

基于 KBE 的航空发动机复杂壳体 MBD 设计模式研究

Study on MBD Design Mode of Aeroengine Complicated Housing Based on KBE

中航工业西安航空动力控制科技有限公司 王宇 朱煜忻 王卫星 丁航
中国质检出版社 王培

[摘要] 针对航空发动机泵类及调节器产品结构复杂、孔类特征多、建模过程繁琐、几何信息表达与传递困难等特点,通过对壳体模型数据集及结构的深入探索和研究,在 UG 平台上开发出适用于 MBD 技术的知识融合系统,将知识工程、产品标准规范等抽象、分散知识更加形象和集中地表达。实现了设计模式由“基于经验和试错驱动”向“基于知识组件驱动”的转变,从而形成航空发动机复杂产品的创新 MBD 设计模式。此模式在某国家级重点型号中得到深入应用,提高了复杂壳体产品的设计效率和质量。

关键词: MBD 技术 知识工程 知识融合系统 产品设计特征

[ABSTRACT] Due to the complex structures of aeroengine pumps and governors, 3D modeling, geometric information expression and delivery are more difficult. In order to solve these inconvenience, knowledge integration system seems to be a better method to choose. Practice of knowledge integration system is mainly introduced, which is developed on UG platform and suit for MBD technology. Through the deep study of housing model data set and structure, knowledge integration system abstracts the scattered knowledge, standard, specification, using a graphic way to express. It makes the design mode change from "based on experience" to "based on knowledge". The knowledge integration system is widely verified at several products, it shows complicated housing design efficiency and quality can be largely improved.

Keywords: MBD technology KBE Knowledge integration system Product design feature

当前,我国机械制造业信息化发展迅猛,三维数字化设计制造技术得到了深入应用,传统二维工程图为主,三维模型为辅的设计模式逐渐被全数字化设计传递方式所取代,以 MBD 为核心的数字化设计制造体系提上日程,但与发达国家相比,仍有很大差距,基于 MBD 技术的产品定义工作尚处于探索阶段。

航空、航天、兵器等行业开展了 MBD 技术的应用与研究,而对于复杂壳体类产品模型的信息表达,一直是困扰各行业推进 MBD 技术应用的难点,主要表现在产品模型结构复杂导致其信息表达与传递数据量巨大,极易产生标注的“刺猬现象”,造成下游识别与提取信息困难。

航空发动机机械液压装置中泵与调节器产品是实现发动机控制的重要组成部分,其设计生产速度直接影响产品研制的周期。由于此类产品零件结构十分复杂,空间孔隙特征多,传统设计过程重复性劳动多且易出错,设计数据的理解和维护均比较困难。因此,为了缩短产品研制周期,提高产品质量,有必要以三维模型为载体,开展适合于复杂壳体产品的 MBD 技术研究开发与应用。

1 基于 KBE 的 MBD 模型构架

航空发动机控制系统机械液压装置产品的高度复杂性导致在工作过程中出现了建模不规范、模型技术质量水平参差不齐、信息不完整、设计数据重用性差等现象,因此有必要在现有建模软件与管理平台应用的基础上开发基于知识工程的能实现符合标准体系相关内容的工具软件,使设计方法、经验、标准有效地融入产品设计及信息表达过程中,从而提高模型设计质量与效率。通过对航空发动机复杂壳体类产品的建模方式及信息表达方法进行系统研究,综合知识工程思想建立了复杂壳体 MBD 模型构架,如图 1 所示。

基于 KBE (知识工程)的复杂壳体 MBD 模型构架由基准和坐标、实体模型、尺寸公差和产品注释 4 部分组成。该构架将相关标准和知识经验融入知识工程,将基于知识工程开发的知识融合系统嵌入到实体建模和产品非几何信息表达中。

2 知识工程在复杂壳体类产品结构设计中的应用

模型设计中特征是最基本的单元,零件由一系列特征元素组成,这些特征的类型和数量取决于产品类型。

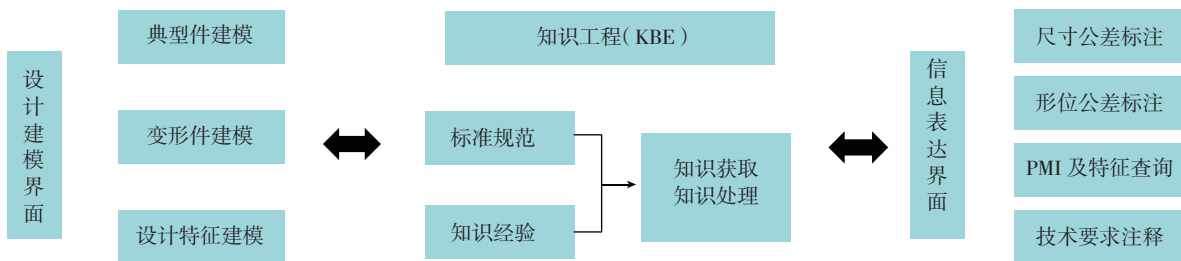
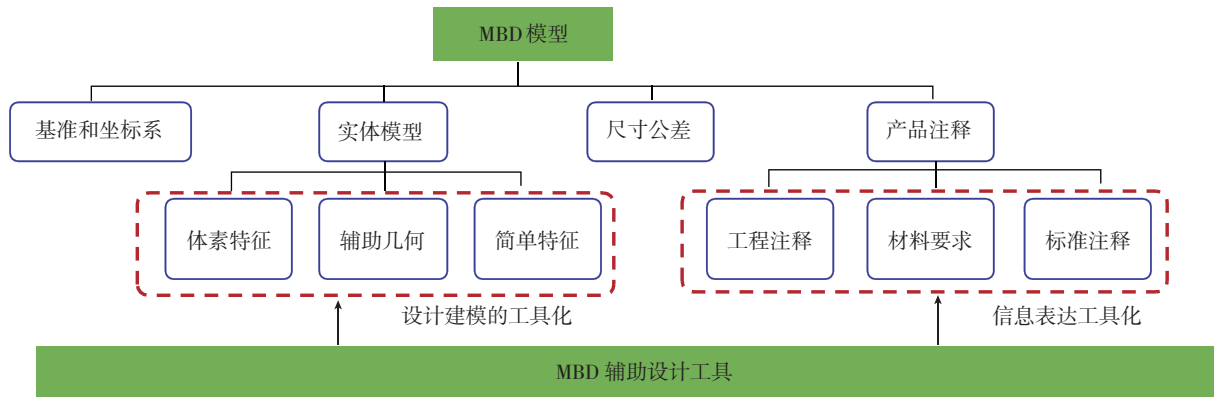


图1 基于知识工程的模型定义构架
Fig.1 MBD framework based on KBE

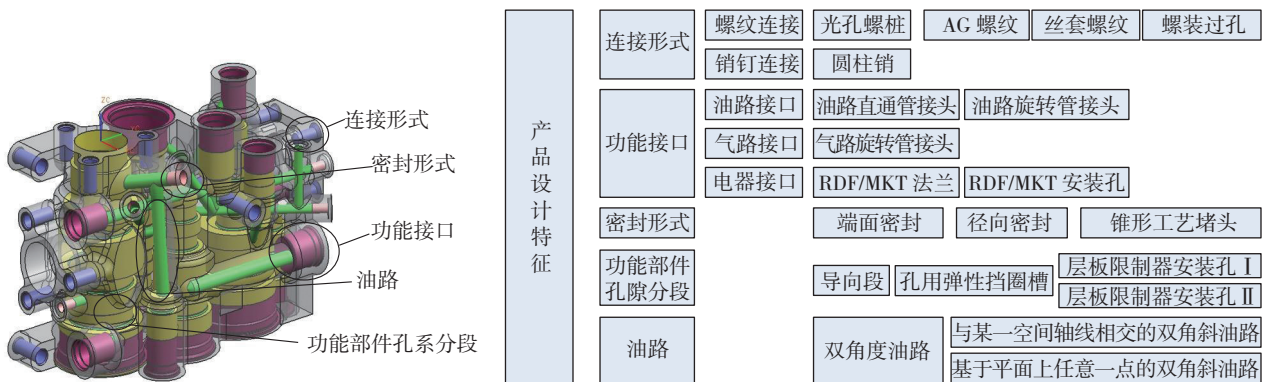


图2 壳体类零件中功能化特征归纳及分类
Fig.2 Induction and classification of function characteristics of shell parts

用户自定义特征 (User-Defined Feature) 是满足零件一项或几项不可再分的功能单元、具有一定通用性的一系列形状结构组合而成的几何实体, 在产品的设计过程中, 它可以根据不同的尺寸值和生命周期各阶段环境对其约束产生设计变体, 并作为一个整体参与零件的布尔运算。航空发动机复杂壳体类产品特征结构建模与表达就是依据此种方式实现的。

(1) 功能化设计特征分类。

在航空发动机复杂壳体类零件中, 孔类特征大约占 70%, 由于此类特征在控制系统中的特殊性, 因此对功能性孔特征进行了专门的研究, 创建了一系列基于知识工程的功能化特征孔系, 共 5 大类、21 种特征。复杂壳体类零件中功能化特征归纳及分类如图 2 所示。

(2) 特征单元化实现。

企业在自身产品设计中会运用到参数化设计, 这类参数化结构的局限性很强 (往往是一次性建模), 不易改进与优化。因此就需要构建出一个简便易于修改与编辑的参数化设计系统。

产品设计中某些功能化特征结构往往是由一些标准化和非标准化的特征结构共同组成的。标准的引用一般是“隐性的”, 不能在模型中形象地表达出来。通过将这功能化特征结构和标准有机地结合起来, 构成符合知识工程的单元化特征, 达到“隐性”设计知识显性化、工具化、规范化的目的。

设计特征模块是基于 UG 软件平台, 利用 UG/Open API 和 VC++ 对产品功能化特征进行的开发, 过程如图 3 所示。

开发实现了结构设计非标准化参数与标准化参数



图3 特征开发过程图

Fig.3 Development process diagram of characteristics

的统一化、系列化。设计人员对特征结构符合标准的系列参数进行选型,相应固化在程序内的标准化特征结构随之生成且不可修改,这样就保证了结构的准确性。非标准结构则由设计人员根据自己的需求进行参数设置。

(3) 可视化特征修改。

产品设计是一个反复迭代的过程,修改优化占据了大量的时间,可视化特征修改有效地缩短了迭代设计周期。当需要对已创建好的特征进行修改时,运用操作设计特征功能,再次弹出创建特征的菜单,从而更加直观地完成模型优化与修正。

(4) 知识工程融于复杂壳体类产品设计的优势。

在二维制图中产品的设计特征往往通过剖视图或者局部放大视图表示,因此有多少不同种类的特征就需要创建多少个剖视图进行特征说明,由于相似功能特征特别多,导致重复性的剖视图与标注工作,从而降低了设计效率。

对已有的单元化设计特征类型建立相应标准,使其融入 MBD 设计中,不需要对封装好的特征进行剖切与注释,只需要在三维模型中对此类特征类型按照标准进行注释说明即可。这样就将设计人员从重复、繁琐的劳动中解脱出来,下游的工艺、制造、检验也以此单元化特征标准为依据进行后续的加工制造。

3 知识工程在复杂壳体类产品模型表达中的应用

3.1 模型非几何信息的表达

(1) 功能性油路、油腔颜色定制。

在以往的二维制图设计中一般以颜色区分功能性油路(如高压油、低压油、半定压油、回油等),但在三维模型设计中把模型的功能与结构统一并没有相关标准的支持,均为设计者根据自身理解对油路及油腔内表面进行颜色标注。根据历年来设计经验与惯例,开发了功能性油路(腔)颜色设置功能(图4),把功能性油路色块制定及规范固化在软件当中,有效地保障了设计人员对结构特征及功能特性的理解,同时也方便了后期的纠错与优化。

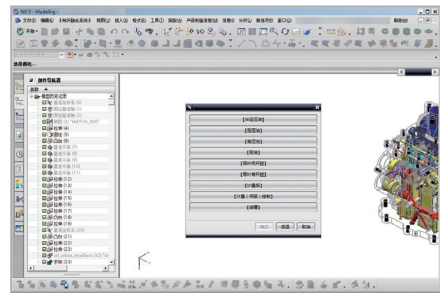


图4 功能性油路(腔)颜色设置

Fig.4 Functional oil (oil chamber) color settings

同时,应用此技术固化了其他(如阳极化表面处理、涂层及试验气密性部位)颜色的使用,使产品的表达信息更丰富、更直观,有助于设计人员的纠错与优化。

(2) 技术要求知识库的开发与定制。

在产品的工程设计中,由于不同设计人员对产品理解程度不同,导致在填写技术要求时表达方法不一致,严重的会写错或漏写,造成不必要的反复。为了规范设计人员的表达方式和过程,提高技术要求编写质量和效率,开发了技术要求注释模块。

针对设计制造各环节常用的标准化技术要求术语进行了梳理归纳,总结出以下 5 类常用技术要求术语:常用焊接技术要求术语、常用机加技术要求术语、常用热处理要求术语、常用铸件技术要求术语、常用装配技术要求术语。

设计员可通过人机界面选择相应的技术要求类别,通过双击来实现术语的添加,从而完成整个技术要求。技术要求注释创建如图 5 所示。

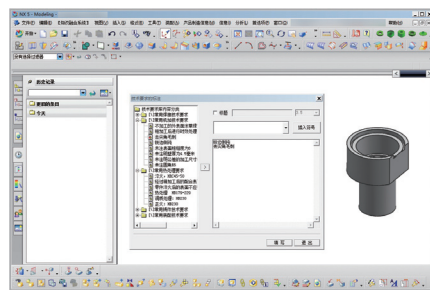


图5 技术要求知识库

Fig.5 Knowledge base of technical requirements

技术要求注释模块的可扩展性非常强,只需对技术要求库内 TXT 配置文件按照格式进行简单的文字添加与编辑,就可达到技术要求内容增减与修改的目的,此功能可普遍应用到设计制造的各个环节。

3.2 模型几何信息表达的工具化

信息表达工具定位在有的放矢、辅助设计、简化操作上,每个功能模块都可规范设计人员进行基于模型定义模型信息表达过程,使设计效率大幅提高,同时降

低了出错的概率,提高了产品的可靠性。

(1) 辅助尺寸公差自动标注。

以往进行公差标注时设计者需要根据模型的相关信息去查找相应的关于孔、轴、配合尺寸的公差标准,然后把所需的公差值键入模型标注中去。此过程操作起来较为繁琐,而且在键入所查数值时易出错,通过辅助尺寸公差标注模块的开发把相关公差的标准库(包括航标、国标等)固化到软件中,使设计人员方便快捷地进行公差选取和标注,提高了建模速度。标注界面如图6所示。

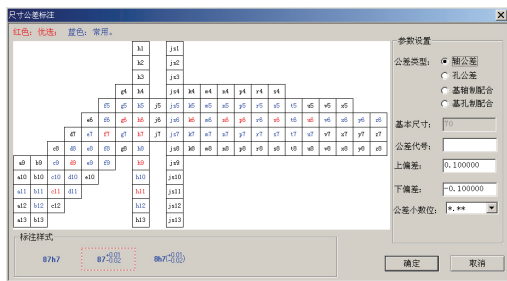


图6 尺寸公差标注

Fig.6 Dimension tolerance mark

此功能极大地优化了尺寸公差标注方法,实现计算机内部自动搜索尺寸链特征、公差 IT 等级,从而完成公差的标注。同时为了确保产品可靠性,对优选公差及常用公差以颜色区别开以方便设计人员的选取。

(2) 辅助形位公差自动标注。

此开发功能根据公差标准要求集成了不同种类形位公差值的数据库,通过选择公差类型、优选的公差值、直径符号、材料状况、基准设置、单考选取,来完成关联性的形位公差定义。标注界面如图7所示。

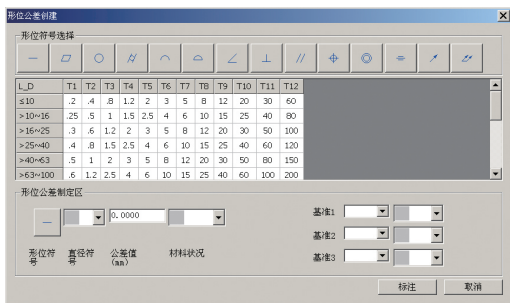


图7 形位公差标注

Fig.7 Geometric tolerance mark

4 复杂壳体类产品模型视图的组织与管理

通过上述基于UG平台开发的知识工具的应用,改变了产品模型的设计与信息表达方式,提高了产品设计的效率,同时创新出针对复杂壳体类模型信息标注和管理视图组织方法,有效地解决了标注的“刺猬现象”,模型视图的组织与管理如图8所示。

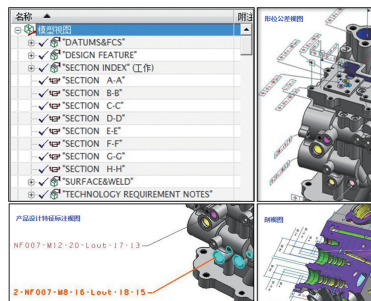


图8 模型视图的组织和管理

Fig.8 Organization and management of model view

复杂壳体类产品模型 MBD 视图由 7 部分组成:

(1) 自定义视图,命名方式由字母 A 加顺序号构成,如 A01,用于模型的三维尺寸信息标注;

(2) 基准与形位公差视图(Datums & Fcs),用于标注与显示所有基准与几何公差;

(3) 表面粗糙度与焊接标注视图(Surface & Weld),用于标注所有表面粗糙度、焊接标注;

(4) 技术要求视图(Technology Requirement Notes),用于标注技术要求;

(5) 剖视图索引视图(Section Index),用于标注显示所有剖视图剖切位置;

(6) 剖视图,命名方式如 SECTION A-A、SECTION B-B,字母用完,可按顺序采用双字母表示如 SECTION AA-AA,剖视图命名要和剖视图索引视图剖切面的命名一一对应;

(7) 设计特征视图(Design Feature)用于标注产品设计特征标注的视图,极大地减少了剖视图创建与标注的工作。

通过此种设计模式的建立,使得复杂壳体类零件的设计过程快捷规范,工程信息的管理严格有序。

5 结论

基于知识融合的工具软件开发与应用、创新式的模型信息组织与管理,改变了传统的设计与信息表达方式,形成针对复杂壳体类产品 MBD 设计模式,极大缩短了产品研制周期。尤其是采用了基于设计特征融入 MBD 技术的壳体模型设计,建模的工作量与信息表达工作量减少近 40%,体现了知识工程与 MBD 技术有机结合的优越性。

可以看出,无论是产品设计还是产品信息标注,知识工程融入 MBD 技术为设计人员减轻了大量的负担,使设计人员从繁琐的操作中解放出来,从而将更多的时间投入到结构原理设计、仿真分析、强度校核与模型的轻量化设计中。同时将复杂模型信息单元化、结构化地传递到工艺及制造,提高了产品质量。(责编 亿霖)