

飞机装配型架骨架 CAD 技术研究与实现

Research and Implementation of Frame CAD Technology for Aircraft Assembly Jig

上海飞机制造有限公司航研所
南京航空航天大学机电学院

李汝鹏 孙小峰
安鲁陵

[摘要] 对型架骨架 CAD 技术进行了研究。以 CATIA 为平台运用 CAA 工具开发了包括设计线框库和型材库、型材扫掠和相交处理工具等功能的飞机装配型架骨架 CAD 系统。使型架骨架设计规范性、经验知识及其设计重用性方面得到改善。

关键词: 装配型架 骨架 层面分解 CAD

[ABSTRACT] Frame CAD technology for aircraft jig is researched. The frame CAD system based on CATIA using CAA as development tool including a database of sketch and section steel, tools of sweeping and intersection treatment of section steel is developed. This system improved design criterion, knowledge and design reusing in some degree.

Keywords: Assembly jig Frame Plane separation CAD

飞机装配型架是飞机产品装配过程中用以控制其几何形状与参数,并进行定位夹紧的专用工艺装备。它由骨架、定位件、夹紧件和辅助设备组成,其中骨架是型架的基体,用以固定和支撑定位件、夹紧件等其他元件,保持各元件空间位置的准确度及其稳定性^[1]。骨架的快速和合理设计决定了型架设计的周期和质量,应用传统的方法设计型架骨架时,若产品做了某些改变,骨架的修改很不方便,绝大部分需要重新设计,致使增加重复劳动;而且难以重用以前的设计经验和设计结果。此外,设计人员主要凭借自身的经验进行型架骨架的设计,随意性较大,致使设计的规范性差,这些问题严重影响骨架的设计效率和质量。

针对传统型架骨架设计方法中存在的问题,在总结归纳飞机装配型架骨架设计特点的基础上,结合某航空企业对骨架 CAD 技术的具体需求,设计开发了飞机装配型架骨架 CAD 系统。系统中提出了骨架线框层面分解驱动的概念,按照此概念设计的骨架型架能方便地进行修改,利于对已有设计方案的重用;设计创建了骨架线框库,根据以往的设计经验和知识,按照层面分解驱

动原理把典型的型架骨架抽象成线框模型,按照和骨架的相似程度分成相似线框和主体线框,并按照成组技术对其进行管理,这种方法一定程度上重用了以往的设计经验和知识,设计人员在线框库中模型的基础上进行的设计减少了设计的随意性,也在一定程度上规范了设计过程;设计创建型材库,把企业常用的型材类型进行总结归纳;设计线框编辑工具,方便对骨架线框的修改;开发了型材相交处理工具。

1 飞机装配型架骨架结构分析和线框抽象

作为型架的基体,骨架一般由型材焊接而成,型材多为方钢、工字钢、槽钢和圆钢,所以可把型架骨架理解为由型材截面沿特定顺序和方向扫掠而成。特定顺序和方向及型材长度可用空间线段表示,据此把型架骨架抽象为由多条线段组成的线框结构。图 1 所示为某飞机总装型架骨架,图 2 所示为型架骨架的线框抽象。

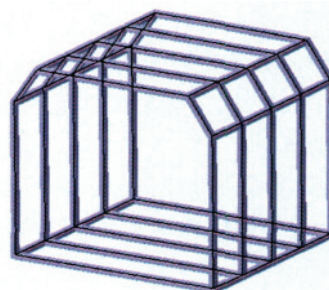


图 1 型架骨架

Fig.1 Frame of jig

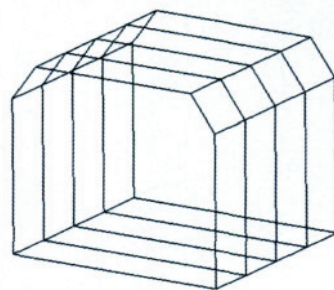


图 2 骨架线框抽象

Fig.2 Abstract sketch of frame

按照这种思想设计型架骨架时,根据产品装配的具体需求,综合考虑型架上的定位夹条件及辅助设备的空间布局,用线段代替实际的型材设计型架骨架,构建骨架的线框表示,后用扫掠的方法生成实际的骨架型材,进而生成型架骨架。

骨架线框的设计不仅是简单的用线段代替骨架型材,而且要考虑对线框进行参数驱动及后续的扫掠、相交处理的可行性和方便度。

2 骨架线框层面分解驱动和线框库

通过对大量现有型架骨架的分析和总结,发现有些装配型架结构规整,为简单结构的组合或简单变形,可把此类型架骨架的型材划分到几个平面内,以此平面为型材的尺寸基准,平面和平面间的尺寸关系即为所关联的型材间的尺寸关系,可通过驱动平面来驱动骨架线框,进而驱动型架骨架。线框库中存储线框模型,型架设计人员在线框库中检索到需要的线框模型,对其进行参数驱动或手动编辑,得到符合实际需求的线框模型,并可以对线框库中线框模型进行添加、修改、删除操作。

2.1 骨架线框层面分解驱动

骨架线框的参数化驱动是型架骨架数字化设计的基础,为了建立严格的线框模型以及设计快速合理的参数驱动算法,首先给出以下3个概念:

(1) 参数驱动域。共享同一驱动主参数的骨架线框范围。例如在图3中,线段 L_{U21} 、 L_{U22} 、 L_{U23} 、 L_{U24} 、 L_{U25} 、 L_{U26} 属于同一参数域,它们沿 U 向和面 S_4 的距离由平面 S_5 和 S_4 的距离决定。同一骨架线框范围可能被包含在不同的参数驱动域中。

(2) 结构面。按照骨架线框分布情况把线框划分到不同的平面内,此平面称为结构面,在结构面内的线框

属于同一参数驱动域。例如在图3中面 S_1 、 S_2 、 S_3 、 S_4 、 S_5 、 S_6 为结构面。

(3) 层面分解。把骨架线框划分到不同的结构面内的方法。

以图3所示骨架线框为例,说明骨架线框层面分解驱动原理,并给出驱动实例。

通过分析此型架骨架的结构,确定驱动方向为 U 向、 V 向,结构面为 S_1 、 S_2 、 S_3 、 S_4 、 S_5 、 S_6 ,并把每个结构面看作一个集合。 U 向结构面: S_1 、 S_2 、 S_3 ; V 向结构面: S_4 、 S_5 、 S_6 。其中

$$S_1 = \{L_{U11}, L_{U21}, L_{U31}, L_{V11}, L_{V21}, L_{V16}, L_{V26}\}$$

$$S_2 = \{L_{V12}, L_{V22}, L_{V15}, L_{V25}\}$$

$$S_3 = \{L_{U14}, L_{U24}, L_{U34}, L_{V13}, L_{V23}, L_{V14}, L_{V24}\}$$

$$S_4 = \{L_{U11}, L_{U12}, L_{U13}, L_{U14}, L_{U15}, L_{U16}\}$$

$$S_5 = \{L_{U21}, L_{U22}, L_{U23}, L_{U24}, L_{U25}, L_{U26}\}$$

$$S_6 = \{L_{U31}, L_{U32}, L_{U33}, L_{U34}, L_{U35}, L_{U36}\}$$

参数关系:

$$D_{S_5S_6} = D_{L_{V21}} = D_{L_{V22}} = D_{L_{V23}} = D_{L_{V24}} = D_{L_{V25}} = D_{L_{V26}}$$

$$D_{S_4S_5} = D_{L_{V11}} = D_{L_{V12}} = D_{L_{V13}} = D_{L_{V14}} = D_{L_{V15}} = D_{L_{V16}}$$

$$D_{S_1S_2} = D_{L_{U12}} = D_{L_{U22}} = D_{L_{U32}} = D_{L_{U16}} = D_{L_{U26}} = D_{L_{U36}}$$

$$D_{S_4S_6} = D_{S_4S_5} + D_{S_5S_6}$$

$$D_{S_1S_3} = D_{S_1S_2} + D_{S_2S_3}$$

关系式中 L_{Uij} ($i=1, 2, 3; j=1, 2, 3, 4, 5, 6$)和 L_{Vhk} ($h=1, 2; k=1, 2, 3, 4, 5, 6$)表示线段, $D_{L_{U12}}$ 、 $D_{L_{U22}}$ 、 $D_{L_{U32}}$ 、 $D_{L_{U16}}$ 、 $D_{L_{U26}}$ 、 $D_{L_{U36}}$ 、 $D_{L_{V21}}$ 、 $D_{L_{V22}}$ 、 $D_{L_{V23}}$ 、 $D_{L_{V24}}$ 、 $D_{L_{V25}}$ 、 $D_{L_{V26}}$ 、 $D_{L_{V11}}$ 、 $D_{L_{V12}}$ 、 $D_{L_{V13}}$ 、 $D_{L_{V14}}$ 、 $D_{L_{V15}}$ 、 $D_{L_{V16}}$ 表示线段长度, $D_{S_1S_2}$ 、 $D_{S_1S_3}$ 、 $D_{S_2S_3}$ 、 $D_{S_4S_5}$ 、 $D_{S_4S_6}$ 、 $D_{S_5S_6}$ 表示结构面间的距离。

驱动结构面 S_5 得到实例一,如图4(a)所示;驱动结构面 S_2 得到实例二,如图4(b)所示。

按照层面分解的概念,在设计型架骨架线框时首先考虑设计线框的相似重用性能,能方便对其进行驱动重用,适应不同产品对型架骨架的需求,从而得出参数驱动域。再考虑产品对型架的具体要求,把参数驱动域划分到不同的平面内(即设计结构面),这样把型架骨架线框进行了层面分解,对骨架线框的驱动实际就是对多个结构面间的距离尺寸进行驱动,这样避免了以往参数化过程中繁杂的数学关系式的处理,方便了参数关系的设计和参数模型的驱动。

2.2 线框库的设计和成组重用

在考虑产品装配需求和型架上定位夹条件布局的基础上,运用线框层面分解驱动原理设计线框,分解方案的合理与否直接关系到所设计的骨架线框参数驱动的可行性和方便性。为了使抽象的骨架线框更好的被

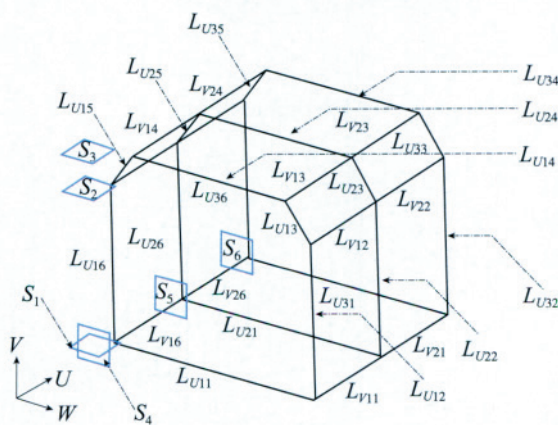


图3 骨架的抽象线框

Fig.3 Abstract sketch of frame

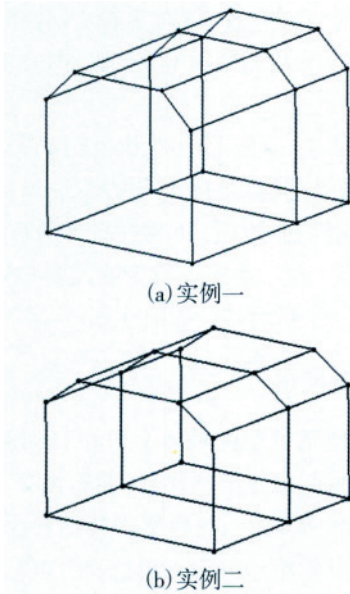


图4 层面离散驱动实例

Fig.4 Instance of drive

重用,以及考虑参数驱动的可行性和方便性,骨架上有些结构可以暂时忽略,待参数驱动完毕后再根据具体需要进行手动编辑。按照和型架骨架的相似程度,把抽象的骨架线框划分成相似线框和主体线框,当产品对型架的类型要求变化不大,只是尺寸大小有所改变时,可以通过驱动相似线框得到所要求的骨架线框;当类型变化较大时,需要对线框进行编辑,此时检索主体线框,并利用开发的线框编辑工具进行编辑,得到合适的骨架线框。

运用成组技术设计线框库,把各种线框按照相似度

表1 部分编码实例

第1位	第2位	第3位	第4位	第5位
装配分类	产品名称	设计类型	骨架分类	备用
部装	机翼	0	框架式	0
	前机身	1	组合式	1
	中机身	2	分散式	2
总装	尾段	3	整体底座式	3
	垂尾	4	∴	∴
	∴	∴	∴	∴



图6 扫掠中心位置

Fig.6 Position of sweep center

进行分类编码,用于线框的检索和修改。表1所示为部分编码实例。

3 型架骨架造型

3.1 骨架元素建模

骨架元素即组成骨架的各种型材,建模实际上是型材截面在骨架线框上扫掠,进而成型材实体的过程。图5所示为元素建模的流程。

① 线框选择。选择线框上的线段作为扫掠的支撑线。

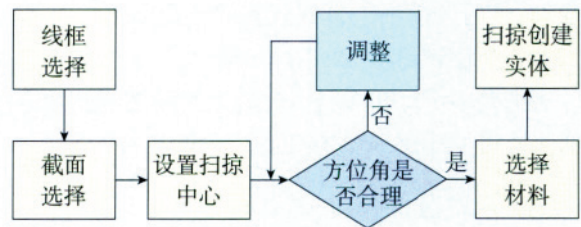


图5 骨架元素建模流程

Fig.5 Modeling procedure of frame elements

② 截面选择。选择型材截面图,型架骨架常用型材有:方钢、矩形钢、槽钢、圆钢。

③ 设置扫掠中心。控制线框在扫掠元素中的位置,主要有如图6所示的9种类型,黑色实心方框表示线框的位置。

④ 方位角调整。在元素坐标系的坐标面内,绕原点旋转元素的扫掠截面,调整骨架元素的空间方向。

⑤ 设定材料。选择骨架元素的材料。

3.2 骨架元素的相交处理

扫掠创建骨架元素后,相邻骨架元素可能会出现相交现象,不符合实际工程应用,必须按照一定的连接方式对相交处进行处理,本文总结了3种相交处理方式:

① 对称面相交。为保证焊接的良好性,焊接需要在两骨架元素相交处的对称面上进行,做两相交元素支撑线框的角平分面,以此面分别剪切两相交元素,如图7(a)所示。

② 单斜角相交。以一个骨架元素的某个特征面为参考面,去剪切另一个骨架元素,如图7(b)所示。

③ 双斜角相交。3个骨架元素相交处理时,先对其中2个元素进行剪



图7 骨架元素相交处理

Fig.7 Intersecting treatment of frame elements

切处理,然后以前2个骨架元素的特征面为参考面,去剪切第3个骨架元素,如图7(c)所示。

当遇到多个(3个以上)骨架元素相交情况时,要进行两两处理,考虑实际焊接工作的可行性和方便性。

4 系统开发及应用

依据上面提出的原理和方法,应用CAA为开发工具在CATIA平台上开发了飞机装配型架骨架CAD系统,

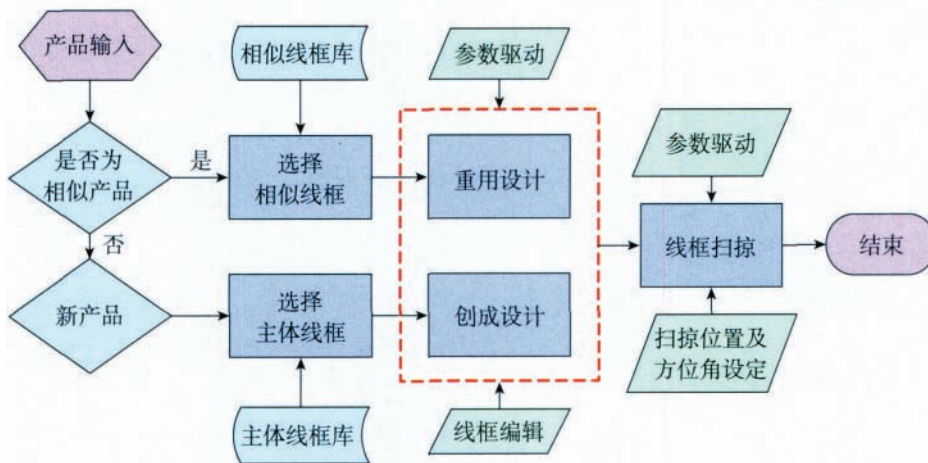
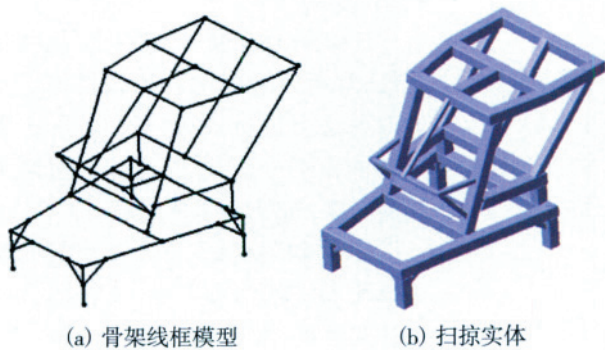


图8 飞机型架骨架CAD系统流程

Fig.8 Procedure of frame CAD system for aircraft jig



(a) 骨架线框模型 (b) 扫描实体

图9 骨架实例

Fig.9 Instance of frame

包括骨架线框库、线框编辑工具、型材库、骨架元素扫描及相交处理工具。图8为系统的流程图。

图9(a)所示为应用本系统设计的某飞机前舱罩装配型架骨架线框模型,首先在线框库中调用相似线框,对其进行参数驱动,得到所需骨架线框,然后进行骨架元素扫描和相交处理,生成型架骨架,如图9(b)所示。

5 结束语

型架骨架的快速合理设计对提高型架的设计效率和质量起着重要作用,本课题在深入分析研究型架骨架结构的基础上,把型架骨架抽象为线框结构,并提出了层面分解驱动的设计思想,把线框划分到不同的参数驱动域,通过驱动结构面来驱动骨架线框,然后对线框进行扫描创建骨架实体。此方法规范了型架骨架的设计流程,方便设计经验和知识的重用。后续的研究重点是在提取产品信息的基础上,考虑定位加紧件的布局情况,运用结构布局的知识自动生成骨架线框,进一步提高型架骨架设计的数字化和自动化程度,提高设计效率和设计质量。

参考文献

[1] 王云渤. 飞机装配工艺学. 北京:国防工业出版社,1990: 128-206.

[2] 范玉青. 现代飞机制造技术. 北京:北京航空航天大学出版社,2001: 22-38,84-115.

[3] 孙守迁,黄琦. 计算机辅助概念设计. 北京:清华大学出版社,2004: 37-64.

[4] 王季琨. 成组技术. 合肥:中国科学技术大学出版社,1993.

[5] 郑国磊,朱心雄,许德,等. 飞机装配型架中骨架的数字化设计原理及实现. 航空学报,2005,26(2): 229-233.

[6] 蒋红岩,黄翔,唐实,等. 基于CATIA的装配型架骨架快速设计技术研究. 机电产品开发与创新,2006,19(5): 87-89.

[7] 孟祥旭,徐延宁. 参数化设计研究. 计算机辅助设计与图形学报,2002,14(11): 1086-1090.

[8] 吴慧兰,周云飞,王和平. 飞机型架参数化设计系统的开发与应用. 南昌航空工业学院学报,2001,15(2): 35-38.

(责编 侧卫)