

基于 UG 的计算机辅助飞机结构公差查找

UG-Based Computer-Aided Aircraft Construction Tolerance Lookup

燕山大学机械工程学院 郭长虹

[摘要] 航空制造企业已基本实现飞机设计的计算机辅助设计,但飞机产品公差的设计仍然需要手工计算。本文提出利用 VC++和 Access,建立国家标准公差、配合和飞机结构公差数据库来实现公差与配合的自动查找,使得设计人员能够利用计算机方便、快捷、准确地设计并验证公差,为实现飞机结构公差设计的计算机化提供基础技术。

关键词: 公差 配合 数据库 VC++ Access

[ABSTRACT] The computer-aided aircraft design is mainly realized in aircraft manufacturing enterprises, but the aircraft product tolerance design still depends on calculation by hand. A method to construct a national standard tolerance, fitting and aircraft construction tolerance database by using VC++ and Access is put forward in order to realize automatic lookup of tolerance and fitting. With the help of this automatic lookup program, engineers can design or verify tolerances conveniently, quickly and precisely. This method provides a basic technique to realize the computerization of aircraft construction tolerance design.

Keywords: Tolerance Fitting Database VC++ Access

现代化机械工业要求机械零件具有互换性,只有这样才能实现生产的高效、专业化。互换性不仅能促进自动化生产的发展,而且有利于降低生产成本,提高生产质量。现代机械制造中,无论是大批量生产还是单件生产,都应该遵循互换性原则。而零部件在几何参数方面的互换性是体现在公差制上的。公差由标准公差和基本偏差组成,基本偏差用来确定公差带相对于零线位置的上偏差和下偏差,是国际上公差带位置标准化的唯一指标,由基本偏差代号来确定。设计公差时往往需要查找手册,效率不高,耗时费力。

航空企业设计人员已普及了飞机设计中 CAD 技术的使用,但目前国内各种 CAD 软件普遍缺乏令人满意的公差设计功能模块和公差自动查询模块,飞机结构的公差设计仍需大量手工计算,无法实现计算机

化;而飞机产品的公差设计还需大量查找公差设计手册。因此有必要开发公差设计模块,为飞机公差设计的计算机化提供基础技术支持。作者以航空企业生产实践为基础,参考南京航空学院提出的计算各种典型结构协调准确度的实用经验公式,将飞机生产过程中推荐使用的外型配合、孔-轴-孔配合、叉耳配合等公差分配手册建库,并编写了自动查找程序和公差分配^[1]、公差分配^[2]模块,初步实现了飞机结构公差设计的计算机化和公差查找的自动化。

1 计算机辅助公差查找实例

本课题采用的方法是:通过 VC++和 Access 建立数据库,把国家标准公差、配合以及飞机的工艺公差分配手册等数据输入计算机,实现公差与配合的自动查找。该方法快捷简单易用,免去了翻阅手册之苦。这样建立的数据库,包含了国家标准公差数据库和飞机设计中的模线样板、工艺装配、零件制造和部件装配工艺过程中所规定的公差数据。查询该库,可方便地获取航空设计部门绘制模线制造工艺装备、生产各类零件及部件装配的公差数据。用 Access 建立的国家标准公差数据库的库结构如图 1 所示,在 UG 平台上用 VC++和 UG 二次开发技术开发的公差自动查询模块界面如图 2 所示。

number	gb	data
12	b11	-220,-440
12	b12	-220,-570
12	b13	-220,-760
12	c8	-170,-224
12	c9	-170,-257
12	c10	-170,-310
12	c11	-170,-390
12	c12	-170,-520
12	c13	-170,-710
12	d7	-120,-155

图 1 国家标准公差数据库库结构

Fig.1 Structure of national standard tolerance database

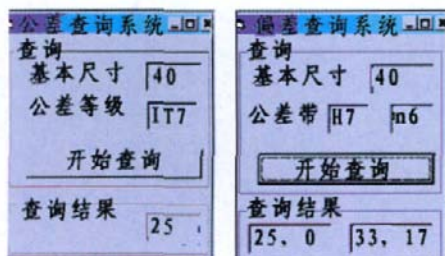


图2 国家标准公差数据库自动查询窗口

Fig.2 Automatic inquiry windows of national standard tolerance database

设计示例：有一个孔和轴配合，基本尺寸为40mm，孔、轴配合后要求最大间隙不超过+0.008mm，平均过盈为-0.0125mm，试设计孔和轴的配合。

设计过程：

(1)无特殊情况时，优先选择基孔制，然后根据设计要求，选择孔和轴的公差等级：

孔和轴配合的最大过盈：

$$-0.0125 \times 2 - 0.008 = -0.033\text{mm},$$

孔和轴配合的公差：

$$0.008 - (-0.033) = 0.041\text{mm}.$$

(2)使用公差自动查询模块：试着输入40和IT6得到16 μm ，再输入40和IT7得到25 μm （设计孔和轴的配合时，相对孔来说轴较容易加工，故轴的选择高于孔一个公差等级），两者之和为41 μm ，正好符合要求。如果输入40和IT5得到11 μm ，再输入40和IT6得到16 μm ，两者之和为27 μm ，距离41 μm 的公差较远，应降1个等级再试，这样很快就可以得到符合设计要求的等级。

(3)最后使用公差自动查询模块：要求采用过渡配合，故输入40和H7、h6，可以查询得到(25,0)和(33,17)即为符合设计要求的配合。（公差和配合的具体计算不赘述。）

2 飞机公差设计计算机辅助公差查找实例

对于飞机的公差设计，同样用VC++和Access开发了相应的飞机公差数据库和飞机公差自动查询模块，使得飞机的公差设计简单、高效。用Access建立

* 注：根据GB1801-79“公差与配合”新旧国家标准对照表，旧国标“D4”相当于新国标“介于H8、H9之间”，同样，“dc4”相当于“f9”，“D”相当于“H7”；下页的“d”相当于“h6”，“db”相当于“g6”。

的飞机公差数据库结构如图3所示。

叉耳配合精度	叉耳宽度尺寸	孔-轴-孔配合孔位协调公差	孔-轴-孔配合孔位检验公差	孔-轴-孔配合孔距保证公差	孔-轴-孔配合孔距检验公差
D/d	>6-10	0.0112	0.0018	0.0197	0.0063
D/d	>10-18	0.0134	0.0021	0.0235	0.0076
D/d	>18-30	0.0160	0.0025	0.0280	0.0090
D/d	>30-50	0.0190	0.0030	0.0333	0.0108
D/d	>50-80	0.0215	0.0035	0.0378	0.0123
D/d4	>3-6	0.0166	0.0025	0.0290	0.0090
D/d4	>6-10	0.0200	0.0030	0.0350	0.0110
D/d4	>10-18	0.0235	0.0035	0.0411	0.0120
D/d4	>18-30	0.0296	0.0044	0.0519	0.0161
D/d4	>30-50	0.0335	0.0050	0.0586	0.0184
D/d4	>50-80	0.0393	0.0057	0.0687	0.0213
D/d6	>3-6	0.0435	0.0030	0.0938	0.0222
D/d6	>6-10	0.0651	0.0044	0.1125	0.0266
D/d6	>10-18	0.0762	0.0053	0.1317	0.0313

(a)飞机结构设计的叉耳配合、协调误差库结构

孔-轴-孔配合精度和修正系数M	直径范围	孔-轴-孔配合孔位协调公差	孔-轴-孔配合孔位检验公差	孔-轴-孔配合的孔距保证公差	孔-轴-孔配合的孔距检验公差
D/d/D[M=0.5]	>6-10	0.0140	0.0237		
D/d/D[M=0.5]	>10-18	0.0167	0.0282		
D/d/D[M=0.5]	>18-30	0.0200	0.0337		
D/d/D[M=0.5]	>30-50	0.0238	0.0401		
D/d/D[M=0.7]	>1-3	0.0102	0.0178		
D/d/D[M=0.7]	>3-6	0.0134	0.0233		
D/d/D[M=0.7]	>6-10	0.0166	0.0289		
D/d/D[M=0.7]	>10-18	0.0199	0.0344		
D/d/D[M=0.7]	>18-30	0.0237	0.0411		
D/d/D[M=0.7]	>30-50	0.0282	0.0489		
D/d/D[M=1.0]	>1-3	0.0126	0.0033	0.0226	0.0094
D/d/D[M=1.0]	>3-6	0.0166	0.0044	0.0296	0.0124
D/d/D[M=1.0]	>6-10	0.0205	0.0055	0.0367	0.0153
D/d/D[M=1.0]	>10-18	0.0245	0.0065	0.0437	0.0183
D/d/D[M=1.0]	>18-30	0.0292	0.0078	0.0522	0.0218

(b)飞机结构设计的孔-轴-孔配合中心距离、中心位置协调误差库结构

图3 飞机结构公差数据库库结构
Fig.3 Structural of aircraft construction tolerances database

(1)孔、轴径精度在4级以上，对接时销棒能灵活转动者，取 $M=0.5$ ；

(2)当孔、轴径精度在4~6级，对接时销棒可以用手推入者，取 $M=0.7$ ；

(3)当孔、轴径精度在6级以下，或对接时销棒紧涩需敲击才能进入者，取 $M=1.0$ 。

2.1 设计示例

某型歼击机前后机身结合交点协调公差的分析。

(1)结构说明：如图4所示，该机前后机身用平面框式接头对接，接头上有18个 $\phi 17D4^*$ 的螺栓孔，用 $\phi 17dc4^*$ 螺栓连接（螺栓另一头直径为 $\phi 17dc4$ ）；另有3个 $\phi 14D4$ 的导销孔，用 $\phi 16dc4$ 的导销连接。

(2)协调路线：如图5所示，为简化起见，对接螺栓按柱形销棒计算，因此图中仅示出 $\phi 17$ 孔、轴尺寸

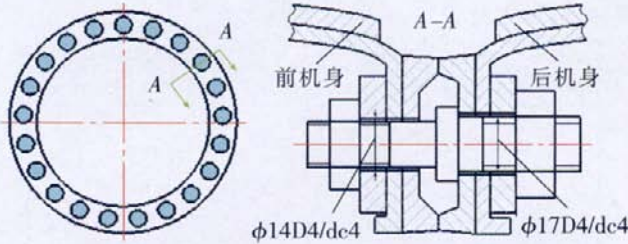


图4 前后机身结合交点结构图

Fig.4 Bonding point structural pattern of aircraft forebody and afterbody

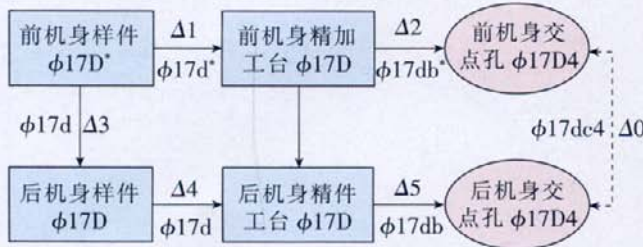


图5 前后机身结合交点协调路线图

Fig.5 Bonding point coordination route of aircraft forebody and afterbody

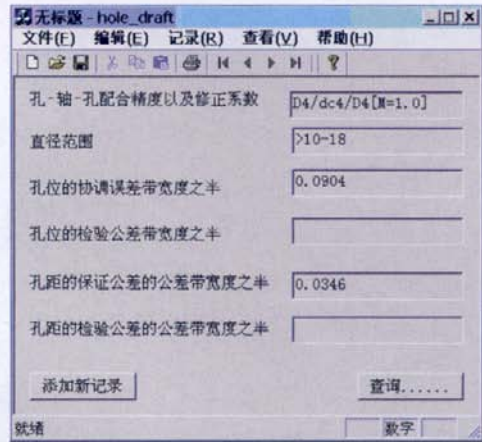
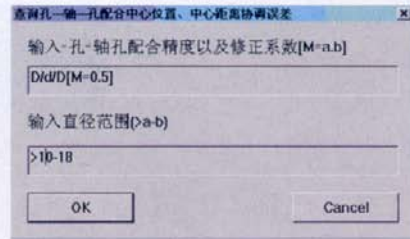


图6 飞机结构公差库运行示例

Fig.6 Running instance of aircraft construction tolerance database

公差及配合。

(3)公差尺寸链方程: $\Delta_0 = \Delta_1 + \Delta_2 - \Delta_3 - \Delta_4 - \Delta_5$

其中 $\Delta_1 \sim \Delta_5$ 为孔位移形过程中的环节误差。前后机身对接时的孔位协调公差和检验公差可以使用该数据库查询,查询过程如图6所示(直径分为 $>1 \sim 3$; $>3 \sim 6$; $>6 \sim 10$; $>10 \sim 18$; $>18 \sim 30$; $>30 \sim 50$ 共6个尺寸段;本例直径为17mm,故查询时输入 $>10 \sim 18$)。

(4)查询结果如表1所示。封闭环孔位协调公差

$$\text{带之半: } \delta_0 = H \sqrt{\sum_{i=1}^5 \delta_i^2} = H \cdot \sqrt{3 \times 0.0168^2 + 2 \times 0.0276^2} =$$

$H \cdot 0.0468 = 1.2 \times 0.0468 = 0.0585$ (H 为经验修正系数,此处取1.2)。从计算结果来看, $0.0904 < 0.0585 < 0.0346$, 故前后机身结合时孔轴间可能出现微小间隙,也可能出现微小过盈。对于出现微小过盈的螺栓,可借助后机身弹性变形进行强迫装配,或将后机身孔扩大到 $\phi 17D6$ (这是飞机技术条件规定允许的) 进行装配。由此可见,上述协调路线和公差分配是合理的,同时可看到这个公差查询系统使得飞机公差设计快捷简便。

2.2 计算机辅助飞机公差设计的运行

下文用某型歼击机机身钣金与钣金套合零件配

表1 前后机身结合点公差查询结果

移形步骤	移形过程	孔-轴-孔配合	修正系数 M	公差带之半 δ_i (查询)
1	前机身样件→前机身精加工台	$\phi 17D/d/D$	0.5	0.0168
2	前机身精加工台→前机身交点孔	$\phi 17D/db/D4$	0.7	0.0276
3	前机身样件→后机身样件	$\phi 17D/d/D$	0.5	0.0168
4	后机身样件→后机身精加工台	$\phi 17D/d/D$	0.5	0.0168
5	后机身精加工台→后机身交点孔	$\phi 17D/db/D4$	0.7	0.0276
对接	前机身←→后机身	$\phi 17D4/dc4/D4$	1.0	0.0904, 0.0346

合协调公差的分析与分析作为实例加以说明。

(1)结构:图7中A和B均为钣金零件,它们之间配合的名义间隙为0。

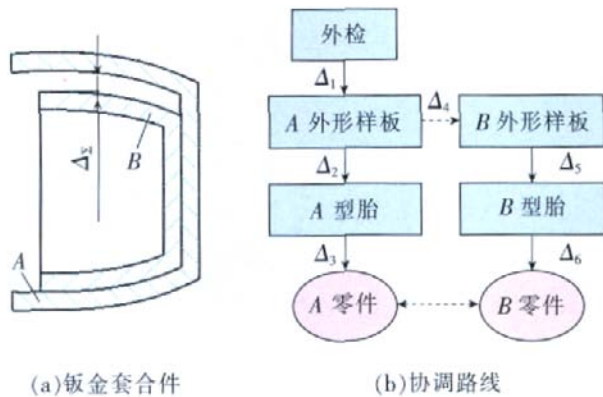


图7 钣金套合件及其协调路线

Fig.7 Sheet-metal shrink-fit parts and coordination route

(2)采用的协调路线见图7(b)。

(3)公差尺寸链方程: $\Delta_2 = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 + \Delta_4 - \Delta_5 - \Delta_6$ 。

应用公差分析模块进行公差分析:(1)尺寸链参数输入:打开UG,选取[公差设计]菜单的[公差分析]

子菜单,弹出对话框(见图8(a)),按下“确定封闭环参数”按钮,弹出输入封闭环参数对话框,输入封闭环参数,如图8(b)所示;(2)完成封闭环参数的输入,按下公差分析对话框“输入组成环参数”按钮,弹出输入组成环参数对话框,输入各个组成环参数,输入过程中增环的传递系数输入正数,减环的传递系数输入负数(见图8(c))。输入后,按下“Apply”键,消息框(见图8(d))中显示刚刚输入的信息。如发现不正确或输入不完全,可重新输入,再次按下“Apply”键;若正确,键下“OK”键确定即可。(3)全部参数输入后,选择公差分析方法,针对这个例子,选取“经验公式法”,即可输出公差分析的结果,如图8(d)所示(图8(d)中还输出极值法模型公差分析结果作为对比)。

从分析结果来看,封闭环上偏差为0.60mm,下偏差为-0.19mm,装配时可以接受。因钣金件刚性不是很强,达到配合上限时可以铆接,配合下限时,稍作敲打也可以装进去。采取合理的协调路线,非关联环节为5个,且B外形样板按A外形样板协调加工,其上下偏差分别为-0.1mm和-0.3mm,即有-0.1mm的协调误差,以增大封闭环间隙值并减小封闭环过盈值。

从这个例子的分析计算过程可见,公差自动查找模块与公差设计模块相结合,初步实现了公差设计的计算机化,比手工计算方便快捷,可以反复修改设计,交互性较好。

3 结束语

本课题建立了飞机设计中所规定的模线样板、工艺装配、零件制造和部件装配工艺公差分配数据库,查询该库,可以方便地获取工厂绘制模线制造工艺装备、生产各类零件及部件装配的技术标准。本技术可供飞机设计工厂的工人、工艺员、设计人员使用,合理分配飞机产品公差,保证飞机制造协调互换,提高生产效率,降低成本,实现尺寸和形位公差标准化设计的计算机化。

参考文献

- [1] 郭长虹,席平. 基于UG的平面尺寸链计算机辅助飞机公差设计. 工程图学学报,2005(2):26-30.
- [2] 郭长虹,席平. 基于装配尺寸链的计算机辅助飞机公差设计. 航空制造技术,2006(8):83-86.

(责编 小颖)

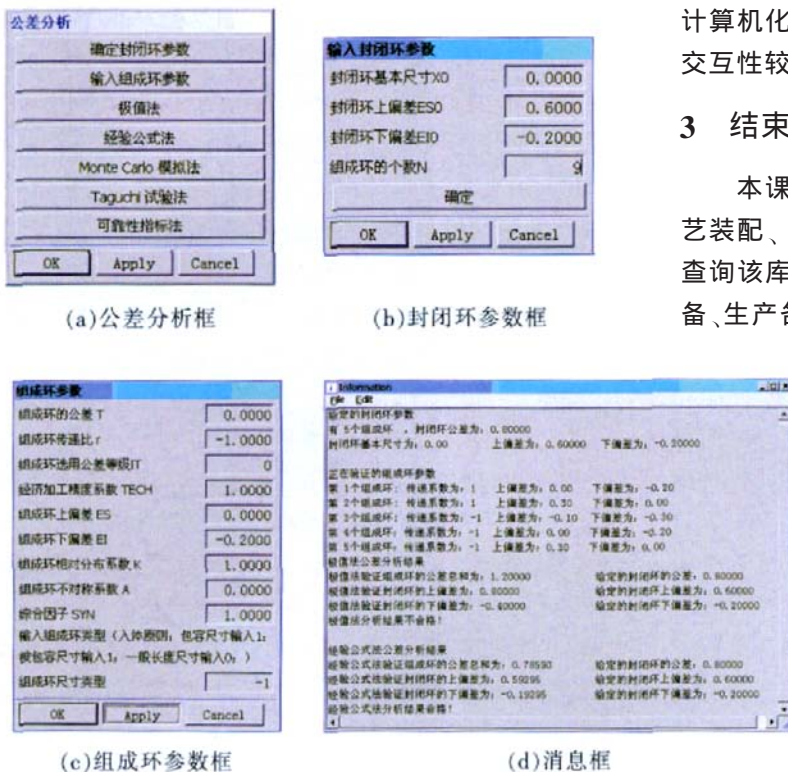


图8 飞机结构公差分析模块界面

Fig.8 Windows of aircraft construction tolerance analysis module