

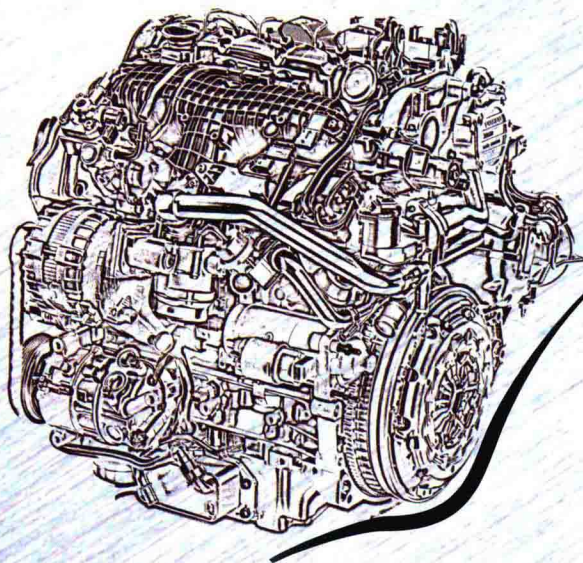


高等职业技术教育“十三五”规划教材——汽车类

汽车发动机构造与检修

QICHE FADONGJI
GOUZAO YU JIANXIU

主 审 王化培 夏文恒
主 编 周佰和 王红章 贾锡祥
副主编 韩 颖 陈茂贤 史玉红

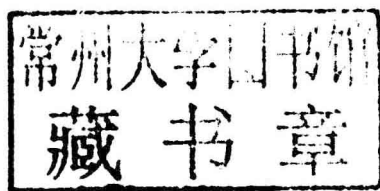


辽宁交通大学出版社

高等职业技术教育“十三五”规划教材——汽车类

汽车发动机构造与检修

主 审	王化培	夏文恒	
主 编	周佰和	王红章	贾锡祥
副主编	韩 颖	陈茂贤	史玉红



西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

汽车发动机构造与检修 / 周佰和, 王红章, 贾锡祥
主编. —成都: 西南交通大学出版社, 2015.8
高等职业技术教育“十三五”规划教材
ISBN 978-7-5643-4204-3

I. ①汽… II. ①周… ②王… ③贾… III. ①汽车 -
发动机 - 构造 - 高等职业教育 - 教材②汽车 - 发动机 - 车
辆修理 - 高等职业教育 - 教材 IV. ①U472.43

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 195625 号

高等职业技术教育“十三五”规划教材

汽车发动机构造与检修

主编 周佰和 王红章 贾锡祥

责任编辑 李 伟
封面设计 墨创文化

出版发行 西南交通大学出版社
(四川省成都市金牛区交大路 146 号)

发行部电话 028-87600564 028-87600533

邮政编码 610031

网 址 <http://www.xnjdcbs.com>

印 刷 成都中铁二局永经堂印务有限责任公司

成品尺寸 185 mm × 260 mm

印 张 17.5

字 数 434 千

版 次 2015 年 8 月第 1 版

印 次 2015 年 8 月第 1 次

书 号 ISBN 978-7-5643-4204-3

定 价 39.80 元

课件咨询电话: 028-87600533

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

《汽车发动机构造与检修》

编委会

主 编 周佰和 王红章 贾锡祥

副主编 韩颖 陈茂贤 史玉红

参编人员 (排名不分先后)

马洪臣	杨琴文	王琼	李宽宽
罗富娟	杨浪	马亚亚	阎娜
朱真兵	杨谋	王涛	周建
左建平	唐中然	白锰华	马灵睿
张世举	饶建伟	胡登兴	莫宗维
舒畅	唐雪	莫方军	程媛
张飞	冉小鱼	索中伟	蔡丽娟
蔡佳丽	白梅	谭俊杰	

企业参编人员 (排名不分先后)

夏文恒	武汉高起企业管理咨询有限公司
王雪雁	武汉高起企业管理咨询有限公司
吴勇	重庆长安福特汽车有限公司
游才银	重庆长安跨越车辆有限公司
熊大伟	重庆富本华汽车维修有限公司
沈小兵	重庆富本华汽车维修有限公司
黄德华	重庆富本华汽车维修有限公司

前言

随着我国汽车生产量和保有量的持续高速增长，社会对汽车专业技能型人才的需求日益增强。为了适应市场需求，高职院校需要培养更多的高层次汽车专业维修人才。

本书在充分考虑目前高等职业教育的特点以及汽车运用与维修行业对人才需求的基础上，根据教育部最新颁布的课程要求，坚持以能力为本位、以就业为导向，依据现行的项目化教学模式编写而成。

本书是在走出去，到企业调研的基础上，根据维修企业实际工作项目编写内容的。在本书编写过程中，注重在教学时理论与实践的紧密结合，坚持“先实践，后理论”的教学方法，先让学生对所学部件的形状、结构、名称有一个感性认识，然后再学习理论知识。本书充分体现了基本理论“实用、够用”，技能实践“突出、强化”的特点，符合高等职业教育一体化教学规律。

本书由周佰和、王红章、贾锡祥任主编，由韩颖、陈茂贤、史玉红任副主编，由王化培、夏文恒任主审。

全书共9个项目，主要内容包括发动机构造原理，曲柄连杆机构的拆装、构造与检修，配气机构的拆装、构造与检修，冷却系的拆装、构造与检修，润滑系的拆装、构造与检修，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，发动机的装配调整及综合故障诊断，汽车维修常用量具及使用等内容。每个项目都包括相关理论认知、系统组成部件拆装与检修、系统故障诊断与排除，内容丰富，知识覆盖全面，可提高学生专业理论知识、实际操作技能、分析和解决生产问题的能力。本书每个项目之前都有学习目标，各项目后都配有内容丰富的复习题，便于学生学习、复习和巩固所学知识 with 技能。

本书在编写过程中参阅了许多国内外公开出版的著作，在此一并表示感谢。

本书可供高等工科和高等职业院校汽车专业的师生作教材使用，也可供汽车维修与检测技术人员使用和参考，还可以作为各类汽车维修培训班的培训教材。

由于编者精力与水平有限，书中难免存在不足之处，敬请广大读者及业内专家批评指正，在此深表感谢。

编者

2015年5月

目 录

项目一	发动机构造原理	1
任务一	发动机整体拆装	1
任务二	发动机结构原理认知	3
复习思考题		16
项目二	曲柄连杆机构的拆装、构造与检修	17
任务一	曲柄连杆机构的拆装	17
任务二	曲柄连杆机构的认知	18
任务三	曲柄连杆机构的检修	65
复习思考题		72
项目三	配气机构的拆装、构造与检修	73
任务一	配气机构的拆装	73
任务二	配气机构的作用和组成认知	74
任务三	配气机构的工作原理及配气相位	79
任务四	气门组和气门传动组的构造与检修	88
任务五	配气机构的装配与调整	109
任务六	配气机构常见故障的诊断与排除	116
复习思考题		118
项目四	冷却系的拆装、构造与检修	120
任务一	冷却系的拆装	120
任务二	冷却系的认知	121
任务三	冷却系的维护与检修	137
复习思考题		141
项目五	润滑系的拆装、构造与检修	142
任务一	润滑系的拆装	142
任务二	润滑系的认知	143

任务三	润滑系的维护与检测	158
任务四	润滑系常见故障的诊断与排除	160
复习思考题		164
项目六	汽油机燃料供给系的构造与检修	165
任务一	汽油机燃油供给系的认知	165
任务二	汽油机混合气的形成及燃烧过程认知	168
任务三	电控燃油喷射系统的认知	179
任务四	汽油机燃料供给系的检修	193
复习思考题		201
项目七	柴油机燃料供给系的构造与检修	202
任务一	柴油机燃油供给系的认知	202
任务二	柴油机燃料供给系主要部件的认知	206
任务三	柴油机燃料供给系的检修	227
任务四	柴油机燃料供给系的常见故障分析	238
复习思考题		244
项目八	发动机的装配调整及综合故障诊断	245
任务一	发动机的装配调整	245
任务二	发动机综合故障诊断	252
复习思考题		259
项目九	汽车维修常用量具及使用	260
任务一	游标卡尺的使用	260
任务二	千分尺的使用	264
任务三	百分表、量缸表及厚薄规的使用	268
复习思考题		270
参考文献		271

项目一 发动机构造原理

【学习目标】

- (1) 了解汽车常用发动机类型。
- (2) 理解发动机常用术语的基本概念。
- (3) 掌握发动机总体构造及工作原理。
- (4) 了解发动机拆装过程及注意事项。

【实训目标】

- (1) 认识发动机外围附属件，了解其安装位置。
- (2) 掌握拆卸发动机外围附属件的方法和要求。

【实训器材】

- (1) 发动机 1 台，发动机拆装翻转架 1 套。
- (2) 常用工具 1 套，扭力扳手，发动机专用工具 1 套。

任务一 发动机整体拆装

一、发动机外围附属件的拆装

1. 进气歧管的拆装

(1) 用高压线钳拔下各缸点火高压线，按顺序摆放整齐。注意事项：拆装点火高压线时，注意工具所夹的位置，防止夹断和损坏点火高压线；注意点火高压线的安装顺序，各缸高压线不可互换。

(2) 拔下油压调节器上的真空软管。

(3) 拆下燃油分配管上的紧固螺栓，取下燃油分配管总成（油压调节器、喷油器、燃油分配管）。注意事项：安装喷油器时，应在下端的密封圈上涂抹一些机油；燃油分配管与进气歧管连接螺栓的拧紧力矩为 $20\text{ N}\cdot\text{m}$ 。

(4) 拆下节气门总成的紧固螺栓，取下节气门总成。节气门总成的螺栓的拧紧力矩为 $20\text{ N}\cdot\text{m}$ 。

(5) 拆下进气歧管的支架与发动机和进气歧管的紧固螺栓。注意事项: 支架与发动机和进气歧管的紧固螺栓的拧紧力矩为 $20 \text{ N} \cdot \text{m}$ 。

(6) 拆下进气歧管和气缸盖之间的连接螺栓(内六角, 上、下各 4 个)。注意事项: 拆卸时, 按照从外向内且对角的顺序拧松螺栓; 装复时, 按照从内向外且对角的顺序拧紧螺栓。连接螺栓的拧紧力矩为 $20 \text{ N} \cdot \text{m}$ 。

(7) 取下进气歧管。

(8) 取下进气歧管衬垫。注意事项: 拆下进气歧管后, 衬垫必须更换。

(9) 装复进气歧管时, 按与拆卸相反的顺序进行。

2. 排气歧管的拆装

(1) 拆下排气管护罩上的螺栓, 并取下护罩。

(2) 拆下排气歧管上的紧固螺栓(上、下各 4 个), 取下排气歧管。注意事项: 拆卸时, 按照从外向内且对角的顺序拧松螺栓; 装复时, 按照从内向外且对角的顺序拧紧螺栓。连接螺栓的拧紧力矩为 $20 \text{ N} \cdot \text{m}$ 。

(3) 取下排气歧管衬垫。注意事项: 拆下排气歧管后, 衬垫必须更换。

(4) 装复排气歧管时, 按与拆卸相反的顺序进行。

3. 同步带的拆装

(1) 将曲轴转到第一缸活塞位于下止点位置。

(2) 拆卸同步带上的防护罩。

(3) 将凸轮轴同步带轮的标记对准同步带防护罩上的标记。

(4) 拆卸曲轴前端的曲轴带轮。注意事项: 曲轴带轮的紧固螺栓的拧紧力矩为 $40 \text{ N} \cdot \text{m}$ 。

(5) 拆卸同步带的中间防护罩。注意事项: 同步带中间防护罩的紧固螺栓的拧紧力矩为 $10 \text{ N} \cdot \text{m}$ 。

(6) 拆卸同步带下防护罩。注意事项: 同步带下防护罩的紧固螺栓的拧紧力矩为 $10 \text{ N} \cdot \text{m}$ 。

(7) 在同步带上做好方向记号。注意事项: 检查同步带的磨损情况, 不得有扭曲现象。

(8) 松开半自动张紧轮并拆下同步带。注意事项: 将半自动张紧轮逆时针转动, 直到可以使用专用工具为止; 松开张紧轮, 直到指针位于缺口下方 10 mm 处为止。旋紧张紧轮, 直到指针和缺口重合。张紧轮上锁紧螺母拧紧力矩为 $15 \text{ N} \cdot \text{m}$ 。

(9) 装复同步带时, 按与拆卸相反的顺序进行。

4. 其他外围附属件的拆装

(1) 松开爆震传感器的紧固螺栓, 拆下 1 号和 2 号紧固螺栓。注意事项: 爆震传感器紧固螺栓的拧紧力矩为 $44 \text{ N} \cdot \text{m}$ 。

(2) 拔下水温传感器的卡簧, 拆下水温传感器。

(3) 用机油滤清器扳手拆下机油滤清器。注意事项: 机油滤清器紧固螺栓的拧紧力矩为 $20 \text{ N} \cdot \text{m}$ 。

(4) 拆下发动机与发电机连接螺栓, 取下发电机总成。注意事项: 发电机总成紧固螺栓的拧紧力矩为 $35 \text{ N} \cdot \text{m}$ 。

(5) 装复其他外围附属件时, 按与拆卸相反的顺序进行。

二、发动机的拆装顺序

发动机的拆装要按照从上到下、从外到内的顺序依次拆卸,并且要将拆卸好的零件按照顺序摆放好,以方便装复。拆装的过程要时刻谨记“先拆的后装、后拆的先装”这一原则。

任务二 发动机结构原理认知

一、发动机的分类、结构及常用术语

1. 发动机的分类

发动机是汽车的心脏,能将燃料中的化学能转变成热能,再由热能产生机械能。发动机按照其特征不同有很多种分类方法。

(1) 按燃料分。

发动机可分为柴油机、汽油机和天然气机等。

(2) 按实现循环的行程数分。

① 四冲程发动机。

活塞移动 4 个行程或曲轴转 2 圈,在气缸内完成 1 个工作循环。

② 二冲程发动机。

活塞移动 2 个行程或曲轴转 1 圈,在气缸内完成 1 个工作循环。

(3) 按冷却方式分。

① 水冷式发动机:以水为冷却介质。

② 风冷式发动机:以空气为冷却介质。

(4) 按点火方式分。

① 压燃式(CI)发动机:利用气缸内空气被压缩后产生的高温,使燃油自燃,如柴油机。

② 点燃式(SI)发动机:利用火花塞发出的电火花强制点燃燃料,使燃料强行着火燃烧,如汽油机、煤气机。

(5) 按凸轮轴位置分。

① 侧置式:凸轮轴位于气缸体一侧。

② 顶置式:凸轮轴位于气缸盖上。顶置式又分为以下两种:

单顶置凸轮轴(SOHC)发动机:发动机有 1 根置于气缸盖上的凸轮轴。

双顶置凸轮轴(DOHC)发动机:发动机有 2 根置于气缸盖上的凸轮轴。

(6) 按进气方式分。

① 自然吸气式发动机:空气靠活塞的抽吸作用进入气缸内。

② 增压式发动机:为增大功率,在发动机上装有增压器,使进入气缸的气体预先经过压气机压缩后再进入气缸。

(7) 按气缸数目分。

① 单缸发动机。

② 多缸发动机。按气缸的排列形式又可分为多种形式。

(8) 按气缸的排列形式分。

① 直列立式发动机：所有气缸中心线在同一垂直平面内。

② 卧式发动机：所有气缸中心线在同一水平平面内。

③ V形发动机：气缸中心线分别在两个平面内，且两平面相交呈V形。

④ 对置式发动机：V形夹角为 180° 时又称为对置式发动机。

⑤ 其他：W形（奥迪W16）、H形、X形、星形等，但在汽车上很少应用。

(9) 转子发动机。

以上介绍的都属于往复式活塞式发动机，工作时活塞在气缸内做往复直线运动，利用曲柄连杆机构将活塞的直线运动转化为曲轴的旋转运动。转子发动机则不同，相当于活塞的三角形转子在蚕茧形壳体内做偏心回转运动，直接将可燃混合气的燃烧膨胀力转化为发动机的输出转矩。因此，可以认为转子发动机就是活塞做回转运动的发动机。转子发动机的结构原理如图1-1所示。

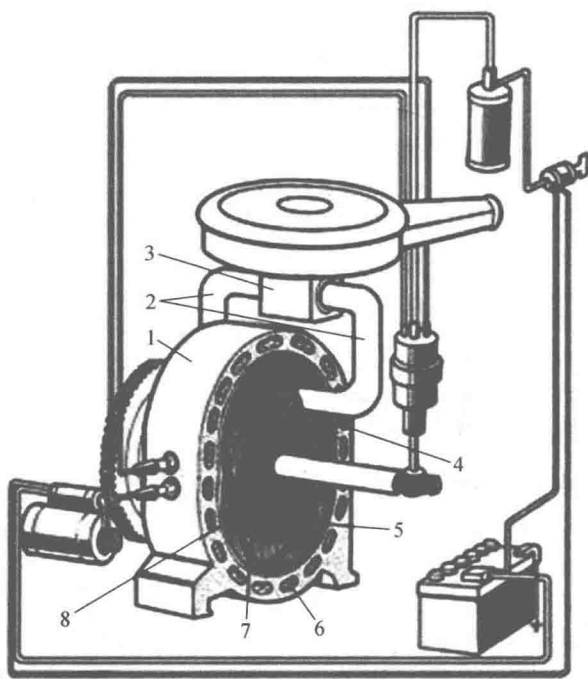


图 1-1 转子发动机结构简图

1—转子壳；2—进气管；3—化油器；4—进气孔；5—排气孔；
6—冷却水；7—转子；8—燃烧室（转子侧）

和往复式活塞式发动机相比，转子发动机具有结构紧凑、质量小、回转平稳、噪声小等优点。日本马自达汽车公司是目前世界上唯一批量生产汽车用转子发动机的公司。这是因为转子发动机在技术上仍有一些问题尚待解决。

2. 发动机的基本结构

发动机的种类虽多,但其基本结构大体相同,一般都是由两大机构和六大系统组成,如图 1-2 所示。

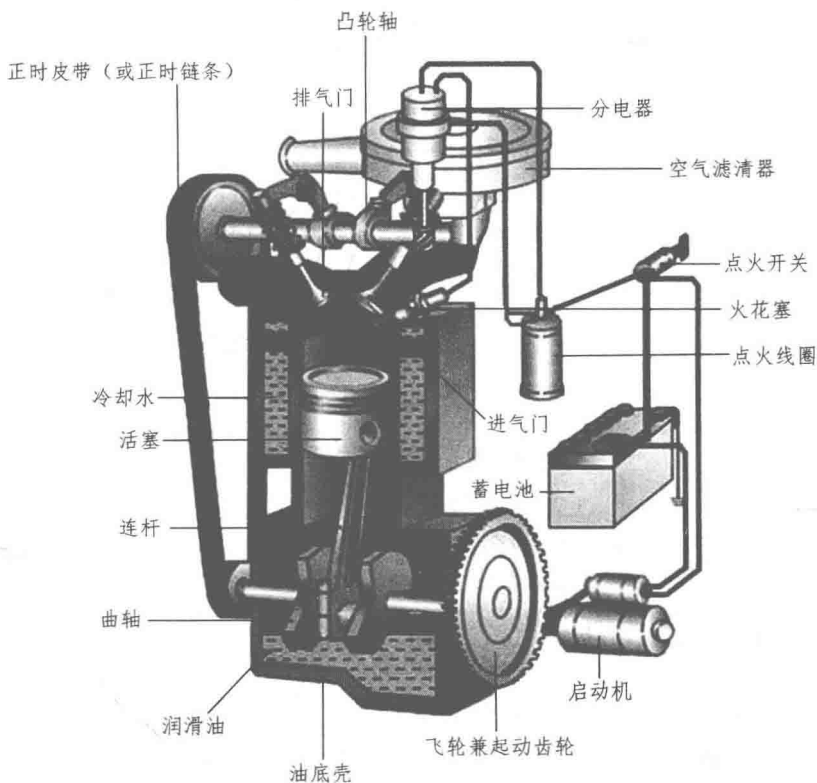


图 1-2 发动机的总体构造图

(1) 两大机构。

① 曲柄连杆机构：包括气缸体、活塞连杆组和曲轴飞轮组，是发动机借以产生动力的机构，它将活塞的直线往复运动转变为曲轴的旋转运动而输出动力。

② 配气机构：包括气门组和气门传动组，其作用是使可燃混合气及时充入气缸，并在燃烧后及时将废气从气缸中排出。

(2) 六大系统。

① 燃油供给系统：由油箱、汽油滤清器、汽油泵、油轨（燃油喷射式发动机）、喷油器等组成。

② 空气供给系统：由空气滤清器和进气歧管等组成。

③ 点火系统：由分电器、点火线圈、点火控制器、高压线和火花塞等组成。

④ 冷却系统：由水泵、节温器、风扇和散热器等组成。

⑤ 润滑系统：由油底壳、集滤器、机油泵、滤清器、旁通阀和安全阀等组成。

⑥ 启动系统：由启动机及附属设备组成。

3. 常用术语

发动机的常用术语如图 1-3 所示。

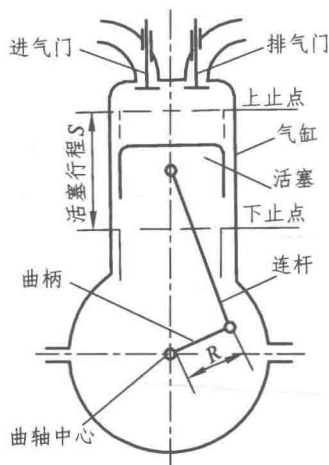


图 1-3 发动机基本术语示意图

(1) 上止点。

上止点是指活塞离曲轴回转中心的最远处，即活塞的最高位置。

(2) 下止点。

下止点是指活塞离曲轴回转中心的最近处，即活塞的最低位置。

(3) 活塞行程 (S)。

活塞行程是指上、下两止点间的距离，单位为 mm (毫米)。活塞由一个止点移到另一个止点运动一次的过程称为行程。

(4) 曲柄半径 (R)。

曲柄半径是指与连杆大端相连接的曲柄销的中心线到曲轴回转中心线的距离 (单位为 mm)。显然，曲轴每转一周，活塞移动 2 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上止点到下止点所让出的空间的容积，其计算公式为

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

式中 V_h ——气缸工作容积，L；

D ——气缸直径，mm；

S ——活塞行程，mm。

(6) 发动机工作容积 (V_L)。

发动机工作容积是指发动机所有气缸工作容积的总和，也称为发动机的排量。若发动机的气缸数为 i ，则 $V_L = V_h \cdot i$ 。

(7) 燃烧室容积 (V_c)。

燃烧室容积是指活塞在上止点时，活塞顶上面空间的容积，单位为 L。

(8) 气缸总容积 (V_a)。

气缸总容积是指活塞在下止点时, 活塞顶上面空间的容积, 单位为 L。它等于气缸工作容积与燃烧室容积之和, 即 $V_a = V_h + V_c$ 。

(9) 压缩比 (ε)。

压缩比是指气缸总容积与燃烧室容积的比值, 即

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

二、四冲程发动机的工作原理

1. 四冲程汽油机的工作原理

四冲程汽油机有进气、压缩、做功和排气 4 个行程, 图 1-4 为单缸四冲程汽油机工作循环示意图。

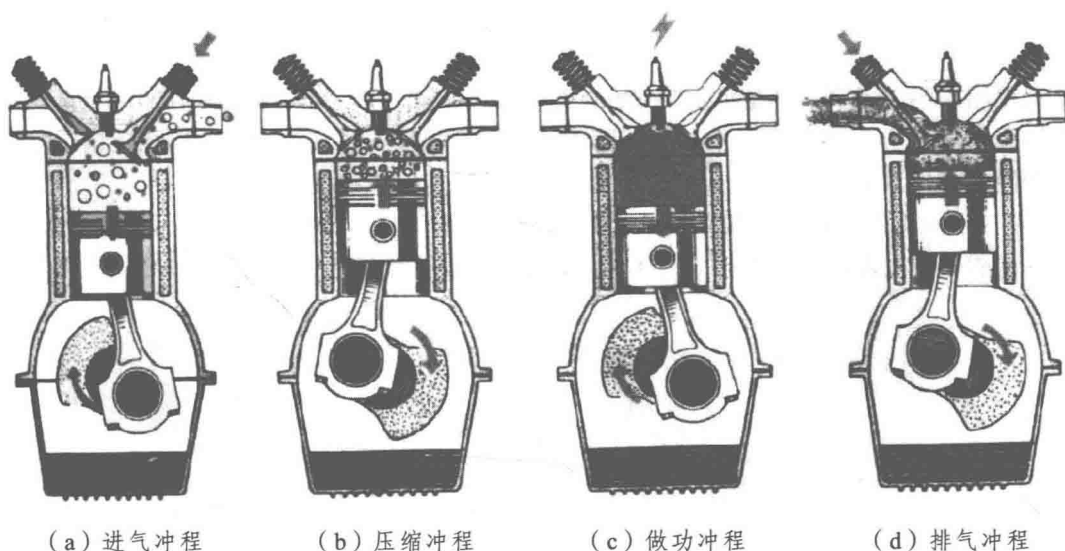


图 1-4 单缸四冲程汽油机工作循环示意图

(1) 进气行程。活塞由曲轴带动从上止点向下止点运动, 此时, 排气门关闭, 进气门开启。活塞移动过程中, 气缸内容积逐渐增大, 形成一定的真空度, 于是经过滤清的空气与化油器供给的汽油混合成可燃混合气, 通过进气门被吸入气缸。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, 所以进气终了时气缸内气体的压力低于大气压力, 为 $0.075 \sim 0.09 \text{ MPa}$ 。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 $370 \sim 440 \text{ K}$ 。

(2) 压缩行程。进气行程结束时, 活塞在曲轴的带动下, 从下止点向上止点运动, 气缸内容积逐渐减小, 进、排气门均关闭, 可燃混合气被压缩, 至活塞到达上止点时, 压缩结束。气缸内气体被压缩的程度称为压缩比。压缩比越大, 则压缩终了时气缸内气体的压力和温度

就越高, 燃烧速度也越快, 因而发动机发出的功率越大, 经济性也越好。现代汽油发动机压缩比一般为 $6 \sim 10$ 。

压缩行程中, 气体压力和温度同时升高, 并使混合气进一步均匀混合, 压缩终了时, 气缸内的压力为 $0.6 \sim 1.2 \text{ MPa}$, 温度为 $600 \sim 800 \text{ K}$ 。

(3) 做功行程。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。

在做功行程中, 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 $2\,200 \sim 2\,800 \text{ K}$ 。

(4) 排气行程。在做功行程终了时, 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在活塞的推动下, 被排出气缸, 至活塞到达上止点时, 排气门关闭, 排气结束。排气行程终了时, 由于燃烧室容积的存在, 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, 压力为 $0.105 \sim 0.115 \text{ MPa}$, 温度为 $900 \sim 1\,200 \text{ K}$ 。

2. 示功图

示功图又叫 $P-V$ 图, P 是英文 Pressure (压力) 的第一个字母, V 是英文 Volume (容积) 的第一个字母。示功图表示出了每个行程活塞处在不同位置时气缸内压力的变化情况。通过对示功图的分析, 有助于详细了解发动机的工作过程与工作状况。

图 1-5 所示为四冲程汽油机的示功图。横轴表示容积 V , A 点表示活塞上止点, OA 表示燃烧室容积, B 点表示活塞下止点, AB 表示活塞行程 S , OB 则表示气缸总容积, 纵轴表示气缸压力 P 。

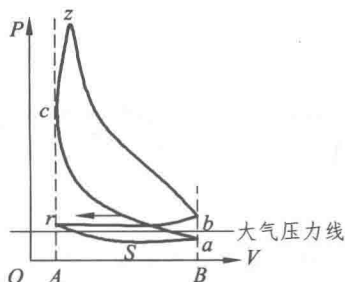


图 1-5 四冲程汽油机的示功图

随着活塞的上下运动, 每个行程 $P-V$ 变化关系分析如下:

进气行程: 进气行程气缸内压力、容积变化过程用曲线 ra 表示。曲线 ra 位于大气压力线之下, 它与大气压力线纵坐标之差即表示气缸内的真空度。正是在真空度的作用下才将空气和雾状汽油形成的可燃混合气吸入气缸。

压缩行程: 用曲线 ac 表示。压缩终了时, 活塞到达上止点, 可燃混合气被全部压入燃烧室之中。气缸内压力 P_c 升高到了 $0.6 \sim 1.2 \text{ MPa}$, 温度为 $600 \sim 800 \text{ K}$ 。

做功行程: 用曲线 czb 表示。活塞到达压缩上止点前, 火花塞点火, 可燃混合气迅速燃烧, 此时活塞处在上止点附近, 瞬时速度较低, 容积变化较慢, 曲线 cz 段很陡, 表明气缸内

压力迅速提升,最高压力可达 $3 \sim 5 \text{ MPa}$, 温度可达 $2\,200 \sim 2\,800 \text{ K}$ 。随着活塞的继续下行,气缸内容积增大,压力和温度随之降低。做功行程终了时压力降至 $0.3 \sim 0.5 \text{ MPa}$, 温度为 $1\,300 \sim 1\,600 \text{ K}$ 。

排气行程: 用曲线 br 表示。由于排气通道存在一定的排气阻力, 故排气行程气缸内压力稍高于大气压力, 为 $0.105 \sim 0.115 \text{ MPa}$ 。排气终了时, 残余废气温度为 $900 \sim 1\,200 \text{ K}$ 。

3. 爆燃与表面点火现象

压缩比过高会导致爆燃和表面点火现象的发生, 会破坏发动机的正常工作, 严重时会造成发动机早期损坏, 因此必须加以控制。

(1) 爆燃。

爆燃是由于气缸内可燃混合气压力和温度过高, 燃烧室内远离点燃中心的某处在火焰前锋未传到之前发生自燃而造成的一种异常燃烧现象。发生爆燃时, 火焰以极高的速度向外传播, 形成很强的冲击波, 撞击燃烧室内壁和活塞顶面, 发出尖锐的金属敲击声和振动。爆燃同时会引起发动机过热、功率下降、油耗增加, 严重时可能会造成活塞开裂、轴瓦破裂、火花塞绝缘体击穿等机件损坏现象。

图 1-6 所示为正常燃烧与爆燃燃烧过程的比较。正常燃烧过程: 在火花塞点火后, 火焰由点火中心逐步向外传播, 依次完成燃烧过程。而爆燃破坏了上述正常的燃烧顺序, 末端混合气处在火焰前锋未传到之前出现了自燃点, 形成了另外的燃烧中心, 使燃烧过程发生了变化。

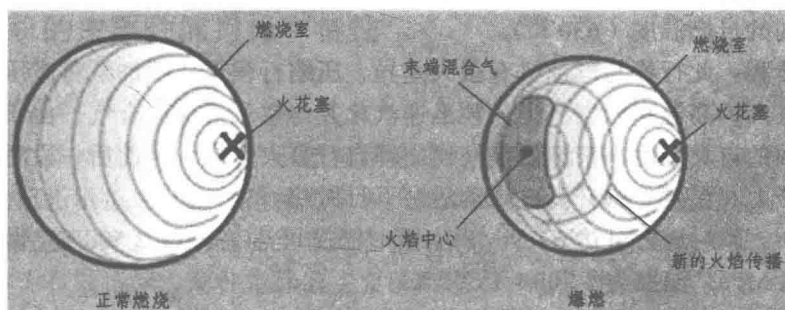


图 1-6 爆燃的形成

(2) 表面点火。

表面点火与爆燃不同, 是另外一种不正常的燃烧现象。表面点火又分为早燃与后燃两类。

早燃是在火花塞正常点火之前, 燃烧室内壁炽热表面 (如排气门头、火花塞电极、积炭处等) 提前点火引起的一种异常燃烧现象。表面点火发生时也伴有强烈的敲击声 (较沉闷), 产生的压力波会加重发动机机件负荷, 降低发动机使用寿命。

后燃是指在火花塞点火之后, 炽热表面或受热辐射点燃混合气的现象。

4. 四冲程柴油机的工作原理

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 4 个行程组成, 但由于所使用燃料的性质不同, 可燃混合气的形成和着火方式与汽油机有很大区别。

下面主要叙述柴油机与汽油机工作循环的不同之处。图 1-7 所示为单缸四冲程柴油机工作循环示意图。

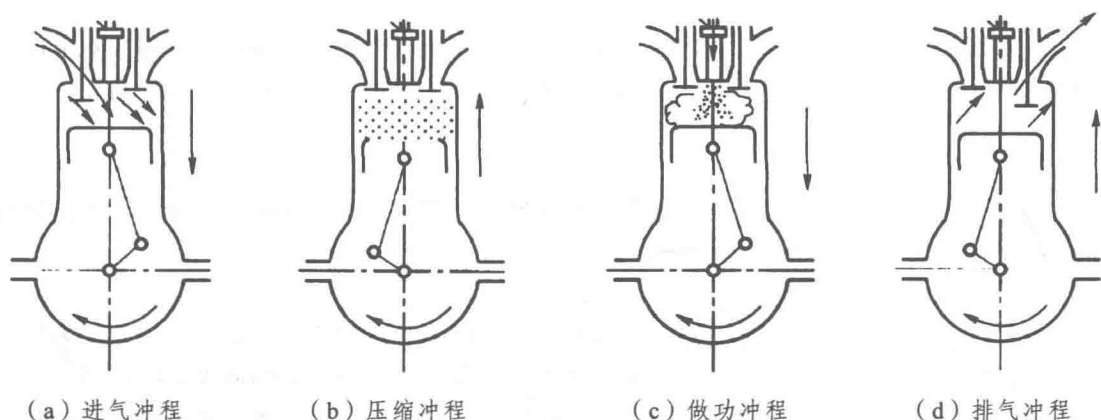


图 1-7 单缸四冲程柴油机工作循环示意图

(1) 进气行程。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为 $0.075 \sim 0.095 \text{ MPa}$ ，温度为 $320 \sim 350 \text{ K}$ 。

(2) 压缩行程。压缩行程不同于汽油机的是压缩纯空气，由于柴油机的压缩比大，为 $15 \sim 22$ ，故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 $800 \sim 1\,000 \text{ K}$ ，大大超过了柴油的自燃温度 (630 K)。

(3) 做功行程。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，被迅速汽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，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，推动活塞下行做功。

做功行程中，瞬时压力可达 $6 \sim 9 \text{ MPa}$ ，瞬时温度可达 $2\,000 \sim 2\,500 \text{ K}$ ，做功行程终了时压力为 $0.2 \sim 0.4 \text{ MPa}$ ，温度为 $1\,200 \sim 1\,500 \text{ K}$ 。

(4) 排气行程。此行程与汽油机基本相同。排气行程终了时的气缸压力为 $0.105 \sim 0.125 \text{ MPa}$ ，温度为 $800 \sim 1\,000 \text{ K}$ 。

由上述四冲程汽油机和柴油机的工作循环可知，两种发动机工作循环的基本内容相似。每个工作循环曲轴转 2 周 (720°)，每一行程曲轴转半周 (180°)。4 个行程中，只有做功行程做功，其他 3 个行程是为做功行程做准备工作的辅助行程，都要消耗一部分能量。发动机启动时的第一个循环，必须有外力将曲轴转动，以完成进气和压缩行程；当做功行程开始后，做功能量便通过曲轴储存在飞轮内，以使以后的行程和循环得以继续进行。

5. 汽油机与柴油机的比较

将上述四冲程汽油机与柴油机的工作过程进行比较可以得知，两者的工作原理基本相似，但不完全相同，其主要区别在于：

(1) 所用燃料不同。

(2) 混合气形成方式不同。柴油机进气行程进入气缸的是纯空气，压缩行程接近终了时，