

城市生态公益林管护温室气体清除项目 方法学

Methodology for Greenhouse Gas Removal in Urban Ecological Public
Welfare Forest Management

编制说明

随着全球气候变化的日益严重，碳交易市场作为减排的重要工具，在碳达峰和碳中和目标的引领下，森林碳汇作为实现“双碳”目标的重要支撑，其高效固碳能力与增汇潜力受到高度重视。公益林是以发挥生态效益和社会效益为主要目的的特殊森林类别，是森林资源中以服务公共利益为核心的重要组成部分。作为重要的生态屏障，公益林可有效净化空气、涵养水源，为高速发展的城市提供了不可或缺的生态保障。它显著提升了市民的生活品质，营造出“城在林中”的宜居环境，成为可持续发展的重要支撑。

2023年9月中共中央办公厅、国务院办公厅印发的《深化集体林权制度改革方案》，提出探索完善生态产品价值实现机制。为推动林业产业高质量可持续发展，林业主管部门以深化林权改革为抓手，积极激活林业产业的资源要素，旨在探索林业生态产品价值实现的新路径。开发科学合理的碳汇项目方法是将这一生态价值转化为可计量、可交易碳汇产品的关键技术。为了科学合理地计量生态公益林管护温室气体碳清除项目所产生的碳汇，指导和规范国内生态公益林管护温室气体碳清除项目设计文件编写、碳汇计量监测、监测报告编写以及碳信用核证等工作，确保生态公益林温室气体碳清除项目产生减缓气候变化、促进当地社区可持续发展、探索生态产品价值实现路径等多重效益，推动市场机制积极参与生态公益林管护活动以实现资源的有效配置。

本方法学以自愿碳标准（Voluntary Carbon Standard VCS 管理委员会备案的最新版方法学（version 1.6）为主体框架，在参考政府间气候变化专门委员会（IPCC）《2006年国家温室气体清单指南（2019修订版）》及《土地利用、土地利用变化与林业优良做法指南（IPCC LULUCF GPG）》相关内容的基础上，结合我国生态公益林管护相关工作经验，经有关领域的专家学者及利益相关方反复研讨后编制而成。本方法学既遵循国际规则又符合我国林业实际，注重方法学的科学性、合理性和可操作性。

本方法学同已有类似方法学相比，具有如下特点：

1. 本方法学综合考虑了城市生态公益林管护温室气体清除效益，对应了《联合国2030年可持续发展议程》提出的确保健康的生活方式，促进各年龄段人群的福祉、建设可持续的城市和人类住区以及保护、恢复和促进可持续利用陆地生态系统，可持续管理森林，制止和扭转土地退化，遏制生物多样性的丧失三个可持续发展目标。因此，基于本方法学开发的生态公益林管护温室气体清除项目产生的温室气体清除量，能突出体现项目对所在区域可持续发展的贡献，符合我国生态文明建设、应对气候变化等多重目标，满足可持续发展的内在要求。

2. 本方法学根据城市公益林管护活动以及城市公益林生态系统的结构、组成等特点，基于可操作和成本有效的原则，对CDM、VCS以及CCER林业碳汇项目有关过程和步骤进行了优化和简化，确保了本方法学的可推广性。

3. 本方法学兼顾了生态公益林管护工作的历史贡献，体现了生态公益林管护活动产生的生态价值对《联合国气候变化框架公约》履约的贡献。本方法学结合国内生态公益林管护工作的实际情况，将碳信用计入期的起始时间规定为2010年以后。2010年“坎昆协议”进一步明确了发达国家和发展中国家的减排责任，标志着全球气候治理进程重新回到正轨。中国作为全球最大的发展中国家，在“十一五”期间（2006—2010年）采取了一系列减缓和适应气候变化的重大政策措施，取得了显著成效。将碳信用计入期的起始日期规定为2010年以后能突出体现项目对环境公约的重要作用。

4. 额外性论证：考虑到本方法学的应用场景，给出了可免于额外论证的所须具备的条件，便于使用者进行与投资相关的额外性论证。

5. 本方法学根据收集、整理了生态公益林管护的具体措施与手段，在附件中已给出相关内容，供使用者参考。

6. 本方法学根据城市生态公益林生态系统的乔灌草组成结构，基于可操作的原则，基于《第三次全国国土调查工作分类地类认定细则》中，规定“城镇村内部、公园内用于绿化和美化环境而人工种植草皮的土地不能被认定为草地”，为区别于草地定义，本方法学将生态公益林草本植物碳库的对象名称定义为草坪碳库，可依据不同建坪年限测算碳库。

本方法学由深圳市规划和自然资源局（深圳市林业局）提出并归口。

本方法学起草单位：中国绿色碳汇基金会、深圳市自然资源和不动产评估发展研究中心、北京林业大学、四川山水绿碳科技有限公司。

本方法学主要起草人：侯远青、王寄梅、谢欣利、张晖、陈焯、武曙红、张宇文、郭强、罗静、吴正红、何鸿、徐岷钰、王佐霖、齐爽、季向楠、吴传敬、李伟强、宫婷、唐才富、代丽梅、汪晖、谭欣悦、唐艺掣。

目 录

1 引言	1
2 适用条件	1
3 规范性引用文件	1
4 定义	2
5 基线与碳计量方法	3
5.1 项目边界确定	3
5.2 碳库和温室气体排放源选择	3
5.3 项目的基准线情景识别	4
5.4 额外性论证	4
5.5 碳层划分	4
5.6 项目减排量	5
5.7 基线情景温室气体清除量计算	5
5.8 项目情景温室气体清除量计算	7
6 监测程序	9
6.1 监测内容	9
6.2 参数和数据要求	9
6.3 数据质量管理	9
6.4 减排量报告编制	9
7 附录	10
附录 A（规范性） 城市生态公益林地上地下碳库碳储量计算方法	10
附录 B（规范性） 城市生态公益林生物量计算方法	14
附录 C（规范性） 草坪地上地下碳库碳储量计算方法	17
附录 D（规范性） 土壤有机碳储量计算方法	18
附录 E（规范性） 城市生态公益林系统建设及管护时期引起的碳排放	20
附录 F（规范性） 碳库碳储量的监测方法	23
附录 G（资料性） 部分树种单木生物量异速生长方程	26
附录 H（资料性） 植被年均固碳量	29
附录 I（资料性） 排放因子表	31
附录 J（资料性） 城市生态公益林建设及养护期耗排放估算缺省值	32
附录 K（资料性） 土壤有机碳密度的参考值	33
附录 L（资料性） 项目设计阶段确定的参数和数据要求	34
附录 M（资料性） 项目实施阶段需监测的参数和数据要求	39
附录 N（资料性） 生态公益林经营技术措施	43

1 引言

在密度城市范围内，大量生态公益林分布于城市公园内，权属清晰，公众参与度高。为进一步推进社会公众参与低碳行为，探索鼓励绿色低碳生产生活方式的工作机制，推动以提升城市生态公益林固碳、增汇功能为目标的管护活动，指导国内城市生态公益林管护温室气体清除项目所产生的应对气候变化、提升人类福祉和促进森林可持续管理等多重效益进行量化，确保项目产生的温室气体清除量可测量、可报告、可核查，并保障方法学具备先进性、科学性和可操作性，特编制《城市生态公益林管护温室气体清除项目方法学》。

本方法学以《联合国气候变化框架公约》(UNFCCC)清洁发展机制(CDM)于2012年批准的最新方法学模板为基础，参考和借鉴 CDM 方法学相关工具、方式与程序，以及政府间气候变化专门委员会(IPCC)《2006年国家温室气体清单编制指南》和《土地利用、土地利用变化与林业优良做法指南》，结合国内城市生态公益林管护温室气体清除工作的实际，经有关领域专家学者及利益相关方反复研讨编制而成，力求实现方法学的科学性、合理性和可操作性，使之既符合国际规则，又适应我国林业实际情况。

2 适用条件

本方法学适用于城市公园内以管护生态公益林生态系统、避免生态公益林面积减少或退化引起的碳排放为主要目的的项目活动，其适用条件包括：

(a)项目活动符合国家和地方政府颁布的有关生态公益林管护的法律、法规和政策措​​施以及相关的技术标准或规程。

(b)项目活动地块的权属清晰，无争议。具有项目地块林地所有权或使用权的证据，如县(含县)级以上人民政府核发的林地权属证书或其他有效的证明材料。

(c)在未实施城市生态公益林管护温室气体清除项目活动的情景下，项目边界内的林地部分或全部林地会发生土地类型的转变。

(d)本方法学仅针对乔木林地。

(e)本方法学适用于广东省行政范围，其他地区可参考使用。

(f)项目计入期内的减排量未从其他温室气体减排机制获得减排量签发。

3 规范性引用文件

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

(a)中华人民共和国国家标准《土地利用现状分类》(GB/T 21010-2017)；

(b)中华人民共和国国家标准《城市规划基本术语标准》(GB/T 50280-1998)；

(c)中华人民共和国国家标准《基于项目的温室气体减排量评估技术规范 通用要求》(GB/T 33760-2017)；

(d)中华人民共和国国家标准《工业企业温室气体排放核算和报告通则》(GB/T 32150-2015)

(e)中华人民共和国国家标准《森林资源术语》(GB/T 26423)；

(f)中华人民共和国国家标准《森林资源连续清查技术规程》(GB/T 38590-2020)；

(g)中华人民共和国国家标准《森林资源规划设计调查技术规程》(GB/T 26424)；

- (h) 中华人民共和国国家标准《森林抚育规程》(GB/T 15781);
- (i) 中华人民共和国国家标准《生态公益林建设导则》(GB/T 18337.1-2001);
- (j) 中华人民共和国国家标准《生态公益林建设技术规程》(GB/T 18337.3-2001);
- (k) 中华人民共和国国家标准《林业碳汇项目审定和核证指南》(GB/T 41198-2021);
- (l) 中华人民共和国林业行业标准《林地分类》(LY/T 1812);
- (m) 中华人民共和国林业行业标准《林业碳汇计量监测术语》(LY/T 3253);
- (n) 中华人民共和国地方标准《林业碳汇计量与监测技术规程》(DB44/T 1917-2016);
- (o) 中华人民共和国地方标准《城市森林碳储量与碳汇量评估技术规范》(DB4403/T 534—2024)。

4 定义

本方法学所使用的有关术语的定义如下:

森林: 具有特定行政管理边界的区域, 由乔木、直径2cm以上的竹子组成且郁闭度0.20以上, 以及符合森林经营目的的灌木组成且覆盖度30%以上的植物群落。包括郁闭度0.20以上的乔木林、竹林和红树林, 国家特别规定的灌木林、农田林网以及村旁、路旁、水旁、宅旁林木等。

林地: 用于森林生态建设和森林资源培育、生产经营的土地和潮间带的红树林地, 包括郁闭度0.20以上的乔木林地及竹林地、灌木林地、疏林地、采伐和火烧迹地、未成林造林地、苗圃地、森林经营单位辅助生产用地和宜林地。

生态公益林: 以保护和改善人类生存环境、维持生态平衡、保存种质资源、科学实验、森林旅游、国土保安等需要为主要经营目的的森林、林木、林地, 包括防护林和特种用途林。

城市森林: 城区及其周边所有森林、树木及其相关植被的综合。

城市生态公益林: 在城市公园边界内, 以发挥生态效益和社会服务功能为主要目的, 在生态区位重要区域的林地和林地上的森林, 符合国家规定和有关标准关于生态公益林认定标准的森林、树木和相关植被的综合。

碳库: 生态系统中存储碳的各组成部分。可包括地上活体植物生物质、地下活体植物生物质、枯落物、枯死木及土壤有机质碳库。

温室气体: 大气层中自然存在的和由于人类活动产生的能够吸收和散发由地球表面、大气层和云层所产生的、波长在红外光谱内的辐射的气态成分。

注: 如无特别说明, 本方法学中的温室气体包括二氧化碳(CO₂)、甲烷(CH₄)、氧化亚氮(N₂O)。

温室气体清除量: 在特定时段内从大气中清除的温室气体总量(以tCO₂e为单位)。

泄漏: 由项目引起且发生在项目边界之外的, 可测量、可核查的温室气体排放量。

城市规划区: 城市市区、近郊区以及城市行政区域内其他因城市建设和发展需要实行规划控制的区域。

城市建成区: 城市行政区内实际已成片开发建设、市政公用设施和公共设施基本具备的地区。

温室气体减排量: 经计算得到的一定时期内项目所产生的温室气体排放量与基线情景的排放量相比较的减少量。

地上生物量: 土壤层以上以干重表示的活体生物量, 包括树干、树桩、树枝、树皮、种子、花、果和树叶等。

地下生物量: 所有林木活根的生物量。由于细根(直径≤2mm)通常很难从土壤有机成分或枯落物中区分出来, 因此通常不包括该部分。

枯落物：土壤层以上、直径小于5cm、处于不同分解状态的所有死生物量，包括凋落物、腐殖质，以及不能从经验上从地下生物量中区分出来的活细根（直径≤2mm）。

枯死木：枯落物以外的所有死生物量，包括枯立木、枯倒木以及直径大于或等于5厘米的枯枝、死根和树桩。

土壤有机质：一定深度内（通常为100cm）矿质土和有机土（包括泥炭土）中的有机质，包括不能从经验上从地下生物量中区分出来的活细根（直径≤2mm）。

5 基线与碳计量方法

5.1 项目边界确定

5.1.1 项目地理边界

5.1.1.1 项目区域可包括若干个连续或不连续的地块，每个地块都应有特定的地理边界。

5.1.1.2 项目地理边界可选择下述方法确定：

- (a) 采用卫星定位系统进行单点定位或差分技术直接测定项目地块边界的拐点坐标，单点定位误差不超过±5米；
- (b) 利用高分辨率的地理空间数据（如卫星影像、航片）、城市规划图等，在地理信息系统（GIS）辅助下直接读取项目地块的边界坐标。

5.1.2 项目时间边界

项目的时间边界应包括项目活动开始时间和减排量计入期：

- (a) 结合城市生态公益林管护实际，城市公园内的生态公益林，公园边界经勘定并纳入法定图则后，边界内用地严格按照公园详细规划及森林资源管理要求，实施长期土地用途管制。公园的管理目标为森林生态系统功能的持续提升，所有项目活动（包括抚育、补植、修复等）均以优化森林结构、提高林分质量、增强生态稳定性和碳汇能力为根本导向。项目活动开始时间以公园工程批复时间或项目地块区域开始种植的日期确定。项目参与方须提供透明的、可核实的证据，证明项目活动的主要目的是保护生态公益林的生态系统服务功能，实现当地的可持续发展目标，公园被批复正式施工的日期不得早于2010年。
- (b) 项目减排量的计入期最短为10年，最长不超过40年。

5.2 碳库和温室气体排放源选择

5.2.1 可根据项目活动中，碳储量变化的显著性来选择核算温室气体清除量的碳库。

5.2.2 项目碳库选择可按表 1 所示的方法确定。项目温室气体排放源的选择可按表 2 确定。

表1 碳库的选择

碳库	是否选择	备注说明
地上活体植物生物质	是	项目活动会导致该碳库碳储量显著发生变化
地下活体植物生物质	是	项目活动会导致该碳库碳储量发生显著变化
枯死木	否	与基准线情景相比，项目活动不会导致该碳库碳储量变化的减少。基于保守性原则选择忽略该碳库
枯落物	否	与基准线情景相比，项目活动不会导致该碳库碳储量减少。基于保守性原则选择忽略该碳库
土壤有机碳	是	项目活动会导致该碳库碳储量发生变化

表2 项目温室气体排放源的选择

排放源	温室气体种类	是否选择	备注说明
肥料使用	N ₂ O	是	项目活动过程中园林植物的栽植及后期管养过程中的肥料使用将造成显著的N ₂ O排放
化石燃料使用	CO ₂	是	项目活动中涉及的苗木运输、客土运输及后期管养活动中运输及管护设备的使用将导致CO ₂ 排放
客土使用	CO ₂	是	项目活动的客土过程会造成土壤获取地的土壤扰动，造成项目边界外土壤有机碳的损失

5.3 项目的基准线情景识别

5.3.1 可通过调查项目活动开始前的土地利用现状及趋势来确定项目基准线情景。

5.3.2 项目基准线情景一般可描述为：维持城市生态公益林温室气体清除项目开始前的土地利用与管理方式。项目参与方可通过以下由优至劣的方法进行基线情景识别：

- (a) 结合林地矢量数据实际，历史长期使用地形图进行纸质勾画，后续引用电子设备进行配准区划，直至2016年林业二调，数据正式体现在森林资源一张图上，2021年，广东省林业局正式发文启用2020年一张图数据作为审核审批依据。依据不早于2020年的森林资源清查历史数据（包括森林资源连续清查的一类调查样地数据、二类调查小班数据、国土三调数据以及全省林草湿荒普查样地数据等）识别城市公园中的生态公益林地块；
- (b) 收集公园工程的批复日期、苗木购买的合同日期或雇佣工人的合同日期等项目资料确认项目活动开始时间，公园工程批复时间不得早于2010年；
- (c) 通过收集多期遥感影像、城市规划设计图等资料，明确该生态公益林地块自公园批复正式施工后，地块所有项目活动均以优化森林结构、提高林分质量、增强生态稳定性和碳汇能力为根本导向，实施长期土地用途管制；
- (d) 收集项目区域Landsat TM/ETM/OL, 遥感影像以及土地利用类型栅格数据集和矢量数据集等能体现项目活动开始前的历史土地利用情况的数据，可以选用中国土地利用现状遥感监测数据库作为数据来源（该数据库是目前我国精度最高的土地利用遥感监测数据产品）；
- (e) 在生态公益林管护相关资料十分有限的情况下，项目参与方还可以根据当地林地情况的纸质件记录、实地调查资料、根据利益相关者提供的数据和反馈信息等途径来识别生态公益林的历史管护情况，也可以通过走访当地专家、调研林地所有者或使用者在拟议的项目运行期间关于林地管理或计划，从上述识别的生态公益林历史管护情况中，遴选出不违反任何现有的法律法规、其他强制性规定以及国家或地方技术标准的城市生态公益林管护活动。

5.4 额外性论证

以保护和改善人类生存环境、维持生态平衡等为主要目的城市生态公益林建设管护项目，在计入期内除碳汇收益外难以获得其他经济收入，不具备财务吸引力，其额外性免于论证。

5.5 碳层划分

5.5.1 碳层划分包括基准线碳层划分、项目碳层划分。

5.5.2 为提高碳储量估算的精度并降低监测成本，可根据拟议项目特点选择以下一种或几种分层抽样的方法对基准线情景和项目情景下的城市绿地系统进行分层：根据现有林分的类型（如低郁闭度林、过密林、低质低产林等）和优势树种、郁闭度等来划分碳层。

5.6 项目减排量

一定时期内，项目活动所产生的减排量，等于项目情景温室气体清除量与基准线情景温室气体清除量之差，见公式（1）。

$$ER = PE - BE \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- ER —— 项目第t年的温室气体减排量，单位为吨二氧化碳当量每年（tCO₂e）；
- PE —— 项目第t年的项目情景温室气体清除量，单位为吨二氧化碳当量每年（tCO₂e）；
- BE —— 项目第t年的基准线情景温室气体清除量，单位为吨二氧化碳当量每年（tCO₂e）。

5.7 基准线情景温室气体清除量计算

项目基准线温室气体清除量（以下简称“基准线清除量”）可通过没有拟议项目活动时，项目边界内城市生态公益林所选碳库的碳储量的变化量之和，减去温室气体排放量之和来估算。计算方法见公式（2）、公式（3）。

$$BE = \sum_{t=t_1}^{t_2} \sum_{i=1}^n \Delta C_{BSL,i,t} \dots\dots\dots (2)$$

$$\Delta C_{BSL,i,t} = \Delta C_{UE_BSL,i,t} - GHG_{UE_BSL,i,t} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- BE —— 一段时间内的基准线情景温室气体清除量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；
- $\Delta C_{BSL,i,t}$ —— 项目第t年的第i碳层基准线情景温室气体清除量，单位为吨二氧化碳当量每年（tCO₂e·a⁻¹）；
- $\Delta C_{UE_BSL,i,t}$ —— 项目第t年的第i碳层边界内基准线情景城市生态公益林碳库碳储量的变化量，单位为吨二氧化碳当量每年（tCO₂e·a⁻¹）；
- $GHG_{UE_BSL,i,t}$ —— 项目第t年的第i碳层边界内基准线情景城市生态公益林温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量每年（tCO₂e·a⁻¹）；
- BSL —— 基准线情景；
- i —— 1, 2, 3……基准线碳层数；
- t —— 1, 2, 3……项目开始以来的年数，单位为年（a）；
- t_1, t_2 —— 两次监测或核查的时间。

5.7.1 城市生态公益林碳库碳储量的变化

基准线情景城市生态公益林碳库碳储量的变化可通过没有拟议的项目活动的情形下，项目边界内的林地，草坪的碳储量变化量之和来估算，见公式（4）。

$$\Delta C_{UE_BSL,t} = \Delta C_{UGL_BSL,t} + \Delta C_{UGS_BSL,t} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

- $\Delta C_{UE_BSL,t}$ —— 第t年的项目边界内基准线情景城市生态公益林碳库碳储量的变化量，单位为吨二氧化碳当量每年（ $tCO_2e \cdot a^{-1}$ ）；
- $\Delta C_{UGL_BSL,t}$ —— 第t年的项目边界内基准线情景下生态公益林碳储量变化量，单位为吨二氧化碳当量每年（ $tCO_2e \cdot a^{-1}$ ）；
- $\Delta C_{UGS_BSL,t}$ —— 第t年的项目边界内基准线情景下草坪碳储量的变化量，单位为为吨二氧化碳当量每年（ $tCO_2e \cdot a^{-1}$ ）。

a) 生态公益林碳库碳储量变化量的计算

生态公益林碳储量的变化可通过组成生态公益林的乔木、灌木和草本植物的地上、地下生物质碳库碳储量与土壤有机碳储量的变化量之和来估算，见公式（5）。

$$\Delta C_{UGL_BSL,t} = \Delta C_{UGL_TREE_BSL,t} + \Delta C_{UGL_SHRUB_BSL,t} + \Delta C_{UGL_GRASS_BSL,t} + \Delta SOC_{UGL_BSL,t} \dots\dots (5)$$

式中：

- $\Delta C_{UGL_BSL,t}$ —— 第t年的生态公益林基准线碳汇量，单位为吨二氧化碳当量每年（ $tCO_2e \cdot a^{-1}$ ）；
- $\Delta C_{UGL_TREE_BSL,t}$ —— 第t年的项目边界内基准线情景下生态公益林乔木碳储量的变化量，单位为吨二氧化碳当量每年（ $tCO_2e \cdot a^{-1}$ ），计算方法见附录A. 1；
- $\Delta C_{UGL_SHRUB_BSL,t}$ —— 第t年的项目边界内基准线情景下生态公益林灌木碳储量变化量，单位为吨二氧化碳当量每年（ $tCO_2e \cdot a^{-1}$ ），计算方法见附录A. 2；
- $\Delta C_{UGL_GRASS_BSL,t}$ —— 第t年的项目边界内基准线情景下生态公益林草本植物碳储量变化量，单位为吨二氧化碳当量每年（ $tCO_2e \cdot a^{-1}$ ），计算方法见附录A. 3；
- $\Delta SOC_{UGL_BSL,t}$ —— 第t年的项目边界内基准线情景下生态公益林土壤有机碳储量变化量，单位为吨二氧化碳当量每年（ $tCO_2e \cdot a^{-1}$ ），计算方法见附录D. 1。

b) 草坪碳库碳储量变化量的计算

草坪基准线碳储量为草坪植株碳储量变化量与土壤有机碳的碳储量变化之和，具体计算方法见公式（6）。

$$\Delta C_{UGS_BSL,t} = \Delta C_{UGS_GRASS_BSL,t} + \Delta SOC_{UGS_BSL,t} \dots\dots\dots (6)$$

式中：

- $\Delta C_{UGS_BSL,t}$ —— 第 t 年的项目边界内基准线情景下草坪碳储量的变化量，单位为吨二氧化碳当量每年（ $tCO_2e \cdot a^{-1}$ ）；
- $\Delta C_{UGS_GRASS_BSL,t}$ —— 第 t 年的项目边界内基准线情景下草坪植株生物质碳储量的变化量；单位为吨二氧化碳当量每年（ $tCO_2e \cdot a^{-1}$ ）计算方法见附录 C. 1；
- $\Delta SOC_{UGS_BSL,t}$ —— 第 t 年的项目边界内基准线情景下草坪土壤碳储量的变化量，单位为吨二氧化碳当量每年（ $tCO_2e \cdot a^{-1}$ ），计算方法见附录 D. 2。

5.7.2 基准线情景温室气体排放量计算

项目边界内的温室气体排放量可通过林地、草坪管理过程中产生的温室气体排放量之和计算，见公式（7）。

$$GHG_{BSL,t} = GHG_{UGL_BSL,t} + GHG_{UGS_BSL,t} \dots \dots \dots (7)$$

式中：

- $GHG_{BSL,t}$ —— 第t年的基准线情景项目边界内温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量每年（ $tCO_2e \cdot a^{-1}$ ）；
- $GHG_{UGL_BSL,t}$ —— 第t年的项目边界内基准线生态公益林温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量每年（ $tCO_2e \cdot a^{-1}$ ）；
- $GHG_{UGS_BSL,t}$ —— 第t年的项目边界内基准线草坪温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量每年（ $tCO_2e \cdot a^{-1}$ ）。

a) 生态公益林温室气体排放量的计算

生态公益林温室气体排放量可通过施用肥料、使用园林机械设备燃烧化石燃料造成的温室气体排放量之和来计算，见公式（8）

$$GHG_{UGL_BSL,t} = GHG_{UGL_N_2O_BSL,t} + GHG_{UGL_FC_BSL,t} \dots \dots \dots (8)$$

式中：

- $GHG_{UGL_BSL,t}$ —— 第t年的项目边界内基准线生态公益林温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量每年（ $tCO_2e \cdot a^{-1}$ ）；
- $GHG_{UGL_N_2O_BSL,t}$ —— 第t年的基准线情景项目边界内由于施肥引起的温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量每年（ $tCO_2e \cdot a^{-1}$ ），计算方法见附录E.1
- $GHG_{UGL_FC_BSL,t}$ —— 第t年的基准线情景项目边界内使用园林机械和设备燃烧化石燃料造成的温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量每年（ $tCO_2e \cdot a^{-1}$ ），计算方法见附录E.2。

b) 草坪温室气体排放量的计算

基准线情景下，项目边界内草坪温室气体排放量的估算与5.7.2节“生态公益林温室气体排放量的计算”一致。实际计算时，用字母下标“UGS”代替公式（8）中的字母下标“UGL”。

5.8 项目情景温室气体清除量计算

项目情景下，项目边界内城市生态公益林温室气体清除量的估算与5.7.2节“基准线情景温室气体清除量计算”一致，但是要扣除项目泄漏。实际计算时，用字母“PE”代替公式（2）中“BE”，用字母下标“PROJ”代替公式（2）（3）中的字母下标“BSL”，并减去项目导致的泄漏，见公式（9）（10）。

$$PE = \sum_{t=t_1}^{t_2} \sum_{i=1}^n (\Delta C_{PROJ,i,t} - LK_t) \dots \dots \dots (9)$$

$$\Delta C_{PROJ,i,t} = \Delta C_{UE_PROJ,i,t} - GHG_{UE_PROJ,i,t} \dots \dots \dots (10)$$

式中：

- PE —— 一段时间内的项目情景温室气体清除量，单位为吨二氧化碳当量（ tCO_2e ）；
- $\Delta C_{PROJ,i,t}$ —— 项目第 t 年的第 i 碳层项目情景温室气体清除量，单位为吨二氧化碳当量每年（ $tCO_2e \cdot a^{-1}$ ）；
- $\Delta C_{UE_PROJ,i,t}$ —— 项目第 t 年的第 i 碳层边界内项目情景城市生态公益林碳库碳储量的变化量，单位为吨二氧化碳当量每年（ $tCO_2e \cdot a^{-1}$ ）；
- $GHG_{UE_PROJ,i,t}$ —— 项目第 t 年的第 i 碳层边界内项目情景城市生态公益林温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量每年（ $tCO_2e \cdot a^{-1}$ ）；
- LK_t —— 第 t 年的泄漏量，单位为吨二氧化碳当量每年（ $tCO_2e \cdot a^{-1}$ ）；
- $PROJ$ —— 项目情景；
- i —— 1, 2, 3……基准线碳层数；
- t —— 1, 2, 3……项目开始以来的年数，单位为年（ a ）；
- t_1, t_2 —— 两次监测或核查的时间。

5.8.1 城市生态公益林碳库碳储量的变化

项目情景下，项目边界内城市生态公益林温室气体排放量的估算与5.7.1节“城市生态公益林碳库碳储量的变化”一致。实际计算时，用字母下标“PROJ”代替公式（4）～（6）中的字母下标“BSL”。

5.8.2 项目情景温室气体排放量计算

项目情景下，项目边界内城市生态公益林温室气体排放量的估算与5.7.2节“基准线情景温室气体排放量计算”b情况一致。实际计算时，用字母下标“PROJ”代替公式（7）～（8）中的字母下标“BSL”。

5.8.3 项目泄漏的计算

城市生态公益林温室气体清除项目应考虑以下项目活动过程中造成的泄漏：

- a) 运送苗木、土壤、灌溉水、肥料等过程中使用运输设备或工具导致项目边界外化石能源消耗量增加；
- b) 项目种植活动过程中，由于项目边界外的土方获取使得土方来源地土壤有机碳损失，导致的 CO_2 排放的增加。

项目活动过程中造成的泄漏计算方法见公式（11）。

$$LK_t = LK_{Vehicle,t} + LK_{SD,t} \dots \dots \dots (11)$$

式中：

- LK_t —— 第 t 年的由项目活动引起的项目边界外的温室气体排放的增加量，单位为吨二氧化碳当量每年（ $tCO_2e \cdot a^{-1}$ ）；
- $LK_{Vehicle,t}$ —— 第 t 年的由项目活动引起的，从项目边界外运送苗木、土壤、灌溉水、肥料等过程中使用运输工具引起的温室气体排放的增加量，单位为吨二氧化碳当量每年（ $tCO_2e \cdot a^{-1}$ ），计算方法见附录E.3；
- $LK_{SD,t}$ —— 第 t 年的由项目活动引起的客土使用引起的 CO_2 排放的增加量，单位为吨二氧化碳当量每年（ $tCO_2e \cdot a^{-1}$ ），计算方法见附录E.4；
- t —— 1, 2, 3, ..., 自项目开始以来的年数。

6 监测程序

6.1 监测内容

6.1.1 项目温室气体减排量评估的监测内容确定按照GB/T 33760—2017中5.10执行。

6.1.2 基准线温室气体清除量在项目事前进行确定。一旦项目通过审定，在项目计入期内就是有效的，计入期内可不再对其进行监测。

6.1.3 在计入期内须对项目边界进行定期监测，检查项目实际活动边界是否与项目设计文件中描述的边界一致。如果实际边界位于项目设计文件描述的边界之外，位于项目设计文件确定的边界外的部分不应计入项目边界中；如果实际边界位于项目设计文件描述的边界之内，应以实际边界为准。如果项目边界发生任何变化，应测定并记录变化区域的地理坐标和面积。

6.2 参数和数据要求

6.2.1 需在项目设计阶段确定的参数和数据见附录L，在项目计入期内不再变化、不需要监测。

6.2.2 需在项目实施阶段监测的参数和数据见附录M。

6.3 数据质量管理

6.3.1 项目参与方应在项目设计文件中详细描述项目所采取的减排增汇的施工和管护措施及其监测活动。项目活动应符合生态公益林规划、设计、施工和管护等相关的国家、行业或地方的技术标准和规范。项目参与方在监测活动中须制定标准操作程序（SOP）及质量保证和质量控制程序（QA/QC），包括野外数据的采集、数据记录、管理和存档。

6.3.2 其他数据质量管理要求按照GB/T 33760—2017中5.11执行。

6.4 减排量报告编制

6.4.1 减排量报告编制要求和内容按照国家应对气候变化战略研究和国际合作中心2023年11月发布的《温室气体自愿减排项目设计实施指南》执行。

附录 A
(规范性)
生态公益林地上地下碳库碳储量计算方法

A.1 林木碳储量变化

本方法学采用“碳储量变化法”和“缺省值法”进行估算。

A.1.1 碳储量变化法

生态公益林林木碳储量的变化量可通过各层林木碳储量变化量之和来计算。见公式 (A.1)。

$$\Delta C_{UGL_TREE,t} = \sum_{i=1} \frac{C_{UGL_TREE,i,t_2} - C_{UGL_TREE,i,t_1}}{t_2 - t_1} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

- $\Delta C_{UGL_TREE,t}$ —— 第t年时, 项目边界内生态公益林林木生物质碳储量的变化量, 单位为吨二氧化碳当量每年 (tCO₂e·a⁻¹);
- C_{UGL_TREE,i,t_2} —— 第t₂年时, 项目边界内生态公益林第i碳层林木生物质的碳储量, 单位为吨二氧化碳当量每年 (tCO₂e·a⁻¹);
- C_{UGL_TREE,i,t_1} —— 第t₁年时, 项目边界内生态公益林第i碳层林木生物质的碳储量, 单位为吨二氧化碳当量每年 (tCO₂e·a⁻¹)。
- t_1, t_2 —— 两次监测或核查的时间。

生态公益林林木生物质碳储量计算方法见公式 (A.2)

$$C_{UGL_TREE,i,t} = \frac{44}{12} \times \sum_{j=1} (B_{TREE,i,j,t} \times CF_{TREE,j}) \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

- $C_{UGL_TREE,i,t}$ —— 第t年时, 项目边界内生态公益林第i碳层林木生物质的碳储量, 单位为吨二氧化碳当量 (tCO₂e);
- $B_{TREE,i,j,t}$ —— 第t年时, 项目边界内生态公益林第i碳层树种j的林木生物量, 单位为吨干生物质量 (td. m.);
- $CF_{TREE,j}$ —— 树种j的生物量含碳率, 单位为吨碳每吨干生物质量 [tC·(td. m.)⁻¹];
- $\frac{44}{12}$ —— CO₂与C的分子量比, 无量纲。

A.1.2 缺省值法

在数据缺乏或成本较高时, 可以按缺省值法计算一段时间内林木碳储量的变化量, 见公式 (A.3)。

$$\Delta C_{UGL_TREE,T} = \sum_{i=1} (\Delta C_{UGL_TREE,i} \times T) \dots\dots\dots (A.3)$$

式中:

- $\Delta C_{UGL_TREE,T}$ —— 计入期内, 项目边界内林木生物质碳储量的变化量, 单位为吨二氧化碳当量 (tCO₂e);

$\Delta C_{UGL_TREE,i}$ —— 第*i*碳层生态公益林林木年均碳储量的变化量，单位为吨二氧化碳当量每年（ $tCO_2e \cdot a^{-1}$ ）；

T —— 项目期时长，单位为年（ a ）。

可以按以下方法计算年均林木碳储量的变化量。

A.1.2.1 方法 I 单株固碳量缺省值法

可以按树种进行分层后，使用单株固碳量计算第*i*碳层碳储量的变化量，见公式（A.4）。

$$\Delta C_{UGL_TREE,i} = \sum_{j=1} (\Delta C_{UGL_TREE,i,j} \times N_{TREE,i,j,t}) \dots\dots\dots (A.4)$$

式中：

$\Delta C_{UGL_TREE,i}$ —— 第*i*碳层生态公益林林木年均碳储量的变化量；单位为吨二氧化碳当量每年（ $tCO_2e \cdot a^{-1}$ ）；

$\Delta C_{UGL_TREE,i,j}$ —— 第*i*碳层，生态公益林林木树种*j*的单株年均碳储量的变化量；单位为吨二氧化碳当量每年每株（ $tCO_2e \cdot a^{-1} \cdot 株^{-1}$ ）；

$N_{TREE,i,j,t}$ —— 第*t*年时，第*i*碳层树种*j*的株数，单位株；

i —— 1, 2, 3……第*i*碳层；

j —— 1, 2, 3……树种*j*；

t —— 项目开始以后的年数，单位为*a*。

A.1.2.2 方法 II 单位面积碳汇量法

当生态公益林可达性较差，样方布设难度较大时，可根据公园不同用地类型进行分层。结合当地植被净初级生产力数据对生态公益林地被年均碳汇量进行计算，具体计算见公式（A.5）和公式（A.6）。此方法精度较低，仅在数据极度缺乏的情况下推荐使用。

$$\Delta C_{UGL_PLANT} = \sum_{i=1} (BN_{PLANT_SQ,i} \times A_i \times CF \times 0.01) \times \frac{44}{12} \dots\dots\dots (A.5)$$

$$BN_{PLANT_SQ,i} = R \times NPP_i \dots\dots\dots (A.6)$$

式中：

ΔC_{UGL_PLANT} —— 第*t*年时，项目边界内生态公益林植被生物质的碳汇量，单位为吨二氧化碳当量每年（ $tCO_2e \cdot a^{-1}$ ）；

$BN_{PLANT_SQ,i}$ —— 第*i*碳层植被生物量密度，单位为克干物质每平方米每年（ $gd \cdot m^{-2} \cdot a^{-1}$ ）；

$A_{i,t}$ —— 第*t*年时，项目区第*i*碳层的面积，单位为公顷（ hm^2 ）；

CF —— 植被含碳率，单位为克碳每克干生物质量（ $gC \cdot gd \cdot m^{-1}$ ）；

0.01 —— $gC \cdot m^{-2}$ 转换为 $tC \cdot hm^{-2}$ 系数

NPP_i —— 第*i*碳层植被净初级生产力，单位为克干生物质量每平方米每年（ $gd \cdot m^{-2} \cdot a^{-1}$ ）；

R —— 将 NPP 换算为生物量密度的参数。取 0.565。

A.2 灌木碳储量变化

本方法学采用“碳储量变化法”和“缺省值法”进行估算。

A.2.1 碳储量变化法

项目第t年各碳层灌木碳汇量通过估算其前后两次监测或核查时（ t_1 和 t_2 ，且 $t_1 \leq t \leq t_2$ ）灌木生物质碳储量的差值与两次监测或核查间隔时间（ $T=t_2-t_1$ ）的比值来确定，见公式（A.7）。

$$\Delta C_{UGL_SHRUB,t} = \sum_{i=1} \frac{C_{UGL_SHRUB,i,t_2} - C_{UGL_SHRUB,i,t_1}}{t_2 - t_1} \dots\dots\dots (A.7)$$

式中：

- $\Delta C_{UGL_SHRUB,t}$ —— 第t年时，项目边界内生态公益林灌木生物质碳储量的变化量，单位为吨二氧化碳当量每年（ $tCO_2e \cdot a^{-1}$ ）；
- C_{UGL_SHRUB,i,t_2} —— 第 t_2 年时，项目边界内第i碳层生态公益林灌木生物质的碳储量，单位为吨二氧化碳当量每年（ $tCO_2e \cdot a^{-1}$ ）；
- C_{UGL_SHRUB,i,t_1} —— 第 t_1 年时，项目边界内第i碳层生态公益林灌木生物质的碳储量，单位为吨二氧化碳当量每年（ $tCO_2e \cdot a^{-1}$ ）；
- t_1, t_2 —— 两次监测或核查的时间；
- t —— 项目开始以后的年数，单位为年（a）。

第t年时项目边界内灌木生物质碳储量计算方法见公式（A.8）。

$$C_{UGL_SHRUB,i,t} = \frac{44}{12} \times \sum_{j=1} (B_{SHRUB,i,j,t} \times CF_{SHRUB,j}) \dots\dots\dots (A.8)$$

式中：

- $C_{UGL_SHRUB,i,t}$ —— 第t年时，项目边界内第i碳层林地灌木生物质碳储量，单位为吨二氧化碳当量每年（ tCO_2e ）；
- $B_{SHRUB,i,j,t}$ —— 第t年时，项目边界内第i碳层灌木生物量，单位为吨干生物质（ $td.m.$ ），项目业主可以按附件B.2灌木生物量计算方法的优先顺序选择方法计算；
- $CF_{SHRUB,j}$ —— 灌木j的含碳率，单位为吨碳每吨干物质 [$tC \cdot (t d.m.)^{-1}$]；
- $\frac{44}{12}$ —— CO_2 与C的分子量比，无量纲。

A.2.2 缺省值法

在监测数据缺乏或成本较高时，项目业主可以按缺省值法计算一段时间内灌木碳储量的变化量，见公式（A.9）。

$$\Delta C_{UGL_SHRUB,T} = \sum_{i=1} (\Delta C_{UGL_SHRUB,i} \times T) \dots\dots\dots (A.9)$$

式中：

- $\Delta C_{UGL_SHRUB,T}$ —— 计入期内，项目边界内灌木生物质碳储量的变化量；单位： tCO_2e

$\Delta C_{UGL_SHRUB,i}$ —— 第 i 碳层生态公益林灌木年均碳储量的变化量；单位：t CO₂e · a⁻¹
 T —— 项目期时长；单位：a

项目业主可以按灌木类型分层，分别计算第 i 碳层灌木的碳储量的变化量，见公式 (A. 10)

$$\Delta C_{UGL_SHRUB,i} = \sum_{j=1} (\Delta C_{SHRUB,i,j} \times N_{SHRUB,j}) \dots\dots\dots (A. 10)$$

式中：

$C_{UGL_SHRUB,i}$ —— 第 t 年时，项目边界内生态公益林第 i 碳层灌木生物质的碳储量的变化量；单位：t CO₂e
 $\Delta C_{SHRUB,i,j}$ —— 项目边界内第 i 碳层灌木 j 的单株年均碳储量的变化量；单位：t CO₂e · 株⁻¹ · a⁻¹
 $N_{SHRUB,j}$ —— 灌木 j 的株数；单位：株
 i —— 1, 2, 3……第 i 碳层
 j —— 1, 2, 3……树种 j
 t —— 项目开始以后的年数；单位：a

A. 3 草本植物碳储量

计算方法同附录C。

附录 B
(规范性)
生态公益林生物量计算方法

B.1 林木生物量

B.1.1 生物量方程法

林木生物量可以通过生物量与林龄相关的模型估算，见公式 (B.1)。

$$B_{TREE,i,j,t} = f_{AGB,j}(x) \times (1 + R_{TREE,j}) \times N_{TREE_SQ,i,j,t} \times A_{i,t} \dots \dots \dots (B.1)$$

式中：

- $B_{TREE,i,j,t}$ —— 第 t 年时，第 i 碳层树种 j 的生物量，单位为吨干生物质量 (td.m.)；
- $f_{AGB,j}(x)$ —— 树种 j 的林木地上生物量与树龄的相关方程，单位为吨干生物质量每株 (td.m.·株⁻¹)；
- $R_{TREE,j}$ —— 树种 j 的地下生物量与地上生物量之比，无量纲；
- $N_{TREE_SQ,i,j,t}$ —— 第 t 年时，第 i 碳层树种 j 的密度；单位为株每公顷 (株·hm⁻²) 或株每公里 (株·km⁻¹)；
- $A_{i,t}$ —— 项目边界内第 i 碳层的面积或长度；单位为公顷 (hm²) 或公里 (km)。

B.1.2 生物量扩展因子法

林木生物量可以通过材积与林龄相关的模型估算，见公式 (B.2)。

$$B_{TREE,i,j,t} = f_{V,j}(x) \times WD_{TREE,j} \times BEF_{TREE,j} \times (1 + R_{TREE,j}) \times N_{TREE_SQ,i,j,t} \times A_{i,t} \dots \dots \dots (B.2)$$

式中：

- $B_{TREE,i,j,t}$ —— 第 t 年时，第 i 碳层树种 j 的生物量，单位为吨干生物质量 (td.m.)；
- $f_{V,j}(x)$ —— 第 t 年时，树种 j 和树龄相关的材积模型，单位为立方米每株 (m³·株⁻¹)；
- $WD_{TREE,j}$ —— 树种 j 的基本木材密度 (带皮)，单位为吨干物质每立方米 (td.m.·m⁻³)；
- $BEF_{TREE,j}$ —— 树种 j 的生物量扩展因子，用于将树干材积转化为林木地上生物量，无量纲；
- $R_{TREE,j}$ —— 树种 j 的地下生物量与地上生物量之比，无量纲；
- $N_{TREE_SQ,i,j,t}$ —— 第 t 年时，第 i 碳层树种 j 的密度，单位为株每公顷 (株·hm⁻²) 或株每公里 (株·km⁻¹)；
- $A_{i,t}$ —— 项目边界内第 i 碳层的面积或长度；单位为公顷 (hm²) 或公里 (km)
- i —— 1, 2, 3……第 i 碳层
- j —— 1, 2, 3……树种 j
- t —— 项目开始以后的年数；单位：a

B. 1.3 连年生长量法

林木生物量可以通过查找树种对应径阶的连年生长量数值估算，见公式 (B. 3)。

$$B_{TREE,i,j,t} = \Delta B_{TREE_AGB,j}(x) \times (1 + R_{TREE,j}) \times N_{TREE,i,j,t} \times T \dots\dots\dots (B. 3)$$

式中：

- $B_{TREE,i,j,t}$ —— 第 t 年时，第 i 碳层树种 j 的生物量，单位为吨干物质质量 (td. m.)；
- $\Delta B_{TREE_AGB,j}(x)$ —— 树种 j 的林木连年地上生长量与测树因子的相关方程，单位为吨干物质质量每株 (td. m·株⁻¹)；
- $R_{TREE,j}$ —— 树种 j 的地下生物量与地上生物量之比，无量纲；
- $N_{TREE,i,j,t}$ —— 第 t 年时，第 i 碳层树种 j 的株数，单位为株；
- T —— 计量年限，单位为年 (a)
- i —— 1, 2, 3……第 i 碳层；
- j —— 1, 2, 3……树种 j ；
- t —— 项目开始以后的年数；单位为年 (a)；

B. 2 灌木生物量

B. 2.1 生物量方程法

第 i 碳层灌木 j 的生物量可根据单株灌木地上生物量模型进行估算，见公式 (B. 4) (B. 5) (B. 6)。

$$B_{SHRUB,i,j,t} = f_{SHRUB_AGB,j}(y) \times (1 + R_{SHRUB,j}) \times N_{SHRUB,i,j} \times 0.01 \dots\dots\dots (B. 4)$$

$$B_{SHRUB,i,j,t} = f_{SHRUB,j}(y) \times N_{SHRUB,i,j} \times 0.01 \dots\dots\dots (B. 5)$$

$$B_{SHRUB,i,j,t} = f_{SHRUB,j}(y) \times N_{SHRUB_SQ,i,j} \times A_{i,j} \times 0.01 \dots\dots\dots (B. 6)$$

式中：

- $B_{SHRUB,i,t}$ —— 第 t 年时，第 i 碳层灌木单位面积地上生物量，单位为吨干物质质量 (td. m.)；
- $f_{SHRUB_AGB,j}(y)$ —— 第 t 年时，第 i 碳层灌木 j 的单株地上生物量的回归方程，单位为克干物质质量 (gd. m.·株⁻¹)；
- $f_{SHRUB,j}(y)$ —— 第 t 年时，第 i 碳层灌木 j 的单株全株生物量的回归方程，单位为克干物质质量 (gd. m.·株⁻¹)；
- $R_{SHRUB,j}$ —— 灌木 j 的地下生物量与地上生物量之比，无量纲；
- $N_{SHRUB,i,j}$ —— 第 i 项目碳层灌木 j 的株数，单位为株；
- $N_{SHRUB_SQ,i,j}$ —— 第 i 项目碳层灌木 j 的单位面积株数，单位为株每公顷 (株·hm⁻²)；
- $A_{i,j}$ —— 第 i 项目碳层灌木 j 的面积，单位为公顷 (hm²)；
- 0.01 —— 将 g·m⁻² 转换成 t·hm⁻² 的系数；
- y —— 测树因子，可以是胸径、树高、苗龄等；
- i —— 1, 2, 3……第 i 碳层；
- j —— 1, 2, 3……树种 j ；

t —— 项目开始以后的年数；单位为年（a）。

B.2.2 连年生长量法

可以通过查找灌木树种连年生长量数值估算，见公式（B.7）。

$$B_{SHRUB,i,j,t} = \Delta B_{SHRUB_AGB,j}(y) \times (1 + R_{SHRUB,j}) \times N_{SHRUB,i,j,t} \times T \dots \dots \dots (B.7)$$

式中：

- $B_{SHRUB,i,j,t}$ —— 第 t 年时，第 i 碳层灌木 j 的生物量；单位：t d.m.
- $\Delta B_{SHRUB_AGB,j}(y)$ —— 灌木 j 的连年地上生长量与测树因子的相关方程；单位：t d.m·株⁻¹
- $R_{SHRUB,j}$ —— 灌木 j 的地下生物量与地上生物量之比；无量纲
- $N_{SHRUB,i,j,t}$ —— 第 t 年时，第 i 碳层灌木 j 的株数；单位：株
- T —— 项目期时长；单位：a
- i —— 1, 2, 3……第 i 碳层
- j —— 1, 2, 3……树种 j
- t —— 项目开始以后的年数；单位：a

附录 C
(规范性)
草坪地上地下碳库碳储量计算方法

C.1 多年生草本及宿根花卉碳储量

C.1.1 碳储量变化法

项目第 t 年各碳层草本植物通过估算其前后两次监测或核查时 (t_1 和 t_2 , 且 $t_1 \leq t \leq t_2$) 草坪生物质碳储量的差值与两次监测或核查间隔时间 ($T=t_2-t_1$) 的比值来确定, 见公式 (C.1)。

$$\Delta C_{UGL_GRASS,t} = \sum_{i=1} \frac{C_{UGL_GRASS,i,t_2} - C_{UGL_GRASS,i,t_1}}{t_2 - t_1} \dots \dots \dots (C.1)$$

式中:

- $\Delta C_{UGS_GRASS,t}$ —— 项目第 t 年时, 边界内草本植物生物质碳储量的变化量, 单位为吨二氧化碳当量每年 ($tCO_2e \cdot a^{-1}$);
- C_{UGS_GRASS,i,t_2} —— 项目第 t_2 年时, 边界内第 i 碳层草本植物的生物质碳储量, 单位为吨二氧化碳当量 (tCO_2e);
- C_{UGS_GRASS,i,t_1} —— 项目第 t_1 年时, 边界内第 i 碳层草本植物的生物质碳储量, 单位为吨二氧化碳当量 (tCO_2e);
- t_1, t_2 —— 项目开始后第 t_1 年和第 t_2 年;
- t —— 项目开始以后的年数; 单位为年 (a)。

可通过对样方内不同类型多年生草本植物、地被物或宿根花卉进行采样烘干, 实验室测定其生物量干重及含碳率, 构建与草本栽植年限相关的生物量方程, 计算不同草本植物在项目期内可累计的碳汇量。或查找当地或相近区域相关研究成果对草坪植物碳储量进行计算, 条件有限时, 可保守地忽略草本植物地上活体植物生物质和地下活体植物生物质两个碳库。

C.1.2 缺省值法

项目区内数据缺乏时, 根据不同的草坪管理类型进行分层, 使用缺省值进行估算, 见公式 (C.2)。

$$\Delta C_{UGS,T} = \sum_{i=1} (\Delta C_{UGS_SQ,i} \times A_{UGS,i} \times T) \dots \dots \dots (C.2)$$

式中:

- $\Delta C_{UGS,T}$ —— 计入期内, 项目边界内草坪碳储量的变化量, 单位为吨二氧化碳当量 (tCO_2e);
- $\Delta C_{UGS_SQ,i}$ —— 第 i 碳层草坪单位面积植株年均碳汇量, 单位为吨二氧化碳当量每公顷每年 ($tCO_2e \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$);
- $A_{UGS,i}$ —— 第 i 碳层草坪面积, 单位为公顷 (hm^2);
- T —— 项目期时长, 单位为年 (a)。

附录 D
(规范性)
土壤有机碳储量计算方法

D.1 生态公益林土壤有机碳储量

对于生态公益林土壤有机碳储量的变化的预测本方法学采用以下假设：

- a) 基线活动和项目的实施将使项目地块的土壤有机碳含量从项目开始前的初始水平变化到与碳层现状具有相似气候、土壤条件的当地自然植被下土壤有机碳含量的稳态水平，大约需要20年时间；
 - b) 从项目活动开始后的20年间，项目情景下土壤有机碳储量的变化是线性的。
- 第t年时，所有碳层的土壤有机碳储量变化估算按公式（D.1）进行计算。

$$\Delta SOC_t = \frac{44}{12} \times \sum_{i=1} (A_{i,t} \times dSOC_{t,i}) \dots\dots\dots (D.1)$$

式中：

- ΔSOC_t —— 第 t 年时，所有碳层的土壤有机碳储量的年变化量，单位为吨二氧化碳当量每年（tCO₂e·a⁻¹）；
- $dSOC_{i,t}$ —— 第 t 年时，第 i 碳层的土壤有机碳储量年变化率，单位为吨碳每公顷每年（tC·hm⁻²·a⁻¹）；
- $A_{i,t}$ —— 第 t 年时，第 i 碳层的面积，单位为公顷（hm²）；
- i —— 1, 2, 3.....碳层；
- t —— 1, 2, 3.....自项目开始以来的年数；
- $\frac{44}{12}$ —— 将 C 转换为 CO₂ 的分子量比值；

对于事前预估，当 t>T_{REF,i}， $dSOC_{i,t} = 0$ ；当 t≤T_{REF,i}时采用下式计算：

$$dSOC_{t,i} = \frac{SOC_{REF,T,i} - SOC_{INITIAL,i}}{T_{REF,i}} \dots\dots\dots (D.2)$$

式中：

- $dSOC_{t,i}$ —— 第 t 年时，第 i 项目碳层的土壤有机碳储量年变化率，单位为吨碳每公顷每年（tC·hm⁻²·a⁻¹）；
- $SOC_{REF,T,i}$ —— 与第 i 碳层达到稳态水平时具有相似气候、土壤条件的当地自然景观(如：基线情景（2）下或项目情景下地块达到实际植被稳定水平状态时相似的自然景观)下土壤有机碳储量的参考值，单位为吨碳每公顷（tC·hm⁻²）；
- $SOC_{INITIAL,i}$ —— 项目开始时，第 i 项目碳层单位面积土壤有机碳储量，单位为吨碳每公顷（tC·hm⁻²）；
- t —— 1, 2, 3.....自项目开始以来的年数；
- i —— 1, 2, 3.....项目碳层；

$T_{REF,i}$ —— 项目活动下，第 i 项目碳层土壤有机碳达到新的平衡态时所需时间（林地取 20），单位为年（a）。

由于本方法学采用了基于因子的估算方法。考虑到其精度的不确定性和内在局限性，实际计算过程中生态公益林土壤有机碳库碳储量的年变化量一般不超过 0.8 吨碳每公顷（ $tC \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$ ）。

D.2 草坪土壤有机碳储量

D.2.1 碳储量变化法

本方法学采用因子法估算草坪土壤有机质碳储量变化。估算草坪土壤有机碳储量变化时，采用以下假设：

- a) 在公园建成后草坪土壤有机碳含量随时间呈线性变化；
- b) 最初的25~30年内，土壤累积速率为每年0.9~1.0t/hm²随后逐渐降低，在建园31~45年达到平衡。

对于草坪土壤碳储量变化的计算同附录D.1。注意草坪 $T_{REF,i}=40$ 且实际计算过程中草坪土壤有机碳库碳储量的年变化量不超过1吨碳每公顷（ $tC \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$ ）。

当草坪土壤有机碳储量的参考值缺乏时，可使用相邻地区生态公益林土壤有机碳储量的参考值代替。

D.2.2 缺省值法

项目区内数据缺乏时，根据不同的草坪管理类型进行分层，使用缺省值进行估算，见公式（D.3）。

$$\Delta C_{UGS,T} = \sum_{i=1} (\Delta C_{UGS,SQ,i} \times A_{UGS,i} \times T) \dots\dots\dots (D.3)$$

式中：

- $\Delta C_{UGS,T}$ —— 计入期内，项目边界内草坪碳储量的变化量，单位为吨二氧化碳当量（ tCO_2e ）
- $\Delta C_{UGS,SQ,i}$ —— 第 i 碳层草坪单位面积植株年均碳汇量，单位为吨二氧化碳当量每公顷每年（ $tCO_2e \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$ ）；
- $A_{UGS,i}$ —— 第 i 碳层草坪面积，单位为公顷（ hm^2 ）；
- T —— 项目计量期时长，单位为年（a）。

附录 E

(规范性)

城市生态公益林建设及管养时期引起的碳排放

E.1 施肥引起的温室气体排放

假定施用肥料引起的N₂O排放全部发生在施用当年。采用以下公式 (E.1) ~ (E.3) 计算。

$$GHG_{N_2O,t} = (F_{SN,P,t} + F_{ON,P,t}) \times EF_1 \times \frac{44}{28} \times GWP_{N_2O} \dots\dots\dots (E.1)$$

$$F_{SN,P,t} = \sum_{i=1}^I M_{SF,i,P,t} \times NC_{SF,i} \times (1 - Frac_{GASF}) \dots\dots\dots (E.2)$$

$$F_{ON,P,t} = \sum_{j=1}^J M_{OF,j,P,t} \times NC_{OF,i} \times (1 - Frac_{GASM}) \dots\dots\dots (E.3)$$

式中:

- $GHG_{N_2O,t}$ = 项目第 t 年时边界内施肥造成的 N₂O 直接排放, 单位为吨二氧化碳当量每年 (tCO₂e·a⁻¹);
- $F_{SN,P,t}$ = 扣除以 NH₃ 和 NO_x 形式挥发的 N 以外, 第 t 年项目活动下合成氮肥施用量, 单位为吨氮 (t-N);
- $F_{ON,P,t}$ = 扣除以 NH₃ 和 NO_x 形式挥发的 N 以外, 第 t 年项目活动下有机氮肥施用量, 单位为吨氮 (t-N);
- EF_1 = 肥料的 N₂O 排放因子; 单位为 tN₂O-N 或施入的 t-N
- GWP_{N_2O} = N₂O 的增温潜势;
- $M_{SF,i,B,t}$ = 第 t 年时, 合成氮肥施用量, 单位为吨 (t);
- $M_{OF,j,B,t}$ = 第 t 年时, 有机肥施用量, 单位为吨 (t);
- $NC_{SF,i}$ = 合成氮肥类型 i 的含氮量, 单位为吨氮或吨 (t-N 或 t);
- $NC_{OF,i}$ = 有机肥类型 i 的含氮量, 单位吨氮或吨 (t-N 或 t);
- $Frac_{GASF}$ = 合成氮肥以 NH₃ 和 NO_x 形式挥发的比例;
- $Frac_{GASM}$ = 有机肥以 NH₃ 和 NO_x 形式挥发的比例;
- i = 合成氮肥类型;
- j = 有机肥类型;
- t = 1, 2, 3.....自项目开始以来的年数。

E.2 园林机械设备消耗燃料引起的温室气体排放

施工和管护过程中使用绿篱机、打药机、剪草机、吊机、挖机等消耗化石燃料引起的温室气体排放计算见公式 (E.4)。

$$GHG_{GM,FC,t} = \sum_{l=1}^L \sum_{k=1}^K FC_{GM,k,l} \times Area_{k,l,t} \times EF_{CO_2,k} \times NCV_k \times 0.001 \dots\dots\dots (E.4)$$

式中:

- $GHG_{GM,FC,t}$ = 第 t 年项目活动下使用园林机械作业燃油排放量, 单位为吨二氧化碳当量每年 (tCO₂e·a⁻¹);
- $FC_{GM,k,l}$ = 园林机械类型 l 作业时单位面积消耗的燃料类型 k 的量, 重量或者体积; 单位为千克每公顷或升每公顷 (kg·hm⁻² 或 L·hm⁻²);
- $Area_{k,l,t}$ = 第 t 年项目活动使用园林机械类型 l 、化石燃料类型 k 作业的总面积, 单位为公顷 (hm²);
- $EF_{CO_2,k}$ = 燃料类型 k 的排放因子, 单位为 kgCO₂·GJ⁻¹;
- NCV_k = 燃料类型 k 的净热值, 单位为 GJ·kg⁻¹ 或 L⁻¹

- k = 燃料类型；
- K = 燃料类型数量；
- I = 机械类型；
- L = 机械类型数量；
- 0.001 = 将 kg 转换成 t 的常数。

E.3 泄漏—使用运输工具引起的温室气体排放的估算

施工过程中使用运输设备或工具导致项目边界外化石能源消耗量增加产生温室气体泄漏，计算见公式 (E.5)

$$LK_{Vehicle,t} = \sum_{k=1}^K (FC_{Vehicle,k,t} \times EF_{CO_2,k} \times NCV_k) \times 0.001 \dots \dots \dots (E.5)$$

式中：

- $LK_{Vehicle,t}$ = 第 t 年项目活动下使用运输设备的泄漏量，单位为吨二氧化碳当量每年 ($tCO_2e \cdot a^{-1}$)；
- $FC_{Vehicle,k,t}$ = 第 t 年项目活动下使用运输设备消耗燃料 k 的使用量，单位为千克或升 (kg 或 L)；
- $EF_{CO_2,k}$ = 燃料类型 k 的排放因子；单位： $kgCO_2 \cdot GJ^{-1}$
- NCV_k = 燃料类型 k 的净热值；单位： $GJ \cdot t^{-1}$ 或 L^{-1}
- k = 燃料类型；
- 0.001 = 将 kg 转换成 t 的常数。

E.4 泄漏—客土使用引起的温室气体排放的估算

从项目边界外挖取客土，对客土原地的扰动而引起的有关碳库中碳储量的减少，计算方式参考见公式 (E.6) ~ (E.9)。

$$LK_{SD,t} = LK_{TREE,t} + LK_{SHRUB,t} + LK_{SOC,t} \dots \dots \dots (E.6)$$

$$LK_{TREE,t} = B_{FOREST_AGB} \times (1 + R_{TREE}) \times A_{LK,t} \times CF_{FOREST} \times \frac{44}{12} \dots \dots \dots (E.7)$$

$$LK_{SHRUB,t} = B_{SHRUB_LK,t} \times (1 + R_{SHRUB}) \times A_{LK,t} \times CF_{SHRUB} \times \frac{44}{12} \dots \dots \dots (E.8)$$

$$LK_{SOC,t} = \sum_k SOC_{REF,k} \times A_{LK,k,t} \times C_d \times \frac{44}{12} \dots \dots \dots (E.9)$$

式中：

- $LK_{SD,t}$ = 第 t 年时，由项目活动引起的客土使用引起的 CO_2 排放的增加量，单位为吨二氧化碳当量每年 ($tCO_2e \cdot a^{-1}$)；
- $LK_{TREE,t}$ = 第 t 年客土使用引起的林木生物质碳储量的减少量，单位为吨二氧化碳当量每年 ($tCO_2e \cdot a^{-1}$)；
- $LK_{SHRUB,t}$ = 第 t 年客土使用引起的灌木生物质碳储量的减少量，单位为吨二氧化碳当量每年 ($tCO_2e \cdot a^{-1}$)；
- $LK_{SOC,t}$ = 第 t 年客土使用引起的土壤有机碳储量的减少量，单位为吨二氧化碳当量每年 ($tCO_2e \cdot a^{-1}$)；
- B_{FOREST_AGB} = 拟议项目所在地区完全郁闭的森林平均每公顷地上生物量，单位为吨干物

		质每公顷 ($\text{t d.m}\cdot\text{hm}^{-2}$) ;
R_{TREE}	=	拟议项目所在地区林木地下生物量与地上生物量之比, 单位: 无量纲;
CF_{FOREST}	=	拟议项目所在地区森林生物量中的含碳率, 单位: $\text{t C}\cdot(\text{t d.m.})^{-1}$;
$A_{LK,t}$	=	第 t 年客土挖取破坏植被的面积; 单位为公顷 (hm^2)
$A_{LK,k,t}$	=	第 t 年客土挖取破坏的 k 类土地面积, 单位为公顷 (hm^2)
$B_{SHRUB_LK,t}$	=	第 t 年客土挖取地灌木的平均每公顷地上生物量, 单位为吨干物质每公顷 ($\text{t d.m}\cdot\text{hm}^{-2}$) ;
R_{SHRUB}	=	灌木的地下生物量与地上生物量之比, 无量纲;
CF_{SHRUB}	=	灌木生物量中的含碳率, 单位为吨碳每吨干物质 ($\text{t C}\cdot(\text{t d.m.})^{-1}$) ;
$SOC_{REF,k}$	=	与客土原位所在地具有相似气候、土壤条件的当地自然植被\景观 (如当地未退化的、未利用土地上的自然植被\景观) 下土壤有机碳储量的参考值; 单位为吨碳每公顷 ($\text{t C}\cdot\text{hm}^{-2}$)
C_d	=	土壤碳排放比例; 单位: 无量纲;
t	=	1, 2, 3.....自项目开始以来的年数;
k	=	地类或植被类型;
$\frac{44}{12}$	=	CO_2 与 C 的分子量之比; 单位: 无量纲;

附录 F
(规范性)
碳库碳储量的监测方法

F.1 监测样地数量与样地设置

F.1.1 生态公益林样地设置

参见《城市森林碳储量与碳汇量评估技术规范》(DB4403/T 534—2024)附录A。

F.1.2 草坪样地设置

对各层草坪进行等面积划分,使用简单随机抽样方法抽取碳层面积的0.2%进行调查,即每公顷设置 5个4 m²的样方。

F.2 林木生物质碳储量监测

林木生物质碳储量监测按以下步骤进行:

第一步。用样地每木检尺实测样地内所有活立木的胸径(DBH)、树高(H),起测胸径为5.0cm。通过查材积表,或利用材积公式计算获得单株林木树干材积。

第二步。采用附录A中的方法计算样地内各树种的林木生物质碳储量,累加后得到各样地的林木生物质碳储量。

第三步。计算第*i*碳层平均单位面积林木生物质碳储量的估计值及其方差,见公式(F.1)、公式(F.2)。

$$C_{TREE,i,t} = \frac{\sum_{p=1}^{n_i} C_{TREE,i,p,t}}{n_i} \dots\dots\dots (F.1)$$

$$S_{C_{TREE,i,t}}^2 = \frac{\sum_{p=1}^{n_i} (C_{TREE,i,p,t} - C_{TREE,i,t})^2}{(n_i - 1)} \dots\dots\dots (F.2)$$

式中:

- $C_{TREE,i,t}$ — 第*t*年第*i*项目碳层平均单位面积林木生物质碳储量的估计值,单位为tC·hm⁻²;
- $C_{TREE,i,p,t}$ — 第*t*年第*i*项目碳层样地*p*的单位面积林木生物质碳储量,单位为tC·hm⁻²;
- n_i — 第*i*项目碳层的样地数;
- $S_{C_{TREE,i,t}}^2$ — 第*t*年第*i*项目碳层平均单位面积林木生物质碳储量估计值的方差,单位为(t C·hm⁻²)²;
- t — 1, 2, 3……自项目开始以来的年数;
- i — 1, 2, 3……碳层编号。

第四步。计算项目总体的平均单位面积林木生物质碳储量的估计值及其方差,见公式(F.3)、公式(F.4)。

$$C_{TREE,t} = \sum_{i=1}^M (W_i \times C_{TREE,i,t}) \dots\dots\dots (F.3)$$

$$S_{C_{TREE,t}}^2 = \sum_{i=1}^M (W_i^2 \times \frac{S_{C_{TREE,i,t}}^2}{n_i}) \dots\dots\dots (F.4)$$

式中:

- $C_{TREE,t}$ — 第*t*年项目边界内的平均单位面积林木生物质碳储量的估计值,单位为t C·hm⁻²;

- w_i — 第*i*项目碳层面积与项目总面积之比, $w_i=A_i/A$, 无量纲;
- $c_{TREE,i,t}$ — 第*t*年第*i*项目碳层的平均单位面积林木生物质碳储量的估计值, 单位为 $t \cdot C \cdot hm^{-2}$;
- $S_{CTREE,t}^2$ — 第*t*年, 项目总体平均数 (平均单位面积林木生物质碳储量) 估计值的方差, 单位为 $(t \cdot C \cdot hm^{-2})^2$;
- $S_{CTREE,i,t}^2$ — 第*t*年, 第*i*项目碳层平均单位面积林木生物质碳储量估计值的方差, 单位为 $(t \cdot C \cdot hm^{-2})^2$;
- n_i — 第*i*项目碳层的样地数;
- M — 项目边界内估算林木生物质碳储量的分层总数;
- t — 1, 2, 3……自项目开始以来的年数;
- i — 1, 2, 3……碳层编号。

第五步。计算项目边界内平均单位面积林木生物质碳储量的不确定性, 见公式 (F.5)。

$$u_{CTREE,t} = \frac{t_{VAL} \times S_{CTREE,t}}{c_{TREE,t}} \dots\dots\dots (F.5)$$

式中:

- $u_{CTREE,t}$ — 第*t*年, 项目边界内平均单位面积林木生物质碳储量的估计值的不确定性 (相对误差限), 要求相对误差不大于10%, 即抽样精度不低于90%;
- t_{VAL} — 可靠性指标: 自由度等于 $n-M$ (其中*n*是项目边界内样地总数, *M*是林木生物量估算的分层总数), 置信水平为90%, 查*t*分布双侧分位数表获得;
- $S_{CTREE,t}$ — 第*t*年, 项目边界内平均单位面积林木生物质碳储量的估计值的方差的平方根 (即标准误差), 单位为 $t \cdot C \cdot hm^{-2}$;
- t — 1, 2, 3……自项目开始以来的年数。

第六步: 计算第*t*年项目边界内的林木生物质总碳储量, 见公式 (F.6)。

$$C_{TREE,t} = A \times c_{TREE,t} \dots\dots\dots (F.6)$$

式中:

- $C_{TREE,t}$ — 第*t*年项目边界内林木生物质碳储量的估计值, 单位为 tC ;
- A — 项目边界内各碳层的面积总和, 单位为 hm^2 ;
- $c_{TREE,t}$ — 第*t*年项目边界内平均单位面积林木生物质碳储量估计值, 单位为 $t \cdot C \cdot hm^{-2}$;
- t — 1, 2, 3……自项目开始以来的年数。

第七步。计算项目边界内林木生物质碳储量的年变化量。假设一段时间内, 林木生物量的变化是线性的, 计算核查期内第*t*年 ($t_1 \leq t \leq t_2$) 时项目边界内林木生物质碳储量的变化量, 见公式 (F.7)。

$$\Delta C_{TREE(t_1,t_2)} = \frac{C_{TREE,t_2} - C_{TREE,t_1}}{t_2 - t_1} \times 1 \dots\dots\dots (F.7)$$

式中:

- $\Delta C_{TREE(t_1,t_2)}$ — 第*t*₁年和第*t*₂年之间项目边界内林木生物质碳储量的年变化量, 单位为 $t \cdot C \cdot a^{-1}$;
- C_{TREE,t_1} — 第*t*₁年时项目边界内林木生物质碳储量估计值, 单位为 $t \cdot C$;
- C_{TREE,t_2} — 第*t*₂年时项目边界内林木生物质碳储量估计值, 单位为 $t \cdot C$;
- t_1, t_2 — 项目开始以后的第*t*₁年和第*t*₂年, 且 ($t_1 \leq t \leq t_2$);
- $t_2 - t_1$ — 两次连续测定的时间间隔, 单位为 a ;

1 — 1年，单位为a。

注：首次核查时，将项目活动开始时林木生物量的碳储量赋值给公式（F.1）中的变量 $c_{TREE, i, t, 0}$ 。

F.3 灌木生物质碳储量监测

灌木生物质碳储量的监测，可通过监测各碳层灌木盖度，采用附件B.2中的缺省方法进行计算。在某些情况下（例如开展以灌木为主的经营管理活动），项目业主也可采用下述方法进行监测。

在第*i*项目碳层样地*p*内设置样方*k*（面积≥2m²），测定样方内灌木的基径、高、冠幅和枝数等，利用一元或多元生物量方程，计算样地*p*内灌木的单位面积生物量，见公式（F.8）。

$$b_{SHRUB, i, p, t} = \frac{\sum_{q=1} \sum_{j=1} [f_{SHRUB, j(x_1, x_2, x_3)} \times N_{SHRUB, i, p, q, j, t} \times CF_{SHRUB, j} \times (1 + R_{SHRUB, j})]}{\sum_{k=1} A_{SHRUB, i, p, q, t}} \times \frac{44}{12} \times \frac{1}{100} \dots \dots \quad (F.8)$$

式中：

$b_{SHRUB, i, p, t}$	第 <i>t</i> 年时项目边界内第 <i>i</i> 项目碳层样地 <i>p</i> 内的平均单位面积灌木生物量，单位为t d. m. · hm ⁻² ；
$f_{SHRUB, j(x_1, x_2, x_3)}$	第 <i>j</i> 类灌木地上生物量与灌木测树因子(<i>x</i> ₁ , <i>x</i> ₂ , <i>x</i> ₃ ...)（如基径、高、冠幅、灌径等）的单枝生物量方程，单位为g d. m · 枝 ⁻¹ ；
$N_{SHRUB, i, p, q, j, t}$	第 <i>i</i> 项目碳层样地 <i>p</i> 样方 <i>q</i> 内第 <i>j</i> 类灌木的丛数，单位为丛；
$CF_{SHRUB, j}$	第 <i>j</i> 类灌木的生物量含碳率，单位为g C (g d. m.) ⁻¹ 或 t C (t d. m.) ⁻¹ ；
$R_{SHRUB, j}$	第 <i>j</i> 类灌木的地下生物量/地上生物量比值，无量纲；
$A_{SHRUB, i, p, q, t}$	第 <i>t</i> 年时第 <i>i</i> 项目碳层样地 <i>p</i> 内样方 <i>q</i> 的面积，单位为m ² ；
$\frac{1}{100}$	将g · m ⁻² 转换成t · hm ⁻² 的系数；
<i>t</i>	1, 2, 3……自项目开始以来的年数；
<i>i</i>	1, 2, 3……碳层编号。

余下步骤参考F.1节第三步至第七步提供的方法，实际计算时，用字母下标“SHRUB”代替公式中的字母下标“TREE”。在样方实地调查过程中，若灌木数量过多无法计算或样方可达性低时可参考国内已经备案的方法学中的灌木生物质碳储量计量方法。

F.4 草坪多年生草本及宿根花卉碳储量监测

若第*t*年时项目边界内草坪生物质碳储量选择通过对样方内不同类型多年生草本植物、地被物或宿根花卉进行采样烘干，实验室测定其生物量干重及含碳率。则余下步骤参考附件F.1第三步至第七步提供的方法，实际计算时，用字母下标“GRASS”代替公式中的字母下标“TREE”。

附录 G

(资料性)

常见树种单木生物量异速生长方程

G.1 生物量方程

常见树种单木生物量异速生长方程见表G.1。

表G.1 常见树种单木生物量方程表

类别	拉丁名	计算公式	核算依据		
木荷	<i>Schima superba</i>	地上 ($W_T=W_S+W_B+W_L$) :	[1]《基于 GIS 的城市森林碳储量估算研究 —— 以深圳市塘朗山为例》		
		$W_S=0.04188(D^2H)^{0.9495}$			
		$W_B=0.01208(D^2H)^{0.9687}$			
		$W_L=0.00313(D^2H)^{0.9418}$			
		地下 :			
		$W_R=0.01645(D^2H)^{0.9002}$			
		地上 :	[2]《中国森林生态系统碳储量 —— 生物量方程》		
		$W_S=0.0319(D^2H)^{0.9357}$			
秋枫	<i>Bischofia javanica</i>	$W_B=0.0111(D^2H)^{0.8652}$			
		$W_L=0.004(D^2H)^{0.9689}$			
		地下 :			
		$W_R=0.0025(D^2H)^{1.0584}$			
榕树	<i>Ficus microcarpa</i>	$W_{全株}=10.4+0.189(D^2H)+0.00231(D^2H)^2-0.00000804(D^2H)^3$	[3]《亚热带常绿阔叶混交林木本植物生物量模型数据集》		
鹅掌楸	<i>Liriodendron chinense</i>	$W=0.06393D^{2.61147}$	[3]《亚热带常绿阔叶混交林木本植物生物量模型数据集》		
杉木	<i>Cunninghamia lanceolata</i>	地上 :	[3]《亚热带常绿阔叶混交林木本植物生物量模型数据集》		
		$W_S=0.0085(D^2H)^{1.1072}$			
		$W_B=0.0017(D^2H)^{1.0919}$			
		$W_L=0.0007D^{2.8866}$			
		地下 :			
		$W_R=0.08(D^2H)^{0.6462}$			
		樟树	<i>Camphora officinarum</i>	地上 :	[4]DB44/T 2177
		$W_A=0.00525D^{2.92904}H^{0.45375}$			
		地下 :			
		$W_B=0.03982D^{2.48635}H^{0.04338}$			
		台湾相思	<i>Acacia confusa</i>	$W_T=1.4256(D^2H)^{0.568}$	[1]《基于 GIS 的城市森林碳储量估算研究 —— 以深圳市塘朗山为例》
		余甘子	<i>Phyllanthus emblica</i>	$W=0.098(D^2H)^{0.727}$	[5]《中国常见灌木生物量模型手册》
银柴	<i>Aporosa dioica</i>	地上 :	[2]《中国森林生态系统碳储量 —— 生物量方程》按照阔叶林计算		
		$W_S=0.0319(D^2H)^{0.9357}$			
		$W_B=0.0111(D^2H)^{0.8852}$			
		$W_L=0.004(D^2H)^{0.9589}$			
		地下 :			
		$W_R=0.0025(D^2H)^{1.0584}$			
		银柴	<i>Aporosa dioica</i>	$W_T=1.4256(D^2H)^{0.568}$	[2]《中国森林生态系统碳储量 —— 生物量方程》

类别	拉丁名	计算公式	核算依据	
皂荚	<i>Gleditsia sinensis</i>	地上：	[2]《中国森林生态系统碳储量——生物量方程》	
		$W_S=0.2030D^{1.9500}$		
		$W_B=0.0042D^{3.2400}$		
		$W_L=0.00085D^{3.2300}$		
		地下：		
		$W_R=0.00085D^{2.2300}$		
		地上：		[6]《海南地区菠萝蜜和荔枝单木相容性生物量模型的构建》
		$W_S=0.184D^{2.170}H^{0.078}$		
$W_B=0.473D^{2.672}H^{1.764}$				
$W_L=0.270D^{3.831}H^{3.450}$				
		地下：		
		$W_R=0.201D^{3.227}H^{1.989}$		
		地上：		[7]LY/T 2263
		$W_A=0.092349D^{2.02817}H^{0.49763}$ (D 5cm)		
$WA=0.181666D^{1.60778}H^{0.49763}$ (D< 5cm)				
地下：				
	<i>Pinus massoniana</i>	$W_B=0.008828D^{2.73828}H^{0.080255}$ (D 5cm)		
		$W_B=0.043674D^{1.74485}H^{0.080255}$ (D< 5cm)		
		地上：		[2]《中国森林生态系统碳储量——生物量方程》
		$W_S=0.0541(D^2H)^{1.0124}$		
$W_B=0.0339(D^2H)^{0.8357}$				
$W_L=0.0125(D^2H)^{0.8258}$				
	<i>Castanopsis chinensis</i>	地下：		
		$W_R=0.0047(D^2H)^{1.0419}$		
		地上：		[2]《中国森林生态系统碳储量——生物量方程》
		$W_S=0.0359(D^2H)^{0.9509}$		
$W_B=0.0407(D^2H)^{0.7246}$				
$W_L=0.194(D^2H)^{0.433}$				
	<i>Casuarina equisetifolia</i>	地下：		
		$W_R=0.0089(D^2H)^{0.9363}$		
		地上：		[3]《亚热带常绿阔叶混交林木本植物生物量模型数据集》
		$W=1.422+0.028(D^2H)$		
地上：	[3]《亚热带常绿阔叶混交林木本植物生物量模型数据集》			
$W_S=0.3230+0.015(D^2H)$				
$W_B=0.098+0.002(D^2H)$				
$W_L=0.178+0.007(D^2H)$				
	<i>Robinia pseudoacacia</i>	地下：		
		$W_R=0.685+0.32(D^2H)$		
		地上：		[2]《中国森林生态系统碳储量——生物量方程》
		$W=0.08+0.028D^2H$		
地上：	[3]《亚热带常绿阔叶混交林木本植物生物量模型数据集》			
$W=0.1726D^{2.3686}$				
地上：		[8]《粤东地区森林灌木层优势植物生物量估算模型》		
$W=0.9(D^2H)^{0.9614}$				
地上：	[5]《中国常见灌木生物量模型手册》			
$W=0.061(D^2H)^{0.915}$				
地上：		[5]《中国常见灌木生物量模型手册》		
$W=0.077(D^2H)^{0.469}$				
地上：				
$W=0.077(D^2H)^{0.469}$				
地上：				
$W=0.077(D^2H)^{0.469}$				

类别	拉丁名	计算公式	核算依据
假鹰爪	<i>Desmos chinensis</i>	$W=0.4098D^{1.6015}H^{0.5438}$	[1]《基于 GIS 的城市森林碳储量估算研究——以深圳市塘朗山为例》
乌桕	<i>Triadica sebifera</i>	—	[9]《城阳街道绿化树种地上生物量及不同绿地类型的碳储量》
润楠	<i>Machilus nanmu</i>	$W=2.6211(D^2H)^{0.8565}$	[3]《亚热带常绿落叶阔叶混交林木植物生物量模型数据集》
银柴	<i>Aporosa dioica</i>	$W_f=1.4256(D^2H)^{0.568}$	[2]《中国森林生态系统碳储量——生物量方程》
算盘子	<i>Glochidion puberum</i>	$W=0.063(D^2H)^{0.715}$	[5]《中国常见灌木生物量模型手册》
栀子花	<i>Gardenia jasminoides</i>	$W_f=1.4256(D^2H)^{0.568}$	[5]《中国常见灌木生物量模型手册》
石斑木	<i>Raphiolepis indica</i>	$W=0.087(D^2H)^{0.574}$	—

G.2 常见树种基本木材密度

常见树种基本木材密度参考值G.2。

表G.2 常见树种基本木材密度参考值

优势树种(组)	胸径(D)	优势树种(组)	胸径(D)	优势树种(组)	胸径(D)
木荷	0.598	软阔类	0.443	国外松	0.424
木麻黄	0.443	硬阔类	0.598	火炬松	0.424
杉木	0.307	阔叶混	0.482	落叶松	0.49
相思	0.443	针叶混	0.405	马尾松	0.38
枫香	0.598	针阔混	0.486	湿地松	0.424
藜蒴	0.443	杂木	0.515	其它松类	0.424
其他杉类	0.359	南洋楹	0.443	-	-

附录 H
(资料性)
植被年均固碳量

H.1 不同土地利用类型植被年均固碳量

部分地区不同土地利用类型植被年均固碳量见表H.1。

表H.1 部分地区不同土地利用类型植被年均固碳量

一级类	二级类	年固碳量 ($tCO_2 \cdot hm^{-2}$)	说明
01 住宅用地	0101 住宅用地	1.45	主要用于人们生活居住的房基地及其附属设施的土地
02 商服用地	0201 商业办公	1.77	人们工作的建筑,包括写字楼,商贸、经济、IT、电商、媒体等。
	0202 商贸服务	1.41	商业零售、餐饮、住宿和娱乐等用地。
03 工业用地	0301 工业用地	0.76	用于生产、仓储、采矿等的土地与建筑用地
04 交通用地	0402 运输场站	2.05	运输设施包括物流、公交、火车站及附属设施等
	0403 机场用地	1.67	用于民用、军用或混用的机场用地
05 公共管理与公共服务用地	0501 机关团体用地	1.11	党政机关、军队、公共服务机构和组织等用地。
	0502 教育科研用地	1.35	教育和科研的用地,包括大学、中小学、研究所及附属设施等
	0503 医疗用地	1.84	医院、疾控和应急服务用地
	0504 体育文化	1.10	大众体育与训练、文化服务用地,包括体育中心、图书馆、博物馆和展览中心等
	0505 公园与绿地	1.00	用于娱乐或环境保护的公园与绿地

H.2 不同建坪年限草坪单位面积年固碳量

不同建坪年限草坪单位面积年固碳量见表H.2和表H.3。

表H.2 不同建坪年限草坪草本单位面积年固碳量

建坪年限	单位面积草本年固碳量 ($tCO_2 \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$)
4	3.40
8	2.93
10	1.75

表H.3 不同建坪年限草坪土壤单位面积年固碳量

建坪年限	单位面积土壤年固碳量 ($\text{tCO}_2\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$)
0-6	1.40
7-9	1.30
10-20	0.40
>20	0

附录 I
(资料性)
排放因子表

I.1 城市生态公益林建设及管护机械燃油碳排放因子表

表I.1 城市生态公益林建设及管护机械燃油碳排放因子表

碳足迹	排放因子
柴油燃烧	74.1tCO ₂ /TJ
汽油燃烧	69.3tCO ₂ /TJ

数据来源：《国家温室气体排放因子数据库》

附录 J
(资料性)

城市生态公益林建设及养护期耗排放估算缺省值

当城市生态公益林建设及养护期耗电量及耗油量资料缺失或难以计量时，对其的碳排放量计量可参考《中国产品全生命周期温室气体排放数据集》中提供的数值进行排放量的计算。部分城市生态公益林相关排放数据见下表：

表J.1 城市生态公益林排放估算表

排放类型	单位面积排放量 (单位为 kgC/m ²)
苗木运输	0.01~0.13
材料运输	0.005~0.014
土方运输	0.11~0.26
机械栽植	0.48
机械养护	0.002~0.28

附录 K
(资料性)
土壤有机碳密度的参考值

数据源优先顺序： a) 公开出版的与项目区条件相似的数据； b) 国家相关资源调查数据（如土壤普查、森林资源清查或温室气体国家清单）； c) 从下表中选择缺省值。			
矿质土壤的土壤有机碳参考值 ($t\ C\ hm^{-2}$, 深度 0~30cm)			
地类/植被类型	SOC_{REF}	地类/植被类型	SOC_{REF}
热带常绿林、雨林季雨林	33.1	温带落叶阔叶林	65.5
热带灌丛、矮林	35.8	温带针阔混交林	62.5
亚热带常绿阔叶林	40.0	温带疏林	33.3
亚热带常绿-落叶阔叶林混交林	49.2	温带灌丛	46.4
亚热带落叶阔叶林	53.6	温带灌木半灌木荒漠	11.7
亚热带常绿针叶林	31.7	温带高寒灌丛	37.8
亚热带针阔混交林	50.3	温带草原	33.3
亚热带矮林	228.3	温带荒漠草地	10.2
亚热带疏林	36.9	高寒草原草甸	75.6
亚热带灌丛	39.9	高寒荒漠	20.8
温带暗针叶林	153.7	荒漠	2.7
温带常绿针叶林	67.9	荒山荒地	29.0
温带落叶针叶林	37.9	旱地	26.7
热带常绿林、雨林季雨林	33.1	温带落叶阔叶林	65.5
热带灌丛、矮林	35.8	温带针阔混交林	62.5
亚热带常绿阔叶林	40.0	温带疏林	33.3

附录 L

(资料性)

项目设计阶段确定的参数和数据要求

表L.1 乔木生物量含碳率

数据/参数名称	$CF_{TREE, j}$
数据单位	$t\ C \cdot (t\ d.m.)^{-1}$
数据描述	树种 j 的林木生物量含碳率
数据来源	数据来源优先选择次序为： a) 地方标准或研究地点在项目所在区域的文献； b) 林业行业标准《立木生物量模型及碳计量参数》中的数据； c) 最新发布的《中国国家信息通报》土地利用变化与林业温室气体清单的数据采用缺省值 0.5。
数值	取所选数据源提供的相关数值
数据用途	用于将林木生物量转换为碳储量
备注	无

表L.2 木材密度

数据/参数名称	$WD_{TREE, j}$
数据描述	树种 j 的木材密度
数据单位	$t\ d.m \cdot m^{-3}$
数据来源	数据来源优先选择次序为： a) 地方标准或研究地点在项目所在区域的文献； b) 林业行业标准《立木生物量模型及碳计量参数》中的数据； c) 最新发布的《中国国家信息通报》土地利用变化与林业温室气体清单的数据。
数值	取所选数据源提供的相关数值
数据用途	用于计算林木生物质碳储量
备注	优先选择项目地区现有的、公开发表的缺省值，若没有相关缺省值则按照地区、相邻地区、省级或国家水平、CDM 或 IPCC 的优先顺序进行选择

表L.3 生物量扩展因子

数据/参数名称	$BEF_{TREE, j}$
数据描述	乔木生物量扩展因子
数据单位	无量纲
数据来源	数据源优先顺序： a) 地方标准或研究地点在项目所在区域的文献； b) 官方最新公布的省级尺度的数据（如省级温室气体清单）； c) 官方最新公布的国家尺度的数据（如国家温室气体清单）。
数值	取所选数据源提供的相关数值
数据用途	用于将树干生物量转换为地上生物量
备注	优先选择项目地区现有的、公开发表的缺省值，若没有相关缺省值则按照地区、相邻地区、省级或国家水平、CDM 或 IPCC 的优先顺序进行选择

表L.4 乔木单株材积与年龄的相关方程

数据/参数名称	$f_{v,j}(x)$
数据描述	乔木单株材积与年龄的相关方程
数据单位	$m^3 \cdot stem^{-1}$
数据/参数名称	$f_{v,j}(x)$
数据来源	数据来源优先顺序： a) 地方标准或研究地点在项目所在区域的文献； b) 林业行业标准《立木生物量模型及碳计量参数》； c) 省级基于树种的数据(如国家森林资源连续清查、林业规划设计调查或省级温室气体清单编制中的数据)。
数值	
数据用途	用于计算林木材积
备注	无

表L.5 林木地下生物量与地上生物量之比

数据/参数名称	$R_{TREE,j}$
数据描述	树种 j 的林木地下生物量/地上生物量之比
数据单位	无量纲
数据来源	数据源优先选择次序为： a) 地方标准或研究地点在项目所在区域的文献； b) 官方最新公布的省级尺度的数据（如省级温室气体清单）； c) 官方最新公布的国家尺度的数据（如国家温室气体清单）。
数值	取所选数据源提供的相关数值
数据用途	用于计算林木生物量
备注	无

表L.6 灌木生物量的含碳率

数据/参数名称	CF_{SHRUB}
数据描述	灌木生物量的含碳率
数据单位	$t C \cdot (t.d.m)^{-1}$
数据来源	数据来源优先顺序： a) 地方标准或研究地点在项目所在区域的文献； b) 官方最新公布的省级尺度的数据（如省级温室气体清单）； c) 官方最新公布的国家尺度的数据（如国家温室气体清单）； d) 缺省值：0.47。
数值	取所选数据源提供的相关数值
数据用途	用于将灌木生物量转换为碳储量
备注	优先选择项目地区现有的、公开发表的缺省值，若没有相关缺省值则按照地区、相邻地区、省级或国家水平、CDM 或 IPCC 的优先顺序进行选择

表L.7 灌木地下生物量与地上生物量之比

数据/参数名称	R_{SHRUB}
数据描述	灌木的地下生物量与地上生物量之比
数据单位	无量纲
数据来源	数据来源优先顺序： a) 地方标准或研究地点在项目所在区域的文献； b) 官方最新公布的省级尺度的数据（如省级温室气体清单）； c) 官方最新公布的国家尺度的数据（如国家温室气体清单）； d) 缺省值：0.40。
数值	取所选数据源提供的相关数值
数据用途	用于将灌木地上生物量转换为全株生物量
备注	优先选择项目地区现有的、公开发表的缺省值，若没有相关缺省值则按照地区、相邻地区、省级或国家水平、CDM 或 IPCC 的优先顺序进行选择

表L.8 土地利用碳储量变化因子

数据/参数	$f_{LU,i}$
数据描述	项目第 i 层土地利用碳储量变化因子
数据单位	无量纲
数据来源	数据源优先顺序： a) 公开出版的与项目区条件相似的数据； b) 官方最新公布的省级尺度的数据（如省级温室气体清单）； c) 官方最新公布的国家尺度的数据（如国家温室气体清单）； d) 国家或行业标准中适用于项目区的数据； e) 缺省值：草地取 1，林地湿度为干燥取 0.93，湿润取 0.82。
数值	取所选数据源提供的相关数值
数据用途	用于计算不同土地利用方式土壤基准线碳储量
备注	应选择与项目地区植被类型相同或自然条件相似地区的值进行计算

表L.9 与基准线管理模式相关的碳储量变化因子

数据/参数	$f_{MG,i}$
数据描述	项目第 i 层与基准线管理模式相关的碳储量变化因子
数据单位	无量纲
数据来源	数据源优先顺序： a) 现有的、公开发表的、当地的或相似生态条件下的数据； b) 缺省值：草地严重退化取 0.7，中等退化取 0.95；林地充分翻耕取 1.00，扰动较低湿度为干燥取 1.02，扰动较低湿润取 1.08。
数据选用的合理性	无上述 a) 数据来源时，参考 CDMAR-TOOL16 提供的基准线管理模式相关的碳储量变化因子缺省值
数值	取所选数据源提供的相关数值
数据用途	用于计算不同管理模式土壤基准线碳储量
备注	应选择与项目地区植被类型相同或自然条件相似地区的值进行计算

表L. 10 基准线有机碳输入类型相关的碳储量变化因子

数据/参数	$f_{DM,i}$
数据描述	项目第 i 层与基准线有机碳输入类型（如：农作物秸秆还田、施用肥料）相关的碳储量变化因子
数据单位	无量纲
数据来源	数据源优先顺序： a) 公开出版的与项目区条件相似的数据； b) 官方最新公布的省级尺度的数据（如省级温室气体清单）； c) 官方最新公布的国家尺度的数据（如国家温室气体清单）； d) 国家或行业标准中适用于项目区的数据； e) 缺省值：草地严重退化取 0.7，中等退化取 0.95；林地湿度为干燥取 1.04，湿润取 1.11。
数据选用的合理性	
数值	取所选数据源提供的相关数值
数据用途	用于计算不同有机碳输入类型土壤基准线碳储量
备注	无上述 a)、b)、c)、d) 数据来源时，参考 CDMAR-TOOL16 提供的与基准线有机碳输入类型相关的碳储量变化因子缺省值

表L. 11 合成氮肥以NH₃和NO_x形式挥发的比例

数据/参数	$Frac_{GASF}$
数据描述	合成氮肥以 NH ₃ 和 NO _x 形式挥发的比例
数据单位	$g\ N_2O \cdot (kg\ 燃烧的干物质\ d.m.)^{-1}$
数据/参数	$Frac_{GASF}$
数据来源	数据来自项目区相关文献。如果区域、国家具体值难以获得，可以使用 2006 IPCC 清单指南（第 4 卷-表 11.1）及任何该 IPCC 清单指南的更新版本或部分更新版本和任何关于 AFOLU 的优良做法指南中的默认值：0.10
数值	取所选数据源提供的相关数值
数据用途	用于计算有机肥产生的 NH ₃ 和 NO _x 形式的排放。
备注	无

表L. 12 有机肥以NH₃和NO_x形式挥发的比例

数据/参数	$Frac_{GASM}$
数据描述	有机肥以 NH ₃ 和 NO _x 形式挥发的比例
数据单位	$g\ N_2O \cdot (kg\ 燃烧的干物质\ d.m.)^{-1}$
数据来源	数据来自项目区相关文献。如果区域、国家具体值难以获得，可以使用 2006 IPCC 清单指南（第 4 卷-表 11.1）及任何该 IPCC 清单指南的更新版本或部分更新版本和任何关于 AFOLU 的优良做法指南中的默认值：0.20
数值	取所选数据源提供的相关数值
数据用途	用于计算有机肥产生的 NH ₃ 和 NO _x 形式的排放。
备注	无

表L. 13 燃料的净热值

数据/参数	NCV_k
数据描述	燃料类型 k 的净热值
数据单位	$GJ \cdot t^{-1}$
数据来源	数据源优先选择顺序： a) 最新公布的所在省、市、自治区的数据（如省级温室气体清单）； b) 最新公布的国家温室气体清单中使用的适于项目地区的数据； c) 缺省值：汽油：0.059；柴油：0.050。
数值	取所选数据源提供的相关数值
数据用途	用于计算项目活动过程中使用燃料产生的 CO_2 排放。
备注	缺省值参考《中国能源统计年鉴 2012》p353。

附录 M

(资料性)

项目实施阶段需监测的参数和数据要求

表M.1 项目碳层的面积

数据/参数名称	A_i
数据描述	第 i 项目碳层的面积
数据单位	hm^2
数据来源	野外测定
监测点要求	无
监测仪表要求	无
监测程序与方法要求	采用国家森林资源清查或林业规划设计调查使用的标准操作程序(SOP)
监测频次与记录要求	首次核查开始, 每 3-10 年一次
质量保证/质量控制程序要求	采用 IPCC GPG LULUCF 2003 中说明的 QA/QC 程序
数据用途	用于计算林木碳汇量、灌木碳汇量、发生火灾产生的温室气体排放量
备注	在项目情景下用 $APROJ, i$ 表示, 在基准线情景下用 $ABSL, i$ 表示

表M.2 乔(灌)木树种的单位面积株数

数据/参数名称	$N_{TREE_SQ} N_{SHRUB_SQ}$
数据单位	株· hm^2 或株· km^2
数据描述	乔(灌)木树种的单位面积株数
数据来源	城市生态公益林施工及竣工文件, 实地监测数据
监测点要求	所有监测样地
监测仪表要求	无
监测程序与方法要求	无
监测频次与记录要求	首次核查开始, 每 3-10 年一次
质量保证/质量控制程序要求	采用 IPCC GPG LULUCF 2003 中说明的 QA/QC 程序保证和质量控制(QA/QC)程序。
备注	无

表M.3 乔木的胸径

数据/参数名称	DBH
数据单位	cm
数据描述	乔木的胸径
数据来源	城市生态公益林施工及竣工文件乔木规格、实地监测数据
监测点要求	所有监测样本
监测仪表要求	胸径测量仪, 皮尺; 罗盘, RTK、GPS、BDS 等定位和导航设备
数据/参数名称	DBH
监测程序与方法要求	采用国家森林资源清查或林业规划设计调查使用的标准操作程序(SOP)
监测频次与记录要求	首次核查开始, 每 3-10 年一次
质量保证/质量控制程序要求	采用国家森林资源清查或林业规划设计调查使用的质量保证和质量控制(QA/QC)
数据用途	乔木、灌木的生物量方程的测树因子
备注	无

表M.4 灌木树种的地径/基径

数据/参数名称	<i>GD</i>
数据单位	cm
数据描述	灌木树种的地径/基径
数据来源	城市生态公益林施工及竣工文件灌木（地被植物）规格、实地监测数据
监测点要求	所有监测样地
监测仪表要求	游标卡尺或其他测量仪；罗盘，RTK、GPS、BDS 等定位和导航设备
监测程序与方法要求	采用国家森林资源清查或林业规划设计调查使用的标准操作程序(SOP)
监测频次与记录要求	首次核查开始，每 3-10 年一次
质量保证/质量控制程序要求	采用国家森林资源清查或林业规划设计调查使用的质量保证和质量控制（QA/QC）
数据用途	乔木、灌木的生物量方程的测树因子
备注	无

表M.5 乔木（灌木）树种的高度

数据/参数名称	<i>H</i>
数据单位	m
数据描述	乔木（灌木）树种的高度
数据来源	城市生态公益林施工及竣工文件灌木（地被植物）规格、实地监测数据
监测点要求	所有监测样地
监测仪表要求	测高仪、皮尺；罗盘，RTK、GPS、BDS 等定位和导航设备
监测程序与方法要求	采用国家森林资源清查或林业规划设计调查使用的标准操作程序(SOP)
监测频次与记录要求	首次核查开始，每 3-10 年一次
质量保证/质量控制程序要求	采用国家森林资源清查或林业规划设计调查使用的质量保证和质量控制（QA/QC）
数据用途	乔木、灌木的生物量方程的测树因子
备注	无

表M.6 灌木树种的冠幅

数据/参数名称	<i>D_{SHRUB_crown}</i>
数据单位	m
数据描述	灌木树种的冠幅
数据来源	城市生态公益林施工及竣工文件灌木（地被植物）规格、实地监测数据
监测点要求	所有监测样地
监测仪表要求	皮尺；罗盘，RTK、GPS、BDS 等定位和导航设备
监测程序与方法要求	采用国家森林资源清查或林业规划设计调查使用的标准操作程序(SOP)
监测频次与记录要求	首次核查开始，每 3-10 年一次
质量保证/质量控制程序要求	采用国家森林资源清查或林业规划设计调查使用的质量保证和质量控制（QA/QC）
数据用途	用于计算灌木的生物量方程的测树因子（冠幅投影面积和冠幅投影体积）
备注	无

表M.7 灌木林覆盖度

数据/参数名称	CC_{SF}
数据单位	无量纲
数据描述	灌木林覆盖度，小数表示（如 10%记为 0.1）
数据来源	城市生态公益林施工及竣工文件灌木（地被植物）规格、实地监测数据
监测点要求	所有监测样地
监测仪表要求	皮尺，计数器；罗盘，RTK、GPS、BDS 等定位和导航设备
监测程序与方法要求	采用国家森林资源清查或林业规划设计调查使用的标准操作程序(SOP)
监测频次与记录要求	首次核查开始，每 3-10 年一次
质量保证/质量控制程序要求	采用国家森林资源清查或林业规划设计调查使用的质量保证和质量控制(QA/QC)
数据用途	计算灌木面积
备注	无

表M.8 施用的氮肥的量

数据/参数名称	$M_{SN,w,P,t}$
数据描述	第t年施用的氮肥肥类型j的量
数据单位	$T \cdot a^{-1}$
数据来源	项目业主提供
监测点要求	无
监测仪表要求	无
监测程序与方法要求	参与方在施用氮肥类型j时进行记录
监测频次与记录要求	每次施用后均需记录
质量保证/质量控制程序要求	依照相关国家或行业标准进行
数据用途	计算氮肥本身产生的 N_2O 排放
备注	无

表M.9 施用的有机肥的量

数据/参数名称	$M_{OF,w,P,t}$
数据描述	第t年施用的有机肥类型j的量
数据单位	$T \cdot a^{-1}$
数据来源	项目业主提供
监测点要求	无
监测仪表要求	无
监测程序与方法要求	参与方在施用有机肥类型j时进行记录
监测频次与记录要求	每次施用后均需记录
质量保证/质量控制程序要求	依照相关国家或行业标准进行
数据用途	计算有机肥本身产生的 N_2O 排放
备注	无

表M. 10 消耗的燃料的量

数据/参数名称	$FC_{tillage,k,l}$
数据描述	项目活动下城市公益林机械单位面积土地时消耗的燃料类型k的量
数据单位	$L \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$
数据来源	项目业主提供
监测点要求	无
监测仪表要求	无
监测程序与方法要求	在农用机具上安装油量表，参与方需记录农机类型l、耕作消耗燃料类型k的燃料量
监测频次与记录要求	每次使用农机后均需记录
质量保证/质量控制程序要求	无
数据用途	计算使用化石燃料产生的碳排放
备注	无

附录 N
(资料性)

生态公益林经营技术措施

表N.1 生态公益林经营技术措施

序号	生态公益林经营技术措施类型	经营技术措施及说明		
1	生态公益保护	人工保护	设置围栏	
			设置标志	
			人工巡护	
		森林防火	形成防火阻隔网络;修建了望台;健全森林防火组织;建立专职或兼职防火队伍;配备和充实防火设施	
		野生动物保护	特殊保护地区禁止狩猎和采集野生经济植物;重点保护地区的狩猎、采集活动必须经过严格审批;一般保护地区允许凭狩猎许可证对非保护动物进行狩猎和捕捉	
		病虫害防治	病虫鼠害监测、预测预报,建立专职或兼职防治队伍,配备防治设施、设备,及早发现、综合防治,及时防治	
		气象灾害预防	气候资源区划合理开发利用,森林植物物候观测,准确及时预报森林火险等级及发布,配备观测预报设施	
2	生态公益林抚育	林分抚育	定株抚育	
			生态疏伐	
			卫生伐	
			景观疏伐	
		林带抚育	以耕代抚	
			间伐	株间间伐
				行向间伐
隔行或隔株间伐				
			修枝	
			卫生伐	
3	低效公益林改造	低效林分改造	补植改造	
			均匀补植	
			局部补植	
			效应带改造	
			综合改造	
		低效林带改造	疏伐改造	
补植改造				
综合改造				
4	生态公益林更新	林分更新	天然更新	
			人工促进天然更新	
			人工更新	
		林分采伐	渐伐	
			择伐	
		林带更新	带内更新	
			带间更新	
伐前更新				
伐后更新				
资料来源:DB44/T 1144-2013《生态公益林经营类型划分技术规程》				

参考文献

- [1] 杨道运,姜刘志,赖梅东.基于 GIS 的城市森林碳储量估算研究——以深圳市塘朗山为例[C] 中国环境科学学会.2016 中国环境科学学会学术年会论文集（第一卷）.深圳市深港产学研环保工程技术股份有限公司深圳市深港环境科学研究院;2016:453-458.
- [2] 吴举扬,朱江,艾训儒,姚兰,郭秋菊,薛卫星,向钦,周云,赵免墩,闫风辰.亚热带常绿落叶阔叶混交林木本植物生物量模型数据集[J].中国科学数据,2022,7(04):342-353.
- [3] 陈富强,罗勇,李清湖.粤东地区森林灌木层优势植物生物量估算模型[J].中南林业科技大学学报,2013,33(02):5-10.
- [4] 陈毅青,陈宗铸,陈小花,雷金睿,李苑菱,吴庭天.海南地区菠萝蜜和荔枝单木相容性生物量模型的构建[J].经济林研究,2020,38(04):82-90.
- [5] 陈淑玉,姜丽霞,姜在渊,刘秀青,李彦华,杨金明. (2018) 城阳街道绿化树种地上生物量及不同绿地类型的碳储量[J]. 地理科学研究,2018,7(2):141-147.
- [6] 周国逸,尹光彩,唐旭利,温达志,刘昌平,旷远文,王万同.中国森林生态系统碳储量-生物量方程[M].北京:科学出版社, 2018
- [7] 广东省林业局. DB44/T 2177,樟树等三个乡土阔叶树种立木碳计量模型及参数[S]. 北京: 中国标准出版社, 2019
- [8] 国家林业局.LY/T 2263,立木生物量模型及碳计量参数——马尾松[S]. 北京: 中国标准出版社, 2015