

基于可持续设计理念赋能的堆肥产品设计研究

文佳铃

南京林业大学家居与工业设计学院, 江苏 南京

收稿日期: 2024年7月10日; 录用日期: 2024年8月9日; 发布日期: 2024年8月19日

摘要

本研究致力于解决农村大量有机固体废弃物带来的环境问题, 通过设计乡村生物降解堆肥产品, 将废弃物转化为有机肥料, 既满足农作物生长需求, 又实现了废物资源化利用。论文针对现有堆肥产品存在的密封性和温度控制等问题, 提出了一种创新设计。新产品采用高温发酵翻滚技术, 具有温度提示、搅拌功能和单向进口设计, 同时易于移动。这些改进设计基于可持续设计理念, 旨在提高堆肥产品的可持续性和环保性, 推动垃圾分类和再利用的发展, 符合可持续发展理念。

关键词

可持续设计理念, 堆肥产品, 生物降解, 环境保护, 资源化利用

Research on Composting Product Design Empowered by Sustainable Design Concepts

Jialing Wen

College of Furnishings and Industrial Design, Nanjing Forestry University, Nanjing Jiangsu

Received: Jul. 10th, 2024; accepted: Aug. 9th, 2024; published: Aug. 19th, 2024

Abstract

This study aims to address the environmental issues caused by the large amount of organic solid waste in rural areas. By designing biodegradable compost products for rural areas, waste is converted into organic fertilizer, satisfying the needs of crop growth and realizing the resource utilization of waste. The study proposes an innovative design to address the sealing and temperature control issues of existing compost products. The new product utilizes high-temperature fermentation and tumbling technology, featuring temperature indication, stirring function, and a unidirectional inlet design, while also being easy to move. These improved designs are based on the concept of sustainable design, aiming to enhance the sustainability and environmental friendliness of

文章引用: 文佳铃. 基于可持续设计理念赋能的堆肥产品设计研究[J]. 设计, 2024, 9(4): 448-454.

DOI: 10.12677/design.2024.94495

compost products, promote the development of waste classification and reuse, and are in line with the principles of sustainable development.

Keywords

Sustainable Design Concept, Compost Products, Biodegradation, Environmental Protection, Resource Utilization

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

据有关部门调查显示,2016~2021年五年间,农村生活垃圾人均日产生量增加了约1/3,增速一直高于城市。随着农村经济的快速发展和人民生活水平的提高,农村地区生活垃圾产生量逐年增加,其中包括大量的有机固体废弃物[1]。这些废弃物的处理对于维护农村环境卫生、促进农村经济可持续发展具有重要意义[2]。传统的填埋处理方式虽然简单便捷,但不能实现资源的有效利用,也会对土地和水资源造成污染和浪费[3]-[5]。因此,寻找一种既能有效处理有机废弃物,又能实现资源化利用的方法迫在眉睫。

在发达国家地区,堆肥技术趋向于机械化、自动化,堆肥设计也更倾向于采用密封环境的发酵仓模式[6][7]。然而,国外大部分的堆肥设备价格昂贵,且不适合中国的实际情况。在国内大力发展养殖业和畜牧业的过程中,大量生活垃圾,如纸张、木材、植物、食物、粪便、肥料、果皮等,都可以作为再利用的资源。通过有效的利用方式,可以避免这些垃圾对环境造成不良影响,并防止大量有机要素的浪费[8][9]。因此,如何设计一种新型的成本低、针对性强、操作简单易懂、维修性好的堆肥产品,提高废物资源的再利用率,成为当前亟需解决的问题。

本研究旨在基于可持续设计理念,通过设计创新的堆肥产品,实现对农村生活垃圾的高效处理和资源化利用。本文将探讨如何利用生物降解堆肥技术,结合乡村振兴产业的实际需求,设计一种既环保又经济实用的堆肥产品,以促进乡村经济的可持续发展。

2. 可持续设计

2.1. 可持续设计理念的发展

可持续设计包括实体产品和服务系统的设计。实体产品的可持续设计理念起源于绿色设计阶段,并且3R(reduce, reuse, recycle)原则得到了广泛认同[10][11]。随着市场和社会环境的变化,以及人们消费观念的转变,可持续设计理念从绿色设计扩展到整个产品生命周期。在产品生命周期阶段,通过对废弃产品功能和结构的重新设计及废弃材料的循环利用,产品的使用寿命得以延长。目前,可持续设计理念在产品领域逐渐从关注环境友好转向探索新的设计模式。

2.2. 可持续设计的定义

可持续设计是依靠经济发展、环境、全社会三方面综合性标准化的一种设计,经济社会的繁荣、自然环境的治理还有社会的相关责任,它就像是一个牢不可破的三脚架。可持续设计源自于可持续性发展,可持续设计是为了更好的消除现在情况的消极的影响,能够满足人类的需求的同一时刻把负面危害缩短至最低。为了后代的生存环境和让人类产生与大自然有更密切的联系。可持续设计能够更好地实现当

今世界人类的未来发展的需求，以人为本的可持续设计将是未来设计开展的注定大势所趋[12]。

2.3. 可持续设计的原则

可持续设计的原则有以下几点：1) 安全性原则，一款可持续设计的产品最基本的必须是安全性；2) 科学性原则，任何产品设计都应该保证它的科学性；3) 实用性原则，一款好的设计是为了解决问题，所以实用是最根本的；4) 创新性原则，产品设计应该不断创新，需求产品各方面的最佳化；5) 最重要的原则是人与环境的共同和谐发展[13]。

3. 堆肥生物降解产品相关概述

3.1. 堆肥生物降解产品的概念

“可堆肥”的产品设计是指一种材料或者产品可以在特定的、人为创造驱动的环境下进行生物降解，而堆肥生物降解产品设备是给有机物质提供一种温度湿度适宜、能够产生微生物的环境，使之更迅速更无害地进行堆肥处理，产生有机肥料来滋润土壤，让土壤变得更肥沃[14] [15]。

堆肥生物降解产品设计是一种为堆肥物发酵堆肥的容器设计，通常的堆肥桶上部表面可以采用有盖式设计，紧密牢固，底部为无底圆弧造型，避免一般的水泥、木制、铁制设施所常见的危险。

3.2. 堆肥生物降解产品的分类

由于堆肥产品设计的用途和对其质量的要求不一，通常情况把堆肥产品设计按照两种形式分类。按等级分类的话，又分为生堆肥、初级堆肥、精致堆肥和特种堆肥。

4. 可持续设计理念赋能堆肥生物降解产品的设计思路

堆肥生物降解产品设计是基于可持续设计理念来对垃圾中的有机物进行高温发酵处理，从而产生有机肥料供果园及菜园使用，使果实或者是蔬菜变得更加营养、健康。其本质就符合可持续设计理念中的可持续性的应用，而这个堆肥产品设计就是在可持续性设计的思想下产生。

设计主要包括两个方面。首先是堆肥设备的设计，需要从设备的易用性、设计心理学、人因工程学、产品语义学等多方面进行考虑，以用户为中心，确保友好的人机操作。其次是乡村废弃物堆肥系统的技术设计，该系统结合了相关概念和特质，从可持续发展的角度来掌控系统运作。通过农村废弃物堆肥，促进乡村资源共享，推动乡村协作，提高公众的垃圾分类意识，从而实现社会的和谐发展[16]。

在堆肥和可持续设计理念的指导下，本文从产品的可持续设计方法角度进行分析，旨在输出持久耐用、含有回收或可再生材料、可被回收或有助于提高终端产品环保性能的创新产品。堆肥产品可持续性设计方法见图 1。

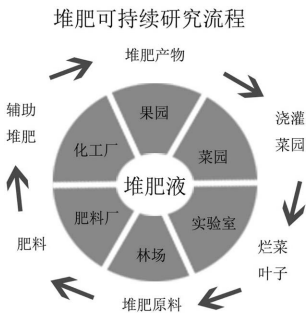


Figure 1. Sustainable design methods for compost products
图 1. 堆肥产品可持续设计方法

5. 堆肥生物降解产品的设计

5.1. 产品定义

5.1.1. 产品需求分析

农村生活垃圾面临的一个主要问题，废果实和烂菜叶的堆积不仅占据大量空间，而且在堆肥过程中难以移动，同时家禽粪便本身含有大量细菌，随意堆积后会散发刺鼻气味，影响环境质量。传统的填埋处理方式虽然简单，但无法有效利用资源，还会污染土地和水源。因此，迫切需要一种既能有效处理有机废弃物，又能实现资源化利用的方法。

5.1.2. 产品需求分析产品可行性分析

可持续发展作为科学与技术高质量发展观的核心，经过多年的实践验证，已证明其高度有效性。现代社会面临能源短缺和资源紧张的问题，这要求我们在保障自然环境和节约能源的前提下，寻求经济和社会的发展。回收利用正是可持续发展的核心理念，通过将堆肥产品设备投入市场，构建循环利用系统，将废料再生为肥料，实现资源的循环利用和统一管理。

来自各个行业的废弃材料和副产品形式的植物生物质，如动物粪便、水果蔬菜废弃物、淤泥和黑麦秸秆，均可以作为生产堆肥的宝贵材料和城市园艺的生长介质[17]。堆肥过程中，通过增加微生物数量、调整 pH 值、提高钾含量和电导率(EC)，以及降低碳氮比(C:N 比)，可以有效增加土壤有机质，显著提升堆肥质量和肥效，为果园和菜园提供丰富的养分[18]。

例如，牛粪堆肥能够显著增加土壤有机质含量，并在某些时间点提高土壤硝态氮和铵的含量。以大豆废弃物为原料，结合酸和酶预处理制备堆肥，可以在堆腐初期显著增加微生物数量，堆腐后期微生物数量下降，pH 值在 5~8 之间变化，最终提升堆肥的肥效[19]。

基于用户需求分析和产品可行性分析，本设计旨在开发一款基于可持续设计理念的堆肥产品设计方案，解决农村生活垃圾和家禽粪便的处理问题，同时为维护农村环境卫生和促进经济可持续发展提供解决方案。图 2 所示的堆肥产品设计方案，该方案具备以下优势：便于移动、干净卫生、快速发酵和可控温。通过提升堆肥过程中的温度，堆肥产品能够有效杀灭病原菌，减少污染和异味问题。这类产品还能改善土壤质量，避免废弃物占用过多土地。大容量堆肥设备可以更快速地处理大量废弃物，提高堆肥效率。

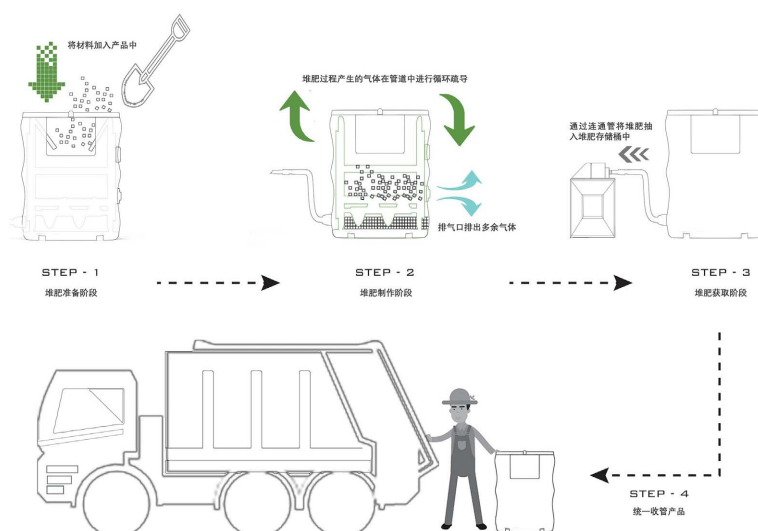


Figure 2. Composting product design flowchart
图 2. 堆肥产品设计流程图

5.2. 产品设计

结合前期的产品需求分析和功能规划，已经形成了一个较为抽象的设计方案。接下来的任务是将这些想法和概念具体化。草图绘制是一种有效的方式，能够帮助设计者初步展现他们的想法。在进行草图绘制时，主要考虑的特性包括控制性、易用性和卫生性。结合前期的解决方案与构思，图 3 为初步构思的概念草图。图 3(a)展示了新堆肥产品的外形设计和新颖的技术赋能，有效解决了上述问题。新堆肥产品采用弧形圆滑的外形设计，侧边配有温度提示灯，两侧分别设有进气阀和出气阀，底盘配有可折叠的滚轮。产品的内层为保温层，箱体内部布置了通气管道，这种设计提高了上下通风的效率，从而保证用户可以每天进行垃圾投放和处理。图 3(b)对产品内部的细节描绘。

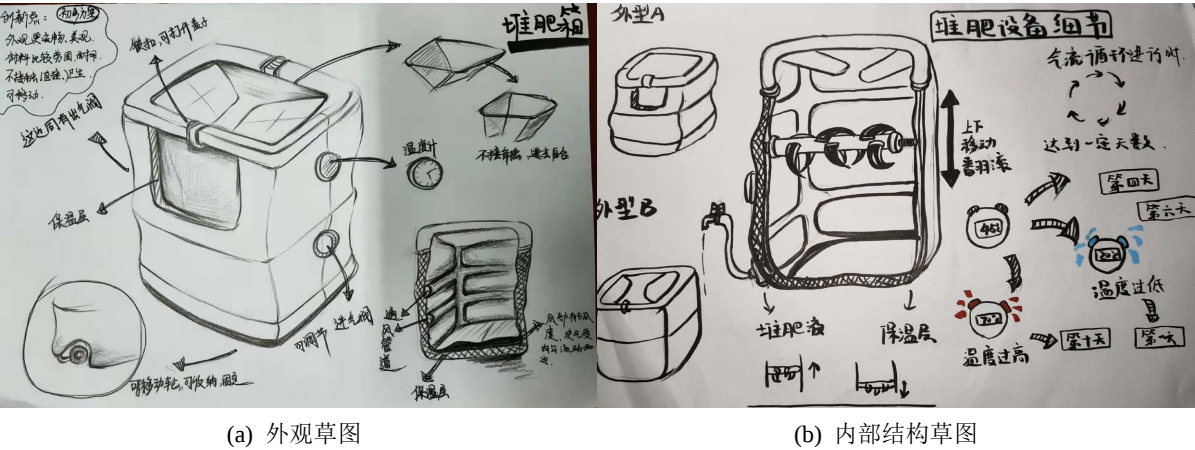


Figure 3. Product concept sketch
图 3. 产品概念草图

5.3. 方案展示

基于上文草图概念化设计，形成了前期的方案设计，如图 4 所示。整个产品的工艺如图 5，大部分零件采用了模具注塑的工艺，小零件运用了防腐蚀的硅胶，中间的螺旋片采用耐腐蚀、抗氧化的金属材料，通气管道采用加厚的玻璃材质制作。考虑到成本问题，产品原材料都是选择性价比高，且不容易磨损的材料。



Figure 4. Product appearance picture
图 4. 产品外观展示图

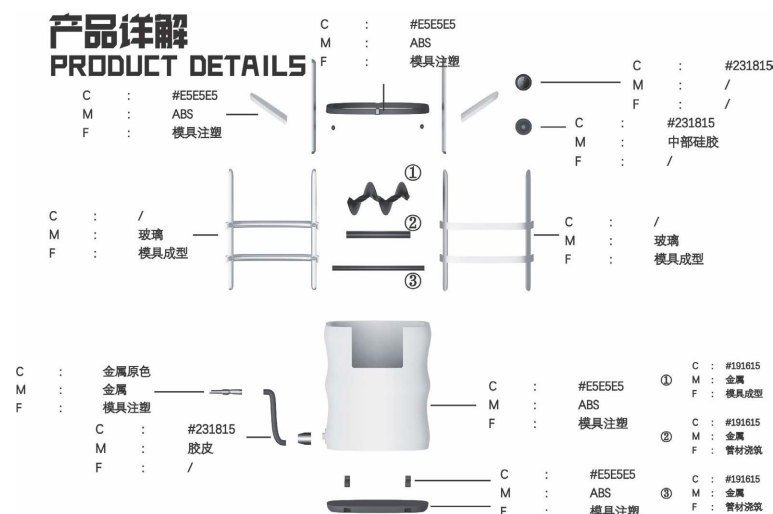


Figure 5. Product exploded drawings and component manufacturing processes
图 5. 产品爆炸图及零部件制作工艺

5.4. 产品评估

针对上述设计方案，本文从用户的角度对产品进行评估，以全面验证其有效性和可行性。该产品是基于用户需求设计和开发的，其设计成功与否需要通过用户评估来确定。因此，用户对堆肥产品的接受程度和反馈意见至关重要。现针对 100 位农场主用户进行问卷调查。评估前，向测试者展示产品功能说明表，并详细说明产品的各项功能。之后，测试者对以下五个方面进行评估：卫生性问题解决满意度、产品可移动性满意度、发酵条件满意度、产品功能满意度以及堆肥技术整体总体满意度。受测用户根据自身主观感受对每个评价类别进行评分，评分分为五个级别。

Table 1. System resulting data of standard experiment
表 1. 标准试验系统结果数据

	50~60 分	60~70 分	70~80 分	90 分以上
卫生性问题解决满意度	12%	28%	42%	18%
产品可移动性满意度	30%	28%	22%	20%
发酵条件满意度	10%	19%	40%	31%
操作性满意度	8%	16%	44%	32%
整体满意度	24%	25%	38%	13%

从表 1 中可以看出，本次堆肥产品设计方案的总体满意度较好，70 分以上占比 51%。其中，对于发酵条件满意度与堆肥产品操作性满意度较高，产品可移动性满意度次之，一定程度上说明通过解决农村生活垃圾处理方便性问题可以提高堆肥应用接受程度。卫生学问题满意度 70 分以上占比 60%，说明该产品功能性得到用户认可。

6. 结论

农村有机生活类固体垃圾作为可循环再利用的环境资源，有多种再利用方式，并在生物学、化学等领域得到众多学者的深入研究。本文的创新点在于选择其中一种再利用方式——堆肥进行分析和研究。

通过分析现有堆肥产品在使用操作上的不足,结合可持续设计理念在产品设计中的应用方法,提出合理的堆肥产品设计方案。这一设计将可持续设计理念与可持续环境资源结合,体现在产品设计之中。

本课题的研究虽然就设计需求提出了解决方案,但由于时间、资源和个人能力的限制,仅针对农村有机生活类固体废物垃圾利用的研究设计,但针对更为复杂的城市生活垃圾的研究待后续开展课题。

注 释

文中所有图片均为作者自绘。

参考文献

- [1] 吴宁,付成宇. 中国农村生活垃圾治理及其优化[J]. 福建师范大学学报(哲学社会科学版), 2024(3): 56-65+170.
- [2] 盛丹丹. 可持续发展视角下农村生活垃圾治理的困境及解决路径[J]. 农村实用技术, 2024(3): 111-112.
- [3] 伏凯,童琳,郭楠,等. 农村生活垃圾堆肥应用现状及堆肥技术案例分析[J]. 天津科技, 2023, 50(8): 4-8.
- [4] 崔广宇,吕凡,章骅,等. 村镇垃圾治理典型案例及问题分析[J]. 农业资源与环境学报, 2022, 39(2): 337-345.
- [5] 张国治,魏璐宇,葛一洪,等. 我国农村生活垃圾处理现状及其展望[J]. 中国沼气, 2021, 39(4): 54-61.
- [6] 程宇航. 发达国家的农村垃圾处理[J]. 老区建设, 2011(5): 55-57.
- [7] 张利民,郗雪婷,朱红根. 农村生活垃圾分类治理的国际经验及对中国的启示[J]. 世界农业, 2022(7): 5-15.
- [8] 焦楠,牛娜. 乡村振兴背景下农村生活垃圾治理研究进展[J]. 新农业, 2024(4): 67.
- [9] 祝凡,裴春梅. 乡村振兴视角下我国农村人居环境治理研究[J]. 生态经济, 2024, 40(4): 230-231.
- [10] 刘新. 可持续设计的观念、发展与实践[J]. 创意与设计, 2010(2): 36-39.
- [11] 秦路芳. 可持续理念的持久性方法在产品设计中的应用[D]: [硕士学位论文]. 济南: 山东工艺美术学院, 2016.
- [12] 董成瑶. 以人为本的可持续设计研究[J]. 艺术大观, 2021(29): 52-53.
- [13] 李娟,李敏. 可持续设计理念的中药药渣堆肥产品设计研究[J]. 工业设计, 2019(12): 50-51.
- [14] 刘孟夫,郭英祺,韦建吉,等. 家庭用自动厨余堆肥机设计[J]. 现代农业装备, 2018, 39(2): 34-38+42.
- [15] 王星,王德汉,张玉帅,等. 国内外餐厨垃圾的生物处理及资源化技术进展[J]. 环境卫生工程, 2005, 13(2): 25-29.
- [16] 陈萃璐. 社区厨余堆肥系统的可持续设计与研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京理工大学, 2018.
- [17] Zawadzińska, A., Salachna, P., Nowak, J.S., Kowalczyk, W., Piechocki, R., Łopusiewicz, Ł., et al. (2021) Compost Based on Pulp and Paper Mill Sludge, Fruit-Vegetable Waste, Mushroom Spent Substrate and Rye Straw Improves Yield and Nutritional Value of Tomato. *Agronomy*, **12**, Article 13. <https://doi.org/10.3390/agronomy12010013>
- [18] Rade, R.S. and Narkhede, K.P. (2021) Efficacy of Compost Prepared from Soybean Waste. *BIOINFOLET—A Quarterly Journal of Life Sciences*, **18**, 499-501.
- [19] Hodson, A.K., Sayre, J.M., Lyra, M.C.C.P. and Rodrigues, J.L.M. (2021) Influence of Recycled Waste Compost on Soil Food Webs, Nutrient Cycling and Tree Growth in a Young Almond Orchard. *Agronomy*, **11**, Article 1745. <https://doi.org/10.3390/agronomy11091745>