

# 轮机维护与检修

## 第六章 柴油机主要零件的检修

### 第一节 气缸盖的检修

气缸盖的常见损坏形式

气缸盖：裂纹、腐蚀

排气阀：磨损、烧蚀、裂纹

#### 1.1 气缸盖裂纹的检修

##### 1.1.1 气缸盖底面（触火面）裂纹

（1）发生：一般发生在过渡圆角处和孔之间，即应力集中处

（2）原因：高温疲劳（产生高温疲劳裂纹）+热疲劳（产生热疲劳裂纹）+蠕变（产生蠕变裂纹）

##### 1.1.2 气缸盖冷却侧裂纹

（1）发生：冷却水道环形筋的根部应力集中处，并沿圆周方向和向深处（即触火面）扩展

（2）原因：机械疲劳裂纹（最大爆发压力+热应力集中+腐蚀）

##### 1.1.3 气缸盖裂纹的检查

（1）观察法

（2）水压实验：（裂穿性裂纹）

（3）无损探伤：渗透探伤、磁粉探伤、超声波探伤

（4）经验判断：

A. 冷却水压力波动（或冷却水温升高、淡水消耗量增加、扫气箱有水流出、膨胀水柜透气管有气泡冒出或冷却水中有油星等）

B. 冲车示功阀有水汽或水柱

C. 油底壳的油位升高或乳化

D. 吊缸时观察零件表面是否有水锈。

#### 1.2 气阀及阀座的检修

##### 1.2.1 气阀与阀座互研后密封性检查：

（1）在气阀锥面上用铅笔每隔 3~5 毫米画一条线，然后将阀装入阀座，压住阀盘并转动 90 度，取下气阀观察其上铅笔线，若全被擦除，表面密封性良好，研磨质量高

（2）将气阀装入阀座，在阀座坑内阀盘底面上到入一定量的煤油，5 分钟后擦净煤油并迅速提起气阀，若配合面上无渗入煤油，则说明密封性良好，研磨质量高

(3) 将气阀装入阀座，手动使之起落数次敲击阀座，若阀座上呈现一连续光环，则密封性良好

## 第二节 气缸套模块的检修

常见损坏形式：

内圆面：磨损、腐蚀、裂纹

外圆面：穴蚀、电化学腐蚀

### 2.1 气缸套内圆工作面磨损测量

思路：利用量具测量缸径和计算圆度误差、圆柱度误差或内径增量、磨损率并于说明书、或有关标准比较，判断气缸套是否能继续使用

#### 2.1.1 测量工具：

样板+内径千分尺



#### 2.1.2 测量部位

将样板放在气缸套首位方向和左右方向的位置上，依样板上的定位孔确定各测量界面，测量相互垂直的两个缸径。

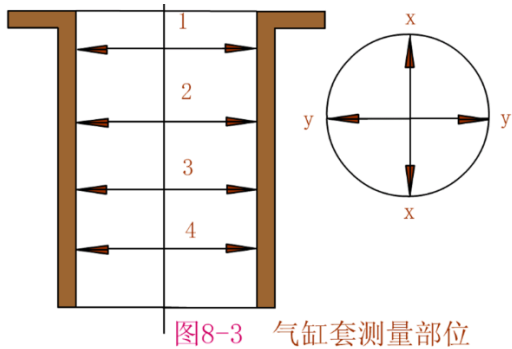


图8-3 气缸套测量部位

#### 2.1.3 测量、记录于计算

测量缸径、计算圆度误差、最大圆度误差、内径最大增量

#### 2.1.4 修复

(1) 磨损量未超标：

轻微拉痕：粗粒度金刚沙磨石或砂纸；

较大擦伤和上部的磨台：镗缸，或用油石、锉刀、风砂轮等手工消除。

(2) 磨损量超标:

修理尺寸法: 镗缸, 选配新的活塞组件。

恢复尺寸法: 镗缸+电镀 (Cr 或 Fe)

## 2.2 气缸套裂纹的检修

### 2.2.1 部位:

冷却水侧: 顶部支撑凸缘附近;

内表面: 上部 (冷却不均: 流道、水垢), 注油孔附近, 近排气口附近;

### 2.2.2 检验

观察法、水压试验、着色探伤、经验判断

### 2.2.3 修理

金属扣合 (波浪键密封螺钉)、粘接, 更换。

航行中发生事故又无备件时, 则采取封缸运行

## 2.3 拉缸

### 2.3.1 定义

活塞组件与气缸套由于干摩擦引起粘着, 产生拉毛、划痕、擦伤、咬死甚至裂纹的现象。

### 2.3.2 征兆:

(1) 声音异常

(2) 转速自动下降或自动停车

(3) 曲柄箱或扫气箱着火

(4) 排烟温度升高

(5) 冷却水和润滑油温度升高

### 2.3.3 原因

根本原因: 油膜变薄或被破坏

(1) 活塞环与气缸套不匹配 (工作表面粗糙度不合适);

(2) 活塞运动部件不对中, 或配合间隙不合适;

(3) 气缸套安装不良或局部变形;

## 2.4 思考题

(1) 气缸套磨损的种类及原因是什么?

(2) 什么是拉缸? 试分析早期拉缸的原因, 并提出预防措施。

(3) 气缸套内圆工作表面在检修时应做哪些检查?

(4) 如何进行气缸套内圆表面磨损的测量?

(5) 缸套的过度磨损有何危害? 如何修理?

(6) 如缸套出现裂纹, 且无备件, 有无办法修复?

(7) 某气缸套下部发生严重磨损, 试分析其原因。

### 第三节 活塞与活塞环的检修

常见损坏形式：

活塞：外圆表面及环槽的磨损、裂纹、破裂和顶部的烧蚀

活塞杆：磨损、划痕、擦伤、弯曲变形

#### 3.1 活塞外表面磨损的检修

##### 3.1.1 原因：

侧推力

##### 3.1.2 测量

用外径千分尺测量或塞外圆的直径。具体部位：自裙部上端 10~20mm 初开始，每隔 100~200mm 测量一次，每次测量同一截面内相互垂直的两个直径：平行于曲轴的方向和垂直于曲轴的方向。计算出圆度和圆柱度。

#### 3.2 环槽磨损检修

##### 3.2.1 原因：

运动+硬质磨粒+高温

##### 3.2.2 特点

- (1) 配合间隙增大，密封性下降（是压缩压力、最高爆发压力下降）
- (2) 环槽截面由矩形变成梯形
- (3) 第一、二道环槽磨损较快

##### 3.2.3 检验

测量工具：样板+塞尺

测量对象：天地间隙（环与环槽的配合间隙）



#### 3.3 裂纹的检修

#### 3.4 活塞杆的检修

## 第四节 活塞环的检修

常见损坏形式：过度磨损、折断、黏着、弹力丧失

### 4.1 过度磨损的检修

#### 4.1.1 部位：

环的外圆表面及上、下端面。

#### 4.1.2 原因：

大多是管理不当：磨合不良、超负荷运转、润滑油不足或品质不佳、燃用劣质燃油、燃烧不良和冷却不充分。产生不均匀磨损。第一道环磨损最严重。

标准：磨损率为  $0.1 \sim 0.5 \text{ mm/kh}$ ，活塞环寿命可达  $8000 \sim 10000 \text{ h}$ 。

#### 4.1.3 测量：

- (1) 搭口间隙的测量
- (2) 活塞环平面间隙的测量（天地间隙）
- (3) 活塞环径向厚度和高度测量

### 4.2 黏着

#### 4.2.1 形式：

原子、分子间粘着（粘着磨损），机械卡死（油污和积炭、槽变形）。

#### 4.2.2 原因：

结构（天地间隙过小、弹力过小、刮油环装反）、管理（燃烧不良、冷却不良、滑油注油量过多）。

#### 4.2.3 后果：

弹力变化→密封性下降→断环→拉缸

#### 4.2.4 检查：

在扫气口处定期检查，木棒戳动

#### 4.2.5 措施：

(1) 尽早安排吊缸，取环时注意：用煤油浸泡后用木棒敲击、逐渐松动，再用专用工具取下。切勿用扁铲之类切断环和清理环槽。

(2) 调节滑油量；改善冷却，避免过热；适当加大平面间隙。

### 4.3 弹力丧失

#### 4.3.1 检查：

定性：

- (1) 测量自由开口：开口变小，说明弹力下降。
- (2) 扩大自由开口一倍或闭合，残余变形 $\leq$ 自由开口的 10%，说明正常。
- (3) 新旧环对比：
- (4) 装环入缸内，

定量：

(5) 漏光程度：

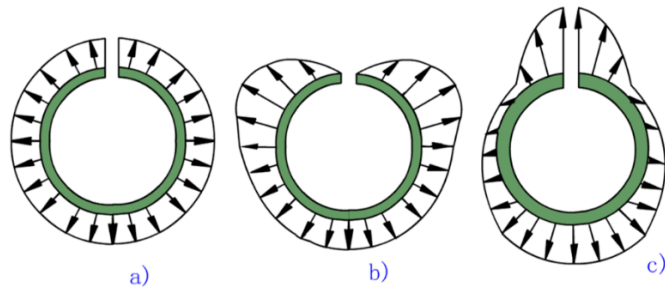
(6) 侧弹力：

#### 4.3.2 三种径向压力分布的活塞环

(1) 等压环：主要用于四冲程中速柴油机

(2) 苹果形压力环：用于二冲程柴油机（大型）

(3) 梨形压力环：用于高速柴油机



#### 4.4 折断

##### 4.4.1 原因：

- 1、搭口间隙过小：
- 2、环槽积炭：
- 3、气缸套上部磨台冲击：
- 4、环槽过度磨损：
- 5、环挂住气口
- 6、环径向胀缩疲劳（弹力过小）

### 第五节 活塞销、十字头销的检修

常见损坏形式：磨损、裂纹

### 第六节 重要螺纹的检修

常见损坏形式：裂纹

### 第七节 轴承的检修

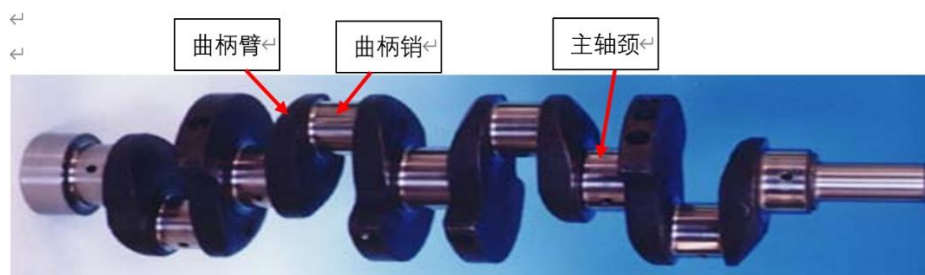
常见损坏形式：过度磨损、裂纹和剥落、烧熔、腐蚀

#### 4.1 轴承的安装与检查

##### 4.1.2 轴承间隙测量

- (1) 塞尺法：精度不高，粗检
- (2) 压铅法：精度高，操作麻烦
- (3) 比较法

## 第八节 曲轴的检修



常见损坏形式：磨损、弯曲和扭转变形、裂纹和断裂、红套滑移、腐蚀

### 8.1 曲轴磨损的检修

#### 8.1.1 测量：

曲柄销径：

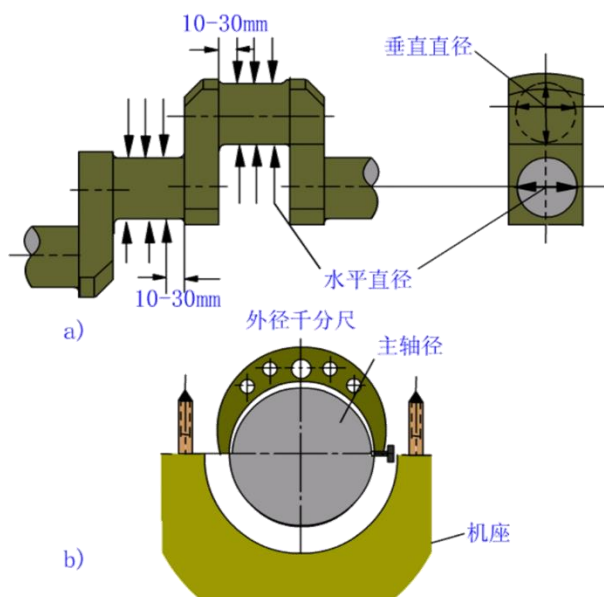
主轴径：

所用工具：外径千分尺

#### 8.1.2 修理：

a. 修理尺寸法：光车（磨削）

b. 恢复尺寸法：光车+镀 Fe



### 8.2 曲轴红套滑移的检修

#### 8.2.1 曲轴红套：

把小于主轴直径的曲柄臂上的孔加热胀大超过轴颈，将轴插入孔中，待冷却后孔径恢复使轴孔牢固连接。

#### 8.2.2 曲轴红套滑移：

组合式或半组合式曲轴的主轴颈与曲柄臂套合处相对位置发生错动的现象。

#### 8.2.3 原因：

超机械负荷（绞缆、搁浅）、调速器失灵或飞车、轴承过热。

#### 8.2.4 后果：

影响定时和燃烧，影响曲轴传递扭矩的作用

#### 8.2.5 征兆：

定时不正，严重时有后燃、冒黑烟现象，柴油机剧烈振动，停车后不能起动。

#### 8.2.6 曲轴红套滑移的修理

（1）航行中曲轴红套滑移，若滑移角不大，可重新调整定时降低负荷运行

（2）滑移不重时在港原地修理：采用加热曲柄臂或冷却主轴颈的方法，并同时曲柄臂施加扭矩使之反向转动滑移角度后复位

（3）滑移严重时，进厂修理，更换主轴颈和重新红套。

### 8.3 曲轴弯曲和扭矩变形的检修

#### 8.3.1 假设：

（1）主轴颈与曲柄臂之间为刚性连接，夹角为 90 度保持不变。

（2）主轴颈、曲柄销颈和曲柄臂均为刚性，运转中形状不变。

（3）曲柄销颈与两曲柄臂之间的夹角不仅相等而且变化相同。

#### 8.3.2 曲柄微量变形分类

（1）塌腰型：当曲柄的两个主轴承低于相邻主轴承时，该曲柄的两个主轴颈轴线弯曲呈塌腰形

（2）拱腰型：当曲柄的两个主轴承高于相邻主轴承时，该曲柄的两个主轴颈轴线弯曲呈拱腰形

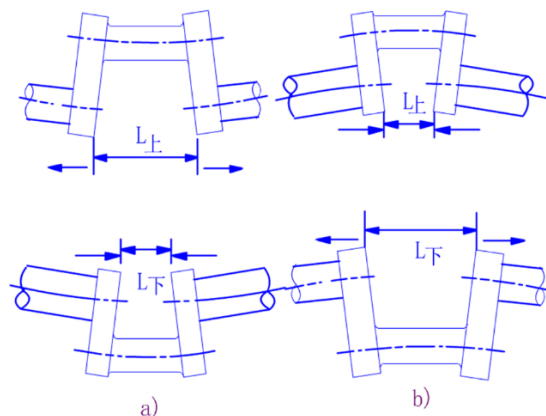


图8-25 主轴承高低对曲柄轴线和臂距的影响

a) 轴承低时轴线呈塌腰形; b) 轴承高时轴线呈拱腰形

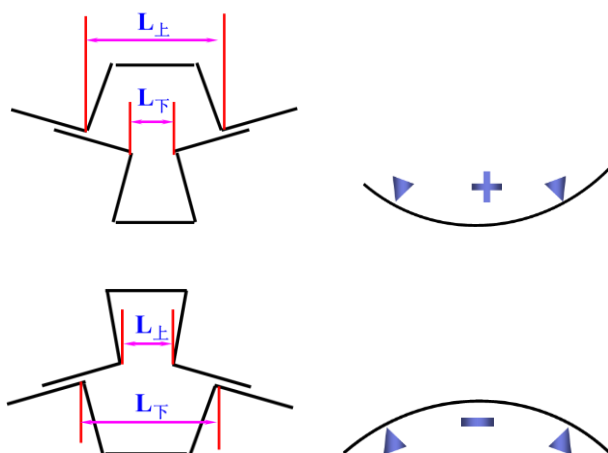
#### 8.3.3 曲轴臂距差（曲臂差）

（1）臂距值：曲柄的两个曲柄臂之间的距离大小称为臂距值，俗称拐挡值

（2）臂距差：上减下、左减右（公式详见课本 P190）

（3）垂直方向：

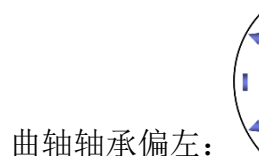




(4) 水平方向:



曲轴轴线偏右:



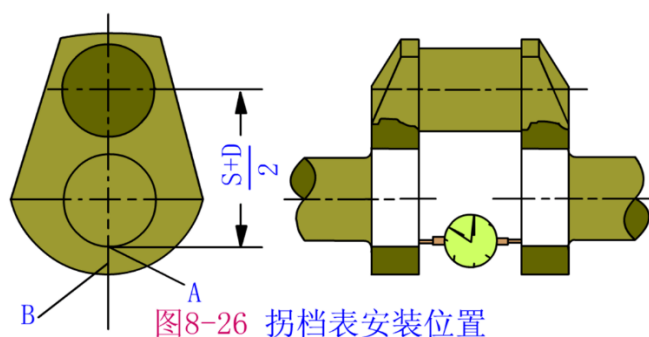
曲轴轴承偏左:

### 8.3.4 曲臂差的测量

(1) 测量工具: 拐档表 (臂距表)



(2) 测量地点: 设在距曲柄轴中心线为  $(S+D)/2$  处。S 为活塞行程、D 为主轴直径



(3) 测量条件: (详见肯本 P192)

a. 冷态下测量

b. 夜间、清晨或阴雨天气时测量

c. 船舶装载条件相同的情况下测量

(4) 测量要求：(详见肯本 P192)

a. 一次装表完成全部测量

b. 柴油机正向回转进行测量

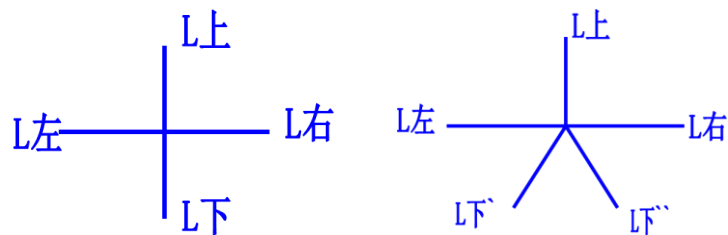
(5) 测量过程：

a. 曲轴未装活塞运动时：

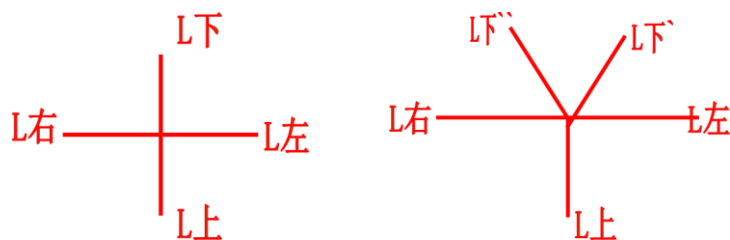
b. 曲轴已装活塞运动时：盘车至 195 度位置安装拐当表，并将表指针调至零值后开始测量，依次在 195 度、270 度、0 度、90 度、165 度五个位置测量。

(6) 测量值现场记录方式

a. 按曲柄销的位置记录测量值：



b. 按拐当表的位置记录测量值：



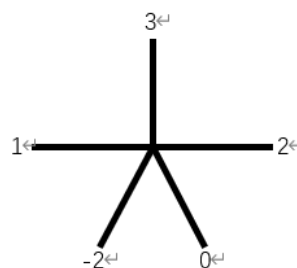
(7) 测量值准确性判断 (详见课本 P192)

上下臂距值之和与左右臂距值之和的差值的绝对值小于 0.03mm

(8) 臂距差是否超标

中国船级社的检验标准，经修理后的船用柴油机每米活塞行程的曲轴臂距差应该  $\leq 0.125\text{mm}$

例题：



## 第八章 船用螺旋桨的安装与检修

### 第一节 螺旋桨的基本概念

#### 1.1 结构

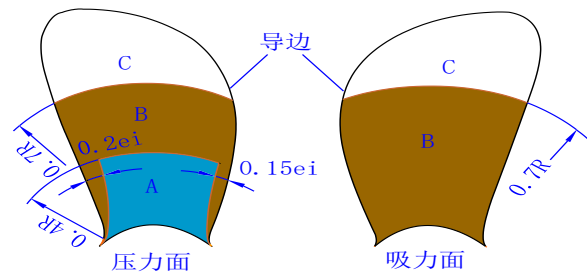
- (1) 桨叶：叶面、叶背、导边、随边、叶梢
- (2) 桨毂

#### 1.2 分类（需要分清种类）

- (1) 定距桨
- (2) 变距桨
- (3) 调距桨

#### 1.3 桨叶表面区域分布

重要程度：A 区域>B 区域>C 区域



A 区一般不允许焊补修理

B 区应避免焊补

C 区通常允许焊补

### 第二节 船用螺旋桨的检验

#### 2.1 螺旋桨静平衡检验（详见课本 P281）

#### 2.2 螺旋桨螺距的测量

测量工具：螺距规

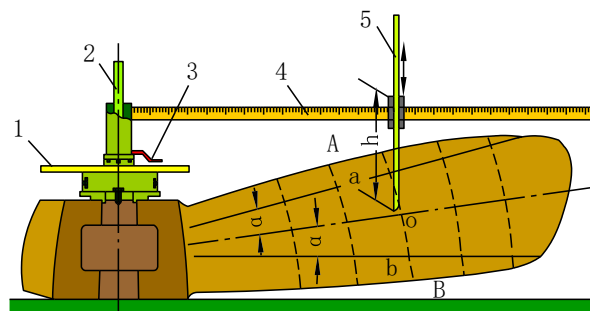


图11-20 测量螺旋桨的螺距  
1-刻度盘；2-心轴；3-指针；4-水平尺；5-量杆

测量方法：（详见课本 P284）

（1）螺旋桨半径  $R$

（2）**局部螺距**→截面螺距→叶片螺距→总平均螺距（**着重记住局部螺距测量过程**）

## 第九章 船舶主柴油机的安装与校中

### 第一节 活塞运动部件的检验与校中

#### 1.1 横向失中

活塞运动部件与固定件在左右方向发生不对中的现象,多见于十字头式柴油机,筒形活塞式不出现。

##### 1.1.1 第一种情况

(1) 现象:上下止点附近时活塞在气缸中偏左或偏右的极端情况(注意:此时活塞面与气缸面平行)

(2) 原因

- a. 导板工作面与气缸中心线距离过大或过小
- b. 滑块工作面与活塞运动部件中心线距离过大或过小

(3) 措施

- a. 调节导板与机架或滑块与十字头之间垫片的厚度
- b. 导板、滑块工作面重浇白合金

##### 1.1.2 第二种情况

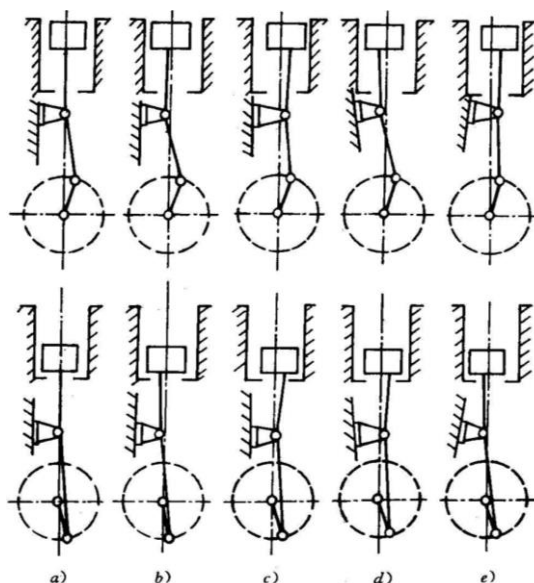
(1) 现象:活塞在气缸中发生倾斜,在上下止点附近时活塞在气缸中分别偏向一侧

(2) 原因

- a. 导板工作面与气缸中心线不平行
- b. 滑块工作面与活塞运动部件中心线不平行

(3) 措施

- a. 分段调节垫片
- b. 研刮白合金



## 1.2 纵向失中（筒形活塞）

活塞运动部件与固定件在首尾方向发生不对中的现象。各类柴油机均会发生。

### 1.2.1 第一种情况

（1）现象：活塞与气缸首尾间隙不等，但上下止点位置时同侧间隙相等或相近

（2）原因：

- a. 连杆大端两侧轴向间隙不等、船舶纵倾的
- b. 大端轴承前后长度不等

（3）措施：

- a. 调节大端轴向间隙
- b. 修刮连杆大端轴承端面

### 1.2.2 第二种情况

（1）现象：活塞在近上死点在气缸中倾斜，在近下死点时居中

（2）原因：曲柄销单面锥度

（3）措施：消除曲柄轴颈几何形状误差

### 1.2.3 第三种情况

（1）现象：. 活塞在气缸上下止点向同一侧倾斜

（2）原因：

- a. 曲柄销锥度
- b. 连杆大端轴瓦（上瓦）偏磨，轴瓦不垂直活塞中心线

（3）措施：

- a. 修轴
- b. 刮瓦

### 1.2.4 第四种情况

（1）现象：活塞在气缸上下止点向不同侧倾斜（多见）

（2）原因：曲柄销颈中心线不平行于曲轴主轴颈的中心线

（3）措施：修正曲柄轴颈

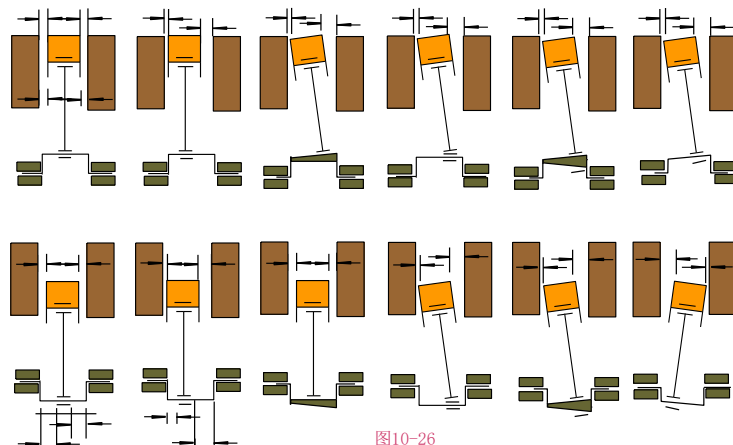


图10-26

### 1.3 纵向失中（十字头式）

#### 1.3.1 第一种情况

（1）现象：活塞与气缸首尾间隙不等，但上下止点位置时同侧间隙相等或相近

（2）原因：侧向间隙不等

（3）措施：调整侧导板的垫片

#### 1.3.2 第二种情况

（1）现象：活塞在近上死点在气缸中倾斜，在近下死点时居中

（2）原因：十字头销颈单面锥度

#### 1.3.3 第三种情况

（1）现象：. 活塞在气缸上下止点向同一侧倾斜

（2）原因：侧导板与气缸中心线的不平行度严重超差