

陆域碳收支空间核算技术指南

Technical guidelines on spatial accounting of terrestrial carbon budget

2024 - 04 - 07 发布

2024 - 04 - 07 实施

中国测绘学会

发布

中国测绘学会团体标准 (CSGPC)

中国测绘学会团体标准 (CSGPC)

中国测绘学会团体

中国测绘学会团体标准 (CSGPC)

中国测绘学会团体标准 (CSGPC)

中国测绘学会团体

中国测绘学会团体标准 (CSGPC)

中国测绘学会团体标准 (CSGPC)

中国测绘学会团体

目次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缩略语	2
5 核算原则、范围、内容及流程	2
5.1 核算原则	2
5.2 核算范围	2
5.3 核算内容	2
5.4 核算流程	3
6 数据收集及处理	3
6.1 数据收集类型	3
6.2 数据处理	3
6.3 碳收支核算底图制作	6
7 碳源空间核算	6
7.1 行政尺度碳排放量核算	6
7.2 基于图斑的碳排放量空间化处理	10
7.3 区域碳排放量汇总	11
8 碳汇空间核算	11
8.1 基于图斑的碳汇量核算	11
8.2 区域碳汇量汇总	13
9 碳收支空间核算	14
9.1 基于图斑的碳收支核算	14
9.2 基于格网的碳收支核算	14
10 质量控制与保证	15
10.1 质量控制	15
10.2 质量保证	15
附录 A (资料性) 数据源格式和来源	16
附录 B (资料性) 不同部门及不同燃料碳排放核算技术参数	19
附录 C (资料性) 工业生产过程碳排放核算技术参数	23
附录 D (资料性) 2005 年不同地区稻田 CH ₄ 排放因子	24
附录 E (资料性) 废弃物处理碳排放核算技术参数	25

附录 F (规范性) 碳汇量计算方法	29
附录 G (资料性) 各类生态系统固碳速率	31
附录 H (资料性) 森林、灌丛、草地 NEP-NPP 转换系数	34
参考文献	35

中国测绘学会团体标准 (CSGPC)

中国测绘学会团体标准 (CSGPC)

中国测绘学会团体标准 (CSGPC)

中国测绘学会团体标准 (CSGPC)

中国测绘学会团体标准 (CSGPC)

中国测绘学会团体标准 (CSGPC)

中国测绘学会团体标准 (CSGPC)

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。

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。

本文件由中国测绘学会提出并归口。

本文件起草单位：中国测绘科学研究院、自然资源部国土整治中心、武汉市测绘研究院、广州市城市规划勘测设计研究院有限公司、江苏省基础地理信息中心、宁波市测绘和遥感技术研究院、山西省测绘地理信息院、北京四维远见信息技术有限公司、中国绿色碳汇基金会、广东碳中和研究院（韶关）、中国科学院生态环境研究中心、北京航天世景信息技术有限公司、青岛阅海信息服务有限公司、广东省科学院广州地理研究所、徐州市铜山区自然资源和规划局、盐城市大丰区自然资源和规划局、无锡市自然资源和规划局滨湖分局。

本文件主要起草人：翟亮、桑会勇、杨昔、李晓晖、许建宣、李明巨、于颂、刘新卫、陈水森、侯伟、秦思娴、萧敬豪、陶旸、贾晓亮、杨超、王倩、孙立坚、随云慧、邱洁、张刚、乔庆华、卫东、李海亭、许策、关艳玲、艾波、赵晨尧、史丽颖、虞瑶、王涛、钱广军、徐卫华、纪建军、李雪梅、王敏峰、张豪、贾凯、陈仁淦。

引 言

中共中央、国务院印发《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》，国务院印发《2030年前碳达峰行动方案》，明确提出碳达峰碳中和重大战略部署。2023年，自然资源部、国家发展改革委、财政部、国家林草局联合印发的《生态系统碳汇能力巩固提升实施方案》明确提出要构建生态系统碳汇调查监测评估体系、完善拓展生态系统碳汇计量体系。

包含陆表及其之上空间的陆域是发生和承载碳收支（含碳源、碳汇）的最主要空间。科学、规范的陆域碳收支空间核算是落实碳达峰碳中和重大战略的重要基础。为指导和规范陆域碳收支空间核算，建立科学有效的陆域碳收支空间核算技术体系，制定本文件。

本文件以国土变更调查数据为本底，陆域范围包括国土变更调查土地利用类型覆盖的范围。

陆域碳收支空间核算技术指南

1 范围

本文件提供了陆域碳收支空间核算的原则、范围、内容、流程、数据收集与处理、碳源空间核算、碳汇空间核算、碳收支空间核算以及质量控制与保证等方面的指南。

本文件适用于县级及以上区域尺度的陆域碳源、碳汇和碳收支空间核算。

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。

CH/T 9029 基础性地理国情监测内容与指标

GB/T 21010 土地利用现状分类

TD/T 1005 第三次全国国土调查技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

温室气体 greenhouse gases

能吸收和释放红外线辐射并存在大气中的气体。

注：京都议定书中规定控制的6种温室气体为：二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）、氧化亚氮（N₂O）、氢氟碳化物（HFCs）、全氟碳化物（PFCs）、六氟化硫（SF₆）。这里主要指二氧化碳（CO₂）和甲烷（CH₄）。

3.2

碳源 carbon source

社会经济系统内释放 CO₂ 和 CH₄ 到大气中的过程或活动。

注：活动包括燃烧化石燃料（如煤、石油和天然气）、工业生产过程、农业活动和废弃物处理等，导致 CO₂ 和 CH₄ 等温室气体的释放。

3.3

碳汇 carbon sink

生态系统吸收大气中的 CO₂ 并将其固定固化，从而减少该气体在大气中浓度的过程或活动。

3.4

碳收支 carbon budget

一个系统（比如一个国家、一个城市、一个工厂等）中 CO₂ 和 CH₄ 等温室气体的总排放量和总吸收量之间的关系。

3.5

化石燃料 fossil fuel

一种烃或烃的衍生物的混合物。

注：其包括的天然资源为煤、石油和天然气等。

3.6

生物质燃料 biomass fuel

可作为燃料的生物质材料。

注：一般主要是农林废弃物（如秸秆、锯末、甘蔗渣、稻糠等）。

3.7

CO₂ 活动水平 carbon dioxide activity level

在一定时间范围内，在界定地区里，与CO₂排放相关的生产或消费活动的量。

注：如燃料消费量、产品生产量、机动车行驶里程等。

3.8

生态系统类型 ecosystem types

在一定的空间内，生物与环境之间通过物质循环和能量流动而构成的统一整体。

注：主要包括森林、灌丛、草地、湿地、农田、城镇、荒漠等类型。

[来源：HJ 1171—2021，2.2，有修改。]

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

BOD：生化需氧量（Biochemical Oxygen Demand）

COD：化学需氧量（Chemical Oxygen Demand）

IPCC：政府间气候变化专门委员会（Intergovernmental Panel on Climate Change）

NDVI：归一化差分植被指数（Normalized Difference Vegetation Index）

NEP：净生态系统生产力（Net Ecosystem Productivity）

NPP：净初级生产力（Net Primary Productivity）

POI：兴趣点（Point of Interest）

5 核算原则、范围、内容及流程

5.1 核算原则

5.1.1 核算数据来源于国家、地方政府以及行业主管部门统计、观测或调查的数据。

5.1.2 同一核算范围内采用相同数据源和方法，定期对碳源、碳汇和碳收支核算结果进行比较。

5.2 核算范围

5.2.1 区域范围

确定核算的区域范围，以县级及以上行政单元为核算地理单元。

5.2.2 起止时间

确定核算的起止时间，以自然年为时间单元，以当年12月31日为节点。

5.3 核算内容

5.3.1 碳源

5.3.1.1 碳源核算包括核算范围内能源活动、工业生产、农业活动、废弃物处理在核算年内直接排放的CO₂、CH₄等温室气体，不包括电力调入调出间接碳排放量以及核算时间内土地利用变化产生的碳源。

5.3.1.2 CH₄排放量按IPCC第六次评估报告公布的温室气体百年全球增温潜势值转换成CO₂当量。

5.3.2 碳汇

碳汇核算包括核算范围内湿地、耕地、园地、林地、草地、水体和其他土地利用类型在核算年内从大气中吸收或固定的CO₂量，不包括核算时间内土地利用变化产生碳汇。

5.4 核算流程

首先确定核算范围和核算时间，进行数据收集和处理，开展碳源、碳汇、碳收支的空间核算，并将核算结果空间化。陆域碳收支空间核算流程见图1。

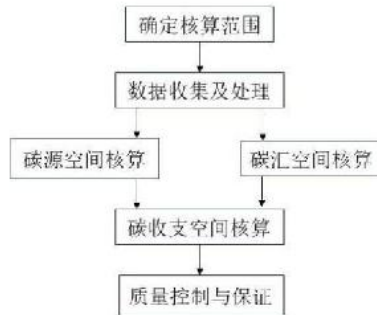


图1 陆域碳收支空间核算流程

6 数据收集与处理

6.1 数据收集类型

6.1.1 土地利用/覆盖数据

土地利用/覆盖数据包括国土年度变更调查数据、国土空间监测数据，具体见附录A。

6.1.2 专项调查数据

包括但不限于林地、草地、湿地、土壤等专项调查数据，具体见附录A。

6.1.3 遥感产品数据

包含但不限于区域范围核算年NPP、夜间灯光亮度数据、NDVI数据等，具体见附录A。

6.1.4 社会经济统计数据

包括区域内各级能源平衡表、统计年鉴、能源统计年鉴、交通以及农林牧渔等统计数据，具体见附录A。

6.1.5 其他数据

可包括交通大数据、手机信令数据、POI数据、问卷调查数据、建筑数据、土壤呼吸数据等，具体见附录A。

6.2 数据处理

6.2.1 土地利用/覆盖数据处理

梳理区域内多源土地利用/覆盖数据，按表1和表2的映射关系，对土地利用/覆盖数据分类。

表 1 碳源与土地利用类型映射表

碳排放门类	活动部门		土地利用映射	
	活动部门 1	活动部门 2	土地利用现状分类	土地利用现状分类 细分建议
能源活动	公用电力与热力部门	电力部门	工业用地(0601)	火电工业用地
		热力部门	公用设施用地(0809)	供热设施用地
	工业和建筑部门	钢铁、有色金属、化工、建材、石油天然气开采与加工、其他	工业用地(0601)	钢铁、煤炭、水泥、玻璃、电解铝及其他工业用地
		建筑业	—	建筑工地
	客货运输活动 (包含居民家庭用车)	国内民航	机场用地(1007)	机场
		公路	公路用地(1003)	
			城镇村道路用地(1004)	
			交通服务场站用地(1005)	
		铁路	铁路用地(1001)	
		轨道交通	轨道交通用地(1002)	
		内河水运	河流水面(1101)	通航河渠、内河航运港口
	港口码头用地(1008)		码头	
	服务部门 (第三产业中扣除交通运输部分)	公共服务与管理	机关团体用地(0801)	
			新闻出版用地(0802)	
			教育用地(0803)	
			科研用地(0804)	
			医疗卫生用地(0805)	
			社会福利用地(0806)	
			文化设施用地(0807)	
			体育用地(0808)	
			公用设施用地(0809)	
			使领馆用地(0902)	
			监教场所用地(0903)	
			宗教用地(0904)	
			殡葬用地(0905)	
			风景名胜设施用地(0906)	
			商业商务	零售商业用地(0501)
批发市场用地(0502)				
餐饮用地(0503)				
旅馆用地(0504)				
商务金融用地(0505)				
娱乐用地(0506)				
其他商务用地(0507)				
农业部门	种植业	仓储用地(0604)		
		农村道路(1006)		
		水田(0101)		
		水浇地(0102)		

表 1 碳源与土地利用类型映射表（续）

碳排放门类	活动部门		土地利用映射	
	活动部门 1	活动部门 2	土地利用现状分类	土地利用现状分类 细分建议
能源活动	农业部门	种植业	旱地(0103)	
			果园(0201)	
			茶园(0202)	
			橡胶园(0203)	
		其他园地(0204)		
	居民生活部门	水产养殖	养殖坑塘(1104A)	
		城镇生活	城镇住宅用地(0701)	
	农村生活	农村宅基地(0702)		
逃逸排放	煤炭油气开采	采矿用地(0602)		
		管道运输用地(1009)		
工业生产过程	钢铁行业、水泥制造行业、电解铝行业、其他工业行业	—	工业用地(0601)	钢铁工业、水泥工业、电解铝工业及其他工业用地
农业活动	稻田 CH ₄ 排放		水田(0101)	
废弃物处理	固体废弃物、液体废弃物	固体废弃物、工业废水处理	工业用地(0601)	
		生活污水处理、生活垃圾(焚烧、填埋)	公用设施用地(0809)	垃圾填埋场、污水处理场

注：表中土地利用现状分类和代码来自 GB/T 21010、TD/T 1005、CH/T 9029。

表 2 碳汇与土地利用/覆盖类型映射表

碳汇类型	土地利用现状分类	碳汇类型	土地利用现状分类
湿地	红树林地(0303)	草地	天然牧草地(0401)
	森林沼泽(0304)		人工牧草地(0403)
	灌丛沼泽(0306)		其他草地(0404)
	沼泽草地(0402)	水域	河流水面(1101)
	盐田(0603)		湖泊水面(1102)
	沿海滩涂(1105)		水库水面(1103)
	内陆滩涂(1106)		坑塘水面(1104)
耕地	沼泽地(1108)	其他	商服用地(05)
	水田(0101)		工矿仓储用地(06)
	水浇地(0102)		住宅用地(07)
园地	旱地(0103)		公共管理与公共服务用地(08)
	果园(0201)		特殊用地(09)
	茶园(0202)		交通运输用地(10)

表2 碳汇与土地利用/覆盖类型映射表（续）

碳汇类型	土地利用现状分类	碳汇类型	土地利用现状分类
园地	橡胶园 (0203)		水上建筑用地 (1109)
	其他园地 (0204)		其他土地 (12)
林地	乔木林地 (0301)		
	竹林地 (0302)		
	灌木林地 (0305)		
	其他林地 (0307)		

注：表中土地利用现状分类和代码来自 GB/T 21010。

6.2.2 专项调查数据处理

补充完善土地利用/覆盖数据的林地、草地、湿地、土壤等资源信息。
若存在数据冲突，以土地利用/覆盖数据为准。

6.2.3 遥感产品数据处理

完成提取、拼接、重投影、裁剪等处理，获取区域内所需分辨率的格网数据。

6.2.4 社会经济统计数据处理

可根据活动类型按行政单元整理成表格。

6.2.5 其他数据处理

其他数据的处理应考虑以下因素：

- a) 交通大数据、手机信令数据、POI数据、问卷调查数据完成数据清洗、展点和坐标转换统一；
- b) 建筑数据完成空间配准和坐标转换统一；
- c) 土壤呼吸数据完成提取、拼接、重投影、裁剪等。

6.3 碳收支核算底图制作

综合土地利用/覆被数据和专项调查数据空间、属性信息制作碳收支核算底图。
结合相关数据，将核算所需面积修正为表面面积。

7 碳源空间核算

7.1 行政尺度碳排放量核算

7.1.1 能源活动

7.1.1.1 能源活动碳排放量核算内容

能源活动碳排放量核算内容包括以下内容：

- a) 化石燃料燃烧活动产生的CO₂、CH₄排放；
- b) 生物质燃料燃烧活动产生的CO₂、CH₄排放；
- c) 煤炭开采和矿后活动及石油和天然气系统产生的CH₄逃逸排放。

7.1.1.2 能源活动碳排放量核算方法

能源活动碳排放量核算方法宜考虑以下因素：

- a) 碳排放量核算可采用《省级温室气体清单编制指南》（试行）或当地的温室气体清单编制方法，宜采用附录B的表B.1~表B.4的CO₂活动水平与排放因子进行核算；
- b) 能源活动碳排放量核算宜按照公式（1）计算：

$$E_{CO_2} = \sum_{j=1}^i (EF_{i,j} \times Activity_{i,j} \times 0.0001) \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- E_{CO_2} ——能源活动碳排放量，单位吨二氧化碳/年(t CO₂e/a)；
 EF ——排放因子，单位为千克/太焦(kg/TJ)；
 $Activity$ ——CO₂活动水平，单位为太焦(TJ)；
 i ——燃料类型；
 j ——部门活动。

7.1.1.3 化石燃料燃烧活动 CO₂、CH₄排放量核算规定

化石燃料燃烧活动 CO₂、CH₄排放量核算宜考虑以下因素：

- a) 化石燃料燃烧活动的碳排放核算包括固定排放源、移动排放源；
- b) 固定排放源可采用《省级温室气体清单编制指南》（试行）的部门分类方法拆分核算，包括公用电力与热力部门、工业和建筑部门、农业部门、服务部门（第三产业中扣除交通运输部分）、居民生活部门等部门；
- c) 移动排放源碳排放核算包括民航、公路、铁路、水运等交通方式在交通营运部门、社会交通运输中产生的碳排放，不包括国际航空及海洋水运的碳排放；
- d) 交通营运部门的碳排放可按照能源统计体系的能源消费量按照公式（1）进行核算；
- e) 无法获得公路（或道路）交通分品种、分车辆类型能源消费量的，可采用《省级温室气体清单编制指南》（试行）估算；
- f) 社会交通运输的碳排放可按照柴油、汽油在工业、服务业、居民生活的抽取比例进行核算，其比例可按照当地温室气体清单编制指南或依据专家估算。

7.1.1.4 生物质燃料燃烧活动 CH₄排放量核算规定

生物质燃料燃烧活动 CH₄排放量核算宜考虑以下因素：

- a) 生物质燃料燃烧活动的排放因子可采用当地实测因子；
- b) 实测困难的，省柴灶、传统灶、火盆火锅、牧区灶具的生物质燃料燃烧活动排放因子可采用《省级温室气体清单编制指南》（试行）或当地温室气体清单编制指南的排放因子；
- c) 其他设备或灶型的生物质燃料燃烧活动排放因子可采用《IPCC 2016 年国家温室气体清单指南 2019 年修订版》的排放因子；
- d) 排放因子可参照国内相关研究的测试数据。

7.1.2 工业生产过程

7.1.2.1 工业生产过程碳排放核算内容

工业生产过程的碳排放核算包括工业生产中能源活动温室气体排放之外的其他化学反应过程或物理变化过程的碳排放，核算内容宜考虑以下因素：

- a) 水泥熟料生产过程的 CO₂ 排放；
- b) 石灰生产过程源于碳酸钙和碳酸镁热分解的 CO₂ 排放；

- c) 钢铁生产中源于炼铁熔剂高温分解和炼钢降碳过程的 CO₂ 排放;
- d) 电石生产过程源于石灰及碳素原料分解的 CO₂ 排放。

7.1.2.2 工业生产过程的碳排放核算方法

工业生产过程的碳排放核算方法宜考虑以下因素:

- a) 排放量计算可采用《省级温室气体清单编制指南》(试行)或当地的温室气体清单编制方法, CO₂ 活动水平与排放因子见附录 C;
- b) 水泥熟料、石灰、电石生产过程碳排放量, 按照公式 (2) 计算:

$$E_{CO_2} = AD \times EF \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

- E_{CO_2} ——水泥熟料、石灰、电石生产过程的碳排放量, 单位为吨二氧化碳/年(t CO₂e/a);
- AD ——统计范围内水泥熟料、石灰、电石等产量, 单位为吨 (t);
- EF ——水泥熟料、石灰、电石生产过程排放因子, 单位为吨二氧化碳/吨数量(t CO₂e/t)

- c) 钢铁生产过程碳排放量, 宜按照公式 (3) 计算:

$$E_{CO_2} = AD_l \times EF_l + AD_d \times EF_d + (AD_r \times F_r - AD_s \times F_s) \times \frac{M_{CO_2}}{M_C} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

- E_{CO_2} ——钢铁生产过程的碳排放量, 单位吨二氧化碳/年(t CO₂e/a);
- AD_l ——所在核算范围内钢铁企业消费的作为溶剂的石灰石数量, 单位为吨(t);
- EF_l ——作为溶剂的石灰石消耗的排放因子, 单位为吨二氧化碳/吨石灰石(t CO₂e/t);
- AD_d ——核算范围内钢铁企业消费的作为溶剂的白云石的数量, 单位为吨(t);
- EF_d ——作为溶剂的白云石消耗的排放因子, 单位为吨二氧化碳/吨白云石(t CO₂e/t);
- AD_r ——核算范围内炼钢用生铁的数量, 单位为吨(t);
- F_r ——炼钢用生铁的平均含碳率, 单位为吨碳/吨(t C/t);
- AD_s ——核算范围内炼钢的钢材产量, 单位为吨(t);
- F_s ——炼钢的钢材产品的平均含碳率, 单位为吨碳/吨(t C/t);
- $\frac{M_{CO_2}}{M_C}$ ——为 C 转换成 CO₂ 的系数, 值为 3.67。

7.1.3 农业活动

7.1.3.1 农业活动碳排放核算内容

农业活动碳排放核算内容包括稻田 CH₄ 排放。

7.1.3.2 农业活动碳排放核算方法

农业活动碳排放核算方宜考虑以下因素:

- a) 农业活动碳排放量计算可采用《省级温室气体清单编制指南》(试行)或当地《市县(区)温室气体清单编制指南》的清单编制方法, CO₂ 活动水平与排放因子见附录 D;
- b) 农业活动碳排放量宜按照公式 (4) 计算:

$$E_{CO_2} = \sum_i (EF_i \times AD_i) \times 2.75 \times 0.0001 \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

E_{CO_2} ——不同稻田类型的碳排放量, 单位吨二氧化碳/年(t CO₂e/a);

EF_i ——分类型稻田 CH₄ 排放因子, 单位千克/公顷(kg/Ha);

AD_i ——对应于该排放因子的水稻播种面积, 单位公顷(Ha);

i ——表示稻田类型, 分别指单季水稻、双季早稻和晚稻。

7.1.4 废弃物处理

7.1.4.1 废弃物处理碳排放核算内容

废弃物处理碳排放核算内容宜包括以下内容:

- a) 固体废弃物处理导致的碳排放;
- b) 废水处理导致的碳排放。

7.1.4.2 废弃物处理碳排放核算方法

废弃物处理碳排放核算方法宜考虑以下因素:

- a) 排放量计算可采用《省级温室气体清单编制指南》(试行)或当地《市县(区)温室气体清单编制指南》的清单编制方法, CO₂ 活动水平与排放因子见附录 E;
- b) 固体废弃物处理导致碳排放, 宜按公式(5)计算:

$$E_{CO_2} = (MSW_T \times MSW_F \times L_0 - R) \times (1 - OX) \times 2.75 \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

E_{CO_2} ——固体废弃物处理产生的碳排放量, 单位吨二氧化碳/年(t CO₂e/a);

MSW_T ——总的城市固体废弃物产生量, 单位吨/年(t);

MSW_F ——城市固体废弃物填埋处理率, 单位为%;

L_0 ——各管理类型垃圾填埋场的 CH₄ 产生潜力, 单位为吨甲烷/吨废弃物(t CH₄/t);

R ——CH₄ 回收量, 单位为吨/年(t/a);

OX ——氧化因子

- c) 固体废弃物处理(焚烧处理)导致碳排放, 宜按公式(6)计算:

$$E_{CO_2} = \sum_i \left(IW_i \times CCW_i \times FCF_i \times EF_i \times \frac{M_{CO_2}}{M_C} \right) \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

E_{CO_2} ——固体废弃物处理(焚烧处理)导致的碳排放量, 单位吨二氧化碳/年(t CO₂e/a);

i ——城市固体废弃物、危险废弃物、污泥;

IW_i ——第 i 种类型废弃物的焚烧量, 单位为吨/年(t/a);

CCW_i ——第 i 种类型废弃物中的碳含量比例, 单位为%;

FCF_i ——第 i 种类型废弃物中矿物碳在碳总量中比例, 单位为%;

EF_i ——第 i 种类型废弃物焚烧炉的燃烧效率, 单位为%;

$\frac{M_{CO_2}}{M_C}$ ——为 C 转换成 CO₂ 的系数, 值为 3.67。

- c) 废水处理(工业废水)导致的碳排放, 按公式(7)计算:

$$E_{CO_2} = \sum_i \left((TOW_i \times S_i) \times EF_i - R_i \right) \times 0.0001 \times 2.75 \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中:

E_{CO_2} ——废水处理(工业废水)导致的碳排放量, 单位吨二氧化碳/年(t CO₂e/a);

- i ——不同的工业行业;
- TOW_i ——工业废水中可降解有机物的总量, 单位为千克 COD/年(kg COD/a);
- S_i ——以污泥方式清除掉的有机物总量, 单位为千克 COD/年(kg COD/a);
- EF_i ——排放因子, 单位为千克甲烷/千克 COD(kg CH₄/kg COD);
- R_i ——CH₄回收量, 单位为千克甲烷/年(kg CH₄/a)。

d) 废水处理(生物污水)导致的碳排放, 宜按公式(8)计算:

$$E_{CO_2} = (TOW \times EF) \times 0.0001 \times 2.75 \dots\dots\dots (8)$$

式中:

- E_{CO_2} ——废水处理(生物污水)导致的碳排放量, 单位吨二氧化碳/年(t CO₂e/a);
- TOW ——清单年份的生活污水中有机物总量, 单位为千克 BOD/年(kg BOD/a);
- EF ——排放因子, 单位为千克甲烷/千克 BOD(kg CH₄/kg BOD);
- R ——清单年份的 CH₄回收量, 单位为千克甲烷/年(kg CH₄/a)

7.2 基于图斑的碳排放量空间化处理

7.2.1 映射关系

映射关系宜考虑以下因素:

- a) 按不同土地利用类型承载活动, 对碳排放类型按土地利用现状分类分解, 可结合地区数据情况对土地利用现状分类进行细分;
- b) 土地利用类型与碳排放类型的映射关系见表 1; 无映射关系的土地利用类型默认碳排放为零。

7.2.2 空间化方法

7.2.2.1 模型评估法

掌握多年度行政区域统计数据、多源地理数据、卫星遥感数据等依托数据时, 各行业活动碳排放量宜按公式(9)经空间分解至土地利用图斑:

$$CE_{i,n} = f\{S|D, M\} \dots\dots\dots (9)$$

式中:

- $CE_{i,n}$ ——第 i 类行业第 n 个图斑的碳排放量, 单位吨二氧化碳/年(t CO₂e/a);
- S ——空间尺度, 包括行政区域尺度、图斑尺度, 受依托数据 D 和估算模型 M 制约;
- D ——依托数据, 包括行政区域统计数据、多源地理数据、卫星遥感数据;
- M ——空间化估算模型, 例如最小二乘法、线性回归模型、地理加权回归模型以及神经网络、贝叶斯网络、随机森林等机器学习模型。

行政区域统计数据、多源地理数据、卫星遥感数据等数据内容:

- a) 行政区域统计数据宜包括行政区域尺度的能源统计数据以及社会经济分门类统计数据等;
- b) 多源地理数据宜包括土地利用数据、交通大数据、手机信令数据、建筑数据、POI 数据、基于位置的问卷调查数据等;
- c) 卫星遥感数据包括夜间灯光亮度数据、NDVI 数据等。

7.2.2.2 单要素权重法

行政区域统计数据、多源地理数据、卫星遥感数据等依托数据缺失情况下, 各行业活动碳排放量宜按公式(10)、公式(11)经空间分解至土地利用图斑:

$$CE_{i,n} = R_i \times A_{i,n} \dots\dots\dots (10)$$

$$A_{i,n} = \frac{k_{i,n}}{\sum^n k_i} \dots\dots\dots (11)$$

式中:

$CE_{i,n}$ ——第 i 类行业第 n 个图斑的碳排放量, 单位吨二氧化碳/年($t \text{ CO}_2\text{e/a}$);

R_i ——第 i 类行业的碳排放量, 单位吨二氧化碳/年($t \text{ CO}_2\text{e/a}$);

$A_{i,n}$ ——第 i 类行业第 n 个图斑的权重, 无量纲;

k ——依据数据收集情况, 可分别代表图斑面积、人口数量、工业产值、营业额等数据。

7.3 区域碳排放量汇总

碳排放量宜由区域内各活动部门对应土地利用图斑的碳排放量汇总, 按照公式(12)计算:

$$CE_t = \sum_{i=1}^m CE_i \dots\dots\dots (12)$$

式中:

CE_t ——区域总碳排放量, 单位吨二氧化碳/年($t \text{ CO}_2\text{e/a}$);

CE_i ——区域第 i 个土地利用图斑产生的碳排放量, 单位吨二氧化碳/年($t \text{ CO}_2\text{e/a}$)。

8 碳汇空间核算

8.1 基于图斑的碳汇量核算

8.1.1 基于图斑的碳汇量核算要求

基于图斑的碳汇量核算时宜考虑以下因素:

a) 以土地利用图斑为基本核算单元。土地利用图斑按专项调查数据细分, 形成反映图斑内部生态系统、地表覆盖、地表基质等空间差异的碳汇核算本底数据;

b) 采用国土变更调查数据时, 碳汇类型与土地利用类型映射关系见表 2;

c) 缺乏专项调查数据支撑时, 不宜考虑土地利用图斑内部差异性;

d) 碳汇量核算方法宜采用附录 F 推荐的方法。

8.1.2 湿地

湿地碳汇核算宜考虑以下因素:

a) 以土地利用的湿地图斑为基本核算单元, 湿地土地利用与覆盖类型见表 2;

b) 基于碳汇核算本底数据, 核算湿地图斑内各类生态系统碳汇量, 生态系统对应土地利用与覆盖类型见表 3;

c) 按核算方法优先顺序, 可采用碳通量观测法、固碳速率法、碳储量变化法、净生态系统生产力法核算碳汇量。

表 3 生态系统与土地利用/覆盖类型映射表

生态系统类型	土地利用/土地覆盖	生态系统类型	土地利用/土地覆盖
森林生态系统	乔木林地 (0301)	农田生态系统	田坎 (1203)
	竹林地 (0302)		工业用地 (0601)
	其他林地 (0204)	采矿用地 (0602)	
灌丛生态系统	灌木林地 (0305)	城镇生态系统	城镇住宅用地 (0701)
草地生态系统	天然牧草 (0401)		农村宅基地 (0702)
	人工牧草地 (0403)		机关团体新闻出版用地 (08H1)
	其他草地 (0404)		科教文卫用地 (08H2)
湿地生态系统	红树林地 (0303)		公共设施用地 (0809)
	森林沼泽 (0304)		公园与绿地 (0810)
	灌丛沼泽 (0306)		特殊用地 (09)
	沼泽草地 (0402)		铁路用地 (1001)
	盐田 (0603)		轨道交通用地 (1002)
	沿海滩涂 (1105)		公路用地 (1003)
	内陆滩涂 (1106)		城镇村道路用地 (1004)
	沼泽地 (1108)		交通服务场站用地 (1005)
	河流水面 (1101)		农村道路 (1006)
	湖泊水面 (1102)		机场用地 (1007)
	水库水面 (1103)		港口码头用地 (1008)
坑塘水面 (1104)	管道运输用地 (1009)		
沟渠 (1107)	水工建筑用地 (1109)		
农田生态系统	水田 (1001)		空闲地 (1201)
	水浇地 (1002)		农用设施地 (1202)
旱地 (1003)	荒漠生态系统		盐碱地 (1204)
果园 (0201)		沙地 (1205)	
茶园 (0202)		裸土地 (1206)	
橡胶园 (0203)		裸岩石砾地 (1207)	
其他园地 (0204)	其他	冰川/永久积雪 (1110)	

注：表中土地利用现状分类和代码来自 GB/T 21010。

8.1.3 耕地

耕地碳汇核算宜考虑以下因素：

- 以土地利用的耕地图斑为基本核算单元，耕地土地利用与覆盖类型见表 2；
- 基于碳汇核算本底数据，核算耕地图斑内各类生态系统碳汇量，生态系统对应土地利用与覆盖类型见表 3；
- 按核算方法优先顺序，可采用碳储量变化法、碳通量观测法核算碳汇量；
- 由于耕地作物每年都会被收获，利用碳储量变化法计算时，只考虑农田土壤碳储量变化。

8.1.4 园地

园地碳汇核算宜考虑以下因素：

- a) 以土地利用的园地图斑为基本核算单元，园地土地利用与覆盖类型见表 2；
- b) 基于碳汇核算本底数据，核算园地图斑内各类生态系统碳汇量，生态系统对应土地利用与覆盖类型见表 3；
- c) 按核算方法优先顺序，可采用碳储量变化法、固碳速率法、净生态系统生产力法核算碳汇量。

8.1.5 林地

林地碳汇核算宜考虑以下因素：

- a) 以土地利用的林地图斑为基本核算单元，林地土地利用与覆盖类型见表 2；
- b) 基于碳汇核算本底数据，核算林地图斑内各类生态系统碳汇量，生态系统对应土地利用与覆盖类型见表 3；
- c) 按核算方法优先顺序，可采用碳储量变化法、固碳速率法、净生态系统生产力法核算碳汇量。

8.1.6 草地

草地碳汇核算宜考虑以下因素：

- a) 以土地利用的草地图斑为基本核算单元，草地土地利用与覆盖类型见表 2；
- b) 基于碳汇核算本底数据，核算草地图斑内各类生态系统碳汇量，生态系统对应土地利用与覆盖类型见表 3；
- c) 按核算方法优先顺序，可采用碳储量变化法、固碳速率法、净生态系统生产力法核算碳汇量；
- d) 由于草地植被每年都会枯落，其固定的碳又返回回大气或进入土壤中，利用碳储量变化法和固碳速率法计算时，只考虑草地土壤的碳汇量。

8.1.7 水体

水体碳汇核算宜考虑以下因素：

- a) 以土地利用的水体图斑为基本核算单元，水体土地利用与覆盖类型见表 2；
- b) 基于碳汇核算本底数据，核算水体图斑内各类生态系统碳汇量，生态系统对应土地利用与覆盖类型见表 3；
- c) 按核算方法优先顺序，可采用碳通量观测法、碳储量变化法。

8.1.8 其他

其他碳汇核算宜考虑以下因素：

- a) 以土地利用的其他图斑为基本核算单元，其他土地利用与覆盖类型见表 2；
- b) 基于碳汇核算本底数据，核算其他图斑内各类生态系统碳汇量，生态系统对应土地利用与覆盖类型见表 3；
- b) 按核算方法优先顺序，可采用碳通量观测法、碳储量变化法。

8.2 区域碳汇量汇总

区域碳汇量宜按照公式 (13) 核算区域内林地、园地、草地、耕地、水域和其他用地碳汇量总和：

$$CS_r = CS_w + CS_c + CS_p + CS_f + CS_g + CS_{wa} + CS_{other} = \sum_{i=1}^n CS_i \quad \dots\dots (13)$$

式中：
 CS_r ——总碳汇量，单位吨二氧化碳/年 (CO₂e/a)；

- CS_{we} ——湿地总碳汇量，单位吨二氧化碳/年 (t CO₂e/a)；
- CS_c ——耕地总碳汇量，单位吨二氧化碳/年 (t CO₂e/a)；
- CS_p ——园地总碳汇量，单位吨二氧化碳/年 (t CO₂e/a)；
- CS_f ——林地总碳汇量，单位吨二氧化碳/年 (t CO₂e/a)；
- CS_g ——草地总碳汇量，单位吨二氧化碳/年 (t CO₂e/a)；
- CS_w ——水体总碳汇量，单位吨二氧化碳/年 (t CO₂e/a)；
- CS_{other} ——其他用地总碳汇量，单位吨二氧化碳/年 (t CO₂e/a)。
- CS_i ——第 i 个图斑的碳汇量，单位为吨二氧化碳/年(t CO₂e/a)；

9 碳收支空间核算

9.1 基于图斑的碳收支核算

基于图斑的碳收支量宜按照公式 (14) 计算：

$$CE_N = CE_t - CS_t = \sum_{i=1}^n (CE_{p,i} - CS_{p,i}) \quad \dots\dots\dots (14)$$

式中：

- CE_N ——碳收支量，为碳源与碳汇之差，单位为吨二氧化碳/年(t CO₂e/a)；
- CE_t ——总碳排放量，单位为吨二氧化碳/年(t CO₂e/a)；
- CS_t ——总碳汇量，单位为吨二氧化碳/年(t CO₂e/a)；
- $CE_{p,i}$ ——第 i 个土地利用图斑的碳排放量，单位为吨二氧化碳/年(t CO₂e/a)；
- $CS_{p,i}$ ——第 i 个土地利用图斑的碳汇量，单位为吨二氧化碳/年(t CO₂e/a)。

9.2 基于格网的碳收支核算

9.2.1 格网创建

基于核算范围创建格网，格网大小宜根据核算区域范围和目标确定：

- a) 全国碳收支核算宜采用1km~10km格网；
- b) 省级宜采用100m~1km；
- c) 地级市和县级宜采用10m~30m。

9.2.2 基于格网的碳排放量计算

基于格网的碳排放量宜按照公式 (15) 计算：

$$CE_t = \sum_{k=1}^l CE_{g,k} = \sum_{k=1}^l \sum_{j=1}^m CE_{p,k,j} \quad \dots\dots\dots (15)$$

式中：

- CE_t ——总碳排放量，单位为吨二氧化碳/年(t CO₂e/a)；
- $CE_{g,k}$ ——第 k 个格网的碳排放量，单位为吨二氧化碳/年 (t CO₂e/a)；
- $CE_{p,k,j}$ ——第 k 个格网内的第 j 个图斑的碳排放量，单位为吨二氧化碳/年(t CO₂e/a)。

9.2.3 基于格网的碳汇量计算

基于格网的碳汇量宜按照公式 (16) 计算：

$$CS_t = \sum_{k=1}^l CS_{g,k} = \sum_{k=1}^l \sum_{j=1}^m CS_{p,k,j} \quad \dots\dots\dots (16)$$

式中：

- CS_t ——总碳汇量，单位为吨二氧化碳/年(t CO₂e/a)；
- $CS_{g,k}$ ——第 k 个格网的碳汇量，单位为吨二氧化碳/年 (t CO₂e/a)；

$CS_{p,k,j}$ ——第 k 个格网内的第 j 个图斑的碳汇量,单位为吨二氧化碳/年(t CO₂e/a)。

9.2.4 基于格网的碳收支计算

基于格网碳收支量宜按照公式(17)计算:

$$CE_N = \sum_{k=1}^l (CE_{g,k} - CS_{g,k}) \quad \dots\dots\dots (17)$$

式中:

CE_N ——碳收支量,单位为吨二氧化碳/年(t CO₂e/a);

$CE_{g,k}$ ——第 k 个格网的碳排放量,单位为吨二氧化碳/年(t CO₂e/a);

$CS_{g,k}$ ——第 k 个格网的碳汇量,单位为吨二氧化碳/年(t CO₂e/a)。

9.3 区域碳汇碳源比计算

碳汇与碳源比宜按照公式(18)计算:

$$CR_t = \frac{CS_t}{CE_t} \quad \dots\dots\dots (18)$$

式中:

CR ——碳汇碳源比,无量纲;

CE_t ——总碳排放量,单位为吨二氧化碳/年(t CO₂e/a);

CS_t ——总碳汇量,单位为吨二氧化碳/年(t CO₂e/a)。

10 质量控制与保证

10.1 质量控制

在碳源、碳汇核算过程中进行质量控制,宜考虑以下因素:

- a) 检查数据源和技术参数的可靠性和准确性;
- b) 检查碳源、碳汇核算及空间化方法的正确性;
- c) 检验碳源、碳汇核算及空间化流程和结果存在的误差;
- d) 检查同一核算范围相同类别的碳源或碳汇在整个时间序列中采用的数据源、核算方法和技术参数的一致性;
- e) 检查碳源、碳汇核算结果时间和空间分布趋势是否存在重大变化或偏离;如果有重大变化,重新检查是否存在数据源、核算方法或技术参数存在异常。

10.2 质量保证

质量保证是由未参与碳收支核算的第三方机构专家对碳源、碳汇和碳收支核算结果进行评审,以评估数据源的可靠性、核算方法的合理性、核算结果的准确性,并对核算过程提出改进的意见和建议。

附 录 A
(资料性)
数据源格式和来源

表 A.1~表 A.3 给出了土地利用/覆盖数据、专项调查数据、活动数据的格式、来源。

表 A.1 土地利用/覆盖数据格式、来源

类别	所需数据	数据文件格式	建议数据来源
土地利用	国土调查及年度国土变更调查数据	GIS 图层	自然资源部门
	国土空间监测数据	GIS 图层	自然资源部门
	地类变化监测数据	GIS 图层	自然资源部门
土地覆盖	地理国情监测数据	GIS 图层	自然资源部门

表 A.2 专项调查数据格式、来源

类别	所需数据	数据文件格式	建议数据来源
森林专项调查	森林资源调查监测数据	GIS 图层	自然资源部门、林草部门
	森林资源规划设计调查	GIS 图层	自然资源部门、林草部门
林草湿专项调查	森林、草原、湿地年度调查数据	GIS 图层	自然资源部门、林草部门
土壤专项调查	土壤普查数据	GIS 图层	农业部门

表 A.3 遥感产品数据格式、来源

类别	所需数据	数据文件格式	建议数据来源
净生态系统生产力法 碳汇核算	NPP	GIS 图层	MODIS Web
净生态系统生产力法 碳汇核算	土壤呼吸	GIS 图层/文本	国家地球系统科学数据中心/国家生态科学数据中心/植物科学数据中心
碳排放空间化	夜间灯光亮度数据	GIS 图层	美国国家海洋和大气管理局 (NOAA)
碳排放空间化	NDVI 数据	GIS 图层	MODIS Web

表 A.4 社会经济统计数据格式、来源

类别	所需数据	数据文件格式	建议数据来源
能源活动	分部门无烟煤	文本	能源统计年鉴、统计部门
	分部门烟煤	文本	能源统计年鉴、统计部门
	分部门褐煤	文本	能源统计年鉴、统计部门
	分部门洗精煤	文本	能源统计年鉴、统计部门
	分部门其他洗煤	文本	能源统计年鉴、统计部门
	分部门型煤	文本	能源统计年鉴、统计部门
	分部门焦炭	文本	能源统计年鉴、统计部门
	分部门焦炉煤气	文本	能源统计年鉴、统计部门
	分部门其他煤气	文本	能源统计年鉴、统计部门
	固定源主要行业设备分品种无烟煤	文本	能源统计年鉴、统计部门、企业调研、专家估算
	固定源主要行业设备分品种烟煤	文本	能源统计年鉴、统计部门、企业调研、专家估算
	固定源主要行业设备分品种褐煤	文本	能源统计年鉴、统计部门、企业调研、专家估算
	固定源主要行业设备分品种洗精煤	文本	能源统计年鉴、统计部门、企业调研、专家估算
	固定源主要行业设备分品种其他洗煤	文本	能源统计年鉴、统计部门、企业调研、专家估算
	固定源主要行业设备分品种型煤	文本	能源统计年鉴、统计部门、企业调研、专家估算
	固定源主要行业设备分品种焦炭	文本	能源统计年鉴、统计部门、企业调研、专家估算
	固定源主要行业设备分品种焦炉煤气	文本	能源统计年鉴、统计部门、企业调研、专家估算
	固定源主要行业设备分品种其他煤气	文本	能源统计年鉴、统计部门、企业调研、专家估算
	移动源主要燃烧设备烟煤	文本	交通运输部门、能源统计年鉴、化工统计年鉴
	移动源主要燃烧设备汽油	文本	交通运输部门、能源统计年鉴、化工统计年鉴
移动源主要燃烧设备柴油	文本	交通运输部门、能源统计年鉴、化工统计年鉴	
移动源主要燃烧设备燃料油	文本	交通运输部门、能源统计年鉴、化工统计年鉴	
移动源主要燃烧设备喷气煤油	文本	交通运输部门、能源统计年鉴、化工统计年鉴	

表 A.4 社会经济统计数据格式、来源参照表(续)

类别	所需数据	数据文件格式	建议数据来源
能源活动	秸秆、薪柴等生物质燃料的燃烧量	文本	能源统计年鉴、农业统计年鉴、农村能源统计年鉴、林业年鉴、农业农村部门
	逃逸	文本	统计部门、企业调查
	水泥熟料产量	文本	统计部门、水泥统计年鉴
工业生产	石灰产量	文本	企业抽样调查
	电石等产量	文本	统计部门
	钢铁生产过程的石灰石消耗量	文本	钢铁统计年鉴、统计部门、企业调查
	钢铁生产过程的白云石消耗量	文本	钢铁统计年鉴、统计部门、企业调查
	炼钢用生铁量	文本	钢铁统计年鉴、统计部门、企业调查
	钢材产量	文本	钢铁统计年鉴、统计部门、企业调查
农业活动	单季水稻播种面积	文本	统计部门、农业农村部门
	双季水稻播种面积	文本	统计部门、农业农村部门
	晚稻播种面积	文本	统计部门、农业农村部门
	城市固体废弃物产生量	文本	城市建设年鉴、住建部门、城管部门
废弃物处理	城市固体废弃物填埋处理率	文本	城市建设年鉴、住建部门、城管部门
	CH ₄ 回收量	文本	城市建设年鉴、住建部门、城管部门
	城市固体废弃物成分	文本	城市建设年鉴、住建部门、城管部门
	COD	文本	环境统计年鉴、生态环境部门
	直接排入环境的工业废水中的COD	文本	环境统计年鉴、生态环境部门

表 A.5 其他数据格式、来源

类别	所需数据	数据文件格式	建议数据来源
碳排放空间化多源地理数据	交通大数据	GIS 图层	综合交通出行大数据开放云平台/中国交通数据信息平台等
	餐饮、住宿、工业企业等 POI 数据	GIS 图层	百度、高德等互联网大厂/规划云等
	手机信令数据	GIS 图层/文本	通信运营商
	建筑数据	GIS 图层	自然资源部门等
	问卷调查数据	GIS 图层	问卷调查

附录 B

(资料性)

不同部门及不同燃料碳排放核算技术参数

B.1 不同部门及不同化石燃料单位热值含碳量

表 B.1 给出了不同部门及不同化石燃料单位热值含碳量。

表 B.1 不同部门、不同化石燃料单位热值含碳量

单位为吨碳/太焦

活动类型	部门	无烟煤	烟煤	褐煤	洗精煤	其他洗煤	型煤	焦炭	原油	燃料油	汽油	柴油	液化气	煤油	一般煤油	NGL	LPG	炼厂干气	其他石油制品	天然气	焦炉煤气	其它
能源加工转换	煤炭开采加工	—	25.77	28.07	25.41	25.41	—	29.42	—	—	18.90	20.20	—	—	—	—	18.20	20.00	15.32	13.58	12.20	
	油气开采加工	27.34	27.02	28.53	25.41	25.41	—	29.42	20.08	21.10	18.90	20.20	—	—	17.20	17.20	18.20	20.00	15.32	13.58	12.20	
	公共电力与热力	27.49	26.18	27.97	25.41	25.41	33.56	29.42	20.08	21.10	18.90	20.20	—	—	—	—	18.20	20.00	15.32	13.58	12.20	
	炼焦、煤制气等	—	25.77	—	25.41	25.41	—	29.42	20.08	20.10	18.90	20.20	—	—	—	17.20	18.20	20.00	15.32	13.58	12.20	
工业	钢铁	27.40	25.80	27.07	25.41	25.41	33.56	29.42	20.08	21.10	18.90	20.20	—	—	—	—	18.20	20.00	15.32	13.58	12.20	
	有色	26.80	26.59	28.22	25.41	25.41	33.56	29.42	20.08	21.10	18.90	20.20	—	—	—	—	18.20	20.00	15.32	13.58	12.20	
	化工	27.65	25.77	28.15	25.41	25.41	33.56	29.42	20.08	21.10	18.90	20.20	—	—	—	—	18.20	20.00	15.32	13.58	12.20	
	建材	27.29	26.24	28.05	25.41	25.41	33.56	29.42	20.08	21.10	18.90	20.20	—	—	—	—	18.20	20.00	15.32	13.58	12.20	
	建筑	—	25.77	—	25.41	25.41	—	29.42	20.08	21.10	18.90	20.20	—	—	—	—	18.20	20.00	15.32	13.58	12.20	
	其他	—	25.77	—	25.41	25.41	33.56	29.42	20.08	21.10	18.90	20.20	—	—	19.40	—	17.20	18.20	20.00	15.32	13.58	12.20
交通运输	公路	—	—	—	—	—	—	—	—	18.90	20.20	—	—	—	—	—	18.20	—	15.32	—	—	
	铁路	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20.20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	水运	—	—	—	—	—	—	—	—	20.10	—	20.20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

表 B.1 不同部门、不同化石燃料单位热值含碳量（续）

单位为吨碳/太焦

活动类型	部门	无烟煤	烟煤	褐煤	洗精煤	其他洗煤	型煤	焦炭	原油	燃料油	汽油	柴油	喷气煤油	一般煤油	NGL	LPG	炼厂干气	其他石油制品	天然气	焦炉煤气	其它
交通运输	航空	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	19.50	—	—	—	—	—	—	—	—
农业	—	—	25.77	—	—	25.41	—	29.42	—	21.10	18.90	20.20	—	19.60	—	—	—	—	15.32	—	—
居民生活	—	26.97	25.77	—	—	25.41	33.56	29.42	—	—	18.90	20.20	—	19.60	—	17.20	18.20	—	15.32	13.58	12.20
服务业	—	26.97	25.77	—	—	25.41	33.56	29.42	—	21.10	18.90	20.20	—	19.60	—	17.20	18.20	—	15.32	13.58	12.20

注：原煤单位热值含碳量约为 26.37 吨碳/TJ。

B.2 不同燃料单位质量燃烧含碳量与碳氧化率

表 B.2 给出了不同燃料单位质量燃烧含碳量与碳氧化率参数

表 B.2 不同燃料单位质量燃烧含碳量与碳氧化率

单位为吨碳/太焦

状态	类型	单位热值含碳量	碳氧化率 %
固体燃料	无烟煤	27.4	0.94
	烟煤	26.1	0.93
	褐煤	28.0	0.96
	炼焦煤	25.4	0.98
	型煤	33.6	0.90
	焦炭	29.5	0.93
	其它焦化产品	29.5	0.93
液体燃料	原油	20.1	0.98
	燃料油	21.1	0.98
	汽油	18.9	0.98
	柴油	20.2	0.98
	喷气煤油	19.5	0.98
	一般煤油	19.6	0.98
	NGL	17.2	0.98
	LPG	17.2	0.98
	炼厂干气	18.2	0.98
	石脑油	20.0	0.98
	沥青	22.0	0.98
	润滑油	20.0	0.98
	石油焦	27.5	0.98
	石化原料油	20.0	0.98
其他油品	20.0	0.98	
气体燃料	天然气	15.3	0.99

B.3 生物质燃料燃烧产生的 CH₄ 排放因子

表 B.3 给出了不同生物质燃料燃烧产生的 CH₄ 排放因子。

生物质种类	甲烷			
	省柴灶	传统灶	火盆火锅等	牧区灶具
秸秆	5.2	2.8	—	—
薪柴	2.7	2.4	—	—
木炭	—	—	6.0	—
动物粪便	—	—	—	3.6

B.4 油气系统各环节 CH₄ 排放因子

表 B.4 给出了油气系统各环节 CH₄ 排放因子。

活动环节	逃逸排放源的设施类型	CH ₄ 排放因子 t/y	CH ₄ 排放因子
天然气开采	井口装置	2.5	—
	常规集气系统	51.5	
	计量/配气站	8.5	
	储气总站	68.4	
天然气加工处理	—	—	542 吨/十亿立方米
天然气输送	增压站	95.1	—
	计量站	45.0	
	管线(逆止阀)	6.3	
天然气消费	—	—	133 吨/亿立方米
常规油开采	井口装置	0.2	—
	单井储油装置	0.6	
	接转站	0.3	
	联合站	1.8	
稠油开采	—	—	14 吨/万吨
原油储运	—	—	753 吨/亿吨
原油炼制	—	—	5000 吨/亿吨

附录 C

(资料性)

工业生产过程碳排放核算技术参数

表 C.1 和表 C.4 给出了工业活动中水泥、石灰、电石、钢铁生产过程中排放因子。

表 C.1 水泥生产过程排放因子

类别	单位	数值
水泥生产过程排放因子	吨二氧化碳/吨熟料	0.538

表 C.2 推荐的石灰生产过程排放因子

类别	单位	数值
石灰生产过程排放因子	吨二氧化碳/吨石灰	0.683

表 C.3 推荐的电石生产过程排放因子

类别	单位	推荐数值
电石生产过程排放因子	千克二氧化碳/吨电石	1.154

表 C.4 推荐的钢铁生产过程排放因子或基本参数

类别	单位	数值	类别	单位	数值
石灰石消耗	吨二氧化碳/吨石灰石	0.430	生铁平均含碳量	%	4.1
白云石消耗	吨二氧化碳/吨白云石	0.474	钢材平均含碳量	%	0.248

附录 D

(资料性)

2005年不同地区稻田 CH₄ 排放因子

表 D.1 给出了 2005 年农业生产过程中不同地区稻作制度的排放因子。

表 D.1 2005 年不同地区稻田 CH₄ 排放因子

单位为公斤/公顷

区域	单季稻		双季早稻		双季晚稻	
	推荐值	范围	推荐值	范围	推荐值	范围
华北	234.0	134.4-341.9				
华东	215.5	158.2-255.9	211.4	153.1-259.0	224.0	143.4-261.3
中南华南	236.7	170.2-320.1	241.0	169.5-387.2	273.2	185.3-357.9
西南	156.2	75.0-246.5	156.2	73.7-276.6	171.7	75.1-265.1
东北	168.0	112.6-230.3				
西北	231.2	175.9-319.5				

注：华北：北京、天津、河北、山西、内蒙古；华东：上海、江苏、浙江、安徽、福建、江西、山东；
中南：河南、湖北、湖南、广东、广西、海南；
西南：重庆、四川、贵州、云南、西藏；
东北：辽宁、吉林、黑龙江；
西北：陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆。

附录 E

(资料性)

废弃物处理碳排放核算技术参数

E.1 城市固体废弃物填埋处理过程中碳排放核算技术参数

表 E.1 给出了城市固体废弃物填埋处理过程中碳排放因子/相关参数及来源。

表 E.1 城市固体废弃物填埋处理排放因子/相关参数及来源

排放因子/相关参数	简写	单位	推荐值		数据来源
CH ₄ 修正因子	MCF	%	0.4		城建部门
可降解有机碳	DOC	千克碳/千克 废弃物	纸张/纸板	40	清单编制部 门
			纺织品	24	
			食品垃圾	15	
			木材	43	
			庭园和公园废弃物	20	
			尿布	24	
			橡胶和皮革	39	
可分解的 DOC 比例	DOCF	%	0.5		IPCC 指南
CH ₄ 在垃圾填埋气中的比例	F	%	0.5		IPCC 指南
CH ₄ 回收量	R	万吨	0		IPCC 指南
氧化因子	OX	%	0.1		IPCC 指南

E.2 全国和不同区域平均 BOD/COD 推荐值

表 E.2 给出了全国和不同区域平均 BOD/COD 推荐值。

表 E.2 各区域平均 BOD/COD 推荐值

区域	BOD/COD
全国	0.46
华北	0.45
东北	0.46
华东	0.43
华中	0.49
华南	0.47
西南	0.51
西北	0.41

E.3 生活污水各处理系统的 MCF 推荐值

表 E.3 给出了生活污水各处理系统的 MCF 推荐值。

表 E.3 生活污水各处理系统的 MCF 推荐值

处理和排放途径或系统的类型	备注	MCF	范围
未处理的系统			
海洋、河流或湖泊排放	有机物含量高的河流会变成厌氧的	0.1	0~0.2
不流动的下水道	露天而温和	0.5	0.4~0.8
流动的下水道（露天或）	快速移动。清洁源自抽水站的少量 CH ₄	0	0
已处理的系统			
集中耗氧处理厂	管理完善，一些 CH ₄ 会从沉积池和其它料袋排放出来	0	0~0.1
集中耗氧处理厂	管理不完善，过载	0.3	0.2~0.4
污泥的厌氧浸化槽	此处未考虑 CH ₄ 回收	0.8	0.8~1.0
厌氧反应堆	此处未考虑 CH ₄ 回收	0.8	0.8~1.0
浅厌氧化粪池	若深度不足 2 m，使用专家判断	0.2	0~0.3
深厌氧化粪池	深度超过 2 m	0.8	0.8~1.0

E.4 生活污水各处理系统的 MCF 推荐值

表 E.4 给出了生活污水各处理系统的 MCF 推荐值。

表 E.4 生活污水各处理系统的 MCF 推荐值

行业	MCF 推荐值	MCF 范围
各行业直接排入海的工业废水	0.1	0.1
煤炭开采和洗选业	0.1	0~0.2
黑色金属矿采选业		
有色金属矿采选业		
非金属矿采选业		
其他采矿业		
非金属矿物制品业		
黑色金属冶炼及压延加工业		
有色金属冶炼及压延加工业		
金属制品厂		
通用设备制造业		
专用设备制造业		
交通运输设备制造业		
电气机械及器材制造业		
通信计算机及其他电子设备制造业		
仪器仪表及文化办公用机械制造业		
电力、热力的生产和供应业		
燃气生产和供应业		
木材加工及木竹藤棕草制品业		
家具制造业		
废弃资源和废旧材料回收加工业		
石油和天然气开采业	0.3	0.2~0.4
烟草制造业		
纺织服装、鞋、帽制造业		
印刷业和记录媒介的复制		
文教体育用品制造业		
石油加工、炼焦及核燃料加工业		
橡胶制品业		
塑料制品业		

表 E.4 生活污水各处理系统的 MCF 推荐值(续)

行业	MCF 推荐值	MCF 范围
工艺品及其他制造业	0.3	0.2~0.4
水的生产和供应业		
纺织业		
皮革毛皮羽毛(绒)及其制造业		
其他行业		
饮料制造业	0.5	0.4~0.6
化学原料及化学制品制造业		
化学纤维制造业		
造纸及纸制品业		
医药制造业		
农副食品加工业	0.7	0.6~0.8
食品制造业(包括酒业生产)		

附 录 F
(规范性)
碳汇量计算方法

F.1 碳储量变化法

采用碳储量变化法核算碳汇量时，宜考虑以下因素：

- a) 碳储量变化法宜考虑核算地上生物量碳库、地下生物量碳库与土壤碳库的碳储量变化，生态系统碳储量宜按照公式 (13) 计算；

$$W_{i,t,V} = W_{i,t,V,a} + W_{i,t,V,b} + W_{i,t,V,s} \quad (\text{F.1})$$

式中：

- $W_{i,t,V}$ ——第 i 类型生态系统第 t 年的碳储量，单位为吨碳 (tC)；
 $W_{i,t,V,a}$ ——第 i 类型生态系统第 t 年的地上生物量碳储量，单位为吨碳 (tC)；
 $W_{i,t,V,b}$ ——第 i 类型生态系统第 t 年的地下生物量碳储量，单位为吨碳 (tC)；
 $W_{i,t,V,s}$ ——第 i 类型生态系统第 t 年的土壤生物量碳储量，单位为吨碳 (tC)；

- b) 各碳库碳储量基于当地林业、草原、湿地、土壤等专项调查数据计算，计算参数宜优先考虑当地参数，或采用最新的国家水平参考值、IPCC 参考值；

- c) 碳汇量核算宜按公式 (14) 计算：

$$CS_i = f_{C_i} \times (W_{i,t,V} - W_{i,t-u,V}) \times \frac{M_{CO_2}}{M_C} / u \quad (\text{F.2})$$

式中：

- CS_i ——第 i 类型生态系统的碳汇量，单位吨二氧化碳/年(t CO₂e/a)；
 f_{C_i} ——第 i 类型生态系统的含碳率；
 $W_{i,t,V}$ ——第 i 类型生态系统第 t 年的碳储量，单位为吨碳 (tC)；
 $W_{i,t-u,V}$ ——第 i 类型生态系统第 t-u 年的碳储量，单位为吨碳 (tC)；
 $\frac{M_{CO_2}}{M_C}$ ——为 C 转换成 CO₂ 的系数，值为 3.67；
 u ——两期碳储量间隔时间，单位为年。

F.2 固碳速率法

采用固碳速率法核算碳汇量时，宜考虑以下因素：

- a) 固碳速率宜优先考虑当地参数，或采用最新的国家水平参考值、IPCC 参考值；
 b) 缺乏相关参数时，固碳速率见附录 G；
 c) 碳汇量核算按公式 (15) 计算：

$$CS_i = S_i \times (CSR_{i,V} + CSR_{i,S}) \times \frac{M_{CO_2}}{M_C} \quad (\text{F.3})$$

式中：

- CS_i ——第 i 类型生态系统的碳汇量，单位吨二氧化碳/年(t CO₂e/a)；
 S_i ——第 i 类型生态系统的面积，单位为公顷(hm²)；
 $CSR_{i,V}$ ——第 i 类型生态系统的固碳速率，单位为吨碳/公顷/年(t C/hm²/a)；
 $CSR_{i,S}$ ——第 i 类型生态系统土壤的固碳速率，单位为吨碳/公顷/年(t C/hm²/a)；
 $\frac{M_{CO_2}}{M_C}$ ——为 C 转换成 CO₂ 的系数，值为 3.67。

F.3 净生态系统生产力法

采用净生态系统生产力法核算碳汇量时，宜考虑以下因素：

- a) 如有当地 NEP 数据产品，碳汇量核算按公式 (16) 计算：

$$CS_i = S_i \times NEP_i \quad (F.4)$$

式中：

- CS_i ——第 i 类型生态系统的碳汇量，单位吨二氧化碳/年(t CO₂e/a)；
 S_i ——第 i 类型生态系统的面积，单位为公顷(hm²)；
 NEP_i ——第 i 类型生态系统的净生态系统生产力，单位吨碳/公顷/年(t C/hm²/a)；

- b) 如有当地 NPP 和土壤呼吸产品，碳汇量核算宜按公式 (17) 计算：

$$CS_i = S_i \times (NPP_i - R_{hi}) \times M_{CO_2}/M_C \quad (F.5)$$

式中：

- CS_i ——第 i 类型生态系统的碳汇量，单位吨二氧化碳/年(t CO₂e/a)；
 S_i ——第 i 类型生态系统的面积，单位为公顷(hm²)；
 NPP_i ——第 i 类型生态系统的净初级生产力，单位吨碳/公顷/年(t C/hm²/a)；
 R_{hi} ——第 i 类型生态系统土壤异养呼吸消耗的碳量，单位吨碳/公顷/年(t C/hm²/a)；
 $\frac{M_{CO_2}}{M_C}$ ——为 C 转换成 CO₂ 的系数，值为 3.67。

- c) 如只有当地 NPP 产品，碳汇量核算宜按公式 (18) 计算：

$$CS_i = S_i \times NPP_i \times \alpha_i \times \frac{M_{CO_2}}{M_C} \quad (F.6)$$

式中：

- CS_i ——第 i 类型生态系统的碳汇量，单位吨二氧化碳/年(t CO₂e/a)；
 S_i ——第 i 类型生态系统的面积，单位为公顷(hm²)；
 NPP_i ——第 i 类型生态系统的净初级生产力，单位吨碳/公顷/年(t C/hm²/a)；
 α_i ——第 i 类型生态系统 NEP 和 NPP 的转换系数，无量纲，可参照附录 I 表 I.1；
 $\frac{M_{CO_2}}{M_C}$ ——为 C 转换成 CO₂ 的系数，值为 3.67。

- c) NEP-NPP 转换系数见附录 G。

F.4 碳通量观测法

碳通量观测法是通过设定观测样点、利用相关仪器，对大气与各生态系统间温室气体通量进行非破坏性测定的微气象观测技术，碳通量观测时：

- a) 观测仪器宜安装在通量不随高度发生变化的常通量层内；
 b) 宜同步观测气象、土壤和植被等信息。

附录 G

(资料性)

各类生态系统固碳速率

G.1 森林及灌丛生态系统土壤和植被固碳速率

表 G.1 给出了森林及灌丛生态系统土壤和植被固碳速率。

表 G.1 各植被分区森林及灌丛生态系统土壤和植被固碳速率

植被分区	森林及灌丛植被固碳速率 t C/hm ² /a	森林及灌丛土壤固碳速率 t C/hm ² /a
南寒温带落叶针叶林地带	0.574	0.386
温带北部针阔混交林地带	0.551	0.586
温带南部针阔混交林地带	0.584	0.629
暖温带北部落叶栎林地带(华北)	0.758	0.448
暖温带南部落叶栎林地带	0.996	0.378
北亚热带落叶常绿阔叶混交林地带	0.870	0.384
东部中亚热带常绿落叶林地带	0.815	0.213
东部南亚热带常绿阔叶林地带	0.554	0.118
西部中亚热带常绿阔叶林地带	0.769	0.254
西部南亚热带常绿阔叶林地带	0.784	0.253
西部亚热带亚高山针叶林地带	0.657	0.226
东部北热带季节性雨林地带	0.573	0.114
西部北热带季节性雨林地带	0.717	0.235
温带北部草原地带(东部)	0.589	0.347
温带南部草原地带	0.687	0.507
温带北部草原地带(西部)	1.120	1.153
温带半灌木小乔木荒漠地带	1.120	1.153
温带灌木半灌木荒漠地带	0.734	0.640
暖温带灌木半灌木荒漠地带	1.119	1.145
高寒灌丛草甸地带	0.641	0.469
高寒草甸地带	0.645	0.541
高寒草原地带	0.676	0.353
温性草原地带	0.690	0.225
高寒荒漠地带	0.802	0.826
温性荒漠地带	0.690	0.225
暖温带北部落叶栎林地带(东北)	0.807	0.879

G.2 草地土壤固碳速率

表 G.2 给出了草地土壤固碳速率。

表 G.2 各植被分区草地土壤固碳速率

植被分区	草地土壤固碳速率 t C/hm ² /a
南寒温带落叶针叶林地带	0.052
温带北部针阔混交林地带	0.030
温带南部针阔混交林地带	0.020
暖温带北部落叶栎林地带(华北)	0.020
暖温带南部落叶栎林地带	0.020
北亚热带落叶常绿阔叶混交林地带	0.022
东部中亚热带常绿阔叶林地带	0.024
东部南亚热带常绿阔叶林地带	0.018
西部中亚热带常绿阔叶林地带	0.029
西部南亚热带常绿阔叶林地带	0.030
西部亚热带亚高山针叶林地带	0.030
东部北热带季节性雨林地带	0.020
西部北热带季节性雨林地带	0.030
温带北部草原地带(东部)	0.058
温带南部草原地带	0.040
温带北部草原地带(西部)	0.030
温带半灌木小乔木荒漠地带	0.030
温带灌木半灌木荒漠地带	0.036
暖温带灌木半灌木荒漠地带	0.030
高寒灌丛草甸地带	0.029
高寒草甸地带	0.030
高寒草原地带	0.030
温性草原地带	0.030
高寒荒漠地带	0.030
温性荒漠地带	0.030
暖温带北部落叶栎林地带(东北)	0.020

G.3 湿地固碳速率

表 G.3 给出了湿地固碳速率。

表 G.3 分区湿地固碳速率

湿地分类		固碳速率 t C/hm ² /a
湿地类型	湿地分区	
湖泊湿地类型	东部平原地区湖泊湿地	56.67
	蒙新高原地区湖泊湿地	30.26
	云贵高原地区湖泊湿地	20.08
	青藏高原地区湖泊湿地	12.57
	东北平原与山区湖泊湿地	4.49
沼泽湿地类型	泥炭和苔藓泥炭沼泽	24.80
	腐泥沼泽	32.48
	内陆盐沼	67.11
	沿海滩涂盐沼	235.62
	红树林沼泽	444.27

附录 H

(资料性)

森林、灌丛、草地 NEP—NPP 转换系数

表 H.1 给出了森林、灌丛、草地 NEP—NPP 转换系数。

表 H.1 各植被分区森林、灌丛、草地 NEP—NPP 转换系数

植被分区	NEP—NPP 转换系数		
	森林	灌丛	草地
南寒温带落叶针叶林地带	0.3158	0.1826	0.1940
温带北部针阔混交林地带	0.2500	0.1804	0.1655
温带南部针阔混交林地带	0.1517	0.1088	0.1822
暖温带北部落叶栎林地带(华北)	0.3599	0.3731	0.2565
暖温带南部落叶栎林地带	0.2546	0.2435	0.1956
北亚热带落叶常绿阔叶混交林地带	0.2006	0.1695	0.2223
东部中亚热带常绿落叶林地带	0.1346	0.0936	0.1611
东部亚热带常绿阔叶林地带	0.1349	0.0903	0.0820
西部中亚热带常绿阔叶林地带	0.2285	0.1522	0.1533
西部亚热带常绿阔叶林地带	0.2153	0.1219	0.1062
西部亚热带亚高山针叶林地带	0.3422	0.2179	0.3069
东部北热带季节性雨林地带	0.1439	0.1379	0.0985
西部北热带季节性雨林地带	0.2002	0.0664	0.1961
温带北部草原地带(东部)	0.2909	0.1551	0.1920
温带南部草原地带	0.2554	0.1745	0.1565
温带北部草原地带(西部)	0.0775	0.0010	0.1574
温带半灌木小乔木荒漠地带	0.1612	0.0010	0.0574
温带灌木半灌木荒漠地带	0.1798	0.0010	0.0095
暖温带灌木半灌木荒漠地带	0.0363	0.0010	0.0265
高寒灌丛草甸地带	0.3155	0.2229	0.2730
高寒草甸地带	0.2489	0.2995	0.3308
高寒草原地带	0.2609	0.0214	0.3026
温性草原地带	0.1698	0.0127	0.2285
高寒荒漠地带	0.0268	0.0000	0.1576
温性荒漠地带	0.1530	0.0000	0.1378
暖温带北部落叶栎林地带(东北)	0.1390	0.1455	0.1313

参 考 文 献

- [1] GB/T 21010—2017 土地利用现状分类
- [2] CH/T 9029 基础性地理国情监测内容与指标
- [3] HJ 1171—2021 全国生态状况调查评估技术规范—生态系统格局评估
- [4] HJ 1172—2021 全国生态状况调查评估技术规范—生态系统质量评估
- [5] HY/T 0349—2022 海洋碳汇核算方法
- [6] LY/T 3253 林业碳汇计量监测术语
- [7] TD/T 1005 第三次全国国土调查技术规程
- [8] T/CMSA 0027—2022 区域陆地碳汇评估技术指南
- [4] 国家发展改革委. 省级温室气体清单编制指南（试行），2021年3月
- [5] 自然资源部. 自然资源调查监测标准体系（试行），2021年1月
- [6] ISO 14064-1 温室气体 第一部分 组织层次上对温室气体排放和清除的量化和报告的规范及指南
- [7] IPCC 2006. 2006年 IPCC 国家温室气体清单指南，日本：全球环境战略研究所，2006
- [8] IPCC 2019. 2019 Refinement to 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories, Switzerland: IPCC, 2019
- [9] IPCC AR6 Synthesis report: climate change 2023, Switzerland: IPCC, 2019