

卞铭健 编著

工艺尺寸链计算

福建科学技术出版社

工艺尺寸链计算

卞铭健

福建科学技术出版社

一九八三年·福州

工艺尺寸链计算

卞 铭 健

*

福建人民出版社出版

(福州得贵巷27号)

福建省新华书店发行

福建新华印刷厂印刷

开本787×1092毫米 1/32 9.125印张 198千字

1983年7月第1版

1983年7月第1次印刷

印数：1—7,300

书号：15211·30 定价：0.80元

前 言

在机械制造业的产品设计、机械加工，以及技术测量时，都会经常遇到工艺尺寸链的分析和计算问题。工艺尺寸链是解决生产实际问题的有力工具。因此，它在机械制造行业中，得到愈来愈广泛地应用。工艺尺寸链能够为制定最佳工艺规程提供理论计算的科学依据，能及时发现工艺过程中存在的问题，并能为改进工艺和控制加工工艺过程的质量提供有效的技术措施，对保证产品具有高质量、低成本和高生产率起着关键性的作用。

本书力求比较系统地阐述工艺尺寸链的基本原理，并把它较全面地应用到机械制造业的各个部门中去，以便采用统一、简便的计算方法，解决生产中的实际问题。全书内容分十六章，各章都阐述了基本原理、概念及计算方法，并列举了大量的计算实例，可供机械加工、技术测量的工程技术人员、技术工人以及大中专学校机械制造专业师生学习参考。

本书经陈榕同志审稿。

由于编者水平有限，谬误之处在所难免，希望读者批评指正。

编 者

1982.12.

目 录

第一章 尺寸链基本原理和概念	(1)
一 基本概念.....	(1)
二 尺寸链分类.....	(4)
三 基本公式.....	(6)
四 正计算与反计算.....	(16)
第二章 工艺尺寸链换算	(23)
一 定位基准与设计基准不一致的工艺尺寸换算.....	(23)
二 测量基准与设计基准不一致的工艺尺寸换算.....	(32)
第三章 包括余量的工艺尺寸链	(38)
一 概述.....	(38)
二 用同一基准对某一表面多次加工.....	(40)
三 两表面互为基准.....	(42)
四 用不同基准对某一表面多次加工.....	(43)
五 余量在并联尺寸链中为公共环.....	(46)
第四章 跟踪法解工艺尺寸链	(50)
一 概述.....	(50)
二 跟踪法应用实例.....	(54)
三 几个特殊问题.....	(61)
第五章 对称度误差的计算	(64)
一 概述.....	(64)
二 计算举例.....	(70)

第六章 表面处理工艺尺寸计算	(79)
一 渗入类的表面处理工艺尺寸的计算.....	(79)
二 电镀类表面处理工艺尺寸的计算.....	(82)
第七章 包括相关环的工艺尺寸链	(99)
一 概率法.....	(99)
二 极值法.....	(102)
第八章 平面尺寸链	(120)
一 平面尺寸链基本公式.....	(121)
二 平面尺寸链的应用.....	(124)
第九章 锥面、曲面类工件工艺尺寸链	(137)
一 解锥面、曲面类工艺尺寸链的方法.....	(137)
二 计算实例.....	(148)
第十章 纯角度尺寸链	(157)
一 概述.....	(157)
二 计算举例.....	(163)
第十一章 孔系工艺尺寸链	(173)
一 概述.....	(173)
二 小坐标尺寸公差计算.....	(177)
三 大坐标尺寸公差计算.....	(182)
四 计算实例.....	(184)
第十二章 坐标转换或变换时公差的换算	(188)
一 基本计算公式.....	(188)
二 计算举例.....	(191)
第十三章 空间尺寸链	(201)
一 空间尺寸链基本公式.....	(201)
二 空间尺寸链的应用.....	(207)
第十四章 加工工艺方案评比	(229)

一 概述	(229)
二 评比方法	(230)
三 计算举例	(234)
第十五章 工艺系统尺寸链	(244)
一 概述	(244)
二 工艺系统尺寸链表示方法及计算公式	(245)
三 提高工艺系统尺寸链精度的措施	(254)
第十六章 位置度公差值的计算	(261)
一 位置度公差值的计算方法	(261)
二 几种位置度公差标注及其公差值计算	(269)
三 计算实例	(278)
主要参考资料	(281)

第一章 尺寸链基本原理和概念

一、基本概念

在机械制造行业的产品设计、工艺装备设计、工艺规程设计、零部件加工和装配、技术测量以及产品质量控制等工作中，都会经常遇到工艺尺寸链分析和计算的问题。熟练和准确地应用工艺尺寸链理论，解决生产实际问题，以求得产品具有高质量、低成本和高生产率，这对多快好省地发展机械制造工业具有重要的实际意义。

什么是工艺尺寸链呢？我们从下面一个例子谈起。

例1—1 如图1—1所示，工件图上注出设计尺寸 A_1 与 A_N 。表面1和表面2都已加工完毕，表面3是本工序待加工的表面。从工件图上明显可见：表面3的设计基准是表面2。为了便于测量，加工表面3时，选用表面1作为测量基准。这样，由于测量基准与设计基准不一致，就必须计算出工序尺寸 A_2 及其公差。在这种情况下，下设计尺寸 A_N 不是加工中直接控制的，而是通过保证工序尺寸 A_2 后间接获得的。这时，如何确定工序尺寸 A_2 及其公差 δ_{A_2} ？如何保证间接获得的尺寸 A_N 及其公差符合设计要求？

为了方便起见，将图1—1上对尺寸 A_N 的误差有影响的有关尺寸 A_1 与 A_2 以及 A_N ，将它们首尾相接，一环扣一环，形成相互联系的图形，如图1—2所示。该图称为尺寸链简图。该简图仅表示各尺寸之间相互位置关系，因此，不必严

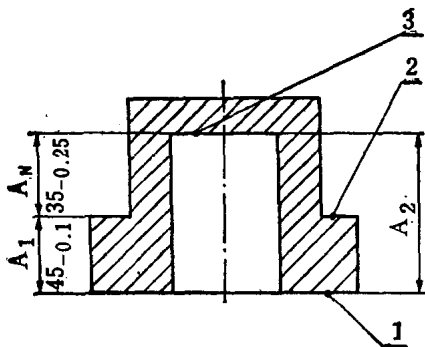


图1—1

格地按尺寸比例画出。

从图1—2中可见：当 A_2 最大、 A_1 最小时， A_N 为最大；当 A_2 最小、 A_1 最大时， A_N 为最小。因此，可以得出这样的结论： A_N 的误差是受 A_1 及 A_2 误差的影响。也就是尺寸 A_1 及 A_2 的误差会累积到尺寸 A_N 的误差中去。这样，我们便可以对尺寸链获得一个明确的概念：凡是一组相互联系的尺寸系统，其中有一个尺寸的误差是其余各尺寸误差累积的结果。我们便称这尺寸系统为尺寸链。

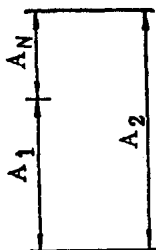


图1—2

组成尺寸链的各尺寸（或角度、位置公差等）称为尺寸链的环。如图1—2中 A_1 、 A_2 及 A_N 都称为环。

一个尺寸链中必有一个特殊的环，它的误差是其余各环误差累积的结果。这环称为封闭环，以 A_N 表示，如图1—2中所示。而其余各环均称为组成环，以 A_i 表示， i 为环的序号。如图1—2中的 A_1 及 A_2 就是组成环。

如果增大某一组成环，而其余各组成环均不变的条件

下，导致封闭环增大，那么，便称这环为增环，以 \overrightarrow{A} 表示。如图1—2中 A_2 就是增环。反之，如果增大某一组成环，而其余各组成环均不变的条件下，导致封闭环减小，那么，便称这环为减环，以 \overleftarrow{A} 表示。如图1—2中 A_1 就是减环。

例1—2 如图1—3（该图是工件图与工序图的混合）所示为带圆锥面的工件，在工件图上标出：设计尺寸 R_2 及 l_2 和角度 α 及其公差。该工件在工序1已经粗加工各表面，工序尺寸为 R_1 、 l_1 和角度 α 及其公差，在外圆上留有精车余量。在工序2精车外圆（图上以虚线表示）至尺寸 R_2 及其公差。这样，便可直接控制精车余量 $R_1 - R_2$ 。外圆经精车后，相邻面的交点由 P_1 移至 P_2 。由此可见，工件上设计尺寸 l_2 不是这两道工序直接获得的，而是在第2道工序结束后才间接获得的，它的误差受 R_1 、 R_2 、 l_1 及 α 等误差的影响，因此 l_2 应为封闭环。因为各组成环尺寸不是相互平行的，而且其中包括有角度环 α ，所以，该尺寸链为平面工艺尺寸链。为了正确地确定工序尺寸 l_1 及其公差，必须用平面工艺尺寸链的方法加以计算。

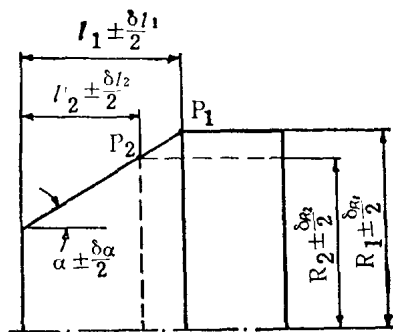


图1—3

例1—3 如图1—4所示为一个带斜面的长方形工件。要在铣床上铣削斜面。在工件图上所给的斜面两个角度 $25^\circ \pm 30'$ 及 $60^\circ \pm 10'$ 这两个角度不符合加工的需要，因为加工时，要把斜面置于与工作台平行位置。因此，要求

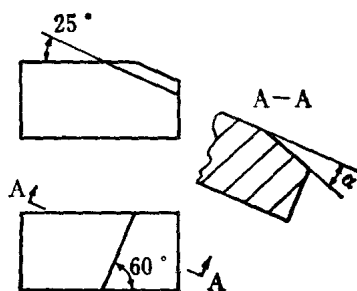


图1—4

计算出在 $A-A$ 截面中的角度 $\alpha \pm \frac{\delta\alpha}{2}$ ，以便将它标注在夹具图上。这时，这几个角度位置关系是处在三个不平行的平面上。这是属于空间尺寸链的问题。通过空间工艺尺寸链的计算，便可以求出它们之间的角度及其公差的关系。关于例1—2及例1—3的详细计算，将在以后的章节里详细讲述。

二、尺寸链分类

(一) 按组成尺寸链环的特点分

1. 以零、部件的尺寸作为尺寸链中的环，所构成的尺寸链，称为装配尺寸链；
2. 以工件的设计尺寸、工序尺寸以及余量等作为尺寸链中的环，所构成的尺寸链，称为工艺尺寸链；
3. 以工艺系统（即机床、夹具、刀具及工件）的尺寸作为尺寸链中的环，所构成的尺寸链，称为工艺系统尺寸链。

(二) 按尺寸链环的分布位置分

1. 尺寸链各环分布在相互平行线上的尺寸链，称为线性尺寸链，如例1—1所示；
2. 尺寸链各环分布在一个或几个相互平行的平面上的尺寸链，称为平面尺寸链，如例1—2所示；
3. 尺寸链各环分布在若干个不平行的平面上的尺寸链，称为空间尺寸链，如例1—3所示。

(三) 按尺寸链相互关系分

1. 所有构成尺寸链的环都在一个尺寸链中，称为无互联尺寸链，如图1—2所示；
2. 尺寸链中有一个或几个环，在两个或更多个尺寸链中，称为互联尺寸链，如图1—5所示；为并联尺寸链，其中 $A_4 = B_2$ 、 $A_5 = B_1$ ，它们是这两个尺寸链的公共环。

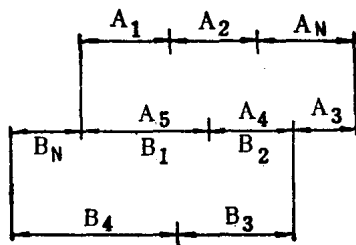


图1—5

(四) 按尺寸链环性质分

1. 所有环相互之间没有依赖关系，都是独立的，称为独

立环尺寸链；

2. 尺寸链环中有些环不是相互独立的，而是相互相关的关系，称为相关环尺寸链。

三、基本公式

计算工艺尺寸链的方法，有极值法和概率法之分。现就解线性尺寸链时常用的公式介绍如下：

(一) 极值法

用这种方法计算尺寸链，是从各环的最大极限尺寸和最小极限尺寸出发，而不考虑各环的尺寸分布特性，因此称为极值法。此法计算简便，目前在工厂中广泛采用。

1. 计算公称尺寸

一般讲，由于尺寸链的各个尺寸连接成闭合的形式，因此，封闭环的公称尺寸应是各组成环公称尺寸的代数和。如图1—2所示的工艺尺寸链，它的封闭环的公称尺寸与组成环的公称尺寸关系式为：

$$A_N = \overrightarrow{A_2} - \overleftarrow{A_1}$$

该例中： $A_N = 35$ 、 $A_1 = 45$ 因此，所求的工序尺寸 A_2 的公称尺寸为：

$$A_2 = A_1 + A_N = 45 + 35 = 80$$

在一般的情况下，如尺寸链中的增环数为 m ，包括封闭环在内的环数为 n 时，封闭环的公称尺寸与组成环的公称尺寸的关系式为：

$$A_N = \sum_{i=1}^m \vec{A}_i - \sum_{i=m+1}^{n-1} \overleftarrow{A}_i \quad (1-1)$$

式中： A_N ——封闭环的公称尺寸；
 \vec{A}_i ——增环的公称尺寸；
 \overleftarrow{A}_i ——减环的公称尺寸。

即封闭环的公称尺寸，等于所有增环的公称尺寸之和，减去所有减环的公称尺寸之和。

在线性尺寸链中，传递比 $C_i = 1$ 或 -1 ，增环的传递比 $\vec{C} = 1$ ；减环的传递比 $\overleftarrow{C} = -1$ 。

因此，上式可以改写为：

$$A_N = \sum_{i=1}^{n-1} C_i A_i \quad (1-1a)$$

式中： C_i ——各环的传递比，包括增环 $\vec{C} = 1$ 及减环 $\overleftarrow{C} = -1$ 。

即封闭环的公称尺寸，等于各组成环公称尺寸的代数和。

2. 计算极限尺寸

当尺寸链中所有增环为最大极限尺寸，而所有减环为最小极限尺寸时，封闭环必为最大极限尺寸。如例1—1中封闭环的最大极限尺寸为：

$$A_{N \max} = \vec{A}_{2 \max} - \overleftarrow{A}_{1 \min}$$

因为， $A_{1 \min} = 44.9$ $A_{N \max} = 35$

代入后，可以求得工序尺寸 A_2 的最大极限尺寸：

$$\begin{aligned} A_{2 \max} &= A_{N \max} + A_{1 \min} \\ &= 35 + 44.9 = 79.9 \end{aligned}$$

当尺寸链中所有增环为最小极限尺寸，而所有减环为最

大极限尺寸时，封闭环必为最小极限尺寸为：

$$A_{N\min} = \overrightarrow{A}_{2\min} - \overleftarrow{A}_{1\max}$$

因为， $A_{N\min} = 34.75$ $A_{1\max} = 45$

代入后，可求得工序尺寸 A_2 的最小极限尺寸为：

$$\begin{aligned} A_{2\min} &= A_{N\min} + A_{1\max} \\ &= 34.75 + 45 = 79.75 \end{aligned}$$

当一般情况时，尺寸链封闭环的极限尺寸与组成环的极限尺寸之间的关系式为：

$$A_{N\max} = \sum_{i=1}^m \overrightarrow{A}_{i\max} - \sum_{i=m+1}^{n-1} \overleftarrow{A}_{i\min} \quad (1-2)$$

$$A_{N\min} = \sum_{i=1}^m \overrightarrow{A}_{i\min} - \sum_{i=m+1}^{n-1} \overleftarrow{A}_{i\max} \quad (1-3)$$

式中： $A_{N\max}$ ——封闭环最大极限尺寸；

$A_{N\min}$ ——封闭环最小极限尺寸；

$\overrightarrow{A}_{i\max}$ ——各增环最大极限尺寸；

$\overrightarrow{A}_{i\min}$ ——各增环最小极限尺寸；

$\overleftarrow{A}_{i\max}$ ——各减环最大极限尺寸；

$\overleftarrow{A}_{i\min}$ ——各减环最小极限尺寸。

即封闭环最大极限尺寸等于所有增环最大极限尺寸之和减去所有减环最小极限尺寸之和；封闭环最小极限尺寸等于所有增环最小极限尺寸之和减去所有减环最大极限尺寸之和。

3. 计算平均尺寸

各环的平均尺寸可用各环的最大极限尺寸与最小极限尺寸来表示：

组成环的平均尺寸为：

$$A_{ip} = \frac{A_{imax} + A_{imin}}{2}$$

封闭环的平均尺寸为：

$$A_{NP} = \frac{A_{Nmax} + A_{Nmin}}{2}$$

如在本例中，组成环 A_1 的平均尺寸及封闭环 A_N 的平均尺寸：

$$A_{1P} = \frac{45 + 44.9}{2} = 44.95$$

$$A_{NP} = \frac{35 + 34.75}{2} \approx 34.88$$

封闭环的平均尺寸与组成环的平均尺寸关系式为：

$$A_{NP} = \sum_{i=1}^m \vec{A}_{ip} - \sum_{i=m+1}^{n-1} \overleftarrow{A}_{ip} = \sum_{i=1}^{n-1} C_i A_{ip} \quad (1-4)$$

即封闭环的平均尺寸等于所有增环平均尺寸之和减去所有减环平均尺寸之和。

如本例中工序尺寸 A_2 的平均尺寸为：

$$A_{2P} = A_{NP} + A_{1P} = 34.88 + 44.95 = 79.83$$

4. 计算上偏差与下偏差

将封闭环最大极限尺寸式(1-2)及封闭环最小极限尺寸式(1-3)，分别减去封闭环公称尺寸式(1-1)，便得封闭环的上偏差 $B_S A_N$ 和封闭环的下偏差 $B_X A_N$ 。可写出下式：

$$B_S A_N = \sum_{i=1}^m B_S \vec{A}_i - \sum_{i=m+1}^{n-1} B_X \overleftarrow{A}_i \quad (1-5)$$

$$B_X A_N = \sum_{i=1}^m B_X \vec{A}_i - \sum_{i=m+1}^{n-1} B_S \overleftarrow{A}_i \quad (1-6)$$

式中： $B_S \vec{A}_i$ —— 各增环的上偏差；

$B_x \overrightarrow{A_i}$ —— 各增环的下偏差；

$B_s \overleftarrow{A_i}$ —— 各减环的上偏差；

$B_x \overleftarrow{A_i}$ —— 各减环的下偏差。

在本例中工序尺寸 $\overrightarrow{A_2}$ 的上偏差和下偏差为：

$$B_s A_2 = B_s A_N + B_x A_1 = 0 + (-0.1) = -0.1$$

$$B_x A_2 = B_x A_N + B_s A_1 = -0.25 + 0 = -0.25$$

所以， $A_2 = 80 \begin{smallmatrix} -0.1 \\ -0.25 \end{smallmatrix}$

5. 计算公差

将封闭环的最大极限尺寸式(1—2)减去封闭环最小极限尺寸式(1—3)，便得封闭环公差与组成环公差的关系式：

$$\begin{aligned} \delta_{A_N} &= \sum_{i=1}^m \delta_{A_i} \overrightarrow{+} + \sum_{i=m+1}^{n-1} \delta_{A_i} \overleftarrow{-} \\ &= \sum_{i=1}^{n-1} \delta_{A_i} \end{aligned} \quad (1-7)$$

式中： δ_{A_N} —— 封闭环公差值；

δ_{A_i} —— 各组成环公差值。

即封闭环的公差值等于各组成环公差值的总和。

在本例中工序尺寸 A_2 的公差为：

$$\delta_{A_2} = \delta_{A_N} - \delta_{A_1} = 0.25 - 0.10 = 0.15$$

6. 计算平均偏差

组成环的平均偏差 $B_P A$ 为：

$$B_P A = \frac{B_s A + B_x A}{2} \quad (1-8)$$

封闭环的平均偏差 $B_P A_N$ 为：

$$B_P A_N = \frac{B_s A_N + B_x A_N}{2}$$