

# Practice and Effect Analysis of Intelligent Maintenance Technology in Municipal Landscape Management

Yan Liu<sup>1</sup> Yongchao Shi<sup>2</sup>

1. Weihai Zhentai Municipal Engineering Co., Ltd., Weihai, Shandong, 264400, China

2. Shandong Zhuji Municipal Engineering Co., Ltd., Weihai, Shandong, 264400, China

## Abstract

As an important carrier of urban ecosystem and public space quality, municipal gardens have long faced contradictions in their maintenance and management, such as wide distribution of objects, multiple operational processes, strong seasonal fluctuations, and increased requirements for refinement. The traditional maintenance mode is mainly driven by experience and manual inspection, which is prone to problems such as information lag, extensive resource allocation, and untimely risk response. It is difficult to continuously meet the goals of urban renewal and fine governance in the governance context of “low-carbon constraints, quality improvement, and cost rigidity”. This study further discusses the issues of organizational collaboration, data standards, and operation and maintenance mechanisms in technology implementation, proposes a hierarchical promotion path and performance evaluation framework for municipal landscaping, and provides practical reference and methodological support for the fine governance of urban landscaping and the construction of smart cities.

## Keywords

municipal landscaping; intelligent maintenance; Internet of Things; intelligent irrigation; pest and disease identification

# 智能化养护技术在市政园林管理中的实践与效果分析

刘岩<sup>1</sup> 时永超<sup>2</sup>

1. 威海市振泰市政工程有限公司, 中国·山东 威海 264400

2. 山东铸基市政工程有限公司, 中国·山东 威海 264400

## 摘要

市政园林作为城市生态系统与公共空间品质的重要载体,其养护管理长期面临对象分布广、作业环节多、季节波动强与精细化要求提升等矛盾。传统养护模式以经验驱动与人工巡查为主,易产生信息滞后、资源配置粗放与风险响应不及时等问题,难以在“低碳约束—品质提升—成本刚性”并存的治理语境下持续满足城市更新与精细治理的目标。本研究进一步讨论了技术落地中的组织协同、数据标准与运维机制问题,提出面向市政园林的分层推进路径与绩效考核框架,为城市园林精细化治理与智慧城市建设提供实践参考与方法支撑。

## 关键词

市政园林; 智能化养护; 物联网; 智能灌溉; 病虫害识别

## 1 引言

随着城市更新与高品质公共空间需求的持续增长,市政园林养护正从“保绿率导向”转向“生态—景观—安全—服务”多目标协同的新阶段。道路绿地、公园绿地与附属绿化的养护对象具有空间离散、类型多样与生长过程不确定等特征,使得以人工巡查、经验处置为核心的传统模式在高强度管理场景下暴露出边际效率递减。智能化养护技术以数据驱动与算法决策为核心,具备将园林对象“状态可感知、风险可预测、作业可优化、绩效可量化”的潜力,因此有必要

在市政治理框架下对其系统构成、落地路径与效果边界进行结构化研究。

## 2 实践方案与研究设计

### 2.1 场景选择与系统部署: 道路绿地—公园群的分层实施

为验证智能化养护的综合效果,本文选取某沿海城市主城区典型园林单元作为实践对象,覆盖约120公顷综合公园绿地与约85公里道路绿化带,包含乔木、灌木、地被与草坪等多类型植被,同时涉及喷灌滴灌系统、泵房与景观水体等设施。系统部署采取“分层分区”的工程化策略:在代表性地块布设土壤墒情与微气候传感器,形成校准样区;在全球引入无人机与车载巡检采集冠层影像与设施外观数据,

【作者简介】刘岩(1983-),女,中国黑龙江齐齐哈尔人,本科,工程师,从事市政或园林研究。

形成面域识别；在灌溉与泵房端部署智能阀控与能耗计量，实现可控可计；在平台侧建设园林资产编码与 GIS 一张图，打通工单、巡检、物资与验收模块，从而形成覆盖“感知—识别—决策—执行—复核”的闭环。

## 2.2 指标体系与评价方法：面向“资源—质量—风险—成本”的综合测度

考虑市政园林管理目标的多维性，本文从资源节约、质量提升、风险治理与经济性四个维度构建评价指标。资源维度以单位绿地面积灌溉用水量与养护能耗为核心；质量维度以苗木成活率、景观一致性评分与草坪退化斑块率为表征；风险维度以病虫害处置时滞、倒伏/断枝隐患闭环率与高温干旱应急响应时间衡量；经济维度采用年度全成本口径，综合计入人工、材料、水电、设备折旧与平台运维费用。方法上采用实施前后同季对比并引入相邻未部署片区作为参照，形成准实验对照思路以削弱季节与气候波动的干扰，同时对关键指标计算改善率，并以工单与计量数据作为主要证据来源，确保结论具有可检验性与可复用性。

## 2.3 关键算法与业务规则：可解释的模型嵌入与阈值治理

为避免“黑箱算法”在公共管理领域的可解释性风险，实践中采用规则与模型耦合的决策方式。以灌溉决策为例，系统以土壤含水率  $\theta$  与作物需水（以景观植物等效  $K_c$  表征）为主导，以降雨预报与蒸散量修正作为外生约束，并设置分区阈值  $\theta_{\min}$ 、 $\theta_{\text{target}}$  与最大灌溉时长  $T_{\max}$  以防止过灌；病虫害识别采用“图像模型置信度+人工复核”双阈值机制，将高置信度事件直接触发小范围处置工单，将边界事件转入巡检复核；安全风险以倾斜角、风速阈值与树体缺陷识别为触发条件，形成“预警—封控—处置—复测”的刚性闭环。该机制的治理意义在于将技术能力转化为制度化流程，使智能化养护不依赖少数技术人员经验而具备可复制的组织执行力<sup>[1-2]</sup>。

# 3 实施效果与结果分析

## 3.1 资源节约效果

实施年度的计量数据表明，智能灌溉与分区阀控显著降低了灌溉用水强度，尤其在夏季高温期与降雨间歇期，传统统一灌溉往往造成“雨后补灌”与“低需水地块过灌”，而按需灌溉通过引入降雨预报与土壤墒情阈值实现了有效纠偏<sup>[3-4]</sup>。以道路绿地为例，单位面积月均灌溉水量由实施前的约  $31.6 \text{ L/m}^2$  下降至约  $22.4 \text{ L/m}^2$ ，降幅约 29%；公园草坪区因蒸散量更高但分区更精细，降幅约 24%。能耗方面，泵房智能启停与夜间低谷调度减少了无效运行，单位灌溉水量的电耗由  $0.42 \text{ kWh/m}^3$  下降至  $0.34 \text{ kWh/m}^3$ ，体现出“节水与节能”同步收益。上述结果说明，在市政园林中资源节约并非单纯压缩投入，而是通过状态感知与决策优化提升投入效率，从而实现“少浇但浇对”的治理目标。

表 1 智能化养护实施前后资源指标对比（同季月均）

| 指标                          | 实施前    | 实施后   | 改善幅度    |
|-----------------------------|--------|-------|---------|
| 道路绿地灌溉水量 ( $\text{L/m}^2$ ) | 31.6   | 22.4  | ↓ 29.1% |
| 公园草坪灌溉水量 ( $\text{L/m}^2$ ) | 38.2   | 29    | ↓ 24.1% |
| 单位水量电耗 ( $\text{kWh/m}^3$ ) | 0.42   | 0.34  | ↓ 19.0% |
| “雨后补灌”工单占比                  | 12.80% | 3.10% | ↓ 75.8% |

## 3.2 质量提升效果：成活率、景观一致性与退化控制

在质量维度，智能化养护的优势主要体现在“差异化供给”与“早期干预”带来的生长稳定性提升。补植与养护结合的闭环机制使缺株识别与补植验收从以往的周期性抽查转为常态化巡检，实施后乔灌木补植的三个月成活率由约 92.3% 提升至约 96.8%，草坪退化斑块率（以可识别黄化/裸露斑块面积占比计）由 5.6% 下降至 3.2%，景观一致性评分（由第三方抽样评价，满分 100）由 84.5 提升至 90.1。更值得关注的是，质量改善并非依赖更高的材料投入，而是通过对水肥与修剪节律的优化降低了胁迫事件发生频次，使植被从“波动式恢复”转向“稳定式生长”，从而提升了公共空间的景观连续性与游憩体验<sup>[5]</sup>。

## 3.3 风险治理效果：病虫害与安全隐患的响应时滞压缩

在风险维度，智能化养护的治理价值集中体现在缩短处置时滞与提升闭环率。实施前病虫害多依赖人工巡查发现，往往在扩散后才集中施治，导致防治成本上升与景观受损扩大；实施后通过虫情测报与图像识别触发工单，病虫害从发现到派单的平均时长由约 48 小时缩短至约 6 小时，从派单到处置完成的时长由约 72 小时缩短至约 24 小时，综合时滞下降约 70%。在台风季与强对流天气场景下，树木倾斜与断枝风险可由风速阈值与树体缺陷识别联动触发巡检，倒伏/断枝隐患工单的闭环率由 88% 提升至 97%，并显著降低了“事后清障”比例，体现出由被动处置向预防性维护的范式转变。该结果说明，智能化并非仅提升作业效率，更重要的是改变风险治理的时间结构，使市政园林具备更强的韧性管理能力。

表 2 实施前后质量与风险指标对比（年度/同季）

| 指标             | 实施前    | 实施后    | 改善幅度     |
|----------------|--------|--------|----------|
| 补植三个月成活率       | 92.30% | 96.80% | ↑ 4.5pct |
| 草坪退化斑块率        | 5.60%  | 3.20%  | ↓ 42.9%  |
| 景观一致性评分 (/100) | 84.5   | 90.1   | ↑ 5.6    |
| 病虫害综合处置时滞 (小时) | 120    | 30     | ↓ 75.0%  |
| 倒伏/断枝隐患闭环率     | 88%    | 97%    | ↑ 9pct   |

## 3.4 经济性分析：全成本口径下的投入产出关系

从经济性看，智能化养护的成本结构发生了“人工成本占比下降、设备与运维成本上升”的再平衡，但在全成本口径下仍呈现净收益。实践年度中，平台服务与传感设备折旧构成新增成本，约占传统年度养护支出的 6%—9%；与此同时，节水节能、精准施药与减少返工带来的可计量节约使

可变成成本下降,尤其在水费、电费与药剂费用上形成稳定减量。以综合测算为例,在不改变景观目标等级的前提下,单位绿地年度综合养护成本由约 26.4 元 /m<sup>2</sup> 下降至约 24.9 元 /m<sup>2</sup>,降幅约 5.7%,且质量与风险指标同时改善,表明智能化养护具有“降本不降质、提质不增耗”的可行性。需要强调的是,该收益依赖于“计量可得、流程闭环、阈值治理与运维到位”的组合条件,若仅停留在设备堆叠而缺乏业务重构,则可能出现成本上升而效果不显著的“伪智能化”风险。

## 4 落地瓶颈、治理机制与优化路径

### 4.1 数据标准与资产编码优化

市政园林智能化养护的首要瓶颈往往不是算法能力,而是数据标准与资产底座不统一导致的“数据不可用”。不同片区、不同承包单位对植物名录、规格口径、作业类型与验收标准的表达差异,会直接削弱模型训练、指标统计与绩效核算的可信度。实践表明,建立统一的园林资产编码体系、植物名录与作业工法库,并将其固化到工单字段与验收模板中,是实现跨区域复制与跨年度对比的关键。换言之,智能化养护必须被视为“技术—标准—制度”协同的治理工程,而非单纯的信息化采购项目。

### 4.2 组织协同与承包机制分析

在多数城市,园林养护采取分片外包与年度考核机制,若考核仍以“投诉量”“抽查合格率”等结果性指标为主,承包单位可能缺乏投入智能化的积极性,甚至出现数据上报与现场作业脱节的问题。智能化养护更适配“过程性绩效”与“数据证据链”导向的合同机制,即将响应时长、闭环率、按需灌溉执行率、节水节能目标与风险预警处置纳入考核,并通过平台自动留痕减少争议成本,从而把技术能力转化为可激励、可约束的治理工具。只有当市政管理部门、平台运维方与养护单位在目标函数上实现一致,智能化才能稳定地产生长期效益。

### 4.3 运维与安全周期管理

智能化系统的有效性高度依赖长期运维,包括传感器校准、通信稳定、阀控与泵房设备维护、模型迭代与权限安全等。若缺乏运维体系,传感数据漂移与设备离线将迅速侵

蚀决策可靠性,进而导致养护人员回归经验作业。与此同时,园林数据具有公共基础设施属性,涉及地理信息、设备控制与人员调度,必须建立分级授权、日志审计与应急降级机制,确保在网络异常或极端天气下可切换至安全模式,避免“系统故障引发管理失序”。因此,建议以全生命周期视角配置运维预算与岗位能力,并将系统可用率、数据完整率与工单闭环率作为运维绩效的核心指标,形成可持续运行的制度闭环。

## 5 结语

本文围绕市政园林管理的现实痛点,构建了智能化养护的技术—业务—治理一体化分析框架,并以城市道路绿地与公园群为实践案例,对资源、质量、风险与成本四类指标进行了实施前后对比评价。研究表明,智能化养护通过多源感知实现状态连续获取,通过智能决策实现按需供给与作业优化,通过数字孪生实现过程留痕与绩效可核验,最终在节水降耗、质量稳定与风险响应方面形成显著改善,并在全成本口径下呈现可验证的综合收益。面向推广应用,建议城市园林主管部门以资产编码与数据标准为先导,以智能灌溉与风险预警为优先落地场景,以工单闭环与过程绩效为制度抓手,分区分级推进智能化改造,同时建立覆盖设备、通信、模型与安全的运维体系,从而将技术能力固化为市政园林精细化治理的长期能力与韧性基础。

## 参考文献

- [1] 廖亚男. 智能化技术在园林植物养护管理中的应用[J]. 花木盆景, 2025, (12): 71-72.
- [2] 杜峰. 园林植物养护智能化统计管理系统探究[J]. 广东蚕业, 2025, 59(05): 80-82.
- [3] 李颖. 智能化养护开启园林新赛道[N]. 中国花卉报, 2025-04-17(004). DOI:10.38297/n.cnki.nzghh.2025.000093.
- [4] 谢孟奎. 深圳市园林生态环境建设中植物配置及养护措施探讨[J]. 南方农业, 2024, 18(18): 160-162. DOI:10.19415/j.cnki.1673-890x.2024.18.053.
- [5] 黄小梅, 司伟业. 智能科技在园林建筑管理中的应用[J]. 住宅产业, 2024, (05): 94-96.