

汽车专业技能型教育“十二五”创新规划教材

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
陈红阳 主编

QICHE FADONGJI GOUZAO YU
WEIXIU TUJIE JIAOCHENG



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

汽车专业技能型教育“十二五”创新规划教材

汽车发动机构造与维修图解教程

汽车电气系统与维修图解教程

汽车自动变速器原理与维修图解教程

汽车空调原理与维修图解教程

汽车美容与装饰图解教程

汽车电控系统维修检测技术图解教程

汽车文化

汽车电学基础

汽车底盘构造与维修图解教程

汽车电控发动机原理与维修图解教程

汽车安全舒适系统原理与维修图解教程

汽车车身构造与维修图解教程

汽车维护与保养图解教程

汽车维修专业英语

汽车机械基础

东莞市凌凯教学设备有限公司位于东莞市东城区与寮步镇交界处，毗邻东莞国际汽车城，总建筑面积23000多平方米，是一家专注于汽车教学教材和仪器设备研发、生产、销售以及汽车专业建设咨询服务的新兴企业（企业通过ISO9001质量体系许可证）。公司旗下有四个主要部门：汽车教学仪器设备生产部、教材图书编辑部、汽教师资培训部、凌凯汽车资源网络服务中心。全公司拥有专业讲师、专职编辑、汽修技师、工程开发人员上百名。

仪器设备生产部主要以汽车检测与维修专业示教和实训仪器设备的生产与销售为主。

教材图书编辑部主要以汽车维修资料图书、教学教材、教学挂图、教学软件的编写和编制为主。

汽教师资培训部主要以汽车发动机构造与维修、汽车底盘构造与维修、汽车电器构造与维修、汽车发动机电控系统原理与维修、汽车自动变速器原理与维修、汽车安全舒适系统原理与维修、汽车空调原理与维修七大模块培训为主。通过培训，强化老师的专业理论知识、实操技能，改进教学方法，提高教学能力。

凌凯汽车资源网（www.link168.net）主要以仪器设备产品展示、汽车维修资料查询、教学资源查询、网上书店四大服务窗口为主。竭诚为广大汽车维修和教学工作者以及渴望进入汽车领域的朋友提供新颖实用的汽车维修资料和教学资源。

“让中国的汽修更专业”是凌凯的奋斗目标！“实用就是硬道理”是凌凯的品牌定位！为无数汽车职业院校与汽车维修的企事业单位提供最优质的产品和最称心的售后服务是凌凯始终不懈的服务宗旨！

凌凯紧紧围绕汽车职教产业而做，愿与各界有志同仁共同努力，为中国的汽车职业教育贡献一份力量！

QICHE FADONGJI GOUZAO YU
WEIXIU TUJIE JIAOCHENG

策划编辑：徐 巍

封面设计：马精明

上架指导：交通运输/汽车部件维修

地址：北京市百万庄大街22号

电话服务

社服务中心：(010)88361066

销售一部：(010)68326294

销售二部：(010)88379649

读者购书热线：(010)88379203

邮政编码：100037

网络服务

门户网：<http://www.cmpbook.com>

教材网：<http://www.cmpedu.com>

封面无防伪标均为盗版

ISBN 978-7-111-37054-3

定价：33.00元

ISBN 978-7-111-37054-3



9 787111 370543 >

汽车专业技能型教育“十二五”创新规划教材

汽车发动机构造与维修图解教程

组 编 东莞市凌凯教学设备有限公司

主 编 陈红阳

参 编 于海东 蔡晓兵 陈 波 李土军
陈海波 邓冬梅 皮 军 葛千红
胡 波

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:发动机的工作原理、曲柄连杆机构、配气机构、润滑系统、冷却系统、供给系统、电子控制燃油喷射系统、点火系统、起动系统,最后还给出了发动机总装和总检的完整工序,以及发动机常见故障的分析与排除方法。

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,也可用于相关培训班的教材,同时适于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,注册后即可下载教材课件;或与机械工业出版社联系,编辑热线:010-88379368、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/陈红阳主编;东莞市凌凯教学设备有限公司组编. —北京:机械工业出版社, 2012. 2

汽车专业技能型教育“十二五”创新规划教材
ISBN 978-7-111-37054-3

I. ①汽… II. ①陈…②东 III. ①汽车—发动机—构造—教材②汽车—发动机—车辆修理—教材
IV. ①U472. 43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 002677 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:徐 巍 责任编辑:徐 巍

版式设计:石 冉 责任校对:樊钟英

封面设计:马精明 责任印制:乔 宇

北京铭成印刷有限公司印刷

2012 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·12.25 印张·296 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-37054-3

定价:33.00 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

社 服 务 中 心:(010)88361066

销 售 一 部:(010)68326294

销 售 二 部:(010)88379649

读者购书热线:(010)88379203

门户网:<http://www.cmpbook.com>

教材网:<http://www.cmpedu.com>

封面无防伪标均为盗版

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，合而为一，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，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训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改编而来的，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、汽车维修专业英语以及汽车文化等四门基础课。各个专业分类下是核心与主干课程，如机修之下包括汽车发动机与汽车底盘，电子之下包括汽车电器、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	15
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	84
第一节 冷却形式与系统原理	84
第二节 冷却液与水泵	85
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	94
第一节 汽车燃料简介	94



第二节 燃油输送系统	95
第三节 汽油燃烧与空燃比	100
第四节 汽油机化油器	101
第五节 汽油机电喷系统	106
第六节 柴油机供给系统	120
第七章 点火系统	127
第一节 传统点火系统	127
第二节 电子点火系统	132
第三节 微机点火系统	134
第四节 电源与充电装置	140
第八章 起动系统	147
第一节 起动系统的组成和原理	147
第二节 不同形式的起动机	148
第三节 起动系统的检修	150
第九章 发动机综合维修	155
第一节 发动机总装与总检	155
第二节 发动机常见故障的分析与排除	164

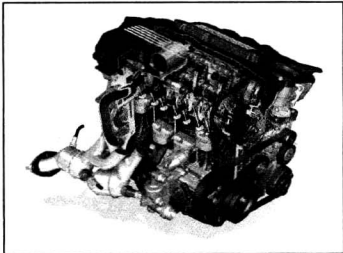
第一章

认识发动机

第一节 发动机的分类

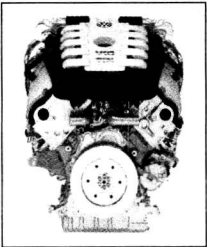
一、按使用燃料的不同

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、双燃料发动机等五种，见图 1-1 至图 1-5。



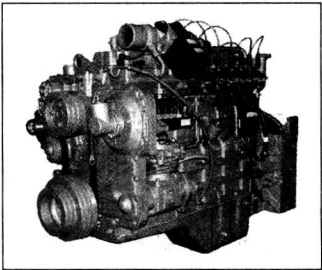
使用汽油为燃料的内燃机称为汽油机；汽油机转速高、质量小、噪声小、起动容易、制造成本低

图 1-1 汽油机



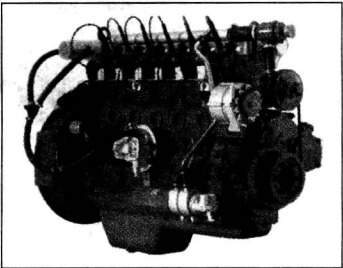
使用柴油为燃料的内燃机称为柴油机。柴油机压缩比大、热效率高、经济性能和排放性能都比汽油机好

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/汽油发动机等等

图 1-5 双燃料发动机



二、按照冲程分类

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

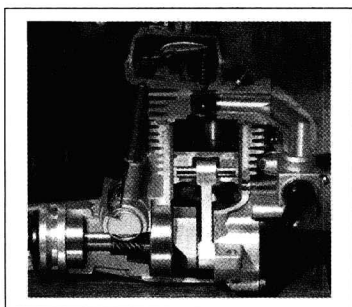


图 1-6 四冲程发动机



图 1-7 二冲程发动机

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内燃机称为四冲程内燃机,汽车发动机广泛使用四冲程内燃机。

四冲程发动机,如图 1-6 所示。

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内燃机称为二冲程内燃机。

二冲程发动机,如图 1-7 所示。

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,如图 1-8、图 1-9 所示。

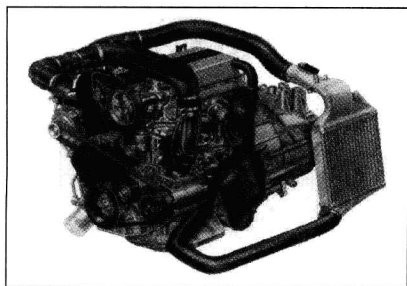


图 1-8 水冷式发动机

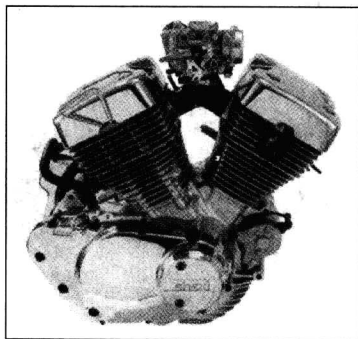


图 1-9 风冷式发动机

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汽车的发动机。



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。

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。

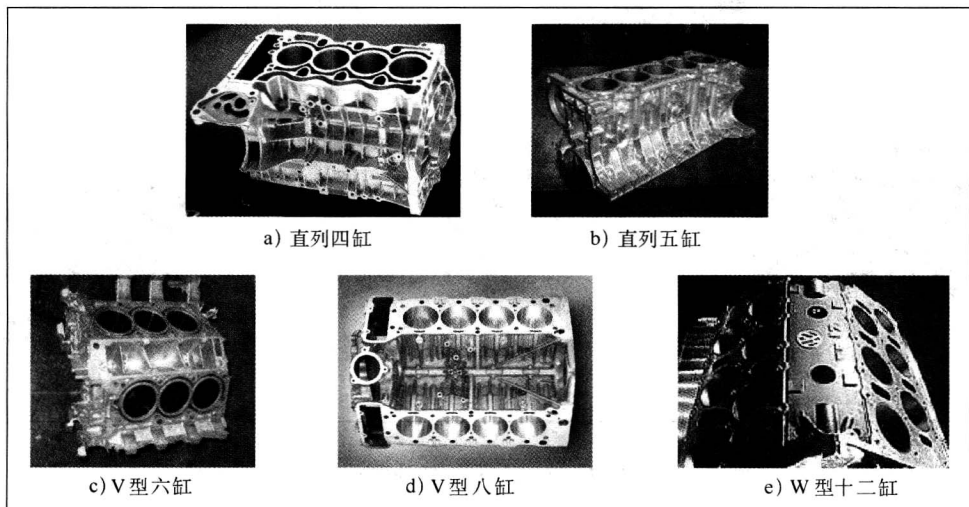


图 1-10 不同气缸数目的发动机

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,汽车发动机有如图 1-11 所示的五种常见形式,分别是直列、斜置、对置、V 型和 W 型。

直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;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 型发动机,若两列之间的夹角 $= 180^\circ$,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常采用增压式。

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:往复式活塞式,如图 1-14a 所示;转子活塞式,如图 1-14b 所示。

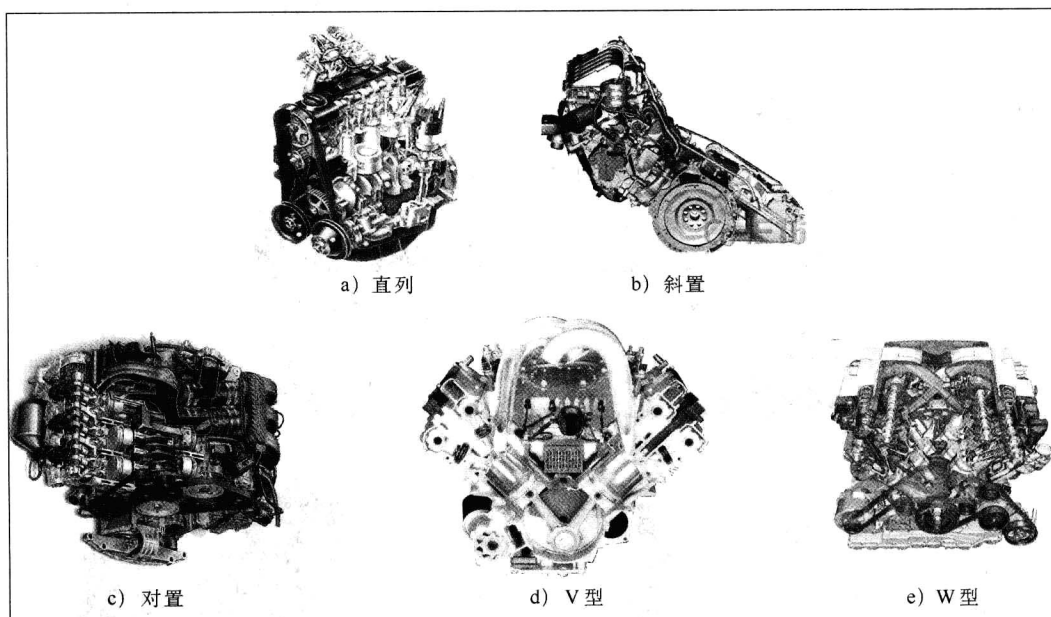


图 1-11 不同气缸布置的发动机

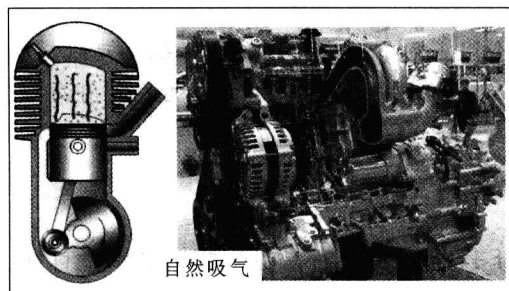


图 1-12 自然吸气式发动机

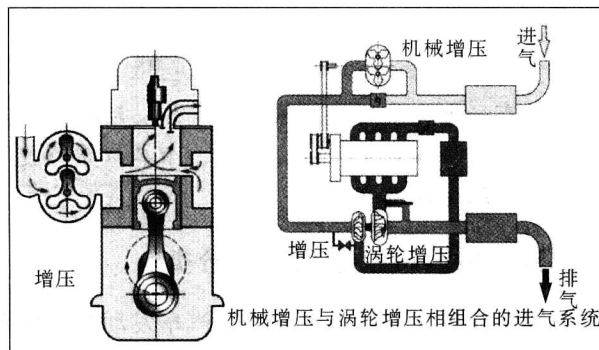


图 1-13 增压式发动机

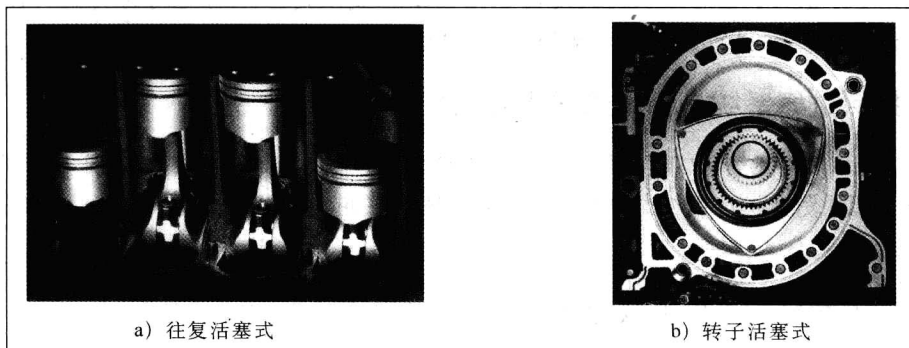


图 1-14 不同工作方式活塞发动机



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。活塞往复运动形式的发动机，其活塞在气缸内进行往复的直线运动，通过曲轴把活塞的直线运动转化为曲轴的旋转，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叫曲轴）旋转的。

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。

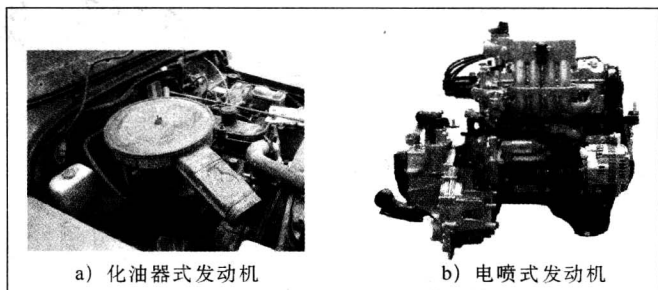


图 1-15 不同供油方式发动机

化油器靠发动机进气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。

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。它与化油器式发动机相比，突出的优点是能准确控制混合气的空燃比，保证气缸内的燃料燃烧完全，使废气排放物和燃油消耗都能降下来。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

活塞在气缸内作往返运动时，活塞顶部距离曲轴旋转中心最远的位置。

3. 下止点

活塞在气缸内作往返运动时，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。

7. 排量

多缸发动机各缸工作容积的总和，称为发动机排量。

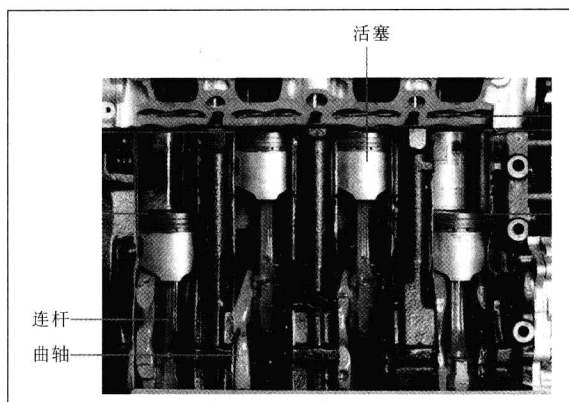


图 1-16 发动机术语表示图

附：发动机排量的应用——按排量所作的轿车等级的划分如图 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	$> 1.0, \leq 1.6$		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	$> 1.6, \leq 2.5$				
中高级轿车	$> 2.5, \leq 4.0$				
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

表示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

即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，汽油的理论空燃比大体约为 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，称作过浓；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

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的物体拉动165ft,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。

$$1\text{hp(英制马力)}=0.746\text{kW} \quad 1\text{PS(公制马力)}=0.735\text{kW}$$

12. 最大转矩

发动机从曲轴端输出的力矩,转矩的表示方法是 $\text{N} \cdot \text{m}/(\text{r}/\text{min})$,最大转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。最大转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所代表的意义

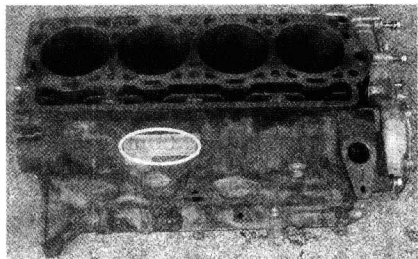
国产发动机编号规则如图1-18所示。

2. 型号编制举例

国产发动机型号编制举例如表1-1所示。

表1-1 发动机型号编制举例

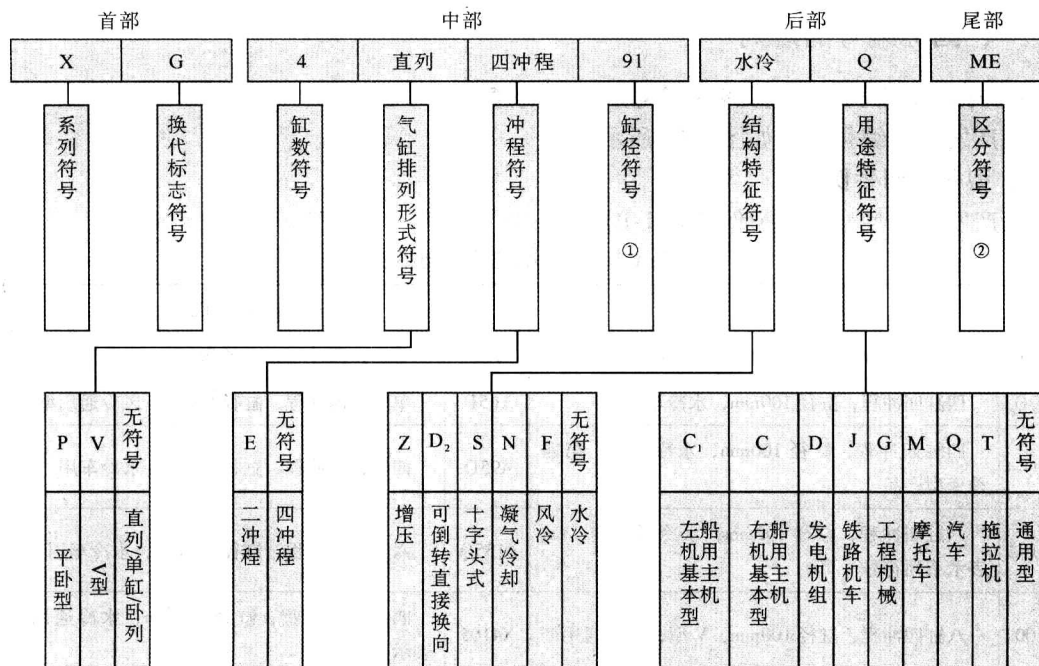
汽 油 机		柴 油 机	
1E65F	单缸二冲程,缸径65mm,风冷通用型	195	单缸,四冲程,缸径95mm,水冷通用型
4100Q	四缸四冲程,缸径100mm,水冷车用	165F	单缸,四冲程,缸径65mm,风冷通用型
4100Q-4	四缸四冲程,缸径100mm,水冷车用,第四种变型产品	495Q	四缸,四冲程,缸径95mm,水冷车用
CA6102	六缸四冲程,缸径102mm,水冷通用型,CA表示系列符号	6135Q	六缸,四冲程,缸径135mm,水冷车用
8V100	八缸四冲程,缸径100mm,V型,水冷通用型	X4105	四缸,四冲程,缸径105mm,水冷通用型,X表示系列代号
TJ376Q	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		



a) 发动机编号铭牌位置图例 (华晨金杯所配发动机)



b) 发动机编号



c) 发动机编号组成例释

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 国产发动机编号图示



二、了解国外发动机的编号方式

知识扩展一 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 2 3 4 5 6

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 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 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。