

汽车维修 职/业/技/术/基/础/教/材

The sunroof closes if there is an imminent risk of a roll-over.

汽车发动机 构造与检修

QICHE FADONGJI GOUZA0 YU JIANXIU

The driver and front passenger seat belts are pulled taut as a precaution.



○ 仇雅莉 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

汽车维修职业技术基础教材

汽车发动机构造与检修

仇雅莉 主编
孔七一 主审



机械工业出版社

本书是“汽车维修基础训练丛书”中的一本，这套丛书是按照教育部“制造业和现代服务业技能型紧缺人才培养培训工程”的精神，以提高学生的职业实践能力和职业素养为宗旨而编写的，具有内容针对性强、涉及技术先进、篇章组织科学、符合模块化教学要求等特点。

本书共分9章，内容包括发动机总论、曲柄连杆机构的构造与检修、配气机构的构造与检修、化油器式汽油机燃料供给系的构造与检修、电控汽油机燃料供给系的构造与检修、柴油机燃料供给系的构造与检修、冷却系的构造与检修、润滑系的构造与检修、发动机的装配与调试。

本书适合于高职高专汽车运用与维修、汽车检测与维修等相关专业使用，也可以作为成人高等教育相关课程的教材使用，还可供汽车修理工、驾驶员、汽车行业工程技术人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车发动机构造与检修/仇雅莉主编. —北京: 机械工业出版社, 2006. 12

(汽车维修职业技术基础教材)

ISBN 978-7-111-20389-6

I. 汽... II. 仇... III. ①汽车—发动机—构造—技术培训—教材②汽车—发动机—车辆修理—技术培训—教材 IV. U472.43

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第13993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: 刘永娟 版式设计: 冉晓华

责任校对: 陈延翔 封面设计: 王伟光 责任印制: 李妍

北京铭成印刷有限公司印刷

2007年1月第1版第1次印刷

184mm×260mm·19.25印张·471千字

0001—4000册

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

销售服务热线电话: (010)68326294

购书热线电话: (010)88379639、88379641、88379643

编辑热线电话: (010)88379771

封面无防伪标均为盗版

丛 书 序

随着我国经济发展不断融入全球化的进程和国民收入的提高，国内汽车市场得到迅速发展，汽车的数量和普及率迅速提高，汽车在国民经济和家庭生活中的作用越来越大，与之配套的汽车后市场需要更多的从事汽车维护和修理、汽车市场营销、汽车配件采购及销售的专业人才。

根据统计，我国现有汽车维修企业30多万家，并逐步形成了门类齐全、品种多样、分布广泛、服务方便、能够满足不同消费层次需求的汽车维修市场体系。汽车维修行业现有从业人员近300万人，并以每年10%左右的速度增长。但是与市场需求相比，从业人员的素质并不令人满意。在汽车维修从业人员中，接受过中等职业教育的不多，接受过高等教育的就更少。汽车维修行业从业人员专业技术素质偏低，已成为制约汽车维修业健康、持续发展的主要“瓶颈”。

为了适应汽车行业对人才培养的需求，努力提高高职院校培养汽车维修行业人员的理论水平，根据教育部新世纪教改工程汽车专业试点实施计划及教育部“精品专业”建设工程的要求，我们组织编写了这套内容实用、使用方便的教学用书。参加本套丛书编写的作者既有在企业从事汽车维修工作的实践经验，又有在高等职业院校从事教学工作的经历，编写人员对汽车运用技术专业课程的改革都有一个共同的认识，即要以实用、精练为出发点，集科学性、先进性、系统性于一身，要紧密联系工作实际。遵照这个原则，全体编写人员在编写过程中，既总结了自己的教学经验，又结合实际工作，并吸收先进技术，希望将这一套书编成实用、系统、科学的教学用书，能为高等职业院校师生、广大工程技术人员所欢迎，并对业内经营管理人员系统地了解当前汽车维护、维修知识及其发展方向有所帮助。

湖南交通职业技术学院党委书记

教授
博士



前 言

随着我国汽车工业的迅速发展、汽车技术的不断更新,对汽车维修行业从业人员提出了更高的要求。教育部将汽车运用与维修专业人员列为当前四大技能型紧缺人才之一,并启动了“制造业和现代服务业技能型紧缺人才培养培训工程”。按照培养高等职业教育汽车运用与维修领域技能型紧缺人才的要求,本着以汽车维修行业人才需求为基本依据,面向汽车售后市场相关企业各岗位,以提高学生的职业实践能力和职业素养为宗旨的目的,我们编写了本书。

全书共分9章,内容包括发动机总论、曲柄连杆机构的构造与检修、配气机构的构造与检修、化油器式汽油机燃料供给系的构造与检修、电控汽油喷射系统的构造与检修、柴油机燃料供给系的构造与检修、冷却系的构造与检修、润滑系的构造与检修、发动机的装配与调试。其特色概括为:

1. 内容针对性强

本书将汽车发动机的构造、工作原理、维护和检修、常见故障的诊断与排除综合一起,一方面使知识与能力有机地结合,且有利于学生掌握每一单元的知识和能力;另一方面也尽量避免内容的简单重复。

2. 内容具有先进性

针对目前汽车技术更新速度越来越快的情况,本书内容在立足于成熟的技术和规范的同时,力争把握汽车专业发展前沿,重视新技术、新知识、新规范的介绍和应用,力求做到内容与行业技术在使用上同步更新。

3. 有利于教学组织

本教材采用模块化设计,每一章为一个基本模块,每一模块基本独立。循序渐进,符合学生心理特征和认知、技能养成规律;结构、体材新颖,教学时既可以按顺序(个别模块外也可不按顺序)逐个模块进行教学,也可以几个模块同时进行教学,有利于教学的组织和安排。每章内容都开发了掌握本章知识相应的实训项目,各校可根据本校和所处地区的实际情况进行取舍,或增加其他实训内容,以提高学生和培训者在实际生产中的知识应用能力。

本书适合于高职高专汽车运用与维修、汽车检测与维修等相关专业使用,也可以作为成人高等教育的相关课程的教材使用,还可供汽车修理工、驾驶员、汽车行业工程技术人员阅读参考。

本书由湖南交通职业技术学院仇雅莉老师担任主编(编写第1、2、8章),参加本书编写的人员还有湖南交通职业技术学院刘习成(编写第6、9章)、贺展开(编写第3、7章)、曾红斌(编写第4、5章)老师。本书由湖南交通职业技术学院孔七一副教授担任主审。

本书在编写过程中参阅了许多国内外公开出版的著作与文献,在此表示感谢。限于编者经历及水平,内容难以覆盖全国各地的实际情况,也难免有不妥和错误之处,恳请读者提出宝贵意见。

编 者

目 录

丛书序

前言

第1章 发动机总论	1
1.1 发动机总体构造	2
1.1.1 发动机组成	2
1.1.2 发动机分类	4
1.1.3 内燃机编号规则	5
1.2 发动机工作原理	5
1.2.1 发动机基本术语	6
1.2.2 四冲程发动机工作原理	7
1.2.3 二冲程发动机工作原理简介	10
1.3 实训	11
本章小结	12
复习思考题	12
第2章 曲柄连杆机构的构造与检修	13
2.1 概述	14
2.1.1 曲柄连杆机构的作用和组成	14
2.1.2 曲柄连杆机构受力分析	15
2.2 机体组的构造与检修	17
2.2.1 机体组的构造	17
2.2.2 机体组的检修	23
2.3 活塞连杆组的构造与检修	27
2.3.1 活塞连杆组的构造	27
2.3.2 活塞连杆组的检修	37
2.4 曲轴飞轮组的构造与检修	42
2.4.1 曲轴飞轮组的构造	42
2.4.2 曲轴飞轮组的检修	48
2.5 实训	52
2.5.1 机体组的拆装与检修	52
2.5.2 活塞连杆组的拆装与检修	53
2.5.3 曲轴飞轮组的拆装与检修	55
本章小结	55

复习思考题	56
第3章 配气机构的构造与检修	57
3.1 概述	58
3.1.1 配气机构的作用和组成	58
3.1.2 配气机构的分类	58
3.1.3 配气机构的工作原理	62
3.1.4 配气相位	67
3.2 气门组的构造与检修	68
3.2.1 气门组的构造	68
3.2.2 气门组的检修	72
3.3 气门传动组的构造与检修	76
3.3.1 气门传动组的构造	76
3.3.2 气门传动组的检修	82
3.4 实训	84
3.4.1 配气机构的拆装	84
3.4.2 气门间隙的检查与调整	85
本章小结	86
复习思考题	86
第4章 化油器式汽油机燃料供给系的构造与检修	87
4.1 概述	88
4.1.1 汽油机燃料供给系的功用与组成	88
4.1.2 简单化油器	89
4.1.3 车用发动机对可燃混合气成分的要求	90
4.2 可燃混合气配制装置——化油器的构造与检修	92
4.2.1 现代化油器基本结构	92
4.2.2 化油器附属装置	98
4.2.3 化油器的类型	101
4.2.4 化油器的检修	103



4.3 汽油供给装置的构造与检修	104	5.4.3 公共数据总线控制技术简介	185
4.3.1 汽油供给装置的构造	104	5.5 实训	187
4.3.2 汽油供给装置的检修	108	5.5.1 汽油供给系统压力的检测	187
4.4 空气供给装置的构造与检修	109	5.5.2 传感器的检测	187
4.4.1 空气滤清器的构造	109	5.5.3 执行元件的检测	188
4.4.2 空气滤清器的维护	109	本章小结	188
4.5 可燃混合气供给和废气排出装置	110	复习思考题	189
4.5.1 进气系统	110	第6章 柴油机燃料供给系的构造与检修	190
4.5.2 排气系统	111	6.1 概述	191
4.6 化油器式发动机燃料供给系常见故障分析	112	6.1.1 柴油机燃料供给系的组成	191
4.6.1 化油器式发动机燃料供给系常见故障部位	112	6.1.2 对柴油机燃料供给系的要求	192
4.6.2 常见故障分析	112	6.1.3 柴油机可燃混合气的形成与柴油机燃烧室	193
4.7 实训	118	6.2 柴油机燃料供给系主要部件的构造与检修	195
本章小结	120	6.2.1 喷油器	195
复习思考题	120	6.2.2 喷油泵	201
第5章 电控汽油喷射系统的构造与检修	122	6.2.3 调速器	214
5.1 概述	123	6.2.4 输油泵	224
5.1.1 电控汽油喷射系统的发展与应用	123	6.2.5 柴油滤清器	228
5.1.2 电控汽油喷射系统的组成	124	6.2.6 柴油机废气涡轮增压装置	229
5.1.3 电控汽油喷射系统的分类	126	6.3 柴油机供油正时	230
5.1.4 电控汽油喷射系统的优点	130	6.3.1 喷油泵的驱动	230
5.2 汽油供给系统的构造与检修	130	6.3.2 柴油机供油提前角调整装置	231
5.2.1 汽油供给系统主要元件的构造	131	6.3.3 柴油机供油正时的检查与调整	234
5.2.2 汽油供给系统的检修	139	6.4 柴油机燃料供给系的维修	236
5.3 空气供给系统的构造与检修	145	6.4.1 柴油机燃料供给系的维护	236
5.3.1 空气供给系统主要元件的构造	145	6.4.2 喷油泵和调速器的调试	237
5.3.2 空气供给系统的检测	155	6.4.3 柴油机燃料供给系常见故障分析	239
5.3.3 空气供给系统各元器件的检修	156	6.5 柴油机电控燃油喷射系统简介	245
5.4 控制系统的结构与检修	165	6.5.1 概述	245
5.4.1 传感器的构造与检修	166	6.5.2 柴油机电控燃油喷射系统的控制理论	249
5.4.2 电子控制单元简介	183	6.6 实训	252
		6.6.1 柴油发动机燃油供给系统总体	



认知与二级维护	252	8.1.1 润滑系的作用及润滑方式	271
6.6.2 柴油机喷油泵、喷油器 的调校	252	8.1.2 润滑系的组成	271
本章小结	253	8.1.3 润滑系油路	272
复习思考题	253	8.2 润滑系的构造与检修	274
第7章 冷却系的构造与检修	254	8.2.1 润滑系主要部件的构造	274
7.1 概述	255	8.2.2 润滑系的检修	281
7.1.1 冷却系的组成与分类	255	8.3 实训	284
7.1.2 冷却系循环水路	255	本章小结	285
7.2 水冷却系主要部件的构造 与检修	257	复习思考题	286
7.2.1 水冷却系主要部件的构造	257	第9章 发动机的装配与调试	287
7.2.2 冷却系的检修	263	9.1 发动机的装配与调整	288
7.3 实训	265	9.2 发动机的磨合与验收	293
本章小结	268	9.3 实训	295
复习思考题	269	本章小结	295
第8章 润滑系的构造与检修	270	复习思考题	296
8.1 概述	271	参考文献	297



第

1

章

发动机总论

发动机是汽车的动力源，其性能的好坏直接影响汽车的行驶性能。因此，学习发动机总论，对于汽车维修人员来说，是非常重要的。本章主要介绍发动机的基本构造、工作原理、工作循环以及主要部件的作用。

学习目标

1. 掌握发动机的总体构造。
2. 了解内燃机的编号规则。
3. 理解发动机常用术语的基本概念。
4. 掌握四冲程发动机的工作原理。
5. 能比较四冲程汽油机与四冲程柴油机工作循环的异同点。
6. 能叙述二冲程发动机工作循环的特点。





1.1 发动机总体构造

重点掌握

- 发动机由哪些机构和系统组成
- 发动机型号的含义是什么

1.1.1 发动机组成

发动机是一台由多种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，发动机的具体构造也多种多样。但由于其基本工作原理一致，所以从总体功能来看，其基本结构仍大同小异，都是由两大机构和五大系统组成，即：曲柄连杆机构、配气机构、供给系、冷却系、润滑系、起动系、点火系（柴油机没有）。我们以一些典型汽车发动机的结构实例来分析发动机的总体构造。

图 1-1 是某四冲程汽油机结构总图。我们以此为例介绍发动机的组成。

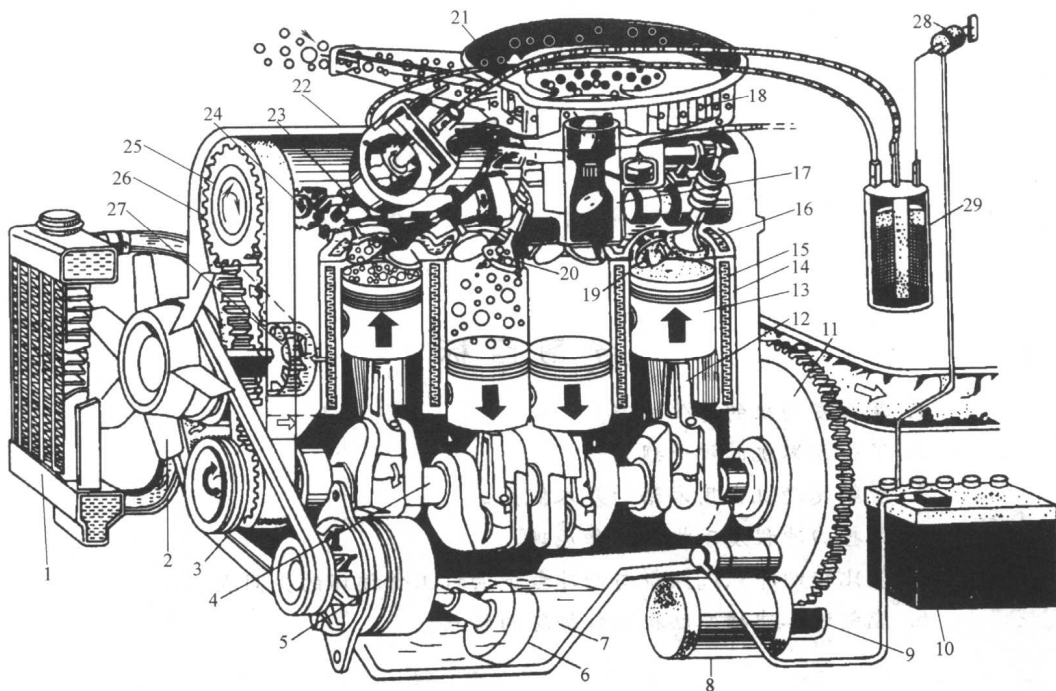


图 1-1 某四冲程汽油机结构总图

- 1—散热器 2—冷却风扇 3—曲轴正时齿轮 4—曲轴 5—发电机 6—机油滤清器 7—油底壳
 8—起动机 9—起动机齿轮 10—蓄电池 11—飞轮 12—连杆 13—活塞 14—气缸体
 15—水套 16—气缸盖 17—化油器 18—空气滤清器内芯 19—排气门 20—进气门
 21—空气滤清器壳 22—分电器 23—火花塞 24—凸轮轴 25—凸轮轴正时齿轮
 26—凸轮轴正时齿带 27—水泵 28—点火开关 29—点火线圈

1. 曲柄连杆机构

曲柄连杆机构由机体组、活塞连杆组、曲轴飞轮组三部分组成。其作用是将燃料燃烧产生的热能转变为活塞往复运动的机械能，再通过连杆将活塞的往复运动转变为曲轴的旋转运动而对外输出动力。



在曲柄连杆机构中,机体组包括气缸体、曲轴箱、气缸盖、气缸垫、油底壳等。其中气缸体还是发动机各机构、各系统的装配基体,其本身的许多部分分别是曲柄连杆机构、配气机构、供给系、冷却系、润滑系的组成部分。

活塞连杆组包括活塞、活塞环、活塞销、连杆等。

曲轴飞轮组包括曲轴、飞轮、扭转减振器等。

2. 配气机构

配气机构由气门组及气门传动组组成。其作用是使可燃混合气及时充入气缸并及时将废气从气缸中排出。

在配气机构中,气门组包括进气门、排气门、气门导管、气门弹簧、气门弹簧座、锁片等。

气门传动组包括凸轮轴、挺柱、推杆、摇臂、正时齿轮等,其零件的多少取决于配气机构的形式。

3. 供给系

汽油机供给系和柴油机供给系由于使用的燃料和燃烧过程不同,在结构上有很大差别,而汽油机供给系根据混合气的形成方式不同又可分为传统化油器式和电控汽油喷射式两种。供给系作用是将一定浓度和数量的可燃混合气(或空气)送入气缸以供燃烧,并将燃烧生成的废气排出。

传统化油器式汽油机供给系包括汽油箱、汽油泵、汽油滤清器、化油器、空气滤清器、进排气管、排气消声器等。

电控喷射式汽油机供给系在传统供给系的基础上取消了化油器,取而代之的是电子控制单元、各种传感器和执行器,能精确控制空燃比,使发动机性能得到提高。

柴油机供给系包括燃油箱、输油泵、柴油滤清器、喷油泵、喷油器、进排气管、排气消声器等。

4. 冷却系

冷却系有水冷却系和风冷却系两种,现代汽车一般都采用水冷却系。其作用是将受热机件的热量散到大气中去,从而保证发动机正常工作。

水冷却系包括水泵、散热器、风扇、节温器、水套等。

5. 润滑系

润滑系的作用是将润滑用的机油送至各个摩擦表面,以减轻机件的磨损,并清洗、冷却摩擦表面,延长发动机的使用寿命。

润滑系包括机油泵、机油滤清器、润滑油道、限压阀、油底壳等。

6. 起动系

起动系的作用是使静止的发动机起动并转入自行运转。

起动系包括起动机及其附属装置等。

7. 点火系

点火系是汽油发动机独有的,按控制方式不同又分为传统点火系和电子控制点火系两种。其作用是按规定时刻向气缸内提供电火花以点燃气缸中的可燃混合气。柴油发动机由于其混合气是自行着火燃烧的,故没有点火系。

传统点火系包括电源、点火线圈、分电器、火花塞等。

电子控制点火系则增加了电子控制单元、各种传感器和执行器等，以保证能对点火时刻进行精确控制。

图 1-2 是某型发动机结构图。

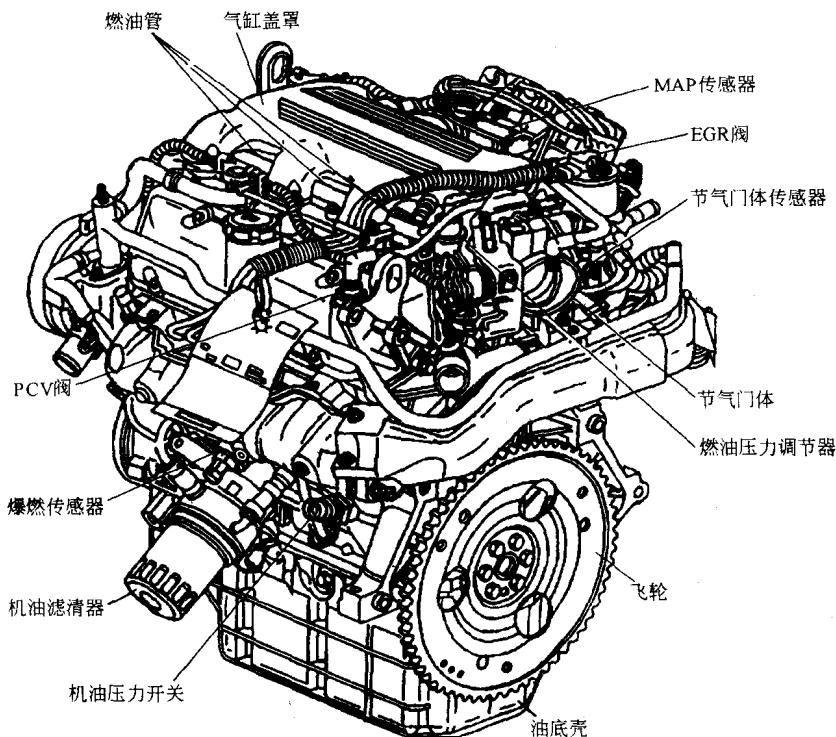


图 1-2 某型发动机结构图

1.1.2 发动机分类

从广义上来说，发动机可以按图 1-3 所示的方式分类：

汽车发动机普遍采用内部燃烧、间歇燃烧和往复式的发动机，根据发动机的结构特点和工作情况，还可以按图 1-4 细分如下。

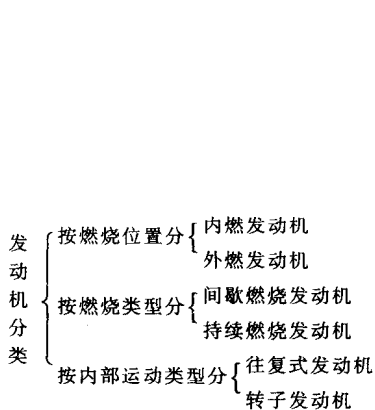


图 1-3 发动机分类(1)

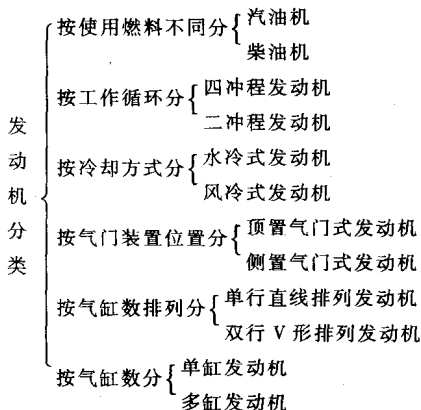


图 1-4 发动机分类(2)



1.1.3 内燃机编号规则

为了便于内燃机的生产管理 and 使用，我国于1991年对内燃机名称和型号编制方法重新审定并颁布了国家标准 GB/T 725—1991。标准规定：内燃机名称按所采用的主要燃料来命名，内燃机型号由阿拉伯数字和汉语拼音字母组成，其排列顺序和意义规定如图1-5所示：

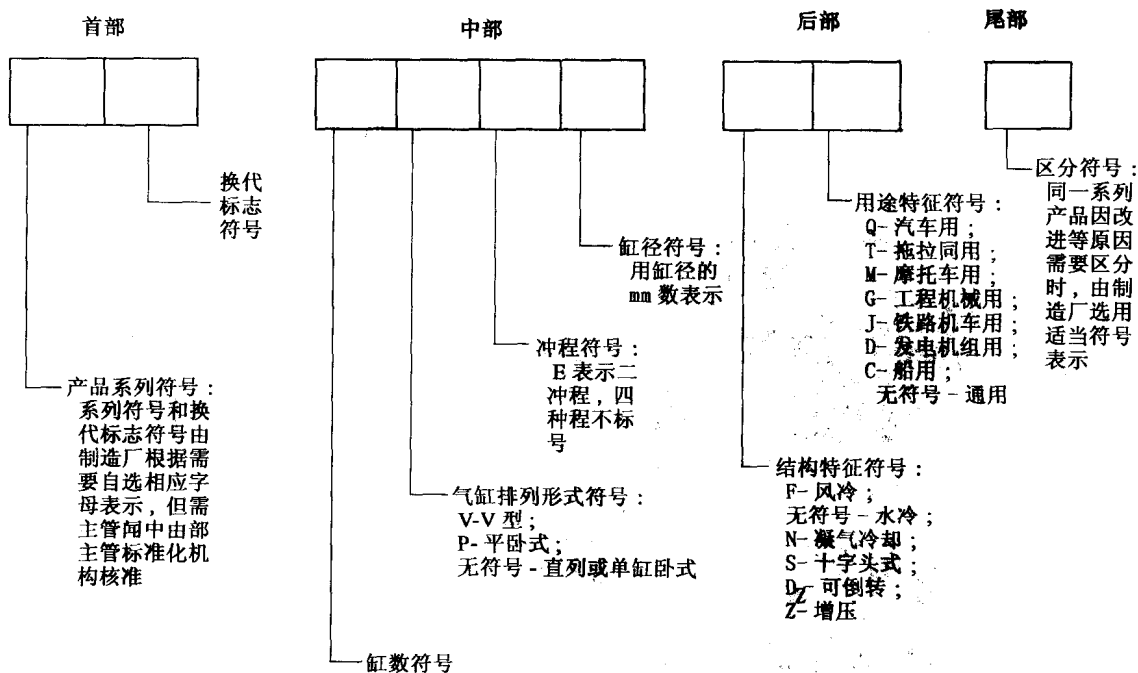


图 1-5 内燃机型号编制

内燃机型号编制示例：

汽油机：

EQ6100-1——表示东风汽车工业公司生产，六缸，四冲程，直列，缸径100mm，水冷，通用型，第一种类型产品。

1E65F——表示单缸，二冲程，缸径65mm，风冷，通用型。

柴油机：

CA6110——表示第一汽车集团公司生产，六缸，四冲程，直列，缸径110mm，水冷，通用型。

12V135ZG——表示12缸，V型，四冲程，缸径135mm，水冷，增压，工程机械用。

1.2 发动机工作原理

发动机是实现能量转换的装置，是汽车上最主要的总成之一，是汽车动力的来源。其作用是将燃料与空气进行混合并在机体内燃烧，推动活塞往复运动再带动曲轴旋转，从而将化学能转变为热能，再把热能转变为机械能向汽车提供动力。

重点掌握

- 什么是发动机工作循环
- 四冲程发动机是如何工作的
- 汽油机和柴油机工作循环的异同点是什么

1.2.1 发动机基本术语

图 1-6 是单缸四冲程汽油机结构简图。图 1-7 是单缸四冲程发动机示意图。

1. 上止点(TDC)

上止点是指活塞顶位于其运动的顶部时的位置，即活塞的最高位置。

2. 下止点(BDC)

下止点是指活塞顶位于其运动的底部时的位置，即活塞的最低位置。

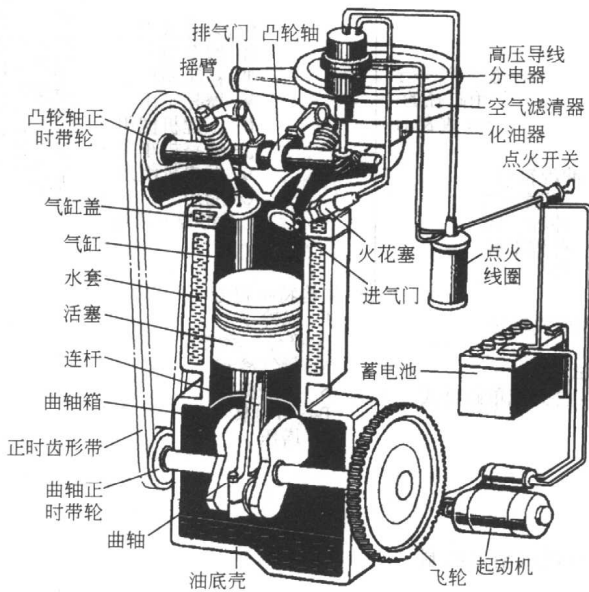


图 1-6 单缸四冲程汽油机结构简图

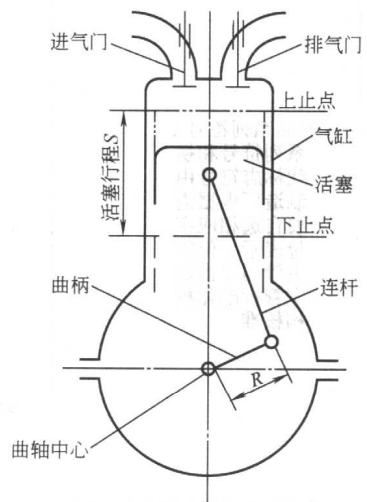


图 1-7 单缸四冲程发动机示意图

3. 活塞行程(S)

活塞行程是指上、下止点间的距离，用 S 表示，单位：mm(毫米)。活塞由一个止点运动到另一个止点一次的过程，称为一个行程。

4. 曲柄半径(R)

曲柄半径是指与连杆大头相连接的曲柄销的中心线到曲轴回转中心线的距离，用 R 表示，单位：mm(毫米)。显然，曲轴每转一周，活塞移动两个行程，即

$$S = 2R$$

5. 气缸工作容积 V_h

气缸工作容积是指活塞从一个止点移动到另一个止点所扫过的容积，用 V_h 表示，单位：L(升)。显然有

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

式中 V_h ——气缸工作容积，L；



D ——气缸直径, mm;

S ——活塞行程, mm。

6. 燃烧室容积 V_c

燃烧室容积是指活塞位于上止点时, 活塞顶上方的气缸空间容积, 用 V_c 表示, 单位: L(升)。

7. 气缸总容积 V_a

气缸总容积是指活塞位于下止点时, 活塞顶上方的气缸空间容积, 用 V_a 表示, 单位: L(升)。显然有

$$V_a = V_c + V_h$$

8. 发动机排量 V_L

发动机排量是指发动机所有气缸工作容积之和, 用 V_L 表示, 单位: L(升)。对于多缸发动机, 显然有

$$V_L = V_h i$$

式中 i ——发动机气缸数。

发动机排量是一个非常重要的特征参数, 轿车就是以发动机排量大小来进行分级。微型: $V_L \leq 1.0$; 普通级: $V_L > 1.0 \sim 1.6$; 中级: $V_L > 1.6 \sim 2.5$; 中高级: $V_L > 2.5 \sim 4.0$; 高级: $V_L > 4.0$ 。

9. 压缩比 ε

压缩比是指气缸总容积与燃烧室容积之比, 用 ε 表示。

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

压缩比用来衡量空气或可燃混合气被压缩的程度, 它直接影响发动机的热效率。一般汽油发动机压缩比为 6~10, 柴油发动机压缩比较高, 为 16~22。

10. 工作循环

发动机完成进气、压缩、作功、排气四个行程, 称为一个工作循环。

1.2.2 四冲程发动机工作原理

四冲程发动机是指曲轴转两圈(720°), 活塞往复运动四次完成一个工作循环的发动机。由于汽油机和柴油机在使用的燃料等方面有所不同, 工作过程存在差异, 我们分别介绍两种发动机的工作原理。

1. 四冲程汽油机工作原理

四冲程汽油机的工作循环由进气、压缩、作功、排气四个行程所组成。单缸四冲程汽油机工作循环示意图如图 1-8 所示。

(1) 进气行程 活塞由曲轴带动从上止点向下止点运动, 此时, 进气门开启, 排气门关闭。在活塞向下移动的过程中, 气缸内容积逐渐增大, 形成一定真空度, 于是空气和燃油的可燃混合气通过进气门被吸入气缸, 直至活塞到达下止点时, 进气门关闭, 停止进气。

由于进气系统存在进气阻力, 进气终了时气缸内气体的压力低于大气压力, 约为 0.075~0.09MPa。由于气缸壁、活塞等高温件及上一循环留下的高温残余废气的加热, 气体温度升高到 370~400K。

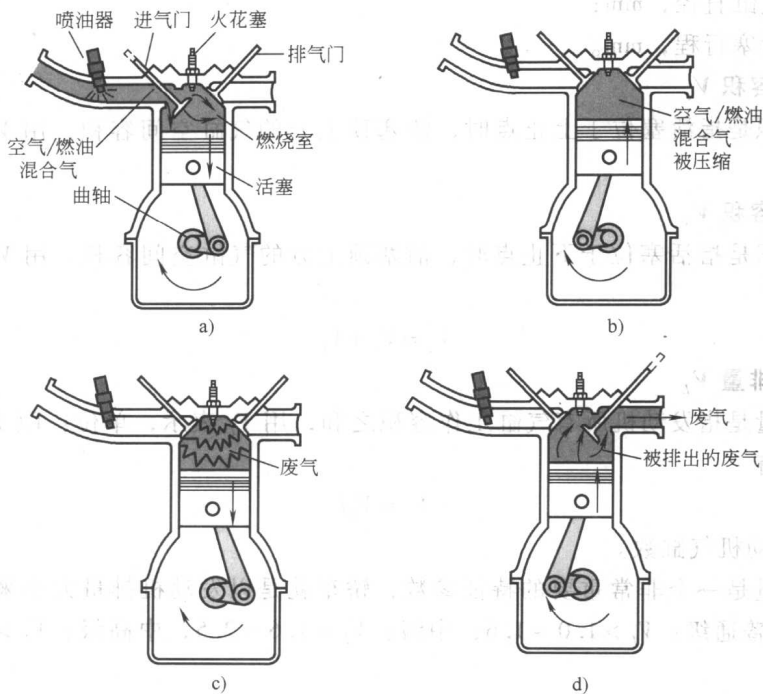


图 1-8 单缸四冲程汽油机工作循环示意图

a) 进气行程 b) 压缩行程 c) 作功行程 d) 排气行程

(2) 压缩行程 为使可燃混合气迅速燃烧，达到改善发动机动力性和经济性的目的，必须在燃烧前对可燃混合气进行压缩，以提高可燃混合气的温度和压力。因此，在进气行程结束时立即进入压缩行程，活塞在曲轴的带动下，从下止点向上止点运动，由于进、排气门均关闭，气缸内容积逐渐减小，可燃混合气压力、温度逐渐升高。

压缩终了时，气缸内的压力约为 $0.6 \sim 1.2 \text{ MPa}$ ，温度约为 $600 \sim 700 \text{ K}$ 。

(3) 作功行程 在压缩行程末，火花塞产生电火花点燃混合气并迅速燃烧，使气体的温度、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做功，至活塞到达下止点时做功结束。

在作功行程中，开始阶段气缸内气体压力、温度急剧上升，瞬间压力可达 $3 \sim 5 \text{ MPa}$ ，瞬时温度可达 $2200 \sim 2800 \text{ K}$ 。随着活塞下行，气缸容积增大，气缸内压力、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 为使循环能够连续进行，须将燃烧产生的废气排出。在作功行程终了时，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运动的推动下，被排出气缸，至活塞到达上止点时，排气门关闭，排气结束。

如果不考虑配气相位问题，在排气行程终了时，由于燃烧室具有一定的容积，因此气缸内还存有少量废气，气体压力也因排气系统存在排气阻力而略高于大气压力。此时，压力约为 $0.105 \sim 0.115 \text{ MPa}$ ，温度约为 $900 \sim 1200 \text{ K}$ 。

2. 四冲程柴油机工作原理

四冲程柴油机和四冲程汽油机一样，每个工作循环也是由进气、压缩、做功和排气四个



行程组成。由于所使用燃料的性质不同，在可燃混合气的形成和着火方式上与汽油机有很大区别。单缸四冲程柴油机工作循环示意图如图 1-9 所示。

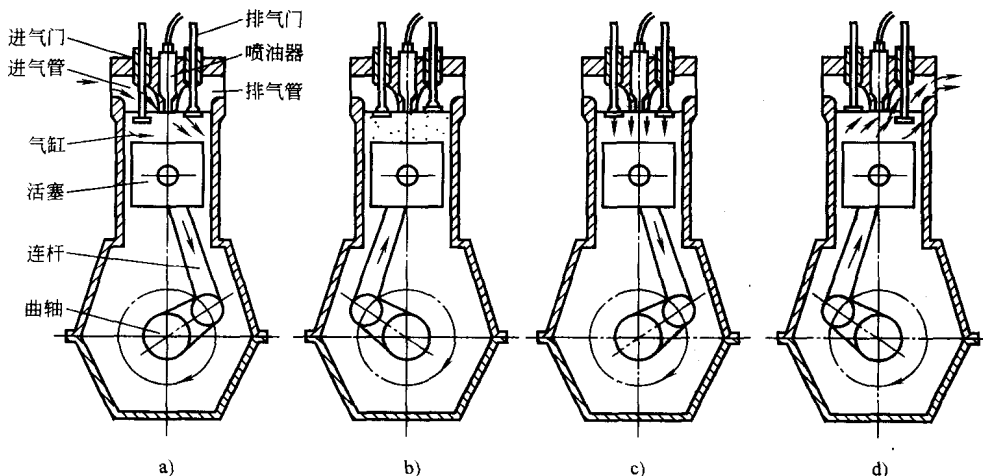


图 1-9 四冲程柴油机工作循环示意图

a) 进气行程 b) 压缩行程 c) 作功行程 d) 排气行程

(1) 进气行程 柴油机进气行程不同于汽油机的是进入气缸的不是可燃混合气，而是纯空气。由于进气阻力比汽油机小，上一行程残留的废气温度也比汽油机低，进气行程终了的压力约为 $0.075 \sim 0.095 \text{MPa}$ ，温度约为 $320 \sim 350 \text{K}$ 。

(2) 压缩行程 压缩行程不同于汽油机的地方在于它压缩的是纯空气，由于柴油的压缩比大，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) 作功行程 柴油机的此行程与汽油机有很大差异。压缩行程末，喷油泵将高压柴油经喷油器呈雾状喷入气缸内的高温高压空气中，被迅速气化并与空气形成混合气，由于此时气缸内的温度远高于柴油的自燃温度（约 500K 左右），柴油混合气便立即自行着火燃烧，且此后一段时间内边喷油边燃烧，气缸内压力和温度急剧升高，推动活塞下行作功。

作功行程中，瞬时压力可达 $5 \sim 10 \text{MPa}$ ，瞬时温度可达 $1800 \sim 2200 \text{K}$ ，作功行程终了时压力约为 $0.2 \sim 0.4 \text{MPa}$ ，温度约为 $1200 \sim 1500 \text{K}$ 。

(4) 排气行程 此行程与汽油机基本相同。排气行程终了时柴油机的气缸压力约为 $0.105 \sim 0.125 \text{MPa}$ ，温度约为 $800 \sim 1000 \text{K}$ 。

3. 四冲程汽油机与柴油机工作原理的比较

由上述四冲程汽油机和柴油机的工作循环可知，两种发动机的工作循环既有共同点，又有差别，归纳如下：

① 两种发动机中，每完成一个工作循环，曲轴转两周（ 720° ），每完成一个行程曲轴转半周（ 180° ），进气行程是进气门开启，排气行程是排气门开启，其余两个行程进、排气门均关闭。

② 无论是汽油机还是柴油机，在四个行程中，都只有作功行程产生动力，其余三个行程是为作功行程作准备的辅助行程，都要消耗一部分能量。

③ 两种发动机运转的第一循环，都必须靠外力使曲轴旋转完成进气和压缩行程，作功