

ICS 号
中国标准文献分类号

团体标准

团体标准编号
代替团体标准编号

园林绿化废弃物堆肥低碳处理技术

Low-carbon technology of green waste
composting

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国建筑节能协会 发布

前 言

本文件按照 [GB/T 1.1—2020](#) 《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由中国建筑节能协会提出并归口管理。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件负责起草单位：北京林业大学、承德晟昊土地整理有限公司

本文件参加起草单位：北京如景生态园林绿化有限公司、动向国际科技股份有限公司、北京市首发天人生态景观有限公司、北京金都园林绿化有限责任公司、河北龙庆生物科技有限公司、北京大地聚龙生物科技有限公司、北京东祥环境科技有限公司、北京凯茵有机肥生产有限责任公司、北京农学院

本文件主要起草人：李素艳、孙向阳、杨庆丽、刘笑冰、何军、吕辰光、王敏、胡兴波、宁艳民、于亚飞、王亮、朱梦佳、马艳明、于祥民、申育春、张璐、郝丹、丁昊、王一格、李雅琳、揭阳、常晓彤、沈丹青、何艳玲、王迪、王辉

本文件主要审查人员：

园林绿化废弃物堆肥低碳处理技术

1 范围

本文件规定了园林绿化废弃物好氧堆肥低碳处理技术的基本要求，场地设置、收集和运输、预处理要求，堆肥过程的低碳处理技术和碳排放量核算方法。

本文件适用于园林绿化废弃物的低碳堆肥处理。

本文件适用于城市园林绿化废弃物处理和资源化利用项目的规划、建设和运营。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 4352 载货汽车运行燃料消耗量

GB 8978 污水综合排放标准

GB 12348 工业企业厂界环境噪声排放标准

GB/T 12801 生产过程安全卫生要求总则

GB 14554 恶臭污染物排放标准

HJ 905-2017 恶臭污染环境监测技术规范

T/LCAA 005-2021 气体中甲烷、氧化亚氮和二氧化碳浓度测定

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

园林绿化废弃物堆肥 green waste composting

在人工控制的温度、湿度、碳氮比和通风条件下，园林绿化废弃物经过预处理及好氧发酵，将不稳定有机物降解、转化成稳定腐殖质的过程。

3.2

园林绿化废弃物堆肥低碳处理技术 low-carbon technology of green waste composting

遵循可持续发展理念，以低能耗、低污染、低排放为目标，通过优化园林绿化废弃物堆肥的环境条件，推进外源添加剂正确选择和合理使用等措施，从而减少堆肥过程碳排放的技术。

3.3

碳排放 carbon emission

堆肥过程中，园林绿化废弃物向大气释放温室气体总量，以二氧化碳当量（kgCO₂e）表示。

3.4

碳减排量 carbon emission reduction

经计算得到低碳堆肥技术的碳排放量与基准线排放量相比较的减少量。

3.5

限值 limit

园林绿化废弃物堆肥过程中，碳排放量最大允许值。

4 基本要求

相关部门和企业应实现功能互补，形成园林绿化废弃物低碳处理和应用的资源化利用体系，使碳减排量达到 15%以上，实现园林绿化废弃物处理与绿色循环经济体系的结合。

5 场地设置

5.1 堆肥场地应以“合法生产”为总原则，进行合理规划。应以“低污染、低排放、低消耗”为目标，降低场地设置中各个环节的能源消耗，达到节能减排的目的。

5.2 应选择排水性能良好，且交通便利、运输距离合理，能最大程度降低运输过程碳排放的区域建立堆肥场地。

5.3 堆肥场地规模应与辐射区域园林绿化废弃物产生量匹配，场地内布局应符合堆肥技术流程，以减少堆肥材料以及产品在转移过程中能源消耗为目标。

6 收集和运输

6.1 收集

按照所在林地绿地内植物生长周期制定科学修剪计划，充分安排好收集人员和作业工具。对需要集中处理的园林绿化废弃物进行分类装袋，条块状废弃物进行扎捆，碎屑状废弃物进行装袋。感染病虫害的园林绿化废弃物应单独收集处理并堆肥。

6.2 运输

6.2.1 园林绿化废弃物转运范围不宜过远，单次转运运输距离不宜超过 15 公里。

6.2.2 运输车辆低碳能耗限额应符合 GB/T 4352 载货汽车运行燃料消耗量的要求。

7 预处理

7.1 分拣

应分拣去除园林绿化废弃物中的非植物材料，不应混入：

- a) 生活垃圾；
- b) 具有毒性、腐蚀性、易燃性、反应性或者感染性的危险废物；
- c) 工业固体废物；

d) 建筑垃圾。

7.2 分类

应将园林绿化废弃物按纤维素类（如落叶、草屑类）和木质素类（包括枯枝、树干及灌木剪枝等）进行分类。用于堆肥的木质素类园林绿化废弃物的直径宜小于 5cm。

7.3 材料粉碎及粒径

园林绿化废弃物应进行粉碎处理。粉碎后粒径宜小于 2cm，若满足快速堆肥要求，材料直径宜小于 1cm。

7.4 其他要求

园林绿化废弃物预处理场地应做好降噪措施，主要指标应符合 GB 12348 的要求。

8 堆肥过程

8.1 堆肥条件控制

8.1.1 含水率（湿基）控制

含水率宜控制在 50%~65%之间。根据底物干湿情况，可通过添加干、湿物料或均匀喷水控制含水率。

8.1.2 初始 C/N 比

C/N 比范围应保证微生物活性，减少氮素流失，以 25:1~35:1 之间为宜。

8.1.3 初始 pH

除特殊需要外，堆料初始 pH 值宜控制在 6~8 范围内。超过此范围时，可加入酸性物质或碱性物质调节，具体种类见 8.2.2。

8.2 外源添加剂

8.2.1 外源添加剂选择原则

堆肥起始或过程中宜加入能有效抑制甲烷（CH₄）排放或固氮的材料。通过增加堆体通气性等方式抑制产甲烷菌的丰度及（或）活性，抑制堆肥过程中甲烷产生；通过提高堆体铵根离子浓度，减少堆肥过程中生成的氧化亚氮（N₂O）。

8.2.2 外源添加剂种类及用量

外源添加剂根据种类和性质不同，分为无机添加剂、有机添加剂和蚯蚓。

8.2.2.1 无机添加剂

无机添加剂种类推荐表见表 1：

表 1 无机添加剂种类推荐表

无机添加剂类	推荐无机添加剂	添加量（以物料	主要作用机理	减排潜力
--------	---------	---------	--------	------

型		干质量计)		
黏土矿物	普通黏土、蛭石、沸石、膨润土等	5%~10%	改善堆体通气条件，抑制甲烷或氧化亚氮产生。	40%~80%
酸性盐	氯化铝、氯化铁、氯化钙、硫酸钙、硫酸亚铁、硫酸铝、(过)磷酸钙等	2%~2.5%	降低堆体 pH 值，抑制甲烷或氧化亚氮产生。	45%~90%
注：上述添加剂宜在堆肥堆体建堆时添加。				

8.2.2.2 有机添加剂

有机添加剂种类推荐表见表 2:

表 2 有机添加剂种类推荐表

有机添加剂类型	推荐有机添加剂	添加量 (以物料干质量计)	主要作用机理	减排潜力
酸性有机液体	木醋液、竹醋液等	1%~2%	降低堆体 pH 值，减少氨气挥发，抑制氧化亚氮产生。	约 15%
炭化产物	生物炭	5%~10%	改善通气条件，抑制甲烷或氧化亚氮产生。	50%~60%
硝化抑制剂及脲酶抑制剂	双氰胺、氢醌	0.1%~0.2%; 0.03%~0.07%	抑制硝化作用和脲酶活性，减少氧化亚氮产生。	18%~70%
注：上述添加剂宜在堆肥堆体建堆时添加。双氰胺高温易分解，需在高温期后再次添加。				

8.2.2.3 蚯蚓

推荐添加主要取食植物残体的表层种蚯蚓，或选择人工培育的专用于堆肥的品种（如大平系列等）参与园林绿化废弃物堆肥，用于增加堆肥物料表面积和孔隙度，改善通气条件。添加量宜处于 8.0~16.0g/kg（底物干重）范围内，添加时期以堆肥进入腐熟期，堆体温度 15℃~25℃时为宜。

8.3 堆肥过程

8.3.1 起堆

应将混匀的堆肥物料堆起，堆体大小可根据发酵区的具体情况确定。露天堆肥的堆料高度宜控制在 1.5m 以上；室内堆肥可适当降低堆体高度。须保证堆体通气量好，避免过多的甲烷排放，必要时可配套通气设施。槽式堆肥的堆肥高度宜高于 1.5m。

8.3.2 翻堆

- 应确保堆肥温度保持 55℃ 以上的累计天数至少 14d 以上，并根据堆肥时期及堆体温度确定翻堆频率，减少由于翻堆引起的 N₂O 排放量增加，并防止温度过高生成大量 CH₄。
- 堆肥升温期，堆体温度首次上升至 55℃~60℃，翻堆一次。

- c) 堆肥高温期，堆体温度保持在 55℃~65℃，每 2d~5d 翻堆一次，但当堆体温度超过 65℃时应及时翻堆，并调节物料的含水量在 50%~65%。
- d) 堆肥降温期，堆体温度低于在 55℃以后，每 7d~12d 翻堆一次。当堆体温度下降至 35℃以下，且连续两天温度差不超过±2℃时，停止翻堆。
- e) 细粒径（<1cm）快速堆肥或槽式堆肥，可每天翻堆一次。

8.3.3 后期腐熟

若需要进一步提高堆肥产物的腐熟度，可将堆体移出堆肥场地继续堆置 30d~60d，中间翻堆 1 次~2 次。

8.3.4 恶臭控制

通过技术和工程措施，控制恶臭。恶臭排放符合 GB 14554 中的二级标准。

8.3.5 渗滤液处理

8.3.5.1 堆肥场渗滤液排放应符合 GB 8978 的有关规定，不应直接排放未经处理的渗滤液。

8.3.5.2 应建立渗滤液收集系统，渗滤液作为堆体淋水循环使用。

8.3.5.3 废水收集池应有防渗漏措施。

8.3.6 温室气体排放监测

温室气体监测采样可参照 HJ 905-2017 中规定的方法进行，样品中 CH₄ 和 N₂O 的测定可参照 T/LCAA 005-2021 中的方法进行。

8.3.7 安全生产管理

8.3.7.1 生产过程中安全卫生管理应符合 GB/T 12801 的有关规定。

8.3.7.2 生产厂区应具备有完善的生产安全规章制度和岗位操作流程。

8.3.7.3 机械操作工应经过培训，考核合格后才能上岗；生产区工人须按工种配备安全生产防护用品。

8.3.7.4 生产场区应有明显的禁烟、防火标识，工作人员需进行防火灭火的培训，配备相应的消防设施，并定期检查消防器材的有效期及记录结果。

8.3.7.5 场地内应建立发生火灾、机械伤人等重大事故时的应急预案。

8.4 堆肥过程碳排放量核算方法

8.4.1 核算边界

以堆肥场地为核算边界，核算堆肥过程中园林绿化废弃物向大气释放 CH₄ 和 N₂O 的总量。不包括堆肥过程中机械设施、设备和生活耗能导致的碳排放。

8.4.2 排放源识别

排放源为园林绿化废弃物堆肥过程；纳入碳排放计算的温室气体为 CH₄ 和 N₂O；堆肥过程产生的 CO₂ 是好氧发酵过程的代谢产物，不属于化石燃料来源，归属于自然碳循环，不做计算。

8.4.3 核算方法

8.4.3.1 碳排放总量

基于 8.3.6 温室气体排放监测结果进行计算，园林绿化废弃物堆肥过程产生的碳排放 E 按照式(1)计算：

$$E=M \times EF_{CH_4} \times GWP_{CH_4}+M \times EF_{N_2O} \times GWP_{N_2O} \dots \dots \dots (1)$$

式中：

E 为园林绿化废弃物堆肥过程中碳排放总量，单位为千克二氧化碳当量（kgCO₂e）。

M 为利用堆肥技术处理园林绿化废弃物的质量，单位为吨（t）；

EF_{CH_4} 为园林绿化废弃物堆肥过程中甲烷排放因子；

GWP_{CH_4} 为甲烷全球变暖潜势，本文件取 28。

EF_{N_2O} 为园林绿化废弃物堆肥过程中氧化亚氮排放因子；

GWP_{N_2O} 为氧化亚氮全球变暖潜势，本文件取 265；

注： EF_{CH_4} 、 EF_{N_2O} 分别为每吨园林绿化废弃物在堆肥过程中向大气释放的甲烷、氧化亚氮数量，单位、数据与活动单位实测值相匹配。

8.4.3.2 碳减排量

堆肥技术的碳减排量 ER ，按式（2）计算：

$$ER=BE-PE \dots \dots \dots (2)$$

式中：

ER 为采用低碳堆肥技术处理后的碳减排量，单位为千克二氧化碳当量（kgCO₂e）；

BE 为园林绿化废弃物堆肥技术的基准线排放量，单位为千克二氧化碳当量（kgCO₂e）；

PE 为园林绿化废弃物堆肥低碳技术的碳排放量，单位为千克二氧化碳当量（kgCO₂e）；

注： BE 由利用堆肥技术处理园林绿化废弃物的质量乘以碳排放量限值得到，本文件碳排放量限值取每吨园林绿化废弃物排放 65kgCO₂e。

8.4.3.3 碳排放量下降比率

$$\text{碳排放量下降比率 (\%)} = \frac{ER}{BE} \dots \dots \dots (3)$$

8.4.4 等级划分方法

以碳排放量下降比率为评价指标，以计算分级为评价方式，分为 3 等。具体见表 4。

表 3 碳减排效果等级划分

碳排放量下降比率	等级	状态
(15%, +∞)	A	优秀
(5%, 15%]	B	良好
(0, 5%]	C	合格

参考文献

- [1] GB/T 31755-2015 绿化植物废弃物处置和应用技术规程
- [2] GB/T 40199-2021 城市园林废弃物资源回收和深加工技术要求
- [3] DB11/T 1561-2018 农业有机废弃物(畜禽粪便)循环利用项目碳减排量核算指南
- [4] DB11/T 840-2011 园林绿化废弃物堆肥技术规程
- [5] T/ZGCERIS 0002—2019 利用园林废弃物生产有机肥还田项目温室气体减排量评估技术规范
- [6] VDI 4075 Blatt 10-2019 Cleaner production (PIUS)—Composting
- [7] IPCC 2006 年国家温室气体清单指南 2019 修订版 政府间气候变化专门委员会 (IPCC)
- [8] Amlinger F. Green house gas emissions from composting and mechanical biological treatment[J]. Waste Management & Research, 2008, 26(1):47-60.
- [9] Chen Y, Huang X, Han Z, et al. Effects of bamboo charcoal and bamboo vinegar on nitrogen conservation and heavy metals immobility during pig manure composting[J]. Chemosphere, 2009, 78(9):1177-1181.
- [10] Jiang J, Kang K, Wang C, et al. Evaluation of total greenhouse gas emissions during sewage sludge composting by the different dicyandiamide added forms: Mixing, surface broadcasting, and their combination[J]. Waste Management, 2018, 81:94-103.
- [11] Liu N, Zhou J, Han L, et al. Role and multi-scale characterization of bamboo biochar during poultry manure aerobic composting[J]. Bioresource Technology, 2017, 241:190-199.
- [12] Reyes-Torres M, Oviedo-Ocaña E, Dominguez I, et al. A systematic review on the composting of green waste: Feedstock quality and optimization strategies[J]. Waste Management, 2018, 77: 486-499.
- [13] Sánchez A, Artola A, Font X, et al. Greenhouse gas emissions from organic waste composting[J]. Environmental Chemistry Letters, 2015, 13(3):223-238.
- [14] 蔡琳琳. 园林绿化废弃物蚯蚓堆肥腐熟过程控制及氮转化机制研究[D]. 北京林业大学, 2021.
- [15] 曹玉博, 张陆, 王选等. 畜禽废弃物堆肥氨气与温室气体协同减排研究[J]. 农业环境科学学报, 2020, 39(04):923-932.
- [16] 郜斌斌, 王选, 常瑞雪等. 黏土矿物和化学添加剂对牛粪堆肥过程氮素固持的影响[J]. 农业工程学报, 2018, 34(20):250-257.
- [17] 江滔, 常佳丽, 马旭光等. 堆肥中不同氮素原位固定剂的综合比较研究[J]. 农业环境科学学报, 2018, 37(02):369-375.
- [18] 李冰, 王昌全, 江连强等. 化学改良剂对稻草猪粪堆肥氨气释放规律及其腐熟进程的影响[J]. 农业环境科学学报, 2008, (04):1653-1661.
- [19] 李英凯, 王亚利, 杨晓磊等. 蚯蚓堆肥处理畜禽粪便的影响因素及其产物的应用综述[J]. 环境工程, 2020, 38(01):162-166+127.
- [20] 李云, 邱慧珍, 张建斌等. 添加过磷酸钙和糠醛渣对好氧堆肥过程中氨气排放和氮素转化的影响[J]. 环境工程学报, 2021, 15(12):3992-4000.
- [21] 刘燕, 马若男, 李国学等. 基于添加剂使用的污泥堆肥厂经济效益分析[J]. 农业环

境科学学报, 2022, 41(01):202-209.

[22] 马舒乐, 丁天元, 张永鹏. 蚯蚓在不同固体废弃物堆肥中的研究进展[J]. 农业与技术, 2022, 42(15):1-3.

[23] 闫召伟, 杨菲宇, 高兴祖等. 含硫添加剂对猪粪堆肥过程甲烷与臭气排放的影响[J]. 农业环境科学学报, 2021, 40(11):2448-2455.

[24] 杨帆, 李国学, 江滔等. 蚯蚓辅助堆肥处理蔬菜废弃物及其温室气体减排效果[J]. 农业工程学报, 2012, 28(16):190-196.

[25] 杨燕, 尹子铭, 袁京等. 双氰胺和氢醌添加对堆肥温室气体排放的影响[J]. 农业环境科学学报, 2021, 40(11):2439-2447.

[26] 张红玉, 李国学, 袁京等. 固氮添加剂降低厨余垃圾堆肥中 NH_3 和 H_2S 排放[J]. 农业工程学报, 2013, 29(23):173-178.

[27] 张智, 李双来, 陈云峰等. 蚯蚓堆肥模式的环境效益评价[J]. 中国土壤与肥料, 2022(08):198-204.

[28] 郑嘉熹, 魏源送, 吴晓凤等. 猪粪堆肥过程保氮固磷及温室气体 (N_2O) 减排研究[J]. 环境科学, 2011, 32(07):2047-2055.

[29] 周岭, 刘飞, 李风娟等. 基于自由空域木醋液对牛粪堆肥过程温室气体排放的时空特性的研究[J]. 塔里木大学学报, 2016, 28(04):60-69.