



高职高专改革创新示范教材

QICHE FADONGJI

JIXIE GOUZAO YU JIANXIU

汽车发动机

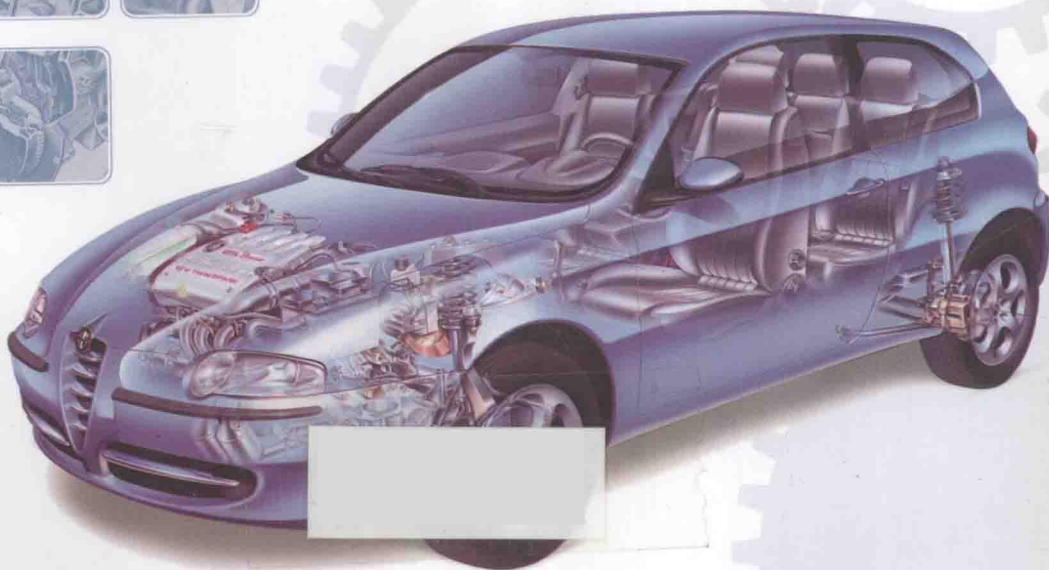
机械构造与检修



广州合赢教学设备有限公司 组织编写

成伟华 主 编

朱 军 主 审



电子课件下载

www.ccpres.com.cn



人民交通出版社
China Communications Press

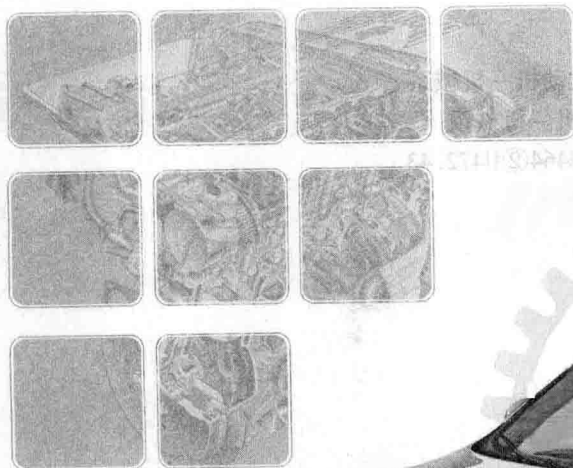


高职高专改革创新示范教材

QICHE FADONGJI
JIXIE GOUZAO YU JIANXIU

汽车发动机

机械构造与检修



广州合赢教学设备有限公司 组织编写

成伟华 主 编

史懂深 于晓喜 张 斌 赵良红 参 编

朱 军 主 审



人民交通出版社
China Communications Press

内 容 提 要

本书是高职高专汽车运用技术专业和汽车检测与维修技术专业改革创新示范教材。采用项目任务教学方式,以 11 个具体的项目和 21 个具体生产任务为主线,对传统的专业课程内容进行重新整合,通过任务导入、学习指引、相关知识、任务实施、知识拓展等环节,使学生系统学习发动机机械部分的结构、原理和检修方法。每个项目后还附有复习思考题,供学生课后巩固理论知识时参考。

本书内容紧扣企业生产一线,对传统的比较老旧的内容进行了删减,增加了很多当前主流的技术配置。全书深入浅出,图文并茂,可作为高职高专汽车运用技术专业和汽车检测与维修技术专业教材,还可以作为中职、技工学校和社会培训机构相关内容的课程教材,也可作为专业技术人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

汽车发动机机械构造与检修 / 成伟华主编. —北京: 人民交通出版社, 2011.9
ISBN 978-7-114-09352-4

I. ①汽… II. ①成… III. ①汽车-发动机-机械系统-构造-高等职业教育-教材②汽车-发动机-机械系统-车辆修理-高等职业教育-教材 IV. ①U464②U472.43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 166434 号

高职高专改革创新示范教材

书 名: 汽车发动机机械构造与检修

著 作 者: 成伟华

责任编辑: 于志伟

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010) 59757969, 59757973

总 经 销: 人民交通出版社发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京交通印务实业公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 18

字 数: 400千

版 次: 2011年 9 月 第 1 版

印 次: 2011年 9 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-09352-4

定 价: 33.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

高职高专汽车运用技术专业和汽车检测 与维修技术专业改革创新示范教材编委会

(排名不分先后)

主 任:冯 津(广州合赢教学设备有限公司)

副 主 任:王海林(华南农业大学)

温炜坚(广州城市职业学院)

张红伟(广州科技贸易职业学院)

委 员:成伟华(顺德职业技术学院)

罗德云(广州城建职业学院)

刘存山(东莞职业技术学院)

潘伟荣(广东交通职业技术学院)

周 勇(贵州交通职业技术学院)

毛彩云(华南农业大学)

王正旭(广州市工贸技师学院)

王升平(中山职业技术学院)

齐建民(中山职业技术学院)

房毅卓(广东机电职业技术学院)

郑 毅(广州铁路职业技术学院)

王 飞(广州城市职业学院)

王志文(阳江职业技术学院)

陈国宏(一汽丰田汽车有限公司)

丛书主审:朱 军

《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》中提出:大力发展职业教育,把职业教育纳入经济社会发展和产业发展规划,把提高质量作为重点;以服务为宗旨,以就业为导向,推进教育教学改革。实行工学结合、校企合作、顶岗实习的人才培养模式;满足人民群众接受职业教育的需求,满足经济社会对高素质劳动者和技能型人才的需要。

高等职业教育的发展是国家当前教育发展的战略重点之一。我们认为,当前我国高等职业教育需要解决“三个改革”和“三个建设”两大问题。三个改革,即课程体系改革、教学模式改革和教学内容改革;三个建设,即师资队伍建设和教学设施建设、教材建设。

目前,高等职业院校汽车运用技术专业所使用的教材普遍存在以下几个方面的问题:

- (1)专业定位不明确,受本科教育的影响较大,学生反映难,教师反映不好教;
- (2)职业特征不明显,企业反映脱离实际,与他们的需求距离很大;
- (3)教学方式落后,不适应新一轮教学改革的需要,不利于长远发展;
- (4)立体化程度薄弱,教学资源质量不高,教学方式相对落后。

针对以上问题,结合人民交通出版社汽车类专业教材的出版优势,我们开发了《高等职业教育改革创新示范教材》。本套教材以“积极探索教学改革思路,提升学生职业素质”的指导思想,采用职教专家、行业一线专家、学校教师、出版社编辑、教学设备研发企业“五结合”的编写模式。教材内容的特点是:明确高等职业教育定位,准确体现职业教育特点(以工作岗位所需的知识和技能为出发点);理论内容“必需、够用”;实训内容贴合工作一线实际;选图讲究,易懂易学。

该套教材将先进的教学内容、教学方法与教学手段有效地结合起来,形成课本、课件(部分课程配)和习题集(部分课程配)三位一体的立体教学模式。

本书由顺德职业技术学院成伟华老师主编,张斌、赵良红副主编。全书共分 11 个项目,成伟华编写项目 1、10、11,史懂深编写项目 2、6、7,于晓喜编写项目 3、8,张斌编写项目 4,赵良红编写项目 5、9。成伟华负责对全书文字、插图、结构等全部内容进行修正、定稿。

限于编者的经历和水平,书中难免有不妥或错误之处,敬请广大读者批评指正,提出修改意见和建议,以便再版修订时改正。

职业教育改革创新示范教材编委会

2011 年 7 月

目 录

CONTENTS

项目1 发动机总论

学习任务一 发动机的认识与分类	1
学习任务二 发动机的总体结构与基本工作原理	4
学习任务三 发动机的技术性能指标	13

项目2 机体组及曲柄连杆机构

学习任务一 机体组的构造与检修	22
学习任务二 活塞连杆组的构造与检修	32
学习任务三 曲轴飞轮组的构造与检修	48

项目3 配气机构

学习任务一 配气机构总体构造及配气相位	62
学习任务二 气门零件组的构造与检修	71
学习任务三 气门传动组的构造与检修	83

项目4 汽油机燃料供给系统

学习任务一 混合气的浓度对发动机工况的影响	104
学习任务二 燃油供给装置的构造与检修	109

项目5 柴油机燃料供给系统

学习任务一 柴油机燃料供给系统的拆装	122
学习任务二 柴油机燃料供给系统的构造与检修	129

项目6 冷却系统

学习任务 冷却系统的构造与检修	160
-----------------------	-----

项目7 润滑系统

学习任务 润滑系统的构造与检修	175
-----------------------	-----

项目8 起动系统

学习任务 起动系统的构造与检修	188
-----------------------	-----

项目9 点火系统

学习任务 点火系统构造与检修	201
----------------------	-----

项目10 进排气系统

学习任务一 进气系统的构造与日常维护	220
--------------------------	-----

学习任务二 排气及其净化系统的构造与检修	229
----------------------------	-----

项目11 发动机的拆装与竣工验收

学习任务一 发动机的拆装	243
--------------------	-----

学习任务二 发动机的磨合	266
--------------------	-----

学习任务三 发动机竣工验收	270
---------------------	-----

参考文献



项目 1

Project



发动机总论



学习任务一 发动机的认识与分类

学习目标

- ◎ 了解发动机的定义;
- ◎ 熟悉汽车发动机的分类方法。

能力要求

- ◎ 能认识各种形式的发动机;
- ◎ 能在汽车中找到发动机。

任务导入

汽车发动机是汽车的动力源泉,为整个汽车提供动力。

一般来说,除个别型号的汽车外,发动机通常安装在车头箱中,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。

我们到汽车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,资料上面都写有该车发动机的形式。要想看明白这份参数表,就要求我们对发动机的总体形式有基本的认识以及熟悉发动机的基本分类。

学习指引

为了初步建立发动机的基本概念,看懂4S店或汽车生产厂家的宣传资料或说明书,我们首先需要认识发动机并了解其分类。



相关知识

一 发动机的定义

发动机是汽车的动力源,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)。其中,内燃机是一种热机,其特点是将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,然后再将热能转变成机械能。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,其排出的废气中含有多种有害气体。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发工作。

二 发动机的类型

内燃机根据其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的直线运动,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,大部分都采用此种形式。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。表1-1是汽车发动机的具体分类。

表1-1 汽车发动机的分类

表1-1

分类方法	类 别	含 义
按使用燃料和动力能源方式	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、电混合动力装置	能同时以气体、燃油和蓄电池作为燃料或能源的发动机



分类方法	类 别	含 义
按冲程数量	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	奥拓循环、狄塞尔循环、混合循环	
按着火方式	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混合气,产生高温,引起燃料着火的发动机
按进气状态	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。对于四冲程内燃机亦称自吸式发动机
	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	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	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
按汽缸布置形式	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
按凸轮轴数量	单凸轮轴	有一根凸轮轴的发动机
	双(多)凸轮轴	有 2 根或以上凸轮轴的发动机
按用途分类	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	



学习任务二 发动机的总体结构与基本工作原理

学习目标

- ◎ 掌握发动机的基本名词术语；
- ◎ 掌握发动机机械系统的总成部件名称和基本组成；
- ◎ 掌握发动机的工作原理。

能力要求

- ◎ 能画出曲柄连杆组的草图,并标注基本名词术语；
- ◎ 能在解体的发动机上找出发动机的两大机构和六大系统。

任务导入

我们上一题已经初步地认识了发动机。那么发动机具体是怎么工作的,它的工作过程分为哪几个阶段?是怎样将燃料燃烧产生的热能转化为发动机动力的呢?要了解这些内容,必须掌握发动机的工作原理。

另外,在维修发动机的时候,经常接触到发动机的一些参数和尺寸,这些参数可能会在发动机铭牌中找到,所以,还有必要了解发动机铭牌的相关知识。

学习指引

为了能了解发动机两大机构、六大系统的基本构造,掌握发动机的工作原理,我们需要学习以下相关知识。

相关知识

四冲程汽油发动机基本结构如图 1-1 所示。

现代发动机是一种由许多机构和系统组成的复杂机器,其结构形式多种多样,具体结构也差别很大,但无论是汽油机,还是柴油机,无论是四行程发动机,还是二行程发动机,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。

一 发动机的基本结构

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构件。它由机体组、活



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,使活塞作往复运动,汽缸内的可燃混合气燃烧膨胀作功,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。

8 进排气系统

进排气系统是发动机吸收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、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。

一 发动机的基本名词术语

图1-2 为四冲程发动机的原理示意图。其基本组成、运动关系与基本术语为:

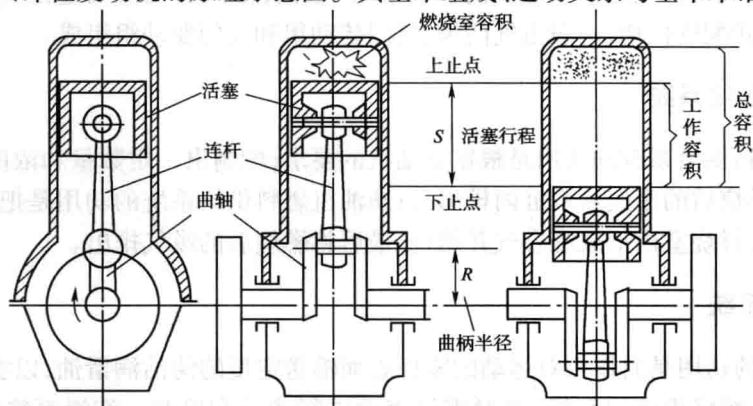


图1-2 发动机基本名词术语



1. 上止点——活塞顶部离曲轴中心最远位置。
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，亦称冲程，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。

$$V_L = \frac{\pi D^2}{4 \times 10^3} S \cdot i \quad (1-1)$$

其中： 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，称为压缩容积或燃烧室容积。

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。

$$V_a = V_h + V_c \quad (1-2)$$

7. 发动机排量 V_π ——多缸发动机全部汽缸的工作容积的总和，称为发动机的排量，单位为 L。

8. 压缩比 ε ——汽缸总容积与压缩容积的比值，称为压缩比。

$$\varepsilon = \frac{V_a}{V_c} = \frac{V_h + V_c}{V_c} = 1 + \frac{V_h}{V_c} \quad (1-3)$$

压缩比是一个抽象的数值，它表示着气体当活塞在下止点到上止点时所缩小的比数。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约为 6~10（有的也高达 10 以上），柴油机的压缩比约为 15~22。

9. 工作循环——是由进气、压缩、作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。

三 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，活塞在汽缸内作往复运动，共同连续不断地实现曲轴的转动，以对外作功。

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→作功→排气四个行程。但四冲程发动机的每一个工作形态，并不完全在 180°内发生，如图 1-3 所示。

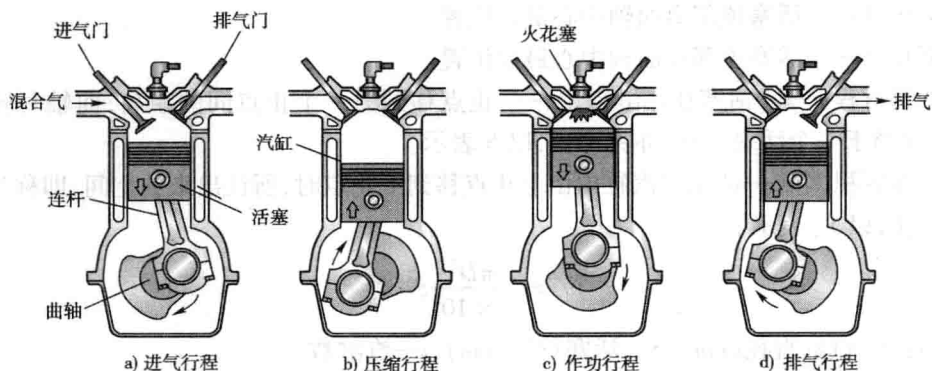


图1-3 四冲程往复活塞式发动机工作原理示意图

为了研究汽车工作循环中气体压力 P 和相应的活塞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。

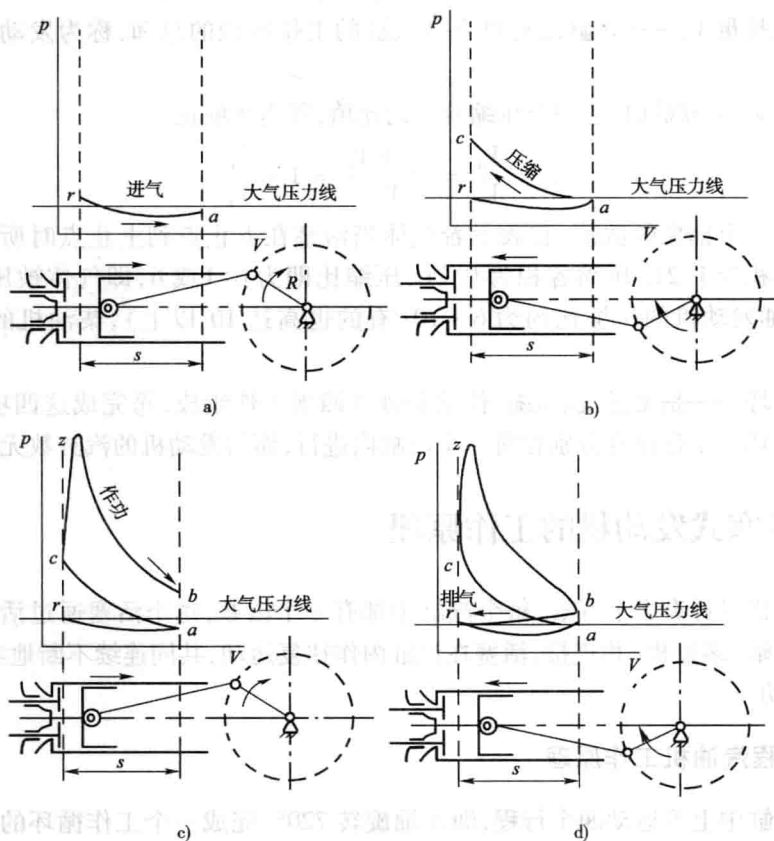


图1-4 四冲程发动机示功图

(1) 进气行程:如图1-4a)所示,进气行程中,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)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: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1-4b)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。随着汽缸容积的不断缩小,可燃混合气受到压缩,其温度和压力不断升高。压缩行程一直继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。

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限制。许多国家生产的汽油机,其压缩比出现了下降的趋势。

(3)作功行程:如图1-4c)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外,其余部分都用于对外作功,所以该行程称为作功行程。

在示功图上,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。在作功行程终了的 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1-4d)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,进入大气中。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,残余废气系数是表示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、作功、排气四个行程。