

农牧业生产方式转变及其影响因素研究*

——利用有限混合模型对中国肉牛养殖方式转变的实证分析

曹建民¹ 赵立夫¹ 刘森挥¹ 于晓华^{1,2}

摘要：农牧业生产方式及其转变的决定因素研究对于实现农业现代化和乡村振兴具有重要的理论和实践参考价值。本文使用肉牛牦牛产业技术体系的调研数据，利用有限混合模型区分样本异质性的功能，对中国当前肉牛中短期育肥方式及其影响因素进行考察。本文分析结果表明，中国中短期肉牛育肥可以分为传统养殖和现代养殖两种类型，66%养殖者采用传统方式进行肉牛养殖，34%的养殖者已经转变为现代养殖方式。养殖户参与技术培训、获得金融支持、加入合作社等因素对肉牛养殖由传统向现代转变具有显著的正向激励作用。文章认为中国农牧业要尽快转变生产方式，可以从现代技术普及、强化金融支持、农户组织化等方面进行积极的政策引导和资金支持。

关键词：有限混合模型 传统方式 现代方式 肉牛养殖

中图分类号：F304 **文献标识码：**A

一、引言

转变生产方式是中国实现农业现代化的必然选择，也是乡村振兴战略得以顺利推进的重要影响因素。中国是世界上人口最多的国家，人口持续增长和社会经济发展极大地提升了农产品的需求。然而，中国人均耕地面积不足世界平均水平的43%，淡水资源人均占有量仅为世界平均水平的25%，如何利用有限的资源生产出更多的农产品是中国过去、现在和未来都必须重视的问题。中国曾经利用有限的资源成功地解决了20%世界人口的温饱，中国政府已经认识到未来的农业产出增长不可能再依靠增加要素投入来实现，转变农牧业生产方式、提高全要素生产率是未来农牧业产出增长的主要途径。因此，如何引导农牧业转变生产方式是急迫且重要的研究课题。

农牧业生产方式如何转变已经积累了一定的文献。舒尔茨（2006）认为改造传统农业的核心是教育和培训农民以增加他们的人力资本。鉴于中国农业发展实际，一些学者提出对农民进行技术培

*本文研究得到中国工程院“中国牛肉产业发展战略研究”（项目编号：2016-XY-02）、国家自然科学基金项目“产业链管理模式与牛肉安全供给的实证研究”（项目编号：71273110）、农业农村部行业专项“国家肉牛牦牛产业经济研究”（项目编号：农科教发[2017]10号）的资助。

训、强化技术推广和产业化经营可能有利于推动中国农业生产方式转变（岳跃，2000）。部分学者认为农民基本素质、农业科技成果转化水平和资金投入状况是农业生产方式转变的制约因素（唐思航、韩晓琴，2010），中国畜牧业生产方式的转变更重要的是依靠公共财政支持和提升畜牧业组织化水平（王明利等，2007）。家庭联产承包制度曾经成功地激发了中国农民的生产积极性，但也形成了分散且规模小的农牧业生产特点（于晓华，2018），据此部分学者提出了知识农业、合作农业、规模农业等将是中国农业生产方式转变的重要路径（李铜山，2014）。为了更加深入地研究农牧业生产方式及其转变，部分学者利用统计方法计算出一个综合分值，以此来代表农牧业生产方式（陈浮，2002），还有部分学者根据全要素生产率的变化来分析农牧业生产方式的转变规律（汪晓文、杜欣，2018）。

农牧业生产方式转变不仅需要宏观层面的指导，微观层面的实证研究更具有实践参考价值。尽管很多研究者对农牧业生产方式转变的必要性、转变的制约因素和发展路径进行了较深入的探索，但多数研究主要采取定性分析法，少有的定量分析也是利用宏观层面的统计数据，通过探究全要素生产率的影响因素来分析农牧业生产方式转变的途径。然而，宏观层面的统计数据很难体现微观个体的行为，由此得出的结论很难对发展决策产生有价值的参考。因此，农牧业生产方式转变需要开展更加微观的、系统化的实证研究，进而为当前和未来的农牧业发展提供实践和决策参考。

中国当前的肉牛养殖状况为揭示生产方式转变及其影响因素提供了良好的素材。中国当前人均牛肉占有量（5公斤/年）低于世界平均水平，巨大的供求差距呼唤着肉牛养殖方式的转变。中国有悠久的养牛历史，但役用是20世纪90年代前的主要功能，社会经济的发展促使牛的役用功能逐渐被肉用功能所取代，传统养牛技术和管理模式也逐渐向现代肉牛养殖方式转变。中国当前的肉牛养殖状况、养殖者个体差异和技术采用差异为研究农牧业生产方式转变提供了很好的数据支撑。本文将利用有限混合模型，依托肉牛牦牛产业技术体系在全国21个省份定点观测的肉牛养殖投入产出数据，实证分析肉牛养殖方式转变及其影响因素，为国家制定相关政策提供参考。

二、理论分析与研究假说

农牧业生产方式的转变可以从生产者自身状况和外部条件两方面进行分析。农牧业生产方式由传统向现代转变，其实质就是通过发展现代农业生产的条件与组织形式来改造传统农业的过程。主要特征表现为：农牧业生产者具有现代发展理念，先进的科技与物质装备广泛应用于农牧业生产体系，农业资源配置效率和农业生产市场化程度得到显著提高。一方面，现阶段中国农牧产品生产已经完成了计划经济向市场经济的过渡。受教育程度和工作阅历不仅决定生产者个人对农牧业发展的判断，同时也影响着现代发展理念和先进技术被生产者掌握的时间和程度，进而影响着生产方式的转变。另一方面，外部环境和条件对生产方式转变可能有较大影响。根据前人对农户采用新技术的行为研究，先进的科学技术能否广泛应用于生产，不仅与金融部门的资金支持有关，而且与新技术的推广方式和方法有密切的关系。此外，周围其他生产者的新技术采用情况，以及国家相关政策也会间接地影响生产者的农牧业生产方式。

为了探索农牧业生产方式转变的有效途径和政策,本文以肉牛养殖为例,研究外部环境和条件变化对养殖方式转变的影响,重点检验技术培训、金融支持、农户组织化、农牧业经营规模等因素的影响,揭示这些因素与农户肉牛养殖方式之间的关系,为促进农牧业生产方式转变提供参考。

1.技术推广与生产方式的关系。农业技术培训是农业技术推广的有效方式之一(曹建民等,2005)。我国农区养牛的目的主要是役用为主,真正的育肥开始于20世纪80年代末。肉牛育肥和役用牛饲养有很大差异,不仅要求粪污处理、防疫措施等先进技术要更新换代,而且要求分群饲养、定期消毒,精粗饲料配比等先进理念和管理实践真正融入到养殖过程,才能实现由传统养殖向现代养殖方式的转变。鉴于农民接受新技术和先进的管理理念是一个信息传递和逐渐认知的过程,本文认为,肉牛养殖户参与技术培训的次数对其采取现代养殖方式可能具有正向的激励作用。

2.金融支持与生产方式的关系。农牧业生产方式由传统向现代转变离不开资金的支持(蒋宁、汪雷,1999)。肉牛育肥与役用牛养殖不同,日增重是衡量肉牛养殖水平的重要指标。牛舍建设、饲料配比、养殖机械等适应程度对肉牛日增重有重要的影响,而这些条件建设需要大量的资金支持。此外,肉牛养殖周期长、占用资金大,一定的养殖保险可能对养殖户采取现代养殖方式也具有正向影响。考虑到现代肉牛养殖的特点,传统役用牛养殖户仅依靠自身积累很难转变其生产方式。因此,本文认为肉牛养殖户获得金融机构贷款对其采取现代养殖方式可能具有正向影响。

3.农户组织化与生产方式的关系。现代肉牛养殖不仅需要科学的饲料配比技术,而且需要先进的管理实践作指导,将微观个体组织起来有利于肉牛养殖方式的转变。一方面,肉牛养殖是一个相对复杂的技术应用和管理过程,养殖个体组织化可以为养殖者提供互相学习、互相帮助的平台,有利于现代养殖方式的推广。另一方面,养殖个体组织化比单个养殖户更容易与现代化的肉牛屠宰加工企业合作,这样的合作关系必然有助于先进的技术、生产管理、疫病防治等信息传递给养殖个体,紧密的合作关系还可能为养殖个体提供牛犊、饲料、养牛设备服务,这些都有利于现代肉牛养殖方式地形成。因此,本文认为,肉牛养殖个体加入合作社对其生产方式的转变可能具有积极的影响。

4.经营规模与生产方式的关系。提升经营规模可能有利于肉牛养殖由传统向现代转变。林毅夫(1994)在研究技术采纳行为时发现经营规模越大的农户采纳新技术的可能性越高,姜长云、席凯悦(2014)的研究也发现经营规模大的农户其现代生产方式特点更明显。从肉牛养殖业生产特征来看,肉牛规模养殖户不仅对先进的机械、养殖技术、疫病防控技术有较高的采用意愿,而且适宜的规模也更容易使先进的机械、技术和管理发挥出经济效果。因此,本文认为肉牛养殖规模与农户采取现代养殖方式之间可能存在正向关系。

三、研究方法与数据来源

(一) 研究方法

中国肉牛养殖正处于传统方式向现代方式转变过程中。役用牛养殖在我国有悠久的历史,但当前牛的役用功能已经被肉用功能取代,一部分养殖户已经接受了现代养殖技术和先进的管理理念进行肉牛养殖,部分农户处于传统向现代养殖方式过渡之中,但还有很大一部分农户由于外部条件限

制依然在采用传统方式养牛。农户采用何种方式进行肉牛养殖受到多种因素的影响，前人的研究对此已经达成了相对一致的定性结论。由于很难从数量上对肉牛养殖方式进行刻画，因此无法科学地描述养殖方式和影响因素之间的数量关系。本文将利用有限混合模型对样本异质性的识别功能，构建指标刻画农户的养殖方式，然后再以农户的养殖方式作为被解释变量建立计量经济模型，分析相关因素与生产方式的数量关系，为相关研究和决策提供实证参考。

1. 利用有限混合模型判断农户肉牛养殖方式。有限混合模型由 Pearson (1895) 提出，可以相对客观地区分样本不可观测的异质性，近年来逐渐应用于心理学、医疗卫生、工程、经济等领域，用以处理人们心理特征、情绪分类、基因关联、消费者偏好等不可观测的异质性 (张洁婷等, 2010; Zhang et al., 2002; Yamanishi et al., 2000; 陈林兴、黄祖辉, 2014; Zhou and Yu, 2016)。本文参照 Everitt and Hand (1981) 的研究，将全部样本的分布函数表示为几个分概率密度函数：

$$f(Y|X, \theta) = \sum_{k=1}^K \pi_k f(Y|X, \theta_k) = \pi_1 f_1(X) + \pi_2 f_2(X) + \dots + \pi_k f_k(X) \quad (1)$$

(1) 式中， $f(Y|X, \theta_k)$ 表示样本 y 由于不可观测的异质性因素落在潜在类别 k 下的条件密度分布， X 是解释变量组成的向量， θ_k 为待估参数。 π_k 表示混合比例，也被称为各子密度 $f_k(X)$ 所对应的权重，且 $\sum \pi_k = 1$ 。

中国的肉牛养殖由役用牛养殖转化而来，正处于养牛方式转变过程中，将肉牛养殖分为传统养殖和现代养殖是相对合理的。本文将能够表征农户现代养殖方式的指标作为协变量引入有限混合模型之中，反映养殖者投入产出关系的概率分布可以由所选协变量来解释 (Collins and Lanza, 2010)。假定全部样本农户存在两个潜在类别 (传统养殖或者现代养殖)，则可以用下式来表征全部样本的分布函数：

$$f(Y|X, \theta) = \pi_I f_I(Y|X, \theta_I) + \pi_E f_E(Y|X, \theta_E) \quad (2)$$

$$P(j|X, Y) = \frac{\pi_j f_j(Y|X, \theta_j)}{\pi_I f_I(Y|X, \theta_I) + \pi_E f_E(Y|X, \theta_E)} \quad (3)$$

通过 (3) 式计算每个样本落入第 j 个类别的后验概率估计值， $j = (I, E)$ ， P_I 、 P_E 分别为样本落入潜在类别的后验概率。由于本研究认为肉牛养殖存在传统养殖和现代养殖两个潜在类别，因此，如果样本落入现代养殖方式类别的后验概率为 P ，那么其落入传统养殖类别的后验概率则为 $1-P$ 。实际上，由于肉牛现代养殖不是一个明确的技术而是一个综合的状态，样本落入现代养殖类别的后验概率在一定程度上表达的是肉牛现代养殖的程度。

2. 构建现代养殖方式影响因素模型。本文将建立如下模型来检验相关因素对肉牛养殖方式选择的影响：

$$y = c_0 + \beta_i \sum_1^k x_i + \gamma_j \sum_1^k x_j + \mu \quad (4)$$

(4) 式中， y 为被解释变量，表示农户的肉牛养殖方式，样本农户落入现代养殖方式的后验

概率大小反映农户肉牛养殖方式，概率值越大表示农户现代养殖程度越强，概率值越小表示农户现代养殖程度越弱（也就是传统养殖程度更强）； x_i 是影响农户肉牛养殖方式 y 的外部因素，在模型中作为重点关注变量； x_j 是影响农户肉牛养殖方式 y 的其他因素，包括主要养殖者的个人特征和地区差异因素，在模型中作为控制变量； μ 是模型的残差项。 β_i 是待估参数，也是本研究重点考察的变量对农户现代肉牛养殖方式的影响。

（二）数据来源与处理

本研究数据来源于国家肉牛牦牛产业技术体系各综合实验站监测数据，以及课题组于近三年在河南、河北、安徽、山东、新疆、西藏、甘肃、青海、内蒙古、宁夏、陕西、吉林、黑龙江、四川、重庆、贵州、云南、广东、湖北、湖南、江西 21 个省份调研得到的混合截面数据。上述 21 个省份 2017 年的肉牛出栏量与牛肉产量占到全国总量的 90% 左右，具有一定的代表性。调查样本主要采用随机抽样方法，由各综合实验站在所处地区随机抽取的养殖农户或养殖场场长组成。考虑到肉牛生产周期较长，养殖户所专注的养殖环节不尽相同，为了避免不同环节养殖户的技术异质性对结果产生影响，本文选取专注于养殖时间在 3~9 个月的中短期育肥的 451 户养殖户作为本文的研究对象。

由于分析所用数据存在 3 年时间跨度，为使数据具有可比性，本文使用各省份农业生产资料价格指数，以 2015 年为基期，对投入要素中的精、粗饲料费用进行平减。此外，考虑到各样本农户牛舍建设时间不一，本文利用各省份历年固定资产投资价格指数，将牛舍建设费用统一折算成 2000 年可比价格，各省份的农业生产资料价格指数来源于历年《中国农村统计年鉴》，各省份固定资产投资价格指数来源于历年《中国统计年鉴》。

Stata 统计软件具有数据的统计、回归等功能，最新版的 stata15 还提供了有限混合模型（FMM）的分析功能，本文所有的数据处理和分析均通过 stata15 软件完成。

四、模型估计与结果分析

本部分首先对肉牛现代养殖方式进行判断，借助有限混合模型将研究样本划分为两个潜在类别（即传统养殖类别与现代养殖类别），得到样本户落入现代养殖类别的后验概率；其次，以样本户落入现代养殖类别的后验概率作为被解释变量，建立多元线性回归模型，在充分考虑内生性的前提下，验证本文所选相关因素对农户采取现代养殖方式的作用；最后，对结果进行稳健性检验。

（一）有限混合模型相关变量设定

本文采用 C-D 生产函数刻画农户肉牛养殖的投入产出关系，如下式所示：

$$Y_i = AC_i^\alpha L_i^\beta F_i^\gamma R_i^\delta e^\mu \quad (5)$$

对（5）式进行对数化处理，得到：

$$\ln Y_i = \ln A + \alpha \ln C_i + \beta \ln L_i + \gamma \ln F_i + \delta \ln R_i + \mu \quad (6)$$

在有限混合模型协变量选取上，根据现代肉牛养殖方式的应有特征，本文选取牛舍建设投入、机械化程度、疫病防控意识、饲料配比四个指标作为协变量引入模型中，借此综合判断样本属于何种生产方式。其中，牛舍建设投入代表了养殖者是否重视肉牛的生长环境，是否具有动物福利意识；机械化程度反映了肉牛养殖的科技含量及固定资本的投入；疫病防控意识代表了养殖者对产品质量安全、动物健康的关注；饲料配比则反映了先进养殖技术的应用。当然，上述4个指标只是现代肉牛养殖的几个表现特征，并不能完全代表现代肉牛养殖方式，但利用这几个关系密切的协变量和产出的关系，可以间接地计算出养殖者落入现代肉牛养殖类别的概率，从而得到现代肉牛养殖的代理变量。相关变量含义见表1。

表1 有限混合模型相关变量设定

	变量符号	变量名称	变量含义
肉牛投入产出关系变量	<i>Y</i>	牛肉产量	肉牛出栏平均体重(千克)
	<i>C</i>	仔畜投入	仔畜重量(千克)
	<i>L</i>	劳动力投入	劳动力数量(工日/头)
	<i>F</i>	精饲料投入	精饲料费用(元/头)
	<i>R</i>	粗饲料投入	粗饲料费用(元/头)
影响潜在类别归属的协变量	<i>house</i>	牛舍投入	牛舍建设成本/肉牛年出栏量(元/头)
	<i>power</i>	机械化程度	燃料动力费用/肉牛年出栏量(元/头)
	<i>clean</i>	疫病防控意识	牛舍年消毒次数(次/年)
	<i>feedprop</i>	饲料配比	单位肉牛精饲料费用占饲料费用比

(二) 样本落入潜在类别的后验概率测算

1.按照投入产出关系将样本分为传统和现代两个潜在类别的判断检验。本文采用贝叶斯信息准则(BIC)指标确定样本中潜在类别的数量，即选取BIC值最小时所对应的类别数，模型拟合结果见表2。当类别数为2时，BIC值为-721.961，比类别为1类或者为3类时的数值都小。显然，样本分为两大类统计上是最优的，这可能与本文选择体现现代肉牛养殖特点的四个指标作为协变量有紧密的关系，但也恰好说明，从现代养殖的角度看，将样本分为两类在统计上是合理的。

表2 样本潜在类别的检验结果

类别数目	对数似然值	参数个数	BIC
1	325.915	5	-621.273
2	415.984	18	-721.961
3	442.942	30	-702.540

2.样本属于潜在类别的概率分析。根据有限混合模型的设计，样本落入潜在类别的后验概率决定了该样本属于哪个潜在类别。中国肉牛养殖正处于传统方式向现代方式转变过程中，贝叶斯信息准则(BIC)结果也表明，本研究的所有样本分成两个潜在类别是合理的，样本属于某一类别(A)的后验概率为 P ，则属于另一类别(B)的后验概率为 $1-P$ 。因此，根据样本落入类别A的概率分析与样本落入类别B的分析结果是一样的。本文对样本落入类别A的概率进行了整理(如表3所示)，

研究发现, 415 个样本中, 后验概率 $P > 0.5$ 的样本数为 155 个, 概率均值为 0.79; 后验概率 $P \leq 0.5$ 的样本数为 296 个, 占到总样本的 65.63%, 但概率均值仅为 0.12, 即多数的样本属于这一类别。

表 3 样本落入 A 类的后验概率基本统计

分组	样本个数	概率均值	最小值	最大值
$P > 0.5$	155	0.79	0.51	0.99
$P \leq 0.5$	296	0.12	0.00	0.50

(三) 潜在类别农户肉牛养殖特点分析

本文通过方差分析来识别代表现代肉牛养殖方式的四个主要指标在不同类别间是否具有显著差异(见表 4)。方差分析结果表明, 除了饲料配比这个指标在两类样本中没有明显差异外, 牛舍投入、机械化程度、牛舍消毒次数三个指标有明显的差异, 结果均为一组显著高于二组。从现代肉牛养殖指标在两个类别的均值差异可以得到如下结论: 样本农户落入 A 类别的后验概率越大, 其现代养殖特点越明显。因此, 本文认为由有限混合模型测算的样本农户落入 A 类别的后验概率与农户肉牛养殖方式高度相关, 后验概率越小表明该农户还在进行传统养殖, 而后验概率越大则表明养殖户的现代养殖程度越高。

表 4 潜在类别农户现代肉牛养殖主要指标比较

	一组		二组		方差分析 (ANOVA)	
	样本	均值	样本	均值	F 值	Prob > F
牛舍投入	155	1539.75	296	1116.50	333.29	0.000
机械化程	155	85.60	296	25.13	237.25	0.000
饲料配比	155	0.77	296	0.76	0.38	0.537
牛舍消毒次数	155	81.89	296	63.85	4.09	0.044

(四) 现代肉牛养殖方式的影响因素分析

1. 实证模型设定及可能存在的内生性分析。具体分为以下几个步骤:

(1) 模型设定。根据研究方法部分的设计, 样本农户落入现代养殖类别的概率作为被解释变量 (y) 建立多元回归模型, 以样本农户的个人特征和养殖地区为控制变量, 检验技术推广、金融支持、组织化和经营规模等因素对农户肉牛养殖方式的影响。具体实证模型如下:

$$y = c_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 + \beta_5 x_5 + \beta_6 x_6 + \beta_7 x_7 + \beta_8 x_8 + \beta_9 x_9 + \beta_{10} x_{10} + \mu \quad (7)$$

(7) 式中, y 表示被解释变量; β_i 是待估参数, $i = 1, 2, \dots, 10$; x_j 是影响因素, $j = 1, 2, \dots, 10$; c_0 是截距项, μ 是残差项。

(2) 内生解释变量分析。根据前文的理论分析, 金融支持、技术培训及规模经营有利于农户肉牛养殖由传统方式向现代方式转变。但反过来看, 采取现代养殖方式的生产者也可能更需要金融支持、技术培训, 并倾向于规模经营。首先, 现代养殖方式需要配套先进的技术和设备, 而资本是购买先进的技术和设备的基本条件, 农户拟转向现代养殖方式的决策必然要求农户具备转型的资本, 在资本积累有限的普遍约束下, 现代养殖方式将促使农户寻求必要的金融支持。其次, 肉牛现代养

殖具有科技含量高、技术投入密度强的生产特点，这需要对从事现代养殖的农户进行较好的培训才能发挥出技术效果，因此，现代养殖的农户也可能是受过多次技术培训的农户。第三，采取现代养殖方式的农户可能需要经营规模做支撑。经营规模大的养殖户在要素投入上呈现出的资金、技术投入密集型特点使其更容易转向现代养殖方式。同样，现代养殖方式的资本技术密集型特征可能也暗含了较高的经营规模门槛。

工具变量（IV）是解决解释变量内生性偏差问题的主要方法，借助工具变量与扰动项的不相关性得到一致估计量。首先，对于金融支持这个可能的内生变量，本文使用“是否存在资金困难（养殖户发展养殖是否存在资金短缺）”和“信贷补贴（养殖户是否享受信贷补贴政策）”作为工具变量。从工具变量与内生解释变量的相关性来说，养殖户是否享受信贷补贴及是否存在资金困难都将影响养殖户是否获得金融支持，但二者间接影响农户的养殖方式选择，将二者作为金融支持的工具变量可以满足“相关性”和“外生性”要求。其次，对于技术培训这个可能的内生变量，使用“养殖户的技术困难（养殖户发展养殖是否存在技术困难）”和“新技术采用意愿（是否愿意采用新技术）”作为工具变量。二者直接影响着农户的技术培训行为，但不直接影响农户采用何种生产方式，将二者作为“技术培训”的工具变量也是逻辑可行的。最后，对于经营规模变量，使用“农户是否享受规模补贴政策”和“农户是否愿意扩大养殖规模”作为工具变量。这两个变量对农户目前的肉牛规模有正向影响，但二者不直接影响农户养殖方式，将二者作为“经营规模”的工具变量也是合适的。

除工具变量之外，在本文的研究中，模型所涉及到的被解释变量、解释变量的具体含义及变量符号如表 5 所示。

表 5 农户肉牛养殖方式选择模型的变量引入及其含义说明

变量类型	变量符号	变量含义描述
被解释变量： 养殖方式	y	以样本农户落入现代养殖类别的概率表示农户肉牛现代养殖程度，取值范围为 0 至 1 之间的连续变量
解释变量： 关注变量：		
技术推广	x_1	农户参与肉牛养殖技术培训次数（次）
金融支持	x_2	肉牛养殖是否获得金融支持（是=1，否=0）
	x_3	肉牛养殖是否购买相关保险（是=1，否=0）
组织化	x_4	农户是否加入合作社（是=1，否=0）
经营规模	x_5	年出栏肉牛数量（头）
控制变量：		
农户个人特征	x_6	主要养殖者从事肉牛养殖年数（年）
	x_7	主要养殖者的教育水平（年）
地区虚拟变量（以西南产区为对照）	x_8	是否属于东北产区（是=1，否=0）
	x_9	是否属于中原产区（是=1，否=0）

	x_{10} 是否属于西北产区 (是=1, 否=0)
--	------------------------------

2.被解释变量与关注解释变量的交叉统计分析。本文分析了主要关注变量与农户肉牛养殖方式(y)之间的关系,并通过方差分析判断主要因素与现代养殖方式之间的初步统计关系。

第一,样本接受技术培训次数与其采用现代养殖方式的关系。本文统计了现代养殖程度不同的两组样本农户的技术培训次数,并对两组样本技术培训次数进行方差分析,结果显示,一组样本农户培训次数显著高于二组样本农户。在现代养殖程度较高的一组,平均培训次数为6.84次;而现代养殖程度较低的二组,培训次数均值仅为3.80次。数据表明,养殖者接受的技术培训次数越多,越趋向于采用现代养殖方式进行肉牛养殖。

表6 样本落入现代养殖类别的后验概率与培训次数的关系

组别	培训次数(x_1)均值	方差分析(ANOVA)	
		F 值	Prob > F
一组($P > 0.5$)	6.84	48.51	0.000
二组($P \leq 0.5$)	3.80		

第二,样本现代养殖方式与养殖者接受金融支持的关系。为了更加深入体现金融支持与现代养殖方式之间的关系,本文根据样本接受金融支持与否,观察该养殖者落入现代养殖方式的概率体现二者的关系(如表7所示)。统计发现,接受了金融机构贷款的养殖者,其落入现代养殖的后验概率均值为0.51,而没有接受贷款的养殖者其落入现代养殖类别的后验概率均值为0.24,方差分析结果也证实了二者之间存在显著的统计差异。这个数据鲜明地表明,获得贷款有利于该养殖者采用现代养殖方式。但方差分析结果显示,养殖者是否具有养殖保险和样本采用现代养殖方式之间没有明显的统计差异。有保险的养殖者其落入现代养殖类别的后验概率为0.38,这一数值仅比没有养殖保险的养殖者高0.05。

表7 金融支持与现代养殖方式的关系

分组	样本落入现代养殖类别的后验概率均值	方差分析(ANOVA)	
		F 值	Prob > F
样本是否接受了金融机构贷款		79.96	0.000
是=1	0.51		
否=0	0.24		
样本是否有养殖保险		1.63	0.202
是=1	0.38		
否=0	0.33		

第三,样本现代养殖方式与养殖者组织化之间的关系。本文统计了养殖者是否加入合作社与其现代养殖的关系(如表8所示)。统计发现,加入合作社的养殖者,其落入现代养殖类别的后验概率均值为0.45,而没有组织化的养殖者其落入现代养殖类别的后验概率均值为0.28,前者是后者1.6倍。方差分析结果同样支持了二者的后验概率之间存在显著差异的结论。显然,养殖者组织化后其采用现代养殖方式的可能性更大。

表 8 养殖户组织化与现代养殖的关系

分组	样本落入现代养殖类别的后验概率均值	方差分析 (ANOVA)	
		F 值	Prob > F
养殖户加入合作社			
是=1	0.45	29.42	0.000
否=0	0.28		

第四，样本现代养殖方式与肉牛养殖规模之间的关系。本文统计了一组和二组农户肉牛养殖规模的差异性（如表 9 所示）。统计发现，一组样本农户的养殖规模均值为 243.45 头，高于二组样本农户的 208.40 头。但观察方差分析结果的 P 值（0.479）发现，一组农户与二组农户的养殖规模之间的差异并没有呈现统计上的差异。因此，样本农户的养殖方式与肉牛养殖规模之间的关系还有待进一步验证。

表 9 样本落入现代养殖类别的后验概率与养殖规模的关系

分组	养殖规模(x_5)均值	方差分析 (ANOVA)	
		F 值	Prob > F
一组($P > 0.5$)	243.45	0.50	0.479
二组($P \leq 0.5$)	208.40		

当然，上述结果只是农户现代养殖方式与主要因素之间的单因素分析，评价相关因素对肉牛现代养殖模式的具体影响，建立计量模型控制其他因素影响才能得到相对客观有效的结果。

3. 农户采用现代养殖方式的影响因素分析。具体包括以下内容：

(1) 异方差和多重共线检验情况与处理。为了得到更加稳健的回归结果，本文进行了异方差和多重共线性检验。检验结果表明，模型存在异方差，但不存在严重的多重共线性问题。为此，本文使用稳健标准误对异方差情况进行处理。

(2) 内生性及工具变量检验情况与处理。为了验证前文所阐述的金融支持、技术培训、养殖规模是否为内生变量，本文利用两阶段最小二乘 (2SLS) 方法，分别引入相应的工具变量来进行豪斯曼检验。考虑到异方差问题，本文采用杜宾-吴-豪斯曼检验 (DWH) 进行分析，检验结果如表 10 所示。

表 10 内生变量的 Hausman 检验结果

待检验内生变量	工具变量	工具变量含义	杜宾-吴-豪斯曼检验 (DWH)
金融支持	信贷补贴	养殖户是否享受信贷补贴政策 (是=1, 否=0)	6.9341*** (0.0088)
	存在资金困难	养殖户发展养殖是否存在资金短缺 (是=1, 否=0)	
技术培训	新技术采用意愿	是否愿意采用新技术 (是=1, 否=0)	1.5942 (0.2074)
	存在技术困难	养殖户发展养殖是否存在技术困难 (是=1, 否=0)	
养殖规模	规模意愿	是否愿意扩大规模 (是=1, 否=0)	2.6307 (0.1055)
	规模补贴	是否享受规模补贴政策 (是=1, 否=0)	

表 10 的数据表明，金融支持为内生变量时，其 DWH 检验结果 P 值小于 0.05。这一结果验证了前文对金融支持与养殖方式转变互为因果的假设。但技术培训与养殖规模的内生变量检验结果均表明二者不存在内生解释变量的问题。其次，对金融支持的工具变量（信贷补贴、是否存在资金困难）进行过度识别以及弱工具变量检验，发现过度识别检验结果的 P 值为 0.83，因此可以认为所选工具变量与模型残差项无关，可接受两个工具变量外生的原假设。

（3）模型估计结果分析。为检验所得结果的稳健性，除了采用前文设计的模型利用 2SLS 方法进行稳健回归外，本文还根据样本落入两种潜在类别的概率创造二元分类被解释变量，并同样引入工具变量进行 IV-Probit 估计。参考 Zhou and Yu（2016）的做法，本文将有限混合模型所得最大后验概率分成两类，若样本落入现代养殖类别的后验概率大于 0.5，则将其视为现代养殖型（取值 $y=1$ ），反之将其视为传统养殖型（取值 $y=0$ ）。由于被解释变量为 $(0, 1)$ 二元选择变量，构建 IV-Probit 模型估计相关因素对农户养殖方式的影响，模型中的解释变量、控制变量、工具变量与两阶段最小二乘回归模型一致。两种方式估计结果见表 11。

表 11 2SLS 稳健回归与 IV-Probit 回归结果比较

	2SLS 稳健回归		IV-Probit 回归	
	参数	标准误	参数	标准误
关注变量：				
技术培训次数	0.0101**	0.0043	0.0196*	0.0114
金融支持				
金融贷款（是=1，否=0）	0.3591***	0.0925	1.6563***	0.2778
养殖保险（是=1，否=0）	-0.0068	0.0325	-0.0360	0.1527
组织化（加入合作社=1，否=0）	0.1173**	0.0510	0.4085*	0.2126
养殖规模（牛出栏量的对数）	0.0081	0.0134	0.0152	0.0557
控制变量：				
个人特征				
养殖经历	-0.0003	0.0005	-0.0012	0.0056
受教育程度	0.0094	0.0053	0.0349	0.0242
地区虚拟变量（以西南产区为对照）				
东北产区	0.1845***	0.0540	0.6081**	0.2454
中原产区	0.0840*	0.0550	0.2406	0.2188
西北产区	0.0337	0.0464	0.0035	0.2114
截距项	-0.0012***	0.06615	-1.6664***	0.3990

注：***、**、*分别代表 1%、5%、10%的显著性水平。

IV-Probit 回归结果与 2SLS 稳健回归结果相比，除中原产区虚变量发生了显著变化外，其他影响因素的系数估计值和显著性均没有发生较大变化，说明模型回归结果是相对稳健的。按照样本落入潜在类别的后验概率将农户分成两组，存在一定的分类误差，例如，后验概率 P 值在 0.5 左右的样本其养殖模式没有显著差异，只有程度方面的差异，但简单分成两组就容易造成分类误差。因此，

将样本落入潜在类别的后验概率值作为衡量该养殖户采用此种养殖模式的程度，采用 2SLS 稳健回归更符合实际。下文将根据 2SLS 稳健回归的结果进行分析。

技术培训次数对养殖户采用现代养殖方式有正向影响，其系数值为 0.0101，在 5%水平上显著。这个数据说明，在其他条件不变时，技术培训次数每增加 1 次，养殖户落入现代养殖方式的概率将增加 1.01%。模型估计与前文单因素分析结果是一致的，技术培训能够显著促进肉牛养殖由传统向现代转变。这与杨万江、李琪（2017）得出的农民参与技术培训次数与化肥施用技术采用呈正相关的结论相似。接受培训次数越多的农户可能获得了更多的信息和技能，从而促进其养殖方式转变。

银行贷款对养殖户采用肉牛现代养殖方式有积极影响，而养殖保险目前对养殖模式转变没有影响。金融贷款的系数为 0.3591，且在 1%的水平上显著。这个数据表明，与没有获得贷款支持的养殖户相比，获得贷款支持养殖户其落入现代养殖方式的概率将增加 35.91%。养殖保险的系数为 -0.0068，没有达到 10%的显著性水平。模型估计结果与前文的单因素分析结果是一致的，获得贷款支持的养殖户可能有更多的资本进行修缮圈舍、清理消毒和购买机械，从而促使其现代养殖程度高。

养殖户组织化对其现代养殖程度有积极的影响。组织化的系数为 0.1173，且在 5%的水平下显著。这一数据说明，加入合作社的农户落入现代养殖方式的概率比未加入合作社的养殖户平均高出 11.73 个百分点。这与蔡荣等（2019）的加入合作社能够促使农户采用先进生产方式的结论一致。加入合作社有利于分享合作社平台提供的资本、市场和技术等信息，促使养殖方式由传统向现代转变。

肉牛养殖规模的系数为正，但没有通过 10%的显著性水平。可能的原因如下：中国肉牛养殖源于千家万户的分散的役用牛养殖，近些年来牛肉价格攀升促使很多养殖户扩大了养殖规模，但现代养殖理念和先进的技术并没有及时跟上，很多规模养殖户仍停留在传统养殖方式中。

控制变量中主要养殖户的受教育程度以及养殖经历均未通过 10%的显著性水平检验，说明养殖户的受教育程度以及养殖经历未能对其采取现代养殖方式产生显著影响。与西南产区相比，东北产区与中原产区的现代养殖程度显著较高，这与东北、中原地区有较优越的农业资源优势有关。

五、结论与政策启示

本文研究表明，通过改变生产者外部环境和条件，可以促使农牧业生产方式转变。中国当前肉牛中短期养殖方式存在很大差异，仅有约 34%的养殖户采用现代养殖方式进行育肥，多数养殖户仍然停留在传统养殖方式中。进一步的实证分析结果表明，肉牛养殖技术培训次数、养殖户是否参加合作社、养殖户是否获得贷款支持是影响养殖方式由传统向现代转变的重要因素。模型估计结果表明，在其他条件不变的情况下，肉牛养殖技术培训次数每增加 1 次，肉牛养殖户落入现代养殖方式的概率将增加 1.01%，加入合作社的养殖户落入现代养殖方式的概率比未加入合作社的农户平均高出 11.73 个百分点，获得贷款支持的养殖户落入现代养殖方式的概率比未获得贷款支持的农户平均高出 35.91%。显然，金融支持和生产者组织化是促使肉牛养殖方式由传统向现代转变的重要力量。养殖户购买养殖保险、养殖规模目前对养殖方式转变未能产生显著影响。此外，东北产区与中原产区的农户落入现代养殖的概率明显高于西南产区和西北产区。

为促使中国农牧业生产方式转变，本文根据实证分析得出以下几点政策启示：第一，要进一步加强先进技术的普及，投入更多的资金对农业生产者进行技术培训，这和舒尔茨（2006）的改造传统农业必须要加强人力资本建设的建议是一致的；第二，鼓励金融机构改革畜牧业贷款抵押和养殖企业资信评价体系，加大对农牧业生产者的贷款支持；第三，积极引导生产者自发地形成合作组织，推动小农户与现代农牧业的有效衔接。

参考文献

- 1.陈浮, 2002: 《区域农业增长方式转变监测与评估研究》, 《资源科学》第5期。
- 2.曹建民、胡瑞法、黄季焜, 2005: 《技术推广与农民对新技术的修正采用: 农民参与技术培训和采用新技术的意愿及其影响因素分析》, 《中国软科学》第6期。
- 3.陈林兴、黄祖辉, 2014: 《中国省际农村居民收入趋同性分析》, 《中国农村经济》第4期。
- 4.蔡荣、汪紫钰、钱龙、杜志雄, 2019: 《加入合作社促进了家庭农场选择环境友好型生产方式吗? ——以化肥、农药减量施用为例》, 《中国农村观察》第1期。
- 5.蒋宁、汪雷, 1999: 《关于我国转变农业经济增长方式若干问题的研究》, 《管理现代化》第4期。
- 6.李铜山, 2014: 《加快农业发展方式转变的路径及重点》, 《中州学刊》第12期。
- 7.林毅夫, 1994: 《90年代中国农村改革的主要问题与展望》, 《管理世界》第3期。
- 8.舒尔茨, 2006: 《改造传统农业》, 梁小民译, 上海: 商务印书馆。
- 9.唐思航、韩晓琴, 2010: 《转变农业发展方式是发展现代农业的关键》, 《北京社会科学》第2期。
- 10.王明利、王济民、申秋红, 2007: 《畜牧业增长方式转变: 现状评价与实现对策》, 《农业经济问题》第8期。
- 11.汪晓文、杜欣, 2018: 《中国经济增长方式转变的影响因素及路径选择》, 《北京理工大学学报(社会科学版)》第6期。
- 12.杨万江、李琪, 2017: 《稻农化肥减量施用行为的影响因素》, 《华南农业大学学报(社会科学版)》第3期。
- 13.于晓华, 2018: 《以市场促进农业发展: 改革开放40年的经验和教训》, 《农业技术经济》第12期。
- 14.岳跃, 2000: 《再论我国农业经济增长方式的转变》, 《求索》第3期。
- 15.张洁婷、焦璨、张敏强, 2010: 《潜在类别分析技术在心理学研究中的应用》, 《心理科学进展》第12期。
- 16.Collins, L. M, and S. T. Lanza, 2010, *Latent Class and Latent Transition Analysis*, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- 17.Everitt, B. S., and D. J. Hand, 1981, *Mixtures of Discrete Distributions*, New York: Chapman and Hall Ltd.
- 18.Pearson, K., 1895, "Contributions to the Theory of Mathematical Evolution", *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A*, 185(1): 71-110.
- 19.Yamanishi, K., J. I. Takeuchi and G. Williams, 2000, "On-Line Unsupervised Outlier Detection Using Finite Mixtures with Discounting Learning Algorithms", *Data Mining & Knowledge Discovery*, 8(3): 275-300.

20.Zhang, Y., M. Brady and S. Smith, 2002, "Segmentation of Brain MR Images through a Hidden Markov Random Field Model and the Expectation-Maximization Algorithm", *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 20(1): 45-57.

21.Zhou, D., and X. Yu, 2016, "Calorie Elasticities with Income Dynamics: Evidence from the Literature", *Applied Economic Perspective and Policy*, 38 (1): 50-72

(作者单位: ¹ 吉林农业大学经济管理学院;

² 哥廷根大学农业经济与农村发展系)

(责任编辑: 午 言)

Transformation of Agricultural Production Patterns in Agriculture and Animal Husbandry and its Determinants: An Empirical Analysis on Transformation in Beef Breeding in China by Using a Finite Mixture Model

Cao Jianmin Zhao lifu Liu Senhui Yu Xiaohua

Abstract: Transformation of agricultural production patterns and technological progress are a key to realize agricultural modernization. Based on survey data collected from the beef cattle industry in China, this article attempts to identify different beef breeding patterns and technologies, and to analyze their determinants as well, by using a finite mixture model to identify heterogeneities of the samples. The results show that 66% of breeders still adopt a traditional way to breed beef cattle, and 34% of breeders have changed to a modern way. The factors such as farmers' participation in technical training, financial support, and participation in cooperatives have a significant positive incentive effect on the transformation of beef cattle breeding from the traditional way to the modern one. In order to improve the efficiency and facilitate the transition, China can provide policy and financial support from the aspects of proliferation of modern technology, promotion of financial assistance and farmers' cooperatives.

Key Words: Finite Mixture Model; Traditional Technology; Modern Technology; Beef Breeding