

精品汽车教材

汽车构造(发动机)

GP企画センター 编

董铁有 译



人民交通出版社
China Communications Press

精品汽车教材

Qiche Gouzao
汽车构造

Fadongji
(发动机)

GP 企画センター 编

董铁有 译

人民交通出版社

内 容 提 要

本书以图解的方式对现代的发动机以及带动车轮的机械装置进行了详尽的剖析,对汽车初学者与爱好者掌握汽车发动机知识有很大帮助。

图书在版编目(CIP)数据

汽车构造.发动机/日本 GP 企业策划编;董铁有译.
北京:人民交通出版社,2004.12
ISBN 7-114-05344-4

I.汽... II.①日...②董... III.①汽车-构造-
基本知识②汽车-发动机-构造-基本知识
IV.U463

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 112992 号

书 名:精品汽车教材
汽车构造(发动机)
著 作 者:GP 企画センター
译 者:董铁有
责任编辑:白靖/林宇峰
出版发行:人民交通出版社出版发行
地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号
网 址:<http://www.ccpress.com.cn>
销售电话:(010) 85285656, 85285838, 85285995
总 经 销:北京中交盛世书刊有限公司
经 销:各地新华书店
印 刷:北京鑫正大印刷有限公司
开 本:787×980 1/16
印 张:14.5
字 数:314 千
版 次:2005 年 1 月 第 1 版
印 次:2005 年 1 月 第 1 版第 1 次印刷
书 号:ISBN 7-114-05344-4
印 数:0001-5000 册
定 价:25.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

TITLE: [自動車のメカはろほつているか エンジン系]

by [GP 企画センター]

Copyright ©1993 by GP Project Center

Original Japanese language edition published by Grand Prix Book Publishing Co., LTD.

All rights reserved, including the right to reproduce this book or portions thereof in any form without the written permission of the publisher.

Chinese translation rights arranged with Grand Prix Book Publishing Co., LTD., Tokyo through Nippon Shuppan Hanbai Inc.

版权声明:该书图文版权归人民交通出版社所有,未经我社同意,不得引用,违者必究

在美名享誉世界的日本汽车之中,性能良好、稳定可靠的发动机的作用是显而易见的。质量轻、体积小,融合了各种新技术的日本发动机大大提高了汽车的可靠性。

发动机的排气量是汽车规格大小、等级的划分标准。由此可见发动机排量的重要性。您在选择汽车时,想必会考虑发动机的最大输出功率、使用的方便性、燃油消耗率以及是否装有涡轮式增压器等。可靠性高、功率大、燃油消耗低且综合性能良好的发动机自然会受到大家的青睐。以前,这可能是个梦想。但是在技术工作者们的不断努力下,现在发动机的功率、燃油消耗率、使用便利性等均已达到了一个崭新的水平。日本制造的发动机变得越来越精制,且也广泛采用了电子技术等。其在精致程度上完全超过了欧美。

发动机的基本机械构造早在 20 世纪初就已设计完成,而且一直应用到今天。早在 20 世纪初就出现了双凸轮 4 气门发动机,但将其广泛运用于大批量生产的汽车上却只有短短的十几年的时间。与其它现代交通工具相比,汽车的规模效益很重要,而且这一点在发动机上表现得尤为突出,大批量生产新开发的发动机需要巨额的设备投资,所以,在设计发动机时,其使用寿命都要求在十年以上。因此可以说现在使用的发动机都是各生产厂商的努力和技术革新的结晶。日本制造的发动机,在降低成本的同时使用尖端科技,努力使其性能达到最高水平。而这些也不仅仅体现在大批量生产的车型,例如,自 1980 年中后期到 1990 年初,本田汽车就因一级方程式(F-1)赛车发动机而名噪一时。

那么现代的发动机以及带动车轮转动的机械装置是怎样构成的呢?本书将以大批量生产的汽车为中心对此进行说明。由于各部分间的联系较为复杂,为了更好地理解,希望能将整体联系起来阅读。本书与《底盘》是姐妹篇,如果能将这两本书联系起来阅读,可能会达到更佳的效果。在编写本书时,使用了许多汽车和零件生产部门的资料,另外也参考了许多前辈的著作,在此深表谢意。

汽车是现代化的交通运输工具,随着汽车工业的技术进步,特别是随着家庭用轿车在我国的普及,广大读者对汽车知识,特别是轿车知识的渴求越来越迫切。为此,特别编译本书,并力求通俗易懂、简单明了,以适应和满足广大读者,特别是广大非汽车专业的读者、普通的汽车使用者和汽车驾驶人员等相关读者对汽车知识的需要。

本书的第一章、第三~九章由河南科技大学董铁有翻译,第二章、第十、十一章由河南科技大学张毅翻译,由第一拖拉机股份有限公司郭志强审阅校对统稿。

本书可以作为相关的高等院校、科研院所和企事业单位的师生和科技工作者的参考书或教科书。

汽车技术正处于日新月异的快速发展时期,新名词、新概念、新技术不断涌现,由于我们的水平有限,在翻译当中难免有缺点和错误,敬请读者批评指正。

承蒙河南科技大学副校长周志立教授在百忙之中对本书进行了非常认真细致地审查,并提出了许多宝贵的意见和建议,在此表示由衷的感谢。

译者

2004年8月

发动机的基础知识

发动机的种类	3
汽油发动机和柴油发动机/转子发动机/二冲程发动机	
汽油发动机的基本构造	5
机体零件/主运动系/配气机构/进气系/排气系/燃油供给系/冷却系/润滑系/电气装置	
燃烧机理	9
燃烧现象/空燃比	
四冲程发动机的工作原理	14
进气、压缩、作功、排气四行程/飞轮的功用/示功图	
发动机的性能及气缸的排列形式	19
发动机的综合性能/缸径、冲程与发动机的性能/压缩比/气缸的排列形式	

发动机的机体零件

气缸体	31
性能要求/气缸体的种类/铝合金整体式气缸体/珩磨加工与多孔电镀加工处理/辅助冷却水通道/主轴颈轴承/曲轴箱	
气缸盖	40
燃烧室/进、排气道/气缸垫	

主运动系

活塞及活塞环	44
活塞的构造/活塞的功用/活塞的种类/活塞环/机油上窜和机油下窜	
曲轴与连杆	50
连杆/曲轴/曲轴各部分的名称及功用/曲轴皮带轮	

配气机构

凸轮轴的驱动方式	57
链条驱动式/皮带驱动式/齿轮驱动式/剪式齿轮驱动式	
凸轮轴	61

气门开闭控制机构的工作原理/凸轮轴的安装位置与发动机的类型	
进、排气门	66
气门及其相关零件/气门应具备的性能/气门的质量和冷却/气门弹簧/全凸轮控制式气门	
气门机构的相关零件	73
摇臂/气门挺杆	
气门正时和可变气门正时机构	77
气门正时/本田 V-TEC 机构/三菱 MIVEC 机构	
进、排气系	
进气系统	83
空气滤清器/进气歧管/进气控制系统	
排气系统	87
排气歧管/排气管及消声器/三元触媒催化器	
增压机构	
涡轮式增压器	92
涡轮式增压器的构造/涡轮式增压器的种类	
超级增压器	99
超级增压器的种类/超级增压器的构造	
燃油供给系	
化油器和燃油喷射装置的区别	104
化油器的特点/燃油喷射装置普及的背景	
化油器的构造与工作原理	107
化油器型汽车的燃油供给系/化油器的工作原理/化油器的构造/燃油供给系统各零部件的工作原理及功用	
化油器的种类	118
可变文氏管式/固定文氏管式/多阻气门式	
燃油喷射装置的特点	122
燃油喷射装置的构成/多点燃油喷射式(MPI)和单点燃油喷射式(SPI)/分组式燃油喷射式和程序式燃油喷射式	
电子控制式燃油喷射装置的构成零部件	127
燃油泵/调压器/气流传感器/燃油喷射器/节气门	
电子控制系统的构成	136
电子控制单元(ECU)/各种传感器	

电气系

点火系及其分类	142
点火系的功能/点火系的类型	
点火系组成的零部件	145
电子点火模块/点火线圈/分电器/高压点火线/直接点火系/火花塞	
电气系统	151
交流发电机/蓄电池/起动机	

冷却、润滑系

冷却系及其构造	154
散热器/冷却风扇/散热器盖/节温器/水泵	
润滑与发动机机油	165
机油的作用/机油的种类/机油的粘度/机油的更换与机油的消耗	
润滑系及其构造	171
润滑系的构造/内齿轮泵/余摆线泵/齿轮泵/机油滤清器/油底壳/机油冷却器 /风冷式机油冷却器	

离合器与变速器

离合器的种类及其工作原理	181
离合器的种类/离合器操纵机构的类型/干式单片式离合器的构造及工作原理 /多片式离合器的特点/自动变速型汽车的离合器	
变速器	191
手动变速器	193
基本构造/变速器齿轮的种类/手动变速器的类型/换档机构	
自动变速器	204
自动变速器(AT)的功能及构造/自动变速器液压控制装置/行星齿轮式自动 变速器的构造及工作原理/无级变速器	

驱动系

驱动系的零部件	212
液力联轴器/传动轴/驱动轴/差速器/防滑差速器的构造及工作原理	
牵引力控制系统	223

发动机的基础知识

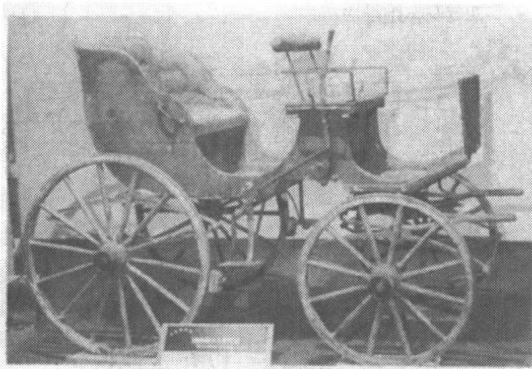
汽车刚问世时,人们称之为没有马的马车(Horseless Carriage)。在真正能够生产出实用的汽车的19世纪末的欧洲,除了有相当于现在的私家汽车那样的私家马车外,还有多种多样、丰富多彩的各类马车。马车起着与现代汽车相同重要的交通运输工具作用。如:有相当于出租车的街头马车、相当于公共汽车的公共马车、还有当作卡车使用的邮政马车等在城市街道上随处可见。正因为是日常生活中必不可少的交

通工具,当人们看到没有马的马车跑在路上时所受到的震撼是可想而知的。

代替马来驱动马车的装置究竟是什么样的东西呢?即使是对于那些好奇心不是很强的读者,要是在当时的情况下也会在发自内心地激动的同时追着这样的没有马的马车看个究竟。看看这个当今我们称之为发动机的怪物是从何而来,进而理解那些愿为此奉献一生的人们的心情。

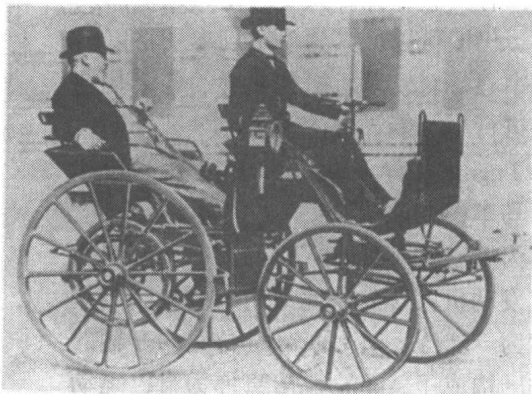
1880 年末的马车

在19世纪80年代末,相当与现代轿车的小型马车随处可见。起初汽车的基本形式的设计和名称都是参照马车确定的。但后来根据汽车自身的特点和用途而逐渐改进演化。

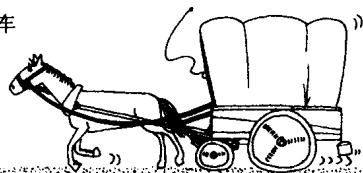


戴姆勒

于1886年制造的四轮车是将新开发的排量为462cc、1.1马力的发动机安装在马车的底盘上而发明成功的。



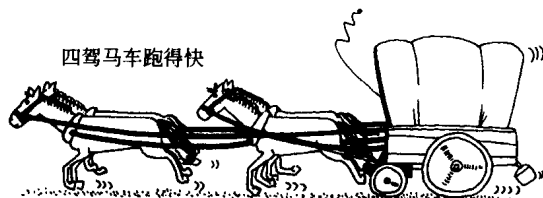
单驾马车



两驾马车、两驾以上的马车



四驾马车跑得快



提高马车性能的方法

为了使马车跑得更快，能够运载更多的货物，除了增加马的数量别无它法，当然也不能忽视车夫的御马技术。

发动机是汽车的中枢。可以夸张地说，即使没有其它零件，只要有使其运动的发动机，仍旧可以称其为汽车。本书将以图表为中心，对发动机机械装置的各个基础部分进行尽可能详细的说明。

Engine 被译为发动机，如果用马拉的车叫马车，牛拉的车叫牛车，以此类推，应称其为发动机车。但由于 20 世纪初发明的蒸汽发动机火车先以此命名，所以用英语中意为“自己运动”的 Auto 与意为车辆的 Mobile 构成了 Automobile 直译为为自己运动

的车，因此在日语中也就出现了“自动车”这一单词。此外，也可能是因为当时汽车使用的都是汽油发动机，所以在汉语中就将 Automobile 直译为汽车，这就是“汽车”一词的由来。正如在汉语中将小汽车称之为轿车那样，在英语中 Automobile 也是较为文雅的词语。美国及英国通常将小汽车称之为 Car 或 Motorcar。总而言之，正因为有了发动机才有了汽车，没有发动机就不能称其为汽车。为了更好地了解汽车就应该首先对发动机有一个充分的认识 and 了解。

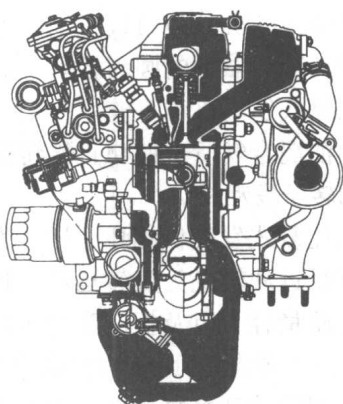
发动机的种类

汽车使用的发动机的种类繁多，但主流为以石油为原料提炼的液体汽油或柴油为燃料，通过燃料与空气混合后燃烧膨胀做功产生动力，进而驱动汽车行驶的内燃发动机，以下简称为内燃机。

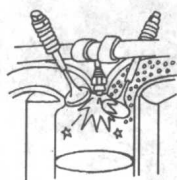
●汽油发动机和柴油发动机

首先根据燃油种类将内燃机分为燃烧汽油的汽油发动机和燃烧柴油的柴油发动机。汽油和柴油都是通过将石油蒸馏获得的，在成分上基本相似。但因汽油易于汽化燃烧（沸点低），点火燃烧的温度比柴油低。也就是说，可以通过电火花点燃汽油和空气的混合物（可燃混合气）。但柴油需要更强的火力、更高的温度才能燃烧。众所周知压缩空气可以使其温度上升。用打气筒给自行车轮胎打气时，气筒壁变热就是这个道理。因此，人们就想出了将空气压缩，使之温度上升至燃油的燃烧温度以上后再喷入柴油使其燃烧。将这一构想运用于发动机，并取得此项发明专利权的是德国人狄塞尔。因此这种发动机就叫狄塞尔发动机（即柴油发动机）。与汽油发动机相比，柴油发动机可以使用较为廉价的柴油，所以较为经济（但这仅限于日本的税收制度，二者原价基本相同）。但由于通过高压使其运转，对柴油发动机的机械强度的要求要比对汽油发动机的机械强度的要求高得多，所以发动机的体积和质量都较大。而且因为要将燃油以雾状喷射到高压空气中，所以也要求有高精密度的能够产生高压的燃油喷射泵。这本身就增加了成本。再加上由

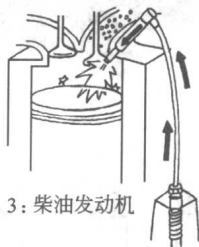
大发公司的小型涡轮增压柴油发动机



1: 柴油发动机的实例



2: 汽油发动机



3: 柴油发动机

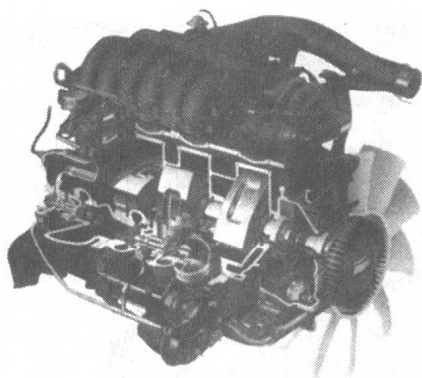
于高压运转所带来的噪音和振动，这些都是柴油发动机的缺点。基于这种理由，现在的轿车大多使用的都是汽油发动机。另外，因为汽油发动机是通过火花塞强制火花点火，所以也叫电火花点火发动机，柴油发动机是利用压气升温这一原理来点火的，所以也称之为压燃式发动机。

●转子发动机

汽油发动机分为通过将气缸内活塞往复运动转变为曲轴的圆周运动,而获得动力的往复式发动机和不使用曲轴,而是将燃烧燃油混合气所做的功直接转变为旋转动力的转子发动机。

与往复式发动机相比,转子发动机不必将直线运动转变为旋转运动,还具有体积小、质量轻,以及振动和噪声较小等优点。其技术难点是,由于润滑油通过旋转的转子尖端涂抹到气缸内壁,因此会出现润

滑油的耗费量大等一系列问题,但这些问题已基本被世界上有唯一批量生产转子发动机的马自达公司解决。尽管如此,转子发动机的使用率仍然很低。除了马自达公司以外的厂家没有批量生产转子发动机是因为它和往复式发动机的结构完全不同,专用的生产设备需要巨额的投资,而且目前往复式发动机的性能并不亚于转子发动机及其存在专利权问题等。

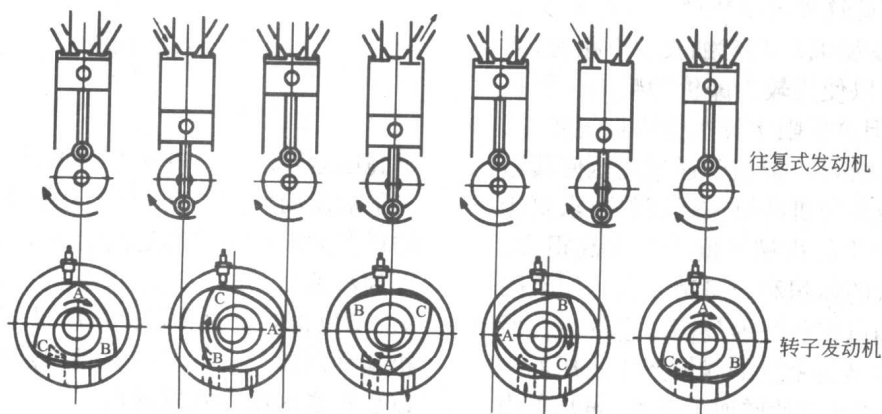


转子发动机

马自达公司的 20B-REW 型发动机是单缸容积为 654cc 的 3 转子发动机,最大输出功率为 206kw。

转子发动机工作室容积的变化状况

转子发动机工作室容积的变化与往复式发动机的对比图如下。

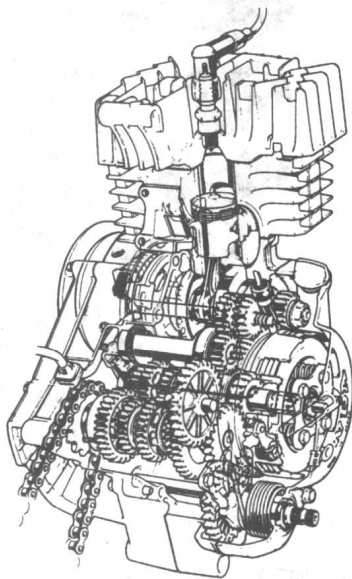


●二冲程发动机

往复式发动机按照其工作方法可分为二冲程发动机和四冲程发动机。冲程是周期的意思,将在后面对其作详细说明。发动机的旋转轴(也叫曲轴)每旋转一周完成燃油燃烧、排气两项工作的叫二冲程。而旋转第一周时对汽油发动机为吸入可燃混合气(对柴油发动机即吸入空气)并将其压缩,旋转第二周时将燃油燃烧、排出,重复以上工作循环的则叫四冲程发动机。与四冲程发动机相比,二冲程发动机结构简单,成本较低、单位质量的输出功率较大。但二冲程发动机的问题在于在排出废气的同时也有新的可燃混合气或空气(新气)进入。这就导致两种气体混合,会有一部分新气随废气一起排出,造成燃油浪费。因此,二冲程汽油发动机只限于摩托车使用,或用作小型船只的外挂型发动机。二冲程柴油发动机只限于大中型船舶使用。以上介绍了几种较为常见的发动机,在有限的篇幅内很难将其一一进行详细说明,但如果详细了

解了一种,那么其它发动机也是触类旁通的。因此本书将以轿车中使用最多的四冲程发动机为例进行详细说明。

风冷式二冲程发动机



汽油发动机的基本构造

关于四冲程发动机的结构,首先以目前使用最多的水冷式直列四缸发动机为例进行简要说明。

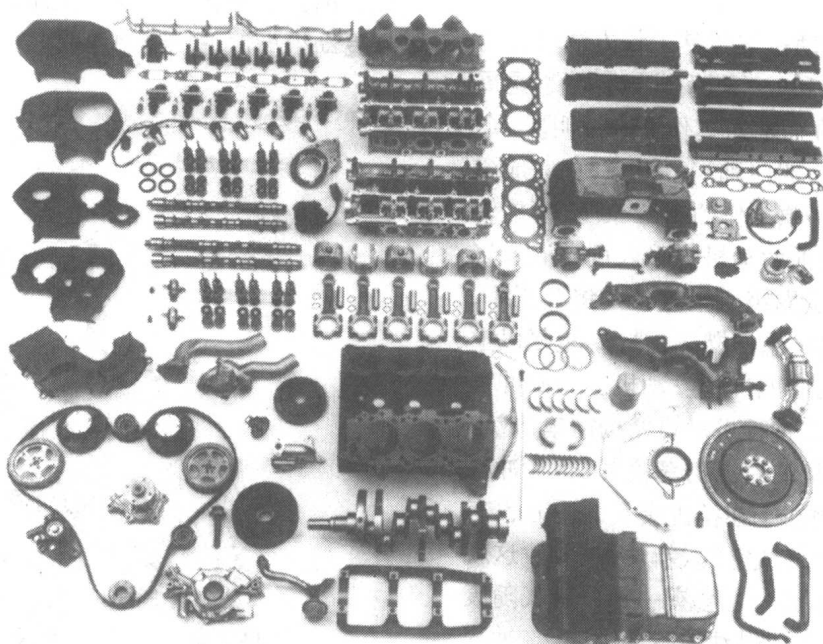
●机体零件

在发动机的正中央有4个连成一体的竖直排列的气缸,这个整体叫气缸体。其质量占发动机总质量的15%~30%,是发动机中最大的零件(参照16页,41页)。控制气体进出发动机的气缸盖。在气缸盖上安

装有点燃可燃混合气的火花塞。在气缸体的底部是装有发动机旋转轴(曲轴)的曲轴箱,曲轴箱下部是储存润滑油的油底壳。这些发动机的核心零件构成了机体零件。

●主运动系

气缸内的活塞是靠可燃混合气燃烧做功推动进而使发动机运转的。活塞所承受的压力是通过连杆传递到曲轴,从而将往复运动转变成旋转运动。



在曲轴后端安装有能够使发动机平稳运转的飞轮，在其前端安装有驱动气缸盖内的凸轮轴运转的正时齿轮或正时链轮、以及驱动发电机和冷却风扇运转的曲轴皮带轮。

●配气机构

气缸盖上有使可燃混合气进入气缸的进气孔，进气孔上设置有开闭进气通路的进气门。同样，在排气通道上也有排气孔和排气门。为了打开这些气门设置了带有凸轮的凸轮轴，它通过带齿的正时皮带或正时链条分别与正时皮带轮或正时链轮连接，并由曲轴驱动。驱使气门运动的这个系统称之为配气机构。

●进气系

进入发动机的空气首先经由空气滤清器除去灰尘和杂物，然后通过化油器与燃油混合后，最后经过进气歧管进入燃烧室。调节进入发动机空气量的装置是节气门。它的开闭程度决定着发动机输出功率的大小。节气门是通过加速踏板拉锁与驾驶室内驾驶员脚下的加速踏板相连接的。

●排气系

燃烧室内产生的废气是从排气歧管进入排气管。为了降低排气噪音，通过消声器后再将废气排出。排气系中还装有废气的净化装置。

● 燃油供给系

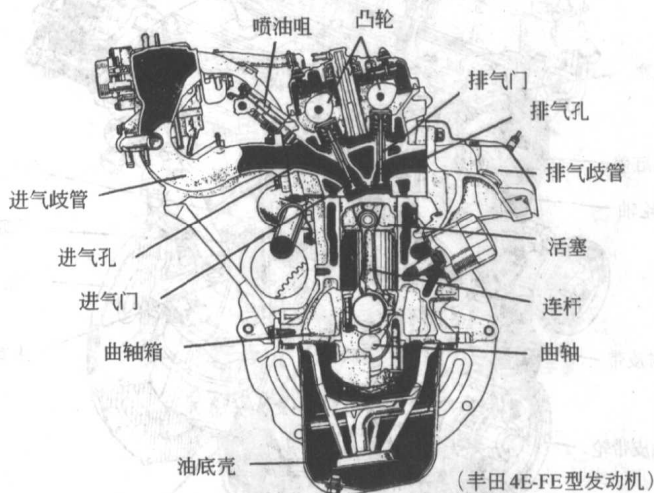
燃油箱中的燃油由燃油滤清器除去杂质后，通过燃油泵被输送到化油器或燃油喷射装置。化油器是运用喷雾原理，将汽油与进气口吸进的空气混合的装置。而燃油喷射装置则是在发动机进气口处喷射适量汽油的装置。现在普遍运用电脑控制燃油的供给量（即所谓的电喷）。

● 冷却系

燃油所拥有的热能中，转化成机械能

作为输出功率输出的能量大约只有 25% ~ 30%，剩下的 70% ~ 75% 中有一半随废气排出，另一半被燃烧室气缸壁、活塞吸收。如果得不到及时的冷却，积存的热量就会使燃烧室内温度迅速上升，使可燃混合气在进入燃烧室的瞬间就燃烧，从而导致发动机不能正常工作。因此有必要用水冷却燃烧室和活塞周围（水冷式）。水的流通通道叫水套，由水泵将水套中的热水送入散热器，由冷却风扇调节发动机的工作温度。这个调节温度的装置叫做节温器。

四缸双凸轮发动机的横断面



● 润滑系

发动机由许多金属零件组成，使用润滑油（机油）可以避免金属零件之间的接触面间的相互直接摩擦。机油是通过油泵加压后输送到发动机内各个需要润滑的部位

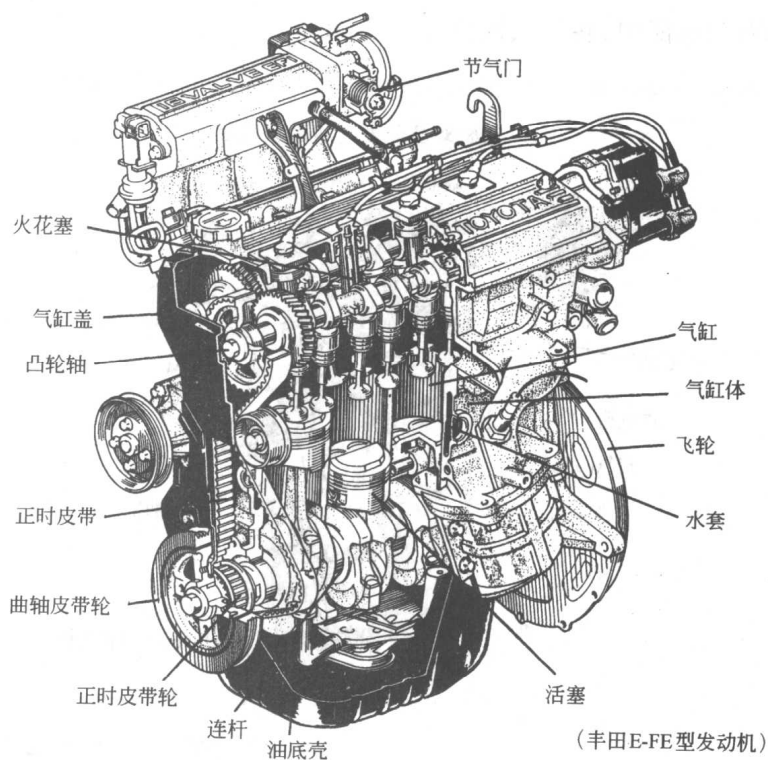
的。润滑结束后流回油底壳中储存。然后机油再经过机油滤清器过滤，再由机油泵输送到各个部位重复循环利用。利用润滑油还可以实现对水套无法冷却的部位（尤其是活塞）的冷却，所以赛车用发动机等利用带有散热器的机油冷却系统来散热降温。

● 电气装置

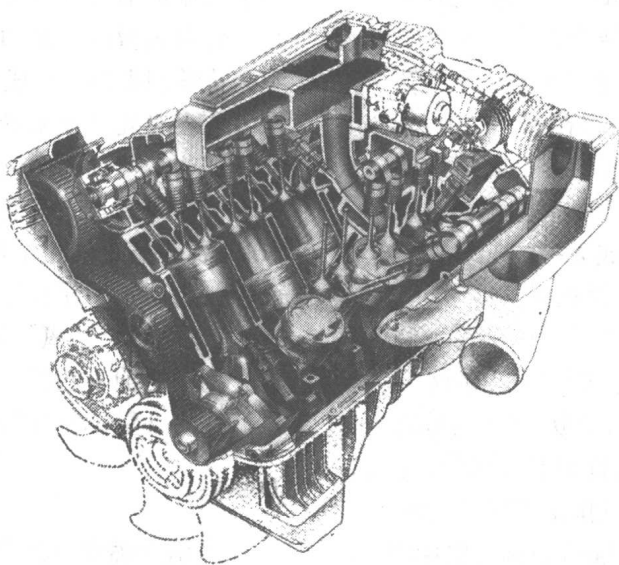
将与发动机旋转周期协调一致的高压电输送到火花塞,使火花塞的电极间产生火花的系统叫点火系统。用于点火的电能

是由储存电能的蓄电池提供的。因为电量有消耗,所以要用发动机的一部分输出功率来带动发电机发电补充。能够将发动机起动的起动机是重要的电气装置之一。

四缸双凸轮轴发动机的立体剖面图



V 型 6 缸双凸轮轴 24 气门发动机的透视图(日产 PLASMA-V30DE 型发动机)



燃烧机理

汽油发动机是靠汽油燃烧时产生的热能来工作的,因此有必要了解汽油燃烧的基本原理。

● 燃烧现象

所谓燃烧简单地说就是物质与氧的化合反应现象。所有的物质都是由该物质的原子以特有的组成和排列方式所形成的分子的集合体。当对其加热时,构成分子的原子中连结较弱的地方与氧原子结合而变成另外一种物质(分子)的现象就是燃烧。

■ 碳氢化合物的燃烧

汽油是将原油蒸馏、精制而成的液态产物。它含有数千种各式各样的化合物。在这些化合物中除极小部分杂质外,令人难以置信的是其中所有其它的化合物都是只

由碳和氢两种原子构成的碳氢化合物,只不过是其中的碳和氢的组成和排列方式不同而形成了不同的化合物而已。汽油燃烧时,其中的一个碳原子与两个氧原子结合就生成了二氧化碳。两个氢原子与一个氧原子结合就生成了水。虽然二氧化碳也是造成温室效应的原因,但它与水一样都是对人畜无害的物质。也就是说,若汽油完全燃烧会减少公害。这是一个非常重要的问题,所以在此举例对其进行详尽的说明。图示为汽油中所含有的在常温下为气体状态的丁烷,其中由于碳原子的连接方式不同而使这两种物质具有不同的化学性质。无支链的叫正丁烷,有支链的叫异丁烷。用 H 表示氢,用 C 表示碳,则 4 个碳原子与 10 个氢原子组成的丁烷在专业书中写作