

菌丝体材料产品化设计研究

刘览宇, 郑刚强, 周倩
(武汉理工大学, 武汉 430070)

摘要: **目的** 通过菌丝体材料的产品化设计实践, 探索其设计原则与设计思路。**方法** 介绍菌丝体材料的特性并根据特性分析材料的可应用范围, 阐述菌丝体材料的产品化现状及价值, 并以材料驱动设计和可持续设计中的产品生命周期原则为理论依据, 提出菌丝体材料产品化设计原则及设计思路。**结论** 总结出菌丝体材料产品化设计三原则, 分别是材料的可持续性发展原则、产品的功能性与美观性兼具原则、创新产品的多样性原则, 设计思路包括: 认知菌丝体材料的特性; 提出菌丝体材料的愿景; 进行菌丝体材料的加工; 测试菌丝体产品的功能; 设计菌丝体产品的应用; 探索菌丝体产品的可持续性。根据此原则与思路完成菌丝体板材设计, 为今后的菌丝体材料产品化设计提供指导。菌丝体材料的产品化设计既可以拓展菌丝体材料的应用范围, 规范菌丝体材料的设计流程, 又能实现菌丝体材料的可持续性创新发展, 为社会带来深远的环境和经济价值。

关键词: 菌丝体材料; 产品化设计; 可持续发展; 创新设计

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2023)06-0196-09

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.06.021

Product Design of Mycelium Materials

LIU Lan-yu, ZHENG Gang-qiang, ZHOU Qian
(Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China)

ABSTRACT: The work aims to explore the design principles and design ideas of mycelium materials through practical product design. The characteristics of mycelium materials were introduced. The applicable range of the materials was analyzed according to their characteristics. The productization status and value of mycelium materials were expounded. With the principle of product life cycle in material driving design and sustainable design as the theoretical basis, principles and ideas for the product design of mycelium materials were proposed. Three design principles for product design of mycelium materials are summarized, including the principle of sustainable development of materials, the principle of functionality and aesthetics of products, and the principle of diversity of innovative products. The design ideas include: recognizing properties of mycelium materials; proposing the vision of mycelium materials; processing mycelium materials; testing the function of mycelium products; designing the application of mycelium products; and exploring the sustainability of mycelium products. The bacterial plate design was completed according to these principles and ideas, providing guidance for the design of bacteria material products in the future. The product design of mycelium material can both expand the application range of mycelium materials, standardize the design of mycelium material, and achieve sustainable innovation and development of mycelium materials, and bring a deeper environment and economic value for the society.

KEY WORDS: mycelium material; product design; sustainable development; innovative design

随着人口的不断增长和经济的快速发展, 地球上日益匮乏的资源已经不能满足人们过度开采和使用的需求, 解决上述问题的有效途径便是新材料的开发

和利用。其中菌丝体材料因其具备纯天然、可再生、可降解、易塑形等特性, 在资源日益匮乏的当今, 对其的研究具有促进可持续发展和资源再利用的优势。

收稿日期: 2022-11-02

基金项目: 2020 年度国家社会科学基金艺术学项目 (20BG130)

作者简介: 刘览宇 (1996—), 女, 博士生, 主要研究方向为设计思维、产品设计等。

在设计领域, 基于菌丝体材料所进行的尝试性设计在不断实施, 菌丝体材料作为一种生物可降解材料, 已经初步运用在少量的日常用品中。然而, 这种产品的应用往往是试验性的且没有被大规模开发, 相关产品的设计范围较窄。本研究将探究如何使设计在菌丝体材料产品化过程中发挥更大的价值, 为菌丝体材料的产品化设计提供系统的指导, 以促进菌丝体产品多元化、规模化、可持续性的生产与应用。

1 菌丝体材料概述

1.1 菌丝体材料的特性

菌丝是由孢子经过不断生长最终形成的丝状或管状的菌体。多个单核菌丝持续生长后互相接触和沟通融合后形成双核菌丝体^[1]。菌丝体和其自身的生长基质组合在一起的繁殖材料叫菌种, 菌种和谷物或者木屑等附着物在模具中生长到一定阶段后形成菌丝体材料。近年来, 对于菌丝体材料特性的研究在不断增加, 菌丝体材料的可再生、抗压性、强度大、可降解、易塑形等优势越来越受到学术和商业的关注。菌

丝体材料的特性及行业应用瞻望分析, 见表 1。

1.2 菌丝体材料的应用现状

菌丝体材料作为一种环境友好、可再生、塑形性好的绿色材料, 符合当前可持续发展的趋势。通过在特定环境下的塑形以及烘干等生产制备步骤, 菌丝体材料最终能够形成具有特定形状和功能的菌丝体产品。在过去十年的时间里, 不同国家的生物技术公司推出了少量基于菌丝体材料的概念性产品, 如 MycoWorks 公司将菌丝体材料加工为皮革的替代品, 并制成时装在纽约时装周上展出; Ecovative Design 公司创造的菌丝砖被当作建筑材料用于纽约现代艺术博物馆; 产品设计师 Danielle Trofe 以菌丝体材料制成了台灯和花盆等。由此可见, 菌丝体材料与设计相结合形成的菌丝体产品可以应用于不同领域, 并具有广阔的发展前景。经调研发现, 虽然菌丝体材料在产品包装、建筑、家具等行业中的应用有着无限的潜能, 但这种潜能始终未能得到深度开发和规模化生产。在中国, 虽然近年来生物基材料技术取得了很大的进展, 但菌丝体产品的开发和应用尚处于起步阶段^[5]。

表 1 菌丝体材料的特性及行业应用瞻望
Tab.1 Characteristics of mycelium materials and prospect of industrial application

材料特性	性能描述	行业瞻望
力学性能	菌丝体材料抗压强度与聚苯乙烯材料近似, 说明其具有良好的抗压性、回弹性 ^[2-3]	建筑行业、家装、办公装饰、家具、交通工具(汽车内饰材料)、海洋工程、包装、面料(服装, 鞋, 包)
隔音性	菌丝体板吸收率高达 75%, 非常有希望取代传统的泡沫隔音板 ^[4]	建筑行业、家装(地板、隔音板)、办公装饰、交通工具(汽车内饰材料)
阻燃性	真菌菌丝体本身不可燃, 甚至可以直接承受火焰烧灼, 是一种良好的天然阻燃材料	建筑行业、家装, 办公装饰、交通工具(汽车内饰材料)、海洋工程
可塑性	菌种和谷物或者木屑等附着物在模具中生长到一定阶段后形成菌丝体材料。	娱教行业(DIY 科普)文创产品(手机壳、饰品、识别性文化用品)面料(服装, 包)个性化定制行业
天然可降解性	得到的产品经使用废弃后可以直接作为家庭堆肥, 30 天就能完全降解。	包装、建筑行业、儿童玩具行业

1.3 菌丝体材料产品化的价值

菌丝体作为一种可生物降解且坚固的材料, 满足越来越多消费者对绿色生活的需求。在制造方面, 菌丝体可以生长为任何形状, 这种精准的塑形能力有利于消除制造过程中的浪费并提高生产效率, 且菌丝体材料所具有的多种功能使其有着广泛的应用可能性。除此之外, 用于生产菌丝体材料的原料丰富、可持续且价格低廉, 如农场废弃物和家用食品废弃物等。因此, 基于菌丝体材料的产品化设计与实践, 可以将菌丝体材料的设计属性与可持续发展结合在一起, 通过多种形式的创新传达绿色低碳、纯真质朴的生活理念, 这一理念是拓展菌丝体材料运用、提升产品多样

性的有效手段。

2 菌丝体材料产品化设计原则

1) 材料的可持续性发展原则。可持续设计要求从人类的长远利益出发, 以满足人类社会的可持续发展为目标^[6]。菌丝体材料本身属于可再生资源、可循环材料, 因此在材料的生产、使用、废弃、再生循环过程中应与生态环境相协调, 减少环境污染或不污染环境。美国的克利夫兰工作室预计开发的菌丝体建筑, 见图 1。与传统的建筑不同, 该建筑旨在解决贫困灾区的住房危机, 通过将建筑垃圾分解成纸浆并将其与菌丝体混合, 然后塑形压缩形成一种新的菌丝体建筑材料, 这种菌丝体材



图1 菌丝体建筑结构
Fig.1 Building structure of mycelium

料可以切成砖块在灾区建造临时房屋,从而将废物转化为一种可持续的建筑材料。因此,在以菌丝体材料为基础的整个产品生命周期内应注重可持续和环保意识,设计师需考虑菌丝体产品的环境属性(废料转化性、可拆卸性、可回收性、可维护性、可重复利用性等),重点利用材料的废料转化性和可回收再利用性进行设计。

2) 产品的功能性与美观性兼具原则。菌丝体产品的设计过程中应以功能为核心,同时考虑产品的美观性。现代产品设计需以人为本,符合人体工学,鲜明地体现出产品的功能及特性,如舒适、便捷、耐用等特点^[7],如今最常见的菌丝体产品商用形式为包装设计,见图2。由于菌丝体材料具有重量轻、易于成型和生产等优势,加工制造出的菌丝体包装可代替塑料包装,也可表达出回归自然的淳朴之美。菌丝体产品的设计需要充分考虑菌丝体材料的特性,如抗压强、强度大、易塑形、耐磨等特点。在美观性上,菌丝体材料表面自然原始,且通过染色等工艺可以有利于设计师根据其设计理念,赋予菌丝体产品不同的肌理与视觉体验。



图2 菌丝体产品包装设计
Fig.2 Packaging design of mycelium product

3) 创新产品的多样性原则。菌丝体作为一种创新生物材料,现阶段所涉及的产品种类较少。因此在菌丝体产品设计过程中,设计师可以从多角度进行创新或对单一产品进行多场景应用来实现产品的多样性,如根据菌丝体材料的特性、形态、颜色、多场景应用、加工工艺等要素结合用户需求进行设计,为用户提供彻底的产品创新体验。德国著名的弗劳恩霍夫研究所制作的菌丝体3D打印机,可以实现将菌丝体作为粘合有机废物的活胶来构造多样的产品造型,一旦菌丝体完全成熟并干燥,就可以形成结构稳定的产

品,见图3。通过这种创新的加工工艺方式为菌丝体产品提供了更大的设计自由度和设计范围。因此需要在明确功能形式的基础上,通过不同手段对菌丝体材料进行多方位创新,尝试推出多样化的菌丝体产品,以充分满足消费者的个性化需求,进而实现生物材料和设计的共创式发展。

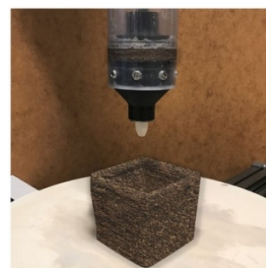


图3 菌丝体3D打印机
Fig.3 3D printer of mycelium

3 菌丝体材料产品化设计思路

根据荷兰代尔夫特理工大学 Karana 等^[8]提出的——材料驱动设计方法(Material Driven Design)的四个主要行为:理解材料、创作材料体验愿景、展示材料体验模式、设计材料/产品概念,同时根据可持续设计中的产品生命周期(Product Life Cycle)原则^[9],即关注产品从开发到废弃的全过程——设计、制造、使用、维护、回收、废弃,并结合菌丝体材料的特性将上述理论进行整合与发展,提出一套以充分挖掘菌丝体材料特性、探索材料可持续发展为目标的菌丝体材料产品化设计思路。见图4。

3.1 认知菌丝体材料的特性

菌丝体材料产品化设计的第一步要求设计师了解菌丝体材料的特性、发展现状、应用领域、加工处理工艺和影响材料制造的因素等基础知识。在此过程中需要判断是否基于过往研究进行材料设计,还是根据产品需求寻求创新,进一步优化菌丝体材料的性能再进行设计。

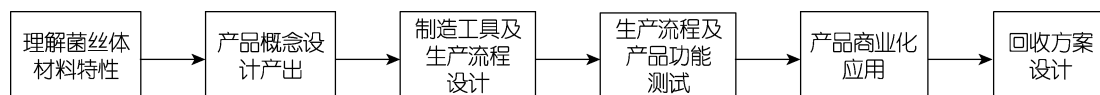


图4 菌丝体产品产业化设计思路
Fig.4 Industrialization design thought of mycelium product

3.2 提出菌丝体材料的愿景

设计师需要通过加工制作来体验菌丝体材料, 根据材料给设计师的第一印象和材料本身的形态和功能特征进行初步的参与式发散思考, 如菌丝体的质朴表面象征着纯洁与自然。除此之外设计师还需要分析菌丝体产品的潜在使用者, 如用户的年龄、职业背景、受教育程度等。通过体验与分析, 设计师可以选择发展现有的菌丝体产品领域或拓展未来可应用的领域范围, 进而得到多样的菌丝体产品。

3.3 进行菌丝体材料的加工

根据所设计的概念产品分析材料加工及量产的可能性, 选择相应的加工方式, 并对生产菌丝体产品的制造工具及生产流程进行设计, 在此过程中设计师需要根据产品的制造需求, 设计出可以得到稳定产品质量的生长模具, 并依据材料的可持续性发展原则尽量减少整个过程中所产生的污染和废料。

3.4 测试菌丝体产品的功能

设计师通过配合其他学科模拟上一阶段中的生产和制造流程, 并验证产品的技术性, 从而比较概念产品与产品模型的匹配程度, 在这个阶段中, 设计师可能会根据相关专家意见进一步修改生产流程, 使所测试的概念产品可以在生产过程中得到量产, 还可以邀请目标用户参与产品体验, 并以此为重要依据进行评估, 分析产品的可行性, 最终确认产品是否符合预期目标。

3.5 设计菌丝体产品的应用

设计师需要根据用户需求将菌丝体产品进行场景应用, 让菌丝体产品在贴近人们日常生活的同时也满足人们对功能和美学的需求, 设计出应用场景及相关应用范围, 在场景应用时应注意产品的多样性原则, 尽可能多地发散产品在不同场景下的应用, 如通过不同的组装方式来实现更多的应用范围。

3.6 探索菌丝体产品的可持续性

为了实现产品生命周期的可持续性, 需要对菌丝体产品进行回收设计, 设计出适合菌丝体产品的回收方案与策略, 尽可能考虑到该材料在整个生命周期中的再利用率, 达到资源的可持续利用, 从而形成完整的菌丝体材料生命周期, 为用户提供更环保、合理和美好的生活方式。

4 菌丝体材料产品化设计实践

4.1 菌丝体材料创新实验

与传统菌丝体和农产品结合的加工方式相比, 在菌类植物生长过程中增加食物废料可以使菌类生长效率提高 65%^[10]。中国是产粮大国, 也是人口大国, 食物浪费现象在国内较为普遍。有数据显示, 我国居民每年

浪费的餐饮食物能够满足 3 000~5 000 万人一年的粮食需求^[11]。因此, 本研究将浪费的食物 (面包) 和农作物废料 (秸秆) 作为菌丝体材料的生长基底, 通过实验观察菌丝体的生长完整度, 并验证这种基底配方对材料生长是否有加速作用。

基于过往研究, 该实验的生长基底由面包废料、农作物秸秆废料、水和菌种组成。在实验室需要准备的材料包括: 三级菌种、面包废料、秸秆废料、不同类型的刀、搅拌机、塑料盒、塑料手套和浓度为 70% 的酒精。接下来用面包刀将面包废料切成 2~3 cm 的碎片; 面包废料碎片在 150 ℃热烘箱中灭菌 30 min; 使用搅拌机研磨灭菌后的面包废料, 得到面包废料细粉; 将秸秆废料切成 2~3 cm 的碎段; 秸秆废料碎段在沸水中用大火煮 90 min 后, 挤压排干水分。把研磨好的面包废料、秸秆碎段和三级菌种放入生长器皿中, 并把器皿放置在温度为 25 ℃的保温箱中。此次实验共设四个对照组, 每组实验均以 10 g 三级菌种为例。实验详细数据见表 2。生长效果图见图 5。

表 2 四组实验数据对比表
Tab.2 Comparison of four groups of experimental data

名称	配料/g	生长皿尺寸/cm	生长环境 ℃/天	菌丝覆 盖率/%
实验 A	秸秆 (20)	直径 (10)	25/10	50
	菌种 (10)	高 (3)		
实验 B	秸秆 (20)	直径 (10) 高 (3)	25/10	80
	菌种 (10)			
	面包废料 (10 g)			
实验 C	秸秆 (20)	直径 (10) 高 (3)	25/10	95
	菌种 (10)			
	面包废料 (20)			
实验 D	秸秆 (20)	直径 (10) 高 (3)	25/10	90
	菌种 (10)			
	面包废料 (30)			

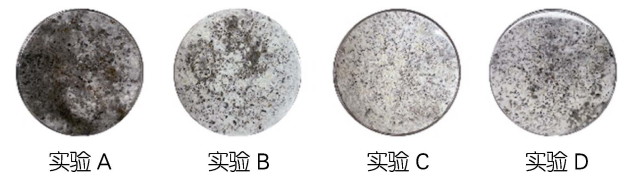


图 5 菌丝体生长效果
Fig.5 Growth effect of mycelium

如实验 C 所示, 当面包废料细粉和秸秆废料碎段的重量比例为 1 : 1 的时候, 菌丝体生长的速度最快, 成型也相对完整。由于实验过程没有专业的生物材料专家参与, 因此对具体的比例没有更加精确的计算。实验结果证明在菌丝体生长过程中加入农作物加工物废料可以加快菌丝体的增长速度, 从而提高菌丝体

产品的产量,然而农作物加工物比例和农作物废料比例需要进行更多的精确实验进行验证。根据 Abhijith^[12]的实验研究,菌丝体在 60~125 ℃下烘烤 2 h 可以达到干燥。因此将菌丝体在 70 ℃通风的烤箱中烘烤 2 h 后得到实验 C 所述的菌丝体材料。

4.2 菌丝体板创新设计

利用菌丝体材料可以很好地将低成本的有机废物转化为美观且具有功能性的环境友好型材料^[13]。通过创新实验发现,加入食物废料可以加快菌丝体的生长,根据菌丝体材料质朴、原始和紧密的表面形态,以及其防水、耐用、保温、吸音、可百分之百降解的特征,得出菌丝体材料符合现代装饰的简约化审美,从而决定设计适合用于家庭和公共区域的隔音和装饰面板。该设计创造性地以回收面包和农作物废料中的秸秆废料为原料,形成一个从基底材料回收、制造培育、场景应用到报废回收的完整菌丝体材料可持续性设计流程。该流程按照菌丝材料产品化的设计思路与原则,为今后的菌丝体产品设计提供了范例。

随着用户的个性化需求不断增加,模块化产品设计的理念得到不断推广,用户可以根据自己的需求对模块化的产品进行快速组合,以工业化的标准满足用户的个性化需求。因此,将菌丝体材料设计成单个模块化且表面带有纹理的正方体面板,规则的正方体外形可以方便产品运输,减少生产模具的制造成本,简洁美观,适用于各种空间。产品表面纹理能够通过不同的组合方式获得更多的造型,见图 6。这种正方形菌丝体模块产品的尺寸为:四个边长均为 600 mm,厚度为 40 mm。方形菌丝体模块多模式的组合扩展,见图 7。



图 6 方形菌丝体模块产品
Fig.6 Square mycelium module product



图 10 菌丝体板放置货架
Fig.10 Shelf for mycelium plates



图 7 菌丝体模块产品组合扩展模式
Fig.7 Expansion mode of mycelium module product portfolio

4.3 菌丝体材料加工

4.3.1 制造工具设计

为了制造出这种造型的菌丝体板,还需对生产工具进行设计。菌丝体板的成型需要三个工具的共同合作,首先是与产品的形状直接相关的手动压力机,见图 8。手动压力机首先成型,然后在成型模具中保持形状,见图 9。在成型之后,菌丝体板需要通过放置菌丝体板的货架系统进行统一收纳、干燥,见图 10。该货架采用抽拉式的设计方式方便操作工人放置、检查、移动。货架的侧边还设计了便于查看的编号面板,面板上方的温湿度传感器可以监控房间内的条件是否符合生长标准,并在必要时发出警告,从而避免菌丝体在错误环境下生长的风险。这套工具操作使用简单,对于菌丝体隔音板的生产是必要的。

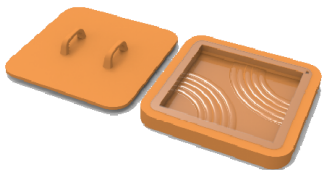


图 8 手动压力机
Fig.8 Manual press tool



图 9 成型模具
Fig.9 Forming die

4.3.2 产品制造流程

基于过往的研究, 菌丝体板由基础材料到最终成型需要六个步骤。分别是: 将面包屑和秸秆废料通过两个单独的工业研磨机进行研磨; 采用高压灭菌器对研磨后的面包屑和秸秆废料进行灭菌, 因为生长过程中的细菌会导致霉菌扩散, 影响菌丝体质量^[14]; 在混合器中将第二步制备的材料、菌种与水混合以形成最终的基底组合物; 用手动压力机将基底组合物沉积到生长模具中; 菌丝体在模具中生长十天的时间, 为了在最佳条件下生长, 需要控制环境温度范围在 18~25 ℃^[15]; 干燥环境下放置两天, 终止菌丝体的生长。菌丝体板的制造过程根据功能的不同分为三个单元: 处理单元、生长单元和干燥单元, 见图 11。其中第一步至第四步发生在处理单元, 其中必要的设备有: 面包工业研磨机、稻草工业研磨机、高压灭菌器和工业锥形混合器, 在这一单元进行的是废料加工和基底制备, 由面包废料、秸秆废料、水和菌种混合制成的基底将转移至生长模具中等待生长成型。第五步发生在生长单元, 菌丝体在受控的模具内生长成需要的产品。最后一步发生在干燥单元, 菌丝体板经过干燥以保证失去活性得到最终产品。

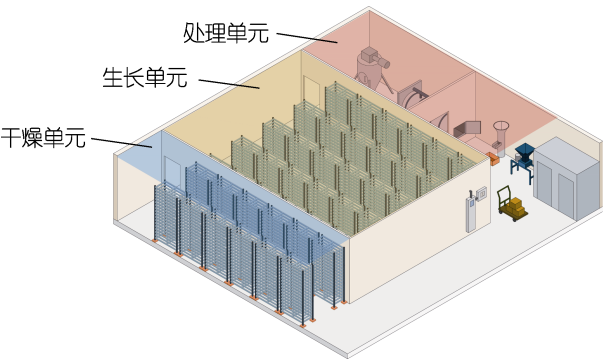


图 11 模块化生产环境
Fig.11 Modular production environment

在菌丝体材料产品化过程中, 上述根据功能区分实施模块化生产的菌丝体产品加工模式可以被应用于不同的菌丝体产品加工中, 并成为一种规范性示例。需要指出的是, 在具体操作时加工工具和生长模具的设计需要根据产品造型的不同而改变。

4.4 菌丝体板功能测试

为了验证菌丝体板制作工具和制作流程的可靠性, 在实验室中将菌丝体材料创新设计得出的最佳基底配比材料放入 3D 打印的制造工具中进行生长, 制造工具的比例进行了缩小 (1 : 3), 缩小后的制造工具长 200 mm, 宽 200 mm, 厚 13 mm。再根据制造工艺步骤最终得到菌丝体功能性测试实验面板, 见图 12。



图 12 菌丝体功能性测试实验面板
Fig.12 Functional test panel of mycelium

从图 12 可以看出, 将菌丝体材料创新设计得出的最佳基底配比材料按照上述制造工艺步骤的要求进行制作, 得到了表面具有半圆形纹理图案的菌丝体板。这种菌丝体板满足模块化拼接使用的要求, 并具有相当的美观度。接下来对菌丝体功能性测试实验面板的隔音功能进行测试, 该测试设计了三组对比实验, 分别在没有任何挡板、有菌丝体挡板和普通 200 cm*200 cm*13 cm 尺寸隔音板下播放相同的音频。测试环境, 见图 13。经试验发现菌丝体板和普通隔音板一样具有隔音功能且在尺寸相同的情况下隔音效果更佳, 见图 14。



图 13 隔音功能测试环境
Fig.13 Test environment of sound insulation function

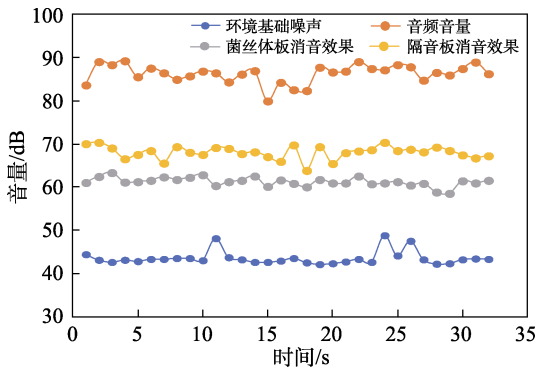


图 14 隔音功能测试
Fig.14 Test of sound insulation function

4.5 菌丝体板场景应用

成型的菌丝体板既可以当成隔音板产品直接贴在墙上进行使用, 也可以通过不同的组合方式应用于家居领域和办公室领域。在只需要相同菌丝体板的情况下, 更大地发挥产品的价值, 拓展菌丝体板的市场应用。基于环保原则, 组装材料也源于农产品, 挡板安装系统中使用的连接元件是麻绳, 象征菌丝体根部与其生长的基质之间的牢固结合, 用麻绳捆绑菌丝体

板的优点是无需利用机械件或电动工具进行安装,用户可以根据所提供的安装配件自行安装商品。在实际应用中考虑采用四种安装方式来搭配菌丝体板在墙面、天花板、桌面及地面的使用。

4.5.1 天花板挡板

天花板挡板的应用适用于嘈杂的公共区域,以吸收声音并为公共区域提供朴素美观且环保的悬挂装饰元素。天花板挡板系统由三个并排安装的面板组成。绳索将面板与直径 30 mm、长度 2 m 的标准榉木杆相连接,见图 15。

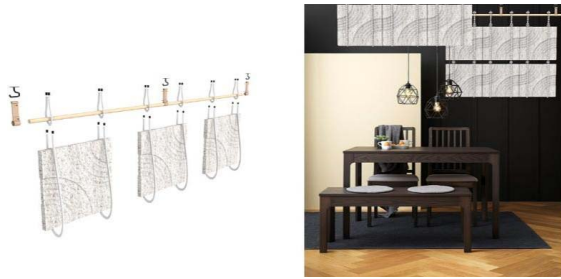


图 15 天花板挡板
Fig.15 Ceiling baffle

4.5.2 墙壁面板

墙壁面板可作为家庭、办公室或工作室的吸音瓷砖,由天花板挡板系统的相同标准元素组成,这种面板的悬浮组合结构可以方便用户拆卸和移动。见图 16。



图 16 墙壁面板
Fig.16 Wall panel

4.5.3 桌面挡板

桌面面板的应用可以分割桌面空间,为客户提供办公隐私环境。在该系统中,面板组装结构由四块边长 30 mm、长度 65 mm 的方形木板构成,并由直径 8 mm 的木塞连接在一起。为了提升稳固效果,设计了两个绳索进行支撑,且在支撑脚的底部安装了四个 SBS 夹子,以避免在使用过程中的移动。见图 17。

4.5.4 地面挡板

地面面板的应用概念与桌面应用相似,但尺寸更大,有分割空间和装饰房间的作用。安装使用了方形截面、边长为 50 mm 的木板,在底部该结构呈现出与桌子挡板系统相同的支撑脚结构,见图 18。利用相同的菌丝体面板进行不同的安装和应用过程体现

了整个生产链的可持续性、适用性等概念。



图 17 桌面挡板
Fig.17 Desktop baffle



图 18 地面挡板
Fig.18 Floor baffle

菌丝体产品的场景应用是连接菌丝体材料和用户的关键步骤,如上文所设计的菌丝体板应用,其根据菌丝体产品化原则与思路,将菌丝体的材料特性和模块化制造相结合,仅改变产品的装配模式来适应更多的应用场景,从而创新设计出具有多应用范围的实用性产品。

4.6 菌丝体板可持续性探索

当客户决定更换和移除产品时,提供相应的回收服务:由同一安装公司或本人拆除并将使用过的产品退回菌丝体工厂,在下一个订单中给予相应的折扣或直接获得金钱奖励。被拆除的菌丝体板会根据破损程度的不同被工厂重新加工或转化为肥料进行使用。

在以菌丝体板为示例的菌丝体材料产品化设计中,整个材料生命周期从废物的回收处理开始,在此过程中创新性地加入了食物废物促进菌丝体的生长,以减少产品制造时间、提高产量和经济效益。在产品制造过程中利用了模块化的菌丝体产品设计,使产品开发在设计之初就能大致确定生产成本和制作进度,减少了不必要的工作量,同时有助于产品的规模化生产^[16]。在场景应用过程中,在保证最低模型制造量的前提下创造了更多的设计方案和使用方法,设计出的菌丝体装饰功能板,拓展了菌丝体材料的设计领域。在产品制备过程中,对制造区域进行功能性划分,这种加工区域划分方案和流程规范可以促进菌丝体产品低成本规模化生产与应用,为其他类别的菌丝体产品制造提供了参考。最终形成集材料创新生产、规模化工厂制造、模块化产品设计与产品回收再利用于一体的可持续创新菌丝体产品设计,见图 19。

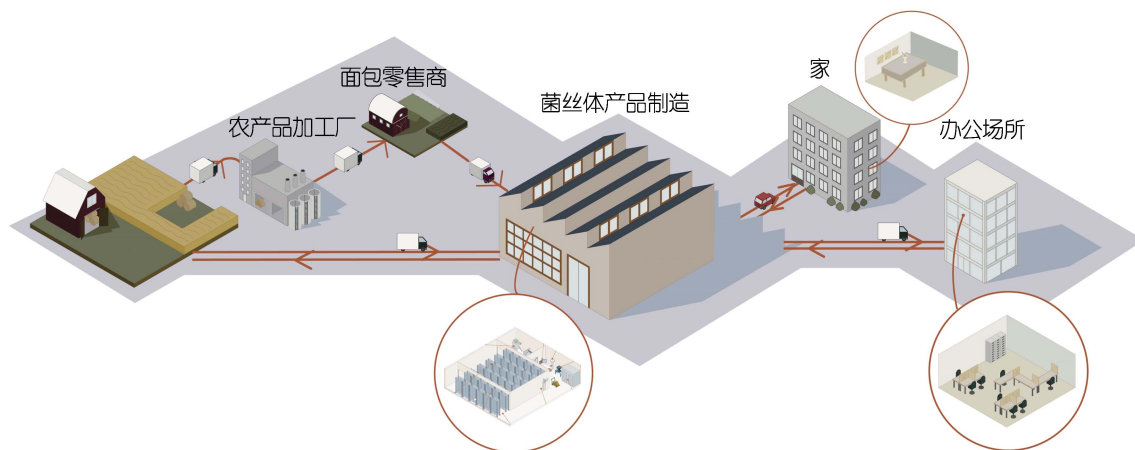


图 19 菌丝体板可持续性流程

Fig.19 Sustainability process of mycelium plates

5 结语

在注重环保和资源高效节约利用的未来,设计赋能的地位将不断提高。通过设计协作、设计增值以及设计驱动的模式,将设计赋能菌丝体材料的产品化设计,不但能够实现菌丝体产品商业价值增值的目标,而且能够实现菌丝体材料的可持续性发展。本研究建立在材料驱动设计和可持续性设计思维的基础上,创新性地提出了菌丝体材料更广泛的应用办法,为菌丝体材料的产品化提供了完整的设计思路与指导性意见。后续研究可以综合材料学科、工程学科、生物学科等多学科协同推动菌丝体材料的研发和应用,为菌丝体材料产品化提供更全面的发展指导和方向。

参考文献:

- [1] 郭成金. 实用蕈菌生物学[M]. 天津: 天津科学技术出版社, 2014.
GUO Cheng-jin. Applied Mushroom Biology[M]. Tianjin: Tianjin Scientific & Technical Publishers, 2014.
- [2] Ziegler, Alexander R., et al. Evaluation of Physico-Mechanical Properties of Mycelium Reinforced Green Biocomposites Made from Cellulosic Fibers[J]. Applied Engineering in Agriculture, 2016, 32(6): 931-938.
- [3] 吴豪, 赵鹏, 章琦, 等. 基于菌丝体的缓冲包装材料制备及性能研究[J]. 浙江科技学院学报, 2015, 27(1): 22-27.
WU Hao, ZHAO Peng, ZHANG Qi, et al. Preparation and Properties of Cushion Packaging Material Based on Mycelium[J]. Journal of Zhejiang University of Science and Technology, 2015, 27(1): 22-27.
- [4] M G, Pelletier. An Evaluation Study of Mycelium Based Acoustic Absorbers Grown on Agricultural By-Product Substrates[J]. Industrial Crops and Products, 2013, 51: 480-485.
- [5] 万杰, 银清扬, 翁端. 菌丝体基塑料的发展现状与前景[J]. 科技导报, 2019, 37(22): 105-112.
WAN Jie, YIN Qing-yang, WENG Duan. Current Status and tomorrow of Mycelium Based Plastics[J]. Science & Technology Review, 2019, 37(22): 105-112.
- [6] 盘湘龙. 材料的形式创新与情感表达——德乔·雷米的可持续设计之道[J]. 装饰, 2017(8): 138-139.
PAN Xiang-long. Form Innovation and Emotion Expression of the Materials: The Sustainable Way of Tejo Remy's Design[J]. Art & Design, 2017(8): 138-139.
- [7] 高锐涛, 郭晓燕, 徐宁. 产品设计中的人性因素和人体工学[J]. 包装工程, 2011, 32(22): 61-63, 71.
GAO Rui-tao, GUO Xiao-yan, XU Ning. Human Factors and Ergonomics in Product Design[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(22): 61-63, 71.
- [8] KARANA, ELVIN B, DAVINE H. When the Material Grows: A Case Study on Designing (with) Mycelium-based Materials[J]. International Journal of Design, 2018(12): 119-136.
- [9] RINK D R. The Product Life Cycle: Vehicle for Fashioning & Purchasing Strategy[J]. International Journal of Physical Distribution & Materials Management, 1978, 8(4): 200-214.
- [10] GREGORI A. Leftover Bread as a Substrate for Pleurotus Ostreatus Cultivation[J]. International Journal of Sanitary Engineering Research, 2008, 2(2): 10-14.
- [11] 杨昌军, 吴明红, 严耕. 论绿色生活对人类需要的全面满足[J]. 商业研究, 2017(10): 133-138.
YANG Chang-jun, WU Ming-hong, YAN Geng. On the Full Satisfaction of Green Life to Human Needs[J]. Commercial Research, 2017(10): 133-138.
- [12] ABHIJITH R. Sustainable Packaging Applications from Mycelium to Substitute Polystyrene: A Review[J]. Materials Today: Proceedings, 2018, 5(1): 2139-2145.
- [13] APPELS F V W, CAMERE S, MONTALTI M, et al.

- Fabrication Factors Influencing Mechanical, Moisture- and Water-Related Properties of Mycelium-Based Composites[J]. *Materials & Design*, 2019, 161: 64-71.
- [14] HANEEF M, CESERACCIU L, CANALE C, et al. Advanced Materials from Fungal Mycelium: Fabrication and Tuning of Physical Properties[J]. *Scientific Reports*, 2017, 7: 41292.
- [15] JIANG Lai, WALCZYK D, MCINTYRE G, et al. Manufacturing of Biocomposite Sandwich Structures Using Mycelium-Bound Cores and Preforms[J]. *Journal of Manufacturing Processes*, 2017, 28: 50-59.
- [16] 陈章跃, 王勇, 王义利. 考虑产品模块化设计的闭环供应链回收模式选择[J]. *系统管理学报*, 2020, 29(5): 1003-1010.
- CHEN Zhang-yue, WANG Yong, WANG Yi-li. Selection of Take-back Mode of Closed-Loop Supply Chain Considering Product Modular Design[J]. *Journal of Systems & Management*, 2020, 29(5): 1003-1010.
- 责任编辑: 马梦遥
-
- (上接第 187 页)
- [6] 韦伟, 吴春茂. 用户体验地图、顾客旅程地图与服务蓝图比较研究[J]. *包装工程*, 2019, 40(14): 217-223.
- WEI Wei, WU Chun-mao. Comparison of User Experience Map, Customer Journey Map and Service Blueprint[J]. *Packaging Engineering*, 2019, 40(14): 217-223.
- [7] 周橙旻, 何晨晨, 马伯尧. 基于“B-AHP-FAST”的独臂残疾人卫浴装置设计探究[J]. *包装工程*, 2020, 41(24): 143-149, 161.
- ZHOU Cheng-min, HE Chen-chen, MA Bo-yao. Design of Sanitary Ware for One-Armed Man Based on "B-AHP-FAST"[J]. *Packaging Engineering*, 2020, 41(24): 143-149, 161.
- [8] KEVIN N, OTTO K L. *Wood Product Design*(2th.ed.) [M]. Beijing: Electronic Industry Press, 2014.
- [9] 唐琳, 常瑜, 王子瑞. 基于 QFD 与 AHP 的老年人健身器械造型设计[J]. *包装工程*, 2019, 40(24): 199-204.
- TANG Lin, CHANG Yu, WANG Zi-rui. Modeling Design of the Elderly Fitness Equipment Based on QFD and AHP[J]. *Packaging Engineering*, 2019, 40(24): 199-204.
- [10] 陈灏龙, 何人可. 基于 AHP 和生理电的机器人语音交互认知负荷评价[J]. *包装工程*, 2020, 41(20): 145-150.
- CHEN Hao-long, HE Ren-ke. Robot Voice Interaction Cognitive Load Evaluation Based on AHP and Physiological
- Signal[J]. *Packaging Engineering*, 2020, 41(20): 145-150.
- [11] GULER D, YOMRALIOGLU T. Suitable Location Selection for the Electric Vehicle Fast Charging Station with AHP and Fuzzy AHP Methods Using GIS[J]. *Annals of GIS*, 2020, 26(2): 169-189.
- [12] 宋端树, 许艳秋, 崔天琦, 等. 基于 AHP-FAST 的产品概念创新设计模式研究[J]. *包装工程*, 2019, 40(24): 228-234.
- SONG Duan-shu, XU Yan-qiu, CUI Tian-qi, et al. Innovation Design Model of Product Concept Based on AHP-FAST[J]. *Packaging Engineering*, 2019, 40(24): 228-234.
- [13] 刘付勤, 李丽凤, 刘长新. 集成 AHP-FAST 的城市消防车概念设计[J]. *包装工程*, 2021, 42(22): 129-137.
- LIU Fu-qin, LI Li-feng, LIU Chang-xin. Conceptual Design of Urban Fire Truck Integrated with AHP-FAST[J]. *Packaging Engineering*, 2021, 42(22): 129-137.
- [14] 倪燕. 基于 AHP 层次分析法的高校图书馆员新型能力指标体系[J]. *大学图书馆学报*, 2018, 36(1): 50-55.
- NI Yan. Construction of the Index System of University Librarians' New Capabilities Based on Analytic Hierarchy Process(AHP)[J]. *Journal of Academic Library and Information Science*, 2018, 36(1): 50-55.
- 责任编辑: 马梦遥