



普通高等教育实验实训规划教材

机械类

机械制造实习教程

王荣先 主 编
姬江涛 宋晓玲 副主编



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>



普通高等教育实验实训规划教材

机械类

机械制造实习教程

主 编	王荣先		
副主编	姬江涛	宋晓玲	
编 写	王宏伟	闫红彦	王 斌
主 审	金湘中		



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为普通高等教育实验实训规划教材。

本书主要内容取材于生产实习现场,具有典型性、启发性和实用性。在内容安排上,根据生产实习的基本要求紧扣生产实际,以介绍典型零件的加工工艺为主;在理论阐述上,力求精练、重点突出,同时兼顾系统性。本书主要内容包括绪论,车辆基础知识,连杆加工,曲轴加工,箱体加工,轴、齿轮加工,装配概述和工艺管理概述。

本书可作为高等学校本科机械类专业机械制造实习的教材,也可供高职高专院校师生和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造实习教程/王荣先主编. —北京:中国电力出版社, 2009

普通高等教育实验实训规划教材. 机械类

ISBN 978-7-5083-9213-4

I. 机… II. 王… III. 机械制造-实习-高等学校-教材
IV. TH16-45

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 128878 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2010 年 6 月第一版 2010 年 6 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 11 印张 263 千字

定价 18.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前 言

生产实习是高等工科院校学生的一门重要实践性课程。为适应工程实践类课程教学内容与教学体系改革的需要, 加强对学生工程实践能力和创新能力的培养, 按照生产实习的基本要求, 编者以我国机械工程类专业重要的生产实习基地——中国一拖集团有限公司、东风汽车公司的产品为背景, 组织厂校有关人员结合多年实习教学经验编写了本书。本书可使学生形象、直观和系统地了解生产状况、工艺规程、工艺装备等, 帮助学生全面快捷地掌握实习内容。

书中主要内容取材于生产实习现场, 经过长期生产实践验证, 具有典型性、启发性和实用性。在内容安排上, 根据生产实习的基本要求紧扣生产实际, 以介绍典型零件的加工工艺为主; 在理论阐述上, 力求精练、重点突出, 同时又注重系统性。在编写过程中, 重视学生工程能力、创新能力的培养, 体现了因材施教的原则。

本书由洛阳理工学院、河南科技大学长期担任生产实习教学任务的教师及中国一拖集团公司从事机械加工工艺工作的技术人员联合编写。全书共 8 章, 第 1、7、8 章由王荣先编写, 第 2 章由姬江涛编写, 第 3 章由王荣先、王斌编写, 第 4 章由宋晓玲编写, 第 5 章由姬江涛、王斌、王宏伟编写, 第 6 章由闫红彦编写。本书由王荣先任主编并负责统稿, 姬江涛、宋晓玲任副主编。

本书由湖南大学金湘中教授主审。主审老师提出了许多宝贵的意见和建议, 在此表示感谢。

由于编者水平所限, 书中不妥之处在所难免, 恳请广大读者批评指正。作者邮箱为 wrxzy@163.com。

编 者

2010 年 5 月

目 录

前言

1 绪论	1
1.1 实习性质和任务	1
1.2 实习内容和要求	1
1.3 实习方式	2
1.4 实习注意事项	4
2 车辆基础知识	6
2.1 发动机工作原理及基本构造	6
2.2 底盘的工作原理及基本构造	19
3 连杆加工	27
3.1 连杆概述	27
3.2 连杆加工工艺过程	35
3.3 连杆加工主要工序分析	57
3.4 连杆加工的新工艺	65
思考题	66
4 曲轴加工	68
4.1 曲轴概述	68
4.2 曲轴加工工艺过程分析	72
4.3 曲轴加工主要工序分析	91
4.4 曲轴机械加工工艺发展动向	100
思考题	102
5 箱体加工	103
5.1 变速器箱体	103
5.2 发动机机体加工	127
思考题	140
6 轴、齿轮加工	141
6.1 轴零件加工	141
6.2 圆柱齿轮加工	147
思考题	157
7 装配概述	158
7.1 装配的基本知识	158
7.2 发动机装配	159
7.3 汽车总装配	160
思考题	161

1 绪 论

1.1 实习性质和任务

1.1.1 实习性质

机械制造工艺实习是高等工科院校机械类专业学生在大学阶段全面了解企业生产过程的一个重要实践环节。学生在完成机械制图、工程力学、工程材料、金属工艺学、机械制造工艺学等理论课的学习后,通过实习可以接触生产实际,增强对机械加工的感性认识,扩大知识面,初步了解企业的生产组织结构、车间布置、设备维护、技术开发、新技术应用、人员使用、厂区规划、企业物流和信息流状况等,达到理论与实践相结合的目的,为后续专业课的学习、课程设计和毕业设计打下良好的实践基础。通过实习,学生还可以加深对工程技术人员的了解,初步了解企业管理的基本方法和技能,体验企业工作的内容和方法,为以后尽快适应工作岗位奠定基础。

1.1.2 实习任务

实习的主要任务有以下几项。

- (1) 使学生巩固已学的专业知识,了解本专业的实际生产,为以后专业理论课程的学习奠定基础。
- (2) 培养学生理论联系实际的能力。观察和分析机械产品从原材料到成品的全部生产过程,使学生了解机械产品的加工方法及特点,并应用所学知识分析生产中的技术问题,提高独立分析、解决问题的能力。
- (3) 使学生了解先进制造技术在实际生产中的应用,掌握本专业的发展动态。
- (4) 使学生了解现代企业的组织结构、产品质量管理和生产组织管理模式。
- (5) 促进学生与工程技术人员的交流,使学生了解工程技术人员的工作特点及应具备的素质,增强科技强国的意识。

1.2 实习内容和要求

在实习过程中,通过阅读有关产品图、工艺卡、作业指导书等技术文件,学生应了解机械产品的结构、典型零件的机械加工工艺过程及装配工艺过程,典型加工设备、刀具、夹具、量具、辅具等工艺装备的结构特点和工作原理,学习企业的生产组织和管理模式。

1.2.1 毛坯制造过程

毛坯制造包括以下几个过程。

- (1) 了解毛坯图、毛坯制造工艺卡等技术文件的编制。
- (2) 了解各种毛坯制造工艺及特点。
- (3) 了解毛坯制造相关设备及生产组织管理。
- (4) 了解毛坯的质量检验方法及常见质量缺陷。

1.2.2 机械加工过程

(1) 选择若干典型零件作为实习对象,如内燃机的曲轴、连杆、机体、气缸盖等。了解其使用性能、结构特点、材料及热处理、技术要求,分析零件的结构工艺性。

(2) 了解零件的机械加工工艺过程并进行工艺分析。分析内容包括加工阶段的划分,加工顺序的安排,各工序的加工内容、定位基准、夹紧方式及工艺参数的选择。

(3) 分析大批量生产中生产线的组成、布局及其传动特点,了解专用加工设备及其相配套的刀具、夹具、量具、辅具等工艺装备。例如,刀具的结构、材料、调整方法及工作特点,典型夹具的结构、工作特点及其定位、夹紧原理。

(4) 分析保证零件加工质量的主要方法,找出影响加工质量的主要因素。了解产品常用的质量控制方法及质量管理体系方面的知识。

(5) 了解零件主要技术要求的检验方法,分析专用量具的测量原理、结构特点及使用方法。

1.2.3 装配过程

(1) 分析典型部件或产品(如发动机、拖拉机、汽车等)的结构、工作原理、使用性能和技术条件。

(2) 了解典型部件的装配工艺过程及装配线的组织形式,保证装配技术要求采取的措施及使用的工艺装备。

(3) 了解零件加工质量对装配质量及产品性能的影响。

(4) 了解装配过程中的质量控制方法。

1.2.4 零件热处理过程

(1) 了解热处理设备情况。

(2) 了解常用表面处理方法和过程,如发蓝、镀锌等。

(3) 了解常用热处理工艺及特点,如退火、正火、回火、淬火等。

(4) 了解质量管理方法、安全防护及环境保护措施。

1.2.5 工具、机修及其他车间

(1) 了解单件、小批量生产车间的生产特点及组织管理。

(2) 了解常用设备或精密设备的结构特点及工作原理。

(3) 分析有关夹具、模具的结构特点、技术要求,了解夹具、模具主要零件的制造工艺过程和装配过程。

(4) 了解专用刀具的制造过程及检验方法。

(5) 了解非标设备的设计与制造。

另外,在实习中还要了解车间辅助工序的安排情况、零件的输送、工位器具的摆放;分析大批量生产与单件生产的不同;了解提高生产率和经济效益的途径,学习先进的生产管理模式;了解实际生产中的新技术、新工艺的应用;学习技术改造、革新的方法;学习优秀员工、优秀工程技术人员的先进模范事迹,培养爱岗敬业的责任心。

1.3 实 习 方 式

实习方式比较灵活,学生可以通过参加专题报告、到车间参观、阅读技术文件及管理文

件、与技术人员交流等多种形式进行实习。

1.3.1 专题报告

实习开始时,由接收单位进行有关企业概况、产品性能等方面的介绍,使学生初步了解该企业的主要产品及其性能、加工特点、生产管理模式及发展远景,明确工厂对安全保密、劳动纪律等方面的要求,保证实习安全进行。专题报告主要包括以下内容。

- (1) 企业生产现状及发展前景。
- (2) 入厂安全教育。
- (3) 产品的结构特点及工作性能。
- (4) 典型零件的机械加工工艺过程及特点。
- (5) 典型的工艺装备、技术革新成果及新技术的应用。
- (6) 生产组织、质量管理模式。

1.3.2 车间实习

车间实习是整个实习环节的重点。通过组织学生到多个生产车间参观,了解不同的加工方法、先进的工艺设备、生产质量管理模式和产品设计理念,使学生接触到更多更先进的生产形式。实习的车间包括毛坯制造车间、机械加工车间、装配车间及其他辅助车间。根据实际情况,选择若干典型零件进行结构特点、技术要求、工艺过程等方面分析;了解专用设备、刀具、夹具、量具及辅具的结构特点、使用原理;分析大批量生产线的工艺特点。实习中要仔细观察、积极思考、善于发现问题,并虚心向工人师傅、技术人员请教。

1.3.3 学习技术文件和管理文件

现场的技术文件和管理文件主要有工艺过程综合卡、工艺卡、作业指导书、机床调整作业指导书、检验工序卡、质量控制点检验卡、设备维修保养记录卡、零件加工自检表等多种形式。这些技术文件和管理文件对生产具有重要的指导意义。在实习过程中要结合生产实际,阅读、分析这些文件,了解其内容和作用,并适当进行记录。

1.3.4 讨论分析

根据实习情况,在指导教师的安排下,讨论分析实习中遇到的问题并及时进行总结。总结包括以下内容。

- (1) 分析某零件的工艺过程。
- (2) 分析某专用设备或工艺装备的工作原理、结构特点。
- (3) 分析某工序加工质量。
- (4) 分析重点工序切削参数。
- (5) 分析先进工艺和技术革新在实际中的应用。
- (6) 研究如何更有效的提高生产率。

1.3.5 实习日记

实习日记记录学生实习期间的实习内容和学习情况,是编写实习报告的主要依据,也是以后进行课程设计和毕业设计的重要技术资料,在一定程度上反映了学生的学习态度和知识水平。

实习期间,要求学生将每天参观学习的内容、查阅的技术资料等进行记录。记录主要包括以下内容。

- (1) 记录专题讲座内容。

- (2) 记录实习所见典型零件的机械加工工艺规程、重点工序的工序内容。
- (3) 记录实习所见机械产品或部件的装配工艺规程。
- (4) 记录或绘制生产过程中典型设备以及刀具、夹具、量具、辅具的结构、性能及工作原理。

1.3.6 实习报告

实习报告是在实习日记的基础上,分阶段有重点地对实习教学环节的学习进行归纳总结。体现了学生在实习阶段的学习能力及独立工作能力。实习报告的内容应简明扼要,条理清晰,必要时附以简图、曲线、表格等进行说明。以下为典型零件机械加工工艺实习报告部分的撰写提纲。

- (1) 零件分析。包括零件名称、结构特点及功用,零件材料、毛坯,零件主要加工表面和技术要求。
- (2) 零件机械加工工艺过程分析。包括定位基准的选择、加工方法的选择、工序的安排、零件机械加工工艺过程,分析零件整个工艺过程安排是否合理,有何改进意见。
- (3) 主要工序分析。包括主要工序的工序卡内容(工序简图、机床型号、刀具、量具、切削参数、工时定额),如何保证零件的尺寸、形状和位置精度,采用何种质量管理方法,所用加工方法、工艺参数及工艺装备是否合理,有何改进意见。
- (4) 典型夹具结构分析。绘制夹具结构简图,包括定位、夹紧、导向、对刀等元件,夹紧力的传动原理,夹具的使用、调整说明,分析该夹具的优缺点,有何改进意见。
- (5) 先进制造技术及管理方法。先进制造技术与管理方法在实际中的应用情况,分析质量管理在实际中的指导作用。
- (6) 实习总结及体会。

1.4 实习注意事项

1.4.1 实习基地的选择

实习基地是保证实习质量的重要因素之一。长期稳定的实习基地,便于学生实习的组织和管理。选择实习基地时,首先应选择技术力量雄厚、拥有较先进的设备、能代表先进制造水平、采用先进管理方法的大型骨干或专业生产企业。其次,实习基地能提供较完善的培训服务,有专业的工程技术人员参与对学生的实习培训,便于学生与专业技术人员的交流学习,使学生感受到工程技术人员严谨认真的工作态度。

合适的实习基地除了能保证教学要求和对学生的能力培养外,还要有助于学生开阔视野、汲取新知识、接触新科技,加深对企业文化的了解,培养敬业爱岗的工作热情。

1.4.2 实习准备工作

为保证实习顺利进行,应提前做好如下工作。

- (1) 实习前要进行实习动员,端正学生实习的态度,激发实习兴趣。
- (2) 了解实习场所,介绍实习具体内容、要求及进程。
- (3) 进行必要的安全教育,强化安全意识,防止意外事情的发生。
- (4) 鼓励学生虚心向企业的技术人员、操作人员、实习指导人员学习。
- (5) 强化实习督导作用,严格要求实习的指导和检查,提高指导水平、增强实习效果。

1.4.3 实习安全要求

为保证实习顺利进行，实习期间学生要严格遵守纪律，认真进行安全教育。

(1) 实习期间学生必须服从安排、遵守纪律，严禁私自活动。

(2) 入厂前必须由专职教育人员进行入厂安全知识讲座。

(3) 参观实习期间，应按照实习单位要求着装。衣服穿戴整齐，必须穿长裤，外套不准敞开或乱挂在身上，戴好帽子，鞋子要防滑。

(4) 应依次进行参观，不要站在主干道上，避免围观影响生产；观看磨床要站在侧面；注意起重设备，防止碰伤。

(5) 注意警示牌和标志；不要随意登高，严禁乱翻滚道；不要在安全因素不稳定的地方停留，在指定地点休息。

(6) 禁止乱拿零件、工位器具，严禁操作设备，爱惜借阅的技术文件。

(7) 严格遵守企业有关保密、文明生产的管理条例。

(8) 严禁在厂区吸烟、玩耍、吵闹，酒后不能进入厂区。

(9) 注意社会公德和文明礼貌，爱护厂区环境。

2 车辆基础知识

汽车和拖拉机同属于车辆系统,它们借助于自身的动力装置驱动。汽车的主要用途是运输,拖拉机的主要用途是农田作业,此外,它还兼有运输的功能。

汽车和拖拉机是一种比较复杂的机械装备,通常由发动机、底盘、车身和电气设备四部分组成。尽管汽车和拖拉机有众多不同的形式,但其基本工作原理和主要工作部件具有共同的特点。

2.1 发动机工作原理及基本构造

2.1.1 发动机类型

发动机是热能动力装置,简称热机。它借助于工质的状态变化将燃料燃烧产生的热能转变为机械能。发动机是汽车、拖拉机的动力源。

内燃机是热力发动机的一种,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,然后再转变为机械能。内燃机包括活塞式内燃机和燃气轮机。活塞式内燃机被广泛地用做汽车和拖拉机动力。

活塞式内燃机有多种分类方法。

(1) 按活塞运动方式的不同,活塞式内燃机可分为往复活塞式和旋转活塞式两种。前者活塞在气缸内做往复直线运动,后者活塞在气缸内做旋转运动。

(2) 根据所用燃料种类不同,活塞式内燃机可分为汽油机、柴油机和气体燃料发动机三类。以汽油和柴油为燃料的活塞式内燃机分别称为汽油机和柴油机;使用天然气、液化石油气和其他气体燃料的活塞式内燃机称为气体燃料发动机。

(3) 按冷却方式的不同,活塞式内燃机分为水冷式和风冷式两种。以水或冷却液为冷却介质的称为水冷式内燃机,而以空气为冷却介质的则称为风冷式内燃机。

(4) 按在一个工作循环内活塞往复运动的行程数,往复活塞式内燃机可分为四冲程和二冲程两种。在一个工作循环中活塞往复四个行程的内燃机称为四冲程往复活塞式内燃机,而活塞往复两个行程便完成一个工作循环的则称为二冲程往复活塞式内燃机。

(5) 按进气状态不同,活塞式内燃机还可分为增压和非增压两类。若进气是在接近大气状态下进行的,称为非增压内燃机或自然吸气式内燃机;若利用增压器将进气压力增高,进气密度增大,则为增压内燃机。增压可以提高内燃机效率。

目前,汽车、拖拉机发动机为水冷、四冲程往复活塞式内燃机。其中汽油机用于轿车和轻型客、货车上,而大客车和中、重型货车发动机多为柴油机。拖拉机发动机一般为柴油机。

2.1.2 往复活塞式内燃机的基本构造及基本术语

1. 基本结构

往复活塞式内燃机的工作腔称为气缸。在气缸内做往复运动的活塞通过活塞销与连杆的

一端铰接，连杆的另一端则与曲轴相连，组成曲柄连杆机构（见图 2-1）。当活塞在气缸内做往复运动时，连杆便推动曲轴旋转，接着又受曲轴的驱动带动活塞压缩气缸内的气体，工作腔的容积不断变化，由最小变到最大，再由最大变到最小，如此循环不已。

气缸的顶端用气缸盖封闭。在气缸盖上装有进气门和排气门。进、排气门头朝下尾朝上倒挂在气缸顶端。通过进、排气门的开闭实现向气缸内充气和向气缸外排气。进、排气门的开闭由凸轮机构控制。凸轮机构由曲轴通过齿形带或齿轮机构驱动。进、排气门和凸轮轴及其他一些零件共同组成配气机构，通常称这种结构形式的配气机构为顶置气门配气机构。现代汽车内燃机无一例外地都采用顶置气门配气机构。

构成气缸的零件称为机体，支承曲轴的零件称为曲轴箱。

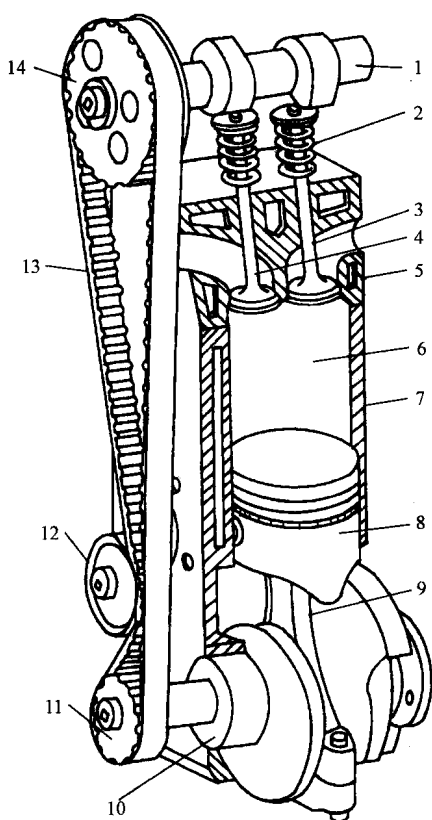


图 2-1 往复式活塞式内燃机的基本结构

- 1—凸轮轴；2—气门弹簧；3—进气门；4—排气门；5—气缸盖；
6—气缸；7—机体；8—活塞；9—连杆；10—曲轴；
11—曲轴齿形带轮；12—张紧轮；
13—齿形带；14—凸轮轴齿形带轮

2. 基本术语

(1) 工作循环。活塞式内燃机的工作循环是由进气、压缩、做功和排气四个工作过程组成的封闭过程。周而复始地进行这些过程，内燃机才能持续地做功。

(2) 上、下止点。活塞顶离曲轴回转中心最远处为上止点；活塞顶离曲轴回转中心最近处为下止点（见图 2-2）。在上、下止点处，活塞的运动速度为零。

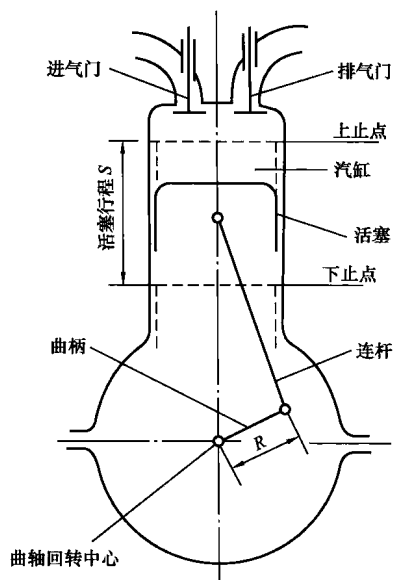


图 2-2 往复式活塞式内燃机示意图

(3) 活塞行程。上、下止点间的距离 S 称为活塞的行程。曲轴的回转半径 R 称为曲轴半径。显然，曲柄每回转一周，活塞移动两个活塞行程。对于气缸中心线通过曲轴回转中心的内燃机，其 $S=2R$ 。

(4) 气缸工作容积。上、下止点间所包含的气缸容积称为气缸工作容积, 记为 V_s , 单位 L。

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

式中 D ——气缸直径, mm;

S ——活塞行程, mm。

(5) 内燃机排量。内燃机所有气缸工作容积的总和称为内燃机排量, 记为 V_L , 单位 L。

$$V_L = iV_s$$

式中 i ——气缸数;

V_s ——气缸工作容积, L。

(6) 燃烧室容积。活塞位于上止点时, 活塞顶面以上气缸盖底面以下所形成的空间称为燃烧室, 其容积称为燃烧室容积, 也叫压缩容积, 记为 V_c 。

(7) 气缸总容积。气缸工作容积与燃烧室容积之和为气缸的总容积, 记为 V_a 。

$$V_a = V_s + V_c$$

(8) 压缩比。气缸总容积与燃烧室容积之比称为压缩比, 记为 ϵ 。

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

压缩比的大小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, 压缩终了时气缸内的气体压力和温度就越高。

(9) 工况。内燃机在某一时刻的运行状况, 以该时刻内燃机输出的有效功率和曲轴转速表示。曲轴转速即为内燃机转速。

2.1.3 往复式活塞式内燃机工作原理

1. 四冲程汽油机工作原理

四冲程往复活塞式内燃机在四个活塞行程内完成进气、压缩、做功和排气四个过程 (见图 2-3), 即在一个活塞行程内只进行一个过程。因此, 活塞行程可分别用四个过程命名。

(1) 进气行程 [见图 2-3 (a)]。活塞在曲轴的带动下由上止点移至下止点。此时排气门关闭, 进气门开启。在活塞移动过程中, 气缸容积逐步增大, 气缸内形成一定的真空。空气和汽油的混合物通过进气门被吸进气缸, 并在气缸内进一步混合形成可燃混合气。

因为进气系统有阻力, 所以进气终了时气缸内的气体压力低于大气压, 为 $0.08 \sim 0.09 \text{ MPa}$ 。由于气门、气缸壁、活塞等高温零件及前一个循环残留在气缸内的高温废气对混合气的加热, 致使进气终了时气缸内的气体温度高于大气温度, 为 $320 \sim 380 \text{ K}$ 。

气缸内的气体压力随气缸容积或曲轴转角的变化关系可用示功图表示, 它能直观地显示气缸内气体压力的变化 (见图 2-4)。在示功图上, 进气行程从进气行程上止点 r 开始到进气行程下止点 a 结束, 曲线 ra 表示进气行程中气缸内气体压力的变化。

(2) 压缩行程 [见图 2-3 (b)]。进气行程结束后, 曲轴继续带动活塞由下止点移至上止点。这时, 进、排气门均关闭。随着活塞移动, 气缸容积不断减小, 气缸内的混合气体被

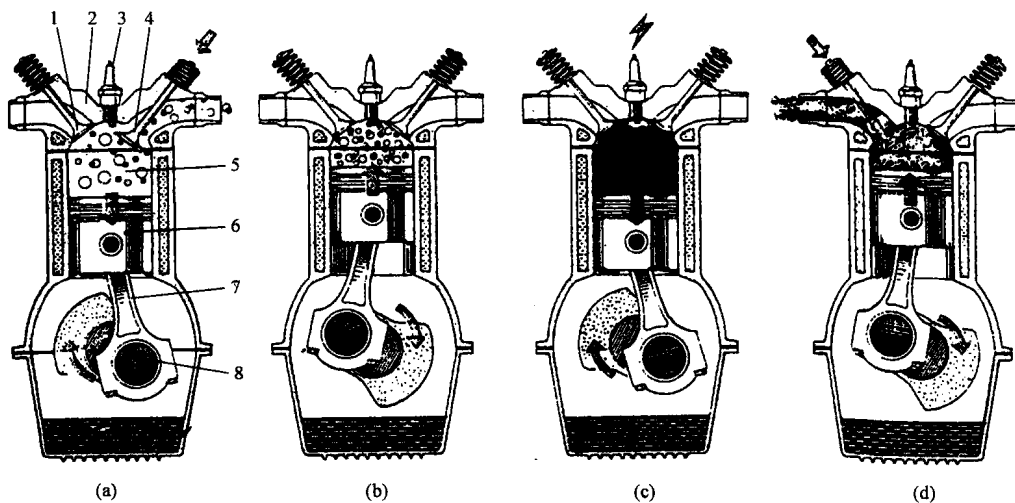


图 2-3 四冲程汽油机工作原理示意图

(a) 进气行程; (b) 压缩行程; (c) 做功行程; (d) 排气行程

1—排气门; 2—气缸盖; 3—火花塞; 4—进气门; 5—气缸; 6—活塞; 7—连杆; 8—曲轴

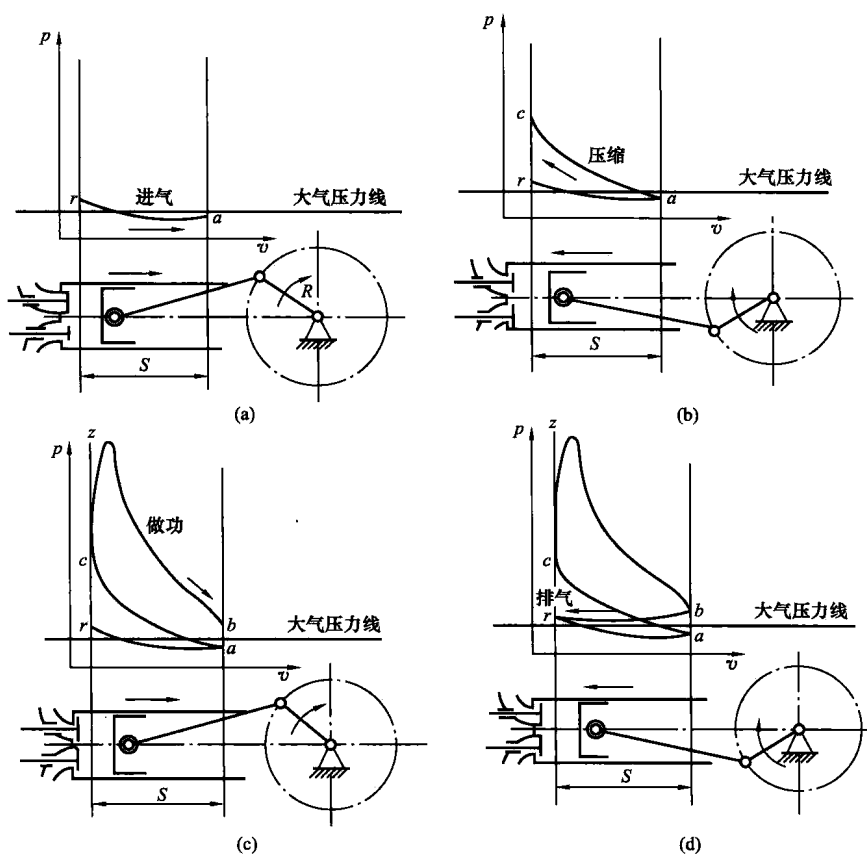


图 2-4 四冲程汽油机示功图

(a) 进气行程; (b) 压缩行程; (c) 做功行程; (d) 排气行程

压缩,其压力和温度同时升高。压缩终了时,气缸内气体的压力为 $0.8\sim 1.5\text{MPa}$,温度为 $600\sim 750\text{K}$ 。图2-4(b)所示压缩行程的示功图上, c 点为压缩行程终点,也是压缩行程上止点。

压缩行程有利于混合气的迅速燃烧并可提高内燃机的有效热效率。一般压缩比 $\epsilon = 7\sim 10$, ϵ 太大容易发生不正常燃烧。

(3) 做功行程 [见图2-3(c)]。压缩行程结束时,安装在气缸盖上的火花塞产生电火花,将气缸内的可燃混合气体点燃,火焰迅速传遍整个燃烧室,同时放出大量的热能。燃烧气体的体积急剧膨胀,使压力和温度迅速升高。在气体压力的作用下,活塞由上止点移至下止点,并通过连杆推动曲轴旋转做功。这时,进、排气门仍旧关闭。

在做功行程中,燃烧气体的最大压力可达 $3.0\sim 6.5\text{MPa}$,最高温度可达 $2200\sim 2800\text{K}$ 。随着活塞向下止点移动,气缸容积不断增大,气体压力和温度逐渐降低。在做功行程结束时,压力为 $0.35\sim 0.5\text{MPa}$,温度为 $1200\sim 1500\text{K}$ 。示功图2-4(c)上的曲线 czb 表示做功行程气缸内气体压力的变化情形。

(4) 排气行程 [见图2-3(d)]。排气行程开始,排气门开启,进气门仍然关闭,曲轴通过连杆带动活塞由下止点移至上止点。此时,膨胀过后的燃烧气体(或称废气)在其自身剩余压力和活塞的推动下,经排气门排出气缸之外。当活塞到达上止点时,排气行程结束,排气门关闭。

排气行程终了时,在燃烧室内尚存残留少量废气,称其为残留废气。因为排气系统有阻力,所以残留废气的压力比大气压力略高,为 $0.105\sim 0.12\text{MPa}$,温度为 $900\sim 1100\text{K}$ 。

示功图2-4(d)上的曲线 br 代表排气行程气缸内气体压力的变化情形。

至此,四冲程汽油机经过进气、压缩、做功和排气四个行程而完成一个工作循环。这期间活塞在上、下止点间往复运动四个行程,曲轴旋转两周,即每一个行程有 180° 曲轴转角。

但在实际进气过程中,进气门早于上止点开启,迟于下止点关闭;在排气过程中,排气门早于下止点开启,迟于上止点关闭。即进、排气过程所占的曲轴转角均超过 180° 。进气门早开晚关的目的是为了增加进入气缸内的混合气量和减少进气过程所消耗的功;排气门早开晚关的目的是为了减少气缸内的残留废气量和排气过程消耗的功。减少残余废气量,会相应增加进气量。

2. 四冲程柴油机工作原理

四冲程柴油机的工作循环同样包括进气、压缩、做功和排气四个过程(见图2-5)。在各个活塞行程中,进、排气门的开闭和曲柄连杆机构的运动与汽油机完全相同。只是由于柴油机和汽油机的使用性能不同,使得柴油机和汽油机在混合气形成方法及着火方式上有着根本的差别。因此,在叙述柴油机工作原理时只涉及与汽油机不同之处。

(1) 进气行程 [见图2-5(a)]。在柴油机进气过程中,被吸入气缸的只是纯净的空气。由于柴油机进气系统阻力较小,残余废气的温度较低,因此,进气行程结束时气缸内气体的压力较高,为 $0.085\sim 0.095\text{MPa}$,温度较低,为 $310\sim 340\text{K}$ 。

(2) 压缩行程 [见图2-5(b)]。因为柴油机的压缩比大,所以压缩行程终了时气体压力可高达 $3\sim 5\text{MPa}$,温度高达 $750\sim 1000\text{K}$ 。

(3) 做功行程 [见图2-5(c)]。压缩行程结束时,喷油泵将柴油泵入喷油器,并通过喷油器喷入燃烧室。因为喷油压力很高,喷孔直径很小,所以喷出的柴油成细雾状。细微的

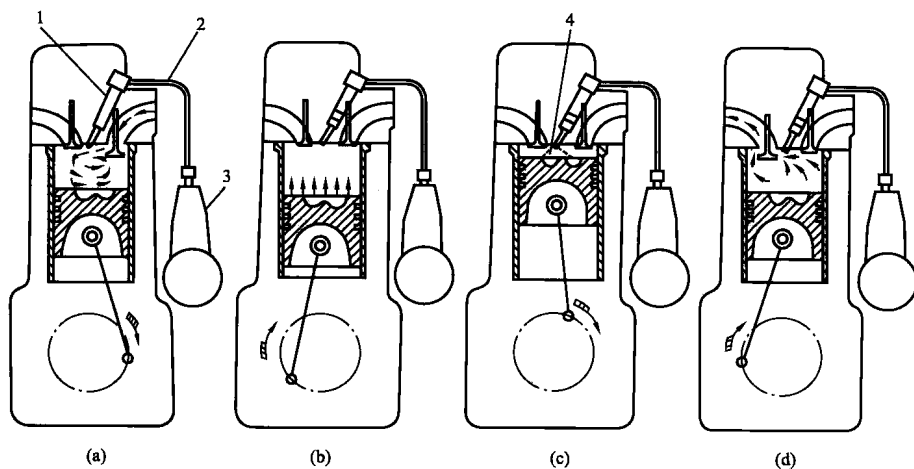


图 2-5 四冲程柴油机工作原理示意图

(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—高压油管；3—喷油泵；4—燃烧室

油滴在炽热的空气中迅速蒸发汽化，并借助空气的运动，迅速与空气混合形成可燃混合气。由于气缸内的温度远高于柴油的自燃点，因此柴油随即自行着火燃烧。燃烧气体的压力、温度迅速升高，体积急剧膨胀。在气体压力的作用下，活塞推动连杆，连杆推动曲轴旋转做功。

在做功行程中，燃烧气体的最大压力可达 $6\sim 9\text{MPa}$ ，最高温度可达 $1800\sim 2200\text{K}$ 。在做功行程结束时，压力为 $0.2\sim 0.5\text{MPa}$ ，温度为 $1000\sim 1200\text{K}$ 。

(4) 排气行程 [见图 2-5 (d)]。排气行程终了时，气缸内残余废气的压力为 $0.105\sim 0.12\text{MPa}$ ，温度为 $700\sim 900\text{K}$ 。

2.1.4 发动机总体构造

发动机是极为复杂的机器。为了实现其由热能到机械能的转换，同时也为了达到优异的性能指标，发动机包含许多机构和系统（见图 2-6）。这些机构和系统随发动机的用途、生产厂家和生产年代的不同而千差万别。但就其总体构造而言，都是由机体组、

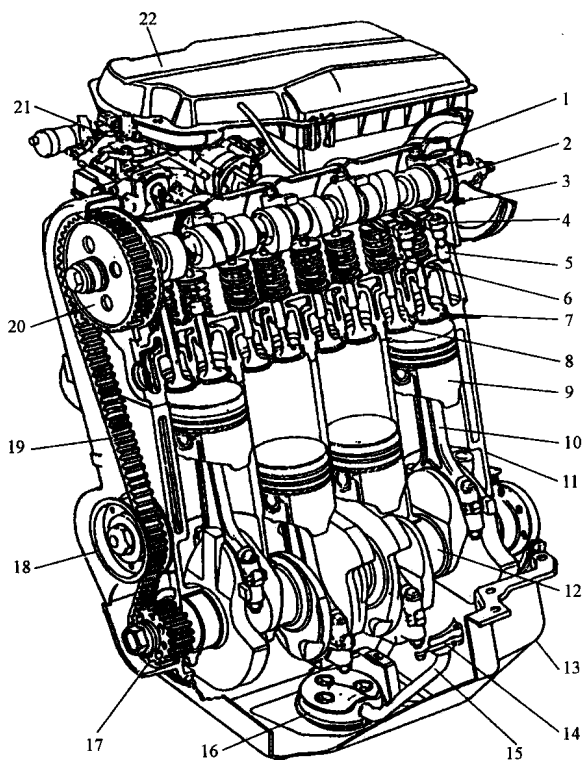


图 2-6 发动机的总体构造

1—气缸盖罩；2—凸轮轴；3—气缸盖；4—摆臂；5—气门间隙自动调节器；6—气门弹簧；7—进气门；8—排气门；9—活塞；10—连杆；11—机体；12—曲轴；13—油底壳；14—机油泵；15—机油管；16—集滤器；17—曲轴；18—张紧轮；19—正时齿形带；20—凸轮轴齿形带轮；21—化油器；22—空气滤清器

曲柄连杆机构、配气机构、进排气系统、燃油系统、冷却系统、润滑系统、启动系统、有害排放物控制装置等组成。如果是汽油机，还包括点火系统；若为增压发动机，则还应有增压系统。

图 2-7 所示为中国第一汽车集团公司生产的解放 CA1091 中型货车发动机的纵、横剖面图。发动机型号为 CA6102，六缸、水冷、四冲程汽油机。这是换代产品，其结构既考虑了换型后产品的先进性，又照顾到原来生产的继承性。结构特点如下所述。

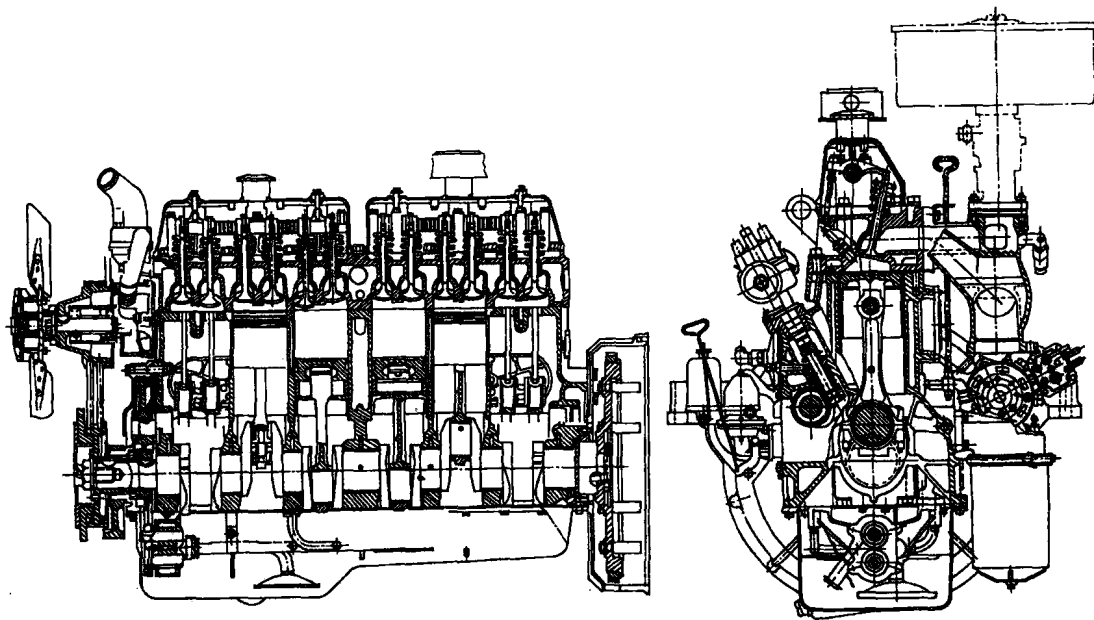


图 2-7 CA6102 型汽油机纵、横剖面图

发动机机体为龙门式结构，由 HT250 高强度铸铁铸制。气缸镶嵌铝合金铸铁干式气缸套。气缸盖是铜铝合金铸铁的整体式结构，其上镶有铬镍铸铁进、排气门圈和粉末冶金气门导管。

活塞由含镍共晶铝合金液态模锻。活塞顶上有圆形凹坑，可在较大范围内调整压缩比，以适应油料变化和高原地区提高压缩比的需要。

曲轴用 45 钢锻造，其后端设有整体式双刃口橡胶密封，前端装有扭振减振器。

凸轮轴位于曲轴箱内，即所谓下置凸轮轴。

图 2-8 所示为依维柯 8140.21 型四缸、水冷、四冲程、涡轮增压柴油机的纵、横剖面图。该发动机主要用于轻型客车和轻型货车。

机体分为上、下机体两部分。曲轴安装在上、下机体之间。气缸镶 1.5mm 厚的干式气缸套，相邻气缸之间无水套。机体左侧固定有附件箱。喷油泵、输油泵、制动助力用的真空泵、机油滤清器、机油冷却器和机油泵均安装在附件箱内。

单上置凸轮轴，通过倒杯形机械式挺柱驱动进、排气门。

2.1.5 发动机主要机构及系统

1. 机体组及曲柄连杆机构

(1) 机体组。现代汽车发动机机体组主要由机体、气缸盖、气缸盖罩、气缸衬垫、主轴承盖等组成（见图 2-9）。镶气缸套的发动机，机体组还包括干式或湿式气缸套。