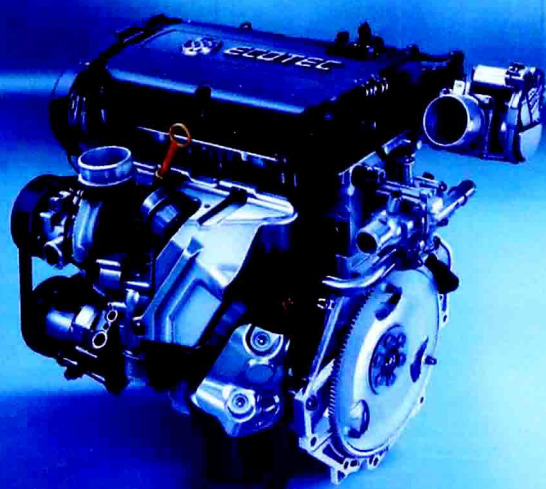


汽车发动机构造 与维修

李民和 韩松畴 魏小华◎编著



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

汽车发动机构造与维修

编 著 李民和 韩松畴 魏小华
副主编 朴振华 欧阳雪 李永力
张 锋
参 编 张世良 邵石红



西安交通大学出版社



北航

C1749603

U464/70

内容简介

本教材的编写融入了全国各交通职业学校（院）汽车检测与维修技术专业近 20 年来的教学改革成果，并结合了汽车维修企业的生产实践，具有较强的针对性。本教材较好地贯彻了素质教育的思想，力求体现以人为本的现代理念，从交通行业岗位群的知识与技能要求出发，并结合对培养学生创新能力、职业道德方面的要求，提出教学目标并组织教学内容，在教材的理论体系、组织结构、内容描述上与传统教材有了明显的区别。

为使教师和学生明确教学目的，培养学生的实践能力，在教材各章开始提出本章的教学目标，在各章教学内容之后，附有小结归纳、拓展思考与反馈和实训练习，便于学生复习和各教学单位组织配套的实训课程。

图书在版编目（CIP）数据

汽车发动机构造与维修/李民和，韩松畴，魏小华编著. —西安：
西安交通大学出版社，2014.6
ISBN 978-7-5605-6109-7

I. ①汽… II. ①李…②韩…③魏… III. ①汽车—
发动机—构造②汽车—发动机—车辆修理 IV. ①U472.43

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2014）第 061687 号

书 名 汽车发动机构造与维修
编 著 李民和 韩松畴 魏小华
责任编辑 李 文

出版发行 西安交通大学出版社
（西安市兴庆南路 10 号 邮政编码 710049）
网 址 <http://www.xjtupress.com>
电 话 （029）82668357 82667874（发行中心）
（029）82668315 82669096（总编办）
传 真 （029）82668280
印 刷 北京荣玉印刷有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 12.5 字数 299 千字
版次印次 2014 年 7 月第 1 版 2014 年 7 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5605-6109-7/U·16
定 价 35.00 元

如发现印装质量问题，请与印刷厂联系、调换 电话：（010）57131667
订购热线：（010）56591657 QQ：1803819931
投稿热线：（010）56591670 QQ：1395738560
读者信箱：lg_book@163.com

版权所有 侵权必究

前 言

《汽车发动机构造与维修》是汽车检测与维修技术专业国家规划教材之一，内容涉及发动机总体构造，曲柄连杆机构的构造与维修，配气机构的构造与维修，冷却系的构造与维修，润滑系的构造与维修，汽油机燃料供给系的构造与维修，柴油机燃料供给系的构造与维修，发动机拆装工艺与磨合，发动机常见故障的判断与排除等方面。

本书是由多年从事教学及汽车维修工作的职业教育一线教师和工程师根据汽车维修工的工作实践经验，从社会发展对高素质劳动者和中、初级汽车维修人才需要的实际出发，并着眼于“项目教学”职业教育改革的需要，编写了本教材。本书具有职业教育的特色，充分体现当前汽车维修市场的需求，以培训学生分析问题和解决问题的能力为本，着重培养学生掌握汽车维修的动手能力，使其达到中级修理工的维修水平。

本教材的编写融入了全国各交通职业学校（院）汽车检测与维修技术专业近 20 年来的教学改革成果，并结合了汽车维修企业的生产实践，具有较强的针对性。本教材较好地贯彻了素质教育的思想，力求体现以人为本的现代理念，从交通行业岗位群的知识与技能要求出发，并结合对培养学生创新能力、职业道德方面的要求，提出教学目标并组织教学内容，在教材的理论体系、组织结构、内容描述上与传统教材有了明显的区别。

为使教师和学生明确教学目的，培养学生的实践能力，在教材各章开始提出本章的教学目标，在各章教学内容之后，附有小结归纳、拓展思考与反馈和实训练习，便于学生复习和各教学单位组织配套的实训课程。

本书由黔东南民族职业技术学院汽车与机电工程系李民和，海南省机电工程学校韩松畴，衢州职业技术学院魏小华担任主编，黑龙江商业职业学院朴振华，湖北职业



技术学院欧阳雪，吉林化工学院李永力，山东商业职业技术学院张锋担任副主编，广州华立科技职业学院张世良，云南交通技师学院邵石红担任参编。其中李民和负责项目五以及全书的统稿工作，韩松畴负责项目四的编写，魏小华负责项目七的编写，朴振华负责项目二和项目三的编写，欧阳雪负责项目一的编写，李永力负责项目六的编写，张锋负责项目七的编写，张世良，邵石红负责项目八的编写工作。

限于编者经历及水平，教材内容很难覆盖全国各地的实际情况，希望各教学单位在积极选用和推广该教材的同时，注意总结经验，及时提出修改意见和建议，以便再版修订时改正。

编 者





CONTENTS

项目一 发动机总体构造	1
案例阅读	1
项目纵览	1
项目任务	1
任务启动	1
任务一 发动机的基本术语和工作原理	2
任务二 发动机的总体构造	8
任务三 发动机的主要性能指标和特性	13
小结归纳	16
拓展思考与反馈	16
实训练习	17
项目二 发动机拆装工艺与磨合	19
案例阅读	19
项目纵览	19
项目任务	19
任务启动	20
任务一 发动机的装配与调整	20
任务二 发动机的磨合	27
小结归纳	30
拓展思考与反馈	30
实训练习	30
项目三 配气机构的构造与维修	32
案例阅读	32
项目纵览	32
项目任务	32
任务启动	32



任务一 配气机构的组成和工作原理	33
任务二 配气机构主要部件的构造与维修	34
任务三 配气相位	39
小结归纳	41
拓展思考与反馈	42
实训练习	42

项目四 曲柄连杆机构的构造与维修 44

案例阅读	44
项目纵览	44
项目任务	44
任务启动	45
任务一 曲柄连杆机构概述	45
任务二 机体组的构造和检修	47
任务三 活塞连杆组构造与检修	56
任务四 AJR 型发动机曲柄连杆机构分解和组装	67
任务五 曲轴飞轮组的构造和检修	71
小结归纳	82
拓展思考与反馈	82
实训练习	82

项目五 柴油机燃料供给系的构造与维修 84

案例阅读	84
项目纵览	84
项目任务	84
任务启动	85
任务一 柴油机燃料供给系的组成和燃料性能指标	85
任务二 柴油机燃烧特点和燃烧室	87
任务三 喷油器的构造与维修	92
任务四 调速器的构造和工作原理	104
任务五 柴油滤清器和输油泵的构造与检修	112
任务六 喷油提前角调节装置和供油正时的调整	117
小结归纳	128
拓展思考与反馈	129
实训练习	129

项目六 汽油机燃料供给系的构造与维修 132

案例阅读	132
------------	-----

项目纵览	132
项目任务	132
任务启动	132
任务一 燃料供给系统概述	133
任务二 电喷式发动机燃料供给系各主要部件构造及维修	135
任务三 化油器式汽油机燃料供给系简介	143
小结归纳	145
拓展思考与反馈	145
实训练习	145
项目七 冷却系的构造与维修	148
案例阅读	148
项目纵览	148
项目任务	148
任务启动	148
任务一 冷却系的作用、组成和工作原理	149
任务二 水冷系主要机件的构造和检修	153
小结归纳	168
拓展思考与反馈	168
实训练习	169
项目八 润滑系的构造与维修	171
案例阅读	171
项目纵览	171
项目任务	171
任务启动	171
任务一 概述	172
任务二 润滑系统主要部件的拆装与检修	176
任务三 润滑系的维护	178
小结归纳	180
拓展思考与反馈	180
实训练习	180
项目九 发动机常见故障的判断与排除	183
案例阅读	183
项目纵览	184
项目任务	184
任务启动	184



任务一 发动机常见故障排除的一般规律	184
任务二 汽油发动机常见故障的判断与排除	185
任务三 柴油发动机常见故障的判断与排除	189
小结归纳	190
拓展思考与反馈	190
实训练习	190

参考文献	192
------------	-----

项目一 发动机总体构造

案例阅读

车型：奥迪 100 轿车

- 故障现象：发动机怠速抖动，行驶时发动机功率不足。
- 检查方法：分别拔下二、三缸高压线，发动机抖动反而减轻。拆下汽缸盖检查，发现汽缸垫二、三缸之间串气。
- 故障原因：第二缸和第三缸总是 1 个汽缸做功，1 个汽缸进气，1 个汽缸排气，1 个汽缸压缩，由于两缸串气互相影响工作，断开 1 个汽缸高压火，怠速反而平稳一些。
- 排除方法：检查汽缸体与汽缸盖平面度符合技术要求，更换汽缸垫，故障排除，发动机工作正常。

项目纵览

发动机是将某一种形式的能量转换为机械能的机器，其作用是将液体或气体的化学能通过燃烧后转化为热能，再把热能通过膨胀转化为机械能并对外输出动力。本章主要讲述发动机的总体构造方面的相关知识及其基本的工作原理。

项目任务

1. 了解发动机的作用、常用术语和基本工作原理；
2. 了解发动机的类型、编号规则和总体构造；
3. 了解发动机主要性能指标和工作特性。



任务启动

在柴油机工作时，活塞压缩行程中到达上止点前，当柴油喷入高温、高压的汽缸内时会

A. 立即燃烧

- B. 经过雾化扩散与空气混合后自燃
- C. 经过雾化、吸热、扩散后自燃
- D. 经过雾化、吸热、蒸发、扩散与空气混合后自燃

任务一 发动机的基本术语和工作原理

图 1-1 为单缸四冲程汽油机的简单结构示意图，图 1-2 为单缸四冲程柴油机的简单结构示意图。

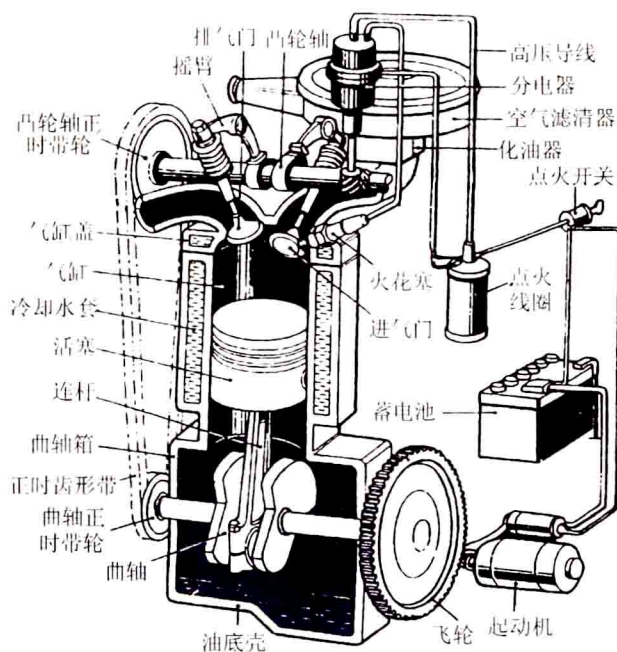


图 1-1 单缸四冲程汽油机的简单结构示意图

一、发动机的基本术语

如图 1-3 为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. 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。显然，曲轴每转一周，活塞移动两个行程，即 $S=2R$ 。

4. 活塞行程 (S)

活塞行程是指上、下两止点间的距离，单位：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。

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

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

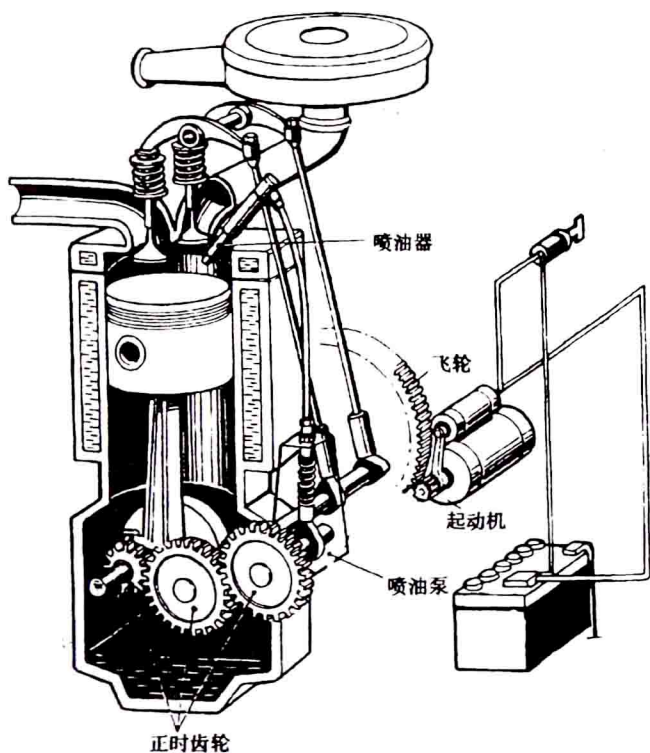


图 1-2 单缸四冲程柴油机的简单结构示意图

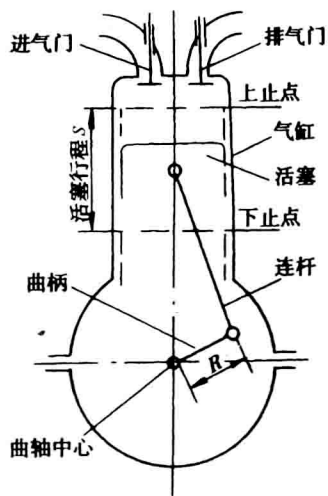


图 1-3 发动机基本术语示意图

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, 也称发动机的排量。若发动机的气缸数为 i , 则 $V_L = V_h i$ 。

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, 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 (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

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

论坛点击

试比较气缸工作容积与气缸总容积的区别。



二、四冲程发动机的简单工作原理

发动机经过进气、压缩、做功和排气四个连续的过程，将热能转变为机械能，每进行一次这样的过程就是一个工作循环。因此，凡是曲轴旋转两周，活塞往复四个行程完成一个工作循环的，就称为四冲程发动机。

1. 四冲程汽油机的简单工作原理

四冲程汽油机的工作循环是由进气、压缩、做功和排气四个行程所组成的。如图 1-4 为单缸四冲程汽油机工作循环示意图。

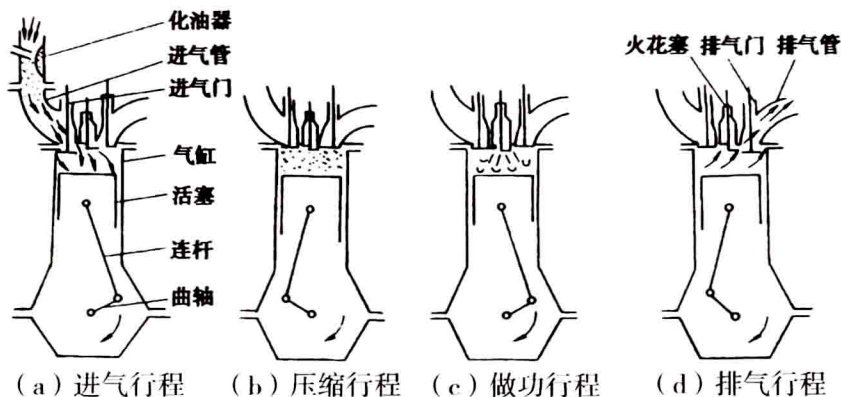


图 1-4 单缸四冲程汽油机工作循环示意图

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形成可燃混合气，通过进气门被吸入气缸。待活塞到达下止点时，进气门关闭，停止进气。

由于进气系统存在进气阻力，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 $370 \sim 440 \text{ K}$ ①。

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，由于进、排气门均关闭，可燃混合气被压缩，待活塞到达上止点时，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，待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 $3 \sim 5 \text{ MPa}$ ，

① $1\text{K} = 272.15^\circ\text{C}$

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活塞推动下，被排出气缸，待活塞到达上止点时，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. 四冲程柴油机的简单工作原理

四冲程柴油机与四冲程汽油机一样，每个工作循环也是由进气、压缩、做功和排气四个行程组成。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。如图 1-5 为单缸四冲程柴油机工作循环示意图。

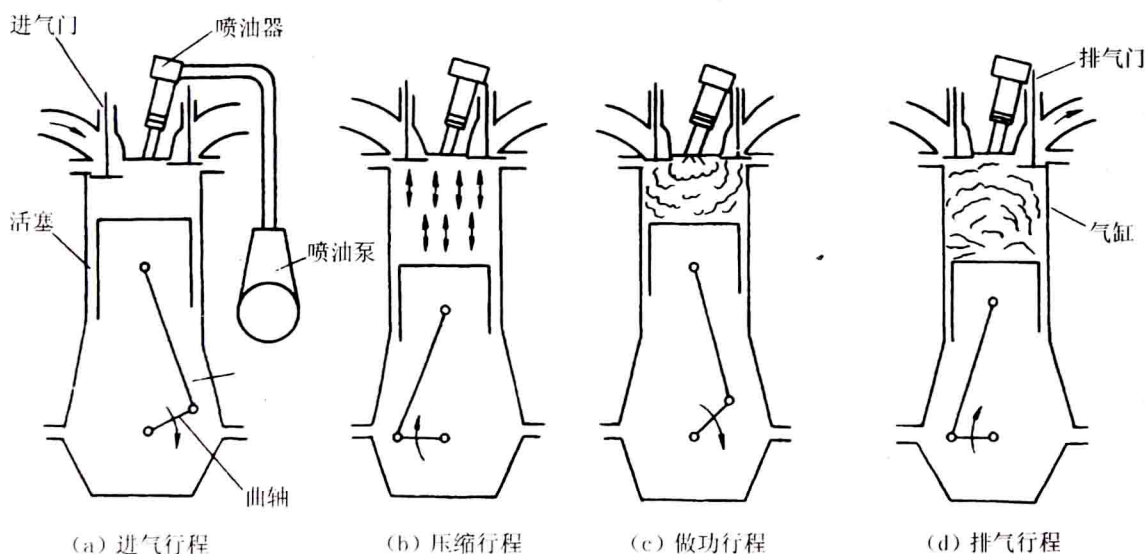


图 1-5 单缸四冲程柴油机工作循环示意图

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，由于柴油的压缩比大，为 $15\sim 22$ ，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 $800\sim 1\,000\text{ K}$ 。

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（约 500 K ），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 $5\sim 10\text{ MPa}$ ，瞬时温度可达 $1\,800\sim 2\,200\text{ K}$ ，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 MPa, 温度约为 800~1 000 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°)。四个行程中, 只有做功行程做功, 其他三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, 以维持以后的行程和循环得以继续进行。

三、二冲程发动机的简单工作原理

1. 二冲程汽油机的简单工作原理

二冲程发动机工作循环也包括进气、压缩、做功和排气四个过程, 但它是在活塞往复两个行程内完成的。图 1-6 为二冲程汽油机的工作循环图。

①第一行程。活塞由曲轴带动从下止点向上止点移动, 当活塞上行至关闭换气孔和排气孔时 [图 1-6 (a)], 已进入气缸的新鲜混合气被压缩, 活塞继续上移至上止点时, 压缩结束; 与此同时, 活塞上行时, 其下方曲轴箱内形成一定的真空度, 当活塞上行到一定位置时, 进气孔开启 [图 1-6 (b)], 新鲜的混合气被吸入曲轴箱。至此, 第一行程结束。

②第二行程。活塞接近上止点时, 火花塞产生电火花, 点燃被压缩混合气, 燃烧形成的高温、高压气体推动活塞下行做功 [图 1-6 (c)], 当活塞下行到关闭进气孔后, 曲轴箱内的混合气被预压, 活塞继续下行至排气孔开启时 [图 1-6 (d)], 燃烧后废气靠自身压力经排气孔排出; 紧接着, 换气孔开启, 曲轴箱内经预压的混合气进入气缸, 并排除气缸内残余废气, 这一过程称换气过程, 它将一直延续到下一行程活塞在上行关闭换气孔和排气孔时为止。活塞下行到下止点时, 第二行程结束。

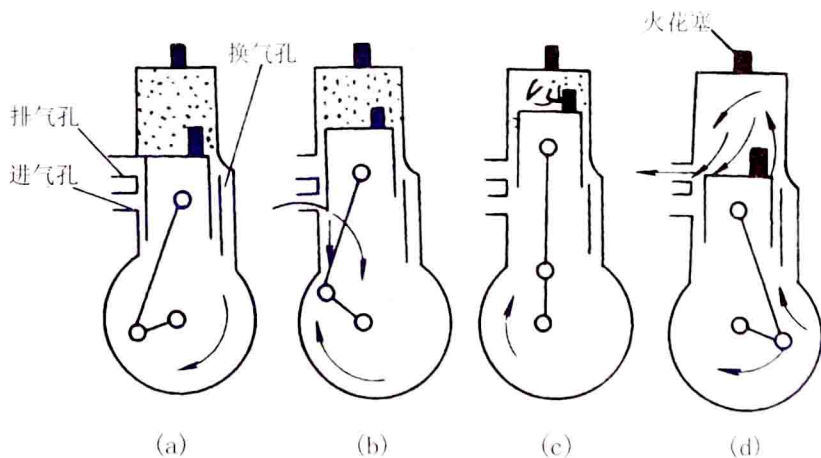


图 1-6 二冲程汽油机的工作循环图

由上两个行程可知, 第一行程时, 活塞上方进行换气、压缩, 活塞下方进行进气; 第二行程时, 活塞上方进行做功、换气, 活塞下方预压混合气。换气过程跨越两个行程。

2. 二冲程柴油机的简单工作原理

二冲程柴油机工作循环与汽油机的主要不同之处是进入气缸的是纯空气，废气则由专设的排气门排出。带有换气泵的二冲程柴油机的工作循环图如图 1-7 所示。换气泵的作用是将新鲜空气压力提高到 0.12~0.14 MPa 后，经气缸外部的空气室和气缸壁上的一圈进气孔进入气缸内。

①第一行程。活塞由下止点向上止点移动，在此前，进气孔和排气门均已开启，由换气泵提压后的新鲜空气进入气缸进行换气 [图 1-7 (a)]。当活塞上移到进气孔被关闭，排气门此时也关闭，于是进入气缸的空气开始被压缩 [图 1-7 (b)]。当活塞上移至接近上止点时，喷油器向气缸内喷入雾状柴油，并自行着火燃烧 [图 1-7 (c)]。

②第二行程。活塞到达上止点后，着火燃烧的高温高压气体推动活塞下行做功。当活塞下行到 2/3 行程时，排气门开，废气靠自身压力排出气缸 [图 1-7 (d)]，此后，进气孔开启，进行与二冲程汽油机类似的换气过程。

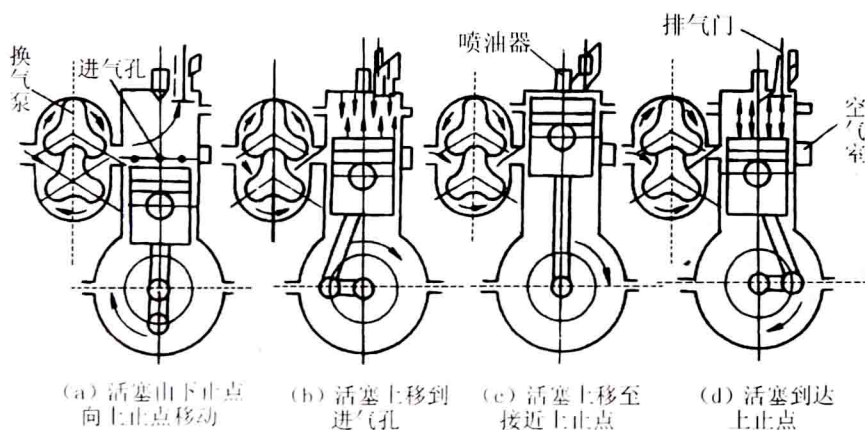


图 1-7 带有换气泵的二冲程柴油机工作循环图

知识链接

二冲程发动机的特点

- 由于进排气过程几乎是完全重叠进行的，所以在换气过程中有混合气损失和废气难以排净的缺点，经济性较差，柴油机由于进入的是纯空气，因此没有混合气损失。

- 完成一个工作循环，曲轴只转一周，当与四冲程发动机转速相等时，其做功次数比四冲程多一倍。因此，运转平稳，与同排量四冲程发动机比较在理论上发出功率应是四冲程发动机的两倍，但由于换气时的混合气损失实际是 1.5~1.6 倍。

- 二冲程汽油机在摩托车上应用较多，二冲程柴油机由于没有混合气损失，经济性比二冲程汽油机要好，在一些中型汽车上也有采用。



任务二 发动机的总体构造

一、发动机概述

发动机的结构形式多种多样，具体构造千差万别，因此，现代汽车发动机就是一部由许多机构和系统组成的复杂机器。但由于汽车发动机的基本工作原理相同，所以其基本结构也就大同小异。例如，现今最广泛使用的采用汽油和柴油作为燃料的往复活塞式发动机，虽然具体构造也千差万别，但基本构造是类似的。

汽油机通常由曲柄连杆、配气两大机构和燃料供给、润滑、冷却、点火、启动五大系统组成；柴油机通常由两大机构和四大系统组成（无点火系）。汽油机和柴油机的结构如图 1-8～图 1-12 所示。

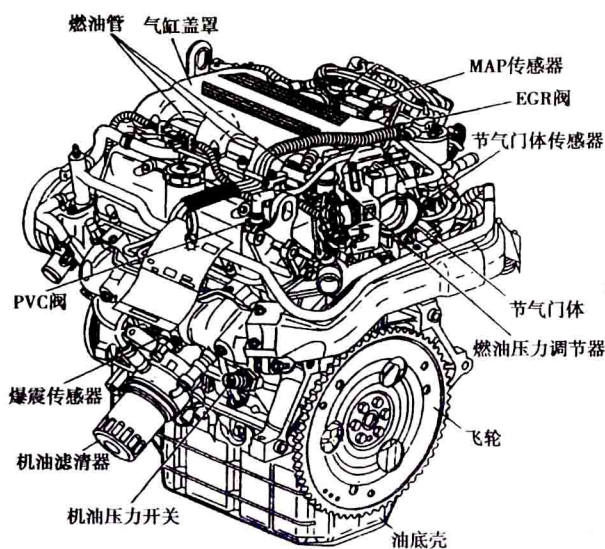


图 1-8 发动机

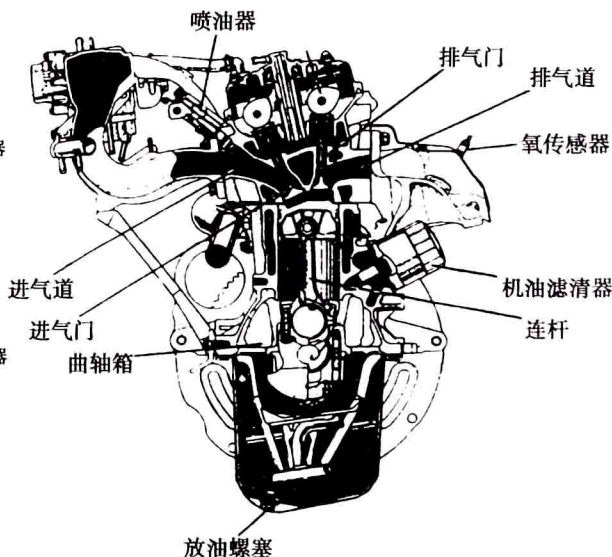


图 1-9 丰田 4E—FE 型四气门汽油喷射式发动机横剖图

二、发动机的基本构件

1. 曲柄连杆机构

曲柄连杆机构是由机体、活塞连杆组和曲轴飞轮组三部分组成的，其作用是将燃料燃烧所产生的热能，经机构由活塞的直线往复运动转变为曲轴旋转运动而对外输出动力。机体还是发动机各个机构、各个系统和一些其他部件的安装基础，并且机体许多部分还是配气机构、燃料供给系、冷却系和润滑系的组成部分。

2. 配气机构

配气机构由进气门、排气门、气门弹簧、挺杆、凸轮轴和正时齿轮等组成。其作用是