

基于 NX 的挖掘机斗杆参数化建模与强度仿真分析

张 俊,吕 震,谭孝天

(浙江大学城市学院 工程学院,浙江 杭州 310015)

摘要:为缩短挖掘机的设计周期,满足用户在设计中时常更新关键参数的需求,基于 Siemens NX 的 PTS 模块和 WAVE 功能,构建了大型挖掘机斗杆的可重用参数化设计模型;利用 PTS 和 WAVE 强大的交互操作功能实现了无代码的可重用系统的编制;最后通过动态强度的仿真验证了模型的可靠性。

关键词:挖掘机;斗杆;NX;参数化;强度仿真

中图分类号:TH122;TU621 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-5322(2019)01-0027-05

挖掘机是开挖土壤的施工机械,主要用于筑路工程中的堑壕开挖,水利工程中的河道疏浚,露天开采中的矿石挖掘等,具有高产量、高速度、高效能等优点^[1]。从近几年工程机械的发展来看,挖掘机已经成为工程建设中最主要的工程机械之一^[2]。据统计,目前工程施工中约 60% 的土石方量靠挖掘机完成^[3]。

挖掘机主要由斗杆、铲斗、动臂、回转平台、动力传动装置、行走机构等部件组成,其中斗杆是连接动臂和铲斗的关键部件,其结构复杂,设计时往往会花费大量的人力和财力^[4]。为了在较短的时间内完成复杂结构的系列产品设计以应对迅速变化的市场需求,针对挖掘机主要零部件模型的快速参数化设计的研究已经成为科研工作者重要的研究领域。

参数化设计思想从 20 世纪 70 年代开始出现,目前已经在国内外多种商业建模软件中得到广泛的应用。参数化设计思想在挖掘机主要零部件模型设计上的研究主要有:Solazzi^[5]通过评估和测量挖掘机机械臂各个部件的尺寸,根据机械原理建立了挖掘机的 CAD 模型;王水林^[6]使用 NX 二次开发工具对矿用挖掘机进行了二次开发;文卫星^[7]采用表达式的参数化方法建立了挖掘机工作装置的设计模块;陈饪尘^[8]在 NX 平台

上通过二次开发工具开发了挖掘机工作装置的参数化设计平台。本文在挖掘机传统设计经验的基础上,利用 NX 的 WAVE 和 PTS 模块功能,构建了挖掘机关键部件斗杆的参数化可重用设计模型。该模型可完成全新的关联尺寸的同步修改变形功能,缩短了挖掘机斗杆变型设计周期,提高了斗杆再设计效率。

1 斗杆参数化模型

1.1 Siemens NX 技术

Siemens NX 是一个交互式 CAD/CAE/CAM 系统,它功能强大,可以轻松实现各种复杂参数化实体及模型建构,已被多学科科研工作者广泛使用^[9]。WAVE(What-if Alternative Value Engineering)是 NX 中一个功能强大的模块,可实现产品装配组件间关联建模,Top-down 自顶向下的建模方式是 WAVE 的指导思想,它使得在产品零部件间进行自顶向下的关联设计成为可能^[10];PTS(Product Template Studio)是 NX 中一个无代码实现人机交互设计的功能模块,通过 PTS 创建产品模板,可显著提高设计知识的重用度,使得面向对象的可视化参数设计成为可能。这些功能模块可以全面改善设计过程的效率,削减成本,并缩短进入市场的时间。

收稿日期:2018-08-21

基金项目:浙江省教育厅科研项目(Y201839021);浙江省高校实验室工作研究项目(YB201827);浙江省教科规划(高校)研究课题(2019SCG196)

作者简介:张俊(1983—),男,浙江金华人,实验师,硕士,主要研究方向为 CAD/CAM/CAE 一体化应用。

1.2 斗杆参数化模型的功能组成

斗杆是挖掘机的重要组成部分,主要由根脚支架、前端支架、中间支架以及各个连接板所组成,如图 1 所示。构建的斗杆参数化模型必须达到使用简单、方便,不会造成参数控制混乱的设计效果,并实现以下几个功能:

(1)在 NX 装配导航器中通过“编辑可重用组件”,打开模板浏览器后,可修改相关组件内的关键尺寸参数,从而模型可随之更新;

(2)当斗杆顶层模型的尺寸修改后,底层各子部件模型也将随之更新;

(3)当斗杆子部件模型的尺寸修改之后,与之相关联的同级模型也随之修改,从而带动斗杆顶层模型的更新;

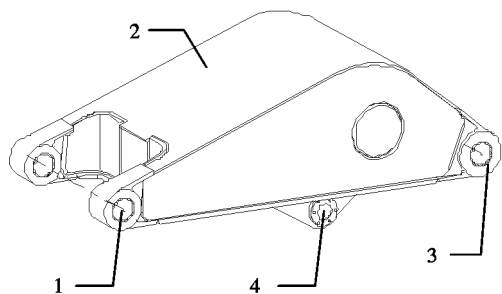


图 1 斗杆组件

Fig.1 Stick assembly

1.3 斗杆参数化模型设计流程

1.3.1 参数化装配模型构建

首先通过对比多系列挖掘机中斗杆零部件的主要参数,选取经常变动的参数作为重要控制参数,利用 WAVE 功能自顶向下的建模方式建立重用部件的参数化装配模型。

1.3.2 交互式对话框构建

通过使用 NX/PTS 模块,采用无代码对话框设计技术,完成斗杆模型的交互式对话框构建;再在对话框中配上相关视图和主要参数,来实现驱动和修改部件模型的功能。

2 基于 WAVE 的参数化装配模型构建

参数化建模是 CAD 技术的核心,参数化模型是使用 PTS 制作产品模板的前提,是实现知识重用的关键。参数化建模的关键在于运用参数、公式、链接、特征等来驱动和改变模型。目前绝大多数的 CAD 软件都具有参数化建模的功能,在 Siemens NX 系统中,WAVE 就是其自顶向下的参数

化装配建模的功能模块。

2.1 斗杆总体控制尺寸的选定

总体控制尺寸主要指影响产品功能和结构的参数。在运用 NX/WAVE 功能对挖掘机斗杆进行参数化建模时,首先依托挖掘机斗杆传统设计所积累的经验对斗杆的结构设计需求进行分析,再根据斗杆结构特点确立斗杆根脚支架孔为坐标原点,进而得出总体控制尺寸 L_1 (前端支架孔相对坐标原点的水平坐标)、 L_2 (中间支架孔相对坐标原点的水平坐标)、 H (中间支架孔相对坐标原点的垂直坐标),如图 2 所示。

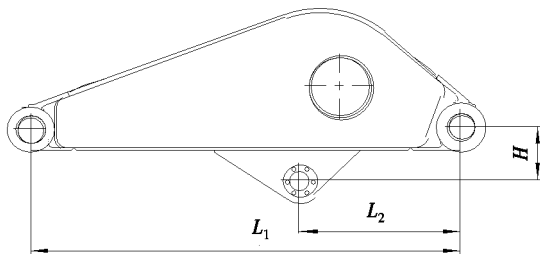


图 2 斗杆总体控制尺寸

Fig.2 Overall control size of the stick

2.2 斗杆关联结构的确定

挖掘机斗杆组成结构较为复杂,为了表现斗杆清晰的关联设计结构,方便设计人员操作和管理,根据斗杆对称的结构特点、各零部件间草图、基准的相互关联关系,定义了斗杆部件和零件间的控制结构关系,如图 3 所示。

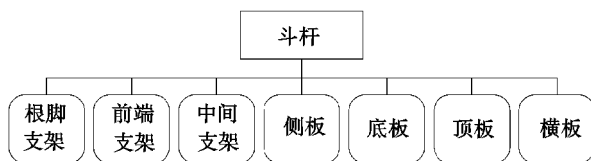


图 3 斗杆零部件关联结构图

Fig.3 Stick component related structure diagram

2.3 基于 WAVE 的斗杆参数化装配模型构建

挖掘机斗杆的参数化建模按照关联结构图,采用 Top-down 的设计方法,运用 NX/WAVE 功能模块分两层来顺序构建。

(1)首先运用 NX 的建模模块创建挖掘机斗杆的三维空模型并命名为“dougan”,将此作为整个装配模型的顶层组件;再利用表达式、基准及草图功能在空模型中创建斗杆的 3 个总体控制尺寸,如图 4 所示。

(2)利用 WAVE“新建级别”功能新建斗杆各子部件,分别命名为“genjiaozj”“qianduanzj”

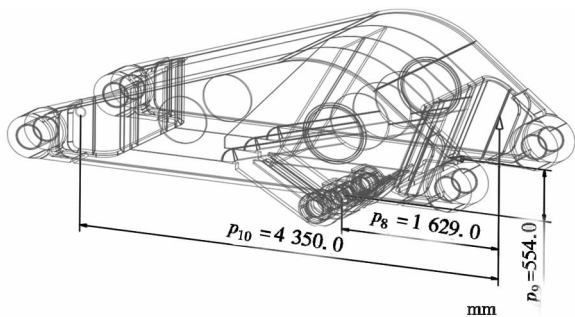
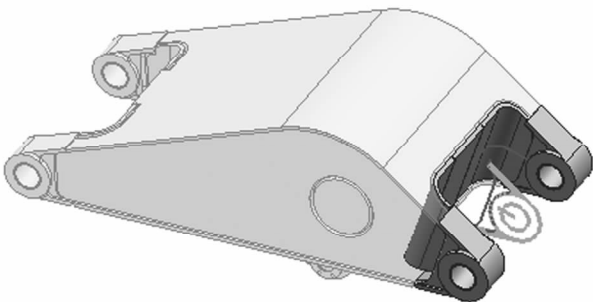


图 4 总体控制尺寸创建
Fig.4 Overall control size creation

“zhongjianzj”“ceb”“dib”“dingb”“hengb”,作为装配模型的底层组件;再使用 WAVE 几何链接器将顶层组件的几何特征关联复制到新建的各个底



图 5 底层根脚支架参数化模型构建
Fig.5 Parametric model construction of root foot support



2.4 斗杆二维工程图创建

在挖掘机斗杆的实际工程设计过程中,当其零件的三维模型创建好之后,还要设计制作符合相应标准和规范的二维工程图,并进行尺寸及公差标注、注释、显示样式、属性填写等操作,然后对创建好的挖掘机斗杆二维工程图进行另存。

3 基于 PTS 的交互式对话框构建

PTS 模块是 NX 面向用户、无需代码的参数化对话框设计工具。在 NX 中建立的表达式、草图数据等只需通过简单的拖动就可传递给 PTS,最终生成拥有视图显示、数据输入等功能的用户参数对话框界面。这个用户界面可以直接嵌入 NX 装配模型文件中,使用者通过简单的界面操作可实现修改模型参数的功能。

斗杆的 PTS 对话框设计主要分为以下几个步骤:(1)启动 PTS,导入斗杆参数化模型;(2)双击模型缩略图进入操作界面,在工作区域中添加类型块、组、分割符、位图等项目;(3)在模型操作界面,采用拖放功能将参数化建模时建立的相关

层组件中,再加上新建的草图共同创建底层几何特征。

现以根脚支架为例,其参数化模型的创建如图 5 所示。需要注意的是草图的创建必须符合规范,并保证全约束,而不能有虚约束和过约束。全约束的方案设计可能有多种,需要根据设计经验,选取一种较为合理的全约束方式,以达到设计要求。另外,底层各个子部件间也可能需要 WAVE 相互关联,以达到同步更新的目的。

当顶层模型的尺寸修改后,与之关联的各子部件模型也随之改变;当底层模型尺寸修改后,与之关联的底层子部件模型亦同步更新,从而实现装配级的参数化建模。

尺寸、表达式等拖放至对应的组中;(4)添加之前创建好的二维工程图进入 PTS,建立模型和二维图之间的联系。

根据斗杆的 PTS 对话框设计步骤,得到斗杆顶层总体控制尺寸以及底层根脚支架尺寸设计对话框如图 6 所示。

4 斗杆参数化模型运行

启动 NX,打开“dougan. prt”文件,在建模环境下的装配导航器中选择顶层组件,鼠标右键选择“编辑可重用组件”调出模板浏览器,进入参数化建模对话框;双击打开的模板浏览器中顶层和底层的各个组件,修改相应的尺寸即可实现模型及二维工程图的关联更新。

以斗杆总体控制尺寸 L_1 为例,修改前后模型对比如图 7 所示。

5 基于 UG/Open 的菜单栏创建

UG/Open 是系列 UG NX 开发工具的总称,它为用户或第三方开发人员提供了开发工具。

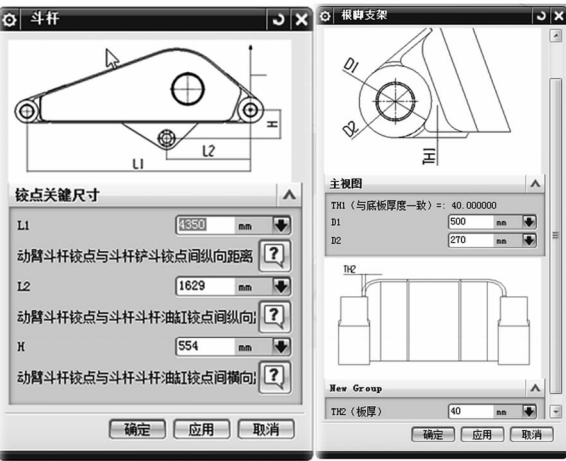


图 6 斗杆总控尺寸与根脚支架尺寸设计对话框
Fig.6 Stick overall control size and root bracket size design dialog

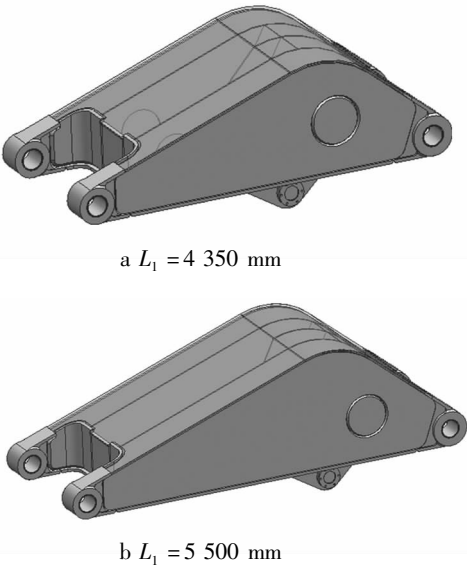


图 7 L_1 修改前后的模型对比图
Fig.7 Model comparison chart before and after L_1 modification

基于 UG/Open 的斗杆的菜单栏设计有“打开文件”“编辑可重用组件”“测量部件重量”“导出 X_T 文件”等功能,系统使用者利用这些功能模块可以便捷地完成参数化模型的创建、修改、称重和导出工作,为下一步动态强度仿真提供模型支持。

斗杆菜单栏效果如图 8 所示。

6 模型动态强度仿真分析

为验证斗杆部件是否达到设计的强度要求,采用有限元分析软件 ansys 以及运动学仿真软件 adams 联合仿真对斗杆进行动态强度分析,步骤如下:

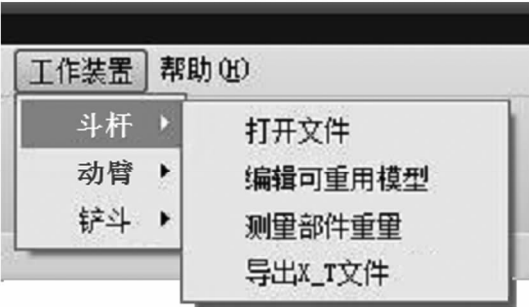


图 8 斗杆菜单栏效果图
Fig.8 Stick menu bar renderings

(1) 利用 NX 导出 X_T 格式的简化斗杆模型文件,并导入 ansys,进行网格划分,创建一个斗杆的 .mnf 模式中性文件,并将其导入 adams 软件,与工作装置的铲斗和动臂部件进行装配;

(2) 在斗杆与铲斗和动臂之间添加旋转副约束,斗杆、动臂和铲斗与各自驱动缸铰接处添加旋转副约束,驱动缸缸体与活塞杆之间添加滑动副约束;

(3) 在滑动副上添加驱动并由相应的驱动函数控制,在斗杆上添加重力载荷;

运行 5 s 仿真得到在平推工况、挖掘工况以及举升工况下的应力变化情况,对比分析可得斗杆的最大应力时刻发生在挖掘工况下。

图 9 为斗杆在挖掘工况下最大应力时刻的应力云图以及相应的应力热点信息图。

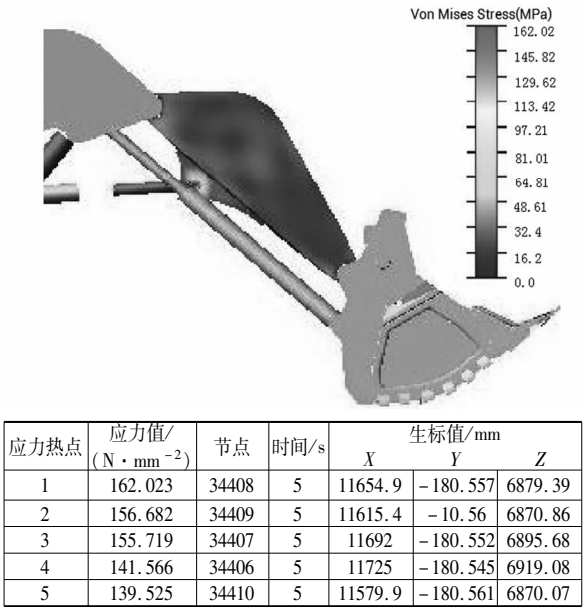


图 9 斗杆挖掘工况最大应力时刻应力云图及应力热点信息
Fig.9 Stress diagram & hot spots information of the maximum stress moment of stick

由图 9 可知,斗杆应力最大值 162.02 MPa 出现在斗杆的中间支架与液压缸的铰接处,并未超出斗杆材料的应力极限 300 MPa,符合设计要求。

7 结论与展望

利用 NX/WAVE 技术,通过表达式建立、参数关联、特征链接的方法实现了挖掘机斗杆模型的参数化构建;利用无需代码的 NX/PTS 模块创建了斗杆的交互式对话框,通过动态强度仿真验

证了利用本模型设计的斗杆符合强度要求。
整个参数化模型实现了顶层模型尺寸修改带动关联子部件模型同步修改、底层模型尺寸修改带动关联的底层模型同步修改的功能,交互式对话框界面简洁、操作简单,动态强度仿真符合设计要求,挖掘机关键部件的再设计效率大幅提高。
在下一阶段,将完成铲斗和动臂的参数化模型构建,以完成整个工作装置的参数化模型开发。

参考文献:

[1] 史春旭,任家骏,谭彬,等. WK 系列挖掘机动臂的参数化设计[J]. 矿山机械,2014,42(12):43-46.
[2] 张红彦,于长志,赵丁选,等. 视景仿真中液压挖掘机与地形的动态交互[J]. 科学技术与工程,2013,13(6):1532-1535.
[3] 韩东霞. 浅析冬季提高挖掘机使用寿命的方法[J]. 科技创新导报,2013(6):84-85.
[4] 邓小林,韦衡冰. 基于 ADAMS 的液压挖掘机工作装置仿真研究[J]. 机床与液压,2013,41(21):129-133.
[5] SOLAZZI L. Design of aluminium boom and arm for an excavator[J]. Journal of Terramechanics, 2010,47(4):201-207.
[6] 王水林. 大型矿用挖掘机工作装置的参数化设计研究[D]. 长春:吉林大学,2008.
[7] 文卫星. 液压挖掘机工作装置的参数化设计与仿真分析[D]. 太原:太原理工大学,2011.
[8] 陈钰尘. 小型液压挖掘机工作装置的参数化设计及仿真分析[D]. 成都:西南交通大学,2010.
[9] 谷宇,王岳森,陆应芳,等. 基于知识融合的虚拟产品装配设计知识管理研究[J]. 盐城工学院学报(自然科学版), 2013,26(3):48-53.
[10] 鲍仲辅. 利用 WAVE 和变量化技术实现模型装配参数化的研究[J]. 现代制造工程,2008(4):118-120.

Parametric Modeling and Strength Simulation Analysis of
Excavator Stick Based on NX

ZHANG Jun, LYU Zhen, TAN Xiaotian
(School of Engineering, Zhejiang University City College, Hangzhou Zhejiang 310015, China)

Abstract: In order to shorten the design cycle of excavator and satisfy the requirement of users to update key parameters frequently in design, a reusable parametric design model of the large excavator stick is constructed based on Siemens NX PTS module and WAVE function. The code-free reusable system is compiled by using the powerful interaction function of PTS and WAVE. Finally, the reliability of the model is verified by the simulation of dynamic strength.
Keywords: excavator; stick; NX; parametric; strength simulation

(责任编辑:李华云)