

Nutrient
Requirements of
Nonhuman Primates

非人灵长类动物 营养手册

(原著第二版)

美国国家学院国家研究委员会 编
(National Research Council of the National Academies)

军事医学科学院实验动物中心 组织翻译
曾 林 等译



化学工业出版社

095-62
H0121

阅 览

非人灵长类动物 营养手册

Nutrient Requirements of Nonhuman Primates

(原著第二版)

美国国家学院国家研究委员会

地球和生命科学研究部

农业及自然资源处

动物营养委员会

非人灵长类动物营养特别委员会

Committee on Animal Nutrition

Ad Hoc Committee on Nonhuman Primate Nutrition

Board on Agriculture and Natural Resources

Division on Earth and Life Studies

National Research Council of the National Academies

编

军事医学科学院实验动物中心 组织翻译

曾 林 等译



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

非人灵长类动物营养手册/美国国家学院国家研究委员会编; 曾林等译. —北京: 化学工业出版社, 2011. 6
书名原文: Nutrient Requirements of Nonhuman Primates
ISBN 978-7-122-11107-4

I. 非… II. ①美…②曾… III. 灵长目-动物营养-手册 IV. Q95

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 072826 号

This is a translation of Nutrient Requirements of Nonhuman Primates/Second Revised Edition by Committee on Animal Nutrition, Ad Hoc Committee on Nonhuman Primate Nutrition.

National Research Council © 2003. First published in English by National Academies Press.

All rights reserved. This edition published under agreement with the National Academy of Sciences.

本书中文简体字版由 The National Academy of Sciences 授权化学工业出版社独家出版发行。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分, 违者必究。

北京市版权局著作权合同登记号: 01-2010-1795

责任编辑: 傅四周 周 旭
责任校对: 边 涛

文字编辑: 张春娥
装帧设计: 刘丽华

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市万龙印刷有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 20½ 字数 751 千字 2011 年 11 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888(传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 118.00 元

版权所有 违者必究

美国国家学院

——全美科学、工程和医学研究的咨询机构

美国国家科学院 (National Academy of Sciences) 是由著名学者组成的、具有悠久历史的私立非营利社会团体。科学院成员主要从事科学和工程技术研究，致力于科学和技术发展，推动研究成果转化和应用，促进公共福利事业进步。1863 年美国国会对该机构的授权规定，科学院的重要职能是为联邦政府提供国家科学技术发展规划研究报告和政策咨询。Bruce M. Alberts 博士是科学院现任院长。

根据科学院制定的宪章，与美国国家科学院平行的**美国国家工程院 (National Academy of Engineering)** 成立于 1964 年，是由著名工程技术专家组成的学术组织。该机构在行政管理和成员选择上拥有完全自主权，与科学院一道为联邦政府提供科学技术发展研究报告和政策咨询。此外，工程院还包括三大主要职能：一是规划和制定国家工程项目计划；二是促进教育和研究水平的提升；三是组织评选工程研究成果奖。目前，工程院主席由 Wm. A. Wulf 博士担任。

由美国国家科学院负责组建的**美国国家医学会 (Institute of Medicine)** 成立于 1970 年，目的是保证国家公共卫生政策在制定、实施和服务过程中的科学性和可行性。根据国会宪章规定，医学会在组织结构上隶属于科学院，其主要职责是为联邦政府提供政策咨询，同时也负责医学保健、医学研究和医学教育出版物的监管工作。该学会的主席现由 Harvey V. Fineberg 博士担任。

由美国国家科学院负责组建的**美国国家研究委员会 (National Research Council)** 成立于 1916 年，其目的是联合其他科学技术研究团体，综合各派观点、汲取各种先进理念，为联邦政府提供政策咨询。虽然委员会的运转必须遵照科学院制定的总体规划，但该委员会是科学院和工程院的对外服务窗口，是为政府、公众、科学和工程技术委员会提供服务的重要运转机构。委员会由科学院、工程院和医学会三家单位共同管理，Bruce M. Alberts 博士和 Wm. A. Wulf 博士分别是该委员会的现任主席和副主席。

美国国家学院出版社 · 华盛顿特区 · 第五大街 500 号 NW · 邮编 20001 (500 Fifth St., NW, Washington, D. C. 20001, USA)

注：本项目由美国国家研究委员会管理部批准立项。美国国家研究委员会的成员主要由美国国家科学院、美国国家工程院和美国国家医学会的有关专家遴选组成。而本书的编委会成员是从这些专家中挑选出来，他们既是本领域很有造诣的研究专家，又有很强的组织协调能力。

本研究的资助单位包括：卫生和人类服务部、美国动物园和水族馆协会、The Geraldine R. Dodge 基金会、灵长类动物兽医协会、Harlan Teklad、Purina Mills 公司以及 ZuPreem 等。

本书中的所有观点、结果、结论或建议都是作者根据自己掌握的资料得出的，不是组织机构和项目赞助单位的观点体现。

非人灵长类动物营养特别委员会 (Ad Hoc Committee on Nonhuman Primate Nutrition)^①

Duane E. Ullrey, *Chair*, Michigan State University, East Lansing, Michigan
Mary E. Allen, National Zoological Park, Washington, D. C.
Lynne M. Ausman, Tufts University, Boston, Massachusetts
Nancy L. Conklin-Brittain, Harvard University, Cambridge, Massachusetts
Mark S. Edwards, Zoological Society of San Diego, San Diego, California
Joseph M. Erwin, Diagon Corporation/Bioqual, Inc., Rockville, Maryland School of Medicine, University of Maryland, Baltimore
Michael F. Holick, Boston University School of Medicine, Massachusetts
Daniel T. Hopkins, Purina Mills, Inc., retired, St. Charles, Missouri
Sherry M. Lewis, National Center for Toxicological Research, The Bionetics Corporation, Jefferson, Arkansas
Bo L. G. Lonnerdal, University of California-Davis, Davis, California
Lawrence L. Rudel, Wake Forest School of Medicine, Winston-Salem, North Carolina

动物营养委员会 (Committee on Animal Nutrition)

Gary L. Cromwell, *Chair*, University of Kentucky
Mary E. Allen, National Zoological Park, Washington, D. C.
Michael L. Galyean, West Texas A&M University
Ronald W. Hardy, University of Idaho
Brian W. McBride, University of Guelph, Ontario, Canada
Keith Rinehart, Perdue Farms, Inc., Salisbury, Maryland
L. Lee Southern, Louisiana State University
Jerry W. Spears, North Carolina State University
Donald R. Topliff, Oklahoma State University
William P. Weiss, The Ohio State University
工作人员
Charlotte Kirk Baer, *Program Director*
Norman Grossblatt, *Editor*
Stephanie Padgham, *Project Assistant*

农业及自然资源处 (Board on Agriculture and Natural Resources)

Harley W. Moon, *Chair*, Iowa State University
Cornelia B. Flora, Iowa State University
Robert B. Fridley, University of California
Barbara Glenn, Federation of Animal Science Societies
Linda Golodner, National Consumers League
W. R. (Reg) Gomes, University of California
Perry R. Hagenstein, Institute for Forest Analysis, Planning, and Policy, Wayland, Massachusetts
George R. Hallberg, The Cadmus Group, Inc.
Calestous Juma, Harvard University
Gilbert A. Leveille, McNeil Consumer Healthcare, Denville, New Jersey
Whitney Macmillan, Cargill, Inc., Minneapolis, Minnesota
Terry Medley, DuPont Biosolutions Enterprise
William L. Ogren, U. S. Department of Agriculture
Alice Pell, Cornell University
Nancy J. Rachman, Novigen Sciences, Inc.
G. Edward Schuh, University of Minnesota
Brian Staskawicz, University of California, Berkeley
John W. Suttie, University of Wisconsin
James Tumlinson, USDA, ARS
James J. Zuiches, Washington State University
工作人员
Charlotte Kirk Baer, *Director*
Stephanie Padgham, *Administrative Assistant*
Shirley B. Thatcher, *Administrative Assistant*^②

① 这里的机构均为美国研究机构。——译者注

② 截止 2000 年 3 月。

译者名单

(按姓名汉语拼音排列)

白杰英	陈 旖	陈振文	董 罡	胡娟峰	李军晖	李文龙	刘 冰
刘 源	邱业峰	苏国富	孙兆增	王代平	王丽娟	吴 娜	先 宏
许忠跃	杨丽萍	杨 娜	姚 方	叶华虎	袁菊芳	曾 林	张 涛
张小飞	赵 爽	赵彦斌	周 亮				

前 言 叶华虎 译 曾 林 校

致 谢 叶华虎 译 曾 林 校

目 录 曾 林 译 许忠跃 校

概 述 袁菊芳 胡娟峰 译 陈振文 校

第 1 章 张小飞 译 苏国富 校

第 2 章 李军晖 姚 方 译 叶华虎 校

第 3 章 周 亮 许忠跃 译 姚 方 校

第 4 章 姚 方 王丽娟 译 董 罡 校

第 5 章 叶华虎 吴 娜 译 曾 林 校

第 6 章 白杰英 译 曾 林 校

第 7 章 邱业峰 李文龙 译 苏国富 校

第 8 章 赵彦斌 刘 冰 陈 旖 译 叶华虎 校

第 9 章 杨丽萍 王代平 译 苏国富 校

第 10 章 先 宏 袁菊芳 译 叶华虎 校

第 11 章 袁菊芳 赵 爽 译 曾 林 校

第 12 章 张 涛 刘 源 陈 旖 译 陈振文 校

第 13 章 杨 娜 许忠跃 译 苏国富 校

附 录 孙兆增 译 曾 林 校

作者简介 孙兆增 译 曾 林 校

前 言

本书是美国国家研究委员会农业及自然资源处下属的动物营养委员会编撰的系列图书之一，具体由该委员会的非人灵长类动物营养特别委员会负责筹备，是在 1978 年出版的第一版《非人灵长类动物营养手册》的基础上进行修订而成。在本书的编写过程中，特别委员会利用特殊问卷调查、组织研讨会以及信息发布会等各种方式，进行信息资料收集；同时，邀请赞助商和大众媒体参与委员会组织的各种会议，使新书的修订得到广泛关注和参与。此外，特别委员会还组织专家对第一版内容进行了修订，对新增章节和内容进行了认真审查，最后形成了修订版。与旧版本相比，修订版主要增加了非人灵长类动物的自然饮食习惯、胃肠道解剖结构与生理特点、人工饲养过程中的特殊营养需求以及饲养管理等内容，以便让读者更好地了解非人灵长类动物在人工环境下的饲养管理和营养需求。

灵长类动物种类较多，包括原猴（prosimian）、新大陆猴（new world monkey）、旧大陆猴（old world monkey）、猿（ape）和人类（human）共 5 个目（生物分类依次为界、门、纲、目、科、属、种），目前报道的品种有 250 多以及 600 多个亚种，而且每年还不断有新品种被发现。最近，Colin Groves 提出了新的灵长类动物分类方法，根据新的分类系统，灵长类动物品种超过 300 个（Groves C, 2001. Primate Taxonomy. Washington, D C: Smithsonian Institution Press）。由于灵长类动物品种品系繁多，既有小体型的鼠狐猴、小绒猴，也包括个体硕大的大猩猩、黑猩猩等。加之种系之间差异较大，而人们对其生活环境、消化系统解剖结构以及营养需求研究比较清楚的种属只占其中极少部分，因此，编写一部能正确反映所有灵长类动物营养需求的著作，具有极大的挑战性。鉴于此，在对跖猴科（Tarsiidae）和长臂猿科（Hylobatidae）等种类几乎没有任何的相关资料的前提下，本书只能以较为清楚的一类或几类动物的研究资料为基础，希望这些数据在 8 大类灵长动物中具有通用性 [8 大类包括：原猴亚目（the suborder Strepsirrhini）；人科和猩猩科（the families Hominidae and Pongidae）；长臂猿科（Hylobatidae）；猴科（Cercopithecidae）；卷尾猴科（Cebidae）；狨猴科（Callitrichidae）；跖猴科（Tarsiidae）；疣猴亚科（the subfamily Colobinae）]。

目前，全世界饲养的非人灵长类动物超过 50 万只，主要用于生物医学实验研究或作为濒危资源保种。美国国立卫生研究所国家战略资源研究中心的 Leo Whitehair 统计表明，截止到 1998 年，美国 7 个灵长类动物资源中心共饲养了 28 个品种的 16820 只非人灵长类动物；1999 年，美国设立了第八个灵长类动物资源中心，存栏动物达到 3638 只，其中包括 3200 只狒狒。国际物种信息系统（总部位于美国明尼苏达州动物园，www.worldzoo.org）提供的资料显示，截至 2000 年底，美国和加拿大的动物园共饲养了 145 种非人灵长类动物，数量达到 9500 只。此外，包括美国和加拿大的政府机构、大学、实验动物商业公司等单位，也有非人灵长类动物种群。

多数非人灵长类都是研究人类生理和疾病的良好动物模型，动物的营养状况影响机体对感染因子的敏感性以及组织反应性。因此，如果以营养状况不佳的动物用于实验研究，其结果的可靠性将无法得到保证；同样，一些保存于动物园中的濒危灵长类物种，如果饲料营养不能满

足机体需求，动物的健康和繁殖得不到保证，物种的维持和繁衍将无以为继。

在本书筹备过程中，组委会明确指出，书中关于灵长类动物的营养需求、缺乏症、营养成分的毒性等内容必须是明确和可靠的。各位作者在撰写本书时，也都遵循这一共同原则，即确保不会因为所撰写的内容误导在灵长类动物人工繁殖研究和动物园饲养过程中，出现营养不良、营养中毒和饲料不适等不良现象。当然我们也希望尽可能多地收集整理已发表的研究成果，使本书内容更加丰富和充实；同时，我们也希望广大科研工作者继续就非人灵长类动物的营养需求，特别是目前已提出的尚未弄清楚的相关问题深入开展研究，以便我们在下次再版时，书的内容更加完整和充实。

编委会主席：Duane E. Ullrey

非人灵长类动物营养特别委员会

我们在本书的翻译过程中，得到了许多人的帮助，特别是中国科学院动物研究所的专家们，他们不仅提供了大量的文献资料，还帮助我们对书中的内容进行校对和润色。此外，还有许多同行专家和广大读者，他们提出了许多宝贵的意见和建议，使本书的内容更加完善和准确。我们再次向他们表示衷心的感谢。

由于本书的编写时间较长，书中可能存在疏漏和错误之处，诚请同行专家和广大读者不吝指出，以免贻误读者。译者将不胜感激。

2011年9月

2011年9月

译序

非人灵长类 (nonhuman primates) 动物是生物医学研究中最重要实验动物资源。从疫苗生产中使用最广泛的 Vero 细胞, 到节育药物、脊髓灰质炎疫苗评价的唯一标准动物, 无不彰显非人灵长类动物的巨大应用价值。近年来, 随着长期困扰人类生存的重大疾病如艾滋病 (HIV)、SARS、亨廷顿舞蹈病 (Huntington's disease, HD) 等猕猴疾病动物模型的成功复制, 以及非人灵长类动物在神经生物学、比较基因组学、再生医学等研究中取得突出贡献, 非人灵长类动物在发达国家被列为科研战略性资源。目前, 全世界每年用于生命科学研究的非人灵长类动物以 20% 的速度递增, 数量已接近 10 万只。

但是, 猕猴、非洲绿猴、黑猩猩等大部分非人灵长类动物又因为环境恶化和无节制开发利用而成为濒危物种, 已不能满足生命科学研究需要。此外, 作为实验动物, 还涉及标准化种群建立、科学化饲料配方、规范化饲养管理等诸多环节, 方能保证动物机体健康, 质量稳定。可见, 开展非人灵长类动物的科学化人工饲养研究, 既是保护环境生态、维持生物多样性的需要, 也是为生命科学研究提供标准化实验动物资源的必由之路。

我国地处古北界和东洋界两个动物区系的交叉地区, 灵长类动物资源丰富, 每年出口的实验灵长类动物近 3 万只, 国内使用量 1 万只以上。然而, 目前国内对灵长类动物的栖息环境、采食习性、生理特性、营养需求、饲料配方、饲养管理还缺乏系统研究, 既影响了动物的生产繁殖效率, 又难以保证灵长类作为实验动物的质量标准。

由军事医学科学院实验动物中心曾林等专家翻译的《非人灵长类动物营养手册》, 是美国科学院的系列丛书之一, 也是当前灵长类营养需求的最新专著。该书以非人灵长类动物的栖息环境、生活习性、采食习惯、胃肠道结构和生理特点为开端; 以各种营养物质 (蛋白质、脂肪、碳水化合物、纤维、矿物质、维生素、水等) 的需求、缺乏症、营养成分的毒性为重点; 同时还涉及饲料原料营养成分、饲料配方、人工饲养过程中的特殊营养需求以及饲养管理等内容。本书内容新颖、翔实, 素材丰富, 既是灵长类动物饲养管理的指导用书, 也可从事灵长类实验动物研究以及以灵长类动物为研究材料的科技人员提供有益参考。

衷心希望本书的出版能对我国濒危灵长类动物资源保存以及实验灵长类动物的发展提供借鉴和启迪。

中国实验动物学会理事长 秦川

2011 年 9 月

译者的话

非人灵长类动物在进化上与人类高度同源，在组织结构和生理特征上与人类极为相似，这一突出特点奠定了非人灵长类动物在药物生产和评价、功能和进化比较基因组学研究、人类重大疾病模型复制和应用、再生医学等研究领域中不可或缺的优势地位，发达国家将其列为战略性科研资源。

我国是非人灵长类动物资源最丰富的国家之一，也是实验灵长类动物的饲养、生产、使用和出口大国。据统计，我国饲养的非人灵长类动物超过 20 种，数量达 50 万只，每年用于科学研究和出口的动物近 4 万只。但是，资源的开发、利用和标准化矛盾十分突出：一是多数非人灵长类动物属于濒危物种，数量不足；二是非人灵长类动物需要通过种群建立、科学饲养和规范化管理等诸多环节，才能维持种群正常繁衍，保证机体健康，个体均质，满足生命科学研究需要。

《非人灵长类动物营养手册》由美国学院出版社出版，是当前灵长类营养需求和饲养研究的经典著作。通读此书，我们认为该书具有内容丰富、理论完整、结论可靠、指导性强等特点。本书首先以自然栖息环境中非人灵长类动物的采食习惯、生活习性、生理和消化特点为开端，以影响营养需求的生理特点为主线，提出了非人灵长类动物人工饲养的总体原则；其次，本书归纳总结了人工饲养环境下非人灵长类动物营养学研究的最新成果，详细介绍了实验设计、研究方法、各种营养物质的作用和需求、缺乏症等核心内容，明确提出了科学合理的饲料配方和饲养方法，具有很强的指导性和实用性；再次，本书还就特殊情况下（如对于死去母猴或被母猴抛弃的幼猴）动物的饲养管理和营养需求、饲料原料营养成分和影响因素、饲料加工和储藏、新型营养成分的功能和利用等提出了具体的应对策略。总之，对于目前国内非人灵长类动物人工饲养中存在的普遍问题，如种群培育、动物繁殖能力低下、幼猴存活率不高、机体健康状况不佳（如脱毛、体型肥胖或瘦弱、母猴少乳缺乳、脏器指数偏离、生理生化指标不正常）、饲料利用率低等，我们都可在书中找到答案和切实可行的解决途径。

我们在本书的翻译过程得以先睹为快，是译者的一件幸事，我们愿意与广大读者分享这份喜悦。我们希望，本书的出版，能够为您的案头上增加一本中文版非人灵长类动物营养需求的权威性专著，以驱散长期困扰灵长类动物研究科技工作者和灵长类动物生产管理人员心头的疑惑。

限于译者的知识范围和学术水平，书中可能存在疏漏和谬误之处，诚请同行专家和广大读者不吝指出，以免贻误读者，译者将不胜感激。

曾 林

2011 年 9 月

致 谢

在本书完稿之时，编委会感谢那些以信件和公众论坛等不同方式为本书提出宝贵意见的热心人士，感谢那些在书稿讨论过程中积极参与的专家学者，感谢为本书提供经费支持的美国国立卫生研究所国家资源中心、美国动物园和水族馆协会、Geraldine R. Dodge 基金会、灵长类动物兽医协会、Harlan Teklad、Purina Mills 公司与 Zu Preem。

在本书初稿完成后，根据美国国家研究委员会（National Research Council, NRC）丛书审定委员会制定的工作程序，我们将稿件分送给有关专家进行了审订和修改，目的是希望他们能提出坦率和批评性的修改意见，帮助编委会尽快完成书稿的修改和出版，保证书稿在客观性、论据的引用和阐述以及对研究的指导性等方面能够达到编委会规定的标准。同时，我们将稿件的评审意见和每次修改的内容都做了完整保留，以保证审稿过程的完整性。在此过程中，美国农业部农业研究服务中心（Beltsville, Maryland）的 David J. Baer、野生动物保护协会（Bronx, New York）的 Ellen Dierenfeld、威斯康辛州国家灵长类研究中心（Madison, Wisconsin）的 Joseph W. Kemnitz、美国国立卫生研究所的 Joe Knapka（已退休）、亚特兰大动物园（Atlanta, Georgia）的 Terry L. Maple、康乃尔大学（Ithaca, New York）的 Wilson G. Pond 等人给予了热情的支持和帮助，在此，向他们表示感谢。尽管上述人员提供了大量的建设性意见和建议，但我们并没有请他们签署审查意见，也没有请他们撰写推荐信，甚至在本书出版前他们也没有看到完整的最终版本。最后，美国国家研究委员会根据章程，任命加利福尼亚大学的 R. Lee Baldwin 作为独立审稿人，对各种修改意见进行梳理和取舍，以保证本书的内容与编委会的规划一致。此外，编委会还要感谢动物营养委员会主任 Charlotte Kirk Baer，是她的大力支持和热情指导才使本项目得以顺利完成；也是她高超娴熟的组织才能，才保证了编委会的良好运行。同时，还要感谢项目助理 Stephanie Padgham，在本书的组织、编写和修改期间，她承担了所有的通讯和沟通任务，在补充材料的整理和梳理上也做了大量工作。

林 曾

民 9 年 11 月

目 录

概述	1
参考文献	3
第 1 章 摄食生态学、消化方式对非人灵长类人工饲养的启示	4
1.1 摄食生态学	4
1.1.1 摄食生态学研究方法——摄食行为的实地观察	4
1.1.2 摄食生态学其他研究方法	24
1.1.3 摄食行为记录报告	24
1.1.4 摄食生态学资料列表	24
1.2 消化方式	26
1.2.1 肉食性	26
1.2.2 果食性	26
1.2.3 叶食性	28
1.3 摄食模式对人工饲养的启示	30
参考文献	31
第 2 章 能量	46
2.1 计量单位	46
2.2 分类	46
2.2.1 总能	46
2.2.2 消化能	46
2.2.3 代谢能	47
2.2.4 生理燃料值	47
2.3 能量需求	47
2.3.1 基础能量消耗或基础代谢率	47
2.3.2 维持生命活动的能量需求	48
2.3.3 生长期的能量需求	56
2.3.4 怀孕期和哺乳期的能量需求	59
参考文献	60
第 3 章 碳水化合物和纤维	64
3.1 碳水化合物的分类、特征、消化和新陈代谢	64

3.1.1 单糖	64
3.1.2 双糖	64
3.1.3 寡糖	65
3.1.4 多糖	65
3.2 碳水化合物和纤维的分析	67
3.2.1 粗纤维	67
3.2.2 总膳食纤维	67
3.2.3 中性洗涤纤维和相关组分	68
3.3 野生食用植物中的碳水化合物	69
3.4 纤维的重要性	72
3.5 非人类灵长类动物纤维摄入量的推荐值	72
3.5.1 其他品种动物纤维摄入量的推荐值	72
3.5.2 野生食用植物中的纤维含量对舍养灵长类动物纤维需求量的参考作用	72
3.5.3 非人类灵长类动物消化纤维的能力对舍养动物食物中纤维含量的指导作用	74
3.5.4 舍养非人类灵长类动物饲料中中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维的推荐值	74
参考文献	74

第 4 章 蛋白质

4.1 蛋白质来源	79
4.2 蛋白质需求的评估	80
4.2.1 方法	80
4.2.2 可消化性	80
4.2.3 需求量	81
4.3 蛋白质品质	81
4.3.1 含硫氨基酸对蛋白质的限制作用	82
4.3.2 赖氨酸对蛋白质的限制作用	82
4.4 氨基酸需求	82
4.4.1 赖氨酸和蛋氨酸	82
4.4.2 苯丙氨酸	82
4.4.3 色氨酸	82
4.4.4 牛磺酸	83
4.5 蛋白质的利用率	83
4.6 蛋白质缺乏	83
4.7 怀孕和泌乳期的蛋白质需求	83
4.8 青年灵长类动物的蛋白质-能量营养不良综合征	84
4.9 蛋白质过量	86
4.10 蛋白质物质的非氨基酸效应	86
参考文献	86

第 5 章 脂肪和脂肪酸	90
5.1 脂肪吸收	91
5.2 乳脂	92
5.3 <i>n</i> -3 必需脂肪酸	92
5.4 <i>n</i> -6 必需脂肪酸	93
5.5 有害脂肪酸	94
5.6 胆固醇	94
5.7 灵长类动物是良好的心血管疾病模型	94
参考文献	95
第 6 章 矿物质	97
6.1 大宗矿物质元素	98
6.1.1 钙和磷	98
6.1.2 镁	100
6.1.3 钾	100
6.1.4 钠	100
6.1.5 氯	100
6.1.6 硫	101
6.2 微量矿物质	101
6.2.1 铁	101
6.2.2 铜	102
6.2.3 锰	103
6.2.4 锌	103
6.2.5 碘	105
6.2.6 硒	106
6.2.7 钴	107
6.2.8 铬	107
6.2.9 氟	108
参考文献	108
第 7 章 维生素	114
7.1 脂溶性维生素	114
7.1.1 维生素 A 和类胡萝卜素	114
7.1.2 维生素 D	116
7.1.3 维生素 E	122
7.1.4 维生素 K	126
7.2 水溶性维生素	127
7.2.1 维生素 B ₁	127

7.2.2 维生素 B ₂	128
7.2.3 遍多酸	129
7.2.4 烟酸	129
7.2.5 维生素 B ₆	129
7.2.6 维生素 H	131
7.2.7 叶酸	131
7.2.8 维生素 B ₁₂	133
7.2.9 维生素 C	134
7.2.10 胆碱	137
7.2.11 卡尼汀	137
7.2.12 肌醇	137
参考文献	138

第 8 章 水 148

8.1 机体的含水量	148
8.1.1 活动受限对机体水分的影响	149
8.1.2 寒冷对机体水分的影响	150
8.1.3 高温和脱水对机体水分的影响	150
8.2 水源	151
8.2.1 液态水摄入	151
8.2.2 预存水摄入	151
8.2.3 代谢水	151
8.3 失水	152
8.4 水质	152
8.5 水分需求	153
参考文献	154

第 9 章 动物在不同发育阶段的病理-生理特征 156

9.1 体重	156
9.2 从出生到断奶阶段的营养需求	160
9.2.1 生长	160
9.2.2 乳量及成分	161
9.2.3 乳替代品的营养吸收	162
9.2.4 人工喂养非人灵长类动物幼崽的营养配方	162
9.2.5 不同喂养模式对幼崽发育的远期效应	163
9.2.6 断奶食品及对策	163
9.3 营养和衰老	163
9.3.1 饮食限制	163
9.3.2 骨骼	165
9.3.3 免疫机能	166

9.3.4	创伤愈合	166
9.3.5	动脉粥样硬化	166
9.4	机体组成的变化	166
9.5	肥胖	167
9.5.1	葡萄糖代谢调节	168
9.5.2	糖尿病	169
	参考文献	170
第 10 章	食物配方、加工效果以及摄食和饲养管理的影响因素	176
10.1	日粮配方	176
10.1.1	自然采食习惯	176
10.1.2	消化系统的结构和生理特点	176
10.1.3	营养需求	176
10.1.4	食物原料	176
10.1.5	食物配方	176
10.2	加工过程对食物的影响	177
10.3	摄食的影响因素	178
10.3.1	视觉、嗅觉、味觉、触觉对食物接受程度的影响	178
10.3.2	摄食量的调节	179
10.4	饲养管理	179
10.4.1	基础食物来源	179
10.4.2	添加物	180
10.4.3	枝叶性饲料	180
	参考文献	182
第 11 章	营养需求	184
	参考文献	186
第 12 章	食物和饲料原料的营养成分	188
	参考文献	295
第 13 章	食物是环境丰富的组成部分	296
13.1	环境丰富的目标	296
13.2	食物和觅食的作用	296
13.2.1	野生环境与舍养环境比较	297
13.2.2	种属差别	298
13.2.3	觅食机会的管理	298
13.2.4	活的猎物	299

13.2.5	分泌物和树胶	299
13.2.6	水	299
13.2.7	高纤维性食物	299
13.3	结语	300
	参考文献	300
附录		303
	参考文献	305
作者简介		306
中文索引		308
1	机体的水 148	
1.1	机体的水 148	
1.1.1	常温和低温对机体水分的影响 148	
1.1.2	高温对机体水分的影响 148	
1.1.3	高温和脱水对机体水分的影响 148	
1.2	水源 148	
1.2.1	饮水 148	
1.2.2	饮水摄入量 148	
1.2.3	代谢水 148	
1.3	供水 148	
1.4	水质 148	
1.5	水分需求 148	
参考文献		
第9章	动物在不同发育阶段的营养-生理特性 151	
9.1	仔猪 151	
9.2	从出生到断奶前段的营养需求 151	
9.2.1	生长 151	
9.2.2	乳糖及成分 151	
9.2.3	乳糖代用品的营养 151	
9.2.4	人工喂养非人类长类动物幼体的营养配方 151	
9.2.5	乳糖代用品对幼体发育的影响 151	
9.2.6	乳糖代用品的组成 151	
9.2.7	乳糖代用品 151	
9.2.8	乳糖代用品 151	
9.2.9	乳糖代用品 151	
9.2.10	乳糖代用品 151	
9.2.11	乳糖代用品 151	
9.2.12	乳糖代用品 151	
9.2.13	乳糖代用品 151	
9.2.14	乳糖代用品 151	
9.2.15	乳糖代用品 151	
9.2.16	乳糖代用品 151	
9.2.17	乳糖代用品 151	
9.2.18	乳糖代用品 151	
9.2.19	乳糖代用品 151	
9.2.20	乳糖代用品 151	
9.2.21	乳糖代用品 151	
9.2.22	乳糖代用品 151	
9.2.23	乳糖代用品 151	
9.2.24	乳糖代用品 151	
9.2.25	乳糖代用品 151	
9.2.26	乳糖代用品 151	
9.2.27	乳糖代用品 151	
9.2.28	乳糖代用品 151	
9.2.29	乳糖代用品 151	
9.2.30	乳糖代用品 151	
9.2.31	乳糖代用品 151	
9.2.32	乳糖代用品 151	
9.2.33	乳糖代用品 151	
9.2.34	乳糖代用品 151	
9.2.35	乳糖代用品 151	
9.2.36	乳糖代用品 151	
9.2.37	乳糖代用品 151	
9.2.38	乳糖代用品 151	
9.2.39	乳糖代用品 151	
9.2.40	乳糖代用品 151	
9.2.41	乳糖代用品 151	
9.2.42	乳糖代用品 151	
9.2.43	乳糖代用品 151	
9.2.44	乳糖代用品 151	
9.2.45	乳糖代用品 151	
9.2.46	乳糖代用品 151	
9.2.47	乳糖代用品 151	
9.2.48	乳糖代用品 151	
9.2.49	乳糖代用品 151	
9.2.50	乳糖代用品 151	
9.2.51	乳糖代用品 151	
9.2.52	乳糖代用品 151	
9.2.53	乳糖代用品 151	
9.2.54	乳糖代用品 151	
9.2.55	乳糖代用品 151	
9.2.56	乳糖代用品 151	
9.2.57	乳糖代用品 151	
9.2.58	乳糖代用品 151	
9.2.59	乳糖代用品 151	
9.2.60	乳糖代用品 151	
9.2.61	乳糖代用品 151	
9.2.62	乳糖代用品 151	
9.2.63	乳糖代用品 151	
9.2.64	乳糖代用品 151	
9.2.65	乳糖代用品 151	
9.2.66	乳糖代用品 151	
9.2.67	乳糖代用品 151	
9.2.68	乳糖代用品 151	
9.2.69	乳糖代用品 151	
9.2.70	乳糖代用品 151	
9.2.71	乳糖代用品 151	
9.2.72	乳糖代用品 151	
9.2.73	乳糖代用品 151	
9.2.74	乳糖代用品 151	
9.2.75	乳糖代用品 151	
9.2.76	乳糖代用品 151	
9.2.77	乳糖代用品 151	
9.2.78	乳糖代用品 151	
9.2.79	乳糖代用品 151	
9.2.80	乳糖代用品 151	
9.2.81	乳糖代用品 151	
9.2.82	乳糖代用品 151	
9.2.83	乳糖代用品 151	
9.2.84	乳糖代用品 151	
9.2.85	乳糖代用品 151	
9.2.86	乳糖代用品 151	
9.2.87	乳糖代用品 151	
9.2.88	乳糖代用品 151	
9.2.89	乳糖代用品 151	
9.2.90	乳糖代用品 151	
9.2.91	乳糖代用品 151	
9.2.92	乳糖代用品 151	
9.2.93	乳糖代用品 151	
9.2.94	乳糖代用品 151	
9.2.95	乳糖代用品 151	
9.2.96	乳糖代用品 151	
9.2.97	乳糖代用品 151	
9.2.98	乳糖代用品 151	
9.2.99	乳糖代用品 151	
9.2.100	乳糖代用品 151	