

航空发动机外部管路工装数字化设计

Tooling Digital Design of Aeroengine External Pipeline

中航工业沈阳黎明航空发动机(集团)有限责任公司 罗敏

[摘要] 外部管路工装数字化设计以 Teamcenter 数据管理系统为平台,开发全三维数字化工装研发模式,将模块化设计的理念应用到工装设计中,构建工装数据库,搭建工装数字化设计的系统构架,实现工装设计知识和经验的积累、重用与共享,实现工装数据的有效管理和状态控制。

关键词: 外部管路 工装 数字化 工装数据库

[ABSTRACT] As a platform, Teamcenter, the data management system, is used by external pipeline tooling digital design to develop research mode of three-dimensional digital tooling. Meanwhile the concept of modularization is applied in the tooling design to construct the tooling database and the system framework of tooling digital design. Thus it is realizable to accumulate the tooling design knowledge and experience which can be reused and shared. It is also achievable to effectively manage the tooling data and control its status.

Keywords: External pipeline Tooling Digitization Tooling database

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2015.15.018

外部管路是航空发动机的血脉,数量很多、形状各异,负责为发动机输送燃料、液压油、气体等工作介质。由于外部管路空间结构复杂,多采用焊接工艺。在外部管路组件的成型与焊接过程中,工装是必不可少的。据统计,每个型号发动机外部管路的专用工装数量都在200套以上。目前,国内航空发动机制造公司面临着多种型号飞机同时研制及批量生产的问题,而且研制过程中,外部管路零件改型频繁,产品结构日趋复杂,生产准备时间一般要占整个研制周期的50%以上,而工装的设计制造又占生产准备时间的50%~70%^[1],因此减少外部管路工装设计、制造周期是减少生产准备周期的关键。

工装设计是外部管路研制过程中的重要环节,目前工装设计存在的主要问题是:

(1) 外部管路结构复杂、形状各异,因此工装种类多、需求量大。

(2) 工装开发的进度直接影响产品制造。

(3) 工装的设计模式还是沿用传统的习惯,已经不能

能适应对产品制造快速反应的要求。

(4) 工装设计与工艺设计、产品设计脱节,工装设计未能充分利用外部管路三维产品模型。

(5) 以模拟量传输协调各工艺环节的“串行工程”模式严重阻碍了外部管路制造质量的提高及研制周期的缩短。

(6) 外部管路工装作为一种专业化产品,需要丰富的设计经验,设计人员的经验和技能将直接影响产品的设计结果。但是设计知识与设计经验的传承和积累缺少平台。

为此,要采用数字化的手段,以产品数据管理软件和三维数字化设计软件为基础,搭建外部管路数字化工装设计系统;确定工艺工装设计业务协同管理方案,实现单一数据源的工艺工装设计并行工作模式;将数据管理和流程管理推广到外部管路工装设计的各环节,实现工装设计流程及更改流程的有效管理;将全三维数字化产品研发技术 MBD 应用于工装设计,通过工装设计知识经验的积累和重用,以及工装设计的模块化应用,实现工装快速设计,达到设计的标准化和规范化^[2]。

1 外部管路工装数字化设计的技术方案

1.1 外部管路工装数字化设计的愿景目标

目前,航空发动机外部管路已经实现了基于电子样机的数字化设计与制造,并且实现了三维数字化模型在 Teamcenter 共享平台的发布,这就为基于管路三维模型的工装全三维数字化设计提供了依托。

外部管路工装的数字化设计是采用数字量传递方式,将模块化设计的理念应用到工装设计中,通过对工装的模块化分类应用,实现工装设计知识和经验的积累和重用^[3]。在 Teamcenter 共享平台下建立工装资源库,实现工装数据查询、参考和重用,实现工装上游数据的有效管理和状态控制,促进工装的创新设计,实现工艺工装设计的快速并行协同作业,从而达到缩短外部管路设计制造周期、改进质量、减少成本的目的。具体要实现下面几个目标:

(1) 提高工装标准化、系列化程度。针对外部管路零件的分类,将其常用工装扩充为企业标准,减少工装设计工作量,简化工装制造工艺。

(2) 建立外部管路零件工装资源库。建立统一的企业级工装数据库,产品设计、工装设计、工艺编制、数控加工、工具管理等部门可以方便地对工装数据查询和重用,提高效率、节省成本。

(3) 实现外部管路工装的基于 MBD 的全三维协同设计和可视化验证。工装设计人员、工艺人员、数控编程人员等可以在统一的数字化平台中协同、同步工作,直接应用管路全三维数字化模型或工序模型进行外部管路工装的装夹、检测、加工等工装的设计和验证,检验和改进工艺方法。同时还可提升工装技术人员的三维设计水平和创新能力,促进设计经验的积累与传承。

1.2 外部管路工装数字化设计的系统构架

外部管路工装数字化设计的系统构架如图 1 所示。该系统由底层的 Teamcenter 软件管理平台和 NX 工装设计应用工具组成。底层是数据管理的基础构架,为实现工艺工装的协同作业及工装设计知识的重用提供保障,使与工装设计有关的经验数据及知识积累,包括设计过程中对外部管路工装设计知识固化、归纳、总结后建立的各类工装数据库,如基于系列外部管路工装总结的典型工装模板数据、二次开发的外部管路常用工装标准件库、典型设计形状库,以及长期积淀形成的工装产品数据等,都将统一管理在 Teamcenter 管理平台上,实现共享。NX 工装设计应用工具是 NX 三维应用软件系统,它由工装三维设计所需的基本功能和专业模块组成,包括基本的 NX 文件处理、三维建模、装配、设计验证等方面的功能,以及针对各种夹模具工装设计所需功能,同时提供二次开发的工具(如 OPEN/API、Block Style 以及 KF 等)功能模块,用于开发外部管路专用的工装设计应用工具。

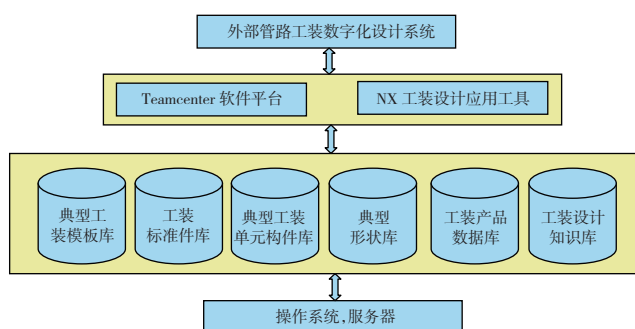


图1 外部管路工装数字化设计的系统构架
Fig.1 System architecture of external pipeline tooling digital design

2 外部管路工装数据库的建立

外部管路工装的数字化设计需要强大的数据库支持,因此构建工装数据库是工装数字化设计的重要组成部分。工装数据库包括:典型工装模板库、工装标准件

库、典型工装单元构件库、工装产品数据库、典型形状库(UDF)、工装设计知识库。

2.1 典型工装模板库

典型工装模板是基于具有代表性的一系列工装总结而成。航空发动机外部管路虽然千变万化,但是其基本构成单元相似,由空间结构的导管、接头、三通、复杂结构的法兰等组成,外部管路结构类型大致分为带接头无方向类导管、带三通类导管、带弯头类导管及带法兰复杂结构导管 4 类。通过对外部管路典型结构零件的工装进行归纳、总结和结构优化,使工装功能结构固化,形成基于 4 类外部管路的典型工装设计模板,它将 NX 软件参数化应用充分融入到工装产品数据当中,使其成为可重复使用的模板,当设计人员需要进行类似的新的工装设计时,可以基于已经定义好的外部管路工装设计模板,给定新参数,系统自动变更工装模型数据,得到新的工装产品数据,快速完成外部管路新工装设计。

建库前需对外部管路典型工装模板加以定义,采用参数化方法建立三维工装模型,由于相同系列元件具有相同的拓扑结构和不同的尺寸参数,对同一系列的外部管路可使用同一个三维工装实体模型,不同的实际尺寸由存储在数据库中的参数表来提供。针对典型模板库编制命名、分类、编码规则,根据工装功能要求,通过调用库中的标准件、组件,并且添加一定数量的专用件,有机拼装,并且运用参数化技术在拓扑结构相似的情况下以参数驱动,快速实现外部管路工装设计、出图。

外部管路典型工装模板库包括典型夹具库、典型管路弯曲模具库以及典型量具库,典型工装模板库需要在实际工作中逐步完善和丰富。

图 2 是外部管路装配定位焊接夹具典型模板,该模板共有 $L1$ 、 $L2$ 、 $L3$ 、 α 等 4 个参数,使用者根据产品需要,对应产品尺寸,输入相应的零件参数,模块化软件平台就会自动生成需要的工装三维、二维产品设计图及单件产品图,实现工装产品的快速设计。

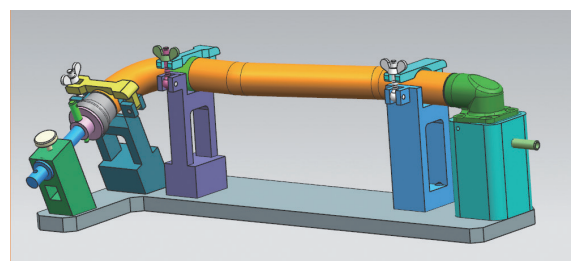


图2 外部管路装配定位焊接夹具典型模板
Fig.2 Typical template of external pipeline assembly positioning welding tooling

2.2 工装标准件库

外部管路工装标准件库包含工装常用的国标、航标和

企标的标准件。它们主要供单元构件、工装模板和具体工装调用。筛选外部管路常用工装设计用标准件,结合族表和自定义特征库的功能建立工装标准件库。它是通过建立基础零件为父零件,然后再在族表中定义各个控制参数来控制模型的形状和大小。族表中的设计变量作为三维模型的参数通过添加关系使相关尺寸形成约束,从而实现用户交互操作层次上的参数化设计。图3即为国标件螺钉的族表及模型图。

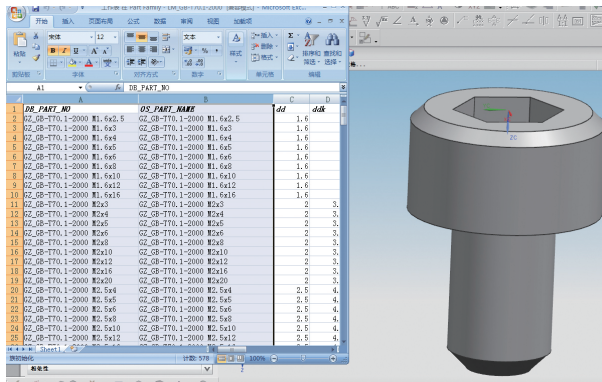


图3 螺钉的族表及模型图

Fig.3 Family table and model diagram of screws

这种参数化设计的策略主要优点是不用通过编程手段实现机械零部件的三维参数化设计,简单易用,缩短设计周期。对于某些标准件,可以通过NX的功能赋予装配属性和相应安装孔位信息,使其成为智能标准件,可以实现自动打孔、快速装配、孔与标准件的位置关联等功能,从而提高设计效率。因此在标准件库中可以建立智能标准件库。

2.3 典型工装单元构件库

在工装模板的基础上,总结外部管路工装设计中常用的单元构件,建立可参数化驱动的单元构件库。按部件的功能、结构和连接接口等进行进一步的分析、优化和固化,将外部管路工装结构分成基础件、定位件、压紧件、支承件等基本的单元构件,形成可重用的单元结构模板。单元构件的生成过程是调用模块对相应单元构件模板进行尺寸驱动的过程,即在零件拓扑结构不变的情况下,把同一系列零件中变动的尺寸参数定义为尺寸变量,并定义出变量间的关系,当给定不同的尺寸值时,就可得到一组拓扑结构相同而尺寸不同的零件。通过用新的尺寸值对事先准备好的单元构件模板进行尺寸驱动,来生成一个新的构件。每一类单元构件对应一个模板,模板中存储的是各类由约束定义的可进行参数化驱动的单元构件参数模型。通过调用这些单元结构,进行重新组合,可快速设计出新的工装。图4为外部管路的定位压紧单元组件,图5为外部管路接头定位销单元组件,图6是外部管路支承单元组件,在外部管

路的焊接夹具设计中可以直接调用这些单元构件模板,参数化驱动后进行装配应用,提高设计效率。

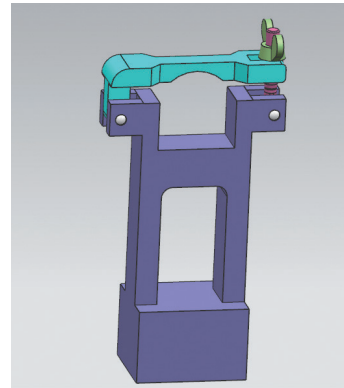


图4 外部管路的定位压紧单元组件

Fig.4 Positioning and pressing element of external pipeline

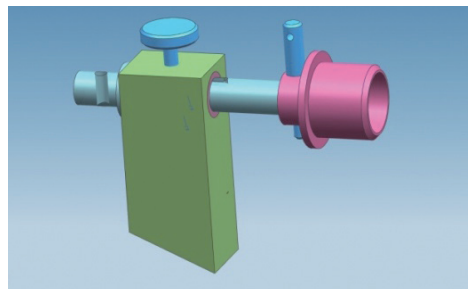


图5 外部管路接头定位销单元组件

Fig.5 Joint locating pin unit of external pipeline

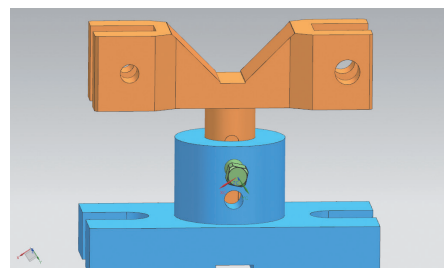


图6 外部管路支承单元组件

Fig.6 Support unit of external pipeline

2.4 工装产品数据库

在外部管路工装设计中,大量的设计是基于旧有的设计通过局部更改来完成,因而旧有的工装产品数据对设计数据的重用和工装设计知识的积累非常重要。对工装产品数据的管理需要每次完成新的工装设计后,将新的工装数据进行归档整理,以便后续使用。

外部管路工装产品数据库建立的途径是以Teamcenter数据管理系统为平台,新的工装设计都在同一平台上进行,设计完成后按照外部管路结构类型对工装进行分类整理与优化,归档存入同一数据库中,对于已有的工装则通过扫描等方法录入Teamcenter数据平台,分类后归入工装数据库。

2.5 典型形状库(UDF)

针对外部管路工装设计应用中的常用形状进行总结,创建出适合的用户自定义特征,以便在新工装设计中能够调用,实现模型的快速创建。在应用时,只需要点取相应的典型形状,根据系统提示给定正确的参数,就能快速创建出所需要的形状,实现工装的快速设计。

2.6 工装设计知识库

外部管路工装设计知识库包括:工装设计的标准和规范、典型工装设计流程总结文档、设计应用案例等,这些设计知识是设计人员长期积累总结出来的最佳实践。它既可为工装设计提供参考,也可用于新来人员的学习,帮助他们快速掌握工装设计的技能。

外部管路工装数据库要有专用的管理工具,需要具备知识查询、浏览,以及对知识库进行维护的功能。

3 外部管路工装数字化设计流程

图7是外部管路工装数字化设计应用系统的流程图,具体过程是:

(1)设计人员接收设计任务,在 Teamcenter 数据平台中搜索对应的外部管路零件的三维数字化模型。

(2)根据外部管路零件的类型,进入工装数字化设计应用系统,查询 Teamcenter 中的工装产品数据库中是否有类似工装产品数据。

(3)如果没有类似工装,则转入下一步。如果有类似工装,则打开类似工装,利用智能标准件库应用工具调用智能标准件,利用 NX 软件的功能调用工装标准件,调用数据库中各类模块化工装单元构件等,对调用的工装产品数据进行更改,得到新的外部管路工装产品数据,进行新工装产品数据的归档。

(4)查询是否具有类似模板。

(5)如果没有类似模板,则转入下一步。如果有类似模板,利用外部管路典型工装模板应用工具,打开模板,进行参数的更改,得到新的工装模型数据,进行新工装产品数据的归档。

(6)查询是否具有类似设计向导工具。

(7)如果没有类似设计向导工具,则转入下一步。如果有类似设计向导工具,则启动该工装设计向导,进行新工装的设计,得到新的工装模型数据,进行新工装产品数据的归档。

(8)如果没有类似设计向导工具,则利用智能标准件库应用工具调用智能标准件,利用 NX 软件的功能调用工装标准件、工装单元构件等,设计新的定位压紧专用件,进行新工装的设计,得到新的外部管路工装产品数据,并将新工装产品数据归档。

(9)将新工装产品数据进行归档,放入 Teamcenter

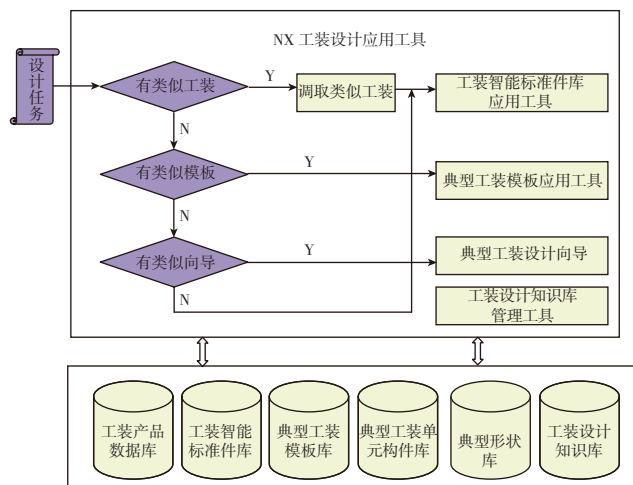


图7 外部管路工装数字化设计应用系统的流程图

Fig.7 Flow chart of application system of external pipeline tooling digital design

的工装产品数据库中,并将相关数据返回到工艺设计系统。在进行工装设计的过程中,任何时候都可利用工装设计知识库管理工具查看和利用工装设计知识库中的内容。

这样,利用 Teamcenter 平台中经过长期积累归纳形成的各类工装设计知识数据库及 NX 工装设计应用工具,实现工装设计知识的重用,形成新的外部管路工装设计产品,大大提高了工装设计效率。

4 结论

外部管路工装数字化设计在统一的数字化工程系统 Teamcenter 平台上,搭建数字化工装设计系统,构建工装数据库,建立与外部管路工艺紧密集成的工装设计环境,使各种资源实现共享,实现工装与工艺的协同。

通过外部管路工装数据库的构建,提供统一的工装模板、标准件,方便对工装数据查询,实现工装设计的知识管理和重用,减少工装设计工作量,缩短外部管路工装设计周期,节省成本。同时,将部分工装设计知识通过二次开发的形式置入工装设计软件应用系统,提高工装创新设计的能力。

外部管路工装数字化设计,增强了工装产品的数据管理,保证工装数据的正确性,提高工装产品、标准件等重用率,减少设计变更影响,最终提高航空发动机外部管路的制造质量。

参考文献

- [1] 王勤漠.敏捷制造与虚拟企业.中国机械工程,1997(4):76-77.
- [2] 劳俊,伍世虔,杨叔子.模块化与现代制造技术.制造技术与机床,1994(9):40-42.
- [3] 王明强,王宁生,赵良才,等.UG 二次开发中建库接口技术研究.现代制造工程,2004(1):42-44.

(责编 叶枫)