



南 华 大 学
机 电 类 创 新 训 练 中 心

装配工艺

主 页

目 录

上 一 页

下 一 页

后 退

退 出



- 第一节 装配工艺制订

- 第二节 保证装配精度的方法与装配尺寸链

装配的内容

根据规定的技术要求，将零件或部件进行配合和连接，使之成为半成品或成品的过程，称为**装配**。

机器的装配是机器制造过程中最后一个环节，它包括装配、调整、检验和试验等工作。装配过程使零件、套件、组件和部件间获得一定的相互位置关系，所以装配过程也是一种工艺过程。

为保证有效地进行装配工作，通常将机器划分为若干能进行独立装配的装配单元。

零件是组成机器的最小单元。

套件是在每一个基准零件上装上一个或若干个零件构成的。

组件是在一个基准件上，装上若干零件和套件构成的



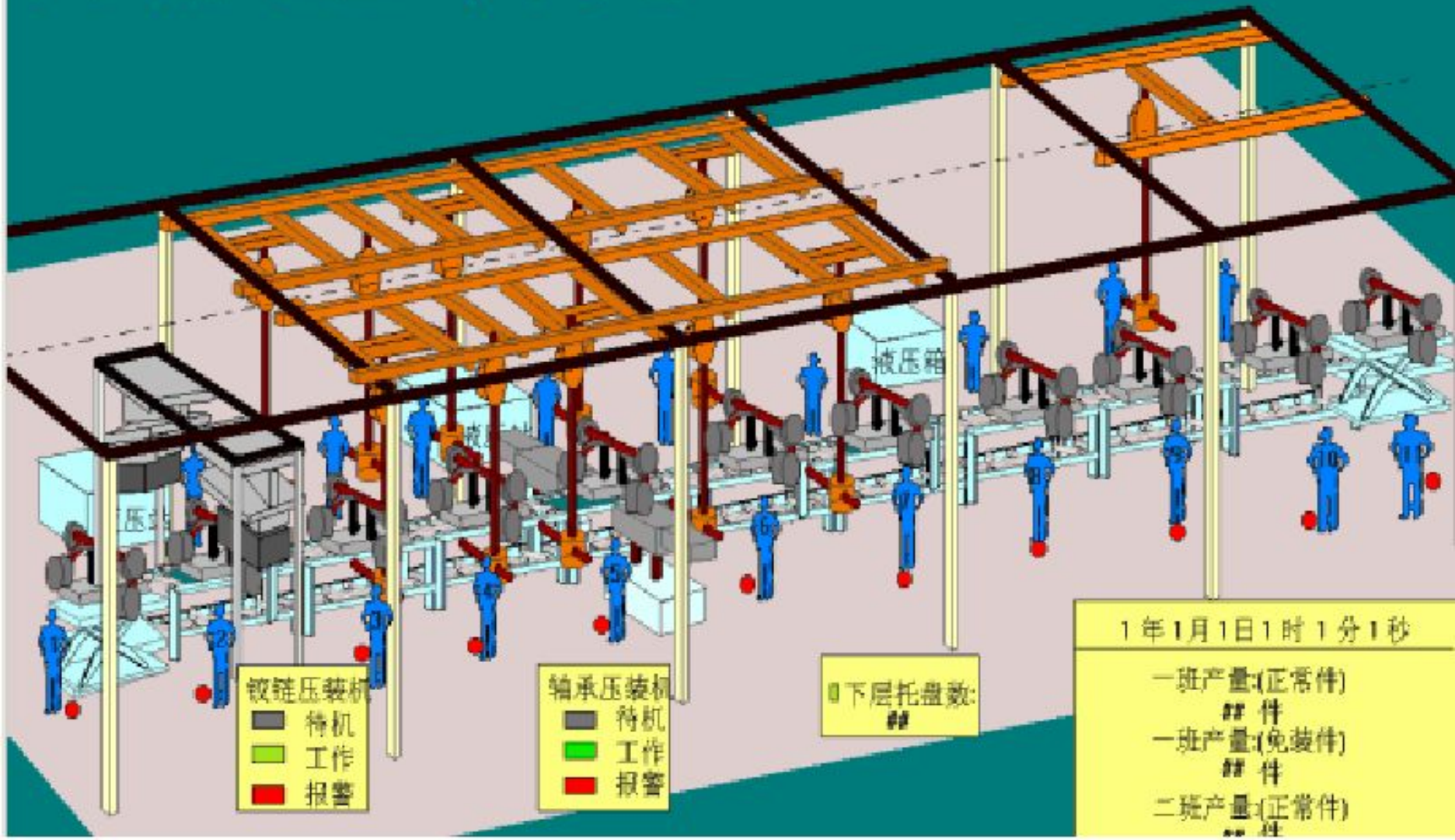
装配工艺

- 装配
- 按产品规定的技术要求，将合格零件或部件进行配合和连接，使之成为半成品或成品的工艺过程称为装配。
- 将若干个零件装配成部件的过程称部件装配；
- 把零件和部件装配成最终的产品称为总装配。

解决的问题：

- 通过分析零件精度与产品精度的关系，选择合理的装配方法、装配过程，以便达到产品规定的精度要求。

凯尔海斯后轴装配线监控系统



系统全貌



一、装配工艺制订

主 页


目 录

上一页

下一页


后 退

退 出




装配的内容

- **清洗** 为确保装配质量和延长产品的使用寿命，零件在装配前必须经过清洗，常用的清洗方法有擦洗、浸洗、喷洗等。
- **连接** 连接在装配过程中占相当大的比重。常见为两种：可拆卸连接，如螺纹连接、销连接和键连接等；不可拆卸连接，如铆接、焊接和过盈连接等。
- **校正与调整** 在装配过程中对相关零部件的相互位置的找正和相应的调整。为保证零、部件的运动精度，对运动副之间的间隙进行调整。
- **配作** 是以已加工件为基准，加工与其相配合的另一零件，或将两个（或多个）工件组合在一起进行加工的方法。一般与校正、调整工作结合进行。
- **平衡** 对于转速高、运转平稳性要求高的机械，为防止回转件质量分布不均，产生振动，须进行平衡。平衡的方法有静平衡和动平衡。
- **检验** 产品装配后必须按规定的性能指标逐项检验，并进行试运转，全部合格后才可出厂。



指定装配工艺规程的原则和步骤

- 确保产品质量 产品的质量最终是由装配保证的，有了合格的零件才能装出合格的产品。
- 若装配不当，即使高质量的零件，也不一定能装出高质量的机器。从装配过程中能发现零件在加工过程中或设计结构上存在的问题，以便进一步保证和改进产品的质量。
- 尽量减少手工劳动量 目前装配工作中的手工劳动量是很大的，特别是刮研工作。装配工作的机械化和自动化是发展趋势，用先进的装配方法来提高装配效率而缩短装配周期。
- 尽量减少装配工作所占的成本 主要考虑要减少装配的投资，合理选用装配流水线或自动线，尽量减少车间的生产面积等。



制订装配工艺规程的步骤

- 研究产品装配图和验收技术要求
- 确定装配的生产组织形式 装配的生产组织形式一般可分为固定式装配和移动式装配两种。

固定式装配：


是将产品或部件固定在一个工作地上进行，产品的位置不变，装配过程中所需的零、部件都汇集在固定场地的周围。工人进行专业分工，按装配顺序进行装配，这种方式用于成批生产或单件小批生产。

移动式装配：

将产品置于装配线上，称移动式流水装配。



- 划分装配单元、确定装配顺序 机器中能进行独立装配的部分称装配单元。任何机器都可以分为若干个装配单元，如合件、组件、部件。划分装配单元是为了便于组织平行流水装配，缩短装配周期。
- 合理选择装配方法 装配方法的选择主要根据装配的精度要求、产品结构及生产纲领而确定，
- 编制装配工艺文件



概述

□ 装配

零件或部件按一定的要求组合在一起，实现一定功能的过程。


□ 装配的结果

套件（合件）——没有相对运动关系的零件组合。

组件——实现简单运动关系，为了装配的方便性的零件组合。

部件——能独立实现一定功能，但又不作为一个独立产品使用的零件组合。

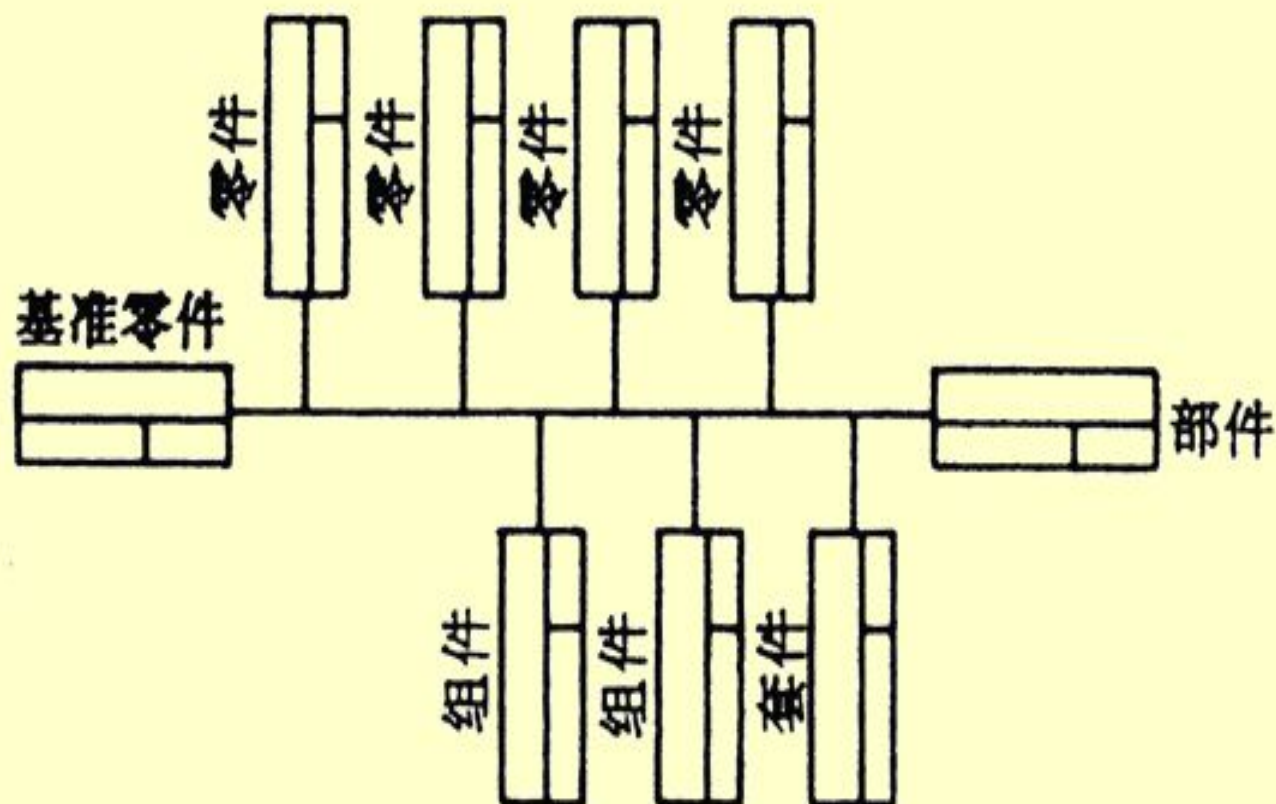
机器——完成用户功能要求，独立使用的零件组合。



装配单元

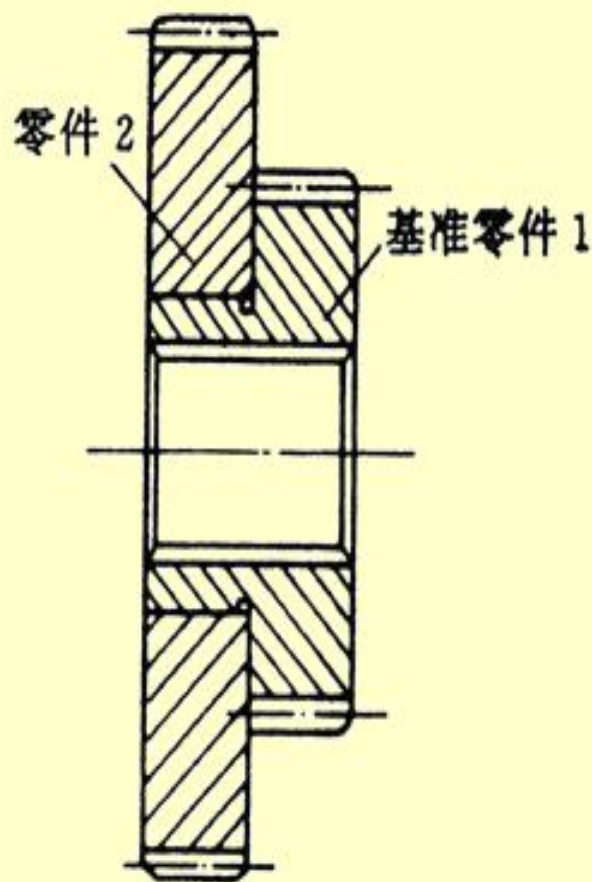
- 合件是由两个或两个以上的零件结合成的整体件，装成后一般不可拆卸，它是最小的装配单元。
- 组件是在一个基准零件上，装上若干个合件及零件的合体，组件组装后，在以后的装配中根据需要可以拆开。
- 部件是在一个基准零件上，装上若干个组件、合件及零件组合而成，部件一般可以完成某种功能。

部件：在一个基准零件上，装上若干个组件、套件和零件就构成部件。

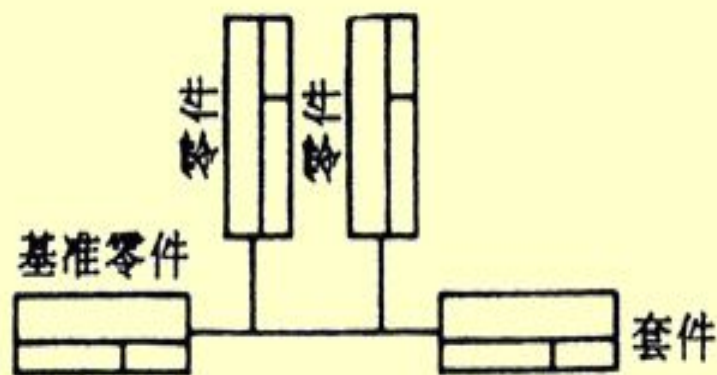


部件装配系统图

套件：在一个基准零件上，装上一个或若干个零件就构成了一个套件，它是最小的装配单元。

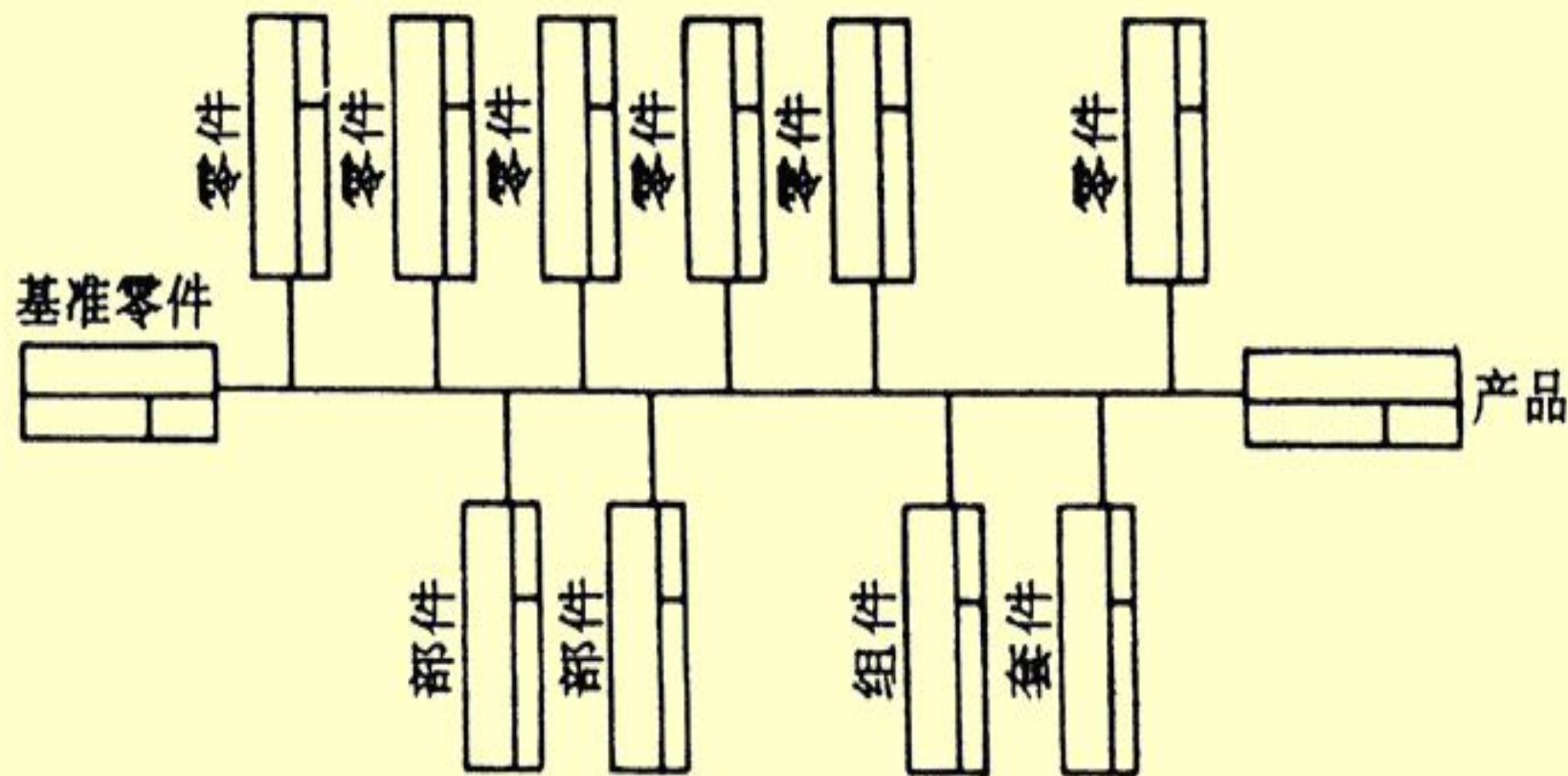


套件



套件装配系统图

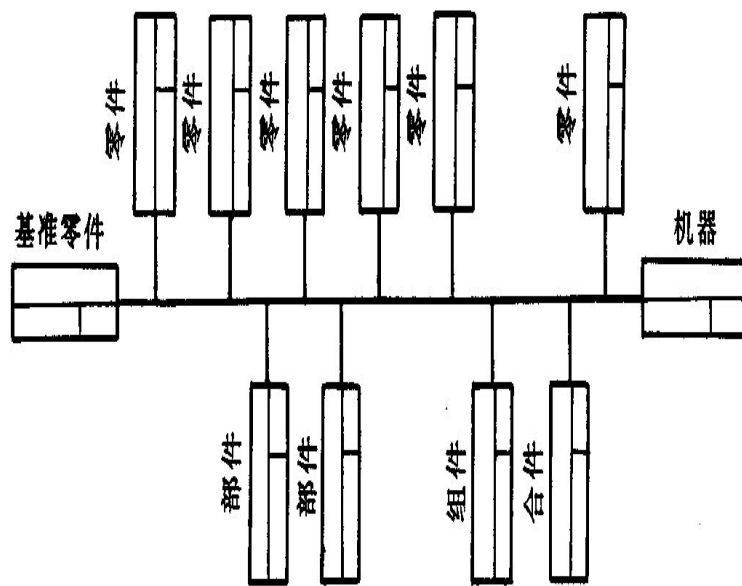
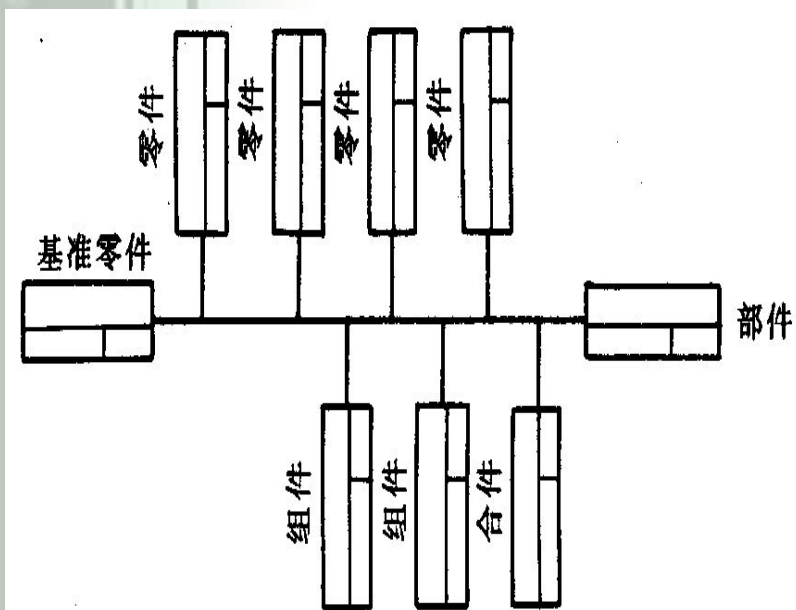
机器：在一个基准零件上，装上若干个部件、组件、套件和零件就成为机器。




机器装配系统图

装配顺序

- 装配单元的在划分基础上，确定装配顺序。
- 确定装配顺序一般按先下后上、先内后外、先难后易、先重大后轻小的规律进行。装配顺序用装配系统图表示。

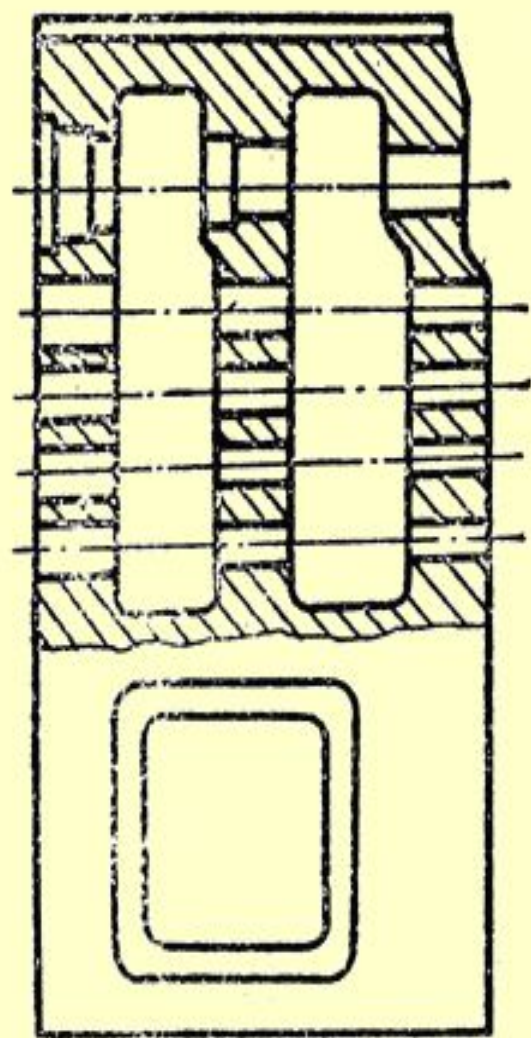




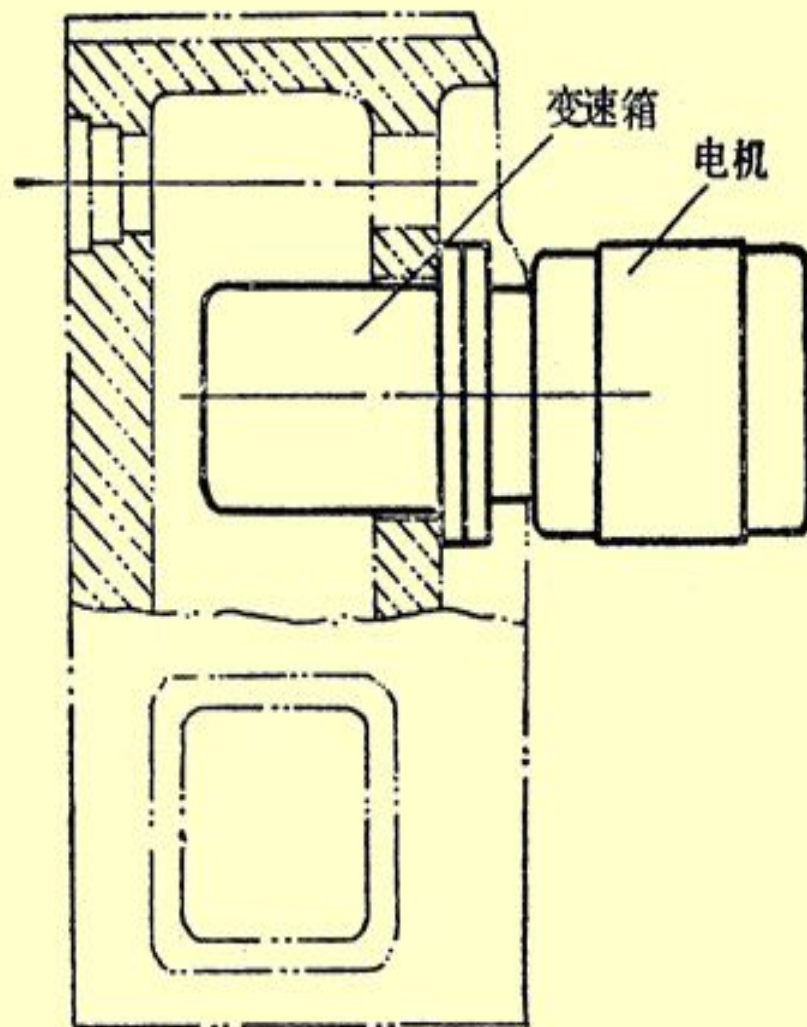
结构的装配工艺性

机器如能划分为若干独立的装配单元，就可以组织平行流水装配，使装配工作专业化，有利于装配质量的提高，缩短整个装配工作的周期，提高装配生产率。

铣床变速箱成为独立装配单元

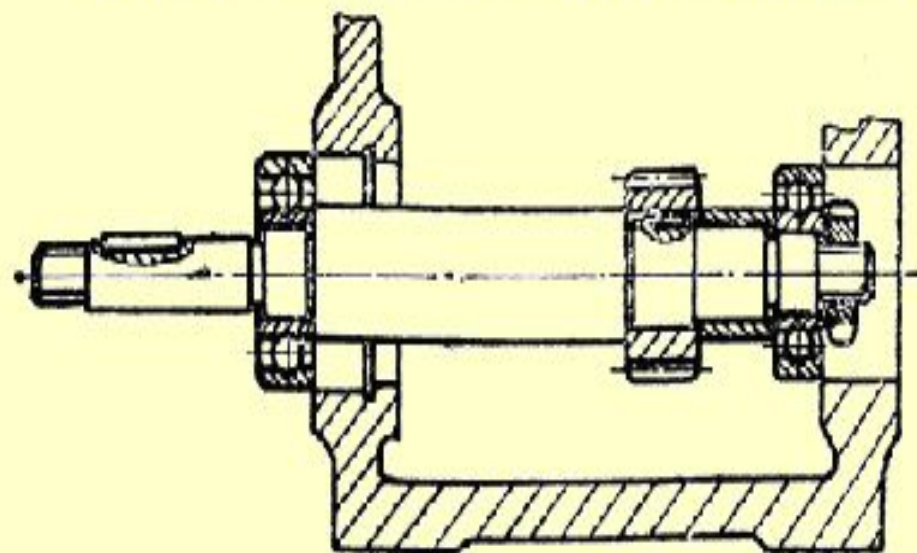


变速箱与箱体合为一体



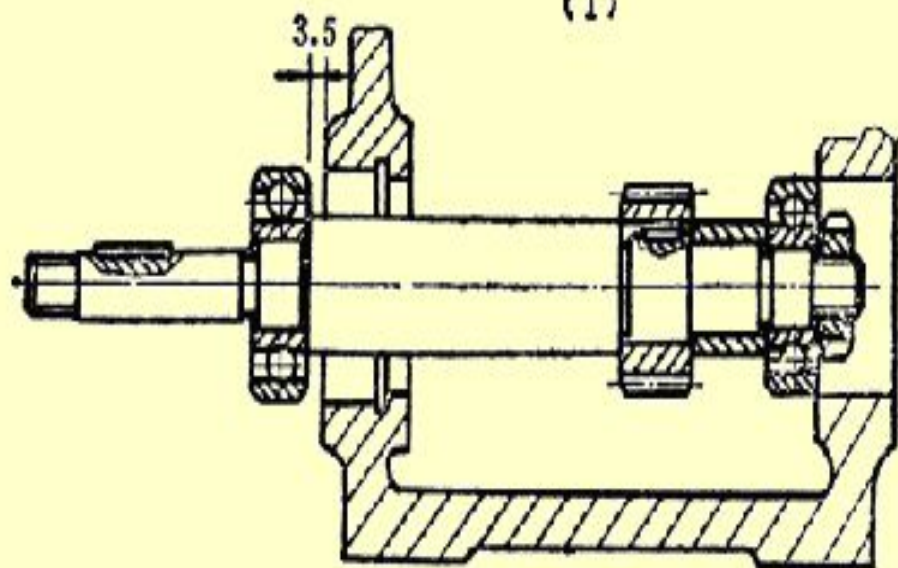
变速箱成为独立装配单元

零件相互位置对装配的影响:



(1)

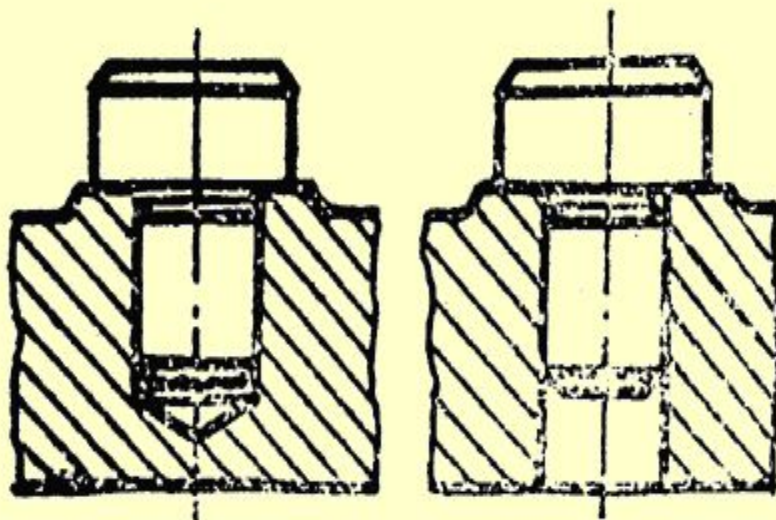
(1) 左右两端轴承同时进入箱体孔，装配时不易对准



(2)

(2) 左右两端轴承错开位置，容易对准

便于装配



无排气孔

通孔

配合精度高的定位销

主页

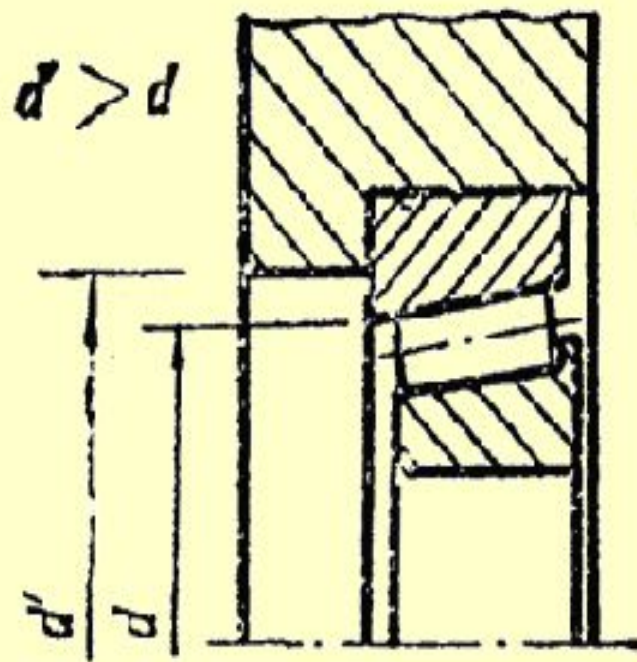
目录

上一页

下一页

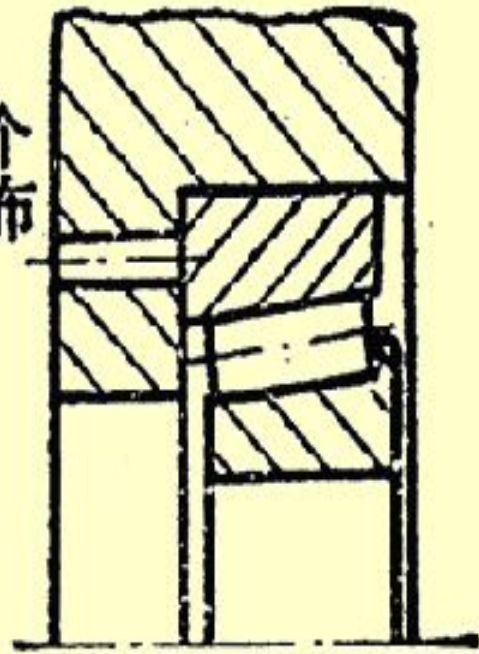
后退

退出



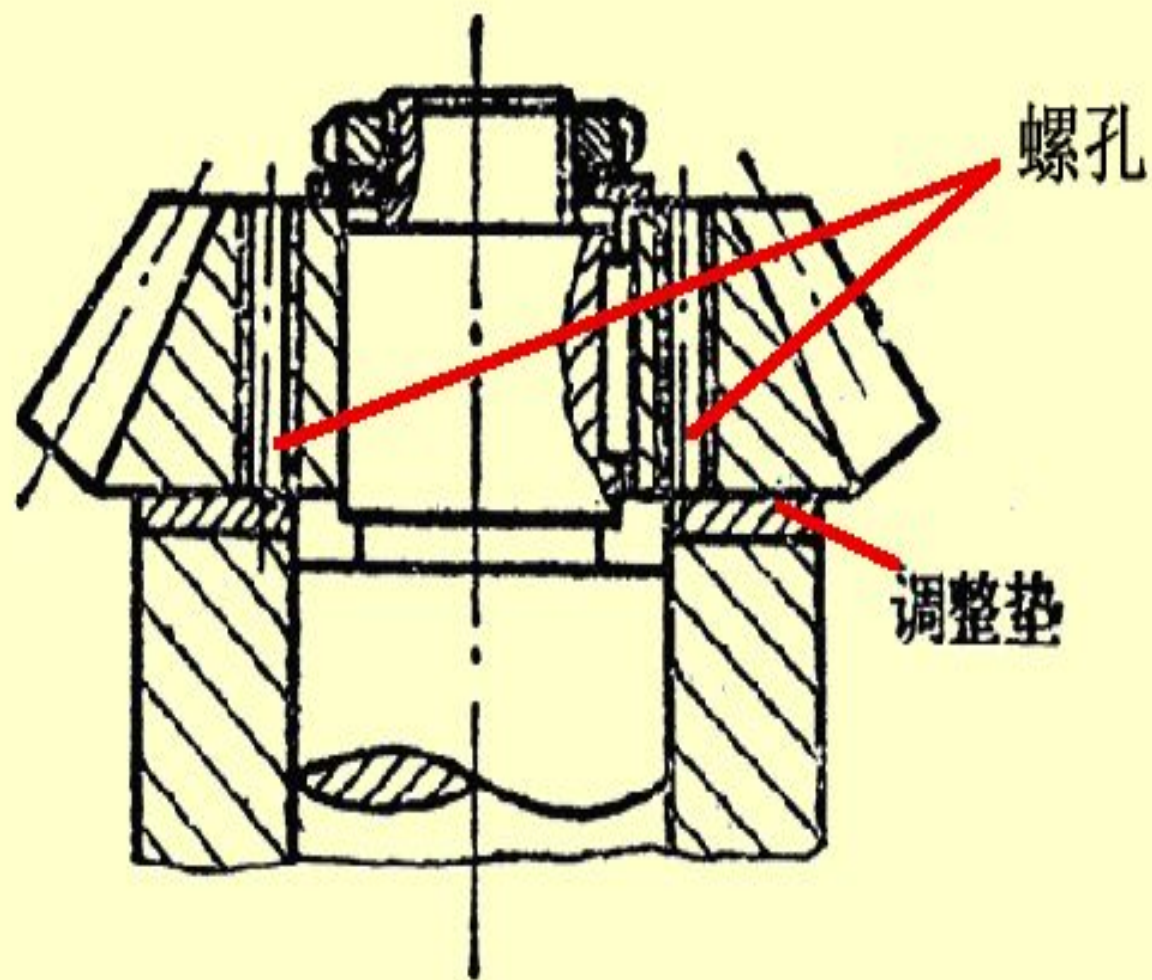
(1)

2~4个
小孔均布




(2)

滚锥轴承外环的拆卸




锥齿轮的拆卸:

留有螺纹孔, 拆卸时用螺钉顶出



装配工艺过程

- 装配工艺过程可分为多个子过程组成的过程，成树状结构。可以是由零件分别平行的组装为套件、组件、部件，然后再装配为机器。
- 装配工艺过程的详细与否与生产纲领（类型）有关。



装配工艺规程设计

□ 装配工艺规程


描述装配工艺过程的技术文件，它包括零件装配顺序规定和每一步装配技术要求和方法。

□ 装配工艺规程编制的考虑原则

产品质量保证


高的装配效率

少的工作面积




装配工艺过程卡

- 单件小批生产时，通常不需制订装配工艺过程卡和装配工序卡，而用装配系统图来代替，装配时可按装配系统图结合产品装配图进行
- 成批生产时，通常制订
- 在装配工艺过程卡上标明工序次序、简要工序内容、所需设备名称、工人的技术等级等。
- 大批大量生产时，应编写装配工序卡，在工序卡上有详细的工序内容，如设备名称、装配方法、操作过程等。它能直接指导工人进行装配。除了以上装配工艺文件外，还应有装配检验及试验卡片。



装配工艺规程的内容

- 装配单元(装配工序)的划分
- 装配方法和设备的选择
- 装配次序的确定
- 装配工时定额计算



制订装配工艺所需原始资料

- 产品的总装图和部件装配图；
- 产品验收的技术要求；
- 产品的生产纲领；
- 现有的生产条件。

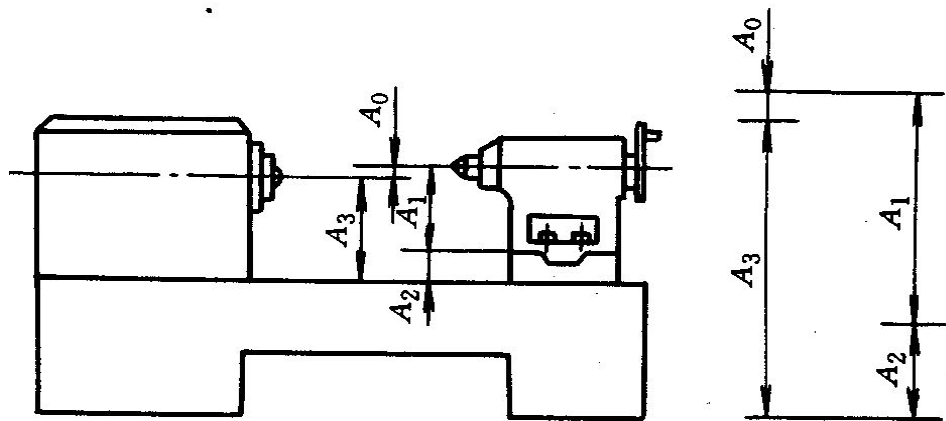


保证装配精度的方法和装配尺寸链

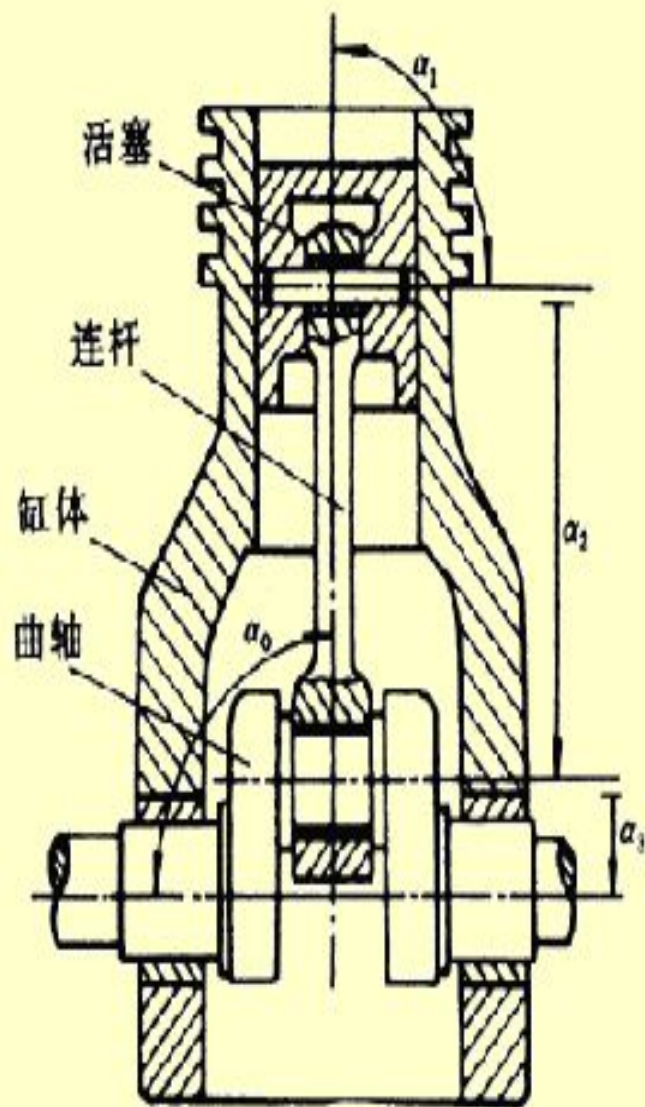
- 装配精度：
- 机械产品的装配精度是指装配后实际达到的精度。
- 为保证产品的可靠性，提高产品精度的保持性，装配精度一般应高于产品精度标准的规定。装配精度可分为几何精度和运动精度两部分
- 几何精度
- 运动精度
- 相互配合精度

几何精度

- 距离精度 是指产品中相关零、部件间的距离精度。如图12-3所示，卧式车床精度标准要求主轴锥孔中心线和尾座顶尖锥孔中心线对机床导轨的等高度，只许尾座锥孔中心高 $0\sim 0.06\text{mm}$ 。




1. 几何精度



要求活塞外圆的中心线与缸体孔中心线平行。

这是一项装配相对位置精度要求，它同活塞外圆中心线与其销孔中心线的垂直度 α_1 、连杆小头孔中心线与其大头孔中心线的平行度 α_2 、曲轴的连杆轴颈中心线与其主轴颈中心线的平行度 α_3 及缸体孔中心线与其主轴孔中心线的垂直度 α_0 有关。

单缸发动机装配相对位置精度



相互位置精度

- 是指产品中相关零、部件间的平行度、垂直度、同轴度等。如卧式车床规定的溜板箱移动对主轴中心线的平行度；溜板箱移动对尾座顶尖锥孔中心线的平行度。



运动精度

- 回转精度 机床中回转零件的径向跳动和轴向窜动，一般车床主轴的径向跳动允许在轴端处为0.01mm，在300mm处为0.02mm；轴向窜动为0.015mm。回转精度除了与主轴组件各零件的精度有关，与装配方法也有密切关系。
- 传动链精度 机床内联系传动链中对该项精度有规定要求。

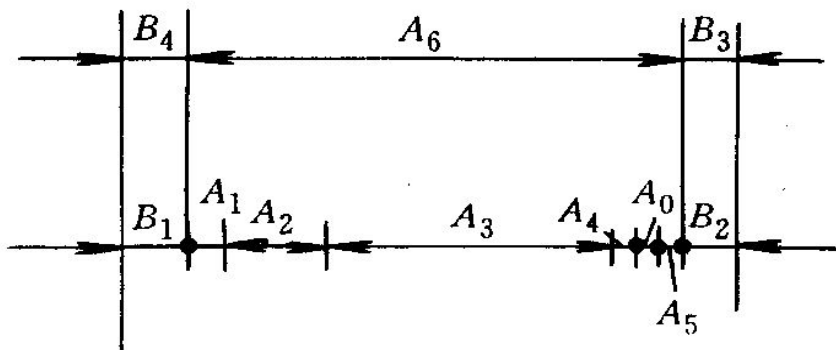
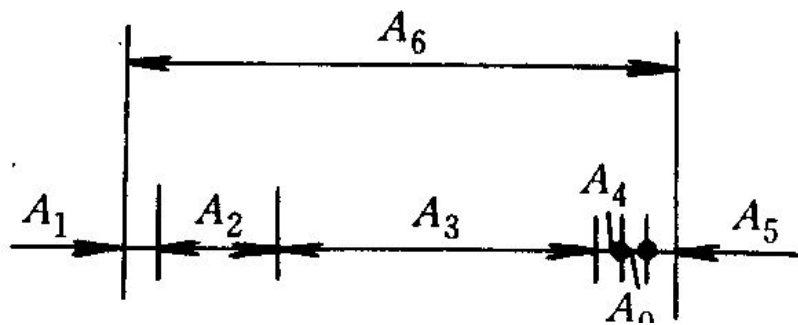
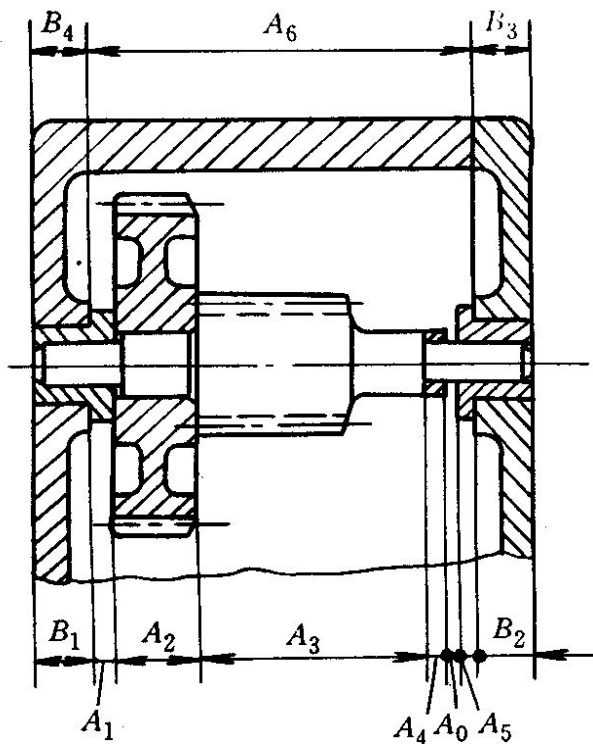


相互配合精度

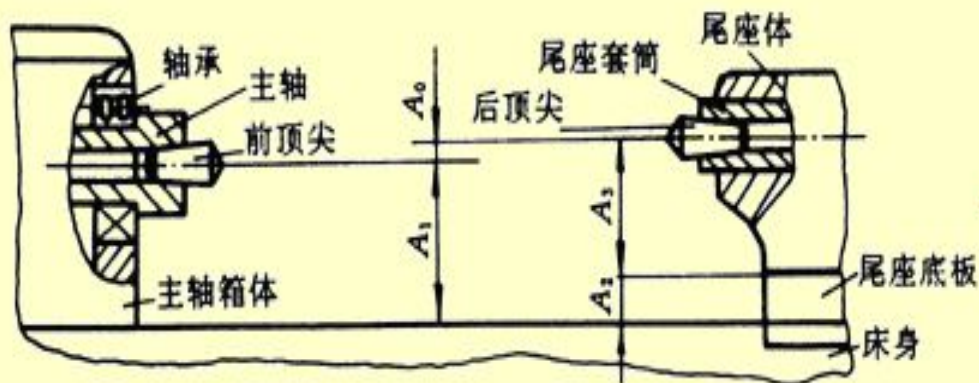
- 配合精度是指零件配合表面间的配合质量和接触质量。配合质量影响配合性质，接触质量影响产品的接触刚度，影响机械产品的几何精度和运动精度的保持性。

装配尺寸链

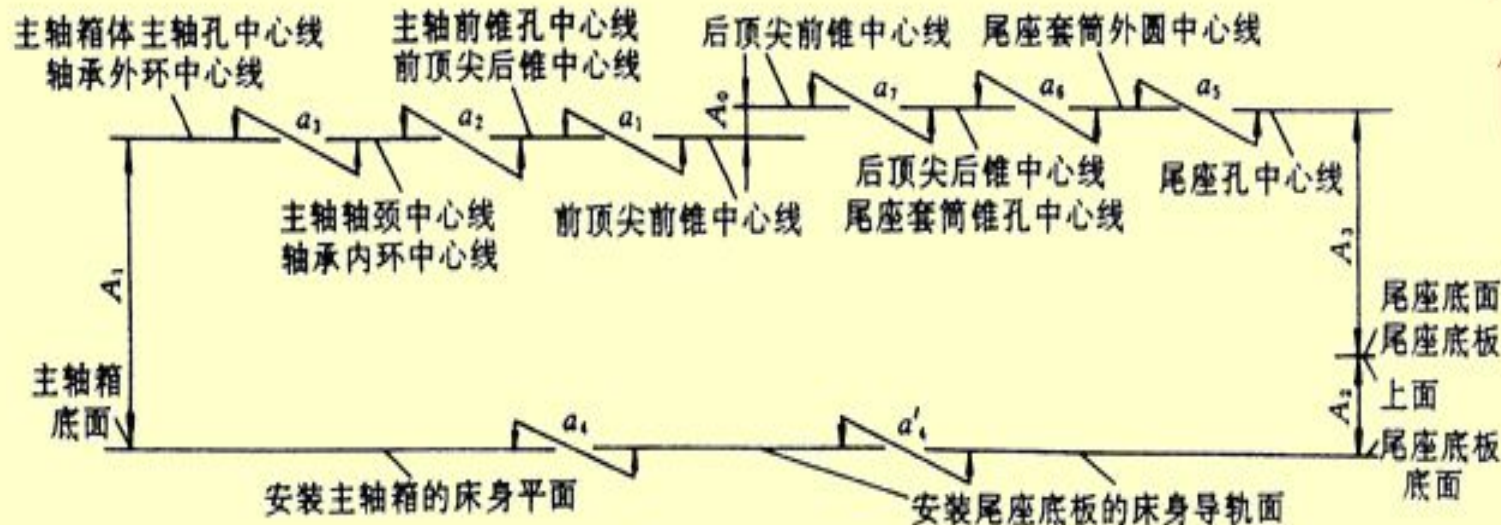
- 装配尺寸链的建立就是在装配图上，根据装配精度的要求，找出与该项精度有关的零件上相应的尺寸，并画出相应的尺寸链线图。



例：普通车床装配时要求后顶尖中心高于
主轴前顶尖中心




(a) 化简的尺寸链图




(b) 考虑相关影响因素的尺寸链图

将一些形位误差化简合并



装配尺寸链

- 对于每一个封闭环，通过装配关系的分析都可以查找其相应的装配尺寸链的组成。
- **查找方法为：**取封闭环两端的那两个零件为起点，沿装配精度要求的位置方向，以装配基准面为联系线索，分别查明装配关系中影响装配精度要求的那些有关零件及零件上的尺寸，直到封闭为止。这样所有与装配精度有关的尺寸或位置关系，就是装配尺寸链的全部组成环。
- **在建立装配尺寸链时应使环数最少，即最短路线原则。**
-
- 在装配精度要求确定的条件下，装配尺寸链中组成环数越少，则组成环所分配到的公差就越大。使各零件的加工越容易。所以，在产品结构设计时，应尽可能地使对封闭环精度有影响的有关零件数目减到最少。
- 在结构确定的条件下来组成装配尺寸链时，每一个有关零件只应有一个尺寸列入装配尺寸链。




装配尺寸链的计算方法和解题类型

- 尺寸链的计算方法
- 目前尺寸链的计算方法有两种：
- 极值法
- 概率法
- 在装配尺寸链的计算中，各组成环的尺寸是为了保证封闭环的多个相关零件上的尺寸。



计算装配尺寸链时常遇到以下三类问题：

- 已知组成环的尺寸和公差，求封闭环的尺寸及公差。
- 已知封闭环的尺寸和公差。
- 已知封闭环和部分组成环的尺寸和公差，求其余组成环的尺寸和公差。



装配精度的保证方法

- 互换装配法
 - 完全互换法
 - 大数互换法
- 选择互换法
 - 直接选择装配法
 - 分组装配法
 - 复合选配法
- 修配装配法
- 调整装配法



互换装配法

采用互换法装配时，被装配的每一个零件不需作任何挑选、修配和调整就能达到规定的装配精度要求。用互换法装配，其装配精度主要取决于零件的制造精度。

根据零件的互换程度，互换装配法可分为**完全互换装配法**和**统计互换装配法**



完全互换装配法

完全互换装配的**优点**是：装配质量稳定可靠；装配过程简单，装配效率高；易于实现自动装配；产品维修方便。

不足之处是：当装配精度要求较高，尤其是在组成环数较多时，组成环的制造公差规定得严，零件制造困难，加工成本高。

完全互换装配法**适用于**在成批生产、大量生产中装配那些组成环数较少或组成环数虽多但装配精度要求不高的机器结构。

广泛应用于汽车、拖拉机、轴承、自行车等大批大量生产的装配中。当封闭环环数较多，而封闭环的公差较小时，不宜采用完全互换法装配。

1. 完全互换法

合格的零件在进入装配时，不经任何选择、调整和修配，就可以达到装配精度。

即使当所有的增环零件都出现最大值、所有的减环零件出现最小值时，装配精度也应该合格；并且当所有的增环零件都出现最小值、所有的减环零件出现最大值时，装配精度也应合格，这样就实现了完全互换。

1. 完全互换法

封闭环的公差与各组成环的公差之间的关系是：

$$T_0 = \sum_{i=1}^m T_i$$

等公差时：

$$T_i = \frac{T_0}{m}$$



完全互换装配法

- 等精度
- 经验法

主 页

目 录

上一頁

下一頁

后 退

退 出



统计互换装配法

用完全互换法装配，装配过程虽然简单，但它是根据增环、减环同时出现极值情况来建立封闭环与组成环之间的尺寸关系的，由于组成环分得的制造公差过小常使零件加工产生困难。

完全互换法以提高零件加工精度为代价来换取完全互换装配有时是不经济的。统计互换装配法又称不完全互换装配法，其实质是将组成环的制造公差适当放大，使零件容易加工，但这会使极少数产品的装配精度超出规定要求，但这种事件是小概率事件，很少发生。尤其是组成环数目较少，产品批量大量，从总的经济效果分析，仍然是经济可行的。

统计互换装配方法的**优点**是：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。

不足之处是：装配后有极少数产品达不到规定的装配精度要求，须采取另外的返修措施。

大数互换装配方法**适用于**在大批大量生产中装配那些装配精度要求较高且组成环数又多的机器结构。

2. 不完全互换法

根据统计规律，装配时所有的零件同时出现极值的几率是很小的；而所有增环零件都出现最大值，所有的减环零件都出现最小值或者所有的增环零件都出现最小值，所有的减环零件都出现最大值的几率就更小。

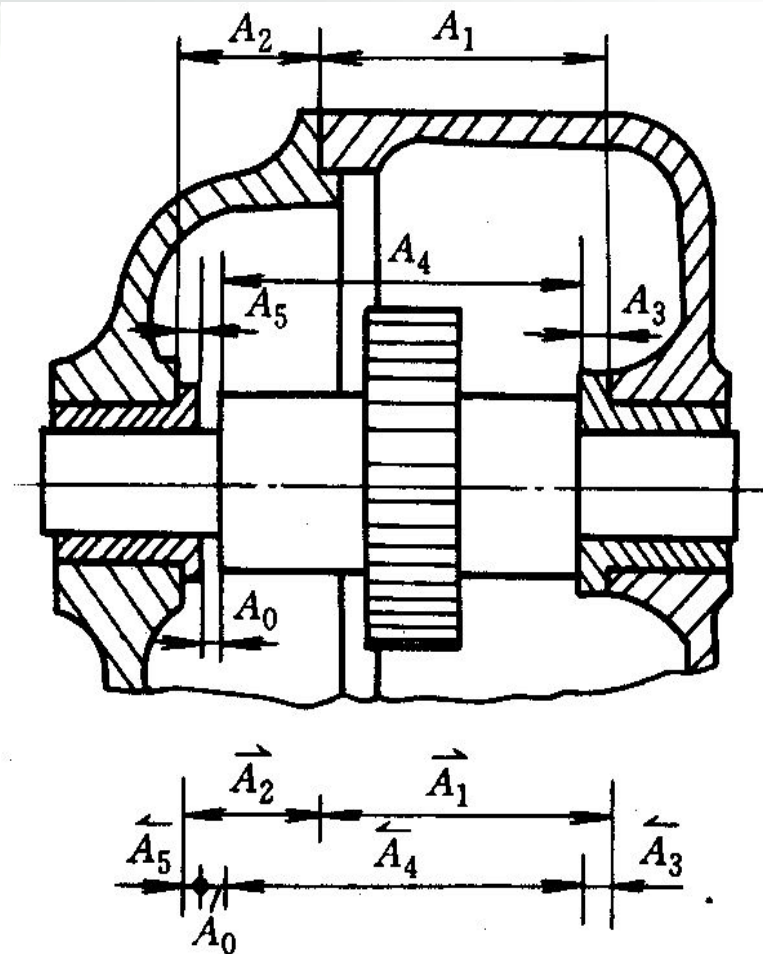
因此可以舍弃这些情况，将组成环的公差适当加大，装配时有为数不多的组件、部件或机械制品装配精度不合格，留待以后再分别进行处理，这种装配方法称之为不完全互换法。

如图所示之齿轮箱部件，装配后要求轴向间隙为 $0.2 \sim 0.7\text{mm}$ ，即 A_0 ，已知其它零件的有关基本尺寸，试确定各组成环的大小及分布位置。

$$A_0 = 0_{+0.2}^{+0.7} \quad A_1 = 122 \quad A_2 = 28$$

$$A_3 = 5 \quad A_4 = 140 \quad A_5 = 5$$

画出装配尺寸链图，并进行分析该尺寸链由六环组成，其中 A_0 为封闭环， A_1 A_2 为增环， A_3 A_4 A_5 为减环。





校核各环的基本尺寸封闭环的基本尺寸为

$$\begin{aligned} A_0 &= (\overrightarrow{A_1} + \overrightarrow{A_2}) - (\overleftarrow{A_3} + \overleftarrow{A_4} + \overleftarrow{A_5}) \\ &= (122 + 28) - (5 + 140 + 5) \\ &= 0 \end{aligned}$$

各环的基本尺寸符合要求。

确定各组成环的公差及其分布位置。为满足封闭环公差 $T_0 = 0.5 \text{ mm}$ 的要求，各组成环公差之和

$\sum T_i \leq T_0 = 0.5$ 。先按等公差法考虑各环所能分配的平均公差 T_a ，即

$$\dots\dots\dots T_a = \frac{T_0}{m} = \frac{0.5}{5} = 0.1$$

其中 m 为组成环的环数。

再根据各环加工的难易程度和尺寸的大小调整各环的公差。考虑到 A_1 、 A_2 加工较难，公差可略大； A_3 、 A_4 加工较易，其公差可规定较严。选 A_4 为协调环（在装配尺寸链中起协调作用），故确定

$T_1 = 0.16 \text{ mm}$ 、 $T_2 = 0.084 \text{ mm}$ 、 $T_3 = T_5 = 0.048 \text{ mm}$ 再按“入体原则”确定公差带的位置，

则

$$A_1 = 122_{0}^{+0.16} \text{ mm} \cdot A_2 = 28_{0}^{+0.084} \text{ mm} \cdot T_3 = T_5 = 5_{-0.048}^0 \text{ mm}$$

(4) 确定协调环的上、下偏差根据极值法上；下偏差的计算式(11-8)和式(11-9)有

$$ES_0 = ES_1 + ES_2 - EI_3 - EI_4 - EI_5$$

$$EI_4 = ES_1 + ES_2 - ES_0 - EI_3 - EI_5$$

$$\dots\dots\dots = 0.16 + 0.084 - 0.7 - (-0.048) - (-0.048) \\ = 0.36 \text{ (mm)}$$

$$\begin{aligned}
 ES_4 &= EI_1 + EI_2 - EI_0 - ES_3 - ES_5 \\
 &= 0 + 0 - 0.2 - 0 - 0 \\
 &= -0.2 \text{ (mm)}
 \end{aligned}$$

即 $A_4 = 140_{-0.36}^{-0.2} \text{ mm}$

…… 在本例中由于封闭环的公差较大，分配到各组成环的公差也较大 ($T_a = 0.1$)，零件制造精度要求不算高，所以还可以直接用等公差法进行计算。

…… 2. 大数互换法(概率解法) 当装配精度要求较高而尺寸链的组成环又较多，如用完全互换法装配，则会使得各组成环的公差很小，造成加工困难。其实采用完全互换法装配，所有零件同时出现极值是小概率事件(所有增环都达到最大值、所有减环都达到最小值，或反之)。所以采用概率法进行计算，可能存在 0.27% 的不合格品率，故此法称大数互换法或不完全互换法。

…… 现仍以图 15-5 为例进行计算。

$$T_a = \frac{T_0}{\sqrt{m}} = \frac{0.5}{\sqrt{5}} = 0.22$$

在平均公差的基础上，再考虑各组成环加工的难易程度，调整各组成环的公差如下：

…… 计算协调环 A_4 的平均尺寸，即

$$A_{0a} = (\bar{A}_{1a} + \bar{A}_{2a}) - (\bar{A}_{3a} + \bar{A}_{4a} + \bar{A}_{5a})$$

$$\dots\dots\dots 0.45 = (122.2 + 28.1) - (4.96 + \bar{A}_{4a} + 4.96)$$

$$A_{4a} = 139.93 \text{ (mm)}$$

$$\dots\dots\dots \therefore A_4 = A_{4a} \pm \frac{T_4}{2} = 139.93 \pm 0.096 \text{ (mm)}$$

$$\dots\dots\dots \text{即 } A_4 = 140_{-0.166}^{+0.026} \text{ (mm)}$$

…… 从上面的计算可以看出：在封闭环公差一定的情况下，利用大数互换法装配其组成环的公差比完全互换法装配时组成环的公差加大（组成环的平均公差扩大了 \sqrt{m} 倍）。组成环零件的加工变得容易了。

$$T_1 = 0.4 \text{ mm}, T_2 = 0.2 \text{ mm}, T_3 = T_5 = 0.08 \text{ mm}$$

……为了满足 $T_0 = \sqrt{\sum_{i=1}^m T_i^2}$ 的要求，协调环 A_4 的公差按该式进行计算。即

$$0.5^2 = 0.4^2 + 0.2^2 + 0.08^2 + 0.08^2 + T_4^2$$

$$T_4 = 0.192 \text{ (mm)}$$

按“入体原则”确定组成环的公差带位置，即

$$A_1 = 122_0^{+0.4} \text{ mm}, A_2 = 28_0^{+0.2} \text{ mm}, A_3 = A_5 = 5_{-0.08}^0 \text{ mm}$$


考虑到用概率法进行计算时，按对称公差算法比较方便。将各环用对称公差表示，即

$$A_0 = 0_{+0.2}^{+0.7} = 0.45 \pm 0.25 \text{ mm}$$

$$A_1 = 122_0^{+0.4} = 122.2 \pm 0.2 \text{ mm}$$

$$A_2 = 28_0^{+0.2} = 28.1 \pm 0.1 \text{ mm}$$

$$A_3 = A_5 = 5_{-0.08}^0 = 4.96 \pm 0.04 \text{ mm}$$



选择装配法

- 当装配精度很高，用互换法装配无法满足要求时，即组成环的公差很小难于加工，可使用。选择装配法就是将组成环的公差放大到经济加工精度，通过选择合适的零件进行装配，以保证达到规定装配精度的方法。
- 1. **直接选配法** 由工人凭经验从待装配的零件中选择合适的零件进行装配，装配质量在很大程度上决定于工人的技术水平和经验，但装配的生产率低。
- 2. **分组装配法** 将组成环的公差按完全互换法装配算出后放大数倍，达到经济精度公差数值。零件加工后测量实际尺寸的大小，并进行分组，相对应组进行互换装配以达到规定的装配精度。由于组内零件可以互换，又称分组互换法。



分组装配法

在大批大量生产中，装配那些精度要求特别高同时又不便于采用调整装置的部件，若用互换装配法装配，组成环的制造公差过小，加工很困难或很不经济，此时可以采用分组装配法装配。采用分组装配法装配时，组成环按加工经济精度制造，然后测量组成环的实际尺寸并按尺寸范围分成若干组，装配时被装零件按对应组号进行装配，达到装配精度要求。

采用分组法装配最好能使两相配件的尺寸分布曲线具有完全相同的对称分布曲线，如果尺寸分布曲线不相同或不对称，则将造成各组相配零件数不等而不能完全配套，造成浪费。采用分组法装配时，零件的分组数不宜太多，否则会因零件测量、分类、保管、运输工作量的增大而使生产组织工作变得相当复杂。

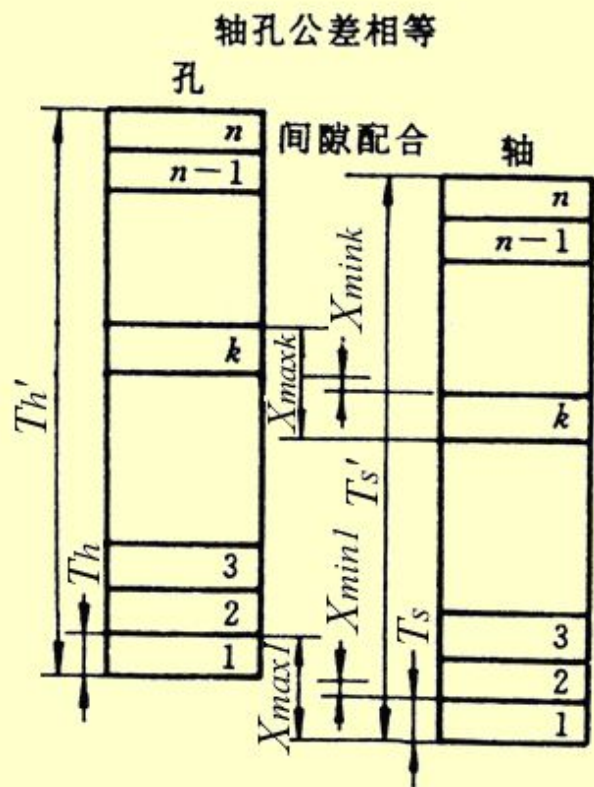
分组法装配的主要**优点**是：零件的制造精度不高，但却可获得很高的装配精度；组内零件可以互换，装配效率高。**不足之处**是：增加了零件测量、分组、存贮、运输的工作量。分组装配法**适用于**在大批大量生产中装配那些组成环数少而装配精度又要求特别高的机器结构。



分组法

- 配合件的公差应相等，公差增大时要向同方向增大，增大的倍数就是要分的组数。这样分组装配后，各组的配合精度与配合性质才能符合原来的要求。
- 零件分组后，应保证装配时相配合零件在数量上能够匹配。如果各组成环的尺寸均呈正态分布，则相配合零件可以匹配，否则将产生各对应组零件数量差别太多而不能配套。对于不匹配的零件有一定的数量后，可专门加工一批零件与之相匹配。
- 分组数不宜太多，否则不便管理。 分组数只要使零件的制造精度达到经济加工精度就可以了。
- 分组互换法多用于封闭环精度要求较高的短环尺寸链。一般组成环只有2~3个，通常用于汽车、拖拉机及轴承制造业等大批量生产中。
- 复合选配法 是分组装配法和直接选配法的复合，即零件加工后预先测量分组，装配时在各对应组进行直接选配。这种方法可以达到比较高的装配精度 。

分组法



轴孔公差相等时的分组互换法

轴、孔的公差为 T_s , T_h

$$T_s = T_h = T$$

将制造公差同方向增大 n 倍

$$T_s' = nT_s, \quad T_h' = nT_h$$

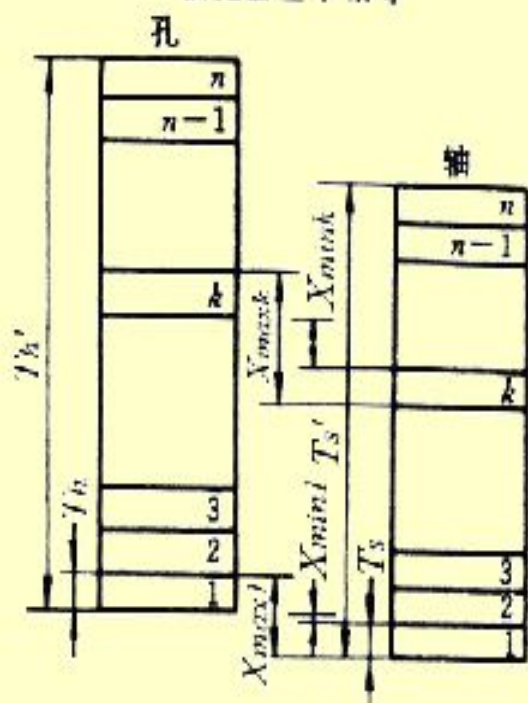
加工完成后, 检测实际尺寸,

再将 T_s' 和 T_h' 分成 n 组

相应组的 T_s 和 T_h 进行装配

轴孔公差相等

任意第k组:



最大间隙:

$$X_{\max k} = X_{\max 1} + (k-1)T_h - (k-1)T_s = X_{\max 1} + (k-1)(T_h - T_s)$$

最小间隙:

$$X_{\min k} = X_{\min 1} + (k-1)T_h - (k-1)T_s = X_{\min 1} + (k-1)(T_h - T_s)$$

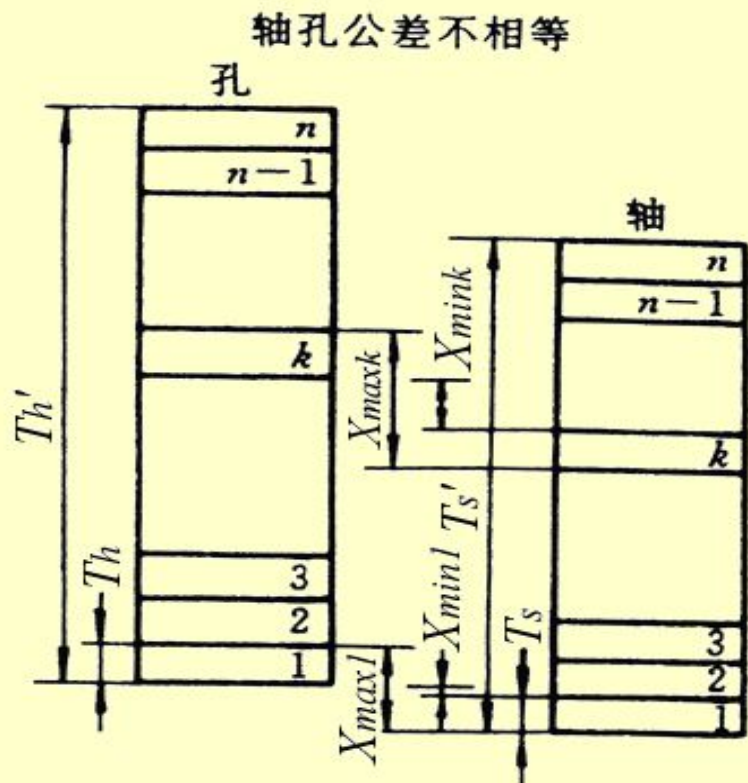
配合精度:

$$T_k = \frac{X_{\max k} - X_{\min k}}{2} = \frac{[X_{\max 1} + (k-1)(T_h - T_s)] - [X_{\min 1} + (k-1)(T_h - T_s)]}{2}$$

$$= \frac{X_{\max 1} - X_{\min 1}}{2} = \frac{T_h + T_s}{2} = T$$

配合精度不变, 但配合性质改变了, 所以一般来说
两配合件公差相等时, 不能用分组法。

分组法



此时轴、孔公差相等

即： $T_h \neq T_s$

轴孔公差相等时的分组互换法

如图 12-6 所示的活塞销与活塞的装配关系，配合要求最大过盈量为 0.0075mm，最小过盈量为 0.0025mm。若采用完全互换法的极值法计算，以等公差规定活塞销外径 $\phi 28_{-0.0100}^{-0.0075}$ mm，活塞销孔的孔径为 $\phi 28_{-0.0150}^{-0.01250}$ mm，销与销孔的平均公差为 0.0025mm。按此公差制造是很不经济的。实际生产中将轴、孔的公差放大 4 倍，即活塞销为 $\phi 28_{-0.010}^0$ mm，活塞销孔 $\phi 28_{-0.0150}^{-0.0050}$ mm。这样活塞销外圆用无心磨、活塞销孔可用金刚镗等高效率加工方法。加工后用精密量仪测量其实际尺寸，并按尺寸的大小分成四组，分别涂上不同的颜色加以区别。以便进行分组装配。具体分组见表 12-1。

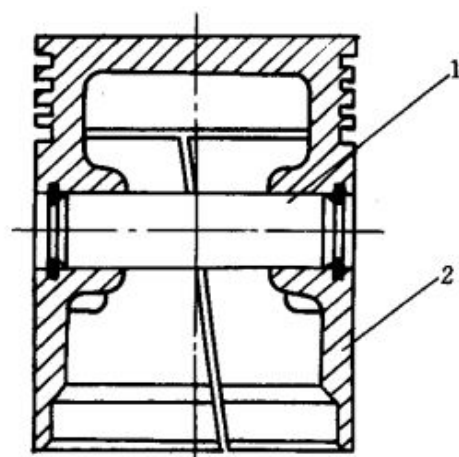


图 12-6 活塞与活塞销组件图

1—活塞销 2—活塞



组别	标志颜色	活塞销直径	活塞销孔直径	配合情况	
				最小过盈	最大过盈
一组	白	$\phi 28^{0}_{-0.0025}$	$\phi 28^{-0.0050}_{-0.0075}$	0.0025	0.0075
二组	绿	$\phi 28^{-0.0025}_{-0.0050}$	$\phi 28^{-0.0075}_{-0.0100}$	0.0025	0.0075
三组	黄	$\phi 28^{-0.0050}_{-0.0075}$	$\phi 28^{-0.0100}_{-0.0125}$	0.0025	0.0075
四组	红	$\phi 28^{-0.0075}_{-0.0100}$	$\phi 28^{-0.0125}_{-0.0150}$	0.0025	0.0075




修配装配法

在单件生产、小批生产中装配那些装配公差要求高、组成环数又多的机器结构时，常用**修配法装配**。

采用修配法装配时，各组成环均按该生产条件下经济可行的精度等级加工，装配时封闭环所积累的误差，势必会超出规定的装配精度要求；

为了达到规定的装配精度，装配时须修配装配尺寸链中某一组成环的尺寸(此组成环称为修配环)。为减少修配工作量，应选择那些便于进行修配的组成环做修配环。在采用修配法装配时，要求修配环必须留有足够但又不是太大的修配量。

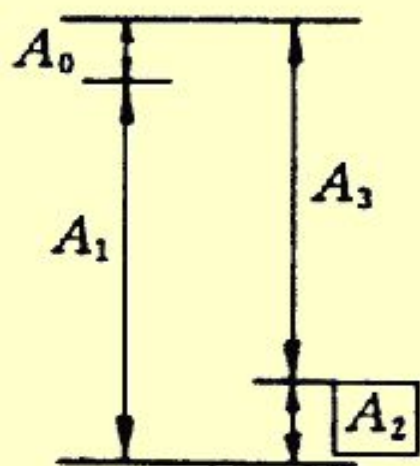
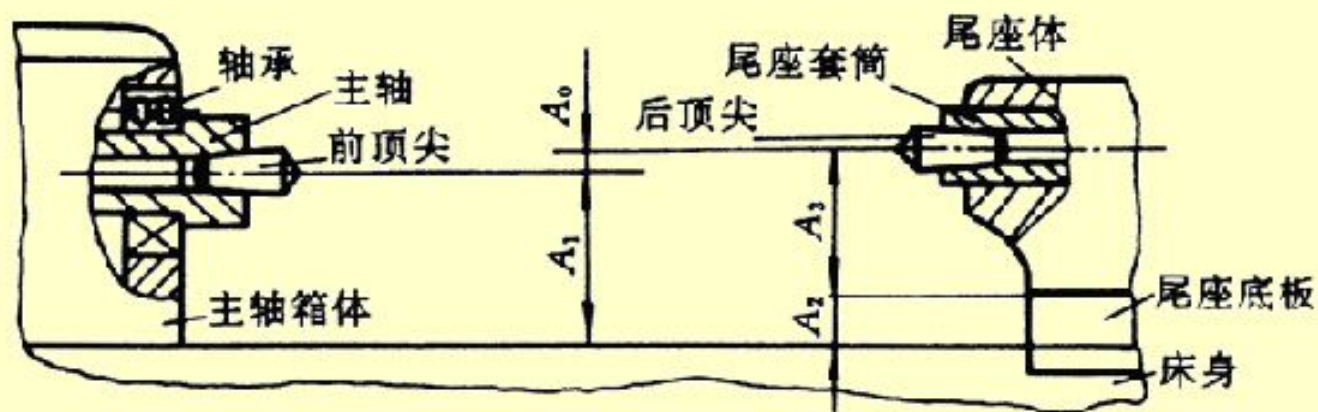
修配装配法的主要**优点**是：组成环均可以加工经济精度制造，但却可获得很高的装配精度。**不足之处**是：增加了修配工作量，生产效率低；对装配工人的技术水平要求高。修配装配法**适用于**单件小批生产中装配那些组成环数较多而装配精度又要求较高的机器结构。



修配环的选择应注意以下原则

- 选易于修配且装卸方便的零件；
- 若有并联尺寸链，选非公共环，否则修配后，保证了一个尺寸的装配要求，但又破坏了另一个尺寸链的装配精度要求；
- 选不进行表面处理的零件，以免破坏表面处理层。
- 修配法解尺寸链的主要问题是合理确定修配环公差带的位置，使修配时有足够的而又尽可能小的修配余量。修配环被修配后对封闭环尺寸变化的影响有两种情况：一种是使封闭环尺寸变小，另一种是使封闭环尺寸变大。

例一：修配环是增环的情况

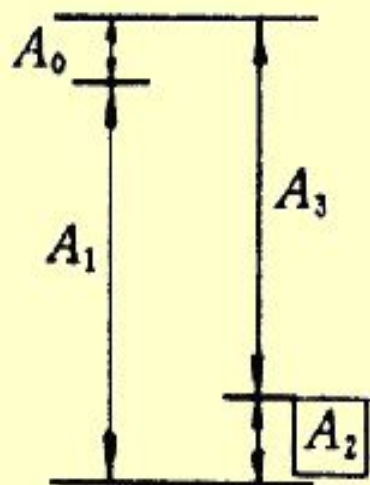
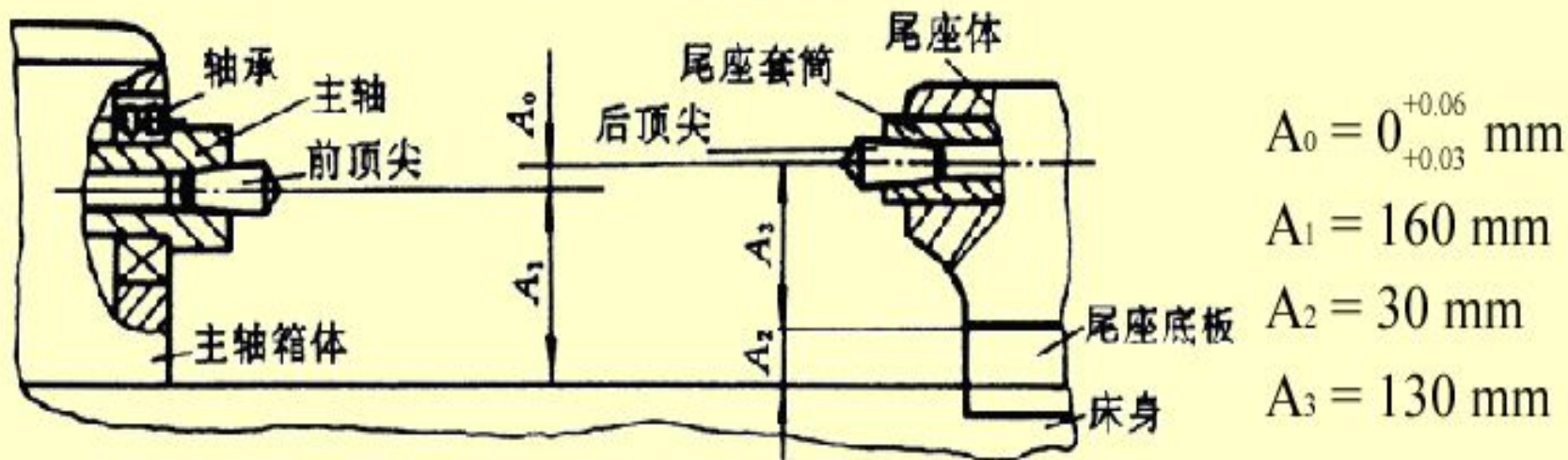


$$A_0 = 0 \begin{matrix} +0.06 \\ +0.03 \end{matrix} \text{ mm}$$

$$A_1 = 160 \text{ mm}$$

$$A_2 = 30 \text{ mm}$$

$$A_3 = 130 \text{ mm}$$

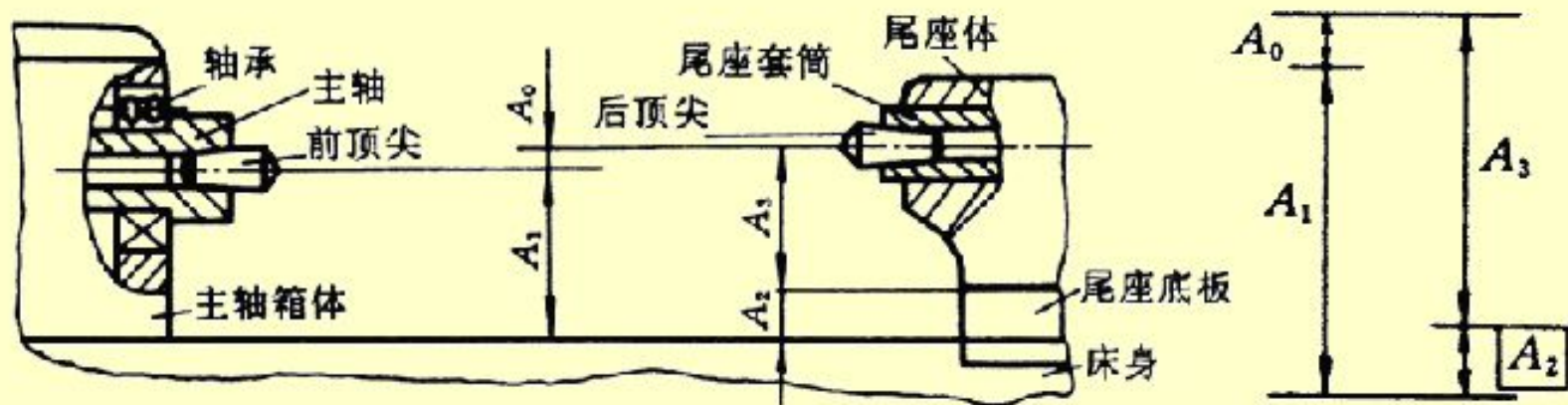


此项精度如用完全互换法求解，按等公差算法：

$$T_1 = T_2 = T_3 = \frac{0.03}{3} = 0.01 \text{ mm}$$

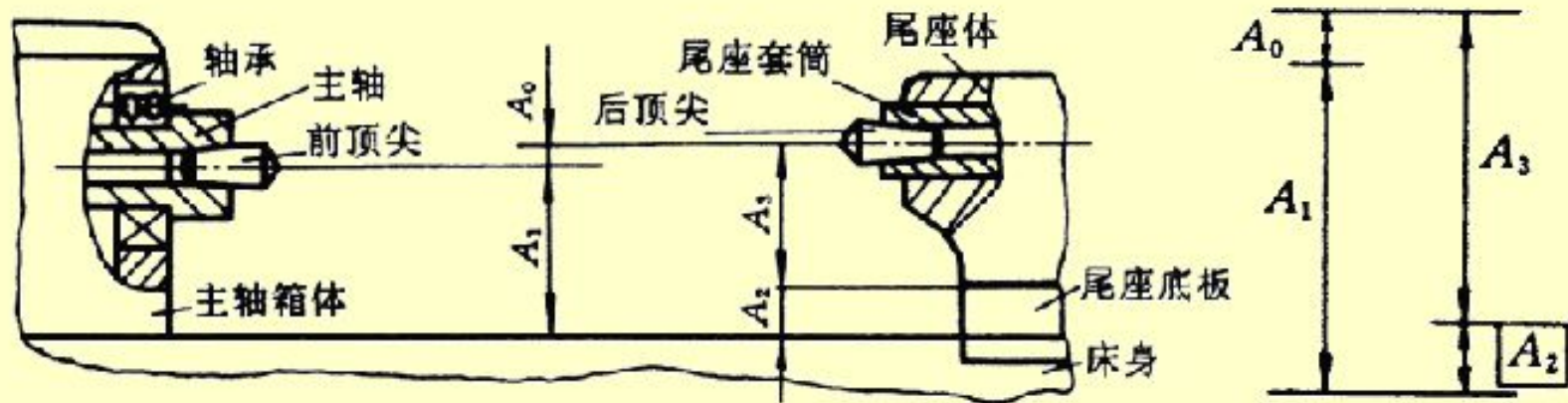
零件精度要求较高，达到这样高的加工精度困难。

采用修配法装配。



由于尾架底板修配加工方便，故选取 A_2 为修配环。

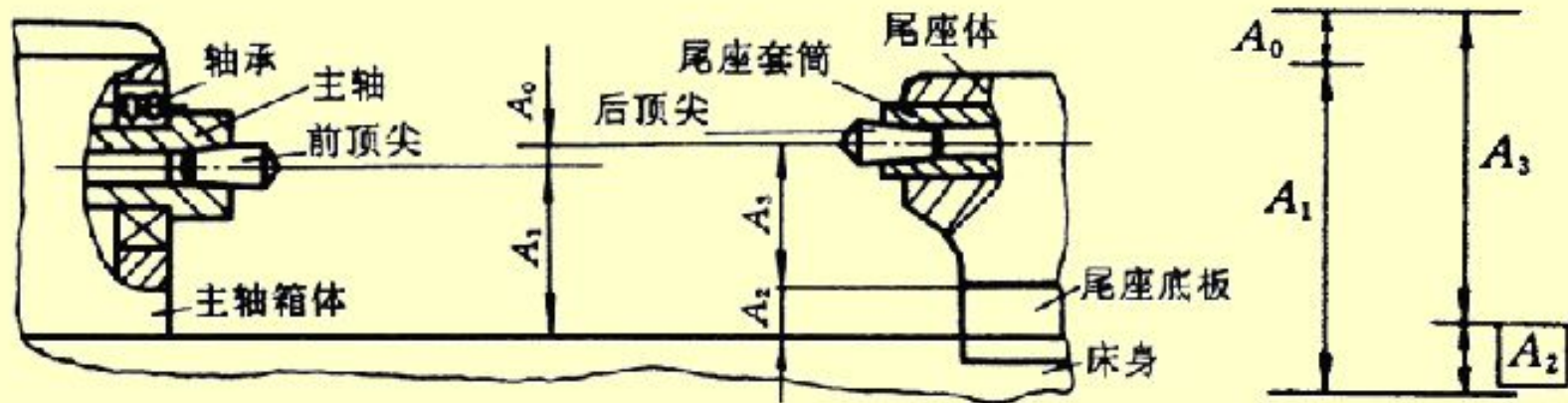
A_2 环是一个增环，修刮它时会使封闭环 A_0 尺寸减小。



(2) 修配环基本尺寸的确定

目的是保证修配环有大于等于零的修配量。
 即：封闭环为下限时， A_2 最小应为多少。

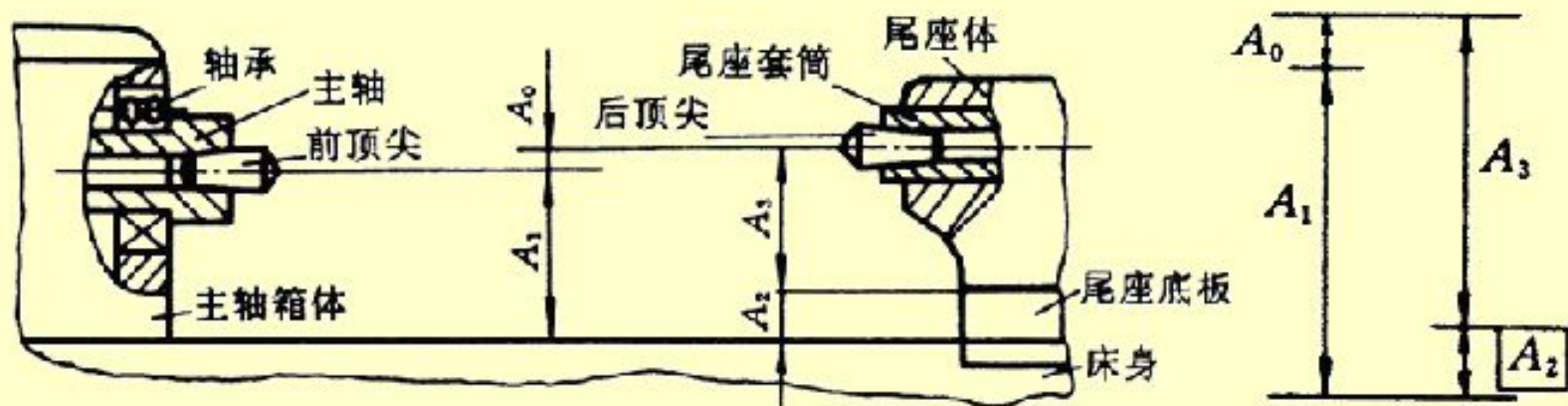
（因 A_2 为增环，如 A_2 再减小，封闭环将小于下
 限值，超差，无修配量）



$A_0' = 0_{-0.2}^{+0.4} \text{ mm}$ 与原来的封闭环要求值 $A_0 = 0_{+0.03}^{+0.06} \text{ mm}$ 比较:

出现下偏差 E_{I_0}' 时, $E_{I_0}' = -0.2 < E_{I_0} = +0.03$, 尺寸比原要求的封闭环下限值 E_{I_0} 小。这时由于修配环 A_2 是增环, 再修配减小它的尺寸只能使封闭环尺寸更小、更超差以致于没有修配量。

因此必须增大修配环 A_2 的基本尺寸使 $E_{I_0}' \geq E_{I_0}$, 这样使 A_2 有足够的修配量, 在装配时可以保证修配 A_2 满足 A_0 的要求。



修配环基本尺寸的增加值 ΔA_2 为:

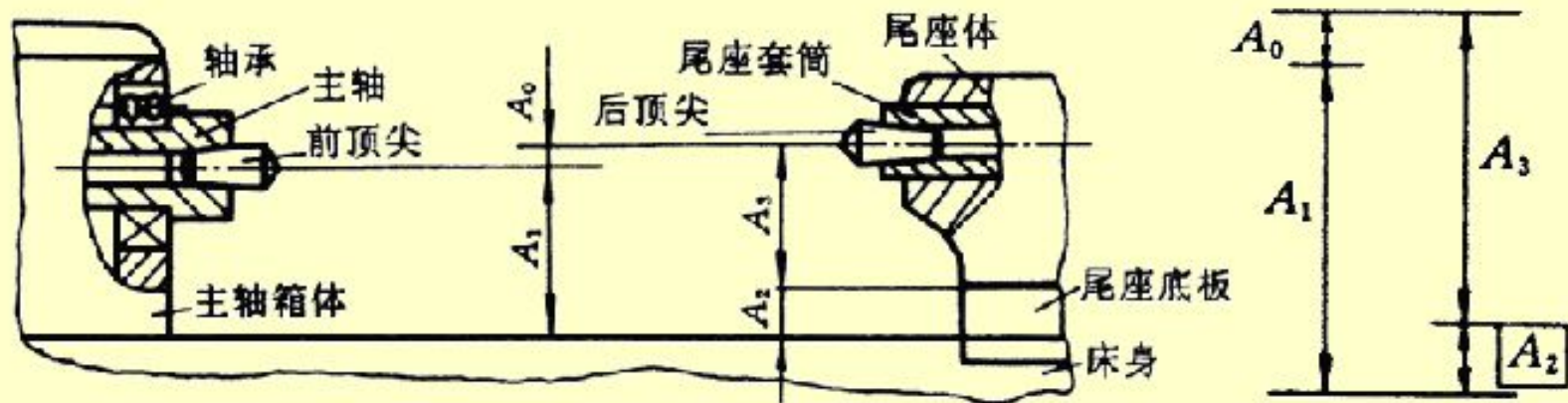
$$\Delta A_2 = EI_0 - EI_0' = 0.03 - (-0.2) = 0.23 \text{ mm}$$

A_2 的实际尺寸为:

$$A_2'' = (30 + 0.23)^{+0.2} = 30.23^{+0.2} = 30_{+0.23}^{+0.43} \text{ mm}$$

总结:

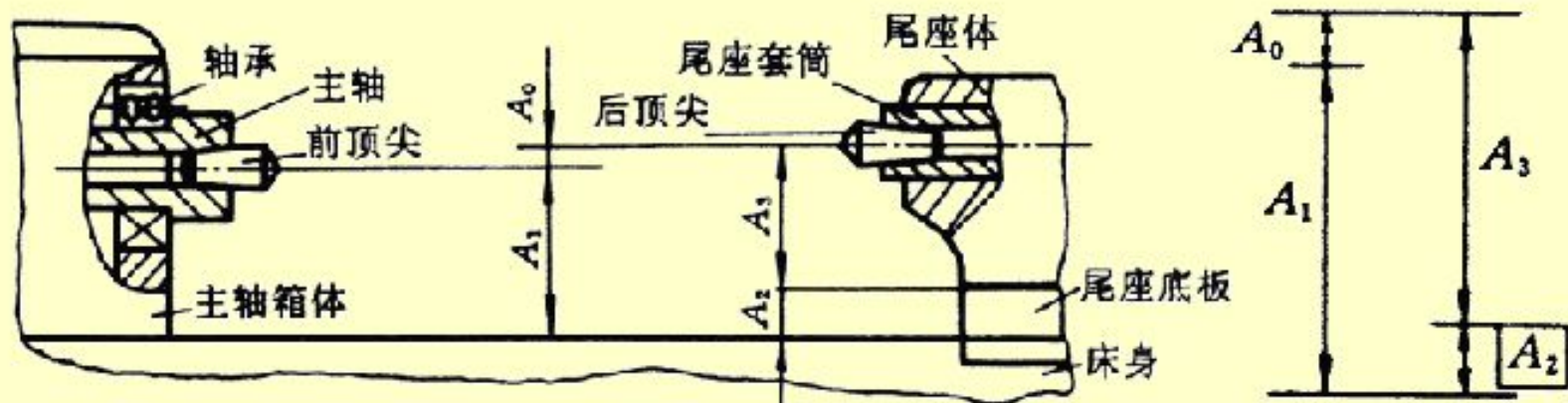
在选择增环为修配环时, 当按各组成环所定经济公差用极值法算出新封闭环 A_0' 后, 修配环的基本尺寸要增加一个数值 $EI_0 - EI_0'$ 。



由竖式法计算 A_0 :

尺寸链环	A_0 算式	ES_0 算式	EI_0 算式
减环 \vec{A}_1	- 160	+ 0.1	- 0.1
增环 \vec{A}_2	+ 30	+ 0.2	0
增环 \vec{A}_3	+ 130	+ 0.1	- 0.1
封闭环 A_0'	0	+ 0.4	- 0.2

$$A_0' = 0 \begin{matrix} +0.4 \\ -0.2 \end{matrix} \text{ mm}$$

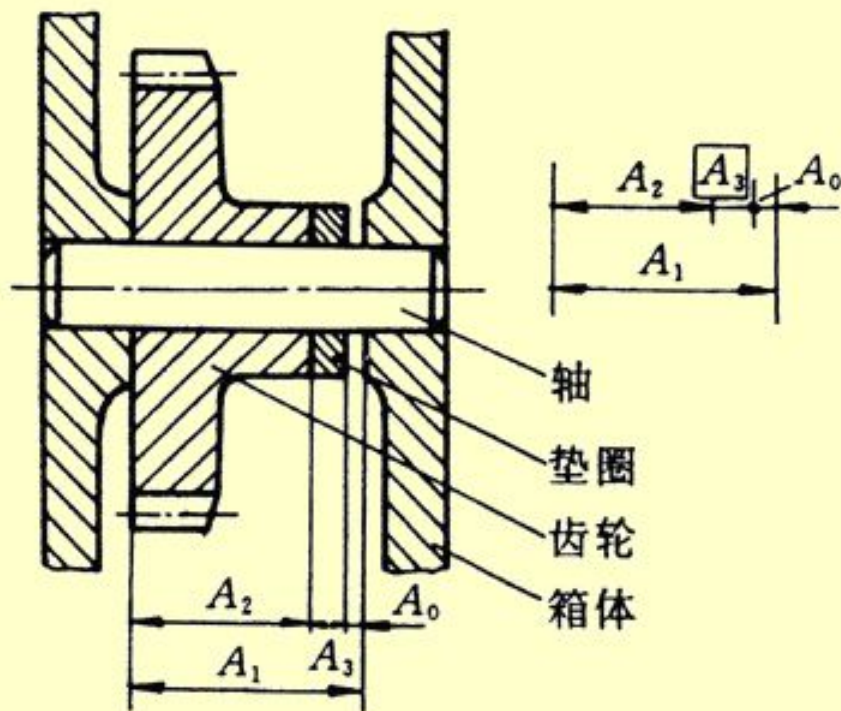


$A_0'' = 0 \begin{matrix} +0.63 \\ +0.03 \end{matrix}$ 与 $A_0 = 0 \begin{matrix} +0.06 \\ +0.03 \end{matrix}$ 比较:

最大修配量: $\delta_{c \max} = 0.63 - 0.06 = 0.57$

最小修配量: $\delta_{c \min} = 0$

例二：修配环是减环的情况



要求间隙 $A_0 = 0 \begin{matrix} +0.2 \\ +0.1 \end{matrix} \text{ mm}$

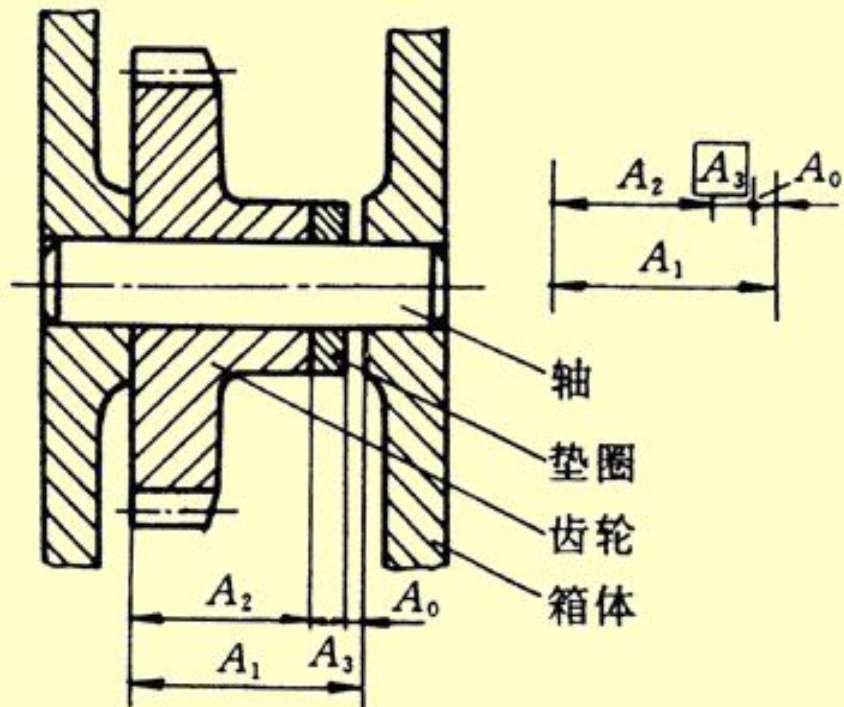
已知： $A_1 = 50 \text{ mm}$

$A_2 = 45 \text{ mm}$

$A_3 = 5 \text{ mm}$

选择垫圈 A_3 为修配环

如 A_3 修配减小，则使 A_0 增大， A_3 是减环。



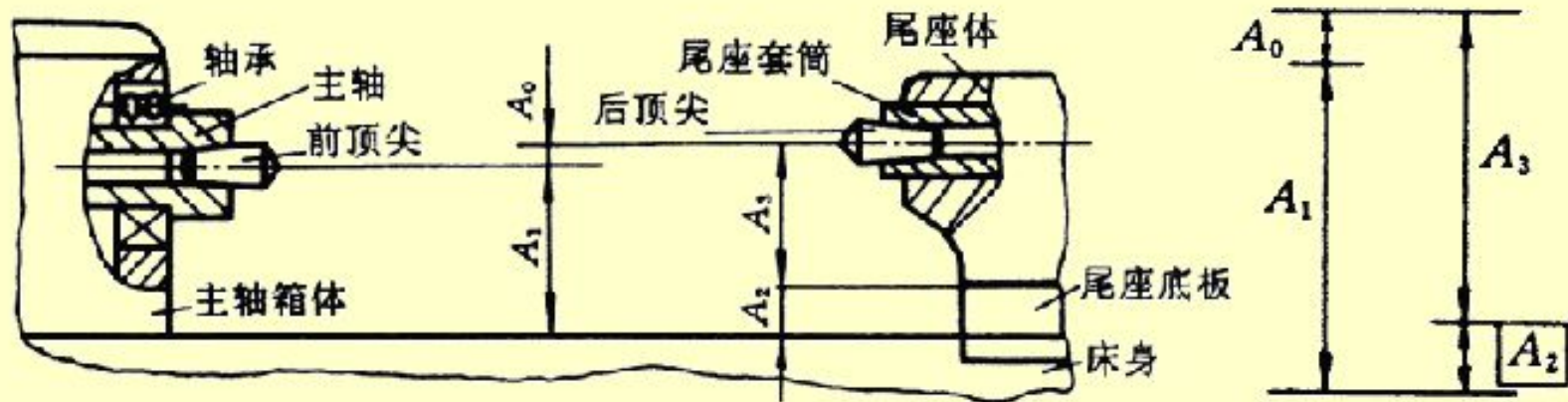
步骤:

(1) 按经济加工精度确定各组成环公差

$$A_1' = 50_{0.13}^{+0.38} \text{ mm}$$

$$A_2' = 45_{-0.16}^0 \text{ mm}$$

$$A_3' = 5_{-0.12}^0 \text{ mm}$$

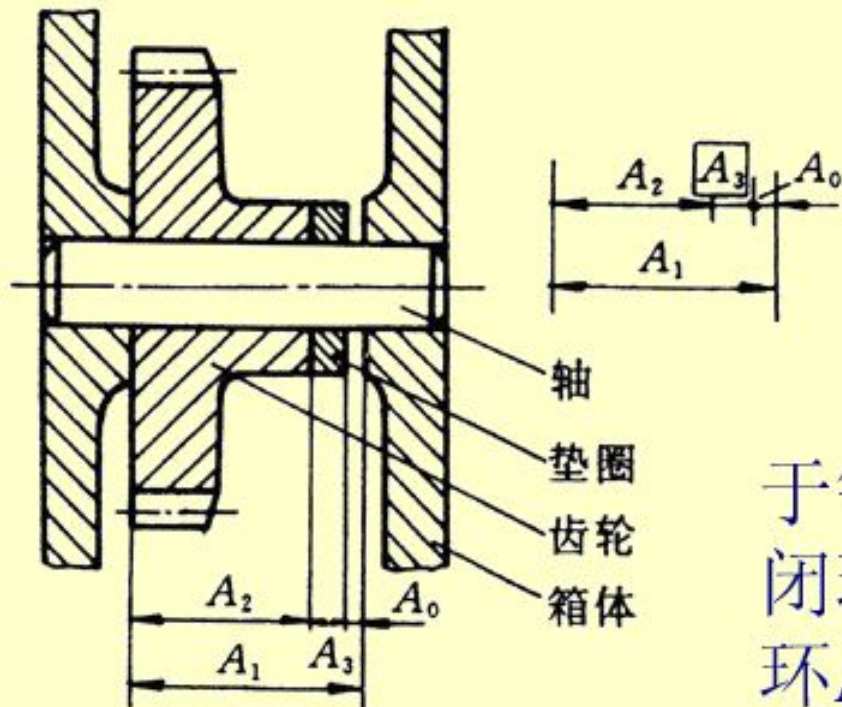


在机床装配中，尾架底板与床身导轨接触面须要刮研以保证接触点，故必须留有一定的刮研量。取刮研量为0.15mm。这时修配环的基本尺寸还应增加一个刮研量，故：

$$A_2''' = (A_2'' + 0.15)^{+0.2} = (30 + 0.23 + 0.15)^{+0.2} = 30^{+0.58}_{+0.38}$$

最大修配量： $\delta'_{c \max} = 0.57 + 0.15 = 0.72$

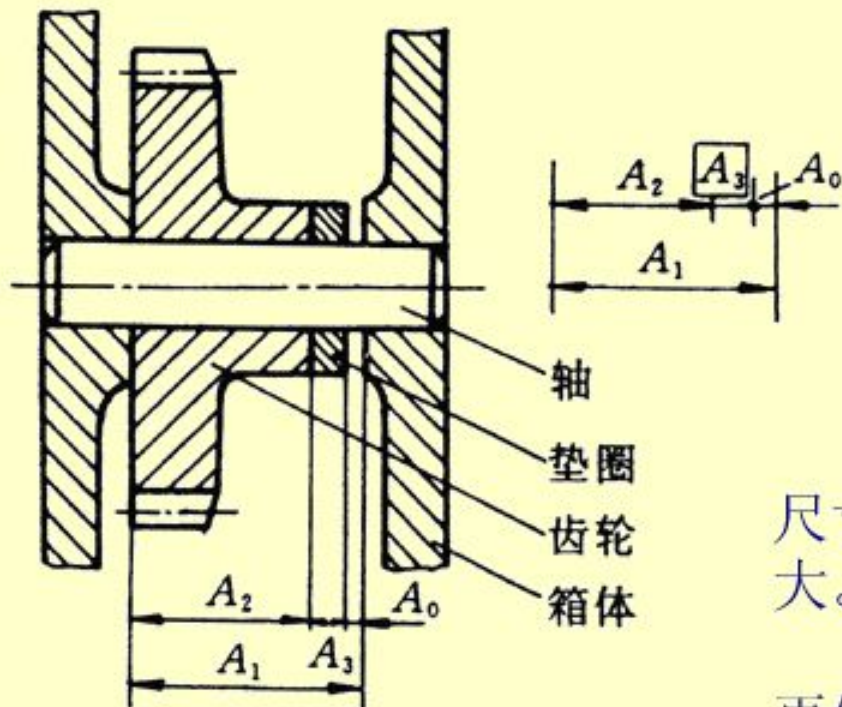
最小修配量： $\delta'_{c \min} = 0 + 0.15 = 0.15$



(2) 修配环基本尺寸的确定

目的是保证修配环有大于等于零的修配量。即：封闭环间隙为上限值时，修配环 A_3 最小应为多少。

因 A_3 为减环，如 A_3 再减小，封闭环将增加，大于上限值，超差，无修配量。



$$A_0' = 0 \begin{matrix} +0.66 \\ +0.13 \end{matrix} \text{ mm}$$

与原来的封闭环要求值 $A_0 = 0 \begin{matrix} +0.2 \\ +0.1 \end{matrix}$ 进行比较:

出现上偏差 ES_0' 时

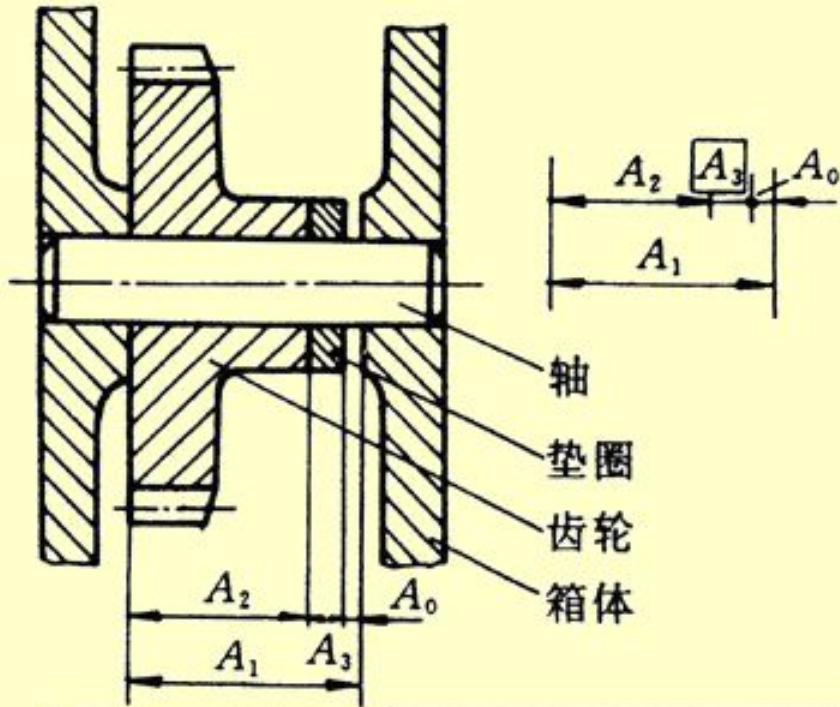
$$ES_0' = +0.66 > ES_0 = +0.2$$

尺寸比原要求的封闭环上限值 ES_0 大。

这时由于修配环 A_3 是减环，再修配减小它的尺寸只能使封闭环尺寸更大、更超差，没有修配量。

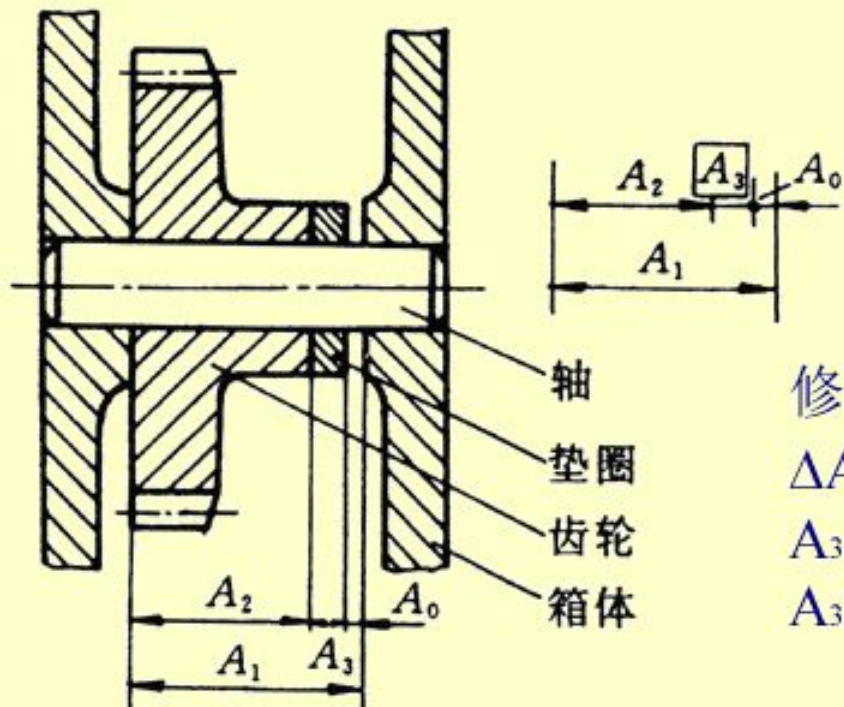
因此必须增大修配环 A_3 的基本尺寸使 $ES_0' \leq ES_0$ ，这样使 A_3 有足够的修配量，在装配时可以保证修配 A_3 满足 A_0 的要求。

由竖式法计算 A_0' :



$$A_0' = 0 \begin{matrix} +0.66 \\ +0.13 \end{matrix} \text{ mm}$$

尺寸链环	A_0 算式	ES_0 算式	EI_0 算式
增环 \vec{A}_1'	+ 50	+ 0.38	+ 0.13
减环 \vec{A}_2'	- 45	+ 0.16	0
减环 \vec{A}_3'	- 5	+ 0.12	0
封闭环 A_0'	0	+ 0.66	+ 0.13



修配环基本尺寸的增加值 ΔA_3 为:

$$\Delta A_3 = ES_0' - ES_0 = +0.66 - 0.2 = 0.46 \text{ mm}$$

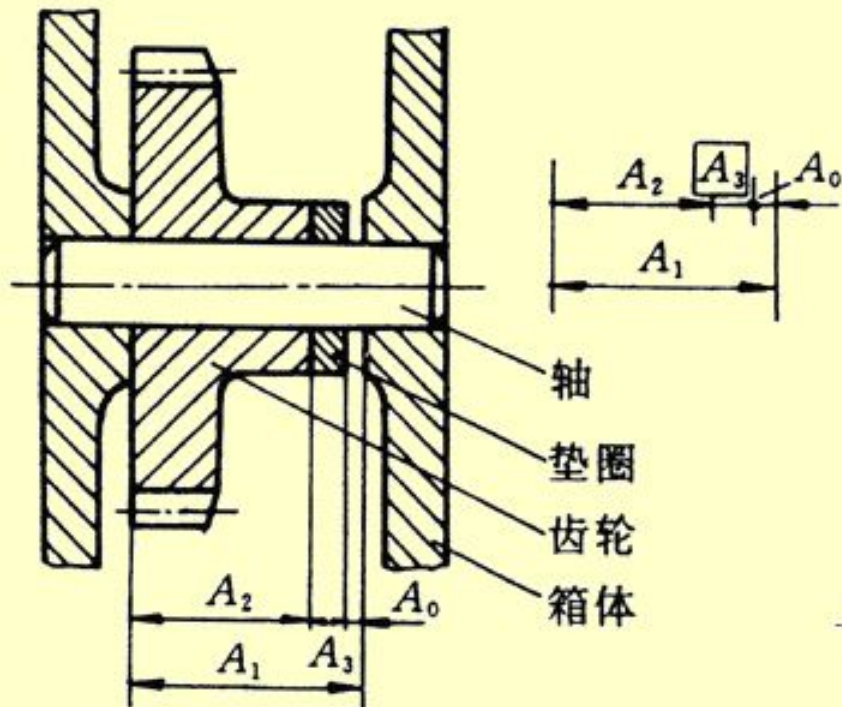
A_3 的实际尺寸为:

$$A_3'' = (5 + 0.46)_{-0.12}^0 = 5_{+0.34}^{+0.46} \text{ mm}$$

总结:

在选择减环为修配环时, 当按各组成环所定经济公差用极值法算出新封闭环 A_0' 后, 修配环的基本尺寸要增加一个数值 $ES_0' - ES_0$ 。

(3) 修配量的计算



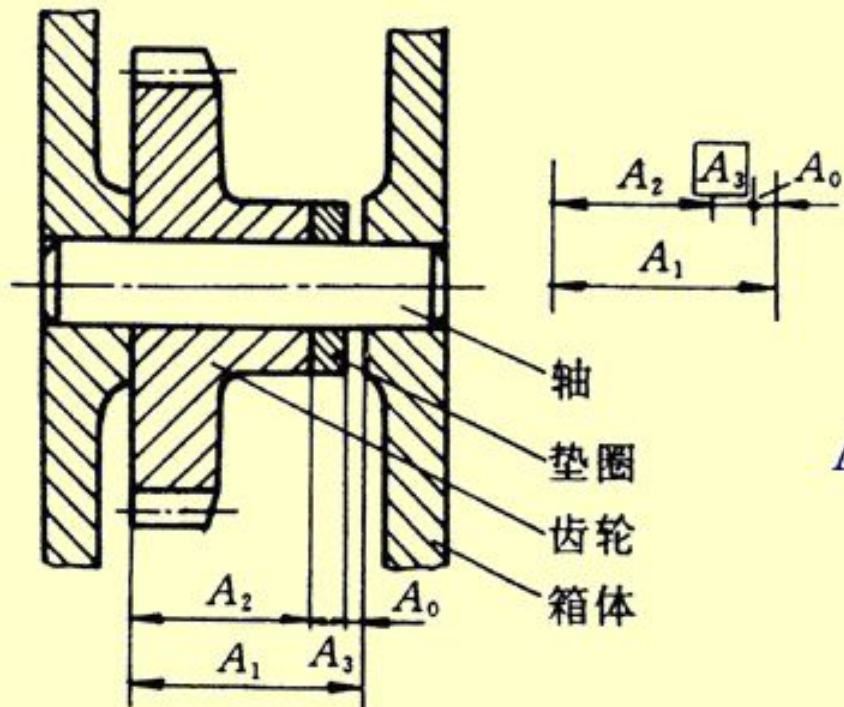
$$A_3'' = 5 \begin{matrix} +0.46 \\ +0.34 \end{matrix}$$

$$A_1' = 50 \begin{matrix} +0.38 \\ +0.13 \end{matrix}$$

$$A_2' = 45 \begin{matrix} 0 \\ -0.16 \end{matrix}$$

计算出封闭环 $A_0'' = 0 \begin{matrix} +0.20 \\ -0.33 \end{matrix}$

尺寸链环	A_0 算式	ES_0 算式	EI_0 算式
增环 \vec{A}_1'	+ 50	+ 0.38	+ 0.13
减环 \vec{A}_2'	- 45	+ 0.16	0
减环 \vec{A}_3''	- 5	- 0.34	- 0.46
封闭环 A_0''	0	+ 0.20	- 0.33



$$A_0'' = 0 \begin{matrix} +0.20 \\ -0.33 \end{matrix} \quad \text{与} \quad A_0 = 0 \begin{matrix} +0.2 \\ +0.1 \end{matrix}$$

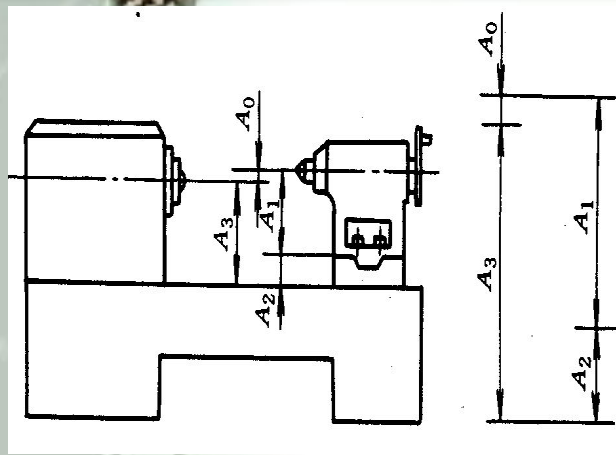
比较:

最大修配量: $\delta_{c \max} = 0.1 - (-0.33) = 0.43$

最小修配量: $\delta_{c \min} = 0$



卧式车床装配尺寸链,在装配时要求主轴锥孔中心线和尾座顶尖锥孔中心线的等高度误差为 $0 \sim 0.06\text{mm}$ (只许尾座高), 已知 $A_1 = 156\text{mm}$, $A_2 = 46\text{mm}$, $A_3 = 202\text{mm}$, $A_0 = 0_0^{+0.06}\text{mm}$ 。现采用修配法装配, 确定各组成环公差及其分布。计算过程如下:



…… (1) 选择修配环· 修刮尾座底板底面较方便, 故选 A_2 作修配环。

…… (2) 根据加工经济精度确定各组成环公差并确定除修配环以外各组成环公差带的位置 A_1 、 A_3 两尺寸用镗模加工, 取 $T_1 = T_3 = 0.1\text{mm}$, A_2 尺寸采用精刨加工, 取 $T_2 = 0.1$, 以上公差均为加工经济精度公差。按对称原则标注有 $A_1 = 202 \pm 0.05\text{mm}$, $A_3 = 156 \pm 0.05\text{mm}$ 。

(3) 确定修配环公差带的位置· 由尺寸链可知, 修配环 A_2 被修配后, 封闭环的实际尺寸 A'_0 变小(A_0 为规定尺寸)。若 $A'_0 < A_{0\min}$, 则再要修配, 只能使封闭环的尺寸变得更小, 无法达到装配精度的要求。因此, 为保证有足够的修配余量, 必须使 $A'_{0\min} < A_{0\min}$; 要使修配量最小, 则 $A'_{0\min} = A_{0\min}$ 。由此可得到在修配环被修配后封闭环尺寸变小的情况下确定修配环公差带位置的计算公式:

$$A'_{0\min} = A_{0\min} = \sum_{i=1}^n \bar{A}_{i\min} - \sum_{i=n+1}^{m-1} \bar{A}_{i\max} \dots\dots\dots (12-1) \dots\dots\dots$$

…… 将已知数值代人上式有

$$0 = (\bar{A}_{2\min} + 155.95) - 202.05$$

$$|A_{2\min} = 46.1 \text{ (mm)} \leftarrow$$

…… 所以 $A_2 = 46_{+0.1}^{+0.2}$ (mm) ……

…… 若考虑尾座底板装配时必须刮研，应留最小修配量。例如 0.15mm，则 $A_2 = 46_{+0.025}^{+0.035}$ mm。

…… (4) 计算最大修配量·若 A_2 、 A_3 加工到最大， A_1 加工到最小，则可能出现的最大修配量为：

$$Z_{\max} = A'_{0\max} - A_{0\max} = A_{2\max} + A_{3\max} - A_{1\min} - A_{0\max} = 0.39 \text{ (mm)} \leftarrow$$

…… 2. 修配环被修配后使封闭环尺寸变大·计算过程与修配环被修后使封闭环尺寸变小时相同，确定修配环公差带位置的计算公式如下：

$$A'_{0\max} = A_{0\max} = \sum_{i=1}^n \vec{A}_{i\max} - \sum_{i=n+1}^{m-1} \overleftarrow{A}_{i\min} \quad (12-2) \leftarrow$$

若选的修配环为增环时，计算出的将为 $A_{i\max}$ ；若修配环为减环时，计算出的将为 $A_{i\min}$ 。计算后再考虑修配量。



调整装配法

装配时用改变调整件在机器结构中的相对位置或选用合适的调整件来达到装配精度的装配方法，称为调整装配法。

调整装配法与修配装配法的原理基本相同。在以装配精度要求为封闭环建立的装配尺寸链中，除调整环外各组成环均以加工经济精度制造，由于扩大组成环制造公差累积造成的封闭环过大的误差，通过调节调整件相对位置的方法消除，最后达到装配精度要求。

调节调整件相对位置的方法有**可动调整法**、**固定调整法**和**误差抵消调整法**等三种。

调整装配法的主要**优点**是：组成环均可以加工经济精度制造，但却可获得较高的装配精度；装配效率比修配装配法高。**不足之之处**是要另外增加一套调整装置。可动调整法和误差抵消调整法**适用于**在小批生产中应用，固定调整法则主要**适用于**大批量生产。

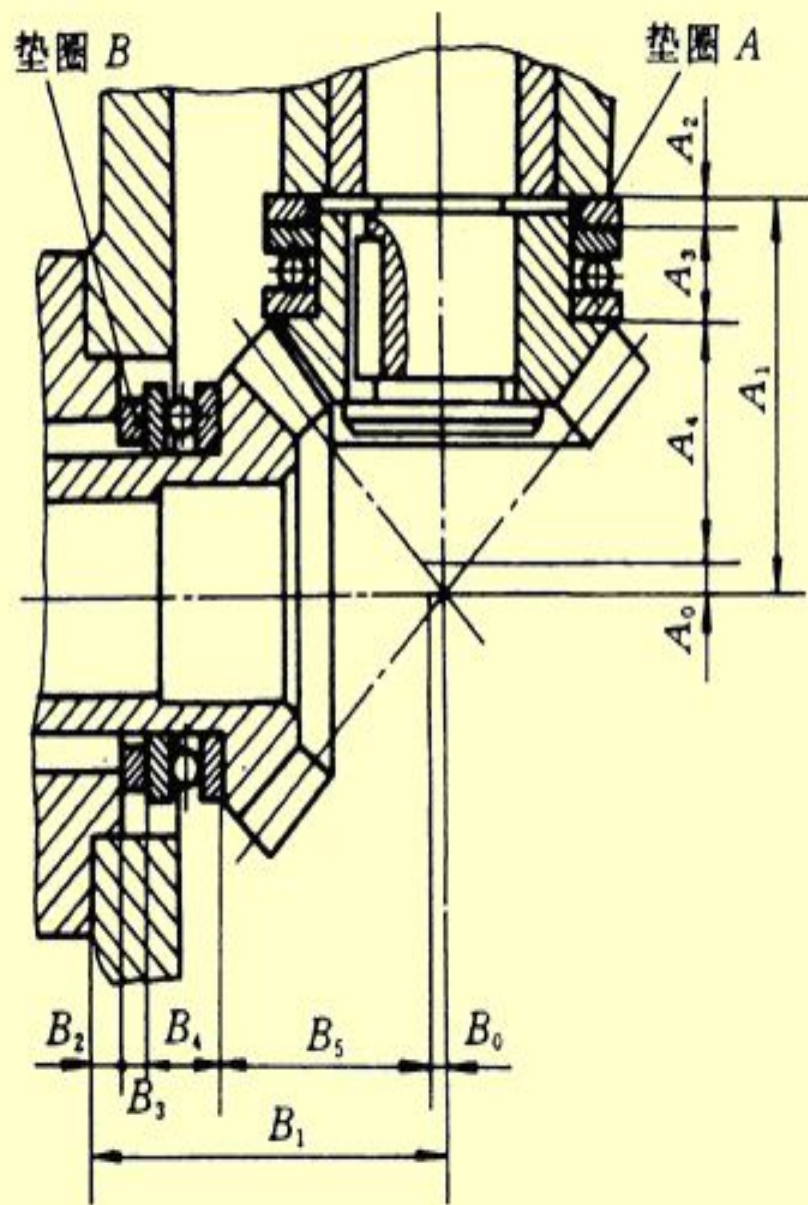


修配法一般是要在现场进行修配，这就限制了它的应用。

在大批大量生产的情况下，可以采用更换不同尺寸大小的某个组成环，或调整某个组成环的位置来达到封闭环的精度要求，这就是调整法。所选的组成环称之为调整环。

因此，调整法的实质也是扩大组成环的公差，即各组成环按经济公差制造，并保证封闭环的精度。

1. 固定调整法



用调整法来达到锥齿轮的啮合间隙要求:

$0.07 \sim 0.15\text{mm}$

用调整环垫圈B来调整大锥齿轮的位置

用调整环垫圈A来调整小锥齿轮的位置

调整法

固定
调整法

可动
调整法

误差抵消
调整法

合并尺寸链
调整法



(2) 固定分组调整环

通过计算设计，预先制作固定尺寸间隔的一组调整环；装配时根据实测间隙大小，选定某一个尺寸的调整环，满足装配精度要求。

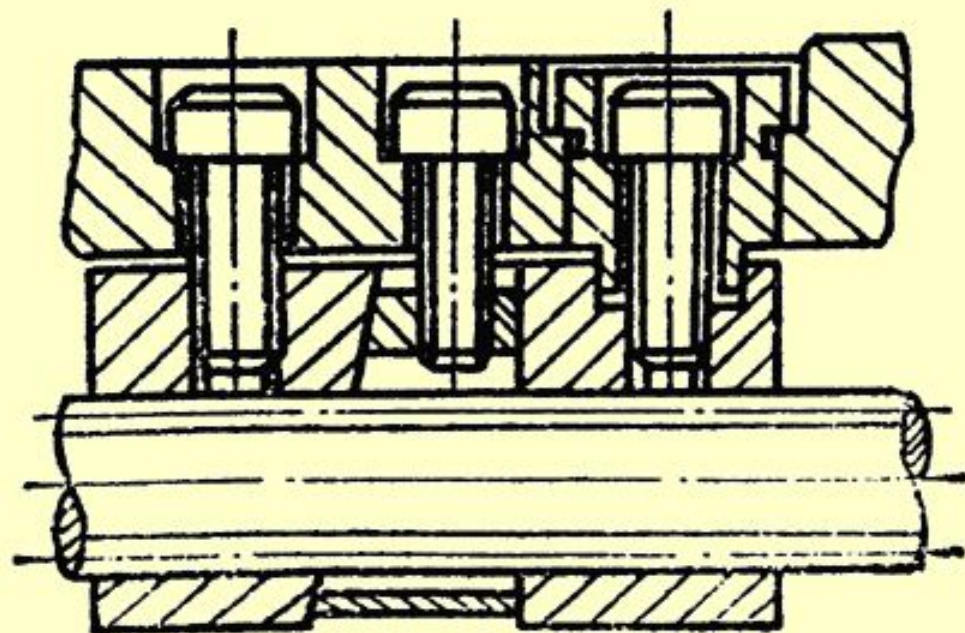


(1) 自由组合调整环

预先做好一种基本尺寸的垫圈，一般都比实际需要的尺寸小一些，又按一定间隔的尺寸做薄垫圈，如尺寸0.5，0.2，0.1，0.05，0.02，0.01等。

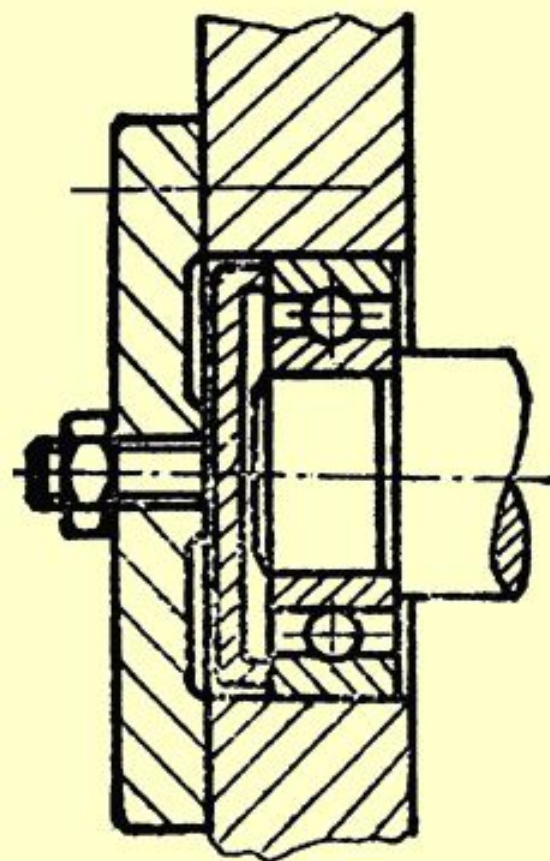
现场装配时，由基本尺寸垫圈+若干个薄垫圈组成任何尺寸，以满足装配精度要求。

2. 可动调整法



(1)

用螺钉通过斜块调整丝杠和螺母之间的间隙。



(2)

用调整螺钉来调整轴承间隙，调整合适后，用螺母锁住。

3. 误差抵消调整法

利用某些组成环误差的大小和方向，使其相互抵消，以便放宽组成环制造公差要求，同时又保证了封闭环的精度。

例如上例，按经济公差确定

$$A_1=56 \begin{matrix} +0.074 \\ 0 \end{matrix} \quad A_3=20 \begin{matrix} +0.042 \\ -0.042 \end{matrix} \quad A_4=34 \begin{matrix} -0.062 \\ 0 \end{matrix}$$

根据 $A_0=0 \begin{matrix} +0.048 \\ 0 \end{matrix}$ 的封闭环要求

计算调整环垫圈的厚度 A_2 可按六组尺寸制作，装配时选配。

$$A_{21}=1.958 \begin{matrix} 0 \\ -0.01 \end{matrix} \text{ mm} \quad A_{24}=2.067 \begin{matrix} 0 \\ -0.01 \end{matrix} \text{ mm}$$

$$A_{22}=1.994 \begin{matrix} 0 \\ -0.01 \end{matrix} \text{ mm} \quad A_{25}=2.104 \begin{matrix} 0 \\ -0.01 \end{matrix} \text{ mm}$$

$$A_{23}=2.030 \begin{matrix} 0 \\ -0.01 \end{matrix} \text{ mm} \quad A_{26}=2.140 \begin{matrix} 0 \\ -0.01 \end{matrix} \text{ mm}$$

3. 误差抵消调整法

利用某些组成环误差的大小和方向，使其相互抵消，以便放宽组成环制造公差要求，同时又保证了封闭环的精度。

总结:

		特点		互换性	尺寸链长短	生产类型	对工人要求
		零件精度要求	适用装配精度				
互换法	完全互换法	高 $\delta_i = \frac{T_0}{m}$	不太高	完全互换	短	大批大量生产	低
	不完全互换法	较高 $\delta_i = \frac{T_0}{\sqrt{m}}$	不太高	不完全互换	较短	大批大量生产	低
分组法		经济精度	高	组内互换	短	大批大量生产	低
修配法		经济精度	高	无互换	长	成批或单件	高
调整法		经济精度	高	无互换	长	大批大量生产	高



装配工艺规程设计

设计装配工艺规程要依次完成以下几方面的工作：

- 1.研究产品装配图和装配技术条件
- 2.确定装配的组织形式——**固定式装配、移动式装配**
- 3.划分装配单元
- 4.划分装配工序
- 5.编制装配工艺文件