

管路系统全三维关联设计技术研究及应用

Research and Application of Full-3D Relational Design Technology of Tubing System

中航工业第一飞机设计研究院 屈卫刚 刘俊堂

[摘要] 深入研究了管路系统全三维关联设计技术的理论及应用,在飞机管路系统设计过程中取消了二维工程图的辅助,采用三维模型对管路系统进行全面的定义,实现了管路系统的全三维关联设计。在很大程度上降低了设计人员的劳动强度,提高了设计效率,该技术的应用对于传统的飞机系统设计是一次巨大飞跃。

关键词: 管路系统 关联设计 全三维设计

[ABSTRACT] Based on depth study of the theory and application of the full-3D relational design technology of tubing system, 2D drawings are canceled and 3D Model is used to accomplish comprehensive definition of the tubing system, and tubing system full-3D relational design is achieved. Application of this technology reduces the labor intensity in many ways, and improves the design efficiency, which is a huge leap forward for the aircraft system design.

Keywords: Tubing system Relational design Full-3D design

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2015.01/02.090

面对新型号高质量、高效率的研制要求,传统的二维加三维、离线共享的设计模式已不能满足要求。必须对飞机的整体设计模型进行大胆创新,最大限度地发挥设计者的主观创造性,避免不必要的重复劳动,以提高飞机的研制质量和研制效率。管路系统全三维关联设计技术研究的主要目的是通过先进的信息化设计技术完成面向制造的飞机管路系统设计。目前,在飞机管路系统设计过程中,一方面仍然采用三维加二维的设计模式,既不能保证设计数据的一致性,又增加了设计更改的工作量^[1];另一方面,与上游总体、结构不能做到并行设计和关联设计,降低了飞机管路系统的设计效率。该技术以国际流行的MBD(Model Based Definition)技术为基础,结合型号需求进行技术提炼和相关开发,力图形成管路系统全三维关联设计技术体系,提高型号的研制质量和效率。

1 管路系统全三维关联设计技术

管路系统全三维关联设计技术是一种面向制造的

高效的设计技术。不同于传统的设计方式,管路系统全三维关联设计不需要二维图纸的辅助,直接使用零部件三维模型定义产品的所有设计、制造和检验等信息^[2]。同时,在关联设计技术的基础上,管路系统设计实现了零组件之间的关联、自动更新以及管路制造报表的自动生成等,极大地提高了设计效率。管路系统全三维关联设计技术研究主要包括以下几个方面的内容:全三维关联设计环境的定制和开发、管路系统资源库的构建、导管组件报表模块的开发、定位骨架模型定义以及管路系统全三维定义技术研究。图1为管路系统全三维关联设计原理图。

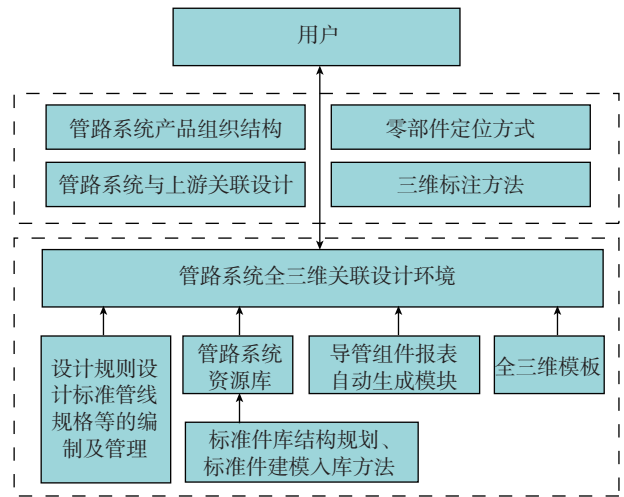


图1 管路系统全三维关联设计框架

Fig.1 Full-3D relational design frame of tubing system

1.1 管路系统全三维关联设计环境

管路系统全三维关联设计环境是将各种设计资源有机整合在一起,并提供给管路系统设计用户的一个高效的设计平台。

搭建管路系统全三维关联设计环境的主要难点是解决设计资源的组织、编写、调用等问题。设计资源文件要根据系统设计规范、标准文件等进行编写,用来定义管路系统设计过程中零件之间的配合关系、设计规格、导管弯曲规则等信息。一方面,需要了解管路系统、标准等专业的设计规范与要求;另一方面,需要研究软件的基本原理,将标准规范与软件进行完美结合。管路

系统全三维设计环境组织结构如图 2 所示。

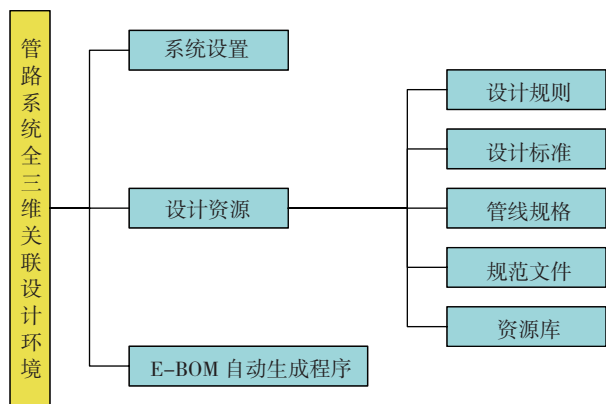


图2 管路系统全三维关联设计环境

Fig.2 Full-3D relational design environment of tubing system

全三维关联设计环境是实施管路系统全三维关联设计的第 1 步,形成了管路系统全三维关联设计的总体框架。搭建管路系统全三维关联设计环境除了考虑资源文件的组织、编写、调用等问题,同时还要考虑可维护性和可移植性等。管路系统全三维关联设计环境创建的原则如下:

- (1)方便设计人员访问各种数据;
- (2)在不影响设计的同时,修改各类文件数据,维护设计环境;
- (3)可应用于多个型号的管路系统全三维设计。

1.2 管路系统资源库

管路系统资源库包括标准件库、材料库等多个方面。管路标准件库是系统资源库的一个重要部分,是管路系统全三维设计的必备要素。与一般结构标准件库不同的是,管路标准件都拥有相应的管路属性,以方便管路系统进行关联设计。管路标准件库的主要研究内容包括管路标准件顶层方案规划、标准件库顶层结构创建、标准件参数化建模及入库方法等。

管路标准件库顶层方案包括了从顶层文件组织、文件命名规则,到具体标准件的类型、属性、规格定义,再到标准件建模的方法和规范,涵盖了标准件库的各个方面,如图 3 所示。

标准件库顶层结构是指管路标准件库的基本框架,分为 3 个层次:主库、子库、标准件分类,如图 4 所示。

参数化建模的优点在于不仅建模过程简单易操纵,而且后期的维护和更改方便快捷。整个过程包括:创建模型、新建参数、模型与参数相关联、建立设计表、设置管路标准件属性、标准件入库,维护和更改。

以管路标准件库为代表的管路系统资源库的建立和应用提高了管路系统全三维设计的效率,对于缩短型号的研制周期将起到极大的促进作用。

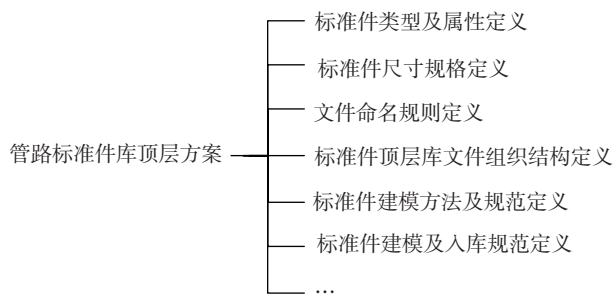


图3 管路系统标准件库顶层方案

Fig.3 Standard part catalog scheme of tubing system

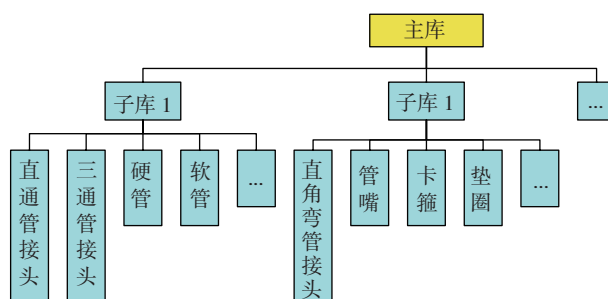


图4 管路系统标准件库框架

Fig.4 Standard part catalog frame of tubing system

1.3 导管组件报表

导管组件作为管路系统中一个重要制造单元,包括了标准件、导管等零部件。为了方便制造,其信息需要进行提取,如果手工提取将花费大量时间。为了提高管路系统设计效率,将导管组件中所有零部件信息自动提取出来,生成导管组件报表,方便工艺制造部门使用,需要进行二次开发。导管组件报表的内容包括导管的编号、弯曲半径、材料、重量、理论长度等制造信息以及标准件的统计信息。导管组件报表见图 5。



图5 导管组件报表

Fig.5 Tubing component table

导管组件报表自动生成模块的应用,缩短了导管组件信息的统计周期,提高了管路系统的设计效率,这是管路系统全三维关联设计的一个亮点。

1.4 管路系统定位骨架模型

骨架模型是上游设计与下游设计之间的桥梁。管路系统在设计过程中需要参考结构,将管路系统设计过

理如图 7、图 8 所示。转动的控制主要通过导轨上的轮廓槽线来实现,因为夹持头沿着 Y 向向前运动时通过伸入轮廓槽中的销轴沿轮廓线实现一定角度的转动,以在夹持长桁后适应蒙皮外形曲率,可更换导板能够快装快卸并减少了伺服电机的数量。

3.2 控制系统设计

根据壁板组件预定位柔性工装各轴运动需要,控制系统需要实现 X、Y、Z 方向上总共 68 个电机运动控制及气缸、接近开关等开关量的控制,并且存在夹持同一根长桁的不同夹持器的同步运动控制,因此控制系统需要具备单点控制及部分联动控制功能。为了实现这一目标采用基于以太网和 Profibus 现场总线技术集成的控制系统,控制系统结构如图 9 所示。

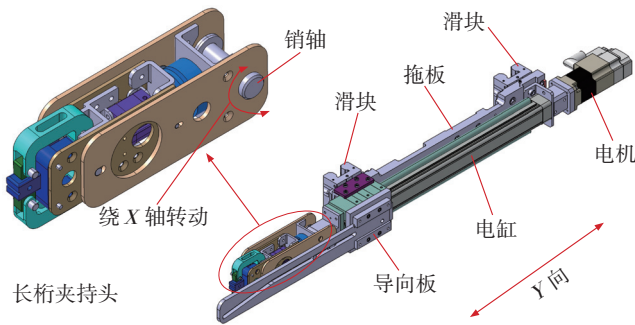


图7 长桁架夹持模块结构

Fig.7 Structure of stringer clamping module

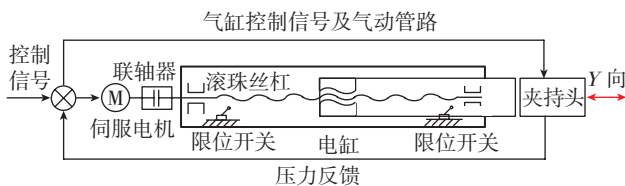


图8 长桁架夹持模块运动原理

Fig.8 Movement principle of stringer clamping module

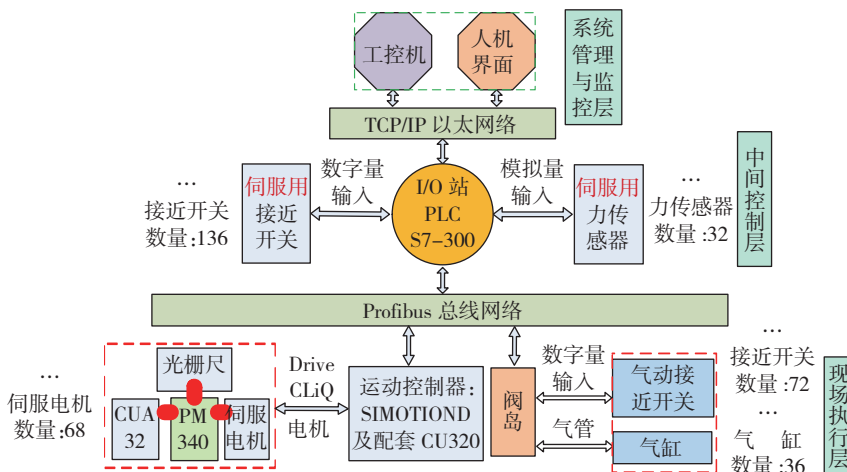


图9 控制系统结构

Fig.9 Structure of control system

采用这种控制系统拥有诸多优点:接线简单,在一条通信电缆上通常可挂接多种数字化设备,大量减少了电缆、端子的使用,精度高、误差小,提高系统工作可靠性的同时降低了安装和维护难度;同时,当前专用的运动控制器品种繁多,为控制系统省去了大量的硬件研制工作,缩短了开发周期。开发人员只需要选择带有标准接口、总线的运动控制器及其相应功能模块正确组态即可。控制系统界面如图 10 所示。

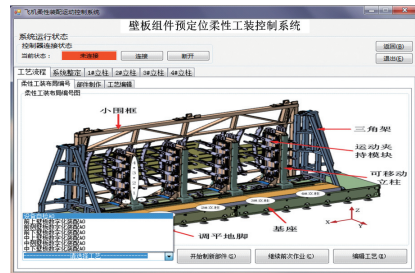


图10 柔性工装控制系统界面

Fig.10 Control system interface of flexible tooling

4 结束语

通过数字化柔性装配工装技术研究及柔性装配定位方式分析,结合中机身壁板组件的结构及预定位需求,设计开发了一套针对某型飞机中机身壁板的预定位柔性工装系统,使壁板组件在预定位完成后进入自动钻铆机完成壁板的自动钻铆,形成针对壁板组件装配的数字化生产线,以期提高装配壁板组件的装配精度和效率。

经过工装的调试,各轴定位精度初步达到了设计要求,更详细的性能将通过试验件来进行检验测试。

参考文献

- [1] 王巍,贺平,万良辉.飞机柔性装配技术研究.机械设计与制造,2006(11):88-90.
- [2] 王云渤,张关康,冯宗律.飞机装配工艺学.北京:国防工业出版社,1990:1-5.
- [3] 范玉青.现代飞机制造技术.北京:北京航空航天大学出版社,2001:3-10.
- [4] 郭红杰.大型飞机装配技术.航空制造技术,2010(18):52-54.
- [5] 潘志毅,黄翔,李迎光.飞机制造大型工装布局设计方法研究与实现.航空学报,2008(3):757-762.
- [6] 郭恩明.国外飞机柔性装配技术.航空制造技术,2005(9):28-32.
- [7] 肖庆东,王仲奇,马强,等.大型飞机数字化装配技术研究.中国制造业信息化,2007,36(3):26-29.

(责编 亿霖)