

SH/GHG

上海市区级温室气体清单编制技术文件

SH/GHG-005-2022

上海市区级土地利用变化和林业温室气体 清单编制技术规范

（试 行）

上海市生态环境局 发布

2022 年 9 月

目 录

前 言	1
1 总体要求	2
1.1 土地利用分类与定义	2
1.2 LUCF 温室气体清单内容与范围	3
2 森林和其它木质生物质生物量碳贮量变化	3
2.1 核算方法	3
2.1.1 乔木林生长碳吸收	4
2.1.2 散生木、四旁树、疏林生长碳吸收	4
2.1.3 竹林、经济林、灌木林生物量碳贮量变化	4
2.1.4 森林消耗生物量碳排放	5
2.2 活动水平数据与确定方法	5
2.3 排放因子数据与确定方法	6
2.3.1 活立木蓄积量生长率（GR）、消耗率（CR）	6
2.3.2 基本木材密度（SVD）	7
2.3.3 生物量转换系数（BEF）	7
2.3.4 竹林、经济林、灌木林平均单位面积生物量	8
2.3.5 含碳率	9
3 森林转化温室气体排放	9
3.1 核算方法	9
3.2 活动水平数据与确定方法	10
3.3 排放因子数据与确定方法	11
3.3.1 转化前单位面积地上生物量	11
3.3.2 转化后单位面积地上生物量	11
3.3.3 现地/异地燃烧生物量比例	11
3.3.4 现地/异地燃烧生物量氧化系数	11
3.3.5 被分解的地上生物量比例	11

3.3.6 非 CO ₂ 温室气体排放比例	11
3.3.7 氮碳比.....	11
3.3.8 地上生物量碳含量.....	11
4 不确定性分析.....	12
4.1 概述.....	12
4.2 不确定性产生的原因及降低不确定性的方法.....	12
4.2.1 不确定性产生的原因.....	12
4.2.2 降低不确定性的方法.....	12
4.3 量化和合并不确定性的方法	13
4.3.1 量化不确定性方法.....	13
4.3.2 合并不确定性方法.....	13
5 报告和质量控制.....	13
附录一：温室气体全球变暖潜势值	14
附录二：土地利用变化和林业报告格式及大纲	15

前 言

气候变化是全球共同面临的重大挑战，关系到人类的生存和发展。从我国现阶段发展来看，能源结构仍旧以煤为主，经济结构性矛盾仍然突出，随着能源消耗的不断增长，控制温室气体排放面临巨大压力。因此，控制温室气体排放，积极应对气候变化，切实推动绿色低碳发展，已成为我国贯彻新发展理念、实现经济社会高质量发展的重要抓手。

2010 年 9 月，国家正式下发了《关于启动省级温室气体清单编制工作有关事项的通知》并印发了《省级温室气体清单编制指南（试行）》，要求各地制定工作计划和编制方案，组织好温室气体清单编制工作。为贯彻《中共中央 国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》《2030 年前碳达峰行动方案》文件精神，推动落实《关于加快建立统一规范的碳排放统计核算体系实施方案》中关于“完善温室气体清单编制机制”的有关要求，指导和规范我市区级温室气体清单编制方法，加强温室气体排放统计工作，促进上海市区级温室气体清单编制工作走向常态化和标准化，特制定本规范。在规范制定过程中，充分参考了国内外相关技术标准、指南和文献资料，广泛听取了生态环境部，国家气候战略中心，江浙皖三省生态环境厅，市统计局、市绿化市容局、市交警总队、市大数据中心，市环境科学研究院、市园林科学规划研究院，电力公司、燃气公司、供水公司等部门和单位的建议，总结了长宁区生态环境局、金山区生态环境局清单编制的试点经验。同时，特别感谢上海交通大学在本规范制定过程中提出的宝贵意见。

本文件为首次发布。

本文件由上海市生态环境局提出并负责解释和修订。

本文件起草单位：上海市经济信息中心。

本文件主要起草人：刘佳、鞠学泉、张东海、王雪媛、沈行。

1 总体要求

“土地利用变化和林业”(Land Use Change and Forest, 以下简称 LUCF) 温室气体清单, 既包括温室气体的排放(如森林采伐或毁林排放的二氧化碳), 也包括温室气体的吸收(如森林生长时吸收的二氧化碳)。在清单编制年份里, 如果森林采伐或毁林的生物量损失超过森林生长的生物量增加, 则表现为碳排放源, 反之则表现为碳吸收汇。有条件的区可开展湿地、海洋、土壤碳含量变化等固碳与排放核算, 作为信息项报送。

1.1 土地利用分类与定义

根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南(试行)》, 土地类型分为湿地、耕地、园地、林地、草地、其他用地(表 1.1), 其中林地包括乔木林地、竹林地、灌木林地、其他林地。本规范中所指“土地利用变化(LUCF)”, 主要考虑有林地转化为非林地的过程。

表 1.1 土地分类及相关定义

一级类	二级类	含义
林地	乔木林地	指乔木郁闭度 ≥ 0.2 的林地, 不包括森林沼泽
	竹林地	指生长竹类植物, 郁闭度 ≥ 0.2 的林地
	灌木林地	指灌木覆盖度 $\geq 40\%$ 的林地, 不包括灌丛沼泽
	其他林地	指疏林地(树木郁闭度 ≥ 0.1 、 < 0.2 的林地)、未成林地, 以及迹地、苗圃等林地
耕地	水田、水浇地、旱地	指利用地表耕作层种植农作物为主, 每年种植一季及以上(含以一年一季以上的耕种方式种植多年生作物)的土地, 包括熟地, 新开发、复垦、整理地, 休闲地(含轮歇地、休耕地); 以及间有零星果树、桑树或其他树木的耕地; 包括南方宽度 < 1.0 米, 北方宽度 < 2.0 米固定的沟、渠、路和地坎(埂); 包括直接利用地表耕作层种植的温室、大棚、地膜等保温、保湿设施用地
园地	果园、茶园、橡胶园、其他园地	指种植以采集果、叶、根、茎、汁等为主的集约经营的多年生作物, 覆盖度大于 50%或每亩株数大于合理株数 70%的土地, 包括用于育苗的土地
草地	天然牧草地、人工牧草地、其他草地	指生长草本植物为主的土地, 包括乔木郁闭度 < 0.1 的疏林草地、灌木覆盖度 $< 40\%$ 的灌丛草地, 不包括生长草本植物的湿地、盐碱地
湿地	森林沼泽、灌丛沼泽、沼泽草地、其他沼泽地、沿海滩涂、内陆滩涂、红树林地	指陆地和水域的交汇处, 水位接近或处于地表面, 或有浅层积水, 且处于自然状态的土地
其他	农业设施建设用地、居住用	

一级类	二级类	含义
	地、公共管理与公共服务用地、商业服务业用地、工矿用地、仓储用地、交通运输用地、公用设施用地、绿地与开敞空间用地、特殊用地、留白用地、陆地水域、其他土地	

1.2 LUCF 温室气体清单内容与范围

区 LUCF 温室气体清单的编制，以《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》和《省级温室气体清单编制指南(试行)》为主要方法参考依据，结合区土地利用变化和林业的实际特点，确定“上海市区级 LUCF 清单”的范围与内容。目前“上海市区级 LUCF 清单”考虑以下两种人类活动引起的温室气体吸收或排放：森林和其它木质生物质生物量碳储量变化，森林转化碳排放。具体见式（1）。

$$E_T = \Delta C_{SW} \times 44/12 + \Delta E_{SL} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

ΔC_{SW} —— 森林和其他木质生物质碳储量变化，单位 tC/a；

ΔE_{SL} —— 森林转化碳排放量，单位 tCO₂/a。

2 森林和其它木质生物质生物量碳储量变化

本部分计算由于造林或再造林、森林管理、采伐、薪炭材采集等活动影响而导致的生物量碳储量增加或减少。其中，“森林”包括乔木林（林分）、竹林、经济林（专指乔木经济林）和国家有特别规定的灌木林（包括灌木经济林）；“其它木质生物质”包括不符合森林定义的疏林、散生木和四旁树。

2.1 核算方法

森林和其它木质生物质生物量碳储量的变化，包括乔木林（林分）生长生物量碳吸收、散生木、四旁树、疏林生长生物量碳吸收；竹林、经济林、灌木林生物量碳储量变化；以及活立木消耗碳排放。具体计算方法见公式（2）：

$$\Delta C_{SW} = \Delta C_{QM} + \Delta C_{SS} + \Delta C_{ZL} - \Delta C_{HLM} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

ΔC_{SW} —— 森林和其它木质生物质生物量碳储量变化，单位 tC/a；

ΔC_{QM} —— 乔木林（林分）生物量生长碳吸收，单位为 tC/a；

ΔC_{SS} —— 散生木、四旁树、疏林生物量生长碳吸收，单位为 tC/a；

ΔC_{ZL} —— 竹林、经济林、灌木林生物量碳储量变化，单位为 tC/a；

ΔC_{HLM} ——活立木消耗生物量碳排放，单位为 tC/a。

2.1.1 乔木林生长碳吸收

根据区森林资源调查数据，获得清单编制年份的乔木林总蓄积量（ V_{QM} ）、各优势树种（组）蓄积量、乔木林蓄积量年生长率（ GR ）；通过实际采样测定或文献资料统计分析，获得各优势树种（组）的基本木材密度（ SVD ）和生物量转换系数（ BEF ），并计算平均的基本木材密度（ \overline{SVD} ）和生物量转换系数（ \overline{BEF} ），从而估算本区乔木林生物量生长碳吸收（公式 3-公式 5）：

$$\Delta C_{\text{QM}} = V_{\text{QM}} \times GR \times \overline{SVD} \times \overline{BEF} \times 0.5 \dots\dots\dots (3)$$

$$\overline{BEF} = \sum_{i=1}^n \left(BEF_i \times \frac{V_i}{V_{\text{QM}}} \right) \dots\dots\dots (4)$$

$$\overline{SVD} = \sum_{i=1}^n \left(SVD_i \times \frac{V_i}{V_{\text{QM}}} \right) \dots\dots\dots (5)$$

式中：

V_{QM} ——清单编制年份本区的乔木林总蓄积量，单位为立方米；

V_i ——本区乔木林第 i 树种（组）蓄积量，单位为立方米；

GR ——本区乔木林蓄积量年生长率，单位为%；

BEF_i ——本区乔木林第 i 树种（组）的生物量转换系数，即全林生物量与树干生物量的比值；

\overline{BEF} ——本区乔木林 BEF 加权平均值；

SVD_i ——本区乔木林第 i 树种（组）的基本木材密度，单位为吨/立方米；

\overline{SVD} ——本区乔木林 SVD 加权平均值；

i ——本区乔木林优势树种（组）， $i=1, 2, 3 \dots\dots n$ ；

0.5——生物量含碳率，取 0.5，下同。

2.1.2 散生木、四旁树、疏林生长碳吸收

散生木、四旁树、疏林生物量生长碳吸收估算方法与乔木林类似（公式 6）。首先根据本区森林资源调查数据，获得清单编制年份的散生木、四旁树、疏林总蓄积量（ $V_{\text{散四疏}}$ ）、活立木蓄积量年生长率（ GR ）。由于森林资源清查资料往往很难确定散生木、四旁树、疏林的树木种类，因此在实际计算中，其基本木材密度（ SVD ）和生物量转换因子（ BEF ）用全区的加权平均值代替。

$$\Delta C_{\text{SS}} = V_{\text{SS}} \times GR \times \overline{SVD} \times \overline{BEF} \times 0.5 \dots\dots\dots (6)$$

2.1.3 竹林、经济林、灌木林生物量碳贮量变化

竹林、经济林、灌木林通常在最初几年生长迅速，并很快进入稳定阶段，生物量变化较

小。因此本规范主要根据竹林、经济林、灌木林面积变化和单位面积生物量来估算生物量碳贮量变化（公式 7）。

$$\Delta C_{ZL} = \Delta A_{ZL} \times B_{ZL} \times 0.5 \dots\dots\dots (7)$$

式中：
 ΔA_{ZL} ——竹林（或经济林、灌木林）面积年变化，单位为公顷；
 B_{ZL} ——竹林（或经济林、灌木林）平均单位面积生物量，单位为吨干物质。
 如所采用活动水平数据含竹林转化，竹林转化产生的生物量消耗碳排放在“森林转化温室气体排放”部分单独进行计算，因此需在本部分中进行扣除。

2.1.4 森林消耗生物量碳排放

根据本区森林资源调查数据，获得清单编制年份的活立木总蓄积量（V 活立木），即乔木林、散生木、四旁树、疏林的蓄积量总和。根据活立木蓄积消耗率（CR）、全区基本木材密度（ \overline{SVD} ）和生物量转换系数（ \overline{BEF} ）估算活立木消耗造成的碳排放（公式 8）。

$$\Delta C_{HLM} = V_{HLM} \times CR \times \overline{SVD} \times \overline{BEF} \times 0.5 \dots\dots\dots (8)$$

式中：
 V_{HLM} ——活立木总蓄积量，单位为立方米；
 CR ——活立木蓄积消耗率，单位为%；
 \overline{BEF} ——本区乔木林 BEF 加权平均值；
 \overline{SVD} ——本区乔木林 SVD 加权平均值。
 如所采用活动水平数据含乔木林转化，乔木林转化产生的生物量消耗碳排放在“森林转化温室气体排放”部分单独进行计算，因此需在本部分中进行扣除

2.2 活动水平数据与确定方法

需要的活动水平数据主要有：各区境内乔木林按优势树种（或树种组）划分的面积和活立木蓄积量；疏林、散生木、四旁树蓄积量；灌木林、经济林和竹林面积（详见表 2.2）。

表 2.2 森林和其它木质生物质碳贮量活动水平数据

单位：面积（公顷）、蓄积（立方米）

乔木林			竹林	经济林	灌木林	散生木+ 四旁树+疏林	活立木 (总)
树种（组）	面积	蓄积	面积	面积	面积	蓄积	蓄积
树种 1							
树种 2							
.....							
合计							

由于各区实际开展森林资源清查的具体年份各不相同，因此要获得清单编制年份的活动水平数据，必须具有最近 2 次森林资源清查的资料数据，通过内插法获得；如需外推法获得

清单编制年份的活动水平数据的，在下个调查年数据出来后应当对清单编制年份的活动水平数据进行调整。

2.3 排放因子数据与确定方法

2.3.1 活立木蓄积量增长率（GR）、消耗率（CR）

各区应通过开展森林资源样地调查，努力获取本区的实际数据；在没有本地数据时，可采用表 2.3 推荐值。同时注意：计算乔木林生长碳吸收时 GR 采用乔木林的蓄积量年增长率，而计算散生木、四旁树、疏林生长碳吸收时 GR 采用活立木蓄积量年均总增长率，而消耗率 CR 计算中考虑到活立木中的散生木、四旁树和疏林枯损消耗量较少，所以忽略不计，只计算乔木林的枯损消耗率与活立木的采伐消耗率。

表 2.3 活立木年均蓄积量增长率与消耗率（%）

优势树种	蓄积量总增长率	蓄积量采伐消耗率	蓄积量枯损消耗率
马尾松	13.65	7.55	0.81
国外松	13.65	7.55	0.81
雪松	13.65	7.55	0.81
其它松	13.65	7.55	0.81
杉木	27.05	0.92	0.10
柳杉	10.53	7.12	0.77
水杉	13.58	2.41	0.26
池杉	18.58	0.62	0.07
柏类	8.60	7.76	0.84
紫杉	27.05	0.92	0.10
中山杉	27.05	0.92	0.10
其它杉	27.05	0.92	0.10
栎类	17.32	5.39	0.58
樟木	19.11	3.60	0.39
榆树	10.21	6.54	0.71
刺槐	17.32	5.39	0.58
枫香	20.95	0.00	0.00
其它硬	17.32	5.39	0.58
杜英	17.32	5.39	0.58
女贞	17.32	5.39	0.58
国槐	17.32	5.39	0.58
木兰类	40.00	0.00	0.00
含笑乔	17.32	5.39	0.58
杨树	12.30	9.04	0.97
柳树	27.81	5.35	0.58
泡桐	17.99	4.48	0.48
楝树	40.00	0.00	0.00
其它软	17.99	4.48	0.48
梧桐	17.99	4.48	0.48

优势树种	蓄积量总生长率	蓄积量采伐消耗率	蓄积量枯损消耗率
针叶混	15.38	5.79	0.62
阔叶混	18.91	3.45	0.37
针阔混	12.41	3.66	0.39
桂花	17.32	5.39	0.58
杜仲	17.32	5.39	0.58
银杏	17.32	5.39	0.58
乌桕	17.32	5.39	0.58
棕榈	17.32	5.39	0.58
其它工、经	17.32	5.39	0.58
加权平均	17.65	3.89	0.42

2.3.2 基本木材密度（SVD）

或称树干材积密度，即每立方米木材所含干物质质量，主要用于将蓄积量数据转化为生物量数据。表 2.4 列举了主要树种的基本木材密度（SVD），表中数据供编制区级清单参考，如有区实际数据，优先使用区实际数据。

表 2.4 主要树种基本木材密度值（吨/立方米）

树种	\overline{SVD}	树种	\overline{SVD}	树种	\overline{SVD}
马尾松	0.380	樟木	0.460	楝树	0.443
国外松	0.424	榆树	0.598	其它软	0.443
雪松	0.424	刺槐	0.598	梧桐	0.443
其它松	0.424	枫香	0.598	针叶混	0.405
杉木	0.307	其它硬	0.598	阔叶混	0.482
柳杉	0.294	杜英	0.598	针阔混	0.486
水杉	0.278	女贞	0.598	桂花	0.598
池杉	0.359	国槐	0.598	杜仲	0.598
柏类	0.478	木兰类	0.598	银杏	0.598
紫杉	0.359	含笑乔	0.598	乌桕	0.598
中山杉	0.359	杨树	0.378	棕榈	0.598
其它杉	0.359	柳树	0.443	其它工、经	0.598
栎类	0.676	泡桐	0.443	加权平均	0.448

2.3.3 生物量转换系数（BEF）

可以分为全林生物量转换系数（BEF 全林）和地上生物量转换系数（BEF 地上），分别表述为全林生物量（包括地上部和地下部）与树干生物量的比值、地上生物量（包括干、皮、枝、叶、果等）与树干生物量的比值。BEF 值因树种的不同而各有差异，通常需要通过实际

采样测定获得；也可以通过文献资料搜集整理获得有关数据，通过统计分析计算获得。表 2.5 列举了主要树种的 BEF 地上值与根冠比（RSR），再推算得到 BEF 全林，即 $BEF_{全林}=BEF_{地上} \times (1+RSR)$ 。可根据在实际清单计算中，应根据各区的各优势树种（组）、各优势树种（组）蓄积量等，参照公式（4）通过加权平均获得，表中数据供编制区清单时参考。

表 2.5 主要树种 BEF 值

树种	BEF	树种	BEF	树种	BEF
马尾松	1.472	樟木	1.412	楝树	1.586
国外松	1.631	榆树	1.671	其它软	1.586
雪松	1.631	刺槐	1.674	梧桐	1.586
其它松	1.631	枫香	1.765	针叶混	1.587
杉木	1.634	其它硬	1.674	阔叶混	1.514
柳杉	2.593	杜英	1.674	针阔混	1.656
水杉	1.506	女贞	1.674	桂花	1.674
池杉	1.218	国槐	1.674	杜仲	1.674
柏类	1.732	木兰类	1.674	银杏	1.674
紫杉	1.667	含笑乔	1.674	乌桕	1.674
中山杉	1.667	杨树	1.446	棕榈	1.674
其它杉	1.667	柳树	1.821	其它工、经	1.674
栎类	1.355	泡桐	1.833	加权平均	1.507

2.3.4 竹林、经济林、灌木林平均单位面积生物量

各区竹林、经济林、灌木林由于种类、面积各不相同，单位面积生物量也存在较大的差异。在清单编制过程中，应根据实际情况对各森林类型进行采样测定，并按面积进行加权平均，从而获得本区竹林、经济林、灌木林的平均单位面积生物量。表 2.6 列出了上述三类森林类型的平均单位面积生物量，以供参考。

表 2.6 竹林、经济林、灌木林平均单位面积生物量（吨/公顷）

林型		平均单位面积生物量
竹林	地上部	45.29
	地下部	24.64
	全林	68.48
经济林	地上部	29.35
	地下部	7.55
	全林	35.21
灌木林	地上部	12.51

林型		平均单位面积生物量
	地下部	6.72
	全林	17.99

2.3.5 含碳率

是指森林植物单位质量干物质中的碳含量，因种类、起源、年龄、立地条件和器官而异。考虑到本清单在将蓄积量转化为生物量的计算过程中，使用的是全区的活立木总蓄积量、各类林木的加权平均参数，因此本清单在选择使用含碳率进行计算时，不再考虑树种、器官、林龄等的差异，均采用与 IPCC 推荐一致的含碳率（即 0.5）。

3 森林转化温室气体排放

“森林转化”指将现有森林转化为其它土地利用方式，其原有森林生物量一部分通过现地或异地燃烧排放到大气中，一部分（如木产品和燃烧剩余物）通过缓慢的分解过程（约数年至数十年）释放到大气中。有一小部分（约 5~10%）燃烧后转化为木炭，分解缓慢，约需 100 年甚至更长时间。

本部分主要估算各区“有林地”（包括乔木林、竹林、经济林）转化为“非林地”（如农地、牧地、城市用地、道路等）过程中，由于地上生物质的燃烧和分解引起的二氧化碳、甲烷和氧化亚氮排放。

3.1 核算方法

森林转化燃烧，包括现地燃烧（即发生在林地上的燃烧，如炼山等）和异地燃烧（被移走在林地外进行的燃烧，如薪柴等）。其中，现地燃烧除会产生直接的二氧化碳排放外，还会排放甲烷和氧化亚氮等温室气体。异地燃烧同样也会产生非二氧化碳的温室气体，但由于能源领域清单中，已对薪炭柴的非二氧化碳温室气体排放作了估算，因此这里只估算异地燃烧产生的二氧化碳排放。具体计算方法如公式（9）。

$$E_{SL} = E_{CO_2-XD} + E_{CH_4-XD} + E_{N_2O-XD} + E_{GHG-YD} + E_{FJ} \dots\dots\dots (9)$$

式中：

E_{CO_2-XD} ——现地燃烧二氧化碳排放，单位为 tCO₂ /a；

E_{CH_4-XD} ——现地燃烧甲烷排放，单位为 tCO₂ e/a；

E_{N_2O-XD} ——现地燃烧氮氧化物排放，单位为 tCO₂ e/a；

E_{GHG-YD} ——异地燃烧温室气体排放，单位为 tCO₂ /a；

E_{FJ} ——分解温室气体排放，单位为 tCO₂ /a。

现地燃烧二氧化碳排放量计算采用公式（10）。

$$E_{CO_2-XD} = \sum (\Delta A_{QM,i} \times \Delta B_{QM,i} \times R_{SW} \times R_{OX} \times CF_{QM,i}) \times 44/12 \dots\dots\dots (10)$$

式中：

i ——乔木林/竹林/经济林类型；

$\Delta A_{QM,i}$ ——乔木林/竹林/经济林转化面积，单位为 hm^2 ；

$\Delta B_{QM,i}$ ——乔木林/竹林/经济林转化前后平均单位面积地上生物量损失量，单位为 t/hm^2 ；

R_{SW} ——现地燃烧的生物量比例，单位为%；

R_{OX} ——乔木林/竹林/经济林现地燃烧生物量氧化系数；

$CF_{QM,i}$ ——乔木林/竹林/经济林地上生物量含碳量。

现地燃烧甲烷排放量计算采用公式（11）。

$$E_{\text{CH}_4\text{-XD}} = E_{\text{CO}_2\text{-XD}} \times EF_{\text{CH}_4} \dots\dots\dots (11)$$

式中：

EF_{CH_4} —— CH_4 相对于 CO_2 排放比例。

现地燃烧氧化亚氮排放量计算采用公式（12）。

$$E_{\text{N}_2\text{O-XD}} = E_{\text{CO}_2\text{-XD}} \times R_{\text{N/C}} \times EF_{\text{N}_2\text{O}} \dots\dots\dots (12)$$

式中：

$R_{\text{N/C}}$ ——燃烧生物质的氮碳比，单位为%；

$EF_{\text{N}_2\text{O}}$ —— $\text{N}_2\text{O-N}$ 排放比例。

异地燃烧二氧化碳排放量计算采用公式（13）。

$$E_{\text{GHG-YD}} = \sum (\Delta A_{QM,i} \times \Delta B_{QM,i} \times R_{SW,i} \times R_{OX} \times CF_{QM,i}) \times 44/12 \dots\dots\dots (13)$$

$R_{SW,i}$ ——异地燃烧生物量比例，单位为%。

森林转化分解碳排放，主要考虑燃烧剩余物的缓慢分解造成的二氧化碳排放。由于分解排放是一个缓慢的过程，因此在具体估算时，采用 10 年平均的年转化面积进行计算。采用公式（14）。

$$E_{\text{FJ}} = \sum (\Delta A_{QMS,i} \times \Delta B_{QM,i} \times R_{F,i} \times R_{OX} \times CF_{QM,i}) \times 44/12 \dots\dots\dots (14)$$

式中：

$\Delta A_{QMS,i}$ ——乔木林/竹林/经济林 10 年平均转化面积，单位为 hm^2 ；

$R_{F,i}$ ——被分解部分的比例，单位为%。

3.2 活动水平数据与确定方法

本部分的主要活动水平数据包括：乔木林、竹林、经济林转化为非林地的面积。由于森林资源清查数据往往只提供了两次清查间隔期（通常为 5 年）内的总转化面积，因此实际清单编制年的转化面积，可以用 5 年平均值来代替。而在估算分解排放时，需要用到 10 年平均的年转化面积。所有森林转化面积数据，可以通过各区森林资源清查资料获得。

如森林资源清查数据中没有转化面积，可以进行调研获取，调研分两部分，第一部分是

的面积（如自然资源部门掌握的有林地改造为农田的面积、执法部门掌握的非法使用林地转化为非林地的面积等）。

3.3 排放因子数据与确定方法

实测森林转化的有关排放因子比较困难，而国际上的有关测定也有较大的不确定性。因此各区在编制清单时，应尽力提供并完善适合本区的相关排放因子，以降低清单结果的不确定性。

3.3.1 转化前单位面积地上生物量

由于我国森林资源清查数据，往往只提供了乔木林转化面积，而很难区分具体的林木种类，因此在实际估算过程中，首先通过全市乔木林总蓄积量（ V_{QM} ）和总面积（ A_{QM} ），获得乔木林单位面积蓄积量，然后运用全市平均的基本木材密度（ \overline{SVD} ，表 2.4）和地上部生物量转换系数（ \overline{BEF}_{DS} ，表 2.5），计算乔木林转化前单位面积生物量（ B_{DS} ）（公式 15）：

$$B_{DS} = \frac{V_{QM}}{A_{QM}} \times \overline{SVD} \times \overline{BEF}_{DS} \dots\dots\dots (15)$$

竹林和经济林的平均地上部生物量，确定方法参照表 2.6。

3.3.2 转化后单位面积地上生物量

我国有林地转化为非林地，主要用于建设用地，转化后地上部生物量基本上为 0。本清单在计算时，转化后地上生物量也全部采用 0。

3.3.3 现地/异地燃烧生物量比例

森林征占后，除可用部分（木材）外，剩余部分通常采取现地火烧清理，现地燃烧的生物量比例约为地上生物量的 40%，而用于异地燃烧的比例估计约 10%。

3.3.4 现地/异地燃烧生物量氧化系数

《IPCC 国家温室气体清单指南》的缺省值为 0.9。

3.3.5 被分解的地上生物量比例

被分解的地上生物量比例=1-收获的木材生物量比例-现地燃烧的生物量比例-异地燃烧的生物量比例。考虑到分解排在总清单中占比较少，计算地上生物量被分解的比例又比较复杂，因此本清单均采用与 IPCC 推荐一致的被分解的地上生物量比例（即 15%）。

3.3.6 非 CO₂ 温室气体排放比例

甲烷-碳和氧化亚氮-氮的排放比例，《IPCC 国家温室气体清单指南》缺省值分别为 0.012、0.007。

3.3.7 氮碳比

《IPCC 国家温室气体清单指南》的缺省值为 0.01。

3.3.8 地上生物量碳含量

考虑到本清单在将蓄积量转化为生物量的计算过程中,使用的是全区的活立木总蓄积量、各类林木的加权平均参数,因此本清单在选择使用含碳率进行计算时,不再考虑树种、器官、林龄等的差异,均采用与 IPCC 推荐一致的含碳率(即 0.5)。

4 不确定性分析

4.1 概述

区级温室气体清单的不确定性分析,根据情况可以定性分析为主,兼顾定量分析。采用《省级温室气体清单编制指南(试行)》提供的不确定性分析方法,估算温室气体清单不确定性的流程包括:

- a) 确定清单中单个变量的不确定性(如活动水平数据、排放因子等的不确定性等);
- b) 将单个变量的不确定性合并为清单的总不确定性;
- c) 识别清单不确定性的主要来源,以帮助确定清单数据收集和清单质量改进的优先顺序。同时还要认识到统计方面也可能存在不确定性,例如漏算、重复计算、概念偏差及模型估算偏差等。

4.2 不确定性产生的原因及降低不确定性的方法

4.2.1 不确定性产生的原因

不确定性产生的原因包括但不限于:

- a) 缺乏完整性,由于排放机理未被识别或者该排放测量方法还不存在,无法获得测量结果及其他相关数据;
- b) 模型方法,模型是真实系统的简化,因而精确度受到影响;
- c) 缺乏数据,在现有条件下无法获得或者非常难以获得某排放源或吸收汇所必需的数据;
- d) 样品随机误差,与样本数多少有关,通常可以通过增加样本数来降低这类不确定性;
- e) 错误报告或错误分类,与排放源或吸收汇理解不完整、不清晰等造成;
- f) 数据缺乏代表性、数据丢失、测量/化验误差等。

4.2.2 降低不确定性的方法

降低不确定性的方法包括但不限于:

- a) 改进模型:改进模型结构和参数,以更好地了解和描述系统性误差和随机误差,从而降低这些不确定性;
- b) 提高数据的代表性:如使用连续排放监测系统来监测排放数据,可得到不同燃烧阶段的数据,从而可以更加准确地描述源的排放属性;
- c) 使用更精确的测量方法:包括提高测量方法的准确度以及使用一些校准技术;
- d) 大量收集测量数据:增加样本可以降低与随机取样误差相关的不确定性,填补数据漏缺可以减少偏差和随机误差,这对测量和调查均适用;
- e) 消除已知的偏差:方法有确保仪器仪表准确地定位和校准,模型或其他估算过程准确且具有代表性,以及系统性地使用专家判断;
- f) 提高清单编制人员能力:包括增加对源和汇类别和过程的了解,从而可以发现以及纠

正不完整问题。

4.3 量化和合并不确定性的方法

4.3.1 量化不确定性方法

按照《省级温室气体清单编制指南（试行）》6.3 节方法量化不确定性。

4.3.2 合并不确定性方法

合并不确定性有两种方法，一是使用简单的误差传递公式，二是使用蒙特卡罗或类似的技术，蒙特卡罗主要适用于模型方法，在此重点介绍误差传递公式方法。在区清单编制中主要应用两个误差传递公式，一是加减运算的误差传递公式，二是乘除运算的误差传递公式。当某一估计值为 n 个估计值之和或差时，该估计值的不确定性采用下式（16）和（17）计算：

$$U_c = \frac{\sqrt{(U_{s1} \cdot \mu_{s1})^2 + (U_{s2} \cdot \mu_{s2})^2 + \cdots + (U_{sn} \cdot \mu_{sn})^2}}{|\mu_{s1} + \mu_{s2} + \cdots + \mu_{sn}|} = \frac{\sqrt{\sum_{n=1}^N (U_{sn} \cdot \mu_{sn})^2}}{\left| \sum_{n=1}^N \mu_{sn} \right|} \dots\dots (16)$$

式中：

U_c —— n 个估计值之和或差的不确定性（%）

$U_{s1} \dots\dots U_{sn}$ —— n 个相加减的估计值的不确定性（%）

$\mu_{s1} \dots\dots \mu_{sn}$ —— n 个相加减的估计值

当某一估计值为 n 个估计值之积时，该估计值的不确定性采用下式计算：

$$U_c = \sqrt{U_{s1}^2 + U_{s2}^2 + \cdots + U_{sn}^2} = \sqrt{\sum_{n=1}^N U_{sn}^2} \dots\dots\dots (17)$$

5 报告和质量控制

报告主体应按照统一格式、统一大纲编制区级温室气体清单总报告和分领域报告（统一格式要求及大纲模板见附录二）。

按照《省级温室气体清单编制指南（试行）》第七章中的方法控制温室气体清单编制质量。

附录一：温室气体全球变暖潜势值

温室气体		IPCC 第二次 评估报告值	IPCC 第四次 评估报告值
二氧化碳 (CO ₂)		1	1
甲烷 (CH ₄)		21	25
氧化亚氮 (N ₂ O)		310	298
氢氟碳化物 (HFCs)	HFC-23	11700	14800
	HFC-32	650	675
	HFC-125	2800	3500
	HFC-134a	1300	1430
	HFC-143a	3800	4470
	HFC-152a	140	124
	HFC-227ea	2900	3220
	HFC-236fa	6300	9810
	HFC-245fa	560	1030
全氟化碳 (PFCs)	CF ₄	6500	7390
	C ₂ F ₆	9200	9200
六氟化硫 (SF ₆)		23900	22800

注：建议采用第二次评估报告数值，以便与国家及省级温室气体清单保持一致。

附录二：土地利用变化和林业报告格式及大纲

为实现不同区间的排放对比以及同一区不同年份的对比，统一按照如下大纲报告本区土地利用变化和林业温室气体排放清单。同时，清单报告必须列出有具体数据的计算公式，过程清晰；附件中必须具有原始的县级森林资源清查资料。

目 录

第一章 概 述

（简要介绍本区森林资源概况和土地利用变化概况）

第二章 森林和其他木质生物质生物量碳贮量变化

一、温室气体源/汇的界定

二、温室气体源/汇估算方法

三、活动水平数据的确定

（说明活动水平数据来源和确定方法。如有计算过程，具体说明估算方法及计算所依据的数据来源）

四、排放因子数据的确定

（说明是采用推荐的排放因子或本地化的排放因子，若采用本地化的排放因子，需简要说明其来源，并在附录给出所有的原始数据）

五、温室气体清单估算结果

（具体说明排放的计算结果，含实物量和折成二氧化碳当量的数量）

六、不确定性分析

（清单中森林和其他木质生物质生物量碳储量变化方面的不确定性产生的原因，降低不确定性的方法）

第三章 森林转化温室气体排放

一、温室气体源/汇的界定

二、温室气体源/汇估算方法

三、活动水平数据的确定

（说明活动水平数据来源和确定方法。如有计算过程，具体说明估算方法及计算所依据的数据来源）

四、排放因子数据的确定

（说明是采用推荐的排放因子或本地化的排放因子，若采用本地化的排放因子，需简要说明其来源，并在附录给出所有的原始数据）

五、温室气体清单估算结果

（具体说明排放的计算结果，含实物量和折成二氧化碳当量的数量）

六、不确定性分析

（清单中森林转化碳排放方面的不确定性产生的原因，降低不确定性的方法）

第四章 XX 年 XX 区土地利用变化和林业温室气体清单汇总

（按照表 4.1 给出核算结果，主要报告三种温室气体二氧化碳、甲烷和氧化亚氮的排放量。其中，如果是净吸收，则在表中用负值表示；如果是净排放，则用正值表示。）

表 4.1 土地利用变化和林业温室气体清单报告格式

部 门	碳 (万吨)	二氧化碳 (万吨)	甲烷 (万吨)	氧化亚氮 (万吨)	温室气体 (万吨当量)
森林和其他木质生物质碳 储量变化	×	×			
乔木林	×	×			
经济林	×	×			
竹林	×	×			
灌木林	×	×			
散生木、四旁树和疏林	×	×			
活立木消耗	×	×			
森林转化碳排放	×	×	×	×	

部 门	碳 (万吨)	二氧化碳 (万吨)	甲烷 (万吨)	氧化亚氮 (万吨)	温室气体 (万吨当量)
燃烧排放	×	×	×	×	
分解排放	×	×			
总 计	×	×	×	×	

注：“×”表示需要报告的数据。用负值代表净吸收，正值代表净排放。

表 4.2 土地利用变化和林业温室气体排放源/吸收汇、比例及不确定性

源/汇		碳（吨）	CO ₂ （吨）	比例（%）	不确定性（%）
吸 收 汇	乔木林	×	×	×	×
	竹林	×	×	×	×
	经济林	×	×	×	×
	散四疏	×	×	×	×
	灌木林	×	×	×	×
	小计	×	×	×	×
排 放 源	活立木消耗	×	×	×	×
	现地燃烧排放	×	×	×	×
	异地燃烧排放	×	×	×	×
	分解排放	×	×	×	×
	小计	×	×	×	×
净吸收		×	×		×

注：1、数据符号与表 4.8.1 中的一致，即用负值代表净吸收，正值代表净排放。2、由于毛竹林、杂竹林、经济林与灌木林温室气体吸收量（或排放量）的计算依据其面积变化而确定，所以此表中，毛竹/杂竹/经济林/灌木林既有可能是碳吸收汇，也可能是排放源，根据计算结果调整本表。

表 4.3 XX 年 XX 区土地利用变化和林业领域关键性温室气体指标

	XX 年
单位森林面积的温室气体排放强度（吨 CO ₂ 当量/公顷）	
单位森林面积的二氧化碳吸收量（吨 CO ₂ /公顷）	
单位活立木蓄积量二氧化碳吸收量（吨 CO ₂ /立方米）	

第五章 土地利用变化和林业温室气体清单信息项报备

一、信息项报备

（一）排放源界定

（说明需要做信息项报备的排放源）

（二）清单编制方法

（介绍本信息项清单编制时所采用的方法、计算公式以及式中各项指标的意义）

（三）活动水平数据及其来源

（说明本信息项清单编制时所采用的活动水平数据。如有对数据的二次处理过程，具体说明计算步骤、方法及所隐含的假设等）

（四）排放因子数据及其确定方法

（说明本信息项清单编制时所采用的排放因子。若采用排放因子缺省值，需给出所引用的文献和出处；若采用本地化的实测排放因子，需说明具体计算过程或测试工作，并在附录给出所有的原始数据）

（五）排放量计算结果

（说明本信息项清单编制的计算结果，含实物量和折成二氧化碳当量的数量）