汽车饰件间隙分析尺寸链组成环增减环的判断简化

□ 德尔福电子（苏州）有限公司 / 田立群

现代汽车饰件的研发，变化频繁，设计多样，对于饰件，无论是内饰件还是外饰件，对于饰件装配后的间隙分析都极其频繁。本文讲述在对于饰件间隙分析过程中如何简化公差尺寸链图，简化组成环增减环的判断过程和如何使用Excel自动判断公差尺寸链组成环为增环还是减环。从理论的角度，对于尺寸链组成环LMC（最小实体状态）对应边界的分析，揭示了公差累积计算背后的本质，进而促成了公差尺寸链累积计算过程的简化。

汽车饰件间隙分析案例

本案例模拟了若干个汽车饰件需要装配到一起的情形，装配后的情形如图1所示。案例模拟了饰件装配过程中常见的铆钉连接和一面两销定位。为了达到研发的种种要求（例如：饰件不干涉可装配的要求，间隙美观要求，间隙防尘或防水密封性要求，间隙满足后续焊接的要求，运动件功能要求等），准备对图2所示的间隙进行分析。工程师在准备分配公差（包括形位公差）同时满足大公差低成本要求时，也经常需要对于研发的产品进行间隙公差分析。这样就需要进行尺寸链图的绘制和尺寸链公差累积计算。

当需要检测图1所示间隙不可以发生干涉时，需要得出间隙的最小值（负值即为可能干涉）。这样就可以绘制尺寸链图，如图2所示。图中有孔销配合处，皆需要使销接触孔的某一侧，进而形成被分析对象为最小值的情形（增减环判断方法：如图，组成环起始边指向被分析的另外一边为向量正方向，所有组成环，与此向量相同的皆为增环，反之为减环）。

当需要检测图1所示间隙密封性时，需要得出间隙的最大值。这样可以绘制尺寸链图，如图3所示。图中有孔销配合处，皆需要使销接触孔的某一侧，进而形成被分析对象为最大值的情形。（注意图中组成环A、E、H和K增减环属性没有发生变化，而其他组成环B、C、D、F、G、I和J和图2比较发生了反转。）

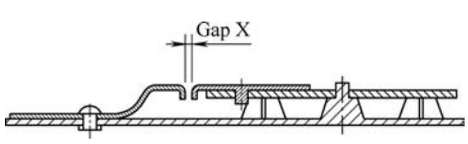

图1　汽车饰件间隙

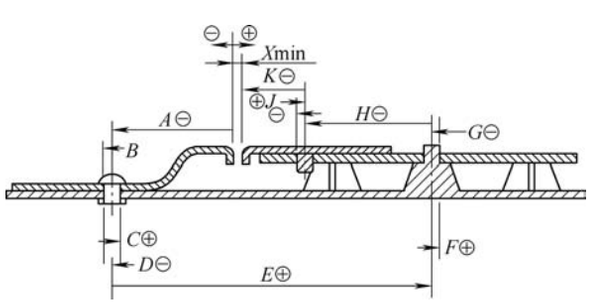

图2　干涉尺寸链图

在尺寸链图和增减环判断完成后，将图样尺寸，尺寸公差及位置度公差等录入Excel 表格，就可以得出结论，被分析的间隙最小值为2.725mm，最大值为15.275mm，如图4所示。注意这样需要使用两个尺寸链图和两张Excel表格（表格中8.925和9.075不具实际价值）。

以上为通常的饰件间隙分析公差累积计算方法。但笔者发现，除了各组成环数值及公差的录入工作外，工程师主要的思考是要面对如何绘制尺寸链图和如何判断各个组成环是增环还是减环。这个过程中增减环如果判断错误，都会使分析结果得出看似更为乐观的结果（即最小值会偏大，最大值会偏小），意外增加了研发产品将来发生问题的风险。然而这个过程是否可以简化进而降低出错风险呢？答案是肯定的。

尺寸链图绘制和增减环判断简化

实际上，在做尺寸链累积计算分析时，无论分析结果需要最小值还是最大值，对于图2和图3中B、C、D、F、G、I和J都是在追究这些组成环量的LMC（最小实体状态）产生的对应边界结果（对于Pin是内部边界IB，对于Hole为外部边界OB，如本文案例中Bracket销的IB为15.9mm，另Right Lamp图中左侧孔OB为20.45mm。对于各个孔销配合，当分析结果需要最小间隙时（见图2），需要销对应IB（内部边界）减去孔OB（外部边界）。反之，当分析结果需要最大间隙时（见图3），则需要孔OB（外部边界）减去销对应IB（内部边界）。即这些组成环是增环还是减环，取决于两个条件：一是被分析结果为最小值还是最大值；二是这个组成环类似为销特征还是孔特征。

图2和图3中，尺寸链组成环A、E、H和K增减环属性是固定而且易于判断的，而图2和图3中B、C、D、F、G、I和J这些组成环是会根据分析目的为最小值还是最大值增减环属性发生反转的。对于因为分析目的不同而增减环属性会发生反转的组成环，我们定义为ASSY SHIFT特征。这些ASSY SHIFT特征为增环还是减环满足如下表所示规律：

	销特征	孔特征
分析结果最小值	增环	减环
分析结果最大值	减环	增环

对于销、扁销、铆钉，功能面法线向外导轨等我们统一定义为ASSY SHIFT的Pin特征，对于孔、腰形孔、装配槽等我们统一定义为ASSY SHIFT的Hole特征。

在上述理论基础下，上面通常的分析方法就可以被简化为：

（1）绘制尺寸链图，同时将符合ASSY SHIFT特征的组成环定义为ASSY SHIFT特征（见图5），图5中ASSY SHIFT特征对应组成环不再需要定义增环或者减环（本案例中即组成环B、C、D、F、G、I和J）。

（2）决定最终分析间隙需要得出最小值还是最大值。

（3）根据附表，结合对应组成环为销特征还是孔特征，确定各个ASSY SHIFT特征为增环还是减环。

在本案例中，11个组成环中7个组成环都可以直接通过查询表格确定其为增环还是减环。

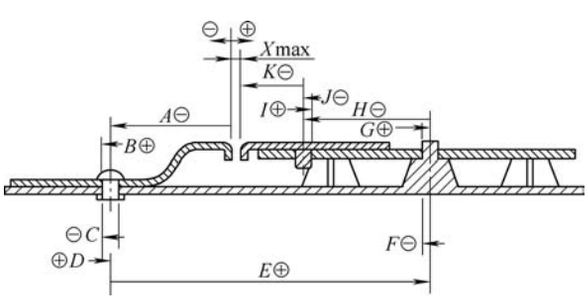

图3　密封性尺寸链图

	A	B	C	E	G
1	TSU名称		Trim Assy Left-lamp and Top Gap Analysis		
2	Min / Max		Minimum		
3					
4					
5	结果	5.82			
6	+tol	3.10	8.925		
7	-tol(-)	3.10	2.725		
8					
9					
10	序号	部件	特征描述	增减环	尺寸
11	A	left lamp	轮廓度profile	Neg	134.00
12	B	left lamp	left lamp hole /2	Neg	20.00
13	C	pin	pin 直径	Pos	18.00
14	D	bracket	bracket hole/2	Neg	20.00
15	E	bracket	bracket pins Dim	Pos	353.00
16	F	bracket	bracket pins	Pos	18.00
17	G	right lamp	right lamp hole/2	Neg	19.00
18	H	right lamp	right lamp hole Dim	Neg	140.00
19	I	right lamp	right lamp hole直径/2	Neg	19.00
20	J	top	top pin 直径/2	Pos	18.00
21	K	top	轮廓度profile	Neg	70.00
22	L				
23	M				

	A	B	C	E	G
1	TSU名称		Trim Assy Left-lamp and Top Gap Analysis		
2	Min / Max		Maximum		
3					
4					
5	结果	12.18			
6	+tol	3.10	15.275		
7	-tol(-)	3.10	9.075		
8					
9					
10	序号	部件	特征描述	增减环	尺寸
11	A	left lamp	轮廓度profile	Neg	134.00
12	B	left lamp	left lamp hole /2	Pos	20.00
13	C	pin	pin 直径	Neg	18.00
14	D	bracket	bracket hole/2	Pos	20.00
15	E	bracket	bracket pins Dim	Pos	353.00
16	F	bracket	bracket pins	Neg	18.00
17	G	right lamp	right lamp hole/2	Pos	19.00
18	H	right lamp	right lamp hole Dim	Neg	140.00
19	I	right lamp	right lamp hole直径/2	Pos	19.00
20	J	top	top pin 直径/2	Neg	18.00
21	K	top	轮廓度profile	Neg	70.00
22	L				
23	M				
24	N				

图4　密封性尺寸链图

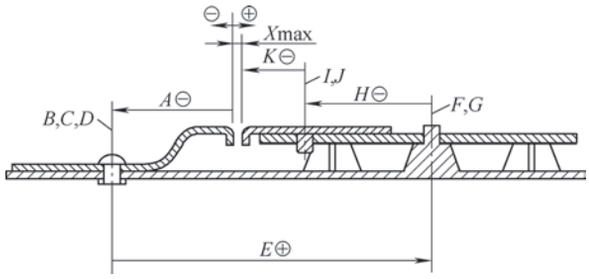

图 5

判断组成环为增环还是减环

实际工作过程中，繁琐的公差累积计算可以通过Excel来完成。上述增减环判断的简化过程，亦可使用Excel 函数工具实现，从而进一步地简化相应过程。

在使用Excel实现判断组成环为增环还是减环的过程时，可以首先使用Excel/Data/Validation 定义分析结果需要最小值/最大值的列表。使用IF语句，让某个单元格分析结果为最小值时返回1，否则为-1。

定义各个为ASSY SHIFT特征行为是销特征还是孔特征。使用IF语句，让对应行为Pin时返回1，否则为-1.

使用IF语句，上面两返回值乘积为1则对应组成环为增环，否则为减环。这样Excel就可以自动确定各个组成环为增环还是减环。也就是当某一行（即某一组成环）为ASSY SHIFT特征时，这一行对应组成环就被自动赋予增环或者减环。如本文案例，11个组成环中的7个都可以通过Excel函数直接自动判断本组成环是增环还是减环。

结语

通过大量实践案例验证，上述方法简捷有效，极大地减轻了尺寸工程师的脑力劳动强度，降低了工程师判断出错的几率；结合Excel表格工具，相应过程被进一步简化，亦可以迅速地通过切换分析结果最小值和最大值得到需要的最大值和最小值分析结果（不再需要重新绘制尺寸链图）。AUTO1950

汽车工艺师 2018年 第6期 广告目次 Advertisement Catalogue

单位名称	查询编号	位置
汽车工艺师		封面
杭州友佳精密机械有限公司青岛办事处	1231	封二
SMALLEY钢圈有限公司	8086	封三
埃马克机床（太仓）有限公司?	5088	封底
欧士机（上海）精密工具有限公司	1830	1
尚亚（上海）国际贸易有限公司	5121	2
第六届中国汽车先进技术与制造高端论坛	0088	3
北京工研精机股份有限公司	8791	4
上海善能机械有限公司	1520	27
山特维克可乐满切削刀具（上海）有限公司	1077	48
北京国机展览有限公司	8866	49
上海恒进展览有限公司	8157	58
易格斯拖链轴承仓储贸易（上海）有限公司	1298	59
苏州信能精密机械有限公司	3068	65
浙江三维大通精锻科技有限公司	1739	66
泰珂洛超硬工具（上海）有限公司	5261	67
青岛金诺国际会展有限公司	6004	71
东浩兰生（集团）有限公司工博会项目分公司	6014	72