

本期引言：

发动机是汽车关键零部件，也是汽车行业中核心技术最集中的部件，因此发动机也成为整辆汽车中成本占比最大的部件之一。发动机之于汽车就像心脏之于人体，为整个汽车提供动力和能量，因此，发动机的重要性不言而喻。

本期我们将简要为大家介绍发动机的基本原理、分类和相关上市公司，希望您能对汽车的理解和对行业的研究提供帮助。

汽车发动机介绍

发动机（Engine），又称为引擎，是一种能够把其它形式的能转化为另一种能的机器，通常是把化学能转化为机械能。发动机最早诞生在英国，所以，发动机的概念也源于英语，它的本义是指那种“产生动力的机械装置”。

其实，发动机是一整套动力输出设备，包括变速齿轮、引擎和传动轴等等，发动机随着科技的进步，人们不断地研制出不同用途多种类型的发动机，但是，不管哪种发动机，它的基本前提都是要以某种燃料燃烧来产生动力。所以，以电为能量来源的电动机，不属于发动机的范畴。

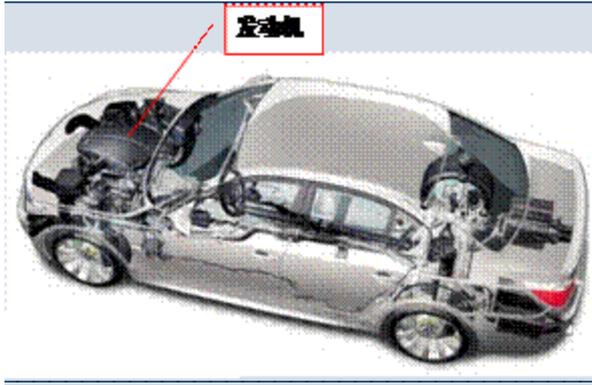


汽车发动机布置形式

毫无疑问，发动机应当是汽车上最重要的部分，而它的布置形式对于汽车的性能具有重大影响。对于轿车来说，发动机的布置位置可以简单的分为前置，中置和后置三种，目前市面上绝大多数车型都是采用的前置发动机，中置和后置发动机只在极少数的性能跑车使用。

前置发动机

图 1：前置发动机示例



资料来源: Google 图片

首先从使用范围最广的前置发动机说起,在前置发动机中,根据发动机放置方向的不同,还可以分为纵置和横置两种。其中,大多数紧凑级车和中型车都是横置发动机,而大多数的性能车和大型豪华轿车都用的纵置发动机。

图 2: 两种前置发动机布置形式



横置发动机布置



纵置发动机布置

资料来源: Google 图片

何谓横置? 何谓纵置? 横置就是指发动机的曲轴与汽车前桥平行,而纵置则是曲轴与汽车前桥垂直。简单地说,就是站在车头前面向发动机,如果发动机是横在(汽缸横向排列)在你面前的,就是横置发动机,如果是竖着放置(汽缸纵向排列)则是纵置发动机。

对于一般家用轿车来说,使用前横置发动机是最合适的。要搞清楚这个问题,我们得先弄清楚汽车动力传输的原理,简单来说,发动机产生动力使活塞推动曲轴,曲轴再通过变速

箱将动力传递给驱动轮，这就是汽车动力传递的大概过程。横置发动机的曲轴、变速器的输入输出轴以及车桥都是平行的，在动力传递过程中，曲轴通过齿轮组将动力传递到变速箱的输入轴，变速箱的输出轴就可以依靠锥齿轮直接将曲轴输出的动力传递给车轮，在动力传递过程中，动力传递的方向没有改变，有效地控制了动力传递过程中的能量损失，提高了动力传递的效率。所以如果是前驱车的话，使用前横置发动机就是最经济的选择。但如果横置发动机采用后轮驱动的话，就会显得费力不讨好，因为由于发动机曲轴和传动轴的方向垂直，前桥转换一次传动的方向，才能通过传动轴传输动力，而同样的，后前和传动轴也是垂直的，因此在后桥需要再将旋转方向转换过来，这无疑大大降低了传动系统的效率。

所以说，普通家用轿车大多采用了前横置发动机前轮驱动。这种驱动结构优点很明显，第一点前面已经说过了，结构简单，传动效率高。其次，由于可以将发动机和变速箱平行连接在一起的集中布置在前轴之前，因此横置发动机车头发动机舱的规划弹性最大，可以把空间大幅节省下来给乘客室。这样就极大限度缩短了发动机舱的纵向空间，换来的是宽敞的驾乘空间，尤其是前排乘客的腿部拓展的空间。这对于尺寸有限的紧凑型轿车来讲尤为重要，这点在擅长于空间拓展的日系车中表现得尤为突出，例如日产的骐达，本田的飞度等，虽然车身长度很有限，但是前后排的乘坐空间都非常宽敞。

当然，横置发动机的缺点同样明显。而轴荷分布不平衡的问题则横置发动机的最大缺陷。由于横置发动机曲轴变速箱输入轴平行连接在一起的，使其可以布置在发动机前轴之前，但是这些重量最重的汽车部件全部集中在车头前方就使得前轴负荷过大，从而容易出现转向不足的情况，而头重脚轻的前后轴配重也会在高速过弯时使车尾的后轮缺乏重压、容易漂浮，不容易高速而流畅地过弯。由于出于安全的考虑，工程师们也会刻意将前驱车调校成比较明显的转向不足，从而提醒驾驶者在过弯时放慢车速。

某些轴荷分配不合理的横置发动机轿车甚至达到了前 70%后 30%，其性能可想而知。为克服轴荷分布的问题，设计师们常常将重量较大的蓄电池移至后座椅内、或是行李厢内，以平衡前后的重量分配。在这点上，欧系车普遍比日系车做得更出色，例如大众的高尔夫和速腾的前后轴荷分布也做到了前 58%后 42%的水平，可以说难能可贵。由于横置发动机变速器安装位置过于偏向一侧的原因，其驱动轴是一长一短的，当巨大的驱动力作用在不等长的传动轴上时，会使车两个前轮有转速差，从而导致急加速时车头有左右摆动现象，专业术语称之为扭力转向。这点在大排量的横置发动机前驱车更加明显。

图 3：典型横置发动机轿车



资料来源: Google 图片

而大部分的豪华轿车或者主打运动的性能轿跑使用的都是前纵置发动机后轮驱动的方式。对于这种驱动方式来说,需要一根传动轴将动力从发动机舱从车底传送到后桥。因此为使动力传递更直接,就必须使发动机曲轴与传动轴平行,这样就可以直接将动力传递给传动轴,再由后桥将动力传给车轮。这是后驱车采用纵置发动机的最重要的一个原因。

此外,对于使用了机械式中央差速器的四驱车来说,纵置发动机就更为必要了。因为采用四轮驱动时,由于同样需要传动轴将发动机的动力传递到后轮上,因此将发动机的动力直接传递给传动轴,这样才能尽可能的降低动力传递过程中的能量损失。

众所周知,汽车悬架和操控性能是直接相关的,其重要性不言而喻,而悬架的结构显然是悬架性能的关键,因此许多高档车型不惜在前悬就采用双横臂、多连杆的复杂悬架。对于大排量的 V 型发动机来说,纵向布置有利于在发动机舱内节省出更多的横向空间用以安放结构复杂的悬挂系统。当然,将体积紧凑的 V6 甚至 V8 发动机横着放进发动机舱并不是不可能,像沃尔沃 S80 甚至有使用横置 4.4LV8 发动机的车型,但是这样发动机舱就没有多余的地方来安放复杂的悬架,这样的情况下,作为沃尔沃顶级车型的 S80 也不得不使用了简单的麦弗逊结构的前悬。

图 4: 典型纵置发动机轿车



资料来源: Google 图片

后置和中置发动机

后置和中置是两种轿车中比较少见的发动机布置形式。

对于非常讲究操控性能的性能跑车来说,通常会采取中置发动机的摆设方式,而它也一定是一部后轮驱动(或四驱)车型,因为绝对没有道理把已经非常接近后轮轴的发动机、再自己找麻烦似地将动力传到遥远的前轮去。

所谓发动机中置就是指发动机位于驾驶员座椅之后,后轴之前,这样布置的好处除了可以将前后轴的配重达成完美的 50:50 之外,更因重量最重的发动机远离了车头、车尾这二个

偏摆力矩最大的部位，因此在过弯时，车子的操控稳定性最高，可以用更快的速度、更流畅的姿态过弯，因此这也是速度最快的方程式赛车之标准发动机布置方式。

由于中置发动机车型的后座空间已经被发动机占据了，因此这类车型的一个缺点是只能安放两个座位，此外发动机的噪音也会比前置发动机更大，但是对于那些只为驾驶者准备的高性能跑车来说，它根本不需要拥有后座，而且车主们也会很乐意听到高亢的引擎声浪。

图 5：中置发动机示例



资料来源：Google 图片

而说到更为少见的后置发动机，我们还得请出独一无二的保时捷 911，其后置发动机后轮驱动的搭配水平对置发动机形式更是绝无仅有。这种配置方式与前置前驱车刚好相反，由于重量集中在车尾，因此在高速过弯时会产生明显的转向过度。这种特性也使得早期的 911 非常难以驾驭，对驾驶员的技术要求非常高。不过随着技术的进步，铝质发动机、铝质悬架的轻量化、以及多连杆悬架的新设定，新 911 的操控已经变得比较理性，这使得很多驾驶技术一般的朋友也能够感受到 911 的魅力所在。

图 6：后置发动机示例



资料来源: Google 图片

因此,总结来说,一般的家庭用车由于考虑的更多是空间实用性和经济性,所以大多使用了传动效率高,结构简单且节省空间的前横置发动机前轮驱动的结构。而对于需要平衡性能和实用性的高档和豪华轿车而言,则会普遍使用纵置发动机后轮驱动的结构,归根结底,发动机的布置都是为了满足车辆的性能需求。

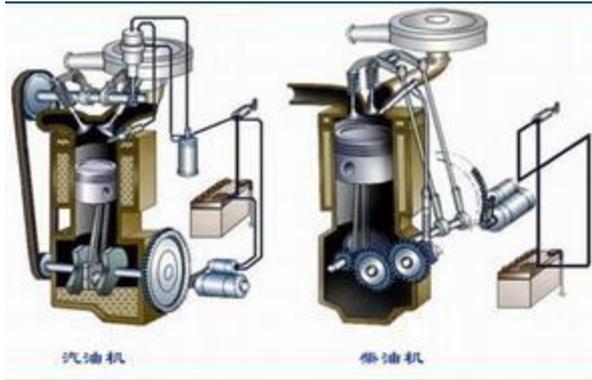
至于高性能的跑车来说,为达到极致的性能表现,其动力布置方式更为特殊,除了中置发动机和保时捷 911 的后置发动机之外,还有像前置发动机搭配后置变速箱这样特殊的结构。

汽车发动机的分类

发动机的分类方法很多,按照不同的分类方法可以把发动机分成不同的类型:

(1) 按照所用燃料分类发动机按照所使用燃料的不同可以分为汽油机和柴油机。使用汽油为燃料的发动机称为汽油机;使用柴油机为燃料的发动机称为柴油机。汽油机与柴油机比较各有特点;汽油机转速高,质量小,噪音小,起动容易,制造成本低;柴油机压缩比大,热效率高,经济性能和排放性能都比汽油机好。在结构上,由于柴油机是压燃的,所以其没有点火系统。

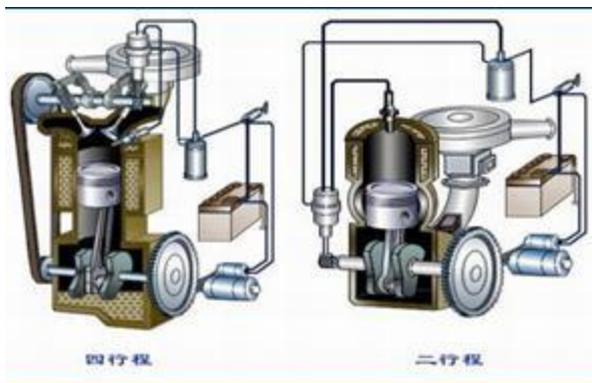
图 7: 汽油机和柴油机示例



资料来源: Google 图片

(2) 按照行程分类发动机按照完成一个工作循环所需的行程数可分为四行程发动机和二行程发动机(图 5)。把曲轴转两圈(720°)，活塞在气缸内上下往复运动四个行程，完成一个工作循环的发动机称为四行程发动机；而把曲轴转一圈(360°)，活塞在气缸内上下往复运动两个行程，完成一个工作循环的发动机称为二行程发动机。汽车发动机广泛使用四行程发动机。

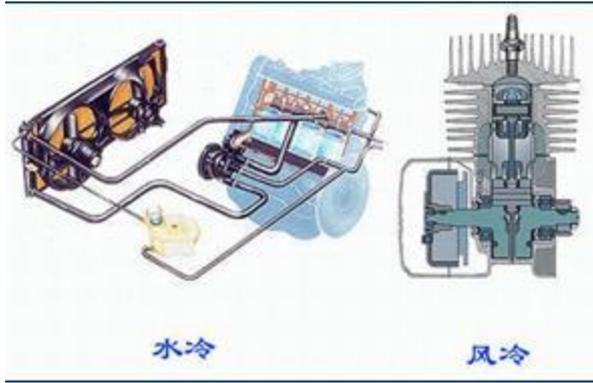
图 8：四行程和二行程发动机示例



资料来源: Google 图片

(3)按照冷却方式分类发动机按照冷却方式不同可以分为水冷发动机和风冷发动机(图 6)。水冷发动机是利用在气缸体和气缸盖冷却水套中进行循环的冷却液作为冷却介质进行冷却的；而风冷发动机是利用流动于气缸体与气缸盖外表面散热片之间的空气作为冷却介质进行冷却的。水冷发动机冷却均匀，工作可靠，冷却效果好，被广泛地应用于现代车用发动机。

图 9：水冷和风冷发动机示例



资料来源: Google 图片

(4)按照气缸数目分类发动机按照气缸数目不同可以分为单缸发动机和多缸发动机(图7)。仅有一个气缸的发动机称为单缸发动机；有两个以上气缸的发动机称为多缸发动机。如双缸、三缸、四缸、五缸、六缸、八缸、十二缸等都是多缸发动机。一些摩托车采用单缸发动机，而现代汽车用发动机多采用四缸、六缸、八缸发动机。

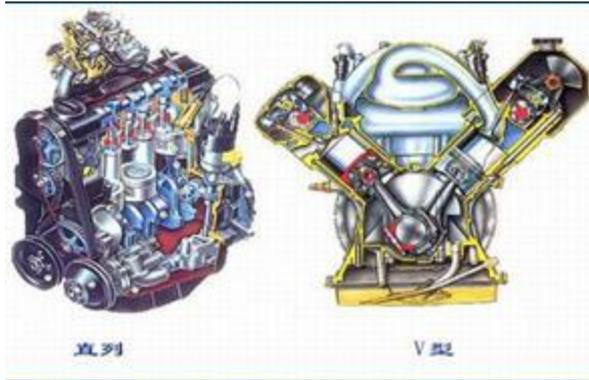
图 10: 单缸和多缸发动机示例



资料来源: Google 图片

(5)按照气缸排列方式分类发动机按照气缸排列方式不同可以分为单列式和多列式(图8)。单列式发动机的各个气缸排成一列，一般是垂直布置的，但为了降低高度，有时也把气缸布置成倾斜的甚至水平的；多列式发动机中最多的双列发动机，即把气缸排成两列，两列之间的夹角 $<180^\circ$ （一般为 90° ）称为V型发动机，若两列之间的夹角 $=180^\circ$ 称为对置式发动机。

图 11: 单列式和多列式发动机示例

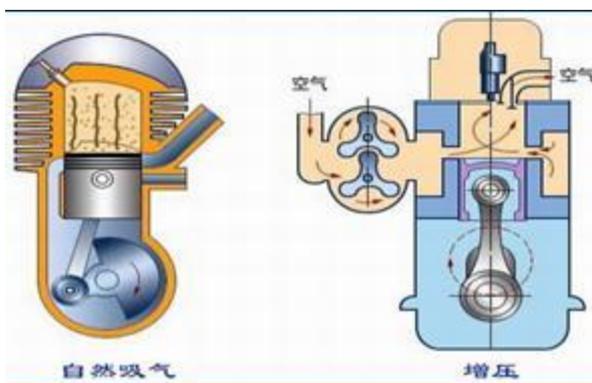


资料来源: Google 图片

多列式发动机又分为水平对置发动机、W型发动机和V型发动机。水平对置发动机的最大优点是重心低。由于它的汽缸为“平放”，因此降低了汽车的重心，同时又能让车头设计得又扁又低。这些因素都能增强汽车的行驶稳定性。此外，水平对置的汽缸布局是一种对称稳定结构，这使得发动机的运转平顺性比V型发动机更好，运行时的功率损耗也是最小。W型发动机一般用于大排量多缸汽车（如12缸的W型发动机），W型发动机最大的问题是发动机由一个整体被分割为两个部分，在运作时必然会引起很大的振动。针对这一问题，大众在W型发动机上设计了两个反向转动的平衡轴，让两个部分的振动在内部相互抵消。而V型发动机的高度和长度尺寸小，在汽车上布置起来较为方便。尤其是现代汽车比较重视空气动力学，要求汽车迎风面越小越好，也就要求发动机盖越低越好。另外，如果将发动机长度缩短，便能为驾乘舱留出更大的空间。由于汽缸之间已相互错开布置，这便于通过扩大汽缸直径来提高排量和功率并且适合于较高的汽缸数。此外，V型发动机汽缸对向布置，还可抵消一部分振动，使发动机运转更平顺。V型发动机的缺点则是必须使用两个汽缸盖，结构较为复杂、成本较高。另外其宽度加大后，发动机两侧空间较小，不易再安排其它装置。

(6) 按照进气系统是否采用增压方式分类内燃机按照进气系统是否采用增压方式可以分为自然吸气（非增压）式发动机和强制进气（增压式）发动机。

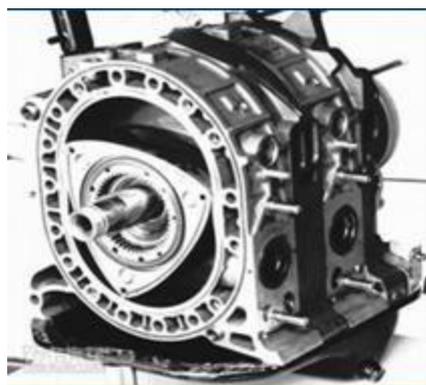
图 12：自然吸气式和增压式发动机示例



资料来源: Google 图片

(7) 转子发动机，传统发动机都是通过汽缸内活塞的往复运动最终驱动车子前进，发动机及气缸本身都是相对不动的，而转子发动机则是一种三角活塞旋转式发动机，它采用三角转子旋转运动来控制压缩和排放。转子发动机的优点十分明显，它尺寸较小，重量较轻，功率很大，并且振动和噪声极低。但是由于转子技术的复杂，使其制造成本极其高昂，耐用性也低于传统发动机。

图 13：转子发动机示例



资料来源：Google 图片

汽车发动机基本构造

发动机是一种由许多机构和系统组成的复杂机器。无论是汽油机，还是柴油机；无论是四行程发动机，还是二行程发动机；无论是单缸发动机，还是多缸发动机。要完成能量转换，实现工作循环，保证长时间连续正常工作，都必须具备以下一些机构和系统。汽油机由两大机构和五大系统组成，即由曲柄连杆机构、配气机构、燃料供给系、润滑系、冷却系、点火系和起动机组成；柴油机由以上两大机构和四大系统组成，即由曲柄连杆机构、配气机构、燃料供给系、润滑系、冷却系和起动机组成，柴油机是压燃的，不需要点火系统。

表 1：发动机基本构造和相关上市公司



相关上市公司：潍柴动力（重、中、轻型柴油发动机）、云内动力（轻型柴油机等）、东安动力（微车、轿车发动机总成及各类配件）、玉柴国际（NYSE:CYD，各型柴油机）、东风汽车（东风康明斯：中重型柴油机）、上柴股份（工程机械柴油机等）、江淮动力（汽、柴油发动机）、苏常柴 A（中、轻型柴油机）、全柴动力（车用、农用、工程机械发动机等）、宗申动力（摩托车、通用汽油机）、力帆股份（摩托车、通用汽油机）等

整机



基本介绍：曲柄连杆机构是发动机实现工作循环，完成能量转换的主要运动零件。它由机体组、活塞连杆组和曲轴飞轮组等组成。在做功行程中，活塞承受燃气压力在气缸内作直线运动，通过连杆转换成曲轴的旋转运动，并从曲轴对外输出动力。而在进气、压缩和排气行程中，飞轮释放能量又把曲轴的旋转运动转化成活塞的直线运动

曲柄连 杆机构

相关上市公司：西仪股份（连杆）、天润曲轴（曲轴）、中原内配（气缸套）、江南红箭（缸套、活塞）、华域汽车（科尔本·施密特：活塞）等



基本介绍：配气机构的功用是根据发动机的工作顺序和工作过程，定时开启和关闭进气门和排气门，使可燃混合气或空气进入气缸，并使废气从气缸内排出，实现换气过程。配气机构大多采用顶置气门式配气机构，一般由气门组、气门传动组和气门驱动组组成。

配气机 构

相关上市公司：禾嘉股份（凸轮轴）、中鼎股份（密封部件）、华域汽车（中国弹簧：气门弹簧）等



基本介绍：在汽油机中，气缸内的可燃混合气是靠电火花点燃的，为此在汽油机的气缸盖上装有火花塞，火花塞头部伸入燃烧室内。能够按时在火花塞电极间产生电火花的全部设备称为点火系，点火系通常由蓄电池、发电机、分电器、点火线圈和火花塞等组成。

点火系 统(汽油 机)

相关上市公司：风帆股份（蓄电池）、骆驼股份（蓄电池）、东风科技（点火线圈支架）、潍柴动力（湘火炬：活塞销、火花塞）等



基本介绍：冷却系的功用是将受热零件吸收的部分热量及时散发出去，保证发动机在最适宜的温度状态下工作。水冷发动机的冷却系通常由冷却水套、水泵、风扇、水箱、节温器等组成。

冷却系 统

相关上市公司：万向钱潮（水泵轴连轴承）、银轮股份（冷却器）、中鼎股份（冷却水管）、贵航股份（冷却水箱）、西泵股份（冷却水泵）等



基本介绍：发动机控制系统是通过传感器收集发动机的工作状态信号，结合驾驶员的输入信息和预先设定的程度，给出发动机工作指令，是发动机的大脑。

发动机 控制系 统

相关上市公司：威孚高科（博世汽柴：柴油机 ECU）、上海汽车（联合电子：汽油机 ECU）等



基本介绍：要使发动机由静止状态过渡到工作状态，必须先用外力转动发动机的曲轴，使活塞作往复运动，气缸内的可燃混合气燃烧膨胀做功，推动活塞向下运动使曲轴旋转。发动机才能自行运转，工作循环才能自动进行。因此，曲轴在外力作用下开始转动到发动机开始自动地怠速运转的全过程，称为发动机的起动。完成起动过程所需的装置，称为发动机的起动系。

起动系 相关上市公司：航天机电（电机）、宁波韵升（电机）等
统



基本介绍：润滑系的功用是向作相对运动的零件表面输送定量的清洁润滑油，以实现液体摩擦，减小摩擦阻力，减轻机件的磨损。并对零件表面进行清洗和冷却。润滑系通常由润滑油道、机油泵、机油滤清器和一些阀门等组成。

相关上市公司：世纪华通（油底壳）、东风科技（输油泵、阀门、滤清器）、天兴仪表（油泵）、一汽富维（曼胡默尔：滤清器）、凌云股份（输油、回油管）等
润滑系
统



进排气系统：包括进气总管、进气歧管、增压器、排气总管、排气歧管、尾气后处理系统、消声器、废气再循环系统等，为发动机吸入空气和排出废气。

相关上市公司：威孚高科（增压器、尾气净化器和消音器等）、贵研铂业（催化剂）、西泵股份（进排气歧管）、银轮股份（EGR）等
进排气
系统



基本介绍：汽油机燃料供给系的功用是根据发动机的要求，配制出一定数量和浓度的混合气，供入气缸，并将燃烧后的废气从气缸内排出到大气中去；柴油机燃料供给系的功用是把柴油和空气分别供入气缸，在燃烧室内形成混合气并燃烧，最后将燃烧后的废气排出。

相关上市公司：威孚高科（柴油机燃油供给系统）、上海汽车（联合电子：汽油机燃油供给系统）等
燃料供
给系统

资料来源：互联网，公司公告

典型汽车发动机技术

发动机增压技术

众所周知，汽车发动机是靠燃料在发动机气缸内燃烧从而对外输出功率。在发动机排量一定的情况下，若想提高发动机的输出功率，除了多提供燃料燃烧，就是提供更多的空气。而增压技术就是一种提高发动机进气能力的方法。

增压技术通过采用专门的压气机，预先对进入气缸的气体进行压缩，提高进入气缸的气体密度，增大进气量，更好地满足燃料的燃烧需要，从而达到提高发动机功率的目的。

发动机的增压方法主要有三类：机械增压、废气涡轮增压和复合增压。

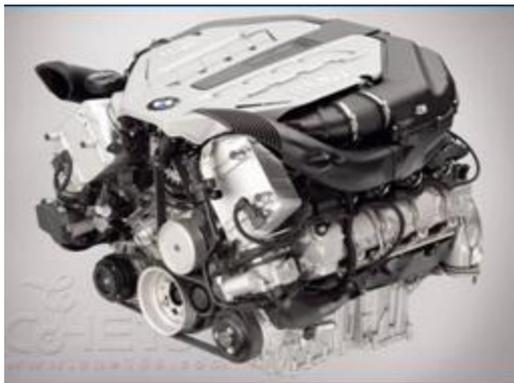
废气涡轮增压首先运用于柴油车，国内轿车 1998 年开始在排量 1.8 的奥迪 200 上运用，以后又有奥迪 A6 的 1.8T（即 Turbocharger，涡轮增压），直至最新的帕萨特 1.8 T。涡轮增压的优点是显而易见的，在不增加发动机排量的基础上，可大幅度提高功率和扭矩，其输出的最大功率大约可增加 40%，如 1.8T 的车大约与 2.3 升排量的车动力相当。另外，发动机在采用了增压技术后，还能提高燃油经济性和降低尾气排放。

当然，发动机在采用废气涡轮增压技术后，工作中产生的最高爆发压力和平均温度将大幅度提高，从而使发动机的机械性能、润滑性能都会受到影响。这就是迄今为止，增压技术在汽油机上得不到广泛应用的主要原因。

而机械增压是指压缩机直接被发动机的曲轴带动，它的优点是响应性好（完全没有迟滞）。但是它本身需要消耗一部分能量，因此机械增压不能产生特别强大的动力，尤其是在高转速时，因为它会产生大量的摩擦，损失能量，从而影响到发动机转速的提高。传统的机械增压器在中低转速时，对发动机的动力输出有明显改善，但峰值功率出现较早，发动机最高转速较低。这种发动机可以在任何时候，都能输出源源不断的扭力，大大减小换挡频率。所以，机械增压非常适合匹配在又大又重的豪华房车上，而讲求高速性能的跑车就很不适合采用它了。

在摩擦的作用下，机械增压容易产生一种特有的噪音。追求舒适的豪华房车要想采用它，就必须采用各种手段来减少这种噪音。奔驰在它的 C200K 上采用了机械增压，它能发挥出 V6 发动机的动力水平。

图 14：增压发动机示例



涡轮增压发动机



机械增压发动机

资料来源：Google 图片

汽油直喷技术 FSI

汽油直喷技术 FSI 是 Fuel Stratified Injection 的词头缩写，意指燃油分层喷射。燃油分层喷射技术是发动机稀燃技术的一种。什么叫稀燃？顾名思义就是发动机混合气中的汽油含量低，汽油与空气之比可达 1: 25 以上。

大众 FSI 发动机利用一个高压泵，使汽油通过一个分流轨道（共轨）到达电磁控制的高压喷射气门。它的特点是在进气道中已经产生可变涡流，使进气流形成最佳的涡流形态进入燃烧室内，以分层填充的方式推动，使混合气体集中在位于燃烧室中央的火花塞周围。如果稀燃技术的混合比达到 25: 1 以上，按照常规是无法点燃的，因此必须采用由浓至稀的分层燃烧方式。通过缸内空气的运动在火花塞周围形成易于点火的浓混合气，混合比达到 12: 1 左右，外层逐渐稀薄。浓混合气点燃后，燃烧迅速波及外层。

FSI 特点是：能够降低泵吸损失，在低负荷时确保低油耗，但需要增加特殊催化转换器以有效净化处理排放气体。因此 FSI 的优点在于大幅提高了燃油的经济效率的同时增加发动机的功率。但其的缺点是对油品的要求非常严格。

图 15：汽油直喷发动机示例——大众 3.2 升 FSI V6 发动机



资料来源：Google 图片

可变气门正时技术 (VVT-i/VECT)

发动机的进气门和排气门的开启开始与关闭终止的时刻，通常以曲轴转角来表示，称为配气相位。由于发动机工作时的转速很高，四冲程发动机的一个工作行程仅需千分之几秒，这么短促的时间往往会引起发动机进气不足，排气不净，造成功率下降。因此，设计师为了解决这一个问题，一般发动机都采用延长进、排气门的开启时间，增大气体的进出容量以改善进、排气门的工作状态，藉以提高发动机的性能。

十分明显，这种延长气门开启时间的做法，必然会出现一个进气门和排气门同时开启的时刻，配气相位上称为“重叠阶段”，可能会造成废气倒流。这种现象在发动机的转速仅 1000 转以下的怠速时候最明显（怠速工作下的“重叠阶段”时间是中等速度工作条件下的 7 倍）。这容易造成怠速工作不顺畅，振动过大，功率下降等现象。尤其是采用四气门的发动机，由于“帘区”值大，“重叠阶段”更容易造成怠速运转不顺畅的现象。设计师为了消除这一缺陷，就以“变”对“变”，采用了“可变式”的气门驱动机构。

可变式气门驱动机构就是在发动机低速工作时减少气门行程，缩小“帘区值”，而在发动机高速工作时增大气门行程，扩大“帘区值”，改变“重叠阶段”的时间，使发动机在高速时能提供强大的马力，在低转速时又能产生足够的扭力。从而改善了发动机的工作性能。现代轿车发动机上的气门可变驱动机构根据轿车的运行状况，随时改变配气相位，改变气门升程和气门开启的持续时间，它们的凸轮轴，凸轮轴上的凸轮和气门挺杆等元件是可以变动的。

发动机上的气门可变驱动机构可以通过两种形式实现，一种是凸轮轴和凸轮可变系统，就是通过凸轮轴或者凸轮的变换来改变配气相位和气门升程；另一种是气门挺杆可变系统，工作时凸轮轴和凸轮不变动，气门挺杆，摇臂或拉杆靠机械力或者液压力的作用而改变，从而改变配气相位和气门升程。

图 16：可变正时气门技术示例——马自达 S-VT 可变气门



资料来源：Google 图片

共轨柴油喷射技术

共轨系统与之前以凸轮轴驱动的柴油喷射系统不同，共轨式柴油喷射系统将喷射压力的产生和喷射过程彼此完全分开。电磁阀控制的喷油器替代了传统的机械式喷油器，燃油轨中的燃油压力由一个径向柱塞式高压泵产生，压力大小与发动机的转速无关，可在一定范围内自由设定。共轨中的燃油压力由一个电磁压力调节阀控制，根据发动机的工作需要进行连续压力调节。电控单元作用于喷油器电磁阀上的脉冲信号控制燃油的喷射过程。喷油量的大小取决于燃油轨中的油压和电磁阀开启时间的长短，及喷油嘴液体流动特性。

共轨技术的优点是具有很好经济效率，并且低速扭矩可以获得很好的动力。但是其发动机产生的噪音和震动较大，同时成本也较高。

图 17：共轨柴油喷射技术示例——MAN D08 共轨柴油发动机



资料来源: Google 图片

发动机动力参数解读

功率 (Kw(ps)/rpm): 功率的物理定义是指机器在单位时间里所做的功。功的数量一定, 时间越短, 功率值就越大。最大功率是汽车发动机最重要的参数之一。它的大小主要取决于发动机气缸排量的大小, 燃烧的燃料量和发动机的转速。功率值永远和发动机转速结合在一起, 表明在该转速下所发出的功率。

最大扭矩 (N·m/rpm): 是指发动机运转时从曲轴端输出的平均力矩, 俗称为发动机的“转劲”。扭矩越大, 发动机输出的“劲”越大, 曲轴转速的变化也越快, 汽车的爬坡能力、起步速度和加速性也越好。最大扭矩一般出现在发动机的中、低转速的范围, 随着转速的提高, 扭矩反而会下降。

升功率 (Kw/L): 升功率表示了单位气缸工作容积的利用率, 升功率越大表示单位气缸工作容积所发出的功率越大。当发动机功率一定时, 升功率越大发动机的重量利用率就越高, 相对而言发动机就越小, 材料也就越省。升功率的高低反映出发动机设计与制造的质量。

比功率 (Kw/Kg): 比功率是衡量汽车动力性能的一个综合指标, 具体是指汽车发动机最大功率与汽车总质量之比。一般来讲, 对同类型汽车而言, 比功率越大, 汽车的动力性越好。

发动机参数对比

为了更好地理解发动机的参数, 我们以目前市场主流的 1.6L 发动机为例为大家做了对比:

表 2: 主流 1.6L 车型发动机参数对比

车型	功率 Kw	最大扭矩 Nm	自重 Kg	升功率 Kw/l	比功率 Kw/Kg
明锐 1.6 手动	77	155	1285	48.19	0.0599

世嘉 1.6 手动	78	142	1300	49.15	0.0600
卡罗拉 1.6 手动	90	154	1265	56.32	0.0711
科鲁兹 1.6 手动	86	150	1360	53.82	0.0632
悦动 1.6 手动	82	145	1236	51.28	0.0663

资料来源：汽车之家

注：以上五款 1.6 升车型，都应用了各自车系

中主流的 1.6 升发动机。

明锐 1.6 升车型采用的是来自大众的 EA111 系列发动机，双顶置凸轮轴 16 气门设计，采用静音正时链条设计，大众的发动机调校一向偏重低扭的输出，从对比也可看出，其功率是最低的，但是其最大扭矩确实五款机型中最高的。来自大众 PQ35 平台的明锐，自重 1285Kg，受较低的峰值功率影响，其比功率以及升功率都是最低的。

三厢世嘉 1.6 升手动车型采用的依旧是 PSA 旗下的 1.6 升双顶置凸轮轴 16 气门发动机，采用正时皮带设计，是一款偏向高转速的发动机。虽然它的输出功率比大众的 1.6 升发动机大了 1 千瓦，但三厢世嘉的自重却达到了 1.3 吨，这样就使得其升功率以及比功率也与明锐处于相同的水平了。

卡罗拉采用的 1.6 升发动机，配备了丰田当家的 VVT-i 可变气门正时技术，可以对进气气门以及排气气门同时进行调节，同时采用了全铝合金缸体，比较有利于提高发动机功率。所以其峰值功率也是五款车型中最大的，达到了 90Kw，而扭矩的输出也不弱，达到了 154Nm，再加上相对较轻的自重，其比功率和升功率都位居前列。

科鲁兹 1.6 升发动机，同样采用了双顶置凸轮轴 16 气门设计，并配有 DVVT 可变气门正时技术，可以对进气气门以及排气气门同时进行调节。86Kw 的峰值功率在五款车中位列第二，而 150Nm 的峰值扭矩也表现出色，但是科鲁兹是五款车中自重最大的，这在一定程度上影响到了其动力性能的表现。

悦动 1.6 升发动机，采用了 CVVT 可变正时气门技术，双顶置凸轮轴 16 气门设计，在老款伊兰特发动机的基础上进行了重新调教，数据表现有很大改善。最大功率达到 82 千瓦，最大扭矩 145N·m，各项参数表现处于中游水平。自重也是五款车中最轻的，比功率、升功率也都处于中游水平。

对于车辆的性能来说，发动机的作用至关重要。但是，它并非决定因素，还包括发动机与变速器之间的匹配以及整个行走系统的调教等。所以，在评判一辆车时，要尽可能地全面考察，类似以上的对比仅能作为动力部分的参考。