

数字技术在风景园林工程中的应用进展

沈雪萌, 赵红霞, 李哲锋*

内蒙古农业大学林学院风景园林系, 内蒙古 呼和浩特

收稿日期: 2025年6月9日; 录用日期: 2025年7月8日; 发布日期: 2025年7月17日

摘要

数字技术在景观工程中正迅速进步, 深刻改变着设计与建造方式。计算机辅助设计让方案更精准高效, GIS与遥感技术提供大量详尽的地理数据, 参数化设计则带来创新设计思路。在建造阶段, 数字化建造技术如3D打印、数控机床等实现高精度定制, 虚拟现实与增强现实技术提供沉浸式体验。物联网、大数据与人工智能技术的引入, 让景观管理更智能、精细和可持续。传感器实时收集环境数据, AI优化维护策略, 智能灌溉、照明系统节能减碳。未来, 数字技术将更智能化、精细化与可持续, 推动景观工程迈向新高度, 创造更美好的城市与自然融合空间。这些技术不仅提升了效率, 更促进了环境保护与生态平衡, 展现了数字技术在景观工程中的巨大潜力。本文将系统梳理数字技术在风景园林工程中的应用进展现状, 并分析相关案例, 旨在为数字技术在景观中的应用发展提供理论参考, 助力景观可持续发展战略。

关键词

景观工程, 数字化, 智能化, 景观设计

Advancements in the Application of Digital Technology in Landscape Architecture Engineering

Xuemeng Shen, Hongxia Zhao, Zhefeng Li*

Department of Landscape Architecture, College of Forestry, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot Inner Mongolia

Received: Jun. 9th, 2025; accepted: Jul. 8th, 2025; published: Jul. 17th, 2025

Abstract

Digital technologies have been advancing rapidly in landscape engineering, profoundly transforming

*通讯作者。

the ways of design and construction. Computer-aided design made the design schemes more accurate and efficient. GIS and remote sensing technologies provided a large amount of detailed geographical data, and parametric design brought innovative design ideas. During the construction stage, digital construction technologies such as 3D printing and numerically controlled machine tools achieved high-precision customization. Virtual reality and augmented reality technologies provided immersive experiences. IoT, big data, and artificial intelligence technologies have made landscape management more intelligent, meticulous, and sustainable. Sensors collected environmental data in real time, and AI optimized maintenance strategies. Smart irrigation and lighting systems saved energy and reduced carbon emissions. In the past, digital technologies have become more intelligent, refined, and sustainable, driving landscape engineering to new heights and creating a better space for the integration of cities and nature. These technologies not only improved efficiency but also promoted environmental protection and ecological balance, demonstrating the huge potential of digital technologies in landscape engineering. This article systematically reviewed the application and development status of digital technologies in landscape architecture engineering and analyzed relevant cases, aiming to provide theoretical references for the application and development of digital technologies in landscapes and contribute to the sustainable development strategy of landscapes.

Keywords

Landscape Engineering, Digitalization, Intelligence, Landscape Design

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

风景园林工程是城市公园建设和生态环境改善的核心板块，它融合了自然、人文科学以及工程技术等多个领域的专业学科知识，其核心旨在通过科学化的规划和设计为城市提供高品质的绿色空间和生态环境。在风景园林工程建设的过程中，数字技术贯穿整个过程，包括设计、建造及后期管理。数字技术能大大提升效率与精准度，如 CAD、GIS 等能大幅度提高设计和建造的效率，同时能够有效减少人为误差，确保景观能形成长期稳定的机制。此外，数字技术的应用为风景园林工程带来了创新的设计思路和方法，同时也有助于实现可持续发展目标[1] [2]。近年来，数字技术在风景园林工程中的应用取得了显著进展。例如，GIS 技术凭借其准确性为景观规划提供了空间数据分析[3]；BIM 技术实现了从设计到施工的全流程一体化管理[4] [5]；VR 和 AR 技术则为景观可视化设计和用户交互体验搭建了沉浸式的平台[6]。尽管数字技术的应用前景广阔，但在风景园林工程的推广中仍面临诸多现实挑战，如技术集成难度高、专业人才缺乏、成本投入大等问题[7]。因此，系统梳理数字技术在风景园林工程中的应用进展，探讨其未来发展方向，具有重要的理论和实践意义。本文旨在揭示数字化技术在风景园林工程中的应用现状，并分析数字化技术的改进方向及发展趋势，为风景园林工程的数字化研究提供一定的理论参考。

2. 数字技术分类

2.1. 大数据技术

包括数据的采集、存储、管理、分析和可视化等，风景园林设计者可以从大量的数据中提取有价值的信息，如城市交通及人流量的分析用于优化交通规划。

2.2. 人工智能技术

如 ChatGPT、DeepSeek, 计算机计算分析模拟人类智能, 并通过图像识别和语音识别进行语言处理等功能, 智能分析历史案例并自动生成设计规划方案(如绿地布局、路径规划)。

2.3. 物联网技术

通过传感器、红外感应器、射频识别等装置, 实现物与物、人与物的联系和智慧控制并形成一个人物网络, 例如智能家居系统可以对家电、照明等进行远程控制。物联网传感器还可以对土壤湿度、植物生长情况进行监控和检测, 从而对植物进行智能浇水和养护。

2.4. 数字孪生技术

数字孪生技术是利用数字方法模拟物理世界和虚拟世界, 实现对现实世界物体的建模、仿真, 以及预测达到对物理实体的精准管控。数字孪生技术涉及诸多领域, 如工业制造业、城市管理等方面, 可用于城市建设基础设施, 用以对设备故障、维修维护进行预测。运用数字孪生技术可以进行景观长时间演变模拟, 辅助进行生成维护决策, 例如针对铺装磨损、植被生长、建筑群设置等生成相应的修复方案(图 1)。



Figure 1. Digital twin application scenarios
图 1. 数字孪生应用场景

2.5. 虚拟现实和增强现实技术

虚拟现实技术是营造虚拟的环境, 增强现实是虚拟信息与现实世界的叠加。其常用于景观建筑领域, 通过 AR 技术在建筑中的应用可以直观地在现实世界看到设计方案效果。虚拟现实、增强现实可用于方案展示, 让业主、大众体验景观效果, 增强群众体验感。

3. 常见数字技术在风景园林工程各阶段的应用

3.1. 规划设计阶段

3.1.1. 地理信息系统(GIS)的空间分析应用现状

1) 场地分析

① 地形分析：将数字高程具体模型数据经过处理自动生成等高线图、坡向图、坡度图等，为设计师了解场地地形起伏、变化，合理规划场地内的道路、建筑、景观小品等提供依据。目前存在的问题是模型局限性以及参数设置的主观性，针对这些问题我们可以加强与生态学等专业之间的合作，共同开发更接近实际的分析模型，同时在进行实验和观测过程中能获得更多数据，进一步优化模型参数，降低或减少主观性。

② 水文分析：基于数据可以模拟水流路径、汇水区范围，因此将其用于分析场地的排水情况，确定水体的流向和汇聚区域，有助于水景设计和雨水管理系统的规划[8]。

2) 土地利用现状分析

使用 GIS 可以整合土地利用现状数据，如各类用地的分布、面积等，分析场地内现有土地利用情况，为城市规划提供参考。但是数据获取更新较难，数据整合较为困难。可建立数据共享平台，多部门之间进行数据共享，减少数据获取成本；加强与测绘等部门合作，定期更新数据，制定统一的数据标准和规范，开发数据整合工具。

3) 视线与视域分析

① 视线分析：在 GIS 中通过建立三维模型，分析场地内各个位置之间的可视性，确定观景视线廊道，帮助设计师合理地设置观景台、景观节点等，以达到最佳的景观观赏效果。但 GIS 的可视化功能比较差，无法直接分析数据，应该开发专门的辅助工具。

② 视域分析：计算特定位置或区域的可视范围，可用于评估建筑物、地形等对景观视野的影响，避免在重要视域范围内设置遮挡性的设施或建筑。

4) 交通分析

道路选线是通过结合地形、土地利用和交通流量等数据，利用 GIS 分析出最优的道路选线方案，使道路既满足交通需求，又能尽量减少对自然环境的破坏。

交通流量模拟是根据周边交通状况和预测的人流量，运用 GIS 进行交通流量模拟，合理规划停车场、出入口等交通设施的位置和规模。

5) 生态分析

① 生态敏感性分析：综合考虑地形、植被、水体等生态要素，借助 GIS 分析得到场地的生态敏感区，作为生态保护与景观规划的依据，防止在敏感区进行大规模开发建设。

② 生态廊道规划：运用 GIS 分析物种栖息地分布范围和运动轨迹，规划生态廊道，保护生物多样性，维护生态系统连通性。

3.1.2. 计算机辅助设计(CAD)精准绘图

计算机辅助设计是利用计算机帮助设计人员进行设计工作。它广泛应用于风景园林工程设计中，它能够帮助设计人员完成计算、信息存储和制图等任务。方便设计者的构思和表达，能更加直观地表达设计者的思想。利用 CAD 能勾勒出园路网、水体形状、地形及植物配置，可矢量分析方案的细节。

3.1.3. 虚拟现实(VR)/增强现实(AR)沉浸式体验设计

虚拟现实是设计师通过借助 VR 技术将园林环境完全虚拟化，虚拟园林中可由设计师虚拟出不同的设计方案，并且可对比分析，便于改进园林设计的效果(图 2)。设计师可根据设计理念，依照不同的客户要求，将各种不同的景观元素，诸如蜿蜒的小路、错落有致的亭台楼阁、花草树木等全部虚拟出来，用户可以自由行走、观看，从不同的角度欣赏，如同身临其境。AR 增强现实技术是将虚拟园林置于现实世界中，例如将虚拟园林中的元素叠加到现实的空地上，在手机或平板电脑上利用摄像头看到虚拟的园林景观浮现，与现实环境相融合[9]，如图 3 所示。



Figure 2. Immersive VR enters the landscape
图 2. 沉浸式 VR 走入景观



Figure 3. AR landscape overlay design
图 3. AR 景观叠加设计

3.1.4. 人工智能在风景园林设计中的应用

人工智能在风景园林设计中主要用于场地分析与规划。它能快速收集地理信息系统数据，根据设计需求，如花园风格和面积等，列出项目明细及预算，帮助设计师控制成本。同时，AI 可分析土壤成分、气候特征等数据，生成适应性的植物配置方案，激发设计师灵感并提高设计效率。此外，AI 还能生成彩平提示词，助力设计师在不同软件中生成多样彩平图，为特定区域生成景观设计方案，如为祁连山国家公园提出植被恢复方案。然而，AI 在处理复杂风景园林工程问题时可能缺乏深入的专业见解，且难以根据现场动态变化及时调整建议。为此，开发动态监测算法以实时监测景观数据变化十分必要。

尽管 AI 技术在设计规划方面表现出色，但仍无法完全取代人类设计师的主观创造力和艺术感。景观设计需综合考虑文化、历史、环境、功能等多方面因素，这些需要设计师凭借专业知识和美学概念做出判断[10]。

3.2. 施工建设阶段

3.2.1. 建筑信息模型(BIM)协同施工管理

利用 BIM 模型记录能够很直观地看见施工过程中的质量信息，例如：土壤是否得以改良、苗木是否种植到位、灌溉系统是否安装等。施工单位能看到施工的各个阶段，对施工进度能够进行有效的监督和管理。质检人员还能通过模型中的信息进行现场检查和验收，及时发现施工中的质量错误，以便整改，

还能避免施工中出现错漏,保证施工质量能够达到设计中的标准。利用 BIM 还能检查园林景观小品是否尺寸位置和外观都与设计保持一致。

3.2.2. 无人机测绘与施工监测

无人机主要是通过传感器从多角度对施工范围进行拍摄,在获取大量数据的同时,通过分析计算三维坐标,精准测量地形。高清摄像头可以拍摄到施工进度、施工工艺等内容,比如建筑外部是否出现裂缝,同时可以与地理信息系统结合,找到施工的偏差,为施工调控提供信息依据,无人机具有高效、精准的优势。但目前无人机飞行是受到严格法规制约的,同时,无人机数据获取量巨大,如何从中精准筛选出有效信息是一个巨大的现实问题。

3.2.3. 智能灌溉、照明等自动化控制系统运用

智能灌溉系统在风景园林中应用较为广泛,在水资源缺失和植物生长要求较高的地区格外显著。智能灌溉系统能结合气象数据收集气象信息从而预测植物的需求,如水分蒸发量和蓄水量,实时调整灌溉时间,有效避免因天气变化导致的一系列问题。智能照明系统在风景园林中的应用也格外显著,在城市公园、广场、道路、景区中都增加了独特的亮色。通过其自动化实现对照明的精准控制,比如在公园中利用亮度传感器感知夜幕降临,照明灯具自动开启,同时,一些传感器还能感知人的到来,当人靠近时,可增加亮度,确保行人安全。另外,结合混合现实(MR)可动态展示风环境、雨水径流等生态分析结果,优化可持续设计营造(图 4)。



Figure 4. The MR technology superimposes the completed building renderings onto the actual construction site
图 4. MR 技术将建筑物竣工效果图叠加在实际的施工现场

3.2.4. 人工智能在施工阶段的应用

1) 施工进度检测。在施工过程中, AI 发挥的作用不容小觑,传感器、红外线感应器与人工智能相结合实时监测施工现场的状况。通过在施工现场布置摄像头和传感器,及时发现问题并干预,能有效预防施工质量问题的发生。

2) 施工质量检测。利用计算机技术能对施工部位进行识别,检测是否存在墙体裂缝、孔洞等。及时发现质量问题并通知施工人员进行补修。

3) 有效控制成本的使用。利用人工智能算法分析施工过程中的材料使用数据并且预测材料需求,避免材料的浪费和积压。同时,通过对市场价格波动的分析,为材料采购提供最佳时机和价格建议,还能降低材料采购成本。人工智能还能预测目前的成本发展趋势,为成本控制提供可靠的依据。

3.3. 运营维护阶段

3.3.1. 物联网(IoT)实时感知园林状态

通过在园林中布设传感装置对园林环境中的气象、土壤、水质等环境要素进行实时监测。如在一些大型城市公园与植物园中,气象传感器可实时测量气温、湿度、光照度、风速等气象要素,为园林管理者提供气象数据。土壤中的湿度传感器可测量出土壤的含水量情况,从而帮助管理者了解不同植株对水分的需求状况,方便对它们进行灌溉。水质传感器可以测量园林中湖泊、溪流中水的酸碱度、溶解氧和污染状况等水质数据,及时发现水质的变化,确保水生态系统的稳定。此外,还可对植物的生长环境进行实时监测以及对于植物长势和状态进行感知,有助于提高园林养护的速度和效率。

3.3.2. 大数据分析优化养护策略

通过土壤湿度、天气状况等信息进行智能灌溉,确定灌溉的时间、灌溉的量和灌溉的次数,实现精准灌溉可以最大程度节约水资源和成本。还可以根据植物生长状况数据、天气数据、历史病虫害发生状况数据等信息,建立病虫害预测模型提前预测病虫害的发生,从而及时预防并控制,降低病虫害对园林植物的影响。通过分析园林植物的生长环境数据和生长状态数据,掌握其生长需求及时调整养护状态,对需要保养的园林植物进行施肥、修剪等处理,保持其健康生长,提升园林景观的质量。还能通过对园林养护所需的人力成本、物力成本、财力成本等信息进行分析,根据不同区域、不同园林植物所需养护成本的增加,提高养护效率和效益。在自然灾害、重大病虫害等突发事件发生时,用大数据分析事件的覆盖面和影响范围,制定应急处理措施,有效降低重大损失。

3.3.3. 人工智能在养护阶段的应用

绿化施工作为将设计理念转化为现实的关键环节,其质量与风景园林整体的绿化效果密切相关,而养护管理则是维持园林景观长期美观、健康生长的必要手段[11]。

1) 植物健康检测。在养护过程中,通过在植物上安装传感器收集植物的生长信息,再使用人工算法分析植物的长势,能及时发现病虫害,为后期的养护采取了有效的防范措施。

2) 智能灌溉调控。基于气象大数据和土壤湿度,人工智能算法能合理安排灌溉时间、灌溉水量等,避免因灌溉水量过大或过小从而导致植物长势不足或其他损失。

3) 生态修复与维护。作为科技与环境保护相结合的典范,物联网(IOT)传感器技术以土壤质量传感器、水质监测器和气象站等多种传感器为基础,策略性地部署生态修复区域内数据[12]。针对景观中出现的问题,如植物死亡、景观小品损坏等,人工智能对类似案例进行学习和分析,初步预测环境并生成相应的修复方案,包括选择合适的植物品种进行补种、确定景观小品的修复或更换方式等,为养护人员提供参考。

4. 数字技术应用案例简介

4.1. BIM + GIS 技术应用

北京城市副中心绿心森林公园:采用 BIM + GIS 技术进行全生命周期管理,整合地形、植被、水系数据,实现三维协同设计(图 5)。这种做法打破了传统的园林管理束缚,建立了高效灵活、开放竞争的园林绿化养护运营管理模式,拓展经营内容,提高运营收益,用运营收入反哺养护费用[13]。在设计阶段,利用 BIM 创建了三维模型,在施工管理阶段,利用 BIM 模型检查,比如对下沉广场进行数据模拟,从而确定布局是否合理,同时可以进行工程量的计算,提高施工效率。进而减少施工冲突,缩短施工工期,并通过数字孪生平台实时监测公园运维。

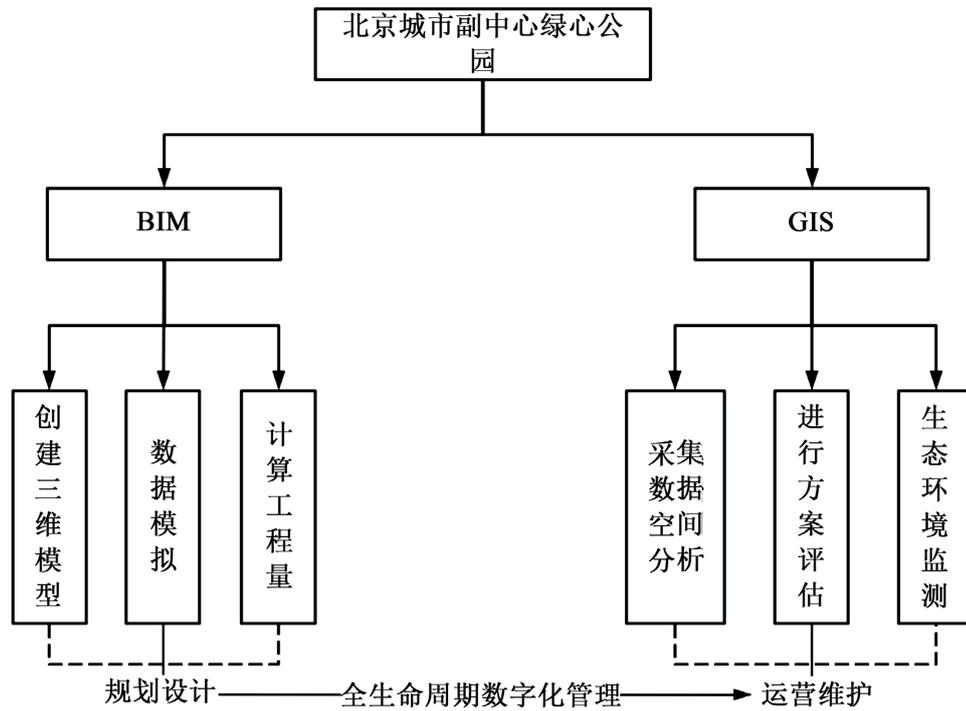


Figure 5. Case analysis chart of Green Heart Park, the sub-center of Beijing
图 5. 北京城市副中心绿心公园案例分析图

4.2. 数字孪生与元宇宙创新

南京老山森林国家森林公园，别称老山林场，总面积 80 平方千米。运用数字孪生系统能有效进行资源检测与管理、生态保护与修复、灾害预警与调控，见图 6 所示。

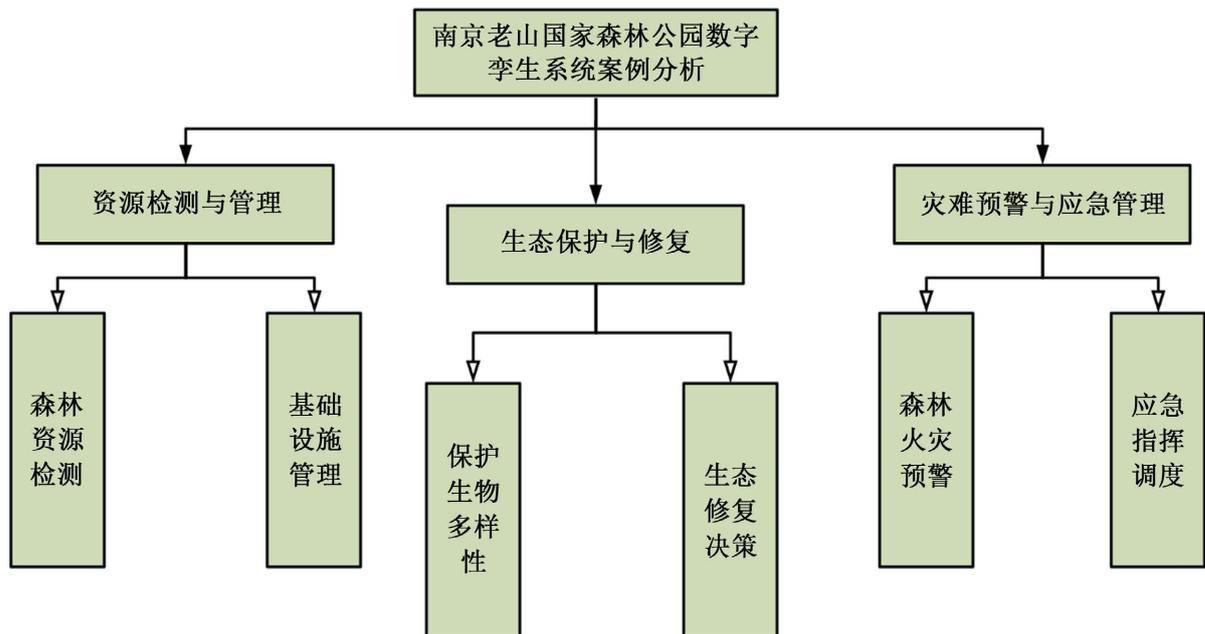


Figure 6. Analysis of the digital twin system of Nanjing Laoshan National Forest Park
图 6. 南京老山国家森林公园数字孪生系统分析图

其中，数字孪生系统可实时采集森林面积、生物多样性、土壤水分等数据。通过对这些数据的分析，公园管理者能掌握森林资源的动态变化。基础设施管理：对公园内的道路、桥梁、观景台等基础设施进行数字化建模，实时监测基础设施的状态，如通过传感器采集结构应力、位移等数据，及时发现潜在的安全隐患，便于提前安排维护和修缮。整合卫星遥感、LiDAR 和 IoT 数据，构建虚拟森林模型，模拟火灾蔓延路径，使应急演练效率提升。

另外，利用数字孪生模型能评价不同生态系统修复方案的效果。如在火灾后能模拟不同的植树造林方案进行修复，选择最有利于生态恢复的手段加以运用，有利于保护生物的多样性。在发生森林火灾、暴雨洪涝等灾害时，数字孪生系统可提供实时的灾害场景模拟建模。并分析制定不同应急方案的可靠性，帮助应急指挥人员制定科学的救援方案，合理调配救援力量和物资，提高应急处置效率。

4.3. 人工智能 + GIS 技术应用

深圳湾滨海休闲带：基于无人机航测的高精度地形模型，利用 GIS 分析潮汐、风速环境等信息完善滨海步道的建设，可以降低土方工程成本，避免因潮汐导致的铺装腐蚀问题(如图 7 所示)。

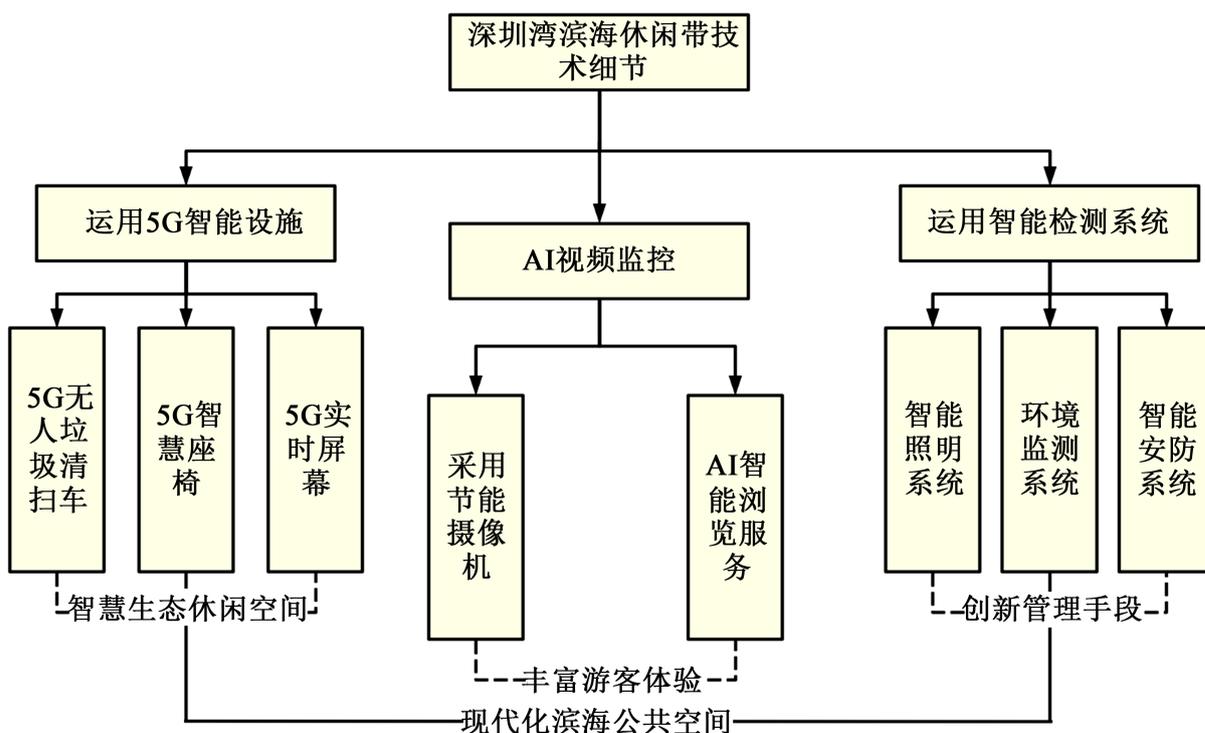


Figure 7. Technical details analysis of Shenzhen Bay Binhai Leisure Belt

图 7. 深圳湾滨海休闲带技术细节分析图

深圳湾滨海休闲带东段是 2003 年深港西部通道口岸填海造地工程及滨海大道退让红树林自然保护区而预留出的较宽的带状公园绿地[14]。其在很多方面都运用了数字技术，以下是一些相关的技术细节分析：首先是智能照明系统，深圳湾滨海休闲带采用了智能路灯，通过传感器和控制系统，可根据环境光线和人流自动调节亮度。部分区域还设置了具有艺术效果的景观照明，通过数字控制实现多种灯光模式切换，营造出不同的氛围。然后是环境监测系统，深圳湾滨海休闲带安装了大量传感器，实时监测空气质量、水质、温湿度、噪声等环境数据。数据通过无线传输网络汇聚到管理平台，以便及时掌握环境变化情况。例如，在深圳湾的水质监测中，传感器能精确测量酸碱度、溶解氧等指标。最后是智能安防

系统, 该休闲带主要利用视频监控摄像头、智能分析算法和入侵检测传感器等设备, 实现对休闲带的全方位安全监控。摄像头具备高清、夜视和智能跟踪功能, 能自动识别异常行为和人员并且及时发出警报。

由此可见, 对于风景园林行业而言, 数字技术的融入同样由来已久, 表现出新质生产力所具备的高科技、高效能、高质量等优势特征。数字技术为园林领域带来创新变革的同时, 在实际应用中也面临着技术、管理、社会等多方面的挑战。需要有针对性地提出解决对策, 从而充分发挥数字技术在园林建设和管理中的优势。

5. 结语

目前, 数字技术应用于风景园林工程的各个阶段, 如从规划设计到施工维护再到养护管理。规划设计阶段运用地理信息系统确定地理位置信息和位置状况, 运用 BIM、CAD、Photo shop、Sketch up 等计算机辅助软件帮助设计师更好地进行规划工作。AI 智能更是为设计师提供了海量方案予以支撑借鉴, 拓展设计的新思路。施工维护方面, BIM 通过建立模型使其可以精准看见建筑过程中的情况, 包括进度信息, 方便进行管理。人工智能结合无人机能实时监测施工现场, 杜绝施工结束后质量检测不过关或未按设计者思路进行的后果发生。在养护管理阶段, 大数据和 AI 为养护管理提供了养护策略, 物联网传感器技术能对环境进行监测, 为管理提供了策略性支持。针对当前面临的数字技术应用于风景园林工程各个阶段的诸多挑战, 本文以保障数字技术便捷性和高效性为前提, 通过国内外案例具体分析数字技术应用于风景园林工程的进展, 从而提出个人见解和部分少量的改进建议, 以便更好地使数字技术应用于风景园林的发展中。如今数字技术与风景园林紧密融合, 需在此基础上全面评估其影响, 并针对现实问题提供可行的解决方案, 以推动风景园林的稳步发展。

基金项目

内蒙古自治区直属高校基本科研业务费项目, 内蒙古农业大学青年教师科研能力提升专项(BR230218)、内蒙古农业大学哲学社科基金重点项目(BR220603)。

参考文献

- [1] 刘淑娟, 邹秋霞, 曾盈盈. 数字化技术推动风景园林设计理念与实践的革新[J]. 匠心, 2024(4): 114-116.
- [2] 付本闯. 海绵城市理念下景观设计探索与实践: 以龙潭湖综合治理工程为例[J]. 江西建材, 2023(2): 342-343.
- [3] 鄢春梅. 数字化设计在风景园林中的运用[J]. 现代园艺, 2021, 44(4): 102-103.
- [4] 朱建国. BIM 技术在施工阶段的应用策略研究[J]. 建筑施工, 2013, 35(7): 665-667.
- [5] 徐梦新. BIM 技术在风景园林工程项目中的应用研究[D]: [硕士学位论文]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2018.
- [6] 卢书妮. 试论数字化技术在风景园林中的应用[J]. 中国科技信息, 2013(18): 169.
- [7] 高娣, 王龙意. 数字化技术在园林景观设计中的表达与应用[J]. 北京规划建设, 2022(4): 113-116.
- [8] 王文亮, 龚磊杰. 园林给排水工程的特点与施工技术探究[J]. 给水排水, 2022, 58(S1): 775-779.
- [9] 徐如莲. 给排水工程在园林水景中的应用[J]. 住宅与房地产, 2018(7): 219.
- [10] Cuiju, Q. (2024) Application of Artificial Intelligence Technology in Landscape Architecture Industry. *Journal of Landscape Research*, 16, 66-68.
- [11] 郭大鹏, 胡明涛, 穆磊, 等. 现代风景园林施工中绿化施工要点与养护策略[J]. 花木盆景, 2025(1): 104-106.
- [12] 李国营, 李瑞冬, 李文彦. 人工智能背景下生态修复规划发展路径探析[J]. 世界有色金属, 2024(8): 177-180.
- [13] 宋春雨, 林海燕. 北京城市绿心森林公园: 城市大尺度绿色空间全周期建设管理模式探索[J]. 北京规划建设, 2024(4): 127-131.
- [14] 王涛, 董心莹. 提升生态价值、协同共建公共绿地——以深圳湾滨海休闲带西段为例[J]. 中国园林, 2018, 34(S2): 75-79.