

**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
案例研究**

河北省规模化奶牛场温室气体排放监测和报告

中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所

2020 年 2 月

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
案例研究—河北省规模化奶牛场温室气体排放监测和报告

主要作者:

董红敏 (中国)

朱志平 (中国)

李玉娥 (中国)

魏 莎 (中国)

张 羽 (中国)

2020年2月第一版

指南引用格式如下:

董红敏, 朱志平, 李玉娥, 等 (2019) 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案例研究—河北省规模化奶牛场温室气体排放监测和报告.

致谢:

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://ccaafs.cgiar.org/donors>。本文档中表达的观点代表这些组织的正式意见。

目录

摘要	3
1. 概述	4
2. 清单编制机构安排	4
3. 奶牛温室气体排放测定和核算	5
3.1. 奶牛肠道发酵 CH ₄ 排放测定和核算	5
3.2 奶牛粪便管理 CH ₄ 排放测定和核算	11
3.3 奶牛粪便管理 N ₂ O 排放测定和核算	15
3.4 案例奶牛场温室气体排放总量	22
3.5 不确定性分析	22
3.6 减排效果评估	22
4. 规模化奶牛场温室气体排放核证	24
5. 附表	33

摘要

河北某规模化奶牛养殖场温室气体清单包括肠道发酵甲烷排放、粪便管理甲烷和氧化亚氮排放清单 3 个部分。为保证清单的透明度、一致性、可比性、完整性和准确性，清单编制依据《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》)编写。

测算结果显示案例奶牛场 2018 年温室气体排放量为 5299.1 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 3321.0 吨 CO₂e，占比为 62.7%，奶牛粪便管理 CH₄ 排放为 286.4 吨 CO₂e，占比为 5.4%，奶牛粪便管理 (N₂O) 排放为 1691.7 吨 CO₂e，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 CO₂e，占比为 75.0%，其次是其他成年畜，排放量为 1099.9 吨 CO₂e，占比为 20.8%，当年生仔畜排放量为 225.1 吨 CO₂e，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%。

为了保证案例猪场温室气体编制结果的准确性，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，对温室气体排放核算过程所采取的方法、活动水平数据、排放因子的计算进行了核证。

1. 概述

为了验证《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（CO₂e）。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 CO₂e，占比为 62.7%，奶牛粪便管理 CH₄ 排放为 286.4 吨 CO₂e，占比为 5.4%，奶牛粪便管理（N₂O）排放为 1691.7 吨 CO₂e，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 CO₂e，占比为 75.0%，其次是其他成年畜，排放量为 1099.9 吨 CO₂e，占比为 20.8%，当年生仔畜排放量为 225.1 吨 CO₂e，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。

2. 清单编制机构安排

清单编制机构为中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所和河北国润现代农业有限公司共同完成。中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所负责清单编制方法的选择、排放因子的计算获取，排放量计算和核查等工作；河北国润现代农业有限公司协助开展案例牛场的活动数据和排放因子所需参数的现场调查等。

通过清单编制机构的现场调查，获得了案例奶牛场相关信息，该养殖场所在地的年均气温为 12.9℃，奶牛饲养品种主要是荷斯坦奶牛。奶牛场常年存栏量 1158 头，其中犍牛 173 头，其他成年牛 369 头，泌乳牛 616 头，泌乳奶牛平均日产奶量为 34.7kg，2018 年该案例养殖场总的产奶量为 6954 吨。在粪便管理方面，主要粪便管理方式有固体粪便直接还田利用、堆肥、厌氧沼气和舍内粪坑贮存等三种方式。有关日龄、体重、采食量等主要生产性能参数详见附表 1。

3. 奶牛温室气体排放测定和核算

根据《省级畜牧业温室气体排放 MRV 指南》，规模化奶牛场温室气体排放包括肠道发酵 CH₄ 排放、粪便管理 CH₄ 和 N₂O 排放。根据数据的代表性，选择河北省某一典型的规模化奶牛场 2018 年生产情况为案例试算，核算、监测和核证该案例奶牛场的温室气体排放。

3.1. 奶牛肠道发酵 CH₄ 排放测定和核算

3.1.1 奶牛活动水平数据

根据《省级畜牧业温室气体排放 MRV 指南》，需要收集不同生长阶段（当年生仔畜、其它成年畜、繁殖母畜）的奶牛存栏量。奶牛活动水平数据来源于案例奶牛场存栏量台账，根据奶牛生长阶段的分类，调查获得该案例奶牛场不同饲养阶段的存栏数据如表 1。

表 1：奶牛活动水平数据

年末存栏数据 (头)	不同生长阶段的存栏量 (头)		
	当年生仔畜	其它成年	繁殖母畜

		畜	
1158	173	369	616

3.1.2 奶牛排放因子、关键参数的监测和计算

奶牛肠道发酵 CH_4 排放因子的计算方法如公式 1，由于案例为单个奶牛场，故饲养方式只有规模化饲养方式 1 种类型：

$$EF_{CH_4_{EN}(T,P)} = \left(GE_{(T,P)} \cdot \frac{Y_{m(T,P)}}{100} \cdot 365 \right) / 55.65 \quad (1)$$

式中：

$EF_{CH_4_{EN}(T,P)}$ ：第 T 生长阶段奶牛在第 P 种饲养方式下肠道发酵 CH_4 排放因子， $\text{kg CH}_4 \text{头}^{-1} \text{年}^{-1}$ ；

$GE_{(T,P)}$ ：第 T 生长阶段奶牛在第 P 种饲养方式下每天摄取的总能量， $\text{MJ 头}^{-1} \text{天}^{-1}$ ；

$Y_{m(T,P)}$ ：第 T 生长阶段奶牛在第 P 种饲养方式下 CH_4 转化因子，即采食饲料中总能转化成 CH_4 能的比例，%；

365：一年的总天数， 天 年^{-1} ；

55.65： CH_4 的能值， $\text{MJ kg}^{-1} \text{CH}_4$ 。

3.1.2.1 奶牛摄取的饲料总能（GE）

根据《省级畜牧业温室气体排放 MRV 指南》，利用公式 2 计算奶牛摄取的饲料总能（GE）

$$GE = \left[\frac{NE_m + NE_a + NE_l + NE_{work} + NE_p}{REM} + \frac{NE_g}{REG} \right] / \left(\frac{DE}{100} \right) \quad (2)$$

注：奶牛饲料总能计算分饲养方式和生长阶段进行计算，公式（2）和主要参数未标注饲养方式（P）和第 T 生长阶段，以下各净能计算也未标注子类代码。

式中：

- NE_m ：奶牛的维持净能， $\text{MJ 头}^{-1} \text{天}^{-1}$ 。

$$\text{计算公式：} NE_m = Cf_i (BW)^{0.75} \quad (2.1)$$

参数获取方法：

- BW ：为奶牛的活体重（kg）。

现场调查获得，本案例中奶牛的体重调查结果见表 2：

表 2：不同饲养方式、不同生长阶段奶牛体重（ kg）

生长阶段	当年生仔畜	其它成年畜	繁殖母畜
奶牛体重	230	550	750

- Cfi ：与动物不同生长阶段有关， $MJ\ kg^{-1}\ day^{-1}$ ；

采用 IPCC 推荐的默认值。

当年生仔畜、其他成年畜和繁殖母畜中的干奶牛 $Cfi=0.322$ ；

繁殖母畜中的泌乳牛 $Cfi=0.386$

为了计算繁殖母畜的维持净能，本案例调研获得了泌乳奶牛和干奶牛存栏量，并据此计算了泌乳率（表 3）

表 3：不同饲养方式繁殖母畜中干奶牛和泌乳牛存栏量（头）

	泌乳率 (%)	干奶牛 (头)	泌乳牛 (头)
泌乳率和存栏数	90.3	60	556

- NE_a ：奶牛的活动净能， $MJ\ 头^{-1}\ 天^{-1}$ 。

$$计算公式：NE_a = C_a \cdot NE_m \quad (2.2)$$

参数获取方法：

- C_a ：与奶牛饲养方式有关，采用 IPCC 推荐的默认值。

规模化饲养和农户饲养： $C_a=0$

牧场放牧饲养： $C_a=0.17$

- NE_g ：奶牛的生长净能， $MJ\ 头^{-1}\ 天^{-1}$ 。

$$计算公式：NE_g = 22.02 \cdot \left(\frac{BW}{C \cdot MW}\right)^{0.75} \cdot WG^{1.097} \quad (2.3)$$

参数获取方法：

- **BW**: 奶牛的平均活体重, kg。结果见表 2。
- **MW**: 奶牛在身体状况中等情况下成熟时的活体重, kg
现场调查获得 **MW**, 本案例中, 规模化饲养奶牛成熟时的活体重为 750 kg。
- **WG**: 奶牛平均日增重, kg 天⁻¹。
现场调查获得 **WG**, 本案例奶牛平均日增重调查结果见表 4。
表 4: 不同饲养方式、不同生长阶段奶牛平均日增重 (kg 天⁻¹)

生长阶段	当年生仔畜	其它成年畜	繁殖母畜
日增重	0.94	0.67	0

- **C**: 系数
采用 IPCC 推荐的默认值, 奶牛为 0.8。

- **NE_l**: 奶牛的泌乳净能, MJ 头⁻¹天⁻¹。
计算公式: $NE_l = M_{milk} \cdot (1.47 + 0.40 \cdot F_{fat})$ (2.4)
参数获取方法:

- **M_{milk}**: 日产奶量, kg 天⁻¹
现场调查获得日产奶量, 本案例奶牛日产奶量结果见表 5。
表 5: 日产奶量 (kg 天⁻¹)

生长阶段	当年生仔畜	其它成年畜	繁殖母畜
产奶量	0	0	34.70

- **F_{fat}**: 乳脂率, %, 重量的百分比。
现场调查获得牛奶的乳脂率, 本案例中, 牛奶的乳脂率调查结果见表 6。

表 6: 牛奶的乳脂率 (%)

生长阶段	当年生仔畜	其它成年畜	繁殖母畜

乳脂率	0	0	4.01
-----	---	---	------

- NE_{work} : 奶牛的劳动净能, MJ 头⁻¹天⁻¹。

$$\text{计算公式: } NE_{work} = 0.10 \cdot NE_m \cdot H \quad (2.5)$$

参数获取方法:

- H : 每日劳动时数, 小时。

现场调查获得奶牛每日劳动时数。本案例中, 不同生长阶段的奶牛每日劳动时数均为 0 小时。

- NE_p : 奶牛妊娠需要的净能, MJ 头⁻¹天⁻¹;

$$\text{计算公式: } NE_p = C_{pregnancy} \cdot NE_m \cdot R_{pregnancy}/100 \quad (2.6)$$

参数获取方法:

- $C_{pregnancy}$: 妊娠能量需求系数。

采用 2006 IPCC 清单指南推荐的默认值, $C_{pregnancy}=0.1$

- $R_{pregnancy}$: 奶牛妊娠百分率, %。

现场调查获得奶牛妊娠比例。本案例中, 奶牛妊娠比例调研结果见表 7。

表 7: 奶牛妊娠比例 (%)

生长阶段	当年生仔畜	其它成年畜	繁殖母畜
妊娠比例	0	0	90.0

- REM : 日粮中维持净能与可消化能之比;

$$\text{计算公式: } REM = \left\{ \left[1.123 - (4.092 \cdot 10^{-3} \cdot DE) + \left[1.126 \cdot 10^{-5} \cdot (DE)^2 \right] - \frac{25.4}{DE} \right] \right\} \quad (2.7)$$

参数获取方法:

- DE : 饲料消化率, %。

现场调查获得奶牛饲料消化率, 调研结果见表 8。

表 8: 奶牛饲料消化率 (%)

生长阶段	当年生仔畜	其它成年畜	繁殖母畜

饲料消化率	70	70	70
-------	----	----	----

- **REG:** 日粮中生长净能与可消化能之比;

$$\text{计算公式: } REG = \left\{ \left[1.164 - (5.160 \cdot 10^{-3} \cdot DE) + [1.308 \cdot 10^{-5} \cdot (DE)^2] \right] - \frac{37.4}{DE} \right\} \quad (2.8)$$

参数获取方法:

- **DE:** 饲料消化率, %。

参数取值见表 8。

- **GE:** 奶牛摄取饲料的总能, MJ 头⁻¹天⁻¹;

根据公式 (2)、维持净能、活动净能、生长净能、泌乳净能、劳动净能、奶牛妊娠需要的净能、日粮中维持净能与可消化能之比 (**REM**) 和日粮中生长净能与可消化能之比 (**REG**) 的计算结果, 计算案例奶牛场奶牛摄取饲料的总能。结果见表 9。

表 9: 奶牛摄取饲料的总能 (MJ 头⁻¹天⁻¹)

生长阶段	当年生仔畜	其它成年畜	繁殖母畜
摄取饲料的总能	94.4	155.9	420.3

3.1.2.2 CH₄ 转化率的确定 (Y_M)

CH₄ 转化率的大小和饲料质量及采食水平直接相关, 目前中国各省区尚无奶牛肠道发酵 CH₄ 转化率的系统实验数据。《省级畜牧业温室气体排放 MRV 指南》中推荐的 Y_m 取值范围为 6.5±1.0。在本案例中的规模化奶牛场取值和河北省奶牛温室气体案例研究中的规模化饲养一致, 不同生长阶段的 Y_m 取值见表 10。

表 10: 奶牛 CH₄ 转化率 (Y_m, %)

生长阶段	当年生仔畜	其它成年畜	繁殖母畜
CH ₄ 转化率	6.0	6.5	6.0

3.1.2.3 奶牛 CH₄ 排放因子

根据公式（1），计算的摄取饲料的总能、奶牛 CH₄ 转化率（Y_m），计算 CH₄ 排放因子（表 11）。

表 11：奶牛肠道发酵 CH₄ 排放因子（kg CH₄ 头⁻¹ 年⁻¹）

生长阶段	当年生仔畜	其它成年畜	繁殖母畜
CH ₄ 排放因子	37.2	66.5	165.4

3.1.3 奶牛肠道发酵 CH₄ 排放量估算

根据公式中不同生长阶段的奶牛活动水平数据及计算的奶牛肠道发酵 CH₄ 排放因子，利用公式（3）计算了奶牛肠道发酵 CH₄ 排放量，计算结果如表 12。

$$E_{CH_4_{EN}} = \sum_{TP} EF_{CH_4_{EN}(T,P)} \cdot \left(\frac{N_{(T,P)}}{10^3} \right) \quad (3)$$

式中：

$E_{CH_4_{EN}}$ ：案例奶牛场肠道发酵产生的甲烷排放量，t CH₄ 年⁻¹；

$EF_{CH_4_{EN}(T,P)}$ ：第 T 生长阶段动物在第 P 种饲养方式下肠道发酵甲烷排放因子，kg CH₄ 头⁻¹ 年⁻¹；

$N_{(T,P)}$ ：第 T 生长阶段动物在第 P 种饲养方式下的活动数据，即年均存栏量，头；

P ：饲养方式代号（规模化饲养，农户饲养，放牧饲养）；

T ：动物生长阶段代号（繁殖母畜、当年生、其他成年牛）。

表 12：案例奶牛场 2018 年肠道发酵 CH₄ 排放量（t CH₄ 年⁻¹）

生长阶段	当年生仔畜	其它成年畜	繁殖母畜	总计
CH ₄ 排放量	6.4	24.5	101.9	132.8

3.2 奶牛粪便管理 CH₄ 排放测定和核算

3.2.1 奶牛活动水平数据

本节奶牛活动水平数据见 3.1.1 中的表 1 中所列的奶牛不同生长阶段的活动数据。

3.2.2 奶牛排放因子、关键参数的监测和计算

根据《省级畜牧业温室气体排放 MRV 指南》，奶牛粪便管理温室气体排放因子计算如公式（4）

$$EF_{CH_4_MM, (T,P)} = (VS_{(T,P)} \cdot 365) \left[B_{0(T,P)} \cdot 0.67 \cdot \sum_{(S,K)} \frac{MCF_{(S,K)}}{100} \cdot \frac{MS_{(T,P,S)}}{100} \right] \quad (4)$$

式中：

$EF_{CH_4_MM, (T,P)}$ ：第 T 生长阶段，奶牛在第 P 种饲养方式下的粪便管理 CH₄ 排放因子，kg CH₄ 头⁻¹年⁻¹；

$VS_{(T,P)}$ ：第 T 生长阶段，奶牛在第 P 种饲养方式下每日易挥发固体排泄量，kg VS 头⁻¹天⁻¹；

$B_{0(T,P)}$ ：第 T 生长阶段，奶牛在第 P 种饲养方式下粪便 CH₄ 产生潜力，m³ CH₄ kg⁻¹ VS；

$MCF_{(S,k)}$ ：粪便管理方式 S、气候区 K 的 CH₄ 转化系数，%；

$MS_{(T,P,S)}$ ：第 T 生长阶段、奶牛在第 P 种饲养方式下，粪便管理方式 S 的使用比例；

0.67：CH₄ 的密度，kg m⁻³；

S：粪便管理方式代号；

K：气候区代号。

3.2.2.1 奶牛粪便易挥发性固体排泄量计算

根据《省级畜牧业温室气体排放 MRV 指南》，利用公式（5）计算奶牛易挥发固体排泄量（VS）：

$$VS = \left[GE \cdot \left(1 - \frac{DE}{100} \right) + (UE \cdot GE) \right] \cdot \left(\frac{1-ASH}{18.45} \right) \quad (5)$$

式中：

VS : 易挥发固体排泄量（干物质）， kg VS 天^{-1}

GE : 奶牛每天摄取的总能量， MJ 天^{-1} 。

计算结果见表 9。

DE : 奶牛饲料消化率

测定结果见表 8。

$(UE \cdot GE)$: 表示为 GE 的尿的能量，

采用 2006 IPCC 清单指南中推荐的默认值，取值为

$0.04GE$ 。

ASH : 粪便灰分含量，%

采用 2006 IPCC 清单指南中推荐的默认值，8%；

18.45 : 每千克干物质日粮总能的转化因子， MJ kg^{-1} 。

注：奶牛每日排泄的挥发性固体需分饲养方式和生长阶段进行计算，上述公式和主要参数未标注饲养方式（P）和生长阶段（T）角标。

基于上述的相关参数计算获得本案例中不同生长阶段的奶牛粪便易挥发性固体排泄量，具体结果见表 13。

表 13: 奶牛粪便易挥发性固体排泄量（ kg VS 天^{-1} ）

生长阶段	当年生仔畜	其他成年畜	繁殖母畜
挥发性固体排泄量	1.60	2.64	7.13

3.2.2.2 奶牛粪便 CH_4 产生潜力(B_0)

粪便 CH_4 产生潜力(B_0)随动物种类和日粮变化有所不同，但中国目前还没有这方面的研究结果。根据《省级畜牧业温室气体排放 MRV 指南》中给出的推荐值。在本案例为规模化饲养， CH_4 产生潜力(B_0)取值为 $0.24 \text{ m}^3\text{CH}_4 \text{ kg}^{-1}\text{VS}$ 。

3.2.2.3 粪便管理方式比例的确定

按照《省级畜牧业温室气体排放 MRV 指南》典型调查的要求，本次案例现场调查了案例奶牛场的粪便处理利用情况，该案例奶牛场主要有固体粪便直接还

田，条垛式堆肥、舍内粪坑贮存和厌氧沼气处理等 4 种管理方式，各种管理方式占比情况如下表（表 14）。

表 14：河北省案例奶牛场粪便管理方式处理的粪便比例（%）

粪便管理方式	每日施肥	舍内粪坑贮存（<1 月）	沼气处理	堆肥和沤肥
占比	10	25	25	40

3.2.2.4 粪便 CH₄ 转化因子的确定

粪便 CH₄ 转化因子与粪便管理方式和当地气候条件有关。河北省 2018 年年平均气温为 13.0℃。依据《省级畜牧业温室气体排放 MRV 指南》中表 2-5，温度为 13℃时不同粪便管理方式的 CH₄ 转化因子见表 15。

表 15：奶牛粪便管理方式的 CH₄ 转化因子（%）

粪便管理方式	每日施肥	舍内粪坑贮存（<1 月）	沼气处理	堆肥和沤肥
MCF（%）	0.1	3	10	0.5

3.2.2.5 奶牛粪便管理 CH₄ 排放因子

根据计算的 VS、不同粪便管理方法处理粪便量及 CH₄ 转化因子，奶牛粪便 CH₄ 最大产生潜力，利用公式（4）计算的粪便管理 CH₄ 排放因子（表 16）。

表 16：案例奶牛场粪便管理 CH₄ 排放因子（kg CH₄ 头⁻¹年⁻¹）

生长阶段	当年生仔畜	其它成年畜	繁殖母畜
CH ₄ 排放因子	3.25	5.37	14.47

3.2.3 奶牛粪便管理 CH₄ 排放

根据不同饲养方式、不同生长阶段的奶牛活动水平数据及相应的粪便管理 CH₄ 排放因子，利用公式（6）计算奶牛粪便管理 CH₄ 排放量（表 17）。

$$E_{CH_4_{MM}} = \sum_{T,P} \frac{(EF_{CH_4_{MM}, (T,P)} \cdot N_{(T,P)})}{10^3} \quad (6)$$

式中：

$E_{CH_4_{MM}}$ ：案例奶牛场奶牛粪便管理过程产生的甲烷排放量，t CH₄ 年⁻¹；

$N_{(T,P)}$ ：第 T 生长阶段,奶牛第 P 种饲养方式的奶牛或猪的活动数据，
即年均存栏量，头；

$EF_{CH_4_{MM}, (T,P)}$ ：第 T 生长阶段,奶牛在第 P 种饲养方式下，CH₄ 排放因子， kg
CH₄ 头⁻¹ 年⁻¹；

表 17：案例奶牛场奶牛粪便管理 CH₄ 排放量（t CH₄ 年⁻¹）

生长阶段	当年生仔畜	其他成年畜	繁殖母畜	合计
CH ₄ 排放量	0.56	1.98	8.91	11.46

3.3 奶牛粪便管理 N₂O 排放测定和核算

奶牛粪便管理 N₂O 排放包括直接排放和间接排放，计算排放因子所需的参数包括奶牛氮排泄量、不同粪便管理方式及处理的粪便量以及不同粪便管理方式下的 N₂O 排放因子等。

3.3.1 奶牛粪便管理 N₂O 直接排放

3.3.1.1 活动水平数据

案例奶牛场不同生长阶段的奶牛活动水平与 3.1.1 相同，见表 1。

粪便管理 N₂O 排放的另外一个活动水平数据是氮的排泄量，案例奶牛场无实测数据。根据第二次全国污染源数据，选择河北省奶牛规模化饲养在不同生长阶段年氮排泄量（表 18）。根据 3.2.2.3 节中不同粪便管理方式处理的粪便比例（表 14）和氮排泄量，计算了不同生长阶段、不同粪便处理方式下的奶牛氮排泄量，结果如表 19。

表 18：不同生长阶段奶牛年氮排泄量（kg 年⁻¹ 头⁻¹）

生长阶段	当年生仔畜	其它成年畜	繁殖母畜
氮排泄量	14.42	58.77	96.91

表 19：不同生长阶段、粪便管理方式的氮排泄量（kg N 年⁻¹）

粪便处理方式		每日施肥	舍内粪坑 贮存（<1 月）	沼气处理	堆肥和沤 肥
生长阶 段	当年生仔畜	249	624	624	998
	其它成年畜	2168	5421	5421	8674
	繁殖母畜	5970	14924	14924	23878

3.3.1.2 奶牛粪便管理 N₂O 直接排放因子的选择

用于计算粪便管理 N₂O 排放的粪便管理方式及处理的粪便比例与 3.2.2.3 节中粪便管理方式和处理比例相同（表 14）。

根据《省级畜牧业温室气体排放 MRV 指南》中的表 2-6 和现场调查的粪便管理方式（表 14），选择了不同粪便管理方式的 N₂O 直接排放因子（表 20）。

表 20：河北省案例奶牛粪便管理方式 N₂O 直接排放因子

粪便处理方式	每日施 肥	舍内粪坑贮存（<1 月）	沼气处 理	堆肥和沤 肥
EF ₃ (kg N ₂ O-N kg ⁻¹ N)	0	0.002	0	0.1

3.3.1.3 奶牛粪便管理 N₂O 直接排放量

依据《省级畜牧业温室气体排放 MRV 指南》，利用公式（7）计算奶牛粪便管理 N₂O 直接排放，奶牛粪便管理 N₂O 直接排放量计算结果见表 21。

$$E_{N_2O_{D,MM}} = \left[\sum_S \left[\sum_{T,P} \left((N_{(T,P)} \cdot Nex_{(T,P)}) \cdot \frac{MS_{(T,P,S)}}{100} \right) \right] \cdot EF_{3(S)} \right] / 1000 \cdot \frac{44}{28} \quad (7)$$

式中：

$E_{N_2O_{D,MM}}$ ：粪便管理的 N_2O 直接排放量， $t N_2O \text{ 年}^{-1}$ ；

$N_{(T,P)}$ ：第 T 生长阶段，奶牛在第 P 种饲养方式下活动水平数据，头；

$Nex_{(T,P)}$ ：第 T 生长阶段，奶牛在第 P 种饲养方式下每年氮的排泄量， $kg N \text{ 头}^{-1} \text{ 年}^{-1}$ ；

$MS_{(T,P,S)}$ ：第 T 生长阶段，奶牛在第 P 种饲养方式下粪便管理方式 S 的使用比例；

$EF_{3(S)}$ ：粪便管理方式 S 的 N_2O 直接排放因子， $kg N_2O-N \text{ kg}^{-1} N$ ；

S ：粪便管理方式代号；

T ：动物生长阶段代号；

P ：饲养方式代号。

44/28： N_2O 与氮的转换系数， $kg N_2O (kg N_2O-N)^{-1}$ 。

表 21：奶牛不同生长阶段、粪便管理方式 N_2O 直接排放量 ($t N_2O \text{ 年}^{-1}$)

粪便处理方式		每日施肥	舍内粪坑贮存 (<1 月)	沼气处理	堆肥和沤肥	合计
规模化饲养	当年生仔畜	0	0.002	0.000	0.157	0.16
	其它成年畜	0	0.017	0.000	1.363	1.38
	繁殖母畜	0	0.047	0.000	3.752	3.80
	合计	0.00	0.066	0.000	5.272	5.34

3.3.2 奶牛粪便管理 N_2O 间接排放

动物粪便管理 N_2O 间接排放包括粪便施入土壤之前，动物粪便贮存和处理中产生的氨气和氮氧化物气体排放，氨气和氮氧化物又以干湿沉降的方式降落到地面或者水体造成 N_2O 间接排放，也包括奶牛粪便在贮存和处理中通过淋溶和

径流过程的氮流失造成的 N₂O 间接排放。动物粪便管理 N₂O 间接排放的计算公式如公式（8）。

$$E_{N_2O_ID,MM} = N_2O_{volatilization,MM} + N_2O_{leach,MM} \quad (8)$$

式中：

$E_{N_2O_ID,MM}$ ：粪便管理的 N₂O 间接排放量，t N₂O 年⁻¹；

$N_2O_{volatilization,MM}$ ：粪便管理中由于 N 挥发导致的 N₂O 间接排放，t N₂O 年⁻¹；

$N_2O_{Leach,MM}$ ：粪便管理中由于淋溶径流导致的 N₂O 间接排放，t N₂O 年⁻¹。

3.3.2.1 活动水平数据

● 奶牛活动水平：

案例奶牛场在不同生长阶段的奶牛活动水平与 3.1.1 相同，见表 1。

● 氮排泄量：

案例奶牛场不同生长阶段下的奶牛氮排泄量与 3.3.1.1 节相同（表 18）

● 以氨气和 NO_x 形式损失的 N 量（即氮沉降量）：

不同饲养方式、不同生长阶段、不同粪便处理方式下氨挥发和 NO_x 排放量的计算方法如公式（9）。

$$N_{volatilization,MM} = \sum_S \left[\sum_{T,P} \left[\left(\left(N_{(T,P)} \cdot Nex_{(T,P)} \right) \cdot \frac{MS_{(T,P,S)}}{100} \right) \cdot \left(\frac{FraCGasMS_{(T,S)}}{100} \right) \right] \right] \quad (9)$$

式中：

$N_{volatilization,MM}$ ：动物粪便中通过 NH₃ 和 NO_x 挥发导致的 N 损失量，kg N 年⁻¹；

$N_{(T,P)}$ ：第 T 生长阶段奶牛在第 P 种饲养方式下活动水平数据，头；

$Nex_{(T,P)}$ ：第 T 生长阶段奶牛在第 P 种饲养方式下每年氮的排泄量，kg N 头⁻¹年⁻¹；

$MS_{(T,S)}$: 第 T 生长阶段, 在粪便管理方式 S 下处理粪便的比例, %;

P : 饲养方式的符号;

$Frac_{GasMS}$: 不同粪便管理方式由于氨挥发和 NO_x 排放造成氮损失的比例, %;

不同粪便处理方式的奶牛粪便中的 N 以氨和 NO_x 形式损失比例参数值来源于 2006 IPCC 清单指南的表 10.22, 结果如表 22。

表 22: 不同粪便处理方式奶牛粪便氨和 NO_x 损失比例 (%)

粪便管理方式	每日施肥	舍内粪坑贮存 (<1 月)	沼气处理	堆肥和沤肥
氨和 NO_x 损失比例	7	28	40 ^a	20 ^b

注: a: 沼渣沼液的氨挥发和 NO_x 排放的比例参照液体贮存处理方式;

b: 取默认值 20

依据《省级畜牧业温室气体排放 MRV 指南》, 根据公式 (9) 计算获得了案例奶牛场不同生长阶段、不同粪便处理方式下的奶牛粪便氨和 NO_x 损失量, 计算结果见表 23。

表 23: 不同生长阶段、粪便管理方式的氨和 NO_x 形式损失量 ($kg\ N\ 年^{-1}$)

粪便处理方式		每日施肥	舍内粪坑贮存 (<1 月)	沼气处理	堆肥和沤肥
规模化饲养	当年生仔畜	17	175	249	200
	其它成年畜	152	1518	2168	1735
	繁殖母畜	418	4179	5970	4776

● 氮的淋溶和径流损失量:

由于河北省降水量小于蒸发量，本案例中，各种粪便管理方式的氮淋溶和径流损失比例假设为零。根据《省级畜牧业温室气体排放 MRV 指南》，不同饲养方式、不同生长阶段、不同粪便处理方式下的奶牛粪便中的 N 淋溶和径流损失量计算方法如公式（10）。因 $Frac_{Leach,MS(T,P,S)}=0$ ，所以不同饲养方式、不同生长阶段、不同粪便处理方式下的奶牛粪便中的 N 淋溶和径流损失量为 0。

$$N_{leach,MM} = \sum_S \left[\sum_{T,P} \left[\left(\left(N_{(T,P)} \cdot Nex_{(T,P)} \right) \cdot \frac{MS_{(T,P,S)}}{100} \right) \cdot \left(\frac{Frac_{Leach,MS(T,P,S)}}{100} \right) \right] \right] \quad (10)$$

式中：

$N_{leach,MM}$ ：动物粪便中通过淋溶和径流导致的 N 损失量，kg N 年⁻¹；

$N_{(T,P)}$ ：第 T 生长阶段奶牛在第 P 种饲养方式下活动水平数据，头；

$Nex_{(T,P)}$ ：第 T 生长阶段奶牛在第 P 种饲养方式下每年氮的排泄量，kg N 头⁻¹年⁻¹；

$MS_{(T,P,S)}$ ：第 T 生长阶段奶牛在第 P 种饲养方式下，在粪便管理方式 S 下，总年均 N 排泄量的比例，%；

$Frac_{Leach,MS(T,P,S)}$ ：第 T 生长阶段奶牛在第 P 种饲养方式，本省蒸发大于降水的省份此值为 0。

3.3.2.2 奶牛粪便管理氮沉降 N₂O 间接排放因子

根据《省级畜牧业温室气体排放 MRV 指南》，奶牛粪便管理氮沉降 N₂O 间接排放因子为 0.01 kg N₂O-N kg⁻¹N，粪便管理淋溶和径流的 N₂O 间接排放因子为 0.0075 kg N₂O-N kg⁻¹N。

3.3.2.3 奶牛粪便管理 N₂O 间接排放量

依据《省级畜牧业温室气体排放 MRV 指南》，利用公式（11）和公式（12）分别计算粪便管理氮沉降 N₂O 间接排放、淋溶和径流的 N₂O 间接排放。

$$N_2O_{volatilization,MM} = (N_{volatilization,MM} \cdot EF_4) \cdot \frac{44}{28} / 1000 \quad (11)$$

式中：

$N_2O_{volatilization,MM}$: 粪便管理中由于 N 挥发导致的 N_2O 的间接排放, t N_2O 年⁻¹;

$N_{volatilization,MM}$: 奶牛粪便中以 NH_3 和 NO_x 挥发导致的 N 损失量, kg N 年⁻¹; 计算结果见表 23。

EF_4 : 在土壤和水体表面的大气沉降氮的 N_2O 排放因子, kg N_2O-N (kg 挥发的 $NH_3-N + NO_x-N$)⁻¹。本指南 IPCC 推荐的默认值, 0.01。

$$N_2O_{Leach,MM} = (N_{Leach,MM} \cdot EF_5) \cdot \frac{44}{28} / 1000 \quad (12)$$

式中:

$N_2O_{Leach,MM}$: 粪便管理中由于 N 淋溶和径流导致的 N_2O 的间接排放, t N_2O 年⁻¹;

$N_{Leach,MM}$: 粪便中由于淋溶和径流导致的 N 损失量, kg N 年⁻¹; 计算结果为 0。

EF_5 : 在土壤和水体表面淋溶和径流的 N_2O 排放因子, kg N_2O-N (kg 淋溶和径流 N)⁻¹。本指南采用 IPCC 推荐的默认值为 0.0075。

根据公式 (8) 和确定的相关参数, 案例奶牛场粪便管理 N_2O 间接排放量见表 24。

表 24: 奶牛粪便管理 N_2O 间接排放量 (t N_2O 年⁻¹)

排放来源	氮沉降	淋溶和径流	合计
排放量	0.34	0	0.34

3.3.3 案例奶牛场粪便管理 N_2O 排放总量

奶牛粪便管理 N_2O 排放总量等于 N_2O 直接排放和 N_2O 间接排放量之和 (表 25)。2018 年案例奶牛场粪便管理 N_2O 排放总量为 5.68 t N_2O 年⁻¹。

表 25: 奶牛粪便管理 N_2O 排放总量 (t N_2O 年⁻¹)

排放来源	直接排放	间接排放	合计
排放量	5.34	0.34	5.68

3.4 案例奶牛场温室气体排放总量

案例奶牛场温室气体排放总量等于奶牛肠道发酵 CH₄ 排放、奶牛粪便管理 CH₄ 排放、奶牛粪便管理 N₂O 排放量之和。根据《省级畜牧业温室气体排放 MRV 指南》CH₄ 和 N₂O 的增温潜势值 (GWP) 取值分别为 25 和 298，折算成二氧化碳当量的排放量如表 26。

表 26：奶牛温室气体排放总量

排放源	奶牛肠道发酵 CH ₄ 排放 (tCO ₂ e)	奶牛粪便管理 CH ₄ 排放 (tCO ₂ e)	奶牛粪便管理 N ₂ O 排放量 (tCO ₂ e)	合计 (tCO ₂ e)
排放量	3321.0	286.4	1691.7	5299.1

案例奶牛场 2018 年温室气体排放量为 5299.1 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 3321.0 吨 CO₂e，占比为 62.7%，奶牛粪便管理 CH₄ 排放为 286.4 吨 CO₂e，占比为 5.4%，奶牛粪便管理 (N₂O) 排放为 1691.7 吨 CO₂e，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 CO₂e，占比为 75.0%，其次是其他成年畜，排放量为 1099.9 吨 CO₂e，占比为 20.8%，当年生仔畜排放量为 225.1 吨 CO₂e，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%。

3.5 不确定性分析

由于案例计算为单个养殖场数据，相关活动数据和排放因子数据都是实际数据，相关参数无误差分析结果，单个养殖场的温室气体排放量核算结果不开展不确定性分析。

3.6 减排效果评估

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%。

4. 规模化奶牛场温室气体排放核证

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某规模化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。课题组汇总了对本报告的最终版本的核证结果（表 27）。

核证表明，河北省某规模化奶牛粪便管理温室气体清单按照《省级畜牧业温室气体排放 MRV 指南》要求，核算方法采用指南推荐的方法，活动数据正确，根据养殖场现场实际情况获得相关数据，排放因子与国家清单有关奶牛温室气体排放因子等具有可比性。

表 27：温室气体排放报告的核证清单

序号	核证内容	详细核证清单	核证结论	修改意见	完善修改状态
1.方法学选择					
1.1	方法学选择	● 是否符合省级 MRV 指南的方法学要求？	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 存在问题？	建议：	解决 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/>
		● 粪便管理甲烷排放方法学的层级是否合理？	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 存在问题？	建议：	解决 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/>
		● 粪便管理氧化亚氮排放方法学的层级是否合理？	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 存在问题？	建议：	解决 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/>
		● 肠道发酵甲烷排放方法学的层级是否合理？	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 存在问题？	建议：	解决 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/>

2、活动水平数据					
2.1	活动水平数据来源	● 存栏量数据来源是否清晰描述？	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 存在问题？	建议：	解决 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/>
		● 存栏量数据是否正确？	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 存在问题？	建议：	解决 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/>
2.2	详细分类描述及存栏量数据	● 是否清晰描述了动物详细分类及依据？	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 存在问题？	建议：	解决 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/>
		● 详细分类的中动物饲养方式是否符合指南分类、放牧饲养、农户饲养细化分类是否有依据，是否正确？	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 存在问题？	建议：	解决 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/>
		● 详细分类中生长阶段划分是否合理？	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 存在问题？	建议：	解决 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/>
		● 详细分类的动物存栏量数据获取的方法是否正确？	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 存在问题？	建议：	解决 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/>
2.3	利用出栏量计算存栏量	如果依据出栏量计算存栏量， ● 存栏量的计算方法是否清楚地进行了描述？ ● 出栏量的数据是否正确？ ● 饲养天数数据是否合	是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/> 存在问题？ 直接调查的存栏数据	建议：	解决 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/>

		理？			
2.4	存栏量的交叉核对	<ul style="list-style-type: none"> ● 详细分类的存栏量总和是否等于总的饲养量 	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 存在问题？	建议：	解决 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/>
		<ul style="list-style-type: none"> ● 各排放源之间取值是否一致？ 	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 存在问题？	建议：	解决 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/>
		<ul style="list-style-type: none"> ● 与往年活动水平数据是否可比？ ● 如果有较大的变化，清单报告中是否有详细的解释？ 	是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/> 存在问题？	建议：	解决 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/>
		<ul style="list-style-type: none"> ● 存栏量是否与国家统计年鉴、中国畜牧兽医年鉴、本省县市年鉴的数据可比 	是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/> 存在问题？ 不适用，直接从养殖场获取	建议：	解决 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/>
3.排放因子					
3.1	综合排放因子（IEF）	<ul style="list-style-type: none"> ● 推算的肠道发酵甲烷综合排放因子是否与IPCC默认值、国家或其他省份的排放因子具有可比性？ IEF是否等于总的肠道发酵甲烷排放量除以总的奶牛数量	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 存在问题？ 高于河北省奶牛规模化因子，主要原因是奶牛体重	建议：	解决 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/>

			和生产性能高于河北省平均水平		
		● 推算粪便管理甲烷综合排放因子（IEF）是否与 IPCC 默认值、国家或其他省份的排放因子具有可比性？	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 存在问题？		解决 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/>
		● 推算粪便管理氧化亚氮综合排放因子（IEF）是否与 IPCC 默认值、国家或其他省份的排放因子具有可比性？	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 存在问题？		解决 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/>
3.2	肠道发酵甲烷排放因子计算方法	● 维持净能、活动净能、生长净能、泌乳净能、劳动净能、妊娠需要的净能、日粮中维持净能与可消化能之比、日粮中生产净能与可消化能之比、总能、排放因子等计算公式、单位是否正确？	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 存在问题？	建议：	解决 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/>
		● 维持净能、活动净能、生长净能、泌乳净能、劳动净能、妊娠需要的净能、粮中维持净能与可消化能之比、日粮中生产净能与可消	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 存在问题？	建议：	解决 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/>

		化能之比、总能、排放因子等计算公式中的参数选取是否有依据？			
3.3	奶牛肠道发酵甲烷排放因子关键参数获取方法	<ul style="list-style-type: none"> 是否清晰描述了甲烷排放因子计算过程中所涉及的动物特征参数、饲料特征参数，如奶牛体重、成年奶牛体重、日增重、采食量、饲料消化率、产奶量等参数的取值？ 	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 存在问题？	建议：	解决 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/>
		<ul style="list-style-type: none"> 如果是通过调研获得的动物特征参数、饲料特征参数，是否详细描述了的调研方法？ 是否论证调研方法和结果的代表性？ 	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 存在问题？	建议：	解决 <input checked="" type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/>
		<ul style="list-style-type: none"> 如果是通过文献获得的动物特征参数、饲料特征参数，是否提供了参考文献？ 是否论证了文献结果的代表性和适用性？ 	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 存在问题？	建议：	解决 <input checked="" type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/>
3.4	肠道发酵甲烷排放因子关键参数的可	<ul style="list-style-type: none"> 奶牛体重、成年奶牛体重、日增重、产奶量、采食量、饲料消化率等参数与IPCC 默认值、国家清单参数、其他类似省份和地区参 	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 存在问题？	建议：	解决 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/>

	比性	数是否具有可比性？			
		<ul style="list-style-type: none"> ● 维持净能、活动净能、生长净能、泌乳净能、劳动净能、妊娠需要的净能、粮中维持净能与可消化能之比、日粮中生产净能与可消化能之比、总能的结果，与 IPCC 默认值、国家清单参数、其他省份参数是否具有可比性？ 	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 存在问题？	建议：	解决 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/>
		<ul style="list-style-type: none"> ● 泌乳奶牛奶单产产量与 FAO、国家统计年鉴等数据的是否可比？ 	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 存在问题？	建议：	解决 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/>
3.5	粪便管理 甲烷排放 因子计算方法	<ul style="list-style-type: none"> ● 易挥发固体排泄量、排放因子公式、单位是否正确？ 	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 存在问题？	建议：	解决 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/>
		<ul style="list-style-type: none"> ● 易挥发固体排泄量、排放因子公式中的参数选取是否有依据？ 	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 存在问题？	建议：	解决 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/>
		<ul style="list-style-type: none"> ● 奶牛摄取饲料总能量、饲料消化率的取值是否与计算奶牛肠道发酵甲烷排放因子时的取值一致 	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 存在问题？	建议：	解决 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/>
3.6	粪便管理 甲烷排放	<ul style="list-style-type: none"> ● 粪便管理方式的分类和描述是否清晰、正确？ 	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 存在问题？	建议：	解决 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/>

	因子关键 参数获取 方法	● 不同粪便管理方式利用率数据获得方法是否清晰描述？	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 存在问题？	建议：	解决 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/>
		● 粪便管理方式利用率数据是否与国家清单、临近省份、IPCC 推荐的默认值、国家污染普查数据、直连直报系统数据有可比性？	是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/> 存在问题？ 不适用，养殖场特有数据	建议：	解决 <input checked="" type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/>
		● 当地温度的获取方法和取值是否描述？	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 存在问题？	建议：	解决 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/>
3.7	粪便管理 甲烷排放 因子关键 参数获取 方法	● 挥发性固体含量数据值与与 IPCC 默认值、国家清单参数、其他省份参数是否具有可比性	是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/> 存在问题？ 不适用，养殖场特有数据	建议：	解决 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/>
		● 甲烷潜力参数与 IPCC 默认值、国家清单参数、其他省份参数是否具有可比性	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 存在问题？	建议：	解决 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/>
		● 甲烷转化系数与 IPCC 默认值、国家清单参数、其他省份参数是否具有可比性	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 存在问题？	建议：	解决 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/>
3.8	动物粪便 氧化亚氮	● 粪便管理氧化亚氮直接和间接排放计算公式、单位	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>	建议：	解决 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/>

	排放因子 计算方法	是否正确?	存在问题?		没有 <input type="checkbox"/>
		● 粪便氮排泄量、挥发性氮、径流和淋溶氮的计算公式、单位是否正确?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 存在问题?	建议:	解决 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/>
		● 粪便管理氧化亚氮直接和间接排放的排放因子的选取和依据是否清晰描述	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 存在问题?	建议:	解决 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/>
		● 动物粪便氮排泄量、各种系数获取的方法和来源是否清晰描述	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 存在问题?	建议:	解决 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/>
		● 动物粪便氮排泄量、直接排放、间接排放相关系数是否与 IPCC 默认值、相关文献数据具有可比性	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 存在问题?	建议:	解决 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/>
		● 粪便管理氧化亚氮直接排放使用分粪便管理系统比例是否与计算粪便管理甲烷排放时一致?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 存在问题?	建议:	解决 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/>
4、排放量计算及不确定性					
4.1	排放量计算	● 排放量计算是否可重复、正确	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 存在问题?	建议:	解决 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/>
4.2	确定性确定	● 是否报告了不确定性 ● 不确定性计算方法是否合理	是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/> 存在问题?	建议:	解决 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/>

			不适用，单个养殖场数据，无法计算不确定性		
		<ul style="list-style-type: none"> ● 是否对不确定性计算参数的来源、选择的依据进行了描述 	是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/> 存在问题？ 不适用，单个养殖场数据，无法计算不确定性	建议：	解决 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/>
5、温室气体排放报告					
5.1	温室气体排放报告	<ul style="list-style-type: none"> ● 是否依据 MRV 指南的报告要求？ ● 排放源是否报告完整？ 	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 存在问题？	建议：	解决 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/>
5.2	通用报告表(Excel)	<ul style="list-style-type: none"> ● 与清单报告数据是否一致？ ● 是否对不报告的数据进行了注明 	是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/> 存在问题？ 不适用，单个养殖场数据单一	建议：	解决 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/>

5. 附表

附表 1 案例奶牛场不同饲养阶段奶牛基本性能参数

项目	当年生仔畜	其他成年畜	繁殖母畜
平均存栏量（头）	173	369	616
饲养期（天数）	180	365	365
平均体重（公斤）	230	550	750
日增重（公斤/天）	0.94	0.67	0
产奶量（公斤/天）	—	—	34.7
奶脂肪含量（%）	—	—	4.01
工作时间（hr/d）	—	0	0
采食量（kg DM/d）	NA	NA	NA
妊娠率（%）	—	—	90
饲料消化率（%）	70	70	70
总能摄入量（MJ/头/d）	94.4	155.9	420.3
平均甲烷转化因子(Y_m)（%）	6.0	6.5	6.0