

农业行业标准
水稻碳足迹评价技术指南

编制说明

《水稻碳足迹评价技术指南》编制组

目 录

一、工作简况	3
(一) 任务来源	3
(二) 制定背景	3
(三) 起草单位及协作单位	4
(四) 起草过程	4
二、标准编制原则和确定标准主要内容的依据	5
(一) 编制原则	5
(二) 主要内容的依据	6
三、主要试验或验证的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效果	16
(一) 主要试验或验证的分析、综述报告	16
(二) 技术经济论证、预期的经济效果	19
四、与国际、国外同类标准技术内容的对比情况	21
五、以国际标准为基础的起草情况	22
六、与有关法律、行政法规及相关标准的关系	22
七、重大分歧意见的处理经过和依据	22
八、涉及专利的有关说明	22
九、贯彻标准的要求和措施建议	22
十、其他应予说明的事项	23

一、工作简况

（一）任务来源

根据农质标函[2023]51 号农业农村部农产品质量安全监管司关于下达 2023 年农业国家和行业标准制修订项目计划的通知（2023 年 3 月 22 日发）第 30 项，由中国农业科学院作物科学研究所主持承担《水稻碳足迹评价技术指南》的制定工作。本标准由农业农村部科技教育司提出，由农业农村部农业资源环境标准化技术委员会归口，标准起草首席专家为张卫建研究员。

（二）制定背景

水稻是我国三大口粮作物之一，占口粮消耗的 60%，稻田是我国种植业最大的排放源之一。据联合国粮食及农业组织（FAO）统计，2022 年我国水稻总产世界第一，超过 2.1 亿吨，占全球水稻总产的 28.0%；水稻播种面积近 4.5 亿亩，占全球水稻播种面积的 18.5%，仅次于印度。同时，全球稻田碳排放约占农田总排放的 52%，而我国稻田碳排放占作物生产领域的 60%，其主要温室效应来源于甲烷。国家高度重视农业固碳减排工作，近年来连续颁布《2030 年前碳达峰行动方案》、《“十四五”全国农业绿色发展规划》、《农业绿色发展技术导则（2018-2030 年）》和《农业农村减排固碳实施方案》等文件，强调了农业固碳减排功能的重要性。因此，在全球气候变化背景下，如何减少水稻生产的碳排放，成为科学界和社会普遍关注的热点问题。

自 2008 年起，一些发达国家在碳市场机制下标识了商品在生产过程中的温室气体排放量，即“碳足迹”。其作用一是促进消费者选择低碳产品，二是发达国家利用“碳足迹”设置贸易壁垒，从而限制“碳足迹”较高产品的生产和流通。水稻生产过程的“碳足迹”来源于水稻的生产的上中下游。除了田间温室气体的直接排放外，所投入种子、肥料和农药等农资的生产，以及农机作业所消耗的燃油和电力也会产生间接的排放。因此，国家迫切需要从全产业链的角度系统量化水稻生产“碳足迹”，有效识别其关键排放环节，从而为提升我国水稻的“碳足迹”竞争力提供技术支撑。

目前，国内外针对水稻生产的碳足迹评估标准或规程还相对匮乏。在知网以及相关标准平台上尚未有与“水稻碳足迹”或“农田碳足迹”相关的国内标准（或规程）。在国际上有关“碳足迹”或“温室气体估算”的国际标准为“ISO 14067-2018 温室气体——产品碳足迹——量化要求和指南”及“BS PAS 2050-2011：商品和劳务的生命周期温室气体排放的评估规范”。但其主要问题一是目前国际标准是面向所有行业的评估体系，缺乏针对性，需要全面和详细的针对我国水稻生产的碳足迹制定评价标准；

二是现有国际标准缺乏实际操作性和定量化，亟需针对我国水稻全生命周期碳排放构建评估方法。

综上所述，本项目拟基于生命周期评价法，结合国内外相关评价方法和我国稻作区长期温室气体排放和农业生产投入等监测数据，对水稻种植全过程的田间直接碳排放和农业生产投入间接排放的关键参数进行量化，为全面准确评估我国水稻生产的碳排放提供技术与方法支撑。

(三) 起草单位及协作单位

标准制定过程主要由中国农业科学院作物科学研究所和农业农村部农业生态与资源保护总站以及黑龙江、江西、四川、湖北和江苏等地的科研教学等单位的人员参与资料收集、实地调研、数据处理、文本撰写等工作。

表 1. 主要起草人员信息及任务分工

姓名	工作单位	职称	项目分工
张卫建	中国农业科学院作物科学研究所	研究员	标准起草
邢可霞	农业农村部农业生态与资源保护总站	副研究员	标准起草
尚子吟	中国农业科学院作物科学研究所	助理研究员	参数构建
张俊	中国农业科学院作物科学研究所	副研究员	参数构建
董文军	黑龙江省农业科学院耕作栽培研究所	副研究员	参数构建与校对
邓艾兴	中国农业科学院作物科学研究所	助理研究员	参数核对
郑成岩	中国农业科学院作物科学研究所	副研究员	参数核对
黄山	江西农业大学	副教授	参数校对
张鑫	中国农业科学院作物科学研究所	助理研究员	参数核对
黄晶	西南科技大学	教授	参数构建
熊栋梁	华中农业大学	教授	参数构建
孙丽英	农业农村部农业生态与资源保护总站	副研究员	参数校对
宋振伟	中国农业科学院作物科学研究所	研究员	参数核对
江瑜	南京农业大学	教授	参数构建与校对
徐文勇	农业农村部农业生态与资源保护总站	工程师	参数校对

(四) 起草过程

2023年1~3月，组建项目团队，制定实施方案，并收集和整理有关规程的文献、

专利和标准等资料。标准编制小组成员通过总结多年的工作实际经验，结合大量的调研资料，认真查阅和学习标准制定的有关文件，请教标准编制专家，对标准的格式、内容、术语表达方式等进行了深入学习

2023年4~8月，量化关键参数，撰写标准与编制说明，严格遵循标准化导则所规定的标准编写要求和格式起草了《水稻碳足迹评价技术指南》讨论稿。

2023年8月，标准讨论稿形成后，标准编制小组多次邀请从事科研和推广工作的专家，通过邮件往来、研讨会座谈等形式，听取了相关专家的建议，并根据对标准讨论稿进行了多次修改，最终形成了标准征求意见稿。

二、标准编制原则和确定标准主要内容的依据

水稻生产是我国农业领域温室气体的主要排放源之一，是目前农业减排固碳的重点领域。水稻碳足迹是指生产过程中单位稻谷产量的净温室气体排放量，包括生产过程的排放、稻田土壤固碳和农资生产的排放。目前国内外还缺乏针对水稻生产碳足迹评价的标准或规程。本指南基于实测法和排放因子估算法，构建水稻碳足迹评价框架体系，为科学评价我国水稻碳足迹提供技术指导。

（一）编制原则

1. 主要原则

根据国家现行的温室气体排放核算和报告要求，标准编制遵循“科学性、先进性、统一性、经济性、适用性、协调性、一致性和规范性”的原则，在广泛调查研究的前提下，参照国内外相关标准，结合近几年来形成的成熟评价方法和最新成果制定了本标准，具体原则如下：

- a) 协调一致原则：与已经发布的温室气体排放评价体系相协调。
- b) 技术可行性原则：标准包括的核算和监测方法在现有的技术水平下可以完成水稻碳足迹评价和报告。
- c) 适用性原则：核算方法和监测方法适用于我国主要的水稻生产情景；
- d) 全过程核算原则：评价水稻生产主要过程的碳足迹，包括直接碳足迹和间接碳足迹。

2. 指导方法

- a) 明确与汇编水稻碳足迹来源；
- b) 对比与研究国内外主流碳排放评价方法和指南；
- c) 分析已发布的相关标准，保证和现有标准一致；

d) 专家咨询与论证。

3. 参考资料

GB/T 32150 工业企业温室气体排放核算和报告通则

RB/T 095 农作温室气体排放核算指南

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

NY/T 395 农田土壤环境质量监测技术规范

ISO14064-1 温室气体 第1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

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

2019 年对 2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南的修订, 政府间气候变化专门委员会(IPCC)

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

CLCD-China 0.9, 中国生命周期基础数据库

CLCD-China-ECER 0.8, 中国生命周期基础数据库

Ecoinvent 3.8, 生命周期环境影响评估数据库

(二) 主要内容的依据

1. 文件的结构

本文件在起草过程中, 采纳了专家的大量意见, 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, 最终确定《水稻碳足迹评价技术指南》的主要内容包括以下 11 个方面:

- 前言
- 引言
- 范围
- 规范性引用文件
- 术语和定义
- 核算边界、内容与流程
- 评价方法
- 数据质量保证与控制
- 评价报告内容

——附录

——参考文献

文件中的部分技术参数与经验来源于农业农村部财政专项“稻田温室气体减排潜力调研与对策分析”、农业农村部 and 世界银行项目“气候智慧型主要粮食作物生产”“中国水稻价值链生态化项目”，项目牵头单位自 2010 年起开展稻田固碳减排与气候智慧型作物生产的理论研究、技术研发与模式集成工作，多年来在我国单季稻区、双季稻区和水旱两熟区开展了大量的研究。

2. 水稻碳足迹指标制定

为了方便比较不同稻区水稻碳足迹，本标准定义水稻碳足迹为水稻生产过程中单位稻谷产量的净温室气体排放量。一方面，该指标剥离了稻谷产量对温室气体排放的影响，直接聚焦于单位稻谷产量的净温室气体排放量，为水稻产品碳标签的制定提供技术基础；另一方面，本标准基于生命周期评价法，全面的考虑了水稻生产过程中温室气体的排放，从而获得净温室气体排放量，使得水稻碳足迹评价更具系统性。

为了全面评估水稻碳足迹，标准基于生命周期评价方法，明确了水稻碳足迹的主要评估指标。通过综合分析国内外文献得到，中国水稻生产碳足迹技术指标可分为直接排放和间接排放两大类。直接排放占水稻碳足迹的主要部分，直接排放指标主要包括水稻生产中稻田甲烷、氧化亚氮、燃料消耗的二氧化碳排放，以及稻田土壤碳储量变化。其中，稻田甲烷排放是直接排放的主要组成部分。稻田土壤碳储量变化表征稻田通过水稻光合作用吸收与固定二氧化碳的作用。由于作物收获与秸秆还田等影响，二氧化碳通量的变化在的稻田系统层面难以准确量化，因此常采用土壤碳储量变化表征稻田二氧化碳通量的变化。燃料消耗的二氧化碳排放是水稻生产过程中使用机械设备(例如灌排、耕整地、收获、烘干等设备)所消耗的燃油、煤、天然气等燃料燃烧排放的二氧化碳。间接排放指标主要包括水稻生产中施用氮肥造成的氧化亚氮间接排放、投入的农资其生产所造成的间接排放。农资生产的二氧化碳排放是种子、肥料、病虫害防治剂、薄膜、电、燃料等农资生产导致的二氧化碳排放。

3. 评价方法及参数优先序

国际常用的评价方法包括实测法和排放因子估算法两大类。实测法是通过实地监测得到温室气体排放量，其优点是结果相对准确，缺点是对设备和人员有一定要求；排放因子估算法是基于国内外通用的排放因子模型及系数对排放量进行计算，较实测法更为方便可行，可在没有监测条件的情况下进行评价。因此，为了同时保证水稻碳足

迹评价的准确性和可行性，标准优先采用实测法，但无法采用实测法时，采用排放因子法对我国水稻碳足迹进行评估。

排放因子估算法包括评价方法和参数。在使用排放因子估算法时，应优先采用基于我国水稻温室气体监测的方法及参数，更能代表我国的水稻碳足迹排放情况。例如，在使用排放因子估算法计算稻田甲烷排放时，优先采用我国制定的《省级温室气体清单编制指南(试行)》，其次采用国际通用的《2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories》；在估算农资生产的二氧化碳排放时，参数的率定优先采用我国 CLCD-China 数据库，若没有相关的参数，再采用国际 Ecoinvent 数据库，且本标准优先考虑最新的评价方法及数据库。

4. 稻田甲烷排放评价方法及参数制定技术依据

4.1. 指标重要性

稻田甲烷排放是由水稻栽培过程中产生的一种温室气体，其主要来源于微生物在厌氧环境中分解有机物的过程。稻田甲烷排放是水稻碳排放的主要组成部分，约占稻田碳排放量的 85%。甲烷的温室效应是二氧化碳的二十多倍。通过文献分析发现，水分管理方式、有机物料的投入、区域土壤气候特性的差异是决定稻田甲烷排放的关键因素。本标准中排放因子估算法主要通过考虑以上这些因素，以评价稻田甲烷排放。

4.2. 评价方法选择

稻田甲烷排放评价方法包括实测法和排放因子估算法。为了同时保证水稻碳足迹评价的准确性和可行性，标准优先推荐实测法，但无法采用实测法时，采用排放因子估算法。针对实测法，稻田甲烷和氧化亚氮直接排放的实测法参照《生态系统大气环境观测规范》，采用静态箱-气相色谱监测法进行监测。针对估算法，稻田甲烷排放优先采用我国《省级温室气体清单编制指南(试行)》，其次采用国家通用温室气体估算指南《2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories》的排放因子法。前者基于我国稻田甲烷观测数据制定，针对我们不同稻区种植制度、栽培模式、气候土壤等差异，提供了具有区域差异性的排放因子；后者基于全球稻田甲烷排放数据，提供了基于水稻种植区域、作物生育期、种植前和种植期间水分状况、有机肥施用量等因素的排放因子。

4.3. 估算法主要参数制定

由于稻田甲烷排放受水分管理方式、有机物料的投入等因素的影响，估算法中的参数主要与这些因素有关。在《省级温室气体清单编制指南(试行)》稻田甲烷排放估

算法中，参数为单季稻田甲烷排放量。它是基于稻区种植制度、栽培模式、气候土壤的综合参数。《省级温室气体清单编制指南(试行)》基于我国稻田甲烷排放数据对典型稻区的单季稻田甲烷排放量进行了率定。在《2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories》稻田甲烷排放估算法中，参数为连续淹灌、不施有机肥情景下甲烷排放通量、水分管理调整因子、有机添加物调整因子。《2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories》基于全球稻田甲烷观测数据对上述参数进行了率定。

4.4. 估算法输入数据获取

由于甲烷排放受水分管理、有机物料投入等田间管理措施的影响，稻田甲烷排放估算需要输入田间管理措施数据。因此，采用排放因子法估算稻田甲烷排放需要按照要求详细记录播种、施肥、灌溉、耕作、收获等田间管理措施具体的时间、使用量和使用工具等信息。

有关稻田甲烷排放评价的相关依据来源如下：

张卫建,尚子吟,张俊,等.农业温室气体排放统计核算体系的规范化建设[J].中国农业科学,2023,56(22):4467-4477.

唐志伟,张俊,邓艾兴,等.我国稻田甲烷排放的时空特征与减排途径[J].中国生态农业学报(中英文),2022,30(04):582-591.

张俊,邓艾兴,尚子吟,等.秸秆还田下水稻丰产与甲烷减排的技术模式[J].作物杂志,2021,(06):230-235.

严圣吉,邓艾兴,尚子吟,等.我国作物生产碳排放特征及助力碳中和的减排固碳途径[J].作物学报,2022,48(04):930-941.

张鑫,郑成岩,李升明,等.长期有机无机肥配施降低黄淮海区域小麦-大豆复种系统净温室效应[J].植物营养与肥料学报,2020,26(12):2204-2215.

Sun, T., Feng, X. M., Lal, R., Cao, T. H., Guo, J. R., Deng, A. X., Zheng, C. Y., Zhang, J., Song, Z. W., & Zhang, W. J. (2021). Crop diversification practice faces a tradeoff between increasing productivity and reducing carbon footprints. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 321.

5. 稻田氧化亚氮直接排放评价技术依据

5.1. 指标重要性

稻田氧化亚氮是指在稻田土壤中产生的一种强效温室气体，其温室效应比二氧化

碳强约 300 倍。氧化亚氮的分解过程中会产生一些氮氧化物，对臭氧层具有破坏作用，导致大气中臭氧浓度的下降。同时，氧化亚氮是大气中的一种污染物，对空气质量产生影响，对人类健康和生态环境造成威胁。通过文献分析发现，土壤氮投入是决定稻田氧化亚氮直接排放的关键因素。本标准中排放因子估算法主要通过考虑此因素，以评价稻田氧化亚氮排放。

5.2. 评价方法选择

稻田氧化亚氮直接排放评价方法包括实测法和排放因子估算法。为了同时保证水稻碳足迹评价的准确性和可行性，标准优先推荐实测法，但无法采用实测法时，采用排放因子估算法。针对实测法，稻田氧化亚氮直接排放的实测法参照《生态系统大气环境观测规范》，采用静态箱-气相色谱监测法进行监测。针对估算法，稻田氧化亚氮直接排放采用国家通用温室气体估算指南《2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories》的排放因子法，这基于全球稻田氧化亚氮排放数据，提供了基于种植期间水分状况的排放因子。

5.3. 估算法主要参数制定

由于稻田氧化亚氮直接排放受水分管理方式、无机肥等因素的影响，估算法中的参数主要与这些因素有关。在《2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories》稻田氧化亚氮直接排放估算法中，参数为持续淹灌和间歇灌溉。《2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories》基于全球稻田氧化亚氮观测数据对上述参数进行了率定。

5.4. 估算法输入数据制定

由于氧化亚氮直接排放受水分管理、无机肥料等田间管理措施的影响，稻田氧化亚氮直接排放估算需要输入田间管理措施数据。因此，采用排放因子法估算稻田氧化亚氮直接排放需要按照要求详细记录播种、施肥、灌溉、耕作、收获等田间管理措施具体的时间、使用量和使用工具等信息。

有关稻田氧化亚氮直接排放评价的相关依据来源如下：

张卫建,尚子吟,张俊,等.农业温室气体排放统计核算体系的规范化建设[J].中国农业科学,2023,56(22):4467-4477.

严圣吉,尚子吟,邓艾兴,等.我国农田氧化亚氮排放的时空特征及减排途径[J].作物杂志,2022,(03):1-8.

严圣吉,邓艾兴,尚子吟,等.我国作物生产碳排放特征及助力碳中和的减排固碳途径

[J].作物学报,2022,48(04):930-941.

张鑫,郑成岩,李升明,等.长期有机无机肥配施降低黄淮海区域小麦-大豆复种系统净温室效应[J].植物营养与肥料学报,2020,26(12):2204-2215.

Sun, T., Feng, X. M., Lal, R., Cao, T. H., Guo, J. R., Deng, A. X., Zheng, C. Y., Zhang, J., Song, Z. W., & Zhang, W. J. (2021). Crop diversification practice faces a tradeoff between increasing productivity and reducing carbon footprints. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 321.

6. 土壤碳储量变化评价技术依据

6.1. 指标重要性

土壤有机碳储量变化表征土壤固定二氧化碳量,是评价水稻生产对全球碳循环影响的关键因素。它还是评估土壤质量和生产力的重要指标。有机碳的含量和稳定性直接影响土壤的持水能力、养分供应、微生物多样性和土壤结构,进而影响作物生长环境和产量。影响有机碳的因素包括土壤类型、作物轮作模式、有机物料输入(如秸秆还田、绿肥还田)、耕作方式、灌溉管理和化肥使用等。这些管理措施通过改变土壤有机物的分解和积累过程,进而影响稻田的有机碳储量。

6.2. 评价方法选择

在水稻碳足迹评价中,为确保评价的准确性与实用性,标准推荐实测法。宜当稻田管理持续采用同一种种植模式和措施达3年及以上时才将土壤碳储量变化计入稻田碳足迹核算。实测法通常采用土壤取样分析,采集0-20cm土壤样品,按五点法取样,采用碳氮分析仪测定土壤有机碳含量。根据土壤有机碳含量和容重,计算土层的碳储量。实测法需确保所有参数的测定精度和代表性,尤其是容重的准确测量,它对碳储量的估算有重要影响。实测法的准确性和可靠性是评估土壤碳储量不可替代的方法。

有关稻田土壤碳储量变化评价的相关依据来源如下:

Feng, X. M., Sun, T., Guo, J. R., Cai, H. G., Qian, C. R., Hao, Y. B., Yu, Y., Deng, A. X., Song, Z. W., & Zhang, W. J. (2023). Climate-smart agriculture practice promotes sustainable maize production in northeastern China: Higher grain yield while less carbon footprint. *Field Crops Research*, 302.

Shang, Z. Y., Abdalla, M., Xia, L. L., Zhou, F., Sun, W. J., & Smith, P. (2021). Can cropland management practices lower net greenhouse emissions without compromising yield? *Global Change Biology*, 27(19), 4657-4670. <https://doi.org/10.1111/gcb.15796>

Sun, T., Feng, X. M., Lal, R., Cao, T. H., Guo, J. R., Deng, A. X., Zheng, C. Y., Zhang, J., Song, Z. W., & Zhang, W. J. (2021). Crop diversification practice faces a tradeoff between increasing productivity and reducing carbon footprints. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 321.

Zhang, X., Chen, T., Qi, Y. K., Yang, R. P., Deng, A. X., Wang, T. S., Zheng, C. Y., Zhang, J., Shang, Z. Y., Song, Z. W., & Zhang, W. J. (2022). Optimization of Rice-Based Double-Cropping System with Conservation Practice Mitigates Carbon Emission While Ensuring Profitability. *Agronomy-Basel*, 12(4).

7. 稻田氧化亚氮间接排放评价技术依据

7.1. 指标重要性

农业生产活动是温室气体的重要排放源，水稻种植过程中大量氮肥的施用是氧化亚氮间接排放的关键来源。间接排放是由大气中的氮（包括氮肥和动物废弃物中的氮挥发到大气中）沉降到农田，以及氮的淋溶渗漏或径流损失引起的排放。通过文献分析发现，施入土壤中的氮素约 35%通过淋溶、径流、反硝化及氮挥发途径损失。氮肥的投入、区域土壤气候特性的差异等是决定稻田氧化亚氮间接排放的关键因素。因此，稻田氧化亚氮间接排放对于温室气体减排及可持续农业发展起重要作用。本标准中排放因子估算法主要通过考虑以上这些因素，以评价稻田氧化亚氮间接排放。

7.2. 评价方法选择

稻田氧化亚氮间接排放的评价方法是排放因子估算法。稻田氧化亚氮间接排放采用国家通用温室气体估算指南《2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories》的排放因子法，是基于全球稻田氧化亚氮排放数据，提供了基于水稻种植区域的气候条件、肥料类型、有机肥施用量等因素的排放因子。

7.3. 估算法主要参数制定

由于稻田氧化亚氮间接排放受氮肥的投入、水稻种植区气候条件等因素的影响，估算法中的参数主要与这些因素有关。在《2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories》稻田氧化亚氮间接排放估算法中，参数为气态氮损失排放因子、氮淋溶及流失排放因子、化肥气态氮损失比例、有机肥气态氮损失比例及氮肥淋溶及流失比例。《2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories》基于全球稻田氧化亚氮间接排放观测数据对上述参数进行

了率定。

7.4. 估算法输入数据获取

由于氧化亚氮间接排放受氮肥的投入、水稻种植区气候条件等田间管理措施的影响，稻田氧化亚氮间接排放估算需要输入田间管理措施数据。因此，采用排放因子法估算稻田氧化亚氮间接排放需要按照要求详细记录播种、施肥、灌溉、耕作、收获等田间管理措施具体的时间、使用量和使用工具等信息。

有关稻田氧化亚氮间接排放评价的相关依据来源如下：

张卫建,尚子吟,张俊,等.农业温室气体排放统计核算体系的规范化建设[J].中国农业科学,2023,56(22):4467-4477.

殷欣,张明祥,胡荣桂.测土配方施肥对湖北省 N₂O 减排的贡献[J].环境科学学报,2016,36(04):1351-1358.DOI:10.13671/j.hjkxxb.2015.0528.

Zhou, M. H., Zhu, B., Butterbach-Bahl, K., Wang, T., Bergmann, J., Brüggemann, N., Wang, Z. H., Li, T. K., & Kuang, F. H. (2012). Nitrate leaching, direct and indirect nitrous oxide fluxes from sloping cropland in the purple soil area, southwestern China. *Environmental Pollution*, 162, 361-368.

8. 燃料消耗的二氧化碳排放评价技术依据

8.1. 指标的重要性

水稻生产中投入使用原煤、汽油、柴油、电力等燃料燃烧造成的碳排放是重要的碳排放组成部分。在水稻生产过程中，常用燃料的农机过程包括灌排、耕整地、收获、烘干等。随着农机使用率的提高，燃料的消耗也在不断增加，从而增加了二氧化碳的排放。本标准中排放因子主要通过考虑不同燃料类型来评价燃料消耗的二氧化碳。

8.2. 评价方法选择

针对水稻生产中燃料消耗排放的二氧化碳，本标准可通过排放因子估算法进行计算。燃料类型包括固体燃料、液体燃料、气体燃料。首先明确不同的燃料类型，基于每种不同燃料的消耗量、平均低位发热量、单位热值含碳量及碳氧化率，计算燃料消耗排放的二氧化碳量。

8.3. 估算法主要参数制定

水稻生产燃料燃烧消耗的二氧化碳与到不同燃料类型、消耗量等有关。燃料分为原煤、烟煤、汽油、柴油、液化天然气、液化石油气、天然气。涉及参数包括平均低位发热量、单位热值含碳量及碳氧化率，参数值来源于《中国温室气体清单研究》(2007)。

8.4. 估算法输入数据获取

估算燃料消耗造成的二氧化碳排放，需要水稻生产中的燃料类型及其消耗量，因此需要准确记录每次灌排、耕整地、收获、烘干等过程所消耗的不同燃料消耗量。

有关水稻生产中燃料消耗的二氧化碳排放评价的相关依据来源如下：

张鑫,郑成岩,李升明,等.长期有机无机肥配施降低黄淮海区域小麦-大豆复种系统净温室效应[J].植物营养与肥料学报,2020,26(12):2204-2215.

Feng, X. M., Sun, T., Guo, J. R., Cai, H. G., Qian, C. R., Hao, Y. B., Yu, Y., Deng, A. X., Song, Z. W., & Zhang, W. J. (2023). Climate-smart agriculture practice promotes sustainable maize production in northeastern China: Higher grain yield while less carbon footprint. *Field Crops Research*, 302.

Sun, T., Feng, X. M., Lal, R., Cao, T. H., Guo, J. R., Deng, A. X., Zheng, C. Y., Zhang, J., Song, Z. W., & Zhang, W. J. (2021). Crop diversification practice faces a tradeoff between increasing productivity and reducing carbon footprints. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 321.

Zhang, X., Chen, T., Qi, Y. K., Yang, R. P., Deng, A. X., Wang, T. S., Zheng, C. Y., Zhang, J., Shang, Z. Y., Song, Z. W., & Zhang, W. J. (2022). Optimization of Rice-Based Double-Cropping System with Conservation Practice Mitigates Carbon Emission While Ensuring Profitability. *Agronomy-Basel*, 12(4).

9. 农资生产的二氧化碳排放评价技术依据

9.1. 指标重要性

农资产生的二氧化碳排放属于水稻栽培过程中二氧化碳的间接排放，也是稻田温室气体排放的重要部分。农资主要包括种子、肥料、农药、秧盘、薄膜、电、燃料等。通过文献分析发现，稻田生产农资的种类、投入量是决定农资生产造成二氧化碳排放的关键因素。本标准中排放因子估算法主要通过考虑以上这些因素，以评价稻田农资生产的二氧化碳排放。

9.2. 评价方法选择

农资投入所产生的二氧化碳排放评价方法采用排放因子估算法。针对排放因子估算法，参照国际主流方法，例如项目组在发表在国际知名期刊《*Journal of clean production*》上名为《*Quantification for carbon footprint of agricultural inputs of grains cultivation in China since 1978*》等文章。

9.3. 估算法主要参数制定

由于稻田农资投入所产生的二氧化碳排放受农资类型、投入量的影响，估算法中的参数主要与这些因素有关。在估算法中，参数为种子生产、化肥生产、农药生产、薄膜、秧盘等塑料制品生产、能源类型生产相关的排放因子，参数值来源于 CLCD-China 0.8、CLCD-China 0.9 和 Ecoinvent 3.9.1。

9.4. 估算法输入数据获取

由于农资投入所产生的二氧化碳排放受农资投入量等田间管理措施的影响，估算时需要输入田间管理措施数据。具体的输入数据为种子消耗量、化肥投入量、农药(包括除草剂)投入量、薄膜、秧盘等塑料制品投入量、能源类型(包含原煤、烟煤、汽油、柴油、煤油、液化天然气、液化石油气、天然气或电力)及其对应的消耗量。因此，采用排放因子法估算稻田农资投入所产生的二氧化碳排放时需要按照要求详细记录播种、施肥、覆膜、灌溉、耕作、收获等田间管理措施具体的时间、使用量和使用工具等信息。

有关农资生产的二氧化碳排放评价的相关依据来源如下：

张鑫,郑成岩,李升明,等.长期有机无机肥配施降低黄淮海区域小麦-大豆复种系统净温室效应[J].植物营养与肥料学报,2020,26(12):2204-2215.

Feng, X. M., Sun, T., Guo, J. R., Cai, H. G., Qian, C. R., Hao, Y. B., Yu, Y., Deng, A. X., Song, Z. W., & Zhang, W. J. (2023). Climate-smart agriculture practice promotes sustainable maize production in northeastern China: Higher grain yield while less carbon footprint. *Field Crops Research*, 302.

Sun, T., Feng, X. M., Lal, R., Cao, T. H., Guo, J. R., Deng, A. X., Zheng, C. Y., Zhang, J., Song, Z. W., & Zhang, W. J. (2021). Crop diversification practice faces a tradeoff between increasing productivity and reducing carbon footprints. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 321.

Zhang, X., Chen, T., Qi, Y. K., Yang, R. P., Deng, A. X., Wang, T. S., Zheng, C. Y., Zhang, J., Shang, Z. Y., Song, Z. W., & Zhang, W. J. (2022). Optimization of Rice-Based Double-Cropping System with Conservation Practice Mitigates Carbon Emission While Ensuring Profitability. *Agronomy-Basel*, 12(4).

三、主要试验或验证的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效果

(一) 主要试验或验证的分析、综述报告

在国内外通用方法学的基础上，本项目针对以往碳足迹评价方法的不足之处，系统地编制了适用于我国主要稻区的《水稻碳足迹评价技术指南》，主要体现在以下两个方面：

一是通过分析国内外相关文献，明确了水稻碳足迹的主要组成部分。在此前评价方法的基础上，考虑了稻田土壤的固碳效应、燃料消耗的温室气体排放、农资生产的温室气体排放等易被忽略的排放。从水稻生产生命周期的角度，明确水稻碳足迹包括直接排放（含稻田甲烷排放、稻田氧化亚氮直接排放、燃料消耗的二氧化碳排放及稻田土壤碳储量变化）和间接排放（施用氮肥造成的氧化亚氮间接排放、投入的农资其生产所造成的间接排放），形成了系统的水稻碳足迹评价指标体系。

二是为了保证我国水稻碳足迹评价的准确性和可行性，同时纳入实测法和排放因子估算法。标准优先推荐实测法，但无法实施实测法时，推荐采用排放因子法对我国水稻碳足迹进行评估。通过综合针对我国水稻生产情况的《省级温室气体清单编制指南(试行)》、现行 RB/T 095 《农作温室气体排放核算指南》、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》和国际通用的《2019 年对 2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南的修订》等相关文件，构建以我国排放因子估算法及其参数为主，国际估算法及其参数为辅的评估方法体系，使得评价过程具有针对性和易操作性。

基于《水稻碳足迹评价技术指南》评价方法，项目组评估了从区域尺度评估了我国稻田甲烷排放的时空特征、我国农田氧化亚氮直接排放的时空特征，从田块尺度评估了水旱两熟区的不同种植模式的温室气体排放，见下图 1-3。

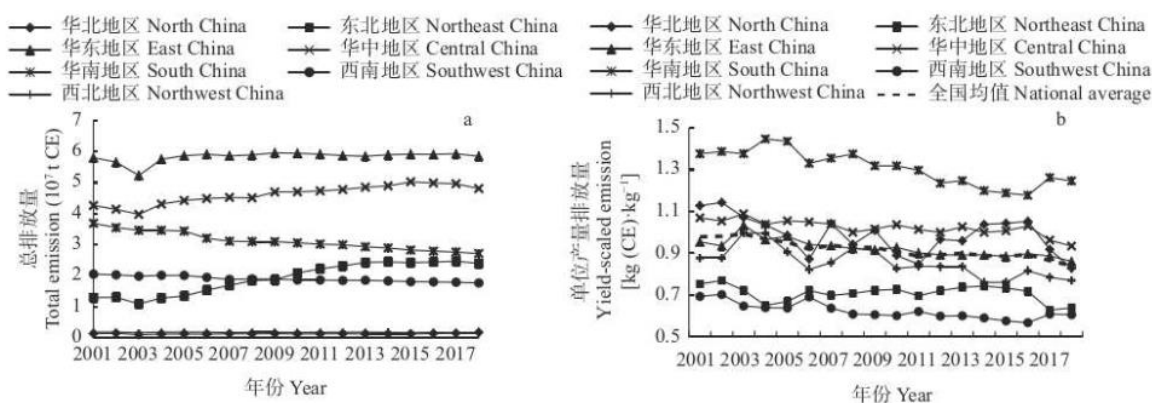


图 1 2001~2018 年我国省级稻田甲烷年排放量 (a) 和单位产量甲烷排放量 (b)

(发表于《中国生态农业学报》)

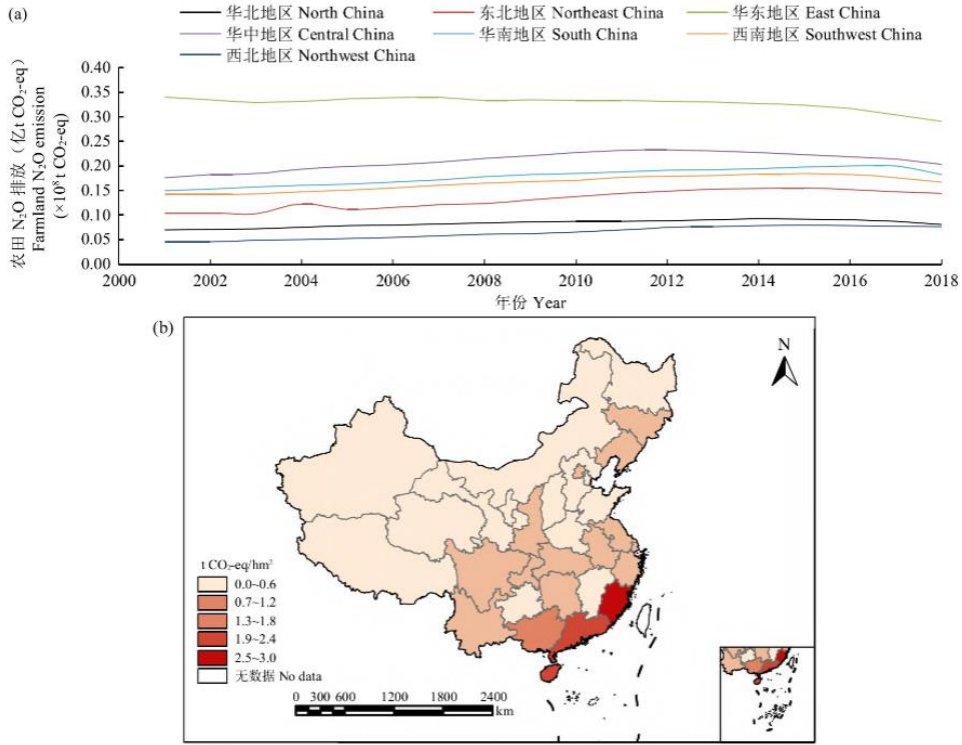
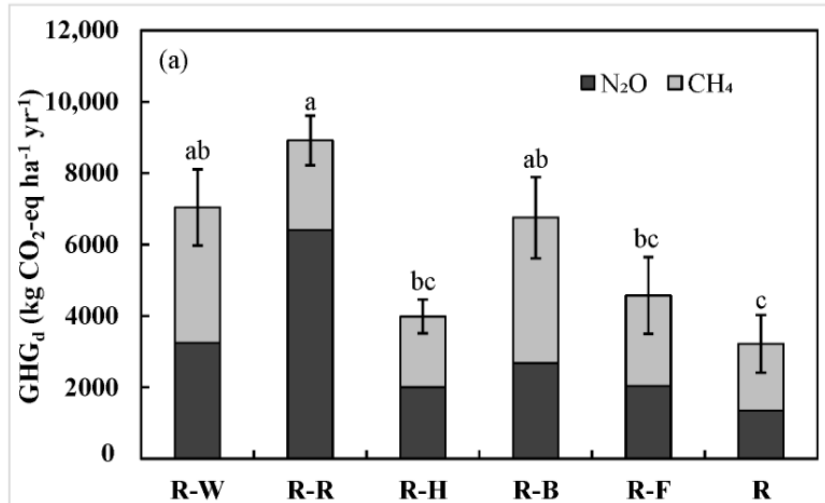


图 2 2001~2018 年我国各区域农田氧化亚氮年排放的时间趋势 (a) 及单位面积排放的空间格局 (b)

(发表于《作物杂志》)



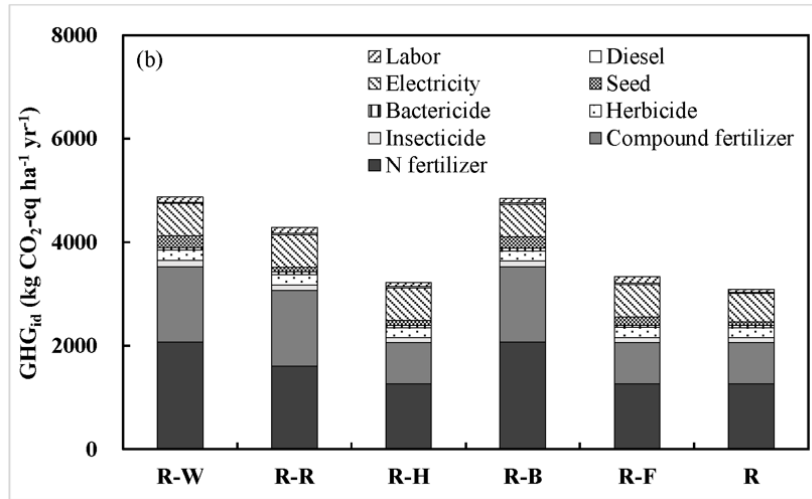


图3 江苏盐城水旱两熟区不同种植模式下田间温室气体排放 (a) 和燃料消耗、农资生产的二氧化碳排放 (b) R-W: 水稻-小麦; R-R: 水稻-油菜; R-H: 水稻-毛叶苕子; R-B: 水稻-大麦; R-F: 水稻-蚕豆; R: 单季稻

(发表于《Agronomy》)

项目牵头单位中国农业科学院作物科学研究所的标准编制成员以第一作者或通讯作者在国内外知名期刊上发表了如下 10 篇代表性学术论文:

1. 唐志伟,张俊,邓艾兴,等.我国稻田甲烷排放的时空特征与减排途径[J].中国生态农业学报(中英文),2022,30(04):582-591.

2. 严圣吉,尚子吟,邓艾兴,等.我国农田氧化亚氮排放的时空特征及减排途径[J].作物杂志,2022,(03):1-8.

3. 严圣吉,邓艾兴,尚子吟,等.我国作物生产碳排放特征及助力碳中和的减排固碳途径[J].作物学报,2022,48(04):930-941.

4. 张俊,邓艾兴,尚子吟,等.秸秆还田下水稻丰产与甲烷减排的技术模式[J].作物杂志,2021,(06):230-235.

5. 张卫建,尚子吟,张俊,等.农业温室气体排放统计核算体系的规范化建设[J].中国农业科学,2023,56(22):4467-4477.

6. 张鑫,郑成岩,李升明,等.长期有机无机肥配施降低黄淮海区域小麦-大豆复种系统净温室效应[J].植物营养与肥料学报,2020,26(12):2204-2215.

7. Feng, X. M., Sun, T., Guo, J. R., Cai, H. G., Qian, C. R., Hao, Y. B., Yu, Y., Deng, A. X., Song, Z. W., & Zhang, W. J. (2023). Climate-smart agriculture practice promotes sustainable maize production in northeastern China: Higher grain yield while less carbon footprint. *Field Crops Research*, 302.

8. Shang, Z. Y., Abdalla, M., Xia, L. L., Zhou, F., Sun, W. J., & Smith, P. (2021). Can cropland management practices lower net greenhouse emissions without compromising yield? *Global Change Biology*, 27(19), 4657-4670. <https://doi.org/10.1111/gcb.15796>

9. Sun, T., Feng, X. M., Lal, R., Cao, T. H., Guo, J. R., Deng, A. X., Zheng, C. Y., Zhang, J., Song, Z. W., & Zhang, W. J. (2021). Crop diversification practice faces a tradeoff between increasing productivity and reducing carbon footprints. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 321.

10. Zhang, X., Chen, T., Qi, Y. K., Yang, R. P., Deng, A. X., Wang, T. S., Zheng, C. Y., Zhang, J., Shang, Z. Y., Song, Z. W., & Zhang, W. J. (2022). Optimization of Rice-Based Double-Cropping System with Conservation Practice Mitigates Carbon Emission While Ensuring Profitability. *Agronomy-Basel*, 12(4).

(二) 技术经济论证、预期的经济效果

1. 标准实施的技术可行性

基于我国当前水稻生产的实际情况，并结合国际农田碳足迹评价的经验，从当前和未来水稻生产的发展趋势出发制定了本技术指南。水稻作为我国主要粮食作物之一，在农业生产中具有重要地位，其生产过程中的碳排放对环境和气候变化具有一定影响。因此，本技术指南的目的在于全面评估水稻生产的碳足迹，为环境保护和碳减排提供技术支持。

碳足迹评价在农田日常活动中具有重要的技术可行性，主要体现在数据获取简便、参数采用标准化值、技术要求不高和可行性强等方面。首先，数据获取方面，碳足迹评价所需数据包括农田活动的基础信息，如耕地面积、作物产量、施肥情况等。这些数据通过日常监测或记录即可获得，无需额外复杂的数据采集过程，简化了评价的数据获取环节。

其次，在参数采用方面，碳足迹评价常采用国内外权威指南或数据库的默认值作为评价参数，如《2019 年对 2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南的修订》。这些标准化数值具有较高的准确性和可比性，为评价提供了科学依据，同时也方便了评价过程的实施和结果的比较。

在技术要求方面，碳足迹评价的整个过程相对简单易行，无需复杂的设备和高级技术支持。农田从业人员或相关管理人员通过培训即可掌握评价方法和流程，从而提高了评价的可操作性和实用性。这种技术的低门槛特点，使得碳足迹评价能够被广泛

应用于不同规模和类型的农田活动中。

最后，在可行性方面，由于碳足迹评价过程简单、技术要求不高、参数采用标准化值，因此具有较高的可行性。这意味着碳足迹评价技术可以为农业部门和相关机构提供重要的碳减排参考依据，促进农田管理向更加环保和可持续发展的方向发展。这种技术的可行性强，有助于推动农业领域的碳减排工作，为实现低碳农业发展目标提供支持。

综上所述，碳足迹评价技术在农田日常活动中具有较高的技术可行性，为农业碳减排工作提供了重要的技术支持。通过简便的数据获取、标准化参数采用、低技术要求和强可行性等特点，碳足迹评价技术有望在农业领域广泛应用，为农田管理的碳减排工作提供科学依据和指导，推动农业向更加环保、可持续发展方向迈进。

2. 标准实施的经济可行性

《水稻碳足迹评价技术指南》的实施在经济上具有显著的可行性。标准的实施将有效提高水稻碳足迹核算的准确性。通过统一的评价指标和方法，能够更加客观地评估水稻生产过程中的温室气体排放情况，为农业管理部门和评价主体提供可靠的数据支持。

标准的实施有助于核算主体清晰地了解水稻产品的温室气体排放现状。通过全面考量生产环节中的碳排放情况，可以为决策者提供科学依据，制定相应的政策和措施，引导生产者采用更加环保、低碳的种植技术和管理措施。

标准的实施将促使不同水稻生产技术之间的比较与选择更加清晰。通过对各种水稻生产技术的碳足迹进行量化评估和比较，可以为农业生产者提供科学的指导，选择适合当地气候、土壤和资源条件的保产低排放技术，逐步淘汰和更新高排放技术，从而实现减排降耗的目标。

标准的实施还将有助于提升产品的综合节能和温室气体排放管理水平。通过引导生产者采取节能减排措施，优化生产工艺和栽培管理模式，可以降低生产成本，提高资源利用效率，提升水稻的品质和市场竞争力。

标准的实施为未来我国加入碳交易市场创造了条件，有助于推动碳市场的健康发展。作为一种环境友好型产品，符合碳交易市场的需求，水稻生产者可以通过减少碳排放获取碳减排收益，实现资产的运作和增值，进一步推动农业绿色发展。

从经济角度来看，实施《我国水稻碳足迹评价标准》具有显著的可行性，将为我国水稻产业的可持续发展提供有力支撑，促进农业生产方式的转型升级，实现经济效益

和环境效益的双赢。

3. 预期经济效果

《水稻碳足迹评价技术指南》的实施预期将在以下方面带来积极的经济效果。首先，该标准的实施将有助于提高水稻生产效率。通过评价水稻生产过程中的温室气体排放情况，推动生产者采用更加科学、环保的种植技术和管理措施，优化生产流程，减少能源和资源的浪费，促进农业可持续发展。该标准的实施将为我国水稻产业带来更多的发展机遇。随着全球碳交易市场的逐渐成熟，符合低碳、环保标准的农产品将更受市场欢迎，为水稻生产者带来更多的碳减排收益。此外，标准的实施还将推动相关产业链的升级和转型，促进新技术、新产业的发展，为我国农村经济的转型升级提供新的动力和机遇。

该标准的实施也将促进农产品的质量提升。通过引导生产者采取低碳生产技术，减少化肥、农药等化学品的使用，降低土壤和水体污染，改善农田生态环境，有利于生产优质、安全的稻谷产品。高质量的农产品不仅能够提升消费者的购买意愿，还有助于拓展国内外市场，增加农产品的出口收入。

预期《水稻碳足迹评价技术指南》的实施将为我国水稻产业的可持续发展带来积极的经济效果，促进农业生产方式的转型升级，实现经济效益和环境效益的双赢。

四、与国际、国外同类标准技术内容的对比情况

《水稻碳足迹评价技术指南》是针对国内水稻生产的一项重要标准，旨在填补国际现有标准中缺少针对水稻的评价体系的空白。相较于国际标准如《ISO 14067-2018 温室气体--产品碳足迹--量化要求和指南》以及《BS PAS 2050-2011: 商品和劳务的生命周期温室气体排放的评估规范》，本技术指南具有更强的针对性和可操作性。

首先，本技术指南的针对性体现在对水稻生产过程中碳排放的全面性和详细性上。相比于国际标准适用于各行业产品的通用性，该指南专注于水稻生产环节，涵盖了更为全面和详细的碳足迹评价要素。通过明确水稻生命周期中各环节的碳排放情况，使评价更为精准和有针对性。

其次，本技术指南具有更强的可操作性。相比于国际标准仅提供评价思路和准则，该指南提供了专门针对国内水稻生产的生命周期碳排放估算方法、关键系数和数据来源。这为实际操作提供了更具体的指导，使评价者能够更加便捷地进行水稻碳足迹评价，促进碳减排工作的开展。

在编写《水稻碳足迹评价技术指南》时，充分借鉴了国际标准的经验和先进理念，

同时结合国内水稻生产的实际情况，确保指南的科学性、准确性和实用性。同时，注重标准的规范性和权威性，使其成为国内水稻碳足迹评价领域的权威参考，推动我国水稻生产的可持续发展。

《水稻碳足迹评价技术指南》作为国内水稻生产领域的重要标准，将填补国际标准中的空白，为我国水稻碳足迹评价工作提供科学、规范的指导，促进碳减排工作的开展，推动水稻生产向更加环保、可持续的方向发展

五、以国际标准为基础的起草情况

目前国际上缺少针对水稻生产碳足迹排放技术指南的有关标准。通过查阅国际标准库，与碳足迹排放相关的国际标准为《ISO 14067-2018 温室气体--产品碳足迹--量化要求和指南》和《BS PAS 2050-2011: 商品和劳务的生命周期温室气体排放的评估规范》，但上述标准缺乏具体的碳足迹评价技术，且对于水稻生产碳足迹缺乏针对性，不具备可操作性。

本项目通过查阅科学文献，基于国内外广泛认可的监测法和排放因子法，编制了涵盖水稻生产生命周期的碳足迹评价技术指南。参考的国际方法和数据库分别来源于《2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories》和 Ecoinvent，且已被引用在标准末尾的参考文献中。

六、与有关法律、行政法规及相关标准的关系

本规范符合现行的法律、法规要求，经联网查询未发现与本规范有冲突、矛盾和相关的强制性（国家、行业、地方）标准。

七、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

八、涉及专利的有关说明

无。

九、贯彻标准的要求和措施建议

《水稻碳足迹评价技术指南》的贯彻实施是推动农田固碳减排工作的重要举措，为了确保标准的有效实施，需要进一步完善贯彻标准的要求和措施建议，包括组织实施、技术措施等方面。

一是标准制定单位应当积极组织相关科研单位和推广部门的技术人员，面向社会进行大力宣传，增强公众对农田固碳减排重要性的认识。这包括开展宣传活动、举办培训班、编制宣传资料等，以提高社会各界对水稻碳足迹评价工作的关注度和理解程

度，为标准的贯彻实施营造良好的社会氛围。

二是要求实施水稻碳足迹评价的机构或企业组织应当配备具有相关专业知识技能的人员，并开展标准和技术要求的培训。这些人员需要具备土壤、气象、农事操作等方面的专业知识和技能，以确保他们能够准确、全面地进行水稻碳足迹评价工作。

三是需要合理分配人员负责并开展土壤、气象、农事操作、农田温室气体的记载、调研和监测工作，以确保评价工作的科学性和准确性。此外，还需要培养或委托专业人员负责数据库构建和数据分析等工作，以确保水稻碳足迹评价符合可监测、可报告、可核查的原则，为相关部门和社会公众提供可靠的评价数据和信息。

最后，为了顺利实施本标准，需要建立过渡期措施，充分考虑相关机构和企业技术和人员配备上的现实情况，提供技术指导和支持，逐步推进标准要求的落实。为了贯彻实施《水稻碳足迹评价技术指南》，需要组织宣传推广、开展人员培训、合理分配工作任务、建立数据库和过渡期措施，以确保标准要求得到有效落实，推动农田碳减排工作取得实质性进展。

十、其他应予说明的事项

无。