

汽车检修技能提高教程丛书

汽车发动机构造 与检修技术

主 编 王盛良

副主编 夏国勇 申昌禄



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



策划编辑：连景岩
封面设计：王伟光

汽车检修技能提高教程丛书

汽车发动机电控技术与检修

◎ 汽车发动机构造与检修技术

汽车底盘及车身电控技术与检修

汽车底盘构造与检修技术

汽车电气设备构造与检修技术

汽车自动变速器技术与检修

汽车故障诊断与检测技术

汽车使用、维护与保养技术

QICHE FADONGJI GOUZAO YU JIANXIU JISHU

地址：北京市百万庄大街22号
电话服务
社服务中心：(010)88361066
销售一部：(010)68326294
销售二部：(010)88379649
读者服务部：(010)68993821

邮政编码：100037
网络服务
门户网：<http://www.cmpbook.com>
教材网：<http://www.cmpedu.com>
封面无防伪标均为盗版

ISBN 978-7-111-30285-8

定价：39.00元

上架指导：交通运输/汽车维修

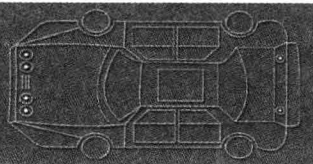
ISBN 978-7-111-30285-8



9 787111 302858 >

汽车检修技能提高教程丛书

汽车发动机构造



与检修技术

主 编 王盛良

副主编 夏国勇 申昌禄



机械工业出版社

本书介绍了汽车发动机的基本理论及发动机的曲柄连杆机构、配气机构、润滑系统、冷却系统,燃料供给系统主要总成及部件的功用、位置、结构、工作原理、工作流程、拆装方法及检修技术。另外,本书还介绍了转子发动机的工作原理及发动机的装配与磨合部分内容。

本书以力的传递路线、液体的流动路线和气体的流动路线为线索,把各系统的工作原理和流程联系在一起;介绍机械部分时着重介绍其动力传递路线及其工作面(受力面)的定位、检修和工作面损坏所引起的故障;介绍燃料供给系统、冷却系统、润滑系统时结合了液压故障的特点,液压故障本质是不能建立或维持管路压力,故障原因一般包括部件损坏、泄漏及液压回路中有空气等原因。

本书采用“积木法”进行编写,章节编排合理,内容系统连贯,图文并茂,实际操作内容多,具有较强的实用性。可作为中、高职类汽车专业教材,也可供汽车从业人员、汽车驾驶人员以及汽车运行管理人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车发动机构造与检修技术/王盛良主编. —北京:机械工业出版社, 2010.4
(汽车检修技能提高教程丛书)
ISBN 978-7-111-30285-8

I. ①汽… II. ①王… 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(2010)第 058317 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:连景岩 责任校对:张晓蓉

封面设计:王伟光 责任印制:乔 宇

北京铭成印刷有限公司印刷

2010 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·17 印张·415 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-30285-8

定价:39.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者服务部:(010)68993821

封面无防伪标均为盗版

前言

本书根据现代汽车的发展历程及整体结构特征,采用“积木法”进行编写,着重于理论和实践相结合,力争把复杂问题简单化、抽象问题形象化,希望能帮助汽车维修人员找到学习的捷径和信心,起到抛砖引玉的作用。

许多人把汽车专业知识的学习想象得过难,其实不然,只要充满信心,并采用正确的学习方法,坚持不懈,就会触类旁通。但现代汽车毕竟是高新技术的结晶,是多门学科的综合运用,因而学习要循序渐进。

“积木法”简单地说,就是化整为零和以零凑整。化整为零是研究“积木”本身的结构和特征;以零凑整研究的是“积木”运用的技巧和过程。有形“积木”无形“线”,用“积木法”来学习汽车专业知识只需把握三个问题与四条线,学习起来问题就会迎刃而解。

化整为零要从三个问题入手,第一个问题是“是什么的问题(即认识问题)”,要求了解和熟悉汽车相关系统及零部件的种类、形状、结构、作用及安装位置,特别是初学者要做到看到就能认识,提到就能想到,想到就能找到;第二个问题是“为什么的问题(即分析问题)”,要求对相关系统的工作原理、工作流程、工作特征进行全面的、连贯的、系统的掌握,能突破现象看本质,对提高者来说这是一个飞跃,是从“汽车护士”到“汽车医师”的飞跃;第三个问题是“做什么的问题(即解决问题)”,要求能正确使用相关工具、量具、设备,严格按照操作规程和技术要求对汽车各系统及零部件进行检测诊断、拆卸装配和运行调试。

以零凑整要以四条线为基础把汽车各相关系统的零部件(积木)有机结合起来形成一台完整的现代汽车,也就是说把一块块积木按一定的规律放到该放的位置形成一个整体。第一条线是:力的传递路线,把从动力源到各运动主体之间的所有零部件(积木)按传递关系合理组合起来;第二条线是:电的流动路线,电学部分是当前从事汽车维护和修理人员最薄弱的环节,其实只要从电源开始顺着电的流动路线把回路上所有的零部件按先后关系连起来,其他问题就迎刃而解;第三条线是:气的流动路线,发动机的进、排气系统关系到动力性能、经济性能、环保性能、可靠性能等,另外,气的流动路线还牵涉到气力(气压、真空)的传递,容易被人忽视,造成隐患;第四条线是:液体流动路线,在现代汽车上使用的液体主要有:清洗液、冷却液、润滑油、制冷剂、制动液(刹车油)、变速器油(自动变速器油)、燃油、动力转向传动液和减振器液压油等,流动的方式有液力和液压两种,不管是哪种液体流动,只要按其流动路线把所牵涉的零部件按先后顺序排列成一整体来研究,就不难掌握。如果把这四条线有机地整合在一起,就是一台完好的车。

本教程在编写时注重实效,以点带面,考虑到读者层次和要求的不同,在每一章节前针对各层次读者提出了相应的建议和要求,供大家参考。

参与本书编写的还有三马汽车技术服务公司的田艳老师,由于编写水平所限,本书难免有所纰漏甚至错误之处,敬请广大读者给予批评指正!

编者

目 录

前言

第1章 汽车发动机总体构造及工作原理	1
1.1 概述	1
1.1.1 发动机的总体构造及分类	1
1.1.2 发动机的常用术语	3
1.1.3 单缸四冲程发动机的工作原理	4
1.1.4 单缸二冲程发动机的工作原理	7
1.1.5 汽油机与柴油机工作的异同	8
1.2 基本理论	9
1.2.1 发动机的性能指标	9
1.2.2 换气过程	10
1.2.3 燃烧过程	13
1.2.4 发动机特性	15
1.3 发动机维修常用工具及量具	18
1.3.1 常用拆装工具及选用	18
1.3.2 常用量具介绍及使用	22
练习与思考题	25
 第2章 曲柄连杆机构	27
2.1 曲柄连杆机构的功用与组成	27
2.2 机体组	27
2.2.1 气缸体	27
2.2.2 气缸与气缸套	29
2.2.3 气缸盖	31
2.2.4 燃烧室	32
2.2.5 气缸垫	33
2.2.6 发动机的支承	34
2.2.7 机体组的拆装	35
2.2.8 机体组的检验与维修	38
2.3 活塞连杆组	46
2.3.1 活塞	46
2.3.2 活塞环	50
2.3.3 活塞销	53



2.3.4 连杆	54
2.3.5 活塞的选配与检修	56
2.3.6 连杆组的检修	57
2.3.7 活塞连杆组的拆装	59
2.3.8 活塞连杆组的检验与维修	59
2.4 曲轴飞轮组	60
2.4.1 曲轴	61
2.4.2 曲轴扭转减振器	64
2.4.3 曲轴轴承(轴瓦)	65
2.4.4 飞轮	65
2.4.5 曲轴的耗损及检验	66
2.4.6 飞轮的修理	69
2.5 曲柄连杆机构常见故障与维修	70
练习与思考题	73
第3章 配气机构	75
3.1 配气机构的组成	75
3.1.1 配气机构的结构	75
3.1.2 配气机构的形式与分类	76
3.1.3 配气机构力的传递路线与工作原理	81
3.2 气门传动组	82
3.2.1 凸轮轴	82
3.2.2 挺柱	85
3.2.3 推杆	86
3.2.4 摇臂与摇臂组	87
3.3 气门组	88
3.3.1 气门	88
3.3.2 气门弹簧	90
3.3.3 气门导管	90
3.3.4 气门座	91
3.4 配气相位与配气相位图	91
3.4.1 配气相位	91
3.4.2 配气相位图	92
3.5 配气机构的检修与调整	93
3.5.1 配气机构的拆装	93
3.5.2 气门间隙的检查与调整	96
3.5.3 气门组零件的检修	98
3.5.4 气门传动组零件的检修	103
3.6 可变配气相位控制机构	107



练习与思考题	110
第4章 汽油发动机燃料供给系统	112
4.1 汽油发动机燃料混合气的燃烧与发动机运行工况	112
4.1.1 汽油发动机燃烧过程分析	112
4.1.2 空燃比与过量空气系数	113
4.1.3 发动机运行工况及对混合气浓度的要求	115
4.2 汽油发动机燃料供给系统的功用及组成	116
4.2.1 汽油发动机燃料供给系统的功用	116
4.2.2 汽油发动机燃料供给系统的组成	116
4.2.3 汽油发动机燃料供给系统的燃油流动路线	118
4.3 汽油供给装置	119
4.3.1 汽油箱	119
4.3.2 汽油滤清器	121
4.3.3 汽油泵	122
4.3.4 燃油压力调节器	126
4.3.5 汽油分配管	127
4.3.6 喷油器	127
4.4 空气供给装置	130
4.4.1 空气滤清器	130
4.4.2 进、排气歧管	132
4.4.3 进气预热装置	132
4.4.4 排气消声器	135
4.4.5 排气净化装置	136
4.5 汽油发动机燃料混合比的控制装置及工作流程	142
4.6 汽油发动机燃料供给系统常见故障及检修	142
练习与思考题	143
第5章 柴油机燃料供给系统	146
5.1 概述	146
5.1.1 柴油机燃料供给系统的组成	146
5.1.2 柴油机燃料供给系统的燃油流动路线	147
5.2 可燃混合气的形成与燃烧室	147
5.2.1 可燃混合气形成特点	147
5.2.2 可燃混合气的形成方式	147
5.2.3 柴油机燃烧室	148
5.3 喷油器	150
5.3.1 喷油器的作用及分类	150



5.3.2 孔式喷油器	151
5.3.3 轴针式喷油器	152
5.3.4 低惯量孔式喷油器	153
5.4 喷油泵	153
5.4.1 喷油泵的功用与分类	153
5.4.2 柱塞式喷油泵的基本结构与工作原理	154
5.4.3 柱塞式喷油泵系列及典型结构	157
5.4.4 VE 型柴油泵的结构与工作原理	159
5.4.5 柴油机喷油正时的调整	162
5.5 调速器	164
5.5.1 柱塞式喷油泵的速度特性及调速器的功用与形式	164
5.5.2 简单机械离心式调速器的构造与工作原理	165
5.5.3 几种常用调速器	168
5.6 柴油机燃料供给系统的辅助装置	174
5.6.1 柴油滤清器	174
5.6.2 输油泵	174
5.6.3 柴油机的起动辅助装置	176
5.6.4 废气涡轮增压	177
5.6.5 柴油机排气净化	177
5.7 电控柴油喷射系统	178
5.7.1 电控柴油喷射的优点	179
5.7.2 电控柴油喷射系统的组成及类型	179
5.7.3 典型电控柴油喷射系统	180
5.8 柴油机燃料供给系统的维修	184
5.8.1 柴油机燃料供给系统的维护	184
5.8.2 柴油机喷油器的检修	185
5.8.3 柴油机喷油泵的检修	187
5.8.4 柴油机调速器的检修	192
练习与思考题	194
第6章 润滑系统	198
6.1 概述	198
6.1.1 润滑系统的功用	198
6.1.2 润滑方式	198
6.1.3 润滑系统的组成	199
6.2 润滑系统主要部件的构造	202
6.2.1 机油泵	202
6.2.2 机油滤清器	204
6.2.3 机油散热器与机油冷却器	206



6.2.4 曲轴箱通风装置	208
6.3 润滑系统的维修	209
6.3.1 润滑系统的维护	209
6.3.2 机油泵的修理	210
6.3.3 机油滤清器的检修	212
6.3.4 机油压力开关的检测	212
6.3.5 发动机机油压力的检测	213
6.3.6 机油质量的检查	213
6.4 润滑系统常见故障诊断与排除	214
6.4.1 机油压力过低	214
6.4.2 机油压力过高	216
6.4.3 机油消耗过多	217
6.4.4 油底壳油面自行升高	218
6.4.5 机油易变质	219
练习与思考题	220
 第7章 冷却系统	 222
7.1 概述	222
7.1.1 冷却系统的作用及类型	222
7.1.2 风冷系统	222
7.1.3 水冷系统	223
7.1.4 冷却液的特点与选用	224
7.2 冷却系统主要部件的构造	225
7.2.1 冷却系统的主要部件	225
7.2.2 冷却强度的调节装置	229
7.2.3 冷却液的流动路线	232
7.3 冷却系统的维修	232
7.3.1 冷却系统的使用与维护保养	232
7.3.2 散热器的检查与修理	233
7.3.3 水泵的检查与修理	234
7.3.4 节温器的检查与更换	235
7.3.5 风扇的检修	236
7.4 冷却系统的常见故障诊断与排除	237
7.4.1 冷却液温度过高	237
7.4.2 冷却液温度过低	238
7.4.3 冷却液消耗过多	238
练习与思考题	238



第8章 发动机的装配与磨合	240
8.1 发动机的装配与调试	240
8.1.1 发动机装配注意事项	240
8.1.2 发动机的装配顺序与调整	241
8.2 发动机的磨合	245
8.2.1 磨合试验的目的	245
8.2.2 磨合试验及磨合规程	246
8.3 发动机总成修理竣工技术条件	248
8.3.1 一般技术要求	248
8.3.2 主要使用性能	248
8.3.3 发动机试验	248
练习与思考题	250
 第9章 转子发动机	251
9.1 转子发动机概述	251
9.2 转子发动机的基本结构及主要零部件	252
9.2.1 转子发动机机体结构	252
9.2.2 转子发动机供油系统	254
9.2.3 转子发动机进气系统	254
9.2.4 转子发动机排气、排放控制系统	254
9.2.5 转子发动机润滑系统	254
9.2.6 转子发动机冷却系统	254
9.2.7 转子发动机点火系统	254
9.2.8 转子发动机控制系统	254
9.3 转子发动机的工作流程	256
9.4 转子发动机的日常保养	257
练习与思考题	258
 参考文献	259

第 1 章

汽车发动机总体构造 及工作原理

基本思路：

学习与研究发动机结构和工作原理，就必须掌握发动机的种类、总体结构。发动机是汽车的动力源，要全面了解和掌握发动机的总体构造和工作原理就必须以各种力的传递路线作为学习和研究的基础；同时为了能对发动机进行正确的拆装与检修，必须掌握相关工具和量具的正确使用方法。

1.1 概述

发动机是汽车的心脏，也是汽车的动力源。发动机最早诞生在英国，所以，发动机的概念也源于英语，它的本义是指那种“产生动力的机械装置”。发动机的发展经历了外燃机和内燃机两个发展阶段：外燃机是指燃料在发动机的外部燃烧，如瓦特发明的蒸汽机；内燃机是指燃料在其内部燃烧，如人们常见的汽油机、柴油机等。

1.1.1 发动机的总体构造及分类

汽车发动机的种类多种多样，根据不同的分类依据，发动机主要有以下类型：

- 1) 按使用燃料不同分：汽油机、柴油机、燃气发动机等。
- 2) 按完成一个工作循环所需行程数分：四冲程发动机和二冲程发动机。
- 3) 按冷却方式分：水冷式发动机、风冷式发动机。
- 4) 按点火方式分：点燃式发动机、压燃式发动机。
- 5) 按气缸排列形式分：直列式发动机、V 型发动机、水平对置式发动机。
- 6) 按气缸数分：单缸发动机、多缸发动机。

汽车发动机结构复杂，不同类型或同类型的发动机在结构上都会存在差别，但是不管何种类型的汽油机和柴油机，其总体结构都比较相似，如图 1-1 所示。因为燃料点火方式存在差异，汽油机一般包括二大机构五大系统，即曲轴连杆机构、配气机构、燃料供给系统、润滑系统、冷却系统、点火系统和起动系统。柴油机则为二大机构四大系统，即曲柄连杆机构、配气机构、燃料供给系统、润滑系统、冷却系统和起动系统。

1. 曲柄连杆机构

曲柄连杆机构的作用是将燃料燃烧而作用于活塞顶上的力转变为曲轴的转矩并对外输出。曲柄连杆机构由机体组（主要有气缸体、气缸盖、气缸垫、油底壳、发动机支承等零部件）、活塞连杆组（主要有活塞、活塞环、活塞销、连杆、连杆轴瓦等零部件）；曲轴飞轮组（主要有曲轴、扭转减振器、飞轮等零部件）三部分组成。



2. 配气机构

配气机构的作用是按照发动机每一气缸工作循环和各气缸间点火顺序的要求, 定时开启及关闭各气缸的进排气门, 使可燃混合气(汽油机)或者空气(柴油机)及时进入气缸并将废气及时排出气缸。配气机构由气门组(主要有气门、气门座、气门弹簧、气门锁片等零部件)和气门传动组(主要有凸轮轴、挺住、推杆、摇臂及摇臂轴等零部件)构成。

3. 燃料供给系统

燃料供给系统的作用是不断地输送清洁的燃油和新鲜空气, 根据发动机的要求, 配制出一定数量和浓度的混合气, 送入气缸, 并将燃烧后的废气从气缸内排到大气中去。汽油机燃料供给系统有化油器式和喷射式两种类型。化油器式发动机燃料供给系统主要部件有空气滤清器、进气管道、化油器、进气歧管、燃油箱、燃油泵、燃油滤清器、燃油压力调节器等; 喷射式发动机主要部件有空气滤清器、进气管道、空气计量装置、进气歧管、节气门体、喷油器、燃油箱、燃油泵、燃油滤清器、燃油压力调节器等。柴油机燃料供给系统的常用部件主要是空气滤清器、进气管道、进气歧管、燃油箱、燃油滤清器、输油泵、喷油泵、喷油器等。

4. 润滑系统

润滑系统的功用是向作相对运动的零件表面输送定量的清洁润滑油, 以实现液体摩擦, 减小摩擦阻力, 减轻机件的磨损, 并对零件表面进行清洗、冷却、防锈和密封作用。润滑系统通常由机油泵、机油滤清器、机油散热器和油底壳等组成。

5. 冷却系统

冷却系统的功用是将受热零件吸收的部分热量及时散发出去, 保证发动机在最适宜的温度状态下工作。发动机上采用的冷却方式主要有水冷式和风冷式两种。水冷式发动机的冷却系统主要部件有冷却液套、水泵、风扇、散汽器、节温器等。风冷式发动机主要结构有风扇和散热片。

6. 起动系统

曲轴在外力作用下开始转动到发动机开始自动地怠速运转的全过程, 称为发动机的起动。要使发动机由静止状态过渡到工作状态, 必须先用外力转动发动机的曲轴, 使活塞作往复运动, 气缸内的可燃混合气燃烧膨胀做功, 推动活塞向下运动使曲轴旋转, 发动机才能自行运转, 工作循环才能自动进行。完成起动过程所需要的装置, 称为发动机的起动系统。起

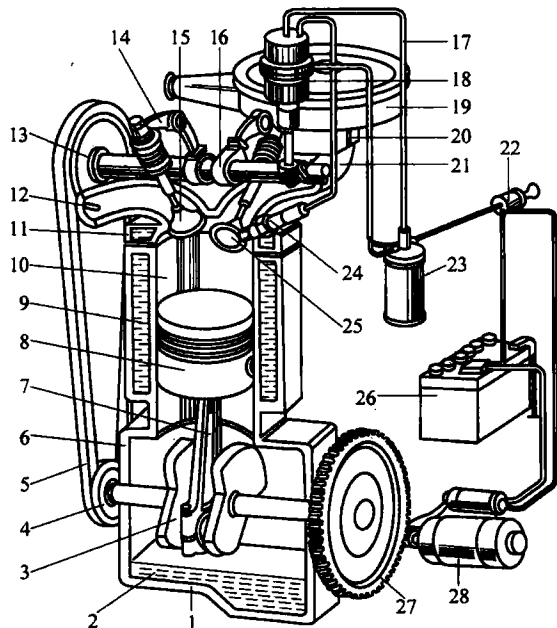


图 1-1 单缸发动机的基本结构

- 1—油底壳 2—机油 3—曲轴 4—曲轴同步带轮 5—同步带
6—曲轴箱 7—连杆 8—活塞 9—水套 10—气缸 11—气缸盖
12—排气管 13—凸轮轴同步带轮 14—摇臂 15—排气门
16—凸轮轴 17—高压线 18—分电器 19—空气滤清器 20—化油器
21—进气管 22—点火开关 23—点火线圈 24—火花塞
25—进气门 26—蓄电池 27—飞轮 28—起动机



动系统由起动机和起动继电器及附属装置组成。

7. 点火系统

在汽油机中, 气缸内的可燃混合气是通过电火花点燃的, 因此在汽油机的气缸盖上装有火花塞。能够定时在火花塞电极间产生电火花点燃气缸内混合气的全部设备称为点火系统, 常规点火系统通常由蓄电池、点火线圈、分电器和火花塞等组成。

1.1.2 发动机的常用术语

汽车发动机是一台结构复杂的能量转换机器, 如图 1-2 所示, 为了便于研究其工作过程, 通常把其主要的运动关系通过一些基本术语加以描述, 归纳如下:

1) 上止点: 活塞离曲轴回转中心最远处, 即活塞最高位置。

2) 下止点: 活塞离曲轴回转中心最近处, 即活塞最低位置。

3) 活塞行程 S : 上、下两止点之间的距离 (mm)。

4) 曲柄半径 R : 曲柄销中心到曲轴回转中心的距离。

5) 气缸工作容积 V_h : 活塞从上止点到下止点所让出的空间容积 (L)。

6) 燃烧室容积 V_c : 活塞在上止点时, 活塞上方的空间容积。

7) 气缸总容积 V_a : 活塞在下止点时, 活塞上方的容积。即燃烧室容积与气缸工作容积之和:

$$V_a = V_c + V_h$$

8) 发动机排量 V_L : 发动机所有气缸工作容积之和, 即

$$V_L = i \cdot V_h$$

i 为气缸数目, 如六缸发动机 $i=6$; 四缸发动机 $i=4$, 以此类推。

9) 压缩比: 气缸总容积与燃烧室容积之比称为压缩比, 一般用 ε 表示, 即

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

压缩比的大小表示活塞由下止点运动到上止点时, 气缸内的气体被压缩的程度。压缩比越大, 压缩终了时气缸内的气体压力和温度就越高, 燃烧效率就越高。一般来说, 柴油机的压缩比要大于汽油机的压缩比。汽油机压缩比一般为 7~13, 柴油机的压缩比一般为 16~22。表 1-1 所示为几种国产轿车汽油机的压缩比 ε 。

表 1-1 国产轿车汽油机的压缩比 ε

车名	长安奥拓	夏利	富康	桑塔纳	捷达	标致	奥迪
压缩比 ε	8.7	9.5	9.3	8.5	10	8.0	9.3

10) 发动机的工作循环: 在气缸内进行的每一次将燃料燃烧的热能转化为机械能的一系列连续过程 (一般包含进气、压缩、做功、排气四个行程)。

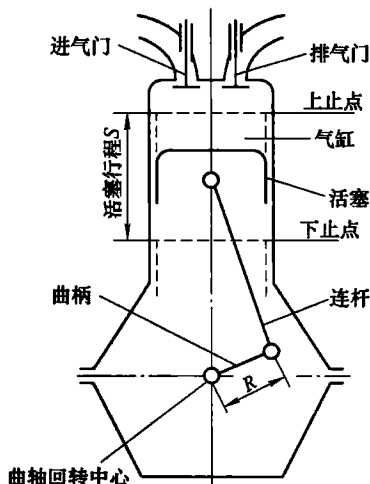


图 1-2 发动机基本术语和参数



11) 工况：内燃机在某一时刻的运行状况简称工况，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。

12) 负荷率：内燃机在某一转速下发出的有效功率与相同转速下所能发出的最大有效功率的比值称为负荷率，以百分数表示。负荷率通常简称负荷。

汽车上使用的发动机基本上是往复式活塞式内燃机。往复式活塞式内燃机主要有四冲程和二冲程两种形式。现代汽车大部分采用四冲程发动机，它包括进气、压缩、做功、排气四个行程，每一个工作循环发动机活塞在气缸中往复运动四次，对外做功一次，曲轴转动两圈，也就是 720° 。二冲程发动机在汽车上采用较少，也包括进气、压缩、做功、排气四个行程，每一个工作循环发动机活塞在气缸中往复运动两次，对外做功一次，曲轴转动一圈，也就是 360° 。

1.1.3 单缸四冲程发动机的工作原理

1. 单缸四冲程汽油机工作原理

四冲程汽油机在轿车上使用最多，其工作循环如图 1-3 所示。

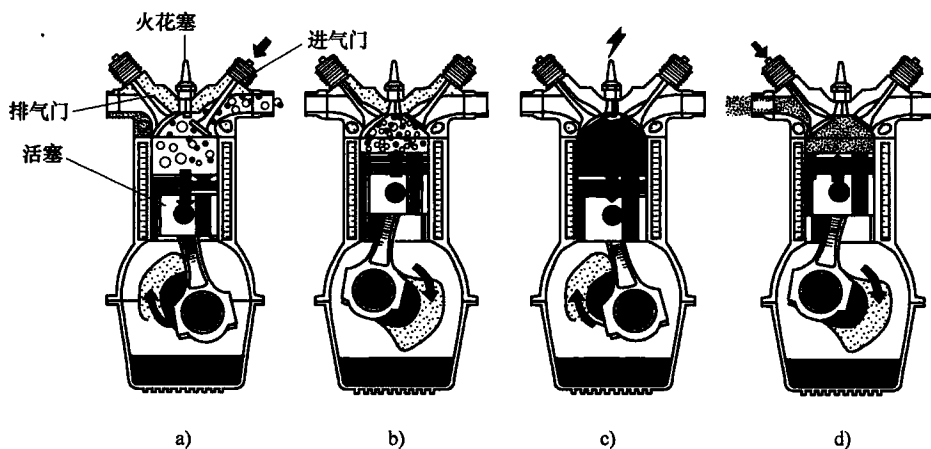


图 1-3 单缸四冲程汽油机工作循环图

a) 进气 b) 压缩 c) 做功 d) 排气

为了研究汽车工作循环中气体压力 p 和相应的活塞所在不同位置的气缸工作容积 V 之间的变化关系，常用发动机循环示功图来表示。如图 1-4 所示，示功图中曲线所围成的面积表示发动机整个工作循环中气体在单个气缸内所做的功。

(1) 进气行程 如图 1-3a 所示，进气行程曲轴带动活塞从上止点向下止点运动，进气门开启，排气门关闭，气缸内活塞上方容积增大，进气行程压力小于外界大气压，形成一定真空度，可燃混合气经进气歧管、进气门吸入气缸。由于进气时间短且进气系统存在压力，进气终了气缸压力略低于大气压力，为 $0.074 \sim 0.093 \text{ MPa}$ 。气体由于与气缸壁之间存在摩擦，同时高温机件和残余废气加热下，它的温度上升到 $80 \sim 130^\circ\text{C}$ 。

在图 1-4a 示功图上，进气行程用曲线 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。

(2) 压缩行程 为了使可燃混合气能迅速、完全、集中地燃烧，使发动机能发出更大

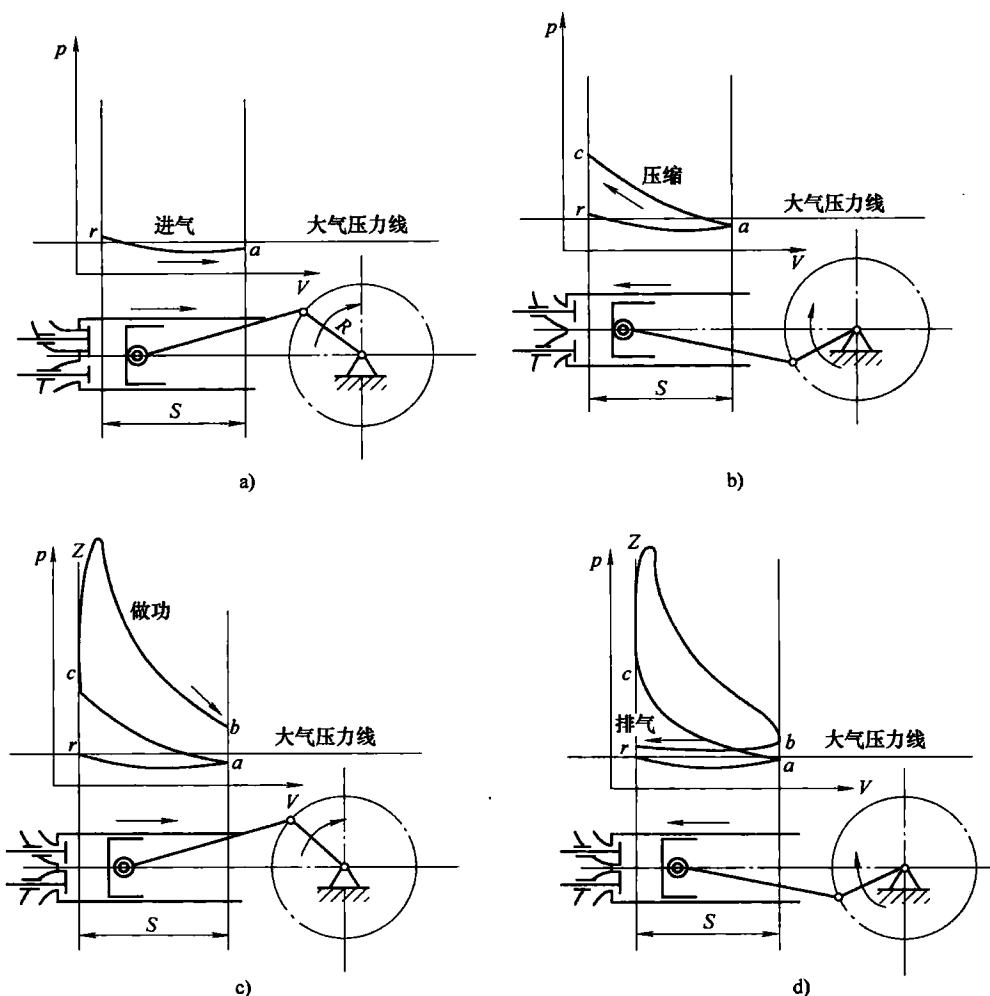


图 1-4 四冲程发动机示功图

a) 进气行程 b) 压缩行程 c) 做功行程 d) 排气行程

的功率，燃烧前必须将可燃混合气压缩。如图 1-3b 所示，在进气行程终了时，活塞自下止点向上止点移动，曲轴由 180° 转到 360° ，此时，进、排气门均关闭。随着气缸的容积不断缩小，可燃混合气受到压缩，其温度和压力不断升高。压缩行程一直继续到活塞到达上止点时为止，此时，可燃混合气被压缩到活塞上方的很小空间，即燃烧室中。压缩终了时，可燃混合气的温度为 $327 \sim 427^\circ\text{C}$ ，可燃混合气压力为 $0.6 \sim 1.5\text{MPa}$ 。如图 1-4b 所示，压缩行程用曲线 ac 表示。

压缩终了时可燃混合气的压力和温度取决于压缩比，压缩比愈大，燃烧速度愈快，因而发动机发出的功率便愈大，动力性和经济性愈好。但压缩比过大时，不仅不能进一步改善燃烧状况，反而会出现爆燃和表面点火等不正常燃烧现象。爆燃是由于气体压力和温度过高，在燃烧室内离点燃中心较远及具有高温处（如排气门头部、火花塞电极和积炭处）可燃混合气自燃而造成的一种不正常燃烧。爆燃时火焰以极高的速率向外传播，在气体来不及膨胀的情况下，由于温度和压力急剧升高，形成压力波，以较高速度向前推进。这种压力波撞击燃烧