

数字技术赋能历史文化遗产保护--以杭州德寿宫遗址为例

潘凤飞 李雨城^(通讯作者) 黄文浩

安徽文达信息工程学院, 安徽 合肥 231201

摘要: 随着数字技术快速发展, 历史文化遗产保护正由传统保护模式向数字化、智能化方向转型。杭州德寿宫遗址作为南宋皇家宫苑遗存, 具有重要历史文化价值, 但当前仍存在信息采集不足、数据标准不统一、技术融合不足及运维机制薄弱等问题。本文以杭州德寿宫遗址为研究对象, 围绕三维激光扫描、无人机测绘、BIM-GIS、数字孪生、人工智能与虚拟现实等技术展开研究, 通过文献分析、实地调研和案例研究, 探讨数字技术在遗址信息采集、建模管理、监测预警和展示传播中的应用路径。研究表明, 数字技术能够提升遗产保护的精准性、科学性与可持续性, 为遗址价值挖掘、活化利用及数字化传承提供技术支撑。

关键词: 历史文化遗产保护; 杭州德寿宫遗址; 数字孪生; BIM-GIS; 数字化保护

Application of Digital Technologies in the Protection of Historical and Cultural Heritage--A Case Study of the Deshou Palace Ruins in Hangzhou

Pan Fengfei Li Yucheng^(corresponding author) Huang Wenhao

Anhui Wenda Information Engineering College, Anhui Hefei 231201

Abstract: With the rapid development of digital technology, the protection of historical and cultural heritage is shifting from traditional methods to digital and intelligent approaches. The Deshou Palace ruins in Hangzhou, as a remnant of the Southern Song royal palace, hold significant historical and cultural value, but there are still issues like insufficient information collection, inconsistent data standards, lack of technical integration, and weak operation and maintenance mechanisms. This article focuses on the Deshou Palace ruins in Hangzhou and explores technologies like 3D laser scanning, drone surveying, BIM-GIS, digital twins, artificial intelligence, and virtual reality. Through literature analysis, field research, and case studies, it looks into how digital technology can be applied in site information collection, modeling management, monitoring and early warning, and exhibition and dissemination. The study shows that digital technology can improve the accuracy, scientific basis, and sustainability of heritage protection, providing technical support for exploring site value, activating use, and digital inheritance.
Keyword: Protection of historical and cultural heritage; Hangzhou Deshou Palace site; digital twin; BIM-GIS; digital preservation

0 引言

历史文化遗产是中华优秀传统文化的重要载体, 也是传承民族历史记忆、增强文化认同与文化自信的重要基础。随着城市化进程加快以及自然环境、人为活动等因素影响, 历史文化遗产保护面临着文物病害加剧、信息保存不足、动态监测困难

及展示利用方式有限等问题。传统保护模式主要依赖人工测绘、现场勘察和经验判断, 在数据获取精度、信息整合效率和长期管理能力等方面存在一定局限。

近年来, 国内学者围绕数字技术赋能文化遗产保护开展了大量研究。单霁翔^[1]提出文化遗产保护应由传统文物保护向系

统化、数字化的文化遗产保护转变，强调科技手段在遗产价值挖掘与传承中的作用；吕舟^[2]等学者指出，数字技术能够通过信息采集、模型构建和数据管理提升遗产保护的科学与系统性^[3]。李德仁^[4]等则从空间信息技术角度探讨了三维测绘、GIS 等技术在文化遗产数字化记录与空间分析中^[5]的应用价值。随着 BIM、数字孪生、人工智能等新兴技术的发展，相关研究进一步拓展至遗产状态监测、智能预警和虚拟展示等领域，为历史文化遗产保护提供了新的技术路径。

因此，本文以杭州德寿宫遗址为研究对象，结合三维激光扫描、无人机测绘、BIM-GIS 融合、数字孪生等技术应用，探讨数字技术在遗址保护、管理与活化利用中的实践价值，为历史文化遗产数字化保护体系建设提供参考。

1 政策与技术

近年来，国家高度重视历史文化遗产保护与数字化发展^[6-9]，先后出台《“十四五”文物保护和科技创新规划》《关于加强文物科技创新的意见》等政策文件，明确提出推进数字技术与文物保护深度融合，加快建设智慧文博体系，推动文化遗产数字化保护、展示与利用。与此同时，《“十四五”数字经济发展规划》进一步强调数字孪生、人工智能、大数据等新一代信息技术的创新应用，为历史文化遗产数字化保护提供了政策保障和技术支撑。在国家政策引导下，杭州德寿宫遗址积极探索数字化保护模式，为新技术赋能历史文化遗产保护提供了典型实践案例。

1.1 技术引导

新一代信息技术的快速发展为历史文化遗产保护提供了重要的技术支撑，也推动了保护理念由静态保护向动态监测、数字管理和智慧应用转变。近年来，三维激光扫描、无人机测绘、BIM、GIS、数字孪生、人工智能及虚拟现实等技术^[10-12]不断成熟，并广泛应用于文物调查、信息采集、数字建模、病害监测、保护修复及展示传播等多个环节。其中，三维激光扫描和无人机测绘能够快速获取高精度空间数据，BIM 与 GIS 技术实现遗址全生命周期的信息管理与空间分析，数字孪生技术可构建遗址虚实融合的动态管理平台，人工智能能够提高文物识别、病害分析和风险预警效率，虚拟现实技术则丰富了公众沉浸式体验和文化传播方式。多种数字技术的协同应用，不仅提升了历史文化遗产保护的科学化、精细化和智能化水平，也为文化遗产活化利用和价值传播提供了新的技术路径。杭州德寿宫遗址作为数字化保护的重要实践案例，为新技术在历史文化遗产保护中的综合应用提供了有益借鉴，也为我国智慧文博体系建设积累了实践经验。

2 杭州德寿宫遗址文化遗产概述

2.1 杭州德寿宫遗址概述

德寿宫遗址坐落于杭州上城区，属全国重点文物保护单位南宋临安城遗址重要组成部分，如图 1 所示。此地原为南宋权臣秦桧府邸，秦桧去世后收归官府改建宫苑。1162 年宋高宗赵构禅位后退居于此，时称“北内”，与凤凰山皇城“南内”并称。宋孝宗多次扩建，宫内殿宇林立，兼具大型皇家园林，设有仿西湖景致的后苑，是南宋规格极高的太上皇宫苑。

宋高宗离世后，宫殿相继更名重华宫、寿慈宫。南宋末年改为宗阳宫，历经元明清，地面建筑逐渐湮没。如下图所示自 1984 年起，考古人员多次开展发掘，揭露出殿基、宫墙、排水系统等重要遗迹。2022 年，依托遗址建成南宋德寿宫遗址博物馆对外开放。遗址直观展现南宋宫廷建筑形制与造园技艺，是研究南宋政治、建筑、园林文化的核心实物遗存，也是杭州宋韵文化标志性地标。



图 1 南宋德寿宫遗址博物馆整体景观（自摄）



图 2 南宋德寿宫宫殿遗址保护展示（自摄）

2.2 杭州德寿宫遗址文化遗产概述

德寿宫遗址坐落于杭州上城区，属全国重点文物保护单位南宋临安城遗址核心组成部分，是国内规模最大、遗存最完整的南宋皇家宫苑遗址。此地原为南宋秦桧府邸，秦桧去世后收归官署改建宫殿。1162年宋高宗赵构禅位后定居于此，称太上皇，因其地处皇城北侧，史称“北内”，与皇宫“南内”并称。宋孝宗多次扩建，兼具宫殿礼制与江南园林风貌，见证南宋早期宫廷政治与风雅文化，元代之后建筑渐次损毁，深埋地下。

历经多轮考古发掘，遗址揭露面积近7000平方米，出土大量南宋陶瓷、建筑构件等文物，完整保留殿宇基址、园林方池、道路水系等遗迹，清晰呈现南宋“前宫后苑”布局。遗址兼具多重遗产价值：史学层面，它是研究南宋皇权传承、宫廷生活的实物实证；建筑与园林层面，承接北宋造园传统，融合江南文人审美，代表宋代皇家营造技艺高峰。

依托遗址建成南宋德寿宫遗址博物馆，坚持原址保护、数字活化理念，运用全息影像、遗址棚罩等技术实现遗产活态展示。作为南宋皇城大遗址保护的先导项目，德寿宫遗址是宋韵文化标志性载体，为探索大遗址保护与城市发展融合提供典范，承载着传承南宋文脉、展现杭州古都历史底蕴的重要使命。

3 南宋皇家官式建筑的痛点与发展难点

3.1 技术局限性

南宋皇家官式建筑在技术层面存在明显局限，制约了其形制发展与营建水平提升。首先，木材资源短缺与加工技术不足，江南优质大木匮乏，中小径木材难以满足大型建筑需求，同时防腐、防蛀、防火技术落后，导致建筑耐久性不足。其次，结构技术趋于保守，匠人严格遵循《营造法式》，斗拱、结构比例创新不足，承重功能弱化，建筑整体趋向精巧化。再次，砖瓦、雕作等配套工艺精度有限，防水与抗压性能不足，且传统技艺依赖师徒传承，技术体系缺乏更新。总体而言，南宋皇家建筑形成了精细雅致但规模受限、技术突破不足的时代特征。

3.2 文化遗产数字化保护体系不完善

当前，南宋皇家官式建筑遗存数字化保护体系尚处于初步发展阶段，缺乏系统化、常态化的保护机制，制约了遗产价值挖掘与持续传承。其主要问题集中于数据建档、标准规范、运维机制和人才保障等方面。

首先，数字化建档存在不足。由于南宋建筑多为地下遗址，遗存破损严重，数字采集难度较高。目前仅部分遗址完成三维建模、AR展示等基础数字化建设，大量构件、遗迹信息仍缺少完整记录，且数据精度与标准不统一，难以形成系统化数字资源库。其次，行业标准与共享机制不足，不同机构在采集、建模、存储方面缺乏统一规范，造成数据孤岛。此外，现有项目

重展示、轻运维，动态监测和数据更新机制薄弱，同时缺少兼具建筑遗产保护与数字技术能力的复合型人才，限制了南宋皇家建筑数字化保护的深入发展。



图3 南宋皇家建筑遗址数字化采集现状与数据建档难点(自摄)



图4 南宋皇家建筑遗产数字化保护体系构建不足分析(自绘)

4 新技术在杭州德寿宫遗址保护中的应用

随着数字技术快速发展，历史文化遗产保护正由传统人工记录和经验修缮向数字化、智能化方向转型。杭州德寿宫遗址作为南宋皇家宫苑遗存，具有较高历史文化价值，其保护需兼顾真实性、完整性与可持续性。近年来，三维激光扫描、无人机测绘、BIM、GIS、数字孪生及人工智能等技术逐步应用于遗址信息采集、病害监测、数据管理与展示利用，推动保护模式由静态保存向动态监测转变。构建数字化综合保护体系，已成为德寿宫遗址保护与活化利用的重要发展方向。

4.1 三维激光扫描与无人机测绘技术

三维激光扫描技术通过激光测距获取遗址空间坐标信息，可高精度记录建筑遗存、地形及构件状态，形成三维点云数据，为数字建模、修复设计和档案保存提供基础数据。针对德寿宫遗址复杂且脆弱的保存现状，该技术能够有效弥补传统测绘精度不足的问题。

无人机测绘技术利用倾斜摄影与遥感采集,实现遗址整体影像获取,并生成数字正射影像(DOM)和数字高程模型(DEM),补充地面采集不足,实现空地数据融合。二者结合可提升遗址信息采集效率,为数字孪生构建、病害分析、保护规划及后续研究提供可靠的数据支撑。

4.2 BIM、GIS 与数字孪生技术融合应用

BIM 技术通过建立建筑信息模型,将遗址建筑构件、结构特征、材料属性及维护信息进行数字化集成,实现遗址信息的可视化管理。相比传统二维图纸, BIM 模型能够准确反映建筑构件之间的空间关系,为修缮设计、施工管理及后期维护提供完整的信息平台。在德寿宫遗址保护过程中,如图 5 所示可依据三维扫描数据建立高精度 BIM 模型,对遗址遗存进行精细化表达,实现构件编号、病害标注及修缮记录的统一管理。

GIS 技术主要负责遗址空间信息管理与分析,通过整合地形、水文、地质、环境监测及文物分布等数据,实现遗址空间信息的综合管理。利用 GIS 空间分析功能,可以研究地下水位变化、游客活动范围、环境因素对遗址保存状况的影响,为遗址保护决策提供科学依据。同时, GIS 还能实现历史资料、考古成果及现状数据的统一管理,提高遗址信息共享效率。

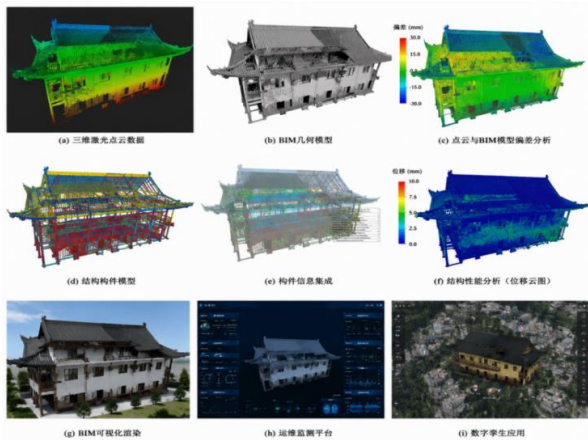


图 5 BIM 技术在南宋皇家建筑遗址数字化建模中的应用(自绘)

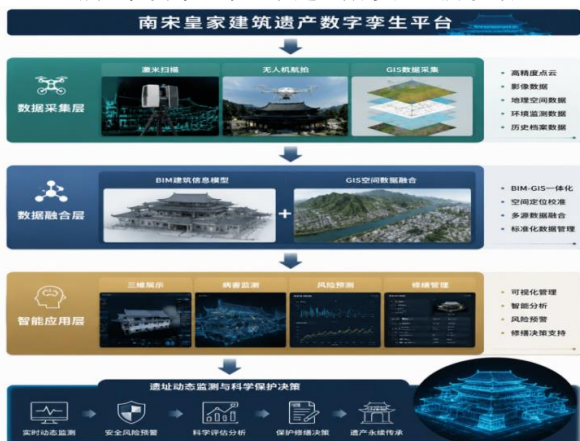


图 6 BIM-GIS-数字孪生融合的遗址智慧保护体系(自绘)

数字孪生技术是在 BIM 与 GIS 基础上的进一步升级,如上图所示通过实时数据采集、物联网传感器和智能分析技术,建立遗址虚实同步运行平台,实现遗址全生命周期动态管理。数字孪生平台能够实时监测遗址温湿度、结构变形、环境变化等关键指标,并利用数据分析模型预测潜在风险,及时发出预警信息,提高遗址保护工作的主动性和精准性。对于德寿宫遗址而言,数字孪生不仅实现了遗址数字化展示,还推动保护管理由静态管理向动态管理转变,为文化遗产数字治理提供了新的技术路径。

4.3 人工智能与虚拟现实技术应用

人工智能技术通过深度学习、图像识别和大数据分析,可实现遗址病害识别、裂缝监测及风化分析,提高文化遗产保护的智能化水平。同时,结合历史资料与数字模型,人工智能可辅助建筑缺失部分推演,为修复方案提供科学依据。

虚拟现实(VR)和增强现实(AR)技术则有效拓展了历史文化遗产展示方式。利用数字建模成果,可对德寿宫宫殿建筑群进行数字复原,真实再现南宋皇家宫苑建筑格局及历史场景,使公众通过沉浸式交互体验深入了解德寿宫的历史文化价值。游客佩戴 VR 设备即可实现遗址漫游,借助 AR 终端还能在遗址现场实时查看历史建筑复原效果,实现现实遗址与数字信息的深度融合。

5 总结

(1) 本研究以杭州德寿宫遗址为案例,围绕历史文化遗产数字化保护展开研究,重点分析三维激光扫描、无人机测绘、BIM、GIS、数字孪生、人工智能等新技术在遗址保护中的应用路径。通过构建数字化保护体系,探索文化遗产保护与数字技术深度融合的发展模式,为我国历史文化遗产保护提供理论参考和实践借鉴。

(2) 本研究突破传统单一保护方式,提出多源数据采集、BIM 与 GIS 融合建模、数字孪生动态监测及人工智能辅助分析相结合的技术路线,实现遗址信息采集、数据管理、病害监测和数字展示的一体化应用。多项新技术协同运行,提高了遗址保护的科学性、精准性和智能化水平,为遗址精细化管理提供了新的技术支撑。

(3) 未来,随着人工智能、数字孪生、物联网及虚拟现实等技术持续发展,历史文化遗产保护将逐步实现全生命周期数字化管理。通过完善数据共享平台、建立统一技术标准、加强跨学科协同研究,可进一步推动数字技术在文化遗产监测、展示传播和活化利用中的广泛应用,为文化遗产保护高质量发展提供持续动力。

参考文献:

- [1] 单霁翔. 从“文物保护”走向“文化遗产保护”[M]. 北京: 故宫出版社, 2015.
- [2] 吕舟. 中国文化遗产保护概论[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2018.
- [3] 阮仪三. 历史文化名城保护理论与实践[M]. 上海: 同济大学出版社, 2017.
- [4] 李德仁, 邵振峰. 数字孪生城市理论与关键技术[J]. 测绘学报, 2021, 50(10): 1352-1367.
- [5] 王其亨. 中国古建筑概论[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2018.
- [6] 刘先觉, 王建国. 建筑遗产保护[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2019.
- [7] 王树声, 马会娟. 三维激光扫描技术在文化遗产数字化保护中的应用[J]. 测绘通报, 2020(8): 126-130.
- [8] 陈同滨. 建筑遗产保护与数字化技术应用[J]. 建筑学报, 2021(12): 34-39.
- [9] 中共中央办公厅, 国务院办公厅. 关于加强历史文化遗产保护传承的意见[R]. 北京: 人民出版社, 2021.
- [10] Eastman C, Teicholz P, Sacks R, et al. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers[M]. 3rd ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2018.
- [11] Goodchild M F. Geographic Information Systems and Science[M]. 4th ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2020.
- [12] Grieves M, Vickers J. Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems[M]//Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems. Cham: Springer, 2017.

作者简介: 潘凤飞 (2005—), 男, 汉族, 安徽天长人, 本科生, 研究方向: 木结构、钢筋混凝土结构方面的研究。

通讯作者: 李雨城 (1994—), 男, 安徽宿州人, 硕士, 讲师, 主要从事智慧城市管理、多模态感知融合应用场景、钢筋混凝土结构、钢结构抗火理论与安全评估方面、木结构的研究。

基金项目: 安徽高校自然科学研究重点项目: 徽派古建筑木结构关键构件力学特性与建造修缮方法研究 (2023AH052822), 安徽高校自然科学研究重点项目: 基于硅灰浆液改性煤矸石骨料的高性能混凝土研究 (2022AH052853), 校级自然科学项目: 徽派古建筑木构架修缮加固后的抗震性能研究 (XZR2024A14), 校级自然科学项目: 基于绿色材料的村镇住宅装配式复合剪力墙抗震性能研究 (XZR2024B07)。