

T/JAASS

团 体 标 准

T/JAASS XX—2024

稻-麦轮作模式碳排放评价方法

Evaluation method of carbon emissions for rice-wheat rotation mode

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

江苏省农学会 发 布

目次

前言.....II

1 范围.....1

2 规范性引用文件.....1

3 术语和定义.....1

4 系统边界.....2

 4.1 生产环节.....2

 4.2 时间范围.....2

5 数据收集与处理.....2

 5.1 数据收集.....2

 5.2 数据处理.....3

6 计算方法.....3

 6.1 碳排放计算.....3

 6.2 土壤固碳计算.....5

 6.3 碳排放计算.....6

7 报告编制.....6

 7.1 报告内容.....6

 7.2 报告格式.....7

附录 A.....8

附录 B.....9

附录 C.....10

附录 D.....12

附录 E.....13

参考文献.....14

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。

本文件由江苏省农业科学院、中国科学院南京土壤研究所、江苏省生产力促进中心、南京师范大学提出。

本文件由江苏省农学会归口。

本文件起草单位：江苏省农业科学院、江苏省绿色食品办公室、中国科学院南京土壤研究所、江苏省生产力促进中心、南京师范大学。

本文件主要起草人：孙以文、庄义庆、朱凤、曹爱兵、张广斌、程一鸣、邓欢、单成俊、杨丹、卞立平、徐寸发、吴若函、李晨露、郑剑威、裴勤、吴瑶。

稻-麦轮作模式碳排放评价方法

1 范围

本标准规定了稻-麦轮作模式碳排放评价的基本原则、术语和定义、系统边界确定、数据收集与处理、碳排放计算方法以及报告编制等内容。

本文件适用于我国长江中下游地区稻-麦轮作碳排放的评价，旨在全面评估稻-麦轮作的可持续性，为农业生产单位、科研机构、政府部门等提供评价方法与依据。

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 24040	环境管理 生命周期评价 原则与框架
GB/T 24044	环境管理 生命周期评价 要求与指南
GB/T 24067	温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南
NY/T 4300	气候智慧型农业 作物生产固碳减排监测与核算规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

稻-麦轮作模式 rice-wheat rotation mode

指在同一块土地上，轮换种植水稻和小麦的农业生产模式。

3.2

温室气体 greenhouse gas; GHG

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，有修改]

注：本文件涉及的温室气体包含二氧化碳(CO₂)、甲烷(CH₄)和氧化亚氮(N₂O)。

3.3

全球变暖潜势 global warming potential; GWP

将单位质量的某种温室气体在给定时间段内辐射强度的影响与等量二氧化碳辐射强度影响相关联的系数。

[来源：GB/T 32150—2015，3.15]

3.4

二氧化碳当量 carbon dioxide equivalent; CO₂e

在辐射强度上与某种温室气体质量相当的二氧化碳的量。

[来源：GB/T 32150—2015，3.16]

注：二氧化碳当量等于给定温室气体的质量乘以它的全球变暖潜势值。

3.5

碳排放评价 carbon emission assessment

系统中 GHG 排放量和 GHG清除量之和，以二氧化碳当量表示，并基于气候变化这一单一环境影响类型进行评价。

3.6

排放因子 emission factor

活动数据的温室气体排放相关的系数。

[来源：GB/T 24067—2024，3.2.7]

3.11

系统边界 system boundary

通过一组准则确定哪些单元过程属于产品系统的一部分。

[来源：GB/T 24044—2008，3.32]

4 系统边界

4.1 生产环节

4.1.1 农资生产与运输

包括化肥、农药、种子、农膜等农资从原材料开采、生产制造到运输至稻麦种植田块过程中所产生的温室气体排放。

4.1.2 田间作业

水稻和小麦种植过程中的耕地、播种、灌溉、施肥、施药、收获等环节的能源消耗（如燃油、电力）及相关温室气体排放。稻田与麦田的水分管理（如排水、晒田）、杂草与病虫害防治、作物残茬处理等活动产生的温室气体排放。

4.1.3 产后处理

稻麦收获后的烘干、储存、运输等环节的能源消耗及温室气体排放。

4.1.3 土壤碳库变化

稻-麦轮作周期内土壤有机碳含量的变化，作为碳汇或碳源进行核算。

4.2 时间范围

以一个完整的稻-麦轮作周期为核算时间范围，从水稻播种开始至次年小麦收获结束。

5 数据收集与处理

5.1 数据收集

数据收集主要包括以下类别：

a) 农资数据：化肥、农药、种子、农膜等农资的种类、数量、来源地及采购凭证；

b) 能源数据：统计田间作业机械（如拖拉机、收割机、灌溉泵等）的燃油消耗或电力消耗数据，可通过设备的燃油表、电表读数或能源供应部门的发票记录获取；

c) 农业活动数据：详细记录耕地深度、播种量、施肥量、灌溉水量、农药使用量、作物产量、残

茬处理方式等田间操作数据，以及稻田与麦田的面积等基础信息；

d) 土壤数据：在稻麦种植周期开始前和结束后，按照标准土壤采样方法采集土壤样品，测定土壤有机碳含量，可委托专业土壤检测机构进行分析；

e) 运输数据：收集农资运输距离、运输工具类型及运输量等信息。

f) 排放因子：包括系统边界内可能对碳排放有实质性贡献的温室气体排放因子，通过查询IPCC报告和国内外专业数据库获取。

5.2 数据处理

对收集的数据进行准确性、完整性和合理性审核，检查数据是否存在异常值或缺失值，如有问题及时进行核实与修正。可通过数据对比分析、逻辑关系检查等方法进行验证。

将不同来源、不同单位的数据进行统一标准化处理，换算为二氧化碳当量进行碳排放计算和环境影响评估。

6 计算方法

6.1 碳排放计算

6.1.1 农资与运输排放

农资投入与运输碳排放 E_1 按照公式（1）进行计算。

$$E_1 = \sum (Q_i \times EF_i) + \sum (T_j \times EF_j) \quad (1)$$

式中：

Q_i 为各类农资的使用量，kg；

EF_i 为各类农资投入品的排放因子，参照“附录 表 A.1”；

T_j 为农资的运输量，t；

EF_j 为农资运输的排放因子，参照“附录表 A.2”。

6.1.2 生产与加工排放

田间生产作业和稻麦烘干温室气体排放 E_2 按照公式（2）进行计算。

$$E_2 = \sum (F_k \times EF_k) + \sum (P_l \times EF_l) \quad (2)$$

式中：

F_k 为各类田间作业的燃油消耗量，L；

EF_k 为相应燃油的排放因子，参照“附录表 A.2”；

P_l 为生产、加工的电力消耗量，kwh；

EF_l 为电力生产的排放因子，参照“附录 表 B.1”。

6.1.3 农田排放

6.1.3.1 甲烷排放

甲烷是在严格厌氧环境下，甲烷菌与有机碳源生化反应形成的产物，由于麦田是非厌氧环境，甲烷排放量忽略不计，因此，本评价中只考虑稻田甲烷的排放量。

甲烷排放量化包括实测法和排放因子估算法，实测法优先于估算法。实测法采用静态箱-气相色谱监测法监测稻田甲烷排放通量，具体方法参照 NY/T 4300《气候智慧型农业 作物生产固碳减排监测与核算规范》。排放因子估算法可选择公式（3）或者公式（4）-（6）。

a) 按照《省级温室气体清单编制指南（试行）》推荐的本地化数值，采用公式（3）计算：

$$E_3 = A \times EF \times GWP_{CH_4} \quad (3)$$

式中：

A 为种植田块面积， hm^2 ；

EF 为单位面积稻田甲烷排放因子， kg/hm^2 ，参照“附录 表C.1”；

GWP_{CH_4} 为甲烷的全球增温潜势，参照“附录 表E.1”。

b) 根据《IPCC 2006 国家温室气体清单指南 2019 修订版》方法，采用公式（4）-（6）计算：

$$E_3 = A \times EF \times GWP_{CH_4} \quad (4)$$

$$EF = EF_C \times SF_W \times SF_P \times SF_O \times D \quad (5)$$

$$SF_O = (1 + \sum ROA_i \times CFOR_i)^{0.59} \quad (6)$$

式中：

A 为种植田块面积， hm^2 ；

EF 为稻田甲烷日排放因子， $kg/hm^2 \cdot d$ ；

EF_C 为不含有机质的持续性淹水稻田的季节性综合排放因子，参照“附录 表C.2”；

SF_W 为水稻生长期不同灌溉情况调整系数，参照“附录 表C.2”；

SF_P 为水稻移栽前不同水分管理情况调整系数，参照“附录 表C.2”；

SF_O 为稻田使用不同有机质类型的调整因子，按照公式（4）计算；

D 为水稻生育期天数， d ；

ROA_i 为有机添加物的量， t/hm^2 ，其中，秸秆为干重，其他有机添加物为鲜重。

$CFOR_i$ 为使用不同有机质的转换系数，参照“附录 表C.3”。

6.1.3.2 氧化亚氮排放

稻-麦周年种植氧化亚氮排放主要源于氮素肥料施用，氮素肥料包括人造氮肥、有机肥，秸秆、植株残余物及其他有机添加物。氧化亚氮排放量化包括实测法和估算法，且实测法优先于估算法。

a) 实测法：采用静态箱-气相色谱监测法，在水稻和小麦生长季分别监测氧化亚氮排放通量，具体方法参照 NY/T 4300《气候智慧型农业 作物生产固碳减排监测与核算规范》。

b) 估算法：水稻生产阶段与小麦生产阶段氧化亚氮排放估算方法相同，根据《IPCC 2006 国家温室气体清单指南 2019 修订版》的方法，采用公式（7）-（11）计算：

$$E_4 = (E_{N_2O-dir} + E_{N_2O-ind}) \times GWP_{N_2O} \quad (7)$$

式中：

E_{N_2O-dir} 为氮素肥料施用引起的 N_2O 直接排放量，kg；

E_{N_2O-ind} 为氮素肥料施用导致的 N_2O 间接排放量，kg；

GWP_{N_2O} 为氧化亚氮的全球增温潜势，参照“附录 表E.1”。

a) 氮素肥料施用引起的 N_2O 直接排放计算公式：

$$E_{N_2O-dir} = (F_{SN} + F_{ON}) \times EF_1 \quad (8)$$

式中：

F_{SN} 土壤中人造氮肥（尿素、复合肥）折纯氮素施用量，kg N；

F_{ON} 有机肥和其它有机物氮的年添加量，kg N，作物秸秆等残余物含氮量参照“附录 表D.1”；

EF_1 氮肥施用引起的 N_2O 直接排放系数，参照“附录 表D.2”。

b) 氮素肥料施用导致的 N_2O 间接排放计算公式：

$$E_{N_2O-ind} = E_{N_2O-ATD} + E_{N_2O-L} \quad (9)$$

式中：

E_{N_2O-ATD} 氮肥以 NH_3 和 NO_x 形式挥发到大气中，再沉降到地面造成的 N_2O 间接排放，kg N_2O ；

E_{N_2O-L} 氮肥通过雨水径流进入水体或通过淋溶进入地下水造成 N_2O 间接排放，kg N_2O 。

1) 氮素挥发导致的 N_2O 直接排放计算公式：

$$E_{N_2O-ATD} = (F_{SN} \times Frac_{GASF} + F_{ON} \times Frac_{GASM}) \times EF_2 \times \frac{44}{28} \quad (10)$$

式中：

$Frac_{GASF}$ 施用化肥中以 NH_3 和 NO_x 形式挥发的化学氮比例，参照“附录 表D.2”；

$Frac_{GASM}$ 施用有机肥中以 NH_3 和 NO_x 形式挥发的比例，参照“附录 表D.2”；

EF_2 为土壤和水面氮大气沉积的 N_2O 排放系数，参照“附录 表D.2”；

2) 氮素溶淋与径流导致的 N_2O 直接排放计算

$$E_{N_2O-L} = (F_{SN} + F_{ON}) \times Frac_{LEACH} \times EF_3 \times \frac{44}{28} \quad (11)$$

式中：

$Frac_{LEACH}$ 通过溶淋和径流损失的氮占有施用氮的比例，参照“附录 表D.2”；

EF_3 为土壤和水面氮大气沉积的 N_2O 排放系数，参照“附录 表D.2”；

$\frac{44}{28}$ 为N转换为 N_2O 系数。

6.2 土壤固碳计算

农田土壤固碳是温室气体减除项，通过土壤中有机碳变化来计算的，因土壤有机碳年度间变化量微

小，通常测定连续种植 3 年或 3 年以上的变化情况进行计算，测定方法参照参照 NY/T4300 气候智慧型农业作物生产固碳减排监测与核算规范，采用公式（12）-（13）计算：

$$SOC = (SOC_{end} - SOC_{start}) / T \quad (12)$$

$$S = SOC \times BD \times H \times AD \times CF \times \frac{44}{12} \quad (13)$$

式中：

SOC 为每100g土壤有机碳年度变化量， g C/100g；

SOC_{end} 为稻-麦多年种植后土壤有机碳含量；

SOC_{start} 为稻-麦种植开始土壤有机碳含量；

T 为测定前与测定后的时间跨度， y；

S 为土壤固碳量， kg CO₂ e；

BD 为土壤容重，按照NY/T395的方法进行测定， g/cm³；

H 为实测的土壤耕作层厚度，默认值为30cm；

AD 为种植田块面积， hm²；

CF 为单位转化系数；

$\frac{44}{12}$ 为C 转为CO₂的系数。

6.3 碳排放计算

$$E = (E_1 + E_2 + E_3 + E_4 - S) / A \quad (14)$$

式中：

E_1 、 E_2 、 E_3 、 E_4 为碳排放总量， kg CO₂ e；

S 为农田土壤固碳总量， kg CO₂ e；

A 为农田面积， hm²。

7 报告编制

7.1 报告内容

a) 基本信息：包括稻-麦种植区域的地理位置、气候条件、土壤类型、种植面积、种植品种、栽培模式等概况信息。

b) 数据来源与处理说明：详细说明数据收集的方法、渠道、时间范围以及数据处理过程中所采用的验证、审核、标准化及估算方法等，提供数据清单及相关数据的原始记录或凭证复印件作为附件。

c) 碳排放计算结果：分别列出各项排放源的温室气体排放量、碳汇量及最终的碳排放计算结果，以表格和图表形式直观展示，并对计算结果进行分析与解释，说明排放源的主要贡献环节及碳汇变化情况。

d) 减排措施与建议：根据碳排放评价结果，提出针对性的温室气体减排措施与建议，如优化施肥

方案、改进灌溉技术、推广节能设备、提高农资利用效率、加强土壤碳汇管理等，评估减排措施的潜在效益与实施可行性。

e) 不确定性分析：对碳排放计算过程中的不确定性来源进行分析，并在报告中说明不确定性范围对结果的影响。

7.2 报告格式

报告应采用规范的文档格式，包括封面、目录、正文、参考文献、附件等部分。

封面应注明报告名称、编制单位、编制日期等信息；目录应清晰列出报告各章节的标题及页码；正文应条理清晰、语言规范，图表应编号并配有标题和说明；参考文献应列出报告中引用的所有文献资料；附件应包括数据清单、原始记录、检测报告等相关资料，以便查阅与验证。

附录 A

(资料性)

相关参数参考值

A. 1 生产常用投入品碳排放因子

见表 A.1。

表 A. 1 生产常用投入品碳排放因子

单位：kg CO₂e/kg

投入品	排放系数	数据来源
氮 肥	1.53	CLCD 0.8
磷 肥	1.63	CLCD 0.8
钾 肥	0.65	CLCD 0.8
复合肥	1.77	CLCD 0.8
有机肥	0.089	CLCD 0.8
稻 种	1.49	Ecoinvent 3.8
麦 种	0.58	Ecoinvent 3.8
除草剂	10.15	Ecoinvent 3.8
杀虫剂	16.61	Ecoinvent 3.8
杀菌剂	10.57	Ecoinvent 3.8
包装袋	3.13	Ecoinvent 3.8
塑料托盘	3.13	Ecoinvent 3.8

A. 2 生产常用化石燃料碳排放因子

见表 A.2。

表 A. 2 生产常用化石燃料碳排放因子

单位：kg CO₂e/L

投入品	排放系数	数据来源
柴 油	2.6 kg CO ₂ e/L	省级温室气体清单编制指南（试行）
汽 油	2.14 kg CO ₂ e/L	省级温室气体清单编制指南（试行）

附录 B

(资料性)

相关参数参考值

B.1 2021 年中国省级电力平均二氧化碳排放因子

见表 B.1。

表 B.1 2021 年中国省级电力平均二氧化碳排放因子

单位：kg CO₂ e/kWh

电网地区	排放系数	电网地区	排放系数	电网地区	排放系数
北 京	0.5688	河 南	0.6369	陕 西	0.6336
天 津	0.7355	江 西	0.5835	甘 肃	0.4955
河 北	0.7901	湖 北	0.3672	青 海	0.1326
山 西	0.7222	湖 南	0.5138	宁 夏	0.6546
山 东	0.6838	四 川	0.1255	新 疆	0.6577
上 海	0.5834	重 庆	0.4743	吉 林	0.5629
江 苏	0.6451	广 东	0.4715	辽 宁	0.5876
安 徽	0.7075	广 西	0.5154	黑龙江	0.6342
浙 江	0.5422	云 南	0.1235	内 蒙 古	0.7025
福 建	0.4711	贵 州	0.5182	海 南	0.4524

数据来源：生态环境部《2021 年电力二氧化碳排放因子》

附录 C
(资料性)
相关参数推荐值

C.1 全国各区域稻田甲烷排放因子推荐值

见表 C.1。

表 C.1 全国各区域稻田甲烷排放因子推荐值

单位: kg/hm²

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	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				
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。						

数据来源：《省级温室气体清单编制指南（试行）》

C.2 稻田水分管理甲烷排放调整系数

见表 C.2。

表 C.2 稻田水分管理甲烷排放调整系数

水分管理	管理状况与时间	调整系数
不含有机质的稻田 EF _C	持续性淹水	1.32
生长季灌溉情况 SF _w	持续性淹水	1.0
	间歇淹水 - 单次落干	0.71
	间歇淹水 - 多次落干	0.55
移栽前水分管理情况 SF _p	非淹水时间小于 180 天	1.0
	非淹水时间大于 180 天	0.89
	非淹水时间大于 365 天	0.59
	淹水时间大于 30 天	2.41

数据来源：IPCC 2006 国家温室气体清单指南 2019 修订版

C.3 稻田有机添加物施用甲烷排放转换系数

见表 C.3。

表 C.3 稻田水分管理与有机添加物施用甲烷排放调整系数

有机添加物类别 SF ₀	施用方式	系数（CFOR）
秸秆还田	移栽 30 天内秸秆还田	1.0
	移栽 30 天以上秸秆还田	0.19
堆肥	施肥	0.17
农家肥	施肥	0.21
绿肥	施肥	0.45

数据来源：IPCC 2006 国家温室气体清单指南 2019 修订版

附录 D

(资料性)

相关参数缺省值

D.1 估算作物残余物投入土壤的氮量的缺省因子

见表 D.1。

表D.1 估算作物残余物投入土壤的氮量的缺省因子

作物	收获产品的 干物质比例	地上部残余干物质AG _{DM(T)} (Mg/ha) AG _{DM(T)} =作物 _(T) *斜率 _(T) +截距 _(T)		地下与地上部残余物生物量比例	残余物含氮量	
		斜率	截距		地上	地下
水稻	0.89	0.95	2.46	0.16	0.007	NA
小麦	0.89	1.51	0.52	0.24	0.006	0.009

数据来源：《2006年PCC国家温室气体清单指南》

D.2 农田氧化亚氮直接、间接排放系数和 N 素挥发、溶淋与径流损失缺省值

见表 D.2。

表D.2 农田氧化亚氮直接、间接排放系数和N素挥发、溶淋与径流损失缺省值

排放来源	区域	缺省值	数据来源
直接排放EF ₁	I	0.0056	《省级温室气体清单编制指南（试行）》
	II	0.0114	
	III	0.0057	
	IV	0.0109	
	V	0.0178	
	VI	0.0106	
间接排放EF ₂ -挥发和再沉降		0.010	《IPCC 2006 国家温室气体清单指南2019修订版》
间接排放EF ₃ -溶淋与径流		0.011	
Frac _{GASF} [化肥挥发]		0.11	
Frac _{GASM} [有机肥挥发]		0.21	
Frac _{LEACH} [溶淋与径流损失]		0.24	
I 地区：内蒙、新疆，甘肃、 青海，西藏、陕西， 山西，宁夏； II 地区：黑龙江，吉林，辽宁； III 地区：北京，天津，河北，河南， 山东； IV 地区：浙江，上海，江苏，安徽， 江西，湖南，湖北，四川，重庆； V 地区：广东，广西，海南，福建； VI 地区：云南、贵州。			

附录 E

(资料性)

相关参数缺省值

E.1 IPCC 第六次评估报告（2021）给出的温室气体 100 年 GWP 值

见表 E.1。

表 E.1 IPCC 第六次评估报告（2021）给出的温室气体 100 年 GWP 值

温室气体	二氧化碳当量	全球变暖潜值GWP
CO ₂	kg CO ₂ e	1
CH ₄	kg CO ₂ e	27.9
N ₂ O	kg CO ₂ e	273

数据来源：IPCC 《气候变化报告 2021：自然科学基础 第一工作组对 IPCC 第六次评估报告的贡献》

参考文献

- [1] 2019 年对 IPCC 2006 国家温室气体清单指南修订，政府间气候变化专门委员会（IPCC）
 - [2] 省级温室气体清单编制指南(试行)，国家发展和改革委员会办公厅
 - [3] 《气候变化报告 2021：自然科学基础》，政府间气候变化专门委员会（IPCC）
-