

基于三阶段数据包络分析模型的竹林生产效率研究

杨水生¹, 徐秀英^{1,2}, 符椒燕¹, 徐堇寒¹

(1. 浙江农林大学 经济管理学院, 浙江 杭州 311300; 2. 浙江省农民发展研究中心 浙江省哲学社会科学
重点研究基地, 浙江 杭州 311300)

摘要: 林业生产效率是关系林业经济发展的重要问题。对林业生产效率进行科学地测算与分析, 真实反映林业生产效率的实际状况, 以期为提高林业生产效率提供科学依据。以竹林生产为例, 基于浙江省安吉县 6 个行政村 110 户农户调查数据, 应用三阶段数据包络分析(DEA)模型对农户竹林生产效率进行测算与评价分析。结果表明: 环境变量中, 户主受教育年限、竹林收入比例、家庭从事竹林生产人数、家庭经营竹林地块数对竹林生产效率有显著的负向影响; 户主年龄、参与竹林生产技术培训、林权证的获得对竹林生产效率有显著的正向影响。在剔除环境效应和随机误差影响后, 样本户竹林生产平均技术效率由 0.537 下降为 0.436, 平均纯技术效率由 0.602 上升至 0.803, 而平均规模效率则由 0.891 下降至 0.556; 竹林生产规模报酬均处于递增阶段。基于上述分析, 提出降低竹林地细碎化程度, 引导农户合理配置竹林生产投入要素, 进一步明晰竹林地产权, 加大对农户竹林生产技术培训力度等建议。表 6 参 27

关键词: 林业经济学; 竹林生产效率; 三阶段数据包络分析模型; 环境效应; 随机误差; 安吉县

中图分类号: S7-98

文献标志码: A

文章编号: 2095-0756(2017)06-1128-09

Research on bamboo production efficiency based on three-stage DEA model

YANG Shuisheng¹, XU Xiuying^{1,2}, FU Jiaoyan¹, XU Jinhan¹

(1. School of Economic and Management, Zhejiang A & F University, Hangzhou 311300, Zhejiang, China; 2. Rural
Development Research Center of Zhejiang, Key Research Base of Philosophy and Social Science of Zhejiang,
Hangzhou 311300, Zhejiang, China)

Abstract: Forestry production efficiency is an important issue in the development forestry economics. Measuring and analysing the efficiency of forestry production scientifically, which reflect truly the actual situation of forestry production efficiency to provide a scientific basis for improving forestry production efficiency. This paper forecasted and evaluated bamboo production efficiency using the three-stage Data Envelopment Analysis (DEA) model. The dataset adopted in the study was first hand data, collected based on 110 surveys from 6 administrative villages in Anji County in Zhejiang Province. The results showed: Among the environment variables, significant negative effects were found for factors such as the years of education for the householder, income ratio for bamboo production compare to total income, the number of family members engaged in the production of bamboo, the total size of land for bamboo production; while the following elements showed significant positive effects for bamboo production: age of household head, involvement in technical training in bamboo production, and certificate of forestland. After excluding the impact of environmental effects and random errors, this studies found that the sample household bamboo production average technical efficiency value showed a

收稿日期: 2016-12-05; 修回日期: 2017-04-05

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71273245); 浙江省财政厅提升地方高校办学水平专项(农民发展研究
创新团队)

作者简介: 杨水生, 从事林业经济理论与政策研究。E-mail: yangshuisheng@foxmail.com。通信作者: 徐秀英,
教授, 博士, 从事林业经济理论与政策研究。E-mail: zjfcxxy@aliyun.com

significant decreased, from 0.537 to 0.436, while the average pure technical efficiency value from 0.602 to 0.803, and the average scale efficiency value decreased from 0.891 to 0.556. At the same time, increasing return to scale was witnessed for bamboo production. Based on the above analysis, suggestions, such as reduce the fragmentation of bamboo forestland, guide farmers to allocate bamboo production factors rationally, clarify the property rights of bamboo forestland, strengthen technical training for farmers' bamboo production, are put forward. [Ch, 6 tab. 27 ref.]

Key words: forest economics; bamboo production efficiency; three-stage DEA model; environment effect; random error; Anji County

20 世纪 80 年代初期的林业“三定”(稳定山权林权、划定自留山、确定林业生产责任制)以来,农户逐渐成为重要的林业生产经营主体。林业生产效率关系到林业经济的发展,如何优化林业生产要素的配置,提高现有资源的利用效率,使实际林产品的产出接近潜在产出,并厘清哪些因素会影响林业生产效率,是进一步深化集体林权制度改革的重要举措。因此研究如何提高林业生产效率对于促进农民增收、发展地区经济具有十分重要的意义。近年来,林业生产效率的研究一直受到国内外学者的重视,并展开了大量的研究。部分学者基于宏观统计数据,采用数据包络分析(DEA)模型或随机前沿分析(SFA)模型对中国各省份林业生产效率进行了测算与评价^[1-4],也有学者对国外木材采伐经营效率进行了分析^[5-6]。部分学者基于农户调查数据,主要采用 DEA 方法对农户经营林产品(以杉木 *Cunninghamia lanceolata* 或果林为主)的生产效率进行实证分析^[7-9]。学者们在对林业生产效率进行测算的基础上,对林业生产效率的影响因素进行了分析^[10-12],徐秀英等^[11]利用改进的 C-D(COBB-DOUGLAS)生产函数模型实证分析了林地细碎化对竹林产出的影响。然而传统 DEA 方法不能剔除环境效应和随机误差的影响^[13-14],难以真实地反映林业生产效率的实际状况。FRIED 等^[15]提出的三阶段 DEA 模型可以剔除环境效应和随机误差的影响,能够客观真实地测算生产效率。为此,部分学者采用三阶段 DEA 模型对福建省林业生产效率进行了评价分析^[16-17],研究发现规模无效是导致效率低下的主要原因。从现有文献来看,以竹林作为研究对象,基于农户微观层面数据进行生产效率分析的较为薄弱,采用三阶段 DEA 模型对竹林生产效率进行分析的则更为少见。竹林资源是世界上重要的森林资源,而中国是世界上最主要的产竹国,浙江省作为中国竹林资源的主要分布区之一,其竹林年总产值居于全国前列,但竹林生产效率并不高^[18]。鉴于此,以浙江省安吉县农户竹林生产的微观数据为例,采用三阶段 DEA 模型,期望对竹林生产效率进行更为准确的测算;另外,找出主要影响竹林生产效率的因素,为政府部门决策提供依据。

1 数据来源及研究方法

1.1 数据来源

安吉县隶属于浙江省湖州市,常住人口 46 万人,总面积为 1 886 km²,森林覆盖率 71.1%,林地面积 13.83 万 hm²,其中竹林面积 7.20 万 hm²,有“中国竹乡”的美誉。安吉县有毛竹 *Phyllostachys edulis* 林 5.66 万 hm²,占林地总面积 40.93%,竹林面积的 78.61%。毛竹现存量 1.8 亿株,采伐 3 000 万株·a⁻¹,生产竹笋 5.6 万 t·a⁻¹。因此,选择安吉县的农户调查数据来研究竹林生产效率具有代表性。

本研究所使用的数据来源 2015 年 7 月对浙江省安吉县 3 个乡镇 6 个行政村的农户调查,抽取的 3 个乡镇(孝丰镇、杭垓镇、报福镇)为县内竹林资源较为丰富。样本村和样本农户均采用随机抽样的方法抽取,选取行政村 2 个·乡镇⁻¹,共 6 个行政村,选取农户 20 个·村⁻¹,共调查农户 120 户,剔除无经营竹林生产的样本和无效样本后,共获得有效问卷 110 份,有效率 91.67%。调查内容主要包括农户在 2014 年的家庭基本情况、农户家庭经营竹林地的资源特征及竹林地块 2013-2014 年的投入产出状况等。

1.2 研究方法

数据包络分析(DEA)模型^[19]自 1978 年提出以来,已经由最初的 CCR(CHARNES, COOPER 和 RHODES)模型发展到现在的几十种扩展模型。其中学者们针对传统 DEA 模型没有考虑环境因素影响的缺陷,提出了包括两阶段 DEA 法、三阶段 DEA 法以及四阶段 DEA 法的调整方法^[20]。其中三阶段 DEA 模型由于剔除了外部环境等非经营性因素对效率的影响,能够更加准确地测算生产效率^[15]。

第 1 阶段：传统 DEA 模型(BCC 模型)。选取农户作为决策单元，由于农户更加容易控制生产过程中的投入要素，因此，该阶段采用以一定产出水平下投入最小化为目标的投入导向 BCC(BANKER, CHARNES 和 COOPER)模型。该模型已经非常成熟，不再进行详细描述。

第 2 阶段：类似 SFA 模型。第 1 阶段 BCC 模型计算得到竹林面积、资本投入、劳动力投入的松弛变量值，由于 3 种投入松弛变量受环境效应、随机误差和管理无效率的影响，通过建立类似 SFA 模型分别观察上述 3 种因素对松弛变量的影响，以此调整投入要素，使得决策单元处于相同的环境和运气下。建立类似 SFA 模型：

$$s_{ij}=f^i(z_j; \beta^i)+v_{ij}+u_{ij}; i=1, 2, \dots, I; j=1, 2, \dots, J. \quad (1)$$

式(1)中： s_{ij} 表示第 j 个决策单元第 i 项投入的松弛变量； $f^i(z_j; \beta^i)$ 表示环境效应对投入松弛变量的影响； $v_{ij}+u_{ij}$ 是混合误差项，其中 v_{ij} 表示随机误差，假设其服从 $N(0, \sigma_v^2)$ 分布，而 u_{ij} 表示管理无效率，假设其服从截断正态分布 $N^+(u_i, \sigma_u^2)$ ， u_{ij} 与 v_{ij} 相互独立不相关。另外，公式 $\gamma=\sigma_u^2/(\sigma_v^2+\sigma_u^2)$ 中， γ 为待估参数，表示混合误差项中管理无效率所占的比例，其取值介于 0 到 1 之间。当 γ 趋向于 1 时，表明生产函数的误差主要是由管理因素引起；而当 γ 趋向于 0 时，表明生产函数的误差主要是由随机误差引起。

其次，在“成本函数”随机前沿模型中，计算管理无效率的估计公式^[21]如下：

$$\hat{E}(u_{ij} | v_{ij}+u_{ij})=\frac{\sigma\lambda}{1+\lambda^2} \left[\frac{\phi(\lambda\varepsilon_j/\sigma)}{\Phi(\lambda\varepsilon_j/\sigma)} + \frac{\varepsilon_j}{\sigma} \right]. \quad (2)$$

式(2)中： $\varepsilon_j=v_{ij}+u_{ij}$ ， $\sigma^2=\sigma_u^2+\sigma_v^2$ ， $\lambda=\sigma_u/\sigma_v$ 。结合式(1)和式(2)，推导出随机误差的计算公式：

$$\hat{E}[v_{ij} | v_{ij}+u_{ij}]=s_{ij}-f^i(z_j; \hat{\beta}^i)-\hat{E}[u_{ij} | v_{ij}+u_{ij}]. \quad (3)$$

式(3)中： s_{ij} 可由第 1 阶段 DEA 模型求出， $f^i(z_j; \hat{\beta}^i)$ 是可观测的环境变量， $\hat{E}[u_{ij} | v_{ij}+u_{ij}]$ 可由式(2)求得。

在此基础上，对各决策单元的投入进行调整，剔除环境效应和随机误差的影响，使其面临相同的环境和运气。基于最有效的决策单元，给出计算调整各投入量的公式：

$$\hat{x}_{ij}=x_{ij}+[\max_j(f^i(z_j; \hat{\beta}^i))-f^i(z_j; \hat{\beta}^i)]+[\max_j(\hat{v}_{ij})-\hat{v}_{ij}]; i=1, 2, \dots, I; j=1, 2, \dots, J. \quad (4)$$

式(4)中： x_{ij} 为生产过程中的初始投入值， $\hat{x}_{ij}$ 为调整后的投入值， $\hat{\beta}^i$ 和 $\hat{v}_{ij}$ 分别表示环境变量参数和随机干扰项的估计值。

第 3 阶段：调整后的 DEA 模型。针对调整后的投入值与原产出值，使用 BCC 模型，重新测算各决策单元的生产效率。

2 变量选取及描述统计

2.1 投入产出变量选取及描述统计

本研究以调查农户为决策单元，考虑到竹林生产存在明显的大小年现象，投入产出变量均采用样本农户经营竹林地的 2013–2014 年的平均值。其中竹林产出变量为竹材产值和竹笋产值的加总；竹林投入变量选取包括土地投入、资本投入和劳动力投入^[17]。土地投入指农户经营的竹林地总面积；资本投入包括化肥、灌溉、竹笋覆盖物费用及其他物质费用；劳动力投入包括竹林地日常管护、挖笋及竹材采伐的自投工及雇工，按 8 h·d⁻¹折算成工日。农户家庭竹林生产投入产出情况见表 1。

DEA 模型要求各投入变量与产出变量之间必须符合“同向性”原则，一般采用 Pearson 相关性检验方法对其进行检验^[22]。检验结果如表 2 所示。结果显示：竹林面积、资本和劳动力的投入与竹林总产值之间的相关系数均在 1%的水平上显著为正，表明各投入变量与产出变量之间满足“同向性”原则，具有合理性。

2.2 环境变量选取及描述统计

环境变量是指影响生产效率的外部客观环境因素^[22]。结合已有研究^[23–24]，环境变量选取分别为农户人力资本特征变量、家庭经营特征变量、竹林地细碎化变量以及相关政策因素等。考虑到生产经营决策直接影响生产效率的高低，农户家庭的决策多数是由户主来决定，因此农户人力资本特征变量选取户主年龄及受教育年限来衡量^[16]。家庭经营特征变量选取竹林收入比例、家庭从事竹林生产人数来衡量。一般竹林收入占比及从事竹林生产人数越多的农户，其生产的专业性越强。根据斯密的分工理论，专业化

表 1 农户家庭竹林生产投入产出情况

项目	产出		投入	
	竹林总产值/元	竹林面积/hm ²	资本投入/元	劳动力投入/工日
平均值	21 624.95	2.14	2 488.37	64.30
标准差	34 914.94	2.85	3 688.32	63.94
最小值	1 155.00	0.07	30.00	4.75
最大值	269 100.00	22.87	24 540.00	393.00

说明：数据来源于实地调查；样本个数为 110 个。

可以带来效率。竹林地细碎化变量选取农户家庭竹林地块数来衡量。一般来说竹林地细碎化会降低竹林生产的规模效应，影响竹林生产效率^[11]。选取是否获得林权证来衡量政府对林业发展的政策因素^[16]。是否获得林权证主要表现为集体林权制度改革后林地的地权稳定性，地权越稳定，越有利于农户对竹林生产进行长期投资。此外，选取是否参与竹林生产技术培训作为配套集体林权制度改革服务变量^[25]。是否参与竹林生产技术培训表现为政府在指导林业经济发展过程中提供的技术支持，技术培训一般有利于竹林生产技术的更新，是促进生产效率提高的重要因素。环境变量的说明及描述统计见表 3。

表 2 竹林投入与产出变量的 Pearson 相关系数

产出项	竹林面积	资本投入	劳动力投入
竹林总产值	0.847***	0.810***	0.735***

说明：数据来源于实地调查；*，**，*** 分别表示 10%，5%，1%显著性水平。

表 3 环境变量的说明及描述统计

环境变量	释义	均值	标准差
户主年龄(x_1)	周岁	53.63	8.72
户主受教育年限(x_2)	a	6.38	3.13
竹林收入比例(x_3)	竹林收入/家庭总收入	0.19	0.21
家庭从事竹林生产人数(x_4)	家庭从事竹林生产的劳动力/人	1.37	0.57
竹林地块数(x_5)	农户家庭经营竹林地块数/块	3.61	2.29
是否参与竹林生产技术培训(x_6)	农户家庭是否有人参与竹林生产技术培训(1 表示是；0 表示否)	0.25	0.43
林权证获得情况(x_7)	农户家庭竹林地是否有林权证(1 表示是；0 表示否)	0.91	0.29

说明：数据来源于实地调查。

由表 3 可知：农户户主平均年龄为 53.63 岁，表明从事竹林生产的农户户主年龄较大；户主平均受教育年限为 6.38 a，文化程度主要集中在小学、初中；农户家庭竹林收入占家庭总收入的比例平均为 19%，平均每个家庭从事竹林生产的人数为 1.37 个，表明调研地区农户竹林生产在家庭经济中占有一定的地位；农户家庭经营的竹林地块数户均为 3.61 块，竹林生产的细碎化程度较高。另外，样本农户竹林地林权证获得率为 91%，还有少部分农户竹林地没有拿到林权证，表明调研地区林权主体改革尚未彻底。家庭有成员参与竹林生产技术培训的农户仅占样本总数的 25%，表明重要的林权配套改革——技术服务开展程度较低。

3 实证结果分析

3.1 第 1 阶段 DEA 实证结果

利用 DEAP 2.1 软件对 110 个样本农户的竹林生产效率进行测算^[26]，竹林生产各效率值测算结果如表 4 所示。

由表 4 可以看出：样本地区竹林生产效率整体水平不高，平均技术效率为 0.537，离最优效率值 1 还有较大的差距。如果消除技术效率损失，竹林生产存在 46.30%的提升空间。而竹林生产平均纯技术效率和平均规模效率分别为 0.602 和 0.891，竹林生产规模效率更接近生产前沿面，表明纯技术效率无效是导致生产效率低下的主要原因。在 110 户农户样本中，仅有 9 户农户处于竹林生产有效率状态(技

表 4 农户竹林生产效率分布

Table 4 The distribution of the bamboo production efficiency of households

效率值区间	技术效率(TE)			纯技术效率(PTE)			规模效率(SE)		
	平均效率	频数/次	%	平均效率	频数/次	%	平均效率	频数/次	%
无效率程度严重($0 \leq E < 0.40$)	0.293	37	33.64	0.300	25	22.73	0	0	0.00
无效率程度中等($0.40 \leq E < 0.70$)	0.531	47	42.73	0.535	52	47.27	0.627	11	10.00
无效率程度轻微($0.70 \leq E \leq 0.99$)	0.839	17	15.45	0.833	13	11.82	0.904	82	74.55
有效率($0.99 < E \leq 1.00$)	1.000	9	8.18	1.000	20	18.18	0.998	17	15.45
样本平均效率	0.537			0.602			0.891		

说明：数据来源于实地调查；效率值由 DEAP 软件计算得到。

术效率为 1，且纯技术效率与规模效率均为 1)，仅占到了样本农户总数的 8.18%。竹林生产技术效率、纯技术效率处于无效率程度中等及以下的户数分别有 84 户、77 户，占样本农户总数的 76.36%和 70.00%。而规模效率为无效率程度轻微和有效率的有 99 户，占样本总数的 90.00%。

3.2 第 2 阶段 SFA 回归结果

由第 1 阶段得到了各松弛变量值，通过运用 Frontier 4.1 软件，将其分解为环境效应、随机误差和管理无效率。各松弛量作为因变量，将 7 个环境变量作为自变量，建立类似 SFA 模型，得到回归结果如表 5 所示。

表 5 第 2 阶段 SFA 估计结果

Table 5 The result of SFA regression in the second stage

变量	竹林面积松弛变量	资本投入松弛变量	劳动力投入松弛变量
常数	0.36(1.91)*	-1 148.08(-133.45)***	-17.25(-2.48)**
x_1	-0.01(-3.13)***	4.01(1.07)	-0.10(-1.34)
x_2	0.03(2.79)***	-1.62(-0.05)	1.51(11.73)***
x_3	-0.03(-0.76)	840.60(5.26)***	3.41(1.84)*
x_4	0.12(3.26)***	88.85(1.15)	6.03(4.33)***
x_5	0.06(4.61)***	196.11(7.58)***	2.14(4.96)***
x_6	-0.34(-8.07)***	-426.36(-16.71)***	-15.88(-6.34)***
x_7	-0.27(-3.73)***	-223.37(-9.23)***	-1.97(-0.93)
σ^2	1.10(7.03)***	$4.53 \times 10^6(4.53 \times 10^6)$ ***	3 741.96(3 531.56)***
γ	0.999(1.80×10^6)***	0.998(130.99)***	0.999(4.54×10^6)***
对数似然估计函数值	-85.77	-919.27	-517.46
单侧误差的 LR 检验	62.90	57.44	80.15

说明：数据来源于实地调查；*，**，*** 分别表示 10%，5%，1%显著性水平；括号内为各统计变量的 t 值。

由表 5 可知：竹林面积、资本和劳动力 3 种投入松弛变量的 γ 值都接近于 1，且均达到了 1%的显著水平，表明管理因素对 3 种投入要素的影响占据主导地位，对竹林生产效率存在显著的影响；同时还说明管理无效率是混合误差项变异的主要影响因素，验证了运用 SFA 模型的合理性。

进一步分析环境因素对竹林生产投入松弛变量的影响，当回归系数通过统计上的显著性检验，且回归系数为正(负)时，表明增加该变量值不利于(有利于)生产技术效率的提高。具体分析结果如下：

第一，农户人力资本特征变量。户主年龄对竹林面积松弛变量的系数为负，并在 1%的统计水平上通过显著性检验。表明随着户主年龄的增长，竹林面积松弛量会减少，可能是因为年龄较大的农民在干中学积累了丰富的生产经验，有利于降低竹林面积投入要素的资源浪费，进而对竹林生产效率产生有利影响。户主受教育年限对竹林面积松弛变量、劳动力投入松弛变量的系数均在 1%的水平上显著为正。结合样本特点，88.18%的户主受教育年限在 9 a 及以下，农户户主文化水平普遍较低，而受教育年限较多的户主往往倾向于向城市和非农产业转移，缺乏竹林生产的经验和技能，并疏于竹林地的经营管理，抑制了农户竹林生产效率的提高。

第二，家庭经营特征变量。竹林收入占比对资本投入松弛变量、劳动力投入松弛变量的系数为正，

分别在 1%，10%的水平上显著，表明竹林收入比例增加时，资本投入松弛变量、劳动力投入松弛变量也会增加。家庭从事竹林生产人数对竹林面积松弛变量、劳动力投入松弛变量的系数为正，且均通过 1%的显著性检验。表明随着农户家庭从事竹林生产劳动力数量的增加，竹林面积松弛变量、劳动力投入松弛变量也会增加。可能是因为农户家庭在竹林生产中投入越多劳动力以及竹林收入占比越大时，表明农户生产经营较为单一、对竹林生产的依赖性越大，这就使得农户存在较高的生产风险，高风险可能带来农户生产的过度投入^[27]。从而造成投入资源的浪费，对竹林生产效率产生不利的影响。

第三，竹林地细碎化变量。竹林地块数对 3 种投入松弛变量的系数均为正，且均通过 1%的显著性检验，表明农户家庭经营竹林地块数增多时，3 种投入松弛量将会增加，导致 3 种投入要素的过度浪费，对竹林生产效率产生不利的影响。一方面是因为竹林地细碎化程度越高，就越不便于先进机械和技术的推广应用，难以实现规模经营；另一方面，家庭经营竹林地块数越多，越不利于统一经营管理，造成农户在不同地块之间奔波时间的增加，在一定程度上造成资源浪费，从而影响竹林生产效率的提高。

第四，相关政策因素。家庭成员是否有人参与竹林生产技术培训对 3 种投入松弛变量的系数均为负，且均通过 1%的显著性检验；是否获得林权证对 3 种投入松弛变量的系数也均为负，竹林面积松弛变量、资本投入松弛变量均在 1%的水平上显著。表明农户家庭有成员参与竹林生产技术培训或者竹林地有林权证，有利于 3 种投入松弛变量的减少。说明林业生产技术培训作为集体林权制度改革的配套服务有利于竹林生产效率的提高，林权证的发放使得产权更加明晰和安全，增强了农户进行竹林生产的积极性，并进行生产要素的合理配置，进而减少了 3 种投入要素的浪费。

3.3 调整后的 DEA 实证结果

根据式(4)得到调整后的竹林生产投入要素值，将初始产出值与调整后的投入值再次进行 BCC 模型测算，最后得到竹林生产各效率值及其区间分布，如表 6 所示。

表 6 调整的农户竹林生产效率分布

效率值区间	技术效率(TE1)			纯技术效率(PTE1)			规模效率(SE1)		
	平均效率	频数/次	%	平均效率	频数/次	%	平均效率	频数/次	%
无效率程度严重(0≤E<0.40)	0.243	53	48.18	0.373	1	0.91	0.238	36	32.73
无效率程度中等(0.40≤E<0.70)	0.522	40	36.36	0.598	31	28.18	0.544	35	31.82
无效率程度轻微(0.70≤E≤0.99)	0.797	14	12.73	0.850	57	51.82	0.843	35	31.82
有效率(0.99<E≤1.00)	1.000	3	2.73	1.000	21	19.09	0.998	4	3.64
样本平均效率	0.436			0.803			0.556		

说明：数据来源于实地调查；效率值由 DEAP 软件计算得到。

对比表 4 和表 6 可以看出：在剔除环境效应和随机误差对效率影响后的同质环境下，第 3 阶段的竹林生产平均技术效率从第 1 阶段的 0.537 下降为 0.436，下降幅度为 18.81%；平均纯技术效率由 0.602 上升为 0.803，上升幅度为 33.39%；平均规模效率由 0.891 下降为 0.556，下降幅度达 37.6%。调整之后的纯技术效率更为接近效率前沿面，规模效率低下成为农户竹林生产效率低下的主要制约因素。在 110 户农户样本中，仅有 3 户农户的竹林生产处于有效率状况，比调整前降低 66.67%。竹林生产技术效率、纯技术效率处于无效率程度中等及以下的农户比例分别为 84.54%和 29.09%，分别比第 1 阶段高 8.17 个百分点和低 40.91 个百分点，而规模效率为无效率程度轻微和有效率占比 35.46%，比第 1 阶段低 54.54 个百分点。调整后的规模效率大幅度下降，表明农户竹林生产的实际规模效率并没有那么高；而调整后的纯技术效率大幅度上升，表明调整前农户竹林生产的纯技术效率较低是由于较差的外部环境导致的。另外，农户竹林生产规模报酬均处于递增阶段，农户扩大竹林生产规模，各种生产要素投入量增加 1 倍将获得大于 1 倍的产出增加，表明样本地区农户竹林生产效率着重改进的方向为提高规模效率。

4 结论及建议

本研究基于浙江省安吉县农户竹林生产微观数据，采用三阶段 DEA 模型，对竹林生产效率及其影响因素进行了分析。得出以下主要结论：①第 1 阶段测算结果显示：竹林生产平均技术效率为 0.537，

平均纯技术效率为 0.602, 平均规模效率为 0.891。表明农户竹林生产效率整体水平较低, 纯技术效率无效是导致生产效率低下的主要原因。在现有生产水平下, 若消除技术无效率, 竹林的产出水平还能提高 46.3%。②第 3 阶段测算结果显示: 竹林生产平均技术效率为 0.436, 平均纯技术效率为 0.803, 平均规模效率为 0.556。表明当剔除环境效应和随机误差的影响后, 即所有农户面临同质的环境和运气时, 竹林产出水平还能提高 56.4%。同时, 对比调整前后的技术效率、纯技术效率及规模效率, 都有较大幅度的变化, 技术效率的下降主要受规模效率的大幅度下降的影响, 而纯技术效率有一定程度的上升。③通过第 2 阶段的 SFA 回归分析发现, 环境变量中, 户主受教育年限、竹林收入比例、家庭从事竹林生产人数、家庭经营竹林地块数是竹林生产效率提高的不利因素; 户主年龄、参与竹林生产技术培训、林权证的获得是竹林生产技术效率提高的有利因素, 有利于生产要素的优化配置。

根据以上结论, 建议: 第一, 降低竹林地细碎化程度。鼓励农户通过林地的转让、出租、入股等流转方式, 将林地向林业专业大户、家庭林场等现代林业经营主体集中, 实现林地规模经营, 并降低竹林地的细碎化程度, 进一步提高竹林生产效率。第二, 引导农户合理配置竹林生产要素。在增加竹林生产规模的同时, 应注意不能盲目地扩大生产投入, 当地政府应该积极引导农户合理分配竹林生产各投入要素, 特别是应采用机械等先进技术设备来代替林业劳动力, 合理优化资源配置, 减少资源浪费。第三, 进一步明晰竹林地产权。新一轮集体林权制度改革中的林权主体改革尚未彻底, 当地政府应加强勘界发证工作, 确保林权证发放到农户, 提高农户林业生产的积极性。第四, 加大对农户竹林生产的技术培训力度。通过引进先进的竹林生产技术和方法, 加强技术培训和指导, 提高农户林业生产的技术水平, 促进林业生产效率的提高。

5 参考文献

- [1] 李春华, 李宁, 骆华莹, 等. 基于 DEA 方法的中国林业生产效率分析及优化路径[J]. 中国农学通报, 2011, **27**(19): 55 – 59.
LI Chunhua, LI Ning, LUO Huaying, *et al.* The efficiency analysis and path optimization of forestry input-output in China based on data envelopment analysis [J]. *Chin Agric Sci Bull*, 2011, **27**(19): 55 – 59.
- [2] 田淑英, 许文立. 基于 DEA 模型的中国林业投入产出效率评价[J]. 资源科学, 2012, **34**(10): 1944 – 1950.
TIAN Shuying, XU Wenli. Evaluation of China's forestry input-output efficiency based on DEA modeling [J]. *Resour Sci*, 2012, **34**(10): 1944 – 1950.
- [3] 宋长鸣, 向玉林. 林业技术效率及其影响因素研究: 基于随机前沿生产函数[J]. 林业经济, 2012, **34**(2): 66 – 70.
SONG Changming, XIANG Yulin. Study of forestry industry's technical efficiency and its influencing factor—based on stochastic frontier production function model [J]. *For Econ*, 2012, **34**(2): 66 – 70.
- [4] 田杰, 姚顺波. 中国林业生产的技术效率测算与分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2013, **23**(11): 66 – 72.
TIAN Jie, YAO Shunbo. Research on technical efficiency of forestry production in China [J]. *China Popul Resour Environ*, 2013, **23**(11): 66 – 72.
- [5] CARTER D R, CUBBAGE F W. Stochastic frontier estimation and sources of technical efficiency in southern timber harvesting [J]. *For Sci*, 1995, **41**(3): 576 – 593.
- [6] SALEHIRAD N, SOWLATI T. Productivity and efficiency assessment of the wood industry: a review with a focus on Canada [J]. *For Prod J*, 2006, **56**(11/12): 25 – 32.
- [7] 臧良震, 支玲, 齐新民. 天保工程区农户林业生产技术效率的影响因素: 以重庆武隆县为例[J]. 北京林业大学学报(社会科学版), 2011, **10**(4): 59 – 64.
ZANG Liangzhen, ZHI Ling, QI Xinmin. Influencing factors of farmers forestry production efficiency in natural forest protection project areas: a case of Wulong County in Chongqing City [J]. *J Beijing For Univ Soc Sci*, 2011, **10**(4): 59 – 64.
- [8] 翟秋, 李桦, 姚顺波. 后林权改革视角下家庭林地经营效率研究[J]. 西北农林科技大学学报(社会科学版), 2013, **13**(2): 64 – 69.
ZHAI Qiu, LI Hua, YAO Shunbo. Research on efficiency of household forestland operating based on forest tenure reform: the case of collective forestland in counties of Sha and Shunchuang of Fujian Province [J]. *J Northwest A & F*

- Univ Soc Sci Ed*, 2013, **13**(2): 64 – 69.
- [9] 张春霞, 许佳贤, 黄森慰, 等. 基于木材供给生产目标下林农经营规模效率研究: 以福建省杉木用材林为例 [J]. 中南林业科技大学学报(社会科学版), 2010, **4**(2): 5 – 7, 31.
ZHANG Chunxia, XU Jiaxian, HUANG Senwei, *et al.* A research into forestry farmer's management scale efficiency based on the production aim of timber supply: a case study of fir timber in Fujian Province [J]. *J Centr South Univ of For Technol Soc Sci*, 2010, **4**(2): 5 – 7, 31.
- [10] MANAGI S. Productivity measures and effects from subsidies and trade: an empirical analysis for Japan's forestry [J]. *Appl Econ*, 2010, **42**(30): 3871 – 3883.
- [11] 徐秀英, 付双双, 李晓格, 等. 林地细碎化、规模经济与竹林生产: 以浙江龙游县为例 [J]. 资源科学, 2014, **36**(11): 2379 – 2385.
XU Xiuying, FU Shuangshuang, LI Xiaoge, *et al.* Forestland fragmentation, economies of scale and bamboo production [J]. *Resour Sci*, 2014, **36**(11): 2379 – 2385.
- [12] 许佳贤, 苏时鹏, 黄安胜, 等. 农户林业经营效率及其影响因素分析: 基于闽浙赣 235 个固定观察点 6 年的调查数据 [J]. 农村经济, 2014(11): 42 – 46.
XU Jiaxian, SU Shipeng, HUANG Ansheng, *et al.* Farmers forestry management efficiency and its influencing factors: a study based on survey data of 235 fixed observation point 6 years from Fujian, Zhejiang and Jiangxi [J]. *Rural Econ*, 2014(11): 42 – 46.
- [13] KORHONEN P J, SIITARI P A. A dimensional decomposition approach to identifying efficient units in large-scale DEA models [J]. *Comput Oper Res*, 2009, **36**(1): 234 – 244.
- [14] TYAGI P, YADAV S P, SINGH S P. Relative performance of academic departments using DEA with sensitivity analysis [J]. *Evalu Progr Plan*, 2009, **32**(2): 168 – 177.
- [15] FRIED H O, LOVELL C A K, SCHMIDT S S, *et al.* Accounting for environmental effects and statistical noise in data envelopment analysis [J]. *J Prod Anal*, 2002, **17**(1): 157 – 174.
- [16] 李桦, 姚顺波, 刘璨, 等. 集体林分权条件下不同经营类型商品林生产要素投入及其效率: 基于三阶段 DEA 模型及其福建、江西农户调研数据 [J]. 林业科学, 2014, **50**(12): 122 – 130.
LI Hua, YAO Shunbo, LIU Can, *et al.* Input of production factors for different operational types of commercial forests and the technical efficiency in the reform of collective forestry property right system: based on three-stage DEA model and household data of Fujian and Jiangxi Province [J]. *Sci Silv Sin*, 2014, **50**(12): 122 – 130.
- [17] 申津羽, 韩笑, 侯一蕾, 等. 基于三阶段 DEA 模型的南方集体林区不同林业经营形式效率研究 [J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2015, **39**(2): 104 – 110.
SHEN Jinyu, HAN Xiao, HOU Yilei, *et al.* Measuring the technical efficiency of different forestry management model in southern community forest area using three-stage DEA analysis [J]. *J Nanjing For Univ Nat Sci Ed*, 2015, **39**(2): 104 – 110.
- [18] 付双双, 徐秀英, 吴伟光. 林农毛竹生产效率及其影响因素 [J]. 浙江农林大学学报, 2015, **32**(4): 596 – 602.
FU Shuangshuang, XU Xiuying, WU Weiguang. Analysis on the determinants of *Phyllostachys edulis*'s input-output efficiency [J]. *J Zhejiang A & F Univ*, 2015, **32**(4): 596 – 602.
- [19] CHARNES A, COOPER W W, RHODES E. Measuring the efficiency of decision making units [J]. *Europ J Oper Res*, 1978, **2**(6): 429 – 444.
- [20] 罗登跃. 三阶段 DEA 模型管理无效率估计注记 [J]. 统计研究, 2012, **29**(4): 104 – 107.
LUO Dengyue. A note on estimating managerial inefficiency of three-stage DEA model [J]. *Stat Res*, 2012, **29**(4): 104 – 107.
- [21] KUMBHAKAR S C. Decomposition of technical change into input-specific components: a factor augmenting approach [J]. *Jpn World Econ*, 2002, **14**(3): 243 – 264.
- [22] 郭军华, 倪明, 李帮义. 基于三阶段 DEA 模型的农业生产效率研究 [J]. 数量经济技术经济研究, 2010(12): 27 – 38.
GUO Junhua, NI Ming, LI Bangyi. Research on agricultural production efficiency based on three-stage DEA model [J]. *J Quant Tech Econ*, 2010(12): 27 – 38.

- [23] CONWAY M C, AMACHER G S, SULLIVAN J, *et al.* Decisions nonindustrial forest landowners make: an empirical examination [J]. *J For Econ*, 2003, **9**(3): 181 – 203.
- [24] ZHANG Daowei, OWIREDU E A. Land tenure, market, and the establishment of forest plantations in Ghana [J]. *For Policy Econ*, 2007, **9**(6): 602 – 610.
- [25] 苏时鹏, 马梅芸, 林群. 集体林权制度改革后农户林业全要素生产率的变动: 基于福建农户的跟踪调查[J]. 林业科学, 2012, **48**(6): 127 – 135.
SU Shipeng, MA Meiyun, LIN Qun. Farmer forestry total factor productivity changes after the collective forestry property rights system reform: based on households surveys in Fujian Province [J]. *Sci Silv Sin*, 2012, **48**(6): 127 – 135.
- [26] 廖文梅, 廖冰, 金志农. 林农经济林经营效率及其影响因素分析: 以赣南原中央苏区为例[J]. 农林经济管理学报, 2014, **13**(5): 490 – 498.
LIAO Wenmei, LIAO Bing, JIN Zhinong. Efficiency and factors influencing forest farmers' operated economic forest: a case study of Gannan Central Soviet Area [J]. *J Agro-For Econ Manage*, 2014, **13**(5): 490 – 498.
- [27] FOSTER W E, RAUSSER G C. Farmer behavior under risk of failure [J]. *Am J Agric Econ*, 1991, **73**(5): 276 – 288.