

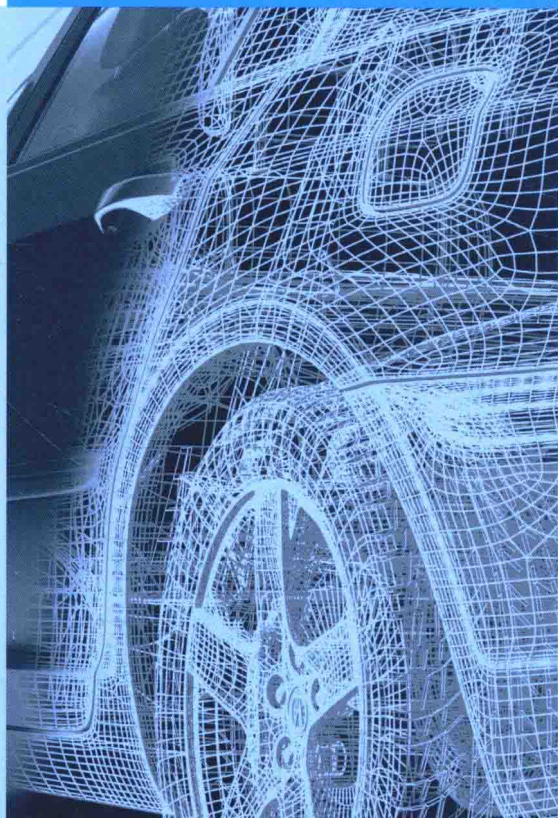
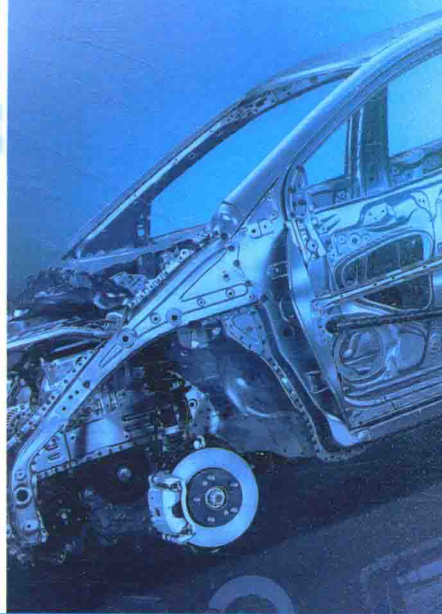


国家骨干高职院校项目建设成果

汽车发动机 机械系统检修

廖胜文 杨 晋 主 编
李发禾 主 审

汽车运用技术专业



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

国家骨干高职院校项目建设成果

Qiche Fadongji Jixie Xitong Jianxiu
汽车发动机机械系统检修

廖胜文 杨 晋 主 编
李发禾 主 审



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书是汽车运用技术专业职业岗位核心能力课程教材,是在各高等职业院校积极践行和创新先进职业教育思想和理念、深入推进“校企合作、工学结合”人才培养模式的大背景下,根据新的教学和课程标准组织编写而成。

全书以汽车发动机机械系统典型的故障现象为载体,共确定九个学习情境,学习情境一为发动机总体结构认知,学习情境二为气缸压力低故障检修,学习情境三为配气机构异响故障检修,学习情境四为发动机冒黑烟故障检修,学习情境五为柴油机起动困难故障检修,学习情境六为发动机水温过高故障检修,学习情境七为机油压力过低故障检修,学习情境八为发动机怠速不稳故障检修,学习情境九为发动机拆装与竣工验收。每个学习情境包括若干个工作任务,每个工作任务又包括任务概述、相关知识、任务实施、任务工作单等内容。

本书内容翔实,可作为高职高专汽车运用技术、汽车检测与维修等专业教材,同时也可作为汽车维修从业人员参考读物。

图书在版编目(CIP)数据

汽车发动机机械系统检修 / 廖胜文, 杨晋主编. —北京:
人民交通出版社股份有限公司, 2015. 1

国家骨干高职院校项目建设成果

ISBN 978-7-114-12356-6

I. ①汽… II. ①廖… ②杨… III. ①汽车—发动机
—机械系统—车辆修理—高等教育—教材 IV. ①U472.43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 192250 号

国家骨干高职院校项目建设成果

书 名: 汽车发动机机械系统检修

著 作 者: 廖胜文 杨 晋

责任编辑: 卢仲贤 司昌静 周 凯

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpress.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 15

字 数: 371 千

版 次: 2015 年 1 月 第 1 版

印 次: 2015 年 1 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-12356-6

定 价: 43.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

江西交通职业技术学院

优质核心课程系列教材编审委员会

主 任：朱隆亮

副主任：黄晓敏 刘 勇

委 员：王敏军 李俊彬 官海兵 刘 华 黄 浩
张智雄 甘红缨 吴小芳 陈晓明 牛星南
黄 侃 何世松 柳 伟 廖胜文 钟华生
易 群 张光磊 孙浩静 许 伟

道路桥梁工程技术专业编审组(按姓名音序排列)

蔡龙成 陈 松 陈晓明 邓 超 丁海萍 傅鹏斌
胡明霞 蒋明霞 李慧英 李 娟 李 央 梁安宁
刘春峰 刘 华 刘 涛 刘文灵 柳 伟 聂 堃
唐钱龙 王 彪 王立军 王 霞 吴继锋 吴 琮
席强伟 谢 艳 熊墨圣 徐 进 宣 滨 俞记生
张 先 张先兵 郑卫华 周 娟 朱学坤 邹花兰

汽车运用技术专业编审组

邓丽丽 付慧敏 官海兵 胡雄杰 黄晓敏 李彩丽
梁 婷 廖胜文 刘堂胜 刘星星 毛建峰 闵思鹏
欧阳娜 潘开广 孙丽娟 王海利 吴纪生 肖 雨
杨 晋 游小青 张光磊 郑 莉 周羽皓 邹小明

物流管理专业编审组

安礼奎 顾 静 黄 浩 闵秀红 潘 娟 孙浩静
唐振武 万义国 吴 科 熊 青 闫跃跃 杨 莉
曾素文 曾周玉 占 维 张康潜 张 黎 邹丽娟

交通安全与智能控制专业编审组

陈 英 丁荔芳 黄小花 李小伍 陆文逸 任剑岚
王小龙 武国祥 肖 苏 谢静思 熊慧芳 徐 杰
许 伟 叶津凌 张春雨 张 飞 张 铮 张智雄

学生素质教育编审组

甘红缨 郭瑞英 刘庆元 麻海东 孙 力 吴小芳
余 艳

序

PREFACE

为配合国家骨干高职院校建设,推进教育教学改革,重构教学内容,改进教学方法,在多年课程改革的基础上,江西交通职业技术学院组织相关专业教师和行业企业技术人员共同编写了“国家骨干高职院校重点建设专业人才培养方案和优质核心课程系列教材”。经过三年的试用与修改,本套丛书在人民交通出版社股份有限公司的支持下正式出版发行。在此,向本套丛书的编审人员、人民交通出版社股份有限公司及提供帮助的企业表示衷心感谢!

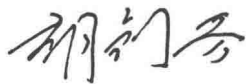
人才培养方案和教材是教师教学的重要资源和辅助工具,其优劣对教与学的质量有着重要的影响。好的人才培养方案和教材能够提纲挈领,举一反三,而差的则照搬照抄,不知所云。在当前阶段,人才培养方案和教材仍然是教师以育人为目标,服务学生不可或缺的载体和媒介。

基于上述认识,本套丛书以适应高职教育教学改革需要、体现高职教材“理论够用、突出能力”的特色为出发点和目标,努力从内容到形式上有所突破和创新。在人才培养方案设计时,依据企业岗位的需求,构建了以岗位需求为导向,融教学生产于一体的工学结合人才培养模式;在教学内容取舍上,坚持实用性和针对性相结合的原则,根据高职院校学生到工作岗位所需的职业技能进行选择。并且,从分析典型工作任务入手,由易到难设置学习情境,寓知识、能力、情感培养于学生的学习过程中,力求为教学组织与实施提供一种可以借鉴的模式。

本套丛书共涉及汽车运用技术、道路桥梁工程技术、物流管理和交通安全与智能控制等 27 个专业的人才培养方案,24 门核心课程教材。希望本套丛书能具有学校特色和专业特色,适应行业企业需求、高职学生特点和经济社会发展要求。我们期待它能够成为交通运输行业高素质技术技能人才培养中有力的助推器。

用心用功用情唯求致用,耗时耗力耗资应有所值。如此,方为此套丛书的最大幸事!

江西省交通运输厅总工程师



2014 年 12 月

前言

FOREWORD

根据《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》和《教育部财政部关于进一步推进“国家示范性高等职业院校建设计划”实施工作的通知》(教高[2010]8号)等文件精神,结合学院国家骨干院校建设项目的实施,学院成立了国家骨干高职院校优质核心课程改革教材编写委员会。依托各专业校企合作工作委员会,对4个重点建设专业的核心课程,组织了以骨干教师为主编的创作队伍,通过与行业内企业的密切合作,确定了课程的教学内容和编写模式,共同完成了本套教材的编写工作。

本书是国家骨干高职院校优质核心课程改革教材中的一本,采用“学习情境、工作任务”的模式进行编写,在学习情境确定上,按照由简单到复杂、由局部到整体、由单一技能到综合技能的思路,以汽车维修岗位的职业能力为目标,以汽车发动机机械系统典型故障为载体,构建学习情境和工作任务。每个学习情境中的工作任务,都来自于企业的生产实际,是真实完整的汽车维修作业过程。

本书以目前国内和区域内的主流车型为例,重点讲述了汽缸、活塞、曲轴、配气机构、燃料供给系统、冷却系统、润滑系统、进排气系统等结构原理、拆装过程、检测调整和常见故障的诊断与维修方法等知识。全书共分为九个学习情境,学习情境一为发动机总体结构认知,学习情境二为汽缸压力低故障检修,学习情境三为配气机构异响故障检修,学习情境四为发动机冒黑烟故障检修,学习情境五为柴油机起动困难故障检修,学习情境六为发动机水温过高故障检修,学习情境七为机油压力过低故障检修,学习情境八为发动机怠速不稳故障检修,学习情境九为发动机拆装与竣工验收。

本书由江西交通职业技术学院廖胜文、杨晋担任主编,梁婷、张光磊、肖雨、毛建峰等参编,北京现代江西华美现代4S店业务运营总监李发禾担任主审。其中,学习情境一、学习情境三、学习情境五由廖胜文编写,学习情境二、学习情境四由杨晋编写,学习情境六由张光磊编写,学习情境七由肖雨编写,学习情境八由毛建峰编写,学习情境九由梁婷编写。

本书在编写过程中,参考了大量的教材和文献资料,在此一并向有关作者表示真诚的感谢。

由于作者水平有限,精选的学习情境和工作任务难以涵盖所有车型车系,希望使用者对书中的错误提出宝贵意见,以便今后改进提高。

作 者
2014 年 12 月

目 录

CONTENTS

学习情境一 发动机总体结构认知	1
工作任务一 发动机结构及工作过程认知	2
工作任务二 发动机技术性能指标认知	15
学习情境二 汽缸压力低故障检修	25
工作任务一 汽缸磨损测量	26
工作任务二 活塞环更换	38
工作任务三 曲轴、轴承更换	54
学习情境三 配气机构异响故障检修	65
工作任务一 正时链条更换	66
工作任务二 气门漏气故障检修	75
工作任务三 气门间隙调整	86
学习情境四 发动机冒黑烟故障检修	102
工作任务一 发动机尾气检测	103
工作任务二 供油压力过低故障检修	109
学习情境五 柴油机起动困难故障检修	121
工作任务一 排出柴油供油管路中空气	122
工作任务二 柴油机喷油器不喷油故障检修	129
学习情境六 发动机水温过高故障检修	146
工作任务 节温器故障检修	147
学习情境七 机油压力过低故障检修	158
工作任务 机油泵堵塞故障检修	159
学习情境八 发动机怠速不稳故障检修	170
工作任务一 节气门体清洗	171
工作任务二 排气管异响故障检修	182
学习情境九 发动机拆装与竣工验收	191
工作任务一 发动机拆装	192
工作任务二 发动机磨合	214
工作任务三 发动机竣工验收	219
参考文献	227

学习情境一 发动机总体结构认知



情境概述

本情境主要讲授汽车发动机结构及工作过程、技术性能指标。根据岗位职业能力的要求,本情境共安排两个真实的工作任务。

一、职业能力分析

通过本情境的学习,期望达到下列目标。

1. 专业能力

- (1) 了解发动机的定义。
- (2) 熟悉汽车发动机的分类方法。
- (3) 能认识各种形式的发动机。
- (4) 能在汽车中找到发动机。

2. 社会能力

- (1) 通过分组活动,培养团队协作能力。
- (2) 通过规范文明操作,培养良好的职业道德和节能环保意识。
- (3) 通过小组讨论、上台演讲评述,培养与客户的沟通能力。

3. 方法能力

- (1) 通过查阅资料、文献,培养个人自学能力和获取信息能力。
- (2) 通过情境化的工作任务活动,掌握解决实际问题的能力。
- (3) 填写任务工作单,制订工作计划,培养工作能力。
- (4) 能独立使用各种媒体完成学习任务。

二、学习情境描述

汽车发动机是汽车的动力源,为整个汽车提供动力。一般来说,除个别型号的汽车外,发动机相对车身所处的位置通常安装在前轮轴前面,被称为“前置发动机”,它们的外形根据各车型不同而有差异,但是结构轮廓基本一样。

我们在汽车4S店看车或买车时,销售人员往往会给我们一张车辆参数宣传资料,资料上面都有该车发动机的形式。要想看明白这份参数表,就要求我们能够认知发动机的总体结构,熟悉发动机的基本分类、发动机基本工作原理和主要性能指标。

三、教学环境要求

本情境要求,在理实一体化专业教室和专业实训室完成。要求配备发动机的各类汽车四辆、带发动机翻转台架的发动机四台、各种拆装工具四套。同时,提供相关发动机

的技术手册、使用说明书;可以用于资料查询的电脑、任务工作单、多媒体教学设备、课件和视频教学资料等。

学生分成四个小组,各组独立完成相关的工作任务,并在教学完成后提交任务工作单。

工作任务一 发动机结构及工作过程认知



任务概述

1. 应知应会

通过本工作任务的学习与具体实施,学生应学会下列知识:

- (1)熟悉发动机的功用、基本组成。
- (2)掌握发动机的类型和结构形式。
- (3)熟悉发动机的基本名词术语。
- (4)掌握发动机机械系统的总成部件名称和基本组成。

应该掌握下列技能:

- (1)能认识各种形式的发动机。
- (2)能在汽车中找到发动机。
- (3)能画出曲柄连杆组的草图,并标注基本名词术语及其参数。
- (4)能在解体的发动机上找出发动机的两大机构和五大系统。

2. 学习要求

(1)在每个工作任务的学习过程中,完成相关任务工作单的填写,并通过课程网络及时提交给相关教师。任务工作单提交方法详见课程网站。

(2)在每个情境实施阶段的中期或后期,按要求填写检修工作单。本情境学习结束后,按要求填写学生考核记录表,进行自我评价后交小组长,小组长评价后连同检修工作单统一交教师。

(3)每个情境学习到评价环节时,个人进行任务完成情况的评估。教师对小组抽查,被抽查的个人上台进行讲评。



相关知识

一、发动机的定义

汽车的动力源是发动机,发动机是将某一种形式的能量转化为机械能的机器。将燃料燃烧所产生的热能转化为机械能的装置称为热力发动机(简称热机)。内燃机是一种热力发动机,其特点是液体或气体燃料与空气混合后直接输入机器内部燃烧而产生热能,然后再转变成机械能。另一种热机是外燃机,如蒸汽机,其特点是燃料在机器外部的锅炉内燃烧,将锅炉内的水加热而产生高温、高压水蒸气,然后输送至机器内部,使水蒸气所含的热能转变为机械能。

内燃机具有热效率高、体积小、质量轻、便于移动以及起动性能好等优点,因而广泛应用于飞机、舰船以及汽车、拖拉机、坦克等。但是,内燃机一般要求使用石油燃料,同时排出的废气中含有有害气体成分较多。为解决能源短缺与大气污染的问题,目前,世界各国正致力于排气净化以及其他新能源发动机的研究工作。

二、发动机的类型

根据内燃机将热能转化为机械能的主要构件的形式不同,可分为活塞式内燃机和燃气轮机两大类。前者又可按活塞运动方式分为往复活塞式和旋转活塞式两种。往复活塞式发动机为现代内燃机的主流。活塞在汽缸中做往复直线运动,经连杆、曲轴等转变为旋转运动。各种汽车、船舶等运输用发动机及发电、工程机械、农业机械所用的发动机,大部分采用此种形式。往复活塞式发动机按照点火方式、工作循环、热力循环、凸轮轴的位置及凸轮轴数、汽缸排列、使用燃料、冷却方式等,又可分为很多不同的形式。

发动机的分类及含义,如表 1-1 所示。

发动机的类型及含义 表 1-1

分类方法	类 别	含 义
按使用燃料和动力能源方式不同分	汽油发动机	以汽油为燃料的发动机
	柴油发动机	以柴油为燃料的发动机
	油—气混合发动机	能同时以燃油和气体作为燃料的发动机
	纯气体发动机	以天然气、液化石油气等为燃料的发动机
	油—电混合发动机	能同时以燃油和蓄电池作为燃料或能源的发动机
	纯电动发动机	以蓄电池为动力能源的发动机
	气—电发动机	能同时以气体和蓄电池作为燃料或能源的发动机
	气、油、电混合动力	能同时以气体、燃油和蓄电池作为燃料或能源的发动机
按冲程数量分	二冲程发动机	活塞经过两个行程完成一个工作循环的发动机
	四冲程发动机	活塞经过四个行程完成一个工作循环的发动机
按热力循环方式分	奥拓循环、狄塞尔循环、混合循环	
按着火方式分	点燃式内燃机	压缩汽缸内的可燃混合气,并用外源点火燃烧的发动机
	压燃式内燃机	压缩汽缸内的空气或可燃气,产生高温,引起喷入燃料着火的发动机
按进气状态分	自然吸气式发动机 (非增压内燃机)	进入汽缸前的空气或可燃混合气未经压缩的内燃机。对于四冲程内燃机,也称自吸式发动机
	增压发动机	进入汽缸前的空气或可燃混合气先经过压气机压缩,以增大充量密度的发动机
按冷却方式分	水冷式发动机	用水冷却汽缸和汽缸盖等零件的发动机
	风冷式内燃机	用空气冷却汽缸和汽缸盖等零件的发动机
按汽缸数量分	单缸发动机	只有一个汽缸的发动机
	多缸发动机	具有两个或两个以上汽缸的发动机

分类方法	类别	含 义
按汽缸布置形式分	立式发动机	汽缸布置于曲轴上方且汽缸中心线垂直于水平面的发动机
	卧式发动机	汽缸中心线平行于水平面的发动机
	直列式发动机	具有两个或两个以上直立汽缸,并呈一列布置的发动机
	V 形发动机	具有两个或两列汽缸,其中心线夹角呈 V 形,并共用一根曲轴输出功率的发动机
	对置汽缸式发动机	两个或两列汽缸分别排列在同一曲轴的两边呈 180° 夹角的发动机
	斜置式发动机	汽缸中心线与水平面呈一定角度(不是直角)的内燃机
	辐射式发动机	多个汽缸以曲轴为中心,沿圆周平均分布的发动机
按凸轮轴数量分	单凸轮轴	有一根凸轮轴的发动机
	双(多)凸轮轴	有两根或以上凸轮轴的发动机
按用途分	有汽车用、机车用、拖拉机用、船用、坦克用、摩托车用、发电用、农用、工程机械用等发动机	

三、发动机的基本结构

发动机是将某一种形式的能量转换为机械能的机器,是汽车行驶的动力来源。四冲程汽油发动机基本结构,如图 1-1 所示。

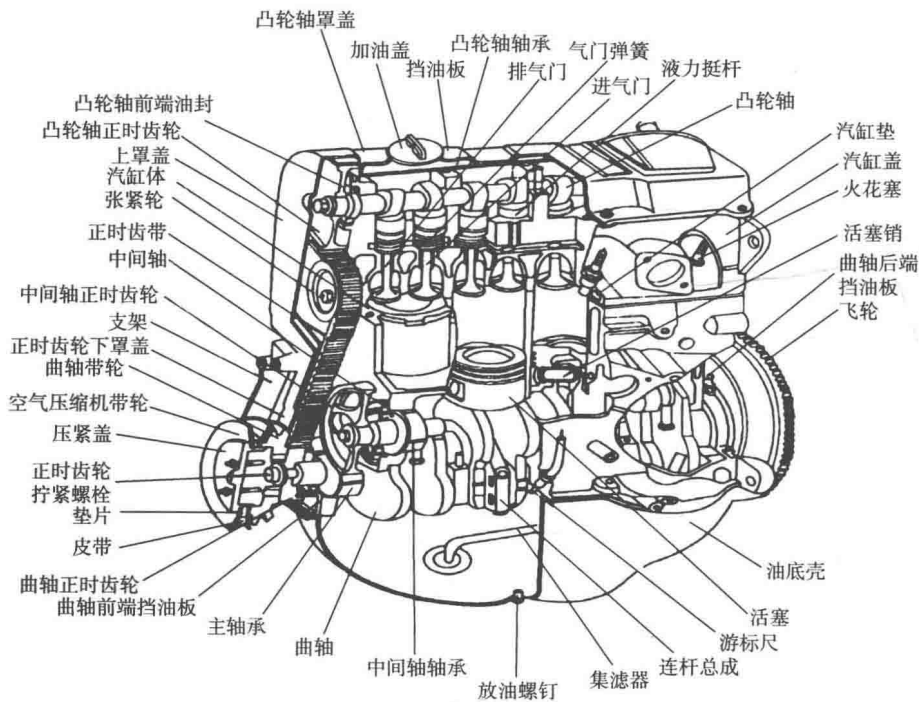


图 1-1 四冲程发动机结构示意图

现代发动机是一种由许多机构和系统组成的复杂机器,其结构形状多种多样,具体结构也差别很大,但无论是汽油机,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工作,都必须具备以下一些机构和系统。

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,并从曲轴对外输出动力。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化成活塞的直线运动。

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,使可燃混合气或空气进入汽缸,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

汽油机燃料供给系的功用是根据发动机的要求,配制出一定数量和浓度的混合气,供入汽缸,并将燃烧后的废气从汽缸内排出到大气中去;柴油机燃料供给系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,最后将燃烧后的废气排出。

4. 润滑系统

润滑系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。润滑系通常由润滑油道、机油泵、机油滤清器和一些阀门等组成。

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,保证发动机在最适宜的温度状态下工作。

6. 点火系统

在汽油机中,汽缸内的可燃混合气是靠电火花点燃的,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。能够按时在火花塞电极间产生电火花的全部设备称为点火系统,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。

8. 进排气系统

进排气系统是发动机吸入新鲜空气和排出废气的系统。

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、润滑系统、冷却系统、点火系统、起动系统和进排气系统组成;柴油机由以下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、润滑系统、冷却系统、起动系统和进排气系统组成,柴油机是压燃的,不需要点火系统。

四、发动机的基本名词术语

图 1-2 为四冲程发动机的名称术语示意图。其基本组成、运动关系与基本术语为:

1. 上止点

活塞顶部离曲轴中心最远位置。

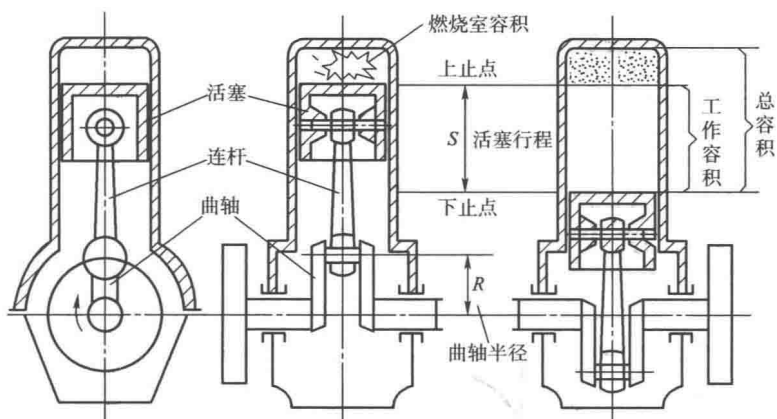


图 1-2 发动机基本名词术语

2. 下止点

活塞顶部离曲轴中心最近位置。

3. 活塞行程 S

活塞在汽缸内由一个止点移到另一个止点间的距离；曲轴每转半周(180°)，相当于一个活塞行程，也称冲程，以 S 表示。

4. 工作容积 V_h

活塞在汽缸内由上止点移到下止点时，所让出来的空间，即称为汽缸的工作容积，以 V_h 表示。

$$V_h = \frac{\pi D^2}{4 \times 10^3} S \cdot i$$

式中： D ——汽缸直径，cm；

S ——活塞行程，cm；

i ——汽缸数。

5. 压缩容积 V_c

当活塞在汽缸内位于上止点时，在活塞顶上的全部空间，称为压缩容积或称燃烧室容积，以 V_c 表示。

6. 汽缸总容积 V_a

活塞在下止点时，在活塞顶上的全部容积，也就是压缩容积 V_c 和工作容积 V_h 的总和，以 V_a 表示。

$$V_a = V_h + V_c$$

7. 发动机排量 V_π

多缸发动机全部汽缸工作容积的总和，称为发动机的排量，单位为 L，以 V_π 表示。

8. 压缩比 ϵ

汽缸总容积与压缩容积的比值，称为压缩比，以 ϵ 表示。

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

压缩比是一个抽象的数值，它表示活塞从下止点到上止点时气体缩小的比数。例如，汽缸总容积为 1.2L，压缩容积为 0.2L，压缩比即为 6:1 或 6，即气体被压缩到原来的 1/6。目前，汽油发动机的压缩比为 6~10(有的也高达 10 以上)，柴油机的压缩比为 15~22。

9. 工作循环

由进气、压缩、做功和排气四项工作组成,每完成这四项工作就完成了一个工作循环。工作循环分别在每一个汽缸内进行,而与发动机的汽缸数无关。

五、往复活塞式发动机的工作原理

一般发动机设计有多个汽缸,每个汽缸中都有一个活塞,每个活塞通过活塞销、连杆与一个共用的曲轴(多缸机)相连接,活塞在汽缸内做往复运动,共同连续不断地实现曲轴的转动,对外做功。

1. 四冲程汽油机工作原理

活塞在汽缸中上下运动四个行程(即曲轴旋转 720°),完成一个工作循环的发动机,称为四冲程循环发动机。

四个行程依照工作的先后次序,分别为进气→压缩→做功→排气四个行程,如图 1-3 所示。但四冲程发动机的每一个工作形态,并不完全在 180° 内发生。

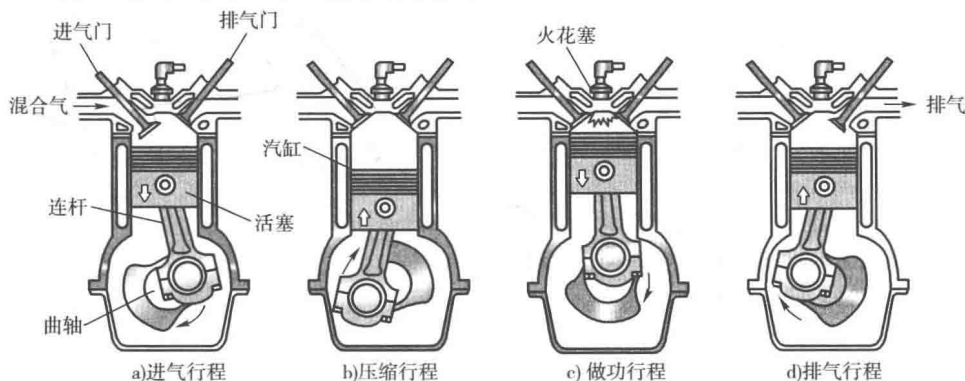


图 1-3 四冲程往复活塞式发动机工作原理示意图

汽车工作循环中,气体压力 p 和相应的活塞所在不同位置的汽缸工作容积 V 之间的变化关系,常用发动机循环示功图来表示。如图 1-4 所示,示功图中曲线所围成的面积表示发动机整个工作循环中气体在单个汽缸内所做的功。

(1) 进气行程如图 1-3a) 所示,曲轴带动活塞从上止点向下止点运动,进气门开启,排气门关闭,汽缸内活塞上方容积增大,汽缸内压力小于外界大气压,形成一定真空度,可燃混合气经进气歧管、进气门吸入汽缸。由于进气时间短且进气系统存在压力,进气终了时汽缸压力略低于大气压力,为 $0.074 \sim 0.093 \text{ MPa}$ 。由于气体与汽缸壁之间存在摩擦,同时在高温机件和残余废气加热下,它的温度上升到 $80 \sim 130^\circ\text{C}$ 。

在图 1-4a) 的示功图上,进气行程用曲线 ra 表示。曲线 ra 位于大气压力线下,它与大气压力线纵坐标之差即表示汽缸内的真空度。

(2) 压缩行程中,为了使可燃混合气能迅速、完全、集中地燃烧,使发动机能发出更大的功率,燃烧前必须将可燃混合气压缩。如图 1-3b) 所示,在进气行程终了时,活塞自下止点向上止点移动,曲轴由 180° 转到 360° ,此时,进排气门均关闭。随着汽缸的容积不断缩小,可燃混合气受到压缩,其温度和压力不断升高。压缩行程一直持续到活塞到达上止点时为止,此时,可燃混合气被压缩到活塞上方的很小空间,即燃烧室中。压缩终了时,可燃混合气的温度为 $327 \sim 427^\circ\text{C}$,可燃混合气压力为 $0.6 \sim 1.5 \text{ MPa}$ 。如图 1-4b) 所示,压缩行程用曲线 ac 表示。

压缩终了时,可燃混合气的压力和温度取决于压缩比,压缩比越大,燃烧速度越快,因而

发动机发出的功率便越大,动力性和经济性越好。但压缩比过大时,不仅不能进一步改善燃烧状况,反而会出现爆燃和表面点火等不正常燃烧现象。

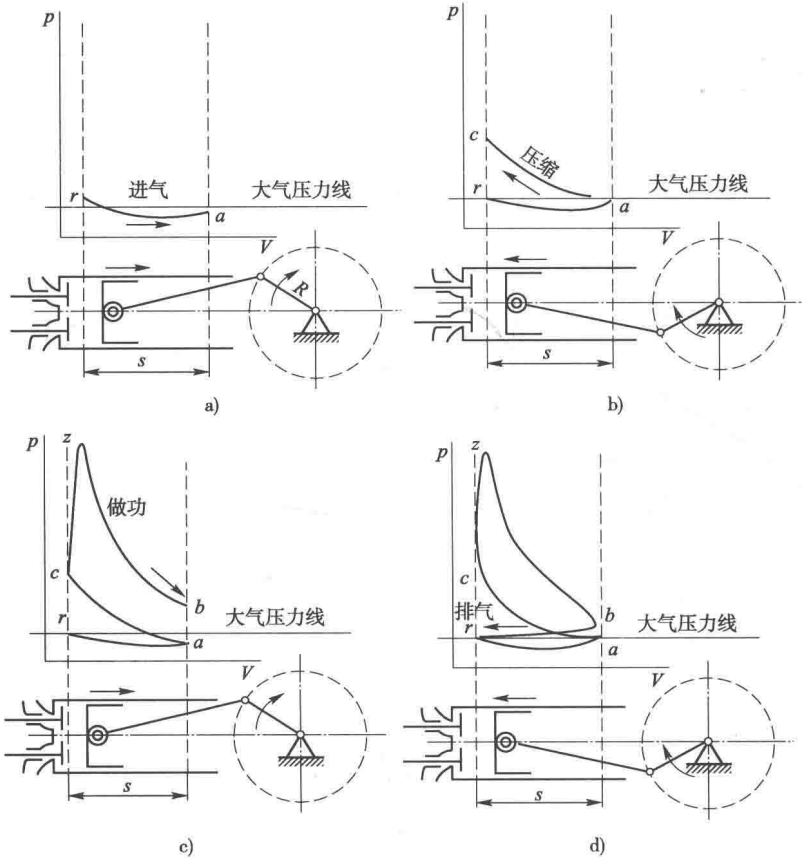


图 1-4 四冲程发动机示功图

因此,在提高压缩比时,必须注意防止爆燃和表面点火的发生。此外,压缩比提高还受到排气污染法规的限制。许多国家生产的汽油机,其压缩比都出现了下降的趋势。

(3) 做功行程如图 1-3c) 所示,在这个行程中进排气门仍关闭。当活塞在压缩行程接近上止点时,装在汽缸盖上的火花塞在高压电作用下产生电火花,点燃被压缩的可燃混合气。可燃混合气燃烧后,放出大量的热能,使燃气的压力和温度急剧升高,如图 1-4c) 曲线 cz 所示。最高压力 p 为 $3 \sim 5\text{MPa}$,相应的温度为 $1927 \sim 2527^\circ\text{C}$,且体积迅速膨胀。此时,活塞被高压气体推动从上止点下行,带动曲轴从 360° 旋转到 540° ,并输出机械能,能量除了维持发动机本身继续运转消耗一部分外,其余部分都用于对外做功,所以该行程称为做功行程。

示功图上,曲线 zb 表示活塞向下移动时,汽缸内容积增加,气体压力和温度都在降低。在做功行程终了的 b 点,压力降到 $0.3 \sim 0.5\text{MPa}$,温度则降为 $1027 \sim 1327^\circ\text{C}$ 。

(4) 排气行程可燃混合气体燃烧后生成的废气,必须从汽缸中排除,以便进行下一个进气行程。如图 1-3d) 所示,当膨胀过程接近终了时,进气门关闭,排气门开启,曲轴通过连杆推动活塞从下止点向上止点运动,曲轴由 540° 旋转到 720° 。废气在自身残余压力和活塞的推力作用下从汽缸中排出。活塞到上止点附近时,排气行程结束。

如图 1-4d) 所示,这一行程用曲线 br 表示。由于排气系统存在排气阻力,所以在排气终了时汽缸内压力稍高于大气压力,为 $0.102 \sim 0.120\text{MPa}$,废气温度为 $627 \sim 927^\circ\text{C}$ 。

燃烧室占有一定容积,故排气终了时,不可能将废气排尽,留下的这一部分废气称为残

余废气。残余废气量占总气量的比例一般用残余废气系数表示,残余废气系数是表征排气是否彻底的一个非常重要的参数。

2. 四冲程柴油机工作原理

四冲程柴油机(压燃式发动机)的每个工作循环也经历进气、压缩、做功、排气四个行程。但由于柴油机的燃料是柴油,其黏度比汽油大,而其自燃温度却较汽油低,故可燃混合气的形成及点火方式都与汽油机不同。

图 1-5 为四冲程柴油机示意图。柴油机在进气行程吸入的是纯空气,在压缩行程终了时,柴油机喷油泵将油压提高到 10 ~ 15MPa 以上,通过喷油器喷入汽缸,在很短时间内与压缩后的高温空气混合,形成可燃混合气。因此,这种发动机的可燃混合气是在汽缸内部形成的。

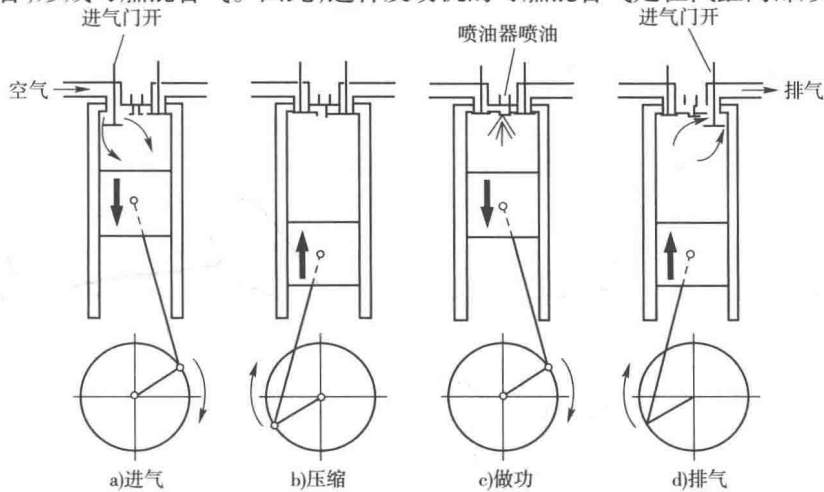


图 1-5 四冲程柴油发动机工作循环

由于柴油机的压缩比高(一般为 16 ~ 22),所以压缩终了时汽缸内的空气压力可达 3.5 ~ 4.5MPa,同时温度高达 750 ~ 1000K,大大超过柴油的自燃温度。因此,柴油喷入汽缸后,在很短时间内与空气混合后便立即自行发火燃烧,汽缸内气压急剧上升到 6 ~ 9MPa,温度也升到 2000 ~ 2500K。在高压气体推动下,活塞向下运动并带动曲轴旋转而做功。废气同样经排气管排入大气中。

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,如表 1-2 所示。

汽油机和柴油机的区别 表 1-2

项 目	汽油 发 动 机	柴 油 发 动 机
进气行程	吸进燃油和空气混合气	仅吸进空气
压缩行程	活塞压缩可燃混合气,压缩比为 7 ~ 13,压缩终了温度为 300 ~ 400℃	活塞压缩空气,压缩比为 16 ~ 22,压缩终了温度为 530 ~ 730℃
燃烧冲程	火花塞将压缩混合气强制点火(点燃)	燃油喷进高温、高压空气中,自行着火(压燃)
排气行程	活塞强力将气体排出汽缸外,主要排放物为 CO、HC 大,NO _x 和黑烟少	活塞强力将气体排出汽缸外,主要排放物 CO、HC 小,NO _x 和黑烟多
功率输出 调整方法	由控制节气门的开度来改变可燃混合气的供给量	由控制喷油泵来改变燃油的供给量(进入汽缸的空气量不能调整)

4. 发动机型号编制规则

国内发动机型号编制规则,根据国家标准《内燃机产品名称和型号编制规则》(GB/T