



汽车专业**技能型教育**“十三五”创新规划教材

第2版

汽车 发动机构造与维修 图解教程



东莞市凌凯教学设备有限公司 组编
谭本忠 主编



赠 电子 课件



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

汽车专业技能型教育“十三五”创新规划教材

汽车发动机构造与维修图解教程

第2版

主 编	谭本忠			
参 编	胡 波	谭红平	谭秋平	张远军
	张国林	李阳阳	李志杰	李 明
	曾放生	宋祥贵	吴林勇	向建华



机械工业出版社

本书以图解的形式,详细讲解了汽车发动机的构造、原理和维修。具体内容包括:认识发动机、曲柄连杆机构、配气机构、润滑系统、冷却系统、供给系统、点火系统、起动系统、发动机综合维修。

全书讲解清晰、简练,配以大量立体图,明了直观,非常易于初学者理解。本书可作为职业院校汽车修理专业的教材,也可用作相关培训班的教材,同时适合广大汽车修理人员自学之用。

为方便教学,本套教材专门配备了 PowerPoint(PPT)形式的配套教学课件,可供广大教师选用。在 <http://www.cmpedu.com> 网站上,注册后即可免费下载教材课件;或与机械工业出版社联系,编辑热线:010-88379349、010-88379735。

图书在版编目(CIP)数据

汽车发动机构造与维修图解教程/谭本忠主编.—2版.

—北京:机械工业出版社,2016.11

汽车专业技能型教育“十三五”创新规划教材

ISBN 978-7-111-55083-9

I. ①汽… II. ①谭… III. ①汽车—发动机—构造—中等专业学校—教材②汽车—发动机—车辆修理—中等专业学校—教材 IV. ①U472.43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 243177 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:连景岩 杜凡如 责任编辑:连景岩 杜凡如 李 超

责任校对:肖 琳

封面设计:鞠 杨

责任印制:李 飞

北京铭成印刷有限公司印刷

2016 年 11 月第 2 版第 1 次印刷

184mm×260mm·11.5 印张·278 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-55083-9

定价:29.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88379833

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-88379649

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

封面防伪标均为盗版

金 书 网:www.golden-book.com

丛 书 序

当今正值国家大力推广职业教育之际，各地教育机构紧抓机遇，大胆革新，积极推行新的职业教育方法与思路。

本套创新规划教材根据职业需求和岗位要求而设置教学项目，同时将知识系统和技能系统化整为零，合二为一，使学员能做到学一样精一样，同时在细化深入的前提下掌握解决问题的途径和思路。

本套教材强化职业实践的实用性教学，对理论教学的要求是将抽象、深奥的知识简单化、形象化和感性化，使学员能够轻松掌握，并联系实际，融入实践，同时在实践教学中结合理论认识能将实践认知与经验总结为理论。这样，在学中做，在做中学，巩固知识，强化技能。

综合上述特点和要求，创新规划教材应该具有系统分块、知识点与技能点结合、理论描述简明、实践叙述符合职业规范及能直接感知并参照操作的特点。

很多汽车相关职业院校与职教中心在进行教学改革的同时也在进行教材更新，但大多数是在传统教学教材的基础上进行改编的，无法摆脱原有的形式和限制，编写出来的教材往往难以普及并发挥其实效。

我们综合汽车运用与维修、汽车检测与维护技术等专业课程设置的要求，同时考虑到职业需求和岗位的设置，将本套创新教材分为汽车机修技术、汽车电子技术、汽车故障诊断技术、汽车车身修复技术、汽车美容与装饰技术、汽车保养与维护技术六大块。为保证专业课程有理论和技术基础，同时设置了汽车机械基础、汽车电学基础、汽车维修专业英语及汽车文化四门基础课。各个专业分类下是核心与主干课程，如汽车机修技术之下包括汽车发动机与汽车底盘，汽车电子技术之下包括汽车电器、汽车空调、汽车发动机电控系统、汽车自动变速器、汽车安全舒适系统等。

这套教材作为学生课本，主要突出实图、实例及原理、检测、维修与案例四结合。配套开发的还有教学课件。我们力图通过这种方式使此套创新规划教材成为一种立体化的、学员易学、教师易教、效果独到的专门化教材。

编 者

目 录 Contents

丛书序

第一章 认识发动机	1
第一节 发动机的分类	1
第二节 发动机专业术语	5
第三节 发动机的编号	7
第四节 发动机的组成	10
第五节 发动机的工作原理	16
第二章 曲柄连杆机构	22
第一节 机体组	22
第二节 活塞连杆组	29
第三节 曲轴飞轮组	39
第三章 配气机构	48
第一节 气门组	49
第二节 气门传动组	53
第三节 气门正时	58
第四节 进气系统	66
第五节 排气系统	68
第四章 润滑系统	74
第一节 润滑形式与系统原理	74
第二节 润滑剂与机油泵	75
第三节 主要零件及检修	78
第五章 冷却系统	83
第一节 冷却形式与系统原理	83
第二节 冷却液与水泵	84
第三节 节温器与散热器	88
第四节 冷却风扇	91
第六章 供给系统	93
第一节 汽车燃料简介	93



第二节 燃油输送系统	94
第三节 汽油燃烧与空燃比	98
第四节 汽油机电喷系统	100
第五节 柴油机供给系统	113
第七章 点火系统	120
第一节 传统点火系统	120
第二节 电子点火系统	125
第三节 微机控制点火系统	127
第四节 电源与充电装置	133
第八章 起动系统	140
第一节 起动系统的组成和原理	140
第二节 不同形式的起动机	141
第三节 起动系统的检修	143
第九章 发动机综合维修	148
第一节 发动机总装与总检	148
第二节 发动机常见故障的分析与排除	156

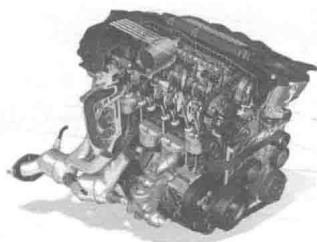
第一章

认识发动机

第一节 发动机的分类

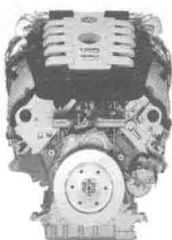
一、按使用燃料分类

按使用燃料的不同,汽车发动机可以分为汽油机、柴油机、CNG 发动机、LPG 发动机、双燃料发动机五种,如图 1-1~图 1-5 所示。



使用汽油为燃料的内燃机称为汽油机;汽油机转速高、质量小、噪声小、起动容易、制造成本低

图 1-1 汽油机



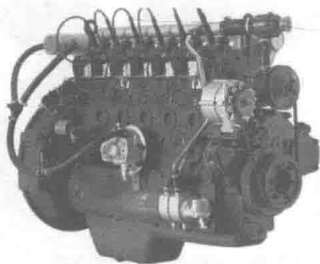
使用柴油为燃料的内燃机称为柴油机。柴油机压缩比大、热效率高、经济性能和排放性能都比汽油机好

图 1-2 柴油机



使用压缩天然气(CNG)为燃料的内燃机称为 CNG 发动机。天然气主要成分为甲烷,燃烧后生成二氧化碳和水,是一种非常安全和环保的能源

图 1-3 CNG 发动机



使用液化石油气(LPG)为燃料的内燃机称为 LPG 发动机,液化石油气具有热值高、热效率高、燃烧充分,排气中一氧化碳、碳氢化合物和硫化物含量低等特点

图 1-4 LPG 发动机



可同时使用两种燃料的内燃机称为双燃料发动机,如氢/汽油发动机、LPG/汽油发动机、CNG/汽油发动机等

图 1-5 双燃料发动机



二、按照行程数分类

按发动机工作行程数的不同,汽车发动机又可分为四冲程发动机(图 1-6)和二冲程发动机(图 1-7)。

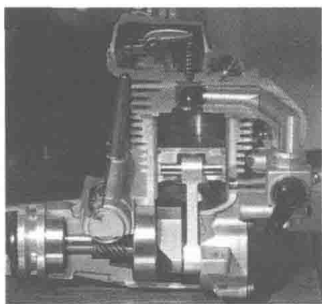


图 1-6 四冲程发动机



图 1-7 二冲程发动机

1. 四冲程发动机

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冲程发动机,汽车发动机广泛使用四冲程发动机(图 1-6)。

2. 二冲程发动机

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冲程发动机(图 1-7)。

三、按照冷却方式分类

按发动机冷却方式的不同,汽车发动机还可分为水冷式发动机和风冷式发动机,分别如图 1-8、图 1-9 所示。

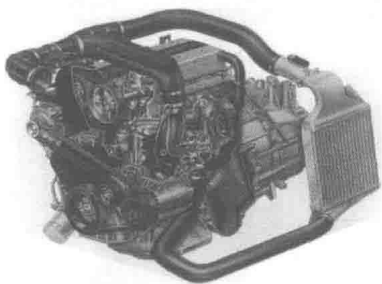


图 1-8 水冷式发动机

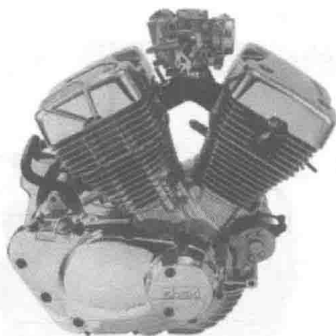


图 1-9 风冷式发动机

水冷式发动机是利用在气缸体和气缸盖冷却水套中循环的冷却液作为冷却介质进行冷却的。水冷式发动机冷却均匀、工作可靠、冷却效果好,广泛应用于现代汽车。

风冷式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。



四、按照气缸数目分类

按发动机气缸体气缸数目的不同,发动机又可分为单缸、双缸及多缸发动机,如图 1-10 所示。

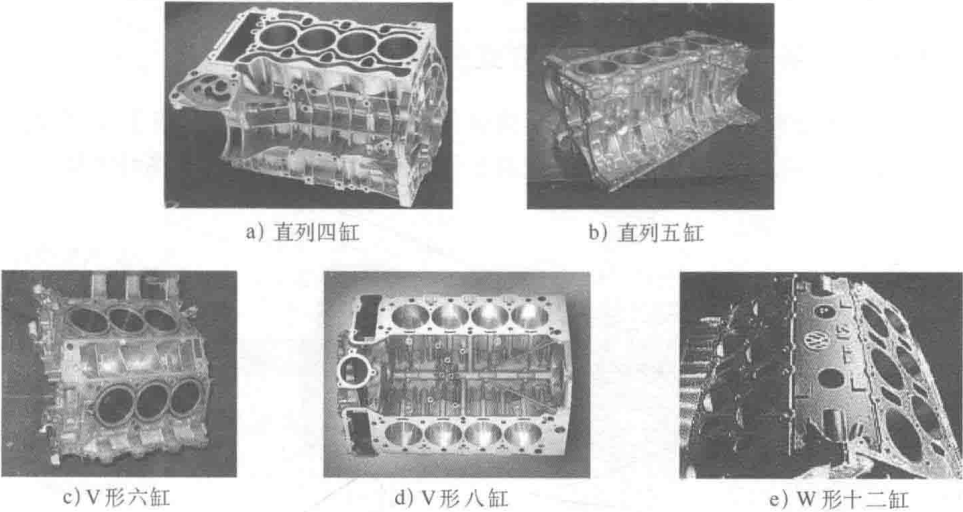


图 1-10 不同气缸数目的发动机

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,如三缸、四缸、五缸、六缸、八缸、十二缸等都是多缸发动机。现代车用发动机多采用四缸、六缸、八缸发动机。

五、按照气缸排列方式分类

按发动机气缸的布置方式,汽车发动机有图 1-11 所示的五种常见形式,分别是直列、

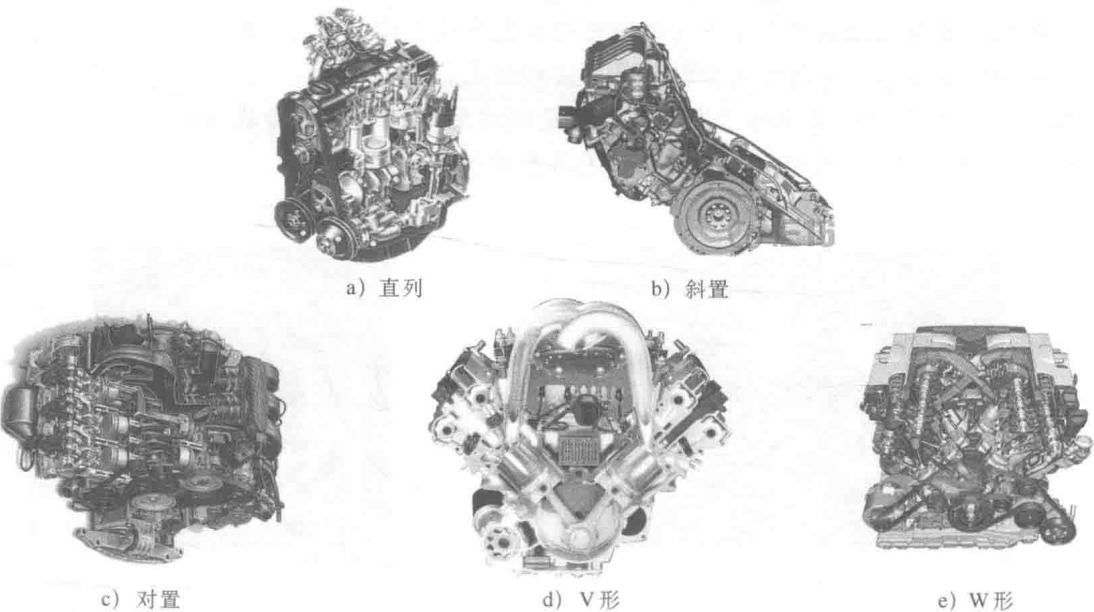


图 1-11 不同气缸布置的发动机



斜置、对置、V形和W形。

直列式发动机的各个气缸排成一行，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；双列式发动机把气缸排成两列，两列之间的夹角 $<180^\circ$ （一般为 90° ）称为V形发动机，若两列之间的夹角为 180° ，则称为对置式发动机。

六、按照进气系统是否采用增压方式分类

按是否增压可分为非增压与增压两类，自然吸气（非增压）式发动机如图1-12所示，强制进气（增压式）发动机如图1-13所示。汽油机较多采用自然吸气式；柴油机为了提高功率常采用增压式。

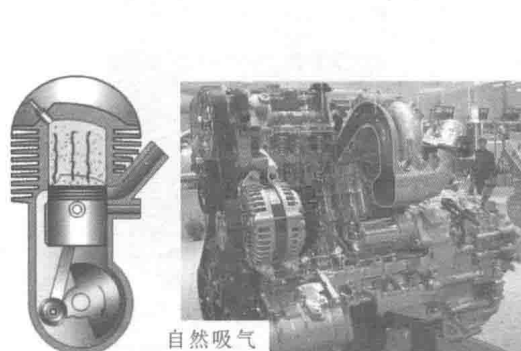


图 1-12 自然吸气式发动机

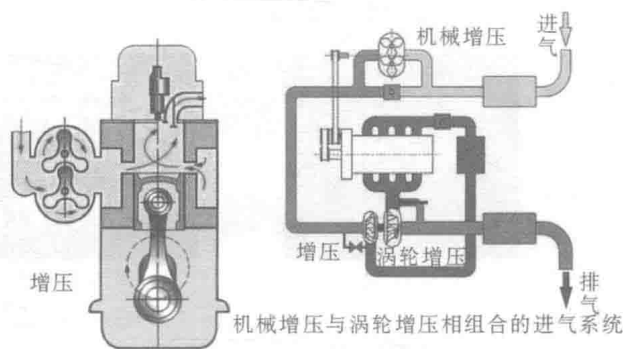


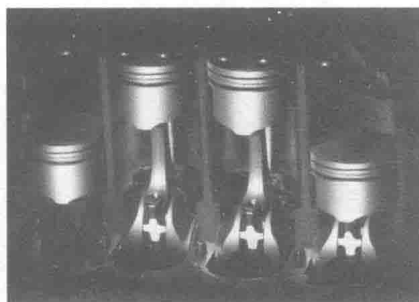
图 1-13 增压式发动机

七、按照活塞的工作方式分类

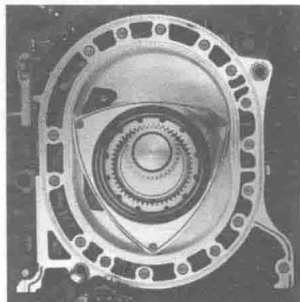
按活塞工作方式的不同，发动机可分为两类：往复活塞式（图1-14a）、转子活塞式（图1-14b）。

往复活塞式发动机简称活塞发动机，是一种利用一个或者多个活塞将压力转换成旋转动能的发动机。这种发动机的活塞在气缸内进行往复直线运动，通过曲轴把活塞的直线运动转化为曲轴的旋转运动，一般的发动机都采用这种形式。

转子活塞式发动机简称转子发动机，它是通过活塞在气缸内的旋转来带动发动机主轴（即普通发动机的曲轴，因为不是弯曲的故不再称曲轴）旋转的。



a) 往复活塞式



b) 转子活塞式

图 1-14 不同工作方式的活塞发动机

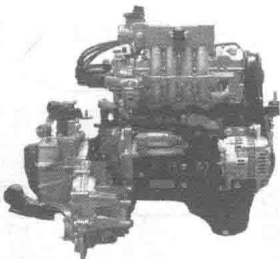


八、按照供油方式分类

汽油发动机按供油方式不同,还可分为化油器式与电喷式,如图 1-15 所示。



a) 化油器式发动机



b) 电喷式发动机

图 1-15 不同供油方式的发动机

化油器靠发动机进气流形成的负压吸取并雾化汽油用于燃烧做功;化油器式发动机供油是利用设置在节气门上方的喉管,气流通过喉管时产生负压,将汽油从主喷管连续吸出,进入发动机进气歧管,流入气缸。现在化油器式发动机已基本淘汰。

电喷发动机全称为电子控制汽油喷射式发动机,它由进气系统、燃油系统、电控系统等组成。它是根据安装在发动机进气系统及机体上的传感器所感知的信息,提供给计算机控制系统,精确计算出发动机在各种工况下所需的供油量,并向喷油器提供所需脉冲频宽,然后将有一定压力的燃油通过喷油器喷入进气歧管或气缸。它突出的优点是能准确控制混合气的空燃比,保证气缸内的燃料完全燃烧,使废气排放物和燃油消耗都能降低。它具有比化油器发动机强很多的环保性,同时还提高了发动机的充气效率,增加了发动机的功率和转矩。

第二节 发动机专业术语

汽车发动机的行程、上止点、下止点、燃烧室容积、气缸总容积、气缸工作容积等术语的表示和含义如图 1-16 所示。

1. 行程

活塞从一个止点到另一个止点移动的距离,称为活塞行程。

2. 上止点

活塞在气缸内做往返运动时,活塞顶部距离曲轴旋转中心最远的位置。

3. 下止点

活塞在气缸内做往返运动时,活塞顶部距离曲轴旋转中心最近的位置。

4. 燃烧室容积

活塞位于上止点时其顶部与气缸盖之间的容积称为燃烧室容积。

5. 气缸总容积

气缸工作容积与燃烧室容积之和称为气缸总容积。

6. 气缸工作容积

活塞从一个止点运动到另一个止点所经过的容积,称为气缸的工作容积。

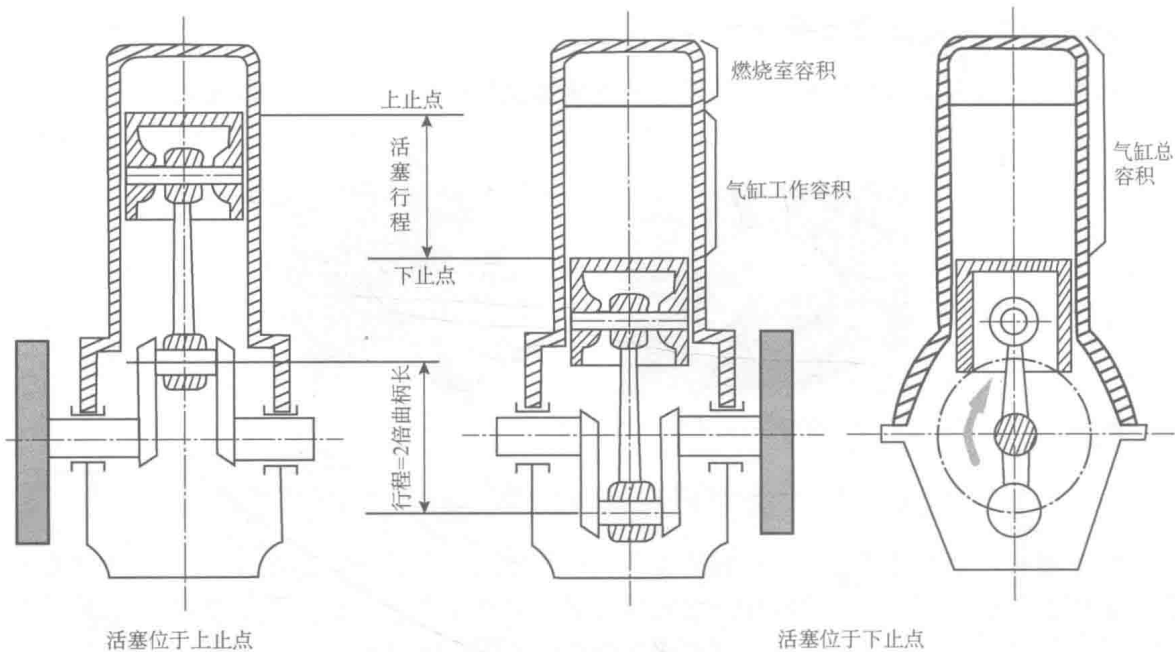


图 1-16 发动机术语表示图

7. 排量

多缸发动机各缸工作容积的总和，称为发动机排量。

附：发动机排量的应用——按排量对轿车进行分级，如图 1-17 所示。

轿车分级	发动机排量/L	图 例			
微型轿车	≤1.0				
普及型轿车	>1.0, ≤1.6		排量1.0L的奇瑞QQ	排量1.6L的现代伊兰特	排量2.0L的日产风度
中级轿车	>1.6, ≤2.5				
中高级轿车	>2.5, ≤4.0				
高级轿车	>4.0		排量3.0L的别克君威	排量4.8L的宝马760	

图 1-17 采用不同排量发动机的轿车

8. 压缩比

压缩前气缸中气体的最大容积与压缩后的最小容积之比称为压缩比。压缩比大的发动机，燃烧更迅速、更充分，发出的功率越大，经济性也好一些。但压缩比越大，发动机工作时出现“爆燃”和“表面点火”等不正常燃烧现象的可能性也越大。轿车用汽油发动机压缩比为 8~11，柴油发动机压缩比为 18~23。

9. 空燃比

空燃比是指空气和燃料的混合比。空燃比是发动机运转时的一个重要参数，它对尾气排放、发动机的动力性和经济性都有很大影响。



10. 理论空燃比

理论空燃比是指将燃料完全燃烧所需要的最少空气量和燃料量之比。燃料的组成成分对理论空燃比的影响不大，汽油的理论空燃比约为 14.7，也就是说，燃烧 1g 汽油需要 14.7g 的空气。一般常说的汽油机混合气过浓、过稀，其标准就是理论空燃比。空燃比小于理论空燃比时，混合气中的汽油含量高，称为过浓；空燃比大于理论空燃比时，混合气中的空气含量高，称为过稀。

11. 最大功率

最大功率用千瓦(kW)表示。发动机的输出功率同转速是相关的，一般来说随着转速的增加，发动机的功率也相应提高，但是到了一定转速后，功率反而呈下降趋势。另一种常用的非法定功率单位是马力。

马力的英文缩写是 hp/horsepower(英制马力)，这是日韩车比较常用的缩写，但是还有一个公制马力的概念，就是我们常在欧系车上看到的马力符号：PS。英制马力(hp)定义为：一匹马于 1min 内将 200lb(1lb=0.454kg)的物体拉动 165ft(1ft=0.305m)，相乘之后等于 33000lbf·ft/min；而公制马力(PS)定义则为一匹马于 1min 内将 75kg 的物体拉动 60m，相乘之后等于 4500kgf·m/min。

1hp(英制马力)=0.746kW 1PS(公制马力)=0.735kW

12. 最大扭矩

发动机从曲轴端输出的力矩，转矩的表示方法是 N·m/(r/min)，最大扭矩一般出现在发动机的中转速范围内，随着转速的提高转矩反而下降。最大扭矩决定着汽车的提速性能，特别是低速时的加速性。

第三节 发动机的编号

一、国标编号的规则

1. 内燃机型号的排列顺序及符号代表的意义

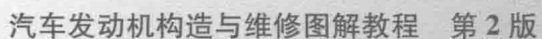
国产发动机编号规则如图 1-18 所示。

2. 型号编制举例

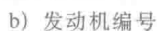
国产发动机型号编制举例见表 1-1。

表 1-1 国产发动机型号编制举例

汽 油 机		柴 油 机	
1E65F	单缸，二冲程，缸径 65mm，风冷通用型	195	单缸，四冲程，缸径 95mm，水冷通用型
4100Q	四缸，四冲程，缸径 100mm，水冷车用	165F	单缸，四冲程，缸径 65mm，风冷通用型
4100Q-4	四缸，四冲程，缸径 100mm，水冷车用，第四种变型产品	495Q	四缸，四冲程，缸径 95mm，水冷车用
CA6102	六缸，四冲程，缸径 102mm，水冷通用型，CA 表示系列符号	6135Q	六缸，四冲程，缸径 135mm，水冷车用
8V100	八缸，四冲程，缸径 100mm，V 形，水冷通用型	X4105	四缸，四冲程，缸径 105mm，水冷通用型，X 表示系列代号



汽 油 机		柴 油 机	
TJ376Q	三缸, 四冲程, 缸径 76mm, 水冷车用, TJ 表示系列符号		
CA488	四缸, 四冲程, 缸径 88mm, 水冷通用型, CA 表示系列符号		



说明: ①以气缸直径的毫米数表示; ②多点电控燃油喷射系统。

图 1-18 国产发动机编号规则



二、了解国外发动机的编号方式

知识扩展— 康明斯发动机编号及其含义

康明斯(Cummins)柴油机是美国康明斯发动机公司(Cummins Engine Company)生产的柴油机。康明斯发动机公司创建于1919年,号称世界最大的柴油机制造商。自柴油机诞生百年以来,一直采用柱塞泵,唯有康明斯柴油机于1954年创造性地配备了独特的PT燃油系统,很大程度上改进了柴油机的动力性、经济性和适应性。康明斯柴油机产品系列到现在已生产有A、B、C、L10、N、V、K等10个系列,其中A、B、C、L10、N是有发展前途的系列。康明斯柴油机的型号由以下6个部分组成。

1. 柴油机系列

用字母B、C、N、V、K等表示发动机系列。其中对B、C系列需加上气缸数,如4B、6C。

2. 吸气方式

用字母组表示:T—增压;TA—增压并中冷;TT—两级增压;TTA—两级增压并中冷。无字母组者为自然吸气。

3. 工作总容积(总排量)

柴油机工作总容积用数字表示,单位为 in^3 ($1\text{in}=25.4\text{mm}$)或L。

4. 应用符号

用字母表示柴油机的用途。A—农业;B—公共汽车;C—工程;F—消防;G—发电机组;GO—连续发电机组;GS—备用发电机组;L—机车;N—船舶;P—发电站。

5. 额定功率

用数字表示,有以下情况:

- 1) 对于汽车、公共汽车、农业、工程、发电站,可用马力表示,也可省略。
- 2) 对于消防泵、发电机、机车和船用柴油机,可用马力、千瓦或数字(1、2或3)表示其额定功率。

6. 特殊符号

用字母表示特殊汽车的特征。

● 示例:

NTA-855-C360: N指发动机系列;T表示涡轮增压;A'为中冷;855为总排量 855in^3 (14L);C指工程机械用;360指最大额定功率为360PS(269kW)。

康明斯B系列车用柴油机型号及其识别:

康明斯B系列车用柴油机按气缸数可分为4缸和6缸,按进气方式不同分别用不同型号表示,见表1-2。

表 1-2 康明斯发动机按不同进气方式所进行的编号

进 气 形 式	4 缸 发 动 机	6 缸 发 动 机
自然吸气	4B3.9	6B5.9
——增压	4BT3.9	6BT5.9



(续)

进 气 形 式	4 缸发动机	6 缸发动机
增压中冷(水中冷器)	4BTA3.9	6BTA5.9
增压中冷(空气中冷器)	4BTAA3.9	6BTAA5.9

知识扩展二 道依茨 B/F12L413F/513/C 柴油机符号含义

道依茨柴油机编号举例见表 1-3。

表 1-3 道依茨柴油机编号举例

符 号	含 义	备 注
B	增压机型	
F	高速柴油机	
12	气缸数	6—六缸机；12—十二缸机
L	冷却方式	L—风冷机型；M—水冷机型
4/5	系列号	4—第 4 系列；5—第 5 系列
13	活塞行程	13 = 13cm = 130mm
F	加大气缸直径	对 413 而言，有 F 表示气缸直径为 125mm；无 F 为 120mm
R	直列机型	
C	增压中冷机型	

第四节 发动机的组成

一、曲柄连杆机构

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。机体包括气缸体和上曲轴箱。水冷式发动机的气缸体通常与上曲轴箱铸成一体。风冷式发动机的气缸体与上曲轴箱分开铸造，用螺栓紧固在一起，通称气缸体。气缸体是发动机的安装基体。气缸体的组成如图 1-19 所示。

在做功行程中，活塞承受燃气压力在气缸内做直线运动，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。曲柄连杆机构的活塞连杆组与曲轴飞轮组如图 1-20 所示。



二、配气机构

配气机构大多采用顶置气门式，一般由气门组、气门传动组(图 1-21)，以及气门驱动组(图 1-22)组成。它的作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。

现代轿车的发动机上，经常可以看到像 VVT-i、i-VTEC、VVL、VVTL-i 等技术标号。这些标号表示它们与普通的发动机不一样，这些发动机都采用了发动机可变配气技术。

可变配气技术，从大类上分，包括可变气门正时和可变气门行程两大类，有些发动机只匹配可变气门正时，如丰田的 VVT-i 发动机(图 1-23)；有些发动机只匹配了可变气门行程，如本田的 VTEC；有些发动机既匹配了可变气门正时又匹配了可变气门行程，如丰田的 VVTL-i、本田的 i-VTEC 发动机(图 1-24)。

VVT-i 是智能可变气门正时系统的英文缩写，是丰田的专利技术。VVT-i 系统可连续调节气门正时，但不能调节气门升程。

i-VTEC 全称是可变气门正时和升程电子控制系统，是本田的专有技术，它能随发动机转速、负荷、冷却液温度等运行参数的变化，而适当地调整配气正时和气门升程，使发动机在高、低速下均能达到最高效率。

三、冷却系统

水冷发动机的冷却系统通常由冷却水泵、风扇、散热器、节温器等组成，如图 1-25 所示。它的作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。

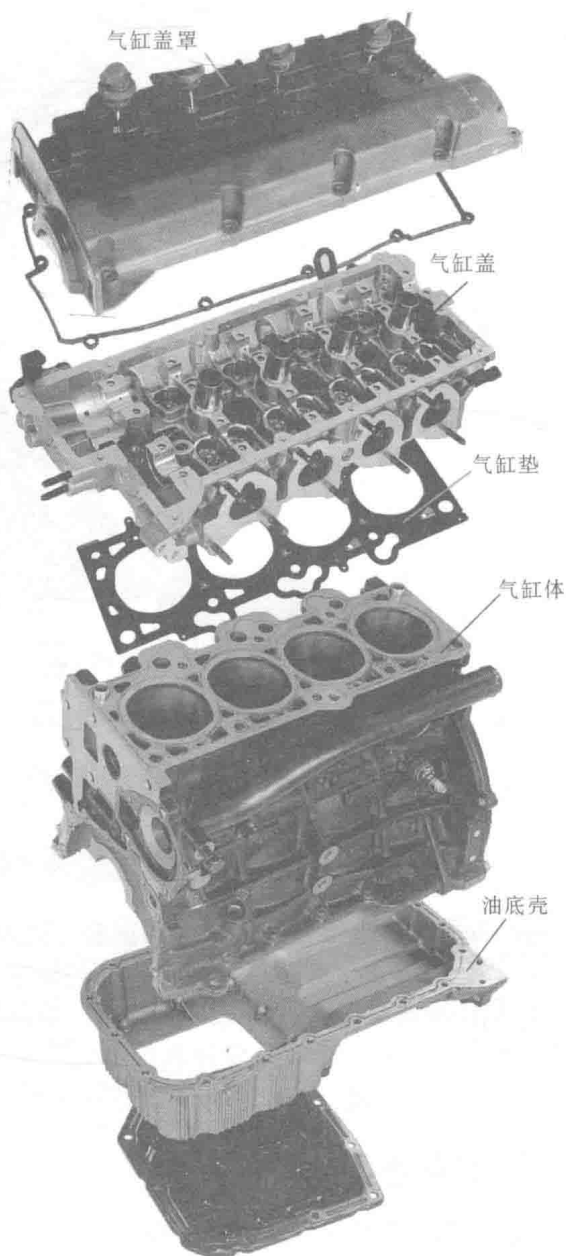


图 1-19 气缸体的组成