

国家标准《肉牛营养需要量》 编制说明

一、标准制定背景及任务来源

1 标准制定背景

1.1 肉牛产业的重要性

在全球畜牧业转型升级与我国畜牧业高质量发展格局交织的背景下，我国肉牛产业正从传统畜牧业中突围，成为保障国家粮食安全、优化农业结构、推动农业现代化和乡村振兴的重要战略性支柱产业。肉牛产业是充分利用不同区域特色资源生产优质肉类，是保障边疆少数民族基本肉食所需，满足我国人民对优质安全牛肉需求、改善居民膳食结构的基础性产业。同时，肉牛产业在推进我国中西部地区脱贫攻坚的关键时期发挥了巨大的作用，成为重要的脱贫产业项目。

肉牛产业不仅增加了农民收入，还促进了乡村经济、生态和社会的全面发展。在乡村振兴中肉牛产业将发挥出独特作用，是乡村振兴和农民致富的重要产业。通过发展肉牛养殖，农民能够获得稳定的收入来源，规模化养殖和产业链延伸进一步提升了经济效益。肉牛产业还创造了大量就业机会，涵盖养殖、加工、运输等多个环节，帮助农民在家门口就业，减少人口外流。此外，肉牛产业的发展带动了乡村基础设施建设，改善了农村生产生活条件。政府通过政策扶持和技术推广，为农民提供了有力保障，成为乡村振兴的重要引擎。据估测，我国每年有农作物秸秆 9 亿吨，蔬菜及其副产物 2.1 亿吨，淀粉类糟渣 1.35 亿吨，酒糟、醋糟等糟渣 0.6 亿吨，只有牛羊等反刍动物消化这些副产物才能有效促进农业生产良性循环，其“节粮型”特征对缓解人畜争粮矛盾至关重要。肉牛产业在优化农业结构，促进秸秆、牧草等资源的循环利用，推动农业多元化发展也将会发挥重要作用，助力生态农业，保障国家粮食安全发挥重要作用。肉牛能将农作物秸秆、糟渣等消化后还田，有效实现种养结合和农牧循环。肉牛产业已超越传统畜牧范畴，成为集经济发展、民生保障、乡村振兴于一体的国家战略产业，其发展路径正从规模扩张转向价值跃迁。未来肉牛产业需在低碳养殖、精准养殖等领域持续

突破，为农业农村现代化提供更强劲动能。

1.2 肉牛产业在标准化和精准化饲养发展面临的问题

随着经济发展和人民生活水平提高，我国国内市场对牛肉需求巨大。我国2024年人均牛肉消费量7.3公斤，与发达国家人均水平相差巨大，加之我国庞大的14亿人口，市场巨大。中国肉牛产业正处于发展迅速时期，正经历着从传统散养向现代化规模养殖转型的关键时期，面临着多重发展瓶颈。专业技术人员匮乏，技术支撑体系不完善，饲养标准化与精准化水平有待提高，技术推广服务体系不健全，导致先进技术难以落地。这些问题的存在严重制约了产业效率的提升和产品质量的改善。全国范围内，规模化养殖比例仅占35%左右，大量散养户仍采用传统粗放式养殖模式，缺乏标准化意识和技术支持，饲料配比不科学，养殖环境控制不到位等问题普遍存在。有关调研数据显示，采用标准化养殖的肉牛日增重可达1.2-1.5公斤，而散养户的肉牛日增重仅为0.8-1公斤，差距显著。严重制约着产业的健康发展。这一问题的根源在于产业基础薄弱，标准化与精准化体系建设滞后。

饲养标准化与精准化是推动肉牛产业转型升级的核心动力。要使我国肉牛现代化，必须建立从养殖到餐桌的全程标准化体系。饲养标准化和精准化生产体系的建立，能够确保从饲料采购、加工、配制与饲喂的全流程规范操作，能显著提升饲料品质和养殖效益及产品质量。这需要政府加强标准制定，企业加大标准化投入，养殖户提升标准化意识。只有实现全产业链的标准化和精准化，中国肉牛产业才能真正实现高质量发展，满足人民群众日益增长的优质牛肉需求。

1.3 世界肉牛业发达国家肉牛营养需要量标准的现状与发展趋势

肉牛的营养需要量标准是畜牧业标准化和精准化重要基础性标准，直接影响其生产效率、健康状况以及产品质量。世界肉牛业发达国家，如美国、加拿大、欧盟国家、澳大利亚等，在肉牛营养需要量标准的制定和实施方面处于领先地位。这些国家不仅建立了科学、系统的营养标准体系，还不断根据科研进展和产业需求进行调整和优化。发达国家制订的肉牛营养需要量标准建立在大量科学研究的基础上，涵盖了能量、蛋白质、矿物质、维生素等多种营养元素的需求。这些发达国家制订的营养标准非常注重精准化和差异化。美国的NASEM《肉牛营养需要

量》是全球公认的权威参考，其标准基于对不同品种、生长阶段和生产目标的肉牛进行系统性研究而制订的。欧盟和澳大利亚制定了营养标准，也基于确保肉牛在不同生理阶段（如犊牛、育肥牛、繁殖母牛）都能获得均衡的营养供给。

发达国家制订的肉牛营养需要量标准不是一成不变的，而是随着科研进展和产业需求不断更新。NRC 标准每隔几年就会修订一次，以反映最新的研究成果。近年来，随着对肉牛代谢机制和营养需求的深入研究，标准中增加了对微量元素（如硒、锌）和功能性添加剂（如益生菌、酶制剂）的推荐量。根据育肥牛和繁殖母牛的营养需求差异，修改标准时育肥牛十分注重高能量饲料供给以促进增重，而繁殖母牛则十分注重更多的蛋白质和矿物质以维持繁殖性能。此外，针对不同品种（如安格斯牛、荷斯坦牛）和不同性别（公牛、母牛）确定其营养需求也有所不同。这种精准化的标准有助于提高饲料利用效率，降低养殖成本。许多发达国家十分注重通过制订有关法规和政策来确保营养标准的实施。例如，欧盟通过《动物营养法规》对饲料成分和添加剂进行严格监管，确保肉牛饲料的安全性和营养均衡性。此外，行业协会和科研机构也积极推广营养标准，帮助养殖户科学配比饲料，提高生产效率。

纵观世界肉牛营养需要量标准，具有如下趋势特点：（1）精准营养与个性化饲养。随着精准农业技术的发展，肉牛营养管理正朝着精准化和个性化方向发展。通过利用传感器、大数据和人工智能技术，养殖户可以实时监测肉牛的采食量、体重增长和健康状况，从而动态调整饲料配方。加拿大的一些牧场已经开始使用智能饲喂系统，根据每头牛的个体需求提供定制化的营养方案。这种精准营养模式不仅提高了饲料利用效率，还减少了营养浪费和环境污染。（2）环保与可持续发展。环保和可持续发展是未来肉牛营养标准的重要方向。发达国家越来越关注肉牛养殖对环境的影响，特别是温室气体排放和氮磷污染。通过优化饲料配方（如降低粗蛋白含量、添加甲烷抑制剂），可以减少肉牛养殖的碳足迹。此外，利用农业副产品（如秸秆、酒糟）作为饲料原料，也有助于降低养殖成本并促进资源循环利用。欧盟的肉牛营养标准注重环保和动物福利，其法规对饲料添加剂的使用进行了严格限制，以确保食品安全和环境保护。（3）智能化与数字化管理。智能化技术正在改变肉牛营养管理的传统模式。澳大利亚的一些牧场利用无人机和遥感技术监测牧草生长情况，从而优化放牧管理。同时，数字化饲料配方软件可以帮助养殖户快速计算出最优的饲料组合，满足肉牛的营养需求。未来，随着物

联网和区块链技术的普及，肉牛营养管理将更加透明和高效。(4) 功能性饲料添加剂的应用。功能性饲料添加剂（如益生菌、酶制剂、植物提取物）在肉牛营养中的应用越来越广泛。这些添加剂不仅可以提高饲料消化率，还能增强肉牛的免疫力和抗病能力。美国的一些研究表明，在饲料中添加酵母培养物可以改善肉牛的瘤胃健康，从而提高生产性能。未来，随着功能性添加剂研究的深入，其在肉牛营养标准中的地位将进一步提升。(5) 全球化与标准化。随着全球肉牛贸易的不断发展，营养标准的全球化和标准化成为重要趋势。发达国家正在加强国际合作，推动营养标准的统一和互认。国际饲料工业联合会（IFIF）正在制定全球饲料标准，以促进饲料安全和贸易便利化。此外，发展中国家也在借鉴发达国家的经验，逐步建立和完善本国的肉牛营养标准体系。总之，世界肉牛业发达国家在肉牛营养需要量标准方面积累了丰富的经验，其科学化、精准化和动态化的标准体系为全球肉牛业的发展提供了重要参考。未来随着精准农业、环保技术和智能化管理的不断发展，肉牛营养标准将更加注重个性化、可持续性和全球化。对于发展中国家而言，借鉴发达国家的经验，结合本国实际，制定和实施科学的肉牛营养标准，将是提高肉牛业生产效率和竞争力的关键。

1.4 我国肉牛营养需要量标准的历史与现状

肉牛营养需要量标准是科学饲养的基础，直接影响肉牛的生产效率、健康状况和产品质量。我国肉牛营养需要量标准的制定和完善经历了从无到有、从粗放到精细的过程，大致分三个阶段：(1) 起步阶段（20 世纪 80 年代以前）。这个阶段我国肉牛养殖主要以传统放牧和粗放饲养为主，缺乏系统的营养标准。养殖户主要依赖经验进行饲养，饲料种类单一，营养供给不足，导致肉牛生长缓慢、生产效率低下。这一阶段，我国肉牛营养研究几乎处于空白状态，营养标准的制定尚未提上日程。(2) 初步探索阶段（20 世纪 80 年代至 90 年代）。随着改革开放和畜牧业的快速发展，我国开始重视肉牛营养研究。20 世纪 80 年代，国内科研机构借鉴国外经验，开展了肉牛能量、蛋白质等营养需求的相关研究，标志着我国肉牛营养研究进入了科学化、规范化的新阶段。(3) 快速发展阶段（21 世纪初至今）。进入 21 世纪后，我国肉牛产业规模迅速扩大，对科学饲养的需求日益迫切。2004 年，农业部发布了《肉牛饲养标准》（NY/T 815-2004），该涵盖了能量、蛋白质、矿物质和维生素等营养指标。此后，随着科研水平的提升和产业需求的增加，我国

肉牛营养及需要标准的研究不断增多，取得了显著进展，但仍存在一些问题，与国际先进水平相比，我国在精准营养、环保饲料等方面的研究仍有较大差距，对地方品种和特殊生产模式的营养需求研究不足。标准的实施和推广力度有待加强，许多中小型养殖户仍然依赖经验饲养，缺乏科学指导。总之，我国肉牛营养需要量标准经历了从无到有、从粗放到精细的发展过程。与国际先进水平相比，我国在精准营养、环保饲料等方面仍有较大差距。我国应进一步完善标准体系，推动精准营养和可持续发展，加大推广力度，为肉牛业的高质量发展提供有力支撑。

1.5 制订我国肉牛营养需要量标准的现实意义与重要性

肉牛业是我国畜牧业的重要组成部分，近年来随着消费需求的增长和产业结构的调整，肉牛养殖规模不断扩大。然而，与发达国家相比，我国肉牛养殖的整体效率和质量仍有较大提升空间。制订科学、系统的肉牛营养需要量标准，对于推动我国肉牛业的现代化、提高生产效率、保障产品质量和促进可持续发展具有重要的现实意义，具体有以下几方面：（1）提高生产效率，降低养殖成本。科学的营养需要量标准是肉牛高效生产的基础。通过制订合理的营养标准，养殖户可以根据肉牛的不同生长阶段（如犊牛、育肥牛、繁殖母牛）和生产目标（如增重、繁殖、泌乳），精准配比饲料，满足其能量、蛋白质、矿物质和维生素等营养需求。这不仅可以提高肉牛的生长速度和饲料转化效率，还能降低养殖成本，提高经济效益。合理的蛋白质和能量配比可以显著缩短育肥周期，减少饲料浪费。（2）保障肉牛健康，提升产品质量。营养不均衡是导致肉牛疾病和产品质量下降的重要原因。例如，矿物质（如钙、磷）和维生素（如维生素A、维生素D）的缺乏会导致肉牛骨骼发育不良、繁殖性能下降等问题。通过制订科学的营养标准，可以有效预防营养缺乏或过剩引起的健康问题，保障肉牛的生长性能和繁殖能力。同时，均衡的营养供给还能改善牛肉的品质，提高肌肉脂肪含量、改善肉质口感，满足消费者对高品质牛肉的需求。（3）促进资源高效利用，推动可持续发展。我国饲料资源相对匮乏，如何高效利用有限的资源是肉牛业面临的重要挑战。通过制订营养标准，可以优化饲料配方，减少资源浪费。利用农业副产品（如秸秆、酒糟）作为饲料原料，不仅可以降低养殖成本，还能减少环境污染。此外，科学的营养标准还有助于减少肉牛养殖的碳排放，通过添加甲烷抑制剂降低瘤胃甲烷排放，推动肉牛业的绿色可持续发展。（4）提升国际竞争力，助力产业升级。随

随着全球肉牛贸易的不断发展，我国肉牛业面临的国际竞争日益激烈。制订与国际接轨的肉牛营养需要量标准，不仅可以提高我国肉牛的生产效率和产品质量，还能增强我国牛肉在国际市场的竞争力。此外，科学的营养标准还有助于推动肉牛业的规模化、标准化和现代化，促进产业升级。(5) 推动科研进步，促进技术推广。制订肉牛营养需要量标准需要以大量的科学研究为基础，这有助于推动我国在肉牛营养代谢、饲料利用等领域的研究进展。同时，标准的实施和推广还可以促进先进技术的普及应用，精准营养技术、智能化饲养管理系统等，从而提高整个行业的技术水平。总之，制订我国肉牛营养需要量标准具有重要的现实意义，不仅是提高生产效率、保障产品质量和促进可持续发展的关键，也是提升国际竞争力和推动产业升级的重要举措。我国应加快完善肉牛营养标准体系，加强科研支撑和技术推广，为肉牛业的高质量发展提供科学依据和技术支持。

2 任务来源

项目由国家标准化管理委员会立项（国标委发[2024]16号），提出制定我国《肉牛营养需要量》，计划编号为 20240367-T-326。该标准为全国畜牧业标准化技术委员会归口；由 xxx 等负责起草，首席专家 xxx。

二、主要工作过程

1 起草

2024年3月25日，全国畜牧业标准化技术委员会任务下达《肉牛营养需要》制定工作。

2024年5月15日在 xxx 召开了标准制定预备会，参与单位成员参加会议，成立标准起草核心组。与会人员主要讨论了我国自 2004 年以来在肉牛营养需量方面取得的成果和进展，总结了在肉用母肉、犊牛、生长育肥牛在能量、粗蛋白质、矿物质、维生素方面的进展。此次会议讨论了标准修订工作的目标和主要任务，完成了对标准制定工作初步分工。讨论认为我国肉牛产业比较落后，短板是饲料资源不足，如何提高动物的饲料转化效率，充分利用饲料资源，都需要科学的肉牛营养需要量标准做技术支撑。2004 年在我国老一辈科学家冯仰廉的带领下曾经制订过肉牛饲养标准，但 20 年来我国肉牛产业已经发生了巨大的变化，

因此需要制定新的标准来支撑当下的肉牛产业发展。

2024年6月21日,《肉牛营养需要量》国家标准项目在河南商丘正式启动。十多位来自全国各大高校和科研院所的行业专家以及大型肉牛企业的专家参加了这一启动仪式并进行讨论。参加讨论本项国家标准的高校、科研机构和企业有:xxx等。会议讨论了标准的整体结构和内容,初步确认各阶段划分和指标的取舍,并进一步强调了制定工作的目标和任务。与会讨论专家和企业家一致认为:(1)《肉牛营养需要量》国标的制订需要从动物分类、营养需要量和供给量、肉牛营养需要量指标、维持能量需要量的校正、蛋白质和氨基酸需要量、碳水化合物需要量、矿物质和维生素需要量、干物质采食量、饲料成分表及评价指标、标准体例等方面认真考虑。(2)制订这样一部肉牛营养需要量国家标准会面临很多具体困难,如营养需要量建模、饲料营养价值评定体系、采食量预测等等,我国肉牛产业规模大、品种多,从业人员素质不高,因此标准的制订应本着宜粗不宜细的原则。

2024年8月20日,在xxx召开了标准起草小组会议,主要参加单位制定组成员均参加了会议。会议讨论了标准的整体结构和内容,初步确认各阶段划分和指标的取舍,并进一步强调了制定工作的目标和任务,细化了标准制定工作的具体分工:xxx负责大体型肉牛营养需要量;xxx负责中体型肉牛营养需要量、xxx负责小体型肉牛营养需要量;xxx负责兼用牛营养需要量;xxx负责犊牛营养需要量;xxx负责饲料原料成分及营养价值表。

2024年10月20日,在xxx召开了标准起草组讨论会,四个主要参加单位制定组成员参加了会议,就肉牛犊牛营养需要量考虑的问题进行了讨论,专家一致认为:(1)能量和蛋白质需要量方面,液体料与固体料比例:犊牛断奶前会添加液体料,断奶后则主要依赖固体料。液体料包括代乳粉或代用液体料,需要确定液体料和固体料的具体比例,以满足犊牛的能量和蛋白质需要。(2)根据犊牛的月龄和体重,设定不同的增重目标,4个月大的犊牛增重400克、600克等更大的增重目标,以确保其获得足够的能量和蛋白质支持生长发育。(3)矿物质和维生素需要量方面,钙磷平衡:在配方中需要特别注意钙磷平衡,以促进犊牛骨骼的健康发育。钙和磷的比例应根据犊牛的具体需求进行调整,以避免因比例不当导致的骨骼发育问题。(4)其他矿物质和维生素:除了钙磷,还需要考虑其他

矿物质如镁、钾、钠等，以及维生素 A、D、E 等的需要量，以确保犊牛的全面健康。(4) 考虑为犊牛单独制定一个饲料成分表，因为其体系与奶牛不同。需要明确各种饲料成分的营养成分含量，以便更准确地进行配方设计；(5) 饲料原料选择：在选择饲料原料时，需要考虑其营养价值和适口性。可以选择豆粕、玉米等作为主要的蛋白质和能量来源，同时添加适量的副产品以降低成本；(6) 配方系统适用性：目前一些大系统可能无法直接用于犊牛饲料的配方设计，因为犊牛的营养需要量体系与成年牛或奶牛不同。需要找到适合犊牛的配方系统或方法，以确保配方的科学性和合理性。(7) 数据和标准缺乏，目前缺乏专门针对犊牛的营养需要量数据，尤其是详细的能量、蛋白质、矿物质和维生素需要量数据。这给配方设计带来了困难，因为没有明确的参考标准。虽然可以参考奶牛的营养需要量数据进行配方设计，但奶牛和犊牛的生理特点和营养需求存在差异。奶牛的饲料配方是按照产奶量和奶成分来确定的，而犊牛没有明确的需要量标准，直接套用奶牛数据可能导致营养不平衡或不满足犊牛的实际需求。

2024 年 12 月 15 日，在 xxx 召开了标准起草组讨论会，主要参加单位制定组成员参加了会议，就肉牛营养需要量考虑的问题进行了讨论。(1) 数据收集与分析情况，已收集 2000 年以后的 2000 多篇相关文献，重点关注肉牛生产、饲料配方及增重数据。数据需进行筛选，处理组少于 10 头的实验数据不列入分析。数据将用于 Meta 分析，以验证现有模型的准确性。问题与挑战：部分数据质量不佳，存在描述性内容过多、无法直接使用的问题。需重新计算饲料配方的营养水平，包括代谢能、蛋白含量等。(2) 营养需要量标准制定，能量体系采用净能体系，能量需要量需考虑维持能量、增重能量等。蛋白质体系从粗蛋白到代谢蛋白的演变，代谢蛋白体系更为重要。暂不考虑代谢氨基酸，仍以代谢蛋白为主要指标。碳水化合物体系仍需考虑使用传统的 pe NDF。矿物质指标参考 2016 版标准，但钙和磷需单独列出。维生素仅选择维生素 A、D、E。(3) 肉牛分为大、中、小型，分类依据需明确，如成熟体重的设定。不同体型牛的营养需要量差异需进一步研究。(4) 饲料成分表设计，饲料成分表需包含实验室分析指标和计算指标，围绕营养需要量设定具体指标。每个指标需详细说明来源和计算方法。表格设计需简洁明了，避免复杂公式，确保数据准确性和易用性。

2025 年 2 月 15 日，在 xxx 召开了标准起草组讨论会，主要参加单位制定组

成员参加了会议，六个主要参加单位制定组成员均参加了会议。本次会议就各参加单位所总结的相关文献情况、营养需要量数据统计、国内外数据对比和能量估测模型的建立等内容进行了讨论并提出修改意见，同时，针对目前工作所存在的问题提出了解决办法，如收集到的文献配方原料信息描述不详尽、营养水平不全，会议建议重新计算全部收集到的文献配方的营养水平，建议会后根据会上提出的修改意见和解决办法，再重新整理各自制定工作内容。

2025年2月24日，通过线上和线下结合的方式召开标准起草讨论会，xxx等主要参加单位制定组成员均参加了会议。会议就有关标准完成制标任务的基本考虑，主要参考资料，有关标准生产层面的思考，有关标准学术层面的思考，有关标准文本的体例，各制标单位的任务分工建议等内容进行了讨论。同时，会议就有关牛的生产类型和品种覆盖度等内容进行了讨论并提出意见。一致认为：(1) 标准适于养殖类型：场户舍饲为主，兼顾牧区放牧。(2) 生产类型：母犊一体（繁殖母牛，cow-calf）；架子牛；肥育牛；配种公牛。(3) 牛的体型：小型、中型、大型(4) 牛种大类：纯种与杂交牛、肉乳兼用、荷斯坦公牛、奶肉杂交牛、老母牛（老片牛）(5) 性别：公牛、母牛、阉牛。(6) 其他分类：肥育牛接收期的营养需要。(6) 在小中大体型大类下将养殖阶段细分为4段：犊牛和育成牛，经产母牛和青年母牛，肥育牛，配种公牛

2025年3月27日在xxx召开讨论会，六个主要参加单位制定组成员均参加了会议。针对各单位工作内容再次讨论。主要内容是对各肉牛种及阶段能量估测模型构建和能量推荐量合理性的确定。

2 征求意见

2025年4月开始，向33家单位发送了征求意见稿，其中发送单位涵盖了饲料企业7家、大专院校和科研院所26家；回函并有建议或意见的单位数为33家，在此基础上对征求意见稿进行完善。

三、标准编制原则

1 编制原则

1.1 科学性原则

科学性原则是制定肉牛营养方案的基础，确保饲料配方能够满足肉牛在不同生长阶段的生理需求和营养目标。

1.1.1 生理阶段细分：

根据肉牛不同生长阶段（犊牛、育成牛、肥育牛、青年母牛、成年母牛、高龄淘汰母牛等）的生理特点和营养需求，制定差异化的营养参数。

（1）犊牛：从出生到6月龄的小牛。其生理特点是消化系统尚未发育完全（尤其是瘤胃功能不成熟），生长发育迅速，免疫力较低。营养需求以高消化率的液体饲料（母乳）为主，逐步过渡到固体饲料以促进瘤胃发育，同时需补充优质蛋白质、能量、矿物质（如钙、磷）和维生素（需补充B族维生素），以支持快速生长和免疫系统发育。

（2）育成牛：断奶后到性成熟配种前的公牛和母牛，年龄一般为6~14月龄。在这一阶段，牛只处于生长最强烈、代谢最旺盛的时期，生长发育最快，体重的增加呈直线上升。又称生长牛。

（3）青年母牛：从配种妊娠到产第一胎犊牛之前的幼龄母牛，年龄通常在15-24月龄。又称初产母牛（*primiparous heifer*）。这一阶段的母牛正处于生殖系统发育和初次妊娠的关键时期，其生理特点和营养需求与成年母牛有明显差异。重点在于平衡自身生长与胎儿发育的营养需求，同时关注体况评分和环境管理，为初次分娩和泌乳奠定良好基础。

（4）肥育牛：在肥育场采用高谷物饲料饲养的牛只，年龄12~24月龄。肥育牛处于快速增重和脂肪沉积的关键阶段，生理特点是生长速度快、肌肉和脂肪沉积显著。营养需求以高能量为主（高谷物饲料），适量蛋白质，同时需补充矿物质、维生素和适量纤维，以支持健康增重和优质肉质。

（5）成年母牛：已产过一胎或多胎犊牛的母牛。又称经产母牛（*multiparous cow*）。其生理特点是繁殖性能稳定，需要维持体况、支持泌乳和后续繁殖。需根据泌乳阶段（如泌乳期、干奶期）调整饲料，同时补充钙、磷等矿物质及维生素，以保障繁殖性能和健康。

（6）高龄淘汰母牛：指因年龄增长、繁殖性能下降或健康问题等原因，从繁殖群中淘汰的母牛。这类母牛通常已经完成了多次繁殖周期，年龄较大，无法继续高效繁殖或泌乳，因此被转入育肥或直接屠宰。又称为老片牛。

1.1.2 精准营养模型：

基于能量代谢、蛋白质周转、矿物质吸收等基础研究，结合消化率、代谢率等数据，建立动态营养模型。该模型通过实时监测肉牛的生长阶段、体重、采食量、环境条件等因素，动态调整营养参数（如能量、蛋白质、矿物质和维生素的需求量），以实现精准饲喂。其核心目标是优化饲料利用率、提高生产性能（如日增重、肉品质）并降低成本，同时减少营养浪费和环境污染。

1.1.3 试验验证：

通过长期饲养试验、代谢试验（量热法）及比较屠宰等实证研究，验证营养参数的科学性和可靠性。长期饲养试验能够评估不同营养水平或饲料配方对肉牛生长性能（如日增重、饲料转化率）和健康状况的长期影响；代谢试验（量热法）通过精确测定能量代谢和物质周转，揭示营养物质的利用效率；比较屠宰试验则通过分析胴体组成（如蛋白质、脂肪、骨骼比例）和肉质特性，直接评估营养方案对肉牛生产性能的影响。

1.2 适用性原则

1.2.1 地域适应性：

强调营养方案的制定需结合实际情况，确保其在不同地域条件下的可操作性和有效性。对于肉牛养殖而言，地域适应性尤为重要，主要体现在以下几个方面。

（1）饲料资源差异：北方牧区：以天然牧草、青贮玉米和秸秆为主，粗饲料资源丰富，但冬季寒冷，需注重能量补充（如高谷物精饲料）；南方农区：气候温暖湿润，饲料种类多样，可利用农作物副产品（如稻草、甘蔗渣）和热带牧草，但需注意粗饲料的质量和精饲料的合理搭配。（2）气候条件影响：北方冬季低温，需增加能量摄入以维持体温；南方夏季高温高湿，需注重热应激管理，提供易消化的饲料和充足饮水。（3）养殖模式差异：散养模式：常见于牧区，以粗饲料为主，需根据放牧条件补充矿物质和能量饲料。规模化养殖：多见于农区，饲料配方需精确，兼顾成本效益和营养平衡。

1.2.2 养殖规模兼容：

指在制定肉牛营养方案时，充分考虑小农户和规模化养殖场在资源、技术和管理水平上的差异，提供灵活且可操作性强的推荐值，以满足不同养殖规模的需求。（1）小农户养殖：养殖技术和管理水平有限。营养方案：推荐简单易行的配

方，注重粗饲料的合理利用，补充必要的矿物质和能量饲料，降低成本的同时满足基本营养需求。（2）规模化养殖场：技术和管理水平较高，注重生产效率和经济效益。营养方案：提供精准的营养参数，优化饲料配方，注重能量、蛋白质、矿物质的平衡，提高饲料利用率。

1.3 国际接轨与本土化结合

1.3.1 参考国际标准：

在全球肉牛养殖和营养研究中，美国、欧洲、澳大利亚等国家和地区制定的饲养标准在科学性、系统性和可操作性方面均具有重要参考价值。因此，本标准在制定过程中充分借鉴了以下国际权威标准，以确保技术方案的先进性和科学性。

（1）美国 NASEM（原 NRC）肉牛营养需要（NASEM, 2016），（NRC, 1984, 2000）：该标准是全球范围内肉牛营养需求研究的基准，提供了最新的能量代谢模型、蛋白质利用率计算方法以及氮平衡调控策略。

（2）欧洲 NorFor 体系（NorFor, 2011）：强调饲料的实际代谢利用率，提出了基于“瘤胃降解率”和“肠道消化率”计算肉牛能量需求的方法，有助于优化饲料配比，提高生产效率。

（3）法国 INRA 饲养体系（INRA, 2018），（INRA, 2002）：该体系对能量和蛋白质供应的估算方法进行了优化，提出了“可代谢蛋白系统（PDI）”和“饲料净能体系（UFL 和 UFV）”，为优化饲料配方提供了科学依据。

（4）澳大利亚 CSIRO 标准（CSIRO, 2007）：提出了基于“微生物蛋白合成效率”的蛋白质供应体系，强调了饲料蛋白与能量的匹配关系，对提高饲料利用效率、降低环境污染具有参考价值。

（5）巴西 BR-CORTE 营养标准（BR-CORTE, 2016）：该标准特别适用于热带地区的肉牛养殖，提出了瘤牛（Zebu）和杂交牛的能量、蛋白质、矿物质需求，并强调了饲料中纤维含量对消化代谢的影响，为我国南方湿热地区的肉牛养殖提供参考。

（6）日本肉牛饲养标准（日本饲养标准-肉用牛，2009）：在育肥牛营养需求和肉品质调控方面有较深入的研究，对我国高档牛肉生产提供了重要借鉴。

（7）美国 NASEM（原 NRC）奶牛营养需要（NASEM, 2021），（NRC, 2001）：该标准在能量代谢、蛋白质周转、矿物质吸收等方面的研究成果对肉牛营养研究

具有重要参考价值。

1.3.2 本土化调整：

结合我国肉牛品种（如西门塔尔、秦川牛）、饲料资源（如秸秆、酒糟等副产物利用）和养殖习惯，制定符合国情的参数。

（1）品种差异：引进品种（如西门塔尔、夏洛来、安格斯等）生长速度快、肌肉发达，对能量和蛋白质的需求较高，同时对精饲料依赖性较强。地方品种（如秦川牛、南阳牛、鲁西黄牛等）耐粗饲，适应我国农区、山区放牧或半舍饲模式，代谢特点表现出对高纤维日粮的良好利用能力。因此，在营养参数调整时，应适当降低精饲料比例，提高粗饲料消化率的计算精度，以匹配其实际生产情况。杂交牛（如西门塔尔×本地黄牛、利木赞×鲁西黄牛等）兼具快速生长和良好的适应性，营养需求介于引进品种和本地品种之间。在标准编制时，可参考杂交育肥牛的长期试验数据，以确保其能量、蛋白和矿物质需求的合理性。

（2）饲料资源：东北区重点发展种养结合、就近利用模式，利用耕地种植全株青贮玉米和苜蓿，同步利用人工草地种植羊草，优先满足区域内饲草需求，兼顾商品草种植生产。黄淮海区坚持种养结合一体化发展模式，重点调整玉米利用方式，发展全株青贮玉米，适度发展苜蓿生产，着力提升区域内优质饲草自给能力。西北牧区（如内蒙古、甘肃等）坚持种养结合与商品草生产并重，积极推进粮改饲发展全株青贮玉米，加强草畜配套，有条件的区域适度发展优质苜蓿，打造优质商品草种植、收储、加工、流通基地。南方农区（如四川、云南、湖南等）坚持草畜结合、特色发展模式，重点利用冬闲田种植黑麦草等一年生牧草，积极开展草山草坡改良放牧养殖。青藏高原区坚持以草定畜、草畜结合模式，加快发展特色品种种植和豆禾混播栽培生产，推广饲料入户和饲草科学搭配，着力保障区域内优质饲草均衡供应。

1.4 实用性与可操作性

（1）能量指标：代谢能（ME）和净能（NE）是当前国际上广泛使用的能量评价指标，能够较准确地反映饲料能量的可利用程度。

（2）蛋白指标：粗蛋白（CP）是衡量饲料蛋白水平的基本指标，易测定，广泛用于配方计算。代谢蛋白质（MP）考虑了瘤胃降解蛋白（RDP）和不可降解蛋白（RUP）的供应情况，更符合肉牛的实际营养需求。在此基础上考虑必需

氨基酸代谢赖氨酸（mLys）和代谢蛋氨酸（mMet）的供给。

（3）碳水化合物指标：中性洗涤纤维（NDF）、物理有效中性洗涤纤维（peNDF）、非纤维性碳水化合物（NFC）、淀粉（Starch）和粗纤维（CF）是衡量肉牛碳水化合物供给及其对瘤胃健康和能量利用影响的关键指标。应综合考虑这些指标，以优化瘤胃发酵、提高饲料转化率，同时防止瘤胃酸中毒等消化代谢问题

（4）矿物质指标：钙磷平衡对于骨骼生长和代谢健康至关重要。标准中采用钙磷比（Ca:P）作为核心指标，避免使用复杂的微量元素代谢参数。此外，镁钾钙比 $[K/(Mg+Ca)]$ 也应纳入考虑，以优化瘤胃健康、代谢稳定和应激耐受性。

1.5 品种差异化考量

将不同肉牛品种（如引进品种、地方品种、杂交牛）划分为大、中、小、大型乳肉或肉乳兼用及其他类型（用于肥育的荷斯坦公/阉牛；用于肥育的中型肉用品种公牛与荷斯坦品种母牛杂交后代；用于肥育的大型肉用品种公牛与荷斯坦品种母牛杂交后代；用于短期肥育的高龄淘汰母牛）五个类别，分别制定各类别肉牛的营养需求差异。

营养方案的制定需与目标生产性能紧密结合，根据不同的生产目标调整营养参数：（1）日增重：高日增重目标：需提供高能量、高蛋白的日粮，增加精饲料比例（如玉米、豆粕），并补充必要的矿物质和维生素；中等日增重目标：以粗饲料为主，适当补充精饲料，注重成本效益。（2）胴体品质：高瘦肉率目标：增加蛋白质供给，优化氨基酸平衡（如代谢赖氨酸、代谢蛋氨酸），控制能量摄入，避免过度脂肪沉积；高大理石花纹目标：在育肥后期增加能量供给，促进肌内脂肪沉积，同时注意瘤胃健康和代谢平衡。

1.6 数据支撑与标准化

1.6.1 基础数据库：

基础数据库是肉牛营养研究的核心工具，涵盖饲料营养成分、肉牛生长性能、环境条件等多维度数据，为营养方案的制定提供科学支撑。

（1）肉牛常用饲料营养成分数据库：数据内容包括我国常用饲料原料的营养成分数据，如有效能值（如总可消化养分（TDN）、代谢能（ME）、维持净能

(NEm) 及增重净能 (NEg)); 概略养分及碳水化合物 (干物质 (DM)、粗蛋白 (CP)、粗脂肪 (EE)、粗灰分 (Ash)、粗纤维 (CF)、中性洗涤纤维 (NDF)、酸性洗涤纤维 (ADF)、木质素 (Lignin)、非纤维碳水化合物 (NFC)、淀粉和可溶性糖), 矿物质 (常量元素: 钙 (Ca)、磷 (P)、镁 (Mg)、钾 (K)、钠 (Na)、氯 (Cl) 和硫 (S); 微量元素: 钴 (Co)、铜 (Cu)、碘 (I)、铁 (Fe)、锰 (Mn)、硒 (Se) 和锌 (Zn)); 蛋白质及氨基酸 (瘤胃降解蛋白 (RDP)、可溶蛋白 (CPs)、中洗不溶蛋白、酸洗不溶蛋白、非降解饲料 MP (MPf)、氮素代谢蛋白 (nMP)、能量代谢蛋白 (eMP)、赖氨酸 (Lys)、蛋氨酸 (Met)、氮代谢 Lys (nMLys)、能量代谢 Lys (eMLys)、氮代谢 Met (nMMet)、能量代谢 Met (eMMet)) 和维生素含量等。

通过实验室分析、文献整理和实地采样相结合的方式获取数据, 确保数据的全面性和代表性。根据饲料品种、种植区域、收获时间和加工方式的变化, 定期更新数据库, 确保数据的时效性和准确性。为饲料配方设计提供基础数据支持, 帮助养殖户和饲料企业优化日粮组合, 降低成本并提高营养效率

(2) 肉牛生长性能数据库: 将不同肉牛品种 (如引进品种、地方品种、杂交牛) 划分为大、中、小、大型乳肉或肉乳及其他类型 (用于肥育的荷斯坦公/阉牛; 用于肥育的中型肉用品种公牛与荷斯坦品种母牛杂交后代; 用于肥育的大型肉用品种公牛与荷斯坦品种母牛杂交后代; 用于短期肥育的高龄淘汰母牛; 接收期架子牛) 五个类别和不同生长阶段 (犊牛、育成牛、肥育牛等), 记录其日增重、饲料转化率、胴体品质等关键指标。通过长期饲养试验、代谢试验和实际生产数据 (经同行评议的学术论文) 收集, 结合科研机构、养殖企业和行业协会的协作, 形成标准化数据集。为精准营养模型的构建提供依据, 帮助制定差异化的营养方案, 满足不同品种和生产目标的营养需求。

2 编写本文件所参考的主要书目

2004 年, 由中国农业大学冯仰廉教授等老一辈科学家团队主持的首部中国肉牛饲养标准 (NY/T 815-2004) 行业标准发布, 结束了我国肉牛业没有标准的历史, 为开创我国肉牛养殖标准化生产发挥了关键作用。自 2004 版标准发布以来, 我国肉牛产业的业态已经发生了巨大变化, 肉牛存栏数从 5276.4 万头 (2004 年) 发展到 8454.1 万头 (2024 年), 今天我国已经是全球公认的肉牛业大国, 但

是由于品种和技术的落后，我国并不是肉牛业强国，并且与全球肉牛强国的差距还比较大，现行的行业标准已经无法指导产业发展，亟需制定新的《肉牛营养需要量》标准，应对已经壮大的肉牛产业基础以及科学技术的发展需求。由于研究水平的滞后，可供制定《肉牛营养需要量》标准所需的国内参考资料有限，仅有的一些资料也因为地域的局限性，研究的系统性不够，无法作为参考资料使用。鉴于此，借鉴全球肉牛业强国的发展经验，综合全球已有的肉牛营养需要量标准，制定符合中国国情的肉牛营养需要量标准。

本文件主要参考的国内外标准包括：① 中国《肉牛饲养标准》NY/T 815-2004；② NASEM 2016, Nutrient Requirement of Beef Cattle, 8th Revised Edition, USA；③ NRC, 2000, Nutrient Requirement of Beef Cattle, 7th Revised Edition, USA；④ CNCPS, 2003, The Net Carbohydrate and Protein System for Evaluating Herd Nutrition and Nutrient Excretion, CNCPS version 5.0. USA；⑤ NASEM, 2021, Nutrient Requirement of Dairy Cattle, 8th Edition, USA；⑥ NRC 2001, Nutrient Requirement of Dairy Cattle, 7th Edition, USA；⑦ BR-CORTE, 2016, Nutrient Requirements of Zebu and Crossbred Cattle, 3rd Edition, 2016, Brazil；⑧ INRA, 2018, INRA Feeding System for Ruminants, France；WTSR, 2010, Nutrient Requirements of Beef Cattle in Indochinese Peninsula, 1st Edition, Thailand；⑨ INRA, 2002, Tables of Composition and Nutritional Value of Feed Materials, France；⑩ CSIRO, 2007, Nutrient Requirements of Domesticated Ruminants, Australia；⑪ NorFor, 2011, The Nordic Feed Evaluation System, Wageningen Academic Publishers；⑫ 日本饲养标准-肉用牛，2009，日本（中译本）

三、主要技术内容确定的依据

1 范围

本标准规定了小体型肉牛、中体型肉牛、大体型肉牛、乳肉兼用型肉牛的营养需要。

写本标准适用于饲料企业、各种类型肉牛养殖场（户）肉牛饲粮的配制。

2 规范性引用文件

写与本文件相关的国家标准和行业标准。

GB/T 10647 饲料工业术语

GB/T 41194 肉用母牛体况评分技术规范

3 术语

3.1 营养需要量 **nutrient requirements**,

营养需要量指动物为维持正常生理活动、保障健康及实现特定生产性能（如生长、育肥、繁殖等）所需的各类营养素总量，涵盖能量、蛋白质、矿物质、维生素等。以净能（NE）体系为基础，通过碳水化合物、脂肪等代谢产物（如挥发性脂肪酸）满足维持体温、运动、生产等需求。蛋白质需求方面：需平衡瘤胃降解蛋白（RDP）与非降解蛋白（RUP），确保小肠可吸收蛋白（MP）的充足供应。营养需要量是指维持动物基本生理功能（如基础代谢、器官功能）和健康所需营养素的最低限值，低于此限值将导致代谢紊乱、生长停滞或疾病。参考 GB/T 10647-2008 饲料工业术语。本文件规定营养需要量 **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。

3.2 小型牛 **small frame-type cattle**

结合近年相关研究报告的中体型肉牛成年体重而定，部分文献来源《中国畜禽遗传资源志 牛志》（2011 年中国农业出版社，ISBN：9787109153516），包括渤海黑牛、舟山牛、皖南牛、广丰牛、闽南牛、大别山牛、枣北牛、巫陵牛、雷琼牛、盘江牛、三江牛、云南高峰牛、吉安黄牛、锦江黄牛、蒙山牛、南丹黄牛、涠洲黄牛、川南山地黄牛、黎平黄牛、威宁黄牛、迪庆黄牛、昭通黄牛、温岭高峰牛等及其相近体型的杂交牛后代。成熟体重指 36 月龄及以上年龄的体重。肉牛成年体重从小到大排序后剔除前 25% 和后 25%，参阅小体型肉牛生长性能文献和肉牛品种育种值相关标准共计 48 篇。本文件规定：小型牛 **small frame-type cattle**，为成熟绝食体重 300-450kg 的牛只，

3.3 中型牛 **medium frame-type cattle**

参照 Nutrient Requirements of Beef Cattle (NRC 第六版修订版，1984) 中规定

的中体型牛成年体重范围，结合近年相关研究报道的中体型肉牛成年体重而定，部分文献来源《中国畜禽遗传资源志 牛志》（2011年中国农业出版社，ISBN：9787109153516），中型牛包括秦川牛、南阳牛、鲁西牛、晋南牛、延边牛、新疆褐牛、复州牛、草原红牛、安格斯牛、海福特牛、德国黄牛等。文献中肉牛成年体重从小到大排序后剔除前25%和后25%，参阅中体型肉牛生长性能文献和肉牛品种育种值相关标准共计59篇。本文件规定：中型牛 **medium frame-type cattle**，成熟绝食体重500-780kg的肉牛。

3.4 大型牛 **large frame-type cattle**

参照 *Nutrient Requirements of Beef Cattle* (NRC 第六版修订版，1984)中规定的大体型牛成年体重范围，参阅大体型肉牛生长性能文献和肉牛品种育种值相关标准共计35篇。部分文献来源《中国畜禽遗传资源志 牛志》（2011年中国农业出版社，ISBN：9787109153516），大型牛包括西门塔尔牛、华西牛、比利时蓝牛、皮埃蒙特牛、夏洛来牛、利木赞牛、南德温牛、荷斯坦牛等。结合近年相关研究报道的大体型肉牛成年体重而定，文献中肉牛成年体重从小到大排序后剔除前25%。本文件规定：大型牛 **large frame-type cattle**，成熟绝食体重680-1000kg的肉牛。

3.5 犊牛 **calf**

从出生到6月龄的小牛，其中0-3月龄是犊牛瘤胃功能逐步发育的关键期，需通过逐步引入精饲料（如开口料）和干草促进瘤胃微生物群建立。规模化舍饲牧场普遍采用3月龄断奶模式，通过早期补料（如玉米、豆粕混合料）加速断奶进程，以提高母牛繁殖效率。此阶段以母乳为主，但需在18日龄后开始训练采食固体饲料，为后续断奶过渡奠定基础。散户或放牧牧场因精料补充不足，需延长哺乳至4-6月龄，但0-3月仍属于断奶准备期，需逐步减少哺乳依赖。4-6月龄为断奶后期，断奶后需完成从母乳到植物饲料的完全过渡，精饲料喂量需逐步增加至每天1.5-2公斤，并引入优质干草和犊牛专用料。将犊牛0-3月龄划为“断奶前期”、4-6月龄划为“断奶后期”在国内肉牛养殖中具有普遍适用性，尤其契合舍饲模式。根据地域资源、养殖规模和犊牛个体差异灵活调整断奶时间及管理措施，以实现最佳生产效益。因此本文件规定：犊牛 **calf**，从出生到6月龄的小牛。

3.6 育成牛 growing cattle

育成牛 (growing cattle) 又称生长牛。指断奶后至性成熟配种前的牛只，通常年龄为 6-14 月龄。这一阶段牛只处于生长高峰期，体重快速增加，骨骼和肌肉发育显著，是肉牛养殖中决定后期生产性能的关键阶段。育成牛骨骼和肌肉发育速率达到峰值，日增重可达 800-1200 克 (品种差异明显)，体重增长呈近似直线上升。因此本文件规定：育成牛 growing cattle，断奶后到性成熟配种前的公牛和母牛，年龄一般为 6-14 月龄。

3.7 青年母牛 pregnant heifer

青年母牛 (pregnant heifer)，又称初产母牛 (primiparous heifer)，指从首次成功配种妊娠到产下第一胎犊牛之前的母牛，年龄通常为 15-24 月龄。这一阶段是母牛从生长发育向繁殖生产过渡的关键期，需兼顾自身生长与胎儿发育。母牛尚未完全成熟 (体重达成年体重的 70-85%)，骨骼、肌肉仍需发育；妊娠后期 (第 6-9 个月) 胎儿增重占全期的 70%，需额外营养支持。妊娠后期代谢能 (ME) 需求提高 20-30% (约 12-14 MJ/kg 日粮)；粗蛋白 (CP) 需达 14-16% (妊娠后期可增至 18%)；矿物质：钙 (0.6%)、磷 (0.4%) 及硒、维生素 E 需强化，预防产后瘫痪和胎衣不下。最佳初配月龄：体重达成年体重的 65% 以上 (如西门塔尔牛约 400 公斤)；过早配种风险：若早于 14 月龄配种，母牛骨盆发育不足易导致难产，且自身生长受限 (日增重下降 15-20%)。因此本文件规定：青年母牛 pregnant heifer，从配种妊娠到产第一胎犊牛之前的幼龄母牛，年龄通常在 15-24 月龄。又称初产母牛 (primiparous heifer)。

3.8 阉牛 steer

在性成熟前 (通常 ≤ 12 月龄) 通过人工去势的公牛，因雄性激素分泌中断而性情温顺，便于饲养管理和肉质提升。根据去势时间分为两类：幼龄阉牛：3-6 月龄完成去势，属现代集约化养殖主流选择；性成熟前阉牛：12 月龄前完成去势，适用于散养或特殊品种需求。最佳窗口期是 3-6 月龄，规模化牧场首选阶段，此时牛只应激反应小、恢复快，且避免后期攻击性增强； ≤ 12 月龄需在性成熟前完成，否则睾丸发育成熟后去势会显著降低生长效率⁵⁷。延迟去势可能带来

的风险，性成熟后去势（如 18 月龄）导致肌肉纤维粗硬，脂肪沉积效率降低 30% 以上；未去势公牛易出现打斗行为，饲料转化率降低 15-20%。因此本文件规定：阉牛 steer，公牛在出生或最迟在性成熟（约 12 月龄）之前已经阉割或去势的牛。

3.9 肥育牛 feeder cattle

专业肥育场通过高谷物日粮集中育肥的牛只，通常体重 360-600 kg、年龄 12-24 月龄，是肉牛产业链中实现快速增重与肉质提升的核心阶段。肥育牛处于骨骼发育完成（12 月龄后）至肌肉脂肪沉积高峰期的过渡阶段，需通过高能量日粮（ME \geq 11 MJ/kg）实现日均增重 1.2-1.5 kg，最终达到屠宰体重标准。因此本文件规定：肥育牛 feeder cattle，在肥育场采用谷物饲料饲养的牛只，一般体重 360~600kg，年龄 12~24 月龄。

3.10 育肥牛 fed cattle/finished cattle

在专业化肥育场完成育肥周期、达到屠宰或出售标准的牛只，又称“肥牛”。国际术语对应：Fed cattle：强调已完成全程饲料育肥的牛群；Finished cattle：特指达到市场终端屠宰标准的个体。育肥牛出栏需满足以下生物学参数：体重范围 550~750 kg，具体因品种和屠宰目标调整；年龄跨度 18~36 月龄，其中集约化牧场多控制为 18~24 月龄以缩短生产周期；育肥天数 90~180 天，高谷物日粮模式下可实现日均增重 1.2~1.5 kg。因此本文件规定：育肥牛 fed cattle/finished cattle，在肥育场肥育过程结束准备屠宰或出售的牛，体重 550~750kg，年龄 18~36 月龄，通常肥育天数为 90~180 天。又称肥牛。

3.11 代谢能 metabolizable energy; ME

代谢能指饲料总能（Gross Energy, GE）扣除粪能（Fecal Energy, FE）、尿能（Urinary Energy, UE）及消化道气体能（Gaseous Energy, Eg）后的剩余能量，反映动物实际可用于新陈代谢的能量。代谢能（ME）作为动物能量营养的核心指标，起源于饲料能量代谢的精细化研究，其定义与计算体系通过消化试验和气体能测定逐步完善。不同动物类别的 ME 评估方法差异显著，需结合生理特点与饲料特性进行动态修正。参考 GB/T 10647-2008 饲料工业术语；参考《肉牛营养需要》，译自 NASEM. 2016. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 8th Revised Edition。

因此本文件规定：代谢能 metabolizable energy; ME，饲料总能减去粪能、尿能和发酵气体能后的能值。

3.12 净能 net energy; NE

净能是饲料代谢能 (ME) 扣除热增耗 (HI) 后的有效能量，公式为 $NE = ME - HI$ 。热增耗 (HI)：动物消化、代谢过程中产生的热量损失，是能量利用效率的关键限制因素。净能直接反映动物实际用于维持生命活动（如呼吸、循环）和生产活动（如增重、泌乳）的能量储备，是评估饲料价值的终极指标。净能按用途分为三类，能量分配遵循“维持优先于生产”的生物学规律。维持净能 (NEm) 核心功能是保障基础代谢需求（细胞活动、体温调节、器官功能）。其需求特点与动物体重正相关，计算公式需结合体重 (BW) 和环境温度。若 NEm 不足，动物将分解体组织以维持生存。增重净能 (NEg) 的核心功能：驱动肌肉和脂肪沉积，计算公式中需结合日增重与体重。实践意义是高 NEg 饲料可缩短育肥周期，但需平衡蛋白质与能量比例以避免脂肪过度堆积。泌乳净能 (NEL) 具有特殊性，专用于泌乳母牛，需额外考虑瘤胃发酵产热和甲烷能损失。因此本文件规定：净能 net energy; NE，饲料代谢能减去热增耗后的能值，包括用于满足动物维持基本生存状态所需的维持净能和用于满足动物增重所需的增重净能。包括：维持净能 net energy for maintenance; Nem。增重净能 net energy for gain; Neg。泌乳净能 net energy for lactation; NEL。维持净能主要用于维持动物呼吸、循环、泌尿、细胞活动等基本生存状态的能量。增重净能主要用于满足动物蛋白质、脂肪、矿物质等体成分的净能量。泌乳净能主要用于肉用母牛产奶的净能量。

3.13 瘤胃降解蛋白质 ruminal degradable protein; RDP

瘤胃降解蛋白质 (RDP) 是饲料蛋白质在反刍动物瘤胃中被微生物分解的部分，其本质是微生物通过发酵作用将大分子蛋白质转化为小分子含氮物质（如氨、氨基酸、短肽）的过程。瘤胃降解蛋白质的核心作用是为瘤胃微生物提供氮源，用于合成微生物菌体蛋白 (MCP)。微生物蛋白随后进入真胃和小肠，成为反刍动物主要的氨基酸来源（占总吸收量的 60-70%）。不同饲料的 RDP 降解率差异显著，一般为 50%-80%。RDP 是瘤胃微生物增殖的必需底物，其降解产物直接驱动微生物菌体蛋白的合成。微生物对 RDP 的利用需同步消耗碳水化合物（如

淀粉、纤维)，以提供碳架和能量。因此本文件规定：瘤胃降解蛋白质 ruminal degradable protein; RDP，饲料蛋白质在反刍动物瘤胃中被微生物降解的部分。

3.14 瘤胃非降解蛋白质 ruminal undegradable protein; RUP

瘤胃非降解蛋白质（RUP）是饲料蛋白质中未被瘤胃微生物分解的部分，能够完整进入反刍动物真胃和小肠，直接被宿主酶系统消化吸收的蛋白质成分。又称过瘤胃蛋白、瘤胃不可降解蛋白质。RUP 绕过瘤胃发酵，减少氮损失，提升蛋白质利用效率；在反刍动物小肠中水解为氨基酸，直接供宿主利用。弥补微生物蛋白的局限性，瘤胃微生物降解蛋白质（RDP）仅能提供部分氨基酸，而 RUP 可补充宿主必需氨基酸（如赖氨酸、蛋氨酸），尤其对高产动物（泌乳牛、育肥牛）至关重要。RUP 未被瘤胃微生物降解，避免了过量氨氮的生成，从而降低尿液中的氮排泄量，减少氮排放与环境污染，缓解环境压力。本文件规定：瘤胃非降解蛋白质 ruminal undegradable protein; RUP，饲料蛋白质中没有被瘤胃微生物降解的部分。

3.15 瘤胃氮能平衡 ruminal nitrogen-energy balance; RNEB

瘤胃氮能平衡（RNEB）是衡量瘤胃微生物利用氮源与能量协同效率的核心指标，其计算方式为： $RNEB = MCPn - MCPe$ 。以下从定义、作用机制及实际意义三方面解析 MCPn 与 MCPe：

MCPn（降解氮决定的微生物蛋白产量）指瘤胃微生物利用饲料中的降解蛋白（RDP）合成的微生物蛋白总量，前提是能量及其他营养素充足。饲料中降解蛋白含量越高，且能量足够时，MCPn 的产量越高。MCPe（能量决定的微生物蛋白产量）指瘤胃微生物利用饲料中的可利用能量（如碳水化合物分解的 VFA）合成的微生物蛋白总量，前提是氮源及其他营养素充足。饲料中淀粉或纤维素含量较高时，若氮源充足，MCPe 的产量会随能量供应增加而提升。

瘤胃微生物合成蛋白需要氮源（如降解蛋白分解的氨、氨基酸）和能量（如 VFA）双重支持。若能量不足（MCPe 低），即使降解蛋白丰富（MCPn 高），微生物也无法高效利用氮源，导致 $RNEB > 0$ ，产生氨浪费及尿素氮升高；反之，若氮不足（MCPn 低），能量过剩（MCPe 高）则 $RNEB < 0$ ，微生物生长受限，影响整体蛋白合成效率。瘤胃微生物需在氮与能量供应匹配时才能最大化生产微生物

物蛋白 (MP)。当 $RNEB \approx 0$ 时, 氮与能量比例适宜, 微生物能充分将二者转化为 MP, 提高反刍动物对蛋白的利用率。

本文件规定: 瘤胃氮能平衡 ruminal nitrogen-energy balance; RNEB, 瘤胃中由降解氮决定的微生物蛋白质产量与由可利用能量决定的微生物蛋白质产量的差值, 即 $RNEB = MCPn - MCPe$ 。注 1: MCPn: 降解氮决定的微生物蛋白质产量; MCPe: 可利用能量决定的微生物蛋白质产量。

3.16 代谢蛋白质 metabolizable protein; MP

代谢蛋白质 (MP) 是反刍动物小肠中可被消化吸收的蛋白质总和, 其组成与瘤胃代谢过程密切相关。瘤胃非降解蛋白质 (RUP), 部分饲料蛋白质未被瘤胃微生物降解, 直接通过瘤胃进入后段消化道, 称为过瘤胃蛋白。高稳定性蛋白 (如热处理豆粕) 或经包被处理的蛋白质可减少瘤胃降解, 直接在小肠被消化吸收。瘤胃微生物蛋白质 (MCP) 瘤胃微生物利用降解蛋白 (RDP) 和能量合成的菌体蛋白是 MP 的主要来源。纤毛虫和细菌将饲料中的氮源 (如降解蛋白、尿素) 转化为菌体蛋白, 最终随食糜进入小肠。内源蛋白质, 少量来自消化道脱落细胞、消化酶等内源性蛋白质, 经小肠消化后也可被吸收。本文件规定: 代谢蛋白质 metabolizable protein; MP, 进入反刍动物小肠被消化吸收的蛋白质。包括来自饲料的瘤胃非降解蛋白质、瘤胃微生物蛋白质和少量内源蛋白质可被消化吸收的部分。

3.17 代谢赖氨酸 metabolizable lysine; Mlys

代谢赖氨酸 (Mlys) 是反刍动物小肠中可被有效消化吸收的赖氨酸总和, 即反刍动物摄入的赖氨酸中, 未被瘤胃微生物降解的部分与微生物自身合成的赖氨酸共同构成小肠可利用的赖氨酸总量。反刍动物自身无法合成足量赖氨酸, 且微生物蛋白中赖氨酸含量通常低于动物需求 (如乳蛋白合成需赖氨酸占 6.8%, 而微生物蛋白仅含 6.0%), 导致赖氨酸成为乳蛋白和肌肉合成的瓶颈。本文件规定: 代谢赖氨酸 metabolizable lysine; Mlys, 进入反刍动物小肠被消化吸收的赖氨酸, 包括来自饲料过瘤胃赖氨酸和瘤胃微生物蛋白质所含的赖氨酸。

3.18 代谢蛋氨酸 metabolizable methionine; Mmet

代谢蛋氨酸（Mmet）是反刍动物硫代谢和蛋白质营养的核心指标，蛋氨酸是反刍动物必需氨基酸中唯一含硫的氨基酸，不仅参与乳蛋白和肌肉蛋白合成，还作为甲基供体参与胆碱、肌酸等代谢物的生成。精准补充 Mmet 可显著提升反刍动物的生产性能并降低环境氮负荷。常规蛋氨酸易被瘤胃微生物降解为硫化氢等产物而损失。通过物理包被（如脂肪包裹）或化学处理（如羟基类似物保护），可显著提高蛋氨酸的过瘤胃率（>70%），使其直接进入小肠吸收。瘤胃微生物利用降解氮和能量合成菌体蛋白，其中蛋氨酸含量约占微生物蛋白总量的 1.5%~2.5%。来自消化道脱落细胞和消化酶的内源蛋氨酸（占比<3%），通常忽略不计。本文件规定：代谢蛋氨酸 metabolizable methionine; Mmet，进入反刍动物小肠被消化吸收的蛋氨酸，包括来自饲料过瘤胃蛋氨酸和瘤胃微生物蛋白质所含的蛋氨酸。

3.19 代谢体重 metabolic body weight

代谢体重是肉牛营养学中量化基础代谢需求与体重关系的核心指标，定义为自然体重的 3/4 次方（ $BW^{0.75}$ ）。代谢体重量源于克莱伯定律（代谢率 \propto 体重 $^{0.75}$ ），反映肉牛基础代谢率随体重增长的非线性特征。代谢体重揭示了体型增大时代谢效率的提升，体型越大的肉牛单位体重的散热需求更低，能量更多用于组织维持而非代谢消耗。器官代谢差异：内脏器官（如肝脏、肠道）占体重比例随体型增大而减小，进一步降低单位体重能耗。本文件规定：代谢体重 metabolic body weight 动物自然体重的 3/4 幂（ $BW^{0.75}$ ）；用以表示动物基础代谢营养需要量与维持动物体重间的数量关系。

3.20 非纤维碳水化合物 non-fibrous carbohydrate; NFC

非纤维碳水化合物(NFC)是动物饲料中可快速消化利用的碳水化合物类型，主要包括糖类（如葡萄糖、果糖）、淀粉、有机酸和果聚糖等。这类物质属于非结构性碳水化合物（NSC），存在于植物细胞内部或贮存器官中，与结构性碳水化合物（如纤维素、半纤维素）形成互补，共同构成饲料中的碳水化合物总量。NFC 是反刍动物（如肉牛）饲料中能量的主要来源。由于其易被瘤胃微生物快速分解，NFC 能够高效转化为挥发性脂肪酸（VFA），为动物提供直接能量支持，并影响生长性能和饲料转化效率，提高饲料中 NFC 比例可显著提升日增重和经

经济效益。本文件规定：非纤维碳水化合物 non-fibrous carbohydrate; NFC，构成动物饲料贮存碳水化合物的主要成分，包括糖、淀粉、有机酸和果聚糖等，是肉牛饲料中能量的主要来源。注 1：饲料中 NFC 的计算公式为： $NFC = 100 - (\%NDF + \%CP + \%脂肪 + \%粗灰分)$

3.21 物理有效中洗纤维 physical effective neutral detergent fiber; peNDF

因粗饲料长度、粗细、韧性等物理特性而引起动物咀嚼、反刍及影响瘤胃内容物两相分层的那部分 NDF。peNDF 在数值上等于 NDF 含量与物理有效因子 (pef) 的乘积，其中 pef 表示衡量不同类型粗饲料及其不同切碎长度的相对物理有效性，其取值范围从 0 (NDF 不能刺激咀嚼活动) 到 1 (NDF 刺激最大咀嚼活动)。

物理有效中性洗涤纤维 (peNDF) 是衡量饲料中纤维成分对反刍动物消化系统物理刺激作用的关键指标。其数值由中性洗涤纤维 (NDF) 含量与物理有效因子 (pef) 的乘积决定，即： $peNDF = NDF \times pef$ 其中，pef 的取值范围为 0-1，用于量化不同粗饲料的物理特性对动物咀嚼和反刍活动的刺激效率。例如，完全未加工的粗饲料可能接近 $pef=1$ ，而过度粉碎的饲料可能趋近 $pef=0$ 。peNDF 的物理有效性取决于粗饲料的长度、粗细、韧性等特性。较长的纤维颗粒需要动物通过更频繁的咀嚼和反刍来分解，从而促进唾液分泌(含缓冲物质)，维持瘤胃内环境稳定。未切短的干草比粉碎后的干草具有更高的 pef 值，因其更易刺激咀嚼活动。粗饲料的物理特性影响瘤胃内容物的两相分层(固体相与液相)。较长的纤维颗粒可形成稳定的“纤维垫层”，延缓饲料通过瘤胃的速度，延长微生物发酵时间，提高纤维消化率。peNDF 通过物理特性直接关联动物的咀嚼活动。每增加 1kg peNDF，反刍时间可延长约 30-50 分钟，进而增加唾液分泌量(约 3-5 L/kg 干物质)，中和瘤胃酸度，预防酸中毒。

3.22 饲料阴阳离子差 dietary cation-anion difference; DCAD

饲料阴阳离子差(DCAD)是评估饲料原料或日粮中主要阳离子(K^+ 、 Na^+)与阴离子(Cl^- 、 S^{2-})对动物体内酸碱平衡影响的指标。其核心原理在于阳离子具有碱化作用，阴离子具有酸化作用，两者差值直接影响体液 pH 值及矿物质代谢。DCAD 的计算公式为： $DCAD (mEq/kg DM) = 256.4 \times K\% + 434.8 \times Na\% -$

$$281.7 \times \text{Cl}\% - 625 \times \text{S}\%$$

该公式基于以下逻辑推导：（1）系数来源：将各元素的百分比含量（%）转换为每千克干物质中的毫当量（mEq）。例如：钾（K⁺）的原子量为 39.1 g/mol，1% K 即 10 g/kg DM，对应电荷数为 1，计算得： $10/39.1 \times 1000 \approx 256 \text{ mEq/kg DM}$ 。钠（Na⁺）、氯（Cl⁻）、硫（S²⁻）的系数同理计算，但硫因带 2 个负电荷需加倍折算。（2）单位意义：结果单位为 mEq/kg DM，表示每千克干物质中净阳离子与阴离子的毫当量差值，正值代表日粮呈碱性，负值代表酸性。本文件规定：饲料阴阳离子差 dietary cation-anion difference; DCAD，动物饲料原料或饲料中对动物体酸碱平衡影响最大的钾离子和钠离子（碱化）与氯离子和硫离子含量的差值。注 1：饲料 DCAD = 256.4 K% + 434.8 Na% - 281.7 Cl% - 625 S% 钾、钠、钙、镁单位为%，结果单位表示为 mEq/kg DM。

4 制订《肉牛营养需要量》国家标准的几点重要说明

4.1 引用国外标准与国内肉牛生产实际的结合问题

我国肉牛产业面临营养标准滞后与规模化养殖需求间的结构性矛盾。当前国内研究存在数据碎片化、品种适配性差等突出问题：针对主流杂交牛群的营养研究不足，青贮饲料等关键原料仍沿用 20 年前测定数据。而 NASEM（2016；2021）、NRC 等国际标准体系已构建包含 48 种营养素的动态模型，其科学原理具有普适价值。我国关于肉牛营养需要量方面的研究数据还比较少，而且缺乏系统性。世界权威的 NASEM、NRC 系列标准以及 INRA、AFRC 等标准体系提供了甚为超前的指标和数据。我国的肉牛品种大都与国外优良品种进行了不同程度的杂交，而且饲料评价体系也是主要借鉴西方的研究方法和体系。作为动物营养学公共产品和规律性知识，这些共性的肉牛营养需要量数据，我们可以拿过来直接引用。否则，只靠我们自己一己之力从头研发这些营养需要量，将会拖肉牛产业发展的后腿。当然，在未来有足够时间和经费允许条件下，我们国内的同行需要进行验证和再创新。在我国尚不了解这些科学知识点的应用场景情况下，盲目照搬外国的公式也是错误的。

破解肉牛营养需要量困境需建立校正体系，在遗传差异层面，通过杂交牛屠宰试验构建血统系数模型，修正当地品种、西门塔尔杂交牛的代谢能需求；在饲

料评价层面，创建数据库——直接引用大宗原料数据、区域校正副产物营养值、创新测定特色饲料；在环境适配层面，开发温度-采食量耦合模型，形成动态营养需求预测系统。构建“数据-标准-应用”协同体系，建设国家肉牛营养数据中心，整合遗传谱系、饲料近红外光谱和物联网环境数据；建立标准迭代机制，每3年更新基础参数，开发实时配方APP；推进产学研协同，通过示范基地转化技术成果，培育专业营养师队伍。特别在农业农村部框架下开展国际标准本土化专项，避免重复研发造成的资源错配。通过“引进-校正-创新”的三阶跃迁，我国可构建CNRC标准框架。将标准建设纳入国家种业振兴行动，同步推进东亚区域数据共享，最终形成具有国际影响力的肉牛营养标准体系。

4.2 确定肉牛营养需要量所采用的方法

确定肉牛营养需要量的核心方法主要包括析因法、模型法和实地调研法三种技术路径：

析因法作为基础性研究手段，通过系统分解动物维持基础代谢（包括皮屑脱落、内源尿氮排泄、内源粪氮排出及组织沉积等生理过程）、生长阶段（不同体重阶段的蛋白质沉积速率）、妊娠周期（胎儿发育与胎盘营养供给）、泌乳高峰（乳成分动态变化与产奶量关联）等专项生理活动的营养需求，结合消化率测定（如瘤胃氮消化率约65-72%）、代谢试验（氮表观消化率校正系数）等生物利用率参数，构建多维营养需求模型。该方法需通过代谢体重、维持净能与生产净能换算系数（如肉牛维持净能需求公式 $NE_m = 0.077W^{0.75}$ ）等量化指标实现精准测算。

模型法则依托国际通行的营养调控理论框架，运用基于动物生理机能的数学表达式建立预测模型，即通过科学研究得到的可靠公式或数学模型来推测营养需要量。例如采用NRC（2016）推荐的代谢蛋白体系，通过蛋白质系统评估不同生产阶段的氨基酸平衡模式；或应用CNCPS（康奈尔净碳水化合物与蛋白质体系）动态模型，结合瘤胃降解动力学参数（如RDP与UDP比例）推算微生物蛋白合成量。此类模型经多中心联合试验验证，具有群体预测准确度达85%以上的特点，已成为欧盟、北美等畜牧业发达国家制定营养标准的核心工具。

实地调研法即对产业的相关产品（如工业化加工的饲料产品）进行实地调研，并结合实验室检测数据，得到行业普遍接受的经验数据，作为制订动物营养需要量标准的补充依据。侧重于产业实践数据的采集验证，通过对规模化牧场饲料原

料采购记录（如青贮玉米干物质含量波动范围）、TMR 日粮加工参数（混合均匀度 CV 值 $\leq 10\%$ ）、粪尿处理系统运行数据（甲烷排放监测值）等产业链节点进行跟踪调查，结合近红外光谱快速检测（CP 检测误差 $\pm 0.5\%$ ）、气相色谱分析（挥发性脂肪酸测定）等技术手段，形成具有区域适配性的经验参数库。该方法虽存在 $\pm 15\%$ 的数据离散度，但在特殊气候区适应性研究等领域仍具参考价值。在实际工作中，析因法和模型法是基于动物试验和实验室分析的大量数据，经过科学合理的统计后得出的客观结论，为世界各国科学界所普遍采用，也是本标准制定所采用的方法。实地调研方法只在某些不太重要的指标上可以有限采用，不能作为制订动物营养需要量的主要方法。

本文件主要采用了析因法和模型法，得出肉牛营养需要量的数据。在确定肉牛体型分类和养殖阶段划分过程中，采用了产业实地调研数据。本文件的牛只在未指定环境条件下饲养，一般为气温 20℃，无粪污淤积，非栓饲，可随意活动，非极端天气等。关于甲烷排放量、磷排泄（等环境效应参数，因涉及《畜禽粪污资源化利用标准》的衔接问题，需经专家委员会专题论证后再行补充。现行版本暂保留开放条款，允许省级畜牧技术推广机构根据区域性碳减排目标提出参数修正建议。

4.3 肉牛分体型制订营养需要量的依据

我国肉牛品种多，体型大小不一，营养需要量也不同，制订一个对所有肉牛群都适用的营养需要量标准实属不易。在育种程度较高和牛群性能大体一致情况下，可以考虑根据品种制订营养需要量。当前我国肉牛育种水平还比较低，短期内无法按照品种制订肉牛营养需要量。综合国外的经验，美国国家科学研究委员会 NRC（1984）就把肉牛分为大体型和中体型两种类型分别给出营养需要量。但到 2016 年，随着美国育种水平的提高，以及分品种对肉牛营养需要量研究数据的大量积累，肉牛营养需要量也开始按照品种进行营养需要量的制订。

4.3.1 小型、中型和大型牛包括的主要牛种

4.3.1.1 小型牛

北方黄牛、中原黄牛和南方黄牛三大类型。北方黄牛主要为普通牛起源，其 36 月龄公牛和母牛成熟体重一般均在 300kg 和 450kg 以上，一般属于中型牛种；南方黄牛主要为瘤牛起源，其 36 月龄公牛和母牛成熟体重一般均 300kg 和 450kg

以下，大都数属于小型牛，主要分布在南方 14 个省区。中原黄牛为普通牛和瘤牛的混合起源。主要小型牛品种、成年体重及中心产区见表 1。

表1 主要小型牛品种、成年体重与中心产区

序号	品种	公牛 (≤450 kg)	母牛 (≤350 kg)	中心产区
1	冀南牛	381.9±62.0	325.3±51.6	河北省大名、魏县、临漳等县
2	太行牛	306.8±40.9	262.5±44.6	河北省西部太行山区
3	蒙古牛	349.3	291.1±6.3	内蒙古自治区呼伦贝尔市和乌兰察布市
4	徐州牛	383.4±62.3	342.5±57.9	江苏省徐州市
5	舟山牛	441.5±60.3	336.4±50.7	浙江省舟山市
6	大别山牛	401.5	345	大别山南麓
7	皖南牛	352.84±4.56	254.35±5.00	安徽省长江以南地区
8	闽南牛	350.55	293.47	福建省漳州市和泉州市
9	广丰牛	361.9±75.55	265.36±42.50	江西省上饶市广丰区
10	吉安牛	256.00±53.18	234.32±29.04	江西省吉安市
11	锦江牛	312.38±78.90	245.28±29.11	江西省高安、上高两县(市)
12	蒙山牛	477.8	310.3	山东省临沂市
13	枣北牛	438.2	354.2 ± 71.1	湖北省枣阳市、老河口市和襄阳市襄州区
14	巫陵牛	无	232.1	湖南、湖北、贵州三省交界地区
15	雷琼牛	354.6	271.2	广东省雷州半岛、海南省海口市琼山区
16	隆林牛	264.9±47.0	221.0±32.1	广西壮族自治区隆林各族自治县
17	南丹牛	284.1±61.0	211.4±32.0	广西壮族自治区南丹县
18	涠洲牛	295.8±59.0	242.9±37.0	广西省北海市的涠洲和斜阳两岛
19	巴山牛	404±61.7	313±38.9	四川、湖北、陕西三省交界的大巴山区
20	川南山地牛	372.4±58.5	298.4±53.4	四川盆地东南部边缘山区
21	峨边花牛	330.4±34.7	295.9±51.7	四川省凉山彝族自治州峨边县
22	甘孜藏牛	397.5±112.6	287.8±66.7	四川省甘孜藏族自治州
23	凉山牛	356.5±72.4	269.2±42.4	四川省凉山彝族自治州
24	平武牛	463.9±85.2	294.1±31.7	四川省平武县
25	三江牛	346.9±80.2	302.7±43.3	四川省阿坝汶川县
26	关岭牛	375.7±71.6	310.1±55.6	贵州省西南部关岭县

27	黎平牛	304.0±69.9	233.1±38.5	贵州省东南部黎平县
28	威宁牛	255.1±51.4	221.4±39.8	贵州省西部威宁县
29	务川黑牛	340.8±85.1	292.3±64.5	贵州省遵义市务川仡佬族苗族自治县
30	邓川牛	275.7±41.1	225.6±40.7	云南省大理白族自治州洱源县
31	迪庆牛	222.6	215.1	云南省西北部迪庆藏族自治州
31	滇中牛	244.3±76.7	210.0±38.5	云南省
32	文山牛	354.8±54.9	298.6±20.0	云南省文山壮族苗族自治州
33	云南高峰牛	291.0	213.7	云南省德宏傣族景颇族自治州
34	昭通牛	317.3±58.9	255.9±45.0	云南省昭通市

来自：《中国畜禽遗传资源志—牛志》，中国农业出版社，2011

中国南方黄牛具有性情温驯，耐粗饲、耐热，适应性强等优良特性。南方地区黄牛虽然个体小，但单位能量消耗少，对秸秆类农副产品的利用能力较高。我国南方广大地区属于热带、亚热带气候，以山地和丘陵为主。与北方相比，南方可利用耕地面积较大，草山、草坡较多，较适合于放牧。同时，我国农作物秸秆数量大、种类多、分布广，每年秸秆产量7亿t左右，全部作物秸秆中仅有15%~20%用作饲料。据推算：整个南方地区的耕地是全国的40%，但是生产的主要农作物秸秆数量是全国的50%。

本文件中规定，小型牛（small frame-type cattle）是指为成熟绝食体重300-450kg的牛只，包括渤海黑牛、舟山牛、皖南牛、广丰牛、闽南牛、大别山牛、枣北牛、巫陵牛、雷琼牛、盘江牛、三江牛、云南高峰牛、吉安黄牛、锦江黄牛、蒙山牛、南丹黄牛、涠洲黄牛、川南山地黄牛、黎平黄牛、威宁黄牛、迪庆黄牛、昭通黄牛、温岭高峰牛及其相近体型的杂交牛后代。

4.3.1.2 中型牛

为成熟绝食体重500-780kg的牛只，包括新疆褐牛、南阳牛、鲁西牛、晋南牛、延边牛、复州牛、草原红牛、安格斯牛、海福特牛、德国黄牛等。

表 2 主要中型牛品种、成年体重与中心产区

(来自：国家畜禽遗传资源委员会《中国畜禽遗传资源志—牛志》，中国农业出版社，2011)

序号	品种	公牛(成熟体重范围)	母牛(成熟体重范围)	主要产区
1	新疆褐牛	970.5±87.4	451.9±85.9	天山北坡西部的伊犁河谷、塔额盆地
2	南阳牛	490.8±2.5	413.6±76.4	河南省南阳市
3	鲁西牛	512.5±86.8	470.9±84.6	山东省济宁市和菏泽市
4	晋南牛	660	442.7	山西省运城市 and 临汾市
5	延边牛	625	425	吉林省延边朝鲜族自治州
6	复州牛	911.2±52.8	469±55	辽宁省瓦房店市
7	草原红牛	850~1000	485.5±78	吉林省、内蒙古自治区和河北省
8	安格斯牛	700~900	500~600	原产于苏格兰东北部
9	海福特牛*	850-1100	600-700	原产于英国海福特以及牛津等
10	德国黄牛	1000~1300	650~800	原产地于德国巴伐利亚州

来自：《中国畜禽遗传资源志—牛志》，中国农业出版社，2011。*数据来自中国大百科全书

4.3.1.3 大型牛

为成熟绝食体重680-1000kg的牛只，包括西门塔尔牛、比利时蓝牛、皮埃蒙特牛、夏洛来牛、利木赞牛、南德温牛、荷斯坦牛等。

表 3 主要大体型品种、成年体重与中心产区

序号	品种	公牛（成熟 体重范围）	母牛（成熟 体重范围）	主要产区
1	西门塔尔牛	1000~1300	650~700	原产于瑞士西部的阿尔卑斯山区
2	比利时蓝牛 *	725	1200	原产于比利时
3	皮埃蒙特牛	1000~1300	650~800	原产于意大利皮埃蒙特地区
4	夏洛来牛	1140	735	原产于法国中部的夏洛来和涅夫勒地区
5	利木赞牛	950~1100	600~900	原产于法国中部的利木赞高原
6	南德温牛	1114.7	698.5	主产于英国、美国、加拿大等国
7	荷斯坦牛	900~1300	600~750	原产于荷兰

（来自：国家畜禽遗传资源委员会《中国畜禽遗传资源志—牛志》，中国农业出版社，2011）

来自：《中国畜禽遗传资源志—牛志》，中国农业出版社，2011。*数据来自中国大百科全书

4.3.2 小、中、大型肉牛划分的依据

中国地域辽阔，拥有丰富的地方牛品种资源。根据《国家畜禽遗传资源品种名录》（2021年版）和最新的遗传资源公告，我国拥有57个地方黄牛品种。同时我国从国外引进优秀的肉牛品种，通过杂交改良和自主培育出现了新的品种和品系。肉牛的体型也发生了变化，小型、中型和大型三种的出生体重、断奶体重、成熟体重、体高以及宰前活重有明显的差别，如图1：

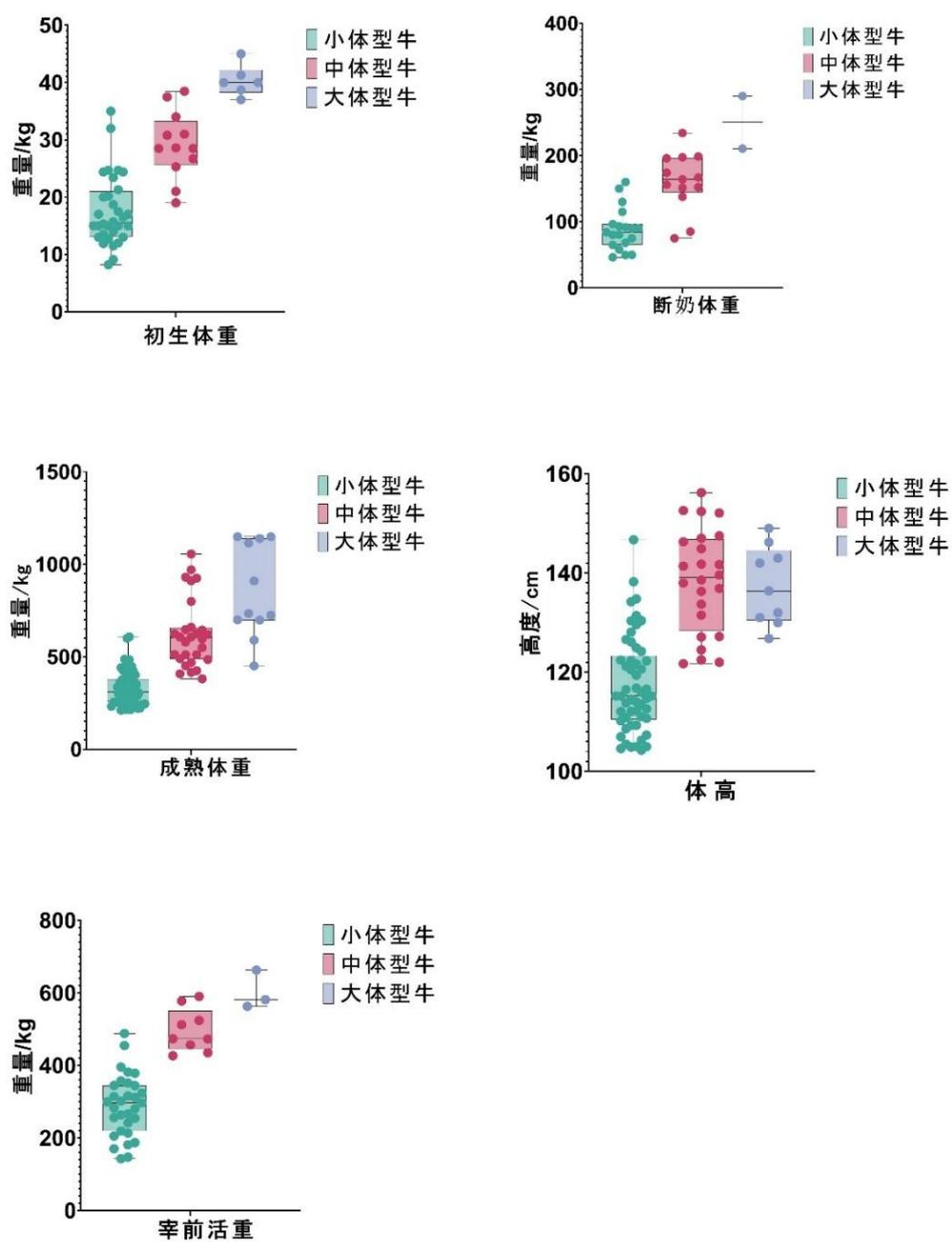


图 1 中国小型、中型和大型肉牛的出生体重、断奶体重、成熟体重、体高以及宰前活重的箱型图

我国饲养的小型肉牛品种，主要是中国地方黄牛品种。中国黄牛每一个品种都有独特的表型和适应性特征。根据我国肉牛产业的实际，本文件将肉牛根据其成熟体重大小分为小型、中型和大型三种，其绝食体重和成熟体重范围建议如下：

表 4 小型、中型、大型肉牛的正常绝食体重和成熟绝食体重 (kg) 的范围

分类	小体型	中体型	大体型
生长肥育牛			
犊牛			
母犊	17-100 (300)	25-150 (500)	30-180 (680)
阉犊	20-110 (400)	30-160 (650)	35-200 (880)
公犊	20-120 (450)	30-180 (780)	35-220 (1000)
荷斯坦公犊			45-200 (950)
育成牛			
母牛	101-200 (300)	151-310 (500)	181-350 (680)
阉牛	111-220 (400)	161-320 (650)	201-380 (880)
公牛	121-240 (450)	181-350 (780)	221-400 (1000)
荷斯坦阉牛			201-350 (850)
荷斯坦公牛			201-400 (950)
肥育牛			
肥育母牛	201-280 (300)	311-480 (500)	351-600 (680)
肥育阉牛	221-350 (400)	321-580 (650)	381-680 (880)
肥育公牛	241-400 (450)	351-650 (780)	401-750 (1000)
荷斯坦阉牛	--	--	351-600 (850)
荷斯坦公牛	--	--	401-700 (950)
直线肥育			
肥育母牛	101-200 (300)	151-400 (500)	181-480 (680)
肥育阉牛	111-250 (400)	161-500 (650)	221-550 (880)
肥育公牛	121-300 (450)	181-580 (780)	251-650 (1000)
荷斯坦阉牛	--	--	201-500 (850)
荷斯坦公牛	--	--	201-600 (950)
繁殖母牛	(300)	(500)	(680)
母犊牛	17-100	25-150	30-180

育成母牛	101-205	151-310	181-395
怀孕青年牛	206-255	311-425	396-578
成年母牛	>255	>425	>578

注：括号内为成熟体重（kg）

4.4 肉牛养殖阶段的划分

我国肉牛养殖阶段历来是没有精确划分的，即使有划分阶段也是五花八门。基于此，本文件根据我国肉牛生产实际，综合国外成功的经验，对我国肉牛养殖阶段做一个初步划分。

4.4.1 犊牛

与奶牛出生后母犊分离的情况不同，肉用犊牛一般随母哺乳并补饲固体开食料及干草直至断奶，断奶后采食犊牛料和干草，直到6月龄犊牛期结束。犊牛期分断奶前和断奶后两个阶段，不同体型的犊牛断奶时间不同，舍饲和半舍饲犊牛通常于3~4月龄断奶，放牧犊牛通常5~6月龄断奶。本文件重点关注舍饲和半舍饲犊牛，假定犊牛3月龄断奶，整个犊牛期分为断奶前3个月和断奶后3个月。在生产上，一般不对犊牛分性别饲养，本文件以母犊为基础制订犊牛营养需要量。

断奶前的犊牛营养由哺乳和饲料（干草+固体料）两部分组成。所以，生产中给犊牛制定饲料配方时，必须知道犊牛每天的哺乳量，犊牛哺乳后所缺少的营养由配方饲料提供。因此，犊牛营养需要量制定的核心是给出犊牛的绝对营养需要量，然后根据哺乳量和哺乳所获得的有用能量和营养物质的数量，再计算出犊牛需要由固体料部分供给的部分。

断奶前犊牛的营养需要量根据犊牛绝食体重和绝食体增重估计的包括哺乳（或代用乳）和采食开食料与干草的营养需要总量。以母犊为例，不同大小体型犊牛的养殖阶段分列如下：

表 5 犊牛养殖分段（单位：kg）

体型	犊牛性别	犊牛体重 (成熟体重)	分段		日增重	
			断奶前 100d	断奶后 80d	断奶前 100d	断奶后 80d
小型	母犊	17-100 (300) ¹	17-72	73-100	0.55	0.35
	公犊	20-120 (450)	20-80	81-120	0.60	0.50
中型	母犊	25-150 (500)	25-100	101-150	0.75	0.63
	公犊	30-180 (780)	30-120	121-180	0.90	0.75
大型	母犊	30-180 (680)	30-120	121-180	0.90	0.75
	公犊	35-220 (1000)	35-145	146-220	1.10	0.94

¹ 括号内数字为成熟体重

4.4.2 育成牛

是犊牛期结束后至配种或育肥前的阶段。用于繁殖的生长公牛或生长母牛称之为育成公牛或育成母牛，而用于育肥的生长牛称之为架子牛。育成公牛或育成母牛依其发育阶段的不同，又分为 7-12 月龄的小育成牛和大于 12 月龄至开始配种（一般 14-16 月龄）的大育成牛。架子牛依其年龄的不同，又分为 7-12 月龄的小架子牛、大于 12 月龄至 24 月龄的中架子牛和大于 24 月龄的大架子牛。基于生长牛不同类别及阶段的营养需求特点，结合生理发育与生产目标分阶段调控，生长牛的分类及阶段划分。

育成牛的营养需求特点：（1）小育成牛（7-12 月龄）生理特点：骨骼生长旺盛，肌肉发育加速，瘤胃功能逐步完善。（2）大育成牛（>12 月龄至初配前）生理特点：性成熟启动，体脂逐步积累，需维持适中膘情（体况评分 5-6 分/9 分制）。

架子牛的营养需求特点：（1）小架子牛（7-12 月龄）生产目标：拉大骨架，奠定后期育肥基础。中架子牛（>12 月龄至 24 月龄）生产目标：加速肌肉沉积，提升日增重（目标 1.0-1.2 kg/天）。大架子牛（>24 月龄）生产目标：脂肪沉积为主，优化大理石花纹。

4.4.3 繁殖母牛

根据繁殖母牛的生理阶段和生产目标，其营养需求需分阶段精准调控，以确

保母牛健康、胎儿正常发育及产后泌乳能力。繁殖母牛的营养管理需分阶段精准调控，初产母牛需兼顾自身生长与胎儿发育，经产母牛则侧重泌乳与体况恢复。核心在于平衡能量、蛋白质、钙磷及维生素的供给，结合环境与健康监测，可显著提升繁殖率与犊牛成活率，降低代谢疾病风险。结合初产母牛（青年母牛）与经产母牛（成年母牛）的特点，其营养需要可分为以下阶段及核心要点：

初产母牛（青年母牛）妊娠期营养特点：（1）妊娠前期（配种至妊娠 150 天）营养需求：以维持母牛自身生长和胎儿早期发育为主。青年母牛仍处于生长阶段，需额外能量和蛋白质支持骨骼、肌肉发育。（2）妊娠中期（151 天至产前 60 天）营养需求：胎儿生长加速，母牛乳腺开始发育，需逐步提升营养供给。（3）妊娠后期（产前 60 天至分娩）营养需求：胎儿增重占初生重的 70%-80%，母牛需储备能量为泌乳做准备。

经产母牛（成年母牛）产犊后营养特点：（1）泌乳前期（产后至 195 天）营养需求：恢复体况、支持泌乳高峰，需高能量高蛋白日粮。日粮净能需 ≥ 7.0 MJ/kg，精料占比逐步提高至 40%-50%（产后 10 天达 3-4 kg/天），每产 2.5 kg 奶增加 1 kg 精料。粗蛋白 $\geq 16\%$ ，补充瘤胃降解蛋白（如尿素）和非降解蛋白（如豆粕），维持乳蛋白合成。保证清洁饮水（冬季水温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ ），泌乳母牛需水量为干物质采食量的 4-5 倍。（2）泌乳中期（产后 196 天至产前 60 天）营养需求：泌乳量下降，需调整日粮以维持体况并准备下次妊娠，减少精料量以防肥胖。（3）干奶期（产前 60 天至分娩）营养需求：修复乳腺组织，避免胎儿过大导致难产。

4.4.4 肥育牛

肉牛肥育阶段的营养管理需根据其生长规律和生理需求分阶段调控，以最大化饲料转化率、提升肉质并降低代谢疾病风险。以下是各肥育阶段的划分及营养需要特点：

过渡期（1~20 天）：核心目标是适应高精料日粮，减少瘤胃应激，逐步调整消化功能。精粗比逐步调整，精料比例从 50%逐步增至 70%（如玉米、麦麸、豆粕混合料），粗饲料以优质干草或青贮为主，避免突然更换饲料引发酸中毒。粗蛋白含量 12%-14%，补充过瘤胃蛋白（如保护性蛋氨酸），促进瘤胃微生物适应。

肥育前期（21~100 天）：核心目标是加速肌肉沉积，提升日增重（目标

1.2-1.5 kg/天)。高能量高蛋白，精料占比 70%-80%：以能量饲料（玉米、大麦）为主，日粮净能达 7.5-8.0 MJ/kg。粗蛋白需求：12%-13%，补充豆粕、棉籽粕（ $\leq 10\%$ ）等，支持肌肉生长。钙磷补充：钙 0.6%-0.8%，磷 0.4%-0.5%，钙磷比维持 1.5:1。粗纤维 $\geq 15\%$ ，维持瘤胃健康，防止蹄叶炎。

肥育后期（101~150 天或出栏）：核心目标是促进脂肪沉积（大理石花纹形成），改善肉质，控制代谢病风险。超高能量日粮：精料占比 80%-90%：增加玉米比例（占精料 60%-70%），日粮净能 ≥ 8.5 MJ/kg。粗蛋白需求：10%-12%，降低蛋白水平以减少氮排泄，补充过瘤胃脂肪（如棕榈酸钙）提升能量密度。

矿物质与维生素强化：钙磷比例 1:1：钙 0.4%-0.6%，磷 0.4%-0.5%，预防尿结石。补充维生素 B 族：促进能量代谢，缓解高精料导致的维生素缺乏。关键措施：添加酵母培养物（10-20 g/头·天）改善纤维消化率。严格监控瘤胃健康，使用丙酸钙（0.5%-1%）预防酸中毒。

4.5 能量需要量计算公式的调整

由于肉牛体型、性别、品种类型和年龄均影响维持净能和增重净能的需要量，故不同体型、性别、品种类型和年龄的肉牛维持净能（NE_m）需要量和增重净能（NE_g）需要量不同。NRC（1976, 1984）、NASEM（2016, 2021）提供了关于纯种肉牛、兼用型肉牛、荷斯坦品种牛的维持净能和增重净能需要量的权威计算公式。肉牛维持净能需要量的基础计算公式是 $0.077 * SBW^{0.75}$ ，增重净能的计算公式是 $0.0635 * EBW^{0.75} * EWG^{1.097}$ 。NRPH（1997）提供了牛不同生产类型维持能量需要量的校正系数，其中以普通肉牛品种为 100，奶用品种牛+20%，兼用品种+15%，兼用品种杂交后代+10%，婆罗门牛-20%。以下是综合不同版本 NRC 和 NASEM 后用于本文件计算 NE_m 和 NE_g 的公式。

4.5.1 维持净能 (NEm) 需要量公式

表 6 基于中型牛绝食代谢体重 (SBW^{0.75}, kg) 计算 NEm 需要量 (Mcal/d)

体型	公式
中型	幼龄母牛 (含犊): NEm (Mcal/d) = 0.0770 * SBW ^{0.75} (kg)
	阉牛: NEm (Mcal/d) = 0.0793 * SBW ^{0.75} (kg)
	公牛: NEm (Mcal/d) = 0.0886 * SBW ^{0.75} (kg)
	初产母牛: NEm (Mcal/d) = 0.1000 * SBW ^{0.75} (kg)
	高龄母牛: NEm (Mcal/d) = 0.0616 * SBW ^{0.75} (kg)

4.5.2 增重净能 (NEg) 需要量校正

表 7 基于中型牛空体重 (EBW, kg) 和空体增重 (EWG, kg) 计算 NEg 需要量 (Mcal/d)

体型	公式
中型	幼龄母牛: NEg = 0.0783 EBW ^{0.75} * EWG ^{1.119}
	阉牛: NEg = 0.0635 EBW ^{0.75} * EWG ^{1.097}
	公牛: NEg = 0.0562 EBW ^{0.75} * EWG ^{1.097}
	高龄母牛: NEg = 0.0681 EBW ^{0.75} * EWG ^{1.119}

4.6 重要的体重换算关系

根据 NASEM (2016), 原来理解的肉牛活重 (LBW) 本文件均用绝食体重 (SBW) 代替。

表 8 中型牛不同体重的换算关系

体型	性别	SBW= x *LBW	EBW= x *SBW	EWG= x *SWG	EBW= x *LBW
中型牛种	母牛	0.96	0.855	0.956	0.821
	阉牛		0.891		0.855
	公牛		0.981		0.942
	繁殖母牛		0.851	0.851	0.817

以中型阉牛为基准的体重关系

$$\text{空体增重 EWG} = 0.956 * \text{SWG};$$

$$\text{空体增重 EWG} = 12.341 * \text{EBW}^{-0.6837} * \text{RE}^{0.9116}$$

$$\text{绝食体增重 SWG} = 13.91 * \text{RE}^{0.9116} * \text{SBW}^{-0.6837}$$

$$\text{存留能量或 (NEg) RE} = 0.0635 * \text{EBW}^{0.75} * \text{EWG}^{1.097}$$

式中, LBW 为自然活体重 (kg); SWG 为绝食日增重 (kg), EBW 为空体重, 即不含外来食物的体重 (kg); EWG 为空体增重 (kg), ADG 为活体日增重 (kg); RE 为存留能量或 NEg (Mcal/d)。

4.7 关于母牛初始妊娠体重的考虑

按析因法, 母牛营养需要量包括维持、增重和妊娠的需要, 其中妊娠营养需要中除考虑母牛本身的维持需要量外, 还要考虑孕体生长的营养需要。因此, 计算基于绝食代谢体重的肉牛维持需要时, 体重需要包括母牛本身的绝食体重, 还要包括孕体重。需要考虑初产母牛的增重速度、犊牛初生重、犊牛性别、母牛泌乳量等因素, 计算肉用母牛的营养需要量。

根据 NASEM (2016), 瘤牛、普通牛和兼用牛的初始妊娠体重分别占成熟绝食体重 65%、60%和 55% (NASEM 中译本 P260)。考虑到我国牛种和饲养情况, 小、中、大体型初产母牛绝食体重占成熟绝食体重的比例应稍高为宜, 确定小、中、大体型初产母牛的妊娠起始体重占成熟绝食体重分别为 68%、62%和 58%。

根据 NASEM (2016), 产犊时绝食体重占成熟绝食体重的比例初产母牛为 80%, 二胎母牛为 92%, 三胎母牛为 96%, 四胎母牛与成熟绝食体重相等 (100%)。我国缺乏此类数据, 考虑我国肉牛配种期普遍后延的现实, 本文件采用母牛产犊时绝食体重占成熟绝食体重的比例, 初产母牛 85%, 二胎母牛为 92%, 三胎母牛为 96%, 四胎母牛与成熟绝食体重相等。

4.8 关于氨基酸需要量问题

近半个世纪以来, 国内外对肉牛代谢氨基酸需要量的研究非常活跃。美国康奈尔大学 D. G. Fox 教授团队早在 30 年前就发表了预测肉牛氨基酸需要量的模型 (O'Connor 等, 1993; JAS, Vol. 71:1298-1311)。美国 NASEM (2016)《肉牛营养需要》和 NASEM (2021)《奶牛营养需要》均给出了代谢氨基酸需要量的建议。巴西 BR-CORTE (2023) 也明确提出了肉牛氨基酸需要量的建议。特别是 NASEM (2021)《奶牛营养需要》给出了不同组织中氨基酸含量的精确数据。这些为我们今天建立我国肉牛氨基酸需要量提供了重要技术参考。

明确蛋白质分泌和沉积的数量，是估计 MP 和 EAA 推荐需要量的基础。为了保持不同功能之间的一致性，每种功能都被量化为真蛋白（TP），而不是粗蛋白（CP），某一单个 AA 的分泌或沉积量，可以通过分泌或沉积的 TP 总量乘以单一 AA 的组成比例来计算。

前已述及，根据析因法原理，肉牛生长和繁殖等功能所需的全部代谢氨基酸之和，等价于满足动物各种功能所需要的代谢蛋白质总量。即总代谢氨基酸需要量（tMAA, g/d）= 代谢蛋白质需要量。每一生理或生产功能分泌或沉积的代谢蛋白质或代谢氨基酸中某一 AA 含量，再除以它们在体内的各自利用效率（或生物学价），即可计算出某一单个代谢 AA 的需要量。对于繁殖母牛来说，其代谢 AA 需要量包括用于维持（皮屑、内源尿、代谢粪）、组织生长沉积、泌乳和妊娠（孕体沉积）所需的代谢氨基酸。对于犊牛和生长肥育牛来说，满足其机体生理功能所需的代谢氨基酸，仅包括维持和组织生长所需的代谢氨基酸。

需要考虑肉牛对必需氨基酸和非必需氨基酸的需要量，这是未来肉牛生产中降低饲料蛋白水平的理论基础。本标准考虑了肉牛总代谢氨基酸需要量，重点是代谢赖氨酸和代谢蛋氨酸需要量，待未来肉牛氨基酸营养研究具有足够数据积累时，再考虑其他必需氨基酸的需要量。与此同时，本标准还考虑了总非必需氨基酸需要量。

蛋白质的分泌和沉积的定量，是估计 MP 和 EAA 需要量的基础。为了保持不同功能之间的一致性，每种功能都被量化为真蛋白，而不是粗蛋白，AA 的分泌或沉积被计算为真蛋白的分泌或沉积再乘以各自的 AA 组成，此为净氨基酸需要量（表 9）。将净氨基酸除以各自功能的利用效率，可得到代谢氨基酸的需要量。综合 NASEM（2021）和 NASEM（2016），现将不同生理功能的代谢蛋白质和单个必需氨基酸的利用效率列于表 10。

表 9 瘤胃微生物和牛机体组织中氨基酸的含量 (g AA/100g CP)

氨基酸名称	内源十二指肠液	微生物	皮屑	空体组织	代谢粪	牛乳
丙氨酸 (Ala)	5.6	6.3	7.7	7.3	5.4	3.2
精氨酸 (Arg)	5.5	4.7	8.1	7.0	5.0	3.3
天冬酰胺-天冬氨酸 (Asx)	5.6	11.5	7.1	8.2	6.5	7.2
半胱氨酸 (Cys)	3.1	1.8	2.3	1.5	2.8	0.8
谷氨酰胺-谷氨酸 (Glx)	13.4	12.9	12.4	13.4	13.4	19.8
甘氨酸 (Gly)	6.1	5.4	17.8	12.3	7.2	1.8
组氨酸 (His)	3.4	1.9	1.5	2.6	3.0	2.6
异亮氨酸 (Ile)	4.8	6.0	2.5	3.1	4.6	5.4
亮氨酸 (Leu)	9.1	7.9	5.8	7.0	7.9	9.3
赖氨酸 (Lys)	7.4	8.1	4.7	6.7	6.5	7.8
蛋氨酸 (Met)	1.5	2.3	1.2	2.0	1.5	2.7
苯丙氨酸 (Phe)	4.7	5.4	3.0	3.7	4.5	4.6
脯氨酸 (Pro)	5.5	3.7	10.4	8.3	7.2	9.1
丝氨酸 (Ser)	6.2	4.6	5.4	4.9	6.6	5.9
苏氨酸 (Thr)	6.1	5.3	3.4	4.1	6.3	4.1
色氨酸 (Trp)	1.5	1.2	0.6	0.9	1.5	1.4
酪氨酸 (Tyr)	4.3	5.1	2.2	2.6	4.0	5.1
缬氨酸 (Val)	6.3	5.9	3.9	4.4	6.0	6.1
tEAA%	48.5	48.5	33.6	40.1	44.6	48.2
tNEAA%	51.5	51.5	66.4	59.9	55.4	51.8

注：引自 NASEM (2021)

表 10 代谢蛋白质和必需代谢氨基酸的利用效率^a

代谢蛋白质或代谢氨基酸	生理功能			
	维持	生长 ^b	妊娠	泌乳
代谢蛋白质 (MP)	0.67 ^c	>0.49	0.65	0.65
精氨酸 (Arg)	0.85	0.66	0.66	0.85
组氨酸 (His)	0.85	0.78	0.85	0.90
异亮氨酸 (Ile)	0.66	0.61	0.66	0.62
亮氨酸 (Leu)	0.66	0.67	0.66	0.72
赖氨酸 (Lys)	0.85	0.67	0.85	0.88
蛋氨酸 (Met)	0.85	0.71	0.85	0.98
苯丙氨酸 (Phe)	0.85	0.54	0.85	1.00
苏氨酸 (Thr)	0.85	0.58	0.85	0.83
色氨酸 (Trp)	0.85	0.77	0.85	0.85
缬氨酸 (Val)	0.66	0.66	0.66	0.72

a. 数据来自 NASEM (2016) 和 O' Connor 等 (2001)

b. 数据来自 NASEM (2021)

c. 数据来自 NRC (2001)

在蛋白质中出现的 20 种主要氨基酸 (AA) 中, 9 种通常被归类为“必需氨基酸” (EAA), 而精氨酸 (Arg) 通常被归类为条件必需氨基酸。如果 AA 的碳骨架不能被动物细胞合成或其合成速度不足以满足动物需求, 则 AA 通常被称为必需氨基酸。EAA 包括组氨酸 (His)、异亮氨酸 (Ile)、亮氨酸 (Leu)、赖氨酸 (Lys)、蛋氨酸 (Met)、苯丙氨酸 (Phe)、苏氨酸 (Thr)、色氨酸 (Trp) 和缬氨酸 (Val)。相比之下, 被归类为“非必需氨基酸” (NEAA) 的是指那些在氮源供应充足情况下可以从头合成的氨基酸, 它们是丙氨酸 (Ala)、天冬酰胺 (Asn)、天冬氨酸 (Asp)、半胱氨酸 (Cys)、谷氨酸 (Glu)、谷氨酰胺 (Gln)、甘氨酸 (Gly)、脯氨酸 (Pro)、丝氨酸 (Ser) 和酪氨酸 (Tyr)。虽然在其他动物中, 精氨酸常被归类为 NEAA, 但在反刍动物营养中, 它传统上被归类为 EAA。即使它的从头合成率很高, 但在增重速度很快的肉牛中仍是不够的, 因此通常被认为是 10 种 EAA 的一部分。

根据析因法原理，肉牛机体生长和繁殖所需的全部代谢氨基酸之和，再除以各自的体内利用效率（生物学价）计算得来。肉牛机体的生长和繁殖等生理功能所需的氨基酸包括皮屑氨基酸、内源尿氨基酸、代谢粪氨基酸、组织生长沉积氨基酸、泌乳氨基酸和妊娠孕体沉积的氨基酸等。

本文件只考虑代谢赖氨酸和代谢蛋氨酸需要量。

5 肉牛干物质采食量的确定

准确估测采食量是评估饲粮能否满足不同类型肉牛维持与生产需求的首要前提。然而反刍动物采食量的调控机制具有多因素协同作用特征(Forbes, 2003)，这使得精准预测动物实际采食量至今仍面临显著挑战。在这一研究领域，NRC 系列出版物构建了基于饲粮能量水平（特别是饲粮维持净能[NEm]）的干物质采食量（DMI）经验预测模型。该理论模型的核心框架可概括为双重调节机制：①针对低能量（纤维含量较高且消化率较低）饲粮体系，肉牛采食行为主要受制于瘤胃物理充盈度及食糜排空速率等机械性因素；②对于高能量（精料占比大、纤维组分低）饲粮体系，则转为由动物能量需求及代谢反馈等生理性因素主导（NRC, 1987）。Mertens（1987）在 NRC 模型基础上进一步深化，通过数学模型证实：当中性洗涤纤维（NDF）含量表征的瘤胃物理限制尚未成为制约因子时，能基于肉牛净能（NE）需求与饲粮 NE 浓度的匹配关系建立 DMI 预测方程。Anele（2014）从文献数据集中开发了两个新的采食量预测公式，这些公式代表了 1980 年至 2011 年期间发表实验中的处理平均值，两个新公式所预测的干物质摄入量，分别占观察到的采食量变异的 61%和 58%，而 1996 年的美国国家研究委员会（NRC）公式则占 48%。

国际权威机构在肉牛采食量预测模型构建中采用了不同方法学特征：美国国家研究委员会（NRC, 1984）和英国农业研究委员会（ARC, 1980）以能量代谢指标（分别为 NEm 和 ME）联合体重（BW）作为核心参数建立关系式；而澳大利亚联邦科学与工业研究院（CSIRO, 2007）则创新性地引入体型校正系数[当前体重（BW）与成年标准参考体重（SRW）的比值]作为优化变量。此类数学模型通过整合能量浓度参数，实质上构建了三重分析维度：① 物理充盈度对消化道的机械性限制；② 动物能量代谢的生理需求阈值；③ 养分吸收效率的动态调节机制——这些均与当代动物采食调控理论的核心要素达成算法化对接。但需要指出的是，

现有模型在参数化表述上仍存在显著局限,尤其难以定量表征动物生理状态波动(如内分泌周期)、环境应激(温湿度变化等)以及管理干预(饲喂频率调控)等动态变量的非线性影响。因此,当前采食量预测模型应视为基准参考框架,在实际应用时需结合具体生产场景中的多维干扰因子进行算法优化。

影响饲料采食量的生理因素:肉牛的体成分,尤其是膘情,对采食量影响很大(NRC, 1987)。随着肉牛的生长,其体内脂肪组织会逐渐产生影响采食调控中枢的反馈信号(例如,瘦素或循环的不饱和脂肪酸;NRC, 1987)。无论其作用机制如何,膘情程度已被纳入肉牛采食量的预测公式中。当体脂含量在 21.3%~31.5%的范围内时,体脂含量每升高 1%,DMI 就会减少 2.7%。性别(阉牛或青年母牛)对采食量的影响似乎相当有限(ARC, 1980; NRC, 1987)。进入肥育阶段的肉牛的采食量会受年龄的影响。年龄大的肉牛通常比年龄小的肉牛(例如周岁牛和犊牛相比)单位体重采食的饲料多。究其原因,可能是周岁牛的年龄/体重比(肉牛发育成熟时体成分的比例与年龄有关)更大,从而促使其采食更多的饲料。这种效应与肉牛在经历补偿生长阶段采食量增加的情况相类似(NRC, 1987)。生理状态会显著改变肉牛的采食量。研究表明,在体重相同并饲喂相同饲料的情况下,处于泌乳期的肉牛的采食量要比非泌乳期肉牛高出 35%~50%(ARC, 1980)。Minson (1990) 研究发现,泌乳肉用母牛对牧草的 DMI 平均要增加 30%。在奶牛采食量数据的基础上,ARC (1980) 和 NRC (1987) 建议将泌乳期肉牛的 DMI 预测值再增加 0.2kg/kg 脂肪校正乳。因此,泌乳能力较强的肉牛品种在泌乳期单位体重的 DMI 也相对较高。孕周的增加对肉牛采食量会产生负面影响,这种负面影响在妊娠的最后一个月尤为显著(ARC, 1980; NRC, 1987)。肉牛体型(framesize)的变异相当大。NRC (1984) 的预测公式中通过乘以一个体型校正因子来校正不同体型肉牛的采食量预测值,

环境因素:研究人员已进行了许多环境温度对肉牛采食量和消化功能影响的试验,温度应激会显著改变反刍动物的能量利用效率,这可以通过冷应激对肉牛能量利用率的影响来证明。在试验条件下,当环境温度低于热中温区时,肉牛采食量会随着温度的下降而升高,而随着环境温度的升高而下降(NRC, 1987)。不利的环境条件(刮风、降雨和泥泞等)更会加剧环境温度对采食量的影响。Fox 等(1988)建议,对于不同的环境效应,可以采用多重乘积校正系数来校正采食

量的预测值。不利环境条件的持续时间非常重要，并且由于环境效应复杂多变，因而在这种情况下很难预测肉牛的采食量（NRC，1987）。

考虑肉牛每日营养素的绝对需要量和饲料相对供给量或浓度，供给量是通过饲料采食量来实现的，所以，制订营养需要量时要考虑需要量、随意采食量和饲料供给量。

5.1 生长（或育成）肥育牛干物质采食量预测

首先，需要先确定不同牛种的绝食体重、成熟体重、阶段终体重和绝食日增重指标。这部分应该涉及到计算空体重和空体日增重，然后根据这些数据确定饲料的 TDN 浓度。TDN 的范围是 45%到 90%，之后要将 TDN 转换成 DEa、NEma、NEga、MEa，单位是 Mcal/kgDM。这里可能需要使用一些转换公式，比如 NRC 中的方法，把 TDN 转换为这些能量指标。

接下来，步骤（2）提到用 NRC1984 的公式来预测干物质采食量，公式是 $DMI = SBW^{0.75} * (0.1493NEma - 0.046NEma^2 - 0.0196)$ 。这里需要注意 SBW 是绝食体重，单位是公斤，NEma 的单位是 Mcal/kgDM。

步骤（3）， $DMI = (NEm/NEma) + (NEg/NEga)$ ，这里 NEm 和 NEg 是每天的维持和增重净能需要量，而 NEma 和 NEga 是饲料中的浓度。这可能涉及到如何获取或计算 NEm 和 NEg 的值，可能需要参考 NRC 的标准或者其他的营养需求表。

步骤（4）要参考公式的理论值调整 TDN 浓度，确定最终的采食量。需要迭代计算，先根据初始 TDN 计算 DMI，然后调整 TDN 直到满足某种条件，比如采食量稳定或者符合牛的实际情况。

步骤（2）可能是预测采食量的模型，而步骤（3）是另一种计算方式，可能需要结合两种方法进行调整。流程是：首先根据牛的基本数据计算空体重、空体日增重，确定 TDN，转换为 NEma 和 NEga。然后，用步骤（2）的公式预测 DMI，同时用步骤（3）的公式计算实际需要的 DMI，然后比较两者，调整 TDN，使得两者接近，从而确定最终的 DMI 和 TDN 浓度。步骤（2）是预测模型，而步骤（3）是基于能量需求的计算，可能需要将两者结合，确保饲料提供的能量满足维持和增重的需要，同时符合牛的采食能力。

总结下来，干物质采食量的计算需要综合多个步骤，包括牛的基本参数、能量浓度转换、两种不同的 DMI 计算公式，以及调整 TDN 以达到合理的采食量。关

关键点在于正确应用每个公式，确保单位统一，并处理可能的迭代调整过程。

(1) 先列出小型、中型、大型、兼用和荷斯坦牛种的绝食体重、成熟体重、本阶段终体重、绝食日增重指标，计算出空体重、空体日增重和与之匹配的饲料供给 TDN 浓度 (%), 一般 TDN 范围为 45%~90%。根据给定 TDN 浓度，计算出以 Mcal/kgDM 表示的饲料 DEa、NEma、NEga、MEa 浓度。

(2) 按 NRC (1984) 给出的生长肥育牛干物质采食量预测公式，给出给定饲料 NEma (Mcal/kgDM) 下的预测干物质采食量，预测公式如下：

$$\text{DMI (kgDM)} = \text{SBW}^{0.75} * (0.1493 * \text{NEma} - 0.046 * \text{NEma}^2 - 0.0196)$$

式中，SBW 的单位是 kg，NEma 的单位是 Mcal/kgDM

(3) 计算肉牛干物质采食量

$$\text{饲料 DMI 按下式计算: DMI (kg/d)} = (\text{NE}_m \div \text{NEma}) + (\text{NE}_g \div \text{NEga})$$

式中，NE_m 和 NE_g 分别为肉牛每日维持净能和增重净能需要量，单位 Mcal/d；NEma 和 NEga 分别是拟给定饲料的维持净能和增重净能浓度，单位 Mcal/kgDM。

(4) 参考公式计算的理论采食量，调整给定饲料 TDN 的浓度，确定肉牛的最终采食量。

5.2 犊牛干物质采食量预测

(1) 列出小型、中型、大型和兼用牛种犊牛的绝食体重、成熟体重、本阶段终体重、绝食日增重指标，依据绝食体重 (SBW) 与空体重 (EBW) 间的换算关系，先计算出空体重、空体日增重和与之匹配的饲料供给 TDN 浓度 (%), 再计算出给定 TDN 浓度下以 Mcal/kgDM 表示的饲料 DEa、NEma、NEga、MEa 浓度。

(2) 计算犊牛的全部饲料 (哺乳+干草+固体料) 干物质采食量。采用 NASEM (2016) 用于计算犊牛采食量的公式 ($\text{DMI} = \text{SBW}^{0.75} * (0.2435 * \text{NEma} - 0.0466 * \text{NEma}^2 - 0.1128) / \text{NEma}$)，先计算出犊牛的理论采食量，再参考理论采食量数值，结合动物每日 NE_m 和 NE_g 需要量和所用饲料 NEma 和 NEga 浓度，通过调整 TDN 浓度，最后计算出犊牛最终每日干物质采食量。

表 11 犊牛满足营养需要量时达到的采食量和生长性能指标

项目	单位	小体型犊牛 (0-6 月龄)		中体型犊牛 (0-6 月龄)		大体型犊牛 (0-6 月龄)		大型肉乳兼用犊牛 (0-6 月龄)	
		断奶前	断奶前	断奶前	断奶后	断奶后	断奶后	断奶后	断奶后
干物质采食量 (DMI)	kg/d	1.8	2.6	2.7	4.1	2.7	4.7	2.9	5
绝食日增重 (SBG)	kg/d	0.55	0.35	0.75	0.63	0.9	0.75	0.9	0.75
饲料增重比 (F:G)	kg/d	3.3	7.4	3.6	6.5	3	6.3	3.2	6.7
期末绝食体重 (FinalSBW)	kg	72	100	100	150	120	180	120	180

以母犊为基准，其维持净能需要量按 100 计算，阉犊牛和公犊牛的维持净能需要量分别按 106 和 115 计算。

表 12 各种类型犊牛满足营养需要量时达到的采食量和生长性能指标

项目	单位	小体型犊牛(0-6月龄)		中体型犊牛(0-6月龄)		大体型犊牛(0-6月龄)		大型肉乳兼用犊牛(0-6月龄)	
		断奶前	断奶后	断奶前	断奶后	断奶前	断奶后	断奶前	断奶后
干物质采食量(DMI)	kg/d	1.8	2.6	2.7	4.1	2.7	4.7	2.9	5
绝食日增重(SBG)	kg/d	0.55	0.35	0.75	0.63	0.9	0.75	0.9	0.75
饲料增重比(F:G)	kg/d	3.3	7.4	3.6	6.5	3	6.3	3.2	6.7
期末绝食体重(Final SBW)	kg	72	100	100	150	120	180	120	180

表 13 各种类型育成牛满足营养需要量时达到的采食量和生长性能指标

项目	单位	小型育成牛 (>6~14 月龄或配种)			中型育成牛 (>6~14 月龄或配种)			大型育成牛 (>6~14 月龄或配种)			大型肉乳兼用育成牛 (>6~14 月龄或配种)		
		母牛	阉牛	公牛	母牛	阉牛	公牛	母牛	阉牛	公牛	母牛	阉牛	公牛
干物质采食量 (DMI)	kg/d	3.9	4.5	5	6.1	6.6	7	6.6	7.3	7.7	6.6	7.4	7.5
绝食日增重 (SBG)	kg/d	0.4	0.6	0.8	0.6	0.8	1	0.8	0.8	1	0.8	0.8	1
饲料增重比 (F:G)	kg/d	9.8	7.5	6.3	10.2	8.3	7	7.5	9.1	7.7	8.3	9.3	7.5
期末绝食体重 (FinalSBW)	kg	>200	>220	>240	>150	>160	>180	>180	>200	>220	>180	>200	>220

表 14 小型和中型肉牛肥育阶段满足营养需要量时达到的采食量和生长性能指标

项目	单位	小型肉牛肥育阶段							中型肉牛肥育阶段						
		过渡期 (第 0-20d)	肥育前期 (第 21~100d)			肥育后期 (第 101~150d 或出栏)			过渡期 (第 0-20d)	肥育前期 (第 21~100d)			肥育后期 (第 101~150d 或出栏)		
			母牛	阉牛	公牛	母牛	阉牛	公牛		母牛	阉牛	公牛	母牛	阉牛	公牛
干物质采食量 (DMI)	kg/d	5.3	6.2	6.5	6.9	6.9	8.1	8.5	7.4	8.3	9	9.2	9.8	11.2	11.7
绝食日增重 (SBG)	kg/d	0.6	0.8	1	1.2	0.7	0.9	1	0.6	1	1.2	1.4	0.9	1	1.2
饲料增重比 (F:G)	kg/kg	8.8	7.8	6.5	5.4	9.9	9	8.5	-	8.3	7.5	6.6	10.9	11.2	9.3
终末绝食体重 (kg)	kg	-	280	320	360	>315	>365	>410	-	410	440	490	>455	>490	>550

表 15 大型和大型肉乳兼用肉牛肥育阶段肥育牛满足营养需要量时达到的采食量和生长性能指标

项目	单位	大型肥育阶段							大型肉乳兼用牛肥育阶段						
		过渡期 (第 0-20d)	肥育前期 (第 21~100d)			肥育后期 (第 101~150d 或出栏)			过渡期 (第 0-20d)	肥育前期 (第 21~100d)			肥育后期 (第 101~150d 或出栏)		
			母牛	阉牛	公牛	母牛	阉牛	公牛		母牛	阉牛	公牛	母牛	阉牛	公牛
干物质采食量 (DMI)	kg/d	8.3	8.6	9.5	10.1	11.4	12.3	12.6	8.3	8.8	9.3	9.5	11.2	11.7	12
绝食日增重 (SBG)	kg/d	0.8	1.2	1.4	1.6	1	1.2	1.4	0.8	1.2	1.4	1.6	1	1.2	1.4
饲料增重比 (F:G)	kg/kg	10.4	7.2	6.8	6.3	11.4	10	9	10.4	7.3	6.6	5.9	11.2	9.8	8.6

表 16 高龄母牛肥育阶段肥育牛满足营养需要量时达到的采食量和生长性能指标

项目	单位	肥育阶段				
		过渡期 (第 0-20d)	肥育前期 (第 21~100d)		肥育后期 (第 101~150d 或出栏)	
			阉牛	公牛	阉牛	公牛
干物质采食量 (DMI)	kg/d	8.3	8.4	9.5	10.9	11.8
绝食日增重 (SBG)	kg/d	0.8	1.4	1.6	1.2	1.4
饲料增重比 (F:G)	kg/kg	10.4	6	5.9	9.1	8.4

5.3 繁殖母牛（含青年母牛和成年母牛）干物质采食量预测

(1) 采用 NASEM (2016) 关于初产母牛营养需要量的预测公式，未对气温、运动、粪污深度等条件进行校正。注意：计算采食量要用母牛妊娠绝食体重，即母牛绝食体重+孕体重。

$$\text{DMI (kg/d)} = \text{SBW}^{0.75} * (0.04631 + 0.04997 * \text{NEma}^2) / \text{NEma}' \quad (\text{DP} > 93\text{d})$$

式中，SBW：妊娠绝食体重 (kg)，即母牛绝食体重+胎儿及妊娠相关组织重量。NEma：饲料维持净能浓度 (Mcal/kgDM)，需根据饲料能量密度计算。注意事项：该公式适用于妊娠后期 (DP>93 天) 的初产母牛，未校正环境温度、运动等因素。妊娠绝食体重的计算需结合胎儿发育阶段数据(可参考胎牛体重增长模型)。

(2) 根据 NASEM (2016) 的公式，计算经产母牛的理论干物质采食量。公式如下：

$$\text{DMI (kg/d)} = \text{SBW}^{0.75} * (0.04631 + 0.04997 * \text{NEma}^2) / \text{NEma} + \text{Yn} * 0.2$$

式中，NEma 为饲料维持净能浓度 (Mcal/kg)，Yn 为每日产奶量。Yn：每日产奶量 (kg/d)，需根据泌乳阶段和品种确定。注意事项：公式中增加的产奶修正项 (Yn×0.2) 反映了泌乳对采食量的额外需求。经产母牛的绝食体重需包含泌乳期体况评分 (BCS) 对能量储备的影响。

(3) 参考预测公式给出的结果和采食量占母牛绝食体重%，给出 DMI 的最终结果。

表 17 小型和中型繁殖母牛满足营养需要量时达到的繁殖性能指标

项目	单位	小型母牛繁殖阶段						中型母牛繁殖阶段					
		初产母牛			经产母牛			初产母牛			经产母牛		
		妊娠前期	妊娠中期	妊娠后期	哺乳配种期	妊娠中期	妊娠后期	妊娠前期	妊娠中期	妊娠后期	哺乳配种期	妊娠中期	妊娠后期
干物采食量 (DMI)	kg/d	5.4	5.9	6.5	7.8	7.1	7.2	7.8	8.8	10.2	12.4	10.6	10.9
目标绝食日增重 (TargetSWG)	kg	0.22	0.14	0.18	-	-	-	0.5	0.3	0.45	-	-	-
总泌乳量 (TotalMilkYield)	kg	-	-	-	613	-	-	-	-	-	508	-	-
妊娠绝食体重 (TargetSBW)	kg	218	246	278	300	300	300	340	388	420	501	508	543
目标体况评分 (TargetBCS)	-	5	6	6	5	6	6	5	5	6	5	5	6

表 18 大型和大型肉乳兼用繁殖母牛满足营养需要量时达到的繁殖性能指标

项目	单位	大型母牛繁殖阶段						大型肉乳兼用母牛繁殖阶段					
		初产母牛			经产母牛			初产母牛			经产母牛		
		妊娠前期	妊娠中期	妊娠后期	哺乳配种期	妊娠中期	妊娠后期	妊娠前期	妊娠中期	妊娠后期	哺乳配种期	妊娠中期	妊娠后期
干物采食量 (DMI)	kg/d	10.2	11.5	13.1	16.2	12.8	13.3	11.1	12.7	14.3	20	12.8	13.3
目标绝食日增重 (TargetSWG)	kg	0.75	0.55	0.65	-	-	-	0.75	0.55	0.65	-	-	-
总泌乳量 (TotalMilkYield)	kg	-	-	-	896	-	-	-	-	-	1715	-	-
妊娠目标绝食体重 (TargetSBW)	kg	440	531	616	681	690	715	440	531	616	681	690	715
目标体况评分 (TargetBCS)	-	5	5	6	5	5	6	5	5	6	5	5	6

6 肉牛营养需要量的确定

反刍动物独特的瘤胃发酵系统使其能量与蛋白质代谢路径不同于单胃动物。传统的能量营养评估体系中，根据饲料能量在动物体内的转化过程，把饲料能量划分为总能（GE）、消化能（DE）、代谢能（ME）和净能（NE）。饲料 DE 是指 GE 减去粪能后的能值，但是没有考虑损失的气体能量和尿能；ME 虽然考虑了尿能和气体能量损失，但是仍没有考虑到体增热造成的能量损失；NE 体系是在蛋白质、脂肪、淀粉、糖或复合碳水化合物被动物用于能量产生和沉积基础上建立起来的，即饲料中用于提供机体能量消耗或沉积于肉、奶产物中的能量。对于反刍动物，NE 体系同样考虑了瘤胃微生物活动以及后肠道消化代谢的复杂性，能反映反刍动物“真实”的营养物质需要量以及饲料的营养价值。反刍动物依赖瘤胃微生物将碳水化合物分解为挥发性脂肪酸（VFA）供能，这一过程产生大量甲烷和热量，导致饲料能量损耗。代谢能（ME）体系仅通过“总能-粪能-尿能-气体能”计算能量值，却忽略了两个关键问题：一是不同饲料在瘤胃中发酵产生的热增耗（HI）差异显著（如谷物 HI 比牧草低 15%）；二是相同 ME 值的饲料因 VFA 类型不同（如丙酸的生糖效率高于乙酸），实际用于生长和脂肪沉积的能量可能相差 20%以上，造成养殖场普遍存在生产性能表现与配方营养水平不符的问题。

净能体系将能量需求细化为维持净能（NEm）与生产净能（NEg）。NEm 反映动物基础代谢的能耗，并受环境温度、活动强度等因素调节，因此维持能量需要量随体重、品种或基因型、性别、年龄、季节、温度、生理状态和早期营养状况的不同而变化。许多研究发现不同品种的肉牛能量需要量或能量利用效率存在差异，例如西门塔尔牛的维持能量需要量比海福特牛高 3%~6%。ARC（1980）和 CSIRO（2007）的结论显示公牛的维持能量需要量要比相同基因型的牛或青年母牛高约 15%。环境温度对肉牛的维持能量需要量存在影响，NRC 总结了适应环境时的 NEm 需要量与前期环境的相关公式 $NEm = [0.0007(20 - T) + 0.077]SBW^{0.75}$ ，包括冷应激和热应激，也提出了相关公式。年龄、季节和生理营养状态等影响牛维持能量需要量已被广泛接受。NEg 则对应生长、繁殖、泌乳等生产活动的能量需求，其计算需结合养分沉积效率。美国 NRC（2016）建立的动态模型通过多元回归方程整合饲料化学成分（淀粉、中性洗涤纤维）、动物生理状态及环境变量，使 NE 体系从静态参数转向精准预测。这一模型不仅量化

了饲料特性对 HI 的影响，还能根据目标生产性能逆向优化日粮配方，显著提升能量利用效率，动态模型的开发使净能体系从静态参数转向动态预测模型。

在肉牛维持能量需要量方面，江西农业大学（柏峻，2019）对锦江去势公牛通过消化代谢试验后得出，由各阶段的能量需要模型可推导出锦江牛育肥前期的维持消化能（DEm）和代谢能（ME_m）总需要量分别为 0.638、0.494（MJ/kg W^{0.75}/d）；育肥前期每千克增重的消化能和代谢能需要量分别为 36.837、33.843MJ。育肥后期锦江牛的维持消化能（DEm）和代谢能（ME_m）总需要量分别为 0.770（MJ/kg W^{0.75}/d）、0.645（MJ/kg W^{0.75}/d）；育肥后期每千克增重的消化能和代谢能需要量分别为 40.088、38.603MJ。南京农业大学（魏明，2018）通过消化和呼吸代谢试验得出长期皖东牛（200~500kg）的 NE_m 和 ME_m 需要量分别为 0.348 和 522(MJ/kg W^{0.75}/d)，每千克增重所需的 NE_g 为 0.291(MJ/kg W^{0.75}/d)，其净能需要量的推荐方程为： $NER = (0.348 + 0.291 \times \Delta W) \times BW^{0.75}$ 。刘明明（2015）通过消化代谢试验推导出育肥期皖东牛公牛总能到净能的转化效率为 44.66%，维持净能需要量为 0.421(MJ/kg W^{0.75}/d)，产热量(HP, kJ/kg W^{0.75}/d)与日增重（AW, kg/d）之间的线性回归关系为 $HP (kJ/kg W^{0.75}/d) = 81.535 \Delta W + 420.97$ ，(P<0.01, r=0.78)，生长期皖东牛净能需要量为 $NE (kJ/kg W^{0.75}/d) = 158.04 \Delta W + 420.97$ ，每公斤增重需要生长净能 0.158（MJ/kg W^{0.75}/d）。四川农业大学（陈燕，2016）采用饲养试验和消化代谢试验测定秦川牛生长性能及能量代谢指标，并建立消化能和代谢能需要量预测模型。生长期秦川牛的维持消化能和代谢能需要量分别为 0.778、0.668 MJ/(kg W^{0.75}·d)，每千克增重的消化能和代谢能需要量分别为 37.05、33.49 MJ。

NE 体系的全面构建仍面临多重挑战。区域性饲料成分差异，如热带木薯渣 NE 值较温带甜菜粕低 1.68MJ/kg；现有模型多基于群体均值，忽视品种、性别及个体代谢效率差异，限制了个性化营养的实现。未来研究需融合多组学技术（代谢组学、宏基因组学）解析个体代谢特征，结合合成生物学设计高效菌株，持续推动 NE 体系的研究和应用。在研究育肥肉牛能量需要量时，需要对饲料摄入水平、饲料转化率、日粮养分平衡重点关注，同时要考虑到能量和其他营养成分存在的相互作用效应，综合考虑环境、品种、年龄、生产性能等因素，建立动态模型，精准实施。最后结合地方特色饲料原材料以及市场对牛肉产品需求，合理配制饲料，最大程度激发肉牛生产潜能，节约资源，降低养殖成本，从而提高养殖效益，为肉牛规模化养殖和标准化生产奠定基础。

6.1 净能和代谢能需要量

小型、中型、大型和兼用牛等不同类型牛的能量需要量，均采用不同的数值乘以牛的绝食代谢体重来计算。这里的数值已经考虑了不同体型、性别和生产类型的差异。体型校正，以中体型（安格斯）牛维持净能需要量为 1.0，小体型牛为 0.95，大体型牛 1.192，荷斯坦阉牛 1.23。以成年母牛和幼龄母牛的维持净能需要量为 1.00，阉牛为 1.06，公牛维持需要量为 1.15。例如，小型幼龄母牛（含犊）的生长肥育所需的 NEm 和 NEg 计算公式如下：

$$NEm \text{ (Mcal/d)} = 0.0732 * SBW^{0.75} \text{ (kg)}$$

$$NEg \text{ (Mcal/d)} = 0.0885EBW^{0.75} * EWG^{1.119}$$

动物对维持净能（NEm）和增重净能（NEg）的每日绝对需要量直接计算得出，饲料的维持净能（NEm）和增重净能（NEg）需要量浓度由给定的饲料 TDN 根据计算公式得出，而代谢能（ME）每日需要量和饲料浓度均由干物质采食量与饲料浓度的乘积计算得出。能量需要量的计算过程采用“Mcal/d”或“Mcal/kg”为单位，结果统一换算为兆焦（MJ/d 或 MJ/kg）。

$$DE \text{ (Mcal/kgDM)} = TDN\% * 4.409 / 100$$

$$ME = (1.01 * DE) - 0.45 \quad \text{NRC (2001)}$$

$$ME = 1.0001 * DE - 0.3926 \quad \text{Hales 等 (2022)}$$

$$ME = 0.9611 * DE - 0.2999 \quad \text{Galyean 等 (2016)}$$

$$NEm = 1.1104 * ME - 0.0946 * ME^2 + 0.0065 * ME^3 - 0.7783$$

$$NEg = 1.1376 * ME - 0.1198 * ME^2 + 0.0076 * ME^3 - 1.2979$$

Galyean 等 (2016)

这里假定：牛所处环境温度 20℃，牛体况评分为 5 分。

6.1.1 犊牛、育成牛的维持净能和增重净能需要量

小型牛犊牛：(1)舍饲和半舍饲犊牛通常于 3~4 月龄断奶，放牧犊牛通常 5~6 月龄断奶。(2)犊牛营养需要量以母犊为基准计算，体重范围断奶前阶段 17-48kg，断奶后阶段 49-85kg。(3)断奶前和断奶后营养需要量分别基于 SBW 48kg (SWG 0.55kg) 和 SBW 85kg (SWG 0.35kg) 计算。(4)断奶前犊牛的营养需要量根据 SBW 和 SWG 估计的含哺乳（或代用乳）和开食料与干草的总营养需要量。

小型牛育成牛体重范围：母牛 101-200kg，阉牛 111-220kg，公牛 121-240kg，

营养需要量分别基于 SBW 和 SWG 计算，其中母牛 140kg 和 0.40kg/d，阉牛 160kg 和 0.60kg/d，公牛 180kg 和 0.80kg/d。

中型牛犊牛：(1)舍饲和半舍饲犊牛通常于 3~4 月龄断奶，放牧犊牛通常 5~6 月龄断奶。(2)犊牛营养需要量以母犊为基准计算，体重范围断奶前阶段 25-100kg，断奶后阶段 101-150kg。(3)断奶前和断奶后营养需要量分别基于 SBW 80kg (SWG 0.75kg) 和 SBW 140kg (SWG 0.63kg) 计算。(4)断奶前犊牛的营养需要量根据 SBW 和 SWG 估计的含哺乳(或代用乳)和开食料与干草的总营养需要量。

中型牛育成牛体重范围：母牛 151-310kg，阉牛 161-320kg，公牛 181-350kg，营养需要量分别基于 SBW 和 SWG 计算，其中母牛 240kg 和 0.60kg/d，阉牛 260kg 和 0.80kg/d，公牛 280kg 和 1.00kg/d。

大型牛犊牛：(1)舍饲和半舍饲犊牛通常于 3~4 月龄断奶，放牧犊牛通常 5~6 月龄断奶。(2)犊牛营养需要量以母犊为基准计算，体重范围断奶前阶段 30-120kg，断奶后阶段 121-180kg。(3)断奶前和断奶后营养需要量分别基于 SBW 80kg (SWG 0.90kg) 和 SBW 160kg (SWG 0.75kg) 计算。(4)断奶前犊牛的营养需要量根据 SBW 和 SWG 估计的含哺乳(或代用乳)和开食料与干草的总营养需要量。

大型牛育成牛体重范围：母牛 181-350kg，阉牛 201-380kg，公牛 221-400kg。营养需要量分别基于 SBW 和 SWG 计算，其中母牛 260kg 和 0.80kg/d，阉牛 300kg 和 0.80kg/d，公牛 320kg 和 1.00kg/d。

大型肉乳兼用牛犊牛：(1)舍饲和半舍饲犊牛通常于 3~4 月龄断奶，放牧犊牛通常 5~6 月龄断奶。(2)犊牛营养需要量以母犊为基准计算，体重范围断奶前阶段 30-120kg，断奶后阶段 121-180kg。(3)断奶前和断奶后营养需要量分别基于 SBW 80kg 与 SWG 0.90kg 和 SBW 160kg 与 SWG 0.75kg 计算。(4)断奶前犊牛的营养需要量是根据犊牛绝食体重和绝食增重估计的含哺乳(或代用乳)和开食料与干草的总营养需要量。

大型牛肉乳兼用牛育成牛体重范围：母牛 181-350kg，阉牛 201-380kg，公牛 221-400kg，营养需要量分别基于 SBW 和 SWG 计算，其中母牛 260kg 和 0.80kg/d，阉牛 300kg 和 0.80kg/d，公牛 320kg 和 1.00kg/d。

表 19 小型、中型犊牛和育成牛每日能量需要量

项目	单位	小型肉牛犊牛和育成牛					中型肉牛犊牛和育成牛				
		犊牛 ^a (0-6 月龄)		育成牛 (>6~14 月龄或配种)			犊牛 ^a (0-6 月龄)		育成牛 (>6~14 月龄或配种)		
		断奶前	断奶后	母牛	阉牛	公牛	断奶前	断奶后	母牛	阉牛	公牛
可利用能量 (Available Energy)											
代谢能 (ME)	Mcal/d	4.2	5.6	8.4	10.3	12.7	6.9	9.8	14.4	16.3	19.1
	MJ/d	17.5	23.3	35.3	42.9	53	28.7	41.1	60.4	68.1	79.8
维持净能 (NE _m)	Mcal/d	1.3	2	3	3.4	4.1	2.1	3.1	4.7	5.1	6.1
	MJ/d	5.6	8.6	12.5	14.2	17.3	8.6	13.1	19.6	21.5	25.4
增重净能 (NE _g)	Mcal/d	0.7	0.6	1	1.5	2.1	1.3	1.6	2.3	2.8	3.6
	MJ/d	2.7	2.5	4.3	6.3	9	5.4	6.7	9.5	11.8	15.1

表 20 大型、大型肉乳兼用犊牛和育成牛每日能量需要量

项目	单位	大型肉牛犊牛和育成牛					大型肉乳兼用犊牛和育成牛				
		犊牛 ^a (0-6 月龄)		育成牛 (>6~14 月龄或配种)			犊牛 ^a (0-6 月龄)		育成牛 (>6~14 月龄或配种)		
		断奶前	断奶后	母牛	阉牛	公牛	断奶前	断奶后	母牛	阉牛	公牛
可利用能量 (Available Energy)											
代谢能 (ME)	Mcal/d	7.5	11.9	17.4	19.1	21.9	7.9	12.6	18.6	21.0	23.7
	MJ/d	31.2	49.7	72.7	79.8	91.7	33.2	52.8	77.8	87.9	99.0
维持净能 (NEm)	Mcal/d	2.5	4.1	5.9	6.8	8.0	2.8	4.8	6.8	8.2	9.2
	MJ/d	10.3	17.3	24.9	28.5	33.4	11.8	19.9	28.6	34.2	38.4
增重净能 (NEg)	Mcal/d	1.4	1.9	2.9	2.7	3.5	1.4	1.9	2.9	2.7	3.5
	MJ/d	5.7	7.9	12.2	11.4	14.5	5.7	7.9	12.2	11.4	14.5

6.1.2 母牛能量的需要

繁殖母牛中青年母牛的能量需要量包括母牛维持、增重和孕体生长的需要，而经产母牛的能量需要量则包括母牛维持、孕体生长和泌乳的需要。其中青年牛的维持需要量高于经产母牛 30%以上 (NASEM, 2016)。

① 维持净能需要

$$NE_m (\text{Mcal/d}) = 0.1 * SBW^{0.75} * 0.95$$

式中，SBW 为妊娠绝食体重，含母牛绝食体重+孕体重 (kg)。初产母牛维持需要量高于常规母牛 30%以上 (NASEM, 2016, p237)

② 增重净能需要

母牛增重净能 $NE_g (\text{Mcal}) = 0.0635 * EBW^{0.75} * EBG^{1.097}$ ，这里 EBW 和 EBG 的单位是 kg (NASEM, 2016)

式中， NE_g 为初产母牛本身的增重净能需要量，EBG 为空体增重 (kg/d)；RE 是沉积能量 (Mcal/d)

③ 妊娠净能需要

计算繁殖母牛妊娠所需的净能，需要通过犊牛初生重和妊娠天数来计算：

$$NE_y (\text{Mcal/kg}) = CBW * (0.05855 - 0.0000996 * DP) * e^{0.0323 * DP - 0.0000275 * DP^2} / 1000$$

$$ME_y (\text{Mcal/kg}) = NE_y / 0.13$$

式中，CBW 为犊牛初生重 (kg)；DP 为妊娠天数； ME_y 为妊娠的代谢能需要量 (Mcal/kg)。

母牛的孕体重采用下列公式计算：

$$CW (\text{kg}) = CBW * 0.01828 * e^{0.0323 * DP - 0.0000275 * DP^2}$$

④ 泌乳净能需要

泌乳的净能需要 E (以 NE_m 表示)。计算公式如下：

$$E (\text{Mcal/kg}) = 0.092 * \text{乳脂率}\% + 0.049 * \text{无脂固形物}\% - 0.0569$$

$$YEn (\text{Mcal/d}) = Y_n * E$$

式中，YEn 为泌乳的能量 (Mcal/d)； Y_n 为日泌乳量 (kg)；E 为每 kg 乳所含

的能量 (Mcal/kg)。

计算示例：

参数	妊娠期示例	泌乳期示例
输入值	CBW=40kg, DP=200 天	乳脂率 4%, 无脂固形物 8%, $Y_n=10\text{kg/d}$
计算结果	$NE_y=3.28\text{Mcal/kg}$ $ME_y=25.23\text{Mcal/kg}$ CW=155.1kg	$E=0.703\text{Mcal/kg}$ $Y_{En}=7.03\text{Mcal/d}$

小型肉牛繁殖母牛：妊娠前期指妊娠开始前 105d，妊娠中期指妊娠前期结束后的 120d，妊娠后期指产前 60d，哺乳配种期指产后 0-185d。小型肉牛初产母牛的绝食体重范围为 204-255kg，经产母牛成熟体重为 300kg，不包括二胎和二胎经产母牛的营养需要量。初产母牛妊娠前期、妊娠中期和妊娠后期的营养需要量分别以母牛第 2 妊娠月、第 6 妊娠月和第 9 妊娠月的平均数作为代表，经产母牛妊娠前期、妊娠中期和妊娠后期的营养需要量分别以母牛第 2 妊娠月、第 6 妊娠月和第 9 妊娠月的平均数作为代表。

中型肉牛繁殖母牛：妊娠前期指妊娠开始前 105d，妊娠中期指妊娠前期结束后的 120d，妊娠后期指产前 60d，哺乳配种期指产后 0-185d。中型肉牛初产母牛的绝食体重范围 340-425kg，经产母牛成熟体重为 500kg，不包括二胎和二胎经产母牛的营养需要量。初产母牛妊娠前期、妊娠中期和妊娠后期的营养需要量分别以母牛第 2 妊娠月、第 6 妊娠月和第 9 妊娠月的平均数作为代表，经产母牛妊娠前期、妊娠中期和妊娠后期的营养需要量分别以母牛第 2 妊娠月、第 6 妊娠月和第 9 妊娠月的平均数作为代表。

大型肉牛繁殖母牛：妊娠前期指妊娠开始前 105d，妊娠中期指妊娠前期结束后的 120d，妊娠后期指产前 60d，哺乳配种期指产后 0-185d。大型肉牛初产母牛的绝食体重范围 463-578kg，经产母牛成熟体重为 680kg，不包括二胎和二胎经产母牛的营养需要量。初产母牛妊娠前期、妊娠中期和妊娠后期的营养需要量分别以母牛第 2 妊娠月、第 6 妊娠月和第 9 妊娠月的平均数作为代表，经产母牛妊娠前期、妊娠中期和妊娠后期的营养需要量分别以母牛第 2 妊娠月、第 6 妊娠

月和第 9 妊娠月的平均数作为代表。

大型肉乳兼用牛繁殖母牛：妊娠前期指妊娠开始前 105d，妊娠中期指妊娠前期结束后的 120d，妊娠后期指产前 60d，哺乳配种期指产后 0-185d。大型肉乳兼用牛初产母牛的绝食体重范围 463-578kg，经产母牛成熟体重为 680kg，不包括二胎和二胎经产母牛的营养需要量。初产母牛妊娠前期、妊娠中期和妊娠后期的营养需要量分别以母牛第 2 妊娠月、第 6 妊娠月和第 9 妊娠月的平均数作为代表，经产母牛妊娠前期、妊娠中期和妊娠后期的营养需要量分别以母牛第 2 妊娠月、第 6 妊娠月和第 9 妊娠月的平均数作为代表。

表 21 小型、中型繁殖母牛每日能量需要量

项目	单位	小型肉牛繁殖母牛						中型肉牛繁殖母牛					
		繁殖阶段						繁殖阶段					
		初产母牛			经产母牛			初产母牛			经产母牛		
		妊娠前 期	妊娠中 期	妊娠后 期	哺乳配 种期	妊娠中 期	妊娠后 期	妊娠前 期	妊娠中 期	妊娠后 期	哺乳配种 期	妊娠中 期	妊娠后 期
可利用能量 (Available Energy)													
代谢能 (ME)	Mcal/d	11.7	12.2	14.4	14.7	13.0	13.4	19.4	19.7	24.3	23.3	19.8	20.5
	MJ/d	48.9	51.2	60.4	61.4	54.4	55.9	81.3	82.6	101.7	97.4	82.9	85.6
维持净能 (NE _m)	Mcal/d	5.4	5.9	6.5	8.0	6.9	7.2	7.9	8.9	9.9	12.8	10.7	11.1
	MJ/d	22.5	24.7	27.1	33.4	28.9	30.1	33.2	37.4	41.4	53.6	44.7	46.4
增重净能 (NE _g)	Mcal/d	0.7	0.5	1.1				2.1	1.5	2.9			
	MJ/d	2.9	2.2	4.5				8.9	6.1	12.1			

表 22 大型、大型肉乳兼用牛繁殖母牛每日能量需要量

项目	单位	大型肉牛繁殖母牛						大型肉乳兼用牛繁殖母牛					
		繁殖阶段						繁殖阶段					
		初产母牛			经产母牛			初产母牛			经产母牛		
		妊娠前 期	妊娠中 期	妊娠后 期	哺乳配 种期	妊娠中 期	妊娠后 期	妊娠前 期	妊娠中 期	妊娠后 期	哺乳配种 期	妊娠中 期	妊娠后 期
可利用能量 (Available Energy)													
代谢能 (ME)	Mcal/d	27.8	29.7	35.6	29.2	23.3	24.1	30.3	32.5	38.5	35.4	23.5	24.3
	MJ/d	116.2	124.3	148.9	122.2	97.6	100.8	126.6	136.1	161.1	148.1	98.4	101.7
维持净能 (NE _m)	Mcal/d	11.5	13.2	14.7	16.0	12.3	12.8	13.2	15.2	17.0	19.7	12.3	12.8
	MJ/d	47.9	55.2	61.7	66.8	51.6	53.7	55.1	63.4	70.9	82.5	51.6	53.7
增重净能 (NE _g)	Mcal/d	3.6	3.0	4.5				3.5	2.9	4.4			
	MJ/d	14.9	12.6	18.9				14.4	12.2	18.4			

6.1.3 肥育牛

① 维持净能计算：

根据 NASEM (2016)，原来理解的肉牛活重 (LW) 本文件均用绝食体重 (SBW) 代替。

$NE_m \text{ (Mcal/d)} = 0.077 * SBW^{0.75}$ 这里 SBW 的单位是 kg (NASEM, 2016)

这里假定牛所处环境温度 20℃，牛体况评分为 5 分。注意不同体型的牛需要校正。

代谢能转化为维持净能的效率按下式计算：

$$k = (1.1104 \times ME - 0.0946 \times ME^2 + 0.0065 \times ME^3 - 0.7783) / ME$$

② 增重净能需要量计算：

$NE_g \text{ (Mcal)} = 0.0635 * EBW^{0.75} \times EBG^{1.097}$ ，这里 EBW 和 EBG 的单位是 kg (NASEM, 2016)

③ 用于维持和增重的代谢能需要量

生长肥育牛阶段净能转化为每日代谢能需要量，是基于由饲料供给的 TDN 到消化能再到 ME 供给量，计算出每日代谢能需要量。

小型牛肥育牛：小型牛肥育牛起始绝食体重 (SBW) 母牛 200kg，阉牛 220kg，公牛 240kg。小型牛过渡期(第 0-20d)分 4-5 个饲料能量递增过渡段，每段饲料饲喂 4-5 天，起始饲料粗料占 40%，终末饲料与母牛肥育前期饲料相同。过渡期营养需要量以母牛为基准，起始绝食体重 200kg，绝食日增重 0.60kg/d。小型牛营养需要量基于牛的 SBW 和 SWG 计算。肥育前期 (SBW 和 SWG)：母牛 240kg 和 0.80kg，阉牛 260kg 和 1.00kg，公牛 280kg 和 1.20kg；肥育后期母牛 280kg 和 0.70kg，阉牛 340kg 和 0.90kg，公牛 360kg 和 1.00kg。

中型牛肥育牛：中型牛肥育牛起始绝食体重 (SBW) 母牛 310kg，阉牛 320kg，公牛 350kg。中型牛过渡期(第 0-20d)分 4-5 个饲料能量递增过渡段，每段饲料饲喂 4-5 天，起始饲料粗料占 40%，终末饲料与母牛肥育前期饲料相同。过渡期营养需要量以母牛为基准，起始绝食体重 310kg，绝食日增重 0.60kg/d。中型牛营养需要量基于牛的 SBW 和 SWG 计算。肥育前期 (SBW 和 SWG)：母牛 360kg 和 1.00kg，阉牛 400kg 和 1.20kg，公牛 440kg 和 1.40kg；肥育后期母牛 440kg 和 0.90kg，阉牛 520kg 和 1.00kg，公牛 580kg 和 1.20kg。

大型牛肥育牛：大型牛肥育牛起始绝食体重（SBW）母牛 350kg，阉牛 380kg，公牛 400kg。大型牛过渡期（第 0-20d）分 4-5 个饲料能量递增过渡段，每段饲料饲喂 4-5 天，起始饲料粗料占 40%，终末饲料与母牛肥育前期饲料相同。过渡期营养需要量以母牛为基准，起始绝食体重 350kg，绝食日增重 0.80kg/d。大型牛营养需要量基于牛的 SBW 和 SWG 计算。肥育前期（SBW 和 SWG）：母牛 420kg 和 1.20kg，阉牛 460kg 和 1.40kg，公牛 500kg 和 1.60kg；肥育后期母牛 540kg 和 1.00kg，阉牛 600kg 和 1.20kg，公牛 660kg 和 1.40kg。

大型肉乳兼用牛肥育牛：大型肉乳兼用牛肥育牛起始绝食体重（SBW）母牛 350kg，阉牛 380kg，公牛 400kg。大型肉乳兼用牛过渡期（第 0-20d）分 4-5 个饲料过渡，每个饲料饲喂 4-5 天，起始饲料粗料占 40%，终末饲料与母牛肥育前期饲料相同。过渡期营养需要量以母牛为基准，起始绝食体重 350kg，绝食日增重 0.80kg/d。大型肉乳兼用牛营养需要量基于牛的 SBW 和 SWG 计算。肥育前期（SBW 和 SWG）：母牛 420kg 和 1.20kg，阉牛 460kg 和 1.40kg，公牛 500kg 和 1.60kg；肥育后期母牛 540kg 和 1.00kg，阉牛 600kg 和 1.20kg，公牛 660kg 和 1.40kg。

荷斯坦肥育牛：荷斯坦肥育牛起始绝食体重（SBW）阉牛 350kg，公牛 400kg。荷斯坦牛过渡期（第 0-20d）分 4-5 个饲料能量递增过渡段，每段饲料饲喂 4-5 天，起始饲料粗料占 40%，终末饲料与阉牛肥育前期饲料相同。过渡期营养需要量以阉牛为基准，起始绝食体重 350kg，绝食日增重 0.80kg/d。荷斯坦牛营养需要量基于牛的 SBW 和 SWG 计算。肥育前期（SBW 和 SWG）：阉牛 400kg 和 1.40kg，公牛 480kg 和 1.60kg；肥育后期阉牛 540kg 和 1.20kg，公牛 620kg 和 1.40kg。

高龄母牛肥育牛：高龄母牛肥育牛体况评分（BCS，9 分制，GBT 41194-2021）假定为 3 分。如实际 BCS 高于或低于 3 分，可按校正系数（COMP）公式对高龄肥育牛维持的能量需要进行校正： $COMP = 0.8 + (BCS - 1) \times 0.05$ 。高龄母牛肥育牛过渡期（第 0-20d）分 4-5 个饲料能量递增过渡段，每段饲料饲喂 4-5 天，起始饲料粗料占 40%，终末饲料与小型牛肥育期饲料相同。过渡期营养需要量以小型高龄母牛为基准，起始绝食体重 280kg，绝食日增重 0.80kg/d。高龄母牛营养需要量基于牛的 SBW 和 SWG 计算，整个肥育期 3-5 个月营养需要量一致。计算高龄母牛肥育的营养需要量所用 SBW 和 SWG 如下：小型牛 300kg 和 1.40kg，中型牛 500kg 和 1.60kg，大型牛与大型肉乳兼用牛 680kg 和 1.80kg，荷斯坦牛 660kg

和 2.00kg。

对于高龄母牛肥育的情形来说，小、中、大不同体型的高龄母牛统一按体况评分为 1 来考虑，即维持需要量减 20%，增重需要量减 13%。关于维持需要量减 20%有数据支持（NASEM，2016；NRC，2000），而增重净能减 13%只有美国《肉牛营养需要》（NRC，1984）介绍关于中型高龄瘦母牛增重净能 NEg 按 6.2Mcal/kgADG 计算的说法。关于我国目前小中大三种体型高龄母牛增重净能如何计算，尚无更多数据支持。于是，我们以绝食体重为 560kg 日增重为 1.8kg 的中型母牛为例进行了测算。按 NRC（1984）6.2Mcal/kgSWG 计算，每日 NEg 需要量为 11.16Mcal/d，而按照我们目前的公式计算，每日 NEg 需要量为 11.19Mcal/d，两者数值基本相近。

表 23 小型和中型肉牛肥育牛每日能量需要量

项目	单位	小型肉牛肥育牛							中型肉牛肥育牛							
		肥育阶段									肥育阶段					
		过渡期 a (第 0~20d)	肥育前期 (第 21~100d)			肥育后期 (第 101~150d 或出栏)			过渡期 a (第 0~20d)	肥育前期 (第 21~100d)			肥育后期 (第 101~150d 或出栏)			
			母牛	阉牛	公牛	母牛	阉牛	公牛		母牛	阉牛	公牛	母牛	阉牛	公牛	
可利用能量 (Available Energy)																
代谢能(ME)	Mcal/d	10.9	16.1	17.7	20.7	17.2	20.8	23.5	17.5	23.8	27.0	30.4	26.5	30.7	35.7	
	MJ/d	45.8	67.4	74.0	86.4	71.9	87.1	98.3	73.2	99.7	112.9	127.2	111.1	128.3	149.2	
维持净能(NEm)	Mcal/d	3.9	4.5	4.9	5.8	5.0	6.0	7.0	5.7	6.4	7.1	8.5	7.4	8.6	10.5	
	MJ/d	16.3	18.7	20.4	24.1	21.0	24.9	29.1	23.8	26.6	29.7	35.6	31.0	36.1	43.8	
增重净能(NEg)	Mcal/d	1.3	3.3	3.8	4.7	3.2	4.1	4.6	2.8	5.5	6.1	7.3	5.7	6.0	7.6	
	MJ/d	5.6	13.9	15.9	19.5	13.4	17.3	19.3	11.6	22.9	25.3	30.7	23.7	25.3	31.8	

表 24 大型和大型肉乳兼用肥育牛每日能量需要量

项目	单位	大型肉牛肥育牛							大型肉乳兼用牛肥育牛						
		肥育阶段							肥育阶段						
		过渡期 a (第 0-20d)	肥育前期 (第 21~100d)			肥育后期 (第 101~150d 或出栏)			过渡期 a (第 0-20d)	肥育前期 (第 21~100d)			肥育后期 (第 101~150d 或出栏)		
			母牛	阉牛	公牛	母牛	阉牛	公牛		母牛	阉牛	公牛	母牛	阉牛	公牛
可利用能量 (Available Energy)															
代谢能(ME)	Mcal/d	21.7	28.6	31.9	35.7	32.5	36.7	41.6	23.1	30.6	34.4	38.0	34.6	39.9	44.8
	MJ/d	90.8	119.8	133.4	149.3	135.9	153.7	174.2	96.5	127.9	144.1	159.2	144.9	166.8	187.3
维持净能(NEm)	Mcal/d	7.4	8.5	9.4	11.2	10.3	11.5	13.8	8.5	9.8	11.3	12.8	11.8	13.7	15.8
	MJ/d	31.1	35.6	39.3	46.7	43.0	47.9	57.5	35.8	41.0	47.1	53.7	49.5	57.5	66.1
增重净能(NEg)	Mcal/d	3.6	6.6	6.9	8.1	6.5	7.1	8.7	3.5	6.6	6.9	8.1	6.5	7.1	8.7
	MJ/d	15.2	27.4	29.0	34.0	27.0	29.9	36.2	14.7	27.4	29.0	34.0	27.0	29.9	36.2

表 25 荷斯坦品种和高龄肥育母牛肥育牛每日能量需要量

项目	单位	荷斯坦品种肥育公牛和肥育阉牛					高龄肥育母牛					
		肥育阶段					肥育阶段					
		过渡期 a (0-20d)	肥育前期		肥育后期		过渡期 a (0-20d)	肥育期				
			(第 21~100d)		(第 101~150d 或出栏)			(第 21-120d 或出栏)				
	阉牛	公牛	阉牛	公牛		小型牛	中型牛	大型牛	肉乳兼 用牛	荷斯坦 牛		
可利用能量 (Available Energy)												
代谢能(ME)	Mcal/d	21.9	29.9	36.0	35.6	42.0	16.2	21.8	32.8	43.5	45.2	45.9
	MJ/d	91.6	124.9	150.8	149.1	175.9	67.8	91.0	137.3	182.0	189.1	192.2
维持净能(NEm)	Mcal/d	9.2	10.1	13.0	12.7	15.7	4.5	4.8	7.3	11.0	12.7	12.9
	MJ/d	38.4	42.4	54.3	53.1	65.8	18.9	19.9	30.7	46.0	52.9	54.0
增重净能(NEg)	Mcal/d	2.6	5.4	6.8	5.7	7.1	3.0	6.0	9.0	11.5	11.5	11.5
	MJ/d	11.0	22.5	28.4	23.8	29.8	12.7	25.0	37.7	48.0	48.0	48.3

6.2 蛋白质和氨基酸需要量

6.2.1 粗蛋白需要量计算

综合 NRC (1984)、NASEM (2016) 和 NASEM (2021) 提出的公式计算粗蛋白需要量:

$$CP(g/d) = \frac{0.22 \cdot SBW^{0.6} + 53 \cdot 6.25 \cdot SBW \cdot 0.001 + 33.4 \cdot DMI + SWG \cdot \left(268 - 29.4 \cdot \frac{RE}{SWG}\right)}{D \cdot BV}$$

分子: 总蛋白需要量=基础代谢损失(皮屑+内源尿+代谢粪)+生长沉积蛋白。

分母: 校正因子=饲料蛋白的消化效率(D)和生物学利用效率(BV)。

SBW (绝食体重, kg): 牛只空腹状态下的体重, 用于计算基础代谢相关的蛋白损失。DMI (干物质采食量, kg/d): 牛只每日摄入的干物质量, 直接影响代谢粪蛋白的产生。NEg (增重净能, Mcal/d): 用于评估牛只生长所需的能量, 间接影响组织蛋白沉积。SWG (绝食日增重, kg/d): 牛只每日的增重量, 反映肌肉和组织的生长需求。

根据国内外大量资料, 计算粗蛋白需要量的 D 和 BV 是变数。D (饲料真蛋白消化率, 0~1): 饲料中粗蛋白被牛只实际消化吸收的比例, 不同生理阶段取值不同(见下文)。蛋白质消化率(D)取值范围在不同体型和不同生产类型的牛只上取值不同。本文件规定 D 取值如下: 犊牛: 0.90; 生长肥育牛: 0.80; 青年母牛: 0.70; 经产母牛: 0.68。BV (蛋白质生物学价, 0~1): 吸收后的蛋白质用于牛只生理功能的效率, BV 的取值范围为 0.66-0.68 之间, 本文件 BV 取值 0.67。

公式分项解析如下: 皮屑蛋白损失: 与体表面积相关(体表面积 \approx SBW^{0.6}), 反映皮肤和毛发代谢损失的蛋白质。内源尿蛋白损失: 尿液中排出的内源性氮(6.25 为氮转蛋白质系数), 与体重线性相关。代谢粪蛋白损失: 未消化饲料和消化道分泌物中损失的蛋白质, 与干物质采食量相关。33.4 指的是每 kg 干物质采食量对应的代谢粪蛋白损失(g/kgDMI)。组织生长蛋白需求: 肌肉和器官生长的蛋白质需求, 随日增重(SWG)和能量分配(RE/SWG)变化。

表 26 关键参数取值规则

牛只类型	蛋白质消化率 (D)	蛋白质生物学价 (BV)
犊牛	0.90	0.67 (固定值)
生长肥育牛	0.80	0.67 (固定值)
青年母牛	0.70	0.67 (固定值)
经产母牛	0.68	0.67 (固定值)

6.2.2 代谢蛋白质 (MP) 需要量计算

(1) 维持 MP 需要量 (方法一, 简单模型法)

$$\text{用于维持的 MP (g/d)} = 3.8 * \text{SBW}^{0.75}$$

式中, SBW 为牛的绝食代谢体重 (kg)

(1) 维持 MP 需要量 (方法二, 析因法)

① 皮屑 MP

$$\text{MP}_{\text{皮屑}} \text{ (g/d)} = 0.20 * \text{SBW}^{0.6} * 0.85 / 0.67$$

② 代谢粪 MP

$$\text{MP}_{\text{代谢粪}} \text{ (g/d)} = 33.4 * \text{DMI} * 0.73 / 0.67$$

③ 内源尿 MP

$$\text{MP}_{\text{内源尿}} \text{ (g/d)} = 53 * 6.25 * \text{SBW} * 0.001 / 0.67$$

$$\text{维持 MP (g/d)} = \text{皮屑 MP} + \text{代谢粪 MP} + \text{内源尿 MP}$$

(2) 增重 MP 需要量

根据析因法计算, 不同生产目的下肉牛 MP 需要量结构不同。其中, 犊牛、生长肥育牛和繁殖母牛中的青年母牛均有用于组织生长的 MP 需要量。

$$\text{NPg (g/d)} = \text{SWG} * (268 - 29.4 * \text{RE} / \text{SWG})$$

NPg 转化为 MP 的效率按下式计算:

$$\text{MP} = \text{NPg} / (0.834 - 0.00114 * \text{SBW})$$

此数值如低于 0.492，按 0.492 计算。

式中，NPg 为绝食增重的净蛋白 (g/d)；SWG 为绝食日增重 (kg/d)；RE 为沉积能量或牛的增重净能需要量 (Mcal/d)。

犊牛、生长肥育牛和青年母牛 MP 需要量=维持 MP+增重 MP

(3) 妊娠 MP 需要量

无论是青年母牛还是经产母牛，均有用于妊娠（孕体生长）的 MP 需要。妊娠的 MP 需要量 (Ypn) 按下式计算：

$$Y_{pn} \text{ (g/d)} = CBW * (0.001669 - 0.00000211 * DP) * e^{0.0278 * DP - 0.0000176 * DP^2}$$

$$MP_y = Y_{pn} / 0.65$$

式中，Ypn 为妊娠的净蛋白需要量 (g/d)；MPy 为妊娠的代谢蛋白需要量 (g/d)；CBW 为犊牛预期初生重 (kg)；DP 为妊娠天数。

青年母牛 MP 需要量 (g/d) = 维持 MP + 增重 MP + 妊娠 MP

(4) 泌乳 MP 需要量

经产母牛有维持、妊娠和泌乳的 MP 需要量。其计算公式如下：

$$\text{泌乳的 MP (g/d)} = [\text{泌乳量} * \text{乳蛋白含量}] / 0.65$$

经产母牛 MP 总需要量 (g/d) = 维持 MP + 妊娠 MP + 泌乳 MP

6.2.3 瘤胃降解蛋白质需要量计算

按照 NASEN (2016) 建议的瘤胃微生物蛋白合成量预测公式，先计算出瘤胃微生物蛋白合成量 (MCP)

$$MCP \text{ (g/d)} = 0.087 * 1000 * TDNI + 42.73$$

式中，TDNI 为 TDN 采食量 (kg/d)

按照降解蛋白质合成瘤胃微生物蛋白的效率为 90% (NASEM, 2021)，则瘤胃降解蛋白质 RDP 的需要量按下式计算：

$$RDP \text{ (g/d)} = (0.087 * 1000 * TDNI + 42.73) * 1.11$$

6.2.4 代谢氨基酸需要量计算

(1) 维持的总代谢必需氨基酸 (tEMAA)、总代谢非必需氨基酸 (tNEMAA)、代谢赖氨酸 (MLys)、代谢蛋氨酸 (MMet) 需要量

① 皮肤代谢氨基酸

$$tMEAA_{\text{皮肤}} \text{ (g/d)} = 0.20 * SBW^{0.6} * 0.85 * 0.336 / 0.79$$

$$tMEAA_{\text{皮屑}} (\text{g/d}) = 0.20 * SBW^{0.6} * 0.85 * 0.664 / 0.79$$

$$MLys_{\text{皮屑}} (\text{g/d}) = 0.20 * SBW^{0.6} * 0.85 * 0.047 / 0.85$$

$$MMet_{\text{皮屑}} (\text{g/d}) = 0.20 * SBW^{0.6} * 0.85 * 0.012 / 0.85$$

②代谢粪代谢氨基酸

$$tMEAA_{\text{代谢粪}} (\text{g/d}) = 33.4 * DMI * 0.73 * 0.446 / 0.79$$

$$tMNEAA_{\text{代谢粪}} (\text{g/d}) = 33.4 * DMI * 0.73 * 0.554 / 0.79$$

$$MLys_{\text{代谢粪}} (\text{g/d}) = 33.4 * DMI * 0.73 * 0.065 / 0.85$$

$$MMet_{\text{代谢粪}} (\text{g/d}) = 33.4 * DMI * 0.73 * 0.015 / 0.85$$

③内源尿代谢氨基酸

$$tMEAA_{\text{内源尿}} (\text{g/d}) = 0.010 * 6.25 * SBW * 0.401 / 0.79$$

$$tMNEAA_{\text{内源尿}} (\text{g/d}) = 0.010 * 6.25 * SBW * 0.599 / 0.79$$

$$MLys_{\text{内源尿}} (\text{g/d}) = 0.010 * 6.25 * SBW * 0.067 / 0.85$$

$$MMet_{\text{内源尿}} (\text{g/d}) = 0.010 * 6.25 * SBW * 0.020 / 0.85$$

④总维持的代谢 AA (g/d)

$$\text{总 MEAA} = \text{皮屑 } tMEAA + \text{代谢粪 } tMEAA + \text{内源尿 } tMEAA$$

$$\text{总 MNMAA} = \text{皮屑 } tMNEAA + \text{代谢粪 } tMNEAA + \text{内源尿 } tMNEAA$$

$$\text{总 MLys} = \text{皮屑 } MLys + \text{代谢粪 } MLys + \text{内源尿 } MLys$$

$$\text{总 MMet} = \text{皮屑 } MMet + \text{代谢粪 } MMet + \text{内源尿 } MMet$$

(2) 增重 MAA 需要量

根据析因法计算，不同生产目的下肉牛 MAA 需要量结构不同。其中，犊牛、生长肥育牛和繁殖母牛中的青年母牛均有用于组织生长的 MAA 需要量。

先计算增重的净 AA 需要量，增重的净 AA=NPg

$$NPg (\text{g/d}) = SWG * (268 - 29.4 * RE / SWG)$$

按空体重中必需氨基酸与非必需氨基酸比例计算出两种净氨基酸的总量和净赖氨酸与净蛋氨酸的数量，再除以其相应的利用效率，即得到各个代谢氨基酸的需要量数据。

$$tMEAA (\text{g/d}) = SWG * (268 - 29.4 * RE / SWG) * 0.401 / (0.834 - 0.00114 * SBW)$$

$$tMNEAA (\text{g/d}) = SWG * (268 - 29.4 * RE / SWG) * 0.599 / (0.834 - 0.00114 * SBW)$$

式中，如 $(0.834 - 0.00114 * SBW)$ 数值低于 0.492，按 0.492 计算。

$$MLys (g/d) = SWG * (268 - 29.4 * RE / SWG) * 0.067 / 0.67$$

$$MMet (g/d) = SWG * (268 - 29.4 * RE / SWG) * 0.020 / 0.71$$

犊牛、生长肥育牛各个 MAA 需要量=维持 MAA+增重 MAA

(3) 妊娠 MP 需要量

无论是青年母牛还是经产母牛，均有用于妊娠（孕体生长）的 MAA 需要。

妊娠的净 AA 需要量（Ypaa）按下式计算：

$$Ypaa (g/d) = CBW * (0.001669 - 0.00000211 * DP) * e^{0.0278 * DP - 0.0000176 * DP^2}$$

式中，Ypn 为妊娠的净氨基酸需要量（g/d）；CBW 为犊牛预期初生重（kg）；

DP 为妊娠天数。

妊娠所需的各个 MAA 按下式计算：

$$tMEAA (g/d) = Ypaa * 0.401 / 0.77$$

$$tMNEAA (g/d) = Ypaa * 0.599 / 0.77$$

$$MLys (g/d) = Ypaa * 0.067 / 0.85$$

$$MMet (g/d) = SWG * 0.020 / 0.85$$

青年母牛 MAA 需要量（g/d）=维持 MAA+增重 MAA+妊娠 MAA

(4) 泌乳 MP 需要量

经产母牛有维持、妊娠和泌乳的 MAA 需要量。其计算公式如下：

泌乳的净 AA（g/d）=[泌乳量*乳蛋白含量]

泌乳所需的各个 MAA 按下式计算：

$$tMEAA (g/d) = \text{泌乳净 AA} * 0.482 / 0.84$$

$$tMNEAA (g/d) = \text{泌乳净 AA} * 0.518 / 0.84$$

$$MLys (g/d) = \text{泌乳净 AA} * 0.078 / 0.88$$

$$MMet (g/d) = \text{泌乳净 AA} * 0.027 / 0.98$$

经产母牛 MAA 总需要量（g/d）=维持 MAA+妊娠 MAA+泌乳 MAA

表 27 小型、中型犊牛和育成牛每日蛋白质与氨基酸需要量

项目	单位	小型肉牛犊牛和育成牛					中型肉牛犊牛和育成牛				
		犊牛 ^a (0-6 月龄)		育成牛 (>6~14 月龄或配种)			犊牛 ^a (0-6 月龄)		育成牛 (>6~14 月龄或配种)		
		断奶前	断奶后	母牛	阉牛	公牛	断奶前	断奶后	母牛	阉牛	公牛
蛋白质和氨基酸 (Protein and Amino Acids)											
粗蛋白质 (CP)	kg/d	0.35	0.33	0.49	0.61	0.73	0.47	0.51	0.72	0.87	0.96
瘤胃降解蛋白质 (RDP)	kg/d	-	0.19	0.27	0.31	0.37	0.22	0.30	0.42	0.48	0.54
瘤胃非降解蛋白质 (RUP)	kg/d	-	0.14	0.22	0.30	0.36	0.25	0.22	0.31	0.39	0.42
代谢蛋白质 (MP)	kg/d	-	0.24	0.33	0.35	0.43	0.36	0.40	0.51	0.49	0.57
代谢必需氨基酸 (MEAA)	g/d	92.9	81.3	105.6	139.1	174.9	127.9	133.2	160.5	205.6	237.7
代谢赖氨酸 (MLys)	g/d	16.5	13.1	15.9	20.9	25.9	21.8	20.5	22.2	27.9	31.5
代谢蛋氨酸 (MMet)	g/d)	4.5	3.4	4.1	5.5	6.8	5.9	5.4	5.7	7.2	8.2

表 28 大型、大型肉乳兼用牛犊牛和育成牛每日蛋白质与氨基酸需要量

项目	单位	大型肉牛犊牛和育成牛					大型肉乳兼用牛犊牛和育成牛				
		犊牛 ^a (0-6 月龄)		育成牛 (>6~14 月龄或配种)			犊牛 ^a (0-6 月龄)		育成牛 (>6~14 月龄或配种)		
		断奶前	断奶后	母牛	阉牛	公牛	断奶前	断奶后	母牛	阉牛	公牛
蛋白质和氨基酸 (Protein and Amino Acids)											
粗蛋白质 (CP)	kg/d	0.54	0.60	0.84	0.95	1.04	0.54	0.61	0.85	0.99	1.07
瘤胃降解蛋白质 (RDP)	kg/d	0.24	0.35	0.49	0.54	0.60	0.25	0.37	0.52	0.58	0.64
瘤胃非降解蛋白质 (RUP)	kg/d	0.30	0.25	0.35	0.42	0.44	0.30	0.24	0.33	0.40	0.42
代谢蛋白质 (MP)	kg/d	0.41	0.48	0.62	0.55	0.62	0.41	0.48	0.63	0.55	0.62
代谢必需氨基酸 (MEAA)	g/d	149.3	160.7	197.6	230.1	259.0	149.9	161.5	200.9	237.0	265.1
代谢赖氨酸 (MLys)	g/d	25.7	24.3	26.8	29.9	33.5	25.8	24.4	27.2	30.9	34.4
代谢蛋氨酸 (MMet)	g/d)	7.0	6.4	6.9	7.7	8.7	7.0	6.4	7.0	7.9	8.9

表 29 小型、中型繁殖母牛每日蛋白质和氨基酸需要量

项目	单位	小型肉牛繁殖母牛						中型肉牛繁殖母牛					
		繁殖阶段						繁殖阶段					
		初产母牛			经产母牛			初产母牛			经产母牛		
		妊娠前 期	妊娠中 期	妊娠后 期	哺乳配 种期	妊娠中 期	妊娠后 期	妊娠前 期	妊娠中 期	妊娠后 期	哺乳配种 期	妊娠中 期	妊娠后 期
蛋白质和氨基酸 (Protein and Amino Acids)													
粗蛋白质 (CP)	kg/d	0.61	0.65	0.82	0.79	0.77	0.86	0.94	0.99	1.28	1.24	1.18	1.33
瘤胃降解蛋白质 (RDP)	kg/d	0.35	0.37	0.42	0.44	0.39	0.40	0.55	0.56	0.67	0.66	0.57	0.59
瘤胃非降解蛋白质 (RUP)	kg/d	0.26	0.28	0.40	0.36	0.37	0.46	0.40	0.44	0.61	0.58	0.61	0.74
代谢蛋白质 (MP)	kg/d	0.30	0.31	0.42	0.40	0.31	0.37	0.49	0.48	0.66	0.65	0.46	0.56
代谢必需氨基酸 (MEAA)	g/d	111.9	117.0	168.1	148.0	114.6	134.8	185.7	184.5	271.6	242.1	172.0	204.1
代谢赖氨酸 (MLys)	g/d	15.6	15.9	21.7	20.8	15.8	18.8	24.6	24.2	33.6	34.2	23.7	28.5
代谢蛋氨酸 (MMet)	g/d)	3.9	4.0	5.6	5.3	3.8	4.7	6.3	6.1	8.8	8.8	5.7	7.1

表 30 大型、大型肉乳兼用繁殖母牛每日蛋白质和氨基酸需要量

项目	单位	大型肉牛繁殖母牛						大型肉乳兼用牛繁殖母牛					
		繁殖阶段						繁殖阶段					
		初产母牛			经产母牛			初产母牛			经产母牛		
		妊娠前 期	妊娠中 期	妊娠后 期	哺乳配 种期	妊娠中 期	妊娠后 期	妊娠前 期	妊娠中 期	妊娠后 期	哺乳配种 期	妊娠中 期	妊娠后 期
蛋白质和氨基酸 (Protein and Amino Acids)													
粗蛋白质 (CP)	kg/d	1.20	1.32	1.67	1.61	1.48	1.66	1.26	1.39	1.72	1.80	1.50	1.68
瘤胃降解蛋白质 (RDP)	kg/d	0.75	0.80	0.95	0.82	0.67	0.69	0.81	0.87	1.02	0.98	0.67	0.69
瘤胃非降解蛋白质 (RUP)	kg/d	0.45	0.52	0.72	0.80	0.82	0.97	0.45	0.51	0.70	0.82	0.83	0.99
代谢蛋白质 (MP)	kg/d	0.62	0.64	0.85	0.89	0.57	0.68	0.66	0.68	0.88	1.25	0.58	0.69
代谢必需氨基酸 (MEAA)	g/d	236.8	247.1	346.0	332.4	211.3	249.3	252.3	261.6	358.5	464.8	215.3	254.0
代谢赖氨酸 (MLys)	g/d	31.3	32.5	43.1	47.3	29.1	34.9	33.4	34.4	44.8	67.1	29.7	35.5
代谢蛋氨酸 (MMet)	g/d)	8.0	8.2	11.2	12.4	7.0	8.7	8.5	8.7	11.6	18.1	7.2	8.9

表 31 小型、中型肥育牛每日蛋白质与氨基酸需要量

项目	单位	小型肉牛肥育牛							中型肉牛肥育牛							
		肥育阶段									肥育阶段					
		过渡期 a (第 0-20d)	肥育前期 (第 21~100d)			肥育后期 (第 101~150d 或出栏)			过渡期 a (第 0-20d)	肥育前期 (第 21~100d)			肥育后期 (第 101~150d 或出栏)			
母牛	阉牛		公牛	母牛	阉牛	公牛	母牛	阉牛		公牛	母牛	阉牛	公牛			
蛋白质和氨基酸 (Protein and Amino Acids)																
粗蛋白质 (CP)	kg/d	0.58	0.77	0.88	0.98	0.80	0.96	1.06	0.82	0.97	1.16	1.18	1.05	1.28	1.31	
瘤胃降解蛋白质 (RDP)	kg/d	0.33	0.46	0.50	0.57	0.49	0.58	0.64	0.50	0.65	0.73	0.80	0.72	0.83	0.93	
瘤胃非降解蛋白质 (RUP)	kg/d	0.25	0.32	0.39	0.42	0.32	0.39	0.41	0.33	0.32	0.43	0.37	0.33	0.45	0.38	
代谢蛋白质 (MP)	kg/d	0.40	0.56	0.54	0.62	0.58	0.54	0.58	0.59	0.71	0.63	0.69	0.74	0.60	0.65	
代谢必需氨基酸 (MEAA)	g/d	122.2	178.2	216.7	252.1	179.0	221.5	245.1	178.6	216.0	268.4	273.7	212.8	261.0	262	
代谢赖氨酸 (MLys)	g/d	17.4	24.6	29.3	33.3	23.9	29.0	32.0	23.5	28.4	35.1	35.7	28.3	34.7	34.8	
代谢蛋氨酸 (MMet)	g/d	4.4	6.4	7.7	8.7	6.1	7.4	8.2	5.9	7.2	9.0	9.2	7.1	8.7	8.7	

表 32 大型、大型肉乳兼用牛肥育牛每日蛋白质与氨基酸需要量

项目	单位	大型肉牛肥育牛							大型肉乳兼用牛肥育牛						
		肥育阶段							肥育阶段						
		过渡期 a (第 0-20d)	肥育前期 (第 21~100d)			肥育后期 (第 101~150d 或出 栏)			过渡期 a (第 0-20d)	肥育前期 (第 21~100d)			肥育后期 (第 101~150d 或出 栏)		
			母牛	阉牛	公牛	母牛	阉牛	公牛		母牛	阉牛	公牛	母牛	阉牛	公牛
蛋白质和氨基酸 (Protein and Amino Acids)															
粗蛋白质 (CP)	kg/d	0.96	1.07	1.31	1.30	1.22	1.45	1.45	0.99	1.10	1.33	1.31	1.24	1.49	1.50
瘤胃降解蛋白质 (RDP)	kg/d	0.60	0.76	0.85	0.93	0.86	0.98	1.08	0.63	0.81	0.91	0.98	0.92	1.05	1.16
瘤胃非降解蛋白质 (RUP)	kg/d	0.36	0.31	0.46	0.37	0.35	0.47	0.37	0.36	0.29	0.42	0.33	0.33	0.44	0.34
代谢蛋白质 (MP)	kg/d	0.70	0.79	0.73	0.79	0.85	0.69	0.74	0.72	0.81	0.73	0.79	0.86	0.69	0.74
代谢必需氨基酸 (MEAA)	g/d	215.1	240.4	305.2	306.8	239.4	297.1	294.3	223.2	246.9	310.5	309.3	245.0	305.4	304.9
代谢赖氨酸 (MLys)	g/d	28.2	31.5	39.8	39.9	31.9	39.4	39.0	29.3	32.3	40.6	40.2	32.7	40.6	40.4
代谢蛋氨酸 (MMet)	g/d	7.2	8.1	10.2	10.3	8.0	9.9	9.8	7.4	8.3	10.4	10.4	8.1	10.1	10.2

表 33 荷斯坦品种、高龄肥育母牛肥育牛每日蛋白质与氨基酸需要量

项目	单位	荷斯坦品种肥育公牛和肥育阉牛					高龄肥育母牛					
		肥育阶段					肥育阶段					
		过渡期 a (0-20d)	肥育前期		肥育后期		过渡期 a (0-20d)	肥育期				
			(第 21~100d)		(第 101~150d 或出栏)			(第 21-120d 或出栏)				
	阉牛	公牛	阉牛	公牛		小型牛	中型牛	大型牛	肉乳兼 用牛	荷斯坦 牛		
蛋白质和氨基酸 (Protein and Amino Acids)												
粗蛋白质 (CP)	kg/d	1.02	1.35	1.42	1.50	1.59	0.91	1.09	1.38	1.62	1.57	1.69
瘤胃降解蛋白质 (RDP)	kg/d	0.60	0.80	0.94	0.95	1.10	0.46	0.59	0.87	1.13	1.16	1.18
瘤胃非降解蛋白质 (RUP)	kg/d	0.41	0.55	0.48	0.55	0.49	0.45	0.50	0.51	0.50	0.41	0.51
代谢蛋白质 (MP)	kg/d	0.59	0.78	0.86	0.74	0.81	0.64	0.82	0.97	1.11	1.08	1.19
代谢必需氨基酸 (MEAA)	g/d	239.0	338.2	351.3	331.4	347.1	201.8	270.4	294.7	318.3	306.9	354.4
代谢赖氨酸 (MLys)	g/d	31.2	43.8	45.5	43.6	45.7	26.8	34.7	38.5	42.0	40.5	46.4
代谢蛋氨酸 (MMet)	g/d)	8.0	11.4	11.8	11.0	11.6	6.9	9.1	9.9	10.7	10.3	11.9

6.3 碳水化合物需要量

碳水化合物是肉牛饲料中主要的能量来源。除了为瘤胃微生物和动物本身提供消化能（DE）外，饲料碳水化合物还能提供刺激反刍和瘤网胃蠕动所需的物理有效纤维。饲料碳水化合物包含多种不同的组分，每种组分均具有独特的化学特性和利用率。根据其化学特性和功能，碳水化合物大致可划分为非纤维性碳水化合物（NFC）和中性洗涤纤维（NDF）两部分，其中 NFC 也被称为非中性洗涤纤维性碳水化合物（non-NDF）或非结构性碳水化合物。NFC 通常存在于植物细胞内部（可溶性纤维除外，它存在于细胞壁中，而果聚糖在细胞壁和细胞内容物中均有发现），且通常比 NDF 更容易被消化。NDF 由半纤维素、纤维素和木质素所组成，是饲料中慢速降解的碳水化合物组分。尽管木质素不属于碳水化合物，但由于它是 NDF 和酸性洗涤纤维（ADF）的组成成分，因此通常也将其划分到碳水化合物组分中。此外，木质素具有抗消化作用，且对 NDF 和 ADF 的消化有负面影响。有机酸（OA）虽不属于碳水化合物，但就其消化特性而言，它们与碳水化合物的相似性比脂类或蛋白质更为接近，因此也被划分到 NFC 组分中。



图 2 植物性碳水化合物的分类

非纤维性碳水化合物（NFC）是可溶于中性洗涤剂的碳水化合物，包括有机酸、水溶性碳水化合物（单糖、二糖、寡糖和果聚糖）、淀粉和可溶性纤维[果胶、β(1,3)(1,4)混合链接-葡聚糖、半乳聚糖]。NFC 组分含量可通过公式 $\%NFC=100-(\%粗蛋白[CP]+\%NDF+\%Fat+\%Ash)$ 来计算。由于 NFC 组分是用差值表示的，所以它包含了 CP、NDF、粗灰分和粗脂肪分析过程中产生的累积误差。因此，

就这一点而论，它应当被认为是高度可消化碳水化合物组分的近似值。NFC 和 NDF 的相对比例同它们本身所包含的成分一样，在不同饲料间存在差异。这种差异造成了瘤胃发酵速度和程度以及发酵终产物的差异，并最终导致瘤胃微生物蛋白质合成量的差异（Galyean 等，2016）。

淀粉是植物碳水化合物的主要储存形式，谷物籽实中含有丰富的淀粉。淀粉颗粒包括由支链淀粉组成的结晶区，以及由直链淀粉和非结晶支链淀粉组成的无定形区。直链淀粉主要是葡萄糖单体通过 α -（1，4）糖苷键连接而成的线型葡萄糖高分子聚合物，而支链淀粉是同时包含 α -（1，4）和 α -（1，6）糖苷键的高度分支化的葡萄糖高分子聚合物。谷物淀粉通常由 16%~35%的直链淀粉和 65%~84%的支链淀粉所组成。加工处理可以部分或完全消除谷物籽粒中蛋白质基质和胚乳类型对消化造成的结构限制。不同谷物加工方法的效果取决于谷物类型、加工条件（加工后颗粒粒度或压片的厚度、水分、淀粉糊化度）、动物类型（围栏肥育牛、母牛）、采食量和饲粮（草谷比、副产品含量）。加工处理改变了谷物在牛消化道中的消化位点和消化程度，进而改变了谷物的消化能。通常，加工的目的是使谷物在瘤胃中的发酵最大化，进而使其全消化道消化率达到最高，同时避免消化紊乱（如酸中毒、瘤胃臌气等）。由于谷物种类及加工方式不同，造成其淀粉的消化率存在相当大的差异。但总体来看，肉牛对谷物淀粉的消化和利用效率都相对较高。加工后谷物的淀粉在瘤胃中的消化程度较高（高于 75%），围栏肥育牛对各类谷物及不同加工处理谷物淀粉的全消化道消化率一般高于 90%，且经常高于 98%。对于饲喂高粗料饲粮的肉用母牛和生长牛而言，发生消化紊乱的风险很低，建议对谷物进行深加工，最大程度地提高其在瘤胃和全消化道中的消化率。

中性洗涤纤维（NDF）是饲料的纤维组分，由纤维素、半纤维素和木质素组成。木质素之所以被认为是 NDF 的一部分，是由于其不易被消化、影响细胞壁碳水化合物的消化且不溶于中性洗涤剂 and 酸性洗涤剂中。牧草、作物秸秆（小麦秸、玉米秸和稻草等）和副产品类饲料通常含有较高的 NDF，一般占干物质 30%~75%。肉牛饲粮中常用的高纤维副产品类饲料，包括啤酒糟、玉米蛋白饲料、棉籽壳、谷物酒精糟及可溶物、大豆皮、甜菜渣和小麦次粉等，虽然副产物类饲料的 NDF 含量很高，但其消化率却存在相当大的变异。除了围栏肥育牛所用的高

精料饲料外，大多数肉牛饲料中 DE 的主要来源是 NDF。除了为肉牛提供 DE 以外，NDF 还是物理有效纤维（physically effective fiber）的来源之一，物理有效纤维的作用是刺激反刍、唾液分泌及瘤网胃的蠕动，从而有助于提高瘤胃的 pH。此外，物理有效纤维还有助于在瘤胃中形成一个功能类似于过滤系统的滤垫（mat）或浮筏（raft），可以防止未消化的饲料颗粒通过瘤胃。

本文件中，不同生产类型肉牛对碳水化合物的需要量不同，现将碳水化合物指标的要求列于下表。

表 34 碳水化合物指标

肉牛类别	饲料 TDN%	粗料比 (%DM)	NFC (%DM)	淀粉 (%DM)	NDF (%DM)	eNDF (%DM)	ADF (%DM)
犊牛	50-75	20-35	18-40	15-38	14-30	-	7-14
	48-69	>50	22-31	15-24	>30	>20	>20
生长肥育牛	70-74	>38	30-38	25-34	>25	>16	>17
	75-79	>25	39-47	35-44	>20	>12	>12
	>80	>15	48-62	45-52	>12	>8	>10
繁殖母牛	48-70	>55	18-42	12-35	>35	>22	>22

表 35 小型和中型犊牛和育成牛碳水化合物与脂肪需要量

项目	单位	小型肉牛犊牛和育成牛					中型肉牛犊牛和育成牛				
		犊牛 ^a (0-6 月龄)		育成牛 (>6~14 月龄或配种)			犊牛 ^a (0-6 月龄)		育成牛 (>6~14 月龄或配种)		
		断奶前	断奶后	母牛	阉牛	公牛	断奶前	断奶后	母牛	阉牛	公牛
中性洗涤纤维 (NDF)	kg/d	0.77	1.21	1.72	2.03	2.06	0.68	1.12	2.44	2.82	2.92
物理有效 NDF (peNDF)	kg/d	0.46	0.73	0.81	0.91	0.95	0.64	1.02	1.24	1.44	1.32
酸性洗涤纤维 (ADF)	Kg/d	0.49	0.78	1.03	1.22	1.24	0.44	0.72	1.46	1.69	1.75
非纤维碳水化合物 (NFC)	kg/d	0.45	0.81	1.21	1.22	1.70	1.15	1.89	2.23	2.54	2.58
淀粉 (Starch)	kg/d	0.37	0.68	1.01	1.01	1.42	0.96	1.58	1.86	2.12	2.15
粗脂肪 (Crude Fat)	Kg/d	0.07	0.08	0.20	0.22	0.26	0.11	0.16	0.24	0.28	0.29

表 36 大型、大型肉乳兼用犊牛和育成牛碳水化合物与脂肪需要量

项目	单位	大型肉牛犊牛和育成牛					大型肉乳兼用牛犊牛和育成牛				
		犊牛 ^a (0-6 月龄)		育成牛 (>6~14 月龄或配种)			犊牛 ^a (0-6 月龄)		育成牛 (>6~14 月龄或配种)		
		断奶前	断奶后	母牛	阉牛	公牛	断奶前	断奶后	母牛	阉牛	公牛
中性洗涤纤维 (NDF)	kg/d	0.79	1.45	2.52	3.01	3.24	0.77	1.52	2.47	3.03	3.24
物理有效 NDF (peNDF)	kg/d	0.66	1.24	1.20	1.61	1.84	0.67	1.26	1.24	1.72	1.94
酸性洗涤纤维 (ADF)	Kg/d	0.50	0.93	1.51	1.80	1.94	0.49	0.97	1.48	1.82	1.95
非纤维碳水化合物 (NFC)	kg/d	1.02	2.07	2.43	3.03	2.87	1.07	2.05	2.67	3.43	3.23
淀粉 (Starch)	kg/d	0.97	1.74	2.03	2.53	2.39	0.89	1.71	2.23	2.85	2.69
粗脂肪 (Crude Fat)	Kg/d	0.14	0.19	0.33	0.32	0.32	0.14	0.19	0.34	0.34	0.34

表 37 小型和中型繁殖母牛每日碳水化合物和粗脂肪需要量

项目	单位	小型肉牛繁殖母牛						中型肉牛繁殖母牛					
		繁殖阶段						繁殖阶段					
		初产母牛			经产母牛			初产母牛			经产母牛		
		妊娠前期	妊娠中期	妊娠后期	哺乳配种期	妊娠中期	妊娠后期	妊娠前期	妊娠中期	妊娠后期	哺乳配种期	妊娠中期	妊娠后期
中性洗涤纤维 (NDF)	kg/d	2.32	2.71	2.60	3.73	3.43	3.45	3.28	3.87	3.71	5.26	5.11	4.57
物理有效 NDF (peNDF)	kg/d	3.34	3.26	4.13	1.97	1.82	1.83	5.21	5.08	6.54	3.04	2.71	2.76
酸性洗涤纤维 (ADF)	Kg/d	1.48	1.74	1.66	2.38	2.20	2.21	2.10	2.48	2.38	3.37	3.27	2.92
非纤维碳水化合物 (NFC)	kg/d	1.90	1.86	2.26	2.28	2.06	1.98	2.94	2.92	3.56	3.96	3.14	3.63
淀粉 (Starch)	kg/d	1.41	1.38	1.68	1.69	1.53	1.47	2.18	2.16	2.63	2.93	2.33	2.69
粗脂肪 (Crude Fat)	Kg/d	0.28	0.24	0.32	0.39	0.36	0.36	0.41	0.35	0.49	0.60	0.43	0.54

表 38 大型、大型肉乳兼用繁殖母牛每日碳水化合物和粗脂肪需要量

项目	单位	大型肉牛繁殖母牛						大型肉乳兼用牛繁殖母牛					
		繁殖阶段						繁殖阶段					
		初产母牛			经产母牛			初产母牛			经产母牛		
		妊娠前期	妊娠中期	妊娠后期	哺乳配种期	妊娠中期	妊娠后期	妊娠前期	妊娠中期	妊娠后期	哺乳配种期	妊娠中期	妊娠后期
中性洗涤纤维 (NDF)	kg/d	4.28	5.29	5.25	6.40	6.47	5.80	4.67	5.70	5.53	7.48	6.62	5.95
物理有效 NDF (peNDF)	kg/d	6.17	6.36	8.35	3.87	3.29	3.35	6.73	6.85	8.79	4.53	3.37	3.44
酸性洗涤纤维 (ADF)	Kg/d	2.74	3.39	3.36	4.10	4.14	3.71	2.99	3.65	3.54	4.79	4.24	3.81
非纤维碳水化合物 (NFC)	kg/d	3.43	3.57	4.57	5.32	3.51	4.08	3.79	3.88	4.84	6.29	3.60	4.20
淀粉 (Starch)	kg/d	2.54	2.64	3.38	3.94	2.60	3.02	2.80	2.88	3.59	4.66	2.67	3.11
粗脂肪 (Crude Fat)	Kg/d	0.51	0.46	0.66	0.76	0.52	0.66	0.56	0.50	0.69	0.89	0.53	0.68

表 39 小型、中型肥育牛每日碳水化合物与脂肪需要量

项目	单位	小型肉牛肥育牛							中型肉牛肥育牛						
		肥育阶段							肥育阶段						
		过渡期 a (第 0~20d)	肥育前期 (第 21~100d)			肥育后期 (第 101~150d 或出栏)			过渡期 a (第 0~20d)	肥育前期 (第 21~100d)			肥育后期 (第 101~150d 或出栏)		
			母牛	阉牛	公牛	母牛	阉牛	公牛		母牛	阉牛	公牛	母牛	阉牛	公牛
中性洗涤纤维 (NDF)	kg/d	2.01	2.23	2.22	1.98	2.64	3.06	3.04	3.10	2.33	3.36	2.95	2.89	4.51	4.20
物理有效 NDF (peNDF)	kg/d	1.04	0.99	1.04	0.96	1.19	1.38	1.43	1.51	1.31	1.56	1.23	1.66	2.20	1.84
酸性洗涤纤维 (ADF)	Kg/d	1.21	1.34	1.33	1.19	1.58	1.84	1.83	1.86	1.40	2.02	1.77	1.73	2.70	2.52
非纤维碳水化合物 (NFC)	kg/d	1.80	2.28	2.47	3.07	2.53	2.90	3.64	2.61	3.99	4.12	3.92	4.74	5.00	4.83
淀粉 (Starch)	kg/d	1.50	1.90	2.05	2.55	2.11	2.42	3.03	2.18	3.33	3.43	3.27	3.95	4.16	4.03
粗脂肪 (Crude Fat)	Kg/d	0.25	0.43	0.46	0.50	0.45	0.52	0.54	0.30	0.42	0.49	0.46	0.39	0.49	0.47

表 40 大型、大型肉乳兼用肥育牛每日碳水化合物与脂肪需要量

项目	单位	大型肉牛肥育牛							大型肉乳兼用牛肥育牛						
		肥育阶段							肥育阶段						
		过渡期 a (第 0~20d)	肥育前期 (第 21~100d)			肥育后期 (第 101~150d 或出栏)			过渡期 a (第 0~20d)	肥育前期 (第 21~100d)			肥育后期 (第 101~150d 或出栏)		
			母牛	阉牛	公牛	母牛	阉牛	公牛		母牛	阉牛	公牛	母牛	阉牛	公牛
中性洗涤纤维 (NDF)	kg/d	3.47	2.60	3.23	2.91	3.84	4.41	4.23	3.63	2.74	3.34	3.16	3.86	4.47	4.49
物理有效 NDF (peNDF)	kg/d	2.07	1.16	1.44	1.52	1.78	2.10	2.25	2.17	1.22	1.49	1.55	1.84	2.20	2.39
酸性洗涤纤维 (ADF)	Kg/d	2.08	1.56	1.94	1.74	2.30	2.64	2.54	2.18	1.64	2.01	1.90	2.31	2.68	2.70
非纤维碳水化合物 (NFC)	kg/d	2.89	3.82	4.87	4.25	4.83	5.97	5.21	3.12	4.06	4.96	4.05	5.14	6.27	5.58

淀粉 (Starch)	kg/d	2.40	3.18	4.06	3.54	4.02	4.97	4.34	2.60	3.38	4.13	3.37	4.28	5.22	4.65
粗脂肪 (Crude Fat)	Kg/d	0.33	0.52	0.54	0.48	0.56	0.53	0.62	0.26	0.55	0.67	0.59	0.58	0.70	0.66

表 41 荷斯坦品种肥育公牛和肥育阉牛、高龄肥育母牛每日碳水化合物与脂肪需要量

项目	单位	荷斯坦品种肥育公牛和肥育阉牛					高龄肥育母牛					
		肥育阶段					肥育阶段					
		过渡期 a (0-20d)	肥育前期 (第 21~100d)		肥育后期 (第 101~150d 或出栏)		过渡期 a (0-20d)	肥育期 (第 21-120d 或出栏)				
			阉牛	公牛	阉牛	公牛		小型牛	中型牛	大型牛	肉乳兼 用牛	荷斯坦 牛
中性洗涤纤维 (NDF)	kg/d	3.48	3.18	3.41	4.31	4.66	2.24	1.68	2.48	3.04	2.85	2.96
物理有效 NDF (peNDF)	kg/d	2.17	1.42	1.43	2.12	2.16	1.56	1.12	1.63	1.70	1.59	1.65
酸性洗涤纤维 (ADF)	Kg/d	2.09	1.91	2.04	2.59	2.80	1.34	1.01	1.49	1.83	1.71	1.78
非纤维碳水化合物 (NFC)	kg/d	2.91	4.63	4.25	5.98	5.60	2.91	3.26	5.07	6.17	5.72	5.88
淀粉 (Starch)	kg/d	2.42	3.86	3.54	4.98	4.67	2.43	2.72	4.23	5.14	4.76	4.90
粗脂肪 (Crude Fat)	Kg/d	0.25	0.64	0.75	0.67	0.82	0.20	0.42	0.62	0.89	0.83	0.86

6.4 脂肪供给量

脂类是指所有可溶于脂溶性溶剂中的物质，包括甘油一酯、甘油二酯和甘油三酯等多种化合物，磷脂，糖脂，游离脂肪酸（FFA），固醇类，乙醇，脂溶性维生素及其他非极性产物。脂肪和油都是甘油三酯，它们的衍生物脂肪酸在饲料中具有重要作用，包括增加能量密度、提供必需脂肪酸、增加饲料适口性、降低饲料粉尘、提高饲料转化效率、降低热应激、影响营养分配、提高脂溶性养分在小肠中的溶解性、调节瘤胃发酵以及在饲料混合过程中作为润滑剂等。天然饲料原料中的脂类含量较低，导致采食传统饲料的肉牛对脂类的摄入量偏低。脂肪对部分瘤胃微生物具有负面影响，因此其在反刍动物中的添加量需加以限制。反刍动物饲料添加约 2% 的脂肪不会产生任何副作用，但是如果添加量达到 3% 或者更高，那么牛就需要有一段适应期。肉牛高精料饲料的脂肪添加量上限约为 6%。在饲料中添加脂肪主要是为了提高饲料的能量密度。另外，脂肪添加能够增加所添加的特定脂肪酸在十二指肠中的流量。由于瘤胃微生物代谢的作用，脂肪添加还能够增加生物氢化（BH）产物在十二指肠的流量。饲料脂类能够抑制瘤胃发酵，导致非脂肪类饲料的消化率降低，特别是结构性碳水化合物，而且添加脂肪还可降低瘤胃甲烷、氢、短链脂肪酸的浓度和乙酸/丙酸的比例。此外，饲料中脂肪也会影响瘤胃蛋白质的消化。饲料脂肪对于非结构性碳水化合物的破坏较少，如淀粉。

根据 NASEM（2016，2021）的推荐，以干物质为基础，断奶犊牛开食料中粗脂肪含量推荐值为 3.2%-7.0%；生长牛饲料总脂肪含量不高于 7%，或以绝食体重计不高于 1g/kg 绝食体重；肥育牛饲料总脂肪含量不超过 10%。

6.5 矿物质和维生素

肉牛至少需要 17 种矿物元素。这些矿物元素可以分为两大类：常量元素和微量元素。常量元素是饲料中以克（g）为单位计量需要量的元素，通常包括钙、镁、磷、钾、钠、氯和硫（孟庆翔，2020）。常量元素是骨骼和其他组织的重要组成成分，而且也是体液的重要组成成分。它们在维持机体酸碱平衡、渗透压平衡、细胞膜电位平衡及正常神经传导中发挥关键性作用。微量元素或“微量矿物质”是以毫克（mg）或微克（ μg ）计量需要量的元素，主要包括铬、钴、铜、碘、

铁、锰、钼、镍、硒和锌等。微量元素在体组织中的含量非常低，通常以金属酶的成分、酶的辅助因子或作为内分泌系统激素的某一成分而发挥作用。

在实际生产中，常用饲料原料中必需矿物元素的含量通常是充足的，而有些矿物元素在肉牛饲料中则经常缺乏，因此要让动物生产性能和健康水平达到最优，必须额外补充矿物元素。饲料中矿物元素添加量如果超过了动物的需要量，就会增加肉牛对矿物元素的排出。

所有必需矿物元素的过量饲喂，都会对动物的生产性能造成不利影响。一般来说，动物达到最佳生产性能所需要的饲料矿物元素含量，都会远远低于该矿物元素的中毒剂量。但个别矿物元素，如硒、钼和铜，在实际生产中也可能导致中毒。NRC（1980，2005）确定了饲料中不同矿物元素的中毒剂量，并且描述了动物相应的中毒表现。同时，对通常认为是有毒的一些元素，如铅、镉、汞等，也进行了讨论。而且，即使这些元素的中毒情况只是偶尔发生，人们在实践过程中也需谨慎。一些不需要（或至少需要量非常低）的元素，也会使肉牛中毒。肉牛几种矿物元素中毒的最大耐受浓度见表。矿物元素最大耐受浓度的定义是“在该饲料浓度下，在限定时间内饲喂，不会影响动物的生产性能，且在动物产品中不会产生对人不安全的残留”（NRC，1980，2005）。

钙的需要量：

钙是动物体中含量最丰富的矿物元素，大约 98%的钙分布在骨骼和牙齿中，发挥结构性成分的功能。其余 2%的钙分布在细胞外液和软组织中，在血液凝固、细胞膜通透性的维持、肌肉收缩、神经冲动传导、心脏调控、某些激素的分泌，以及某些酶的激活与稳定等过程发挥作用。

钙需要量的估测是通过对于维持、生长、妊娠和泌乳等需求的可利用钙数量进行求和的方法来计算的，这个总和的数值还要使用饲料钙吸收率（%）进行校正。钙的维持需要量计算值为 15.4mg/kg 体重（BW），该数值等于内源粪钙丢失值。超过维持的存留钙需要量为每 100g 蛋白质增重需要 7.1g 钙。体增重中钙含量值是根据屠宰试验数据计算的。最近，Watson 等（2014）分析了 3 个独立的系列屠宰试验数据，计算出围栏肥育肉牛每 100g 蛋白质增重中钙的留存量数值。在每个试验各处理间，钙留存量未见显著差异。第 1 个试验和第 2 个试验采用的动物都是英系杂交阉牛，第 3 个试验采用的是荷斯坦阉公牛；最终结果显示，

每 100g 蛋白质增重的钙存留量分别为 13.41g、8.24g 和 14.44g。由于数据存在相当大的变异范围，将来仍需要开展更多研究去评估每 100g 蛋白质增重需要 7.1g 钙这一当前推荐值的可行性。超出维持需要用于泌乳的钙需要量为 1.23g 钙/kg 产奶量。胚胎中钙含量假定为 13.7g 钙/kg 胚胎重。这一钙需要量数值适用于母牛最后 3 个月妊娠阶段。

钙的绝对需要量可转换为饲料钙的需要量，这里假定饲料钙的真吸收率为 50%。老龄牛钙的吸收率会较低，但多数情况下这些动物的钙采食量都会超过其饲料需要量。钙的吸收在很大程度上受采食量相关的需要量的影响。当采食量超过动物的需要量时，钙的真收率就会下降。英国农业及食品研究委员会（AFRC，1991）采用 68% 这一吸收率值作为计算肉牛钙需要量的数值。

磷的需要量

磷通常是与钙一起讨论，这是因为两种矿物质在骨骼形成过程中共同发挥作用；体内大约 80% 的磷储存于骨骼和牙齿中，其余分布在软组织内。磷的功能很多，包括：作为 DNA 和 RNA 的组成成分之一，在细胞生长与分化过程中发挥重要功能；作为 ATP、ADP 和 AMP 的重要组成成分，参与能量的利用和转移过程；参与磷脂合成；参与机体酸碱平衡和渗透压平衡的维持；

计算磷的需要量采用了析因法。估测磷用于维持、生长、妊娠和泌乳的需要量的总和，然后该值再使用饲料中磷的吸收率（%）进行校正。肉牛磷的维持需要量是 16mg/kgBW。这一数值与饲喂满足或接近需要量的磷浓度饲料时内源粪磷损失基本相当。超出维持需要用于增重的存留磷需要量为 100g 增重蛋白质需要 3.9g 磷。体增重中磷的含量是根据 Ellenberger 等（1950）的数据计算得来的。在泌乳期，母牛超出维持需要以外用于泌乳的磷需要量为 0.95gP/kg 产奶量。胚胎中磷的含量假定为 7.6gP/kg 胎体重，而且这一需要量数值适用于母牛妊娠期最后三个月阶段。应用肥育牛开展的研究发现，当给周岁阉牛（yearling steers）饲喂含磷 0.14%~0.34% 的饲料，以及给直线肥育阉牛（calf-fed steers）饲喂含磷 0.16%~0.40% 的饲料时，肉牛在生产性能、胴体品质和体内磷状态指数等方面均未见差异。因此，作者得出结论，周岁肥育阉牛饲料磷的需要量低于 0.14%（DM 基础），直线肥育阉牛磷的需要量低于 0.16%（DM 基础）。反刍动物采食的磷高于钙就会产生尿结石。这种疾病的表现是在肾脏或膀胱中产生结石，导致排尿障

碍，雄性动物尤为明显。由于尿会持续滞留在膀胱中，最后导致膀胱和尿道破裂，随之而来的是腹胀、抑郁，最后因尿毒症而死亡。

本文件中，在需要量部分按照析因法给出了肉牛每日用于维持、生长肥育、泌乳和妊娠的钙和磷的需要量，计算公式如表 42。

表42 钙和磷需要量及最大耐受量^a（单位：g/d）

矿 物 元 素	需要量				最大耐受量
	维持	生长及肥育	泌乳	妊娠 ^b	
钙	$0.0154 \times SBW / 0.5$	$NPg \times 0.071 / 0.5$	$Y_n \times 1.23 / 0.5$	$CBW \times (13.7/90) / 0.5$	$0.02 \times DMI$
磷	$0.016 \times SBW / 0.68$	$NPg \times 0.039 / 0.68$	$Y_n \times 0.95 / 0.68$	$CBW \times (7.6/90) / 0.68$	$0.007 \times DMI$

aSBW为绝食体重（kg）；NPg为用于增重的净蛋白需要量（如存留蛋白）（g/d）；Y_n为日产奶量（kg/d）；CBW为犊牛初生重（kg）；DMI为干物质采食量（g/d），Ca和P的消化率分别为50%和68%。

b 妊娠期的最后 90d。

镁作为 Mg-ATP 复合物的必需成分，对于包括糖酵解、依赖能量的膜转运、环状 AMP 的形成、遗传编码的转运等在内的各种生物合成过程都是必不可少的。已知体内有 300 多种酶需要镁元素来激活。镁元素也参与神经和肌膜电位的维持，以及神经冲动的传导过程。机体内镁元素中 65%~70%存在于骨骼中，15%在肌肉中，15%在其他软组织中，还有 1%存在于细胞外液中。饲料中镁的需要量主要受动物年龄、生理阶段及饲料镁生物利用率的影响。以干物质为基础，镁的需要量推荐如下：生长肥育牛，0.1%；妊娠母牛 0.12%；泌乳牛 0.2%。

钾是机体中含量位居第三的常量矿物元素，也是细胞内液中的主要阳离子。钾在机体酸碱平衡、渗透压调节、水平衡、肌肉收缩、神经冲动传导及某些酶促

反应过程中发挥重要作用。围栏肥育牛饲料中钾的需要量（DM 基础）大约为 0.6%。天然草场放牧条件下生长牛钾的需要量为 0.3%~0.4%。肉用母牛钾的需要量尚未完全确定。妊娠期肉用母牛钾的需要量为 0.5%~0.7%。因为牛奶中含钾量相对较高（1.5g/kg），因此哺乳期的肉用母牛钾的需要量相对较高。例如，肉用母牛产奶量每天 9kg，大约需要 13.5gK/d，或者说干物质采食量（DMI）中含钾量为 0.13%才能满足泌乳的需要。

钠（Na）是细胞外液中主要的阳离子，而氯（Cl）是细胞外液中主要的阴离子。钠和氯两者都参与体内渗透压的维持、水平衡的调控和酸碱平衡调节等过程。钠还在肌肉收缩、神经冲动传导和葡萄糖即氨基酸的转运中发挥重要功能。同时，氯在胃液中盐酸的合成和淀粉酶的激活过程中，也具有必不可少的作用。非泌乳肉用母牛钠的需要量不超过 0.06%~0.08%，而泌乳肉用母牛钠的需要量大约为 0.1%。反刍动物喜好采食钠，如果任其自由采食，它们会摄取超过自身实际需要的食盐。氯的需要量尚未完全确定，但氯的缺乏在实际生产中几乎很少发生。

硫是蛋氨酸、胱氨酸、半胱氨酸和 B 族维生素（如硫胺素和生物素），以及其他各种有机化合物的组成成分。硫也是硫酸黏多糖的组成成分，在机体的某些特定解毒反应中发挥作用。除生物素和硫胺素外，所有的含硫化合物都可以由蛋氨酸来合成。瘤胃微生物能够利用无机硫合成哺乳动物组织所需要的所有有机态含硫化合物。硫是瘤胃微生物生长和正常细胞代谢的必需物质。有关肉牛对硫的需要量，目前还没有完全确定。肉牛饲料中硫的推荐浓度是 0.15%在用阉牛所做的饲喂含硫 0.14%的高精料饲料试验中，提高饲料硫的含量有降低瘤胃乳酸累积和提高饲料转化效率的趋势。另外的研究显示，饲料中含硫量 0.11%~0.12%对于生长肉牛来说是足够的。Zinn 等（1997）报道，在以蒸汽压片玉米为基础的肥育牛饲料中添加硫（以硫酸铵形式）超过 0.2%时，围栏肥育杂交青年母牛的生产性能和眼肌面积均有所下降。

铬会影响碳水化合物的代谢、脂肪代谢，以及蛋白质的吸收和代谢。Cr 作为葡萄糖耐量因子的成分而发挥作用，该因子能够增强胰岛素的功能，添加铬的反应效果不一致，也导致难以具体评估铬对免疫系统的特殊作用效果。美国食品与药品管理局（FDA）兽药中心于 2009 年颁布了条例，允许在牛饲料中以丙酸

铬的形式添加铬，其添加剂量应不高于 0.5mg 铬/kg 饲料 DM。基于人和试验动物的研究结果，有机结合态铬（organicallyboundCr）的生物学效价大大高于无机形态的铬（inorganicformsofCr）。据估测，牛对三价铬的氯化物最高耐受浓度是 1000mg/kg 饲料（NRC，1980）。

钴的功能是作为维生素 B12（钴胺素）的组成成分，在机体中发挥作用。牛无需依赖饲料中的维生素 B12，因为其瘤胃微生物能够利用饲料中的钴合成维生素 B12。基于现有文献的总结，饲喂玉米饲料基础的肥育牛全饲料中钴的需要量为 0.15mg 钴/kg 饲料 DM，而根据有限的几篇资料结果，饲喂大麦饲料基础的肉牛钴的需要量或许更高一些。所以，对肉牛饲料中钴的需要量推荐值为 0.15mg/kg 饲料 DM。

铜（Cu）是体内许多酶不可缺少的组成部分，包括赖氨酸氧化酶、细胞色素氧化酶、超氧化物歧化酶、血浆铜蓝蛋白和酪氨酸酶。铜的需要量变化范围可以从每千克饲料 DM 含 Cu 量 4mg 到 15mg，这主要取决于饲料中钼和硫的浓度。在肉牛饲料中，铜的推荐浓度为 10mgCu/kg 饲料（Marques 等，2016）。如果饲料硫浓度不超过 0.25%、钼含量不超过 2mg/kg 时，这一推荐浓度可以为肉牛提供足够的铜。

碘作为甲状腺分泌的激素-甲状腺素（T4）和三碘甲状腺原氨酸（T3）的组成成分，发挥调节体内能量代谢的功能。饲料中 70%~80%的碘以碘化物的形式在瘤胃吸收，并在皱胃被大量重新分泌出来。分泌到皱胃的碘化物大部分被小肠和大肠吸收。被吸收的碘化物进入甲状腺用于合成甲状腺激素，或者进入尿液排出体外。碘的需要量通过测定甲状腺激素的分泌量来估算（ARC，1980）。Miler 等（1988）计算，碘的理论需要量是 0.6mg/100kg 体重，其假设条件为：每日由甲状腺激素分泌的碘量为 0.2~0.3mg/100kg 体重；饲料中 30%的碘由甲状腺吸收；甲状腺素中的碘有 15%被再循环利用。

铁是许多参与氧的运输和利用的蛋白质的必需组成部分。这些蛋白质包括血红蛋白、肌红蛋白和一些参与电子传递链的细胞色素及铁硫蛋白等。某些哺乳动物的酶也含有铁，或其活性需要铁激活。机体内超过 50%的铁存在于血红蛋白中，少部分存在于其他需要铁的蛋白质和酶中，及与蛋白质结合的储存铁中。肉牛对铁的需要量约为 50mg/kg 饲料。用哺乳的幼龄犊牛所进行的研究显示，饲料中铁

的含量至少达到 40~50mg/kg，才能保证动物正常生长和防止贫血。尚不清楚更大年龄的肉牛对铁的需要量是多少。大年龄的肉牛对铁的需要量可能比幼龄犊牛要低，这是因为大年龄牛在红细胞更新时会产生大量再循环铁供机体利用，而且其血液量也不再增加，

锰通常作为丙酮酸羧化酶、精氨酸酶和超氧化物歧化酶的组成成分而发挥作用，锰还是包括水解酶、激酶、转移酶和脱羧酶等多种酶的激活因子。生长肥育牛饲料中锰的需要量大约为 20mg/kg 饲料。给母牛饲喂锰含量 15.8mg/kg 的饲料时，哺乳犊牛出现了骨骼发育畸形；但是，给母牛饲喂锰含量为 25mg/kg 的饲料时，哺乳犊牛上述骨骼发育畸形症状消失了。肉牛实现最高生长速度的锰需要量要低于骨骼正常发育的锰需要量。用于繁殖的锰需要量要高于用于生长和骨骼发育的锰需要量，其中处于繁育期母牛饲料中锰的推荐量为 40mg/kg。

钼的需要量还没有确定。在生产实际中，没有发现牛的钼缺乏症，但是在某些情况下，钼可能会提高瘤胃中微生物的活性。在基础钼含量为 1.7mg/kg 的高粗料饲料中添加 10mg 钼/kg，可使肉牛瘤胃中尼龙袋 DM 消失速度加快。但在另一试验中，给阉牛饲喂钼含量为 1.0mg/kg 的粉碎大麦基础饲料时，添加钼并未提高瘤胃尼龙袋 DM 消失率。钼的代谢在很大程度上受 Cu 和 S 的影响，因为钼与这两种矿物元素间存在拮抗作用。硫化物和钼酸盐在瘤胃中相互作用，形成硫代钼酸盐（thiomolybdate），导致钼的吸收率降低，并改变钼吸收后的代谢过程。

镍的缺乏症在很多动物上都是通过诱导试验的方法产生的；但是，镍在哺乳动物代谢中的确切功能尚不得而知。根据已有研究数据尚无法确定肉牛对镍的需要量。肉牛对饲料镍的最大耐受量约为 50mg/kg 饲料（NRC，1980，2005）。

硒被确认为是动物必需的营养素。1973 年，谷胱甘肽过氧化物酶被认定为是第一个已知的含硒金属酶。谷胱甘肽过氧化物酶催化过氧化氢和脂质过氧化物的还原反应，从而防止体组织的氧化损伤（余涵婧等，2022）。碘化甲状腺原氨酸 5'-脱碘酶（iodothyronine 5'-deiodinase）是第二个被发现的含硒金属酶。该酶催化 T4 脱碘生成组织中代谢活性更强的 T3。肉牛饲料干物质中硒的需要量为 0.1mg/kg。据报道，肉用母牛及其犊牛采食硒含量为 0.02~0.05mg/kg 的饲草，会出现临床或亚临床的硒缺乏症。

锌是许多重要的金属酶如铜—锌超氧化物歧化酶、磷酸酐酶、乙醇脱氢酶、羧基肽酶、碱性磷酸酶和 RNA 聚合酶的必需组成成分，这些酶影响碳水化合物、蛋白质、脂类和核酸的代谢。此外，还有其他一些酶需要锌的激活。需要锌的酶广泛参与体内核酸、蛋白质和碳水化合物的代谢过程和繁殖过程。肉牛饲料中锌的推荐需要量是 30mg/kg 饲料干物质。这一含量可以满足动物在大部分情况下对锌的需要。中等体型或大体型阉牛饲喂锌含量为 22~26mg/kg 的玉米-青贮型饲料时，添加锌对阉牛生长速度没有影响。在 4 个肥育牛饲喂锌含量为 18~29mg/kg 的试验研究中，有 2 个试验结果显示添加锌提高了阉牛的生长速度。对于草饲型肉牛和繁殖及泌乳肉牛锌的需要量，目前尚不完全明确。哺乳犊牛在锌含量为 7~17mg/kg 的人工草地上放牧时，添加锌可以提高增重速度。

其他常量元素（镁、钾、钠、氯、硫）和微量元素（铜、铁、锰、锌、碘、钴、硒）以饲料供给量方式提供，列于表 43：

表 43 其他矿物元素的需要量以及最大耐受量

指标	单位	肉牛不同生产目的的需要量			最大耐受量
		生长和肥育	泌乳	妊娠	
矿物元素					
镁, Mg	%	0.10	0.20	0.12	0.40
钾, K	%	0.60	0.70	0.60	2.0
钠, Na	%	0.07	0.10	0.07	-
硫, S	%	0.15	0.15	0.15	0.40
钴, Co	mg/kg	0.15	0.15	0.15	25.0
铜, Cu	mg/kg	10.0	10.0	10.0	40.0
碘, I	mg/kg	0.50	0.50	0.50	50.0
铁, Fe	mg/kg	50.0	50.0	50.0	500
锰, Mn	mg/kg	20.0	40.0	40.0	1,000
硒, Se	mg/kg	0.10	0.10	0.10	5.00
锌, Zn	mg/kg	30.0	30.0	30.0	500
铬, Cr	mg/kg	-	-	-	1000.00 ^c
钼, Mo	mg/kg	-	-	-	5.00
镍, Ni	mg/kg	-	-	-	50.00

肉牛对有毒有害矿物元素的最大耐受浓度列于表 44。

表 44 肉牛对有毒有害矿物元素的最大耐受浓度^a

元素	耐受浓度/ (mg/kg)
铝	1000.00
砷	50.00(100.00 有机形态)
溴化物	200.00
镉	0.50
氟	40.00~100.00
铅	30.00
汞	2.00
锶	2000.00

^a数据改编自 NRC (1980)。

犊牛代用乳、开食料和犊牛料中矿物质和维生素推荐供给量见表 45。

表 45 犊牛代用乳、开食料和犊牛料中矿物质推荐供给量 (100%DM 基础)

矿物质	代用乳	开食料	断奶育成料
Ca,%	0.80	0.75	0.65
P,%	0.60	0.37	0.33
Mg,%	0.15	0.15	0.16
K,%	1.10	0.60	0.60
Na,%	0.40	0.22	0.20
Cl,%	0.32	0.17	0.15
Co,mg/kg	NA	0.2	0.2
Cu,mg/kg	5	12	12
I, mg/kg	0.8	0.8	0.5
Fe, mg/kg	85	60	55
Mn,mg/kg	60	40	60
Se,mg/kg	0.3	0.3	0.3
Zn,mg/kg	65	55	50

数据来源: NASEM (2021)

维生素分为脂溶性维生素和水溶性维生素两大类，脂溶性维生素包括维生素 A、维生素 D、维生素 E 和维生素 K；而水溶性维生素包含生叶酸、烟酸、泛酸、核黄素、硫胺素等 B 族维生素，以及维生素 C 等等。这其中维生素 C 是由牛自身合成，而无需通过饲料添加。

对于水溶性维生素，重点关注 B 族维生素。单胃动物需要摄入含有 B 族维生素的饲料，而后主要在小肠吸收进行消化吸收。B 族维生素可由单胃动物的大肠微生物合成，而这处于肠道后端的营养物质合成吸收效率较低，且合成后的部分营养物质在肠道末端被排出，用于补充动物机体对维生素需求的效果有限。而成年反刍动物的瘤胃微生物有着巨大的合成 B 族维生素的能力，无需过度在意饲料中 B 族维生素的含量（吴建新，2023）。一旦给反刍动物饲喂饲料，即使是维生素 B 较为缺乏的饲料，瘤胃微生物也会迅速开始合成 B 族维生素，所合成的维生素在肠道被充分吸收。瘤胃微生物对 B 族维生素的合成受到精料含量的影响，当采食的精料比例增加，瘤胃中硫胺素的合成会下降（董淑红，2011），而烟酸合成量显著升高，而在十二指肠处，硫胺素、烟酸、核黄素和生物素的含量没有变化。

对于脂溶性维生素，与 B 族维生素类似的是维生素 K。单胃动物大肠微生物合成维生素 K 的效率和吸收程度较高，因此大多数单胃动物不易出现维生素 K 缺乏症。同样，反刍动物的瘤胃微生物也能高效合成维生素 K₂，在瘤胃合成后直接在肠道吸收。同时在饲草中，尤其是新鲜牧草中含有大量的维生素 K₁，饲料摄入和瘤胃微生物合成共同保障了牛的维生素 K 供应充足，因而与单胃动物一样，牛也极少会出现维生素 K 缺乏症。

有些维生素的合成与刚才所提到的矿物质有所关联，除刚才提及的钴对维生素 B₁₂ 合成有影响外，锌对维生素的稳定性也有所影响，例如锌离子在饲料中会引发氧化还原反应，会破坏维生素稳定性。矿物质与维生素间还存在协同作用，如维生素 D 促进机体的钙磷吸收，Se 与维生素 E 也在抗氧化、免疫功能方面有协同作用（孟庆翔，2022）。

牛和单胃动物相比，最大的优势在于瘤胃，而在瘤胃微生物尚未形成的犊牛期，这种优势尚不明显，瘤胃微生物也无法合成对应的维生素。为了应对该情况，牛体内存储着一定量的水溶性维生素，这些维生素主要来源于母体的初乳。初乳

中含有丰富的维生素，特别是维生素 A。这些存储的维生素在正常情况下足够满足瘤胃微生物形成前犊牛对维生素的需要，弥补了发育时期的不足。这使得犊牛相对于单胃动物而言并无劣势。

相反，在不可由体内和瘤胃微生物合成的维生素中，肉牛和单胃动物的差异明显。以维生素 A 为例，瘤胃微生物和肉牛均无法合成维生素 A，与单胃动物一样需要从饲料中摄入。然而，瘤胃微生物却会影响维生素 A 的代谢和稳定，微生物的代谢活动会导致部分维生素 A 被降解而损失，这种降解程度随着日粮中精料比例的提升而提升。而单胃动物就没有这一层额外的消耗，反而使得其对维生素 A 的吸收效率高于牛。同时，维生素 A 本身在饲料中并不存在，而是以胡萝卜素及类胡萝卜素等形式作为前体物质存在，摄入后转化为胡萝卜素。同时，许多类胡萝卜素有着维生素 A 的活性，如 β -胡萝卜素、 α -胡萝卜素等。这种维生素 A 活性可以理解为转化为维生素 A 的潜力，而这潜力的高低在肉牛的饲料中尤为重要，特别是在肉牛体内，转化为维生素 A 的效率会有变化，但均低于单胃动物的转化效率。这使得肉牛群中维生素 A 的缺乏较为常见，在饲喂肉牛时需要注意维生素 A 的补充。

在对饲料进行维生素的补充方面，原料选择与含量控制在肉牛和单胃动物间有所不同。由于瘤胃的存在，给反刍动物补充的核黄素、尼克酸、叶酸等 B 族维生素在到达小肠之前就被降解或者被吸收，而生物素和泛酸却能够不受瘤胃降解影响而到达小肠（Zinn, 1987）。肉牛若想充分依靠饲料进行维生素的补充，需要考虑瘤胃微生物的合成、代谢活动影响和维生素的稳定性。

总体而言，肉牛因具有瘤胃这一生理结构，以及能够产生特定种类微生物的瘤胃微生物，较单胃动物而言有摄入上的优势。而牛在摄入无法合成的维生素时可能会受到瘤胃微生物代谢的扰乱，对维生素的消化吸收有所影响。

表46 犊牛脂溶性维生素的推荐采食量^a

维生素	按体重计	IU/kgDM饲粮		
	IU/kgSBW	代用乳 ^b	开食料 ^c	断奶育成料
VitaminA	110	11,000	3,700	3,700
VitaminD	32	3200	1,100	1,100
VitaminE	2.0	200	67	67

a代用乳中需要添加水溶性维生素，硫胺素（B1）、核黄素（B2）和吡哆醇（B6）的推荐浓度（每千克DM）为6.5mg；泛酸13mg；烟酸10mg；生物素0.1mg；叶酸0.5mg；B12为0.07mg；胆碱1,000mg（NRC, 2001）。肠道内微生物合成维生素K的数量能满足需要，通常不需要额外补充（Nestor和Conrad, 1990）。

b这些数值假设一头体重60kg的犊牛日采食0.6kg代用乳干物质，如果给犊牛饲喂大量代用乳（例如超过1kg代用乳干物质/d），则脂溶性维生素的浓度应降低。

c这些数值假设一头体重80kg的犊牛采食2.4kg开食料DM。

d这些数值假设一头体重110kg的犊牛采食3.3kg生长牛饲粮DM。

表 47 维生素的需要量以及最大耐受量

指标	单位	肉牛不同生产目的的需要量			最大耐受量
		生长和肥育	泌乳	妊娠	
A	IU/kg	2,200/47	3,900/84	2,800/60	-
D	IU/kg	275/5.7	275/5.7	275/5.7	-
E ^b	IU/kg	35/0.73	35/0.73	35/0.73	-

^a列出的维生素值为基于DMI（第一个值）或绝食体重（SBW，第二个值）的最大计算值。

^b新接收犊牛为400~500IU/d。

^c受铬来源的高度影响。参见 *MineralToleranceofAnimals*(NRC,2005)。

6.6 肉牛对水的需要量

水是肉牛必需的营养物质。水约约占体重的70%。水参与体温的调节及生长、繁殖、泌乳、消化、代谢、排泄等生命活动，参与蛋白质、脂肪和碳水化合物的

水解，参与体内矿物质稳恒状态的调节，参与关节的润滑，参与神经系统的缓冲过程，参与声音的传播，以及参与视力的维持等。水也是葡萄糖、氨基酸、矿物离子和水溶性维生素的良好载体，并且在机体细胞代谢和代谢废物运输过程中发挥着重要的作用。

水的需要量受以下几个因素的影响：增重的成分和速度、妊娠、泌乳、活动、饲料类型、采食量和环境温度等。限制饮水会降低采食量，进而会降低动物的生产性能。肉牛对水的最低需要量包括用于维持、生长、胎儿发育、繁殖、泌乳等生理过程对水的需要量，也包括通过尿液、粪便排泄和通过肺、皮肤蒸发而散失的水量。任何影响这些需要量和散失量的因素，都会影响动物的最低水需要量。动物的排尿量也会受到活动量、环境温度、水摄入量及其他因素的影响。饲料中蛋白质、食盐、矿物元素和利尿性物质含量较高时，动物对水的需要量也会增加。随排泄物散失的水量，在很大程度上取决于饲料组成。动物采食多汁性饲料和矿物质元素含量高的饲料时，随粪便散失的水会更多。通过皮肤蒸发和肺脏呼吸散失的水量很多，甚至超过通过尿液排出的水。当环境温度升高或运动量增加时，通过蒸发和汗液散失的水量也会增加。由于饲料本身含有一定的水，而且饲料中某些营养物质在机体内氧化可产生代谢水，因此肉牛需要的水并非都必须通过饮水获得。

在适宜的环境温度下，肉牛的饮水量与干物质采食量显著相关。饮水量可以通过干物质采食量(DMI)来计算，而 DMI 可以由体重(BW)和平均日增重(ADG)估算得到。在一年中温暖的季节，肉牛饮水量往往会增加，而 DMI 会降低；而在一年中寒冷季节的关系恰恰相反，因此直接通过 DMI 来估测饮水量往往与实际情况不一致。本文件中关于肉牛对水的需要量数据，来自 NASEM (2016)。

表 48 肉牛每日总饮水量的估计值（单位：升）

肉牛类别	体重	环境温度 ^a （℃）					
		4.4	10.0	14.4	21.1	26.6	32.2
生长青年母牛、阉牛和公牛	182kg	15.1	16.3	18.9	22.0	25.4	36.0
	273kg	20.1	22.0	25.0	29.5	33.7	48.1
	364kg	23.0	25.7	29.9	34.8	40.1	56.8
肥育牛	273kg	22.7	24.6	28.0	32.9	37.9	54.1
	364kg	27.6	29.9	34.4	40.5	46.6	65.9
	454kg	32.9	35.6	40.9	47.7	54.9	78.0
妊娠母牛 ^b	410kg	25.4	27.3	31.4	36.7	--	--
	500kg	22.7	24.6	28.0	32.9	--	--
泌乳母牛 ^c	410kg	43.1	47.7	54.9	64	67.8	61.3
成年公牛	636kg	30.3	32.6	37.5	44.3	50.7	71.9
	727kg	32.9	35.6	40.9	47.7	54.9	78.0

^a环境温度低于 4.4℃时，饮水量保持恒定。

^b母牛体重越大，其体况评分值越高，则其所需的饲料干物质越少，因而饮水量也越低。

^c体重高于 410kg 的母牛也包含在此推荐量中。

6.7 肉牛生长和繁殖的氮、磷和甲烷排放

肉牛摄入的营养物质中仅有不足 20%能被机体存留利用，其余超 80%的营养组分最终通过排泄系统（粪/尿）、呼吸代谢（二氧化碳）、消化道气体排放（嗝气/肠道排气）等途径流失。这种营养代谢特性所衍生的环境效应主要呈现在三个方面：其一，排泄物中残留的营养素、药物活性成分及病原微生物对水循环系统（地下水/地表水）存在污染风险；其二，反刍动物特有的甲烷排放特征直接影响大气质量并加速温室效应；其三，长期不当的养殖管理（如过度放牧或施肥）将导致土地退化并威胁生物多样性。

值得注意的是，生产实践中采取的营养调控方案和牧场管理系统对上述环境压力的缓解具有关键作用。尽管集约化养殖场因其规模化特征常被视为主要污染

源，但研究显示在粗放型饲养体系下，特别是放牧密度超载或施肥量失控的育犊母牛/架子牛养殖场中，其单位畜产污染当量并不低于集约化体系。这类传统牧场因反刍动物消化道发酵过程产生的强效温室气体甲烷（CH₄）、草地退化的碳汇功能衰减，以及地表径流中的氮磷富集等问题，正成为农业面源污染的新型热点。

本文件首次提出将甲烷、氮素、磷的排放作为因素加以考虑，以确保肉牛业可持续发展和生态保护的良性循环。参考 NASEM（2016）给出的公式，计算肉牛甲烷、氮素（粪和尿）和磷的排放量。

6.7.1 甲烷排放

当粗料比例<20%时：

$$\text{CH}_4 \text{ (g/d)} = (0.357 + 0.0591 * \text{MEI} * 4.184 + 0.05 * \text{粗料}\%) * 1000/55.65$$

当粗料比例 20%-40%时：

$$\text{CH}_4 \text{ (g/d)} = 0.065 * 18.45 * \text{DMI} * 1000/55.65$$

当粗料比例>40%时：

$$\text{CH}_4 \text{ (g/d)} = 45.98 * (1 - e^{-0.003 * \text{MEI} * 4.184}) * 1000/55.65$$

式中，MEI 为代谢能进食量（Mcal/d）；DMI 为干物质采食量（kg/d）

每千克绝食增重的甲烷排放（g/kg） = 甲烷排放（g/d）/SWG（kg/d）

6.7.2 氮排放

$$\text{尿 N 排放 (g/d)} = 2.39 + 0.55 * \text{CP (g/d)} * /6.25 - 3.36 * \text{DMI (kg/d)}$$

$$\text{粪 N 排放 (g/d)} = 66.16 + 0.29 * \text{CP}\%/100 * \text{DMI (kg/d)} * 1000/6.25 - 0.94$$

* CPD (%) /100

$$\text{总 N 排放量 (g/d)} = \text{尿 N 排放} + \text{粪 N 排放}$$

式中，CPI 为粗蛋白采食量（g/d），SWG 为绝食日增重（kg/d）。

每千克绝食增重的 N 排放（g/kg） = 总 N 排放（g/d）/SWG（kg/d）

6.7.3 磷排放

$$\text{总磷排放 (g/d)} = 0.82 + 0.57 * \text{磷进食量 (g/d)}$$

每千克绝食增重的磷排放（g/kg） = 总磷排放（g/d）/SWG（kg/d）

表 49 犊牛和育成牛满足营养需要量时达到的氮、磷和甲烷排放

项目	单位	小型肉牛犊牛和育成牛					中型肉牛犊牛和育成牛				
		犊牛 (0-6 月龄)		育成牛 (>6~14 月龄或配种)			犊牛 (0-6 月龄)		育成牛 (>6~14 月龄或配种)		
		断奶前	断奶后	母牛	阉牛	公牛	断奶前	断奶后	母牛	阉牛	公牛
日甲烷排放(Daily CH ₄)	g/d	42	56	83	99	122	68	95	137	156	178
千克增重甲烷排放 (CH ₄ per kg Gain)	g/kg	77	159	208	165	153	90	151	228	195	178
日氮排放 (Daily N Emission)	g/d	108	103	120	135	149	122	123	145	161	172
千克增重氮排放(N per kg Gain)	g/kg	197	294	301	225	186	163	196	241	201	172
日磷排放(Daily P Emission)	g/d	5.7	4.4	5.2	6.8	8.2	7.2	6.7	7.1	8.6	9.9
千克增重磷排放(P per kg Gain)	mg/kg	10.3	12.7	13.1	11.3	10.2	9.6	10.6	11.8	10.8	9.9
项目	单位	大型肉牛犊牛和育成牛					大型肉乳兼用牛犊牛和育成牛				
		犊牛 (0-6 月龄)		育成牛 (>6~14 月龄或配种)			犊牛 (0-6 月龄)		育成牛 (>6~14 月龄或配种)		
		断奶前	断奶后	母牛	阉牛	公牛	断奶前	断奶后	母牛	阉牛	公牛
日甲烷排放(Daily CH ₄)	g/d	74	114	162	176	199	78	121	172	191	212
千克增重甲烷排放 (CH ₄ per kg Gain)	g/kg	82	153	202	220	199	87	162	215	239	212
日氮排放 (Daily N Emission)	g/d	131	133	158	169	180	131	134	159	172	182
千克增重氮排放(N per kg Gain)	g/kg	146	178	197	212	180	146	178	199	215	182
日磷排放(Daily P Emission)	g/d	8.5	7.7	8.5	9.2	10.5	8.5	7.7	8.5	9.2	10.5
千克增重磷排放(P per kg Gain)	mg/kg	9.4	10.3	10.7	11.5	10.5	9.4	10.3	10.7	11.5	10.5

表 50 繁殖母牛满足营养需要量时达到的氮、磷和甲烷排放

项目	单位	小型肉牛繁殖母牛						中型肉牛繁殖母牛					
		繁殖阶段						繁殖阶段					
		初产母牛			经产母牛			初产母牛			经产母牛		
		妊娠前期	妊娠中期	妊娠后期	哺乳配种期	妊娠中期	妊娠后期	妊娠前期	妊娠中期	妊娠后期	哺乳配种期	妊娠中期	妊娠后期
日甲烷排放(Daily CH ₄)	g/d	113	118	137	139	124	128	179	181	217	209	182	187
日氮排放(Daily N Emission)	g/d	131	135	157	148	147	159	167	172	207	195	190	210
日磷排放(Daily P Emission)	g/d	6.2	6.1	6.7	7.3	6.1	6.3	9.5	9.3	10.6	11.7	9.4	9.7
项目	单位	大型肉牛繁殖母牛						大型肉乳兼用牛繁殖母牛					
		繁殖阶段						繁殖阶段					
		初产母牛			经产母牛			初产母牛			经产母牛		
		妊娠前期	妊娠中期	妊娠后期	哺乳配种期	妊娠中期	妊娠后期	妊娠前期	妊娠中期	妊娠后期	哺乳配种期	妊娠中期	妊娠后期
日甲烷排放(Daily CH ₄)	g/d	243	257	298	254	210	216	261	277	317	296	211	217
日氮排放(Daily N Emission)	g/d	194	207	248	234	224	247	200	212	253	250	226	249
日磷排放(Daily P Emission)	g/d	12.0	12.1	13.3	16.1	12.2	12.5	12.1	12.2	13.5	20.0	12.2	12.5

表 51 小型和中型肥育牛满足营养需要量时达到的氮、磷和甲烷排放

项目	单位	小型肉牛肥育牛							中型肉牛肥育牛							
		肥育阶段														
		过渡期 (第 0-20d)	肥育前期 (第 21~100d)			肥育后期 (第 101~150d 或出栏)			过渡期 (第 0-20d)	肥育前期 (第 21~100d)			肥育后期 (第 101~150d 或出栏)			
			母牛	阉牛	公牛	母牛	阉牛	公牛		母牛	阉牛	公牛	母牛	阉牛	公牛	
日甲烷排放(Daily CH ₄)	g/d	106	151	164	189	160	190	211	163	214	237	262	234	264	298	
千克增重甲烷排放 (CH ₄ per kg Gain)	g/kg	265	189	164	157	229	211	211	271	214	198	187	260	264	248	
日氮排放 (Daily N Emission)	g/d	129	151	165	176	152	170	180	154	170	191	195	176	199	208	
千克增重氮排放(N per kg Gain)	g/kg	323	189	165	147	218	189	180	256	170	159	139	196	199	173	
日磷排放(Daily P Emission)	g/d	5.7	7.9	9.4	10.6	7.6	9.3	10.0	7.6	9.2	10.9	11.9	9.2	10.8	11.8	
千克增重磷排放(P per kg Gain)	mg/kg	14.3	9.8	9.4	8.8	10.9	10.3	10.0	12.6	9.2	9.1	8.5	10.2	10.8	9.8	

表 52 大型和肉乳兼用肥育牛满足营养需要量时达到的氮、磷和甲烷排放

项目	单位	大型肉牛肥育牛							大型肉乳兼用牛肥育牛						
		肥育阶段													
		过渡期 (第 0-20d)	肥育前期 (第 21~100d)			肥育后期 (第 101~150d 或出栏)			过渡期 (第 0-20d)	肥育前期 (第 21~100d)			肥育后期 (第 101~150d 或出栏)		
			母牛	阉牛	公牛	母牛	阉牛	公牛		母牛	阉牛	公牛	母牛	阉牛	公牛
日甲烷排放(Daily CH ₄)	g/d	197	249	273	298	277	305	336	208	263	290	314	291	325	355
千克增重甲烷排放 (CH ₄ per kg Gain)	g/kg	246	208	195	186	277	254	240	260	219	207	196	291	271	254
日氮排放 (Daily N Emission)	g/d	169	182	207	210	193	218	221	172	185	209	211	195	221	225
千克增重氮排放(N per kg Gain)	g/kg	211	152	148	131	193	181	158	215	154	150	132	195	184	160
日磷排放(Daily P Emission)	g/d	9.0	10.7	12.6	13.7	10.6	12.5	13.6	9.1	10.7	12.6	13.7	10.6	12.5	13.6
千克增重磷排放(P per kg Gain)	mg/kg	11.3	8.9	9.0	8.6	10.6	10.4	9.7	11.4	8.9	9.0	8.6	10.6	10.4	9.7

表 53 荷斯坦品种和高龄肥育母牛满足营养需要量时达到的氮、磷和甲烷排放

项目	单位	荷斯坦品种肥育公牛和肥育阉牛					高龄肥育母牛					
		肥育阶段					肥育阶段					
		过渡期 (第 0-20d)	肥育前期 (第 21~100d)		肥育后期 (第 101~150d 或出 栏)		过渡期 (第 0-20d)	肥育期 (第 21-120d 或出栏)				
			阉牛	公牛	阉牛	公牛		小型牛	中型牛	大型牛	肉乳兼用牛	荷斯坦牛
日甲烷排放(Daily CH ₄)	g/d	198	258	301	298	339	152	197	279	348	358	362
千克增重甲烷排放 (CH ₄ per kg Gain)	g/kg	248	184	188	248	242	190	141	174	193	199	181
日氮排放 (Daily N Emission)	g/d	176	213	223	224	235	167	190	219	244	239	254
千克增重氮排放(N per kg Gain)	g/kg	220	152	140	187	168	209	136	137	135	133	127
日磷排放(Daily P Emission)	g/d	10.0	13.3	14.7	13.1	14.6	8.7	11.4	12.9	14.7	14.7	16.1
千克增重磷排放(P per kg Gain)	mg/kg	12.5	9.5	9.2	10.9	10.4	10.8	8.1	8.1	8.2	8.2	8.0

7 饲料原料成分及营养价值表

7.1 饲料原料分类和编码

2.1 饲料分类

肉牛饲料种类繁多，营养价值差异很大，需要分类管理。按照国际饲料分类法，将肉牛饲料原料分为干草与粗饲料、青绿饲料、湿贮饲料、能量饲料、蛋白饲料、矿物质饲料、维生素饲料、添加剂饲料等八大类。每类饲料的营养特点不在这里赘述。值得说明的是，作者在这里将通常说的“青贮”饲料（silage）改为“湿贮”饲料，理由是 silage 过去被译为“青贮饲料”虽具有历史意义，但今天随着适于该方法处理的饲料原料种类的不断增多和应用范围的不断扩大，如酒糟、果渣、谷物、木薯根茎的湿贮处理等，“青贮”一词中文译文的不准确性已经大量显现，甚至产生歧义。因此，将 silage 一词的“青贮”译法改为“湿贮”应该是必要的。同时建议，湿贮饲料应包括青贮、黄贮、白贮、褐贮等多种湿贮饲料。这既不影响我国当前玉米湿贮饲料中玉米青贮、玉米黄贮等诸多名称的继续使用，同时也更加符合饲料生产、加工和应用领域中名称与内容一致性的要求。

肉牛营养需要量体系的建立需基于饲料分类规范、核心检测指标筛选及预测模型开发，三者协同作用于精准化饲养方案的制定。在饲料分类体系上，目前世界各国饲料分类方法尚未统一。国际分类框架根据饲料特性将饲料分为粗饲料、青绿饲料、青贮饲料、能量饲料、蛋白质补充料、矿物质饲料、维生素饲料与饲料添加剂等八大类。每一种饲料均冠以 6 位数的国际编码（International Feed Number, IFN; Harris et al., 1980），其中首位代表饲料归属类别，后 5 位则根据饲料重要属性进行编码，例如粗饲料（1-xx-xxx）和青绿饲料（2-xx-xxx）。中国饲料分类法结合我国资源特征，将饲料在八大类的基础上又分为十七个亚类（青绿饲料、树叶、青贮饲料、块根茎瓜、干草、农副产品、谷实、糠麸、豆类、饼粕、糟渣、草籽树实、动物性饲料、矿物质、维生素、添加剂、油脂及其他）。中国饲料编码（Feeds Number of China, CFN; 张子仪, 1994）实施 7 位编码规则（首位号为 IFN 分类号，第 2、3 位为 CFN 亚类，第 4~7 位为具体饲料号），例如一级玉米（4-07-0279）和二级玉米（4-07-0280）。

我国分类方法中出现亚类，这样可以区别名称相同而营养质量差别很大的饲料，确切地反映每一种饲料属性，准确区分，避免混淆。另外我国分类不仅根据原料来源，更基于其核心功能与营养结构，例如：粗饲料（如青贮、秸秆）以高粗纤维（>18%，DM）和低含水量（<45%，DM）为特征，需重点测定物理有效 NDF（peNDF）控制瘤胃动态；蛋白质饲料（豆粕、菜粕）需明确其粗蛋白质（CP>20%）及必需氨基酸（赖氨酸、蛋氨酸）含量，以满足肌肉生长的氮源需求；相较国际主流分类，我国分类还侧重非粮型饲料的资源整合，例如将木薯渣、甘蔗尾叶归入特殊饲料以适配南方地区养殖特点（王世琴等，2017）。近年来，

参考 6 位数字的国际饲料编码（International Feed Number, IFN）系统（Harris et al., 1980）和我国现行的 7 位饲料分类编码系统（Chinese Feed Number, CFN, 张子仪, 1994），考虑到实用化、科学化和国际化的原则，孟庆翔等（2020）提出了一套新的适用于肉牛饲料的编码系统，简称肉牛饲料原料编码（Beef Feed Number, BFN）系统。BFN 系统的饲料原料统一编码为 6 位数字，编码格式是“x-xx-xxx”，与国际饲料编码系统相同，不同的是每位数字的含义不同。具体来说，编码中第 1 位数字分别代表饲料原料的国际八大分类，即：干草和粗饲料、青绿饲料、湿贮饲料、能量饲料、蛋白质饲料、矿物质饲料、维生素饲料和添加剂饲料，分别用数字 1~8 表示；编码中第 2~3 位数字分别代表饲料原料的不同来源，表明该饲料来自于哪类植物、动物、工业副产品或化学合成物等等，代表该饲料的通用属性或名称，规定每种具有独立属性的饲料原料都具有一个两位数字的编号；编码中的第 4 位数字代表 10 种饲用部位，分别用 0、1、2、3、4、.....9 来表示，其中“不详或其他”用 0 表示；编码中第 5 位数字代表 10 种加工方法，分别用 0、1、2、3、4.....9 来表示，其中的“原样、不详或其他”用 0 来表示；编码中第 6 位数字代表饲料原料的自然排序，对类别、来源、饲用部位和加工方法都相同的饲料原料，由用户输入 0、1、2、3.....9 等序号排序。

考虑到目前国内的实际情况，本文件仍然采用中国饲料编码，实施 7 位编码规则。

7.2 饲料原料成分及营养价值指标设定的依据

本章提供了饲料的常规组成成分数据，旨在完善饲料配方和饲料评价中营养成分分析方面的不足。这些数据主要来自于中国饲料数据库 (<https://www.chinafeeddata.org.cn/admin/Login/index.html>)、NASEM 2016、中国农业大学肉牛研究中心饲料数据积累、国内大专院校发表的论文和报告。使用者不能用饲料成分表代替本企业的饲料成分分析；但是，这些汇总数据的平均数可以用来评价你的营养成分分析结果是否在“正常”范围内。样本含量可以表明单一饲料原料的特定营养成分含量的可信度。

根据肉牛营养需要量的要求，肉牛常用饲料原料使用列表的方式进行展示，主要将饲料原料营养价值分为有效能值、概略养分及碳水化合物、蛋白质与氨基酸、矿物质和维生素。其中，有 33 个实验室分析检测指标和 17 个计算指标。

①有效能值

总可消化养分 (TDN)：以能量为基础计算的饲料各种可消化养分的总和。计算公式为 $TDN=X1+2.25\times X2+X3+X4$ 。式中，X1、X2、X3、X4 分别为饲料中可消化粗蛋白含量 (%)、可消化粗脂肪含量 (%)、可消化粗纤维含量 (%) 和可消化无氮浸出物含量 (%)。

代谢能 (ME)：饲料中总能减去粪中损失的能量、尿中损失的能量和气体损失的能量，剩下的部分即为代谢能。

维持净能 (NEm)：用于满足肉牛维持基本生存状态 (呼吸、循环、泌尿、细胞活动) 所需的净能。

增重净能 (NEg)：用于满足肉牛增重 (蛋白质、脂肪、矿物质等体成分的净沉积) 所需的净能。

②概略养分及碳水化合物

水分：饲料原料烘干至完全无水绝干状态 (105℃干燥至恒重) 所损失的重量，不同原料营养成分变异较大，而且水分含量差异更大，因此，只有在绝干状态下才能比较其营养价值的差异。

粗蛋白 (CP)：饲料原料中含氮物质的总称，包括真蛋白质和非蛋白氮，利用实验室湿化学法测定原料中氮的含量，用 $N\times 6.25$ 计算粗蛋白质含量。

粗脂肪 (EE)：饲料原料中溶解于乙醚中的物质总称，除真脂肪外，还含有一些溶于乙醚的有机物质，如叶绿素、胡萝卜素、有机酸、树脂等。

粗灰分 (Ash): 饲料原料样品在 550-600°C 高温炉中将所有有机物质全部氧化后剩余的残渣, 主要为矿物质氧化物或盐类等无机物质, 有时还会含有少量泥沙。

中性洗涤纤维 (NDF): 植物性饲料中不溶于中性洗涤剂的那部分物质, 包括纤维素、半纤维素、木质素、硅酸盐等。NDF 可用于预测肉牛的饲料干物质采食量。

酸性洗涤纤维 (ADF): 植物性饲料中不溶于酸性洗涤剂的那部分物质, 包括纤维素、木质素、硅酸盐等。ADF 可用于预测肉牛饲料的能量价值和消化率。

物理有效 NDF (peNDF): 指饲料纤维的物理性质 (主要是碎片大小) 刺激动物咀嚼和建立瘤胃内容物两相分层的能力, 也称有效纤维。饲料 $peNDF = \text{饲料 NDF 含量} \times \text{物理有效因子 (pef)}$, 其中 pef 的取值范围从 0 (NDF 不能刺激咀嚼活动) 到 1 (NDF 刺激最大咀嚼活动)。

木质素 (Lignin): 植物性饲料原料细胞壁的重要组成部分, 是一类复杂的有机聚合物, 维持植物性饲料较高的硬度, 难以被动物消化酶降解, 因此, 木质素的含量一般决定着饲料营养成分的可降解性。

非纤维碳水化合物 (NFC): 构成肉牛饲料贮存碳水化合物的主要成分, 包括糖、淀粉、有机酸和果聚糖等, 是肉牛饲料中能量的主要来源。饲料 NFC 的计算公式为: $NFC = 100 - (\%NDF + \%CP + \%粗脂肪 + \%粗灰分)$ 。

淀粉: 饲料中由葡萄糖单元组成的长链多糖。淀粉可以在肉牛瘤胃、小肠和大肠中消化, 粪便中淀粉含量 > 3-5%, 即表示饲料中淀粉的消化存在问题。

可溶性糖: 植物性饲料中能溶于水及乙醇的单糖和寡聚糖, 包含绝大部分单糖和寡糖 (葡萄糖、果糖、蔗糖等), 是饲料原料中可以快速供能的一类营养成分。

粗饲料比例: 目前还不了解饲料原料中这个“粗饲料比例”的概念。是指饲料原料可提供纤维类营养价值的比例?

③蛋白质与氨基酸

瘤胃降解蛋白 (RDP): 指饲料原料粗蛋白可以在瘤胃被降解的部分, 这一部分蛋白质可用于预测瘤胃微生物蛋白的合成量。

可溶蛋白 (CPs): 饲料原料中可溶于消化液的蛋白质组分, 是饲料蛋白质

中可以被瘤胃微生物快速降解的部分，也是计算饲料 TDN 含量和估测蛋白质降解率的参数。

中洗不溶蛋白：结合于中性洗涤纤维中的蛋白质。这部分蛋白质与酸洗不溶蛋白的差值，代表饲料在瘤胃中慢速降解的蛋白质组分。

酸洗不溶蛋白：结合于酸性洗涤纤维中的蛋白，代表饲料中不能被肉牛利用的蛋白质组分。

非降解饲料 MP (MPf)：指到达肉牛小肠可代谢的饲料过瘤胃蛋白质部分，是饲料代谢蛋白质的重要组成部分。

氮素代谢蛋白 (nMP)：饲料中由降解氮决定的代谢蛋白含量。

能量代谢蛋白 (eMP)：饲料中由代谢能决定的代谢蛋白含量。

赖氨酸 (Lys)、蛋氨酸 (Met)：肉牛饲料原料中两种重要的必须氨基酸，对肉牛的生产发育至关重要。

氮代谢 Lys (nMLys)：饲料中由降解氮决定的到达肉牛小肠可代谢的赖氨酸总和。

能量代谢 Lys (eMLys)：饲料中有代谢能决定的到达肉牛小肠可代谢的赖氨酸总和。

氮代谢 Met (nMMet)：饲料中由降解氮决定的到达肉牛小肠可代谢的蛋氨酸总和。

能量代谢 Met (eMMet)：饲料中有代谢能决定的到达肉牛小肠可代谢的蛋氨酸总和。

④ 矿物质

常量矿物元素：在动物体和饲料中含量较高，通常以百分含量计的矿物质为常量矿物质，主要包括钾、钠、钙、镁、磷、硫、氯等。

钙磷比 (Ca: P)：饲料原料中钙与磷含量的重量百分比，与钙磷吸收和肥育牛尿结石的发生率有关。

阴阳离子差 (DCAD)：肉牛饲料原料中对动物酸碱平衡影响最大的钾离子和钠离子 (碱化) 与氯离子和硫离子的差值。

镁钾钙比值：肉牛饲料中镁、钾、钙含量的重量百分比，也称干草痉挛指数。与缺镁导致的痉挛症发生率有关。

微量矿物元素：在动物体和饲料中含量较低，通常以 mg/kg 计的矿物质为微量矿物元素。包括铜、铁、锰、锌、硒、碘、钴。

⑤维生素

-胡萝卜素：类胡萝卜素之一，是一种橘黄色的脂溶性化合物，是饲料原料中一种稳定的天然色素，具有一定的抗氧化性，对于抵抗动物应激有重要作用，是微生物 A 的前提物，在机体需要的时候可以转化成 VA。

维生素 E：又名生育酚，是一种金黄色或者淡黄色的油状物，属于脂溶性维生素，肉牛机体中无法合成或者供应不足的营养成分，是最主要的抗氧化剂之一。

7.3 化学指标的测定方法

通过实验室湿化学法测定的指标主要包括：水分、粗蛋白、粗脂肪、粗灰分、中洗纤维、酸洗纤维、木质素、淀粉、可溶性糖、瘤胃降解蛋白、可溶蛋白、中洗不溶蛋白、酸洗不溶蛋白、非降解饲料代谢蛋白、赖氨酸、蛋氨酸、矿物质元素和维生素。

其中，水分、粗蛋白、中洗不溶蛋白、酸洗不溶蛋白、粗脂肪、粗灰分、中洗纤维、酸洗纤维、木质素、可溶性糖、赖氨酸、蛋氨酸分别使用以下标准测定：GB/T 6435-2014 《饲料中水分的测定》、GB/T 24318-2009 《杜马斯燃烧法测定饲料原料中总氮含量及粗蛋白质》、GB/T 6433-2006 《饲料中粗脂肪的测定》、GB/T 6438-2007 《饲料中粗灰分的测定》、GB/T 20806-2022 《饲料中中性洗涤纤维（NDF）的测定》、NY/T 1459-2022 《饲料中酸性洗涤纤维的测定》、GB/T 20805-2006 《饲料中酸性洗涤木质素（ADL）的测定》、NY/T 2742-2015 《水果及制品可溶性糖的测定 3,5-二硝基水杨酸比色法》、GB/T 18246-2019 《饲料中氨基酸的测定》。

淀粉含量根据熊易强的方法进行测定，可溶性蛋白参考 Licitra 等的方法进行测定。钾、钠、钙、镁采用原子吸收光谱法测定，磷采用钼黄吸光光度法测定，氯采用 GB/T 6439-2023 《饲料中水溶性氯化物的测定》测定，硫采用硝酸镁法进行测定。铁、铜、锰、锌采用原子吸收光谱法测定，碘采用硫氰酸铁-亚硝酸催化动力法测定，硒采用国标 GB/T 13883-2023 《饲料中硒的测定》测定。 -胡萝卜素采用 DB33/T 2333-2021 《饲料中β-胡萝卜素的测定 高效液相色谱法》测定，维生素 E 采用 GB/T 17812-2008 《饲料中维生素 E 的测定 高效液相色谱

法》测定。

瘤胃降解蛋白和非降解饲料代谢蛋白参考 GB/T 40835-2021《畜禽饲料安全评价 反刍动物饲料瘤胃降解率测定 牛饲养试验技术规程》方法，使用瘤胃尼龙袋方法测定出瘤胃不可降解降解蛋白含量，使用饲料原料总粗蛋白含量计算出瘤胃降解蛋白含量。

8、本文件与前续相关标准 NY/T 815-2004 的主要技术差异及创新性

8.1 术语部分的比较：

新版肉牛营养需要标准对术语部分进行了系统性的更新和扩充，以更准确地反映现代肉牛养殖生产的实际需求和科学研究进展。与 2004 版 NY/T 815-2004 相比，新版不仅引入了许多新术语，还删除了一些不再适用的概念，重新定义了部分旧有术语，以确保科学性和实用性。

8.1.1 新增术语及其意义

新版标准中引入了多个新术语，这些术语大多来源于近年来肉牛营养研究领域的新成果，反映了更精细、更科学的营养管理理念。例如：

代谢蛋白质 (Metabolizable Protein, MP)：该术语在新版中得到了明确定义，指进入反刍动物小肠被消化吸收的蛋白质，包括来自饲料过瘤胃蛋白质、瘤胃微生物蛋白质和少量内源蛋白质的消化吸收部分。相比 2004 版中仅以“粗蛋白”作为蛋白质供给的指标，MP 概念能更准确反映肉牛的真实蛋白质需求，避免过度饲喂粗蛋白带来的浪费和环境负担。

代谢赖氨酸 (Metabolizable Lysine, Mlys) 与代谢蛋氨酸 (Metabolizable Methionine, Mmet)：新版标准首次明确了这两种氨基酸的定义与需要量，突出其在蛋白质合成中的关键作用。这一变化反映了现代肉牛营养研究向氨基酸平衡供给方向的转变，避免了仅靠粗蛋白供给指标可能导致的氨基酸不足或过剩问题。

物理有效中性洗涤纤维 (Physical Effective Neutral Detergent Fiber, peNDF)：新版引入了该术语，用于衡量粗饲料纤维对反刍动物咀嚼反刍和瘤胃健康的物理刺激作用。peNDF 的引入弥补了 2004 版中仅按 NDF (中性洗涤纤维) 含量评估纤维质量的不足，更科学地指导粗饲料选择和饲粮配比。

净能体系 (Net Energy System, NE)：新版将净能体系细化为维持净能 (NEm)

和增重净能 (NEg), 明确了不同能量用途的供给需求, 取代了 2004 版单一总消化养分 (TDN) 的粗略评估方式, 提升了能量供给的精准性。

8.1.2 被删除术语的分析

新版标准删除了一些过时或与现代养殖理念不符的术语, 例如:

总消化养分 (Total Digestible Nutrients, TDN): 2004 版将 TDN 作为主要能量供给指标, 但由于 TDN 仅反映了饲料消化的总营养量, 未区分能量的不同用途 (维持、增重、产奶等), 在实际饲养中的指导意义有限。新版改用更科学的“代谢能 (ME)”和“净能 (NE)”体系, 体现了现代营养学对能量供给利用效率的关注。

粗纤维 (Crude Fiber, CF): 该术语在 2004 版中用于衡量饲料中的纤维含量, 但现代研究发现粗纤维指标无法准确反映纤维的功能特性, 如瘤胃发酵速率、刺激反刍等作用。新版用“中性洗涤纤维 (NDF)”和“酸性洗涤纤维 (ADF)”替代, 更具生物学意义。

蛋白质效率比 (PER): 该术语在 2004 版中用于评估蛋白质的利用率, 但随着现代养殖实践发展, PER 指标在肉牛养殖中的适用性逐渐下降, 取而代之的是“代谢蛋白质 (MP)”体系, 更贴合反刍动物的营养消化特点。

8.1.3 术语调整背后的创新逻辑

新版标准的术语调整, 不仅仅是概念的更换, 更体现了一种整体营养供给策略的转变:

从粗略评估到精细化供给: 2004 版中的许多术语, 如 TDN、CF 等, 侧重于大致评估饲料成分含量, 指导性有限。新版引入 MP、Mlys、Mmet 等术语, 反映了更科学、更精准的营养供给理念, 强调蛋白质与能量的高效利用。

从成分导向到功能导向: 新版标准的许多新增术语更关注营养成分的实际功能作用, 如 peNDF 体现了纤维对瘤胃功能的促进作用, 而不是仅仅罗列成分含量。这种转变有助于提高饲料利用率、保障动物健康。

与国际接轨, 体现前沿研究成果: 新版标准中的许多术语, 如 MP、peNDF 等, 借鉴了国际先进的营养研究成果, 与 NRC (美国国家研究委员会) 等权威标准体系接轨, 提升了我国肉牛营养标准的国际竞争力。

综上所述, 新版标准在术语部分的调整和创新, 体现了现代肉牛营养研究成

果的集成和应用，进一步推进了肉牛养殖向科学化、精准化、高效化方向发展。

8.2 牛种按小中大体型分类方面的比较；

新版标准在养殖体系和阶段划分上进行了全面优化和细化，相比 2004 版更加贴合现代养殖模式和生产需求。

新版标准对肉牛做出了明确的品种体型分类规定，根据体型分类制定相应的养分需要量，使营养供给需求更加科学化和精准化。

8.2.1 分类体系科学化

旧标准未建立品种与体型对应关系，新版标准通过肉牛品种体型和实际生产用途的构建了科学映射体系。2004 版标准（NY/T815-2004）在营养需求制定中仅以活体重和日增重为单一维度，将所有肉牛视为均质化群体。而新版标准构建了三级体型分类体系，依据牛种成熟体重这一遗传特征参数，将肉牛划分为小型、中型、大型三个独立类别，涵盖我国主要地方品种及引进良种。这种变革使营养供给从粗放的体重导向转变为体型导向，分类精度提升显著，较旧标准更贴合品种营养需求规律。

8.2.2 营养供给需求精准化

新版标准整合 NASEM 2016 版动态算法，将体型分类与营养需求计算深度耦合，将体型分类作为关键变量植入维持净能（NEm）和增重净蛋白（NPg）计算体系，比较了不同体型肉牛的需要量差异，解决了旧标准“大牛吃小灶、小牛吃大餐”的资源错配问题，更通过遗传特性与营养供给的精准对接，为品种改良、生态养殖提供了底层技术支撑。

综上所述，新版饲养标准通过构建科学的体型分类体系，不仅实现了从“重量导向”到“体型导向”的精细化转变，更推动我国肉牛养殖业向精准化、本土化方向迈进。这种体系创新既符合国际动物营养学研究趋势，又切合我国多元化养殖现状，为产业转型升级提供了强有力的技术支撑。

8.3 养殖体系和养殖阶段的划分问题；

8.3.1 新版养殖体系的划分

考虑到我国肉牛品种繁多，存在难以分类的难题，新版标准依据肉牛体型、

品种和生产用途，将肉牛养殖体系划分为小型、中型、大型及乳肉兼用等类别，进一步细化了不同类别牛只的营养供给需求。

小型牛：母牛成熟体重 300kg 左右，阉牛成熟体重 400kg 左右，公牛成熟体重 450kg 左右，代表品种包括渤海黑牛、舟山牛、皖南牛、广丰牛、闽南牛、大别山牛、枣北牛、巫陵牛、雷琼牛、盘江牛、三江牛、云南高峰牛、吉安黄牛、锦江黄牛、蒙山牛、南丹黄牛、涠洲黄牛、川南山地黄牛、黎平黄牛、威宁黄牛、迪庆黄牛、昭通黄牛、温岭高峰牛及其相近体型的杂交牛后代。小型牛在生长速度和饲料转化率上具有优势，适合地域性生态养殖。

中型牛：母牛成熟体重 500kg 左右，阉牛成熟体重 680kg 左右，公牛成熟体重 780kg 左右，代表品种包括新疆褐牛、南阳牛、鲁西牛、晋南牛、延边牛、复州牛、草原红牛、安格斯牛、海福特牛、德国黄牛等。该类型牛在生长性能和肉质之间取得平衡，适合规模化养殖场。

大型牛：母牛成熟体重 680kg 左右，阉牛成熟体重 880kg 左右，公牛成熟体重 1000kg 左右，代表品种代表品种包括西门塔尔牛、比利时蓝牛、皮埃蒙特牛、夏洛来牛、利木赞牛、南德温牛、荷斯坦牛等。这类牛生长快、出肉率高，但对饲养管理要求较高。

乳肉兼用牛：主要包括西门塔尔和荷斯坦及其杂交品种，兼顾产奶和肉用性能，适合多功能养殖场。

相比 2004 版的粗略划分，新版标准按体型和用途细分，便于养殖户根据牛只类型精准调整饲养策略，提高饲料利用率，降低生产成本。

8.3.2 新版养殖阶段的划分

新版标准在养殖阶段划分上也更加精细科学，打破了 2004 版的简单生长—育肥划分方式，新增了多个关键阶段：

犊牛期（出生至 6 月龄）：强调早期营养补充和免疫建立，提出具体的蛋白质、能量和微量元素需求量。

育成期（6-14 月龄）：细化为“育成牛”和“青年母牛”两个阶段，育成牛关注快速增重，青年母牛兼顾骨骼发育和未来繁殖性能。

架子牛期（13-24 月龄）：新增“架子牛”类别，包括草原放牧架子牛和农区育肥架子牛，针对不同来源和饲养方式提出差异化营养需求。

肥育前期（12-18 月龄）与肥育后期（18-30 月龄）：强化了高能量、高蛋白供给，帮助牛只快速达标出栏。

成年母牛与公牛细化：特别细化了青年母牛、初产母牛和经产母牛三个阶段，对公牛也区分了未阉割公牛与阉牛的营养供给差异。

8.3.3 新旧版对比及优势分析

与 2004 版相比，新版养殖体系和阶段划分具有以下几大优势：

精准营养供给，提高生产效率：新版从“一个阶段一套方案”细化到“一个阶段多种方案”，结合牛只体型、用途、年龄精准配比营养。比如架子牛阶段新增了农区和草原架子牛的区别，让放牧牛和饲养牛都能获得适合的营养配方，避免浪费。

满足不同养殖模式需求：2004 版主要面向传统育肥模式，新版适配更多养殖模式，包括规模化育肥场、家庭牧场、半舍饲放牧等，满足多样化养殖需求。例如乳肉兼用牛体系的引入，帮助养殖户根据市场变化灵活调整生产方向。

提升肉牛健康水平和肉质：新版新增了“物理有效 NDF”“代谢赖氨酸”“代谢蛋氨酸”等指标，确保牛只在快速生长的同时，维持瘤胃健康，提升肉质和生产性能，避免因过度追求增重而出现脂肪沉积过高、瘤胃紊乱等问题。

兼顾生态环保与成本控制：新版在划分阶段时，引入了“瘤胃氮能平衡”“代谢蛋白”等指标，帮助养殖户优化蛋白质供给，减少氮排放，降低环境污染，同时也降低了饲料成本。

数据支撑更科学：新版标准基于大量实测数据，结合国内外最新研究成果，确保划分标准的科学性和实用性，提供了具体的能量、蛋白质、淀粉、NDF 等详细数据，指导性更强。

综上所述，新版标准在养殖体系和阶段划分上的细化和优化，不仅满足了现代肉牛生产的实际需求，还提高了养殖效率、健康水平和经济效益，推动了肉牛养殖向科学化、精细化、环保化方向发展。

8.4 能量体系和蛋白质体系的不同；

新版标准在能量体系和蛋白质体系方面进行了重大调整，旨在提高饲料利用率、优化营养供给、促进肉牛健康生长，并适应现代养殖模式的需求。

8.4.1 能量体系的变化

8.4.1.1 2004 版的能量体系回顾

在 2004 版 NY/T 815 中，能量体系采用了“总能 (GE)”、“综合净能 (CNE)”和“肉牛能量单位 (BEU)”等指标，并将净能进一步划分为“维持净能 (NEm)”和“增重净能 (NEg)”。

总能 (GE)：饲料燃烧产生的总热量，包括动物无法消化的部分。

综合净能 (CNE)：考虑了能量损失后的实际可用能量，但计算方法复杂，推广应用不便。

肉牛能量单位 (BEU)：结合增重和维持需求，用统一单位表示，但该指标较为笼统，不利于细化配方。

8.4.1.2 新版能量体系的调整

新版标准摒弃了“总能 (GE)”、“综合净能 (CNE)”和“肉牛能量单位 (BEU)”这些旧指标，专注于代谢能 (ME)、净能 (NE) 及净能体系的深化应用，核心变化体现在：

删除总能 (GE) 和综合净能 (CNE)

这两个指标虽然反映了饲料的能量总量，但在实际生产中意义不大。总能包含不可消化部分，并不能真实反映饲料对牛的有效供能能力，而综合净能的计算方式复杂，不利于养殖场实际操作。因此，删除这些指标，让能量评估更聚焦于动物能真正吸收利用的部分。

保留并强化净能 (NE) 体系

新版延续了“维持净能 (NEm)”和“增重净能 (NEg)”，但删除了“肉牛能量单位 (BEU)”这种折算指标，改用代谢能 (ME) 作为主要参考值。

维持净能 (NEm)：满足肉牛维持生命活动的基本能量消耗。

增重净能 (NEg)：肉牛用于增重的净能，反映体组织沉积需要的能量。

ME：新版突出代谢能在饲料评价中的地位，它反映了饲料消化吸收后的真实可利用能量，是国际主流指标（如美国 NRC、欧洲 INRA 采用的标准）。

8.4.2 蛋白质体系的变化

8.4.2.1 2004 版蛋白质体系概述

2004 版标准主要用粗蛋白 (CP) 作为蛋白供给指标，并简单区分了瘤胃降解蛋白 (RDP) 和瘤胃非降解蛋白 (RUP)。但对蛋白质的“有效性”考虑不足，

没有细化必需氨基酸供给，导致饲喂配方较为粗放，易造成蛋白浪费。

8.4.2.2 新版蛋白体系的调整

新版标准引入了更精细的蛋白质体系，包括以下关键概念：

引入代谢蛋白（MP）体系。MP 是进入小肠并可被动物吸收的蛋白质，包括：
过瘤胃蛋白（RUP）：未被瘤胃微生物降解的蛋白质，直接进入小肠消化吸收；
瘤胃微生物蛋白（MCP）：由瘤胃微生物合成的可利用蛋白；少量的内源蛋白。

增加对必需氨基酸的考量。2004 版标准未对氨基酸进行详细要求，而新版标准特别列出了代谢赖氨酸（Mlys）和代谢蛋氨酸（Mmet）的需要量。这一变化的主要原因在于：赖氨酸和蛋氨酸是限制性氨基酸，其供给水平直接影响蛋白质合成效率；通过优化这两种氨基酸的比例，可提升蛋白质的利用率，减少氮排放，提高饲料转化率。

优化蛋白质降解与利用的平衡。旧版标准对瘤胃降解蛋白（RDP）和瘤胃非降解蛋白（RUP）的划分较为粗略，新版标准则优化了二者的配比，使瘤胃氮源和可利用能量（TDN）的平衡更加合理，提高微生物蛋白的合成效率。

8.4.2.3 为什么要更改蛋白质体系？

提升蛋白质利用效率：传统“粗蛋白”指标无法区分哪些蛋白真正被牛只消化利用，新版将蛋白质按“代谢蛋白质”进行划分，确保饲料中蛋白质利用最大化，减少氮浪费。

保障瘤胃功能：通过区分“瘤胃降解蛋白质”和“瘤胃非降解蛋白质”，新版体系保障了瘤胃微生物正常发酵，维持瘤胃菌群平衡，提高了牛只消化效率，降低了胀气、酸中毒等瘤胃紊乱风险。

支持精准配方：新版体系提供了代谢赖氨酸（Mlys）、代谢蛋氨酸（Mmet）等具体氨基酸需求量数据，帮助养殖户根据牛只生长阶段、生产用途制定更精准的饲料配方，提升增重效率。

8.4.3 能量体系与蛋白质体系的协同优势

新版标准的能量体系与蛋白质体系互相配合，实现了营养供给的科学性和实用性。能量体系保障了牛只生长所需的基础能量，确保维持与增重的能量供给不被浪费；蛋白质体系提供高效、易消化的蛋白质来源，满足瘤胃微生物和牛只自身的氨基酸需求，提升日增重和饲料转化率。综上所述，新版标准的能量体系与

蛋白质体系的更新，不仅体现了国际先进营养研究成果，也更加贴合国内肉牛养殖实际，有助于提高养殖效益，保障肉牛健康，推动养殖业可持续发展。

8.5 给出了赖氨酸、蛋氨酸、淀粉和物理有效 NDF 需要量的数据；

新版标准在蛋白质与能量供给方面进行了重大革新，新增了对赖氨酸 (Lys)、蛋氨酸 (Met)、淀粉 (Starch) 及物理有效 NDF (peNDF) 的详细需要量数据。这些指标的引入，不仅提升了营养供给的精准度，还体现了现代肉牛饲养从“粗放型供给”向“精细化营养”的转变。在 2004 版标准中，蛋白质供给主要以粗蛋白 (CP) 为核心，能量则主要关注总消化养分 (TDN) 和代谢能 (ME)。然而，随着研究的深入，人们发现这种“粗略估算”无法满足现代肉牛生产的高效需求，尤其是在肥育牛、成年母牛、架子牛等不同生产阶段，营养需求表现出明显差异。新版标准参考了国际前沿体系，引入了更精细的氨基酸、淀粉、纤维结构指标，精准调控蛋白质与能量供给，从而提升饲料利用效率、促进增重、改善肉质，并降低氮排放。

新版标准新增指标解析

8.5.1 赖氨酸 (Lys) ——核心限制性氨基酸

赖氨酸是肉牛蛋白质合成的第一限制性氨基酸，直接决定了蛋白质的沉积效率。在新版标准中，赖氨酸的推荐量按照代谢赖氨酸 (mLys) 进行计算，这一指标反映了进入小肠被肉牛实际消化吸收、参与代谢的赖氨酸量。新增数据的依据：新版标准参考 BR-CORTE 2016，结合肉牛生长阶段与生产性能，确定赖氨酸需求量，使之与代谢蛋白质 (MP) 供给保持平衡。mLys/MP 比值作为衡量氨基酸平衡的关键指标，在新版中被明确提出，保障氨基酸供给不浪费、不缺乏。与 2004 版的差异：2004 版仅考虑粗蛋白供给，没有氨基酸具体需要量的数据。新版标准细化了赖氨酸供给目标，确保蛋白合成效率最大化，减少氮排放，促进日增重。生产意义：提供赖氨酸具体需求量，优化饲料配方，降低昂贵蛋白饲料的过度使用，减少饲料成本。

8.5.2. 蛋氨酸 (Met) ——支撑脂肪代谢的关键

蛋氨酸是第二限制性氨基酸，在肉牛体内参与脂肪代谢、抗氧化反应和免疫调节。新增数据的依据：参考 BR-CORTE 2016 和 NASEM 2016，新版明确了蛋氨酸供给量，确保蛋白质合成与脂肪代谢双平衡。引入 mMet/MP 比值，与 mLys

配合使用，确保两者比例合理，避免氨基酸不平衡带来的“氮损失”。与 2004 版的差异：旧版仅考虑粗蛋白供给，无氨基酸具体需要量指标。新版标准精准提出蛋氨酸供给量，更符合肉牛生长与脂肪沉积的营养需求。生产意义：促进肉牛健康生长，提高胴体脂肪分布合理性，提升肉质风味。

8.5.3 淀粉（Starch）——可发酵碳水化合物的核心

新版标准首次明确了淀粉的需求量，体现了“精准供能”的理念转变。新增数据的依据：结合 NASEM 2016 的能量供给模型，确定了肉牛在不同生长阶段所需的淀粉供给量。区分快速发酵淀粉（如玉米）与慢速发酵淀粉（如大麦），强调两者比例搭配对瘤胃发酵平衡的重要性。与 2004 版的差异：2004 版未细化淀粉需要量。新版则细化了淀粉供给量，确保瘤胃发酵效率与小肠能量吸收同步优化。生产意义：控制快速发酵淀粉比例，减少瘤胃酸中毒风险，提高饲料利用效率，促进增重。

8.5.4 物理有效中性洗涤纤维（peNDF）——维持瘤胃健康的核心指标

peNDF 是新版标准引入的关键指标，反映了饲料纤维的物理结构对瘤胃健康的作用，旨在确保瘤胃的正常蠕动与微生物发酵功能。新增数据的依据：参考国际最新研究成果，结合 NASEM 2016 对纤维结构的划分，明确不同阶段肉牛的 peNDF 需求量。新版定义了 $peNDF = NDF \times \text{物理有效因子 (pef)}$ ，其中 pef 反映饲料纤维的长度与硬度对咀嚼反刍的刺激程度，数值越高越能维持瘤胃的正常发酵环境。与 2004 版的差异：2004 版仅关注 NDF 含量，未涉及 peNDF 概念，忽略了纤维物理结构的作用。新版强调 peNDF 与瘤胃健康的关系，确保反刍时间充足、瘤胃酸度稳定、减少酸中毒风险。生产意义：提高饲料配方的科学性，避免粗纤维不足引发瘤胃紊乱，提高饲料转化率。

新版标准引入赖氨酸、蛋氨酸、淀粉和物理有效 NDF 的具体需求量，不仅体现了营养供给的精细化，也推动了我国肉牛养殖向高效、环保、精准营养的方向迈进。这四大指标的增加，不仅提高了日粮配方的精准度，也优化了肉牛的生长效率、改善了肉质，同时减少了氮排放、瘤胃紊乱等养殖痛点，为现代肉牛养殖提供了更加科学的营养指导方案。

8.6 饲料原料的概略养分和营养成分指标的差异；

本标准对饲料原料的种类、营养成分指标、制表格式等方面进行了优化，丰

富了饲料原料种类及养分指标信息。

8.6.1 饲料原料数据库的更新与扩充

2004 版中展示了 71 种植物源性饲料原料及 22 种矿物质饲料信息，新版标准对已有的饲料原料的养分含量进行了更新，并进一步扩大了饲料原料数据库进，将常用的植物源性饲料原料扩大到 190 多种，矿物质饲料扩大到 28 种，此外还补充市场常见维生素饲料 4 种和添加剂饲料 18 种。

8.6.2 新增养分指标解析

新版标准中饲料原料营养成分表中的指标为计算肉牛营养需要量表中的指标服务，以满足配制的饲粮配方能与肉牛营养需求相匹配。因此新增饲料原料养分指标与肉牛营养需要量表中的新增指标相似，与 2004 版的饲料养分指标相比增加了 24 个实验室分析指标和 17 个计算指标数据，主要有以下变化。

8.6.2.1 能量系统重构

采用代谢能（ME）和净能分级体系：新版标准中新增了饲料的 ME 含量并将 NE 区分为维持净能（NE_m）与增重净能（NE_g），能更直接反映饲料实际可利用能量，精准匹配肉牛不同生产水平的能量需求，与国际能量体系接轨。

TDN 综合评估：尽管 TDN 不在肉牛营养需要表中展示，但其反应了饲料原料中碳水化合物、脂肪、蛋白质等指标的利用率，是计算饲料的代谢能和净能的基础，因此在饲料营养成分表中保留。

8.6.2.2 纤维功能化升级

peNDF 引入和木质素定量：peNDF 是肉牛营养需要量表中的新增指标，为通过粒径分析量化纤维的物理刺激作用，保障瘤胃健康。明确纤维消化限制因子含量，能反应纤维的可消化程度，指导粗饲料组合优化。

8.6.2.3 蛋白质代谢水平深化

代谢蛋白分型：将代谢蛋白分为氮素代谢蛋白（nMP）和能量代谢蛋白（eMP），nMP 反映氮沉积效率，用于生长牛精准供氮，eMP 评估蛋白质供能贡献，指导低蛋白日粮设计。

氨基酸代谢转化：赖氨酸和蛋氨酸是肉牛饲粮配方的第一和第二限制性氨基酸，新版标准中对其代谢类型进行分型，分为氮素代谢 Lys（nMLys）、能量代谢 Lys（eMLys）、氮素代谢 Met（nMMet）、能量代谢 Met（eMMet），破解传统“粗

蛋白-赖氨酸"线性关系的局限性。

8.6.2.4 矿物质系统化扩展与必需维生素的覆盖

常量元素比值：补充了钙磷比（Ca:P）指标，考虑钙磷在吸收过程中的拮抗作用，防止比例失调造成养分缺乏。阴阳离子差（DCAD）是饲料中主要的阳离子（Na⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺等）与阴离子（Cl⁻、S²⁻等）的摩尔含量差值，近年来人们越来越重视的饲料中的阴阳离子浓度，通过阴阳离子浓度平衡调控瘤胃液 pH，预防亚急性酸中毒。

必需矿物元素和维生素全覆盖：新增镁、钾、钠、氯、硫、碘、钴、硒、铁、铜、锰、锌、碘、钴、硒及β-胡萝卜素、麦角固醇、维生素 E 等必需矿物元素和维生素信息，以满足肉牛生长对必需矿物元素及维生素的需求。

8.7 旧版指标的保留和删除说明

新版标准的养分指标建立在肉牛营养需要发展的基础上，对于基本的养分指标进行保留，随着研究越来越深入，一些粗放的指标不再适用当今肉牛养殖技术或被一些更为精准而科学的指标取代。

常规养分指标：2004 版中展示的饲料 DM、CP、EE、CF、NFC、Ash、钙、磷、NDF、ADF 等 10 个指标是评价饲料营养价值的基础养分指标，新版标准予以保留。

能值系统：新版标准删除了 2004 版中饲料的 DE、综合净能（NE_{mf}）、和肉牛能量单位（RND），前文 4.1.2 处已说明原因。

蛋白系统：新版标准中采用国际标准中更为常用的代谢蛋白体系（MP），代替 2004 版中饲料的能氮平衡相关指标和小肠可消化蛋白体系相关指标，包括可消化蛋白（DP）、瘤胃能氮平衡（REN_B）及其计算指标 MCP_f（能量估测微生物蛋白）和 MCP_p（RDP 估测微生物蛋白）、小肠可消化蛋白（IDCP）及其计算指标 IDC_{PMF}（由可发酵有机物计算得到的 IDCP）、IDCP_{MP}（由 RDP 含量计算得到的 IDCP）、IDCP_{UDP}（表示小肠可消化瘤胃非降解蛋白质）。

纤维组分：CF 在表征饲料中纤维含量时会忽略部分半纤维素，新版标准中不再展示 CF 含量，而是使用目前更为常用的 Van Soest 洗涤纤维系统。

8.8 饲料原料营养价值表新格式

以每个饲料原料一张表格的形式列出了 54 种饲料原料的概略养分和营养价值指标；新版标准的饲料原料营养价值表采用了新颖的单饲料单表格的表形式，在实用性和信息含量上比 2024 版更为完善。

8.8.1 饲料营养价值表的格式优化

新版标准中的饲料原料营养价值表在表现形式上与前续标准相比具有巨大的改变。前续标准中将同一类饲料名作为行，养分指标为列，一表展示多种饲料，然而这种展示方法会导致列名太多，无法在一个表格中展示全部养分指标，在获取某一种饲料原料养分信息时可能需要翻找多个表格，而且表格过长在查阅时容易串行，使用起来较为麻烦。本标准中将每种饲料原料养分含量单独制表，保证了饲料养分的全面性，更加便于查阅某一种饲料的养分信息，减小阅读难度。

8.8.2 饲料营养加指标内容分类优化

新版标准中对各饲料养分进行了分类，如：有效能值养分、概略养分及碳水化合物、蛋白质与氨基酸、矿物质元素、维生素等，更有利于查阅时对信息的提取，使养分信息一目了然。

8.8.3 新版饲料原料营养价值表的缺点

在实用性上，新版标准具有明显便于阅读和信息提取优势，但是不利于比较同类型饲料的养分信息。由于新标准的建立更注重在产业中的实用性，新版的展现形式更符合大众的使用需求。

四、采用国际标准

无。

考虑到我国肉牛品种繁多，存在难以分类的难题，新版标准依据肉牛体型、品种和生产用途，将肉牛养殖体系划分为小型、中型、大型及乳肉兼用等类别，进一步细化了不同类别牛只的营养供给需求。美国 NASEM(2016)中推荐的需要量参数不适用于我国目前的肉牛生产。我国的《肉牛饲养标准》农业行业标准 NY/T 815-2012 于 2004 年发布，本标准对该行业的技术内容进行了补充、更新和完善。

五、与现行法律法规和强制性标准的关系

本标准与现行法律法规和强制性标准没有冲突。

本标准的制定严格遵守《中华人民共和国食品安全法》、《中华人民共和国畜牧法》和《中华人民共和国农产品质量安全法》等国家法律法规的要求。本标准营养需要参数等定量性营养指标的制定符合《饲料和饲料添加剂管理条例》、中华人民共和国农业部第 1224 号公告中《饲料添加剂安全使用规范》及《饲料卫生标准》的要求。

与本标准相关的国家和行业标准如下：农业行业标准 NY/T 815-2004《肉牛饲养标准》，详细规定了肉牛各生长阶段主要营养素需要量及常用饲料原料的营养价值。本标准对该行业的技术内容进行了补充、更新和完善，技术内容更为全面。

六、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

七、标准作为强制性或推荐性标准的意见

建议将本标准作为推荐性标准发布实施，并加强标准的宣贯。

八、贯彻标准的要求和措施建议

实施要求：因本标准为推荐性国家标准，供肉牛饲料企业、养殖户在配制肉牛饲料时采纳。标准的实施需要全方位、多渠道宣贯。

组织措施：由主管部门、TC 秘书处或组织起草单位组织、策划，开展标准宣贯。

技术措施：制定宣贯计划、编制宣贯文件和标准解读文件等，在书刊杂志、网站、微信公账号等媒介报道标准制定、发布和实施情况。

过渡办法：本标准与现行的农业行业标准 NY/T 815-2004《肉牛饲养标准》衔接较好因此不需要过渡期调整，

建议在发布半年后实施。通过宣贯，引导技术内容逐步应用到肉鸭产业的饲料配制。

九、废止现行有关标准的建议

本标准在行业标准《肉牛饲养标准》(NY/T 815-2004)基础上进一步补充完善的,建议本标准发布后将行标 NY/T 815-2004 作废。

十、其他应予说明的事项

无。

十一、主要参考文献:

1. 农业部行业标准《肉牛饲养标准》NY/T 815-2004;
2. 法国《牛、绵羊和山羊饲养精要》(中译本), 2013 中国农业大学出版社出版, ISBN : 978-7-5655-0829-5
3. 《中国畜禽遗传资源志 牛志》(2011 年中国农业出版社, ISBN : 9787109153516)
4. 日本《日本饲养标准-肉用牛》(中译本), 2009, 中国农业大学出版社 ISBN : 978-7-8111-7880-7
5. 孟庆翔. 矿物质在肉牛饲养中的作用 [J]. 饲料工业, 2022, 43(24):1-8. DOI:10.13302/j.cnki.fi.2022.24.001.
6. 孟庆翔. 肉牛饲料营养价值研究之维生素及添加剂饲料有效成分 [J]. 饲料工业, 2020, 41(23):14-15. DOI:10.13302/j.cnki.fi.2020.23.003.
7. 孟庆翔. 肉牛饲料营养价值研究之矿物质饲料的有效成分和利用率 [J]. 饲料工业, 2020, 41(21):5-7. DOI:10.13302/j.cnki.fi.2020.21.002.
8. 余涵婧, 梁欢, 易中华, 等. 微量元素硒在反刍动物生产中应用与研究进展 [J]. 饲料研究, 2020, 43(10):120-123. DOI:10.13557/j.cnki.issn1002-2813.2020.10.030.
9. 孟庆翔. 肉牛饲料营养价值研究之饲料微量矿物元素与维生素营养 [J]. 饲料工业, 2020, 41(19):42-45. DOI:10.13302/j.cnki.fi.2020.19.008.
10. 瞿明仁, 梁欢. 我国肉牛营养与饲料研究进展 [J]. 动物营养学报, 2020, 32(10):4716-4724.
11. 孟庆翔. 肉牛饲料营养价值研究之常量矿物元素营养 [J]. 饲料工业, 2020, 41(17):9-12. DOI:10.13302/j.cnki.fi.2020.17.002.
12. 孟庆翔. 肉牛饲料营养价值研究之能量与蛋白质营养 [J]. 饲料工业, 2020, 41(15):19-23. DOI:10.13302/j.cnki.fi.2020.15.004.
13. 孟庆翔. 肉牛饲料营养价值研究之饲料原料常规成分 [J]. 饲料工业, 2020, 41(13):45-48. DOI:10.13302/j.cnki.fi.2020.13.008.

14. 孟庆翔.中国肉牛饲料营养价值评价体系的建议[J].饲料工业,2020,41(11):1-4.DOI:10.13302/j.cnki.fi.2020.11.001.
15. 柏峻,赵二龙,李美发,等.育肥后期锦江牛能量代谢规律及需要量的研究[J].中国畜牧兽医,2019,46(03):732-739.DOI:10.16431/j.cnki.1671-7236.2019.03.011.
16. 孟庆翔.建立中国特色的肉牛能量和蛋白质需要量体系[J].饲料与畜牧,2014,(07):2.
17. 张晓明.秦川牛能量和蛋白质需要量研究[D].四川农业大学,2014.
18. 张玉枝,赵广永.舍内拴系饲养条件下肉牛肥育期间能量需要量的研究[C]//反刍动物营养需要及饲料营养价值评定与应用.中国农业大学动物科技学院,;2011:253-256.
19. 魏明,颜培实.生长期皖东牛能量代谢规律与需要量研究[C]//中国畜牧兽医学会家畜环境卫生学分会.中国畜牧兽医学会家畜环境卫生学分会2016学术年会论文集.南京农业大学动物科技学院,;2016:19.
20. 刘明明.皖东牛生长期能量需要评价模型的建立及代谢产热量与增重关系的研究[D].硕士学位论文.南京:南京农业大学,2015.
21. 陈艳,王之盛,张晓明,等.生长期秦川牛能量代谢规律与需要量研究[J].动物营养学报,2016,28(05):1573-1580.
22. NASEM 2016, Nutrient Requirement of Beef Cattle, 8th Revised Edition, USA;
23. NRC, 2000, Nutrient Requirement of Beef Cattle, 7th Revised Edition, USA;
24. CNCPS, 2003, The Net Carbohydrate and Protein System for Evaluating Herd Nutrition and Nutrient Excretion, CNCPS version 5.0. USA;
25. NASEM, 2021, Nutrient Requirement of Dairy Cattle, 8th Edition, USA;
26. NRC 2001, Nutrient Requirement of Dairy Cattle, 7th Edition, USA;
27. BR-CORTE, 2016, Nutrient Requirements of Zebu and Crossbred Cattle, 3rd Edition, 2016, Brazil;
28. INRA, 2018, INRA Feeding System for Ruminants, France; WTSR, 2010, Nutrient Requirements of Beef Cattle in Indochinese Peninsula, 1st Edition, Tailand ;
29. INRA, 2002, Tables of Composition and Nutritional Value of Feed Materials, France;
30. CSIRO, 2007, Nutrient Requirements of Domesticated Ruminants, Australia;
31. NorFor, 2011, The Nordic Feed Evaluation System, Wageningen Academic Publishers;
32. Forbes, J.M. 2003. The multifactorial nature of food intake control1. Journal of Animal Science, 81(14_suppl_2), E139-E144.

33. Fox, D.G., Sniffen, C.J., Oconnor, J.D., Russell, J.B., Vansoest, P.J. 1992. A Net Carbohydrate and Protein System for Evaluating Cattle Diets .3. Cattle Requirements and Diet Adequacy. *Journal of Animal Science*, 70(11), 3578-3596.
34. Mertens, D.R. 1987. Predicting Intake and Digestibility Using Mathematical-Models of Ruminant Function. *Journal of Animal Science*, 64(5), 1548-1558.
35. Oconnor, J.D., Sniffen, C.J., Fox, D.G., Chalupa, W. 1993. A Net Carbohydrate and Protein System for Evaluating Cattle Diets .4. Predicting Amino-Acid Adequacy. *Journal of Animal Science*, 71(5), 1298-1311.
36. Russell, J.B., Oconnor, J.D., Fox, D.G., Vansoest, P.J., Sniffen, C.J. 1992. A Net Carbohydrate and Protein System for Evaluating Cattle Diets .1. Ruminant Fermentation. *Journal of Animal Science*, 70(11), 3551-3561.
37. Sniffen, C.J., Oconnor, J.D., Vansoest, P.J., Fox, D.G., Russell, J.B. 1992. A Net Carbohydrate and Protein System for Evaluating Cattle Diets .2. Carbohydrate and Protein Availability. *Journal of Animal Science*, 70(11), 3562-3577.
38. Marques, R.S., Cooke, R.F., Rodrigues, M.C., Cappellozza, B.I., Mills, R.R., Larson, C.K., Moriel, P., Bohnert, D.W. 2016. Effects of organic or inorganic cobalt, copper, manganese, and zinc supplementation to late-gestating beef cows on productive and physiological responses of the offspring. *Journal of Animal Science*, 94(3), 1215-1226.
39. Anele, U.Y., Domby, E.M., Galvany, M.L. 2014. Predicting dry matter intake by growing and finishing beef cattle: Evaluation of current methods and equation development. *Journal of Animal Science*, 92(6), 2660-2667.