



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定



“互联网 + 教育”新形态一体化教材



扫描二维码
共享立体资源

发动机机械系统故障 检测诊断与修复

中国汽车工程学会汽车应用与服务分会组织编写

总主编 朱军 弋国鹏
主 编 占百春 徐展

总主编 朱 军 弋国鹏
主 编 占百春 徐 展

北京出版集团公司
北京出版社

北京出版集团公司
北 京 出 版 社

图书在版编目(CIP)数据

发动机机械系统故障检测诊断与修复 / 占百春, 徐展主编. —北京: 北京出版社, 2014.5 (2021 重印)
高职“十二五”规划教材: 2014 版
ISBN 978-7-200-10686-2

I. ①发… II. ①占… ②徐… III. ①汽车—发动机—机械系统—故障诊断—高等职业教育—教材②汽车—发动机—机械系统—车辆修理—高等职业教育—教材 IV. ① U472.43

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 114029 号

发动机机械系统故障检测诊断与修复

FADONGJI JIXIE XITONG GUZHANG JIANCE ZHENDUAN YU XIUFU

主 编: 占百春 徐 展

出 版: 北京出版集团公司

北 京 出 版 社

地 址: 北京北三环中路 6 号

邮 编: 100120

网 址: www.bph.com.cn

总发行: 北京出版集团公司

经 销: 新华书店

印 刷: 定州市新华印刷有限公司

版印次: 2014 年 5 月第 1 版 2021 年 8 月修订 2021 年 9 月第 4 次印刷

开 本: 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张: 11.5

字 数: 221 千字

书 号: ISBN 978-7-200-10686-2

定 价: 33.00 元

教材意见建议接收方式: 010-58572162 邮箱: jiaocai@bphg.com.cn

如有印装质量问题, 由本社负责调换

质量监督电话: 010-82685218 010-58572162 010-58572393

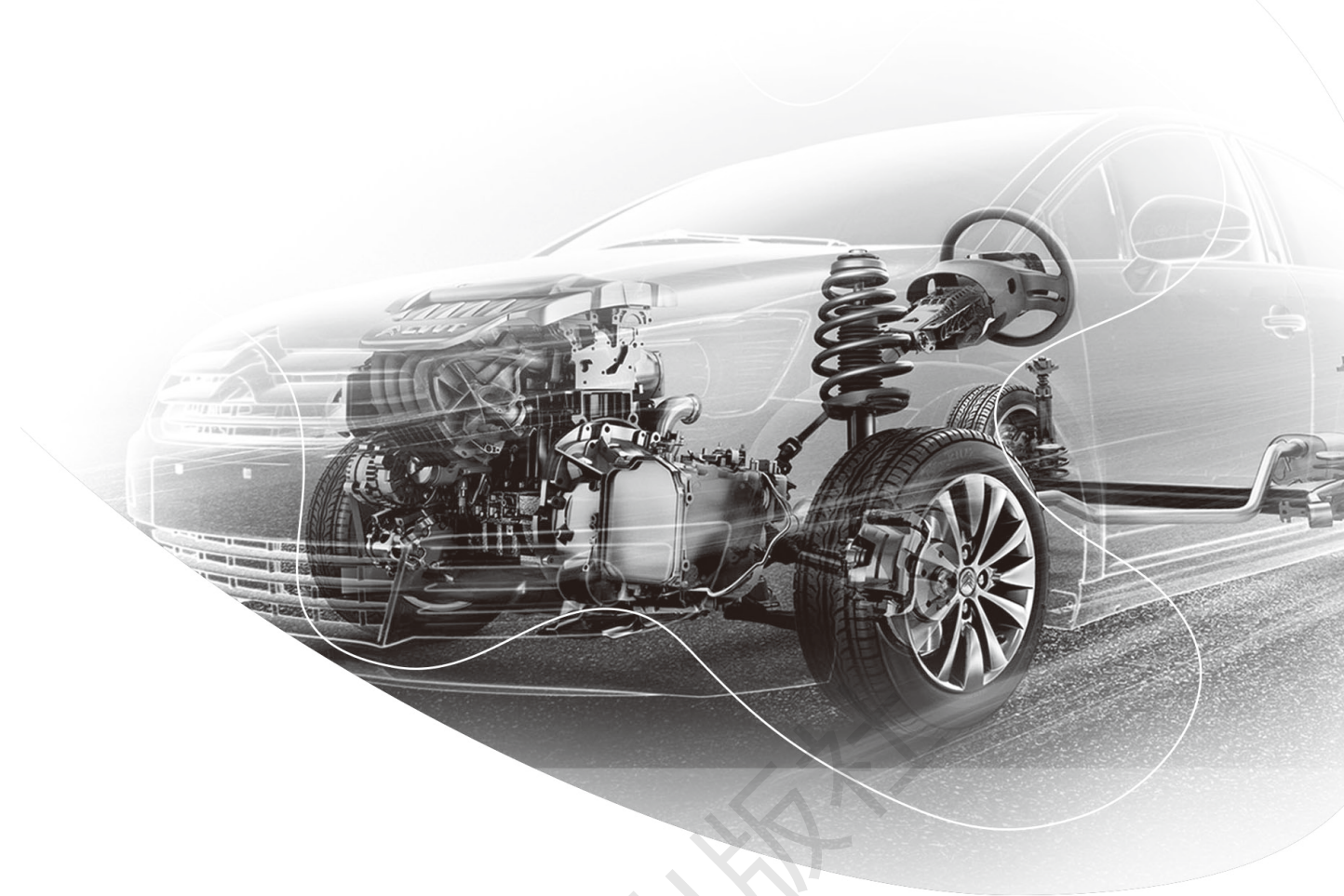
目录

学习工作页

学习单元一 发动机总体结构认知	2
学习任务一 发动机的整体认知	2
学习任务二 发动机主要性能指标的掌握及编号识别	5
学习单元二 曲柄连杆机构的故障诊断与检修	8
学习任务一 机体组的检修	8
学习任务二 活塞连杆组的检修	14
学习任务三 曲轴飞轮组的检修	17
学习任务四 曲柄连杆机构的故障诊断与排除	20
学习单元三 配气机构的故障诊断与检修	23
学习任务一 气门组的检修	23
学习任务二 凸轮轴的检修	27
学习任务三 正时机构的检修	30
学习任务四 配气机构的故障诊断与排除	33
学习单元四 润滑系统的故障诊断与检修	36
学习任务一 润滑系统的构造与检修	36
学习任务二 润滑系统的故障诊断与排除	39
学习单元五 冷却系统的故障诊断与检修	42
学习任务一 冷却系统的故障诊断与检修	42
学习任务二 冷却系统的故障诊断与排除	45

学习参考

学习单元一 发动机总体结构认知	48
学习任务一 发动机的整体认知	48
学习任务二 发动机主要性能指标的掌握及编号识别	58
学习单元二 曲柄连杆机构的故障诊断与检修	64
学习任务一 机体组的检修	64
学习任务二 活塞连杆组的检修	75
学习任务三 曲轴飞轮组的检修	85
学习任务四 曲柄连杆机构的故障诊断与排除	92
学习单元三 配气机构的故障诊断与检修	100
学习任务一 气门组的检修	100
学习任务二 凸轮轴的检修	110
学习任务三 正时机构的检修	117
学习任务四 配气机构的故障诊断与排除	127
学习单元四 润滑系统的故障诊断与检修	135
学习任务一 润滑系统的构造与检修	135
学习任务二 润滑系统的故障诊断与排除	143
学习单元五 冷却系统的故障诊断与检修	149
学习任务一 冷却系统的故障诊断与检修	149
学习任务二 冷却系统的故障诊断与排除	166
参考文献	171



学习工作页

学习单元二

曲柄连杆机构的故障诊断与检修

通过对本单元的学习,可以知道发动机曲柄连杆机构的功用与组成;机体组、活塞连杆组、曲轴飞轮组的功用与结构特点;能规范拆装曲柄连杆机构,正确使用工量具完成机体组、活塞连杆组、曲轴飞轮组的检测;能够实施气缸压力检测并对曲柄连杆机构进行故障诊断。

学习任务一 机体组的检修

任务描述

某轿车到店保养,技师发现冷却液不足且较浑浊,检查了散热器及散热器盖,还检查了冷却液管路及各接头,均未发现漏液迹象。询问车主,车主从未关注过运行水温,只是觉得提速不畅。于是技师对发动机的机体组进行分解并对气缸盖、气缸体做了进一步的检测,发现该车使用了非正品气缸垫,导致气缸体与缸盖密封不严,出现内部漏液、气缸窜气,导致气缸垫损坏严重,于是更换了正品气缸垫,并更换了冷却液。车主提车时,技师叮嘱车主可不定期自行检查或到店送检冷却液的消耗情况。通过追踪回访,车辆情况一切正常。

学习目标

1. 可以准确阐述汽油发动机曲柄连杆机构的功用与组成,机体组主要零部件的功用与结构特点。
2. 能正确使用工具仪器完成气缸盖、气缸垫、油底壳拆装及检测。
3. 能正确使用工具仪器完成机体与缸套的拆装及检测。



学习准备

本学习任务主要知识点有:曲柄连杆机构的组成及功用;机体组的构造。

建议可使用多媒体结合实物的方式呈现发动机机体组在整个发动机构造中的作用。



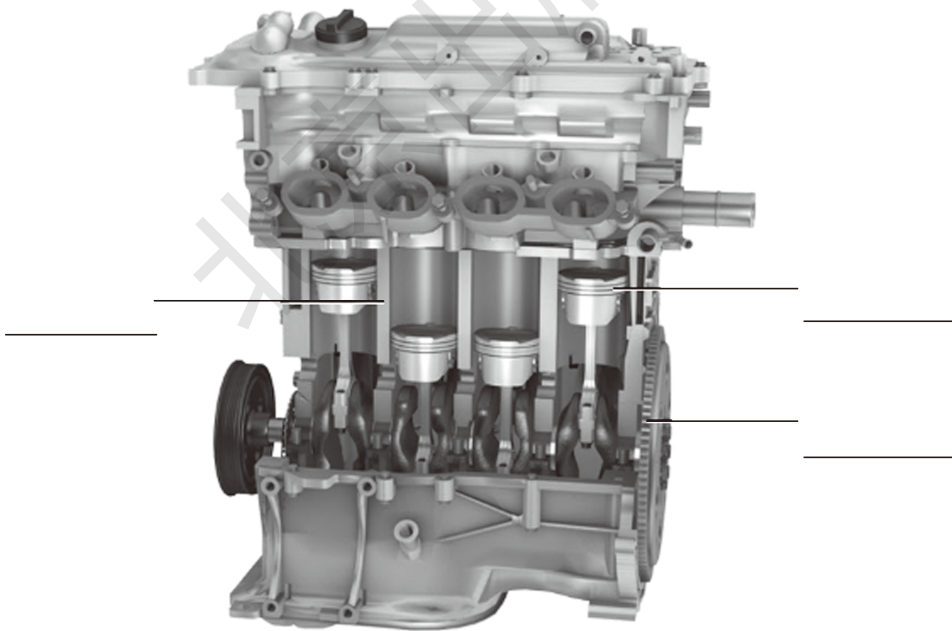
计划与实施

1. 用视频形式显示故障现象和维修过程。
2. 用多媒体结合实物的方式呈现发动机机体组在整个发动机构造中的作用。
3. 采用实物组织学生讨论机体组的组成及功用。
4. 组织学生在发动机实物上认识主要部件。
5. 组织学生按照学习参考中的实践项目对机体组进行正确拆装。
6. 组织学生按照学习参考中的实践项目完成对气缸盖的检测。
7. 组织学生按照学习参考中的实践项目完成对气缸垫的检测。

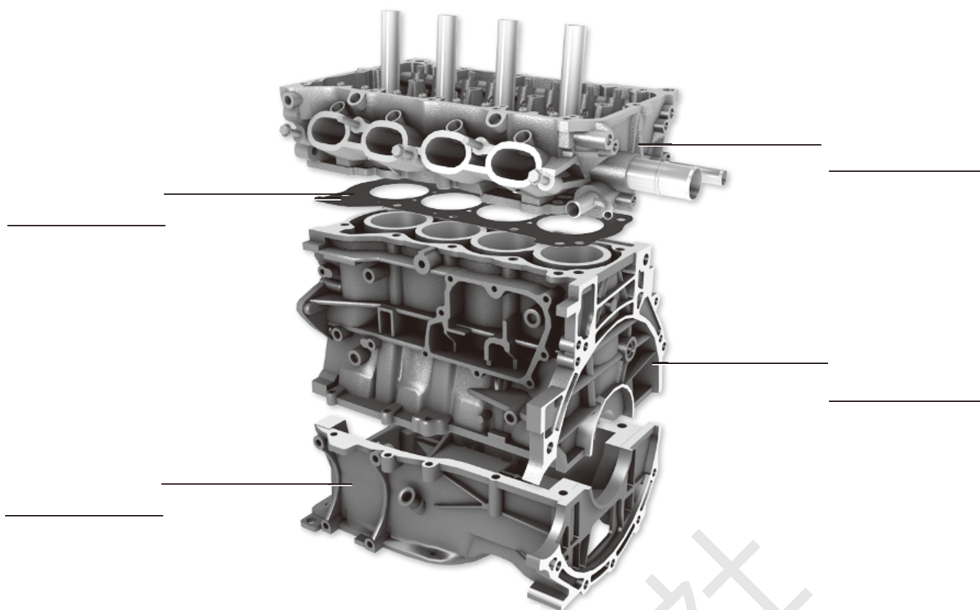


评价与反馈

1. 曲柄连杆机构的功用是将燃料燃烧时产生的_____能转变为活塞往复运动的_____能，再通过_____的往复运动变为_____的旋转运动而对外输出转矩。
2. 请你将机体组、活塞连杆组、曲轴飞轮组三个关键词填入图片中。



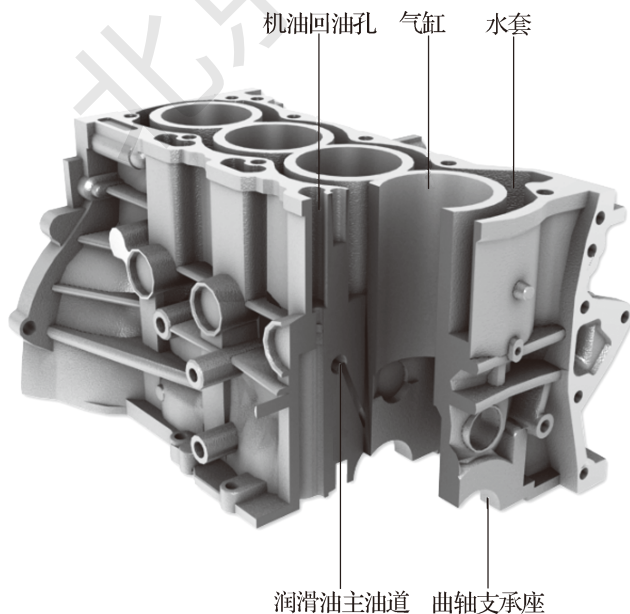
3. 请你将气缸盖、气缸垫、气缸体、曲轴箱四个关键词填入图片中。



4. 发动机气缸体与上曲轴箱常铸成一体，简称气缸体，它是发动机各机构安装的基础（如下图所示）。

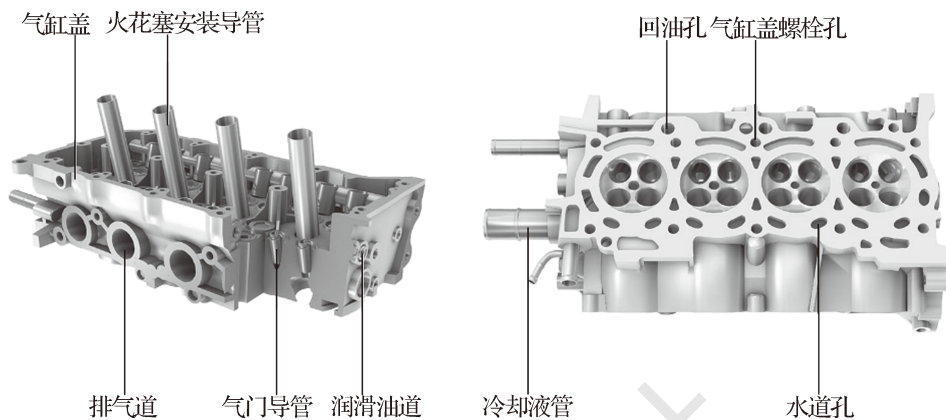
气缸体上半部有若干个_____，上下有两个平面用以安装_____和_____，中部有水套。

上曲轴箱的下部制有用于安装曲轴_____，侧壁和前后壁上钻有将润滑油流向各轴承的_____和_____。

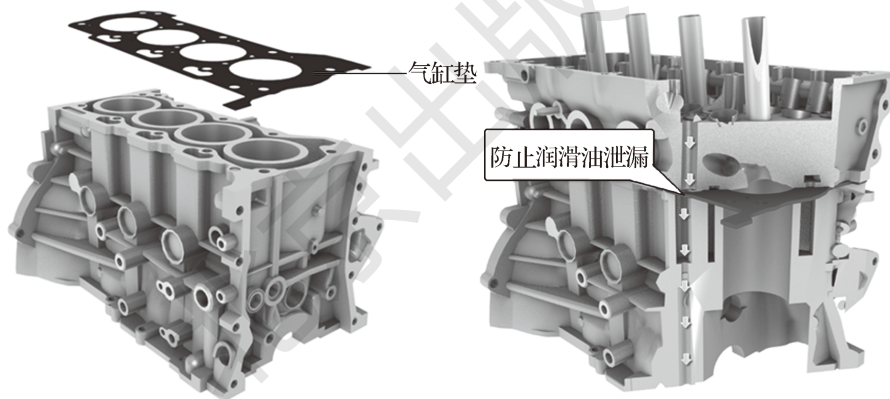


5. 气缸盖安装在气缸体的_____表面，与活塞一起形成_____。气缸盖内部有用于冷却燃烧室及周围区域的_____，其下端面上的冷却水孔与气缸体上的冷却

水孔相通，以保证冷却水的循环。气缸盖上有进、排气门座，气门导管孔及进、排气通道等。气缸盖两侧安装_____，上部安装_____。气缸盖上还加工有安装_____或喷油器（柴油机）的座孔（如下图所示）。



6. 气缸垫安装在_____和_____之间，它是发动机最重要的一种垫片，是保证气缸盖和气缸体间的_____，防止_____、_____与窜油，如下图所示。



7. 请你按照学习参考中的实践项目编制机体组拆装工作计划。

步骤序号	操作内容	工量具	规范要求及相关数据

8. 不按照规范顺序拆装气缸盖螺栓会对发动机产生什么影响?

9. 为什么紧固气缸盖螺栓后还要再旋紧 180° ?

10. 如果在拆装过程中机体组的各密封面未清洁, 会产生什么影响?

11. 请你按照学习参考中的实践项目编制气缸盖检测工作计划。

步骤序号	操作内容	工量具	规范要求及相关数据

12. 请你将气缸盖检测的数据及结论填入下表。

外观检查结果						
气缸盖平整度	纵 1					
	纵 2					
	横 1					
	横 2					
	对角 1					
	对角 2					
检验结论						

13. 请你按照学习参考中的实践项目编制气缸检测的工作计划。

步骤序号	操作内容	工量具	规范要求及相关数据

14. 请你将气缸检测的数据及结论填入下表。

气缸壁外观检查结果			
	上部	中部	下部
气缸横向直径			
气缸纵向直径			
圆度误差			
圆柱度误差			
检验结论			

学习任务二 活塞连杆组的检修

任务描述

某轿车车主反映：“车辆运行时有‘嗒嗒’的响声，尤其是启动的时候。”于是送修理厂，想查明原因。技师试车，发现车主反映的情况的确存在，返回车间使用仪器进行“断缸”操作，发现异响减弱，初步断定为活塞敲缸造成。于是对活塞连杆组进行解体，对活塞及活塞环进行检测，更换异常件后装复，启动复查运转正常，异响消失。

学习目标

1. 能准确阐述活塞连杆组的组成及结构。
2. 能清楚讲解活塞连杆组的工作过程及作用。
3. 能正确使用工具仪器完成对活塞连杆组的拆装及检测。



学习准备

本学习任务的主要知识点有：活塞连杆组的组成、结构及作用。

建议使用多媒体呈现活塞与连杆的工作过程；基于实车及发动机实物展开主要部件的安装位置；采用活塞连杆组实物讲解构造原理。



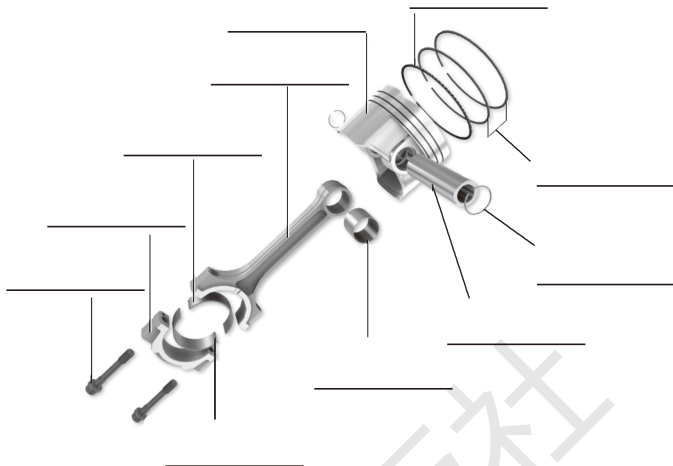
计划与实施

1. 用视频形式显示故障现象和维修过程。
2. 用多媒体呈现活塞与连杆的工作过程。
3. 采用实车及发动机实物组织学生讨论活塞连杆组的组成及功用。
4. 组织学生在发动机实物上认识主要部件。
5. 组织学生按照学习参考中的实践项目对活塞连杆组、连杆轴承和活塞环进行正确拆装。
6. 组织学生按照学习参考中的实践项目对活塞、活塞环进行检测。



评价与反馈

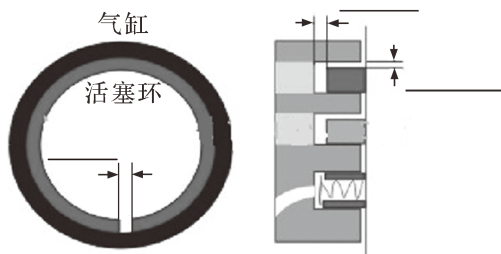
1. 请你将活塞连杆组的部件填写完整。



2. 活塞的功用是承受燃烧后的膨胀压力，并通过活塞销和_____将此力传递给_____，以驱动曲轴旋转；同时，活塞顶部还与气缸盖和气缸壁共同构成_____。活塞顶部是燃烧室的重要组成部分，用来承受_____。活塞头部是指_____及以上的部分，用来安装_____，它是活塞的防漏部分，两环槽之间部分结构称为_____。活塞裙部是指_____以下的部分，其功用是为活塞在气缸内作往复运动导向，并承受侧压力。

3. 活塞环包括_____环和_____环两种。_____环也称密封环，其作用是保证活塞与气缸壁间的密封，防止燃烧室中的高温高压气体大量漏入曲轴箱，同时还可将活塞头部的热量传给气缸壁。_____环的作用是刮去气缸壁上多余的润滑油，并将气缸壁上的润滑油分布均匀。

4. 请在图中填写活塞环间隙名称。



5. 连杆的作用是将_____的往复运动转变为_____的旋转运动，并将活塞承受的力传给曲轴。

6. 请你按照学习参考中的实践项目编写活塞连杆组拆装的工作计划。

7. 为什么要使用木柄推出活塞?

9. 活塞环缺口为什么要错开布置?

[illegible]

11. 请你将活塞及活塞环检测的数据记录在表中。

外观检查	
活塞裙部直径	
活塞间隙	
检测结论	

学习任务三 曲轴飞轮组的检修

任务描述

某轿车车主反映：“车辆运行时有‘噎噎’的响声并伴随有剧烈的抖动，有时机油灯会亮。”于是送修修理厂，想查明原因。经技师初步诊断发现在曲轴箱下部的确有车主反映的“噎噎”的金属敲击声，而且低沉连续，严重时发动机会产生振动。检测机油压力，发现偏离正常值，于是对曲轴飞轮组做进一步的检测，发现主轴承盖松动且伴随着异常工况，零件及螺栓已损坏，于是更换异常零件，装复后运行正常。在追踪回访中，没有机油压力下降的情况出现。

学习目标

1. 能准确阐述曲轴飞轮组的功用与组成。
2. 能清楚讲解曲轴飞轮组的工作过程及作用。
3. 能正确使用工具仪器完成对曲轴、主轴承、扭转减震器以及飞轮的拆装及检测。



学习准备

本学习任务的主要知识点有：曲轴飞轮组的组成、结构及作用。

建议使用多媒体呈现曲轴及飞轮的结构和工作过程；基于实车及发动机实物展开主要部件的安装位置。采用曲轴及飞轮实物讲解构造原理。



计划与实施

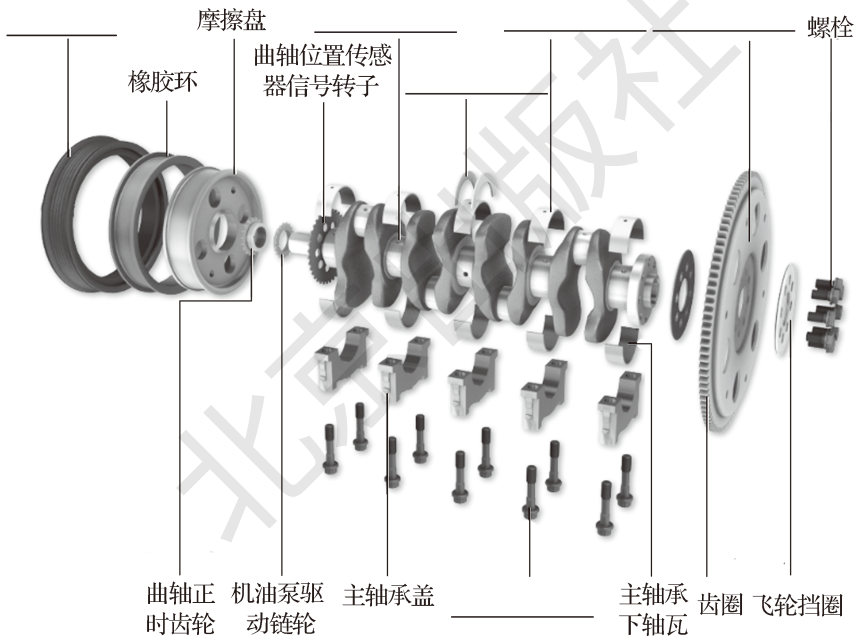
1. 用视频形式显示故障现象和维修过程。
2. 用多媒体呈现曲轴及飞轮的结构和工作过程。

- 3. 采用实车及发动机实物组织学生讨论曲轴飞轮组的组成及功用。
- 4. 组织学生在发动机实物上认识主要部件。
- 5. 组织学生按照学习参考中的实践项目对飞轮和曲轴进行正确拆装。
- 6. 组织学生按照学习参考中的实践项目完成对曲轴的检测。



评价与反馈

- 1. 曲轴的作用是接受_____组传来的气体燃烧产生的压力，通过飞轮输出，同时将活塞的_____运动转变为_____运动。
- 2. 在四冲程发动机中曲轴转动_____圈每个气缸都完成一个工作循环，曲轴每转动_____°完成一个行程。
- 3. 请将下图填写完整。



- 4. 请你按照学习参考中的实践项目编写曲轴拆装的工作计划。

步骤序号	操作内容	工量具	规范要求及相关数据

5. 安装止推垫片有何注意事项？

6. 润滑轴承盖有何注意事项？若不注意会有何后果？

7. 轴承盖拧紧力矩不一致会产生什么影响？

8. 请你编写曲轴测量的工作计划。

步骤序号	操作内容	工量具	规范要求及相关数据

9. 请你将曲轴检测的结果记录在表中。

外观检查	
曲轴弯曲度	
主轴颈圆度	
连杆轴颈圆度	
检测结论	

学习任务四 曲柄连杆机构的故障诊断与排除

任务描述

某轿车车主反映：“近期动力严重下降，油耗明显增加。”于是送修理厂修理，想查明原因。技师进一步询问及试车，无明显噪声和异常，初步判断是气缸压力不足所致，于是使用气缸压力表对发动机进行检测，发现压力值低于标准，于是对发动机进行拆检，更换新的活塞环后运行正常。追踪回访反映“油耗正常，无异常”。

学习目标

1. 能基本理解曲柄连杆机构常见故障原因。
2. 能基本理解气缸垫故障的成因。
3. 能正确使用工具仪器完成发动机压缩试验。
4. 能借助冷却系统实现曲柄连杆机构故障诊断。



学习准备

本学习任务的主要知识点有：曲柄连杆机构常见故障原因分析；气缸压缩压力故障分析。本学习任务是在掌握曲柄连杆机构结构及作用基础上的拓展学习，理论性较强，建议收集典型的故障案例，再结合理论学习，或模拟故障现象及排除故障的过程进行学习。



计划与实施

1. 用视频形式显示故障现象和维修过程。
2. 组织学生罗列针对工作任务需要掌握的知识内容和主要技能。
3. 利用案例及图片讲解有关发动机曲柄连杆机构的故障。
4. 组织学生分析曲柄连杆机构的各类故障，并结合实物讲解故障解决办法。
5. 组织学生按照学习参考中的实践项目对气缸压力进行检测和分析。



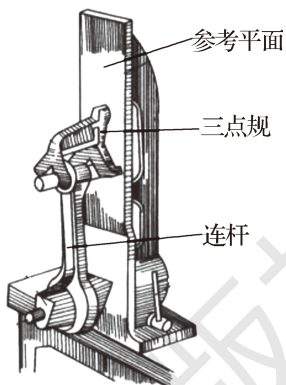
评价与反馈

1. 气缸压力是指活塞到达_____时，气缸内_____的大小。

2. 简述气缸压力不足的故障原因。

3. 简述连杆弯曲、扭曲和双重弯曲的故障原因。

4. 结合示意图，简述连杆变形的测量方法。



5. 简述曲轴弯曲和扭转的故障原因。

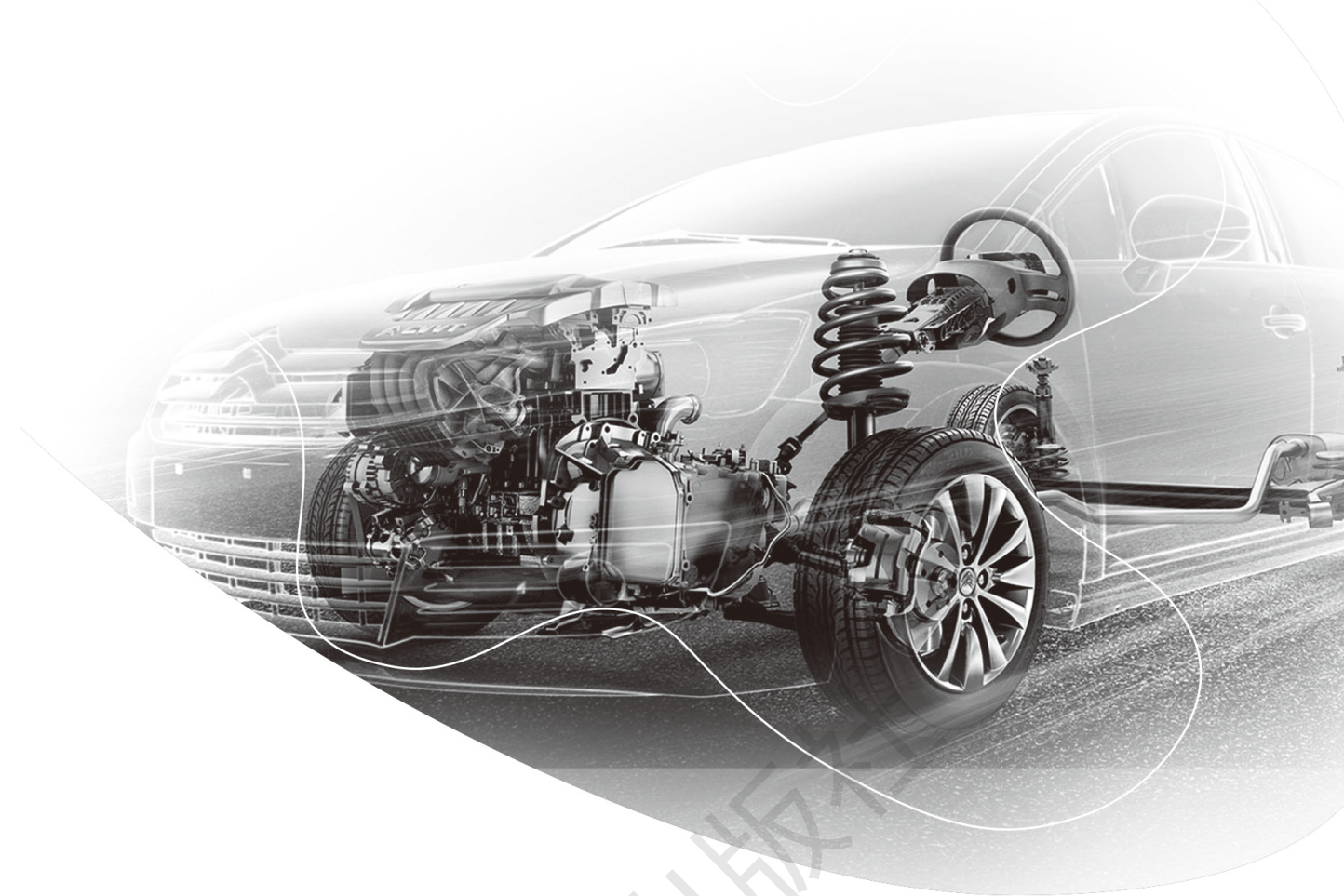
6. 请你编写气缸压力测试的工作计划。

步骤序号	操作内容	工量具	规范要求及相关数据

7. 请你将气缸压力测试的结果记录在表中。

准备工作	1. ☐ 车内外防护 2. ☐ 进行暖车 3. ☐ 拆下 25 号保险丝			
压力值记录	第一次测量	第二次测量	第三次测量	平均值
检验结论				

北京出版社



学习参考

学习任务一 机体组的检修



相关知识

一、汽油发动机曲柄连杆机构的功用与组成

（一）曲柄连杆机构的功用

曲柄连杆机构的功用是将燃料燃烧时产生的热能转变为活塞往复运动的机械能，再通过连杆将活塞的往复运动变为曲轴的旋转运动而对外输出转矩。

（二）曲柄连杆机构的组成

根据机件运动方式的不同，通常把曲柄连杆机构划分成机体组、活塞连杆组、曲轴飞轮组 3 个组。机体组主要由气缸盖、气缸体、曲轴箱、气缸垫、油底壳和气缸套等不动件组成；活塞连杆组主要由活塞、活塞环、活塞销和连杆等运动件组成；曲轴飞轮组主要由曲轴、飞轮、扭转减振器和皮带轮等旋转件组成，其结构图如图 2-1 所示。

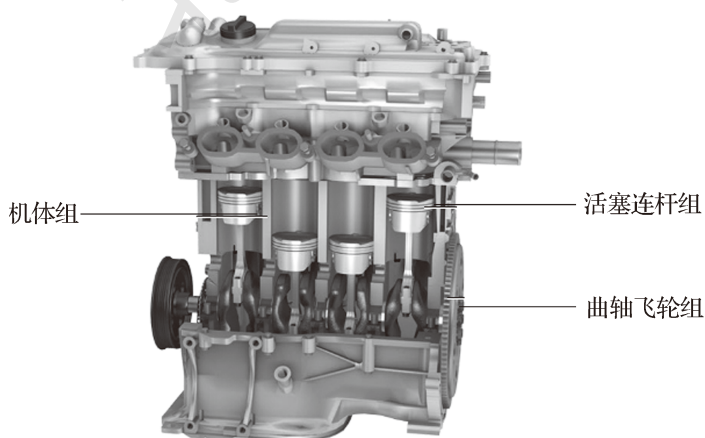


图 2-1 曲柄连杆机构的组成

二、机体组的组成

发动机机体组是发动机的骨架，是发动机各机构、系统和各种附件的装配基体。机体组主要由气缸盖、气缸体、曲轴箱、气缸垫、油底壳和气缸套等组成（如图 2-2 所示）。



机体组的组成

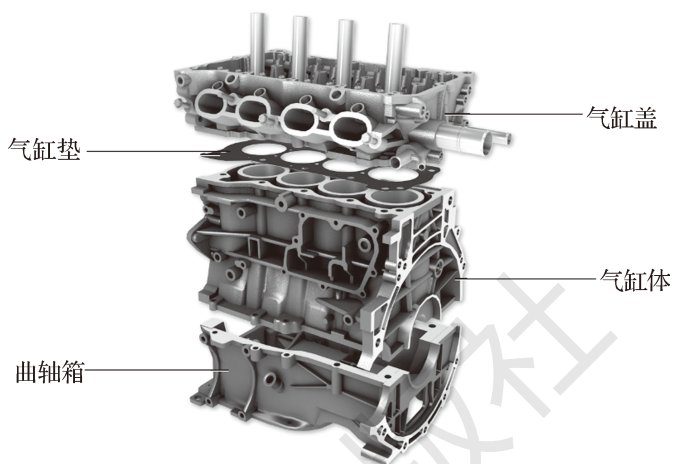


图 2-2 机体组的主要部件

三、气缸体的结构

发动机气缸体与上曲轴箱常铸成一体，简称气缸体（如图 2-3 所示），它是发动机各机构安装的基础。

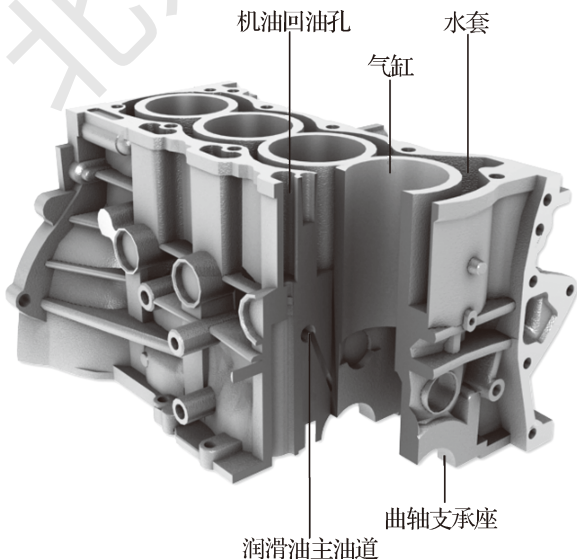


图 2-3 气缸体的结构

气缸体上半部有若干个气缸，上下有两个平面用以安装气缸盖和油底壳，中部有水套。

上曲轴箱的下部制有用于安装曲轴主轴承座孔，侧壁和前后壁上钻有将润滑油流向各轴承的主油道和分油道。

根据上曲轴箱结构的不同，气缸体可分为平分式、龙门式、隧道式三种（如图 2-4 所示）。

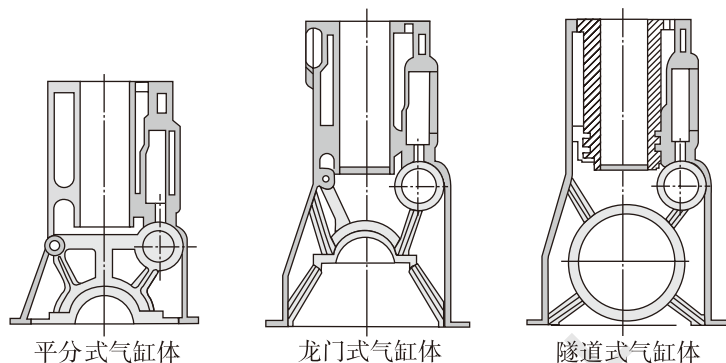


图 2-4 平分式、龙门式和隧道式气缸体

平分式气缸体：曲轴轴线与气缸体下平面在同一平面上。平分式结构重量轻，但刚度小，与油底壳接合面密封困难。

龙门式气缸体：曲轴轴线高于气缸体下平面。龙门式结构具有长度方向强度高的优点，可广泛应用于多种发动机中。

隧道式气缸体：主轴承座孔不分开。隧道式结构刚度最大，主轴承同轴度易保证，但拆装较困难。多用于机械负荷大、主轴承采用滚动轴承的发动机。

气缸体和上曲轴箱一般采用灰口铸铁、球墨铸铁或合金铸铁制造。为减轻重量、加强散热可采用铝合金铸造。

根据气缸排列形式的不同，气缸体分为直列（单列）式、V 型、平面对置式三种（如图 2-5 所示）。

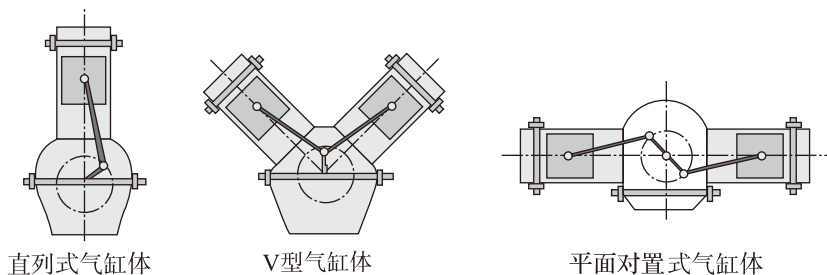


图 2-5 直列式、V 型和平面对置式气缸体

直列式气缸体：各气缸排成一直列，是最普通的气缸排列方式。其特点是宽度较短，高度较高，发动机的总长度将随着气缸数目增加而增加。

V 型气缸体：气缸呈 V 型排成二列。其特点是气缸体长度和高度小、宽度较长、形状复杂。而且由于曲轴轴承减少，这种发动机的摩擦损失也有所降低。

平面对置式气缸体：气缸分二列水平分布在曲轴的两侧。其特点是重心低、宽度长、发动机的平衡性好。

四、气缸的结构

气缸体内引导活塞做往复运动的圆柱形空腔称为气缸。它要承受着可燃混合气燃烧产生的压力和热量及活塞在气缸内往复运动中产生的侧向压力。

根据结构不同，气缸套可分为干式缸套和湿式缸套两种（如图 2-6 所示）。

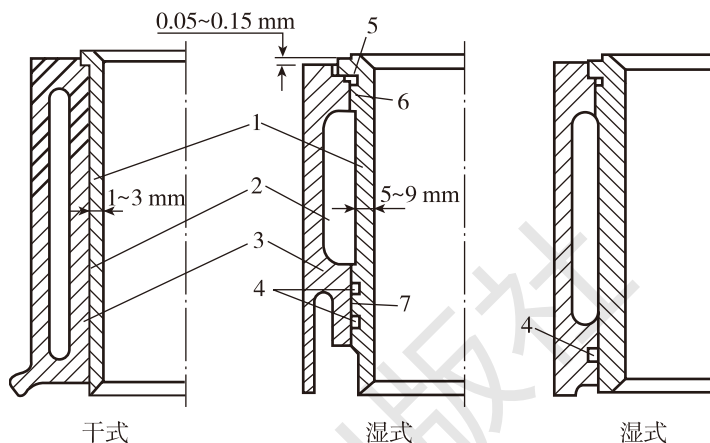


图 2-6 气缸套

1—气缸套 2—水套 3—气缸 4—橡胶密封圈 5—凸缘平面 6—上支承密封带 7—下支承密封带

五、气缸盖的结构

（一）气缸盖

气缸盖安装在气缸体的上表面，与活塞一起形成燃烧室。气缸盖内部有用于冷却燃烧室及周围区域的水套，其下端面上的冷却水孔与气缸体上的冷却水孔相通，以保证冷却水的循环。气缸盖上有进、排气门座、气门导管孔及进、排气通道等。气缸盖两侧

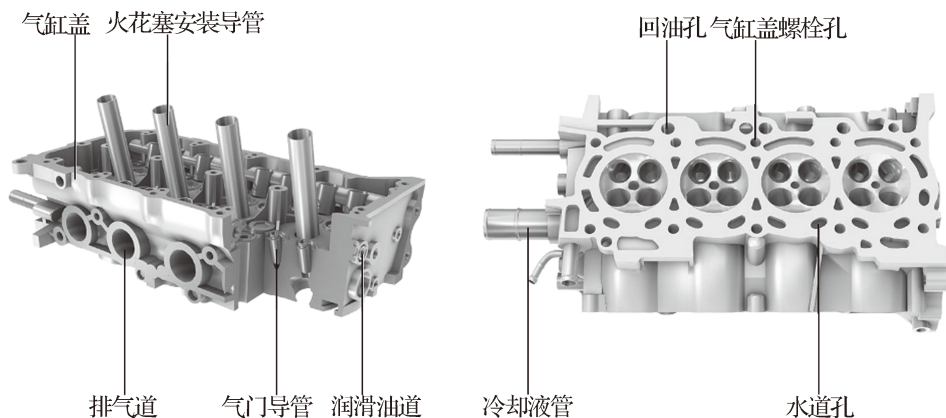


图 2-7 发动机气缸盖

安装进、排气歧管，上部安装凸轮轴。气缸盖上还加工有安装火花塞（汽油机）或喷油器（柴油机）的座孔（如图 2-7 所示）。

（二）燃烧室

燃烧室有盆形、倾斜盆形、楔形、半球形、双球形、多球形等类型（如图 2-8 所示）。



图 2-8 发动机燃烧室

六、气缸垫的结构

气缸垫安装在气缸盖和气缸体之间，它是发动机最重要的一种垫片，可用于保证气缸盖和气缸体间的密封，防止漏水、漏气与窜油（如图 2-9 所示）。

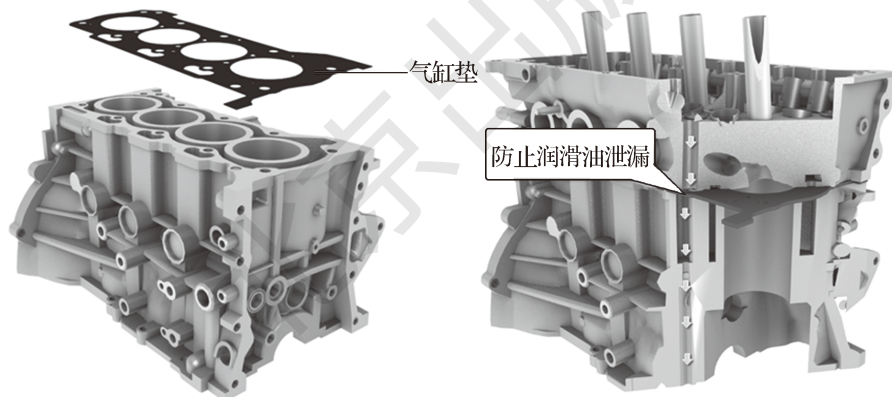


图 2-9 气缸垫

气缸垫受气缸盖紧固螺栓拧紧力的压缩，发动机工作时又受到气缸内燃气的压力与热负荷的作用。这些压力都将引起气缸垫的变形，从而破坏密封的可靠性。此外，它还受到油水的腐蚀，常见材料有金属—石棉垫、金属骨架—石棉垫、纯金属垫等类型，目前应用较多的是金属—石棉垫。

七、油底壳的结构

油底壳又称下曲轴箱（如图 2-10 所示），其作用是贮存和冷却机油、封闭曲轴箱。一般用薄钢板冲压而成。为防止汽车震动时油底壳油面产生较大的波动，内部设有稳油挡板。在底部装有的放油螺塞，为能吸附润滑油中的铁屑，放油螺塞带磁性。曲轴箱与油底壳之间有密封衬垫。

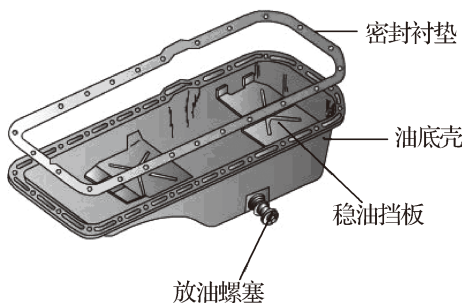
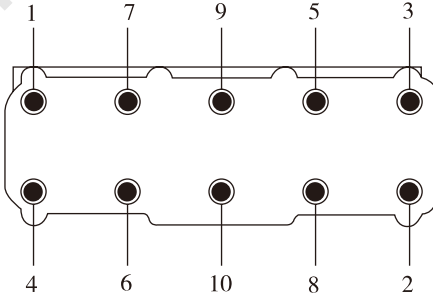


图 2-10 油底壳



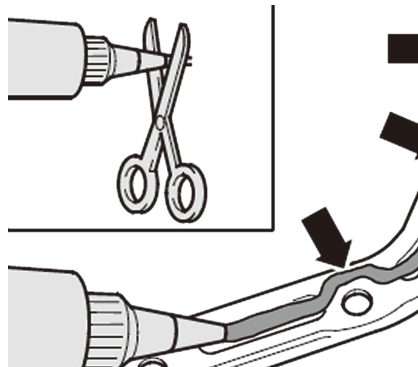
拓展知识

一、机体组拆装

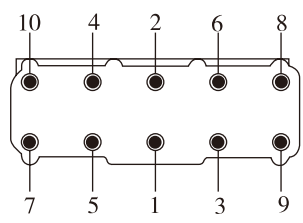
实践项目	机体组拆装		实践目的	1. 能正确使用工具规范完成对气缸盖、气缸垫的拆装； 2. 能正确使用工具规范完成对油底壳的拆装
使用器材	大众 BMG 发动机拆装台架；维修手册			
操作步骤	工量具	过程	维修规范与操作要求	
拆卸气缸盖螺栓	指针式扭力扳手	按先两边后中间的交叉顺序旋松气缸盖螺栓	维修规范：  操作要求： 1. 因气缸盖螺栓转矩较大，第一次按顺序拆卸时必须采用指针式扭力扳手； 2. 为防止螺栓拆卸不当造成气缸盖变形，需按要求及拆卸步骤进行操作	
	摇把	按顺序分两次拆下气缸盖螺栓		
拆卸气缸盖及气缸垫	吸棒	取下气缸盖螺栓及其垫片	维修规范： 1. 根据维修手册要求，每次拆卸气缸盖螺栓后需更换； 2. 根据维修手册要求，每次拆卸气缸垫后需更换。 操作要求： 1. 拆卸后的螺栓及其垫片需按顺序整齐摆放； 2. 取下的气缸盖要按照底部朝上放置在本块上	
	缠胶带的一字起、橡胶锤	撬动气缸盖并向上敲击气缸盖使其松动		
		取下气缸盖和气缸垫		

续表

操作步骤	工量具	过程	维修规范与操作要求
清洁气缸盖、气缸体及螺栓孔、水道孔	铲刀	清理气缸盖与缸体、气缸盖与进排气歧管安装部位	操作要求： 1. 利用铲刀、抹布或吹枪对气缸盖和气缸体进行清理清洁时，需由里向外操作，防止异物进入发动机缸体内； 2. 如果需要对气缸盖和气缸体进行检查测量，还需要对其进行清洗
	抹布、吹枪	清洁气缸盖、气缸体及螺栓孔、水道孔	
拆卸油底壳并清洁油底壳与缸体的安装平面	套筒	拆卸油底壳螺栓并取下油底壳	操作要求： 1. 油底壳螺栓至少应分两次均匀拧松； 2. 拆卸油底壳后将其安装平面朝上放置； 3. 利用铲刀、抹布或吹枪对密封胶进行清理清洁时，需防止异物进入发动机缸体内
	铲刀、抹布、吹枪	清理油底壳与缸体安装部位的密封胶	
	目视	检查油底壳有无裂纹、变形等损坏，并清理油底壳内杂质	
安装油底壳		缸体下平面涂抹密封胶	维修规范： 油底壳螺栓扭矩： 铝制： $13\text{ N} \cdot \text{m}+90^{\circ}$ ； 铁制： $13\text{ N} \cdot \text{m}+90^{\circ}+30^{\circ}$ ； 放油螺栓： $30\text{ N} \cdot \text{m}$ 。 操作要求： 1. 密封胶需涂抹均匀并防止安装油底壳时破坏密封胶，造成漏油； 2. 螺纹孔处沿内边缘涂胶，不可覆盖螺纹孔； 3. 安装油底壳后，必须让密封胶干燥约 30 分钟，可以加注机油； 4. 油底壳螺栓需分次均匀上紧至规定转矩
		安装油底壳	
	扭力扳手	安装并按转矩要求上紧油底壳螺栓	
安装气缸垫		更换新气缸垫并安装	操作要求： 更换新气缸垫需检查型号是否一致，安装时标有型号的一面朝上



续表

操作步骤	工量具	过程	维修规范与操作要求
安装气缸盖		更换新气缸盖螺栓及其垫片，并用手旋入2~3圈	维修规范： 1. 气缸盖螺栓转矩：20 N·m+90°+90°； 2. 气缸盖螺栓紧固顺序： 
	套筒	预紧螺栓	
	扭力扳手	利用扭力扳手上紧螺栓至规定转矩	
	指针式扭力扳手	利用指针式扭力扳手进行 180° 紧固	
思考	1. 不按照规范顺序拆装气缸盖螺栓会对发动机产生什么影响？ 2. 为什么紧固气缸盖螺栓后还要再旋紧 180°？ 3. 如果在拆装过程中机体组的各密封面未清洁会产生什么影响？		
实习体会			

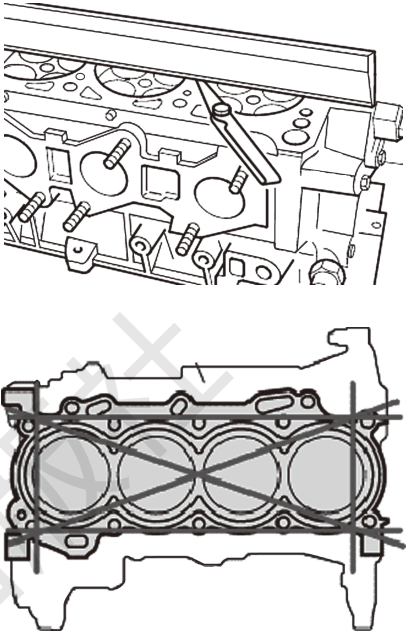


二、气缸盖的检测

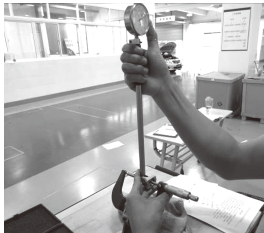
气缸盖的检修

实践项目	气缸盖的检测		实践目的	1. 能正确使用刀口尺、塞尺完成对气缸盖平面度的测量； 2. 会正确检查气缸盖的外观； 3. 检测结论正确操作步骤
使用器材	大众 BMG 发动机拆装台架；维修手册			
操作步骤	工量具	过程	维修规范与操作要求	
清洁 气缸盖	铲刀、抹布	清洁气缸盖下平面及其进排气歧管安装平面	操作要求： 1. 利用铲刀、抹布或吹枪对气缸盖和气缸体进行清理清洁时，需由里向外操作，以防止异物进入发动机缸体内； 2. 先吹气缸盖燃烧室，再吹螺栓孔和油孔，最后吹整个平面，由中间向两边吹； 3. 先吹气缸体上平面螺栓孔，再由中间向两边吹	
	油盆、毛刷	将气缸盖放入油盆中用毛刷清洗安装平面		
	吹枪	用压缩空气对气缸盖安装平面进行清洁		
气缸盖外观检查	目视	检查气缸盖有无裂纹、腐蚀、积炭、脏堵	操作要求： 要求检查气缸盖下平面及进排气歧管安装平面	

续表

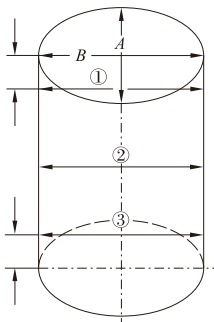
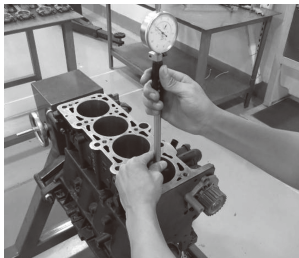
操作步骤	工量具	过程	维修规范与操作要求
气缸盖平整度检查	刀口尺、塞尺	用塞尺和刀口尺在缸盖下平面上依次测量横向、纵向及交叉共 6 个位置，每个位置 5 个点	维修规范： 1. 最大允许偏差：0.05 mm； 2. 测量点：  3. 测量值异常需更换气缸盖； 4. 测量气缸盖平整度的同时还需对缸体上平面的平整度进行测量
记录结果	外观检查结果		
	气缸盖平整度	纵 1	
		纵 2	
		横 1	
		横 2	
		对角 1	
		对角 2	
	检验结论		
实习体会			

三、气缸的检测

实践项目	气缸的检测		实践目的	1. 能正确使用量缸表完成对缸径的测量； 2. 能正确计算误差，得出正确结论								
使用器材	大众 BMG 发动机拆装台架； 维修手册											
操作步骤	工量具	过程	维修规范与操作要求									
清洁并检查气缸壁	抹布	擦拭气缸壁	维修规范： 如发现气缸壁有烧蚀、拉缸等损坏，则需进行维修或更换									
	目视	检查气缸壁有无损坏										
组 装 量 缸 表 并 校 零	千分尺	清洁、校零千分尺，并将千分尺调整到标准缸径 76.51 mm	维修规范： 缸体的修理尺寸：									
			<table><tr><td>修理级别</td><td>气缸体直径（mm）</td></tr><tr><td>基本尺寸</td><td>76.51</td></tr><tr><td>第一次维修</td><td>76.76</td></tr><tr><td>第二次维修</td><td>77.01</td></tr></table>		修理级别	气缸体直径（mm）	基本尺寸	76.51	第一次维修	76.76	第二次维修	77.01
			修理级别	气缸体直径（mm）								
			基本尺寸	76.51								
	第一次维修	76.76										
第二次维修	77.01											
操作要求：												
1. 量缸表的检查内容包括：												
千分尺、量缸表	检查、组装量缸表，并用千分尺对其进行校零	(1) 检查百分表表头的活动情况，转动表盘无卡滞，捏住百分表上部的拉手部位轻轻向上提，无卡滞；										
		(2) 检查表杆是否弯曲；										
		(3) 检查量缸表导向端的活动情况；										
		(4) 检查调整垫片是否有锈蚀或脏物，清洁、测量并调整垫片。										
		2. 组装量缸表注意事项：										
		(1) 组装量缸表，并留 1~2 mm 的预压缩量；										
		(2) 根据气缸直径选择合适的接杆和调整垫片，并用扳手拧紧接杆										
												



续表

操作步骤	工量具	过程	维修规范与操作要求								
测量气缸直径，记录数据并计算	量缸表	测量气缸三个截面的横向和纵向直径	维修规范： 1. 横向和纵向三个截面测量点位置：  2. 测量值与标准尺寸的最大偏差为 0.08 mm，气缸直径的标准尺寸为： <table><tr><th>修理级别</th><th>气缸体直径（mm）</th></tr><tr><td>基本尺寸</td><td>76.51</td></tr><tr><td>第一次维修</td><td>76.76</td></tr><tr><td>第二次维修</td><td>77.01</td></tr></table> 操作要求：  1. 测量气缸直径时，要先将导向轮放入气缸并贴着缸壁，直到表头达到待测位置，切勿磨损表头； 2. 测量气缸直径时，要前后摆动量缸表，当指针出现最大偏转时的计数即为该位置气缸的直径	修理级别	气缸体直径（mm）	基本尺寸	76.51	第一次维修	76.76	第二次维修	77.01
		修理级别	气缸体直径（mm）								
基本尺寸	76.51										
第一次维修	76.76										
第二次维修	77.01										
	记录并计算其圆度误差、圆柱度误差	维修规范： 1. 圆度误差 ≤ 0.05 mm，圆柱度误差 ≤ 0.20 mm ； 2. 计算各缸的圆度误差：同一平面位置两直径之差再除以 2； 3. 计算各缸的圆柱度误差：最大直径与最小直径之差再除以 2； 4. 判断能否正常使用，得出结论									

续表

记录结果	气缸壁外观检查结果			
		上部	中部	下部
	气缸横向直径			
	气缸纵向直径			
	圆度误差			
	圆柱度误差			
	检验结论			
实习体会				

学习任务二 活塞连杆组的检修



相关知识

一、活塞连杆组的构成

活塞连杆组主要由活塞、活塞环、活塞销和连杆等部件构成（如图 2-11 所示）。

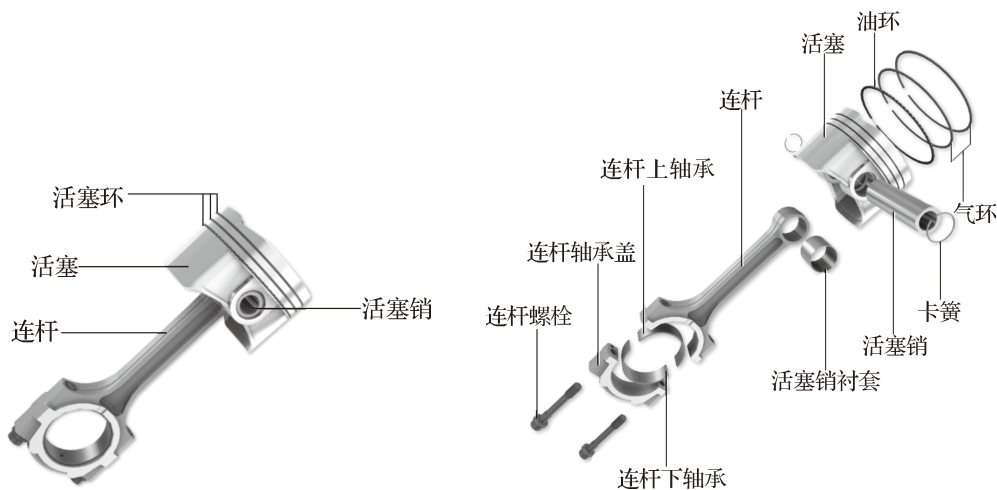


图 2-11 活塞连杆组

二、活塞的功用及结构

(一) 功用

活塞的功用是承受燃气燃烧后的膨胀压力，并通过活塞销和连杆将此力传递给曲轴，以驱动曲轴旋转；同时，活塞顶部还与气缸盖、气缸壁共同构成燃烧室。

(二) 结构

活塞由顶部、头部和裙部三大部分构成（如图 2-12 所示）。

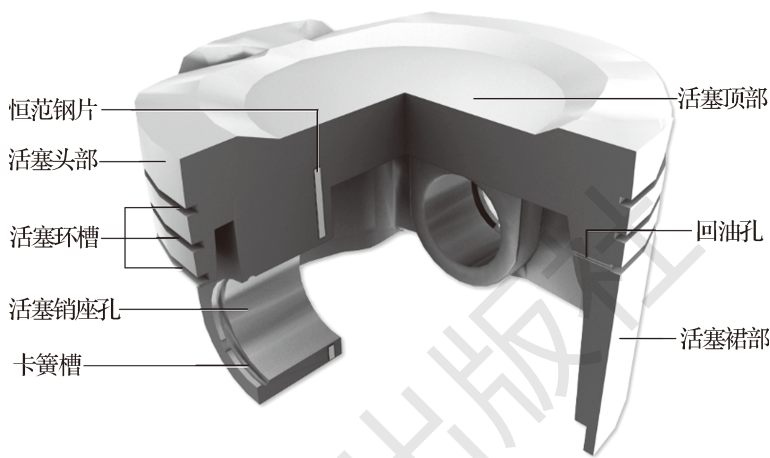


图 2-12 活塞的结构

1. 活塞顶部

活塞顶部是燃烧室的重要组成部分，用来承受气体压力。其形状取决于燃烧室的形式。常见的活塞顶部形状有平顶、凸顶、凹顶、成型顶等（如图 2-13 所示）。

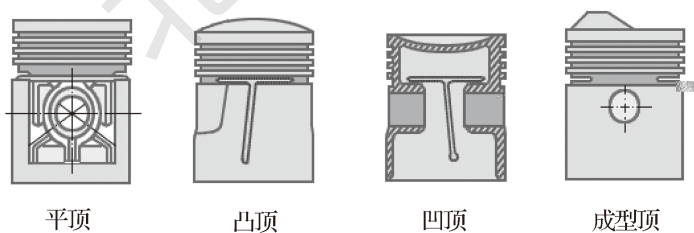


图 2-13 活塞顶部形状

2. 活塞头部

活塞头部是指活塞环槽及以上的部分，它用来安装活塞环，是活塞的防漏部分，两环槽之间部分结构称环岸。

3. 活塞裙部

活塞裙部是指油环槽以下的部分，其功用是为活塞在气缸内做往复运动导向，并承受侧压力。因而，裙部要有一定的长度，保证可靠的导向；又要有足够的面积，以

防活塞对气缸壁单位面积压力过大，破坏润滑油膜，加大磨损。

在活塞裙部的上部制有活塞销座，活塞销座为厚壁圆筒结构，用来安装活塞销，是活塞与连杆的连接部分。为了限制活塞销在座孔中的轴向窜动，座孔外端面处加工有卡簧槽，用来安装卡簧。

三、活塞环的结构

活塞环包括气环和油环两种（如图 2-14 所示）。



活塞环的结构

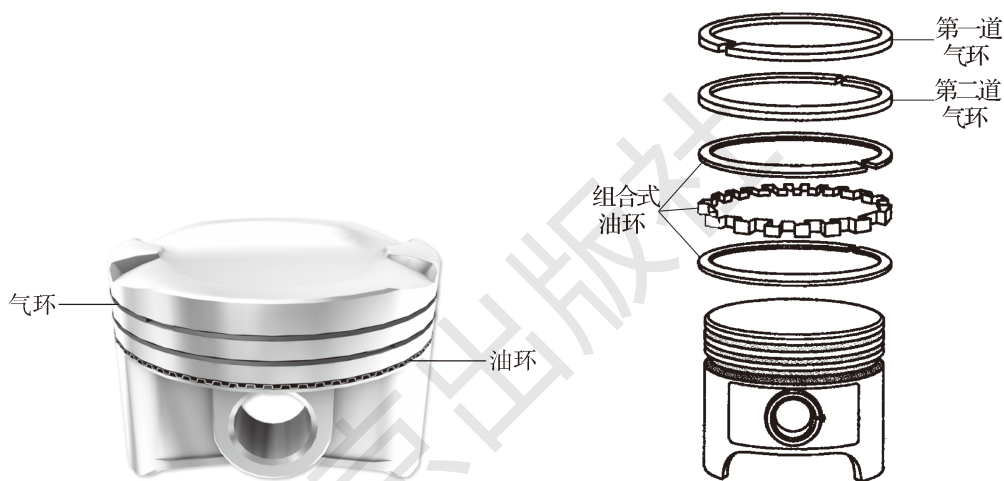


图 2-14 活塞环

（一）气环

气环也称密封环，其作用是保证活塞与气缸壁之间的密封，防止燃烧室中的高温高压气体大量漏入曲轴箱，同时，还可将活塞头部的热量传给气缸壁。一般每个活塞上装有 2~3 道气环。

为保证活塞环在气缸内可靠工作，应保持有端隙、侧隙、背隙三个间隙（如图 2-15 所示）。活塞环端隙是指活塞环随活塞装入气缸后，两端头间的间隙，此间隙是为了防止活塞环受热膨胀卡死在气缸内而设置的。活塞环的背隙是指活塞与活塞环装入气缸后，活塞环内圆柱面与活塞环槽底间的间隙。活塞环侧隙是指环的厚度与活塞上相应环槽宽度的差值，此间隙过大会使环的气体密封性下降，间隙过小会导致在高温膨胀时相互间发生“粘住”

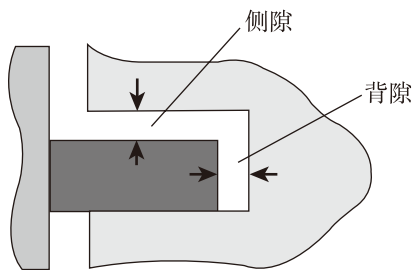


图 2-15 活塞环的间隙

的危险。在安装活塞环时，各道环的开口应按规定互相错开。活塞环上一般还有朝上标记，应按规定安装。

(二) 油环

油环的作用是刮去气缸壁上多余的润滑油，并将气缸壁上的润滑油均匀分布。一般每个活塞上装有一道油环。

油环根据结构的不同分整体式油环和组合式油环两种类型：整体式油环结构如图 2-16 (a) 所示，组合式油环结构如图 2-16 (b) 所示。其中使用较广泛的是组合式油环。



图 2-16 油环

组合式油环由刮油的上下刮片和保持表面压力的衬簧构成。通过使用衬簧，可以得到较高的表面压力。

四、活塞销的结构

活塞销的功用是连接活塞与连杆，并将气体作用在活塞上的力传给连杆。活塞销的基本结构为一个空心圆柱体，有时也按等强度要求做成变截面管状结构（如图 2-17 所示）。

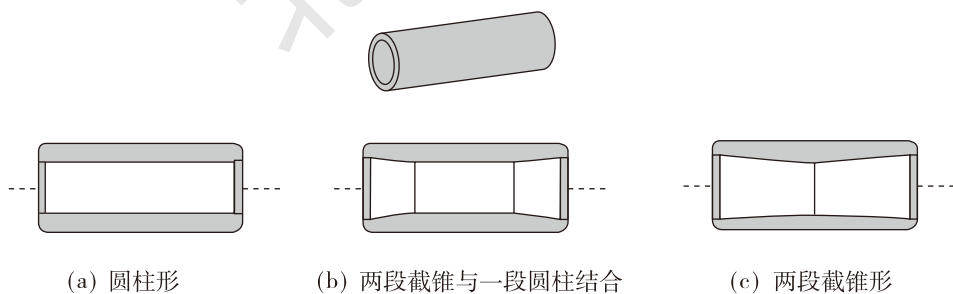


图 2-17 活塞销

活塞销与活塞销座孔和连杆小头的连接方式有全浮式和半浮式两种（如图 2-18 所示）。

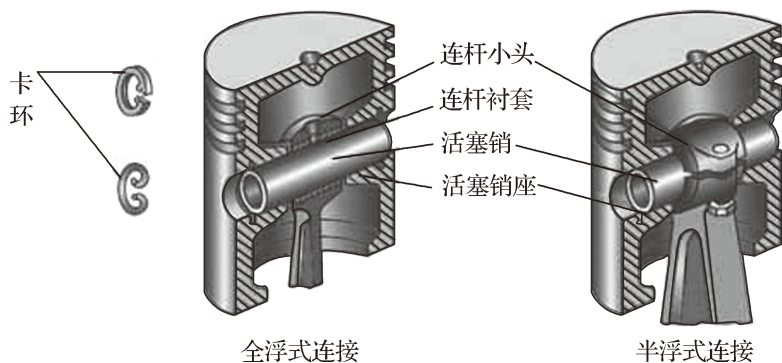


图 2-18 活塞销的连接方式

(一) 全浮式

全浮式连接是指发动机在正常工作温度下, 活塞销与活塞销座孔及连杆小头衬套之间有合适的配合间隙, 活塞销在孔内可以缓慢地自由转动, 因而其磨损较均匀, 使用寿命长。AJR 发动机活塞销采用全浮式连接。为了防止活塞销轴向窜动而刮伤气缸壁, 在活塞销座两端装有卡簧。

(二) 半浮式

半浮式连接是指活塞销与活塞销座孔和连杆小头两处, 一处固定(为过盈配合), 一处浮动, 大多采用活塞销与连杆小头固定的方式。这种连接方式结构简单, 活塞销座孔内无卡簧, 连杆小头处无衬套, 修理方便。

五、连杆的结构

连杆的作用是将活塞的往复运动转变为曲轴的旋转运动, 并将活塞承受的力传给曲轴。连杆的重量要轻, 而且应具有足够的强度来承受发动机运转时的压力和拉力。

连杆的结构如图 2-19 所示, 由小头、杆身和大头组成。为了减轻重量, 杆身为工字形截面。连杆小头用来安装活塞销以连接活塞, 在全浮式连接的连杆小头内压有减磨的连杆衬套。连杆大头切分成杆身和连杆轴承盖两部分, 通过连杆螺栓与曲轴的连杆轴颈相连。在连杆轴承盖和连杆杆身上都有朝前标记, 以免在组合时, 装错连杆杆身与连杆轴承盖的方向。有些连杆轴承盖上有定位销, 在组合连杆总成起定位的作用。

连杆螺栓用来将连杆体与连杆盖紧固在一起, 因此, 必须按标准力矩拧紧。

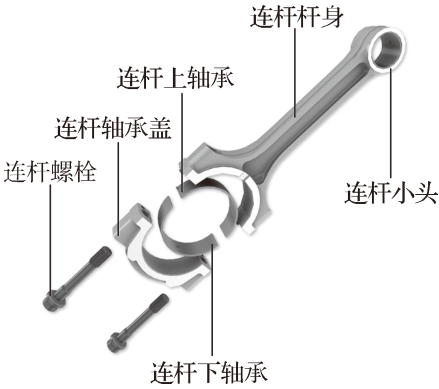


图 2-19 连杆的结构



拓展知识

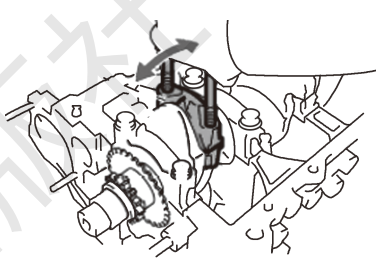
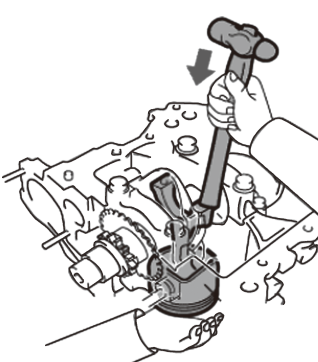
一、活塞连杆组拆装



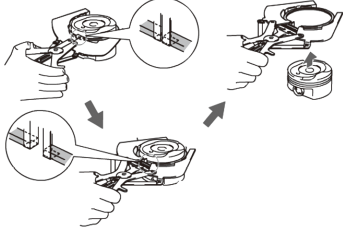
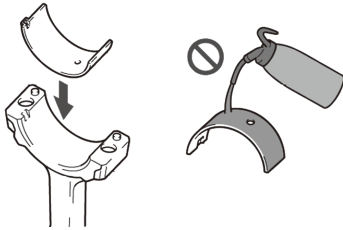
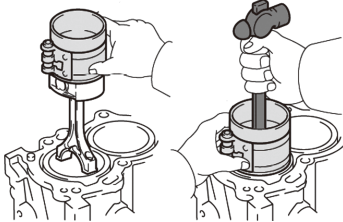
活塞连杆组的
拆解与检修

实践项目	活塞连杆组拆装	实践 目的	1. 能正确使用工具完成活塞连杆组的拆装； 2. 能正确使用工具完成活塞环的拆装
使用器材	大众 BMG 发动机拆装台架；维修手册		
总装配图	Diagram illustrating the total assembly of the piston and connecting rod group. The components shown are: - 活塞 (Piston) - 活塞销 (Piston Pin) - 气环 (Compression Ring) - 油环 (Oil Ring) - 连杆 (Connecting Rod) - 连杆轴承 (Connecting Rod Bearing) - 气缸 (Cylinder) - 连杆轴承盖 (Connecting Rod Bearing Cap) The diagram also includes a detailed view of the piston pin connection, showing the piston pin (A) and the connecting rod pin (B).		

续表

操作步骤	工量具	过程	维修规范与操作要求
旋转曲轴		气缸盖及油底壳拆卸后,转动发动机翻转架使发动机倒置	操作要求: 当需要拆卸二、三缸活塞时,需顺时针转动曲轴180°,使二、三缸处于活塞下止点位置
		将需要拆卸活塞的气缸转动至下止点位置	
拆卸连杆轴承盖	指针式扭力扳手	拆卸连杆轴承盖螺栓	操作要求: 1. 拆卸连杆轴承盖螺栓时需多次均匀拧松,螺栓首次拧松需采用指针式扭力扳手; 2. 当轴承盖不易取下时,可用橡皮锤轻敲连杆螺栓然后取下,注意防止活塞连杆掉落(或将已经拆卸的螺栓放在螺栓孔内,扭动取出轴承盖); 
		取下连杆轴承盖及连杆轴承	
拆卸活塞连杆组	锤子	用锤子的木柄在合适的位置向下推出活塞连杆组	操作要求:  1. 最好选用橡胶材料的锤子柄推动活塞; 2. 拆卸的活塞连杆、连杆轴承及轴承盖需在对应位置摆放整齐或做好标记,以防止出现与其他气缸错位安装

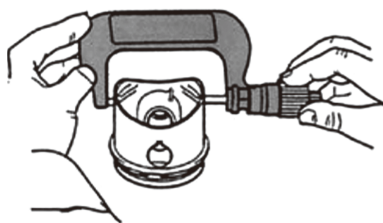
续表

操作步骤	工量具	过程	维修规范与操作要求
拆卸活塞环	活塞环扩张器	使用活塞环扩张器拆下两道气环	操作要求： 
		用手拆下组合油环	
	铲刀	清理活塞顶面、活塞环和活塞环槽内的积炭	
安装活塞环		用手安装组合油环	维修规范： 1. 活塞环开口偏移 120° ； 2. 活塞环上“TOP”标记必须朝向活塞顶部。 操作要求： 1. 活塞环安装顺序：油环、第二道气环、第一道气环； 2. 活塞环开口偏移 120° ； 3. 活塞环上“TOP”标记必须朝向活塞顶部
	活塞环扩充器	使用活塞环扩充器安装气环	
安装活塞连杆组	机油	安装连杆轴承并在表面涂抹机油	操作要求： 1. 在连杆轴承表面涂抹机油，不要在轴承背面涂抹机油，否则轴承的散热效能会严重下降； 
	活塞环压缩器	按照装配记号放入活塞，用橡胶锤轻轻推入	
			2. 安装连杆轴承时注意定位标记； 3. 活塞裙部的箭头必须朝向皮带轮； 4. 转动发动机翻转架至气缸朝上位置，放入活塞安装工具，调整安装工具，按照装配记号放入活塞，用橡胶锤轻轻推入（推入深度与缸体平面平齐），取下活塞安装工具，再次用橡胶锤将活塞推入到位 

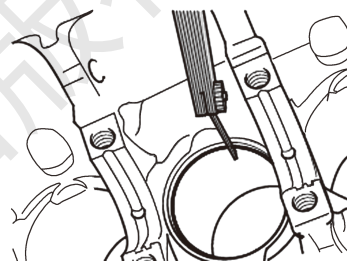
续表

操作步骤	工量具	过程	维修规范与操作要求
安装连杆轴承盖	扭力扳手	安装连杆轴承盖	维修规范： 1. 连杆螺栓拧紧力矩 $30\text{ N} \cdot \text{m} + 90^\circ$ ； 2. 连杆螺栓在拆卸后更换； 3. 安装螺栓时应润滑螺纹和接触表面。 操作要求： 当一、四缸处于下止点时安装一、四缸活塞连杆组，再转动曲轴 180° 安装二、三缸活塞
思考		1. 为什么要使用木柄推出活塞？ 2. 轴承正确的润滑方式是怎样的？不正确的润滑会产生什么影响？ 3. 活塞环缺口为什么要错开布置？	
实习体会			

二、活塞及活塞环检测

实践项目	活塞及活塞环检测		实践目的	1. 能正确使用工具仪器完成活塞连杆组的检测； 2. 检验结论正确操作步骤								
使用器材	大众 BMG 发动机拆装台架；维修手册											
操作步骤	工量具	过程	维修规范与操作要求									
清洗活塞及活塞环	铲刀	清除活塞环槽内的积炭	操作要求： 用铲刀清理活塞环槽内积炭时，要细心、耐心，操之过急会损坏活塞									
	毛刷、吹枪	将活塞及活塞环置于油盆内用，毛刷清洗，最后用吹枪吹洗干净以待测量										
测量活塞裙部直径	千分尺	清洁并校零千分尺	维修规范： 1. 测量点约在活塞下边缘约 12 mm 处与活塞销垂直方向；  2. 活塞标准尺寸： <table><tr><td>修理级别</td><td>活塞直径（mm）</td></tr><tr><td>基本尺寸</td><td>76.475</td></tr><tr><td>第一次维修</td><td>76.725</td></tr><tr><td>第二次维修</td><td>76.975</td></tr></table> 3. 测量值与标准尺寸的偏差最大为 0.04 mm。 操作要求： 测量完成后，注意及时清洁活塞上的记号		修理级别	活塞直径（mm）	基本尺寸	76.475	第一次维修	76.725	第二次维修	76.975
	修理级别	活塞直径（mm）										
	基本尺寸	76.475										
第一次维修	76.725											
第二次维修	76.975											
记号笔	在活塞上以空心十字的形式标记测量点											
千分尺	测量活塞裙部直径并记录测量值											

续表

操作步骤	工量具	过程	维修规范与操作要求												
测量活塞环开口间隙	塞尺	选择合适塞尺厚度并清洁	维修规范： 1. 活塞环压入气缸距离气缸底部边沿约为 15 mm ； 2. 活塞环开口间隙规范值： <table><tr><th>活塞环</th><th>新件尺寸（mm）</th><th>磨损极限</th></tr><tr><td>第一道气环</td><td>0.20～0.50</td><td>1.0</td></tr><tr><td>第二道气环</td><td>0.40～0.60</td><td>1.0</td></tr><tr><td>油环</td><td>0.20～1.10</td><td></td></tr></table>	活塞环	新件尺寸（mm）	磨损极限	第一道气环	0.20～0.50	1.0	第二道气环	0.40～0.60	1.0	油环	0.20～1.10	
	活塞环	新件尺寸（mm）	磨损极限												
	第一道气环	0.20～0.50	1.0												
第二道气环	0.40～0.60	1.0													
油环	0.20～1.10														
		将待测量的活塞环从上端压入气缸	操作要求： 1. 压入气缸的活塞要求开口两端对齐，活塞环平面与气缸壁垂直，建议利用倒置的活塞将活塞环压入气缸内； 2. 用塞尺测量开口端隙时，所选塞尺的厚度在间隙中运动能够感到明显摩擦力的，即为测量值 												
	塞尺	测量活塞环开口间隙													
测量活塞环环槽间隙	塞尺	选择合适塞尺厚度并清洁	维修规范： 活塞环环槽间隙规范值： <table><tr><th>活塞环</th><th>新件尺寸（mm）</th><th>磨损极限</th></tr><tr><td>第一道气环</td><td>0.04～0.08</td><td>0.15</td></tr><tr><td>第二道气环</td><td>0.02～0.06</td><td>0.15</td></tr><tr><td>油环</td><td>不能测量</td><td></td></tr></table>	活塞环	新件尺寸（mm）	磨损极限	第一道气环	0.04～0.08	0.15	第二道气环	0.02～0.06	0.15	油环	不能测量	
	活塞环	新件尺寸（mm）	磨损极限												
	第一道气环	0.04～0.08	0.15												
第二道气环	0.02～0.06	0.15													
油环	不能测量														
		将待测量的活塞环放入相应活塞环槽内	操作要求： 1. 边滚动活塞环边测量 3 点位置； 2. 用塞尺测量环槽间隙时，所选塞尺的厚度在间隙中运动能够感到明显摩擦力的，即为测量值 												
	塞尺	用塞尺测量活塞环与相应环槽侧壁的间隙													

续表

记录结果	外观检查	
	活塞裙部 直径	
	活塞间隙	
	检测结论	
实习体会		

学习任务三 曲轴飞轮组的检修

 相关知识

一、曲轴飞轮组的构成

曲轴飞轮组主要由皮带轮、扭转减震器、正时齿轮、曲轴、飞轮、油封等主要零件构成（如图 2-20 所示）。

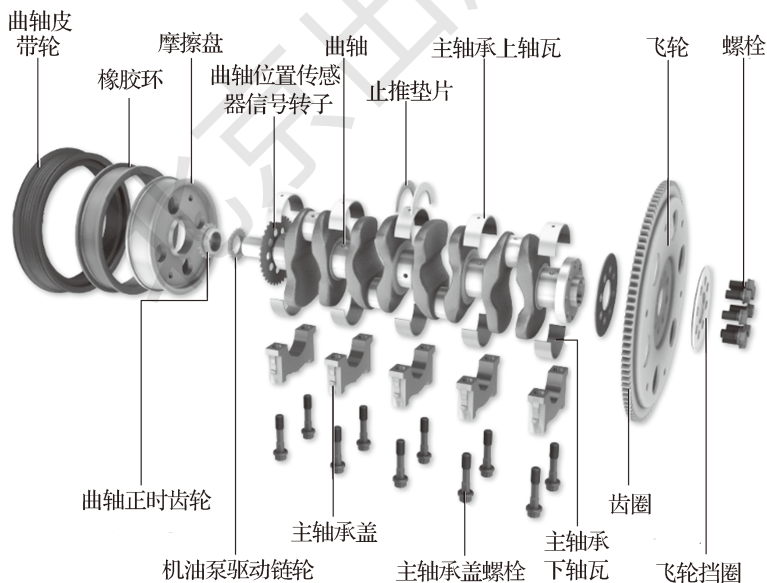


图 2-20 曲轴飞轮组的构成

二、曲轴的结构

曲轴的作用是接受活塞连杆组传来的气体燃烧产生的压力，通过飞轮输出，同时将活塞的往复运动转变为旋转运动。

曲轴一般由主轴颈、连杆轴颈、曲柄臂、平衡重、前端轴



曲轴的结构

和后端凸缘等构成（如图 2-21 所示）。

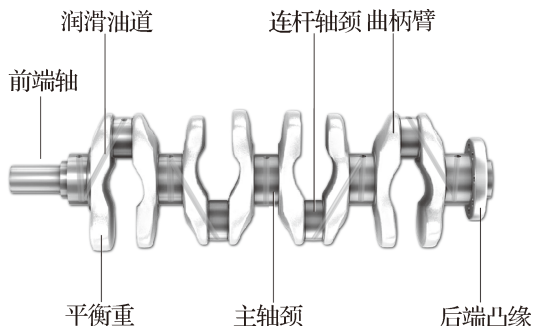


图 2-21 曲轴的结构

曲轴的前端是指第一道主轴颈之前的部分，安装有驱动配气机构的曲轴正时齿轮、驱动水泵和交流发电机等辅机的曲轴皮带轮及扭转减震器等。曲轴的后端是指最后一道主轴颈之后的部分，后端带有安装飞轮的凸缘盘，在后端还安装了变速器第一轴的导向轴承。

曲轴主轴颈通过主轴承支撑在曲轴箱上，连杆轴颈与连杆大头相连。平衡重可以消除旋转部分重量的不平衡。曲轴主轴颈和连杆轴颈间有润滑油道，用于将曲轴主轴颈的一部分润滑油供应给连杆轴颈和连杆轴承润滑。

一个连杆轴颈和它两侧的主轴颈组成一个曲拐。曲拐的数量取决于发动机的气缸数及其排列方式，直列发动机的曲拐数等于气缸数，而 V 型和对置式发动机的曲拐数为气缸数的一半。曲拐的相对位置取决于气缸数、气缸排列形式和发动机的工作顺序，在四冲程发动机中曲轴转动两圈即 720° ，每个气缸都完成进气、压缩、做功、排气的一个工作循环，曲轴每转动 180° 完成一个行程。四冲程直列四缸发动机曲轴曲拐的布置（如图 2-22 所示），气缸从前到后的编号为：1 号缸、2 号缸、3 号缸、4 号缸，点火顺序是 1—3—4—2 或 1—2—4—3。

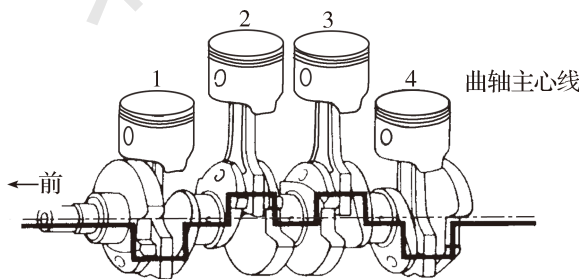


图 2-22 四冲程直列四缸发动机曲轴曲拐的布置

三、飞轮的结构

飞轮是一个转动惯量很大的圆盘（如图 2-23 所示）。其主要作用是储存做功行程的部分能量，以克服辅助行程的阻力，使发动机转速均匀和提高短时超载的能力。同时，飞轮还有将曲轴的动力传递给离合器的作用。

飞轮旋转时的转动惯量要大，而自身的重量轻，呈中心部分壁薄、外圆部分壁厚的铸铁或钢制成的圆盘状，其外缘上镶有齿圈，用于发动机启动时与启动机的小齿轮啮合，把启动机的旋转力传递给飞轮，飞轮的后端用于安装离合器。有些厂家在飞轮上还刻有第一缸上止点记号。

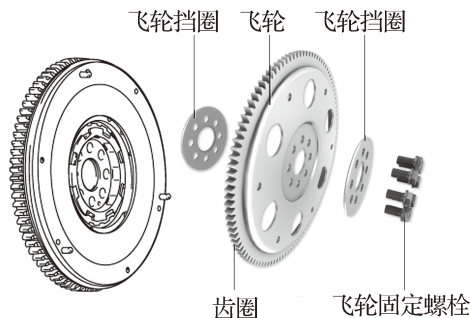


图 2-23 飞轮的结构

四、连杆轴承和曲轴主轴承的结构

连杆轴承和曲轴主轴承通过连杆轴承盖和曲轴主轴承盖安装在连杆大头与连杆轴颈间和曲轴主轴颈与曲轴支承间，这些轴承通常采用滑动轴承（平面轴承）。

一般连杆轴承和曲轴主轴承都是精密加工镶入式平面轴承，以软钢为背，内衬以轴承合金。

曲轴主轴承上有使润滑油流向连杆轴颈的油孔和油槽，连杆轴承上设有通向连杆的润滑油喷射孔的油孔。在分开嵌入式轴承上还设置有定位舌，用于承轴周向定位（如图 2-24 所示）。

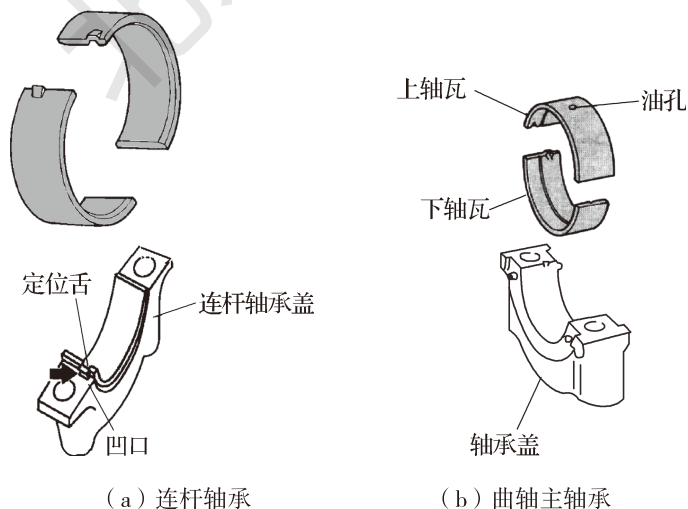


图 2-24 连杆轴承和曲轴主轴承的结构

为防止曲轴轴向窜动，其中一道曲轴主轴承的两侧装有止推片或翻边主轴承进行

轴向定位（如图 2-25 所示）。

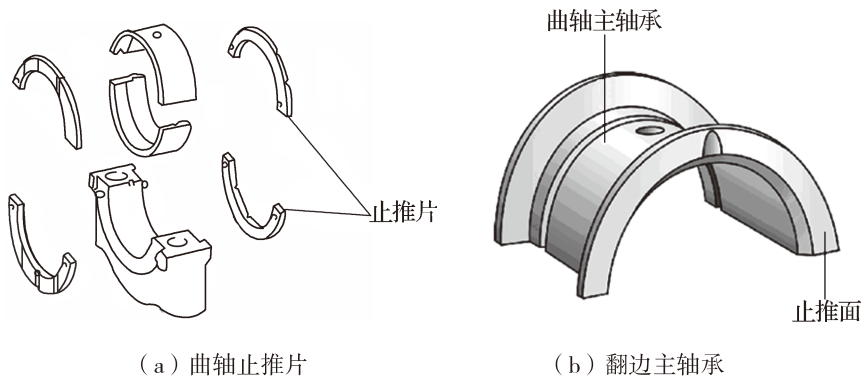


图 2-25 曲轴轴向定位片



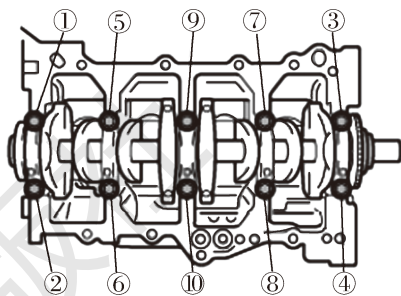
拓展知识

一、曲轴的拆装

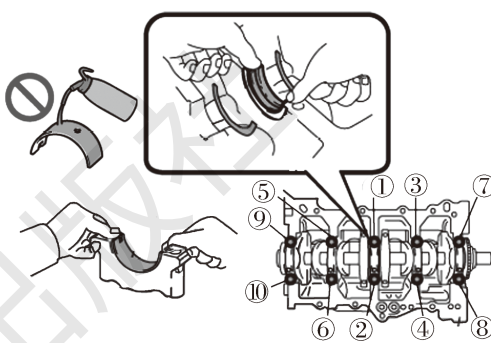
实践项目	曲轴的拆装	实践目的	1. 能正确使用曲轴飞轮组拆装工具； 2. 能按照技术规范对发动机曲轴飞轮组进行正确拆装
使用器材	大众 BMG 发动机 拆装台架；维修手册		
总装配图	曲轴轴承盖 轴瓦 曲轴 止推片 轴瓦		

续表

操作步骤	工量具	过程	维修规范与操作要求
拆卸曲轴主轴承盖	指针式扭力扳手	拆卸曲轴主轴承盖螺栓	维修规范： 1. 检查主轴承盖对前记号； 2. 检查轴承和轴承盖标记。 操作要求： 1. 使用指针式扭力扳手和套筒由外向内拆卸主轴承盖螺栓； 2. 分几次均匀松开主轴承盖螺栓； 3. 使用拆下的主轴承盖的螺栓，前后撬动并拆下主轴承盖和下止推片（②号主轴承盖处）
		取下主轴承盖	
拆卸曲轴		取下曲轴和止推垫片	操作要求： 1. 抬出曲轴，平行放在V型块； 2. 把下轴承和主轴承盖放在一起，并按顺序摆放； 3. 检查下轴承标记
清洁、检查曲轴及相关零件	抹布、吹枪	清洁曲轴轴颈、轴承和轴承盖	维修规范： 每个主轴颈、连杆轴颈和轴承应无麻点和划痕，否则应更换曲轴或视情修理
	目视	检查主轴颈、连杆轴颈和轴承有无麻点和划痕	
安装曲轴		安装曲轴轴承和止推垫片	操作要求： 1. 对准轴承凸起和缸体的凹槽； 2. 安装止推垫片，带槽的一面朝外； 3. 润滑轴承内面、止推垫片及轴颈安装曲轴轴承盖
		安装曲轴	



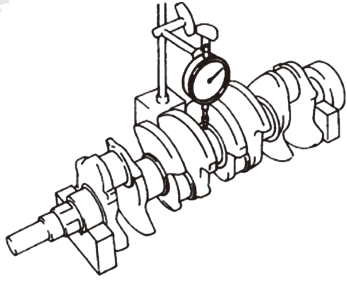
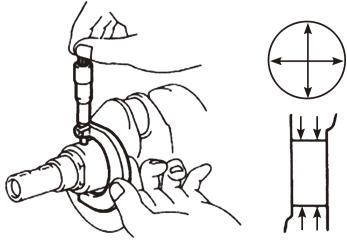
续表

操作步骤	工量具	过程	维修规范与操作要求
安装曲轴轴承盖		安装曲轴轴承盖	维修规范: 1. 转矩: $50 \text{ N} \cdot \text{m} + 90^\circ$; 2. 轴承盖标记向前, 按顺序摆放, 相互位置不要更换; 3. 检查曲轴转动, 应能灵活转动。 操作要求: 1. 对准轴承凸起和主轴承盖的凹槽; 2. 润滑轴承内面; 3. 主轴承盖螺栓的螺纹和螺栓头下面涂一薄层机油; 4. 按顺序几次均匀拧紧 10 个主轴承螺栓
	扭力扳手	紧固曲轴轴承盖螺栓	
思考	1. 安装止推垫片有何注意事项? 2. 润滑轴承盖有何注意事项? 若不注意会有何后果? 3. 轴承盖拧紧力矩不一致会产生什么影响?		
实习体会			

二、曲轴的测量

实践项目	曲轴的拆装	实践目的	1. 能正确使用百分表、千分尺完成曲轴的测量; 2. 检测结论正确操作步骤
使用器材	发动机拆装台架; 维修手册		
操作步骤	工量具	过程	维修规范与操作要求
清洁、检查曲轴外观	抹布、吹枪	清洁曲轴轴颈、轴承和轴承盖	维修规范: 每个主轴颈、连杆轴颈和轴承应无麻点和划痕, 否则应更换曲轴或视情修理
	目视	检查主轴颈、连杆轴颈和轴承有无麻点和划痕	

续表

操作步骤	工量具	过程	维修规范与操作要求
组装百分表	百分表、 磁性表座	清洁、组装百分表测量头并调零	操作要求: 1. 将曲轴水平放置于平台上,并用 V 型铁支撑,确保其在 V 型块上水平放置,两端不能高低不平,否则会影响测量结果; 2. 检查百分表及支架,并组装,百分表的调整螺母必须锁紧,否则会因为百分表松动影响到测量结果; 3. 调整百分表,使百分表头贴近曲轴主轴颈,并对百分表预压 1 mm;若不进行百分表预压,也会引起测量结果失准; 4. 转动百分表刻度盘,使其大指针对准“0”刻度
检查曲轴弯曲度	百分表、 磁性表座、 平台	检查曲轴弯曲度	维修规范: 最大圆跳动量为 0.06 mm,如果曲轴的圆跳动量超过最大值,则应更换曲轴。 操作要求: 1. 双手慢慢转动曲轴,仔细观察百分表所测出曲轴的圆跳动量; 2. 眼睛必须与百分表平视 
检查曲轴磨损	千分尺	清洁、校零千分尺	维修规范: 主轴颈直径标准: 47.982~48.000 mm ; 连杆轴颈直径标准: 39.755~39.985 mm ; 圆度和圆柱度误差: 0.02 mm。 操作要求: 1. 检查主轴颈直径; 2. 检查连杆轴颈直径; 3. 计算主轴颈、连杆轴颈圆度误差和圆柱度误差 
	千分尺	测量曲轴主轴颈及连杆轴颈	
		记录数据并计算	

续表

数据记录	外观检查		
	曲轴弯曲度		
	主轴颈圆度		
	连杆轴颈圆度		
	检测结论		
实习体会			

学习任务四 曲柄连杆机构的故障诊断与排除



相关知识



曲柄连杆机构的安装

一、曲柄连杆机构常见故障分析

(一) 气缸压力不足

气缸压力是指活塞到达压缩上止点时，气缸内压力的大小。气缸压力不足，就意味着气缸密封性降低，将使发动机功率下降，启动困难，若个别气缸压力不足会使发动机运转不稳定。

1. 故障原因

(1) 活塞环的侧隙、开口端隙过大，或气环开口的迷宫路线变短，或活塞环的第一密封面磨损后，其密封性变差。

(2) 活塞与气缸磨损过大，可使气缸间隙增大，活塞在气缸内运动摇摆，从而影响活塞环与气缸的良好贴合密封。

(3) 因活塞环结胶、积炭而卡在活塞环槽内，使环的自身弹性不能发挥，从而失去了气环与气缸壁的第一密封面。

(4) 气缸拉伤。当气缸拉伤之后，活塞环与气缸的密封被破坏，造成气缸压力低。

(5) 安装了不匹配的活塞。如有的发动机所选用的活塞顶部凹坑深度不一，用错后将影响气缸压力。

(6) 气缸垫冲坏，气门座圈松动，气门弹簧折断或弹力不足，气门与气门导管因积炭或间隙过小，可使气门上下运动受阻等，从而导致气门密封不严。

(7) 正时齿轮安装错误，齿轮键槽不正确，正时齿轮损坏或磨损过甚，凸轮轴正时齿轮上的轮毂与轮松动等，导致配气相位不正确。

(8) 使用了不匹配的气缸盖, 如有的气缸盖燃烧室容积可能不同, 若装错会影响气缸压力。

(9) 进排气门间隙调整不当, 或与气门座密封不严, 或测试气缸压力时操作不当。

(10) 装有减压装置的发动机, 其减压装置的间隙调整不当, 使气门关不严。

2. 故障检修

当前使用气缸压力表检测气缸压力的方法较多, 可用测启动机电流和启动机电电压检测气缸压力; 另外, 也可用胶管和压缩空气逐缸测量的方法。用气缸压力表检测气缸压力时, 应使发动机处在正常热态下冷却液在 $85\sim 95\text{ }^{\circ}\text{C}$, 润滑油温度在 $70\sim 90\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时进行。同时, 应拔掉发动机转速传感器。

(二) 连杆弯曲、扭曲和双重弯曲

连杆的弯曲、扭曲和双重弯曲变形将使活塞在气缸中歪斜, 造成活塞与气缸、连杆轴承与连杆轴颈的偏磨。

1. 故障原因

发动机工作时, 气缸内的气体压力始终作用在活塞顶上。由于气体压力的作用, 使活塞与活塞销、活塞销与连杆小头衬套压紧, 并通过连杆使连杆轴承与连杆轴颈、主轴承与主轴颈相互压紧, 由于上述各传力机件都具有一定的质量, 具有保持原有运动状态的趋势, 即惯性力的作用, 再加上发动机超负荷和爆燃等原因, 使连杆弯曲、扭曲或双重弯曲。

2. 故障检修

连杆弯曲、扭曲变形的检测可在连杆检验器上进行 (如图 2-26 所示)。

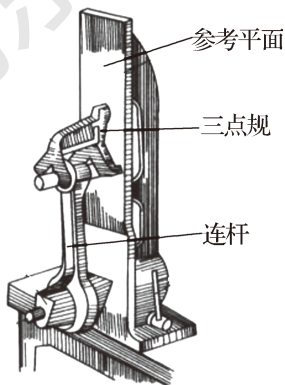


图 2-26 连杆变形的检测

检测时, 如果三点规的三个测点都与检测平板接触, 说明连杆不弯曲也不扭曲。如果上测点与平板接触, 下面两测点与平板不接触, 且与平板的间隙相等, 或下面的两测点与平板接触, 而上测点与平板不接触, 则表明连杆纯弯曲; 如果一个下测点与平板接触, 上测点与平板间的间隙等于另一个下测点与平板间隙的一半, 说明连杆是纯扭曲; 否则, 是弯扭并存。连杆的弯曲、扭曲变形, 通常用连杆校正器的附设工具

进行校正。当连杆弯扭并存时，一般先校正扭曲后校正弯曲。连杆经过弯、扭校正后，两端座孔轴心线的距离变化应不大于 0.15 mm，否则会影响气缸的压缩比。

（三）曲轴弯曲和扭转

1. 故障原因

- （1）曲轴在修磨加工时，装卡定位不当，磨床本身精度不高。
- （2）发动机超负荷运转，连续“爆燃”，工作不平稳使各轴颈受力不均匀。
- （3）曲轴轴承和连杆轴承间隙过大，松紧不一，造成主轴颈中心不重合，运转时受冲击。
- （4）发动机发生轴承烧坏和抱住曲轴时，曲轴将出现弯曲和扭转。
- （5）曲轴轴向窜动过大或活塞连杆组重量不一，相差过大。
- （6）点火时间过早，或经常有 1~2 个火花塞工作不良，使发动机运转不平衡，曲轴受力不均匀。
- （7）曲轴的平衡被破坏，或曲轴连杆组以及飞轮的平衡被破坏；曲轴过多磨损和超细，强度、刚度不足，或由于装配不当而产生弯、扭变形。
- （8）曲轴材质不佳，或曲轴长期不合理放置造成变形。
- （9）汽车起步行驶时，放松离合器踏板动作过快，接合时不柔和。或用冲力启动发动机，使曲轴受到突然扭转。
- （10）行车中使用紧急制动或在发动机动力不足的情况下，用高档低速勉强行驶。

2. 故障检修

曲轴弯曲变形后，其主轴颈的同轴度偏差增大。检验时，一般将曲轴的第一道和最后一道主轴颈搁置在检验平板的 V 型块上，将百分表头垂直地触及在中间一道主轴颈上（通常此道变形量最大），慢慢转动曲轴一圈，此时百分表指针所示的最大摆差，即为该轴颈对前后两主轴颈轴线的同轴度偏差，其偏差一般应不大于 0.15 mm，否则应予校正，低于此限可结合磨削轴颈予以修正。

曲轴弯曲的校正通常采用冷压法和表面敲击法。

曲轴扭曲的检测时，可将曲轴置于检测平板的 V 型块上，然后将第一、六缸连杆轴颈转到水平位置，用百分表分别测量第一缸连杆轴颈和第六缸连杆轴颈至平板的距离，求得这同一方位上两个连杆轴颈的高度差。

曲轴轻微的扭转变形，可在曲轴磨床上磨削校正，大的扭转变形可用液压扳杆校正。

（四）活塞裙部烧蚀

1. 故障原因

- （1）冷却液不足或其他原因引起的发动机过热造成活塞过度膨胀，缩小了气缸的间隙。
- （2）活塞与气缸的装配间隙过小，使油膜不能保存，结果出现干摩擦生热而导致

烧蚀。

(3) 润滑油牌号不符或润滑油被汽油稀释, 使气缸壁不能形成油膜, 出现干摩擦或半干摩擦而生热, 从而造成裙部烧蚀。

(4) 活塞质量不佳。裙部无椭圆或椭圆过小, 致使活塞受热后, 因活塞销座膨胀量大, 出现反椭圆(活塞销轴方向加长), 使活塞销轴线方向与气缸无间隙, 或因加工、安装不当, 使活塞与气缸的装配间隙过小。

2. 故障预防和检修

(1) 汽车不能在缺冷却液、高温、大负荷的情况下长期运行。出车前, 应检查润滑油数量和质量。

(2) 维修时应保证活塞与气缸的配缸间隙, 选好活塞, 活塞的圆度要符合规定。对全浮式活塞销座孔的加工, 不能使其与销轴配合过紧。

(五) 活塞环槽磨损

1. 故障原因

(1) 活塞环槽磨损比较严重的是第一、二道气环槽。因为活塞头部的热量是由活塞环传给气缸壁的, 所以第一道气环受热最严重, 若第一环槽得不到良好的散热, 将使其裙部加速磨损。

(2) 在活塞工作时, 环槽的上下侧面与活塞环产生冲击磨损, 使配合间隙加大, 密封性能变坏。环槽的磨损主要是下平面磨损。

(3) 气缸内壁在磨损成椭圆和锥形或因其他原因变形后, 活塞环做往复运动时, 形成时胀时缩的现象, 加速了环槽的磨损。侧压力使活塞左右摆动, 活塞环在槽内产生左右摩擦。

(4) 可燃混合气和点火提前角调整不当, 均会导致燃烧不正常, 使发动机受热时间长, 温度增高, 降低了活塞环岸的机械强度。

(5) 维修时清洁度不够, 安装活塞环的工具制作或使用不当, 气缸口台阶未进行修理, 活塞顶和环槽内积炭等物未彻底清除等。

(6) 外界温差变化幅度大, 而发动机未采取相应的保温或降温措施; 在尘土和风沙大的地区对进气系统防尘工作不重视, 即对空气滤清器的维护不及时。

(7) 不遵守发动机使用操作规程, 启动后急于提高发动机转速, 或起步后温度过高时又强制降温等。

(8) 活塞质量低劣, 环槽及环岸加工粗糙, 金相组织不佳。

2. 故障预防和检修

(1) 提高设计制造质量, 增加一些特殊结构, 如在活塞头部位设环槽护圈。

(2) 提高维修质量, 在选择活塞环的边隙和背隙时, 严格按照规定选取装配间隙; 在专用的发动机装配房间内进行的装配工作。

(3) 提高驾驶操作技术, 按操作规程操作, 避免发动机的长时间高速运转, 保持发动机的正常温度。

(4) 加强对燃料系统和点火系统的调整和维护。

二、曲柄连杆机构异常噪声分析

曲柄连杆机构的故障属于机械类故障, 此类故障大多数是产生异响。曲柄连杆机构的异响, 往往反映着不同性质和不同程度的故障。异响的判断是根据异响的产生部位、声响特征、出现时机、变化规律以及尾气排放的颜色等情况, 并借助诊断仪器来找出故障部位及原因。

(一) 曲轴主轴轴承异响

1. 故障现象

(1) 发动机转速突然变化时, 发出低沉连续“啜啜”金属敲击声, 严重时发动机产生振动。

(2) 响声随发动机转速提高而增大, 随负荷的增大而增大, 产生响声的部位在气缸的下部。

(3) 单缸“断火”时, 响声无明显变化, 相邻两缸“断火”时, 响声会明显减弱。

(4) 观察机油压力表, 机油压力明显降低。

2. 故障原因

(1) 轴承与轴颈磨损而导致配合间隙过大。

(2) 主轴轴承盖螺栓松动。

(3) 主轴轴承与座孔配合松动。

(4) 轴承润滑不良, 使轴承合金层烧蚀脱落。

(二) 连杆轴承异响

1. 故障现象

(1) 在突然加速时, 有明显连续“当当”的敲击声。

(2) 响声在怠速时较小, 中速时较为明显, 发动机温度升高后, 响声无变化。

(3) 单缸“断火”后, 响声明显减弱或消失。

2. 故障原因

(1) 连杆轴承盖螺栓松动。

(2) 连杆轴承与轴颈过量, 从而致使径向间隙过大。

(3) 轴承润滑不良, 造成轴承合金层烧毁、脱落。

(4) 连杆轴承与座孔配合松动。

(三) 活塞敲缸异响

1. 故障现象

(1) 发动机怠速时, 在气缸的上部会发出清晰的“嗒嗒”敲击声。

(2) 冷车时响声明显, 热车时响声减弱或消失。

(3) 该缸“断火”后, 响声减弱或消失。

2. 故障原因

(1) 活塞与气缸壁的间隙过大，活塞在气缸内摆动，从而导致撞击气缸壁而发出响声。

(2) 活塞销与连杆衬套装配过紧。

(3) 活塞顶碰到气缸衬垫。

(4) 连杆变形。

(四) 活塞销异响

1. 故障现象

(1) 怠速和中速时，响声比较明显、清脆，为有节奏的“嗒嗒”声。

(2) 发动机转速变化时，响声的周期也随着变化。

(3) 发动机温度升高后，响声不减弱。

(4) 该缸“断火”后，响声减弱或消失；恢复该缸工作的瞬间，会出现明显的响声或连续两个响声。

2. 故障原因

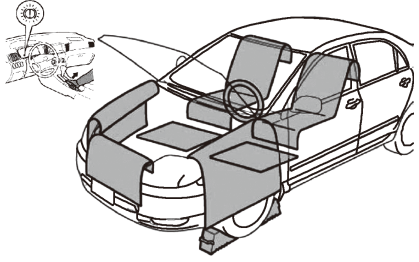
(1) 活塞销与连杆小端衬套配合松旷。

(2) 活塞销与活塞销座孔配合松旷。



拓展知识

气缸压力检测

实践项目	气缸压力检测		实践目的	1. 能正确使用气缸压力表； 2. 能正确按照气缸压力检测步骤对缸压进行测量并判断
使用器材	大众 POLO 整车；修理手册			
操作步骤	工量具	过程	维修规范与操作要求	
车内外防护	挡块	安装挡块	操作要求： 有效防护不仅可以保护车辆、利于工作，还是保证顾客满意度的必要措施 	
	前格栅布、翼子板布	安放前格栅布、翼子板布		
	方向盘套、换挡杆套、座椅垫、地板垫	安放方向盘套、换挡杆套、座椅垫、地板垫		
		车辆停放安全，拉起手刹，变速器置于空挡		
		安装尾气排放管		



续表

记录结果	准备工作	1. 车内外防护; 2. 进行暖车; 3. 拆下 25 保险丝			
	压力值记录	第一次测量	第二次测量	第三次测量	平均值
	检验结论				
实习体会					