

第五章 柴油机装配工艺

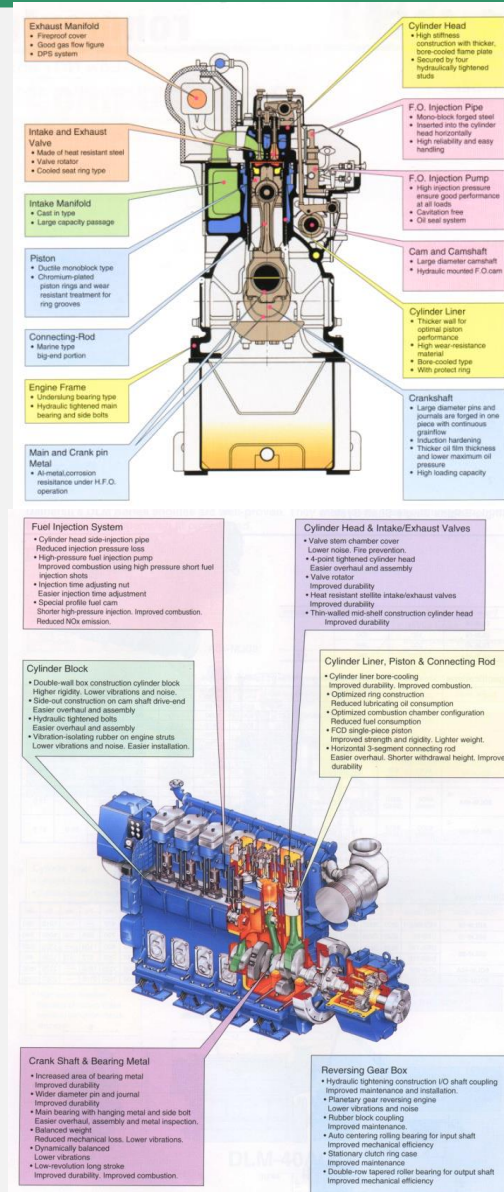
Assemble technology of diesel engine

内容提要:

◆ 装配工艺基础

- 影响装配的精度因素有哪些?
- 完全互换装配法
- 不完全（大数）互换法
- 直接选配法、直接选配法
- 分组选配法
- 修配法
- 调整法
- 安装中的尺寸链分析方法

◆ 筒形活塞柴油机装配工艺过程



第五章 柴油机装配工艺

Assemble technology of diesel engine



装配质量对产品质量有着决定性的影响。



第一节 装配工艺基础

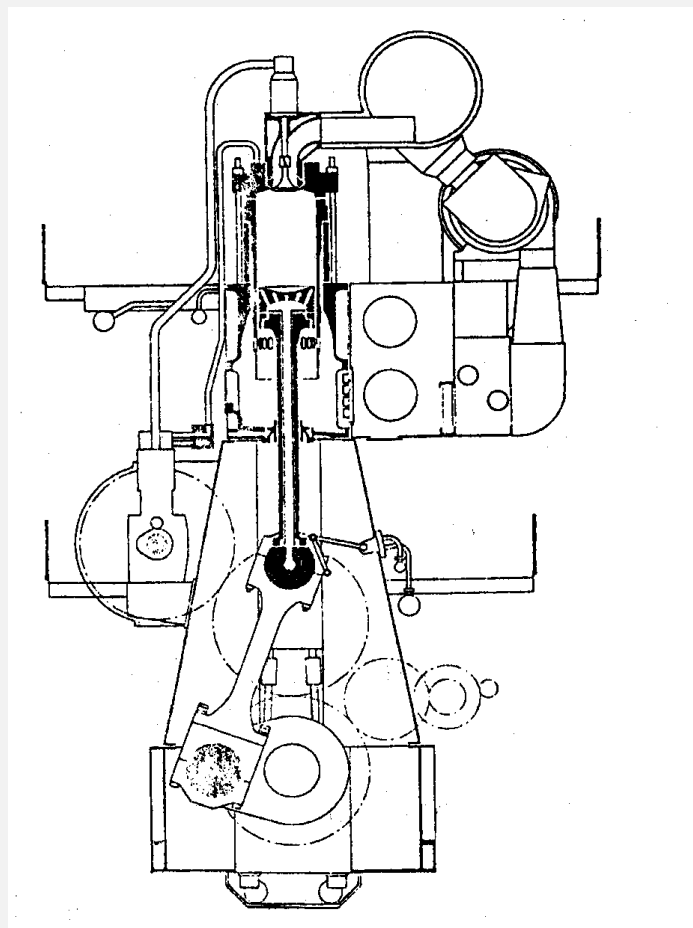
Fundamentals of
assembling process

柴油机的装配：按照规定的技术要求，将零件组合成组件，并进一步结合成部件以至整台机器的过程。

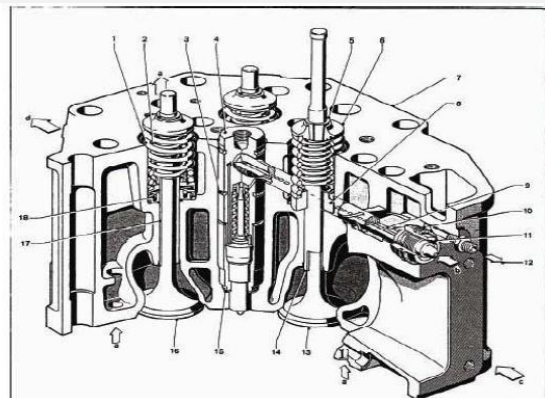
装配包括对产品的调整、检验、
试验、油漆和包装等工作。

➤ 组件(或部件)装配

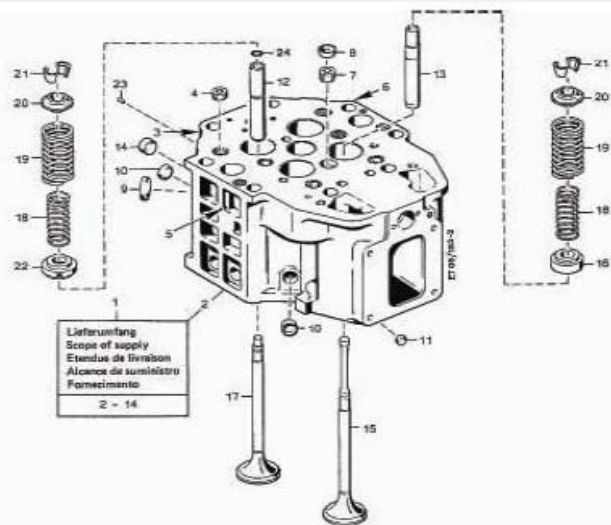
➤ 总装配



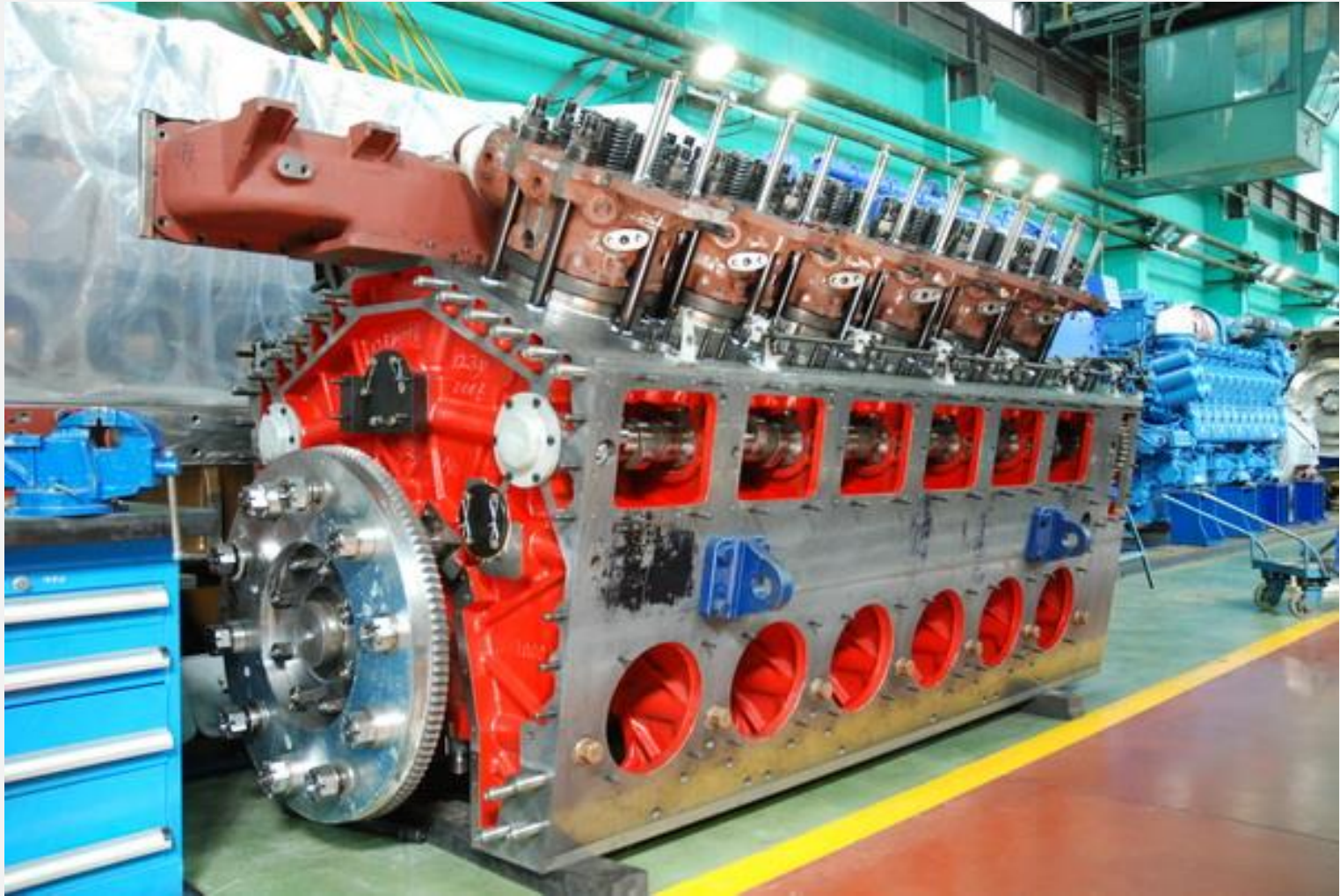
*柴油机组件(或部件)装配实例



1—外弹簧阀；2—内弹簧阀；3—密封环；4—燃油喷射器；5—阀头；6—弹簧上部固定器；7—汽缸头；8—弹簧下部固定器；9—供燃油管；10—密封圈；11—套筒螺母；12—泄漏燃油出口；13—进气阀；14—进气阀引导装置；15—密封环；16—排气阀；17—排气阀引导装置；18—旋转阀；a—冷却水；b—燃油；c—空气；d—排气；



*柴油机总装配实例

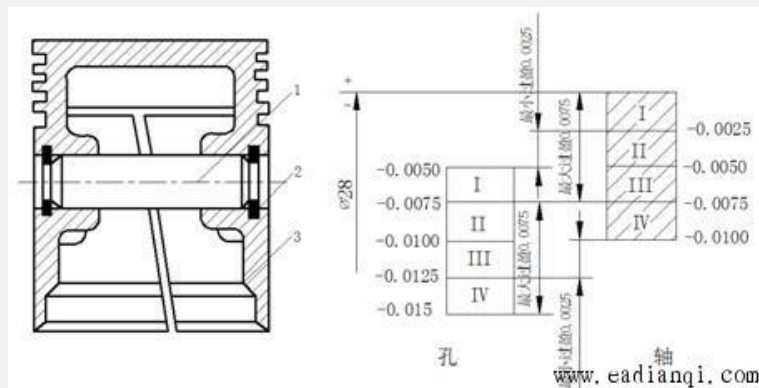


1. 装配精度及装配尺寸链

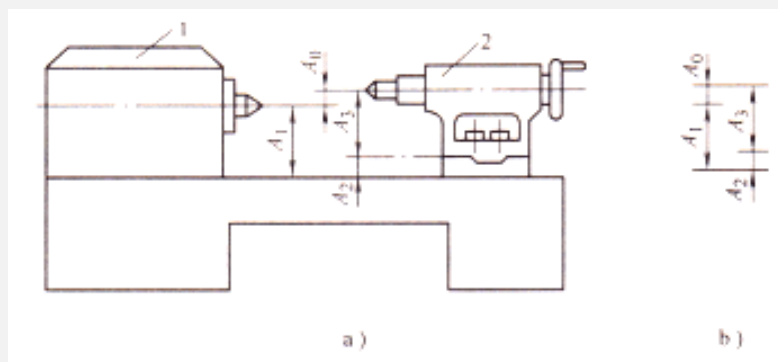
Precision and dimension chain in assembling process

(1) 装配精度的内容

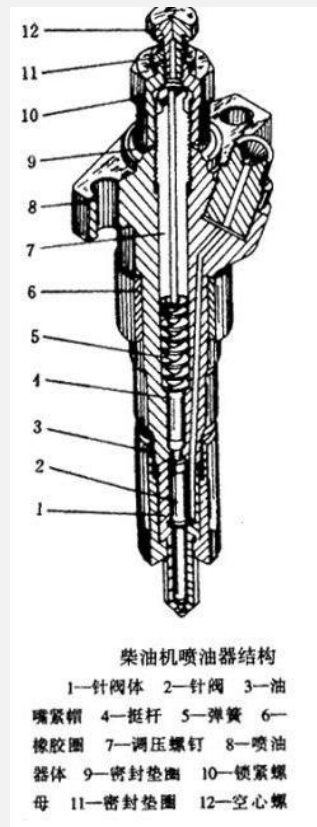
- 1) 尺寸精度:
- 2) 位置精度:
- 3) 运动精度:
- 4) 接触精度。



尺寸精度



位置精度



运动精度
接触精度

(2) 提高装配精度的措施

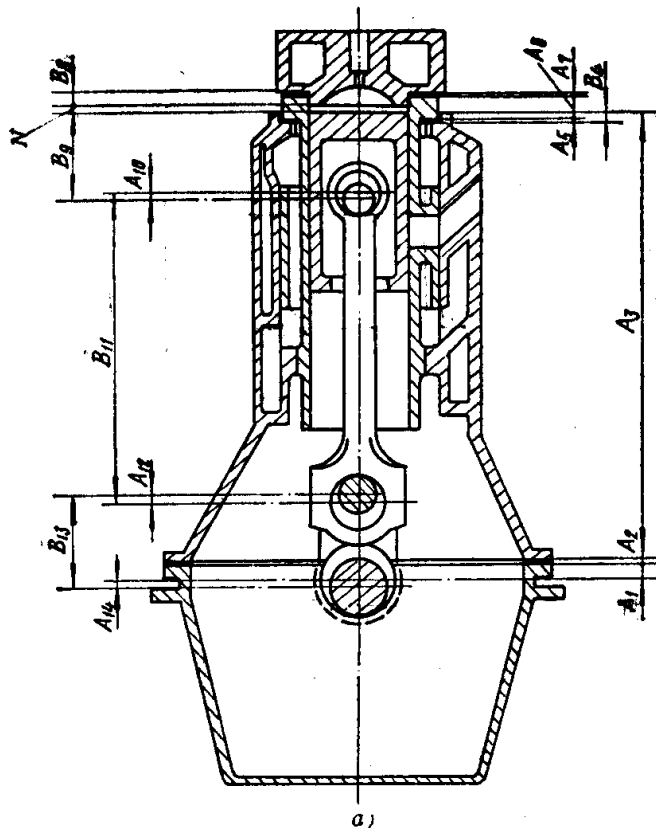
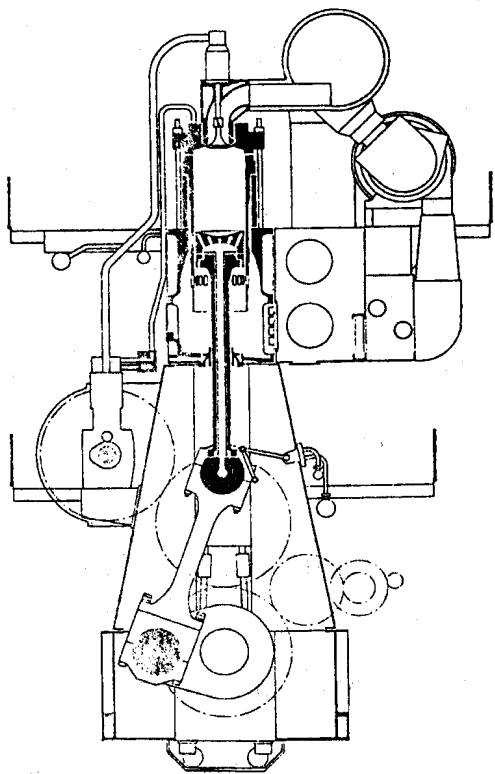
- (1) 改善零件的结构，使配合尽量减少；
- (2) 提高零件的机械加工精度；
- (3) 采用合理的装配方法和装配工艺过程；
- (4) 提高柴油机各部件的装配精度。



问题：装配精度与零件精度有什么联系？

答：高的装配精度，需要高的零件精度，但高的零件精度不一定能装配出高质量的机器，需要一定的装配工艺来保证。

(3) 柴油机压缩室高度装配尺寸链



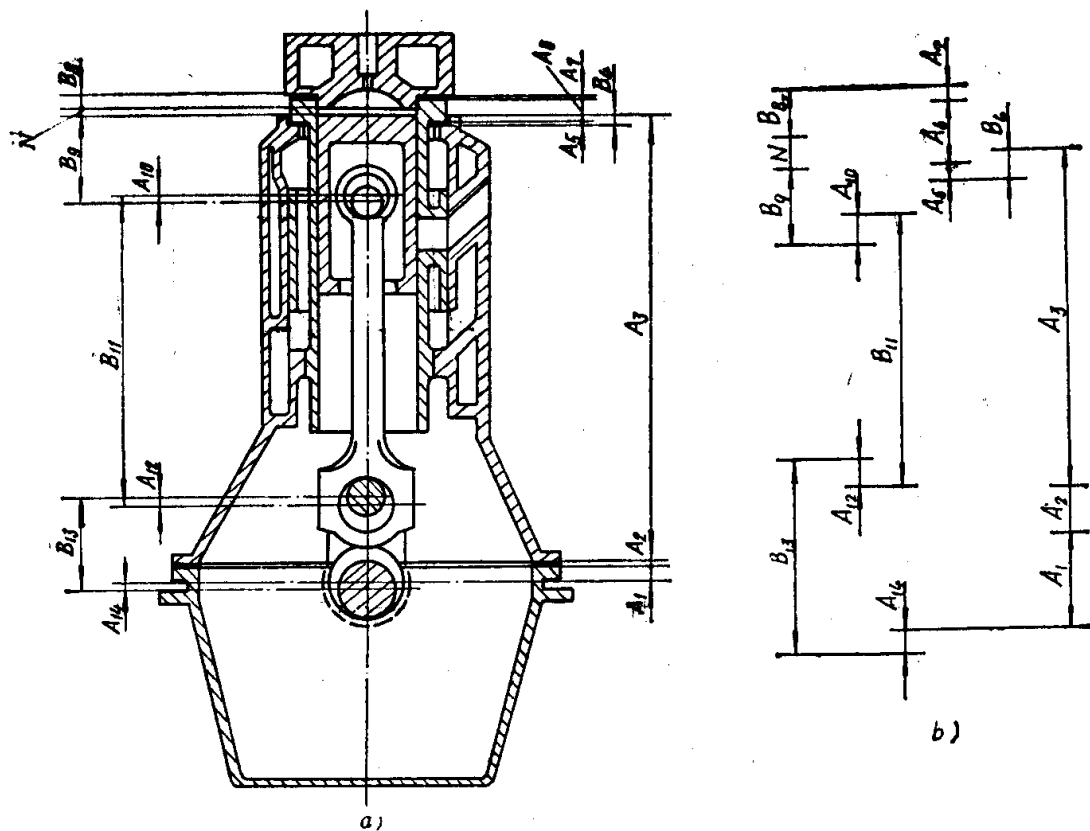
柴油机压缩室高度计算尺寸链图

例1 柴油机压缩室高度装配尺寸链计算。
图 为柴油机各零件所组成的尺寸链关系图。为了保证柴油机的压缩比，压缩室的高度N必须一定。N是在装配后形成的，因此，N为封闭环。从柴油机的装配图中，可以找出由固定件和运动件等为组成环所构成的尺寸链，如图所示。

b)

装配尺寸链
$$N = \sum A_z - \sum A_j$$

$$\delta_N = \delta_{A1} + \delta_{A2} + \cdots + \delta_{A_{n-1}} = \sum \delta_{A_i}$$



柴油机压缩室高度计算尺寸链图

压缩室高度 N 的基本尺寸为：

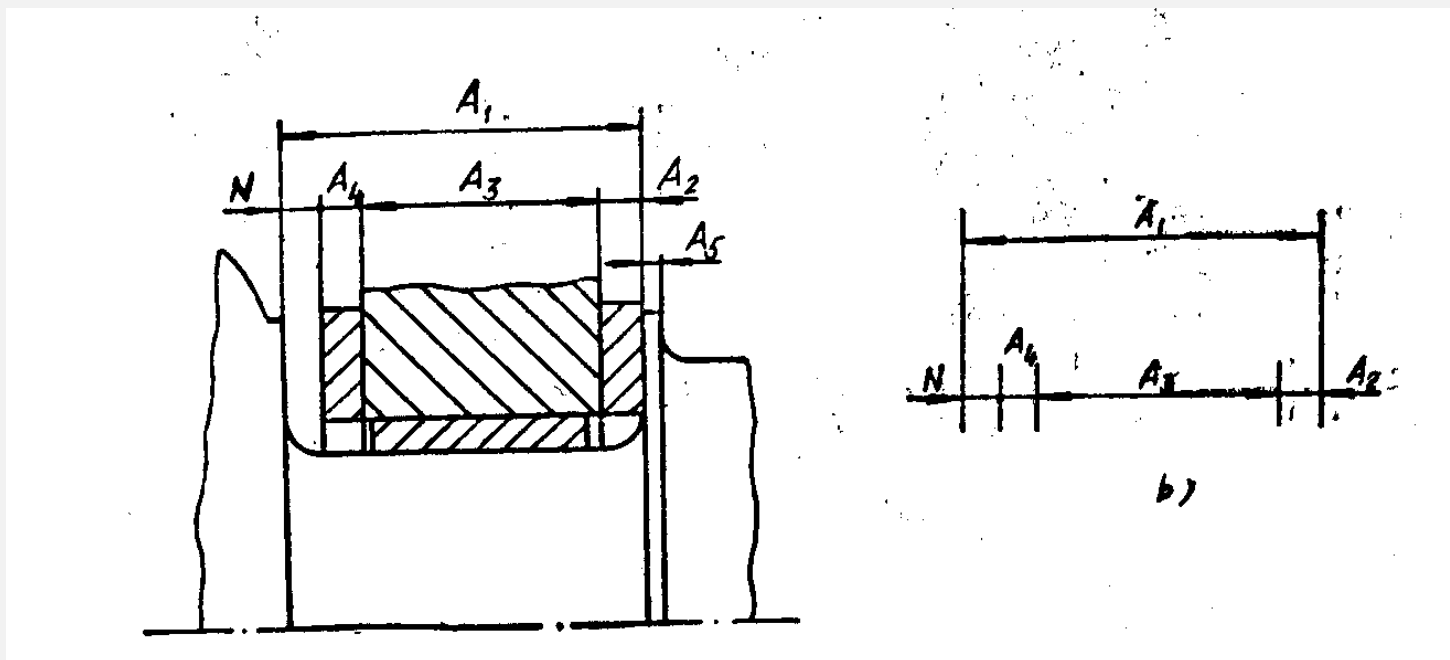
$$N = (A_1 + A_2 + A_3 + \cdots + A_{14}) - (B_4 + B_8 + B_9 + B_{11} + B_{13})$$

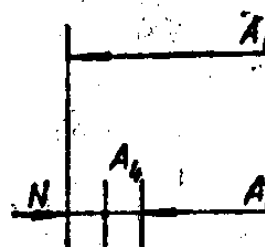
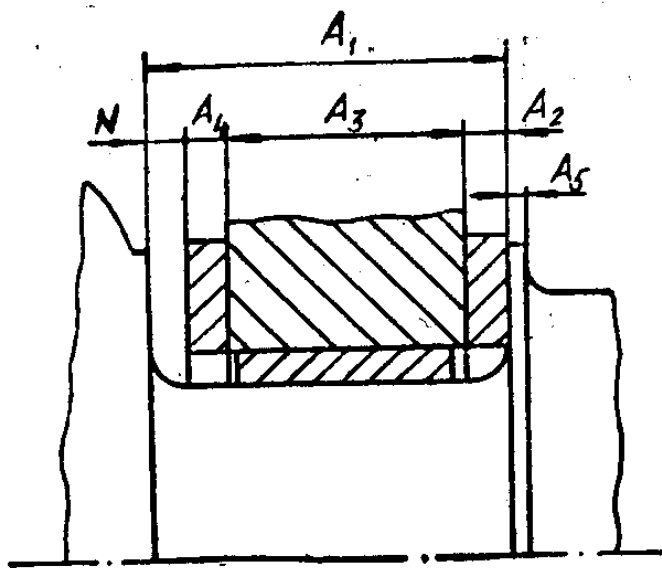
压缩室高度公差等于：

$$\delta_N = \sum \delta_{A_i}$$

(4) 主轴承与止推轴承零件轴向尺寸链

柴油机的曲轴主轴承与止推轴承的配合轴向间隙要求为 $N=0^{+}_{-}\Delta^S_X N$ ，主轴颈轴向长度 A_1 ，主轴承轴向长度 A_3 。计算尺寸链中 A_2 A_4 零件轴向尺寸和公差。





首先根据装配精度要求确定封闭环。再取封闭环两端的任一零件为起点，沿装配精度要求的位置方向，以装配基准面为查找线索，分别找出影响装配精度要求的零件（组成环），直至找到同一基准零件或同一基准表面为止。

(1) 两个止推环的基本尺寸，设

$$A_2 = A_4$$

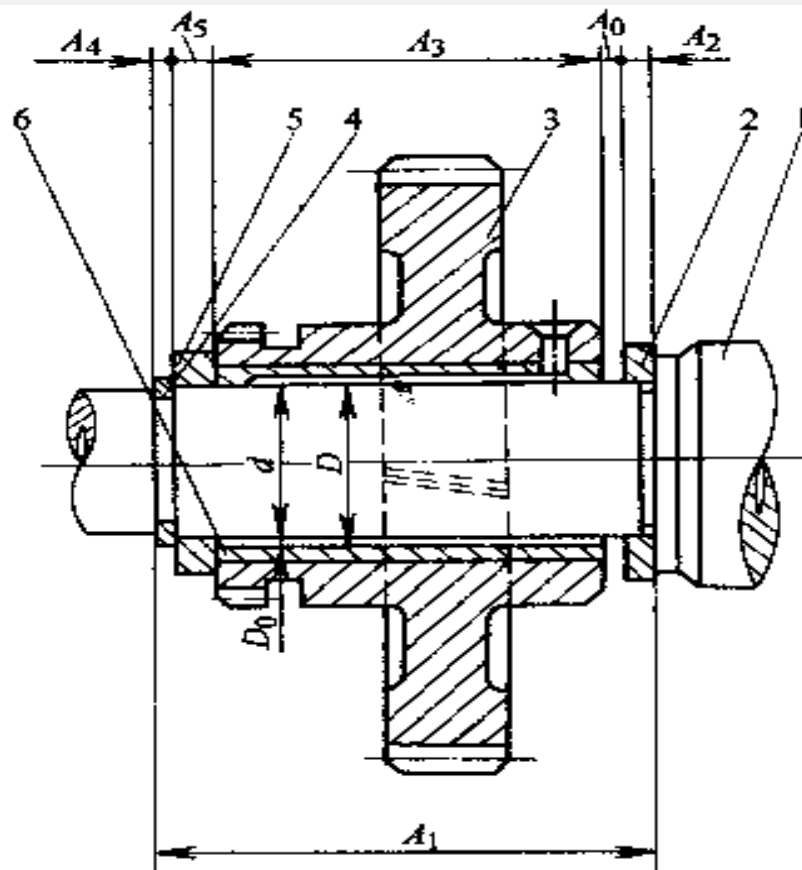
$$A_2 + A_4 = A_1 - A_3 - N = 2A_2 = 2A_4$$

(2) 计算各组成环的平均公差：

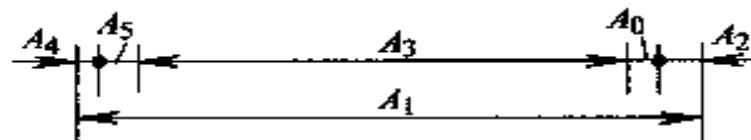
$$\delta_{AiM} = \frac{\delta_N}{n-1}$$

(3) 确定各组成环的上、下偏差：组成环A1按基孔制考虑，A3按基轴制考虑，A2、A4取上下偏差相同考虑。

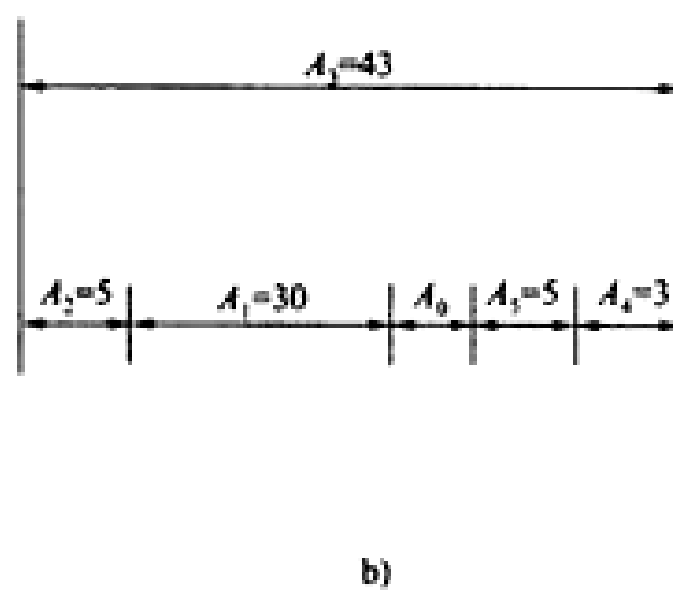
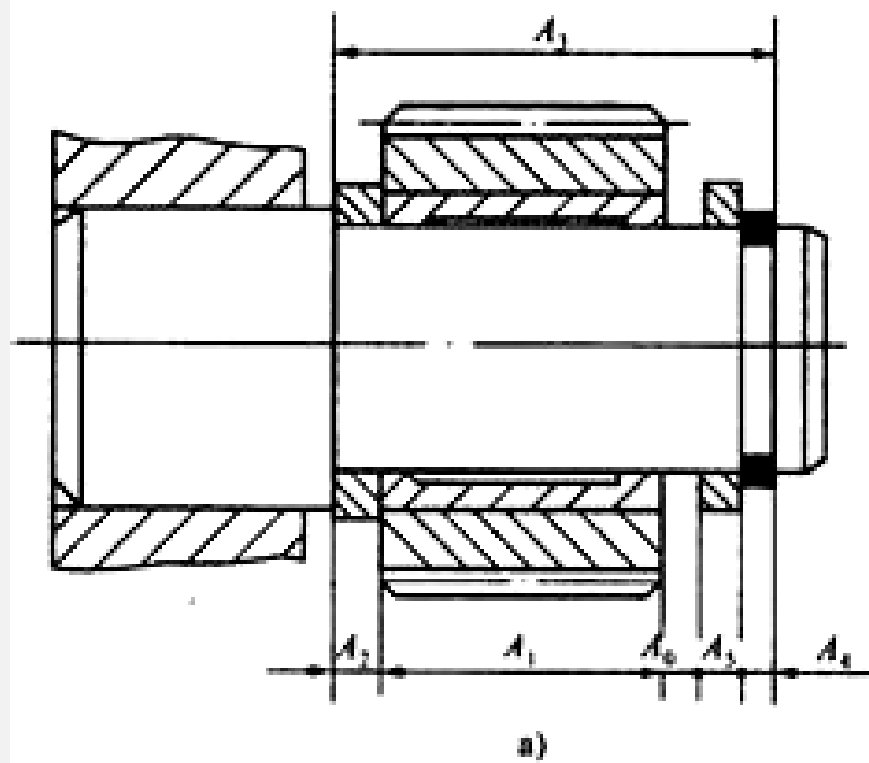
* (5) 其他装配尺寸链举例

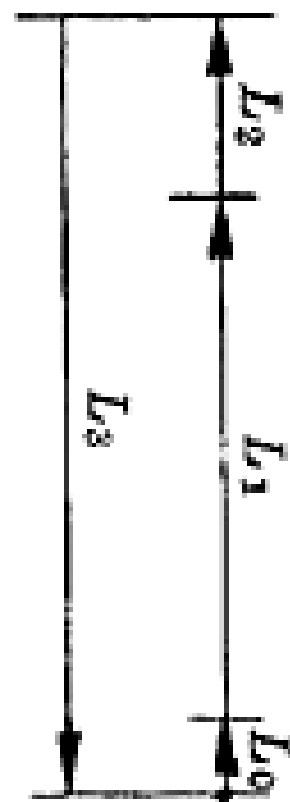
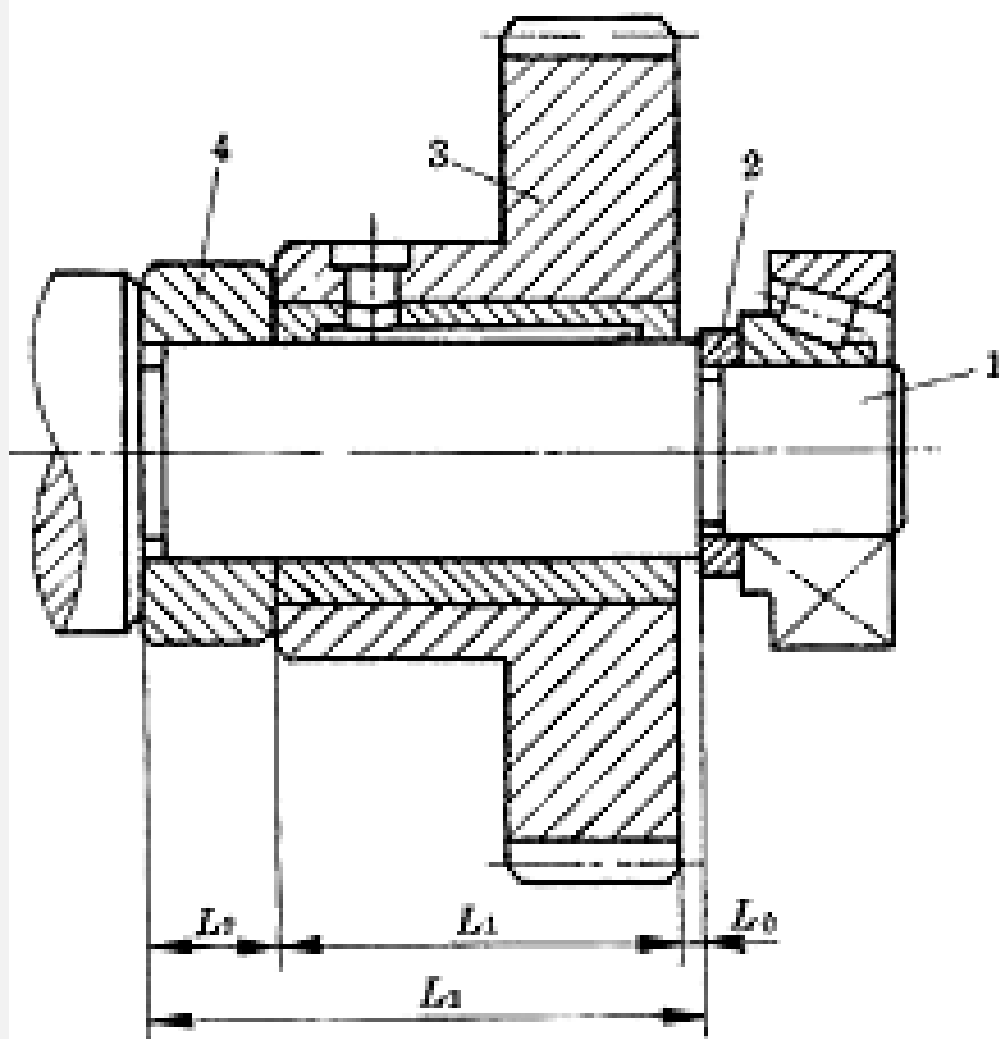


a)



b)





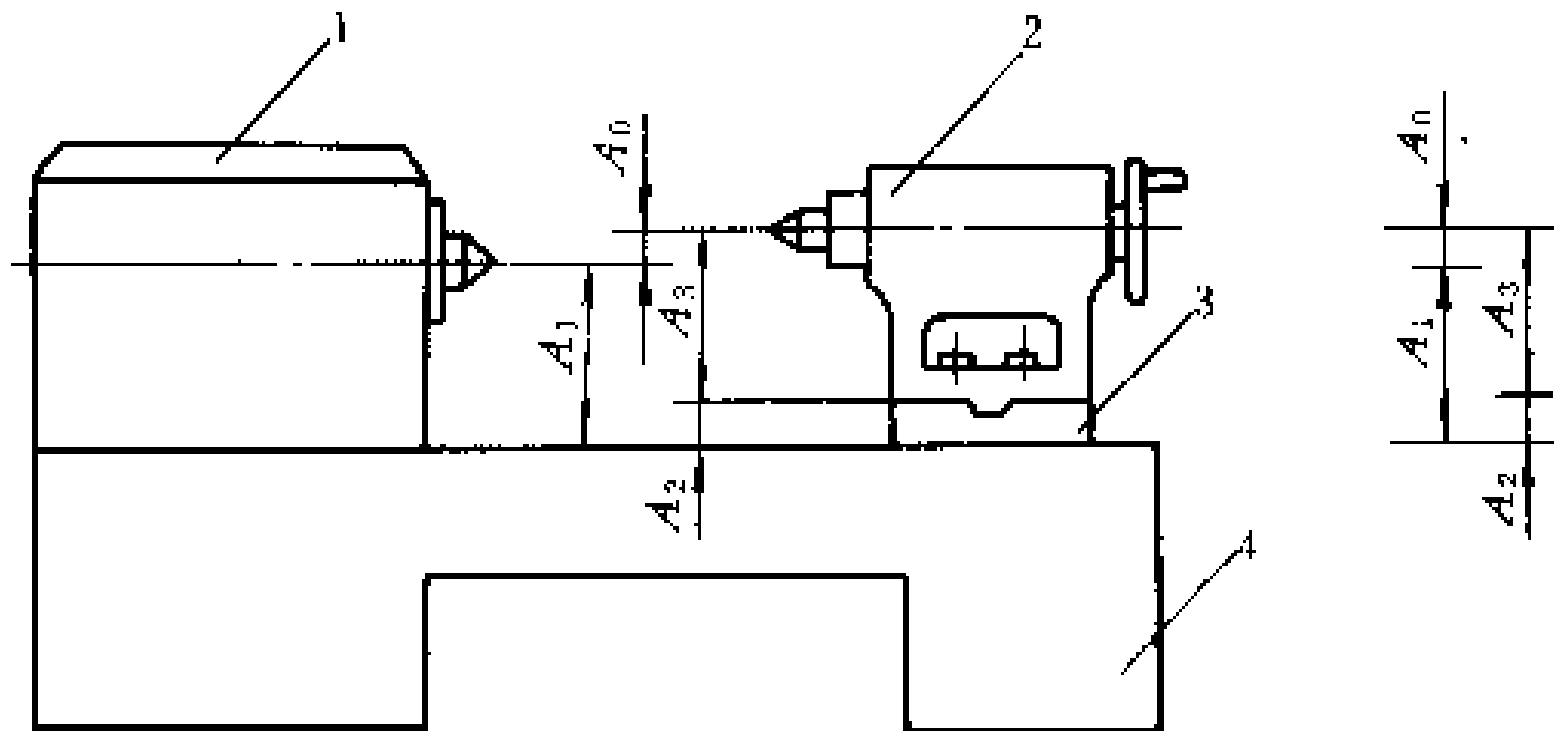


图 卧式车床床头和尾座两顶尖的等高度要求

1) 完全互换装配法

以完全互换为基础来确定机器中各个零件的公差，零件不需作任何挑选、修配或调整，装配成部件或机器后就能保证达到预先规定的装配技术要求。

解尺寸链的基本要求：各组成环的公差之和不大于封闭环的公差：

$$\sum \delta_{Ai} \leq \delta_N$$

优点：①装配过程简单；②易采用流水线装配作业；③工人技术水平要求低；④生产便于专业化；⑤易解决备件供应问题。适用于生产批量较大、装配精度较高而环数较少的情况。

缺点：对零件精度要求较高（针对这种情况，可以采用其它的装配方法如不完全互换装配法。）。

*完全互换装配法应用实例

“今天下车同轨，书同文，行同伦。”

《礼记·中庸》第二十八章



2) 不完全互换法（部分互换装配法）

考虑组成环的尺寸分布情况，大部分零件不需要经过挑选、修配或调整就能达到规定的装配技术要求。但有很少一部分零件要加以挑选、修配或调整才能够达到规定的装配技术要求。

解尺寸链的基本要求：各有关零件公差平方之和应小于或等于装配公差的平方：

$$T(A_0) = \sqrt{\sum_{i=1}^{n-1} T^2(A_i)}$$

优点：扩大了组成环的制造公差，零件制造成本低，装配过程简单，生产效率高。在大批量生产中，装配精度要求高和尺寸链环数较多的情况下使用。

缺点：有少数产品达不到规定的装配精度要求，要采取另外的返修措施。

3) 选择装配法

将尺寸链中组成环的公差放大到经济可行的程度，然后从中选择合适的零件进行装配，以达到规定的技术要求。

采用这种方法装配时，可在不增加零件机械加工的困难和费用的情况下，使装配精度提高。

(1) 直接选配法： 所谓直接选配法就是任意选择零件安装，直到满足技术要求为止。（例如，活塞环装配。）

优点：简单，不需要将零件分组；

缺点：挑选零件时间长，劳动量大，废品率高

*直接选配法应用实例

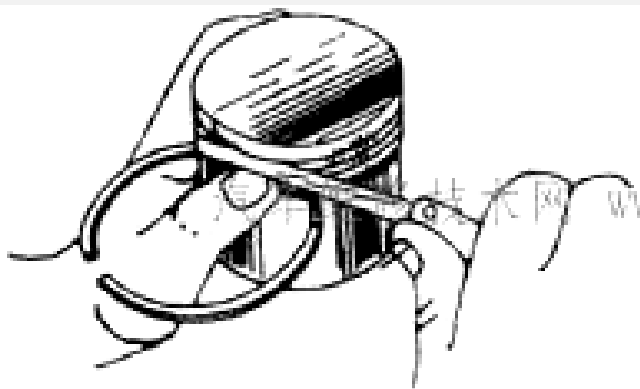


图 1-87 检查活塞环侧隙

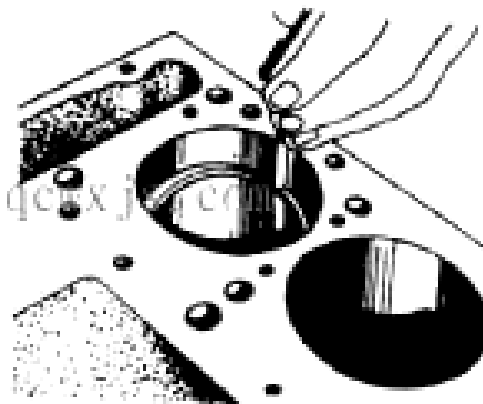


图 1-88 检查活塞环开口间隙



(2) 分组选配法：

将组成环公差增大（2~4 倍）可按经济精度加工，将零件按实际尺寸分组，各对应组中零件进行装配，同组零件具有互换，并保证全部装配对象达到规定的装配精度。（例如，活塞销和活塞销孔、燃油系统的柱塞副、针阀副等的装配中应用。）

主要用于解决装配精度要求高、环数少的尺寸链部件装配问题。分组数越多，则装配精度就越高。

优点：不减小零件的制造公差而显著提高装配精度。

缺点：增加了零件测量、分组、存储、运输的工作量。

应用分组装配

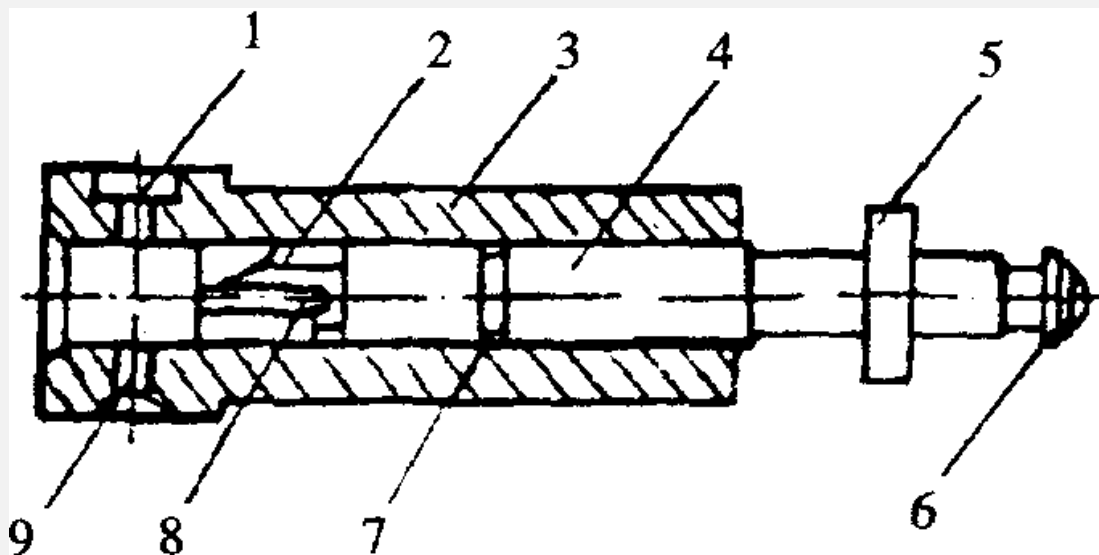
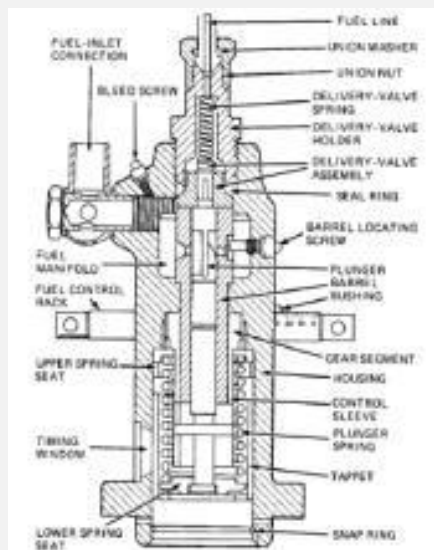
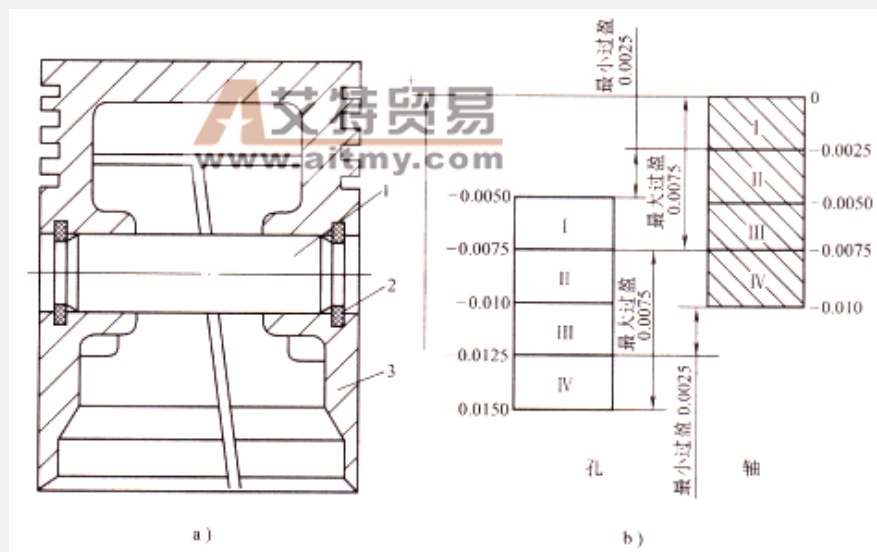
1) 配合件公差同方向增大；组数。

2) 要保证分：和配合性质符定的形位公差随公差增大而

3) 为保证对应套，相配件的配套的零件累门加工一批零

4) 分组数不宜用于封闭环精寸链，一般相

*分组选配法应用实例



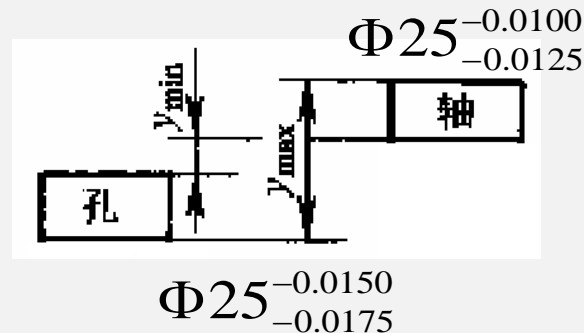
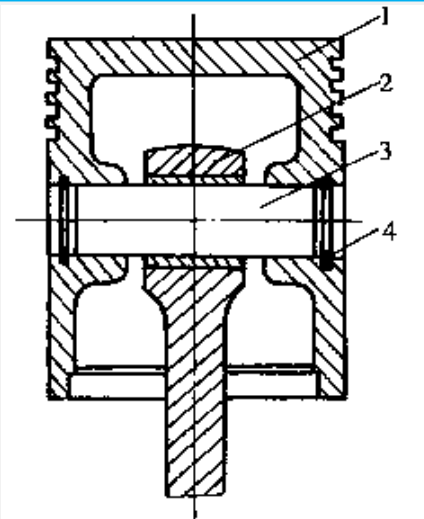
(3) 复合选配法

将上述两种方法的综合，即将零件预先测量分组，装配时再在各对应组内凭工人经验直接选配。

特点：配合件公差可以不等，装配质量高，且装配速度较快，能满足一定的生产节拍要求。



活塞、活塞销和连杆分组装配实例



活塞、活塞销和连杆组装简图

1—活塞 2—连杆 3—活塞销 4—挡圈

现以汽车发动、活塞销和连为例，对分组进行分析。如为发动机活塞销和连杆的组，其中活塞销销孔为过盈配塞销与连杆小间隙配合。

根据装配技术要求，活塞销孔直径 D 与活塞销直径 d 在冷态装配时，应有 $0.0025 \sim 0.0075\text{mm}$ 的过盈量，即

$$Y_{\min} = D_{\max} - d_{\min} = -0.0025\text{mm}$$

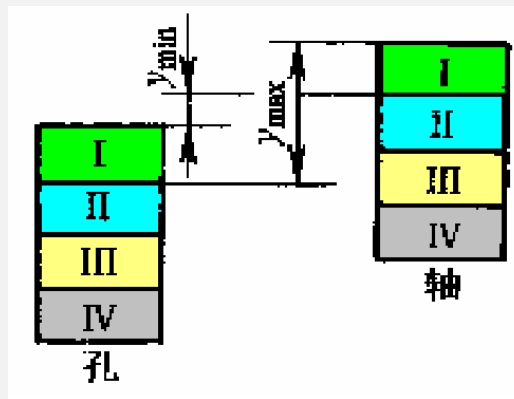
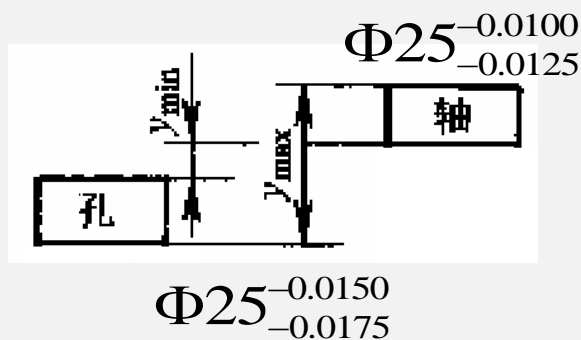
$$Y_{\max} = D_{\min} - d_{\max} = -0.0075\text{mm}$$

从公差与配合的知识可知

$$Y_{\min} - Y_{\max} = T_0 = T_h + T_s = 0.005\text{mm}$$

可采用高效率的无心磨和金刚镗分别加工活塞销外圆和活塞销孔，然后用精密量仪进行测量。

若采用完全互换法装配：销与销孔的平均极值公差0.0025mm，显然加工是十分困难的。



分组示意图

若采用分组选配法装配：现将它们的公差都按同方向放大四倍，只要用对应组的零件进行互配，其装配精度完全符合设计要求。

$$d = \Phi 25_{-0.0125}^{-0.0025} mm$$

$$D = \Phi 25_{-0.0175}^{-0.0075} mm$$

4) 修配法

各组成环均按经济精度制造，而对其中某一环（称补偿环或修配环）预留一定的修配量，在装配时用钳工或机械加工的方法将修配量去除，使装配对象达到设计所要求的装配精度。

修配法主要用于单件小批量生产中，产品结构比较复杂、装配精度要求高且环数较多时可以采用修配法。

优点：可以扩大组成环的制造公差，并得到高的装配精度（特别对于装配技术要求很高的多环尺寸链，效果更为显著）。

缺点：降低了零件的互换性，增加修配工作量,对装配工人技术要求高。

修配环尺寸的确定

(1) 修配环被修配时，尺寸“越修越小”。此时封闭环实际最小极限尺寸 $A'_{0\min}$ 不能小于封闭环所允许的最小尺寸 $A_{0\min}$ 。

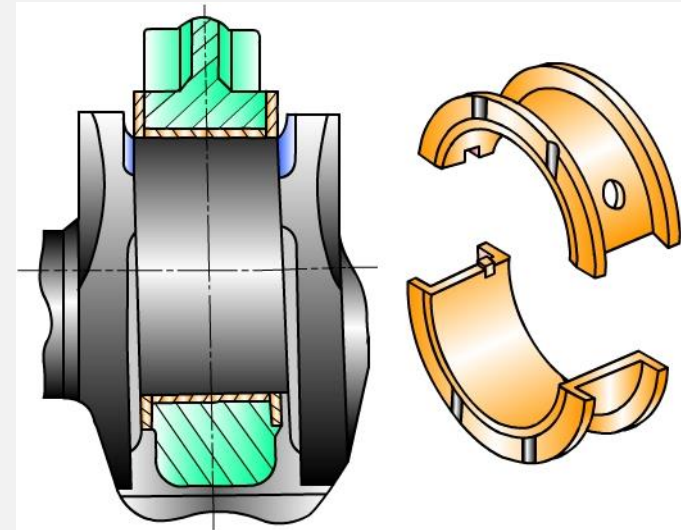
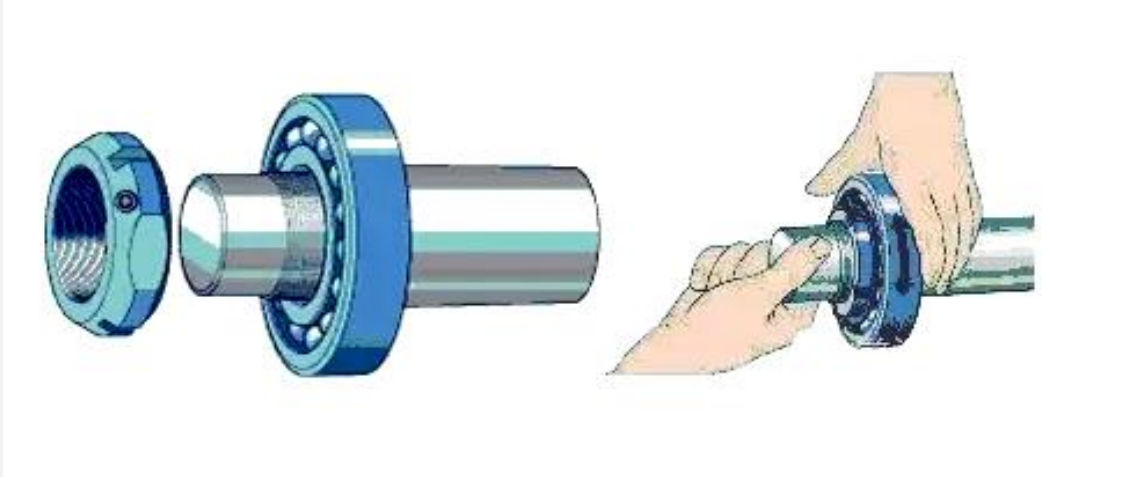
(2) 修配环被修配时，封闭环尺寸“越修越大”。此时封闭环实际最大极限尺寸 $A'_{0\max}$ 不能大于封闭环所允许的最大尺寸 $A_{0\max}$ 。

(3) 最小修配量即为刮研量。在修配环的基本尺寸中要加上刮研量。刮研量既要足够，又不能太大。

修配方法

- (1) 单件修配法
- (2) 合并加工修配法
- (3) 自身加工修配法

*修配法应用实例



5) 调整法

组成环按经济精度加工，采用调整的方法改变某个组成环（称补偿环或调整环）的实际尺寸或位置，使封闭环达到其公差和极限偏差的要求。

常用的补偿件有：螺钉、垫片、套筒、楔块以及弹簧等。
例如：柴油机的配气机构中调整进气门和摇臂之间的装配间隙等。

适用于封闭环精度要求高的尺寸链，或者在使用中零件因温升及磨损等原因，其尺寸有变化的尺寸链。

优点：可以扩大组成环的制造公差，并得到高的装配精度，且不用钳工修配。

缺点：增加了尺寸链的零件数（补偿件），即增加了机器的组成件数。

*调整法分类

可动调整法

选定某个零件为调整环，根据封闭环的精度要求，采用改变调整环的位置，即移动、旋转或移动旋转同时进行，以达到装配精度的方法。

固定调整法

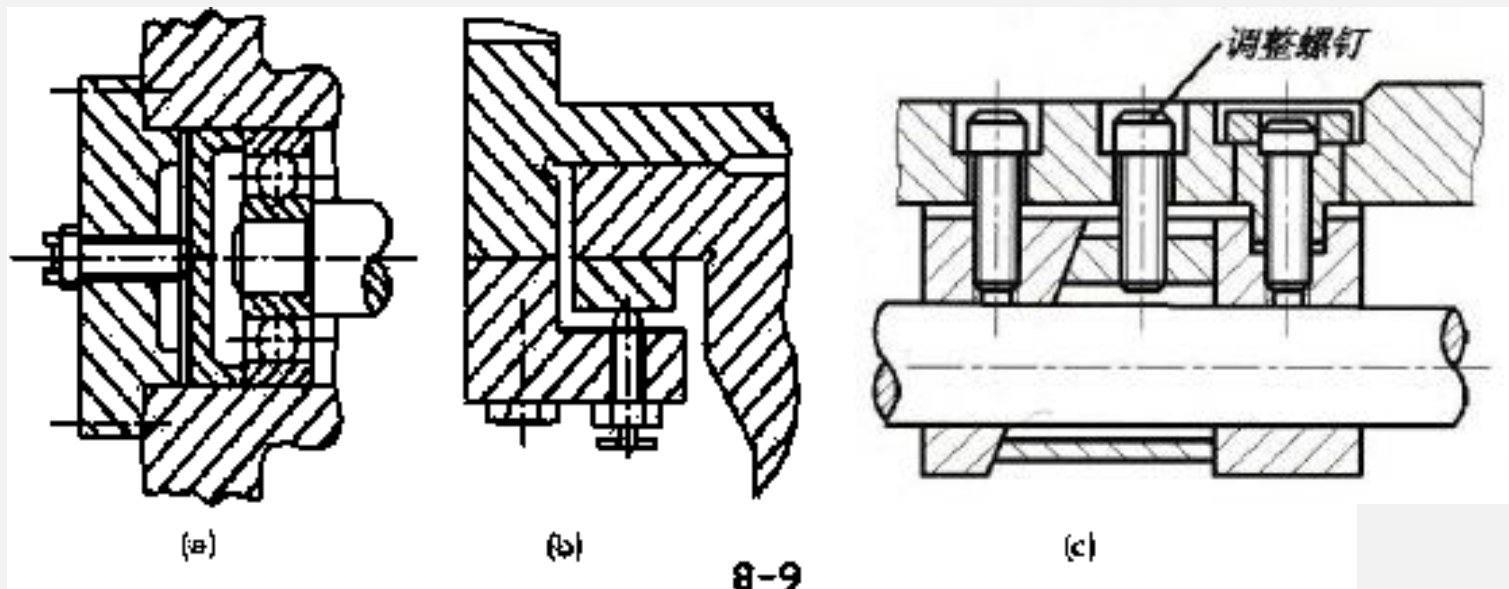
选择一个组成环作调整环，作为调整环的零件是按一定尺寸间隔制成的一组零件，装配时根据封闭环超差的大小，从中选出某一尺寸等级适当的零件来进行补偿，从而保证规定的装配精度。通常使用的调整环有垫圈、垫片、轴套等。

误差抵消调整法

在总装或部装时，通过对尺寸链中某些组成环误差的大小和方向的合理配置，达到使加工误差相互抵消或使加工误差对装配精度的影响减小的目的。

- (1) **可动调整法**和**误差抵消调整法**应用于小批生产；
- (2) **固定调整法**应用于大批量生产的场合。

*调整法应用实例



各种装配方法的适用范围和应用实例

装配方法	适 用 范 围	应 用 举 例
完全互换法	适用于零件数较少、批量很大、零件可用经济精度加工时	汽车、拖拉机、中小型柴油机、缝纫机及小型电机的部分部件
不完全互换法	适用于零件数稍多、批量大、零件加工精度可适当放宽时	机床、仪器仪表中的某些部件
分组法	适用于成批或大量生产中，装配精度很高，零件数很少，又不采用调整装配时	中小型柴油机的活塞与缸套、活塞与活塞销、滚动轴承的内外圈与滚子
修配法	单件小批生产中，装配精度要求高且零件数较多的场合	车床尾座垫板、滚齿机分度蜗轮与工作台装配后精加工齿形
调整法	除必须采用分组法选配的精度配件外，调整法可用于各种装配场合	机床导轨的楔形镶条、滚动轴承调整间隙的间隔套垫圈

3. 装配组织形式及工艺规程

The organization and process planning of assembly

1) 装配的组织形式



集中装配：单件小批、
重型机器；



分散装配：部装+部装
+...+部装=总装适用
大批生产。

柴油机制造装配的组织形式：

(1) 固定式装配 (Fixed position)

全部工序都集中在固定工作地点上进行的。在大功率柴油机成批生产中已广泛采用。

①在按集中原则进行的固定式装配中，全部装配都由一组工人在一个工作地点上完成。

②在按分散原则进行的固定式装配中，把装配过程分为部件装配和总装配，各个部件分别由几组工人同时进行装配，而总装配则由另一组工人完成。

③固定装配台的装配流水线（固定式流水线），这是一种产品固定在一个装配位置而工人流动的装配形式。

*固定式装配应用实例



(2) 移动式装配

指所装配的产品不断从一个工作地点移到另一个工作地点。在每个工作地点上重复地进行着某一固定的工序，每个工作地点一般配备专用的设备和工装夹具。这种装配方式称为流水线式装配。

移动式装配只适用于大批大量生产。在小型柴油机大量生产中被广泛采用。

①自由移动式装配

②强制移动式装配

*自由式移动装配



自由移动式装配：产品是用手工推动或用传送带和起重机来移动的，产品每移动一个位置，即完成某一工序的装配工作。

*强制式移动装配



强制移动式装配：产品是由传送带或小车强制地移动，产品的装配直接在传送带或小车上进行，它是装配流水线的一种主要形式。分为连续和间歇移动(适用于大批大量生产)。

2) 装配工艺规程

装配工艺规程是在工厂一定生产条件下用以组织和指导生产的一种工艺文件。

装配工艺规程的内容

- 装配顺序和方法、
- 组织形式、
- 装配工序、
- 设备和夹具、
- 检验方法和工具、
- 工人要求和工时定额。

常林股份有限公司		装配工序卡片		产品型号	ZLM50E-5	零件图号		-2392-
		产品名称	装载机	零件名称	第一、二工位	共	页	第 页
工序号	工序名称	工时定额 (min)	车间	工段	设备	工序工时		
10	下铁钩处校接, 拧紧全部螺栓							
工步内容			工 装 设 备					
下铁钩处校接, 拧紧全部螺栓			螺栓专用清洗剂或 工业汽油 扳手262H 扭矩扳手 接电扳手 80~300Nm 280~760Nm					
螺栓②在试验完成后取下, 运至漆手率262H前 清洗干净(包括内螺纹), 吹干后涂漆手率262H								
装 配 零 件			辅 助 材 料					
序号	图 号	名 称	数 量	序号	代 号	名 称	数 量	
1	Z50E.120-1	下铁钩轴	1	①	0-107900-00001	轴衬M10x1	1	
2	Z50E.120-3	轴套	1	②	0-025700-00002	螺栓M12x55-10.9H	8	
3	Z50E.120-7	螺母	1	③	0-020900-00003	垫圈 12	8	
4	Z50E.120-2	板	1	④	0-020900-00004	轴 8x9H	1	
5	Z50E.120-4	调整垫片	4					
6	Z50E.120-5	调整垫片	2					
7	Z50E.120-6	调整垫片	4					

1. 下铁钩轴压入前, 外圆涂上润滑油脂(为T滑油以免交叉)
2. 件3螺母拧紧力矩590~690Nm, 目标640Nm
3. 螺栓M12x55拧紧力矩110~130Nm, 目标120Nm
4. 垫板4侧面向上

测定间隙要领
按图三零件处测间隙
确认此轴口处无唇b处牙尖F0.2mm

*装配工艺规程说明

定义：用文件的形式将装配内容、顺序、操作方法和检验项目等规定下来，作为指导装配工作和组织装配生产的依据。

装配工艺规程是指导装配生产的技术文件，是制定装配生产计划、组织装配生产以及设计装配工艺装备的主要依据。

制定装配工艺规程的任务：

- 根据产品图样、技术要求、验收标准和生产纲领、现有生产条件等原始资料，确定装配组织形式；
- 划分装配单元和装配工序；
- 拟定装配方法；
- 包括计算时间定额，
- 规定工序装配技术要求及质量检查方法和工具，
- 确定装配过程中装配件的输送方法及所需设备和工具，
- 提出专用夹具的设计任务书，
- 编制装配工艺规程文件等。

装配工艺规程设计步骤

- (1) 收集装配工艺规程的依据和原始资料。
- (2) 分析研究装配图的技术要求。
- (3) 确定装配的组织形式。
- (4) 确定装配顺序。
- (5) 划分工序和确定工序内容。
- (6) 选择设备和工夹具。
- (7) 确定装配质量的检验方法及检验工具。
- (8) 确定工人等级及工时定额。
- (9) 确定起重运输方法。
- (10) 编写装配工艺文件。
- (11) 确定产品的试验方法并拟定试验大纲。

拟定装配工艺方法

(1) 选择基准零、组、部件。基准件一般是产品的基体或体积、重量较大，有足够支撑面的主干零、部件，能满足陆续装入零、部件时的作业要求和稳定性要求；基准件补充加工量应尽量少，还应有利于装配过程的检测，工序间的传递输送和翻身、转位等工作。

(2) 制定工序装配质量要求与检测项目。

(3) 制定各工序施力、升温等操作规范。

(4) 选择装配工具和装备。

(5) 确定工时定额与平衡各工序的节拍。

(6) 确定产品检测和试验方法等。

划分装配单元

为了利于组织平行和流水装配作业，应根据产品的结构特征和装配工艺特点，将产品分解为可以独立进行装配的单元。装配单元可以是零件、组件或部件，零件是组成产品的基本单元。

装配机械化和自动化：

- 目的： 保证质量稳定，提高产量，降低成本，改善条件。
- 基本条件： 产量大而稳定，标准化通用化高，自动装配工艺性好，经济合理。
- 注意问题： 节拍；基准件定位；零件 自动定向；检测，控制。

安排装配顺序原则：

- 先下后上，
- 先内后外，
- 先难后易，
- 先重大后轻小，
- 先精密后一般，
- 先安全后危险，
- 做好准备集中装配。



对生产批量大的产品，需要将装配工艺过程划分为若干装配工序，划分装配工序的一般原则如下：

（1）预处理工序先行。如前述去毛刺、清洗工序，还有防锈防腐处理等应安排在前。

（2）“从里到外”，使先装部分不致成为后续装配作业的障碍。

（3）“由下而上”，保证重心始终稳定。

（4）“先难后易”，因先装有较开阔的安装、调整、监测空间。

（5）带强力、加温或补充加工的装配作业应尽量先行，以免影响前面工序的装配质量。

（6）处于基准件同方位的装配工序或使用同一工装，或具有特殊环境要求的工序，尽可能集中连续安排，有利于提高装配生产率。

（7）易燃、易碎或有毒物质、部件的安装，应尽量放在最后。

（8）电线、各种管道安装必须安排在合适的工序。

（9）及时安排检测工序，保证前行工序质量。

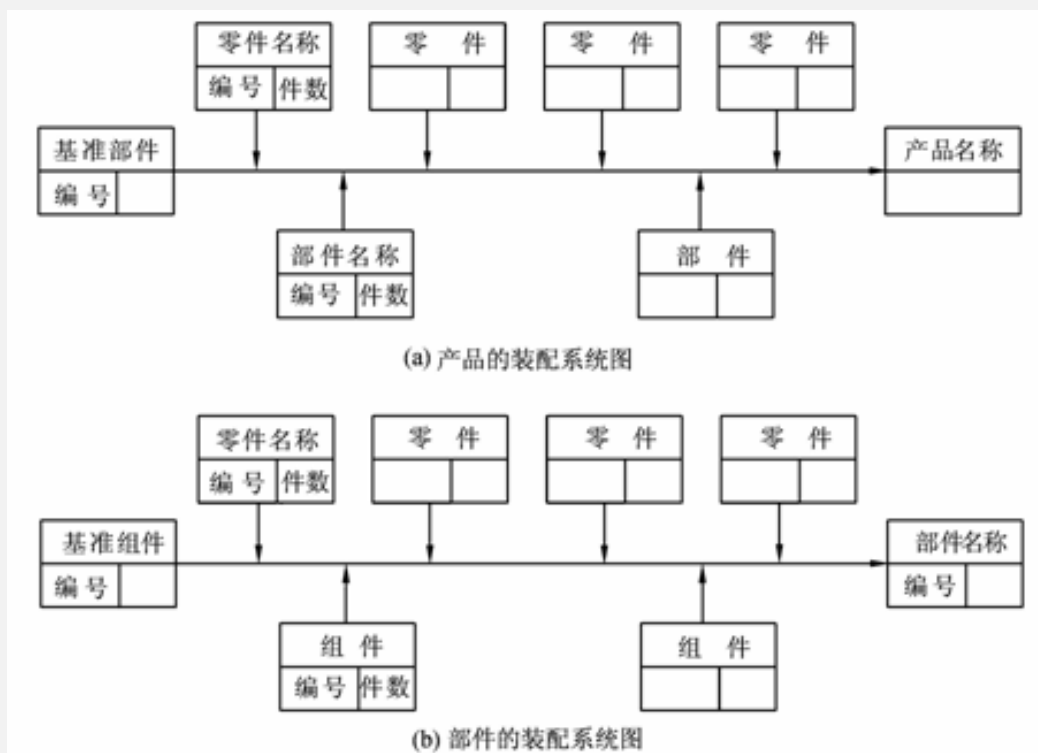
填写工艺文件

- 单件小批：装配单元系统图，装配工艺过程卡；
- 成批：装配单元系统图，装配工艺卡；
- 大批大量：装配工艺卡，装配工序卡。

XX厂	装配工序卡片			产品名称	产品代号	零、部、组（整）件代号	零、部、组（整）件名称	工艺规程编号					
					SS	SS01	AA	ZPXX01					
							设备及工艺装备						
							名称	材料片号					
装入件明细表			工步号	工 步 内 容			工具名称及代号	辅助材料					
序号	代号（件号）	数量											
			XXXX				XXXXXXXX						
				XXXXXXXX									
				XXXXXXXX									
							编制	XXX	20011221	复审		阶段	X
							校对			检验		标记	
							复核			复核		共 1 页	
更改标记	更改单号	签 名	日 期	更改标记	更改单号	签 名	日 期	审核		批准		第 1 页	

装配单元系统图

- 装配单元系统图是表示从分散的零件如何依次装配成组件、部件以致成品的途径及其间相互关系的程序。
- 按照产品的复杂程度，为了表达清晰方便，可分别绘制产品装配系统图和部件装配系统图，甚至组件装配系统图。



1. 清洗

目的：去除油污和机械杂质。

方法：擦洗、浸洗、 喷洗、超声波清洗。

清洗液：煤油、 汽油、碱液、 化学清洗液。

清洗设备：

2. 连接

可拆卸连接（不损伤零件）： 螺纹、键、销钉；

不可拆卸连接（会损伤零件）： 焊、铆、胶、过盈。

3. 调整和修配

校正：产品中相关零件相对位置的找正、找平及相应的调整；

调整：相关零、部件相互位置的具体调节工作；

配作：指配钻、配铰、配磨、配刮。

4. 平衡

静平衡：直径大、厚度小零件；

动平衡：长径比大零件

动平衡的调整方法：

加：补焊、铆接、胶接、螺纹连接；

减：钻、铣、磨、铣；

调整：在平衡槽内改变平衡块位置和数量。

5. 密封性和强度试验：压力容器 120-150%工作压力

6. 检验和试车

空运载（动态）试车

有载（工作状态）试车

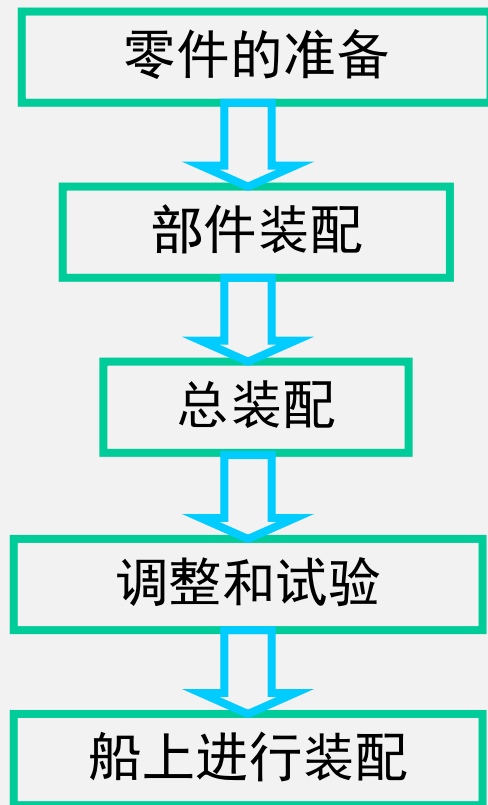
第二节 柴油机装配工艺过程

Assembly of trunk diesel engine (four stroke)

一、装配过程及注意的问题

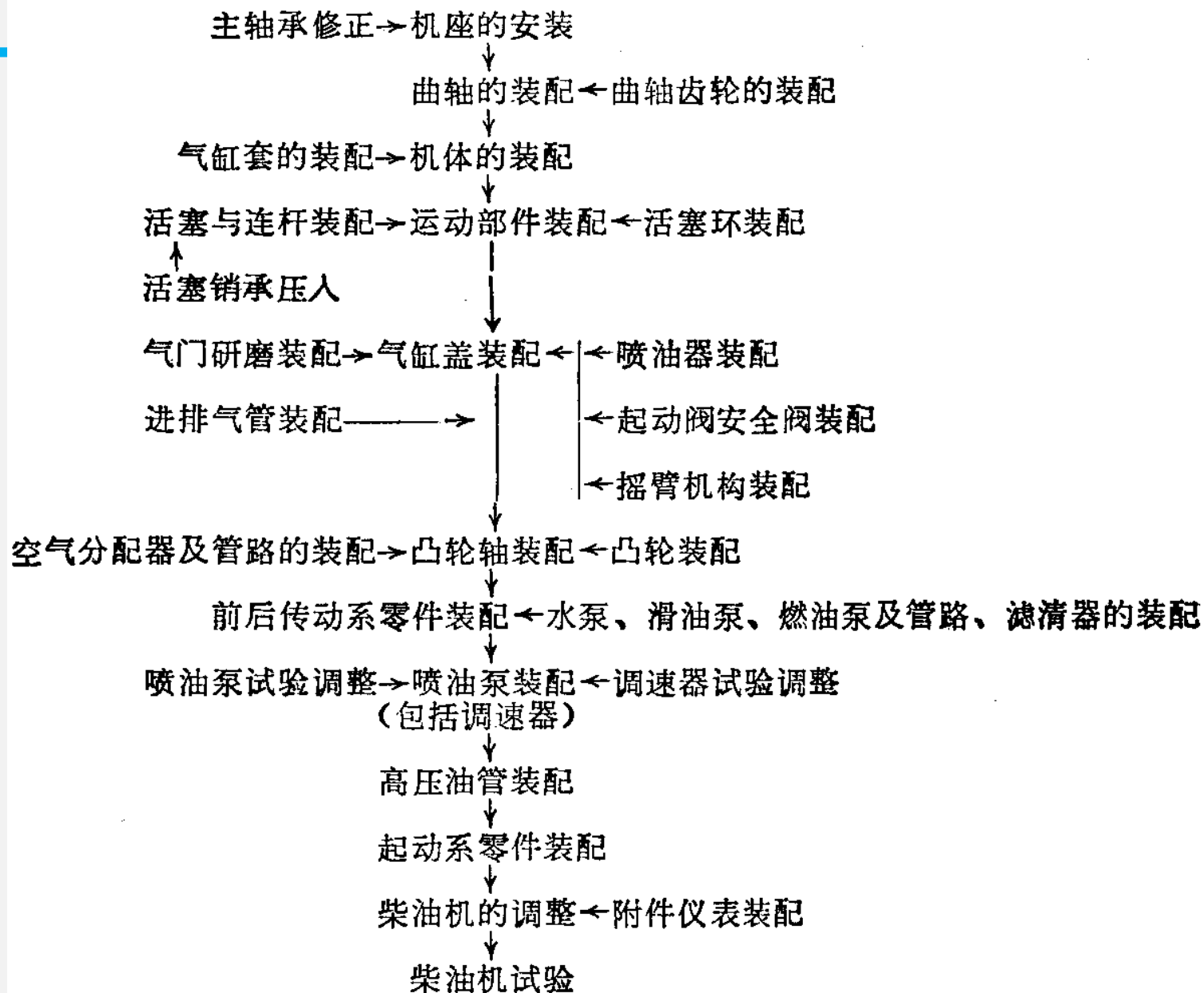
Some notions

(1) 装配过程



Assembly Laboratory in MI, Canada, 2008

筒形活塞柴油机装配顺序



*四冲程柴油机照片



四冲程柴油机照片-09万方

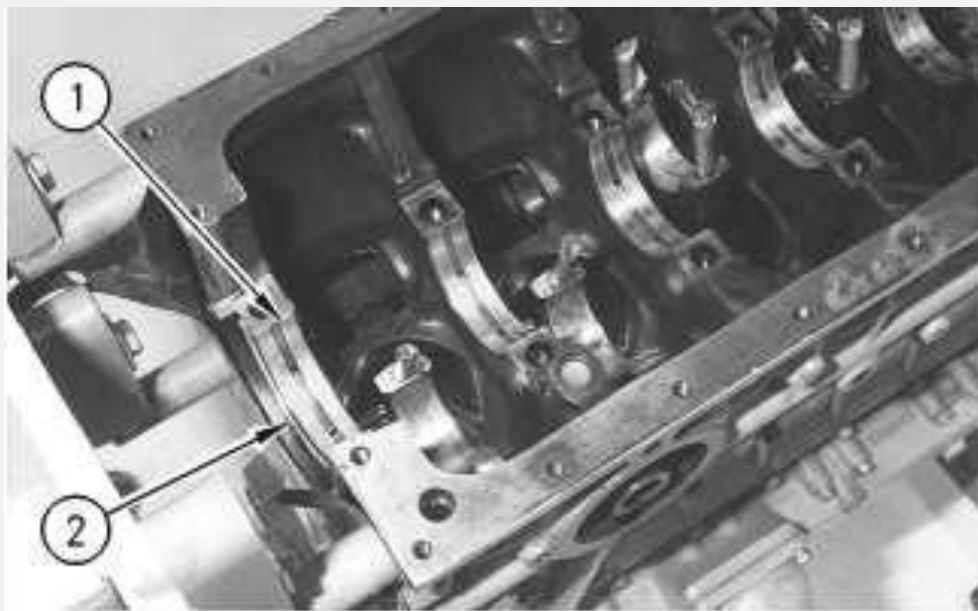
(2)装配中应注意的问题

- (1)装配前**检查**零件**尺寸精度、形状及位置精度、表面粗糙度**等。
- (2)**清洗**所有零件，**修整**有局部缺陷零件。
- (3)对密闭受压的零件（例如缸盖、缸套、活塞等)经过**液压试验**。
- (4)严格**按装配技术要求**进行，每一顺序完工后进行**检查验收**。
- (5)**清除干净金属碎屑或其他杂物**；严防杂物遗留在机器部件中。

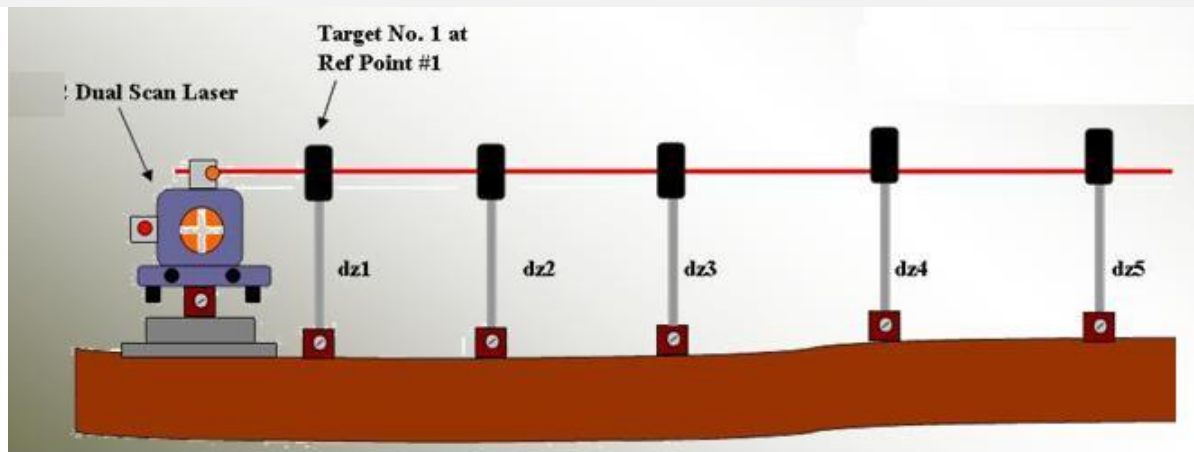
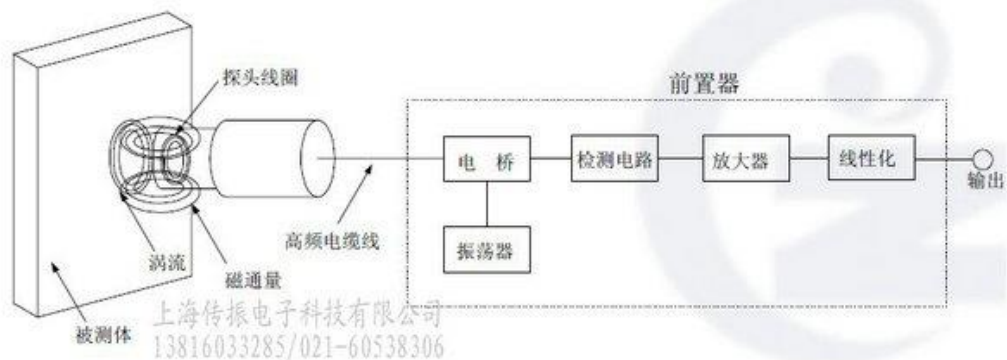
二、机座的安装

Assembly of bedplate

- (1)铸造的机座：**内表面清理**（喷砂）。
- (2)整体式及组合式机座：**液压试验→内部表面上防锈漆**。
- (3)机座上平面的**平面度**：平面度误差 $\leq 0.05\text{mm/m}$ ，全平面内平面度误差 $\leq 0.20\text{mm/m}$ （当机座长度小于8m时）。



*平面度检测方法



三、主轴承和曲轴的装配

Assembly of main
bearing and crankshaft

1. 主轴承装配

(1)轴承座孔轴线和机座上平面**平行度误差** $\leq 0.03 \sim 0.05/1000$ 。

对长2~4m的机座，其**同轴度**误差应 $< \varphi 0.08\text{mm}$ 。

(2)**主轴承（下瓦）外圆与轴承座孔的**接触面积应不小于75%，用0.03~0.05mm塞尺检查，不能插入20mm。

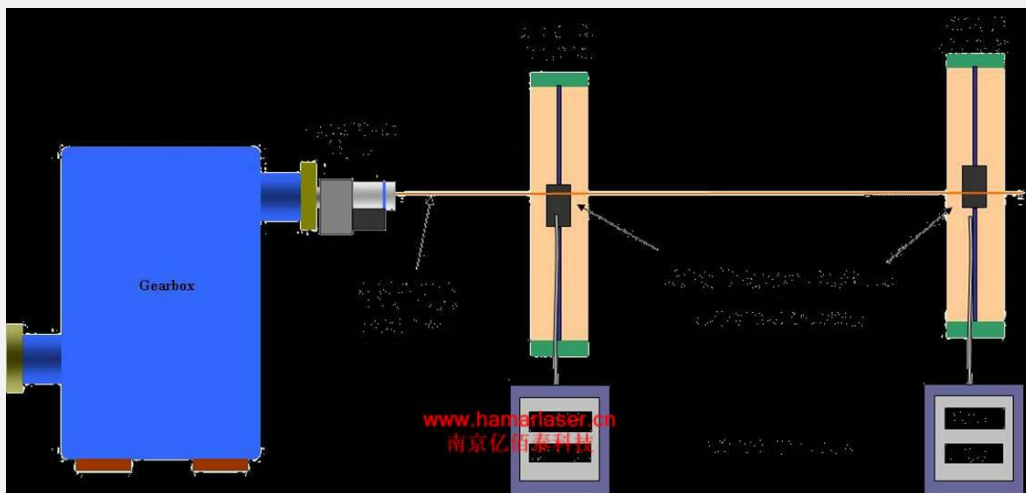
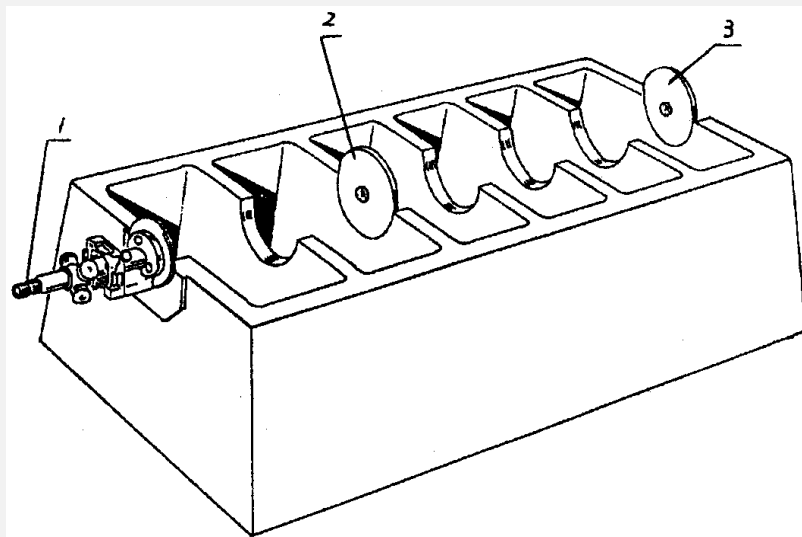
③在成批生产条件下，主轴瓦（尤其是薄壁轴瓦）可进行**选配**，也可以用**修锉轴瓦背面**的方法来达到其均匀紧密贴合，但是不允许研刮主轴承座孔。

(1) 主轴承装配时，应先检查轴承座孔轴线和机座上平面的平行性，其**平行度误差**应 $\leq 0.03 \sim 0.05/1000$ 。还要检查机座主轴承座孔的**同轴度**，对长 $2 \sim 4\text{m}$ 的机座，其同轴度误差应小于 $\phi 0.08\text{mm}$ 。

(2) **主轴承（下瓦）外圆与轴承座孔的配合**为H8/k6，下轴瓦背与轴承孔表面的接触面积应不小于75%，用 $0.03 \sim 0.05\text{mm}$ 塞尺检查，不能插入20mm。翻边轴瓦的翻边内侧面与轴承座孔两端面的配合为H8/h7。

③ 在成批生产条件下，主轴承瓦（尤其是薄壁轴瓦）装入主轴承座孔时，可进行**选配**。有的情况下也可以用**修锉轴瓦背面**的方法来达到其均匀紧密贴合，但是不允许研刮主轴承座孔，以免破坏主轴承座孔的同轴度。

*机座主轴轴承孔同轴度检查

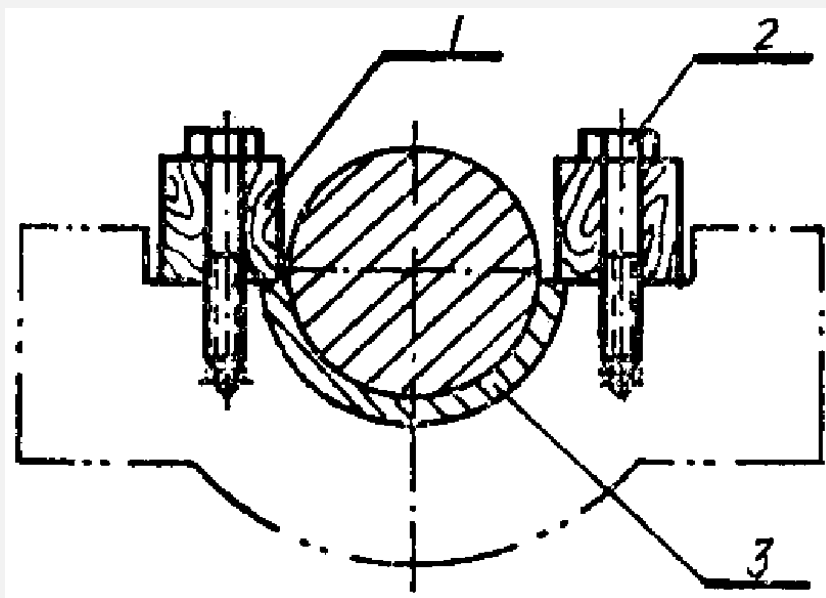


2. 曲轴装配

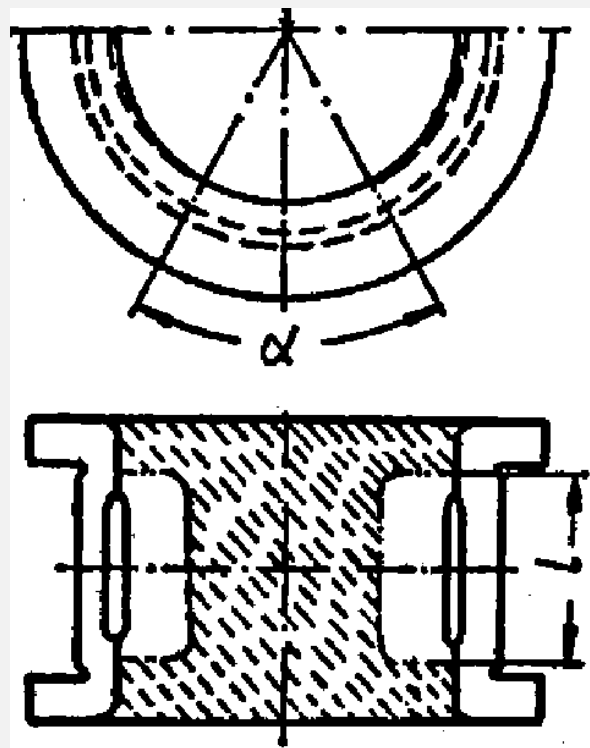
(1)曲轴主轴颈与主轴承下瓦应均匀接触、紧密贴合。

涂色检查：接触角为 $40^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 。

轴承边缘在 180° 用0.05mm厚的塞尺不能从轴瓦边缘插入。



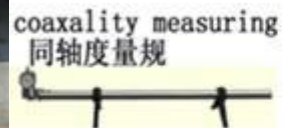
固定下轴瓦示意图



主轴颈与主轴承相接触的要求

*曲轴装配现场

汽车之家



coaxiality measuring
同轴度量规



Feeler Gauge
塞尺测量仪表



Snap Gauge
卡规, 外径规



Long Claw caliper
长爪钳



Plastigauge
Engine Bearing Clearance Checker
塑料线间隙规

100Y 百业网

(2) 主轴颈的径向圆跳动量不能超过规定

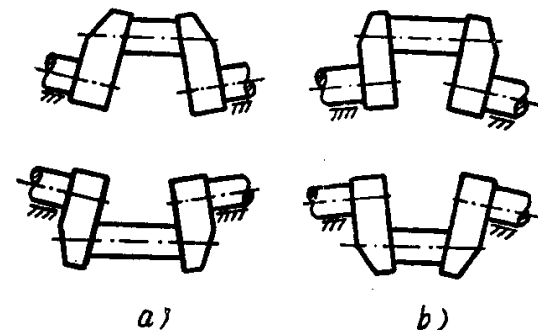
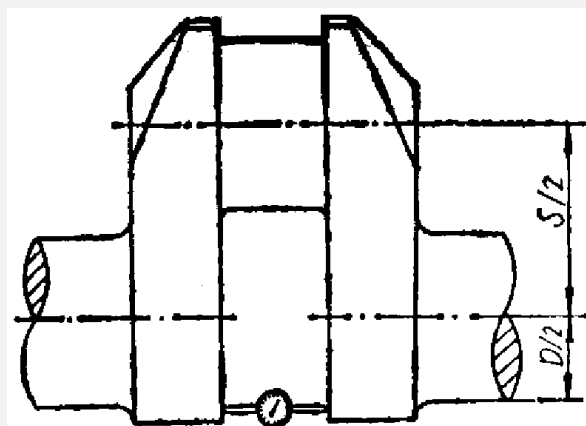
- 在每一个主轴颈的2~3个截面内进行。
- 修理时，不能超过规定值的1.5倍。

主轴颈径向圆跳动公差值(mm)

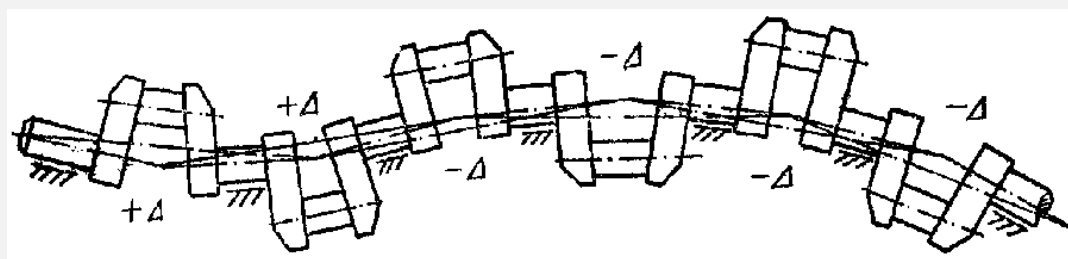
曲柄数目	轴颈支承 数目	主 轴 颈 直 径						
		~75	>75~100	>100~150	>150~250	>250~350	>350~500	>500~600
3	1	0.015	0.02	0.025	0.03	0.04		
4	2~3	0.02	0.025	0.030	0.04	0.05		
5~8	3~4	0.025	0.03	0.035	0.05	0.06	0.07	0.08
9~12	5~6			0.04	0.055	0.065	0.075	0.085

(3)每个曲柄臂距差值应符合规定要求。

在 0° 、 90° 、 180° 、 270° 四个位置上测量



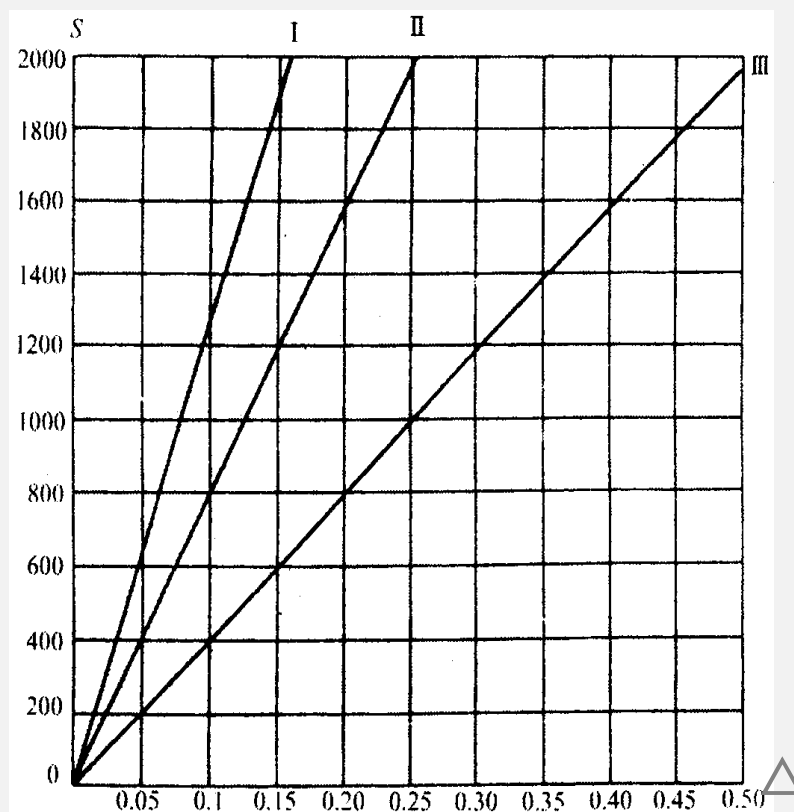
曲轴轴线变化引起臂距差



主轴承孔不同轴而造成曲轴轴线挠曲

轴瓦研刮量的确定方法一般有计算法和图解法两种（可查阅有关书籍）。

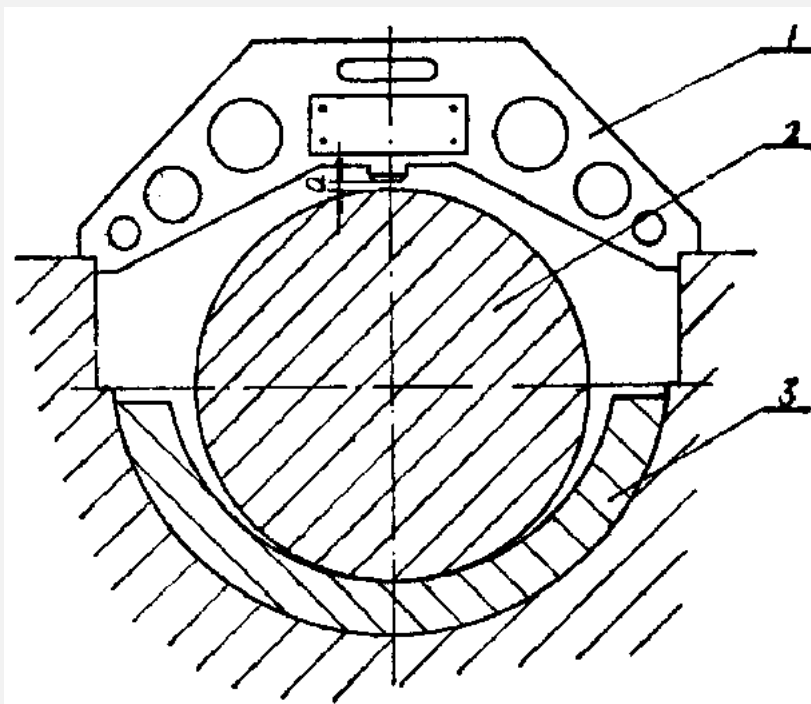
曲线I线左方表示曲轴装配情况良好；在I、II线之间表示装配合格。曲线III为在船舶营运中曲轴臂距差的最大允许极限值。



曲轴臂距差曲线图

(4)曲轴装妥后，应作出桥规测量记录。

曲轴轴线与机座上平面的平行度误差 $\leq 0.05/1000$ 。



桥规测量

(5) 主轴颈与轴承之间应有一定的径向间隙

- 通过软铅丝测量和增减垫片厚度调整径向间隙。
- 每一种柴油机在其说明书上均有规定数值。

主轴颈与轴承径向装配间隙(mm)

轴颈直径	径 向 装 配 间 隙		
	转速<500 r/min	转速>500 r/min	
		白合金	铜铅合金
≥75~100		0.06~0.08	0.08~0.10
>100~125		0.08~0.11	0.10~0.12
>125~150		0.11~0.15	0.13~0.16
>150~200	0.14~0.18	0.16~0.20	0.17~0.23
>200~250	0.18~0.22	0.20~0.24	0.24~0.28
>250~300	0.22~0.26	0.24~0.28	
>300~350	0.26~0.30		
>350~400	0.30~0.34		
>400~450	0.34~0.38		

*测量径向间隙实例

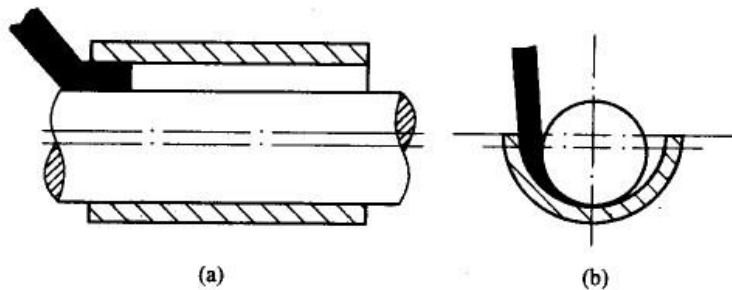
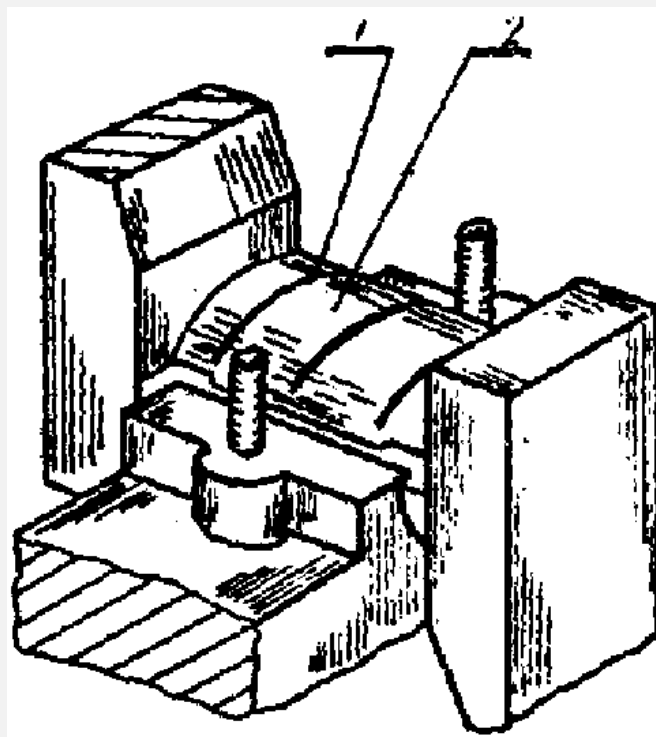


图 4-24 用塞尺测轴承间隙

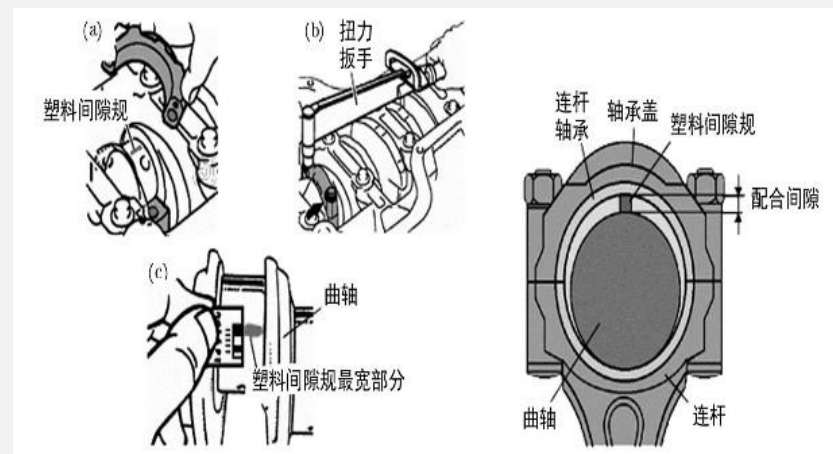
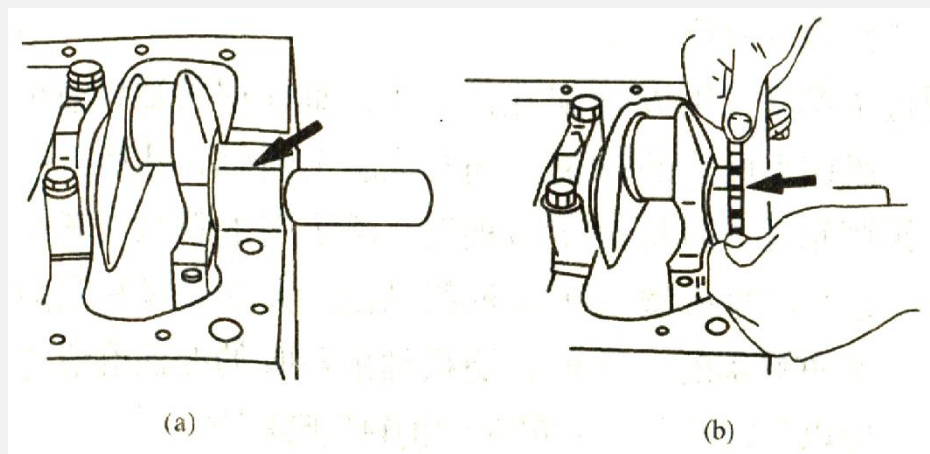
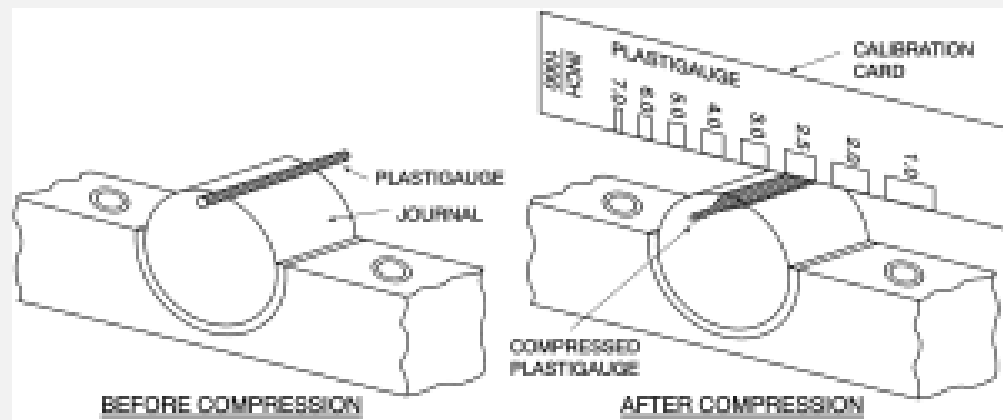


压铅丝测量径向间隙



间隙尺

*塑料线间隙规测量径向间隙实例

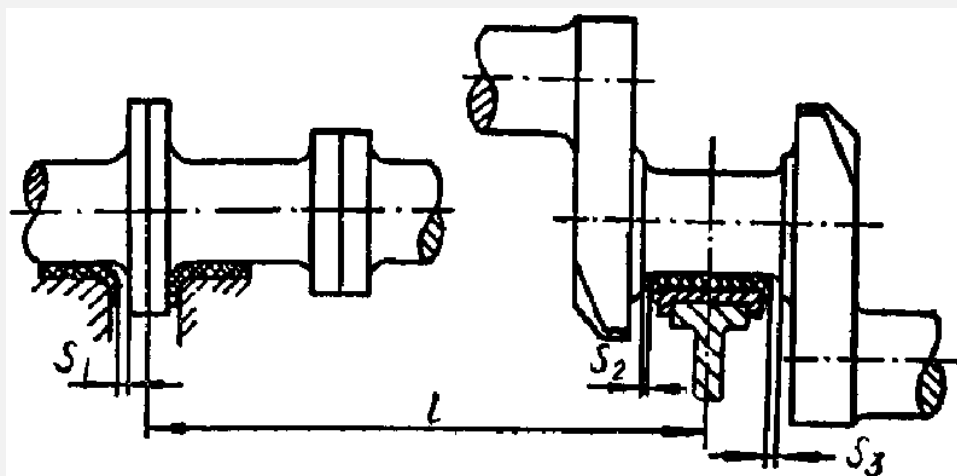
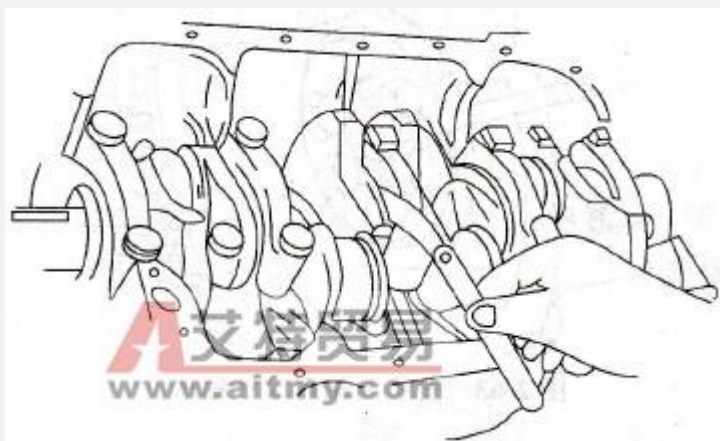


(6) 主轴颈与轴承的轴向间隙应符合规定要求。

S_1 为止推轴承轴向最大间隙

S_2 为主轴颈后端间隙

S_3 为主轴颈前端间隙



①柴油机与轴系或发电机用弹性连接，其主轴承和曲轴上有止推环时，在曲轴后移的情况下， S_1 为止推轴承轴向最大间隙；

后端间隙： $S_2=0.0006L+S_1+(0.2\sim0.5)\text{mm}$ ；

前端间隙： $S_3=0.2\sim0.5\text{mm}$ 。

②在曲轴前移的情况下：

后端间隙： $S_2=0.0006L+(0.2\sim0.5)\text{mm}$

。

前端间隙： $S_3=S_1+(0.2\sim0.5)\text{mm}$ ；

③柴油机本身没有止推轴承，而它的尾部与轴系的推力轴承连接。

在船前进的情况下， S_1 为推力轴承的最大轴向间隙；

后端间隙： $S_2=0.0006L+(0.2\sim0.5)\text{mm}$ ；

前端间隙： $S_3=S_1+(0.2\sim0.5)\text{mm}$ 。

④在船后退的情况下：

后端间隙： $S_2=0.0006L+S_1+(0.2\sim0.5)\text{mm}$ ；

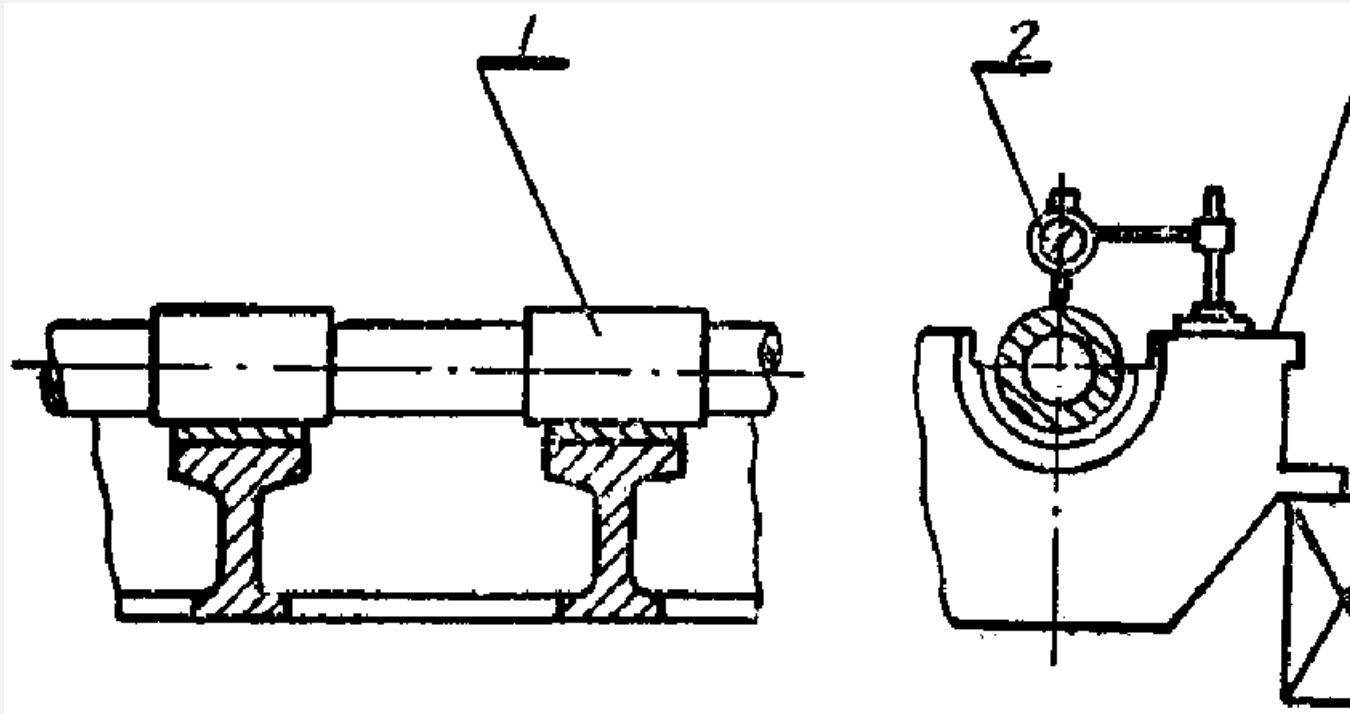
前端间隙： $S_3=0.2\sim0.5\text{mm}$ 。

⑤柴油机本身带推力轴承，各轴系中没有推力轴承，主轴承轴向间隙调整方法同第一种情况。

曲轴与主轴承的轴向间隙

刮研主轴承

刮研主轴承有两种方法：一种是用“假轴”法，另一种是按曲轴主轴颈研刮法。



用“假轴”刮研和检验主轴承

目前，成批生产中型柴油机，由于制造质量的提高，轴装配时（对薄壁轴瓦）已基本免除刮研轴瓦工艺，当贴合情况不良时，用选配轴瓦或作少量的工作，使装配工作大大

。但对某些柴油机，尤其修理时，为使曲轴轴线成一直线并与主轴保持一定配合间隙，仍常常在装配中采用研刮主轴承的方法以达到装配技术要求。因此，主轴合金层上应留有的研刮余量，一般在0.05mm以内。

采用“假轴”进行研刮。“假轴”是用铸铁或钢接制成的圆柱形空心管，长度等于机座的长度，与轴配合的主轴颈经过精密加工，其直径应等于曲轴主轴颈直径加上间隙值。用“假轴”的优点是：它的刚性比曲轴好，容易使轴承获得要求的同轴度，较轻便、起吊方便。因此，用假轴刮出的轴瓦是正确的圆形，容易形成液体摩擦有利的楔形油膜。直接按主轴颈刮出的轴瓦，在加上油隙垫片后并不一定是正确的圆形。但单件修理中采用“假轴”经济，故很少应用。

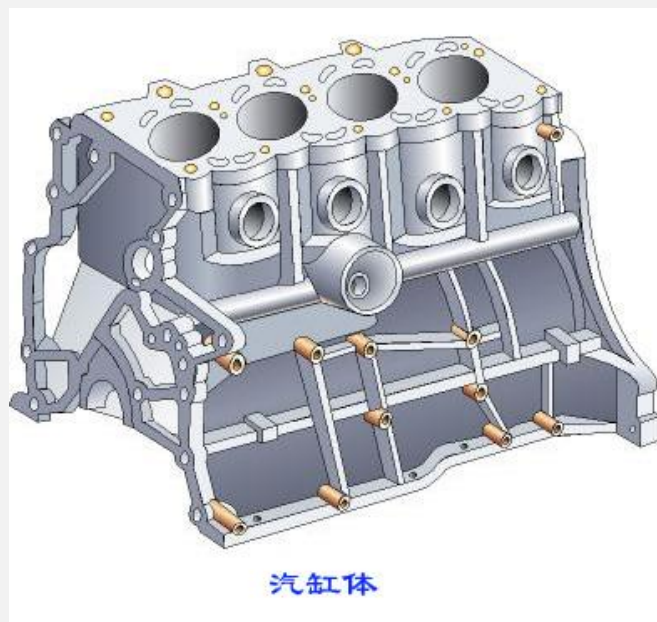
*刮研工艺实例



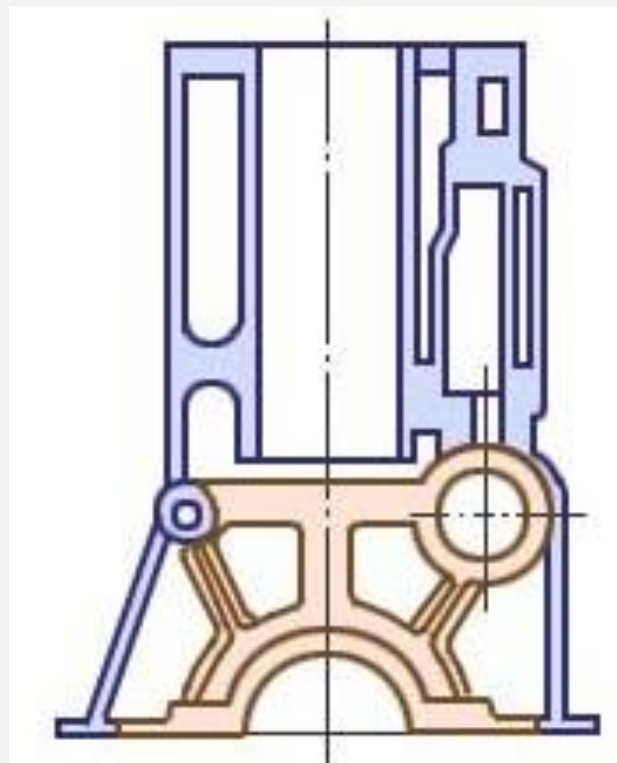
四、机体的装配

Assembly of the frame

1. 机体与机座的相互位置校准后，应在其对角线位置上同铰出不少于两个的定位销孔。
2. 在其接合面间放置一层薄青壳纸垫片，或者在机座上平面上浇一层环氧树脂。
3. 检验位置精度后，用连接螺栓将机体与机座紧固。



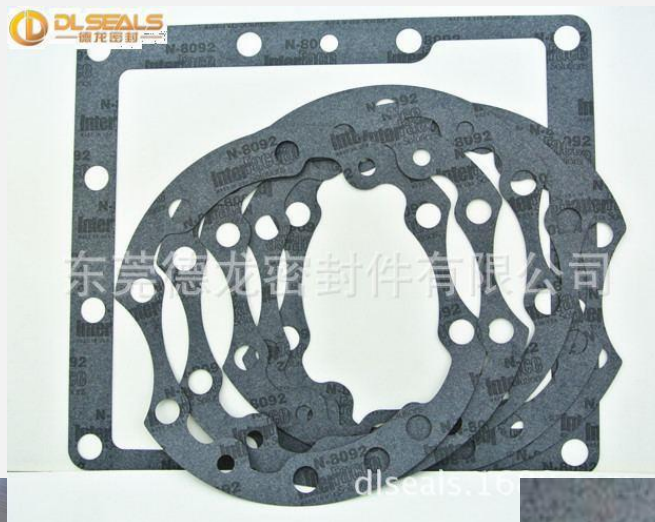
中型柴油机机体



*机体与机座的密封方式



耐高温环氧胶粘剂

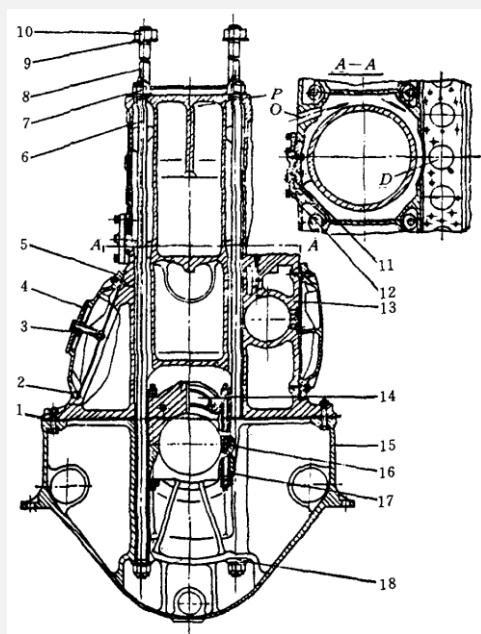


柴油机垫片



船用柴油机发动机
密封圈

- (1)机体气缸轴线与曲轴轴线垂直度误差： $\leq 0.15/1000$ ；
- (2)各气缸轴线应与曲轴轴线相交位置度误差： $\leq 2\text{mm}$ ；
- (3)各气缸轴线与对应的两曲柄臂应对称；
- (4)机体下平面与机座上平面用 $0.05\sim 0.10\text{mm}$ 厚的塞尺检查时，一般不应插进。



中型柴油机机体机座

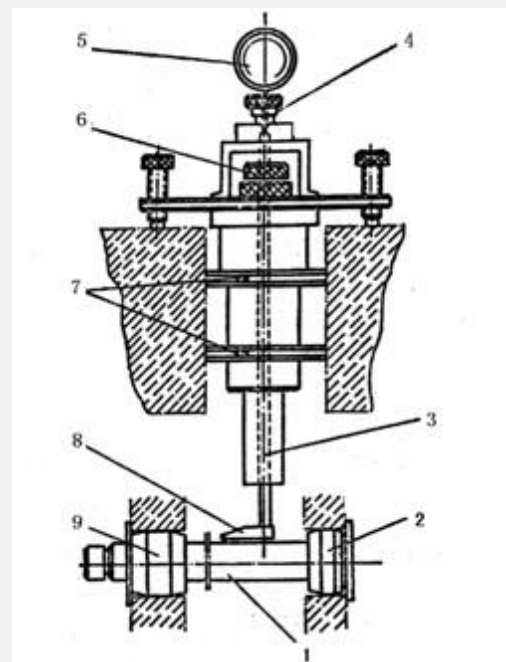


图 7.20 气缸垂直度检测仪

1. 定心轴；2. 前定心轴套；3. 测量杆；4. 百分表触头
5. 百分表；6. 转动手柄；7. 气缸定心器；8. 测量头

机体与机座装配

机体与机座的相互位置校准后，应在其对角线位置上同铰出不少于两个的定位销孔，然后用连接螺栓将机体与机座紧固。

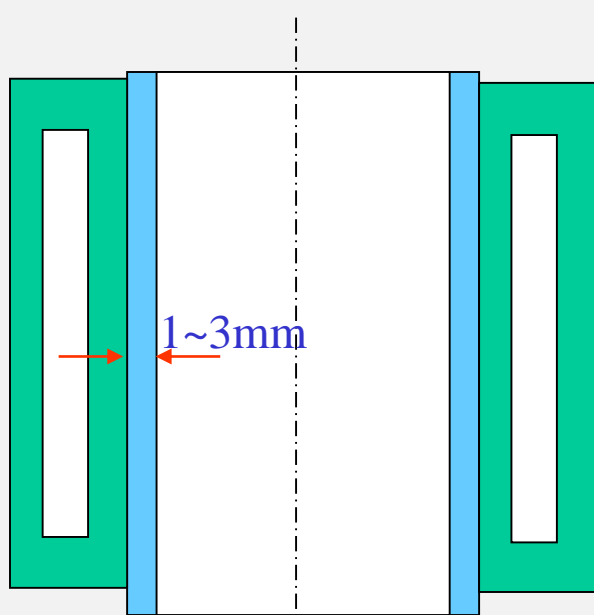
在连接螺栓中应有一定数量的、且均匀分布的紧配螺栓，有的机器规定紧配螺栓总数应占连接螺栓总数的25%，其配合按H7/k6，螺孔表面粗糙度 $\leq Ra1.6\mu m$ 。拧紧螺母时，应从机体中部开始，按对称方向逐个地向两端、且分三次拧紧到最后位置。

为了防止机体与机座接合平面渗漏润滑油，有时可在其接合面间放置一层薄青壳纸垫片，或者在机座上平面上浇一层环氧树脂，以增加其密合性。

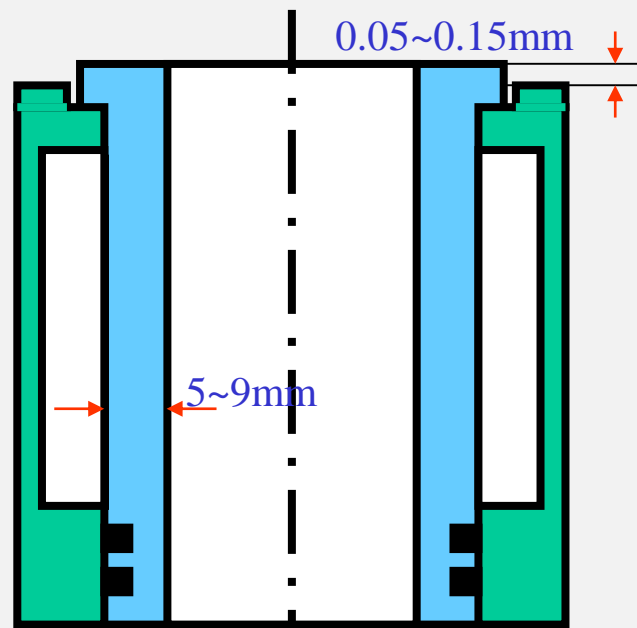
上述技术要求的提出，主要是为了保证活塞连杆机构、曲轴等运动部件与气缸之间能有一正确的相互位置，以达到机器正常运转的要求。这些技术要求主要是靠机体本身的制造精度来保证。装配时也是根据加工时的基准面来校准。

气缸套安装

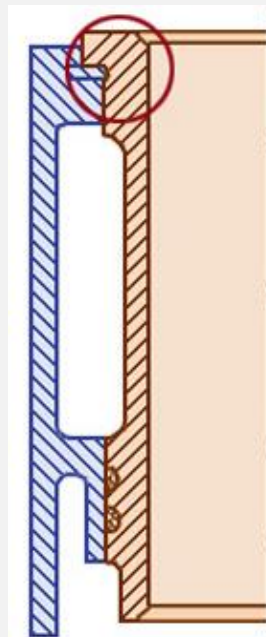
- 气缸套装配入机体，**通常是在机体装上机座前进行。**
- 气缸套装配通常在基体装上机座前进行，先装橡皮密封圈，（橡皮密封圈应是整根的，且具有充分的弹性。）
- 涂润滑脂，即可将气缸套平稳地装入基体中，最后液压试验和其它检验，保证气缸套安装精度。



干式缸套



湿式缸套



气缸套装配不良，常易引起柴油机的咬缸故障，所以应引起重视。

气缸套的外圆装配表面与机体气缸孔的配合，其上部按H9/f9，下部按H9/h8，且按0.05~0.15mm间隙选配。对于靠近燃烧室的上端外凸肩配合部分必须保证有足够的热膨胀余量，此间隙一般可规定为0.5~1.5mm。

气缸套上的橡皮密封圈应是整根的，且具有充分的弹性。橡皮圈在自由状态时的断面积应为槽部断面积的90%。以使橡皮圈能有充分变形的余地，不致使气缸套挤压而变形。同时，橡皮圈在自由状态时的内径应比槽底直径小1~3%，橡皮圈入槽后其断面直径应为自由状态时的断面直径的80~85%。此外，当橡皮圈装入槽后，其外圆要比气缸套下部外凸肩面凸出1~2mm，这样在装入气缸套时，就足以使橡皮圈变形产生弹力而阻漏。

*气缸套安装方法实例

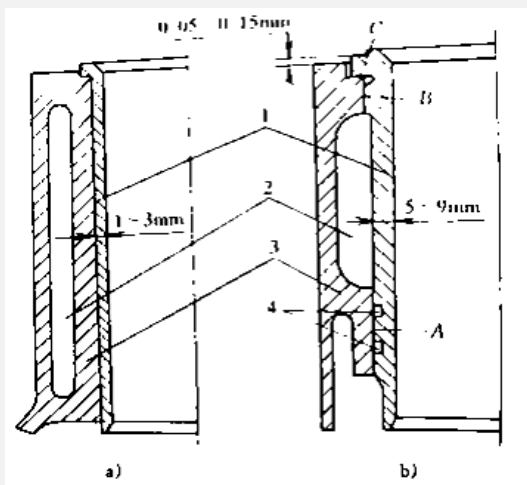


图 2-6 气缸套
a) 1 式 b) 2 式
1—气缸套 2—水套 3—气缸体 4—密封圈

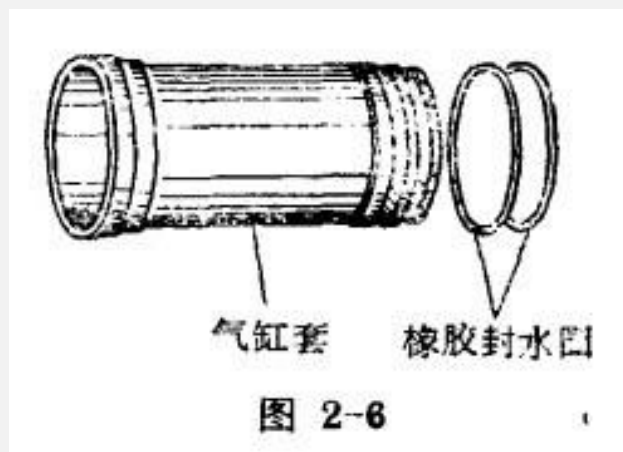
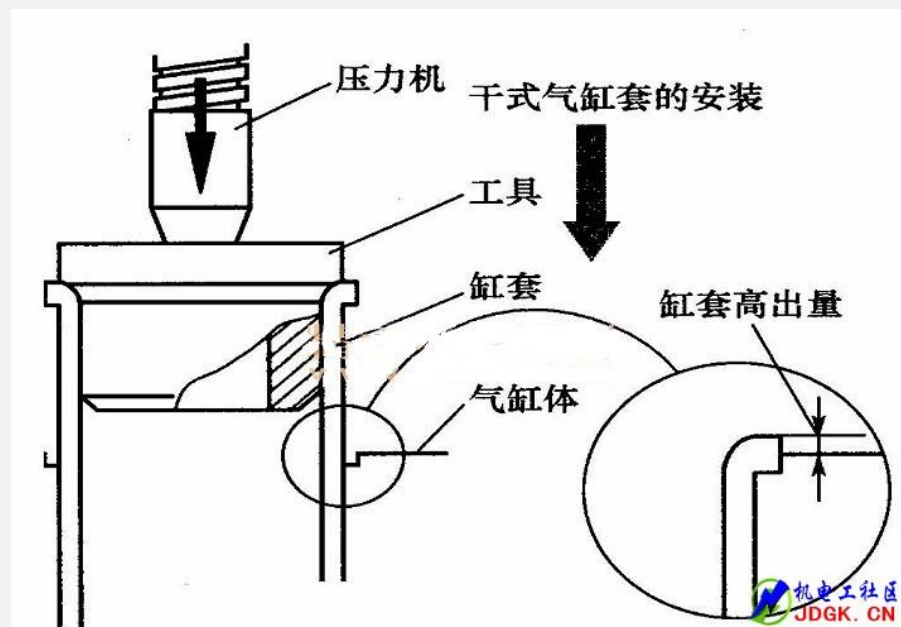
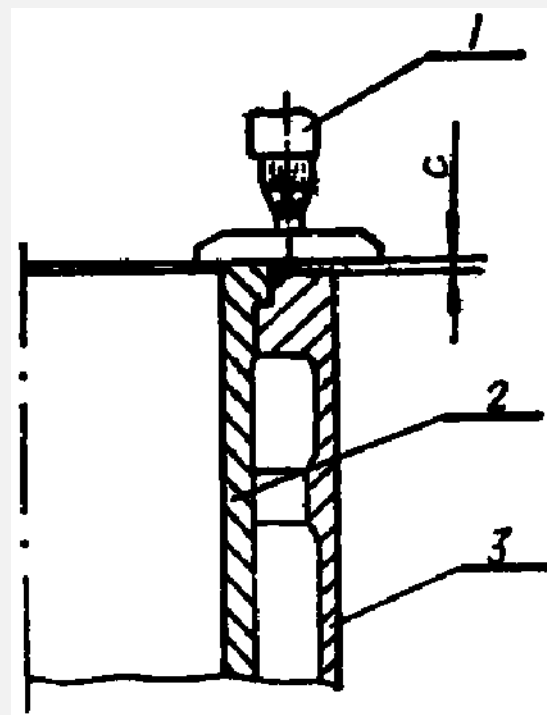


图 2-6



气缸套装入后，要做**液压试验**，以检查橡皮圈**密封情况**。同时测量**气缸套内径尺寸的变化情况**，其尺寸应与原始制造尺寸基本相符，在橡皮圈部位的内径尺寸变化值，缸径 $\leq 500\text{mm}$ 者，应 $\leq 0.03\text{mm}$ ；缸径 $> 500\text{mm}$ 者， $\leq 0.06\text{mm}$ 。

气缸套定位装妥后，还要检查气缸套上端面**比机体的上平面的高出数值**。对于湿式气缸套，此数值可取为 $0.10\sim 0.15\text{mm}$ ；对于干式气缸套，可取为 $0.02\sim 0.05\text{mm}$ 。



气缸套上端高出数值的测量

当橡皮圈装好后，在橡皮圈周围和机体气缸孔相应密封部分涂上少量润滑脂，即可将气缸套平稳地装入机体中。对于二冲程柴油机，应注意将气口的方向位置对正。紫铜密封圈装入前应该退火。

气缸套装入后，要做液压试验，以检查橡皮圈密封情况。同时测量气缸套内径尺寸的变化情况，其尺寸应与原始制造尺寸基本相符，在橡皮圈部位的内径尺寸变化值，缸径 $\leq 500\text{mm}$ 者，应 $\leq 0.03\text{mm}$ ；缸径 $> 500\text{mm}$ 者， $\leq 0.06\text{mm}$ 。

气缸套定位装妥后，还要检查气缸套上端面比机体的上平面的高出数值。此数值的大小关系到气缸套能否被气缸盖牢固地压紧座落在机体上。对于湿式气缸套，此数值可取为 $0.10\sim 0.15\text{mm}$ ；对于干式气缸套，可取为 $0.02\sim 0.05\text{mm}$ 。

在通常情况下，气缸套装入机体后不必再检查气缸轴线与机体下平面的垂直度。在成批生产中必要时可进行抽样检验，若发现个别气缸套装入机体后，气缸轴线与机体下平面的垂直度超过技术要求，则可将气缸套的支持凸台平面稍锉去一些以校正其偏斜。

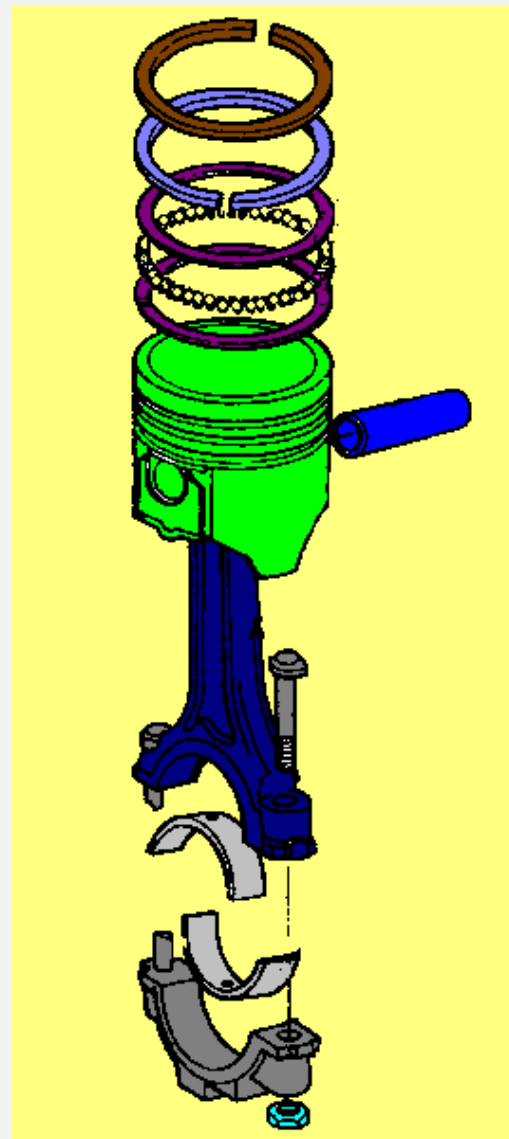
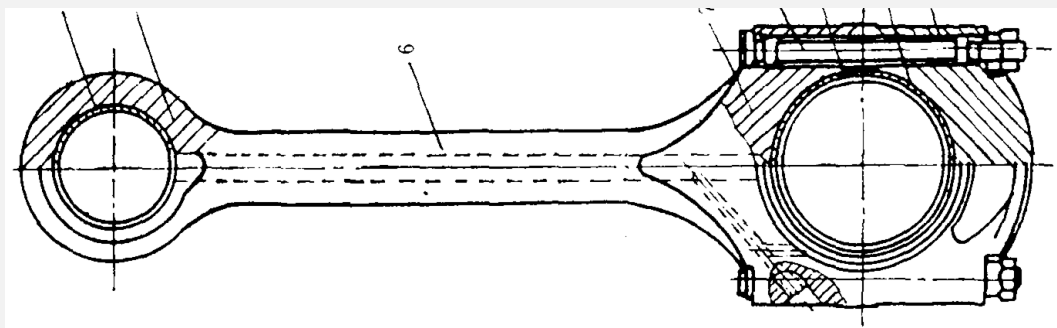
五、活塞连杆的装配

Assembly of piston and connecting rod

活塞连杆的装配过程，包括在平台上装配活塞连杆部件和活塞连杆部件装入气缸的校中以及活塞连杆相关部件的安装。

1. 在平台上装配活塞连杆部件

- 要求：活塞轴线和连杆大端轴承轴线垂直度 $\leq 0.15/1000$,
- 这项要求是靠各个零件的加工精度和配合精度来获得。



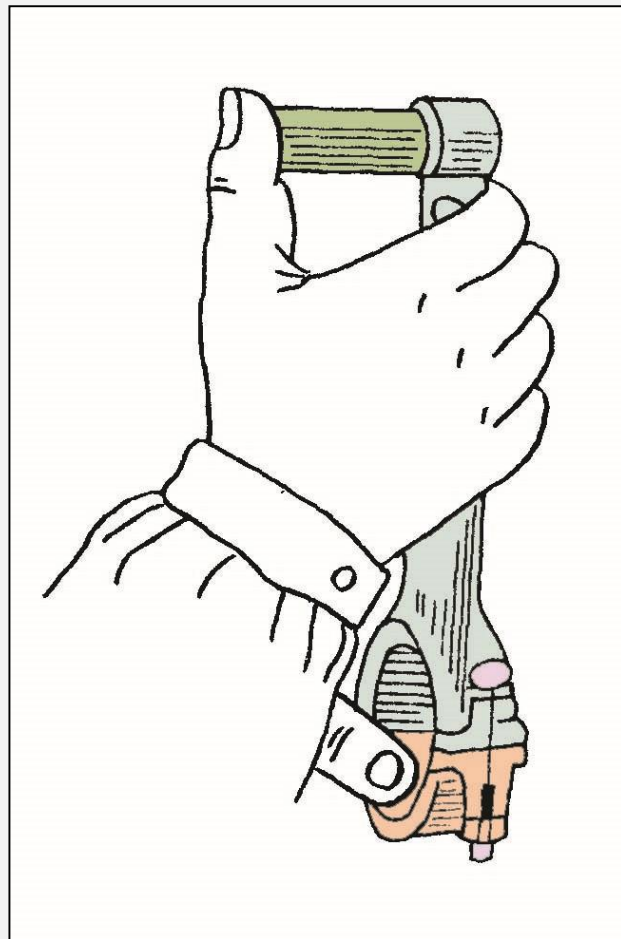
(1) 连杆小端孔与衬套配合

- 配合H7/r6，表面粗糙度 $\leq Ra0.8\mu m$ 。
- 当连杆衬套外径为125~175mm时，过盈量0.03~0.05mm。
- 可采用选配法。

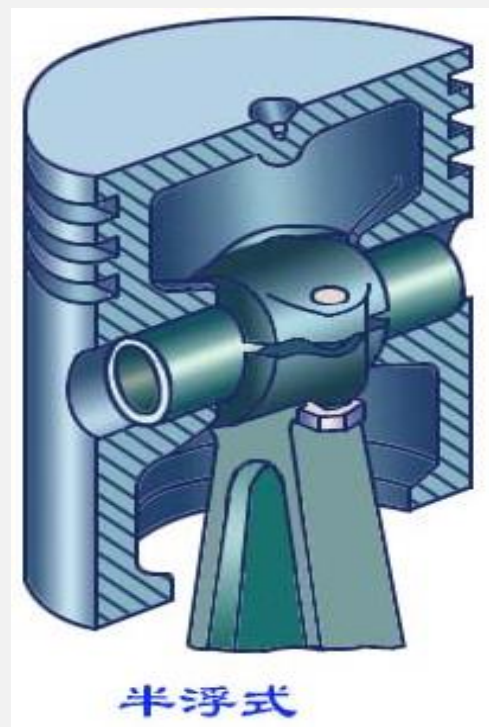
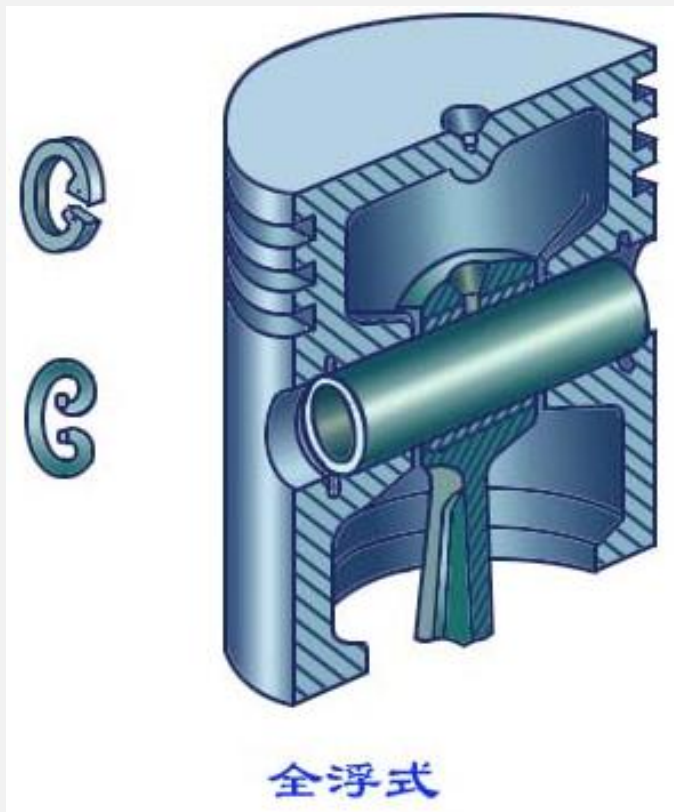


(2) 活塞销与连杆小端衬套的配合

- 活塞销与连杆小端衬套间隙：0.13 ~ 0.15mm；
- 活塞销与连杆小端衬套配合：F8/h6，
- 表面粗糙度分别为Ra0.4 μ m和Ra0.8 μ m。
- 接触角分别为60° ~ 90°



- 与活塞销孔轴承的间隙：0.10~0.12mm（浮动式活塞销）；
- 或过盈量为0.01~0.015mm（固定式活塞销）。



（一般固定连杆小头）

在平台上装配活塞连杆部件包括连杆杆身与小端衬套和大端轴承的装配、活塞销轴承与活塞销座孔的装配、活塞销将活塞连杆连成一个整体部件等工作。

活塞连杆部件装配前的检查

(1) 连杆小端孔与衬套配合情况的检查

连杆小端衬套外径与小端孔按H7/r6加工，表面粗糙度应 $\leq Ra0.8\mu m$ 。装配时可采用选配法，当连杆衬套外径为125~175mm时，过盈量为0.03~0.05mm。

(2) 活塞销相关配合尺寸的检查

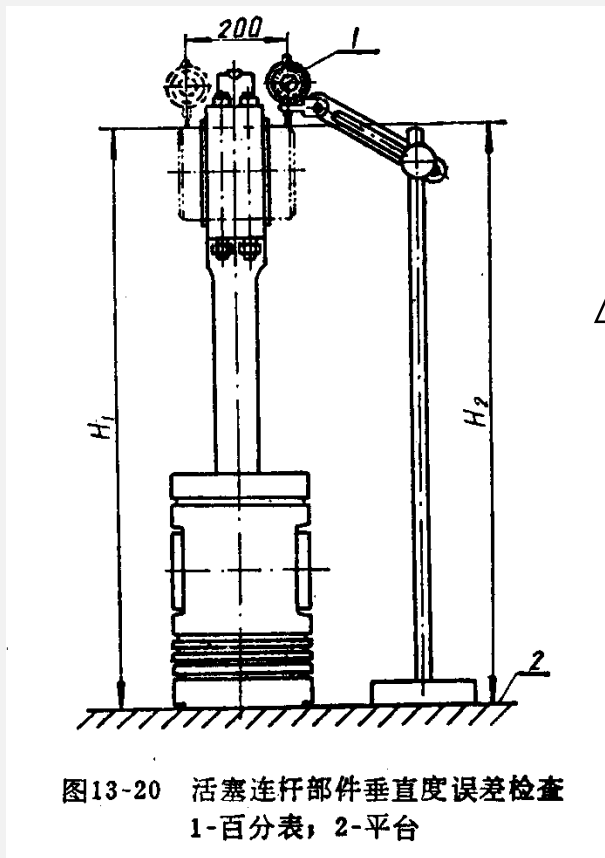
活塞销与连杆小端衬套按F8/h6加工，表面粗糙度分别为 $Ra0.4\mu m$ 和 $Ra0.8\mu m$ 。当活塞直径为100~125mm时，其与连杆小端衬套的装配间隙为0.13~0.15mm；与销孔轴承的装配间隙为0.10~0.12mm（浮动式活塞销）或过盈量为0.01~0.015mm（固定式活塞销）。

(3) 活塞销的其它相关配合要求

活塞销与连杆小端衬套和销孔轴承的孔内表面应均匀接触，两者的接触角分别为 $60^\circ \sim 90^\circ$ 。

(3) 活塞连杆部件装配后的检查

- 衬套孔轴线与连杆大端轴承孔轴线的平行度误差，在垂直面内应 $\leq 0.1/1000$ ，在水平面内应 $\leq 0.15/1000$ 。
- 轴承孔轴线与活塞轴线应垂直和相交，其垂直度误差在应 $\leq 0.15/1000$ ；其位置度误差应 $\leq 0.4\text{mm}$ 。



$$\Delta = \frac{H_2 - H_1}{200} \times 1000 (\text{mm} / \text{m})$$

活塞连杆部件装配后的检查

(1)连杆小端衬套压入装配后的要求：

连杆小端衬套压入装配后，衬套孔轴线与连杆大端轴承孔轴线的平行度误差，在垂直面内应 $\leq 0.1/1000$ ，在水平面内应 $\leq 0.15/1000$ 。

(2)活塞销轴承压入活塞销座孔后的要求：

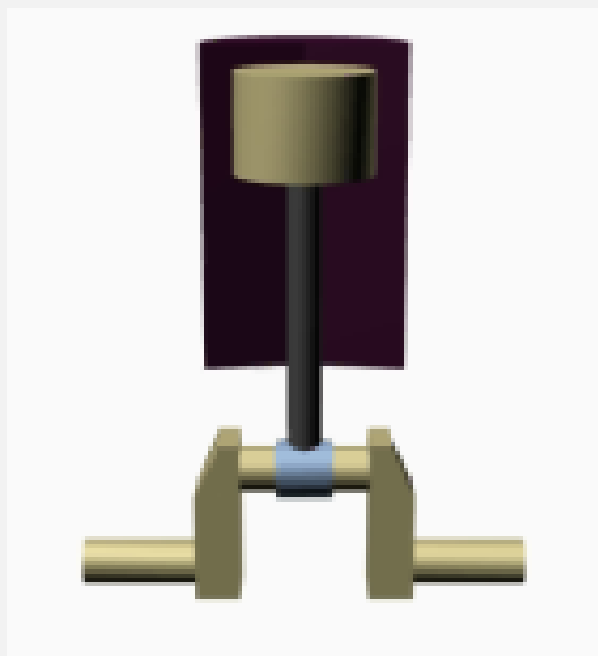
活塞销轴承压入活塞销座孔后，轴承孔轴线与活塞轴线应垂直和相交，其垂直度误差在应 $\leq 0.15/1000$ ；其位置度误差应 $\leq 0.4\text{mm}$ 。

当连杆小端衬套和活塞销轴承均压入并符合上述要求后，即可将连杆和活塞装成一个整体部件。装配后，一般不再检查其相互位置精度，如有怀疑时，可检查连杆大端轴承孔的轴线与活塞轴线的垂直度。

2. 活塞连杆部件装入气缸的校中

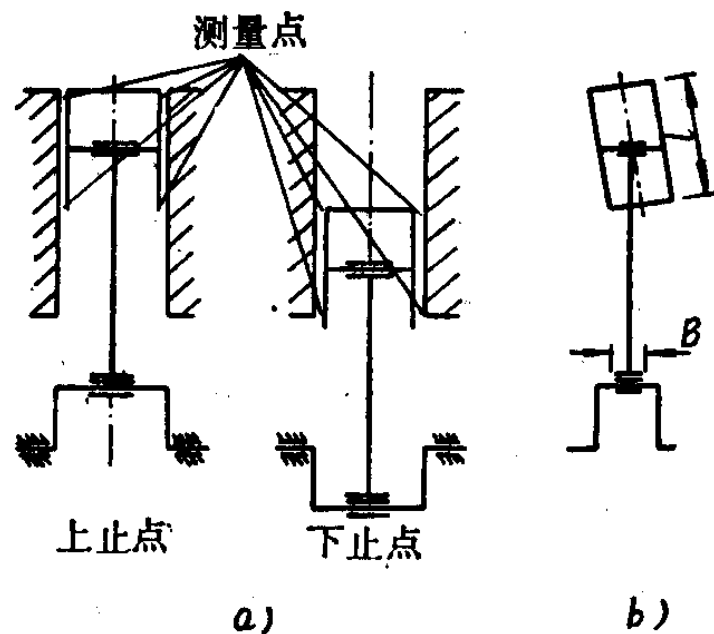
(1) 活塞连杆部件装入

先将连杆大端轴承半块拆下，并将待校中的相应的曲柄销转至上止点位置，然后将**未装活塞环的活塞连杆部件**从气缸上部吊入气缸中，并使连杆大端上轴瓦与曲柄销贴合，接着装上连杆大端轴承下块，并调好径向间隙。



(2) 活塞连杆部件校中工艺

- 将活塞转至**上止点**位置，在纵向和横向相互垂直的**四个部位**，用**塞尺**检查**活塞**顶部和裙部**与气缸之间**间隙。
- 将活塞转至**下止点**位置，重复上述的检查内容。
- 检查**曲柄销轴承两端面与曲柄臂之间的轴向间隙**，应保持有相等的间隙值。



活塞与气缸间的间隙检查

当活塞连杆部件装配合格后，即可将其装入气缸。这时先将连杆大端轴承半块拆下，并将待校中的相应的曲柄销转至上止点位置，然后将未装活塞环的活塞连杆部件从气缸上部吊入气缸中，并使连杆大端上轴瓦与曲柄销贴合，接着装上连杆大端轴承下块，并调好径向间隙。用上述方法，将所有活塞连杆部件都装上，并和曲轴连接起来。

校中工艺

(1)将活塞转至上止点位置，用塞尺插入活塞与气缸之间，检查两者之间的装配间隙，测量应在柴油机纵向和横向相互垂直的四个部位，并在活塞顶部和裙部两处进行。根据测量结果，便能确定活塞在上止点位置时活塞连杆运动部件在气缸内是否对中。

(2)将活塞转至下止点位置，重复上述的检查内容，根据测量结果，便能确定活塞在下止点位置时活塞连杆运动部件在气缸内是否对中。

当对活塞连杆运动部件在气缸内进行校中检查的同时，应注意活塞与气缸间的间隙值，活塞与气缸间的装配间隙应符合规定。

活塞与气缸的装配间隙(mm)

表13-3

气缸直径	铸铁及铝合金活塞顶部间隙		四冲程活塞裙部间隙		二冲程活塞裙部间隙
	顶部有冷却	顶部无冷却	铸铁活塞	铝合金活塞	
>150~175	1.00~1.16	1.20~1.40	0.18~0.21	0.32~0.38	0.24~0.28
>175~200	1.16~1.32	1.40~1.60	0.21~0.24	0.38~0.44	0.28~0.32
>200~225	1.32~1.48	1.60~1.80	0.24~0.27	0.44~0.50	0.32~0.36
>225~250	1.48~1.64	1.80~2.0	0.27~0.30	0.50~0.56	0.36~0.40
>250~275	1.64~1.80	2.0 ~2.20	0.30~0.33	0.56~0.62	0.40~0.44
>275~300	1.80~1.96	2.20~2.40	0.33~0.36	0.62~0.68	0.44~0.48
>300~325	1.96~2.12	2.40~2.60	0.36~0.39	0.68~0.76	0.48~0.52
>325~350	2.12~2.28	2.60~2.80	0.39~0.42	0.76~0.82	0.52~0.56
>350~375	2.28~2.44	2.80~3.0	0.42~0.45		0.56~0.62
>375~400	2.44~2.60	3.0 ~3.20	0.45~0.48		0.62~0.66

当活塞裙部外圆或气缸内孔有圆度和圆柱度误差时，活塞与气缸的装配间隙应按活塞裙下部外圆最大直径或按气缸内孔最小直径计算，且这时间隙应选取下限值。否则机器在运转中间隙值增大过快，影响其使用寿命。

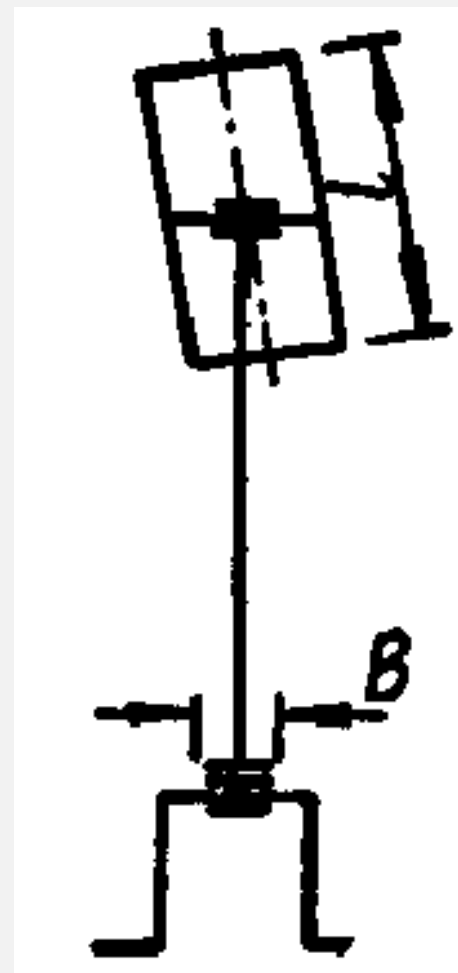
活塞连杆运动部件在气缸内装配校中时，必须符合下述两项要求：

- (1)在未装活塞环的条件下，活塞在近上、下止点位置时，活塞裙部与气缸内孔的最小间隙应不小于总间隙的25%。
- (2)活塞在气缸内沿柴油机纵向方向允许平行偏在一边，当向另一边撬动活塞时，偏移量应能立即转移到对边。若撬动活塞时偏移量不能立即转移过去，或迅速弹回，则要检查其原因，并给予消除。

此外，活塞在气缸内沿柴油机纵向方向的任何位置时的倾斜不宜过大。对于气缸直径小于350mm者，活塞的倾斜不应超过0.2/1000；而气缸直径大于350mm者，活塞的倾斜不应超过0.1/1000。

(3) 活塞倾斜的修正

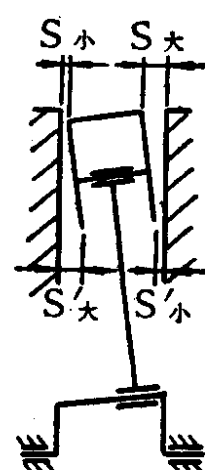
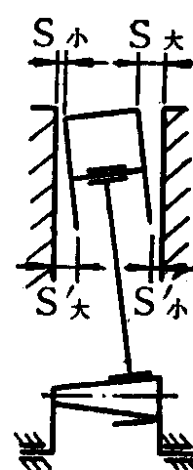
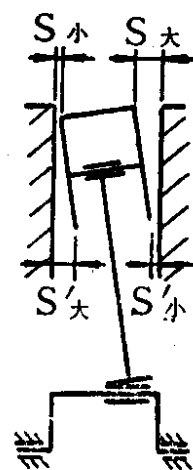
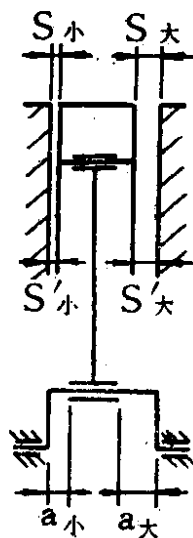
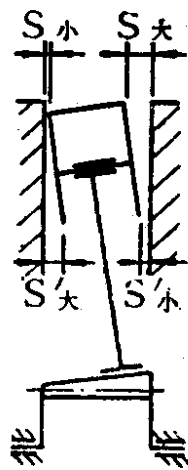
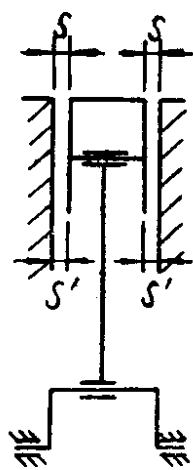
- 通常采用修铰连杆大端与曲柄销轴承结合面，或研刮曲柄销轴承的耐磨合金表面的方法进行修正。
- 若倾斜很大或用上法不能修正时，则必须吊出活塞连杆运动部件，重新校正消除误差。
- 必要时还应检查气缸轴线与曲轴轴线的垂直度，检查曲柄销轴线与曲轴轴线的平行度等。



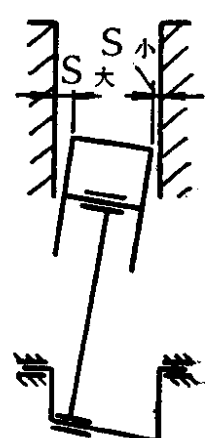
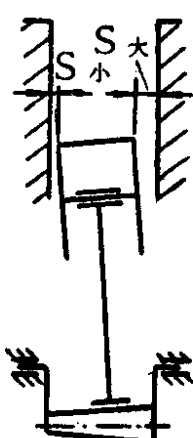
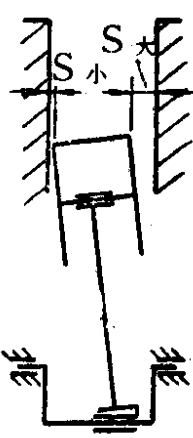
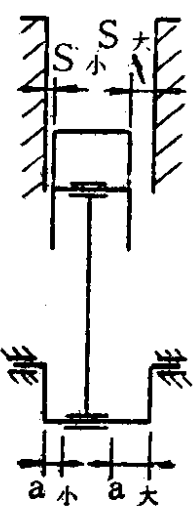
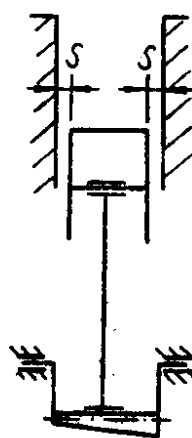
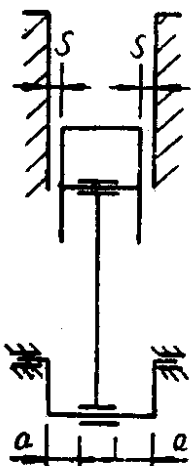
当活塞的倾斜超过上述允许值时，应设法予以修正。通常可采用修锉连杆大端与曲柄销轴承结合面，或研刮曲柄销轴承的耐磨合金表面的方法进行修正。因为活塞长度 l 与连杆大端结合平面宽度 B 或轴承宽度之间的比值较大，对这些表面作微量研刮，就可以修正活塞在气缸内较大的倾斜。

若倾斜很大，或用上法不能修正时，则必须吊出活塞连杆运动部件，重新校正和消除连杆大、小端轴线的平行度误差以及活塞销孔轴线与活塞轴线的垂直度误差。必要时还应检查气缸轴线与曲轴轴线的垂直度，检查曲柄销轴线与曲轴轴线的平行度等。

上止点位置



下止点位置



a)

b)

c)

d)

e)

f)

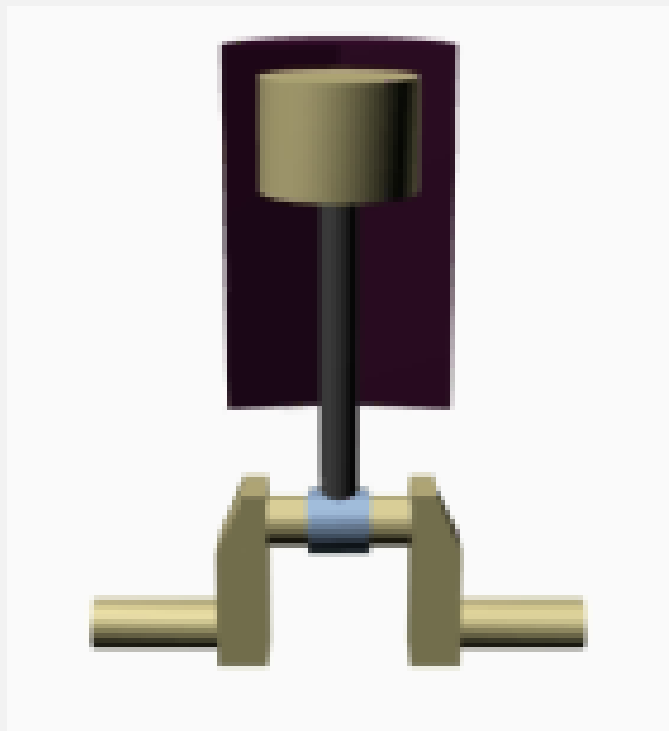
活塞在气缸中倾斜的各种情况

活塞在气缸中倾斜的各种情况

3. 活塞连杆部件的安装

(1)初步检查调整压缩室高度：

- 将活塞转至上止点位置，直接测量气缸套上平面和活塞顶部上边缘之间的距离，再利用气缸盖止口高度尺寸通过计算求得。
- 用增减连杆大端结合面之间的垫片来调整，或者用气缸盖垫片来调整。



当活塞连杆运动部件在气缸内校中全部合格以后，还必须做好如下几项工作：

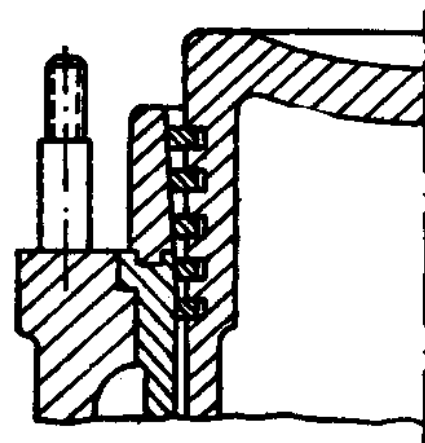
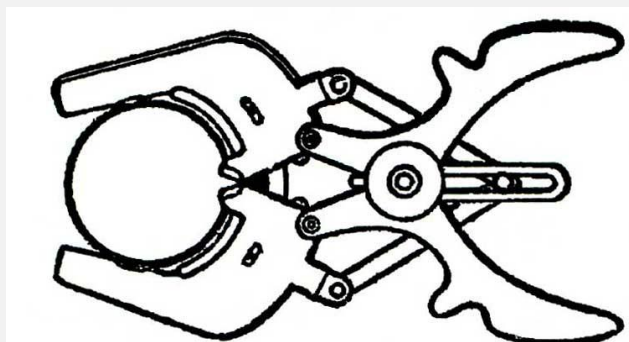
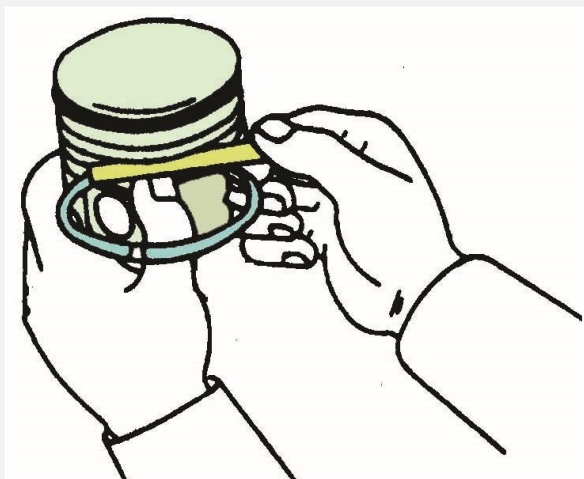
(1)初步检查调整压缩室高度

通常压缩高度是指活塞在上止点位置时其顶部和气缸盖底面之间的距离。检查时，可将活塞转至上止点位置，直接测量气缸套上平面和活塞顶部上边缘之间的距离，再利用气缸盖止口高度尺寸通过计算求得。

其实际尺寸与图纸规定尺寸之间的误差，可用增减连杆大端结合面之间的垫片来调整，或者用气缸盖垫片来调整。

(2)装入活塞环

- 将活塞连杆部件从气缸中吊起，然后用三根楔铁或钳子等工具将活塞环依次引入活塞环槽中（环开口位置错开），同时用塞尺检查活塞环端面与环槽之间的端面间隙。
- 用内孔成锥形的短套筒将带活塞导入气缸内。



(2)装入活塞环

先将活塞连杆部件从气缸中吊起，然后用三根楔铁或钳子等工具将活塞环依次引入活塞环槽中，同时用塞尺检查活塞环端面与环槽之间的端面间隙。

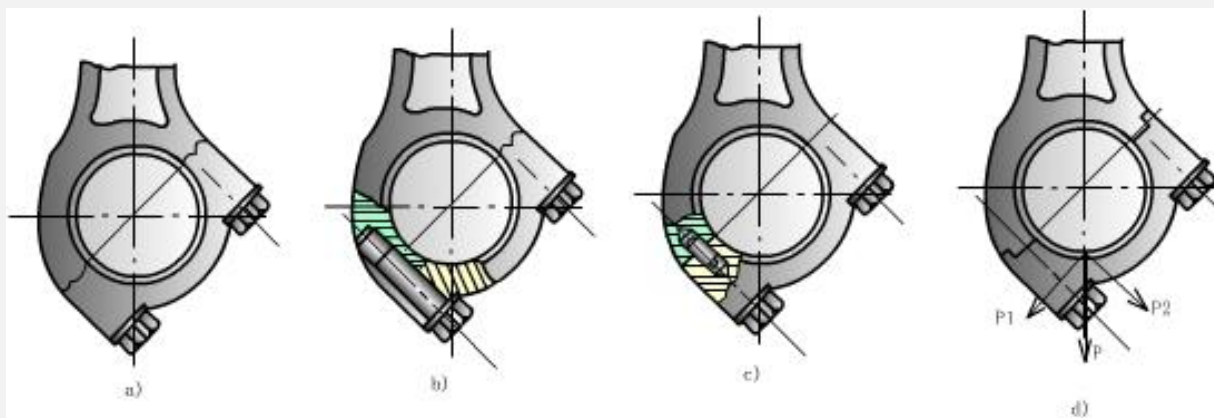
装入活塞环时必须注意将活塞环开口位置错开，以免漏气太甚。对二冲程柴油机还必须注意活塞环的开口不要与气口相合，以免导致活塞环折断，造成机器发生故障。

安装油环时，必须注意将其刮油锐角边向下，若其锐角边向上，则将产生泵油作用，润滑油消耗增大，并失去油环作用。

装好活塞环后，可采用内孔成锥形的短套筒将带活塞环的活塞很容易地导入气缸内。然后再在连杆大端轴承接合面装入垫片、装上轴承下盖后，与曲柄销连接起来。

(3)测量连接螺栓的装配原始长度

连杆螺栓应按规定的扭紧力矩用扭力扳手拧紧，拧紧后应测量其装配原始长度，并作好记录。



(4)检查曲轴的臂距差

将检查结果与未装活塞连杆运动部件时臂距差值进行比较，视其有无变化。一般变化范围约为0.01~0.03mm。

(5)最后检查和装配

为了保证运动部件装配可靠和牢固，应作最后检查。

将连杆螺栓的制动垫圈、开口销、或止动螺钉等防松零件装妥。

(3)测量连接螺栓的装配原始长度

连杆螺栓应按规定的扭紧力矩用扭力扳手拧紧，拧紧后应测量其装配原始长度，并作好记录，以便柴油机运转一定时间后，在决定螺栓的塑性形的大小时可以参考。通常连杆螺栓塑性变形达到一定数值后即认为该螺栓必须换新。

(4)检查曲轴的臂距差

将检查结果与未装活塞连杆运动部件时臂距差值进行比较，视其有无变化。一般情况下，曲轴臂距差值受运动部件重量的影响以后稍有变化，变化范围约为 $0.01\sim 0.03\text{mm}$ ，不致使臂距差严重恶化。但若其变化甚大时，则应仔细检查并设法纠正。

(5)为了保证运动部件装配可靠和牢固，应作最后检查，并将连杆螺栓的制动垫圈、开口销、或止动螺钉等防松零件装妥，以免机器运转时发生意外事故。

六、气缸盖和配气机构的装配

Assembly of cylinder head and air inlet and outlet device

1. 气缸盖装配

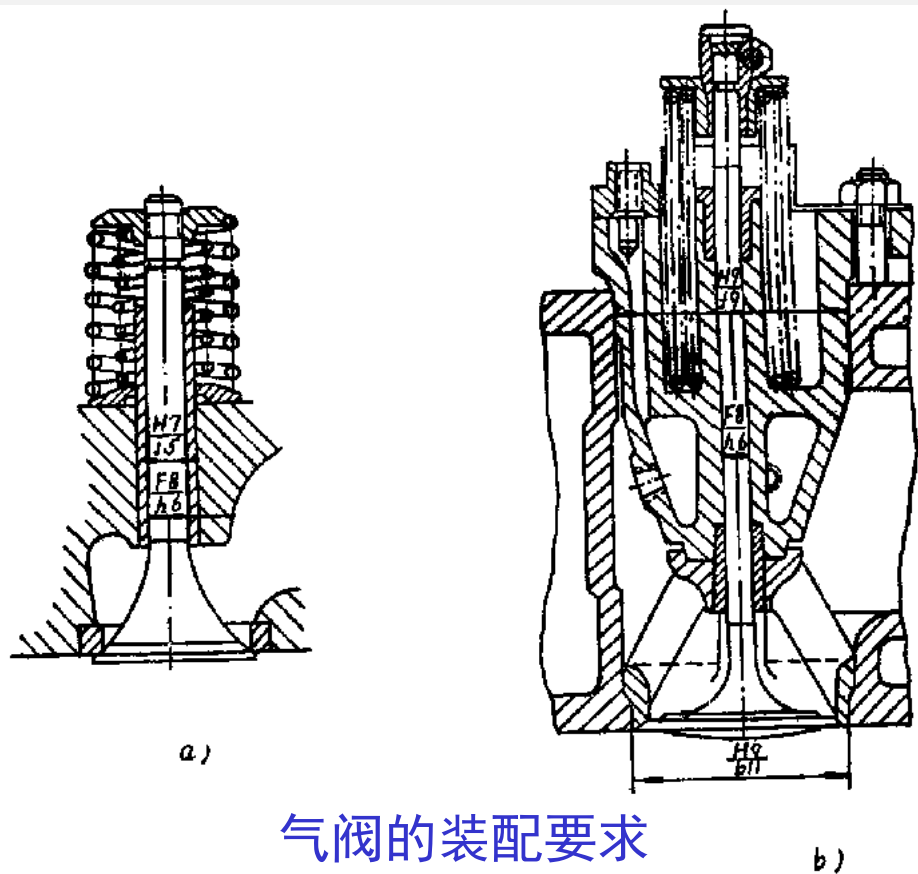
必须经液压试验合格后，再装配气缸盖部件。

(1) 气阀导管安装

气门导管与导管孔： $H7/js6$ ；

气门壳外圆与座孔： $Hg/f9$ ；

气门杆与导管内孔： $F8/h6$ 。



气缸盖装配包括部件装配（即在气缸盖上装配气门机构、喷油器及摇臂机构等）以及气缸盖装到机体上两部分工作。

在气缸盖部件装配时，必须经液压试验合格后，再在其上装配气门及其他部件。

(1) 气阀导管安装

气门机构装配时，气门导管与导管孔的配合应按H7/js6；而气门壳外圆与座孔的配合应按Hg/f9；气门杆与导管内孔的配合应按F8/h6。

气门杆与导管内孔的装配间隙不宜过大或过小。间隙过大将导致气门及气门座面磨损加剧；间隙过小将影响气门的正常工作，严重时甚至出现气门杆咬死现象。因此，在装配气门时必须进行选配。

*气缸盖和配气机构

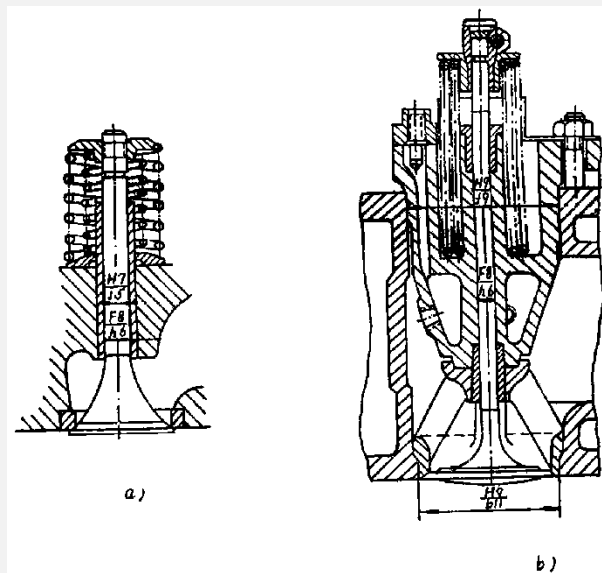


(2)气阀的研磨

- 锥形工作面接触宽度：1.5~3.0mm。一般不需研磨。
- 对研：加入少量细研磨膏和机油。

(3)喷油器安装

应注意喷油器座孔内的紫铜垫圈厚度。垫圈的厚度过大，喷油器位置升高；垫圈厚度过薄，喷油器位置降低。



(2)气阀的研磨

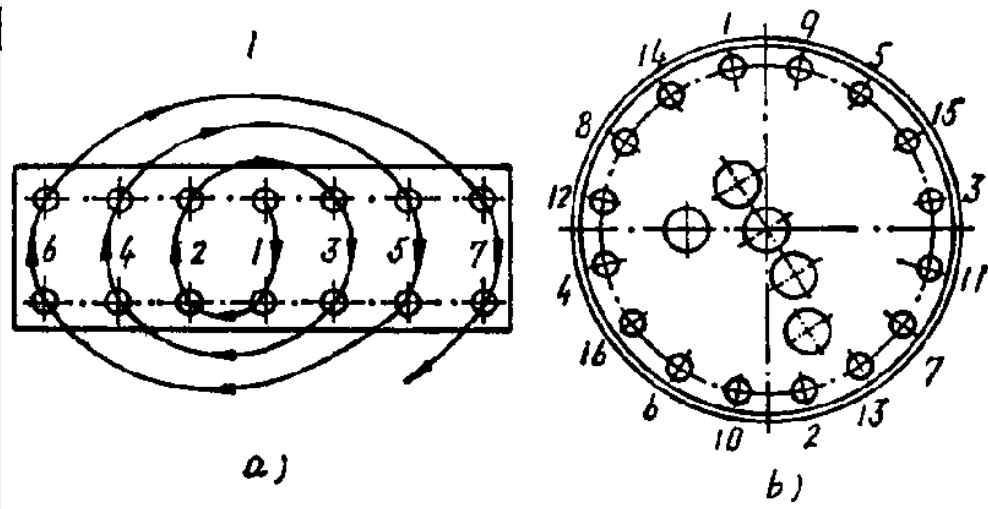
为了促使排气门关闭时能气密，气门盘锥形工作面与气门座面应有良好的贴合环带，两者的锥形工作面接触宽度通常在1.5~3.0mm之间。它是由加工精度来保证的，装配时一般不需研磨。但如果接触宽度不合要求，或局部接触不良，则在装配气门时应稍加研磨。这时是采用气门锥形面与气门座面进行对研的方法来达到的。研磨时应在其间加入少量细研磨膏和机油。

(3)喷油器安装

喷油器安装时应特别注意喷油器的装配高低位置，即应注意喷油器座孔内的紫铜垫圈厚度。垫圈的厚度过大，喷油器位置升高，将使喷射油束远离活塞中心而落到活塞的边缘甚至喷射到气缸壁上；垫圈厚度过薄，喷油器位置降低，喷射油束集中在活塞的中心。这两种情况都是不正常的，将使燃烧恶化，机器动力不足，严重时甚至引起咬缸故障。

(4) 气缸盖装到机体上

- 装紫铜垫圈垫圈，将气缸盖装上机体，拧紧螺母；
- 气缸盖装上机体后应保证压缩室高度（压铅块方法）；
- 气缸盖与机体上面的结合面之间应保持良好的气密；
- 应注意气缸盖螺母的拧紧次序。



气缸盖螺母的拧紧次序

气缸盖装到机体上

气缸盖部件装配好后，即可将其装配到机体上。其装配的主要技术要求是：

(1)气缸盖装上机体后应保证压缩室高度符合设计要求，否则将直接影响柴油机的压缩比；

(2)气缸盖与机体上面的结合面之间应保持良好的气密。

压缩室高度的检查通常用压铅块方法：

在活塞顶上放置比压缩室高度值稍厚的铅块2~3块，装上紫铜垫圈或石棉紫铜垫圈，将气缸盖装上机体，拧紧若干螺母，然后转动曲轴使活塞经过上止点位置。拆下气缸盖，取出被压扁的铅块，用游标卡尺测量铅块的厚度，取其平均值即为压缩室高度。此数值不应超过规定值的5%。

必须指出，在选取气缸盖与机体之间的垫片时，应严格按图纸规定的尺寸要求，并考虑垫圈的压缩变形量。若垫圈的厚度过厚，则使压缩室高度增大，致使压缩比减小；反之，则增大了压缩比。压缩室高度值根据不同机型有所不同。例如，135系列柴油机为1~1.4 mm，300系列柴油机为11.5~13.5mm。

气缸装配时，应注意气缸盖固定螺母的拧紧次序，使其受力均匀。对于多缸式气缸盖，应自其中部开始，按对称方向逐个向两端分三次逐渐地轮流拧紧。单体式气缸盖，应先拧四角，然后逐次对称地分2~3次逐渐地轮流拧紧。拧紧次序不正确必然会造成气缸盖与机体的连接平面受力不均匀，甚至扭曲变形，导致气缸由此向外漏气。

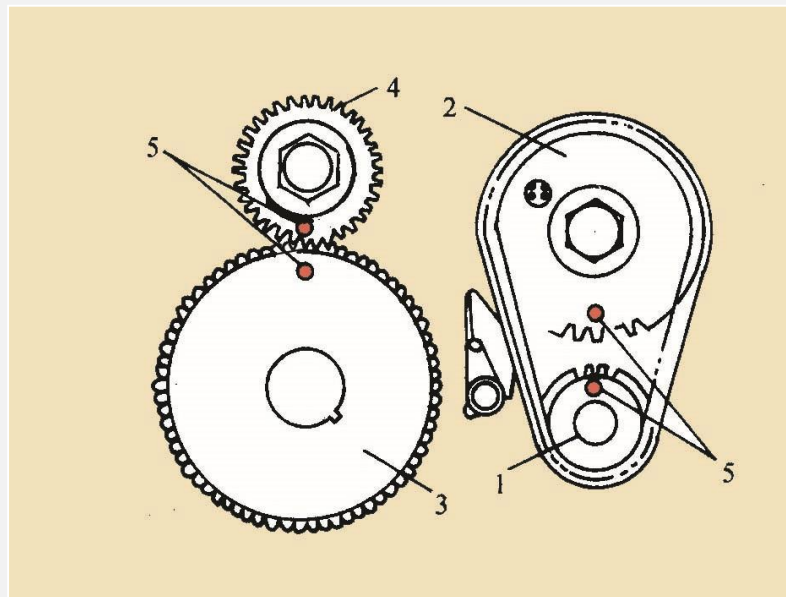
必须注意的是，拧紧气缸盖螺母时，螺母所需的拧紧程度，即拧紧力矩应该符合柴油机技术文件中规定的扭矩要求。

2. 配气机构的装配

- 包括气门、凸轮轴、顶头和推杆、摇臂等机件的装配。配气机构装好后，应检查和调整配气机构的正时刻。
- 凸轮轴的轴线应与曲轴轴线平行度误差 $\leq 0.10 \sim 0.20/1000$ ；
- 凸轮轴轴颈与轴承内孔的配合可按H7/f7。
- 每个凸轮相对于键槽的安装角度误差一般应小于 $\pm 5^\circ$

(1) 凸轮轴平行度

- 保证传动齿轮的正确啮合和凸轮工作面的正常工作。
- 用百分表或压铅丝的方法，依次地检查传动齿轮啮合时全齿宽上的齿侧间隙。



配气机构的装配包括气门、凸轮轴、顶头和推杆、摇臂等机件的装配。下面着重介绍凸轮轴的装配工作。

- 1、凸轮轴装配的主要技术要求
- 2、凸轮轴装配

凸轮轴装配的主要技术要求是：

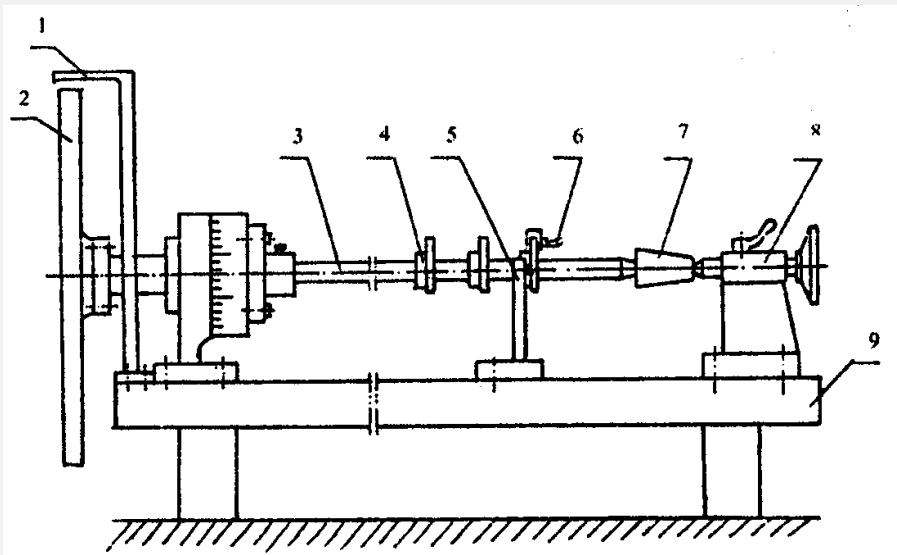
- (1)凸轮轴的轴线应与曲轴轴线平行，以保证传动齿轮的正确啮合和凸轮工作面的正常工作。其平行度误差通常 $\leq 0.10 \sim 0.20/1000$ ；
- (2)凸轮轴轴颈与轴承内孔的配合可按H7/f7。

凸轮轴装配

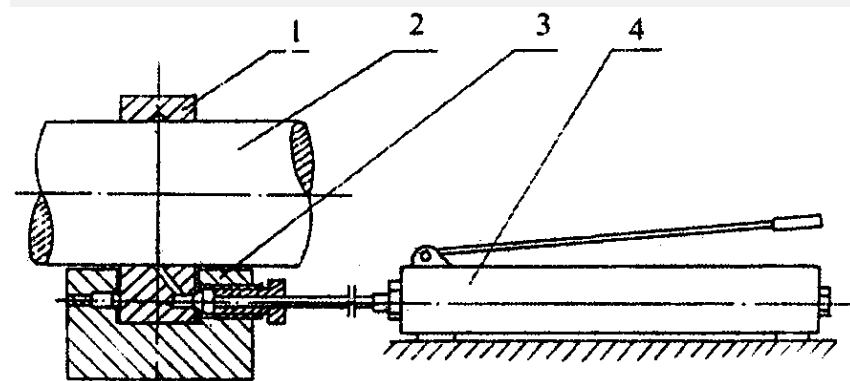
凸轮轴轴线与曲轴轴线的平行度，可通过测量和调整传动齿轮间的啮合间隙的方法来实现。这时先检查各齿轮装在有关轴上的位置是否正确，然后由曲轴齿轮开始到凸轮轴齿轮，用百分表或压铅丝的方法，顺次地检查传动齿轮啮合时全齿宽上的齿侧间隙。

(2) 凸轮轴凸轮安装角度

分为有键连接和无键连接(主要用液压套合);



凸轮相位检查台



凸轮相位调整液压工具

液压工具通过夹头和油管接头3使凸轮油孔与油泵4连接。揿动油泵手柄时即可给凸轮油孔加压，压力达到160~180 MPa左右凸轮即与刻度盘轴相对转动。在校验凸轮相位时，同时用定位环复校凸轮轴向位置，校正好以后则除去液压工具，移开固定支架。然后依次检验其他凸轮。

当测量间隙时，应盘车将曲轴转到几个位置上分别进行测量。最后按齿轮的啮合间隙，用刮研凸轮轴轴瓦的方法，调整凸轮轴轴线位置。通常传动齿轮的啮合间隙为 $0.10\sim 0.20\text{mm}$ ，例如：200系列柴油机的传动齿轮的啮合间隙为 $0.10\sim 0.20\text{mm}$ ；300系列柴油机为 $0.08\sim 0.20\text{mm}$ ；350系列柴油机为 $0.15\sim 0.20\text{mm}$ 。它与齿轮模数和齿数有关。

组合式凸轮轴分为有键连接和无键连接两种，目前主要用液压套合无键连接的结构。装配的主要要求是保证凸轮的轴向位置和凸轮之间的相位关系；每个凸轮相对于键槽的安装角度误差一般应小于 $\pm 5^\circ$ ；具有正、倒车凸轮的凸轮轴装配时还应使同一凸轮的正、倒车轮廓误差均分，若误差较大时则保证正车有较小的误差。

(1) 凸轮红套

凸轮与凸轮轴采用过盈配合，如300型柴油机过盈量为 $0.07\sim 0.095\text{mm}$ 。红套前清洗凸轮轴及凸轮并用压缩空气吹过，以达到清洁的目的，然后把凸轮轴放置在装配支架上。凸轮放在箱式电炉内，并把温度升至 280°C ，并保温一段时间，以求加热均匀。再取出依次套到凸轮轴上。凸轮的轴向尺寸由定位环控制。

(2)凸轮相位的调整

首先，要按照凸轮轴部件图编制凸轮装配卡片，以凸轮轴键槽为基准确定各凸轮的安装角度以及根据气阀开闭时间、喷油开始与終了时间确定各凸轮上、下止点相位角度，以备检验之用。如300Zcd-1型柴油机第一缸进气凸轮安装角为 303.5° ，上止点相位角为 180° ，固定支架在左侧等等。

液压工具通过夹头和油管接头3使凸轮油孔与油泵4连接。揿动油泵手柄时即可给凸轮油孔加压，压力达到160~180 MPa左右凸轮即与刻度盘轴相对转动。在校验凸轮相位时，同时用定位环复校凸轮轴向位置，校正好以后则除去液压工具，移开固定支架。然后依次检验其他凸轮。

最后用百分表检验各凸轮的上、下止点相位角及正、倒车凸轮相位误差，并测量第六缸喷油凸轮升程1mm时（开始喷油点）的安装角度，算出喷油提前角记录在卡片上，供凸轮轴总装时参考。

凸轮轴装好后，便可装配配气机构的其他零件（如气门摇臂、顶头或滚轮装置、推杆等），配气机构装好后，应检查和调整配气机构的正时刻。

练习思考题

- 影响装配的精度因素有哪些？
- 装配时，完全互换装配法、不完全（大数）互换法、直接选配法、直接选配法、分组选配法、修配法、调整法的含义是什么？
- 对于柴油机喷油针阀偶件，应该采用怎样的装配方法？请说明理由。
- 完全互换装配法优点是什么？此时解尺寸链的基本要求是什么，组成环的公差如何计算？
- 概述装配尺寸链的几种解法。
- 装配方法有哪几种，各有什么特点？
- 分组选择装配法、部分互换装配法、修配法，在解决尺寸链的方法上有何不同？
- 装配的组织形式有哪几种？请简要加以介绍。
- 叙述筒形活塞柴油机的装配工艺过程。

