

ICS 13.020
CCS Z 06

TB

中华人民共和国测绘团体标准

T/CSGPC*** -2023

陆地碳收支核算技术指南

Technical guidelines on carbon budget in terrestrial ecosystems

(征求意见稿)

(本稿完成时间：2023 年 8 月 21 日)

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中国测绘学会 发布

目 次

1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 核算原则	2
4.1 可靠性.....	2
4.2 相关性.....	2
4.3 关键性.....	2
4.4 一致性.....	3
4.4 准确性.....	3
5 核算流程	3
5.1 确定核算范围.....	3
5.2 确定核算内容.....	3
5.3 数据收集和处理.....	3
5.4 开展区域碳收支核算.....	3
6 数据收集和处理	3
6.1 区域陆地碳收支核算空间分辨率确定.....	3
6.2 数据收集及处理.....	4
7 碳源核算及空间化	4
7.1 碳排放量核算.....	4
7.2 碳排放量空间化处理.....	5
7.3 区域碳排放量汇总.....	6
8 碳汇核算及空间化	6
8.1 碳汇量核算方法.....	6
8.2 碳汇量核算.....	7
8.3 区域碳汇量汇总.....	8
9 碳收支核算	9
9.1 碳收支计算方法.....	9
9.2 碳排放承载力计算.....	9
附录 A（资料性）	10
附录 B（资料性）	13
参 考 文 献.....	14

引 言

《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》和《关于加快建立统一规范的碳排放统计核算体系实施方案》提出了全面贯彻碳达峰碳中和重大战略决策。立足新发展阶段，完整、准确、全面贯彻新发展理念，构建新发展格局，推动高质量发展，坚持系统观念，加快建立统一规范的碳排放统计核算体系，建立科学核算方法，为统筹有序做好碳达峰碳中和工作、促进经济社会发展全面绿色转型提供坚实的数据支撑与基础保障。

陆地碳收支核算是整个生态系统碳收支核算的核心，不仅需要掌握陆地碳收支的总量，更需要掌握陆地碳收支的空间分布，为指导和规范陆地碳收支核算，构建科学规范的碳收支核算体系及空间表达，为实施区域有差异的碳中和措施提供科学依据，制定本文件。

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、中国科学院生态环境研究中心、江苏省基础地理信息中心、宁波市测绘和遥感技术研究院、武汉市测绘研究院、广州市城市规划勘测设计研究院、北京四维远见信息技术有限公司、广东省科学院广州地理研究所、山西省测绘地理信息院、中国绿色碳汇基金会科技创新专项基金、广东省碳中和研究院、北京航天世景信息技术有限公司。

本文件起草人：***

陆地碳收支核算技术指南

1 范围

本文件提供了区域陆地碳收支核算技术流程、数据来源与处理，以及碳源、碳汇和碳收支核算模型及空间化方法等方面的指导。

本文件适用于陆地碳源、碳汇和碳收支核算。

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。

HJ1172-2021 全国生态状况调查评估技术规范-生态系统质量评估

GB/T 21010-2017 土地利用现状分类

TD/T 1005-2019 第三次全国国土调查技术规程

CH/T 9029-2019 基础性地理国情监测内容与指标

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

碳源 carbon source

二氧化碳气体成分从地球表面进入大气(如地面燃烧过程向大气中排放CO₂)，或者在大气中由其他物质经化学过程转化为二氧化碳气体成分(如大气中的CO被氧化为CO₂，对于CO来说也叫源)。

3.2

碳汇 carbon sink

生物吸收大气中的二氧化碳并将其固定固化，从而减少该气体在大气中的浓度。

3.3

碳收支 carbon budget

在一定时间内特定区域的植被与大气之间碳交换的净通量，即生态系统的生物碳固定输入与碳排放输出的平衡状况，当陆地生态系统碳固定量大于呼吸碳排放量时，陆地生态系统表现为大气的“碳汇”，相反，则表现为大气的“碳源”。

3.4

生物量 biomass

是各地类中植物地上、地下、活的和枯死的有机干物质，例如树木、作物、草及其枝叶、根等。包括地上和地下生物量。

3.5

地上生物量 above-ground biomass

土壤层以上以干重表示的植被所有活体的重量，包括干、桩、枝、皮、种子、花、果和叶及草本植物。

3.6**地下生物量 below-ground biomass**

地表以下以干重表示的所有活根的重量，通常不包括难以从土壤有机成分或枯落物中区分出来的细根（直径<2mm）。

3.7**净初级生产力 Net Primary Productivity****NPP**

指单位时间、单位面积上植被由光合作用所固定的有机碳扣除植物用于维持性呼吸和生长性呼吸消耗后的剩余部分，也称净第一性生产力。

3.8**净生态系统生产力 Net Ecosystem Productivity****NEP**

指净初级生产力减去土壤异养呼吸消耗的有机碳之后剩余的部分。NEP表示较大尺度上碳的净贮存，其数值可以为正也可以为负。当NEP大于0时，表示该生态系统为CO₂之汇，反之则为源。

3.9**土壤异养呼吸 soil heterotrophic¹ respiration****R_h**

指土壤中的异养微生物进行呼吸作用消耗土壤有机碳，产生CO₂的过程。

3.10**土壤有机碳密度 soil organic carbon density**

指单位面积土壤内的有机碳含量。

4 核算原则**4.1 可靠性**

所用数据来源于国家、地方政府以及行业主管部门统计、观测或调查的数据。

4.2 相关性

选择适当的核算方法和技术参数。

4.3 关键性

包括区域内直接排放主要温室气体（二氧化碳CO₂、甲烷CH₄和氧化亚氮N₂O）的关键活动部门。

包括区域内直接从大气中吸收或固定二氧化碳CO₂的陆地关键碳库。

4.4 一致性

能够对碳源、碳汇和碳收支核算结果进行有意义的比较。

注：采用相同的数据源和方法，定期进行碳源、碳汇、碳收支核算结果可以进行比较，可称之为有意义的比较。

4.4 准确性

尽可能减少偏差和不确定性。

5 核算流程

5.1 确定核算范围

5.1.1 地理范围

核算的地理范围为县级以上行政单元。

5.1.2 时间范围

核算时间以自然年为单位。

5.2 确定核算内容

5.2.1 碳源核算内容

碳源核算包括区域范围内能源活动、工业生产、农业活动、废弃物处理和湿地在核算年内直接排放的二氧化碳、甲烷以及氧化亚氮三种温室气体。

不包括海洋运输、国际航空运输的能源活动碳排放量，不包括电力调入调出间接碳排放量。

甲烷和氧化亚氮排放量按照IPCC最新公布的温室气体百年全球升温潜力转换成二氧化碳当量。

5.2.2 碳汇核算内容

碳汇核算包括区域范围内湿地、耕地、园地、林地、草地、水域和其他土地利用类型在核算年内从大气中吸收或固定的二氧化碳量。

不包括核算时间内土地利用变化产生的碳源和碳汇。

5.3 数据收集和处理

收集开展区域陆地碳源、碳汇、碳收支核算所需的活動数据、调查数据、观测数据和技术参数，对收集的数据按照第6章进行处理。

5.4 开展区域碳收支核算

根据收集的数据，按照第7章、第8章和第9章确定适用于区域的碳收支核算方法和技术参数，开展碳源、碳汇和碳收支核算。

6 数据收集和处理

6.1 区域陆地碳收支核算空间分辨率确定

根据核算区域范围的大小和目标确定区域陆地碳收支核算的空间分辨率。

推荐全国陆地碳收支核算使用1km-10km；

推荐省级单元陆地碳收支核算使用90m-1km；

推荐地级市和县级单元陆地碳收支核算10m-30m。

6.2 数据收集及处理

6.2.1 土地利用/覆盖数据

区域内土地利用/覆盖数据,包括但不限于国土年度变更调查数据、国土空间监测数据。

梳理区域内多源土地利用/覆盖数据,依据附录A和附录B的映射关系,对土地利用/覆盖数据进行分类,制作碳收支核算土地利用底图。

6.2.2 专项调查数据

包括但不限于林业、草原、湿地、土壤专项调查数据。

以6.2.1数据为基础,补充完善土地利用的林地、草地、湿地、土壤资源信息。

6.2.3 遥感产品数据

包含但不限于区域范围核算年土壤呼吸、NPP、NEP、夜间灯光遥感年度产品数据。

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栅格数据。

6.2.4 社会经济统计数据

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。

推荐按照7.1活动类型分行政单元整理成表格。

7 碳源核算及空间化

7.1 碳排放量核算

7.1.1 能源活动碳排放量核算

能源活动温室气体排放应包含3部分,分别为化石燃料燃烧活动产生的二氧化碳(CO₂)、甲烷(CH₄)和氧化亚氮(N₂O)排放;生物质燃料燃烧活动产生的CH₄和N₂O排放;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。排放量计算宜采用《省级温室气体清单指南》或当地《市县(区)温室气体清单编制指南》“第一章 能源活动”中的各部分清单编制方法。

7.1.1.1 化石燃料燃烧活动排放的行业拆分

固定排放源按部门可分为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,其中工业部门可进一步细分为钢铁、有色金属、化工、建材、纺织、造纸及纸制品和其它行业。将固定源排放具体拆分到部门,宜参考《省级温室气体清单编制指南》(试行)中“第一章 能源活动”的“二、化石燃料燃烧活动”。

移动排放源指所有借助交通工具的客货运输活动,移动源的交通方式可细分为民航、公路、铁路、水运,不计入国际航空及海洋水运。我国能源统计体系中交通运输部门一般只包含交通营运部门的能源消费量,大量的社会公路交通用能统计在居民部门、商业部门和工业部门,为了比较全面反映我国全社会交通运输的能源消耗和排放情况,需要对公路交通用能进行整合,包括对汽油、柴油消费量在部门间进行重新调整。柴油、汽油在工业、服务业、居民生活的抽取比例可参照当地《市县(区)温室气体清单编制指南》或依据专家估算。如果无法获得公路(道路)交通分品种、分车辆类型能源消费量,宜采用《省级温室气体清单编制指南》(试行)中“公式 1.3”方法进行估算。

7.1.1.2 生物质燃料燃烧活动的排放因子选取说明

生物质燃料排放因子宜采用当地的实测因子。如实测实在困难,通过省柴灶、传统灶、火盆火锅、牧区灶具进行的生物质燃料燃烧活动,排放因子宜采用《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》“第一章 能源活动”的“三、

生物质燃烧活动”中的排放因子；若通过其他设备或灶型进行燃烧活动，排放因子宜采用最新版《IPCC国家温室气体清单指南》“第2卷 能源”中相关的排放因子；排放因子的选择也可参考国内相关研究的部分测试数据。

7.1.2 工业生产碳排放量核算

工业生产过程的温室气体排放核算的是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温室气体排放。应核算水泥熟料生产过程的CO₂排放，石灰生产过程源于碳酸钙和碳酸镁热分解的CO₂排放，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，电石生产过程源于石灰及碳素原料分解的CO₂排放，己二酸生产过程N₂O排放，硝酸生产中源于氨催化氧化过程产生的N₂O排放等6类工业生产过程的温室气体排放。排放量计算宜采用《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》“第二章 工业生产过程”中的各部分清单编制方法。

7.1.3 农业活动碳排放量核算

农业活动温室气体排放应包含4部分，分别为稻田CH₄排放，农用地N₂O排放，动物肠道发酵CH₄排放，动物粪便管理CH₄和N₂O排放。排放量计算宜采用《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》“第三章 农业活动”中的各部分清单编制方法。

7.1.4 废弃物处理碳排放量核算

废弃物处理温室气体排放主要包括2大部分，一是固体废弃物处理导致的温室气体排放，二是废水处理导致的温室气体排放。固体废弃物处理导致的温室气体排放，应包含城市固体废弃物（主要是指城市生活垃圾）填埋处理产生的CH₄排放和废弃物（包括城市固体废弃物、危险废弃物、污泥）焚烧处理产生的CO₂排放。废水处理导致的温室气体排放，应包含生活污水CH₄排放、工业废水处理CH₄排放及废水处理N₂O排放。排放量计算宜采用当地《省级温室气体清单指南》或当地《市县（区）温室气体清单编制指南》“第五章 废弃物处理”中的各部分清单编制方法。

7.1.5 湿地碳排放量核算

湿地的温室气体排放主要包括2部分，一是泥炭地CO₂及N₂O排放，二是水淹地的CH₄排放。排放量计算宜采用《IPCC国家温室气体清单指南》“第4卷农业、林业和其他土地利用-第7章 湿地”的计算方法进行核算。

7.2 碳排放量空间化处理

7.2.1 映射关系

各温室气体排放门类核算结果按照IPCC评估报告全球升温潜能100年水平换算成CO₂当量。

依据不同土地利用类型所承载的活动，对各碳排放门类按照土地利用现状分类进行分解，各地结合地区数据情况，可对土地利用现状分类进行细分。基于国土变更调查数据的土地利用类型与碳排放门类的映射关系可参考表A.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

区域碳排放数据基础较好的情况下，各行业活动碳排放量宜按照与土地利用的映射关系进行空间化，采用公式(1)的方法进行空间分解至土地利用图斑：

$$CE_{SE} = \{S|D,M\} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

CE_{SE} ——空间化估算方法。

S ——空间尺度，包括行政区域尺度 S_{ad} 、图斑尺度 S_{gr} ，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 D_{sd} 、多源地理数据 D_{ge} 、卫星遥感数据 D_{rs} 。

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 D_{sd} 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。

多源地理数据 D_{ge} 包括土地利用数据、交通大数据、手机信令数据、建筑数据、兴趣点(POI)数据、基于位置的问卷调查数据等。

卫星遥感数据 D_{rs} 包括夜间灯光亮度数据、NDVI数据等。

7.2.2.2 单要素权重法

区域碳排放数据基础较差或技术参数缺失情况下，各行业活动碳排放量宜按照与土地利用的映射关系进行空间化，采用公式(2)和(3)的方法进行空间分解至土地利用图斑：

$$CE_{i,n} = R_i \times A_{i,n} \dots\dots\dots (2)$$

$$A_{i,n} = \frac{k_{i,n}}{\sum^n k_i} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$CE_{i,n}$ ——第*i*类行业部门第*n*个图斑的碳排放量，单位吨二氧化碳/年（t CO₂/a）。

R_i ——第*i*类行业的碳排放量，单位吨二氧化碳/年（t CO₂/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

区域碳排放量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（4）计算：

$$CE_t = \sum_{i=1}^m CE_i = \sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^l CE_{k,j} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

CE_t ——区域总碳排放量，单位吨二氧化碳/年（t CO₂/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 CO₂/a）。

$CE_{k,j}$ ——区域第*k*土地利用类型第*j*个图斑产生的碳排放量，单位吨二氧化碳/年（t CO₂/a）。

8 碳汇核算及空间化

8.1 碳汇量核算方法

8.1.1 碳汇量核算

碳汇量核算以土地利用图斑为基本核算单元。土地利用图斑是多种生态系统、植被覆盖类型和地表基质的空间复合体，建议利用各专项调查数据细分土地利用图斑，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量核算本底数据。如采用国土变更调查数据，碳汇类型与土地利用类型对应可参考表B.1。若缺乏相关数据支撑，建议不考虑土地利用图斑内部差异性。按照公式（5）计算土地利用图斑的碳汇量。

$$CS = \sum_{i=1}^n CS_i \dots\dots\dots (5)$$

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 CO₂/a)。

i ——生态系统类型。

8.1.2 碳储量变化法

碳储量变化法通过核算地上与地下生物量碳库与土壤碳库的碳储量变化反应碳汇量，按照公式(6)计算。

$$CS_i = S_i \times f_{C_i} \times (W_{i,t,V} + W_{i,t,S} - W_{i,t-1,V} - W_{i,t-1,S}) \times M_{CO_2}/M_C \dots (6)$$

式中：

CS_i ——第*i*类型生态系统碳汇量，单位吨二氧化碳/年(t CO₂/a)。

S_i ——第*i*类型生态系统的面积，，单位为平方千米(km²)。

f_{C_i} ——第*i*类型生态系统的含碳率，无量纲。

$W_{i,t,V}$ ——第*i*类型生态系统第*t*年的碳储量，单位为吨碳(t C)。

$W_{i,t,S}$ ——第*i*类型生态系统土壤有机碳第*t*年的碳储量，单位为吨碳(t C)。

$W_{i,t-1,V}$ ——第*i*类型生态系统第*t-1*年的碳储量，单位为吨碳(t C)。

$W_{i,t-1,S}$ ——第*i*类型生态系统土壤有机碳第*t-1*年的碳储量，单位为吨碳(t C)。

M_{CO_2}/M_C ——=44/12，为C转化为CO₂的系数。

碳储量基于林业、草原、湿地、土壤等专项调查数据计算，计算参数应优先考虑当地参数，或采用最新的国家水平参考值、IPCC参考值。

8.1.3 固碳速率法

固碳速率法的碳汇量按照公式(7)计算

$$CS_i = S_i \times (CSR_{i,V} + CSR_{i,S}) \times M_{CO_2}/M_C \dots\dots\dots (7)$$

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 CO₂ C/a)。

S_i ——第*i*类型生态系统的面积，单位平方千米(km²)。

$CSR_{i,V}$ ——第*i*类型生态系统的碳汇速率，单位吨碳/平方千米/年(t C/km²/a)。

$CSR_{i,S}$ ——第*i*类型生态系统土壤的碳汇速率，单位吨碳/平方千米/年(t C/km²/a)。

M_{CO_2}/M_C ——=44/12，为C转化为CO₂的系数。

碳汇速率应优先考虑当地参数，或采用最新的国家水平参考值、IPCC参考值。

8.1.4 净生态系统生产力法

净生态系统生产力法的碳汇量按照公式(8)计算

$$CS_i = S_i \times NEP_i = S_i \times (NPP_i - R_{hi}) \times M_{CO_2}/M_C \dots\dots (8)$$

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 CO₂ C/a)；

S_i ——第*i*类型生态系统的面积，单位平方千米(km²)；

NEP_i ——第*i*类型生态系统的净生态系统生产力，单位吨碳/平方千米/年(t C/km²/a)；

NPP_i ——第*i*类型生态系统的净初级生产力，单位吨碳/平方千米/年(t C/km²/a)；

R_{hi} ——第*i*类型生态体系土壤异养呼吸消耗的碳量，单位吨碳/平方千米/年(t C/km²/a)；

M_{CO_2}/M_C ——=44/12，为C转化为CO₂的系数。

NPP 和 NEP 来自遥感产品数据，土壤异养呼吸消耗量来自土壤呼吸产品。

8.2 碳汇量核算

8.2.1 湿地碳汇计算

以土地利用的湿地图斑为基本核算单元，结合森林、土壤、湿地等专项调查成果，反映湿地的地表基质和植被覆盖类型，以及其数量、质量和生态特征，生成湿地碳汇核算本底。根据数据可得性，优先选择固碳速率法，其次选择碳储量变化法，最后选择净生态系统生产

方法，并按照HJ1172-2021全国生态系统分类体系表，计算湿地图斑上湿地生态系统的年碳汇量。

8.2.2 耕地碳汇计算

以土地利用的耕地图斑为基本核算单元，结合森林、土壤等专项调查成果，反映耕地的地表基质和植被覆盖类型，以及其数量、质量和生态特征，生成耕地碳汇核算本底。根据数据可得性，优先选择碳储量变化法，其次采用固碳速率法，最后选择净生态系统生产力法，并按照HJ1172-2021全国生态系统分类体系表，计算耕地图斑上农田生态系统的年碳汇量。

由于耕地作物每年都会被收获，利用碳储量变化法和固碳速率法计算时，只考虑农田土壤的碳汇量。

8.2.3 园地碳汇计算

以土地利用的园地图斑为基本单元，结合森林、土地资源等专项调查成果，反映园地的地表基质和植被覆盖类型，以及其数量、质量和生态特征，生成园地碳汇核算本底。根据数据可得性，优先选择碳储量变化法，其次采用固碳速率法，最后选择净生态系统生产力法，并按照HJ1172-2021全国生态系统分类体系表，计算园地图斑上森林生态系统、灌木生态系统、农田生态系统等的年碳汇量。

8.2.4 林地碳汇计算

以土地利用的林地图斑为基本单元，结合森林、土地资源等专项调查成果，反映林地的地表基质和植被覆盖类型，以及其数量、质量和生态特征，生成林地碳汇核算本底。根据数据可得性，优先选择碳储量变化法，其次采用固碳速率法，最后选择净生态系统生产力法，并按照HJ1172-2021全国生态系统分类体系表，计算林地图斑上森林生态系统、灌木生态系统等的年碳汇量。

8.2.5 草地碳汇计算

以土地利用的草地图斑为基本单元，结合草原、土地资源等专项调查成果，反映草地的地表基质和植被覆盖类型，以及其数量、质量和生态特征，生成草地碳汇核算本底。根据数据可得性，优先选择碳储量变化法，其次采用固碳速率法，最后选择净生态系统生产力法，并按照HJ1172-2021全国生态系统分类体系表，计算草地图斑上草地生态系统的年碳汇量。

由于草地植被每年都会枯落，其固定的碳又返还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。

8.2.6 水域碳汇计算

以利用的水域图斑为基本核算单元，结合湿地、土壤等专项调查成果，反映水域的地表基质和沉水植被类型，以及其数量、质量和生态特征，生成水域碳汇核算本底。优先选择固碳速率法，其次选择碳储量变化法，并按照HJ1172-2021全国生态系统分类体系表，计算水域生态系统的年碳汇量。

8.2.7 其他碳汇计算

以土地利用的商业服务业用地、工矿用地、住宅用地、公共管理与公共服务用地、特殊用地、交通运输用地、其他土地等用地图斑为基本核算单元，结合林业、草原、湿地、土壤等专项调查成果，反映各地类的地表基质和植被覆盖类型，生成其他用地碳汇核算本底。根据数据可得性，按照HJ1172-2021全国生态系统分类体系表，计算其他用地图斑上森林生态系统、灌丛生态系统、草地生态系统、湿地生态系统等的年碳汇量。

8.3 区域碳汇量汇总

区域碳汇量是按照公式（9）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：

$$CS_t = CS_{wetland} + CS_{farmland} + CS_{plantation} + CS_{forest} + CS_{grassland} + CS_{water} + CS_{other} \dots\dots\dots (9)$$

式中：

- CS_t ——区域总碳汇量，单位吨二氧化碳/年（t CO₂/a）。
- $CS_{wetland}$ ——区域内的湿地总碳汇量，单位吨二氧化碳/年（t CO₂/a）。
- $CS_{farmland}$ ——区域内的耕地总碳汇量，单位吨二氧化碳/年（t CO₂/a）。
- $CS_{plantation}$ ——区域内的园地总碳汇量，单位吨二氧化碳/年（t CO₂/a）。
- CS_{forest} ——区域内的林地总碳汇量，单位吨二氧化碳/年（t CO₂/a）。
- $CS_{grassland}$ ——区域内的草地总碳汇量，单位吨二氧化碳/年（t CO₂/a）。
- CS_{water} ——区域内的水域总碳汇量，单位吨二氧化碳/年（t CO₂/a）。
- CS_{other} ——区域内的其他用地总碳汇量，单位吨二氧化碳/年（t CO₂/a）。

9 碳收支核算

9.1 碳收支计算方法

区域碳收支按照公式（10）计算：

$$CE_N = CE_t - CS_t = \sum_{i=1}^n (CE_i - CS_i) \dots\dots\dots (10)$$

式中：

- CE_N ——区域净碳排放量，为碳源与碳汇之差，单位吨二氧化碳/年（t CO₂/a）。
- CE_t ——区域总碳排放量，单位吨二氧化碳/年（t CO₂/a）。
- CS_t ——区域总碳汇量，单位吨二氧化碳/年（t CO₂/a）。
- CE_i ——第*i*个土地利用图斑的碳排放量，单位吨二氧化碳/年（t CO₂/a）。
- CS_i ——第*i*个土地利用图斑的碳汇量，单位吨二氧化碳/年（t CO₂/a）。

9.2 碳排放承载力计算

9.2.1 碳排放生态承载系数计算

区域碳排放的生态承载系数(ESC)按照公式（11）计算：

$$ESC = \frac{CS_i}{CS} / \frac{CE_i}{CE} \dots\dots\dots (11)$$

式中：

- CS_i ——区域内第*i*个统计单元的碳汇量，单位为吨二氧化碳/年（t CO₂/a）。
- CS ——区域总碳汇量，单位为吨二氧化碳/年（t CO₂/a）。
- CE_i ——区域内第*i*个统计单元的碳排放量，单位为吨二氧化碳/年（t CO₂/a）。
- CE ——区域总碳排放量，单位为吨二氧化碳/年（t CO₂/a）。

9.2.2 碳排放经济贡献系数计算

区域碳排放的经济贡献系数(ECC)按照公式（12）计算：

$$ECC = \frac{G_i}{G} / \frac{CE_i}{CE} \dots\dots\dots (12)$$

式中：

- CE_i ——区域内第*i*个统计单元的碳排放量，单位为吨二氧化碳/年（t CO₂/a）。
- CE ——区域总碳排放量，单位为吨二氧化碳/年（t CO₂/a）。
- G_i ——区域内第*i*个统计单元的GDP，单位为万元。
- G ——区域总GDP，单位为万元。

附录 A
(资料性)

表A. 1给出了碳排放活动类型与国土变更调查数据土地利用类型之间的映射关系。

表 A. 1 行业活动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	—	建筑工地上
	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、内河航运港口码头
			港口码头用地 (1008)	
	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)	
			仓储用地 (0604)	
能源 活动	农业部门	种植业	农村道路 (1006)	
			水田 (0101)	
			水浇地 (0102)	
			旱地 (0103)	
			果园 (0201)	
			茶园 (0202)	
			橡胶园 (0203)	
			其他园地 (0204)	
		水产养殖	养殖坑塘 (1104A)	
	居民生活部门	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	火电和热力行业、钢铁行业、煤炭加工行业、水泥制造行业、玻璃制造行业、电解铝行业、其他工业行业	—	工业用地 (0601)	火电工业、钢铁工业、煤炭工业、水泥工业、玻璃工业、电解铝工业及其他工业用地
农业 活动	稻田 CH ₄ 排放、畜牧业 CH ₄ 和 N ₂ O 排放、农用地 N ₂ O 排放	—	水田 (0101)	
			天然牧草地 (0401)	
			人工牧草地 (0403)	
			水田 (0101)	
			水浇地 (0102)	
			旱地 (0103)	
			果园 (0201)	
			茶园 (0202)	
			橡胶园 (0203)	
			其他园地 (0204)	
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
湿地	湿地 CH ₄ 排放	—	红树林地 (0303)	
			森林沼泽 (0304)	
			灌丛沼泽 (0306)	
			沼泽草地 (0402)	
			盐田 (0603)	
			沿海滩涂 (1105)	

			内陆滩涂(1106)	
			沼泽地(1108)	

附录 B
(资料性)

表B. 1给出了碳汇类型与国土变更调查数据土地利用类型之间的映射关系。

表 B. 1 碳汇与土地利用/覆盖类型映射表

碳汇类型	土地利用/覆盖分类
湿地	红树林地 (0303)
	森林沼泽 (0304)
	灌丛沼泽 (0306)
	沼泽草地 (0402)
	盐田 (0603)
	沿海滩涂 (1105)
	内陆滩涂 (1106)
	沼泽地 (1108)
耕地	水田 (0101)
	水浇地 (0102)
	旱地 (0103)
园地	果园 (0201)
	茶园 (0202)
	橡胶园 (0203)
	其他园地 (0204)
林地	乔木林地 (0301)
	竹林地 (0302)
	灌木林地 (0305)
	其他林地 (0307)
草地	天然牧草地 (0401)
	人工牧草地 (0403)
	其他草地 (0404)
水域	河流水面 (1101)
	湖泊水面 (1102)
	水库水面 (1103)
	坑塘水面 (1104)
其他	其他生长有植被的土地利用/覆盖类型

参 考 文 献

- [1] 国家发展改革委《省级温室气体清单编制指南》（试行），2011年5月
- [2] 自然资源部. 自然资源调查监测标准体系（试行），2021年1月
- [3] [7]T/CMSA 0027-2022 区域陆地碳汇评估技术指南
- [4] CH/T 9029-2019 基础性地理国情监测内容与指标
- [5] HY/T 0349-2022 海洋碳汇核算方法
- [6] 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
- [7] IPCC 2013. 2013 supplement to the 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories wetlands[R]. Geneva:IPCC, 2014
- [8] IPCC 2019. 2019 Refinement to 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories, Switzerland: IPCC, 2019
- [9] 夏四友, 杨宇. 基于主体功能区的京津冀城市群碳收支时空分异与碳补偿分区[J]. 地理学报, 2022, 77 (03) :679-696.
- [10] 孔潇扬, 李琦. 能源碳排放的空间估算研究进展[J]. 测绘科学, 2022, 47 (08) :146-156+185. DOI:10. 16251/j. cnki. 1009-2307. 2022. 08. 017