

汽车专业维修培训丛书

理论与实践相结合，实用性强

实例丰富，代表性强

根据读者群体组织资料，针对性强

立足结构，突出实践技能培养，重在检测维修

汽油 发动机

石美玉 主编



化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心

汽车专业维修培训丛书

汽油发动机

石美玉 主编



化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

汽油发动机/石美玉主编. —北京: 化学工业出版社,
2004. 11

(汽车专业维修培训丛书)

ISBN 7-5025-6251-6

I. 汽… II. 石… III. ①汽车-汽油机-构造②汽车-
汽油机-故障诊断③汽车-汽油机-故障修复 IV. U472.43

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 109836 号

汽车专业维修培训丛书

汽油发动机

石美玉 主编

责任编辑: 周国庆 周 红

文字编辑: 廉 静

责任校对: 洪雅姝

封面设计: 于剑凝

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

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

*

新华书店北京发行所经销

北京云浩印刷有限责任公司印刷

三河市东柳装订厂装订

开本 720mm×1000mm 1/16 印张 14¼ 字数 262 千字

2005 年 3 月第 1 版 2005 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6251-6/TH·255

定 价: 26.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

当今时代,科学技术的迅猛发展,极大地促进了汽车技术和汽车工业的高速发展,汽车正日益广泛地深入到社会和人们日常生活的各个方面,这使得汽车修理成为引人注目、迅猛发展的行业。

由于现代汽车技术大量地融进了电子技术、计算机技术、现代通讯与控制技术等,使得汽车的维修理念、维修内容、维修方法,都发生了根本性的变化,汽车维修越来越具有一定的难度。因此,汽车维修市场对汽车维修人员的技能及素质要求越来越高,汽车维修业的从业人员需在相对短的时间内掌握关于新车型的维修技术和方法。从汽车技术发展和汽车维修人员掌握技术能力和培养素质的角度出发,本编委会组织有关专家编写了这套《汽车专业维修培训丛书》,包括:《充电系统》、《转向系统》、《汽油发动机》、《制动系统》、《传动轴、差速器、驱动桥及车桥》、《悬架系统》、《电子燃油喷射系统》、《自动变速器》、《空调系统》、《点火系统》、《启动系统》、《车轮定位及轮胎》、《柴油发动机》、《防抱死制动和牵引力控制系统》、《增压器》、《排放控制系统》、《离合器及机械变速器》、《车身电气》等共计 18 种。

针对汽车维修人员的实际需要,本丛书在编写上力求做到以下几点。

1. 依据《国家职业标准·汽车维修工》中有关中级和高级的内容进行编写。
2. 基本知识、原理、结构简单介绍,以够用为原则。
3. 突出基本技能,主要介绍维修部分的内容,以及故障的诊断、排除方法和技巧,并列举例,注重实用性、针对性和可操作性。同时介绍材料、零部件识别的有关知识。
4. 语言简洁,深入浅出,通俗易懂,做到图文并茂。

本书是《汽油发动机》,是《汽车专业维修培训丛书》之一,目的是使广大汽车维修人员尽快掌握现代轿车发动机的结构原理、使用和维修。现代轿车种类繁多,本书力图以一般和典型相结合的方式,理论和实用并重的原则,对现代轿车发动机的基本结构、原理、典型结构、维修方法、常见故障诊断方法等进行系统的介绍。本书具有针对性、典型性、实用性的特点,图文并茂,通俗易懂,并期望能着眼于发展,起到举一反三的作用。

本书由石美玉主编，参加编写的还有张金柱、严世清、崔宏耀、臧杰、薛惠娟、纪峻岭、于春鹏、王革新、齐益强等。

由于编者水平有限，编写时间仓促，书中难免有不足之处，敬请读者指正。

编 者

2004 年 12 月

目 录

第 1 章 汽油发动机结构原理	1
1.1 概述	1
1.2 曲柄连杆机构	3
1.2.1 机体组	3
1.2.2 活塞连杆组	6
1.2.3 曲轴飞轮组	10
1.3 配气机构	12
1.3.1 配气正时	12
1.3.2 气门间隙	13
1.3.3 气门组	14
1.3.4 液压式气门挺杆	17
1.3.5 气门传动组	18
1.4 润滑系统	20
1.4.1 润滑系统的组成	20
1.4.2 机油泵	21
1.4.3 机油滤清器	21
1.4.4 机油消耗	22
1.5 冷却系统	23
1.5.1 冷却系统的作用和组成	23
1.5.2 节温器	25
1.5.3 水泵	25
1.5.4 电动冷却风扇	26
1.5.5 硅油风扇离合器	27
第 2 章 故障诊断与维修	29
2.1 发动机故障诊断	29
2.1.1 发动机常见故障的类型与排除规律	29
2.1.2 汽油发动机常见故障的判断程序	29
2.2 发动机维修	31

2.2.1	发动机大修标志	31
2.2.2	发动机总成大修工艺过程	31
2.2.3	发动机拆下前的检测	32
2.2.4	发动机的拆卸	33
2.2.5	曲柄连杆机构维修	34
2.2.6	配气机构维修	44
2.2.7	润滑系维修	53
2.2.8	冷却系维修	56
2.2.9	发动机机械系统的装配与调试	60
第3章	凌志 IS200 汽车 1G-FE 型发动机机械系统维修	63
3.1	发动机部件拆装和检查	63
3.1.1	正时皮带拆装和检查	63
3.1.2	汽缸盖拆装和检查	71
3.1.3	汽缸体拆装和检查	94
3.2	车上检查	105
3.3	维修数据	110
第4章	广州本田雅阁发动机机械系统维修	117
4.1	发动机总成	117
4.1.1	发动机结构特点	117
4.1.2	发动机总成的拆卸	117
4.1.3	发动机总成的安装	121
4.2	曲柄连杆机构	123
4.2.1	曲柄连杆机构的结构	123
4.2.2	机体组的检修	123
4.2.3	活塞连杆组的检修	133
4.2.4	曲轴飞轮组的检修	137
4.3	配气机构	142
4.3.1	配气机构的结构特点	142
4.3.2	气门组的检修	145
4.3.3	气门传动组的检修	150
4.3.4	气门间隙的调整	159
4.4	发动机支架控制系统	160
4.4.1	发动机支架控制系统概述	160
4.4.2	发动机支架控制系统的检测	161

4.5 进排气支管与排气消声器	163
4.5.1 进气支管总成	163
4.5.2 排气支管总成	165
4.5.3 排气消声器	167
4.6 润滑系统	167
4.6.1 润滑系统的结构	167
4.6.2 润滑系统的检修	167
4.7 冷却系统	171
4.7.1 冷却系统的结构	171
4.7.2 冷却系统的维修	172
第5章 上海大众帕萨特轿车发动机机械部分维修	178
5.1 概述	178
5.1.1 发动机结构特点与技术参数	178
5.1.2 发动机编号位置	179
5.1.3 帕萨特 B5 轿车基本型 ANQ 发动机主要技术特点	179
5.2 维修作业	180
5.2.1 发动机的拆装	180
5.2.2 发动机的分解与装配	184
5.2.3 曲柄连杆机构的维修	191
5.2.4 配气机构的维修	195
5.2.5 冷却系统的维修	210
5.2.6 润滑系统的维修	217
5.2.7 排气系统的维修	223
参考文献	225

第 1 章 汽油发动机结构原理

1.1 概 述

安装在汽车上的汽油发动机几乎都是四冲程发动机。

四冲程发动机的工作原理，是按照进气、压缩、做功、排气四个行程不断循环往复的，如图 1-1 所示。

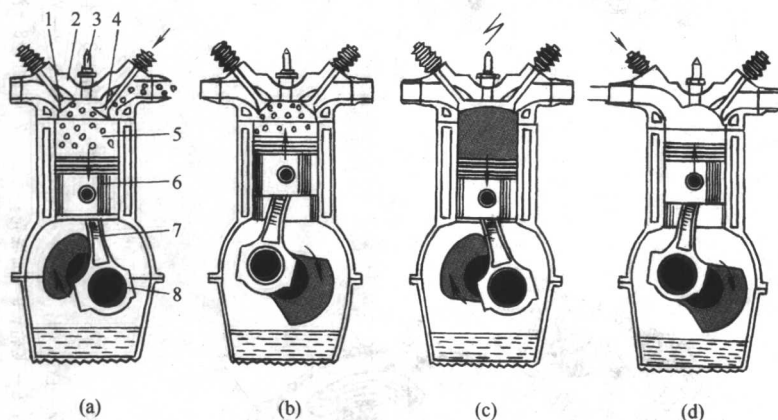


图 1-1 四冲程汽油机工作原理示意

1—排气门；2—汽缸盖；3—火花塞；4—进气门；

5—汽缸；6—活塞；7—连杆；8—曲轴

要使发动机能在各种不同的工作条件下平稳运转，必须满足下列三个条件：

- ① 高的压缩压力；
- ② 正确的点火正时及强烈的火花；
- ③ 空气-燃油混合气良好。

汽油机通常由曲柄连杆机构、配气机构和燃料供给系、润滑系、冷却系、点火系、启动系五大系统组成，如图 1-2、图 1-3、图 1-4 所示。

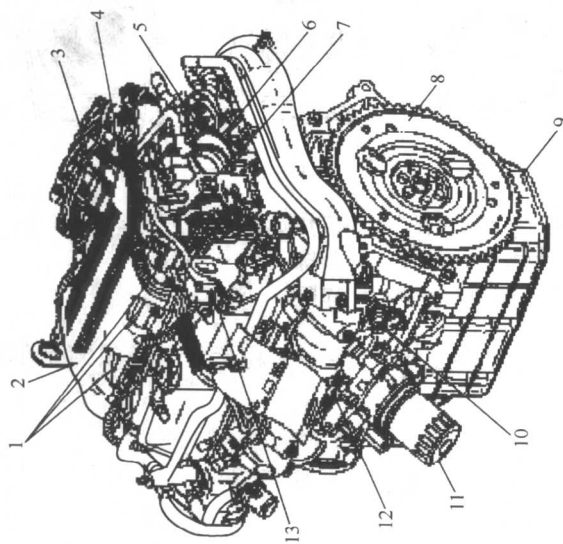


图 1-2 发动机全图

1—燃油管；2—汽缸盖罩；3—MAP 传感器；4—EGR 阀；5—节气门体
 传感器；6—节气门体；7—燃油压力调节器；8—飞轮；9—油底壳；
 10—机油压力开关；11—机油滤清器；12—爆震传感器；13—PCV 阀

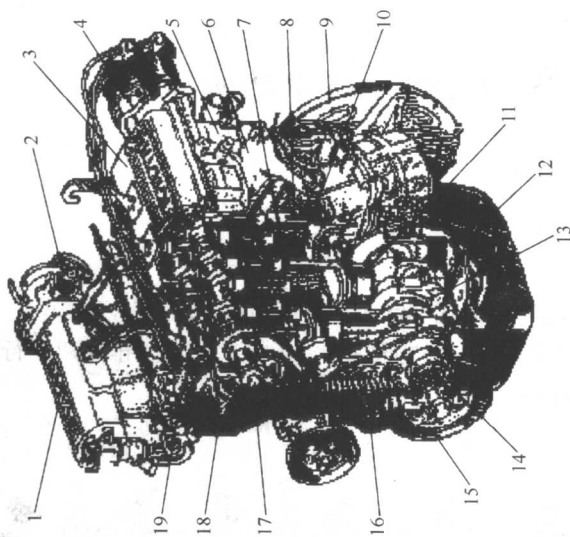


图 1-3 丰田 4E-FE 型四气门汽油喷射式发动机纵剖图

1—进气管；2—节气门；3—汽缸盖罩；4—分电器；5—汽缸盖；6—排气管；
 7—汽缸；8—汽缸体；9—飞轮；10—水套；11—活塞；12—油底壳；
 13—曲轴；14—曲轴正时齿形带轮；15—曲轴带轮；16—正时齿形带；
 17—凸轮轴；18—正时传动室盖；19—火花塞

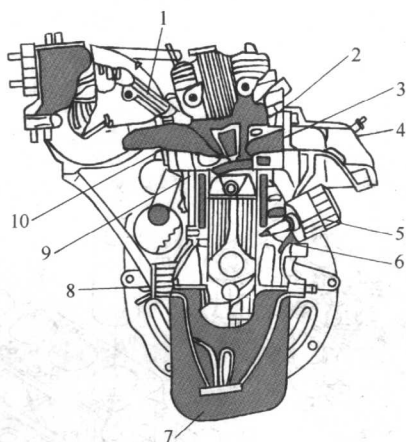


图 1-4 丰田 4E-FE 型四气门汽油喷射式发动机横剖图

1—喷油器；2—排气门；3—排气道；4—氧传感器；5—机油滤清器；6—连杆；
7—放油螺塞；8—曲轴箱；9—进气门；10—进气道

1.2 曲柄连杆机构

曲柄连杆机构是发动机进行热功转换的主要机构，其作用是将燃气作用在活塞顶上的压力转变为曲轴的旋转运动而对外输出动力。

曲柄连杆机构由机体组、活塞连杆组和曲轴飞轮组三部分组成。机体还是发动机各个机构、各个系统和一些其他部件的安装基础，机体的许多部分还是配气机构、燃料供给系、冷却系和润滑系的组成部分。

机体组主要包括汽缸体、曲轴箱、汽缸盖、汽缸套、汽缸垫等不动件。

活塞连杆组主要包括活塞、活塞环、活塞销、连杆等运动件。

曲轴飞轮组主要包括曲轴、飞轮等。

发动机长期使用后，各种零件会磨损，它们之间的间隙也会逐渐变大，结果使发动机整体性能下降，如产生异常噪声、发动机输出功率降低、机油和燃油消耗增加等。在这些情况下，发动机必须大修，磨损的零件也必须修理或更换。

1.2.1 机体组

机体组的组成（EQ6100-1）如图 1-5 所示。

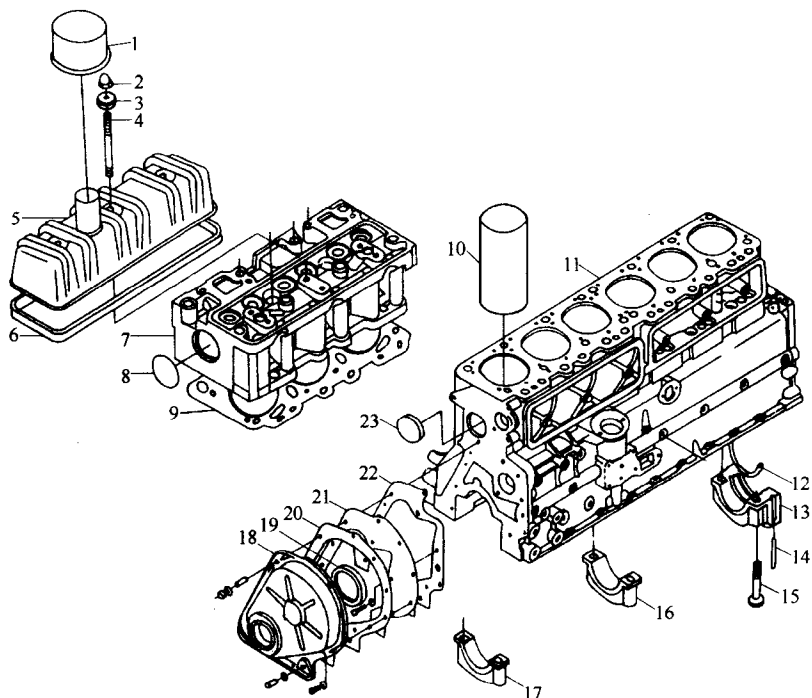


图 1-5 机体组的组成 (EQ6100-1)

- 1—曲轴箱通风管盖；2—螺母；3—垫片；4—螺柱；5—汽缸盖罩；6—密封垫；7—汽缸盖；
8, 23—水堵（碗形塞）；9—汽缸衬垫；10—干式汽缸套；11—机体；12, 14—密封条；
13, 16, 17—后、中间、前主轴承盖；15—主轴承螺栓；18—正时齿轮室盖；
19—曲轴前油封；20, 22—衬垫；21—垫板

(1) 汽缸体 汽缸体与曲轴箱常铸为一体，称为汽缸体-曲轴箱，简称为汽缸体。汽缸体上部有数个使活塞在其中运动的圆柱形空腔，称为汽缸；下部为支撑曲轴的曲轴箱。

为减小汽缸的磨损，汽缸壁有较高的加工精度和较低的粗糙度。但是由于活塞及活塞环总是在高温、高压下压在汽缸壁上做往复运动，缸径不可避免地要磨损。汽缸上端的温度、压力最高，因而磨损也最严重。

随着汽缸的磨损，可能会出现下列问题：

- ① 活塞敲缸过大；
- ② 机油消耗过多；
- ③ 由于燃烧室压缩压力减小，导致发动机功率不足；
- ④ 汽缸内台阶越来越大，会损坏第一道活塞环等。

汽缸的非正常磨损或损坏，主要由下列原因造成：

- ① 汽缸壁润滑不足；
- ② 机油或机油滤清器保养不当；
- ③ 灰尘由进气系统吸入；
- ④ 空气-燃油混合气过浓；
- ⑤ 发动机过热或过冷等。

(2) 汽缸盖 如图 1-6 所示，多数汽油发动机的汽缸盖是由铝合金制成的。铝合金比铸铁轻，导热性能好。但是也有一些缺点，如使用中易变形、易受损、热膨胀大等。

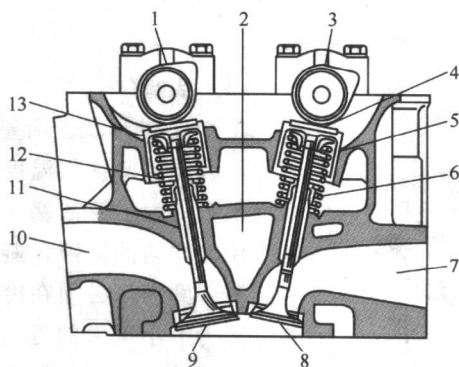


图 1-6 汽缸盖及安装零件

- 1—进气凸轮轴；2—冷却水套；3—排气凸轮轴；4—调整垫片；5—气门挺柱；
6，13—气门弹簧；7—排气管道；8—排气门；9—进气门；10—进气管道；
11—气门导管；12—油封

修理汽缸盖时必须注意，不要刮伤或损坏与汽缸盖垫片和歧管垫片相接合的汽缸盖表面。汽缸盖螺栓必须在发动机冷态时，按规定的方法、适当的顺序紧固至规定的力矩。

(3) 汽缸盖螺栓的拆装方法 在拆装汽缸盖螺栓时，应注意以下几点。

① 汽缸盖螺栓的拧紧力矩。汽缸盖螺栓的拧紧力矩太大或太小，都会对发动机造成不良的影响，使汽缸盖变形、漏气等。因此，在发动机的修理手册中，都明确地规定了汽缸盖螺栓的拧紧力矩，并要求分几次拧紧至规定的力矩。由于材料的膨胀系数不同，为了防止受热后汽缸盖螺栓的膨胀大于铸铁缸盖的膨胀而使预紧度降低，对于铸铁缸盖要在发动机达到正常工作温度后再进行第二次拧紧。铝合金缸盖由于其膨胀系数比钢大，故只需在冷状态下一次拧紧即可。

② 汽缸盖螺栓的拆装顺序。汽缸盖螺栓的拆装一般采用对称法，即装配时，

由中间向两端逐个对称拧紧（见图 1-7）；拆卸时，则由两端向中间逐个对称拧松。

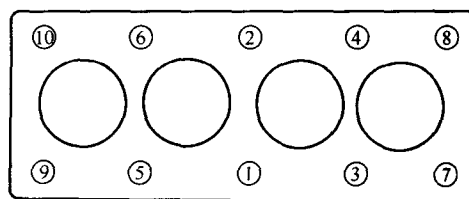


图 1-7 发动机汽缸盖螺栓的拧紧顺序

1.2.2 活塞连杆组

活塞连杆组的组成如图 1-8 所示。

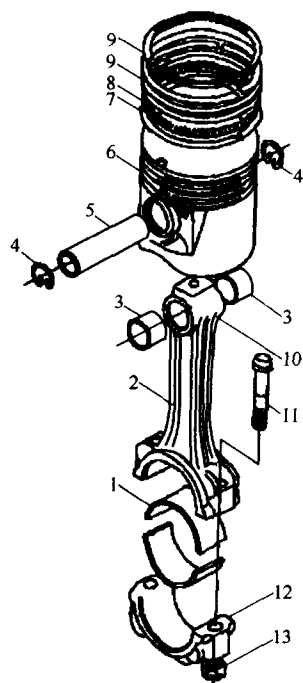


图 1-8 活塞连杆组的组成

- 1—连杆轴承；2—连杆；3—连杆衬套；
- 4—活塞销卡环；5—活塞销；6—活塞；
- 7—油环刮片；8—油环衬套；9—气环；
- 10—连杆小头；11—连杆盖螺栓；
- 12—连杆盖；13—连杆盖螺母

(1) 活塞

① 活塞的形状。活塞顶部是燃烧室的一部分，因此活塞顶部温度要比活塞裙部温度高出很多，为了使活塞在工作温度下与汽缸壁有比较均匀的间隙，避免在汽缸内卡死或引起局部磨损，必须在冷态时把活塞制成轴线方向为上小下大的近似圆锥形。其裙部断面为长轴垂直于活塞销方向的椭圆形，这是为了补偿活塞销座孔这块厚金属的热膨胀量，如图 1-9 所示。

活塞受到压缩或燃烧压力时，压力的一部分也施加到活塞裙部，这部分压力将活塞推向汽缸壁，称作“推力”。推力分为“主推力”和“次推力”。前者是在燃烧行程产生的，后者是在压缩行程产生的。由于燃烧压力远比压缩压力大，主推力远比次推力大，所以“推力”通常是指主推力。

一般活塞销座轴线位于活塞中心面内，当活塞越过上止点改变运动方向时，由于侧压力瞬时换向，使活塞与缸壁的接触面突然由一侧平移至另一侧 [见图 1-10 (a)]，便产生活塞对缸壁的“敲击”（俗称活塞敲缸）。因此发动机常将活塞销座轴线向做功行程中

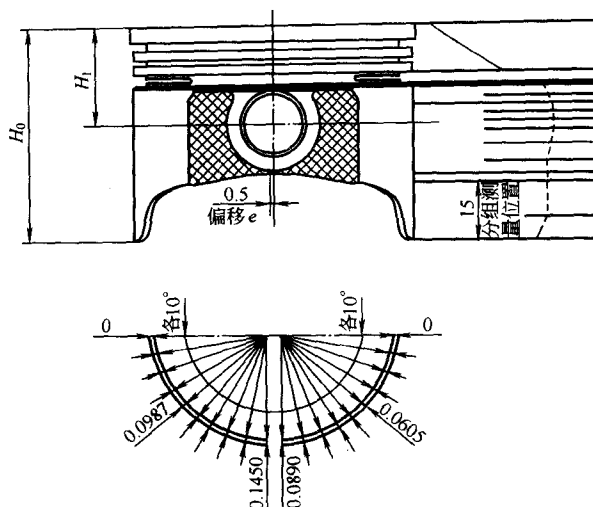


图 1-9 活塞裙部形状 (TJ376Q)

受侧压力较大的一面偏移 1~2mm [见图 1-10 (b)]。这样，在活塞接近上止点时，作用在活塞销座轴线右侧的气体压力大于左侧，使活塞倾斜，裙部下端提前换向。然后活塞越过上止点，侧压力相反时，活塞以左下端接触处为支点，顶部向左转（不是平移），完成换向，从而使换向冲击力大为减弱。

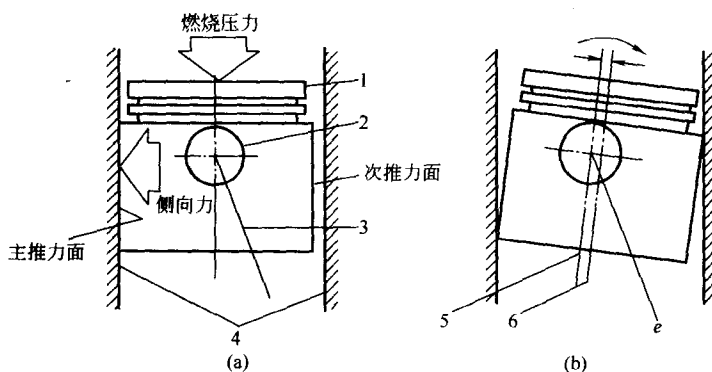


图 1-10 销孔位置对侧向力变向时活塞运动的影响

1—活塞；2—活塞销孔；3—连杆；4—汽缸壁；5—销孔轴线；6—活塞轴线

② 活塞顶面标记。由于活塞顶部气门凹坑或偏置销座等原因，使活塞的安装有一定的方向性，为了防止装错，活塞顶面一般都有朝前标记，安装时应加以注意。

为了保证发动机工作平稳，一台发动机一组活塞的尺寸和重量偏差都用分组选配的方法控制在一定范围内。另外，修理中镗削汽缸后，需用加大尺寸的活塞。因而活塞顶面，还有尺寸分组和重量分组标记，以及加大尺寸的数字和缸号等。



图 1-11 活塞销孔尺寸代码

活塞销插入与其直径相配的活塞销座孔内，活塞销孔与活塞销也是分组选配的，活塞销孔尺寸代码如图 1-11 所示。

(2) 活塞环

① 活塞环标记。厂家名称及加大尺寸标记等都能在活塞环上找到，标准尺寸活塞环没有尺寸标记。

在安装活塞环时应注意以下几点：

- a. 活塞环标记朝上；
- b. 有些 1 号气环上可能没有标记，安装时

任何一面朝上都可以；

- c. 注意各道气环的安装顺序；
- d. 安装活塞环时，不能让各环的端隙排在一条直线上；
- e. 使用新活塞环时，一定要检查端隙。

② 活塞环间隙。发动机工作时，活塞及活塞环都会发生热膨胀。因此，活塞环在汽缸内应有开口间隙，与环槽间还应有侧隙与背隙。

开口间隙又称端隙，是活塞冷态下装入汽缸后开口处的间隙。为减少气体的泄漏，装入汽缸时，第一道环的开口位置应避开做功行程的受压面，各道环的开口位置应相互错开。从而获得较长的、迷宫式的漏气路线，增大漏气阻力，减少漏气量。

侧隙又称边隙，是环高方向上环与环槽之间的间隙。第一道环一般比其他环大些，油环侧隙较气环小些。

背隙是活塞及活塞环装入汽缸后，活塞环背面与环槽底部间的间隙。油环的背隙较气环大，目的是增大存油间隙，以利减压泄油。

如果活塞环颤动，即在活塞环槽内上下振动或左右晃动，就会降低活塞环的作用。活塞环的膨胀力越小，活塞运动越快，这种现象就越容易发生。当活塞环颤动后，就会在活塞环槽、活塞环顶部和底部表面产生非正常磨损。由于磨损，燃烧气体逸出量也会增加，而且油膜破裂，使活塞或活塞环容易卡住。所以，有必要检查活塞环槽与活塞环的间隙。

③ 活塞环的泵油作用。发动机运转时，活塞环在活塞环槽内上下运动，就产生泵油作用，将机油抽送到活塞环之上，有助于润滑，如图 1-12 所示。

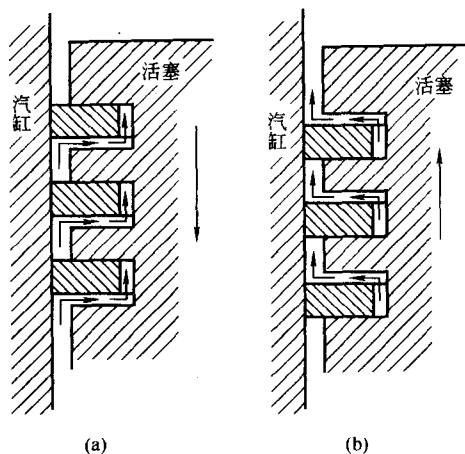


图 1-12 活塞环的泵油作用

如果活塞环与活塞环槽间隙太大，泵油作用也会较大，机油消耗也会增加。

(3) 连杆 连杆应在质量尽可能小的条件下有足够的刚度和强度，为此连杆杆身通常做成“工”字形断面。

有的连杆大头及轴承钻有直径 $1 \sim 1.5\text{mm}$ 的径向小油孔，从中喷出机油以加强汽缸壁等处的飞溅润滑，在上止点前，曲轴连杆轴颈油孔与喷油嘴重合，机油就由喷油嘴喷出。如果连杆前后组装反了，汽缸就会润滑不足，连杆油孔及朝前标记如图 1-13 所示。

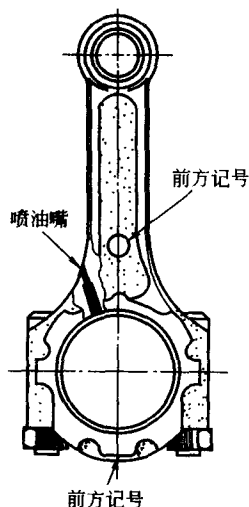


图 1-13 连杆喷油嘴及朝前标记 (4A-F 发动机)

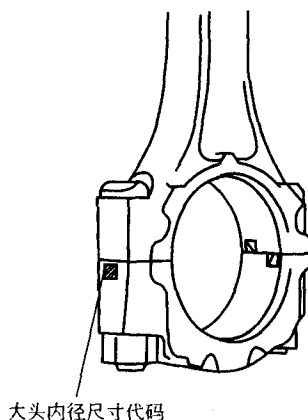


图 1-14 4A-F 发动机连杆