

中华人民共和国农业行业标准

NY/T 4300—2023

气候智慧型农业 作物生产固碳减排 监测与核算规范

Climate-smart agriculture—Monitoring and accounting specification of carbon sequestration and greenhouse gas emission mitigation in crop production

2023-02-17 发布

中华人民共和国农业农村部

发布



目 次

前言 II

引言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 监测内容与核算流程 2

 4.1 监测内容 2

 4.2 核算流程 2

5 情景识别与边界确定 3

 5.1 情景识别 3

 5.2 地理边界 3

 5.3 核算边界 3

 5.4 碳库及排放源识别 3

6 核算方法 4

 6.1 基准线碳储量和温室气体排放量核算 4

 6.2 实施情景碳储量和温室气体排放量核算 6

 6.3 气候智慧型农业 作物生产固碳减排量核算 9

7 数据质量保证和控制 10

 7.1 数据的获取 10

 7.2 数据录入与分析 10

 7.3 数据归档 10

附录 A(规范性) 需监测和获取的活动数据及相关要求 11

附录 B(资料性) 相关参数推荐值 14

附录 C(资料性) 树木生物量异速生长方程 16

参考文献 17

前 言

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

本文件由农业农村部科技教育司提出并归口。

本文件起草单位：中国农业科学院农业资源与农业区划研究所、农业农村部农业生态与资源保护总站、中国农业大学、中国农业科学院作物科学研究所、农业农村部科技发展中心。

本文件主要起草人：王立刚、王全辉、李虎、尹小刚、张卫建、王迎春、陈阜、邢可霞、宋振伟、张梦璇、张艳萍、管大海、韩圣慧、刘平奇、王卿梅、常乃杰、赵欣、魏欣宇。



引 言

气候智慧型农业(climate-smart agriculture, CSA)是应对全球气候变化背景下一一种新的农业发展理念和模式。联合国粮食及农业组织(FAO)将气候智慧型农业定义为能够可持续提高农业生产效率、增强农业适应气候变化能力、减少温室气体排放,以高目标实现国家粮食安全的农业生产和发展模式。遵循气候智慧型农业发展理念,科学准确的度量气候智慧型农业固碳减排效应,制定气候智慧型农业生产固碳减排监测与核算规范,对促进我国农业生产“稳粮增收、固碳减排”尤为重要。因此,通过对国内外气候智慧型农业固碳减排监测与核算方法的分析、我国气候智慧型农业一系列作物生产的实践,编制了本文件,为气候智慧型农业 作物生产系统固碳减排效应的定量评价提供依据和方法支撑,为保障国家粮食安全、减缓气候变化对农业生产的影响和实现碳达峰、碳中和国家战略目标提供技术指导。

气候智慧型农业 作物生产固碳减排监测与核算规范

1 范围

本文件规定了气候智慧型农业 作物生产固碳减排监测与核算的相关术语和定义、监测内容与核算流程、情景识别与边界确定、核算方法、数据质量保证和控制等要求。

本文件适用于气候智慧型农业 作物生产固碳减排量的监测与核算。

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。

GB/T 32150 工业企业温室气体排放核算和报告通则

NY/T 395 农田土壤环境监测技术规范

3 术语和定义

GB/T 32150 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

气候智慧型农业 climate-smart agriculture

能够可持续提高农业生产效率、增强农业适应气候变化能力、减少温室气体排放,以高目标实现国家粮食安全的农业生产和发展模式。

3.2

固碳 carbon sequestration

将无机碳(大气中 CO_2)转化为有机碳,将其固定在土壤和植物体内的过程。

3.3

土壤固碳 soil carbon sequestration

将大气中 CO_2 转化为一种稳定的含碳化合物,并将其长期储存在土壤中的过程,主要通过秸秆还田、施用有机肥等途径来实现。

3.4

林木固碳 agri-forest carbon sequestration

林木通过光合作用,将二氧化碳吸收到体内,并且合成有机物储存起来,使得大气中的二氧化碳量减少的过程,属于生物固碳的一种方式,主要通过田间防护林木建设等途径来实现。

3.5

温室气体 greenhouse gas

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。

[来源:GB/T 32150—2015,3.1]

注:本文件涉及的温室气体包含二氧化碳(CO_2)、甲烷(CH_4)和氧化亚氮(N_2O)。

3.6

温室气体减排 greenhouse gas emission mitigation

减少种植生产过程产生的 N_2O 、 CH_4 的排放和能源消耗导致的 CO_2 排放。

3.7

活动数据 activity data

导致农业生产过程中碳储量变化和温室气体排放的生产活动量的表征值。

3.8

基准线情景 baseline scenario

未实施气候智慧型农业 作物生产的情景。

3.9

地理边界 geographical boundary

实施基准线情景和气候智慧型农业 作物生产情景的地理范围。

3.10

核算边界 accounting boundary

实施基准线情景和气候智慧型农业 作物生产情景导致的温室气体排放与固碳的范围。

3.11

碳库 carbon pool

地上生物量、地下生物量、枯落物、枯死木和土壤有机质碳库的总和。

3.12

排放源 carbon pool and greenhouse gas emission source

温室气体排放的单元和过程。

3.13

农田氧化亚氮(N₂O)排放 N₂O emission from farmland

因施用含氮的有机肥、化肥和秸秆还田等导致的农田 N₂O 直接排放,氨挥发和氮淋溶渗滤导致的间接排放。

3.14

稻田甲烷(CH₄)排放 CH₄ emission from paddy

水稻生长季和冷浸田水稻非生长季的甲烷排放。

3.15

生产过程能耗排放 CO₂ emission from energy consumption

农业生产过程中使用机械设备所消耗燃料或电力导致排放的 CO₂。

3.16

排放因子 emission factor

表征单位生产或消费活动量的温室气体排放系数。

[来源:GB/T 32150—2015,3.13]

4 监测内容与核算流程

4.1 监测内容

4.1.1 基本信息

获取基准线情景和实施气候智慧型农业 作物生产情景下农户基本信息、种植制度、地理边界、实施气候智慧型农业 作物生产时间等。按附录 A 中 A.1 和 A.2 的规定实施。

4.1.2 数据和参数

获取基准线情景和实施气候智慧型农业 作物生产情景下生产活动数据和参数,包括农田面积、农田土壤基本性状、田间栽培管理措施(土壤耕作、播种、施肥、灌溉、病虫草害防治、收获、秸秆还田等)、农机耗油及灌溉耗电量、田间防护林生长状况等,按 A.3 的规定实施。

4.2 核算流程

4.2.1 识别基准线情景,确定其地理边界。

4.2.2 识别气候智慧型农业 作物生产情景,确定其地理边界。

- 4.2.3 确定固碳和温室气体排放核算边界,识别碳库及排放源。
- 4.2.4 制定监测方案。
- 4.2.5 获取活动数据,选择和确定排放因子。
- 4.2.6 核算基准线情景和实施气候智慧型农业 作物生产情景碳储量与温室气体排放量。
- 4.2.7 核算气候智慧型农业 作物生产实施后的固碳减排量。

5 情景识别与边界确定

5.1 情景识别

确定基准线情景与气候智慧型农业 作物生产情景采取的措施,包括种植制度、田间管理措施、农机使用情况、田间防护林生长状况等,按照附录 A 的规定实施。

5.2 地理边界

确定基准线情景与实施气候智慧型农业 作物生产活动的地理边界,应按照 A.2 的规定执行。

5.3 核算边界

包括农田温室气体排放(N₂O 和 CH₄)、农田生产过程使用机械开展耕作、施肥等措施燃料燃烧过程能耗排放与灌溉使用电力能耗排放(简称生产过程能耗排放)、土壤有机碳储量变化、田间防护林碳储量变化等过程(见图 1)。

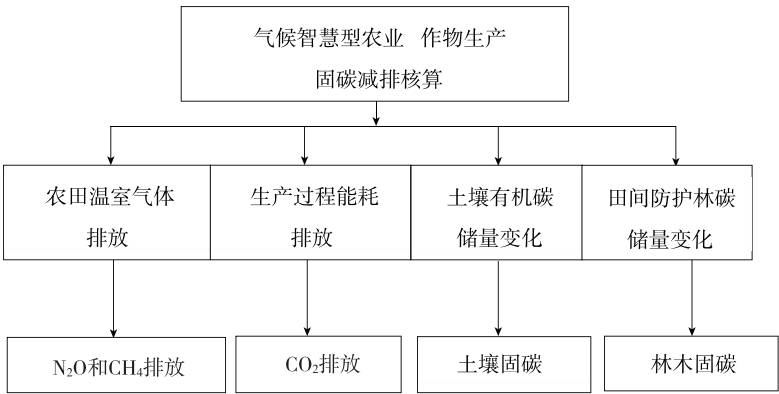


图 1 气候智慧型农业 作物生产核算边界示意图

5.4 碳库及排放源识别

基准线情景(以下简称基准线)和实施气候智慧型农业 作物生产情景(以下简称实施情景)的碳库与排放源见表 1 和表 2。

表 1 基准线和实施情景边界内碳库

项目	基准线					实施情景				
碳库	林木地上 部分生物 量	林木地下 部分生物 量	死木	枯枝落叶	土壤 有机碳	林木地上 部分生物 量	林木地下 部分生物 量	死木	枯枝落叶	土壤 有机碳
选择	计入	计入	排除	排除	计入	计入	计入	排除	排除	计入

表 2 基准线和实施情景边界内温室气体排放源

基准线			实施情景		
排放源	气体	计入/排除	排放源	气体	计入/排除
农田温室气体排放	N ₂ O	计入	农田温室气体排放	N ₂ O	计入
	CH ₄	计入		CH ₄	计入
	CO ₂	排除		CO ₂	排除

表 2（续）

基准线			实施情景		
排放源	气体	计入/排除	排放源	气体	计入/排除
生产过程能耗 排放	N ₂ O	排除	生产过程能耗 排放	N ₂ O	排除
	CO ₂	计入		CO ₂	计入
	CH ₄	排除		CH ₄	排除

6 核算方法

6.1 基准线碳储量和温室气体排放量核算

6.1.1 土壤有机碳储量

6.1.1.1 单位面积土壤有机碳储量

单位面积土壤有机碳储量 $BC_{SOC,i}$ ，按公式(1)计算。

$$BC_{SOC,i} = SOCC_i \times BD_i \times (1 - F_i) \times \text{Depth} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$BC_{SOC,i}$ ——基准线 i 地块单位面积土壤有机碳储量的数值，单位为吨碳每公顷(t C/hm²)；

$SOCC_i$ —— i 地块土壤有机碳含量的数值，单位为克碳每百克土壤(g C/100 g 土壤)；

BD_i —— i 地块土壤容重的数值，单位为克每立方厘米(g/cm³)；

F_i —— i 地块监测土层直径大于 2 mm 石砾、根系和其他死残体体积百分含量的数值，单位为百分号(%)；

i ——第 i 个地块；

Depth ——土层的厚度(20 cm)。

6.1.1.2 耕地土壤有机碳储量

所有耕地土壤有机碳储量 BC_{SOC} ，按公式(2)计算。

$$BC_{SOC} = \sum_{i=1}^l (BC_{SOC,i} \times BA_i) \times \frac{44}{12} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

BC_{SOC} ——基准线所有地块土壤有机碳储量的数值，单位为吨二氧化碳(t CO₂)；

$BC_{SOC,i}$ —— i 地块单位面积土壤有机碳储量的数值，单位为吨碳每公顷(t C/hm²)；

BA_i —— i 地块面积的数值，单位为公顷(hm²)；

i ——第 i 个地块；

l ——基准线情景下地块的数量；

$\frac{44}{12}$ ——将土壤 C 转化为 CO₂ 的系数。

6.1.2 农田温室气体排放

6.1.2.1 农田氧化亚氮直接排放

农田氧化亚氮直接排放 BE_{N_2O} ，按公式(3)计算。

$$BE_{N_2O} = BN_{Fer} \times EF \times \frac{44}{28} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

BE_{N_2O} ——基准线农田氧化亚氮直接排放量的数值，单位为吨氧化亚氮(t N₂O)；

BN_{Fer} ——农田投入总氮量的数值，单位为吨氮(t N)；

EF ——农田氧化亚氮排放因子的数值，单位为吨氮每吨施氮量(t N/t 施氮量)；

$\frac{44}{28}$ ——将 N₂O-N 转化成 N₂O 的系数。

EF 选择优先序为：

- a) 直接测定法,按表 A.1 实施;
b) 推荐因子法,推荐因子默认值见附录 B 中 B.1。

6.1.2.2 农田氧化亚氮的间接排放

农田氨挥发后沉降引起的氧化亚氮间接排放 $BE_{N_2O_沉降}$,按公式(4)计算。

$$BE_{N_2O_沉降} = BN_{Fer} \times FRAC_{挥发} \times EF_{挥发} \times \frac{44}{28} \dots\dots\dots (4)$$

式中:

$BE_{N_2O_沉降}$ ——农田氨挥发后沉降引起氧化亚氮间接排放量的数值,单位为吨氧化亚氮(t N₂O);

BN_{Fer} ——农田投入总氮量的数值,单位为吨氮(t N);

$FRAC_{挥发}$ ——施入农田氮以氨气和氮氧化物排放比例的数值,单位为百分号(%),不同肥料氨气和氮氧化物排放比率默认值见 B.2;

$EF_{挥发}$ ——农田氨气和氮氧化物排放后的氮沉降引起氧化亚氮间接排放因子的数值,单位为吨氮每吨氨气和氮氧化物排放(t N/t N 氨气和氮氧化物排放量),默认值见 B.3;

$\frac{44}{28}$ ——将 N₂O-N 转化成 N₂O 的系数。

农田氮淋溶及径流引起的氧化亚氮间接排放 $BE_{N_2O_淋溶及径流}$,按公式(5)计算。

$$BE_{N_2O_淋溶及径流} = BN_{Fer} \times FRAC_{淋溶及径流} \times EF_{淋溶及径流} \times \frac{44}{28} \dots\dots\dots (5)$$

式中:

$BE_{N_2O_淋溶及径流}$ ——农田氮淋溶及径流引起氧化亚氮间接排放的数值,单位为吨氧化亚氮(t N₂O);

BN_{Fer} ——农田投入总氮量的数值,单位为吨氮(t N);

$FRAC_{淋溶及径流}$ ——施入农田氮淋溶和径流比例的数值,单位为百分号(%),默认值见 B.2;

$EF_{淋溶及径流}$ ——淋溶和径流损失引起氧化亚氮间接排放因子的数值,单位为吨氮每吨淋溶径流氮量(t N/t N 淋溶径流量),默认值见 B.3;

$\frac{44}{28}$ ——将 N₂O-N 转化成 N₂O 的系数。

6.1.2.3 稻田 CH₄ 排放

稻田 CH₄ 排放 $BE_{CH_4_稻田}$,按公式(6)计算。

$$BE_{CH_4_稻田} = \sum_i (AD_i \times EF_i) \times 0.001 \dots\dots\dots (6)$$

式中:

$BE_{CH_4_稻田}$ ——基准线稻田产生甲烷排放量的数值,单位为吨甲烷(t CH₄);

AD_i ——第 i 类稻田种植面积的数值,单位为公顷(hm²);

EF_i ——第 i 类稻田甲烷排放因子的数值,单位为千克甲烷每公顷(kg CH₄/hm²);

i ——稻田类型,分别指单季水稻、双季早稻和晚稻;

0.001 ——单位换算系数。

EF_i 选择优先序为:

- a) 直接测定法,按表 A.1 实施;
b) 采用《省级温室气体清单编制指南(试行)》的推荐值(见 B.4)或未来出版的最新版本的《省级温室气体清单编制指南》;
c) 《2006 IPCC 国家温室气体清单指南》第 4 卷第 5 章推荐的方法计算排放因子[见公式(7)]。

稻田不同管理措施排放因子,按公式(7)计算。

$$EF_i = EF_c \times SF_w \times SF_p \times SF_o \times \text{days} \dots\dots\dots (7)$$

式中:

EF_i ——水稻生长季内日平均甲烷排放因子的数值,单位为千克甲烷每公顷(kg CH₄/hm²);

EF_c ——连续淹灌、不施有机肥情景下的甲烷排放因子,推荐的默认值为 1.3 kg CH₄/(hm²·d);

SF_w ——水稻生育期内不同田间水分条件下的甲烷排放因子调整因子,推荐默认值见 B.5;
 SF_p ——水稻移栽之前不同田间水分条件下的甲烷排放因子调整因子,推荐默认值见 B.5;
 SF_o ——稻田有机肥施用条件下的甲烷排放因子调整因子系数,利用公式(8)计算 SF_o ;
days ——水稻生长季天数,单位为天(d)。

$$SF_o = (1 + \sum ROA_i \times CFOR_i)^{0.59} \dots\dots\dots (8)$$

式中:

SF_o ——稻田有机肥施用条件下的甲烷排放因子调整系数;
 ROA_i ——有机物类型 i 施用量的数值,单位为吨每公顷(t/hm^2),秸秆为干重,其他有机添加物为鲜重;
 $CFOR_i$ ——有机添加物 i 的转化因子,推荐默认值见 B.5。

6.1.2.4 农田温室气体排放总量

农田温室气体排放总量 BE_{GHGs} ,按公式(9)计算。

$$BE_{GHGs} = (BE_{N_2O} + BE_{N_2O_沉降} + BE_{N_2O_淋溶及径流}) \times GWP_{N_2O} + BE_{CH_4_稻田} \times GWP_{CH_4} \dots\dots\dots (9)$$

式中:

BE_{GHGs} ——基准线温室气体排放总量的数值,单位为吨二氧化碳当量($t CO_2-e$);
 BE_{N_2O} ——基准线农田氧化亚氮直接排放量的数值,单位为吨氧化亚氮($t N_2O$);
 $BE_{N_2O_沉降}$ ——农田氨挥发后沉降引起氧化亚氮间接排放的数值,单位为吨氧化亚氮($t N_2O$);
 $BE_{N_2O_淋溶及径流}$ ——农田氮淋溶及径流引起氧化亚氮间接排放的数值,单位为吨氧化亚氮($t N_2O$);
 $BE_{CH_4_稻田}$ ——基准线农田甲烷排放量的数值,单位为吨甲烷($t CH_4$);
 GWP_{N_2O} —— N_2O 相对于 CO_2 的全球增温潜势,按 GB/T 32150 的规定取值;
 GWP_{CH_4} —— CH_4 相对于 CO_2 的全球增温潜势,按 GB/T 32150 的规定取值。

6.1.3 机械燃油燃烧和耗电 CO_2 排放量

机械燃油燃烧和耗电 CO_2 排放量 BE_E ,按公式(10)计算。

$$BE_E = \sum_i (CSP_{die} \times EF_{die} + CSP_{gas} \times EF_{gas} + CSP_{ele} \times EF_{ele}) \times 10^{-3} \dots\dots\dots (10)$$

式中:

BE_E ——基准线机械燃油燃烧和耗电 CO_2 排放量的数值,单位为吨二氧化碳($t CO_2$);
 CSP_{die} ——年度柴油消耗量的数值,单位为升(L);
 EF_{die} ——柴油燃烧的 CO_2 排放因子, $2.64 kg CO_2/L$ [来源:IPCC,2007];
 CSP_{gas} ——年度汽油消耗量的数值,单位为升(L);
 EF_{gas} ——汽油燃烧的 CO_2 排放因子, $2.26 kg CO_2/L$ [来源:IPCC,2007];
 CSP_{ele} ——年度电力消耗量的数值,单位为千瓦时($kW \cdot h$);
 EF_{ele} ——电力消耗的 CO_2 排放因子,按《中国发电企业温室气体排放核算方法与报告指南(试行)》取值;
 i ——燃料类型。

6.1.4 林木碳储量 BC_{PROJ}

本文件采用生物量异速生长方程法逐株计算样地内每株林木的生物量,累加计算基准线树木的地上生物量和地下生物量碳库中的碳储量,具体详见附录 C。

6.2 实施情景碳储量和温室气体排放量核算

6.2.1 土壤有机碳储量

6.2.1.1 单位面积土壤有机碳储量

单位面积土壤有机碳储量 $PC_{SOC,n,i}$,按公式(11)计算。

$$PC_{SOC,n,i} = SOCC_{n,i} \times BD_{n,i} \times (1 - F_{n,i}) \times Depth \dots\dots\dots (11)$$

式中:

$PC_{SOC,n,i}$ ——实施情景第 n 年地块单位面积土壤有机碳储量的数值,单位为吨碳每公顷($t C/hm^2$);

- SOCC_{n,i} ——第 n 年监测 i 地块土壤有机碳含量的数值,单位为克碳每百克土壤(g C/100 g 土壤);
- BD_{n,i} ——第 n 年监测 i 地块土壤容重的数值,单位为克每立方厘米(g/cm³);
- F_{n,i} ——第 n 年监测 i 地块监测土层直径大于 2 mm 石砾、根系和其他死残体体积百分含量的数值,单位为百分号(%);
- n ——监测时间,单位为年;
- i ——第 i 个地块;
- Depth ——土层的厚度(20 cm)。

6.2.1.2 耕地土壤有机碳储量

所有耕地土壤有机碳储量 PC_{SOC} ,按公式(12)计算。

$$PC_{SOC} = \sum_{i=1}^l (PC_{SOC,n,i} \times PA_i) \times \frac{44}{12} \dots\dots\dots (12)$$

式中:

- PC_{SOC} ——实施情景所有耕地土壤有机碳储量的数值,单位为吨二氧化碳(t CO₂);
- $PC_{SOC,n,i}$ ——第 n 年 i 地块单位面积土壤有机碳储量的数值,单位为吨碳每公顷(t C/hm²);
- PA_i —— i 地块面积的数值,单位为公顷(hm²);
- i ——第 i 个地块;
- l ——实施情景下地块的数量;
- $\frac{44}{12}$ ——将土壤 C 转化为 CO₂ 的系数。

6.2.2 农田温室气体排放

6.2.2.1 农田氧化亚氮排放量

农田氧化亚氮排放量 PE_{N_2O} ,按公式(13)计算。

$$PE_{N_2O} = PN_{Fer} \times EF \times \frac{44}{28} \dots\dots\dots (13)$$

式中:

- PE_{N_2O} ——实施情景农田氧化亚氮直接排放量的数值,单位为吨氧化亚氮(t N₂O);
- PN_{Fer} ——农田投入总氮量的数值,单位为吨氮(t N);
- EF ——农田氧化亚氮直接排放因子的数值,单位为吨氮每吨施氮量(t N/t 施氮量);
- $\frac{44}{28}$ ——将 N₂O-N 转化成 N₂O 的系数。

EF 选择优先序为:

- 直接测定法,按表 A.1 实施;
- 推荐因子法,推荐因子默认值见 B.1。

6.2.2.2 农田氧化亚氮的间接排放

农田氨挥发后沉降引起的氧化亚氮间接排放 $PE_{N_2O_沉降}$,按公式(14)计算。

$$PE_{N_2O_沉降} = PN_{Fer} \times FRAC_{挥发} \times EF_{挥发} \times \frac{44}{28} \dots\dots\dots (14)$$

式中:

- $PE_{N_2O_沉降}$ ——农田氨挥发后沉降引起氧化亚氮间接排放的数值,单位为吨氧化亚氮(t N₂O);
- PN_{Fer} ——农田投入总氮量的数值,单位为吨氮(t N);
- $FRAC_{挥发}$ ——施入农田的氮以氨气和氮氧化物排放比例的数值,单位为百分号(%),不同肥料氨气和氮氧化物排放比率默认值见 B.2;
- $EF_{挥发}$ ——农田氨气和氮氧化物排放后的氮沉降引起氧化亚氮间接排放因子的数值,单位为吨氮每吨氨气和氮氧化物排放(t N/t 氨气和氮氧化物排放量),默认值见 B.3;
- $\frac{44}{28}$ ——将 N₂O-N 转化成 N₂O 的系数。

农田氮淋溶及径流引起的氧化亚氮间接排放 $PE_{N_2O_{\text{淋溶及径流}}}$,按公式(15)计算。

$$PE_{N_2O_{\text{淋溶及径流}}} = PN_{\text{Fer}} \times \text{FRAC}_{\text{淋溶及径流}} \times EF_{\text{淋溶及径流}} \times \frac{44}{28} \dots\dots\dots (15)$$

式中:

$PE_{N_2O_{\text{淋溶及径流}}}$ ——农田氮淋溶及径流引起氧化亚氮间接排放的数值,单位为吨氧化亚氮(t N_2O);

PN_{Fer} ——农田投入总氮量的数值,单位为吨氮(t N);

$\text{FRAC}_{\text{淋溶及径流}}$ ——施入农田的氮的淋溶和径流比例,单位为百分号(%),默认值见 B. 2;

$EF_{\text{淋溶及径流}}$ ——淋溶和径流损失引起氧化亚氮间接排放因子的数值,单位为吨氮每吨淋溶径流氮量(t N/t 氮淋溶径流量),默认值见 B. 3;

$\frac{44}{28}$ ——将 N_2O -N 转化成 N_2O 的系数。

6.2.2.3 稻田甲烷排放

稻田甲烷排放 $PE_{CH_4_{\text{稻田}}}$,按公式(16)计算。

$$PE_{CH_4_{\text{稻田}}} = \sum_i (AD_i \times EF_i) \times 0.001 \dots\dots\dots (16)$$

式中:

$PE_{CH_4_{\text{稻田}}}$ ——实施情景水稻种植产生甲烷排放量的数值,单位为吨甲烷(t CH_4);

AD_i ——第 i 类稻田种植面积的数值,单位为公顷(hm^2);

EF_i ——第 i 类稻田甲烷排放因子的数值,单位为千克甲烷每公顷($kg CH_4/hm^2$);

i ——稻田类型,分别指单季水稻、双季早稻和晚稻;

0.001 ——单位换算系数。

EF_i 选择优先序为:

a) 直接测定法,按表 A.1 实施;

b) 采用《省级温室气体清单编制指南(试行)》的推荐值(见 B.4)或未来出版的最新版本的《省级温室气体清单编制指南》;

c) 《2006 IPCC 国家温室气体清单指南》第4卷第5章推荐的方法计算排放因子[见公式(17)]。

稻田甲烷排放因子,按公式(17)计算。

$$EF_i = EF_c \times SF_w \times SF_p \times SF_o \times \text{days} \dots\dots\dots (17)$$

式中:

EF_i ——水稻生长季内日平均甲烷排放因子的数值,单位为千克甲烷每公顷($kg CH_4/hm^2$);

EF_c ——连续淹灌、不施有机肥情景下的甲烷排放因子,推荐默认值为 $1.3 kg CH_4/(hm^2 \cdot d)$;

SF_w ——水稻生育期内不同田间水分条件下甲烷排放因子调整因子,推荐默认值见 B.5;

SF_p ——水稻移栽之前不同田间水分条件下甲烷排放因子调整因子,推荐默认值见 B.5;

SF_o ——稻田有机肥施用条件下的甲烷排放因子调整因子系数,利用公式(18)计算 SF_o ;

days ——水稻生长季天数,单位为天(d)。

$$SF_o = (1 + \sum ROA_i \times CFOR_i)^{0.59} \dots\dots\dots (18)$$

式中:

SF_o ——稻田有机肥施用条件下的甲烷排放因子调整系数;

ROA_i ——有机物类型 i 施用量的数值,单位为吨每公顷(t/hm^2),秸秆为干重,其他有机添加物为鲜重;

$CFOR_i$ ——有机添加物 i 的转化因子,推荐的默认值见 B.5。

6.2.2.4 农田温室气体排放总量

农田温室气体排放总量 PE_{GHGs} ,按公式(19)计算。

$$PE_{GHGs} = (PE_{N_2O} + PE_{N_2O_{\text{沉降}}} + PE_{N_2O_{\text{淋溶及径流}}}) \times GWP_{N_2O} + PE_{CH_4_{\text{稻田}}} \times GWP_{CH_4} \dots\dots (19)$$

式中:

PE_{GHGs} ——温室气体排放总量的数值,单位为吨二氧化碳当量(t CO_2-e);

- PE_{N_2O} ——农田氧化亚氮排放量的数值,单位为吨氧化亚氮(t N_2O);
- $PE_{N_2O_沉降}$ ——农田氨挥发后沉降引起氧化亚氮间接排放的数值,单位为吨氧化亚氮(t N_2O);
- $PE_{N_2O_淋溶及径流}$ ——农田氮淋溶及径流引起氧化亚氮间接排放的数值,单位为吨氧化亚氮(t N_2O);
- $PE_{CH_4_稻田}$ ——实施情景农田甲烷排放量的数值,单位为吨甲烷(t CH_4);
- GWP_{N_2O} —— N_2O 相对于 CO_2 的全球增温潜势;按 GB/T 32150 的规定取值;
- GWP_{CH_4} —— CH_4 相对于 CO_2 的全球增温潜势;按 GB/T 32150 的规定取值。

6.2.3 机械燃油燃烧和耗电 CO_2 排放量

机械燃油燃烧和耗电 CO_2 排放量 PE_E ,按公式(20)计算。

$$PE_E = \sum_i (CSP_{die} \times EF_{die} + CSP_{gas} \times EF_{gas} + CSP_{ele} \times EF_{ele}) 10^{-3} \dots\dots\dots (20)$$

式中:

- PE_E ——实施情景机械燃油燃烧和耗电的 CO_2 排放量的数值,单位为吨二氧化碳(t CO_2);
- CSP_{die} ——年度柴油消耗量的数值,单位为升(L);
- EF_{die} ——柴油燃烧的 CO_2 排放因子,2.64 kg CO_2 /L[来源:IPCC,2007];
- CSP_{gas} ——年度汽油消耗量的数值,单位为升(L);
- EF_{gas} ——汽油燃烧的 CO_2 排放因子,2.26 kg CO_2 /L[来源:IPCC,2007];
- CSP_{ele} ——年度电力消耗量的数值,单位为千瓦时(kW·h);
- EF_{ele} ——电力消耗的 CO_2 排放因子,按《中国发电企业温室气体排放核算方法与报告指南(试行)》取值;
- i ——燃料类型。

6.2.4 林木碳储量 PC_{PROJ}

本文件采用生物量异速生长方程法逐株计算样地内每株林木的生物量,累加计算气候智慧型农业作物生产情景树木的地上生物量和地下生物量碳库中的碳储量,具体详见附录 C。

6.3 气候智慧型农业 作物生产固碳减排量核算

气候智慧型农业 作物生产固碳减排量 ΔR ,按公式(21)计算。

$$\Delta R = BE - PE \dots\dots\dots (21)$$

式中:

- ΔR ——气候智慧型农业 作物生产固碳减排量的数值,单位为吨二氧化碳(t CO_2);
- BE ——基准线碳储量和温室气体排放量的数值,单位为吨二氧化碳(t CO_2);
- PE ——实施情景碳储量和温室气体排放量的数值,单位为吨二氧化碳(t CO_2)。

其中:

$$BE = BC_{SOC} - BE_{GHGs} - BE_E + BC_{PROJ} \dots\dots\dots (22)$$

$$PE = PC_{SOC} - PE_{GHGs} - PE_E + PC_{PROJ} \dots\dots\dots (23)$$

式中:

- BE ——基准线碳储量和温室气体排放量的数值,单位为吨二氧化碳(t CO_2);
- BC_{SOC} ——基准线土壤有机碳储量的数值,单位为吨二氧化碳(t CO_2);
- BE_{GHGs} ——基准线农田温室气体排放量的数值,单位为吨二氧化碳当量(t CO_2 -e);
- BE_E ——基准线机械燃油燃烧和耗电 CO_2 排放量的数值,单位为吨二氧化碳(t CO_2);
- BC_{PROJ} ——基准线农田防护林木碳储量的数值,单位为吨二氧化碳(t CO_2);
- PE ——实施情景碳储量和温室气体排放量的数值,单位为吨二氧化碳(t CO_2);
- PC_{SOC} ——实施情景土壤有机碳储量的数值,单位为吨二氧化碳(t CO_2);
- PE_{GHGs} ——实施情景农田温室气体排放量的数值,单位为吨二氧化碳当量(t CO_2 -e);
- PE_E ——实施情景机械燃油燃烧和耗电 CO_2 排放量的数值,单位为吨二氧化碳(t CO_2);
- PC_{PROJ} ——实施情景农田防护林木碳储量的数值,单位为吨二氧化碳(t CO_2)。

7 数据质量保证和控制

7.1 数据的获取

7.1.1 制定数据获取的技术步骤和细则。

7.1.2 对从事数据获取和数据分析的相关责任人员进行培训。

7.1.3 详细记录数据获取工作的过程,保留并归档原始记录、修正记录、验证记录。

7.2 数据录入与分析

7.2.1 按监测与核算流程依次进行数据录入,并由独立专家组进行复核,确保录入数据的准确性和一致性。

7.2.2 定期对监测数据进行交叉检验,对可能产生的数据误差风险进行识别,并提出相应的解决方案。

7.2.3 进行不确定性评估。

7.3 数据归档

7.3.1 所有纸质版与电子版监测数据及图件应存档并保留备份件。

7.3.2 监测报告应归档并保留备份件。

附录 A

(规范性)

需监测和获取的活动数据及相关要求

A.1 基本信息

A.1.1 基准线情景和气候智慧型农业 作物生产情景基本信息:农户编号、户主姓名、农地的地理位置、土地利用类型、土壤类型、气候类型。

A.1.2 基准线情景和气候智慧型农业 作物生产情景种植制度:作物类型、轮作模式、熟制。

A.1.3 气候智慧型农业 作物生产情景实施时间:基准线情景实施年份为气候智慧型农业 作物生产起始年,气候智慧型农业 作物生产情景时间以具体实施年度为准,用年(a)表示。

A.2 地理边界

A.2.1 基准线情景

采用全球定位系统(GPS)或其他卫星导航系统,测定所有地块地理边界线的拐点坐标,或者使用大比例尺地形图(比例尺不小于1:10 000)进行现场勾绘,结合GPS等定位系统进行精度控制。将测定的拐点坐标或边界输入地理信息系统,计算地块面积。

A.2.2 气候智慧型农业 作物生产情景

按照A.2.1的方法确定实施气候智慧型农业 作物生产的地块并计算面积。

在每次监测时,应对实施气候智慧型农业 作物生产情景边界进行监测,如果边界内某些地块没有采取气候智慧型农业 作物生产措施,应将这些地块调出边界之外。如果在之后监测期内这些地块重新开展气候智慧型农业 作物生产活动,这些地块可继续参与监测,并重新纳入固碳减排量核算范围。

A.3 监测数据和参数

A.3.1 记录每种农作物种植面积(hm^2)、播种、收获时间(年/月/日)和生育期天数(d)。

A.3.2 记录每次施肥时间(年/月/日)、肥料类型(化肥、有机肥、复合肥)、施肥方式、单位面积肥料施用量(kg/hm^2)及折纯量($\text{kg N}/\text{hm}^2$, $\text{kg P}_2\text{O}_5/\text{hm}^2$, $\text{kg K}_2\text{O}/\text{hm}^2$)、施肥面积(hm^2)。

A.3.3 记录每次灌溉时间(年/月/日)、单位面积灌溉水量(m^3/hm^2)、灌溉面积(hm^2)。在稻田中还应记录水分管理(如“落干/湿润/淹水”)及其稻田水分状态变化的日期(年/月/日)。

A.3.4 记录秸秆还田时间(年/月/日)、单位面积还田量(kg/hm^2)、秸秆中碳氮含量($\text{kg C}/\text{kg}$, $\text{kg N}/\text{kg}$);有机物料投入时间(年/月/日)、有机物料投入类型(绿肥、饼肥、生物炭)、单位有机物料投入量(kg/hm^2)、有机物料碳氮含量($\text{kg C}/\text{kg}$, $\text{kg N}/\text{kg}$)。

A.3.5 记录病虫害防治措施的时间(年/月/日)、方法(人工、机械)和农药用量(L/hm^2)。

A.3.6 记录农机使用时间(年/月/日)、机具类型(播种、收获、耕作、施肥、灌溉、喷药)、燃油类型(柴油、汽油)、燃油消耗量(L),灌溉所用的耗电量($\text{kW} \cdot \text{h}$)。

A.3.7 记录逐日气象数据,包括平均气温($^{\circ}\text{C}$)及降水(mm)。

A.3.8 监测土壤性状(0 cm~20 cm 土壤深度),包括容重(g/cm^3)、有机碳含量($\text{g C}/100 \text{ g}$ 土壤)。

A.3.9 监测作物产量(t)。

A.3.10 监测温室气体排放(N_2O 和 CH_4)。

A.3.11 监测农用林木类型、数量(株)、树高(m)、胸径(cm)。

主要监测数据和方法见表 A. 1。

表 A. 1 主要监测数据和方法

序号	数据	单位	描述	监测/记录频率	测定方法和程序
1	N_2O	t N_2O -N	基准线或气候智慧型农业作物生产情景农田土壤 N_2O 直接排放量	每周至少观测 2 次,并在施肥灌溉(或降雨事件)等管理措施后,增加取样频率,要求连续观测至少 1 周年(一年一熟制)或一个完整轮作周期(一年两熟制及以上)	静态箱-气相色谱监测法(参照《生态系统大气环境观测规范》) 设立一个能代表该地区基准线情景和气候智慧型农业作物生产情景的地块,并设置一个参照地块(无施肥措施)。基准线情景和气候智慧型农业作物生产情景地块和参照地块各设置 3 个~4 个重复
2	EF	t N/t 施氮量	N_2O 排放因子	/	(实施情景或基准线情景 N_2O 排放量-参照地块 N_2O 排放量)/施氮总量。施氮总量数据获取见本表序号 5
3	CH_4	t CH_4 /a	基准线或气候智慧型农业作物生产情景 CH_4 排放量	每周至少观测 2 次,并在施肥灌溉(或降雨事件)等管理措施后,增加取样频率,要求连续观测至少 1 周年(一年一熟制)或一个完整轮作周期(一年两熟制及以上)	静态箱-气相色谱监测法(参照《生态系统大气环境观测规范》) 设立一个能代表该地区基准线情景和气候智慧型农业作物生产情景的地块,每个地块各设置 3 个~4 个重复
4	EF_i	kg CH_4 /hm ²	CH_4 排放因子	/	静态箱-气相色谱监测法测定的 kg CH_4 /m ² 转化为每公顷 CH_4 排放量(kg CH_4 /hm ²)
5	F_N	t N	基准线或实施情景下施氮总量	记录每次肥料施用量和每次秸秆还田量	采取调查记录法。基准线情景每公顷施肥量应从实施情景开始前的实地调查中获得。实施情景施肥时由参与方记录,实施情景周期内,每一农户均须记录肥料施用类型、施用量,秸秆还田量,并计算实施情景内所有农户的年度施氮总量
6	CSP_{die}	L	年度柴油消耗量	每次播种、耕作、施肥、灌溉、收获等措施使用农机消耗的柴油量	确定各种措施使用的机械种类、单位柴油消耗量(每小时或每公顷耗油量),按不同机械和作业时间或作业面积计算年度柴油消耗量
7	CSP_{gas}	L	年度汽油消耗量	每次播种、耕作、施肥、灌溉、收获等措施使用农机消耗的汽油量	确定各种措施使用的机械种类、单位汽油消耗量(每小时或每公顷耗油量),按不同机械和作业时间或作业面积计算年度汽油消耗量
8	CSP_{ele}	kW·h	电力消耗量	每次灌溉消耗的电量	确定单位耗电量(每小时或每公顷耗电量),按作业时间或作业面积计算电力消耗量

表 A.1（续）

序号	数据	单位	描述	监测/记录频率	测定方法和程序
9	SOCC	g C/100 g 土壤	土壤有机碳含量	基准线情景在起始年只监测一次;实施气候智慧型农业作物生产情景在结束年监测一次,监测时间为作物收获后。实施情景和基准线情景测定的地块保持一致	采集 0 cm~20 cm 土壤样品。基准线情景和气候智慧型农业作物生产情景随机选择 <i>l</i> 个地块,每个地块按五点法取样,采用碳氮分析仪测定土壤有机碳含量 取样地块选择按以下步骤实施:第一步,采用分层随机抽样方法,依据土壤类型、地理位置等确定样本量;第二步,在调查基础上参考地块肥力水平和管理措施,选取 100 个左右的样本;第三步,依据选定的样本随机选取有代表性的地块进行取样,并记录经纬度。(具体按 NY/T 395 的规定执行)
10	BD	g/cm ³	土壤容重	同本表序号 7	环刀法测定 地块选择参照本表序号 9
11	<i>DBH, H</i>	cm, m	胸径,树高	基准线情景在起始年只监测一次;实施气候智慧型农业作物生产情景在结束年监测一次。实施情景和基准线情景测定的树木保持一致	第一步,选择样地。采取随机抽样调查方法,设置临时调查样地(样地面积 900 m ²),样地数量取决于树木的变异性,且不少于 3 个样地。第二步:测定样地内所有活立木的平均胸径(DBH)、平均树高(<i>H</i>)和株数。第三步:利用生物量异速方程计算每株林木生物量(见附录 C),再累积到样地水平生物量和碳储量。(参照 LY/T 2253 的相关规范监测)
12	<i>Y</i>	t/hm ²	作物产量	基准线情景在起始年监测一次;实施气候智慧型农业作物生产情景每年监测一次	采用样方实际测产方法。每个样方为 1 m ² ,将每个样方的产量折算成 t/hm ² 。样方选取方法参照本表序号 9

附 录 B
(资料性)
相关参数推荐值

B.1 全国不同区域农田氧化亚氮直接排放因子默认值

见表 B.1。

表 B.1 全国不同区域农田氧化亚氮直接排放因子默认值

单位为吨氮每吨施氮量

区域	<i>EF</i>	范围
I 区(内蒙古、新疆、甘肃、青海、西藏、陕西、山西、宁夏)	0.005 6	0.001 5~0.008 5
II 区(黑龙江、吉林、辽宁)	0.011 4	0.002 1~0.025 8
III 区(北京、天津、河北、河南、山东)	0.005 7	0.001 4~0.008 1
IV 区(浙江、上海、江苏、安徽、江西、湖南、湖北、四川、重庆)	0.010 9	0.002 6~0.022 0
V 区(广东、广西、海南、福建)	0.017 8	0.004 6~0.022 8
VI 区(云南、贵州)	0.010 6	0.002 5~0.021 8
注:数据来源于《省级温室气体清单编制指南(试行)》。		

B.2 不同肥料氮挥发、淋溶径流造成的氮损失比例默认值

见表 B.2。

表 B.2 不同肥料氮挥发、淋溶径流造成的氮损失比例默认值

肥料类型	肥料类型	
	化肥	有机肥
FRAC _{挥发}	0.1(0.03~0.3)	0.2(0.05~0.5)
FRAC _{淋溶}	0.3(0.1~0.8)	
注:数据来源于《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》。		

B.3 氮沉降、淋溶和径流氧化亚氮排放因子默认值

见表 B.3。

表 B.3 氮沉降、淋溶和径流氧化亚氮排放因子默认值

排放源	排放因子
氮沉降	0.01
淋溶和径流	0.007 5
注:数据来源于《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》。	

B.4 各区域不同稻田类型 CH₄ 平均排放因子

见表 B.4。

表 B.4 各区域不同稻田类型 CH₄ 平均排放因子

单位为千克甲烷每公顷

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 ^a	234.0	134.4~341.9				
华东 ^b	215.5	158.2~255.9	211.4	153.1~259.0	224.0	143.4~261.3
中南华南 ^c	236.7	170.2~320.1	241.0	169.5~387.2	273.2	185.3~357.9
西南 ^d	156.2	75.0~246.5	156.2	73.7~276.6	171.7	75.1~265.1
东北 ^e	168.0	112.6~230.3				
西北 ^f	231.2	175.9~319.5				
注：数据来源于《省级温室气体清单编制指南（试行）》。						
^a 华北：北京、天津、河北、山西、内蒙古。 ^b 华东：上海、江苏、浙江、安徽、福建、江西、山东。 ^c 中南华南：河南、湖北、湖南、广东、广西、海南。 ^d 西南：重庆、四川、贵州、云南、西藏。 ^e 东北：辽宁、吉林、黑龙江。 ^f 西北：陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆。						

B.5 稻田管理甲烷排放因子调整因子

见表 B.5。

表 B.5 稻田管理甲烷排放因子调整因子

稻田管理措施		调整因子
水稻生长季灌溉(SF _w)	连续淹灌	1
	间歇灌溉,一次落干	0.60
	间歇灌溉,多次落干	0.52
水稻移栽前田间水管理(SF _p)	移栽前非淹灌时间<180 d	1
	移栽前非淹灌时间>180 d	0.68
	移栽前淹灌时间>30 d	1.90
稻田施用有机肥(CFOR _i)	水稻移栽前 30 d 之内秸秆还田	1
	秸秆还田至水稻移栽的天数>30 d	0.29
	堆肥	0.05
	农家肥	0.14
	绿肥	0.50
注：数据来源于《2006 IPCC 国家温室气体清单指南》。		

附 录 C
(资料性)
树木生物量异速生长方程

进行树木生物量固碳核算时,选择生物量异速生长方程的方法,按公式(C.1)和公式(C.2)计算。

$$C_{\text{PROJ},AB,i,t} = \sum f_{AB_Tr,j}(DBH_i, H_i) \times CF_j \quad \dots\dots\dots (C.1)$$

$$C_{\text{PROJ},BB,i,t} = \sum f_{BB_Tr,j}(DBH_i, H_i) \times CF_j \quad \dots\dots\dots (C.2)$$

式中:

- $C_{\text{PROJ},AB,i,t}$ ——第 t 年 i 地块树木地上生物量碳库中碳储量的数值,单位为吨碳(t C);
- $C_{\text{PROJ},BB,i,t}$ ——第 t 年 i 地块树木地下生物量碳库中碳储量的数值,单位为吨碳(t C);
- $f_{AB_Tr,j}(DBH_i, H_i)$ —— i 地块 j 树种地上生物量异速生长方程,单位为吨干物质每株(t DM/株);
- $f_{BB_Tr,j}(DBH_i, H_i)$ —— i 地块 j 树种地下生物量异速生长方程,单位为吨干物质每株(t DM/株);
- DBH_i —— i 地块 j 树种平均胸径的数值,单位为厘米(cm);
- H_i —— i 地块 j 树种平均树高的数值,单位为米(m);
- CF_j —— j 树种平均含碳率的数值,单位为百分号(%);
- t ——实施情景开始后的年数,单位为年, $t=0$ 时为基准线情景;
- j ——树种($j=1,2,\dots,J$)。

不同树种地上和地下生物量异速方程及含碳率参照《AR-CM-003-V01-森林经营碳汇项目方法学》和 LY/T 2253。

造林碳汇总量 C_{PROJ} ,按公式(C.3)计算。

$$C_{\text{PROJ}} = (C_{\text{PROJ},AB,i,t} + C_{\text{PROJ},BB,i,t}) \times \frac{44}{12} \quad \dots\dots\dots (C.3)$$

式中:

- C_{PROJ} ——第 t 年 i 地块生物量碳库中碳储量的数值,单位为吨二氧化碳(t CO₂);
- $C_{\text{PROJ},AB,i,t}$ ——第 t 年 i 地块地上生物量碳库中碳储量的数值,单位为吨碳(t C);
- $C_{\text{PROJ},BB,i,t}$ ——第 t 年 i 地块地下生物量碳库中碳储量的数值,单位为吨碳(t C);
- $\frac{44}{12}$ ——将土壤 C 转化为 CO₂ 的系数。

参 考 文 献

- [1] GB/T 33760—2017 基于项目的温室气体减排量评估技术规范通用要求
 - [2] 政府间气候变化专门委员会(IPCC),2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南
 - [3] 中国发电企业温室气体排放核算方法与报告指南(试行)
 - [4] 国家发展和改革委员会,省级温室气体清单编制指南(试行)
 - [5] IPCC,2007. Summary for Policymakers[M]//Parry M L,Canziani O F,Palutikof J P,et al. Climate Change 2007: Impacts,Adaptation and Vulnerability. Cambridge University Press
 - [6] 中国生态系统研究网络科学委员会. 生态系统大气环境观测规范[M]. 北京:中国环境科学出版社,2007
 - [7] AR-CM-003-V01-森林经营碳汇项目方法学
 - [8] LY/T 2253—2014 造林项目碳汇计量监测指南
-