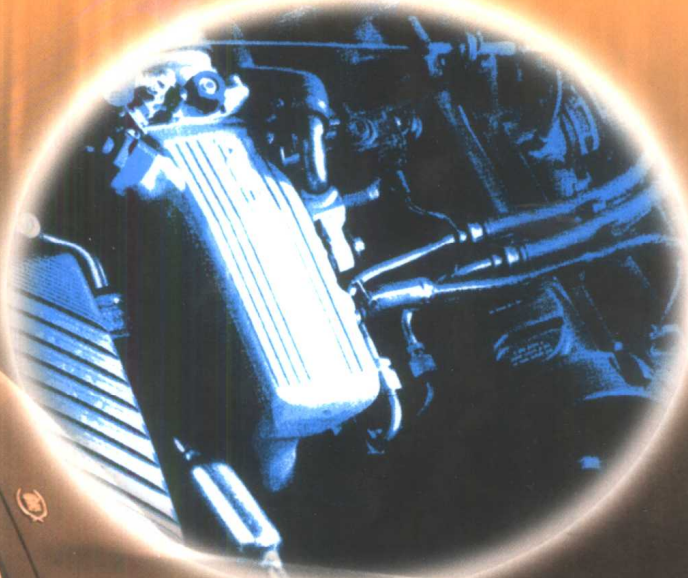


● 美国汽车修理专业技师培训教材

汽车发动机故障 诊断与修复

(美) 蒂姆·吉勒斯 著



- 发动机构造
- 故障诊断
- 解体与检查
- 修理与装合

机械工业出版社

1025074

美国汽车修理专业技师培训教材

汽车发动机故障诊断与修复

(美) 蒂姆·吉勒斯 著

宋进桂 于京诺 杨占鹏 等译



机械工业出版社

本书共分四篇 13 章,较详细地介绍了发动机的修理和故障诊断方法。另外,还介绍了发动机的工作原理、发动机修理中常用的测量仪器和机具设备。该书通俗易懂,通用性强,可供进口汽车发动机修理人员参考,亦可作为汽车修理工培训教材和汽车修理专业的院校师生的参考书。

Automotive Engines
Diagnosis • Repair • Rebuilding
3rd Edition
Tim Gilles

All rights reserved. Certain portions of this work copyright 1986, 1991. 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

汽车发动机故障诊断与修复/(美)蒂姆·吉勒斯(Tim Gilles)著;宋进桂等译. —北京:机械工业出版社,1998. 12

书名原文:Automotive Engines Diagnosis Repair Rebuilding

美国汽车修理专业技师培训教材

ISBN 7-111-06895-5

I. 汽… II. ①吉…②宋… III. ①汽车-发动机-故障诊断-技术培训-教材②汽车-发动机-故障修复-技术培训-教材 N. U472.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 29269 号

出版人:马九荣(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:杨民强 王正琼 版式设计:冉晓华 责任校对:肖新民

封面设计:姚毅 责任印制:路琳

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

1999 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm^{1/16}·31.5 印张·769 千字

0 001—4 000 册

定价:52.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

译 者 的 话

《汽车发动机故障诊断与修复》是美国圣巴巴拉城市学院蒂姆·吉勒斯教授所著的《Automotive Engines-Diagnosis Repair Rebuilding》第3版的中译本。

该书较详细地介绍了汽车发动机的故障诊断及修复方法，通俗易懂，实用性强，特别适合于汽车修理技术人员、汽车修理工和院校师生阅读。在目前进口车数量较大，一些修理厂家引进了一些先进的维修仪器设备和维修技术的情况下，本书的出版就显得更为必要。

参加本书翻译工作的有宋进桂、杨弋（第一篇和第二篇）、于京诺（第三篇）和杨占鹏（第四篇、附录和附表）；侯正光、刘亚军、付明、王庆柱、张静、陈新广、田卫参与了部分章节的翻译。

由于译者水平有限，时间仓促，书中难免有不妥和错误之处，恳请读者给予指正。

译 者

1998年7月

3A10 03/05

序 言

本书对发动机修理的重要技术领域作了浅显易懂的综合性介绍，目的是向读者提供大量有用的知识。书中对发动机修理作业所用机具的操作进行了详细的说明，所介绍的修理项目具有通用性。本书对生产厂家维修手册中所介绍的知识不再重复。

本书适用于发动机修理初级技工的培训，是有经验的修理技工考取 ASE 证书的必备读物，还可作为各级汽车发动机修理学习班的教材。学完本书可使读者提高判断和排除故障的能力，并获得一些机械方面的基础知识。

今天的汽车所采用的发动机结构大多数是类似的。本书讨论了对所有发动机都适用的修理技术，有意回避了个别发动机的独特的修理方法和特殊情况。如果遇到这些情况，请读者参阅发动机修理手册。

本书分四篇。第一篇介绍发动机构造、解体、检查和配件订购。本篇还介绍了解体前、后的故障诊断技术和发动机的车上修理过程，详细讨论了工具和修理设备的操作程序和安全问题。

第二篇介绍换气系统。内容包括配气机构和进、排气歧管。本篇虽然仅有两章，但篇幅较长。由于气门和气门座维修所需的设备比较便宜，在许多维修店、配件店、机加工店和特约经销店都很常见，因此，本篇详细介绍了气缸盖的修理；凸轮轴和涡轮增压器也在本篇中讨论。

第三篇介绍气缸体总成。本篇重点是下部机件的修理程序。本篇还讨论了润滑和冷却系统。第四篇介绍了发动机的最后装配和起动。本篇还包括衬垫、油封和螺栓等。

为使读者容易查阅，本书章数较少。与某一专题有关的所有内容都包含在同一章内。这种内容编排方式能使高级学员便于预习。

许多发动机修理课本还介绍化油器、点火系统、电气系统和排放控制装置，而在本书中只有发动机故障诊断部分才涉及到这些装置的调整。本书虽然强调了燃料系统、电气系统和烟雾控制系统的重要性，但它们属于汽车修理的特殊领域。对任何一位热爱发动机修理的学员来说，都具有足够的发动机知识，因而没有涉及过多的额外专题。本书是修订的第三版，在这一版中又充实了新的内容。

本书每章结束时均有思考题。各个思考题按出现的先后次序排列。因此，指导教师可以让学员将一章分成若干部分来阅读，这样布置思考题也很方便。

本书为美国汽车维修杰出工作者协会 (ASE) 实行的“发动机修理鉴定考试”提供了全部必需的知识。每篇末均有 ASE 测验题，以便帮助读者通过鉴定。

本书还列举了作者在 25 年的汽车维修生涯中所遇到的真实事例，为读者展现了汽车维修中应注意的问题和汽车故障诊断的思路。

蒂姆·吉勒斯

目 录

译者的话
序言

第一篇 发动机构造、故障诊断、解体与检查

第1章 发动机工作原理	3
1.1 发动机的基本组成	3
1.2 四冲程发动机工作原理	5
1.3 气缸布置	6
1.4 配气机构	7
1.5 气缸体	8
1.6 前轮驱动	12
1.7 发动机分类	12
1.8 燃烧室型式	14
1.9 曲轴的旋转方向	15
1.10 点火次序	15
1.11 发动机冷却	17
1.12 电火花点火与压缩点火	18
思考题	21
第2章 发动机清洗	22
2.1 维修车间安全健康注意事项	23
2.2 清洗方法	24
2.3 发动机外部清洗	25
2.4 发动机内部清洗	28
思考题	39
第3章 发动机维修车间的安全性、工具和设备	41
3.1 维修车间的安全性	41
3.2 通用工具	46
3.3 拉器	57
3.4 气动工具	60
3.5 车间设备	63
3.6 电动设备	66
3.7 液压设备	70
3.8 其它车间设备	77
思考题	79

第4章 测量	82
4.1 米制	82
4.2 普通测量工具	83
4.3 精密测量工具	84
思考题	95
第5章 修前初步诊断	96
5.1 大修前的故障诊断	96
5.2 机油消耗过量	97
5.3 燃料混合故障	105
5.4 气缸压缩压力不足	105
5.5 发动机异响	115
5.6 机油压力过高或过低	124
5.7 冷却系统故障	125
5.8 电子控制系统故障引起的发动机破坏	130
思考题	130
第6章 发动机的拆卸、解体、检查与车上修理	132
6.1 维修资料	132
6.2 维修车间用维修手册	132
6.3 发动机的拆卸	135
6.4 发动机的解体	144
6.5 订购配件	154
6.6 发动机的车上大修	157
思考题	164
ASE 练习题(第一篇)	165

第二篇 换气系统

第7章 气缸盖	171
7.1 气缸盖的解体	171
7.2 清除积炭	176
7.3 裂纹的检查	176
7.4 裂纹的修理	178
7.5 气门导管的检查	180
7.6 气门导管的修理	182
7.7 气门导管的铰削	184
7.8 气门油封	193

7.9 气缸盖表面修整	198	10.2 轴向推力	305
7.10 气门弹簧	201	10.3 曲轴的检验	305
7.11 推杆	206	10.4 轴承	312
7.12 摇臂	206	10.5 活塞	320
7.13 气门与气门修理	208	10.6 活塞环	330
7.14 气门座与气门座修理	218	10.7 活塞销	341
7.15 气缸盖的装合	227	10.8 连杆	345
思考题	229	10.9 发动机的平衡	350
第8章 发动机换气与功率: 凸轮 轴、歧管和增压器	231	思考题	355
8.1 凸轮轴	231	第11章 润滑系与冷却系	357
8.2 凸轮轴轴向推力	232	11.1 润滑系	357
8.3 气门间隙	233	11.2 冷却系	376
8.4 气门挺杆	234	思考题	393
8.5 配气正时	241	ASE 练习题 (第三篇)	394
8.6 凸轮轴传动装置	249	第四篇 发动机修理与装配	397
8.7 进、排气歧管	256	第12章 发动机紧固件的修理与 衬垫的更换	399
8.8 涡轮增压器	260	12.1 紧固件的特征	399
8.9 机械增压器	267	12.2 螺栓的拉伸变形	399
8.10 发动机功率	270	12.3 扭矩和摩擦力	400
思考题	271	12.4 钻头	405
ASE 练习题 (第二篇)	271	12.5 丝锥和螺纹	408
第三篇 气缸体总成	275	12.6 断头螺栓的修理	413
第9章 气缸体的检查与修理	277	12.7 喇叭口管的修理	415
9.1 气缸体的清洗	277	12.8 密封垫	417
9.2 油堵和水堵	277	12.9 发动机的其它密封垫	422
9.3 主轴承盖	279	12.10 衬垫密封剂	424
9.4 主轴承	279	12.11 动密封件	427
9.5 缸体上平面的修整	282	思考题	433
9.6 气缸的检验	282	第13章 发动机的装配与起动	435
9.7 气缸壁的表面粗糙化	284	13.1 保修承诺	435
9.8 气缸的镗削	286	13.2 发动机的装配	436
9.9 气缸的珩磨	289	13.3 发动机总成装配后的完善	450
9.10 气缸倒角	293	13.4 发动机的车上安装	453
9.11 气缸套	293	13.5 发动机的起动和凸轮轴的初期 磨合	457
9.12 挺杆孔	294	13.6 最终检查和清洁	459
9.13 缸体的最后处理	295	思考题	459
思考题	301	ASE 练习题 (第四篇)	460
第10章 曲轴、轴承、活塞与连 杆	302	附录 A 维修操作步骤	463
10.1 曲轴的结构	302	A.1 发动机的拆卸	463

A.2	气缸体的解体和检验	464
A.3	气缸盖的解体和检验	467
A.4	气门导管滚花	470
A.5	薄壁气门导管衬套的安装	470
A.6	磨气门	471
A.7	磨气门座	472
A.8	气缸盖的装配	473
A.9	活塞连杆组的装配	473
A.10	发动机的装配	475

附录 B	实践测验题	479
附表 1	英制—米制换算表	490
附表 2	英制—米制尺寸换算表	490
附表 3	常用扭紧力矩规范表	491
附表 4	ISO 米制螺栓常用扭紧力矩规范表	492
附表 5	英制—米制扭紧力矩换算表	492
附表 6	不同联接表面以及使用润滑剂时扭紧力矩值的变化	493

第一篇 发动机构造、故障 诊断、解体与检查

概 述

本书介绍了现代汽车发动机的故障诊断、维护与大修。本篇共分6章,首先向读者介绍内燃机的构造及工作原理,接着介绍发动机维修中采用的工具及设备。第5章介绍发动机运转中的故障诊断方法,可供学习其它章节时参考。第6章介绍发动机的拆卸、解体、检查及机件的内部故障诊断。本篇还介绍了一些车上修理项目。

第 1 章 发动机工作原理

本章内容

- 发动机的基本组成
- 四冲程发动机工作原理
- 气缸布置
- 配气机构
- 气缸体
- 前轮驱动
- 发动机分类
- 燃烧室型式

- 曲轴旋转方向
- 点火次序
- 发动机冷却
- 电火花点火与压缩点火

学习目的

学完本章，应做到以下几点：

- 解释内燃机工作原理
- 认识内燃机机件
- 阐明发动机的分类与系统

引言

绝大多数现代轿车和轻型货车都装有电火花点火的四冲程往复式活塞式发动机。这种最早于 1876 年制成的发动机由德国的尼古拉斯·奥托所发明，因此被取名为奥托循环发动机。与以前的燃烧等量燃料的几种内燃机设计相比，奥托的四冲程发动机重量更轻，转速更高，发出同样的功率所需的气缸容积更小。几年后，这种发动机装在一辆摩托车上，以后又装在一辆无马马车上。在现代轿车上，转子式（汪克尔）、二冲程和压缩点火式（柴油机）发动机仅有少量应用。

在电火花点火式内燃机上，空气与燃料的混合物在气缸中得到压缩。燃料必须是一种易挥发物（如汽油、甲醇或乙醇）或是一种可燃气体（如丙烷或天然气）。当被压缩的空气/燃料混合物燃烧时，就会推动活塞在气缸中向下运动，从而使向汽车提供动力的曲轴产生旋转运动（图 1-1）。

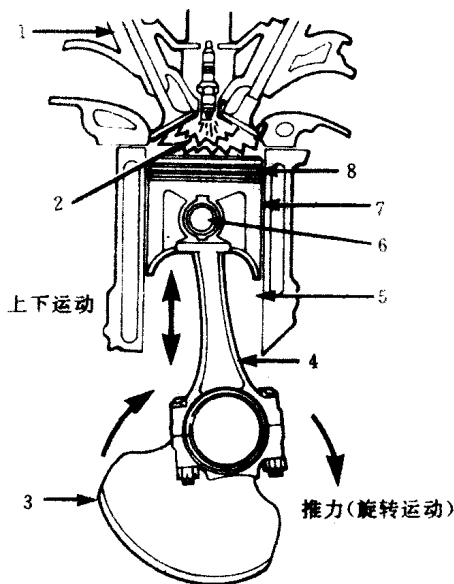


图 1-1 活塞推动曲轴转动

1—气缸盖 2—燃烧室 3—曲轴 4—连杆
5—气缸 6—活塞销 7—活塞 8—活塞环

1.1 发动机的基本组成

一台简单的往复式活塞式发动机由气缸、活塞、连杆和曲轴组成。如果把气缸比作炮筒，活塞这个圆形塞子就可比作炮弹。气缸端部用气缸盖密封。活塞与气缸壁之间通过活塞环实现气缸的密封。活塞通过连杆和活塞销与曲轴相连。

这种结构可使活塞重新返回气缸顶部，从而使曲轴产生旋转运动。燃料在气缸中燃烧时，强大的压力脉冲作用于活塞上。为此，在曲轴的后端装有一个笨重的飞轮（图 1-2）。飞轮的

质量对压力脉冲进行调合，从而使曲轴连续不停地转动。

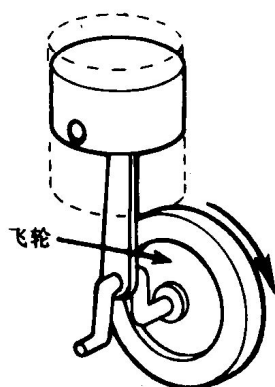


图 1-2 装于曲轴后端的飞轮

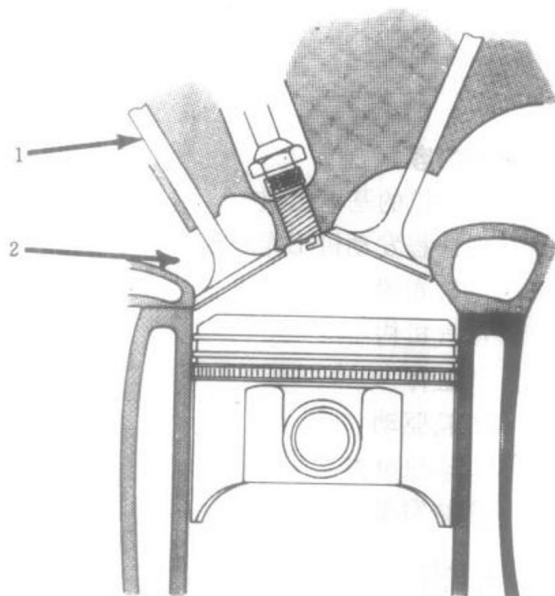


图 1-3 气门关闭气道口

1—气门 2—气道

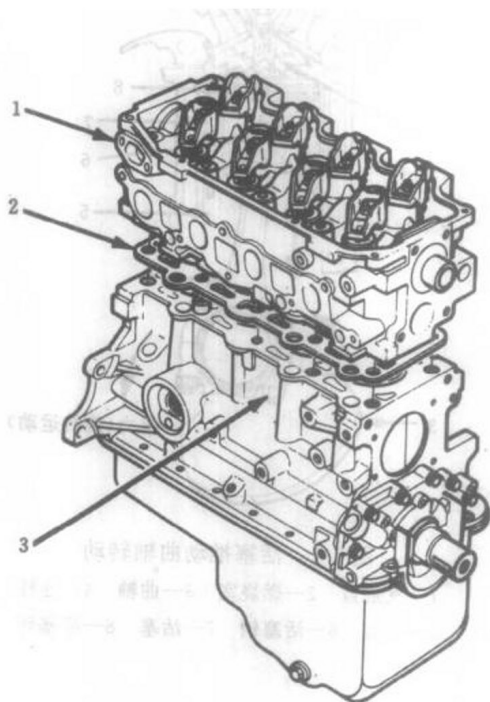


图 1-4 在气缸体与气缸盖之间起密封作用的气缸垫

1—气缸盖 2—气缸垫 3—气缸体

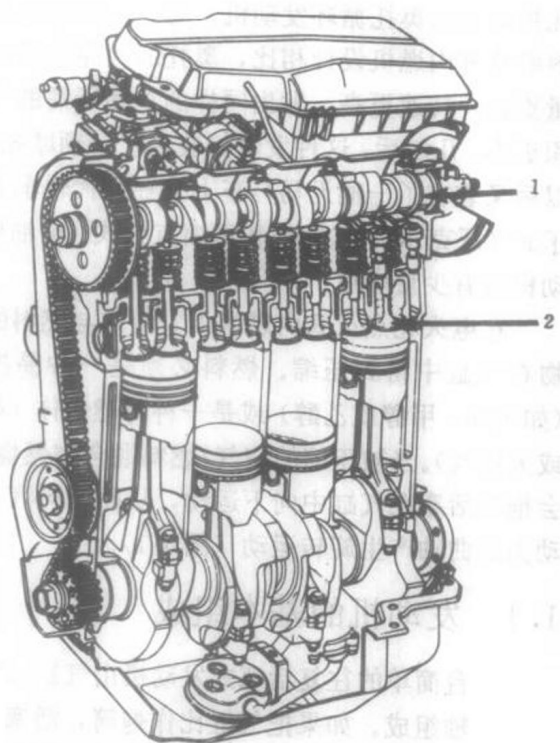


图 1-5 气门的开启受凸轮轴控制

1—凸轮轴 2—气门

对每只气缸而言, 气缸盖上均有一个进气道和一个排气道 (图 1-3)。进气道可使空气和燃料混合物进入气缸, 排气道可使燃烧的废气排出气缸。每个气缸口均由一只提升阀式的气门密封。气缸盖与气缸体之间靠气缸垫密封 (图 1-4)。气门的开启受凸轮轴的控制 (图 1-5)。

1.2 四冲程发动机工作原理

活塞从上止点 (TDC) 移动到下止点 (BDC) 或从下止点移动到上止点的运动叫做一个冲程。四冲程发动机有四个冲程, 分别叫做进气冲程、压缩冲程、作功冲程和排气冲程。

1.2.1 进气冲程

在此冲程中, 汽油与适量空气混合, 但并不燃烧。汽油与空气约按 1:15 的比例混合就可形成爆炸性的混合气。当曲轴转动时, 爆发的气体推动活塞沿气缸下行。活塞的下行便产生吸力 (叫做发动机真空)。这种吸力使空气与燃料的混合物经过打开的进气门进入气缸 (图 1-6a)。每吸入 3.7854L (1 USgal) 燃料, 就相应吸入大约 37854L (10000 USgal) 空气。这种空气/燃料混合气由化油器或燃料喷射系统供给。理想混合气 (也叫做理想配比混合气) 的空气/燃料比例为 14.7:1, 可获得良好的发动机性能、排放控制和燃料经济性的综合效果。

新型汽车均装有计算机控制的燃料喷射系统。计算机监控废气中氧的含量, 然后对燃料供给量进行调节, 从而使每个进气冲程均获得适量的燃料与空气。

1.2.2 压缩冲程

汽油在未封闭的空气中遇火是不会产生巨大动力的, 但在气缸内就能产生有用的动力。将空气与燃料的混合物压进一个较小的空间, 就更容易燃烧。压缩冲程于进气冲程完成后的下止点处开始。此时, 进气门关闭, 活塞在气缸中上移, 从而压缩空气/燃料混合气 (图 1-6b)。当活塞移至上止点时, 混合气的体积仅有原来的 1/8 左右。这时的压缩比为 8:1 (图 1-7)。如果混合气被压缩为原体积的 1/12, 此时的压缩比即为 12:1 (见第 8 章)。

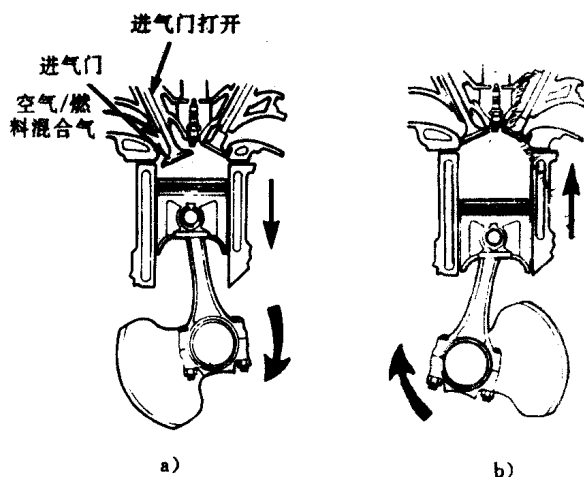


图 1-6 混合气被吸入气缸
并在此被压缩

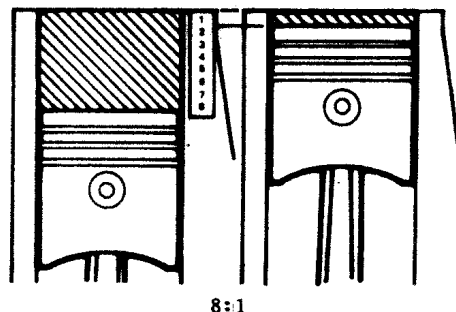


图 1-7 压缩比是活塞在下止点和在上止点
时活塞上方空间大小之比

1.2.3 作功冲程

当活塞接近压缩冲程的上止点时, 被压缩的空气/燃料混合气具有极强的爆炸性 (图 1-

8)。当点火系统的火花塞产生电火花时，燃料便被点燃。随着混合气的燃烧和膨胀，迫使活塞在气缸中下移，直至达到下止点为止（图 1-9a）。活塞的下移推动曲轴转动，从而为汽车提供动力。作功冲程有时也叫膨胀冲程。

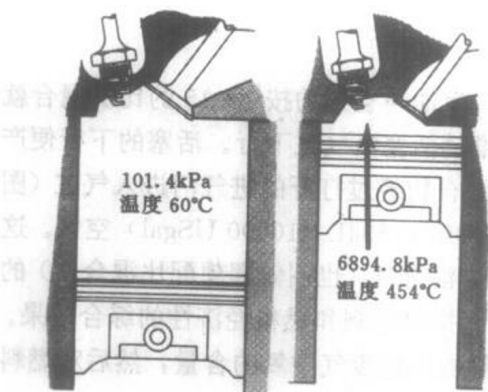


图 1-8 空气/燃料混合气被压缩，温度便升高

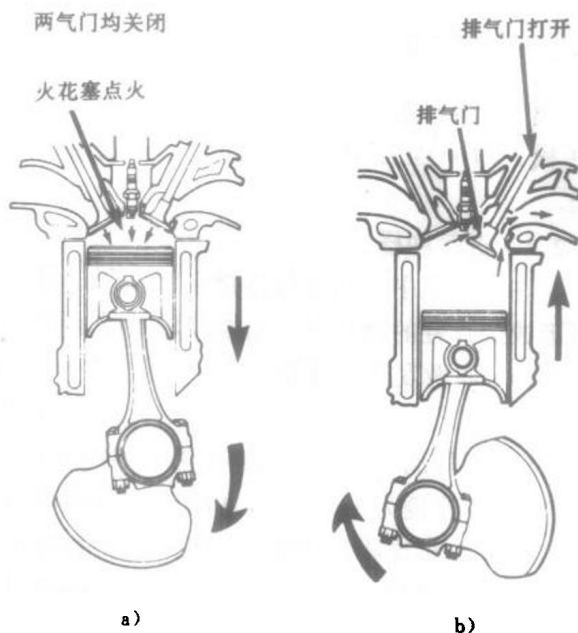


图 1-9 作功冲程与排气冲程

a) 作功冲程：混合气燃烧，推动活塞下行
b) 活塞上行时，废气被排出

1.2.4 排气冲程

在作功冲程中，当活塞接近下止点时，排气门打开，废气向外排出。由于燃烧气体仍在膨胀，所以废气经过排气门自行排出。当曲轴继续转动越过下止点时，活塞开始在气缸中上移，从而驱赶剩余废气经排气门排出气缸（图 1-9b）。

活塞越过上止点后，曲轴再转几度，排气门便关闭。上述过程仅是一个四冲程循环，随着活塞下行而进入进气冲程，另一个四冲程循环又重新开始。

在作功冲程中，有些气体会经过活塞环漏入曲轴箱。这种称为窜缸气的渗漏会使曲轴箱压力升高（图 1-10）。

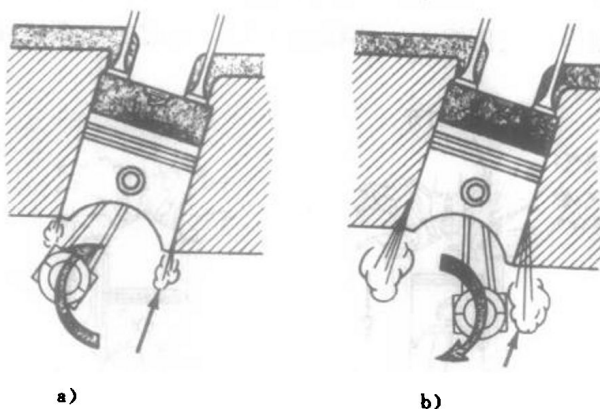


图 1-10 气体经过活塞环的渗漏叫做窜缸气

a) 在压缩冲程中，未燃空气/燃料混合气窜入曲轴箱 b) 在作功冲程中，燃烧废气窜入曲轴箱

1.3 气缸布置

一台汽车发动机可以有三个、四个、五个、六个或更多的气缸。气缸的布置有三种型式：

直列式、V 型和对置式（图 1-11）。当一台发动机超过四个气缸时，V 型布置优于直列布置。这种 V 型发动机长度大大缩短，一台组合完美的 V 型发动机一般也比直列发动机更轻。发动机相对侧的两只气缸的连杆共用一个曲柄销（连杆轴颈）（见第 10 章）。这样，在发动机气缸体上的主轴承支承点较少，V 型发动机采用化油器效果也更好，因为进气歧管长度更接近相等（见第 8 章）。直列六缸和 V6 型发动机如图 1-12 所示。

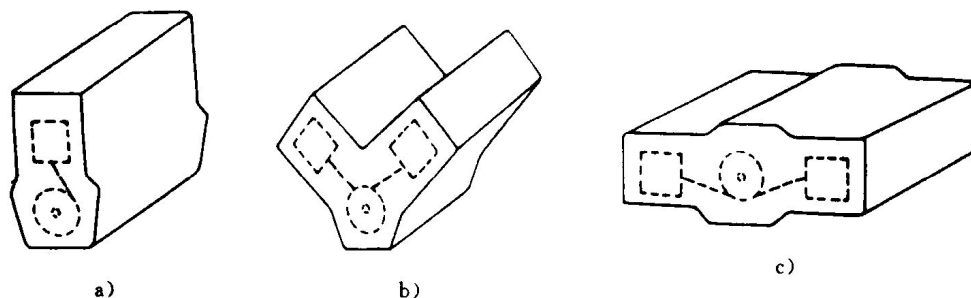


图 1-11 气缸布置

a) 直列式 b) V 型 c) 对置式

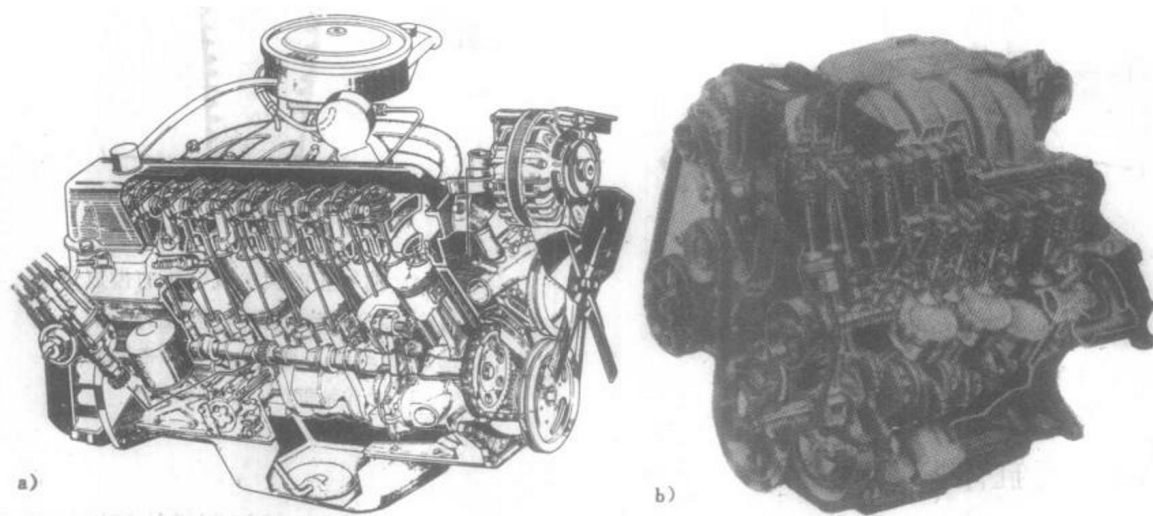


图 1-12 直列六缸与 V 型发动机剖面图

a) 直列六缸发动机 b) V6 型发动机

1.4 配气机构

完成一个四冲程循环需要曲轴转两圈（ 720° ）。在这两圈中，进、排气门各开启一次。气门的开启受凸轮轴的控制。凸轮轴被认为是发动机的“心脏”。凸轮轴上有偏心的凸轮，它推压气门传动部件，从而使气门能在精确的时刻打开（图 1-13）。

凸轮轴控制发动机的换气速度。其设计可考虑在最大功率和高转速时获取最佳工作性能，或考虑燃油经济性和最佳低速工作性能。批量生产的发动机兼顾了这两方面。这种发动机是指工厂生产的发动机。第 8 章将详细介绍“凸轮轴磨削”。

凸轮轴可装在气缸体上或气缸盖上。凸轮轴通过两个正时齿轮或链轮（与正时链条或正时带配合使用）由曲轴驱动。曲轴每转两圈，凸轮轴转一圈，因此曲轴正时齿轮或链轮的齿数仅为凸轮轴正时齿轮或链轮齿数的一半（图 1-14）。

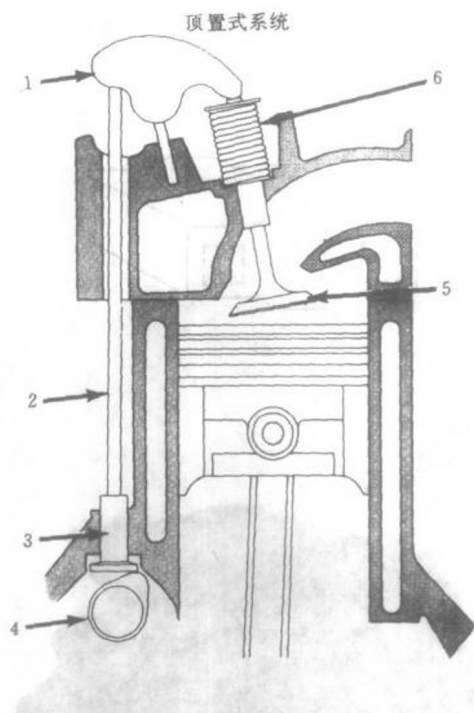


图 1-13 配气机构机件
(凸轮使气门打开)

1—摇臂 2—推杆 3—挺杆 4—凸轮
5—气门 6—气门弹簧

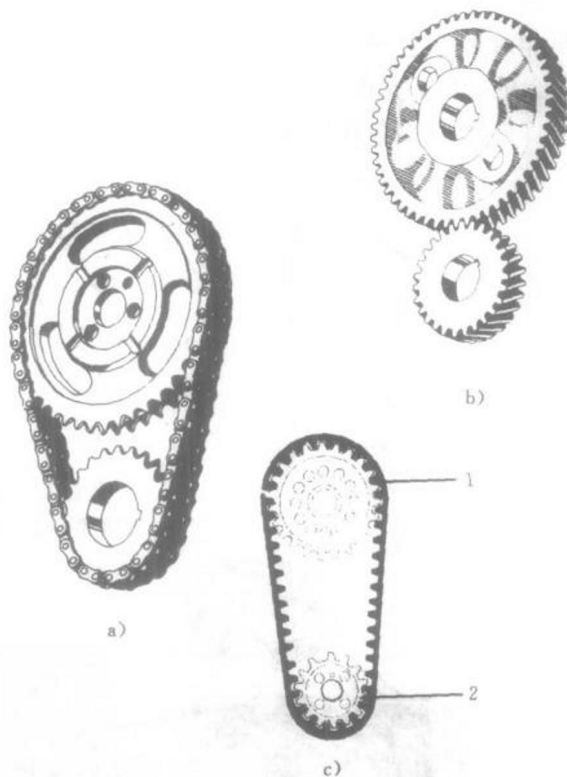


图 1-14 曲轴正时齿轮或链轮的齿数是
凸轮轴正时齿轮或链轮齿数的一半

a) 链传动 b) 齿轮传动 c) 带传动
1—凸轮轴带轮 2—曲轴带轮

1.5 气缸体

气缸体是一个结构复杂的铸件。气缸体上有油道和水套。由铸铁或铝制成的气缸体是通过一个称为型芯的砂模铸造而成(图 1-15)。型芯悬于一容器中,容器装有一个具有发动机气缸体外表形状的衬里。型芯由型芯箱周边处的几个点支承,这样在气缸体上将留下型芯孔。当将熔化了的铁水倒入型芯箱时,铸造过程的热量将砂型加热并使其破坏。当铸件冷却后,砂型便破碎。铸件要经过振动除砂,使残留的砂通过型芯孔被清除掉,从而得到光洁的铸件。型芯孔要用型芯孔堵头堵住(图 1-16)。

型芯孔堵头也可用橡胶膨胀塞和紫铜膨胀塞,但通常是由钢和黄铜制成。黄铜型芯孔堵头性能好,不生锈。但由于成本高,且新型发动机加有能防止生锈的冷却液,因此在新型汽车上并不采用黄铜堵头。型芯孔堵头也叫做膨胀塞、威尔士塞、凝固塞或软塞。

在 V 型气缸体上,气缸分两排铸出,分别称为左缸排和右缸排。左缸排和右缸排是以站在发动机飞轮端向前看来划分的。V8 型发动机气缸体的两缸排之间的夹角为 90° , V6 型发动机气缸体的缸排夹角为 60° 或 90° 。

发动机有大气缸体和小气缸体两种类型。小而轻的气缸体因其燃油经济性好,因而在轿

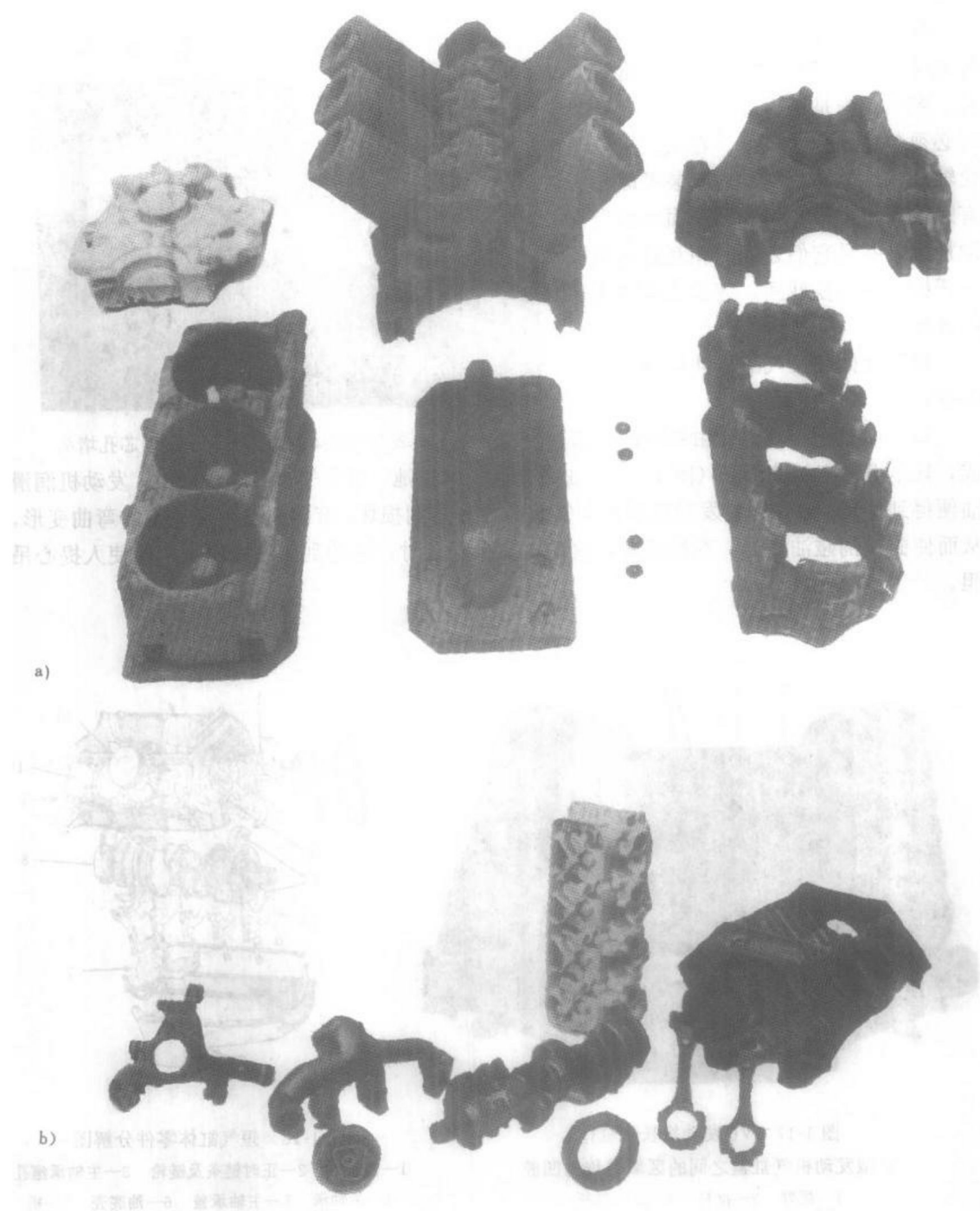


图 1-15 铸造工艺

a) 铸造型芯 b) 机加工前的毛坯铸件

车上比较常见。进气歧管位居气缸盖之间被称为“凹腔”的凹陷区域。

带有整个配气机构（气缸盖和相关部件）的完整的气缸体总成称为长气缸体（图 1-17）。

不装气缸盖的气缸体总成称为短气缸体。短气缸体包括凸轮轴、活塞连杆组件、凸轮轴