

# 参数化设计与 3D 打印的协同发展研究

王珂, 刘扬

(西安美术学院, 西安 710065)

**摘要:** **目的** 论述在产品设计与制造领域, 参数化设计与 3D 打印协同发展的意义和重要性。**方法** 通过参数化设计与传统设计方法、3D 打印与传统制造方式的比较分析, 归纳参数化设计和 3D 打印的优势, 以及当前其各自发展的局限性。并通过参数化设计与 3D 打印结合应用的案例, 分析二者在产品设计和制造领域的互补性。**结论** 参数化设计擅长的复杂形体设计, 恰好可以使 3D 打印的优势显著发挥; 同时相较传统制造方式, 3D 打印也可以帮助参数化设计的复杂形体付诸实物生产。参数化设计与 3D 打印互为裨益和助力, 其在产品设计与制造领域的协同发展尤为重要。

**关键词:** 参数化设计; 3D 打印; 产品设计与制造; 协同发展

**中图分类号:** TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)16-0147-05

## Synergistic Development of Parametric Design and 3D Printing

WANG Ke, LIU Yang

(Xi'an Academy of Fine Arts, Xi'an 710065, China)

**ABSTRACT:** It aims to discuss the significance and importance of parametric design and 3D printing's synergistic development in the field of product design and manufacturing. Through the comparative analysis of parametric design and traditional design method, as well as 3D printing and traditional manufacturing mode, it summarizes the advantages of parametric design and 3D printing, and the current limitations of their respective development as well. Meanwhile, through application case of parametric design combined with 3D Printing, the complementary in the field of product design and manufacturing is analyzed. The complex shape product design which parametric design is good at just can reflect the advantages of 3D printing significantly. Compared with traditional manufacturing mode, 3D printing can also put the parametric design of complex shape into physical production. Parameterized design and 3D printing can be mutually promoted, and the synergetic development is particularly important in the field of product design and manufacturing.

**KEY WORDS:** Parametric design; 3D printing; product design and manufacturing; synergetic development

近年来, 3D 打印以其增材制造、快速成型等技术优势, 得到了社会各界的广泛关注, 已在医疗、航空航天、文物保护、工业设计、建筑、教育等领域迅速发展, 积累了丰富的行业应用, 展现出非常广阔的应用空间和市场前景<sup>[1-5]</sup>。但相较传统生产方式, 3D 打印材料的局限性、加工成本、配套软件以及加工的精度和质量也制约着 3D 打印技术的产业发展<sup>[6-7]</sup>。另一方面, 作为数字化时代孕育而生一种全新的设计方法, 参数化设计给产品造型带来了更大的自由空间, 设计师开始使用自由形式的曲线和曲面来表达内心的情感, 产品造型设计已经从功能至上到复杂、多

元化的发展<sup>[8-11]</sup>。但参数化设计同样也有一些制约发展的限制条件, 包括产品制造所需的材料工艺、加工设备、生产费用等<sup>[12-13]</sup>。本文尝试通过对参数化设计和 3D 打印的优势分析及其发展局限的梳理, 并结合应用参数化设计和 3D 打印的实际案例, 论述其互为补益、协同发展的意义及重要性。

### 1 参数化设计在产品领域的设计优势与应用局限

参数化设计即是参变量化设计, 也就是把设计的

收稿日期: 2017-04-22

作者简介: 王珂 (1983—), 男, 陕西人, 硕士, 西安美术学院讲师, 主要从事 3D 打印、参数化设计、文创产品设计方面的研究。

各个环节和要素参变量化,即设计是受参变量控制的,每个参变量控制及表达设计结果的某种重要性质:当改变参变量的值,设计的结果也会随之自动改变<sup>[14]</sup>。

参数化设计最早应用于建筑设计领域<sup>[15]</sup>,国内的鸟巢、水立方、北京银河 SOHO 等地标性建筑都应用了参数化设计的理念和方法。由于参数化设计的诸多优势,近年来也逐步开始应用于产品设计领域。

### 1.1 参数化设计在产品过程中的优势

首先,参数化设计的优势体现在复杂形体的高效、精确设计。传统的产品设计工具长于对以几何元素为基础的形体的处理,面对镂空、褶皱、有机曲面等复杂形体建模时<sup>[16]</sup>,常常会显得力不从心,即便得以建模完成,形体数据往往并不准确。而在参数化设计中,参数化模型使输入参数和输出形体之间建立了精确、可控的联系,使得复杂形体的设计和建模更为高效且准确。法国设计师 Alexandre Moronnoz 设计的 Muscle Bench 肌肉椅见图 1,它即是通过参数化设计的思维和方法设计而成。

其次,参数化设计的优势体现在多个方案的快速



图 1 Muscle Bench 肌肉椅

Fig.1 The muscle bench designed by alexandre moronnoz

生成。为客户提供多种备选方案是产品设计中必要的工作,对传统设计方法来说,这一工作会十分繁重,每个备选方案的设计近乎都是一次设计过程的完全重复,工作量很大。而参数化设计对于同一个参数模型,输入不同的参数会输出不同的设计结果,高效快速地生成多种备选方案。例如通过参数化设计的花瓶,调节不同参数生成了一系列形态各异的花瓶造型可供选择,调节参数后生成的形态各异的花瓶见图 2。

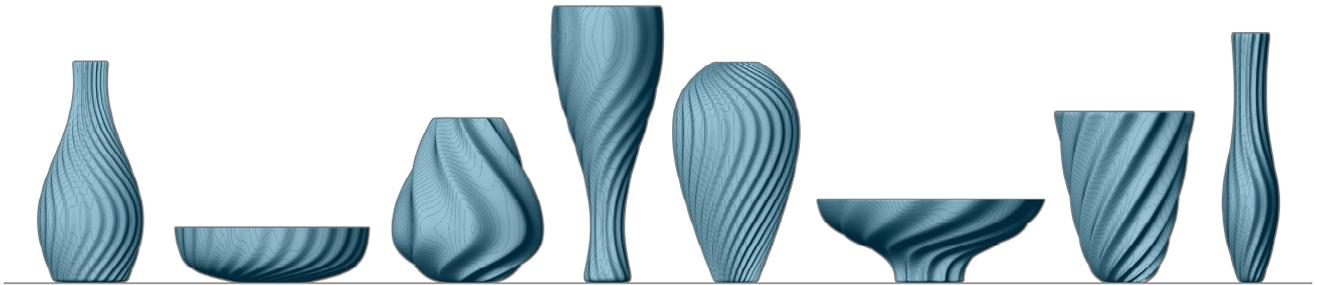


图 2 调节参数后生成的形态各异的花瓶

Fig.2 Various forms of vases by adjusting parameters

第三,参数化设计的优势体现在新设计路径的拓展。传统设计的常规路径是先通过创意构思设想产品的造型及结构,并通过草图进行视觉表达和研究,不断完善,最后通过建模工具实现可视化模型。参数化设计给我们拓展了另一条设计路径:设计师首先定义构成产品形态的参数和逻辑,通过搭建参数间的逻辑关系完成可视化模型的搭建,下一步不断调节参数或修改逻辑即可进行模型的修改、研究、完善。参数的改变、逻辑的调整都会产生不同的产品形态,为设计师拓展了一条全新的设计路径。

### 1.2 参数化设计的应用局限

尽管参数化设计实现了复杂形体的高效、精确设计,但由于造型和结构的复杂度高,传统的加工工艺与很多参数化设计作品不完全适用,开模难度大大增加,过程十分繁琐,导致生产加工的成本高、效率低、良品率低;甚至有些根本无法完成模具的制作,更不

要说付诸实际生产。这让很多参数化设计难以实现向实体产品的转化。

不仅如此,这些局限反过来作用于设计过程,很多参数化设计擅长的造型在创意阶段就不被考量,使很多参数化设计的优秀方案被摒弃,极大限制了参数化设计优势的发挥,从而让参数化设计在产品设计领域的应用受到很大局限。

## 2 3D 打印在产品制造领域的技术优势与应用局限

3D 打印技术是“增材制造”的一种形式,它是一种以数字模型文件为基础,运用塑料或金属等可粘合材料,采用分层加工、叠加成型的方式来构成三维物体的技术。在产品制造领域,3D 打印最开始被用于模型制造和模具制造,现也逐渐应用于一些产品或产品零部件的直接制造。

## 2.1 3D 打印在产品制造领域的技术优势

首先，3D 打印相比传统的生产方式更为快速灵活。3D 打印仅仅需要数字模型文件就可以进行打印制造，一体成型的特点省去了开模的成本和时间；产品造型和结构的调整也变得更加灵活，修改数字模型文件即可立即打印制造，这些技术特点极大地增加了从设计方案转化到实体产品、以及产品不断快速迭代更新的效率。

其次，3D 打印产品在造型和结构设计上的限制很少。受制于传统生产加工工艺限制而无法实现、或需要很高成本才可以实现的造型或结构，由于 3D 打印“增材制造”的特点，大多均可较为便捷地实现——基本实现了只要可以完成数字建模，即可实现 3D 打印——为设计开辟了很大的空间。Sander Mulder 设计、3D 打印的镂空图案的花瓶见图 3，对于传统生产加工工艺是非常难以实现的。



图 3 镂空图案的花瓶

Fig.3 A vase with a hollowed out pattern

第三，3D 打印的材料利用率大大提高。区别于传统“减材制造”生产模式大量的材料损耗，3D 打印的“增材制造”模式对材料的利用率大大提高，甚至接近于原材料与打印成品 1:1 的无损耗生产<sup>[17]</sup>。对材料的节约不仅将降低生产企业的材料成本、仓储成本和物流成本，也会减少对环境的污染，符合可持续发展的方向。

## 2.2 3D 打印在产品制造领域的应用局限

一是对于生产规模达到消费产品级别的产品，相较于传统制造方式如金属的冲压、锻造、铸造，塑料的注塑成型等技术，3D 打印前期投入低，但量产的时间成本和材料成本目前较传统制造方式高，生产效率目前也尚未达到传统生产方式的水平。

二是目前可以支持 3D 打印的材料仍有局限。3D

打印技术要求材料可以液化、丝化、粉末化，打印后还要重新结合起来，且对结合后的材料精度、强度等也有一定要求。即使是掌握打印材料最多的以色列 Object 公司，也仅能在 14 种基本材料基础上组合出 107 种材料，这与工业和民用领域成千上万种材料需求相比还远远不够<sup>[18]</sup>。

三是 3D 打印增材制造的造型优势尚未得到充分体现。设计师在产品设计时往往因为兼顾传统制造工艺的限制，放弃了很多优秀的创意和设计。最终确定的方案自然难以体现 3D 打印“增材制造”在造型可能性上的优势，一定程度上也限制了 3D 打印的应用与发展。

## 3 参数化设计与 3D 打印的协同发展

通过对 3D 打印在产品制造领域应用局限的分析，我们可以发现，前两点局限会随着时间的推移技术的进步逐渐消弭。

第一，快速迭代的硬件升级使 3D 打印机的打印速度不断提高，与传统生产方式制造速度的差距会逐渐减小甚至反超；3D 打印相关材料科学的发展也使得材料成本逐年降低，以可打印 PLA 和 ABS 材料的桌面级 FDM（Fused Deposition Modeling，熔融层积成型）3D 打印机为例，设备成本现在仅需几千到几万元不等，每公斤材料几百元，且仍在不断降低。

第二，3D 打印在打印材料方面的创新速度非常快，各种聚合物材料、金属材料、陶瓷材料、复合材料等可用于 3D 打印的材料不断涌现，3D 打印在打印材料的局限必会随着材料科学的进步越来越小。如在服装织物领域，英国 Tamicare 公司从 2001 年起开始织物 3D 打印技术的研发，2005 年获得的专利，能够使用液态聚合物和纺织纤维制造纺织品，轻松实现定制化。又经过 10 年的后续研发，该公司现在已具备大量生产 3D 打印纺织品的能力，其第一条生产线的制造能力可达每年 300 万件<sup>[19]</sup>。

而第三点 3D 打印增材制造的造型优势，恰好可以通过参数化设计使其充分体现。参数化设计造型的复杂程度相比传统产品设计的造型大大提高，假如使用传统的加工方式来制作，不仅成本很高，有些造型和结构甚至是传统制造工艺无法完成制造的，这恰恰可以发挥 3D 打印“增材制造”的造型优势。此外，尽管当今 3D 打印看似在造型的打印呈现上无所不能，但它必须依靠精准的 3D 数字模型提供打印所需要的准确数据<sup>[20]</sup>。参数化设计作为目前计算机辅助设计系统中，最前沿最先进的设计技术和思维方式之一，自然可以成为 3D 打印迅速发展的坚实基础。

对于参数化设计来说，3D 打印正是一种适合复杂形体，又能有效控制成本的生产方式，可以帮助参

数化设计的复杂形体付诸实物生产,实现设计方案的落地。设计师 Sand Flora 设计的特洛皮灯具及参数化模型见图 4,这款灯具在造型上的灵感来源于自然界

中的花朵造型,在传统建模方式难以准确高效建模、传统工艺难以加工生产的情况下,参数化设计与 3D 打印的组合使设计师的设计方案成为实物产品。

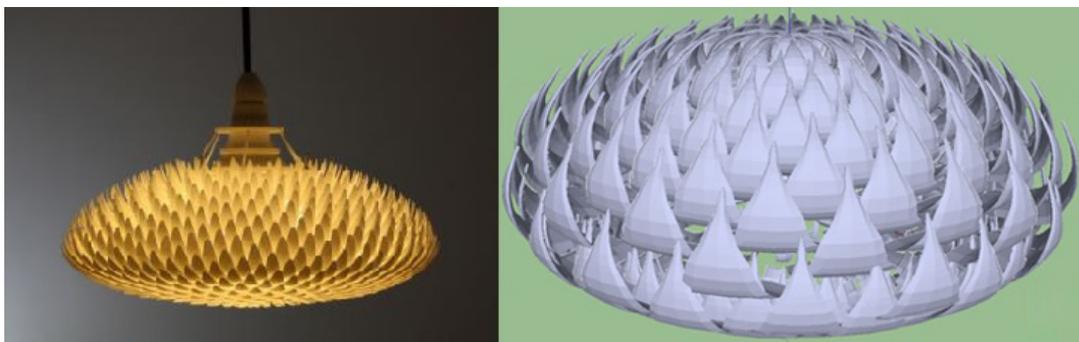


图 4 特洛皮灯具及参数化模型

Fig.4 The Waratah pendant lamp and its parametric model design

#### 4 结语

综上所述,参数化设计给产品设计带来更高的效率和更多造型的可能性,其发展将推动 3D 打印技术的进一步应用;而作为工业 4.0 和智能制造的重要组成部分<sup>[21—23]</sup>,3D 打印的应用也会促使参数化设计更广泛的推广。二者相辅相成,相互促进,共同发展。二者的协同发展不仅会使参数化设计与 3D 打印技术本身得到迅速发展和广泛应用,同时也会使产品造型和结构的可能性得到极大丰富,更加广泛且深入地影响人们的生活。

#### 参考文献:

- [1] 乔益民,王家民. 3D 打印技术在包装容器成型中的应用[J]. 包装工程, 2012, 33(22): 68—72.  
QIAO Yi-min, WANG Jia-min. Application of 3D Printing Technology in Container Molding Design[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(22): 68—72.
- [2] 张楠,李飞. 3D 打印技术的发展与应用对未来产品设计的影响[J]. 机械设计, 2013, 30(7): 97—99.  
ZHANG Nan, LI Fei. Influence of the Development and Application of 3D Printing Technology for the Future Product Design[J]. Journal of Machine Design, 2013, 30(7): 97—99.
- [3] 李涤尘,贺健康,田小永. 增材制造:实现宏微结构一体化制造[J]. 机械工程学报, 2013, 49(6): 129—135.  
LI Di-chen, HE Jian-kang, TIAN Xiao-yong. Additive Manufacturing: Integrated Fabrication of Macro/Microstructures[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2013, 49(6): 129—135.
- [4] 刘红光,杨倩,刘桂锋. 国内外 3D 打印快速成型技术的专利情报分析[J]. 情报杂志, 2013, 32(6): 40—46.  
LIU Hong-guang, YANG Qian, LIU Gui-feng. Patent Information Analysis of 3D-Printing Rapid Prototyping Technology at Home and Abroad[J]. Journal of Intelligence, 2013, 32(6): 40—46.
- [5] 王珂,刘莹,王子健. 产品设计应用 3D 打印技术的教学初探[J]. 西北美术, 2016, 35(3): 44—48.  
WANG Ke, LIU Ying, WANG Zi-jian. Preliminary Studies on Application of 3D Printing Technology on Product Design Teaching[J]. North West Fine Arts, 2016, 35(3): 44—48.
- [6] 李正军,史凌霄,王浩鑫. 基于价值工程理论的产品设计创新[J]. 包装工程, 2015, 36(4): 101—104.  
LI Zheng-jun, SHI Ling-xiao, WANG Hao-xin. Product Design Innovation Based on the Value Engineering Theory[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(4): 101—104.
- [7] 王小龙. 3D 打印技术推动下的中小企业设计创新与管理模式[C]. 北京:北京理工大学出版社, 2013.  
WANG Xiao-long. Research into the Chinese SME' Design Innovation and Management Driven by 3D Printing Technology[C]. Beijing: Beijing Institute of Technology Press, 2013.
- [8] 王柳庄. 参数化技术对产品设计的影响探讨[J]. 包装工程, 2016, 37(16): 10—13.  
WANG Liu-zhuang. Influences of Parametric Technology on Product Design[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(16): 10—13.
- [9] 蔡云红,孙诚,黄利强. 基于 SolidWorks 的瓶盖结构参数化设计的研究[J]. 包装工程, 2012, 33(21): 100—103.  
CAI Yun-hong, SUN Cheng, HUANG Li-qiang. Research on Parametric Design of Bottle Cap Structure Based on Solid Works[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(21): 100—103.
- [10] 周杨,张宇红. 情感化设计中的记忆符号分析研究[J]. 包装工程, 2014, 35(4): 70—74.  
ZHOU Yang, ZHANG Yu-hong. Analysis of Evocative Symbol in Emotional Design[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(4): 70—74.
- [11] 王男,王佩国. 参数化设计在产品造型设计中的应

- 用研究[J]. 设计, 2014, 27(7): 37—38.  
WANG Nan, WANG Pei-guo. Application Research of Parametric Design in Product Form Design[J]. Design, 2014, 27(7): 37—38.
- [12] 关晓琳. 绿色理念在包装设计中的体现探讨[J]. 包装工程, 2013, 34(16): 102—104.  
GUAN Xiao-lin. Discussion on the Green Concept Embodied in the Packaging Design[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(16): 102—104.
- [13] 陈炬. 基于参数化的产品设计研究与实践[J]. 美术学报, 2015, 59(3): 111—115.  
CHEN Ju. Research and Practice of Product Design Based on Parametrics[J]. Art Journal, 2015, 59(3): 111—115.
- [14] 卞京. 产品造型设计的参数化探讨[D]. 杭州: 中国美术学院, 2012.  
BIAN Jing. Parametric Investigation of the Product Modeling Design[D]. Hangzhou: China Academy of Art, 2012.
- [15] 徐卫国, 罗丹, 叶扬. 数字渗透与参数化主义——关于数字技术与建筑设计的访谈与对话录[J]. 世界建筑, 2013, 34(9): 17—35.  
XU Wei-guo, LUO Dan, YE Yang. Digital Infiltration and Parameterization: Interviews and Dialogues on Digital Technology and Architectural Design[J]. World Architecture, 2013, 34(9): 17—35.
- [16] 孙文涛, 董斌. 产品设计中逆向工程技术应用研究[J]. 包装工程, 2014, 35(12): 80—83.  
SUN Wen-tao, DONG Bin. The Reverse Engineering Applied in Crafts Design[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(12): 80—83.
- [17] 马立杰, 樊红丽, 卢继平. 基于增减材制造的复合加工技术研究[J]. 装备制造技术, 2014, 42(7): 57—62.  
MA Li-jie, FAN Hong-li, LU Ji-ping. The Research Based Additive and Subtractive Hybrid Manufacturing [J]. Equipment Manufacturing Technology, 2014, 42(7): 57—62.
- [18] 曾昆. 3D 打印的材料之殇[J]. 新材料产业, 2014, 16(10): 39—41.  
ZENG Kun. The Shortage of 3D Printing Materials[J]. Advanced Materials Industry, 2014, 16(10): 39—41.
- [19] MULDER. 英国 Tamicare 公司开始大规模生产 3D 打印智能纺织品[J]. 毛纺科技, 2016, 44(2): 37.  
MULDER. British Tamicare Company Started to Produce 3D Printing Intelligent Textiles Massively[J]. Wool Textile Journal, 2016, 44(2): 37.
- [20] 李琳. 首饰参数化设计与 3D 打印技术研究[D]. 北京: 北京服装学院, 2013.  
LI Lin. Jewelry Parametric Design and 3D Printing Technology Research[D]. Beijing: Beijing Institute of Fashion Technology, 2013.
- [21] 戴宏民, 戴佩华. 工业 4.0 与智能机械[J]. 包装工程, 2016, 37(20): 206—211.  
DAI Hong-min, Dai Pei-hua. The Industry 4.0 and Intelligent Machinery Factory[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(20): 206—211.
- [22] 张曙. 工业 4.0 和智能制造[J]. 机械设计与制造工程, 2014, 43(8): 1—5.  
ZHANG Shu. The Industry 4.0 and Intelligent Manufacturing[J]. Machine Design and Manufacturing Engineering, 2014, 43(8): 1—5.
- [23] 新莉, 侯佳希, 吴宣润. 基于 3D 打印技术的异形珠移动端定制平台设计探究师[J]. 设计, 2017, 30(1): 60—61.  
XIN Li, HOU Jia-xi, WU Xuan-run. Based on 3D Printing Technology of Special-shaped Beads Mobile end Customized Platform Design Researcher[J]. Design, 2017, 30(1): 60—61.