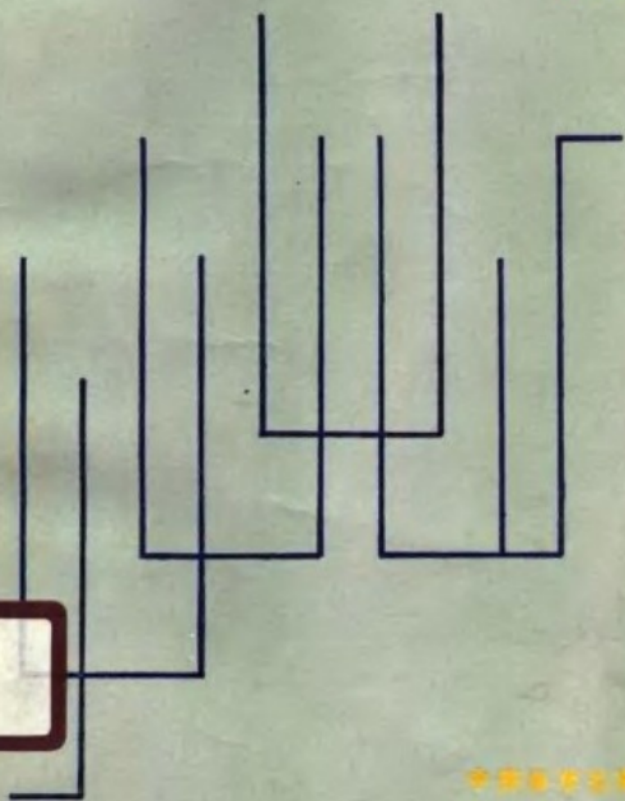


尺寸链分析与计算

李树德 著



中国工业出版社

尺寸链
分析
计算

PDG

尺寸链分析与计算

李纯甫 著

责任编辑 夏恭忱

*

中国标准出版社出版

(北京复外三里河)

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

版权专有 不得翻印

*

开本 850×1168 1/32 印张 4 $\frac{1}{4}$ 字数 125 000

1990年9月第一版 1990年9月第一次印刷

*

ISBN7-5066-0222-9/TH·008

印数 1—16000 定价 2.15 元

*

标目 141—05

新华书店
PDF

内 容 提 要

本书为配合 GB 5847—86《尺寸链 计算方法》的贯彻而撰写,内容包括术语、代号、形式、传递系数、计算公式与参数等基本概念及计算方法。以减速器、车床和离心泵等产品为例,分析查找尺寸链步骤、计算尺寸链的方法和公差分配时各种不同分配方案的选择,并附有国家标准 GB 5847—86 全文。

本书可供设计、工艺等工程技术人员及高等院校、中等专业学校师生参考。



前 言

尺寸链主要研究机械产品中零部件尺寸的相互关系,分析对产品性能与装配精度最有影响的尺寸,规定这些尺寸的经济合理的公差,设计达到产品精度要求的装配方法以及工艺尺寸的计算等,使产品获得最佳技术经济效益。因此,尺寸链理论广泛应用于机械产品的设计过程与工艺过程。

为统一尺寸链术语和计算方法,许多国家颁布了相应的国家标准。例如,苏联有四项尺寸链国家标准和六项尺寸链指导资料,联邦德国有两项统计公差国家标准,我国制定了 GB 5847—86《尺寸链 计算方法》。在制定我国上述标准过程中,广大技术人员要求多举应用实例,说明不同计算方法的应用。正是为这一目的而撰写本书,以便配合上述标准的贯彻实施。

本书分五章,前两章论述尺寸链术语、代号、尺寸链形式、传递系数、计算公式与计算参数等基本概念及计算方法;三、四两章为应用实例,以减速器、车床和离心泵等典型产品为例,具体阐明分析与查找尺寸链的步骤和计算尺寸链的方法,用多种实例说明公差控制或公差分配时极值法与统计法的应用,以及公差分配时各种不同分配方案的选择。最后一章矢量尺寸链是比较专门性的问题,可作为《尺寸链 计算方法》标准的补充。

应当说明,各种实例目的在于阐明尺寸链分析与计算方法,所决定的公差数值,不一定适合各种生产条件的实际,仅供参考。

限于作者水平,存在错误与疏忽之处,请读者指正为盼。

著 者

目 录

第一章 基本概念	1
1.1 尺寸链基本术语	1
1.2 尺寸链代号与符号	5
1.3 尺寸链形式	7
1.4 组成环的传递系数	11
第二章 计算公式与计算参数	17
2.1 计算公式	18
2.2 计算参数	22
第三章 尺寸链分析与计算	35
3.1 尺寸链分析	35
3.2 尺寸链计算	48
第四章 公差控制与公差分配	61
4.1 公差控制	61
4.2 公差分配	78
第五章 矢量尺寸链	94
5.1 随机矢量平面尺寸链	94
5.2 有向矢量平面尺寸链	107
参考文献	116
附件:GB 5847—86 尺寸链 计算方法	117



第一章 基本概念

设计与制造机械产品,首先要求保证质量。有关尺寸精度规范,正是机械产品质量的重要标志之一。

根据产品的技术要求,经济合理地决定各有关零件的尺寸公差与形位公差,使产品获得最佳的技术经济效益,这对于保证产品质量与提高产品的设计水平都有重要意义。

在设计过程中,或在生产实践中,经常遇到如下问题:怎样分析机械产品中零件之间的尺寸关系?怎样才能保证产品的装配精度与技术要求?怎样规定零件的尺寸公差和形位公差?诸如此类问题,很大程度上可以归纳为尺寸链的问题来研究。

尺寸链正是研究机械产品中尺寸之间的相互关系,分析影响装配精度的因素,决定各有关零部件尺寸和位置的适宜的公差,从而求得保证产品装配精度与技术要求的经济合理的方法。

机械产品由零部件组成,只有各零部件间保持正确的尺寸关系,才能实现正确的运动关系以及其他功能要求。但是,零件的尺寸、形状与位置,在制造过程中又必然存在误差,因此需要从零部件尺寸与位置的变动中去分析各零部件之间的相互关系与相互影响。从产品的技术要求与装配条件出发,适当限定各零部件有关尺寸与位置容许的变动范围,或在结构设计上或在装配工艺上,为了达到精度要求采取相应的措施。上述问题正是尺寸链的研究对象及其基本内容。

因此,尺寸链主要是研究尺寸公差与位置公差的计算和产品达到公差要求的设计方法与工艺方法。

1.1 尺寸链基本术语

1 尺寸链

在机器装配或零件加工过程中,由相互连接的尺寸形成封闭的尺寸组,称为尺寸链。

图 1-1 为齿轮部件中各零件尺寸形成的尺寸链。齿轮两端面各有一个挡板,轴槽中装入开口卡环。轴固定不动,齿轮在轴上回转,因此齿轮端面与挡板之间必须有间隙,图中将齿轮端面与左右挡板之间的间隙绘在一侧。对此间隙大小有直接影响的尺寸是齿轮宽度 A_1 ,左挡板宽度 A_2 ,轴上的轴肩到轴槽尺寸 A_3 ,卡环宽度 A_4 及右挡板宽度 A_5 等五个尺寸。间隙 A_0 与上述五个尺寸连接成封闭的尺寸组,形成尺寸链。

图 1-2 为托架位置尺寸(平行度、垂直度)形成的尺寸链。托架零件图上标注孔轴线对底面的平行度 $\alpha_1=0.03\text{mm}$,左端面对轴线的垂直度 $\alpha_2=0.05\text{mm}$,这样便决定了该端面对底面的垂直度 α_0 。由 α_0 、 α_1 与 α_2 连接成封闭的尺寸组,形成尺寸链。

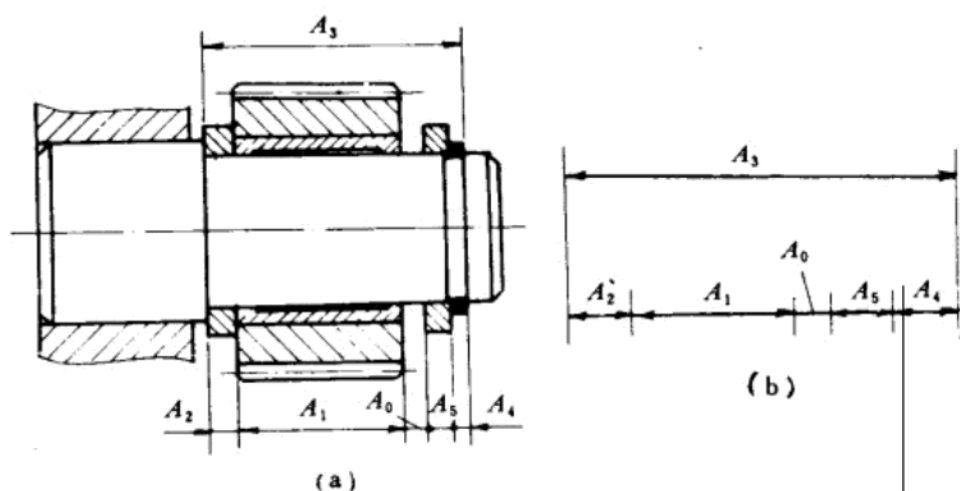


图 1-1 齿轮部件尺寸链

2 环

列入尺寸链中的每一个尺寸,称为环。

如图 1-1 中 A_0 、 A_1 、 A_2 、 A_3 、 A_4 及 A_5 , 图 1-2 中 α_0 、 α_1 及 α_2 都是环。

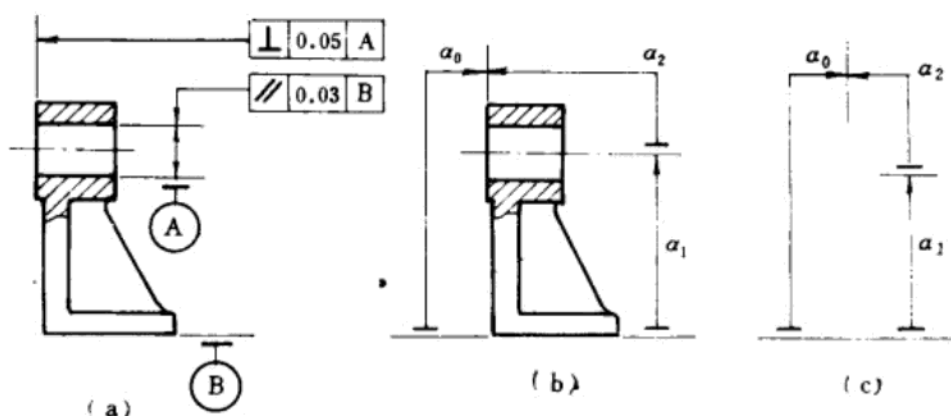


图 1-2 托架位置公差及其尺寸链

3 封闭环

尺寸链中在装配过程或加工过程最后自然形成的一环,称为封闭环。

图 1-1 中 A_0 , 图 1-2 中 α_0 是封闭环。

直线尺寸链只能有一个封闭环,平面尺寸链能有两个封闭环。

4 组成环

尺寸链中对封闭环有影响的全部环,称为组成环。这些环中任一环的变动,必然引起封闭环的变动。

图 1-1 中 A_1 、 A_2 、 A_3 、 A_4 及 A_5 , 图 1-2 中 α_1 及 α_2 都是组成环。

5 增环

尺寸链中某一类组成环,由于该类组成环的变动引起封闭环的同向变动,则该类组成环为增环。同向变动是指该组成环增大时封闭环也增大,该组成环减小时封闭环也减小。

图 1-1 中 A_3 是增环。

6 减环

尺寸链中某一类组成环,由于该类组成环的变动引起封闭环的反向变动,则该类组成环为减环。反向变动是指该组成环增大时封闭环减小,该组成环减小时封闭环增大。

图 1-1 中 A_1 、 A_2 、 A_4 及 A_5 , 图 1-2 中 α_1 及 α_2 都是减环。

7 补偿环

尺寸链中预先选定的某一组成环,可以通过改变其大小或位置,使封闭环达到规定要求,该组成环称为补偿环,如图 1-3 中 L_2 。

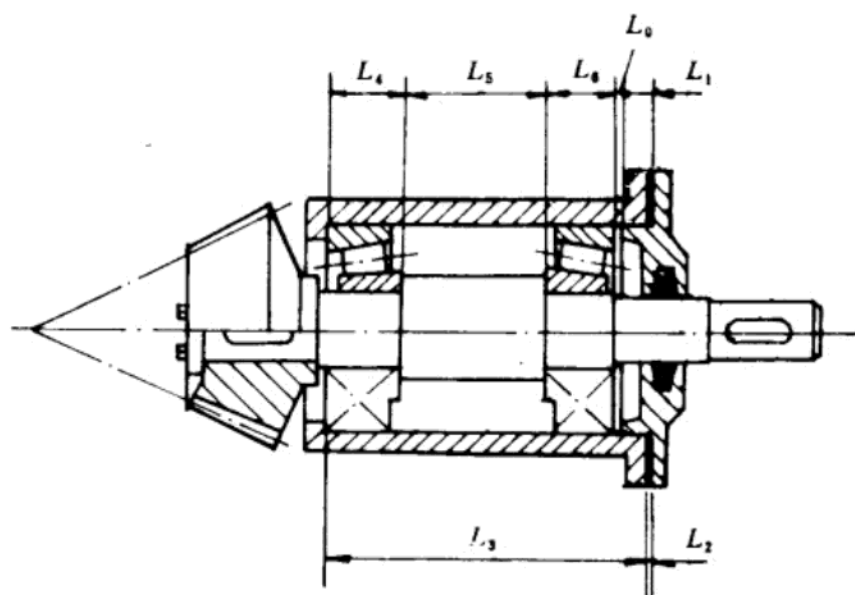


图 1-3 补偿环

8 传递系数

表示各组成环对封闭环影响大小的系数,称为传递系数。传递系数值等于组成环在封闭环上引起的变动量对该组成环本身的变动量之比。

从数学的角度,传递系数的含义是比较容易理解的。如果令 L_1 、 L_2 、 \dots 、 L_m 表示组成环, L_0 表示封闭环,则封闭环与组成环的一般函数式:

$$L_0 = f(L_1, L_2, \dots, L_m) \quad (1-1)$$

式中: m ——组成环环数。

上式称为尺寸链方程式。对式(1-1)取全微分,得

$$dL_0 = \frac{\partial f}{\partial L_1} dL_1 + \frac{\partial f}{\partial L_2} dL_2 + \dots + \frac{\partial f}{\partial L_m} dL_m \quad (1-2)$$

上式中各偏商 $\frac{\partial f}{\partial L_1}$ 、 $\frac{\partial f}{\partial L_2}$ 、 \dots 、 $\frac{\partial f}{\partial L_n}$ 表示各组成环在封闭环上引起的变动量对各相应组成环本身变动量之比,显然是各组成环的传递系数。第 i 个组成环的传递系数用 ξ_i 表示,即

$$\xi_i = \frac{\partial f}{\partial L_i} \quad (1-3)$$

对于增环, ξ_i 为正值;对于减环, ξ_i 为负值。

1.2 尺寸链代号与符号

按几何特征,环可分为长度环与角度环;按误差性质,环可分为标量环与矢量环,前者只有大小的变动,后者兼有大小和方向的变动。

1 代号

长度环用大写斜体拉丁字母 A 、 B 、 C 、 \dots 等表示;

角度环用小写斜体希腊字母 α 、 β 、 γ 、 \dots 等表示;

封闭环加下角标“0”表示;

组成环加下角标阿拉伯数字表示;数字表示各组成环相应的序号。

2 符号



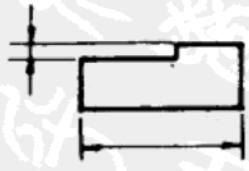
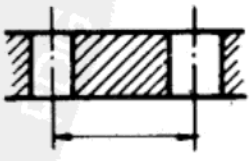
标量环用双箭头线段表示;

矢量环用单箭头线段表示;


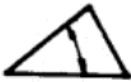

角度环中区分基准要素与被测要素时,符号中短粗线位于基准要素上,箭头指向被测要素;当互为基准时,用双箭头线段表示。

环的特征及符号如表 1-1。

表 1-1 环的特征与符号

环的特征		符 号	图 例	
长 度 环	距离	 		

环的特征		符 号	图 例	
长 度 环	偏移			
	偏心			
	矢径			
角 度 环	平行			
	垂直			
	倾斜			

环的特征		符 号	图 例	
角	度 环			
度				
环				

注：角度环中区分基准要素与被测要素时，符号中短粗线位于基准要素，箭头指向被测要素；当互为基准时，用双箭头符号表示。

1.3 尺寸链形式

为分析与计算尺寸链的方便，通常按尺寸链的几何特征、功能要求、误差性质以及环的相互关系与相互位置等不同观点，对尺寸链加以分类，得出尺寸链的不同形式。

1 长度尺寸链与角度尺寸链

长度尺寸链——全部环为长度尺寸的尺寸链，如图 1-1；

角度尺寸链——全部环为角度尺寸的尺寸链，如图 1-2。

2 装配尺寸链、零件尺寸链与工艺尺寸链

装配尺寸链——全部组成环为不同零件设计尺寸所形成的尺寸链，如图 1-4；

零件尺寸链——全部组成环为同一零件设计尺寸所形成的尺寸链，如图 1-5；

工艺尺寸链——全部组成环为同一零件工艺尺寸所形成的尺寸链，如图 1-6。

装配尺寸链与零件尺寸链，统称为设计尺寸链。

设计尺寸指零件图上标注的尺寸；工艺尺寸指工序尺寸、定位尺寸与基准尺寸等。

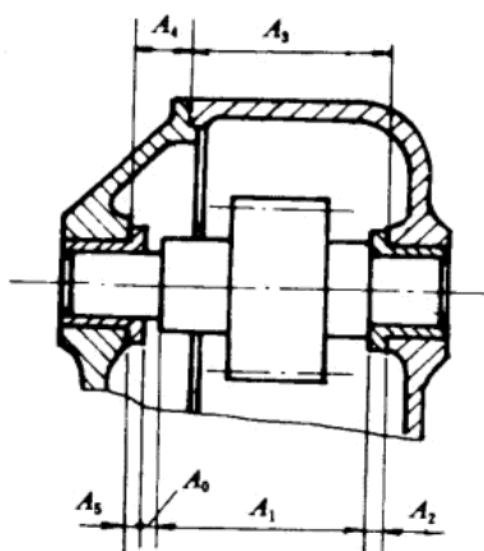


图 1-4 装配尺寸链

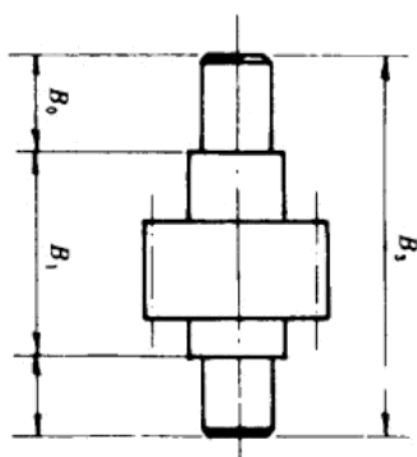


图 1-5 零件尺寸链

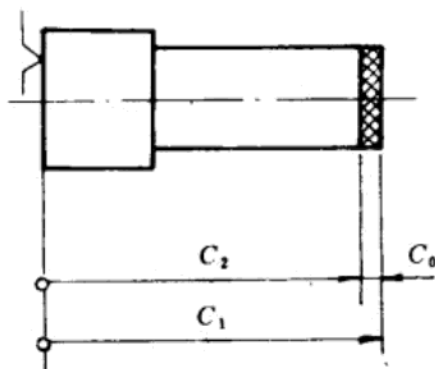


图 1-6 工艺尺寸链

3 基本尺寸链与派生尺寸链

基本尺寸链——全部组成环皆直接影响封闭环的尺寸链,图 1-7 中尺寸链 β ;

派生尺寸链——这一尺寸链的封闭环成为另一尺寸链组成环的尺寸链,图 1-7 中尺寸链 γ 。

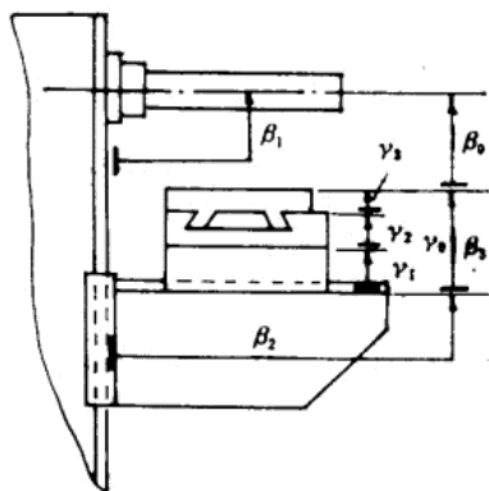


图 1-7 基本尺寸链与派生尺寸链

4 标量尺寸链与矢量尺寸链

标量尺寸链——全部组成环为标量尺寸所形成的尺寸链,图 1-1~图 1-6;

矢量尺寸链——全部组成环为矢量尺寸所形成的尺寸链,图 1-8。

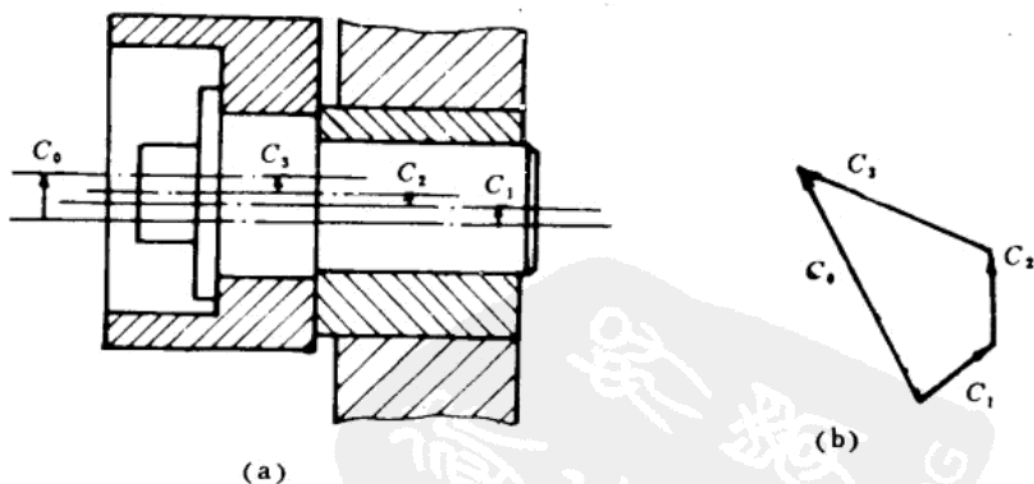


图 1-8 矢量尺寸链

5 直线尺寸链、平面尺寸链与空间尺寸链

直线尺寸链——全部组成环平行于封闭环的尺寸链,图 1-1、

图 1-3~图 1-6;

平面尺寸链——全部组成环位于一个或几个平行平面内,但某些组成环不平行于封闭环的尺寸链,图 1-9;

空间尺寸链——组成环位于几个不平行平面内的尺寸链,图 1-10。

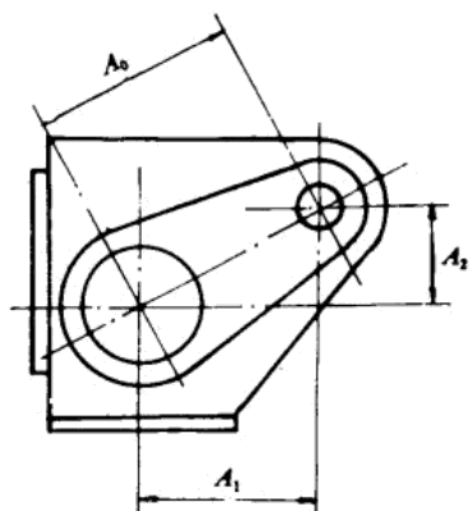


图 1-9 平面尺寸链

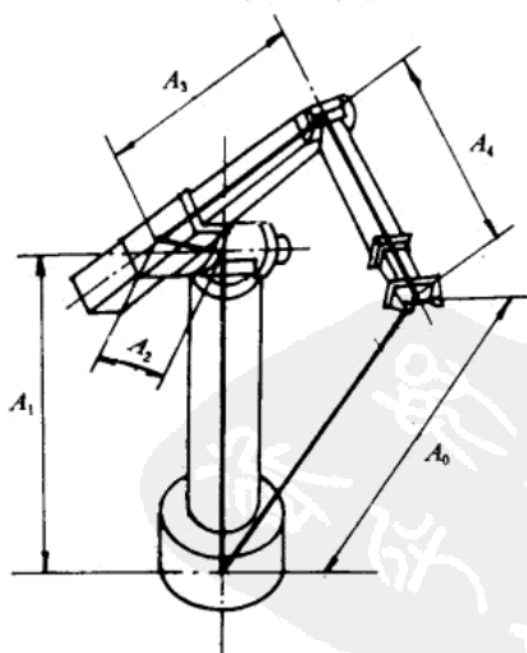


图 1-10 空间尺寸链

1.4 组成环的传递系数

在研究尺寸链中组成环与封闭环之间的关系时,要想了解组成环误差怎样传递到封闭环上去的,这就需要分析各组成环的传递系数。

传递系数在 1.1 节中已经定义为“表示各组成环对封闭环影响大小的系数”。由于组成环相对于封闭环位置的不同,传递系数值的大小与符号(正或负)也不同。当尺寸链方程式用函数式如式(1-1)表示时,则第 i 个组成环的传递系数可用式(1-3)表示,即

$$\xi_i = \frac{\partial f}{\partial L_i} \text{ 或 } \xi_i = \frac{\partial L_0}{\partial L_i}$$

传递系数可以是常量,也可以是变量。当尺寸链方程式属线性函数时,传递系数是常量;当尺寸链方程式属非线性函数时,传递系数是变量。

1 常量传递系数

我们通常所遇到的尺寸链,其组成环的传递系数大多数是常量。例如图 1-1 所示齿轮部件尺寸链,其方程式可以写成:

$$A_0 = A_3 - (A_1 + A_2 + A_4 + A_5) \quad (1-4)$$

各组成环传递系数:

$$\xi_1 = \frac{\partial A_0}{\partial A_1} = -1, \xi_2 = \frac{\partial A_0}{\partial A_2} = -1, \xi_3 = \frac{\partial A_0}{\partial A_3} = 1,$$

$$\xi_4 = \frac{\partial A_0}{\partial A_4} = -1, \xi_5 = \frac{\partial A_0}{\partial A_5} = -1$$

由于这是一个直线尺寸链,全部组成环传递系数值绝对值都是 1,其中 ξ_3 是 +1,相应 A_3 为增环; ξ_1, ξ_2, ξ_4 与 ξ_5 都是 -1,相应 A_1, A_2, A_4 与 A_5 都是减环。

又如图 1-9 所示平面尺寸链,其方程式可以写成:

$$A_0 = \sqrt{A_1^2 + A_2^2} \quad (1-5)$$

两个组成环相应传递系数:

$$\xi_1 = \frac{\partial A_0}{\partial A_1} = \frac{A_1}{\sqrt{A_1^2 + A_2^2}}, \xi_2 = \frac{\partial A_0}{\partial A_2} = \frac{A_2}{\sqrt{A_1^2 + A_2^2}}$$

这两个传递系数 ξ_1 与 ξ_2 都是具有常量的传递系数。在平面尺寸链

中,其组成环方向不平行于封闭环方向时,该组成环传递系数值的绝对值恒不为 1。

现在来看凸轮机构如图 1-11 所示。凸轮半径增量 S 与顶杆移量 S_0 之间的方程式:

$$S_0 = \frac{l_1 + l_2}{l_1} S$$

凸轮的传递系数 $\xi = \frac{l_1 + l_2}{l_1}$,这也是常量传递系数。

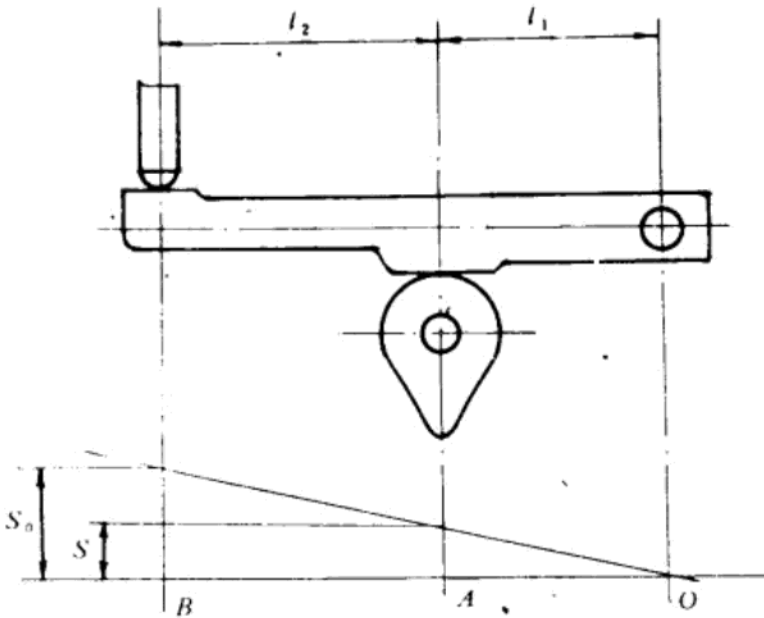


图 1-11 凸轮机构

2 变量传递系数

尺寸链中组成环的传递系数,也将遇到具有变量的,在运动链中组成环具有变量传递系数的现象更为普遍。

我们研究圆锥齿轮机构中,由于滚动轴承的径向跳动,形成节锥顶点偏移的尺寸链,如图 1-12 所示。图中轴承 1 与 2 的径向跳动用相应偏心 E_1 与 E_2 表示。