

造物文化视角下《河工器具图说》数字化保护研究与实践

尹国军, 吴建勇, 刘阳
(淮阴工学院, 淮安 223001)

摘要: **目的** 补遗并丰富中国传统河工器具文化内涵, 探索中国传统河工器具数字传承路径。**方法** 立足造物文化和当代数字技术视角, 采用文献研究和田野调查相结合的方法, 对《河工器具图说》所载器物进行考证, 重点围绕物质层(形制、结构、功能、材质、色彩)和精神层(风俗、精神、信仰)两个维度对其进行审视、分析, 在此基础上探索用三维数字复原以及数字虚拟等方式对其进行抢救性记录、再现和传承。**结果** 完成了传统河工器具的数字复原, 并探索了“人器”交互, 实现了古今“对话”。**结论** 通过造物文化研究和数字化实践探索, 展现传统河工器具的艺术之美、实用之美和科技之美。

关键词: 造物文化; 河工器具; 数字化保护; 完颜麟庆

中图分类号: TB472; J511 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2021)22-0054-08

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.22.009

Research and Practice on Digital Protection of River Tools from the Perspective of Creation Culture

YIN Guo-jun, WU Jian-yong, LIU Yang
(Huaiyin Institute of Technology, Huai'an 223001, China)

ABSTRACT: This paper aims to complement and enrich culture connotation of Chinese traditional river tools and explore digital inheritance path of river tools. Based on the perspective of creation aesthetics and contemporary digital technology, this topic uses the combination of literature research and field investigation to verify the traditional river tools of *Illustration of River Tools*, focusing on the two dimensions of material aspect (shape, structure, function, material and color) and spiritual aspect (custom, spirit and belief). On this basis, the three-dimensional digital technology is used to record, restore, display and inherit it, so as to realize the interaction between “people and tools” and the “dialogue” between ancient and modern times. Through research on creation culture and digitization practices, this paper shows the artistic beauty, practical beauty and scientific and technological beauty of traditional river tools.

KEY WORDS: creation culture; river tools; digital protection; WAN YAN Lin-qing

器具是人类肢体和思想的延伸, 人类文明始于造物制器。河工器具是我国劳动人民在长期挖掘、修缮、治理河道过程中发明创造的一系列形制多样、功能丰富、种类齐全的器具之总和。河工器具不仅是我国古代水工科技之代表, 也是黄河、淮河、运河文化遗产的重要载体和组成部分, 其在展现中华悠久水居文化过程中发挥着重要作用。

《河工器具图说》是我国现存的一部重要图谱类

水利研究著作, 系统展示和介绍了诸多中国传统河工器具。其中关于河工器具的图谱和文字记载成为当今研究古代黄河、淮河、运河治水工程和水利文化遗产的重要史料。然而, 随着水利和农业机械化的发展, 城市化进程不断推进, 承载着传统造物工艺之美和水居文化内涵的传统河工器具逐渐消失, 濒临灭绝。本文即是在此背景下, 通过田野调查、文献研究、实物收集, 并结合《河工器具图说》记载, 对传统河工器

收稿日期: 2021-10-10

基金项目: 2020年度江苏省社科基金项目(20YSC001); 2020年度江苏高校哲学社会科学研究项目(2020SJA1794); 2018年度教育部人文社会科学研究项目(18YJC760098); 2021年度江苏高校哲学社会科学研究项目(2021SJA1812)

作者简介: 尹国军(1986—), 男, 江苏人, 硕士, 淮阴工学院讲师, 主要研究方向为河工器具造物文化与数字化保护。

具进行考证和分析，进而运用三维扫描、三维建模、三维动画、全息影像、虚拟展示等技术手段，力求真实详尽复原器具形制特征和结构工艺，展现河工器具的造型之美、工艺之美和科技之美，传承古代劳动人民的工匠精神和开拓精神，探索河工器具文化的当代价值。《河工器具图说》造物文化与数字化研究结构模型见图 1。

1 研究综述

所谓图说，类似图谱。是采用绘图、摄图和制图的形式，辅以文字、系统记录和阐释事物所编辑的图集。中国历史上的传统图谱典籍不胜枚举、灿若星河，且形式多样、门类丰富，可以说一部传统图谱典籍史就是一部中国传统科技史。纵观史料，有以下几个方面代表著作：医学方面，唐代苏敬等人于 659 年编纂的《新修本草》，收集了全国各地的药用动植物并绘图像，它是中国较早的一部动植物形态图谱^[1]。而明

代李时珍的《本草纲目》，载药 1892 种，有图 1109 幅，历时 30 年，是中国传统药物学图谱集大成之作^[1]。农学方面，北宋曾安止编纂了中国最早的一部水稻品种专志图谱《禾谱》，而后魏贾思勰的《齐民要术》和明代徐光启的《农政全书》可谓是综合性农学图谱的巅峰之作。军事方面，北宋曾公亮和丁度创作的《武经总要》作为一部官修综合性兵书，对军事中的选兵、用兵、阵法、武器、装备等方面做了详细记载和集成，书中附有 300 多幅插图，是研究中国古代兵器史极为重要的资料。而明代茅元仪所辑《武备志》是更为全面、宏大的军事著作，有 240 卷，文 200 余万字，图 738 幅，其篇幅之大，图像、辑录远超《武经总要》。天文方面，宋朝进行过 5 次恒星位置的测量，其中元丰年间（1078—1085 年）的观测结果被绘成星图，收入苏颂《新仪象法要》，它们的星数都在 1400 颗以上，且位置准确，具有极高科学价值^[1]。建筑方面，当数北宋李诫编修的《营造法式》，以图样和文字记录了宋朝建筑的修造法规，佐以宋朝实物，反映宋建筑技术之高水准，也是中国古籍中最早的一部建筑技术专著^[1]。

若论历史上对传统河工器具系统、深入的研究成果，当数清代完颜麟庆所撰的《河工器具图说》。此前，对河工器具的记载或散见于综合类百科典籍和农学著作中，如《三才图会》《农政全书》《王祯农书·农器图谱》，或散见于传统水利专著中，如《修防琐志》《河防一览》《河防通议》。《河工器具图说》可谓自古河工器具研究集大成者，是以图谱形式对古代河工器具较为系统、全面的总结和记载。全书以图为主、文为辅，图以白描手法绘制，集中展示了明清时期所使用的河工器具，并考证其历史源流，描述其形态结构、功能用途、制作工艺等，是我国古代较为系统、完善的河工器具研究专著。《河工器具图说》封面及内页（节选）见图 2。

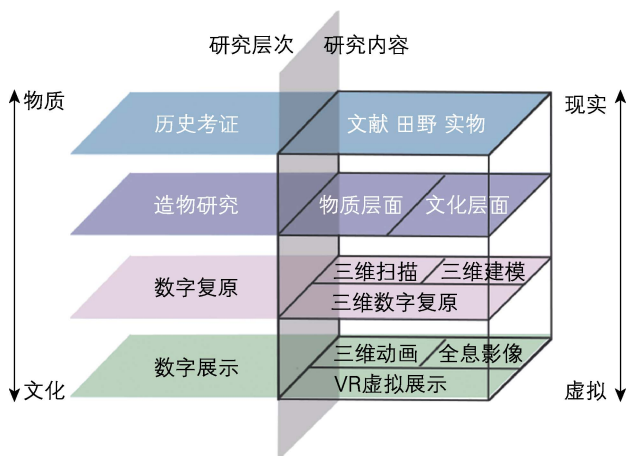


图 1 《河工器具图说》造物文化与数字化研究结构模型
Fig.1 Structural model of creation culture and digital research in *Illustration of River Tools*

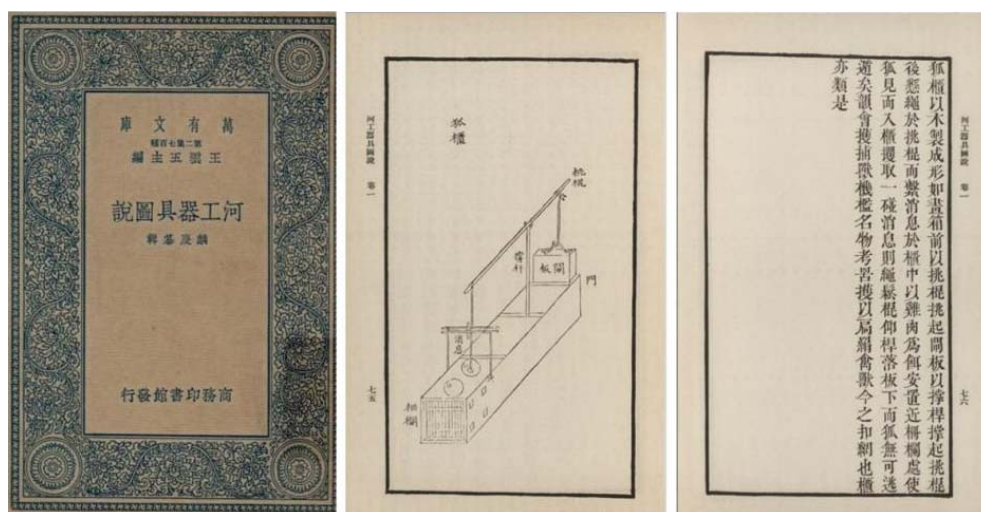


图 2 《河工器具图说》封面及内页（节选）
Fig.2 Cover and inside pages of *Illustration of river tools* (Excerpt)

2 《河工器具图说》的文化遗产价值

2.1 完颜麟庆与清代黄淮运水利

黄河、淮河、运河三大河时空交错, 1194年至1855年的660余年间, 黄河数次夺淮入海, 且多次与运河交汇于古清口地区(在古清江浦, 今淮安境内), 产生了世界上最复杂的洪泽湖——清口枢纽, 最长的大坝——高家堰。在黄河泥沙和水利工程作用下, 产生了中国第五大湖泊——洪泽湖^[2]。此地是明清时期全国水工设施和水利遗产分布最密集、最复杂、最具代表性区域之一, 加之隋唐以降至明清, 中国经济文化中心由北转南, 古清口地区作为南北运河漕运之枢纽, 维系着国家漕运稳定和经济命脉, 故明清最高治水和漕运管理机构河道总督府、漕运总督府常设于清江浦, 仅清代就有72任河道总督驻此, 历时长达183年。

《河工器具图说》为清代治水官员完颜麟庆所撰。麟庆, 满族人, 道光13年(1833年)至道光22年(1842年)授于江南河道总督, 驻清江浦总督河道部院(今淮安市清晏园)。江南河道总督辖江苏、安徽境内黄河、淮河、运河河道, 主理修浚、堤防、抢护等事宜。麟庆为人忠厚谦诚, 从政勤奋, 博览能文, 对其所至山川、形胜、古迹、风土、风俗、河防、水利等“靡不博考”^[3], 如其所言, 於祁寒暑雨, 周历河壩, 每遇一器, 必详问而深考之。道光13年, 麟庆任江南河道总督, 巡视河务十年之久, 时称河帅, 《河工器具图说》即其任内所完成^[4]。

2.2 《河工器具图说》的内容结构与文化价值

《河工器具图说》所记载的是专门而复杂的水工器具体系。依据治水工程目录划分, 共分宣防、修浚、抢护、储备4卷, 收录记载了4大类254种河工器具。依据造物学视阈划分, 所载器物以用器为主, 辅以少量礼器, 既有相风乌、梅花尺、狐柜、碓、铁耙、钓竿、打凌锤等日常生活用器, 亦有牌坊、令箭、号旗、虎头牌等用于组织河工工程, 记表河工功绩的礼器。单就用器而言, 有混江龙、清河龙式、木龙、大埽等“专为乎工而别立主名者”, 有土车、铁耙、木犁等“不专为乎工而修而兼用者”, 有铁罽、逼凌椿、木筏、凌帮等“类与古而实创自今者”, 有竹篓、荆篓、圆船等“宜於今而无异乎古者”。全书图谱为主, 或一器一帧, 或一器多帧, 或多器一帧, 描绘了河工器具造型、样式、结构, 同时还辅以文字描述, 记录了器物的历史流变、工艺法则和形态数据等。从设计学视角来看, 整套器具蕴含着中国传统造物设计范式, 彰显传统科技美学与造物美学, 是古代劳动人民在长期治水过程中实践和智慧的总结, 《河工器具图说》对中国传统造物设计和文化研究而言具有很高的史料价值。

3 《河工器具图说》造物文化研究

造物学视阈不仅关乎器物制造, 关注器物审美观念和文化内涵, 更关注物与物、物与时间、物与环境、物与人、物与社会等内在关系。它和一般设计学更多地关注技术性与实践性的塑造方式不同, 造物学视阈关注物质文化与人们制器活动的互动关系, 以便理解造物背后发生的思想、文化、信仰的世界^[5]。故本文对于河工器具的造物文化研究主要围绕物质层和文化层展开, 重点剖析形制、材料、色彩、工艺和科学原理等物质层面, 以及由物质层所外延出的风俗、信仰、精神和思想等文化层面。

3.1 形制与工艺层面

就形制而言, 相较于其他中国传统实用器具, 河工器具主要服务于“用”, 故其形制体现拙朴、自然之美。同种器物形制的差别更体现的是不同场域、环境的使用功能, 兼有普适性和特殊性。此外, 整体与局部造型、结构、比例, 及其各要素之间的关系丰富而协调。如云碓, 用于夯实堤土、坚实堤坝。碓取石材为基础, 以木、绳束之, 形制各异, 有束腰碓、墩子碓、灯台碓、马蹄碓、乳碓, 其局部结构包含碓身、碓耳、羊角、鸡腿等, 比例协调, 形象生动, 整体形制朴实、自然、稳定。形制各异的碓与三维数字复原的云碓见图3。

就制作工艺而言, 工艺的选择也是以“用”为中心。因为河工器具主要以金、木、石、布、草等为材料, 所以基本采用铸造、锻造、切削、刨凿、雕刻、打磨、编织、裁剪、缝合等传统加工工艺方法, 遵循制作—反馈—修正—优化的工艺流程, 因堤防需要, 工艺不同, 变为一器多用, 蕴含着服务精神和适用之美。如同样作为堵堤漏水处所用器具, 铁锅和瓦盆本为生活创制, 是生活用具, 铁锅是铸造而成, 而瓦盆则为土坯烧制, 其形制经过制作—反馈—修正—优化, 便能服务河工, 为抢险所用。再如簸箕, 南竹北柳编制而成, 工好则用于农家扬糠播物, 工次则用以盛土筑堤。

3.2 材质与色彩层面

就材料而言, 河工器具的造物文化包含着材料之美, 所谓材料之美就是取之自然, 与其说是器具选择自然材料而制成, 不如说是材料选择了器具。河工器具的取材由多元构成, 从属于中国传统用材体系(金木水火土谷)范畴。区域有东西, 地区有寒暖, 河工器具具备取材地域性、用材丰富性特征, 同时先秦以降, “因地制宜”“材以致用”的取材、用材规律, 以及延续至今的“物尽其用”造物思想与特质也广泛体现于河工器具上。如戽斗, 用以在地狭水浅处取水。戽斗在南方用木制容器“木罨”, 而到了北方则用柳编容器“柳管”改制而成。再如用以盛土的土簸箕,

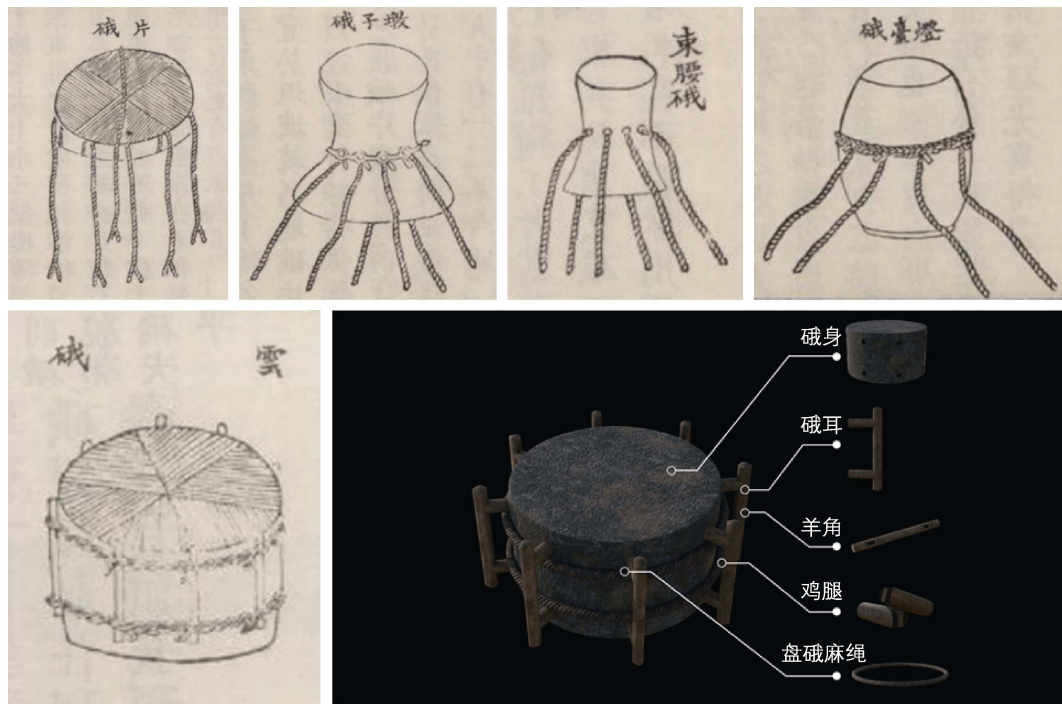


图 3 形制各异的礅与三维数字复原的云礅

Fig.3 WO with different shapes and YUNWO with three-dimensional digital restoration

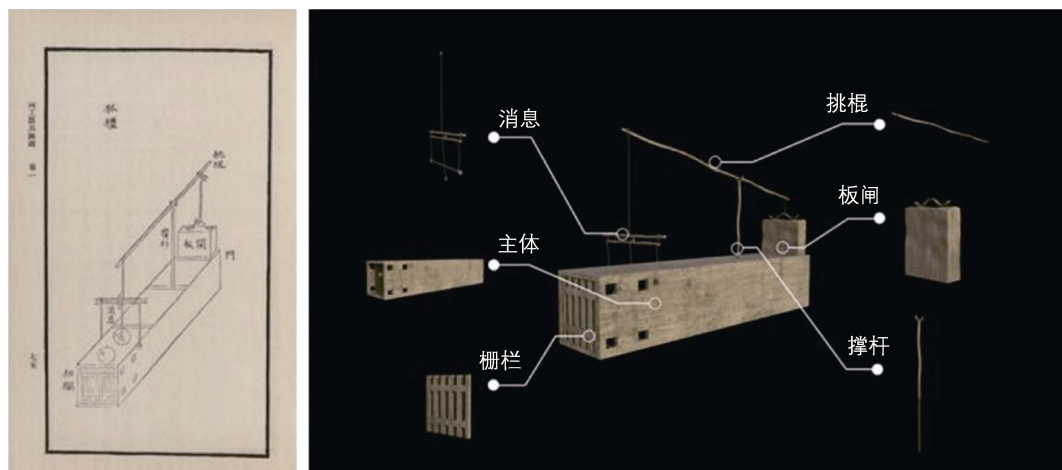


图 4 三维数字复原的狐柜

Fig.4 Fox cabinet restored by three-dimensional digital

南竹北柳，其制不同，其用一也^[4]，就地取材，是“从所便也”，体现了河工器具制器取材的南北地域性。事实上，古人最初从大自然的蛮荒中开拓出一个认为的世界时，就与某一地域特定的自然条件相结合，形成造物地域性的特点^[6]。

就色彩而言，河工器具的色彩依附于自然材质，河工器具用材主要为金、木、石、布、草，其色彩配置通过材质体系反映出来。虽因使用环境和区域文化差异存在不同，但其色彩配置存在着逻辑性、规律性与秩序感，复杂而统一。此外，部分礼器还遵循着中国传统色彩隐喻内涵和五行文化，色彩与材质相应共生，相制相化。如其中的普庆安澜旗，旗色尚黄，中央色属土，取以土治水之意^[4]。总而言之，河工器具

用色规律从属于中国传统色彩设色范式体系。

3.3 科技原理层面

就科技学原理而言，河工器具虽大多为古代普通劳动人民发明创造，却蕴含着丰富的科技学和人机工学原理，实用性和科学性兼而有之，体现着古人经世致用、以人为本的造物文化。狐柜，作为捕捉害堤动物的器具，其设计极其智慧，是杠杆原理在河工器具中的经典应用。狐柜以木制成，形如书箱，以挑棍挑起闸板，撑杆撑起挑棍，后悬于挑棍而系消息于柜中，以鸡肉为饵，安置近栅栏处，使狐见而入柜，攫取时一碰消息，则绳松棍仰杆落板下，而狐无可逃遁矣^[4]，三维数字复原的狐柜见图 4。类似杠杆原理的应用还



图5 河工器具三维数字复原(节选)

Fig.5 3D digital restoration of river tools (Excerpt)

有捕鼠器物鼠工、卸石装石器物钓竿等。

3.4 精神文化层面

在人类历史中,真正伟大的工程都不仅仅是只取得技术上的成就,还要具备体现时代文化和艺术的特点^[7]。作为文化创造者的人类以造物的方式为人自身服务的同时,也确证着人的文化性存在^[8]。而河工器具作为中国传统水利文化的重要组成部分,除反映了技术成就价值之外,其蕴含的造物美学和设计文化价值对当下设计具有指导价值,不容忽视。就造物文化而言,物性层为内涵,精神层为外延,物性和精神不是孤立存在的。“道”和“器”是辩证统一的,河工器物同样蕴含着中国传统“礼藏于器”的造物思想。在物质属性之上,隐喻着精神寄寓、图腾信仰、巫术禁忌,特别是明清特定历史时期权力空间下的“禁忌”“限制”“规训”等礼制秩序。如用于测风向、风速的相风鸟,其发明创造历史悠久,可追溯至秦汉相风铜鸟,之所以取鸟的形态,与中国历来已久对鸟图腾崇拜有关,古人尚鸟、敬鸟、崇鸟,信仰鸟能通灵天地,沟通日月,象征王权,为祥瑞之兆^[9]。

4 《河工器具图说》数字复原与虚拟展示

4.1 河工器具数字复原(三维数据采集与模型构建)

清代代表了传统治河技术的最高水平,但同时也是传统治河科技的终结^[10]。随着近代以来水利和农业机械化的飞速发展,承载着传统造物智慧和精神内涵的河工器具或已消失,或“沉睡”,仅有少量转为农用,除对其文化内涵进行研究之外,如何再现、保护和传承河工器具,也是当下面临的迫切课题。以计算机图形学、虚拟现实(Virtual Reality)、增强现实(Augmented Reality)、三维造型、数字制造、计算

机动画等为支撑的数字文化遗产技术异军突起,为数字化记录、保存、展示和利用文化遗产提供了丰富的手段,拓展了传统文化遗产保护的内涵^[11]。文化遗产数字化的目的就是运用数字技术准确构建和记录文化对象,然后用适当的多媒体方式使用、表现和表达这些文化^[12]。本文立足造物学视角,针对《河工器具图说》所涉及的器物,一方面通过田野调查,深入古清口地区民间开展器具收集、整理,并结合文献史料和《河工器具图说》图谱对其形制进行考证,厘清器物形制、材料、色彩、功能和原理等要素;另一方面通过影像数据采集、三维扫描获取实物数据,获得较为精确的点云数据。由于数据经过处理难免存在孤立点、孔洞等缺陷,故还需运用控制软件进一步修复孔洞,进而再作融合处理,方可获得三维数据^[13]。另外,由于大部分河工器物为日常用器,故其形制灵活,不局限于固定尺寸、样式。对于这部分器物复原,可依据图谱和史料记载结合实物考证,确定其形制,再运用3DMAX、MAYA等建模软件直接建模,构建并优化三维模型,并附色彩、材质、肌理等要素,完成器具三维数字复原。河工器具三维数字复原(节选)见图5。

4.2 河工器具虚拟展示(三维动画演示、360°全息影像展示与VR虚拟体验)

遴选结构精美、功能精巧、工艺精湛的典型器物进行模块化建模,通过三维动画对其造型结构关系、整体模块组合方式,以及使用方法和使用环境进行动画演示。如器具鼠弓,通过三维动画演示生动、逼真展示鼠弓架设和捕鼠的整个过程,鼠弓器具捕鼠三维动画演示见图6。全息影像技术也称虚拟成像技术,是利用干涉和衍射原理对物体三维图像真实记录和再现的技术。全息投影技术能够突破时间和空间的局限,全方位真实、逼真展示器物形态,对结构和工艺较

为复杂的部分河工器具而言,不仅可以还原河工器具的原本形态,也可以通过全息动态影像全面展示器物的整

体形制和结构细节。笔者选择了相凤乌、狐柜、早平等器具开展三维影像合成,全息影像制作与展示见图 7。



图 6 鼠弓器具捕鼠三维动画演示

Fig.6 Three-dimensional animation demonstration of mouse bow apparatus catching mice

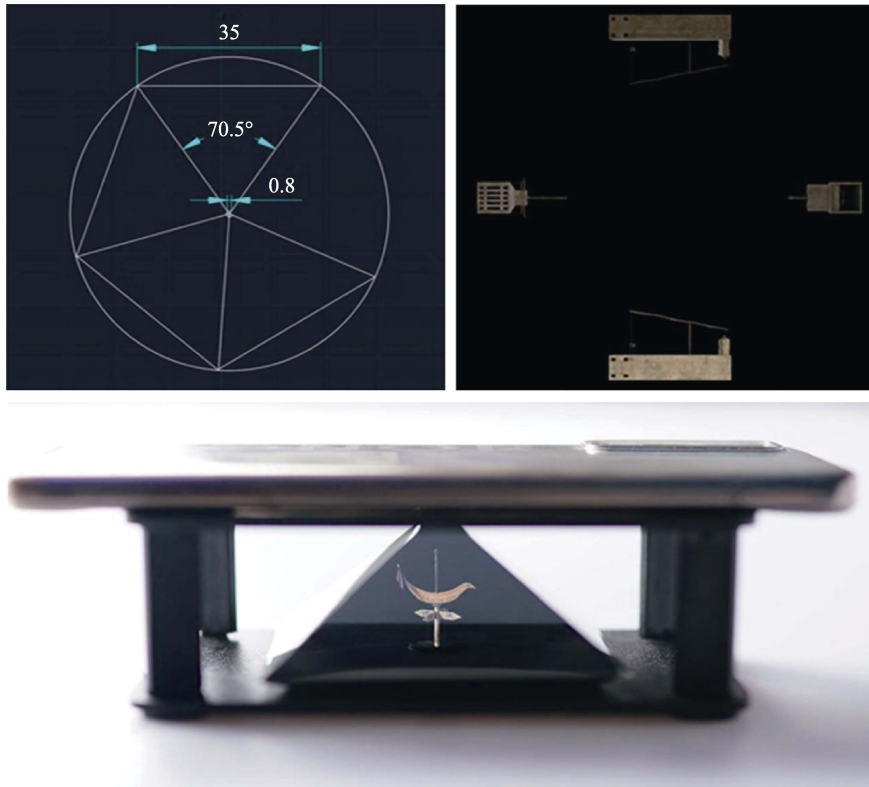


图 7 全息影像制作与展示

Fig.7 Holographic image production and display

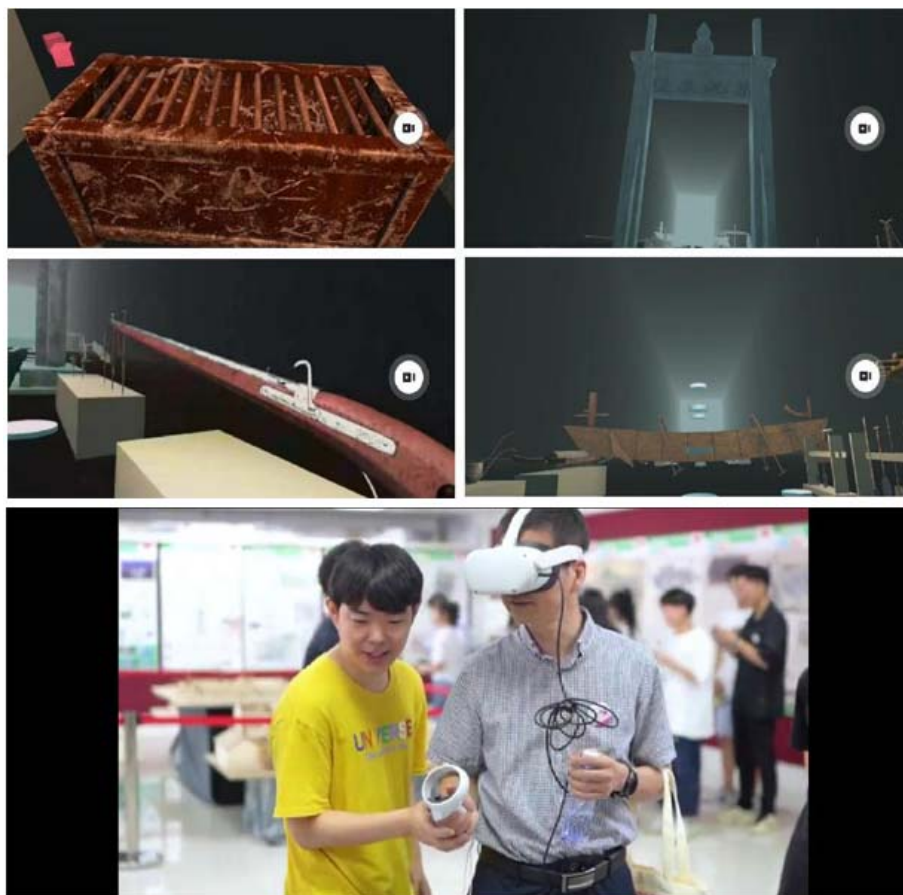


图8 河工器具虚拟展示与VR体验

Fig.8 Virtual display and VR experience of river tools

虚拟现实技术在文化遗产中的应用主要是采用虚拟和仿真的方法,通过融合多种数字技术再现文化遗产,使人们可以在虚拟的环境中全面感受和体验文化遗产,它最大的特点是交互性^[14]。由于虚拟现实技术是以用户为中心的体验方式,所以更加适合文化遗产的展示和体验。笔者结合三维建模和虚拟现实技术,基于UNITY引擎,导入三维模型,设计交互方式,以《河工器具图说》宣防、修浚、抢护、储备4卷为主线,设定4个虚拟空间,同时设计虚拟展台、展架、展柜等辅助展示装置,分门别类,按系统和门类布置器具,并在虚拟环境中设置环境光、点光和氛围营造光等光源效果,构建了河工器具VR数字虚拟展馆。观众能够通过手柄和头盔抓取器物、观察体验,全方位直观感受河工器具的造物文化,获得沉浸式的感官体验,实现科普并传承河工器具文化遗产的目的。河工器具虚拟展示与VR体验见图8。

5 总结

在文献整理与考证的基础上,通过对古清口地区开展田野调查,收集、整理民间河工器具,结合《河工器具图说》以造物学视角对器物开展文化研究,确立形制、材料色彩、制作工艺等要素,建立三维模型

进行器物复原,构建河工器具VR数字虚拟展馆,并通过三维动画、全息影像等方式科普和展示河工器具文化,为悠久灿烂的河工文化遗产抢救性保护和当代传承利用、讲好“河工故事”提供理论研究和实践探索路径。新时代的造物发生了巨大甚至颠覆性变化,因此,在传承并重振中华造物文化的过程中,需要多维度、跨领域、大视野获取元素,汲取思想,撷取智慧^[15]。在研究和探索的过程中,笔者也认识到一方面要在学术研究上综合运用多学科知识和方法,深入挖掘,从中阅读历史、了解其文脉,发掘并再现隐藏在文化遗产内部的丰富内涵,更好地传承和传播传统文化,使文化遗产得以长存,最终促进文化遗产协调和可持续发展^[11];另一方面,应该对数字技术发展^[16]有更敏锐的“嗅觉”,扎实做好用户研究,针对不同层次的受众群体,特别是面向儿童和青少年,综合运用数字化技术,寓教于乐,构建既有科学价值又有文化内涵的个性化河工器具娱乐体验和科普展示内容。

参考文献:

- [1] 王渝生. 插图本极简中国科技史[M]. 上海: 上海科学技术文献出版社, 2019.
WANG Yu-sheng. Illustrated Book Minimalist History

- of Chinese Science and Technology[M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Literature Press, 2019.
- [2] 谭徐明, 于冰, 王英华, 等. 京杭大运河遗产的特征与核心构成[J]. 水利学报, 2009, 10(18): 1219-1226.
TAN Xu-ming, YU Bing, WANG Ying-hua, et al. Characteristics and Core Composition of the Heritage of the Beijing Hangzhou Grand Canal[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2009, 10(18): 1219-1226.
- [3] 滕绍咸. 论清代完颜世家及其家教——评江南河道总督麟庆[J]. 民族研究, 1993(2): 64-71.
TENG Shao-xian. On the Wanyan Family and Its Family Education in the Qing Dynasty: a Comment on LIN Qing, Governor of Jiangnan River[J]. Ethnic Studies, 1993(2): 64-71.
- [4] 完颜麟庆. 河工器具图说[M]. 杭州: 浙江人民美术出版社, 2015(1): 139-140.
WANYAN Lin-qing. Illustration of River Tools[M]. Hangzhou: Zhejiang People's Art Publishing House, 2015(1): 139-140.
- [5] 兰芳. 论造物学视阈下艺术设计研究的新理念[J]. 南京艺术学院学报(美术与设计), 2018(2): 131-134.
LAN Fang. On the New Concept of Art Design Research from the Perspective of Creation[J]. Journal of Nanjing Institute of Art (Art and Design), 2018(2): 131-134.
- [6] 李立新. 中国设计艺术史论[M]. 北京: 人民出版社, 2011.
LI Li-xin. History of Chinese Design Art[M]. Beijing: People's Publishing House, 2011.
- [7] 霍艳虹. 基于“文化基因”视角的京杭大运河水文化遗产保护研究[D]. 天津: 天津大学, 2017.
HUO Yan-hong. Study on the Protection of the Cultural Heritage of the Beijing Hangzhou River Based on the “Cultural Gene” Perspective[D]. Tianjin: Tianjin University, 2017.
- [8] 李砚祖. 造物与文化[J]. 中华手工, 2018(8): 98-99.
LI Yan-zu. Creation and Culture[J]. Chinese Handicrafts, 2018(8): 98-99.
- [9] 周京平, 陈正洪. 中国古代天文气象风向仪器: 相风鸟——起源、文化历史及哲学思想探析[J]. 气象科技进展, 2012, 2(6): 55-59.
ZHOU Jing-ping, CHEN Zheng-hong. Ancient Chinese Astronomical and Meteorological Wind Instrument: Xiangfengniao: Origin, Cultural History and Philosophical Thought[J]. Progress of Meteorological Science and Technology, 2012, 2(6): 55-59.
- [10] 李平, 王大宾. 《河工器具图说》所见之清代治河科技水平[J]. 新学术, 2008, 6(68): 254-258.
LI Ping, WANG Da-bin. The Scientific and Technological Level of River Regulation in the Qing Dynasty[J]. New Academic, 2008, 6(68): 254-258.
- [11] 潘志庚, 袁庆曙, 陈胜男, 等. 文化遗产数字化展示与互动技术研究及进展[J]. 浙江大学学报(理学版), 2020, 3(47): 261-273.
PAN Zhi-geng, YUAN Qing-shu, CHEN Sheng-nan, et al. Research and Progress of Digital Display and Interactive Technology of Cultural Heritage[J]. Journal of Zhejiang University (Science Edition), 2020, 3(47): 261-273.
- [12] LIU Yong, ZHANG Ming-min, JIANG Yun-liang, et al. Improving Procedural Modeling with Semantics in Digital Architectural Heritage[J]. Comput. Graph., 2012, 36(3): 178-184.
- [13] GOMES L, BELLON O, SILVA L. 3D Reconstruction Methods for Digital Preservation of Cultural Heritage: a Survey[J]. Pattern Recognition Letters, 2014, 50(1): 3-14.
- [14] LI Jun-li. Intangible Heritage Protection Based on Virtual Reality Technology[J]. Journal of Physics: Conference Series, 2020, 32(11): 1-6.
- [15] 管宁. 中华造物文化的传承与创新[J]. 文艺理论研究, 2019(2): 1-12.
GUAN Ning. Inheritance and Innovation of Chinese Creation Culture[J]. Theoretical Studies In Literature and Art, 2019(2): 1-12.
- [16] 董洽年. 当代数字化科技背景下环境设计的艺术与科技共生性[J]. 工业工程设计, 2021, 3(2): 89-93.
DONG Zhi-nian. The Symbiosis of Art and Technology in Environmental Design in the Context of Contemporary Digital Science and Technology[J]. Industrial Engineering Design, 2021, 3(2): 89-93.