基于参数化驱动的产品造型设计应用研究

汪沙娜

（桂林电子科技大学，桂林 541004）

摘要：目的 针对目前在产品设计过程中未能解决因产品使用者的多样化、个性化需求而参与到设计环节的问题。**方法** 在满足产品的功能及人机工程方面要求的前提下，提出了采用参数化驱动设计的方法。**结果** 提供了使用者一个参与产品设计环节的平台，通过功能模块和尺寸的参数驱动来实现产品模型重生成，以满足不同客户的需求。**结论** 通过对设计大师系列化作品进行分析，简单叙述了该方法在产品造型设计中的应用及实现。

关键词： 多样化；人机工程；参数驱动；产品造型

中图分类号： TB472 **文献标识码：** A **文章编号：** 1001-3563(2017)06-0100-05

Applied Research on Personalized Design of Product Modeling Based on Parametric Driven

WANG Sha-na

(Guilin University of Electronic Technology, Guilin 541004, China)

ABSTRACT: Aiming at the process of product design at present, the research failed to resolve the problem of the design process because of the diversification and individuation of the product users. On the premise of satisfying the requirement of the function of the product and the man-machine engineering, the design method of the parametric driving is put forward. A platform for users to participate in product design is provided, it drives to achieve product model regeneration by the function module and the size of the parameter, in order to meet the needs of different customers. Through the analysis of the design master series of works, the application and realization of this method in product design is briefly described.

KEY WORDS: diversification; man-machine engineering; parameter driving; product modeling

随着科技信息的不断发展，基于互联网的购物平台也越来越受到广泛应用，但同时也出现了在购物时针对客户的多样化、个性化不同的需求情况下，供应商或是设计部未能及时展示产品实物模型图片的缺陷。产品设计已逐渐转化为以用户为导向的生产方式，满足用户对产品“机能”与“精神”需求的设计就越来越受到重视[1]。人们选购产品时都是通过产品的形状、功能、色彩等造型进行挑选，然而随着个性化发展越来越被普遍，产品的使用者都想参与到设计环节中，设计出自己心仪的产品。针对多样化需求的产品应及时展示其对应的产品效果图，以便客户购选，因此解决及时展示不同参数需求的虚拟产品是相当重要的。

1 参数化技术

由于互联网信息化的发展影响，信息的数字化便已成为一股不可阻挡的趋势，数字化、参数化的应用也越来越受到研究者们的重视[2]。参数化设计是指通

收稿日期： 2017-01-08

基金项目： 国家自然科学基金资助项目（No. 51265006）；2016 年度广西高校中青年教师基础能力提升项目（No.KY2016-LX089）

作者简介： 汪沙娜（1987—），女，广西人，硕士，桂林电子科技大学讲师，主要从事数字化设计方面的研究。

过改动图形的其中一部分或者某些部分的相关尺寸，通过部分参数驱动其它由参数约束关系式的对应参数，从而快速实现对尺寸参数值的驱动[3]。该技术将复杂的设计过程分为草图设计、对草图设计进行约束和约束求解 3 个过程，设计人员可以通过设计约束的控制方便灵活地实现产品功能。目前，参数化设计方法已成为设计领域的一个热点研究课题，是设计人员采用快速设计方法之一。

2　参数化技术在产品造型设计中的应用

2.1　产品造型设计

产品造型设计是以工业产品为主要研究对象，并将设计思维转换到图形表达的设计方法过程。在艺术设计中，造型指的是将设计思维通过几何形态来展示出来，同时要求具备基本的美学要求。以工业产品为主要对象的产品造型设计的影响因素大致分为物质功能、造型艺术和物质技术条件三要素[4]。产品外观造型设计过程主要体现为布局设计、形状设计和人机工程设计[5—6]。这里要指出的是造型设计不只是满足设计对象的外观形式，更多是以功能和技术等相关要素的综合性概念。

2.2　参数化设计在产品造型设计中的建模应用

在工业设计产品造型建模中，参数化技术可以实现产品形态、功能结构、人机工程尺寸模型的建立。该技术通过一组参数或者多组参数进行对整个框架结构尺寸的控制，可以通过三维软件绘图特征的选用来实现产品形态的变化；可以通过功能模块分类设置的主参数来进行不同功能模块的拼接，实现客户不同功能产品系列化的需求；可以通过在尺寸参数来驱动产品各个尺寸链的变化，以实现不同阶段的人机尺寸转换。其中，通过可变参数驱动产品零件的其他参数值，直接控制模型结构形态特征，快速实现参数化驱动变形，得到新的产品模型，通过三维软件快速地制作出产品各个面及透视效果[7]。通过功能模块和尺寸参数的驱动来实现产品模型的重生成，使产品的购买者能直观中意的产品模型效果图，提供了购买者参与设计一个平台，以实现不同客户的需求。

2.3　参数化设计在造型设计中人机工程方面的应用

人机工程学作为工业设计专业的一门综合性交叉学科，其主要是体现了人、机器、环境的一个协同作用，以实现产品的实际应用需求。在进行产品设计的时候，应当从人机工程学的角度入手，将产品的功能和使用环境完美的结合在一起[8]。

在参数化应用于产品设计中，主要体现在于产品形状的尺度问题，然而产品尺度也要满足人机工程学的要求，即满足人与物（产品）之间的和谐方式，以实现人性化产品[9]。目前在大批量定制生产条件下，同一个系列的产品也会出现适应于多种人群，这样在设计中就需要结合人机关系制定一组参数，根据不同的人群（如儿童、青年、老人等）要求其对应的产品尺寸也有着不同，因此参数化技术应用于产品造型的人机工程方面，可直接设置人群对象为主参数，设计出对应年龄段人群使用的产品，实现人性化设计，可节省大量的时间和人力物力。

儿童椅子在 3 个不同阶段的尺寸要求见图 1。在做椅子设计尺寸参数计算时要考虑设计定位中人群（儿童）的身高尺度，在满足提供坐和靠背的功能前提下，还要考虑人体脚的放置舒适程度（即座板的高度）。可将基于参数化技术应用于这 3 个不同的学龄阶段中，将学龄段设计为主要的输入参数，结合人机工程方面的要求，设置不同学龄阶段对应椅子的一组数据尺寸参数约束关系式，通过驱动主参数快速实现产品虚拟模型重生成。这样不仅快速设计出拖班、中班、小学的 3 个年龄段的要求，而且还可以提供满足初中、高中等青少年的椅子尺寸要素要求。

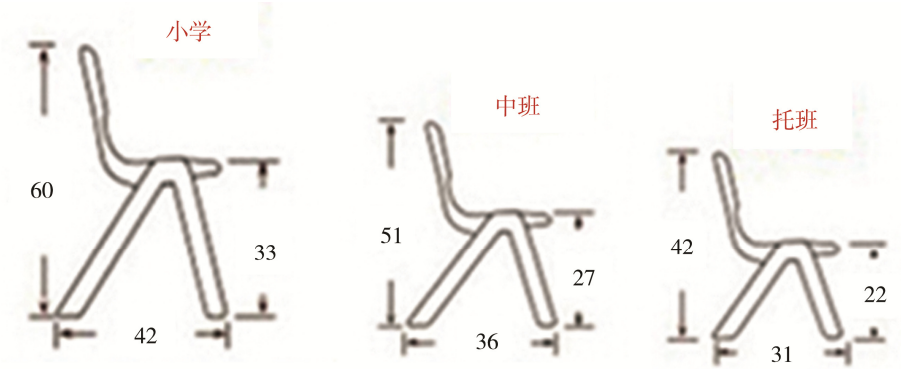

图 1　儿童椅子在 3 个不同阶段的尺寸要求（单位/cm）

Fig.1 Children chair requirements in three different dimensions

2.4 自主设计在参数化造型设计中的需求

随着人们的生活水平不断提高，人们不仅要求满足物质生活需求，而且还要实现精神方面的需求，其中主要表现之一是厌倦一模一样的产品，通过追求个性化的生活用品来展现自身独特性、审美价值与艺术观念。设计者所定位的产品功能、结构、形状都并不能全面满足个体用户的要求，这就需要将使用者对产品的要求应用于设计环节中，因此，应给予不同需求的用户提供一个便利的参与设计过程的机会，实现自主设计，尽可能满足更多产品使用者需求，以完善产品系列化。

3 参数化在设计作品上的应用探析

3.1 产品尺寸参数化的应用

尺寸参数化技术最显著之一是尺寸参数之间的变化，是指产品形态、功能一致的情况下，仅对产品尺寸参数进行改变，是量度之间之间变化。

系列咖啡壶见图 2，是全球最著名的工业设计大师之一理查德·萨帕设计的。将参数化技术应用于此产品设计中，把体积设置为主参数，将咖啡壶的壶身截面和高度设置为从动参数，手柄参数也跟着主参数的驱动而进行手柄长度的调整，同时又受到人机关系参数约束式的限制，底座也随着壶身截面的尺寸变化而变化，这样通过约束关系式尺寸链可以直接快速参数化驱动以设计出产品的模型效果图。该技术同样也适应于目前家电、数码行业的造型设计中。

3.2 产品形态参数化的应用

在产品某一部分的几何形态也可实现参数化上的应用，通过改变某一部分形态来实现整个产品造型的创新。IRONY 系列铸铁壶见图 3，是日本的设计师黑传雅之设计的。该系列化产品主要是针对壶身的形态进行参数化，有圆柱体、圆锥体、正方体等形态。同时驱动参数有壶身高度、壶座、壶盖等，并建立约束下端壶身截面与底座、上端壶身截面和壶口的约束关系式，通过改变壶身最上端和最下端的截面形状以及尺寸来实现系列铸铁壶快速实现产品模型展示。

图 2 系列咖啡壶

Fig.2 The series of coffee pot

图 3 IRONY 系列铸铁壶

Fig.3 The IRONY'S series of cast iron pot

3.3 产品功能参数化的应用

产品功能结构上的参数化首先是通过功能模块的单元化，然后根据模块参数化来实现功能结构上多样化的改变。“中国椅”系列见图 4，3 张座椅都是由丹麦著名家具设计大师 Hans Wegner 所设计的，图 4c 的三位座椅是由图 4a 的座椅结构（除了坐垫）和图 4b 的座椅的坐垫进行功能参数化结合而来。将功能定位进行分析，即定位该座椅的位数，并将其设置为主参数，用位数参数来驱动座椅的长度参数（结合人机中青年人的座椅宽度来判断），其座板高度、宽度和靠背高度与单人位设置一致，都要求在满足人机方面的前提下进行功能参数化。

a b c

图 4 “中国椅”系列

Fig.4 Chinese chair series

以上系列化产品都是可以通过对尺寸、形态、功能结构等参数的修改，来实现产品造型设计的创新。可见参数技术在产品设计中应该是很广泛的，只是未能得到很好的利用。同时类似这些系列化产品都是设计者初始的设计原型通过一定的形态、尺寸、结构等参数化变型而来的。这样，可以在面对日益增长的多样化人类需求情况下，产品使用者可以通过设计师定好的产品参数之间关系式（满足产品功能、人机关系的前提下）来实现产品参数化，通过客户不同的需求，设置主参数的数字，可以设计出所需要的产品，实现了基于参数化的结构和尺寸不同需求设计。

4　参数化应用实现技术

基于参数化技术的产品造型设计过程可以分为以下步骤。首先，对产品结构及其参数进行分析，提取出设计的主参数，并将其他尺寸参数建立与主参数对应的约束关系式，将设置成主参数驱动其他关联的尺寸参数链，同时将产品的特征功能进行模块划分，将功能单元结合于建模技术中（如类似功能的阵列与镜像），然后通过计算机辅助设计三维建模软件进行实体化模型建立，可以通过对 SolidWorks 软件进行实物建模。其次，借助其开发工具（Visual C++6.0）进行二次开发，开发出基于参数化技术的零件尺寸变型设计模块，通过提取参数模型的尺寸参数和约束关系式，用户可以方便地操作界面输入对应的主参数进行模型的尺寸修改，实现模型零件的变型，设计出同种结构不用尺寸的系列产品[10]。第三，建立功能模块矩阵元素的输入与建模中功能特征的连接方式，实现功能模块的拼接组合效果，设计出多种类型结构功能的产品。

以简单茶几为例，对上面所提出的基于参数化驱动的产品造型个性化需求方法进行验证。几种不同功能组合的茶几模型见图 5，设计其长度、宽度以及高度都满足人机关系要求（如图 5a），并将置物功能模块划分，分为有抽屉与无抽屉模块，并结合三维建模技术软件创建虚拟模型。由于不同的使用者要求的产品形状结构或是功能也是不一致，出现有的想要大点的抽屉，有的想要小点的抽屉，有的不想要抽屉等多种类型。可以通过使用者对产品参数进行自行设置选购，采用三维建模软件开发接口提供输入相关的主参数，结合人机关系可设置主参数为“总长”“总宽”“总高”“茶几结构矩阵”。

其中，默认的茶几功能矩阵为 $\begin{bmatrix}1&0&1\\1&0&1\end{bmatrix}$（即为图 5a 的结构，其中矩阵中的行列代表茶几的行列结构要求，1 为有抽屉，0 为无抽屉）；若为图 5b 的类型矩阵为 $\begin{bmatrix}1&0&-1\\1&0&-1\end{bmatrix}$，图 5c 类型的矩阵为 $\begin{bmatrix}1&0&-1\\0&0&-1\end{bmatrix}$（其中：-1 表示为所在矩阵元素与其相邻的元素的-1 组合为一个抽屉），图 5d 类型的矩阵为 $\begin{bmatrix}1&0&1\\0&0&0\end{bmatrix}$。

根据功能矩阵的设置使产品使用者根据自己不同的需求来自由选择抽屉有无的结构，实现功能自主

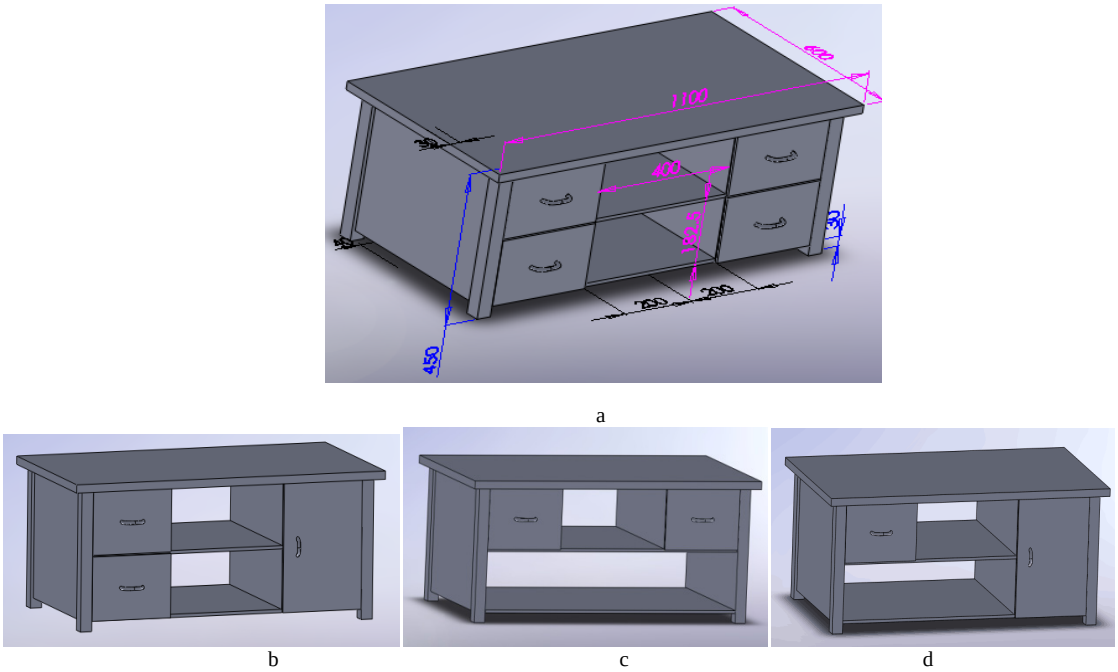

图 5　几种不同功能组合的茶几模型　（单位/mm）

Fig.5 Several different functional combination of the tea table model

设计的要求。同时后面还需要使用者对功能矩阵对应的每一个矩阵元素设置一组尺寸值（即为抽屉的长与高）。尺寸值直接驱动三维软件中各个参数约束关系式，从而实现模型尺寸参数重生成，以快速设计产品的虚拟模型。最后，通过对参数界面的包装，将其转为设计者提供参数输入的窗口，实现了使用者与设计环节良好的协调合作，以满足当代个性化、多样化的需求，实现使用者心仪的产品造型设计。

5 结语

参数化技术在工业产品造型设计这一领域的应用解决了快速设计产品的现象。在满足产品的人机工程方面的前提下，提供了一个使产品使用者参与到设计环节的良好平台，通过对产品功能的模块化、尺寸以及形态的参数化，采用参数化驱动实现了所需产品的自主设计效果，解决了目前基于网络化购物平台的多样化需求中不能实现自主设计的弊端。同时在快速实现产品造型设计时，实现了现代产品多样化的需求。

参考文献：

[1] 张伟社, 梁学双, 李美美, 等. 基于案例信息的机电产品造型创新设计方法[J]. 包装工程, 2015, 36(20): 47.
ZHANG Wei-she, LIANG Xue-shuang, LI Mei-mei, et al. Innovation Design Methods of Mechanical and Electrical Products Form Based on Case Information[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(20): 47.

[2] 王彪. 数字化在工业造型设计上的应用[D]. 长春: 吉林大学, 2008.
WANG Biao. Application of Digitalization in Industrial Modeling Design[D]. Changchun: Jilin University, 2008.

[3] 吴文根. 基于SolidWorks的产品设计专用系统的研究与开发[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2007.
WU Wen-gen. Research and Development of Product Design Special System Based on SolidWorks[D]. Wuhan: Wuhan University of Technology, 2007.

[4] 杨梅, 张鑫. 工业产品造型设计[M]. 北京: 化学工业出版社, 2014
YANG Mei, ZHANG Xin. Modeling Design of Industrial Product[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2014.

[5] 刘永翔, 阮宝湘. 论工业产品造型设计发展新趋势[J]. 装饰, 2003(11): 25.
LIU Yong-xiang, RUAN Bao-xiang. On the New Trends in Sculpting Industrial Products[J]. Zhuangshi, 2003 (11): 25.

[6] 王敏. 产品造型设计的“ATE”三维评价研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2013.
WANG Min. Research on the "ATE" Three-Dimension Appraising of Product Modeling Design[D]. Wuhan: Wuhan University of Technology, 2013.

[7] 李兰. 设计软件在产品设计流程中的应用[J]. 包装工程, 2015, 36(14): 137.
LI Lan. Application of Software in Product Design Process[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(14): 137.

[8] 陈杰. 汽车座椅的人机工程学分析[J]. 包装工程, 2015, 36(22): 145.
CHEN Jie. Ergonomics Analysis of Automobile Seat[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(22): 145.

[9] 于萍. 基于人机工程学的儿童电动车设计[D]. 北京: 华北电力大学, 2014.
YU Ping. The Design of Children's Electric Cars Based on Ergonomics[D]. Beijing: North China Electric Power University, 2014.

[10] 汪沙娜, 刘夫云, 匡兵. 基于 CAD/CAE 集成的零件变型设计系统开发[J]. 机械设计与研究, 2013, 29(4): 66.
WANG Sha-na, LIU Fu-yun, KUANG Bing. Development of Parts Variant Design System Based on the Integration of CAD/CAE[J]. Journal of Machine Design and Research, 2013, 29(4): 66.