



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

汽车发动机构造与维修

(汽车运用与维修专业)

主编 孔宪峰



高等教育出版社

中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

汽车发动机构造与维修

(汽车运用与维修专业)

主 编 孔宪峰
责任主审 冯晋祥
审 稿 李仁光 张建俊

江苏工业学院图书馆
藏书章

高等教育出版社

内容简介

本书是中等职业教育国家规划教材,是根据教育部 2001 年颁发的《中等职业学校汽车运用与维修专业教学指导方案》中主干课程《汽车发动机构造与维修教学基本要求》,并参照有关行业的职业技能鉴定规范及中级技术工人等级考核标准编写的。

本书主要内容包括:汽车发动机总论、曲柄连杆机构的构造与维修、配气机构的构造与维修、发动机冷却系的构造与维修、发动机润滑系的构造与维修、汽油机燃料供给系的构造与维修、发动机电子控制汽油喷射系统的基本知识、柴油机燃料供给系的构造与维修、汽车发动机的装配调整与磨合等,各章末编有复习思考题,书末编有 17 个实验,可供实践性教学时选用。

本书可作为中等职业学校汽车运用与维修专业教材,也可作为相关行业岗位培训教材或自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

汽车发动机构造与维修/孔宪峰主编. —北京:高等教育出版社, 2002.6 (2006 重印)

中等职业学校汽车运用与维修专业用书

ISBN 7-04-010908-5

I. 汽... II. 孔... III. ①汽车-发动机-构造-专业学校-教材②汽车-发动机-车辆修理-专业学校-教材 IV. U472.43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 038030 号

汽车发动机构造与维修

孔宪峰 主编

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京铭成印刷有限公司

开 本 787×1092 1/16
印 张 19
字 数 450 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2002 年 7 月第 1 版
印 次 2006 年 4 月第 11 次印刷
定 价 23.10 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 10908-00

中等职业教育国家规划教材出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神，落实《面向21世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划，根据教育部关于《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》(教职成[2001]1号)的精神，我们组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和80个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写，从2001年秋季开学起，国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和80个重点建设专业主干课程的教学大纲(课程教学基本要求)编写，并经全国中等职业教育教材审定委员会审定。新教材全面贯彻素质教育思想，从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发，注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本，努力为教材选用提供比较和选择，满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材，并在使用过程中，注意总结经验，及时提出修改意见和建议，使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

二〇〇一年十月

前 言

本书是根据教育部 2001 年颁发的《中等职业学校汽车运用与维修专业教学指导方案》中主干课程《汽车发动机构造与维修教学基本要求》，并参照有关行业的职业技能鉴定规范及中级技术工人等级考核标准编写的，是中等职业教育国家规划教材。

汽车结构复杂、种类繁多，更新换代的速度日益加快。本书力图以叙述基本结构和原理为主，淘汰了基本上已不再应用的陈旧的结构、技术和工艺，增加了正在普遍应用或即将普遍应用的新结构、新技术和新工艺。结合中等职业教育的特点，本书注重了所述内容的实用性、时效性和可操作性。本书可作为中等职业学校汽车运用与维修专业教材，也可作为汽车运输部门和汽车维修工人的培训教材和自学用书，以及供有关技术人员参考。

本书可供 174 学时和 150 学时两种教学方案选用，学时分配建议如下表：

章 次	内 容	教学时数(括号内为 150 学时教学方案)			
		合计	讲授	实验	机动
绪论		4 (4)	4 (4)		
第一章	汽车发动机总论	10 (6)	10 (6)		
第二章	曲柄连杆机构的构造与维修	44 (40)	22 (20)	22 (20)	
第三章	配气机构的构造与维修	24 (24)	14 (14)	10 (10)	
第四章	发动机冷却系的构造与维修	10 (10)	6 (6)	4 (4)	
第五章	发动机润滑系的构造与维修	10 (10)	6 (6)	4 (4)	
第六章	汽油机燃料供给系的构造与维修	30 (28)	20 (18)	10 (10)	
第七章	发动机电子控制汽油喷射系统的基本知识	10	8	2	
第八章	柴油机燃料供给系的构造与维修	16 (16)	12 (12)	4 (4)	
第九章	汽车发动机的装配、调整与磨合	6 (6)	4 (4)	2 (2)	
	机动	10 (6)			10 (6)
	总计	174 (150)	106 (90)	58 (54)	10 (6)

注：表中第七章为 174 学时方案中的必学模块，150 学时可选学。

本书由北京市大兴区第三职业高中孔宪峰(主编)、北京市昌平区农村职业学校杨成可、济南市第十职业中专杜娟编写。

本书通过全国中等职业教育教材审定委员会审定，由山东交通学院冯晋祥教授担任责任主审，山东交通学院李仁光教授、山东交通学院张建俊高级实验师审稿。他们对书稿提出了很多宝贵意见，在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限，错误之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

2002 年 5 月

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail: dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118

责任编辑	胡 纯
封面设计	王 睢
责任绘图	朱 静
版式设计	陆瑞红
责任校对	陈 荣
责任印制	孔 源

目 录

绪论	1
----------	---

第 1 章 汽车发动机总论	7
---------------------	---

第一节 汽车发动机的类型及工作原理	7
-------------------------	---

第二节 发动机的总体构造	11
--------------------	----

第三节 发动机的主要性能指标及编号 规则	15
-------------------------------	----

复习题	16
-----------	----

第 2 章 曲柄连杆机构的构造与 维修	17
------------------------------	----

第一节 曲柄连杆机构的构造和工作原理	17
--------------------------	----

第二节 曲柄连杆机构的维修	40
---------------------	----

第三节 曲柄连杆机构的常见故障诊断与 排除	71
--------------------------------	----

复习题	75
-----------	----

第 3 章 配气机构的构造与维修	76
------------------------	----

第一节 配气机构的构造和工作原理	76
------------------------	----

第二节 配气机构的维修	93
-------------------	----

第三节 配气机构的常见故障诊断与 排除	110
------------------------------	-----

复习题	113
-----------	-----

第 4 章 发动机冷却系的构造与 维修	114
------------------------------	-----

第一节 发动机冷却系的构造和工作原理	114
--------------------------	-----

第二节 发动机水冷却系的维修	126
----------------------	-----

第三节 发动机水冷却系的常见故障诊断 与排除	130
---------------------------------	-----

复习题	132
-----------	-----

第 5 章 发动机润滑系的构造与 维修	133
------------------------------	-----

第一节 发动机润滑系的构造和工作原理	133
--------------------------	-----

第二节 发动机润滑系的维修	147
---------------------	-----

第三节 发动机润滑系的常见故障诊断与 排除	150
--------------------------------	-----

复习题	155
-----------	-----

第 6 章 汽油机燃料供给系的构造与 维修	156
--------------------------------	-----

第一节 汽油机燃料供给系的构造和工作 原理	156
--------------------------------	-----

第二节 汽油机燃料供给系的维修	200
-----------------------	-----

第三节 汽油机燃料供给系的常见故障诊断 与排除	205
----------------------------------	-----

复习题	209
-----------	-----

第 7 章 发动机电子控制汽油喷射 系统的基本知识	210
------------------------------------	-----

第一节 发动机电子控制汽油喷射系统的 构造和工作原理	210
-------------------------------------	-----

第二节 电喷发动机燃油系统故障的检查 与诊断	223
---------------------------------	-----

复习题	228
-----------	-----

第 8 章 柴油机燃料供给系的构造 与维修	229
--------------------------------	-----

第一节 柴油机燃料供给系的构造与工作 原理	229
--------------------------------	-----

第二节 柴油机燃料供给系的维修	257
-----------------------	-----

第三节 柴油机燃料供给系的常见故障诊断 与排除	267
----------------------------------	-----

复习题	275
-----------	-----

第 9 章 发动机的装配、调整与 磨合	277
------------------------------	-----

第一节 发动机的装配和调整	277
---------------------	-----

第二节 发动机的磨合	280
------------------	-----

第三节 发动机总成修理竣工技术条件	283
-------------------------	-----

复习题	283	实验十 气缸压缩压力检测	290
实验	285	实验十一 水泵、节温器的检修	291
实验一 曲柄连杆机构的拆装	285	实验十二 汽油泵的拆装	291
实验二 气缸盖与气缸体的测量	285	实验十三 化油器的拆装、检修	292
实验三 气缸的镗削与磨削	286	实验十四 汽油机常见油路故障诊断	292
实验四 连杆的校正	286	实验十五 发动机电子控制汽油喷射系统的 认识(选做)	293
实验五 活塞连杆组的组装	286	实验十六 喷油器、喷油泵的拆装及喷油器 的检查与调整	293
实验六 曲轴的动平衡(选做)	287	实验十七 柴油机常见油路故障诊断	294
实验七 曲柄连杆机构异响诊断	289	参考文献	295
实验八 气门磨削与气门座铰削	289		
实验九 气门间隙的调整	290		

发动机是汽车的动力源。它使燃料燃烧后产生动力，驱动汽车的各部分运转工作或行驶。发动机是汽车的四大基本组成部分(发动机、底盘、车身和电气设备)之一。

本课程的任务是：让学生获得汽车发动机的基本结构、工作原理、维护和修理以及故障诊断和排除方面的系统知识；使学生具备对汽车发动机进行结构分析、常规维护和修理、故障诊断和排除方面的基本技能。

本课程的总体结构由理论和实践两部分构成。因此，在书末编写了与各章有关的实验内容。本课程应采用理论与实践教学有机结合的教学方法。

本书的基本结构是以发动机的几大基本组成部分为单元，按其构造与工作原理、检测与维修和故障诊断与排除的顺序展开的。其中起动系和汽油发动机的点火系两个单元属于《汽车电气设备构造与维修》课程的教学内容，因此本书未涉及。

为了更好地学习和掌握本书各章节的有关内容，下面对与大部分章节有关的维修基本常识作一概要介绍。

一、发动机零件的耗损形式

汽车发动机的零件在工作过程中，不可避免地要发生耗损。其耗损的形式主要有：磨损、腐蚀、疲劳和变形等四类，其中磨损是最主要的一种耗损形式。大约有 80% 的零部件是由于磨损而报废的。

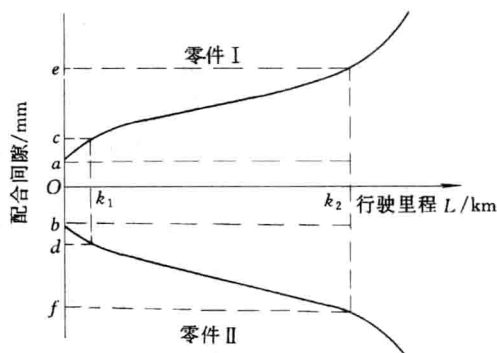
1. 磨损

相互运动的零件，其相接触表面之间的摩擦会造成零件表面的磨损，致使零件的尺寸、形状和表面质量发生变化，配合特性变坏。

零件的磨损规律如图绪-1 所示，大体分为三个阶段。

第一阶段是零件的磨合(走合)期，如图中 Ok_1 段所示，一般在新车运行 0 至 1 000 ~ 1 500 km 期间。其特征是零件磨损较快，原因是新加工零件表面存在微观凹凸不平，产生了嵌合性磨损所致。零件的载荷越大、滑动速度越高和表面越粗糙，其磨损量也就越大。新的或大修竣工后的机器，其零件表面较粗糙，所以应按磨合规定以较小的载荷和较低的速度运行。

第二阶段是零件的正常工作期，如图中 k_1k_2 段所示。其特征是零件的磨损量随行驶里程的增加而增长，但增长很缓慢。



图绪-1 配合件的磨损特性曲线

第三阶段是零件的加速磨损期，如图中 k_2 点以后所示。其特征是配合零件间的间隙已达到最大允许使用极限，零件的磨损量急剧增加(破坏性磨损)。此时机器应停止使用，及时送修。

润滑和提高运动副中主要零件的表面硬度可以减小摩擦和磨损，降低功率损耗，提高零件的使用寿命。

2. 腐蚀

金属零件表面常发生化学腐蚀和电化学腐蚀。其过程虽然是缓慢的，但对零件的正常工作和使用寿命都有很大影响。所以，在金属表面一般都采用防腐措施，如镀铬、涂油、磷化、油漆等。

3. 疲劳

疲劳断裂是材料在交变载荷作用下产生的疲劳裂纹萌生和发展而导致断裂的一种破坏现象。如曲轴的裂纹与断裂、弹簧的折断、滚动轴承的表面裂纹或局部剥落(点蚀)等多数是由于材料的疲劳引起的。大修时应应对曲轴进行探伤检测。

4. 变形

零件的变形形式主要有弯曲、扭曲、翘曲等。特别是基础件的变形，如气缸体的变形，会严重影响发动机上有关零件的装配关系，降低发动机的修理质量和使用寿命。

零件的耗损失效是发动机需要加以修理的主要原因。在修理作业中，通常采用更换新的零部件，或修复其中的一些重要零件(如磨轴、镗缸)，恢复它们的配合特性和工作能力。

二、发动机的维护和修理

同任何机器一样，汽车发动机在投入使用后，也即投入了维护和修理的过程。正确的使用、维护和修理是保证一台制造质量良好的发动机正常工作的前提。

1. 发动机的维护

发动机的维护是指为维持其完好技术状况和工作能力而进行的作业。

维护的原则是：预防为主、定期检测、强制维护。

维护的目的是：保持整洁，及时发现并清除故障隐患，延长零件使用寿命，防止早期损坏和运行中出现故障，保证安全行车。

(1) 发动机维护作业的内容

发动机维护作业的内容是清洁、检查、补给、润滑、紧固和调整。

① 清洁 包括外表清洗、保持滤清器和水、油、气管道的清洁等

② 检查 是维护作业的基础。其它的维护作业一般都要依靠检查作业的结果来进行。检查作业包括人工检视和仪器检测诊断，如检视装备是否齐全、整洁，有无漏水、漏油、漏电现象；检查发动机的异响；发动机运转是否正常；检测发动机动力性、废气排放情况等。

③ 紧固 指的是检查并按规定力矩和顺序拧紧所有外露连接件的螺栓和螺母。

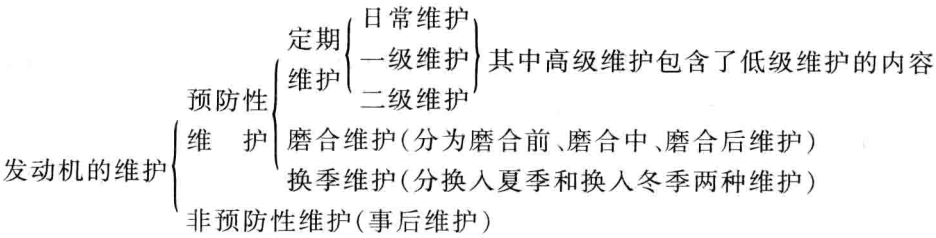
④ 补给 指的是按需添加燃料、润滑剂、冷却液等。

⑤ 润滑 指的是按要求更换发动机机油和给润滑点加注润滑剂。

⑥ 调整 指的是按规定对发动机各部位的可调节部分所进行的调整。如调整发动机怠速、点火正时、喷油正时、气门间隙和带的张紧度等。

(2) 发动机维护作业的分类

发动机维护作业可分为预防性维护和非预防性维护两大类。其中预防性维护是指按事先规定的维护计划而进行的各种维护作业；非预防性维护指的是对于一些突发性故障所采取的事后维护，所以也称为事后维护。



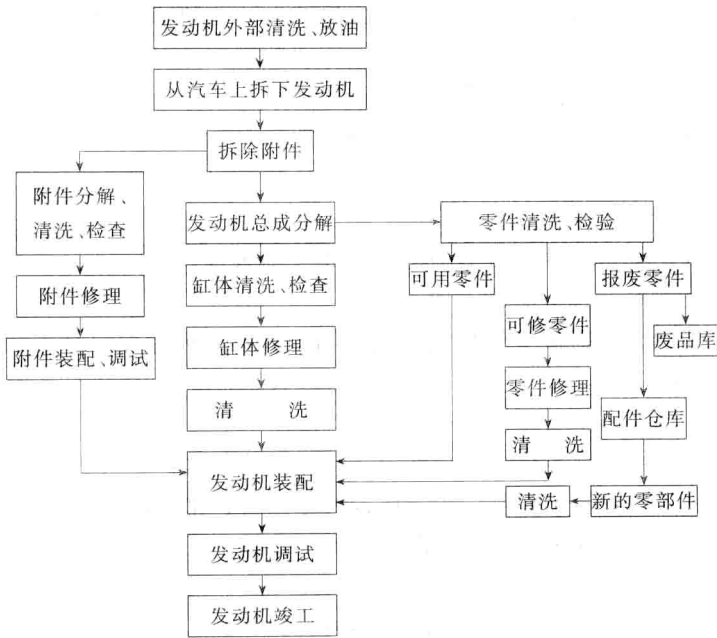
(3) 发动机维护的周期

发动机维护的周期是指进行同级维护的间隔期，一般以车辆行驶里程为依据。如解放CA1040的一级维护周期为1 500~2 000 km，二级维护周期为6 000~8 000 km。桑塔纳、奥迪、夏利等轿车及进口汽车一般没有一级维护和二级维护的提法，如桑塔纳轿车只分为7 500 km维护、15 000 km维护、30 000 km维护。每种维护的项目在有关资料中都有详细规定。其中高级维护包含了低级维护的全部项目。

2. 发动机的修理

(1) 发动机的修理工艺

发动机的修理级别一般分为小修和大修。小修一般指一两个局部的修理；大修指全面修理，其修理工艺过程最具有代表性。发动机大修时进行的各种技术作业总称为发动机修理工艺。按一定的顺序和方法完成这些作业的过程称为发动机修理工艺过程。发动机大修工艺过程一般包括进厂检验、外部清洗、总成和零件的拆卸、零件清洗、零件检验分类、零件修理、总成装配、总成试验、发动机总装及调试、出厂检验等。发动机的修理工艺过程如下：



① 零件的拆卸原则

a. 在拆装顺序上,本着“先装的后拆,后装的先拆,能同时拆的就同时拆”的原则。

b. 在拆卸范围上,本着“能不拆的就不拆,尽量避免大拆大卸”的原则。因为每拆装一次零件都会有所损耗,装配精度都会比原来降低。

c. 在拆卸目的上,本着“拆是为了装”的原则。因此,拆卸零件时,要特别留意观察、记录:零件的安装方向、装配记号、耗损状况并做好零件的分类存放。

② 零件的清洗方法

清洗零件油污的方法有:有机溶剂(汽油、煤油、柴油、酒精等)清洗、碱溶液清洗和化学合成水基金属清洗剂清洗。

清除零件积炭的方法有:机械和化学清除法。

清除零件水垢的方法有:酸洗或碱洗法。

(2) 发动机零件的机械加工修复

发动机零件的机械加工修复方法主要有修理尺寸法和镶套修复法。

① 修理尺寸法

相配零件中的主要件(如气缸体、曲轴等价值较高的零件)磨损超限后,为了延长这些零件的使用寿命,将其磨损部位用机械加工的方法扩大(孔类零件)或缩小(轴类零件)至规定的尺寸,恢复其正确的几何形状和精度,然后更换相应的配合件(如活塞、轴瓦等),通过改变尺寸而达到配合性质不变的目的。这种修理方法称为修理尺寸法。

国家标准制定了有关配合件的修理尺寸等级和级差,并由国家指导有关零配件的生产。例如,发动机的气缸与活塞的修理尺寸,除车型自身有规定者外,汽油机为六级,柴油机为八级,级差为 0.25 mm。气缸直径按规定的修理尺寸等级镗大后,可买到同级加大直径的活塞配件。

用修理尺寸法镗孔和磨轴时,一般应先从磨损较大的孔和轴开始,因为有时对磨损不均匀的轴和孔的加工余量难以估算准确,先加工磨损大的轴或孔可以防止因加工余量不够而被迫改变修理尺寸等级使已加工好的轴或孔返工。

为了防止各级修理尺寸的零件混淆,在相配零件的非工作面(如活塞顶部)上打印修理尺寸的级别或修理尺寸的代号、尺寸分组标记等。

使用修理尺寸法的要点是:

a. 同组的孔或轴的修理尺寸要按磨损最大的孔或轴来选择;

b. 同组的孔或轴的修理尺寸必须一致;

c. 加工时,应先加工磨损或变形最大的孔或轴。只要磨损或变形最大的孔或轴能加工好,其它孔或轴也一定能加工好。

② 镶套修复法

发动机零件在使用中,有些只是局部磨损,特别是像气缸体、气缸盖等造价较高的零件因局部磨损而报废是很不经济的。因此,在制造这些零件时,把易磨损部位制成一个单独的套筒状零件,然后用过盈配合的方法镶入相应部位,如气缸盖上的气门导管、气门座圈、气缸体上的干式气缸套,飞轮上的齿圈等。待磨损部位磨损超限后,可用更换新套筒件的方法修复。有些零件的不易磨损的部位经长期使用磨损或变形后(例如飞轮壳后安装变速器的承孔)可以采用

扩孔后镶套的方法修复。

镶套过盈量应选择合适的。过盈量太大，易使零件变形或挤裂；过盈量太小，又容易松动和脱落。

镶套时，包容件受拉应力，被包容件受压应力。当套的壁厚不大(2~3 mm)时，应力大小与相对过盈成正比。所谓相对过盈，就是单位直径上的过盈量。例如轴承承孔镶套，其过盈配合的公称直径为100 mm，当过盈量为0.05 mm时，则相对过盈量为 $0.05\text{ mm}/100\text{ mm}=0.000\ 5$ 。

根据相对过盈的大小，镶套配合分为四级，即轻级、中级、重级和特重级。各级配合的特点和应用范围见表绪-1。

表绪-1 镶套的过盈配合

级别	相对过盈	配合代号	装配方式	特 点	应 用
轻级	0.000 5 以下	$\frac{H6}{r5} \quad \frac{H7}{r6}$	压力机压入	传递力矩小，必要时 另行紧固	转向节指轴镶后焊、 变速器中间轴齿圈
中级	0.000 5~0.001	$\frac{H7}{s6} ; \frac{H7}{r6} ; \frac{H8}{s7}$	压力机压入	能承受一定转矩及冲 击，受力过大另加紧固	气缸套、气门导管及 主销孔衬套
重级	0.001	$\frac{H8}{s7}$	压力机压入	能承受很大转矩和冲 击力	飞轮齿圈、气门座圈
特重级	>0.001	$\frac{H7}{s6}$	温差法		

零件配合表面的加工精度和表面粗糙度直接影响镶套配合的过盈量。表面加工精度通常采用IT6~IT8，表面粗糙度 Ra 为2.5~1.25 μm 。

镶套前应认真清洗零件，测量配合面的尺寸及形状误差；检查倒角和表面粗糙度。装配时，应在表面涂上机油，然后平稳压入，切忌用锤直接砸入。在压入过程中，如套筒发生歪斜或装配压力急剧增高，应立即中止压镶，查明原因。

重级和特重级过盈配合件，宜采用温差装配法，即将包容件加热至423~473 K进行热压配合，或将被包容件用干冰、液氮等冷却收缩后再进行镶装。

三、发动机的故障诊断与检测技术

发动机部分或完全丧失工作能力的现象称为发动机故障。在不解体(或仅拆卸个别小件)条件下，通过检查、测试、分析、判断等一系列活动查明故障部位及原因的过程称为发动机的故障诊断。

诊断含检测功能。诊断技术主要是针对故障而言，检测技术主要是针对使用性能和技术状况而言，包括安全环保检测和综合性能检测等。

发动机诊断的基本方法是人工直观试探法和仪表检测法。

人工直观试探法是通过原地或道路试验，靠观察或采用简单工具来判断发动机的技术状况和故障的方法。这种方法可用于初步诊断或仪表检测法的辅助诊断，有一定实用价值。特别是借助于高技术的“专家系统”，可使人工直观试探法和仪表检测法理想地结合为一体。

仪表检测法是汽车诊断技术发展的方向。它采用专用仪器，特别是采用微机智能技术，实现了快速、自动、准确地检测汽车、总成和机构的性能参数，并进行自动分析、判断、存储和打印。

诊断参数分为额定值、允许值、极限值和当前值。额定值由其功能用途确定。允许值是参数的边界值，一般有两个允许值。极限值是使用的限制值。当前值是诊断过程中测量获得的实际值。

诊断参数的额定值、允许值和极限值的标准按其制定部门可分为国家标准、制造厂推荐标准和维修企业标准。参数标准值的作用是为诊断提供一个比较尺度，将当前值和标准值相比，就可以确定发动机或其某一总成是否能够继续使用。

汽车诊断与检测技术，自 20 世纪 80 年代开始成为国家重点推广的项目。国内外实行强制性车检制度的实践证明，它不仅具有直接的经济效益，而且具有不可估量的社会效益。汽车诊断与检测技术的发展前景广阔，其发展趋势是：诊断方式向智能化方向发展。

(1) 随车诊断技术将大大发展。利用车载微机对发动机、传动、制动、转向等系统进行自诊断并以故障码的方式予以记忆显示。

(2) 车外检测设备向智能化、多功能、易携带方向发展，可以有效地监控和预测汽车技术状况。

汽车发动机的种类，特别是品牌和型号是多种多样的，但其基本结构、工作原理、维修及故障诊断与排除方法是基本相同的。本书力图以叙述基本结构、原理和方法为主，带以典型机型，以期使学生在掌握了基本知识和技能的基础上，对各种机型的结构、维修和故障诊断与排除能举一反三、触类旁通，达到以简驭繁的目的，从而增强专业的适用性，并为学生日后在专业方面的继续学习打下坚实的基础。

第一节 汽车发动机的类型及工作原理

一、汽车发动机的类型

现代汽车所用的发动机,除个别转子式发动机外,绝大多数是往复式活塞式内燃机。其分类如下:按完成一个工作循环活塞的往复次数不同,分为四冲程与二冲程发动机;按冷却方式不同,分为水冷式与风冷式发动机;按气缸数不同,分为单缸与多缸发动机(其中多缸发动机又可按气缸的排列形式分为直列、V形和对置式发动机);按所用燃料不同,分为汽油机和柴油机(其中汽油机又可分为化油器式与汽油直接喷射式发动机);按进气是否增压又可分为增压式与非增压式发动机。

现代汽车大多采用四冲程、多缸(直列或V形)、水冷式汽油机或柴油机。

二、发动机的工作原理

1. 发动机能量转换机构的基本组成、运动特点和基本术语

发动机的工作过程是一个周期性地将燃料燃烧的热能转变为机械能的过程。发动机每一次将热能转变为机械能,都必须经过进气、压缩、作功、排气四个连续的过程。每进行一次这样的过程就叫做一个工作循环(周期)。

曲轴旋转两周,活塞往复四个行程才能完成一个工作循环的,称为四冲程发动机。曲轴旋转一周,活塞往复两个行程即完成一个工作循环的,称为二冲程发动机。

图 1-1 为单缸四冲程汽油机构造示意图。气缸 14 内装有活塞 15,连杆 20 的小头通过活塞销 18 与活塞铰接,其大头则与曲轴 22 铰接。上述机件构成了发动机曲柄连杆机构(即能量转换机构)的主要部分。曲柄连杆机构的运动特点是:活塞在气缸内的上、下往复运动可

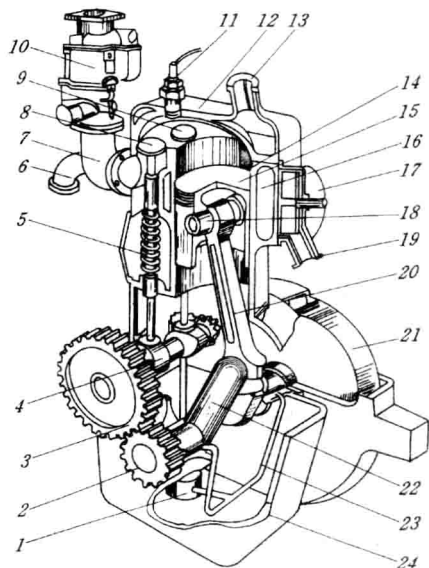


图 1-1 单缸四冲程汽油机构造示意图
1—机油泵; 2—曲轴正时齿轮; 3—凸轮轴正时齿轮; 4—凸轮轴; 5—气门弹簧; 6—排气歧管; 7—进气歧管; 8—进气门; 9—排气门; 10—化油器; 11—火花塞; 12—气缸盖; 13—出水口; 14—气缸; 15—活塞; 16—水套; 17—水泵; 18—活塞销; 19—进水口; 20—连杆; 21—飞轮; 22—曲轴; 23—机油管; 24—油底壳

以带动曲轴转动；曲轴的转动也可以带动活塞往复运动。为了气缸吸入新鲜空气和排出废气，设有由发动机自动控制开闭的进气门 8 和排气门 9。

如图 1-2 所示，活塞离曲轴回转中心最远处称为上止点，活塞离曲轴回转中心最近处称为下止点，上、下止点间的距离 S 称为活塞行程，曲轴连杆轴颈的中心至曲轴主轴颈中心的距离 R 称为曲柄半径，显然 $S=2R$ 。曲轴每转一周，活塞移动两个行程。上、下止点间气缸的容积称为气缸工作容积或气缸排量，用 V_h 表示。

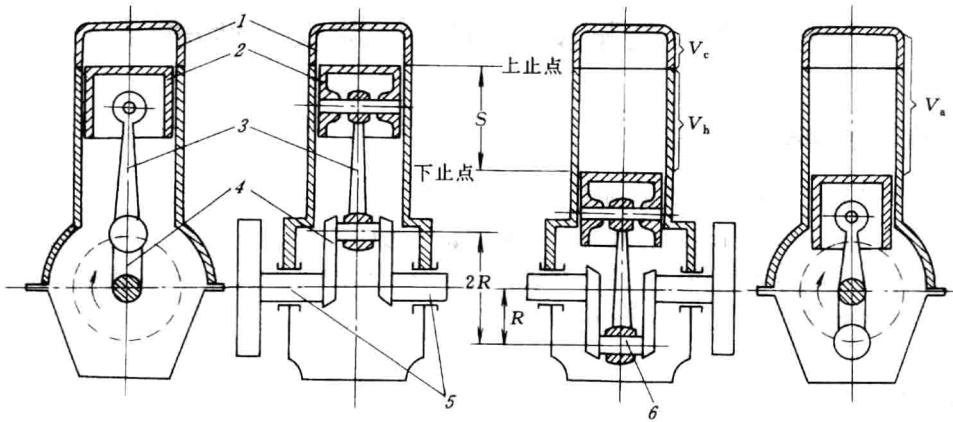


图 1-2 发动机基本术语示意图

1—气缸；2—活塞；3—连杆；4—曲柄；5—曲轴主轴颈；6—曲轴连杆轴颈

$$V_h = \frac{\pi D^2}{4 \times 10^6} \times S$$

式中 D ——气缸直径，mm；
 S ——活塞行程，mm；
 V_h ——气缸工作容积，L。

多缸发动机各缸工作容积的总和称为发动机工作容积或发动机排量，用 V_L 表示。如发动机的气缸数为 i ，则

$$V_L = V_h \cdot i$$

活塞在上止点时，活塞顶部以上的容积称为燃烧室容积，用 V_c 表示。活塞在下止点时，活塞顶以上容积称为气缸总容积，用 V_a 表示。

$$V_a = V_h + V_c$$

气缸总容积与燃烧室容积之比称为压缩比，用 ϵ 表示。

$$\epsilon = \frac{V_a}{V_c} = \frac{V_c + V_h}{V_c} = \frac{V_c}{V_c} + \frac{V_h}{V_c} = 1 + \frac{V_h}{V_c}$$

ϵ 表示活塞由下止点运动到上止点时，气缸内气体被压缩的程度。压缩比 ϵ 越大，则压缩终了时气缸内气体的压力和温度就越高。汽油机压缩比一般为 6~9 (轿车有的达 9~11)，柴油机压缩比一般为 16~22。

2. 四冲程汽油机的工作原理

四冲程汽油机的活塞每运动四个行程，完成一个工作循环。这四个行程依次称为：进气行程、压缩行程、作功行程和排气行程，如图 1-3 所示。

(1) 进气行程

活塞由曲轴带动从上止点移动到下止点，此时进气门开启，排气门关闭(图 1-3a)。气缸内因容积不断增大，而使气压不断降低，当缸内气压低于大气压时，空气便经过滤清器与化油器供给的汽油混合成可燃混合气，通过进气门被吸入气缸。由于进气系统的阻力，进气终了时气缸内气体的压力约为 $0.075 \sim 0.09 \text{ MPa}$ ，不足一个大气压。由于气缸壁、活塞、气缸盖等高温件和前一个循环残余高温废气的加热，气体温度升至 $370 \sim 440 \text{ K}$ 。

(2) 压缩行程

进气行程结束后，活塞继续在曲轴带动下，从下止点向上止点运动(图 1-3b)，此时进、排气门均关闭，进入气缸的可燃混合气被压缩。活塞到达上止点后压缩行程结束，可燃混合气都被压缩到燃烧室中。

在压缩行程中，气体温度、压力同时升高，并使混合气进一步均匀混合。压缩终了时，气缸内气压约为 $0.6 \sim 1.2 \text{ MPa}$ ，气温可达 $600 \sim 700 \text{ K}$ 。

(3) 作功行程

当压缩行程活塞接近上止点时，火花塞产生电火花点燃混合气，并迅速燃烧，此时进、排气门仍然关闭，气体的温度、压力急剧升高，从而推动已经越过上止点的活塞向下止点移动，通过连杆使曲轴旋转并输出机械能(图 1-3c)。

在作功行程中，开始阶段气缸内气体的瞬间压力可达 $3 \sim 5 \text{ MPa}$ ，温度可达 $2200 \sim 2800 \text{ K}$ 。随着活塞的下移，压力和温度逐渐下降，作功行程终了时压力约为 $0.3 \sim 0.5 \text{ MPa}$ ，温度约为 $1300 \sim 1600 \text{ K}$ 。

(4) 排气行程

作功行程将近终了时，排气门打开，进气门仍然关闭。活塞由曲轴带动，从下止点向上止点移动，废气在自身压力(高于大气压)和活塞的挤压下，被排出气缸。当活塞到达上止点时排气行程结束(图 1-3d)，但在燃烧室中仍会残留少量废气无法排除。排气终了时缸内气体压力

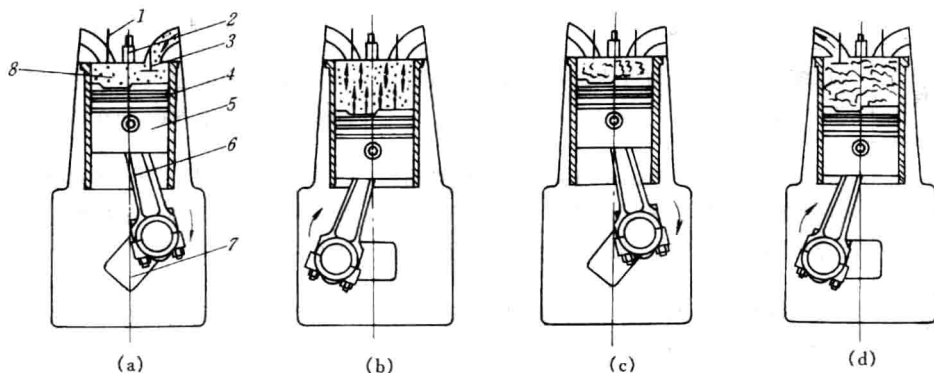


图 1-3 单缸四冲程汽油机工作循环示意图

1—排气门；2—火花塞；3—进气门；4—气缸；5—活塞；6—连杆；7—曲轴；8—可燃混合气