

国家技能型紧缺人才培养培训工程

职业教育汽车运用与维修专业“十二五”规划教材

汽车发动机构造与维修 (第2版)

屈殿银 刁维芹 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

国家技能型紧缺人才培养培训工程
职业教育汽车运用与维修专业“十二五”规划教材

汽车发动机构造与维修

第 2 版

主 编	屈殿银	刁维芹		
副主编	于汇泉	张淑珍	刘海雄	
参 编	黄 斌	王磊刚	魏红梅	杨开锁
主 审	尹维贵			



机械工业出版社

本书是根据教育部、中国汽车维修行业协会颁布的“中等职业学校汽车运用与维修专业领域技能型紧缺人才培养培训指导方案”，并参照相关行业岗位技能鉴定规范编写的。

本书内容包括发动机总体构造和工作原理、汽车维修基本知识、曲柄连杆机构的构造与维修、配气机构的构造与维修、汽油机燃油供给系统的构造与维修、柴油机燃油供给系统的构造与维修、冷却系统的构造与维修、润滑系统的构造与维修和发动机的装配与调试。

本书可作为职业学校汽车运用与维修专业教材，也可作为汽车行业从业人员岗位培训用书。

为方便教学，本书配有免费电子课件，凡选用本书作为授课教材的教师，均可登录 www.cmpedu.com 以教师身份注册下载。

图书在版编目(CIP)数据

汽车发动机构造与维修/屈殿银,刁维芹主编. —2版. —北京:机械工业出版社,2012.6

国家技能型紧缺人才培养培训工程 职业教育汽车运用与维修专业“十二五”规划教材

ISBN 978-7-111-38387-1

I. ①汽… II. ①屈…②刁… 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(2012)第099127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:曹新宇 责任编辑:曹新宇 王莉娜

责任校对:张薇 封面设计:路恩中

责任印制:乔宇

三河市宏达印刷有限公司印刷

2012年8月第2版第1次印刷

184mm×260mm·17.5印张·411千字

0001-2000册

标准书号:ISBN 978-7-111-38387-1

定价:38.00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

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

第2版前言

本书自2008年1月第1版出版发行以来,深受广大师生的欢迎,并已多次重印,在此对长期使用本书的院校师生表示感谢。为适应职业院校汽车类专业课程建设和教学改革的需要,使教材的内容紧跟汽车技术发展的步伐,根据机械工业出版社和广大用书单位的要求,对此书进行修订再版。修订的主要内容如下:

1. 单元1发动机的工作原理中增加了二冲程发动机工作原理的内容,使发动机的工作原理更加完善。

2. 单元4配气机构的构造与维修中增加了顶置气门上置凸轮轴式配气机构拆装的相关内容。

3. 单元5汽油机燃油供给系统的构造与维修,完全删掉了化油器式的燃油供给系统,按电控燃油喷射系统进行了重新编写,并增加了新内容。

4. 单元6柴油机燃油供给系统的构造与维修中增加了转子分配泵和柴油机电控技术方面的内容。

5. 增加了单元9发动机的装配与调试。

本书在修订过程中保留了第1版的整体结构体系,全书共分九个单元,主要内容包括发动机总体构造和工作原理、汽车维修基本知识、曲柄连杆机构的构造与维修、配气机构的构造与维修、汽油机燃油供给系统的构造与维修、柴油机燃油供给系统的构造与维修、冷却系统的构造与维修、润滑系统的构造与维修及发动机的装配与调试。

本书难易适度,图文并茂,深入浅出,通俗易懂。每一单元都是完整独立的教学模块,各学校在教学时,可根据学校实际情况和用人单位需求,合理、灵活地安排教学内容和进程。

本书由屈殿银、刁维芹担任主编,于汇泉、张淑珍、刘海雄担任副主编,其他参加编写的还有黄斌、王磊刚、魏红梅、杨开锁。

本书由长春一汽技工学校的尹维贵担任主审,他对本书的编写、修改提出了许多宝贵的意见和建议,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平和经验有限,书中难免有错误和不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编者

第1版前言

本书是根据教育部、中国汽车维修行业协会最新颁布的“中等职业学校汽车运用与维修专业领域技能型紧缺人才培养培训指导方案”，并参照相关行业岗位技能鉴定规范编写的，是“十一五”全国中等职业教育汽车运用与维修专业规划教材之一。

本教材从实际出发，较为系统地介绍了汽车发动机的结构与工作原理、常见缺陷、维护修理及故障排除等知识。在内容上突出了基础理论知识的应用和实践能力的培养，强化实践教学。通过学习，使学生掌握发动机各系统、各总成的功用、结构和工作原理，具备发动机拆卸和装配的知识和技能；能正确使用工具和量具对发动机各总成、部件进行维修。

本书难易适度，图文并茂，深入浅出，通俗易懂。每一单元都是完整独立的教学模块，各学校在教学时，可根据学校实际情况和用人单位需求，合理、灵活地安排教学内容和进程。本书教学时数为160~180学时。

本书由屈殿银、刁维芹担任主编，张淑珍、于汇泉、刘海雄担任副主编。其他参与编写的还有黄斌、王磊刚、魏红梅、杨开锁。

本书由长春一汽集团公司高级技工学校的尹维贵担任主审，他对本书的编写、修改提出了许多宝贵的意见和建议，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平和经验有限，书中难免有错误和不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第2版前言

第1版前言

绪论	1
----------	---

单元1 发动机总体构造和工作原理 ... 5

课题1 发动机的类型和总体构造 ...	5
---------------------	---

课题2 发动机的工作原理	7
--------------------	---

课题3 发动机的性能指标和 型号编制规则	12
-------------------------------	----

能力训练	13
------------	----

复习思考题	14
-------------	----

单元2 汽车维修基本知识 16 |

课题1 汽车维护概述	16
------------------	----

课题2 汽车维修常用工具及量具 ...	23
---------------------	----

能力训练	28
------------	----

复习思考题	30
-------------	----

单元3 曲柄连杆机构的构造与维修 ... 32

课题1 概述	32
--------------	----

课题2 机体组的构造和维修	34
---------------------	----

课题3 活塞连杆组的构造与维修 ...	41
---------------------	----

课题4 曲轴飞轮组的构造与维修 ...	53
---------------------	----

能力训练	61
------------	----

复习思考题	64
-------------	----

单元4 配气机构的构造与维修 66 |

课题1 概述	66
--------------	----

课题2 气门组零件的构造与维修 ...	74
---------------------	----

课题3 气门传动组零件的 构造与维修	82
-----------------------------	----

课题4 配气相位	92
----------------	----

能力训练	95
------------	----

复习思考题	100
-------------	-----

单元5 汽油机燃油供给系统的

构造与维修	102
-------------	-----

课题1 汽油机燃油供给系统 概述	102
---------------------------	-----

课题2 汽油机对可燃混合气 浓度的要求	111
------------------------------	-----

课题3 空气供给系统主要元件的 构造与维修	113
--------------------------------	-----

课题4 燃油供给系统主要元件的 构造与维修	129
--------------------------------	-----

课题5 排气系统主要零件的 构造与维修	142
------------------------------	-----

课题6 燃油喷射控制系统主要 元件的构造和控制原理 ...	150
----------------------------------	-----

能力训练	160
------------	-----

复习思考题	162
-------------	-----

单元6 柴油机燃油供给系统的

构造与维修	165
-------------	-----

课题1 概述	165
--------------	-----

课题2 可燃混合气的形成与 燃烧室	167
----------------------------	-----

课题3 柴油机低压供油装置的 构造与维修	169
-------------------------------	-----

课题4 柴油机高压供油装置的 构造与维修	173
-------------------------------	-----

课题5 调速器的构造与维修	196
---------------------	-----

课题6 PT 燃油供给系统简介	206
-----------------------	-----

课题7 废气涡轮增压系统的构 造与维修	207
------------------------------	-----

课题8 柴油机燃油供给系统综合	
-----------------	--

故障诊断	210	单元 8 润滑系统的构造与维修	253
课题 9 柴油机电控系统简介	213	课题 1 概述	253
能力训练	226	课题 2 润滑系统主要零部件的 构造与维修	255
复习思考题	230	能力训练	263
单元 7 冷却系统的构造与维修	232	复习思考题	265
课题 1 概述	232	单元 9 发动机的装配与调试	267
课题 2 冷却系统主要零部件的 构造与维修	236	课题 1 发动机的装配与调整	267
课题 3 冷却系统故障的诊断 与排除	246	课题 2 发动机的磨合与验收	269
能力训练	248	复习思考题	272
复习思考题	251	参考文献	273

绪 论

1886 年德国人卡尔·本茨获得了第一个内燃机汽车制造专利，从此人类进入了现代汽车时代。

汽车是重要的交通和运输工具，是现代科学技术发展水平的标志。汽车工业是资金密集、技术密集、人才密集、综合性强的产业。世界各个工业发达国家都把汽车工业作为国民经济的支柱产业之一。随着汽车产量的高速增长，汽车新技术得到了普及和推广。这些新技术的发展，极大地提高了汽车的动力性、经济性、安全性和舒适性。

一、汽车的类型

汽车是由动力装置驱动，具有 4 个或 4 个以上车轮的非轨道无架线车辆。按不同的分类方法，可将汽车分为不同的类型。

1. 按用途分类

汽车按用途可分为 7 类：

(1) 轿车 主要用来运载人员和少量的行李。按发动机排量不同，轿车又可分为：

- 1) 微型轿车：排量 $< 1.0\text{L}$ ；
- 2) 普通级轿车：排量 $1.0 \sim 1.6\text{L}$ ；
- 3) 中级轿车：排量 $1.6 \sim 2.5\text{L}$ ；
- 4) 中高级轿车：排量 $2.5 \sim 4.0\text{L}$ ；
- 5) 高级轿车：排量 $> 4.0\text{L}$ 。

(2) 货车 主要作用是运载货物。按总质量的不同，货车又可以分为以下四种：

- 1) 微型车：总质量 $< 1800\text{kg}$ ；
- 2) 轻型车：总质量 $1800 \sim 6000\text{kg}$ ；
- 3) 中型车：总质量 $6000 \sim 14\,000\text{kg}$ ；
- 4) 重型车：总质量 $> 14\,000\text{kg}$ 。

(3) 客车 主要用来运送人员及行李物资。按长度不同，客车又分为微型、轻型、中型、大型和特大型客车。

(4) 越野车 主要行驶在路况较差或无路地区的汽车，通常采用全轮驱动，并配有越野轮胎。越野汽车按总质量不同可分为轻型越野汽车、中型越野汽车和重型越野汽车。

(5) 牵引汽车 专门或主要用来牵引挂车或其他车辆的汽车。

(6) 自卸汽车 可以利用自身的液压装置将货箱倾斜的汽车。

(7) 专用汽车 为完成特定的运输任务或作业而设计的汽车。

依据 GB/T 3730.1—2001《汽车和挂车类型的术语和定义》，将汽车分为：

(1) 乘用车 主要用来运载乘客及其随身行李物品的汽车，又分为普通乘用车、活顶乘用车、高级乘用车、小型乘用车、敞篷车、舱背乘用车、旅行车、多用途乘用车和专

用乘用车。标准允许将普通乘用车、活顶乘用车、高级乘用车、小型乘用车、敞篷车和舱背乘用车仍俗称为轿车。

(2) 商用车 主要用来运送人员和货物的汽车，又分为客车、货车和半挂牵引车。

2. 按所用的燃料不同分类

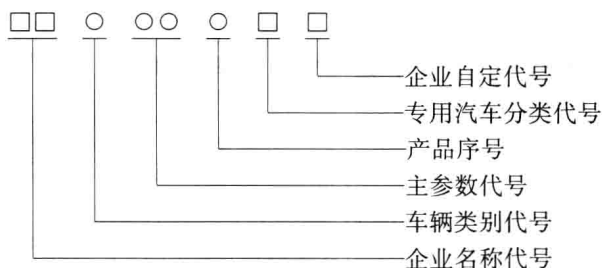
汽车按所用的燃料不同可分为汽油车、柴油车、液化石油气汽车和天然气汽车等。

二、国产汽车的型号编号规则

为了表示不同的汽车生产企业的厂牌、汽车的用途及汽车的主要特征，国家颁布了《汽车产品型号编号规则》。

1. 汽车产品型号的组成

企业产品型号由企业名称代号、车辆类别代号、主参数代号、产品序号、专用汽车分类代号和企业自定代号组成，其形式如下：



1) 企业名称代号位于产品型号的第一部分，由2~3个汉语拼音字母组成，是识别企业名称的代号。如：CA代表“一汽”、EQ代表“二汽”、BJ代表北京等。

2) 车辆类别代号位于产品型号的第二部分，用一位阿拉伯数字表示，见表0-1。

表 0-1 车辆类别代号及主参数代号的含义

车辆类别代号的含义		主参数代号的含义
1	载货汽车	表示汽车总质量(t)数值 ^①
2	越野汽车	
3	自卸汽车	
4	牵引汽车	
5	专用汽车	
6	客车	表示汽车总长度(×0.1m)数值 ^②
7	轿车	表示发动机工作容积(×0.1L)数值
8	(暂缺)	
9	半挂车和专用挂车	表示汽车总质量(t)数值

① 汽车总质量大于100t时，允许用3位数字。

② 汽车总长度大于10m时，数字×1m。

3) 主参数代号位于产品型号的第三部分，由两位阿拉伯数字组成，表示汽车的主要特征。不同类别的车辆对应不同的主参数，见表0-1。

4) 产品序号位于产品型号的第四部分，用一位阿拉伯数字表示汽车的产品生产改进

顺序号。如：“0”表示第一代产品，“1”表示在其基础上改进的第二代产品。

5) 专用汽车分类代号位于产品型号的第五部分，反映汽车结构和用途特征。如：“X”表示厢式汽车，“G”表示罐车。非专用汽车可无此代号。

6) 企业自定代号位于产品型号的最后部分，用汉语拼音字母或阿拉伯数字表示。基本型无此代号，其变形车(如采用不同的发动机、加长轴距、双排座驾驶室等)为了与基本型区别，常用A、B、C等自定代号表示。

2. 型号实例

(1) CA1091 表示一汽集团生产的总质量为9t的第二代载货汽车。

(2) TJ6481 表示天津汽车制造厂生产的第二代轻型客车，车辆长度为4.8m。

(3) CA7220AE 表示一汽集团生产的中级轿车，发动机的排量为2.2L，第一代产品。

三、汽车的总体构造

现代汽车虽然种类繁多，结构千差万别，但它们的基本组成是一致的，都是由发动机、底盘、车身和电气设备四大部分组成。常见轿车的结构如图0-1所示。

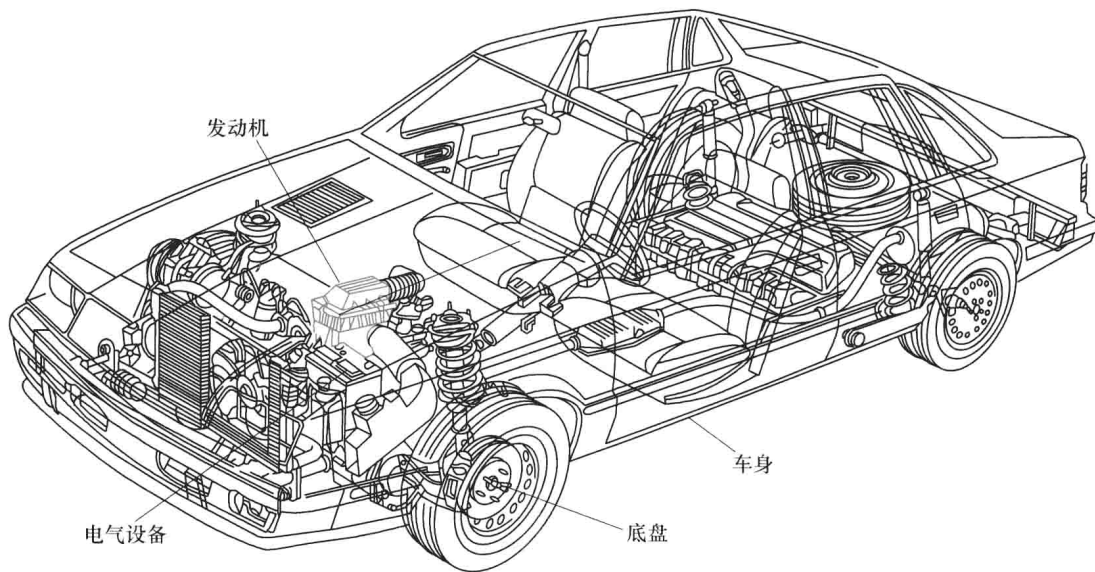


图0-1 常见轿车的总体结构

1. 发动机

发动机是汽车的动力装置，其作用是将燃料燃烧产生的热能转变为机械能，通过底盘驱动汽车行驶。一般汽车都采用往复式活塞式发动机，所用的燃料以汽油和柴油为主。

2. 底盘

底盘是汽车装配和行驶的基体，它接受发动机的动力，按照驾驶员的意志行驶。

底盘由传动系统、行驶系统、转向系统和制动系统四部分组成。

3. 车身

车身是驾驶人工作和装载货物、乘客的场所。对于不同的车型，车身的结构形式和作

用也不同。货车的车身由驾驶室和货厢组成，轿车和部分货车车身兼有车架的作用，有承载式和非承载式车身之分。

4. 电气设备

电气设备包括电源、发动机起动系统和点火系统、汽车照明和信号装置等。在汽车上日益增加的电子设备、电子控制等装置也属于电气设备的范围。

单元 1 发动机总体构造和工作原理

应知应会：

1. 掌握发动机的总体构造和工作原理。
2. 熟悉发动机的类型。
3. 了解发动机的性能指标。

课题 1 发动机的类型和总体构造

1.1.1 发动机的分类

汽车的动力来源于发动机。发动机就是将某种能量转化为机械能的机器。将热能转变为机械能的发动机，称为热力发动机（简称热机）。热力发动机分为内燃机和外燃机。外燃机的特点是燃料在机器的外部燃烧，再通过其他介质将热能转变为机械能。内燃机的特点是燃料在内部燃烧，燃烧产生的热能直接转变为机械能。

内燃机与外燃机相比，具有热效率高、体积小、便于移动、起动性好等优点，因而被广泛应用。现代汽车发动机一般都属内燃机。

发动机种类繁多，可以按以下不同特征分类。

1. 按使用燃料分类

按使用燃料不同，汽车用发动机可分为汽油机、柴油机和其他代用燃料发动机。以汽油为燃料的发动机称为汽油机；以柴油为燃料的发动机称为柴油机。

另外，还有以单一燃气（如液化石油气或天然气）为燃料的单燃料发动机和具有两套相互独立的燃料系统、可分别使用两种不同燃料的两用燃料发动机。同时使用两种燃料的混合燃料发动机，为降低排放和节省能源研制了混合动力装置，即混合燃料发动机采用传统的内燃机和电动机作为动力源，通过混合使用热能和电能两套系统开动汽车。混合动力系统的最大特点是油、电发动机的互补工作模式，即在车辆起步或低速行驶时，仅依靠电力驱动，此时汽油发动机关闭，车辆的燃油消耗量为零；当车辆行驶速度升高（一般达 40km/h 以上）或者需要紧急加速时，汽油发动机和电动机同时起动并开始输出动力；在车辆制动时，混合动力系统将动能转化为电能，并储存在蓄电池中以备下次低速行驶时使用。

2. 按点火方式分类

按点火方式不同，汽车用发动机可分为点燃式和压燃式两种。点燃式是利用高压电火花点燃气缸内的可燃混合气来完成做功的，如汽油机；压燃式是利用高温、高压使气缸内的可燃混合气自行着火燃烧来完成做功的，如柴油机。

3. 按活塞运动方式分类

按活塞运动方式不同,汽车用发动机可分为往复式活塞式发动机和旋转活塞式发动机。现代汽车发动机多采用往复式活塞式发动机。

往复式活塞式发动机按完成一个工作循环所需活塞的行程数不同,又可分为四冲程发动机和二冲程发动机。

4. 按冷却方式分类

按冷却方式不同,发动机可分为水冷式发动机和风冷式发动机。现代汽车发动机绝大多数采用水冷式。

5. 按气缸数目分类

按气缸数目不同,发动机可分为单缸发动机和多缸发动机。

6. 按气缸布置方式分类

按气缸布置方式不同,汽车用发动机可分为直列式发动机、对置式发动机和V形发动机。

7. 按进气方式分类

按进气方式不同,汽车用发动机可分为增压式发动机和非增压式发动机。增压式发动机上装有增压器,空气经过增压后进入气缸;非增压式发动机上不装增压器,利用活塞的往复运动将空气吸入气缸。

1.1.2 发动机的总体构造

发动机是汽车的“心脏”,是由许多机构和系统组成的复杂机器。现代汽车发动机的结构形式很多,具体构造也是千差万别。但不论是哪种形式的发动机,其基本结构都是相似的。汽油机通常由“两大机构、五大系统”组成,如图1-1所示;柴油机通常由“两大

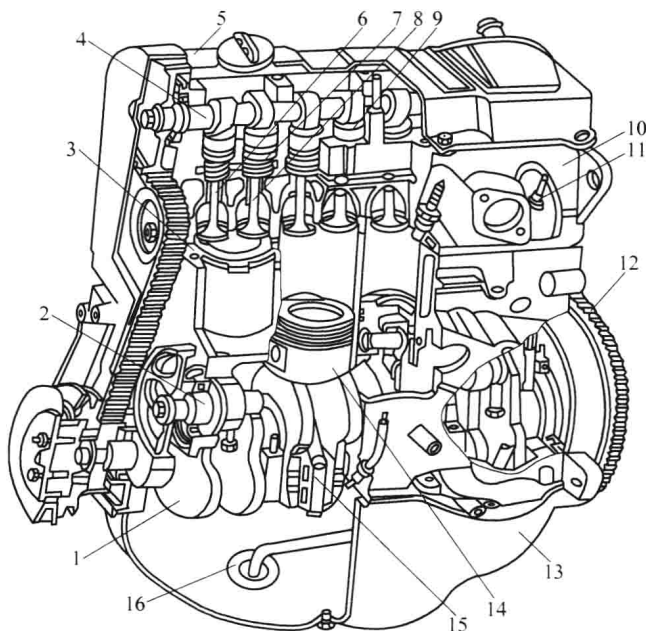


图 1-1 汽油机解剖图

1—曲轴 2—中间轴 3—气缸体 4—凸轮轴 5—凸轮轴罩盖 6—排气门 7—气门弹簧 8—进气门
9—气门挺柱 10—气缸 11—火花塞 12—飞轮 13—油底壳 14—活塞 15—连杆总成 16—集滤器

机构、四大系统”组成。

1. 曲柄连杆机构

曲柄连杆机构是发动机实现热能与机械能相互转换的核心机构，其功用是将燃料燃烧所产生的热能转变成机械能。曲柄连杆机构主要由气缸体、气缸盖、活塞、连杆、曲轴和飞轮等组成。

2. 配气机构

配气机构的功用是根据发动机的工作需要，适时打开和关闭气门，使新鲜气体适时进入气缸并及时从气缸中排除废气。配气机构主要由进气门、排气门、摇臂、挺柱、凸轮轴和凸轮轴正时齿轮等组成。

3. 燃料供给系统

汽油机必须按需要向气缸内供给已配好的可燃混合气；柴油机则要向气缸内供给纯空气并在规定的时刻向气缸内喷入燃油。另外，两者都应将燃烧后的废气排出发动机。

燃料供给系统有化油器式和电控燃油喷射式两种类型。化油器式燃料供给系统一般由汽油箱、汽油泵、汽油滤清器、化油器、空气滤清器和进排气装置等组成；电控燃油喷射式燃料供给系统由空气供给系统、燃油供给系统和电子控制系统组成。柴油机燃料供给系统主要由燃油箱、输油泵、喷油泵、喷油器、柴油滤清器、空气滤清器、进排气歧管和排气消声器等组成。

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清洁的润滑油，以减少摩擦和磨损，并对摩擦表面进行清洗和冷却。润滑系统主要由机油泵、集滤器、限压阀、油道和机油滤清器等组成。

5. 冷却系统

冷却系统的功用是将机件多余的热量散发到大气中，以保持发动机正常的工作温度。冷却系统有水冷式和风冷式两种。水冷式冷却系统主要由散热器、风扇、水泵和水套等组成；风冷式冷却系统主要由风扇和散热片等组成。

6. 点火系统(仅汽油机有)

点火系统的功用是根据发动机的工作需要，及时地点燃气缸内的混合气。它主要由电源、点火线圈、分电器和火花塞等组成。

7. 起动系统

起动系统的功用是使发动机由静止进入到正常工作状态。它主要包括起动机和其他附属装置。

课题2 发动机的工作原理

1.2.1 基本术语

发动机每一次将热能转变为机械能，都必须经过进气、压缩、做功及排气四个连续的过程，每进行一次这样的过程就叫一个工作循环。

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

为了说明发动机的工作原理，图 1-2 给出了发动机能量转换机构的最基本组成及其运动关系和一些基本术语。

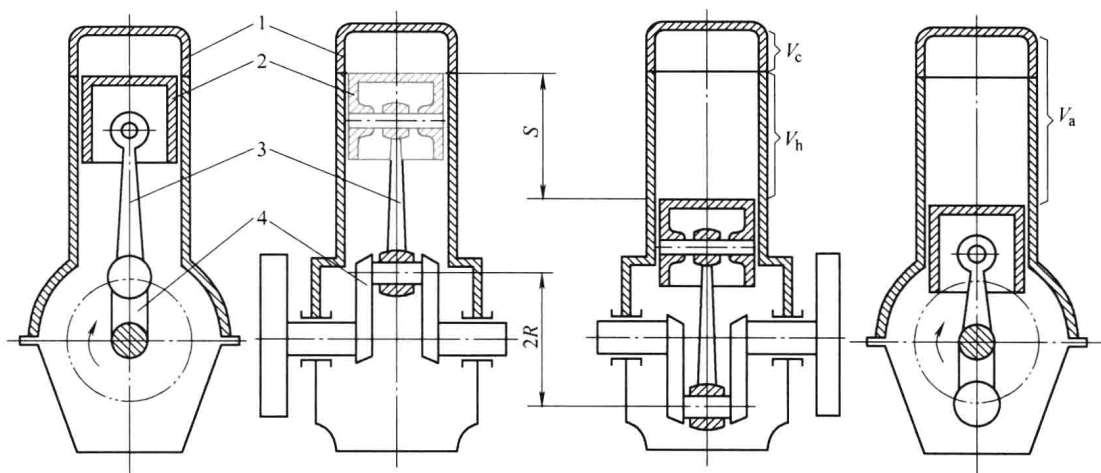


图 1-2 发动机基本术语示意图

1—气缸 2—活塞 3—连杆 4—曲轴

1. 上止点

活塞离曲轴回转中心最远处，通常为活塞的最高位置，称为上止点。

2. 下止点

活塞离曲轴回转中心最近处，通常为活塞的最低位置，称为下止点。

3. 活塞行程

上、下止点间的距离称为活塞行程，一般用 S 表示。

4. 曲柄半径

曲轴与连杆下端的连接中心至曲轴回转中心的距离 R 称为曲柄半径。显然， $S = 2R$ 。

5. 气缸工作容积

活塞从上止点运动到下止点所扫过的容积称为气缸工作容积或气缸排量，用 V_h 表示，单位为 L。

6. 燃烧室容积

活塞在上止点时，活塞顶上方的容积称为燃烧室容积，用 V_c 表示，单位为 L。

7. 气缸总容积

活塞在下止点时，活塞顶上方的容积称为气缸总容积，一般用 V_a 表示，单位为 L。

$$V_a = V_c + V_h$$

8. 发动机排量

多缸发动机各气缸工作容积的总和称为发动机排量，一般用 V_L 表示。若发动机的气缸数为 i ，则

$$V_L = V_h i$$

9. 压缩比

气缸总容积与燃烧室容积的比值,称为压缩比,一般用 ε 表示。

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

压缩比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。压缩比越大,压缩终了时气缸内气体的压力和温度越高。

10. 工作循环

发动机工作时,各气缸内每进行一次能量转换,均要经过进气、压缩、做功和排气过程,这称为发动机的一个工作循环。

1.2.2 四冲程发动机的基本工作原理

1. 四冲程汽油机的工作原理

四冲程汽油机的工作循环由进气、压缩、做功和排气四个行程组成,图1-3为单缸四冲程汽油机工作循环示意图。

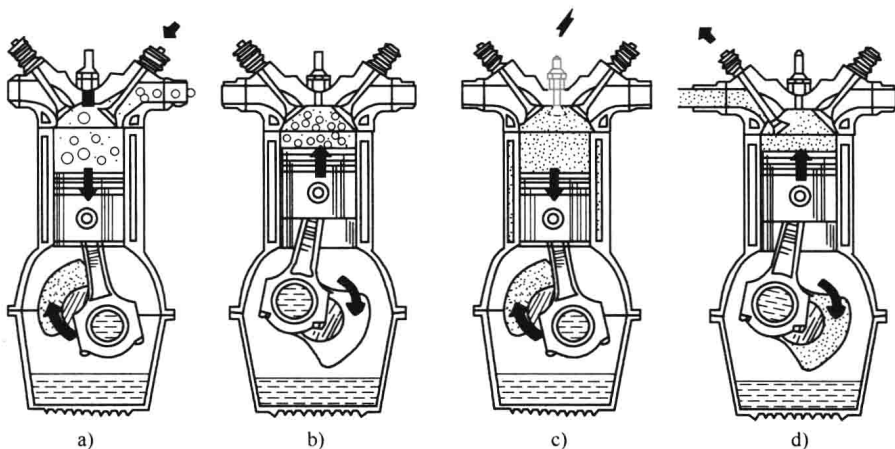


图1-3 单缸四冲程汽油机工作循环示意图

a) 进气行程 b) 压缩行程 c) 做功行程 d) 排气行程

(1) 进气行程 活塞由曲轴带动从上止点向下止点运行,此时,进气门打开,排气门关闭。由于活塞从上止点向下止点移动的过程中,气缸容积逐渐增大,形成一定的真空度,于是混合气经进气门被吸入气缸。

由于进气系统有阻力,进气终了时气缸内气体的压力约为0.075~0.09MPa。由于气缸壁、活塞等高温件以及前一个循环留下的高温残余废气的加热,气体温度升高到370~440K。

(2) 压缩行程 进气行程结束后,活塞由曲轴带动从下止点向上止点运动,气缸内容积减小,由于此时进、排气门均关闭,进入气缸的可燃混合气被压缩,至活塞到达上止点时,压缩结束。

压缩行程中,气体温度、压力同时上升,并使混合气进一步均匀混合。压缩终了时,

气缸内的压力约为 $0.6 \sim 1.2 \text{ MPa}$ ，温度可达 $600 \sim 700 \text{ K}$ 。

(3) 做功行程 当活塞运动到压缩行程上止点时，火花塞跳火点燃气缸内的混合气，此时进气门和排气门均处于关闭状态，气体的温度、压力迅速升高而膨胀，从而推动活塞从上止点向下止点运动，通过连杆使曲轴旋转并输出机械能。

在做功行程中，开始阶段气缸内气体压力、温度急剧上升，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，温度、压力下降，做功终了时压力约为 $0.3 \sim 0.5 \text{ MPa}$ ，温度约为 $1300 \sim 1600 \text{ K}$ 。

(4) 排气行程 在做功行程终了时，排气门打开，进气门关闭，曲轴通过连杆推动活塞从下止点向上止点运动，废气在自身剩余压力和活塞的推动下，被排出气缸，至活塞到达上止点时，排气门关闭，排气结束。

排气行程终了时，由于燃烧室容积的存在，不可能将废气排尽，留下的这一部分废气称为残余废气。排气终了时，气缸内的压力约为 $0.105 \sim 0.115 \text{ MPa}$ ，温度为 $900 \sim 1200 \text{ K}$ 。

综上所述，四冲程汽油机经过进气、压缩、做功、排气四个行程，完成一个工作循环。这期间活塞在上下止点间往复运动四个行程，相应地曲轴旋转了两周。

2. 四冲程柴油机的工作原理

四冲程柴油机和汽油机一样，每个工作循环也包括进气、压缩、做功、排气四个行程。但由于柴油和汽油的性质不同，使柴油机可燃混合气的形成方式、着火方式与汽油机有很大的区别。如图 1-4 所示为单缸四冲程柴油机的工作循环示意图。

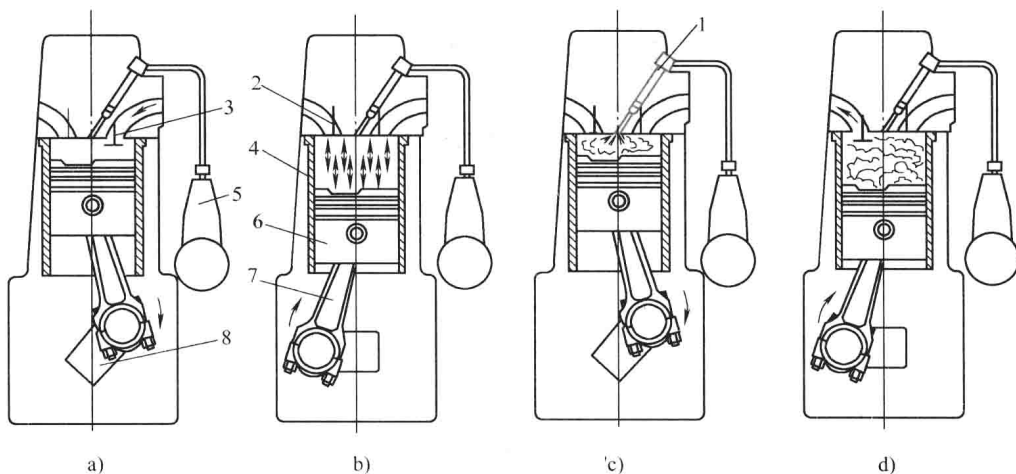


图 1-4 单缸四冲程柴油机工作循环示意图

a) 进气行程 b) 压缩行程 c) 做功行程 d) 排气行程

1—喷油器 2—排气门 3—进气门 4—气缸 5—喷油泵 6—活塞 7—连杆 8—曲轴

(1) 进气行程 不同于汽油机的是进入气缸的不是混合气，而是纯空气。

(2) 压缩行程 此行程不同于汽油机的是压缩的是纯空气，且由于柴油机的压缩比高，压缩终了的温度和压力都比汽油机高，压力可达 $3 \sim 5 \text{ MPa}$ ，温度可达 $800 \sim 1000 \text{ K}$ 。

(3) 做功行程 此行程与汽油机有很大的不同。在柴油机的压缩行程接近终了时，