

● 美国汽车修理专业技师培训教材

# 汽车构造与检修

(美) J. 厄尔贾维克 R. 沙尔夫 著



- 典型构造
- 故障诊断
- 实例分析
- 维修指导

机械工业出版社

美国汽车修理专业技师培训教材

# 汽车构造与检修

(美) J. 厄尔贾维克 R. 沙尔夫 著  
叶淑贞 李相平 李 波 等译  
顾 瑛 张书元



机械工业出版社

## 著作权合同登记号：图字 01—1997—0527

本书反映了近年来美国汽车工业的新进展,介绍了汽车的新结构和新技术在汽车维护、修理、诊断与故障排除等方面,针对汽车维修人员的知识和技能要求,着重进行了有特色的、详尽的说明和描述。

全书分为 8 篇,包括汽车发动机、电器设备、发动机性能、手动变速器与驱动桥、自动变速器与驱动桥、悬架与转向系统、制动系统、汽车舒适性与安全性,共 38 章。

全书体例相应于美国汽车维修特长(ASE)资格考试的规定。适合于从事汽车工程、车辆维修的广大技术人员使用,也可供汽车驾驶人员和大专院校汽车专业师生参考。

### AUTOMOTIVE TECHNOLOGY

#### A Systems Approach

2ND EDITION

Jack Erjavec Robert Scharff

COPYRIGHT©1996 By Delmar Publishers

ALL RIGHTS RESERVED. Certain portions of this work copyright©1981, 1983, 1989, and 1992.

No part of this work covered by the copyright hereon may be reproduced or used in any form or

by any means—graphic, electronic, or mechanical, including photocopying, recording, taping, or information storage and retrieval systems—without written permission of the publisher.

### 图书在版编目(CIP)数据

汽车构造与检修/(美)厄尔贾维克(Erjavec, J.), (美)沙尔夫(Scharff, R.)  
著:叶淑贞等译. —北京:机械工业出版社, 1999. 7

美国汽车修理专业技师培训教材书名原文:Automotive Technology a Systems Approach

ISBN 7-111-06725-8

I. 汽… II. ①厄…②斯…③叶… III. 汽车-构造-技术培训-教材 IV. U463

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 18166 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:吴柏青 版式设计:霍永明 责任校对:姚培新

封面设计:姚毅 责任印制:何全君

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

1999 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm<sup>1</sup>/<sub>16</sub>·54.25 印张·2 插页·1772 千字

0 001—3000 册

定价:98.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010) 68993821、68326677-2527

# 前 言

本书反映了近年来美国汽车工业的新进展,各项新结构、新技术提供了更安全、更高效、更可靠的汽车。

本书共分为8篇。电器设备篇反映了多数汽车系统上采用的电控技术,电工学和电子学的基础知识阐述得简明而完整。发动机性能篇包括了用于车载诊断的OBD-Ⅱ系统、OBD-Ⅱ术语,并讨论了用来进行检查与维护的I/M检测与代用燃料的采用。传动系统部分介绍了手动和自动传动系统与驱动桥以及电子控制的传动系统。转向与悬架篇也包括了电子控制与4轮转向的内容。制动系统篇介绍了防抱死制动系统。舒适性与安全性篇根据美国新的联邦法规,包括了修改后的空气调节维护方法和空气囊的知识。

本书用于指导现代汽车维护和修理。本书按照汽车各系统分篇,每篇中各章描述了各子系统与各组件以及各系统间的联系。各汽车制造商采用的不同的诊断与维修方法包括在各章中。

有效的诊断技能要从隔离出问题开始学起,识别出有问题的系统后就不难正确指出问题的实际原因,因此各章都描述了从有问题的系统中隔离出各组件故障的技巧。故障排除技巧的讨论贯穿全书,因为这是一项必须掌握的重要技能。

本书的各系统入门是为美国汽车维修特长(ASE)资格考试的学生准备的,这种考试是按汽车各主要系统来分类的。本书各篇则概要地比照了ASE的检测规定及其资格作业目录,各章末的复习题是学生回答ASE格式考题的一种练习。

本书中列入了若干特色性的叙述,以便于教与学,因为要学习维护修理现代汽车可能是令人望而生畏的。本书的特色如下:

系列照片——一幅幅的系列照片说明了实际的工艺技巧。它对照标准的维修方法,使学生对于他们要进行的过程获得清晰、详细的印象。

维修步骤——对若干重要的维修过程给出了详细的、一步步的说明。这种说明似乎很多,但这有助于培养良好的工艺技能并达到ASE的资格要求。遍布于各章还对维修方法给出了一般性的建议。

实例分析——实例分析突出了故障排除的思路重点。各章末都给出了维修中的一个问题,然后描述了技术人员的解决过程,从而给出了故障排除的思路。

对客户的提示——对目前的汽车技术有一些专业印象是重要的。对客户的提示使客户在业务上得以完善。

利用维修手册——学习维修手册可能是令人困惑并耗费时间的,为此本书为使客户熟悉这一重要的信息源,贯穿全书都有如何找到信息所在的指示和说明。

注意与警告——教员往往说操作安全是他们最担心的事情。各章频繁出现的注意与警告提醒学生要关注这一重要的安全问题。

## 译 者 序

随着我国国民经济的迅速发展，汽车工业正逐渐成为支柱产业。近年来，我国汽车数量迅速增加，同时，为满足环保、节能、安全性和舒适性等要求，现代汽车上已采用了许多新结构和新技术，尤其是电子技术的广泛采用，给汽车的生产、使用、维修等都带来新问题，因而迫切需要培养一大批具有一定技术水平的汽车行业维修人员。为此，我们翻译了本书。

本书从1981年出版以来，在美国国内广泛使用。本译本采用了1996年出版的第二版，该版反映了美国近年来汽车工业的新进展，介绍了汽车结构、性能、维修方面的新技术。尤其是在采用电子控制后，为达到美国联邦法规要求，在汽车维护、修理、技术诊断与故障排除方面，针对汽车维修人员的知识和技能要求进行了有特色的、详尽的说明和描述。

本书是为美国汽车维修特长(ASE)资格考试的人员编写的。各篇章首先简要介绍了汽车各系统的原理与结构入门，在此基础上以更多篇幅进行了有特色的叙述以便于培训和教学。包括采用系列照片，说明实际的工艺技巧和过程；详细描述重要的维修步骤；进行实例分析，以突出故障排除的思路重点；提出大量有关操作和维修的行业性建议，对使用者的提示，以及注意事项与警告事项。

本书适合于从事汽车工程、车辆维修的广大技术人员使用，也可供汽车驾驶人员参考。

参加本书翻译的人员有：顾斌(1~8章、19章)、李相平(9~15章)、叶淑贞(16、17、20~22章)、姜晓燕(18章)、李波(23~26章)、张书元(27~31章、33~38章)、孙义刚(32章)。在翻译过程中，还得到孙明、尹念东、董大虎和罗海滨的协助，在此表示感谢。

由于译者水平有限，缺点错误在所难免，恳请读者批评指正。

# 目 录

前言  
译者序

## 第 1 篇 发 动 机

|                               |    |                               |     |
|-------------------------------|----|-------------------------------|-----|
| 第 1 章 汽车用发动机 .....            | 1  | 3.8 活塞与活塞环 .....              | 48  |
| 1.1 发动机的分类 .....              | 1  | 3.9 安装活塞和连杆 .....             | 49  |
| 1.2 四冲程汽油机 .....              | 1  | 3.10 实例分析 .....               | 52  |
| 1.3 二冲程汽油机 .....              | 3  | 3.11 小结 .....                 | 52  |
| 1.4 四冲程发动机设计上的几方面<br>特性 ..... | 4  | 3.12 复习思考题 .....              | 52  |
| 1.5 汽油机各系统 .....              | 6  | 第 4 章 气缸盖与气门 .....            | 54  |
| 1.6 发动机的尺寸参数和性能指标 .....       | 7  | 4.1 燃烧室 .....                 | 54  |
| 1.7 发动机的鉴别 .....              | 9  | 4.2 进、排气门 .....               | 56  |
| 1.8 发动机的诊断 .....              | 10 | 4.3 铝制缸盖 .....                | 59  |
| 1.9 油压试验 .....                | 10 | 4.4 修整缸盖表面 .....              | 61  |
| 1.10 气缸功率平衡试验 .....           | 10 | 4.5 磨气门 .....                 | 62  |
| 1.11 判断发动机状况 .....            | 11 | 4.6 修复气门导管 .....              | 64  |
| 1.12 噪声的诊断与排除 .....           | 11 | 4.7 修复气门座 .....               | 67  |
| 1.13 其他的几种发动机 .....           | 13 | 4.8 气门杆油封 .....               | 70  |
| 1.14 实例分析 .....               | 16 | 4.9 气门向缸盖上的安装 .....           | 75  |
| 1.15 小结 .....                 | 16 | 4.10 实例分析 .....               | 77  |
| 1.16 复习思考题 .....              | 16 | 4.11 小结 .....                 | 77  |
| 第 2 章 拆卸发动机 .....             | 18 | 4.12 复习思考题 .....              | 78  |
| 2.1 拆卸发动机前的准备 .....           | 18 | 第 5 章 凸轮轴与气门传动机构 .....        | 79  |
| 2.2 起吊发动机 .....               | 18 | 5.1 凸轮轴 .....                 | 79  |
| 2.3 发动机的拆卸与检查 .....           | 19 | 5.2 对凸轮轴和气门传动各零件的<br>检查 ..... | 84  |
| 2.4 发动机零件的清洗 .....            | 22 | 5.3 安装凸轮轴 .....               | 90  |
| 2.5 裂纹的修理 .....               | 26 | 5.4 安装缸盖和气门传动组件 .....         | 91  |
| 2.6 实例分析 .....                | 27 | 5.5 安装正时组件 .....              | 93  |
| 2.7 小结 .....                  | 28 | 5.6 实例分析 .....                | 95  |
| 2.8 复习思考题 .....               | 28 | 5.7 小结 .....                  | 96  |
| 第 3 章 机体组件 .....              | 30 | 5.8 复习思考题 .....               | 96  |
| 3.1 气缸体 .....                 | 30 | 第 6 章 润滑系统与冷却系统 .....         | 98  |
| 3.2 缸体的修理 .....               | 32 | 6.1 润滑 .....                  | 98  |
| 3.3 装芯塞 .....                 | 36 | 6.2 润滑系统 .....                | 100 |
| 3.4 曲轴 .....                  | 37 | 6.3 机油泵的检查与维修 .....           | 105 |
| 3.5 曲轴的检查与修复 .....            | 40 | 6.4 装配机油泵 .....               | 106 |
| 3.6 安装主轴承和曲轴 .....            | 44 | 6.5 冷却系统 .....                | 107 |
| 3.7 连杆 .....                  | 47 | 6.6 冷却系统的维修 .....             | 116 |

|                               |     |                               |     |
|-------------------------------|-----|-------------------------------|-----|
| 6.7 实例分析 .....                | 121 | <b>第 8 章 发动机的封接与总装</b> .....  | 147 |
| 6.8 小结 .....                  | 121 | 8.1 紧固件 .....                 | 147 |
| 6.9 复习思考题 .....               | 122 | 8.2 衬垫 .....                  | 151 |
| <b>第 7 章 进气系统与排气系统</b> .....  | 124 | 8.3 粘合剂、密封胶与其他化学密封材料 .....    | 155 |
| 7.1 空气进气系统 .....              | 124 | 8.4 油封 .....                  | 156 |
| 7.2 排气系统的各组件 .....            | 130 | 8.5 发动机的装成 .....              | 158 |
| 7.3 排气系统的维修 .....             | 136 | 8.6 装回发动机 .....               | 160 |
| 7.4 涡轮增压器与增压器 .....           | 138 | 8.7 实例分析 .....                | 161 |
| 7.5 实例分析 .....                | 144 | 8.8 小结 .....                  | 161 |
| 7.6 小结 .....                  | 145 | 8.9 复习思考题 .....               | 162 |
| 7.7 复习思考题 .....               | 145 |                               |     |
| <b>第 2 篇 电器设备</b>             |     |                               |     |
| <b>第 9 章 电气系统基础</b> .....     | 163 | 11.15 实例分析 .....              | 224 |
| 9.1 电的基本概念 .....              | 163 | 11.16 小结 .....                | 225 |
| 9.2 导体和绝缘体 .....              | 166 | 11.17 复习思考题 .....             | 226 |
| 9.3 电磁学的基本知识 .....            | 187 | <b>第 12 章 起动系统</b> .....      | 227 |
| 9.4 小结 .....                  | 190 | 12.1 起动系统的结构与部件 .....         | 227 |
| 9.5 复习思考题 .....               | 190 | 12.2 起动机驱动装置 .....            | 235 |
| <b>第 10 章 电子学基础</b> .....     | 191 | 12.3 控制电路 .....               | 236 |
| 10.1 引言 .....                 | 191 | 12.4 起动系统的检测 .....            | 236 |
| 10.2 集成电路 .....               | 194 | 12.5 实例分析 .....               | 243 |
| 10.3 微处理器 .....               | 195 | 12.6 小结 .....                 | 243 |
| 10.4 多路调制器 .....              | 207 | 12.7 复习思考题 .....              | 244 |
| 10.5 电子系统的保护 .....            | 207 | <b>第 13 章 充电系统</b> .....      | 245 |
| 10.6 电子电路及系统的测试 .....         | 208 | 13.1 感生电压 .....               | 245 |
| 10.7 实例分析 .....               | 209 | 13.2 交流充电系统 .....             | 245 |
| 10.8 小结 .....                 | 209 | 13.3 初检 .....                 | 255 |
| 10.9 复习思考题 .....              | 211 | 13.4 交流发电机的维修 .....           | 260 |
| <b>第 11 章 蓄电池的理论与维护</b> ..... | 212 | 13.5 实例分析 .....               | 261 |
| 11.1 普通蓄电池 .....              | 212 | 13.6 小结 .....                 | 261 |
| 11.2 少维护和免维护蓄电池 .....         | 215 | 13.7 复习思考题 .....              | 262 |
| 11.3 混合型蓄电池 .....             | 216 | <b>第 14 章 灯光系统</b> .....      | 263 |
| 11.4 重复合蓄电池 .....             | 216 | 14.1 电灯 .....                 | 263 |
| 11.5 蓄电池的电压和容量 .....          | 216 | 14.2 前灯 .....                 | 263 |
| 11.6 蓄电池的评定方法 .....           | 217 | 14.3 内部车灯组件 .....             | 271 |
| 11.7 蓄电池规格的选择 .....           | 217 | 14.4 后灯组件 .....               | 273 |
| 11.8 影响蓄电池寿命的因素 .....         | 218 | 14.5 灯泡 .....                 | 277 |
| 11.9 蓄电池的安全规程 .....           | 219 | 14.6 车灯的维护 .....              | 279 |
| 11.10 蓄电池的常规检查 .....          | 219 | 14.7 实例分析 .....               | 280 |
| 11.11 蓄电池的日常清洁 .....          | 220 | 14.8 小结 .....                 | 280 |
| 11.12 蓄电池的检测 .....            | 220 | 14.9 复习思考题 .....              | 280 |
| 11.13 蓄电池的充电 .....            | 223 | <b>第 15 章 电气仪表与附属电器</b> ..... | 282 |
| 11.14 跨接起动 .....              | 224 | 15.1 仪表板 .....                | 282 |

|                     |     |                  |     |
|---------------------|-----|------------------|-----|
| 15.2 仪表 .....       | 283 | 15.6 实例分析 .....  | 305 |
| 15.3 基本信息仪表 .....   | 285 | 15.7 小结 .....    | 305 |
| 15.4 指示灯与报警装置 ..... | 288 | 15.8 复习思考题 ..... | 306 |
| 15.5 附属电器 .....     | 291 |                  |     |

### 第3篇 发动机性能

|                           |     |                                    |     |
|---------------------------|-----|------------------------------------|-----|
| <b>第16章 点火系统</b> .....    | 309 | 18.10 小结 .....                     | 383 |
| 16.1 点火正时 .....           | 310 | 18.11 复习思考题 .....                  | 384 |
| 16.2 基本电路 .....           | 311 | <b>第19章 化油器</b> .....              | 385 |
| 16.3 点火组件 .....           | 312 | 19.1 喉管 .....                      | 385 |
| 16.4 点火正时系统 .....         | 314 | 19.2 混合气形成 .....                   | 386 |
| 16.5 电子点火系统的优点 .....      | 316 | 19.3 节气门 .....                     | 386 |
| 16.6 电子开关系统 .....         | 317 | 19.4 化油器的基本系统 .....                | 386 |
| 16.7 电子点火系统的工作 .....      | 322 | 19.5 附加的化油器控制装置 .....              | 392 |
| 16.8 计算机控制点火系统的工作 .....   | 324 | 19.6 化油器的类型 .....                  | 394 |
| 16.9 无分电器点火系统的工作 .....    | 325 | 19.7 可变喉管化油器 .....                 | 395 |
| 16.10 实例分析 .....          | 330 | 19.8 反馈式化油器系统 .....                | 396 |
| 16.11 小结 .....            | 330 | 19.9 化油器的诊断与调整 .....               | 399 |
| 16.12 复习思考题 .....         | 331 | 19.10 实例分析 .....                   | 403 |
| <b>第17章 点火系统的维修</b> ..... | 332 | 19.11 小结 .....                     | 403 |
| 17.1 外观检查 .....           | 332 | 19.12 复习思考题 .....                  | 403 |
| 17.2 电气测试方法 .....         | 336 | <b>第20章 燃油喷射</b> .....             | 405 |
| 17.3 元件的测试 .....          | 344 | 20.1 汽油喷射 .....                    | 405 |
| 17.4 更换火花塞线 .....         | 353 | 20.2 节气门体燃油喷射与进气口燃油喷射<br>的比较 ..... | 407 |
| 17.5 更换断路器触点 .....        | 353 | 20.3 系统传感器 .....                   | 410 |
| 17.6 调整点火正时 .....         | 353 | 20.4 电子控制计算机 .....                 | 414 |
| 17.7 分电器的维修 .....         | 355 | 20.5 喷油器 .....                     | 414 |
| 17.8 计算机控制的点火系统的维修 .....  | 357 | 20.6 怠速控制 .....                    | 416 |
| 17.9 无分电器点火系统的维修 .....    | 357 | 20.7 连续喷射系统 .....                  | 417 |
| 17.10 凸轮和曲轴传感器 .....      | 357 | 20.8 燃油喷射系统的维修 .....               | 419 |
| 17.11 点火线圈 .....          | 358 | 20.9 EFI 系统组件的检查 .....             | 420 |
| 17.12 爆震传感器 .....         | 360 | 20.10 喷油器的清洗 .....                 | 425 |
| 17.13 实例分析 .....          | 360 | 20.11 更换喷油器 .....                  | 426 |
| 17.14 小结 .....            | 361 | 20.12 怠速调整 .....                   | 429 |
| 17.15 复习思考题 .....         | 361 | 20.13 CIS 的检查和测试 .....             | 429 |
| <b>第18章 燃油系统</b> .....    | 363 | 20.14 柴油机高压燃油喷射 .....              | 430 |
| 18.1 汽油 .....             | 363 | 20.15 柴油机燃油系统的组成 .....             | 431 |
| 18.2 燃油特性 .....           | 364 | 20.16 柴油机电子控制燃油喷射 .....            | 437 |
| 18.3 基础燃油 .....           | 365 | 20.17 实例分析 .....                   | 437 |
| 18.4 汽油添加剂 .....          | 365 | 20.18 小结 .....                     | 437 |
| 18.5 柴油 .....             | 367 | 20.19 复习思考题 .....                  | 438 |
| 18.6 代用燃料 .....           | 367 | <b>第21章 排放控制系统</b> .....           | 440 |
| 18.7 燃油供给系统 .....         | 368 | 21.1 概述 .....                      | 440 |
| 18.8 电子燃油系统 .....         | 382 | 21.2 排放控制装置的发展 .....               | 441 |
| 18.9 实例分析 .....           | 383 |                                    |     |

|                                         |                      |            |                                |                           |            |
|-----------------------------------------|----------------------|------------|--------------------------------|---------------------------|------------|
| 21.3                                    | PCV 系统 .....         | 441        | 21.17                          | 复习思考题 .....               | 461        |
| 21.4                                    | 废气再循环 (EGR) 系统 ..... | 443        | <b>第 22 章 发动机计算机控制系统 .....</b> |                           | <b>462</b> |
| 21.5                                    | EGR 阀与系统的检测 .....    | 446        | 22.1                           | 系统功能 .....                | 462        |
| 21.6                                    | EGR 系统的故障排除 .....    | 448        | 22.2                           | 系统组成 .....                | 462        |
| 21.7                                    | 空气温度的排放控制 .....      | 449        | 22.3                           | 主要的传感器 .....              | 464        |
| 21.8                                    | 点火提前系统 .....         | 452        | 22.4                           | 计算机输出和执行器 .....           | 469        |
| 21.9                                    | 空气喷射系统 .....         | 453        | 22.5                           | 系统运行方式 .....              | 469        |
| 21.10                                   | 二次空气系统 .....         | 454        | 22.6                           | 逻辑故障诊断 .....              | 471        |
| 21.11                                   | 查找二次空气系统故障 .....     | 455        | 22.7                           | 查找发动机计算机控制系统的<br>故障 ..... | 472        |
| 21.12                                   | 催化转换器 .....          | 456        | 22.8                           | OBD—Ⅱ 标准 .....            | 479        |
| 21.13                                   | 蒸发排放控制系统 .....       | 456        | 22.9                           | 实例分析 .....                | 482        |
| 21.14                                   | 排放检测 .....           | 459        | 22.10                          | 小结 .....                  | 482        |
| 21.15                                   | 实例分析 .....           | 460        | 22.11                          | 复习思考题 .....               | 483        |
| 21.16                                   | 小结 .....             | 460        |                                |                           |            |
| <b>第 4 篇 手动变速器和变速驱动桥</b>                |                      |            |                                |                           |            |
| <b>第 23 章 离合器 .....</b>                 |                      | <b>485</b> | 25.2                           | 故障诊断 .....                | 515        |
| 23.1                                    | 工作过程 .....           | 485        | 25.3                           | 变速器/变速驱动桥的拆卸 .....        | 517        |
| 23.2                                    | 自调离合器 .....          | 489        | 25.4                           | 清洁和检查 .....               | 518        |
| 23.3                                    | 离合器维护安全预防措施 .....    | 491        | 25.5                           | 变速器/变速驱动桥的重装 .....        | 520        |
| 23.4                                    | 离合器的保养 .....         | 491        | 25.6                           | 实例分析 .....                | 520        |
| 23.5                                    | 离合器的故障诊断 .....       | 492        | 25.7                           | 小结 .....                  | 521        |
| 23.6                                    | 离合器的维修 .....         | 493        | 25.8                           | 复习思考题 .....               | 521        |
| 23.7                                    | 实例分析 .....           | 495        | <b>第 26 章 驱动桥和差速器 .....</b>    |                           | <b>523</b> |
| 23.8                                    | 小结 .....             | 495        | 26.1                           | 前轮驱动桥 .....               | 523        |
| 23.9                                    | 复习思考题 .....          | 495        | 26.2                           | 等速万向节的型式 .....            | 523        |
| <b>第 24 章 变速器和变速驱动桥 .....</b>           |                      | <b>497</b> | 26.3                           | 等速万向节在前轮驱动上的<br>应用 .....  | 526        |
| 24.1                                    | 变速器与变速驱动桥 .....      | 497        | 26.4                           | 等速万向节的维护 .....            | 527        |
| 24.2                                    | 齿轮 .....             | 498        | 26.5                           | 预防性维护 .....               | 530        |
| 24.3                                    | 变速器/变速驱动桥 .....      | 501        | 26.6                           | 万向节的工作过程 .....            | 537        |
| 24.4                                    | 同步器 .....            | 503        | 26.7                           | 万向节的类型 .....              | 539        |
| 24.5                                    | 换档机构 .....           | 505        | 26.8                           | 传动轴和万向节的故障诊断 .....        | 541        |
| 24.6                                    | 变速器动力流 .....         | 507        | 26.9                           | 差速器 .....                 | 541        |
| 24.7                                    | 五档超速档 .....          | 509        | 26.10                          | 高摩擦自锁差速器 .....            | 547        |
| 24.8                                    | 变速驱动桥动力流 .....       | 509        | 26.11                          | 半轴 .....                  | 549        |
| 24.9                                    | 主传动齿轮和总传动比 .....     | 511        | 26.12                          | 差速器的维修 .....              | 553        |
| 24.10                                   | 实例分析 .....           | 512        | 26.13                          | 差速器的噪声诊断 .....            | 556        |
| 24.11                                   | 小结 .....             | 513        | 26.14                          | 实例分析 .....                | 556        |
| 24.12                                   | 复习思考题 .....          | 513        | 26.15                          | 小结 .....                  | 556        |
| <b>第 25 章 手动变速器/变速驱动桥的<br/>维护 .....</b> |                      | <b>515</b> | 26.16                          | 复习思考题 .....               | 557        |
| 25.1                                    | 润滑油的检查 .....         | 515        |                                |                           |            |

## 第5篇 自动变速器和变速驱动桥

|                               |     |                             |     |
|-------------------------------|-----|-----------------------------|-----|
| <b>第27章 自动变速器和变速驱动桥</b> ..... | 559 | 27.30 其他一般变速器 .....         | 607 |
| 27.1 变矩器 .....                | 561 | 27.31 实例分析 .....            | 609 |
| 27.2 锁止变矩器 .....              | 563 | 27.32 小结 .....              | 609 |
| 27.3 行星齿轮 .....               | 565 | 27.33 复习思考题 .....           | 611 |
| 27.4 行星齿轮控制装置 .....           | 567 | <b>第28章 自动变速器/变速驱动桥的</b>    |     |
| 27.5 行星齿轮传动系 .....            | 570 | <b>维修</b> .....             | 613 |
| 27.6 克莱斯勒·托克弗莱变速器 .....       | 571 | 28.1 自动变速器油 .....           | 614 |
| 27.7 福特辛普森齿轮传动系变速器 .....      | 572 | 28.2 选档杆系的检查 .....          | 618 |
| 27.8 通用汽车公司的辛普森齿轮传动           |     | 28.3 油门拉索杆系的检查 .....        | 619 |
| 系变速器 .....                    | 573 | 28.4 制动带的调整 .....           | 619 |
| 27.9 其他辛普森变速器 .....           | 574 | 28.5 真空调节器的维护 .....         | 620 |
| 27.10 拉维尼约啮型齿轮传动系 .....       | 577 | 28.6 调速器的维护 .....           | 620 |
| 27.11 福特ATX变速驱动桥 .....        | 577 | 28.7 路试 .....               | 620 |
| 27.12 福特AOD变速器 .....          | 578 | 28.8 准确诊断 .....             | 620 |
| 27.13 通用汽车公司3L30变速器 .....     | 579 | 28.9 压力测试 .....             | 621 |
| 27.14 串联行星齿轮组 .....           | 579 | 28.10 实例分析 .....            | 622 |
| 27.15 4T60变速驱动桥 .....         | 579 | 28.11 小结 .....              | 623 |
| 27.16 AXOD变速驱动桥 .....         | 583 | 28.12 复习思考题 .....           | 623 |
| 27.17 本田非行星机构变速驱动桥 .....      | 584 | <b>第29章 四轮驱动和全轮驱动</b> ..... | 625 |
| 27.18 液压系统 .....              | 585 | 29.1 4WD与AWD .....          | 625 |
| 27.19 泵 .....                 | 586 | 29.2 四轮驱动系统 .....           | 625 |
| 27.20 阀体 .....                | 587 | 29.3 分动器 .....              | 627 |
| 27.21 阀 .....                 | 588 | 29.4 毂的锁定和解锁 .....          | 627 |
| 27.22 压力调节阀 .....             | 589 | 29.5 传统4WD工作方式 .....        | 630 |
| 27.23 调速器 .....               | 592 | 29.6 4WD客车 .....            | 631 |
| 27.24 液压回路 .....              | 592 | 29.7 4WD汽车的维修 .....         | 631 |
| 27.25 电子控制装置 .....            | 598 | 29.8 全轮驱动系统 .....           | 637 |
| 27.26 克莱斯勒变速器 .....           | 600 | 29.9 实例分析 .....             | 638 |
| 27.27 福特汽车公司变速器 .....         | 603 | 29.10 小结 .....              | 639 |
| 27.28 通用汽车变速器 .....           | 604 | 29.11 复习思考题 .....           | 639 |
| 27.29 本田变速器 .....             | 606 |                             |     |

## 第6篇 悬架

|                         |     |                        |     |
|-------------------------|-----|------------------------|-----|
| <b>第30章 轮胎和车轮</b> ..... | 641 | 31.1 悬架系统元件 .....      | 659 |
| 30.1 车轮 .....           | 641 | 31.2 麦克弗森撑杆式悬架元件 ..... | 666 |
| 30.2 轮胎 .....           | 641 | 31.3 前独立悬架 .....       | 669 |
| 30.3 轮胎/车轮摆差 .....      | 652 | 31.4 前悬架一般检查 .....     | 673 |
| 30.4 轮胎/车轮的维修 .....     | 653 | 31.5 前悬架元件的维修 .....    | 673 |
| 30.5 实例分析 .....         | 657 | 31.6 后悬架系统 .....       | 678 |
| 30.6 小结 .....           | 657 | 31.7 后驱动轴悬架系统 .....    | 679 |
| 30.7 复习思考题 .....        | 658 | 31.8 半独立悬架 .....       | 682 |
| <b>第31章 悬架系统</b> .....  | 659 | 31.9 独立悬架 .....        | 682 |
|                         |     | 31.10 电子控制悬架 .....     | 686 |

|                              |     |                        |     |
|------------------------------|-----|------------------------|-----|
| 31.11 电子悬架元件的维修 .....        | 690 | 32.5 动力转向系的一般检查 .....  | 710 |
| 31.12 主动悬架 .....             | 691 | 32.6 动力转向系的维修 .....    | 711 |
| 31.13 声纳路面传感 .....           | 692 | 32.7 电子控制动力转向系 .....   | 711 |
| 31.14 实例分析 .....             | 692 | 32.8 四轮转向系统 .....      | 713 |
| 31.15 小结 .....               | 693 | 32.9 车轮定位原理 .....      | 718 |
| 31.16 复习思考题 .....            | 693 | 32.10 定位规程 .....       | 722 |
| <b>第 32 章 转向系和车轮定位</b> ..... | 695 | 32.11 后轮定位 .....       | 728 |
| 32.1 机械转向系及其组成 .....         | 695 | 32.12 四轮驱动车辆车轮定位 ..... | 729 |
| 32.2 机械转向系的维修规程 .....        | 701 | 32.13 实例分析 .....       | 732 |
| 32.3 动力转向系 .....             | 704 | 32.14 小结 .....         | 732 |
| 32.4 动力转向系故障诊断 .....         | 709 | 32.15 复习思考题 .....      | 732 |

## 第 7 篇 制 动 器

|                           |     |                                  |     |
|---------------------------|-----|----------------------------------|-----|
| <b>第 33 章 制动系统</b> .....  | 735 | 34.12 复习思考题 .....                | 779 |
| 33.1 摩擦 .....             | 735 | <b>第 35 章 盘式制动器</b> .....        | 780 |
| 33.2 液压制动系统的原理 .....      | 736 | 35.1 盘式制动器部件和它们的功用 .....         | 780 |
| 33.3 液压制动系统的部件 .....      | 738 | 35.2 后盘式/鼓式(辅助鼓式)驻车<br>制动器 ..... | 784 |
| 33.4 液压管路和软管 .....        | 742 | 35.3 后盘式驻车制动器 .....              | 784 |
| 33.5 液压系统安全开关和阀 .....     | 743 | 35.4 维修预防措施 .....                | 784 |
| 33.6 鼓式和盘式制动器 .....       | 745 | 35.5 一般性的卡钳检查和维修 .....           | 785 |
| 33.7 液压系统的维修 .....        | 746 | 35.6 转子的检查和维修 .....              | 793 |
| 33.8 推杆的调整 .....          | 751 | 35.7 实例分析 .....                  | 793 |
| 33.9 液压-助力动力制动器 .....     | 751 | 35.8 小结 .....                    | 794 |
| 33.10 测试液压-助力装置 .....     | 752 | 35.9 复习思考题 .....                 | 794 |
| 33.11 动力助力总成液压助力器 .....   | 752 | <b>第 36 章 防抱死制动系统</b> .....      | 796 |
| 33.12 实例分析 .....          | 753 | 36.1 压力调节 .....                  | 796 |
| 33.13 小结 .....            | 754 | 36.2 踏板感觉 .....                  | 796 |
| 33.14 复习思考题 .....         | 754 | 36.3 防抱死制动系统的类型 .....            | 796 |
| <b>第 34 章 鼓式制动器</b> ..... | 756 | 36.4 整体式防抱死制动系统部件 .....          | 799 |
| 34.1 鼓式制动器工作过程 .....      | 756 | 36.5 整体式防抱死制动系统工作<br>过程 .....    | 800 |
| 34.2 鼓式制动器部件 .....        | 756 | 36.6 分体式防抱死制动系统 .....            | 803 |
| 34.3 鼓式制动器的结构 .....       | 759 | 36.7 防抱死制动系统的维修 .....            | 804 |
| 34.4 路试制动器 .....          | 764 | 36.8 诊断与测试 .....                 | 805 |
| 34.5 鼓式制动器的检查 .....       | 764 | 36.9 自动稳定性(牵引力)控制 .....          | 805 |
| 34.6 制动蹄和衬片 .....         | 770 | 36.10 实例分析 .....                 | 806 |
| 34.7 轮缸的检查和维修 .....       | 772 | 36.11 小结 .....                   | 806 |
| 34.8 鼓式驻车制动器 .....        | 773 | 36.12 复习思考题 .....                | 807 |
| 34.9 集成式驻车制动器 .....       | 775 |                                  |     |
| 34.10 实例分析 .....          | 778 |                                  |     |
| 34.11 小结 .....            | 778 |                                  |     |

## 第 8 篇 客车舒适性

|                           |     |                   |     |
|---------------------------|-----|-------------------|-----|
| <b>第 37 章 暖气和空调</b> ..... | 809 | 37.2 汽车供暖系统 ..... | 809 |
| 37.1 通风系统 .....           | 809 | 37.3 暖气系统维护 ..... | 812 |

|       |                   |     |
|-------|-------------------|-----|
| 37.4  | 汽车空调理论 .....      | 812 |
| 37.5  | 空调系统中的制冷剂 .....   | 813 |
| 37.6  | 空调系统和它的组成部件 ..... | 813 |
| 37.7  | 空调系统和控制装置 .....   | 820 |
| 37.8  | 保养维护的预防措施 .....   | 823 |
| 37.9  | 制冷剂的安全预防措施 .....  | 824 |
| 37.10 | 空调器测试和维修设备 .....  | 824 |
| 37.11 | 诊断步骤和调试步骤 .....   | 833 |
| 37.12 | 温度控制系统 .....      | 833 |
| 37.13 | 电气系统检查 .....      | 837 |
| 37.14 | 实例分析 .....        | 837 |
| 37.15 | 小结 .....          | 837 |

|                           |                   |            |
|---------------------------|-------------------|------------|
| 37.16                     | 复习思考题 .....       | 838        |
| <b>第 38 章 其它的舒适性、安全性及</b> |                   |            |
|                           | <b>防护设备 .....</b> | <b>840</b> |
| 38.1                      | 安全玻璃 .....        | 840        |
| 38.2                      | 约束系统 .....        | 841        |
| 38.3                      | 气囊系统维修 .....      | 848        |
| 38.4                      | 安全和防盗设备 .....     | 850        |
| 38.5                      | 其它电子设备 .....      | 852        |
| 38.6                      | 实例分析 .....        | 854        |
| 38.7                      | 小结 .....          | 855        |
| 38.8                      | 复习思考题 .....       | 855        |

# 第1篇 发 动 机

## 第1章 汽车用发动机

现代发动机是高度工程化了的动力装置,可以满足各种性能、燃料、效率的需求。笨重的铸铁制V-8机,以低的燃油行驶里程数,很快成为过去,已被紧凑轻型、燃料利用率高的发动机所取代。现代发动机由轻型的铸件和冲压件、非铁材料(如铝、镁、强化纤维塑料)组成。联接用紧固件也较少、较小,这些紧固件可能是经过计算机设计而制成的,因而其负荷性能好。每一种新发动机的设计都有其结构材料、铸造构形与设计上的鲜明个性。

### 1.1 发动机的分类

现代汽车用发动机可以按以下各结构特征加以分类。

(1) 工作循环 多数技术人员一般接触的只是四冲程循环的发动机(图1-1),但是少数老式轿车和未来的某些轿车也会采用二冲程循环机。

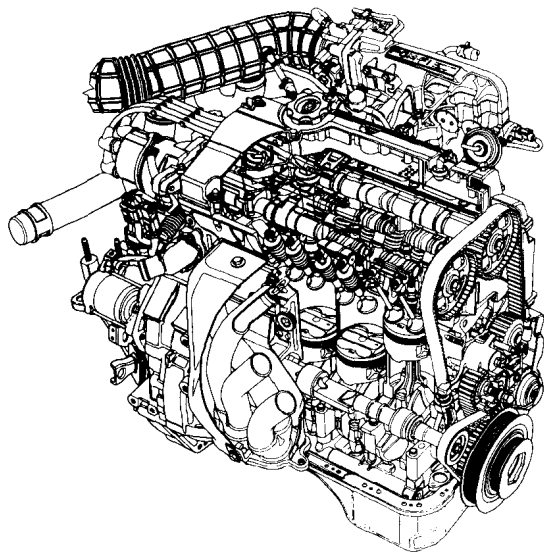


图1-1 四冲程发动机的主要机件

(Courtesy of American Honda Motor Company, Inc.)

(2) 缸数 现代发动机的设计中有3、4、5、6、8和12缸的发动机结构。

(3) 气缸布置 发动机的气缸布置可以是对置式、直列式、斜置式或V形的,也可能有其它更复杂的结构。

(4) 气门传动型式 发动机气门传动可以是顶置凸轮轴型或凸轮轴在缸体上的顶置气门型。某些发动机的进气门和排气门凸轮轴是分开的,它们属于顶置凸轮轴设计,称为双顶置凸轮轴发动机。V形双顶置凸轮轴则有4根凸轮轴,每侧有2根。

(5) 点燃类型 有火花点燃和压燃两类点燃系统。汽油机采用火花点燃系统时,燃料-空气混合气由电火花点燃。柴油机或压燃机则没有火花塞,汽车用柴油机是依靠缸内空气受压缩时产生的热来点燃燃料-空气混合气的。

(6) 冷却系统 现在行驶的汽车有空气冷却的和液体冷却的发动机。现代发动机几乎全部采用液体冷却系统。

(7) 燃料类型 目前用在汽车发动机上的几种燃料包括汽油、天然气、柴油和丙烷,最通用的是汽油。

### 1.2 四冲程汽油机

在轿车或载货汽车上,发动机通过传动系统和驱动轴提供驱动车轮的转动动力。所有的汽车用发动机,包括汽油机和柴油机,都是内燃型的,为此需要有燃料-空气混合气在适当时刻进入燃烧室,发动机结构则要承受住燃油燃烧时产生的温度和压力。

燃烧室是活塞顶与气缸盖之间的空间,在该封闭空间内汽油与空气的混合气发生燃烧,产生高压,推动活塞在气缸内往复运动。这一往复运动,在驱动车辆车轮前必须由连接活塞与曲轴的连杆转变成旋转运动(图1-2)。连杆上端与活塞在缸内一起上下运动,连杆下端则连接在曲轴上作圆周运动。曲轴端部与飞轮联接,飞轮通过传动系将发动机动力传给车轮。

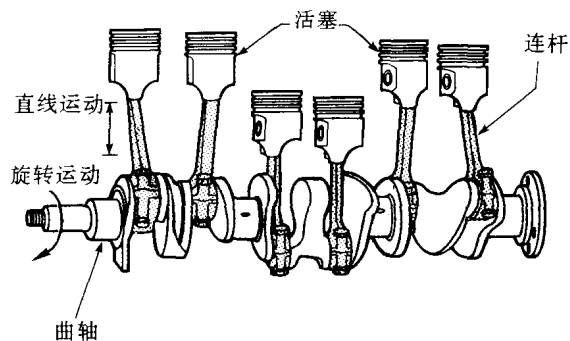


图 1-2 活塞往复运动通过连杆-  
曲轴转变为旋转运动

为使燃料在发动机中完全燃烧，一定量的燃料要与一定量的空气相混合。混合气在密封的空间中受压，

经点火系统点燃，使气缸内的全部燃料燃烧而发出动力。汽车用发动机的气缸不止 1 个，要使发动机高效运行，每一气缸都应接受相同量的空气、燃料和热能。

虽然燃烧必须发生在一个密封的气缸内，但气缸还应该想办法让热能、燃料和空气进入，还应该想办法让燃烧过的燃料-空气混合气的废气排出气缸，为此发动机设有若干气门。

每个气缸顶上至少有 2 个气门，燃料-空气混合气从进气门进入燃烧室，混合气燃烧后生成的废气则从排气门排出气缸。各气门是精确加工过的塞子，座落在加工过的孔口上，气门落座即关住孔口，气门离开孔口即打开气门。

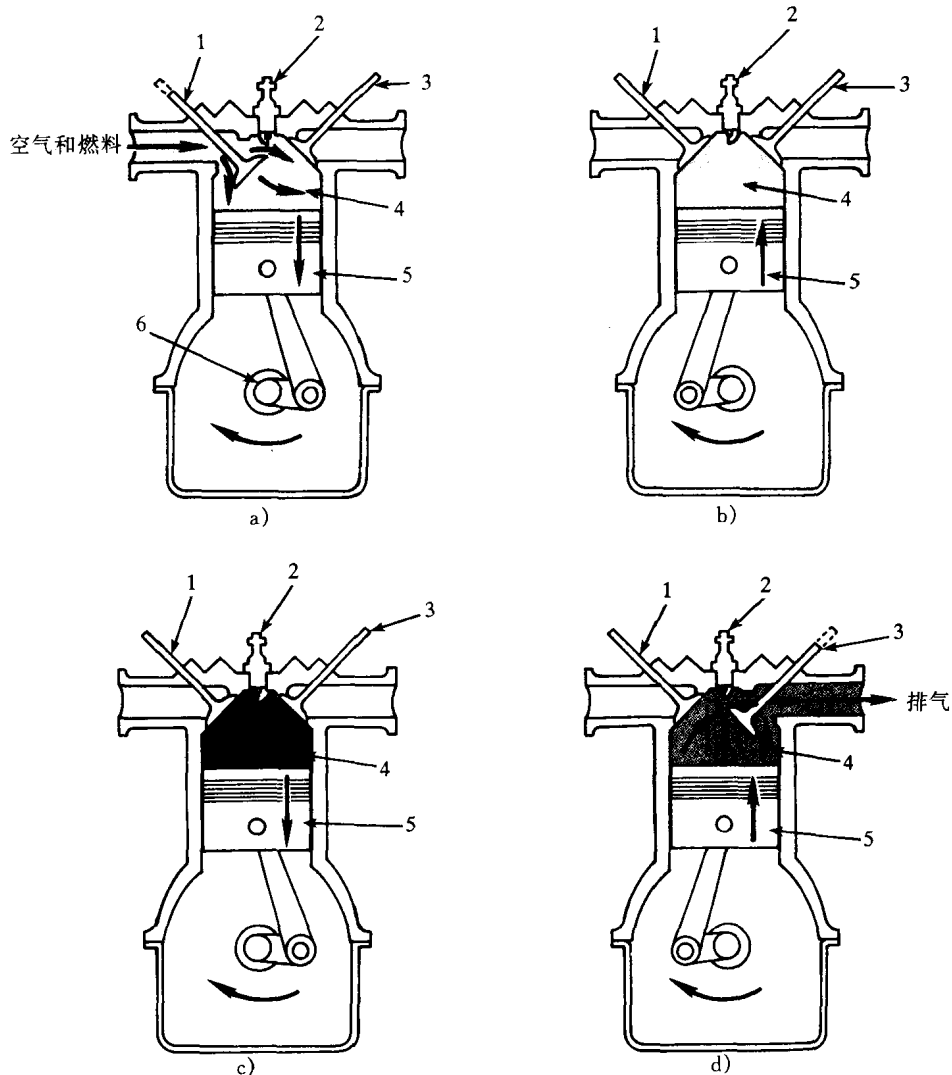


图 1-3 四冲程发动机循环的各阶段

a) 进气行程 b) 压缩行程 c) 膨胀行程 d) 排气行程

1—进气门 2—火花塞 3—排气门 4—燃烧室 5—活塞 6—曲轴

曲轴驱动的凸轮轴用以打开进、排气门。凸轮轴旋转时,凸轮转动使气门离座打开孔口,凸轮凸起转过,气门则在弹簧力的作用下关闭。凸轮轴可以设在气缸体上,也可设在气缸盖上。

通过气门动作和火花塞作用时间与活塞运动的配合,活塞的4个行程中实现了燃烧循环:进气行程、压缩行程、膨胀行程和排气行程。

在4个行程中,活塞的上下运动由曲轴转变为旋转运动。曲轴两转完成4行程循环。

燃烧时产生的压力推动活塞运动只有大约半个行程或曲轴转动的1/4圈,所以需要有飞轮。飞轮既贮存了发动机发出的一部分动力,用以使活塞在4行程循环的其它时间能继续运动,也用来压缩燃烧前的燃料-空气混合气。

(1) 进气行程 循环的第一个行程是进气行程。这时活塞离开上止点,进气门打开(图1-3a)。活塞下行加大了活塞上方的气缸容积,使气缸压力下降。空气与燃料的混合气从打开的进气门进入气缸(有的发动机设有增压器或涡轮增压器,可将更多的空气从气门推入气缸)。当活塞到达行程底部时,燃料-空气混合气的进入速度减慢,由于混合气的运动惯性,因而进气并未终止,混合气继续进入气缸直到进气门关闭。进气门关闭是在活塞到达下止点以后,延迟关闭进气门可以尽量充入更多的空气和燃料,所以增大了气缸的容积效率。

(2) 压缩行程 压缩行程在活塞从下止点向上运动开始。这时进气门关闭,燃料-空气混合气密闭在气缸中(图1-3b)。活塞上行压缩燃料-空气混合气,使之变热。在上止点处,活塞与气缸壁构成了燃料在其中燃烧的燃烧室。活塞下止点处的气缸容积与活塞上止点处的气缸容积之比就是发动机的压缩比。

(3) 膨胀行程 膨胀行程(做功行程)开始于受压缩混合气被点燃(图1-3c)。一个电火花穿过火花塞电极,点燃燃料-空气混合气,燃烧后的混合气急速膨胀,对活塞顶产生了很高的压力,从而驱动活塞向下止点运动,活塞的向下运动通过连杆而传到曲轴。

(4) 排气行程 膨胀行程中活塞到达下止点时,打开排气门(图1-3d)。气缸内的压力使排气从打开的气门冲出而进入排气系统,活塞从下止点上行将余下的大部分排气推出气缸。活塞近上止点时排气门开始关闭而进气门开始打开。排气行程完成后,进气门打开,则又一次开始了4行程循环。在每个气缸中都发生这样的循环,并且只要发动机在转动,循环就不断重复进行。

### 1.3 二冲程汽油机

以前曾有过车辆采用二冲程机,这种发动机只需

活塞两个行程就可完成进气、压缩、膨胀和排气4个完整的运作。如图1-4所示,进行过程如下:

(1) 活塞从下止点向上止点的运动完成进气和压缩(图1-4a)

(2) 活塞近上止点处时,压缩后的燃料-空气混合气被点燃,引起气体膨胀。应该注意这时簧片阀是关闭的,活塞也封住了进气口(图1-4b)。

(3) 缸内的膨胀气体迫使活塞下行而转动曲轴(图1-4c)。

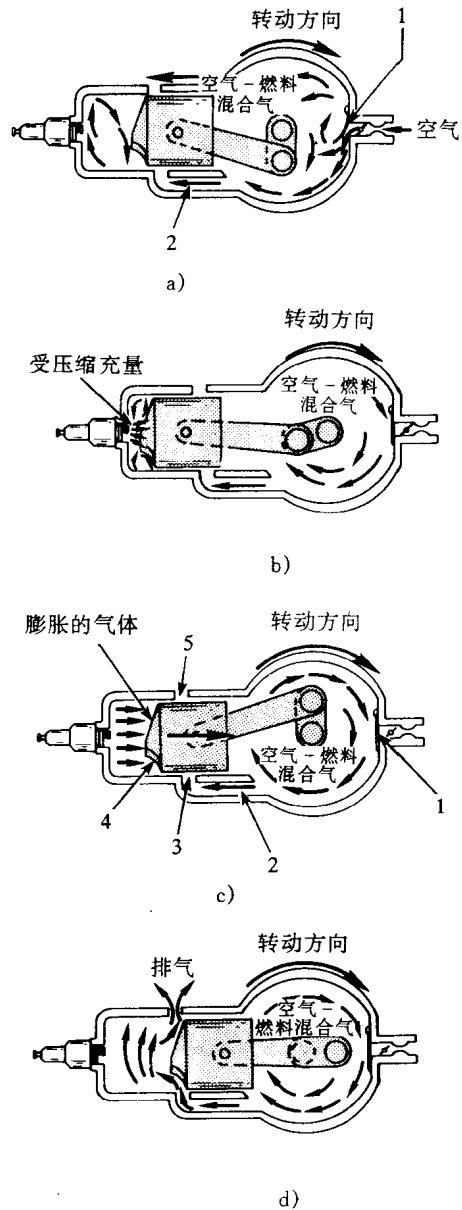


图1-4 二冲程发动机循环的各阶段

1—簧片阀 2—混合气通路 3—进气口

4—带导流头的活塞 5—排气口

(4) 活塞在下止点处,进排气口都打开着,使排气离开气缸,燃料-空气混合气进入气缸(图1-4d)。

虽然二冲程发动机没有气门传动结构,较简单轻巧,但并未在汽车上得到广泛应用。与四冲程发动机相比,二冲程机的燃油经济性较差,排气较脏。由于为使活塞润滑,需要不断向气缸供润滑油,因而排气中往往含有润滑油,有的二冲程发动机燃油中即混入一定量的润滑油。

然而近年来由于燃油喷射系统的发展,对二冲程机的兴趣又在增长。喷射系统在某种程度上像一枝喷漆枪,利用压缩空气将高度雾化的燃油直接吹入燃烧室顶部。这种燃油喷射系统使传统的二冲程机长期探求的燃油经济性和排放问题得到解决,这种系统将成为未来可用在轿车上的奥必托(Orbital)二冲程直喷活塞式发动机的基础。

一台较小工作容积的二冲程机能以较少的燃料给出较大工作容积的四冲程机的功率,是因为二冲程机的曲轴每转都有燃料燃烧。这种发动机所以可能被未来认可,就是因为这一点。其燃油经济性得到改进,部分原因是由于改进了一些机械设计及采用了气力式的燃油直喷系统。

设计上的一个特点是采用了3缸缸体(图1-5)。虽然直喷技术也能用在4缸机或V-6机上,但采用3缸缸体可以节约材料,减小体积,降低制造费用。与四冲程机相比,减少了内部摩擦和没有气门传动,也可以改善燃油经济性。

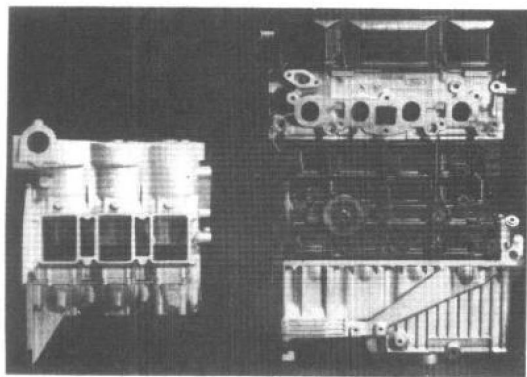


图1-5 3缸发动机的缸体铸件

另一项性能改进是奥必托二冲程机采用了高紊流燃烧室。发动机有排气口的扫气控制阀,阀由计算机控制以求增大低速转矩并有助于控制排放,阀可部分关闭以限制排气缸量,达到减少 $\text{NO}_x$ 的排气效果。

## 1.4 四冲程发动机设计上的几方面特性

### 1.4.1 气缸布置

不同车辆上可以采用直列式(一列式)、V形、斜置式(倾斜式)或对置式气缸结构,最通用的是直列式的和V形的发动机。

(1) 直列式气缸发动机 直列式发动机(图1-6)各缸配置成一排。各缸一起共用1根曲轴和1个缸盖,缸体是铸件,各气缸呈直立状。

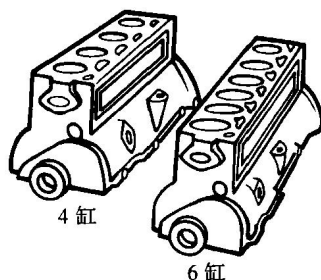


图1-6 直列式发动机设计

直列式发动机易于制造和维护,但由于气缸直立,使车辆前部较高,会影响轿车的空气动力学设计,因而用直列式发动机的车辆前部不能像用其它结构发动机时那么低。

(2) V形气缸发动机 V形发动机有相隔 $60^\circ \sim 90^\circ$ 的两排气缸(图1-7),它用一根曲轴与V形两侧的活塞相连,每排气缸上各有一个气缸盖。

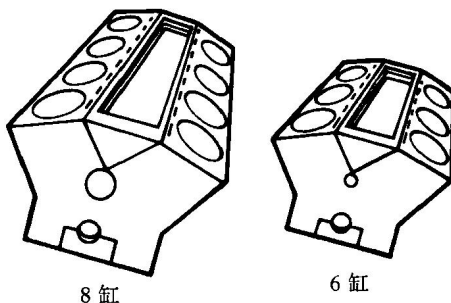


图1-7 V形发动机设计

采用V形机的一个优点就是发动机没有直列式那么高,车辆前部可以做得低些,从而改善了车辆的空气动力学性能。如果需要8个气缸发出功率,V形机使发动机变短、变轻、更紧凑。而过去车辆上用直列式8缸机时,发动机很长很长的曲轴还加大了发动机的扭转振动。

(3) 斜置式气缸发动机 各气缸呈倾斜布置(图1-8a),很像直列式,但整个缸体是倾斜的。这种设计用以减小发动机顶部与底部间的距离。采用这种斜置式发动机的车辆可以在空气动力性能上得到改善。

(4) 对置式气缸发动机 两排气缸配置在曲轴两侧(图 1-8b)。对置式气缸发动机用在发动机空间垂向高度很小的场合,在车辆上往往用作后置发动机。两排气缸间的典型夹角是 $180^\circ$ ,有1根曲轴、2个缸盖。

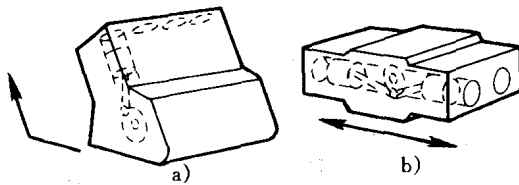


图 1-8 气缸的两种布置形式

a) 斜置式 b) 对置式

#### 1.4.2 气门与凸轮轴的不同配置方案

汽车上四冲程汽油机采用两种气门与凸轮轴配置的基本方案(图 1-9)。

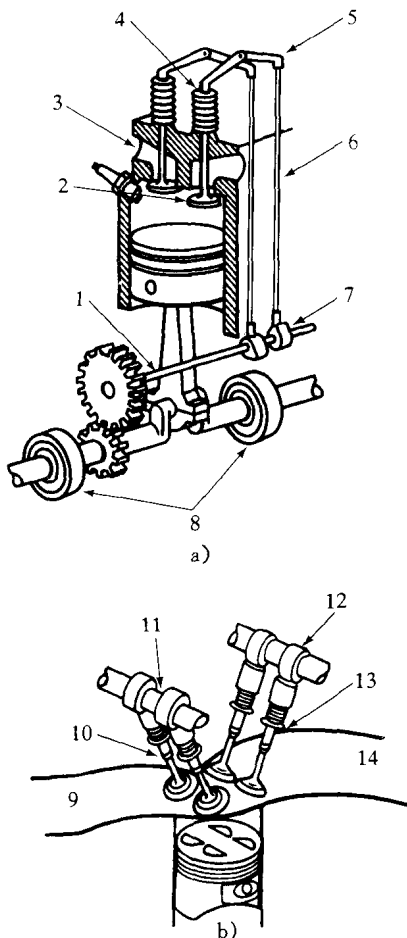


图 1-9 气门与凸轮轴配置的基本方案

a) 顶置气门式 b) 顶置凸轮式

- 1—凸轮轴 2—气门 3—气道 4—气门弹簧 5—摇臂  
6—推杆 7—凸轮 8—轴承 9—排气道 10—排气门  
11—排气凸轮轴 12—进气凸轮轴 13—进气门  
14—进气道

(1) 顶置气门式 进排气门装在缸盖上,由装在缸体上的凸轮轴驱动,这时要有挺柱、推杆和摇臂,将凸轮轴的转动传递到气门使之运动。进排气管是装在缸盖上的。

(2) 顶置凸轮式 顶置凸轮式发动机进排气门也在缸盖上,但凸轮轴也在缸盖上,气门由凸轮轴直接驱动或通过凸轮随动柱(或挺柱)而驱动。

#### 1.4.3 气门布置

如图 1-10 所示,有过多种气门布置方案,其中多数现已不再采用。

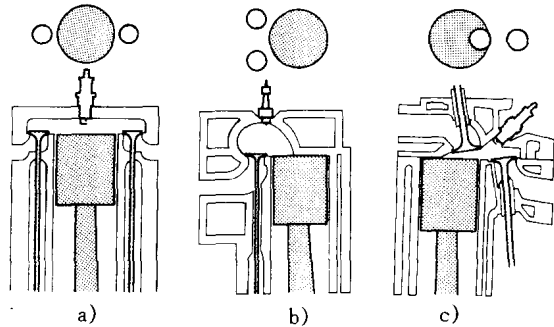


图 1-10 气门布置方案

a) T型 b) L型 c) F型

(1) L型 用L型缸盖的发动机也称扁平缸盖发动机或侧置气门式发动机,曾是一种通用的气门布置方式。其特点是缸盖上无运动部件,缸盖只作为燃烧室的一部分而起作用,气门配置在缸体上各缸的侧面,进排气管连向缸体,气门由凸轮轴直接启闭。这种设计的主要缺点是燃料-空气混合气进入燃烧室必须改变方向,因而限制了发动机的总体性能。

(2) I型 气门直接在活塞上方(顶置气门),气门配置在缸盖上。这种设计使燃料和空气易于进出气缸,其若干变型用在当代发动机上。

(3) T型 气门在缸体上,与L型的区别是需2根凸轮轴。由于造价昂贵,T型设计已不用于汽车。

(4) F型 是I型与L型的复合设计,气门既有在缸盖上的,又有在缸体上的,具有L型和I型的某些优点,但增大了零件成本。

#### 1.4.4 气门和凸轮轴的工作

在顶置气门式发动机上,凸轮轴在缸体上时(图 1-11),气门由凸轮轴通过挺柱、推杆和摇臂驱动;在顶置凸轮式时,凸轮可直接驱动气门而无需推杆。

凸轮是近似椭圆形的。凸轮在轴上的配置取决于气门打开的时间,凸轮的设计取决于相对于活塞运动的气门打开延续时间。