

Data driven smart garden construction: theoretical construction, technological integration, and practical innovation

Zhiyun Ma

Anhui Zhongjiang Ecological Technology Co., Ltd., Hefei, Anhui, 230001, China

Abstract

Against the backdrop of the continuous deepening of the new urbanization construction and ecological civilization concept, landscaping projects are gradually transforming from the traditional experience driven and labor-intensive construction mode to a direction that emphasizes data support, system collaboration, and intelligent decision-making. Smart landscaping technology reshapes the organization and technical path of landscaping construction through information perception, data analysis, and automatic control. It not only significantly improves construction efficiency and quality stability, but also demonstrates important value in water conservation, energy conservation, ecological adaptation, and full lifecycle management. Based on the theoretical foundation of smart landscaping, this paper systematically discusses the key technical system of smart landscaping construction, analyzes its application practice in the process of landscaping construction, in order to provide technical reference and practical inspiration for high-quality construction of landscaping projects.

Keywords

Smart Garden; Landscaping; Intelligent construction; Data driven; ecological benefits

数据驱动的智慧园林施工：理论构建、技术融合与实践创新

马志云

安徽中匠生态科技有限公司，中国·安徽 合肥 230001

摘要

在新型城镇化建设与生态文明理念持续深化的背景下，园林绿化工程正由传统以经验驱动、人工密集为主的施工模式，逐步向数据支撑、系统协同与智能决策并重的方向转型。智慧园林技术通过信息感知、数据分析与自动控制等手段，重塑园林绿化施工的组织方式与技术路径，不仅显著提升施工效率与质量稳定性，而且在节水节能、生态适配与全生命周期管理方面展现出重要价值。围绕智慧园林的理论基础，系统论述智慧园林施工的关键技术体系，分析其在园林绿化施工过程中的应用实践，以期为园林绿化工程高质量建设提供技术参考与实践启示。

关键词

智慧园林；园林绿化；智能化施工；数据驱动；生态效益

1 引言

园林绿化工程作为城市生态系统与人居环境的重要组成部分，承担着改善微气候、提升景观品质与增强城市韧性 的多重功能。随着城市规模持续扩展与功能复合化程度不断提高，园林绿化施工对象呈现出空间条件复杂、专业交叉密集、生态约束严格等特征，传统依赖人工经验与静态图纸的施工组织方式已难以满足精细化、可持续建设的现实需求。在此背景下，以物联网、大数据、人工智能与数字孪生为代表的智能化技术开始深度介入园林工程领域，为施工过程的精确控制与动态优化提供了新的技术支撑。

2 园林绿化施工智能化发展的理论基础

2.1 园林绿化施工转型的现实背景与内在需求

在新型城镇化深入推 进与生态文明理念持续强化的时代背景下，园林绿化工程的功能定位正在发生根本性转变。其建设目标已由早期以景观美化和绿量扩展为主，逐步拓展至涵盖生态修复、环境调节、生物多样性保护与公共空间品质提升等多重维度^[1]。与此同时，城市建设密度不断提高，园林绿化施工普遍面临场地条件受限、地下管线复杂、施工工序交叉频繁等现实约束，使传统以人工经验和静态设计为核心的施工组织方式难以有效应对复杂多变的工程环境。在此情境下，施工过程中的信息不对称、管理滞后与资源配置粗放等问题日益凸显，直接影响园林绿化工程的实施效率与生态效果。基于此，通过引入智能化技术手段，实现施工信息的实时获取、动态分析与精准调控，已成为园林绿化施工

【作者简介】马志云（1984—），男，中国安徽宣城人，本科，工程师，从事园林绿化施工研究。

适应高质量发展要求的内在需求，也是推动行业由经验型向科学化、精细化转型的重要路径。

2.2 智能化技术赋能园林绿化施工的理论逻辑

从工程系统与生态工程理论视角分析，园林绿化施工本质上是一个多要素耦合、多过程协同的复杂系统，其运行效果受到自然环境条件、植物生理特性以及施工行为方式等多重因素共同影响^[2]。智能化技术通过构建以数据为核心的技术体系，将原本分散、隐性的施工信息转化为可感知、可分析的显性数据，从而为科学决策提供可靠支撑。在这一过程中，信息感知技术实现对施工环境与生态参数的持续监测，数据分析技术揭示各类因素之间的内在关联与演化规律，智能控制技术则将分析结果反馈至施工与养护环节，形成闭环调控机制。由此，园林绿化施工不再依赖单一经验判断，而是基于数据模型实现过程优化与风险预控。这种技术赋能并非削弱人的作用，而是通过提升决策理性与管理精度，促进工程活动与生态系统运行规律之间的协调统一，为园林绿化施工的可持续实施奠定坚实的理论基础。

3 园林绿化施工智能化的关键技术体系

3.1 园林绿化施工的信息感知与数据采集技术

信息感知与数据采集技术是园林绿化施工实现智能化运行的基础，其作用在于将施工过程中原本依赖经验判断的生态与作业信息转化为可量化、可分析的数据资源。在传统施工模式下，土壤条件、气象变化及植物生长状态多通过人工巡查获取，信息具有明显的滞后性与离散性，难以满足精细化施工与动态管理需求。智能化技术通过布设多类型传感装置，对土壤水分、温度、养分含量以及空气湿度、光照强度等关键生态参数进行连续监测，使施工管理者能够实时掌握影响苗木成活与生长的环境条件变化趋势。同时，空间定

位与遥感技术的引入，使绿化区域边界、地形起伏及施工进度状态实现可视化表达，为复杂场地条件下的施工组织与工序协调提供了客观依据。通过多源信息的协同采集，园林绿化施工由静态认知逐步转向动态感知，为后续智能分析与决策提供了可靠的数据支撑^[3]。

为进一步提升数据采集的全面性与精准度，该技术体系还融合了无人机航测与地面移动监测设备的联动机制。无人机搭载高分辨率光谱相机与激光雷达，可快速获取大面积绿化区域的植被覆盖度、植物冠层结构及病虫害早期迹象等宏观信息，其数据采集效率较传统人工方式提升数十倍，且能覆盖地形复杂、人员难以抵达的区域；地面移动监测车则配备便携式土壤剖面分析仪、植物生理传感器等设备，针对无人机监测的重点区域进行定点补充采样，获取土壤深层理化性质、植物叶绿素含量及根系活力等微观数据，形成“空-地”一体化的数据采集网络。

3.2 数据分析与智能决策技术在施工中的应用机理

在信息感知与数据采集的基础上，数据分析与智能决策构成园林绿化施工智能化运行的核心环节如表1。通过对施工期实时数据与历史工程数据的系统整合，分析模型能够识别施工行为、环境条件与植物生长效果之间的内在关联，进而揭示影响工程质量与生态绩效的关键因素。基于此形成的决策支持结果，不仅可以让不同施工方案的实施效果进行预测评估，还能够在施工过程中实现动态调整与风险预警。智能控制系统将分析结果转化为具体作业指令，对灌溉频率、施肥强度及施工节奏进行精准调节，从而避免资源投入的盲目性与滞后性。相较于传统事后修正的管理方式，这种以数据分析为支撑的智能决策机制显著提升了园林绿化施工管理的前瞻性与稳定性，使施工活动更加符合生态系统运行规律，为工程质量与长期生态效益提供了技术保障^[4]。

表1 园林绿化施工智能化关键技术体系及其功能定位

技术层级	技术类型	数据对象	主要功能
感知层	环境与生态感知技术	土壤、水分、气象参数	实时获取施工与生态基础信息
采集层	空间定位与遥感技术	场地形态、施工进度	支撑施工组织与空间管理
分析层	数据分析与建模技术	施工与生长数据	识别关键影响因素，预测施工效果
决策层	智能决策与控制技术	灌溉、施肥与作业参数	实现施工过程的动态优化

4 智能化技术在园林绿化施工过程中的应用实践

4.1 智能化技术在园林绿化施工实施阶段的系统应用

在园林绿化工程的施工实施阶段，智能化技术的应用已由单一作业辅助逐步演进为贯穿施工全过程的系统化支撑工具。通过在施工前期引入数字化建模与施工仿真技术，工程管理人员能够对场地空间结构、植物配置关系以及施工路径进行多方案比选与可行性分析，从而在施工启动前完成关键技术参数与资源投入方案的优化。这一过程有效降低了因场地条件认知不足或施工组织不合理导致的重复作业与

返工风险，为复杂城市环境下的园林绿化施工提供了可靠的技术保障^[5]。

在具体施工过程中，智能化技术对作业精度与过程控制的提升尤为显著。基于定位与自动控制原理的辅助施工设备，能够对苗木栽植位置、行列间距与栽植深度进行精确校准，使施工结果更加符合设计要求与植物生长规律。与此同时，施工现场通过布设环境感知装置，对土壤含水率、温度及气象条件进行实时监测，相关数据同步反馈至施工管理系统，用于指导施工节奏调整与工序安排。当外部环境条件发生显著变化时，系统可辅助管理人员及时调整施工计划，避

免在不利生态条件下强行作业，从而降低植物损伤与施工风险。而智能化技术还在施工过程管理层面发挥着重要作用。通过对施工进度、作业质量与资源消耗数据的持续记录与分析，施工活动逐步实现由结果控制向过程控制的转变。管理人员可基于数据分析结果，对不同作业班组的施工效率与质量稳定性进行客观评估，为后续施工组织优化提供依据。这种以数据为支撑的施工管理模式，有效削弱了人为经验差异对工程结果的影响，使园林绿化施工的实施过程更加规范、可控与透明。

4.2 智能化养护协同与施工效果评估机制

园林绿化工程具有显著的生态滞后性与长期性特征，其施工质量并非在工程竣工时即可全面显现，而是需要通过植物生长状态与景观稳定性在一定时间尺度内加以验证的。智能化技术通过将施工阶段采集的数据延续应用至养护管理阶段，构建起施工与养护协同运行的技术体系，使工程管理由阶段性控制转向全过程管控如表2。基于施工期形成的植物生长基础数据，养护管理系统能够对不同区域、不同植

物类型实施差异化养护策略，避免传统统一标准养护方式在资源利用与生态适应性方面的不足。

在实际运行中，智能化养护系统依托持续监测装置，对植物生长状况与环境条件变化进行动态分析，并据此自动调节灌溉频率、施肥强度与养护周期。这种以实时数据为依据的调控方式，不仅有效降低了水肥资源的无效消耗，也显著提升了植物群落整体生长的均衡性与稳定性。同时施工阶段积累的过程数据为养护效果评估提供了量化参照，使植物成活率、生长速率与景观完整度等指标具备可对比性与可追溯性。从管理反馈角度看，智能化技术还为园林绿化施工效果评估与技术改进提供了重要支撑。通过对施工参数与后期生长效果之间关系的系统分析，管理人员能够识别影响工程质量的关键施工因素，并据此对施工工艺与管理模式进行针对性优化。这种以实践数据反向修正施工策略的机制，有助于形成持续改进的技术路径，推动园林绿化施工由经验积累型向知识沉淀型发展，显著提升工程技术体系的成熟度与可复制性。

表2 智能化技术在园林绿化施工与养护协同中的应用特征

应用阶段	关键技术类型	数据对象	管理作用
施工准备与组织	数字建模与仿真技术	场地结构、施工方案	优化施工组织，降低方案风险
栽植实施阶段	定位与自动控制技术	栽植位置、深度、密度	提升作业精度与成活稳定性
施工过程监测	环境感知与数据采集技术	土壤与气象参数	支撑动态调整施工节奏
养护协同管理	智能控制与分析系统	植物生长与资源消耗数据	降低养护成本，提升长期效果

5 结语

智能化技术的引入为园林绿化施工提供了突破传统模式的重要契机，其通过数据驱动与系统协同，有效提升了施工质量、资源利用效率与生态适配水平。尽管在成本控制、技术适应性与管理协同方面仍面临一定挑战，但从长期发展视角看，智能化园林绿化施工符合生态文明建设与城市高质量发展的内在要求。

通过持续推进技术创新、强化工程实践与完善制度保障，智能化技术有望在园林绿化领域形成成熟、稳定且可推广的应用体系，为构建宜居、韧性与可持续的城市生态环境提供坚实支撑。

参考文献

- [1] 叶银珠.探讨园林绿化施工现场管理与绿化树木花卉管理[J].花卉,2023,(6):25-27.
- [2] 程宇.新形势下城市园林绿化工程技术与应用[J].大众标准化,2023,(8):47-49.
- [3] 彭程,陈阔,韩松.园林绿化施工管理中精细化理念的应用[J].工程设计与施工,2023,5(3):34-36.
- [4] 田仲锐.园林绿化施工中乔木栽植与养护管理[J].农家科技,2024,(23):103-105.
- [5] 王翔.园林绿化工程建设招标投标管理新探索——团体标准《园林绿化工程施工招标投标管理标准》解读[J].中国园林,2021,37(1):95-98.