

AUTOMOTIVE
ENGINE MECHANICS
& REPAIR

汽车发动机构造与维修

[美] Ken Pickerill 等 著
张 翠 主编

国际高等教育精品教材引进项目

汽车发动机构造与维修



[美] Ken Pickerill
Elisabeth H Dorries 著

张 翠 主 编

杨淑贤 王勇根
郭瑞平 陈义兰 副主编

李天真 主 审

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书根据高等院校的学生特点和培养目标进行编写, 强调以能力为本位的教学理念, 以汽车维修行业的发动机维修作业实际流程为主线, 突出发动机维修工作过程, 采用了大量的示意图与图片介绍发动机各维修工序, 语句通俗易懂。其主要内容包括发动机的总体结构及基础知识, 部分发动机维修工具与使用方法, 发动机的拆卸与安装, 发动机紧固件、垫片和油封的修复与更换, 汽缸体组件的检查、拆卸与维修, 曲柄连杆机构与机体组的维修, 进、排气系统的诊断与维修, 气门机构的维修, 配气定时机构的维修, 发动机操作系统的构造与维修(润滑系统的检测与维修、冷却系统的检测与维修、泄漏诊断)等内容。

本书层次分明、语言流畅。每个模块前面都有学习目标, 便于读者了解模块的内容和所要学习的技能, 将模块划分为几个小部分, 以促进学生学习 and 理解。每个模块后面有案例分析、术语须知, ASE(美国汽车服务协会)竞赛题、实训习题。为读者完成本模块中所包含的程序提供了一个学习模版。

本书可作为高等院校汽车检测与维修专业及相关专业的教材, 也可作为汽车维修行业从业人员的学习、培训用书。

automotive engine mechanics & repair

Ken Pickerill 等 著, 张翠 主编

ISBN: 9781424068067

Copyright © 2011 Cengage Learning Asia Pte Ltd.

Beijing Institute of Technology Press is authorized by Cengage Learning to publish and distribute exclusively this textchoice edition. This edition is authorized for sale in the People's Republic of China only (excluding Hong Kong, Macao SAR and Taiwan). Unauthorized export of this edition is a violation of the Copyright Act. No part of this publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

此客户定制版由圣智学习出版公司授权北京理工大学出版社独家出版发行。此版本仅限在中华人民共和国境内(不包括中国香港、澳门特别行政区及中国台湾)销售。未经授权的本书出口将被视为违反版权法的行为。未经出版者预先书面许可, 不得以任何方式复制或发行本书的任何部分。

Cengage Learning Asia Pte Ltd

5 Shenton Way, # 01 - 01 UIC Building Singapore 068808

本书封面贴有 Cengage Learning 防伪标签, 无标签者不得销售。

北京市版权局著作权合同登记号 图字: 01 - 2010 - 0494 号

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

汽车发动机构造与维修 / (美) 皮克里尔等著; 张翠主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2010. 10

ISBN 978 - 7 - 5640 - 3874 - 8

I. ①汽… II. ①皮… ②张… III. ①汽车 - 发动机 - 构造 - 高等学校: 技术学校 - 教材 ②汽车 - 发动机 - 车辆修理 - 高等学校: 技术学校 - 教材 IV. ①U472.43

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 192365 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (办公室) 68944990 (批销中心) 68911084 (读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 天津紫阳印刷有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 20.75

字 数 / 493 千字

版 次 / 2010 年 10 月第 1 版 2010 年 10 月第 1 次印刷

印 数 / 1 ~ 2500 册

定 价 / 57.00 元

责任编辑 / 陈莉华

陈 竑

责任校对 / 陈玉梅

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题, 本社负责调换

出版说明

CHUBANSHUOMING

近年来,随着我国汽车保有量的迅猛增长,汽车维修技术人才存在很大的缺口。为此,教育部、交通运输部根据汽车维修业的实际情况,制定了汽车运用与维修专业领域技能型紧缺人才培养计划,着重培养汽车维修技术人才,力求缩小汽车服务业,特别是汽车维修业,在服务理念、服务设施、维修技术等方面与消费者需求上的差距。

随着世界经济一体化进程的不断推进,我国高等教育的国际化趋势越发明显。引入国际先进的教育理念、教学体系、教学内容和管理经验,大力改造人才培养模式,已经成为高等教育进一步发展的主要内容,引进相应教学产品的需求也显得更加迫切。为贯彻“服务教师、服务学校”这一高等教育研究与出版工作的永恒主题,北京理工大学出版社充分认识到高等教育出版国际化的重要性,积极探索为高等教育提供更高水准的服务与产品,与美国圣智学习出版集团(Cengage Learning,原汤姆森学习出版集团)展开战略合作,引进并改编了美国圣智学习出版集团“Today's Technician”系列教材(美国汽车维修资格认证协会(National Institute for Automotive Service Excellence,缩写为ASE)考试指定用书),力求将国际化的教育教学理念、教学体系、教学手段引入国内高等院校。

ASE成立于1972年,是一家非赢利性组织,其颁发的ASE证书是世界上最具影响力的汽车行业资格认证证书。美国汽车维修资格认证协会通过汽车维修技师考试和认证来正确评价维修技师的知识和能力,提高汽车维修和服务质量。ASE证书的持有人作为汽车行业的技术领袖及技术骨干,被遍及全美各地的4S服务站、大型汽车售后服务企业、专业的汽车机械设备经销商以及汽车类技术学院等机构所青睐。ASE资格认证证书享有良好声誉的最重要原因是,其持有人掌握了作为一个高技能专业维修技师应具备的专业知识和技能。“Today's Technician”系列教材作为美国ASE考试指定用书,具有较高的认可度及知名度。

“Today's Technician”系列教材经国内优秀教师改编、知名学者和行业专家主审后,由北京理工大学出版社携手全球著名教育出版机构——美国圣智学习出版集团作为“汽车类引进版国际教育教学与出版项目”重点推出。首批确定出版以下十本:《汽车发动机构造与维修》、《汽车底盘构造与维修》、《汽车电气构造与维修》、《汽车发动机电子控制技术》、《汽车底盘电子控制技术》、《汽车空调结构与维修》、《汽车车身电子控制技术》、《汽车电

工与电子》、《汽车新技术》及《汽车概论》。本系列教材在改编过程中,充分考虑汽车运用与维修专业领域技能型紧缺人才培养培训计划的要求,顺应高等教育的发展趋势,配合高等院校的教学改革,体现高等教育思想和教学观念的转变,结合高等教育的教学特点,面向学生的就业岗位,注重基本技能的培养。

本系列教材配有原版插图、表格和大量的图片资料,介绍了大量的故障诊断案例。改编后,在吸收了国外先进教学理念和编写模式的基础上,完成了全套教材的本土化改造,在内容上强调面向应用、任务驱动、精选案例、严把质量;在风格上力求文字精练、脉络清晰、图表明快、版式新颖;在理论阐述上,遵循“必需”、“够用”的原则,在保证知识体系相对完整的同时,做到知识讲解实用、简洁和生动。改编后的教材既适合于国内高等教育现状,同时又顺应我国高等教育面向就业、注重操作、培养高素质应用型人才改革思路。

本套教材在编写上有如下特色:

- 以培养综合职业能力为目标
- 基于岗位技能、面向工作过程
- 引进国际化教育的先进教学理念
- 采用国际化教材的优秀编写模式
- 附有强化实践技能的工作表单或工作页
- 配有真实案例和 ASE 考试复习题
- 内容详实、图例丰富、难易适中

本系列教材结构体系严整,同时又不失灵活性。各章对操作安全和从业安全规范均做重点强调,使学生在学期间即可掌握安全、合理的工作规范。内容安排充分考虑职业技能和素质的养成规律,逐步引导学生掌握汽车各总成维修中正确的诊断程序和具体的维修操作方法等。各章节的总结和启发性提问,对培养学生独立思考和解决实际问题的能力大有裨益。此外,各章结尾还附有 ASE 考试题型和答案,可供学生自学。

本系列教材适合高等院校汽车类相关专业的学生使用,也可作为相关行业从业人员的培训和参考用书。

北京理工大学出版社

前言

QIAN YAN

目前,我国汽车工业正处于高速发展阶段,汽车产量平均每年以24.5%的速度增长,预计2010年我国汽车保有量将达到5 600万辆。随着汽车保有量逐年增加,带动了汽车维修行业的快速发展。中国汽车维修行业的发展前景,被称为美好的“朝阳行业”。然而,汽车维修人才与技术已成为制约产业发展的瓶颈。通过对汽车维修企业的广泛调研,得知汽车维修企业急需具备“扎实的理论基础、精湛的维修技能”的高技能型人才,要培养出适应现代汽车维修行业的高技能型人才,就必须要有与之相适应的优秀教材做支撑。

为此,北京理工大学出版社组织开发了本教材,参与编写的人员均为汽车专业一线教师和4S店的技术总监。本教材打破了传统《发动机构造与维修》教材的体系划分,以汽车维修企业实际发动机维修作业为主线,以德国高等教育教材与美国汽车服务协会ASE认证为参考,进行编写。其主要特点为:

1. 教材是以发动机维修工艺流程进行编写,教师更容易实施“基于工作过程”的教学模式,体现以能力为本位的教学理念。
2. 发动机维修的许多工序用详细的示图与图片序列加以说明,向读者展示了完成某些工序的全过程,以及所使用的工具及设备,通俗易懂。
3. 教材每模块都包含ASE模式的基于业绩目标的复习题。通过解答这些问题,可以复习本模块的学习内容,有利于学生对所学知识技能的掌握。

本书内容深入浅出,系统的阐述了现代汽车发动机系统的结构、工作原理、维修和故障诊断技术。全书共分十个模块。模块一介绍了发动机的总体结构及基础知识;模块二介绍了部分发动机维修工具与使用方法;模块三介绍了发动机的拆卸与安装;模块四到模块九分别介绍了发动机紧固件、垫片和油封的修复与更换,汽缸体组件的检查、拆卸与维修,曲柄连杆机构与机体组的维修,进、排气系统的诊断与维修,气门机构的维修,以及配气定时机构的维修,模块十介绍了

发动机操作系统的构造与维修。

本书由张翠主编，杨淑贤、郭瑞平、王勇根和陈义兰担任副主编，周总友、彭菊生、浙江湖州信达4S店技术总监潘明峰参加编写。李天真教授主审。

本教材在编写过程中参阅和引用了国内外有关汽车学科的论著和资料，以及各个汽车维修行业的管理规章制度，不管文后是否列出，在此一并表示最真挚的谢意！

目录

MULU

► 模块一 发动机的总体结构及基础知识	1
课题 1.1 发动机的工作原理	1
任务 1: 汽油发动机工作原理	2
任务 2: 柴油发动机工作原理	3
课题 1.2 发动机的总体结构	6
任务 1: 了解曲柄连杆机构	7
任务 2: 了解配气机构	16
任务 3: 了解燃油供给系统	33
任务 4: 了解润滑系统	33
任务 5: 了解冷却系统	37
案例分析	43
术语须知	44
考试复习题	44
ASE (美国汽车服务协会) 竞赛题	45
► 模块二 部分发动机维修工具与使用方法	46
课题 2.1 发动机诊断设备	46
任务 1: 故障诊断仪的使用	47
任务 2: 汽缸压力表的使用	47
任务 3: 真空表的使用	48
任务 4: 真空泄漏检测仪的使用	49
任务 5: 冷却系统压力检测仪的使用	50
任务 6: 冷却液防冻剂比例计的使用	50

任务7: 机油压力表的使用	50
任务8: 传动带张力计的使用	50
任务9: 听诊器的使用	51
任务10: 燃油压力表的使用	52
任务11: 喷油器电路检测灯的使用	53
任务12: 尾气分析仪	54
课题2.2 发动机测量工具	55
任务1: 塞尺的使用	55
任务2: 游标卡尺的使用	55
任务3: 千分尺的使用	57
任务4: 伸缩规的使用	60
任务5: 小孔规的使用	60
任务6: 百分表的使用	60
课题2.3 专用手工工具	63
任务1: 扭力扳手的使用	63
任务2: 扩环器的用法	64
任务3: 环槽清洗器的用法	64
任务4: 压环器的用法	64
课题2.4 专用修复工具和设备	66
任务1: 汽缸盖修理设备	66
任务2: 发动机汽缸体修理设备	72
任务3: 活塞连杆修理设备	77
案例分析	79
术语须知	79
考试复习题	79
ASE (美国汽车服务协会) 竞赛题	81

► 模块三 发动机的拆卸与安装

课题3.1 发动机拆卸的准备工作	84
任务1: 做好发动机拆装准备工作	84
课题3.2 发动机的拆卸	89
任务1: 前轮驱动轿车发动机的拆卸	89
任务2: 后轮驱动轿车发动机的拆卸	93
课题3.3 在台架上发动机的安装	95

任务 1: 将发动机安装在台架上	95
课题 3.4 发动机的安装	96
任务 1: 前轮驱动汽车上安装发动机	97
任务 2: 后轮驱动汽车上安装发动机	98
课题 3.5 发动机的启动与停机	100
任务 1: 加注机油	100
任务 2: 启动发动机	100
任务 3: 道路测试	101
任务 4: 在磨合后最终检测	102
任务 5: 500 公里维修	102
案例分析	102
术语须知	103
考试复习题	103
ASE (美国汽车服务协会) 竞赛题	104
► 模块四 发动机紧固件、垫片和油封的修复与更换	108
课题 4.1 螺纹的修复	108
任务 1: 断头螺纹的修复	108
任务 2: 汽缸盖螺栓的修复	111
课题 4.2 垫片的安装	113
任务 1: 汽缸衬垫的安装	113
任务 2: 油底壳衬垫的安装	114
课题 4.3 气门罩衬垫的更换	115
任务 1: 气门罩衬垫的更换	115
课题 4.4 油封的安装	117
任务 1: 油封的拆卸	117
任务 2: 密封胶的使用	118
案例分析	119
术语须知	120
考试复习题	120
ASE (美国汽车服务协会) 竞赛题	121
► 模块五 汽缸体组件的检查、拆卸与维修	125
课题 5.1 发动机的拆卸	125

任务1: 准备工作	125
任务2: 汽缸盖的拆卸	126
任务3: 配气定时机构的拆卸	128
任务4: 发动机体的拆卸	131
任务5: 拆卸活塞	132
任务6: 拆卸曲轴	133
课题5.2 汽缸体组件的检查	134
任务1: 汽缸体裂纹的检查	134
任务2: 汽缸体配合面平面度(翘曲)的检查	134
任务3: 检查并测量汽缸壁磨损	136
任务4: 检查主轴承孔的同轴度	138
任务5: 发动机机体孔的测量	140
任务6: 曲轴的检查	141
任务7: 检查曲轴翘曲	142
任务8: 测量曲轴轴颈	143
任务9: 谐振平衡器和飞轮的检查	144
课题5.3 汽缸体组件的修复	145
任务1: 汽缸壁修复	145
任务2: 维修挺杆孔	148
课题5.4 凸轮轴与平衡轴齿轮的维修	149
任务1: 测量、拆卸和替换凸轮轴轴承	149
任务2: 测量、拆卸和替换平衡轴轴承	150
课题5.5 曲轴的修理	152
任务1: 矫直曲轴	153
任务2: 刮研轴颈	154
任务3: 油道堵塞与砂型堵塞的安装	154
案例分析	155
术语须知	156
考试复习题	156
ASE(美国汽车服务协会)竞赛题	157

► 模块六 曲柄连杆机构与机体组的维修

课题6.1 曲轴轴承的检查	163
任务1: 曲轴轴承的检查	163

课题 6.2 活塞 - 连杆组的检查	166
任务 1: 拆卸活塞环, 清理环槽	166
任务 2: 拆卸活塞销	167
任务 3: 检查活塞	167
任务 4: 测量活塞	169
任务 5: 检查活塞环	171
任务 6: 检查活塞销	172
任务 7: 检查连杆	172
课题 6.3 活塞组的维修	174
任务 1: 连杆修复	174
任务 2: 活塞销的安装	175
任务 3: 活塞环的安装	176
课题 6.4 发动机主要部件的组装	179
任务 1: 机体组装的准备工作	179
任务 2: 安装 OHV 发动机的凸轮轴和平衡轴	179
任务 3: 安装主轴承和曲轴	181
任务 4: 安装活塞 - 连杆组	187
任务 5: 安装机油泵	189
任务 6: 安装汽缸盖	189
任务 7: 气门正时和安装气门正时机构	191
任务 8: 检查并调整气门间隙	193
课题 6.5 发动机其他附件的组装	193
案例分析	198
术语须知	198
考试复习题	198
ASE (美国汽车服务协会) 竞赛题	200

► 模块七 进、排气系统的诊断与维修

课题 7.1 空气滤清器的维修	205
任务 1: 更换空气滤清器	205
课题 7.2 真空系统的维修	206
任务 1: 真空系统的检修	206
任务 2: 真空试验	208
课题 7.3 进气歧管的维修	209

任务 1: 拆卸和更换进气歧管衬垫	209
任务 2: 进气歧管配合面的检查	212
任务 3: 进气歧管的安装	213
课题 7.4 排气系统的维修	214
任务 1: 检查排气系统	214
任务 2: 更换排气系统部件	214
任务 3: 排气歧管和排气管的维修	215
任务 4: 更换排气系统泄漏衬垫和密封垫	215
任务 5: 催化转化器测试	217
课题 7.5 涡轮增压器的维修	218
任务 1: 涡轮增压器的检查	218
任务 2: 涡轮增压器的拆卸	221
任务 3: 涡轮增压器组件的检查	221
任务 4: 涡轮增压器的安装和预润滑	222
案例分析	223
术语须知	223
考试复习题	224
ASE (美国汽车服务协会) 竞赛题	225

► 模块八 气门机构的维修

课题 8.1 气门机构的检查与维修	228
任务 1: 凸轮轴的拆除与更换	229
任务 2: 凸轮轴的检查	232
课题 8.2 凸轮轴下置式发动机气门机构组件的检查与维修	234
任务 1: 检查挺柱	234
任务 2: 检测推杆	235
任务 3: 检查维修摇臂和摇臂轴	236
任务 4: 更换摇臂螺栓	236
任务 5: 校正摇臂的几何形状	239
任务 6: 气门弹簧的检测	239
课题 8.3 气门机构的组装	242
任务 1: 气门的安装高度	242
任务 2: 安装气门杆油封	243
任务 3: 安装气门、弹簧和气门锁夹	244

任务 4: 凸轮轴上置式汽缸盖装配	246
课题 8.4 气门调整	247
任务 1: 气门间隙的调整	248
任务 2: 安装汽缸盖	253
案例分析	255
术语须知	255
考试复习题	255
ASE (美国汽车服务协会) 竞赛题	257
►模块九 配气定时机构的维修	263
课题 9.1 配气定时机构的检测	263
任务 1: 正时链条的检测	263
任务 2: 正时皮带检测	264
任务 3: 正时齿轮检测	264
任务 4: 链轮检测	265
任务 5: 张紧装置的检查	266
课题 9.2 配气定时机构部件的更换	268
任务 1: 正时皮带的更换	268
任务 2: 正时链条的更换	272
任务 3: 可变气门正时链条的更换	278
案例分析	280
术语须知	280
考试复习题	280
ASE (美国汽车服务协会) 竞赛题	281
►模块十 发动机操作系统的构造与维修	285
课题 10.1 润滑系统检测与维修	286
任务 1: 机油压力检测	286
任务 2: 机油泵的维修	286
任务 3: 润滑系统的维护	290
课题 10.2 冷却系统的检测与维修	291
任务 1: 冷却系统的检测	291
任务 2: 泄放冷却系统的冷却液	293
任务 3: 添加冷却液	295

任务 4: 冷却系统的冲洗	296
课题 10.3 冷却系统部件检测	297
任务 1: 节温器的检测	297
任务 2: 冷却风扇的检查	298
任务 3: 水泵和散热器的拆卸	301
任务 4: 油道和水道堵塞	302
课题 10.4 泄漏诊断	304
任务 1: 机油泄漏的诊断	304
任务 2: 冷却液泄漏的诊断	307
课题 10.5 警报系统诊断	311
任务 1: 发动机机油压力警报系统	312
任务 2: 冷却系统温度警报系统	312
案例分析	313
术语须知	313
考试复习题	313
ASE (美国汽车服务协会) 竞赛题	314
► 参考文献	318

模块一



发动机的总体结构及基础知识

在完成本章内容的学习后，必须掌握以下几个知识要点：

- 明确四冲程循环理论的定义。
- 能够根据循环数、汽缸数、汽缸布置和气门机构类型将发动机归类。
- 认识曲柄连杆机构主要部件并了解其工作原理。
- 认识配气机构主要部件并了解其工作原理。
- 解释发动机密封垫的功用。
- 列举发动机润滑系统的功用。
- 描述润滑系统的工作原理及其主要部件。
- 列举发动机冷却系统的功用。
- 描述冷却系统的工作原理及其主要部件。

发动机是汽车的动力源，由于要消耗大量的空气，因此经常被形容为气泵。同时，发动机要产生动力，它也需要消耗一定量的燃油。发动机通过进气系统将空气吸入一个封闭的燃烧室，而燃烧室由活塞和顶部的汽缸盖封闭而成。

活塞下移时会在汽缸中产生真空，从而吸入空气。燃料被喷射到燃烧室附近（有时是燃烧室里）的气流中。配气定时和喷油质量是由动力控制模块（PCM）准确控制的。之后可燃混合气被压缩，使得混合气在活塞到达上止点时更加易燃。在最佳的点火时刻，PCM（ECU）将使火花塞产生电火花点火。当火花塞两极间产生电火花时，可燃混合气将迅速燃烧，发动机就利用燃料燃烧产生的部分热量做功。这种燃烧是快速而可控的。燃烧气体的体积膨胀所产生的动力就相当于“一头大象”站在活塞上。活塞由连杆连到曲轴上。曲轴旋转带动发动机做功。燃烧过后的废气可通过排气系统排出燃烧室。这一过程将在发动机的每一个汽缸周而复始地循环以使曲轴不断旋转。

课题 1.1 发动机的工作原理

大多数的汽车用的都是四冲程发动机。冲程指的是活塞由一端向另一端的运动，例如活

塞从上端运动到下端就是一个冲程。当活塞从下端又回到上端则是另外一个冲程。在四冲程发动机里，一个工作循环是由四个冲程所组成的。

任务1：汽油发动机工作原理

内燃机必须首先吸入空气-燃油混合气，然后将之压缩，进而点燃它，最后排出废气。这些都是在活塞的四个冲程中完成的（图1-1）。

循环的第一个过程叫做进气行程（图1-1（a））。在活塞由上止点（TDC）向下移动的过程中，进气门打开以便汽化的空气-燃油混合物能由大气压入汽缸。在活塞移动过程中，汽缸内形成一定的真空度（低压）。因为气体都是由高压向低压运动，所以空气和燃料的混合物就由进气门被压入汽缸。在活塞到达下止点（BDC）后，进气门关闭，进气行程结束。在活塞到达下止点之后关闭进气门可以增加进气量。即使活塞运动到了其行程的末端不能再产生真空，但由于混合气比纯空气重，所以还是有多余的混合气进入汽缸。另外，在活塞到达BDC后，气流的惯性也可以帮助增加进气。

当活塞开始返回TDC时，压缩行程就开始了（图1-1（b））。这时，进、排气门均关闭，将空气-燃油混合气困在燃烧室内。随着活塞向TDC移动，混合气被压缩。当混合气分子被紧紧压在一起时，它们开始生热。活塞到达TDC时，混合气被充分压缩并高度可燃。压缩混合气是为了方便点火和燃烧剧烈。点火系统恰好在曲轴转过TDC约 10° 的时刻跳火来产生最大的发动机功率。这确保了活塞在刚要向下移动、汽缸容积显著增大之前峰值压力能够作用在活塞上。

当电火花将压缩的混合气点燃时，燃烧迅速引起气体体积急剧膨胀，就开始了做功行程（图1-1（c））。膨胀的气体产生一个作用于活塞的压力推动活塞向下运动。只有做功行程中活塞的向下运动才能使发动机输出功率。在做功行程进、排气门都保持关闭。

当做功行程结束且活塞到达BDC时，排气行程开始（图1-1（d））。在活塞到达BDC前，排气门就预先打开。活塞由BDC移至TDC，废气在活塞的推动下经排气门排入汽车排

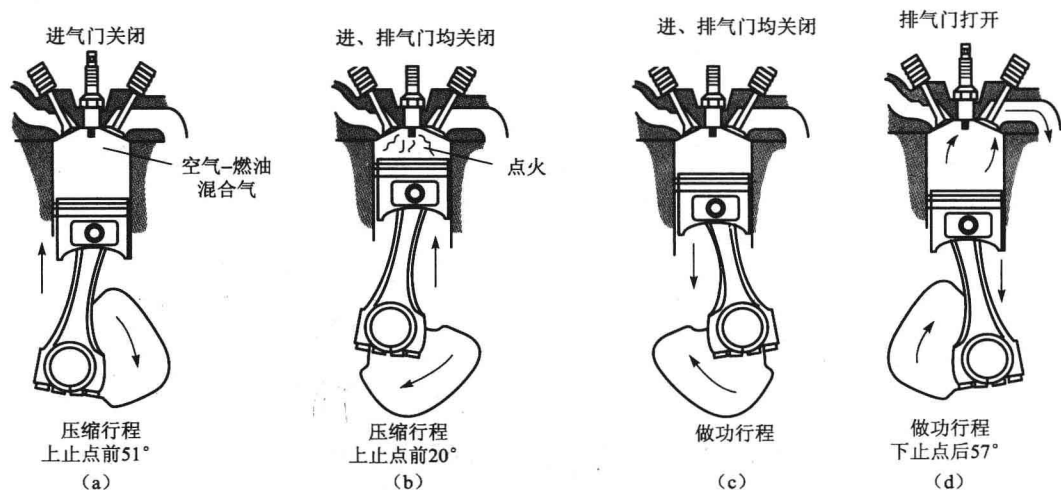


图1-1 汽油发动机的一个工作循环

(a) 进气行程；(b) 压缩行程；(c) 做功行程；(d) 排气行程