

基于碳排放算法的规模养殖模式及粪污处理模式的研究

王欣雨，王 艳*

（北京市大兴区农业农村局检测检疫和疫病防控中心，北京 102600）

摘 要：[目的]立足北京市大兴区规模奶牛养殖发展实际，落实低碳农业发展要求，精准掌握规模奶牛场温室气体排放特征，研究奶牛养殖低碳化发展路径与粪污处理优化方法，为奶牛养殖行业减排固碳提供实践支撑。[方法]依据北京市低碳农业协会《T/LCAA 004—2020 养殖企业（组织）温室气体排放监测技术规范》，采用问卷调研、电话问询与现场座谈相结合的方式，收集大兴区2 家示范奶牛场基础数据；以北京首农畜牧创辉牛场为典型案例，运用规范核算方法，对其养殖各环节温室气体排放量进行精准测算与分析。[结果] 2021年创辉牛场温室气体总排放量为11 750.13 t CO₂e，单位原料奶温室气体排放量为1.464 t CO₂e/t；粪污管理甲烷排放（5 775.54 t CO₂e，占比49.15%）和肠道发酵甲烷排放（4 333.70 t CO₂e，占比36.88%）是主要排放源，两类甲烷排放合计占总排放量的86.03%，能源消耗相关排放占比相对较低。[结论] 规模奶牛场温室气体排放核心集中于粪污管理和肠道发酵环节，优化粪污处理方式、改良饲料结构、推进清洁能源替代，是实现奶牛养殖行业低碳化发展、落实减排固碳目标的关键举措。

关键词：规模牛场；碳排放算法；粪污处理；温室气体减排

文章编号：1671-4393（2026）04-0020-08

DOI:10.12377/1671-4393.26.04.04

Research on Large-scale Farming Models and Manure Treatment Models Based on Carbon Emission Algorithms

WANG Xinyu, WANG Yan*

（Center for Inspection, Quarantine, and Disease Prevention and Control, Daxing District Bureau of Agriculture and Rural Affairs, Beijing 102600）

Abstract: [Objective] Based on the current development of intensive dairy farming in Daxing District, Beijing, and in response to the requirements of low-carbon agricultural development, this study aimed to accurately characterize greenhouse gas (GHG) emissions from intensive dairy farms, explore low-carbon development

作者简介：王欣雨（1991-），女，北京人，本科，兽医师，研究方向为动物疫病防控与检测。

***通信作者：**王 艳（1984-），女，北京人，副高级兽医师，研究方向为动物疫病防控净化。

pathways for dairy farming, and optimize manure management methods, thereby providing practical support for emission reduction and carbon sequestration in the dairy industry. [Method] Following the Monitoring Technical Specification for Greenhouse Gas Emissions from Livestock Enterprises (Organizations) (T/LCAA 004—2020) issued by the Beijing Low-Carbon Agriculture Association, this study collected baseline data from two demonstration dairy farms in Daxing District using a combination of questionnaire surveys, telephone interviews, and on-site discussions. Taking Beijing Sunlon Agriculture Chuanghui Dairy Farm as a typical case, a standardized accounting method was applied to accurately calculate and analyze GHG emissions across various stages of dairy production. [Result] In 2021, the total GHG emissions from Chuanghui Dairy Farm were 11 750.13 t CO₂e, with emission intensity per ton of raw milk at 1.464 t CO₂e/t. Methane emissions from manure management (5 775.54 t CO₂e, accounting for 49.15%) and enteric fermentation (4 333.70 t CO₂e, accounting for 36.88%) were the primary emission sources. Together, these two methane emission sources accounted for 86.03% of total emissions, while emissions related to energy consumption were relatively low. [Conclusion] GHG emissions from intensive dairy farms are mainly concentrated in manure management and enteric fermentation. Optimizing manure treatment methods, improving feed composition, and promoting clean energy alternatives are key strategies for achieving low-carbon development in the dairy industry and meeting emission reduction and carbon sequestration goals.

Keywords: intensive dairy farm; carbon emission algorithm; manure management; greenhouse gas emission reduction

气候变化是全球关注的核心环境问题，农业在应对气候变化中发挥着重要作用，减缓农业碳排放、挖掘农业碳汇潜力是缓解全球气候变暖的关键举措。目前我国农业源温室气体排放量占全国温室气体排放总量的11%^[1]，是我国第二大温室气体排放源；随着畜牧业快速发展，畜牧业温室气体排在农业源排放中的占比持续提升，最新评估数据显示，我国畜牧业温室气体排放量占农业源温室气体排放总量的54.3%。畜牧业生产经营过程中产生的温室气体主要为甲烷（CH₄）、氧化亚氮（N₂O）和二氧化碳（CO₂）。其中，甲烷主要来源于动物肠道发

酵和粪污排放，氧化亚氮主要来源于动物粪便的硝化与反硝化过程，二氧化碳主要来源于养殖生产过程中的能源消耗；甲烷和氧化亚氮分别占我国农业源温室气体排放量的39%和21%，是农业领域最主要的两种温室气体。

近年来，我国畜牧业保持平稳发展态势，在国民生产与居民生活中占据重要地位。根据2012—2024年《中国奶业大数据平台》数据^[2]，奶牛存栏量和牛奶产量可划分为两个阶段（表1）：2012—2018年我国奶牛养殖量和产奶量整体呈缓慢下降趋势。奶牛存栏量从2012年的1 178.8 万头降至2018年的

表 1 2012—2024 年我国奶牛养殖量及牛奶产量											单位：万头、万吨		
Table 1 The number of Dairy Cows and Milk Production in China from 2012 to 2024											Unit:10 ⁴ heads; 10 ⁴ tons		
年份	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
奶牛存栏量	1 178.8	1 122.9	1 127.8	1 099.4	1 037.0	1 079.8	1 037.7	1 044.7	1 043.3	1 094.3	1 160.0	1 233.0	1 178.0
牛奶产量	3 174.9	3 000.8	3 159.9	3 179.8	3 064.0	3 038.6	3 075.0	3 201.0	3 350.0	3 683.0	3 932.0	4 196.7	4 078.0

数据来源：中国奶业大数据平台（2012—2024年）

1 037.7 万头，降幅达12%；虽然牛奶产量也有相应的下降，但降幅只有3.1%，因此可从侧面说明我国奶牛行业正处在从粗放型饲养、小规模散户阶段转型为集约型饲养、规模化奶牛场的过程中。2019—2024年奶牛养殖量和产奶量实现缓慢增长，奶牛存栏量从2019年的1 044.7 万头增至2024年的1 178.0 万头，增幅为14%；牛奶产量由2019年的3 201.0 万吨增至2024年的4 078.0 万吨，增幅达27.4%。值得关注的是2012年和2024年的奶牛存栏量基本相同，但牛奶产量从2012年的3 174.9 万吨增至2024年的4 078.0 万吨，增幅达28.4%。这说明在政策法规对行业的管理、约束和引导下、在奶牛品种改良、养殖技术升级等先进管理理念的不断实施中，奶牛养殖规模总体不变的情况下，产量得到大幅提高。我国奶牛养殖业正朝着规模化、集约化方向快速发展，规模化程度提升推动养殖企业管理的科学化、规范化，为畜产品提质增效提供保障；集约化程度提升则为奶牛产业新技术、新设备的落地推广提供空间与基础数据支撑^[3]。但同时，奶牛养殖业集约化发展也带来一定环境压力，饲喂量增加导致甲烷排放增多、粪污处理难度加大、养殖环节化石燃料使用量提升等问题，均造成温室气体排放量增加。

2026年作为“十五五”开局之年，北京市以农业农村部关于落实《中共中央 国务院关于锚定农业农村现代化扎实推进乡村全面振兴的意见》的实施意见为指导，结合区域发展定位，优化农业发展布局，调减存栏量的同时，通过引入先进管理理念，配备高效生产设备，推动畜牧业从粗放增长型向高效集约型模式转型升级。为落实畜禽粪污综合利用率提升目标^[4]，北京市持续探索畜牧业高效发展路径，聚焦低消耗、低排放、高效率发展核心，不断提升畜牧业生产效率与产品品质，致力于实现污染减排、绿色可持续发展的总体目标。

畜牧业发展需深入贯彻碳中和理念，科学测算碳排放规模，探索低排放、低污染的实施路径。本研究立足畜牧领域节能减排工作实际，结合可再生能源产业发展优势，充分利用秸秆、畜禽粪便等畜

禽产业衍生资源，推动沼气等可再生能源产业发展，通过能源替代抵扣畜牧业碳排放量，实现畜牧业单位农产品排放强度稳中有降^[5]，为北京市农业产业到2030年基本建立清洁低碳、节能高效、绿色发展的农业发展模式，基本实现农业农村绿色转型^[6]，实现碳中和目标提供技术支撑与实践参考。

1 北京市大兴区养殖现状

1.1 养殖规模

随着北京市大兴新区建设、大兴新机场投用等区域发展规划落地，大兴区养殖业逐步推进减量调整，奶牛场数量由2012年的22 家缩减至目前的2 家，大部分牛场完成清退，部分牛场赴内蒙古、辽宁等地异地建场；依托“京津冀一体化”发展进程，少量原大兴区牛场在河北省建场，成为大兴区畜牧业综合实验外埠基地。

目前大兴区现存2 家奶牛场分别为首农畜牧金银岛牧场（简称“金银岛牧场”）、首农畜牧创辉牛场（简称“创辉牧场”），2021年存栏量分别为2 729 头和1 347 头，具体存栏结构见表2。2 家示范牛场均为中小型规模，经营管理与防疫工作均符合大兴区当前养殖模式与发展定位；从存栏结构来看，泌乳牛占比49.3%，后备牛（育成牛+青年牛）占比35.3%，犊牛占比15.4%，整体以泌乳牛养殖为主，保障核心生产性能，后备牛占比适中，但犊牛比重偏低，牛场在控制养殖成本的同时，需关注养殖梯队断层问题。

表 2 2021 年北京市大兴区奶牛场存栏结构

单位：头

Table 2 Inventory Structure of Dairy Farms in Daxing District, Beijing in 2021					
Units: Heads					
奶牛场名称	存栏总数	犊牛	育成牛	青年牛	泌乳牛
金银岛牧场	2 729	422	664	282	1 361
创辉牧场	1 347	206	367	124	650
合计	4 076	628	1 031	406	2 011

数据来源：现场调研

1.2 饲养情况

金银岛牧场与创辉牛场均为北京首农畜牧发展

有限公司旗下牧场，由北京三元集团统一管理，属于集约型规模化牧场。牧场奶牛的饲料种类与配比标准由集团统一制定，严格按照标准化作业流程开展饲喂工作，采用精粗饲料混合饲喂模式。其中，粗饲料以全株玉米青贮、苜蓿、燕麦草为主；精饲料为复合预混料，由玉米、豆粕、菜籽粕、棉籽粕、过瘤胃脂肪、麸皮、大豆皮、玉米皮等原料配制而成。

从饲料结构来看，牧场在传统精粗饲料基础上添加过瘤胃精饲料，虽使饲喂成本小幅提升，经核算月均饲喂成本约1 525 元/头，但有效提升了奶牛生产性能，在保障生鲜乳品质的同时，兼顾奶牛机体健康，实现养殖的可持续发展。

1.3 污染物情况

奶牛规模化养殖在推动农村经济发展、提升城乡居民生活水平的同时，因粪污集中排放，不可避免产生一系列环境问题。奶牛是畜禽养殖业中个体粪尿产生量最大的品种，经测算，1 头成母牛日均粪尿产生量达35 kg，分别是生猪（7 kg/天）的5 倍、肉鸡（0.16 kg/天）的218.75 倍、蛋鸡（0.30 kg/天）的116.67 倍；10 万头奶牛的环境污染物排放量相当

于100 万人口的污染排放水平，奶牛养殖的环境保护问题亟待重视。粪污对环境的危害主要体现在空气污染、水质污染和土壤污染3 个方面，见表3。

2 奶牛养殖行业温室气体排放量的计算方法

2.1 算法依据

目前国内畜牧业温室气体排放核算算法均基于IPCC《国家温室气体清单指南》^[7]（2006）和我国《GB/T 32151.22—2024 温室气体排放核算与报告要求 第22部分：畜禽养殖企业》制定。2020年，北京市低碳农业协会结合本地养殖产业特点，制定《T/LCAA 004—2020 养殖企业（组织）温室气体排放监测技术规范》，本研究以该规范为核心依据开展温室气体排放测算。截至2025年底国内相继出台《T/LCAA 011—2022 养殖场粪污处理项目温室气体减排量核算指南》《T/LCAA 25—2025 规模化奶牛场温室气体减排技术管理指南》等一系列细化补充文件，持续完善养殖行业温室气体排放管理体系。

2.2 核算原理

结合畜牧养殖行业生产特点，明确温室气体排放核算的对象与范围，划定核算边界，识别并分类

表 3 奶牛粪污对环境的危害
Table 3 Hazards of Dairy Cow Manure to the Environment

危害类型	危害细分	详细说明
空气污染	恶臭气体释放	粪污在堆放、处理过程中会释放氨气、硫化氢、甲烷等有害气体，其中氨气含量最高，不仅污染空气，还易引发人体呼吸道疾病，长期吸入可能造成呼吸系统慢性损害
	温室气体排放	粪尿在储存、分解过程中，持续产生甲烷（温室效应为二氧化碳的 25 ~ 28 倍）、氧化亚氮（温室效应为二氧化碳的 265 倍），是除奶牛肠道发酵外，畜牧业温室气体的另一重要排放源
水质污染	—	粪污含有大量有机物、氨氮、悬浮物及病原体，未经处理直接排放会导致水体富营养化、溶解氧下降、有毒物质累积，严重威胁地表水与地下水水质安全
土壤污染	病原体传播	粪污中可能含有大肠杆菌、蛔虫卵等有害生物，未经处理直接施用，易导致细菌、寄生虫卵通过土壤、农作物传播，威胁人体健康
	土壤酸碱失衡	粪污中高浓度的氮、磷等养分未经发酵直接还田，易造成土壤酸化或碱化，破坏土壤团粒结构，降低土壤保水能力与养分供给能力；直接用于灌溉还会导致作物徒长、倒伏、成熟延迟，甚至减产、死亡
	重金属污染	粪污中可能携带铜、锌等重金属元素，长期施用未处理粪便，重金属会渗入土壤与地下水，通过生态循环进入人体，危害人体健康

核算对象的各类排放源；按照不同排放源的核算方法，测算各源项排放量，并通过特定因子与系数，将不同温室气体排放量折算为统一的二氧化碳当量；最终以二氧化碳排放量（CO₂e）为统一单位，呈现温室气体排放核算结果。

2.3 计算方法

奶牛养殖企业温室气体排放总量按以下公式计算：

$$E = E_{E-CH_4} + E_{M-CH_4} + E_{M-N_2O} + E_{Burn} + E_{Electricity} - R_{C-CH_4} - E_{HEAT-OUT}$$
式中：

E为奶牛养殖企业温室气体排放总量，t CO₂e；
E_{E-CH₄}为奶牛肠道发酵CH₄排放量，t CO₂e；
E_{M-CH₄}为奶牛粪污管理产生 CH₄排放量，t CO₂e；
E_{M-N₂O}为奶牛粪污管理产生 N₂O 排放量，t CO₂e，
 $E_{M-N_2O} = \sum E_{FM-N_2O,I} \times 298$ ，
 $E_{FM-N_2O,I} = E_{FM-N_2O,I} \times API \times 10^{-3}$ ，
 $E_{FM-N_2O,I} = (N_{exi} \times \frac{44}{28}) \times (\sum EF_{3,J} \times MS_{I,J})$
E_{Burn}为化石燃料燃烧产生的 CO₂排放量，t CO₂e；
E_{Electricity}为购入电力对应生产过程产生的CO₂排放量，t CO₂e；
R_{C-CH₄}为沼气回收利用减少的甲烷排放量，t CO₂e；
E_{HEAT-OUT}为场内输出的热力能源总量，t CO₂e。

2.4 辅助数据来源说明

本研究温室气体排放核算的辅助数据分为实测数值和指南数值两类，分别见表4、表5，所有指南数值均来源于《T/LCAA 004—2020 养殖企业（组织）温室气体排放监测技术规范》。

3 以创辉牛场为例核算温室气体排放量

3.1 案例牛场基本情况

创辉牛场位于北京市大兴区，牛场占地面积

表 4 报告主体排放因子数据（实测数值）
Table 4 Emission Factor Data of Reporting Entities (Measured Values)

排放源	牛群类别	数值	单位	数据来源
动物胃肠道发酵甲烷排放量	犊牛	47.94	t CH ₄ /头·年	实测
	育成牛	72.31	t CH ₄ /头·年	实测
	青年牛	93.53	t CH ₄ /头·年	实测
	泌乳牛	200.42	t CH ₄ /头·年	实测
动物粪污管理甲烷排放量	犊牛	63.90	t CH ₄ /头·年	实测
	育成牛	96.37	t CH ₄ /头·年	实测
	青年牛	124.65	t CH ₄ /头·年	实测
	泌乳牛	267.10	t CH ₄ /头·年	实测
动物粪污管理氧化亚氮排放量（直接排放）	犊牛	0.132	kg N ₂ O-N/kg N-in	实测
	育成牛	0.27	kg N ₂ O-N/kg N-in	实测
	青年牛	0.347	kg N ₂ O-N/kg N-in	实测
	泌乳牛	0.347	kg N ₂ O-N/kg N-in	实测

注：数据来自企业问卷调查；数据测算方法来自《T/LCAA 004—2020 养殖企业（组织）温室气体排放监测技术规范》

表 5 报告主体排放因子数据（指南数值）
Table 5 Emission Factor Data of Reporting Entities (Guideline Values)

排放源	数值	单位
奶牛肠道发酵的甲烷转化率（Y _m ）	6.5	%
奶牛摄入饲料的消化率（DE）	70	%
尿能占总能的系数（UE）	0.04	—
粪便中灰分含量（ASH）	0.008	—
动物粪便的最大甲烷生产能力（B）	0.24	m ³ CH ₄ /kg vs
粪便管理方式的甲烷转化系数 MCF（氧化塘）	71	%
粪便管理方式的甲烷转化系数 MCF（液体贮存）	22	%
奶牛的排泄率	0.47	kg N/1000 kg 动物体重 · d
柴油的低位发热值	42.652	t CO ₂ /GJ
柴油单位热值含碳量	0.020 2	t CO ₂ /GJ
华北区域电网电力生产排放因子	0.941 9	t CO ₂ /MWh

32.4 km²，主营荷斯坦牛养殖，2021年存栏情况见表2，日常生产数据见表6。

该牛场针对不同牛群制定专属TMR配方，采用集中投料、自由采食模式，每日早晚各投料1次；

表 6 创辉牛场 2021 年日常生产数据

Table 6 Daily Production Data of CHUANGHUI Dairy Farm in 2021

月龄	牛群类别	饲养量 (头)	生长天数 (d)	平均体重 (kg)	日粮实物量 (kg/ 头 · d)	日粮含水率 (%)	饲料干物质摄入 量 (kg/ 头 · d)	饲料消化率 (%)
3 ~ 6 月龄	犊牛	206	183	245	6	15	6.1	75
7 ~ 14 月龄	育成牛	367	365	502	18	55	9.2	72
15 ~ 24 月龄	青年牛	124	365	645	27	55	11.9	73
—	泌乳牛	650	365	645	45	55	25.5	75

牛群休息区设置卧床并每日清理维护，奶牛自由饮水。在粪污处理方面，结合占地面积、设备投入、气味污染等实际情况，采用“氧化塘为主、堆肥+沤肥为辅”的处理模式，其中氧化塘处理占比约80%，堆肥、沤肥处理占比约20%。

养殖生产所需能源全部外购，2021年全年生产用电120 万度，柴油消耗量63 t；当年产出原料奶8 028 t，产值3 427.36万元。温室气体减排方面，该牛场未建设沼气生产设施，无沼气回收利用相关数据，因此核算时不纳入沼气减排相关指标。

3.2 核算结果及分析

3.2.1 核算结果

经核算，2021 年创辉牛场温室气体总排放量为11 750.13 t CO₂e；因该牛场粪污处理以氧化塘、堆肥和沤肥为主，核算粪污管理氧化亚氮排放量时仅采用直接排放数据，且无沼气处理设施，无温室气体减排量可扣减，因此当年温室气体净排放量为11 750.13 t CO₂e。

2021年该牛场产出原料奶8 028 t，经计算，单位原料奶温室气体排放量为1.464 t CO₂e/t，创辉牛场全年温室气体排放总量及单位原料奶温室气体排放量见表7；各排放源具体排放量见表8。

表 7 创辉牛场 2021 年产品产量及温室气体排放量

Table 7 Product Output and Greenhouse Gas Emissions of CHUANGHUI Dairy Farm in 2021

产品名称	产品产量 (t)	温室气体排放 量 (tCO ₂ e)	单位产品温室气 体排放量 (tCO ₂ e/t)
原料奶	8 028	11 750.13	1.464

3.2.2 不同排放源的比较

对创辉牛场肠道发酵排放、粪污管理排放和能

表 8 创辉牛场 2021 年各项温室气体排放量

Table 8 Emissions of Various Greenhouse Gases from CHUANGHUI Dairy Farm in 2021

排放源	CO ₂ (t)	CH ₄ (t)	N ₂ O (t)	合计 CO ₂ 当量 (tCO ₂ e)
动物胃肠道发 酵甲烷排放	—	173.35	—	4 333.7
动物粪污管理 甲烷排放	—	231.02	—	5 775.54
动物粪污管理 氧化亚氮排放 (直接排放)	—	—	1.069 3	318.66
化石燃料燃烧 排放	191.95	—	—	191.95
净购入电力 排放	1 130.28	—	—	1 130.28
沼气回收利用 CH ₄ 减排量	—	—	—	—
外供热力 减排量	—	—	—	—
总计	1 322.23	404.37	1.0693	11 750.13

源消耗排放三类主要排放源的排放量及占比进行统计（表9），结果显示：动物粪污管理甲烷排放是该牛场最主要的温室气体排放源，排放量达 5 775.54 t CO₂e，占总排放量的 49.15%；其次为动物胃肠道发酵甲烷排放，排放量4 333.70 t CO₂e，占比36.88%；两类甲烷排放合计占比86.03%，说明改善奶牛粪污管理方式、控制肠道发酵甲烷排放，是该牛场温室气体减排的核心方向。

该牛场粪污处理采用氧化塘与堆肥、沤肥 8：2 的配比模式，氧化塘法的甲烷转化系数（MCF=71%）相对较高，这种处理模式虽基建投资低、运营管理简便，但存在占地面积大、处理效果受季节影响大的问题；同时，该牛场未建设与养

表 9 创辉牛场 2021 年各排放源排放占比
Table 9 Emission Proportions of Various Emission Sources at
CHUANGHUI Dairy Farm in 2021

排放源	排放量 (tCO ₂ e/ 年)	排放占比 (%)
动物胃肠道发酵甲烷排放	4 333.7	36.88
动物粪污管理甲烷排放	5 775.54	49.15
动物粪污管理氧化亚氮排放	318.66	2.71
化石燃料燃烧排放	191.95	1.63
净购入电力排放	1 130.28	9.62
合计	11 750.13	100.00

殖规模匹配的沼气发酵池，无法通过粪污发酵产沼气的方 式，实现温室气体排放量的抵扣，粪污资源化利用程度较低。

3.2.3 同一排放源不同时期的比较

创辉牛场为改善牛舍通风环境，降低奶牛呼吸道疾病发病率，于2020年底安装牛舍风机设备，导致电力消耗大幅增加：2020年生产用电量83 万度，2021年增至120 万度；对应的净购入电力温室气体排放量，由2020年的781.78 t CO₂e/年，提升至2021年的 1 130.28 t CO₂e/年，同比增加 348.5 t CO₂e/年，能源消耗相关的温室气体排放增幅明显。

4 温室气体减排对策及建议

4.1 改进措施

牛场受占地面积、场舍布局、基础设施等固定条件限制，减排改造需在现有基础上开展针对性优化，核心围绕粪污管理、肠道发酵、能源消耗三大排放源制定措施：一是优化粪污管理方式，减少粪污甲烷排放。在牛舍内铺设地面传送带，配备带固液分离或自洁功能的漏缝地板，实现养殖区雨水、污水分流，降低粪便含水率，加快粪便厌氧消化效率；同步建设沼气生产与储存设施，利用粪污发酵生产沼气并对外输送，既抵扣奶牛养殖的温室气体排放量，又为养殖场及周边区域提供清洁能源，缓解能源供应压力，落实粪便资源化利用政策要求。二是改良日粮结构，控制肠道发酵甲烷排放。通过

优化饲料精粗比、添加天然饲料添加剂、人工调控奶牛瘤胃菌群结构等方式，从养殖源头减少奶牛肠道发酵甲烷产生量，在保障奶牛生产性能的前提下，实现温室气体减排。三是推进能源替代，降低能源消耗相关排放。在牛舍顶部配套安装太阳能发电设备，利用太阳能替代外购电力，既满足牛舍通风、照明等用电需求，又减少外购电力对应的温室气体排放，且不额外占用养殖区域用地，实现环保与节能双赢。

4.2 建设意见

牛场需将“低碳发展”纳入规划设计初期，以提高动物生产效率、改善环境质量、提升废弃物利用效率、实现温室气体减排为核心建设目标，打造全链路集约化低碳养殖模式：一是优选高生产效率奶牛品种，精细化设计饲料配比，建设自动化、环保化牛舍，配套建设与养殖规模匹配的粪污处理设备和沼气发电设施，实现养殖生产、粪污处理、能源利用的一体化发展。二是加强政企、校企合作，积极对接政府部门争取政策扶持，与高等院校、科研院所合作引进先进养殖工艺与管理理念，推动养殖技术升级与低碳发展模式落地。三是构建种养结合的生态循环机制，建立与周边种植户的上下游产业联结，将奶牛粪污经处理后作为有机肥还田，实现养殖废弃物的资源化利用，形成“养殖-粪污-种植-饲料”的农业生态循环链条，以小节点带动大链条的绿色发展。

5 结语

本研究利用碳排放算法，对奶牛养殖生产各环节的温室气体排放情况进行精准核算，通过量化数据明确了规模奶牛场的主要排放源与减排核心方向。研究表明，粪污管理甲烷排放和肠道发酵甲烷排放是规模奶牛场温室气体的主要来源，优化粪污处理方式、改良日粮结构、推进清洁能源替代，是奶牛养殖行业实现低碳发展的关键举措。后续可依托碳排放算法，持续跟踪测算大兴区规模牛场的温室气体排放情况，不断优化减排措施与实施

路径，以科学的核算方法和精准的减排手段，推动大兴区规模奶牛养殖向优质安全、绿色低碳方向发展，为大兴区畜牧业实现碳减排目标、助力北京市农业产业碳中和建设提供实践支撑。

参考文献

[1]

农业农村部.关于印发《“十四五”全国畜牧兽医行业发展规划》的通知[EB/OL].https://www.moa.gov.cn/govpublic/xmsyj/202112/t20211220_6385081.htm, 2021-12-14.

[2]

中国奶业大数据平台.中国奶业协会[EB/OL].<https://pt.holstein.org.cn/home/home>, 2026-04-04.

[3]

张伟.河北省规模奶牛养殖场粪污处理现状及对策研究[J].中国畜牧杂志, 2016, 52 (4) : 43-47.

[4]

中国农村专业技术协会.关于落实《中共中央国务院关于锚定农业农村现代化扎实推进乡村全面振兴的意见》的实施意见[EB/OL].https://www.zgnjx.org.cn/xwdt4/tzgg34/art/2026/art_ecbfc27ab23740d4843e9604863d5703.html, 2026-02-06.

[5]

孙斌彬.畜禽养殖粪污处理方式与发展措施[J].畜牧兽医学, 2020 (14) : 148-149.

[6]

北京市农业农村局, 北京市发展和改革委员会.关于印发《北京市农业农村减排固碳实施方案》的通知[EB/OL].https://fgw.beijing.gov.cn/fgwzgwkg/2024zwcwj/qtwj/202307/t20230720_3729442.htm, 2023-07-20.

[7]

IPCC.2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories[EB/OL]. <https://www.ipcc.ch/>, 2006.