

农业机械部件尺寸链计算

(指 导 资 料)

[苏联] И.В. 波列申科著

周 锦 鹏 译

内 | 部
— | —
发 | 行

中国工业出版社

农业机械部件尺寸鏈計算

(指 导 資 料)

〔苏联〕 П. В. 波列申科著
周 錦 鵬 譯

中国工业出版社

本书阐述了幾尺寸鏈公差及平面尺寸鏈公差的公式，轉換率、机构工作质量指标比例系数等的求解方法，和农业机械部件尺寸鏈計算实例。

本书可供农业机械研究設計人員、农业机械高等院校制造系师生参考。

П. В. Полещенко
**РАСЧЕТ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ УЗЛОВ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН**
ЦЕНТРАЛЬНОЕ БЮРО ТЕХНИЧЕСКОЙ
ИНФОРМАЦИИ Т. С. М., Москва 1958

• • •
农业机械部件尺寸鏈計算

(指 导 資 料)

周錦鵬 譯

•
农业机械部图书杂志編輯部編輯(北京东华門北河沿54号)

中国工业出版社出版(北京德勝門外大街10号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第110号

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

•
开本 $787 \times 1092^{1/32}$ ·印张2 $\frac{1}{2}$ ·插頁1·字数58,000

1965年3月北京第一版·1965年3月北京第一次印刷

印数0001—1,270·定价(科六)0.40元

•
統一书号: 15165·3636(农机-68)

序 言

如果考虑零部件的工作性能指标，則精确地計算尺寸鏈公差及其生产成本和在这种計算的基础上选择較合理的公差，就是一件很复杂的工作。在农业机械部件設計的实践中推行尺寸鏈的近似計算法可以提高零部件的质量，縮短机器試制生产的时间，减少生产故障的次数。

現在所发表的資料在实用中有可能足够近似地将封閉尺寸和組成尺寸的公差联系起来。利用相对分散系数的平均值与等作用原理进行公差求和的方法，可以較容易地根据已知封閉鏈的公差計算組成尺寸的公差。此时，在經驗数据的基础上，可取相对分散系数平均值 $K_{cp}=1.5$ 。当存在能够确定相对分散系数的其他值（除平均值外——重校者）的数据时，按所用公式就可能进行更精确的計算。与1950年制定的指导性資料不同，这份資料的叙述較为簡單，其中引述了足够数量的闡明基本概念和定义的实例。为了便于应用，文中要遇到的所有公式均被列入单独的表格中。

为了簡化計算，还引入了可根据組成尺寸公差确定封閉尺寸公差的綫解图。

在已知封閉鏈的公差和 $K_{cp}=1.5$ 时，組成尺寸的公差可以不必通过計算而直接从附录的表格中选取。

本文还举有农业机械部件尺寸鏈的計算实例。并在附录中給出了精度标准，它对于制定計算得到的零件尺寸公差的可用性是必須的。

本书为全苏农机制造研究院标准化和統一化实验室的老科学工作者、技术科学副博士И.В.波列申科所著，可作为农业机械設計師的指导性材料。

目 录

序 言

1. 一些定义、关系和采用代号	1
2. 计算线尺寸链公差的基本公式	8
3. 计算平面尺寸链公差和机构构件公差的基本公式	12
4. 求转换率的方法	13
5. 计算考虑机构工作质量指标的组成尺寸比例系数 的方法	16
6. 运用线解图求公差和	18
7. 尺寸链的相关性	21
8. 尺寸链的查找、组成与求解程序	24
9. 农业机械部件尺寸链计算实例	26
附录: 公差计算公式一览表	53
表 1—39	
参考文献	88

1. 一些定义、关系和采用代号

公差——最大极限尺寸与最小极限尺寸之差叫做公差。
用字母 Δ 表示，写在公称尺寸之前。如 ΔB_1 ——尺寸 B_1 的公差； $\Delta 110$ ——尺寸110的公差。

上偏差——最大极限尺寸与公称尺寸之差。

下偏差——最小极限尺寸与公称尺寸之差。

示例： ${}_B B_s$ ——尺寸 B_s 的上偏差；

${}_H B_s$ ——尺寸 B_s 的下偏差。

公差带中线的座标——从公称尺寸边线至公差带中线的距离（图1中的尺寸 a_{100} ）。

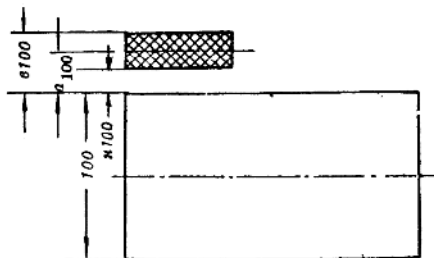


图 1

以下用带相应注脚的字母 a 表示公差带的中线。例如 a_B ， a_{100} ——对应于尺寸 B 和100的公差带中线的座标。

公差带中线的座标在数值上等于上下偏差和之半。例如，尺寸 $100^{+0.5}_{-0.1}$ 的公差带中线的座标等于：

$$a_{100} = \frac{e_{100} + h_{100}}{2} = \frac{0.5 - 0.1}{2} = +0.2 \text{ 毫米。}$$

由协调零件各表面或各轴线的相对位置并组成封闭路线的一连串相关连的尺寸总合，叫做尺寸链。

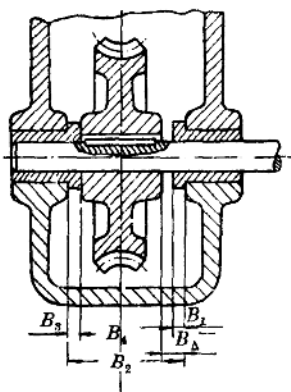


图 2

举例：图 2 为蜗轮减速器的一部分草图，对于它重要的是，蜗轮轴的端面与轴套端面间的间隙 B_{Δ} 要落于严格给定的范围内。影响 B_{Δ} 的有尺寸 B_1 、 B_2 、 B_3 及 B_4 ，这些尺寸又与它一起组成一个封闭线，如图 3 所示。此封闭线 B 即为确定间隙 B_{Δ} 的尺寸链。

线尺寸链——由互相平行的尺寸所组成的尺寸链。

角尺寸链——由同一类角度所组成的尺寸链。

平面尺寸链——由位于同一平面的尺寸（包括互相不平行的尺寸）所组成的尺寸链。

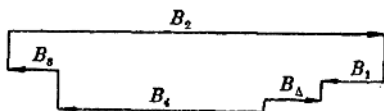


图 3

装配尺寸链的封闭尺寸——确定零件相互连接的性质和质量、在装配后才能得到其实际尺寸的尺寸。影响封闭尺寸的数值和公差的尺寸链的其它尺寸叫做组成尺寸。在大多数情况下，确定一个零件与另一零件间相对位置的间隙以及尺寸，便是装配尺寸链的封闭尺寸（包括像不同心度、不平行

度、不垂直度等等这样一些誤差)。

例：在尺寸鏈中（見圖 2 及 3）封閉尺寸是間隙 B_3 ，它決定配合的工作質量，因為當有過盈或間隙過小時，可能會發生零件卡死和擦傷摩擦表面的現象。反之，當存在過大的間隙時，蝸輪與蝸輪杆齒面間的正常摩擦作用可能遭到破壞。

每台樣品減速器的實際間隙都是由對包括在零件裝配中的實際尺寸，即組成尺寸 B_1 、 B_2 、 B_3 及 B_4 的代數求和結果才能得到。

增大的①（正的）組成尺寸②——當此尺寸增加時，封閉尺寸隨之增加。

減少的（負的）組成尺寸②——當此尺寸增加時，封閉尺寸隨之減小。

例：在圖 2 及圖 3 中，尺寸 B_2 為增尺寸 B_1 、 B_3 和 B_4 是減尺寸。

有利於出現某給定事件的情況次數 n 與所有可能（唯一可能，同樣可能和不可能）出現的情況的總數 N 之比叫做 A 事件的或然率 P_A 即 $P_A = \frac{n}{N}$ 。

均方根偏差在數值上等於尺寸 x_i 與其平均值 x_{cp} 間偏差的平方和其大批制品的或然率乘積和的平方根；用字母 σ 表示：

$$\sigma = \sqrt{\sum (x_{cp} - x_i)^2 \cdot P_i}$$

或

● 增加的和減少的尺寸很容易根據箭頭方向確定（參看 9 頁）。

● 在我國有關資料中常稱增環或減環（下同）。——譯者

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_{ip} - x_i)^2 \cdot n_i}{N}}$$

实际偏差在公差带的分布曲线标志着这些偏差的数值大小与出现大批量制品的或然率之间的关系[4]①。

例：图4是常态分布曲线，即所谓高斯曲线，其横座标为偏差值，而纵座标则是当均方根偏差 $\sigma=0.1$ 毫米时，有此种偏差的零件出现的或然率（百分比）。

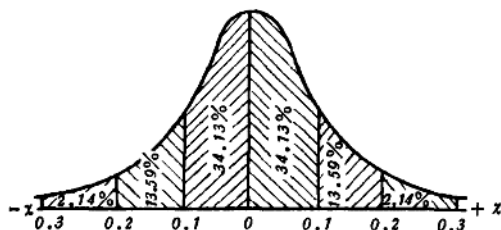


图 4

常态分布曲线的特点是，在区间 $\pm 3\sigma$ 中包含了全部零件的99.73%。对于这条曲线的偏差值 δ_x 与其出现的或然率之间的关系用专用的积分表 $\Phi(z)$ 确定[2]。

相对均方根偏差 λ ——均方根偏差 σ 与尺寸公差带之半 $\frac{\Delta}{2}$ 之比：

$$\lambda = \frac{2\sigma}{\Delta}.$$

尺寸相对分散系数 K_t ——组成尺寸与封闭尺寸的相对

● 为了得到更详细的知识，在这里和以后的分括号中引述了资料来源。
参考资料的一览表放在书的最后。

均方根偏差 λ_i 及 λ_Δ 之比,

$$K_i = \frac{\lambda_i}{\lambda_\Delta}$$

假设封闭尺寸的最終分布是常态分布。此时組成尺寸的相对分散系数等于:

按高斯定理分布时 (图 4) $K_\mu = 1$;

按西柏松 (Симпсон) 定理分布时 (图 5) $K_c = 1.22$;

按等或然率定理时 (图 6) $K_p = 1.73$ 。

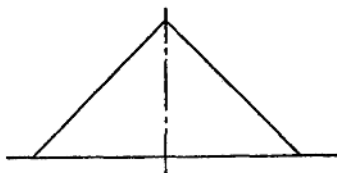


图 5

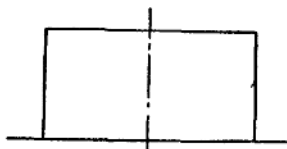


图 6

在計算具体尺寸鏈时, 如缺乏选择 K_i 的实在依据, 建議对全部組成尺寸取其平均值, $K_{cp} = 1.5$ [16]。

轉換率——由組成尺寸誤差所引起的封閉尺寸的誤差与該組成尺寸的誤差本身之比。在机构中它就是机构的构件之一的誤差所引起的被动件的微小位移量与这一构件的誤差值本身之比。

以下轉換率用字母 j 表示。

例: 图 7 为曲柄滑块机构。当机构处于由曲柄轉角 α 确定的图示位置时, 曲柄的长度誤差 δa 将引起滑块相对于 O 点的位置誤差 δc 。此时轉換率 $j = \frac{\delta c}{\delta a}$ 。由于轉換率的值可从构件的尺寸和角度的关系中求出, 故可用等式 $\delta c = j \delta a$ 求誤差 δc (轉換率的求法參看第四节)。

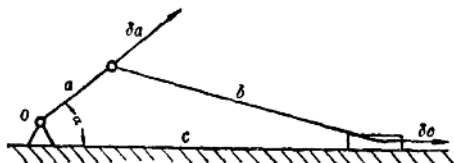


图 7

封閉尺寸誤差引起质量指标的改变，尺寸鏈每个組成环的誤差对于质量指标总变化有影响，其影响的相对比率由考虑机构工作质量指标的比例系数确定^①。

补偿环——这是一个零件或專門的調节装置，用来消除封閉尺寸公差和由对組成尺寸公差求和结果得到的計算偏差帶之間的不一致性。

例：图19中，把一些尺寸为 P_0 的成套墊环作为补偿环，其尺寸各相差0.2毫米（參看30頁），由于这些成套的墊环，間隙 P_d 便被保証在給定的0.3~0.5毫米范围内。

尺寸鏈的最大——最小計算方法应被理解为这样一种計算法，即此时只計算組成尺寸上下偏差的不利的組合。

尺寸鏈按或然率理论原理的計算法应被理解为这样一种計算法，即此时认为：組成尺寸的主要偏差沿公差帶是典型分布的，并拋去其中的低或然率的組合。

由此，在封閉尺寸的同一精度的条件下，将出现将公差扩至組成尺寸的可能性。

为了分析生产中机器的尺寸鏈，可利用下列准則以确定生产上可达的精度与图紙給定公差的符合情况（如要詳細了解，可參看 H.A.巴洛达契夫論文集〔4〕）。

● 这些系数的求法可參看16頁。

設備誤差分布範圍是在設備的一次調整及該設備的工作制度正常的條件下，由在典型製品成批（100~200件）製造過程中產生的偏差累集而成。

設備調整誤差分布範圍是由從加工一批製品轉為加工另一批製品時，變換工具時及其他等等引起的偏差集成的。

設備誤差總分布範圍是由在設備的一次調整中，在成批製品的製造過程中產生的偏差，以及因設備重新調整產生的偏差集成的，就是，

$$\Delta_n = \sqrt{K_o^2 \cdot \Delta_o^2 + K_n^2 \cdot \Delta_n^2},$$

式中 Δ_n ——設備誤差總分布範圍；

Δ_o ——在一次調整中產生的設備誤差分布的範圍；

Δ_n ——設備調整誤差的分布範圍；

K_o, K_n ——相對分散係數。

可採用設備調整誤差分布範圍 Δ_n 與設備誤差分布範圍 Δ_o 之比，亦即 $\frac{\Delta_n}{\Delta_o}$ ，做為衡量設備調整相對質量的標準。

$$\frac{\Delta_n}{\Delta_o} \leq 0.16, \text{ 認為是調整良好；}$$

$$\frac{\Delta_n}{\Delta_o} \geq 1, \text{ 認為是調整不良。}$$

公差利用係數 μ ，系指設備誤差總分布範圍 Δ_n 與零件製造公差 δ_i 之比，亦即

$$\mu = \frac{\Delta_n}{\delta_i}$$

當 $\mu=1$ 時，設備精度及所用工藝過程的精度適應於給定的公差，當 $\mu<1$ 時，設備精度及所用工藝過程的精度，對

于給定的公差說来是有多余的，当 $\mu > 1$ 时，设备及所用工艺过程的精度是不足的，将不能保証按給定公差制造零件。

2. 計算綫尺寸鏈公差的基本公式

公称的尺寸鏈方程 在尺寸鏈草图中，所有尺寸都用連續的尺寸綫表示，其一端帶有箭头并組成一条封閉綫。假定，选定封閉綫为一圓形回路（順时針方向旋轉或与其相反），則所有該尺寸鏈的組成尺寸的箭头方向應該一致，而封閉尺寸的箭头方向則应相反（參看图 3）。

在图紙平面上繼續（走向不按圓形回路）研究將可見到，与封閉尺寸具有相同箭头方向的組成尺寸是增尺寸（正尺寸），而具有相反方向的尺寸則为减尺寸（負尺寸）。

公称尺寸鏈方程写成下列形式：

$$\vec{B}_d = \sum \vec{B}_{(+)} - \sum \overleftarrow{B}_{(-)} \quad (1)$$

即封閉尺寸等于增組成尺寸之和减去减組成尺寸之和。

对尺寸鏈（见图 3）有下式：

$$B_d = B_2 - B_1 - B_3 - B_4$$

根据已知的尺寸公差进行封閉尺寸公差的最大最小計算的公式

公差方程可写为：

$$\Delta B_d = \sum \Delta B_i \quad (2)$$

即封閉尺寸的公差等于組成尺寸公差之和。

公差帶的中綫座标的方程具有这样的形式：

$$\vec{a}_d = \sum_{(+)} \vec{a}_i - \sum_{(-)} \overleftarrow{a}_i \quad (3)$$

式中 $\sum a_{i(+)}$ ——公差帶中綫座標之和使尺寸增大；

$\sum a_{i(-)}$ ——公差帶中綫座標之和使尺寸減少。

封閉尺寸的上偏差方程為：

$$eB_{\Delta} = \sum eB_{i(+)} - \sum eB_{i(-)} \quad (4)$$

或

$$eB_{\Delta} = a_{B_{\Delta}} + \frac{\Delta B_{\Delta}}{2} \quad (5)$$

封閉尺寸下偏差方程為：

$$nB_{\Delta} = \sum nB_{i(+)} - \sum nB_{i(-)} \quad (6)$$

或

$$nB_{\Delta} = a_{B_{\Delta}} - \frac{\Delta B_{\Delta}}{2} \quad (7)$$

已知封閉尺寸的公差時進行組成尺寸的最大—最小計算的公式

根據已知的封閉尺寸公差，計算組成尺寸公差因沒有長度尺寸的公差制而感到困難。在一系列文獻中都建議根據已有的直徑配合的公差單位來計算尺寸鏈公差，即與 $\sqrt{d}$ 成正比。但是部件尺寸鏈中的農業機械零件的尺寸，在多數情況下却不是同類的，結果是必須使較小的尺寸有較大的公差，或者相反。考慮到這種情況並為簡化計算起見，採用下式計算組成尺寸公差的平均值：

$$\Delta B_{cp} = \frac{\Delta B_{\Delta}}{n} \quad (8)$$

式中 ΔB_{cp} ——公差的平均值（須經過組成尺寸中的一個）；

ΔB_{Δ} ——封閉尺寸的公差；

n ——組成尺寸的數量。

根据公式(8)計算所得之公差平均值 ΔB_{cp} 的結果应作适当修正。为此，可根据零件的结构特征、其制造与檢驗的劳动量，对零件的一类尺寸可稍减小其公差，而对另一类尺寸則可增大其公差。

为确定組成尺寸的上下偏差可采用下式：

$$\sigma B_{i(+)} = \frac{\Delta B_i}{\Delta B_d} \sigma B_d, \quad (9)$$

$$n B_{i(+)} = \frac{\Delta B_i}{\Delta B_d} n B_d, \quad (10)$$

$$\sigma B_{i(-)} = -\frac{\Delta B_i}{\Delta B_d} n B_d, \quad (11)$$

$$n B_{i(-)} = -\frac{\Delta B_i}{\Delta B_d} \sigma B_d. \quad (12)$$

如某些零件尺寸与根据(9)~(12)式計算的結果相比，公差带需要另外一种分布，則在改变后应按(4)及(6)式将其进行校核。

已知組成尺寸公差按或然率理論計算封閉尺寸公差的公式

a) 由下式确定封閉尺寸的公差：

$$\Delta B_d = \sqrt{\sum K_i^2 \cdot \Delta B_i^2} \quad (13)$$

式中 K_i ——第 i 个組成尺寸的相对分散系数；

ΔB_i ——第 i 个組成尺寸的公差。

6) 封閉尺寸公差带的中綫座标按式(3)計算。

6) 封閉尺寸上下极限偏差相应的等于：

$$\sigma B_d = a_d + \frac{\Delta B_d}{2}, \quad (14)$$

$$nB_d = a_d - \frac{\Delta B_d}{2} \quad (15)$$

已知封閉尺寸公差按或然率理論計算組成尺寸公差公式

a) 計算組成尺寸公差平均值，可用下式：

$$\Delta B_{i_{cp}} = \frac{\Delta B_d}{\sqrt{\sum K_i^2}} \quad (16)$$

如用(13)及(16)計算時，對具體的尺寸鏈沒有選擇相對分數系數 K_i 的依據，則可採用其平均系數 $K_{cp}=1.5$ 進行近似計算。此時，方程(16)變為：

$$\Delta B_{i_{cp}} = \frac{\Delta B_d \bullet}{K_{cp} \sqrt{n}} \quad (17)$$

為了簡化計算，在表1中列出了組成尺寸的公差值，這些值都按公式(17)對於封閉尺寸的各种公差值與尺寸鏈環數計算出來的。

6) 計算組成尺寸公差帶的中綫座標，可用下式：

$$a_{i(+)} = \frac{a_d}{n} \quad (18)$$

$$a_{i(-)} = -\frac{a_d}{n} \quad (19)$$

如根據具體的尺寸鏈的條件，須要重新分布組成尺寸的公差帶，那麼，由(18)及(19)式所得計算結果應該是可改變的，並應按(3)式進行校核。

6) 組成尺寸的上下偏差按與(14)及(15)式相似的公式計算。

● 如 $K_{cp}=1.5$ 則按該式進行計算時應取 $n \geq 3$ 。

可用补偿环求解的尺寸链公差公式

为简化计算，现将封闭尺寸和补偿尺寸的偏差看作是偶然的独立事件，并用下式求出必要的补偿值：

$$\Delta K_0 = \sum \Delta B_i + \Delta B_d \quad (20)$$

或

$$\Delta' K_0 = \sqrt{\sum K_i^2 \cdot \Delta B_i^2 + K_d^2 \cdot \Delta B_d^2} \quad (21)$$

在求公差和时，这些公式中的封闭尺寸 B_d 被视作普通尺寸链中的一个组成尺寸，而补偿尺寸 K 则被视作封闭尺寸补偿带中线的座标，

$$\vec{a}_k = \sum_{(+)} \vec{a}_i - \sum_{(-)} \overset{\leftarrow}{a}_i \pm \overset{\rightleftarrows}{a}_d \quad (22)$$

当封闭尺寸为增尺寸时，取正号（+），否则取负号（-）。

3. 计算平面尺寸链公差和 机构构件公差的基本公式

在运动链和平面尺寸链中，组成尺寸的误差对封闭尺寸的精度以各种方式施以影响，有时它把其本身的部分误差传给封闭尺寸，在个别情况下也能将比组成尺寸误差本身更大的误差传给封闭尺寸，因此，当计算这些尺寸链时，转换率也和这些环的公差一起，被列入封闭尺寸和组成尺寸公差关系方程中，而转换率又决定个别组成尺寸的误差对于封闭尺寸的影响程度。

当组成尺寸公差已知时，封闭尺寸公差的公式为：

a) 按最大—最小法计算：

$$\Delta B_d = \sum j_i \cdot \Delta B_i, \quad (23)$$