

文章编号:1672-9331(2020)02-0084-08

尺寸链法解算零件定位误差研究

李双成, 陈兴媚

(广东理工学院 工业自动化系, 广东 肇庆 526100)

摘 要: 为了能够在机床夹具设计时快速得到定位零件的定位误差值, 给夹具的改进、设计提供参数参考依据, 针对传统零件定位误差算法的不足, 提出一种尺寸链公差法计算零件定位误差。从零件定位误差尺寸链模型的建立、尺寸链中组成环的查找、封闭环的计算入手, 通过零件定位误差的尺寸链算法分别对零件外圆、内孔、平面三种定位情况的求解展开论述, 并通过传统零件定位误差解算方法进行结果验证。结果表明: 零件定位误差的尺寸链公差算法不仅不需要单独分析计算零件的基准不重合误差和基准位移误差, 更不需要判明误差的变动方向, 使计算变得简捷、明快。

关键词: 定位误差尺寸链; 封闭环公差; 组成环公差; 内孔定位; 外圆定位; 平面定位

中图分类号: TG502

文献标识码: A

Research on the positioning error of parts by dimension chain

LI Shuang-cheng, CHEN Xing-mei

(Department of Industrial Automation, Guangdong Institute of Technology, Zhaoqing 526100, China)

Abstract: In order to quickly get the positioning error value of the positioning parts in the machine tool fixture design, and provide the parameter reference for the improvement and design of the fixture, in view of the shortcomings of traditional positioning error algorithm, a dimension chain tolerance method was proposed to calculate the positioning error of the parts. Beginning from the establishment of the dimension chain model of the positioning error of the parts, the search of the composition rings in the dimension chain and the calculation of the closed rings, the solution of three kinds of positioning, including the outer circle, the inner hole and the plane of the parts was discussed by using the dimension chain algorithm of part positioning error, and the result was verified by using traditional method of part positioning error. The result shows that the dimension chain tolerance algorithm of part positioning error does not need to analyze and calculate the benchmark misalignment error and datum displacement error separately, and it is not necessary to determine the direction of error change, so that the calculation becomes simple and quick.

Key words: positioning error dimension chain; closed ring tolerance; component ring tolerance; inner hole positioning; outer circle positioning; plane positioning

定位误差是指用调整法加工一批工件时, 在工件的定位方案中会遇到定位基准与工序基准不

重合, 以及工件的定位基准与定位元件定位表面间存在制造误差, 而使加工后零件不能得到准确

收稿日期: 2020-01-31

基金项目: 2019 年广东理工学院科技项目(2019GKJZK011)

通讯作者: 李双成(1983-), 男, 安徽泗县人, 广东理工学院讲师, 主要从事机械制造方面的研究。

E-mail: 1121599375@qq.com

的尺寸数值。倘若按照正常方法计算零件在夹具定位中的定位误差值,往往需要判定零件定位基准与工序基准的变动方向,涉及矢量叠加,掌握起来难度较大。因此将尺寸链引入到零件的定位误差计算中,其凭借简单的计算方法及强大的控制零部件尺寸精度的优势,受到了国内外不少专家、学者的关注。郑玉华等^[1]运用零件尺寸链极值法建立了零件定位误差尺寸链,并推导了计算公式;李永祥^[2]阐述了运用尺寸链原理计算定位误差的方法,给出了计算步骤以及确定尺寸链图应该注意的事项;丁海泉等^[3]利用极值法求解平面尺寸链,并对箱体类零件镗孔定位误差做了深入的探讨,给出了解题思路及计算公式;吴竹溪等^[4]做了定位误差与尺寸链的关系分析,并将其推广到工件定位时平行度误差的分析中;韩霞等^[5]从零件定位误差产生机理出发,给出零件定位误差尺寸链计算公式,并做了孔销配合实例分析;文献^[6-8]分别介绍了 V 形块定位、平面定位时全微分尺寸链的求解,并给出求解公式及步骤。虽然这些方法都是用尺寸链法求解零件的定位误差,但这些算法均涉及零件基本尺寸及公差值的混合,这对求解相关问题还是略显复杂。而纯粹只用零件的工序尺寸公差值、定位尺寸公差值来计算零件定位误差(无需基本尺寸参与计算)的方法,目前尚有很大的研究空间,下面就这一问题做详细探讨。

1 公差尺寸链的建立

在零件工艺系统中首先要选定一个参考点(该参考点必须是固定不变的,即无论零件中其它尺寸怎样变化,该参考点位置均不改变)来作为参考基准,而工序基准相对于参考基准公差的偏移量即为零件的定位误差。将该定位误差作为尺寸链的封闭环,与之相关联的其它已知公差量即为尺寸链的组成环,这样就建立了零件定位误差的公差尺寸链(由于零件的定位误差计算与基本尺寸无关,所以这里组成环全部用公差值代替)。由于所有组成环公差值已知,这也就转化为已知全部组成环,求解封闭环尺寸链的正计算问题。根据尺寸链知识,封闭环的公差值即为所有组成环公差值之和。

2 计算公式与步骤

2.1 公式

根据尺寸链知识,封闭环公差等于所有组成环公差值之和,那么将封闭环公差值作为零件定位误差值,可得:

$$\Delta_D = T_0 = \sum_{i=1}^n T_i. \quad (1)$$

式中: Δ_D 为零件定位误差; T_0 为尺寸链封闭环公差; T_i 为尺寸链中第 i 个组成环公差。

2.2 步骤

1) 建立封闭环公差尺寸链。

在已知零件图上相关工序尺寸方向上选定一点或一面作为参考基准。被选定的点或面必须不因其它尺寸的变化而发生偏移,如在图 1 中选定工件下表面作为参考基准,而工件上表面会随着 L_1 的变化发生偏移,故不能选取。从工序基准向定位基准引垂线,该线段的变动量即为所要求的零件的定位误差值 Δ_D 。在参考基准与定位基准间找与定位基准尺寸相关联的组成环公差尺寸链并顺次连接,使其与定位基准垂线一起构成一个完整的封闭尺寸链组^[9]。

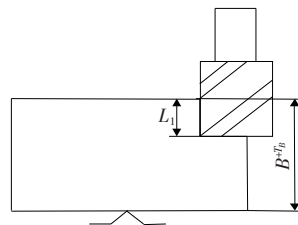


图 1 铣削台阶面

Fig. 1 Milling step surface

2) 求解工序尺寸定位误差。

根据上述构建的封闭环尺寸链(如图 2 所示),利用公式 $\Delta_D = T_0 = \sum_{i=1}^n T_i$, 求出 L_1 的定位误差值为:

$$\Delta_D = T_0 = \sum_{i=1}^n T_i = T_B. \quad (2)$$

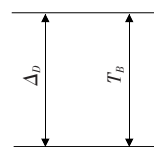


图 2 L_1 定位误差尺寸链

Fig. 2 L_1 positioning error dimension chain

3 应用举例

3.1 以内孔或外圆定位工件

例1 如图3所示定位方式铣削连杆的两个侧面,计算工序尺寸 $12_0^{+0.3}$ mm 的定位误差^[10,11]。

解:分析图3知 $\phi 20H7$ mm 与 $\phi 20g6$ mm 为间隙配合,查公差表得:孔: $D = \phi 20H7(-0.021)_0^0$ mm, 轴: $d = \phi 20g6(-0.007)_0^0$ mm。根据前述先选定一个不随其它尺寸变化的点作为参考基准。根据图3的定位方案,这里选定图4所示心轴圆心 O 作为参考基准,工序尺寸 $12_0^{+0.3}$ mm 的工序基准为连杆小头端孔中心线。沿工序基准向参考基准引垂线,其它与之相关联的已知参量则依次对应画出,使其形成封闭的工艺尺寸链图(如图4所示)。

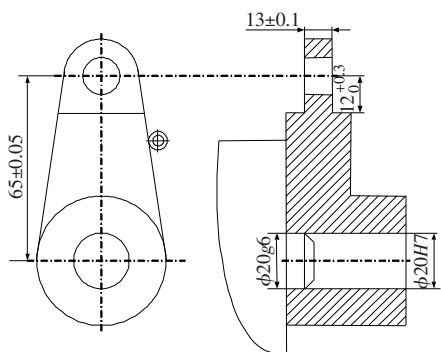


图3 连杆心轴定位

Fig. 3 Positioning of connecting rod spindle

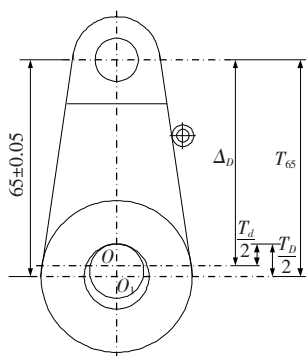


图4 连杆心轴定位尺寸链

Fig. 4 Positioning dimension chain of connecting rod spindle

则工序基准与参考基准之间公差尺寸的最大变动量 Δ_D (封闭环)即为所要求的工序尺寸 $12_0^{+0.3}$ mm 的定位误差。根据尺寸链闭环公差求解方法

$$\text{得: } \Delta_D = \frac{T_d}{2} + \frac{T_D}{2} + T_{65} = \frac{(-0.007 + 0.020)}{2} + \frac{(0.021 - 0)}{2} + (0.05 + 0.05) = 0.117 \text{ mm}。$$

用合成法验证计算结果:① 基准不重合误差 Δ_B : 分析图3零件的工序基准为连杆小头孔中心线,定位基准为连杆大头孔中心线,基准不重合,有基准不重合误差,由图知该误差就是两孔中心线尺寸公差,即 $\Delta_B = T_{65} = 0.05 + 0.05 = 0.1$ mm; ② 基准位移误差 Δ_Y : 分析图4孔销配合为孔最大轴最小和孔最小轴最大,即: $\Delta_Y = \frac{T_D + T_d}{2} = \frac{(0.021 - 0) + (-0.007 + 0.020)}{2} = 0.017$ mm; ③ 零件定位误差 Δ_D : 又因为工序基准为小头孔中心线,定位基准面为连杆大头孔上表面,故工序基准不在零件定位基准面上,无需判定方向,二者可直接相加,即: $\Delta_D = \Delta_B + \Delta_Y = 0.1 + 0.017 = 0.117$ mm。

验证结果与前述结果一致,由两种方法的对比分析计算可以明显发现,定位误差的尺寸链算法简单明了,易于掌握,避免了多种误差的分析计算。

例2 套类零件铣槽时,其工序尺寸有五种标注方式(如图5所示),若定位心轴水平放置,试分别计算工序尺寸 $A_1 \sim A_5$ 的定位误差。

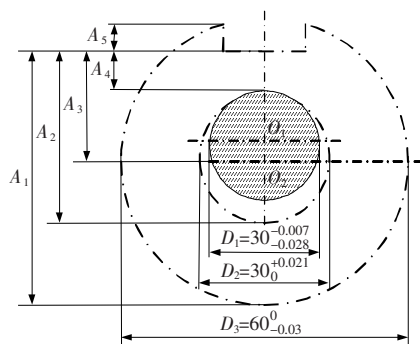


图5 套类零件铣键槽

Fig. 5 Keyway milling of sets of parts

解:根据前述方法分析图5,此题定位方式与例1的定位方式相同,所以选定心轴中心 O_1 作为参考基准,利用前述方法分别绘出 $A_1 \sim A_5$ 的工艺尺寸链图,如图6中(b)~(f)所示。由图5所给尺寸求解各参数公差值分别为: $T_{D_1} = -0.007 +$

$0.028=0.021 \text{ mm}$, $T_{D_2}=0.021-0=0.021 \text{ mm}$,
 $T_{D_3}=0+0.03=0.03 \text{ mm}$ 。再由图 6 所绘尺寸链

图中的(b)~(f)求解 $A_1 \sim A_5$ 的工艺尺寸链误差
 值分别为:

$$A_1 \Rightarrow \Delta_{D_1} = \frac{T_{D_1} + T_{D_2} + T_{D_3}}{2} = \frac{0.021 + 0.021 + 0.03}{2} = 0.036 \text{ mm},$$

$$A_2 \Rightarrow \Delta_{D_2} = \frac{T_{D_1}}{2} + T_{D_2} = \frac{0.021}{2} + 0.021 = 0.0315 \text{ mm},$$

$$A_3 \Rightarrow \Delta_{D_3} = \frac{T_{D_1} + T_{D_2}}{2} = \frac{0.021 + 0.021}{2} = 0.021 \text{ mm}, A_4 \Rightarrow \Delta_{D_4} = \frac{T_{D_1}}{2} = \frac{0.021}{2} = 0.0105 \text{ mm},$$

$$A_5 \Rightarrow \Delta_{D_5} = \frac{T_{D_1} + T_{D_2} + T_{D_3}}{2} = \frac{0.021 + 0.021 + 0.03}{2} = 0.036 \text{ mm}.$$

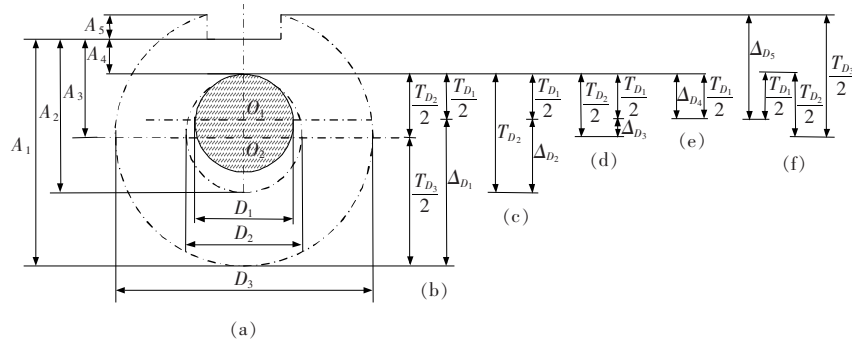


图 6 内孔定位不同标注方式定位误差尺寸链

Fig. 6 Positioning error dimension chain of different marking methods for inner hole positioning

用合成法验证计算结果(这里限于篇幅仅验证 A_1 、 A_2 两个尺寸的定位误差,其它参数读者可自行验证):

1) 合成法计算 A_1 定位误差:① 基准不重合误差 Δ_B : 工序基准是外圆下母线,定位基准是孔轴线,两者不重合, $\Delta_B = \frac{T_{D_3}}{2} = \frac{0.03}{2} = 0.015 \text{ mm}$;
 ② 基准位移误差 Δ_Y : 分析图 5 孔销配合为孔最大轴最小和孔最小轴最大,即: $\Delta_Y = \frac{T_{D_1} + T_{D_2}}{2} = \frac{0.021 + 0.021}{2} = 0.021 \text{ mm}$;③ 零件定位误差 Δ_{D_1} :
 $\Delta_{D_1} = \Delta_B + \Delta_Y = 0.015 + 0.021 = 0.036 \text{ mm}$ 。

验证结果与前述结果一致。

2) 合成法计算 A_2 定位误差:① 基准不重合误差 Δ_B : 工序基准是内孔下母线,定位基准是孔轴线,两者不重合, $\Delta_B = \frac{T_{D_2}}{2} = \frac{0.021}{2} = 0.0105 \text{ mm}$;
 ② 基准位移误差 Δ_Y : 分析图 5 孔销配合为孔最大轴最小和孔最小轴最大,即: $\Delta_Y = \frac{T_{D_1} + T_{D_2}}{2} =$

$$\frac{0.021 + 0.021}{2} = 0.021 \text{ mm}; \text{③ 零件定位误差}$$

Δ_{D_2} : 由于尺寸 A_2 的工序基准为内孔的下母线,零件的定位基准面为内孔表面,此为工序基准在定位基准面上的情况,需判断二者合成符号,即 $\Delta_{D_2} = \Delta_B \pm \Delta_Y$ 。由图 5 可判明:当定位基准面(即内孔表面)直径由大变小,定位基准(即内孔中心线)朝上变动;当定位基准面直径由大变小,若定位基准位置不动时,工序基准(即内孔下母线)朝上变动。二者的变动方向相同,取“+”号(反之取“-”号),所以 Δ_{D_2} 的定位误差为: $\Delta_{D_2} = \Delta_B + \Delta_Y = 0.0105 + 0.021 = 0.0315 \text{ mm}$ 。

验证结果与前述一致。

例 3 铣工件上键槽(如图 7 所示),以圆柱面 $\phi d_{T_d}^0$ 在 $\alpha = 90^\circ$ 的 V 形块上定位,求加工尺寸分别为 H_1 、 H_2 、 H_3 时的定位误差^[12]。

解:由图 7 知在 $Rt\Delta cc_1o_1$ 和 $Rt\Delta cc_2o_2$ 中,根据几何关系可求得:

$$co_1 = \frac{c_1o_1}{\sin \frac{a}{2}} = \frac{d}{2\sin \frac{a}{2}}, co_2 = \frac{c_2o_2}{\sin \frac{a}{2}} = \frac{d - T_d}{2\sin \frac{a}{2}},$$

$$o_1 o_2 = c o_1 - c o_2 = \frac{T_d}{2 \sin \frac{a}{2}}, o_1 p_1 = o_1 m_1 = \frac{d}{2},$$

$$o_2 p_2 = o_2 m_2 = \frac{d - T_d}{2}。由前述可知,零件定位误差与工件基本尺寸无关,仅决定于公差。将上述$$

计算结果中基本尺寸全部改写成公差值,没有基本尺寸的则维持不变,得: $T_{c o_1} = \frac{T_d}{2 \sin \frac{a}{2}}, T_{c o_2} =$

$$\frac{T_d - T_d}{2 \sin \frac{a}{2}} = 0, T_{o_1 o_2} = \frac{T_d}{2 \sin \frac{a}{2}}, T_{o_1 p_1} = T_{o_1 m_1} = \frac{T_d}{2},$$

$$\frac{T_d - T_d}{2 \sin \frac{a}{2}} = 0, T_{o_1 o_2} = \frac{T_d}{2 \sin \frac{a}{2}}, T_{o_1 p_1} = T_{o_1 m_1} = \frac{T_d}{2},$$

$$T_{o_2 p_2} = T_{o_2 m_2} = \frac{T_d - T_d}{2} = 0。$$

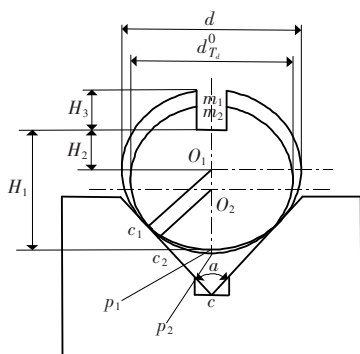


图7 零件以外圆定位

Fig. 7 Positioning of outer circle of parts

再根据前述方法选择 V 形块固定点 c 作为参考基准,并分别画出 H_1 、 H_2 、 H_3 的定位误差尺寸链图。此题由于具有独特性,即每个工序尺寸均知道其变动范围,如: $H_1 \Rightarrow p_1 p_2$ 、 $H_2 \Rightarrow O_1 O_2$ 、 $H_3 \Rightarrow m_1 m_2$,所以尺寸链中的组成环即为参考基准与工序基准最大变动量之间环数的串联,如图 8 中(b)~(d)所示。

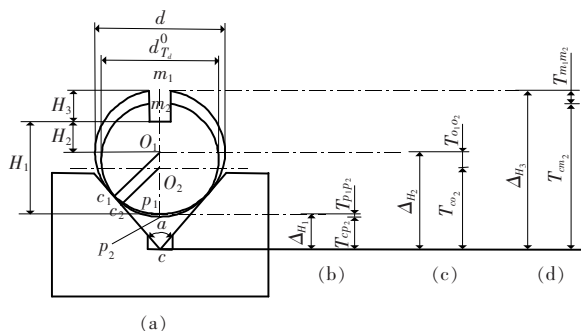


图8 内孔定位不同标注方式定位误差尺寸链

Fig. 8 Positioning error dimension chain of different marking methods for inner hole positioning

然后求图 8 各尺寸链中部分未知组成环公差值:

$$T_{p_1 p_2} = T_{o_1 o_2} + T_{o_2 p_2} - T_{o_1 p_1} = \frac{T_d}{2 \sin \frac{a}{2}} + 0 - \frac{T_d}{2} =$$

$$\frac{T_d}{2} \left(\frac{1}{\sin \frac{a}{2}} - 1 \right), T_{c p_2} = T_{c o_2} - T_{o_2 p_2} = 0 - 0 = 0,$$

$$T_{c m_2} = T_{c o_2} + T_{o_2 m_2} = 0 + 0 = 0, T_{m_1 m_2} = T_{o_1 m_1} +$$

$$T_{o_1 o_2} - T_{o_2 m_2} = \frac{T_d}{2} + \frac{T_d}{2 \sin \frac{a}{2}} - 0 =$$

$$\frac{T_d}{2} \left(\frac{1}{\sin \frac{a}{2}} + 1 \right)。$$

根据上述各尺寸公差计算可知:图 8 所绘各尺寸链中有部分组成环公差值为零,所以应将原尺寸链中公差值为零的组成环剔除(因为 V 形块是标准件忽略其误差,而零件又以外圆定位,所以调刀基准即是外圆面,因此影响其定位误差的只有外圆,即相对于固定点 c 只能有一个定位误差,不可能有多个误差,所以要将误差为零的组成环剔除)。图 8 所示尺寸链只为帮助分析问题所用,实际计算应按照改绘后尺寸链计算;另外需要说明的是,例 2 为内孔定位的孔销配合,即孔、销及零件的外圆尺寸均会给工序基准带来误差,因此应与例 3 区别对待。改绘后尺寸链如图 9 所示。

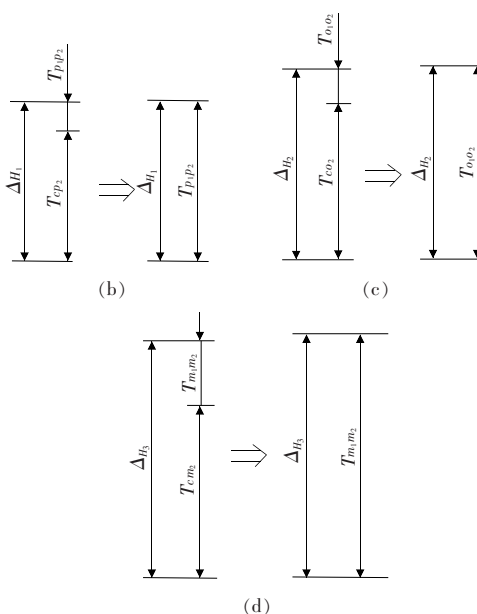


图9 改绘尺寸链

Fig. 9 Modified dimension chain

根据图 9 计算零件各工序尺寸定位误差:

$$\Delta_{H_1} = T_{p_1 p_2} = \frac{T_d}{2} \left[\frac{1}{\sin \frac{a}{2}} - 1 \right], \Delta_{H_2} = T_{o_1 o_2} = \frac{T_d}{2 \sin \frac{a}{2}}, \Delta_{H_3} = T_{m_1 m_2} = \frac{T_d}{2} \left[\frac{1}{\sin \frac{a}{2}} + 1 \right]。$$

3.2 以平面定位工件

例 4 如图 10 所示在阶梯轴上铣平面,其工序尺寸为 $30_{-0.28}^0$ mm,试计算图示定位方案的定位误差。若考虑阶梯轴两外圆的同轴度公差为 $\phi 0.03$ mm,其定位误差又为多少?

解:根据前述方法,选定 C 点为参考基准点,分别绘制无同轴度公差和有同轴度时的零件定位误差尺寸链,如图 11 中(b)、(c)所示。

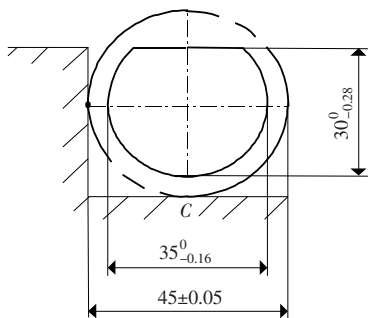


图 10 台阶轴铣平面

Fig. 10 Step axis milling plane

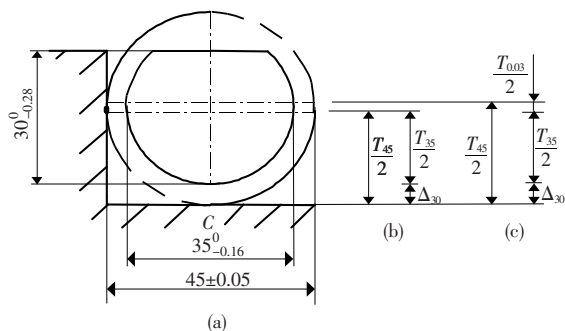


图 11 零件定位误差尺寸链

Fig. 11 Dimension chain of part positioning error

根据图示尺寸及所给同轴度公差知: $\frac{T_{35}}{2} = \frac{0+0.16}{2} = 0.08$ mm; $\frac{T_{45}}{2} = \frac{0.05+0.05}{2} = 0.05$ mm; $\frac{T_{0.03}}{2} = \frac{0.03}{2} = 0.015$ mm; 根据图 11 中(b)、(c)所示尺寸链计算 Δ_{30} 得: (b) $\Delta_{30} = \frac{T_{45}}{2} + \frac{T_{35}}{2} = 0.05 +$

$$0.08 = 0.13 \text{ mm}; (c) \Delta_{30} = \frac{T_{45}}{2} + \frac{T_{35}}{2} + \frac{T_{0.03}}{2} = 0.05 + 0.08 + 0.015 = 0.145 \text{ mm}。$$

结果验证:

1) 合成法计算无同轴度公差时工序尺寸 $30_{-0.28}^0$ mm 的定位误差: ① 基准不重合误差 Δ_B : 由图 10 知工序基准为小圆柱面下母线, 零件定位基准为大圆柱面下母线, 基准不重合, 误差为: $\Delta_B = \frac{0.1}{2} + \frac{0.16}{2} = 0.13$ mm; ② 基准位移误差 Δ_Y : 零件以大圆柱面下母线在平面上定位, 所以 $\Delta_Y = 0$; ③ 定位误差 $\Delta_D = \Delta_B = 0.13$ mm。

验证结果与上述所求一致。

2) 合成法计算有同轴度公差要求时工序尺寸 $30_{-0.28}^0$ mm 的定位误差: ① 基准不重合误差 Δ_B : 由图 10 知工序基准为小圆柱面下母线, 零件定位基准为大圆柱面下母线, 基准不重合, 同时考虑大、小圆柱面的同轴度误差, 所以定位误差为: $\Delta_B = \frac{0.1}{2} + \frac{0.16}{2} + \frac{0.03}{2} = 0.145$ mm; ② 基准位移误差 Δ_Y : 零件以大圆柱面下母线在平面上定位, 所以 $\Delta_Y = 0$; ③ 定位误差 $\Delta_D = \Delta_B = 0.145$ mm。

验证结果与上述所求一致。

例 5 如图 12 所示, 加工尺寸 $L_1 = 18_{+0.2}^0$ mm、 $L_2 = 25_{-0.2}^0$ mm 和 $L_4 = 20_{+0.3}^0$ mm, 求尺寸 L_3 和 L_5 的定位误差。

解:根据前述对于工序尺寸 L_3 取 q 面为参考基准, 工序尺寸 L_5 取 p 面为参考基准, 分别绘制零件定位误差尺寸链, 如图 13, 14 所示。又因为 $T_{L_1} = 0.2 - 0 = 0.2$ mm, $T_{L_2} = 0 + 0.2 = 0.2$ mm, $T_{L_4} = 0.3 - 0 = 0.3$ mm, 所以 $\Delta_{L_3} = T_{L_1} + T_{L_2} = 0.2 + 0.2 = 0.4$ mm, $\Delta_{L_5} = T_{L_4} = 0.3$ mm。

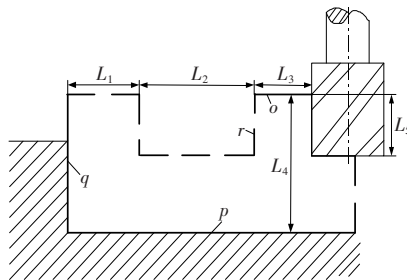
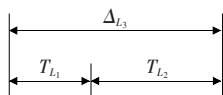
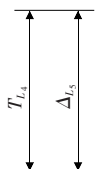


图 12 铣台阶面

Fig. 12 Milling step surface

图 13 L_3 定位误差尺寸链Fig. 13 L_3 positioning error dimension chain图 14 L_5 定位误差尺寸链Fig. 14 L_5 positioning error dimension chain

结果验证:

1) 合成法计算工序尺寸 L_3 的定位误差:

- ① 基准不重合误差 Δ_B : 由图 12 知工序基准为 r 面, 零件定位基准为 q 面, 基准不重合, 误差为: $\Delta_B = 0.4 \text{ mm}$; ② 基准位移误差 Δ_Y : 零件定位基准面为 q 面是平面, 所以 $\Delta_Y = 0$; ③ 定位误差 $\Delta_D = \Delta_B = 0.4 \text{ mm}$ 。

验证结果与上述所求一致。

2) 合成法计算工序尺寸 L_5 的定位误差:

- ① 基准不重合误差 Δ_B : 由图 12 知工序基准为 o 面, 零件定位基准为 p 面, 基准不重合误差为: $\Delta_B = 0.3 \text{ mm}$; ② 基准位移误差 Δ_Y : 零件定位基准面为 p 面是平面, 所以 $\Delta_Y = 0$; ③ 定位误差 $\Delta_D = \Delta_B = 0.3 \text{ mm}$ 。

验证结果与上述所求一致。

例 6 如图 15 所示车削阶梯轴, 试计算图示定位方案工序尺寸为 $30_{-0.2}^0 \text{ mm}$ 的定位误差。

解: 根据前述方法, 选定 C 面为参考基准面, 绘制零件定位误差尺寸链如图 16 所示。

据图示尺寸公差知: $T_{22} = 0.1 - 0 = 0.1 \text{ mm}$, $T_{30} = 0 + 0.2 = 0.2 \text{ mm}$, $T_{52} = 0.1 + 0.2 = 0.3 \text{ mm}$ 。根据图 16 所示尺寸链计算 Δ_{30} 得:

$$\Delta_{30} = T_{22} + T_{30} = 0.1 + 0.2 = 0.3 \text{ mm}。$$

结果验证:

合成法计算工序尺寸 $30_{-0.2}^0 \text{ mm}$ 的定位误差: ① 基准不重合误差 Δ_B : 由图 16 知工序基准为 A 面, 零件定位基准为 C 面, 基准不重合, 误差为: $\Delta_B = T_{52} = 0.3 \text{ mm}$; ② 基准位移误差 Δ_Y : 零件定位基准面是 C 面为平面, 所以 $\Delta_Y = 0$; ③ 定位误差 $\Delta_D = \Delta_B + \Delta_Y = 0.3 \text{ mm}$ 。

验证结果与上述所求一致。

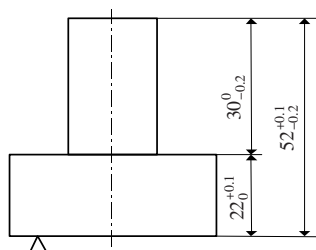


图 15 平面定位车台阶轴

Fig. 15 Step axis of plane positioning vehicle

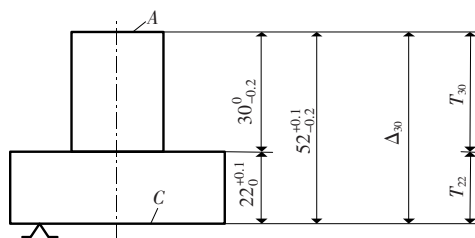


图 16 零件定位误差尺寸链

Fig. 16 Part positioning error dimension chain

4 结论

零件定位误差计算是机加工中相对较难理解和掌握的知识, 利用尺寸链法分析和计算零件定位误差对于强化知识难度有一定的实际意义。目前大部分机床夹具设计从业人员还是以传统计算方法为主, 不利于快速得出相关数据。本研究通过公差尺寸链的建立与求解, 并通过实例计算和传统方法对比分析, 得出以下结论:

1) 建立工序公差尺寸链前要先选定一个不随其它尺寸变动的固定点作为参考基准, 如例 1 中的销轴中心 O 点、例 2 中的心轴中心 O_1 点、例 3 中 V 型块上的 c 点等。定位误差即为工序基准相对于参考基准点的变动范围, 如例 4 中工序尺寸 $30_{-0.28}^0 \text{ mm}$ 的工序基准小头台阶下母线到参考基准 C 点之间的变动范围即为所要求解的定位值。

2) 组成环公差值不仅只限于参考基准和工序基准之间, 还可能与二者之外的公差值有关, 如例 2 中工序尺寸 $A_1 \sim A_3$ 和 A_5 的组成环公差值。但工序尺寸 A_4 的定位误差却仅由参考基准和工序基准之间的组成环公差值来决定。

3) 定位误差只与相关尺寸的公差值有关, 与基本尺寸无关, 如 $co_1 = \frac{c_1 o_1}{\sin \frac{a}{2}} = \frac{d}{2 \sin \frac{a}{2}}$ 、 $co_2 =$

$$\frac{c_2 o_2}{\sin \frac{a}{2}} = \frac{d - T_d}{2 \sin \frac{a}{2}} \text{ 等数据需转换成公差数据,即 } c_{o_1}$$

$$= \frac{c_1 o_1}{\sin \frac{a}{2}} = \frac{d}{2 \sin \frac{a}{2}} \Rightarrow T_{c_{o_1}} = \frac{T_d}{2 \sin \frac{a}{2}}, c_{o_2} = \frac{c_2 o_2}{\sin \frac{a}{2}} =$$

$$\frac{d - T_d}{2 \sin \frac{a}{2}} \Rightarrow T_{c_{o_2}} = \frac{T_d - T_d}{2 \sin \frac{a}{2}} = 0。 \text{ 因此不必考虑基}$$

本尺寸问题,降低了零件尺寸链的计算难度。

4) 求解零件定位误差只需将所有组成环公差值相加即可,没有多个误差分别分析计算的问题及矢量方向的判定问题,如例5,6中将尺寸链中所有组成环公差值直接相加,即可得到零件定位误差。

5) 仅利用了尺寸链的封闭环公差公式,如 $\Delta_D = T_0 = \sum_{i=1}^n T_i$ 求解问题,无需判定尺寸链中增、减环,降低了分析计算的难度。

〔参考文献〕

- [1] 郑玉华,林跃.用定位误差尺寸链解算定位误差的方法[J].机械设计与制造,1998(4):38-39.
ZHENG Yu-hua, LIN Yue. A method to calculate the positioning error by using the dimension chain of positioning error[J]. Mechanical Design and Manufacturing, 1998(4):38-39.
- [2] 李永祥.定位误差的尺寸链解法探讨[J].机械设计与制造,2005(7):37-38.
LI Yong-xiang. Discussion on dimension chain solution of positioning error[J]. Mechanical Design and Manufacturing, 2005(7):37-38.
- [3] 丁海泉,韩宝生.运用尺寸链原理计算定位误差的探讨[J].内蒙古农业大学学报,2003(12):98-101.
DING Hai-quan, HAN Bao-sheng. Discussion on the calculation of positioning error by the principle of dimension chain[J]. Journal of Inner Mongolia Agricultural University, 2003(12):98-101.
- [4] 吴竹溪,游泳斌,秦国华.定位误差与尺寸链的关系[J].工具技术,2001,35(4):35-38.
WU Zhu-xi, YOU Yong-bin, QIN Guo-hua. Relationship between positioning error and dimension chain[J]. Tool Technology, 2001, 35(4):35-38.
- [5] 韩霞,衣淑娟,陶桂香,等.尺寸链原理在定位误差计算中的应用[J].黑龙江八一农垦大学学报,2014,26(2):23-24.
HAN Xia, YI Shu-juan, Tao Gui-xiang, et al. Application of dimension chain principle in the calculation of positioning error[J]. Journal of Heilongjiang Bayi Agricultural Reclamation University, 2014, 26(2):23-24.
- [6] 成刚虎,乔城泰.定位误差尺寸链解法[J].机械工艺师,1994(11):11-14.
CHENG Gang-hu, QIAO Cheng-tai. Solution of dimension chain of positioning error[J]. Machinist, 1994(11):11-14.
- [7] 宋扬扬,蔡桂溪.基于V型块定位误差的尺寸链求解工艺尺寸算法探讨[J].现代机械,2006(8):85-86.
SONG Yang-yang, CAI Gui-xi. Algorithm discussion on solving process dimension based on V-block positioning error dimension chain[J]. Modern Machinery, 2006(8):85-86.
- [8] 余主西,叶海潮,肖洁,等.一种基于平面尺寸链的定位误差计算方法[J].工具技术,2010,4(12):39-42.
YU Zhu-xi, YE Hai-chao, XIAO Jie, et al. A calculation method of positioning error based on plane dimension chain[J]. Tool Technology, 2010, 4(12):39-42.
- [9] 李双成,陈兴媚.不同思维角度下零件定位误差计算研究[J].机电工程技术,2019,48(9):23-25.
LI Shuang-cheng, CHEN Xing-mei. Research on calculation of part positioning error under different thinking angles[J]. Mechanical and Electrical Engineering Technology, 2019, 48(9):23-25.
- [10] 于俊一,邹青.机械制造技术基础[M].北京:机械工业出版社,2009.
YU Jun-yi, ZOU Qing. Fundamentals of mechanical manufacturing technology[M]. Beijing: Mechanical Industry Press, 2009.
- [11] 张世昌,李旦,张冠伟.机械制造技术基础[M].北京:高等教育出版社,2018.
ZHANG Shi-chang, LI Dan, ZHANG Guan-wei. Fundamentals of mechanical manufacturing technology[M]. Beijing: Higher Education Press, 2018.
- [12] 王先奎.机械制造工艺学[M].北京:机械工业出版社,2013.
WANG Xian-kui. Mechanical manufacturing technology[M]. Beijing: Mechanical Industry Press, 2013.