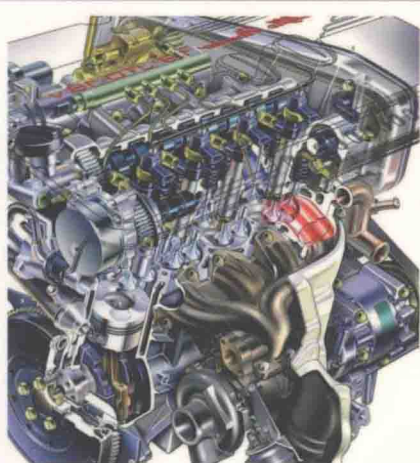


中国职业技术教育学会科研项目优秀成果

The Excellent Achievements in Scientific Research Project of Chinese Society of Technical and Vocational Education

高等职业教育汽车专业“双证课程”培养方案规划教材



汽车构造 (发动机部分)

高等职业技术教育研究会 审定

惠有利 主编

沈沉 李晗 副主编

Automobile Structure (Engine Part)

- ◆ 以故障检修为线索
- ◆ 整合传统知识, 强调实用性
- ◆ 紧密结合汽车新知识、新技术

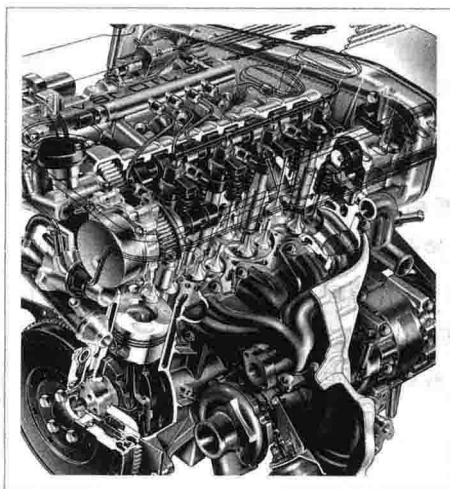


人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

中国职业技术教育学会科研项目优秀成果

The Excellent Achievements in Scientific Research Project of Chinese Society of Technical and Vocational Education

高等职业教育汽车专业“双证课程”培养方案规划教材



汽车构造 (发动机部分)

高等职业技术教育研究会 审定

惠有利 主编

沈沉 李晗 副主编

Automobile Structure (Engine Part)



人民邮电出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

汽车构造. 发动机部分 / 惠有利主编. -- 北京 :
人民邮电出版社, 2009.10 (2011.1 重印)

中国职业技术教育学会科研项目优秀成果. 高等职业
教育汽车专业“双证课程”培养方案规划教材
ISBN 978-7-115-20131-7

I. ①汽… II. ①惠… III. ①汽车—构造—高等学校
: 技术学校—教材②汽车—发动机—高等学校: 技术学校
—教材 IV. ①U463

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第162082号

内 容 提 要

本书共分8个单元,分别为汽车发动机总体构造、曲柄连杆机构、配气机构、汽油机燃料供给系统、柴油机燃料供给系统、冷却系统和润滑系统、进排气系统及排放控制系统汽油机点火系统,并按此顺序详细讲述了各总成(或部件)的功用、组成及相关零部件的结构与工作原理。根据内容需要,各单元下设置了不同数量的模块,用以实现上述内容的学习,并设置了相应的拆装实操练习。

本书为高职高专汽车类相关专业的教材,也可作职大、成人教育等汽车类相关专业的教材,还可作为汽车应用维修、汽车保险等相关行业的培训教材。

中国职业技术教育学会科研项目优秀成果
高等职业教育汽车专业“双证课程”培养方案规划教材

汽车构造(发动机部分)

-
- ◆ 审 定 高等职业技术教育研究会
主 编 惠有利
副 主 编 沈 沉 李 晗
责任编辑 赵慧君
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
中国铁道出版社印刷厂印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 23 2009年10月第1版
字数: 569千字 2011年1月北京第2次印刷

ISBN 978-7-115-20131-7

定价: 36.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

《职业教育与职业资格证书推进策略与“双证课程”的研究与实践》课题组

组长：

俞克新

副组长：

李维利 张宝忠 许远 潘春燕

成 员：

林平 周虹 钟健 赵宇 李秀忠 冯建东 散晓燕 安宗权
黄军辉 赵波 邓晓阳 牛宝林 吴新佳 韩志国 周明虎 顾晔
吴晓苏 赵慧君 潘新文 李育民

课题鉴定专家：

李怀康 邓泽民 吕景泉 陈敏 于洪文
李怀康 邓泽民 吕景泉 陈敏 于洪文
李怀康 邓泽民 吕景泉 陈敏 于洪文
李怀康 邓泽民 吕景泉 陈敏 于洪文
李怀康 邓泽民 吕景泉 陈敏 于洪文

课题鉴定专家：

高等职业教育汽车专业“双证课程” 培养方案规划教材编委会

主任：林 平 赵 宇

副主任：冯建东 散晓燕 安宗权 黄军辉

委员：蔡兴旺 孟庆平 李百华 岳 江 杨永海 程 越 郑鹏飞
谢佩军 陈贞健 陈建宏 高少华 郑建通 黄俊英 许柄照 吕 玫
沈明南 刘步丰 高俊文 管卫华 陈述官 傅沈文 张南峰 江 洪
陈顺生 焦传君 张 军 曾宪均 田有为 张秋华 吴兴敏 申荣卫
孙海波 袁 杰 张清栋 蒋瑞斌

审稿委员会

主任：李春明

副主任：张西振 刘 锐

委员：罗永前 于星胜 袁 杰 曾 鑫 刘景军 张红英 梁乃云
白 柳 丁群燕 刘新平 李华楹 胡高社 祁先来 彭梦珑 赵福水
陈玉刚 刘利胜 马明金 杨佰青 张桂华 胡 勇 张 敏 张 宇
王 琳 谢三山 张松青 朱景建 马洪军 文有华 王雅红 罗 伦
王春锋 刘照军 林 凤 姜 能 侯文顺 陈 瑄 陈保国 皮连根
宋金虎 卢 艳

本书主审：朱景建

丛书出版前言

职业教育是现代国民教育体系的重要组成部分,在实施科教兴国战略和人才强国战略中具有特殊的重要地位。党中央、国务院高度重视发展职业教育,提出要全面贯彻党的教育方针,以服务为宗旨,以就业为导向,走产学结合的发展道路,为社会主义现代化建设培养千百万高素质技能型专门人才。因此,以就业为导向是我国职业教育今后发展的主旋律。推行“双证制度”是落实职业教育“就业导向”的一个重要措施,教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]16号)中也明确提出,要推行“双证书”制度,强化学生职业能力的培养,使有职业资格证书专业的毕业生取得“双证书”。但是,由于基于双证书的专业解决方案、课程资源匮乏,双证书课程不能融入教学计划,或者现有的教学计划还不能按照职业能力形成系统化的课程,因此,“双证书”制度的推行遇到了一定的困难。

为配合各高职院校积极实施双证书制度工作,推进示范校建设,中国高等职业技术教育研究会和人民邮电出版社在广泛调研的基础上,联合向中国职业技术教育学会申报了《职业教育与职业资格证书推进策略与“双证课程”的研究与实践》课题(中国职业技术教育学会科研规划项目,立项编号 225753)。此课题拟将职业教育的专业人才培养方案与职业资格认证紧密结合起来,使每个专业课程设置嵌入一个对应的证书,拟为一般高职院校提供一个可以参照的“双证课程”专业人才培养方案。该课题研究的对象包括数控加工操作、数控设备维修、模具设计与制造、机电一体化技术、汽车制造与装配技术、汽车检测与维修技术等多个专业。

该课题由教育部的权威专家牵头,邀请了中国职教界、人力资源和社会保障部及有关行业的专家,以及全国 50 多所高职高专机电类专业教学改革领先的学校,一起进行课题研究,目前已召开多次研讨会,将课题涉及的每个专业的人才培养方案按照“专业人才定位一对应职业资格证书—职业标准解读与工作过程分析—专业核心技能—专业人才培养方案—课程开发方案”的过程开发。即首先对各专业的工作岗位进行分析和分类,按照相应岗位职业资格证书的要求提取典型工作任务、典型产品或服务,进而分析得出专业核心技能、岗位核心技能,再将这些核心技能进行分解,进而推出各专业的专业核心课程与双证课程,最后开发出各专业的人才培养方案。

根据以上研究成果,课题组对专业课程对应的教材也做了全面系统的研究,拟开发的教材具有以下鲜明特色。

1. 注重专业整体策划。本套教材是根据课题的研究成果——专业人才培养方案开发的,每个专业各门课程的教材内容既相互独立又有机衔接,整套教材具有一定的系统性与完整性。
2. 融通学历证书与职业资格证书。本套教材将各专业对应的职业资格证书的知识和能力要求都嵌入到各双证教材中,使学生在获得学历文凭的同时获得相关的国家职业资格证书。
3. 紧密结合当前教学改革趋势。本套教材紧扣教学改革的最新趋势,专业核心课程、双证

课程按照工作过程导向及项目教学的思路编写,较好地满足了当前各高职高专院校的需求。

为方便教学,我们免费为选用本套教材的老师提供相关专业的整体教学方案及相关教学资源。

经过近两年的课题研究与探索,本套教材终于正式出版了,我们希望通过本套教材,为各高职高专院校提供一个可实施的基于双证书的专业教学方案。我们也热切盼望各位关心高等职业教育的读者能够对本套教材的不当之处给予批评指正,提出修改意见,并积极与我们联系,共同探讨教学改革和教材编写等相关问题。来信请发至 panchunyan@ptpress.com.cn。

前言

目前,我国高等职业教育正在进行全面的改革。各高职院校在借鉴德国、美国及新加坡等职业教育发达国家的先进教育模式基础上,探索开发了适应我国(各地区)特色的职业教育模式。通过对各种特色教育模式研究分析可以看出,“任务驱动、基于工作过程、做中学”是普遍拥有的共同特点。

“汽车构造(发动机部分)”是高职汽车相关专业的一门核心专业课程,主要讲述发动机各组成部分,即曲柄连杆机构、配气机构、燃料供给系统、点火系统、冷却系统和润滑系统、进排气系统及排放控制系统的结构组成与工作原理,本书以桑塔纳 2000 型轿车为主流车型,详细介绍了各系统(或总成)及相关零部件的拆装方法。

以往此课程使用的教材普遍缺少拆装方面的实操内容(实操是加强理论学习的必要手段,并且是获得职业能力的重要途径),即使个别教材涉及部分实操内容,但在具体内容如理论知识、实操技能和职业知识与能力拓展等方面的组合和安排均与现代职业教育要求有较大差距。

为了适应新的高职教育模式的要求,使学生能够系统地学习汽车发动机构造方面的知识 with 技能,并充分体现“做中学”的教学理念,我们组织高职院校资深教师及企业专家编写了本书。

本书力求增强内容的实用性,并在每个单元后均附有一定数量的习题,以帮助学生进一步巩固理论知识。本书配备了丰富的教学资源,任课老师可登录人民邮电出版社教学服务与资源网(www.ptpedu.com.cn)免费下载使用。本课程建议课时为 60 学时,各单元的参考学时参见下表。

单 元	项 目	学 时 分 配	
		讲 授	实 训
单元一	汽车发动机总体构造	4	2
单元二	曲柄连杆机构	4	2
单元三	配气机构	4	2
单元四	汽油机燃料供给系统	6	4
单元五	柴油机燃料供给系统	6	4
单元六	冷却系统和润滑系统	4	4
单元七	进排气系统及排放控制系统	2	2
单元八	汽油机点火系统	8	2
课时总计		38	22

本书由惠有利主编,沈沉、李晗副主编,田有为、李英科、张义、吴兴敏、张风云、于林发、仲琳琳、崔波、程相宽等参与了编写工作。

本书在编写过程中得到了赵维科及编者所在院校老师的大力支持与帮助,在此表示衷心的感谢。由于编者水平有限和时间仓促,书中难免存在错误和不足之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2009 年 7 月

目 录

单元一 汽车发动机总体构造..... 1

一、理论知识..... 1

(一) 发动机的基本术语..... 1

(二) 发动机的基本工作原理..... 3

(三) 发动机的总体构造..... 7

(四) 发动机的分类..... 10

(五) 内燃机的产品名称和型号编制
规则..... 11

(六) 发动机拆装(汽车维修)常用

工具..... 12

(七) 汽车维修安全知识..... 16

二、实操技能..... 18

(一) 桑塔纳 2000GSI 轿车 AJR 发动机
总成的拆卸..... 18

(二) 桑塔纳 2000GSI 轿车 AJR 发动机
总成的安装..... 21

(三) 从汽车上拆卸发动机的注意
事项..... 22

三、知识与能力拓展..... 22

(一) 汽车及汽车工业的发展..... 23

(二) 汽车的类型..... 26

(三) 汽车的总体构造..... 30

(四) 汽车的总体布置形式..... 36

(五) 车辆识别代号..... 36

(六) 国产汽车型号..... 37

(七) 汽车的主要技术参数..... 38

习题..... 40

单元二 曲柄连杆机构..... 41

概述..... 41

(一) 曲柄连杆机构的功用和组成..... 41

(二) 曲柄连杆机构的受力分析..... 41

机体组..... 43

一、理论知识..... 43

(一) 汽缸体与曲轴箱..... 43

(二) 汽缸套..... 45

(三) 汽缸盖..... 46

(四) 汽缸垫..... 49

(五) 油底壳..... 50

(六) 发动机的支撑..... 52

二、实操技能..... 53

(一) 汽缸盖的拆装..... 53

(二) 汽缸体的拆装..... 56

(三) 油底壳的拆装..... 57

活塞连杆组..... 58

一、理论知识..... 58

(一) 活塞..... 58

(二) 活塞环..... 62

(三) 活塞销..... 66

(四) 连杆..... 67

二、实操技能..... 69

(一) 活塞连杆组的拆卸..... 69

(二) 活塞连杆组的装配..... 70

曲轴飞轮组..... 72

一、理论知识..... 73

(一) 曲轴..... 73

(二) 曲轴主轴承..... 79

(三) 曲轴扭转减震器..... 81

(四) 飞轮..... 82

二、实操技能..... 83

(一) 曲轴飞轮组的拆卸..... 83

(二) 曲轴飞轮组的组装..... 85

知识与能力拓展..... 86

(一) 汽车燃料多样化	86
(二) 汽车电动化	87
(三) 发动机的性能指标	87
习题	89
单元三 配气机构	91
概述	91
(一) 配气机构的常见形式及组成	91
(二) 配气机构的分类	92
(三) 气门间隙	98
气门组	99
一、理论知识	99
(一) 气门	99
(二) 气门座	102
(三) 气门导管	103
(四) 气门弹簧	104
二、实操技能	105
(一) 配气机构的拆卸	105
(二) 配气机构的装配	105
(三) 气门座圈的拆装	106
气门传动组	106
一、理论知识	106
(一) 配气相位	106
(二) 凸轮轴	107
(三) 挺杆	109
(四) 推杆	112
(五) 摇臂总成	112
二、实操技能	113
(一) 发电机、动力转向油泵 V 形带的拆装	113
(二) 发动机正时齿带的拆装	115
(三) 凸轮轴的拆装	117
知识与能力拓展	118
可变配气相位控制机构	118
习题	122
单元四 汽油机燃料供给系统	123
概述	123
(一) 可燃混合气浓度对发动机性能的影响	123
(二) 汽油机电控燃油喷射系统的	

类型	125
(三) 电控燃油喷射系统的功能	128
空气供给系统	136
一、理论知识	136
(一) 空气供给系统的组成及工作过程	136
(二) 空气供给系统各主要零部件的结构	138
二、实操技能	139
燃油供给系统	139
一、理论知识	140
(一) 燃油供给系统的组成及工作过程	140
(二) 燃油供给系统各主要零部件的结构	141
二、实操技能	147
(一) 油箱的拆装	147
(二) 燃油泵的拆装	148
(三) 燃油滤清器的拆装	150
控制系统	150
一、理论知识	150
(一) 控制系统的组成及工作过程	150
(二) 传感器	151
(三) 电控单元 (ECU)	161
(四) 执行元件	163
二、实操技能	167
热线式空气流量计的拆装	167
电控汽油机辅助控制系统	167
一、理论知识	167
(一) 怠速控制系统	168
(二) 进气控制系统	175
(三) 增压控制系统	177
(四) 故障自诊断系统	178
(五) 失效保护系统	180
(六) 应急备用系统	182
知识与能力拓展	183
(一) 车用汽油的使用性能	183
(二) 车用汽油的选用	184
(三) 车用汽油添加剂	185

习题	185	(二) 冷却系统各主要零部件的构造	250
单元五 柴油机燃料供给系统	187	二、实操技能	259
概述	187	(一) 水泵的拆装	259
(一) 柴油机燃料供给系统的功用和组成	187	(二) 散热器的拆装	259
(二) 柴油机燃料供给系统的工作情况	189	(三) 冷却液的排放与加注	259
(三) 柴油机混合气的形成	189	(四) 节温器的拆装	260
柴油机燃料供给装置	190	(五) 冷却风扇的安装与风扇皮带的调整	261
一、理论知识	190	润滑系统	261
(一) 喷油器	190	一、理论知识	261
(二) 喷油泵	192	(一) 发动机的润滑方式	261
(三) 调速器	207	(二) 润滑系统的基本组成	262
二、实操技能	217	(三) 润滑系统的润滑油路	263
(一) 喷油器的拆装	217	(四) 润滑系统各主要零部件的构造	266
(二) 柱塞式喷油泵的拆装	218	二、实操技能	275
(三) 柱塞式喷油泵在柴油机上的安装	220	(一) 发动机油底壳的拆装	275
(四) VE 型分配泵的拆装	221	(二) 转子式机油泵的拆装	276
(五) 两速调速器的拆装	224	(三) 机油滤清器的更换	276
(六) 机械离心式喷油提前角自动调节器的拆装	225	(四) 离心式细滤器的拆装	276
柴油机燃料供给辅助装置	225	(五) 机油的更换	278
一、理论知识	225	知识与能力拓展	278
(一) 输油泵	225	(一) 冷却液	278
(二) 柴油滤清器	227	(二) 双散热器水冷却系统	279
(三) 油水分离器	227	(三) 电子控制冷却系统	280
二、实操技能	229	(四) 发动机润滑油	282
(一) 柴油滤清器的拆装	229	(五) 发动机润滑油减小磨损的原理	285
(二) 柴油机燃料供给系统的拆装	230	习题	285
知识与能力拓展	232	单元七 进排气系统及排放控制系统	286
(一) 柴油的性能指标及其选用	232	概述	286
(二) 电控柴油机喷射系统	234	进排气系统	286
习题	246	一、理论知识	287
单元六 冷却系统和润滑系统	247	(一) 进气系统	287
概述	247	(二) 排气系统	291
冷却系统	247	二、实操技能	292
一、理论知识	248	(一) 进、排气歧管的拆装	292
(一) 冷却系统的类型	248	(二) 排气消声器的拆装	292
		进气增压系统	293

一、理论知识	293
(一) 废弃涡轮增压系统	293
(二) 机械增压系统	298
(三) 进气谐波增压系统	299
二、实操技能	299
径流式废气涡轮增压器的拆装	299
发动机排放控制系统	302
一、理论知识	302
(一) 汽车上应用的主要排放控制装置及功用	303
(二) 曲轴箱强制通风系统	304
(三) 汽油蒸发控制系统	306
(四) 三元催化转换器	308
(五) 废气再循环系统	312
(六) 二次空气供给系统	316

二、实操技能	317
(一) 活性炭罐的拆装	317
(二) 三元催化转化器的拆装	317
(三) EGR 阀的拆装	318
(四) PCV 阀的拆装	318
(五) 桑塔纳 2000GSi 轿车 AJR 发动机的装配	318
习题	324
单元八 汽油机点火系统	325
一、理论知识	325
(一) 普通电子点火系统	325
(二) 电控点火系统	337
二、知识与能力拓展	348
电控点火系统的功能	348
习题	355

单元一

汽车发动机总体构造

本单元主要介绍发动机的总体构造、工作原理、拆装（维修）常用工具的使用及发动机拆装等内容。

【学习目标】

1. 能够正确描述发动机的总体构造和工作原理
2. 能够正确描述发动机的基本术语和型号编制规则
3. 能够正确描述发动机的主要性能指标
4. 能够正确使用发动机拆装需用的工具、设备，并规范地进行发动机的拆装

一、理论知识

发动机是将燃料燃烧的热能转化成机械能的机器，它是汽车的心脏，是汽车的动力源。现代汽车用发动机应用最广、数量最多的是水冷式四冲程往复式活塞式内燃机。往复式活塞式内燃机具有单机功率范围大（0.6~16 860kW）、热效率高（汽油机略高于0.3，柴油机达0.4）、结构紧凑、体积小、质量轻、操作简单、便于启动等优点，所以它被广泛地用作汽车动力，同时也广泛应用于船舶、拖拉机、工程机械等。现代汽车发动机的结构形式很多，即使是同一类型的发动机，其具体结构也各不相同，但不论哪种类型的发动机，其基本结构都是相似的。常见的车用发动机有汽油发动机和柴油发动机两种。

汽油机和柴油机由于所使用燃料不同，在结构上也各有特点。汽油机主要由“两大机构、五大系统”组成，“两大机构”指曲柄连杆机构和配气机构，“五大系统”指燃料供给系统、冷却系统、润滑系统、点火系统和启动系统。柴油机结构与汽油机相似，但由于其采用压燃式燃烧原理，故其结构中不需要点火系统。本单元主要讲述常用汽油机和柴油机的总体结构及其拆装方法。

（一）发动机的基本术语

发动机基本术语如图 1-1 所示。

- ① 上止点。上止点是指活塞离曲轴回转中心最远处，即活塞的最高位置。

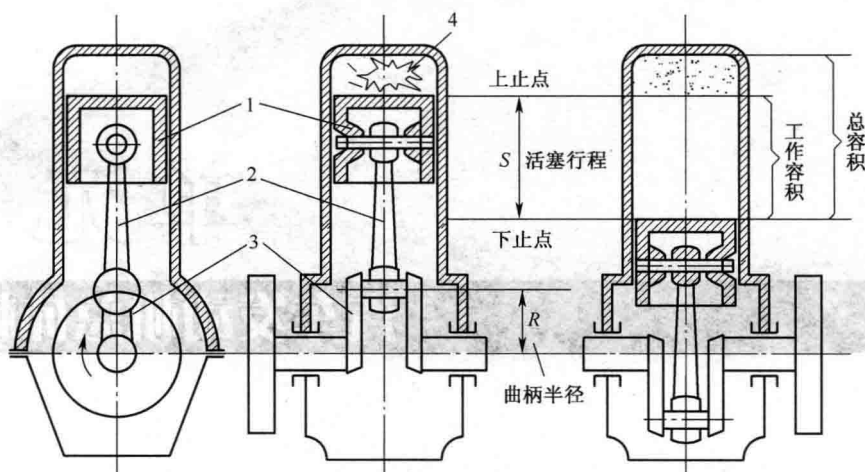


图 1-1 发动机基本术语

1—活塞 2—连杆 3—曲轴 4—燃烧室容积

② 下止点。下止点是指活塞离曲轴回转中心最近处,即活塞的最低位置。

③ 活塞行程。上止点与下止点之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中心的距离(即曲轴的回转半径)称为曲柄半径,一般用 R 表示。活塞行程为曲柄半径的两倍,即 $S=2R$ 。

⑤ 汽缸工作容积。活塞从一个止点运动到另一个止点所扫过的容积称为汽缸工作容积或汽缸排量,一般用 V_h 表示,单位为 L ,即

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

式中: D ——汽缸直径(mm);

S ——活塞行程(mm)。

⑥ 燃烧室容积。活塞在上止点时,活塞顶与汽缸盖之间的容积称为燃烧室容积,一般用 V_c 表示,单位为 L 。

⑦ 汽缸总容积。活塞在下止点时,活塞顶上方的容积称为汽缸总容积,一般用 V_a 表示,单位为 L 。显然,汽缸总容积是汽缸工作容积与燃烧室容积之和,即

$$V_a = V_c + V_h$$

式中: V_c ——燃烧室容积(L);

V_a ——汽缸总容积(L)。

⑧ 发动机排量。多缸发动机各汽缸工作容积的总和称为发动机排量,一般用 V_L 表示,单位为 L 。即

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

式中: V_h ——汽缸工作容积(L);

i ——汽缸数目。

⑨ 压缩比。汽缸总容积与燃烧室容积之比称为压缩比,一般用 ε 表示。

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

式中: V_a ——汽缸总容积 (L);

V_h ——汽缸工作容积 (L);

V_c ——燃烧室容积 (L)。

压缩比表示活塞由下止点运动到上止点时, 汽缸内的气体被压缩的程度。压缩比越大, 压缩终了时汽缸内气体的压力和温度越高。目前, 一般车用汽油机的压缩比约为 6 ~ 11, 柴油机的压缩比一般为 16 ~ 22。

⑩ 工作循环。在汽缸内进行的每一次将燃料燃烧的热能转变成机械能的一系列连续过程 (进气、压缩、做功、排气) 称发动机的一个工作循环。

(二) 发动机的基本工作原理

1. 四冲程汽油机的工作原理

四冲程汽油机每一个工作循环包括四个活塞行程, 即进气行程、压缩行程、做功行程和排气行程, 如图 1-2 所示。

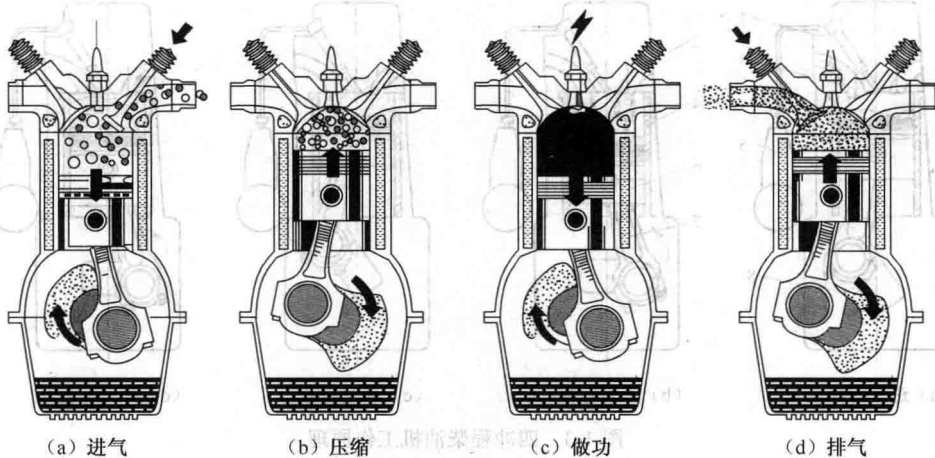


图 1-2 四冲程汽油机工作原理

(1) 进气行程

在进气行程中, 活塞在曲轴带动下由上止点向下止点运行, 这时进气门开启, 排气门关闭。在活塞由上止点向下止点运动过程中, 由于活塞上方汽缸容积逐渐增大, 形成一定的真空度。这样, 可燃混合气通过进气门被吸入汽缸, 直到活塞到达下止点时, 进气行程结束。

(2) 压缩行程

在进气行程结束以后, 活塞在曲轴的带动下由下止点向上止点运动, 这时排气门处于关闭状态, 而进气门处于逐渐关闭状态。在活塞由下止点向上止点运动过程中, 由于活塞上方汽缸容积逐渐减小, 当进气门和排气门均处于关闭状态时, 进入汽缸内的可燃混合气被压缩, 温度和压力不断升高, 直到活塞到达上止点时, 压缩行程结束。

(3) 做功行程

当活塞运动到接近压缩行程上止点附近时, 火花塞跳火点燃汽缸内的可燃混合气。这时由于进气门和排气门均处于关闭状态, 使缸内气体温度和压力同时升高, 高温高压的气体膨胀,

推动活塞由上止点向下止点运动,并通过连杆带动曲轴旋转输出机械能,直到活塞到达下止点时,做功行程结束。

(4) 排气行程

在做功行程结束后,汽缸内的可燃混合气通过燃烧转变为废气。此时排气门开启,进气门处于关闭状态,活塞在曲轴的带动下由下止点向上止点运动,汽缸内的废气经排气门排出,直到活塞到达上止点排气行程结束。

排气行程结束后,进气门再次开启,又开始下一个工作循环。如此周而复始,发动机就连续运转。发动机工作时,需要连续不断地进行循环,在每个循环中都是依次完成进气、压缩、做功、排气四个行程。

2. 四冲程柴油机的工作原理

与四冲程汽油机一样,四冲程柴油机每个工作循环也是由进气、压缩、做功和排气4个行程组成。但由于柴油和汽油使用性能的不同,柴油机在可燃混合气的形成方式、着火方式等方面与汽油机有着较大的区别。这里主要介绍四冲程柴油机与四冲程汽油机工作原理的不同之处。四冲程柴油机工作原理如图1-3所示。

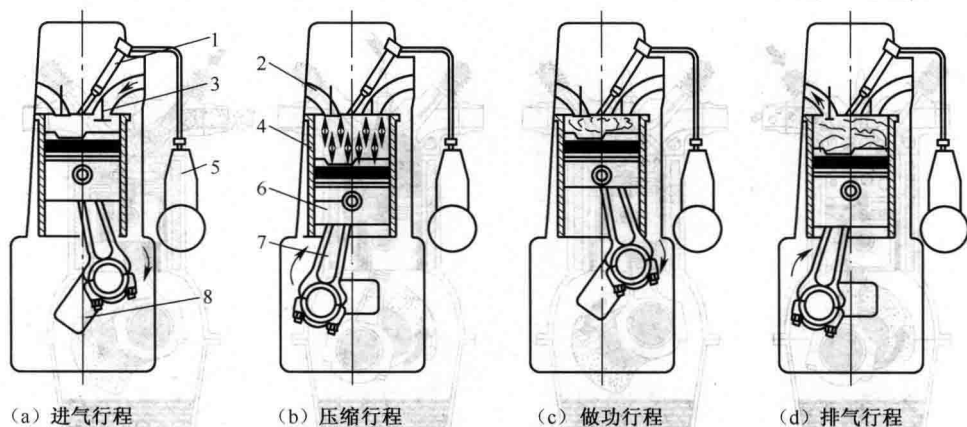


图 1-3 四冲程柴油机工作原理

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

(1) 进气行程

柴油机在进气行程中进入汽缸的是纯空气,而不是可燃混合气。

(2) 压缩行程

柴油机在压缩行程中压缩的是进气行程进入汽缸内的纯空气。由于柴油机压缩比高,压缩终了时缸内气体的温度和压力均高于汽油机。

(3) 做功行程

做功行程与汽油机有很大区别。在压缩行程接近上止点时,喷油泵泵出的高压柴油经喷油器呈雾状喷入汽缸内的高温空气中,柴油迅速吸热、蒸发、扩散与空气混合形成可燃混合气。由于此时汽缸内的温度远高于柴油的自燃温度(约500K左右),形成的可燃混合气自行着火燃烧,随后的一段时间内边喷油边混合边燃烧,汽缸内的温度和压力迅速升高,推动活塞下行做功。

(4) 排气行程

与汽油机的排气行程基本相同。

由上述单缸四冲程汽油机和单缸四冲程柴油机的工作原理可知,四冲程发动机工作循环具有以下特点。

① 每完成一个工作循环曲轴转 2 圈 (720°),每一行程曲轴旋转半圈 (180°)。进气行程中进气门开启,排气门关闭;排气行程中排气门开启,进气门关闭;其余两个行程进、排气门均关闭。

② 在 4 个行程中,只有做功行程产生动力,其余 3 个行程则是为做功行程作准备的辅助行程,都要消耗动力。虽然做功行程是主要的,但其他 3 个行程也是必不可少的。

③ 发动机启动时(第一个工作循环),必须借助外力带动曲轴旋转以完成进气、压缩行程,在混合气着火做功行程开始后,依靠曲轴和飞轮储存的能量,使发动机转入正常运转状态。

3. 多缸四冲程发动机的工作原理

单缸四冲程发动机每个工作循环所经历的四个行程中,只有做功行程为有效行程,其他 3 个行程为消耗机械功的辅助行程。这样,发动机曲轴在做功行程中的转速快,在其他行程中转速慢。所以,一个工作循环中曲轴的转速是不均匀的。为了保证发动机运转平稳,现代汽车发动机都采用多缸四冲程发动机,应用最多的是四缸、六缸和八缸发动机。

多缸四冲程发动机每个汽缸所经历的工作循环与单缸四冲程发动机相同,但各缸的做功行程并非同时进行,而是按一定顺序进行。因此,对多缸四冲程发动机来说,曲轴每转两周,各缸分别做功一次,且各缸做功间隔角(以曲轴转角表示)保持一致。对于缸数为 i 的四冲程直列式发动机而言,做功间隔角为 $720^\circ/i$ 。汽缸数越多,发动机工作越平稳,但结构也越复杂。

4. 二冲程汽油机的结构特点与工作原理

二冲程发动机是指活塞在上、下止点间往复移动 2 个行程(相当于曲轴旋转 360°),完成进气、压缩、做功和排气 4 个过程的发动机。

(1) 二冲程汽油机的结构特点

二冲程汽油机基本结构如图 1-4 所示。与四冲程汽油机相比,二冲程汽油机取消了气门机构,而在汽缸中分别设有进气孔、换气孔和排气孔,这 3 个孔可分别在一定时刻为活塞所关闭。可燃混合气经进气孔流入曲轴箱,继而通过换气孔进入汽缸内,而废气则通过排气孔排出汽缸外。

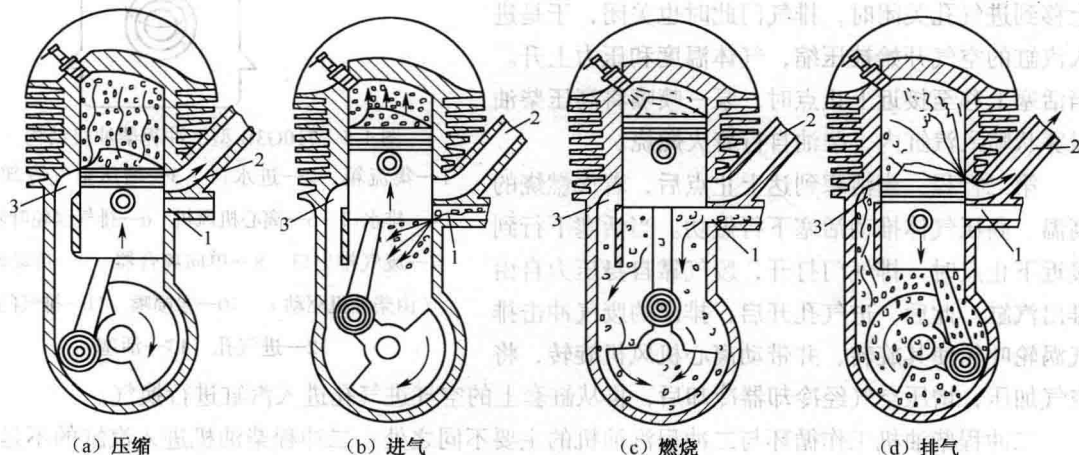


图 1-4 二冲程汽油机工作原理示意图

1—进气孔 2—排气孔 3—换气孔