。这一装置可快速调节废气再循环率或进气率，同时完成故障诊断功能。EEGR 系统利用废气再循环控制氮氧化物 (NO_x) 排放，原理与真空控制式 EGR 系统一样。唯一的区别是控制排气的方

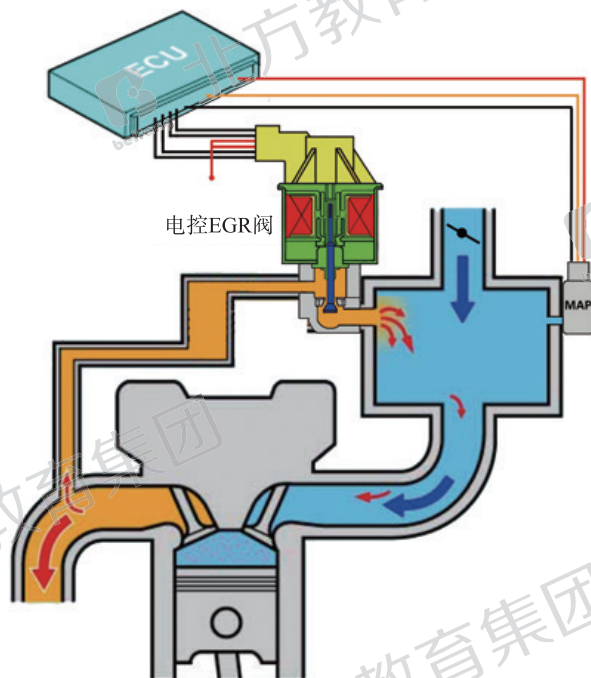


图5 电控 EGR 系统 (EEGR)

式。EEGR 系统由电机 /EGR 阀总成、PCM（发动机电脑）和连接线束组成。此外还需要一个 MAP 传感器，系统的工作原理如图 6 所示。

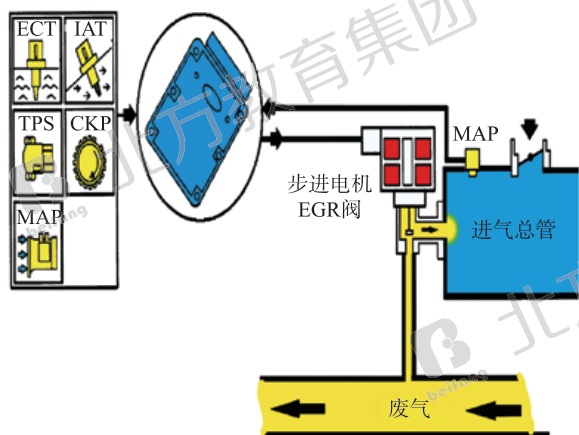


图 6 EEGR 工作原理

(1) EEGR 系统 ECT（水温传感器）、CHT（气缸盖温度传感器）、TP（节气门位置传感器）、MAF（空气流量传感器）、CKP（曲轴位置传感器）、MAP（进气压力传感器）动力控制模块 PCM 需要这些信号的输入提供发动机的工况信息。要使 EEGR 系统工作，发动机须暖机并以中负荷且转速稳定。在怠速、长时间节气门大开、EEGR 部件或 EGR 所需输入信号故障时，PCM 将关闭 EEGR 系统。

(2) PCM 要根据给定的发动机工况计算所需的 EGR 流量。

(3) PCM 向 EEGR 电机发出指令，使其移动一定步数。步进电机直接操纵 EEGR 阀，与发动机真空无关。通过 0 至 52 个步数的控制，使 EEGR 阀的位置从全关到全开的状态。EGR 阀的位置决定 EGR 的流量。

(4) EGR 引入进气歧管时，利用 TMAP 传感器测量歧管压力变化。所用的 EGR 变化将与 TMAP 信号相关联（EGR 流量增加了歧管内的压力）。

四、气门可变正时系统的 EGR 系统

通过调节进气和排气凸轮轴的气门重叠角，可是实现内部废气再循环如图 7。在此过程中，当气门交错（进气门和排气门都打开）时废气就从废气口流入进气口。交错的程度决定了再循环的废气量。进气凸轮轴被设置成在上止点之前完全打开并且排气凸轮轴在上止点之前才关闭。

结果，两个气门都打开并且废气被再循环。与外部废气再循环相比较，内部废气再循环的优点是系统的反应更快并且再循环的废气分布更加均匀。

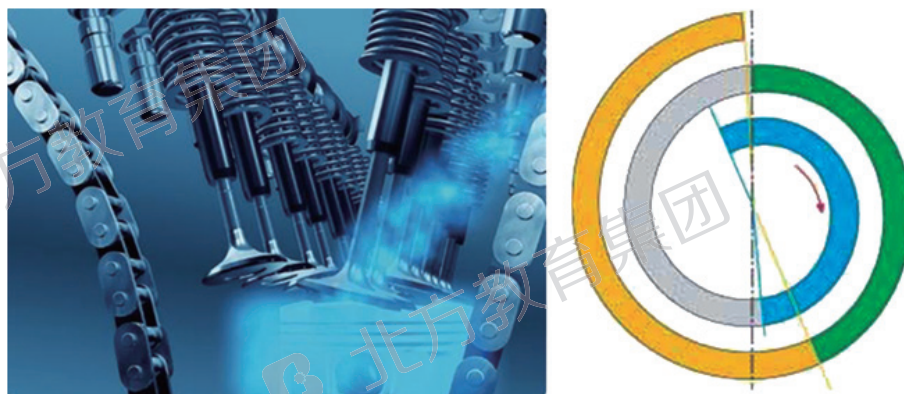


图 7 汽车可变正时机构与配气正时图