

# 工序尺寸公差的计算机辅助设计

秦宝荣

(盐城工专机械工程系, 盐城, 224003)

**摘要** 介绍一种适合于回转体类零件工序尺寸及公差确定的计算机辅助设计方法。此方法模拟手工计算中的图表综合法, 建立工序尺寸链的数学模型, 提出一种工序公差确定及调整的新方法。算例表明, 所确定的工序尺寸及公差正确可靠、经济合理。

**关键词** 工序尺寸 公差 计算机辅助设计

**分类号** TG8 TB21

机械制造工艺过程中, 对于同一个位置尺寸方向上具有较多尺寸, 加工时定位基准又需多次转换的零件, 由于工序尺寸相互联系的关系相当复杂, 其工序尺寸及公差的确定相当繁琐, 一直是计算机辅助工艺过程设计的重点和难点。本文根据工艺尺寸链图表综合法的原理, 以尺寸链矩阵和尺寸特性矩阵作为描述工艺尺寸链的数学模型, 可方便地将图纸和工艺信息转化为计算机可识别的信息, 提出一种确定和调整工序公差的新方法, 且可在微机上编程实现。

## 1 工艺尺寸链的数学模型

根据尺寸链原理, 直线尺寸链的一般方程式为

$$A_0 = \sum A_i - \sum A_j \quad (1)$$

式中  $A_0$ 、 $A_i$ 、 $A_j$  分别为封闭环、增环、减环的变量尺寸。

模拟工艺尺寸链图表综合方法<sup>[1]</sup>(如图1示例), 工艺过程中一系列工艺尺寸链可表达为

$$\{A_{0i}\} = [T]\{A_i\} \quad (2)$$

式中,  $\{A_{0i}\}$  为封闭环尺寸列阵,  $\{A_i\}$  组成环列阵,  $[T]$  为尺寸链矩阵,  $T$  的每一行对应一个封闭环, 每一列对应一个组成环。

$$T(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{当 } A_j \text{ 是 } A_{0i} \text{ 的增环} \\ 0 & \text{当 } A_j \text{ 不是 } A_{0i} \text{ 的组成环} \\ -1 & \text{当 } A_j \text{ 是 } A_{0i} \text{ 的减环} \end{cases} \quad (3)$$

工艺尺寸链中各尺寸的特征, 可用尺寸链特征矩阵来描述

$$W(m+n, 8) = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \\ \text{尺寸} & \text{尺寸} & \text{尺寸} & \text{加工} & \text{加工} & \text{尺寸} & \text{加工} & \text{结果} \\ \text{编码} & \text{左端} & \text{右端} & \text{表面} & \text{方法} & \text{公差} & \text{余量} & \text{尺寸} \\ & \text{编号} & \text{编号} & \text{号} & \text{代码} & \text{标准} & \text{特征} & \text{公差} \\ & & & & & & & \text{值} \end{bmatrix} \quad (4)$$

• 收稿日期: 1995-10-27

式中,  $m$  为工序尺寸数、 $n$  为结果尺寸数、第 4 列为工序尺寸加工表面号、结果尺寸为 0; 第 5 列为加工方法代码, 表示粗车、精车、磨剂等各种加工方法, 结果尺寸为 0; 第 7 列为加工余量特性, 表面加工后使尺寸增大, 余量特性为 1, 反之为 -1, 不考虑余量时为 0; 第 8 列为结果尺寸公差值, 工序尺寸为 0。第 2、3、4 列用于尺寸链搜索, 第 5、6、7、8 列用于确定平均经济公差、最小经济公差和最小加工余量。式(2)、(4)即为工艺尺寸链的数学模型, 包含了零件加工中工序尺寸链的全部信息, 计算机以此为依据, 模拟图表综合方法的过程, 即可查得结果尺寸链和余量尺寸链。

## 2 工序尺寸及公差的计算

### 2.1 确定工序尺寸公差

#### 2.1.1 初定工序尺寸公差

工序尺寸公差大小直接影响到零件的加工精度和加工成本, 在满足图纸要求的情况下, 应尽可能放宽工序尺寸公差, 以提高加工经济性。初定工序尺寸公差时, 可按下述两条原则确定:

(1) 直接保证图纸尺寸的工序尺寸, 如果该工序尺寸不是公共环, 其公差值取图纸规定尺寸公差。

(2) 其余工序尺寸, 根据其加工方法及基本尺寸大小, 取其平均经济公差。

#### 2.1.2 调整工序尺寸公差

根据尺寸链的极值解法, 封闭环公差等于各组成环公差之和, 即

$$TA_0 = \sum_{i=1}^n TA_i \quad (5)$$

当  $TA_0 < \sum_{i=1}^n TA_i$  时, 不能保证加工要求,  $TA_0 \gg \sum_{i=1}^n TA_i$  时, 加工的经济性不好。初定的工序尺寸公差不一定正好能满足式(5), 因此, 必须调整有关尺寸的公差, 按调整幅度从大到小调整, 前面尺寸链中调整过的组成环公差, 后面尺寸链中不再调整。

设第  $k$  个尺寸链有  $n$  个组成环, 其中有  $m$  个组成环公差已在其他尺寸链中调整过, 引入公差调整系数  $b_k$ :

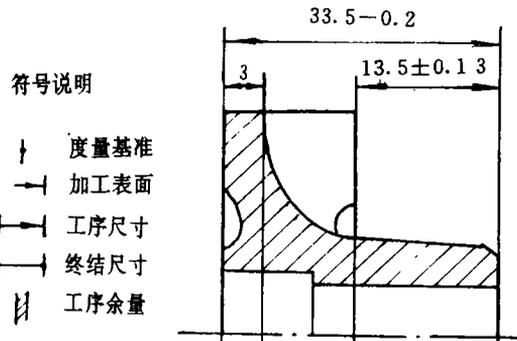
$$b_k \sum_{i=1}^{n-m} TA_i + \sum_{j=1}^m TA_j = TA_0$$

因为

$$\sum_{i=1}^n TA_i = \sum_{i=1}^{n-m} TA_i + \sum_{j=1}^m TA_j$$

所以

$$b_k = \frac{TA_0 - \sum_{j=1}^m TA_j}{\sum_{i=1}^{n-m} TA_i - \sum_{j=1}^m TA_j} \quad (6)$$



工序		1	2	3	4
车大端面	$A_1$ $Z_1$	▨			
车小端面	$A_2$ $Z_2$				▨
切叶片端面	$A_3$ $Z_3$			▨	
精车大端面	$A_4$ $Z_4$	▨			
磨小端面	$A_5$ $Z_5$				▨
研磨小端面	$A_6$ $Z_6$				▨
终结尺寸	$L_1$ $L_2$ $L_3$				

图 1 叶轮工艺尺寸链图表综合法

令  $TA'_i = b_k \cdot TA, (i = 1, 2, \dots, n - m)$  (7)

式(7)即为组成环公差的调整公式。经过调整后的公差一定能满足式(5),但是,工序公差超过经济加工精度范围,会导致加工成本大幅度上升。若某工序的最小经济公差为  $TA_{min}$ ,则调整后的公差必须满足

$TA'_i \geq TA_{min}$  (8)

否则,令  $TA'_i = TA_{min}$  (以后不再调整),重新计算  $b_k$  及调整其他组成环公差。

### 2.2 计算工序尺寸

#### 2.2.1 确定加工余量

按照公式(4)中描述的加工方法和基本尺寸,先从数据库中选取各工序的最小加工余量  $Z_{min}$ ,再计算平均余量  $Z_{av}$ 。

$Z_{av} = Z_{min} + TZ \setminus - i/2$  (9)

式中  $TZ_i$  是余量公差,由尺寸链计算得到。

#### 2.2.2 计算工序尺寸

将封闭环和各组成环的平均尺寸  $A_{on}$  及  $A_{iv}$  代入式(2):

$\{A_{on}\} = [T]\{A_{iv}\}$  (10)

解线性方程组(10),求出各工序的平均尺寸  $A_{iv}$ ,从而得到工序尺寸

$A_i = A_{iv} \pm TA_i/2$  (11)

最后,根据余量特性,按“入体原则”转换为单向偏差,即完成工序尺寸的计算。

## 3 程序设计

主流程图和工序尺寸链公差调整流程图如图2、图3所示。

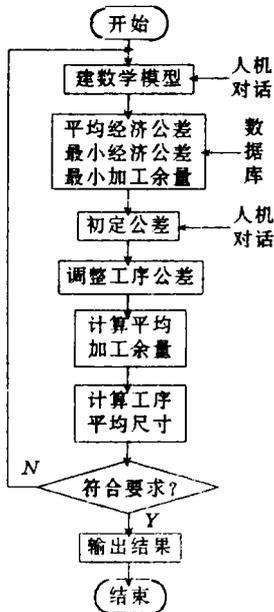


图2 程序主流程图

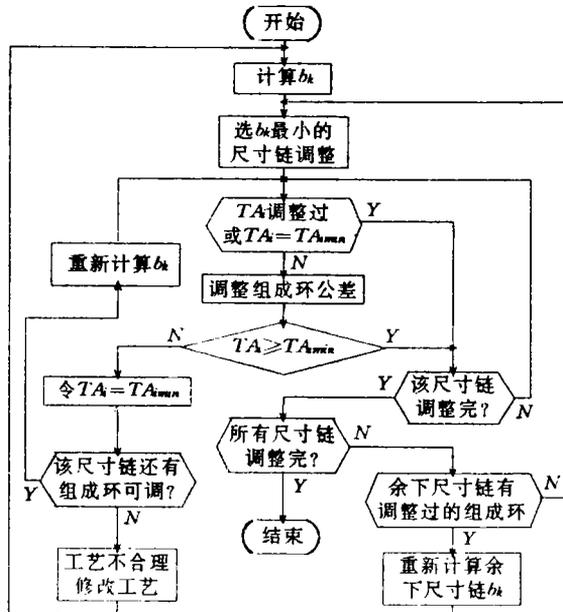


图3 工序尺寸公差调整流程图

### 4 算例

以图 1 所示的叶轮工艺尺寸链图表综合法实例为例,其数学模型为

$$[A_1 \ A_2 \ A_3 \ A_4 \ A_5 \ A_6 \ Z_6] = \{A_i\}^T$$

$$\{A_0\} = \begin{bmatrix} Z_4 \\ Z_5 \\ L_1 \\ L_2 \\ L_3 \end{bmatrix} = [T] \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & 1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$W = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 2 & 1 & 1 & 3 & -1 & 0 \\ 2 & 1 & 4 & 4 & 1 & 33.3 & -1 & 0 \\ 3 & 3 & 4 & 3 & 1 & 13.5 & 1 & 0 \\ 4 & 1 & 4 & 1 & 3 & 33.5 & -1 & 0 \\ 5 & 1 & 4 & 4 & 6 & 33.5 & -1 & 0 \\ 5 & 1 & 4 & 0 & 0 & 33.5 & 0 & 0 \\ 7 & 4 & 4 & 4 & 8 & 0.02 & 1 & 0 \\ 8 & 1 & 2 & 0 & 0 & 3 & 0 & 0.7 \\ 9 & 3 & 4 & 0 & 0 & 13.5 & 0 & 13.5 \\ 10 & 1 & 4 & 0 & 0 & 33.5 & 0 & 0.2 \end{bmatrix} \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ A_4 \\ A_5 \\ A_6 \\ Z_6 \\ L_1 \\ L_2 \\ L_3 \end{matrix}$$

计算结果如下表如示:

工序尺寸	尺寸	初定公差	调整函数	工序公差	最小余量	余量公差	平均余量	平均尺寸	公称尺寸单向偏差
车大端面	A <sub>1</sub>	0.6	0.7	0.4				3.33	3.53-0.4
车小端面	A <sub>2</sub>	0.3	0.7	0.2				33.87	33.92-0.2
切叶片端面	A <sub>3</sub>	0.125	0.8	0.1				13.64	13.69-0.1
精车大端面	A <sub>4</sub>	0.075	0.8	0.06	0.2	0.26	0.33	33.54	33.52-0.06
磨小端面	A <sub>5</sub>	0.025	0.8	0.02	0.08	0.08	0.12	33.42	33.43-0.02
研磨小端面	A <sub>6</sub>	0.2		0.2	0.01	0.02	0.02	33.4	33.5-0.2

### 5 结束语

本文根据工艺尺寸链图表综合法建立的工艺尺寸链数学模型可方便地将工艺信息表达成计算机可识别的信息,提出的工序尺寸公差调整方法,使得工序尺寸公差的选取简单,调整后的分差可靠、经济,在微机上编程实现,程序人机界面较好,操作简便,算例表明运算结果正确。

#### 参考文献

- 1 顾崇銜等. 机械制造工艺学. 陕西科学技术出版社. 1986
- 2 郑华林. 计算机辅助求解工序尺寸. 组合机床. 1990. 3