

**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**

河北省奶牛温室气体排放监测、报告和核证

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—河北省奶牛温室气体排放监测、报告和核证

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—河北省奶牛温室气体排放监测、报告和核证

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://ccafs.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	5
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	13
3.3 奶牛粪便管理 N ₂ O 排放测定和核算	17
3.4 河北省奶牛温室气体排放总量	25
3.5 不确定性分析	26
3.6 减排效果评估	27
4. 奶牛温室气体排放核证	28
5. 附录	39
5.1 河北省奶牛温室气体排放报告相关表格	39
5.2 河北省奶牛温室气体排放清单数据典型调查表	46

河北奶牛温室气体清单包括奶牛肠道发酵甲烷、奶牛粪便管理甲烷和氧化亚氮排放清单 3 个部分，以及相关的不确定性评估。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。

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，计算得出奶牛肠道发酵 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%。

为了验证省级畜牧业温室气体排放 MRV 指南在定量分析减排措施效果的可行性，本案例假设将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，模拟结果显示由于液体粪便管理的改变，粪便管理温室气体排放可降低 21.5%、或减少 225.5 kt CO₂e 排放，河北省奶牛温室气体排放总量可以降低 5.5%。

为了保证 2017 年河北省奶牛清单质量，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、排放因子的计算进行了核证。由于现有数据的可获得性，建议进一步对河北规模化奶牛场的生产特性进行调研，降低清单的不确定性。

1. 概述

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。

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省畜牧总站。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；河北省畜牧总站负责活动水平数据的收集，协助开展排放因子所需参数的抽样调查等。中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所还聘请国内行业专家对奶牛生产性能参数、饲料特征、群体结构、粪便管理方式等调研结果的合理性进行了评估，确保清单编制结果准确性和科学性。

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》，奶牛温室气体排放包括肠道发酵 CH_4 排放、粪便管理 CH_4 和粪便管理 N_2O 排放。根据数据可获得性，选择 2017 年作为案例年份，核算、监测和核证河北省奶牛温室气体排放。

3.1 奶牛肠道发酵 CH_4 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》，需要收集不同饲养方式（规模化饲养，农户饲养，放牧饲养）¹和不同生长阶段（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-奶牛存栏总量来源于根据

¹ 规模化饲养：单个养殖场（区）奶牛存栏 ≥ 100 头；放牧饲养：饲养在中国行政区划划定的 13 个省（自治区）266 个牧区、半牧区县中放牧饲养的奶牛，不包括牧区中进行舍饲规模化饲养的奶牛；农户饲养：指单个家庭养殖的畜禽，本指南中农区小于规模饲养量标准的养殖都计入农户饲养。

《河北省统计年鉴 2018》，2017 年河北省奶牛存栏为 124.6 万头。根据河北省畜牧业行业统计数据，获取不同饲养方式奶牛存栏量；不同生长阶段的奶牛存栏量根据典型调查获得规模化饲养和农户饲养方式下 3 个饲养阶段的比例关系计算获得，活动水平数据和数据来源详见表 1 和表 2。

表 1：奶牛活动水平数据

饲养方式	年末存栏数据 (万头)	不同生长阶段的存栏量 (万头)		
		当年生仔畜	其它成年畜	繁殖母畜
规模化饲养	112.36	11.39	38.89	62.08
农户饲养	12.24	1.31	2.42	8.51
小计	124.6	12.70	41.31	70.59

表 2：奶牛活动水平数据来源

来源	提供的数据信息
《河北省统计年鉴 2018》	<ul style="list-style-type: none"> ● 全省及各地市的奶牛年末存栏量
2017 河北省畜牧业行业统计数据	<ul style="list-style-type: none"> ● 全省及各地市奶牛规模化饲养比例 ● 全省及各地市奶牛放牧饲养比例
典型抽样调查	<ul style="list-style-type: none"> ● 6 家规模化奶牛场不同生产阶段奶牛末存栏量比例 ● 102 户奶牛养殖户不同生产阶段奶牛末存栏量比例 ● 抽样调查场户也同时调查了奶牛的体重、日增重、产奶量、乳脂率、工作时间和母畜妊娠率、母畜泌乳率等排放因子计算关键参数

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 CH₄ 排放因子的计算方法如公式 1：

$$EF_{CH_4_EN(T,P)} = \left(GE_{(T,P)} \cdot \frac{Y_{m(T,P)}}{100} \cdot 365 \right) / 55.65 \quad (1)$$

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 CH₄ 排放因子，kg CH₄ 头⁻¹ 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，MJ 头⁻¹ 天⁻¹；

$Y_{m(T,P)}$ ：第 T 生长阶段奶牛在第 P 种饲养方式下 CH₄ 转化因子，即采食饲料中总能转化成 CH₄ 能的比例，%；

365：一年的总天数，天 年⁻¹；

55.65：CH₄ 的能值， MJ kg⁻¹ CH₄。

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，以下各净能的计算也未标注子类代码。

式中：

- NE_m ：奶牛的维持净能，MJ 头⁻¹ 天⁻¹。

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

参数获取方法：

- BW ：为奶牛的活体重（kg）。

抽样调查获得，本案例中奶牛的体重结果见表 3：

表 3：不同饲养方式、不同生长阶段奶牛体重（ kg）

饲养方式 \ 生长阶段	当年生仔	其它成年	繁殖母畜
	畜	畜	

规模化饲养	160.00	475.00	687.50
农户饲养	134.62	372.07	546.38

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

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 $C_{fi}=0.322$;

繁殖母畜中的泌乳牛 $C_{fi}=0.386$

为了计算繁殖母畜的维持净能, 本案例调研获得了不同养殖方式的泌乳率, 并据此计算了干奶牛和泌乳牛的存栏量 (表 4)

表 4: 不同饲养方式繁殖母畜中干奶牛和泌乳牛存栏量 (万头)

生长阶段 饲养方式	泌乳率 (%)	干奶牛 (万头)	泌乳牛 (万头)
规模化饲养	87.7	7.65	54.43
农户饲养	81.2	1.60	6.91

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

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

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, $\text{MJ 头}^{-1} \text{ 天}^{-1}$ 。

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

(2.3)

参数获取方法:

- BW : 奶牛的平均活体重, kg 。结果见表 3。
- MW : 奶牛在身体状况中等情况下成熟时的活体重, kg

抽样调查获得 MW ，本案例中，规模化饲养奶牛成熟时的活体重为 688 kg，农户饲养奶牛成熟时的活体重为 546 kg。

- WG : 奶牛平均日增重, kg 天^{-1} 。

抽样调查获得 WG ，本案例奶牛平均日增重调查结果见表 5。

表 5: 不同饲养方式、不同生长阶段奶牛平均日增重 (kg^{-1})

生长阶段 饲养方式	当年生仔畜	其它成年畜	繁殖母畜
规模化饲养	0.83	0.74	0
农户饲养	0.7	0.7	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, $\text{MJ 头}^{-1} \text{天}^{-1}$ 。

$$\text{计算公式: } NE_l = M_{\text{milk}} \cdot (1.47 + 0.40 \cdot F_{\text{fat}}) \quad (2.4)$$

参数获取方法:

- M_{milk} : 日产奶量, kg 天^{-1}

抽样调查获得日产奶量，本案例奶牛日产奶量调查结果见表 6。

表 6: 日产奶量 (kg 天^{-1})

生长阶段 饲养方式	当年生仔畜	其它成年畜	繁殖母畜
规模化饲养	0	0	26.42
农户饲养	0	0	16.7

- F_{fat} : 乳脂率, %, 重量的百分比。

抽样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 7。

表 7: 牛奶的乳脂率 (%)

生长阶段 饲养方式	当年生仔 畜	其它成年 畜	繁殖母畜
规模化饲养	0	0	3.84
农户饲养	0	0	3.40

- 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。

抽样调查获得奶牛每日劳动时数。本案例中, 不同饲养方式、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;

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

(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, %。

抽样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 8。

表 8: 奶牛妊娠比例 (%)

生长阶段 饲养方式	当年生仔 畜	其它成年 畜	繁殖母畜
规模化饲养	0	0	82
农户饲养	0	0	84

- REM : 日粮中维持净能与可消化能之比;

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

参数获取方法:

- DE : 饲料消化率, %。

抽样调查获得奶牛饲料消化率, 调研结果见表 9。

表 9: 奶牛饲料消化率 (%)

生长阶段 饲养方式	当年生仔畜	其它成年畜	繁殖母畜
规模化饲养	70	70	70
农户饲养	65	65	65

- REG : 日粮中生长净能与可消化能之比;

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

参数获取方法:

- DE : 饲料消化率, %。

参数取值见表 9。

- 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, 计算奶牛摄取饲料的总能。结果见表 10。

表 10: 奶牛摄取饲料的总能 (MJ 头⁻¹天⁻¹)

生长阶段 饲养方式	当年生仔畜	其它成年畜	繁殖母畜
规模化饲养	69.8	14 .	336.4
农户饲养	68.8	47.5	252.1

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, 不同饲养方式和不同生长阶段的 Y_m 取值见表 11。

表 11：奶牛 CH₄ 转化率（Y_m，%）

生长阶段 饲养方式	当年生仔畜	其它成年畜	繁殖母畜
规模化饲养	6.0	6.5	6.0
农户饲养	6.0	7.5	6.5

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 12）。

表 12：奶牛肠道发酵 CH₄ 排放因子（kg CH₄ 头⁻¹ 年⁻¹）

生长阶段 饲养方式	当年生仔畜	其它成年畜	繁殖母畜
规模化饲养	27.5	63.9	132.4
农户饲养	27.1	72.5	107.5

3.1.3 奶牛肠道发酵 CH₄ 排放量估算

根据公式不同饲养方式、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 13。

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

式中：

$E_{CH_4_{EN}}$ ：清单编制省份奶牛肠道发酵产生的甲烷排放量，tCH₄ 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 13: 2017 年奶牛肠道发酵 CH_4 排放量 ($\text{kt CH}_4 \text{ 年}^{-1}$)

生长阶段 饲养方式	当年生仔畜	其它成年畜	繁殖母畜	总计
规模化饲养	3.1	24.8	82.2	110.1
农户饲养	0.4	1.8	9.1	11.3
总计	3.5	26.6	91.3	121.4

3.2 奶牛粪便管理 CH_4 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 中所列的奶牛不同饲养方式和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 CH_4 排放因子， $\text{kg CH}_4 \text{ 头}^{-1} \text{ 年}^{-1}$ ；

$VS_{(T,P)}$ ：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， $\text{kg VS 头}^{-1} \text{ 天}^{-1}$ ；

$B_{0(T,P)}$ ：第 T 生长阶段，奶牛在第 P 种饲养方式下粪便 CH_4 产生潜力， $\text{m}^3 \text{CH}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ VS}$ ；

$MCF_{(S,k)}$: 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 · 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) 和生长养阶段 (T) 角标。

基于上述的相关参数计算获得本案例中不同饲养阶段的奶牛粪便易挥发性固体排泄量, 具体结果见表 14。

表 14: 奶牛粪便易挥发性固体排泄量 (kg VS 天⁻¹)

生长阶段 饲养方式	当年生仔畜	其他成年畜	繁殖母畜
规模化饲养	1.18	2.54	5.70
农户饲养	1.34	2.87	4.90

3.2.2.2 奶牛粪便 CH₄ 产生潜力(B₀)

粪便 CH₄ 产生潜力(B₀)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。在本案例中规模化饲养和农户饲养的 CH₄ 产生潜力(B₀)取值分别为 0.24 和 0.13 m³CH₄ kg⁻¹VS。

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，本次案例抽样调查了河北省 6 家不同规模的奶牛场和 102 户奶牛养殖户的粪便管理方式和使用比例。清单编制机构对粪便管理方式处理的粪便量进行了加权平均计算，获得了河北省奶牛规模化饲养和农户饲养的不同粪便管理方式处理的粪便量（表 15）。

表 15：河北省奶牛粪便管理方式处理的粪便比例（%）

饲养方式	每日施肥	固体贮存	液体贮存	沼气处理	燃烧	垫草垫料	堆肥和沤肥	好氧处理	其他
规模化饲养	0.0	26.2	25.1	12.6	0.3	9.0	5.7	0.5	20.7
农户饲养	12.6	33.0	40.4	2.6	0.0	3.3	0.0	0.0	8.1

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 2017 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 16。

表 16：奶牛粪便管理方式的 CH₄ 转化因子（%）

饲养方式	每日施肥	固体贮存	液体贮存	沼气处理	燃烧	垫草垫料	堆肥和沤肥	好氧处理	其他
MCF (%)	0.1	2.0	22	10.0	10.0	3.0	0.5	0.1	1.0

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 17）。

表 17：粪便管理 CH₄ 排放因子（kg CH₄ 头⁻¹年⁻¹）

生长阶段 饲养方式	当年生仔畜	其它成年畜	繁殖母畜
规模化饲养	5.45	11.69	26.25
农户饲养	4.25	9.12	15.59

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 18）。

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

式中：

$E_{CH_4_{MM}}$ ：清单省份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；

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

表 18: 奶牛粪便管理 CH_4 排放量 ($kt CH_4 \text{ 年}^{-1}$)

饲养方式 \ 生长阶段	当年生仔畜	其他成年畜	繁殖母畜	合计
规模化饲养	0.62	4.55	16.30	21.46
农户饲养	0.06	0.22	1.33	1.60
合计	0.68	4.77	17.62	23.07

3.3 奶牛粪便管理 N_2O 排放测定和核算

奶牛粪便管理 N_2O 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 N_2O 排放因子等。

3.3.1 奶牛粪便管理 N_2O 直接排放

3.3.1.1 活动水平数据

不同饲养方式和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 N_2O 排放的另外一个活动水平数据是氮的排泄量。根据第二次全国污染源数据, 得出河北省不同饲养方式、不同生长阶段奶牛每年氮排泄量 (表 19)。根据 3.2.2.3 节中不同粪便管理方式处理的粪便比例 (表 15) 和奶牛年氮排泄量, 计算了不同饲养方式、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 20。

表 19: 不同饲养方式不同生长阶段奶牛年氮排泄量 ($kg \text{ 年}^{-1} \text{ 头}^{-1}$)

饲养方式	当年生仔畜	其它成年畜	繁殖母畜
规模化饲养	14.42	58.77	96.91
农户饲养	14.42	58.77	96.91

表 20：不同饲养方式、生长阶段、粪便管理方式的氮排泄量（kg N 年⁻¹）

饲养方式		粪便处理方式								
		每日施肥	固体贮存	液体贮存	沼气处理	燃烧	垫草垫料	堆肥和沤肥	好氧处理	其他
规模化饲养	当年生仔猪	0	430244	412180	206911	4926	147794	93603	8211	338284
	其它成年畜	0	5987672	5736281	2879567	68561	2056834	1302661	114269	4707864
	繁殖母畜	0	15761966	15100204	7580182	180481	5414416	3429130	300801	12392996
农户饲养	当年生仔猪	23798	62327	76303	4911	0	6233	0	0	15298
	其它成年畜	179186	469297	574534	36975	0	46930	0	0	115191
	繁殖母畜	1039100	2721453	3331719	214418	0	272145	0	0	667993

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的粪便比例相同（表 15）。

根据《省级畜牧业温室气体排放 MRV 指南》中的表 2-6 和调研粪便管理方式（表 15），选择了不同粪便管理方式的 N₂O 直接排放因子（表 21）。

表 21：河北省奶牛粪便管理方式 N₂O 直接排放因子

粪便处理方式	每日施肥	固体贮存	液体贮存	沼气处理	燃烧	垫草垫料	堆肥和沤肥	好氧处理	其他
--------	------	------	------	------	----	------	-------	------	----

EF ₃ (kg N ₂ O-N kg ⁻¹ N)	0	0.005	0	0	0.07	0.01	0.1	0.005	0.001
--	---	-------	---	---	------	------	-----	-------	-------

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 22。

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

式中：

$E_{N_2O_{D,MM}}$ ：粪便管理的 N₂O 直接排放量，t N₂O 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 种饲养方式下粪便管理方式 S 的使用比例；

$EF_{3(S)}$ ：粪便管理方式 S 的 N₂O 直接排放因子，kg N₂O-N kg⁻¹N；

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：N₂O 与氮的转换系数，kg N₂O (kg N₂O-N)⁻¹。

表 22：奶牛不同饲养方式、生长阶段、粪便管理方式 N₂O 直接排放量（t N₂O 年⁻¹）

饲养方式		粪便处理方式									合计
		每日施肥	固体贮存	液体贮存	沼气处理	燃烧	垫草垫料	堆肥和沤肥	好氧处理	其他	
规模	当年生仔畜	0.0	3.4	0.0	0.0	0.1	2.3	14.7	0.1	0.5	21.1
	其它成年畜	0.0	47.0	0.0	0.0	0.8	32.3	204.7	0.9	7.4	293.1

化 饲 养	繁殖母畜	0.0	123.8	0.0	0.0	2.0	85.1	538.9	2.4	19.5	771.6
	合计	0.0	174.3	0.0	0.0	2.8	119.7	758.3	3.3	27.4	1085.8
农 户 饲 养	当年生仔畜	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.6
	其它成年畜	0.0	3.7	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.2	4.6
	繁殖母畜	0.0	21.4	0.0	0.0	0.0	4.3	0.0	0.0	1.0	26.7
	合计	0.0	25.6	0.0	0.0	0.0	5.1	0.0	0.0	1.3	31.9
奶牛 N ₂ O 排放总量		0.0	199.8	0.0	0.0	2.8	124.8	758.3	3.3	28.7	1117.7

3.3.2 奶牛粪便管理 N₂O 间接排放

动物粪便管理 N₂O 间接排放包括奶牛粪便施入土壤之前，动物粪便贮存和处理中会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 N₂O 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：

不同饲养方式、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：

不同饲养方式、不同生长阶段下的奶牛氮排泄量与 3.3.1.1 节相同（表 19）

● 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 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；

$FracGasMS$ ：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 23。

表 23：不同粪便处理方式奶牛粪便氨和 NO_x 损失比例（%）

动物类型	每日施肥	固体贮存	液体贮存	沼气处理	燃烧	垫草垫料	堆肥和沤肥	好氧处理	其他	合计
奶牛	7	30	40	40 ^a	0	40 ^b	20 ^c	20 ^c	20 ^c	21.1

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：奶牛垫草垫料粪便方式的氨挥发和 NO_x 排放的比例参照生猪粪便垫草垫料处理方式；

c: 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氨和 NO_x 损失量，计算结果见表 24。

表 24：不同饲养方式、生长阶段、粪便管理方式的氨和 NO_x 形式损失量
(kg N 年⁻¹)

饲养方式		粪便处理方式								
		每日施肥	固体贮存	液体贮存	沼气处理	燃烧	垫草垫料	堆肥和沤肥	好氧处理	其他
规模化饲养	当年生仔畜	0	129073	164872	82765	0	59118	18721	1642	67657
	其它成年畜	0	1796301	2294512	1151827	0	822734	260532	22854	941573
	繁殖母畜	0	4728590	6040082	3032073	0	2165766	685826	60160	2478599
农户饲养	当年生仔畜	1666	18698	30521	1964	0	2493	0	0	3060
	其它成年畜	12543	140789	229813	14790	0	18772	0	0	23038
	繁殖母畜	72737	816436	1332687	85767	0	108858	0	0	133599

● 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 N₂O 间接排放，t N₂O 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 24;

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, 河北省规模化饲养和农户饲养的粪便管理 N_2O 间接排放量见表 25。

表 25: 奶牛粪便管理 N_2O 间接排放量 ($tN_2O\ 年^{-1}$)

饲养方式	氮沉降	淋溶和径流	合计
规模化饲养	424.4	0	424.4
农户饲养	47.9	0	47.9
合计	472.3	0	472.3

3.3.6 奶牛粪便管理 N_2O 排放总量

奶牛粪便管理 N_2O 排放总量等于规模化饲养 N_2O 直接排放、农户饲养 N_2O 直接排放、规模化饲养 N_2O 间接排放和农户饲养 N_2O 间接排放量之和。2017 年河北省奶牛粪便管理 N_2O 排放总量为 1590.0 tN_2O 。

表 26：奶牛粪便管理 N₂O 排放总量 (tN₂O 年⁻¹)

饲养方式	直接排放	间接排放	合计
规模化饲养	1085.8	424.4	1510.2
农户饲养	31.9	47.9	79.8
合计	1117.7	472.3	1590.0

3.4 河北省奶牛温室气体排放总量

河北省奶牛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（表 27）。

表 27：奶牛温室气体排放总量

饲养方式	奶牛肠道发酵 CH ₄ 排放 (ktCO ₂ e)	奶牛粪便管理 CH ₄ 排放 (ktCO ₂ e)	奶牛粪便管理 N ₂ O 排放量 (ktCO ₂ e)	合计 (ktCO ₂ e)
规模化饲养	2753.7	536.6	450.0	3740.3
农户饲养	281.4	40.1	23.8	345.3
合计	3035.1	576.6	473.8	4085.6

河北省 2017 年奶牛温室气体排放量为 4085.6 千吨 CO₂e。从排放源分析，以肠道发酵 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 11.8%。

从奶牛肠道 CH₄ 排放量来分析看，主要来自繁殖母畜的排放，总的排放量为 2283.3 千吨 CO₂e，占肠道 CH₄ 排放的 75.2%，其次为其他成年牛，排放量为 664.8 千吨 CO₂e，占肠道 CH₄ 排放的 21.9%，而当年生仔畜肠道发酵 CH₄ 排

放量为 87.1 千吨 CO₂e，只占肠道 CH₄ 排放的 2.9%。在粪便管理 CH₄ 排放来看，与肠道发酵 CH₄ 排放一样，主要来自繁殖母畜粪便管理排放为主，排放量为 440.6 千吨 CO₂e，占粪便管理 CH₄ 排放的 76.4%，其它成年牛粪便管理 CH₄ 排放为 119.2 千吨 CO₂e，占粪便管理 CH₄ 排放的 20.7%，当年生仔畜排放只占该排放源的 2.9%。在粪便管理 N₂O 排放来看，主要来自繁殖母畜的排放，总的排放量为 339.7 千吨 CO₂e，占粪便管理 N₂O 排放总量的 71.7%，其次为其他成年牛，排放量为 124.9 千吨 CO₂e，占粪便管理 N₂O 排放总量的 26.4%，而当年生仔畜粪便管理 N₂O 排放总量为 9.2 千吨 CO₂e，只占粪便管理 N₂O 排放的 1.9%。

3.5 不确定性分析

按照《省级畜牧业温室气体排放 MRV 指南》不确定性评估的要求，利用 2000 IPCC 清单编制良好做法指南中提供的误差传递法，分别计算了奶牛肠道发酵 CH₄ 排放、粪便管理 CH₄ 排放、粪便管理 N₂O 直接排放、粪便管理 N₂O 间接排放、奶牛温室气体排放的不确定性：

(1) 奶牛肠道发酵 CH₄ 排放不确定性方面主要考虑了动物体重、日增重、产奶量的调查数据的不确定性，其不确定性由调研数据的均值和标准差确定；参照 IPCC 优良作法指南，CH₄ 转换因子的不确定性选择±40%；对于活动水平数据，由于活动水平数据来源统计年鉴，其取值选择±5%。依据误差传递方程的方法进行计算，动物肠道发酵 CH₄ 排放量的不确定性范围为±20.8%。

(2) 奶牛粪便管理 CH₄ 排放不确定性方面主要考虑了粪便管理方式占比的不确定性，由调研参数的均值和标准差确定；粪便中灰分的不确定性选择±20%，不同粪便管理方式的 CH₄ 转化系数取值为缺省值，其不确定性选择±50%；对于活动水平数据，其取值选择±5%。依据误差传递方程的方法进行计算，粪便管理 CH₄ 排放量的不确定性范围为±35.0%。

(3) 奶牛粪便管理 N₂O 直接排放不确定性方面主要考虑了粪便管理方式占比的不确定性，由调研参数的均值和标准差确定；不同粪便管理方式的 N₂O 排放因子不确定性取值±100%；对于活动水平数据，其取值选择±5%。依据误

差传递方程的方法进行计算，动物粪便管理 N₂O 直接排放量的不确定性范围为±61.3%。

（4）奶牛粪便管理 N₂O 间接排放直接取缺省参数计算，主要来自排放因子不确定性和活动水平不确定性，其中间接排放因子不确定性取值为±100%；对于活动水平数据，其取值选择±5%。依据误差传递方程的方法进行计算，动物粪便管理 N₂O 间接排放量的不确定性范围为±52.1%。

基于上述 4 类排放源和排放量和不确定性，计算获得河北省奶牛温室气体排放总体不确定性为±23.5%。

3.6 减排效果评估

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 CO₂e，减排比例达到 21.5%（1050.5kt CO₂e VS 825.0 kt CO₂e），河北省奶牛总的温室气体可以减少 5.5% 的排放（表 28）。

表 28 粪便管理方式改变减排效果比较

项目		案例情景		减排情景	
		规模化	农户	规模化	农户
粪便管理 方式占比 (%)	每日施肥	0.0	12.6	0	12.6
	固体贮存	26.2	33	26.2	33
	液体贮存	25.1	40.4	0	0
	沼气处理	12.6	2.6	37.7	43
	燃烧	0.3	0	0.3	0
	垫草垫料	9.0	3.3	9	3.3
	堆肥和沤肥	5.7	0	5.7	0
	好氧处理	0.5	0	0.5	0

	其他	20.7	8.1	20.7	8.1
粪便管理 CH ₄ 综合排放因子 (kg CO ₂ e/年/头)		462.8		281.8	
粪便管理 N ₂ O 综合排放因子 (kg CO ₂ e /年/头)		380.3		380.3	
粪便管理 CH ₄ 排放量 (kt CO ₂ e)		576.6		351.1	
粪便管理 N ₂ O 排放量 (kt CO ₂ e)		473.8		473.9	
粪便管理 GHG 排放量 (kt CO ₂ e)		1050.5		825.0	
减排比例 (%)		21.5			

4. 奶牛温室气体排放核证

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清单进行了外部评审。课题组汇总了对本报告的最终版本的核证结果（表 29）。

核证表明，河北省奶牛温室气体清单按照《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，活动数据基本正确，根据河北省奶牛生产特点进行了动物分类、典型养殖场和养殖户的抽样调查，排放因子与国家清单等具有可比性。核查过程中，专家建议对更正氮排泄量数据，由原来不同生长阶段奶牛采用同一排泄量改成不同生产阶段采用不同的氮排泄数据，清单编制团队进行了更正。

表 29：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	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"/>

		牧饲养、农户饲养细化分类 是否有依据，是否正确？			
		● 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理？	是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/> 存在问题？ 不适用于奶牛，在河北省统计年鉴中有奶牛存栏量数据	建议：	解决 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/>
2.4	存栏量的交叉核对	● 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"/>
		● 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"/>
		● 与往年活动水平数据是否可比？	是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/> 存在问题？ 因往年没有不同生长	建议：	解决 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/>

		<p>● 如果有较大的变化，清单报告中是否有详细的解释？</p>	<p>阶段的动物存栏量数量，因此，课题组依据调研结果计算的不同生长阶段的奶牛存栏量数据与往年无法比较</p>		
		<p>● 存栏量是否与国家统计局年鉴、中国畜牧兽医年鉴、本省县市年鉴的数据可比</p>	<p>是<input checked="" type="checkbox"/>否<input type="checkbox"/> 存在问题？</p>	<p>建议：</p>	<p>解决<input type="checkbox"/> 部分<input type="checkbox"/> 没有<input type="checkbox"/></p>
3.排放因子					
3.1	<p>综合排放因子 (IEF)</p>	<p>● 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？</p> <p>IEF 是否等于总的肠道发酵甲烷排放量除于总的奶牛数量</p>	<p>是<input checked="" type="checkbox"/>否<input type="checkbox"/> 存在问题？</p> <p>河北奶牛肠道发酵 CH₄ 综合排放因子为 95.79kg CH₄/头/年，与东欧（99kg CH₄/头/</p>	<p>建议：</p>	<p>解决<input type="checkbox"/> 部分<input type="checkbox"/> 没有<input type="checkbox"/></p>

			<p>年) 具有可比性。</p> <p>目前中国省级奶牛排放因子直接采用了《省级温室气体排放清单编制指南》中提供的区域温室气体排放因子, 本计算结果与推荐的华北区域的排放因子具有可比性</p>		
		<p>● 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?</p>	<p>是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>存在问题?</p>	<p>建议: 河北奶牛粪便 CH₄ 综合排放因子为 16.09kg CH₄/头/年, 与东</p>	<p>解决 <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>部分 <input type="checkbox"/></p> <p>没有 <input type="checkbox"/></p>

				欧具有可比性	
		<ul style="list-style-type: none"> 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 type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/> 存在问题？	建议：综合 N ₂ O 直接排放因子为 0.79kg N ₂ O/头/年	解决 <input checked="" 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	<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、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"/>
		<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、排放因子等计算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"/>
3.3	奶牛肠道发酵甲烷排放因子	<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 	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"/>

	关键参数 获取方法	体重、日增重、采食量、饲料消化率、产奶量等参数的取值？			
		<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：部分参数来自国家清单编制所采用的推荐值	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 参数的可比性	<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"> ● 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、总能计算结 	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"/>

		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？			
		● 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	● 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"/>
		● 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"/>
		● 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 因子关键 参数获取 方法	● 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"/>
		● 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、	是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/> 存在问题？	建议：采用第二次污普数	解决 <input checked="" type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/>

		国家污染普查数据、直连直报系统数据有可比性？		据，数据更有代表性	
		● 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 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 排放因子 计算方法	● 粪便管理氧化亚氮直接和间接排放计算公式、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 type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/> 存在问题？ 未分阶段提供氮排泄量	建议：分阶段提供氮排泄量	解决 <input checked="" type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/>

		<ul style="list-style-type: none"> ● 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"/>
		<ul style="list-style-type: none"> ● 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"/>
		<ul style="list-style-type: none"> ● 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"/>
		<ul style="list-style-type: none"> ● 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	<ul style="list-style-type: none"> ● 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	<ul style="list-style-type: none"> ● 是否报告了不确定性 ● 不确定性计算方法是否合理 	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"/>
		<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 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、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 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. 附录

5.1 河北省奶牛温室气体排放报告相关表格

表 5-1 奶牛温室气体排放量报告

源类别	CH ₄ 排放量 (吨)	N ₂ O 排放量 (吨)	排放量 (吨 CO ₂ e)
动物肠道发酵甲烷排放	121405.8		3035144.8
动物粪便管理甲烷排放	23065.3		576633.6
动物粪便管理氧化亚氮排放		1590.0	473818.3
合计	144471.1	1590.0	4085596.7

表 5-2 在不同饲养方式下活动水平数据，不同生长阶段占比表

动物	饲养方式	年末存栏数据 (万头)	不同生长阶段占比 (%)		
			当年生仔畜	其他成年畜	繁殖母畜
奶牛	规模化	112.36	10.1	34.6	55.3
	农户	12.24	10.7	19.8	69.5
	放牧	0	---	----	----
	小计	124.60			

表 5-3 奶牛肠道发酵活动数据和其它相关数据表

饲养 方式	生长 阶段	年末存栏数据 (万头)	平均摄入总能 (MJ/头/天)	平均甲烷转化因子 (Y _m) %	甲烷排放因子 (kg CH ₄ /头/天)	甲烷排放量 (吨)
规模化	当年生仔畜	11.39	69.8	6.0	27.5	3128.7
	其它成年畜	38.89	149.8	6.5	63.9	24835.3
	繁殖母畜	62.08	336.4	6.0	132.4	82185.1
农户	当年生仔畜	1.31	68.8	6.0	27.1	354.7
	其它成年畜	2.42	147.5	7.5	72.5	1755.7
	繁殖母畜	8.51	11.1	6.5	107.5	9146.3
放牧	当年生仔畜	----	----	----	----	----
	其它成年畜	----	----	----	----	----
	繁殖母畜	----	----	----	----	----

表 5-4 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

饲养方式	生长阶段	体重(kg)	日增重(kg/d)	产奶量(kg/d)	奶脂肪含量(%)	工作时间(hr/d)	妊娠率(%)	采食量(kg dm/d)	饲料消化率(%)	采食总能(MJ/头/年)	甲烷排放因子(kg CH ₄ /头/年)
规模化	当年生仔畜	160.0	0.83	0	0	0	0	3.5	70	69.8	27.5
	其它成年畜	475.0	0.74	0	0	0	0	7.6	70	149.8	63.9
	繁殖母畜	687.5	0.0	26.42	3.84	0	82.3	18.2	70	336.4	132.4
农户饲养	当年生仔畜	134.62	0.70	0	0	0	0	3.2	65	68.8	27.1
	其它成年畜	372.07	0.70	0	0	0	0	7.0	65	147.5	72.5
	繁殖母畜	546.38	0.00	16.7	3.40	0	83.95	13.7	65	11.1	107.5
放牧饲养	当年生仔畜	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
	其它成年畜	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
	繁殖母畜	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

表 5-5 动物粪便管理活动数据和其它相关数据表

动物	饲养方式	生长阶段	年末存栏数据 (万头)	气候区分别占比 (%)			年平均温度 (°C)	平均动物体重 (kg)	平均VS排泄量 (kg DM/头/天)	平均甲烷最大产生潜力 (B ₀) (m ³ CH ₄ /kg VS)	甲烷排放因子 (kgCH ₄ /头/天)	甲烷排放量 (吨)
				寒冷区	温和区	温暖区						
奶牛	规模化	当年生仔畜	11.39	100	0	0	13	160.0	1.18	0.24	5.45	620.4
		其它成年畜	38.89	100	0	0	13	475.0	2.54	0.24	11.69	4545.7
		繁殖母畜	62.08	100	0	0	13	687.5	5.70	0.24	26.25	16296.3
	农户	当年生仔畜	1.31	100	0	0	13	134.62	1.34	0.13	4.25	55.7
		其它成年畜	2.42	100	0	0	13	372.07	2.87	0.13	9.12	220.7
		繁殖母畜	8.51	100	0	0	13	546.38	4.90	0.13	15.59	1326.5
	放牧	当年生仔畜	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
		其它成年畜	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
		繁殖母畜	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

表 5-6 奶牛粪便管理系统 (%)

动物种类	饲养方式	放牧/ 放养	每日 施肥	固体 贮存	自然 风干	液体 贮存	氧化 塘	舍内 粪坑 贮存	沼气 处理	燃烧	垫草 垫料	堆肥 和沤 肥	好氧 处理	肉鸡 粪便 垫料	其它
奶牛	规模化	0.0	0.0	26.2	0.0	25.1	0.0	0.0	12.6	0.3	9.0	5.7	0.5	---	20.7
	农户	0.0	12.6	33.0	0.0	40.4	0.0	0.0	2.6	0.0	3.3	0.0	0.0	---	8.1
	放牧	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	MCF (%)	1.0	0.1	2.0	1.0	22	71	3.0	10.0	10.0	3.0	0.5	0.1	---	1.0

表 5-7 奶牛粪便管理相关参数与氧化亚氮排放

动物种类	饲养方式	生长阶段	存栏量 (万头)	典型动物体重 (kg)	氮排泄量 (kg N/头/年)	不同粪便管理方式处理的氮 (kg N/年)													总氮量 (kg N/年)	氨挥发总量 (kg N/年)	氮淋溶和径流渗漏总量 (kg N/年)	排放因子			排放量(t N ₂ O)		
						放牧/放养	每日施肥	燃烧	固体贮存	自然风干	堆肥处理	垫草垫料	舍内粪坑贮存	液体贮存	氧化塘	厌氧沼气处理	好氧处理	其他				直接排放 (kg N ₂ O/头/年)	氮沉降(kg N ₂ O-N/kg N)	径流和淋溶(kg N ₂ O-N/kg N)	直接排放	氮沉降	径流和淋溶
奶牛	规模化	当年生仔畜	11.39	160.0	14.42	0	0	4926	430244	0	93603	147794	0	412180	0	206911	8211	338284	1642153			0.185			21.1		
		其他成年畜	38.89	475.0	58.77	0	0	68561	5987672	0	1302661	2056834	0	5736281	0	2879567	114269	4707864	22853709			0.754			293.1		
		繁殖母畜	62.08	687.5	96.91	0	0	180481	15761966	0	3429130	5414416	0	15100204	0	7580182	300801	12392996	60160176			1.243			771.6		
	农户	当年生仔畜	1.31	134.62	14.42	0	23798	0	62327	0	0	6233	0	76303	0	4911	0	15298	188869			0.047			0.6		
		其他成年	2.42	372.07	58.77	0	179186	0	469297	0	0	46930	0	574534	0	36975	0	115191	2113			0.190			4.6		
		繁殖母畜	8.51	546.38	96.91	0	1039100	0	2721453	0	0	272145	0	3331719	0	214418	0	667993	8246828			0314			26.7		
	放牧	当年生仔畜	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			--			--		
		其他成年畜	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			--			--		

		繁殖母畜	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			--			--				
粪便管理系统处理的总氮量(kg N/年)						0	12 42 08 4	25 39 68	25 43 29 59	0	48 25 39 4	79 44 35 2	0	25 23 12 21	0	10 92 29 64	42 32 81	18 23 76 26	94 51 38 48								
直接排放因子 EF ₃ (kg N ₂ O-N/kg N)						0.0 2	0	0.0 07	0.0 05	0.0 2	0.1 1	0.0 02	0	0.0 0	0.0 05	0.0 01											
氨挥发造成的 N ₂ O 间接排放因子 EF ₄ (%)						20	7	0	30	20	20	40	20	40	35	40	20	20		30053 509			0.01			472. 3	
氮淋溶径流损失 N ₂ O 间接排放因子 EF ₅ (%)						0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0			0.0075			0	
直接排放量 (kgN ₂ O)						0	0	27 94	19 98 30	0	75 82 76	12 48 40	0	0	0	0	33 26	28 65 9						1117 .73			
间接排放量 (kg N ₂ O)						0	13 66	0	11 98 98	0	15 16 6	49 93 6	0	15 85 96	0	68 65 9	13 30	31 8									
总排放量 (kg N ₂ O)						0	13 66	27 94	31 97 29	0	77 34 42	17 47 76	0	15 85 96	0	68 65 9	46 56	97 7						1117 .73	472. 3	0	

5.2 河北省奶牛温室气体排放清单数据典型调查表

附表 1-1 奶牛动物群体结构调查

省份：河北省

县名：全省各区县

调查年份：2017 年

数据来源：抽样调查

填表人：朱志平

调查日期：2019 年 12 月

动物 类型	饲养方式	全省 总饲养量 (万头/万只)	样点县 (*) 饲养量 (万头/万只)	生长阶段结构 (%)		
				当年 生子畜	其他成 年畜	繁殖 母畜
奶牛	规模化饲 养	112.36	80.0	10.1	34.6	55.3
	农户饲养	12.24	11.54	10.7	19.8	69.5

规模化饲养是指单个养殖场（区）：奶牛（存栏） ≥ 100 头，猪（年出栏） ≥ 500 头；

放牧饲养：饲养在中国行政区划划定的 13 个省（自治区）266 个牧区、半牧区县的动物；

农户饲养：单个家庭养殖的畜禽，本指南中农区小于规模饲养量标准的养殖都计入农户饲养。

注* 本表样点县列数据为河北省污染源普查整体数据汇总获得

附表 1-2 生产特性参数—奶牛

省份：河北省

县名：河北省典型调查均值

调查人：魏莎、朱志平

调查日期：2019 年 10 月-12
月

饲养方式		规模化饲养				农户饲养			
项目		出生	当年生仔畜	其他成年畜	繁殖母畜	出生	当年生仔畜	其他成年畜	繁殖母畜
日龄（天数）		—	NA	NA	NA	—	185	365	365
平均体重（公斤）		NA	160	475	687.5	NA	134.6	372.1	546.4
日增重（公斤/天）		—	0.83	0.74	0	—	0.7	0.7	0
泌乳期产奶量（公斤/天/头）		—	—	—	26.4	—	—	—	106.7
泌乳天数（天/年）		—	—	—	321.8	—	—	—	NA
奶脂肪含量（%）		—	—	—	3.8	—	—	—	NA
繁殖母畜泌乳率（%）		—	—	—	88	—	—	—	81
繁殖母畜妊娠率（%）		—	—	—	82	—	—	—	84
产犊数（个/胎）		—	—	—	1	—	—	—	1
饲料组成	TMR 饲料（公斤/天）	—	3.5	7.6	18.2	—	3.2	7.0	12.9
	精饲料（公斤/天）	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

	粗饲料（公斤/天）		—	NA	NA	NA	—	NA	NA	NA
	粗饲料 （公斤 /天）	青贮饲料	—	NA	NA	NA	—	NA	NA	NA
		青干草、苜蓿干草	—	NA	NA	NA	—	NA	NA	NA
		氨化秸秆	—	NA	NA	NA	—	NA	NA	NA
		干秸秆	—	NA	NA	NA	—	NA	NA	NA
		块根多汁饲料、青绿饲料	—	NA	NA	NA	—	NA	NA	NA
	酒糟、麦麸		—	NA	NA	NA	—	NA	NA	NA
采食总能（兆焦/天）			—	NA	NA	NA	—	NA	NA	NA
饲料消化率（%）			—	NA	NA	NA	—	NA	NA	NA

注：NA 表示调查数据无法获得分阶段的详细数据

附表 1-3 奶牛粪便管理方式调查表

省份：河北省

县名：全省数据均值

调查人：朱志平

调查日期：2019 年 12 月

动物 类型	饲养方式		粪便处理方式占比（%）												
		放牧 /放养	每日 施肥	燃烧	固体 贮存	自然 风干	堆肥 和沤肥	垫草 垫料	舍内粪 坑贮存	液体 贮存	氧化塘	沼气池	好氧 处理	其他	肉鸡粪 便垫料
奶 牛	规模化饲 养	0.0	0.0	0.3	26.2	0.0	5.7	9.0	0.0	25.1	0.0	12.6	0.5	20.7	0
	农户饲养	0.0	12.6	0.0	33.0	0.0	0.0	3.3	0.0	40.4	0.0	2.6	0.0	8.1	0

放牧/放养-----实际上对草原上动物排泄的粪便没有任何的处理措施，动物粪便留在草地上自然风干或被植物利用。

每日施肥-----畜禽舍产生的粪便每天收集后直接施肥到农田或草地上。

燃烧-----在牧区或一些木柴缺乏地区，粪便被收集晒干后作为燃料。

固体贮存-----粪便收集后，放置在敞开的有砖砌或没有砖砌的池子里面，存放的粪便定期拉走。

自然风干——粪便收集后，放置在一定的场地上通过太阳照射和通风的作用下，自然晾干。

堆肥-----畜禽固体粪便收集后通过仓式、条垛、槽式搅拌或静态通风方式进行好氧发酵的过程。

垫草垫料-----在牛舍和猪舍中不断的添加垫料来吸收畜禽产生的粪便和尿液。

舍内粪坑贮存-----动物产生的粪便尿液和污水直接通过漏缝地板储存在畜舍地板下的贮存池中，并定期排出。

液体贮存-----液体粪便收集后，放置在敞开液体贮存池中贮存，液体粪便或污水定期拉走。

氧化塘-----粪便和污水从畜舍排出后，进入一个大储存池中，在池子中储存的时间较长，有时超过 1 年甚至更长，池子中上清液可以回用或农田灌溉。

厌氧沼气处理-----粪便被收集后进行厌氧发酵产生甲烷和二氧化碳，并进行收集利用。

好氧处理-----养殖污水通过强制通风供氧或自然供氧（如人工湿地）来处理污水中有机物的过程。

肉鸡粪便垫料混合-----指肉鸡舍内铺设垫料，肉鸡在垫料上饲养，定期将垫料和粪便一同清理利用。

其它-----指未包含在上述 13 种粪便管理方式之外的处理利用方式。