## 机械制造3

# 5.4 完全互换:实现零部件完全互换且 100%合格,付出的代价可以接受吗?

同学们, 你们好, 欢迎继续学习《机械制造工程学》课程。

这一讲开始我们将通过案例来分析几种装配工艺方法是怎么实现的。

机器的装配是保证装配精度的最终方法,装配精度包括相互位置精度,相互运动精度和相互配合精度。在不同的装配工艺方法中,零件的加工精度和装配精度间具有不同的相互关系,具体的定量关系是通过装配尺寸链来确定。装配尺寸链的封闭环就是装配所要保证的装配精度或技术要求。在**查找尺寸链时需要遵循 3 个原则**,分别是最短路线原则,也就是最少环原则,又称一件一环原则,第 2 条原则是简化原则,第三条原则方向性原则。保证装配精度的方法有互换装配法、选择装配法、修配装配法和调整装配法,互换法又分完全互换法和大数互换法。

【例 4-1】图示齿轮部件,齿轮空套在轴上,要求齿轮与挡圈的轴向间隙为0.1~0.35。已知各零件有关的基本尺寸为: $A_1 = 30$  , $A_2 = 5$  , $A_3 = 43$  , $A_4 = 3_{-0.05}^{0}$  (标准件) , $A_5 = 5$  。用完全互换法装配,试确定各组成环的偏差。

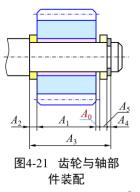
【解】1)建立装配尺寸链,并校验各环基本尺寸 依题意封闭环公差 $T_0$  = 0.25,其中A3 为增环, $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_4$ 、 $A_5$ 为减环, $A_0$  =  $A_4$ -( $A_1$ + $A_2$ + $A_4$ + $A_5$ ) = 0

2) 确定各组成环的公差:按等公差法计算,各组成环公差为: T<sub>avl</sub> = (0.35-0.1) / 5 = 0.05

考虑加工难易程度,进行适当调整(A₄公差不变),得到:

3) 确定各组成环的偏差:取 $A_5$ 为协调环。 $A_4$ 为标准尺寸,公差带位置确定:  $A_4=3^{~0}_{-0.05}$   $A_3=43^{~0.07}_{-0.06}$  ,  $A_2=5^{~0}_{-0.04}$  ,  $A_1=30^{~0}_{-0.06}$ 

0.1=43-30-5-3-A<sub>5max</sub> 则, A<sub>5</sub>=5<sup>-0.10</sup><sub>-0.13</sub>=4.90<sup>0</sup><sub>-0.03</sub>(入体标注)



图示齿轮部件,齿轮空套在轴上,要求齿轮与挡圈的轴向间隙 A0 为  $0.1 \sim 0.35$ 。已知 各零件有关的基本尺寸为:A1 = 30 ,A2 = 5 ,A3 = 43 ,A4 标准件,尺寸 3,上偏差 0,下偏差-0.05,A5 = 5 。要求采用完全互换法装配,试确定各组成环的偏差。

要实现完全互换法,装配后 100%的合格品率,所有待装配零部件的尺寸计算需要按照极值法来确定。极值法计算依然按照加工工艺尺寸链求解的 3 大步来完成。

**第1大步,前处理**。依题意,确定封闭环就是装配要求 A0,尺寸 0,上偏差+0.35,下偏差+0.10,然后从封闭环两端同时出发,按照最短路线原则,亦即一件一环原则,将关联的零部件尺寸包括进去,直至封闭,建立关于封闭环 A0 的一个尺寸链如图所示。可以采用画箭头的方法来确定组成环性质,其中 A3 为增环, A1、 A2、 A4、 A5 为减环, A0 = A4-(A1+A2+A4+A5) = 0。

**第2大步,求解**。装配尺寸链中一般只知道装配要求,零部件的尺寸公差除了标准件等零件,都是不知道的。因此,求解需要首先作零部件公差及偏差分配,按照3小步完成。

第1小步,组成环公差分配

分配原则,①根据极值法原则公式,各组成环的平均公差为(0.35-0.10)/5=0.05,②考虑加工难易程度,进行适当调整,A4标准件公差不变,③依据协调环确定的 4条件,不是标准件、不是公共环、尺寸大小和加工更容易,确定 A5 为协调环,从而得到 T4 = 0.05, T1 = 0.06, T3 = 0.07, T2 = 0.04. 则 T5=0.03。

第 2 小步,确定各组成环的偏差,依据入体原则,各组成环公差带位置确定为 A4 标准件,尺寸 3,上偏差 0,下偏差-0.05;

A3, 尺寸 43, 上偏差+0.07,下偏差 0;

A2、尺寸 5、上偏差 0,下偏差-0.04;

A1. 尺寸 30. 上偏差 0,下偏差-0.06;

第3小步, 计算协调环。再根据极值法的两个基本公式, 封闭环最大极限尺寸和封闭环最小极限尺寸其中一个列出1个算式, 就可以得到协调环

A5. 尺寸 5. 卜偏差-0.10. 下偏差-0.13;

**第三大步,结果处理**。依据竖式验算法 3 句口诀,列出竖式进行验算,结果正确。入体标注

A5. 尺寸 4.90. 上偏差 0. 下偏差-0.03。

表是指數據能

在全部产品中,装配时各组成环不需挑选或改变其大小或位置,装配后即能达到装配精度的要求,这种装配方法称为**完全互换法。** 

采用完全互换装配法时,装配尺寸链采用**极值公差公式计算**(与工艺尺寸链计算公式相同)。为保证装配精度要求,尺寸链各组成环公差之和应小于或等于封闭环公差(即装配精度要求)

▶对于直线尺寸链则 
$$T_{0I} \ge \sum_{i=1}^{m} T_i = T_1 + T_2 + T_3 + \dots + T_m$$

在进行装配尺寸链反计算时,即已知封闭环(装配精度)的公差  $T_{Ol}$ 分配有关零件(各组成环)公差 $T_i$ 时,可按 "等公差" 原则( $T_1=T_2=\ldots=T_m=T_{av}$ )先确定它们的平均极值公差  $T_{av}$ :

$$T_{avl} = \frac{T_0}{m}$$
 (直线尺寸链)

根据各组成环尺寸大小和加工的难易程度,对各组成环的公差进行适当的调整。

3

在全部产品中,装配时各组成环不需挑选或改变其大小或位置,装配后即能 **100**%达到装配精度的要求,这种装配方法称为**完全互换法**。

采用完全互换装配法时,装配尺寸链采用极值公差公式计算,这与工艺尺寸链求解方法过程3大步完全相同。为保证装配精度要求,尺寸链各组成环公差之和应小于或等于封闭环公差,即装配精度要求。

第2大步求解中,分为3小步,第1小步,组成环公差分配。即按照极值法的原则公式,尺寸链各组成环公差之和应小于或等于封闭环公差,分配各组成环公差。这1小步又要分3个步骤,①根据极值法原则公式,求出各组成环的平均公差,②考虑加工难易程度,尺寸大小,进行适当调整,其中标准件公差不变,③依据协调环确定的4条件,不是标准件、不是公共环、尺寸大小和加工更容易,确定某组成环为协调环,其中协调环公差计算得到。第2小步,确定各组成环的偏差,首先依据入体原则,各组成环公差带位置,协调环根据极值法的两个基本公式,封闭环最大极限尺寸和封闭环最小极限尺寸其中一个列出1个算式,就可以计算得到。

第3大步,结果处理,依据竖式验算法3句口诀,列出竖式进行验算,结果正确。并依据入体标注原则标注协调环尺寸。

## 完全互换装配法









装配质量稳定可靠;

装配过程简单;

生产效率高;

易于实现装配机械化、自动化;





便干组织流水作业和零

部件的协作与专业化生

产;

至 维护

维护与更换

有利于产品的维护 和零部件的更换。



精度低环数少

当装配精度要求较高, 尤其是组成环数自较 多时,零件难以按经 济精度加工。



大批量生产

常用于高精度的少环 尺寸链或低精度多环 尺寸链的大批大量生 产装配中。

完全互换装配法是装配工艺中常用的装配工艺方法,装配质量稳定,装配过程简单,生产率高、易于实现机械化、自动化,便于组织流水作业和零部件的协作与专业化生产;有利于产品的维护和零部件的更换。常用于高精度的少环尺寸链或低精度多环尺寸链的大批大量生产装配中,当装配精度要求较高,尤其是组成环数自较多时,零件难以按经济精度加工。

# 5.5 大数互换: 用不足 3‰概率的不合格品率换来了什么好处?

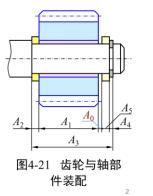
同学们、你们好。欢迎继续学习《机械制造工程学》课程。

上一讲开始我们通过案例分析了完全互换装配工艺方法是怎么实现的。这一讲,我们来学习第2种装配工艺方法,大数互换法。

【例 4-2】图示齿轮部件,齿轮空套在轴上,要求齿轮与挡圈的轴向间隙为0.1~0.35。已知各零件有关的基本尺寸为: $A_1$  = 30 , $A_2$  = 5 , $A_3$  = 43 , $A_4$  =  $3_{-0.05}^{0}$  (标准件) , $A_5$  = 5 。用大数互换法装配,试确定各组成环的偏差。

【解】1)建立装配尺寸链,并校验各环基本尺寸 依题意封闭环公差 $T_0$  = 0.25,其中A3 为增环, $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_4$ 、 $A_5$ 为减环, $A_0$  =  $A_4$ -( $A_1$ + $A_2$ + $A_4$ + $A_5$ ) = 0

- 2)确定各组成环的公差:  $T_{avq} = \frac{T_0}{\sqrt{m}} = \frac{0.25}{\sqrt{5}} \approx 0.11$  A<sub>4</sub> 为标准尺寸,公差确定: T<sub>4</sub> = 0.05; A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>、A<sub>5</sub>公差取经济公差: T<sub>1</sub> = 0.14, T<sub>2</sub> = T<sub>5</sub> = 0.08 选A<sub>3</sub>为协调环,可求出: T<sub>3</sub> = 0.16 (只舍不进)
- 3) 确定各组成环的偏差:  $A_4=3^{\,0}_{-0.05}($ 标准件) 选A $_3$ 为协调换,各组成环入体标注为  $A_1=30^{\,0}_{-0.14}$ , $A_2=5^{\,0}_{-0.08}$ , $A_5=5^{\,0}_{-0.08}$  协调环 A $_3$  的中间偏差为 $\Delta_3=\Delta_0+(\Delta_1+\Delta_2+\Delta_4+\Delta_5)=0.05$ mm 协调环 A $_3$  的上偏差 ES $_3=\Delta_3+T_3/2=0.13$ ; 则,A $_3=43^{+0.13}_{-0.03}=43.03^{+0.16}_0$   $A_1=30^{\,0}_{-0.14}$ , $A_2=5^{\,0}_{-0.08}$ , $A_3=43.03^{+0.16}_0$  , $A_4=3^{\,0}_{-0.05}$ , $A_5=5^{\,0}_{-0.08}$



图示齿轮部件,齿轮空套在轴上,要求齿轮与挡圈的轴向间隙 A0 为  $0.1 \sim 0.35$ 。已知 各零件有关的基本尺寸为: A1 = 30 , A2 = 5 , A3 = 43 , A4 标准件,尺寸 3,上偏差 0,下偏差-0.05,A5 = 5 。要求采用大数互换法装配,试确定各组成环的偏差。

要实现大数互换法,零部件不经过任何选择装配后达到装配要求,所有待装配零部件的尺寸计算需要按照概率法来确定。概率法计算依然按照加工工艺尺寸链求解的3大步来完成。

### 第一步,前处理。

依题意,确定封闭环就是装配要求 A0,尺寸 0,上偏差+0.35,下偏差+0.10,然后从封闭环两端同时出发,按照最短路线原则,亦即一件一环原则,将关联的零部件尺寸包括进去,直至封闭,建立关于封闭环 A0 的一个尺寸链如图所示。可以采用画箭头的方法来确定组成环性质,其中 A3 为增环, A1、A2、A4、A5 为减环, A0 = A4-(A1+A2+A4+A5) = 0。这第一大步与完全互换法一样的。

### 第二大步求解。

装配尺寸链中一般只知道装配要求,零部件的尺寸公差除了标准件等零件,都是不知道的。因此,求解需要首先作零部件公差及偏差分配,按照 3 小步完成。

#### 第 1 小步,组成环公差分配

① 根据概率法原则公式,封闭环公差大于等于所有组成环公差平方和开平方,这里开始不一样了,

各组成环的平均公差为(0.35-0.10)/≈0.11,

② 考虑加工难易程度,进行适当调整,A4 标准件公差不变,

③ 依据协调环确定的 4 条件,不是标准件、不是公共环、尺寸大小和加工更容易,确定 A3 为协调环,从而得到

T4 = 0.05, T1 = 0.14, T3 = 0.07, T2 = T5 = 0.08,

依据概率法原则公式可求出 T3 = 0.16,

注意计算结果只舍不进,什么意思呢,就是算出 0.161 到 0.169 的话,取 2 位小数就都是 0.16。

### 第2小步,确定各组成环的偏差。

依据入体原则, 各组成环公差带位置确定为

A4 标准件, 尺寸 3, 上偏差 0, 下偏差-0.05;

A2. 尺寸 5. 上偏差 0. 下偏差-0.08;

A5, 尺寸 5, 上偏差 0, 下偏差-0.08;

A1、尺寸 30、上偏差 0、下偏差-0.14;

### 第3小步,计算协调环。

协调环 A3 的尺寸要根据中间偏差的方法计算,这是第 2 个不同的地方。

所谓**中间偏差**是上偏差与下偏差之和的平均值。

① 计算封闭环及各组成环尺寸的中间偏差。

封闭环 Δ0=0.225、Δ1=-0.07、Δ2=-0.04、Δ4=-0.025、Δ5=-0.04、

② 计算协调环中间偏差。

根据封闭环中间偏差等于所有增环中间偏差之和减去所有减环的中间偏差之和, 列式计算

$$\Delta(3) = \Delta(0) + (\Delta(1) + \Delta(2) + \Delta(4) + \Delta(5)) = 0.05$$
mm<sub>o</sub>

③ 计算协调环偏差。

协调环 A(3)的上偏差 ES(3) =  $\Delta$ (3) + T(3) / 2 = 0.13.

则 A(3), 尺寸 43, 上偏差+0.13, 下偏差-0.03。

### 第三大步,结果处理。

A1、尺寸 30、上偏差 0、下偏差-0.14;

A2. 尺寸 5. 上偏差 0. 下偏差-0.08;

A(3), 尺寸 43, 上偏差+0.13, 下偏差-0.03, 入体标注后, 尺寸 42.97, 上偏差+0.16, 下偏差 0;

A4 标准件, 尺寸 3, 上偏差 0, 下偏差-0.05;

A5, 尺寸 5, 上偏差 0, 下偏差-0.08。

### 大数互换装配法

完全互换法的装配过程虽然简单, 但它是根据极大极小的极端情况 来建立封闭环与组成环的关系式, 在封闭环为既定值时,各组成环 所获公差过于严格,常使零件加 工过程产生困难。

在绝大多数产品中,装配时各组成 环不需挑选或改变其大小或位置, 装配后即能达到装配精度的要求, 但少数产品有出现废品的可能性, 这种装配方法称为**大数互换法(或** 部分互换法)。



在全部产品中,装配时各组成环不需挑选或改变其大小或位置,装配后即能 100%达到装配精度的要求,这种装配方法称为完全互换法。完全互换法的装配过程虽然简单,但它是根据极大极小的极端情况来建立封闭环与组成环的关系式,在封闭环为既定值时,各组成环所获公差过于严格,常使零件加工过程产生困难。

采用大数互换法,零件所规定的公差比完全互换法所规定的公差大,有利于零件的经济加工,装配过程与完全互换法一样简单、方便。装配时各组成环不需挑选或改变其大小或位置,装配后即能达到装配精度的要求,但少数产品,概率为 0.27%,有出现废品的可能性,这种装配方法称为**大数互换法**(或部分互换法)。这种装配方法适用于大批大量生产,组成环较多、装配精度要求又较高的场合。

采用大数互换法装配时,装配尺寸链采用**概率统计公差公式计算**。由于概率统计法计算公式太多,对于当各组成环在其公差内呈正态分布时,封闭环也呈正态分布的对于直线尺寸链的相关计算公式总结如下。



- ①基本尺寸公式。封闭环基本尺寸等于所有增环基本尺寸之和减去所有减环基本尺寸之和。
- ② 原则公式。封闭环公差大于等于所有组成环公差平方和开平方。以及由此推导的平均公差公式,组成环平均公差等于封闭环公差除以组成环数开平方。 中
- ③间偏差计算公式。封闭环中间偏差等于所有增环中间偏差减去所有减环中间偏差之和,以及尺寸上下偏差与中间偏差之间的关系。

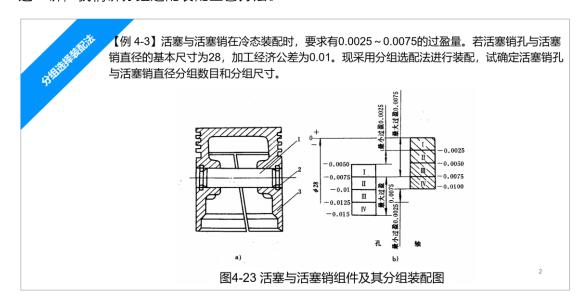
采用大数互换装配时,各组成环公差远大于完全互换法时各组成环的公差,其组成环平均公差将扩大组成环环数开平方倍,致使加工成本有所降低,其代价就是可能有0.27%概率的不合格品产生。

# **5.6** 分组互换: 偶件选择互换法怎么解决对应组零件数量不匹配问题?

同学们,你们好,欢迎继续学习《机械制造工程学》课程。

前 2 讲我们通过 2 个案例分析了完全互换法和大数互换法,都是互换法。在全部产品中,装配时各组成环不需挑选或改变其大小或位置,装配后即能达到装配精度的要求,完全互换法采用极值法计算,最终达到 100%的合格品率,但在封闭环为既定值时,各组成环所获公差过于严格,常使零件加工过程产生困难。大数互换法采用概率统计法计算,零部件制造公差得以放大,装配后有少数产品有出现废品的可能性。

### 这一讲,我们讲分组选配装配工艺方法。

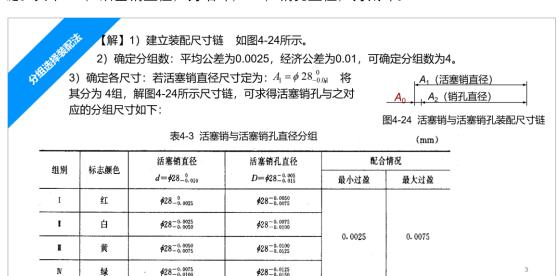


图示活塞与活塞销在冷态装配时,要求有 0.0025~0.0075 的过盈量。若活塞销孔与活塞销直径的基本尺寸为 28,加工经济公差为 0.01。现采用分组选配法进行装配,试确定活塞销孔与活塞销直径分组数目和分组尺寸。

根据尺寸链解算3大步,

### 第一步,前处理。

依题意,确定封闭环就是装配要求 A0,尺寸 0,上偏差+0.0075,下偏差+0.0025,然后从封闭环两端同时出发,按照最短路线原则,亦即一件一环原则,将关联的零部件尺寸包括进去,直至封闭,建立关于封闭环 A0 的一个尺寸链如图所示,一个 3 环尺寸链。其中 A1,活塞销直径,为增环,A2,销孔直径,为减环。



第二步, 求解计算。

装配尺寸链中一般只知道装配要求,零部件的尺寸公差除了标准件等零件,都是不知道的。因此,求解需要首先作零部件公差及偏差分配,按照 3 小步完成。

第1小步,组成环公差分配

- ① 根据极值法原则公式, 各组成环的平均公差为(0.0075-0.0025)/2=0.0025,
- ② 考虑加工难易程度,不进行调整,
- ③ 确定 A2 为协调环,从而得到 T1 = T2 = 0.025。

第2小步,确定各组成环的偏差。

依据入体原则,确定 A1,尺寸 28,上偏差 0,下偏差-0.0025;

第3小步, 计算协调环。

协调环 A(2)(, )尺寸 28, 上偏差-0.0050, 下偏差-0.0075。

第三大步, 结果处理。

第1小步,确定分组数。

平均公差为 0.0025, 经济公差为 0.01, 可确定分组数为 4。

第2小步,确定各组尺寸。

若第一组活塞销直径尺寸定为

A(11)(,)尺寸28,上偏差0,下偏差-0.0025;

A(21)(,)尺寸28,上偏差-0.0050,下偏差-0.0075。

同向放大公差带,将其分为4组,可求得活塞销孔与之对应的分组尺寸。

A(12)(,)尺寸28,上偏差-0.025,下偏差-0.050;

A(22)(,)尺寸28,上偏差-0.075,下偏差-0.100。

A(13)(,)尺寸28,上偏差-0.050,下偏差-0.075;

A(23)(,)尺寸28,上偏差-0.100,下偏差-0.125。

A(14)(,)尺寸28,上偏差-0.075,下偏差-0.100;

A(23)(, )尺寸 28, 上偏差-0.125, 下偏差-0.150。

第3小步,填写分组尺寸表格。

如表所示, 其中包括各组尺寸及色标颜色。

#### 分组选择装配法满足如下条件

- 1)为保证分组后各组的配合性质及配合精度与原装配要求相同,配合件的公差范围应相等;公差应同方向增加;增大的倍数应等于以后的分组数。
- 1 2 ) 为保证零件分组后数量相匹配,应使配合件的尺寸分布为相同的对称分布 (如正态分布)
- 3)配合件的表面粗糙度、相互位置精度和形状精度不能随尺寸精度放大而任意放大,应与分组公差相适应,否则,将不能达到要求的配合精度及配合质量。
- 4)分组数不宜过多,零件尺寸公差只要放大到经济加工精度即可,否则,就会因零件的测量、分类、保管工作量的增加而使生产组织工作复杂,甚至造成生产过程混乱。

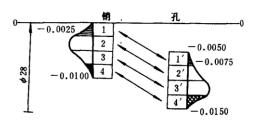


图4-35 活塞销与活塞销孔的各组 数量不等

在全部产品中,对于高精度装配要求的偶件装配,零部件加工前按照极值法计算,等公差分配,确定零部件的尺寸,然后分别将它们的公差带同向放大 K 倍到经济加工精度;加工时,零部件尺寸按照公差放大后尺寸进行加工;加工完成后对所有零部件进行实测分组,分组的组数等于公差放大的倍数 K,装配时各组零部件不需挑选按照互换法进行装配达到装配要求。

分组选择装配法满足几个条件,

- 1) 为保证分组后各组的配合性质及配合精度与原装配要求相同,配合件的公差范围 应相等;公差应同方向增加;增大的倍数应等于以后的分组数。
- 2) 为保证零件分组后数量相匹配,应使配合件的尺寸分布为相同的对称分布,比如正态分布
- 3)配合件的表面粗糙度、相互位置精度和形状精度不能随尺寸精度放大而任意放大, 应与分组公差相适应,否则,将不能达到要求的配合精度及配合质量。
- 4)分组数不宜过多,零件尺寸公差只要放大到经济加工精度即可,否则,就会因零件的测量、分类、保管工作量的增加而使生产组织工作复杂,甚至造成生产过程混乱。

显然,这些条件中的 2) 3) 都是不能够满足的。就本案例而言,偶件轴和孔完全两种不同的加工方法,实际加工时其偏态分布恰恰相反,至于分组的组数,是由能够加工的经济精度决定的,在实际工程中有分到 12 组的,人工管理是很费事的,可以用自动化分组装配线来完成,为了减小因装配超差带来的损失,一般会将其中价值较低的零部件准备数量多一些,保证价值较高的零部件都能够用上。

小结一下,分组选择装配法是选择装配法其中的一种,还可以是直接选配法和混合选配法。选配法是用在装配精度高,使得零部件加工精度难以达到的场合,假如是依靠人工选配,效率极低,对于大批量生产,应该在分组选配工艺环节实现自动化或半自动化,同时,要考虑到偶件不能 100%配合达到装配要求带来的损失,怎么将经济损失降到最小。

## 5.7 修配法: 修配法牺牲了效率,使得极高的装配精 度要求也不会提高零部件的加工要求,是怎么做到的?

同学们,你们好。欢迎继续学习《机械制造工程学》课程。

前 3 讲我们通过 3 个案例讲了完全互换法、大数互换法和分组选配法。这一讲,我们讲修配法。

Mark Heit

【例 4-4】车床主轴孔轴线与尾座套筒锥孔轴线等高误差要求为0~0.06,且只允许尾座套筒锥孔轴线高。为简化计算,略去各相关零件轴线同轴度误差,得到一个只有 $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_3$ 三个组成环的简化尺寸链,如图4-25所示。若已知 $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_3$ 的基本尺寸分别为202、46和156。用修配法装配,试确定 $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_3$ 的偏差。

【解】1) 画装配尺寸链图如图 所示,依题意,等高误差要求为0~0.06mm ,为封闭环 ,封闭环公差  $T_0$  = 0.06mm 。其中 $A_2$  和 $A_3$  为增环, $A_1$ 为减环。  $A_0$  =  $A_2$  +  $A_3$  -  $A_1$  = 0

2) 选择修配环

3) 确定各组成环公差及除修配环外的各组成环公差带位置

图4-25 车床主轴中心线与尾座套 筒中心线等高装配尺寸链

 $A_1$ 和 $A_3$ 两尺寸均采用镗模加工,经济公差为0.1,按对称原则标注,有:  $A_1 = 202 \pm 0.05$ , $A_3 = 156 \pm 0.05$ ;  $A_9$ 采用精刨加工,经济公差也为0.1。

图示车床主轴孔轴线与尾座套筒锥孔轴线等高误差要求为 0~0.06, 且只允许尾座套筒锥孔轴线高。为简化计算, 略去各相关零件轴线同轴度误差, 得到一个只有 A(1)、A(2)、A(3)三个组成环的简化尺寸链, 如图所示。若已知 A(1)、A(2)、A(3)的基本尺寸分别为 202、46 和 156。用修配法装配, 试确定 A(1)、A(2)、A(3)的偏差。

### 第一步,前处理。

依题意画装配尺寸链图如图所示,等高误差要求为  $0 \sim 0.06$ mm 为封闭环, 公差 T(0) = 0.06mm 。其中 A(2) 和 A(3) 为增环, A(1) 为减环, A(0) = A(2) + A(3) - A(1) = 0 。

### 第二步,求解计算。

### 第1小步,选择修配环。

本例中修刮尾座底板最为方便, 故选 A(2)作修配环。且修 A(2)导致 A(2)减小, 由尺寸 链图可知 A2 减小将使得 A(0) 减小。

### 第2小步,确定各组成环公差及除修配环外的各组成环公差带位置。

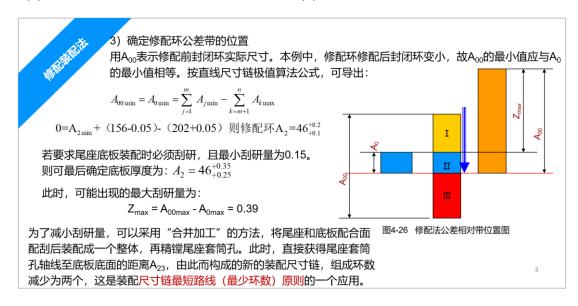
A(1)、和 A(3)两尺寸均采用镗模加工, 经济公差为 0.1, T(1)=T(3)。

按对称原则标注,有:

 $A(1) = 202 \pm 0.05$ ,

 $A(3) = 156 \pm 0.05$ ;

A(2)采用精刨加工, 经济公差也为 0.1, 即 T(2)=0.1。



### 第3小步,确定修配环公差带的位置。

用 A(00)表示修配前封闭环实际尺寸。本例中,修配环修配后使得封闭环变小,故 A(00)的最小值应与 A(0)的最小值相等,从而画出**公差带相对位置图**。

按尺寸链极值算法公式,可列出其中一个算式计算出修配环

A(2), 尺寸 46, 上偏差+0.2, 下偏差+0.1。

### 第三步,结果处理。

修配法装配,确定的A(1)、A(2)、A(3)分别为

A(1), 尺寸 202, 对充分布偏差±0.1;

A(2), 尺寸 46, 上偏差+0.2, 下偏差+0.1, 入体标注后, 尺寸 46.2, 上偏差 0, 下偏差+0.1。

A(3), 尺寸 156, 对充分布偏差±0.1;

最小刮研量为 0, 最大刮研量= T(00)- T(0)=0.1+0.1+0.1-0.06=0.24。

若要求尾座底板装配时必须刮研, 且最小刮研量为 0.15。

修配前封闭环 A(00)需增大 0.15. 则 A(2)也应该增大 0.15. 则此时

A(2), 尺寸 46.35, 上偏差 0, 下偏差-0.1,

最大可能的刮研量为 0.24+0.15=0.39。

为了减小刮研量,可以采用"**合并加工**"的方法,将尾座和底板配合面配刮后装配成一个整体,再精镗尾座套筒孔。此时,直接获得尾座套筒孔轴线至底板底面的距离 A(2.3),由此而构成的新的装配尺寸链,组成环数减少为2个,这是装配尺寸链最短路线(最少环数)原则的一个应用。

### 第一步,前处理。

依题意画装配尺寸链图如图所示,等高误差要求为  $0 \sim 0.06$ mm ,为封闭环 ,公差 T(0) = 0.06mm 。其中 A(2).(3) 为增环,A(1)为减环,A(0) = A(2).(3) - A(1) = 0 。

### 第二步, 求解计算。

第1小步,选择修配环。

选 A(2.3)作修配环。且修 A(23)导致 A(23)减小,由尺寸链图可知 A(2.3)减小将使得 A(0) 减小。

第2小步,确定各组成环公差及除修配环外的各组成环公差带位置。

A(1)采用镗模加工, 经济公差为 0.1, 按对称原则标注, 有:

A(1), 尺寸 202, 对充分布偏差±0.1;

A(2.3)经济公差也为 0.1。

第3小步,确定修配环公差带的位置。

用 A(00)表示修配前封闭环实际尺寸。本例中,修配环修配后封闭环变小,故 A(00)的 最小值应与 A(0)的最小值相等,从而画出公差带相对位置图。按尺寸链极值算法公式,可列出其中一个算式计算出修配环

A(2.3), 尺寸 202, 上偏差+0.15, 下偏差+0.05。

### 第三步,结果处理。

修配法装配,确定的A(1)、A(23)分别为

A(1), 尺寸 202, 对充分布偏差±0.1;

A(2.3), 尺寸 202, 上偏差+0.15, 下偏差+0.05, 入体标注后, 尺寸 202.15, 上偏差 0, 下偏差-0.1。

最小刮研量为 0, 最大刮研量= T(00)-T T(0)=0.1+0.1-0.06=0.14。

若要求尾座底板装配时必须刮研,且最小刮研量为 0.15。修配前封闭环 A(0)需增大 0.15、则 A(2.3)应该增大 0.15、则此时

A(2.3), 尺寸 202.3, 上偏差 0, 下偏差-0.1,

最大可能的刮研量为 0.14+0.15=0.29。不合并加工是 0.39。

我们再来看一个案例,也是前面用了互换法装配的案例。

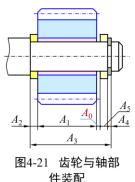
【例 4-5】图示齿轮部件,齿轮空套在轴上,要求齿轮与挡圈的轴向间隙为0.1~0.35。已知各零件有关的基本尺寸为: $A_1$  = 30 , $A_2$  = 5 , $A_3$  = 43, $A_4$  =  $3^0_{-0.05}$  (标准件) , $A_5$  = 5 。用修配法装配,试确定各组成环的偏差。

【解】1)建立装配尺寸链,并校验各环基本尺寸 依题意封闭环公差 $T_0$  = 0.25,其中A3 为增环, $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_4$ 、 $A_5$ 为减环, $A_0$  =  $A_4$ - $(A_1+A_2+A_4+A_5)$  = 0

- 2) 选择A5为修配环, 修A5 》A5↓ 》A0↑
- 3) 确定各组成环公差

按经济精度分配各组成环公差, $T_1=T_3=0.20$ mm, $T_2=T_5=0.10$ mm, $A_4$ 为标准件其公差仍为确定值  $A_4=0.05$ mm,各加工件公差约为  $A_4$  按照入体标注原则

$$A_3 = 43_0^{+0.20}$$
 ,  $A_1 = 30_{-0.20}^0$  ,  $A_2 = 5_{-0.10}^0$  ,  $A_4 = 3_{-0.05}^0$ 



图示齿轮部件,齿轮空套在轴上,要求齿轮与挡圈的轴向间隙为  $0.1 \sim 0.35$ 。已知各零件有关的基本尺寸为: A(1) = 30, A(2) = 5, A(3) = 43, A4 标准件,尺寸 A(5) = 5, 上偏差 A(5) = 5, A(5) = 5,

### 第一步,前处理。

依题意画装配尺寸链图如图所示,齿轮与挡圈的轴向间隙为  $0.1 \sim 0.35$ mm,为封闭环,公差 T(0) = 0.25mm 。其中 A3 为增环,A(1)、A(2)、A(4)、A(5)为减环,A(0) = A(4)-(A(1)+A(2)+A(4)+A(5)) = 0。

### 第二步, 求解计算。

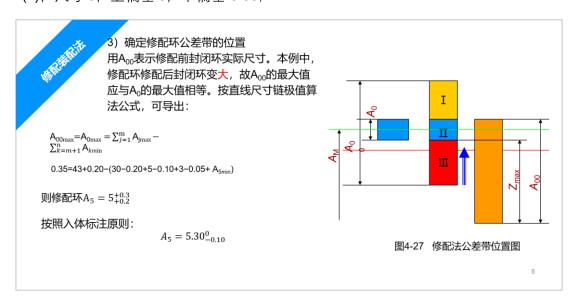
第1小步,选择修配环。

本例中选 A(5)作修配环。且修 A(5)导致 A(5)减小,由尺寸链图可知 A(5)减小将使得 A(0) 增大。

第2小步,确定各组成环公差及除修配环外的各组成环公差带位置。

按经济精度分配各组成环公差,T(1) = T(3) = 0.20mm,T(2) = T(5) = 0.10mm,T(4) = 0.05mm,各加工件公差约为 T(4) = 0.05mm,各加工件公差约为 T(4) = 0.05mm,有

- A(1), 尺寸 30, 上偏差 0, 下偏差-0.20;
- A(2), 尺寸 5, 上偏差 0, 下偏差-0.10;
- A(3), 尺寸 43, 上偏差+0.20, 下偏差 0;
- A(4), 尺寸3, 上偏差0, 下偏差-0.05;



第3小步,确定修配环公差带的位置。

用 A(00)表示修配前封闭环实际尺寸。本例中,修配环修配后封闭环变大,故 A(00)的 最大值应与 A(0)的最大值相等,从而画出公差带相对位置图。

按尺寸链极值算法公式,可列出其中一个算式计算出修配环

0.35=43+0.20-(30-0.20+5-0.10+3-0.05+ A(5min)), 得到

A(5), 尺寸 5, 上偏差+0.3, 下偏差+0.2。

### 第三步,结果处理。

修配法装配,确定的 A(1)、A(2)、A(3)、A(4)、A(5)分别为 A(1),尺寸 30,上偏差 0,下偏差-0.20;

- A(2), 尺寸 5, 上偏差 0, 下偏差-0.10;
- A(3), 尺寸 43, 上偏差+0.20, 下偏差 0;
- A(4), 尺寸 5, 上偏差 0, 下偏差-0.05;
- A(5), 尺寸 5, 上偏差+0.3, 下偏差+0.2, 入体标注后, A(5), 尺寸 5.30, 上偏差 0, 下偏差-0.10。

修配装配法是将尺寸链中个组成环按照经济精度制造,装配时,通过机械加工的方法 改变尺寸链中被选做修配环的组成环尺寸的方法来保证装配精度。修配环的零部件成 为修配件,有时也称为补偿环。修配环选择的条件

1) 便于拆卸, 2) 非公共环。