

阿基米德立体在模块化灯具设计中的应用研究

刘雨佳¹, 程宝飞², 杨晓丹¹

(1.南昌大学, 南昌 330031; 2.井冈山大学, 吉安 343009)

摘要: **目的** 研究阿基米德立体的形态构成方法, 探求一种快捷、量化、可行的模块化灯具设计新方法。**方法** 研究基于模块化设计的原理, 提出了一种模块化灯具的评价方法, 并根据阿基米德立体的基本构成原理, 将模块化灯具的造型元素划分为面类造型因子、线类造型因子以及线面结合类造型因子三大类。**结论** 提出了一种模块化灯具的评价方法, 归纳了模块化灯具造型因子, 提出了模块化灯具设计的具体手法和应用方式。

关键词: 阿基米德立体; 模块化设计; 评价方法; 灯具设计

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2018)10-0204-05

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.10.038

Application of Archimedes Solid in the Modular Lighting Design

LIU Yu-jia¹, CHENG Bao-fei², YANG Xiao-dan¹

(1.Nanchang University, Nanchang 330031, China; 2.Jinggangshan University, Ji'an 343009, China)

ABSTRACT: It aims to analyze the morphological constitute method of Archimedean Solid, and explore a new method of modular design for quick, quantifiable and feasible lighting. Based on the principle of modular design, it establishes the evaluation method of modular lighting. According to the basic composition principle of Archimedes, the modeling elements of modular lamps are divided into three categories: the face modeling factor, the line modeling factor and line-face combination modeling factor. It builds a modular lighting evaluation system, summarized the modular lighting modeling factors, and puts forward the specific practices and applications of the modular lighting design.

KEY WORDS: Archimedean Solid; modular design; evaluation method; lighting design

几何学在灯具产品设计中应用广泛, 而其中的各种几何形态因其本身的数理美而成为灯具产品设计的重要造型语言^[1]。阿基米德立体作为立体几何学中非常重要的一节内容, 其中包含着的数理知识能为模块化灯具设计带来新的思维模式。在灯具产品造型形态量化表达的过程中, 如何将数学的语言提取转化为设计所用, 就成了设计研究的重要问题。

1 阿基米德立体概述

阿基米德立体 (Archimedean Solid) 是一种高度对称的半正多面体, 且使用两种或两种以上的正多面

形为面的凸多面体^[2]。半正多面体最大特点为每个顶点的情况相同, 它是由正多面体经过截角、截半、截边等操作构造而来, 共有 13 种。将 5 种柏拉图立体分别进行截角操作, 同时保持每条边长相等即可得到分别为截顶四面体、截顶立方体、截顶八面体、立方八面体、截顶十二面体、三十二面体以及截顶二十面体 (正方体与正十二面体均有两个截法)^[3]。小斜方截半立方体、小斜方三十二面体是分别在立方八面体、三十二面体保持等边长的原则上继续截角而来。大削棱截顶立方体是将立方体的每个顶点视作两个顶点, 然后在每条棱处破开往外推, 直至边长相等而得, 见图 1。大削棱截顶十二面体演变为同样原理。

收稿日期: 2018-02-13

基金项目: 江西省研究生教育创新计划 (JXYJG-2017-028); 井冈山大学校级教学改革研究课题 (XJJG-19-6)

作者简介: 刘雨佳 (1995—), 女, 江西人, 南昌大学硕士生, 主攻产品设计与界面设计。

通信作者: 杨晓丹 (1975—), 女, 江西人, 硕士, 南昌大学副教授, 主要从事产品设计理论与实践方面的研究。

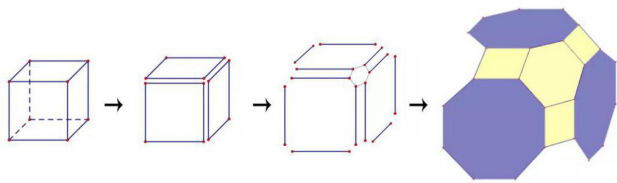


图 1 大削棱截顶立方体演变过程
Fig.1 The evolution process of large cutting edge truncated cube

剩下的两个阿基米德多面体，即扭棱立方体和扭棱十二面体，是在立方体和十二面体的各个面往外推且经扭曲而得。

阿基米德立体由于其自身的独特性、规律性，在建筑、产品、包装和视觉传达设计上均有广泛的运用。将它的形态构成原理运用到灯具产品上，不仅能科学、系统地研究灯具设计方法，精确地计算出组成的样式，还能将数学的理性美带到感性的设计艺术中来。

2 模块化灯具研究分析

2.1 模块化灯具

模块化是为了取得最佳效益，从系统观点出发，研究产品或系统的构成形式，用分解和组合的方法来重新解读产品^[4]。模块化设计发展到如今，已经从理念转变为比较成熟的设计方法。将这种设计方法与灯具设计相结合可以缩短灯具的研发和生产周期，促使产品系列化，提高产品的市场适应性。同时，由于模块具有相对独立性、互换性以及通用性的特点，所以当其中某个块面损耗时，可以只更换相对应的部分即可，方便企业批量化生产、采购、运输^[5]。此外，在已有模块的基础上，企业可不断进行产品创新，创造出更多个性化的产品，满足客户的定制要求^[6]。

在产品中追求个性化和互动性也成为了当代生活的一种趋势^[7]。将模块化设计方法运用到灯具设计当中可以帮助人们满足这种需求。模块化灯具通过组件之间的组合可快速构成不同造型的产品，满足客户的多样化需求。还可以在用户使用时体验灯具的手工娱乐功能，获得对灯具功能与形式的理解和情境的认知，产生心理共鸣，达到放松心情的作用。

2.2 模块化灯具的评价方法

灯具设计过程是一个复杂的、不完全确定的、创造性的设计推理过程，它表现为一连串的问题求解活动^[8]。在这个求解的活动过程中，一个非常关键的环节就是灯具方案的评价，它是灯具设计过程决策的重要依据。在评价模块化灯具之时，本文提出了一种评价方法，将评价过程分为两个阶段，以用户和供应商两个维度去阐述，见图 2。

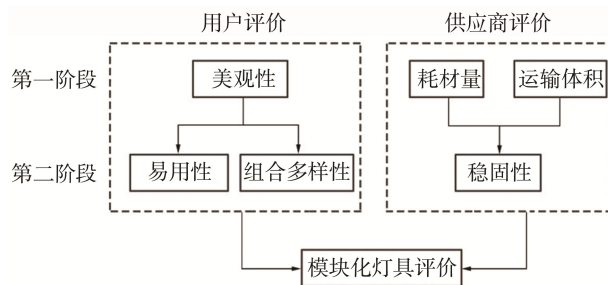


图 2 模块化灯具评价方法
Fig.2 The evaluation method of modular lighting

在第一个阶段中，用户接受灯具的信息通道来自于视觉，即灯具的美观性。视觉信息包括静态的视觉信息（灯具的形态、质地、图形以及颜色等）和动态的视觉信息（灯具的透光性、光影以及与环境的联系等）。而从供应商的维度考虑，第一阶段考虑的信息会是灯具的耗材量与运输体积，即成本。本文所指的成是指在设计阶段，根据产品性能、结构等技术经济定额，产品的生产工艺要求，以及产品投产后在正常生产条件下生产产品的成本。它是一种测算成本，即产品的材料成本和加工成本^[9]。在第二个阶段中，用户便进入产品体验阶段。易用性直接影响了用户对灯具的使用体验。易用性包括易用性、高效性、易记忆、少犯错和满意度 5 个属性。由产品功能带来的良好的易用性都可以让人们产生正面情绪，拓宽创造力并且提高对小困难和小挫折的耐受性^[10]。在模块化的灯具拼接体验过程中，组合方式的多样性同样能提高用户对其的喜爱度，有良好的互动体验以及积极心理暗示。进入第二阶段，供应商会考虑灯具的稳固性，在运输过程、推向市场以及用户反馈的过程中，保证产品质量。

整个方法构建了一个模块化灯具评价框架，通过提取设计中的知识和用户知识，并将其归纳，确定了 6 种评价属性。上述 6 种评价属性可以根据设计师自身设计确定不同的权重。

2.3 阿基米德立体与模块化灯具

阿基米德立体不仅为模块化灯具设计创造了一种多角度、多层级的设计方法，同时，以其精妙的几何造型，还为模块化灯具提供了多种展示框架，并进一步拓展了灯具的展现形式。在灯具设计中，阿基米德立体中的线和面，划分成了模块化灯具中相对简单的、层次合理的单元模块，这也为设计师提供了更为广泛的想象空间。

研究阿基米德立体与灯具模块化设计的构成规律，在阿基米德立体严密的几何规律中找到与模块化灯具设计的最佳契合点，可以更好地实现模块化灯具所追求的变化多样性和组装便捷性。同时，也可以挖掘出更为个性化和简洁化的设计思路。将几何学与模

块化设计相结合，一方面突出了灯具设计的科学性，同时，也为模块化灯具设计提供了一种设计准则和理论依据。

3 基于阿基米德立体的模块化灯具设计的造型因子及运用

现阶段，阿基米德立体原理已经得到了一些应用，对丰富模块化灯具领域有着重要作用。把理性的数学与感性的艺术两门学科进行交叉融合，使它们共为设计所用，使产品兼具美感与功能的同时，继而能产生良好的市场效益。在这里基于阿基米德立体原理提出模块化灯具设计的3类造型因子来进行详细分

析，力求通过数学立体几何学的途径来寻找灯具设计的新方法。同时，将其运用到设计实例中，使用上述评价系统对各类造型因子进行深入分析探究。

3.1 面类造型因子

根据阿基米德立体是由使用两种或两种以上的正多边形为面而构成的凸多面体的规律，可将其直接拆解为不同数量的不同正多边形面类造型因子。以截角二十面体为例，把它拆解为十二面正五边形因子与二十面正六边形因子，然后将提取的面因子通过艺术的造型方法与设计美学的处理衍变成不同的单元形，最后进行拼合（见图3），运用到灯具设计中（见图4）。

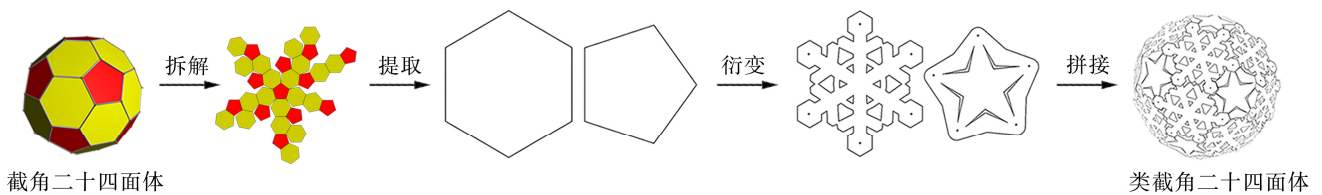


图3 截角二十面体的面类造型因子提取过程
Fig.3 The face shape factor's extraction process of truncated icosahedron



图4 面类造型因子灯具
Fig.4 The lamps of face shape factor

面类造型因子提取简单，留给设计师与顾客自己创造发挥的空间很大，具有良好的互动性。且因为由于面的组合具有唯一性，所以产生的结果也是唯一的。由此可见，在用户拼接的过程中，灯具产品易用性很强，能使用户产生积极心理作用。从商家维度来看，面类因子相对耗材量及运输体积相对较大，加工

成本略高，但灯具的稳固性处于更高一级。

面类造型因子灯具的加工，首先需要将提取演变后的造型图案通过 AutoCAD 或 CorelDRAW 等绘图软件绘制出来。然后，将选取好的制作灯具的原材料，通过激光切割或注塑等加工方式，制作出面类造型因子灯具的单元形。最后，使用铆钉或铰链件等连接部件，按照阿基米德立体中的面与面的构成规律，将各单元形组装成型。

3.2 线类造型因子

由阿基米德立体是使用边长相等的不同多边形构成的规律可知，每个立体都可以使用线类造型因子组成，见表1。由线类造型因子构成的灯具组合多样性很强，同一个样式的线类造型因子可以组成任意一个阿基米德立体。外观上，这类模块化灯具秉承“简约至上”的理念，线框式的组合效果避免了大型吊灯在白天会阻挡自然光的弊端。用户在体验组装的过程中，通过连接件的功能约束，能基本了解自己拼接立体的棱的组合关系，从而实现不同立体之间的转化。

表1 阿基米德立体的棱边组成关系
Tab.1 The edge composition relationship of Archimedean Solid

阿基米德多面体	截顶四面体	立方八面体	截顶立方体	截顶八面体	小斜方截半立体	扭棱立方体	三十二面体	大削棱截顶立方体	截顶十二面体	截顶二十面体	小斜方十二面体	扭棱十二面体	大削棱截顶十二面体
顶点	12	12	24	24	24	24	30	48	60	60	60	60	120
棱	18	24	36	36	48	6	60	72	90	90	120	150	80

由线类造型因子构成的灯具另一个显著的特点即是工艺、材料、加工和运输等成本能大大降低，增加商家的投产积极性。线类造型因子的造型和材料等因素会直接影响产品的稳固性，相对面类造型因子会低一些。例如中空几何体线框灯具"cocohedron"，见图 5，包括一系列精确多面体形状的线框铝制灯具，直接采用直线式的线类造型因子，既有一定体量感，同时内部中空又使其显得十分宽敞。这种拼接方式相比面类模块化设计更显得简洁，又



图 5 中空几何体线框灯具
Fig.5 The hollow frame geometry lamps

不失美感。

对于线类造型因子灯具的加工，首先，仍然需要运用平面绘图软件将提取后的造型图案先绘制出来。其次将原材料通过激光切割或注塑等加工方式，制作出线类造型因子灯具的单元形。最后，使用焊接或磁铁、铆钉等连接部件，按照阿基米德立体中的棱与棱的构成规律，将各单元形组装成型。

3.3 线面结合类造型因子

基于阿基米德立体的模块化灯具设计还可以从中提取出线面结合类造型因子，这里以扭棱十二面体为例。扭棱十二面体由 80 个三角形和 12 个五边形组成，一共 150 条棱。将五边形提取为面类造型因子，三角形提取为线类造型因子，则得到 12 个面类造型因子和 90 个线类造型因子。将提取出的因子通过艺术手法加工后，进行组装拼接，会发现有两种拼接方式，因为小斜方三十二面体可以有 12 个面类造型因子和 60 个线类造型因子组成，见图 6，所以，一般由线面结合类造型因子组成的灯具具有多种组合方式，只是使用的造型因子数量不同。

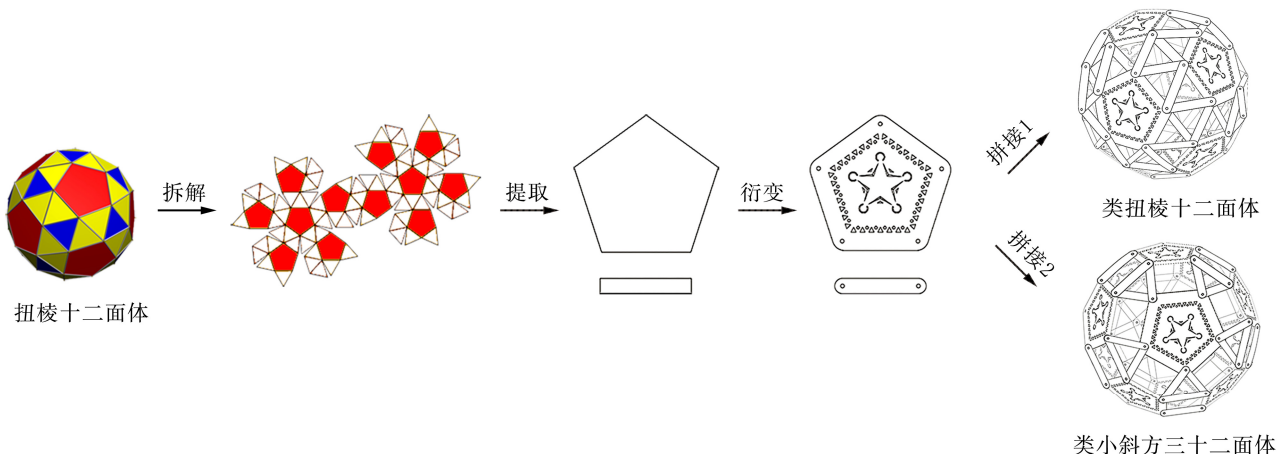


图 6 扭棱十二面体的线面结合类造型因子提取过程
Fig.6 The line and face shape factor's extraction process of snub dodecahedron

此类结合方式构成的灯具相比于面类因子组成的灯具可以节省很多材料等成本，但要比线类造型因子的成本又要更高一些。用户体验拼接这种类型的灯具时需要了解面类因子和线类因子之间组合关系，可以根据自身喜好，实现不同立体之间的转化，实现与产品之间的良好互动，见图 7。由于结合了面类造型因子的稳固性和线类造型因子的低成本等特点，线面结合类造型因子的灯具将拥有更为广阔的市场前景和良好的用户体验。线面结合类造型因子的灯具，它的成型工艺和面类造型因子灯具及线类造型因子灯具的基本相似。虽然在加工程序上复杂一些，但是所制作出的单元形也更为丰富。



图 7 线面结合类造型因子灯具
Fig.7 The lamps of line and face shape factor

4 结语

运用阿基米德立体原理的灯具产品设计,在看似充满理性思维、数学原理的背后,其实是两门学科交叉、融通智慧体现^[11]。人们在探究模块化灯具更合乎人们审美的产品造型之时,也在寻求一种更高效的设计方法。从阿基米德立体中提取出的3类造型因子互相独立,又互为关联,由它们组成的一套设计方法以期能给模块化灯具设计研究者带来新维度的思考方式。

参考文献:

- [1] 黄穗,汪利. 浅析几何学与产品造型设计之关系[J]. 艺术与设计, 2011(1): 192—194.
HUANG Sui, WANG Li. Brief Analysis of the Relationship between Geometry and Product Model Design[J]. Art and Design, 2011(1): 192—194.
- [2] 斯蒂芬·斯金纳. 神圣几何[M]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 2013.
SKINNER S. Sacred Geometry[M]. Changsha: Hunan Science and Technology Press, 2013.
- [3] 郑贺伊. 基于泡沫理论的多面体空间结构几何构成的研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2009.
ZHENG He-yi. Study on Geometric Constitution with Polyhedron Spatial Structure Based on Foam Theory [D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2009.
- [4] 鄢莉,陈映欢. 模块化设计方法在儿童家具设计中的运用[J]. 包装工程, 2010, 31(2): 25.
YAN Li, CHEN Ying-huan. Application of Modular Design Methods in Children Furniture Design[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(2): 25.
- [5] 王乾. 关于工业灯具中模块化设计的探讨[J]. 灯与照明, 2014, 38(4): 47—48.
WANG Qian. Discussion on Industrial Lamps in Module Design[J]. Light & Lighting, 2014, 38(4): 47—48.
- [6] 杨晓丹,刘雨佳,程宝飞,等. 基于立体几何的模块化灯具设计研究[J]. 包装工程, 2017, 38(16): 123—127.
YANG Xiao-dan, LIU Yu-jia, CHENG Bao-fei, et al. Modular Lighting Design Based on Solid Geometry[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(16): 123—127.
- [7] 刘英. 模块化设计方法在鞋子创新设计中的意义[J]. 包装工程, 2011, 32(14): 83—86.
LIU Ying. Meaning of Modular Design Method in Shoes Innovative Design[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(14): 83—86.
- [8] 曾栋,陈亚明. 基于可用性的产品外观设计评价系统研究[J]. 包装工程, 2008, 29(1): 137.
ZENG Dong, CHEN Ya-ming. Research on Product Appearance Evaluation System Based on Usability[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(1): 137.
- [9] 韩庆兰. 基于模块化设计的成本控制研究[J]. 控制与决策, 2007(12): 1381—1384.
HAN Qing-lan. Cost Control Based on Modular Design[J]. Control and Decision, 2007(12): 1381—1384.
- [10] 于东玖,吴晓莉. 设计中易用性原则与情感的关系[J]. 包装工程, 2006, 27(6): 308—309.
YU Dong-jiu, WU Xiao-li. Relation between Easy to Use and Emotion in Design[J]. Packaging Engineering, 2006, 27(6): 308—309.
- [11] 李昊宇. 几何与设计: 探索另一种设计方法[J]. 装饰, 2016(9): 104—106.
LI Hao-yu. Geometry and Design: Exploring Another Design Method[J]. Zhuangshi, 2016(9): 104—106.