

引用格式:刘学智,李延蕊.基于UG NX的机载光电产品转塔结构参数化设计[J].电光与控制,2017,24(7):108-112. LIU X Z, LI Y R. UG NX based structure parametric design of airborne optoelectronic turret[J]. Electronics Optics & Control, 2017, 24(7):108-112.

## 基于UG NX的机载光电产品转塔结构参数化设计

刘学智, 李延蕊

(中国航空工业集团公司洛阳电光设备研究所,河南 洛阳 471000)

**摘要:**通过对所有转塔类光电产品结构的梳理分析,确定对某典型结构转塔进行结构参数化设计技术的研究。提取转塔典型零部件的结构顶层特征参数,建成转塔零部件的三维参数化结构设计模型和零件工程图参数化设计模型,并经验证和测试,取得了令人满意的效果。通过嵌入UG NX软件中的二次开发模块,实现对参数化设计模型的数据库管理,使这种建好的参数化设计模型成为公共资源。

**关键词:**机载光电产品;结构设计;顶层参数;参数化设计;表达式链接;WAVE技术

**中图分类号:** TP391.72 **文献标志码:** A **doi:**10.3969/j.issn.1671-637X.2017.07.023

## UG NX Based Structure Parametric Design of Airborne Optoelectronic Turret

LIU Xue-zhi, LI Yan-ru

(Luoyang Institute of Elector-Optical Equipment, AVIC, Luoyang 471000, China)

**Abstract:** Study was made to structure parametric design of the airborne turret with a certain typical structure. The top-level characteristic parameters of components and parts of the turret were extracted, and the 3D parametric design models of them were established. Experimental results showed the effectiveness of the method. Database management of the parametric model was implemented by using the secondary development module of UG NX. Therefore, the models can be used as common resources.

**Key words:** airborne optoelectronic platform; physical design; top-level parameters; parametric design; expression link; WAVE technology

### 0 引言

计算机辅助设计(CAD)技术是现代设计的必备工具,在国内外企业中得到了越来越多的应用。然而,虽然现有的CAD技术应用已经在很大程度上改变了传统的设计理念,但大多数企业并未实现真正意义上的参数化设计,只有实现该设计,才能缩短产品设计周期,大幅度降低设计成本。参数化设计技术作为一项先进的技术必将得到越来越广泛的应用。

参数化设计已经在国内外的汽车、建筑、航空航天等行业得到应用。其中建筑行业相对应用较多,但应用程度多停留在典型零件的参数化设计阶段,部件、组件参数化设计应用相对不多,设计的参数化模型也没有通用性。传统设计方法已满足不了产品周期越来越短的需求,因此,参数化设计得到越来越广泛的应用是

技术发展的趋势。

UG是一套功能强大的三维CAD/CAM/CAE软件系统,其内容涵盖了产品从概念设计、工业造型设计、三维模型设计、分析计算、动态模拟与仿真、工程图输出到生产加工成产品的全过程,其应用范围涉及机械、航空航天、汽车、造船、通用机械、医疗器械和电子等诸多领域。

转塔是结构复杂的光电产品,其结构设计亦是个复杂的过程。典型转塔结构是为适应市场需求,当产品外形尺寸(如球径、高度)发生变化,轴系部件的标准外购件(如轴承、电机等)的尺寸发生变化时,可对其零件及装配进行结构的参数化设计。针对不同的设计需求,依靠该结构的全局设计参数,快速、自动地完成整个装配结构设计。本文用UG NX7.5软件中CAD部分的Modeling, Assembly, PMI模块和Drafting模块进行光电产品转塔结构的参数化设计研究。

本文对光电产品转塔的典型结构参数化设计及应用情况进行了论述<sup>[1-18]</sup>。

收稿日期:2015-12-14

修回日期:2016-08-10

作者简介:刘学智(1963—),男,河南许昌人,高工,研究方向为陀螺及自控技术。

### 1 参数化设计流程

进行零件及装配的结构参数化设计之前,需先对整个产品结构进行分析梳理,找出可以进行参数化设计的零部件,这些零部件主要为构成产品架构及外形的框架类、壳体类零件及结构形式基本固定的轴系类部件,然后进行结构的参数化设计工作。结构参数化设计流程如图1所示。

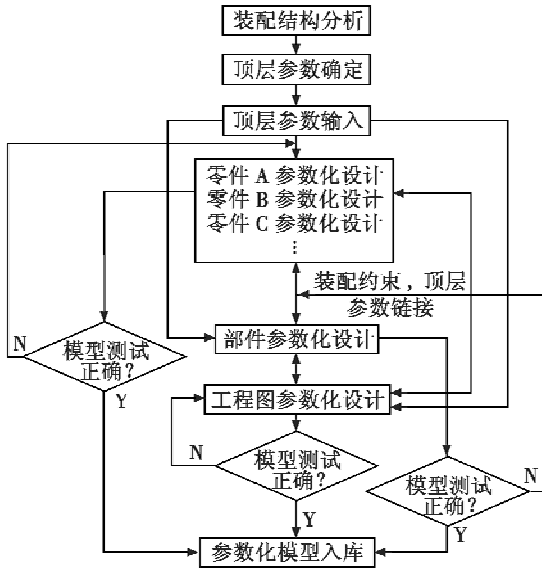


图1 转塔结构参数化设计流程图

Fig.1 Flow chart of turret structure parameter design

### 2 转塔参数化设计过程

某光电产品转塔的结构参数化设计包括零件和装配设计。其中:零件设计分为标准外购件和加工零件三维模型参数化设计;装配设计包括轴系部件、壳体部件、组件三维模型参数化设计和零件工程图参数化设计。

#### 2.1 零件参数化设计

##### 2.1.1 装配结构分析

零件进行参数化设计之前,首先对装配结构进行分析,找出装配中关键核心零件,先对其进行设计,装配中其他零件设计在核心件大致构型完成后同时进行。分析零件在装配中的位置和相邻零件之间的关系,图2为其轴系部件中各零件相对位置关系剖视图。

在图2轴系部件中可以看到,中心轴是该部件的核心件,它的外面装有轴承,该部件中所有的零件都是围绕着中心轴和轴承的安装进行设计的。

##### 2.1.2 顶层参数选取及保存

不管是零件设计还是装配设计,设计之前首先要对零件及装配进行整体结构分析,来确定顶层参数。

标准零件的顶层参数确定,一般是标准零件的外形尺寸,如轴承的顶层参数选轴承的内外径及厚度;设

计零件的顶层参数确定,依据其在装配中的位置、作用来确定。如轴类零件,是为了安装轴承所用,如轴承压圈,它的顶层参数就是轴承的直径和厚度;而壳体零件在装配中起着确定外形的作用,因此,产品的外形尺寸可以作为壳体零件的顶层参数;装配的顶层参数的确定,是以装配中包含零件的顶层参数来确定。

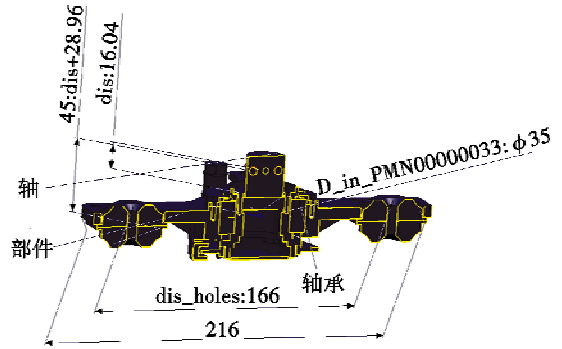


图2 轴系部件剖视图

Fig.2 Section view of a shafting component

顶层参数的表示方式,可以用用户命名表达式来表示。如  $D\_in\_PMN00000035 = 127$  表示轴承的内径,  $D\_out\_PMN00000035 = 142.875$  表示轴承的外径,  $T\_PMN00000035 = 7.937$  表示轴承的厚度。

顶层参数表达式建好以后,可以为设计零件本身所用,也可以为其他零部件的参数化设计所用。因此,需要妥善保存,其他零部件参数化设计时可直接导入使用。可以导出表达式到文本文件\*.exp进行表达式的保存,可编辑文本文件,删除多余表达式,还可添加汉字文本注释。

##### 2.1.3 数据传递方式

参数化设计的关键,就是数据在零部件之间的传递。转塔参数化设计采取表达式链接和 WAVE 技术两种数据传递方式混合使用。表达式链接传递数据,就是改变顶层表达式的值,和其表达式进行链接的零部件的相应特征都相应发生更改;WAVE 技术就是在零部件间拷贝相关联的特征,使相关特征的各个零件同时发生更改。

##### 2.1.4 零件参数化设计

转塔零件参数化设计包含标准外购件参数化设计、轴系零件参数化设计和壳体零件参数化设计。如某轴系部件中心轴的设计,先通过表达式输入的方式得到顶层参数,即轴承的内外径和厚度,然后开始零件参数化设计。零件参数化设计要始终考虑零件在装配中的位置进行。其中,中心轴的轴向尺寸中间段安装2个轴承,所以厚度和轴承厚度的2倍相关,其直径尺寸和轴承内径相同,上段轴的长度和孔到端面的距离相关,其他径向尺寸都和轴承内径相关联。关联设计

可以随时根据设计意图进行修改,得到初步设计的中心轴参数化模型。

## 2.2 装配参数化设计

装配参数化设计,包括部件、组件和零件工程图的数据化设计。

首先进行装配结构分析,一般装配设计先设计装配中的框架支撑零件,其他零件在此基础上进行设计。顶层参数以装配中零件包含的所有顶层参数为准进行筛查,不影响整体装配的参数可以只用在零件设计中,装配中可以删掉。装配参数化设计,可以采用自上而下和自下而上相结合的方式建模。自上而下建立模型,即先建装配,再在装配中建立零件模型;自下而上建模,即零件模型建好后,再装配在一起。根据装配中的标准外购件,再装配粗略建立装配的各个零件,然后再分别对零件进行详细参数化设计。由于装配中各个零件之间都有着相互联系,如果只用顶层参数表达式来进行参数传递,顶层参数就会很多,但结合 WAVE 技术进行零件边界特征的传递,能够减少很多参数,使参数化设计相对清晰可用。图 3 为装配中利用表达式链接的数据传递方式,WAVE 技术链接可在装配树中显示。

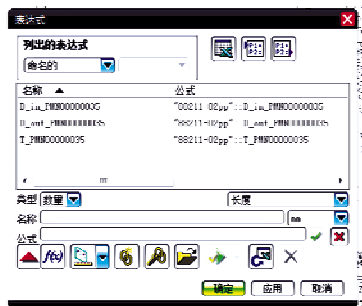


图 3 表达式链接方式实现数据传递

Fig. 3 Expression way link for data transmission

## 3 参数化模型测试

参数化模型设计完成后,设计工作只能算完成了一部分,还需对参数化模型进行测试,测试后如模型拓扑结构正确,参数化设计才算基本完成。

### 3.1 零件测试

对零件参数化模型进行测试,在合理数值变化范围内分别或同时改变每一个顶层参数表达式的值,更新模型,零件拓扑结构保持不变,测试结束;如果更改某个顶层参数表达式的值,零件某个特征出现错误,或零件拓扑结构发生变化,需查找错误原因,修改参数化设计模型,重新更改该参数进行测试零件拓扑结构,甚至更改所有顶层参数,直到零件所有特征及拓扑结构不出现错误为止。图 4 为参数化设计零件中心轴在合理范围内改变顶层参数表达式 dis 的值更新后的模

型,该参数化模型未发现问题。

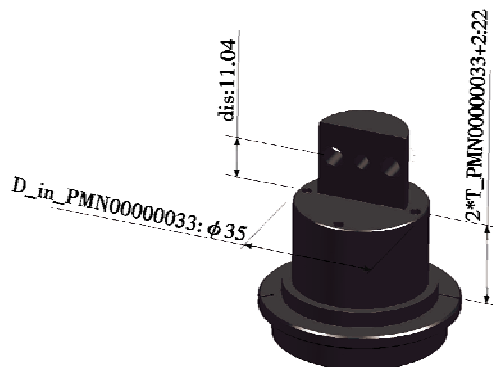


图 4 中心轴参数化模型测试(顶层参数表达式 dis 值改变)

Fig. 4 Center shaft parameterized model test with dis value changed

在合理变化范围内同时改变 3 个顶层参数表达式的值后零件参数化模型如图 5 所示,图 5 为设计有错误的参数化模型。可以看到零件拓扑结构发生了改变,说明参数化零件设计模型的某些特征设计有问题,查找原因,发现拉伸特征和轴的直径没有进行关联,修改拉伸特征使其和轴直径发生关联,从而消除其错误。

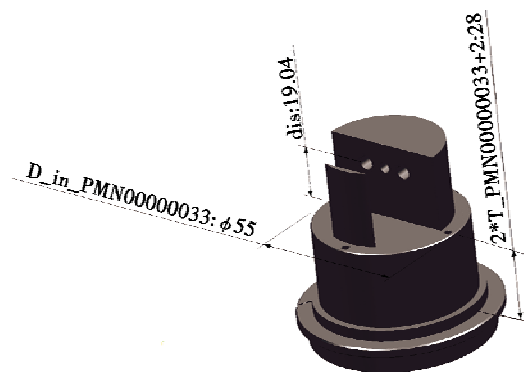


图 5 同时改变 3 个顶层参数的值之后的中心轴零件参数化模型

Fig. 5 Center shaft parts parameterized model with 3 top-level parameters changed

### 3.2 装配测试

部件测试包括如下 3 个方面的内容。

#### 1) 数据传递正确性测试。

部件参数化设计中数据是否能正确传递,是部件参数化设计的关键,即测试部件中零部件的链接关系的正确性。如果链接关系正确,即部件中包含的所有零件都要和部件正确链接。修改部件顶层参数值后,更新部件模型,部件中和顶层参数相关的零件模型都会相应地发生变化;如果装配中有和修改的顶层参数相关的零件不发生改变,除 UG 软件中设置为零部件延迟更新外,还有两个原因:一是零件和部件没有进行表达式链接;二是零部件链接关系不正确。需找出相

应原因,修改到位。

#### 2) 装配约束正确性测试。

通常部件设计完成后,只要零件在装配的正确位置,就算装配正确。但部件参数化设计完成后,需改变顶层参数的值,测试其装配约束的正确性。有些装配零件只是在正确的位置,可能缺少装配约束,或装配约束不正确,一旦部件参数发生改变,零部件位置就会发生变化,整个部件装配就不正确,应通过测试并修改到位。

#### 3) 部件中零件参数化设计正确性测试。

部件修改顶层参数后,和顶层参数相关的零件的某些特征不发生相应改变,如出现干涉等情况,说明参数化设计零件的相应特征没有设计到位,参数化零件需进一步修改完善。

### 4 参数化模型的使用

建立参数化模型是为了应用于实际产品设计。实际设计过程中,如实际设计结构正好和已有的参数化模型相似,可以直接借用相似结构的参数化模型,对参数化模型进行克隆。然后根据实际设计要求,首先在表达式中修改相应的顶层参数,更新模型,得到符合新的设计要求的结构的外形尺寸,完成总体设计。继续修改、添加、删除细节特征,就能完成新产品的详细设计。经过实际设计应用,充分验证了使用参数化模型的设计效率,相比传统设计效率提高了至少3倍。

### 5 关键技术

转塔参数化设计关键技术包括下列方面。

#### 1) 顶层参数的选取技术。

对设计模型进行仔细分析研究,才能确定合适的顶层参数,而且参数化设计过程中,顶层参数要根据实际情况不断调整。

本项研究把壳体参数化设计的顶层参数选为外形尺寸和接口尺寸,如球体直径、外方位组件高度、外俯仰组件高度和机上接口尺寸等,其他在设计过程中根据需要添加。

轴系部件的顶层参数主要选择标准件的外形尺寸作为顶层参数。如轴承的直径和厚度,电机的直径和厚度,还有根据实际安装位置要求确定的顶层参数。如内方位上半轴部件:上半轴安装孔的尺寸必须作为顶层参数提取出来,如果没有这个顶层参数,该部件在转塔装配中的位置就无法确定及修改。顶层参数的调整,需根据设计需求不断进行。

#### 2) 壳体框架零件设计技术。

壳体框架零件结构复杂,各个特征之间有着千丝万缕的联系。参数化设计比较复杂,每个特征的设计

都必须考虑到修改后对后续特征的影响,有时一个零件某个特征的设计就需要反复考虑及修改。

首先,参数化设计必须规范,例如零件设计过程中用到的辅助数据面的设计,如果是中面,就不能用按某个距离的方式来建立,必须是用平分的方式来建立。同时,设计过程中大量使用函数表达式来确定特征之间的几何关系,用条件表达式、表达式抑制来控制特征显示状态,用测量表达式来解决不确定的函数数值的自动调整。

#### 3) 数据传递技术。

部件的参数化设计,就是通过零件和部件之间的数据传递才能实现,通常状态下设计使用的是 WAVE 技术,即把零部件的某些特征拷贝到其他零部件,实现数据之间的传递。这通常在比较复杂的装配中会发生一系列问题,如父部件更新,子部件通常找不到其父部件而无法更新。

转塔参数化设计采用表达式的层层链接和适当运用 WAVE 技术相结合的方式来实现数据从上到下的传递,结合运用两者的长处,这样不但链接关系清晰,而且顶层参数也不会太多,设计模型合理清晰,改变少量顶层参数值,零部件就会正确更新。

### 6 参数化模型管理

参数化模型完成设计、测试后,需在图中标出顶层参数表达式、外形尺寸、名称、使用步骤等才具备入库状态,可以由管理员操作存入参数化数据库。通过嵌入 UG NX 软件内的二次开发模块“UG 参数化建模”对参数化模型进行管理。

参数化库可实现管理员对参数化模型的存放、导出、修改和添加,并可通过日志管理查看参数化模型的具体使用情况,如下载 IP 地址、时间和模型名,并自动统计参数化模型的动态使用。一般用户可在本机上安装“UG 参数化建模”模块查看、导出参数化模型并进行使用。

### 7 结论

本文利用 UG NX 软件建成了转塔零件、部件、组件的参数化结构设计模型。经过自身的测试和实际应用测试,证明参数化模型设计合理可用,并应用数据库进行管理。

转塔结构参数化设计系统可用于产品方案论证阶段的多方案结构设计比较,用于产品总体结构设计或用于产品的结构详细设计。

通过使用转塔参数化设计系统进行实际产品设计可以发现,用传统方法设计产品需要约十天时间,用参

数化模型设计两三天就可完成,设计效率提高了3倍。而且设计差错率减少,产品生产周期也降低。该项研究的成功应用,也为其他成熟零件及部件的模块化设计奠定了基础,对增强产品核心竞争力,亦具有非常重要的意义。

### 参 考 文 献

- [1] 洪如瑾,陈焱. UG CAD 快速入门指导[M]. 北京:清华大学出版社,2004.
- [2] Unigraphics Solutions Inc. UG WAVE 产品设计技术培训教程[M]. 洪如瑾,译. 北京:清华大学出版社,2002.
- [3] 龚勉,唐海翔,赵波,等. UG CAD 应用案例集(NX 版)[M]. 北京:清华大学出版社,2003.
- [4] 章兆亮. UG NX5.0 宝典[M]. 北京:电子工业出版社,2009.
- [5] 杨安春,高新红. UG NX5 中文版软件速通与实训手册[M]. 北京:中国青年出版社,2008.
- [6] 张晓红,刘建潮. UG 软件应用[M]. 武汉:武汉大学出版社,2009.
- [7] 赵波,陈向军,洪如瑾. UG NX4 相关参数化设计培训教程[M]. 北京:清华大学出版社,2007.
- [8] 高航,张耀满,王世杰. 基于UG的CAD/CAM技术[M]. 北京:清华大学出版社,2006.
- [9] 陈德龙,陈大治. UG NX 系统应用技巧[M]. 北京:清华大学出版社,2006.
- [10] 郎代兵. UG NX 汽车自动化设计[M]. 北京:清华大学出版社,2006.
- [11] 辛海霞. 基于 AUTO CAD 的轴结构设计的研究与表现[J]. 广西轻工业,2011(7):45-47.
- [12] 邢亮. 基于 Pro/E 的桁架式臂架结构参数化设计与分析[D]. 武汉:武汉轻工大学,2012.
- [13] 左辉. 基于 Solid-works 的弹头结构参数化设计方法[J]. 兵工自动化,2013(7):6-8.
- [14] 田洪清. 基于 UG 的伸缩式皮带输送机臂架结构参数化设计[J]. 机电产品开发与创新,2014,27(1):62-64.
- [15] 宋玉旺,胡毕,席平. 航空发动机叶片 CAD 技术综述[J]. 航空制造技术,2009(17):52-56.
- [16] 张倩. 某核心机结构参数化设计与盘轴优化设计技术研究[D]. 南京:南京航空航天大学,2014.
- [17] 李平平,席平. 特征建模在航空发动机典型结构件参数化设计中的应用[J]. 航空制造技术,2005(3):81-83.
- [18] 付宝莹,朱珊莹. 基于 AUTO CAD 的发动机制作支撑脚参数化设计[J]. 机械工程与自动化,2008(5):60-62.
- (上接第 104 页)
- [4] 朱承希,李阳,施家明. 基于光机热集成分析法的红外成像系统热设计[J]. 红外技术,2015,37(5):380-386.
- [5] 卫星. 某型光电探测系统可靠性增长评估[J]. 电光与控制,2012,19(8):86-89.
- [6] 宋蓓莉,杨电,赵先明,等. 热分析在光电模块可靠性设计上的应用研究[J]. 激光与光电子学进展,2011,48(7):61-67.
- [7] 涂创. 光电产品的可靠性仿真试验[J]. 舰船电子工程,2012,32(8):115-117.
- [8] 张镜洋,常海萍,王立国,等. 小卫星瞬态热分析模型修正方法[J]. 中国空间科学技术,2013,33(4):24-30.
- [9] 王开山,李传日,郭恒辉,等. 基于相关性分析的 PCB 热力学模型修正[J]. 装备环境工程,2014,11(5):119-124.
- [10] 施道云,杨光,张卫国,等. 基于 Isight/Fluent 联合仿真的热模型修正方法研究[J]. 科学技术与工程,2016,16(4):205-209.
- [11] 许国太,闫春杰,霍英杰,等. 空间用斯特林制冷机结构的发展[J]. 真空与低温,2008,14(3):167-171.
- [12] 仰叶,朱魁章,刘婷,等. 红外探测器封装技术[J]. 低温与超导,2010,38(12):4-8.
- [13] 陆彭飞,刘向农,王铁军. 小型分置式斯特林制冷机理论冷量的计算方法[J]. 低温与超导,2008,36(11):17-20.
- (上接第 107 页)
- [3] JONES D R, PARRISH R V. Simulator comparison of thumbball, thumb switch and touch screen input concepts for interaction with large screen cockpit cockpit display format[J]. NASA Technical Memorandum, 1990(10):125-136.
- [4] CONI P, LALUQUE L, PERBET J N, et al. Capacitive touch-screen under electromagnetic environment [C]//Euro Display Conference, 2011:67-82.
- [5] BARCO. Touch future leaflet[EB/OL][2016-09-10]. <http://www.barco.com/~media/Downloads/Brochures/2012>.
- [6] MERTENS M, DAMVELD H J, BORST C. An Avionics touch screen based control display concept [C]//Proceedings of SPIE-The International Society for Optical Engineering, 2012:83830L-1-83830L-13.
- [7] Department of Transportation Federal Aviation Administration. AC 20-175 controls for flight deck systems[S]. Washington DC:FAA Aircraft Certification Service, 2011.
- [8] 中国民用航空局. CCAR-25-R4 中国民用航空规章第 25 部:运输类飞机适航标准[S]. 北京:中国民用航空局, 2011.
- [9] BARBE J, WLOFF M, MOLLARD R. Human centered design approach to integrate touch screen in future aircraft cockpits [C]//International Conference on Human-Computer Interaction; Interaction Modalities and Techniques, 2013:429-438.