

# 城市公共设施的植物结构仿生设计研究

梁晶, 戚明语

南京林业大学艺术设计学院, 江苏 南京

收稿日期: 2023年12月12日; 录用日期: 2024年1月2日; 发布日期: 2024年2月29日

## 摘要

研究植物结构仿生设计在绿色公共设施中的应用, 为绿色公共设施设计提供理论指导与更多思路。文章结合国内外有关文献, 从设计案例入手, 对植物结构仿生和设计思维方法进行了分析, 建立了“由表及里”和“有里及表”两种植物仿生设计模型。并对这两种模型进行差异化分析, 总结出这两种模型的特征与绿色公共设施设计时的匹配情况。为植物结构仿生设计提供更加多元的方向, 同时通过对绿色公共设施的设计实践分析, 运用植物结构优化法强化植物结构的典型特征, 通过对绿色公共设施的实际应用, 为设计师提供更多的灵感和创新思路。

## 关键词

仿生设计, 植物结构, 绿色公共设施

# Research on Plant Structure Biomimetic Design of Urban Public Facilities

Jing Liang, Mingyu Qi

College of Art and Design, Nanjing Forestry University, Nanjing Jiangsu

Received: Dec. 12<sup>th</sup>, 2023; accepted: Jan. 2<sup>nd</sup>, 2024; published: Feb. 29<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

Research the application of biomimetic design of plant structures in green public facilities, providing theoretical guidance and more ideas for the design of green public facilities. The article combines relevant domestic and foreign literature, starting from design cases, analyzes plant structure bionics and design thinking methods, and establishes two plant bionic design models: “from the surface to the inside” and “with the inside and the surface”. And conduct differential analysis on these two models, summarizing the matching situation between the characteristics of these two models and the design of green public facilities. Provide more diverse directions for biomimetic

文章引用: 梁晶, 戚明语. 城市公共设施的植物结构仿生设计研究[J]. 设计, 2024, 9(1): 1194-1200.

DOI: 10.12677/design.2024.91142

design of plant structures, and through practical analysis of green public facilities design, use plant structure optimization methods to strengthen the typical characteristics of plant structures. Through practical application of green public facilities, provide designers with more inspiration and innovative ideas.

## Keywords

Biomimetic Design, Plant Structure, Green Public Facilities

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

“师法自然”是人类存在的重要方式, 早在中国先秦时代, 《易经》中已有对自然规律效法的记载, 仿生的造物意识和思维方式已经开始萌芽。物竞天择, 优胜劣汰, 自然界的植物在漫长的进化中不断发展, 其宏观和微观的结构中, 有着人为设计无法比拟的优良结构。生物的结构是自然的选择与进化的过程, 随着植物仿生设计的深入, 仿生设计不应局限于对植物形态的表面模仿, 而应该对结构、功能等多角度提出新的发展方向, 同时, 在绿色低碳、生态文明理念的指引下, 城市绿色公共设施的建设是大势所趋。因此分析和利用植物结构仿生原理, 进而研究植物结构优化简化方法, 对提升优化仿生设计原理具有现实意义。

## 2. 植物结构仿生

### 2.1. 仿生设计的生态性

仿生学基于对生物的系统结构、感官形态以及功能原理进行仿效的科学。仿生设计是从仿生学、设计学等方面发展而成的一门跨学科的边缘性学科, 在“以人为本”、人与自然“和谐共生”的框架下, 进行的一系列设计活动。仿生设计逐步展开并呈现出一定的时代性, 从单纯的形态模拟, 到科学展示生物功能结构, 再到集成创新生物的内在优势等。

从原始人类石器造物时代到工业产品设计时代, 鲁班因山上野草边缘的锋利小齿的灵感发明了锯子。不难看出, 仿生思维为人类文明做出巨大贡献[1]。一直以来, 设计师从植物当中获得灵感, 新艺术运动中的作品大多有这样的特征。圣家族教堂作为安东尼奥·高迪的代表作, 设计灵感取自山脉、洞穴等自然景物。仿生设计理念的本质就是处理好人与自然的关系, 呈现出和谐共处的美好画面。当代设计者在自然界中发现了创新的设计素材, 并利用各种技术和材质以自然的方式, 生产出富有活力的生态绿色的仿生制品, 让设计逐步地回归大自然。

### 2.2. 植物结构仿生

植物仿生学是利用仿生学的方法, 对自然植物的优良功能、形态、结构、色彩等特性进行研究。植物仿生设计就是将生物的某一特性选择性地应用在设计中[2]。

依据仿生对象特征的不同, 可以将仿生设计进行归类[3]。如“形态仿生”“功能仿生”“材料仿生”“结构仿生”等。其中植物结构仿生强调植物体在宏观与微观结构各组成部分之间以及部分与整体的构成关系, 模仿植物不同结构层次的形态和功能以获取设计想法。植物结构仿生技术是对结构原理的仿生

与仿真, 这往往离不开工程机械的基本原理, 借助现代设计材料、结构、系统等。设计界对结构仿生的理解过于单一[4]。把仿生设计简单等同于外观模仿, 植物仿生在设计界的大部分运用是简单的外形提炼, 运用一定的设计方法与实际功能相结合。实际上, 往往由于对结构仿生的认识不足, 并未系统地用于设计中。

### 3. 基于植物结构仿生的绿色公共设施设计方法

#### 3.1. 绿色公共设施设计原则

绿色低碳、生态文明理念背景下, 绿色公共设施孕育而生。绿色公共设施的概念是从城市公共设施中外延出来的[5]。公共设施的属性界定是相对于私人用品而言的, 具有公共性、非竞争性特点, 对社会而言必不可少的设施。总的来说, 绿色公告设施是在城市当中为居民提供公共服务, 展示一定文化, 满足人们更好的生活品质追求, 并符合绿色生态要求的城市公共设施。绿色公共设施主要分为, 具有使用价值的实用型绿色公共设施和具有一定启示、趣味性和引导作用的审美型绿色公共设施两大类。具体功能与形式表现为休息设施、商业设施、信息设施和照明设施等。

绿色公共设施的最终目的是为人服务的, 我国绿色公共设施的发展与社会、经济发展水平息息相关, 目前已呈良好的发展趋势。主要问题表现为功能和形式的不合理, 使用率不高等[6]。作为设计师, 更希望能有一种理想的存在形态与功能表现, 在协调统一中充分发挥绿色公共设施的功能。

绿色公共设施设计需要梳理各要素, 总结设计原则(如表 1)。在对产品进行系统设计元素的研究中, 基本可以回归到“人、事、场、物”元素结构[7]。在绿色公共设施中, “人”主要指使用者, 包括市民, 游客, 也包括设计者、生产者等。“事”包括使用者的户外活动如出行、交往、休息等多种需要, 并根据不同的需要阐述对象或人。“场”包括社会、经济、技术与地域文化等非物质化形态的“场”, 也包括地理位置, 周边环境的“场”。“物”主要指绿色公共设施本身的呈现。

Table 1. Basic principles of green public facilities

表 1. 绿色公共设施基本原则

人-事-场-物	关键词	基本原则
人	大众	以人为本
事	环保可持续	生态绿色
场	清晰的地域属性	注重文脉
物	成套成组	系统高效

#### 3.2. 绿色公共设施结构仿生思维过程

仿生设计思维是仿生设计的核心, 是在表象、概念的基础上, 进行分析判断的认识过程。因此, 树立仿生设计思维是从仿生概念到仿生实践的必要前提[8]。绿色公共设施植物结构仿生的一般方法是将植物元素结构元素进行分析, 提炼出植物模型, 再对植物模型进行分析得出结构模型, 最后再应用技术手段建立设施技术模型以得到绿色公共设施的新产品。这样的仿生设计研究过程是从设计问题开始的, 设计师主观情感的占比较大。在仿生设计中可能会出现两种情况, 一类是从清晰的设计要求中衍生出来的问题, 一类是设计师从一种特定的植物模型中获得灵感而产生的设计想法。

植物仿生绿色公共设施的思维过程(如图 1)。设计师从问题中引导出产品应实现的功能要求, 并由选定的植物原型提炼出结构特征。这一般要求设计师有一个感性的思维过程, 完成对植物原型从一般感知到抽象思考, 最后完成仿真设计。这一设计过程也是创造性地解决问题的过程[9]。另一方面, 设计师需

要运用自身知识储备, 完成对设计问题理性的思考, 建立植物模型、结构模型, 最后达到一个完整的绿色公共设施的植物结构仿生设计。

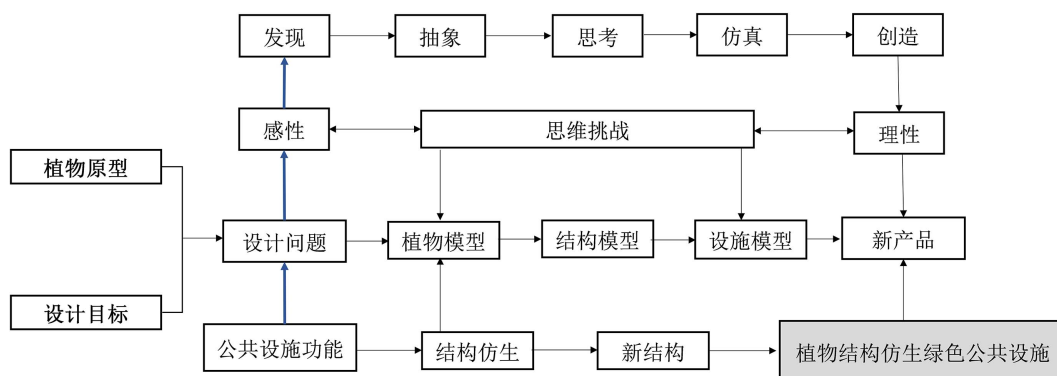


Figure 1. Thinking method of bionic design of green public facilities

图 1. 绿色公共设施仿生设计思维方法

### 3.3. 绿色公共设施结构仿生设计认知方法

植物结构仿生设计的各种创意思维都是建立在对植物对象的认知基础上的, 对自然现象的理解和认知会因为环境等外因而产生变化, 包括个体身份的差异。对于绿色公共设施来说, 其中包括, 公共设施的设计师、生产者、销售者、购买者、操作者、维修者等等。不同人对公共设施的要求不尽相同。生产者希望产品的设计结构简单, 降低成本; 销售者希望便于运输, 购买者性价比高, 等等。因此, 在设计过程中, 要考虑随着外部环境的改变, 对于设计作品认知的不同问题。

植物仿生设计的认知需要经过同化和顺应两个过程, 同化就是将对植物结构的信息整合到思维方法中, 发展出与仿生思维相似的理念。顺应则是随着外部条件变化和 product 需求差异, 对思维观念进行重组, 进行耦合设计。对于植物结构仿生有以下几种认知方法:

#### 3.3.1. 常见和非常见状态的认知

面对不同的环境, 植物会不断地调节自身的结构, 这样才能得到足够的生存机会。表现为两种状态: 常态和非常态。常见状态是经常性的表象或常被看见的、感知的状态, 对于植物仿生设计的常见认知是基本素材。非常态是植物专属的特征、形态和结构。设计师对于植物非常态状态的认识, 有助于我们打破常态化思维, 获得对仿生设计更全面的认知。对于常态和非常态植物结构认知可以从以下几个方面进行分析:

**不同视角的植物结构认知:** 植物的结构往往是从一定的或习惯的视角观察得到的, 如果换一个视角, 如俯视、仰视、剖视等, 能看到完全不一样的结构形态。这要求设计师跳出寻常的思维, 从不同的角度得到不同的设计想法。

**结构整体和部分构成关系认知:** 植物结构的各部分, 构成一个整体系统, 可以借助一些观测仪器对植物结构整体和部分进行完整地认识。如完整的植物根系结构, 由根毛、伸长、分生和根冠组成。植物的整体形象取决于各结构整体的特征, 同时也表现出植物局部形态之间的结构关系。

#### 3.3.2. 植物结构的客观认知和主观认知

在自然界的不断进化演变中, 植物体形成了独特的客观和自然属性。设计师可以从生物的客观认知中获得启发, 以实用功能为主要设计目标的公共设施仿生设计, 设计师应当以客观认知为基础。而主观

认知主要包括对植物美感、意象的认知。设计师需要对客观认知进行全面了解, 可以从以下几个角度出发:

实用功能主导的结构特征认知: 植物的结构是功能的实现形式, 对结构的认知即需要对结构功能作用进行了解。植物的不同部分承担着不同的功能作用, 这些结构会对植物造成直接影响。

环境塑造的植物结构认知: 自然生物与环境的关系是相互依存的, 植物在进化过程中也会不断受到环境影响。植物的某些结构就是在某些特定的环境中, 为了适应气候、水土等环境条件而变化出现的。因此设计师在对植物结构进行观察时, 也必须考虑环境因素。

## 4. 面向植物结构仿生的绿色公共设施设计程序

### 4.1. “由表及里”和“由里及表”的设计程序

植物的仿生设计思维程序分为: 从植物原型到仿生设计原型和从设计问题到植物仿生两大类[10]。

从自然中汲取灵感, 该程序由植物原型驱动, “由表及里”: 设计师在对自然界进行观察研究的过程中, 受到某种植物特性的启发, 将之作为设计的依据和参考, 找到植物原型和绿色公共设施的适配性, 从而完成绿色公共设施的结构仿生设计。“由表里及里”的设计程序(如图2)。从植物原型到仿生设计原型可以分为5个阶段[11]。首先是确立设计概念。在该阶段中, 根据某植物原型的灵感对植物进行结构美感和象征语意分析, 以此确定植物仿生结构的重点。并结合绿色公共设施的功能定位, 由植物结构匹配公共设施的结构美感和象征语意, 以此限定设计的概念。其次是简化植物结构。对已确定的植物结构物进行宏观或微观、整体或部分结构简化, 并遵循绿色公共设施的设计原则, 进行归纳总结。再次是优化方案问题。设计师基于绿色公共设施要解决的问题, 并结合植物仿生的设计原理进行思维发散, 找到潜在的应用方式, 建立模型, 进行效果表达。从次是亮化方案视觉, 主要对绿色公共设施产品的应用进行优化完善。最后是迎合产品市场。

“由里及表”的设计程序(如图3)。设计师从设计问题的根源出发, 将目标需求带入植物元素中去思考, 寻找与绿色公共设施匹配的仿生结构设计。此设计程序除了与“由表及里”设计程序的出发点背道而驰, 其余4个阶段的设计过程都一致。其中设计的关键在于要在产品和原型之间找出相似之处, 通过简化和优化来实现耦合[12]。

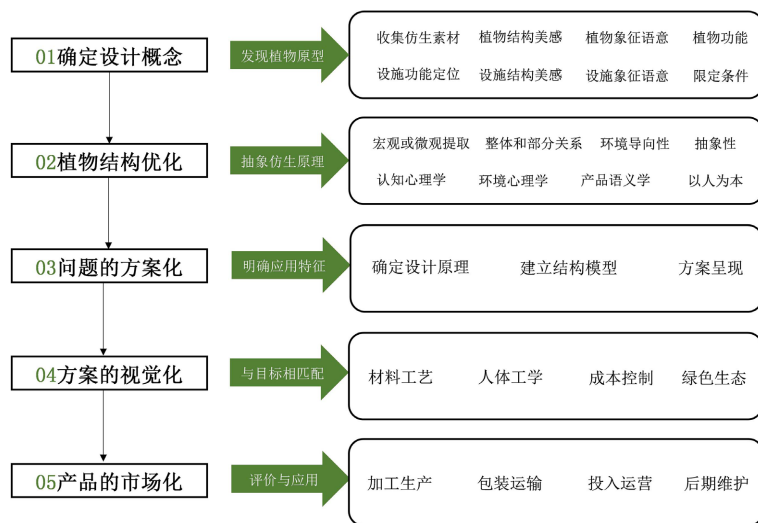


Figure 2. “From the outside to the inside” design procedure  
图2. “由表及里”的设计程序



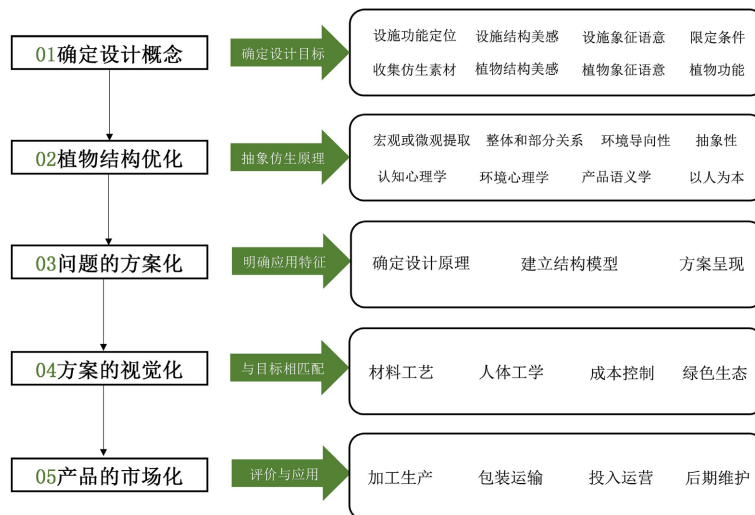


Figure 3. "From inside to table" design procedure

图 3. “由里及表”的设计程序

## 4.2. “由表及里”和“由里及表”的关系

“由表及里”和“由里及表”这两种设计程序存在相同点和不同之处。无论是由植物原型驱动的“由表及里”还是从设计问题的根源出发的“有里及表”都是将植物原型经过结构简化优化，得到绿色公共设施的结构形态。都是抽象植物结构到具体的公共设施的过程。在植物仿生设计中，这两类设计方案的选择与设计师的思考模式有着密切的关系。

经过试验，思考风格更加感性的设计师倾向于采用“由表及里”的设计流程。仿生设计是一个思维发散性的过程[13]。“由表及里”的设计程序能够更加确定公共设施设计的方向。这也需要设计师对自然界研究中的不断积累，获取灵感，从中得到启发。

而更有理性思维的设计师则完全不一样，他们更倾向于从问题到设计方案的“由里及表”的设计程序。“由里及表”的设计方法能够较完整、客观地反映出植物原型的特点，并且能适应于复杂的环境，为绿色公共设施结构仿生设计提供更多思路，“由表及里”和“由里及表”两种设计程序之间的关系(如表 2)。

Table 2. Comparative relationship between “from the outside to the inside” and “from the inside to the outside”

表 2. “由表及里”和“由里及表”对比关系

	对比标准	由表及里	由里及表
不同点	思维方式	感性	理性
	研究过程	集中性	发散性
	适用情况	结构特征突出的植物	结构特征复杂的植物
相同点	都是运用植物仿生结构优化法设计绿色公共设施的程序，是由抽象到仿生的设计程序。		

## 5. 结语

以植物结构作为设计的起点，使该方法得到实例的支持，并对其实施过程和内容进行补充。首先，确定设计任务，对现有的设计要素进行分类和提取，从植物结构中提取设计意向。“共生”树屋从双子叶植物根的次生结构，橡树树根的木栓形成层的横截面提取植物结构。结合木栓形成层的结构功能，提

取植物结构仿生设计的切入点。根据木栓形成层的活动结构, 经过对元素主要特征和次要特征的简化优化, 形成绿色公共设施的设计方向。其次, 利用分析、调查等手段对用户的需求进行定位, 并将现有的设计元素归类、抽取出来。再次, 把用户意象与产品的设计元素相对应, 并由此产生不同的设计思想和方法。根据用户的基本需求、期望需求和额外需求, 提炼出公共设施的实际功能要求, 结合绿色公共设施的基本原则, 完善出符合要求的仿生设计。接着配合设计表现进行设计方案的呈现, 涉及各种不同的建模和绘制工具、制作实体模型等。公共设施进入市场化, “共生”树屋作为绿色公共设施可批量生产, 使用在公园、广场、商业街等人流量大的区域。最后需考虑公共设施的材质、运输、使用条件等因素。

文章研究了植物结构方式设计在绿色公共设施中的设计程序, 分析植物仿生设计实现结构仿生的思维过程和认知方法, 并归纳总结出“由表及里”和“由里及表”两种设计程序。植物结构仿生设计在绿色公共设施设计中应用的可行性和有效性。设计师在对绿色公共设施进行结构仿生设计的过程中, 需要通过运用认知心理学、环境心理学等相关理论, 实现人、产品、环境、社会与自然三者之间的平衡, 从而营造一种与自然和谐共存的绿色生态生活方式。

## 基金项目

本论文为 2021 年度江苏省高校哲学社会科学研究项目“基于江苏红色文化传承的城市公共文化空间创新”研究成果, 项目编号: 2021SJA0132。

## 注 释

文中所有图表均为作者自绘。

## 参考文献

- [1] 罗仕鉴, 边泽, 张宇飞, 陆佳炜, 卢世主. 基于形态匹配的产品仿生设计融合[J]. 计算机集成制造系统, 2020, 26(10): 2633-2641.
- [2] 武文婷, 何丛芊, 赵衡宇, 孙以栋. 植物结构仿生学在工业设计中的应用研究[J]. 浙江工业大学学报, 2008(3): 343-348.
- [3] 徐慧. 仿生设计在产品中的应用探究[J]. 包装工程, 2017, 38(14): 208-210.
- [4] 马泽群, 苟锐, 黄强琴. 仿生设计在工业设计领域的困境及策略[J]. 包装工程, 2013, 34(20): 111-113+128.
- [5] 李正军, 张皖宁. 智慧城市趋势下的城市公共设施创新[J]. 包装工程, 2018, 39(6): 207-211.
- [6] 王鹤. 智慧城市背景下植物仿生公共艺术设施的优势与发展[J]. 创意与设计, 2021(5): 44-48.
- [7] 王昀. 城市公共设施系统设计研究[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2016.
- [8] 徐伯初, 陆冀宁. 仿生设计概论[M]. 成都: 西南交通大学出版社, 2016.
- [9] 欧细凡, 周志勇, 刘博敏, 张新月. 基于眼动追踪技术的产品形态仿生设计研究[J]. 包装工程, 2018, 39(22): 144-150.
- [10] 罗仕鉴, 张宇飞, 边泽, 单萍. 产品外形仿生设计研究现状与进展[J]. 机械工程学报, 2018, 54(21): 138-155.
- [11] 刘伟, 史源, 于菲, 董娅凡, 孙建广. 仿生设计中的功能创新研究[J]. 包装工程, 2019, 40(14): 186-191.
- [12] 许永生, 赵秦琨, 支锦亦, 何静. 基于生物形态简化优化法的产品仿生设计研究[J]. 包装工程, 2021, 42(18): 188-193.
- [13] 谭浩, 赵江洪, 王巍, 张军. 产品造型设计思维模型与应用[J]. 机械工程学报, 2006(S1): 98-102.