

感质理论与AIGC协同的医废物流机器人设计策略

吴凡¹, 张华^{2*}, 潘芷晴¹

1. 广州软件学院, 广州 510900;

2. 湖南工业大学, 湖南 株洲 412007

摘要: 力求通过感质理论与新质生产力AIGC的协同应用, 探索高质量、有效的医废物流机器人设计策略, 以改善医废物流产品的同质化设计现象, 促进智慧医院建设。首先运用感质理论的思维框架对医废物流机器人设计进行研判, 嵌入ChatGPT梳理分析目标感质需求, 将其归纳为造型设计的意向词汇, 利用层次分析法整理出感质需求要素体系, 以此为生图提示词联合Midjourney构建造型方案评价库。其次依据大众评价筛选目标方案, 并以感质力准则层为评价指标进行专家评价, 通过类比筛选得出目标方案, 运用Stable Diffusion、Rhino等软件对方案进行细节优化, 提出相应的设计策略。最后将感质理论与AIGC结合应用在医废物流机器人的设计 workflows 中, 可以多维度获取及分析感质信息, 进而多角度地推演产品造型形态。整套设计方法能够革新医废物流机器人的设计流程, 并且能做到高效构建多形态、多风格的机器人设计方案, 同时也提供了相应的设计策略。提供了在医废物流体系建设中, 以感质理论与AIGC结合应用的医废物流机器人设计新思路。

关键词: 医废物流; 机器人设计; 感质理论; AIGC; 层次分析法

中图分类号: J0; J524

文献标志码: A

文章编号: 2096-6946(2025)02-0042-10

DOI: 10.19798/j.cnki.2096-6946.2025.02.006

Design Strategy of Medical Waste Logistics Robot Based on Qualia Theory and AIGC Collaboration

WU Fan¹, ZHANG Hua^{2*}, PAN Zhiqing¹

1. Software Engineering Institute of Guangzhou, Guangzhou 510900, China;

2. Hunan University of Technology, Hunan Zhuzhou 412007, China

Abstract: The work aims to alleviate the homogenization design phenomenon of medical waste logistics products and promote the construction of smart hospitals by exploring high-quality and effective design strategies for medical waste logistics robots through the collaborative application of the qualia theory and the new quality productivity AIGC. Firstly, the thinking framework of the qualia theory is applied to analyze the design of medical waste logistics robots. ChatGPT is embedded to sort and analyze the target qualia requirements, which are summarized as intentional vocabulary for styling design. The Analytic Hierarchy Process is used to organize the qualia requirements element system, which is used as a visual prompt word in conjunction with Midjourney to construct a styling scheme evaluation library. Then, the target scheme is selected based on public evaluation, and expert evaluation is conducted with qualia force criteria as evaluation indicators. The target scheme is then selected by analogy and optimized in detail using software such as Stable Diffusion

收稿日期: 2024-12-11

基金项目: 2023年湖南省普通高等学校教学改革研究重点项目(交叉学科视角下的产品设计专业递进型项目驱动教学模式研究); 能力培养与价值引领下的“产品专题设计”课程思政教学改革(HNKCSZ-2020-0372); 2024年广东省科技创新战略专项资金项目(pdjh2024b496)

*通信作者

and Rhino, and corresponding design strategies are proposed. By combining the qualia theory with AIGC in the design workflow of medical waste logistics robots, qualia information can be obtained and analyzed from multiple dimensions, and the product shape can be deduced from multiple angles. The entire design method can revolutionize the design process of medical waste logistics robots and efficiently construct multi forms and multi style robot design solutions, while also providing corresponding design strategies. In the construction of the medical waste logistics system, a new design concept for medical waste logistics robots has been provided, which combines the qualia theory with AIGC application.

Key words: medical waste logistics; robot design; qualia theory; AIGC; Analytic Hierarchy Process

在智慧医院体系的建设中,对信息和物资的流动有着极高要求,除了医用耗材运输、标本运输、临时物品等运输之外,医疗废物(以下简称医废)的流通运输在整体医疗物流环节中起到至关重要的作用。在医疗物流系统建设方面,自21世纪初我国开始逐步采用先进的物流技术来优化医药品的运输和配送流程^[1]。例如,轨道式物流传输系统、箱式物流运输分拣系统和AGV自动引导车系统等技术得到了广泛应用。随着科技的不断进步,医疗物流机器人在多家试点医院中开始投入使用,越来越多的新建医院也将智能化和系统化的物流运输系统作为其规划的重要组成部分。尤其是在后疫情时代的冲击下,如何妥善解决物资配置问题是智慧医疗环境建设的基础^[2]。近年来,各医院试点陆续出现了不同职能的物流机器人,但效果不佳。一方面由于起步较晚,社会大众对其物流运输的认知仅停留在医药物品的转存阶段,对于此类机器人仅是图新鲜的态度;另一方面,工程师们一味地追求“功能的实现”从而忽略用户体验,使得物流机器人的价值无法充分发挥,这一点在医废物流问题上显得尤为突出。研究从用户的感质需求角度分析医废物流机器人的设计契机,结合AIGC尝试寻求符合当下时代的医废物流机器人设计新策略,以促进智慧医疗的稳固发展。

一、医废物流机器人现状

医疗物流是医疗后勤服务中的关键环节,许多发达国家和地区非常注重通过优化医院的运作流程来降低成本,并较早地在医疗领域应用了物流传输系统。医疗服务类机器人是指在医疗空间内为医患提供特定服务的智能化机器人,大致可以分为物流类、消杀类及导诊类^[3]。从技术层面来看,医疗服务类机器人多以移动式功能为基础,融合相关高新技术完成服务操作。细化到医废物流运输问题的处理上,欧美等国家对这一方面的研究及应用在国际上处于领先水平,这得益于他们较早地通过先进的技术和严格的管理措施实现了医废的处理及物流运输的自动化。另外,早于20世纪中叶,日本将气动物流运输体系引入了医疗部门中,主要用于药品资料的运

输,后相继使用电动轨道小车等^[4],在医废处理问题上日本也采用了独特的体系及准入制度以确保处理流程的效率及安全性。

Hlepmat^[5]是早期针对医疗空间开发的移动机器人之一,主要用于运输小型货物,其实现了预定路线自主导航、避障等功能。21世纪以来,中国已经有医疗机构开始使用智能医废机器人,例如河南科技大学第一附属医院就引入了智能医废管理机器人解决方案,开创了医废自动无人化管理的先河。这种解决方案基于人工智能和低速无人驾驶技术,对医废收集、转运、暂存、处置等全流程进行信息化监管。近年来,各类型医疗服务机器人陆续在国内各级医院适配,目前普及率最高的是导诊类服务机器人。与物品资料传输不同的是,医废的处理具有固定性、时效性等特点,引入智能化机器人较为契合。相较于人工操作,智能医废物流机器人具有自动调度、智能静音等基本特点,可以解放医护人员的日常重复性劳动,规范医废的处理周期,减少潜在的环境污染风险。同时,自动化、标准化的工作流程有效避免了人工分类与转运过程中可能出现的误操作,显著提升了整体处理的安全性。当下,多数医疗空间内的医废处理均是以人力模式解决,其设备造型具有固有特点,不利于智慧医疗环境建设。医废物流机器人的投入使用,将医护人员从繁琐、危险的医疗废物处理工作中解放出来,使他们能够更专注于临床治疗与患者护理。

二、理论研究基础

(一) 感质理论概述

感质理论(Theory of Qualia)源于心灵哲学,其核心是“个体主观意识中不可还原的质性体验”^[6]。在设计学中,该理论被定义为一种通过“物-行-心”三层次结构^[7],将产品物理属性、交互行为与用户情感系统性联结的方法论。感质理论与传统设计方法的本质区别在于其递进性与系统性,例如情感化设计聚焦于情绪激发,而感质理论在于构建物、行、心的层次递进关系;用户体验设计(UX)注重功能可用性与效率,而感质理论强调感官体验

引发的情感认同。实践中,索尼公司最早将感质理论应用于产品设计领域,强调通过材质、造型与交互行为激发用户情感共鸣,其产品通过极简造型与人性化交互传递情感价值,验证了感质理论中“物层-行层-心层”的递进逻辑^[8]。以医废物流机器人为例,从表面上看,“物层”需通过耐腐蚀材质传递专业感,“行层”需通过智能交互提升效率,“心层”需通过亲和造型缓解医疗环境压力,但实践过程中则需要对应分析具体的五大感质力,以实现感质的逐层递进。

近年来感质理论在设计领域的应用仍处于探索阶段,多集中在文创设计、产品设计等领域。如詹秦川等^[9]将感质理论与KANO-AHP模型相结合应用于须弥山石窟旅游文创设计,通过实地调研剖析现状问题,从感质产品意象提取、行为偏好分析、体验情感认同三个层次构建感质设计模型,运用KANO模型梳理消费者需求,引入AHP层次分析法对感质要素进行重要度排序,完成专项设计实践案例,验证了设计策略的可行性,提升了游客对须弥山石窟的文化认同与感质体验。陈鹤元等^[10]将感质理论引入沂蒙红色文创设计,围绕沂蒙精神内涵,从感质意象的获取、感质场域的搭建以及让用户得到感质体验的共鸣三个层次开展研究,构建沂蒙精神的文化因子与感质五要素的映射关系,设计出沂蒙红嫂和解放军IP形象及相关的文创产品,深化了主题,触发了用户的注意力认知机制,实现了用户与产品双向互动,提升了产品的感质体验,并发挥了红色文化教育的作用。这些实践有效佐证了感质理论可以从多个维度层次提升产品的用户体验及市场竞争力,且该理论正逐渐应用在工业产品设计中,如李向洲等^[11]基于感质理论和层次分析法构建牵引车造型设计方案评价模型,通过定性与定量相结合的方式,确定各准则层及子准则层的评价权重,并进行一致性检验,采用模糊综合评价对牵引车造型设计方案进行评价,明确设计方案在感质体验上的提升,为牵引车造型设计提供客观依据。

概括来看,感质理论深度探讨了产品设计中感质力量的构建机制及其传递路径,应用于医废物流机器人外观设计中,主要从精致、工学、魅力、创意和美感等感质维度出发^[12],以实现医废物流机器人在感官体验和情感层面上与用户建立深刻联系。

(二) AIGC 概述

AIGC (Artificial Intelligence Generated Content, 人工智能生成内容)是时下典型的新质生产力,它代表了一种自动生成式的内容创作模式,在设计领域的应用不断推陈出新。在产品设计领域的应用,主要表现在其能够

根据提示信息生成创新性的设计内容,使得产品设计不再局限于传统的创意和方法。AIGC技术在产品设计领域的协同运用主要表现在以下3个阶段。

1)在设计初期阶段,辅助设计师完成文本梳理,并在创意发散阶段快速生成方案以激发新灵感。

2)在设计执行阶段,提升设计师的设计效率,构建视觉元素,完成完整的画面效果,同时还可以通过训练特定模型或控制生成技术实现定制化的设计需求表达。

3)在设计优化阶段,AIGC技术可以代替设计师完成繁复的底层工作,使得设计师将更多的精力投入到整体创意策划与方案细节优化上,进而提高设计效率与质量。

从设计应用的角度看,AIGC技术不仅能代替人工完成重复性、机械式劳动,还能帮助设计师打破人类固有思维定式的束缚,通过算法、随机组合、跨领域迁移等方式激发更多元、新颖的创意火花,有效拓展设计边界。卢兆麟等^[13]分析了AIGC技术的基本原理和特点,归纳了基于数据挖掘、知识推理和算法演化的智能设计方法。祝昆皓等^[14]以提取江西地方文化典型要素为例,结合AIGC软件进行图像生成,成功打破了传统设计形式为地方文化的推广和文创产品设计提供了新活力。尹虎等^[15]提出了一种基于AIGC协同工业设计流程的气道廓清辅具设计方法,该研究通过结合大数据技术和双钻模型,提高了AIGC在复杂产品工业设计中的应用质量,展示了AIGC技术在工业设计中的潜力和实际应用价值。

三、医废物流机器人的感质设计流程

为了突破当下医疗环境中医废处理设备的同质化现象,运用感质理论作为医废物流机器人外观设计的核心指导。感质理论在产品中的应用集中表现在精致、工学、创意、魅力、美感等五个方面,它们为产品提供了既定客观的感质评价标准,避免了无章可循的主观意象评价。从感质层次观上来看,它们又分别属于物、形、心的三个递进维度,见图1。

(一) 感质解构

1. 表象结构:“物”的直观感质

在设计的初始阶段,感质理论强调从“物”的直观感质入手,关注机器人本身的材质、造型、纹理和色彩等视觉元素。机器人本身性质的呈现是使用者对医废物流机器人的初始认知层面,也是引发使用者感质体验的物化载体。此结构将医废物流机器人在使用者视觉经验中所展现出的形态,转化为机器人自身的客观属性,涵盖材质、造型、纹理以及色彩等方面。在视觉感质特性的引导下,

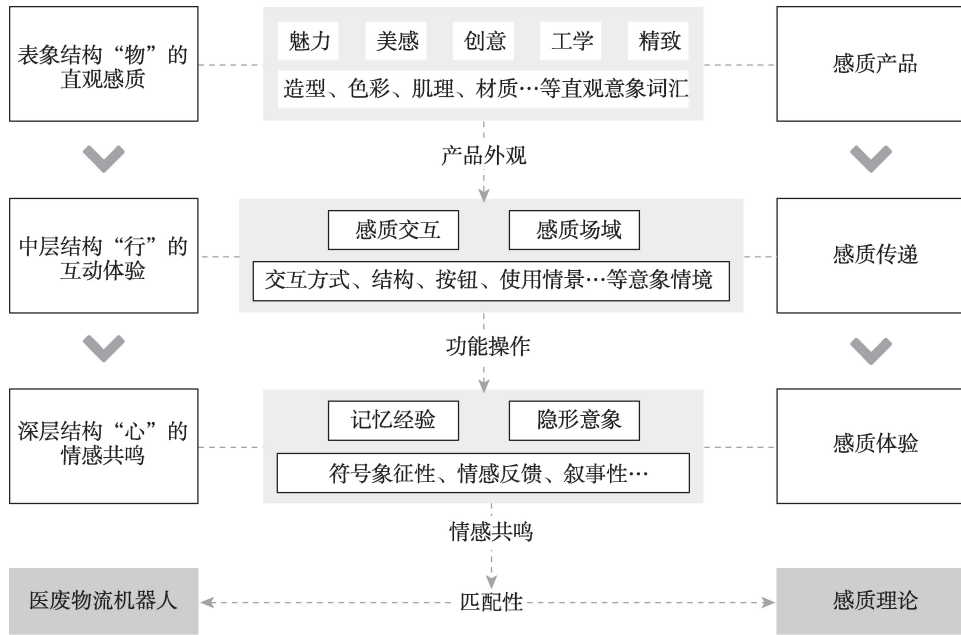


图1 感质理论与医废物流机器人维度匹配分析

展现机器人的外观审美格调,塑造具备视觉吸引力的设计标识,从而激发使用者深入了解机器人的意愿。物理的外部特征表达构成了感质意象的基石,以此为起点逐步深入挖掘,才能深入挖掘感质意象^[6]。

同时,在设计后期的表达过程中,“物”的直观感受也是影响设计效果最直接的表达形式,例如利用AIGC工具生成多种造型方案,结合用户反馈和专家意见,筛选出符合“精致”和“美感”感质力的设计方向。

2. 中层结构:“行”的互动体验

在设计的中层阶段,感质理论关注产品的互动体验,即“行”的感质。这一阶段将物象、事象与情景相结合,赋予机器人以生命力。感质理论在医废物流机器人设计中的中层结构,是感质意象生成的行为阶段,也被称为“域”或“境”。此阶段将物象、事象与情景融合,构建起机器人在使用场景中的叙事架构,刺激使用者的感官系统。通过产品的交互行为体验,实现情景的视觉转化,在用户、产品与情景的交互影响下,医废物流机器人具备独特的美感与互动特性,进而让使用者产生强烈的认同感以及情感共鸣。

3. 深层结构:“心”的情感共鸣

深层结构是感质体验期望传递的核心内涵,是精神内涵层面无形的情感承载表现,其强调通过“物”与“行”的结合以引发用户的情感共鸣。这一阶段的核心是通过设计传递深层次的情感价值。例如通过融入圆润边角和柔和线条,营造出亲和的外观,缓解患者的心理压力;通过赋予机器人独特的科技感和个性化风格在医疗环境中脱

颖而出,成为智慧医疗的象征等。

这一阶段主要是通过“物”与“行”推进相关用户的联想、推测等意识活动,催生出深层次的感质体验。该层次的体验具有高度主观性,这也是突破医废物流设备同质化现象的核心点。依据医患用户对医废物流机器人独特的感质意象进行产品设计,会引发各异的情感共振。

(二) 医废物流机器人的感质模型构建

在感质理论的视域下,构建令人满意的医废物流机器人设计方案,基于三个层次观,呈现出由外到内、由行及心的层层递进关系。首先需从精致、工学、创意、魅力、美感五大感质力分别挖掘用户对医废物流机器人的核心需求,以获取对应的感质意象。紧接着运用AHP法进行各层级权重的定量分析,以求得影响医废物流机器人设计的感质要素重要度,进而以其为目标词运用AIGC工具初步生成方案资料库,然后运用大众评价确定目标方案,再根据需求要素指标权重强化指令优化目标方案,最终提出相关设计策略,见图2。

(三) 感质意向词汇收集与整理

在构建医废物流机器人的感质需求要素体系时,研究采用了多渠道调研与分析相结合的方法,以确保全面、准确地把握相关需求。团队通过文献调查以及前往多所医院调研,对医护人员、后勤处理人员、医废处理监管人员进行访谈,同时参考了相关医废处理设备制造企业和技术研发机构资料,使用ChatGPT对资料进行初步筛选,得到了103条与医废物流机器人相关的感质意向词汇,紧

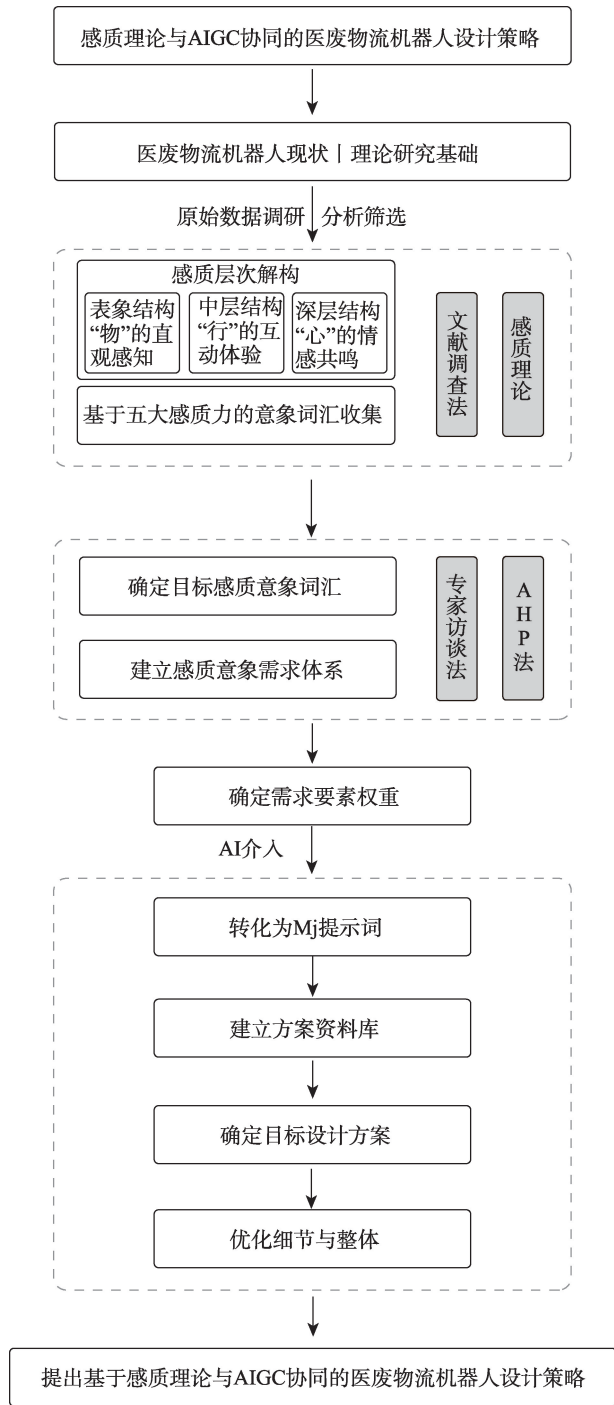


图2 感质模型

接着研究小组运用KJ法经过细致筛选，剔除多余、重复和相近词汇后，最终整理出52组初始感质意象词汇。例如，从医护人员对机器人操作便利性的反馈中总结出“控制简便”“人机和谐”等词汇；从医废处理环境对机器人外观的要求中归纳出“耐脏易洁”“色调沉稳”等词汇；从设计创新角度提出“风格独特”“功能集成创新”等词汇。

基于感质理论的核心内涵，构建以精致、工学、创意、

魅力、美感为准则层的体系框架，对初始词汇进一步筛选，见表1。在精致准则层下，将“做工精细”“材质精良”等初始感质意象词汇与之紧密关联，强调医废物流机器人在外观工艺和材料选择上的高品质要求，使机器人在细节之处展现出精致感，提升用户对产品的信任感。工学准则层与“结构合理”“人机和谐”等词汇相呼应，突出机器人在设计过程中遵循人体工程学原理，确保操作的舒适性和高效性，减少操作人员的疲劳感和误操作概率。创意准则层对应“设计新颖”“理念超前”等词汇，鼓励在医废物流机器人的外观造型、功能实现方式等方面大胆创新，突破传统设计模式的束缚，以独特的设计吸引用户关注并满足不断变化的使用需求。魅力准则层涵盖“造型吸睛”“风格独特”等词汇，注重赋予机器人独特的视觉魅力和个性特征，使其在医院环境中脱颖而出，不仅是一个功能性设备，更是一个具有吸引力的存在，增强医患用户的接受度和认同感。美感准则层关联“比例协调”“形态简洁”等词汇，从整体视觉效果出发，确保医废物流机器人的形态、色彩、比例等元素相互协调统一，营造出美观舒适的视觉感受，缓解医院环境中因医废处理带来的紧张氛围。

表1 初始感质意向词汇表

感质力	初始感质意象词汇
精致	材质精良、做工精细、细节完美、部件精密、衔接无缝、质感上乘
工学	结构合理、控制简便、人机和谐、移动灵活、负载均衡、易于维护、耐脏易洁、能耗经济
创意	功能集成创新、设计新颖、智能交互突破、处理方式革新、技术融合创意、理念超前
魅力	造型吸睛、风格独特、色彩协调、科技感足、形象亲和、视觉冲击强、氛围营造佳
美感	线条优美、比例协调、形态简洁、外观整洁、光影效果好、图案精美、视觉平衡稳、环境融合佳、色调沉稳

(四) 感质意向需求体系及权重计算

利用在线邀评的方式邀请医疗相关工作人员、产品设计相关研究学者，针对初始感质意向词汇进行“非常重要”“重要”“无感”“不重要”“非常不重要”等标度打分，以判断词汇优先级，从中选做目标词汇，其对应分值依次为1分、2分、3分、4分、5分，发出调查问卷37份，收回有效问卷35份，计算各词汇评分取前三作为对应感质力层代表意象词汇，匹配对应解释见表2。将五大感质力层次作为准则层，匹配对应的目标感质意象词汇，并将其细化为两两相对的子准则层，构建医废物流机器人感质意象需求体系，见表3。

表2 目标感质意象词汇

感质力	目标词汇	原因分析
精致	材质精良	材质需抵御医废的侵蚀、清洗消毒,保证长期稳定运行
	做工精细	确保零部件无瑕疵,紧密契合,降低故障风险
	部件精密	如精准识别抓取医废,保障处理流程高效无误
工学	结构合理	依循医废处理流程与医院场地布局,实现高效收纳、运输
	控制简便	简洁易懂的操控,削减操作人员学习成本,防止误操作
	人机和谐	贴合人体,优化操作姿势、力度等,减轻长时间操作疲劳
创意	功能集成创新	融合分类、消毒、压缩等多元功能,优化处理流程
	设计新颖	突破传统观感,优化空间利用,提升用户心理接纳度
	智能交互突破	语音、手势控制等交互革新,简化操作,紧密衔接人机协作,契合忙碌医疗场景
魅力	科技感足	借外观科技元素彰显专业实力,贴合医疗前沿形象
	形象亲和	圆润边角、柔和线条塑造亲和外观,舒缓操作人员心理压力
	风格独特	鲜明的个性,风格脱颖而出,成为医院环境独特标识
美感	线条优美	优雅流畅线条勾勒外形,赋予动态美感,契合审美直觉
	比例协调	精准的长宽高比例搭配,塑造和谐视觉观感,强化整体美感
	形态简洁	摒弃繁杂设计,以简洁轮廓突显功能主体,避免视觉冗杂

表3 医废物流机器人感质需求要素体系

目标层	准则层	子准则层(需求要素)
医废物流机器人设计方案	精致 A	A ₁ 材质精良-低劣 A ₂ 做工精细-优良 A ₃ 部件精密-粗糙
	工学 B	B ₁ 结构合理-混乱 B ₂ 控制简便-复杂 B ₃ 人机和谐-冲突
	创意 C	C ₁ 功能集成创新-功能单一 C ₂ 设计新颖-设计陈旧 C ₃ 智能交互突破-落后
	魅力 D	D ₁ 科技感足-弱 D ₂ 形象亲和-冷漠 D ₃ 风格独特-平庸
	美感 E	E ₁ 线条优美-杂乱 E ₂ 比例协调-失调 E ₃ 形态简洁-复杂

邀请12位设计学专家使用李克特5级量表对5个准则层及15个准则层词汇进行评估,其中,1~5级分别赋值为1分、2分、3分、4分、5分,评分成员根据研究经验

对其进行打分。例如某专家认为A₁材质精良与否非常重要则评5分,认为C₂设计新颖与否一般就评1分,以此类推,计算所有专家打分的平均值作为该指标的得分,进而归一化计算各指标权重,见表4~5。

表4 准则层权重明细表

准则层	人数					均分	权重
	1分	2分	3分	4分	5分		
精致 A	1	2	3	4	2	3.33	0.261
工学 B	2	3	2	2	3	2.33	0.183
创意 C	1	2	2	3	4	2.50	0.196
魅力 D	2	2	4	3	1	2.25	0.176
美感 E	1	3	2	3	3	2.33	0.183

表5 感质需求权重明细表

子准则层	人数					均分	权重
	1分	2分	3分	4分	5分		
A ₁ 材质精良-低劣	0	1	3	4	4	3.92	0.081
A ₂ 做工精细-优良	0	2	2	5	3	3.33	0.069
A ₃ 部件精密-粗糙	0	1	2	4	5	3.42	0.071
B ₁ 结构合理-混乱	1	2	3	4	2	2.83	0.059
B ₂ 控制简便-复杂	0	1	2	4	5	2.83	0.059
B ₃ 人机和谐-冲突	0	1	2	4	5	3.83	0.080
C ₁ 功能集成创新-功能单一	0	1	3	4	4	3.58	0.074
C ₂ 设计新颖-设计陈旧	1	2	2	4	3	3.00	0.062
C ₃ 智能交互突破-落后	0	1	2	4	5	3.08	0.064
D ₁ 科技感足-弱	0	2	2	4	4	3.50	0.073
D ₂ 形象亲和-冷漠	1	2	3	3	3	2.83	0.059
D ₃ 风格独特-平庸	1	2	2	4	3	2.67	0.055
E ₁ 线条优美-杂乱	0	2	2	4	4	3.00	0.062
E ₂ 比例协调-失调	0	1	3	4	4	3.33	0.069
E ₃ 形态简洁-复杂	1	2	2	4	3	3.00	0.062

四、AIGC 协同设计实践及策略分析

(一) 建立方案资料库

由于表3具体的子准则层(需求要素)是针对实际用户和专家需求分析得出,减少了主观臆断,能够针对性地作为Midjourney生成医废物流机器人设计方案的具体指标,子准则层词组在做指标运用时只取正向值。将子准则层输送给ChatGPT作为原始提示词,要求其根据提示词生成其他辅助性提示语,如形容具体环境、动作、功能、图片风格、背景颜色等,结合输出Midjourney能识别的代码见表6,紧接着代入到Midjourney中生出设计方案,再通过调整参数生成系列多样化的方案资料库,见图3。

表6 基于ChatGPT的提示形容语

对话	
原始提示词	材质精良:0.081、做工精细:0.069、部件精密:0.071、结构合理:0.059、控制简便:0.059、人机和谐:0.080、功能集成创新:0.074、设计新颖:0.062、智能交互突破:0.064、科技感足:0.073、形象亲和:0.059、风格独特:0.055、线条优美:0.062、比例协调:0.069、形态简洁:0.062
辅助性提示语 1	medical waste disposal environment,hospital corridors, waste bins , smart waste sorting, intelligent sterilization, hazard containment, modern hospital settings,cleanrooms, medical waste management stations , automated movements, precision, interacting with medical staff , compact design, ergonomic interface, smooth surfaces, modern touch screen , high- tech medical robotics, futuristic interface, glowing elements, transparent sections
辅助性提示语 2	cleaning medical waste, waste transportation, medical disposal area , self-driving waste collection, seamless transportation, organized waste compartments , sleek, modern, metallic surface, tech-savvy aesthetics, glowing accents, automated sorting, easy waste access, integrated sterilization, environmentally friendly , futuristic, high-tech interface, intuitive controls, multi-functional , hospital waste management stations, sterilization areas, medical waste bins
辅助性提示语 3	automated waste disposal, efficient waste management, seamless interaction with hospital staff , smooth ergonomic lines, minimalistic, high-functionality design, advanced technology , precise waste sorting, sterilization technology, secure waste containment , AI-driven control systems, touch screen interface, data-driven decision making, sleek metallic finish, user-friendly interface, modern aesthetics , hospital corridors, medical waste sorting rooms, hospital waste disposal stations



图3 方案资料库

(二) 确定目标设计方案

根据原始提示词及3组辅助提示语,生成了3套不同风格的设计方案,共计27个样本构建成医废物流机器人的产品外观设计方案资料库。首先针对相关用户对图2中的27款样本造型进行期望值评分,评价标准为“此方案造型是否符合您对医废物流机器人的期望”,评分范围为0~1,回收有效问卷38份,男性20份,女性18份,最终确定每套方案中得分第一的样本为目标样本,分别为Sample8、Sample13、Sample24。邀请医院后勤工作人员、病患及相关设计从业者共计5人组成评分小组,基于医废物流机器人感质需求要素体系,采用准则层的5个感质力指标对其代表的3个样本方案进行评分,评分范围为

1~3分,计算各指标评价得分分数并与权重相乘得出最终评分,评分明细见表7。最终得出Sample13 > Sample8 > Sample24,因此,确定样本13为目标设计方案。

表7 基于感质理论的方案评价结果

样本	精致	工学	创意	魅力	美感	最终评分
Sample8	1.8	2.2	2.0	1.8	2.2	1.9856
Sample13	2.2	1.8	2.2	2.2	1.8	2.0536
Sample24	2.0	2.2	2.2	2.0	1.8	2.0392

(三) 优化设计方案

根据目标设计方案将其输入Midjourney分析其形容代码,将目标方案图片输入Stable Diffusion中进行垫

图重绘,再次强调代入原始提示词,提高相应的权重值占比,根据医废物流机器人的感质属性人为把控调整细节,得出优化后的四款细节方案尺寸图(见图4)。紧接着代入 Tripo3d 软件中进行 3D 模型生成,导入 Rhino 软件进行手动调整,最终使用 Keyshot 渲染出图得出确定的方案效果图(见图5)。

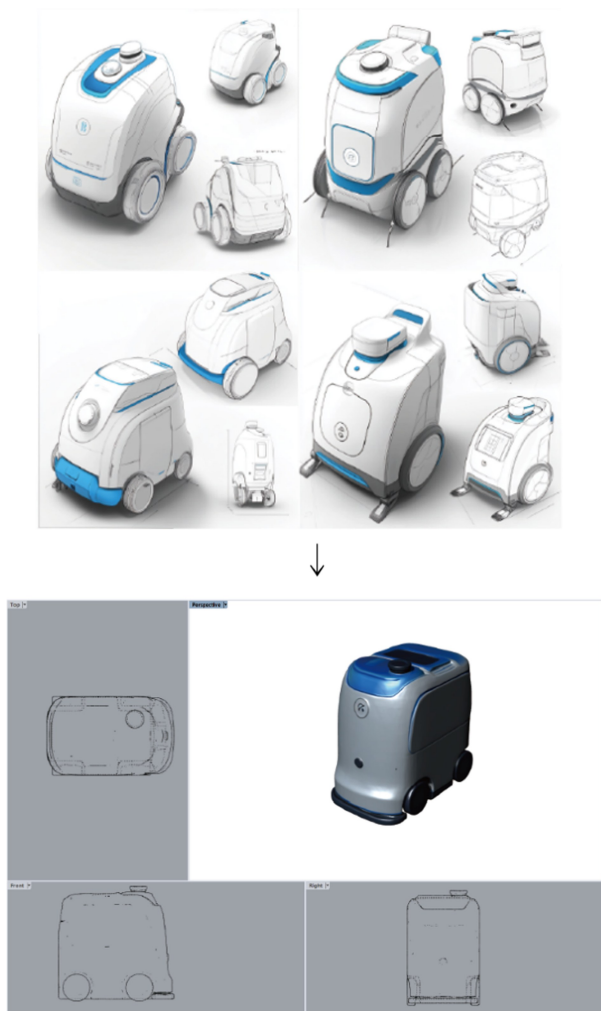


图4 目标方案优化过程

(四) 感质理论与AIGC协同的医废物流机器人设计策略分析

由上所述,将感质理论的解构元素与AIGC协同嵌入设计工作能高效完成医废物流机器人的设计方案,其特点主要是效率高,短时间内可以生成多风格、多样化的设计方案以供设计团队灵感提取,同时再逐步细化选择调整进而得出目标设计方案的最终效果^[17]。尽管研究从设计学角度切入,未能覆盖医废物流机器人落地生产的全流程,但在实践验证过程中也为医废物流机器人带来了创新性的设计策略,主要结合AIGC从精致、工学、创意、魅力、美感五大感质力的角度进行探究分析。



图5 方案效果图

1. 精致感质力设计层

材质精良是精致感质力的关键体现,在医废物流机器人设计中,基于ChatGPT强大的语言理解和生成能力,通过分析大量材料科学文献和实际应用案例数据,辅助筛选能抵御医废侵蚀且便于清洗消毒的优质材料,如耐腐蚀的金属或高性能塑料,并提供相关材料特性和适用场景的详细信息。同时,利用Midjourney等图像生成工具,根据设计要求生成先进的加工工艺方案图像,如精密模具制造与表面处理技术的虚拟模拟图像,为实际加工提供直观参考,确保做工精细,实现零部件紧密契合、无瑕疵,提升产品质感与可靠性,降低故障风险,延长使用寿命。此外,可以通过AI算法实现精准动作规划,确保机器人在医废识别、抓取、运输等操作中的准确性与高效性,例如模拟不同结构下的机械臂运动轨迹,分析其精度和效率,从而确定最佳设计方案,通过细节完美展现精致感,增强用户对产品的信任感。

2. 工学感质力设计层

依据医废处理流程与医院场地布局进行合理结构设计时,可借助AI工具与建筑信息模型软件协同工作,根据医院的BIM数据和医废处理流程数据,生成优化的机器人内部空间布局方案文本描述,然后利用Midjourney将其转化为可视化的布局图像,实现医废高效收纳与运输。例如,结合实际场地尺寸和医废种类数量,设计合理的暂存舱结构,便于分类存放不同类型医废,同时确保机器人外形尺寸适应目标医院走廊、电梯等空间,灵活穿梭于医院环境。在控制简便方面,ChatGPT可参考大量用户界面设计案例和人机交互研究数据,生成简洁易懂的操控界面设计思路,如触摸式显示屏、一键式操作按钮等

布局方案的文字建议,再由设计师结合 Midjourney 等图像生成类 AI 工具生成具体的界面设计草图,降低操作人员学习成本,减少误操作。此外,借助人机工程学模拟软件,根据人体工程学数据优化操作姿势与力度设计,如模拟不同控制台高度和手柄形状下操作人员的疲劳程度,调整控制台高度、设计符合人体工程学的手柄,减轻长时间操作疲劳,提升操作舒适度与效率。

3. 创意感质力设计层

功能集成创新是创意感质力的核心体现,ChatGPT 可通过分析医疗废物处理技术发展趋势、用户需求以及相关专利技术文献,利用其知识推理能力,将医废分类、数据统计、消毒等多元功能融合于一体,一站式解决医废处理难题。例如,生成具有自动分类功能的机械臂结构和控制系统的创新设计概念,将这些概念转化为具体的设计图像,再结合紫外线消毒装置与压缩机构的创新设计方案,实现医废在运输过程中的初步处理,减少人工干预环节。秉持设计新颖理念,借助 AI 参考大量创意设计案例和流行趋势数据,生成突破传统医废处理设备的外观造型与布局模式的设计思路文本,进而生成独特形态设计与创新空间布局的图像,优化空间利用,提升用户心理接纳度。

4. 魅力感质力设计层

在通过外观造型设计融入科技感元素方面,可根据科技美学趋势和医疗场景特点,快速生成如流线型线条、金属质感外壳、透明材质装饰等设计参考意象图,彰显医废物流机器人的专业实力与先进性,贴合医疗前沿形象。例如,精心提供 LED 灯带在机器人外壳不同位置的显示效果的创意描述,确定 LED 灯带在最佳工作状态下的信息提示方式,既增加科技感又提升实用性。在形象亲和设计上,分析用户情感偏好和人机交互心理研究成果,生成采用圆润边角、柔和线条塑造外观的设计建议,避免给操作人员带来心理压力,拉近人机距离。同时,根据医院文化和环境特色,生成赋予机器人鲜明个性风格的设计概念,如仿生设计、目标医院主题色彩搭配等, Midjourney 将这些概念具象化,使其在医院环境中脱颖而出,便于识别与记忆,成为独特标识,吸引用户目光,增强认同感。

5. 美感感质力设计层

优美的线条设计能够赋予医废物流机器人动态美感,契合大众审美直觉。利用 AIGC 辅助工具参考艺术美学原则和时下主流产品设计风格,生成在造型设计中运用流畅、简洁线条勾勒外形的方案。同时借助计算机视觉算法中的 AI 图像分析技术,如基于深度学习的目标检测

和形状分析算法, AIGC 可分析视觉美学比例关系和医院环境视觉特点,确保机器人长宽高比例协调精准,营造简约和谐的视觉观感,强化整体美感,使其在医院环境中保持视觉上的平衡与稳定。此外还可以运用 ChatGPT 分析医院整体色调和氛围数据,选择与之相协调的设计方案,使机器人成为医院环境的有机组成部分,缓解因医废处理带来的紧张氛围,营造舒适视觉感受。

通过感质理论与 AIGC 技术在这五大感质力方面的协同设计策略应用,医废物流机器人在功能实现、用户体验、外观形象等多个维度得到全面优化,为智慧医疗建设中的医废处理环节提供高效、可靠且具有吸引力的解决方案。

五、结语

研究以感质理论为框架能更系统地指导医废物流机器人设计执行,首先强调从用户情感体验出发,关注医废物流产品的精致、工学、创意、魅力和美感等五个维度,这与传统设计方法中单纯关注功能或技术等做法形成鲜明对比。同时,通过应用 AIGC 技术,结合多渠道调研、层次分析法(AHP)等方法,研究团队实践得出了医废物流机器人感质需求要素体系及相关设计策略。其中, ChatGPT 用于梳理分析目标感质需求、生成辅助提示语等; Midjourney 用于将需求要素转化为具体的设计方案,构建造型方案评价库,再优化目标方案。研究探讨了感质理论与 AIGC 协同对医废物流机器人设计的积极影响,为医废物流机器人设计提供了新的理论视角和方法框架,有助于丰富产品设计领域中特定类型机器人设计的理论体系。

感质理论与 AIGC 的协同应用可以成为医废物流机器人设计领域的创新驱动力,功能导向为主的医废处理装置应当向情感导向转变,才能顺利推动智慧医院的建设与发展。研究虽聚焦于设计学层面,但感质理论的综合性和研究得以拓展,并提出了 AIGC 在医废物流机器人设计各方面的应用策略,相关人员应积极掌握并运用这一协同设计策略,以提升医废物流机器人设计水平,推动智慧医疗建设进程。

参考文献

- [1] 吴凡. 基于服务理念理念的医废物流机器人设计[D]. 株洲:湖南工业大学,2022.
- [2] 罗治洪,李婷. 数据驱动下应急医疗物资需求预测及物流选址-分配优化[J]. 控制与决策,2024,39(9):3117-3125.
- [3] 胡洋洋,张文强. 医疗服务机器人现状与展望[J]. 中国发展观察,

- 2016(14):52-53.
- [4] 李素玲,李军. Translogic 气动物流系统在急诊科的应用[J]. 中国误诊学杂志,2011,6(15):3774.
- [5] WANG W N, YU H, LIU Y F, et al. Trueness Analysis of Zirconia Crowns Fabricated with 3-Dimensional Printing [J]. The Journal of Prosthetic Dentistry, 2019, 121 (2) : 285-291.
- [6] LEWIS C I. Mind and the World Order: Outline of a Theory of Knowledge[M]. London: Dover Publications. 1991
- [7] 韦永越. 基于感质体验的博物馆文创产品设计初探——以广东瑶族博物馆为例[J]. 文学艺术周刊,2022,(4):77-80.
- [8] 罗广. 索尼 Walkman 的设计策略及其兴衰分析[J]. 装饰,2014 (4):93-94.
- [9] 詹秦川,张建华,王云云,等. 基于感质理论的须弥山石窟旅游文创设计应用研究[J]. 包装工程,2024,45(20):442-452.
- [10] 陈鹤元,刘成云,李淑江,等. 基于感质理论的沂蒙红色文创设计研究[J]. 工业工程设计,2024,6(5):76-86.
- [11] 李向洲,谭玉珍. 基于感质理论层次分析的牵引车造型模糊评价研究[J]. 设计,2024,37(21):100-103.
- [12] 姚君,袁文昱,李向洲. 基于感质理论分析的产品设计方法研究[J]. 包装工程,2016,37(24):28-33.
- [13] 卢兆麟,宋新衡,金昱成. AIGC 技术趋势下智能设计的现状与发展[J]. 包装工程,2023,44(24):18-33.
- [14] 祝昆皓,徐秀峰,齐瑞文. AI 赋能地方文创产品设计路径研究——以江西地方文化为例[J]. 包装工程,2024,45(S1):191-197.
- [15] 尹虎,殷莹熙彤,陈殿生,等. 基于 AIGC 协同工业设计流程的气道廓清辅具设计研究与实践[J]. 包装工程,2024,45(16):51-65.
- [16] 刘维尚,王泽艺,孙炳明,等. 基于感质层次的地域红色文化 IP 产品设计研究[J]. 包装工程,2023,44(4):368-378.
- [17] 高峰,焦阳. 基于人工智能的辅助创意设计[J]. 装饰,2019(11):34-37.