

# 汽油缸内直喷技术详解

## 摘要：

对于一台汽油发动机来说，将汽油送入汽缸，并与空气混合，再使油气混合物充分燃烧才能获得强大的动力，因此油气混合技术也是发动机的关键之一。在经历了化油器、单点电喷、多点电喷技术阶段之后，油气混合技术终于进入了直喷时代，越来越多的车型开始采用直喷发动机，那么直喷发动机的技术关键点都有哪些呢？

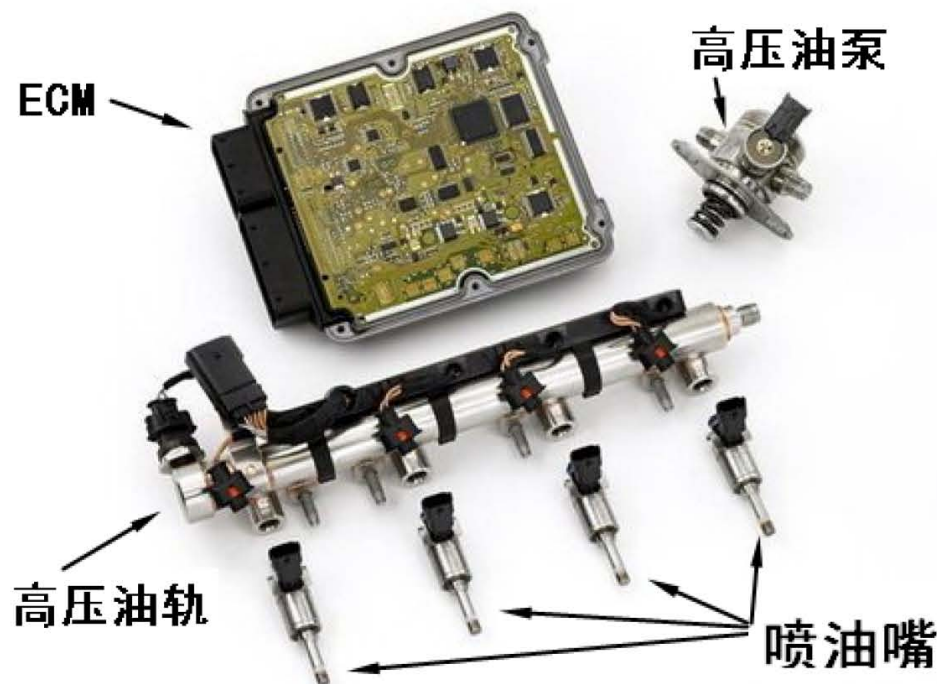
## 关键字：

汽油发动机 内直喷 油泵 喷油系统 汽车 基础知识

LAUNCH

高压喷油系统可以说是直喷发动机最关键的系统，与以前油气在进气歧管内混合，然后被负压吸入发动机不同，直喷发动机是用高压喷油嘴将燃油喷入汽缸，由于汽缸内压力已经很大，因此需要喷油系统具备更大的压力。

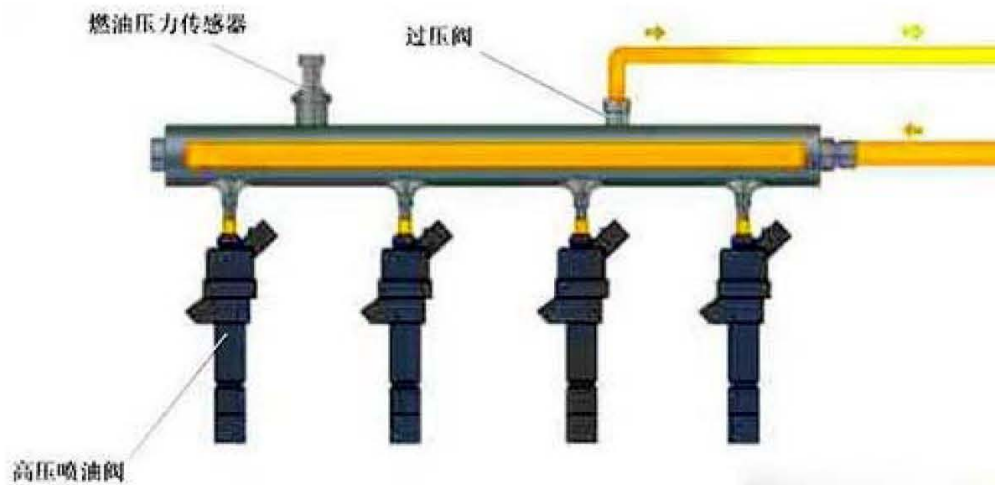
高压喷油系统主要可以分为发动机控制模块（ECM）、高压油轨、高压油泵和喷油嘴四部分，其中 ECM 主要采集发动机数据，按照预定程序控制喷油时机和喷油量，从而实现最高燃烧效率；而高压油泵则主要负责燃油的加压，高压油轨主要起均衡各喷油嘴喷射压力的作用，而最终的喷油任务则由喷油嘴来执行。此外，还有多个传感器提供燃油压力等信息，确保整个系统的高效率。



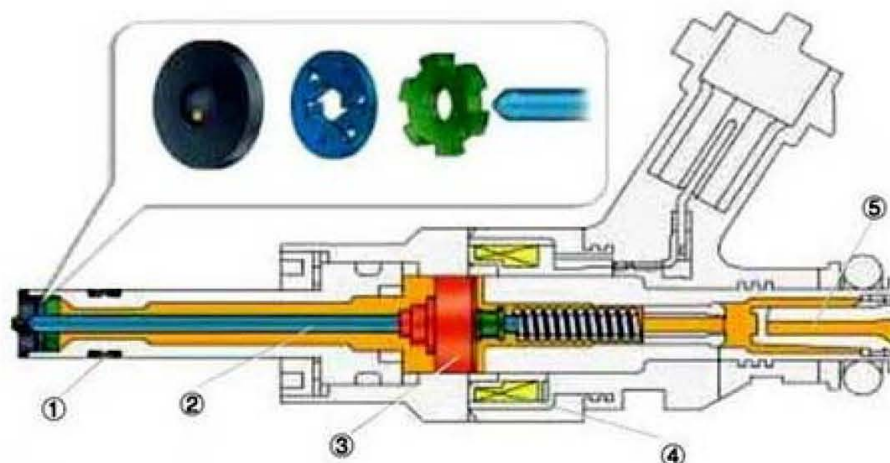
组成高压喷油系统的四个主要部分

ECM（或称 ECU）不仅是直喷发动机的关键部分，也是所有技术较新的内燃机的重要组成部分，这个部分涉及到芯片、执行器、软件等多个环节，其中任何一个环节缺失都无法实现量产装车。

高压油泵则是燃油加压的关键环节，在低压油泵将燃油送到高压油泵之后，高压油泵可以将汽油加压到十余兆帕的压力（这是普通汽油泵压力的三四十倍），并将其送入油轨。高压油泵通常是由凸轮轴带动，内部则有双头或者三头凸轮加压。在高压油泵上还集成了电子油轨压力调节器（FRP），它是一个由 ECM 控制的电磁阀，ECM 以脉冲宽度调制的方式控制油压调节器，油压调节器控制着高压燃油泵的进口阀，从而控制燃油压力，当驱动线路失效时，高压油泵进入低压模式，发动机仍可应急运行。



『 高压油轨基本结构图 』



高压喷油嘴结构示意图

①高分子密封圈 ②喷嘴针阀 ③衔铁 ④电磁线圈 ⑤细滤器

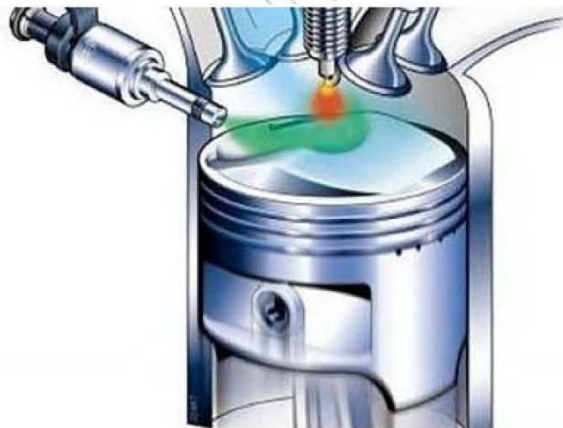
经过油泵加压之后，汽油进入高压油轨，在高压油轨稳定压力后，由于油轨和燃烧室之间存在压力差，高压油泵动作之后汽油即喷入汽缸内。喷嘴内部还有电磁阀，可以实现对喷油量和时机的控制，其控制精度要求很高，同时由于喷嘴的位置从进气歧管移到了汽缸内，工作环境和温度都发生了很大变化，对其可靠性的要求也大大提高。

除开喷油系统之外，其他发动机部件也要为直喷做出相应的设计，才能确保发动机的高效，尤其是活塞顶部的设计非常关键。按照可燃混合气形成的控制方式，缸内直喷方式又可分为油束控制燃烧、壁面控制燃烧和气流控制燃烧三类。



在油束控制燃烧系统中，喷油器安置在燃烧室中央，火花塞安置在喷油器附近，油束控制对空气的利用率依靠油束的贯穿深度保证，而后者则受喷油器的喷油压力控制。这种方式可以在低负荷的分层燃烧实现良好的燃油经济性，而当发动机处于中高负荷工况时，ECM 调节高压油泵压力，使油束贯穿深度增大，从而实现均质加浓燃烧。

在壁面控制燃烧系统中，喷油器和火花塞相隔较远，喷油器把燃油喷入活塞凹坑中，然后依靠进气流的惯性将油气混合送往火花塞。为了避免喷油器的温度过高，一般安置在进气门侧，活塞凹坑开口对向进气门侧，油气混合后直接流向火花塞。这种类型形成混合气的时间较长，易于形成较大区域的可燃混合气。



在气流控制燃烧系统中，利用轮廓特殊的活塞表面形状形成的缸内气流和油束相互作用。此种系统不是把油雾朝活塞的凹坑喷射，而是朝火花塞喷，特殊形状的进气道与喷油器呈一定的夹角，给混合气在汽缸内一定的回旋力，汽缸内形成的气流使油气不是直接喷向火花塞，而是在汽缸内形成涡流围绕火花塞旋转。这样就使大部分工况都能实行恰当的混合气充量分层和均质化。

虽然直喷汽油机的优势明显，但是它也受到制造技术和油品质量的限制，因此短期内得到普及还不现实，不过凭借更为高效、经济的特点，它依然是未来内燃机技术的发展趋势，我们也有望见到更多性能出色、燃油经济性高的直喷发动机面世。