

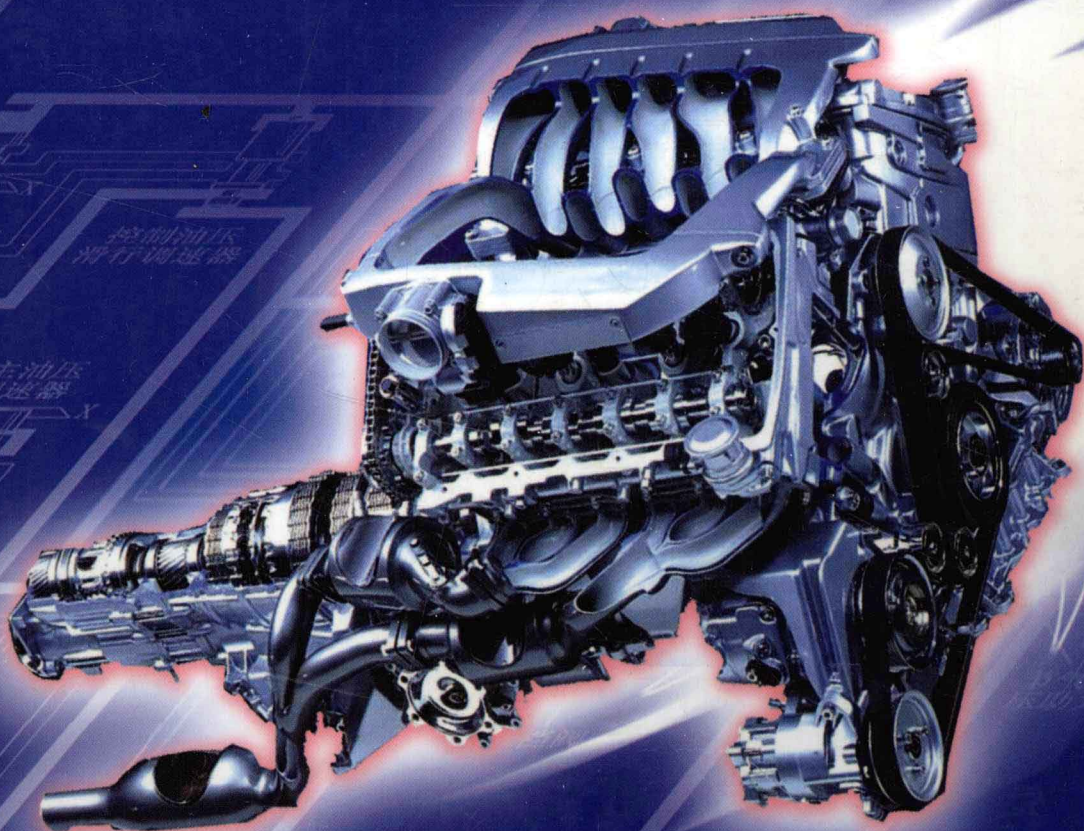


劳动和社会保障部职业技能鉴定中心
汽车维修专项技能认证指定教材

FADONGJI JIXIE

发动机机械

全国汽车维修专项技能认证技术支持中心编写组 编写



教育科学出版社

11464/30

劳动和社会保障部职业技能鉴定中心
汽车维修专项技能认证指定教材

发动机机械

全国汽车维修专项技能认证技术支持中心编写组 编写

教育科学出版社
· 北 京 ·

责任编辑 刘 进
版式设计 尹明好
责任校对 徐 虹
责任印制 曲凤玲

图书在版编目(CIP)数据

发动机机械 / 全国汽车维修专项技能认证技术支持中心编写组编写. —北京:教育科学出版社, 2003.4 (2004.6 重印)
劳动和社会保障部职业技能鉴定中心汽车维修专项技能
认证指定教材
ISBN 7-5041-2454-0

I. 发... II. 全... III. 汽车-发动机-职业技能
鉴定-教材 IV. U464

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 015488 号

出版发行	教育科学出版社	市场部电话	010-62003339
社 址	北京·北三环中路 46 号	编辑部电话	010-82085274
邮 编	100088	网 址	http://www.esph.com.cn
传 真	010-62013803		
经 销	各地新华书店		
印 刷	保定市印刷厂		
开 本	787 毫米×1092 毫米 1/16		
印 张	15.5 插页 8	版 次	2003 年 4 月第 1 版
字 数	360 千	印 次	2004 年 6 月第 2 次印刷
定 价	46.00 元	印 数	5 001—8 500 册

如有印装质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

若读者欲了解更多有关本系列教材的信息,敬请登录中车在线网 www.713.com.cn。

本书所有源自美国米切尔 (Mitchell) 汽车维修数据库的图形和数据,均获得北京中车行高新技术有限公司授权编辑使用。版权所有,违者必究。

“汽车维修专项技能认证” 教材编委会

主任：陈宇 白建伟 王凯明

副主任：李京申 刘波 桑桂玉 陈蕾 吴友生

编委：（以姓氏笔画为序）

王凯明	王海燕	邓维恭	王琰	龙凤丝	白建伟
朱兵	朱军	李京申	刘波	吴友生	陈宇
陈蕾	张巍	俞世光	段淑兰	桑桂玉	魏俊强

组织策划：白建伟

技术总监：王凯明

主编：李京申 刘波

副主编：吴友生 王琰 朱兵

作者：吴友生 王力田 姚双艳 薛庆文 赵贵君

代亮 王琰 刘伟 朱英杰 孟宇

编者的话

“汽车维修专项技能认证”(系列)教材之一《发动机机械》的编写指导思想是:从维修的角度讲述发动机的机械结构和工作原理,并从原理出发,教会读者如何以规范的程序对发动机机械系统进行科学的维护、诊断、修理和拆装。

本书共分十二章。第一、二、三、四、五、六章为发动机的基本理论部分,依次分别介绍发动机的基本结构和原理、配气机构、曲柄连杆机构、燃油和点火系统、润滑和冷却系统、起动和充电系统等几个部分。为了进一步拓展读者的知识面,在理论部分中还介绍了双质量飞轮、可变气门正时及升程电子控制系统(VTEC)等新技术。第七章为发动机机械故障诊断与基本测试,详细讲解了故障诊断的基本流程和常用的测试方法。第八、九、十、十一、十二章内容与二至六章一一对应,详细讲解各机构和系统的检修过程和维修要点,对实际维修操作具有重要的指导意义。为了便于理解,在附录中以切诺基发动机(直列四缸)的安装过程为例,给予图文并茂的详细讲解以供参考。

本书在编撰过程中,得到了全国汽车维修界众多知名专家和一线技术人员的指点,在此表示深深的感谢!

编 者

序 言

陈宇 教授

中国就业培训技术指导中心主任

劳动和社会保障部职业技能鉴定中心主任

汽车业是推动科学技术发展的龙头产业，也是推动国民经济发展的支柱产业。自我国政府在“十五”计划中提出“鼓励轿车进入家庭”的政策以来，我国汽车保有量持续以超过 10% 的年增长率激增，现已达到 2000 万辆。2002 年国内汽车市场出现罕见的“井喷”行情，产销数量均突破 320 万辆，增幅均超过 30%。显然，汽车现在不仅是生产和运输的工具，而且正在成为居民家庭的大型耐用消费品。由于汽车使用于相对不稳定和不可预测的复杂环境中，故障和碰损随时可能出现。因此，对汽车的保养、维护和修理成为不可缺少的环节。汽车修理业与汽车业共生共荣，我国汽车业的大发展必将促进汽车修理业的大发展。

目前，我国汽车修理业有各类企业 20 万户，从业人员 240 万人，尽管已初具规模，但和迅速发展的汽车用户市场相比不很适应；特别是汽车修理业队伍的素质，距离社会实际需要相差更远。据统计，70% 以上的从业人员只具有初中文化水平，在修理工人中真正掌握了诊断汽车故障能力的优秀技工不足 20%。有的汽车维修站点甚至坑骗顾客，在一些经济发达地区汽车维修投诉成了消费投诉的热点之一。究竟到哪里才能找到合格的汽车维修站点和维修人员，成为一个社会关切的问题，而“买车容易修车难”的状况有可能阻碍汽车业的进一步发展。加强汽车修理业建设，提高维修人员职业素质、

技术水平和业务能力，进一步强化汽车维修人员的资格认证制度已成当务之急。

2002年3月，劳动和社会保障部颁布《招收技术工种从业人员规定》(中华人民共和国劳动和社会保障部令第6号)。这个规定指出：“国家实行先培训后上岗的就业制度。用人单位招用从事技术复杂以及涉及到国家财产、人民生命安全和消费者利益工种(职业)的劳动者，必须从取得相应职业资格证书的人员中录用。”这个规定同时公布了首批87个实行就业准入控制的工种(职业)的目录，其中就包括了汽车修理工。显然，这个规定适应了社会需要，对汽车修理工的培训和认证工作将起重大推进作用。

我们需要指出的是，汽车是集现代科学技术之大成的产品，科技含量高，发展变化快。现代汽车正迅速向信息化、数字化、绿色化方向发展。电喷电控技术、机电一体化技术，动力和尾气处理系统清洁技术等都给汽车维修不断带来新课题；汽车维修企业的管理也出现许多新特点。显然，陈旧固定、一成不变的资格标准和培训教材已远不能适应急剧变化着的汽车维修技术的要求。为此，劳动和社会保障部培训就业司、劳动和社会保障部职业技能鉴定中心组织国内有关专家，同北京中车行高新技术有限公司合作，参照国际先进经验，在《汽车修理工国家职业标准》的基础上，制定了《汽车维修专项技能认证标准》，同时编写了相应的培训教材，推出了汽车维修专项认证活动，以解当前培训和认证工作的燃眉之急。

《汽车维修专项技能认证标准》和《汽车维修专项技能认证教材》遵循了近年来我国职业培训和职业技能鉴定工作领域推行的“以职业活动为导向，以职业技能为核心”的指导方针，按照职业功能分析方法，把汽车维修工作划分为“汽车故障诊断与维修”，“汽车碰撞修复”，“汽车配件供销与汽车估损”和“汽车维修企业管理”等4个领域，7个专项认证资格，共14个培训和考核项目。这不但是我国汽车维修培训考核认证的新尝试，也是职业资格培训认证工作的新尝试。我们的目的就是要使国家职业培训和技能鉴定工作更加贴近生产，贴近企业，贴近市场和用户的实际需要。同时，填补科技发展和管理进步带来的培训认证领域的空白。

国内外职业培训和技能鉴定的大量实践表明，标准化、功能化、模块化

的培训认证不但是高效可行的，而且是科学规范的。发达的工业化市场经济国家对技工的培训认证大多采用这种方式，获得了很好的效果。比如著名的美国国家汽车维修技师协会（National Institute for Automotive Service Excellence, ASE）的汽车维修技工资格认证就采用了模块化培训和考试方式。1994年我曾率团专门访问过 ASE 总部，当时这个机构的总裁和几位副总裁热情地接待了第一个来自中国劳动和社会保障部的考察团。ASE 的考核项目多达 40 余个，涉及到汽车维修的所有领域，现在全美有 40 多万人持有 ASE 证书。美国国家汽车维修技师协会不但对持证技工的技术水平负责，而且对他们的职业道德负责，接受和处理从技术不过硬到乱收费在内的一切投诉。ASE 考试严格、管理到位、证书过硬，投诉极少（约万分之一）。因此，持有 ASE 证书的技工都有一种自豪感，把 ASE 兰白相间的旗帜插在自己修理站点的大门口，把 ASE 技师证书贴在客户休息区的墙上。开车的人们也纷纷到挂有 ASE 标志的修理站点修车。我当时就想，将来一定要把这些先进方法引进到我国。现在，我高兴地得知，今天推出这个汽车维修专项认证活动，就借鉴了 ASE 的经验，同时汲取了包括著名的米切尔（Mitchell）汽车维修数据库在内的其他国际先进成果。我们的这个愿望现在看来就要实现了。

党的十六大提出了“加快发展现代服务业”的要求。我希望汽车维修专项认证活动及其相关标准和教材的推出，能在加快发展现代汽车维修服务业方面做出自己应有的贡献，让我们预祝这项活动获得圆满成功，并预祝我国汽车维修业的队伍建设更上一个新台阶。

目 录

第 1 章 发动机结构与工作原理

1.1 发动机的分类和基本结构	1
1.1.1 发动机的分类	1
1.1.2 发动机的基本结构	2
1.2 发动机工作原理	3
1.2.1 四冲程发动机工作原理	3
1.2.2 二冲程发动机工作原理	5

第 2 章 配气机构

2.1 配气机构的布置和传动	7
2.2 配气机构的主要零部件	13
2.3 配气相位和气门间隙	26
2.4 可变进气正时和升程电子控制(VTEC)系统	28

第 3 章 曲柄连杆机构

3.1 概述	34
3.2 气缸体与气缸盖	34
3.3 活塞连杆组	42
3.4 曲轴飞轮组	51

第 4 章 燃油和点火系统

4.1 燃油系统	57
4.1.1 燃油系统的组成	57
4.1.2 化油器式燃油系统的基本原理	57
4.1.3 燃油箱和燃油管	69
4.1.4 燃油滤清器	71
4.1.5 燃油泵	71

4.1.6 燃油油量传感器及燃油表	75
4.1.7 发动机燃料	76
4.2 传统触点式点火系统	85

第5章 润滑和冷却系统

5.1 润滑系统	100
5.1.1 润滑系统的组成	101
5.1.2 润滑系统的主要部件	102
5.1.3 机油压力及指示灯	108
5.1.4 机油和机油添加剂	109
5.2 冷却系统	113
5.2.1 冷却方式	113
5.2.2 水冷却系统的组成与循环路线	114
5.2.3 冷却系统的主要部件	116
5.2.4 冷却液和防冻液	127

第6章 起动和充电系统

6.1 起动系统	130
6.2 充电系统	137
6.2.1 蓄电池	137
6.2.2 交流发电机	142

第7章 发动机机械故障诊断与基本测试

7.1 证实用户反映的情况	147
7.2 进行直观检查	147
7.3 发动机各系统基本测试	149

第8章 气缸盖与配气机构的检修

8.1 气缸盖的拆卸和故障诊断	155
8.2 气缸盖的修理	156
8.3 气门与气门座的检查和修理	158
8.4 气门传动组的检查和修理	165
8.5 凸轮轴的检查和修理	168
8.6 正时传动装置的检查和修理	169

第9章 气缸体与曲柄连杆机构的检修

9.1 气缸体的清洗和检查	173
9.2 曲轴飞轮组的检查和修理	176
9.3 活塞连杆组的检查和修理	181

第10章 燃油系统和点火系统的检修

10.1 燃油系统的检修	187
10.1.1 化油器的检修	187
10.1.2 油箱的检修	200
10.1.3 机械燃油泵的检修	201
10.1.4 燃油滤清器的检修	202
10.1.5 燃油管的检修	202
10.2 点火系统的检修	203
10.2.1 点火系统常见故障及排除方法	205
10.2.2 点火系统部件的检修	206

第11章 润滑系统和冷却系统的检修

11.1 润滑系统的检修	216
11.1.1 润滑系统常见故障的检修	216
11.1.2 机油泵的检修和密封胶的使用	218
11.2 冷却系统的检修	220
11.2.1 冷却系统的故障诊断	220
11.2.2 冷却系统维护	222
11.2.3 冷却系统部件测试	222
11.2.4 冷却系统的故障修理	224

第12章 起动系统和充电系统的检修

12.1 起动系统的检修	227
12.1.1 起动机的正确使用和维护	227
12.1.2 起动机常见故障排除方法	228
12.2 充电系统的检修	231
12.2.1 充电系统的常见故障和排除方法	231
12.2.2 蓄电池的检查和维护	233
12.2.3 充电系统的检查和维护	235

第1章 发动机结构与工作原理

1.1 发动机的分类和基本结构

1.1.1 发动机的分类

发动机是将燃料中的化学能变成热能,再由热能产生机械能的机器。发动机按照它不同的特点有很多种分类方法。

1. 按燃料分

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

• 四冲程发动机

活塞移动四个行程或曲轴转两圈,气缸内完成一个工作循环。

• 二冲程发动机

活塞移动两个行程或曲轴转一圈,气缸内完成一个工作循环。

3. 按冷却方式分

• 水冷式发动机:以水为冷却介质。

• 风冷式发动机:以空气作为冷却介质。

4. 按点火方式分

• 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。

• 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

• 侧置式:凸轮轴位于气缸体一侧。

• 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:发动机有一根置于气缸盖上的凸轮轴。

双顶置凸轮轴(DOHC)发动机:发动机有两根置于气缸盖上的凸轮轴。

6. 按进气方式分

• 自然吸气式发动机:空气靠活塞的抽吸作用进入气缸内。

- 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

- 单缸发动机。
- 多缸发动机。按气缸的排列型式又可分为多种形式。

8. 按气缸的排列型式分

- 直列立式发动机: 所有气缸中心线在同一垂直平面内。
- 直列卧式发动机: 所有气缸中心线在同一水平平面内。
- V型发动机: 气缸中心线分别在两个平面内, 且两平面相交呈V型。
- 对置式发动机: V型夹角为 180° 时又称为对置式。
- 其他: 还有W型(奥迪W16)、H型、X型、星型等, 但在汽车上应用很少。

1.1.2 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。

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, 并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的机构。

(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

汽油机的燃油供给系统由油箱、汽油滤清器、汽油泵、化油器(节气门体)、喷油器、油轨(燃油喷射式发动机)、空气滤清器和进气歧管等组成。

(2) 点火系统

汽油机的点火系统包括分电器、点火线圈和火花塞等。

(3) 冷却系统

由水泵、节温器、风扇和散热器等组成。

(4) 润滑系统

由油底壳、集滤器、机油泵、滤清器、调压阀和安全阀等组成。

(5) 起动系统

由起动机及附属设备组成。

(6) 充电系统

由蓄电池、发电机和调节器等组成。

在现代的发动机上采用了先进的电子技术来控制发动机排放物, 提高发动机性能, 因而在电子控制发动机上出现了发动机管理系统, 这方面的内容在《发动机性能》一书中有详细介绍。

1.2 发动机工作原理

1.2.1 四冲程发动机工作原理

四冲程发动机工作时，活塞在气缸内上下往复运动。活塞运动的上限称作上止点，下限称作下止点。活塞在气缸内上下往复运动的过程称作行程。在四个行程中完成一个做功循环的发动机为四冲程发动机。四冲程发动机的工作顺序是进气、压缩、做功和排气。四冲程发动机的每个气缸都进行这种四冲程循环，但进行的时间不同。各缸做功行程错开可使发动机输出功率连续平稳。

1. 进气行程

活塞由曲轴带动从上止点向下止点运动。此时，进气门打开，排气门关闭(图 1-1)。由于活塞下移，活塞上腔容积增大，形成一定真空度，在真空吸力的作用下，空燃混合气经进气门被吸人气缸，至活塞运动到下止点时，进气门关闭，停止进气，进气行程结束。

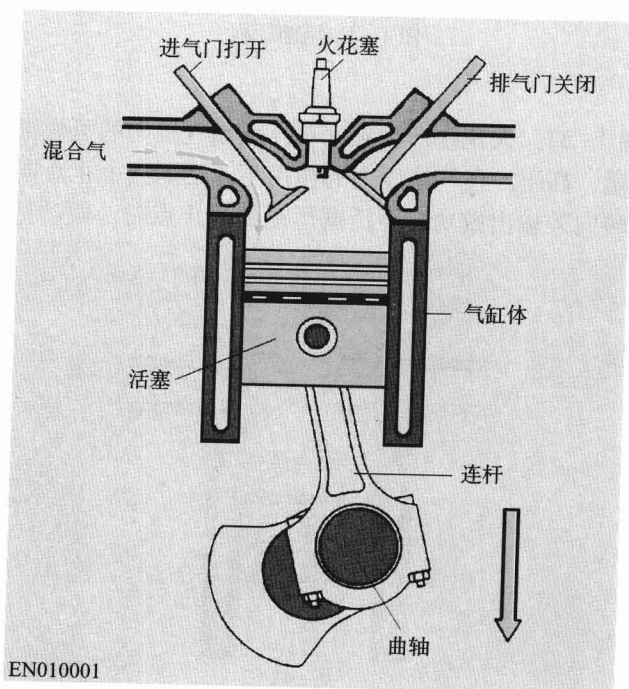


图 1-1 进气行程

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(图 1-2)。此时，进、排气门均关闭，随着活塞上移、活塞上腔容积不断减小，混合气被压缩，至活塞到达上止点时，压缩行程结束。

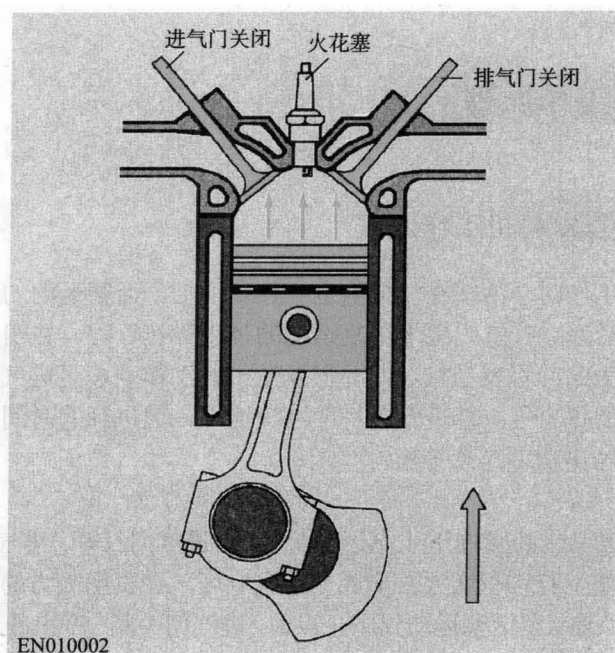


图 1-2 压缩行程

3. 做功行程

压缩行程末(图 1-3), 火花塞产生电火花, 点燃气缸内的可燃混合气, 并迅速着火燃烧, 气体产生高温、高压, 在气体压力的作用下, 活塞由上止点向下止点运动, 再通过连杆驱动曲轴旋转向外输出做功, 至活塞运动到下止点时, 做功行程结束。

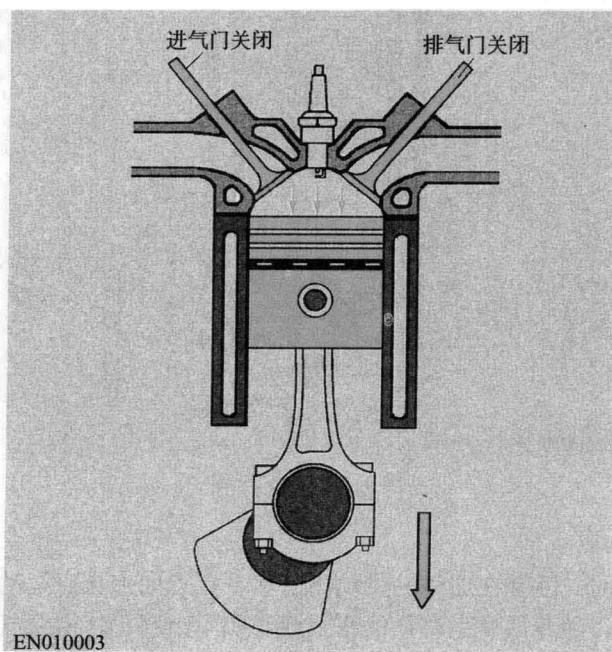


图 1-3 做功行程

4. 排气行程

在做功行程终了时，排气门被打开，活塞在曲轴的带动下由下止点向上止点运动(图1-4)。废气在自身的剩余压力和活塞的驱赶作用下，自排气门排出气缸，至活塞运动到上止点时，排气门关闭，排气行程结束。排气行程结束后，进气门再次开启，又开始了下一个工作循环，如此周而复始，发动机就自行运转。

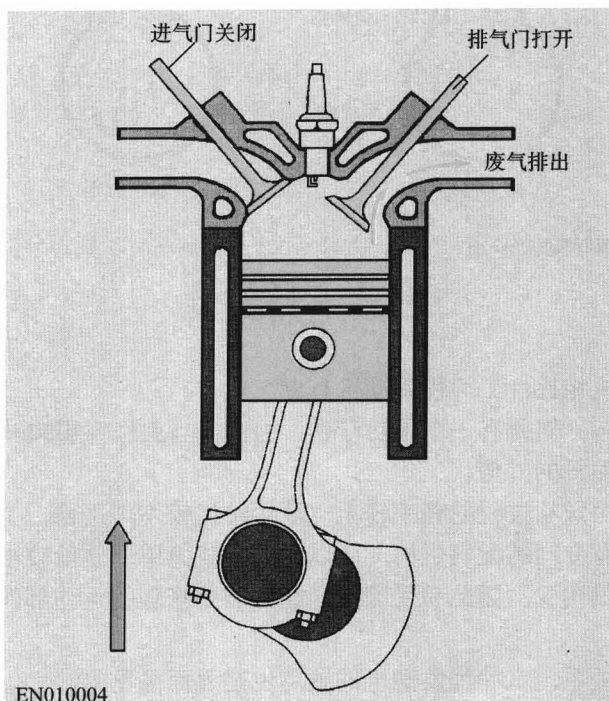


图 1-4 排气行程

1.2.2 二冲程发动机工作原理

1. 工作原理

如图1-5所示，二冲程发动机取消了气门机构，而在气缸中分别设有进气孔、扫气孔和排气孔，燃油混合气通过扫气孔进入气缸，废气则通过排气孔排出气缸之外。在二冲程发动机中，每一次向上的活塞行程是压缩行程，而每一次向下的活塞行程都是做功行程。当活塞向上运动时，活塞逐渐将进、排气孔封闭。活塞继续上移，气缸内的可燃混合气被压缩。在活塞向上运动的同时，曲轴箱内产生真空，它吸引可燃混合气从化油器经簧片阀进入曲轴箱。当做功行程活塞向下运动时，可燃混合气在曲轴箱内被压缩。做功行程终了时，活塞不再封闭排气孔和扫气孔。残余的气缸压力将废气排出气缸，而曲轴箱内的空燃混合气则通过扫气孔进入气缸。

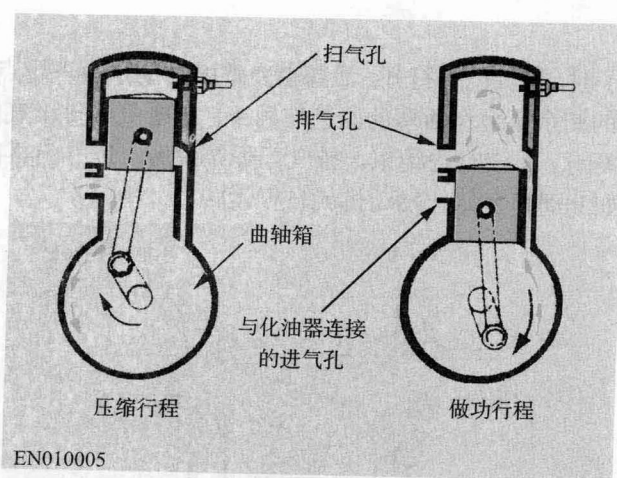


图 1-5 二冲程发动机

2. 优点

与四冲程发动机相比，二冲程发动机有以下优点。

第一，曲轴每转一周就有一个做功行程，因此，当工作容积和转速相同时，理论功率应等于四冲程发动机的二倍。

第二，由于发生做功过程的频率较大，故运转比较均匀平稳。

第三，由于没有专门的配气机构，所以它结构较简单，质量较小。

第四，因附属机构少，因此易受磨损和经常需要修理的运动部件数量比较少。

3. 缺点

由于构造上的关系，二冲程发动机的缺点也是显而易见的。

第一，不易将废气从气缸中排除干净，并且在换气时减少了有效工作行程。因此在同样的工作容积和曲轴转速下，其功率仅为四冲程发动机的 1.5~1.6 倍。

第二，在换气时有一部分新鲜可燃混合气随同废气被排出，使得燃油经济性降低。

第三，由于为使活塞润滑，需要不断向气缸供给润滑油，因此排气中往往含有润滑油，导致碳氢化合物(HC)和可视烟雾的排放增加。

由于以上缺点，二冲程发动机在汽车上一直并未被广泛应用。但近年来由于燃油喷射技术的广泛应用，使得二冲程发动机长期探求的燃油经济性和排放问题得到解决。如意大利 PIAGGIO 公司生产的 Vespa (黄蜂) 二冲程摩托车上采用了先进的 Vespa-ET2 燃油喷射系统，这种采用机械式燃油喷射系统的发动机与原来采用化油器的发动机相比，排放下降了 70%。在保证标定功率基本一致的前提下，ET2 可以使燃油消耗下降约 30%。