

# 肉牛专业化养殖技术效率研究

朱增勇<sup>1</sup>,陈加齐<sup>2</sup>,曲春红<sup>1</sup>

(1.中国农业科学院 农业信息研究所/农业农村部 智能化农业  
预警技术重点开放实验室,北京 100081;  
2.农业农村部 管理干部学院,北京 102208)



**摘要** 基于内蒙古 116 户自繁自育肉牛养殖户的调查数据,利用 SFA 模型测算不同规模养殖户在繁殖和育肥阶段的技术效率及其稳定性。结果表明:牛犊繁育阶段和育肥阶段均存在技术损失,规模户在育肥环节存在显著优势,散户则在牛犊繁育阶段具有优势,小规模养殖户的技术效率稳定性最好,科技示范户的养殖技术效率显著高于非示范户。提出未来肉牛产业需要走基础母牛小规模养殖、育肥专业化、区域化发展的道路,通过散户和小规模户参与、分享产业链的价值增值,提高基础母牛产能,加大技术推广力度,改善繁育效率、育肥环节规模效益水平,提高我国肉牛产业竞争力。

**关键词** 肉牛;养殖规模;技术效率;随机前沿模型

**中图分类号:**F 326.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1008-3456(2018)06-0014-06

**DOI 编码:**10.13300/j.cnki.hnwkxb.2018.06.003

2017 年,中国牛肉产量 726 万吨,比 1980 年增长了 26 倍,占全国肉类总产量的比重从 1985 年的 2.1% 上升到 2017 年的 8.6%<sup>①</sup>。有预测表明我国牛羊肉的人均消费量将继续保持快速增长<sup>[1]</sup>,在肉类消费结构中的比重将明显提高<sup>[2]</sup>。在我国肉牛产业发展过程中,牛肉产量增长的主要贡献来自肉牛出栏率的提高,存栏量增长贡献甚微。2016 年,我国肉牛存栏量较 2000 年减少 15.8%,肉牛出栏率则由 30.8% 提高至 47.9%,扣除役用牛的比重,出栏率将接近发达国家水平(60%)<sup>①</sup>。也就是说,未来通过养殖技术大幅提高出栏率的空间已经不大,要保障肉牛产业持续发展,需要提高肉牛存栏量。母牛是肉牛产业的基础,是提高肉牛存栏量的关键。但数据显示,全国基础母牛数量正以每年约 4% 的速度减少<sup>①</sup>。尽管各级政府通过基础母牛扩群增量项目等对母牛养殖采取了一定的扶持措施,但仍不能有效抑制母牛存栏下滑的趋势。基础母牛更适合散养模式。因此,要解决肉牛产业面临的基础母牛存栏下降的困境,推动肉牛适度规模化生产的同时,要结合产业结构和生产类型合理配置资源、优化生产结构、降低边际成本、提高全要素生产率。

肉牛养殖类型主要包括繁育-架子牛和架子牛-育肥两种类型,“异地育肥”现象普遍<sup>[3]</sup>,不同规模养殖户所专注的养殖环节存在差异,测量肉牛养殖全程的技术效率无法真实反映养殖户主要养殖环节的技术效率水平,且有学者指出不同经营规模的技术效率和稳定性都存在显著差异<sup>[4-5]</sup>。肉牛养殖技术效率在不同阶段的情况具体如何,值得思考。故本文基于 2016 年 4 月份内蒙古赤峰 116 户自繁自育的肉牛养殖户的调查数据,利用随机前沿模型(stochastic frontier analysis, SFA)分别测算不同养殖规模农户在自繁自育全程和育肥阶段的技术效率,并比较不同规模养殖户在不同养殖环节技术效率的稳定性和分布情况。

收稿日期:2017-10-11

基金项目:国家自然科学基金项目“草原生态保护补奖政策效应研究”(71503251);中国农业科学院创新工程经费(CAAS-ASTIP-2016-A11)

作者简介:朱增勇(1977-),男,副研究员,博士;研究方向:农业信息管理。

通讯作者:曲春红(1968-),女,副研究员;研究方向:农业经济管理。

① 数据源于《中国统计年鉴 2017》。

## 一、研究设计与数据来源

### 1. 理论模型

由于非参数法不能够排除随机误差对技术效率的影响,而参数法中的随机前沿生产函数模型能够很好地做到这一点,所以本文采用随机前沿生产函数模型来测算肉牛的技术效率。随机前沿生产函数模型最早是由 Aginer 等和 Meeusen 等于 1977 年分别提出的<sup>[6-7]</sup>。主要的思想是在确定性前沿模型的基础上引入随机干扰项,通过构造随机的生产前沿以更准确地描述生产者行为。模型如下:

$$y_i = f(x_i; \beta) + \varepsilon, \varepsilon = v_i - u_i \quad (1)$$

式(1)中,  $y_i$  表示第  $i$  个样本的单位产出,  $x_i$  表示对应的要素投入向量,  $\beta$  为待估参数向量;  $v_i$  为独立于  $u_i$  且服从  $N(0, \delta_v^2)$  分布的随机变量, 表示测度误差和其他不可控因素带来的随机误差;  $u_i$  是一个非负变量, 表示生产的效率损失或者是无效率程度, 假设其服从  $N(m_i, \delta_u^2)$ , 同时假设  $m_i = Z_i \gamma$ ,  $Z_i$  表示影响效率的因素向量,  $\gamma$  为待估参数向量, 若  $\gamma > 0$ , 说明影响因素对效率有负效应, 反之是正效应。  $v_i$  和  $u_i$  考虑了随机误差和技术效率两个因素, 实现了技术效率的更准确估计, 本文采用生产函数, 故  $u_i$  前符号为正。由此得出技术效率:

$$TE_i = E(y_i / u_i, x_i) / E(y_i / u_i = 0, x_i) \quad (2)$$

式(2)中, 如果  $u_i = 0$  即没有效率损失, 那么  $TE_i = 1$ , 表示生产处于完全技术效率; 如果  $u_i < 0$ , 则  $TE_i < 1$ , 表示生产技术非效率。

### 2. 实证模型<sup>①</sup>

肉牛自繁自育养殖全程包括牛犊繁育和育肥阶段, 分阶段测算肉牛养殖技术效率能反映肉牛不同养殖环节的养殖效率; 测算不同规模养殖户的技术效率为比较不同养殖户在不同养殖阶段的养殖效率优势提供依据。故设如下 3 个模型, 分别测算肉牛养殖全程技术效率、肉牛育肥技术效率。不同规模养殖户的牛犊繁育技术效率则由全程技术效率和育肥技术效率倒推得出。

#### 模型 1: 肉牛自繁自育养殖全程的技术效率测量

$$\begin{aligned} \ln Y_i = & \beta_0 + \beta_1 \ln Calves_i + \beta_2 \ln Feed_i + \beta_3 \ln Labor_i + \beta_4 \ln Other_i + \beta_{12} \ln Calves_i \times \\ & \ln Feed_i + \beta_{13} \ln Calves_i \times \ln Labor_i + \beta_{14} \ln Calves_i \times \ln Other_i + \beta_{23} \ln Feed_i \times \\ & \ln Labor_i + \beta_{24} \ln Feed_i \times \ln Other_i + \beta_{34} \ln Labor_i \times \ln Other_i + v_i - u_i \end{aligned} \quad (3)$$

#### 模型 2: 肉牛育肥阶段的技术效率测量 a

$$\begin{aligned} \ln S_i = & \beta_0 + \beta_1 \ln Feed_i + \beta_2 \ln Labor_i + \beta_3 \ln Other_i + \beta_{12} \ln Labor_i \times \\ & \ln Feed_i + \beta_{13} \ln Feed_i \times \ln Labor_i + \beta_{23} \ln Labor_i \times \ln Other_i + v_i - u_i \end{aligned} \quad (4)$$

效率损失函数均为:

$$n_i = \gamma_0 + \gamma_1 M_1 + \gamma_2 M_2 + \gamma_3 Dist_i + \gamma_4 Pattern_i \quad (5)$$

另外, 由于模型二选取的规模基础变量为  $M_3$  (规模户), 只能反映在育肥阶段散户和小规模户与规模户之间的技术效率差异, 小规模户和散户之间的技术效率差异无法给出实证回答, 故为了检验两者之间的技术效率差异而增设模型 3 如下:

#### 模型 3: 肉牛育肥阶段的技术效率测量 b

$$\begin{aligned} \ln S_i = & \beta_0 + \beta_1 \ln Feed_i + \beta_2 \ln Labor_i + \beta_3 \ln Other_i + \beta_{12} \ln Labor_i \times \ln Feed_i + \beta_{13} \ln Feed_i \times \\ & \ln Labor_i + \beta_{23} \ln Labor_i \times \ln Other_i + v_i - u_i \end{aligned} \quad (6)$$

$$n_i = \gamma_0 + \gamma_1 M_2 + \gamma_2 M_3 + \gamma_3 Dist_i + \gamma_4 Pattern_i \quad (7)$$

式(6)、式(7)中,  $Y$  表示肉牛销售收入,  $S$  表示扣除牛犊成本之后的收入, 即  $S = Y - \text{牛犊价格}$  (或自繁自育成本);  $Calves$  为购买或自繁自育牛犊成本;  $Feed$  为每头牛的饲料投入;  $Labor$  为每头肉牛的劳动力投入;  $Other$  为饲养过程中的其他费用;  $n$  函数为技术效率损失函数,  $M_1$ 、 $M_2$ 、 $M_3$ 、 $Dist$  和

<sup>①</sup> 本文在估计超越对数函数时发现: 生产投入的二次项对产出的影响统计不显著, 且不含二次项的模型拟合效果更好。鉴于本文研究重点在于分析养殖规模与技术效率之间的关系, 且样本数量有限, 故本文设定的实证模型不包含投入要素的二次项。

*Pattern* 分别代表散户、小规模户和规模户、地理因素、农户能力。本文采用虚拟变量区分不同养殖规模(规模组=1;其他=0)、距最近市场距离(代表地理因素影响)和示范户(定期接受相应养殖技术培训的养殖户)(虚拟变量,示范户=1;其他=0,农户的能力无法直接测量,用示范户代表)。

### 3. 数据来源及变量说明

本文数据来自于 2016 年在内蒙古赤峰市调研收集到的 116 户肉牛养殖数据,调研内容主要包括农户基本特征、养殖成本收益以及农户市场参与情况。样本中,最大养殖规模 170 头,最小养殖规模 2 头,平均养殖规模 29.17 头。借鉴畜牧年鉴统计标准,把肉牛养殖户规模划分为散户、小规模户和规模户三类,养殖规模分别为年存栏 1~10 头、11~50 头和 50 头以上,散户 29 户,小规模 58 户,规模 29 户,平均养殖规模分别为 4.92 头、27.07 头和 77.83 头。变量及变量含义见表 1。

表 1 变量及变量含义

变量名称	变量含义	单位	平均值	标准差
<i>Y</i>	肉牛出售价格	元/头	10 831.24	3 848.01
<i>S</i>	牛肉出售价格-牛犊成本	元/头	7 585.03	2 942.24
<i>Calves</i>	购买或自繁自育牛犊成本	元/头	3 246.21	3 301.46
<i>Feed</i>	每头牛的饲料投入 <sup>①</sup>	元/头	4 883.50	2 849.21
<i>Labor</i>	每头肉牛投入的劳动力投入 <sup>②</sup>	天/头	31.43	11.86
<i>Other</i>	育肥过程中的其他费用	元/头	245.04	237.44
<i>M<sub>1</sub></i>	虚拟变量,散户=1;其他=0		0.25	
<i>M<sub>2</sub></i>	虚拟变量,小规模户=1;其他=0		0.50	
<i>M<sub>3</sub></i>	虚拟变量,规模户=1;其他=0		0.25	
<i>Dist</i>	与最近市场的距离,代表地理因素影响		45.58	52.00
<i>Pattern</i>	虚拟变量,代表农户的能力,示范户=1;其他=0		0.22	

肉牛出栏重平均为 425.92 千克,平均价格为 25.43 元/千克,平均销售收入为 10 831 元/头,牛犊平均成本为 3 246 元/头,育肥阶段的平均饲料投入、劳动力投入和其他费用分别为 4 483 元/头、31 天/头和 245 元/头;距离市场的平均距离为 46 千米;共有 26 户示范户,占样本总数的 22%。

## 二、实证结果分析

三个模型的 LR 统计值分别为 9.40、27.58 和 27.48,均通过显著性检验,说明模型的拟合效果较好。而且,三个模型中的技术无效项  $\gamma$  的估计值均在 1% 显著水平通过了  $t$  检验,且十分接近 1,说明实际产出与理论产出的差距是由生产的低效率造成的,需要通过随机前沿模型分析肉牛养殖的技术效率。

### 1. 生产函数估计结果

在自繁自育养殖全程和育肥阶段,饲料投入和劳动力投入均在 5% 水平上显著,说明饲料和劳动力的投入对产出均有显著影响,而两者的交叉相乘项均显著为负,说明劳动力和饲料交互作用是相反的,两种要素投入具有替代效应,一种要素投入会引起另一种要素的减少<sup>[8]</sup>;其他投入系数为正但不显著,说明对产出无直接的显著影响,但是劳动和其他投入的交叉相乘项均在 10% 水平上显著,说明劳动投入和其他投入有显著的替代效应;另外,牛犊投入、牛犊投入与饲料、劳动力和其他投入的交叉相乘项统计意义上均不显著(表 2,模型 1 和 2)。

① 仅为育肥阶段的饲料投入。

② 仅为育肥阶段的劳动力投入。

表 2 生产函数回归结果

项目名称	模型 1		模型 2		模型 3	
	系数	t 值	系数	t 值	系数	t 值
常数项 1	0.941 5	0.637 6	0.029 6	0.026 3	0.100 7	0.090 1
ln(Calves)	0.285 4	0.730 6				
ln(Feed)	0.659 9***	2.768 1	0.782 6***	4.118 2	0.783 9***	4.105 8
ln(Labor)	1.988 7**	2.500 5	2.767 3***	5.149 5	2.797 2***	4.768 7
ln(Other)	0.223 4	0.637 8	0.488 9	1.059 8	0.429 5	0.914 4
ln(Calves×Feed)	-0.017 2	-0.468 2				
ln(Calves×Labor)	0.019 7	0.284 8				
ln(Calves×Other)	-0.000 4	-0.025 5				
ln(Feed×Labor)	-0.184 2*	-1.814 5	0.252 9***	-3.237 9	-0.260 3***	-3.128 1
ln(Feed×Other)	0.021 9	0.663 0	0.007 6	0.189 4	0.012 3	0.292 7
ln(Labor×Other)	-0.111 9*	-1.836 0	-0.144 6*	-1.863 5	-0.137 3*	-1.800 0
LRTtest	9.409 3		27.581 0		27.482 1	

注: \*、\*\*、\*\*\* 分别表示在 10%、5%、1%水平上显著,下同。

## 2. 养殖规模对技术效率的影响

不同规模养殖户、不同养殖阶段的技术效率稳定性存在差异。从技术效率大小来看,养殖户自繁自育养殖全程的平均技术效率为 0.65,在育肥阶段的平均技术效率为 0.82,说明现阶段的肉牛养殖存在技术损失,养殖全程的技术效率要低于育肥环节。

在养殖全程(表 3,模型 1 和 2), $M_2$  和  $M_3$  的系数分别为 -0.032 和 -0.026,表明在其他条件相同的情况下,小规模户和规模户的养殖技术效率均值分别比散户高 0.032% 和 0.026%,不仅绝对数值小,而且也没有通过显著性检验;但不同规模养殖户侧重的养殖环节不同,仅测算不同规模养殖户养殖全程技术效率水平可比性意义不大。

表 3 技术效率损失函数回归结果

项目名称	模型 1		模型 2		模型 3	
	系数	t 值	系数	t 值	系数	t 值
常数项 2	0.431 3	5.675 7	-2.638 4*	-1.761 8	-4.316 1*	-1.978 2
$M_1$					1.706 7*	1.896 2
$M_2$	-0.032 3	-0.289 8	-1.800 2*	-1.879 5		
$M_3$	-0.026 4	-0.268 9	-5.854 3*	-1.766 8	-4.144 0*	-1.738 2
Dist	0.000 9	1.534 6	-0.000 8	-0.312 5	-0.000 6	-0.229 5
Pattern	-0.100 1	-0.889 0	-1.301 0*	-1.679 5	-1.231 2*	-1.720 9
$\sigma^2$	0.061 6***	4.162 4	1.156 5**	2.481 6	1.140 0***	2.684 4
$\gamma$	1.000 0***	277.854 3	0.940 8***	34.856 8	0.941 8***	39.928 7

在育肥阶段(表 3,模型 2 和 3),不同规模养殖户、不同养殖阶段的技术效率大小差异显著。其他条件相同的情况下,小规模户和规模户的技术效率均值分别比散户高 1.8% 和 5.85%,规模户比小规模户高 4.14%,且均在 10%水平上显著。原因在于母牛、犊牛、架子牛的生长期相对较长,集中饲养的经济性能较差,除少量的豆饼、棉籽饼外,农户基本上可用自产的秸秆玉米、麸皮等满足肉牛的生长需要,具有明显的劳动替代性,很适合农户家庭分散饲养<sup>[9]</sup>。育肥期内肉牛生长发育较快,但饲草饲料消耗也较大,增重标准要求高,即时间集中、投资成本高、养殖技术水准高,适合大户育肥或专业育肥<sup>[10]</sup>。

养殖全程包括牛犊繁育和育肥阶段,在养殖全程中不同规模户的养殖技术效率差异不显著,而在育肥阶段小规模户和规模户的技术效率显著高于散户,间接推出散户在牛犊繁育阶段的技术效率要高于小规模户和规模户,但仍需更进一步检验。

### 3. 技术效率稳定性及其分布

从技术效率稳定性来看,自繁自育养殖全程中散户和小规模户技术效率标准差均为 0.15,规模户稳定性较好,为 0.12;在育肥阶段,规模户稳定性最差,标准差为 0.19,散户为 0.15,小规模户最小仅为 0.08(表 4),在调研过程中发现,随着养殖规模扩大,养殖模式和品种选择趋于一致,可能是小规模户和规模户技术效率稳定性较好的重要原因。规模育肥户由于投入最大,所需承受的生产和市场风险更高,不同农户之间应对风险能力差异被放大,而且育肥户掌握的催肥技术经常被其当作一种商业秘密而少有交流<sup>[9]</sup>,也会导致彼此间的技术效率差异扩大。

不同规模养殖户、不同养殖阶段的技术效率分布存在差异。在养殖全程,不同规模养殖户技术效率均为右偏分布,散户、小规模户和规模户的偏度分别为 0.63、0.13 和 0.02(表 4),说明散户和小规模户的技术效率主要集中在均值下方,规模户则较均匀分布在均值两侧。在育肥阶段,不同规模养殖户的技术效率均为左偏分布,表明养殖户的技术效率主要集中在均值上方,说明在育肥阶段,多数养殖户的技术效率较高,但有部分养殖户的技术效率很低,拉低了平均技术效率。调研地区赤峰市喀喇沁旗 2012 年成立了“内蒙古自治区农牧民专业合作社”“喀喇沁旗肥牛肉牛养殖专业合作社”,采用“统一购牛、统一集中育肥、统一销售和统一服务”的经营模式。养牛户为 100 多户,最大的养殖规模存栏为 600 头。通过成立养殖小区,将养殖户集中起来,统一提供技术服务、饲料、防疫、销售等,提高了整体的育肥效率。

表 4 技术效率平稳性及分布

	模型 1			模型 2			模型 3		
	规模户	小规模	散户	规模户	小规模	散户	规模户	小规模	散户
标准差	0.12	0.15	0.15	0.19	0.08	0.15	0.19	0.08	0.15
偏度	0.02	0.13	0.62	-2.10	-1.29	-4.24	-2.08	-1.28	-4.20

### 4. 影响技术效率的其他因素

由于养殖户养殖能力难以直接测量,本文用示范户代表能力水平,示范户=1 代表高能力,示范户=0 代表低能力,在肉牛育肥环节,示范户的系数为-1.30,且在 5%水平显著(表 3),表明在其他条件相同的情况下,示范户的养殖效率比非示范户高 1.3%;在肉牛自繁自育养殖全程,示范户的系数为负但不显著。市场距离代表不同养殖户的地理因素影响,在育肥阶段,市场距离对养殖生产作用为负但不显著;在肉牛养殖全程,距离的系数为正,但不显著。

## 三、结论和建议

### 1. 结 论

实证结果表明,无论是养殖全程还是育肥阶段,饲料和劳动力的投入对产出均有显著影响,且两者之间存在显著的替代效应。在现阶段以散户和小规模户为主的肉牛自繁自育养殖存在技术损失,养殖全程的技术效率低于育肥环节,但在牛犊繁育阶段存在优势。以育肥为主的规模户在育肥环节存在显著优势。小规模养殖户的技术效率稳定性最好;多数养殖户在育肥环节的技术效率较高。此外,示范户的养殖技术效率显著高于非示范户。

### 2. 建 议

不同规模养殖户在不同养殖环节各有优势,未来我国肉牛养殖更适合走专业化和区域化的道路。基础母牛耐粗饲,繁育牛和犊牛适合在饲草和青贮资源丰富的地区以散养和小规模的生产方式养殖,而育肥牛在临近消费区域适度规模化养殖更能发挥其规模技术效率优势。增加基础母牛存栏的关键在于散户或较小规模户母牛养殖的比较收益、积极性和养殖技术水平,而育肥效率的提高在于规模户育肥实现专业化和标准化。因此,有关部门应该从以下三个方面发力,通过提高养殖效率来推动肉牛产业的健康持续发展。

(1)以养殖小区形式将散户和小规模户纳入基础母牛扩群项目。基础母牛是肉牛产业发展的基

基础,基础母牛存栏数量不足影响肉牛可持续生产。基础母牛养殖并非规模越大越好,以散养户和小规模为主的母牛养殖模式更适合我国的国情。因此,要扩大基础母牛的规模,就需要支持、引导兼业型的养殖户和小规模户。基础母牛养殖投入大、周期长、资金周转慢,养殖比较收益低,然而现行“先增后补”的基础母牛补贴政策集中于基础母牛存栏10头以上(含10头)的养殖场、补贴额度有限,无法真正提振养殖户的积极性。因此,需要补贴政策向小规模户和散养户倾斜。通过建立养殖合作社或者养殖小区,将散养户和小规模户联合起来,通过养殖小区来获得相应的政策性补贴,如扩群补贴、防疫补贴、基础母牛保险补贴以及地方政府财政补贴等等,加大对母牛养殖户的技术支持和信贷支持,发挥示范户的带动作用,加大对农村散养和小规模户的技术指导,实施良种繁育,强化农作物秸秆的综合利用,降低成本,提高繁殖效率。

(2)推进肉牛育肥的专业化、规模化和标准化。在饲料资源丰富、距离消费市场较近的优势区域,推广肉牛育肥标准生产体系,提升育肥大户专业化生产水平。在确保散户基础母牛存栏稳定增加的基础上,提高对育肥户育肥环节的技术支持力度,逐步提升育肥的专业化和区域化水平。鼓励规模养殖户和养殖企业建立联合体,加大研企合作力度,推广和应用先进的育肥方式和育肥配方,制定标准的育肥生产体系,提高规模户的育肥技术效率。

(3)通过“公司+农户”推动区域化和专业化生产。犍牛、架子牛生产分散、育肥场(户)与母牛养殖户无直接联系、育肥牛生产者与架子牛生产者主要通过市场联系<sup>[11]</sup>。搭建合作平台,以养殖小区、专业合作社等方式,与肉牛育肥企业、屠宰企业建立密切合作,使二者结成真正的利益共同体,将育肥和屠宰销售环节的利润按照一定比例返回母牛养殖户,提高其比较收益及收益的稳定性,不仅可以降低双方的交易成本,促进合同销售、纵向一体化和区域化生产等密切协作方式的发展,还可以增加基础母牛养殖积极性、减轻农业生产和营销中面临的不确定性,能够保证企业所需育肥牛的及时、稳定供应。

## 参 考 文 献

- [1] 杨军,程申,杨博琼.日韩粮食消费结构变化特征及对我国未来农产品需求的启示[J].中国软科学,2013(1):24-31.
- [2] 程广燕,刘珊珊,杨楨妮.中国肉类消费特征及2020年预测分析[J].中国农村经济,2015(2):76-82.
- [3] 田露.中国肉牛产业链组织模式与组织效率研究[M].北京:中国农业出版社,2012.
- [4] 刘天军,蔡起华.不同经营规模农户的生产技术效率分析——基于陕西省猕猴桃生产基地县210户农户的数据[J].中国农村经济,2013(3):37-46.
- [5] 郜亮亮,李栋,刘玉满.中国奶牛不同养殖模式效率的随机前沿分析——来自7省50县监测数据的证据[J].中国农村观察,2015(3):64-73.
- [6] AIGNER D,LOVELL C A K,SCHMIDT P. Formulation and estimation of stochastic frontier production function models [J]. Journal of econometrics,1977,6(1):21-37.
- [7] MEEUSEN W,BROECK J V. Efficiency estimation from Cobb-Douglas production function with composed error [J]. International economic review,1977(18):435-444.
- [8] 王明利,李威夷.基于随机前沿函数的中国生猪生产效率研究[J].农业技术经济,2011(12):32-39.
- [9] 陈幼春.现代肉牛生产[M].北京:中国农业出版社,2012.
- [10] 田建民.河南省平原农区肉牛规模化养殖及产业化模式[J].农业技术经济,1999(1):47-50.
- [11] 王桂霞.中国牛肉产业链研究[D].北京:中国农业大学,2005.

(责任编辑:金会平)