

农业行业标准

《奶牛营养需要量》

编制说明

（公开征求意见稿）

XXX

2025 年 9 月

一、 工作简况，包括任务来源、制定背景、起草过程等

1.1 标准任务来源

本标准由农业农村部畜牧兽医局提出，本标准修订项目计划编号为农质标函[2016]29 号 20161111，由全国畜牧业标准化技术委员会（SAC/TC 274）归口。由 xxx 等共同承担标准修订起草任务，首席专家是 xxx。

1.2 标准制定背景

奶牛养殖业已成为我国农业产业的重要组成部分，对于保障食品安全、增加农民收入、促进农村经济发展、提高农业现代化水平和推动乡村振兴战略具有重要意义。21 世纪以来我国奶业经历了快速发展和重大转型，牛奶总产量、奶牛单产和养殖模式发生了显著变化。根据数据显示，2004 年我国牛奶产量约 2263 万吨，2024 年约 4079 万吨，较 2004 年增长 80.2%（图 1）。奶牛单产水平持续提升，据农业农村部数据显示 2004 年成母牛单产水平约 3.5 吨，2024 年单产达到 9.9 吨，奶牛体系监测的规模牧场成母牛年单产 10.9 吨，已达到世界先进水平。在养殖模式方面，2004 年我国奶业处于“小、散、低”的状况，饲养规模在 5 头左右，奶牛饲养分布在千家万户。随着奶牛养殖业发展，奶牛散养和养殖小区逐渐消失，奶牛养殖规模化比例逐年提升，2024 年我国存栏 100 头以上的规模化养殖比例达到 79%左右，规模牛场已经成为我国原料奶生产的主体。我国奶牛养殖业朝着规模化、专业化和标准化的生产方式高效发展。

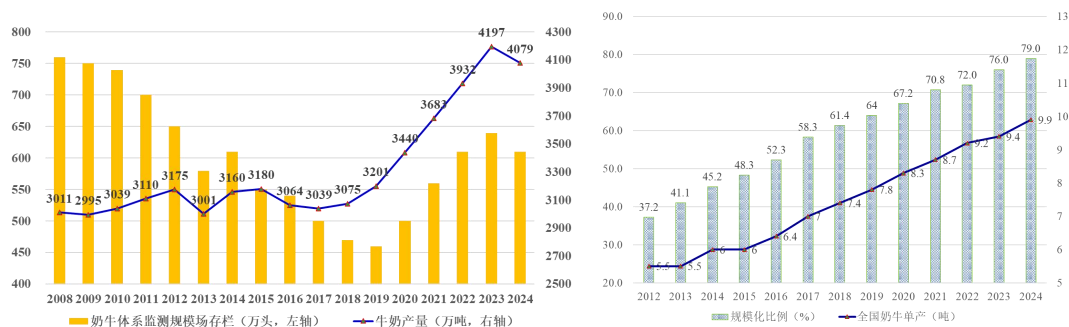


图 1 中国牛奶产量、奶牛存栏和单产变化

我国于 1987 年颁布了第一版《奶牛饲养标准》（NY/T 34—1986），推荐了妊娠母牛及生长母牛（40 kg~600 kg）干物质采食量、奶牛能量单位、产奶净能、可消化蛋白、粗蛋白质，钙、磷、胡萝卜素和维生素 A 的需要量。于 2004 年颁布了第二版《奶牛饲养标准》（NY/T 34—2004），该版标准将前一版中粗蛋

白质体系更新为小肠蛋白质体系，为推动我国奶牛养殖业发展做出了重要贡献。我国奶牛养殖业在经过二十多年的发展后，已经发生了根本性的变化。《奶牛饲养标准》（NY/T 34—2004）中的部分参数和推荐量已不再适合当前生产情况。主要包括：（1）2004 年，成母牛的单产水平约为 3500 kg，而 2024 年奶牛体系监测数据显示，规模牧场成母牛的年单产已显著提升至 10.9 吨，增幅达 211.4%。此外，乳成分也发生了显著变化：2004 年乳蛋白率平均为 2.95%，乳脂率平均为 3.10%；而 2024 年乳蛋白率已提升至 3.30%，乳脂率达 3.86%。这些变化表明，随着奶牛单产水平的提高和乳成分的优化，原有的营养需要参数已无法满足当前高产奶牛的营养需求。（2）缺乏哺乳犊牛日增重 800 g 以上营养需要量推荐值。据本团队前期发布的《中国后备牛培育现状白皮书 2020》数据显示，规模化牧场中的 88177 头哺乳犊牛平均日增重为 848.3 g，其中，62.3%的哺乳犊牛日增重在 800 g~1200 g 之间（图 2）；（3）缺乏淀粉、中性洗涤纤维、粗饲料中性洗涤纤维、赖氨酸和蛋氨酸营养需要量推荐值。碳水化合物是奶牛日粮中的重要营养成分，对奶牛生产性能和健康起着重要的作用。奶牛日粮适宜比例的碳水化合物能够促进瘤胃发酵和改善奶牛生产性能，同时减少甲烷减排。近年来我国科研工作者在日粮中性洗涤纤维（NDF）、粗饲料来源 NDF（fNDF）、淀粉、赖氨酸和蛋氨酸对奶牛生产性能、瘤胃发酵和机体健康等方面进行了大量研究，补充相关最新研究结果，可进一步完善奶牛营养需要参数，更好地服务奶牛养殖。（4）哺乳犊牛和泌乳牛磷（P）需要量推荐值偏高。高产泌乳牛 P 需要量占日粮的 0.62%，比生产实践中 0.39%高 59%。磷是奶牛必需的矿物质元素之一，在生长、发育和生产中发挥着重要作用。但磷饲喂量过高则不仅浪费矿物质资源，同时大量未被利用的磷随粪尿排出体外，使得环境中磷不断富集，引起土壤、水体富营养化等环境污染。（5）饲料原料种类和营养价值发生了显著变化。《奶牛饲养标准》（NY/T 34—2004）颁布时，我国奶牛的饲喂方式主要以精粗分饲为主，饲料原料的种类繁多、品质参差不齐，且当时使用的一些原料如今已经不再使用。本团队调研结果显示，2020 年 99.0% 的牛场使用全株玉米青贮（图 3），比 2007 年李胜利^[1]调研的全株玉米青贮使用比例 50%左右提高 49 个百分点；全株玉米青贮在规模牛场已经普及。苜蓿的使用比例有较大幅度提高，使用进口苜蓿干草的牛场占比达到 74.3%，使用国产

苜蓿干草和（或）苜蓿青贮的牛场比例达到 60.7%，使用苜蓿的比例远高于 2007 年的 35%。调研牛场中 TMR 饲喂技术已经普及，占比达到 99.5%，这一比例在 2007 年为 36.8%^[1]。综上，根据最新营养研究水平和成果重新修订《奶牛营养需要量》，对提高我国奶牛生产能力、高效利用饲料资源和推进奶牛养殖业可持续发展具有非常重要的意义。

图 2 哺乳犊牛日增重分布（n=88177）

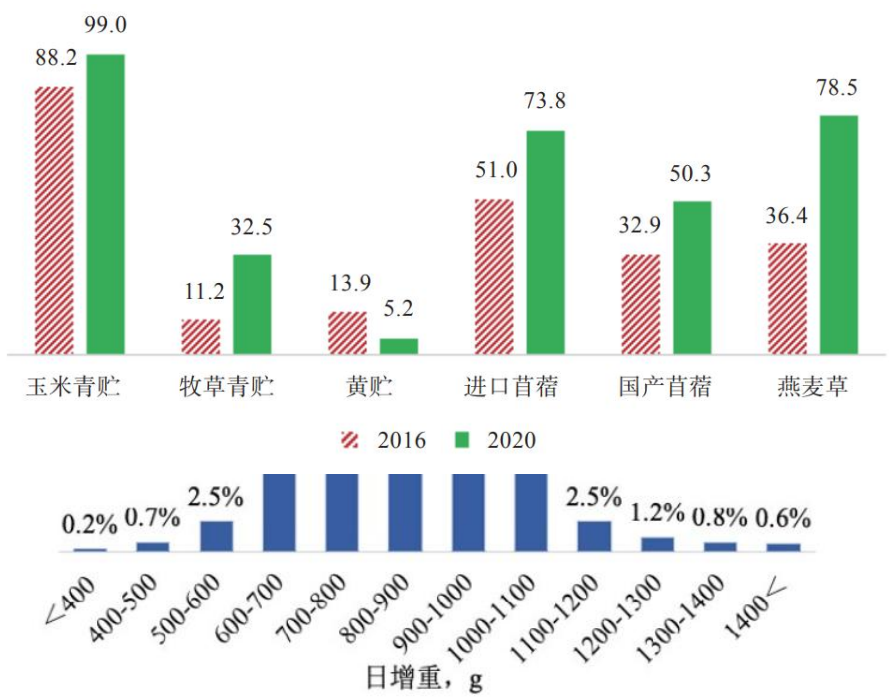


图 3 2016 年和 2020 年调研使用不同粗饲料的牛场占比情况（%）

1.3 标准起草过程

1.3.1 成立标准起草组

2016 年，xxx 等接到《奶牛营养需要量》农业行业标准修订项目任务后，立即成立了标准起草委员会：xxx 等。标准编制小组对该标准的具体工作进行了认真研究，确定了总体工作方案，制定工作计划，落实分工，详见表 1。

表 1 标准主要起草人员和任务分工

人员	职称	承担任务
xxx	教授	项目主持人，负责项目的全面工作
xxx	高级畜牧师、博士	标准研究方案制定，标准文本和编制说明编写和修改、征求意见、预审和送审准备工作

人员	职称	承担任务
xxx	讲师、博士后	标准研究方案制定，标准文本和编制说明编写和完善、征求意见、预审和送审准备工作
xxx	教授	开展试验、样品检测、数据收集与分析
xxx	教授	开展试验、样品检测、数据收集与分析
xxx	教授	开展试验、样品检测、数据收集与分析
xxx	教授	开展试验、样品检测、数据收集与分析
xxx	教授	开展试验、样品检测、数据收集与分析
xxx	研究员	开展试验、样品检测、数据收集与分析
xxx	教授	开展试验、样品检测、数据收集与分析
xxx	研究员	开展试验、样品检测、数据收集与分析
xxx	教授	开展试验、样品检测、数据收集与分析
xxx	教授	开展试验、样品检测、数据收集与分析
xxx	副教授	开展试验、样品检测、数据收集与分析
xxx	畜牧师	标准文本和编制说明编写和完善、征求意见、预审和送审准备工作
xxx	高级畜牧师	组织样品检测和数据收集与分析、标准文本和编制说明编写和完善
xxx	博士后	样品检测、数据收集
xxx	实验员	样品检测、数据收集
xxx	研究员	开展试验、样品检测、数据收集与分析
xxx	教授	开展试验、样品检测、数据收集与分析
xxx	高级畜牧师	协助采集饲料样品和数据收集
xxx	高级畜牧师	提供试验场地及饲养样品，数据收集
xxx	高级畜牧师	提供试验场地及饲养样品，数据收集
xxx	高级畜牧师	提供试验场地及饲养样品，数据收集
xxx	高级畜牧师	提供试验场地及饲养样品，数据收集
xxx	高级畜牧师	提供试验场地及饲养样品，数据收集

1.3.2 确定标准初稿

在“十二五”、“十三五”和“十四五”期间，国家奶牛产业技术体系营养与饲料功能研究室岗位专家团队围绕奶牛营养需要量的研究开展了一系列动物试验，同时开展了大量饲料原料营养价值评定工作。

奶牛营养需要方面：（1）系统的研究了犊牛生长期和育成期荷斯坦奶牛能量适宜的需要量及消化代谢规律，确定了荷斯坦犊牛和育成牛适宜能量需要量析因模型^[2, 3]；（2）系统的研究了犊牛生长期和育成期荷斯坦奶牛蛋白质适宜的需要量及消化代谢规律，确定了荷斯坦犊牛和育成牛适宜蛋白质需要量析因模型。为后备奶牛蛋白质的供给提供数据支撑^[2-4]；（3）研究了后备牛日粮氮磷水平对其生长性能和环境排放的影响^[5, 6]；（4）研究了不同水平淀粉、瘤胃降解淀粉与过瘤胃淀粉比值、NDF 和非饲草纤维含量日粮对泌乳奶牛生产性能和营养物质利用效率等影响，确定了日粮中这些参数的适宜水平^[7-16]；（5）进一步探究了日粮中快速降解淀粉适宜比例以及长纤维和短纤维日粮对奶牛围产期生产性能和肝脏代谢的影响，细化了奶牛高效利用碳水化合物的参数^[17]；（6）不同磷水平对泌乳奶牛生产性能及磷排放的影响^[18]；（7）系统开展了不同代谢蛋白水平、氨基酸（Lys、Met）、功能性氨基酸（GABA、NCG）、小肽（Met-Met）等对奶牛生产性能的影响，特别是对乳蛋白合成的影响研究^[19-23]；（8）研究了锌、铜、锰、硒、钴元素和 β -胡萝卜素对泌乳奶牛泌乳性能和营养物质效率利用等影响，确定了日粮中微量元素和维生素的适宜剂量和耐受剂量^[24-31]。

饲料原料营养价值评定方面：1）系统研究了湿玉米皮、甜菜渣、花生秧、发酵黄酒糟等用作饲料资源的可行性及对奶牛生产性能的影响^[32-35]；2）系统研究了利用近红外技术建立饲料原料关键养分的快检方法，并制定标准化参数^[36-38]；3）评估了 255 个奶牛常用饲草料常规成分营养价值^[39, 40]，83 个饲料瘤胃降解率和小肠消化率^[41, 42]，为奶牛饲料数据库构建提供了数据支撑。上述研究不仅为提高我国奶牛养殖水平提供了参考，同时为标准的修订也提供了大量科学数据以及理论支撑。

自项目任务下达后，《奶牛营养需要量》修订工作正式启动。2016 年伊始，标准编制小组对国内已有的相关资料进行了系统整理，发现部分关键营养素需要量存在不完善的问题。为了解决这一问题，随后组织各单位开展了系列试验工作，以补充和完善缺失数据。这些试验主要集中在泌乳期淀粉需要量、矿物质需要量、饲料原料营养价值和瘤胃降解率等方面，通过饲养试验和实验分析，成功获得了一系列有价值的数据和结果。这些成果不仅填补了之前的数据空白，也为后续的标准修订提供了科学依据和技术支撑。

2020年9月在xxx召开了标准修订预备会，标准修订组成员参加会议。主要讨论了我国自“十二五”计划以来在奶牛营养需要量方面取得的成果和进展，总结了在犊牛、育成牛、青年牛、泌乳牛、干奶牛和围产牛在能量、蛋白质、矿物质、维生素方面发表的文献。此次会议讨论了标准修订工作的目标和主要任务，完成了对标准修订工作初步分工，确定标准的总体框架。

1.3.3 编写标准草案和编制说明征求意见稿

2020年10月至2024年11月，基于奶牛体系营养与饲料研究室的前期研究工作，对资料进行了整理、归纳和汇编，同时进一步广泛查阅国内外资料，并汇总国内文献和大型牧场养殖数据。根据国内最新研究结果，对原标准进行了修订，初步形成了标准文本和编制说明草稿。期间，标准编制小组多次进行分析、讨论和总结，对草稿内容中存在争议的技术指标，继续开展试验验证和查阅文献，进一步完善。

2024年12月，标准工作组召开了标准讨论会议，对标准草案的整体形式和主要技术指标进行讨论和分析。标准工作组根据与会专家提出的意见和建议，对标准草案进行了修改，形成了《奶牛营养需要量》标准文本及编制说明征求意见稿。

1.3.4 定向征求意见

2025年3月~4月，标准起草组将起草完成的《奶牛营养需要量（NY/T 34-2004）修订稿》行业标准草案和编制说明征求意见稿发送给北京农学院、西北农林科技大学、四川农业大学、安徽农业大学、宁夏大学、中国科学院亚热带农业生态研究所、河南省种业发展中心、河北省畜牧兽医研究所、内蒙古伊利实业集团股份有限公司、内蒙古蒙牛乳业（集团）股份有限公司、黑龙江原生态牧业有限公司、君乐宝乳业集团股份有限公司等相关的科研院所、高校、企业等单位的专家征求意见。

本次发函征求意见2个月，共发函单位35个，回函单位28个，提出意见单位26个，见表3；经整理合并，共提出意见49条，采纳35条，不采纳10条，部分采纳4条。

表 2 不同领域单位类型情况

序号	单位类型	单位数量
1	大专院校	14
2	科研单位	6
3	企业	8

表 3 征求意见单位名单

序号	征求意见单位	征求意见专家	职称
1	北京农学院	蒋林树	教授
2	西北农林科技大学	姚军虎	教授
3	安徽农业大学	程建波	教授
4	宁夏大学	王 玲	教授
5	河南科技大学	李元晓	副教授
6	西南大学	黄文明	副教授
7	华南农业大学	郭勇庆	副教授
8	山西农业大学	张元庆	教授
9	石河子大学	张文举	教授
10	贵州大学	吴文旋	教授
11	四川农业大学	王之盛	教授
12	黑龙江八一农垦大学	曲永利	教授
13	内蒙古农业大学	闫素梅	教授
14	吉林农业大学	甄玉国	教授
15	中国科学院亚热带农业生态研究所	谭支良	研究员
16	新疆维吾尔自治区畜牧科学院	郭同军	研究员
17	宁夏畜牧工作站	温 万	研究员
18	河北省畜牧兽医研究所	孙凤莉	研究员
19	天津市农业科学院	马毅	研究员
20	河南省种业发展中心	张震	高级畜牧师
21	内蒙古伊利实业集团股份有限公司	韩吉雨/许红岩	高级畜牧师
22	内蒙古优然牧业	王典	高级畜牧师
23	黑龙江原生态牧业有限公司	李威	高级畜牧师
24	牧同科技股份有限公司	马腾	高级畜牧师

25	内蒙古蒙牛乳业（集团）股份有限公司	刘玉承	高级畜牧师
26	君乐宝乳业集团股份有限公司	张志宏	牧业科学研究院院长
27	广东温氏乳业股份有限公司	肖帆	养殖副经理
28	新疆天润乳业股份有限公司	魏勇	副总经理

1.3.5 预审阶段

2025年9月10日-11日，全国畜牧业标准化技术委员会组织专家对农业行业标准《奶牛营养需要量（NY/T 34-2004）修订稿》（预审稿）进行了认真审查。专家组由姚军虎、谭支良、蒋林树、郑楠、朱化彬、徐闯、甄玉国、许红岩、刘玉承、周阳、张楠、顾召宜等12位专家组成。在听取起草专家汇报的基础上，专家组审查了标准文本及编制说明，提出了修改意见。经预审专家评议，一致同意标准预审稿审查通过，建议标准起草单位按照专家组意见进一步修改后形成公开征求意见稿，报送全国畜牧业标准化技术委员会秘书处。

预审会后，标准编制小组根据专家组意见进一步修改后形成公开征求意见稿，报送全国畜牧业标准化技术委员会秘书处。

二、 标准编制原则和主要技术内容确定的依据，修订国家标准时，还包括修订前后技术内容的对比

（一）、制定本标准的原则

本标准的修订旨在为我国奶牛饲养管理提供科学指导，保证奶牛的生长发育、提高产奶量以及保证健康，有效提高奶牛的生产性能和经济效益。

本标准在原标准 NY/T 34—2004 的基础上，展开修订工作。全面搜集国内研究成果，并参考借鉴了国外同行的研究结果。标准依据《中华人民共和国标准化法》及有关法规、章程，按 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则第1部分：标准的结构和编写规则的要求》中的原则要求进行编写。在标准修订过程中力求做到：技术内容的叙述正确无误；文字表达准确、简明、易懂；标准的构成严谨合理；内容编排、层次划分等符合逻辑与规定。

（二）、主要技术内容确定的依据

本标准与 NY/T 34—2004 相比，主要变化如下：

2.1 修改了标准名称（见标准名称，2004 版的标准名称）

原标准名称：

《奶牛饲养标准》，英文为：**Feeding standard of dairy cattle。**

本标准名称：

《奶牛营养需要量》，英文为：**Nutrient requirements of dairy cattle。**

依据：

按照最新要求进行修改，与其他畜种营养需要量标准保持一致。

2.2 修改了标准的适用范围（见第 1 章，2004 年版的第 1 章）

原标准内容：

本标准提出了奶牛各饲养阶段和产奶的营养需要。

本标准适用于奶牛饲料厂、国营、集体、个体奶牛场配合饲料和日粮。

本标准内容：

本文件规定了奶牛不同生长和泌乳阶段的营养需要量。

本文件适用于中国荷斯坦牛养殖场（户）与饲料企业奶牛的日粮配制、饲喂管理和营养评估。

依据：

将原标准规定的范围“本标准提出了奶牛各饲养阶段和产奶的营养需要”修改为“本文件规定了奶牛不同生长和泌乳阶段的营养需要量”。用“生长和泌乳”这两个精确的生理阶段术语替代了模糊的管理术语“饲养阶段”，并使用更专业的术语“泌乳”替代口语化表达“产奶”。

将原标准适用范围“本标准适用于奶牛饲料厂、国营、集体、个体奶牛场配合饲料和日粮”改为“本文件适用于中国荷斯坦牛养殖场（户）与饲料企业奶牛的日粮配制、饲喂管理和营养评估”。明确了适用对象是“荷斯坦奶牛”，而非所有奶牛品种。修改后的适用范围直接和产业对接，强调了标准的实用性。

2.3 增加了“规范性引用文件”（见第2章）

本标准内容：

2 规范性引用文件

下列文件的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 10647 饲料工业术语

依据：

按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定增加了“规范性引用文件”章节相关内容。

2.4 修改了“术语与定义”（见第3章，2004年版的第3章）

与原标准相比，

2.4.1 增加了“营养需要量”“干物质采食量”“代谢能”“净能”“代谢蛋白质”“中性洗涤纤维”和“酸性洗涤纤维”的定义（见3.1~3.4、3.6~3.8）。

本标准内容：

3.1

营养需要量 nutrient requirements

动物在维持正常生理活动、机体健康和达到特定生产性能时对营养素需要的最低数量。

[来源：GB/T 10647-2008，2.23]

注：营养需要量可用每天每头绝对值或日粮浓度表示。

3.2

干物质采食量 dry matter intake, DMI

动物在24 h内的饲料干物质的进食量。

3.3

代谢能 metabolizable energy, ME

饲料总能减去粪能、尿能和甲烷能后的能值。

[来源：GB/T 10647-2008，2.5]

3.4

净能 net energy, NE

饲料代谢能减去热增耗后的能值。

注：包括维持、生长、妊娠和产奶净能。

[来源：GB/T 10647-2008，2.6]

3.6

代谢蛋白质 metabolizable protein, MP

在反刍动物小肠中被消化吸收的蛋白质。

注：包括在小肠内被消化吸收的瘤胃日粮非降解蛋白质、瘤胃微生物蛋白质和少量的内源蛋白质。

3.7

中性洗涤纤维 neutral detergent fiber, NDF

用中性洗涤剂去除饲料中的脂肪、淀粉、蛋白质和糖类等成分后，残留的不溶解物质的总称。

[来源：GB/T 20806-2006，3.1]

3.8

酸性洗涤纤维 acid detergent fiber, ADF

用酸性洗涤剂处理饲料后残留的不溶解物质的总称，主要是纤维素和木质素或不溶性蛋白复合物。

[来源：NY/T 1459-2022，3.1，有修改]

依据：

增加了“营养需要量”的定义，术语源自 GB/T 10647—2008 饲料工业术语。

增加了“干物质采食量”的定义，术语参考《乳牛学》中的定义。

增加了“代谢能”的定义，术语源自 GB/T 10647-2008，2.5。

增加了“净能”的定义，净能是通用的反刍动物能量需要量评价指标之一。术语源自 GB/T 10647-2008，2.6。

增加了“代谢蛋白”的定义，代谢蛋白质是通用的反刍动物蛋白质需要量评价指标之一，术语源自《乳牛学》。

增加了“中性洗涤纤维”“酸性洗涤纤维”的定义。中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维均为反刍动物重要的营养素之一。以上术语分别源自 GB/T 20806—

2006 饲料中中性洗涤纤维（NDF）的测定和 NY/T 1459-2022 饲料中酸性洗涤纤维的测定。

通过升级营养评价体系（代谢能、净能和代谢蛋白），采用国际主流的精准营养参数，提升资源利用效率并减少环境排放。新增干物质采食量、中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维标准化指标，为日粮设计及行业协同提供统一依据。术语体系的科学完善，旨在推动奶牛养殖从“粗放供给”向“精准营养”转型，服务于产业提质增效与可持续发展。

2.4.2 修改了“奶牛能量单位”的定义（见 3.5，2004 年版的 2.1）；

原标准内容：

2.1

奶牛能量单位 dairy energy unit

本标准采用相当于 1kg 含脂率为 4% 的标准乳能量，即 3138kJ 产奶净能作为一个“奶牛能量单位”，汉语拼音字首的缩写为 NND。为了应用的方便，对饲料能量价值的评定和各种牛的能量需要均采用产奶净能和 NND。

$$4\% \text{乳脂率的标准乳(FCM)}(\text{kg}) = 0.4 \times \text{奶量}(\text{kg}) + 15 \times \text{乳脂量}(\text{kg})$$

本标准内容：

3.5

奶牛能量单位 dairy energy unit

1 kg 含脂率为 4% 的标准乳的能量。

注¹：一个奶牛能量单位相当于 3138 kJ 产奶净能；

注²：奶牛能量单位的汉语拼音缩写为 NND。

依据：

“奶牛能量单位”是净能体系的一种具体应用形式，但它被赋予了更符合中国国情的“本土化”意义，核心在于“直观易懂”和“生产实践导向”。它将先进的净能理论，用易于理解的形式进行表达，在中国特色奶牛营养学发展的中具有重要作用。因此标准修订时将“奶牛能量单位”定义保留，但根据实际需要将其定义的内容进行了修改和简化，用简洁的文字表达，形式上更加规范，也更易于理解和应用。

2.4.3 删除了“小肠粗蛋白质”的定义（见 2004 年版的 2.2）

原标准内容：

2.2

小肠粗蛋白质 **crude protein in the small intestine**

小肠粗蛋白质=饲料瘤胃非降解粗蛋白质+瘤胃微生物粗蛋白质

饲料非降解粗蛋白质=饲料粗蛋白质-饲料瘤粗蛋白质(RDP)

小肠可消化粗蛋白质=饲料瘤胃非降解粗蛋白质(UDP)×小肠消化率+瘤胃微生物粗蛋白质(MCP)×小肠消化率。

依据：

小肠可消化蛋白质并未考虑最终被小肠吸收的氨基酸/小肽在机体组织中被代谢利用的效率问题。不同来源和不同构成的蛋白质/氨基酸，即使在小肠被消化吸收的数量相同，其被机体真正用于合成代谢（如产奶、增重）的效率也可能存在巨大差异（因氨基酸平衡、吸收速率、代谢损耗等）。与传统的小肠可消化蛋白体系比较，代谢蛋白（MP）体系精确量化了动物生理功能和生产所需的“有效蛋白质量”。因此，删除了可消化粗蛋白质和小肠可消化粗蛋白质，并给出了代谢蛋白需要量。

2.5 删除了能量需要、蛋白质需要、钙、磷的需要、饲料的能量推算方法（见 2004 年版的 3.1、3.2、3.3、3.5）

原标准内容：

3.1 能量需要

3.1.1 饲料产奶净能值的测算

产奶净能(MJ/kg 干物质)= $0.5501 \times \text{消化能(MJ/kg 干物质)} - 0.3958 \dots\dots(2)$

3.1.2 产奶牛的干物质需要

适用于偏精料型日粮的参考干物质进食量(kg)= $0.062 W^{0.75} + 0.40 Y \dots\dots(3)$

适用于偏粗料型日粮的参考干物质进食量(kg)= $0.062 W^{0.75} + 0.45 Y \dots\dots(4)$

式中：

Y--标准乳重量，单位为千克(kg)；

W--体重，单位为千克(kg)。

牛是反刍动物，为保证正常的消化机能，配合日粮时应考虑粗纤维的供给量。粗纤维量过低会影响瘤胃的消化机能，粗纤维量过高则达不到所需的能量浓度。日粮中的中性洗涤纤维(NDF)应不低于 25%。

3.1.3 成年母牛维持的能量需要

在适宜环境温度拴系饲养条件下，奶牛的绝食代谢产热量(kJ)= $293 \times W^{0.75}$ 。对自由运动可增加 20%的能量，即 $356 W^{0.75}$ kJ。由于在第一和第二个泌乳期奶牛自身的生长发育尚未完成，故能量需要须在以上维持基础之上，第一个泌乳期增加 20%，第二个泌乳期增加 10%。放牧运动时，能量需要明显增加，运动的能量需要见表 1。

牛在低温环境下，体热损失增加。维持需要在 18℃基础上，平均每下降 1℃产热增加 2.5kJ/(kg $W^{0.75} \cdot 24h$)维持需要在 5℃时为 $389 W^{0.75}$ ，0℃时为 $402 W^{0.75}$ ，-5℃时为 $414 W^{0.75}$ ，-10℃时为 $427 W^{0.75}$ ，-15℃时为 $439 W^{0.75}$ 。

3.1.4 产奶的能量需要

产奶的能量需要量=牛奶的能量含量×产奶量

牛奶的能量含量(kJ/kg)= $750.00+387.98 \times \text{乳脂率}+163.97 \times \text{乳蛋白率}+55.02 \times \text{乳糖率} \dots (5)$

牛奶的能量含量(kJ/kg)= $1433.65+415.30 \times \text{乳脂率} \dots \dots (6)$

牛奶的能量含量(kJ/kg)= $166.19+249.16 \times \text{乳总干物质率} \dots \dots (7)$

3.1.5 产奶牛的体重变化与能量需要

成年母牛每增重 1kg 需 25.10MJ 产奶的净能，相当 8kg 标准乳；每减重 1kg 可产生 20.58MJ 产奶净能，即 6.56kg 标准乳。

3.1.6 产奶牛不同生理阶段的能量需要

分娩后泌乳初期阶段，母牛对能量进食不足，须动用体内贮存的能量去满足产奶需要。在此期间，应防止过度减重。

奶牛的最高日产奶量出现的时间不一致。当食欲恢复后，可采用引导饲养，给量稍高于需要。

奶牛妊娠的代谢能利用效率较低。妊娠第 6、7、8、9 月时，每天在维持基础上增加 4.18 MJ、7.11MJ、12.55MJ 和 20.92MJ 产奶净能。

3.1.7 生长牛的能量需要

3.1.7.1 生长牛的维持能量需要

$$\text{生长母牛的绝食代谢(kI)}=531 \times W^{0.75} \dots\dots(8)$$

在此基础上加 10%的自由运动量，即为维持的需要量。生长公牛的维持需要量与生长母牛相同。

3.1.7.2 生长牛增重的能量需要

由于对奶用生长牛的增重速度不要求像肉用牛那样快，为了应用的方便，对奶用生长牛的净能需要量亦统一用产奶净能表示。其产奶净能的需要是在增重的能量沉积上加以调整。

$$\text{增重的能量沉积(MJ)}=(\text{增重,kg}) \times [1.5+0.0045 \times (\text{体重,kg})] / [1-0.30 \times (\text{增重,kg})] \times 4.184 \dots\dots(9)$$

$$\text{增重的能量沉积换算成产乳净能的系数}=-0.5322+0.3254\ln(\text{体重,kg}) \dots\dots(10)$$

由于生长公牛增重的能量利用效率比母牛稍高，故生长公牛的能量需要按生长母牛的 90%计算。

3.1.8 种公牛的能量需要

$$\text{种公牛的能量需要量(MJ)}=0.398 \times W^{0.75} \dots\dots(11)$$

3.2 蛋白质需要

3.2.1 瘤胃微生物蛋白质合成量的评定

瘤胃饲料降解氮(RDN)转化为瘤胃微生物氮(MN)的效率(MN/RDN)与瘤胃可发酵有机物质(FOM)中的瘤胃饲料降解氮的含量(RDN/FOM)呈显著相关。用下式计算：

$$\text{MN/RDN}=3.6259-0.8457 \times \ln(\text{RDNg/FOMkg}) \dots\dots(12)$$

$$\text{瘤胃微生物蛋白质(MCP)合成量(g)}=\text{饲料瘤胃降解蛋白质(RDP)(g)} \times \text{MN/RDN}$$

由于用曲线回归式所计算的单个饲料的 MN/RDN 对日粮是非加性的，所以对单个饲料的 MN/RDN 可先用其中间值 0.9 进行初评，并列入饲料营养价值表中，最后须按日粮的总 RDN/FOM 用曲线回归式对 MN/RDN 做出总评。MN/RDN 在理论上不应超过 1.0，当 MN/RDN 超过 0.9 时，则预示有过多的内源尿素氮进入瘤胃。

由于瘤胃微生物蛋白质的合成,除了需要 RDN 外,还需要能量。为了应用的方便,所需能量可用瘤胃饲料可发酵有机物质(FOM)来表示。用 FOM 评定的瘤胃微生物蛋白质合成量的计算: $MCP\text{ g}/FOM\text{ kg}=136$ 。

3.2.2 瘤胃能氮平衡

因为对同一种饲料,用 RDP 和 FOM 评定出的 MCP 往往不一致。为了使日粮的配合更为合理,以便同时满足瘤胃微生物对 FOM 和 RDP 的需要,特提出瘤胃能氮平衡的原理和计算方法:

瘤胃能氮平衡(RENB)=用 FOM 评定的瘤胃微生物蛋白质量-用 RDP 评定的瘤胃微生物蛋白质量

如果日粮的能氮平衡结果为零,则表明平衡良好;如为正值,则说明瘤胃能量有富余,这时应增加 RDP;如为负值,则表明应增加瘤胃中的能量(FOM)。最后检验日粮的能氮平衡时,应采用回归式做最后计算。

3.2.3 尿素的有效用量

尿素有效用量(ESU)用式(13)计算:

$$ESU(g)=\text{瘤胃能氮平衡值}(g)/2.8 \times 0.65 \cdots \cdots (13)$$

式中:

0.65——常规尿素氮被瘤胃微生物利用的平均效率(如添加缓释尿素,则尿素氮转化为瘤胃微生物氮的效率可采用 0.8);

2.8——尿素的粗蛋白质当量。

如果瘤胃能氮平衡为零或负值,则表明不应再在日粮中添加尿素。

3.2.4 小肠可消化粗蛋白质

$$\text{小肠可消化粗蛋白质}=\text{饲料瘤胃非降解粗蛋白质} \times 0.65 + \text{瘤胃微生物粗蛋白质} \times 0.70 \cdots \cdots (14)$$

3.2.5 小肠可消化粗蛋白质的转化效率

小肠可消化粗蛋白质用于体蛋白质沉积的转化效率,对生长牛为 0.60,对产奶为 0.70。

3.2.6 维持的蛋白质需要

维持的可消化粗蛋白质需要量为对产奶牛 $3.0(g) \times W^{0.75}$,对 200kg 体重以下的生长牛为 $2.3(g) \times W^{0.75}$ 。

维持的小肠可消化粗蛋白质需要量为 $2.5(\text{g}) \times W^{0.75}$ ，对 200kg 体重以下的生长牛为 $2.2(\text{g}) \times W^{0.75}$ 。

3.2.7 产奶的蛋白质需要

乳蛋白质率(%)根据实测确定。

产奶的可消化粗蛋白质需要量=牛奶的蛋白量/0.60……(15)

产奶的小肠可消化粗蛋白质需要量=牛奶的蛋白量/0.70……(16)

3.2.8 生长牛增重的蛋白质需要量

生长牛的蛋白质需要量取决于增重的体蛋白质沉积量。

增重的体蛋白质沉积(g/d)= $\Delta W (170.22-0.1731W+0.000178W) \times (1.12-0.1258 \Delta W) \cdots (17)$

式中：

ΔW ——日增重，单位为千克(kg)；

W ——体重，单位为千克(kg)。

增重的可消化粗蛋白质的需要量(g)=增重的体蛋白质沉积量(g)/0.55……(18)

增重的小肠可消化粗蛋白质的需要量(g)=增重的体蛋白质沉积量(g)/0.60……(19)

但幼龄时的蛋白质转化效率较高，体重 40 kg~60 kg 时可用 0.70，体重 70kg~90kg 时用 0.65 的转化效率。

3.2.9 妊娠的蛋白质需要

妊娠的可消化粗蛋白质的需要量：妊娠 6 个月时为 50g，7 个月时为 84g，8 个月时为 132g，9 个月时为 194 g。

妊娠的小肠可消化粗蛋白质的需要量：妊娠 6 个月时为 43g，7 个月时 73g，8 个月时为 115g，9 个月时为 169 g。

3.2.10 种公牛的蛋白质需要

种公牛的蛋白质需要是以保证采精和种用体况为基础。

种公牛的可消化粗蛋白质需要量(g)= $4.0 \times W^{0.75} \cdots (20)$

种公牛的小肠可消化粗蛋白质需要量(g)= $3.3 \times W^{0.75} \cdots (20)$

3.3 钙、磷的需要

3.3.1 产奶牛的钙、磷需要

维持需要按每 100kg 体重供给 6g 钙和 4.5g 磷；每千克标准乳供给 4.5g 钙和 3g 磷。钙磷比例以 2:1 至 1.3:1 为宜。

3.3.2 生长牛的钙、磷需要

维持需要按每 100kg 体重供给 6g 钙和 4.5g 磷，每千克增重供给 20g 钙和 13g 磷。

3.5 饲料的能量

3.5.1 饲料的总能(GE)

总能(kJ/100g 饲料)= $23.93 \times \text{粗蛋白质}(\%) + 39.75 \times \text{粗脂肪}(\%) + 20.04 \times \text{粗纤维}(\%) + 16.88 \times \text{无氮浸出物}(\%) \cdots \cdots (22)$

3.5.2 饲料的消化能(DE)

$DE = GE \times \text{能量消化率}$

在无条件进行能量消化率实测时,可用式(23)、(24)结测:

能量消化率(%)= $94.2808 - 61.5370(\text{NDF}/\text{OM}) \cdots \cdots (23)$

能量消化率(%)= $91.6694 - 91.3359(\text{ADF}/\text{OM}) \cdots \cdots (24)$

式中:

NDF--中性洗涤纤维;

ADF---酸性洗涤纤维,

3.5.3 瘤胃可发酵有机物质(FOM)

$FOM = OM \times FOM/OM$

$FOM/OM(\%) = 92.8945 - 74.7658(\text{NDF}/\text{OM}) \cdots \cdots (25)$

$FOM/ON(\%) = 91.2202 - 118.6864(\text{ADF}/\text{OM}) \cdots \cdots (26)$

3.5.4 饲料的代谢能(ME)

代谢能=消化能-甲烷能-尿能

甲烷(L/FOM, kg)= $60.4562 + 0.2967(\text{FNDF}/\text{FOM}, \%) \cdots \cdots (27)$

甲烷(L/FOM, kg)= $48.1290 + 0.5352(\text{NDF}/\text{OM}, \%) \cdots \cdots (28)$

甲烷能/DE(%)= $8.6804 + 0.0373(\text{FNDF}/\text{FOM}, \%) \cdots \cdots (29)$

甲烷能/DE(%)= $7.1823 + 0.0666(\text{NDF}/\text{OM}, \%) \cdots \cdots (30)$

式中:

FNDF——可发酵中性洗涤纤维。

尿能/DE(%)的平均值=4.27±0.94(根据国内对 19 种日粮的牛体内试验结果)

依据:

这部分内容是各阶段营养需要量的理论计算依据,但实际生产和标准执行过程中,需要参考和查询各阶段对应的营养需要量的推荐量,并不需要逐一查询计算原理。为了简化标准,并与同类其他标准统一格式,故将这部分内容在标准文本内容中删除,但各阶段各个指标的推荐量计算依据均在编制说明中有详细描述。

2.6 更改了后备母牛营养需要量(见第 4 章,2004 年版的 3.4、附录 A.1)

原标准内容:

3.4 各种牛的综合营养需要(表 6~表 7)

本标准内容:

4 后备母牛营养需要量

4.1 哺乳犊牛营养需要量应符合表1的要求。

4.2 断奶犊牛营养需要量应符合表2的要求。

4.3 育成母牛营养需要量应符合表3的要求。

4.4 青年母牛营养需要量应符合表4的要求。

4.5 后备母牛日粮营养浓度推荐量应符合表5的要求。

2.6.1 对原“表 7 生长母牛的营养需要量”拆分为“表 1 哺乳犊牛营养需要量”、“表 2 断奶犊牛营养需要量”、“表 3 育成母牛营养需要量”和“表 4 青年母牛营养需要量”。

依据:

生长母牛属于概括性说法,依据当前奶牛阶段标准划分为哺乳犊牛、断奶犊牛、育成母牛和青年母牛更贴合生产实际。为满足现代奶牛精细化营养管理的迫切需求,细化生长阶段(哺乳犊牛、断奶犊牛、育成母牛、青年母牛、后备母牛),能够精准区分各阶段的差异化营养目标并且更贴合生产实际。

2.6.2 将“表 6 母牛妊娠最后四个月的营养需要”修改为“表 4 青年母牛营养需要量”。

依据:

原表未明确区分妊娠母牛类型(青年初产或成年经产),存在适用对象不清

的风险。鉴于青年母牛首次妊娠后期兼具自身生长与胎儿发育的双重高营养需求，其营养管理对初生犊牛和母牛后续生产性能至关重要。为贯彻分阶段精细化管理的修订原则，消除歧义，精准服务于青年母牛群体的特殊需要，将原表内容明确归属于“青年母牛”整体营养需要标准中，并相应调整表序与名称。

2.6.3 对原“表 7 生长母牛的营养需要量”中体重、日增重、干物质进食量（DMI）进行修改。表 1～表 4 中不同体重对应不同目标日增重的干物质采食量。依据：

检索以荷斯坦犊牛为试验动物，试验内容包括生长性能的文献，合计 30 余篇。以生长性能指标中同时含体重（BW）、平均日增重（ADG）和干物质采食量（DMI）为标准进行筛选，共筛选到相关文献 23 篇，合计 85 个处理，1027 头犊牛。将以上试验结果汇总，建立数据库进行分析。

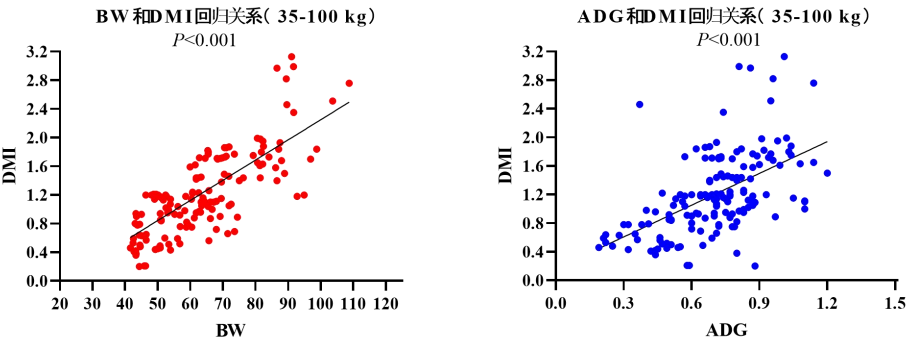


图 4 BW 和 ADG 与 DMI 一元线性回归关系

由于数据库中，部分平均体重大于 80 kg 犊牛已断液体饲料，故将体重大于 80 kg 犊牛剔除，进行回归分析，具体回归公式和参数（表 4）如下： DMI （kg/d） $=0.011 \times BW$ （kg） $+1.298 \times ADG$ （kg/d） -0.343 （ $P < 0.001$, $R^2=0.815$ ）。35～70 kg 阶段犊牛不同目标日增重下的 DMI 根据上述回归公式进行计算。

表 4 DMI 与 BW 和 ADG 的二元回归分析（35～70 kg）

参数	斜率	P -值	VIF
BW	0.011	<0.001	1.524
ADG	1.298	<0.001	1.524

肖鉴鑫（2018）^[43]于 2016 年 9 月在中国农业大学教学与试验基地某养殖牧

场进行试验，该牧场奶牛存栏 2 万余头，日产 15~50 头犊牛。选择 60 头健康的新生荷斯坦犊牛作为试验动物，犊牛出生后，立刻与母畜分离，并在出生一小时內灌服 4L 初乳，犊牛从第 2 日龄起每日饲喂巴氏杀菌常乳（干物质含量 12.51%）两次直至 56 日龄，常乳经 60℃杀菌 30 分钟后冷却到 37℃完成巴氏杀菌，而后分别在 08：00 和 16：00 饲喂给犊牛。牛乳在 2~14 日龄饲喂 6 L/d，15~42 日龄饲喂 8 L/d，43~49 日龄饲喂 6 L/d，50~56 日龄饲喂 4 L/d，57 日龄断奶。基于表 5 犊牛采食量和生长性能，本标准推荐犊牛体重<60 kg 主要以液体饲料为主，≥60 kg 液体饲料和固体饲料比例为 8:2。

表 5 犊牛采食量和生长性能（n=60）

时间	液体饲料，g/d	固体饲料，g/d	液固比	末重，kg	日增重，g/d
d 2~28	1350	21.13	98:2	62.0	810
d 29~56	813.20	168.97	83:17	85.4	833

检索以荷斯坦奶牛（断奶、育成和青年母牛）为试验动物，含 BW、ADG 和 DMI 试验内容的文献，共筛选到相关文献 33 篇，合计 138 个处理，1467 头奶牛。将以上试验结果汇总，建立数据库进行分析。

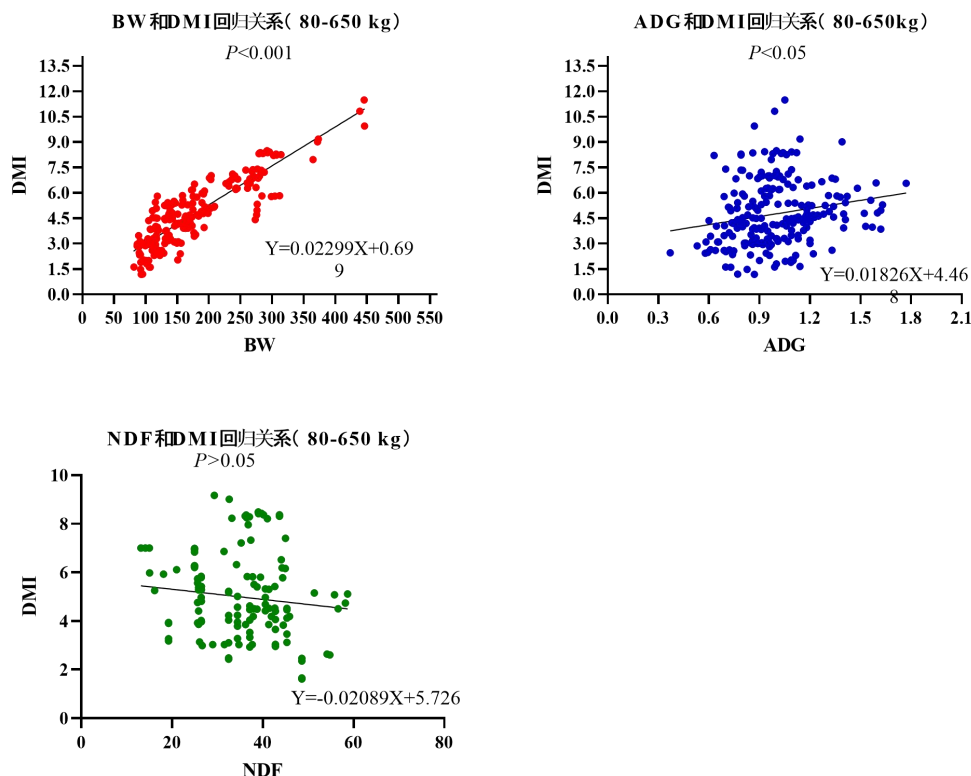


图 5 BW、ADG 和 NDF 与 DMI 一元线性回归关系

NASEM (2021) 推荐的预测后备牛 DMI 的模型如下: $DMI (kg/d) = 0.022 \times MatBW \times (1 - e^{-1.54 \times (BW/MatBW)})$, 其中 MatBW 表示成熟母牛体重, 推荐值为 700 kg, BW 表示奶牛活重。根据 NASEM 给出的模型, 对数据库中断奶 ($BW \geq 80$ kg)、育成和青年母牛 DMI 和 BW 数据进行拟合 (图 6), 拟合模型为: $DMI = 25.461 \times (1 - e^{-0.01 \times BW})$ ($R^2 = 0.777$)。根据此方程对表 6 文献中奶牛的 DMI 进行预测, 同时依据文献 DMI 实测值结合《奶牛饲养标准》(NY/T 34—2004) 不同 ADG 间干物质采食量差值, 推测模型计算出的 DMI 对应 ADG。从计算结果发现模型预测的 DMI 对应的奶牛 ADG 介于 0.5~0.7 kg 之间, 本标准采用中间值 0.6 kg 为拟合模型计算出的 DMI 对应 ADG 值, 其余日增重的 DMI 根据 NY/T 34—2004 标准中不同 ADG 差值进行增减。

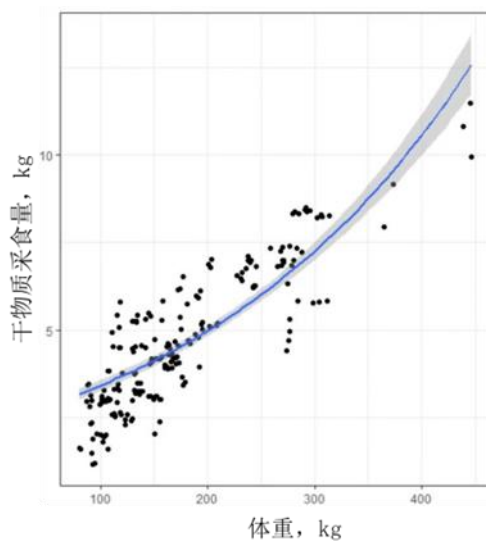


图 6 BW 与 DMI 曲线回归关系

表 6 不同体重奶牛采食量与预测采食量对比

文献	平均体重 (kg)	ADG (kg)	DMI (kg)	预测 DMI (kg)	预测 ADG (kg)
张卫兵 ^[44] , 2009	121	0.81	3.26	2.90	0.6~0.7
国春艳 ^[45] , 2010	129	0.578	2.43	3.05	0.6~0.7
陈福音 ^[4] , 2012	148	0.744	4.19	3.48	0.5~0.6
国春艳 ^[45] , 2010	145	0.58	3.10	3.44	0.6
马满鹏 ^[46] , 2019	157	1.19	5.28	3.69	0.6
黄杰, 2020 ^[47]	193	0.91	6.11	4.47	0.5
陈福音 ^[4] , 2012	208	0.716	5.15	4.78	0.6
李媛 ^[48] , 2019	245	0.94	6.26	5.53	0.6
李国栋 ^[49] , 2020	269	1.09	7.37	6.01	0.6
霍路曼 ^[50] , 2018	283	0.8	7.33	6.27	0.5
徐进昊 ^[51] , 2017	282	1.12	8.37	6.25	0.5~0.6
李媛 ^[48] , 2019	305	1.21	8.21	6.68	0.6~0.7
葛汝方 ^[52] , 2016	314	1.06	8.25	6.86	0.6
曾书秦 ^[53] , 2015	299	0.69	5.78	6.56	0.9
陈青 ^[54] , 2015	336	0.97	8.84	7.26	0.5~0.6
李斌昌 ^[55] , 2019	446	0.87	9.95	9.16	0.7
李斌昌 ^[55] , 2019	439	0.99	10.82	9.05	0.6

2.6.4 补充了代谢能和净能数据，并修改了奶牛能量的单位（NDD）。

依据：

后备母牛能量需要量进一步补充代谢能（ME）和净能（NE）。后备牛处于快速生长发育阶段，其能量主要用于维持、生长和妊娠。ME 反映饲料中被动物消化吸收后参与代谢的能量；NE 则进一步区分能量在维持与生长/妊娠上

的分配效率。增加 ME 和 NE，精准量化后备牛维持、生长及妊娠（青年母牛）的分项能量需求。此外，国内主流牧场营养配方软件核心运算均基于 ME/NE 体系。增加该参数可直接导入系统进行精准配方设计与动态优化。后备母牛 ME 和 NE 确定依据如下：

①哺乳犊牛维持代谢能和维持净能需要量

维持代谢能量需要包括绝食代谢能量、随意活动的能量以及必要的抵抗应激环境所需的能量。维持代谢能量需要的测定方法主要有三种：第一种是直接测量绝食代谢产热量，在此基础上加 10%~20%自由活动量即为维持代谢能需要量（ME_m），数学模型为 $a \times BW^{0.75}$ 。我国奶牛饲养标准（2004）采用此模型；第二种为通过饲养试验和消化代谢试验，饲喂不同的能量水平日粮，通过代谢能采食量（MEI，MJ/d）和日增重（ADG，kg/d）的实测值进行线性回归，数学模型为 $MEI = b + a \times ADG$ ，当 ADG=0 时代谢能摄入量即为试验期维持代谢能需要量，然后根据平均体重转化为 $a \times BW^{0.75}$ 即可算出单位代谢体重 ME_m 需要量。我国小反刍动物维持代谢能需要量多采用此模型；第三种为根据 Lofgreen 等（1968）^[56]给出的模型，反刍动物在站立状态下的畜体产热量（HP）的对数与代谢能采食量（MEI）成线性关系，即 $\log_{10} HP = a + b \log_{10} MEI$ （或 $HP, Mcal/EBW^{0.75} = a \times e^{(b \times MEI, Mcal/EBW^{0.75})}$ ），当 MEI=HP 时即为 ME_m 需要量，而 MEI=0 时则为维持净能（NE_m）需要量。NASEM（2021）维持代谢能需要量采用此模型。此外 ARC（1980）^[57]提出，动物机体内不同组织（如骨骼、肌肉、脂肪）或能量和营养物质（蛋白质、脂肪、水分、灰分）的沉积量与动物体重之间存在异速回归关系，可用下式表示： $\log_{10} Y = a + b \times \log_{10} X$ ，其中 Y 为组织、能量或营养物质含量，X 为动物体重，b 为生长系数，a 为常数。

表 7 不同物种维持能量需要预测模型

物种	模型	应用
绒山羊	$MEI = b + a \times ADG$ 及 $a \times BW^{0.75}$	绒山羊营养需要量（2022）
绵羊	$\log_{10} Y = a + b \times \log_{10} X$	绵羊和山羊营养需要量（2022）
奶牛	$MEI = b + a \times ADG$ 及 $a \times BW^{0.75}$	奶牛饲养标准（2004）
奶牛	$HP, Mcal/EBW^{0.75} = a \times e^{(b \times MEI, Mcal/EBW^{0.75})}$	NASE（2021）

张栓林（2008）^[58]采用回归法对荷斯坦犊牛能量代谢进行了研究，结果表明犊牛每千克代谢体重绝食代谢产热量平均为 395.71 kJ。维持代谢（ME_m）可

以通过绝食代谢产热（FHP）与自由活动产热（HA）来估测，即： $ME_m = FHP + HA$ ，绝食代谢产热量的 10% 为自由活动所需代谢能量。因此犊牛维持代谢能需要量 $ME_m = 435.28 \times BW^{0.75}$ kJ。维持净能（ NE_m ）与维持代谢能（ ME_m ）比值即为 ME_m 的维持利用效率 K_m 。 K_m 参考 NRC（2001）值 0.825，犊牛维持净能（ NE_m ） $= 359.11 \times BW^{0.75}$ 。

② 哺乳犊牛增重代谢能和增重净能需要量

由于我国奶牛缺乏沉积能（RE）、空体重（EBW）和空体日增重（EADG）的实测数据，无法直接拟合 Garrett（1980）^[59] 提出的函数关系（ $RE = a \times EBW^{0.75} \times EADG^b$ ）。然而，对于生长发育期奶牛，沉积能（RE）即等于增重净能（ NE_g ），而 NE_g 与代谢能用于增重的部分（ ME_g ）的比值通常为一常数。因此，本标准参考 Garrett（1980）的模型形式，将变量替换为实际可获取的活体重（BW）和日增重（ADG），建立了 ME_g 的预测模型： $ME_g = a \times BW^{0.75} \times ADG^b$

根据析因法原理，代谢能需要量（ME）由维持代谢能（ ME_m ）和增重代谢能（ ME_g ）组成，即 $ME = ME_m + ME_g$ 。将许先查（2010）^[60]、赵玥（2015）^[61]、马俊南（2017）^[62]、胡凤明（2018）^[63] 和刘云龙（2020）^[64] 对哺乳犊牛能量代谢的数据汇总，利用非线性模型建立犊牛代谢能摄入量与代谢体重和 ADG 的模型： $ME \text{ (kJ/d)} = 435.28 \times BW^{0.75} + 696.00 \times BW^{0.75} \times ADG^{0.602}$ （ $R^2 = 0.614$ ），其中 $ME_m = 435.28 \times BW^{0.75}$ ，因此 $ME_g = 696.00 \times BW^{0.75} \times ADG^{0.602}$ 。增重净能（ NE_g ）与增重代谢能（ ME_g ）比值即为 ME_g 的维持利用效率 K_g 。 K_g 参考 NRC（2001）值 0.65。因此，增重净能（ NE_g ） $= 452.40 \times BW^{0.75} \times ADG^{0.602}$ 。表 8 为哺乳犊牛代谢能和净能需要量预测模型及参考依据。

表 8 哺乳犊牛代谢能和净能预测模型和相关参数

项目	公式	文献
绝食代谢产热, kJ/d	$395.71 \times BW^{0.75}$	张栓林（2008） ^[58]
自由活动产热, kJ/d	10%绝食代谢产热	《奶牛饲养标准》 （NY/T 34—2004）
ME_m , kJ/d	$435.28 \times BW^{0.75}$	张栓林（2008） ^[58] 和 《奶牛饲养标准》 （NY/T 34—2004）
ME_g , kJ/d	$696.00 \times BW^{0.75} \times ADG^{0.602}$	拟合模型
ME , kJ/d	$435.28 \times BW^{0.75} + 696.00 \times BW^{0.75} \times ADG^{0.602}$	拟合模型
K_m	0.825	NRC（2001）
K_g	0.65	NRC（2001）

NEm, kJ/d	$359.11 \times BW^{0.75}$	张栓林 (2008) [58]
NEg, kJ/d	$452.40 \times BW^{0.75} \times ADG^{0.602}$	拟合模型
NE, kJ/d	$359.11 \times BW^{0.75} + 452.40 \times BW^{0.75} \times ADG^{0.602}$	拟合模型

③断奶犊牛维持代谢能和维持净能需要量

崔秋佳 (2013) [2] 通过饲养试验和消化代谢试验, 对 90 kg~120 kg 和 140 kg~200 kg 荷斯坦奶牛能量需要量及消化代谢规律做了研究, 并将消化能摄入量 (DEI, kJ/d)、代谢能摄入量 (MEI, kJ/d) 和 ADG 进行线性回归。90 kg~120 kg 和 140 kg~200 kg 荷斯坦奶牛回归方程如下:

$$DEI = 23940 + 24079 \times ADG \quad (R = 0.9661) \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$MEI = 18672 + 18711 \times ADG \quad (R = 0.9974) \quad \dots\dots\dots (2)$$

在式 (1) 中 $ADG=0$ 时, $DEI=23940$ kJ/d, 即试验牛 (90 kg~120 kg) 的日增重为零时维持消化能需要量, 根据试验牛体重换算得出 $DEm=658.78$ kJ/kg $W^{0.75}$; 同理可知, 在式 (2) 中 $ADG=0$ 时, $MEI=18672$ kJ/d, 即为维持代谢能 (ME_m) = 18672 kJ/d, 换算为每千克代谢体重维持代谢能需要量: $ME_m=513.81$ kJ/kg $W^{0.75}$ 。

140~200 kg 荷斯坦奶牛回归方程如下:

$$DEI = 36258 + 36051 \times ADG \quad (R = 0.9893) \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$MEI = 32047 + 32042 \times ADG \quad (R = 0.9986) \quad \dots\dots\dots (4)$$

在式 (3) 中 $ADG=0$ 时, $DEI=36258$ kJ/d, 即试验牛 (140 kg~200 kg) 的日增重为零时维持消化能需要量, 根据试验牛体重换算得出 $DEm=665.09$ kJ/kg $BW^{0.75}$; 同理可知, 在式 (4) 中 $ADG=0$ 时, $MEI=32047$ kJ/d, 即 $ME_m=32047$ kJ/d, 根据试验牛体重换算得出 $ME_m=587.85$ kJ/kg $W^{0.75}$ 。

综合考虑, 将试验结果 90 kg~120 kg 和 140 kg~200 kg 荷斯坦犊牛每千克代谢体重所需维持代谢能 (ME_m) 513.81 和 587.85 kJ 取平均值 550.83 kJ 作为 125 kg~250 kg 断奶犊牛的维持代谢能 ($550.83 \times BW^{0.75}$)。Km 参考穆阿丽值 (2007) [65] 研究结果 0.69。因此, 维持净能 (NEm) = $380.07 \times W^{0.75}$ 。

④断奶犊牛增重代谢能和增重净能需要量

根据 Ferrell 和 Jenkins (1998) [66] 研究结果, 沉积能 (RE) 与代谢能采食量进行回归分析可得出以下回归方程: $RE=a \times MEI+b$ 。式中 RE 为沉积能 MJ/d; MEI 为代谢能采食量 MJ/d。方程中的斜率即为代谢能 (ME_g) 转化为增重净能

(NEg)的效率(Kg)。NASEM(2021)中液体饲料Kg的依据则根据此模型。此外当RE=0时,摄入的代谢能采食量即为维持代谢能。因此,可根据消化代谢结果ME_m(kJ/d)以及体重换算成单位代谢体重ME_m需要量($a \times BW^{0.75}$)。

根据我国断奶犊牛消化代谢数据(Jiao, 2013^[67]; 崔秋佳, 2013^[2]; 崔祥, 2014^[68]; 赵玥, 2015^[61]; 缪万荣, 2016^[69]; 马满鹏, 2019^[46]; 李继超, 2022^[70])建立断奶犊牛代谢能摄入量与代谢体重和ADG的模型: $ME = 550.83 \times BW^{0.75} + 575.00 \times BW^{0.75} \times ADG^{0.83}$ ($R^2 = 0.654$)。125 kg~250 kg阶段断奶犊牛代谢能摄入量根据此回归关系给出。其中公式 $550.83 \times BW^{0.75}$ 为单位代谢体重维持代谢能需要量(ME_m), $575.00 \times BW^{0.75} \times ADG^{0.83}$ 为增重代谢能(ME_g)需要量。Km和Kg参考穆阿丽(2007)^[65]研究结果,分别为0.69和0.59。因此,增重净能(NEg)需要量为 $339.25 \times BW^{0.75} \times ADG^{0.83}$,净能需要量(NE)为 $380.07 \times BW^{0.75} + 339.25 \times BW^{0.75} \times ADG^{0.83}$ 。

表 9 断奶犊牛代谢能和净能预测模型和相关参数

指标	公式	文献
ME _m , kJ/d	$550.83 \times BW^{0.75}$	崔秋佳(2013) ^[2]
ME _g , kJ/d	$575.00 \times BW^{0.75} \times ADG^{0.83}$	拟合模型
ME, kJ/d	$550.83 \times BW^{0.75} + 575.00 \times BW^{0.75} \times ADG^{0.83}$	拟合模型
K _m	0.69	穆阿丽(2007) ^[65]
K _g	0.59	穆阿丽(2007) ^[65]
NE _m , kJ/d	$380.07 \times BW^{0.75}$	崔秋佳(2013) ^[2]
NE _g , kJ/d	$339.25 \times BW^{0.75} \times ADG^{0.83}$	拟合模型
NE, kJ/d	$380.07 \times BW^{0.75} + 339.25 \times BW^{0.75} \times ADG^{0.83}$	拟合模型

⑤育成母牛和青年母牛维持代谢能和维持净能需要量

于志(2014)^[3]利用消化代谢试验的结果将消化能摄入量(DEI, kJ/d)、代谢能摄入量(MEI, kJ/d)和ADG的进行线性回归,分别给出了DEI、MEI与ADG的回归方程:

$$DEI = 44380 \times ADG + 56420 \quad (R = 0.9102) \dots\dots\dots (5)$$

$$MEI = 39500 \times ADG + 49500 \quad (R = 0.8255) \dots\dots\dots (6)$$

在式(5)中ADG=0时, DEI=56420, 即试验牛日增重为零时维持消化能需要量, DE_m=560420 kJ。试验牛的平均体重为346.09 kg, 所以换算出试验牛维持消化能需要量为730.14 kJ/kg BW^{0.75}。试验牛每增重1000 g消化能的需要量

为44380 kJ。

在式（6）中当ADG=0时，MEI=49500，即试验牛日增重为零时维持代谢能需要量，ME_m=49500 kJ/d。试验牛的平均体重为346.09 kg，故换算得出维持代谢能需要量（ME_m）为616.90 kJ/kg BW^{0.75}。Km参考魏明（2018）^[71]研究结果为0.66。根据Km，可计算出NE_m=407.15×W^{0.75}。

⑥育成母牛和青年母牛增重代谢能和增重净能需要量

于志（2014）^[3]通过对相关数据的分析，建立荷斯坦牛消化能需要量和代谢能需要量与代谢体重和平均日增重关系的回归公式：

消化能需要量为：DE（kJ）=730.14 BW^{0.75}+44380×ADG……………（7）

代谢能需要量为：ME（kJ）=616.90 BW^{0.75}+39500×ADG……………（8）

Kg参考魏明（2018）^[71]研究结果为0.53。根据NASEM妊娠代谢能推荐量，在425 kg、450 kg、500 kg～550 kg和600 kg～650 kg阶段，每天在维持基础上增加3.17、8.87、12.67和22.19 MJ的妊娠代谢能需要量。

表 10 育成母牛和青年母牛代谢能和净能预测模型和相关参数

指标	公式	文献
ME _m , kJ/d	616.90×BW ^{0.75}	于志（2014） ^[3]
ME _g , kJ/d	39500×ADG	于志（2014） ^[3]
妊娠, kJ/d	425、450、500～550 和 600～650 kg 妊娠代谢需要量分别为 3170、8870、12670 和 22190 kJ	NASEM（2021）
ME, kJ/d	616.90×BW ^{0.75} +39500×ADG+ME _{妊娠}	于志（2014） ^[3]
K _m	0.66	魏明（2018） ^[71]
K _g	0.53	魏明（2018） ^[71]
K _{妊娠}	0.66	NASEM（2021）
NE _m , kJ/d	407.15×BW ^{0.75}	于志（2014） ^[3]
NE _g , kJ/d	20935×ADG	于志（2014） ^[3]
NE _{妊娠} , kJ/d	425、450、500～550 和 600～650 kg 妊娠代谢需要量分别为 2092.2、5854.2、8362.2 和 14645.4 kJ	NASEM（2021）
NE, kJ/d	407.15×BW ^{0.75} +20935×ADG+NE _{妊娠}	于志（2014） ^[3]

2.6.5 补充了粗蛋白质和代谢蛋白质需要量

依据：

蛋白质的需要量包括维持需要和生产需要。维持需要包括内源尿蛋白、皮屑蛋白（皮肤、皮肤分泌物和被毛）和代谢粪蛋白。生产需要包括妊娠、增重和泌乳对蛋白质的需要量。净蛋白需要量（NP）=维持净蛋白需要量（NP_m）+

增重净蛋白需要量 (NPg), $NPm = NP_{\text{皮屑蛋白}} + NP_{\text{代谢粪蛋白}} + NP_{\text{内源尿蛋白}}$ 。依据如下:

①后备母牛维持代谢蛋白和维持净蛋白需要量

根据析因法原理, 维持净蛋白 (NP) 的需要量包括皮屑蛋白、内源尿蛋白和代谢粪蛋白。Swanson 等 (1977) [72] 研究结果表明生长期 $NP_{\text{皮屑蛋白}} (\text{g/d}) = 0.22 \times BW^{0.6}$ 。Lapierre 等 (2020) [73] 研究表明体重小于 100 kg 奶牛代谢粪蛋白预测模型为 $MP = 13.64 \times DMI$, 体重大于 100 kg 奶牛代谢粪蛋白预测模型为 $MP = (11.62 + 0.134 \times NDF) \times DMI$ 。冯仰廉等 (1998) 将日粮可消化蛋白从略有体蛋白沉积调整至维持的 3 倍水平, 共 10 种日粮, 测定表观可消化氮的进食量和体氮沉积量, 用回归分析法研究进食可消化氮与体氮沉积的关系, 最后将沉积氮外推至零, 得出的维持可消化粗蛋白质需要量为 $2.5 \text{ g/BW}^{0.75}$, 根据尿氮排出量得出内源尿蛋白 (EUCP) $= 2.44 \text{ g/BW}^{0.75}$ 。Lapierre 等 (2020) [73] 表明 EUCP 与维持蛋白之间转化效率为 1, 皮屑蛋白和代谢粪蛋白与维持蛋白之间转化效率为 0.68。本标准采用此转化效率。因此, 体重小于 100 kg 犊牛维持代谢蛋白需要量预测模型如下: $MPm = 2.44 \text{ g/BW}^{0.75} + (0.22 \times BW^{0.6} + 13.64 \times DMI) / 0.68$, 体重大于 100 kg 奶牛维持代谢蛋白需要量预测模型如下: $MPm = 2.44 \text{ g/BW}^{0.75} + ((0.22 \times BW^{0.6} + 11.62 + 0.134 \times NDF\%) \times DMI) / 0.68$ 。体重小于 100 kg 犊牛维持净蛋白需要量预测模型如下: $NPm = 2.44 \text{ g/BW}^{0.75} + 0.22 \times BW^{0.6} + 13.64 \times DMI$, 体重大于 100 kg 奶牛维持净蛋白需要量预测模型如下: $NPm = 2.44 \text{ g/BW}^{0.75} + (0.22 \times BW^{0.6} + 11.62 + 0.134 \times NDF\%) \times DMI$ 。

②后备母牛增重代谢蛋白和增重净蛋白需要量

后备牛的蛋白质需要量取决于增重的体蛋白质沉积量, 《奶牛饲养标准》(NY/T 34-2004) 规定后备牛增重的体蛋白沉积 $NPg = ADG \times (170.22 - 0.1731 \times BW + 0.000178 \times BW^2) \times (1.12 - 0.1258 \times ADG)$, 本标准继续沿用此公式计算增重的体蛋白沉积。NASEM (2021) 推荐 MPg/NPg 值的预测模型为: $MPg/NPg = 0.70 - 0.532 \times BW/700$ 。本标准根据此预测模型计算后备牛增重代谢蛋白与增重净蛋白之间的转化效率。

③妊娠代谢蛋白和妊娠净蛋白需要量

Bell 等 (1995) [74] 对妊娠期子宫组织和胎儿蛋白含量进行了测定 (表 11), 根据其结果可知不同妊娠阶段妊娠净蛋白需要量, 结合 MP 用于妊娠净蛋白的

效率 0.33（NASEM 2021）即可求出妊娠代谢蛋白需要量。本标准规定体重 450 kg、500 kg、550~600 kg 和 650 kg 对应妊娠代谢蛋白需要量分别为 109、164、221 和 276 g/d（表 12）。

表 11 妊娠期净蛋白需要量

妊娠期, d	NP, g/d
190	36
210	54
23	73
250	91

表 12 妊娠代谢蛋白需要量对比

BW, kg	450	500	550~600	650
MP, g/d	109	164	221	276

NASEM（2021）在计算 MP 时规定了最小值，即（ $53-25 \times BW/700$ ）/ $4.184 \times ME$ ，本标准在计算后备牛 MP 时同样参照 NASEM（2021）计算最低 MP 需要量，当 MP_m 与 MP_g 之和小于 MP 最低需要量时，则推荐最低 MP 需要量。

④后备母牛粗蛋白质需要量

粗蛋白质与代谢蛋白转化效率方面，NASEM（2021）推荐饲喂液体饲料哺乳犊牛粗蛋白质（CP）与代谢蛋白（MP）转化效率为 0.95。犊牛在出生至 50 kg 阶段主要饲料为牛奶或代乳粉。因此，此阶段采用 0.95。饲喂液体饲料和固体饲料阶段哺乳犊牛粗蛋白质（CP）与代谢蛋白（MP）转化效率为 0.91，完全具有瘤胃功能的犊牛转化效率为 0.7。参照 NASEM（2021）推荐值，本标准 35 kg~50 kg 采用 0.95，60 kg~70 kg 采用 0.91，80 kg~150 kg 采用 0.7，175 kg~375 kg 采用 0.65，400 kg~650 kg 采用 0.62。

表 13 哺乳犊牛净蛋白、代谢蛋白和粗蛋白质预测模型和相关参数

指标	公式	转化效率 (MP/NP)	参考文献
NP _{皮肤蛋白} , g/d	$0.22 \times BW^{0.6}$	0.68	Swanson, 1977
NP _{代谢粪蛋白} , g/d	$13.64 \times DMI$	0.68	Lapierre et al., 2020
NP _{内源尿蛋白} , g/d	$2.44 \times BW^{0.75}$	1	冯仰廉

NPg, g/d	$ADG \times (170.22 - 0.1731 \times BW + 0.000178 \times BW^2) \times (1.12 - 0.1258 \times ADG)$	0.7-0.532×BW/700	奶牛饲养标准
NP, g/d	$0.22 \times BW^{0.6} + 13.64 \times DMI + ADG \times (170.22 - 0.1731 \times BW + 0.000178 \times BW^2) \times (1.12 - 0.1258 \times ADG)$	-	-
MP _{皮肤蛋白} , g/d	$0.32 \times BW^{0.6}$	-	-
MP _{代谢粪蛋白} , g/d	$20.06 \times DMI$	-	-
MP _{内源尿蛋白} , g/d	$2.44 \times BW^{0.75}$	-	-
MPg, g/d	$ADG \times (170.22 - 0.1731 \times BW + 0.000178 \times BW^2) \times (1.12 - 0.1258 \times ADG) / (0.7 - 0.532 \times BW/700)$	-	-
MP, g/d	$0.32 \times BW^{0.6} + 20.06 \times DMI + 2.44 \times BW^{0.75} + ADG \times (170.22 - 0.1731 \times BW + 0.000178 \times BW^2) \times (1.12 - 0.1258 \times ADG) / (0.7 - 0.532 \times BW/700)$	-	-
CP 转化为 MP 效率	35 kg~50 kg、60 kg~70 kg 和 80 kg~100 kg 阶段转化效率分别为 0.95、0.91 和 0.7	-	NASEM (2021)

表 14 断奶犊牛、育成牛和青年牛净蛋白、代谢蛋白和粗蛋白质预测模型和相关参数

指标	公式	转化效率 (MP/NP)	参考文献
NP _{皮肤蛋白} , g/d	$0.22 \times BW^{0.6}$	0.68	Swanson, 1977
NP _{代谢粪蛋白} , g/d	$(11.62 + 0.134 \times NDF\% DM) \times DMI$	0.68	Lapierre et al., 2020
NP _{内源尿蛋白} , g/d	$2.44 \times BW^{0.75}$	1	冯仰廉
NPg, g/d	$ADG \times (170.22 - 0.1731 \times BW + 0.000178 \times BW^2) \times (1.12 - 0.1258 \times ADG)$	0.7-0.532×BW/700	奶牛饲养标准
NP, g/d	$0.22 \times BW^{0.6} + (11.62 + 0.134 \times NDF\% DM) \times DMI + ADG \times (170.22 - 0.1731 \times BW + 0.000178 \times BW^2) \times (1.12 - 0.1258 \times ADG) + NP_{妊娠}$	-	-
MP _{皮肤蛋白} , g/d	$0.32 \times BW^{0.6}$	-	-
MP _{代谢粪蛋白} , g/d	$(11.62 + 0.134 \times NDF\% DM) \times DMI / 0.68$	-	-
MP _{内源尿蛋白} , g/d	$2.44 \times BW^{0.75}$	-	-
MPg, g/d	$ADG \times (170.22 - 0.1731 \times BW + 0.000178 \times BW^2) \times (1.12 - 0.1258 \times ADG) / (0.7 - 0.532 \times BW/700)$	-	-
MP _{妊娠} , g/d	450 kg、500 kg、550~600 kg 和 650 kg 对应妊娠代谢蛋白需要量分别为 109、164、221 和		Bell et al., 1995

	276 g/d		
MP, g/d	$0.32 \times BW^{0.6} + (11.62 + 0.134 \times \text{NDF\% DM}) \times \text{DMI} / 0.68 + 2.44 \times BW^{0.75} + \text{ADG} \times (170.22 - 0.1731 \times BW + 0.000178 \times BW^2) \times (1.12 - 0.1258 \times \text{ADG}) / (0.7 - 0.532 \times BW / 700) + \text{MP}_{\text{妊娠}}$	-	-
最低 MP (g/MJ ME)	$(53 - 25 \times BW / 700) \times 4.184 \times \text{ME (MJ/d)}$		NASEM
CP 转化为 MP 效率	125~150 kg、175 kg~375 kg 和 400 kg~650 kg 阶段转化效率分别为 0.7、0.65 和 0.62	-	NASEM (2021)

2.6.6 钙（Ca）、磷（P）需要量数据进行了修改

依据：

钙是构成骨骼的重要组成成分，在肌肉收缩过程中起到至关重要的作用，同时钙还参与体内酸碱平衡，神经系统及心肌功能的正常运转。动物体吸收的磷80%以上集中在骨骼和牙齿中，其余的分散于全身各个组织器官及体液。NASEM（2021）推荐体重在35~125 kg、犊牛液体饲料和开食料（以干物质为基础）中钙含量分别为0.80%和0.75%，磷含量分别为0.60%和0.36%，能够满足犊牛增重在0.5~1.2 kg/d。本标准参考NASEM（2021）的推荐量在35 kg~60 kg按完全供给液体饲料计算相应钙磷需要量。70 kg~90 kg按80%干物质采食量为液体饲料，20%为固体饲料计算钙磷需要量。100 kg~101 kg按20%干物质采食量为液体饲料，80%为固体饲料计算钙磷需要量。

断奶犊牛、育成牛和青年牛的Ca和需要量采用析因法估测，即分为维持、生长和妊娠。NASEM（2021）将断奶犊牛、育成牛和青年牛可吸收维持Ca需要量设为0.9 g/kg DMI，而可吸收增重和妊娠Ca需要量为BW和（或）ADG相关的复合函数即： $\text{Ca}_{\text{增重}} = ((9.83 \times 700^{-0.22}) \times BW^{-0.22}) \times \text{ADG}$ ， $\text{Ca}_{\text{妊娠}} = (0.02456 \times e^{(0.05581 - 0.00007 \times t)} - 0.02456 \times e^{(0.05581 - 0.00007 \times (t-1) \times (t-1))}) \times (BW/715)$ ，其中t指妊娠日龄（>190 d）。育成牛和青年牛可吸收维持P需要量模型分别为0.8 g P/kg DMI+0.0006 g P/kg BW和1.0 g P/kg DMI+0.0006 g P/kg BW，可吸收增重P需要量计算模型为 $(1.2 + ((4.635 \times 700^{0.22} \times BW^{-0.22})) \times \text{ADG}$ ，可吸收妊娠P需要量计算模型为 $0.02743 \times e^{(0.05527 - 0.000075 \times t)} - 0.02743 \times e^{(0.05527 - 0.000075 \times (t-1) \times (t-1))} \times (BW/715)$ 。本标准根据实际生产数据将体重为450 kg、500 kg、550 kg、600 kg和650 kg青年牛妊娠日龄分别设为190、210、230、250和280天。Ca和P吸收系数参考NASEM（2021），分别为0.60和0.75。

2.6.7 删除了可消化粗蛋白质、小肠可消化粗蛋白质、胡萝卜素和维生素A

依据:

可消化粗蛋白质只关注饲料中蛋白质表观消化率（总消化道），忽视了反刍动物利用的大部分蛋白质实际来源于瘤胃微生物合成的微生物蛋白（MCP）以及瘤胃非降解蛋白。因此，可消化粗蛋白质需要量并不能准确反映在小肠被消化的蛋白质总量。小肠可消化蛋白质虽然比可消化粗蛋白质进了一步，考虑了瘤胃“逃逸”的RUP和微生物合成的MCP，指出了最终到达小肠并可被消化的蛋白质总量。然而，并没有考虑最终被小肠吸收的氨基酸/小肽在机体组织中被代谢利用的效率问题。不同来源和不同构成的蛋白质/氨基酸，即使在小肠被消化吸收的数量相同，其被机体真正用于合成代谢（如产奶、增重）的效率也可能存在巨大差异（因氨基酸平衡、吸收速率、代谢损耗等）。代谢蛋白（MP）精确量化了动物生理功能和生产所需的“有效蛋白质量”。因此，删除了可消化粗蛋白质和小肠可消化粗蛋白质，并给出了代谢蛋白需要量。胡萝卜素维生素A的前体物质，维生素A是奶牛体内直接参与生理功能的活性物质。因此删除了胡萝卜素需要量。

2.6.8 新增“表5 后备母牛日粮营养浓度推荐量”，补充了中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维和淀粉

依据:

①后备母牛碳水化合物需要量

任春燕（2018）^[75]以1~112日龄犊牛为研究对象，探究了开食料NDF水平对断奶前后犊牛生长发育、屠宰性能、血清生理生化、胃肠道发育及胃肠道微生物菌群结构等的影响。从整个试验结果看，1~112日龄犊牛开食料中NDF含量为19.91%，ADF含量10.5%时有利于提高断奶后的日增重、体重和屠宰性能，促进瘤胃发育和改善瘤胃内环境。王立斌（2013）^[76]推荐开食料NDF含量在13%~25%，ADF含量在6%~20%（表15）。

表15 典型开食料营养组成

项目	数值
DM	88%
CP	18%~20%
粗脂肪	3%~5%
NDF	13%~25

ADF	6%~20%
总可消化养分	80%
ME	13.8 MJ/kg

李岚捷（2017）^[77]选取2~3月龄健康、平均体重为（94.38±0.25）kg的犊牛作为试验动物，试验通过设置不同NFC/NDF水平的日粮，测定犊牛生长性能、瘤胃组织形态、血清指标、瘤胃发酵参数和瘤胃微生物区系等指标，探讨3~6月龄犊牛适宜NFC/NDF水平。从全文结果看，采食NFC/NDF为1.35（NDF:34.43%）饲料的犊牛ADG最高，而净肉率、屠宰率、其他各器官指数和肉品质指标不受饲料NFC/NDF水平的影响。营养物质消化代谢方面，NFC/NDF为1.35（NDF:34.43%）日粮使犊牛表现出较高的DM、OM、NDF、ADF表观消化率，并在能量的消化利用率、沉积氮和消化氮方面具有优势，促进了犊牛的生长发育，因此，推荐3~6月龄犊牛饲料NFC/NDF为1.35，即NDF含量为34.43%。杨宏波（2015）^[78]选用12头中国荷斯坦断奶犊牛（121.25±4.12 kg）作为试验动物，探究不同精粗比颗粒饲料对犊牛生长性能、营养物质表观消化率、血液指标、瘤胃发酵和胃肠道发育的影响。不同精粗比颗粒饲料对犊牛增重、平均日增重、体尺指标无显著影响。粗料35%组CP、NDF和ADF表观消化率最高。试验结果表明，当给犊牛颗粒日粮中添加35%~40%的粗饲料（NDF：34.72%~37.68%；ADF：15.41%~16.62%）时，更有利于饲料中营养物质消化和机体蛋白质的合成，并能促进瘤胃微生物的生长和胃肠道的发育。根据团队牧场调研数据显示（中国后备奶牛培育现状白皮书 2020），47个牧场育成牛日粮NDF含量均值为42.7%，ADF为25.8%（表16）；青年牛日粮NDF含量均值为48.0%，ADF为30.1%（表17）。

表16 育成牛日粮营养成分（干物质基础，n=47牧场）

营养成分，%	平均数	最大值	最小值	标准差
干物质	47.4	55.9	39.5	4.89
粗蛋白质	16.2	18.4	14.2	1.06
粗脂肪	2.76	4.06	1.30	0.79
粗灰分	8.42	11.0	6.32	1.31
钙	1.04	2.50	0.55	0.37
磷	0.47	0.67	0.35	0.07
中性洗涤纤维	42.7	52.1	27.4	4.63
酸性洗涤纤维	25.8	34.7	21.3	3.26

表17 青年牛日粮营养成分（干物质基础，n=47牧场）

营养成分，%	平均数	最大值	最小值	标准差
干物质	48.9	57.8	38.9	4.56
粗蛋白质	14.9	20.2	8.04	1.47
粗脂肪	2.52	3.73	1.33	0.77
粗灰分	8.57	11.0	6.32	1.57
钙	0.93	4.68	0.34	0.83
磷	0.43	0.54	0.30	0.07
中性洗涤纤维	48.0	56.0	25.8	5.37
酸性洗涤纤维	30.1	35.9	23.8	3.27

表 18 生产中后备牛典型配方 NDF 和淀粉水平

原料组成（kg/d）	生理阶段		
	6~9 月龄	10~13 月龄	>14 月龄
全株玉米青贮	8	8	10
国产燕麦干草	1.6		
苜蓿青贮		1.5	2
小麦秸		3	4.3
豆粕	1	1.2	1.2
DDGS	1	0.7	0.75
玉米	0.4		
喷浆玉米皮	0.4	0.7	0.7
后备预混料	0.3	0.3	0.3
合计	12.7	15.4	19.25
营养成分（%，DM 基础）			
干物质采食量（kg/d）	6.8	8.4	10.5
泌乳净能（MCal/kg）	1.66	1.46	1.41
泌乳净能（MJ/kg）	6.96	6.10	5.88
粗蛋白质	16.3	14.8	13.4
NDF	38.8	47.4	50.0
粗料中的 NDF	28.5	39.2	43.2
ADF	21.4	28.1	30.1
淀粉	17.8	12.0	11.8
脂肪	2.9	2.5	2.4

综上所述，根据文献资料结合生产中的典型牛场的后备牛配方，本标准推荐哺乳犊牛日粮NDF含量为12%~20%，ADF含量为7%~11%；断奶犊牛日粮NDF含量为34%~38%，ADF含量为14%~22%；育成牛日粮NDF含量为40%~

50%，ADF含量24%~29%；青年牛日粮NDF含量为45%~55%、ADF含量24%~33%。

表19 后备牛各阶段日粮NDF和ADF推荐量

生理阶段	体重, kg	NDF推荐范围, %	ADF推荐范围, %	参考文献
哺乳犊牛	35~100	12~20	7~11	任春燕, 2018 王立斌, 2013
断奶犊牛	101~225	34~38	14~22	李岚捷, 2017 杨宏波, 2015
育成牛	226~425	40~50	24~29	《中国后备奶牛培育现状白皮书》
青年牛	426~650	45~55	24~33	《中国后备奶牛培育现状白皮书》

李德胜（2021）^[79]选用64头4日龄健康荷斯坦奶公犊作为试验动物，根据初生重和出生天数相近原则，随机分为8个处理组，每个处理组8个重复，每个重复1头牛。试验采用2×2×2析因试验设计，试验设计为断奶日龄（35日龄、42日龄）、开食料淀粉水平31.5%、24.5%）和开食料原料构成（普通、熟化）三个因素分别为两个水平进行试验。试验期为0~65天，体重范围为40~90 kg。干物质采食量随着淀粉水平降低而增加，24.5%淀粉水平可提高犊牛ADG及末重且更有利于犊牛瘤胃优势菌门与菌属的建立。马学良（2021）^[80]选取日龄为15.98±1.75天、体重为41.72±2.81 kg中国荷斯坦犊牛120头（公母各60头），按照性别以及日龄、体重相近的原则，分为12群，每圈公母各5头，共10头。分别饲喂低淀粉、低淀粉+丁酸钠、高淀粉与高淀粉+丁酸钠开食料。整个试验分为哺乳期（2~9周龄）7周与断奶应激期（10~12周龄）3周。结果表明开食料淀粉水平为26%~28%提高了生产性能指标，包括采食量、断奶体重和日增重。Chishti等（2021）^[81]选择16头8~16周龄荷斯坦公犊牛作为试验动物，采用2×2双因素试验设计。试验处理分别为两水平淀粉（18%和38%）和两水平蛋白（16%和22%）。日粮淀粉水平对犊牛DMI、末重和ADG无显著性影响，高淀粉日粮促进了犊牛DM和淀粉消化率，同时也降低了NDF和ADF的表观消化率。Hu等（2018）^[82]通过荟萃分析探究0~16周龄犊牛日粮淀粉含量与生产性能和营养物质表观消化率的关系。从文献集发现日粮淀粉含量介于10%~53%之间，同时作者指出在美国0~16周龄犊牛日粮淀粉含量介于23%~43%之间。

郝健等（2022）^[83]在50座规模化牧场中开展青年牛日粮适宜淀粉水平试验

研究，试验采用2×4两因素完全交叉分组设计，两因素为淀粉和粗蛋白质，淀粉水平分别为13%~14%、14%~15%、15%~16%和16%~17%，粗蛋白质的两个水平为10%~13%和13%~16%。结果显示，日粮淀粉水平对青年牛产后35 d、70 d单产影响显著，淀粉水平14%~15%组和15%~16%组两组间单产差异不显著，但均显著高于13%~14%组和16%~17%组，推荐参配后青年牛日粮中淀粉含量控制在14%~16%。同时标准组整理了有关断奶犊牛、育成牛和成母牛日粮中淀粉、NDF和ADF含量的国外文献资料（表20）。根据整理的数据本标准最终推荐哺乳犊牛日粮淀粉含量为25%~30%；断奶犊牛日粮淀粉含量为18%~25%；育成牛日粮淀粉含量为12%~18%；青年牛日粮淀粉含量为12%~18%（表21）。

表20 国外有关日粮淀粉、NDF和ADF相关文献数据

参考文献	起始体重, kg	淀粉, %	NDF, %	ADF, %
Malekkhahi et al., 2022 ^[84]	105	38.2~38.4	24~24.2	14.6~14.
Coblentz et al., 2020 ^[85]	434	14	41.7	29.3
Stahl et al., 2020 ^[86]	95	14.39	42.92	27.38
Kljak et al., 2017 ^[87]	364.8	8.25~28.7	41~55	23~33
Lascano et al., 2016 ^[88]	486	15.1~23.3 29.8~32.4	48.08~65.75 31.72~36.05	18.71~21.84 27.54~33.95
Pino et al., 2016 ^[89]	438.31	3.54~31.73 3.58~31.78	37~41.73 36.78~42.43	28.05~32.3 27.73~33.43
Hammond et al., 2015 ^[90]	382 292	10.0~32.9 15.8~26.3	26.7~38.5 31.5~34.3	17.1~25.1 21.9~26.8
Suarez~Mena et al., 2013 ^[91]	344	21.45~23.12 17.44~18.66	39.94~42.12 46.27~47.6	25.23~26.83 28.23~29.33
Lascano et al., 2012 ^[92]	432.49	16.74~27.93	37.55~38.37	20.81~23.24
Lascano et al., 2011 ^[93]	335.6	32.76~37.61 19.68~27.36	32.85~38.02 35.9~52.26	19.08~25.35 22.06~37.94
Zanton et al., 2009 ^[94]	362	40.01~58.36 20.17~34.67	22.43~24.48 40.37~42.34	13.76~14.25 26.66~27.33
Gableret et al., 2003 ^[95]	152	19~20.6	39.7~44.5	24.5~28.9

表21 后备牛日粮淀粉推荐量

生理阶段	体重, kg	淀粉推荐范围, %	参考文献
哺乳犊牛	40~100	25~30	李德胜 (2021) 马学良 (2021) Chishti (2020)
断奶犊牛	101~225	18~25	Gableret (2003)
育成牛	226~425	12~18	Kljak (2017) Hammond (2015) Bonfante (2016)
青年母牛	426~650	12~18	郝健 (2022)

2.6.9 新增“表 5 后备母牛日粮营养浓度推荐量”中，给出矿物质元素和维生素推荐量

依据：

由于国内对后备母牛矿物元素需要量的研究相对较少，本标准的矿物元素需要量借鉴 NASEM (2021) 的推荐量参数。NASEM (2021) 规定了哺乳犊牛 (35 kg~100 kg) 可吸收 K、Na、Cl 和 Mg 的需要量计算方程，并且给出各元素吸收系数分别为 0.13、0.24、0.24 和 0.30。本标准参考 NASEM (2021) 中哺乳犊牛常量矿物质元素营养需要量方程，具体如下：

$$K, \text{ g/d} = 0.0203 \times 0.94 \times BW + (1.14 \times 0.94 \times BW^{-0.048} \times 0.91 \times \text{ADG})$$

$$Na, \text{ g/d} = 0.00637 \times 0.94 \times BW + (1.508 \times 0.94 \times BW^{-0.045} \times 0.91 \times \text{ADG})$$

$$Cl, \text{ g/d} = 0.8 \times [0.00637 \times 0.94 \times BW + (1.508 \times 0.94 \times BW^{-0.045} \times 0.91 \times \text{ADG})]$$

$$Mg, \text{ g/d} = 0.0035 \times EBW + (0.60 \times 0.94 \times BW^{-0.036} \times 0.91 \times \text{ADG})$$

NASEM (2021) 将断奶犊牛、育成牛和青年牛可吸收维持 Na 需要量设为 1.4 g/kg DMI，可吸收增重 Na 需要量设为 1.4 g/kg ADG，可吸收妊娠 Na 需要量设为 $1.4 \times (BW/715)$ ；可吸收维持 Cl 需要量设为 1.11 g/kg DMI，可吸收增重 Cl 需要量设为 1 g/kg ADG，可吸收妊娠 Cl 需要量设为 $1 \times (BW/715)$ ；可吸收维持 K 需要量设为 $2.5 \times \text{DMI} + 0.07 \times BW$ ，可吸收增重 K 需要量设为 2.5 g/kg ADG，可吸收妊娠 K 需要量设为 $1.03 \times (BW/715)$ ；可吸收维持 Mg 需要量设为 $0.3 \times \text{DMI} + 0.0007 \times BW$ ，可吸收增重 Mg 需要量设为 0.45 g/kg ADG，可吸收妊娠 Mg 需要量设为 $0.3 \times (BW/715)$ ；S 需要量设为 1.4 g/kg DMI。断奶犊牛、育成牛和青年牛 Na、Cl、K 和 Mg 吸收系数参考 NASEM (2021)，分别为 1、0.92、

1 和 0.23。

微量矿物元素方面，NASEM（2021）将哺乳犊牛可吸收铜需要量设为 $0.0145 \times BW + 2.5 \times ADG$ ，可吸收铁需要量设为 34 mg/kg ADG，可吸收锰需要量设为 $0.0026 \times BW + 0.7 \times ADG$ ，可吸收锌需要量设为 $2 \times DMI + 24 \times ADG$ ，碘需要量设为 0.8 mg/kg DMI，硒需要量设为 0.3 mg/kg DMI，钴需要量设为 0.2 mg/kg DMI。

NASEM（2021）将断奶犊牛、育成牛和青年牛可吸收维持铜需要量设为 0.0145 mg/kg BW；可吸收增重铜需要量设为 2.0 mg/kg ADG，可吸收妊娠铜需要量设为 0.0003 mg/kg BW（ $90 < \text{妊娠日龄} < 190$ ）和 $0.0023 \times BW$ （妊娠日龄 > 190 ）；可吸收维持铁需要量忽略不计，可吸收增重铁需要量设为 34 mg/kg ADG，可吸收妊娠铁需要量设为 0.025 mg/kg BW（妊娠日龄 > 190 ）；可吸收维持锰需要量设为 0.0026 mg/kg BW，可吸收增重锰需要量设为 2 mg/kg ADG，可吸收妊娠锰需要量设为 0.0026 mg/kg BW（妊娠日龄 > 190 ）；可吸收维持锌需要量设为 5.0 mg/kg DMI，可吸收增重锌需要量设为 24 mg/kg ADG，可吸收妊娠锌需要量设为 0.017 mg/kg BW（妊娠日龄 > 190 ）；硒的需要量设为 0.3 mg/kg DMI，钴的需要量设为 0.2 mg/kg DMI，铬的需要量设为 0.5 mg/kg DMI，碘的需要量设为 $0.216 \times BW^{0.528}$ 。

初生犊牛对日粮 Cu 的吸收效率可达 70%。Bremner 和 Dalgarno（1973）发现，3~14 周龄的犊牛可将日粮 Cu（ CuSO_4 ）的 50%~60% 沉积到肝脏中。随着瘤胃功能的完善，奶牛对 Cu 的吸收会大大减少，成年牛的 Cu 吸收率通常小于 0.05（NRC 2001 推荐为 0.05~0.1）。日粮中 Cu 通常以 CuSO_4 、 CuCl_2 、 CuO 和 CuCO_3 的形式补充。 CuSO_4 和 CuCl_2 是普通无机 Cu 来源中生物学效价最高的， CuCO_3 居中， CuO 较低（Ammerman 和 Miller，1972）。 CuO 几乎不能被溶解，故不能作为适宜的铜源。研究表明饲料原料 Cu 吸收率为 0.04， CuSO_4 和 CuCO_3 的吸收率为 0.05， CuO 的吸收率为 0.005。本标准参照 NASEM（2021）将哺乳犊牛 Cu 的吸收率设定为 0.5，断奶犊牛、育成牛和青年牛设为 0.05。

三价铁离子（ Fe^{3+} ）在反刍动物肠道内几乎不能被吸收。饲料原料中大部分铁在是以三价形式存在的。皱胃中的酸可将一部分三价铁离子转化成为二价铁离子（ Fe^{2+} ）。 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 和 $\text{FeSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 的吸收率为 0.2， FeCO_3 吸收率为

0.1，FeO 的吸收率最低为 0.01。根据 NRC（2001）和 NASEM（2021）推荐饲料中铁的吸收效率为 0.1。本标准参照 NASEM（2021）将哺乳犊牛 Fe 的吸收率设定为 0.25，断奶犊牛、育成牛和青年牛设为 0.1。

MnCl₂ 吸收率为 0.005，MnSO₄ 的吸收率为 0.005，MnCO₃ 的吸收率为 0.0015，MnO 的吸收率为 0.003，日粮原料中 Mn 的吸收率为 0.004。本标准参照 NASEM（2021）将哺乳犊牛 Mn 的吸收率设定为 0.01，断奶犊牛、育成牛和青年牛设为 0.0042。日粮原料中 Zn 的吸收率为 0.2。本标准参照 NASEM（2021）将哺乳犊牛 Zn 的吸收率设定为 0.25，断奶犊牛、育成牛和青年牛设为 0.2。

NASEM（2021）推荐哺乳犊牛、断奶犊牛、育成牛和青年牛 VA 需要量为 110 IU/kg BW；哺乳犊牛 VD 需要量为 32 IU/kg BW，育成牛和青年牛 VD 需要量为 30 IU/kg BW；哺乳犊牛 VE 需要量为 2 IU/kg BW，断奶犊牛、育成牛和青年牛 VE 需要量为 1.6 IU/kg BW。本标准参照 NASEM（2021）计算 VA、VD 和 VE 需要量。

2.7 更改了成母牛营养需要量（见第 5 章，2004 版的 3.4 中的表 4、表 5 和表 6）

原标准内容：

3.4 各种牛的综合营养需要（表 4~表 6）

标准内容：

5 成母牛营养需要量

成母牛营养需要量应符合表6的要求

依据：

合并原标准的表 4、表 5 和表 6，更新了成母牛各营养成分需要量的推荐量数据；增加了产奶量、干物质采食量（DMI）、粗蛋白质（CP），瘤胃降解蛋白质（RDP），代谢蛋白质（MP），赖氨酸，蛋氨酸，赖蛋比、粗脂肪、中性洗涤纤维（NDF）、粗饲料来源 NDF、淀粉、瘤胃降解淀粉（RDS）、可溶性糖、常量矿物元素、微量矿物元素，维生素等营养需要量的推荐范围；删除了可消化粗蛋白质、小肠可消化粗蛋白质、胡萝卜素等营养成分推荐量。

具体各营养成分推荐量确定依据如下。

2.7.1 建立成母牛体重等参数

营养需要估测时奶牛体重是一个关键参数，但研究奶牛体重和变化的文献较少。熊厚亮（2020）^[96]测定了 6719 头泌乳奶牛的体重变化数据，给出了不同胎次不同泌乳月奶牛的体重数据，见下表。

表 22 不同泌乳月奶牛体重变化（kg，N=6719）

泌乳月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
一胎	575	569	553	569	602	624	637	653	652	653
二胎	617	628	604	602	641	652	669	690	695	730
三胎	698	657	659	663	670	670	681	697	714	740
算数平均	630	618	605	611	637	649	662	680	687	708

同时收集了现代化大型牧场的 6.45 万条成母牛体重数据。将两部分数据相同月龄取平均数并汇总，包括干奶、产后第 1~3 d、泌乳期第 1~13 个月的成母牛体重，见表 23。

表 23 不同泌乳月奶牛的参考体重（kg）

	泌乳月													
干奶	产后	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
731	678	618	627	610	625	652	661	667	680	688	708	716	715	721

基于上述参数，本标准计算需要量时干奶前期和围产前期奶牛体重分别采用 650~750 和 740 kg，新产期、泌乳前期、泌乳中期、泌乳后期体重分别采用 650、620、670 和 710 kg。新产期、泌乳前期、泌乳中期、泌乳后期产奶量采用 30~40、40~50、30~40、20~30 kg，BCS 分别采用 3.5、2.5、3 和 3.25 分，乳脂率为 3.8%，乳蛋白率 3.3%。

2.7.2 建立成母牛干物质采食量预测模型

泌乳奶牛干物质采食量预测模型

NASEM（2021）在 DMI 预测时参考了 de Souza 等（2019）^[97]开发的经验方程。de Souza 等（2019）使用的数据集包括 2791 头奶牛的 3143 个胎次（1462 个头胎和 1681 个经产）的 31 635 周次的观察数据，奶牛的参数包括：泌乳天数（DIM）为 1 至 368 d，平均 DIM 为 105±50 d，DMI 为 24.3±4.55 kg，牛奶净能（MilKE）为 29.9±6.23 Mcal/d，BW 为 624±80.2 kg，BCS 为 3.03±0.459，体重变化为 0.021±1.22 kg/d。de Souza 等（2019）推荐的预测 DMI 的公式如下：

$$\text{DMI (kg/d)} = [(3.7 + \text{胎次} \times 5.7) + 0.305 \times \text{Milke (Mcal/d)} + 0.022 \times \text{BW (kg)} + (-0.689 - \text{胎次} \times 1.87) \times \text{BCS}] \times [1 - (0.212 + \text{胎次} \times 0.136) \times \exp(-0.053 \times \text{DIM})]$$

其中，胎次包含 0（头胎牛）和 1（多胎牛），BCS 为 1 分（瘦）到 5 分（肥胖），Milke 为牛奶的能量含量，BW 为体重，DIM 为泌乳天数。

在胎次数据未知或对于混合群时，提出了简化预测 DMI 的公式如下：

$$\text{DMI (kg/d)} = (6.89 + 0.305 \times \text{Milke (Mcal/d)} + 0.022 \times \text{BW (kg)} - 1.74 \times \text{BCS}) \times [1 - 0.288 \times \exp(-0.053 \times \text{DIM})]$$

其中，BCS 为 1 分（瘦）到 5 分（肥胖），Milke 为牛奶的能量含量，BW 为体重，DIM 为泌乳天数。本标准采用上述简化公式预测泌乳牛混合群的 DMI。

干奶牛和围产牛干物质采食量预测模型

NASEM（2021）给出了日粮 NDF 在 30%~55%，产前 3 周干奶牛 DMI 的预测公式：

$$\text{DMI} / (100 \text{ kgBW}) = 1.47 - [(0.365 - 0.0028 \times \text{NDF}(\%)) \times W] - 0.035 \times W^2,$$

其中 NDF 是 DM 的百分比，NDF 处在边界之外则取边界值；W（周）为负值。本标准采用上述公式对干奶前期的 DMI 进行预测，采用产前第 3 周的数值，我国干奶牛 NDF 采用 50%。

围产前期 DMI 在产前 2.5 周开始下降，下降速率与日粮 NDF 负相关，采用 NDF 为 45% 时，产前 2 周和 1 周下降到体重的 1.81% 和 1.67%。本标准采用此参数预测围产牛的 DMI。

2.7.3 成母牛能量需要

成母牛维持的能量需要

NY/T 34-2004 版标准规定，在适宜环境温度拴系饲养条件下，奶牛的绝食代谢产热量（kJ）=293×BW^{0.75}。对自由运动可增加 20% 的能量，即 356×BW^{0.75} kJ。第一个和第二个泌乳期奶生能量需要在以上维持需要基础上增加 20% 和 10%，即 427 和 391×BW^{0.75} kJ。放牧运动时，奶牛能量需要明显增加，运动的能量需要见表 24。418 BW^{0.75} kJ 的维持净能的需要量与 NASEM（2021）的推荐标准一致，本标准计算泌乳牛维持净能需要时采用此参数，干奶牛采用 391×BW^{0.75} kJ 计算维持净能需要。

表 24 水平行走的维持能量需要（kJ/d）

行走距离（km）	行走速度（m/s）
----------	-----------

	1	1.5
1	364 BW ^{0.75}	368 BW ^{0.75}
2	372 BW ^{0.75}	377 BW ^{0.75}
3	381 BW ^{0.75}	385 BW ^{0.75}
4	393 BW ^{0.75}	398 BW ^{0.75}
5	406 BW ^{0.75}	418 BW ^{0.75}

产奶的能量需要

产奶的能量需要=牛奶的能量含量×产奶量，NY/T 34-2004 规定每 1 kg 牛奶的能量含量采用下述公式计算，本标准继续采用此公式。

牛奶的能量含量（kJ/kg）=750.00+387.98×乳脂率+163.97×乳蛋白率+55.02×乳糖率。

成母牛的体重变化的能量需要

NY/T 34-2004 版标准规定成母牛每增重 1 kg 需 25.10 MJ 产奶净能，相当 8 kg 标准乳；每减重 1 kg 可产生 20.58 MJ 产奶净能，即 6.56 kg 标准乳。本标准继续采用此规定。

妊娠能量需要

NY/T 34-2004 版标准规定奶牛妊娠第 6、7、8 和 9 个月时，妊娠能量需要每天在维持需要基础上增加 4.18、7.11、12.55 和 20.92 MJ 的产奶净能。本标准继续采用此规定。本标准与 NASEM（2021）规定的典型阶段奶牛每日产奶净能需要量基本接近，见下表。

表 25 修订后产奶净能需要量对比

项目	干奶牛			高产牛			低产牛		
	本标准	NASEM (2021)	NY/ T 34- 2004	本标准	NASEM (2021)	NY/ T 34- 2004	本标准	NASEM (2021)	NY/ T 34- 2004
体重, kg	720	720	720	620	620	620	710	710	710
产奶量, kg				45	45	45	20	20	20
DMI, kg/d	13.5	13.4	13.5	25.8	26.2	25.8	21.3	21.1	21.3
NE _L , MJ/kg	5.5	5.7	5.5	7.3	7.2	7.3	6.0	6.1	6.0
泌乳净能需要 /NE _L , MJ/d	74	76	74	188	189	188	127	128	127
其中, 维持需要	54.3	58.1	54.3	51.9	51.9	51.9	57.5	57.5	57.5
产奶需要				136.5	136.7	136.5	60.6	60.8	60.8
增重需要	7.5	7.0	7.5	0	0	0	5.0	4.7	5.0
妊娠需要	12.5	11.2	12.5	0	0	0	4.2	5.2	4.2

奶牛能量单位（NND）

奶牛能量单位（NND）采用以兆焦为单位的结果除以 3.138 进行转化得到，

NND 单位为个。

2.7.4 成母牛蛋白质需要

维持的代谢蛋白（MP）需要

本标准采用 Lapierre 等（2020）^[98]对代谢蛋白的规定。Lapierre 等（2020）将维持的净蛋白需要（CP 基础）定义如下。1）皮屑代谢的 NP 需要量（g/d） $=0.2 \times BW^{0.60}$ ，其中 BW 为体重（kg）；2）内源尿氮排泄的 NP 需要量（g/d） $=0.33 \times BW$ ，其中 BW 为体重（kg）；3）代谢粪氮 NP 需要量（g/d） $= (11.62 + 0.134 \times NDF\%_{DM}) \times DMI$ ，其中 $NDF\%_{DM}$ 为干物质基础的 NDF 含量，DMI 为干物质采食量（kg）。本标准对干奶牛、围产牛 NDF 平均含量分别采用 50% 和 40%，泌乳牛前、中、后期分别采用 28%、35% 和 40%。

MP 转化为 NP 的效率方面，Lapierre 等（2020）认为 MP 转化为尿氮排泄的效率为 1；采用构建数据库进行预测，MP 用于皮屑代谢、代谢粪氮和乳蛋白生产的综合效率在 0.65。本标准采用其转化系数，即代谢蛋白转化为皮屑代谢、代谢粪氮的净蛋白需要系数 0.65。

产奶的代谢蛋白（MP）需要

NY/T 34-2004 版标准规定，产奶的代谢蛋白需要量=牛奶的蛋白量/0.70，乳蛋白率（%）根据实测确定。虽然其转化效率高于 Lapierre 等（2020）的建议，但与 NASEM（2021）推荐的 0.69 接近，本标准继续采用 0.70。

妊娠的代谢蛋白（MP）需要

NY/T 34-2004 版标准规定妊娠的代谢蛋白需要量为妊娠第 6、7、8、9 个月时为 43、73、115、169 g。但 NY/T 34-2004 需要量规定与 NASEM（2021）相比偏低，见表 26。

NASEM（2021）规定妊娠的 NP 需要为 $NP\text{-}gestation \text{ (g/d)} = GainGrUter \times 125$ ，其中 $GainGrUter$ 是妊娠子宫日增重（kg/d），奶牛 MP 用于妊娠的效率取 0.33。妊娠期子宫的日增重预测模型为： $GrUter_Wt_{gain} \text{ (kg/d)} = [0.0243 - (0.0000245 \times \text{妊娠天数})] \times \text{犊牛初生重} \times 1.825 \times EXP\{-[0.0243 - (0.0000245 \times \text{妊娠天数})] \times (280 - \text{妊娠天数})\}$ ，其中妊娠天数必须在 12 和 280 d 之间。犊牛初生重取 40 kg 平均值，妊娠月 6、7、8 和 9 个月（妊娠天数分别取 190、220、240、270 d）的 MP 需要量分别为 93、168、244、410 g。本标准

采用此值对原妊娠的代谢蛋白需要量进行修订。

鉴于成母牛增减重更多的是能量需要，蛋白需要量很低，本标准暂未考虑成母牛增减重对蛋白的需要量。

表 26 修订后代谢蛋白（MP）典型需要量对比

项目	干奶牛			高产牛			低产牛		
	本标准	NASEM (2021)	NY/T 34- 2004	本标准	NASEM (2021)	NY/T 34- 2004	本标准	NASEM (2021)	NY/T 34- 2004
体重, kg	720	720	720	620	620	620	710	710	710
产奶量, kg				45	45	45	20	20	20
DMI, kg/d	13.5	13.4	13.5	25.8	26.2	25.8	21.3	21.1	21.3
代谢蛋白 /MP, %	6.5	5.3	3.4	11.4	10.3	9.4	8.9	7.7	6.4
代谢蛋白 /MP, g/d	873	713	462	2952	2690	2432	1885	1636	1360
其中维持需要	629	469	347	830	644	311	829	612	344
产奶需要				2121	2047	2121	943	910	943
妊需要	244	244	115	0	0	0	114	114	73
维持需要细分									
皮屑代谢	16	13		15	12		16	13	
代谢粪氮	374	218		610	426		578	365	
内源尿氮	239	239		205	205		235	235	

CP 和 RDP 的需要量

查阅近年来的 9 篇文献，成年母牛日粮的 CP 转化为 MP 的效率平均在 0.653，见表 25。本标准将泌乳牛 CP 转化为代谢蛋白的效率定为 0.65，干奶围产牛采用 0.6，以此确定 CP 的日粮需要水平。泌乳前期 RDP 水平推荐为 CP 的 60%，中后期为 CP 的 65%。

表 27 成年母牛日粮的 CP 转化为 MP 效率的文献汇总

序号	CP,%DM	MP,%DM	CP 到 MP 转化率, %	生理阶段或产奶量, kg	来源
1	11.9	8.3	69.7	27.2	Wang et al.,2007 ^[99]
2	13	8.9	68.5	28.3	Wang et al.,2007
3	14.2	9.7	68.3	29.4	Wang et al.,2007
4	15.4	10.4	67.5	29.8	Wang et al.,2007
5	16.2	11.6	71.6	36.6	Tebbe and Weiss,2020 ^[100]
6	14.1	10.1	71.6	35.1	Tebbe and Weiss,2020
7	13.1	8.3	63.4	干奶	Yu Zang et al.,2022 ^[101]
8	14.5	10.7	73.8	围产前	Yu Zang et al.,2022
9	16	10.12	63	32.7	Amanlou et al.,2017 ^[102]

10	18.7	12	64	37.4	Amanlou et al., 2017
11	21.4	13.78	64	39.2	Amanlou et al., 2017
12	13	8.2	63	干奶	Farahani,et al.,2017 ^[103]
13	12.4	7.9	64	围产前	Farahani et al.,2017
14	15.1	10.1	67	围产前	Farahani et al.,2017
15	18	11.8	66	围产前	Farahani et al.,2017
16	16	10.3	64	新产	Farahani et al.,2017
17	13.3	8.8	66	围产前	Underwood et al.,2022 ^[104]
18	15.94	8.9	56	围产前	Underwood et al.,2022
19	15.57	10.1	65	围产前	Underwood et al.,2022
20	18.07	9.88	55	新产	Underwood et al.,2022
21	17.58	11.7	67	新产	Underwood et al.,2022
22	15.5	10.42	67	23.6	Moraes et al.,2018 ^[105]
23	17.3	9.95	58	28.9	Moraes et al.,2018
24	14.6	9.38	64	41.3	Stevens et al.,2021 ^[106]
25	16.6	10.15	61	42.8	Stevens et al.,2021
26	17	11.4	67	53.9	Zang et al.,2021 ^[107]
27	16.2	10.7	66	51.4	Zang et al.,2021
28	15.3	10.1	66	53.2	Zang et al.,2021

赖氨酸和蛋氨酸需要

NASEM（2021）给高产奶牛推荐的赖氨酸和蛋氨酸需要量较高，可吸收赖氨酸在 154~232 g/d，可吸收蛋氨酸在 49~74 g/d，占 MP 的平均比例分别为 7.6%和 2.4%，赖蛋比在 3.1:1。Patton（2010）^[108]汇总了 25 篇添加过瘤胃保护氨基酸的文献研究，赖氨酸和蛋氨酸平均水平分别为 MP 的 6.33%和 2.35%，但赖蛋比 2.7（可能偏低）。Arshad 等（2024）^[109]汇总了 13 项研究，表明将 MP 的赖氨酸水平从 6.5%提高到 8.5%，分别使牛奶、FCM、ECM 和牛奶脂肪产量线性增加 1.8、2.5、2.4 和 0.10 kg/d，而 DMI 没有增加；文献研究中的蛋氨酸的设置水平在 MP 的 2.4%，赖蛋比为 2.9:1~3.2:1。本标准建议将高产奶牛的赖蛋比设置为 2.9:1~3.1:1，蛋氨酸推荐为 MP 的 2.3%~2.4%，赖氨酸推荐为 6.7%~7.6%。

2.7.5 成母牛粗脂肪需要

NASEM（2021）建议为获得最佳的生产性能，通常奶牛日粮 DM 中的脂肪酸含量不应超过 7%，并且考虑到性价比，脂肪酸的含量还要少得多。在泌乳早期，出于谨慎，可以将日粮脂肪酸浓度限制在 5%以下。分析我国典型配方，发现新产牛阶段较少添加过瘤胃脂肪（全群泌乳牛使用一个配方的例外），但使用

膨化大豆和棉籽会提高粗脂肪的含量，但日粮粗脂肪的含量基本在 3%~4%。谷物和牧草可能含有约 3%的脂肪酸，但脂肪酸谱可能存在显著差异，泌乳奶牛基础日粮粗脂肪的本底值基本在 3.5%~4.5%。我国生产中泌乳前期和泌乳中期通常会添加 200~500 g 的过瘤胃脂肪，粗脂肪的含量会在基础日粮的水平上提高 1%~2%。泌乳后期从控制体况的角度一般不添加过瘤胃脂肪或含油脂高的原料，分析我国低产牛配方粗脂肪的含量很少超过 4%，见表 31 和 32。因此，本标准推荐泌乳前期粗脂肪含量为≤7%，泌乳中期为≤6%，泌乳后期为≤4%，新产期添加脂肪容易导致采食量受到抑制，建议粗脂肪含量为≤5%。

分析我国生产中干奶牛日粮的粗脂肪在 2%左右，围产前期奶牛在 2%~3%。干奶牛不会在日粮中添加脂肪类添加剂或含脂肪高的饲料原料，其日粮粗脂肪含量为饲料原料的本底值，因此本标准对干奶牛的日粮粗脂肪的营养需要暂不推荐。

2.7.6 成母牛碳水化合物需要

NDF 和 fNDF 需要

NRC（2001）推荐泌乳奶牛 NDF 最低限为 25%，推荐高产奶牛 NDF 在 25%~33%。NASEM（2021）认为取决于 NDF、淀粉和中性洗涤可溶性碳水化合物（NDSC）的含量，fNDF 的低限应在 15%~19%；fNDF 在 19%以下每降低 1 个百分点，NDF 就要提高两个百分点，淀粉高限就要降低 2 个百分点。最佳的 fNDF 似乎在 17%~27%。

表 28 泌乳牛 TMR 日粮 NDF、fNDF 和最高淀粉推荐值（DM 基础）

最低 fNDF	最低 NDF	淀粉最高含量
19	25	30
18	27	28
17	29	26
16	31	24
15	33	22

注：来源于 NASEM（2021），TMR 有合理的粒度，干粉玉米作为首选淀粉来源。

表 29 泌乳奶牛 NDF 和 fNDF 推荐水平文献汇总

	推荐 NDF (%)	fNDF (%)	动物数量 (头)	胎次	产奶量 (kg)	生理阶段	文献	备注
1	28		8	3	40	DIM 50 d	史仁煌, 2015 ^[110]	泌乳前期

2	30~35	新产 21, 泌乳盛期 17	60	头胎 10 头, 经产 50 头	41~43	产前 21d ~ DIM140d	Wang et al., 2001 ^[111]	
3	28		12	经产	40	DIM 38 d	Kendall et al., 2009 ^[112]	泌乳前期, 28% VS 32%
4	33	17	72	头胎 22 头, 经产 52 头	45~48	DIM20~125 d	Weiss and Pinos-Rodríguez, 2009 ^[113]	
5	33~35	14~16	48	头胎 20 头, 经产 28 头	35	DIM 60 d	Slater et al., 2000 ^[114]	泌乳中期, NSC 占 30%DM
6	30		30	2~3 胎	18.5	DIM 150 d	马冬梅, 2009 ^[115]	低产
7	40~43		3		17	DIM 120 d	范铤, 2014 ^[116]	低产

汇总现有文献, 高产奶牛 NDF 推荐水平在 28%~35%, fNDF 为 17%~21%; 中低产奶牛 NDF 推荐水平在 35%~43%, 见表 29。考虑到我国高产奶牛的典型日粮 NDF 来源主要是青贮、干草搭配短纤类饲料, 高青贮日粮的应用日益普遍, NDF 推荐水平不宜过低, 推荐新产期 NDF 和 fNDF 分别为 28%~32% 和 ≥19%, 泌乳前期奶牛 NDF 和 fNDF 分别为 26%~30% 和 ≥18%, 泌乳中期奶牛 NDF 为 30%~35%, 泌乳后期奶牛 NDF 为 35%~45%。

淀粉需要

NASEM (2021) 推荐泌乳奶牛淀粉的高限为 DM 的 30%。汇总文献中泌乳奶牛获得较优的生产性能的淀粉水平范围在 22%~29% 之间, 推荐新产期奶牛淀粉为 22%~25%, 泌乳前期奶牛为 25%~29%。分析我国生产中的典型配方发现, 泌乳中、后期为了维持较高的产奶量, 通常使用较高的淀粉水平, 推荐泌乳中期奶牛淀粉水平为 24%~28%, 泌乳后期为 15%~25%。

表 30 泌乳奶牛淀粉推荐水平文献汇总

序号	推荐淀粉 (%DM)	NDF (%DM)	动物数量	胎次	产奶量 (kg)	生理阶段	来源	备注
1	25.5	33.6	70	21 头胎, 49 经产	30	DIM1 ~ 21d	McCarthy et al., 2015 ^[117]	新产牛
2	22	33, fNDF24	117	44 头胎, 74 经产	34	DIM ~ 28 到 44 d	Shi et al., 2019 ^[118]	新产牛
3	23~26		60	2~4	43.5	DIM 45 d	郝科比, 2018 ^[13]	泌乳前期
4	27.5	28	8	1.9	33	DIM 58.6 d	Izumi et al., 2019 ^[119]	泌乳前期
5	29	32.9, fNDF17	56		40	DIM 42 d	Dias et al., 2018 ^[120]	泌乳前期

6	27	29, fNDF21	174	经产	47	DIM 16 ~ 50 d	Sirjani et al.,2020 ^[121]	泌乳前期,关注繁殖
7	27	26.5	8	经产	40	DIM 96 d	Fredin et al.,2015 ^[122]	泌乳中期
8	25		28		30	DIM 180 d	Carmo et al., 2015 ^[123]	泌乳中期

对于高产奶牛瘤胃降解淀粉的适宜水平，李胜利团队的 Dongwen Dai 等（2025）^[124]的研究表明，高产奶牛饲喂不同瘤胃降解淀粉 HRDS（80.3%）、MRDS（71.3%）、LRDS（62.2%）的日粮，HRDS 的奶牛乳脂含量分别比 LRDS 和 MRDS 组降低了 14.77%和 11.73%，而体细胞数分别比 LRDS 和 MRDS 组增加了 34.42%和 29.38%。与 LRDS 和 MRDS 组相比，HRDS 日降低了 NDF 的消化率（7.68%和 8.50%），降低血浆 SOD 和 GSH-PX 的浓度，同时增加了 LPS 和血清淀粉样蛋白 A（SAA）的水平。LRDS（62.2%）日粮组则降低了产奶量。推荐高产奶牛适宜的瘤胃降解淀粉（RDS）水平位 70%左右。

干奶牛、围产牛适宜淀粉、NDF 需要量的研究较少，汇总生产中的典型牛场的干奶、围产牛配方，见表 31 和表 32。推荐干奶牛的 NDF 适宜水平为 DM 的 45%~60%，淀粉为 8%~13%；围产前期奶牛的 NDF 适宜水平为 DM 的 37%~45%，淀粉为 13%~19%。

为了便于在生产上应用，对营养需要部分参数如 DMI、泌乳净能、粗蛋白质的参数在需要量表格中进行了取整数。

表 31 生产中干奶牛典型配方 NDF 和淀粉水平

牛场	牧场 1	牧场 2	牧场 3	牧场 4	牧场 5	牧场 6
省份	河北	内蒙古	宁夏	山西	安徽	黑龙江
配方组成（kg/天/头，原样基础）						
优质全株青贮	11	13	6.9	8.5		11
全株玉米青贮（25%DM）					12	
秸秆	6	2	9.6	8	5.5	5.8
燕麦草	1	4			1	
高纤饲料						1.8
干奶精补料						2.9
玉米					1	
豆粕	1.1	1.8	0.45		1	
棉粕			0.3	0.99		
菜粕	1.5		0.75	0.66		
DDGS			0.71			
玉米蛋白粉		0.5				

芝麻饼					1	
喷浆玉米皮				0.45		
白酒糟				0.54		
小麦麸			0.45			
干奶预混料	0.4	0.25	0.3	0.3	0.4	
尿素			0.045	0.06		
小计	21.0	21.6	19.5	19.5	21.9	21.5
营养成分 (%DM)						
DMI (kg/d)	12.6	11.9	13.7	12.7	12.2	13.1
NE _L (MJ/kg)	5.3	6.1	4.9	5.1	5.6	5.6
CP	12.7	14.5	11.1	12.3	12.2	14.9
NDF	52.2	46.5	59.7	58.4	54.7	46.4
ADF	32.5	28.3	36.3	35.3	31.4	30.4
淀粉	10.4	13.2	7.0	8.5	10.9	11.5
脂肪	1.9	2.0	2.0	2.1	2.2	2.2

表 32 生产中围产前期典型配方 NDF 和淀粉水平

牛场	牧场 1	牧场 2	牧场 3	牧场 4	牧场 5	牧场 6	牧场 7	牧场 1	牧场 2	牧场 3	牧场 4	牧场 7
省份	河北	内蒙古	宁夏	山西	安徽	黑龙江	内蒙	河北	内蒙古	宁夏	山西	内蒙
牛群	经产围产							青年围产				
配方组成（kg/天/头，原样基础）												
优质全株青贮		12	10	10.5		10	13	11	11	9.82	9.5	11
全株玉米青贮 （25%DM）	15				12							
燕麦草	2.5	4.5	7.5	8	3	3.6		5.3	4.5	7	6.1	
进口燕麦草	1.5				3.5		5					5.1
小麦秸	0.5					1.5						
高纤饲料						1						
玉米	1.6	1.6	0.9	0.74	0.7		1.4	0.6	1.6	0.65	0.56	0.6
压片玉米					0.5							
豆粕	0.4	2			0.8			1	2	0.54	0.28	0.7
棉粕			0.5	0.46						0.18	0.35	
DDGS			1.8							1.01		
菜粕	2.4		0.875	1.15	2.2		2.9	2.2		0.72	0.875	2.2
玉米蛋白粉		0.5							0.5			
白酒糟				1.43							1.05	
围产预混料	0.4	0.7	0.5	0.47	0.4	0.3	0.35	0.35	0.7	0.36	0.35	0.27
尿素			0.05	0.046						0.035	0.035	
阴离子盐		0.15	0.375	0.32		0.25	0.45					
小麦麸										0.11		
围产精补料						4.26						
小计	24.3	21.5	22.5	23.1	23.1	20.9	23.1	20.5	20.3	20.4	19.1	19.9
营养含量（%DM）												
DMI（kg/d）	12.6	12.4	14.6	14.9	13.9	13.0	13.3	12.1	12.0	12.8	11.8	11.5

NE _L (MJ/kg)	6.14	6.40	5.95	5.91	6.37	5.94	6.32	6.19	6.45	6.09	6.12	6.54
CP	14.5	14.7	12.8	12.0	14.1	15.0	14.0	15.1	15.0	12.6	12.8	15.6
NDF	42.8	36.4	44.9	46.5	41.0	39.1	37.6	42.1	36.6	46.2	46.6	40.1
ADF	25.3	21.1	24.8	26.0	24.1	25.1	22.5	24.7	21.1	25.9	26.2	24.0
淀粉	15.4	19.5	13.2	12.8	15.8	16.6	17.6	14.7	19.4	13.5	13.7	14.4
脂肪	2.9	2.2	2.7	3.0	2.6	2.7	2.8	2.3	2.2	2.5	3.0	2.8

可溶性糖需要

De Ondarza 等（2017）^[125]将日粮额外添加 7%的可溶性糖（可溶性糖水平为 11%）作为商业牧场日粮可溶性糖的最高水平，非线性统计方法预测结果显示 3.5% FCM 在日粮蔗糖水平为 3.8%~6.0%时最佳，同时在可溶性糖水平为 6.75%~8.00%时最佳。Ishler 等汇总得到日粮中可溶性糖水平的建议值为 3%~9%（DM%）^[126]。Broderick 等^[127]研究发现日粮中糖水平为 5%~6%时，泌乳中期奶牛的泌乳性能最佳，超过 6%的总糖会抑制生产性能。

李胜利团队的解焱（2023）^[126]研究表明给泌乳天数 200 d 左右的泌乳中后期奶牛添加甘蔗糖蜜，可溶性糖水平为 3%时，由于奶牛瘤胃能氮平衡效果最佳，瘤胃微生物对 NH₃-N 利用和 MCP 合成能力较强，使得乳蛋白率和乳蛋白产量最高；可溶性糖水平为 5%时，产奶量和 4%FCM 最高，MUN 和 BUN 最低，对氮的利用效果最好。可溶性糖水平为 7%时对奶牛泌乳性能没有显著影响，但降低了瘤胃 pH，降低了菌群群落多样性，研究综合推荐泌乳后期奶牛日粮中可溶性糖水平在 3%~5%较合理。

我国生产中典型配方，新产、泌乳前期奶牛日粮糖的本底值基本在 4%~5%，泌乳中期和泌乳后期日粮糖的本底值基本在 3%~4%，见表 33 和表 34。综上，推荐新产期和泌乳前期奶牛日粮的可溶性糖水平为 5%~8%，泌乳中期为 4%~6%，泌乳后期为 3%~5%。

表 33 生产中新、高产奶牛典型配方的营养水平

牛场	牧场 1	牧场 2	牧场 3	牧场 5	牧场 4	牧场 1	牧场 2	牧场 3	牧场 4	牧场 5	牧场 6	牧场 7	牧场 8
省份	河北	内蒙	东北	山东	南方	河北	河北	内蒙	内蒙	东北	山东	山西	南方
牛群	新产					高产							
	配方组成（kg/天/头，原样基础）												
玉米青贮	15	14	13	13	12	25.2	21	23.6	25	17.2	20.3	21.3	15.5
苜蓿干草	1	4.7	2	3	2	2.2	1.8	2.5	0.9	2.8	2.0		3
苜蓿青贮	3						3		5			4.5	
燕麦草	1		0.5	0.8	1	0.75			0.5		1.2	1.3	1.2

甜菜颗粒粕	1	1	0.5	1.4	0.92	0.7	2	1.4	0.5		0.6		1.33
大豆皮			0.5							0.98	1		
啤酒糟			3		4					4.43			5.8
棉籽	0.8	1	1		1		1.2	1.2		1.77		1.1	1.2
压片玉米	2.3	4.5		1.76	2	1.25	3.8	5.2		2.75	2.19		4.3
玉米粉	3		4.1	2.6	3	4.7	3.5	2.1	6.6	5.04	3	3.77	4
高湿玉米											2.2	4.25	
豆粕	2.8	1.6	1.15	2.8	3.3	2.79	3.1	3.05	2	2.7	3	3.66	3.78
膨化大豆	1	0.6		0.7		0.17	1.5	1.25	0.13		1.2	0.28	
菜粕	0.8	1.1	2.27	1.3		1.35	0.8	2.3	2	0.75	3.2		
棉粕												1.05	
DDGS						2.4			1			1.28	
麸皮									1.26				
过瘤胃脂肪			0.16			0.11	0.35	0.35	0.19	0.41	0.48	0.22	0.28
预混料	0.6	0.7	0.375	0.57	0.2	0.56	0.6	0.6	0.5	0.45	0.65	0.61	0.2
小苏打	0.2		0.09		0.15	0.22	0.26		0.25	0.07		0.22	0.23
盐			0.062		0.1					0.07			0.1
糖蜜			0.5		0.8					0.79			1
缓释尿素			0.07			0.078			0.05	0.12			
氧化镁			0.04		0.05					0.05			0.05
磷酸氢钙	0.05				0.05		0.05						0.06
石粉			0.075		0.12					0.09			0.18
酵母				0.01	0.025						0.01		0.025
葡萄糖			0.37	0.2						0.27			
过瘤胃葡萄糖	0.15												
过瘤胃蛋氨酸	0.03			0.03			0.03				0.03		
胆碱	0.025												
水	6	5	4	6	5.5	5.5	7	4	2.1		5		8
合计	38.8	34.2	33.8	34.2	36.2	48.0	50.0	47.6	48.0	40.7	46.1	43.5	50.2
	营养指标 (%DM)												
DMI(kg/d)	18.2	18.5	17.0	18.0	18.1	23.7	24.9	25.8	24.1	23	24.9	23.3	24.9
NE _L (MJ/kg)	7.22	7.12	7.08	7.29	7.29	7.24	7.36	7.47	7.19	7.36	7.44	7.33	7.3
CP	19.2	18.1	17.9	18.9	17.9	18.5	17.7	18.6	17.1	17.4	18.5	18.3	17.1
RDP	11.4	11.4	11.6	12.0	11.8	11.2	10.2	10.4	10.4	10.5	10.7	11.2	10.2
赖蛋白	2.78	3.08	2.9	2.77	3.1	2.91	2.86	3.1	2.92	2.91	2.82	3.03	3.04
NDF	25.3	28.2	30.7	26.2	25.9	26.9	24.9	25.4	27.5	28.4	26.2	25.8	25.6
hNDF	16.2	19	17	17.6	14.8	18.1	14.6	14.9	18.4	15.3	15.6	16.6	14.3
ADF	15.2	18.3	20.49	16.1	15.7	15.1	14.9	15.1	15.5	18.6	15.6	14.8	15.4
粗脂肪	4.1	3.9	4.5	3.1	4.0	4.4	5.3	5.4	4.4	5.5	5.2	5.3	5
粗脂肪(剔除过瘤胃脂肪)	4.1	3.9	3.7	3.1	4	4	4.2	4.1	3.6	4.2	3.4	4.4	4
淀粉	26.1	24.1	22.1	23.7	23.6	27.8	27.7	28.2	28.3	27.4	26.2	28.9	26.6
糖	5.4	4.8	8.1	6.6	7.2	4	4.4	4.4	3.6	6.5	4.7	3.7	5.2
糖(剔除添加糖)	4.7	4.8	4.7	5.6	6.3	4	4.4	4.4	3.6	3.7	4.7	3.7	4.4

表 34 生产中中、低产奶牛典型配方营养水平

牛场	牧场 1	牧场 2	牧场 3	牧场 4	牧场 5	牧场 6	牧场 7	牧场 8
省份	东北	河北	山东	内蒙	河北	山东	山西	南方
牛群	中低产	中产	中产	低产	低产	低产	低产	低产
	配方组成 (kg/天/头, 原样基础)							
玉米青贮	24	25	25.4	27	25	27	19.3	16
苜蓿干草			0.7					1
燕麦草	1	2.1	2	1	2.2		3.6	
小麦秸				3.6	3	3.5		4.5
甜菜颗粒粕		2.2						0.7
大豆皮			0.7				1.31	
啤酒糟								3
压片玉米		2	3.69			3.51		
玉米粉	5.5	2.8	1.8	2.5	2.9		3.18	3.5
豆粕	2.4	4	3.4	1.2	3.3	3.4	0.89	3
膨化大豆			0.8					
菜粕	0.64	0.8	2	2.4	0.8	1.5		
棉粕							0.87	
DDGS							1.74	
过瘤胃脂肪			0.2					
预混料	0.17	0.6	0.6	0.55	0.6	0.6	0.44	0.15
小苏打	0.1	0.15					0.22	0.1
盐	0.05							0.07
糖蜜								1
缓释尿素	0.08						0.07	
氧化镁	0.04							
磷酸氢钙	0.02							
石粉	0.15							0.14
水		1	1					7
	34.2	40.7	42.3	38.3	37.8	39.5	31.6	40.2
	营养指标 (%DM)							
DMI(kg/d)	18.9	21.1	22.6	18.3	19.5	19.9	17.4	18.3
NE _L (MJ/kg)	6.94	7.15	7.36	6.66	6.86	6.9	6.88	6.84
CP	16.4	16.4	17.4	13.8	15.2	15.7	15.7	15
RDP	10.9	10.5	10.7	8.6	10.2	10.4	10.3	10.2
赖蛋比	2.83	3.14	3.12	2.96	3.13	3.11	2.8	3.12
NDF	30.9	28.5	27.4	38.9	35.9	34.1	33.2	36.3
hNDF	23.6	20	19.6	33.9	32.1	29.3	24.6	29.7
ADF	19.8	16.4	15.6	23.5	21	20.4	17.8	21.87
粗脂肪	3.1	2.7	4.1	2.6	2.6	2.7	3.9	2.8
粗脂肪 (剔除过瘤胃脂肪)	3.1	2.7	3.2	2.6	2.6	2.7	3.9	2.8
淀粉	28.7	27.8	28.1	24.8	24.8	26.3	25.3	20.4
糖	3.1	4.7	4.4	3	4.7	3.1	4.2	5.9
糖(剔除添加糖)	3.1	4.7	4.4	3	4.7	3.1	4.2	4.8

2.7.7 成母牛矿物元素需要

由于国内对矿物元素需要量的研究相对较少，本标准的大部分需要量借鉴 NASEM（2021）的推荐量参数。本标准重点对 P 的需要量尤其是泌乳需要做了修订。

钙

NY/T 34-2004 将成母牛的 Ca 需要量定义为，维持需要按每 100 kg 体重供给 6 g Ca，每千克标准乳供给 4.5 g Ca。生长牛维持需要按每 100 kg 体重供给 6 g Ca，每千克增重供给 20 g Ca。本标准仍采用其规定。

磷

维持的可吸收 P 需要量包括不可避免的内源粪 P 和内源尿 P 排泄量。根据 Myers 和 Beede（2009）^[128]的报道，不可避免的粪 P 排泄（g/d）可通过如下回归公式计算，粪 P 排泄（g/d）= $[0.85 \pm 0.070] \times \text{DMI (kg/d)} + [5.30 \pm 1.224]$ ，回归公式的 RMSE = 2.75， $R^2 = 0.90$ ， $P < 0.01$ 。NASEM（2021）将尿 P 损失定为 0.000 6 g/kg BW，其中 BW（kg）为奶牛体重。无机磷和有机磷的吸收系数（AC）分别定为 0.84 和 0.68（即植酸盐和非植酸有机磷平均值），本标准采用 0.68，可吸收 P 需要量除以吸收系数得出日粮供给量。

只考虑妊娠 190 d 以后的 P 需要量，根据 NASEM（2021）的推荐妊娠 190 d 后的可吸收 P 需要量（g/d）为： $[0.0274 \cdot 3e^{(0.05527-0.000075t)t} - 0.0274 \cdot 3e^{(0.05527-0.000075(t-1))(t-1)}] \times (\text{BW}/715)$ ，t 为妊娠天数，BW 为体重（kg）。

NY/T 34-2004 规定每千克标准乳供给 3 g P，本标准对产奶的可吸收磷需要量进行修订，本标准收集了 19 个文献的 90 条数据构建数据库，其中包括 3 个中文文献数据，数据库见表 36。根据构建数据库将产奶量和奶 P 量进行回归，导出产奶的可吸收 P 需要量（g/d）为： $0.878 \cdot \text{MY (kg)} + 1.154$ ，其中 MY 为产奶量，模型的 $R^2 = 0.94$ ， $P < 0.001$ 。

模型摘要如下：

表 35 产奶可吸收 P 需要量模型参数摘要

R	R 方	调整后 R 方	标准估算的错误	更改统计 R 方变化量	F 变化量	自由度 1	自由度 2	显著性 F 变化量	德宾-沃森
0.969 ^a	0.940	0.939	2.138	0.940	1262.479	1	81	0.000	0.895

表 36 泌乳的 P 需要量的构建数据库

处理	N	奶牛体重	日粮 P 含量 (%DM)	P 摄入量 (g/d)	DMI(kg)	产奶量 (kg)	P 表观消化率 (%)	粪磷量 (g/d)	尿磷量 (g/d)	奶磷量 (g/d)	磷平衡 (g/d)	文献来源
1	20	650	0.37	80.0	22.3	26.5	40.1	51.6	0.4	26.4	2.5	夏建民, 2011 ^[18]
2	20	650	0.5	101.5	21.9	25.2	27.4	77.1	1.95	27.2	0.2	夏建民, 2011
3	20	650	0.65	139.3	22	25.5	29.4	100.6	2.43	26.7	9.5	夏建民, 2011
4	10	650	0.32	65.7	20.54	25.99	43.8	36.89	0.45	25.18	3.57	赵恒聚, 2010 ^[129]
5	10	650	0.44	91.3	20.74	26.16	38.9	55.68	2.06	25.77	4.61	赵恒聚, 2010
6	10	650	0.56	114.9	20.52	25.87	31.89	77.91	5.27	25.83	4.81	赵恒聚, 2010
7	8	600	0.27	44.3	14.01	18.46	47.07	23.89	1.25	15.48	3.72	宋范成, 2010 ^[130]
8	8	600	0.35	49.7	14.02	19.18	49.41	25.51	1.09	16.99	6.09	宋范成, 2010
9	8	600	0.43	68.0	14.34	18.79	39.71	41.53	1.31	18.61	6.54	宋范成, 2010
10	8	600	0.51	70.5	14.18	18.67	37.42	44.46	2.25	18.5	5.31	宋范成, 2010
11	8	600	0.59	84.1	14.55	19.08	31.87	58.59	3.23	19.13	3.19	宋范成, 2010
12	2	556	0.34	62.3	18.4	28.9	58.6	23.1	0.24	22.6	16	Guo et al., 2019 ^[131]
13	2	556	0.39	72.1	18.4	29.5	56.4	28.5	0.32	22.1	21	Guo et al., 2019
14	2	556	0.44	81.8	18.4	29.5	50.7	36.5	0.36	22.7	22	Guo et al., 2019
15	2	556	0.44	83.4	18.8	29.8	49.8	36.6	0.42	22.2	24	Guo et al., 2019
16	12	675	0.36	93.3	26	40.6	49.7	46.9	0.3	40.4	5.7	Morris et al., 2018 ^[132]
17	12	675	0.48	122.6	25.4	42.3	43.9	69.3	4.5	39.3	9	Morris et al., 2018
18	12	675	0.47	113.8	24.4	38.5	44.7	64.4	7	36.4	6.1	Morris et al., 2018
19	1	650	0.22	42.7	19.8	27.4	60.2	17	0.48	25.7	-0.98	Feng et al., 2018 ^[133]
20	1	650	0.31	61.6	19.6	26.6	56.0	27.1	0.56	22.9	10.1	Feng et al., 2018
21	1	650	0.37	85.6	23.2	29.1	61.2	33.2	1.12	25.6	22.9	Feng et al., 2018
22	1	650	0.50	104.2	20.7	26.4	41.1	61.4	0.81	23.9	12.5	Feng et al., 2018
23	110	652	0.38	80.7	21	30	39.8	48.56		28.8	3	Qu et al., 2017 ^[134]
24	190	608	0.38	81.8	21.5	31.2	40.6	48.6	0.67	31.3	1	Alvarez-Fuentes et al., 2015 ^[135]
25	12	627	0.25	58.5	23.8	27.9	28.1	42		26.5	-10.1	Puggaard et al., 2013 ^[136]
26	12	627	0.25	53.1	21.6	25.6	32.6	35.7		24.6	-7.3	Puggaard et al., 2013
27	12	627	0.25	51.9	21	24.7	28.3	37.1		24.2	-9.5	Puggaard et al., 2013
28	2	463	0.44	78.3	17.9	33	47.0	41.5	0.2	31.7	5	Ray et al., 2013 ^[137]
29	2	463	0.45	84.2	18.6	32.6	30.9	58.2	0.26	31.3	-6	Ray et al., 2013
30	1	463	0.55	98.8	18.1	32.8	34.6	64.6	0.31	31.5	2	Ray et al., 2013
31	1	463	0.52	93.3	17.8	34	45.9	50.5	0.61	32.6	10	Ray et al., 2013
32	1	650	0.39	90.9	23.1	31.6	43.5	51.4		31.3		Feng et al., 2013 ^[138]
33	1	650	0.39	87.9	22.3	31.6	43.2	49.9		31.0		Feng et al., 2013
34	1	650	0.39	90.7	23.1	32	41.2	53.4		32.0		Feng et al., 2013
35	1	650	0.39	89.1	22.7	31.5	41.4	52.3		30.6		Feng et al., 2013
36	10	650	0.33	77.1	23.2	33.8	38.5	47.4	0.5	31	-2.1	Elizondo Salazar et al., 2013 ^[139]

37	10	650	0.32	71.8	22.3	33.6	36.1	45.9	0.5	30.8	-3.9	Elizondo Salazar et al., 2013
38	10	650	0.40	87.7	21.9	36.5	39.0	53.5	0.5	32.3	1.1	Elizondo Salazar et al., 2013
39	2	597	0.24	47.9	19.8	30.6	54.9	21.6	0.22	25.1	0.95	Puggaard et al., 2011 ^[140]
40	3	597	0.34	67.2	19.6	30.8	54	30.8	0.26	25.8	10.4	Puggaard et al., 2011
41	7	640	0.26	29.4	11.3	15.7	47	15.3	0.26	12.3	1.5	Myers., et al, 2009 ^[141]
42	7	530	0.26	39.8	15.3	23.9	54.1	18.2	0.07	20.1	1.5	Myers., et al, 2009
43	5	603	0.26	65.2	25.1	47	59.7	26.35	0.06	37.3	1.5	Myers., et al, 2009
44	10	577	0.41	83.6	20.6	37.2	44	47	-0.2	33.6	3.2	Adrienne Ekelund et al., 2005 ^[142]
45	11	614	0.32	70.4	22.3	37.1	52.2	34.4	0	32.3	3.7	Adrienne Ekelund et al., 2005
46	10	569	0.41	88.7	21.9	37	40.4	52.8	-0.1	34	2	Adrienne Ekelund et al., 2005
47	10	614	0.31	70.4	22.7	38.9	52.7	33	-0.2	34.6	3	Adrienne Ekelund et al., 2005
48	10	564	0.41	78.7	19.2	32.9	41.4	46.1	-0.1	29.5	3.2	Adrienne Ekelund et al., 2005
49	11	598	0.41	77.4	18.8	32.5	42.8	44.1	0.3	28.4	4.6	Adrienne Ekelund et al., 2005
50	6	608	0.41	58.9	14.4	18.3	40.4	34.9	0.6	14.8	8.6	Adrienne Ekelund et al., 2005
51	5	652	0.39	52.5	13.3	17.8	41.5	32.6	-2.2	14.9	7.2	Adrienne Ekelund et al., 2005
52	6	627	0.32	33.7	10.4		29.3	23.4	0.5		9.8	Adrienne Ekelund et al., 2005
53	5	691	0.34	35.9	10.7		26.3	26.2	0.9		8.8	Adrienne Ekelund et al., 2005
54	4	704	0.45	128	28.3	44.5	48.6	65.8		39.9		Kincaid et al., 2005 ^[143]
55	4	700	0.47	134.1	28.8	43.5	52.3	64		39		Kincaid et al., 2005
56	4	703	0.46	134	29	43.5	50.1	66.8		39.1		Kincaid et al., 2005
57	4	706	0.45	127.2	28.2	43	55.5	60.4		38.7		Kincaid et al., 2005
58	1	630	0.42	83.5	20.1	29.2	28.6	60.4	3.2	25.7	-5.8	Borucki Castro et al., 2004 ^[144]
59	1	630	0.42	89.1	21.1	32.2	26.6	65.4	0.8	29.1	-6.2	Borucki Castro et al., 2004
60	1	630	0.43	88	20.6	31.3	29.8	61.6	0.7	28.6	-2.9	Borucki Castro et al., 2004
61	1	630	0.42	84.6	20.1	30.3	28.5	60.5	2.4	27.6	-5.9	Borucki Castro et al., 2004
62	5	609	0.34	78.9	23.2	50	53.3	37.1	0.27	49.9	-8.3	Knowlton et al., 2002 ^[145]
63	5	599	0.51	110.2	24.4	52.8	22.7	84.8	1.33	50.3	-26.2	Knowlton et al., 2002
64	4	606	0.67	148	22.1	47.5	30.9	101.7	6.08	45.5	-4.7	Knowlton et al., 2002
65	5	598	0.34	70	22.4	48.9	42	36.8	0.27	44.1	-16.8	Knowlton et al., 2002
66	5	564	0.51	139.3	26.8	51	37.5	86.4	0.58	45.6	6.7	Knowlton et al., 2002
67	4	585	0.67	150.6	22.5	45.4	35.3	99.7	4.18	40.7	6	Knowlton et al., 2002
68	5	606	0.34	93.1	27.4	50.3	51.6	44.9	0.43	43.2	4.6	Knowlton et al., 2002
69	5	573	0.51	143.6	27.2	50.1	30.5	99.2	1.31	42.4	0.8	Knowlton et al., 2002
70	4	588	0.67	163	24.3	45.2	31.4	110.8	3.66	39.5	9.1	Knowlton et al., 2002
71	5	607	0.34	90.3	26.6	49.9	48.9	46.2	0.33	43.6	0.2	Knowlton et al., 2002
72	5	565	0.51	144.5	27.8	46.1	43.8	81.5	1.57	41.1	20.3	Knowlton et al., 2002
73	4	598	0.67	166.2	24.8	45.6	32.8	111.9	3.33	39.6	11.4	Knowlton et al., 2002
74	5	606	0.34	91	26.8	48.6	49.2	46.3	0.3	40.8	3.6	Knowlton et al., 2002
75	5	565	0.51	138.2	26.6	42.2	37.3	85.5	1.63	39.1	12	Knowlton et al., 2002
76	4	601	0.67	179.7	26.8	45.4	33.8	118.8	2.26	38.5	20.1	Knowlton et al., 2002
77	6	628	0.34	70.8	20.8	27	42.4	40.7	0.5	25.1	4.5	Valk et al., 2002 ^[146]
78	9	584	0.27	54.4	20	25.4	47	28.7	0.5	23.5	1.7	Valk et al., 2002
79	9	629	0.24	49.5	21	27.6	53.9	22.8	0.4	25	1.3	Valk et al., 2002
80	6	629	0.31	62.6	19.9	23	43	35.7	0.5	22.2	4.2	Valk et al., 2002
81	9	581	0.26	51	19.6	22.5	49.4	25.6	0.6	21.5	3.3	Valk et al., 2002
82	9	630	0.22	42.5	19.2	18.8	50	21.1	0.6	17.6	3.2	Valk et al., 2002
83	4	622	0.33	83.8	25.7	39.2	55.9	36.5	0.4	40.7	6.2	Valk et al., 2002
84	4	601	0.25	65	24.7	35.8	56.8	27.9	0.6	35.3	1.2	Valk et al., 2002
85	4	570	0.23	50.3	22.2	31.1	56.7	21.9	0.4	28.8	-0.8	Valk et al., 2002
86	3	766	0.321	35.4	11		13.5	30.6	0.5		4.3	Valk et al., 2002
87	3	694	0.251	27.9	11.1		19.4	22.4	0.5		5	Valk et al., 2002
88	6	733	0.19	21.4	11.1		11.1	18	0.5		2.9	Valk et al., 2002

89	7	687	0.16	17.3	10.8		10.8	15.3	0.6		1.4	Valk et al., 2002
90	8	724	0.15	15.5	10.4		9.8	14.2	0.5		0.8	Valk et al., 2002

经修订后，本标准与 NY/T 34-2004 和 NASEM（2021）的 P 的典型需要量见表 37，干奶牛每天的 P 需要量接近，泌乳牛 P 需要量大幅降低。

表 37 修订后 P 典型需要量对比

	干奶牛			高产牛			低产牛		
项目	本标准	NASEM (2021)	NY/T 34- 2004	本标 准	NASEM (2021)	NY/T 34- 2004	本标准	NASEM (2021)	NY/T 34- 2004
体重,kg	720	720	720	620	620	620	710	710	710
产奶量,kg				45	45	45	20	20	20
DMI, kg/d	13.5	13.4	13.5	25.8	26.2	25.8	21.3	21.1	21.3
P, %DM	0.23	0.20	0.24	0.39	0.38	0.62	0.31	0.29	0.42
P, g/d	31	26	32	100	99	159	66	61	90
其中，维持需要	25	20	32.4	41	39	27.9	35	32	32.0
产奶需要				60	60	131.0	28	26	58.2
妊娠需要	6.0	6.0					3.2	3.2	

镁

NASEM（2021）将可吸收 Mg 的维持需要定为 0.3 g/kg DMI 和 0.000 7 g/kg BW 的尿镁损失。生长可吸收 Mg 需要为 0.45 g/kg ADG。妊娠 190 d 以后的妊娠可吸收 Mg 需要为 0.3 g/d。泌乳可吸收 Mg 需要量约为 0.11 g/kg 奶。日粮钾是镁吸收的重要拮抗剂，基础日粮中钾含量 1.2%，镁的吸收效率大约是 0.31，如果钾含量升高到 2%，镁的吸收效率估算值会降低到 0.23。

钾

NASEM（2021）将泌乳牛和非泌乳牛可吸收 K 维持需要量（g/d）分别定为 $2.5 \times \text{DMI} + 0.2 \times \text{BW}$ 、 $2.5 \times \text{DMI} + 0.07 \times \text{BW}$ ，生长、妊娠（>190 d）和泌乳可吸收 K 需要量（g/d）分别为 $2.5 \times \text{ADG}$ 、 $1.03 \times (\text{BW}/715)$ 和 $1.5 \times \text{产奶量}$ ，DMI、BW、ADG 和产奶量的单位为 kg。NASEM（2021）把 K、Na 的 AC 都调整为 1。

钠

NASEM（2021）将可吸收钠的维持、生长、妊娠（>190 d）和泌乳需要量（g/d）分别定为 $1.45 \times \text{DMI}$ 、 $1.4 \times \text{ADG}$ 、 $1.4 \times (\text{BW}/715)$ 和 $0.4 \times \text{产奶量}$ ，DMI、BW、ADG 和产奶量的单位为 kg。

氯

NASEM (2021) 将可吸收 Cl 的维持、生长、妊娠 (>190 d) 和泌乳需要量 (g/d) 分别定为 $1.11 \times \text{DMI}$ 、 $1.0 \times \text{ADG}$ 、 $1.0 \times (\text{BW}/715)$ 和 $1.0 \times \text{产奶量}$ ，DMI、BW、ADG 和产奶量的单位为 kg。Cl 的综合 AC 为 0.92。

硫

NASEM (2021) 将除犊牛外，其他类别奶牛 S 需要量定为日粮 DM 的 0.2%。NRC (2005) 将含有至少 40% 粗饲料结构的日粮 S 的 MTL 设定为 0.5%。

微量矿物元素

NASEM (2021) 把可吸收 Zn (mg/d) 的维持、生长、妊娠 (>190 d) 和泌乳需要量分别定为 $5.0 \times \text{DMI}$ (kg)、 $24 \times \text{ADG}$ (kg)、 $0.017 \times \text{BW}$ (kg) 和 $4 \times \text{产奶量}$ (kg)。氯化锌、硫酸锌和基础日粮 Zn 的 AC 定为 0.2。可以增加 20% 的安全系数。

可吸收 Mn 的维持、生长、妊娠 (>190 d) 和泌乳的充足摄入量 (AI, mg/d) 分别为 $0.0026 \times \text{BW}$ (kg)、 $2.0 \times \text{ADG}$ (kg)、 $0.00042 \times \text{BW}$ (kg) 和 $0.03 \times \text{产奶量}$ (kg)。AC 从 0.0075 降到 0.004。

NASEM (2021) 将维持和生长的可吸收 Cu 的需要量 (mg/d) 分别定为 $0.0145 \times \text{BW}$ (kg)、 $2.0 \times \text{ADG}$ (kg)，妊娠 90~190 d 和 >190 d 的需要量定为 $0.0003 \times \text{BW}$ (kg)、 $0.0023 \times \text{BW}$ (kg)，泌乳的需要量为 $0.04 \times \text{产奶量}$ (kg)。成年牛对 Cu 的 AC 通常低于 0.05。可以再加 20% 的安全系数。

NASEM (2021) 认为 Fe 的维持需要可以忽略不计，生长、妊娠 (>190 d) 和泌乳可吸收 Fe 需要量 (mg/d) 为 $34 \times \text{ADG}$ (kg)、 $0.025 \times \text{BW}$ (kg) 和 $1.0 \times \text{产奶量}$ (kg)。NRC (2001) 推荐将日粮中 Fe 的 AC 定为 0.1。

NASEM (2021) 建议奶牛 I 的 AI 公式为：日粮 I (mg/d) = $0.216 \times \text{BW}^{0.528} + 0.1 \times \text{产奶量}$ ，BW 和产奶量单位为 kg；尚未开始反刍的犊牛 I 推荐量为 0.8 mg/kg DM。通常干奶牛和泌乳牛日粮 I 的 AI 为 0.51 和 0.48 mg/kg DM，当日粮含有致甲状腺肿因子的饲料（如菜籽粕）时，I 的 AI 为 1.02 和 0.96 mg/kg DM。

NRC (2001) 将所有奶牛 Se 的 AI 定为 0.3 mg/kg DM，不考虑基础日粮。在绝大多数日粮里，基础原料按照正常比例调配可以提供足量的 Co 元素，Co

的需要量为 0.2 mg/kg DM。

2.7.8 成母牛维生素需要

本标准引用 NASEM（2021）对维生素 A、D、E 的需要量。NASEM（2021）建议干奶牛和产奶量在 35 kg 以下的泌乳牛维生素 A 的适宜摄入量（AI）为 110 IU/kg BW，产量超过 35 kg 的泌乳牛 AI 再增加（产奶量-35）×1000 IU。

干奶牛维生素 D 的 AI 为 30 IU/kg BW，泌乳牛为 40 IU/kg BW。维生素 D 的摄入量是基于维生素 D₃ 表示的摄入量，来自于牛和其它动物的一些试验数据表明 D₂ 的转化效率约等于 D₃ 的 50%。

干奶牛、围产前奶牛日粮补充的维生素 E 的 AI 为 1.6、3 IU/kg BW，泌乳牛为 0.8 IU/kg BW。维生素 E 中生物学活性最高的是 α -生育酚，也是饲料中最主要的有效形式。

2.8 删除了表 8 生长公牛的营养需要量和表 9 种公牛的营养需要量（见 2004 版的 3.4）。

原标准内容：

3.4 各种牛的综合营养需要（表 8~表 9）

依据：

鉴于当前国内关于生长公牛和种公牛营养需要量的系统研究尚显不足，加之上一版标准推荐指标已难以匹配现代集约化养殖体系的精准营养需求，删除原表 8 和表 9。

2.9 更改了饲料原料成分及营养价值表（见第 6 章和附录 A，2004 年版的 3.6 和表 10）

原标准内容：

3.6 奶牛常用饲料的成分与营养价值（表 10）

标准内容：

6 饲料原料成分及营养价值表

饲料原料成分及营养价值表见附录 A。

2.9.1 更改了饲料原料成分及营养价值表（见第 6 章和附录 A，2004 年版的 3.6

和表 10)

(1) 原料种类的修订

将原表 10.1 青绿饲料类、原表 10.4 青干草类饲料和原表 10.5 农副产品类饲料合并形成表 A.1 奶牛常用粗饲料成分及营养价值，包含 18 类 44 种原料。增加了饲料桑、甜菜颗粒粕、苹果粕、棕榈粕、红花籽粕等 5 类原料；删除了表 10.1 青绿饲料类中冰草、大白菜、甘蓝包、三叶草等 42 类原料；删除了表 10.4 青干草类饲料中碱草、苏丹草、野干草、紫云英等 18 类原料；删除了表 10.5 农副产品类饲料中大豆秸、甘薯蔓、糜草、燕麦秸等 8 类原料。根据采样实测数据更新原料中成分及营养价值数据。

将原表 10.2 青贮类饲料修改后形成表 A.2 奶牛常用青贮饲料成分及营养价值，包含 8 类 18 种原料。增加了裹包全株玉米青贮、裹包苜蓿青贮、小麦青贮、小黑麦青贮、燕麦青贮、裹包稻草和玉米秸秆青贮等 7 类原料；删除了草木樨青贮、甘薯藤青贮、甜菜叶青贮、玉米大豆青贮和胡萝卜青贮等 5 类原料。并根据采样实测数据更新原料中成分及营养价值数据。

将原表 10.6 谷实类饲料和原表 10.8 糠麸类饲料合并形成表 A.3 奶牛常用能量饲料成分及营养价值，包含 10 类 22 种原料。增加了湿贮玉米、玉米皮、湿玉米纤维、糖蜜等 4 种原料；删除了原表 10.6 谷实类饲料中大米、稻谷、荞麦、小米和燕麦等 5 类原料；删除了原表 10.8 糠麸类饲料中高粱糠、大麦麸和黑麦麸等 3 类原料。并根据采样实测数据更新原料中成分及营养价值数据。

将原表 10.9 油饼类饲料和原表 10.11 糟渣类饲料合并形成表 A.4 奶牛常用蛋白饲料成分及营养价值，包含 22 类 33 种原料。增加了豆粕、过瘤胃豆粕、膨化大豆、菜籽粕、双低菜籽粕、棉籽粕、全棉籽、花生粕、向日葵粕、玉米蛋白粉、喷浆玉米皮、玉米胚芽粕、芝麻粕、胡麻粕和椰子粕等 15 类原料；删除了原表 10.9 油饼类饲料中米糠饼、椰子饼和玉米胚芽饼等 3 类原料；删除了原表 10.11 糟渣类饲料中豆腐渣、粉渣、酱油渣、木薯渣、甜菜渣、饴糖渣等 6 类原料。并根据采样实测数据更新原料中成分及营养价值数据。

将原表 10.12 矿物质饲料和原表 10.13 和奶牛常见矿物质饲料中的元素含量表合并形成表 A.7 奶牛常用矿物质饲料中矿物元素的含量，包含 19 种原料。删除了原表 10.12 矿物质饲料和原表 10.13 和奶牛常见矿物质饲料中的元素含量

表中蚌壳粉、蛋壳粉、骨粉、蛎粉和蟹壳粉等动物源性矿物质饲料和白云石、马芽石等原料。并根据采样实测数据更新原料中成分及营养价值数据。

将表 10.15 常用饲料干物质中能够的中性洗涤纤维（NDF）和酸性洗涤纤维（ADF）的含量中按照原料分类分别汇总到表 A.1 奶牛常用粗饲料成分及营养价值、表 A.2 奶牛常用青贮饲料成分及营养价值表、A.3 奶牛常用能量饲料成分及营养价值和表 A.4 奶牛常用蛋白饲料成分及营养价值中。并根据采样实测数据更新原料中成分及营养价值数据。

增加了表 A.5 奶牛常用饲料矿物质及维生素含量和表 A.6 奶牛常用饲料氨基酸组成。

删除了原表 10.3 块根、块茎、瓜果类饲料、原表 10.7 豆类饲料、原表 10.10 动物性饲料类、原表 10.14 常用饲料风干物质中能够的中性洗涤纤维（NDF）和酸性洗涤纤维（ADF）的含量。

（2）营养指标的修订

删除了原表中原样中各营养成分的数据，但保留干物质（%）数据。删除干物质中总能量（MJ/kg）、消化能（MJ/kg）、产奶净能（Mcal/kg）、可消化粗蛋白质（%）、无氮浸出物（%）、胡萝卜素（mg/kg）的数据。增加了淀粉（%）、中性洗涤纤维（%）、酸性洗涤纤维（%）、中性洗涤不溶氮（%）、酸性洗涤不溶氮（%）、酸性洗涤木质素（%）、代谢能（MJ/kg）等数据。另外，表 A.1 奶牛常用粗饲料成分及营养价值中增加了部分原料的水溶性碳水化合物（%）数据，表 A.4 奶牛常用蛋白饲料成分及营养价值中增加了部分原料的代谢蛋白（%）数据。

依据：

随着我国奶牛养殖规模化、标准化水平不断提高，精准饲养技术不断推广，以及饲料种植、收获及加工制作工艺的不断完善，奶牛饲料中使用的原料种类虽然大量减少，但是饲养原料的质量和营养价值显著提升，常用饲料的质量标准更加规范。目前规模化牧场常用饲料分类主要为粗饲料、青贮类饲料、能量饲料和蛋白饲料。因此为了标准能更好的在牧场和饲料企业广泛应用，将原标准中的表格分类进行合并和调整。将已经不在奶牛饲料中应用的各类原料删除，特别是根据国家法律法规的要求，将动物源性饲料全部删除，因此删除了原表

10.3 块根、块茎、瓜果类饲料、原表 10.7 豆类饲料、原表 10.10 动物性饲料类、原表 10.14 常用饲料风干物质中能够的中性洗涤纤维（NDF）和酸性洗涤纤维（ADF）的含量。近年来开发出多种非常规饲料资源并大量应用到奶牛日粮当中，如棕榈粕、湿玉米纤维、膨化大豆等，因此将其补充到相应的饲料原料分类中。

根据国家奶牛产业技术体系营养与饲料功能研究室岗位专家团队围绕奶牛营养需要量的研究开展了一系列动物试验，同时开展了大量饲料原料营养价值评定工作更新了饲料原料成分及营养价值表中的大量数据，并补充和完善缺失数据。

以奶牛场中使用最为广泛的全株玉米青贮为例，在原标准中全贮青贮玉米的干物质大都为 25%左右，而根据近几年牧场数据显示，当前的全贮青贮玉米干物质基本在 30%以上；影响全株玉米青贮质量的重要指标淀粉含量在原标准中没有相关数据，因此补充了淀粉含量的数据。中性洗涤纤维（%）和酸性洗涤纤维（%）是奶牛日粮中重要的营养指标，但原标准中仅在表 10.14 和表 10.15 中给出了个别几种饲料的中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维含量，无法满足当前配方制作的需求，因此修订时将所有原料均补充了中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维含量的数据。同时根据制作配方时的需要，常用粗饲料部分原料补充了水溶性碳水化合物含量数据，常用蛋白饲料部分原料补充了代谢蛋白含量的数据。

因为目前规模化牧场日粮配方制作时均以干物质为基础，饲料原料原样的营养成分含量并无参考价值，因此删除了原表中原样中各营养成分的数据，仅保留干物质（%）数据。根据目前规模化牧场日粮配方制作时常用的营养价值指标，对原标准的营养价值指标进行删除和补充，删除干物质中总能量（MJ/kg）、消化能（MJ/kg）、产奶净能（Mcal/kg）、可消化粗蛋白质（%）、无氮浸出物（%）、胡萝卜素（mg/kg）的数据，保留产奶净能（MJ/kg）、奶牛能量单位 NND（个/kg）、粗蛋白质（%）、粗脂肪（%）、粗纤维（%）、粗灰分（%）、钙（%）、磷（%）的数据，增加了淀粉（%）、中性洗涤纤维（%）、酸性洗涤纤维（%）、中性洗涤不溶氮（%）、酸性洗涤不溶氮（%）、酸性洗涤木质素（%）、代谢能（MJ/Kg）等数据。

2.9.2 奶牛常用饲料原料瘤胃动态降解模型参数（见表 A.8）

增加了表 A.8 奶牛常用饲料原料瘤胃动态降解模型参数。

依据：

不同饲料的营养价值不能仅通过常规营养成分的数据来判断，不同饲料在奶牛瘤胃中的降解率存在差异，因此奶牛日粮配方制作时一定要考虑降解率的因素。本次修订时，编制小组通过开展长时间大量的奶牛瘤胃降解率试验，对不同营养水平下的常用饲料原料的瘤胃动态降解模型参数，如饲料在瘤胃中的快速降解部分（a）、慢速降解部分（b）、慢速降解部分的降解速率（c）、有效降解率（ED）以及 24、30、48 小时降解率进行了测定，并增加了表 A2 奶牛常用饲料原料瘤胃动态降解模型参数。各参数计算方法如下：

（1）参照 Ørskov^[147]提出的瘤胃动力学数学模型计算瘤胃降解参数，公式如下：

$$p=a+b(1-e^{-ct})$$

式中：p 为待测饲料的营养成分在瘤胃 t 培养时间内的降解率；a 为快速降解部分；b 为慢速降解部分；c 为慢速降解部分的降解速率；t 为瘤胃内培养时间（h）。有效降解率（ED）计算公式如下：

$$ED=a+b[c/(c+K_p)]$$

式中：a、b、c 同上，依据各种饲料的特点及奶牛常用的外流速度 K_p 值， K_p 计算公式为 $K_p=0.0364+0.0173 \times \text{维持需要倍数}$ ，本标准分别按照 1.3 和 3 倍维持计算， K_p 值分别为 0.058 和 0.088。

（2）24、30、48 小时降解率

$$A=100 \times (B-C) / B$$

式中：A 为饲料某养分的瘤胃降解率，%；B 为饲料中某养分的质量，g；C 为残渣中某养分的质量，g。

2.9.3 奶牛常见饲料原料蛋白质瘤胃降解率和小肠降解率

更改了原表 10.16 饲料蛋白质降解率、瘤胃微生物蛋白质产量、瘤胃能氮给量平衡、小肠可消化粗蛋白质。

依据：

本次修订时，编制小组通过开展长时间大量的饲料蛋白质瘤胃降解率和小肠降解率测定，对不同营养水平下的常用饲料原料的可发酵有机物、全消化道蛋白质消化率、瘤胃降解蛋白质、瘤胃微生物蛋白质、瘤胃能氮平衡、小肠可

消化蛋白质等指标进行测定和计算，更新了羊草、小麦秸秆、全株玉米青贮、豆粕、菜籽粕、棉粕、啤酒糟、胡麻粕、葵花粕等 9 类原料的相关数据，删除了豆饼、热处理豆饼、黄豆粉、花生饼、花生粕、棉仁饼、棉籽饼、菜籽饼、葵花饼，芝麻饼、芝麻粕、酒精蛋白粉、玉米、次粉、米糠、豆腐渣、玉米胚芽饼、饴糖糟、淀粉渣、酱油渣、大麦青贮、高粱青贮、稻草、玉米秸、黍秸、亚麻秸、羊茅、无芒雀麦、红三叶、鲜青草等 30 余类原料的数据。增加了苜蓿干草、燕麦干草、大豆皮、花生秧、甜菜颗粒粕、苜蓿青贮、粉碎玉米、压片玉米、大麦、小麦、小麦麸、高粱、膨化大豆、双低菜粕、全棉籽、喷浆玉米皮等 16 类原料的数据。各指标计算方法如下：

(1) 用瘤胃可发酵有机物 (FOM) 估测

$$\text{可发酵有机物} = (\text{有机物含量}(\%) \times \text{试样中有机物的有效降解率}(\%)) / 100$$

(2) 瘤胃降解蛋白计算

$$\text{瘤胃降解蛋白质 (g/kg)} = \text{蛋白质含量}(\%) \times \text{瘤胃蛋白质降解率}(\%) / 10$$

(3) 瘤胃非降解蛋白质

$$\text{瘤胃非降解蛋白质 (g/kg)} = \text{蛋白质含量}(\%) \times 10 - \text{瘤胃降解蛋白质 (g/kg)}$$

(4) 瘤胃微生物蛋白量

① 用瘤胃可发酵有机物 (FOM) 估测

$$\text{微生物蛋白量 (MCP, g/kg)} = \text{FOM (g)} \times 136$$

② 用瘤胃降解蛋白质 (RDP) 估算瘤胃微生物蛋白

$$\text{精饲料微生物蛋白量 (MCP, g/kg)} = \text{瘤胃降解蛋白质 (g/kg)} \times 0.90$$

$$\text{粗饲料微生物蛋白量 (MCP, g/kg)} = \text{瘤胃降解蛋白质 (g/kg)} \times 0.85$$

注：精饲料瘤胃降解蛋白质转化为微生物蛋白，转化率为 0.9；粗饲料瘤胃降解蛋白质转化为微生物蛋白，转化率为 0.85。

(5) 瘤胃能氮平衡

$$\text{瘤胃能氮平衡 (RENB) (g/kg)} = \text{用 FOM 评定的瘤胃微生物蛋白量 (g/kg)} - \text{用 RDP 评定的瘤胃微生物蛋白量 (g/kg)}$$

(6) 小肠可消化蛋白质

$$\text{小肠可消化蛋白质 (g/kg)} = \text{饲料瘤胃非降解蛋白质 (g/kg)} \times \text{小肠消化率} +$$

瘤胃微生物蛋白质 (g/kg) × 0.75, 0.75 为瘤胃微生物蛋白质的小肠消化率; 瘤胃非降解蛋白质的的小肠表观消化率为 0.70。瘤胃微生物蛋白指的是用 RDP 估测的瘤胃微生物蛋白量。

注: 瘤胃降解和小肠消化的测算公式依据 2007 版奶牛营养需要和饲料成分 (冯仰廉, 陆治年. 奶牛营养需要和饲料成分[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2007), 但在消化率计算上有所修改, 因随着饲料品质和饲料蛋白质品质提升, 遗传选育奶牛品种的改良, 原有的小肠蛋白质消化率低于现在奶牛粗蛋白质消化率, 原瘤胃微生物蛋白质消化率为 0.70, 现改为 0.75。原瘤胃非降解蛋白质的的小肠表观消化率, 精饲料为 0.65, 粗饲料为 0.60, 现统一改为 0.70。

三、试验验证的分析、综述报告, 技术经济论证, 预期的经济效益、社会效益和生态效益

为确保本标准内容的科学性、实用性与可操作性, 标准起草组于 2023 年至 2025 年期间, 组织开展了系统的试验验证工作。验证工作旨在对标准中提出的后备母牛和成母牛各阶段的营养需要量等关键数据和技术指标进行实地应用与效果评估, 将奶牛的实际生产表现与修订标准预测的需要量进行比对, 评估修订标准中各个模型的预测精度。

验证工作选取了国内具有代表性和管理水平先进的规模化场作为验证单位, 涵盖了不同的地理气候条件和养殖模式, 确保了验证结果的广泛适用性。主要验证单位包括国内的大牧业集团如现代牧业、澳亚集团、首农集团、光明牧业、天润乳业、原生态牧业、得益乳业等养殖企业以及国家奶牛产业技术体系综合试验站所属牧场及示范牧场。总验证牛群规模超过 90 万头, 涵盖了犊牛、育成牛、青年牛、泌乳牛和干奶牛等各个生理阶段。

通过对近两年的验证牧场的生产数据和日粮配方进行汇总分析 (见表 38~表 42), 结果显示: 在修订后新标准中的奶牛营养需要量数据的指导下, 当前国内规模化牧场各牛群典型日粮配方营养水平基本与本标准的推荐数据指标吻合, 均在推荐范围内; 应用本标准的营养需要量推荐数据和技术指标后, 各个牧场单产水平稳步提升, 验证牧场 2024 年奶牛年单产最高超过 13.6 吨, 平均达到 11.31 吨, 与 2022 年相比, 单产水平提升了 15% 左右。犊牛阶段平均日增

重 943g，犊牛成活率 95.7%，13 月龄配种时体重 413 kg，23 月龄产犊前体重达到 629 kg。充分证明标准中各个模型的预测数据和各项参数科学合理，从后备牛培育到成母牛单产都达到了国际一流水平，能够广泛适用于我国规模化牧场。同时，通过降低日粮粗蛋白质水平，减低磷需要量、并优化碳水化合物结构，表明标准修订后在减少环境污染与改善瘤胃健康方面也会产生积极作用。

表38 验证牧场饲料配方统计

原料名称	泌乳阶段				
	围产前期	泌乳高峰期	泌乳中后期	干奶期	围产后期
苜蓿干草（国产或进口）	0.00% ¹	1.69%-15.2%	0.00%-7.83%	0.00%	1.78%-15.20%
苜蓿干草（国产或进口）	0.00%	1.69%-15.2%	0.00%-7.83%	0.00%	1.78%-15.20%
全株玉米青贮	24.72%-45.44%	6.78%-37.40%	7.15%-37.47%	22.86%-39.24%	5.78%-35.71%
苜蓿青贮	0.00%	0.00%-3.70%	0.00%-3.86%	0.00%	0.00%-1.96%
小麦秸秆	0.00%-22.33%	0.00%	0.00%-2.61%	0.00%-37.58%	0.00%
稻草	0.00%-7.86%	0.00%	0.00%	0.00%-21.32%	0.00%
粉碎玉米（粗粉或细粉）	5.22%-12.16%	0.00%-20.29%	0.00%-23.43%	0.00%-13.67%	0.00%-24.48%
压片玉米	0.00%-6.56%	2.52%-18.75%	0.00%-11.32%	0.00%-3.20%	0.00%-18.07%
高湿玉米	0.00%	0.00%-6.70%	0.00%	0.00%	0.00%
豆粕	0.00%-10.36%	3.13%-19.30%	1.55%-11.75%	0.00%-9.80%	3.48%-23.93%
棉粕	0.00%	0.00%-6.50%	0.00%-2.78%	0.00%	0.00%-7.34%
喷浆玉米皮	0.00%	0.00%	0.00%-0.92%	0.00%	0.00%
双低菜籽粕	2.27%-21.33%	0.00%-11.35%	0.00%-13.31%	0.00%-16.47%	0.00%-11.35%
DDGS	0.00%-11.66%	0.00%-2.86%	0.00%-7.56%	0.00%-12.08%	0.00%-2.54%
麸皮	0.00%-5.17%	0.00%-1.41%	0.00%-1.39%	0.00%-6.97%	0.00%-3.43%
甜菜颗粒粕	0.00%-3.31%	0.00%-6.67%	0.00%-5.27%	0.00%-5.64%	0.00%-7.70%
全棉籽	0.00%	0.00%-6.39%	0.00%-6.67%	0.00%-6.23%	0.00%-7.29%
酵母培养物	0.00%	0.00%-0.20%	0.00%	0.00%	0.00%-0.15%
脂肪添加物	0.00%	0.00%-2.00%	0.00%	0.00%	0.00%-1.60%
过瘤胃氨基酸	0.00%	0.00%-0.10%	0.00%	0.00%	0.00%-0.20%
1%或 5%预混料	1.00%-5.62%	0.95%-8.00%	1.00%-4.94%	0.95%-4.42%	0.96%-6.19%

小苏打	0.00%	0.00%-1.00%	0.00%-0.39%	0.00%	0.00%-0.83%
-----	-------	-------------	-------------	-------	-------------

注：表中数据均以干物质基础计算

表39 验证牧场饲料营养水平统计

营养水平 %	泌乳阶段				
	围产前期	泌乳高峰期	泌乳中后期	干奶期	围产后期
干物质	45.00%-60.00%	45.38%-56.60%	46.00%-54.00%	45.79%-59.30%	45.00%-60.00%
粗蛋白	13.70%-15.00%	15.70%-17.80%	15.00%-16.20%	12.10%-14.20%	13.70%-15.00%
中性洗涤纤维	36.60%-45.90%	25.20%-29.40%	27.50%-36.70%	41.50%-54.40%	36.60%-45.90%
酸性洗涤纤维	21.40%-28.70%	15.56%-27.00%	17.00%-22.10%	23.70%-38.30%	21.40%-28.70%
粗脂肪	2.80%-3.80%	4.10%-5.90%	3.00%-5.31%	2.50%-3.83%	2.80%-3.80%
淀粉	14.60%-22.70%	26.30%-30.67%	24.00%-29.50%	8.40%-17.60%	14.60%-22.70%
钙	0.03%-0.04%	0.08%-1.72%	0.01%-0.68%	0.03%-0.28%	0.03%-0.04%
磷	0.01%-0.09%	0.01%-1.14%	0.01%-0.48%	0.01%-0.42%	0.01%-0.09%

注：表中数据均以干物质基础计算

表 40 验证牧场 2022 年-2024 年奶牛单产水平变化

序号	牧场名称	2024 年单产（吨）	2022 年单产（吨）
1	现代牧业	12.04	11.23
2	天润乳业	10.45	9.50
3	得益集团	11.59	9.76
4	首农集团创辉牧场	12.37	12.14
5	天津富优农业科技发展有限公司三分场	11.83	9.62
6	天津市东旭奶牛养殖专业合作社	11.36	9.35
7	光明荷斯坦申丰奶牛场	7.60	6.65
8	哈尔滨完达山奶牛养殖有限公司	9.40	9.59
9	黑龙江省牡丹江农垦双峰奶牛养殖专业合作社	11.39	8.64
10	绥化市裕达牧业有限公司	12.21	10.90
11	甘南瑞信达原生态牧场	13.64	11.85
12	呼图壁种牛场牧六场	10.84	9.72
13	克拉玛依绿成公司奶牛一场	8.45	7.19
14	华阴一场	11.60	10.71
15	保定市清苑区魏村诚信自然园养殖场	12.40	11.13
16	牧同科技股份有限公司	13.00	9.91

17	大同市云冈区四方高科农牧有限公司	11.93	10.33
18	济南佳宝乳业有限公司生态牧场	11.46	8.28
	平均	11.31	9.81

表41 验证牧场后备牛饲料营养水平统计

营养成分	泌乳阶段			
	哺乳犊牛	断奶犊牛	育成牛	青年牛
干物质采食量	1.0kg-3.0kg	3.1kg-6.5kg	6.6kg-9.6kg	9.7kg-12.5kg
粗蛋白	24%-20%	19%-17%	16%-14%	14%-16%
产奶净能	11MJ-8.5MJ	8.4MJ-6.6MJ	6.5MJ-5.7MJ	6.0MJ-6.7MJ
中性洗涤纤维	12%-20%	34%-38%	40%-50%	45%-55%
酸性洗涤纤维	7%-11%	14%-22%	24%-29%	24%-33%
淀粉	25%-30%	18%-25%	12%-18%	12%-18%
钙	0.70-0.80	0.70%-0.48%	0.38%-0.31%	0.32%-0.37%
磷	0.5-.55	0.36%-0.26%	0.20%-0.22%	0.22%-0.24%

注：表中数据均以干物质基础计算

表 42 验证牧场 2024 年后备牛生产水平变化

序号	牧场名称	日增重 (克)	犊牛成活率 (%)	13 月龄体重 (kg)	23 月龄体重 (kg)
1	现代牧业	950	97	410	640
2	得益集团	860	95	402	610
3	澳亚集团	1050	98	440	670
4	呼图壁种牛场牧六场	860	95	390	580
5	黑龙江省牡丹江农垦双峰奶牛养殖专业合作社	890	94	398	605
6	内蒙古璞瑞集团公司	1005	96	420	640
7	甘南瑞信达原生态牧场	950	95	410	635
8	牧同科技股份有限公司	912	95	420	638
9	大同市云冈区四方高科农牧有限公司	920	96	415	635
10	首农集团公司	980	95	410	620
11	天津嘉绿荷牧业集团	1000	97	430	645
	平均	943	95.7	413	629

随着近年来我国奶牛单产水平与生鲜乳质量的显著提升，2004版的营养标准已无法适应现代高产奶牛需求。在技术层面，新标准整合了近年研究成果，新标准采纳了净能体系、可代谢蛋白质体系等国际主流营养学理论，基于中国荷斯坦牛的最新育种和营养研究成果，更新了维持需要、生长需要、产奶需要的核心参数数据库。结合我国饲料资源变化（如全株青贮、苜蓿干草及青贮、压片玉米等普及、TMR技术全覆盖）及规模化牧场管理模式，明确了不同生理阶段奶牛的营养参数，填补了哺乳犊牛高日增重营养需求及碳水化合物推荐值的空白，同时修正了磷供给的过高推荐值，为资源高效利用和可持续发展提供理论支撑。通过精准营养供给降低配方成本，提升饲料转化效率。经济性分析表明，标准修订后可减少蛋白饲料用量，减少磷等高价添加剂的浪费，通过提升生产效率和降低公斤奶成本，能为牧场带来显著的长期经济效益。标准修订兼顾了不同规模牧场的需求，具备广泛适用性。

《奶牛营养需要量》标准的修订，是基于近年来国内外奶牛营养学领域的最新研究进展与我国养殖实践成果的系统性更新。新标准的实施将在经济、社会与生态方面产生显著的综合效益，对全面提升我国奶牛综合生产能力、推动饲料资源高效利用、促进奶业高质量发展具有重要而深远的战略意义。

经济效益方面，标准修订后，有助于通过推广精准饲养与饲料资源本地化应用，助力牧场实现精准化、数字化饲养管理，能够精准匹配奶牛各生理阶段的营养需求，提升奶牛单产，改善生鲜乳品质。更重要的是，通过提高日粮配方的精准度，可大幅提高饲料转化率，降低公斤奶饲料成本。同时，标准鼓励因地制宜开发利用本地饲料资源，有助于降低对外部饲料资源的依存度，优化资源配置，增强养殖业应对市场波动的能力，为产业注入持续发展的内生动力。

社会效益方面，修订后的标准，为广大养殖企业、家庭牧场和一线技术人员提供了一套权威、统一、便于查询和应用的技术工具书。它整合了国内常用饲料原料的营养成分数据与各阶段奶牛的营养需要量参数，极大地便利了日常生产中的日粮配制与营养调控工作，加速了最新科研成果向现实生产力的转化，将整体提升我国奶牛养殖业的技术与管理水平，助力养殖增收和推动乡村产业振兴，对于增强我国奶业综合竞争力具有重要作用。

生态效益方面，新标准是推动奶业向资源节约、环境友好模式转型的关键

技术支撑。其核心体现在从源头削减养殖环境污染。通过实施精准营养策略，精准蛋白质和磷的供给，降低蛋白饲料和磷源添加剂的用量，有助于减少氮磷排放，可从源头减少约 10%-15% 的氮磷排泄，极大缓解养殖业对土壤和水体的污染压力；同时，更健康合理的日粮结构也有助于改善奶牛肠道健康，减少甲烷等温室气体的肠道发酵排放，从而直接降低单位牛奶产品的碳排放强度。这也符合国家绿色发展和“碳达峰、碳中和”的战略方向，助力国家早日实现“双碳”目标。

四、与国际、国外同类标准技术内容的对比情况，或者与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况

美国 NASEM（2021）对碳水化合物组分（淀粉、NDF）的推荐范围较宽泛，氨基酸（赖氨酸、蛋氨酸）需求多基于理论模型，缺乏高单产奶牛实证数据。该标准细化淀粉、NDF、fNDF、瘤胃降解淀粉及水溶性糖的适配区间，结合奶牛瘤胃健康，提出赖氨酸:蛋氨酸比例的精准推荐值。

五、以国际标准为基础的起草情况，以及是否合规引用或者采用国际国外标准，并说明未采用国际标准的原因

国际上没有此类标准，因此本标准不存在采用国际标准或国外标准的问题。

六、与有关法律、行政法规及相关标准的关系

本标准的编制符合现行的法律法规要求，与现行的强制性国家标准相配套协调一致。

七、重大分歧意见的处理经过和依据

在本文件的修订过程中，无重大意见分歧。

八、涉及专利的有关说明

经查，本文件不涉及专利。

九、实施行业标准的要求，以及组织措施、技术措施、过渡期和 实施日期的建议等措施建议

标准的内容不涉及保障人身健康和生命财产安全、国家安全、生态环境安全以及满足经济社会管理基本需要等强制性国家标准制定的范围，建议以推荐性农业行业标准发布。

本标准发布后，应广泛组织宣传贯彻，指导奶牛养殖场按照标准的规定进行奶牛饲料的配制，使相关单位能够积极主动的学习标准，结合本单位实际研究标准并准备贯彻实施。

建议该标准从发布之日起半年内实施，以便相关标准使用者，有充足的时间了解标准新内容，更新生产管理流程和要求等，推动奶牛场饲料配制和生产管理更加标准化、规范化。

新版标准一旦发布后将代替旧版标准 NY/T 34-2004，NY/T 34-2004 将废止。

十、其他应当说明的事项

本文件没有需要其他应当说明的事项。

参考文献

- [1] 李胜利. 中国原料奶状况调研报告[J]. 中国乳业, 2008(03): 40-43.
- [2] 崔秋佳. 犊牛生长期(90~120kg, 140~200kg)能量和蛋白质代谢规律及其需要量研究[D]. 河北农业大学, 2013.
- [3] 于志. 中国荷斯坦育成牛能量和蛋白质代谢规律及需要量的研究[D]. 河北农业大学, 2014.
- [4] 陈福音. 育成奶牛能量和蛋白质代谢规律及其需要量研究[D]. 河北农业大学, 2012.
- [5] CHACHER B, ZHU W, YE J A, et al. Effect of dietary N-carbamoylglutamate on milk production and nitrogen utilization in high-yielding dairy cows[J]. Journal of Dairy Science, 2014,97(4): 2338-2345.
- [6] ZHANG B, WANG C, WEI Z, et al. The Effects of Dietary Phosphorus on the Growth Performance and Phosphorus Excretion of Dairy Heifers[J]. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 2016,29(7).
- [7] 郭勇庆. 日粮中快速降解淀粉比例对奶牛瘤胃发酵、泌乳性能和乳脂组成影响研究[D]. 中国农业大学, 2013.
- [8] 史仁煌, 董双钊, 付瑶, 等. 饲粮中性洗涤纤维水平对泌乳高峰期奶牛生产性能、营养物质表观消化率及血清指标的影响[J]. 动物营养学报, 2015,27(08): 2414-2422.
- [9] 吴亚琪. 不同粗饲料来源日粮对泌乳高峰奶牛瘤胃发酵、瘤胃微生物区系及其饲喂效果的影响[D]. 中国农业大学, 2015.
- [10] 杨辰晖. 不同淀粉水平日粮对泌乳牛养分消化率及氮排出的影响[D]. 中国农业大学, 2016.
- [11] JIANG F G, LIN X Y, YAN Z G, et al. Effect of dietary roughage level on chewing activity, ruminal pH, and saliva secretion in lactating Holstein cows[J]. Journal of Dairy Science, 2017,100(4): 2660-2671.
- [12] 雒国彬, 孙凯晶, 王馨影, 等. 饲喂高淀粉饲料时不同瘤胃降解淀粉水平对奶牛泌乳性能、营养物质表观消化率和氮平衡的影响[J]. 动物营养学报, 2017,29(10): 3541-3550.
- [13] 郝科比. 日粮淀粉水平对泌乳前期奶牛产奶性能、瘤胃发酵和血液代谢的影响[D]. 北京: 中国农业大学, 2018.
- [14] LIN X, HU Z, ZHANG S, et al. A study on the mechanism regulating acetate to propionate ratio in Rumen fermentation by dietary carbohydrate type[J]. Advances in Bioscience and Biotechnology, 2020,11(08): 369-390.
- [15] LI J, XUE M, ZHANG L, et al. Integration of long non-coding RNA and mRNA profiling reveals the mechanisms of different dietary NFC/NDF ratios induced rumen development in calves[J]. Animals, 2022,12(5): 650.
- [16] 吕佳颖. 非饲草纤维对泌乳奶牛生产性能和瘤胃微生物菌群的影响及机制研究[D]. 中国农业大学, 2022.
- [17] 郭成. 不同碳水化合物日粮对围产期奶牛胃肠道菌群及肝脏代谢的研究[D]. 宁夏大学,

- 2023.
- [18] 夏建民. 日粮磷水平对泌乳奶牛生产性能、血液生化指标和磷利用的影响[D]. 北京: 中国农业大学, 2011.
 - [19] 王翀. 代谢蛋白水平、氨基酸补充对中国荷斯坦奶牛泌乳性能及氮代谢的影响[D]. 浙江大学, 2008.
 - [20] WANG C, LIU H Y, WANG Y M, et al. Effects of dietary supplementation of methionine and lysine on milk production and nitrogen utilization in dairy cows[J]. *Journal of Dairy Science*, 2010,93(8): 3661-3670.
 - [21] WANG C, LIU H Y, WANG Y M, et al. Effects of dietary supplementation of methionine and lysine on milk production and nitrogen utilization in dairy cows[J]. *Journal of Dairy Science*, 2010,93(8): 3661-3670.
 - [22] XU LIANBIN X L, LIN XUEYAN L X, HU ZHIYONG H Z, et al. Recent advances in regulating milk protein synthesis by interaction of amino acid supply and endocrine.[J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2016, 8(26): 2324-2333.
 - [23] WANG C, ZHAO F, LIU J, et al. The essential role of N-glycosylation in the transport activity of bovine peptide transporter 2[J]. *Journal of Dairy Science*, 2020,103(7): 6679-6683.
 - [24] 李晓飞. 生物素对奶牛繁殖性能的影响及其内分泌机制研究[D]. 河南农业大学, 2015.
 - [25] 陈利青. 日粮中添加 β -胡萝卜素对奶牛生产性能及抗氧化指标影响的研究[D]. 内蒙古农业大学, 2018.
 - [26] 隋雁南. 不同水平碳酸钴对泌乳奶牛生产性能、瘤胃发酵及血清生化指标的影响[D]. 扬州大学, 2018.
 - [27] 林淼, 隋雁南, 安雨洁, 等. 日粮不同钴水平对奶牛泌乳性能、营养物质消化率和血液生化指标的影响[J]. *畜牧兽医学报*, 2020,51(08): 1895-1902.
 - [28] HAN L, PANG K, FU T, et al. Nano-selenium Supplementation Increases Selenoprotein (Sel) Gene Expression Profiles and Milk Selenium Concentration in Lactating Dairy Cows[J]. *Biological Trace Element Research*, 2021,199(1): 113-119.
 - [29] 刘祥圣. 不同水平铜源对奶牛生产性能、瘤胃发酵和血清生化的影响[D]. 扬州大学, 2021.
 - [30] 王敬林. 不同锰源及水平对奶牛生产性能、瘤胃发酵及血清生化的影响[D]. 扬州大学, 2022.
 - [31] 胡红莲, 李超, 陈利青, 等. β -胡萝卜素对奶牛泌乳高峰期产乳性能及血常规指标,血清生化和免疫指标的影响[J]. *中国畜牧兽医*, 2023, 2023, 56(09): 1375-1384.
 - [32] 潘春方. 湿玉米纤维饲料在奶牛生产中的应用及其保存技术的研究[D]. 东北农业大学, 2014.
 - [33] WANG D M, ZHANG B X, WANG J K, et al. Effect of dietary supplements of biotin, intramuscular injections of vitamin B12, or both on postpartum lactation performance in multiparous dairy cows[J]. *Journal of Dairy Science*, 2018,101(9): 7851-7856.
 - [34] LI Y, LV M, WANG J, et al. Dandelion (*Taraxacum mongolicum* Hand.-Mazz.)

- p>supplementation-enhanced rumen fermentation through the interaction between ruminal microbiome and metabolome[J].
- Microorganisms*
- , 2020,9(1): 83.
- [35] YAO K, JIANG L, LIU J, et al. Effect of yellow wine lees supplementation on milk antioxidant capacity and hematological parameters in lactating cows under heat stress[J]. *Animals*, 2021,11(9): 2643.
- [36] 冯豆, 蔡阿敏, 薛宵, 等. 花生秧常规营养成分近红外反射光谱预测模型的建立[J]. *动物营养学报*, 2019,31(01): 452-458.
- [37] ZHANG L, SHANG Y, LI J, et al. Comparison of feeding diets including dried or ensiled peanut vines as forage sources on the growth performance, ruminal fermentation, and bacterial community in young Holstein bulls[J]. *Animal Science Journal*, 2022,93(1): e13675.
- [38] 韩好奇, 王明燕, 付彤, 等. 应用CNCPS和NRC模型比较几种非常规粗饲料与苜蓿干草的营养价值[J]. *中国畜牧杂志*, 2022,58(09): 249-254.
- [39] 蔡阿敏, 薛宵, 赵佳浩, 等. 春花生秧与夏花生秧的营养价值评价及瘤胃降解率比较[J]. *动物营养学报*, 2019,31(04): 1823-1832.
- [40] 杨坤, 崔洪哲, 高民, 等. 应用CNCPS体系评价内蒙古地区9种非常规饲料的营养价值[J]. *饲料研究*, 2023,46(18): 97-101.
- [41] 王立明. 奶牛常用饲料瘤胃降解规律和小肠消化率的研究[D]. 内蒙古农业大学, 2012.
- [42] 范逸婷, 齐钦, 付彤, 等. 花生秧与麦秸对荷斯坦奶牛瘤胃降解率及营养物质消化率的影响[J]. *中国畜牧杂志*, 2021,57(12): 186-191.
- [43] 肖鉴鑫. 早期不同日粮类型对犊牛食物选择和挑食行为的影响[D]. 中国农业大学, 2018.
- [44] 张卫兵. 蛋白能量比对不同生理阶段后备奶牛生长发育和营养物质消化的影响[D]. 中国农业科学院, 2009.
- [45] 国春艳. 木聚糖酶和纤维素酶对后备奶牛生长代谢、瘤胃发酵及微生物区系的影响[D]. 中国农业科学院, 2010.
- [46] 马满鹏. 日粮中性洗涤纤维来源对断奶犊牛生长性能和瘤胃发育的影响[D]. 甘肃农业大学, 2020.
- [47] 黄杰. 不同蛋白水平全价颗粒料对公犊牛生长性能、血清生化指标及瘤胃发酵的影响[D]. 扬州大学, 2020.
- [48] 李媛. 6~9月龄荷斯坦生长母牛日粮赖、蛋、苏氨酸的适宜比例的研究[D]. 中国农业科学院, 2019.
- [49] 李国栋. 低蛋白日粮补饲过瘤胃蛋氨酸、亮氨酸、异亮氨酸对后备牛生长及消化性能的影响[D]. 山东农业大学, 2020.
- [50] 霍路曼, 曹玉凤, 高艳霞, 等. 饲料能量水平对荷斯坦育成牛生长性能和瘤胃发酵的影响[J]. *畜牧兽医学报*, 2019,50(2): 332-342.
- [51] 徐进昊. 荷斯坦后备母牛(8~10月龄)饲料中碳水化合物结构及其营养平衡参数的研究[D]. 扬州大学, 2017.
- [52] 葛汝方. 后备荷斯坦母牛(8~10月龄)饲料中代谢葡萄糖与代谢蛋白需要量研究[D].

- 扬州大学, 2016.
- [53] 曾书秦. 日粮能量水平对7~10月龄育成牛生长、消化代谢及瘤胃内环境的影响[D]. 中国农业科学院, 2015.
 - [54] 陈青. 荷斯坦后备母牛（8~10月龄）物理有效中性洗涤纤维需要量研究[D]. 扬州大学, 2015.
 - [55] 李斌昌. 日粮精粗比对不同月龄后备奶牛甲烷排放与生长性能和营养物质消化的影响[D]. 甘肃农业大学, 2019.
 - [56] LOFGREEN G P, GARRETT W N. A system for expressing net energy requirements and feed values for growing and finishing beef cattle[J]. *Journal of Animal Science*, 1968,27(3): 793-806.
 - [57] ARC. The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock[M]. Slough, UK: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1980.
 - [58] 张拴林, 刘强, 黄应祥, 等. 荷斯坦犊牛日粮能量代谢的研究[J]. *畜牧兽医学报*, 2008(07): 923-929.
 - [59] GARRETT W N. Energy utilization by growing cattle as determined in 72 comparative slaughter experiments[J]. *Publication-European Association for Animal Production*, 1980.
 - [60] 许先查. 代乳品的饲喂量和饲喂方式对犊牛生长代谢、采食及相关行为的影响[D]. 新疆农业大学, 2011.
 - [61] 赵玥. 中国荷斯坦犊牛早期断奶营养代谢与沉积规律研究[D]. 贵州大学, 2015.
 - [62] 马俊南. 不同固液比例饲喂模式对犊牛生长及胃肠道发育的影响[D]. 中国农业科学院动物营养与饲料科学, 2017.
 - [63] 胡凤明. 椰子油和棕榈油脂肪粉对哺乳期犊牛生长性能和胃肠道发育的影响[D]. 中国农业科学院, 2018.
 - [64] 刘云龙. 不同蛋白源组合代乳品对哺乳期犊牛生长性能和肠道发育的影响[D]. 中国农业科学院, 2020.
 - [65] 穆阿丽. 肉牛生长期能量和蛋白质代谢规律及其需要量的研究[D]. 山东农业大学动物营养与饲料科学, 2006.
 - [66] FERRELL C L, JENKINS T G. Body composition and energy utilization by steers of diverse genotypes fed a high-concentrate diet during the finishing period: II. Angus, Boran, Brahman, Hereford, and Tuli sires[J]. *Journal of Animal Science*, 1998,76(2): 647-657.
 - [67] JIAO H P, YAN T, WILLS D A, et al. Maintenance energy requirements of young Holstein cattle from calorimetric measurements at 6, 12, 18, and 22 months of age[J]. *Livestock Science*, 2015,178: 150-157.
 - [68] 崔祥. 日粮能量水平对4~6月龄犊牛生长、消化代谢及瘤胃内环境的影响[D]. 中国农业科学院, 2014.
 - [69] 缪万荣. 不同能量与复合营养调控剂对犊牛生长发育与能量、蛋白转化效率的影响[D]. 贵州大学, 2016.

- [70] 李继超. 日粮不同来源粗饲料对犊牛生长性能、消化代谢、瘤胃发酵及微生物区系的影响[D]. 河南农业大学, 2022.
- [71] 魏明. 生长期皖东牛净能需要量及其常用饲料有效能值的研究[D]. 南京农业大学, 2018.
- [72] SWANSON E W. Factors for Computing Requirements of Protein for Maintenance of Cattle[J]. *Journal of Dairy Science*, 1977,60(10): 1583-1593.
- [73] LAPIERRE H, MARTINEAU R, HANIGAN M D, et al. Review: Impact of protein and energy supply on the fate of amino acids from absorption to milk protein in dairy cows[J]. *Animal*, 2020,14: s87-s102.
- [74] BELL A W, SLEPETIS R, EHRHARDT U A. Growth and accretion of energy and protein in the gravid uterus during late pregnancy in Holstein cows[J]. *Journal of Dairy Science*, 1995,78(9): 1954-1961.
- [75] 任春燕. 不同NDF水平的开食料对犊牛生长、屠宰性能、抗氧化、免疫及胃肠道发育的影响[D]. 甘肃农业大学, 2018.
- [76] 王立斌. 在饲喂开食料的基础上补饲苜蓿对犊牛胃肠道发育的影响[D]. 中国农业大学, 2013.
- [77] 李岚捷. 不同NFC/NDF水平日粮对公犊牛生产性能、瘤胃发育及微生物区系的影响[D]. 甘肃农业大学, 2017.
- [78] 杨宏波. 不同精粗比颗粒饲料对3~6月龄犊牛生长性能和胃肠道发育的影响[D]. 扬州大学, 2015.
- [79] 李德胜. 断奶日龄、开食料淀粉水平及原料构成对犊牛生长、血液及瘤胃的影响[D]. 吉林农业大学, 2021.
- [80] 马学良. 开食料淀粉与丁酸钠对犊牛哺乳期及断奶过渡期生长性能和健康状况的交互影响[D]. 内蒙古农业大学, 2021.
- [81] CHISHTI G A, MITCHELL L K, DENNIS T S, et al. Starch-protein interaction in the rumen of weaned dairy calves[J]. *Journal of Dairy Science*, 2021,104(5): 5445-5456.
- [82] HU W, HILL T M, DENNIS T S, et al. Relationships between starch concentration of dry feed, diet digestibility, and growth of dairy calves up to 16 weeks of age[J]. *Journal of Dairy Science*, 2018,101(8): 7073-7081.
- [83] 郝健, 韩吉雨, 刘凯玉, 等. 日粮中淀粉及蛋白质水平对青年母牛产后产奶量的影响[J]. *中国奶牛*, 2022(05): 48-52.
- [84] MALEKKHAHI M, RAZZAGHI A, ZADEH M A, et al. Evaluating the effect of finely ground, dry-rolled, and crumbled corn grain on performance, feeding behavior, and starch digestion in Holstein dairy heifers[J]. *Journal of Dairy Science*, 2022,105(4): 3142-3152.
- [85] COBLENTZ W K, AKINS M S, ESSER N M. Effects of feedbunk restrictions and push-up frequency on the growth performance of Holstein dairy heifers offered a forage-based diet with a limit-feeding strategy[J]. *Journal of Dairy Science*, 2020,103(8): 7000-7008.
- [86] STAHL T C, HATUNGIMANA E, KLANDERMAN K D, et al. Sodium butyrate and monensin supplementation to postweaning heifer diets: Effects on growth performance,

- nutrient digestibility, and health[J]. *Journal of Dairy Science*, 2020,103(11): 10207-10218.
- [87] KLJAK K, PINO F, HEINRICHS A J. Effect of forage to concentrate ratio with sorghum silage as a source of forage on rumen fermentation, N balance, and purine derivative excretion in limit-fed dairy heifers[J]. *Journal of Dairy Science*, 2017,100(1): 213-223.
- [88] LASCANO G J, KOCH L E, HEINRICHS A J. Precision-feeding dairy heifers a high rumen-degradable protein diet with different proportions of dietary fiber and forage-to-concentrate ratios[J]. *Journal of Dairy Science*, 2016,99(9): 7175-7190.
- [89] PINO F, HEINRICHS A J. Effect of trace minerals and starch on digestibility and rumen fermentation in diets for dairy heifers[J]. *Journal of Dairy Science*, 2016,99(4): 2797-2810.
- [90] HAMMOND K J, HUMPHRIES D J, CROMPTON L A, et al. Effects of forage source and extruded linseed supplementation on methane emissions from growing dairy cattle of differing body weights[J]. *Journal of Dairy Science*, 2015,98(11): 8066-8077.
- [91] SUAREZ-MENA F X, LASCANO G J, HEINRICHS A J. Chewing activities and particle size of rumen digesta and feces of precision-fed dairy heifers fed different forage levels with increasing levels of distillers grains[J]. *Journal of Dairy Science*, 2013,96(8): 5184-5193.
- [92] LASCANO G J, HEINRICHS A J, TRICARICO J M. Substitution of starch by soluble fiber and *Saccharomyces cerevisiae* dose response on nutrient digestion and blood metabolites for precision-fed dairy heifers[J]. *Journal of Dairy Science*, 2012,95(6): 3298-3309.
- [93] LASCANO G J, HEINRICHS A J. Effects of feeding different levels of dietary fiber through the addition of corn stover on nutrient utilization of dairy heifers precision-fed high and low concentrate diets[J]. *Journal of Dairy Science*, 2011,94(6): 3025-3036.
- [94] ZANTON G I, HEINRICHS A J. Digestion and nitrogen utilization in dairy heifers limit-fed a low or high forage ration at four levels of nitrogen intake[J]. *Journal of Dairy Science*, 2009,92(5): 2078-2094.
- [95] GABLER M T, HEINRICHS A J. Altering soluble and potentially rumen degradable protein for prepubertal Holstein heifers[J]. *Journal of Dairy Science*, 2003,86(6): 2122-2132.
- [96] 熊厚亮. 不同胎次、泌乳和妊娠月龄的荷斯坦奶牛体重和体尺变化规律研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2020.
- [97] de SOUZA R A, TEMPELMAN R J, ALLEN M S, et al. Updating predictions of dry matter intake of lactating dairy cows[J]. *Journal of Dairy Science*, 2019,102(9): 7948-7960.
- [98] LAPIERRE H, MARTINEAU R, HANIGAN M D, et al. Review: Impact of protein and energy supply on the fate of amino acids from absorption to milk protein in dairy cows[J]. *Animal*, 2020,14(S1): s87-s102.
- [99] WANG C, LIU J X, YUAN Z P, et al. Effect of level of metabolizable protein on milk production and nitrogen utilization in lactating dairy cows[J]. *Journal of Dairy Science*, 2007,90(6): 2960-2965.
- [100] TEBBE A W, WEISS W P. Effects of oscillating dietary crude protein concentrations on production, nutrient digestion, plasma metabolites, and body composition in lactating dairy cows[J]. *Journal of Dairy Science*, 2020,103(11): 10219-10232.
- [101] ZANG Y, HULTQUIST K M, COTANCH K W, et al. Effects of prepartum metabolizable

- protein supply and management strategy on lactational performance and blood biomarkers in dairy cows during early lactation[J]. *Journal of Dairy Science*, 2022,105(7): 5761-5775.
- [102] AMANLOU H, FARAHANI T A, FARSUNI N E. Effects of rumen undegradable protein supplementation on productive performance and indicators of protein and energy metabolism in Holstein fresh cows[J]. *Journal of Dairy Science*, 2017,100(5): 3628-3640.
- [103] FARAHANI T A, AMANLOU H, KAZEMI-BONCHENARI M. Effects of shortening the close-up period length coupled with increased supply of metabolizable protein on performance and metabolic status of multiparous Holstein cows[J]. *Journal of Dairy Science*, 2017,100(8): 6199-6217.
- [104] UNDERWOOD J P, CLARK J H, CARDOSO F C, et al. Production, metabolism, and follicular dynamics in multiparous dairy cows fed diets providing different amounts of metabolizable protein prepartum and postpartum[J]. *Journal of Dairy Science*, 2022,105(5): 4032-4047.
- [105] MORAES L E, KEBREAB E, FIRKINS J L, et al. Predicting milk protein responses and the requirement of metabolizable protein by lactating dairy cows[J]. *Journal of Dairy Science*, 2018,101(1): 310-327.
- [106] STEVENS A, KARGES K, REZAMAND P, et al. Production performance and nitrogen metabolism in dairy cows fed supplemental blends of rumen undegradable protein and rumen-protected amino acids in low-compared with high-protein diets containing corn distillers grains[J]. *Journal of Dairy Science*, 2021,104(4): 4134-4145.
- [107] ZANG Y, JI P, MORRISON S Y, et al. Reducing metabolizable protein supply: Effects on milk production, blood metabolites, and health in early-lactation dairy cows[J]. *Journal of Dairy Science*, 2021,104(12): 12443-12458.
- [108] PATTON R A. Effect of rumen-protected methionine on feed intake, milk production, true milk protein concentration, and true milk protein yield, and the factors that influence these effects: A meta-analysis[J]. *J. Dairy Sci.*, 2010,93(5): 2105-2118.
- [109] ARSHAD U, PEÑAGARICANO F, WHITE H M. Effects of feeding rumen-protected lysine during the postpartum period on performance and amino acids profile in dairy cows: A meta-analysis[J]. *Journal of Dairy Science*, 2024,107(7) 4537-4557.
- [110] 史仁煌. 日粮NDF水平对泌乳高峰期奶牛瘤胃发酵和生产性能的影响[D]. 扬州大学, 2015.
- [111] WANG Z, EASTRIDGE M L, QIU X. Effects of forage neutral detergent fiber and yeast culture on performance of cows during early lactation[J]. *Journal of Dairy Science*, 2001,84(1): 204-212.
- [112] KENDALL C, LEONARDI C, HOFFMAN P C, et al. Intake and milk production of cows fed diets that differed in dietary neutral detergent fiber and neutral detergent fiber digestibility[J]. *Journal of Dairy Science*, 2009,92(1): 313-323.
- [113] WEISS W P, PINOS-RODRIGUEZ J M. Production responses of dairy cows when fed supplemental fat in low- and high-forage diets[J]. *Journal of Dairy Science*, 2009,92(12): 6144-6155.

- [114] SLATER A L, EASTRIDGE M L, FIRKINS J L, et al. Effects of starch source and level of forage neutral detergent fiber on performance by dairy cows[J]. *Journal of Dairy Science*, 2000,83(2): 313-321.
- [115] 马冬梅. TMR中NDF水平及饲草长度对奶牛采食、瘤胃发酵和生产性能的影响[D]. 黑龙江八一农垦大学, 2009.
- [116] 范铤. 日粮中NDF水平及粗饲料NDF降解率对奶牛采食量及生产性能的影响的研究[D]. 山东农业大学动物营养及饲料科学, 2014.
- [117] MCCARTHY M M, YASUI T, RYAN C M, et al. Performance of early-lactation dairy cows as affected by dietary starch and monensin supplementation[J]. *Journal of Dairy Science*, 2015,98(5): 3335-3350.
- [118] SHI W, KNOBLOCK C E, MURPHY K V, et al. Effects of supplementing a *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product during the periparturient period on performance of dairy cows fed fresh diets differing in starch content[J]. *Journal of Dairy Science*, 2019,102(4): 3082-3096.
- [119] IZUMI K, FUKUMORI R, OIKAWA S, et al. Short communication: Effects of butyrate supplementation on the productivity of lactating dairy cows fed diets differing in starch content[J]. *Journal of Dairy Science*, 2019,102(12): 11051-11056.
- [120] DIAS A, FREITAS J A, MICAÍ B, et al. Effects of supplementing yeast culture to diets differing in starch content on performance and feeding behavior of dairy cows[J]. *Journal of Dairy Science*, 2018,101(1): 186-200.
- [121] SIRJANI M A, AMANLOU H, MIRZAEI-ALAMOUTI H, et al. The potential interaction between body condition score at calving and dietary starch content on productive and reproductive performance of early-lactating dairy cows[J]. *Animal*, 2020,14(8): 1676-1683.
- [122] FREDIN S M, FERRARETTO L F, AKINS M S, et al. Effects of corn-based diet starch content and corn particle size on lactation performance, digestibility, and bacterial protein flow in dairy cows[J]. *Journal of Dairy Science*, 2015,98(1): 541-553.
- [123] CARMO C A, BATISTEL F, de SOUZA J, et al. Starch levels on performance, milk composition and energy balance of lactating dairy cows[J]. *Trop Animal Healthy Production*, 2015,47(1): 179-184.
- [124] DAI D, KONG F, WANG S, et al. Effects of rumen-degradable starch on lactation performance , gastrointestinal fermentation, and plasma metabolomic in dairy cows[J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2025: 299.
- [125] de ONDARZA M B, EMANUELE S M, SNIFFEN C J. Effect of increased dietary sugar on dairy cow performance as influenced by diet nutrient components and level of milk production[J]. *The Professional Animal Scientist*, 2017,33: 700-707.
- [126] 解焱. 日粮可溶性糖水平对泌乳后期奶牛泌乳性能和瘤胃发酵的影响[D]. 中国农业大学, 2023.
- [127] BRODERICK G A, RADLOFF W J. Effect of Molasses Supplementation on the Production of Lactating Dairy Cows Fed Diets Based on Alfalfa and Corn Silage[J]. *Journal of Dairy*

Science, 2004,87(9): 2997-3009.

- [128] MYERS Z H, BEEDE D K. Evaluating estimates of phosphorus maintenance requirement of lactating Holstein cows with different dry matter intakes[J]. Journal of Dairy Science, 2009,92(2): 708-719.
- [129] 赵恒聚. 日粮磷水平对泌乳中期奶牛生产性能及磷排放的影响[D]. 河北农业大学, 2010.
- [130] 宋范成. 日粮磷水平对奶牛瘤胃发酵、产奶性能及磷消化代谢的影响[D]. 内蒙古农业大学, 2010.
- [131] GUO Y Q, TONG B X, WU Z G, et al. Dietary manipulation to reduce nitrogen and phosphorus excretion by dairy cows[J]. Livestock science, 2019,228: 61-66.
- [132] MORRIS D L, KIM S H, LEE C. Effects of corn feeding reduced-fat distillers grains with or without monensin on nitrogen, phosphorus, and sulfur utilization and excretion in dairy cows[J]. Journal of Dairy Science, 2018,101(8): 7106-7116.
- [133] FENG X, RAY P P, JARRETT J P, et al. Short communication : Effect of abomasal inorganic phosphorus infusion on phosphorus absorption in large intestine , milk production, and phosphorus excretion of dairy cattle[J]. Journal of Dairy Science, 2018,101(8): 7208-7211.
- [134] QU Q B, YANG P, ZHAO R, et al. Prediction of fecal nitrogen and phosphorus excretion for Chinese Holstein lactating dairy cows[J]. Journal of Animal Science, 2017,95(8): 3487-3496.
- [135] ALVAREZ-FUENTES G, APPUHAMY J A D R, KEBREAB E. Prediction of phosphorus output in manure and milk by lactating dairy cows[J]. Journal of Dairy Science, 2016,99(1): 771-782.
- [136] L. PUGGAARD P L J S. Effect of feed forage particle size and dietary urea on excretion of phosphorus in lactating dairy cows[J]. Livestock Science, 2013,158: 50-56.
- [137] RAY P P, JARRETT J, KNOWLTON K F. Effect of dietary phytate on phosphorus digestibility in dairy cows[J]. Journal of Dairy Science, 2013,96(2): 1156-1163.
- [138] FENG X, KNOWLTON K F, DIETRICH A D, et al. Effect of abomasal ferrous lactate infusion on phosphorus absorption in lactating dairy cows[J]. Journal of Dairy Science, 2013,96(7): 4586-4591.
- [139] ELIZONDO SALAZAR J A, FERGUSON J D, BEEGLE D B, et al. Body phosphorus mobilization and deposition during lactation in dairy cows[J]. Journal of Animal Physiology and animal nutrition, 2013,97(3): 502-514.
- [140] PUGGAARD L, KRISTENSEN N B, SEHESTED J. Effect of decreasing dietary phosphorus supply on net recycling of inorganic phosphate in lactating dairy cows[J]. Journal of Dairy Science, 2011,94(3): 1420-1429.
- [141] MYERS Z H, BEEDE D K. Evaluating estimates of phosphorus maintenance requirement of lactating Holstein cows with different dry matter intakes[J]. Journal of Dairy Science, 2009,92(2): 708-719.
- [142] EKELUND A, SPÖRNDLY R, VALK H, et al. Effects of varying monosodium phosphate intake on phosphorus excretion in dairy cows[J]. Livestock Production Science, 2005,96(2): 301-306.

- [143] KINCAID R L, GARIKIPATI D K, NENNICH T D, et al. Effect of Grain Source and Exogenous Phytase on Phosphorus Digestibility in Dairy Cows[J]. *Journal of Dairy Science*, 2005,88(8): 2893-2902.
- [144] BORUCKI CASTRO S I, PHILLIP L E, GIRARD V, et al. Altering Dietary Cation-Anion Difference in Lactating Dairy Cows to Reduce Phosphorus Excretion to the Environment[J]. *Journal of Dairy Science*, 2004,87(6): 1751-1757.
- [145] KNOWLTON K F, HERBEIN J H. Phosphorus Partitioning During Early Lactation in Dairy Cows Fed Diets Varying in Phosphorus Content1[J]. *Journal of Dairy Science*, 2002,85(5): 1227-1236.
- [146] VALK H, SEBEK L B, BEYNEN A C. Influence of phosphorus intake on excretion and blood plasma and saliva concentrations of phosphorus in dairy cows[J]. *Journal of Dairy Science*, 2002,85(10): 2642-2649.
- [147] ØRSKOV E R, MCDONALD I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage[J]. *The Journal of Agricultural Science*, 1979,92(2): 499-503.