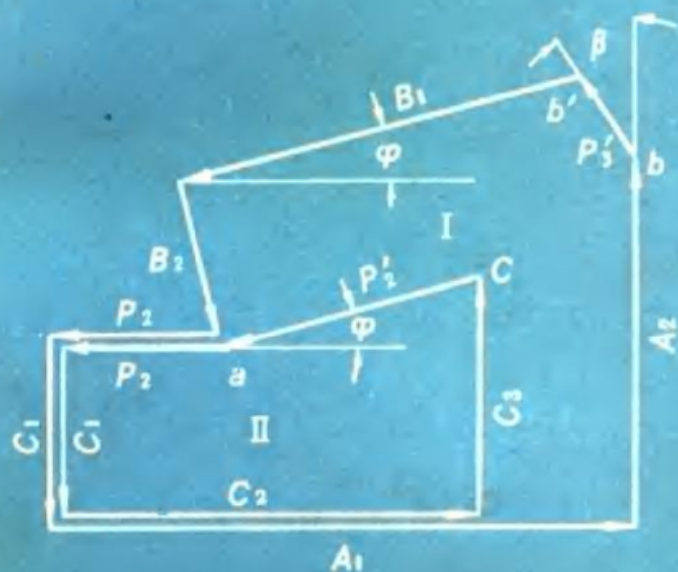


高等学校教材

尺寸链理论及应用

主 编
刘 之 生



兵器工业出版社

内 容 简 介

本书系统地介绍了尺寸链理论及计算方法。对一维、二维、三维尺寸链图及其方程的建立作了详细的论述,并列举了一些应用实例;运用误差分析理论论述了概率统计法与统计试验法;对考虑位置公差尺寸链进行了讨论。

本书从工程能力指数和不等精度的观点论述了精度分配(公差设计)的新方法,对尺寸链原理的扩展等若干专题进行了讨论。推出了用计算机辅助尺寸链计算的方法。

本书可作为高等院校机械、仪表专业本科生教材,也可作为研究生的参考书;也可供从事机械设计与制造的工程技术人员参考。

本书由李纯甫、高宝蕙主审,经兵器工业部第二教材编审委员会审定,同意作为教材出版。

尺寸链理论及应用

刘之生 主编

兵器工业出版社 出版

(北京市海淀区车道沟 10 号)

新华书店总店科技发行所发行

各地新华书店经销

北京吴海印刷厂印装

开本: 787×1092 1/16 印张: 18.125 字数: 444千字

1990年7月第1版 1990年7月第1次印刷

印数: 1—1500 定价: 3.60元

ISBN 7-80038-221-4 /TB·10(课)

前 言

本书是根据原兵器工业部第二教材编委会计划会议的精神,以及所属高等院校的机械类专业教学计划,其中主要是华东工学院自动机械等专业教学计划编写的。其目的是让学生能够掌握尺寸链基本理论及计算技术,并使之具有一定的分析与提高产品几何精度及质量的能力。

本书力图加强基础,充实了有关的新理论、新技术、新方法,并注意了系统性与完整性。全书包括尺寸链基本概念;一维、二维、三维尺寸链;考虑位置公差的尺寸链;工艺尺寸链;精度分配与保证装配精度的方法;概率统计法与统计试验法;计算机辅助尺寸链计算;以及对尺寸链原理的扩展等若干专题进行了研究讨论。全书共计十二章。实践证明,尺寸链理论及应用是机械类专业一门很重要的专业基础课。本书的教学时数可安排 72 学时,若少于此时数者,可适量选用有关章节。

本书除了作为特种机械与机械类专业教材外,还适用于光仪和精密机械类专业选用,也可作为研究生的参考书,并可供有关科技人员参考。

本书由华东工学院刘之生、殷仁龙、魏传礼编著。由刘之生主编并编写第一、二、三、四、六、七、八、九、十、十一章;殷仁龙、魏传礼合编第十二章;魏传礼编写第五章。全书由东北工学院李纯甫教授和北京理工大学高宝蕙副教授主审;责任编委为华东工学院唐庆源高级工程师。本书在编写过程中,得到了华东工学院一零六教研室主任李建华、李定铎副教授;三五六厂科研所所长李秦章;福州大学卞铭健副教授的指导与支持,并提供了一些宝贵资料。华东工学院唐颖华、陈建平老师为本书出版作了很多工作。书中不少内容取材于华东工学院自动机械、特种机械及光学仪器等专业的有关内部教材;还有一些图例取材于各院校及厂、所的交流资料。在此一并致以衷心感谢。

编 者

1986年12月于南京华东工学院

目 录

前 言

第一章 基本概念	(1)
§ 1-1 概述	(1)
§ 1-2 尺寸链术语及分类	(1)
§ 1-3 尺寸链的建立	(5)
第二章 一维(直线)尺寸链	(10)
§ 2-1 一维尺寸链方程式的建立	(10)
§ 2-2 基本极值公式	(10)
§ 2-3 无减环尺寸链与共轭尺寸链	(14)
一、无减环尺寸链.....	(14)
二、共轭尺寸链.....	(14)
§ 2-4 线性角度尺寸链	(17)
一、线性角度尺寸链.....	(17)
二、空回量和松动量.....	(20)
第三章 二维(平面)尺寸链	(27)
§ 3-1 二维尺寸链及其方程的建立	(27)
一、二维尺寸链的特点.....	(27)
二、二维尺寸链的分析方法.....	(27)
§ 3-2 二维零件尺寸链	(32)
一、由线尺寸组成的二维零件尺寸链.....	(32)
二、含已知角的二维零件尺寸链.....	(32)
三、封闭环为未知角的二维零件尺寸链.....	(33)
§ 3-3 二维装配尺寸链	(36)
一、构件中具有斜面接触的二维装配尺寸链.....	(36)
二、含有构件倾角的二维装配尺寸链.....	(42)
三、封闭环为角尺寸的二维装配尺寸链.....	(49)
§ 3-4 二维尺寸链极值法公式	(57)
一、基本公式.....	(57)
二、判别组成环的增减性.....	(61)
§ 3-5 坐标转换或变换的尺寸换算	(68)
一、坐标转换的尺寸换算.....	(68)
二、坐标变换时的尺寸换算.....	(69)
§ 3-6 综合应用实例	(70)
第四章 概率统计法	(84)
§ 4-1 概率统计法原理	(84)
一、小概率原理.....	(84)

二、组成环(零件尺寸)分布规律	(85)
三、非正态分布规律问题的处理	(87)
四、中心极限定理——非正态分布与正态分布的理论联系	(95)
§ 4-2 概率统计法基本方程	(97)
一、封闭环与组成环误差分布的关系	(97)
二、概率统计法基本方程	(100)
§ 4-3 概率统计法应用条件的讨论	(103)
一、用概率统计法计算时应具备的条件	(103)
二、统计参数的选定	(103)
三、概率统计法与极值法计算结果的比较	(106)
§ 4-4 概率统计法应用实例	(107)
第五章 统计试验法	(119)
§ 5-1 概述	(119)
§ 5-2 组成环尺寸的随机模拟	(119)
一、在(0,1)上均匀分布的随机数的产生	(120)
二、正态分布 $N(\mu, \sigma)$ 的随机数的产生	(120)
三、任意分布规律的随机数 η_i 的产生	(120)
§ 5-3 封闭环尺寸样本的统计处理	(122)
§ 5-4 抽样次数 N 的确定	(122)
§ 5-5 尺寸链三种计算方法的比较	(124)
第六章 考虑位置公差 的尺寸链	(126)
§ 6-1 考虑位置公差的尺寸链方程	(126)
一、独立位置公差的尺寸链方程	(126)
二、相关位置公差的尺寸链方程	(132)
§ 6-2 应用实例	(136)
§ 6-3 考虑工艺测量误差的尺寸链(半公差问题)	(142)
第七章 三维(空间)尺寸链	(148)
§ 7-1 概述	(148)
§ 7-2 三维(空间)尺寸链基本理论	(149)
一、换面法	(149)
二、空间角度换算法	(149)
三、空间矩阵矢量法	(152)
§ 7-3 应用实例分析	(158)
第八章 工艺尺寸链	(174)
§ 8-1 概述	(174)
§ 8-2 工艺尺寸的换算	(174)
一、定位基准与设计基准不重合的尺寸换算	(174)
二、测量基准与设计基准不重合的尺寸换算	(175)
三、多尺寸保证的换算	(177)

§ 8-3 包括余量的工艺尺寸链	(180)
§ 8-4 表面处理工艺尺寸计算	(185)
§ 8-5 跟踪法解工艺尺寸链	(186)
第九章 精度分配 (公差设计)	(191)
§ 9-1 概述	(191)
§ 9-2 公差设计的基本理论及方法	(191)
一、等公差法	(191)
二、等精度法	(192)
三、相依尺寸协调法	(193)
四、成比例影响法	(194)
五、等工序能力法	(195)
六、优化分配法	(196)
§ 9-3 公差设计应用实例分析	(202)
第十章 保证装配精度的方法	(209)
§ 10-1 完全互换法	(209)
§ 10-2 大数 (不完全) 互换法	(209)
§ 10-3 选配法	(210)
§ 10-4 修配法	(213)
§ 10-5 调整法	(216)
§ 10-6 保证装配精度方法的选择	(218)
第十一章 关于尺寸链若干问题的讨论	(226)
§ 11-1 尺寸链计算假设条件的合理性与分析计算的正确性	(226)
一、假设条件的合理性	(226)
二、尺寸链计算的正确性	(229)
§ 11-2 关于建立尺寸链补充方程的讨论	(235)
一、由力学量的函数关系建立补充方程	(235)
二、通过几何光学量建立补充方程	(240)
§ 11-3 含有相关环的尺寸链	(242)
§ 11-4 尺寸链原理的扩展应用	(245)
一、函数互换性原理	(245)
二、函数互换性原理的应用	(247)
第十二章 计算机辅助尺寸链计算	(250)
§ 12-1 计算机辅助尺寸链的极值解法	(250)
一、概述	(250)
二、解显函数及三角函数方程的子程序	(251)
三、解线性方程组的子程序	(251)
四、解非线性方程组的子程序	(253)
五、绘制链图子程序的编制及其框图	(262)
六、主程序的编制及其框图	(264)

七、计算实例·····	(266)
§ 12-2 计算机辅助尺寸链计算的概率统计解法 ·····	(272)
一、前言·····	(272)
二、概率统计法计算所需的已知条件和计算公式·····	(272)
三、计算所用的主要子程序·····	(273)
四、概率统计法的计算程序框图·····	(273)
§ 12-3 计算机辅助尺寸链计算的统计试验解法·····	(277)
一、计算所需的已知条件·····	(277)
二、统计试验的抽样次数·····	(277)
三、计算机产生的在 $(0, 1)$ 上均匀分布的随机数 γ_i 与组成环相应的分布规律 的随机数 η_i 的变换公式·····	(277)
四、统计试验法的程序框图·····	(278)
§ 12-4 计算机辅助尺寸链计算的综合例题及计算结果·····	(279)
参考文献·····	(281)

第一章 基本概念^{〔1〕}

§ 1-1 概 述

在设计任何形式的机器时,通常需要进行运动学,动力学,几何分析等三方面的分析计算。

本书主要研究尺寸链理论及应用,解决几何分析计算方面的问题。

尺寸链理论研究的是客观世界中量与量之间相互依存和相互制约的关系。所研究的“量”主要是指线值、角度、相互位置等几何量,同时也涉及到各种物理量、化学量、光电量等等,因此实质上研究的是处于工程系统中的量。尺寸链所进行的计算,是要探索这些量与量之间的内在联系,分布规律,尺寸公差和位置公差的分析计算,以达到所期望的工程目标。

在当代,无论是机器的设计、制造,还是性能和质量参数的分析,尺寸链理论都有着广泛的应用,特别是在军工系统中,尺寸链分析计算显得尤为重要,因为许多武器装备本来就是高、精、尖产品,如果要提高其性能、威力,必然要提高系统的复杂系数,为了保证质量和可靠性,就需进一步提高加工精度。比如卫星、雷达的高精度变速跟踪伺服系统,枪、炮、火箭、导弹的命中精度,飞机、舰艇、坦克的发动机,精密光学仪器系统,光纤的连接器,大规模集成电路的加工,核反应堆等等,都对设计和加工提出了更高的要求,均需用尺寸链进行分析计算,不少兵器及其装置在设计与生产定型时,都需具有成套的尺寸链计算书。因此,根据产品技术要求,利用尺寸链进行精度计算,经济合理地决定零、部件的尺寸公差和位置公差,可提高产品图样的设计水平,保证加工精度,提高产品质量,以及使产品获得最佳的技术水准和经济效益。

尺寸链在设计中的应用可归结为:

- (1) 能合理地确定零、部件精度。
- (2) 能保证产品的可装配性和互换性。
- (3) 能使产品具有良好的加工工艺性和经济性。

尺寸链在制造中的应用可归结为:

- (1) 能进行工艺尺寸换算和工序间转换尺寸计算。
- (2) 能合理地拟订装配工艺和方法。
- (3) 能分析与解决产品质量问题。

§ 1-2 尺寸链术语及分类

一、尺寸链术语

在任何机械结构中,都需要根据一定的原则标注众多的尺寸,这些尺寸彼此按照一定的规律互相关联并构成一个封闭的尺寸线路。为此,在产品的设计,工艺装备设计,工艺规程设计,零、部件加工和装配、技术测量及产品的质量控制等技术工作中,都会经常遇到尺寸

链分析和计算的问题。

例如孔与轴配合间隙 Δ 的大小,是由孔径 A 和轴径 B 的大小所决定的,如图1-1所示。

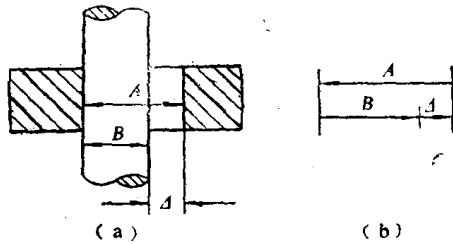


图1-1 孔轴配合

间隙尺寸 $\Delta = A - B$

最大间隙 $\Delta_{\max} = A_{\max} - B_{\min}$

最小间隙 $\Delta_{\min} = A_{\min} - B_{\max}$

配合间隙就在 $\Delta_{\min} \sim \Delta_{\max}$ 之间变化

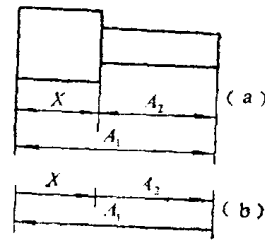


图1-2 阶梯轴

又如图1-2 所示阶梯轴,在零件图中只标注了尺寸 A_1 , A_2 ,而未注的尺寸 X 则是随着 A_1 与 A_2 变化的,即

$$X = A_1 - A_2$$

$$X_{\max} = A_{1\max} - A_{2\min}$$

$$X_{\min} = A_{1\min} - A_{2\max}$$

1. 尺寸链

尺寸链是一个相关的依序连接的尺寸组合。尺寸链具有以下特征:

- (1) 尺寸链几何图形是封闭的。
- (2) 构成这个封闭图形的各尺寸误差集中显示在某一尺寸上。
- (3) 如果每一个尺寸作为一个矢量,那么尺寸链图形是一个矢量多边形。

2. 尺寸链环

尺寸链中的每个尺寸(或者角度、间隙,以及其它的组成部分),称为尺寸链环,简称为环。

(1) 封闭环 封闭环是在装配或加工后自然形成的一环,也就是由其它环尺寸大小而间接形成的最后尺寸环。它可能是一个尺寸或角度,也可能是一个间隙或过盈,或者是其它数值的偏差,如图1-1 中的 Δ , 图1-2 中的 X 。

在装配中,封闭环通常代表产品的技术要求,体现装配质量指标。在加工制造中,封闭环代表间接获得的尺寸,或者是被换算的原设计要求尺寸。

(2) 组成环 尺寸链中对封闭环有影响的全部环,称为组成环。在工艺尺寸链中,它是加工时直接保证的尺寸;在装配尺寸链中,它是参与装配的原始尺寸。这些环中任一环的变动必然会引起封闭环的变动,因此,各组成环的误差都集中地反映到封闭环上来,即封闭环误差是所有组成环误差的累积与综合。根据组成环对封闭环误差影响性质的不同,组成环又可分为“增环”和“减环”。

增环:在尺寸链组成环中,由于某一组成环的变动,引起封闭环同向变动,即该环尺寸增大(或减小)时封闭环增大(或减小),这一组成环称为增环,如图1-2(b)中的 A_1 。

减环:在尺寸链组成环中,由于某一组成环的变动,引起封闭环反向变动,即该环尺寸

增大（或减小）时封闭环减小（或增大），这一组成环称为减环，如图1-2（b）中的 A_2 。

补偿环：尺寸链中预先选定某一组成环，通过改变其大小或位置而使封闭环达到规定的技术要求，称该组成环为补偿环，如图1-3中的 L_2 。

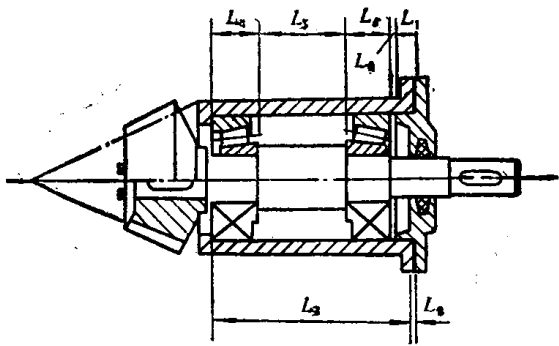


图1-3 补偿环

对于组成环的增环与减环，可分别用 $\overrightarrow{A_i}$ ， $\overleftarrow{B_i}$ ，…或 A_i ， B_i ，…来表示。

为了简便起见，本书省略“ $\rightarrow$ ”与“ $\leftarrow$ ”，在判别组成环的增、减性后，直接说明某环是“增环”或“减环”。同时规定：在同一零件上的不同尺寸用 A_1 、 A_2 ，…表示；在不同零件上的尺寸用 A_i 、 B_i 、 C_i ，…表示。对任意组成环以 i 表示；对角度尺寸则分别以 α_i 、 β_i 、 γ_i ，…表示。

对于尺寸链的封闭环，可用 X 或 Δ 或 N 表示；也可在组成环代号加下角标“0”或“ Σ ”表示，如 L_0 或 L_Σ 。如封闭环是角度尺寸，则仍以角度符号表示之。

传递系数（即传递比）：表征各组成环对封闭环影响程度的系数，以 $\xi_i = \frac{\partial f}{\partial i}$ 表示。

3. 尺寸链图

由相互关联的尺寸线和尺寸界线构成封闭的几何图形（矢量图），称为尺寸链图，如图1-4所示。

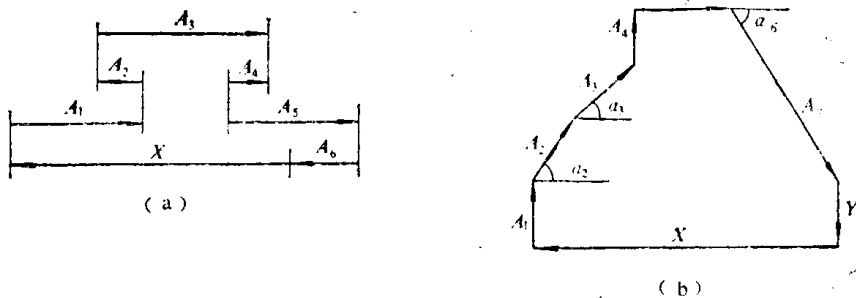


图1-4 尺寸链图

图1-4（a）所示为各尺寸平行的尺寸链图，各尺寸之间的短线表示相邻尺寸相连接的点、线、面，其中 X 是 A_1 、 A_2 ，…， A_6 组合的结果，该尺寸链图叫直线尺寸链图。直线尺寸链图可以按共线矢量把尺寸画在一条直线上，但为了清晰起见，通常将它们画在平行的直线上。

图1-4（b）所示为各尺寸不平行情况下的尺寸链图，它是一个封闭的矢量多边形。 X 和 Y 是 A_i 、 α_i 组合（执行）的结果。该尺寸链图叫二维（平面）尺寸链图。二维尺寸链图向两个垂直方向投影可得两个一维（直线）尺寸链图。

尺寸链图上各矢量应首尾相接，可统一按顺时针方向，也可统一按逆时针方向画成封闭的矢量图形。

4. 尺寸链方程

将尺寸链封闭矢量的图形,按投影定理原则向选定的方向上投影,建立封闭环与组成环的函数关系,此函数关系就是尺寸链方程。

对图1-4(a),有尺寸链方程

$$X = A_1 - A_2 + A_3 + A_4 + A_5 - A_6$$

对图1-4(b),分别向 X 、 Y 两个方向投影得两个尺寸链方程,即尺寸链方程组

$$X = \sum_{i=1}^{n-1} A_i \cos \alpha_i = A_2 \cos \alpha_2 + A_3 \cos \alpha_3 + A_5 + A_6 \cos \alpha_6$$

$$Y = \sum_{i=1}^{n-1} A_i \sin \alpha_i = A_1 + A_2 \sin \alpha_2 + A_3 \sin \alpha_3 + A_4 - A_6 \sin \alpha_6$$

二、尺寸链分类⁽²⁾

尺寸链类型随分类原则不同而异。

1. 按构成尺寸链各环的几何特征分

(1) 长度尺寸链 全部环为长度尺寸的尺寸链;或者组成环既有长度尺寸又有角度尺寸而封闭环为长度尺寸的尺寸链。有时将前者称为纯长度尺寸链。

(2) 角度尺寸链 全部环为角度尺寸的尺寸链;或者组成环既有长度尺寸又有角度尺寸而封闭环为角度尺寸的尺寸链。有时将前者称为纯角度尺寸链。

2. 按尺寸链的作用分

(1) 装配尺寸链 全部组成环为不同零件的设计尺寸所形成的尺寸链(图1-5)。

(2) 零件尺寸链 全部组成环为同一零件的设计尺寸所形成的尺寸链(图1-6)

装配尺寸链与零件尺寸链,统称设计尺寸链。设计尺寸指零件图上标注的尺寸。

(3) 工艺尺寸链 全部组成环为同一零件的工艺尺寸所形成的尺寸链(图1-7)。所谓工艺尺寸是指工序尺寸、定位尺寸与基准尺寸等。

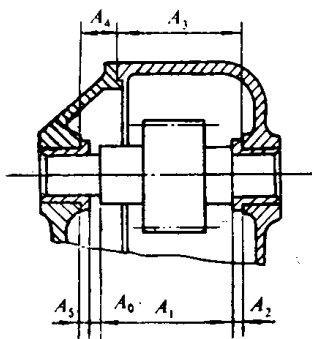


图1-5 装配尺寸链

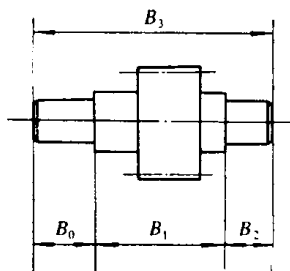


图1-6 零件尺寸链

3. 按构成尺寸链各环的空间位置分

(1) 直线(一维)尺寸链 全部组成环平行于封闭环的尺寸链(图1-6)。

(2) 平面(二维)尺寸链 全部组成环位于一个或几个平行平面,但某些组成环不平行于封闭环的尺寸链(图1-8)。

(3) 空间(三维)尺寸链 组成环位于几个不平行平面内的尺寸链。

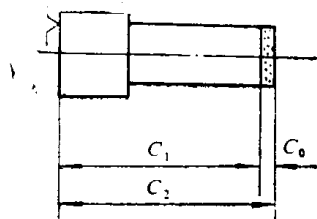


图1-7 工艺尺寸链

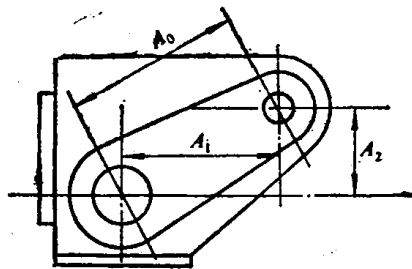


图1-8 平面(二维)尺寸链

4. 按达到封闭环精度的方法分

(1) 无补偿环尺寸链 由组成环、封闭环组成。

(2) 有补偿环尺寸链 由组成环、封闭环和补偿环组成。

前者由各组成环保证封闭环的精度，后者主要由补偿环保证封闭环的精度。

§ 1-3 尺寸链的建立

一、查明尺寸链的方法

正确地查明尺寸链的组成，是进行尺寸链计算的根据。在设计和装配机器时，零件彼此之间由一个或几个尺寸联系起来；同样，在零件加工过程中，顺次进行许多工序，于是同一尺寸将产生出一系列的工序尺寸。因此，在设计、加工与装配中，必须弄清楚影响装配精度的有哪些尺寸，是如何彼此联系的，是怎样发生影响的，这就是如何从众多的尺寸中找出所需计算的尺寸链。

1. 封闭环的确定

尺寸链理论是为了分析计算机器的几何精度而引出的，因此就必需从保证几何精度的观点来查明封闭环和建立尺寸链。

(1) 封闭环是机器部装或总装的几何与位置精度要求的尺寸，是同一部件中各零件之间相对关系要求的尺寸。例如机床前、后顶尖的突出量和运动灵活性；自动武器为保证自动机正确的开、闭锁位置与拨（输）弹机的行程。

(2) 封闭环是配合件配合性能要求的尺寸。例如某些零、部件之间必须保证一定的间隙或过盈量。

(3) 封闭环是装配或加工后“自然”形成的尺寸，也就是间接形成的尺寸。例如图1-7中的 C_0 ，图1-5中的 A_0 。

2. 组成环的确定

当封闭环确定后，根据机器结构的装配关系，分析零、部件之间的接触特性，查明对装配精度要求直接发生影响的那些零件或部件上的尺寸，这些尺寸就是该尺寸链的组成环。

3. 建立尺寸链的基本原则

(1) 封闭回路原则 首先明确在产品装配中需保证的尺寸，即先确定封闭环，然后从封闭环两端相连的任一组成环开始，依次查找相互联系且影响封闭环大小的尺寸，最后又回到封闭环的另一端为止，构成首尾相接的尺寸封闭系统。

必需指出, 在一个尺寸链中只有一个封闭环, 其余各环都是组成环。一个装配结构, 封闭环可能分布在一个方向上, 也可能要将装配精度分解到两个以至三个方向上, 从而构成相互对应的两个或三个尺寸链。

(2) 最短尺寸链原则 (简称最短链原则) 为了确定或计算某一封闭环而建立的链环最少的装配尺寸链, 称之为最短尺寸链。由于封闭环误差是各组成环误差累积之和, 所以组成环数目越少越好, 从而使加工容易并且经济。在产品设计与计算尺寸链时, 都必需遵守这一最短链原则。为了减少尺寸链环数, 通常可从以下方面考虑:

①合理确定结构 在设计产品时, 应使对封闭环精度有影响的零件数目最少, 即在满足产品性能的前提下, 尽量简化结构。如图1-9 所示, 两种设计都能保证尺寸 A 的要求, 但从最短尺寸链原则来考虑, 图 (b) 比图 (a) 结构合理。

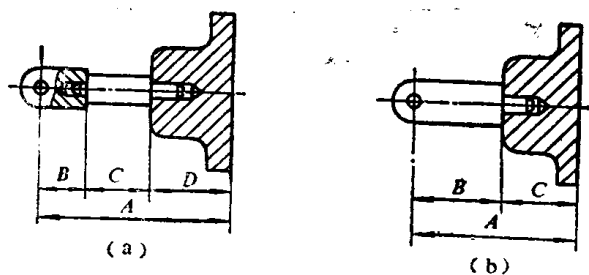


图1-9 尺寸链与结构合理性

②合理标注尺寸 在零件图上标注尺寸时, 应尽可能直接标出最短尺寸链所需要的尺寸。在满足产品性能与工艺性的条件下, 尽可能使装配尺寸链径直通过该零件。

装配尺寸链通过一个零件的全部线路, 必需通过该零件图上标注有尺寸的部位, 而避免直接通过未标注尺寸的部位, 因为这些部位都是相应的零件尺寸链中的封闭环, 在零件中它

不是独立尺寸, 否则造成计算困难。例如图1-10 所示结构, 在装配时零件 1 与零件 2 要保持端面接触, 要求尺寸 X_1 具有一定的精度。现分析零件 1 和 2 不同的尺寸标注法对 X_1 尺寸精度的影响。

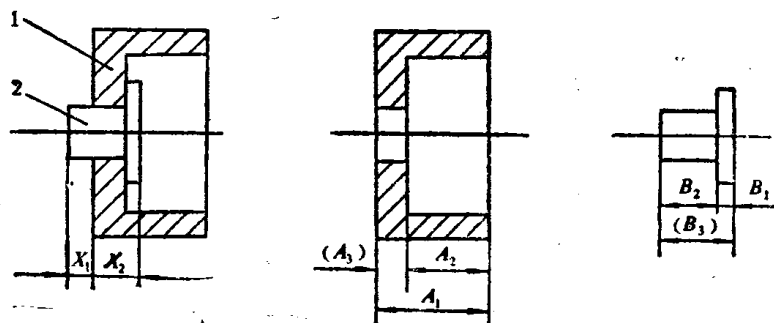


图1-10 尺寸标注与尺寸链

- a、零件 1 标注尺寸 A_1 和 A_2 , 零件 2 标注尺寸 B_1 和 B_2 。
- b、零件 1 标注尺寸 A_1 和 A_2 , 零件 2 标注尺寸 B_1 和 B_3 。
- c、零件 1 标注尺寸 A_1 和 A_3 , 零件 2 标注尺寸 B_1 和 B_2 。

上面三种尺寸标注方法相对应的尺寸链图如图1-11所示。

根据最短尺寸链原则对图1-11所示零件三种尺寸标注的方法进行分析:

第Ⅰ种尺寸标注法最不合理, 使封闭环 X_1 所获得的精度最低;

第Ⅲ种尺寸标注法, 虽然组成环数目少, 且使 X_1 获得高装配精度, 但零件 1 的加工和测量都困难;

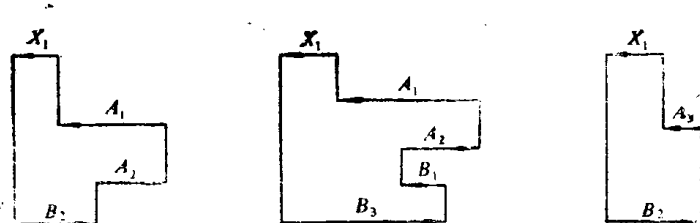


图 1-11 阶梯轴与孔的装配尺寸链图

第 I 种尺寸标注法比较合适，即满足了最短尺寸链原则，且有较好的零件制造工艺性和经济性。

在产品结构设计已定的情况下，画尺寸链图时，应遵循以下方法：在一维尺寸链中，每一个相关零件只用一个尺寸作为组成环加入尺寸链；在多维尺寸链中，用一个或一对相互垂直的尺寸作为组成环加入尺寸链，以使各组成环之间既互相联系又彼此独立。

作最短尺寸链的方法：

①由相关零件接触面引结构尺寸（即参加最短链的相关零件的尺寸），且与封闭环构成矢量多边形。

②相关零件上影响封闭环的结构尺寸，如果在零件图上已标注，则可直接从零件图上查找；如果未标注，则需建立补充零件尺寸链求出之。

③最短链中组成环的数目等于参加该结构尺寸链中的零件数。

例如图 1-12(a) 为机匣-机心部件，欲画出机心凸筒上平面与机匣配合槽之间隙的尺寸链图。

由图知，欲求的间隙即为封闭环 X ，按封闭回路原则，可画出尺寸链图如图 (d)。

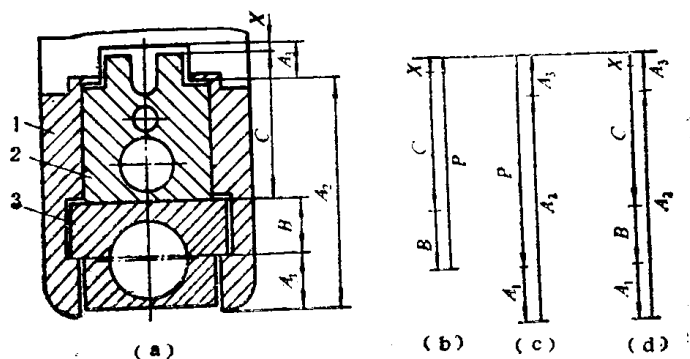


图 1-12 机匣-机心部件

若按最短链原则，则可从零件 1, 2, 3 上分别选定 P 、 B 、 C 三个尺寸，先画出含封闭环 X 的最短链，如图 1-12 (b) 所示。在图 (b) 中将 P 视为一个组成环，但实际上 P 是未知的，故需再以 P 为“封闭环”，而在零件 1 上再画出关于求 P 的零件尺寸链，如图 1-12 (c) 所示，以此作为解 X 的补充尺寸链。尺寸 P 实际上只起一个过渡作用，故称 P 为过渡尺寸。

二、尺寸链计算方法的分类

尺寸链计算的任务是求解封闭环与组成环的基本尺寸及其公差之间的关系问题，可概括为两类问题。

1. 校核计算

已知组成环的尺寸、公差或偏差, 求封闭环的尺寸、公差或偏差。

2. 设计计算

已知封闭环的尺寸、公差或偏差, 求各组成环的尺寸、公差或偏差。

求解尺寸链的计算方法有三种, 即:

(1) 极大极小法 (简称极值法) 从零、部件的完全互换性要求出发, 依据各环尺寸的极限值求解的计算方法。

(2) 概率统计法 从零、部件可以完全互换或大数互换的要求出发, 依据各环尺寸的误差分布特性而求解的计算方法。

(3) 统计试验法 (随机模拟法) 通过对组成环的随机变量的模拟和统计抽样, 将其代入尺寸链方程式或方程组, 按照数理统计定理, 求得封闭环诸元近似解的数值方法。

三、尺寸链计算步骤

(1) 明确计算任务并确定封闭环。

(2) 绘制并分析装配简图

分析装配简图, 找出与封闭环相关的零、部件及其接触面, 并判定尺寸链类型。

(3) 建立尺寸链图及尺寸链方程 按“封闭回路原则”, 作最短尺寸链图, 写出最短链方程。必要时, 还需作零件补充尺寸链图, 建立补充链方程。

(4) 判别各组成环的增减性 对一维尺寸链, 凡与封闭环反向的组成环即为增环; 与封闭环同向的组成环则为减环。

对多维尺寸链, 则需用解析法或其它方法判别组成环的增减性。

(5) 选用公式并代入数据进行计算 计算时, 要注意正确取值, 作好数据处理, 必要时需进行验算。

四、计算参数^{〔2〕}

有关尺寸、偏差、公差及计算系数等参数的符号见表1-1, 各参数间的关系见图1-13。

表1-1 计算参数符号^①

序号	符 号	含 义
1	i (或用 $L_i, A_i \dots$ 等); α_i, β_i	组成环尺寸
2	X (或 L_0, L_Σ, N, Δ 等); ϕ	封闭环尺寸
3	$i_{\max}(i_{\min})$ 或 $A_{i\max}(A_{i\min}), L_{i\max}, (L_{i\min}), B_{i\max}(B_{i\min})$ 等	组成环最大 (最小) 极限尺寸
4	L_{av} (或 A_{av}, B_{av} 等)	组成环平均尺寸
5	$X_{\max}(X_{\min})$ 或 $L_{0\max}(L_{0\min}); \phi_{\max}(\phi_{\min})$	封闭环最大 (最小) 极限尺寸
6	X_{av} 或 $L_{0\cdot av}; \phi_{av}$	封闭环平均尺寸
7	ES	上偏差

续上表

序号	符 号	含 义
8	EI	下偏差
9	T	公差
10	Δ	中间偏差
11	ω	误差分布域 (误差分散范围)
12	ξ	传递系数 (传递比)
13	$\phi(x)$	概率密度函数
14	k	相对分布系数
15	e	相对不对称系数
16	T_l	极值公差
17	T_s	统计公差
18	T_Q	平方公差
19	T_E	当量公差
20	E 或 μ	数学期望
21	σ	均方差 (标准差)
22	λ	相对均方差
23	P'_i, γ_i	过渡环 (长度与角度尺寸)
24	P_i	连接环

⊖对表1-1的参数符号, 根据实际需要, 可附加或更换下标表示。

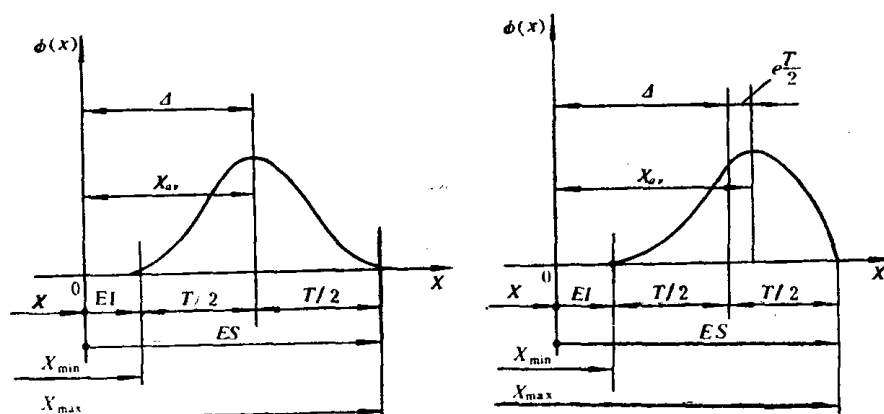


图1-13 误差分布曲线各参数间的关系

第二章 一维（直线）尺寸链

§ 2-1 一维尺寸链方程式的建立

一维尺寸链是研究其它各种尺寸链的基础，其特点是各环都是相互平行的长度尺寸。

建立尺寸链方程式的充分条件是：

(1) 任何一个尺寸链几何图形都是由一组相关矢量组成的一个矢量多边形，其矢量和为0，即

$$\sum \vec{i} = 0$$

式中 $\vec{i}$ —— 任意一个矢量。

(2) 封闭环是组成环的线性函数，与组成环是相互影响和相互依存的，即

$$X = f(i)$$

在一维尺寸链中，一般选封闭环 X 所在的方向为投影轴，使 $\sum \vec{i} = 0$ 变为一个投影方程，即为一维尺寸链方程式。

(3) 组成环与封闭环反向时为增环，而与封闭环同向时则为减环。

§ 2-2 基本极值公式

如图 2-1 所示结构的尺寸链方程式为

$$\vec{X} + \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{A}_1 + \vec{A}_2 = 0$$

$$X + B_1 - B_2 - A_1 + A_2 = 0$$

$$X = (A_1 + B_2) - (A_2 + B_1)$$

由此可得出封闭环基本尺寸的一般表达式为

$$X = \sum_{i=1}^m M_i - \sum_{i=m+1}^{n-1} N_i \quad (2-1)$$

式中 X —— 封闭环尺寸；

M_i —— 增环尺寸；

m —— 增环数；

N_i —— 减环尺寸；

$n-1$ —— 减环数；

n —— 包括封闭环在内的总环数。

上式表明封闭环的基本尺寸等于所有增环之和与所有减环之和的差。

当尺寸链中所有增环为最大（最小）极限尺寸，而所有减环为最小（最大）极限尺寸