

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2016.12.003

基于模块化的矿车参数化方法研究^{*}

杨善来¹, 丁 毅², 谈国荣², 李九成², 董玉德^{2*}

(1. 安徽铜冠机械股份有限公司, 安徽 铜陵 244000; 2. 合肥工业大学 机械与汽车工程学院, 安徽 合肥 230009)

摘要:针对底侧卸式矿车设计开发中零部件结构修改、布局调整的重复繁琐及三维软件对特定产品设计针对性差等问题,提出了基于模块化矿车产品参数化设计方法。详细阐述了 SolidWorks 开发的原理、底侧卸式矿车的基本结构;在产品装配结构和功能分析的基础上,采用产品模块化思想,将矿车从产品层次到零件层次划分出了各级功能模块;在保留功能模块身份信息的同时,建立了实例库和数据库的库文件,实现了底侧卸式矿车参数化设计。最后,以 SolidWorks 为平台,用 VC++ 开发出了底侧卸式矿车参数化设计系统。实例分析结果表明,该系统可实现底侧卸式矿车产品的快速设计,有效地减少设计人员的重复性工作,缩短研发周期。

关键词:底侧卸式矿车;SolidWorks;VC++;模块化;参数化;

中图分类号:TH122;TP391.7

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2016)12-1436-06

Parametric method of tramcar based module

YANG Shan-lai¹, DING Yi², TAN Guo-rong², LI Jiu-cheng², Dong Yu-de²

(1. Anhui Tonglguan Machinery Co., Ltd, Tongling 244000, China;

2. School of Mechanical and Automotive Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

Abstract: Aiming that there are many problems in the downside dump car design and development such as the modification and layout adjustment of components and parts is complex and the poor pertinence of 3D software for a specific product design etc, downside dump car product parametric design method based on modular design idea was proposed. SolidWorks development principle and the basic structure of downside dump car were introduced in detail; the modularization thinking was used to divide the harvesters into various functional modules from product level to component level based on the analysis of components assembly structure and function; the case libraries and database libraries were built as well as retain each module information, then the downside dump car parametric design system was realized on the SolidWorks platform with VC++. Practice results show that the system can realize the rapid design of downside dump car product, effectively reduce the repeated work design personnel and shorten the development cycle.

Key words: downside dump car; SolidWorks; VC++; modularization; parametrization

0 引 言

近年来,企业之间的竞争焦点开始面向“客户需求”^[1]以及为客户提供个性化的定制,全面提高顾客

的“客户满意度”^[2]和企业的服务水平^[3]。由于客户越来越多希望得到个性化产品和服务,现代企业利用 CAD 技术在产品设计方面正酝酿一场新变革。计算机的应用已成为现代工业生产的主要特性,CAD

收稿日期:2015-12-16

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51275145)

作者简介:杨善来(1964-),男,安徽铜陵人,高级工程师,主要从事焊接工艺与机械制造方面的研究. E-mail:jxzc_ysl@126.com

通信联系人:董玉德,男,博士,教授. E-mail:djdjiaoshou@126.com

系统是设计者进行产品设计的有效工具,它把设计人员从冗杂的设计计算和抽象的二维绘图中解放出来,使其能从事创造性的产品设计工作。通过创建三维实体模型,能够真实地表现产品,比二维图形更接近实物,有利于清晰地展示设计,验证设计以及查找设计缺陷。产品设计也由原先的二维设计平台向着三维设计平台转变,三维 CAD 的开发受到普遍关注,并取得了较快的进展。然而要使 SolidWorks 软件真正为我国企业带来经济效益,必须对其进行本地化和专业化的二次开发工作,使其具有针对性,形成企业自己的特色,将参数化设计方法运用到矿车产品设计实践中,可以避免大量的重复性工作,提高产品的设计速度。

矿车企业在产品的设计中面临着如下问题:

(1)需求个性化。根据矿山运输巷道断面、轨道的轨距和转弯半径、卸载站规模等差异,客户的个性化需求以及要实现功能设计的产品越来越多,复杂多变的客户需求是产品开发中必须要面对的问题。

(2)重复性设计多。据相关调查,80%的新产品都是在已有矿车基础上根据客户的需求经过修改得到,矿车产品重复性设计较多,其设计周期较长,很难满足市场的需求。

(3)设计随意性大。矿车产品基本由设计人员根据其特点进行设计,采用传统二维手动绘图模式,整个设计基本上是经验设计,设计水平和设计质量完全取决于设计人员的技术素质和设计水平,因此,存在一些设计缺陷,导致矿车使用寿命短、维护工作量大等。

本研究针对当前矿车企业面对产品设计过程中产生的问题,运用模块化参数化的技术,把客户定制移植到产品设计中,建立底侧卸式矿车参数化系统,并给出工程应用的实例。

1 SolidWorks 开发原理

1.1 SolidWorks API 对象

SolidWorks 采用面向对象的思想,通过 COM 技术为用户提供强大的二次开发接口 API(Application Programming Interface 应用程序接口) ^[4-5], SolidWorks 对象模型是一种树形的层次结构图,每一层又包括若干对象。根为 Sldworks 对象,其他对象都是它的子对象, SolidWorks 对象为开发工具对 SolidWorks 工作环境进

行访问和处理提供了直接或间接的接口,如新建一个零件文档,创建一个草图,绘制一条直线等。凡是支持 COM 编程的开发工具, Visual C + + 、 Visual Basic 、 Delphi 等都可以直接调用这些 API 函数。

因此,通过利用这些对象的方法、属性、事件,完全可以开发出满足用户所需要的专用模块、全面扩展三维软件的功能或根据客户需求进行的定制,以实现三维软件的客户化、本土化、专业化。

1.2 SolidWorks 开发方式

Solidworks 软件开发模式分为两种:

(1)基于自动化技术的开发方式,可以生成 EXE 文件,称之为外部程序模式开发;

(2)基于 COM 技术,可以生成动态链接库(DLL) 文件,它以插件的形式加载调用,称之为内部程序模式开发。

由于 SolidWorks 软件本身是由 VC + + 开发的,使用 VC + + 进行二次开发可以提高软件本身的兼容性,开发出的模块可以很好地嵌入到三维软件中而不会出现排斥,因此,该系统采用 VC + + 对 SolidWorks 以内部程序模式进行开发,生成动态链接库,以插件的形式内嵌到 SolidWorks 中,与之实现无缝连接。

2 底侧卸式矿车参数化

2.1 底侧卸式矿车结构

底侧卸式矿车模块结构如图 1 所示。当卸载轮沿卸载曲轨上坡运行进行复位,完成一个卸矿循环。

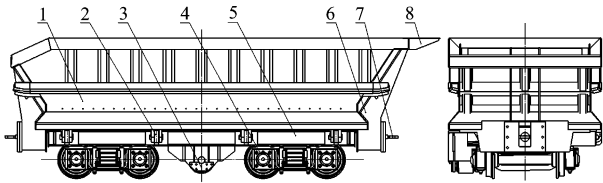


图 1 底侧卸式矿车模块结构

1—车箱;2—铰链机构;3—卸载轮装配;4—转向架;

5—车底架;6—箱座;7—自动挂钩;8—挡矿装置

底侧卸式矿车结构组成主要由车箱、铰链、卸载轮装配、转向架、车底架、箱座、自动挂钩、挡矿装置 8 部分构成。在卸载过程中。由电机车牵引带动,卸载轮沿卸载曲轨下坡运行,矿车的车箱上的翼板支撑在卸载站的组合托辊上,使矿车车箱悬空,矿车车底架通过卸载轮与曲轨接触。矿车车箱水平并保持同一高度沿着卸载站组合托辊前进,矿车车箱与矿车车底架通过铰链联接,车底架通过卸载轮沿着曲轨前进并逐步打

开进行卸载。

2.2 底侧卸式矿车模块划分

产品模块化(product modularization, PM)是在对一定范围内的不同功能或相同功能不同性能、不同规格的产品进行功能分析的基础上,划分并设计出一系列功能模块,通过模块的选择和组合可以构成不同的产品,以满足市场的不同需求^[6-7]。模块化设计的特点是将一个复杂的设计整体以功能分析为基础进行拆分,形成若干个模块单元。

产品的模块划分不是简单把所有零件依次列出来,而是从分析用户需求开始,分解产品功能,将各特定功能与相应的零部件来对应,形成一个与产品功能相对应的具有层次关系的产品结构树。要求功能模型能重新创建或设置,所划分的各模块之间要易于组合,

模块及模块组合中的结构层次关系信息易于表达等。

本研究根据功能划分的模块,建立构成功能模块的零部件实例库,为产品系列化设计提供支持。同时,可以利用相应的 PDM 技术,对实例库进行有效的管理。如图 1 所示,按照矿车结构各部分功能的不同,底侧卸式矿车二维图划分成八大模块,为减少结构层次,降低变型参数传递结构的复杂性,本研究将箱座以及挡矿装置合并到车箱模块;同时将铰链部件打散,将吊耳合并车箱模块,其余零件归结到车底架模块,从而划分为五大模块,即车箱、卸载轮装配、转向架、车底架以及自动挂钩。这样就减少了底侧卸式矿车的层次结构,然后本研究在各个模块下根据需要进行划分下层结构功能模块。

模块结构图如图 2 所示。

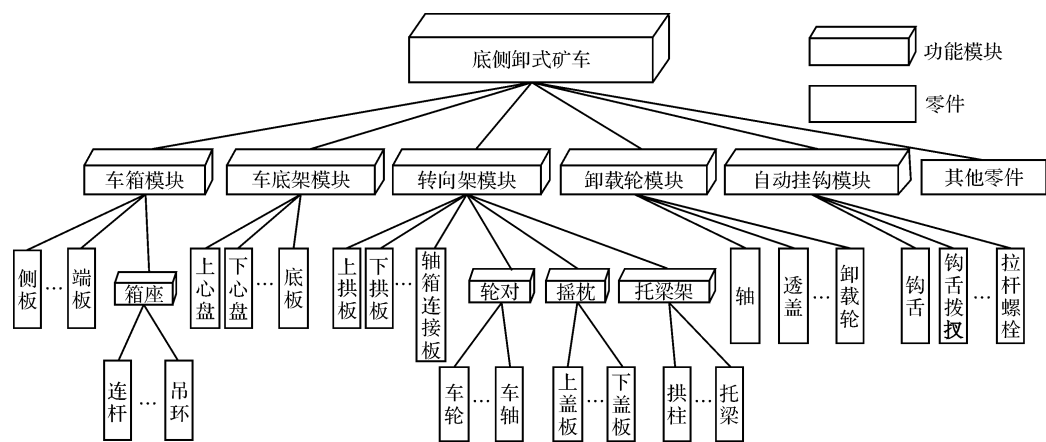


图 2 底侧卸式矿车模块结构图

2.3 库文件的建立

库文件建立是矿车参数化系统的基础和前提,主要是针对实例库和数据库的构建。实例库中的产品主模型是将产品的几何元素表示成参数化模型,是进行矿车参数化的载体,通过对主模型主动参数赋予不同的值,驱动主模型生成所希望的新产品实例。数据库中存放包含产品的基本信息、参数信息等内容的数据库表,并以固定的形式反映出产品信息集合。

在零件层次上,表中只涉及到零件的基本信息和尺寸参数;在装配层次上,数据表主要由产品及部件的基本信息、主参数、装配参数以及其他参数组成。

2.3.1 实例库

根据底侧卸式矿车的模块组成,分为车箱、卸载轮装配、转向架、车底架、自动挂钩以及标准件 5 个实例库。在构建实例库中的零件主模型时,本研究

先对零件的特征进行规划,建立最重要的基本特征,再建立辅助特征。对不影响结构的特征如倒角、倒圆角等可不予考虑。同时,需要在实例库主模型的系统选项和文件属性里预先设定各类信息,对模型进行属性定义,比如名称,代号,材料等,该部分内容与工程图标题栏内容相对应,以便在实施工程图数据管理时建立属性链接。实例库中的工程图模型,利用 SolidWorks 的全相关性,工程图会随着三维模板的结构重置而重置。

2.3.2 数据库

ADO 是在 Windows 系统中基于 COM 的最成熟的数据库连接技术之一^[8-9],ADO 对象模型非常简洁,由 3 个 Connection、Command、RecordSet 对象和几个辅助对象组成。

本研究采用 ACCESS 建立参数数据表,参数化设计系统数据库如图 3 所示。



图3 参数化设计系统数据库

实现一个零件对应多种配置,多配置模型与数据库之间的联系是通过配置名称来实现的,数据库向模型传递参数,对话框的 List Control 控件只提供数据的显示,当用户选择 List Control 控件中任意一行时,系统就会将相应的数据显示在 Edit 控件上。通过功能按钮新建、修改、删除等可对数据库进行记录操作。

2.4 底侧卸式矿车参数化设计

参数化设计是利用约束构造产品几何轮廓,通过尺寸为变量驱动完成设计,旨在重用已有设计信息快速重构产品来提高设计效率^[10-11]。零件整体作为设计对象,建立零件系列尺寸参数化库,库的每一个记录就是一个特定尺寸的零件,用户通过选择数据记录来生成新的零件实例,参数化库的建立方便当前设计的后续利用^[12]。

产品的系列化归根结底还是要通过零件的参数化变型设计来实现,将产品变型意图的全局变量经过参数传递结构传递到零件变型参数上,变型参数在驱动底层零件的参数化变型。对变型参数的参数分析是参数化变型设计的前提^[13]。零件中的参数主要由几何结构,以及设计经验和产品功能确定。主要可以分为主动参数、从动参数和不变参数 3 类:

(1)主动参数。直接驱动零件变型的几何参数,控制零件结构形状特性。单个零件的主动尺寸相互独立,互不影响;整个模型中各个零件的主动尺寸可以建立联系,同时不受其他零件主动参数影响的主动参数为产品的全局变量。

(2)从动参数。受主动参数约束,不能直接控制零件尺寸,但可以通过与主动参数建立某种关联以间接控制某些结构特性。

(3)不变参数。零件变型时不发生变化的尺寸参数。

根据零件参数分析,确定主动参数、从动参数和不

变参数之后,就可以建立单个零件内部参数之间的关联关系,如参数之间的数学关系表达式、参数的取值范围等。然而,有些零件级的主动参数在以单个零件为对象时是主动参数,而在以装配件为对象时,受其他相关零件参数的影响,可能是从动参数。

底侧卸式矿车车轮如图 4 所示。

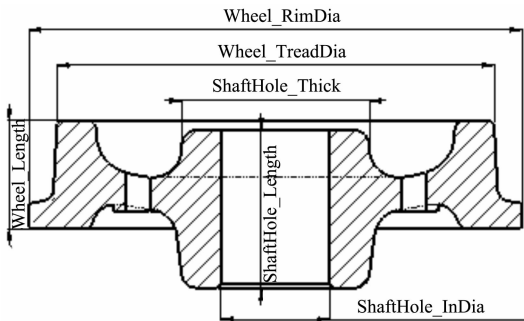


图4 底侧卸式矿车车轮

其中,参数 Wheel_TreadDia 在零件层时影响其他特征参数,属主动参数,约束车轮所属的其他从动参数,如 $Wheel_RimDia = Wheel_TreadDia + 50$, Wheel_RimDia 为从动参数;而在装配模型层时,Wheel_TreadDia 不受其他零部件参数影响,此时它是全局变量;而由于 ShaftHole_InDia 要受车轴直径参数影响,此时它是从动参数。

3 系统的设计与工程实例

3.1 整体构架

系统整体架构如图 5 所示。

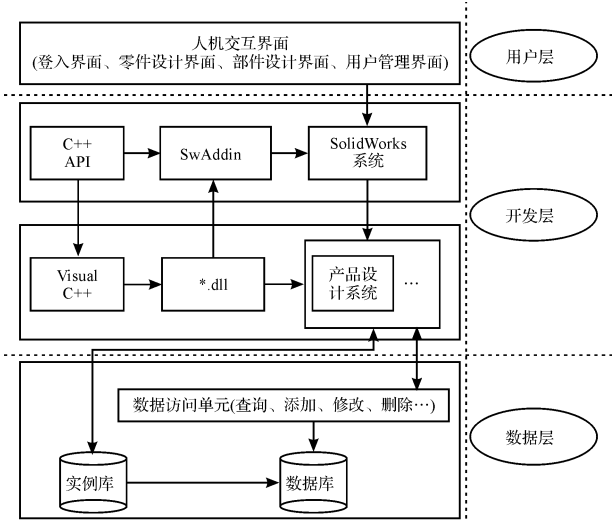


图5 系统整体架构

本研究构建的矿车参数化的设计系统是基于 SolidWorks 无缝集成的软件框架,由用户层、开发层以

及数据层 3 个层次组成,其目标是在计算机中人机交互的实现产品设计的整个过程,以达到企业设计知识的重用和提高效率目的,同时对各层提供人机交互实现必要时对系统的操作与控制。故该平台内置的多个功能模块都需调用 SolidWorks 系统的功能模块。

(1)用户层。用户层的主要作用是向用户提供一个与系统交互的平台,包括 MFC 界面和 Windows 标准界面。通过用户层,系统将信息展示提供给用户,并获取用户的操作信息。用户层上用户进行相应的操作将传递给开发层中的相关系统,同时开发层中的系统将结果和内容实时反馈给用户,最终完成产品的整个过程设计。

(2)开发层。开发层主要包括 SolidWorks 系统、产品设计系统以及逻辑规则 3 块。SolidWorks 系统作为客户程序,是产品设计系统的宿主;产品设计系统寄生在 SolidWorks 系统中,它直接与设计人员进行人机交互,将产品设计系统嵌入到 SolidWorks 的系统环境中,建立一个插件工具条和相应菜单项用作进入产品设计系统的入口,用 VC++ 开发的基本过程可以参考相关文献;运用数据库技术对数据进行管理。

(3)数据层。数据层包含矿山产品零部件的实例库和数据库,主要包含零部件结构模型、零部件的数据表、产品设计过程中的文档资源以及各类模板文件和设计过程中会用到的一些设计工具等,是整个快速设计平台运行的基础,既作为相关服务的结果记录,也在需要时作为支撑服务的数据源;同时提供一定的人机交互用于获取人工输入的数据(如尺寸参数等)。

3.2 设计流程

系统的设计流程如图 6 所示。

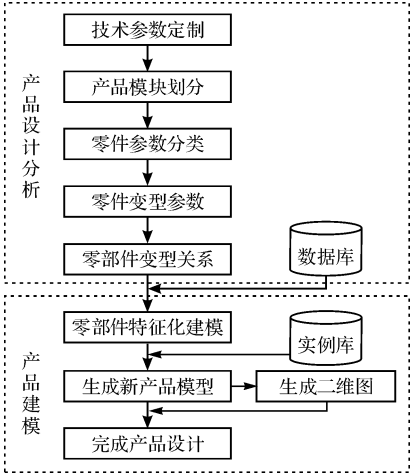


图 6 系统设计流程

本研究根据客户需求分析对技术参数定制,主要包括性能参数和几何参数;通过模块分析,划分独立的产品功能模块,并建立实例库;由相关行业知识确定模块化的零部件编码以及参数命名规则,确定零部件的主动参数、从动参数以及不变参数。

笔者分析零部件的变型关系,在此基础上建立零部件数据库,修改数据表中的数据,驱动实例库中原型产品模型,生成新产品模型及工程图,完成设计。

3.3 工程实例

基于 SolidWorks API 模块,系统采用 VC++、SolidWorks、Access 作为开发平台,实现了底侧卸式矿车参数化设计系统与 SolidWorks 功能模块的无缝集成,将整个传统设计过程有效移植到计算机中实现。

车轴设计过程如图 7 所示。

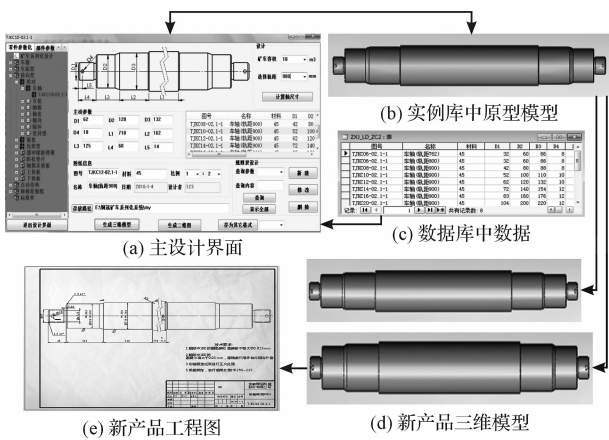


图 7 车轴设计过程

用户点击内嵌到 SolidWorks 中系统菜单,进入系统登入界面,用于系统的登入验证工作,输入用户名和密码,进入设计系统主界面,该界面如图 7(a)所示。

主设计界面左边区域是矿车的各个模块,右边区域是模块中某个组成零件的设计界面,包括设计参数输入区、示意图区、数据表操作区、三维模型操作按钮以及工程图操作按钮等。利用属性页进行切换实现 4 个模块:①系统说明、②零件参数化、③部件参数化、④用户管理。

在设计开始之前,设计人员首先需要将客户需求与产品数据库中的现有数据进行对比,若存在需求相似,可以通过调用数据库中现有参数直接生成所需产品;若无法满足新产品需求,则需进行产品的重新设计,首先根据产品的树形结构,选择需要进行设计的产品,进入产品设计对话框,程序内部读取数据库中的数据表以及主动参数。至此,整个设计的宏观参数设置完毕。

设计人员点击生成三维模型,把实例库中的原型模型存放到指定路径下,在进行模型的驱动和模型信息修改,生成新产品设计。设计人员完成新产品模型后需要进行工程图的设计,通过点击主设计界面生成二维图按钮,完成与新产品信息一致的标题栏明细栏以及相应尺寸的驱动。

4 结束语

笔者研究的底侧卸式矿车参数化设计系统是在对产品功能结构分析的前提下进行模块合理化,同时建立了产品实例库和数据库,通过对主模型参数赋不同值进行产品重置,驱动主模型生成所希望的新产品实例。

实践证明,矿车参数化设计系统具有如下效果:

(1)通过底侧卸式矿车参数化设计系统,有效地减少了设计人员的重复性工作,缩短了研发周期,并对其他矿山产品的开发用户具有一定的借鉴作用;

(2)通过该设计系统进行矿车的设计可以很好地满足客户的个性化定制需求,使得矿车的设计能够做到系列化和个性化,快速地设计出满足客户要求的产品,使客户的用户体验达到最佳状态;

(3)通过基于模块化的矿车研究,对矿车进行合理的模块划分,设计人员可以很好地对矿车的结构以及各个结构的功能进行分析,并且能够较准确的预测矿车的总体性能,提高了设计效率。

参考文献(References):

[1] HU S J, KO J, WEYAND L, et al. Assembly system design and operations for product variety[J]. *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, 2011, 60(2): 715-733.

- [2] LIANG Ting-peng, YANG Yung-fang, CHEN Deng-neng, et al. A Semantic-Expansion Approach to Personalized Knowledge Recommendation [J]. *Decision Support Systems*, 2008, 45(3): 401-412.
- [3] 龚本刚, 华中生. 延迟技术的大规模定制生产模式[J]. *经济管理*, 2001, 23(16): 46-50.
- [4] 王文波, 涂海宁, 熊君星. SolidWorks2008 二次开发基础与实例(VC++)[M]. 北京: 清华大学出版社, 2009.
- [5] 王皓辉, 殷国富, 陈 果, 等. 基于 SolidWorks 的机床夹具标准件三维图库的开发[J]. *机械*, 2007, 34(4): 50-52.
- [6] 贾延林. 模块化设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 1993.
- [7] LI Hao, JI Yang-jian, GU Xin-jian, et al. Module Partition Process Model and Method of Integrated Service Product [J]. *Computers in Industry*, 2012, 63(4): 298-308.
- [8] 陈 建. 基于 SolidWorks 机车车辆车轴参数化设计及轮对疲劳寿命预测[D]. 成都: 西南交通大学机械工程学院, 2009.
- [9] 韩泽光, 许书林, 郝瑞琴. 装载机工作装置的参数化设计方法[J]. *机械*, 2014, 41(5): 22-28.
- [10] 董 亮, 白 羽, 刘原林, 等. 离心泵全计算域参数化造型软件开发[J]. *流体机械*, 2014, 42(6): 55-60.
- [11] 于红英, 李 硕, 王 强. 汽轮机凝汽器圆弧形水室参数化设计关键技术[J]. *哈尔滨工业大学学报*, 2013, 45(11): 31-38.
- [12] 董玉德, 赵 韩, 谭建荣. 基于图形单元的结构变异参数化设计方法[J]. *农业机械学报*, 2002, 33(3): 98-101.
- [13] 狄长春, 杜中华. 基于参数化装配的产品变型设计研究[J]. *计算机应用*, 2001, 21(5): 49-50.

[编辑: 李 辉]

本文引用格式:

杨善来, 丁 毅, 谈国荣, 等. 基于模块化的矿车参数化方法研究[J]. *机电工程*, 2016, 33(12): 1436-1441.

YANG Shan-lai, DING Yi, TAN Guo-rong, et al. Parametric method of tramcar based module[J]. *Journal of Mechanical & Electrical Engineering*, 2016, 33(12): 1436-1441.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>