

基于配置技术的起重机起升机构快速设计系统^①

罗臣强, 仲梁维, 朱娟

(上海理工大学 机械工程学院, 上海 200093)

摘要: 起重机设计因为客户定制成分较多, 一般采用根据订单的个性化设计方法, 从而造成设计周期长、设计错误多的问题。鉴于此提出了一种快速设计系统的方法和架构, 用数据库存储设计知识, 用产品配置的方法智能选取外购件和部分零部件, 模型基于 Solidworks 三维软件建立, 采用 Visual Basic 进行驱动。实践证明应用此系统使得设计速度及准确率大大提高, 达到了设计要求。

关键词: 起升机构; Solidworks 二次开发; 产品配置; 个性化设计; 快速设计系统

Configuration Technology in Rapid Design System of Hoisting Mechanism of Crane

LUO Chen-Qiang, ZHONG Liang-Wei, ZHU Juan

(College of Mechanical Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 20093, China)

Abstract: As the many components of custom-made in Crane designing, we often adopt the personalized design method according to the orders and the method can cause the longer design cycle and more design error problems. For that reason, we propose a rapid designing system and architecture, adopting database to save the knowledge of design and selecting components smartly, founding model by the 3D software Solidworks, and driven by Visual Basic. Practice has proved that this system makes the design fast and accuracy, increasing to design requirement greatly.

Key words: hoisting mechanism; solidworks secondary development; product configuration; personalized design; rapid designing system

如今由于各工业企业工作环境、工作条件等基本条件的差异, 使起重机设计有面向客户订单式的特点, 即在保证基本工作原理、结构不变的情况下, 所生产的各起重机外形尺寸、具体机构构成、工作参数都各不相同。根据传统设计方法, 这就增加了生产设计重复性, 降低了工作效率, 延长了生产周期。

随着 CAD 技术的发展, 设计手段由二维逐渐向三维发展。通过使用参数化设计技术, 将模型中的约束信息变量化, 使之成为可以调整的参数, 赋以变量化参数以不同数值, 就可得到不同大小和形状的零件模型, 该技术方法对形状或功能相似的产品设计具有重要意义, 对于起重机设计有重要参考意义。本文结合工程实例, 以三维软件 Solidworks 为平台, 用 Visual Basic 对起重机起升机构进行三维参数化设计。

1 零部件模型参数化设计方法

在参数化设计中, 能否快速设计三维模型、正确实现模型尺寸驱动是决定系统性能优劣的关键要素, 选取合适的模型设计方法是至关重要的。如今, 三维模型设计方法主要有两种。

1.1 基于产品特征的参数化设计方法

包括自底向上(down—top)和自顶向下(top—down)的建模方法, 前者用于传统的装配建模过程中, 这种方法符合一般三维装配体模型从零件到装配的建立思路, 使用简便, 但是与实际的设计顺序和设计方法相矛盾, 无法支持产品设计的全过程, 同时, 驱动过程难以控制, 易产生错误。

自顶向下(top—down)的建模方法, 是指在装配环境下对零部件的高级操作方式, 如建立新零件、建立

^① 基金项目:上海市教委重点项目(J50503)

收稿时间:2011-05-30;收到修改稿时间:2011-07-01

装配体特征等。该方法一般先要在装配体中布局草图，然后再利用草图对零部件进行定位。当草图改变时零部件也会发生相应的变化。由于这种设计方法使用草图进行各尺寸定位，所以适用于对总体装配尺寸驱动较多，模块化集成度较低的装配体模型中。

1.2 基于产品配置的参数化设计方法

产品配置设计常用于企业实际生产中，它不是一种功能创新性设计，而是一种在现有零部件族上的常规设计。由于在订单化生产环境下，对现有产品的变型设计占有相当大的比例，即以企业实例库中的产品为基础，根据客户订单中对产品性能的需求，借助于变型设计获得各种满足用户个性化需求的系列产品。产品结构的变型设计是在保持产品基本原理和总体机构基本不变的条件下，为满足特定的功能要求或用户个性化需求，对产品的某些局部结构形式、结构要素或尺寸进行调整，变更较少。这种变型设计不仅可以提高设计的速度和质量，同时又能重用企业的现有资源，使企业对市场变化做出快速响应，高效、高质量、低成本地开发新品种，满足用户的需求。

基于此种理论的建模方法与之类似，将已建立完成的模型存放在知识库中，将模型外形尺寸和装配尺寸存入数据库。在每次设计计算结束后，根据所计算出的零部件型号先在数据库中进行查询，然后在知识库中调用，将选取出的模型个别尺寸进行修改以达到设计要求，从而正确生成装配体，这种设计方法充分利用设计系统自身提供的模型资源，通过调用大大缩短建模时间，减少了错误，提高了设计效率^[1]。

根据起重机订单化生产、设计重复性高等特点，在数字化设计中适于使用基于产品配置的参数化设计方法。由此，我们在三维模型设计过程中，可以使用产品配置设计方法，即在标准化、系列化的基础上，根据客户需求，对机构中各部件模块进行调配置置，将各模块属性特征与客户需求匹配，从而提供满足客户个性需求的最终产品（即配置产品）的过程方法^[2]。同时，起重机起升机构的设计是个性化、系统化设计，而目前在初始设计中多采用的方法是类比法，将以前设计过的图纸作参考，保证结构形式不变前提下更改若干零部件来设计新的图纸，这种方法存在着大量重复劳动。因而采用产品配置技术来进行设计是可取的。

2 各模块的算法设计与实现

2.1 Solidworks 二次开发接口技术

Solidworks 是一个非常开放的系统，为方便各类用户对其进行二次开发，提供了 API（Applivion Programming Interface）应用编程接口。最初，它是一种基于 OLE（Object Linking and Embeding，对象连接与嵌入）的编程接口，如今发展为一种基于 COM（Componet Object Model，组件对象模型）的技术标准，是 OLE 技术的更高层次的发展，此接口为用户提供了必要的开发工具(宏语言、库函数等) 以开发个性化的应用模块，并且易于将它集成到系统中去^[3]。API 中的函数可以被 VB、VC++、VBA(Excel、Access 等) 或者是 SolidWorks 宏文件以及其他支持 OLE 的开发程序的调用，从而扩展 SolidWorks 的功能。要利用编程语言对 Solidworks 进行二次开发，控制程序运行，需要通过调用 Solidworks 的对象体系结构来进行，Solidworks 的 API 编程接口封装了所有的 ActiveX 对象供编程使用。其实质就是利用客户程序（Visual Basic）去控制服务程序（Solidworks），从而实现某些功能。Solidworks 将自身内部全部的程序对象信息共享给 Visual Basic 实现了二者的连接通信。从而 Visual Basic 就可以像使用自身的对象一样来操作 Solidworks 共享的对象。在这里，对象就是指 Solidworks 程序所提供的各种驱动函数、子函数，各函数之间一般通过被称为对象模型或者对象层次结构的形式互相联系。Solidworks 的对象层次可以描述为自上而下的树型结构模型，如图 1 所示。最底层的根

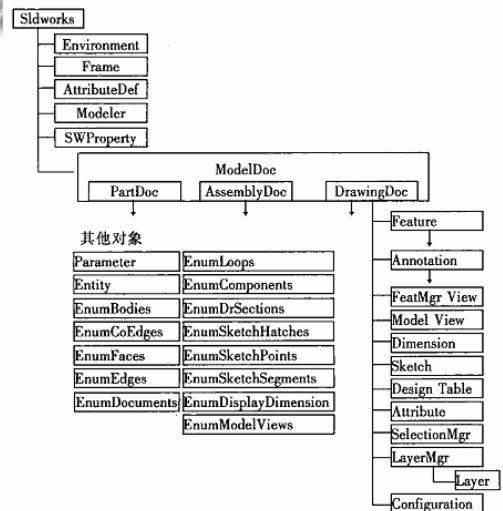


图 1 Solidworks 对象模型

是 Sldworks 对象，其他对象都是它的子对象，这些子对象包含各种能驱动 Solidworks 应用功能运行的函数。如果 Visual Basic 要与 Solidworks 的一个特定对象通讯，必须先从 Sldworks 对象对其子对象进行遍历，直到找到该特定的对象。通过有序地调用这些函数，就可以控制 Solidworks 按照所预想的步骤运行，从而实现数字化设计^[4]。

2.2 起重机起升机构设计与参数化系统

起重机起升机构参数化设计是指只需要把数量十分有限的主要参数（如起重机高度、工作级别、起重量、起升速度等）输入计算机，通过程序计算出起升机构各零部件（如减速器、电机、吊钩、滑轮等）的规格尺寸、工作参数，并自动生成总装配体的三维模型和二维工程图纸，包括材料明细表、设计计算书等，此系统适于起升机构标准化程度高、部件模块化集成度高、机构结构单一固定等特点的快速化设计，保证了准确性、易操作性，设计系统流程图如图 2 所示。

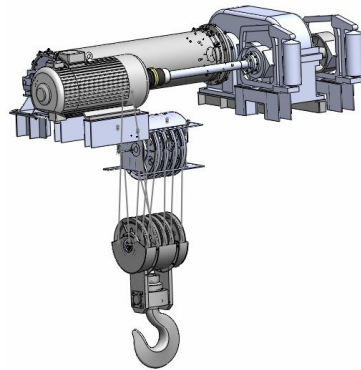


图 3 起升机构三维模型

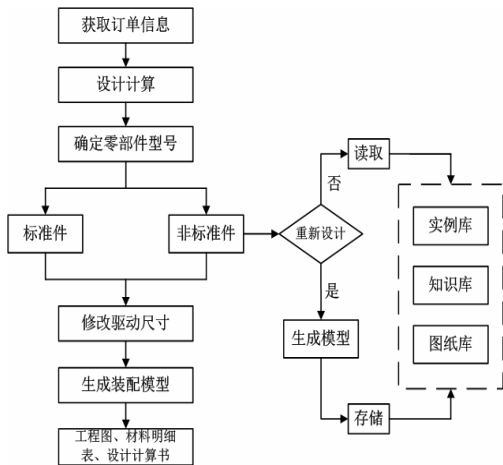


图 2 系统流程图

2.2.1 起升机构模块划分及功能

在起重机中，起升机构主要作用是控制吊钩的垂直升降，是起重机各机构中最重要的一部分。整个机构由电动机提供动力，经减速器调速后带动卷筒旋转，然后再与固定滑轮、动滑轮配合控制，实现吊钩的变速垂直升降。

根据设计特性来划分，起升机构包括了标准件和非标准件。标准件包括电动机、减速器、制动器等通用外购件，非标准件包括卷筒、固定滑轮、吊钩滑轮等本厂生产的零部件，机构模型如图 3 所示。

2.2.2 参数化系统基本框架及其功能模块分析

此系统共分成三个模块：计算模块、数据库管理模块、控制模块。

计算模块通过提取客户订单信息，获取相关参数，然后根据《起重机设计手册》中的相关标准，自动计算出符合设计要求的各部件的参数要求，初步完成机构的总体方案设计。

数据库管理模块负责对知识库、实例库、图纸库的建立、维护、更新。知识库包括配置知识的提取和表达，配置条件的参数化等。每完成一组设计，系统将各部件的配置信息自动映射为一组配置变量存放知识库中，以便以后设计的信息提取；实例库包括实例的匹配与筛选、实例修改和回收等。将已完成的零部件模型存放实例库中，并且与知识库中相关信息对应，当查询到指定配置后，直接从实例库中调取修改，可以大大减少建模时间；图纸库存放用于生产的工程图纸，便于生产之后的查询调用。这三类数据库互相联系，协同工作，保证了产品配置的准确调用^[5]。

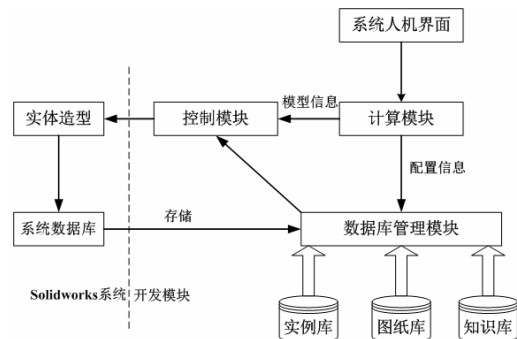


图 4 参数化系统基本框架

经过以上两个模块处理后，可以最终确定好设计

参数,通过控制模块就可以实现零部件的重建模、重装配,生成三维模型和二维工程图纸,并导出材料明细表、工艺报表,之后用于指导生产。参数化系统基本框架如图 4 所示。

2.2.3 参数化系统的实现

① 总体设计方案

根据客户提交的订单要求,经过计算确定起升机构的配置条件,如起重机起升速度、起升倍率、机构布置形式等,从而进一步具体确定出各模块部件的参数要求,如电动机额定转速、减速器速比、固定滑轮片数等。根据参数要求,在知识库中进行查询筛选,确定出若干个相似的部件组合形成配置库,为接下来的部件设计提供参考,确定部件配置查询范围;

② 主要部件设计

起升机构主要部件的设计,包括标准件的选取和非标准件的设计。

确定起升机构的标准件,如电动机、制动器、减速器的选取。将总体设计方案中所确定的标准件参数要求与知识库中标准件配置进行筛选匹配,从而确定出符合要求的电动机、制动器等标准件^[6]。

确定起升机构的非标准件,如卷筒、固定滑轮的参考设计等。首先根据配置要求搜索配置库选择出基本满足设计要求的若干源实例,通过相似实例提取、实例比较与筛选,确定该非标准件的样件,比较新旧实例的差异,确定非标准件的初步设计方案;若不存在满足设计要求的源实例,则转为重新设计。其次,对确定的初步设计方案进行检验校核,分析这种设计是否符合工作要求、达到设计目的,若没有通过检验,则选取其他配置进行设计,若没有可参考的配置,则转为重新设计。第三,进行非标准件的模型设计。通过分析上步执行的初步设计方案,确定要修改的模型参数,进行非标准件的变参数设计或变特征设计。若设计失败或者实例方案评价认为代价太大,则转为重新设计。第四,建模后进行部件的强度、刚度等校核,如果满足约束条件,则该非标准件设计成功;如果不满足,则对该非标准件进行改动,并重新建模校核,直到满足条件为止。最后,进行实例回收,对二次设计方案进行分析,若有必要,则将其存入实例库中,用于以后的设计参考,由此起升机构主要部件配置参考设计完成。此种方法的最大优点在于随着设计工作的深入,实例库中各配置覆盖面会由小到大,日趋完

善,整个设计系统的准确率和效率会大大提高。主要部件设计流程图如图 5 所示。

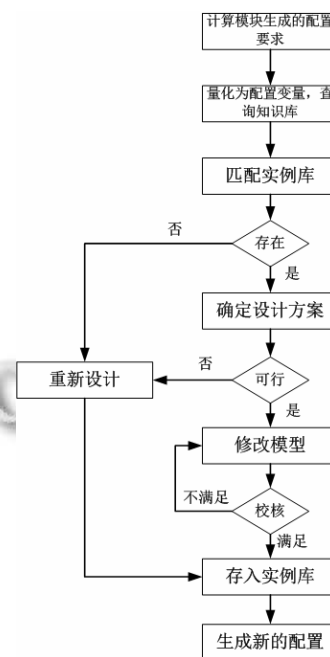


图 5 主要部件设计流程图

3 结语

基于配置技术的设计方法可以显著提高产品的设计效率,完成相似零部件乃至整个产品的快速设计,快速响应个性化的市场需求,提高企业的竞争力。此外,随着三维参数化设计技术的不断发展和完善,与 CAM / PDM / CAPP 等软件的结合日趋紧密,企业的信息化建设不断推进。

参考文献

- 1 林新海,郭钢,胡昌国.面向大规模定制的产品配置管理研究.机械制造与自动化,2008,(4):26-28.
- 2 陈兆勋.基于智能技术与作业成本法的产品配置研究.上海:上海交通大学,2009.
- 3 于洋,贺栋,魏苏麒.基于 SolidWorks 二次开发的智能装配技术研究.机械设计与制造,2011,(3):60-62.
- 4 李卫民,刘淑芬.基于 SolidWorks 平台的二次开发技术.机械制造,2003,41(464):24-26.
- 5 沈海荣,杨勇生,张军.集装箱起重机设计的产品配置技术.上海海事大学学报,2004,25(3):38-42.
- 6 朱凌云.面向大规模定制产品设计的客户需求处理关键技术研究.合肥:合肥工业大学,2008.