

# 国家科学技术进步奖公示

(2019年度)

## 一、项目基本情况

项目名称	反刍家畜营养代谢调控及饲料高效利用技术研究与应用
提名者	湖南省
主要完成人	谭支良, 汤少勋, 刘建新, 高民, 周传社, 肖文军, 李启明, 孙志洪, 王佳堃, 任国谱
完成单位	中国科学院亚热带农业生态研究所 浙江大学 内蒙古自治区农牧业科学院 湖南农业大学 新希望乳业股份有限公司 湖南亚华乳业控股有限公司

## 二、提名意见

针对我国反刍家畜营养代谢研究与饲料资源利用领域存在的营养评价方法滞后、营养吸收代谢基础认识不足及营养调控技术缺乏创新等问题,在国家科技支撑计划、国家自然科学基金及中科院知识创新工程等项目/计划支持下,开展“反刍家畜营养代谢调控及饲料高效利用技术研究与应用”研究,揭示了瘤胃内短链脂肪酸及铵盐促进肝脏糖异生与尿素吸收转运的营养生理机理;明确了典型日粮条件反刍家畜后肠道氨基酸限制性顺序,发现后肠道限制性氨基酸不平衡是影响机体蛋白周转及机体免疫功能的关键因素;反刍家畜血液红细胞参与门静脉引流组织氨基酸转运过程的发现,丰富动物机体氨基酸转运理论;建立了我国主要精粗饲料营养价值与营养特性数据库,提出了以日粮碳水化合物和蛋白质结构优化技术、瘤胃可消化碳水化合物和可消化能技术及营养与非营养性添加剂高效利用技术为核心的反刍家畜营养调控技术体系。通过该项目关键技术的规模化应用与示范,奶牛产奶量提高5%~10%,粗饲料利用率提高15%以上,肉牛增重平均提高18%。项目发表论文授权发明专利28个,发表研究论文194篇(SCI收录118篇),制定国家标准1项,地方标准2项。新增销售收入21.1亿元,新增利润5.28亿元,节约成本5116万元。实现整体提升我国反刍家畜产业的技术水平、竞争能力和系统创新能力,并有效促进了区域产业结构的调整和优化。

经审阅，符合提名条件，同意提名该项目为国家科学进步奖二等奖。

### 三、项目简介

改革开放 40 年来，我国奶牛、肉牛和山羊的饲养规模分别增长了 5 倍、3 倍和 2 倍以上；未来 15 年，我国居民对肉的消费需求将提增 35%以上，而对奶的消费需求将提增 3 倍以上；农业农村部因此将牛羊生产作为畜牧业发展的重中之重。机体健康与饲料营养高效利用是反刍家畜高效生产的关键。但饲料营养评价方法滞后、营养吸收代谢理论认识不足及营养调控技术缺乏创新，已成为制约反刍家畜饲料（草）资源高效利用、动物生产性能发挥及产品品质提升的瓶颈。本项目通过优化、建立关键营养代谢评价方法，针对蛋白质、氨基酸、碳水化合物等关键养分的消化吸收与转运开展系统研究，通过提高饲料利用效率及改善动物健康的技术与产品研发，并集成创新和产业化推广应用，为我国反刍家畜安全、高效生产提供关键技术支撑。

1. 基于组织和细胞层次建立了 5 个研究反刍家畜营养代谢的方法。以咀嚼综合指数为指标的肉用反刍家畜日粮有效纤维需要量评价方法，以 GI2008 为指标的粗饲料品质分级指数法和以量化饲料降解参数为主体的评价饲料消化特性的生物数学方法，以及基于稀土元素镭测定粗饲料阳离子交换量化学测定法的建立，为系统研究评价粗饲料营养品质与高效利用提供了技术手段。建立的以非线性回归法测定反刍家畜消化道内源氮、磷排泄量及饲料氮、磷真消化率的方法；以胰蛋白酶和 IV 型胶原酶消化，以及以循环灌流技术结合胶原酶原位两步灌注法为关键的消化道和肝脏细胞分离培养方法，为从组织与细胞层次研究反刍家畜营养代谢规律提供了技术支撑。

2. 系统研究了蛋白质（氨基酸）、碳水化合物、脂肪酸等关键营养素的吸收转运与代谢调控机理。揭示日粮过瘤胃蛋白比例通过影响机体氨与尿素再循环进而调控氮利用率的营养学机理；确定了反刍家畜典型日粮氨基酸限制性顺序，揭示后肠道限制性氨基酸的平衡是调控动物机体蛋白质周转、瘤胃微生物氨基酸组成模式及机体免疫功能的关键因素；揭示了儿茶素与 L-茶氨酸等非蛋白类饲料调控机体抗氧化能力与葡萄糖及氨基酸吸收的作用机理。阐明了日粮支链淀粉结构调控氨基酸的吸收与转运规律，以及瘤胃可消化碳水化合物提供的可消化能不足是低质粗饲料日粮引发乳蛋白产量低下的根本原因。阐释了短链脂肪酸及铵盐调控瘤胃上皮脂肪酸吸收、肝脏糖异生与尿素吸收转运的作用机理；发现日粮能量和蛋白营养限制通过降低消化道抗氧化能力及肠道吸收能力抑制幼龄反刍家畜发育的作用机理。

3. 技术集成与应用方面，优化了日粮结构与非结构性碳水化合物以及过瘤胃蛋白比例技术参数。获得了豆科、禾本科、蓼科及农作物秸秆粗饲料优化组合比例参数。研发了纤维素酶、氨基酸、酵母培养物及非离子表面活性剂等提高饲料营养利用及改善瘤胃功能的技术与产品，以及儿茶素、茶皂素植物功能成份调控反刍家畜能量利用效率及产品品质的技术与产品。

4. 获得授权发明专利 28 个，发表研究论文 194 篇 (SCI 收录 118 篇)。反刍家畜系列饲料及营养调控添加剂产品，以及营养代谢调控与饲料高效利用技术成果已在全国 9 个省市进行推广应用。应用项目技术成果奶牛奶产量整体提高 5%–10%，粗饲料利用率提高

15%以上，肉牛和肉羊增重平均提高 16%以上，饲料利用率提高 12%以上。制定国家标准 1 项，地方标准 2 项。

## 四、客观评价

### （一）科技成果奖励

1. 总体成果获得省部级科学技术奖励4项。科技进步一等奖1项：“反刍动物营养调控与饲料高效利用技术研究与应用”获2013年度湖南省科技进步一等奖；自然科学二等奖1项：“瘤胃发酵增效与甲烷减排的应用基础研究”获2018年高等学校学科研究优秀成果奖自然科学二等奖；科技进步二等奖1项：“利用系统组合营养技术提高粗饲料利用效率的研究”获2001年内蒙古自治区科学技术进步二等奖；科技进步三等奖1项：“植物源性奶牛生理免疫调节剂及优质奶制品开发”2011年获湖南省科技进三等奖。

### （二）成果总体水平与第三方评价与验收意见

1. 中科院亚热带农业生态所畜禽健康养殖研究中心在中国科学院“十二五”任务验收和研究所“一三五”国际诊断评估中获得“优秀重大突破”，其中反刍动物营养与饲料高效利用研究是主要代表性成果。

2. 湖南省科学技术厅组织专家对“反刍动物营养调控与饲料高效利用技术研究与应用”成果进行鉴定，鉴定委员会专家一致认为：该成果整体上达到同类研究的国际先进水平，其中关于反刍动物消化道氨与尿素吸收转运的调控机理和红细胞参与PDV组织氨基酸的转运过程及其营养调控研究居国际领先水平。

3. 关于“利用系统组合营养技术提高粗饲料利用效率的研究”成果，经内蒙古自治区科学技术委员会组织专家鉴定认为：该成果为制定提高秸秆利用率和采食量的营养调控技术提供了重要理论依据。为今后我国在大量利用低质粗饲料日粮条件下推广和利用其系统组合型营养技术奠定了基础，成果达到国际先进水平。

4. 关于植物源性奶牛生理免疫调节剂及优质奶制品开发成果，经湖南省科学技术厅组织专家鉴定认为：项目所取得的成果对于解决当地奶牛业存在的问题、促进我国南方亚热带地区奶牛业的健康和可持续发展，具有重要的应用价值，鉴定认为项目整体成果达到国际先进水平。

5. 国家科技支撑计划课题“城郊集约化畜禽养殖业环境健康与污染控制关键技术研究”，验收组专家认为：“……反刍动物生理调控和植物提取物调控减排技术……为

城郊畜禽养殖业主要污染物减排提供了关键技术支撑”。

6. 总体成果研究部分内容，《饲料中氨基酸和纤维素营养价值评价及其组合调控的新技术研究》项目的验收意见认为：利用本研究成果能够合理配制反刍动物日粮中营养物质的比例，尽量减轻负组合效应的发生，充分发挥其正组合效应，提高反刍动物对粗饲料的利用效率。项目形成的新型粗饲料组合及营养添补技术、抗热应激剂添加技术、TMR 日粮配制技术等在新希望乳业股份有限公司应用，奶牛产奶量年均提高650kg/头，奶牛饲料利用率显著提高，奶牛生产性能明显改善，原料奶质量明显提高。

### （三）国家与地方标准及基因注册

1. 项目制定的粗饲料分级评定技术，已列为饲草营养品质评定GI法国家标准（GB/T23387—2009）。

2. 依托项目技术成果制定的牛日粮样本营养品质和平衡度评定，以及饲用液体香味剂中挥发性风味物质的测定SPME-GC-MS法已列为内蒙古自治区地方标准（DB15/T 1171—2017；DB15/T 1075-2016）。

3. 项目研究中克隆的19个与山羊磷、葡萄糖、氨基酸及尿素吸收转运有关的转运蛋白载体基因序列在Genbank注册，为反刍动物关键营养素吸收与转运的机理研究提供了分子基础。

### （四）国内外权威专家对技术原理的创新性评价与认可

1. 本项目有关反刍家畜瘤胃温室气体排放模型的研究论文，被列为动物饲料科学技术领域2011年度最热门文章的第7位，并分别在中国科学院、中国科学网以及生物谷等网站进行报道。美国著名营养生物化学家Ahn教授在《Meat Science》2010年度综述中评价认为：茶叶提取物制剂是改善反刍家畜肉质的有效措施。美国动物营养学家Hristov教授在《Journal of Animal Science》2013年度综述中评价认为：有关茶皂素的研究是提高饲料利用率的重要方法。

2. 本项目有关瘤胃调控方面的论文不仅为国内外同行在Journal of Dairy Science、Animal Nutrition等刊物广泛引用，也被墨西哥州立大学A. Z. M. Salem教授、意大利米兰大学Luciana Bava教授等分别在Journal of Cleaner Production期刊发表的论文中引用。

## 五、推广应用情况

### 1. 推广应用情况

经湖南、四川、内蒙等省 10 多年来的应用推广，大范围采用所研发的反刍家畜饲料配方技术、饲料产品、瘤胃生理调控技术、植物提取物产品及提制技术、功能性饲料添加剂产品、营养与生理调控产品与技术，奶牛奶产量整体提高 5%-10%，粗饲料消化利用率提高 15%以上，肉牛平均增重提高 18%。成果完成单位新希望乳业股份有限公司将项目研发的新型粗饲料组合及营养添补技术、抗热应激剂添加技术、TMR 日粮配制技术等应用在 11 个奶源基地，10 个直属奶牛场。近三年累计推广至奶牛养殖 26.1 万头，产奶量年均提高 650kg/头，奶牛饲料利用率显著提高，奶牛生产性能明显改善。公司应用项目技术成果后，原料奶质量明显提高，为利用优质奶源，公司开发了城市记忆、活润、24 小时等系列牛奶新产品，公司下属 9 家加工厂年生产 40 万吨牛奶，年平均每吨产品溢价 1600 元。成果完成单位湖南亚华乳业控股有限公司自 2009 年开始应用“反刍家畜营养代谢调控与饲料高效利用技术研究与应用”项目研究的相关科研成果，在养殖户中推广采用新型牧草组合技术、粗饲料营养添补技术、抗热应激添加技术、TMR 日粮配制技术，奶牛养殖用户效益显著提高，奶牛生产性能显著提升，创造了很大的经济效益，奶牛产奶量整体提高 10%以上。饲料成本明显下降，奶制品产品效益提升显著。取得了显著的经济与社会效益。

主要应用单位情况表

应用单位名称	应用技术	应用的起止时间	应用对象及规模	应用单位联系人/电话
新希望乳业股份有限公司	配方技术及添加剂技术	2009年至今	将饲料配方技术应用在11个奶源基地及10个直属奶牛场，产奶量年均提高650kg/头	向松涛 /18980705026
湖南亚华乳业控股有限公司	数据库、配方技术及添加剂技术	2009年至今	将粗饲料营养添补技术、抗热应激添加技术应用在湖南5个奶源基地，奶牛产奶量整体提高10%以上	袁灵芝 /13808468976
湖南天华实业有限公司	配方技术及添加剂技术	2009年至今	将日粮能氮平衡技术和饲料整体营养调控技术应用于2.8万头肉牛，饲料利用率提高15%以上，肉牛增重显著提高。	祝远魁 /13723818019
内蒙古博瑞饲料有限公司	反刍家畜奶牛整体营养调控料与瘤	2011年至今	应用项目反刍家畜奶牛整体营养调控料与瘤胃生理调控技术新增饲料4.5万吨以上，养殖户	段宏波 /18647385550

	胃生理调控技术产品		奶牛产奶量明显提高	
长沙三福生物科技有限公司	植物提取物提制技术与产品	2007年至今	开发出不同种类规格的厚朴酚、和厚朴酚、飞机草等提取物及其功能产品，取得了显著的社会经济效益。	张盛 /13548952658
湖南天下康生物科技有限公司	植物提取物提制技术与产品	2013年至今	开发出不同纯度规格的茶氨酸及儿茶素等茶叶提取物及其功能产品，经济效益显著	高居广 /13307366886
上海光明荷斯坦牧业有限公司	青贮饲料的制作技术	2015年至2017年	青贮饲料的制作及奶牛养殖技术	苏衍菁 /15221477486

## 六、主要知识产权证明目录

知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人	发明专利有效状态
发明专利	多通道厌氧发酵温室气体全自动在线检测方法及装置	中国	ZL20141020540 0.6	2014.5.1 5	1685790	中国科学院亚热带农业生态研究所	王敏, 汤少勋; 周传社; 韩雪峰; 谭支良.	有效
其他	饲料营养品质评定GI法	中国	GB/T23387-2009	2009.3.26	内蒙古自治区质量技术监督局	内蒙古自治区农牧业科学院	卢德勋, 张吉鹁, 王旭, 胡红莲, 徐桂梅, 卢媛, 高民	其他有效的知识产权
发明专利	一种促进瘤胃发酵的天然产物制剂	中国	ZL20131034792 8.2	2014.8.20	1467285	浙江大学	王佳堃, 刘美, 刘建新	有效
发明专利	一种能促进瘤胃发酵的全细胞木聚糖酶及其制备方法	中国	ZL20131046362 9.5	2016.8.17	2175868	浙江大学	王佳堃, 杜文, 刘建新	有效

发明专利	奶牛精补料营养品质评定方法	中国	ZL2012101377540.5	2012.4.25	1479065	内蒙古自治区农牧业科学院	胡红莲, 卢德勋, 高民, 王丽芳, 云伏雨, 冀芳, 牛文艺	有效
发明专利	一种反刍动物微生物生态添加剂及其制备工艺	中国	ZL201110161862.9	2013.1.16	1120461	内蒙古农业大学	刘大程, 王晓宏, 殷兆丽, 高民, 卢德勋	有效
发明专利	一种微生物产 $\gamma$ -谷氨酰基甲酰胺合成酶催化合成L-茶氨酸的方法	中国	ZL201210235889.2	2013.6.12	1214758	湖南农业大学	肖文军, 张玥, 龚志华	有效
发明专利	一种麻疯树蛋白的生产方法	中国	ZL201010300007.7	2012.5.30	962985	浙江大学	刘建新, 汪海峰	有效
发明专利	L-茶氨酸作为饲料添加剂的用途及相应饲料	中国	ZL200910043435.3	2011.2.9	738419	湖南农业大学	贺喜, 肖文军, 刘臻, 龚志华, 张石蕊	失效
发明专利	一种青绿饲料贮藏的方法	中国	ZL200810236757.5	2008.12.10	735446	中国科学院亚热带农业生态研究所	孙志洪, 谭支良, 汤少勋	失效

## 七、主要完成人情况

**谭支良**，第一完成人，研究员，中国科学院亚热带农业生态研究所，项目负责人，负责项目的总体设计与实施，对创新点 1、2、3 均有直接贡献。阐明了反刍家畜氮和氨基酸转运与代谢的营养调控机理以及挥发性脂肪酸及其铵盐调控瘤胃上皮和肝脏调节机体氨及尿素吸收转运的分子调控机理，以及反刍家畜日粮碳水化合物组成调控营养吸收利用的机理，主持研发了系列提高反刍家畜饲料利用效率的新产品，是主要知识产权列表中发明专利 1 和 9 的主要发明人，“反刍动物营养调控与饲料高效利用技术研究与应用”获 2013 年湖南省科技进步一等奖，为第一完成人。

**汤少勋**，第二完成人，副研究员，中国科学院亚热带农业生态研究所，对创新点 1、2、3 均有直接贡献，是主要知识产权表中发明专利 1 和 9 的主要发明人，研制了具有全自动在线检测功能的体外瘤胃模拟发酵系统，建立了山羊瘤胃上皮原代细胞分离与培养技术方法，建立了反刍家畜消化道内源磷排泄量及饲料磷真消化率的测定方法，阐明了反刍家畜消化道磷吸收的分子调控机理；克隆了山羊尿素循环关键代谢酶基因(AS)，揭示了短链脂肪酸

及铵盐调控机体肝脏糖异生与尿素吸收转运的分子机理，提出了农作物秸秆与牧草优化组合利用技术参数，“反刍动物营养调控与饲料高效利用技术研究与应用”获 2013 年湖南省科技进步一等奖，为第二完成人。

**刘建新**，第三完成人，教授，浙江大学，对创新点 2、3 有直接贡献，是主要知识产权表中发明专利 3、4 和 6 的主要发明人，“反刍动物营养调控与饲料高效利用技术研究与应用”获 2013 年湖南省科技进步一等奖，为第四完成人。

**高 民**，第四完成人，研究员，内蒙古自治区农牧业科学院，对创新点 1 有重要贡献，是主要知识产权表中国家标准 2 和发明专利 4 和 5 的主要发明人，“反刍动物营养调控与饲料高效利用技术研究与应用”获 2013 年湖南省科技进步一等奖，为第五完成人。

**周传社**，第五完成人，研究员，中国科学院亚热带农业生态研究所，对创新点 1 和 3 有重要贡献，是主要知识产权表中发明专利 1 的主要发明人，“反刍动物营养调控与饲料高效利用技术研究与应用”获 2013 年湖南省科技进步一等奖，为第三完成人。

**肖文军**，第六完成人，研究员，湖南农业大学，对创新点 2、3 有重要贡献，是主要知识产权表中发明专利 6 和 8 的主要发明人，对核心技术中植物功能成分的应用与推广做出重要贡献。“反刍动物营养调控与饲料高效利用技术研究与应用”获 2013 年湖南省科技进步一等奖，为第七完成人。

**李启明**，第七完成人，高级工程师，新希望乳业股份有限公司，对创新点 3 有重要贡献，在核心技术推广应用、技术实施、效果评价等方面做出了创新性贡献。

**孙志洪**，第八完成人，教授，西南大学，对创新点 1 有重要贡献，是主要知识产权表中发明专利 9 的主要发明人，在核心技术推广应用方面做出创新性贡献。“反刍动物营养调控与饲料高效利用技术研究与应用”获 2013 年湖南省科技进步一等奖，为第十二完成人。

**王佳堃**，第九完成人，教授，浙江大学，对创新点 2 和 3 有重要贡献，是主要知识产权表中发明专利 3 和 4 的主要发明人。参与了低质粗饲料降低奶牛产奶量机理研究。

**任国谱**，第十完成人，研究员，湖南亚华乳业控股有限公司，对创新点 3 有重要贡献，在核心技术的推广应用、技术实施、效果评价等方面做出了创新性贡献。“反刍动物营养调控与饲料高效利用技术研究与应用”获 2013 年湖南省科技进步一等奖，为第六完成人。



## 八、主要完成单位及创新推广贡献

**中国科学院亚热带农业生态研究所**为本成果的第一完成单位，对创新点 1、2、3 均有重要贡献。负责项目整体方案的设计和实施，建立了系统评价粗饲料营养品质以及反刍家畜消化道与肝细胞分离培养方法，揭示了反刍家畜日粮蛋白质、氨基酸与脂肪酸吸收代谢的调控机理，提出了反刍家畜日粮营养组合及饲料组合利用的关键技术参数。并开展了技术与产品的可靠性验证，牧场试验示范与推广应用。

**浙江大学**为本成果的第二完成单位，对创新点 2 和 3 有重要贡献，研制了反刍家畜瘤胃发酵调控技术产品，阐明了低质粗饲料降低奶牛产奶量的微生物机理，研发出利用酵母和酶双重功效提升玉米秸供能效率的技术。

**内蒙古自治区农牧业科学院**为本成果的第三完成单位，对创新点 1 和 3 有重要贡献，制定了粗饲料分级评价国家标准，开展了反刍家畜整体营养调控技术在北方地区的推广应用和效果评价研究。

**湖南农业大学**为本项目的第四完成单位，对创新点 2 和 3 有重要贡献，主要负责植物功能成分在反刍家畜营养代谢调控机理核心技术的研发、推广应用、风险评价和效果评价。

**新希望乳业股份有限公司**为本项目的第五完成单位，对创新点 3 有重要贡献，负责技术与产品的大规模推广应用与效果评价。

**湖南亚华乳业控股有限公司**为本项目的第六完成单位，对创新点 3 有重要贡献，主要负责技术与产品的大规模推广应用与效果评价。

## 九、完成人合作关系说明

第一完成人谭支良（中国科学院亚热带农业生态研究所）、第二完成人汤少勋（中国科学院亚热带农业生态研究所）、第三完成人刘建新（浙江大学）、第四完成人高民（内蒙古自治区农牧业科学院）、第五完成人周传社（中国科学院亚热带农业生态研究所）、第六完成人肖文军（湖南农业大学）、第七完成人李启明（新希望乳业股份有限公司）、第八完成人孙志洪（西南大学）、第九完成人王佳堃（浙江大学）和第十完成人任国谱（湖南亚华乳业控股有限公司）共同完成的成果“反刍家畜营养代谢调控与饲料高效利用技术研究与应用”申请 2019 年度国家科学技术进步奖。

第一完成人谭支良与汤少勋、刘建新、高民、周传社、肖文军，孙志洪和任国谱共同完成“反刍动物营养调控与饲料高效利用技术研究与应用”成果，获 2013 年湖南省科技进步一等奖。

第一完成人谭支良与汤少勋、周传社均来自第一完成单位中国科学院亚热带农业生态研究所的同一课题组，合作完成了主要知识产权列表中的发明专利 1。

第二完成人汤少勋与第六完成人肖文军共同完成的“奶牛植物源性生理与营养调控及优质奶制品开发”成果获 2011 年湖南省科技进步三等奖。

第一完成人谭支良与第八完成人孙志洪、第二完成人汤少勋合作完成了主要知识产权列表中的发明专利 9。

第五完成人周传社与第七完成人李启明 2013 年共同参与完成四川省科技计划项目“活性酵母及酵母培养物对泌乳期奶牛生产性能的影响”项目研究。

第三完成人与第九完成人王佳堃均来自浙江大学的同一课题组，共同完成了主要知识产权列表中的发明专利 3 和 4，已合作发表 SCI 论文 4 篇。

第一完成人谭支良确认十位完成人的关系，以及上述合作内容真实有效，特此说明。

第一完成人签名：

