

反刍动物营养学发展现代化进程的回顾、发展趋势及其启示

卢德勋 研究员
(内蒙古农牧业科学院)

2015.8.6

报告内容

- 反刍动物营养现代化进程的里程碑
- 反刍动物营养学发展趋势
- 构建具有中国特色乳牛养殖理论和技术体系的历史任务
- 结语

反刍动物营养现代化进程的里程碑

国际反刍动物营养学发展现代化进程的四个具有划时代意义的里程碑

- 发现时代（19世纪初至20世纪40年代）
- 瘤胃时代（20世纪40年代至60年代）
- 模型化时代（20世纪40年代至20世纪后半叶）
- 系统科学时代（20世纪后半叶至今）

概述

- 这四个时期的划分是根据每个时期的反刍动物营养研究的主流来确定的
- 精确地划分这些时期几乎是不可能的。这是因为每一个相继的阶段或时期的本质特征是逐渐形成的。而且每一个阶段或时期内部孕育乃至萌发了下一阶段或下一个时期的内容：下一阶段或下一时期又是前一阶段或前一时期的持续发展，根本无法截然分开

发现时代的重大事件

- 19世纪初，英国著名生理学家、化学家W.Prout将机体的主要元素正式归类为蛋白质、脂肪、碳水化合物、矿物质和维生素
- 法国学者Boussingault于1839年首次以牛和马进行了氮平衡试验
- 德国Goettingen大学的Weende试验站的科技人员进行了最早期反刍动物消化试验
- 澳大利亚著名科学家E.Underwood在矿物质营养方面出色工作

发现时代的重大事件（续）

- 1864年德国学者Wolff提出了第一个以可消化养分为基础的饲养标准
- 1914年美国学者Haecker根据多年的研究成果制定了一个更加科学的乳牛饲养标准
- 德国Kellner和美国Armsby分别在1907年和1915年提出了一个可消化真蛋白和净能为指标的现代反刍动物饲养标准
- 到20世纪40年代，美国NRC和英国ARC从国家的层次上正式开始制定各种家畜的饲养标准，把反刍动物营养需要的研究推向了高潮

瘤胃时代的重大事件

- 反刍动物营养研究在瘤胃微生物和代谢方面出现了突破性进展，从此反刍动物营养研究进入了一个新的时代。其间英国学者Barcroft、Phillipson、Elsden和McDonald等对瘤胃生理和代谢作出的杰出贡献，以及美国学者R.Hungate在瘤胃微生物方面的开拓性研究都是这个时代的最重要的历史事件
- Barcroft等（1944）试验证实瘤胃内挥发性脂肪酸的存在以及吸收后可以满足反刍动物能量需要

瘤胃时代的重大事件（续一）

- Hungate（1966）证实瘤胃内挥发性脂肪酸是日粮碳水化合物和其他可发酵物质瘤胃发酵的终产物
- McDonald（1948，1952，1954）发现饲料蛋白质在瘤胃内被降解，降解产生的氨可被瘤胃吸收，随后又以唾液尿素氮形式返回瘤胃
- Garton（1961）揭示出饲料来源脂肪在瘤胃内的代谢变化；日粮脂肪可被瘤胃微生物和植物来源的脂肪酶水解生成脂肪酸，其中不饱和脂肪酸经生物氢化成为饱和脂肪酸

瘤胃时代的重大事件（续二）

- 经过几十年努力，特别是通过同位素稀释和分子生物学技术等先进技术的应用，瘤胃微生态系统最终被科学定义；我们对饲料内各种营养物质在瘤胃内的定量变化有了充分了解，对反刍动物的营养生理特点的认识才真正建立在科学的基础上，国际反刍动物营养研究进入了一个大发展、大繁荣的时代

模型化时代的重大事件

- 动物营养研究取得的大量丰硕成果促使反刍动物营养研究出现了两个重要发展趋势，一是营养调控逐渐成为反刍动物营养研究的主旋律；二是反刍动物营养模型化异军突起，逐步成为一个前沿的研究领域。这两个发展趋势出现表明，反刍动物营养和整个动物营养学开始由描述科学向控制科学转变；动物营养学开始进入了一个知识整合和技术集成的新时代
- 反刍动物营养模型化发展正是反刍动物营养理论整合和技术集成这种发展趋势的具体表现，是反刍动物营养研究现代化进程的重要里程碑

模型化时代的重大事件（续）

- 英国的J.France，美国的R.L.Baldwin等率先在动物营养领域大力开展数学模型化研究。
- 1980年在英国正式召开了第一届数学模型技术应用技术学术研讨会，以后每4年举办一次，到目前为止，已举办8届
- 营养模型化研究一方面利用模型化技术对已有的反刍动物营养理论和方法加以改造，对已获得的大量理论知识进行整合；另一方面还能利用模型化技术优势，不断开辟新的研究领域，加速反刍动物营养现代化进程

系统科学时代的重大事件

- 到20世纪后半叶，动物营养研究从消化道层次进入到细胞学层次，主要研究营养素在机体组织代谢层次详实、全面的代谢、生理功能及其对组织细胞的影响
- 到20世纪末和本世纪初，随着分子生物学理论与实验技术在生命科学各个学科的渗透和应用，动物营养学的研究范围也在逐步向微观深入，开始进入分子生物学时代，营养素的生理代谢研究，开始朝着全面研究营养素与基因相互作用的分子营养学方向发展
- 随着系统思维方式在生物学领域广泛传播以及组学技术的成功，生命科学进入后基因组时代，系统生物学很快形成了热点领域。在这样大的时代背景下，反刍动物营养研究正在进入系统科学时代

系统科学时代的重大事件（续一）

- 从转变学科整体思维方式入手，对动物营养学理论和技术体系的创新进行成功的探索（卢德勋，2004），提出了一个具有时代特征的动物营养学理论和技术体系，使反刍动物营养学研究进入了系统营养学的时代

我们面临的反刍动物营养研究承前启后，推陈创新四大历史任务

- 对传统动物营养学现有理论和技术的改进、丰富和发展
- 对现有知识不断进行整合
- 对各种技术不断进行系统集成
- 不断扩宽新的研究领域

反刍动物营养学发展和创新的三大“引擎”

- 系统科学的思维方式
- 采用新技术和新方法
- 技术成果推广和应用

反刍动物营养学发展趋势

国际反刍动物营养学具有全局性影响

四大发展趋势

- 研究范围以机体为中心向宏观扩展、微观深入的趋势飞速发展, 整个学科理论和技术体系正酝酿着一场重大转变
- 动物营养学理论和技术进入知识整合和系统集成的新时代
- 传统的营养概念和理论正在悄悄地发生变化, 新概念和新理论见解正在不断涌现
- 新技术和新方法的应用为动物营养学现代化进程插上腾飞的翅膀
- 新技术和新方法不断涌现, 为动物营养学现代化进程插上腾飞的翅膀

趋势1：研究范围以机体为中心向宏观扩展、微观深入的趋势飞速发展,整个学科理论和技术体系正酝酿着一场重大转变

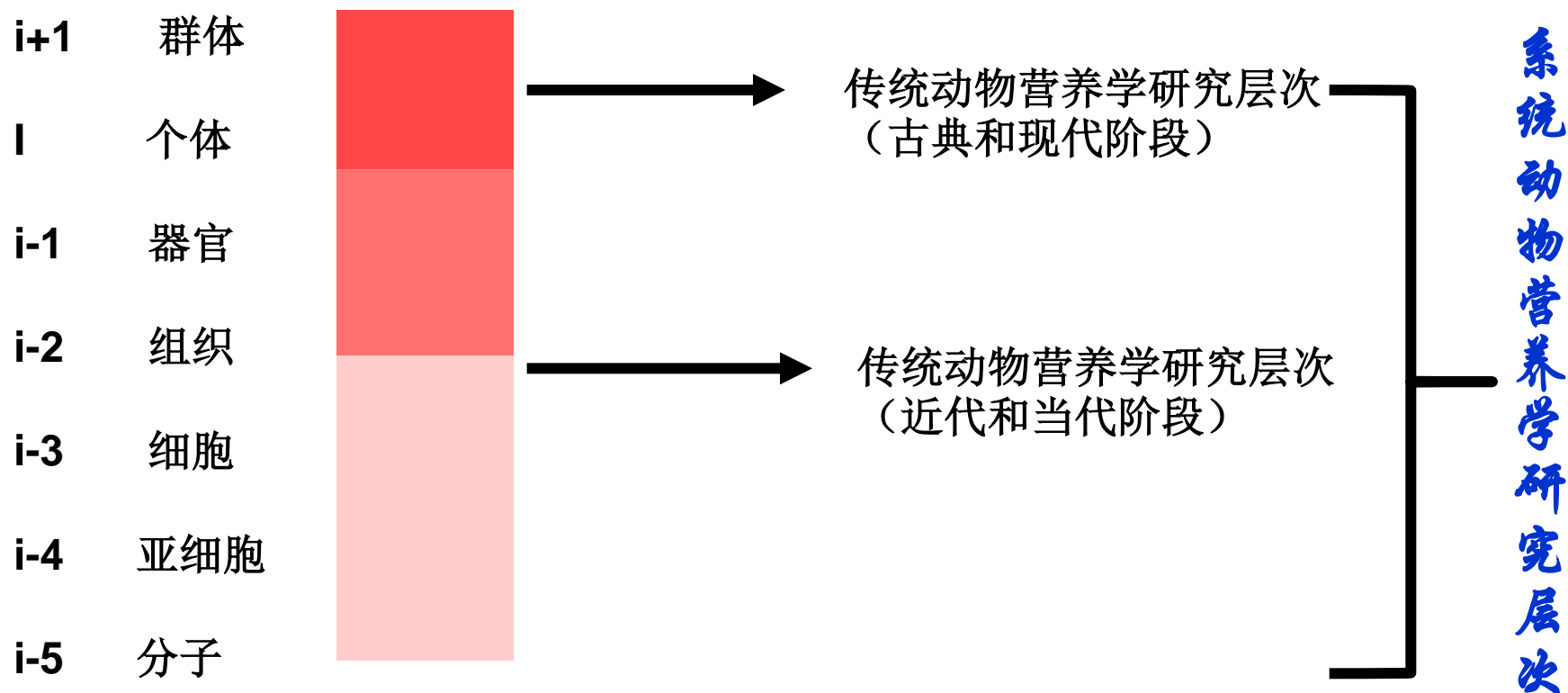
人类对生命现象与本质的认识经历了7个不同层次

群体	$i+1$
个体	i
器官	$i-1$
组织	$i-2$
细胞	$i-3$
亚细胞	$i-4$
分子	$i-5$

启示

- 从科学发展史来看，任何一门科学都经历着一个由整体向局部，由粗略到精细的发展历程。对动物营养代谢的研究不能仅停留在机体整体层次，必须逐步经过器官和组织层次深入到细胞和分子层次；可是器官组织和细胞、分子层次上的研究最终又必须提高机体层次的整体水平，才能全面、完整地弄清动物机体复杂的营养代谢规律
- 一般说，不能简单地把某一层次上研究所得的知识或理论用来解释或推论另一层次上的营养代谢规律。在动物营养研究中间必须注意细胞和分子，器官和组织，以及机体整体不同层次研究之间的整合、协调、交叉和转化，形成一个完整的理论体系

动物营养学研究范围变迁



启示

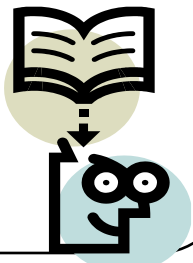
- 动物营养学研究已经和正在经历着从机体黑箱单层次向机体多层次（消化道和组织代谢层次），进而向机体全层次（特别是包括细胞和分子层次）研究的不同发展阶段。深入对机体全层次的研究标志着动物营养学正在进入新的发展时期。这是一个动物营养学大发展、大繁荣的时期，那种无所作为的观点是站不住脚的。它要求动物营养工作者必须具备新的研究思路和技能才能适应动物营养学的现代化进程的需要

启示

- ② 在细胞层次上进行研究时，不能简单地把在具体实验中观察到的结果直接用来推论或是解释这些细胞在完整机体中的活动 and 功能
- ② 分子营养学只是动物营养学在对机体全层次研究中间一个新的研究层次。分子营养学目前刚具雏形，正处不断完善的初级阶段。用分子营养学研究，完全替代动物营养学对机体全层次的研究不仅是不科学的，而且是有危害的

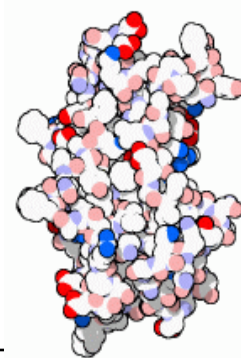
分子生物学的局限性

- ✿ 分子生物学逐渐走到“还原论”和“基因决定论”的误区
- ✿ 研究者逐渐认识到，单个分子或基因脱离了整个系统的协调作用就难以发挥应有功效。机体的代谢过程是相互连接的网络和多邻近途径相互作用
- ✿ 表观遗传学的证实



分子生物学进入系统生物学新时代

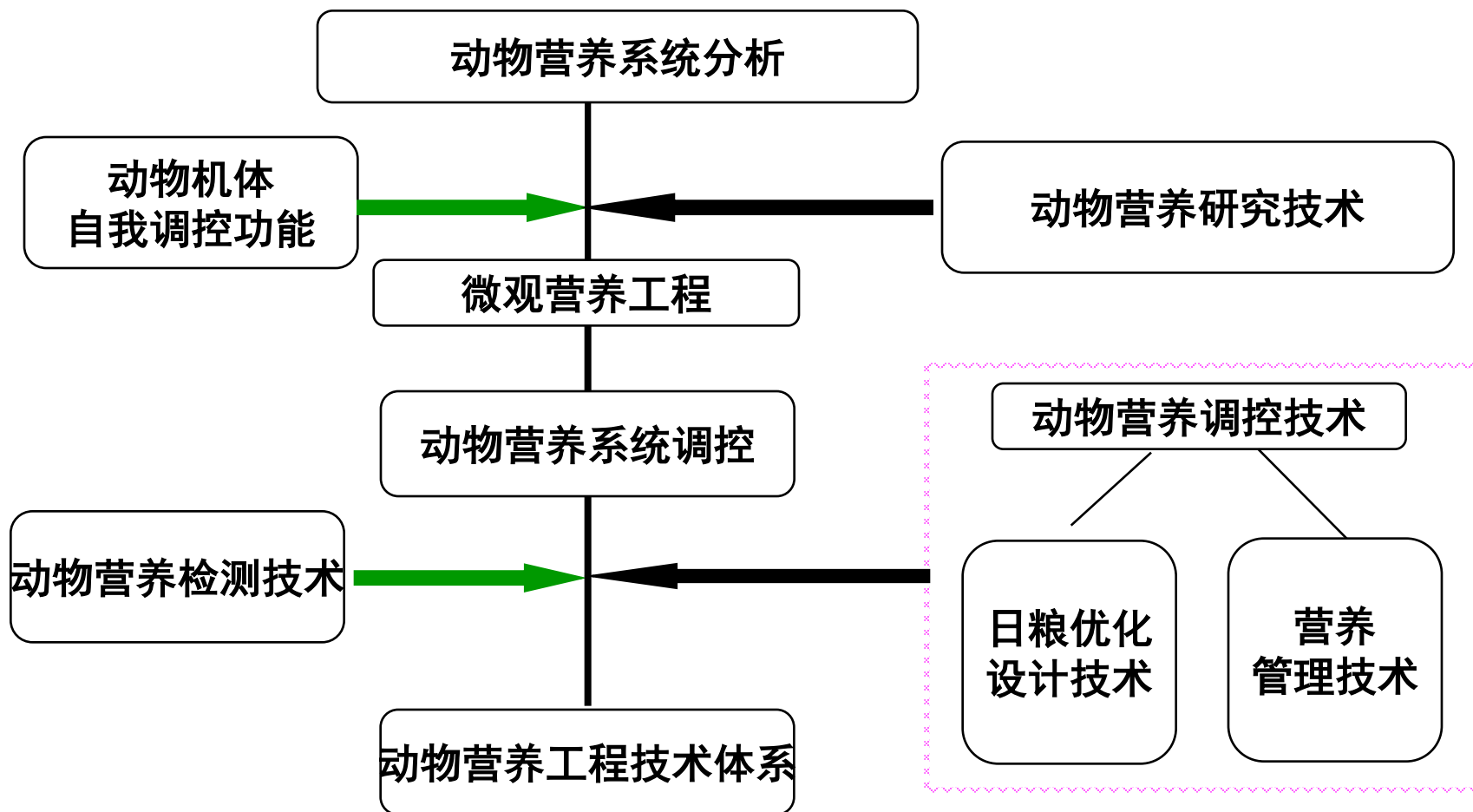
- ✦ 基因组学、转录组学，蛋白组学、代谢组学、代谢物流率组学出现
- ✦ 随着这些组学技术的出现，意味着分子生物学进入了系统生物学新时代



构建具有时代特征的动物营养理论和技术体系方面两次重要的科学尝试

- ➡ 从转变学科整体思维方式入手，对动物营养学理论和技术体系的创新进行探索（系统动物营养学导论：卢德勋，2004）
- ➡ 从转变养殖业的饲养决策目标入手，对动物营养学理论和技术体系的创新进行探索（全方位营养Total Nutrition: Adams, 2001）

系统动物营养学提出了一个具有时代特征的 动物营养理论和技术体系



微观营养学理论是系统营养学理论体系的一个重要组成部分

- ➡ 对动物机体内部营养物质消化、吸收、转运、代谢、利用的规律的认识必须深入到微观层次；同时还必须提高到组织—器官—机体整体水平，对不同水平上的研究结果进行分析和整合，只有这样才能获得比较全面和完整的认识
- ➡ 微观营养学的提出是动物营养学理论体系现代化发展的一个重要标志。微观营养学理论已成为系统动物营养学理论体系中一个重要的组成部分

微观营养学定义

- ✦ 以系统科学思维方式为指导，从细胞、亚细胞和分子水平上研究内源和外源营养物质吸收、转运、代谢、利用和调控机制以及其相互作用，揭示动物体内与营养过程相关的各种细胞、组织和器官功能活动发生和调节的物质基础以及分子机制，从理论上加以整合，并从技术层面上组织进行在微观水平上以营养调控为目标的营养工程



微观营养学的特征

- 系统科学的思维方式
- 研究范围集中在细胞、亚细胞和分子水平上
- 研究内容着重在微观层次的营养物质吸收、转运、代谢、利用和调节的动态规律、营养组学以及与机体其他层次知识的集成和整合
- 研究思路强调从上而下和从下而上相结合，水平研究和垂直研究相结合；强调不同层次和同一层次的理论整合和技术集成
- 研究方法应用系统生物学的方法，特别是组学方法和生物信息学（模型化）方法

趋势3：动物营养学理论和技术进入知识整合和系统集成的新时代

时代呼唤动物营养学理论知识整合和技术集成

- 知识整合和技术集成水平如何代表着一门学科所能达到的控制科学水平高低
- 动物营养学研究进入对机体全层次研究的发展时期，呼唤机体不同层次间和同一层次内理论知识整合和技术集成
- 计算机模拟技术在动物营养研究中的应用大大提高了人脑和生物学实验难以解决的理论知识整合和技术集成方面的技术难题

时代呼唤动物营养学理论知识整合和技术集成

- 知识整合和技术集成水平如何代表着一门学科所能达到的控制科学水平高低
- 动物营养学研究进入对机体全层次研究的发展时期，呼唤机体不同层次间和同一层次内理论知识整合和技术集成
- 计算机模拟技术在动物营养研究中的应用大大提高了人脑和生物学实验难以解决的理论知识整合和技术集成方面的技术难题

模型化技术的水平是自然科学发展水平的重要标志

- 模型化技术是研究复杂系统的有力工具，是各门科学尤其是系统科学广泛使用的技术。应用模型化技术的水平成为各门科学发展水平的标志。它不仅是对该门科学过去的科研成果的总结和现有理论知识的整合，而且还是该门科学通向未来的起点

模型化技术的优势

- 正确的模型可以使复杂系统和复杂问题的处理大为简化，且又能保证不会发生大的偏差
- 用模型化技术研究复杂系统，可以先研究其理想模型，然后再对模型的研究结果不断加以种种修正，使之逐步与实际情况完全相符为止
- 应用模型化技术可对现有理论知识进行整合，获得科学结论
- 模型化技术的运用，能使人们更好地发挥思唯的力量，揭示新的研究方向，形成新的科学预见

在动物营养学研究中应用模型化技术的重要意义

- 发现现有动物营养学理论知识在量化方面的缺陷或不足
- 可以在建模后，通过试验不断对模型的立论和各个方面进行改进
- 模型化技术不仅用于描述目的，而且还可以用于营养预测和决策，减少进行必要的动物试验次数，降低研究成本
- 营养模型化的发展必将推动动物营养学最终实现由描述科学向控制科学的历史转变，也为计算机技术在动物营养学领域的应用开辟了一个新时代

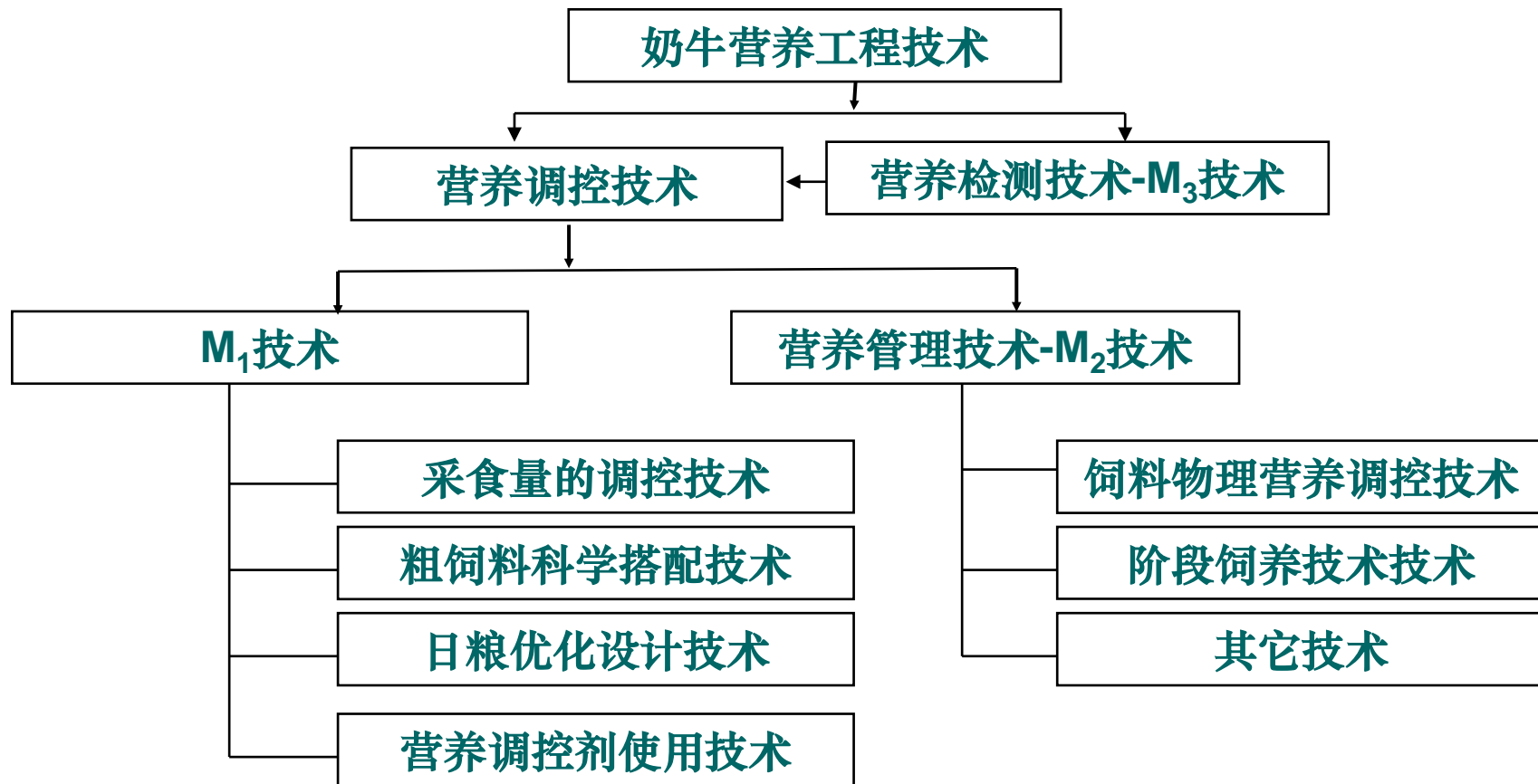
动物营养模型化——动物营养理论知识整合和技术集成具体表现

- 在动物营养学不同的发展时期，模型也有不同内容
 - 机体黑箱层次发展时期——用生物统计方法由个体营养规律估测群体营养规律
 - 机体多层次和全层次发展时期——开始大量利用机制模型；模型化的范围由机体黑箱层次逐步向机体内部代谢利用扩展
- 动物模型研究一些重大事件
 - 乳牛营养物质消化代谢整套 动态模型（Danfær, 1990）
 - 从1980年起每隔四年召开一次动物营养模型化国际学术讨论会
 - 加拿大Guelph大学营养模型化中心（CNN）成立
 - 美国CNCPS为代表的反刍动物营养软件系统问世和应用
 - 一些重要的模型化研究学术专著问世

营养模型化今后的发展方向

- 进一步完善各种模型
 - 增加机制模型比例
 - 更多使用非线性模型
- 与现行软件系统整合，扩大其功能
 - 重点放在提高动物生产性能，改善饲料营养利用率和保护环境不受污染
 - 增多日粮优化配合和营养检测功能技术内容
 - 提高现行软件系统在整个畜群和农场的应用水平
- 扩大CNCPS和其它软件系统在世界各国的推广
 - 重点放在建立与CNCPS模型配套的饲料数据库
 - 测定各国特有饲料资源Kd和Kp

动物营养工程技术—动物营养实用技术系统集成模式的创新性成果



趋势2：传统的营养概念和理论正在悄悄地发生变化，新概念和新理论见解正在不断涌现

新的营养概念和理论列举（卢德勋2004, 2014）

- 现代营养决策观
- 动物营养自我调控功能理论
- 对饲料营养成分组成新见解
- 反刍动物能量载体物质评价体系
- 饲料和营养物质“零组合效应”概念
- 动物多层次营养平衡理论
- 营养活性物质组学理论
- 日粮学理论和技术体系

现代动物营养决策观

- 传统动物营养的决策目标以提高动物生产性能为单一决策目标。这种唯生产性能的决策观随着人类社会和经济发展正在受到极大冲击
- 现代动物营养的营养决策观应是：要把养殖效益、动物健康和对环境的影响以及产品品质和安全四个方面放在一起加以统筹考虑，使其协调发展（卢德勋，2006）
- 动物营养决策观转变，深刻地改变着整个动物营养理论和技术体系的方方面面

对营养物质功能现代观

- 相当长时期，人们对营养物质功能的认识只停留在提供营养源和一些营养物质具有调节细胞代谢的功能，但主要是通过调节激素分泌和信号传导而实现的。直到20世纪80年代末，科学家陆续发现几乎所有的营养物质都可直接和独立地调节基因表达，从而把营养素功能的认识深入到基因水平
- 营养物质功能现代观是认为营养物质的功能不仅是作为机体内部的营养源，而且许多营养物质本身又具有营养活性功能，对机体内部的营养消化、代谢和利用具有调节功能。一些营养物质对遗传物质具有保护功能（如抗氧化功能）以及基因表达需要营养物质作为物质基础外，营养物质还对基因表达具有多水平、多层次的调节作用

对饲料营养成分新见解

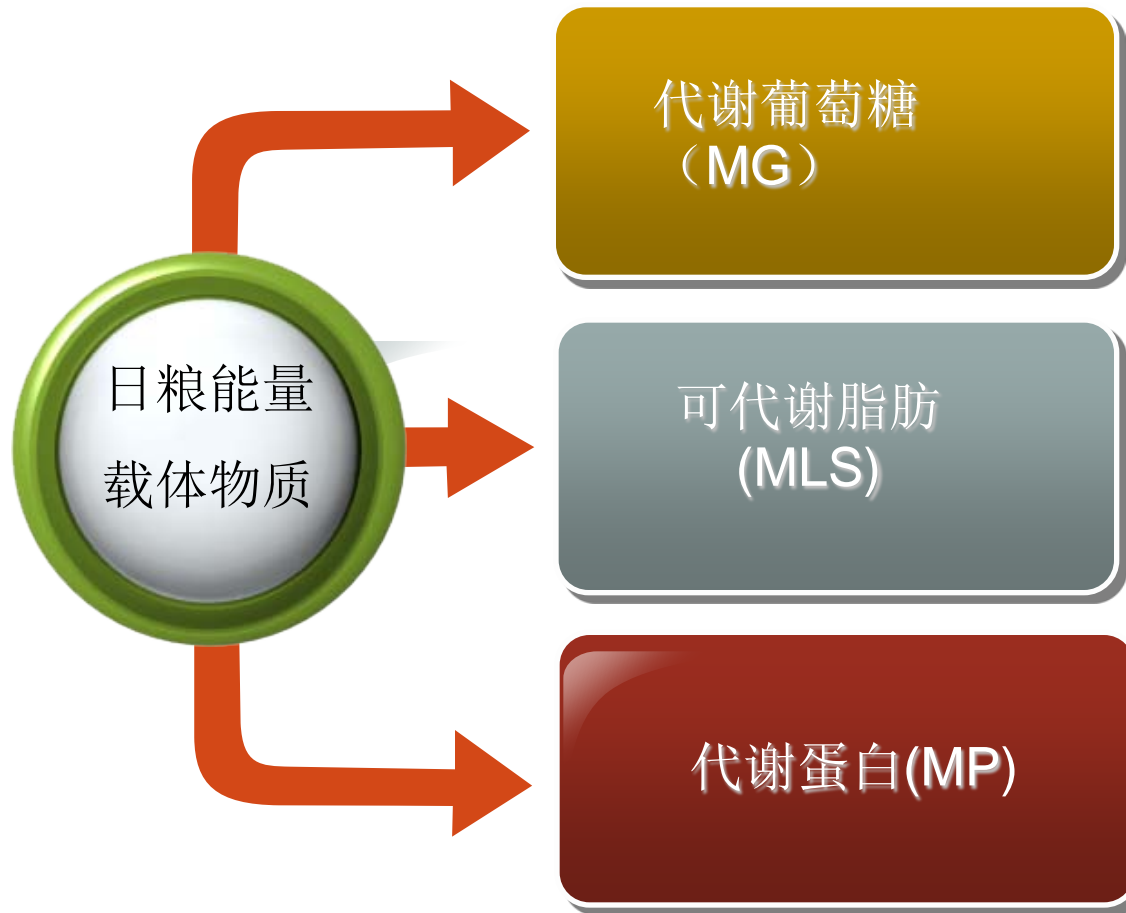


饲料营养组成的新见解（卢德勋，2004，2012）

反营养物质

- ◆ 反营养物质是指那些饲料中固有的或经过污染进入饲料的物质，如杀虫剂，除草剂、农药、抗生素和残留的激素、硝酸盐、三氯甲烷、铅、铝和重金属等多种物质
- ◆ 这些反营养物质阻止营养物质的吸收和利用，或者加速营养物质的排泄流失，并对动物健康产生有害影响
- ◆ 动物对反营养物质的摄入存在一个阈值。一旦这些物质的负荷超过了动物自身的解毒能力，就会影响健康，导致疾病
- ◆ 饲料中的具有提供营养底物或有营养活性功能的物质，如果利用不当，也会产生“反营养作用”，比如纤维物质和单宁

能量载体物质评定指标的新体系



能量载体物质评定指标的新体系



剩余饲料采食量 (Residual Feed Intake, RFI)

- 剩余饲料采食量定义：动物实际采食量与其维持和生长所需要的预期采食量的差值。它是评定肉牛饲料利用效率的有效指标，是具有中等遗传力（其遗传力为0.18~0.43）的负向选择性状。饲料利用效率越高的肉牛，其RFI值越低
- RFI低的肉牛其脂肪沉积率略低于RFI高的肉牛；RFI与代谢能摄入量呈正相关，也就是说随着RFI增高，更多的MEI用于体产热，而不是用于体增重；RFI高的肉牛体内肝脏和胃肠道重量都较重

RFI差异的生物学基础

- 与产生动物之间能量消耗差异有关的可能的生理过程有：
 - 离子泵输送 ($\text{Na}^+/\text{K}^+\text{ATPase}$)
 - 线粒体质子渗漏
 - 解偶联蛋白 (UCP)
 - 甲状腺素,lepin,IGF-1
 - 脂肪代谢酶和交感神经活动

其中离子泵输送 ($\text{Na}^+/\text{K}^+\text{ATPase}$)、线粒体质子渗漏和蛋白质周转各自约占动物之间基础能量消耗量20%

RFI值的划分

- Nkrumah等根据动物的RFI 平均值和标准差（SD），将动物的 $RFI > \text{平均值} + 0.5SD$ 定为高RFI（H-RFI）动物，即低饲料效率动物；将 $RFI < \text{平均值} - 0.5SD$ 定为低RFI（L-RFI）动物，即高饲料效率动物。而Ramos等是将高于平均值1倍标准差的动物定义为H-RFI（ $RFI > \text{平均值} + 1SD$ ），L-RFI动物则是 $RFI < \text{平均值} - 1SD$ 。
- 试验表明肉牛RFI高低影响了瘤胃微生物菌群组成结构，以及瘤胃发酵模式和VFA生成。采用RFI预测技术指导生产，有助于促进肉牛精细饲养

其它用于评定饲料利用率的指标

- FCR (F/G,单位增重的饲料转化率) 是一个饲料利用率的粗指标, 往往用于评定饲料品质和管理措施对生长牛的影响, 但是在牛选育方面应用价值有限。使用FCR进行生长牛的选择只会提高生长性状和后备母牛的体格大小和饲料耗用量, 而对提高成年母牛饲料利用率效果甚微
- PEG (ADG/Feed used for growth) 用作饲料利用率指标进行生长牛的选择要优于FCR, 因为与FCR相比, 饲料采食量与PEG存在较强相关

趋势4：新技术和新方法的应用为动物营养学现代化进程插上腾飞的翅膀

- 一部科学技术史反复证明，一项新技术和新方法的建立和应用往往会带来科学理论和技术的重大突破。现在生物科学发展对高新技术的需求和依赖越来越强
- 在动物营养研究中间有广泛应用前景的新技术和新方法有：
 - 分子生物学技术（特别是基因组学、代谢组学和蛋白质组学方法）
 - 现代生理学技术
 - 现代生物化学研究方法
 - 现代微生物技术
 - 计算机技术

国际反刍动物营养学发展的基本战略走向

- 学科体系创新是国际反刍动物营养学发展在相当长时期内面临的头等重要的战略任务
- 坚持创新驱动学科发展战略是构建具有时代特征反刍动物营养学理论和技术体系根本出路
- 实现学科整体思维方式由‘分析思维’向‘系统思维’的历史转变是国际反刍动物营养学发展和创新必须首先要解决的“第一要务”
- 系统动物营养学理论和技术体系的提出和发展为反刍动物营养学学科体系创新奠定了基础，开辟了成功的道路

构建具有中国特色乳牛养殖理论和技术体系的历史任务

伟大的历史任务

- 当前我国乳业面临着实现又好又快的产业发展历史任务
- 实现这一任务是一项巨大的系统工程
- 实现这一伟大的历史任务需要一代一代人的共同努力
- 从技术层次上讲, 构建具有中国特色的乳牛养殖技术体系是实现这一历史任务中间一项具有战略性意义的任务

建立具有中国特色的奶牛饲养理论和技术体系不能简单的走引进或照搬的道路

- 国际上现行的奶牛饲养理论和技术是根据他们的国情逐步发展起来的
- 国际上现行的奶牛饲养理论和技术也存在一个与时俱进的问题
- 中国奶牛饲养的国情与发达国家相比有明显的差别
- 建立具有中国特色的奶牛饲养理论和技术体系必须依靠自己的科学技术力量，从本国国情出发，走自主创新的道路

我国奶牛饲养理论和技术的研究现状

■ 应用层次

- 以经验为主
- 以引进技术为主，自主创新成果少，实用化程度低
- 养殖人员和其他涉奶人员科学文化技术水平低

■ 研究层次

- 基础研究薄弱，与国际差距甚大
- 应用研究自主创新能力较差
- 技术理念落后

加强我国奶牛饲养理论和技术全方位的研究刻不容缓

- 我国奶牛饲养技术的基础研究和应用基础研究相当薄弱，严重的制约了我国奶牛饲养理论和技术水平的提高
- 从根本上提高奶牛科学饲养水平必须从根本抓起，在基础研究和应用基础研究—应用研究—技术和产品研发和推广不同层次上共同努力，加强全方位的研究，不断提高自主创新能力
- 奶牛养殖技术研究的最终目标是构建符合中国国情的奶牛养殖技术体系，并在国际奶牛科学领域占据一席之地

构建具有中国特色的乳牛养殖理论和技术体系的基本要求

- 立足于中国国情
- 引进和利用国际上一切有价值的技术成果
- 在一些关键技术上走自主创新的道路
- 构建系统集成型乳牛养殖技术体系和相对应的理论体系
- 培养一支具有较高自主创新能力的研究团队

中国乳牛养殖的国情主要表现在：

- 奶牛的饲养方式是一种混合型的饲养方式，其中，较粗放的饲养方式仍占相当大的比例
- 乳牛饲养技术以经验型为主
- 粗饲料生产供应体系并未真正建立起来，粗饲料品质差是二个重要限制因素
- 中低产乳牛在乳牛饲养头数中间占大多数
- 乳牛饲养者和经营者科学文化素质差是一项长期起作用的限制因素

中国特色乳牛养殖理论和技术体系自主创新的历史任务

- ◆立足中国国情在关系乳牛养殖健康、可持续发展的关键技术研发上，要求集中精力进行自主创新
- ◆在乳牛养殖技术系统集成方面要求进行自主创新
- ◆大力加强对奶牛的营养基础研究

中国特色乳牛养殖理论和技术体系自主创新的历史任务

■ 自主创新要求：

思维方式创新、体制创新、机制创新和科研环境创新

■ 自主创新要正确处理四个方面：

- 继承和与时俱进的关系
- 引进、利用与自主创新的关系
- 某一领域的单项研究和理论的整合关系
- 技术创新与产品研发的关系

坚持科学发展观， 提倡科学的乳牛养殖理念

- 提倡对乳牛养殖效益、乳牛健康、乳牛养殖对环境的影响以及乳产品品质和安全四个方面进行统筹，实现又好又快、健康、可持续发展的目标
- 坚持优化产乳效率和系统集成和技术理念
- 在保障优质、安全的基础上，生产功能乳

立足中国国情，关系中国乳牛养殖健康、可持续发展的关键饲养技术

- 粗饲料品质评定、科学搭配和利用技术
- 对传统日粮配合技术进行创新，实现向优化饲养设计技术上的历史跨越
- 奶牛日粮营养平衡理论和技术
- 实用乳牛营养检测技术体系
- 乳牛日粮脂肪补添技术体系
- 乳成分营养调控技术
- 奶牛营养模型化和决策软件系统的研发
- 发展在保障优质、安全的基础上，生产功能乳产品的成套技术

大力开展奶牛营养的基础研究

- ❖ 乳成分前体物的生成与利用规律及调节机制
- ❖ 乳脂肪和乳蛋白合成相关功能基因（组）的筛选及其与营养素的互作关系
- ❖ 改善乳脂肪和乳蛋白含量与组成的系统整合理论和关键调控途径

结语

- 当前动物营养学正在实现由描述科学为主导向控制科学为主导的学科目标的历史性转变。在动物营养学中间占据重要地位的反刍动物营养学研究已出现一些值得关注的发展趋势，正在形成一种空前大跨度的发展势头。我们一定要紧紧抓住动物营养学发展的这一重大机遇，赢得发展的主动权
- 一定要加强动物营养学发展战略研究，从宏观上、战略上、整体上研究动物营养学的发展问题，使我们具有很强的预见性，更好的全局性和长远观念，能更加自觉的、目标明确地推动反刍动物营养学健康、协调发展

- 加强我国反刍动物营养研究关键在于自主创新。坚持自主创新，其实质就是要掌握学科发展的主导权、主动权，不断取得基础性、战略性、原创性的成果，实现重点突破与跨越，全面提高我国反刍动物营养研究，乃至整个动物营养科学和技术在国际上的综合竞争实力
- 推进动物营养学发展战略研究必须始终紧紧抓住转变学科整体思维方式这条主线
- 构建具有中国特色的乳牛养殖技术体系是一项具有战略性意义的任务。任重而道远。需要我们一代又一代人去开拓，去奋斗

谢谢

