

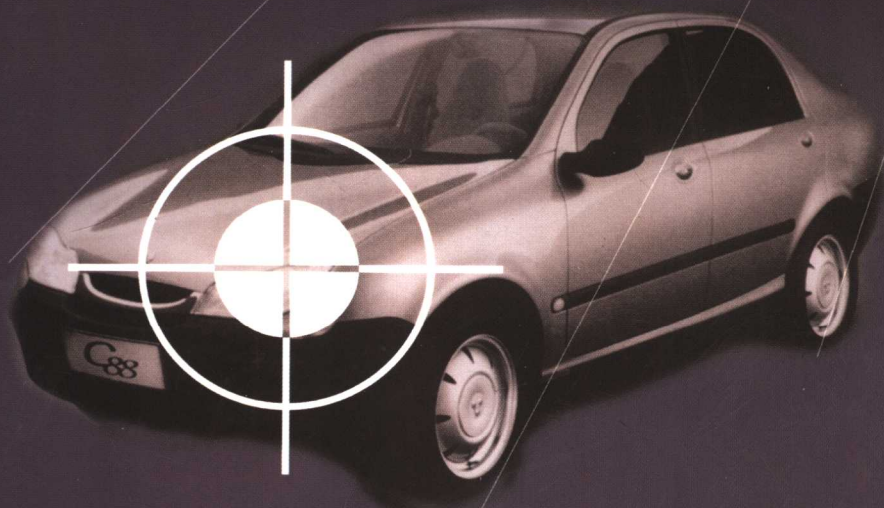


汽车发动机 及其诊断维修

Automotive Technology

[美] Jack Erjavec 著

司利增 等编译



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

<http://www.phei.com.cn>

汽车维修技师丛书



汽车 发动机及其诊断维修

Automotive Technology

[美] Jack Erjavec 著

司利增 等编译

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

汽车维修技师丛书编译自美国 2005 年出版的《Automotive Technology—A System Approach》(第四版)。本书全面地介绍了现代汽车维修技师所应掌握和了解的相关知识和技能,系统地介绍了现代汽车的结构、原理、维护、诊断、维修等方面的知识和技能,注重职业素质的培养与提高,注重知识与技能的结合。本书内容全面系统、阐述简明深入、插图精美实用,是学习现代汽车技术和维修知识与技能的优秀教材。

《汽车发动机及其诊断维修》是汽车维修技师丛书的第二册,内容包括汽车发动机结构及其诊断、发动机拆解、发动机机体、气缸盖凸轮轴和气门机构、润滑系统和冷却系统、发动机密封与重新装配、点火系统、点火系统故障诊断与维修、燃油供给系统、电控燃油喷射、燃油喷射系统的诊断与维修、进气和排气系统、排放控制系统、排放控制系统诊断与维修。

本书的主要读者对象为汽车服务、维修专业的大学和职业学院的师生以及从事汽车维修和服务的人员,也可供其他从事与汽车相关工作的人员学习和参考。

Original language published by Thomson Learning (a division of Thomson Learning Asia Pte Ltd). All Rights reserved.

本书原版由汤姆森学习出版集团出版。版权所有,盗印必究。

Publishing House of Electronics Industry is authorized by Thomson Learning to publish and distribute exclusively this simplified Chinese 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.

本书中文简体字翻译版由汤姆森学习出版集团授权电子工业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。

978-981-4195-17-1

版权贸易合同登记号 图字:01-2005-5939

图书在版编目(CIP)数据

汽车发动机及其诊断维修/(美)艾若扎维克(Erjavec, J.)著;司利增等编译. —北京:电子工业出版社,2006.9
(汽车维修技师丛书)

书名原文:Automotive Technology

ISBN 7-121-03016-0

I. 汽… II. ①艾…②司… III. 汽车-发动机-车辆修理 IV. U472.43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 091297 号

责任编辑:夏平飞 钟永刚

印 刷:北京市海淀区四季青印刷厂

装 订:三河市鹏成印业有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:850×1168 1/16 印张:24.5 字数:708 千字

印 次:2006 年 9 月第 1 次印刷

印 数:5000 册 定价:45.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系电话:(010) 68279077;邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。



译者序言

我国的汽车产业已经融入到世界汽车生产格局中,对汽车安全、可靠、清洁、节能、舒适、好用等方面的要求正在与世界先进水平迅速接近,对汽车维修等相关服务的要求也在不断提高,促使汽车维修及相关服务业向规范化和规模化方向快速发展,成为极具规模和吸引力的就业领域,同时也对从业人员的素质和技能提出了更高要求。

汽车维修职业教育和培训已经成为从业人员获得执业资格和提高技能的主要途径,通过职业教育和培训使学员获得从事汽车维修所需的知识和技能,使汽车维修从业人员不断更新相关知识,不断提高相关技能,与汽车产业发展变化保持同步,成为适应汽车产业快速发展和变化的优秀技师。

为了满足汽车维修及相关专业的学生和从业人员扩展知识提高技能的需要,电子工业出版社委托我们将美国 Thomson Delmar Learning 公司出版的由杰克·艾若扎维克(Jack Erjavec)编著的《Automotive Technology—A System Approach》第四版(2005年)编译为汽车维修技师丛书。

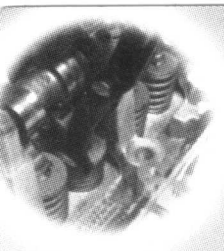
《Automotive Technology—A System Approach》(第四版)是在前三版的基础上不断更新和改进而来,其编著目标是使读者通过学习该书能够全面深入了解和认识汽车及其维修,有可能成为优秀的汽车维修技师。本书全面地介绍了现代汽车维修技师所应掌握和了解的相关知识和技能,系统地介绍了现代汽车结构、原理、维护、诊断、修理等方面的知识和技能,注重职业素质的培养与提高,注重知识与技能的结合。本书内容全面系统、阐述简明深入、插图精美实用,是学习现代汽车技术和维修知识与技能的优秀教材。本书的主要读者对象为汽车服务、维修专业的大学和职业学院的师生以及从事汽车维修和服务的人员,也可供其他从事汽车相关工作的人员学习和参考。

书中每章开头都列出了本章的内容提要,对各章的认知与操作内容进行了简要的说明,说明学习各章期望达到的效果。书中通过频繁的注意和警告提示提醒读者在工作中要高度注重安全;通过注意事项对维修过程提出切实忠告;通过照片序列对普遍适用的维修过程进行图解说明;通过对重要的诊断维修过程进行逐步说明以提高读者的诊断和维修技能;在有些章的末尾会有进行逻辑性故障诊断及其解决方案的案例分析。在每章后都有该章中介绍的重要术语的汇总,这些术语在该章中首次出现时都以加粗字体进行突出。每章节结尾处都对该章的主要内容进行了小结,以方便读者复习回顾。每章的最后都有复习思考题,题型包括简答题、填空题、多项选择题和 ASE(美国汽车维修协会)风格的简答题,读者可以通过回答不同类型的问题考查自己对该章内容的理解程度。

尽管书中有些内容是针对美国情况的,与我国的实际情况有所不同,但还是将其译出,目的在于让读者对国外的相关情况有所了解,而且有些情况可能不久也会在我国出现。

我们将原著编译为包含四册的汽车维修技师丛书,第一册为《汽车维修基





基础知识与基本技能》，第二册为《汽车发动机及其诊断维修》，第三册为《汽车底盘及其诊断维修》，第四册为《汽车电系仪表及其诊断维修》。

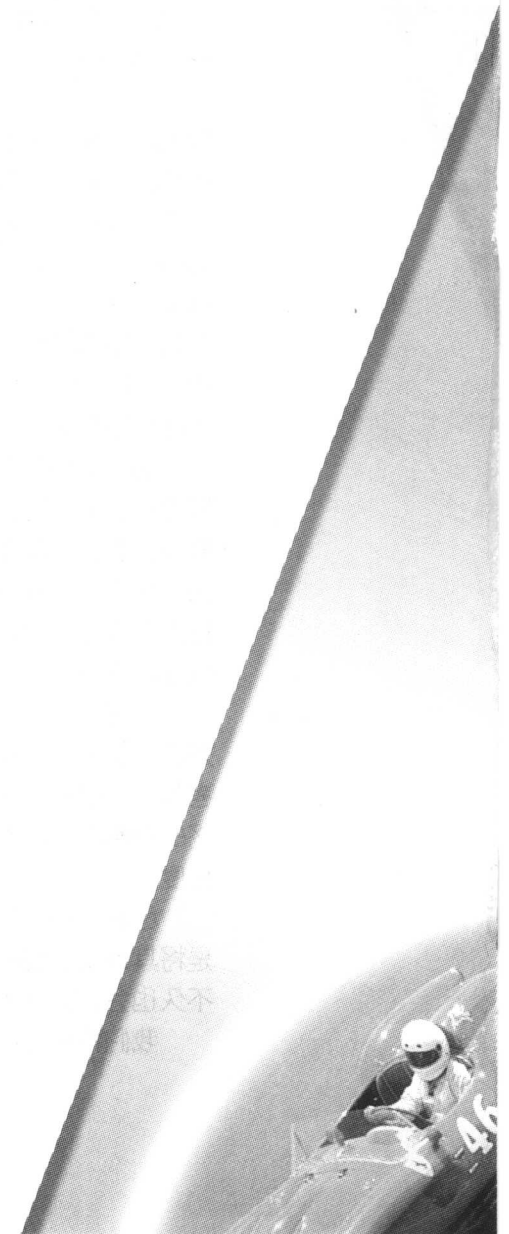
《汽车发动机及其诊断维修》是汽车维修技师丛书的第二册，内容包括汽车发动机结构及其诊断、发动机拆解、发动机机体、气缸盖凸轮轴和气门机构、润滑系统和冷却系统、发动机密封与重新装配、点火系统、点火系统故障诊断与维修、燃油供给系统、电控燃油喷射、燃油喷射系统的诊断与维修、进气和排气系统、排放控制系统、排放控制系统诊断与维修。

全书由司利增负责统筹编译和全面审校。本册的第六、十二章由司利增翻译，第一、三章由彭小红翻译，第二、四、七、八章由朱清江翻译，第九、十三、十四章由刘亚飞翻译，第五章由王芸志翻译，第十、十一章由李海明翻译。

由于本书所涉及的方面非常广泛，尽管我们在编译过程中极尽努力，但受到译者水平和知识的限制，书中不免仍有错误和不妥，恳请读者予以指正。

司利增

2006年4月于长安大学



目 录

第一章 汽车发动机结构及其诊断	1	复习思考题	23
内容提要	1	第二章 发动机拆解	26
一、发动机概述	1	内容提要	26
发动机结构	1	一、拆卸发动机	26
二、发动机分类	2	1. FWD 轿车	29
1. 四行程汽油机	2	2. RWD 轿车	30
2. 二行程汽油机	4	二、拆解和检查发动机	31
3. 四行程发动机的结构特点	5	1. 拆卸气缸盖	32
4. 气门和凸轮轴布置形式	6	2. 分解气缸盖	33
5. 气门和凸轮轴工作原理	6	3. 拆解气缸体	35
6. 发动机布置形式	7	三、清理发动机零部件	36
7. 汽油机组成系统	8	1. 污垢种类	37
三、发动机结构参数和性能指标	9	2. 化学清理	37
1. 缸径和行程	9	3. 热力清理	39
2. 排量	9	4. 喷射清理	39
3. 压缩比	9	四、探测和修复裂缝	41
4. 发动机效率	10	1. 熔炉焊接裂纹修复法	42
5. 转矩和功率	11	2. 修复铝制气缸盖	42
四、发动机识别	11	重要术语	43
五、发动机诊断	12	本章小结	44
1. 检测压缩压力	12	复习思考题	44
2. 检测气缸泄漏	12	第三章 发动机机体	46
3. 检测气缸功率平衡	15	内容提要	46
4. 检测真空度	15	一、气缸体	46
5. 检测机油压力	16	1. 润滑与冷却	47
六、评价发动机状况	16	2. 砂型堵塞	47
七、诊断异响	17	3. 气缸套	47
1. 听诊器使用	17	二、修复气缸体	48
2. 常见异响	17	1. 气缸体上平面	48
八、其他发动机结构	19	2. 气缸壁	48
1. 柴油机	19	3. 检查气缸筒	49
2. 转子发动机	20	4. 加工气缸筒壁	50
3. 分层充气发动机	21	5. 挺杆孔	52
4. 米勒循环发动机	22	6. 检查曲轴轴承孔同轴度	52
5. 混合动力汽车	22	7. 安装砂型堵塞	53
重要术语	23	三、凸轮轴	53
本章小结	23	1. 正时机构	54

2. 气门挺杆	56	2. 半球形燃烧室	81
3. 凸轮轴轴承	57	三、进气门和排气门	82
4. 平衡轴	57	1. 四行程发动机的主要气门部件	83
四、检查凸轮轴及其相关零部件	58	2. 多气门发动机	85
1. 正时机构	58	3. 可变气门正时	86
2. 挺杆	58	四、检查气缸盖和气门机构	89
3. 凸轮轴	59	1. 正时部件	89
五、安装凸轮轴及其相关零部件	60	2. 摇臂	90
1. 凸轮轴轴承	60	3. 推杆	90
2. 凸轮轴	60	4. 凸轮随动机构和间隙调整装置	91
六、曲轴	61	5. 气门弹簧座和锥形锁片	91
1. 扭转减振器	63	6. 气门转动装置	91
2. 飞轮	63	7. 气门弹簧	91
七、检查和修复曲轴	63	8. 气缸盖	91
1. 修复曲轴	64	9. 凸轮轴和轴承	91
2. 检查曲轴的直线度	64	10. 气门	91
3. 飞轮检查	64	五、铝制气缸盖	92
4. 曲轴轴承	64	修复铝制气缸盖	93
5. 主轴承材料	65	六、修整气缸盖	93
6. 轴承伸展	65	表面抛光	93
7. 轴承压紧量	65	七、研磨气门	95
8. 轴承定位装置	66	八、修复气门导管	96
9. 油槽	66	1. 滚花	97
10. 油孔	66	2. 铰削和使用加大尺寸气门	98
11. 油隙	66	3. 薄壁气门导管衬套	98
12. 检查轴承损坏	67	4. 更换气门导管	98
八、安装主轴承和曲轴	67	九、修复气门座	100
1. 曲轴端隙	68	1. 拆装气门座圈	101
2. 连杆	69	2. 修复整体式气门座	101
九、活塞和活塞环	72	3. 磨削气门座	101
活塞环	73	4. 车削气门座	102
十、安装活塞和连杆	74	5. 机械加工气门座	102
十一、曲轴与凸轮轴的正时	77	十、气门杆油封	102
1. 凸轮轴端隙	77	1. 安装主动型气门油封	103
2. 挺杆	77	2. 安装伞型气门油封	103
重要术语	77	3. 安装 O 形密封圈	103
本章小结	78	4. 气门弹簧	104
复习思考题	78	十一、装配气缸盖	105
第四章 气缸盖、凸轮轴和气门机构	80	OHC 发动机	108
内容提要	80	重要术语	109
一、气缸盖	80	本章小结	109
二、燃烧室	80	复习思考题	110
1. 楔形燃烧室	81		



第五章 润滑系统和冷却系统	112	二、衬垫	148
内容提要	112	1. 衬垫材料	150
一、润滑	112	2. 衬垫的一般安装步骤	150
1. 机油的分类	112	3. 气缸垫	151
2. 机油消耗	114	4. 歧管衬垫	152
二、润滑系统	115	5. 气门罩衬垫	152
三、机油泵	117	6. 油底壳衬垫	152
1. 机油泵的类型	117	三、黏合剂、密封剂和其他化学密封	
2. 机油压力调节	119	材料	154
四、检测与维修机油泵	119	1. 黏合剂	154
五、安装机油泵	122	2. 密封剂	154
六、冷却系统	123	3. 防咬合剂	155
1. 冷却液	123	四、油封	155
2. 节温器	125	1. 正时盖油封	156
3. 水泵	126	2. 后端主轴承油封	156
4. 散热器	127	3. 其他油封	156
5. 散热器盖	127	五、重新装配发动机	158
6. 软管	129	1. 安装气缸盖和气门传动机构	158
7. 软管夹	130	2. 正时皮带	159
8. 传动皮带	131	3. 调整气门	160
9. 冷却风扇	132	4. 最后安装步骤	164
10. 温度指示器	134	六、安装发动机	166
11. 暖风系统	134	1. 在前轮驱动汽车上安装发动机	166
七、维修冷却系统	135	2. 在后轮驱动汽车上安装发动机	166
1. 检测冷却液状态	135	3. 起动过程	167
2. 检测冷却系统泄漏	135	4. 磨合过程	167
3. 维修散热器	135	5. 重新学习过程	167
4. 检测散热器盖	136	重要术语	168
5. 检测节温器	136	本章小结	168
6. 检查和更换软管	137	复习思考题	168
7. 维修水泵	138	第七章 点火系统	170
8. 检查风扇和风扇离合器	140	内容提要	170
9. 检查皮带	140	一、点火系统的作用	170
10. 冷却液回收和再用系统	142	二、点火正时	171
11. 冲洗冷却液系统	142	1. 发动机转速	171
12. 加液和排气	142	2. 发动机负荷	171
重要术语	143	3. 点火顺序	172
本章小结	143	三、基本电路	172
复习思考题	144	1. 初级电路工作原理	173
第六章 发动机密封与重新装配	146	2. 次级电路工作原理	173
内容提要	146	四、点火系统的组成	174
一、力矩原理	146	点火线圈	174
修复螺纹	148	五、火花塞	177

六、触发和开关装置	180	6. 火花塞点火电压	216
七、发动机位置传感器	181	7. 负荷工况下的火花塞检测	218
1. 磁脉冲发生器	181	8. 线圈状况检测	218
2. 金属探测传感器	182	9. 初级电路检测	218
3. 霍尔效应传感器	182	10. 部件特别检测	219
4. 光电传感器	183	七、图形仪检测	220
5. 点火提前调整装置	184	八、点火正时不当的影响	220
八、分电器点火系统工作原理	184	九、设定点火正时	221
1. 分电器	184	曲轴和凸轮轴位置传感器	222
2. 初级电路	184	十、分电器点火 (DI) 系统和电子点火	
3. DI 系统结构	184	(EI) 系统	223
九、电子点火 (EI) 系统工作原理	188	1. DI 系统	223
1. 双头线圈系统 (无效火花系统)		2. EI 系统	223
.....	189	3. 线圈火花塞 (COP) 点火系统	224
2. 每缸一个线圈的点火系统	193	十一、初级电路部件	224
3. EI 系统工作原理	194	1. 点火开关	224
重要术语	200	2. 初级电路电阻器	224
本章小结	200	3. 点火线圈的电阻	225
复习思考题	201	4. 感应线圈	226
第八章 点火系统故障诊断与维修	203	5. 霍尔效应传感器	228
内容提要	203	6. 用逻辑探针检测	228
一、燃烧	203	7. 用示波器检测	229
清理积炭	204	8. 用专用设备检测	230
二、点火系统总体诊断	204	十二、检修分电器	230
三、点火系统外观检测	205	1. 分电器轴衬套检查	230
1. 初级电路	205	2. 分电器检测	231
2. 搭铁电路	206	3. 安装分电器和调整正时	231
3. 电磁干扰	206	十三、诊断和维修次级部件	234
4. 传感器	207	1. 火花塞	234
5. 点火控制模块	207	2. 检查火花塞	235
6. 次级电路	207	3. 调整火花塞气隙	237
7. 分电器盖和分火头	208	4. 检测次级高压线	238
四、诊断不能起动故障	208	5. 更换火花塞高压线	238
诊断电子点火 (EI) 系统不能		十四、维修具体的 EI 系统	238
起动故障	210	1. 克莱斯勒 EI 系统	238
五、全面检测	211	2. 福特 EI 系统	239
发动机分析仪诊断	211	3. 通用汽车 EI 系统	240
六、用示波器检测	212	4. 三菱 EI 系统	241
1. 标尺	214	5. 日产 EI 系统	241
2. 波形阶段	214	6. 丰田 EI 系统	242
3. 波形显示模式	214	重要术语	243
4. 单缸波形分析	215	本章小结	243
5. 火花持续时间检测	216	复习思考题	244

第九章 燃油供给系统	246	2. 无回流燃油系统压力调节器	278
内容提要	246	3. 典型的顺序燃油喷射系统	279
一、燃油系统总体诊断	246	六、中央多点燃油喷射 (CMFI) 系统	280
二、燃油系统压力释放	247	1. 压力调节器	280
三、燃油箱	248	2. 喷油器的结构及工作原理	280
1. 检查	249	3. 菌形喷嘴	281
2. 燃油泄放	249	七、汽油直接喷射系统 (GDI)	281
3. 燃油箱的维修	249	八、输入传感器	283
四、燃油管路及接头	251	1. 空气体积流量传感器	283
1. 管接头	252	2. 空气温度传感器	284
2. 检查	254	3. 空气质量流量传感器	284
3. 油管更换	254	4. 进气歧管绝对压力传感器	285
五、燃油滤清器	254	5. 氧传感器 (O ₂ S)	285
滤清器的维修	255	6. EFI 系统的其他传感器	285
六、燃油泵	255	重要术语	287
1. 燃油泵电路	258	本章小结	287
2. 排除故障	260	复习思考题	288
3. 诊断不能起动	263	第十一章 燃油喷射系统的诊断与维修	289
4. 更换燃油泵	264	内容提要	289
重要术语	265	一、初步检查	289
本章小结	265	EFI 系统部件的检查	290
复习思考题	266	二、维修防范措施	290
第十章 电控燃油喷射	268	三、EFI 系统的基本检查	291
内容提要	268	1. 诊断氧传感器	291
一、燃油喷射种类	268	2. OBD-Ⅱ自适应燃油控制策略	293
二、基本的 EFI	269	3. 检查进气系统	294
1. 动力传动系统控制模块	269	4. 空气流量传感器	295
2. 系统工作原理	269	5. 节气门体	296
3. 喷油器	270	6. 检查燃油系统	297
4. 怠速控制	271	7. 检查喷油器	298
三、节气门体燃油喷射	272	四、喷油器的维修	303
1. TBI 的优缺点	273	清洗喷油器	303
2. 喷油器	273	五、维修油轨、喷油器和油压调节器	305
3. 节气门体的内部结构及原理	273	1. 更换喷油器	305
4. 喷油器的内部结构及电路连接	274	2. 拆卸油轨、喷油器和压力调节器	305
5. 空燃比的加浓	274	3. 拆卸与检测冷起动喷油器	308
四、进气口燃油喷射	274	六、检查怠速转速	308
1. 进气口喷射喷油控制	276	1. 测试触点式怠速开关	309
2. 进气口燃油喷射系统的结构	276	2. 诊断仪诊断	309
3. 冷起动喷油器	277	3. 诊断 IAC BPA 电动机和阀	311
4. 压力调节器	278	4. 诊断与安装 IAC BPA 电动机	311
五、顺序燃油喷射系统	278	5. 诊断快怠速感温阀	311
1. 典型的顺序燃油喷射系统	278		

6. 诊断起动空气阀	312	OBD-Ⅱ EVAP 系统	343
重要术语	312	四、燃烧前控制系统	344
本章小结	312	1. 发动机结构改进	344
复习思考题	313	2. PCV (曲轴箱强制通风) 系统	344
第十二章 进气和排气系统	315	3. 点火控制系统	346
内容提要	315	4. EGR 系统	347
一、空气引入系统	315	5. 进气加热控制系统	352
1. 空气引入管	316	五、燃烧后控制系统	352
2. 空气滤清器	316	1. 催化转化器	352
3. 进气歧管	317	2. 空气喷射系统	353
4. 真空系统	319	重要术语	356
二、排气系统部件	322	本章小结	356
1. 排气歧管	322	复习思考题	356
2. 排气管及衬垫	323	第十四章 排放控制系统诊断与维修	358
3. 催化转化器	323	内容提要	358
4. 消声器	325	一、排放检测	358
5. 谐振器	326	1. 排气分析仪	358
6. 尾管	327	2. 诊断发动机	359
7. 隔热罩	327	3. I/M240 检测	361
8. 卡箍、支架和悬吊	327	4. 其他 I/M 测试程序	364
三、维修排气系统	327	二、诊断与维修 PCV 系统	364
1. 检查排气系统	327	检查 PCV 系统的功能	365
2. 更换排气系统部件	328	三、诊断与维修 EGR 系统	366
四、涡轮增压器和机械增压器	330	1. 排除 EGR 系统故障	366
1. 涡轮增压器	330	2. 检查 EGR 有效性	370
2. 机械增压器	333	3. 检测电控 EGR	370
重要术语	335	四、点火控制系统	371
本章小结	336	诊断爆震传感器和爆震传感器模块	371
复习思考题	336	五、诊断和维修进气加热控制系统	371
第十三章 排放控制系统	338	六、诊断催化转化器	373
内容提要	338	七、诊断和维修空气喷射系统	374
一、排放法规历程	338	1. 检测单向阀	375
排放控制装置的发展	339	2. 诊断和维修二次空气喷射系统	375
二、污染物	340	3. 诊断 AIR 系统元件	375
1. 碳氢化合物	340	4. 检查 AIR 系统效能	376
2. 一氧化碳	340	八、诊断与维修蒸发排放控制系统	376
3. 氮氧化合物	340	诊断 EVAP 系统部件	377
4. 氧气	341	重要术语	379
5. 二氧化碳	341	本章小结	379
三、蒸发排放控制系统	341	复习思考题	379

第一章 汽车发动机结构及其诊断

内 容 提 要

1. 介绍发动机的各种分类方法；2. 说明四行程循环中每个行程的工作情况；3. 分析直列式发动机和 V 型发动机的优缺点；4. 介绍发动机的重要结构参数和性能指标，包括气缸直径、活塞行程、气缸工作容积、压缩比、发动机效率、转矩和功率；5. 介绍确定发动机状况的方法；6. 说明发动机的九种异常噪声；7. 简要介绍柴油机、分层充气发动机和米勒循环发动机的工作原理。

一、发动机概述

发动机向汽车提供驱动车轮所需的动力，包括汽油机和柴油机在内的所有汽车发动机都属于内燃机，因为其产生能量的燃烧都在发动机内部发生。

发动机的最大部件是气缸体（图 1-1）。气缸体是一个大型金属铸件，其中有许多允许润滑油和冷却液通过气缸体和为零部件提供运动空间的孔腔，其中装配活塞的圆形孔腔被称为气缸，气缸体包含和固定了发动机的主要零部件。

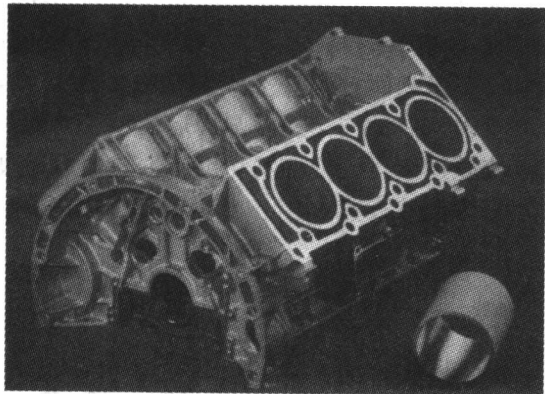


图 1-1 现代 V8 铝制发动机的缸体和缸套

气缸盖安装在气缸体的顶部，用于封闭和密封气缸顶部（图 1-2）。燃烧室是空气与燃油混合气被压缩和燃烧的地方。气缸盖包含了全部或大部分燃烧室，还包含了混合气进入气缸的进气道、废气排出气缸的排气道和火花塞的

安装孔。

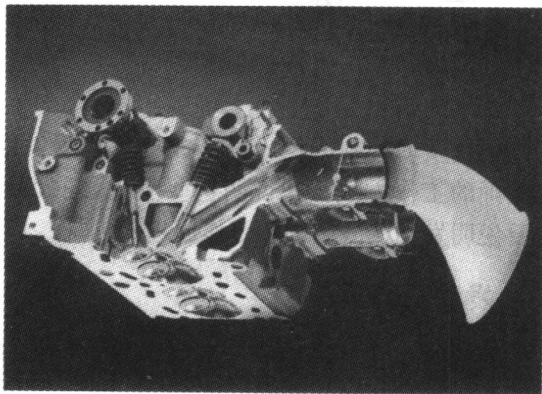


图 1-2 现代直列六缸发动机的缸盖总成

配气机构由一系列使进、排气道开启和关闭的零部件组成。气门是开启和关闭气道的可移动零件，凸轮轴控制气门运动，气门弹簧用于关闭气门。

必须将活塞的往复运动转换成旋转运动才能够驱动汽车车轮。通过连杆把活塞与曲轴相连来实现这种转换，连杆上端随活塞运动，连杆下端与曲轴连接并做圆周运动。曲轴的一端与飞轮连接。

发动机结构

现代发动机是先进的动力装置，可以满足社会对性能和燃油效率要求。现代发动机由轻型铸件和冲压件、非钢铁材料（如铝、镁、强化纤维塑料）和较少较小的紧固件组成，紧固件将所有的零部件连接在一起，经过计算优化

设计的紧固件具有最佳的承载能力。每一种新型发动机在材料、造型和结构方面都具有各自特性(图1-3)。

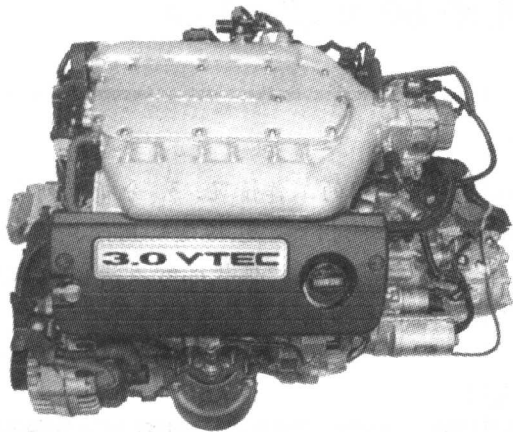


图 1-3 一种典型的现代发动机

现代发动机制造技术已经改变了发动机维修技师的工作方式。在说明这些变化之前，首先要说明发动机的结构和工作原理。

二、发动机分类

现代汽车发动机按照以下结构特征可以从多个方面进行分类。

- ◆ 按照工作循环分类：大多数专业技师一般只接触四行程发动机，但是，有些旧式轿车曾经采用过而且未来有些轿车还将采用二行程发动机。
- ◆ 按照气缸数量分类：目前的发动机有4缸、5缸、6缸、8缸、10缸和12缸。
- ◆ 按照气缸布置分类：发动机可以是平置（对置）、直列和V形，也有其他更复杂的结构。
- ◆ 按照配气机构形式分类：发动机的配气机构可以是顶置凸轮轴式（OHC）或凸轮轴中置顶置气门式（OHV）。有些发动机具有独立的进气门凸轮轴和排气门凸轮轴，这种发动机以OHC结构为基础，被称为顶置双凸轮轴式（DOHC）。V形DOHC发动机有四根凸轮轴，每列气缸体各有两根凸轮轴。
- ◆ 按照点火形式分类：点火系统有点燃式和压燃式两种形式。汽油机采用点燃式点火系统，由电火花点燃空气与燃油的混合气。

柴油机或压燃式发动机没有火花塞，依靠压缩空气所产生的热使空气与燃油的混合气点燃。

- ◆ 按照冷却系统分类：发动机采用的冷却系统有风冷式和水冷式两类，现代发动机几乎都采用水冷式冷却系统。
- ◆ 按照燃料种类分类：目前，汽车发动机使用的燃料有汽油、天然气、甲醇柴油和丙烷等，尽管正在试验新型燃料，但使用最普遍的仍然是汽油。

1. 四行程汽油机

在轿车或卡车中，发动机通过变速器和驱动桥向驱动车轮提供旋转动力。包括汽油机和柴油机在内的所有汽车发动机都属于内燃机，因为燃烧发生在发动机内部。这些系统都要求空气与燃油的混合气在适当时刻进入燃烧室，并且要求发动机能够承受成千上万的燃油微粒燃烧所产生的温度和压力。

燃烧室是活塞顶部与气缸盖之间的空间，是燃油与空气的混合气进行燃烧的封闭区域。活塞装在桶形空腔的气缸中，活塞在气缸内上、下运动。

必须将活塞的往复运动转换成旋转运动才能够驱动车轮。通过连杆把活塞与曲轴相连就能完成这种运动转换(图1-4)，当活塞在气缸内上、下运动时，连杆上端随活塞一起运动，连杆下端与曲轴连接并做圆周运动。曲轴的一端与飞轮连接，飞轮将发动机产生的动力通过传动系统传递给车轮。

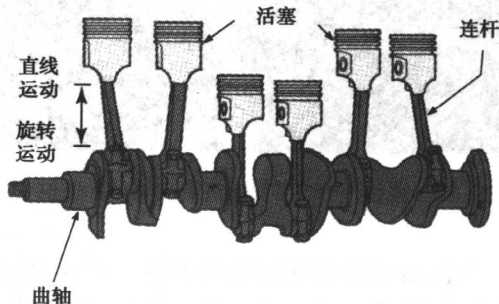


图 1-4 曲轴把活塞的直线运动转换成旋转运动

为使发动机燃烧完全，必须将适量燃油与



适量空气混合,必须将混合气压缩在密闭的空间,然后在适当时刻用适量热能将混合气点燃。当这些条件都具备时,进入气缸的所有燃油就会燃烧,并且转变成使汽车行驶的动力。汽车发动机有多个气缸,每个气缸必须接收相同数量的空气、燃油和热能,才能使发动机有效运转。

虽然燃烧必须在密闭的气缸中进行,但是气缸还必须具有允许热能、燃油和空气进入的途径,也必须具有使空气与燃油的混合气燃烧所产生气体排出气缸的途径,这样才能使新鲜混合气可以进入气缸,使发动机能够继续运转。为了满足这些要求,发动机配备了气门。

每个气缸的顶部至少有两个气门,空气与燃油的混合气通过进气门进入燃烧室,燃烧后的废气通过排气门排出气缸。精密加工的气门与经过机械加工的气门座相配,当气门落在气门座上时,气门关闭,当气门被推离气门座时,气门开启。

曲轴驱动的旋转凸轮轴使进、排气门开启和关闭。凸轮是凸轮轴的凸出部分,它具有被称做凸起的高点。当凸轮轴旋转时,凸起旋转并且推动气门,使气门离开气门座而开启。当凸轮凸起转过最高点,气门就在弹簧作用下关闭。凸轮轴位于气缸体内或气缸盖上。

当气门和火花塞的作用与活塞运动协调时,燃烧循环以进气、压缩、做功和排气这四个活塞行程进行。行程是活塞在气缸内上行或下行的整个过程。

活塞在四个行程中的往复运动由曲轴转换成旋转运动,曲轴旋转完整两圈完成一个四行程循环。

燃烧期间所产生的压力只能推动活塞运动大约半个行程或使曲轴旋转大约四分之一圈,这也是需要采用飞轮的原因。飞轮储存发动机所产生的一部分动力,以保持活塞在四行程循环的其余行程中可以运动,这部分动力还用于在燃烧前压缩空气与燃油的混合气。

进气行程 发动机工作循环的第一个行程是进气行程。当活塞从上止点(TDC)向下移动时,进气门开启(图1-5A)。活塞向下运动增大了活塞以上的气缸容积,从而降低了气缸内的压力,这种压力降低通常被称做发动机真空,使大气压力推动空气与燃油的混合气通过开启的进气门(有些发动机装有推动更多空气经过进气门的机械增压器或涡轮增压器)。当活塞到达进气行程底部时,压力降低停止,使空气与燃油的混合气的吸入量减少,但是,空气与燃油的混合气的吸入并不会停止,因为空气与燃油的混合气存在质量和运动,空气与燃油的混合气吸入气缸的过程一直持续到进气门关闭为止。活塞到达下止点(BDC)过后,进气门才会关闭。延迟关闭进气门的目的是尽可能多地向气缸内填充空气和燃油,以增大气缸的充气效率。

压缩行程 压缩行程随着活塞从下止点开始向上运动而开始,进气门关闭,将空气与燃油混合气封闭在气缸内(图1-5B)。活塞向上运动压缩空气与燃油的混合气,使其温度升高。到达上止点时,活塞顶部和气缸壁形成燃油燃烧的燃烧室。活塞在下止点时的气缸容积与活塞在上止点时的气缸容积之比称为发动机的压缩比。

做功行程 做功行程开始于压缩的混合气被点燃之时(图1-5C)。由于气门仍然关闭,击穿火花塞电极的电火花将空气与燃油的混合气点燃。燃烧着的混合气迅速膨胀,对活塞顶部产生非常高的压力,推动活塞下行到下止点(BDC),活塞的向下运动通过连杆传递给曲轴。

排气行程 在做功行程活塞接近下止点之前,排气门开启(图1-5D),气缸内的压力迫使废气经过开启的排气门进入排气系统,活塞从下止点向上运动将大部分残余废气推出气缸。当活塞接近上止点时,随着进气门开始开启,排气门开始关闭。排气行程完成了四行程循环,进气门开启使循环重新开始,每个气缸都在进行着这样的循环,只要发动机运转,循环就会不断地重复。

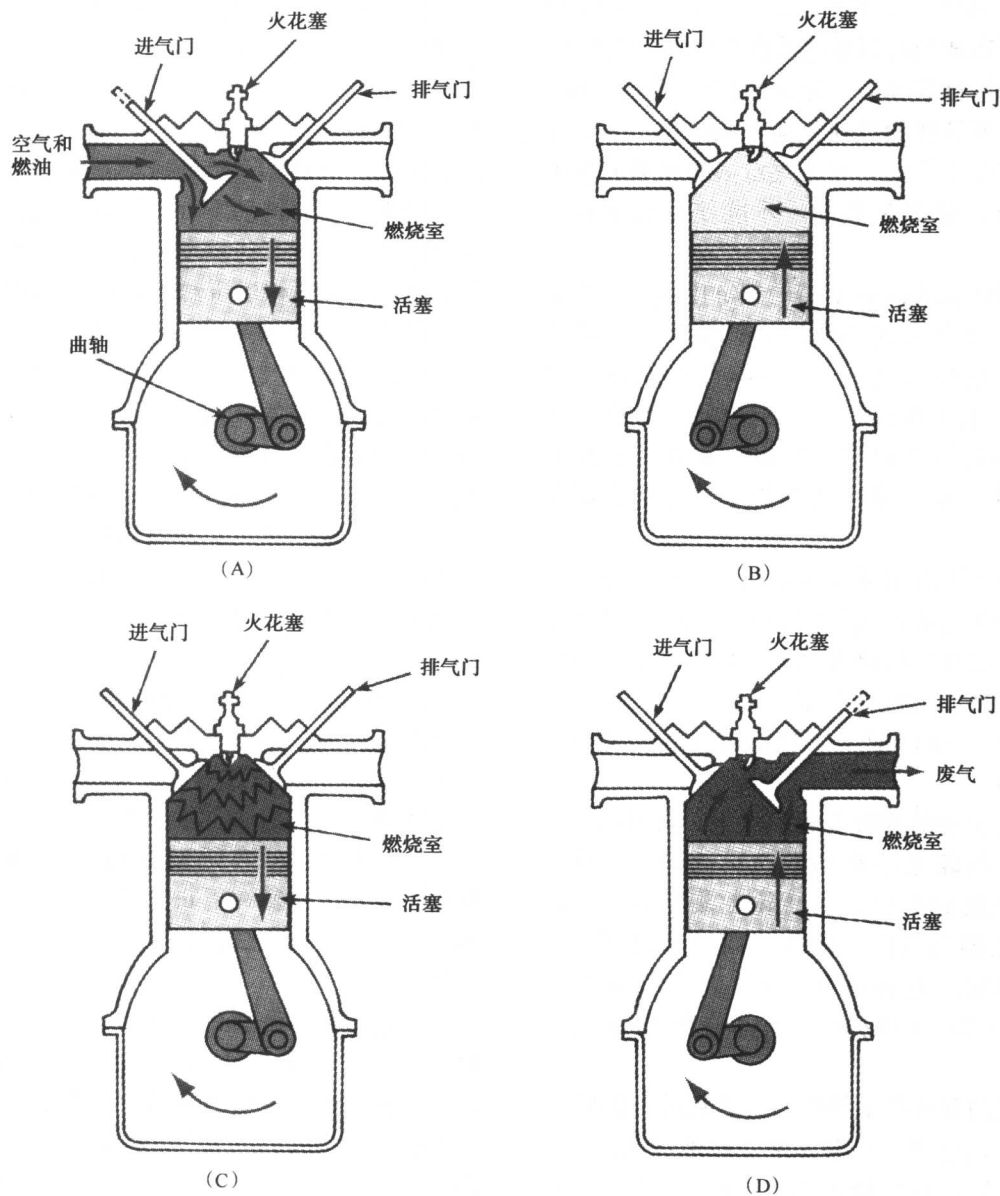


图 1-5 (A) 进气行程 (B) 压缩行程 (C) 做功行程 (D) 排气行程

2. 二行程汽油机

过去,有些进口汽车采用二行程发动机。顾名思义,这种发动机只需要两个活塞行程就可完成进气、压缩、做功和排气四个过程。其过程如下:

(1) 活塞从 BDC 运动到 TDC 完成进气和做功两个过程。

(2) 当活塞接近 TDC 时,经过压缩的空

气与燃油混合气被点燃,使气体发生膨胀。在此期间,进、排气口都是关闭的。

(3) 气缸内的气体膨胀推动活塞下行,使曲轴旋转。

(4) 当活塞处于 BDC 时,进、排气口都是开启的,允许废气离开气缸和空气与燃油的混合气进入气缸。

尽管二行程发动机因为没有配气机构而使结构简单、质量较轻,但是,在汽车上并没有

得到广泛应用。与四行程发动机相比较,二行程发动机的燃料效率较低,废气中的污染物较多。废气中经常含有润滑油,因为二行程发动机要求向气缸中供入一定量的润滑油,以维持活塞润滑。有些二行程汽油机还要求将一定量的润滑油与燃油混合。

近些年来,由于出现了具有革命性的气动燃油喷射系统,二行程发动机又成为被关注的对象。气动喷射系统是利用压缩空气将充分雾化的燃油直接供入燃烧室顶部,这种系统可能成为解决传统二行程发动机燃油经济性和排放问题的有效技术途径。气动燃油喷射系统是二行程直接喷射活塞式发动机发展的基础,这种发动机可能被用在将来的汽车上。

3. 四行程发动机的结构特点

汽车可以采用直列式、V形、斜置式或对置式等结构形式的发动机,但普遍采用的是直列式和V形发动机。

直列式发动机 直列式发动机(图1-6)的所有气缸排成一列,所有气缸共用一根曲轴和一个气缸盖。气缸体被铸造成所有气缸都以垂直方向布置。

直列式发动机具有一些优点和缺点。直列式发动机便于制造和维修,但是,因为气缸都是垂直布置的,所有汽车前部必定较高,这会影响轿车的空气动力学特性。空气动力学特性是指轿车在空气中运动的容易程度。汽车装备直列式发动机时,其前部不可能与装备其他结构的发动机时一样低。

V形发动机 V形发动机有两列相隔 60° 或 90° 的气缸(图1-7),V形发动机使用一根曲轴,曲轴与呈V形布置的两列活塞连接,发动机有两个气缸盖,每列气缸共用一个气缸盖。

V形布置的一个优点是发动机的长度或高度与直列式发动机不一样,汽车的前部可以降低,可以改善汽车外形的空气动力学特性。如果需要由8个气缸提供动力,V形布置可以使发动机较短、较轻、较紧凑。多年以前,有些汽车采用直列式8缸发动机,这种发动机的长度很长,而长曲轴会增大扭转振动。

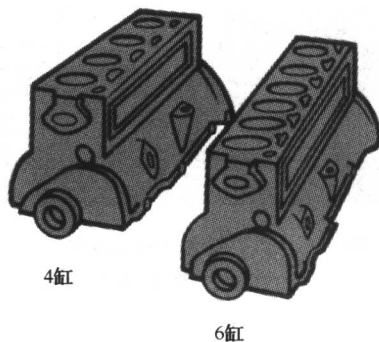


图 1-6 直列式发动机

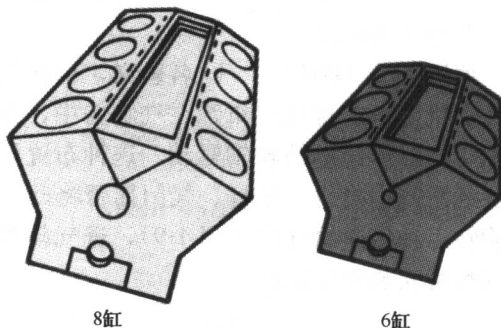


图 1-7 V形发动机

V形发动机可以变形为W形发动机,W形发动机实际上是由曲轴连接在一起的两个V形发动机,这种结构使发动机更加紧凑,在大众公司的新型汽车上可以看到W形发动机。

斜置气缸式发动机 气缸的另一种布置形式是倾斜布置(图1-8A),这种布置形式类似于直列式,只是整个气缸体被倾斜安置。斜置式发动机是为了减小发动机从顶部到底部的距离,采用斜置式发动机的汽车具有更好的空气动力学特性。

对置气缸式发动机 采用这种结构形式时,发动机的两列气缸相对于曲轴排列(图1-8B)。这类发动机的两列气缸共用曲轴,而每列气缸各自有一个气缸盖。保时捷汽车和斯巴鲁汽车采用这类发动机,通常称为对置式发动机。对置气缸式发动机的重心较低,并且在所有工况下都能平稳运转。

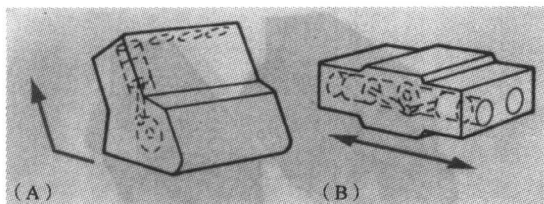


图 1-8 (A) 斜置气缸式发动机
(B) 对置气缸式发动机

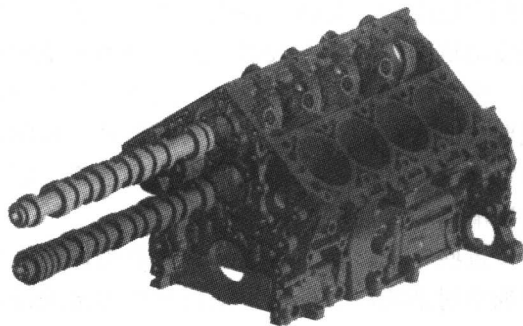


图 1-10 具有两根凸轮轴的气缸体

4. 气门和凸轮轴布置形式

汽车用四行程汽油机的气门和凸轮轴的布置有两种基本形式。

顶置气门 (OHV) 顾名思义，顶置气门式发动机的进、排气门布置在气缸盖中，并且由位于气缸体内的凸轮轴驱动。这种布置形式需要利用气门挺杆、推杆、气门摇臂将凸轮轴的旋转运动传递给气门（图 1-9），进气歧管和排气歧管安装在气缸盖上。

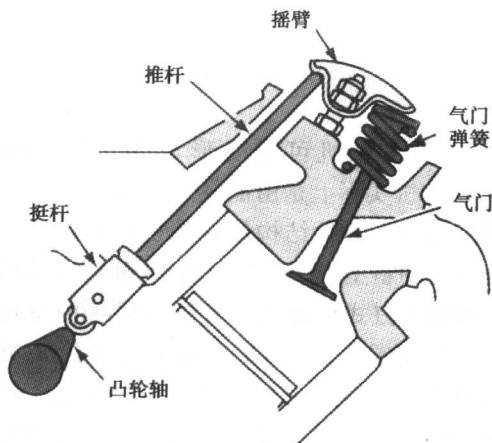


图 1-9 顶置气门式发动机的基本气门结构

通用汽车公司最新设计的发动机在气缸体中设有两根凸轮轴（图 1-10），一根凸轮轴仅驱动进气门，另一根凸轮轴仅驱动排气门，这种结构允许通过控制进气凸轮轴改变进气门运动，而通过保持排气凸轮轴使排气门运动不变。由于凸轮轴布置在发动机气缸体内，所以不需要很长的气门正时皮带或链条。

顶置凸轮 (OHC) 顶置凸轮式发动机的进、排气门也布置在气缸盖中，但是，顾名思义，凸轮布置在气缸盖中。在顶置凸轮式发动机中，气门直接由凸轮轴驱动，或者通过凸轮从动件或气门挺杆驱动（图 1-11）。有些发动机的进、排气门有单独的凸轮轴，这些发动机被称为双顶置凸轮轴式 (DOHC) 发动机。

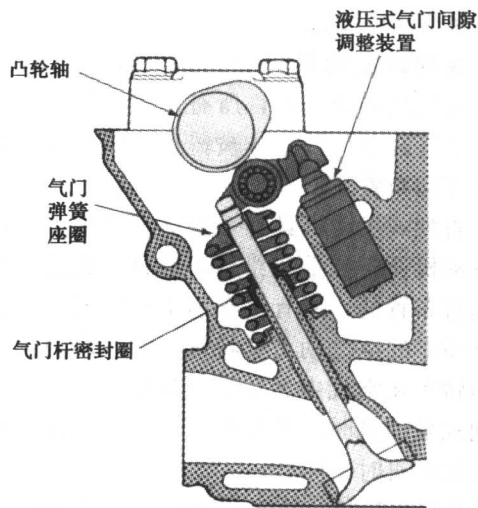


图 1-11 基本的顶置凸轮轴式发动机的
气门和凸轮轴的布置

5. 气门和凸轮轴工作原理

对于凸轮轴位于气缸体中的顶置气门式发动机（图 1-12），气门由气门挺杆和推杆驱动，而挺杆和推杆由凸轮轴驱动。对于顶置凸轮式发动机，凸轮凸起直接驱动气门而不需要推杆。（可能在凸轮轴和气门之间设有挺杆。）