



RESEARCH PROGRAM ON
**Climate Change,
Agriculture and
Food Security**



基于 IPCC 方法 2 的中国省级畜牧业温室 气体清单监测、报告和核证方法指南

以奶牛和猪为例

(C-053-18)

项目总结报告

中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所

2020 年 2 月

目录

概述.....	3
1. 项目目标任务和完成情况.....	5
1.1 项目背景.....	5
1.2 项目目标.....	5
1.3 项目活动.....	6
1.4 项目任务完成情况.....	7
2. 项目取得的主要进展.....	7
2.1 分析了中国省级温室气体清单发展历程和使用 IPCC 方法 2 面临的挑战	8
2.2 制定了基于方法 2 的省级畜牧业温室气体 MRV 指南.....	9
2.3 项目咨询和培训方法指南.....	11
2.4 省级畜牧业温室气体清单 MRV 指南案例研究.....	12
3. 建议.....	16
3.1 建议尽快发布实施基于方法 2 的省级畜牧业温室气体排放 MRV 指南..	16
3.2 加强省级清单编制能力建设.....	17
3.3 利用省级清单 MRV 指南优化选择减排措施.....	17
4. 结束语.....	18
5. 相关附件.....	19
附件 1: 基于 IPCC 方法 2 的中国省级畜牧业温室气体清单监测, 报告和核查指南-奶牛和生猪	19
附件 2: 河北省 2017 年奶牛温室气体排放监测、报告和核证案例研究.....	19
附件 3: 河北省规模化奶牛场温室气体排放核算案例研究.....	19
附件 4: 河北省规模化猪场温室气体排放核算的案例研究.....	19

《联合国气候变化框架公约》第十六次缔约方大会（2010）达成了《坎昆协议》，坎昆协议提出非附件 I 国家应提交包括国家温室气体清单在内的两年更新报告，第十七次缔约方会议（2011）形成了两年更新报告的编写指南，提出发展中国家提交的两年更新报告中应包括减排行动及其效果、采用的方法学和假设等方面的相关信息。第二十一次缔约方大会通过了《巴黎协定》

（2015），邀请发展中国家定期报告国家温室气体清单，跟踪国家减排行动的进展等相关信息。在《巴黎协定》第一次缔约方大会（2018）通过透明度框架的模式、程序和指南，进一步明确了提交国家温室气体排放清单和两年透明度报告的要求。

中国高度重视气候变化和农业的绿色低碳发展，在提交联合国的国家自主贡献中明确提出发展低碳农业。畜牧业是重要的温室气体排放源，奶牛、生猪等主要畜禽在生产和废弃物管理过程中不可避免的会产生温室气体排放，科学核算、报告和核证畜牧业温室气体排放，增加畜牧业温室气体排放核算、减排行动及减排效果的透明度，探讨减少畜牧业温室气体排放与提高动物生产力和废弃物资源利用协同方法和途径，是实现畜牧业可持续发展重要措施。

在国际农业研究磋商组织（CGIAR）“气候变化、农业与粮食安全”

（CCAFS）项目和《全球农业温室气体研究联盟》（GRA）项目支持下，中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所联合国家应对气候变化战略与国际合作中心、河北省畜牧总站等单位，以奶牛和生猪为例，研究提出了“基于 IPCC 方法 2 的中国省级畜牧业温室气体清单监测、报告和核证方法指南”（以下简称“省级畜牧业温室气体排放 MRV 指南”），M 代表监测，R 代表报告，V 代表核证。省级畜牧业温室气体排放 MRV 指南包括六个部分：序言、省级畜牧业温室气体排放清单编制方法、数据需求及监测收集方法、省级温室气体清单报告方法、省级畜牧业温室气体清单核证指南、和清单编制机构安排。

为了验证省级畜牧业温室气体排放 MRV 指南的适用性，本项目开展了河北省奶牛温室气体清单核算、报告和核证、典型规模化奶牛场温室气体排放核算报告、和典型规模化生猪场粪便管理温室气体排放核算报告 3 个案例研究，

以期为中国其他省市、其他国家省级以及规模化养殖场利用 2006 IPCC 方法 2 核算和报告畜牧业温室气体排放提供模板。

项目召开了三次研讨培训会，包括启动会、项目中期评估会及省级畜牧业温室气体排放 **MRV** 指南培训会，深入交流、评审和培训了省级畜牧业温室气体排放 **MRV** 指南，圆满完成了项目各项研究任务。“气候变化、农业与粮食安全”项目主管还邀请国际专家对指南进行的咨询和评审，进一步提高省级畜牧业温室气体 **MRV** 指南的质量。

省级畜牧业温室气体排放 **MRV** 指南可用于指导各省、县市及企业编制畜牧业温室气体清单和评估减排行动效果。期望为中国和其他国家畜牧业温室气体排放监测、核算、报告和核证提供方法和经验，为应对气候变化、实现畜牧业绿色低碳发展提供支持。

本指南是由国际农业研究磋商组织“气候变化、农业与粮食安全”国际研究项目和新西兰政府支持“全球农业温室气体研究联盟”畜牧研究工作组国际合作项目联合资助。这项工作是国际农业研究磋商组织“气候变化、农业与粮食安全”国际研究项目的一部分，该计划是在国际农业研究磋商组织基金捐助者的支持下，并通过包括美国国际开发署在内的双边供资协议进行的。有关详细信息，请访问 <https://ccafs.cgiar.org/donors>。本文档中表达的观点代表这些组织的正式意见。

1. 项目目标任务和完成情况

1.1 项目背景

《联合国气候变化框架公约》第二十一次缔约方大会通过的《巴黎协定》（2015），要求各国对温室气体的排放及其减缓效果进行核算，邀请发展中国家定期报告国家温室气体清单，跟踪国家减排行动的进展等相关信息。但大多数国家仍在各自开发用于农业温室气体排放的测量，报告和验证（MRV）的系统。尽管政府间气候变化专门委员会提供了估算温室气体排放清单的系列指南，但是如何各国如何实施 MRV，还需要根据国家实际需求和条件进行调整，特别是畜牧业，由于涉及不同畜种、不同饲养系统、不同的粪便管理系统的温室气体排放，畜禽品种多、涉及计算的参数复杂、如何收集数据、如何核证还缺乏切实可行的方法和依据。

在畜牧业中，准确、可比、一致、完整和透明的 MRV 系统可以反应各地的生产实践、以及农业减排措施对温室气体排放量的影响和效果，对于引导传统畜牧业向绿色低碳循环方向转变至关重要。许多畜牧业排放较高的国家都在寻求先进的温室气体核算方法，以更好地反映国情并追踪由于生产力变化而带来的减排效果。为了帮助各国改善核算能力，CCAFS 和 GRA 的专家正在与各国合作，以确定具有成本效益、技术合理的 MRV 方法，为合作国家提供支持的指南、工具和平台。

中国是畜牧业生产大国，畜牧业排放是中国国家温室气体清单核算和农业低碳发展的重要内容。本项目拟在支持中国开发和改善其畜牧业温室气体排放的 MRV 指南。通过一年半的努力，项目顺利完成了各项任务。

1.2 项目目标

本研究的目标是建立基于 IPCC 方法 2 的中国省级畜牧业温室气体清单监测、报告和核证方法指南（简称省级畜牧业温室气体排放 MRV 指南），并在河北省进行案例研究。

该项目的目的是：（1）制定实用 MRV 指南；（2）提升省级主管部门采用 IPCC 方法 2 编制省级温室气体 MRV 的能力；（3）在其他省市和企业推广使用省级畜牧业温室气体 MRV 指南。

1.3 项目活动

该项目的研究期开始于 2018 年 6 月 15 日，到 2020 年 2 月 29 日结束。该项目包括三个主要活动：

活动 1：制定基于 IPCC 方法 2 的畜牧业温室气体 MRV 指南

活动描述：审查案例省份的当前清单编制方法系统，包括机构安排、数据可用性和收集系统\应用方法 2 的挑战；制定关于如何测量、报告和验证基于方法 2 的畜牧业生产系统的温室气体排放的指南，包括确定适当的动物分类，使用 IPCC 方法 2 确定活动数据和参数需求以及计算方法，包括如何改善 MRV 系统，数据收集以及有关估计畜牧温室气体排放的相关参数的获取方法。

预期产出：基于 IPCC 方法 2 的中国省级畜牧业温室气体清单监测、报告和核证方法指南草案-以奶牛和生猪为研究对象。

时间节点：2018 年 6 月 15 日至 2019 年 3 月 30 日。

活动 2：召开三个研讨会，包括项目启动会、咨询和培训的研讨会，对指南进行咨询和培训。

活动描述：计划召开三次研讨会。启动研讨会主要讨论制定项目具体的实施内容和分工，包括描述要执行任务的实施计划。在项目咨询研讨会上，将邀请来自国家、省级的专家和政府官员，评估该指南的可行性和科学性，并根据参会者的意见对 IPCC 方法 2 指南进行完善。在培训研讨会上，邀请来自 10 个不同省份的温室气体清单编制专家，项目将培训省级畜牧业温室气体 MRV 指南如何使用。

预期产出：改进的 IPCC 方法 2 省级畜牧业温室气体排放 MRV 指南，培训省级畜牧业清单 MRV 指南使用人员、会议总结，参加人员签到表。

时间节点：启动研讨会，2018 年 6 月 15 日至 7 月 15 日；咨询研讨会，2019 年 1 月 1 日至 2 月 1 日；培训研讨会，2019 年 6 月 1 日至 7 月 1 日。

活动 3：开展省级畜牧业温室气体排放 MRV 指南的案例研究

活动描述：将在河北省对采用 IPCC 方法 2 的省级畜牧业温室气体排放 MRV 指南进行案例研究，以建立省级清单并证明该指导的适用性，这将涉及采集数据，使用专家判断来填补数据缺口并计算排放。省级案例研究应包括指南是否可以模拟评估预期减排措施及减排量。此外，还将对一个养猪场和一个奶牛场进行测试，以确保可以在项目级别应用该指南，并且可以采用减排措施，并且可以看到影响。

预期产出：省级案例研究分析报告。

时间：2018 年 3 月 1 日至 2019 年 9 月 30 日。

1.4 项目任务完成情况

本项目按照项目任务书的要求，全面完成了项目规定的各项活动，达到项目规定的任务和目标。在梳理分析总结了中国省级温室气体清单编制发展历程、中国目前各省市编制畜牧业温室气体排放清单采用的方法及存在的问题，以及采用 IPCC 方法 2 面临的挑战基础上，（1）制定了基于 IPCC 方法 2 的中国省级畜牧业温室气体清单监测、报告和核证方法指南（第一版）；（2）按期召开了项目三次研讨会，分别为项目启动会议、咨询研讨会和培训研讨会；

（3）对省级畜牧业温室气体排放 MRV 指南进行了三种类型的案例研究和应用测试。分别为河北省 2017 年奶牛温室气体清单监测、报告和核证，河北省某规模化奶牛场 2018 年温室气体排放核算和核证报告，河北省某规模化猪场 2018 年温室气体排放核算和核证报告。编制了 3 个案例报告，证明了省级畜牧业温室气体排放 MRV 指南的可行性。案例报告也为中国各省市、其他地区及规模化养殖场应用省级畜牧业温室气体排放 MRV 指南，为省级畜牧业、奶牛和生猪企业开展温室气体监测、报告和核证提供了样板。

2. 项目取得的主要进展

2.1 分析了中国省级温室气体清单发展历程和使用 IPCC 方法 2 面临的挑战

编制省级温室气体清单，对全面掌握中国各地区温室气体排放特征及排放趋势，因地制宜地制定应对气候变化政策措施，以及合理分解碳强度下降目标具有重要意义。中国于 2009 年正式启动省级温室气体清单编制，中国政府选取了 7 个省市为试点地区编制 2005 年省级温室气体清单。2010 年 9 月，国家应对气候变化主管部门发布了《关于启动省级温室气体清单编制工作有关事项的通知》（发改办气候[2010]2350 号），要求各省（区、市）均需完成 2005 年及 2010 年两年的清单报告。2015 年 1 月，国家应对气候变化主管部门进一步下发了《关于开展下一阶段省级温室气体清单编制工作的通知》（发改办气候[2015]202 号），要求在已有清单编制工作基础上，抓紧启动 2012、2014 年本地区省级温室气体清单编制相关工作。

为支持省级清单编制，2011 年国家应对气候变化主管部门组织国家温室气体清单编制专家编写并发布了《省级温室气体清单编制指南（试行）》，该指南主要基于中国国家温室气体清单编制的经验直接给出排放因子推荐值，基于方法 1 核算各省在各个领域的温室气体排放，也包括畜牧业温室气体排放部分。

在省级畜牧业温室气体清单编制方面，目前中国 31 个省（自治区、直辖市）全部开展了 2012 和 2014 年的清单编制，其中北京和上海市采用了基于 IPCC 指南的方法 2 编制了畜牧业温室气体排放，其他 29 个省市目前还是采用方法 1 编制畜牧业温室气体清单。目前的省级清单指南主要采用的 1996 IPCC 温室气体清单指南和 2000 IPCC 温室气体清单良好做法指南中方法 1 采用默认的排放因子，不能反映中国畜牧业的快速发展和废弃物资源利用政策和行动的减排效果，急需更新省级畜牧业温室气体清单指南，同时按照巴黎协定第一次缔约方大会（2018）上通过透明度框架的模式、程序和指南决定要求，采用 2006 IPCC 指南，对排放总量大或者减排潜力大的关键源基于 IPCC 方法 2 进行监测、报告和核证。

2.2 制定了基于方法 2 的省级畜牧业温室气体 MRV 指南

本研究基于 IPCC 方法 2 开发了中国省级畜牧业温室气体清单测量、报告和核证指南，包括省级畜牧业温室气体排放清单编制方法、数据需求及监测收集方法、省级温室气体清单报告方法、省级畜牧业温室气体清单核证指南和清单编制机构安排等主要内容。

2.2.1 省级畜牧业温室气体排放源的确定

根据 2006 IPCC 指南的范围和中国的国家温室气体清单要求，中国省级温室气体清单的范围包括肠道发酵产生的甲烷排放，粪便管理产生的甲烷排放以及粪便管理氧化亚氮排放等 3 个排放源。

2.2.2 基于方法 2 的排放因子计算方法

在省级清单 MRV 指南中，基于 IPCC 2006 指南，列出了基于方法 2 的 3 个排放源的核算方法。肠道发酵产生的甲烷排放，粪便管理产生的甲烷排放以及粪便管理氧化亚氮排放的排放因子计算方法均采用了 2006 IPCC 指南推荐的方法 2 计算公式，但明确了计算公式中的系数的选择，要求肠道发酵按饲养模式、生长阶段计算采食能量。粪便管理甲烷排放按饲养模式、生长阶段计算易挥发固体含量，本地化了不同粪便管理方式处理粪便的比例。粪便管理氧化亚氮的排放中，分生产阶段计算氮排泄量，同时考虑饲料中蛋白质含量的影响。

2.2.3 数据需求及监测收集方法

(1) 对动物进行详细分类：

考虑到中国各省的生猪和奶牛的饲养量大，各地品种和生产水平差别较大，饲料种类多样，基于 2006 IPCC 指南对动物进行了进一步分类。根据中国畜牧业生产特点，将动物饲养分为农户饲养、规模化饲养和放牧饲养三种饲养方式，同时考虑动物不同生长阶段对动物肠道发酵 CH_4 排放、粪便管理甲烷和氧化亚氮温室气体排放的影响。

(2) 提供了活动数据的收集方法

省级畜牧业温室气体清单编制的活动水平数据（动物年均存栏量），主要来源于省级统计年鉴中的畜禽统计数据，以及省级畜牧业行业统计数据，生猪和奶牛畜禽的年末存栏量需要和同年度的中国畜牧兽医年鉴中的数据进行对比，提供了各类数据的来源情况可参考表。

奶牛和生猪的活动水平数据需要收集不同饲养方式、不同生长阶段的年饲养量数据。子类别的计算方法在省级 MRV 指南中有详细说明。

(3) 提供了排放因子计算的关键参数的收集方法

考虑到当前统计年鉴中的一般没有物生产性能和饲料的相关参数，建议清单编制单位首先咨询相关行业协会是否有物生产性能和饲料的数据。如确认行业协会没有物生产性能和饲料相关的数据，应采用典型调查、文献数据、国家清单或 IPCC 2006 指南中提供的默认值。对于动物粪便特征数据，除上述方法外，还可以使用国家直接报告系统或污染普查数据。收集三类参数的优先顺序如下：行业协会>典型调查/测量>文献数据>国家清单中的默认值>2006 IPCC 指南中的默认值。

为了更好地反映该省的实际生产和管理状况，指南中设计了数据收集表和样本数确定方法、制定了关于特征参数的问卷表，包括动物种群结构调查表，奶牛和生猪生产特征参数调查表以及动物粪便管理调查表。

2.2.4 省级奶牛和生猪温室气体清单报告方法

省级温室气体清单报告包括两部分，一是清单编制报告，二是清单报告表格，指南给出了报告编制报告和表格的要求和模板。

在清单编制报告要求方面：主要内容包括清单编制报告包括摘要、概述、机构安排、三种排放源（肠道发酵甲烷、粪便管理甲烷、粪便管理氧化亚氮）的测定与核算过程的描述、不确定性评估和质量报告和质量控制等核证过程的详细描述。

为了保证报告编制的一致性和可比性，指南也给出了清单报告的模板，在摘要部分主要给出排放清单编制依据、排放源和报告省份的排放总量和不确定性评估结果等内容；在概述部分主要内容包括编制依据、排放源、数据收集和

参数调研情况、温室气体排放清单、不确定性和核证过程的描述；在排放量核算方面，分不同排放源分别报告，报告内容包括活动水平数据、排放因子、关键参数的监测和计算、排放量的估算等内容；汇总给出排放总量并进行简要分析排放构成情况。

本指南设计的清单报告表格 7 张，包括奶牛或生猪温室气体排放量报告，不同饲养方式下活动水平数据、不同生长阶段存栏量和其它相关数据表，计算奶牛肠道发酵甲烷排放活动数据及排放因子数据一览表，动物粪便管理活动数据和其它相关数据表，奶牛和生猪粪便管理系统使用比例，奶牛和生猪粪便管理相关参数与氧化亚氮排放。

2.2.5 提供了省级畜牧业温室气体清单核查表

为了确保清单的透明度、准确性、一致性、可比较性和完整性，清单准备工作的协调机构或主管部门将要求通过建立质量控制和质量保证体系来核证清单，用于内部质量控制和外部专家审评清单报告。

核证清单有 17 项 55 个核查点，如方法选择有 4 个核查点、活动数据有 14 个核查点、排放因子 29 个核查点、排放量计算有 4 个核查点、温室气体排放报告有 4 个和核查点等。需要给出每个核查点的核证结论、修改建议和建议修改完善状况。

2.2.6 清单编制机构安排和工作流程

指南给出了省级畜牧业清单编制体系建设建议，建议清单编制由牵头机构、指导委员会和清单编制队伍构成。详细列出了清单编制的流程和过程，提出定期编制温室气体清单所需的关键步骤和时间节点。

2.3 项目咨询和培训方法指南

本项目已如期举办了项目启动、咨询、培训三场研讨会。

(1) 启动会议于 2018 年 8 月 14 日举行。来自中国农业科学院，中国农业农村部，中国生态环境部，河北省畜牧局等单位的代表和项目参加单位的人员参加了会议，CCAFS 项目主任坎贝尔·布鲁斯博士和琳妮·沃伦伯格教授

(Lini Wollenberg) 参加了会议，琳妮教授介绍了 CCAFS 项目基本情况，并指导如何实施 CCAFS 项目；项目负责人董红敏博士报告了项目实施计划，包括背景，项目目标，活动和路线图，实施计划，可交付成果和任务分配，与会者提出了一些促进项目实施的建议。

(2) 咨询研讨会于 2019 年 4 月 24 日举行。来自中国农业科学院，中国农业农村部，中国生态环境部，中国国家统计局，国家发展和改革委员会，国家气候变化战略与国际研究中心的代表，河北、山东、湖北、四川、天津、内蒙古省畜牧局的代表参加了会议，新西兰农业温室气体研究中心的 Sinead Christine Leahy 女士和价值发展公司的 Andreas Joshua Wilkes 博士参加了会议并作了介绍。在 CCAFS 项目指南下如何实施 CCAFS 项目，李玉娥研究员介绍了基于方法 2 省级指南草案的主要内容，参与者为完善指南修改提供了更多有用的建议。

(3) 2019 年 10 月 21 日组织了基于 IPCC 方法 2 的省级畜牧业温室气体 MRV 指南培训和利益相关者研讨会。来自中国农业科学院，中国农业农村发展部，中国生态环境部，国家气候变化战略与国际合作中心，北京、天津、上海、湖北、黑龙江、湖南、广东、内蒙古、吉林、山东等 10 省的畜牧站工作人员以及乳品公司的管理人员参加了会议，瓦赫宁根大学和研究机构的杰勒·泽伊斯特拉 (Jelle Zijlstra) 也参加了会议，并介绍了畜牧业减排方案和根据荷兰的经验，李玉娥研究员详细介绍了如何使用该指南编制省级畜牧温室气体清单，各省清单编制的代表建议应尽快发布该指南，以便他们可以使用该指南来编制省级畜牧温室气体清单，并建议进一步培训和能力建设。

2.4 省级畜牧业温室气体清单 MRV 指南案例研究

2.4.1 河北省奶牛温室气体清单案例研究

河北省利用《基于 IPCC 方法 2 的中国省级畜牧业温室气体清单监测、报告和核证方法指南》（以下简称《省级畜牧业温室气体排放 MRV 指南》），开展了奶牛温室气体排放测定与核算案例研究，以测试《省级畜牧业温室气体

排放 **MRV** 指南》的适用性，并为中国其他省份或其他国家提供畜牧业温室气体排放 **MRV** 的范例。

奶牛活动水平数据来源《河北省统计年鉴 2018》。河北省 2017 年奶牛存栏为 124.6 万头，其中：规模化饲养存栏量为 112.36 万头，农户饲养存栏量为 12.24 万头，分别占奶牛存栏总量的 90.2%和 9.8%。河北省奶牛无放牧饲养。

按照《省级畜牧业温室气体排放 **MRV** 指南》典型调查的要求，在河北省抽样调查了 6 家不同规模的奶牛养殖场和 102 户奶牛养殖户，获取了动物生产特性、群体结构、饲料种类、动物采食量、饲料质量、饲料消化率、粪便管理方式等参数；奶牛氮排泄量来源于第二次全国污染源普查。

河北省 2017 年奶牛温室气体排放量为 4085.6 千吨二氧化碳当量（CO₂e）。从排放源分析，以肠道发酵甲烷（CH₄）排放为主，排放量为 3035.1 千吨 CO₂e，占比为 74.3%，奶牛粪便管理 CH₄ 排放为 576.6 千吨 CO₂e，占比为 14.1%，奶牛粪便管理（N₂O）排放为 473.8 千吨 CO₂e，占比为 11.6%。从养殖方式来看，以规模化养殖排放为主，排放量为 3740.3 千吨 CO₂e，占比为 91.5%；农户散养排放量为 345.3CO₂e，占比为 8.5%。从排放气体来看，主要排放来自 CH₄ 排放，总排放量为 3611.8 千吨 CO₂e，占比为 88.4%，N₂O 排放量为 473.8 千吨 CO₂e，占比为 11.6%。

利用 2000 IPCC 清单编制良好做法指南中提供的误差传递法，计算得出动物肠道发酵 CH₄ 排放量的不确定性范围为 ±20.8%，粪便管理 CH₄ 排放量的不确定性范围为 ±35.0%，动物粪便管理 N₂O 直接排放量的不确定性范围为 ±61.3%，动物粪便管理 N₂O 间接排放量的不确定性范围为 ±52.1%。河北省奶牛温室气体排放总体不确定性为 ±23.5%。

按照《省级畜牧业温室气体排放 **MRV** 指南》核证的要求和核证清单，温室气体排放核算单位对河北省奶牛温室气体清单编制过程所采取的方法、活动水平数据、排放因子的计算、相关参数的计算与取值、各温室气体排放源的排放量计算、温室气体排放报告等进行了内部审核，修正了数据处理和核算过程中存在的问题。奶牛温室气体排放核算单位还聘请了行业专家对相关参数的合理性进行了外部评审。

利用本指南可以分析不同减排措施的效果，以畜禽废弃物管理为例，中国政府高度重视畜禽废弃物资源利用，提出了畜禽粪污以堆肥和沼气为主要使用方向，到 2020 年全国畜禽粪污资源化利用率达到 75% 以上，基于《省级畜牧业温室气体排放 MRV 指南》，如果案例省份的奶牛规模化饲养和农户饲养的液体粪污贮存管理方式全部改为沼气处理，粪便管理温室气体可以减排 225.5 kt CO_{2e}，减排比例达到 21.5%（1050.5kt CO_{2e} VS 825.0 kt CO_{2e}），河北省奶牛总的温室气体可以减少 5.5% 的排放。

2.4.2 河北省规模化奶牛场温室气体排放案例研究

为了验证《省级畜牧业温室气体排放 MRV 指南》，开展了规模化奶牛场温室气体排放测定与核算案例研究，以测试《省级畜牧业温室气体排放 MRV 指南》在规模化奶牛场的可行性，为中国或其他国家规模化奶牛场用方法 2 核算温室气体排放和核证提供案例。

本案例为河北省保定市某规模化奶牛场，温室气体监测与核算年度为 2018 年。奶牛饲养品种为荷斯坦奶牛。奶牛场平均存栏量 1158 头，其中当年生仔畜 173 头，其他成年牛 369 头，繁殖母畜 616 头。该养殖场所在地的年均气温为 13.3℃。

按照《省级畜牧业温室气体排放 MRV 指南》典型调查的要求，对该奶牛场进行了实地调查，获取了动物生产特性、群体结构、饲料种类、动物采食量、饲料质量、饲料消化率、粪便管理方式等参数；奶牛的氮排泄量来源于全国第二次污染源普查。

经过测算，案例奶牛场 2018 年温室气体排放量为 5299.1 吨二氧化碳当量（CO_{2e}）。从排放源分析，以肠道发酵甲烷（CH₄）排放为主，排放量为 3321.0 吨 CO_{2e}，占比为 62.7%，奶牛粪便管理 CH₄ 排放为 286.4 吨 CO_{2e}，占比为 5.4%，奶牛粪便管理（N₂O）排放为 1691.7 吨 CO_{2e}，占比为 31.9%。从生长阶段分析，以繁殖母畜排放为主，排放量为 3974.1 吨 CO_{2e}，占比为 75.0%，其次是其他成年畜，排放量为 1099.9 吨 CO_{2e}，占比为 20.8%，当年生仔畜排放量为 225.1 吨 CO_{2e}，占比仅为 4.2%。从排放气体来看，主要排放来自 CH₄ 排

放，总排放量为 3607.4 吨 CO₂e，占比为 68.1%，N₂O 排放量为 1691.7 吨 CO₂e，占比为 31.9%。

按照《省级畜牧业温室气体排放 MRV 指南》核证的要求和核证清单，温室气体排放核算单位对该案例奶牛场的温室气体清单编制过程所采取的方法、活动水平数据、排放因子的计算、相关参数的计算与取值、各温室气体排放源的排放量计算、温室气体排放报告等进行了内部审核，修正了数据处理和核算过程中存在的问题。

在本案例研究中，温室气体主要来自肠道发酵甲烷排放，在减排技术上应优先选择降低肠道发酵甲烷排放技术，基于该案例奶牛场的生产性能，建议在泌乳奶牛中推广使用矿物舔砖，有研究表明，添加矿物舔砖可以提高饲料转化效率，降低肠道甲烷排放。本案例如果推广该项技术，繁殖母畜的甲烷转化率（Y_m）可以从 6%降低到 5.5%，按照《省级畜牧业温室气体排放 MRV 指南》方法测算，肠道发酵甲烷排放可以减少 6.4%，养殖场总的温室气体排放量可以减少 4.0%。

2.4.3 河北省规模化养猪场温室气体排放案例研究

为了验证《省级畜牧业温室气体排放 MRV 指南》，开展了规模化猪场温室气体排放测定与核算案例研究，以测试《省级畜牧业温室气体排放 MRV 指南》在规模化猪场的可行性，为中国或其他国家规模化猪场采用 2006 IPCC 方法 2 核算生猪粪便管理温室气体排放和核证提供案例。

本案例为河北省某大型规模化猪场，温室气体监测与核算年度为 2018 年。生猪品种为长白和大白。2018 年猪年均存栏量 66360 头，其中保育猪 15000 头，育肥猪 44160 头，繁殖母猪 7200 头。2018 年该生猪养殖场育肥猪出栏量约 13.9 万头，平均出栏体重 110 kg。该养殖场所在地的年均气温为 12.9℃。

按照《省级畜牧业温室气体排放 MRV 指南》，由于猪为单胃动物，不采用方法 2 计算生猪肠道发酵甲烷排放，采用方法 2 计算粪便管理过程中的甲烷（CH₄）和氧化亚氮（N₂O）排放。清单编制单位对该猪场进行了实地调查，主

要收集群体结构、采食量、饲料消化率、粪便管理方式等参数；生猪的氮排泄量来源于全国第二次污染源普查。

经过测算，案例猪场 2018 年粪便管理温室气体排放量为 11446.9 吨二氧化碳当量（CO₂e）。从排放源分析，以粪便管理 N₂O 排放为主，排放量为 7567.1 吨 CO₂e，占比为 66.1%，粪便管理 CH₄ 排放为 3879.8 吨 CO₂e，占比为 33.9%。从生长阶段分析，以育肥猪排放为主，排放量为 8057.0 吨 CO₂e，占比为 70.4%，其次是繁殖母畜，排放量为 2023.2 吨 CO₂e，占比为 17.7%，保育猪排放量为 1366.7 吨 CO₂e，占比仅为 11.9%。

按照《省级畜牧业温室气体排放 MRV 指南》核证的要求和核证清单，温室气体排放核算单位对该案例猪场的温室气体清单编制过程所采取的方法、活动水平数据、排放因子的计算、相关参数的计算与取值、各温室气体排放源的排放量计算、温室气体排放报告等进行了内部审核，修正了数据处理和核算过程中存在的问题。

通过分析案例猪场的粪便管理温室气体排放来源，粪便管理氧化亚氮是最主要的排放来源，在减排技术上应优先考虑粪便管理的氧化亚氮减排，而影响粪便管理氧化亚氮排放的一个关键因素是氮排泄量。目前中国在推广使用低蛋白日粮技术，该计算可提高饲料转化效率和降低粪便氮排泄量。本案例如果推广该技术，在猪场现有蛋白日粮的基础上可以降低 1% 的粗蛋白含量，研究发现可以降低 10% 的氮排泄量，按照《省级畜牧业温室气体排放 MRV 指南》方法测算，粪便管理氧化亚氮排放可以减少 10%，养殖场粪便管理总的温室气体排放量可以减少 6.8%。

3. 建议

根据省级畜牧业温室气体清单 MRV 指南的经验和相关案例研究的结果，有关建议如下：

3.1 建议尽快发布实施基于方法 2 的省级畜牧业温室气体排放 MRV 指南

方法 2 能够更好地反映不同生产系统或地区的管理实践，包括、饲料特性、动物生产力和粪便管理方式。因此，方法 2 对于引导传统畜牧业向绿色低碳循环方向转变至关重要。为国家自主贡献中农业减排行动和减排效果定量评价提供支撑。为此，建议国家气候变化主管部门，在进一步征求相关单位意见基础上，尽快发布实施省级畜牧业温室气体排放 **MRV** 指南。

3.2 加强省级清单编制能力建设

由于畜牧业温室气体清单编制涉及的参数多，范围广，收集和获得相关数据仍然很困难，例如生产性能参数，饲料采食量，饲料消化率，粪便管理方式的鉴别和确定等，需要加强培训和案例研究，以确保清单编制机构能够了解和熟悉省级畜牧业温室气体排放 **MRV** 指南，然后才能科学地进行数据收集和清单计算。建议基于省级 **MRV** 指南开发一个软件系统，在省级畜牧业温室气体清单编制中推广应用。

3.3 利用省级清单 **MRV** 指南优化选择减排措施

（1）改善畜牧生产管理

该指南的案例研究表明，尽管规模化饲养，由于奶牛的产奶量提高，单个动物的温室气体排放因子较高，但其生产水平却得到了显著提高，单位产品的温室气体排放强度却明显低于农户饲养。建议适度增加规模化饲养比例，提升奶牛养殖业的生产管理水平。

（2）试验示范低蛋白日粮

猪场案例研究表明，推广低蛋白日粮技术可以减少氮排泄，不仅可以提高饲料转化效率，同时也可以减少氧化亚氮温室气体排放。

（3）改善粪便管理系统

案例研究结果表明，规模化畜牧业主要采用液态粪便收集和存储管理系统，其粪便管理中甲烷和 N_2O 的排放因子明显高于农户养殖。建议推广固体粪肥和液体发酵沼气生产利用技术，推动畜禽粪便还田利用的同时，降低温室气体排放。

4. 结束语

特别感谢气候变化，农业和粮食安全（CCAFS）项目“促进农业低排放发展-CCAFS F3”国际研究项目和新西兰政府支持的全球农业温室气体研究联盟对本研究的资助。

特别感谢农业农村部、生态环保部、国家统计局等单位的指导和支持。

项目研究提出的基于 IPCC 方法 2 的省级畜牧业温室气体排放 MRV 指南以及三个案例研究，希望可以为今后中国省级清单及其他区域的畜牧业温室气体清单监测、报告、核证提供指导和启发。

在国际研究项目的背景下，中国农业科学院与 CCAFS 和 GRA 之间的合作取得了良好进展，希望在本项目的基础上，进一步对指南的完善、软件工具开发、指南在中国和其他国家应用进行合作，为推动全球畜牧业低碳、绿色发展提供支撑。

5.相关附件

附件 1： 基于 IPCC 方法 2 的中国省级畜牧业温室气体清单监测，报告和核查指南-奶牛和生猪

附件 2： 河北省 2017 年奶牛温室气体排放监测、报告和核证案例研究

附件 3： 河北省规模化奶牛场温室气体排放核算案例研究

附件 4： 河北省规模化猪场温室气体排放核算的案例研究