

园林工程中的土壤水管理技术与创新实践

杜特

山东蓝岸园林工程有限公司

DOI:10.12238/etd.v6i2.12911

[摘要] 园林工程中的土壤水管理直接影响植物生长以及生态平衡。随着城市化进程加快以及气候变化频繁,传统灌溉方法难以满足园林植物对水分的精准需求。相关研究证明:智能水分监测与精准灌溉技术能降低水资源消耗30%,提高土壤水分利用效率25%;土壤改良与透水铺装技术可减少土壤水分流失,增强植物抗旱能力。通过对衡水市林业科学研究所的数据分析,合理的水管理能使树木生长速度提高20%,抗病能力增强15%。传统定时灌溉与基于土壤水分监测的精准灌溉相比,后者可节约用水量达32%,显著降低维护成本。综合应用智能监测与土壤改良以及精准灌溉等技术,不仅优化了园林土壤水分环境,还提高了生态系统稳定性以及园林景观质量。

[关键词] 园林工程; 土壤水分; 土壤改良; 精准灌溉; 水分监测

中图分类号: S156 **文献标识码:** A

Technology and innovative practice of soil water management in landscape engineering

Te Du

Shandong Blue Shore garden engineering Co., LTD

[Abstract] Soil water management in landscape engineering directly affects plant growth and ecological balance. With the acceleration of urbanization and the intensification of climate change, traditional irrigation methods are difficult to meet the precise water needs of garden plants. Intelligent water monitoring and precision irrigation technology can reduce water consumption by 30% and improve soil water use efficiency by 25%. Soil improvement and permeable paving technology can reduce soil water loss and enhance drought resistance of plants. According to the data analysis of Hengshui Forestry Research Institute, reasonable water management can increase the growth rate of trees by 20% and increase the disease resistance by 15%. Compared to precision irrigation based on soil moisture monitoring, traditional timed irrigation can save up to 32% of water consumption and significantly reduce maintenance costs. The integrated application of intelligent monitoring and soil improvement and precision irrigation technologies not only optimizes the soil water environment of the garden, but also improves the stability of the ecosystem and the quality of the garden landscape.

[Key words] garden engineering; Soil moisture; Soil improvement; Precision irrigation; Moisture monitoring

土壤水分是园林植物生长的基础条件,其管理质量对园林工程效果具有决定性影响。适宜的土壤水分环境既要避免过多导致根系缺氧,也不能过少造成植物萎蔫。极端天气事件频发的背景下,园林工程面临严峻的水分管理挑战。干旱地区水资源匮乏,而多雨区域则常出现排水不畅与土壤结构破坏等问题。城市化进程中不透水地面增加,打破了自然水文循环,导致土壤水分条件恶化。优化园林工程中的土壤水管理技术,实现水土资源高效利用,是当前园林工程领域亟待解决的关键问题。

1 园林工程中土壤水管理的理论基础

园林工程中土壤水管理的理论基础涉及土壤水分特性与

植物生长的紧密关系。土壤水分按形态可分为重力水与毛管水与吸湿水以及化合水,其中毛管水是植物可利用水分的主要来源,占土壤总储水量的60-70%。土壤水分通过参与光合作用与养分运输以及调节植物体温等生理过程,直接影响植物的生长发育^[1]。城市园林土壤具有特殊的物理特性,如土壤容重通常在1.2-1.6g/cm³范围内,透水性以及通气性往往受到压实的影响。土壤含水量与水力传导性呈非线性关系,当土壤含水量在15%-25%之间时,水力传导性最佳。在土壤-植物-大气连续体系统中,水分通过土壤孔隙吸收与根系导管与茎干输导以及叶片蒸腾形成完整传输链。园林植物耗水规律受季节变化以及气候条件影响,夏季蒸腾量可达春秋的1.5-2倍。维持土壤水分平衡是稳

定园林生态系统的因素,适宜的土壤含水量能增强植物抗逆性,降低病虫害发生率约25%,提高植物存活率30%以上。

2 园林土壤水分管理问题

2.1 土壤压实与结构破坏

城市园林土壤压实与结构破坏严重制约着植物的健康生长。园林建设过程中,重型机械反复碾压导致土壤容重增大至 $1.65\text{--}1.80\text{g/cm}^3$,远高于植物生长适宜的 $1.20\text{--}1.35\text{g/cm}^3$ 范围,土壤孔隙度下降25%~40%。压实土壤透水性能显著降低,渗透系数仅为未压实土壤的 $1/5\text{--}1/10$,造成水分入渗受阻与表面径流增加。土壤结构破坏导致团粒结构比例从正常土壤的65%~70%降至20%~30%,大量团聚体被破坏成分散状态,失去保水与供气功能。结构破坏的土壤容易板结,形成厚度3~8cm的硬化层,根系穿透阻力增加2~3倍,限制根系伸展以及水分吸收。数据显示,结构不良的压实土壤中,植物根系分布深度减少40%,根系体积减小55%,导致植物生长缓慢,冠幅发展受限,抗旱能力下降,严重时植株早衰甚至死亡,成活率比正常条件下降28%。

2.2 灌溉系统效率与节水技术

园林灌溉系统效率低下问题严重影响水资源利用。传统地面漫灌方式的水分利用率仅为40%~50%,大量水分通过地表径流与深层渗漏以及蒸发损失。定时定量灌溉策略忽视了实际土壤水分状况以及植物需水动态,导致有效灌溉系数低于0.6。灌溉系统设计不合理,喷头覆盖不均匀,径向分布均匀系数CU值仅为65%~75%,远低于标准要求的85%以上,造成局部区域水分过剩或不足。灌溉管网老化泄漏率高达15%~25%,自动化控制系统陈旧,无法实现基于土壤水分数据的智能调控^[2]。衡水市林业研究所资料显示,采用新型微灌技术后,灌溉水利用系数可提高至0.85~0.95,节水率达30%~45%,且灌溉均匀度明显改善,CU值提升至90%以上,植物生长状况显著改善,生长速度提高20%~30%。精准灌溉技术对改善林木成活率以及生长质量效果显著。

2.3 排水系统设计及功能缺陷

园林排水系统功能缺陷导致植物水分胁迫以及景观质量下降。目前园林排水系统设计普遍存在雨水收集管网布局不合理,集水井数量不足,排水能力与设计雨强不匹配等问题,在强降雨条件下无法及时排除过量水分。根据河南农业统计数据,排水系统不完善的园林区域,土壤过湿时间延长3~7天,导致根系缺氧,根腐病发生率增加35%。排水设施老化堵塞现象普遍,检查井淤积率达40%~60%,管道堵塞率达20%~30%,严重降低了系统排水效率。地表径流与深层排水系统衔接不良,造成局部积水以及土壤水分分布不均,地表径流量增加55%~70%,加剧了水土流失^[3]。排水与灌溉系统规划脱节,未能形成水资源循环利用机制,导致旱季缺水与雨季涝害的矛盾突出。依据定西园林绿化站资料,完善的立体排水系统能将雨后土壤含水量控制在田间持水量的75%~85%范围内,减少植物根系缺氧时间,根系活力提高25%~40%,植物抗逆性明显增强。

2.4 排水系统功能不完善

园林雨水资源管理与决策体系不完善造成水资源浪费以及

利用效率低下。园林工程中雨水收集设施严重缺乏,透水铺装比例仅占园林硬质铺装面积的10%~15%,远低于理想的30%~40%,导致雨水资源收集率不足20%。雨水利用技术应用滞后,雨水花园与生物滞留带等设施较少,仅有的蓄水池容量偏小,无法有效应对季节性降雨不均问题。土壤水分监测设备陈旧,数据采集方式落后,监测点位布设不合理,导致数据断点多与精度低,难以以水分管理决策提供科学依据。水分管理决策过程缺乏系统性评估,依赖经验判断,灌溉操作标准化程度低,管理人员专业素质参差不齐。依据衡水林业科学研究所实验数据,建立完善的雨水收集利用系统后,雨季径流利用率可提高至65%~75%,结合智能决策系统可将灌溉用水量减少25%~35%,灌溉均匀度提升20%,显著提高园林植物生长状况以及景观效果。

3 园林土壤水分管理技术创新

3.1 智能化土壤水分监测技术

园林土壤智能监测技术运用物联网传感器以及数据分析系统实现对土壤水分状态的实时监测。埋入式土壤湿度传感器能够监测不同深度的土壤含水量变化,监测精度达 $\pm 2\%$,实现对根系分布区域的全方位监控。高精度TDR土壤水分监测系统使测量平均误差控制在1.5%以内,且对土壤质地适应性强。园林工程中应用各类智能水分监测技术性能参数以及效果如表1所示^[4]。从表1数据可见,TDR技术在精确度方面表现最佳,测量误差仅为 $\pm 1.5\%$,适用于需要高精度监测的重点区域;而无线传感器网络在监测频率以及电池寿命方面具有明显优势,每5分钟采集一次数据,电池可连续使用3~5年,适合大面积园林区域的长期监测。智能集成系统虽然投资成本较高,但综合节水效率达32%,经济效益显著。

表1 园林土壤水分监测技术比较及应用效果

监测技术类型	测量精度	数据采集频率	监测深度	电池寿命	应用效果
电阻式传感器	$\pm 3.5\%$	30分钟/次	0~30cm	2~3年	节水率提高20%
TDR技术	$\pm 1.5\%$	15分钟/次	0~100cm	1~2年	灌溉均匀度提升25%
无线传感器网络	$\pm 2.0\%$	5分钟/次	0~60cm	3~5年	灌溉决策准确率增加30%
红外热成像监测	$\pm 4.0\%$	实时	表层	需外接电源	植物水分胁迫预警提前24小时
智能集成系统	$\pm 2.0\%$	可调	0~150cm	根据组件而定	综合节水效率提高32%

智能监测结合土壤改良技术,通过添加黏土与有机质以及矿物材料等改良剂,显著提高土壤团粒结构比例,使团聚体从20%~30%提升至55%~65%,透气性提高30%。如表1所示的监测系统可实时跟踪改良效果,微生物制剂与腐殖质结合应用能够加速土壤有机质转化,提高土壤肥力,使容重从 $1.65\text{--}1.80\text{g/cm}^3$ 降至 $1.30\text{--}1.45\text{g/cm}^3$,土壤孔隙度增加15%~25%。改良后的土壤保水能力提升40%,根系活力增强35%,植物抗旱能力显著提高。

3.2 精准灌溉与节水技术应用

园林精准灌溉技术通过综合应用智能控制系统与变频调速设备以及多元化灌溉终端,实现对灌溉过程的精确控制。微灌系

统利用滴灌与微喷以及渗灌等方式,将灌溉水利用系数从0.40-0.50提高至0.85-0.95,节水率达30-45%。基于土壤水分闭环控制的灌溉技术能根据设定的土壤湿度阈值自动启停,避免过度灌溉导致的水分浪费以及根系缺氧。灌溉均匀度CU值提升至90%以上,较传统灌溉提高25个百分点。低压喷灌与脉冲式灌溉相结合,使水滴粒径控制在0.5-1.2mm范围,减少径流以及蒸发损失20%^[5]。同时,氮肥通过灌溉水输送的方式避免了表面施肥带来的养分流失,提高肥料利用率28%。数据显示,精准灌溉技术能够使树木生长速度提高20-30%,显著改善植物抗病虫能力以及景观效果。

3.3 立体排水与雨水资源利用技术

园林立体排水技术通过地表与浅层以及深层三级排水系统的协同作用,形成完整的排水网络。如表2所示,不同排水与雨水利用设施具有各自的技术特点以及应用效果。透水铺装材料的渗透性能最为突出,渗透系数达15-25mm/min,较普通混凝土铺装高出10倍,有效减少地表径流55-70%。

表2 园林立体排水与雨水利用技术性能比较

技术类型	主要参数	设计标准	处理能力	应用效果	经济性
透水铺装	渗透系数 15-25mm/min	年降雨量 800mm	地表径流减少 55-70%	根系缺氧减少 65%	投资回收期 4-6年
下沉式绿地	蓄水能力 45-60L/m ²	2年一遇暴雨	延缓径流2-3 小时	峰值流量降低 40%	建设成本较 低
雨水花园	渗透率25-40mm/h	径流污染物削减 80%	滞留时间 12-24小时	水质净化率 85%	维护成本低
屋面雨水收集	收集效率 75-85%	集水面积相关	年均收集量 500-700mm	节水率 30-40%	3-5年回本
雨水储存设施	储水能力 100-150L/m ²	季节性调节	旱季供水1-2 个月	灌溉自给率 提高45%	需定期维护
生物滞留系统	污染物去除率 70-90%	设计降雨 25mm/d	平均滞留24 小时	水质达灌溉 标准	综合效益高

下沉式绿地与雨水花园结合设计,形成自然蓄滞空间,从表2可见,其蓄水能力达45-60L/m²,暴雨条件下可延缓径流时间2-3小时。导排沟以及集水井优化布局后,排水能力提升35%,根系缺氧时间减少3-7天。表2也显示,屋面雨水收集效率可达75-85%,远高于传统收集方式。整合多种技术后,园林雨水收集系统包括屋面汇水与地表径流收集以及储水设施,综合收集效率从不足20%提高至65-75%。

雨水资源多级净化处理后用于园林灌溉,表2数据表明,经生物滞留系统处理的雨水污染物去除率达70-90%,水质完全满

足灌溉需求,年均可替代常规水源使用量25-35%。透水性地下水补给系统能促进雨水下渗补充地下水,减轻市政排水压力,修复城市水文循环。

3.4 集成管理与智慧决策技术体系

园林水分管理智慧决策技术基于物联网以及大数据分析,实现对园林水分环境的综合管理。多源异构传感器网络覆盖园林各功能区域,形成水分监测密度为每100-150m²一个监测点的立体监测网络,数据采集频率可根据天气状况动态调整,监测精度提高45%。基于云计算的数据分析平台能够处理海量水分数据,建立土壤-植物-气象水分关系模型,预测精度达85%以上。智能管理软件通过水分平衡分析,自动生成灌溉方案,使灌溉决策从经验型向数据驱动型转变。权限分级管理机制确保不同管理人员获取相应层级的数据以及控制权限,提高管理效率30%。智慧决策系统集成气象预报数据,提前24-72小时预警极端天气事件,启动应急预案,降低气象灾害对园林植物的影响25%。系统全面上线后,园林养护人员工作效率提升40%,维护成本降低32%。

4 结语

园林土壤水分管理技术正从传统经验模式向科学精准方向转变。针对土壤监测技术落后、土壤结构不良、灌溉效率低下与排水功能不完善等问题,采取智能监测技术、土壤改良技术以及精准灌溉系统等创新方法提升了水分管理效率。这些技术优化了园林土壤水分环境,提高了水资源利用率,改善了植物生长状况。使得园林土壤水分管理将更加精准化、智能化以及生态化,为构建资源节约型城市景观提供技术支撑。并且加强技术创新与实践应用的结合,制定科学的管理标准,是推动园林工程可持续发展的必然选择。

[参考文献]

- [1]秦晓东.滴灌技术对农田土壤水分保持能力的改善效果分析[J].黑龙江粮食,2025,(01):42-44.
- [2]毛晓宁,史正军,谢惠春.园林废弃物覆盖组分及厚度对土壤水分物理性质的影响[J].灌溉排水学报,2024,43(3):39-44.
- [3]陈文华.土壤改良在园林种植中的重要性以及应用[J].河南农业,2024,(04):30-32.
- [4]巴婷婷.基于不同施肥模式下的陕核桃林土壤水分及管理技术研究[D].西北农林科技大学,2023.
- [5]马靖涵,穆艳.城市绿化树种银杏的蒸散特征以及土壤水分状况[J].水土保持通报,2023,43(02):69-76+86.

作者简介:

杜特(1996-),男,汉族,山东济宁人,大学本科,助理工程师,研究方向:景观工程。