

基于 CATIA/CAA 飞机蒙皮边缘连接孔最小边距快速检测方法

韩志仁^{1,2}, 张浩², 汪建东³, 曾天³

(1. 航空制造工艺数字化国防重点学科实验室, 沈阳 110136;

2. 沈阳航空航天大学航空航天工程学部, 沈阳 110136;

3. 中航工业江西洪都航空工业集团有限责任公司, 南昌 330024)

[摘要] 在新机研制阶段, 设计部门提供的工程数据集可能存在连接孔边距不符合规范要求, 也可能出现连接孔进入零件的 R 区等现象。通过对边距的检测可以检查连接孔边距的缺陷, 因此边距的快速检测是一个重要问题。提出了边距提取和最小边距快速检测的算法, 利用 CAA/CATIA 开发平台, 开发了蒙皮边缘孔最小边距的快速检测软件可快速筛选不符合要求的蒙皮边缘孔并标注出来, 减少了飞机生产过程中不必要的浪费, 提高了生产效率。

关键词: CATIA; CAA; 连接孔; 最小边距

A Method of the Minimal Hole Edge Distance Quick Detecting in the Skin Edge of Aircraft Based on CATIA/CAA

HAN Zhiren^{1,2}, ZHANG Hao², WANG Jiandong³, ZENG Tian³

(1. Key Laboratory of Fundamental Science for National of Aeronautical Digital Manufacturing Process, Shenyang 110136, China;

2. College of Aerospace Engineering, Shenyang Aerospace University, Shenyang 110136, China ;

3. AVIC Jiangxi Hongdu Aviation Industry Corporation Company Ltd. , Nanchang 330024, China)

[ABSTRACT] In the new development stage of aircraft, there may be phenomenons that the edge distance of connecting hole doesn't conform to the specification requirements and that connecting hole appears into parts' R area in the engineering data set which provided by the design department. Through the edge distance detection can check the defects of the edge distance of connecting hole, so this rapid detection of edge distance is an important problem. The algorithm of the extraction and rapid detection minimum distance is put forward and a quick detection software that detects the minimal hole edge distance in the skin edge by using the CAA/CATIA platform is developed. The software can quickly screen the connecting hole which is in inconformity to requirement, and then label this hole. The method reduces the waste in the aircraft manufacturing process and improves the production efficiency.

Keywords: CATIA; CAA; Connecting hole; Minimal edge distance

DOI: 10.16080/j.issn1671-833x.2017.1/2.070

飞机蒙皮边缘连接孔用于通过铆钉或螺钉将蒙皮固定在飞机的梁、肋、桁条等加强件上^[1]。由于飞机蒙皮边缘连接孔边距小, 可能产生 3 个方面的影响, 即蒙皮连接强度不能满足要求、不能满足制孔工艺要求、连接件与其他件发生干涉或孔进入圆角内^[2] (图 1)。飞机设计规范中主要考虑前两种影响, 给出了不同孔径、不同材料、不同厚度的蒙皮参数对应的最小边距。

在飞机的无纸化制造中, 首先需要对飞机数模进行必要的合理性检测, 其中包括蒙皮边缘连接孔最小边距

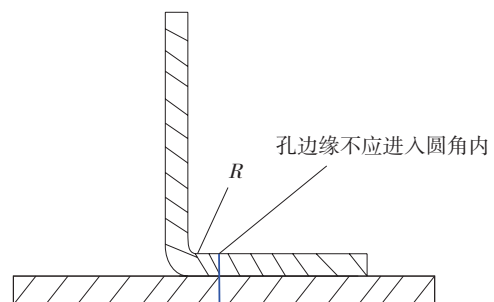


图1 蒙皮与结构件连接示意图

Fig.1 Connection diagram skin and structure part

检测,最小边距检测依据规范中给出的最小边距和避免连接件干涉的原则。对孔的最小边距的传统人工检测方法不仅耗费大量的人力、物力,而且可能出现人为差错或漏检等情况,有必要通过计算机辅助手段完成最小边距的检测工作。

通过对 CATIA 进行二次开发研发快速检测最小边距模块,利用计算机的优势,实现孔边距自动获取、自动判断、自动显示不符合规范的孔位信息等,使工艺设计人员从繁琐重复的工作中解放出来,大大提高工作效率。

飞机装配中定位和连接是两个重要的工作。而连接的描述是装配工艺制定的主要依据之一^[3]。在飞机全三维综合信息模型中,标准件位置通过理论外形上的点和法矢表示,连接关系和连接件牌号等信息通过数模中的连接定义描述。因此连接件的位置信息用理论外形上的点和法矢表示,该表达方式已经完整地描述了连接位置信息^[4]。图2为飞机蒙皮与结构件连接关系示意图。连接孔的位置通过点位和法矢与蒙皮等件的位置关系给出,但没有给出位置关系的尺寸标注,连接孔的位置信息属于隐性信息。

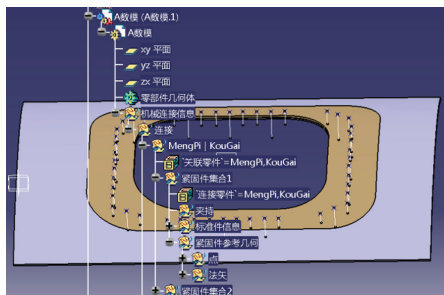


图2 飞机蒙皮与结构件连接关系
Fig.2 Aircraft skin and structural connections

2 关键技术

2.1 最小边距判据的获取方式

孔最小边距的判据来源有两种方式,一是来源于设计规范,根据蒙皮连接强度要求和制孔工艺要求确定了孔最小边距,并形成规范(表1)^[5],在计算机中可以将最小边距数据以表格形式存储在数据库中,软件可以根据孔径、铆钉材料、蒙皮材料、蒙皮厚度在数据库中检索符合条件的最小边距。二是来源于人工输入,根据与蒙皮连接的结构件过渡圆角和弯边斜角等数据,在保证连接件不与其他件干涉和孔边缘不进入过渡圆角区的情况下确定最小边距,此时最小边距应保证大于设计规格中的最小边距值,将该最小边距通过人工输入的方式输入,作为孔边距的判据。

2.1.1 最小边距相关信息的自动获取方法

表1 孔最小边距数据库

板材厚度/mm		LF10 铆钉材料直径/mm				LY1 铆钉材料直径/mm			
		3	3.5	4	5	3	3.5	4	5
MB8-Y	1	5.24	6.82	8.62	12.84	5.95	7.78	9.86	14.79
	1.5	3.98	5.13	6.41	9.40	4.49	5.76	7.24	10.70
	2.0	3.36	4.28	5.31	7.67	3.71	4.76	5.93	8.65
	2.5	2.99	3.78	4.65	6.64	3.27	4.16	5.15	7.42
CY12-CZ	1	3.75	4.81	6.00	8.74	4.17	5.13	6.75	9.91
	1.5	3.00	3.79	4.66	6.66	3.28	4.17	5.16	7.44
	2.0	2.62	3.28	4.00	5.62	2.84	3.57	4.73	6.21
	2.5	2.40	2.98	3.60	5.00	2.57	2.96	3.90	5.47

按设计规范将最小边距建立数据库,在数据库中查询孔最小边距需要的铆钉直径、铆钉材料、蒙皮材料、蒙皮厚度等信息时应从部件数模的结构树上提取。

(1)提取孔径和铆钉材料时,所拾取法矢在紧固件参考几何中,标准件内容在标准件信息中(图3)。通过拾取的法矢获得紧固件参考几何信息,利用CAA中的GetFather()和GetChildren()等函数得到和紧固件参考几何在同一父节点下的标准件信息,用CATICKeParm类中的Content()函数获取标准件信息中包含的标准件牌号。在标准件库中查找牌号所对应的直径和材料信息。由于在飞机蒙皮上的连接孔径和铆钉钉杆直径误差要求在0.1~0.3mm之间,A、B级螺栓杆直径误差要求在0.3mm以内,所以可以近似把铆钉钉杆直径或螺栓杆直径看作连接孔孔径。

(2)获得蒙皮材料和蒙皮厚度时,同样通过拾取的法矢得到紧固件参考几何信息,利用GetFather()函数得到父节点,判断父节点的子集里有没有“连接零件”信息,如果有“连接零件”信息,用GetAlias()函数得到里面的被连接件名称。如没有,则得到上一级父节点,继续重复此过程直到得到被连接件名称。利用被连接件名称遍历整个结构树找到对应的被连接零件体(Part),通过拾取的蒙皮边界确定被连接的蒙皮,法矢

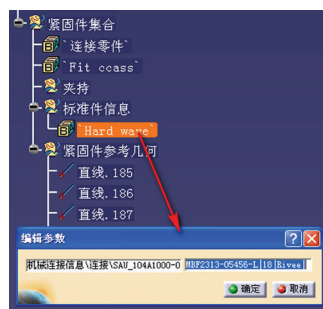


图3 紧固件集合结构树
Fig.3 Fasteners collection structure tree

与蒙皮上下表面相交得到两个相交点,测量两点间的距离即为蒙皮的厚度。材料信息同样在蒙皮的子集中,在得到零件体这个节点后,遍历零件体所有的子集并提取出材料代号,从材料对照表中找到相应材料信息,其中7075为材料代号(图4)。



图4 零件体结构树
Fig.4 Parts structure tree

2.1.2 最小边距查询方法

通过数模上已检索到的最小边距相关信息在最小边距数据库中进行检索。第一步依据铆钉材料和孔径可以得到列信息,第二步通过蒙皮材料和蒙皮厚度得到行信息,最终在最小边距数据库中定位单元格的位置。最小边距的位置信息可以看作一个二维坐标,即 $A(R, L)$, R 表示为行数, L 表示为列数。在最小边距数据库中 $R=\alpha+\beta$, 其中, α 表示为蒙皮材料,

$$\alpha = \begin{cases} 1 & (MB8-Y \text{ 板材}) \\ 5 & (CY12-CA \text{ 板材}) \end{cases};$$

β 为蒙皮厚度,

$$\beta = \begin{cases} 0 & (0.5\text{mm} < \text{板材厚度} \leq 1.0\text{mm}) \\ 1 & (1.0\text{mm} < \text{板材厚度} \leq 1.5\text{mm}) \\ 2 & (1.5\text{mm} < \text{板材厚度} \leq 2.0\text{mm}) \\ 3 & (2.0\text{mm} < \text{板材厚度} \leq 2.5\text{mm}) \end{cases}。$$

$L=p+q$, 其中, p 为铆钉材料,

$$p = \begin{cases} 1 & (LF10 \text{ 铆钉}) \\ 5 & (LF1 \text{ 铆钉}) \end{cases};$$

q 为铆钉直径,

$$q = \begin{cases} 0 & (2.75\text{mm} < \text{铆钉直径} \leq 3.00\text{mm}) \\ 1 & (3.00\text{mm} < \text{铆钉直径} \leq 3.50\text{mm}) \\ 2 & (3.50\text{mm} < \text{铆钉直径} \leq 4.00\text{mm}) \\ 3 & (4.00\text{mm} < \text{铆钉直径} \leq 5.00\text{mm}) \end{cases}。$$

图5为利用数据库获取的最小边距流程图。

2.2 孔边距获取方法

工艺人员在孔边距的获取时,应先拾取连接孔所对应的法矢。一般蒙皮上连接孔不止一个,在软件的检测过程中,需要对法矢进行批量检测。本文应用CATIA内部函数,能够将数模拾取框选中的法矢放入数组中,

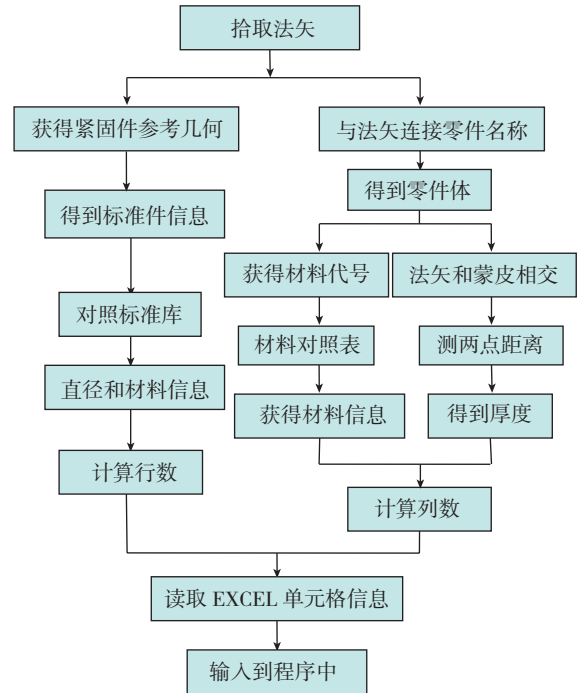


图5 通过数据库获取最小边距流程图
Fig.5 Flow chart of obtained minimal edge distance by database

完成批量拾取功能。

边距测量有两种方式,一是法矢和曲面相交点到边缘的直线距离,利用测距函数直接获取边距;二是法矢和曲面相交点到边缘的弧线距离,从交点向边界做垂线,将该线向机身蒙皮面投影得到曲线距离,筛选距离最小的线。由于蒙皮边缘形状复杂,在算法矢到边缘的距离时会出现一个或多个距离,需要筛选出最小距离。依据结构化程序的设计方法,设计了获取边距的算法,具体流程如图6所示。

2.3 孔最小边距检测功能设计

孔最小边距检测功能辅助工艺人员检测边距信息并筛选出边距小于最小边距的孔,使用过程需要工艺人

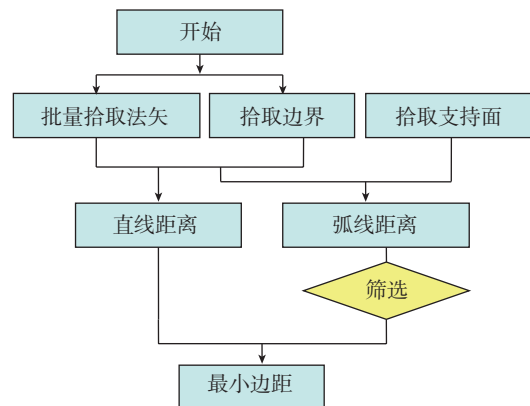


图6 边距获取流程图
Fig.6 Flow chart of gaining margin

员的一些必要的交互操作和数据准备。设计员在平台上完成批量拾取和检测任务需要以下基本信息：点法矢几何信息、蒙皮边界信息、最小边距信息等。开发过程采用了面向对象技术,按照结构化程序的思想,根据系统各部分功能目标的不同,设计过程对其进行了模块划分,总体流程如图7所示。

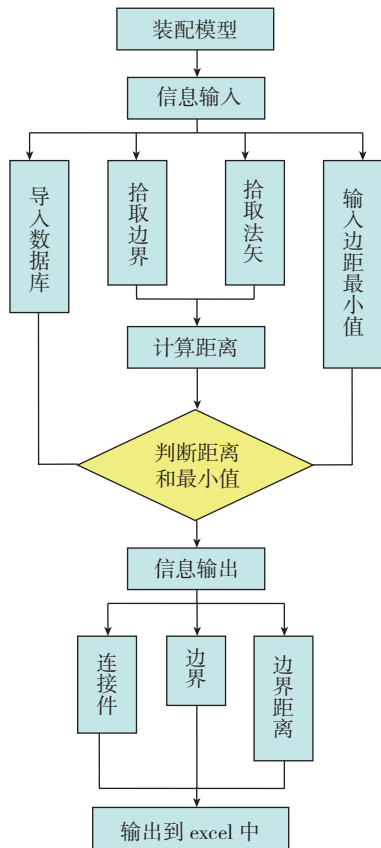


图7 总体流程图
Fig.7 Overall flow chart

3 实例运行

根据本文提出的算法,建立了基于 CAA/CATIA 的快速边距检测平台(图8)。以某型号飞机的机身数模为例,首先拾取机身上的取法矢和边界,将法矢信息和边界名称显示在右侧白色的框内。检测弧线距离时,请先拾取支持曲面,否则默认为直线距离。选择人工输入边距最小值时,在右侧人工输入最小边距,点击查询命令可以在数模上标出法矢到边界的距离,并在对话框下面白色区域内显示相应的不符合要求的法矢和距离信息(图9)。

如果选择数据库路径选项,弹出选择路径对话框,选择最小边距数据库,确定后就会在右侧白色框内显示路径信息,点击查询,显示查询结果。以上两种方式的

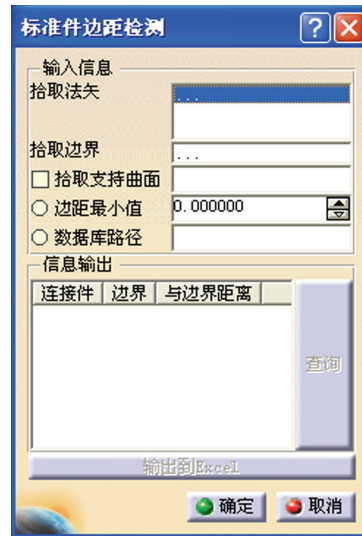


图8 快速边距检测平台
Fig.8 Fast testing platform of margin



图9 手工输入最小边距查询结果
Fig.9 Querying results by manually entering the minimum margin

	A	B	C	D	E
1	数模名称	紧固件集合	标准件信息	边界	距离
2	SAU_104A1000-000.lnote				
3	标准件及钉孔				
4		点线集101	--	边线	
5					32.02
6	SAU_104A1000-000.lnote				
7	标准件及钉孔				
8		点线集101	--	边线	
9					32.02
10	SAU_104A1000-000.lnote				
11	标准件及钉孔				
12		点线集101	--	边线	
13					32.02

图10 采用数据库路径的查询结果
Fig.10 Querying results by database path

结果都可以导入到 excel 表格中。表格中的内容包括法矢所在的数模名称、紧固件集合、标准件信息、边界名称和检测出的距离(图10)。

4 结束语

通过对蒙皮边缘孔最小边距的快速检测技术研究,可以在生产部门生产初期检测出设计数模中存在的
(下转第78页)