



乳业甲烷行动计划

乳业甲烷减排行动计划指南

美国环保协会

Ceres

Pure Strategies Inc.



扫描下载电子版报告

CH_4





乳业甲烷行动计划

乳业甲烷减排行动计划指南

作者

美国环保协会

Maddie Stein

Vrashabh Kapate

Mallory Honan

Katie Anderson

Ceres

Amanda Gehman

Carolyn Ching

Nako Kobayashi

Meryl Richards

Pure Strategies Inc.

Ariella Sela

Cora Kerber

Lou Tarricone

译者

美国环保协会

裘 盈

孙 芳

李丹宁

王 莹

史毓心

中国农业科学院

董利锋

扬州大学

王 琳

美国环保协会

美国环保协会（Environmental Defense Fund, EDF）是著名的国际非营利性环保组织，成立于 1967 年，总部位于纽约，目前拥有超过 350 万名会员，拥有专业团队共计 1000 余人。美国环保协会聚焦的领域包括气候、能源、农业、生态、健康、海洋等，在全球 30 余个国家和地区开展工作。美国环保协会自成立以来，一直致力于为减少温室气体排放提供创新性的解决方案，以应对我们这个时代所面临的巨大挑战——气候变化。



乳业甲烷行动联盟

乳业甲烷行动联盟（Dairy Methane Action Alliance, DMAA）是一项旨在加快乳业甲烷减排行动，并提高乳业甲烷排放透明度的全球倡议。加入该开创性倡议的成员公司承诺，开展乳业供应链甲烷排放核算和公开披露工作，并发布和实施全面的甲烷减排行动计划。美国环保协会和非营利性可持续发展组织 Ceres 将提供帮助确保成员公司顺利实现主要阶段性目标。



至本指南出版之时，加入 DMAA 的成员公司包括安格普（Agropur）、贝勒集团（Bel Group）、三叶草索诺玛（Clover Sonoma）、达能（Danone）、通用磨坊（General Mills）、爱达荷乳品（Idaho Milk Products）、卡夫亨氏（Kraft Heinz）、拉克塔利斯美国公司（Lactalis USA）、雀巢（Nestlé）、Savencia Fromage & Dairy、星巴克（Starbucks）。



Ceres

Ceres 作为非营利性的倡导组织，致力于推动世界的清洁化、公平化和可持续化转型。在共同愿景的凝聚下，我们得以构建一个强大的投资者与企业联盟的网络，从内部彻底改变市场与行业格局，证明可持续发展才是根本所在。



Pure Strategies Inc.

Pure Strategies 成立于 1998 年，是一家可持续发展咨询公司，致力于帮助品牌、零售商和非政府组织实现有意义的环境和社会进步。Pure Strategies 通过聚焦目标设定、有效管理策略以及重新设计产品和供应链，为企业可持续发展提供支持，实现企业和社会的价值双赢。



致谢

美国环保协会感谢以下组织为本指南做出的贡献：贝勒集团（Bel Group）、三叶草索诺玛（Clover Sonoma）、达能（Danone）、欧洲乳品协会（European Dairy Association）、通用磨坊（General Mills）、美国乳业创新中心（Innovation Center for U.S. Dairy）、卡夫亨氏（Kraft Heinz）、拉克塔利斯美国公司（Lactalis USA）、雀巢（Nestlé）、星巴克（Starbucks）、Quantis、转型计划工作组（Transition Plan Taskforce）与世界可持续发展工商理事会（World Business Council for Sustainable Development, WBCSD）。



目 录

前言	4
执行摘要	5
引言	7
背景	8
甲烷行动计划的重要性	9
目的	11
乳业甲烷行动计划	13
DMAP 核心要素	14
第一部分：关键披露事项	15
第二部分：乳业甲烷减排策略	17
第三部分：DMAP 补充考虑因素	26
第四部分：DMAP 进展披露	28
DMAP 的长期优化	29
甲烷减排措施	31
概述	32
措施评估标准	35
甲烷减排措施评估	37
结语	41
附录	43
附录 1：DMAP 模板	44
附录 2：DMAP 范例	52
附录 3：甲烷减排措施评估标准定义	61
附录 4：新兴甲烷减排措施	64
附录 5：减少食品废弃物以实现甲烷减排	66
参考文献	67
参考文献	68
中英名词对照表	72

**STEFANIA AVANZINI**

WBCSD 农食组总监

前言

气候转型计划是将企业脱碳雄心转化为实际行动的重要工具，该工具不仅可以支持企业披露气候相关信息，也可以作为路线图，帮助企业将净零排放与自然向好目标融入核心业务，在协调内部利益相关方的同时，增强投资者、客户及消费者的信心。

世界可持续发展工商理事会（World Business Council for Sustainable Development, WBCSD）致力于协助企业将可持续发展理念融入其商业策略、财务体系及风险管理。通过将可持续发展纳入资本规划、融资决策和企业风险评估，我们助力会员企业切实推进转型计划，从而在提升商业模式韧性的同时持续创造价值。

农食领域的气候风险（如甲烷排放问题）与减排机遇既具体又迫切，因此相关工作在农食价值链中具有重要意义。甲烷排放是实现气候目标的一项重大挑战，同时也是一项能够立即取得进展的强大机遇。由于甲烷在大气中留存时间较短，针对甲烷的减排可以快速产生气候效益。减少农业甲烷排放还有助于保护大自然，改善农民生计，增强供应链韧性。

美国环保协会（Environmental Defense Fund, EDF）携手 Ceres，在 Pure Strategies 的支持下共同发布了《乳业甲烷行动计划指南》（Dairy Methane Action Plan, DMAP），WBCSD 对此表示热烈欢迎。这一具有开创性意义的指南为企业落实甲烷减排目标提供了实用工具，通过清晰的模板和措施评估工具，协助不同可持续发展阶段的企业推进减排工作。当前甲烷控排技术蓬勃发展，但繁杂的技术可能反而影响企业作出抉择。该指南通过评估表格呈现了多个甲烷减排措施在不同维度上的特点，帮助企业更好地做出规划。

各方越来越重视大宗商品的转型规划，这使我们备受鼓舞，我们也希望这种做法能够在农食价值链中得到推广。我们期待未来有机会与 EDF 等合作伙伴及会员企业再次携手引领具有重大影响力的大宗商品专项转型计划倡议，即由 WBCSD 主导的水稻生产联盟（Rice Action Alliance），该倡议将于 2025 年下半年启动，旨在加速推进低碳、有韧性的水稻生产方式。

WBCSD 农业与食品行业行动路线（WBCSD's Agriculture and Food Pathway）汇聚领军企业，在气候、自然与公平领域帮助企业提升雄心，加速行动落实并强化责任担当。EDF 发布的这一指南与此使命高度契合，有利于丰富企业的减排工具箱，我们对此深表赞赏。

我们呼吁乳业及农食价值链中的其他行业相关方加入 DMAA，在气候转型计划中采取坚定可靠的举措。我们很高兴能与 EDF 携手进一步推动企业甲烷减排行动。随着甲烷减排的紧迫性日益加剧和控排措施不断增多，现在正是将雄心转化为行动的关键时刻。

Stefania Avanzini
WBCSD 农食组总监

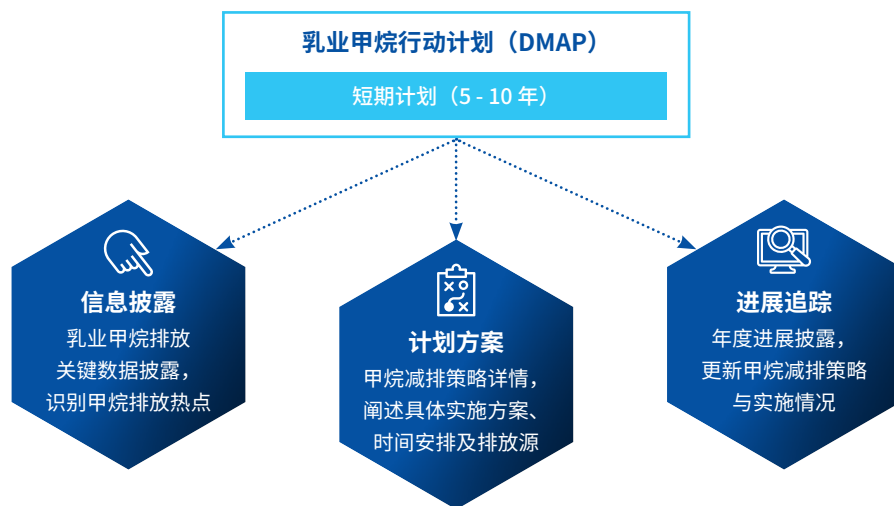
执行摘要

与二氧化碳（CO₂）相比，甲烷的温室效应更强，但在大气中存留时间短，因此减少甲烷排放，尤其是减少奶牛养殖过程中产生的甲烷，对于短期内减缓全球变暖具有关键作用。气候变化给企业，特别是食品行业带来的运营、生产、监管、声誉及市场风险在不断加剧，而开展甲烷减排行动可以作为重要契机，有力推动供应链创新、增强供应链韧性。如今，乳业价值链参与者日益认识到自身在甲烷减排行动中必须发挥关键作用，因此已将甲烷减排作为当务之急，采取了如测量并披露甲烷排放数据、设定减排目标、评估减排影响、推动农场层面的减排措施。为助力企业在这—领域发挥领导作用，DMAA、EDF 与 Ceres 联合编制的这份指南，为立志引领乳业甲烷减排的企业提供了全流程实施方案。

气候转型行动计划（Climate transition action plans, CTAP）作为关键工具，既能公布排放数据与减排目标，又能系统整合应对气候风险的策略与行动。DMAP 则是专门针对畜牧业甲烷排放的专项规划。DMAP 可以是企业气候战略和 CTAP 的重要组成部分，但如果企业尚未制定 CTAP，也可率先启动 DMAP 编制工作。本指南在 DMAA 前两部《乳业甲烷核算指南》（Dairy Methane Accounting）与《乳业甲烷披露指南》（Dairy Methane Disclosure）的基础上，详细说明企业如何通过制定 DMAP 得以在短期内展示并披露乳业甲烷减排的具体方案与项目。企业在全面气候策略中纳入 DMAP，可以更全面、透明地呈现企业气候行动，突显甲烷减排对乳业行业的重要意义。

本指南提出的 DMAP 为企业提供了一个系统框架，以列明关键甲烷信息披露、乳业甲烷减排计划方案以及甲烷减排进展追踪。

图 1 DMAP 组成要素



文中所有英文缩写的完整表述及含义，可参见第 72 页“中英名词对照表”

本指南还对各类甲烷减排措施进行评估，帮助企业识别运营及供应链中的减排机会，提升竞争优势，降低气候风险，更好地适应全球经济的低碳趋势。

图 2 甲烷减排路径与措施概览





引言

INTRODUCTION

背景

当前全球各行业面临着日益严峻的气候变化压力,制定气候行动计划对企业而言至关重要。及早开展相关规划,不仅有助于企业明确和落实具体可行的应对措施,降低气候变化带来的运营、声誉及市场风险,还能为制定全面的气候目标(包括近期温室气体减排目标、净零目标及其他气候相关目标)提供有力支撑,同时彰显企业的行业领导力。

随着气候风险对供应链的影响日益加剧,企业,特别是依赖农产品的企业正变得愈发脆弱。极端天气、海平面上升和干旱等物理影响,作物减产和能源供应不稳定等资源短缺问题,大宗商品与保险成本的波动,以及技术快速迭代所带来的转型压力,无不对企业正常运营构成重大威胁。而通过减缓农业领域的甲烷排放,企业可以构建更具韧性的供应链,更灵活地应对气候相关干扰,从而降低风险、提升商业价值。

全球范围内,为应对气候变化带来的运营风险,针对温室气体排放的相关法规正逐步出台。通过减少农业领域的甲烷排放,企业可以降低因政策变化而产生的财务风险。以丹麦为例,该国将于 2030 年对畜牧业实施碳税,征税范围涵盖动物消化和粪便处理过程中产生的所有温室气体。若企业不协助农场减少甲烷排放,该项税收将直接挤压农场的经营利润。尽管欧盟碳边境调节机制等政策工具目前尚未覆盖农产品,但未来农产品及其相关排放很可能被纳入监管范畴。

此外,欧盟《企业可持续发展报告指令》(Corporate Sustainability Reporting Directive, CSRD)与美国加州《气候企业数据责任法案》(SB253)等法规将要求部分企业披露范围一至范围三的温室气体排放数据,其中包括农业相关排放。CSRD 还将要求企业制定转型计划,详细阐述减排方案。随着利益相关方对企业温室气体排放及其减排规划透明度的要求不断提高,企业必须减少农业甲烷排放,以降低运营、财务及声誉方面的风险。

CTAP 是应对气候变化商业风险、推进企业减排进程的关键工具,既能披露排放数据与减排目标,又能系统整合应对气候风险的策略与行动,并推动相关领域的持续改进。CTAP 还可作为企业路线图,帮助内外部利益相关方在减排目标与实施计划上达成共识,在行业内发挥引领作用,并为核心部门落实减排工作提供支持。企业向供应商、客户及机构投资者等外部利益相关方公开披露排放数据及减排计划有助于提升透明度,回应他们对企业气候行动路径的关注与信息缺口。同时,公开披露减排计划还能向市场传递关键信号,凸显减排措施对气候战略的重要性。

对于从事乳制品生产、采购、加工和销售的食品企业而言,农场甲烷排放占其温室气体总排放的比例相当大。畜牧业贡献了全球人为温室气体排放的近 15%,其中来自反刍动物肠道发酵及粪便管理产生的甲烷占一半以上。^{1,2} 由于甲烷相比二氧化碳具有更强的增温效应和较短的大气寿命,在近期内减少甲烷排放,有助于在未来几十年内快速降低全球变暖速率。针对甲烷采取近期减排行动,是企业实现气候目标、降低气候变化系统性风险、增强运营与供应链韧性的最有效路径之一。

甲烷行动计划的重要性

乳业供应链相关企业（合作社、加工商、快消品牌与零售商等）可通过管控甲烷排放来实现温室气体减排及其他气候目标，同时规避当前及未来的法规风险。鉴于甲烷在 20 年和 100 年时间尺度上具有极高的全球增温潜势（Global Warming Potentials, GWPs），在气候行动的关键十年里若不加以控制，其排放将持续对全球气候变化造成特大影响。投资者和政府将要求大幅削减甲烷排放量，这将成为他们评估减缓全球变暖可行措施时的重要参考依据。CTAP 已成为提升企业气候行动责任与规划的重要工具，既能帮助企业规划减排路线图，又能确保其稳步实现气候目标、降低气候相关财务风险，并助力全球经济向低碳转型。

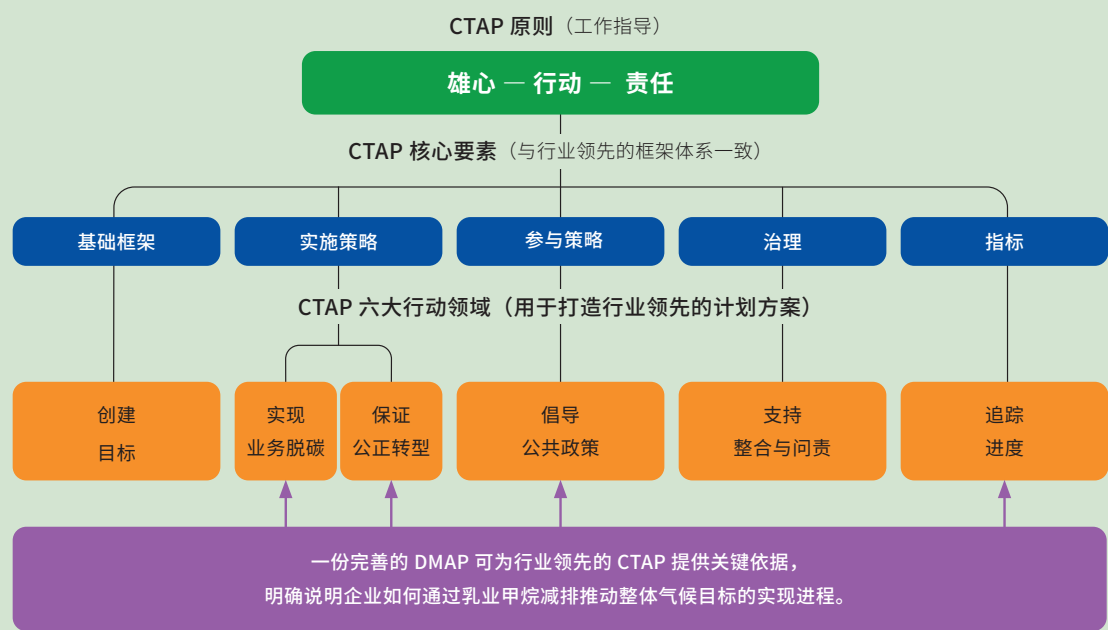
良好的气候转型行动计划应明确阐述企业在短期内（未来 5 至 10 年）为达成公开气候目标将采取的策略与行动举措，同时支持公正转型。行动计划需符合企业特性，立足行业环境，简明扼要地列出转型策略与具体行动方案，推动减少企业整体的温室气体排放。

企业的 CTAP 应明确为实现目标所必须解决的关键气候问题，并制定相应的减排措施。对于乳制品产量或采购量较大的企业而言，若未将甲烷列为首要减排对象，则无法实现其气候目标。因此，CTAP 应包含专门章节，清晰阐述企业减少乳业甲烷排放的计划。制定完善的 DMAP，无论是作为 CTAP 的组成部分还是作为独立方案，都能帮助乳制品生产和采购企业实现减排目标，并降低气候相关的监管与市场风险。DMAP 应以企业的甲烷披露数据为基础，进一步细化在运营和采购环节中减少乳业甲烷排放所需的策略。

乳制品生产和采购企业面临的可持续发展风险不仅体现在气候领域，还包括生物多样性、水资源、员工福祉及动物福利等多重维度。为确保企业在制定甲烷减排计划时统筹考虑上述议题，DMAP 应纳入企业 ESG（Environmental, Social and Governance）管理体系。尽管本指南主要聚焦乳业企业的甲烷减排计划，但企业仍需参考其他因素，以制定应对整个农业供应链可持续发展风险与机遇的全面方案。

正如 Ceres 在《领先气候转型行动计划的实施蓝图》（Blueprint for Implementing Leading Climate Transition Action Plans）报告中所述，企业的 CTAP 必须明确说明如何应对企业运营带来的气候影响。对于乳制品生产或采购企业而言，甲烷往往是温室气体排放的一大来源，因此也将成为实现减排目标和缓解气候风险的关键抓手。

图 3 DMAP 在 CTAP 中所处定位



以通用磨坊为例，该公司在其 CTAP 中预估：其 2030 年价值链减排目标设定为整体降低 30%，其中乳业减排预计可贡献 7 个百分点。该公司明确将乳业甲烷列为重点减排领域，预计通过改善粪便管理、轮牧放养、饲料优化及提升奶牛健康与寿命等措施，2030 年有望实现乳业排放量减少 40%。

目前，通用磨坊与达能等行业领军企业正参考本指南制定 DMAP，就企业将如何在供应链中实现乳业甲烷减排目标，为利益相关方提供比 CTAP 更详细、更具体的行动方案。

关于 CTAP 的更多信息，请参阅以下参考文件：

跨行业指南

- Ceres：《领先气候转型行动计划的实施蓝图》（Blueprint for Implementing Leading Climate Transition Action Plans）

- 全球商业气候联盟（We Mean Business Coalition）：《气候转型行动计划》（Climate Transition Action Plans）
- 转型计划工作组（Transition Plan Taskforce）：《信息披露框架》（Disclosure Framework）

行业专项指南

- Ceres：《美国食品行业气候转型计划投资者指南》（Investor Guide to Climate Transition Plans in the U.S. Food Sector）及《食品行业排放的 50 条基准方法论》（Food Emissions 50 Benchmark Methodology）
- 转型计划工作组（Transition Plan Taskforce）：《食品与饮料行业指南》（Food and Beverage Sector Guidance）

DMAP 乃至更广义上的 CTAP 都具有迭代性，能够随着新挑战、新技术的出现以及目标的达成持续优化战略调整。此外，随着越来越多企业投身农业甲烷减排实践，针对特定减排措施和技术的排放核算方法将日趋便捷和标准化。企业还可能获得在价值链上共同投资乳业甲烷减排解决方案的机遇，从而有效降低范围三排放。

目的

本指南旨在为乳品生产及采购企业提供一个通用的 DMAP 框架，帮助企业规划并披露短期内的甲烷减排行动，将其纳入整体气候战略体系。建立统一的 DMAP 框架和模板，可以明确规划和减排工作的核心要素，减少因企业规模和位置区别带来的差异，有助于缩减并优化制定减排计划的流程。虽然本指南展示了制定领先 DMAP 的最佳实践，以支持企业采取及时、有力的减排行动，但具体计划内容仍需根据企业的个性化需求而定。指南还系统梳理了不同评估标准下的多种乳业甲烷减排路径和措施，助力企业基于自身运营及供应链特点，筛选最适用的减排措施。本指南涵盖以下内容：

- DMAP 概述，本节阐述了实施甲烷减排行动的关键考量因素，包括：
 1. 乳业甲烷减排关键披露事项，说明企业运营及供应链中的甲烷排放现状。^a
 2. 减排策略细节，列明企业具体行动方案、实施时间表及预期减排量。
 3. 其他考量，包括实施挑战、公正转型相关情况。
 4. 年度进展披露报告，追踪减排计划执行进度。^a
 5. 企业 DMAP 持续优化框架，通过更全面、深入、透明的披露持续完善 DMAP。

^a 本指南对乳业甲烷减排关键披露事项及年度进展披露报告进行了框架性说明。如需获取公开报告的具体要求，请参阅 DMAP《乳业甲烷披露指南》。

- 减排方案评估，基于农场类型、地域特征、方案成熟度及减排潜力等多种评判标准，帮助企业筛选最适合其业务的技术。本指南的目的并非穷举所有方案，而是指导企业基于农场特性与干预措施评估不同的技术方案。
- 附录中的 DMAP 模板与示例是用于规范 DMAP 的披露内容与框架结构，指导企业如何辨别更先进的 DMAP 披露方式。

图 4 倡议的推进路径



DMAA 倡议的阶段 1 指导企业如何核算自身乳业甲烷排放数据，阶段 2 则确立了公开披露排放数据的最佳实践。本指南所针对的阶段 3 旨在帮助企业制定甲烷减排行动计划，明确实现减排目标所需的实践步骤及未来 5 - 10 年的阶段性目标。企业可自主选择每 1 - 3 年审查计划内容，并披露必要的调整方案。公开披露 DMAP 可协助企业聚焦气候行动重点领域，彰显行业领导力。根据 DMAA 倡议的推进路径（见图 4），本 DMAP 指南发布的同时，还将推出《乳业甲烷利益相关方参与》指南（Dairy Methane Stakeholder Engagement）（阶段 4），以进一步推动乳业甲烷减排工作。



乳业甲烷行动计划

DAIRY METHANE ACTION PLAN (DMAP)

DMAP 核心要素

本部分阐述了企业在制定 DMAP 时应该遵循的标准。本指南附录 1 提供了 DMAP 的空白模板，附录 2 列出了一份完整的范例以供参考。

有志于引领甲烷减排行动的企业，可以参照以下的指南来制定 DMAP，并在实施甲烷减排措施及完善温室气体核算体系的过程中不断补充细节和报告进展。企业应在启动该项工作的第一年开展 DMAP 编制，并在后续年份中持续报告进展。如果适用的话，企业还应将 DMAP 纳入到更全面的 CTAP 中，从而将农业甲烷减排纳入到更广泛的气候战略框架中。

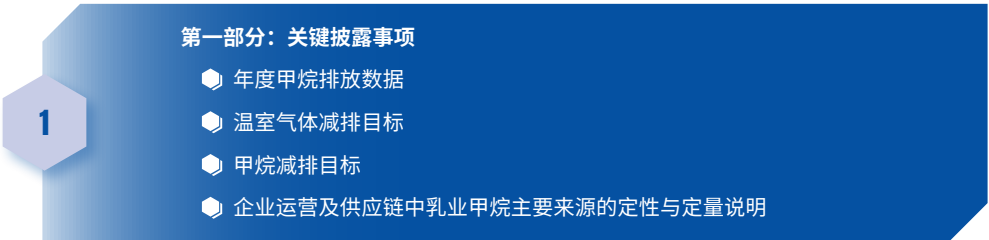
图 5 DMAP 核心要素概览



图 5 为 DMAP 的框架性清单, 列出了一份完善的 DMAP 所应有的核心要素, 具体内容将在后续章节详细阐述。第一部分至第四部分包含了企业确立领导地位并加速整体甲烷减排所需披露的事项。随着计划的推进, 企业可进一步披露更多细节, 例如对甲烷减排措施的投入、投入所实现的减排, 以及延续至 2035 年后的长期规划等。

第一部分：关键披露事项

图 5.1 第一部分：关键披露事项核查清单



披露乳制品采购环节的排放数据, 能够使企业明确甲烷排放热点, 并据此制定针对性的减排措施。为彰显行业领导力, 加入 DMAA 倡议的企业均已承诺披露全范围 (范围一至范围三) 温室气体排放数据、乳业供应链甲烷排放量及其在企业全范围排放中的占比。

在 DMAP 中纳入甲烷排放的相关内容, 可说明制定甲烷行动计划有助于实现企业更广泛的气候目标, 同时有助于明确企业计划中应优先关注的重点领域。图 5.1 的清单及后续要点涵盖了制定 DMAP 所需要的甲烷减排核心的披露事项, 而更加详细的甲烷披露最佳实践可以参阅 DMAA 的《乳业甲烷披露指南》。DMAA 成员企业可通过统一的平台来报告甲烷排放数据, 避免重复工作。关键披露事项的填报模板参见附录 1, 完整披露范例参见附录 2。

企业应披露如下信息：

• **年度甲烷排放数据**

✓ 依据 DMAA《乳业甲烷披露指南》规范，披露与企业减排计划相关的甲烷排放数据，企业还可自行选择是否列出所采用的测算方法。

• **温室气体减排目标**

✓ 明确范围一及范围三排放的目标与基准年度。

• **甲烷减排目标：**

✓ 明确甲烷排放的目标与基准年度。

• **企业运营及供应链中乳业甲烷主要来源的定性与定量说明**

✓ 披露乳业甲烷排放占企业总排放量的比重，描述乳业甲烷排放热点业务。

鼓励企业设定专门的甲烷减排目标并披露相关进展，从而确保企业内部将甲烷减排行动作为企业气候战略的核心组成部分予以重点推进。制定甲烷减排目标有助于企业内部将甲烷减排行动作为优先事项，让甲烷减排在整体气候相关目标中发挥更关键的作用。以达能集团为例，除覆盖范围一、二、三的减排目标，即科学碳目标倡议（Science Based Targets initiative, SBTi）制定的森林、土地、农业（Forest, Land, and Agriculture, FLAG）减排目标外，该企业还专门设定了以 2020 年为基准年度、到 2030 年将乳制品生产所用鲜奶产生的甲烷排放减少 30% 的具体目标，这一目标也符合《全球甲烷承诺》（Global Methane Pledge）所设定的减排雄心。

专栏 2 范例：乳业甲烷排放披露

达能集团报告称，其 2020 年范围一至范围三基准排放量为 2190 万吨二氧化碳当量，其中乳业甲烷排放达 400 万吨二氧化碳当量（占比 18%）。2022 年报告进一步显示，甲烷排放占该集团总排放量的 25%，占森林、土地、农业排放量的 42%。其中，鲜奶的甲烷排放量占比达 70%，其余 30% 来自其他乳制品原料。为推进农业温室气体减排，达能制定了 SBTi 目标：以 2020 年为基准年度，到 2030 年，将范围一和范围三的森林、土地、农业绝对排放量减少 30.3%。

达能的公开披露数据表明，乳业甲烷排放对其整体碳足迹的贡献度显著偏高，因此，制定清晰全面的 DMAP 将成为实现其森林、土地、农业减排目标的关键举措。

第二部分：乳业甲烷减排策略

DMAP 应当包含企业为减少乳制品生产过程中甲烷排放所采取的策略与行动举措。鉴于许多快消品企业并不直接拥有或运营农场，解决乳业甲烷问题将有效推动这些公司在范围三减排方面取得进展。而对于运营农场，特别是饲养奶牛等反刍动物的企业，甲烷减排将成为降低运营环节中范围一排放的关键途径。

企业可重点通过以下三大甲烷减排策略应对农业甲烷排放问题：

1. **农场与供应商参与的策略：**在农场层面加速甲烷减排措施的推广，从而减少范围一及 / 或范围三温室气体排放。
2. **创新策略：**规划企业短期行动方案，用以支持新一代甲烷减排技术的研发。
3. **公共政策倡导策略：**概述企业将如何支持推动甲烷减排行动的公共政策。

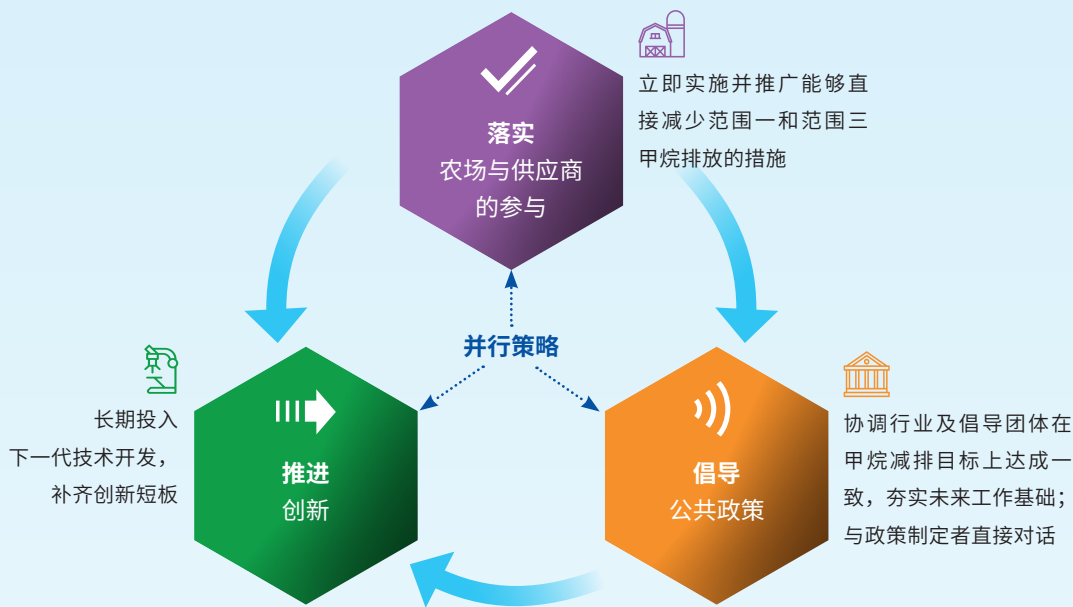
专栏 3 DMAP 术语：策略、措施与行动

本指南使用了多个术语以描述乳业企业甲烷减排的不同方式，为确保读者对术语理解的一致性，现将相关术语在本指南中的定义阐述如下：

- **减排策略 (Strategies)** 是指企业在初步规划甲烷减排的时候设定的最高层级、最宏观的实施路径。本指南中的三大策略包括农场与供应商协同参与、创新及政策倡导。每一项策略之下包含更具体的甲烷减排活动（解决方案 / 干预措施及具体行动），但策略本身代表的是宏观层面的实施路径。
- **具体行动 (Actions)** 是指推进整体减排策略落地的具体措施。例如，当以农户与供应商参与作为甲烷减排策略时，其具体行动可表现为在北美和欧洲的 10 家供应商农场试点使用减少肠道甲烷排放的饲料添加剂。
- **解决方案或干预措施 (Solutions/Interventions)** 是指可在农场采用的甲烷减排技术与实践。就上述示例而言，若将农场与供应商参与作为甲烷减排策略，并在试点农场使用减少肠道甲烷排放的饲料添加剂作为具体行动，则该解决方案本质上是以饲料添加剂作为减少肠道甲烷的解决方案。

本指南的“甲烷减排措施”章节提供了关键甲烷减排策略所对应的措施与行动示例。

图 6 甲烷减排策略



本指南提出的三大策略领域对推动乳业甲烷减排均有重要意义：落实农场与供应商的直接参与对于推动农场层面甲烷减排方案的切实落地十分必要；研发与创新有助于优化现有方案并加速新兴技术开发；而激励政策和项目又能强化前两者的作用——既能为甲烷减排措施的推广应用提供更多助力，又能补充私营部门的研发创新活动。

企业需同步推进不同策略领域的项目，既要落实当前甲烷减排行动，也需投资未来更具突破性的减排技术、项目 and 政策。虽然部分措施可能需要公共政策、创新和农场干预共同作用才能实现减排，但有些方案可能仅需在一两个策略领域发力就能实现减排。能否成功实现甲烷减排措施，取决于现有方案成熟度、实施难度等因素。

图 6 展示的是各项甲烷减排策略如何通过不同方式支撑直接减排行动，基于 EDF《科学碳目标倡议 FLAG 目标战略路线图：实效优先行动计划报告》（Strategic Roadmaps for SBTi Forest, Land, & Agriculture Targets: Prioritizing Action for Impact Report）中提出的“落实、倡导、推进”（Act, Advocate, Advance）框架构建。

图 5.2 DMAP 第二部分：乳业甲烷减排策略

2

DMAP 第二部分：乳业甲烷减排策略

农场与供应商协同参与策略

创新策略

公共政策倡导策略

各策略中的具体行动及核心细则

企业应就每项甲烷减排策略（包括供应商参与、创新及公共政策倡导）填写以下核查清单（图 5.2.1-5.2.3）中的相关信息。

策略一：促进农场与供应商的参与

图 5.2.1 农场与供应商协同参与策略

2

DMAP 第二部分：乳业甲烷减排策略

农场与供应商协同参与策略

所应对的乳业甲烷排放来源

策略实施背景

✓ 策略实施带来的关键业务变化

✓ 所应对的气候相关重大物理和转型风险

✓ 业务覆盖范围、规模和领域

✓ 参与实施的业务单元

✓ 行业、政府、贸易和非政府组织参与方

✓ 当前状态（进行中、计划完成等）

行动举措与实施时间表

✓ 实施和推进策略的具体行动，每个行动举措都应包括如下内容：

干预措施实施地区

预计开始和完成日期

中期里程碑和关键绩效指标

单项干预措施的预计减排量

投资与资本支出匹配情况

乳制品生产相关的甲烷排放主要来自农场养殖的肠道发酵和粪便管理过程。对于采购乳制品的企业而言，通过完善、系统的农场及供应商参与机制来应对供应链中的甲烷排放问题，是实现其范围三减排目标的关键。而对于拥有并运营农场的企业，确保农场及农场工人理解并学习掌握甲烷减排措施的实施方法同样至关重要。一份全面的甲烷行动计划应当明确识别企业供应链中的主要甲烷排放源（如肠道发酵和粪便管理环节、地理分布、业务单元及供应商等），并通过农场与供应商参与策略，制定相应的减排具体行动方案。

促进农场与供应商参与并推广乳业甲烷减排措施的具体做法包括：

- 在农场试点新方案，再延伸到整个供应链
- 通过经济补偿机制激励乳制品生产者采用新方案
- 为采用减排方案者提供技术指导
- 与同行或客户合作（如快消品牌联合零售商）共同投资农场项目，扩大方案应用规模
- 在乳制品采购中推行产量差额担保，降低转型风险
- 出台相关采购政策，例如对实施减排方案的乳制品生产商承诺一定的乳制品采购量
- 对接政府项目，与农场分摊气候智慧型实践（含甲烷减排方案）的实施成本

请参阅本指南的**甲烷减排措施**章节，进一步了解减排方案清单及企业对方案优先级的评估方法。

乳制品采购企业应制定周密计划，在供应链中推进减排行动的实施与推广。在计划中，企业需全面阐述其农场与供应商参与策略的实施背景，包括该策略将应对的气候风险类型、涉及的业务职能部门、必要的商业模式或采购策略以及需要实施干预措施的区域进行相对应的调整。鉴于实施供应商参与策略往往需要跨业务单元合作（例如采购部门与可持续发展团队的合作），所以企业各部门从初期就达成共识至关重要。DMAP 不仅能够作为推动短期内农场与供应商参与甲烷减排有力工具，更能帮助企业构建可支持农场持续实施减排方案的重要长期策略。为确保企业有计划地扩展行动规模，企业还应明确农场和供应商的比例，或该策略可能覆盖的企业乳制品采购量。

企业还可进一步按干预措施分类列明预估减排量，并说明实施农场与供应商参与策略所需的资本或运营支出。企业必须收集其运营及供应链中各项干预措施产生的减排数据，从而确保 DMAP 所实现的减排量能够帮助企业达成整体气候相关目标。随着行业对不同措施减排潜力的认知逐步深化，企业可运用上述数据在 DMAP 中补充行动带来的预估减排成效，从而更准确地评估行动能否实现整体气候目标，或判断是否需要追加投资。

企业还可以说明协同参与策略的投资如何与其气候目标相契合。在推进乳业甲烷行动计划过程中，必须为关键策略的实施预留充足预算。除对 DMAP 列明的行动进行投资外，企业还可阐释其他业务投资如何有助于实现总体甲烷减排目标，例如为高甲烷足迹产品的替代方案（如植物基乳制品替代品）配置资本投资规划。此类信息也可用于为甲烷减排措施争取更多资金支持，如可持续发展挂钩债券及金融机构贷款。

请参阅附录 1 查看农场与供应商参与策略的填报模板，并参考附录 2 查看完整策略范例。

贝勒集团携手帝斯曼 - 芬美意（dsm-firmenich）及法国畜牧研究院（Idele），于 2022 年在斯洛伐克两家农场，及 2023 年 1 月至 3 月期间在法国五家乳业农场，分别试点使用了饲料添加剂 Bovaer®。这款由帝斯曼 - 芬美意研发的饲料添加剂旨在降低奶牛肠道发酵产生的甲烷排放。试点的目的在于验证 Bovaer® 在实际奶牛养殖条件下的可行性。法国试点数据显示，在最优条件下该添加剂可实现 29% 至 42% 的甲烷减排（效果因农场而异）。此次试点不仅为该添加剂效能提供了更多实证依据，也有助于企业构建在供应链中持续推广该方案的商业案例依据。

2023 年 5 月，贝勒集团宣布将在斯洛伐克奶源基地推广 Bovaer®，该基地主要为一家生产 Babybel® 奶酪的加工厂供货，成品主要销往英国、德国、捷克及斯洛伐克。2024 年年中，贝勒集团进一步将 Bovaer® 引入法国奶源基地，该基地生产包括 Babybel®、Kiri®、Boursin® 及 Cousterson® 等集团旗下的著名品牌产品。2024 年，贝勒集团联合法国生产者组织贝勒西部生产者协会（APBO）推出名为“Mon BB Lait® durable”的激励计划，通过扩大 Bovaer® 在农场的应用规模等措施加速温室气体减排的实施，该计划将于 2025 年 6 月正式启动。

未来，贝勒集团可通过披露以下信息进一步强化自身参与度：

- 未来 1 至 5 年内将如何在其供应链中推广这一策略
- 使用饲料添加剂的供应商比例或使用该添加剂后生产的牛奶量
- 饲料添加剂在供应链中的预期推广完成日期

同时，贝勒集团也可进一步披露针对策略合作农场的激励方案。

图 5.2.2 创新策略



当前，企业可通过农场及供应商的参与，在运营过程和供应链中实施多种已有减排技术手段来降低甲烷排放。然而单凭这些技术，往往难以实现避免气候变化最严重影响所需的减排目标，也无法完全化解乳业面临的气候风险。要实现更快、更大规模的农业甲烷减排，需要进一步推动新兴和创新性解决方案的研发。与此同时，甲烷测量、监测、报告与核查（Measuring, Monitoring, Reporting, and Verification, MMRV）技术的进步，尤其是让农场更容易使用 MMRV 解决方案，将有助于精准定位排放热点，简化企业减排行动优先级评估以及进展披露流程。为充分利用上述机遇，甲烷行动计划应当包含创新策略，明确企业如何通过支持新技术研发来深化减排成效。

企业可通过以下方式加速这一领域的创新：

- 参与资助甲烷减排研究的公私合作伙伴关系
- 投资于甲烷减排技术的风险投资项目
- 支持商用试验以推动研究进展
- 支持甲烷 MMRV 基础设施的试点测试与开发，以便农场能够更顺畅地使用
- 在多元化产品组合中考虑植物基和替代蛋白产品的作用，进一步减少乳业甲烷排放

在评估创新型甲烷减排机遇时，需同步考量潜在的社会与环境权衡。例如，创新技术应比现有技术具有更低的甲烷排放强度，同时不能造成负面社会影响或其他意外后果。DMAP 第三部分就指出，企业在设计计划时，应将公正转型原则纳入考量。

关键策略事项的填报模板参见附录 1，完整披露范例参见附录 2。

专栏 6 范例：甲烷减排创新技术投资

达能集团在其气候转型计划中预估，通过加速推广甲烷减排创新技术（包括针对肠道发酵甲烷的措施），可在其温室气体排放总量中减少 25 万吨二氧化碳当量的排放。为此，2023 年，达能成为全球首家加入全球甲烷中心“肠道发酵研发加速器”（Global Methane Hub’s Enteric Fermentation Research & Development Accelerator）的企业，该加速器是全球规模最大的肠道甲烷研究项目，由全球甲烷中心协调，承诺投入至少 2 亿美元资金，用于开发并推广实用型措施，目标是到 2030 年实现甲烷排放量减少 30%。该项目旨在培育可规模化应用的创新实用型方案，助力农场大幅降低甲烷排放。

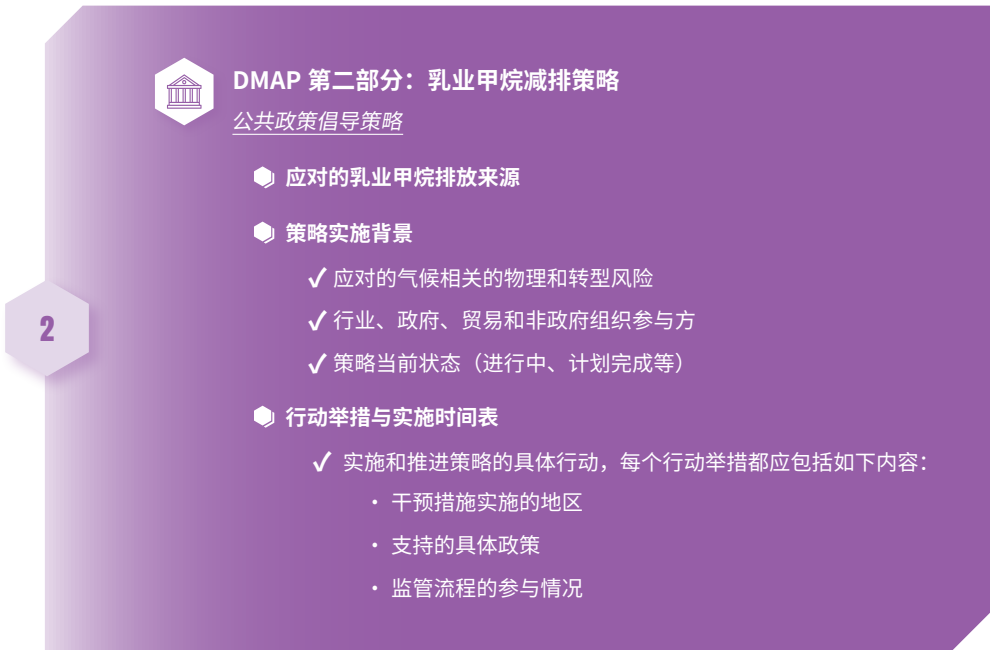
为提升信息披露透明度，达能还可公布中期关键绩效指标，例如“到 20XX 年采用肠道发酵减排技术生产的乳制品产量”，以体现项目成效。

乳制品采购企业在降低原料环节相关气候影响与财务风险的同时，还需兼顾人口增长带来的食品供给压力，以及消费者日益变化的膳食需求与偏好。拓展植物基原料产品线正成为实现这一平衡的关键创新策略。此类产品创新也能有效弥补农场干预措施无法达成现有气候和甲烷减排目标时所产生的缺口。

此类创新策略的具体行动可包括：在现有产品中加入植物基原料，以减少乳品采购量；研发新型植物基产品；投资植物基产品与原料创新加工技术；以及开展提升消费者对植物基原料和产品接受度的专项研究。例如，为顺应消费者对纯素和植物基产品的需求增长，好时（Hershey）公司采用烘焙谷物粉替代乳固体，成功改良其无乳巧克力配方；达能旗下的创投部门 Manifesto Ventures 则投资支持创新型企业，将包括植物基产品在内的创新概念推向市场。

策略三：公共政策倡导

图 5.2.3 公共政策倡导策略



要降低全球乳制品行业的温室气体排放，必须建立公私部门的协同机制，这需要企业、供应商与各级政府携手合作，共同构建有利于转型的监管环境。公共政策倡导策略对企业至关重要：既有利于争取政府支持，又能通过影

响立法消除障碍、使用能够加速减排进展的解决方案。具体而言，企业可通过推动行业和贸易团体认可减排目标、直接开展政府倡导以及参与公私合作项目。

企业可通过以下具体行动推进公共政策倡导策略：

- 支持促进甲烷 MMRV 体系发展的政策倡议
- 倡导为甲烷减排方案实施提供资金与技术扶持的政策
- 推动增加基础研究与早期创新领域的公共研发资金
- 支持优化饲料添加剂等甲烷减排方案的审批流程改革，确保监管效率与安全性
- 让贸易协会与行业团体加入甲烷减排倡导活动
- 支持政策激励，既扶持农场采用甲烷减排技术，又通过生产挂钩机制激励初创企业扩大措施规模

企业可通过多种全球渠道倡导加速农业甲烷减排研究的项目与政策。在美国市场，可倡导《农业法案》（Farm Bill）中激励农场甲烷减排的举措，并维护《通胀削减法案》（Inflation Reduction Act, IRA）中促进气候智慧型农业发展的条款。欧盟共同农业政策（Common Agricultural Policy, CAP）要求成员国制定战略计划，根据国情调整农业政策实施路径并为农场提供财政补贴，以达成欧盟气候目标并提振自身气候雄心。企业可倡导共同农业政策资金向创新型甲烷减排技术与实践倾斜。越来越多的国家已将畜牧业排放纳入《巴黎协定》的国家自主贡献（Nationally Determined Contributions, NDC），即旨在减少排放并适应气候影响的计划。

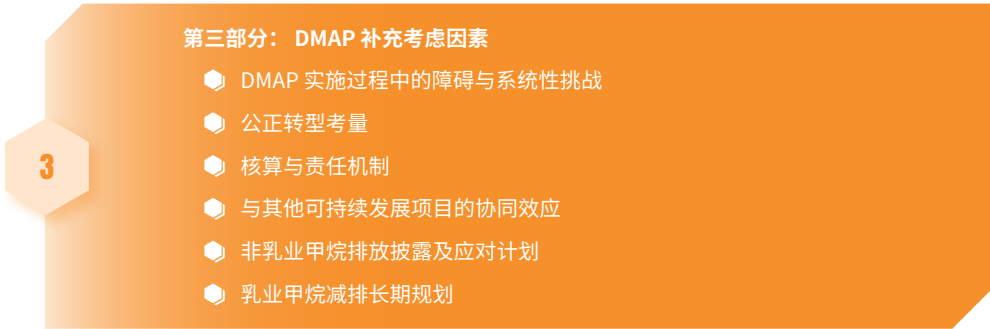
企业还可通过支持单项法规加速农业甲烷减排措施落地。以美国 2023 年《创新饲料促进与经济发展法案》（Innovative Feed Enhancement and Economic Development Act, Innovative FEED Act）为例，该法案已得到众多美国食品企业的支持，旨在简化并加速减排饲料产品的审批流程，虽在本指南发布之时尚未通过，但该立法已获得国会参众两院两党议员的支持。

专栏 8 范例：加速甲烷减排措施落地的政策

企业可通过支持公共政策来推动甲烷减排技术的研发，例如，2024 年 3 月提出的《低排放与可持续畜牧业的肠道甲烷创新工具法案》（Enteric Methane Innovation Tools for Lower Emissions and Sustainable Stock Act, EMIT LESS Act）。该法案若获通过，将扩大美国农业部（U.S. Department of Agriculture, USDA）对农业甲烷减排措施的研究，并通过保护项目建立自愿激励机制以加速农场层面的技术应用。包括美国乳农公司（Dairy Farmers of America）、达能北美公司（Danone North America）和麦当劳（McDonald）在内的多家企业与组织已公开表示支持此项立法。

第三部分：DMAP 补充考虑因素

图 5.3 第三部分：DMAP 补充考虑因素



除实施减排的关键策略外，企业还应将其他因素纳入其 DMAP 的制定考量。与其他部分相比，本节内容可能更具动态性，随着新障碍的显现或乳业公正转型最佳实践的演进，企业可酌情提高更新频率。

企业应在本章节补充以下信息：

- **障碍：**企业供应链中农场及供应商在采用企业 DMAP 短期甲烷减排方案时面临的障碍以及企业拟采取的破除障碍措施
- **系统性挑战：**当前制约企业短期减排范围的挑战（如技术成熟度尚未达到企业可进行应用或投资的水平）以及企业是否具有针对未来规划进行监测的意愿
- **公正转型考量：**为确保企业向低碳乳制品采购与生产的转型符合公正转型原则，需重点考量以下方面（包括但不限于）：
 - ✓ 已采取或即将采取的行动，以确保能够应对在转型过程中，供应商（包括农户和农场工人）面临的转型风险
 - ✓ 企业为保证现有员工、弱势消费群体及高风险社区在转型过程中获得保障而采取的措施（如分摊低甲烷转型成本、保障食品价格可负担性）
 - ✓ 企业为听取并执行员工、供应商、受影响社区及非政府组织反馈意见而建立的行动举措
- **已确立的核算与责任机制：**建立有效的监测与问责体系，确保企业能够长期持续推进工作
- **DMAP 与其他可持续发展目标与计划的协同作用：**企业 DMAP 与水资源、自然及社区可持续发展议题的协同推进，并说明此类工作将如何支持上述领域的发展

- **非乳业甲烷排放披露及应对计划：**披露企业在其他环节产生的甲烷排放并提出相应的减排方案
- **乳业甲烷减排长期规划（5 - 10 年后）：**面向 2050 年净零目标的乳业甲烷减排计划

本指南虽聚焦乳制品生产及采购企业的甲烷减排策略，但企业运营及供应链中的其他甲烷排放源同样不容忽视，包括牛肉、猪肉或大米等农产品的采购，以及场内外的废弃物处理和处置等。制定 DMAP 时，企业可选择将上述排放源也纳入计划范围。

DMAP 应明确企业未来 5 至 10 年内的短期减排行动，同时鼓励企业根据业务实际制定面向 2050 年及以后的长期规划，例如保证当前投资方向符合企业未来建立长期韧性的愿景及运营价值观。在规划短期减排时，企业需确保所有措施符合科学减排路径。以 SBTi 制定的 FLAG 指南为例，其要求下游乳制品采购商必须为包括畜牧业甲烷排放在内的土地利用排放设定绝对减排目标。

专栏 9 乳业的公正转型

扶持发展中国家市场中的小农场

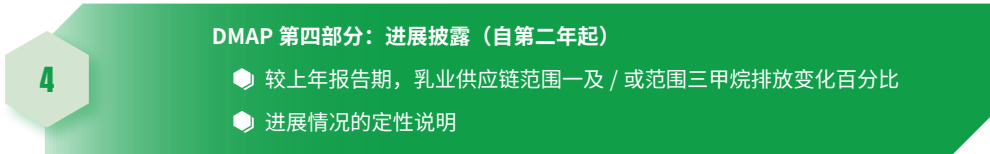
为推动尼日利亚本土的乳业能够实现系统性可持续生产，菲仕兰（FrieslandCampina）联合全球奶牛育种龙头企业 URUS、牧草种子领军企业 Barenbrug 及动物营养与养殖企业荷兰皇家农业集团（Agrifirm）组建“乳业价值联盟”（Value4Dairy Consortium），旨在打造具备气候智慧型特征、本土化运营的自主乳业体系，该联盟旨在为尼日利亚打造一条实现乳业自给自足、具备市场竞争力、气候智慧型发展及本土化运营的转型路径。

建立乳业农场工人劳动标准

班杰利（Ben & Jerry's）公司的“关爱乳业计划”（Caring Dairy program）致力于推广兼顾农场与农场工人福利、奶牛动物福祉与环境保护的可持续乳品生产方式。为此，该品牌与移民正义倡导组织（Migrant Justice）合作，成为全球首个实施“尊严乳品计划”（Milk with Dignity Program）的企业。这一由农场工人主导的组织制定了一系列劳工标准，保证工人能够享有一个有尊严的工作环境，其中涵盖充足的休息时间、休假、带薪病假、安全的工作条件以及工人教育与权益倡导等标准。参与该计划的农场可获得牛奶溢价收购机会，以保障工人薪资增长。目前，尊严乳品计划已覆盖班杰利所有鲜奶供应农场。

第四部分：DMAP 进展披露

图 5.4 DMAP 第四部分：进展披露



企业应每年报告其 DMAP 进展情况、乳业甲烷排放的绝对变化量以及关键策略的实施更新。企业也可选择通过披露乳制品甲烷排放强度展示采购或生产单位乳制品所产生的甲烷排放量的变化。

表 1 乳业供应链甲烷排放（单位：百万吨 / 年）

	基准年度	本年度	较前一年的变化百分比	较基准年度的变化百分比
范围一排放				
范围三排放				

年度 DMAP 定性进展披露可包括：

- 对乳业甲烷排放变化的定性解释及较上年度的目标进展说明
- 乳业甲烷行动计划中所述策略实施状态的更新，包括供应链参与、创新和公共政策倡导策略相关里程碑和关键绩效指标的进展
- 如有业务或外部因素可能导致了与企业甲烷减排策略无关的排放变化，可做出相应解释（例如并购、资产剥离、与乳品采购和销售无关的变化）
- 可加入 DMAP 以提高绩效的新策略或技术（例如增加减排量、更快实现减排目标、降低成本、提高易用性）
- 未成功或不切实际的策略或技术，以及是否将其从 DMAP 中移除

年度进展披露的填报模板参见附录 1，完整披露范例参见附录 2。

DMAP 的长期优化

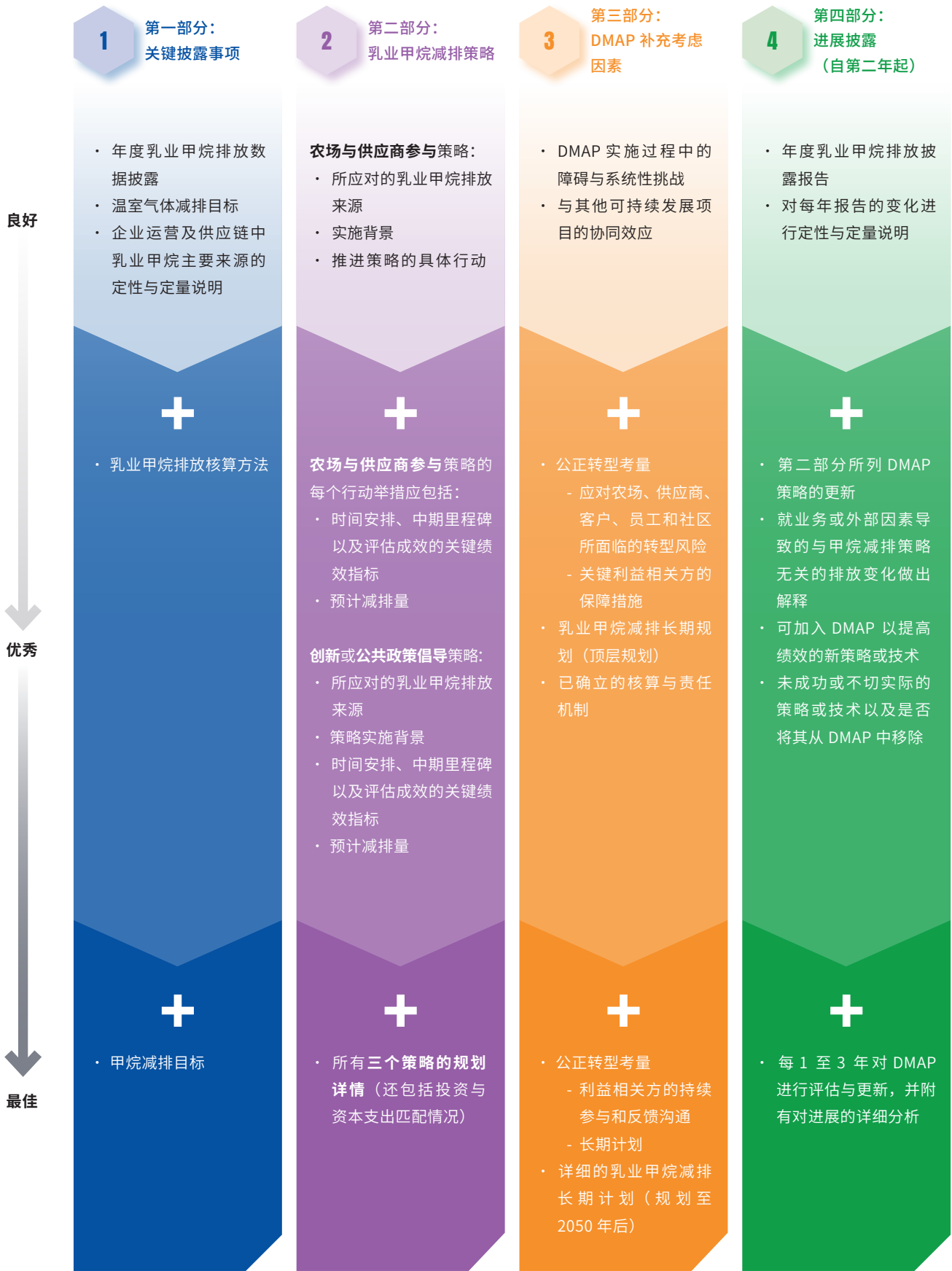
制定并发布 DMAP 是明确策略重点和强化企业甲烷减排责任的关键第一步。随着企业和国际社会在农业甲烷减排方面取得进展，企业可不断完善、调整和强化其 DMAP。通过持续提升 DMAP 的深度、广度和透明度，企业能更有效地规划和跟踪甲烷减排行动，展现行业领导力。

处于不同发展阶段的企业在制定乳业甲烷计划时，其 DMAP 可披露的信息可能有所差异。下图采用“良好 - 优秀 - 最佳”的评级系统，展示了从基础级（“良好”）到领先级（“最佳”）的 DMAP 披露标准。需注意的是，要制定“最佳”或领先级的 DMAP，必须先满足“良好”和“优秀”级别中的所有要素。该评级系统既为企业开展乳业甲烷工作提供了基础，也展示了如何随时间推移不断强化策略。

企业可通过设定甲烷减排目标、考虑公正转型因素、制定长期规划等举措，不断完善 DMAP，强化甲烷减排策略。上述补充要素有助于外部利益相关方评估企业减排进展，同时协助企业明确行动和投资优先级，并确保企业内部对减排给予充分的理解与支持，从而进一步推动甲烷减排。建议企业每 1 至 3 年对策略进行全面评估，根据新技术、现有项目完成情况、新市场或新产品类型的拓展、并购交易、业务剥离等变化，适时调整 DMAP。



图 7 DMAP “良好 - 优秀 - 最佳” 披露报告改善框架





甲烷减排措施

METHANE MITIGATION SOLUTIONS

甲烷减排措施

概述

本章节概述了现有及即将推出的甲烷减排措施，并采用 13 项标准对主要措施进行了评估。鉴于减排措施数量较多，附录 4 仅列出了有待进一步研究的新兴方案；附录 5 详细介绍了可减少废弃物甲烷排放的乳制品加工改进措施。需要特别说明的是，本指南虽对各类乳业甲烷减排措施进行了综述，但并未涵盖市面上所有的措施。

表 2 汇总了所有已确定的解决方案，随后界定了关键解决方案的评估标准，并依据不同标准参数对各类解决方案进行排序或分类，重点指明哪些解决方案最易实施且已具备应用条件等特征。通过展示不同类型的减排解决方案，可帮助企业选择最适合其运营与供应链的选项，并预估不同策略和行动可能带来的甲烷减排效果。需要指出的是，企业仍需要自行开展尽职调查，以准确评估各解决方案相对于其具体运营与供应链的适用程度，以及能否通过长期维持该方案来获得持久的减排效益。

表 2 甲烷减排措施清单
EDF 与 Ceres 不为任何具体措施或其相关研究背书。

减排路径	减排措施	措施描述	相关表格
肠道发酵减排	3-NOP（如 Bovaer®）	添加到饲料中的合成化合物，可以抑制甲烷产生。 ^a	表 3. 完整评估
肠道发酵减排	红藻属（如 Brominata®、Methane Tamer™、SeaFeed™、SeaGraze®、SeaStock）	含溴仿的红藻类的饲料添加剂，可以抑制甲烷产生。 ^a	表 3. 完整评估
肠道发酵减排	针对甲烷开展的品种 / 基因改良（如 Semex®）	选择性育种改善甲烷效率的性状。	表 3. 完整评估
肠道发酵减排	日粮优化	采用多种技术优化粗饲料和谷物的配比，例如饲料类型和品种、选择豆科和富含单宁酸的粗饲料、平衡日粮中淀粉的含量以及分阶段饲喂。	表 3. 完整评估
肠道发酵减排	精油（如 Agolin®、Mootral Enterix™）	由混合精油制成的饲料添加剂，用作瘤胃调节剂。 ^a	表 3. 完整评估
肠道发酵减排	饲料储存 / 品质	改善饲料的储存方式，保持饲料品质并提高饲料消化率。	表 3. 完整评估
肠道发酵减排	脂类添加物	在饲料中添加植物油，如橄榄油、葵花籽油和亚麻籽油，或动物脂肪。	表 3. 完整评估

减排路径	减排措施	措施描述	相关表格
肠道发酵减排	甲烷捕获的头戴设备（如 ZELP）	一种可以将 CH ₄ 氧化为 CO ₂ 和水的甲烷氧化装置。该装置还可追踪动物健康状况，目前正作为肠道甲烷核算工具进行试点。	表 3. 完整评估
肠道发酵减排	甲烷疫苗（如 ArkeaBio™、Lucidome Bio）	用于减少反刍动物甲烷排放的疫苗。	表 3. 完整评估
粪便管理	厌氧消化池	一种在无氧条件下分解粪便并收集沼气的密闭结构。 ³	表 3. 完整评估
粪便管理	堆肥	通过微生物在受管控系统中的有氧分解作用来处理粪便，可采用垫料堆肥等多种堆肥方法实现。定期连续翻动堆肥可实现甲烷减排。 ²	表 3. 完整评估
粪便管理	每日撒施	每日将粪便从畜舍清除并施用于农田或牧场。 ² 需要进行土壤测试，防止养分过剩，水体附近不可施肥。	表 3. 完整评估
粪便管理	粪便添加剂：酸化	用硫酸等酸类物质处理。目前更多的是使用蔗糖、葡萄糖和乳清等生物酸。酸性环境可减少温室气体和氨的净排放。	表 3. 完整评估
粪便管理	粪便覆盖与燃烧系统	用于收集沼气并将其作为 CO ₂ 燃烧排出的密闭覆盖系统，包括初级粪池和储存厌氧消化液的次级粪池。	表 3. 完整评估
粪便管理	粪便操作改进	采用多种技术优化粪便管理，如防渗漏、定期清除以及粪便施用时间和方法的优化。	表 3. 完整评估
粪便管理	粪便分离器	粪便的固液分离：固体部分用作垫料或堆肥，液体部分进入厌氧消化器或储存池（建议使用加盖储存池）。	表 3. 完整评估
粪便管理	N2 Applied 技术	粪便的等离子体处理可减少氨和甲烷排放，同时产生富含氮的有机物质。	表 3. 完整评估
粪便管理	基于牧场的管理	采用以牧场为基础的粪便管理策略，包括轮牧、根据牧草成熟度调整放牧时间以及优化载畜率，达到均匀分布粪便并促进养分循环的目的。	表 3. 完整评估
生产效率优化与牛奶生产强度降低	活动追踪器	自动化健康监测系统及人工智能和计算机监测技术的应用，用于追踪和改善动物健康状况。	表 3. 完整评估
生产效率优化与牛奶生产强度降低	动物健康改善	提高动物健康，预防和控制动物疾病，以提高生产性能、改善动物福利并延长使用寿命。	表 3. 完整评估
生产效率优化与牛奶生产强度降低	针对产量开展品种和基因改良	选择性育种以提高生产性能和产量。	表 3. 完整评估

减排路径	减排措施	措施描述	相关表格
生产效率优化 与牛奶生产强度降低	畜群管理 / 饲养密度	控制畜舍饲养密度，保持奶牛与畜栏或牧场的最佳比例。过高的饲养密度可能导致动物健康问题，而过低的饲养密度则可能无法最大化生产效率。	表 3. 完整评估
生产效率优化 与牛奶生产强度降低	畜群管理 / 幼畜优化	重点管理犊牛早期饲养，以优化健康状态和生长速度，缩短达到首次产犊最佳体重的时间。	表 3. 完整评估
生产效率优化 与牛奶生产强度降低	机器人挤奶	机器人或自动挤奶系统实现自主挤奶，从而提高生产效率。此类挤奶系统还能记录挤奶频率和牛奶质量的详细数据。	表 3. 完整评估
肠道发酵减排	产乙酸菌	袋鼠幼崽粪便中发现的一种产乙酸菌替代瘤胃中的产甲烷菌。 ⁴	表 5. 新兴措施
肠道发酵减排	生物工程饲料添加剂 (如 Lumen Bioscience、 Elysia Bio)	利用生物工程产品（如螺旋藻、玉米粒、黑麦草和高粱）作为饲料添加剂的早期研究。	表 5. 新兴措施
肠道发酵减排	成簇规律间隔短回文重复序列 (CRISPR)	应用 CRISPR 基因组编辑技术改造产甲烷菌的早期研究。	表 5. 新兴措施
肠道发酵减排	大型藻类（不包括红藻属）	源自不含溴仿海藻（如含间苯三酚的褐藻）的饲料添加剂。 ⁵	表 5. 新兴措施
肠道发酵减排	硝酸盐	添加硝酸盐作为瘤胃氢汇的饲料添加剂，用于减少甲烷的产生，但需进一步研究确保增加的氨产量不会抵消硝酸盐的减排效果。	表 5. 新兴措施
肠道发酵减排	多酚（如 Polygain™）	添加天然多酚（如植物单宁）的饲料添加剂。	表 5. 新兴措施
肠道发酵减排	益生菌（如 Hoofprint Biome）	将益生菌和天然酶制剂作为饲料添加剂。	表 5. 新兴措施
肠道发酵减排	合成溴仿（如 Rumin8）	含红藻活性成分（三溴甲烷 / 溴仿）的合成溴仿饲料添加剂，抑制甲烷产生。	表 5. 新兴措施
肠道发酵减排	酵母培养物 (如 Yea-Sacc®)	源自酵母培养物的饲料添加剂，可作为瘤胃调节剂，兼具增产和促进动物健康的作用。	表 5. 新兴措施
粪便管理	粪便添加剂：红藻属	红藻属在堆肥中的应用。	表 5. 新兴措施
粪便管理	粪便添加剂：生物炭应用	生物炭在堆肥中的应用。	表 5. 新兴措施
粪便管理	粪便添加剂：SOP Lagoon	以石膏为主要成分的粉状添加剂，用于处理液体粪便。	表 5. 新兴措施
粪便管理	粪便添加剂：单宁酸	植物天然单宁在堆肥中的应用。	表 5. 新兴措施
粪便管理	粪便干燥	通过太阳能干燥或封闭干燥系统对粪便进行干燥处理。	表 5. 新兴措施

减排路径	减排措施	措施描述	相关表格
粪便管理	粪便巴氏杀菌	将储存的液体粪便加热至 70°C 以上以降低微生物活性。	表 5. 新兴措施
粪便管理	热解	在限氧环境下加热粪便，使其转化为富碳生物炭。	表 5. 新兴措施
粪便管理	蚯蚓堆肥处理粪便	利用蚯蚓（蠕虫）分解有机物。	表 5. 新兴措施
乳制品加工优化	生产制造优化	优化生产工艺以减少乳制品废弃物。	表 6. 乳业废弃物甲烷减排措施
乳制品加工优化	超高温巴氏杀菌	超高温巴氏灭菌，延长乳制品保质期。	表 6. 乳业废弃物甲烷减排措施
乳制品加工优化	废弃物分流	将乳品废弃物从填埋场分流至堆肥 / 动物饲料 / 厌氧消化等废弃物处理渠道。	表 6. 乳业废弃物甲烷减排措施

^a 饲料添加剂通常分为甲烷抑制剂和瘤胃调节剂两类。甲烷抑制剂直接阻断甲烷产出的过程，抑制甲烷的形成；而瘤胃调节剂则通过改变瘤胃环境来减少甲烷的产生。

措施评估标准

表 3 采用下面的 13 项标准对各类解决方案进行了整体的评估，附录 3 详细介绍了每项评估标准的具体定义及来源。尽管这些标准可以帮助企业筛选出适用的解决方案清单，但企业仍需要针对各项方案开展深入的研究。下文列举了企业在运用本分析评估甲烷减排方案时应需要考量的关键因素。

- 区域法规适用性：**基于法规限制评估各类解决方案可以应用的地区范围。虽然从监管的角度来说大多数的方案适用于所有区域，但该标准与饲料添加剂这一方案最为相关。
- 气候适用性：**评估措施最具影响效力的气候带（IPCC 气候分区定义）。⁶该标准与粪便管理方案最为相关，因在气候较暖地区，排放量大小可能取决于粪便管理方式。
- 农场类型：**评估措施最适用的农场类型，包括集约化（干饲场或散养栏）、放牧式及小农场模式。许多方案适用于多种农场类型。
- 农场规模：**评估措施最适用的农场规模（农场规模参照牲畜存栏量进行定义，主要参考 Thoma 等学者的研究框架）。⁷许多方案适用于多种农场规模。
- 实施阶段：**评估措施的实施成熟度，包括是否可进行商业化推广，是否经过了研发或试点测试，或在确认可行之前是否需要公共政策支持与倡导。
- 方案成熟度：**评估措施是否成熟到可被企业部署并整合至供应链，具体可分为四个等级：高（广泛可用）、中（逐步可用）、低（尚不可用于商业化）、萌芽期（研发阶段）。
- 实施难度：**评估方案落地和维护的难度，具体分为：高（需大规模基建或畜牧方式改革）、中（适度设备投资、畜牧方式变更及培训）、低（微小调整与常规维护）。

8. **成本范围:** 评估方案实施成本等级, 具体分为: 高(需第三方投资)、中(需部分融资)、低(实施成本较少)。
9. **成本类型:** 评估方案需要哪种类型的投资, 包括资本支出、运营支出或两者兼具。
10. **温室气体减排潜力:** 按干预类别评估温室气体减排量级。因不同路径的减排潜力存在差异, 该标准将肠道发酵、粪便管理、生产效率优化方案分别设定不同的高、中、低减排区间(具体区间见附录 3)。
11. **技术水平:** 评估方案实施和维护所需技术水平, 具体分为: 高(需先进技术与培训)、中(一般技术和培训)、低(易规模化实施且培训需求少)。
12. **与温室气体核算体系及标准的一致性:** 评估与 GHG 核算体系的契合程度及其纳入企业温室气体减排清单的可行性, 具体分为: 高(经行业标准认证)、中(经同行评审研究验证)、低(只有少数行业和大学研究可证明其具备一定潜力)、未知(几乎没有研究可供证明)。
13. **所需 MMRV 水平:** 评估方案减排量 MMRV 的难易程度, 分为高、中、低三级。通常具有较高减排潜力的方案波动性更大, 需要高强度人工监测; 而能通过技术实现 MMRV 自动化的方案则要求较低。

需强调的是, 本措施清单并非详尽无遗, 也未涵盖与各措施相关的全部相关研究, 而是为企业提供一个从宏观层面评估减排方案的初步参考。气候科学正在快速发展, 新的研究持续涌现, 不断带来新的见解, 并为各类方案的采纳提供依据。由于行业发展迅速, 一部分新兴方案可能迅速实现商业化, 而其他方案则可能效果有限, 甚至产生意料之外的影响。即使对已具备商业化可行性的方案, 仍需进一步研究以评估其不同条件下的有效性及影响, 从而更全面地认识其风险与局限性。

采用不同的甲烷减排措施可能对水质、土壤质量、温室气体排放、生物多样性、动物健康及农场工人安全等多个方面产生正面或负面影响。例如, 将粪污直接施撒于牧场可能相较于储存在沼液池中能够减少排放, 但过量施用粪污则可能导致养分过剩, 引发水体富营养化及水质问题。部分方案还可能产生有益的副产品, 如厌氧消化产生的沼气或粪便堆肥形成的富含营养的土壤改良剂。各措施的正负面影响会因其具体实施方式及区域和气候条件而存在显著差异。因此, 企业在供应链中实施方案前, 必须审慎评估利弊取舍与协同效益, 确保利大于弊。

上文中的 13 项评估标准并非要对每个措施提供全面评估, 而是基于现有研究提供框架性指导和分类。需注意的是, 对每个措施的评估是基于本指南发布时的研究现状而进行的判断。随着新研究的出现, 各分类中的评级可能会发生变化。此外, 区域差异和农场具体条件也可能影响一项方案的实地评估结果。具体而言, 许多措施的温室气体减排估算存在很大差异, 这可能是由于缺乏足够一致性的长期同行评审研究, 或是减排效果受到当地环境条件和农场管理方式的显著影响。在这些情况下, 本指南建议采用更高等级的 MMRV, 直到能够减少或更好地理解这种差异性。

EDF 与 Ceres 不为任何具体措施或其相关研究背书。由于各企业供应链的独特性会导致适用性存在显著差异, 企业在采用前应自行评估各措施。

甲烷减排措施评估

表 3 甲烷减排措施评估

EDF 与 Ceres 不为任何具体措施或其相关研究背书。由于各企业供应链的独特性会导致适用性存在显著差异，企业在采用前应自行评估各措施。

干预措施		农场特征				措施特征								
干预路径	减排方案	地区法规 适用性	气候 适用性	农场类型 适用性	农场规模 适用性	实施阶段	方案 成熟度	实施 难度	成本 范围	成本 类型	温室气体 减排潜力	技术 水平	与现有体 系标准的 符合度	所需 MMRV 水平
肠道发酵减排	3-NOP（如 Bovaer®）	已商业化并获准用于甲烷减排用途 ^{8, a}	普适	更适用集约型农场 ^b	普适	商业化方案	高	低 / 中	中 / 高 ⁹	运营支出	中 / 高 ^{10, 11, 12}	低	中	中
肠道发酵减排	红藻属 ^c （如 Brominata [®] 、Methane Tamer [™] 、SeaFeed [™] 、SeaGraze [®] 、SeaStock） ^(o)	已在欧洲和澳大利亚商业化 ^d	普适	更适用集约型农场 ^b	普适	商业化方案 / 研究 / 倡导（因地区而异）	低 / 中	低 / 中	中 / 高 ¹³	运营支出	高 ^{e, 14, 15}	低	中	中 / 高
肠道发酵减排	针对甲烷做育种 / 遗传改良（如 Semex [®] ） ^(o)	普适	普适	普适	普适	研究 / 有限的商业化方案	中	低	未知 / 低	运营支出	中 ^{8, 16, 17}	中	中	中
肠道发酵减排	饮食优化 ^(o)	普适	普适	普适	普适	商业化方案	高	低	低	运营支出	低 ²²	低	中	中
肠道发酵减排	精油（如 Agolin [®] 、Mootral Enterix [™] ） ^(o)	已在北美、欧洲和亚洲商业化 ¹⁸	普适	更适用集约型农场 ^b	普适	商业化方案	高	低 / 中	低 ¹⁹	运营支出	低 ²⁰	低	中	中
肠道发酵减排	饲料储存 / 质量 ^(o)	普适	温暖气候 ^h	普适	普适	商业化方案	高	中	中	兼有	低 ^{21, 22}	低	中	中
肠道发酵减排	脂类补充 ^(o)	普适	普适	更适用集约型农场 ^b	普适	商业化方案	高	低 / 中	低	运营支出	低 ²³	低	中	中

干预措施		农场特征				措施特征								
干预路径	减排方案	地区法规适用性	气候适用性	农场类型适应性	农场规模适应性	实施阶段	方案成熟度	实施难度	成本范围	成本类型	温室气体减排潜力	技术水平	与现有体系标准的符合度	所需MMRV水平
肠道发酵减排	甲烷捕获头戴设备 (如 ZELP)	有限 (仅在欧洲试点)	普适	普适	普适	研究	低	中	中 ²⁴	兼有	高 ²⁵	高	高	低
肠道发酵减排	甲虎疫苗 (如 ArkeaBio™、Lucidome Bio) ^(o)	无	普适	普适	普适	研究 / 倡导	低	低	未知	运营支出	未知 (可能为低 / 中) ²⁶	未知	未知	未知
粪便管理	厌氧消化池 i, j, ^(o)	普适	温暖气候 ^h	集约型	大型	商业化方案	高	高	高	兼有	高 ^{27, 28}	高	高	高
粪便管理	堆肥 i, ^(o)	普适	温暖气候 ^h	普适 (或更适用小农场或集约型干饲场)	普适 (或更适用小型或中型农场)	商业化方案	高	中 / 高	低	运营支出	高 ²⁹	低	高	中
粪便管理	每日撒施 ^(o)	普适	温暖 / 温带气候	普适 (或更适用集约型干饲场)	小型或中型	商业化方案	高	低 / 中	中	兼有	高 ³⁷	低	高	低
粪便管理	粪便添加剂: 酸化 ^(o*)	普适	温暖气候 ^h	普适	普适	商业化方案 / 研究	低 / 中	低	低 ⁴²	运营支出	高 ^{30, 31}	低 / 中	低 / 中	中 / 高
粪便管理	粪便覆盖与燃烧系统 ^(o)	普适	适用温暖气候 ^h	集约型	中型或大型	商业化方案	高	低	高 ³²	兼有	中 / 高 ³³	高	中	中
粪便管理	粪便操作改进 ^(o)	普适	温暖气候 ^h	普适	普适	商业化方案	高	低 / 中	低	运营支出	存在差异	低	低 / 中	中

干预措施		农场特征				措施特征						
干预路径	减排方案	地区法规适用性	气候适用性	农场类型适应性	农场规模适应性	实施成熟度	成本范围	成本类型	温室气体减排潜力	技术水平	与现有体系标准的符合度	所需MMRV水平
粪便管理	粪便分离器 ⁽⁰⁾	普适	温暖气候 ^h	集约型	中型或大型	高	中	兼有	中 / 高 ^{34, 35, 36}	中 / 高	中	中
粪便管理	N2 Applied 技术 ⁽⁰⁾	已在欧洲商业化	温暖气候 ^h	集约型	中型或大型	中	高	兼有	高 ³⁷	高	中	中
粪便管理	基于牧场的管理 ⁽⁰⁾	普适	温暖气候 ^h	放牧型或小农场	普适	高	中	运营支出	中 ^{2, k}	低	中	高
生产效率优化	活动追踪器 ⁽⁰⁾	普适	普适	普适	普适 (技术措施更适用中型或大型农场)	高	中 ³⁸	兼有	存在差异 ^{39, 40}	存在差异	高	低
生产效率优化	动物健康改善	普适	普适	普适	普适	高	低	运营支出	存在差异 ⁴¹	低	高	低
生产效率优化	针对产量做育种 / 遗传改良 ⁽⁰⁾	普适	普适	普适	普适	高	低 ⁴²	运营支出	存在差异 ⁴³	低	高	低
生产效率优化	畜群管理 / 饲养密度 ⁽⁰⁾	普适	普适	普适	普适	高	低	运营支出	高 ⁴⁴	低	高	低
生产效率优化	畜群管理 / 幼畜优化 ⁽⁰⁾	普适	普适	普适	普适	高	低	运营支出	低 / 中 ⁴⁵	低	高	低
生产效率优化	机器人挤奶 ⁽⁰⁾	普适	普适	集约化或放牧型	中型或大型	高	高 ⁴⁶	资本支出	高 ^{47, 48}	高	高	低

⁽⁰⁾ 表示该措施可用于有机认证农业系统

^(0*) 有机酸（如柠檬酸、乙酸）可用于有机农业系统。但需进一步研究确定使用硫酸是否违反有机标准，以及持续施用经疏处理的粪肥对土壤和饲草可能产生的长期影响（如有）。

表 3 脚注：

- ^a 经安全性和有效性评估后，Elanco 已获得美国食品药品监督管理局（Food and Drug Administration, FDA）许可，将 3-NOP 用于该预期用途。
- ^b 此类方案需要持续控制饲料管理，因此在集约化农场或非牧型的小型农场更易实施。
- ^c 需进一步研究，从而更深入地了解饲喂红藻属对动物健康的影响，以及牛奶中溴仿残留的毒理风险。
- ^d 在北美，联邦法规限制未经 FDA 批准跨州运输乳制品。各州在提交无争议的公认安全（GRAS）申请后，可允许使用红藻属添加剂。
- ^e 减排效果通常与剂量相关。计划的剂量水平可实现约 60% 的减排量，因此该方案被归类为具有高温室气体减排潜力。
- ^f 尽管瘤胃素（Rumensin）当前成本较低，但制造商目前正在尝试将碳减排效益转化为资产，可能导致价格上涨。
- ^g 甲烷减排潜力估算是基于 25 - 30 年的长期数据，因此对 2030 或 2035 年企业短期目标的贡献将显著降低。
- ^h 该方案适用于所有气候类型，但在温暖气候区效果最为显著。
- ⁱ 该方案包含多种技术，各技术的甲烷减排潜力可能存在差异。
- ^j 厌氧消化池的关键设计和运维要求是要保证整个运行周期的气密性。即使甲烷输送至发电机或管道的路径出现微小泄漏，也会直接向大气排放甲烷，大幅削弱消化池的减排潜力。
- ^k 基于牧场的系统可能影响所有干预路径：粪便甲烷预计减少，而肠道发酵排放可能随牧草质量增减；此外，根据牧场管理水平的差异，土壤可能成为碳汇或碳源。



结语

CONCLUSION

制定 DMAP 对于乳制品行业至关重要，其不仅能够降低全球甲烷排放的影响、有效应对气候风险，还有助于企业明确计划优先级，在应对气候难题的关键环节下赢得内外部相关方支持。同时，DMAP 不仅彰显着企业在行业中的领导力，还向市场传递重要信号：乳制品和畜牧业的甲烷减排应成为全球优先事项，以保障行业韧性与长期盈利能力。此外，DMAP 能够提升透明度，满足监管机构、投资者和消费者的监督问责需求，督促乳制品生产及采购企业在供应商沟通、技术创新和行业倡导等方面落实计划并取得实质进展。

企业在制定 DMAP 时，应结合农场实际情况和措施特性，审慎评估最适合其运营及供应链的减排方案。为此，本指南提供了 DMAP 简明模板和措施评估标准，以支持企业规划甲烷减排路径并披露进展。此外，企业还应定期审查乳业甲烷减排行动计划，保证自身所采用的甲烷减排措施与策略保持时效性。

公开披露甲烷减排计划不仅能为企业实施减排工作奠定基础，更能通过积极的利益相关方参与推动计划落地。除 DMAA 倡议推动企业乳业甲烷减排外，多个机构和组织正通过跨部门、跨价值链的协同合作应对甲烷排放。DMAA 的第四份（最终版）指南——《乳业甲烷利益相关方参与指南》（Dairy Methane Stakeholder Engagement）将帮助企业将乳业甲烷减排行动计划付诸实践，详述与农场、供应商、客户及其他组织协同减排的最佳实践，该指南还同时汇总了甲烷减排关键倡议、资源与工具。乳业甲烷减排行动计划指南与利益相关方参与指南共同构建了短期内在乳业供应链实现甲烷减排的整体框架与实施策略。



附录

APPENDICES

附录 1：DMAP 模板

公司可以使用以下模板来呈报其乳制品甲烷行动计划。

1 第一部分：关键披露事项

过去三年中每年的甲烷排放数据披露							
乳业供应链中的甲烷排放（百万吨甲烷 / 年）							
	基准年度	2021	2022	2023	本年度	较前一年的变化百分比	较基准年度的变化百分比
总排放							
范围一排放							
范围二排放							
范围三排放							
温室气体总排放（公吨百万吨二氧化碳当量 / 年）							
	基准年度	2021	2022	2023	本年度	较前一年的变化百分比	较基准年度的变化百分比
总排放							
范围一排放							
范围二排放							
范围三排放							
乳业甲烷排放占总排放的百分比							
	基准年度	2021	2022	2023	本年度	较前一年的变化百分比	较基准年度的变化百分比
范围一排放							
范围二排放							
范围三排放							

 减排目标
企业温室气体总减排目标： · 目标值：[例：到 2030 年较 2020 年减排 30%] · 目标设定年份： 企业甲烷减排目标： · 目标值：[例：到 2030 年较 2020 年减排 30%] · 目标设定年份：
 企业运营及供应链中乳业甲烷主要来源的定性与定量说明
Empty space for content

2

第二部分：乳业甲烷减排策略

 农场与供应商参与策略
 所应对的乳业甲烷排放来源
Empty space for content
 实施背景
✓ 策略实施带来的关键业务变化 Empty space for content
✓ 该策略将如何应对气候相关的物理和转型风险 Empty space for content
✓ 业务覆盖范围、规模和领域 Empty space for content
✓ 参与实施的业务部门 Empty space for content

✓ 行业、政府、贸易和非政府组织参与方
✓ 策略当前状态
 行动举措与关键细节 针对每个行动举措填写以下内容。
✓ 推进策略的具体行动
• 干预措施实施地区
• 预计开始和完成日期
• 体现行动举措成败的关键绩效指标
• 单项干预措施的预计减排量
• 投资与资本支出匹配情况



创新策略



所应对的乳业甲烷排放来源

--



实施背景

✓ 策略实施带来的关键业务变化

--

✓ 该策略将如何应对气候相关的物理和转型风险

--

✓ 业务覆盖范围、规模和领域

--

✓ 参与实施的业务部门

--

✓ 行业、政府、贸易和非政府组织参与方

--

✓ 策略当前状态

--



行动举措与关键细节

针对每个行动举措填写以下内容。

✓ 推进策略的具体行动

--

• 干预措施实施地区
• 体现行动举措成败的关键绩效指标
• 投资与资本支出匹配情况

 公共政策倡导策略
 所应对的乳业甲烷排放来源
 实施背景
✓ 该策略将如何应对气候相关的物理和转型风险
✓ 行业、政府、贸易和非政府组织参与方
✓ 策略当前状态
 行动举措与关键细节
针对每个行动举措填写以下内容。
✓ 推进策略的具体行动

• 干预措施实施地区
• 支持的具体政策
• 对监管流程的参与情况

3 第三部分：DMAP 补充考虑因素

 DMAP 实施过程中的障碍与系统性挑战
✓ 阻碍农场及供应商采用短期甲烷减排方案的障碍，以及企业拟采取的解决措施
✓ 制约企业甲烷减排范围的系统性挑战以及企业实施监测的意愿
 公正转型考量
✓ 已采取或即将采取的行动，以确保能够应对在转型过程中，供应商（包括农户和农场工人）面临的转型风险
✓ 企业为保证现有员工、弱势消费群体及高风险社区在转型过程中获得保障而采取的措施 (如分摊低甲烷转型成本、保障食品价格可负担性)

✓ 企业为听取并执行员工、供应商、受影响社区及非政府组织反馈意见而建立的行动举措
 已确立的核算与责任机制
 DMAP 与其他可持续发展目标与计划的协同作用
 非乳业甲烷排放披露及应对计划
 乳业甲烷减排长期规划（5 - 10 年后）

范围一和范围三乳业甲烷减排进展

乳业供应链中的甲烷排放（百万吨甲烷 / 年）

	基准年度	本年度	较前一年的变化百分比	较基准年度的变化百分比
范围一排放				
范围三排放				

对乳业甲烷排放变化的定性解释及较上年度的目标进展说明

✓ DMAP 中所述策略实施状态的更新

✓ 如有业务或外部因素可能导致了与企业甲烷减排策略无关的排放变化，请做出相应解释
(例如并购、资产剥离、与乳品采购和销售无关的变化)

✓ 可加入 DMAP 以提高绩效的新策略或技术
(例如增加减排量、更快实现减排目标、降低成本、提高易用性)

✓ 未成功或不切实际的策略或技术，以及是否将其从 DMAP 中移除

附录 2：DMAP 范例

以下为某一企业为其乳业甲烷减排制定的行动计划，可作为范例供企业参考。

1 第一部分：关键披露事项

过去三年中每年的甲烷排放数据披露							
乳业供应链中的甲烷排放（百万吨甲烷 / 年）							
	基准年度	2021	2022	2023	本年度（2024）	较前一年的变化百分比	较基准年度的变化百分比
总排放	0.89	0.85	0.83	0.80	0.77	3.3%	13.5%
范围一排放	-	-	-	-	-	-	-
范围二排放	-	-	-	-	-	-	-
范围三排放	0.89	0.85	0.83	0.80	0.77	3.3%	13.5%
温室气体总排放（百万吨二氧化碳当量 / 年）							
	基准年度	2021	2022	2023	本年度（2024）	较前一年的变化百分比	较基准年度的变化百分比
总排放	91	90	88	85	79	7.1%	13.2%
范围一排放	3.6	3.6	3.5	3.4	3.2	5.9%	11%
范围二排放	10.2	10.2	10.0	9.9	9.5	4.0%	6.9%
范围三排放	86.6	85	82	78	73.6	5.6%	15%
乳业甲烷排放占总排放的百分比							
	基准年度	2021	2022	2023	本年度（2024）	较前一年的变化百分比	较基准年度的变化百分比
范围一排放	-	-	-	-	-	-	-
范围二排放	-	-	-	-	-	-	-
范围三排放	25	25	24	23	21	8.7%	16%
减排目标							
企业温室气体总减排目标：							
· 目标值：到 2030 年较 2020 年减排 30%							
· 目标设定年份：2020							
企业甲烷减排目标：							
· 目标值：到 2030 年较 2020 年减排 30%							
· 目标设定年份：2020							

企业运营及供应链中乳业甲烷主要来源的定性与定量说明

乳业供应链是甲烷排放的最大来源，其中 72% 来自奶牛的肠道发酵，28% 来自粪便储存。甲烷排放占公司总排放量的 25%。公司制定了 2030 年减排目标：以 2020 年为基准年度，全范围排放总量减少 30%，其中乳业供应链的甲烷排放需同步减少 30%。

2 第二部分：乳业甲烷减排策略

农场与供应商参与策略

所应对的乳业甲烷排放来源

我司奶酪加工业务需从北美和欧洲采购鲜奶，上述鲜奶产区的牲畜肠道发酵及粪便管理环节有甲烷排放。

实施背景

✓ 策略实施带来的关键业务变化

通过与供应商合作，推动农场实施减排，降低原料奶产地的甲烷排放。

✓ 该策略将如何应对气候相关的物理和转型风险

减少供应链甲烷排放可缓解气候变化对业务的系统性影响（如热应激与干旱导致的产能下降、饲料供应中断）；并避免因减排与气候变化方面不作为引发的市场与声誉风险。

✓ 业务覆盖范围、规模和领域

促进农场与供应商参与这一策略，未来 5 年涵盖公司原料奶供应链中至少 75% 的农场。

✓ 参与实施的业务部门

可持续发展与采购团队直接对接供应商及农场；研发团队筛选可落地减排技术；财务与销售团队设计激励补偿机制，交由高管团队审批。

✓ 行业、政府、贸易和非政府组织参与方

- 行业：乳业协会
- 政府机构：采购所在地的美国自然资源保护局下辖单位
- 非政府组织：EDF、Ceres、可持续农业倡议平台

✓ 策略当前状态

进展中



行动举措与关键细节

针对每个行动举措填写以下内容。

行动 1

✓ 推进策略的具体行动

在北美和欧洲的 10 家供应商农场试点测试一种抑制肠道发酵甲烷的饲料添加剂。若试点成功，将在未来 2 年内分阶段推广至各区域至少 75% 的供应商农场，覆盖 50% 的奶源供应。通过承担饲料添加剂 50% 的成本，激励农场实施该方案。

• 干预措施实施地区

北美与欧洲

• 预计开始和完成日期

开始日期：2025 年第二季度

预计完成日期：试点阶段为 2026 年第一季度，全面实施阶段为 2026 - 2028 年

• 体现行动举措成败的关键绩效指标

成功标准：

- 试点结束后所有试点农场成功采用饲料添加剂
- 1 年后 50% 的供应商农场采用该技术
- 2 年后 75% 的供应商农场采用该技术

• 单项干预措施的预计减排量

若这一干预措施成功实施，预计可实现肠道发酵甲烷绝对减排 15 - 30%，整体乳业甲烷排放减少 10 - 20%。

• 投资与资本支出匹配情况

预计每年为每头牛在饲料添加剂干预措施上投入 75 美元（相当于实施总成本的 50%）。

行动 2

✓ 推进策略的具体行动

在北美 5 家供应商农场试点测试覆盖与燃烧系统，目标是减少粪便储存过程中的甲烷排放。若试点成功，将在未来 2 年内分阶段推广至北美至少 50% 的供应商农场，覆盖 25% 的奶源供应。

• 预计开始和完成日期

开始日期：2025 年第二季度

预计完成日期：试点阶段为 2027 年第一季度，全面实施阶段为 2027 - 2029 年

• 体现行动举措成败的关键绩效指标

成功标准：

- 预期效果：甲烷减排 40 - 50%
- 简单易用
- 对粪便处理及其肥料价值无负面影响

• 单项干预措施的预计减排量
预计可实现粪便甲烷减排 40 - 50%，整体乳业甲烷排放减少 10 - 15%。
• 投资与资本支出匹配情况
试点首年预计投入 17.5 至 50 万美元，项目扩展阶段每年需追加投入 100 - 200 万美元。

 创新策略
 所应对的乳业甲烷排放来源
我司奶酪加工业务需从南美、大洋洲、北美和欧洲采购鲜奶，上述鲜奶产区的牲畜肠道发酵及粪便管理环节有甲烷排放。
 策略实施背景
✓ 策略实施带来的关键业务变化
未来研发与投资将聚焦新一代甲烷减排技术。需在短期内投入专项资金支持甲烷减排措施研发，旨在拓展方案储备，以实现长期减排实践转型。
✓ 该策略将如何应对气候相关的物理和转型风险
减少供应链甲烷排放可缓解气候变化对业务的系统性影响（如热应激与干旱导致的产能下降、饲料供应中断）；并避免因减排与气候变化方面不作为引发的市场与声誉风险。
✓ 业务覆盖范围、规模和领域
投资新一代甲烷减排技术的创新策略，未来 5 年涵盖公司原料奶供应链中至少 75% 的农场。
✓ 参与实施的业务部门
研发与可持续发展团队合作筛选外部研究项目并建立合作；高管团队审批投资分配方案。
✓ 行业、政府、贸易和非政府组织参与方
· 行业协会：美国乳业创新中心 · 政府机构：欧洲创新农业生产与可持续性伙伴关系（Agricultural European Innovation Partnership, EIP-AGRI） · 非政府组织：食品与农业研究基金会（Foundation for Food and Agriculture Research, FFAR）
✓ 策略当前状态
规划中



行动举措与关键细节

针对每个行动举措填写以下内容。

行动 1

✓ 推进策略的具体行动

资助放牧牛群饲料添加剂投喂技术的外部研发

• 干预措施实施地区

南美、大洋洲、北美和欧洲

• 体现行动举措成败的关键绩效指标

成功标准：

- 实现肠道发酵甲烷减排 20 - 30%
- 验证饲料添加剂的实际应用效果与有效性
- 对奶牛生产性能和健康无负面影响或产生积极影响
- 确保饲料添加剂具备足够的气候适应性
- 农场操作简便易行
- 牲畜适口性良好

• 投资与资本支出匹配情况

承诺投入 200 万美元用于该领域的外部研究

行动 2

✓ 推进策略的具体行动

参与行业合作伙伴（如 FFAR）的竞争前协作

• 干预措施实施地区

南美、大洋洲、北美和欧洲

• 体现行动举措成败的关键绩效指标

成功标准：

- 为早期技术研发筹集资金
- 识别共性挑战与瓶颈并提出解决方案



公共政策倡导策略



策略实施背景

✓ 该策略将如何应对气候相关的物理和转型风险

对旨在加速甲烷减排措施采用及监管审批的公共政策进行积极倡导将有效推动我司实现甲烷及全范围排放的减排目标。此举既可避免因减排不力导致的监管与市场风险，同时能显著提升行业整体韧性。

✓ 行业、政府、贸易和非政府组织参与方

- 国际乳制品协会
- 美国全国牛奶生产者联合会

✓ 策略当前状态

进行中



行动举措与关键细节

针对每个行动举措填写以下内容。

行动 1

✓ 推进策略的具体行动

倡导增加农业甲烷减排措施公共资金投入的政策与计划。通过公开声明或信函，明确支持《创新饲料促进与经济发展法案》，为甲烷减排饲料添加剂开辟更清晰的监管路径。

- 干预措施实施地区

美国

- 支持的具体政策

《创新饲料促进与经济发展法案》
《低排放与可持续畜牧业的肠道甲烷创新工具法案》（EMIT LESS 法案）
《农业法案》中的环境质量激励计划与保育管理计划

- 对监管流程的参与

支持 USDA/FDA 改革，以简化审批甲烷减排饲料添加剂的监管流程（《创新饲料促进与经济发展法案》相关条款）。公开倡导并加入工作组，共同制定通过激励措施与成本分摊机制来推广农场甲烷减排技术的监管策略。

DMAP 实施过程中的障碍与系统性挑战

- ✓ 阻碍农场及供应商采用短期甲烷减排方案的障碍，以及企业拟采取的解决措施

农场对技术应用的接受度不足，以及缺乏对相关技术实施的了解和认识。为解决这些障碍，我司计划与当地技术援助机构合作，为农场提供教育与技术指导，支持其实现转型；同时提供贷款、补助和成本分摊等财务激励方案，降低新技术投资风险。

- ✓ 制约企业甲烷减排范围的系统性挑战以及企业实施监测的意愿

市场上出现了一种宣称能减少甲烷排放且不影响牲畜健康的新型疫苗，但由于该技术面临多重监管审批障碍，消费群体对该产品的使用存在担忧，在这些问题解决之前，我司暂不考虑投资支持这项技术。我们将持续关注后续研究进展，待疫苗对甲烷减排效果、牲畜健康福利及人类健康影响等方面得出更明确的结论后，再评估是否将其纳入减排计划。

公正转型考量

- ✓ 已采取或即将采取的行动，以确保能够应对在转型过程中，供应商（包括农户和农场工人）面临的转型风险

为降低技术应用成本，在肠道发酵甲烷减排饲料添加剂试点项目中，我司在第一年将承担 50% 的技术成本；后续年度将对采用该技术的乳制品支付高于市场价的溢价。同时设立产量保障机制，补偿可能因技术应用导致的产量损失。

- ✓ 企业为保证现有员工、弱势消费群体及高风险社区在转型过程中获得保障而采取的措施
(如分摊低甲烷转型成本、保障食品价格可负担性)

在转型期间，我司将确保所采取的行动不会导致食品价格涨幅超过通胀水平，同时我们将持续寻求更具成本效益的实施方案，并通过政府项目协助农户获取资金支持。

- ✓ 企业为听取并执行员工、供应商、受影响社区及非政府组织反馈意见而建立的行动举措

我们正在试点农场中开展专项调研，调研问题包括，采用新型甲烷减排措施是否带来了更多农场工人用工需求等。我司将根据调研结果决定是否调整溢价幅度及提供其他技术支持。此外，我们已征询环境正义组织合作伙伴的意见，并将持续就该行动计划的演进征询该组织及其他利益相关方的建议。

已确立的核算与责任机制

所有农场层面干预措施实现的减排量将由 SustainCERT 进行核证。我司将披露 DMAP 年度实施进展，并每两年全面更新行动计划内容。此外，我们将持续收集来自农场、农场工人及其他核心利益相关方的反馈意见，确保各方在此转型过程中获得充分支持。

DMAP 与其他可持续发展目标与计划的协同作用

我司将甲烷减排纳入整体可持续发展目标体系，该体系还包括水资源保护和动物福祉等其他支柱领域。我认为，不同可持续发展目标之间将产生协同效益。例如，我司计划明年对美国中西部农场的粪便管理提供资金并参与实施，此举既有助于实现原料产区水污染影响削减目标，同时也能减少甲烷排放。

非乳业甲烷排放披露及应对计划

2024 年，我司非乳业甲烷排放量为 4 万吨（主要来自食品废弃物、水稻生产和废水处理）。近期我司已在供应商网络（非乳业范畴）启动食品废弃物减量行动，并正在制定水稻甲烷减排路线图。

乳业甲烷减排长期规划（5 - 10 年后）

公司将持续投资创新研发以降低乳业甲烷排放。在实现 2030 年乳业供应链甲烷减排 30% 的目标后，将根据新技术发展情况评估制定新减排目标，进一步减少甲烷排放。同时，我们将持续探索通过成本分摊等方式，为农场甲烷减排技术的应用优化长期资金渠道。

4 第四部分：年度 DMAP 进展披露

范围一和范围三乳业甲烷减排进展

乳业供应链中的甲烷排放（百万吨甲烷 / 年）

	基准年度	本年度	较前一年的变化百分比	较基准年度的变化百分比
总排放	0.89	0.77	3.3%	13.5%
范围一排放	-	-	-	-
范围三排放	0.89	0.77	3.3%	13.5%

对乳业甲烷排放变化的定性解释及较上年度的目标进展说明

与上一年度相比，我们的范围三甲烷排放总量已实现整体下降。这一成果主要得益于饲料添加剂试点项目的显著成效，以及冰淇淋业务剥离带来的减排贡献。

✓ DMAP 中所述策略实施状态的更新

转型行动计划中的各项措施仍在持续推进中。

在首年饲料添加剂试点项目中，我司成功推动 45% 的乳制品供应商农场采用该技术，较第一年 50% 的目标完成率尚有 5% 差距。我司将基于首年经验优化实施方案，加快推广进程，以保证第二年能够实现 75% 供应商采用率的目标。

在北美地区，我司已在 4 家供应商农场试点了覆盖燃烧系统，用于减少粪便储存过程中的甲烷排放，较原定 5 家的目标相差 1 家。参与试点的农场在实现甲烷减排的同时，完全保持了粪肥作为肥料的经济价值，我司将通过这些示范农场带动同业采用该技术，力争下一年度该技术能覆盖 25% 的奶源供应链。

我司持续关注政策倡导机遇，并已向“绿色牧牛计划”投入 300 万美元资金，支持对农业甲烷减排措施的研究。

✓ 如有业务或外部因素可能导致了与企业甲烷减排策略无关的排放变化，请做出相应解释 (例如并购、资产剥离、与乳品采购和销售无关的变化)
我司甲烷排放量的下降部分源于第二、三季度乳制品销量较往年有所放缓。 由于新收购了一个酸奶品牌并剥离了冰淇淋业务，我司已相应重新核算了排放数据。
✓ 可加入 DMAP 以提高绩效的新策略或技术 (例如增加减排量、更快实现减排目标、降低成本、提高易用性)
经创新项目筛选，我们已确定一项新技术并将于明年投入实施。
✓ 未成功或不切实际的策略或技术，以及是否将其从 DMAP 中移除
粪便储存甲烷减排技术的推广应用未能达到预期效果，主要由于农场层面的实际采用率不足。我们将重新评估该技术的适用性，并考虑改用其他技术方案来实现粪便储存环节的甲烷减排目标。

附录 3：甲烷减排措施评估标准定义

表 4 甲烷减排措施评估标准定义

评估标准	类型	定义
地区法规适用性	无	当前适用措施的国家 / 地区清单
气候适用性 ⁴⁹	冷凉气候	- 冷凉气候带：包括冷温带湿润区、冷温带干旱区、寒温带湿润区、寒温带干旱区 - 年平均气温 < 10°C
	温带气候	- 温带气候区：包括暖温带湿润区、暖温带干旱区 - 年平均气温 10 - 18°C
	温暖气候	- 温暖气候带：包括热带高地、热带湿润区、热带半湿润区、热带干旱区 - 年平均气温 > 18°C
农场类型	小型农场	- 小型养殖系统：< 10 头奶牛
	放牧型	- 奶牛每年至少有部分时间进行放牧的养殖系统
	集约型	- 通常为大型牧场，以生产效率最大化为目标 - 奶牛全年舍饲，不进行放牧
农场规模 ⁵⁰	小	- 50 头以下
	中	- 50 - 500 头
	大	- 500 头以上
实施阶段	商业化可用	- 企业可直接在供应链中推广应用
	研究	- 尚未商业化，正在农场或实验室进行试验
	倡导	- 存在监管障碍，需通过公共政策或倡导推动后才能应用在企业供应链中
方案成熟度	高	- 已普及 - 正在签约实施中
	中	- 尚未普及 - 农户需要采购或实施指导 - 逐渐普及，可能需要专项培训
	低	- 尚未达到商业化应用标准 - 适用于农场试点或大学研究农场 - 监管障碍尚未解决
	萌芽	- 正在开发原型，尚未开展试点

评估标准	类型	定义
实施难度	高	- 需大规模基础设施改造或畜牧方式重大调整 - 可能需要定期维护
	中	- 需对部分设备投资，进行一定畜牧方式变更，并提供培训
	低	- 操作简单，农场可轻松实施，基本不改变常规畜牧方式 - 需极少或无需日常维护
成本范围	高	- 需第三方大量投资
	中	- 需融资或进行部分投资以扩大 / 维持运营
	低	- 需最低成本投入或可产生正向投资回报
成本类型	资本支出	- 需资本支出方可实施
	运营支出	- 需增加运营性支出
	兼有	- 需同时投入资本支出和运营支出
温室气体 减排潜力	高	- 肠道发酵甲烷减排幅度 > 30% - 粪便管理甲烷减排幅度 > 60% - 效益提升幅度 > 5%
	中	- 肠道发酵甲烷减排幅度 > 15% - 粪便管理甲烷减排幅度 > 30% - 效益提升幅度 > 2.5%
	低	- 肠道发酵甲烷减排幅度 > 1% - 粪便管理甲烷减排幅度 > 2% - 效益提升幅度 < 2.5%
	几乎没有	- 肠道发酵甲烷减排幅度 < 1% - 粪便管理甲烷减排幅度 < 2% - 效益提升幅度可忽略
技术水平	高	- 需要尚未大规模应用的先进创新技术 - 普通用户需高强度培训和支持
	中	- 需要比先进技术更成熟的普通技术 - 普通用户需适度的培训或支持
	低	- 已得到大规模验证和实施的技术 - 普通用户无需培训或仅需基础指导

评估标准	类型	定义
与温室气体核算体系及标准的符合度	高	- 符合温室气体核算体系《土地利用与移除指南》（Land Sector and Removals Guidance）行业标准认证
	中	- 经同行评审的研究结果表明，其在相似农业生产条件下具有成效，并有文件记录的过程和假设证明符合温室气体核算体系《土地利用与移除指南》。
	低	- 多个独立机构（院校 / 企业）的研究结果证明其具备潜力
	未知	- 仅基于企业内部测试结果，或外部性能测试结果中仅有一组结果显示其具备潜力。
所需 MMRV 水平	高	- 温室气体减排潜力高，但存在较大波动性 - 需开展全面监测以评估减排潜力
	中	- 温室气体减排潜力存在一定波动性 - 需进行部分监测以评估减排潜力
	低	- 温室气体减排潜力基本无波动或波动极小 - 几乎不需要额外监测即可评估减排潜力，或通过技术实现 MMRV 自动化

附录 4：新兴甲烷减排措施

鉴于甲烷减排的潜在干预措施数量众多，本指南并未对所有可能的方案进行全面评估。以下列出其他新兴措施供参考，EDF 与 Ceres 不对任何具体措施或其相关研究作出背书。由于各企业供应链的独特性会导致适用性存在显著差异，企业在采用前应自行评估各措施。

表 5 新兴甲烷减排措施

干预路径	新兴方案	方案注释
肠道发酵减排	产乙酸菌	- 新兴研究尝试用有袋动物粪便中发现的产乙酸菌替代瘤胃中的产甲烷菌。^{51, 52} - 模拟瘤胃的体外研究已显示出积极效果。⁵³
肠道发酵减排	生物工程饲料添加剂 (如 Elysia Bio, Lumen Bioscience)	- Elysia Bio 正在开发通过基因改造饲料作物（包括玉米粒、黑麦草和高粱）制成的甲烷抑制剂饲料添加剂。 - Lumen Bioscience 正在研发由转基因螺旋藻（藻类）制成的饲料添加剂，体外研究显示其可减少产甲烷菌。
肠道发酵减排	成簇规律间隔短回文重复序列（CRISPR）	- 加州大学伯克利分校创新基因组研究所（The innovative Genomics Institute, IGI）正在研究如何将 CRISPR 基因组编辑技术应用于产甲烷菌。 - 已获得 TED Audacious Project 项目 7000 万美元资助。
肠道发酵减排	大型藻类（不包括红藻属）	- 多种大型藻类菌株对肠道甲烷排放的影响正在研究中。⁵⁴ - 与红藻（海门冬属）相比，不含溴仿的藻类（如含间苯三酚的褐藻）效果较不稳定。
肠道发酵减排	硝酸盐	- 作为饲料添加剂的硝酸盐补充剂已被证实可减少肠道甲烷排放。⁵⁵ - 可能导致粪便中氨和一氧化二氮排放增加。 - 必须逐步引入硝酸盐补充以降低毒性风险。
肠道发酵减排	多酚（如 Polygain™）	- 某些植物中的天然单宁（多酚类物质）含抗产甲烷化合物，可减少肠道甲烷排放。⁵⁶ - Polygain™ 开发的奶牛专用多酚混合物在澳大利亚一农场实现 35% 甲烷减排。⁵⁷
肠道发酵减排	益生菌 (如 Hoofprint Biome)	- Hoofprint Biome 正在开发可改善奶牛健康的同时减少甲烷的益生菌和天然酶制剂。 - 对肉牛益生菌的荟萃分析结果显示效果不一，但特定菌株对甲烷排放的影响更为显著。⁵⁸
肠道发酵减排	合成溴仿（如 Rumin8）	- Rumin8 是一种人工合成的溴仿制剂，其活性成分与海门冬属藻类所含三溴甲烷 / 溴仿相同。 - 据报告，在谷饲牛中可实现高达 9% 的生产效益提升及 50 - 90% 的甲烷减排，在草饲牛中则为 24 - 50% 的减排效果。
肠道发酵减排	酵母培养物 (如 Yea-Sacc®)	- Yea-Sacc® 是一种源自酵母培养物的饲料添加剂，作为瘤胃调节剂可提升产量并促进动物健康。 - 实验室研究表明酵母培养物作为饲料添加剂具有甲烷减排效果，但在奶牛中的动物试验结果存在差异。⁵⁹

干预路径	新兴方案	方案注释
粪便管理	粪便添加剂：红藻属	- 试点研究表明，在新鲜粪堆中添加海门冬属藻类可减少 44% 的甲烷排放。⁶⁰ - 该方法在粪池应用中也展现出了一定潜力。
粪便管理	粪便添加剂：生物炭应用	- 试点研究显示，与未添加生物炭的堆肥相比，在堆肥中添加生物炭可实现 58 - 79% 的甲烷减排。⁶¹ - 该方案仅适用于已开展堆肥或拥有固体粪肥堆积的农场。
粪便管理	粪便添加剂：SOP Lagoon	- 在液态粪肥处理系统中添加商用 SOP Lagoon 产品可同时减少二氧化碳、甲烷和二氧化氮排放。 - 近期研究显示其最高可减少 80% 的甲烷排放和 75% 的二氧化碳排放。⁶²
粪便管理	粪便添加剂：单宁	- 向粪便中添加单宁可同时减少二氧化氮和甲烷排放。 - 目前仅限于体外研究，但已显示最高可减少 68.2% 的甲烷排放。⁶³
粪便管理	粪便干燥	- 通过太阳能干燥或封闭干燥系统将粪便含水量降至 13% 及以下可减少甲烷排放，但可能增加二氧化氮排放。
粪便管理	粪便巴氏杀菌	- 将液态粪肥加热至 70° C 以上储存以降低微生物活性，该技术通常作为厌氧消化的预处理。 - 在猪粪处理中，厌氧消化前的储存阶段甲烷减排 >95%，同时厌氧消化的产甲烷潜力也可提升 16 - 35%。⁶⁴ - 目前在乳业研究较少。
粪便管理	热解	- 奶牛粪固体部分通过热解可制成富碳土壤改良剂生物炭。 - 该工艺需配合固液分离或厌氧消化实施。⁶⁵
粪便管理	蚯蚓堆肥处理粪便	- 蚯蚓堆肥能快速分解有机物，生产高品质堆肥，并减少粪肥管理中的排放。⁶⁶ - 可能更适用于小农场。

附录 5：减少食品废弃物以实现甲烷减排

在乳制品加工环节减少废弃物是企业减少甲烷排放的重要手段之一，由于本指南聚焦农业甲烷减排，因此将以下措施。

表 6 乳业废弃物甲烷减排措施

干预路径	新兴方案	方案注释
乳制品加工优化	生产制造优化	通过以下措施优化生产批次管理： - 实施废弃物管理计划 - 定期开展废弃物审计 - 减少产品切换产生的清洗废弃物
乳制品加工优化	超高温巴氏杀菌	采用超高温灭菌技术延长乳制品保质期并降低腐败风险。超高温灭菌奶在冷藏条件下的保质期为 30 - 90 天，而普通巴氏灭菌奶仅为 10 - 21 天。 ⁶⁷
乳制品加工优化	废弃物分流	将食品加工过程中的乳制品原料废弃物从填埋场或粪池分流，以减少甲烷排放。替代处理方案包括堆肥、厌氧消化或转化为动物饲料。



参考文献

REFERENCES

- 1 Methane emissions in livestock and rice systems. (2023). FAO EBooks. <https://doi.org/10.4060/cc7607en>.
- 2 Climate & Clean Air Coalition and United Nations Environment Programme. (2021). Global Methane Assessment (summary for decision makers). <https://www.ccacoalition.org/resources/global-methane-assessment-summary-decision-makers>.
- 3 Practices to Reduce Methane Emissions from Livestock Manure Management | U.S. EPA. (2024, February 2). U.S. EPA. <https://www.epa.gov/agstar/practices-reduce-methane-emissions-livestock-manure-management>.
- 4 Karekar, S. C., & Ahring, B. K. (2023). Reducing methane production from rumen cultures by bioaugmentation with homoacetogenic bacteria. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 47, 102526. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2022.102526>.
- 5 Min, B. R., et. al. (2021). The role of seaweed as a potential dietary supplementation for enteric methane mitigation in ruminants: Challenges and opportunities. *Animal Nutrition*, 7(4), 1371-1387. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2021.10.003>.
- 6 IPCC. (2019). Emissions from Livestock and Manure Management. In 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/pdf/4_Volume4/19R_V4_Ch10_Livestock.pdf.
- 7 Thoma, G., et. al. (2013). Regional analysis of greenhouse gas emissions from USA dairy farms: A cradle to farm-gate assessment of the American dairy industry circa 2008. *International Dairy Journal*, 31, S29-S40. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2012.09.010>.
- 8 Methane-reducing feed ingredient Bovaer® ready for U.S. market launch. (2024, May). dsm-Firmenich. <https://our-company.dsm-firmenich.com/en/our-company/news/press-releases/2024/methane-reducing-feed-ingredient-bovaer-ready-for-us-market-launch.html>.
- 9 Why won't companies use this quick fix to reduce cow methane emissions? - BNN Bloomberg. (2023, June 28). BNN. <https://www.bloomberg.com/news/features/2023-06-28/this-quick-fix-reduces-methane-emissions-from-cow-burps>.
- 10 Melgar, A., et.al. (2020). Dose-response effect of 3-nitrooxypropanol on enteric methane emissions in dairy cows. *Journal of dairy science*, 103(7), 6145-6156. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17840>.
- 11 Melgar, A., et. al. (2021). Enteric methane emission, milk production, and composition of dairy cows fed 3-nitrooxypropanol. *Journal of dairy science*, 104(1), 357-366. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18908>.
- 12 Kebreab, E., et. al. (2023). A meta-analysis of effects of 3-nitrooxypropanol on methane production, yield, and intensity in dairy cattle. *Journal of dairy science*, 106(2), 927-936. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22211>.
- 13 Seaweed startup raises \$7 million to reduce ruminant methane emissions. (2022, June 28). The Fish Site. <https://thefishsite.com/articles/seaweed-startup-raises-7-million-to-reduce-ruminant-methane-emissions-symbrosia>.
- 14 Roque, B. M., Salwen, J. K., Kinley, R., & Kebreab, E. (2019). Inclusion of *Asparagopsis armata* in lactating dairy cows' diet reduces enteric methane emission by over 50 percent. *Journal of Cleaner Production*, 234, 132-138. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.193>.
- 15 Glasson, C. R., et. al. (2022). Benefits and risks of including the bromoform containing seaweed *Asparagopsis* in feed for the reduction of methane production from ruminants. *Algal Research*, 64, 102673. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2022.102673>.
- 16 De Haas, Y., Veerkamp, R. F., De Jong, G., & Aldridge, M. N. (2021). Selective breeding as a mitigation tool for methane emissions from dairy cattle. *Animal*, 15, 100294. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100294>.
- 17 Semex & Methane Efficiency. Semex® Genetics for Life®. <https://www.semex.com/us/i?page=methane>.
- 18 Agolin®. Alltech® Agolin®. <https://agolin.com/about-us/>.
- 19 Feedworks USA. (2022). Split-Herd trial summary: More milk, less feed. In Feedworks USA [Report]. https://theagolinstory.com/wp-content/uploads/2023/05/Split_Herd_Trials.pdf.
- 20 Belanche, A., Newbold, C. J., Morgavi, D. P., Bach, A., Zweifel, B., & Yáñez-Ruiz, D. R. (2020). A meta-analysis describing the effects of the essential oils blend Agolin® ruminant on performance, rumen fermentation and methane emissions in dairy cows. *Animals*, 10(4), 620. <https://doi.org/10.3390/ani10040620>.
- 21 Sutton, A., Lander, C. H., Federation of Animal Science Societies (FASS), & U.S. Department of Agriculture (USDA). (2003). Nutrient Management Technical Note No. 5. In Ecological Sciences Division. https://efotg.sc.egov.usda.gov/references/public/ND/feed_animal_management_for_dairy_cattle.pdf.

- 22 Bolton, K., University of Wisconsin-Extension, Holmes, B. J., & University of Wisconsin-Madison. (n.d.). Management of bunker silos and silage piles. <https://fyi.extension.wisc.edu/forage/files/2014/01/mgmt-bunkers-piles-bjh2.pdf>.
- 23 Knapp, J. R., Laur, G. L., Vadas, P. A., Weiss, W. P., & Tricarico, J. M. (2014). Invited review: Enteric methane in dairy cattle production: Quantifying the opportunities and impact of reducing emissions. *Journal of dairy science*, 97(6), 3231-3261. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7234>.
- 24 Hanson, M. (2021). The latest mask design: for cows. *Dairy Herd Management*. <https://www.dairyherd.com/news/education/latest-mask-design-cows>.
- 25 <https://www.zelp.co/the-technology-2/>.
- 26 Reisinger, A., et. al. (2021). How necessary and feasible are reductions of methane emissions from livestock to support stringent temperature goals?. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 379(2210), 20200452. <https://doi.org/10.1098/rsta.2020.0452>.
- 27 Aguirre-Villegas, H. A., & Larson, R. A. (2017). Evaluating greenhouse gas emissions from dairy manure management practices using survey data and lifecycle tools. *Journal of cleaner production*, 143, 169-179. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.133>.
- 28 Scott, A., & Blanchard, R. (2021). The role of anaerobic digestion in reducing dairy farm greenhouse gas emissions. *Sustainability*, 13(5), 2612. <https://doi.org/10.3390/su13052612>.
- 29 IPCC. (2019). Emissions from Livestock and Manure Management. In 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/pdf/4_Volume4/19R_V4_Ch10_Livestock.pdf.
- 30 Sokolov, V., VanderZaag, A., Habtewold, J., Dunfield, K., Wagner Riddle, C., Venkiteswaran, J. J., & Gordon, R. (2019). Greenhouse gas mitigation through dairy manure acidification. *Journal of environmental quality*, 48(5), 1435-1443. <https://doi.org/10.2134/jeq2018.10.0355>.
- 31 Ambrose, H. W., Dalby, F. R., Feilberg, A., & Kofoed, M. V. (2023). Additives and methods for the mitigation of methane emission from stored liquid manure. *Biosystems Engineering*, 229, 209-245. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2023.03.015>.
- 32 Oliver, J. & Ray, L. (2023). Manure storage impermeable cover and flare systems - Potential climate benefits and considerations. *Progressive Dairy*. <https://ecommons.cornell.edu/server/api/core/bitstreams/8586a845-6ed2-4c50-bab8-03b46a95d02b/content>.
- 33 Wightman, J. L., & Woodbury, P. B. (2016). New York dairy manure management greenhouse gas emissions and mitigation costs (1992– 2022). *Journal of environmental quality*, 45(1), 266-275. <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2134/jeq2014.06.0269>.
- 34 Holly, M. A., Larson, R. A., Powell, J. M., Ruark, M. D., & Aguirre-Villegas, H. (2017). Greenhouse gas and ammonia emissions from digested and separated dairy manure during storage and after land application. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 239, 410-419. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.02.007>.
- 35 Bockhahn, J., Wright, P., & Gooch, C. (2020). Screw Press Solid-Liquid Separation. <https://ecommons.cornell.edu/items/4de02540-3352-49f9-a0b8-a542bb214779>.
- 36 El Mashad, H. M., Barzee, T. J., Franco, R. B., Zhang, R., Kaffka, S., & Mitloehner, F. (2023). Anaerobic Digestion and Alternative Manure Management Technologies for Methane Emissions Mitigation on Californian Dairies. *Atmosphere*, 14(1), 120. <https://doi.org/10.3390/atmos14010120>.
- 37 Nyvold, M., & Dörsch, P. (2024). Complete elimination of methane formation in stored livestock manure using plasma technology. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 8, 1370542. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1370542>.
- 38 NY Farm Viability Institute. (2019, September 4). Do these things work? Determining the effectiveness of automated health monitoring systems for NY dairies. New York Farm Viability Institute. <https://nyfvi.org/2019/07/21/do-these-things-work-determining-the-effectiveness-of-automated-health-monitoring-systems-for-ny-dairies>.
- 39 Džermeikaitė, K., Krištolaitytė, J., & Antanaitis, R. (2024). Relationship between Dairy Cow Health and Intensity of Greenhouse Gas Emissions. *Animals*, 14(6), 829. <https://doi.org/10.3390/ani14060829>.
- 40 Liu, C., Wang, X., Bai, Z., Wang, H., & Li, C. (2023). Does digital technology application promote carbon emission efficiency in dairy farms? Evidence from China. *Agriculture*, 13(4), 904. <https://doi.org/10.3390/agriculture13040904>.
- 41 Džermeikaitė, K., Krištolaitytė, J., & Antanaitis, R. (2024). Relationship between dairy cow health and intensity of greenhouse gas emissions. *Animals*, 14(6), 829. <https://doi.org/10.3390/ani14060829>.
- 42 Schmidt, S. (2023, September 12). Do breeding investments increase the productivity of Wisconsin dairy farms? - *Agricultural & Applied Economics*. *Agricultural & Applied Economics*. <https://aae.wisc.edu/2023/05/26/do-breeding-investments-increase-the-productivity-of-wisconsin-dairy-farms>.
- 43 Bell, M. J., Wall, E., Russell, G., Morgan, C., & Simm, G. (2010). Effect of breeding for milk yield, diet and management on enteric methane emissions from dairy cows. *Animal Production Science*, 50(8), <https://doi.org/10.1071/AN10038>.
- 44 Llonch, P., Haskell, M. J., Dewhurst, R. J., & Turner, S. P. (2017). Current available strategies to mitigate greenhouse gas emissions in livestock systems: an animal welfare

- perspective. *Animal*, 11(2), 274-284. <https://doi.org/10.1017/S1751731116001440>.
- 45 Palcznski, L.J., Bleach, E.C.L., Brennan, M.L., Robinson, P.A. (2022). Youngstock Management as “The Key for Everything”? Perceived Value of Calves and the Role of Calf Performance Monitoring and Advice on Dairy Farms, *Frontiers in Animal Science*, 18 April 2022, Vol 3 – 2022, <https://doi.org/10.3389/fanim.2022.835317>.
- 46 Robotic milking System. (2023, December 6). University of Maryland Extension. <https://extension.umd.edu/resource/robotic-milking-system/>.
- 47 Duplessis, M., Vasseur, E., Ferland, J., Pajor, E. A., DeVries, T. J., & Pellerin, D. (2021). Performance perception of Canadian dairy producers when transitioning to an automatic milking system. *JDS communications*, 2(4), 212-216. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-0082>.
- 48 De Koning, C. J. A. M. (2010). Automatic milking—common practice on dairy farms. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:43759249>.
- 49 IPCC. (2019). Emissions from Livestock and Manure Management. In 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/pdf/4_Volume4/19R_V4_Ch10_Livestock.pdf.
- 50 Thoma, G., et. al. (2013). Regional analysis of greenhouse gas emissions from USA dairy farms: A cradle to farm-gate assessment of the American dairy industry circa 2008. *International Dairy Journal*, 31, S29-S40. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2012.09.010>.
- 51 Ouwerkerk, D., Maguire, A. J., McMillen, L., & Klieve, A. V. (2009). Hydrogen utilising bacteria from the forestomach of eastern grey (*Macropus giganteus*) and red (*macropus rufus*) kangaroos. *Animal Production Science*, 49(11), 1043. <https://doi.org/10.1071/ea08294>.
- 52 Gagen, E. J., Wang, J., Padmanabha, J., Liu, J., de Carvalho, I. P., Liu, J., Webb, R. I., Al Jassim, R., Morrison, M., Denman, S. E., & McSweeney, C. S. (2014). Investigation of a new acetogen isolated from an enrichment of the tammar wallaby forestomach. *BMC microbiology*, 14, 314. <https://doi.org/10.1186/s12866-014-0314-3>.
- 53 Karekar, S. C., & Ahring, B. K. (2023). Reducing methane production from rumen cultures by bioaugmentation with homoacetogenic bacteria. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 47, 102526. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2022.102526>.
- 54 Min, B. R., Parker, D., Brauer, D., Waldrip, H., Lockard, C., Hales, K., ... & Augyte, S. (2021). The role of seaweed as a potential dietary supplementation for enteric methane mitigation in ruminants: Challenges and opportunities. *Animal Nutrition*, 7(4), 1371-1387. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2021.10.003>.
- 55 Lee, C., & Beauchemin, K. A. (2014). A review of feeding supplementary nitrate to ruminant animals: nitrate toxicity, methane emissions, and production performance. *Canadian Journal of Animal Science*, 94(4), 557-570. <https://doi.org/10.4141/cjas-2014-069>.
- 56 Min, B. R., Solaiman, S., Waldrip, H. M., Parker, D., Todd, R. W., & Brauer, D. (2020). Dietary mitigation of enteric methane emissions from ruminants: A review of plant tannin mitigation options. *Animal Nutrition*, 6(3), 231-246. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2020.05.002>.
- 57 Ahmed, A., Flavel, M., Mitchell, S., Macnab, G., Dunuarachchige, M. D., Desai, A., & Jois, M. (2023). Increased milk yield and reduced enteric methane concentration on a commercial dairy farm associated with dietary inclusion of sugarcane extract (*Saccharum officinarum*). *Animals*, 13(20), 3300. <https://doi.org/10.3390/ani13203300>.
- 58 Ncho, C. M., Kim, S. H., Rang, S. A., & Lee, S. S. (2024). A Meta-analysis of probiotic interventions to mitigate ruminal methane emissions in cattle: Implications for sustainable livestock farming. *animal*, 18(6), 101180. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2024.101180>.
- 59 Palangi, V., & Lackner, M. (2022). Management of enteric methane emissions in ruminants using feed additives: A review. *Animals*, 12(24), 3452. <https://doi.org/10.3390/ani12243452>.
- 60 Ramin, M., Chagas, J. C., Pal, Y., Danielsson, R., Fant, P., & Krizsan, S. J. (2023). Reducing methane production from stored feces of dairy cows by *Asparagopsis taxiformis*. *Frontiers in sustainable food systems*, 7, 1187838. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1187838>.
- 61 Harrison, B. P., Gao, S., Gonzales, M., Thao, T., Bischak, E., Ghezzehei, T. A., ... & Ryals, R. A. (2022). Dairy manure co-composting with wood biochar plays a critical role in meeting global methane goals. *Environmental science & technology*, 56(15), 10987-10996. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c03467>.
- 62 Chiodini, M. E., Costantini, M., Zoli, M., Bacenetti, J., Aspesi, D., Poggianella, L., & Acutis, M. (2023). Real-Scale Study on Methane and Carbon Dioxide Emission Reduction from Dairy Liquid Manure with the Commercial Additive SOP LAGOON. *Sustainability*, 15(3), 1803. <https://doi.org/10.3390/su15031803>.
- 63 Min, B. R., Willis, W., Casey, K., Castleberry, L., Waldrip, H., & Parker, D. (2022). Condensed and hydrolyzable tannins for reducing methane and nitrous oxide emissions in dairy manure—A laboratory incubation study. *Animals*, 12(20), 2876. <https://doi.org/10.3390/ani12202876>.
- 64 Ólafsdóttir, S. S., Jensen, C. D., Lymperatou, A., Henriksen, U. B., & Gavala, H. N. (2023). Effects of different treatments

- of manure on mitigating methane emissions during storage and preserving the methane potential for anaerobic digestion. *Journal of Environmental Management*, 325, 116456. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116456>.
- 65 Sanford, J., Aguirre-Villegas, H. A., Larson, R. A., Sharara, M. A., Liu, Z., & Schott, L. (2022). Biochar Production through Slow Pyrolysis of Animal Manure. <https://tammi.tamu.edu/files/2022/03/mp-series-biochar.pdf>.
- 66 Nasiru, A., Ismail, N., & Ibrahim, M. H. (2013). Vermicomposting: tool for sustainable ruminant manure management. *Journal of waste management*, 2013(1), 732759. <https://doi.org/10.1155/2013/732759>.
- 67 Nicole Martin. (n.d.). Pasteurized versus Ultra-Pasteurized Milk – Why Such Long Sell-By Dates? <https://cals.cornell.edu/sites/default/files/2023-04/pasteurization-fact-sheet-v1.pdf>.

中英名词对照表

缩写	英文	中文
CAP	Common Agricultural Policy	共同农业政策
CPGs	Consumer Packaged Goods Brands	快消品公司
CSP	Conservation Stewardship Program	自然保护管理计划
CSRD	Corporate Sustainability Reporting Directive	欧盟《企业可持续发展报告指令》
CTAP	Climate Transition Action Plans	气候转型行动计划
DMAA	Dairy Methane Action Alliance	乳业甲烷行动联盟
DMAP	Dairy Methane Action Plan	乳业甲烷行动计划
EDF	Environmental Defense Fund	美国环保协会
EQIP	Environmental Quality Incentives Program	环境质量激励计划
ESG	Environmental, Social and Governance	环境、社会及治理
FDA	Food and Drug Administration	美国食品药品监督管理局
FFAR	Foundation for Food and Agriculture Research	食品与农业研究基金会
FLAG	Forest, Land, and Agriculture	森林、土地、农业
GWPs	Global Warming Potentials	全球增温潜势
IDFA	International Dairy Foods Association	国际乳制品食品协会
IRA	Inflation Reduction Act,	通胀削减法案
MMRV	Measurement, Monitoring, Reporting, and Verification	测量、监测、报告与核查
NDC	Nationally Determined Contributions	国家自主贡献
NGO	Non-Governmental Organization	非政府组织
R&D	Research and Development	研发
SBTi	Science Based Targets initiative	科学碳目标倡议
Teagasc	Ireland's Agriculture and Food Development Authority,	爱尔兰农业与食品发展局
USDA	U.S. Department of Agriculture	美国农业部
WBCSD	World Business Council for Sustainable Development	世界可持续发展工商理事会



总部

帕克南大道 (Park Avenue South) 257 号
纽约, 10010
电话: 212 505 2100
传真: 212 505 2375

得克萨斯州奥斯汀

国会大道 (Congress Avenue) 301 号
得克萨斯州奥斯汀, 78701
电话: 512 478 5161
传真: 512 478 8140

马萨诸塞州波士顿

特里蒙特大街 (Tremont Street) 18 号
马萨诸塞州波士顿, 02108
电话: 617 723 2996
传真: 617 723 2999

科罗拉多州博尔德

百老汇大街 (Broadway) 2060 号
科罗拉多州博尔德, 80302
电话: 303 440 4901
传真: 303 440 8052

北卡罗来纳州罗利

韦斯特蔡斯大道 (Westchase Boulevard) 4000 号
北卡罗来纳州罗利, 27607
电话: 919 881 2601
传真: 919 881 2607

加利福尼亚州旧金山

米慎街 (Mission Street) 123 号
加利福尼亚州旧金山, 94105
电话: 415 293 6050
传真: 415 293 6051

华盛顿特区

西北区第 12 街 (12th St., N.W.) 555 号 400 室
华盛顿特区, 20004
电话: 202 387 3500
传真: 202 234 6049

荷兰阿姆斯特丹

芭芭拉 - 斯特罗兹拉恩 (Barbara Strozilaan) 101-201 号
阿姆斯特丹, 1083
荷兰

中国北京

中国北京东城区
安定门东大街 28 号
雍和大厦 C-501
邮政编码: 100007
电话: +86 10 6409 7088
传真: +86 10 6409 7097

比利时布鲁塞尔

艺术大道 (Avenue des Arts) 47-49 号
楼层: + 05
比利时布鲁塞尔, 1000

印度尼西亚雅加达

法特玛瓦蒂亚路 (Jl.RS Fatmawati Raya) 15 号
黄金广场写字楼 (Komplek Perkantoran Golden Plaza) E 座 12 号
南雅加达, 12420

墨西哥拉巴斯

中央区 (Zona Central) 革命街 (A. Revolución) 325 号
墨西哥拉巴斯, 23000
电话: +52 612 123 2029

英国伦敦

东契普大街 (Eastcheap) 41 号 3 楼
伦敦 EC3M 1DT
电话: +44 203 310 5909

日本东京

KS 大楼 (KS Building) 8 层
楮町 (Kojimachi) 4-5-20 号
日本东京千代田区, 102-0083

