



“十三五”国家重点图书出版规划项目
当代动物营养与饲料科学精品专著

*D*angdai Dongwu Yingyang Yu
Siliao Kexue Jingpin Zhuanzhu

中国肉用绵羊 营养需要

刁其玉◎著

ZHONGGUO ROUYONG MIANYANG
YINGYANG XUYAO

 中国农业出版社



“十三五”国家重点图书出版规划项目
当代动物营养与饲料科学精品专著

中国肉用绵羊 营养需要

刁其玉 著

中国农业出版社
北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

中国肉用绵羊营养需要 / 刁其玉著. —北京: 中国农业出版社, 2018. 10

当代动物营养与饲料科学精品专著

ISBN 978-7-109-24574-7

I. ①中… II. ①刁… III. ①肉用羊-绵羊-营养需要 IV. ①S826.95

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 206785 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区麦子店街 18 号楼)

(邮政编码 100125)

策划编辑 黄向阳 周晓艳

责任编辑 周晓艳

北京中科印刷有限公司印刷 新华书店北京发行所发行

2019 年 1 月第 1 版 2019 年 1 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 17.25 插页: 1

字数: 385 千字

定价: 128.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)



内容简介

本书为我国第一部综合性肉羊营养需要研究专著，基于国内外最新的科学理论和技术方法，在开展大量试验研究的基础上，归纳总结的我国肉用绵羊营养需要量参数，具有广泛的可应用性和指导意义，主要面向我国科研、教学及广大肉羊产业工作者，服务于我国肉羊产业的发展，其内容如下：

第一章为中国羊业概述，主要介绍我国肉羊养殖、肉羊品种资源、世界肉羊养殖业发展趋势与特点及我国肉羊产业发展要点等。第二章为肉羊的消化生理及生物学特性，着重介绍了肉羊消化道器官特点，尤其是瘤胃功能及其对营养物质的吸收和利用。第三章是肉羊能量代谢与需要，论述了目前肉羊能量研究进展，以及我国杜寒杂交肉用绵羊能量需要量参数。第四章是肉羊蛋白质营养与需要，给出了目前肉羊蛋白质研究进展，以及我国杜寒杂交肉用绵羊蛋白质需要量参数。第五章是肉羊矿物质营养与需要，主要给出了杜寒杂交肉羊对于钙、磷、钠、钾、镁等常量元素，以及铜、铁、锌、锰等微量元素的需要量。第六章是肉羊纤维素营养与需要，提出了杜寒杂交肉羊不同生产阶段的适宜中性洗涤纤维水平。第七章是繁殖母羊的营养需要，重点介绍了杜寒杂交母羊妊娠期、泌乳期和空怀期对能量和蛋白质的需要量。第八章和第九章分别是肉羊饲料能值和蛋白质的估测模型，为营养需要参数的具体应用提供了依据。第十章是肉羊常用饲料营养价值数据库的建立，主要对肉羊常用饲料营养价值及其营养成分估测方法进行介绍。



丛书编委会

主任委员

李德发 (院 士, 中国农业大学动物科学技术学院)

副主任委员

印遇龙 (院 士, 中国科学院亚热带农业生态研究所)

麦康森 (院 士, 中国海洋大学水产养殖系)

杨振海 (站 长, 全国畜牧总站)

(秘书长, 中国饲料工业协会)

委 员 (以姓氏笔画为序)

刁其玉 (研究员, 中国农业科学院饲料研究所)

马秋刚 (副教授, 中国农业大学动物科学技术学院)

王 恬 (教 授, 南京农业大学动物科技学院)

王卫国 (教 授, 河南工业大学生物工程学院)

王中华 (教 授, 山东农业大学动物科技学院动物医学院)

王加启 (研究员, 中国农业科学院奶牛创新团队)

王成章 (教 授, 河南农业大学牧医工程学院)

王红英 (教 授, 中国农业大学工学院)

王宝维 (教 授, 青岛农业大学食品科学与工程学院)

王建华 (研究员, 中国农业科学院饲料研究所)

方热军 (教 授, 湖南农业大学动物科学技术学院)

尹靖东 (教 授, 中国农业大学动物科学技术学院)

冯定远 (教 授, 华南农业大学动物科学学院)

朱伟云 (教 授, 南京农业大学动物科技学院)

刘作华 (研究员, 重庆市畜牧科学院)

刘国华 (研究员, 中国农业科学院饲料研究所)

刘建新 (教 授, 浙江大学动物科学学院)

齐广海 (研究员, 中国农业科学院饲料研究所)

孙海州 (研究员, 内蒙古自治区农牧业科学院动物营养与饲料研究所)

杨在宾 (教 授, 山东农业大学动物科技学院动物医学院)

杨 琳 (教 授, 华南农业大学动物科学学院)

李光玉 (研究员, 中国农业科学院特产研究所)

李军国（研究员，中国农业科学院饲料研究所）
李胜利（教授，中国农业大学动物科学技术学院）
李爱科（研究员，国家粮食局科学研究院）
吕于明（教授，中国农业大学动物科学技术学院）
佟建明（研究员，中国农业科学院畜牧兽医研究所）
汪以真（教授，浙江大学动物科学学院）
张日俊（教授，中国农业大学动物科学技术学院）
张宏福（研究员，中国农业科学院畜牧兽医研究所）
陈代文（教授，四川农业大学）
林海（教授，山东农业大学动物科技学院动物医学院）
罗军（教授，西北农林科技大学）
罗绪刚（研究员，中国农业科学院畜牧兽医研究所）
周志刚（研究员，中国农业科学院饲料研究所）
单安山（教授，东北农业大学动物科技学院）
孟庆翔（教授，中国农业大学动物科学技术学院）
侯水生（研究员，中国农业科学院畜牧兽医研究所）
侯永清（教授，武汉工业大学）
姚斌（研究员，中国农业科学院饲料研究所）
姚军虎（教授，西北农林科技大学动物科技学院）
秦贵信（教授，吉林农业大学动物科学技术学院）
高秀华（研究员，中国农业科学院饲料研究所）
曹兵海（教授，中国农业大学动物科学技术学院）
彭健（教授，华中农业大学动物科学技术学院动物医学院）
蒋宗勇（研究员，广东省农业科学院动物科学研究所）
蔡辉益（研究员，中国农业科学院饲料研究所）
谭支良（研究员，中国科学院亚热带农业生态研究所）
谯仕彦（教授，中国农业大学动物科学技术学院）
薛敏（研究员，中国农业科学院饲料研究所）
瞿明仁（教授，江西农业大学动物科技学院）

审稿专家

卢德勋（研究员，内蒙古自治区农牧业科学院）
计成（教授，中国农业大学动物科学技术学院）
杨振海（站长，全国畜牧总站）
（秘书长，中国饲料工业协会）

主任委员：刁其玉

副主任委员：邓凯东 马 涛



本书编写人员（以姓氏笔画为序）

丁静美	刁其玉	万 凡	马 涛	马绍楠	王 杰
王 波	王玉荣	王世琴	王红梅	王海超	毛建红
邓凯东	冯文晓	刘 洁	祁敏丽	许贵善	纪守坤
李文娟	肖 怡	张乃锋	张立涛	张 帆	陈丹丹
岳喜新	周 艳	赵江波	赵明明	贾 鹏	柴建民
陶 莲	陶 慧	崔 凯	屠 焰	富丽霞	楼 灿
解 彪					



经过近 40 年的发展，我国畜牧业取得了举世瞩目的成就，不仅是我国农业领域中集约化程度较高的产业，更成为国民经济的基础性产业之一。我国畜牧业现代化进程的飞速发展得益于畜牧科技事业的巨大进步，畜牧科技的发展已成为我国畜牧科技事业进一步发展的强大推动力。作为畜牧科学体系中的重要学科，动物营养和饲料科学也取得了突出的成绩，为推动我国畜牧业现代化进程做出了历史性的重要贡献。

畜牧业的传统养殖理念重点放在不断提高家畜生产性能上，现在情况发生了重大变化：对畜牧业的要求不仅是要能满足日益增长的畜产品消费数量的要求，而且还对畜产品的品质和安全提出了越来越严格的要求；家畜养殖户越来越认识到养殖效益和动物健康之间相互密切的关系。畜牧业中抗生素的大量使用、饲料原料重金属超标、饲料霉变等问题，使一些有毒有害物质蓄积于畜产品内，直接危害人类健康。这些情况集中到一点，即畜牧业的传统养殖理念必须彻底改变，这是实现我国畜牧业现代化首先要解决的一个最根本的问题。否则，就会出现一系列的问题，如畜牧业的可持续发展受到阻碍、饲料中的非法添加屡禁不止、“人畜争粮”矛盾凸显、食品安全问题受到质疑。

我国最大的国情就是在相当长的时期内处于社会主义初级阶段，我国养殖业生产方式由粗放型向集约化型的根本转变是一个相当长的历史过程。从这样的国情出发，发展我国动物营养学理论和技术，既具有中国特色，对制定我国养殖业长期发展战略有指导性意义；同时也对世界养殖业，特别是对发展中国家养殖业发展具有示范性意义。因此，我们必须清醒地意识到，作为畜牧发展中重要的动物营养的发展正处在一个关键的历史发展时期。这一发展趋势绝不是动物营养学理论和技术体系局部性创新，而是一个涉及动物营养学整体学科思维方式、研究范围和内容，乃至到研究方法和技术手段更新的全局性战略转变。在此期间养殖业内部不同程度的集约化水平长期存在。这就要求动物营养学理论不仅能适应高度集约化养殖业，而且也要能适应中等或初级集约化水平

长期存在的需求。近年来，我国学者在动物营养和饲料科学方面作了大量研究，这些研究成果对我国畜种的产业化发展有重要实践价值。

“十三五”饲料工业的持续健康发展，事关动物性“菜篮子”产品的有效供给和质量安全，事关养殖业绿色发展和竞争力提升。从生产发展看，饲料工业是联结种植业和养殖业的中轴产业，而饲料产品又占养殖产品成本的70%。当前，我国粮食库存压力很大，大力发展饲料工业，既是国家粮食去库存的重要渠道，也是实现种养结合、降低生产成本、提高养殖效益的现实选择。从质量安全看，随着人口的增加和消费的提升，城乡居民对保障“舌尖上的安全”提出了新的更高的要求。饲料作为动物产品质量安全的源头和基础，要保障其安全放心，必须从饲料产业链条的每一个环节抓起，特别是在提质增效和保障质量安全方面，把科技进步放在更加突出的位置，支撑安全发展。从绿色发展看，当前我国畜牧业已走过了追求数量和保障质量的阶段，开始迈入绿色可持续发展的新阶段。畜牧业发展决不能“穿新鞋走老路”，继续高投入、高消耗、高污染，而应在源头上控制投入、减量增效，在过程中实施清洁生产、循环利用，在产品上保障绿色安全、引领消费。推介饲料资源高效利用、精准配方、氮磷和矿物元素源头减排、抗菌药物减量使用、微生物发酵等先进技术，促进形成畜牧业绿色发展新局面。

动物营养与饲料科学的理论与技术在保障国家粮食安全、保障食品安全、保障动物健康、提高动物生产水平、改善畜产品质量、降低生产成本、保护生态环境及推动饲料工业发展等方面具有不可替代的重要作用。《当代动物营养与饲料科学精品专著》，是我国动物营养和饲料科技界首次推出的大型理论研究与实际应用相结合的科技类专著应用型丛书，对于传播现代动物营养与饲料科学的创新成果、推动国家绿色发展有重要理论和现实指导意义。

李德发

2018年9月



前言

2016 年我国绵羊和山羊存栏数总计 3.01 亿只，羊肉产量总计 459.4 万 t。根据联合国粮农组织提供的数据，早在 2000 年我国羊只存栏量已达到世界首位，可以说我国是名副其实的世界第一养羊大国。然而，我国针对反刍动物的营养研究起步晚于猪、鸡等单胃动物，而对羊的研究又落后于奶牛，其中主要体现在我国尚未建立配套的肉羊饲养标准，也缺少常规饲料营养价值的参数，用户只能套用或参照国外的标准制定配方或指导生产，严重影响了肉羊饲料配制的科学性和饲料资源利用的合理性。

2009 年我国建立了国家肉羊产业技术体系，该体系下设的营养与饲料研究室共有 6 位岗位科学家，各岗位专家在“十二五”期间集中大量的人力、物力和财力，围绕制定肉用绵羊营养需要量标准开展了一系列动物试验；同时，在“十二五”期间开展了大量饲料营养价值评定工作，初步建立了我国第一个肉羊专用饲料营养数据库。“十三五”开始以来，大规模验证使饲养标准直接与产业发展对接，极具实用性。现将相关研究成果进行深度挖掘、归纳总结，整理编写了《中国肉用绵羊营养需要》。本书重点介绍了肉用绵羊营养需要量，包括不同体重（20~50 kg）和不同生理阶段（育肥、空怀、妊娠、哺乳）肉用绵羊对净能、代谢能、净蛋白质、粗纤维、矿物元素等关键营养素的需要量参数；运用饲料参数及饲料营养价值评定技术，包括建立预测/回归模型的方法，将饲料营养价值，如代谢能、代谢蛋白质等与肉羊营养需要量对接，更好地服务于实际生产。本书的出版发行将改变我国肉羊饲养依靠国外标准的现状，从根本上提高我国肉羊养殖技术水平，加快我国向世界一流养羊强国迈进的步伐。



本著作基于中国农业科学院反刍动物饲料创新团队（以下简称“中农科反刍动物团队”），2009年以来30多名硕士生、博士生、博士后的试验结果，在撰写中受益于国内外众多学者的研究成果；同时，本著作的出版也得益于国家出版基金的支持，在此我们一并表示衷心的感谢！

著 者

2018年1月

目录

丛书序
前言

01 第一章 中国羊业概述

第一节 我国肉羊养殖概况	1
一、养羊业的简单回顾	1
二、我国肉羊生产的基本概况	2
第二节 我国绵山羊品种资源概况	6
一、我国肉用绵羊品种资源	7
二、我国肉用山羊品种资源	11
第三节 世界肉羊业发展趋势与特点	14
一、世界肉羊业发展趋势	15
二、肉用羊发展特点	16
三、发展肉羊业所采用的主要技术措施	16
第四节 我国肉羊产业的发展	17
一、养殖方式的转变	17
二、舍饲或规模化饲养的必要性	18
三、营养需要的研究方法	18
第五节 结语	20
参考文献	20

02 第二章 肉羊的消化生理及生物学特性

第一节 肉羊的生活习性	21
一、羊的生活习性	21
二、羊的生长发育特点	23
第二节 消化道器官及其特点	25
一、口腔	26

二、咽和软腭	27
三、食管和胃	28
四、肠	30
五、附属消化器官	31
第三节 瘤胃功能	32
一、瘤胃内的微生物区系	32
二、瘤胃内环境	34
三、瘤胃内气体	36
第四节 消化生理	41
一、反刍	41
二、饲料的消化过程	41
第五节 营养物质的吸收与利用	46
一、蛋白质	46
二、碳水化合物	46
三、脂肪	47
四、矿物质	47
五、维生素	47
第六节 结语	48
参考文献	48

03 第三章 肉羊能量代谢与需要

第一节 概述	51
一、总能	52
二、消化能	52
三、代谢能	53
四、净能	55
第二节 肉羊能量研究及进展	55
一、现行能量体系	55
二、能量需要量的研究方法	57
三、维持能量需要	59
四、生长能量需要	61
第三节 肉用绵羊的能量需要量研究	62
一、研究方法	63
二、能量需要参数	66
三、能量需要参数表	69
第四节 结语	71
参考文献	71



04 第四章 肉羊蛋白质营养与需要

第一节 蛋白质概述	74
一、蛋白质体系	74
二、肉羊蛋白质需要量的研究进展	77
三、肉羊蛋白质需要量的研究方法	78
第二节 维持需要	79
一、试验羊初始氮含量及氮沉积量的确定	79
二、维持蛋白质需要量	80
第三节 生长需要	84
一、生长净蛋白质	84
二、生长可代谢蛋白质	86
第四节 蛋白质需要参数	87
第五节 结语	89
参考文献	90

05 第五章 肉羊矿物质营养与需要

第一节 肉羊矿物质概述	92
第二节 动物体内矿物质分类	93
第三节 矿物质在动物体内的分布	93
第四节 肉羊矿物质需要量研究现状	99
一、钙与磷需要量	99
二、钠与钾需要量	99
三、镁需要量	100
四、铜与锌需要量	100
五、铁与锰需要量	100
第五节 肉羊矿物质需要量研究方法	101
一、梯度饲养法	101
二、析因法	101
三、经典试验方法	102
第六节 肉羊矿物质元素需要量	103
一、需要量模型建立	103
二、羔羊钙、磷、钠、钾、镁需要量	105
三、羔羊铜、锰、锌和铁的净生长需要量	109
第七节 结语	114
参考文献	114

06 第六章 肉羊纤维素营养与需要

第一节 碳水化合物的概述及分类	118
一、碳水化合物的概述	118
二、碳水化合物的变革	118
三、碳水化合物的分类	119
第二节 纤维素的分类与分析方法	123
一、粗纤维	123
二、中性洗涤纤维	123
三、酸性洗涤纤维	124
四、木质素	125
五、中性洗涤不溶氮和酸性洗涤不溶氮	125
第三节 肉用绵羊中性洗涤纤维需要量	125
一、25~35 kg 肉羊 NDF 需要量	128
二、35~50 kg 肉羊 NDF 需要量	131
第四节 结语	132
参考文献	133

07 第七章 繁殖母羊的营养需要

第一节 概述	136
一、妊娠母羊的营养需要特点	136
二、泌乳母羊的营养需要特点	139
三、空怀母羊的营养需要特点	140
第二节 繁殖母羊的营养需要研究与进展	141
一、妊娠母羊	141
二、泌乳母羊	144
三、空怀母羊	147
第三节 繁殖母羊能量和蛋白质需要量研究	147
一、试验设计	148
二、研究方法	148
三、需要量参数估测	149
第四节 结语	55
参考文献	155

08 第八章 肉羊饲料能值的估测模型

第一节 概述	161
--------------	-----



一、能量的表示方法	161
二、评定饲料能量的方法	162
三、饲料能量预测模型的适用范围	164
第二节 饲粮消化能的估测模型	165
一、通过其他可消化养分计算	165
二、消化能预测模型	165
第三节 饲粮代谢能的估测模型	170
一、以饲料成分为预测因子的估测模型	171
二、以体外参数作为预测因子的估测模型	174
三、以可消化营养物质为预测因子的估测模型	177
第四节 单一饲料消化能和代谢能的估测模型	181
一、单一精饲料消化能和代谢能的估测模型	181
二、单一粗饲料消化能和代谢能的估测模型	187
第五节 可发酵有机物估测饲料代谢能的模型	190
第六节 饲料净能的估测模型	192
第七节 结语	193
参考文献	194

09 第九章 肉羊饲料蛋白质代谢的估测模型

第一节 肉羊蛋白质代谢估测模型概述	198
第二节 瘤胃微生物蛋白质产量的估测方法	199
一、传统测定方法	199
二、尿嘌呤衍生物法	201
第三节 微生物蛋白质的估测模型	206
一、应用饲料性质估测瘤胃微生物蛋白质合成量	206
二、应用嘌呤衍生物估测瘤胃微生物蛋白质合成量	207
第四节 瘤胃蛋白质降解的估测模型	208
一、体内法	209
二、体外法	209
三、尼龙袋法	210
四、通过饲料成分预测瘤胃蛋白质有效降解率	212
第五节 饲粮可代谢蛋白质的估测模型	213
一、肉羊常用饲粮可代谢蛋白质估测模型	213
二、肉羊常用精饲料原料可代谢蛋白质估测模型	215
第六节 结语	216
参考文献	217



10 第十章 肉羊常用饲料营养价值数据库的建立

第一节 肉用羊常用饲料营养价值概述	222
第二节 肉羊常用饲料营养价值评定方法及其研究现状	223
一、肉羊常用饲料营养价值评定方法	223
二、肉羊常用饲料营养价值评定方法的研究进展	226
三、肉羊常用饲料营养价值测定指标与方法	227
第三节 肉羊常用饲料的分类	233
一、饲料分类的研究进展	233
二、数据库中饲料原料的整理和分类	234
第四节 肉羊常用饲料消化能、代谢能、消化蛋白质与代谢蛋白质 最佳估测模型的确定	235
一、估测模型的来源	235
二、估测模型的比较和筛选	237
三、饲料能量预测模型的适用范围	239
四、我国肉羊饲料代谢能预测模型较国外预测模型的优越性	239
五、建立我国肉羊常用饲料营养价值数据库的必要性	240
第四节 结语	240
参考文献	241
附表 肉羊常用饲料营养价值数据库	245