

基于数字孪生的景德镇传统陶瓷工艺交互式传播系统设计研究

顾楚炀

景德镇陶瓷大学 江西 景德镇 333000

【摘要】：就数字文化遗产及非物质文化遗产的保护而言，传统陶瓷工艺所涉及的数字化已从静态记录朝过程模拟及交互方式发展。景德镇传统制瓷工艺本身是流程多变、高度依赖经验的活动，仅靠常规图文或三维形式无法把材料运用、动作细节、工艺数值乃至成品全部清楚地表达。文中提出数字孪生思路，按物理工艺、数据映射、数字模型、交互传播、用户感受诸项来组织传统陶瓷工艺的数字孪生传播结构，又将拉坯、修坯、施釉和烧制作为典型工序加以交互化处理。同时对工艺认知、交互质量、沉浸程度、文化意义及传播意愿做系统性归纳分析。所论研究试图走出传统陶瓷数字传播只用静态手段的局限，利用动态信息、交互机制说明制瓷工艺如何运行，对景德镇传统陶瓷工艺由“结果展示”到“过程理解”、由“被动观看”到“主动体验”作新的数字媒体设计思考。

【关键词】：数字孪生；景德镇陶瓷；信息可视化；交互设计

DOI:10.12417/3041-0630.26.12.012

1 引言

景德镇的传统制瓷技艺是长期演进所形成的一套把原料处理、成型、修坯、装饰、施釉及烧成都包括在内的复杂工艺。从文化角度看，所造陶瓷的形态、釉面或花纹本身不是全部价值所在，工匠对于材料、手法、用具及烧结条件的把握亦有重要意义。这类知识过去基本由实际操作和师徒关系加以继承。所以现在要思考的课题是：怎样把那些难以直接观察、不易度量的工艺习惯变成可理解、可分享的数字形式——这是传统陶瓷数字化的重要问题。

三维建模、人工智能及数字孪生诸项技术开始应用于文化遗产领域。同普通数字资料或静态三维模型相比，数字孪生把物理对象、数字形式、状态及所处环境都纳入动态对应关系的思考中。对文化遗产来说，数字孪生已能协助分析现状、归纳知识、建立虚实信息的联系。所称的“数字孪生”不只限于空间形态的模拟，也应考虑有关环境、风险、专业内容的变量，因而属于复杂动态的信息体系。但目前陶瓷类的数字化工作大体以三维复原、造型构思、工艺改进、展示设计为着眼点，对传统制作所涉材料、动作及知识的完整说明尚有欠缺。部分现时的数字孪生展示只是三维画面或固定动画，缺少由用户操作而产生反馈的工艺模型。

从前面所列研究出发，文中要讨论的是有关景德镇传统陶瓷工艺的数字孪生交互系统设计，其重点有三部分：第一，把传统制瓷中各基本元素（实体、动作、状态）与知识加以归纳整理；第二，思考用交互或视觉方法来表达工艺知识的可行性；第三，给出用户反馈形式，对数字孪生交互同现有图文、影像两类传播手段在效果上可能的优越性做一定验证与分析。

2 陶瓷数字化背景研究

2.1 陶瓷艺术数字化与造型创新

传统陶瓷艺术随着互联网数字时代的到来，逐步从实用和文化转向数字形式。现代陶瓷艺术的数字技术的应用领域、三维建模、参数化设计、人工智能改变的陶瓷艺术表现方式、生产过程及审美标准。^[1]三维建模对器物形状的确定非常准确，参数化方法使形态有较大伸展余地，人工智能又把所考虑的方案或形式的可能性带到新的高度。

已有的论述清楚地指出：陶瓷数字化是从“复制实体”朝“生成设计”所作的一种渐进性发展，但基本着眼点还是成品。景德镇传统陶瓷的文化现象不能只当视觉事实看，也应结合制作、工序予以理解。若只以造型为数字化对象，传统工艺的完整表达仍未得到充分说明，所研究的范围要从陶瓷的“物”向前拓展到陶瓷的“制作过程”。

2.2 人工智能与陶瓷生产数据化

有关陶瓷工业的数字化研究又以数据驱动为基本思路。汤志宏等对原料特性数据库构建与窑炉热力学数字孪生的AI应用解释，接着对人工智能在建筑陶瓷生产中的研究与运用进行CFD—LSTM耦合模型，原料特性数据库构建，最后分析了人工智能算法在陶瓷生产中的应用，并对相关模型进行评价与建议^[1]。所提方法对传统陶瓷数字孪生是较为完整的论述，即不应把视觉仿真当作数字孪生核心，而要设法将实际现象和数字信息对应起来。

工业生产数字孪生追求生产效率、预测精度及质量控制，而传统工艺传播关注知识理解、文化认知和用户体验，因此二者的目标存在差异。数字媒体艺术研究需要将工业数字孪生中的“数据监测—状态预测”逻辑转化为“参数变化—视觉反馈—

知识理解”逻辑,使复杂的生产信息成为用户能够感知和理解的的文化内容。

2.3 数字孪生与文化遗产传播

数字孪生技术在陶瓷遗产保护与传承中具有独特的优势与潜力。通过虚实共生的场景教学促进传统制瓷技艺的有效传承,进行传统工艺的场景化守护;最后,利用数字模型提升修复效率,进行精准修护,达到陶瓷文物的虚拟化修护。^[2]目前对陶瓷类遗产与数字孪生关系的思考已有一定理论支撑,但就用户操作、交互形式、传播成效来说还有待做较完整的分析。

目前有关文化遗产的研究已把数字孪生及交互叙事当作重点。有几类手工非遗所用的数字孪生方案以工序、文字、影像乃至虚拟空间作联系,把实际制作同虚拟浏览都纳入传播过程之中。数字孪生技术对于文化遗产来说亦是博物馆叙事的补充,可用三维手段或时间线索来说明过去与现在所见的种种形态。

此时所称的沉浸感及交互性已属于数字文化传播中重要的一环。视觉效果、交互机会和沉浸状态对用户继续使用有积极意义。以年轻人为对象的分析也证明非遗传播与沉浸体验是有关联的两个方面。上述各研究都提示:文化遗产数字化的评价要兼顾模型质量与人本身的行为。

3 研究方法与系统设计

文中所讨论的是景德镇传统制瓷技艺的数字化展示问题。根据前期调查的结论来确定传统制瓷中比较典型的工艺项目,再运用数字孪生、三维手段及交互逻辑把原来以实物或以文图形式出现的工艺予以转化,即变为可以观看、可以试验的数字类体验。所考虑的设计不以完整再现实际的制瓷情境为目标,而是就传播效果与使用感受而论,挑选主要工艺阶段,利用视觉语言与交互提示让有关泥料变成品的陶瓷知识变得清晰明了、易于把握。

3.1 制瓷工艺内容梳理

景德镇原来所用的制瓷工序是较复杂的,各道工序本身有确定的前后次序,同时牵涉材料、器具、动作及烧成诸项因素。若把所有工艺都毫无保留地带入数字系统,对系统设计来说未必便利,也可能会造成用户接收信息时的负担。所以本文从工艺特征、视觉可行性与交互可能性出发,对传统制瓷的各项步骤作一定限度的筛选与归纳。已把有关的前期文献、工艺说明及各类图像都纳入考虑范围,最后确定要以拉坯、修坯、施釉和烧制为核心内容。所列四步对陶瓷从形成坯体、修改形状到表面装饰乃至烧结完毕的全过程都较清楚地加以说明,又以不同视觉形式、不同操作来体现步骤间的区别,很适于用作数字交互设计的素材。有关具体整理的论述不把各工序名称当作唯一线索来处理,而是对所涉各环节的“使用什么工具、进行什

么操作、产生什么变化以及为什么会发生变化”作分析。因此,对后面所要设计的工序应作五方面的归纳——即工艺对象、操作动作、状态变化、关键参数以及工艺说明。该类划分本身是为视觉设计、为交互设计做准备的:工艺对象对应三维空间中应出现的模型,操作动作对应用户可用的方法,状态变化提示动画或视觉信号,关键参数给出工艺过程所依赖的条件,而工艺说明正好可以用来表达有关的知识内容。所提的整理方法把原来只靠文字说明的传统工艺予以转化,变成可运用到数字形式中的设计资料,同时对以后做三维模型、界面或交互性内容有一定参考价值。

3.2 数字孪生展示系统构成

现实工艺是数字内容设计的基础,包括陶泥、转盘、修坯工具、釉料、窑炉等实物,以及拉坯、修坯、施釉和烧制等实际操作过程。设计过程中根据这些内容建立对应的数字模型,使虚拟环境中的物体形态、工具关系和操作顺序尽可能符合真实工艺特征。所称的数字场景是工艺内容的视觉形式。要以三维方法把制瓷用的设备及材料(如坯体、窑炉)都加以构造,再按具体工序来安排动画的表现方式。

交互操作是把用户同数字工艺联系起来的手段。点击、拖动、转动、选取或调节参数都可用来达成所求动作。设计时要让交互所用的动作和实际制瓷步骤有某种对应关系,以操作本身提示各道工序的特色——这是应当考虑的基本点。所谓信息反馈是说明用户所做动作之后的种种结果。对已执行的操作,系统要以模型、动画、字句或数字形式予以回答或提示。若把转盘调快一点,坯体的形状就做相应变化;若修改烧成温度,界面上的曲线及陶瓷状况同时得到更新。由此可以将“操作—变化—结果”所指的联系清楚地呈现出来。

因此,文中所说的数字孪生不等于将实际的制瓷作坊作机械式的再现,而应依照数字展示所要求的内容来归纳、整理有关工艺的事实,把传统做法变成可以观看、可以介入的数字形态的资料。

3.3 工艺状态的可视化设计

传统所称的制瓷技艺大体上是经验性的,有关材料及过程的重要变化多在内部或局部发生,单凭成品不易得知其成因。由此出发,本文提出以工艺状态的视觉表达为系统设计中的一项目重点,也就是把原来看不见的工艺现象用图示、动态或模型来加以说明与转化。

从烧制的角度来说,所用的系统是把时间同烧制温度一并当作动态曲线处理。对烧制步骤或者所求温度作修改之后,温度曲线即有变化,而数字坯体按此情况分别呈现色相、表面及釉层特征。有关温度的提示文字是简明的,正好可用来对照陶瓷本身的状态加以观察。

所用的表现形式不是单纯地播放烧窑视频。视频以工艺本身为着眼点，而交互可视化偏重于信息相互关联的说明。对各项参数作主动调节之后，可得到对应视觉现象，由此将有关温度、时刻及烧成结果的各种事实加以统一说明。设计上把能被用户清楚辨识的变量作为视觉材料，按合理工艺思路处理信息，使技术内容与所要表达的事实都获得较充分的体现。

3.4 工艺流程的叙事交互设计

在完成单项工艺内容的整理后，还需要考虑用户以怎样的顺序进入和理解这些内容。传统数字展览通常按照器物类别、历史时期或文字知识进行分类，用户更多处于浏览和观看状态。但制瓷技艺本身具有明显的时间顺序，一件陶瓷从泥料到最终成品，需要经过连续的加工过程。因此，本研究将“制瓷过程”作为交互叙事的主要线索。

所提的系统设计是围绕景德镇既有的传统制瓷流程展开的，对工艺本身及所用工具、材料、动作、知识做挑选、数字化、形象化处理，把传统技艺变为可以观看、可以试验的数字形式。数字孪生在这里只是现实工艺和数字对象的联系媒介，而有关视觉与交互的思考是该类设计要解决的核心问题。

4 讨论

研究所讨论的是景德镇的传统制瓷方法，运用三维场景及工艺动画、交互手段来表现有关陶瓷制作的完整流程或片段。就目前的陶瓷数字展示来说，一般只考虑成品视觉的说明，而此处要做的尝试是：把用户所注意的焦点从结果转到促成结果的工艺过程上。有关设计的叙述中所提到的泥料、工具、坯体

及窑炉都是展示的内容之一。用户对陶瓷成品本身可以有所观察，又可借由拉坯、修整、上釉或烧造来把握其材料自始至终的变化。由此构成的设计思路在工艺流程的表现上比单纯用图片、文字或成品加以说明要完整一些。

本研究是工艺及视觉现象的结合。所考虑的工艺情况不以完整、准确地列举实际数据为目标，而只选用较易知悉的要素，把本来比较抽象的工艺说明变为可视的事实。因此，文中所提的有关设计的思考不是要完整地再现实际制瓷过程，而是要判断哪些工艺可望以视觉或交互方式加以表达。对用户能直接看到、操作、明白的工艺做集中说明，对不能很好模拟的细节用文字、用动画来加以提示或解释。由此出发所作的处理较接近数字媒体艺术设计的目标，又不会让系统过分依赖技术、忽略文化信息与视觉感受。

5 结语

本研究还有待补充与改进。现在系统是按典型工艺环节来考虑的，对实际做瓷的细节、材料微小变化一类的情况尚不能作完整说明。有关研究可利用现实制瓷中得到的资料做更多分析，把模型、工艺都引导得更贴近实际运行状态。就交互本身来说，虚拟现实、体感控制或触觉提示都是可能的方向，应设法让操作者获得较自然的使用感受。有关用户测试的后续工作可用来考察各种展示手段所导致的工艺认识或使用感受，亦可据此修改界面内容、操作复杂度及叙述节奏。应把数字内容和交互方法都当作工具，来促进传统制瓷技艺向现代受众做有效、有吸引力的传达。所用的可视化及交互设计要能帮助用户做到“看到陶瓷”，同时获得对于陶瓷制作过程较完整的说明。

参考文献：

- [1] 汤志宏,杨燕,彭蝶.人工智能在建筑陶瓷生产中的研究与运用[J].佛山陶瓷,2025,35(11):93-95.
- [2] 姚善良,杨洁.数字孪生技术在陶瓷遗产保护与传承中的应用[J].上海视觉,2025,(2):117-122.
- [3] 王春,陈春霞.数字化技术在现代陶瓷艺术造型创新设计中的应用研究[J].佛山陶瓷,2025,35(6):97-99.