

园林绿化废弃物资源化利用技术及其生态效益分析

陈凤革

湖北省林业科学研究院 湖北 武汉 430075

摘要：随着我国城市化进程的加速和生态文明建设的深入推进，城市园林绿化面积持续扩大，由此产生的园林绿化废弃物（Green Waste）数量也急剧增长。传统的填埋或焚烧处理方式不仅占用宝贵的土地资源，造成环境污染，更是一种对有机质资源的巨大浪费。本文系统梳理了当前主流的园林绿化废弃物资源化利用技术，包括堆肥化、生物质能源化、基质化及材料化等，并深入分析了各类技术的工艺流程、适用条件及技术瓶颈。在此基础上，从土壤改良、碳汇功能、污染减排、生物多样性保护及循环经济构建等多个维度，全面评估了资源化利用所带来的显著生态效益。研究表明，推进园林绿化废弃物的资源化利用是实现城市固体废物减量化、资源化、无害化目标的关键路径，对于建设资源节约型、环境友好型社会具有重要的战略意义。

关键词：园林绿化废弃物；资源化利用；堆肥；生物质能源；生态效益；循环经济

引言

园林绿化是现代城市生态系统的重要部分，对改善人居环境等作用重大。但城市绿地发展带来大量枯枝、落叶等园林绿化废弃物，成为城市固体废物管理新课题。我国大中城市每年产生的此类废弃物达数千万吨且逐年递增。长期以来，这些富含有机质的“城市矿产”多被简单填埋或露天焚烧。填埋挤占土地资源，产生温室气体和渗滤液威胁土壤与地下水；焚烧排放有害物质污染空气、危害健康。这种粗放处理模式违背可持续发展理念，造成资源浪费。在此背景下，探索推广园林绿化废弃物资源化利用技术，将其转化为生态建设资源，成为学界、业界和政府关注焦点。资源化利用是解决废弃物问题的有效手段，也是推动循环经济、实现“双碳”目标的重要举措。系统梳理技术路径、评估生态效益并提出发展策略，具有紧迫性和战略意义。

1 园林绿化废弃物资源化利用的主要技术路径

园林绿化废弃物主要由纤维素、半纤维素、木质素等有机成分构成，具有热值高、无重金属污染、可生物降解等特性，为其资源化利用提供了良好的物质基础。目前，主流的技术路径主要包括以下四类：

1.1 堆肥化技术

堆肥化是目前最为成熟且应用范围最广的园林绿化废弃物资源化技术。该技术的核心在于通过人为调控水分、氧气、温度和碳氮比等环境参数，创造适宜好氧微生物生长繁殖的条件，从而加速废弃物中不稳定有机物的分解与转化，最终形成一种结构稳定、无臭无害、富含腐殖质的有机物料——堆肥。整个工艺流程通常始于原料的预处理阶段，即将收集到的枝叶进行破碎和分

选，以去除杂质并调整粒径，为后续发酵创造均一条件。随后进入一次发酵（主发酵）阶段，此阶段需通过强制通风或定期翻堆来维持充足的氧气供应，并确保堆体温度在55至65摄氏度之间持续数日，以有效杀灭病原菌和杂草种子。一次发酵完成后，物料还需经历二次发酵（后熟）过程，使有机物进一步稳定化，减少植物毒性物质的残留。最终经过筛分，即可得到符合质量要求的堆肥成品^[1]。尽管堆肥技术优势明显，能够生产出改良土壤、培肥地力的优质产品，但在实际应用中仍面临诸多挑战。例如，木质素含量较高的粗壮树枝难以被微生物快速降解，往往导致整个发酵周期延长；若原料碳氮比失衡或通气不畅，则易引发厌氧反应，产生氨气、硫化氢等恶臭气体，影响周边环境；此外，由于园林废弃物来源多样、季节性强，其成分波动较大，也给堆肥产品质量的稳定性控制带来了困难。

1.2 生物质能源化技术

鉴于园林绿化废弃物具有较高的热值和清洁的燃烧特性，将其转化为生物质能源是实现能量回收的重要途径。其中，直接燃烧是最为直观的方式，即将干燥后的废弃物送入专用锅炉进行焚烧，所产生的热能可用于发电或区域供热。然而，这种方式对燃料的含水率和热值有较高要求，且必须配套高效的烟气净化系统，以控制氮氧化物、颗粒物等污染物的排放。为了提升燃料的品质和利用效率，成型燃料技术应运而生。该技术通过机械高压将粉碎后的废弃物压缩成高密度的颗粒或块状，不仅便于储存和长距离运输，还能显著提高燃烧效率，成为替代煤炭的理想清洁燃料。除了直接燃烧，热化学转化技术为废弃物的高值化利用开辟了新路径。在限氧

条件下进行的气化过程，能将有机物转化为富含一氧化碳和氢气的可燃气体，可用于分布式能源系统；而在完全无氧环境下的热解，则能同步产生生物油、合成气和生物炭三种产物，其中生物炭因其高度芳香化的稳定碳结构和发达的孔隙系统，兼具土壤改良与长期固碳的双重功能。此外，对于含水率较高的草屑、落叶等物料，厌氧消化技术展现出独特优势。该技术在密闭反应器中利用厌氧菌群将有机物分解，产生以甲烷为主要成分的沼气，经提纯后可作为车用燃料或并入天然气管网，实现了能源的清洁化回收。

1.3 基质化利用技术

园林绿化废弃物经过充分腐熟和稳定化处理后，其物理结构疏松、保水保肥性能良好，完全具备替代传统园艺基质的潜力。在全球泥炭资源日益枯竭、开采活动对湿地生态系统造成严重破坏的背景下，利用本地化的园林废弃物开发新型栽培基质，不仅具有经济价值，更承载着重要的生态保护意义。实现这一转化的关键在于确保处理过程的彻底性。未经充分腐熟的废弃物中可能含有酚类、萜烯类等对植物根系有毒害作用的中间代谢产物，以及潜在的病原微生物，直接使用会抑制植物生长甚至导致死亡。因此，通常需要经过长达数月甚至更久的堆肥或发酵过程，使其达到完全稳定状态^[2]。在此基础上，根据不同应用场景（如花卉盆栽、无土栽培、屋顶绿化或矿山生态修复）对基质容重、孔隙度、pH值和养分含量的具体要求，对处理后的物料进行科学配比和调整。这种“以废治绿”的模式，成功地将城市内部的有机循环闭环打通，既减少了对外部不可再生资源的依赖，又为城市绿化提供了可持续的物料支持。

1.4 材料化利用技术

材料化利用代表了园林绿化废弃物资源化利用的高值化发展方向，旨在通过物理或化学手段，将其转化为具有特定功能和市场价值的新型复合材料。其中，木塑复合材料（WPC）是典型代表，它将精细粉碎的木纤维与回收塑料在高温下共混挤出，制成兼具木材自然质感与塑料耐候、免维护特性的户外建材，广泛应用于公园步道、景观护栏和休闲设施等领域。另一种路径是将其作为人造板的原料，通过添加环保胶黏剂，压制成可用于家具或室内装饰的板材，实现了对木材资源的有效补充。相比之下，覆盖物（Mulch）的应用则更为简便和生态友好。只需将树枝、树皮等进行简单破碎，便可直接铺设于绿地表面。这种就地取材、就地利用的方式成本低廉，却能发挥多重生态功能：覆盖层能有效阻隔阳光，抑制杂草萌发；减少土壤水分因蒸发而造成的损

失；缓冲雨水对地表的冲刷，防止水土流失；并在其缓慢自然分解的过程中，持续向土壤释放有机质和养分，形成良性循环。这种低干预、高效益的利用模式，尤其适用于公园、道路隔离带等大面积绿地的日常养护。

2 园林绿化废弃物资源化利用的生态效益分析

将园林绿化废弃物从“城市负担”转变为“生态资产”，其带来的生态效益是全方位、多层次的，具体体现在以下几个方面：

2.1 改良土壤，提升生态系统生产力

堆肥或基质化产品施用于城市绿地，可有效实现有机质回归，激活土壤生命活力。富含腐殖质的有机物料显著提升土壤有机质含量，改善土壤物理结构，促进团粒形成，增强通气透水性，缓解因城市建设导致的土壤板结^[3]。在化学层面，有机质提高阳离子交换量（CEC），增强对钾、钙、镁等养分的吸附与供给能力；腐殖酸还能活化被固定的磷等元素，提升养分有效性。同时，有机物料为土壤微生物和蚯蚓等提供栖息环境与营养来源，构建结构复杂、功能健全的土壤微生态系统，加速养分循环、抑制土传病害，全面提升城市绿地的生产力、稳定性与抗逆性。

2.2 增强碳汇功能，助力“双碳”目标

资源化利用有效避免园林废弃物在填埋场厌氧分解产生甲烷（CH₄）——其温室效应远超二氧化碳。通过好氧堆肥、能源化或热解技术，不仅减少强效温室气体排放，还将碳以稳定形式封存。堆肥中的稳定有机碳可在土壤中长期积累，形成碳汇；生物炭则因其高度芳香化结构，可固碳数百年至上千年，兼具土壤改良与长效碳封存双重效益。此外，生物质能源替代化石燃料，进一步降低碳排放，为城市实现“碳达峰、碳中和”目标提供切实路径。

2.3 减少环境污染，改善人居环境

资源化模式切断了传统处理带来的污染链条。集中规范处理杜绝了露天焚烧产生的PM2.5、VOCs及二噁英等有害物质，显著改善空气质量。分流处理大幅减轻垃圾填埋场负荷，延长其使用寿命，并降低高浓度渗滤液对土壤和地下水的污染风险^[4]。优质堆肥作为缓释有机肥，可部分替代化肥，减少氮磷流失，缓解水体富营养化，守护城市水生态安全，整体提升人居环境质量。

2.4 促进生物多样性保护

健康土壤是生物多样性的基础。资源化产品改良后的土壤，为植物根系、微生物及土壤动物（如蚯蚓、螨类）提供更适宜的生境，丰富地下生物多样性。地表覆盖物则为瓢虫、草蛉、蜥蜴等益虫与小型动物提供庇护

所，增强城市生态系统的结构复杂性与功能完整性。此外，以园林废弃物制备园艺基质，可减少对天然泥炭地的开采。泥炭地不仅是全球重要碳库，也是众多濒危物种栖息地，其保护对全球生物多样性与气候治理具有战略意义。

2.5 构建城市内部物质循环，推动循环经济发展

园林废弃物资源化践行了循环经济“减量化、再利用、资源化”原则，构建起城市内部的物质闭环：绿地“代谢产物”转化为堆肥、能源、基质等再生资源，重新投入绿化、能源或建设领域，变废为宝。该模式降低城市对外部资源（如化肥、泥炭、木材、化石能源）的依赖，提升系统韧性，同时催生绿色产业链，带动废弃物收运、技术研发与产品应用等环节，创造就业与经济增长点，推动城市向资源节约、环境友好、经济高效的可持续发展模式转型。

3 存在的问题与对策建议

3.1 主要问题

一是源头分类与收运体系缺失，废弃物易与生活、建筑垃圾混杂，增加分拣难度和成本，影响产品品质。二是行业标准体系不健全，产品质量参差不齐，阻碍市场规模化应用。三是经济激励机制缺位，资源化产品成本高，生态价值难体现，政府扶持政策不完善，企业参与积极性受挫。四是社会公众认知偏差，将资源化产品与“垃圾”划等号，对其安全性存疑，限制市场接受度。

3.2 对策建议

顶层设计上，将管理纳入相关法规，明确部门职责，制定专项规划，设定资源化率目标。基础设施方面，构建分类收运网络，设置专用投放点，推行专业化清运模式，建立智慧化管理平台。市场规范上，加快标

准体系建设，出台全链条技术标准和质量认证体系。政策激励上，实施“双轮驱动”，给予企业实质性扶持，推行“绿色采购”制度。同时，加强科普宣传，营造支持绿色循环发展的良好氛围。

4 结语

园林绿化废弃物并非一无是处的垃圾，而是沉睡的城市有机资源。通过堆肥化、能源化、基质化和材料化等多种技术路径对其进行资源化利用，能够产生巨大的生态、经济和社会综合效益。它不仅能够有效解决城市固体废物处理难题，更能反哺城市生态系统，改良土壤、固碳减排、保护生物多样性，是构建韧性、低碳、循环型城市不可或缺的一环。面对当前存在的收运、标准、政策和认知等挑战，亟需政府、企业、科研机构和公众形成合力，通过完善顶层设计、健全基础设施、强化政策引导和深化科普宣传，打通从“废弃物”到“资源”的最后一公里。唯有如此，才能真正将“城市落叶”转化为“绿色财富”，让城市的每一次呼吸都更加清新，让生态文明的画卷在每一寸土地上生动铺展，最终实现人与自然和谐共生的现代化愿景。

参考文献

- [1]于祥民,孔爱辉,姚秋燕,等.园林绿化废弃物资源化利用途径探讨[J].现代园艺,2025,48(21):186-189+192.
- [2]劳连木,高光亮,江雨佳,等.绍兴市园林绿化废弃物资源化利用的实践与探索[J].南方农业,2025,19(16):128-130.
- [3]史小雯.浅谈园林绿化废弃物处置及资源化利用策略[J].建筑科技,2025,9(03):17-19.
- [4]齐梓婷.“双碳”战略下园林绿化废弃物资源化利用探究[J].现代园艺,2025,48(04):184-186.