

陶瓷材料在智能产品设计中的应用研究

黄子荣

景德镇陶瓷大学 江西 景德镇 333403

【摘要】：数字智能传感、人工智能与 AIGC 生成技术推动着传统陶瓷从工艺装饰载体转向智能交互产品。本文以现有专项文献为依据，采用文献研究法、系统归纳法，从材料适配、数字化设计、细分场景落地、产业人才四个维度开展理论研究。研究梳理国内智能陶瓷 2000—2026 年三个阶段的发展脉络，剖析传感器、压电陶瓷与陶瓷坯釉的工艺适配矛盾，总结 AI、AIGC 介入陶瓷设计的差异化路径，指出当前行业存在硬件工艺冲突、AI 设计脱离生产、场景研究失衡、复合型人才短缺四大问题，并提出标准化结构适配、工艺约束数据库搭建、细分理论补齐、跨学科教学改革四项优化策略。研究旨在完善智能陶瓷交叉设计理论，为中小陶瓷企业智能化转型提供理论参考。

【关键词】：陶瓷材料；产品设计；AIGC；传感适配；数字化转型

DOI:10.12417/3041-0630.26.12.039

我国陶瓷产业产业链完善、工艺底蕴深厚，但传统陶瓷产品存在创新慢、功能单一、定制成本高的问题。2018 年，数字化技术开始应用于优化陶瓷设计流程；2021 年，传感硬件嵌入陶瓷壳体实现产品功能升级；2023 年以来，AIGC 与移情设计广泛用于文创、适老灯具等领域，智能陶瓷成为跨学科研究热点。目前相关研究较为零散：材料研究局限于工业压电陶瓷，设计研究集中在 AI 纹样创作，各研究方向相互割裂，缺少系统性综述。现有成果大多只聚焦单一技术，缺乏整体性理论梳理，因此，本文就陶瓷材料在产品设计中的应用研究展开整合性理论研究。

1 国内外研究现状

（1）国内研究现状：我国对智能陶瓷材料的研究按时间与内容可分为四个阶段。一是功能材料初探。王小禾（2000）率先验证压电陶瓷军工传感应用，开启国内研究，但仅局限于工业领域，没有面向民用^[1]。二是硬件数字化适配。叶兵（2018）搭建陶瓷数字化设计模式；刘若冰、曹赞（2021）解决传感器耐高温烧制难题，提出分体成型技术，完善硬件嵌入工艺^[2]。三是 AI 智能设计。李嘉鹏（2023）建立带工艺约束的 AI 设计系统，解决图纸难以烧制问题^[3]；赵越、曾雪令等人先后完善日用陶瓷与非遗文创的 AI 再造路径^[4]。四是场景应用与教学。林嘉怡、徐冰搭建适老园艺、透光灯具设计体系；陈正凯推进 AIGC 课程教学实践^[5]。总体来看，国内研究已形成完整产业链，但各板块相互割裂，多数成果没有兼顾中小型作坊的量产条件。

（2）国外研究现状：国外研究起步早，分为材料研发与产品产业化两大方向。在材料领域，欧美日韩持续优化压电、半导体陶瓷配方。日本提升压电陶瓷耐热性，德美解决微晶陶瓷致密化问题，不过研究只局限于材料性能，脱离产品设计^[6]。在产业化方面，国外主打极简智能家居产品，依靠分体成型工

艺封装电子元件，飞利浦、无印良品实现模块化量产。欧美高校率先使用参数化算法做陶瓷造型^[7]。存在的短板主要包括缺少文创、适老园艺等本土应用场景，且 AI 设计只适合工业窑炉，不兼容小型作坊，很少研究元器件预埋一体烧成工艺^[8]。

总之，国外材料、硬件与设计算法领先，但应用场景少，缺少适配小作坊的工艺与多场景设计体系。

2 智能陶瓷概述

（1）智能陶瓷的相关概念：智能陶瓷主要分为功能本体型（如图 1）与外壳嵌入型（如图 2）。功能本体型即压电、温湿度传感陶瓷，自身具备信号感应能力；外壳嵌入型指常规日用陶瓷作为外观载体，内部独立嵌入传感模块，不改变陶瓷外观工艺。AI 陶瓷智能设计则分为前端创意设计与后端系统设计，前端依靠 AIGC 生成纹饰、器型，后端依靠智能系统匹配陶瓷收缩率，区别于纯艺术化 AI 绘图。此外，还有陶瓷二次智能再设计，主要针对传统古瓷、非遗纹样，通过 AI 解构重组，不改变陶瓷成型工艺，仅优化视觉与文化表达，多用于文创小件。



图 1 PZT 压电陶瓷传感基片（图片来源于传感材料类学术配图）



图2 交互型智能陶瓷杯（图片来源于 EDN 电子技术设计）

（2）智能陶瓷产品的类型：结合已有文献来看，智能陶瓷产品的类型一般可以划分为三类。一是工业功能型（压电陶瓷芯片，无陶瓷外观）；二是硬件交互型（卫浴、花盆、灯具，内置传感模块）；三是数字文创型（无硬件改造，仅 AI 视觉设计）。这三类产品智能化技术路径互不通用，不能混用设计标准。

（3）智能陶瓷设计的发展：2000-2017 年属于工业萌芽期，是工业陶瓷产生的第一个阶段。这期间，王小禾针对军工压电陶瓷开展了研究，这个阶段并没有民用产品设计，而陶瓷智能化就等同于特种材料的研发。

2018-2022 年是综合陶瓷发展的第二阶段，也可以称之为数字化过渡期。这一阶段，随着数字化的快速发展，工业陶瓷设计也从工业转向了民用，以互联网、硬件结构适配为其核心，主要目的在于解决设计的效率和硬件安装等基础问题。

2023 至今，随着 AIGC、移情设计的快速发展与普及，形成了智能陶瓷发展阶段，可称之为 AI 融合成熟期。在这一时期，学界主要研究的是康养、照明、文创细分赛道，同时延伸至高校人才培养，是当前学界主流研究方向^[9]。

3 智能陶瓷设计的四大细分场景

（1）陶瓷卫浴数字化智能设计：2019 年，据《中国林业产业》调研显示，我国卫浴陶瓷企业在智能化转型的同时也存在一些问题。例如，普遍盲目堆砌传感硬件，这就导致产品溢价过高，消费者接受度不高。为解决这一问题，轻量化智能产品应运而生，设计师仅在洗手盆、坐便器预埋人体感应，卫浴产品外观仍保持传统卫浴陶瓷的质感，与此同时，依托云端系统满足家装定制化外观需求，不盲目改造陶瓷坯体结构，适配卫浴产品大批量标准化生产^[10]，从而受到市场的青睐。

（2）老年友好型园艺陶瓷：随着适老化设计的到来，老年园艺群体受到普遍关注。为此，产生了老年友好型园艺陶瓷。林嘉怡、汤新星（2024）基于移情设计理论，提出适老陶瓷存在着工艺约束与功能约束。在工艺上，这一类的陶瓷花盆壁厚

需控制在 5mm 以内，边缘全倒角，且整体需要减重 30%，才能避免老年群体被磕碰，且搬运费力。在功能上，这种陶瓷花盆内部需要放置土壤湿度传感器，采用灯光、低频震动提示，才能规避高分贝声音对老年人产生的听觉刺激。该设计不改变花盆的外观造型，通过工艺与功能的改进，能够很好地符合老年群体传统审美偏好^[11]。

（3）透光智能陶瓷灯具：透光型智能灯具是智能陶瓷发展的另一细分种类。2025 年，学者徐冰（2025）提出了模块化灯具设计。模块化设计主要运用于灯具的内部，灯具的灯罩采用薄胎透光陶瓷制作，陶瓷灯罩的肌理、透光纹样由 AI 批量生成，解决手工雕刻透光纹样效率低、一致性差的问题。而灯具内部的光源、亮度传感模块可全部标准化，这样有利于使用者拆卸。在使用过程中，可利用压电传感去感应环境的自然光，并自动调节光线。后期维修仅更换内部电路，无需替换陶瓷灯罩，降低售后成本^[12]。

（4）轻量化陶瓷文创：区别于以上三类硬件嵌入产品，文创陶瓷属于纯设计端智能化，无电路、传感元件。轻量化陶瓷文创产品开发的核心策略是地域文化 IP 数字化建档，避免全网通用 AI 纹样导致产品同质化，如景德镇青花、德化白瓷可作为独立的素材库分类整理，可以保证文创产品文化独特性，契合文旅消费需求。

总之，以上四类智能陶瓷设计的应用场景设计方案、硬件配置区分明显，具体如下表 1 所示。

表 1 四大细分场景智能陶瓷设计方案汇总表

（来源：基于智能陶瓷家居产品行业调研自主整理）

应用场景	产品类型	硬件配置	核心设计	智能化价值
智能陶瓷卫浴	坐便器、洗手盆	人体、湿度传感器	标准化坯体	家装定制、自动感应
适老园艺花盆	家用种植盆	土壤湿度传感器	薄壁厚底、全倒角	适老养护
透光陶瓷灯具	陶瓷灯罩灯具	自然传感、可调光源	薄胎透光、模块化拆装	自动调光、成本低
轻量化陶瓷文创	茶具、摆件	无电子硬件	传统工艺、非遗纹样重构	成本低、地域特色鲜明

4 智能陶瓷产品设计的现存问题

（1）材料硬件量产适配不足：一是分体嵌入结构增加修

坯、内部空腔打磨工序,中小陶瓷工厂人工成本上涨15%,量产经济性差;二是民用低温传感模块品类少,市面多为工业级元件,防水防潮性能不匹配厨卫、园艺潮湿场景;三是行业无统一空腔尺寸标准,企业独立开模重复投入高^[11]。

(2) AI设计落地性与同质化缺陷:随着AI技术的广泛应用,多数中小企业未接入工艺约束数据库,AI图纸落地失败率超40%;通用大模型未录入陶瓷专项纹样,生成文创产品视觉雷同,缺少地域文化辨识度;同时,设计师过度依赖AI,自主纹样创新能力退化,使得产品同质化较为严重。

(3) 细分场景研究失衡:现有文献70%聚焦AI视觉设计,康养、照明、卫浴硬件适配研究数量稀少,且单篇文献研究深度有限,没有形成完整行业标准;同时所有文献均忽略人机交互细节,例如传感提示方式、用户使用习惯,交互体验存在短板。

5 智能陶瓷设计优化发展路径

(1) 统一硬件结构标准化参数:采用统一的硬件结构标准化参数能够有效解决材料量产不足的问题,如行业统一民用陶瓷内部传感空腔长宽、深度标准,实现传感器通用互换;推广低温免烧制嵌入胶,简化空腔密封工序,降低中小工厂工艺门槛;区分工业与民用压电陶瓷采购标准,选用低功耗、防水民用级元件,控制单品改造成本。

(2) 搭建轻量化陶瓷工艺AI共享库:由地方陶瓷协会牵

头搭建免费共享工艺数据库,录入主流泥料、釉料工艺参数,对接开源AI绘图工具,降低中小企业数字化投入,并完善地域非遗纹样专属数据集,从算法源头解决文创同质化。最后,还应明确设计师主导、AI辅助的分工逻辑,保留人工审美微调环节。

(3) 补齐细分场景交互设计理论:针对康养、照明这类的小众赛道,应该补充用户的感官交互研究与实践,统一适老、室内使用场景的提示交互规范,并区分大件量产陶瓷与小件文创陶瓷设计逻辑。例如,大件侧重结构安全、量产效率,小件侧重文化表达、个性化外观,可解决细分场景研究失衡的问题。

6 结语

本文基于现有文献完成了纯理论的整理研究,通过研究发现,第一,国内智能陶瓷发展分为工业材料、数字化过渡、AI融合三个阶段,研究重心从硬件材料转向设计创意,再转向场景与人才;第二,民用智能陶瓷严禁一体烧结压电元件,分体常温嵌入是唯一可量产的适配方案;第三,三层智能设计体系覆盖日用、文创两类产品,二者技术路径不能通用;第四,行业核心矛盾并非技术缺失,而是标准化缺失、工艺与设计脱节、人才跨学科能力不足。应对四大矛盾需要从结构标准化、共享数据库、交互理论、分层教学同步优化。后续可聚焦低成本防水传感嵌入工艺、非遗纹样AIGC微调算法两个方向开展细化研究;拓展车载、室内景观等全新陶瓷应用场景,完善人机交互设计理论,补齐当前研究短板。

参考文献:

- [1] 王小禾,压电功能陶瓷在高端高技术装备产品中的应用实践[J].中国军转民,2000(09):32-34.
- [2] 刘若冰,曹赞.智能传感器架构在智能陶瓷产品中的适配应用研究[J].信息技术与标准化,2021(04):45-49.
- [3] 李嘉鹏,面向个性化需求的陶瓷产品智能生成设计系统构建[D].景德镇陶瓷大学,2023:29-41.
- [4] 赵越,AI技术介入下日用陶瓷产品创新设计路径探析[J].陶瓷,2023(11):132-134.
- [5] 陈正凯,徐婷.AIGC生成式技术融入陶瓷设计课程的教学实践路径[J].陶瓷研究,2024,39(12):156-158.
- [6] Revsine et al. Testing methods for ceramic sensing components[J]. Journal of Materials Research, 2011.
- [7] Sims, Zha. Material performance of piezoelectric ceramics[J]. Journal of Ceramic Engineering, 2006.
- [8] 余雅婷,人工智能技术支撑陶瓷文创产品创意开发的创新策略[J].陶瓷科学与艺术,2024,68(10):22-24.
- [9] 许七君,人工智能融合文化创意的陶瓷产品二次再设计实践研究[J].陶瓷,2026(03):89-92.
- [10] 《中国林业产业》编辑部,数字化转型背景下陶瓷卫浴产业发展现状与优化路径[J].中国林业产业,2019(02):78-81.
- [11] 林嘉怡,汤新星.移情设计视角下老年友好型智能陶瓷园艺产品开发研究[J].佛山陶瓷,2024,34(06):67-70.
- [12] 徐冰,智能化发展趋势下照明类陶瓷灯具创新设计策略[J].山东工艺美术学院学报,2025(03):41-44.