

基于敦煌“三兔共耳”藻井纹样的形状文法参数化设计研究

陈米佳 刘文静

扬州大学, 江苏扬州, 225000;

摘要: 本文以敦煌“三兔共耳”藻井纹样为研究对象, 结合形状文法与参数化建模技术, 探索其数字化创新路径。研究首先解析纹样的艺术特征与文化内涵, 解构其秩序规则并提取独立图元; 随后运用 Grasshopper 参数化建模工具, 以模块化方式分解图元参数; 最终通过参数调节, 生成不同形制的纹样。本研究为敦煌藻井纹样的数字化传承提供了理论与技术参考, 拓展了其表现形式与传播途径。

关键词: 敦煌藻井纹样; “三兔共耳”纹样; 形状文法; 参数化设计

DOI: 10.64216/3104-9672.25.04.053

1 绪论

1.1 研究背景

敦煌坐落于古代丝绸之路的要冲, 长期吸纳并融合多元文化传统, 逐渐发展成为一座荟萃多方文明的宝库。莫高窟在千年间历经不同朝代的文化积淀与艺术交融, 不仅凝聚了卓越的艺术美感, 也积淀出深厚的文化底蕴。其中尤以散播于隋唐洞窟中的“三兔共耳”藻井纹样引人注目。在当前日益重视传统文化的背景下, 以文化内容为核心的创新产品逐渐成为传播主流。如何将敦煌莫高窟中“三兔共耳”藻井纹样承载的文化内涵与现代文创产品的创新、审美需求结合, 打造兼具时代感与创新性的图案, 促进敦煌文化融入日常生活、焕发新的生机, 最终实现经济与文化双重效益, 已成为一项具有现实意义的研究课题。

1.2 研究目的与意义

受工业化发展与国外设计影响, 传统纹样在现代产品中的应用日趋减少, 主要因其难以适应现代生产体系。以“三兔共耳”藻井纹样为例, 其传统设计可变性低、过程不可逆, 导致调整困难、效率低下。数字化重构是传承此类纹样的重要途径, 它们兼具装饰价值与文化内涵, 有助于传播优秀传统文化。为此, 本文基于参数化设计理念, 探索“三兔共耳”藻井纹样的现代转化路径。通过将纹样进行参数化设计, 可有效突破传统限制, 促进纹样传承与创新。该方法要求提炼纹样的结构秩序, 重构其视觉形态, 挖掘艺术价值, 并探索其在现代数字设计中的可能性, 从而推动其融入当代平面设计, 扩大文化受众。

1.3 国内外研究现状

在当前国内参数化设计的研究中, 主要覆盖建筑、产品及景观设计等多个应用领域。近年来, 该技术与平面纹样相结合的跨学科探索逐渐成为焦点, 相关学术成果数量也呈现出明显上升的趋势。在平面设计中涉及参数化设计研究文献最早是清华大学陈楠^[1]于2013年发表的论文, 其基于格律设计观念, 开始实践参数化设计。在传统纹样设计领域, 已有多位学者采用不同的参数化建模软件对传统纹样进行应用研究, 例如 Ding 等^[2]结合形状语法与粒子群优化构建蜡染图案系统; 赵海英等^[3]运用数学规则实现龟背纹的自动绘制。然而, 此类方法依赖数值推导, 存在生成效率低、形式受限等问题。而生成式设计为此提供了新思路, 如冉二飞等^[4]利用 CycleGAN 生成蓝印花布纹样; 吴思熠等^[5]则通过参数化解构实现宝相花纹样的多样衍生。

国外参数化设计起源于建筑领域。自20世纪80年代, 数字技术融入建筑设计, 并逐渐发展为结合人工智能与算法的参数化方法。在多媒体技术推动下, 视觉传达领域也开始探索信息视觉化的新形式。受参数化思维影响, 国际设计界正对平面设计的未来展开多样化实验。

本研究依据“三兔共耳”藻井纹样的造型特点, 选用合适的参数化软件, 构建设计模型并将其应用于产品创新设计。

2 “三兔共耳”藻井纹样概述

隋代由于其南北一统的历史背景成为莫高窟艺术承前启后的关键阶段。随着丝绸之路畅通, 多元文化于此融合, 推动了敦煌地域文化的显著发展。该时期藻井图案发展迅速, “三兔共耳”藻井图案应运而生, 并持

续受到学界关注。本章将结合现有文献，从该图案的起源与发展、艺术特点及文化内涵三方面展开论述。

2.1 “三兔共耳”藻井纹样的起源与发展

“三兔共耳”藻井纹样最早见于敦煌莫高窟北周第302窟壁画边饰，其独特的藻井中心造型引起多国学者的关注。英国学者苏·安德鲁、汤姆·格里夫斯等人系统整理了世界范围内的类似纹样，认为其多与宗教相关，属于跨文化视觉符号。关于起源，存在宗教传播、战争迁移、中国起源等多种观点，但实物证据表明该纹样最早仅见于敦煌莫高窟藻井，故可推断为莫高窟画师所创，并受隋代佛教“三世”思想与世俗文化影响。

随着佛事活动的发展，藻井形制由中心塔柱式向覆斗型转变，纹样也随之演变。“三兔共耳”藻井纹样在隋、唐、五代流行，在旋转方向与设色上存在差异^[6]。

“三兔共耳”藻井纹样在晚唐时期渐消，现存最晚见于五代石窟，消失或与唐代造窟观念转变及崇尚植物纹有关，画师会创作新图案取代不符当下时代需求的旧纹样。由此可窥见该图案随佛教义理与时代背景变迁的发展

脉络。

2.2 “三兔共耳”藻井纹样的艺术特点

“三兔共耳”藻井纹样采用以方井几何中心为核心的层叠式构图^[7]。（如图1）“三兔共耳”单元位于绝对中心，统摄全局。整体结构呈现“方井-圆轮-斜边-垂幔”的嵌套形式，形成丰富的空间层次。

第一层：方井中心，有“三兔共耳”纹样与莲花纹作为视觉与观念核心。莲花生发万物，三兔象征轮回，共构宇宙本源。

第二层是内层圆轮，饰以莲瓣纹、云头纹、联珠纹，强化中心并划分神圣空间。

第三层在方井四角，布置飞天童子与云纹，起到视觉过渡与动态延伸的作用。

第四层：外层边饰，有忍冬纹、百花纹、三角垂帐纹纹作为边界与收束。繁复华丽的纹样形成富丽堂皇的装饰带，如天花华盖，将整个“天宇”景象收于窟顶。

这种由中心向外扩散、从简到繁的构图，模拟了宇宙的生成秩序，营造出完整而神圣的视觉空间。

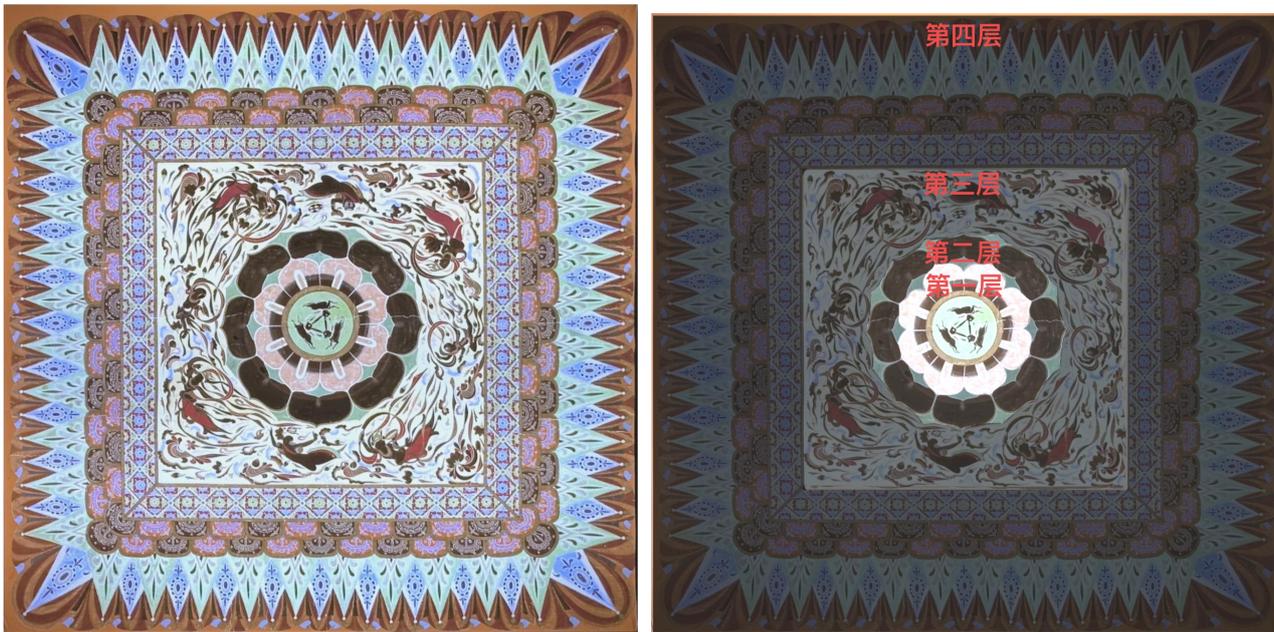


图1 隋代莫高窟第407窟三兔莲花藻井（左）和分析图（右）

图片来源：敦煌研究院官方网站（左）、作者自绘（右）

2.3 “三兔共耳”藻井纹样的文化内涵

莫高窟现存492个洞窟中，有18处出现“三兔共耳”藻井纹样，这表明该纹样是具有特定文化内涵的视觉符号。其设计体现了藻井的宗教属性，与佛教“三世”思想密切相关，如第427窟中三兔共用三耳的形式即与

窟内三佛造像共同呼应“过去、现在、未来”的循环观念^[8]。

隋代释、道、儒三教并重，在思想融合过程中，道教长生观念赋予白兔以不老寓意；儒家“仁和”思想则借助“荷”“和”谐音，强化了兔与莲荷的象征联系。在此背景下，民众对长寿与繁衍的愿望催生了对理想视

觉形式的需求。古人以“三”喻多，蕴含长寿、轮回与多子之意的“三兔共耳”藻井纹样，因而成为承载美好愿景的视觉载体，并逐渐演化为三教共融的信仰符号之一。

3 纹样设计的参数化技术理论和方法

3.1 参数化设计概述

参数在数学中通常指代变量或关键因素。设计领域引入该概念后，形成了参数化设计——即通过参数定义设计过程、构建原型，并组合生成方案，目前该方法已在建筑领域广泛应用。参数化设计主要有两种路径：一是运用参数化工具提升设计效率；二是以参数化思维指导设计流程，将影响因素转化为数据并建立模型，通过调节参数控制结果。核心均在于将设计任务表述为数学

函数，借助规则设定与变量调整实现自动化^[9]。参数化设计能科学描述结构、构建规则并处理信息，因而适用于传统纹样结构的现代转译与衍生研究。

3.2 与参数化设计有关的形状文法理论

形状文法是由 George Stiny 和 James Gips 提出的一种形式化规则系统，其核心是通过规则定义形状演变，以生成复杂几何形态^[10]。其规则分为生成性与修改性两类：前者通过增、删、换等操作创造新形状；后者通过平移、旋转、缩放等方式调整已有形状的属性（如图2）。基于形状文法的参数化设计在此基础上对规则进行参数化描述，借助算法实现形态的自动生成与变化。本文以“三兔共耳”藻井纹样为初始形状，运用该方法进行参数化设计，并通过骨架秩序重组实现纹样再创造，在保持敦煌藻井艺术风格的同时拓展了其创新可能。

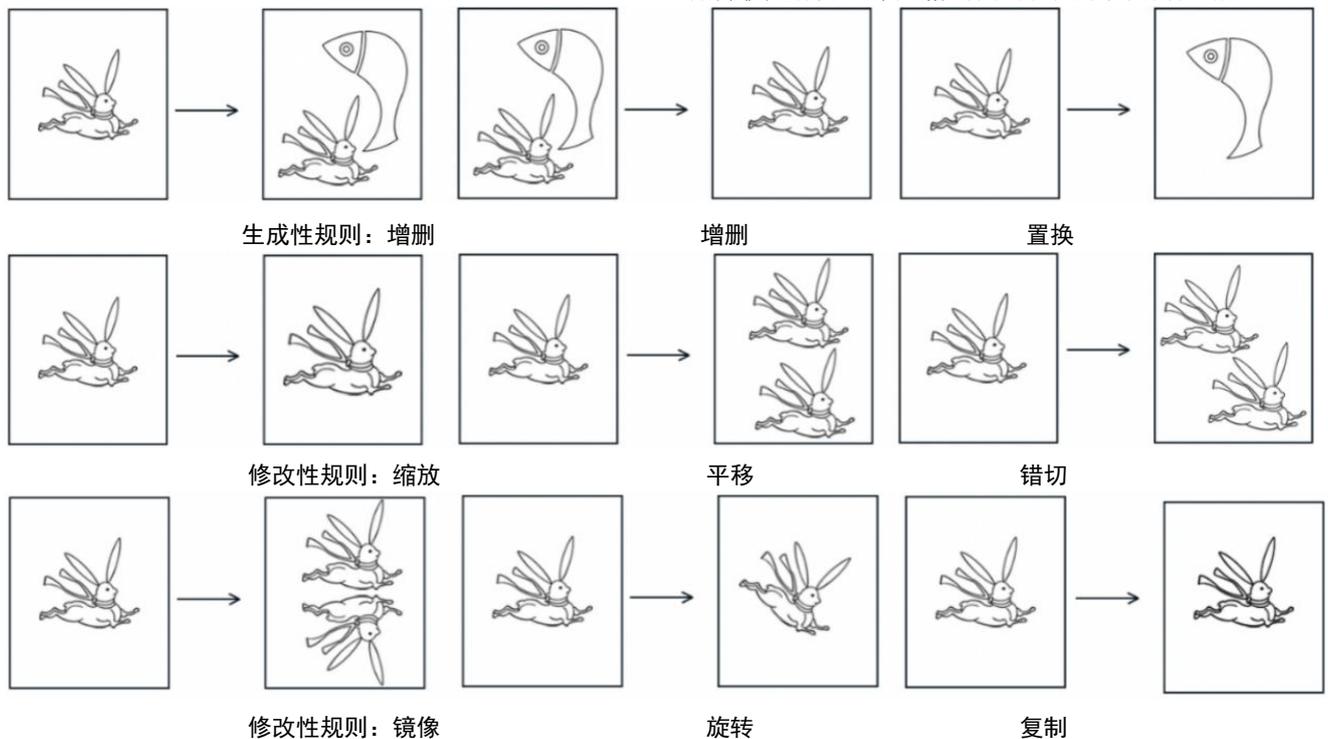


图2:形状文法部分规则演示(图片来源:作者自制)

4 “三兔共耳”藻井纹样的参数化演变与可视化设计

4.1 “三兔共耳”藻井纹样的参数化演变

参数化设计通过添加控制点与可变参数，可以突破传统设计方法的局限。借助参数化软件调节参数值，可自动化生成多样化的衍生纹样，且具有良好的可调性。在保持三兔识别特征的前提下，本研究对其结构进行解

构（见表1），以形状文法推演规则为基础，结合 Grasshopper 中的几何生成与变换运算器，定义相应可调参数，将规则转化为电池组模块。通过构建可灵活调用的规则电池组，可快速实现形状的多次优化，探索纹样参数化设计的多种可能性，从而激发设计灵感，提升工作效率与效果。该方法还具备较强的普适性，能够推广至其他纹样的衍生设计，有助于推动传统纹样的数字化转型及相关产业的数字化进程。

表1 “三兔共耳”藻井纹样图元解构

原始图形	参数化构建基准模型	基础图元	可变参数
		(A) 兔子 (B) 圆环 (C) 装饰	兔子放缩: 0.454 兔子个数: 6 内圆半径: 66 外圆半径: 77 外圈装饰数量: 20 外圈装饰起始位置: 14

参数化设计能够描述结构、构建规则并进行多样衍化，适用于传统纹样的重构，而“三兔共耳”藻井纹样的形态结构同样也适宜采用这一方法进行研究。本文使用 Rhino 平台及 Grasshopper 插件，通过连接图形化的

“电池”与数据流，借助运算器模块生成与变换几何模型，控制点、线、面等特征的生成，最终实现纹样的多样化衍生（如图3）。

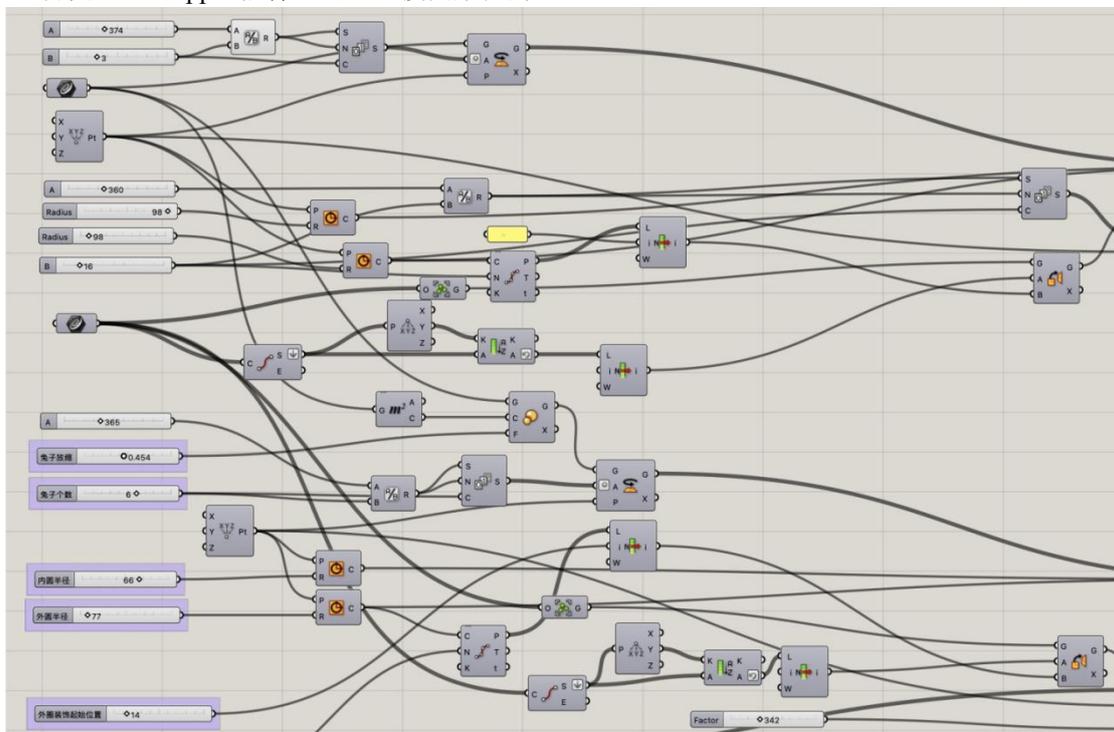


图3 纹样参数化部分运算器连接图（图片来源：作者自制）

4.1.1 “三兔共耳”单元

通过“Rotate”运算器可以将三兔单元中的每个兔子进行旋转,将使形成的面切赋予其P输入端作为参考平

面;通过滑块控制兔子的个数、位置，形成等差数列，将其数值赋予其A输入端作为旋转的弧度值，最终通过“Rotate”运算器输出“三兔共耳”单元（如图4）。

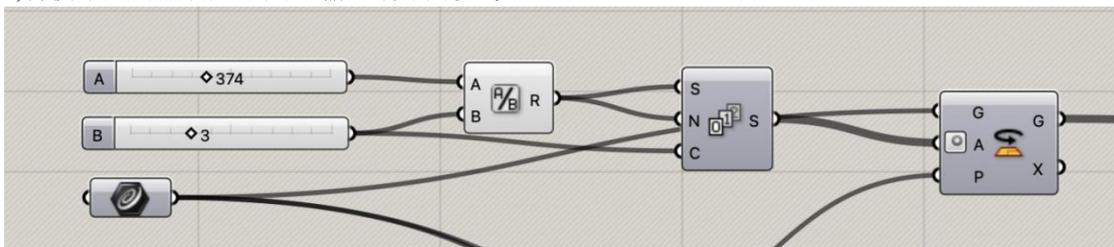


图4 “三兔共耳”单元部分运算器连接图（图片来源：作者自制）

4.1.2 圆环

圆环的构建相对简单，直接使用“Circle”运算器创建圆环即可。通过滑块可控制其内外圆直径得到理想

的效果（如图5）。

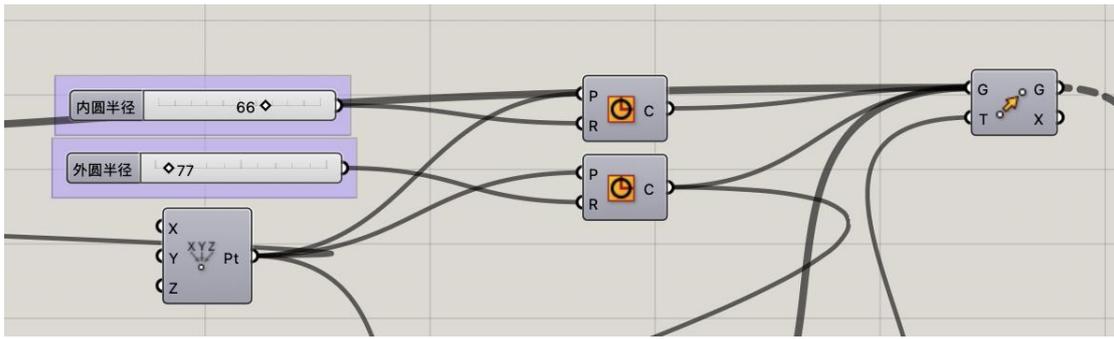


图5 圆环部分运算器连接图（图片来源：作者自制）

4.1.3 外圈花瓣装饰

根据对纹样的观察可以发现，花瓣的底部较尖锐，整体形态分为三段弧线，整体类似扇形。通过“Item”

电池将前期由点构成的弧线细分后作为其L输入的整合，输出数据作为B输入“Orient”运算器后输出为G值输入“Rotate”运算器控制其单个装饰的旋转（如图6）。

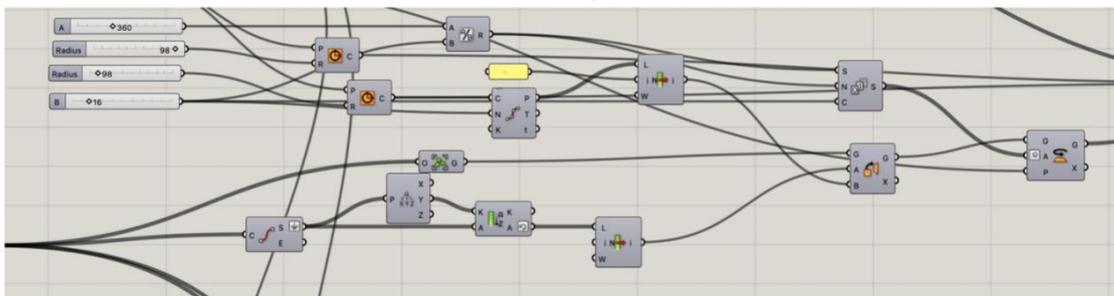


图6 外圈花瓣装饰部分运算器连接图（图片来源：作者自制）

5 结语

本研究认识到当前对敦煌文化元素的设计挖掘仍显不足，如何将文化遗产与现代产品融合以促进传播与创造价值，成为新时代下的重要议题。本文运用参数化设计方法，对“三兔共耳”藻井纹样进行数字化解析与重构，通过分析其色彩与结构，展现其形式美感与文化内涵，验证了数字技术在传统符号转化中的可行性与创意潜力，从而为敦煌藻井纹样的数字化传承与应用提供参考。同时本研究也存在不足：在研究方法上缺乏一定的创新性、同时在设计论证方面缺失一定的定量分析。

参考文献

[1] 陈楠. 从“格律设计观”看“参数化设计”对视觉传达设计专业发展趋势的影响[J]. 创意与设计, 2013, (01): 61-72.
 [2] DING N, LV J, HU L. Research on national pattern reuse design and optimization method based on improved shape grammar [J]. International Journal of Computational Intelligence Systems, 2020, 13(1): 300-309.

[2] 赵海英, 解光鹏, 高子惠. 基于数学规则的龟背纹自动生成方法 [J]. 北京邮电大学学报, 2022, 45(4): 110-115.
 [4] 冉二飞, 贾小军, 喻擎苍, 等. 基于SE注意力CycleGAN的蓝印花布单纹样自动生成 [J]. 丝绸, 2024, 61(1): 31-37.
 [5] 吴思熠, 高松, 罗芊芊, 吕萧羽, 张素雅, 徐平华. 宝相花纹样参数化建模与衍生设计研究 [J]. 北京服装学院学报(自然科学版), 2024, 44(04): 98-105.
 [6] 杨小斌. 莫高窟隋唐壁画的色彩及情感研究 [D]. 西北师范大学, 2007.
 [7] 董志翹译注. 大唐西域记 [M]. 中华书局, 2012年. 412页.
 [8] 潘云鹤. 智能CAD方法与模型 [M]. 北京: 科学出版社, 1997.
 [9] 朱磊. 基于几何特征度量约束的结构拓扑优化方法研究 [D]. 中国科学院大学(中国科学院长春光学
 [10] 王伟伟, 杨延璞, 杨晓燕, 等. 基于形状文法的产品形态创新设计研究与实践