

“三链协调”理念下环境设计对太阳文化创新实现路径研究

——以日照滨海公园改造为例

王迪,董馨怡,马辉*

(吉林建筑大学艺术设计学院,长春 130118)

摘要:全球城市化加速推进的背景下,地域文化传承面临两大突出困境,一是文化趋同趋势加剧导致地方特色和传统价值逐渐消散,二是功能分区界限愈发分明让文化脱离现实生活范畴,难以在现代社会彰显原有意义。跨学科融合视域为观察以上问题提供了契机,本研究以日照太阳文化为切入点,审视其在环境设计中的创新实践场景,借助文化人类学的理论框架及生态工程学与材料科学的方法体系,同时以数字技术助力重塑了一套“基因解码—方式整合—生态协同”三位一体的文化创新实践方案,有效激活太阳文化遗产价值,探索了人地和谐共生的可行路径。研究表明“三链协调”视角有效揭示了文化、技术与生态间的互动机制,为城市空间文化再造与可持续发展提供了理论支撑与实践范式,推动了跨学科协作下的文化功能融合与城市韧性提升,具有广泛的推广价值。

关键词:多学科交叉融合;环境设计创新;太阳文化;数字孪生;生态协同

中图分类号: TU984 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-2736(2025)08-0057-8

0 引言

在城市更新进程中,环境设计面临着文化传承、空间效能与生态可持续性三者协同的复杂挑战。联合国《2030再可持续发展议程》中指出,文化遗产保护需经跨学科协作达成“保护—利用—再生”的动态调适^[1]。然而,在城市更新实践中暴露出符号生硬拼贴、技术兼容困顿以及生态压力攀升等问题。传统设计方法囿于学科壁垒,难以实现对文化基因的深层转译与系统整合^[2]。为破解这一难题,本研究提出并实践“三链协调”(文化链-技术链-生态链协同)的环境设计文化创新理念,并构建“STEP”文化创新方法论框架。该框架旨在通过跨学科协同(环境设计、文化研究、数字技术、生态工程),系统解码地域文化基因,并驱动其在现代空间中的创新性表达与可持续活化。

本研究以山中国太阳文化重要发源地——山东省日照市滨海公园改造为实证载体。其核心在于:

(1)基于“三链协调”理念与“STEP”方法,深度解析与提取“太阳文化”的空间基因图谱(如“日月山”图腾、天台山祭坛遗址所蕴含的场所精神与空间原型);

(2)探索并实践将这一文化基因通过数字技术赋能、生态工程渗透、参与式共创等多维路径,融入滨海公园空间更新的具体策略;

(3)关键性地对上述实现路径进行系统性效能分析,定量与定性评估其在提升文化认同感、优化空间功能效率、改善生态环境质量以及促进社区参与等方面的综合效果。

通过日照滨海公园案例,验证“三链协调”理念与“STEP”方法在破解文化-空间-生态协同难题上的有效性,为同类型环境设计中的文化创新

基金项目:吉林省教育科学“十四五”2023年度重点课题《“双创”背景下多学科交叉融合的环境设计专业创新实践教学体系构建研究》(ZD23009);吉林省教育科学“十四五”规划2021年度重点课题《新文科发展理念指导下“环境设计”一流专业建设的路径与实践研究》(ZD21035)。

实践提供可复制、可评估的理论模型与实践路径。

1 多学科交叉融合的理论模型构建

1.1 理论局限与模型创新

在全球化叠加城市化的快速进程中,环境设计被推到不得不直面挑战与机遇的节点,多地传统文化趋于同质化,功能性又逐渐走向孤立,导致文化、技术与生态割裂^[3]。

为了深化环境设计的创新研究,“文化链—技术链—生态链”螺旋协同模型顺势而出。文化链提供价值导向支撑,技术链驱动创意转换落地,生态链保障延续性发展条件^[4]。三者之间相互咬合呼应,实现整体效能与格局的双重提升(表 1)。

(1)文化链锁定价值核心,为环境设计创新提供不可或缺的动力。从陵阳河遗址那些古老的史前符号到如今活力四溢的太阳节庆等活动资源里,“光、时间、仪式”蕴含的文化含义及象征性指向,为环境设计提供了设计参照^[5](图 1)。将文化基因解码,借助文化人类学与符号学的相关方法和工具,可以细化分解太阳文化的原型符号“日月山”图腾。“日月山”图腾是太阳文化核心价值的直接表达。当这些元素在适当解构后被重新整合时,在一定程度上搭建起具备设计指导意义的参考体系,构建可操作的符

号库^[6,7]。

(2)技术链在环境设计中扮演核心支撑角色,推动创新转化,参数化设计、数字孪生和智能材料开发等新方式,构成了文化符号向空间语言转译的关键纽带。运用 Grasshopper 参数化工具展开技术创新,有助于模拟日照变化等与环境相关的因素,还能促进光影装置配置方案的生成。数字孪生成为空间与现实深度互动和反馈的催化剂,智能材料能依据环境变化与人工干预自我调整性能与形态的特性,如温敏混凝土这类智能材料的研发为“温度到纹理”的动态映射提供了可行办法,同时也为沙滩步道的创新打开了可能性^[8,9]。

(3)生态链在环境设计创新中扮演着支柱角色,暴雨洪水管理模型(storm wenter manngement model, SWMM)模型等评估工具的应用为场地径流和生态环境要素带来了平衡性^[10],如透水铺装、雨水花园这类具有环境亲和力的设计得以推广,同时整合光伏玻璃、陶艺构件这类清洁能源技术的模块体系 r 出现,不仅承担了发电与遮阳的功能,还将文化在其中表达,模糊了技术应用与艺术表达之间的界限,释放出二者结合的可能性^[11](图 2)。

1.2 构建 STEP 工具箱

“STEP”工具箱由四大模块构成,通过跨学

表 1 环境设计理论与“三链协调”理论对比

理论维度	生态优先理论	参数化设计理论	文化符号学应用	“三链协同”模型
核心导向	自然适应性	算法生成空间	符号表意	文化-技术-生态协同
文化深度	忽略文化基因	形式化生成	表层拼贴	基因解码+动态转译
生态整合	静态保护	无量控制	脱离生态指标	全生命周期效能评估



图 1 日照城市与太阳相关的事物

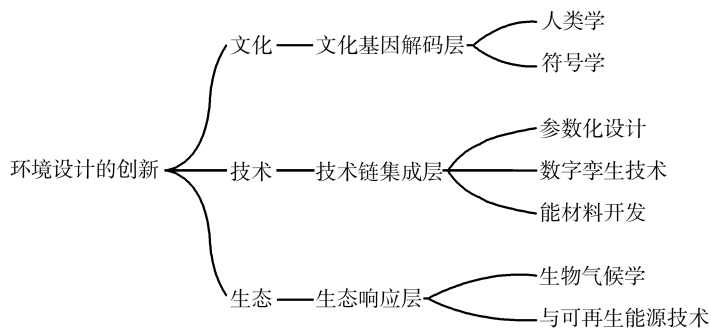


图2 环境设计创新点

科协同的理论协同实现文化、技术与生态三者深度融合:Symbol 库基于文化符号学原理,借助大数据与图像识别技术,按地域、历史时期等维度分类存储文化元素,形成结构化数据库。Technology 工具包整合参数化设计、BIM 等技术,打通软件间数据接口,实现设计与性能评估的闭环,驱动文化符号向空间语言转译^[12,13]。Ecology 指标体系参考生态城市等理论及绿色建筑标准,运用德尔菲法,制定差异化生态指标。Participation 平台基于参与式设计理论,融合线上线下渠道,提供方案展示、意见反馈等功能,强化社会参与度。“三链协同”模型为工具箱提供理论框架,二者形成“理论-工具”的闭环模型,指导工具箱开发,明确模块分工,而工具箱通过实践实现模型的优化,最终实现文化传承、技术创新与生态可持续的系统化协同^[14]。

2 多学科协同下的太阳文化转译策略

2.1 文化基因的拓扑学转译

(1) 符号解构与空间塑造,以拓扑学视角解析“日月山”图腾,提取“圆环(太阳)—三角(山峰)—射线(光芒)”的几何单元元素,借助 Rhino 与 Grasshopper 的集成平台,实现了参数化建模,并将此设计应用于滨海步道的铺装规划中。为确保在夏至正午时分精确再现图腾的光影效果,在模块间的缝隙设计中融入了依据日照入射方向规律进行调整的策略,以此增强设计与自然光线的互动,提升空间体验的独特性与文化共鸣。

(2) 数字化复原仪式场景时,将考古资料与口述内容交织起来,借助 Unity 引擎的灵活性搭

建起东夷部落祭日仪式的虚拟架构。游客戴上 AR 眼镜,对着遗址中的石柱一扫,三维全息影像出现,仿佛置身于古老的祭祀情境之中^[15]。这种让古今时空相互碰撞的沉浸式交互手法,在增强人们对太阳文化认知的同时,也拓展了公园自身文化内涵的深度。

2.2 数字孪生驱动的场景激活

在文化与空间的跨学科研究中,大数据与公共空间共建创新举措成效显著。饶明涛的《大数据支持下的城市公共空间量化研究综述》^[16],大数据背景下城市公共空间量化研究的数据类型丰富多样,包括社交媒体数据、手机信号数据、视频监控数据、GIS 数据和遥感数据等。此外,大数据技术的应用也极大地丰富了传统的公共空间研究方法,使得研究结果更加全面精确,为相关实践提供理论支撑。

大数据在增强空间效率方面表现出显著的优势。例如,太阳文化主题景区通过布置 WiFi 探针与热力传感器,收集游客行为数据,发现光影装置区吸引大量游客停留。基于此,景区依据数据进行分析,再对雾森系统重新布局。这种基于数据的精准优化,既提升了游客游览舒适度,又实现了空间资源的高效利用。

2.3 生态—文化复合技术系统

(1) 光伏与陶艺协同模块可以构建装置,将流线型光伏板和黑陶拼贴融为一体,晴日里,光伏板以 22° 倾角接纳日照,用以捕获太阳能并转化为电能进行储存,运用到场景里,感受节气的变化。

(2) 温敏材料响应系统采用海沙混凝土与热致变色涂层组合而成的透水铺装,低温条件下呈现出蓝调“潮汐纹”,当环境温度攀升至 28℃ 以上,则转为金黄色“放射纹”,犹如正午烈日般热烈地铺展而开,提供了更具参与感和互动趣味的游园体验(表 2)。

3 STEP 工具箱在日照滨海公园的应用分析

3.1 项目背景与跨学科协作机制



山东省日照市东港区滨海公园曾是城市核心休闲区,随着时间推移,文化符号零散分布问题凸显,缺乏符号系统性,生态效能衰减,公共参与度不足,游客难以享受全面的城市游览体验。

为解决这一困境,构建跨学科协作机制,汇聚建筑学、社会学、历史学、环境科学等协同合作。在滨海公园设计太阳文化中心,通过建筑空间、艺术展陈、沉浸式体验融汇太阳文化的过去、现在、未来,打造属于日照的太阳文化。

3.2 日照滨海太阳文化中心设计方案

太阳文化中心室外设计提取太极阴阳图元素,太极图反映了地球绕太阳公转及绕地轴自转造成明暗交叠的阴阳面,也表示了太阳回归年的阴阳节律周期。顺建筑核心向四周延展开,八个方向的景观为宇宙的八种现象,东面日出东方,代表太阳与火,可将太阳女神羲和及日出扶桑等《山海经》元素作为景观布局于此向。其它向依次将文化元素融入景观中(图 3、图 4)。

表 2 太阳文化转译设计图像呈现

太阳文化转译策略	设计形态	转译图像
文化基因的拓扑学转译	滨海步道铺装设计 图腾光影的投射形态	
生态—文化复合技术系统	公园透水铺装 海沙混凝土与热致变色涂层组合	

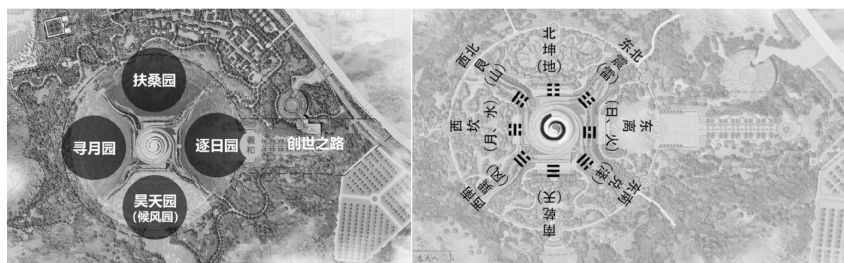


图 3 太阳文化中心室外布局图



图 4 太阳文化建筑效果图

3.2 STEP 工具箱在滨海公园太阳文化中心的协同应用分析

在日照滨海公园太阳文化中心设计中,“STEP”工具箱通过四大模块的协同,构建了“文化-技术-生态”完整的协同链条。Symbol 库系统整合零散的太阳文化符号,将甲骨文、黑陶、玉琮等元素转化为符号,为公共空间植入文化叙事内核(图5);Technology 工具包依托参数化设计与智能算法,将符号与生态转化为具体可操作的技术指标,将沿途的墙面、地面、艺术构件,全方位展示太阳文化的元素;Ecology 指标体系调控生态界限,实施材料耐久性提升等策略,确保项目全

生命周期的可持续性;Participation 平台则借助AR交互与区块链技术,将公众从“旁观者”转化为“共建者”,沉浸式参与空间体验,形成文化归属感(图6)。融入四季观,设计出四个殿堂,分别代表春、夏、秋、冬,穿梭其中感受四季的变化,将生态保护意识的和谐共生与设计融合(图7)。四大模块协同合作——文化符号驱动技术参数生成,生态指标约束空间设计参数,公众反馈反向优化符号优先级,由此构建“文化-技术-生态-价值”的循环机制,既破解了传统设计更新中学科割裂的难题,也为滨海公共空间的复合型改造提供了可行性方案。



图5 文化符号在太阳文化中心的应用



图6 AR与区块链技术在太阳文化中心的应用



图7 太阳文化中心四大殿堂春夏秋冬效果图

3.3 日照滨海公园太阳文化中心全生命周期效能评估

为评估“STEP”工具箱的协同效能,本研究采用了“全生命周期评价”(LCA)与“使用后评估”(POE)双轨方法,量化文化转译、技术应用于生态效能(表 3)。

(1) LCA 原理:覆盖“材料生产—建造—运营—维护”全周期,聚焦于碳排放、资源消耗与生态影响。

(2) POE 原理:通过用户行为与感知数据,评估文化认同度、空间舒适度以及社区参与度。

(3) 统计方法:

① LCA 结果:标准化为“人均年碳排放量(kg CO²/人/年)”;

② POE 数据:采用 SPSS26 进行卡方检验与多元回归分析,验证变量的相关性。

通过表 4 的预测结果表明,“STEP”工具箱在日照滨海公园太阳文化中心的应用,是一次理论与实践深度结合的探索,也是对地域文化传承与现代环境设计融合路径的一次成功验证。使得日照太阳文化的核心符号与故事得以生动呈现,并与公众产生较为深刻的互动。在技术链的驱动下,数字孪生、智能材料等前沿技术的应用,在一定程度上提升了空间设计的精准度和创新性,将这些技术与生态链的紧密协同,不仅有助

于项目效能的提升,也促进了生态可持续性的实现,有助于应对破解文化割裂、技术孤立、生态滞后的困境,推动了项目的设计应用,通过 LCA 与 POE 双轨评估项目在环境与文化的平衡能力上得到了量化体现。“STEP”工具箱作为连接理论与实践的桥梁,其模块化、标准化的设计思路,共同构成了“理论—工具—实践”的路径,为其他地域文化在环境设计中的应用提供了可参考、具有可复制性的模板。此工具箱的成功应用,不仅表明了多学科交叉融合方法的可行性,也为未来类似项目提供了有价值的经验和启示。

4 结论与展望

日照太阳文化属于中华文明的一处珍贵宝藏,带有浓厚的文化沉淀及独有的地理标签属性,本研究基于多学科交叉融合视角,通过构建“文化—技术—生态”协同模型与“STEP”标准化工具箱,探索了地域文化在环境设计中的创新实践路径。研究以日照太阳文化为切入点,提出文化基因的拓扑转译方法,结合数字技术与生态工程,有效解决了文化符号生硬拼贴、技术生态割裂等传统设计难题,将滨海公园与太阳文化融合打造成属于日照活名片。跨学科协作机制能够显著提升文化认同与空间效能,而工具的模块化设计则为不同地域场景提供了可复制的解决

表 3 全周期效能评估要点

评估维度	方法	数据采集	工具箱关联模块
文化链	POE 问卷	符号识别认知度、叙事连贯性	Symbol 库+Participation 平台
技术链	LCA 材料循环率、能耗	发电量、水耗率	Technology 工具包
生态链	碳排核算、气候生态	碳排放量、资源节约	Ecology 指标体系

表 4 全生命周期评估预测结果

指标	改造前	改造后	提升率	工具箱协同作用
文化认知度	41%	89%	+117%	Symbol 库编码、AR 交互强化、Participation 平台反馈
年碳排放量	86t CO ²	63t CO ²	-26.7%	光伏技术、BIM 材料优化、Ecology 指标体系
市民参与率	14%	67%	+379%	Participation 平台参与式共建设计、Symbol 库对符号的可视化
设施维护成本	18 万元/年	9.5 万元/年	-47.2%	Technology 工具包整合、Ecology 体系对耐久性的模拟

方案。未来研究需进一步降低技术应用门槛,实现文化遗产的可持续活化,为城市文化空间的动态演进提供理论与实践支持。

参考文献(References):

- [1] 何佳栖,贾玲利.景观视角下历史文化街区保护与更新研究[J].城市建筑,2021,18(09):169-171.
- [2] 郭雁南.日照太阳文化遗址保护与利用研究[J].文化遗产,2020,13(03):112-118.
- [3] 肖璐.传统建筑装饰艺术在现代环境设计教育中的发展策略[J].天工,2025,11(10):106-108.
- [4] McHarg, I. Design with Nature(50th Anniversary Edition [M]. New York: Wiley, 2020: 56-73.
- [5] 日照市生态环境局.2023年日照市低碳城市发展报告[R].日照:日照市人民政府,2023.
- [6] 阳佳敏,王锦.文化符号在景观设计中表达的研究进展[J].现代园艺,2025,48(13):160-163.
- [7] 陈慧.从日照出土刻画符号与器物看日照太阳文化[J].文物鉴定与鉴赏,2023,13(09):154-157.
- [8] 刘亚平.海南丝路文化在滨海城市公共空间设计中的实践应用[J].湖南包装,2024,39(05):80-83.
- [9] 徐姗姗,罗文博.城市公共空间地域文化的阐扬与建构——以江西为例[J].江西社会学,2018,38(02):243-248.
- [10] 张惟宁,殷明凯,孟梓帆.低碳城市背景下低碳建筑的要求与发展研究——以南京市为例[J].安徽建筑,2024,31(11):96-97+133.
- [11] 李新,王志扬.新时代语境下中国艺术理论的变革与求新[J].民族艺术研究,2025,38(02):40-45.
- [12] 方世南.数字生态文明建设中科技理性与人文理性的辩证关系[J].鄱阳湖学刊,2025,16(01):5-12+156.
- [13] 陈庆玲.习近平文化思想推动新时代生态文明建设[J].江苏海洋大学学报(人文社会科学版),2025,23(01):19-30.
- [14] 胡小敏.城市更新单元规划技术分析[C]//《中国招标》期刊有限公司.新质生产力驱动第二产业发展与招标采购创新论坛论文集(一).新疆天北勘测设计研究有限公司双河市分公司;2025:135-136.
- [15] 曲越,李绍良,张磊,等.基于数据驱动的工作面采煤设备数字孪生系统研究与应用[J].自动化应用,2025,66(07):121-124+128.
- [16] 饶明涛.大数据支持下的城市公共空间量化研究综述[C]//中国城市规划学会,合肥市人民政府.美丽中国,共建共治共享——2024中国城市规划年会论文集(08城市设计).华中科技大学;2024:572-579.

作者简介:

第一作者:王迪,1978年生,女,吉林人,硕士,吉林建筑大学,副教授,主要研究方向为环境设计。Email:29418076@qq.com;

通讯作者:马辉,1974年生,女,吉林农安人,博士,吉林建筑大学,教授,主要研究方向为环境设计。Email:807889316@qq.com

Realization Path of Solar Culture Innovation in Environmental Design under the Concept of “Three-Chain Coordination”: Case Study of Rizhao Coastal Park Renovation

WANG Di, DONG Xinyi, MA Hui*

(School of Art and Design, Jilin Jianzhu University, Changchun 130118, China)

Abstract: Amid the global wave of urbanization, the preservation of regional cultural heritage faces two prominent dilemmas: the intensification of cultural homogenization erodes local distinctiveness and traditional values, while increasingly rigid functional zoning severs cultural practices from daily life, rendering them marginal in modern society. An interdisciplinary lens offers a critical opportunity to examine this issue with Rizhao’s solar culture serving as a case to explore innovative applications in environmental design. By integrating cultural anthropology with methodologies from ecological engineering and materials science, and leveraging digital technologies, a tripartite cultural innovation framework—“genetic decoding, modality integration, and ecological synergy”—has been developed. This approach revitalizes the value of solar cultural heritage and charts a viable path for human-environment harmony. The study demonstrates that the “triple-chain coordination” perspective effectively elucidates the interactive mechanisms among culture, technology and ecology, providing theoretical and practical paradigms for urban cultural regeneration and sustainable development. It advances cross-disciplinary collaboration to fuse cultural functions with urban resilience enhancement, offering broad applicability.

Key words: multidisciplinary integration; environmental design innovation; solar culture; digital twin; ecological collaboration