

基础公差分析

公差概要

公差

- 由於零件互換性的觀念衍生，規範零件製造的尺寸變異範圍稱為公差
- 公差 (Tolerance) 字起源於拉丁字 Tolerare，意思為接受 (Endure) 或忍受 (Put Up With)，較緊的公差代表較精密的製造以及較高的成本，所以適當的公差的選擇應視製件的機能而定

公差分析

- 在已知個別零件公差的情況下，為了解零件經過裝配之後，其組合公差的變異情況，避免因為裝配過程，造成零件公差累積，影響產品品質，此種為解決累積公差所進行之程序，稱為公差分析

公差种类

- 公差可分為三種
 - 尺寸公差 (size tolerance)
 - 形狀公差 (form tolerance)
 - 位置公差 (position or location tolerance)
- 位置公差又可細分為方向類公差、定位類公差與偏轉類公差；而形狀公差一般也涵蓋輪廓類公差
- 一般所稱的公差常指尺寸公差，而形狀公差與位置公差則合稱為幾何公差

型態	公差類別	幾何公差類別	符號	定義
單一形態	形狀公差	真直度	—	用以管制空間上的直線或旋轉體中心軸線的真直度。
		真平度(平面度)		用以管制一表面的真平度。
		真圓度		用以管制圓、圓柱、圓錐、球體的真圓度。
		圓柱度		用以管制圓柱體的真圓度、真直度及平行度的組合公差。
單一或相關形態		曲線輪廓度		用以管制曲線上各點的輪廓形狀。
		曲面輪廓度		用以管制曲面上各點的輪廓形狀。
相關形態(位置)	方向公差	平行度		用以管制直線或平面與基準平行的差異程度。
		垂直度		用以管制直線或平面與基準的垂直程度。
		傾斜度		用以管制直線或平面與基準傾斜的角度。(非90度)
	定位公差	位置度		用以管制幾何形態和正確位置的偏移程度。
		同心度(同軸度)		用以管制兩個以上的圓或圓柱或圓錐偏離基準的差異程度。
		對稱度		用以管制兩相似的幾何形態對應基準的差異程度。
	偏轉公差	圓偏轉度(圓跳動)		用以管制幾何形態經360度旋轉後，表面與基準軸的累計誤差。
		總偏轉度(全跳動)		用以管制幾何形態持續旋轉後，表面與基準軸的所有幾何公差的累計誤差。

为什么需要公差分析

組裝後的成品必須滿足功能上的需求，亦即零件的功能配合應該在製造組裝過程中列入考量，使用公差分析除了保證裝配可以確實進行之外，尚有下列優點：

- 確保零組件互換性，維護裝配容易
- 縮短加工時間，簡化製造、檢驗、裝配工程
- 易於分工合作，大量生產，降低生產成本
- 品質均一，標準化

公差分析基本流程

1. 确定要求

2. 建立封闭尺寸链图

3. 转换名义尺寸，将公差
转成对称公差

4. 计算名义尺寸

5. 确定公差分析的方法

6. 按要求计算组合公差，
做出相应的评估预测



公差分析-第一步 确认要求

1. 确定要求

2. 建立封闭尺寸链图

3. 转换为对称公差

4. 计算名义尺寸

5. 确定公差分析的方法

6. 按要求计算组合公差, 做出相应的评估预测

装配后的间隙GAP, 断差Step要求;

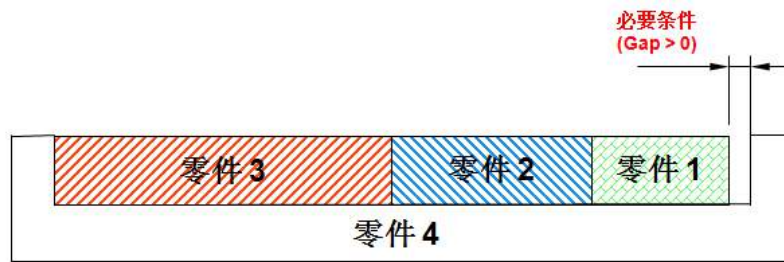
卡勾干涉量要求;

Audio插孔的偏心, USB偏心, 摄像头偏心要求;

按键的Feeling要求 (按键和Switch的间隙);

弹性材料的压缩量要求;

夹治具的相关定位精度要求;



项目名称	分析人	分析时间	评审人	评审时间	公差分析的版本号	
Project	XXX	Analysed	Reviewed		Version	1.0
Analysis Category	零件1和零件4间的间隙		公差分析的内容			
Axis	x	Target X	X LSL	0	X USL	
Design Requirement	要求零件1可以放入零件4内, 不能干涉, 即Gap > 0		设计要求: 设计上目标x需要满足的要求			
Potential Problem	如果小于0则零件1组入时干涉, 无法组进		潜在风险: 如果不满足以上要求, 可能造成的不良影响			

尺寸链的方向轴, 即x, y, z

要分析的目标尺寸的设计值必须填写

要分析的目标尺寸的最小值

要分析的目标尺寸的最大值

公差分析-第二步 建立封闭尺寸链

1. 确定要求

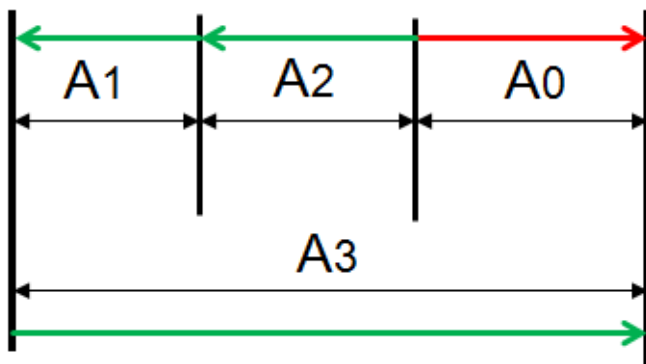
2. 建立封闭尺寸链图

3. 转换为对称公差

4. 计算名义尺寸

5. 确定公差分析的方法

6. 按要求计算组合公差, 做出相应的评估预测

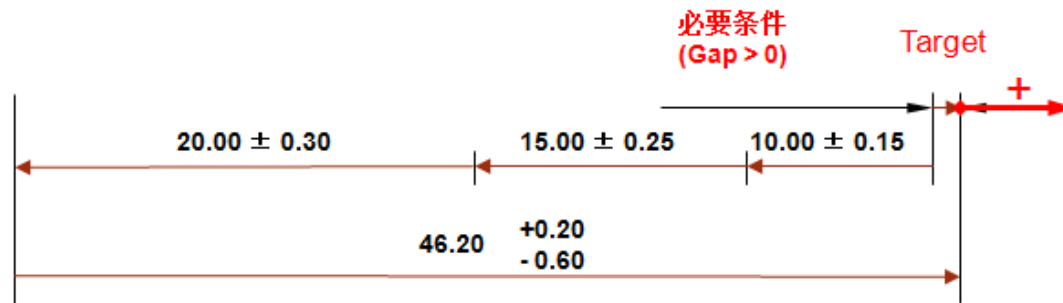
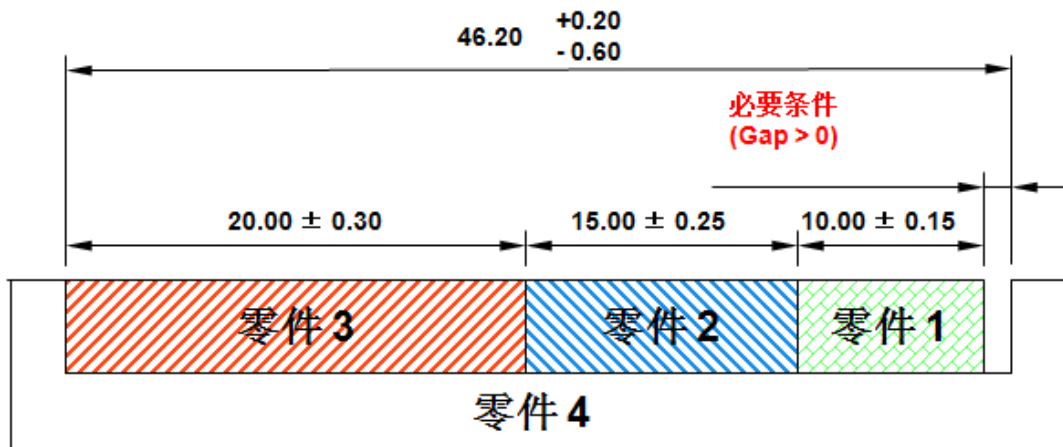


尺寸链：是由相互连接的尺寸构成的封闭的尺寸组。

分为封闭环，增环，减环。

封闭环（A0）：最后形成的目标环，需要靠其他的尺寸来保证和影响；

封闭环确定后，当尺寸链中有一环增大，封闭环的尺寸也相应增大，这一环称为增环，反之，称为减环



公差分析-第三步 转换成对称公差

1. 确定要求

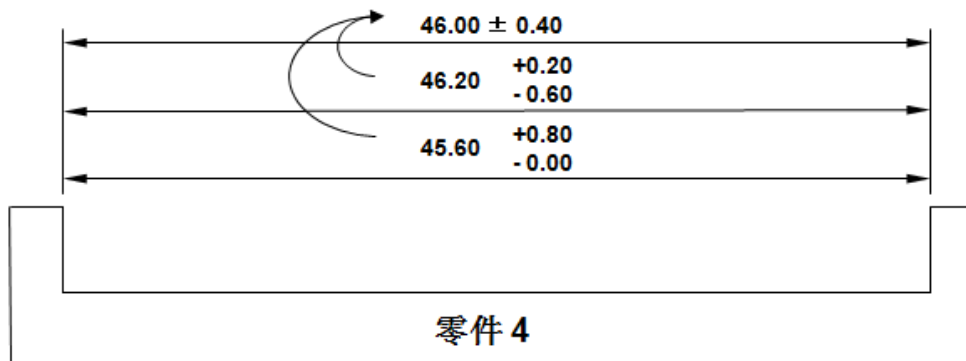
2. 建立封闭尺寸链图

3. 转换为对称公差

4. 计算名义尺寸

5. 确定公差分析的方法

6. 按要求计算组合公差, 做出相应的评估预测



Ref. Letter on figure	Part	Description		Dimension	Tolerance	Estimated Ppk	Estimated 4
		From	To				Sigma Variation
1	零件1	零件1右侧	零件1左侧, 零件2右侧	-10	±0.150	Ppk=1.33	6.7%
2	零件2	零件2右侧	零件2左侧, 零件3右侧	-15	±0.250	Ppk=1.33	18.7%
3	零件3	零件3右侧	零件3左侧, 零件4内左侧	-20	±0.300	Ppk=1.33	26.9%
4	零件4	零件4内左侧	零件4内右侧	46	±0.400	Ppk=1.33	47.8%
5							

尺寸所在的零件名称

尺寸的简要描述

尺寸的公称值, 必填, 根据增减环带填写尺寸正负号
公差, 只接受对称公差

当某个ppk不是1.00或1.33时, 左侧的下拉框只能选第三项“other ppk”, 这时右侧提示“Add Ppk”;

Tolerance	Estimated Ppk	Estimated 4 Sigma Variation
±0.050	Other Ppk	<Add Ppk

输入1.67, 则右侧提示消失, 并以1.67计算

Estimated Ppk	Estimated 4 Sigma Variation
Other Ppk	1.67
	1.5%

如需改回1.33或1.00, 要在左侧栏重选; 并删除本栏内1.67, 否则, 不会纳入计算, 并提示“Del ppk”

Estimated Ppk	Estimated 4 Sigma Variation
Ppk=1.33	1.67
	<Del Ppk

当去除这个复选框后, 显示的是以46的标准能达到的估计公差

公差分析-第四步 计算名义尺寸

1. 确定要求

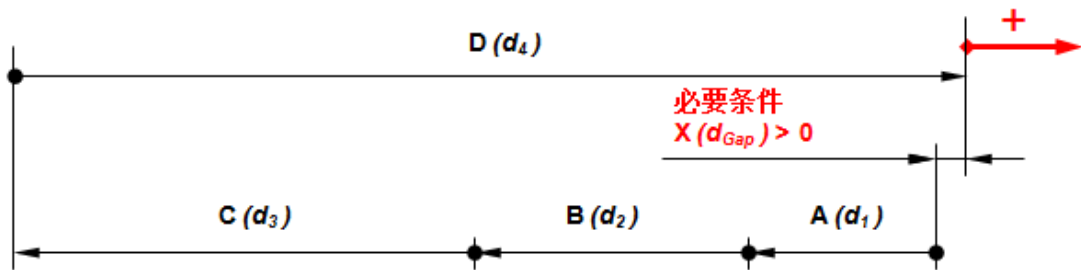
2. 建立封闭尺寸链图

3. 转换为对称公差

4. 计算名义尺寸

5. 确定公差分析的方法

6. 按要求计算组合公差, 做出相应的评估预测



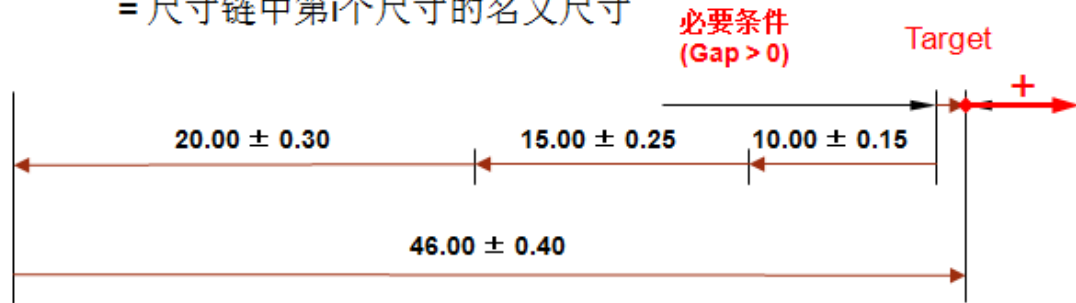
• 名义值间隙是:

$$d_{Gap} = \sum_{i=1}^n d_i$$

d_{Gap} = 名义值间隙。正值是空隙，负值是干涉

n = 堆叠中独立尺寸的数量

d_i = 尺寸链中第*i*个尺寸的名义尺寸



$$\Rightarrow d_{Gap} = -10.00 - 15.00 - 20.00 + 46.00 = 1.00\text{mm}$$

公差分析-第五步 确定公差分析的方法

1. 确定要求

2. 建立封闭尺寸链图

3. 转换为对称公差

4. 计算名义尺寸

5. 确定公差分析的方法

6. 按要求计算组合公差, 做出相应的评估预测

一般应用比较多的公差分析模式是:

1. 极值法 (Worst Case), 简称WC
 - 验证 100 % 性能
 - 简单并且最保守的手法
 - 用于零件数量少的情况
 - 用于产量不大的零件
 - 尺寸环少于4个

$$T_{\text{assy}}^{\text{arith}} = T_1 + T_2 + \dots + T_n$$

2. 均方根法(Root Sum of Squares),简称RSS
 - 统计手法, 假设名义值在大批量加工零件的尺寸中心值
 - 用于较多的零件或尺寸堆叠
 - 用于产量大的零件
 - 尺寸环多于4个
 - 每个环节的制程水平 (Cp) 相同

均分根公差法基于这样一个假设理论: 大多数的零部件在它们的公差范围内呈正态概率分布, 此时由它们所构成的系统与各个零部件线性相关, 则系统的分布也可以用一个[正态分布](#)或近似正态的分布来表示。

$$T_{\text{assy}}^{\text{stat}} = \sqrt{T_1^2 + T_2^2 + \dots + T_n^2}$$

1. 确定要求

2. 建立封闭尺寸链图

3. 转换为对称公差

4. 计算名义尺寸

5. 确定公差分析的方法

6. 按要求计算组合公差,
做出相应的评估预测

极值法 (WC)

$$T_{wc} = 0.15 + 0.25 + 0.3 + 0.4 = 1.1$$

最大间隙

$$X_{\max} = d_{Gap} + T_{wc} = 1.0 + 1.1 = 2.1\text{mm}$$

最小间隙

$$X_{\min} = d_{Gap} - T_{wc} = 1.0 - 1.1 = -0.1\text{mm} \quad \text{干涉} 0.1\text{mm}!$$

公差分析-第六步 计算组合公差

1. 确定要求

2. 建立封闭尺寸链图

3. 转换为对称公差

4. 计算名义尺寸

5. 确定公差分析的方法

6. 按要求计算组合公差, 做出相应的评估预测

均方根法 (RSS)

正态分布方差求和 $S_{tot}^2 = S_1^2 + S_2^2 + S_3^2 + S_4^2$

假设每个尺寸的Cpk=1.33, 并且制程在规格中心无偏移

$$C_{pk} = 1.33 \Rightarrow T = 8s \Leftrightarrow s = \frac{T}{8} \Leftrightarrow s^2 = \frac{T^2}{64}$$

$$\Rightarrow \frac{T_{tot}^2}{16} = \frac{T_1^2}{16} + \frac{T_2^2}{16} + \frac{T_3^2}{16} + \frac{T_4^2}{16} \Rightarrow T_{tot}^2 = T_1^2 + T_2^2 + T_3^2 + T_4^2$$

$$\Rightarrow T_{tot} = \sqrt{T_1^2 + T_2^2 + T_3^2 + T_4^2} \Rightarrow T_{tot} = \sqrt{\sum_{i=1}^n T_i^2}$$

$$T_{RSS} = \sqrt{0.15^2 + 0.25^2 + 0.30^2 + 0.40^2} = \sqrt{0.335} = 0.58$$

最大间隙: $X_{max} = d_{Gap} + T_{RSS} = 1.0 + 0.58 = 1.58\text{mm}$

最小间隙: $X_{min} = d_{Gap} - T_{RSS} = 1.0 - 0.58 = 0.42$ **符合要求!**

Gap=1±0.58mm \bar{X} =1.00 mm LSL=0.00 mm

标准差 $\sigma = \frac{0.58}{4} = 0.145$ mm

$CpL = \frac{1-0}{3 \times 0.145} = 2.29885 \approx 2.3$

$Z_{|sl|} = \frac{0-1}{0.145} = -6.9$ $\Phi(-6.9) \approx 0$

1. 确定要求

2. 建立封闭尺寸链图

3. 转换为对称公差

4. 计算名义尺寸

5. 确定公差分析的方法

6. 按要求计算组合公差，做出相应的评估预测

Sum of Nominal Dimensions and Nominal Floats	1.00			表格自行计算出的公称尺寸总和
Worst Case stack up of tolerances including sum of floats	±1.10			极值法 (WC) 计算出的累积公差
Statistical stack up (based on Ppk=1.33) including sum of floats	±0.58			统计计算公差
Estimated ppm outside spec for stack-up	LSL	0	Total	每一百万个超出上下限的不良数
Estimated Ppk for stack-up	2.30			目标尺寸的设计Ppk值
Conclusion	Ppk大于2，最小Gap=1-0.58=0.42，制程能力足够，可以考虑放宽公差，降低成本			
	分析结论			

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：
<https://d.book118.com/028062102130006065>