

GONGYI CHICUN
LIAN JIANG HUA

工艺尺寸链讲话

杨知方 编著

机械工业出版社

下
六

工艺尺寸链讲话

杨知方 编著



机械工业出版社

本书在介绍一般尺寸链原理的基础上，比较全面系统地介绍了工艺尺寸链。内容包括：单独尺寸链和相关尺寸链的计算、工艺尺寸的转换计算以及有加工余量时的工艺尺寸链计算、工序精度尺寸链的分析与控制。为使读者对尺寸链有全面的认识，第七章还介绍了补偿尺寸链。

本书的特点是：用相关原理来解尺寸链，条理清晰、层次分明；理论联系实际；文字叙述深入浅出、通俗易懂。

可供从事机械加工的四级以上工人阅读，也可供技术人员和有关机械制造专业的师生参考。

工艺尺寸链讲话

杨知方 编著

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ · 印张 $9^{1/2}$ · 字数 209 千字

1984 年 12 月北京第一版 · 1984 年 12 月北京第一次印刷

印数 00,001—15,300 · 定价 1.25 元

*

统一书号：15033 · 5626

目 录

第一章 怎样用极大极小法计算尺寸链	1
第一节 为什么提出尺寸链问题	1
第二节 尺寸链有哪几种	3
第三节 怎样用极大极小法求封闭环	9
第四节 怎样用极大极小法求组成环公差	15
第二章 怎样用概率法计算尺寸链	26
第一节 为什么提出概率法问题	26
第二节 什么是尺寸分布曲线	28
第三节 怎样评价尺寸分布曲线	38
第四节 怎样选择尺寸链计算方法	49
第五节 怎样用概率法求封闭环	52
第六节 怎样用概率法求组成环公差	58
第三章 怎样计算相关尺寸链	63
第一节 怎样用极大极小法进行中间计算	63
第二节 怎样用概率法进行中间计算	68
第三节 怎样用极大极小法计算并联尺寸链	70
第四节 怎样用概率法计算并联尺寸链	80
第五节 怎样计算相关尺寸链	86
第四章 怎样进行工艺尺寸转换计算	96
第一节 什么是工艺尺寸链	96
第二节 怎样选择工艺基准	98
第三节 怎样计算安装误差和基准不重合误差	108
第四节 怎样进行工艺尺寸的转换计算	125
第五章 有加工余量时的工艺尺寸链计算	137

IV

第一节	确定加工余量和余量公差的一般原则	137
第二节	盘套类零件的计算	140
第三节	轴类零件的计算	146
第四节	箱体类零件的计算	178
第六章	工序精度尺寸链的分析与控制	198
第一节	怎样分析工序精度尺寸链	198
第二节	怎样用直方图控制工序精度	202
第三节	怎样用管理图控制工序精度	211
第四节	相关图简介	235
第七章	怎样用补偿法计算尺寸链	241
第一节	分组装配法	242
第二节	修配法	246
第三节	调整法	267
第四节	带补偿环的相关尺寸链计算实例	274
第五节	在机床修理中应用尺寸链原理的几点注意 事项	284
附录	294
附录 I	本书采用的尺寸链计算公式一览表	294
附录 II	\sqrt{n} 、 $1.5\sqrt{n}$ 、 $\frac{1}{1.5\sqrt{n}}$ 数值表	298
附录 III	主要参考文献	298

第一章 怎样用极大极小法 计算尺寸链

第一节 为什么提出尺寸链问题

图 1-1 是组合机床的钻孔主轴结构。装配时要求轴承外圈平面紧靠箱体轴承安装孔的内肩面，还要求齿轮和隔套或者隔套和轴承之间没有轴向间隙或有一个较小的间隙。间隙过大，齿轮可能轴向窜动。假设间隙在 $0 \sim 0.6\text{mm}$ 之间比较合适，那么在零件图上，隔套、齿轮的厚度及箱体内肩面的距离给什么公差才能保证上述间隙。或者，已经在零件图上给定了零件公差，那么装配后的间隙可能是多少，还得计算一下，看是否在预定范围内。类似这两种问题，都是尺寸链理论要解决的问题。

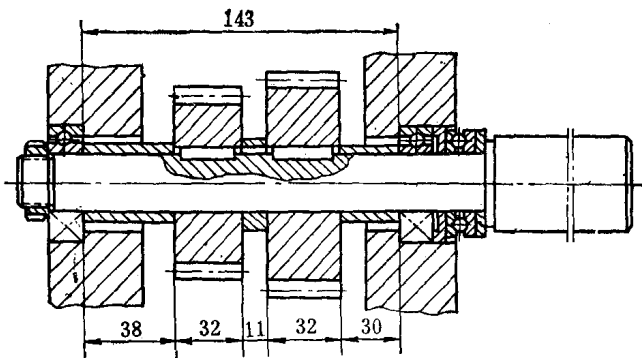


图1-1 组合机床的钻孔主轴结构

为了解决上面提出的问题，我们可以画一张只表示有关零件尺寸的简图(图 1-2)。图 1-2 a 表示已知有关零件的基本尺寸及装配间隙要求，要计算零件的公差。图 1-2 b 表示已知零件尺寸及公差，要计算装配后可能出现的间隙范围，看是否符合预定要求。这就需要有一套理论和计算方法。本书将在第一、二章讨论。

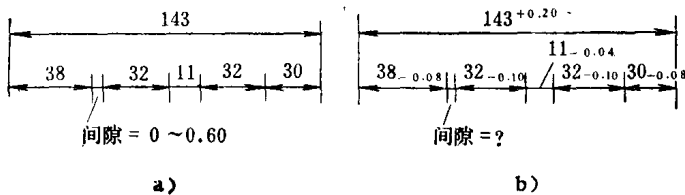


图1-2 表示图1-1有关零件尺寸的简图

由于图 1-2 只画出尺寸关系，而且这些尺寸一个接一个地组成封闭的环形，象自行车链条一样，一环接一环。所以把这种按一定顺序排列的封闭尺寸系统叫做“尺寸链”。组成尺寸链的每一个尺寸(包括间隙)叫做一个“环”。

尺寸(环) 143、30、32、11、32、38等(文中未注尺寸的单位均为mm)是零件加工时直接保证的，装配间隙不是直接保证的，而是当那些直接保证的尺寸(环)组合(装配)起来后，“自然而然”地形成的。我们把那些直接保证的环叫“组成环”，把那个“自然而然”形成的环叫做“封闭环”。封闭环很重要(本例是间隙，其它情况不一定是间隙)，没有它，尺寸就封闭不成环形。计算尺寸链时，总是先要找出封闭环，再找组成环。每个单独尺寸链只有一个封闭环，而组成环有两个或两个以上。

从图 1-2 可以看出, 有的组成环 (如尺寸 143), 当它增大时, 封闭环随之增大。当它减小时, 封闭环随之减小。我们把具有这种性质的环叫做“增环”。

有的组成环 (如尺寸 38, 32 等), 当它减小时封闭环随之增大。当它增大时, 封闭环随之减小。我们把具有这种性质的环叫做“减环”。

图 1-2 中, 有一个封闭环, 一个增环及五个减环。组成环总环数是 6。尺寸链总环数是 7。

尺寸链问题, 设计时有, 装配时有, 加工、检验、修理也经常碰到。弄通它、应用它, 对提高产品质量及数量都具有比较重要的现实意义。

尺寸链这门学问, 是从实际生产中产生, 又反过来为生产服务的学问。理论性实践性都很强。但在日常生产技术工作中的尺寸链计算, 只要搞清它的道理, 具体的数学计算并不复杂。比较难的是尺寸链分析、基准的选择及公差的合理分配等。这就要求我们深入实际, 调查研究。从实践中来, 通过分析计算, 再回到实践中加以验证。

第二节 尺寸链有哪几种

图 1-1 提出的尺寸链问题, 是装配或设计问题。我们把它叫做“装配尺寸链”或“设计尺寸链”。

大家知道, 在零件图上标注尺寸及公差时, 不允许把尺寸标注成“封闭”的方式。所以标注时应当标注重要的尺寸, 设计封闭环用不着注。如图 1-3 及 1-4 所示的套, 从装配要求来看, 可以有不同的标注法。若大头厚度 15 及总长 45 比较重要, 我们就标注出 15 及 45。小头长度 (基本尺寸是 30) 就不注出。尺寸 30 就是该零件的设计封闭环, 尺寸 15

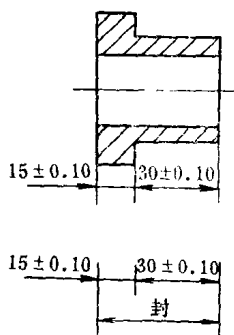


图1-3 套及其直线
尺寸链（一）

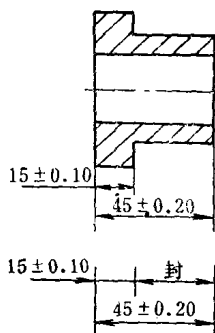


图1-4 套及其直线
尺寸链（二）

是减环，45是增环(图1-4)。若大头厚度及小头长度比较重要，我们就标注出尺寸15及30，总长（基本尺寸是45）就不注出。尺寸45是该零件的设计封闭环，尺寸15及30都是增环（图1-3）。

图1-3及1-4提出的尺寸链问题，是一个零件设计问题，我们把它叫“零件尺寸链”或“零件设计尺寸链”。在一般情况下，零件设计尺寸链的封闭环是不需要计算的。

图1-2、1-3、1-4所示的尺寸链，都是由相互平行并且在一个平面内的若干直线组成的，这类尺寸链叫做“直线尺寸链”。这是经常碰到的一种尺寸链。

图1-5是某柴油机机体简图，大孔安装曲轴，小孔安装凸轮轴。图上给出了斜向中心距（ 129.41 ± 0.065 ）、纵向距离（ 93 ± 0.05 ），没有注明尺寸的横向距离为封闭环（图1-6）。

象图1-6那样，尺寸线条在一个平面内，但不互相平行的尺寸链叫“平面尺寸链”。又因为它是一个设计问题，所

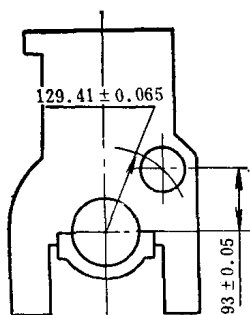


图1-5 柴油机体简图

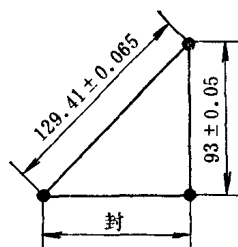


图1-6 平面尺寸链

以也叫“设计尺寸链”。

研究平行度、垂直度等角度问题的尺寸链叫“角度尺寸链”。

上面说到的尺寸链统称“单独尺寸链”。如果一个单独尺寸链和另外一个或几个单独尺寸链发生联系，那么根据它们相互关系(如同电气线路图一样)分别叫做“串联尺寸链”、“并联尺寸链”及“混联尺寸链”。这种尺寸链统称“相关尺寸链”或“互联尺寸链”。

图1-7是串联尺寸链。由尺寸 A_1 、 A_2 及封 A 组成的尺寸链 A ，和由尺寸 B_1 、 B_2 及封 B 组成的尺寸链 B 串联。它的特点是两个尺寸链之间有一条公共的基线 O 。当尺寸链 A (或 B)发生变化时，基线的位置随之变化，因而引起另一个尺寸链位置的变化。

图1-8是并联尺寸链。它由尺寸链 A 及尺寸链 B 并联而成。它的特点是有一个或几个公共环。图中封 A 是尺寸链 A 中的封闭环，同时它又是尺寸链 B 中的组成环 B_2 。当公共环变化时，相关的尺寸链 A 及尺寸链 B 都将随之变化。

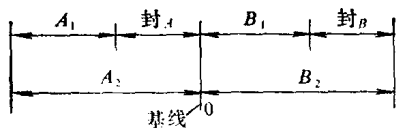


图1-7 串联尺寸链

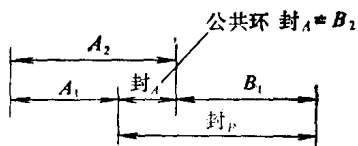


图1-8 并联尺寸链

图 1-9 是混联尺寸链。尺寸链 A 和 B 并联，尺寸链 B 又和 C 串联，所以这种尺寸链叫做混联尺寸链（混合联合的意思）。混联尺寸链的特点是既有公共基线又有公共环。当公共环或公共基线发生变化时，相关的尺寸链都将发生变化。

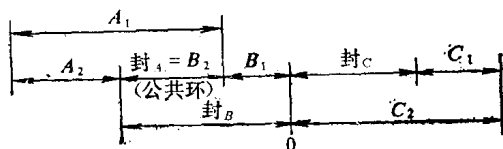


图1-9 混联尺寸链

相关尺寸链的计算比较复杂。有关这种尺寸链的计算方法将在第三章讨论。

尺寸链的种类、名称还有一些，如空间尺寸链、有补偿环的尺寸链及检验尺寸链等等，这里就不详述了。常见的就是上面所讲的几种。

机械加工经常遇到的是零件加工中提出的尺寸链问题，即所谓“工艺尺寸链”。工艺尺寸链是本书的重点，将在第四、五、六章讨论。这里先提一提。

图 1-3 的套加工，有图 1-10 所示的两个方案：

方案一

工序 I：卡小头，车大头外圆及端面，钻孔。

工序 II：卡大头，车小头外圆、端面。车孔。保证尺寸

I		
II		
工序号	a) 方案一	b) 方案二
说明	毛坯为单件	毛坯为长料

图1-10 套加工的两个方案

15 ± 0.10 ; 45 ± 0.20 。

在这个方案中，大头端面是设计基准又是工艺基准（参看图 1-4）。所以设计封闭环是工艺封闭环，设计组成环也是工艺组成环，设计尺寸链就是工艺尺寸链。不需要进行工艺尺寸链计算。

方案二

工序 I：钻、车孔，车小头外圆及端面，车大头外圆及肩面、切断。大头端面留余量。这时设计上的组成环（尺寸 15 及 45）都还没有形成，无法直接（测量）保证。而设计上的封闭环（尺寸 30）能直接（测量）保证。

工序Ⅱ：调头，卡小头。车大头端面，直接保证尺寸 15 ± 0.10 。

在这个方案中，设计上的一个组成环 (15 ± 0.10) 能直接保证，是一个工艺上的组成环。设计上的封闭环 (尺寸 30) 能直接保证，也是一个工艺组成环，它的公差有待我们计算。设计上的另一个组成环 (尺寸 45)，工艺上无法直接保证。只有当工艺上的两个组成环 (15 ± 0.1 及 30) 加工完后，尺寸 45 才“自然而然”地形成。尺寸 45 是工艺封闭环。

零件加工要保证符合图纸上的设计要求。在方案二中，尺寸 45 ± 0.20 既然不能直接保证，我们只有给尺寸 30 一个适当的公差 (如 30 ± 0.10)，使尺寸 45 ± 0.20 在加工完毕后“自然而然”地符合设计要求。怎样计算尺寸 30 的公差就是一个常见的工艺尺寸链问题。

计算尺寸链时，首先要分析哪个是封闭环、哪些是组成环。组成环中哪些是增环、哪些是减环。

进行上述分析时要注意：

(1) 先找封闭环，再找组成环：封闭环每个单独尺寸链只有一个，组成环有两个或两个以上。不要把那些对封闭环无影响的尺寸当做组成环画入尺寸链图。只将那些当它变化时封闭环也随之变化的尺寸才 (组成环) 画入尺寸链图。

(2) 同一个尺寸在某一种尺寸标注方法中，它是设计封闭环，而在另一种尺寸标注方法中，它可能是设计组成环。如图 1-3 中的尺寸 45 是设计封闭环，但在图 1-4 中，它是设计组成环。

(3) 同一个尺寸在设计上是封闭环，在工艺上它不一定仍是封闭环，可能变为工艺组成环。如图 1-4 中尺寸 30 是设计封闭环，在图 1-10 的第二种工艺方案中，尺寸 30 是工

艺组成环。

(4) 同一个尺寸, 在某一种加工方案中它是工艺封闭环, 在另一种加工方案中, 它不一定仍是工艺封闭环, 可能变为工艺组成环。如图 1-10 中的第一种方案中, 尺寸 30 是工艺封闭环。在第二种方案中它变为工艺组成环。

总之, 某一个尺寸是封闭环还是组成环, 应对具体情况作具体分析。要依据不同的尺寸标注方法、不同的加工方法来确定。不可千篇一律。

第三节 怎样用极大极小法求封闭环

一 解释几个有关的名词、术语

为便于今后的讨论, 对几个名词、术语, 作如下解释和说明。

零件加工时, 由于各种因素的影响, 不可能把设计给定的尺寸加工得绝对准确。例如一根 $\phi 50\text{mm}$ 的轴, 把它加工成绝对准确的 $\phi 50\text{mm}$ 是不可能的, 也是不必要的。因此, 应根据零件的用途, 给它规定一个最大极限尺寸和最小极限尺寸, 零件可以做成这两个极限尺寸中间的任何一个尺寸。设计给定的尺寸叫“基本尺寸”(过去称为“公称尺寸”或“名义尺寸”)。基本尺寸一般为整数, 有时也带小数。

零件加工后, 通过测量得到的尺寸叫“实际尺寸”。由于测量误差的存在, 所以实际尺寸不可能是尺寸的真值。

最大极限尺寸与基本尺寸的差叫“上偏差”。

最小极限尺寸与基本尺寸的差叫“下偏差”。

上偏差, 下偏差是对零线(通常代表基本尺寸)而言, 所以可能是正值、负值或零。

实际尺寸减去基本尺寸的差值叫“实际偏差”。实际偏

差在上、下偏差范围内，零件合格。实际偏差超过上、下偏差，零件不合格。

公差是“尺寸公差”的简称，定义为：允许尺寸的变动量。它是一个代表公差带大小的数值，不等于0、也不带正负号。习惯上常说“正公差”、“负公差”、“零公差”。这类说法是不妥当的。公差可用下式算出：

$$\text{公差} = |\text{最大极限尺寸} - \text{最小极限尺寸}|$$

或
$$\text{公差} = |\text{上偏差} - \text{下偏差}|$$

例如某零件基本尺寸是50 mm，根据用途规定它的最大极限尺寸是50.060 mm，最小极限尺寸是49.940 mm。则其：

$$\text{上偏差} = 50.060 - 50 = +0.060 \text{ mm}$$

$$\text{下偏差} = 49.940 - 50 = -0.060 \text{ mm}$$

$$\text{公差} = |50.060 - 49.940| = 0.120 \text{ mm}$$

或
$$\text{公差} = |(+0.060 - (-0.060))| = 0.120 \text{ mm}$$

零件图上标注为 50 ± 0.060 。

为了更清楚地说明上述名词、术语及其相互关系，常用公差带图来表示（如图1-11）。公差带是公差带图中由代表上、下偏差的两条直线所限定的一个限定尺寸变动的区域。它包括两个含意：“公差带大小”与“公差带位置。”“公差带大小”在新国标中由标准公差确定，在公差带图中指公差带在零线（通常代表基本尺寸）垂直方向的宽度。“公差带位置”在新国标中由基本偏差确定，指公差带沿零线垂直方向的坐标位置。

在尺寸链计算中，“公差带中点坐标”是指对上、下偏差距离相等的那一点在公差带图上的坐标位置，如图1-11表示的那样：

$$50 \pm 0.060 \quad \text{公差为 } 0.12 \text{ mm, 公差带坐标中点为 } 0。$$

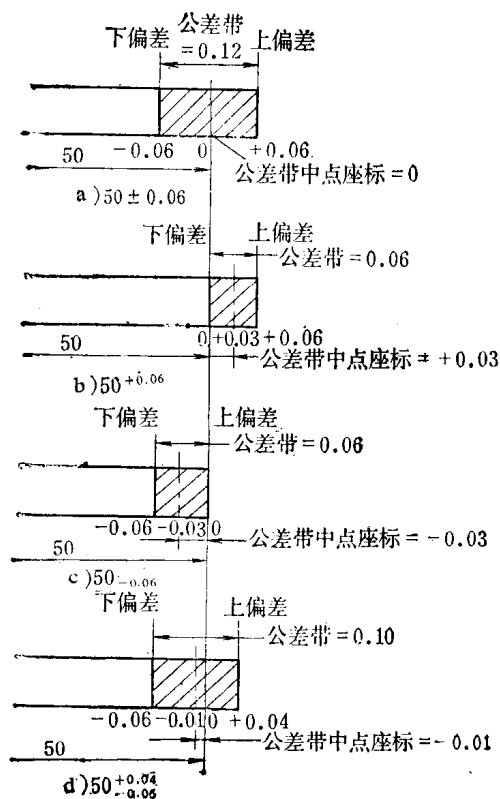


图1-11 公差带中点坐标

- $50_{-0.060}^0$ 公差为 0.060mm,
公差带坐标中点为 -0.030mm。
- $50^{+0.060}_0$ 公差为 0.060mm,
公差带坐标中点为 +0.030mm。
- $50^{+0.040}_{-0.060}$ 公差为 0.100mm,
公差带坐标中点为 -0.010mm。

二 正计算的第一组公式

尺寸链计算又叫解尺寸链，有三种情况：

(1) 已知全部组成环基本尺寸及公差，求封闭环基本尺寸及公差。这叫“正计算”。

(2) 已知封闭环基本尺寸及公差和全部组成环基本尺寸，求各组成环公差。这叫“反计算”。

(3) 已知封闭环基本尺寸及公差和全部组成环的基本尺寸及一部分组成环的公差，求一个（或几个）组成环的公差。这叫“中间计算”。

正、反计算和中间计算都有两种计算方法。一种叫极大极小法，另一种叫概率法。本章讲极大极小法，下一章讲概率法。

用极大极小法正计算有两组计算公式。下面用实例来说明第一组公式。

例1-1 计算图 1-1 主轴结构中齿轮和隔套之间的间隙。有关零件公差如图 1-12 所示。

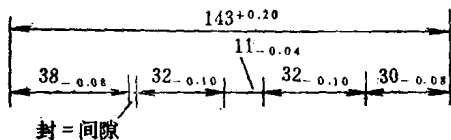


图1-12 已知零件公差，求尺寸链封闭环尺寸和公差的实例

解 计算步骤如下：

1 找出封闭环、增环及减环，画尺寸链图：对本例，封闭环为间隙，143是增环，38、32、11、32、30为减环。作尺寸链图如 1-12。

2 计算封闭环基本尺寸：