

基于 Pro/E 创建台阶型导管连接件的应用研究

林 源, 邓博文, 陈彦林
(西安航天动力研究所, 陕西 西安 710100)

摘 要: 分析了目前创建台阶型导管连接件的方法以及存在的缺陷, 研究了 Pro/E 软件参数化设计和族表功能, 以液体火箭发动机中凹台阶接头创建为例, 探索在 Pro/E 中快速创建三维参数化凹台阶接头的新方法, 提出了凹台阶接头三维模型创建流程、三维模型文件命名规则, 并对三维模型的管理与使用进行了讨论。应用这种方法, 能够在短时间内建立系列化台阶型导管连接件, 并且一次性完成尺寸和参数检查, 确保导管连接件三维模型的正确性和一致性, 在发动机设计过程中, 设计人员可以直接使用台阶型导管连接件三维模型进行装配, 减少产品设计过程中的重复建模工作, 极大提高了发动机的设计效率。

关键词: Pro/E; 参数化设计; 族表功能研究; 发动机

中图分类号: V434-34 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-9374 (2016) 02-0059-05

Application research on Pro/E-based creation of step type pipe connectors

LIN Yuan, DENG Bowen, CHEN Yanlin
(Xi'an Aerospace Propulsion Institute, Xi'an 710100, China)

Abstract: In this paper the available method of creating the step type pipe connecting pieces and its defects are analyzed, and the Pro/E software parametric design and family table function are studied. Taking the creation of the concave stepped joint in liquid-propellant rocket engine as an example, new methods to quickly create three-dimensional parameterization concave stepped joint in the Pro/E are explored. The creation process and file naming rules of three-dimensional model for the concave stepped joint are put forward. The management and application of the three-dimensional model are discussed. According to this method, it is possible to establish a step type pipe connecting piece series in a short time, and complete inspection of dimensions and parameters in one time to ensure the accuracy and consistency of the three-dimensional model for the pipe fittings. In the process of engine design, designers can directly use the three-dimensional model of step type pipe connecting piece to complete the pipe assembly, which reduces the repeated modeling work in the process of product design, and greatly improve the design efficiency of the engine.

Keywords: Pro/E; parameterization design; family table function research; engine

收稿日期: 2015-09-22; 修回日期: 2015-11-17

作者简介: 林源 (1979—), 男, 工程师, 研究领域为液体火箭发动机数字化设计

0 引言

台阶型导管连接件是液体火箭发动机总装中最常用的连接件。目前在液体火箭发动机数字化总装设计过程中,每当需要选用某种材料、某种规格的台阶型导管连接件时,设计人员需要查阅标准中导管连接件的各个参数并对台阶型导管连接件进行三维建模,然后才能选用。由于台阶型导管连接件的外部形状特征基本相同,仅仅在具体尺寸和参数上不同,如果按传统的方法对所有规格的台阶型导管连接件进行逐一建模,会造成大量的重复性工作,工作效率低。本文介绍利用 Pro/E 软件参数化设计和族表功能快速创建台阶型导管连接件的三维模型,可以大大提高设计效率,缩短产品的研制周期。

1 Pro/E 参数化设计和族表功能

参数化设计是 Pro/E 软件最基本的设计思想。它将三维模型中的约束信息变量化,用一组参数对三维模型进行约束,当赋予不同的参数值时,就可驱动生成不同大小和形状的新三维模型。参数化为产品模型的可变性、可重用性及并行设计等提供了有效手段,使用户可以利用以前的模型快速重建模型,并可以在遵循原设计意图的情况下方便地改动模型,生成系列化产品,极大提高了设计效率。

族表是实现产品三维模型设计标准化和系列化的辅助工具。使用族表时首先需要创建一个基础零件,然后基于该基础模型生成族表,将不同的、可以驱动的尺寸等参数值填入到族表中,Pro/E 软件会自动读取族表中的参数值并对每个参数进行校验,确保每个参数的合理性,校验完成后生成族表中所有零件实例,大大提高了零件的设计效率。

族表通过电子表格进行管理,所以又被称为表格驱动。使用族表创建的零件具有以下特点:1) 可以对零件产生细小的变化而无需用关系改变三维模型;2) 从基础零件生成各种零件实例,无需重新构造,避免了重复建模时出错;3) 实现了零件标准库的建立和调用,并且同一族表的

实例之间可以自动互换;4) 可以对零件进行标准化、系列化的管理。

2 台阶型导管连接件建模研究

台阶型导管连接件主要包括凹台阶接头、凸台阶接头、密封垫、外套螺母、堵盖、堵头等组件。本文以凹台阶接头(Q/Da97.3-2005)为例进行研究,凹台阶接头二维图如图1所示。

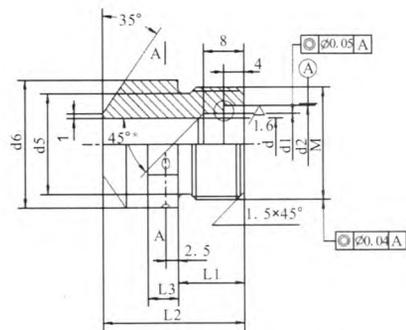


图1 凹台阶接头二维图

Fig. 1 2D drawing of concave stepped joint

2.1 模型文件命名规则

凹台阶接头的标准文件对模型文件的命名有严格的要求,同时 Pro/E 软件对模型文件的命名也有很多限制。模型文件的名称中不能包含“.”和“/”等特殊字符,因此模型文件的命名必须有统一的规定,否则很容易造成混乱。凹台阶接头基础模型的主文件名称统一由标准代号、型式、材料组成,扩展名统一为.prt,而实例模型的主文件名称是基础模型主文件名称的扩展,具体形式为“基础模型主文件名称+规格”,扩展名也固定为.prt。

2.2 凹台阶接头创建流程

在 Pro/E 软件中采用族表创建凹台阶接头,不需要针对标准中的每个尺寸逐一创建三维模型,只需要明确各个凹台阶接头异同处。首先创建一个具有代表性的基础模型,然后通过编辑族表的方式将凹台阶接头的尺寸、规格等变化参数填入到族表相应的位置,Pro/E 软件会自动读取族表中的参数生成所有凹台阶接头。凹台阶接头创建流程如图2所示。

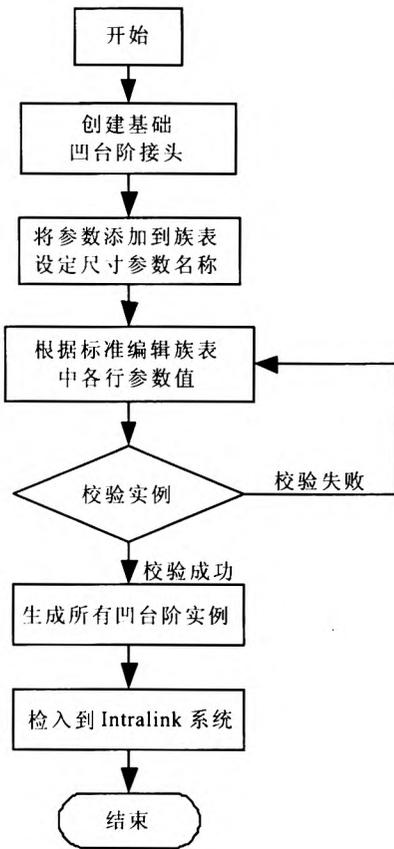


图 2 凹台阶接头创建流程图

Fig. 2 Create flowchart of concave stepped joint

2.3 基础模型创建

根据图 1 中各尺寸参数值, 利用参数化建模方法, 创建公称通径为 10 的凹台阶接头作为基础模型。首先对图 1 中的尺寸和参数进行分析, 将特征参数分为主参数和次要参数, 用主参数控制和约束次要参数, 为参数驱动实例模型自动生成打下基础。然后根据确定好的参数, 结合凹台阶接头形状, 选择合适的特征创建凹台阶接头基础模型。由于凹台阶接头只用于虚拟装配示意, 而不用于生产加工, 凹台阶接头中的某些细节特征即便忽略也不影响整体的质量计算, 比如小倒角、螺纹等, 所以在创建凹台阶接头时应尽量减少特征数量, 特征间尺寸宜用关系表达式表示。

凹台阶接头基础模型创建完成后, 三维模型的尺寸名称是 Pro/E 系统自动生成。为了便于对尺寸进行管理, 需要根据凹台阶接头的标准文件

对模型尺寸进行重新命名, 使尺寸名称与标准中的名称保持一致。在同一模型中, 尺寸名称是唯一, 尺寸名称不能使用非法符号, 例如: “DD.5” 应该编辑为 “DD_5”。创建完成的带尺寸名称的凹台阶接头基础模型如图 3 所示。

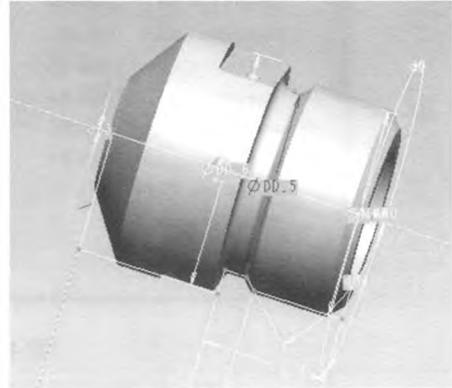


图 3 创建完成的凹台阶接头基础模型

Fig. 3 Basic model to create concave stepped joint

2.4 族表结构创建

利用族表功能选择需要驱动生成的尺寸, 将标准文件中的参数值填写到族表对应项目中。族表主要包含 2 个部分: 基础对象和实例对象。族表的所有成员都以基础对象为基础, 根据基础对象在表格中创建族表的实例对象。图 4 是凹台阶接头族表结构图。

从图中的族表中可看出, 第一行是表头, 列出了各列的参数名称。从第二行起, 每一行表示一个公称通径的规格的凹台阶接头的具体尺寸, 也就是说每一行表示一个规格的凹台阶接头, 称之为一个实例, 其中第二行是基础模型的可变项目及其取值。“实例名”列是该种材料包含所有公称通径的凹台阶接头的实例名称, “公用名称”列是凹台阶接头的中文名称。从第四列开始, 每一列都是凹台阶接头的同一个可变项目的取值。

当创建族表时, Pro/E 软件实际上并不会为每一个实例创建单独的零件模型文件, 所有的实例都是虚拟的。当打开具体实例文件时, Pro/E 软件会先打开基础模型, 然后根据族表中该实例的可变参数再生出具体的实例模型。

类型	实例名	公用名称	d1 M	d9 DD_	d10 DD_1	d11 DD_2	d31 DD_5	d5 DD_6
	QDA97-3-2005_B_F	凹台阶接头	22.00	10.00	12.00	15.00	19.70	25.00
	QDA97-3-2005_B_F_4	凹台阶接头	16.00	4.00	6.00	9.00	13.70	17.00
	QDA97-3-2005_B_F_6	凹台阶接头	18.00	6.00	8.00	11.00	15.70	19.00
	QDA97-3-2005_B_F_8	凹台阶接头	20.00	8.00	10.00	13.00	17.70	22.00
	QDA97-3-2005_B_F_10	凹台阶接头	22.00	10.00	12.00	15.00	19.70	25.00
	QDA97-3-2005_B_F_12	凹台阶接头	24.00	12.00	14.00	17.00	21.70	27.00
	QDA97-3-2005_B_F_14	凹台阶接头	27.00	14.00	16.00	19.00	24.70	30.00
	QDA97-3-2005_B_F_15	凹台阶接头	30.00	15.00	19.00	22.00	27.70	33.00
	QDA97-3-2005_B_F_16	凹台阶接头	30.00	16.00	19.00	22.00	27.70	33.00
	QDA97-3-2005_B_F_18	凹台阶接头						

图 4 凹台阶接头族表结构

Fig. 4 Structure of family table for concave stepped joint

2.5 三维模型实例校验

为了保证三维模型尺寸参数完全正确，相互之间不存在冲突，需要对三维模型的每个实例进行校验。Pro/E 软件提供有实例校验功能，能根据族表中的参数自动对所有实例进行校验，并在校验窗口显示校验结果。如果校验失败说明此实例零件的尺寸有误，需要修改族表中该实例尺寸的参数值直至校验成功。

2.6 三维模型管理

在凹台阶接头三维模型创建过程中，首先根据材料生成不同的基础模型，然后再根据规格和基础模型生成实例模型，这样会生成一系列的三维模型文件。为了便于维护和管理，需要将这些模型文件检入到 PDM 系统（如 Intralink 系统）中进行管理，并设置模型的生命周期状态为“已发行”。这样模型就处于受控状态，设计可以使用但不能修改它。如果没有 PDM 系统，需要建立一个共享的文件夹，将所有凹台阶接头三维模型保存其中进行管理。同时，给模型文件分配访问权限，允许设计人员按照授权在产品设计中引用该模型进行装配。

3 凹台阶接头三维模型的使用

通过利用 Pro/E 族表创建的凹台阶接头，保

存后在工作目录中只能看到一个保存文件，看不到每个实例的保存文件。

在产品的设计过程中，如果需要使用凹台阶接头，可以在共享文件夹中打开所需材料的三维模型文件，或者登录到 PDM 系统中，打开所需材料的凹台阶接头的目标文件，比如 Q/Da97.3-2005_F.prt，根据公称通径选择所需规格的凹台阶接头实例模型进行装配，如图 5 所示。



图 5 凹台阶接头族表调用

Fig. 5 Call of family table for concave stepped joint

4 结论

利用 Pro/E 软件参数化设计和族表功能, 结合凹台阶接头的技术标准, 对不同材料和不同公称通径规格的台阶型导管连接件进行快速建模, 创建系列化台阶型导管连接件三维模型。在发动机设计过程中通过族表调用可以快速选择所需规格的凹台阶接头, 不需要重复建模, 提高了设计效率, 加快产品研制周期。对于发动机设计过程中其它的形状特征基本相同仅具体尺寸和参数不同的零件, 也可以采用这种方法进行三维建模, 统一建立系列化的三维模型, 直接提供设计人员使用。

参考文献:

- [1] 黄德臣, 孟宪丽. 机床夹具参数化标准件库的开发[J]. 装备制造技术, 2012 (12): 54-57.
- [2] 吴娜. 基于 Pro/E 的注塑模标准件库与模架库的开发[D]. 太原: 太原理工大学, 2012.
- [3] 翁剑成, 张赞. 基于 Pro/E 的组合夹具三维标准件库的建立[J]. 制造业自动化, 2011 (6): 30-33.
- [4] 杨雪春, 王海彬, 董懿琼. 基于 Pro/E 建立标准件库的方法[J]. 机床与液压, 2010 (1): 9-10.
- [5] 肖黎明. Pro/ENGINEER 野火版零件设计完全解析[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2009.
- [6] 韩斌慧, 张群. 基于 SolidWorks 的 M24 丝锥实体造型[J]. 工具技术, 2009, 43(2): 83-84.
- [7] 韩玉芹, 朱育林. 基于 Pro/E 中的族表技术建立相似零件库[J]. 机电产品开发与创新, 2009 (3): 7-8.
- [8] 钟日铭. Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 完全实例解析[M]. 北京: 机械工业出版社, 2008.
- [9] 黄洁琼, 杨浩泉, 李龙根. Pro/E 中注射模标准件库的参数化创建方法[J]. 上海第二工业大学学报, 2007(1): 17-20.
- [10] 沈斌, 麻连荣, 官大. 基于 Pro/E 二次开发的零件参数化设计技术[J]. 机械设计与制造, 2007 (2): 40-42.
- [11] 李延锋, 赵韩, 董玉德. 应用 Pro/Intralink 建立产品数据管理系统的研究[J]. 机械与电子, 2006, 20 (12): 66-69.
- [12] Parametric Technology Corporation. Pro/ENGINEER Wild-fire online help[M]. USA: PTC, 2003.

(编辑: 陈红霞)

(上接第 52 页)

- [2] CZYSZ P A, LITTLE M J. Rocket based combined cycle engine (RBCC)-a propulsion system for the 21st century, AIAA1993-5096[R]. USA: AIAA, 1993.
- [3] EHRLICH C F. Early studies of RBCC applications and lessons learned for today, AIAA 2000-3105[R]. USA: AIAA, 2000.
- [4] KODERA M, OGAWA H, TOMIOKA S, et al. Multi-objective design and trajectory optimization of space transport systems with RBCC propulsion via evolutionary algorithms and pseudo spectral methods, AIAA 2014-0629[R]. USA: AIAA, 2014.
- [5] 吕翔. RBCC 推进系统总体设计方法研究 [D]. 西安: 西北工业大学, 2008.
- [6] 张蒙正, 张攻, 严俊峰, 等. RBCC 动力系统工作模态问题[J]. 火箭推进, 2015, 41(2): 1-6.
- [7] 金志光, 张堃元, 刘媛. 马赫数 4~7 的高超声速侧压式进气道气动设计与性能[J]. 航空动力学报, 2011, 26(6): 1201-1208.
- [8] VOLAND R T, ROCK K E, HUEBNER L D, et al. Hyper-X engine design and ground test program, AIAA 1998-1532 [R]. USA: AIAA, 1998.
- [9] FALEMPIN F, SERRE L. French flight testing program LEA status in 2009, AIAA 2009-7227 [R]. USA: AIAA, 2009.
- [10] BULMAN M, SIEBENHAAR A. The strutjet engine: exploding the myths surrounding high speed airbreathing propulsion, AIAA 1995-2475[R]. USA: AIAA, 1995.
- [11] KANDA T, TOMIOKA S, UEDA S, et al. Design of sub-scale rocket-ramjet combined cycle engine model, IAC-05-C4.5.03[R]. [S.l.]: IAC, 2005.
- [12] 刘晓伟. 火箭基组合循环(RBCC)动力宽适应用性进气道研究[D]. 西安: 西北工业大学, 2010.
- [13] HASS N E, SMART M K, PAULL. A flight data analysis of Hyshot2, AIAA 2005-3354[R]. USA: AIAA, 2005.
- [14] 王翼. 高超声速进气道启动问题研究[D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2008.

(编辑: 王建喜)