

《工艺路线尺寸链》（2天）

—— 本课程配套书籍《尺寸链那些事儿》，由机械工业出版社出版，作者:子谦



课程介绍视频

课程简介：

- 竞争对手用同样的设备，生产出更高精度的产品，为什么？
- 换一批原材料，就必须调整工装/设备一次，为什么？
- 热处理变形好像对尺寸链计算有冲击，咋办？
- 设备精度足够，但产品尺寸经常超差，为什么？
- 工艺过程太复杂，无法计算尺寸链？
- 余量到底给多少？

金属和非金属（具有一定刚性）的零件，在诸多设备的加工下，逐步达到设计师要求的形状、方向、位置和尺寸精度。精度在整个工艺路线中会受到如下因素的影响：不同的机床之间扭转、不同的夹具上定位、对刀路径等等。这些因素将引起定位变换，以及产品基准与工艺基准不统一，最终导致上面一连串疑问。

一方面，本课程结合了讲师二十多年解决各种工艺问题的经验，并用各种案例展开课程。包括：机加工、焊接、铆接、镀层、非金属切割等等。另一方面，本课程吸收了诸多工艺尺寸链的技巧和工具，包括：余量分析法，工艺追踪法，现场加工法、计算神器等等。

建议：内训时提前调研（相同的产品，各家工艺路线不同，导致需要的分析过程和技巧不同），可以用企业实际工作中的问题为课程内容，这样更贴切，同时也可以解决企业问题。

学员要求：

- 1，必须具备机械图纸阅读能力（即学习过《机械制图》，《公差配合（或互换性）》，这两门课）；
- 2，了解制造加工工艺概念，在设计或工艺或测量有2年以上实际工作经验；
- 3，建议需要将工作中的相关问题或问题图纸，甚至实物（零件、工装和检具）带到培训现场；
- 4，带电脑，可3人用一台（用于编写计算神器）；
- 5，本课程技术性较强，为确保能照顾到每位学员，建议学员人数25人以内。

参加人员：设计、工艺、SQE和质量工程师，以及相关需要绘图、审图和用图的人员。



培训教材：机械工业出版社《尺寸链那些事儿》子谦编著

培训目标：

- 工艺尺寸与连环：封闭环、组成环、工序尺寸和完工尺寸
- 传递图技巧：挂面图、追踪法、余量法

- 计算方法和自制软件工具
- 解决工艺问题的各种思路

培训时间：二天

课程大纲：

一、擒贼擒王 —— 甄别封闭环

1、寻找封闭环——看穿累积过程

- 1) 工艺过程
- 2) 夹具定位

在某制造过程中形成一个尺寸，该尺寸的值由制造过程中的来料误差、设备误差、夹具误差和工艺方案决定，称此尺寸为封闭环。

2、封闭环分类

- 1) 位置误差
- 2) 方向误差
- 3) 余量环

3、封闭环误差来源

- 1) 工艺基准
- 2) 夹具定位
- 3) 子零件误差
- 4) 设备精度

4、链环分类与解释

- 1) 工序/测量尺寸
- 2) 增环、减环、补偿环

《封闭环之歌》

封闭环它不简单，兜兜绕绕几道弯，几序加工几次传。
误差累计因何缘？设备来料有遗传，夹具定位工艺难。
再来假设余量环，剖析黑皮不再难，只把它当封闭环。

二、顺藤摸瓜 —— 绘制传递图

1、第三代传递图

- 1) 传递图规则
 - a) 起点
 - b) 方向
 - c) 谁的谁
 - d) 因此而动
- 2) 工艺专用 —— 二环尺寸链

- 3) 公共环
- 4) 并联与独立尺寸链
- 2、一维线性工艺
 - 1) 基准及定位误差分析
 - a) 产品基准
 - b) 工序基准
 - c) 夹具定位基准
 - d) 测量基准
 - 2) 挂面图
 - a) 符号化工艺路线
 - b) 确定工艺参数
 - c) 确定余量位置和方向
 - 3) 追踪法
 - a) 确定封闭环
 - b) 封闭环编码规则
 - c) 追踪尺寸环要点
 - d) 追踪基准要点
- 3、二维平面矢量工艺
 - 1) 极限边界构建误差分布图
 - 2) 简化几何矢量图
 - 3) 几何关系解析
 - 4) 坐标投影解析

《传递口诀》

传递图，查间隙，求余量，位置与方向。
左下起，不间断；看方向，左下减，右上增。
同轴关系分两段。
复杂工艺挂面图，线性尺寸追踪求；
径向尺寸珠帘图，淬火镀层任我游；
几何结构矢量图，封闭环当投影轴。

三、精打妙算——巧用算法

1、计算基础

- 1) 叠加思路：极限法与概率法
- 2) 目标环：正、反、中间计算
- 3) 最大最小值法、列表法

2、必备 Excel 技能

- 1) 列表界面设计

- 2) 输入输出参数识别
- 3) Excel 程序逻辑
- 4) 总分表联动取值

3、热处理案例

- 1) 模型建立
- 2) 膨胀系数
- 3) 膨胀误差
- 4) 传递图补偿
- 5) 表格设计

4、全微分

- 1) 子环到自变量
- 2) 应变变量增量到闭环公差

5、计算公式

		极值法		概率法																																													
线性尺寸链	位置	最大最小值法 (式1-1) 所有增环的最大值之和减去所有减环的最小值之和。	列表法 <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td></td><td>+</td><td>-</td><td>IT</td></tr> <tr><td>1</td><td>x</td><td></td><td>x</td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td>x</td><td>x</td></tr> <tr><td>3</td><td>x</td><td></td><td>x</td></tr> <tr><td colspan="4" style="text-align: center;">A ± B</td></tr> </table>		+	-	IT	1	x		x	2		x	x	3	x		x	A ± B				列表法 <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td></td><td>+</td><td>-</td><td>IT</td><td>IT^ε</td></tr> <tr><td>1</td><td>x</td><td></td><td>x</td><td>x^ε</td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td>x</td><td>x</td><td>x^ε</td></tr> <tr><td>3</td><td>x</td><td></td><td>x</td><td>x^ε</td></tr> <tr><td colspan="4" style="text-align: center;">A ± B</td><td style="text-align: center;">B²</td></tr> </table>		+	-	IT	IT ^ε	1	x		x	x ^ε	2		x	x	x ^ε	3	x		x	x ^ε	A ± B				B ²
		+	-	IT																																													
	1	x		x																																													
2		x	x																																														
3	x		x																																														
A ± B																																																	
	+	-	IT	IT ^ε																																													
1	x		x	x ^ε																																													
2		x	x	x ^ε																																													
3	x		x	x ^ε																																													
A ± B				B ²																																													
方向	(式1-2) 所有增环的最小值之和减去所有减环的最大值之和。	公式法 $X = \sum_i^n A_{i增} - \sum_j^m A_{j减}$ $T = \sum_i^n T_i$	公式法 $T^2 = \sum_i^n T_i^2$																																														
方向		公式法 $\tan(\alpha_\epsilon) = \sum_i^n \tan(\alpha_i)$	公式法 $\tan(\alpha_\epsilon)^2 = \sum_i^n \tan(\alpha_i)^2$																																														
几何矢量	最大最小值法 式2-18/19等 *根据几何矢量关系确定公式; *有些复杂结构无法找到。	微分法 $T_\epsilon = \sum_i^n \xi_i \cdot T_i$ $\xi_i = \frac{\partial f}{\partial A_i}$	微分法 $T^2_\epsilon = \sum_i^n (\xi_i \cdot T_i)^2$ $\xi_i = \frac{\partial f}{\partial A_i}$																																														

四、有的放矢 —— 筛选解决环

1、封闭环结构：A ± B

- 1) A:基本尺寸
- 2) B:公差值

2、余量环分析法

3、调整公差思路与案例

- 1) 贡献率
- 2) 工艺
- 3) 统计公差

线性算术：

$$x = \sum A_i - \sum A_j$$

$$T^2 = \sum (T_k)^2$$

几何矢量全微分：

$$x = \sum A_i - \sum A_j + \sum f(\alpha_i) - \sum f(\alpha_j)$$

$$T^2 = \sum \left(\frac{\partial X}{\partial A} * T_k \right)^2 + \sum \left(\frac{\partial X}{\partial \alpha} * T_{\alpha_r} \right)^2$$

- 4) 补偿环
 - 5) 设备精度
 - 6) 产品设计
- 4、总结复习