

赠送  电子课件

高职高专汽车类教学改革规划教材

发动机机械 故障诊断与检修

陈立旦 主编

郑尧军 熊江勇 副主编

陈开考 主审

清华大学出版社





高职高专汽车类教学改革规划教材

发动机机械 故障诊断与检修

陈立旦 主编

郑尧军 熊江勇 副主编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书力求体现发动机机械故障诊断课程理实一体化、工作任务化的教学理念,以发动机常见的机械故障为载体,对发动机的机械构造、工作原理和常见机械故障的诊断及检修方法进行系统的讲解。本书讲解的发动机机械故障诊断包括发动机润滑系统异常故障诊断、发动机温度异常故障诊断、发动机异响故障诊断、发动机排气异常故障诊断、发动机运行异常综合性故障诊断,这些故障具有典型性,易于实施教学。

本书可作为职业院校汽车类专业学生的教材,同时也可作为汽车维修技术人员的参考书及培训教材。本书配有课件,下载地址为<http://www.tupwk.com.cn/downpage>。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

发动机机械故障诊断与检修 / 陈立旦 主编. —北京:清华大学出版社, 2013.5

(高职高专汽车类教学改革规划教材)

ISBN 978-7-302-32087-6

I. ①发… II. ①陈… III. ①汽车—发动机—故障诊断—高等职业教育—教材 ②汽车—发动机—车辆修理—高等职业教育—教材 IV. ①U472.43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 082832 号

责任编辑:施 猛

封面设计:常雪影

版式设计:方加青

责任校对:邱晓玉

责任印制:刘海龙

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62794504

印 装 者:清华大学印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:13.5

字 数:280 千字

版 次:2013 年 5 月第 1 版

印 次:2013 年 5 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:22.00 元

产品编号:045608-01

前言



发动机作为汽车的心脏，是汽车的动力基础，随着汽车制造技术的发展，其结构越来越复杂，对发动机的使用、维护、故障诊断和检修的要求也越来越高。发动机故障的诊断和维修能力已成为评价汽车维修人员业务能力的重要方面。

汽车发动机故障可分为机械故障和电控系统故障，汽车发动机电控系统故障往往有故障码显示，而发动机机械系统故障只能凭借故障现象及经验，有针对性地查明故障的真实原因进而排除故障，恢复发动机的动力性、经济性及可靠性。因此，对于“发动机机械故障诊断与检修”课程的学习难度大，技能掌握周期长。该课程作为汽车相关专业开设的一门实践性很强的专业核心课程，对提高汽车维修从业人员的技能和水平至关重要。

本书以“高等职业教育汽车专业领域技能紧缺型人才培养指导方案”为依据，结合高职教育的特点和工作岗位的实际情况，根据现阶段学习情境化的要求，在编写时力求贯彻以下原则：

(1) 工学结合、任务驱动的原则。通过对汽车维修企业实际岗位的分析，梳理出汽车发动机机械故障诊断与检修核心能力，以职业岗位的典型工作任务为驱动，设计理实一体化的学习任务；选取典型的、易教学实施的汽车发动机机械故障诊断与检修项目工作任务(发动机润滑系统异常故障诊断、发动机温度异常故障诊断、发动机异响故障诊断、发动机排气异常故障诊断、发动机运行异常综合性故障诊断)。

(2) 以工作过程系统化、培养综合职业能力为目标的原则。通过典型案例(任务)导入，设计融职业基本能力、社会能力、专业能力于一体的系统化学习性工作任务，使学生在真实的工作场景中获得解决综合性专业问题的能力，并形成相应的思维方式。

(3) 以学生为主体、教师为引导、符合职业实际的原则。注重对发动机机械故障诊断与检修核心能力培养的学习目标和引导问题的设计。在理实一体化的场景中，强调“学中教”、“练中学”，体现以学生为主体、教师为引导的理念。

(4) 教材的开发与精品课程网站同步的原则。精品课程网站提供了教材的各种辅助教学资源，配套性好。教材既适合课堂教学，也便于学生自学。

本书由陈立旦任主编，郑尧军、熊江勇任副主编。具体分工为：陈立旦(浙江经济职业技术学院，项目1、项目2、项目3、项目6和项目7)；郑尧军(浙江经济职业技术学院，项目8)、熊江勇(应天职业技术学院，项目4和项目5)。全书由陈立旦负责统

II 发动机机械故障诊断与检修

稿，陈开考主审。

本书在编写过程中参阅了大量国内公开发表或出版的资料、文献及汽车维修手册，并引用了其中的部分图表资料，谨在此表示深深的谢意。在大纲讨论和编审中得到了浙江省高职高专汽车类协作组各位专家的关心与支持，在此一并表示感谢。

由于水平有限，书中内容取舍、编排及叙述等方面难免有不妥之处，敬请各位专家和读者批评指正，以便再版时修订。我们的反馈邮箱是cld1121@163.com。

编者

2012年12月

目录



项目1 发动机结构与典型机械

故障症状1

1.1 发动机结构认识2

1.1.1 发动机的分类和基本构造2

1.1.2 发动机各系统结构介绍4

1.1.3 发动机构造认识实训31

1.2 汽车发动机典型机械故障症状 认识33

1.3 发动机机械故障原因35

项目2 发动机机械故障诊断39

2.1 发动机机械故障诊断方法和 参数40

2.1.1 发动机机械故障的诊断方法40

2.1.2 发动机机械故障的诊断参数42

2.2 发动机机械故障诊断分析45

2.2.1 压力分析45

2.2.2 真空分析49

2.2.3 温度分析55

2.2.4 振动异响分析57

项目3 发动机机械故障诊断常用工具、 仪器62

3.1 常用工具、设备63

3.1.1 常用扳手63

3.1.2 活塞环拆装钳65

3.1.3 滑脂枪66

3.1.4 千斤顶66

3.1.5 汽车举升器67

3.1.6 起重吊车68

3.2 发动机故障诊断设备68

3.2.1 诊断仪69

3.2.2 压缩压力测试仪70

3.2.3 汽缸漏气量检测仪71

3.2.4 真空表71

3.2.5 真空泵72

3.2.6 真空泄漏检测仪72

3.2.7 冷却系统压力检测仪和冷却液 防冻剂比例计73

3.2.8 机油压力表74

3.2.9 传动带张力计74

3.2.10 燃油压力表74

3.2.11 喷油器电路检测灯75

3.2.12 排气分析仪75

3.2.13 发动机分析仪76

3.3 发动机测量工具77

3.3.1 塞尺78

3.3.2 游标卡尺79

3.3.3 千分尺(螺旋测微器)79

3.3.4 分度表(量缸表)82

3.3.5 扭力扳手83

项目4 发动机润滑系统异常故障

诊断	85
4.1 机油压力过低故障诊断	86
4.1.1 发动机润滑系统机油压力过低	
故障分析	87
4.1.2 发动机润滑系统机油压力过低	
故障诊断与检修实训	90
4.2 机油压力过高故障诊断	93
4.2.1 发动机润滑系统机油压力过高	
故障分析	94
4.2.2 发动机润滑系统机油压力过高	
故障诊断与检修实训	96
4.3 机油消耗过大故障诊断	98
4.3.1 发动机润滑系统机油消耗过大	
故障分析	100
4.3.2 发动机润滑系统机油消耗过大	
故障诊断与检修实训	105
4.4 机油变质故障诊断	108
4.4.1 发动机润滑系统机油变质	
故障分析	109
4.4.2 发动机润滑系统机油变质故障	
诊断与检修实训	111

项目5 发动机温度异常故障诊断 ... 114

5.1 水温过高故障诊断	115
5.1.1 发动机水温过高故障分析	116
5.1.2 发动机水温过高故障诊断与	
检修实训	119
5.2 水温过低故障诊断	122
5.2.1 发动机水温过低故障分析	124
5.2.2 发动机水温过低故障诊断与	
检修实训	125

5.3 冷却液消耗过快故障诊断

5.3.1 发动机冷却液消耗过快	
故障分析	129
5.3.2 发动机冷却液消耗过快故障诊断	
与检修实训	131

项目6 发动机异响故障诊断

6.1 发动机异响故障诊断基础	135
6.1.1 发动机常见异响的类型与形成	
机理	135
6.1.2 发动机常见异响的影响因素与	
诊断方法	136
6.1.3 异响的区分	139
6.2 发动机曲柄连杆机构异响诊断 ...	140
6.2.1 发动机曲柄连杆机构异响故障	
分析	142
6.2.2 发动机连杆轴承异响故障诊断与	
检修实训	146
6.3 发动机配气机构异响诊断	148
6.3.1 发动机配气机构异响故障	
分析	150
6.3.2 发动机液压挺杆异响故障诊断与	
检修实训	153

项目7 发动机排气异常故障诊断 ... 156

7.1 发动机排烟异常故障诊断	157
7.1.1 发动机排白烟异常故障分析 ...	158
7.1.2 发动机排黑烟异常故障分析 ...	160
7.1.3 发动机排蓝烟异常故障分析 ...	161
7.1.4 发动机排烟异常(冒蓝烟)故障	
诊断与检修实训	162
7.2 发动机排放超标故障诊断	165



7.2.1 发动机排放超标的含义及发动机 排放检测	167
7.2.2 发动机尾气排放不合格诊断	169
7.2.3 发动机排放超标故障诊断与检修 实训	171
项目8 发动机运行异常综合性故障 诊断	176
8.1 无法启动机械故障诊断	177
8.1.1 发动机不能启动机械综合故障 分析	178
8.1.2 发动机不能启动机械综合故障 诊断与检修实训	183
8.2 怠速不稳机械故障诊断	186
8.2.1 发动机怠速不稳机械综合故障 分析	188
8.2.2 发动机怠速不稳机械综合故障 诊断与检修实训	195
8.3 动力不足机械故障诊断	197
8.3.1 发动机动力不足机械综合故障 分析	199
8.3.2 发动机动力不足机械综合故障 诊断与检修实训	203
参考文献	207

项目1

发动机结构与典型机械故障症状



1.1 发动机结构认识

学习目标

1. 知识目标：熟悉发动机的机械结构及工作原理。
2. 专业技能目标：掌握发动机各组成系统的结构。
3. 综合能力目标：方法能力——观察能力、学习能力、写作能力。
社会能力——团队合作能力、交流能力、演讲能力。
专业能力——分析能力、解决问题的能力。
4. 训练点：发动机结构的认识。
5. 评价点：考勤与加分项，任务处理过程考核，任务验收考核(任务工作单的填写、上台演讲的表达、提问与解答)，知识识记考核，发动机机械结构认识的考核。

相关知识

发动机是汽车的动力源，是把某一种形式的能量转变成机械能的机器。现代汽车所使用的发动机多为内燃机(本书中如无特殊说明，所指发动机均为内燃机)。内燃机把燃料燃烧的化学能转变成热能，然后又把热能转变成机械能，并且这种能量转换过程是在发动机汽缸内部进行的。汽车上使用的内燃机主要是汽油机和柴油机。

1.1.1 发动机的分类和基本构造

1. 发动机的分类

发动机的分类方法有很多，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。使用汽油的发动机称为汽油机，使用柴油的发动机称为柴油机。汽油机与柴油机各有特点：汽油机转速高，质量小，噪声小，启动容易，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。

(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冲程发动机和二冲程发动机。曲轴转两圈(720°)，活塞在汽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；而曲轴转一圈(360°)，活塞在汽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。汽车发动机广泛使用四冲程发动机。

(3) 按照冷却方式分类

发动机按照冷却方式的不同可以分为水冷发动机和风冷发动机。水冷发动机是利用在汽缸体和汽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汽缸体与汽缸盖外表面散热片之间的空气作为冷却介质进行冷却的。水冷发动机因具有冷却均匀，工作可靠，冷却效果好的优点，被广泛地应用于现代车用发动机。

(4) 按照汽缸数目分类

发动机按照汽缸数目的不同可以分为单缸发动机和多缸发动机。仅有一个汽缸的发动机称为单缸发动机；有两个以上汽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。现代车用发动机多采用四缸、六缸或八缸发动机。

(5) 按照汽缸排列方式分类

发动机按照汽缸排列方式的不同可以分为单列式和双列式。单列式发动机的各个汽缸排成一列，一般是垂直布置的，但为了降低高度，有时也把汽缸布置成倾斜的甚至水平的排列方式；双列式发动机把汽缸排成两列，两列之间的夹角小于 180° （一般为 90° ）时称为V型发动机，两列之间的夹角等于 180° 时称为对置式发动机。

(6) 按照进气系统是否采用增压方式分类

发动机按照进气系统是否采用增压方式可以分为自然吸气式(非增压)发动机和强制进气式(增压式)发动机。汽油机常采用自然吸气式。

2. 发动机的基本构造

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，无论是四冲程发动机还是二冲程发动机，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地工作，都必须具备以下机构和系统。

(1) 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。在做功行程中，活塞承受燃气压力，在汽缸内做直线运动，通过连杆转换成曲轴的旋转运动，向外输出动力，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换成活塞的直线运动。

(2) 配气机构

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，使可燃混合气进入汽缸，并使废气从汽缸内排出，实现换气过程。配气机构

4 发动机机械故障诊断与检修

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。

(3) 燃料供给系统

汽油机燃料供给系统的功用是根据发动机的要求，配制出一定数量和浓度的可燃混合气，并送入汽缸；柴油机燃料供给系统的功用是把柴油和空气分别供入汽缸，在燃烧室内形成混合气并燃烧。

(4) 润滑系统

润滑系统的功用是向做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。润滑系统通常由润滑油道、机油泵、机油滤清器和一些阀门等零部件组成。

(5) 冷却系统

冷却系统的功用是将受热零件吸收的部分热量及时散发出去，以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统通常由冷却水套、水泵、风扇、水箱、节温器等零部件组成。

(6) 点火系统

在汽油机中，汽缸内的可燃混合气是靠火花塞生成的电火花点燃的，为此在汽油机的汽缸盖上装有火花塞，火花塞头部伸入燃烧室内。点火系统的功用是定时在火花塞电极间产生电火花，点燃汽缸内的可燃混合气。点火系统通常由蓄电池、发电机、分电器、点火线圈和火花塞等零部件组成。

(7) 起动系统

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，使活塞做往复运动，汽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统。

汽油机由以上两大机构和六大系统组成，即由曲柄连杆机构、配气机构，燃料供给系统、进排气系统、润滑系统、冷却系统、点火系统和起动系统组成。柴油机由以上两大机构和五大系统组成，即由曲柄连杆机构、配气机构，燃料供给系统、进排气系统、润滑系统、冷却系统和起动系统组成。柴油机是压燃的，不需要点火系统。

1.1.2 发动机各系统结构介绍

1. 曲柄连杆机构

曲柄连杆机构是内燃机实现工作循环、完成能量转换的传动机构，用来传递力

和改变运动方式。曲柄连杆机构在做功行程中把活塞的往复运动转变成曲轴的旋转运动,对外输出动力,而在其他三个行程中,即进气、压缩、排气行程中,又把曲轴的旋转运动转变成活塞的往复直线运动。总的来说,曲柄连杆机构是发动机借以产生并传递动力的机构,通过它把燃料燃烧后放出的热能转变为机械能。

曲柄连杆机构的主要零件可以分为三组,即机体组、活塞连杆组和曲轴飞轮组,如图1-1所示。机体组包括汽缸体、曲轴箱、汽缸盖、汽缸垫和油底壳(下曲轴箱)等零件,如图1-2所示;活塞连杆组包括活塞、活塞环、活塞销、连杆、连杆轴瓦等零件;曲轴飞轮组包括曲轴、主轴瓦、飞轮等零件。

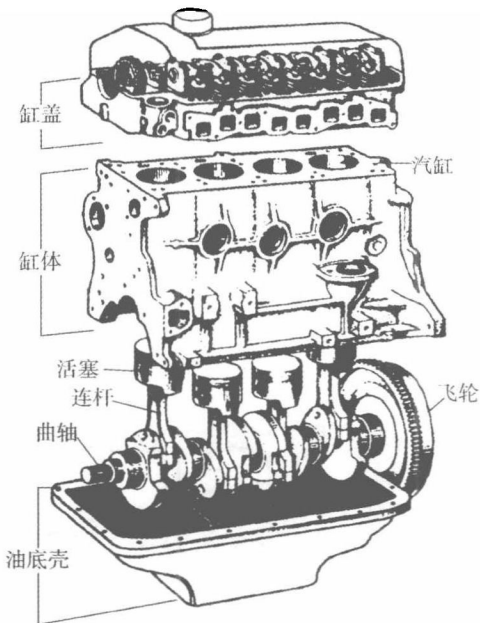


图1-1 曲柄连杆机构

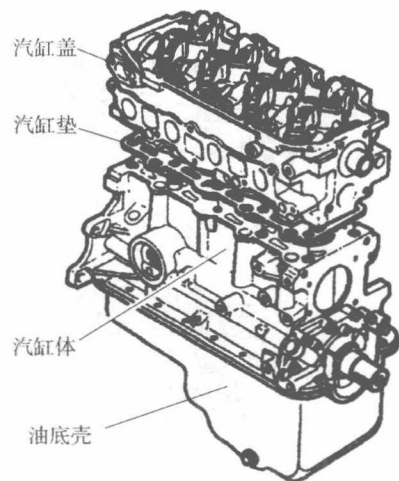


图1-2 机体组

发动机工作时,曲轴的旋转速度很高,活塞往复运动的线速度相当大,同时,不可避免地会与可燃混合气和燃烧废气接触,不但易受到化学腐蚀的作用,而且影响润滑效果。可见,曲柄连杆机构的工作条件相当恶劣。

(1) 机体组

① 汽缸盖

汽缸盖一般采用优质灰铸铁或合金铸铁铸造,轿车用的汽油机则多采用铝合金汽缸盖。

汽缸盖外部有进、排气门座孔,气门导管孔,火花塞安装孔(汽油机)或喷油器安装孔(柴油机)。在汽缸盖内还铸有水套、进排气道和燃烧室或燃烧室的一部分。若凸轮轴安装在汽缸盖上,则汽缸盖上还加工有凸轮轴轴承孔或凸轮轴轴承座及其润滑油道,如图1-3所示。

6 发动机机械故障诊断与检修

汽缸盖有整体式、分块式和单体式三种结构形式。

汽缸盖主要用来封闭汽缸顶部，并与活塞顶和汽缸壁一起形成燃烧室。另外，汽缸盖内的水套和油道也是冷却系统和润滑系统的组成部分。

② 汽缸垫

汽缸垫安装在汽缸盖和汽缸体之间，其作用是保证汽缸盖与汽缸体接触面的密封，以防止漏气、漏水和漏油。汽缸垫的材料要有一定的弹性，能补偿结合面的不平度，以确保密封，同时要有较强的耐热性和耐压性，确保在高温高压的环境下不烧损、不变形。以前的汽车多用铜皮-石棉结构的汽缸垫，这种汽缸垫翻边处有三层铜皮，压紧时较之石棉不易变形。目前，新型普及型轿车的汽缸垫多采用冷轧钢片制成。有的发动机还采用中心用编织的钢丝网或有孔钢片为骨架，两面用石棉及橡胶黏合剂压成的汽缸垫，如图1-4所示。

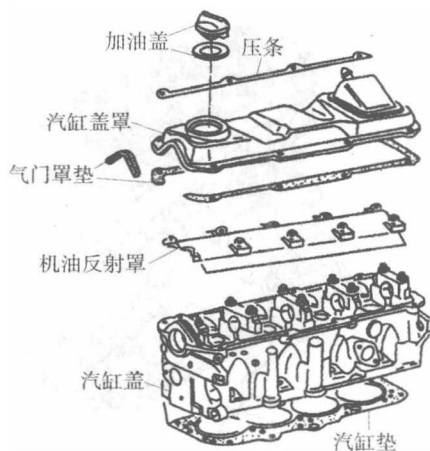


图1-3 汽缸盖位置及分解图

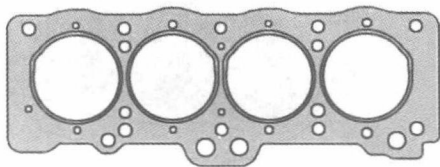


图1-4 汽缸垫

③ 汽缸体

汽缸体一般用灰铸铁铸成，上部的圆柱形空腔称为汽缸，下半部为支承曲轴的曲轴箱，其内腔为曲轴运动的空间。在汽缸体的内部铸有冷却水套、润滑油道及许多加强筋。汽缸体应具有足够的强度和刚度，如图1-5所示。

④ 油底壳

油底壳的主要功用是储存机油和封闭机体或曲轴箱。油底壳用薄钢板冲压或用铝铸造而成。油底壳内设有稳油挡板，用以减轻汽车颠簸时油面的振荡。油底壳底部设有放油螺塞。有的放油螺塞带磁性，可以吸出机油中的铁屑。油底壳在安装时需更换密封垫，同时涂抹密封胶，如图1-6所示。

(2) 活塞连杆组

活塞连杆组由活塞、活塞环、活塞销、连杆、连杆轴瓦等组成。

① 活塞

活塞的功用是承受气体压力，并通过活塞销和连杆驱使曲轴旋转。活塞顶部还是

燃烧室的组成部分。根据活塞各部分所起作用的不同，活塞可分为三部分，即活塞顶部、活塞头部和活塞裙部，如图1-7所示。

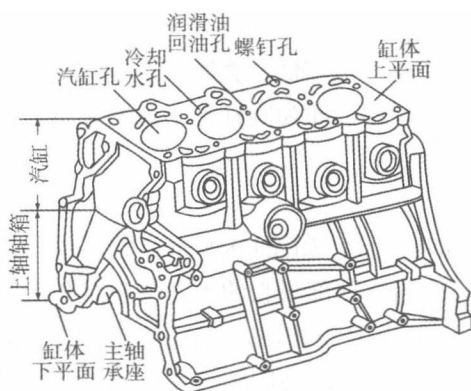


图1-5 汽缸体

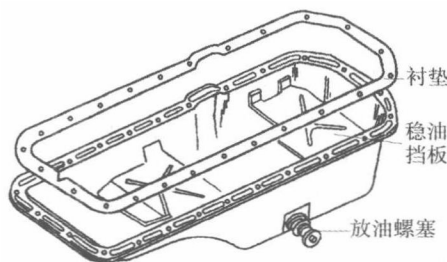
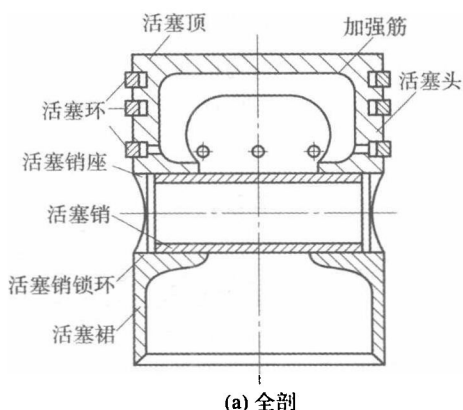
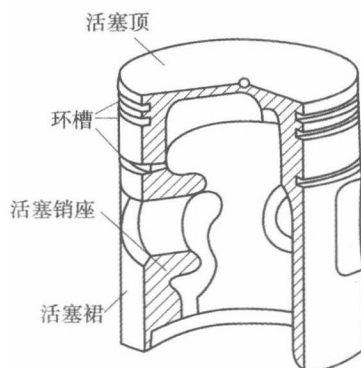


图1-6 油底壳



(a) 全剖



(b) 部分剖

图1-7 活塞基本结构

活塞顶部是燃烧室的组成部分，主要用于承受气体压力，其形状、大小都与燃烧室的作用有关，以便于满足可燃混合气的形成和燃烧的要求。

活塞顶部按形状的不同可分为四类：平顶、凸顶、凹顶和成型顶。

活塞头部是指第一道活塞环槽与活塞销孔之间的部分。头部一般有数道环槽，用以安装起密封作用的活塞环，因此又将头部称为防漏部。柴油机的压缩比高，一般有四道环槽，上面三道用来安装气环，最下面一道用来安装油环。汽油机一般有三道环槽，其中有两道气环槽和一道油环槽。在油环槽底面上钻有许多径向小孔，油环从汽缸壁上刮下的机油经过这些小孔流回油底壳。第一道环槽工作条件最恶劣，一般应离顶部较远些。

活塞顶部吸收的热量主要也是经过活塞头部通过活塞环传给汽缸壁，再由冷却水传出去。总之，活塞头部的作用除了用来安装活塞环外，还与活塞环一起密封汽缸，防止可燃混合气漏到曲轴箱内，同时还将70%~80%的热量通过活塞环传递给汽缸壁。

活塞裙部是指从油环槽下端面起至活塞最下端的部分，它包括装活塞销的销座孔。活塞裙部对活塞在汽缸内的往复运动起导向作用，并承受侧压力。裙部的长短取决于侧压力的大小和活塞直径。

活塞沿高度方向的温度分布很不均匀，上部高、下部低，膨胀量也相应的是上部大、下部小。为了使工作时活塞的上下直径趋于相等，即为圆柱形，就必须预先把活塞制成上小下大的阶梯形、锥形或上小中大的桶形。

② 活塞环

活塞环是具有弹性的开口环，有气环和油环之分，如图1-8所示。气环的作用是保证汽缸与活塞间的密封性，防止漏气，并且把活塞顶部吸收的大部分热量传给汽缸壁，再由冷却水带走。其中密封作用是活塞环最主要的作用，因为密封是传热的前提，如果密封性不好，高温燃气将直接从活塞与汽缸之间的间隙进入曲轴箱，这样不但会由于环面和汽缸壁面贴合不严而不能很好地散热，而且由于其外圆表面吸收了附加热量还会导致活塞和气环烧坏。油环主要起布油和刮油的作用。油环下行时能刮除汽缸壁上多余的机油，上行时还能在汽缸壁上铺涂一层均匀的油膜，这样既可以防止机油窜入汽缸燃烧掉，又可以减小活塞、活塞环与汽缸壁间的摩擦阻力。此外，油环还能起到封气的辅助作用。

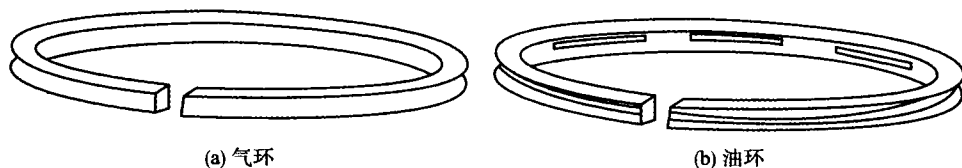


图1-8 活塞环

③ 活塞销

活塞销的作用是连接活塞和连杆小头，并把活塞承受的气体压力传递给连杆。

活塞销在高温环境下能周期性地承受很大的冲击载荷，其本身又做摆转运动，而且又要在润滑条件很差的情况下工作，因此要求活塞销具有足够的强度和刚度，表面韧性好，耐磨性好，重量轻，所以活塞销一般都做成空心圆柱体，采用低碳钢和低碳合金钢制成，外表面经渗碳淬火处理以提高硬度，精加工后再进行磨光，有较高的尺寸精度和表面光洁度，如图1-9所示。

④ 连杆

连杆的作用是连接活塞与曲轴，并把活塞承受的气体压力传给曲轴，使活塞的往复运动变成曲轴的旋转运动。如图1-10所示，连杆小头通过活塞销与活塞相连，连杆大头与曲轴的连杆轴颈相连。

连杆工作时，承受活塞顶部气体压力和惯性力的作用，而这些力的大小和方向都是周期性变化的，因此连杆受到的是压缩、拉伸和弯曲等交变载荷，这就要求连杆必须强度高、刚度大、重量轻。

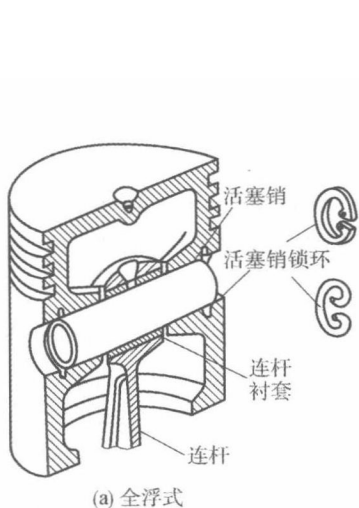


图1-9 活塞销

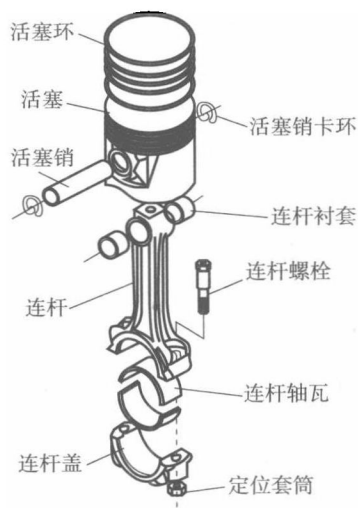


图1-10 连杆组

连杆分为三个部分，即连杆小头、连杆杆身和连杆大头(包括连杆盖)。连杆小头与活塞销相连。对全浮式活塞销，由于工作时小头孔与活塞销之间有相对运动，所以常常在连杆小头孔中压入减磨的青铜衬套。为了润滑活塞销与衬套，在小头和衬套上铣有油槽或钻有油孔以收集发动机运转时飞溅上来的润滑油。有的发动机连杆小头采用压力润滑，在连杆杆身内钻有纵向的压力油通道。

为了减小摩擦阻力和曲轴连杆轴颈的磨损，连杆大头孔内装有瓦片式滑动轴承，简称连杆轴瓦。如图1-10所示，轴瓦由上、下两个半片组成。目前多采用薄壁钢背轴瓦，在其内表面浇铸有耐磨合金层，背面有很高的光洁度。耐磨合金层具有质软、容易保持油膜、磨合性好、摩擦阻力小及不易磨损等特点。常采用的耐磨合金有巴氏合金、铜铝合金和高锡铝合金。连杆轴瓦的半个轴瓦在自由状态下不是半圆形，当它们被装入连杆大头孔内时，由于有过盈，故能均匀地紧贴在大头孔壁上，具有很好的承受载荷和导热的能力，并可以提高工作可靠性和延长使用寿命。

(4) 曲轴飞轮组

曲轴飞轮组主要由曲轴、飞轮和一些附件组成，如图1-11所示。

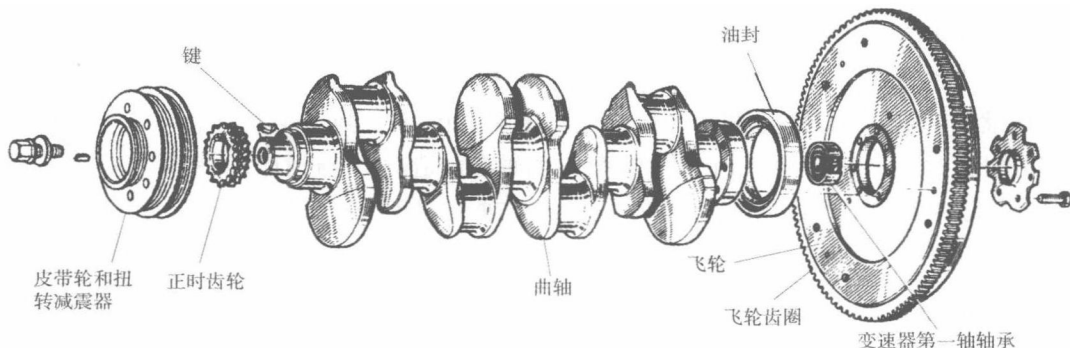


图1-11 曲轴飞轮组