

中国农业生态产品价值转化效率空间格局及动态演进

董丙瑞^{1,2,3}, 李心毓¹, 陈宋艺¹, 谢帮生^{1,2,3*}

(1. 福建农林大学经济与管理学院, 福建福州 350002; 2. 福建农林大学绿色价值链管理研究中心, 福建福州 350002; 3. 福建省高校特色新型智库生态文明研究中心, 福建福州 350002)

【摘要】探究中国农业生态产品价值转化效率 (Agricultural Ecological Product Value Conversion Efficiency, AEP) 的空间格局及动态演进, 可为农业绿色发展提供理论解释, 也有利于探索生态产品价值转化的实践路径。本研究运用价值当量法和动态修正模型, 核算中国30个省(自治区、直辖市)(受限于数据可得性, 未统计西藏、香港、澳门和台湾)2012—2022年的农业生态价值; 同时, 结合Slack-Based Measure模型和Global Malmquist-Luenberger指数 (SBM-GML), 测算农业生态产品价值转化效率 (AEP)、技术效率 (Efficiency Change, EC) 和技术进步 (Technological changes, TC)。进一步, 采用Dagum基尼系数、核密度估计和变异系数等方法, 识别AEP的空间格局及动态演进情况。结果表明: 在空间分布上, 2012—2022年中国AEP增长模式正努力向“技术效率和技术进步双轮驱动”演变, 但区域间仍存在发展差异; 在动态演进上, 中国AEP核密度呈现右偏趋势, 区域差异逐渐减小, 整体发展态势正从“效率分化”向“协同演进”转变; 中国AEP发展总体存在绝对收敛和条件收敛。建议中国农业发展要加强技术研发与成果转化, 增强技术创新和应用推广; 推动科技与产业深度融合, 提升技术效率; 加大环境保护投入, 保障生态产品价值转化。

【关键词】农业生态产品价值转化效率; 空间格局; 动态演进; 收敛性

【中图分类号】F323; X22

【文章编号】1674-6252 (2025) 02-0016-11

【文献标识码】A

【DOI】10.16868/j.cnki.1674-6252.2025.02.016

引言

2021年, 中共中央办公厅、国务院办公厅印发《关于建立健全生态产品价值实现机制的意见》, 明确提出要完善生态产品价值实现机制, 构建将“绿水青山”转化为“金山银山”的制度体系。生态产品是指在生态技术支持下, 通过对自然资源形态与功能进行转化而形成的产品与服务, 不仅包括自然

生态系统直接供给的物质要素, 也包括在生产和消费过程中采用生态友好方式所形成的绿色产品, 如基于清洁技术生产的产品、通过资源循环利用减少消耗与排放的环保型产品等^[1]。其价值实现主要依赖市场交易机制与生态补偿机制, 通过外部性内部化与资源配置优化, 实现经济效益、生态功能与社会效益的协同释放^[2]。从本质上看, “绿水青山就

资助项目:福建省社科规划社科研究基地重大项目“建立健全福建省生态产品价值实现机制研究”(FJ2022JDZ037); 福建农林大学科技创新专项基金项目“数字化转型背景下金融科技推动双碳目标实现路径研究”(KSBXK2316); 福建农林大学生态文明研究中心项目“数字乡村建设是否推动了农村产业融合? ——基于双重机器学习的因果推断”(KCX23F25A)。

作者简介:董丙瑞(1997—), 男, 博士生, 研究方向为资源环境经济与政策, E-mail:865620009@qq.com。

***责任作者:**谢帮生(1977—), 男, 教授, 博士生导师, 研究方向为资源环境经济, E-mail:xbs2002@163.com。

是金山银山”体现的是生态资源通过有效转化纳入经济系统,并实现市场化定价与交易的过程^[3,4]。在此背景下,如何推动生态产品价值的高效转化,已成为当前绿色发展进程中的关键议题。

作为农业大国,中国的农业一直是国民经济的重要支柱,也是生态产品的主要供给者^[5]。然而,农业发展资源依赖较强,呈现“高风险、低收益”特征。同时,农业生产方式相对粗放,面源污染、温室气体排放等环境负外部性问题日益严重^[6],在一定程度上制约了农业生态产品的价值转化。农业生态产品价值转化效率(Agricultural Ecological Product Value Conversion Efficiency, AEP)是将生态产品价值视作生态资本投入得到产出效率评价指标^[7],是衡量生态资本配置的重要指标^[4]。深入分析其在全国及区域层面的空间格局和动态演进趋势,不仅对推动全国及区域农业经济发展具有重要意义,也为生态产品价值的实现提供了理论支持和实践指导。

目前,多数文献关注农业生态产品的内涵与实现路径。相关文献指出,农业生态产品是依托农地、林地等生态系统提供的物质供给、调节服务、支持服务和文化服务类生态产品^[8,9],具体实现路径包括优质优价的市场交易机制和生态购买的补偿机制^[5,10]。但少有文献直接测算农业生态产品价值转化效率,大多基于柯布一道格拉斯生产函数与投入产出关系,借助全要素生产率(TFP)来衡量农业经济发展质量^[11]。然而,此类方法忽视了环境污染的负外部性及自然资源作为生态要素的投入,未能充分反映农业生产的实际情况。基于此,一些学者尝试将环境污染纳入投入产出体系,进而测算绿色全要素生产率(GTFP)水平,并探讨其影响因素。例如,Stoknes和Rockström^[12]分析了北欧国家自2000年以来在碳生产率方面的进展,认为绿色增长模式应从关注相对效率改进的模式,转向绝对减少环境影响的绿色增长模式。史常亮^[13]从土地流转的视角探讨了其对农业绿色全要素生产率的作用机制与影响。然而,以上研究仍未充分考虑生态系统提供的物质供给和文化服务等生态资本投入,无法准确揭示农业生态产品价值转化的具体能力。

基于脱钩理论与可持续发展观^[14-16],生态系统所提供的生态价值(即生态资本)应被视为生产要

素,并纳入投入产出模型,从而构建生态产品价值转化效率的理论框架。具体而言,农业生态产品价值转化效率的核算体系可在柯布一道格拉斯生产函数的基础上进行拓展,以更全面地反映生态资本在农业生产中的作用。此外,Costanza等^[17]和谢高地等^[18]提出的生态价值核算当量及调整模型,为精准核算农业生态价值提供了方法论支持,也为测算AEP奠定了理论基础。

鉴于此,本研究将首先核算中国30个省(自治区、直辖市)的农业生态价值,并据此测算AEP水平。在此基础上,进一步识别AEP的空间差异、动态演进特征及其收敛性趋势,以揭示AEP水平的区域异质性及其演变规律。本研究可能的边际贡献在于:一是构建了AEP评价指标体系,为核算AEP提供了系统框架;二是结合当量法和修正模型,在核算农业生态价值的基础上,测算了中国30个省2012—2022年AEP水平,客观评价了AEP水平;三是结合基尼系数、核密度估计与收敛模型,深入探讨AEP时空格局与动态演进趋势,为提升农业经济发展质量提供理论解释,也有利于探索生态产品价值转化的实践路径。

1 研究方法和数据来源

1.1 农业生态产品价值转化效率的内涵

生态产品是自然生态系统提供的具备物质供给、调节服务、支持服务和文化服务等有形和无形产品与服务的集合^[1,19],其价值实现总体可分为两类:一类是与物质供给和文化服务相关的生态产品,例如优质有机农产品、文化旅游服务,主要依托市场机制实现其价值;另一类是与调节服务和支持服务相关的生态产品,具有非排他性、非竞争性和外部性等特征^[20],通过生态补偿来将外部性内部化^[4]。其中,生态产品价值转化是生态产品价值实现的主要方式,也是最终目标^[21]。在此基础上,农业生态产品价值转化效率是衡量农业生态资本配置与经济发展效率的重要指标。AEP水平越高,表明农业生态产品价值转化为经济价值的效率越高,且环境负面影响最低。

1.2 农业生态产品价值转化效率的测算

根据前文所述，AEP 将农业生态产品价值作为生态资本投入要素拓展的生产函数进而得到要素产出效率，换言之，是在土地、劳动力、资本和生态价值基础上获得经济产出的效率^[4]。目前，关于农业生态产品价值转化效率的测算研究相对较少，且缺乏系统性和规范性，因此，本文在借鉴现有研究基础上，结合农业生产投入产出模型与实际情况，构建了 AEP 评价指标体系。

具体而言，本研究借鉴孔凡斌等^[21]和史常亮^[13]的研究思路，选取土地、劳动力、资本、水资源和生态价值作为投入指标，并以农林牧渔业总产值作为产出指标。其中，土地投入通过各省份农作物播种面积、水产养殖面积和林地面积进行表征；劳动力投入采用农林牧渔从业人员数衡量；资本投入则通过农林牧渔业固定资产投资、农用机械总动力、畜牧（养殖）机械总动力、农用化肥折纯使用量、农药使用量及农用塑料薄膜使用量等指标综合替代；水资源投入以农业灌溉面积作为衡量标准。在生态价值测算方面，本研究借鉴谢高地等^[18]、薛明皋等^[22]、杨文杰等^[23]、尹朝静等^[24]和 Dong 等^[25]的研究方法，采用当量调节因子法并选取植被净初级生产力、降雨水平、粮食净利润和社会系数予以调整。

进一步地，参考 Tone 等^[26]和 Meng 等^[27]的研究，结合 Slack-Based Measure 模型和 Global Malmquist-Luenberger 指数（SBM-GML），据此测算各省份 AEP，并将 AEP 分解为技术进步（TC）和技术效率（EC），计算公式如下：

$$AEP^{t,t+1} = TC^{t,t+1} \times EC^{t,t+1} \quad (1)$$

式中， t 表示年份；AEP 代表使用 GML 测度的农业生态产品价值转化效率；TC 代表农业生态产品价值转化技术进步；EC 代表农业生态产品价值转化技术效率。如果 $AEP^{t,t+1}$ 大于 1，代表农业生态产品价值转化效率提升；反之，表示农业生态产品价值转化效率下降。EC 和 TC 释义同上。农业生态产品价值转化效率测算指标体系如表 1 所示。

1.3 Dagum 基尼系数

为识别区域内部和区域间的差异水平，本研究

表 1 农业生态产品价值转化效率的测算指标

指标	分类指标	基础指标	具体评价指标	单位	
投入	土地		农作物播种面积	万 hm ²	
			水产养殖面积	万 hm ²	
			林地面积	万 hm ²	
	劳动力			农林牧渔从业人员数	万人
	资本			农林牧渔业固定资产投资	亿元
				农用机械总动力	万 kW
				畜牧（养殖）机械总动力	万 kW
				农用化肥折纯使用量	万 t
				农药使用量	万 t
	水资源			农业灌溉面积	亿 m ²
				生态价值	农业生态价值（调节、支持、文化）
产出	期望产出	经济产出	农林牧渔业总产值	亿元	

借鉴陈景华等^[28]的做法，使用 Dagum 基尼系数测度中国四大区域 AEP 的区域内差距与区域间差距，识别 AEP 的区域差异来源。具体公式如下：

$$G = G_w + G_{nb} + G_t \quad (2)$$

式中， G 代表总体基尼系数； G_w 为区域内差异； G_{nb} 为区域间净差异； G_t 为区域间超变密度。

1.4 核密度估计

核密度估计是非参数估计方法，能够通过非参数估计曲线分布位置识别 AEP 水平的高低和走势；主峰的高度和宽度可以判断 AEP 在特定区域内的聚集程度；分布延展性可以识别某一省份 AEP 与其他省份 AEP 的差距水平；波峰数量可以判别 AEP 呈现的极化现象^[29]。参考 Wang 等^[30]的研究，构建如下核密度函数：

$$f(x) = 1/nh \sum_{i=1}^n K\{(X_i - x)/h\} \quad (3)$$

式中， $K\{\cdot\}$ 代表核密度函数，表明 X 邻域内所有样本点 x 所占的权重； h 代表核密度估计的窗宽。核密度函数和窗宽参照孙畅等^[31]的研究设定。

1.5 收敛模型

为识别 AEP 落后地区是否具备“赶超”和收敛特性,使用 β 收敛模型以考察区域间 AEP 增长情况^[32]。根据是否纳入控制变量,将 β 收敛分为绝对 β 收敛和条件 β 收敛。其中,绝对 β 收敛指仅考虑 AEP 本身的收敛态势;条件收敛指在控制影响因素后区域间 AEP 的收敛态势。传统的基于面板数据的 β 收敛如下:

$$\ln\left(\frac{AEP_{i,t+1}}{AEP_{it}}\right) = \alpha + \beta \ln(AEP_{it}) + u_i + v_t + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

其中, i 表示地区; t 表示时间; $AEP_{i,t+1}$ 、 AEP_{it} 表示地区 i 在 $t+1$ 、 t 时期 AEP 水平; $\ln\left(\frac{AEP_{i,t+1}}{AEP_{it}}\right)$ 表示 i 地区 AEP 水平在 t 到 $t+1$ 时间段内的年增长率; u_i 表示地区固定效应; α 代表常数项; v_t 表示时间固定效应; ε_{it} 表示服从独立同分布的随机干扰项; β 为收敛系数,若 $\beta < 0$,且通过显著性检验,表明 AEP 呈现收敛趋势,反之则表示呈发散趋势。

1.6 变量说明及数据来源

1.6.1 变量说明

前文在评价指标体系构建中对各项指标进行说明,此处仅对收敛模型中涉及的控制变量进行说明。考虑到人力资本结构、政府环境投入、农业技术进步会对 AEP 产生影响^[33],因此选择人力资本水平(各省份高等学校在校生人数除总人口)、环境投入水平(各省份财政环境保护支出除财政总支出)、农业技术进步(各省份农业科技专利数量除农业从业人口数量)、农业产业水平(农业 GDP 占总 GDP 的比重)作为条件收敛模型的控制变量。

1.6.2 数据来源

鉴于数据的连续性与可得性,本研究选取 2012—2022 年中国 30 个省份作为研究样本。其中,西藏因数据缺失较为严重,香港、澳门及台湾则因统计口径不一、数据难以获取,故未纳入分析范围。农业生态价值相关数据主要包括:土地覆盖数据,来源于武汉大学发布的中国年度土地覆盖数据集

(分辨率为 $30\text{m} \times 30\text{m}$); 净初级生产力(NPP)数据,来自 GEE 平台的 MODIS 数据($500\text{m} \times 500\text{m}$); 降水数据,来自欧盟及欧洲中期天气预报中心发布的 ERA5-Land 数据集($100\text{m} \times 100\text{m}$)。上述数据通过 ArcGIS 进行栅格处理并汇总至省级尺度。此外,粮食作物种植面积及单位净利润等数据来自《中国统计年鉴》和《全国农产品成本收益资料汇编》。其余社会经济与农业投入数据则主要来自《中国农村统计年鉴》、EPS 数据库及 Wind 数据库。对个别缺失值,采用线性插值法进行补充;为降低极端值对回归结果的干扰,本文对所有连续变量在 1% 和 99% 分位点处进行了 Winsorize 处理。表 2 展示了变量的描述性统计结果^①。

表 2 相关变量描述表

变量	观测值	平均值	标准差	最小值	最大值
$\ln\left(\frac{AEP_{i,t+1}}{AEP_{it}}\right)$	300	0.000 9	0.112 5	-0.428 9	0.425 9
$\ln(AEP_{it})$	300	0.442 0	0.108 8	-0.302 5	0.454 4
人力资本水平	300	0.021 9	0.005 6	0.008 5	0.043 6
环境投入水平	300	0.649 9	0.142 3	0.355 1	0.970 8
农业技术进步	300	10.334 7	21.371 3	0.278 3	188.296 3
农业产业水平	300	9.592	5.144 0	0.200 0	25.100 0

2 中国农业生态产品价值转化效率的测度结果

2.1 中国农业生态产品价值转化效率的时序演进分析

2012—2022 年中国 30 个省(自治区、直辖市) AEP 累积指数如表 3 所示。在时间趋势上,中国 AEP 变化整体分为三个阶段:

第一阶段(2012—2014 年):增长阶段。在此期间,中国 AEP 指数始终大于 1,且 TC 指数始终大于 1,EC 指数缓慢增长。这一阶段的增长主要得益于生态文明建设初期的政策推动。2012 年,党的十八大将生态文明建设纳入“五位一体”总体布局,明确提出要加快转变经济发展方式,推动绿色

① 由于收敛表达式计算时会剔除末期 2022 年,因此表 2 展示了 2012—2021 年的变量描述性统计情况。

表3 2012—2022年AEP指数累计及其分解情况

年份	AEP	TC	EC
2012年	1.009 9	1.036 7	0.983 5
2013年	1.052 9	1.060 5	0.993 5
2014年	1.115 2	1.103 9	1.012 8
2015年	0.992 2	1.018 7	0.977 7
2016年	0.992 4	1.036 8	0.957 7
2017年	0.988 7	0.987 6	1.000 8
2018年	1.045 8	1.030 8	1.014 6
2019年	1.163 3	1.168 7	0.994 9
2020年	0.989 5	1.006 1	0.985 8
2021年	1.136 1	1.080 9	1.051 0
2022年	1.109 9	1.160 9	0.959 1

发展。随后,有关部门出台一系列环保政策和生态产品价值实现的相关政策,如《全国生态保护与建设规划(2013—2020年)》等,为农业生态产品价值转化及农业技术进步提供了政策支持。同时,农业机械化、节水灌溉技术的推广等农业技术创新有效推动了AEP的持续增长。因此,AEP增长呈现“技术进步单轮驱动”特征。

第二阶段(2015—2017年):调整阶段。在此阶段,中国AEP指数小于1,EC指数先下降后增加,TC指数先增加后下降。这是因为2015—2017年,中国部分地区频繁遭遇干旱、暴雨、台风等极端天气事件,如2016年的长江流域洪涝灾害和2017年的北方干旱,严重影响农业生产稳定性与生态系统恢复力,导致生态产品供给不足,进而影响其价值转化。与此同时,传统农业生产模式向绿色低碳模式转型的过程中,相关政策尚未完全落实到位,绿色金融支持力度不足,导致生态产品价值转化的市场机制未能充分发挥作用。

第三阶段(2018—2022年):繁荣阶段。在此期间,中国AEP从2018年的1.0458增长至2022年的1.1099,整体呈现增长态势。从分解指数来看,技术进步指数(TC)始终大于1,表明技术进步对AEP增长的贡献显著;而技术效率指数(EC)则围绕1附近波动,提升相对有限。一方面,随着生态文明建设的深入推进,中国政府通过绿色金融、低碳技术推广、信贷贴息等政策工具,形成了多层次、协同联动的政策体系,为农业生态环境保

护和绿色发展提供了强有力的支持;另一方面,农业生产技术逐步从单一的技术进步转向“技术进步与技术效率双轮驱动”的综合性发展模式。然而,尽管技术效率不断提升,农业生产中的结构性问题仍部分存在,例如区域间资源配置不均衡、生产要素利用效率差异较大等,导致EC指数未能实现较大幅度增长。

2.2 中国农业生态产品价值转化效率的空间分布特征

表4展示了2012—2022年中国AEP的区域分布。从区域差异分析,中国AEP呈现明显的梯度分布特征,西部地区AEP最大,东北地区次之,均高于全国平均水平,东部地区和西部地区最小,低于全国平均水平。其中,西部地区高转化效率得益于其生态资本优势,青藏高原、云贵高原等复杂地形孕育了独特的垂直农业生态系统,生物多样性指数较高,为特色农业生态产品供给提供了天然载体^[34]。东北黑土区耕地肥沃有机质含量高,规模化经营占比较高,机械化水平与资源利用效率形成正向循环^[35]。反观东部地区,尽管经济活动高度集中,但城镇集约化带来了农地破碎化现象,生态空间被压缩^[36];中部虽然是粮食主产区,但高强度的化肥使用制约了农业生态产品的价值转化^[37]。因此,AEP空间分布差异本质上也反映了生态资源开发与产业转型的时空错配,需通过跨区域生态补偿机制与技术创新扩散促进要素优化配置。

从地区层面来看,2012—2022年中国省份AEP增长呈现两个明显特征:一方面,各省份的AEP增长较为均衡,但增速存在明显差异。增速最快的五个省份分别为甘肃、海南、重庆、云南和黑龙江,这些省份大多位于西部和东北地区,资源禀赋较强,生态农业得到较高的重视,且农业技术、资源管理和生态保护等领域的投入较大,因此AEP增长显著。另一方面,不同省份的AEP增长驱动模式存在明显差异。根据表4,技术进步最为突出的四个省份分别为内蒙古、重庆、天津和海南,这些地区主要依靠技术进步单轮驱动AEP水平增长;而效率改善最显著的省份包括贵州、云南、黑龙江、广东、甘肃、新疆、河南、湖北和河北等,地区AEP增长呈现技术进步与技术效率双轮驱动的

表4 2012—2022年AEP指数区域分布及其分解情况

省份	AEP	EC	TC
北京	1.003 5	0.922 6	1.087 7
天津	1.031 3	0.932 5	1.106 0
河北	1.046 5	1.001 9	1.044 5
上海	0.997 0	0.923 1	1.080 0
江苏	1.019 9	0.994 8	1.025 2
浙江	1.045 4	0.999 2	1.046 2
福建	1.035 1	0.996 3	1.039 0
山东	1.034 8	0.996 6	1.038 3
广东	1.062 6	1.019 5	1.042 2
海南	1.102 8	0.998 1	1.104 9
东部平均	1.038 0	0.979 8	1.060 1
山西	1.020 6	0.990 1	1.030 8
安徽	0.991 6	0.997 9	0.993 7
江西	1.061 6	0.990 7	1.071 6
河南	1.031 2	1.003 9	1.027 2
湖北	1.041 7	1.002 2	1.039 4
湖南	1.030 9	0.968 7	1.064 1
中部平均	1.036 3	0.993 6	1.043 2
内蒙古	1.077 4	0.967 3	1.113 8
广西	1.047 8	0.998 3	1.049 6
重庆	1.102 3	0.995 9	1.106 8
四川	1.018 3	0.997 8	1.020 6
贵州	1.068 5	1.047 7	1.019 8
云南	1.091 7	1.045 2	1.044 4
陕西	1.059 1	0.997 6	1.061 6
甘肃	1.112 8	1.011 2	1.100 6
青海	1.049 7	0.958 8	1.094 9
宁夏	1.041 4	0.967 9	1.076 0
新疆	1.062 0	1.004 4	1.057 4
西部平均	1.066 5	0.999 3	1.067 8
辽宁	1.039 2	0.992 7	1.046 9
吉林	1.032 6	0.966 3	1.068 7
黑龙江	1.080 2	1.029 1	1.049 7
东北平均	1.050 7	0.996 0	1.055 1
全国平均	1.048 0	0.990 6	1.058 4

注：表中的数值为2012—2022年的几何平均值。全国情况未包含西藏和港澳台地区。参照国家统计局经济地带划分标准，东部地区包括北京、天津、河北、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东、海南；中部地区包括山西、安徽、江西、河南、湖北、湖南；西部地区包括内蒙古、广西、重庆、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆；东北地区包括：辽宁、吉林、黑龙江。

模式。

综合而言，本研究从AEP视角出发，识别出各省份增长差异与驱动机制，为缩小区域差距、推动生态农业高质量发展提供了新的实证依据与政策参考。

3 中国农业生态产品价值转化效率的空间差异

为探究中国及四大区域农业生态产品（AEP）空间分化原因，本文基于相对差异视角，利用Dagum基尼系数对2012—2022年30个省（自治区、直辖市）AEP进行区域内差异、区域间差异及整体差异分解（表5）。结果显示，全国AEP基尼系数整体趋于稳定，由2012年的0.07下降至2022年的0.06，呈现收敛趋势，反映出各地农业资源配置和技术推广成效提升。

从区域内差异看，除东部外，中部、西部和东北地区差异普遍下降，低于全国平均水平。东部地区内部差异表现为“波动—增长”态势，2017年后迅速上升至2022年的0.10，是全国最高，主要因沿海省份（如江苏、浙江）生态转型快，而内陆省份（如河北、河南）农业结构传统，技术与资本投入差异大，拉大了区域间发展梯度。同时，东部地区高附加值生态农业与传统农业并存，资源整合效率不一。中部、西部、东北地区则呈现相对平稳的“倒N形”下降趋势，部分年份（如2017年、2018年）因乡村振兴战略影响略有波动。因此，中国区域内差距呈现“东部地区—中部地区—西部地区—东北地区”依次递减的分布格局。

从区域间差异看，东部与中部、西部之间差异扩大，东部与东北、中部与西部等区域则呈收敛趋势。其中“东部—西部”“东部—东北”差异显著高于其他组合，显示AEP增长具有阶段性和区域发展不均衡性。东部地区（如北京、江苏、广东）更依赖科技创新，而西部、东北部分地区则依托自然资源禀赋形成规模效应。此外，超变密度基尼系数变动平稳，说明区域间AEP交叉程度不高。

总体来看，中国AEP区域不均衡仍较突出，特别是东部与其他区域差距显著。未来政策制定应兼顾区域协调发展，强化内部整合与跨区域合作，促进全国AEP持续优化。

表5 中国及四大区域Dagum基尼系数和分解结果

年份	总体	区域内差异				区域间差异						区域内	区域间	超变密度
		东部	中部	西部	东北	东—中	东—西	东—东北	中—西	中—东北	西—东北			
2012	0.07	0.04	0.04	0.04	0.08	0.06	0.07	0.11	0.05	0.07	0.07	0.02	0.03	0.01
2013	0.07	0.02	0.06	0.06	0.06	0.05	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.02	0.02	0.03
2014	0.05	0.05	0.00	0.04	0.04	0.04	0.06	0.06	0.03	0.03	0.04	0.01	0.02	0.01
2015	0.04	0.06	0.01	0.03	0.03	0.05	0.05	0.06	0.03	0.04	0.03	0.01	0.01	0.02
2016	0.04	0.02	0.06	0.03	0.03	0.04	0.03	0.04	0.05	0.05	0.03	0.01	0.01	0.02
2017	0.06	0.07	0.07	0.05	0.04	0.07	0.07	0.08	0.06	0.06	0.05	0.02	0.03	0.02
2018	0.04	0.07	0.03	0.04	0.01	0.08	0.09	0.09	0.04	0.03	0.03	0.01	0.02	0.01
2019	0.07	0.08	0.08	0.06	0.01	0.09	0.08	0.07	0.08	0.06	0.05	0.02	0.02	0.02
2020	0.06	0.08	0.05	0.02	0.04	0.07	0.07	0.08	0.04	0.05	0.04	0.02	0.03	0.02
2021	0.06	0.08	0.07	0.03	0.01	0.09	0.08	0.08	0.06	0.06	0.03	0.01	0.02	0.02
2022	0.06	0.10	0.02	0.03	0.02	0.08	0.08	0.08	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.01
均值	0.06	0.06	0.04	0.04	0.03	0.06	0.07	0.07	0.05	0.05	0.04	0.02	0.02	0.02

4 中国农业生态产品价值转化效率的动态演进

前文基于基尼系数揭示了全国及四大区域 AEP 的总体差异及来源，但难以反映其动态演进过程。因此，本部分采用核密度估计法，刻画四大区域 AEP 的分布特征及演化趋势，重点关注分布位置、主峰形态和延展性等属性，相关结果见图 1 至图 5。

图 1 展示了 2012—2022 年全国 AEP 水平的动态演进趋势。整体核密度曲线呈右移趋势，表明 AEP 水平显著提升，生态农业建设初见成效。主峰演化呈“极化—收敛”特征：高度先升后降，宽度先收后扩，反映出先期发展差异扩大，后期趋于协调。分布尾部右侧延展增强，说明高效率地区通过技术扩散等溢出效应带动了低效率区域发展。波峰数量减少，表明区域间差距收窄，AEP 演进正由“效率分化”向“协同发展”转变。

图 2 至图 5 分别展示了四大区域的 AEP 动态演进。各区域核密度曲线普遍右偏，整体 AEP 水平提升，东北地区增长尤为明显。主峰形态均表现为“先高后低、先窄后宽”，呈现阶段性波动特征。除东部外，其余区域均存在右拖尾现象，显示出区域内部不平衡仍然存在。各区域波峰数量减少，主峰自 2017 年起趋于收敛，说明区域间 AEP 差距正逐步缩小，极端分化现象得到缓解。总体来看，全

国 AEP 持续提升，区域差距收敛趋势初显，但短期内尚难实现全面均衡。

5 中国农业生态产品价值转化效率的收敛性分析

本部分采用 OLS 收敛模型检验 β 收敛情况。豪斯曼检验结果 ($p=0.0000$) 支持使用固定效应模型。表 6 和表 7 分别报告了绝对与条件 β 收敛的回归结果。

从绝对 β 收敛结果 (表 6) 看，全国及四大区域的收敛系数均为负，且在 1% 显著性水平下显著，说明 AEP 水平具有显著的绝对 β 收敛特征，即初始水平较低的地区呈现“追赶效应”。其中，东北地区的收敛系数的绝对值最大 (1.1928)，表明其收敛速度最快，可能与近年来农业现代化与生态建设政策支持增强有关；西部地区收敛系数最小 (0.7198)，反映出其 AEP 水平相对较高、发展较为成熟，收敛速度相对较慢。

在纳入人力资本、环境投入、技术进步和产业水平等外部因素后，条件 β 收敛结果 (表 7) 仍显示全国及各区域存在显著收敛，系数均在 1% 水平显著为负。按收敛速度绝对值排序，东北地区最快 (1.4506)，中部 (1.2005) 次之，东部 (0.9115) 和西部 (0.8019) 相对较慢。中部、西部与东北地区

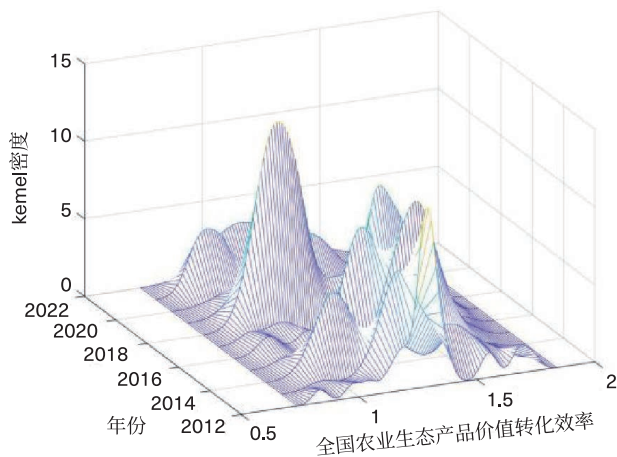


图1 2012—2022年全国AEP的动态演进

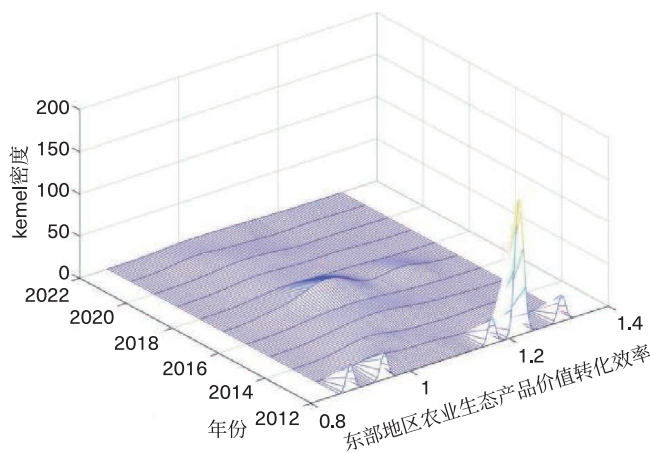


图2 2012—2022年东部地区AEP的动态演进

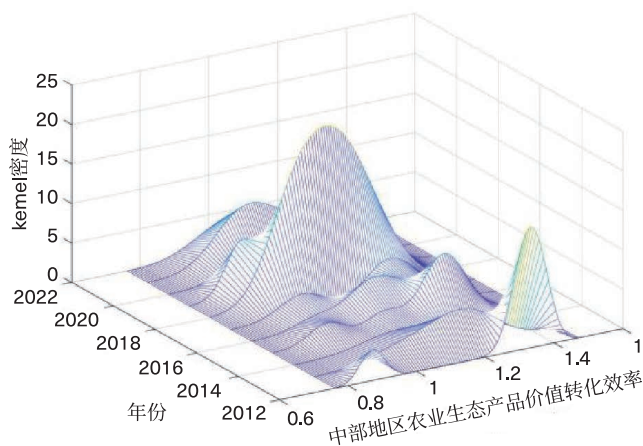


图3 2012—2022年中部地区AEP的动态演进

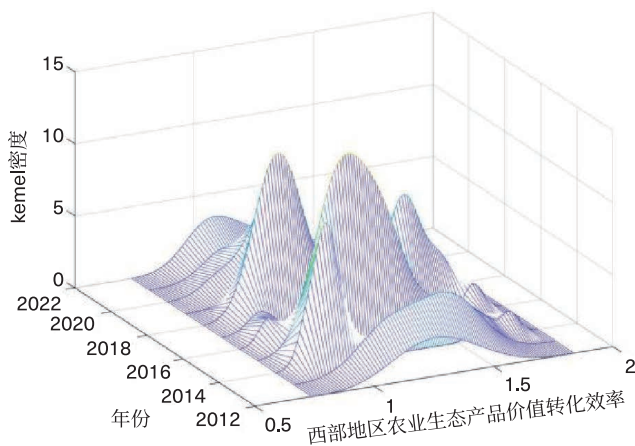


图4 2012—2022年西部地区AEP的动态演进

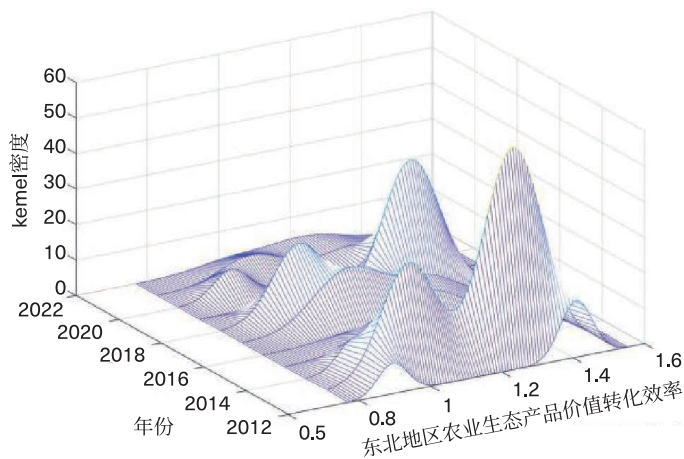


图5 2012—2022年东北地区AEP的动态演进

的条件收敛系数均高于绝对收敛，说明外部因素显著加快了这些地区的收敛进程；而东部地区系数略有下降，反映出其AEP收敛速度减缓，或需优化发展路径以促进区域协调发展。

6 研究结论与政策建议

6.1 研究结论

本研究基于价值当量法、动态修正模型、

表6 中国AEP的绝对 β 收敛检验

	全国	东部	中部	西部	东北
变量	双向固定 OLS	双向固定 OLS	双向固定 OLS	双向固定 OLS	双向固定 OLS
系数	-0.933 0*** (-15.09)	-0.931 6*** (-9.27)	-1.103 7*** (-8.07)	-0.719 8*** (-6.32)	-1.192 8*** (-5.31)
地区固定效应	是	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是	是
常数	0.042 1*** (7.40)	0.019 9*** (2.68)	0.006 4 (0.74)	0.055 1*** (4.42)	0.117 7*** (3.62)
观测值	300	100	60	110	30
R^2	0.485	0.568	0.648	0.420	0.687

注：括号中数值为 T 值；***、**、* 分别表示回归结果在 1%、5% 和 10% 的统计水平上显著。下同。

表7 中国AEP的条件收敛检验

变量	全国	东部	中部	西部	东北
	双向固定 OLS	双向固定 OLS	双向固定 OLS	双向固定 OLS	双向固定 OLS
系数	-0.929 7*** (-14.88)	-0.911 5*** (-8.95)	-1.200 5*** (-8.44)	-0.801 9*** (-6.49)	-1.450 6*** (-4.74)
人力资本水平	-0.680 6 (-0.63)	1.799 4 (1.02)	-3.315 1 (-1.50)	-0.852 5 (-0.38)	0.362 9 (0.03)
环境投入水平	-0.077 2 (-0.51)	-0.300 3 (-1.60)	-0.163 3 (-0.32)	0.019 3 (0.04)	0.718 2 (0.54)
农业技术进步	-0.000 4 (-0.91)	-0.001 1** (-2.07)	-0.006 4 (-0.66)	0.009 6 (1.42)	0.047 8 (0.87)
农业产业水平	0.000 6 (0.12)	0.030 8** (2.09)	-0.034 2* (-1.90)	0.015 9 (1.15)	-0.043 8* (-1.93)
地区固定效应	是	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是	是
常数	0.105 7 (0.97)	-0.007 9 (-0.06)	0.543 0 (1.21)	-0.150 1 (-0.50)	-0.060 4 (-0.05)
观测值	300	100	60	110	30
R^2	0.488	0.604	0.695	0.452	0.772

SBM-GML 模型、Dagum 基尼系数和核密度估计等方法，研究中国 2012—2022 年 30 个省（自治区、直辖市）农业生态产品价值转化效率（AEP）的空间格局及动态演进情况。结果表明：①在空间分布上，2012—2022 年，中国 AEP 增长模式正努力向“技术效率和技术进步双轮驱动”演变，但区域间仍存在发展差异：东部和中部地区的 AEP 水平及

增速偏低，西部和东北地区 AEP 水平更高。②在动态演进上，中国 AEP 核密度呈现右偏趋势，区域差异逐渐降低，整体发展态势正从“效率分化”向“协同演进”转变。③中国 AEP 发展总体存在绝对收敛和条件收敛。除东部地区外，人力资本水平、环境投入水平、农业技术进步和农业产业水平等外部因素对 AEP 低水平收敛至高水平起到显著的促进作用。

6.2 政策建议

基于上述分析，本文提出以下建议：①加强技术研发与成果转化，推动农业绿色发展。技术进步是提升 AEP 的关键，应加大对生态环境保护与农业绿色发展的政策支持和资金投入，完善技术创新与转化机制。特别是在 AEP 相对薄弱的东部、中部地区，应发展生态农业与智慧农业，以技术创新带动生产效率与生态产品价值的提升，促进区域协调发展。②推动科技与产业融合，提升资源配置效率。AEP 增长不仅依赖技术创新，还需优化资源配置与产业结构。应因地制宜优化农业布局，发挥比较优势。例如，东部地区可借助其科技和基础设施优势，加快传统农业转型升级；西部地区则应推进精准农业和节水技术应用，提高土地利用效率。同时，强化产学研协同，建立区域科技创新平台，完善成果转化机制，增强农业科技对产业发展的支撑作用。③加大生态投入，提升生态产品转化保障。环境保护投入有助于缩小区域 AEP 差异，保障其持续提升。应加强农业生态资源保护，完善环境监测体系，提升公众环保意识，营造全民参与生态保护的良好氛围，助力生态产品价值高效转化。

参考文献

- [1] 曾贤刚, 虞慧怡, 谢芳. 生态产品的概念、分类及其市场化供给机制 [J]. 中国人口·资源与环境, 2014, 24 (7): 12-17.
- [2] 蒋正举. 空间商品化下乡村绿水青山向金山银山转化的内在逻辑与实践路径 [J]. 自然资源学报, 2025, 40 (2): 423-435.
- [3] 赵德余, 朱勤. 资源-资产转换逻辑: “绿水青山就是金山银山”的一种理论解释 [J]. 探索与争鸣, 2019 (6): 101-110.
- [4] 邓伟凤, 刘耀彬, 李硕硕, 等. 国家重点生态功能区转移支付对生态产品价值转化效率的驱动机制研究 [J]. 中国土地科学, 2024, 38 (9): 57-67.
- [5] 包晓斌, 朱小云. 农业生态产品价值实现: 困境、路径与机制 [J]. 当代经济管理, 2023, 45 (9): 47-53.
- [6] 李丽, 吕晓, 张安录, 等. 农户耕地利用的可持续集约化——理论框架、水平测度及其确权响应 [J]. 资源科学, 2022, 44 (6): 1168-1180.
- [7] 程文杰, 孔凡斌, 徐彩瑶. 国家试点区森林调节类生态产品价值转化效率初探 [J]. 林业经济问题, 2022, 42 (4): 354-362.
- [8] 刘耕源, 何萍, 王永阳. 农业生态产品及其价值实现路径 [J]. 应用生态学报, 2021, 32 (2): 737-749.
- [9] 杨晓梅, 尹昌斌. 农业生态产品的概念内涵和价值实现路径 [J]. 中国农业资源与区划, 2022, 43 (12): 39-45.
- [10] 丘水林. 政府购买生态服务: 欧盟国家的经验与启示 [J]. 环境保护, 2018, 46 (24): 32-36.
- [11] 龚斌磊, 袁菱苒. 新质生产力视角下的农业全要素生产率: 理论、测度与实证 [J]. 农业经济问题, 2024 (4): 68-80.
- [12] STOKNES P E, ROCKSTRÖM J. Redefining green growth within planetary boundaries [J]. Energy research & social science, 2018, 44: 41-49.
- [13] 史常亮. 土地流转对农业高质量发展的影响——基于绿色全要素生产率视角 [J]. 自然资源学报, 2024, 39 (6): 1418-1433.
- [14] GRAND M C. Carbon emission targets and decoupling indicators [J]. Ecological indicators, 2016, 67: 649-656.
- [15] PARRON L M, VILLANUEVA A J, GLENK K. Estimating the value of ecosystem services in agricultural landscapes amid intensification pressures: the Brazilian case [J]. Ecosystem services, 2022, 57: 101476.
- [16] 陈万旭, 曾杰. 中国土地利用程度与生态系统服务强度脱钩分析 [J]. 自然资源学报, 2021, 36 (11): 2853-2864.
- [17] COSTANZA R, D'ARGE R, DE GROOT R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital [J]. Nature, 1997, 387 (6630): 253-260.
- [18] 谢高地, 张彩霞, 张雷明, 等. 基于单位面积价值当量因子的生态系统服务价值化方法改进 [J]. 自然资源学报, 2015, 30 (8): 1243-1254.
- [19] ZHU H B, YANG L H, XU C X, et al. Exploring the nonlinear association between agri-environmental regulation and green growth: the mediating effect of agricultural production methods [J]. Journal of cleaner production, 2024, 444: 141138.
- [20] 段园凯, 梁流涛, 高攀, 等. 基于供需融合视角的生态产品价值实现路径 [J]. 自然资源学报, 2024, 39 (12): 2946-2961.
- [21] 孔凡斌, 程文杰, 徐彩瑶. 数字经济发展能否提高森林生态产品价值转化效率——基于浙江省丽水市的实证分析 [J]. 中国农村经济, 2023 (5): 163-184.
- [22] 薛明皋, 邢路, 王晓艳. 中国土地生态系统服务当量因子空间修正及价值评估 [J]. 中国土地科学, 2018, 32 (9): 81-88.
- [23] 杨文杰, 刘丹, 巩前文. 2001—2016年耕地非农化过程中农业生态服务价值损失估算及其省域差异 [J]. 经济地理, 2019, 39 (3): 201-209.
- [24] 尹朝静, 杨坤, 田云. 中国农业生态全要素生产率增长: 经验事实、区域差异与动态演进 [J]. 中国农村经济, 2024 (2): 20-43.
- [25] DONG B R, CHEN L P, ZHANG Y, et al. How does green credit supply enhance the efficiency of forestry ecological development? Taking the perspective of ecological total factor productivity [J]. Journal of cleaner production, 2025, 488: 144643.
- [26] TONE K, TSUTSUI M. DYNAMIC DEA: a slacks-based measure approach [J]. Omega, 2010, 38 (3-4): 145-156.
- [27] MENG M, QU D L. Understanding the green energy efficiencies of provinces in China: a super-SBM and GML analysis [J]. Energy, 2022, 239: 121912.
- [28] 陈景华, 陈姚, 陈敏敏. 中国经济高质量发展水平、区域差异及分布动态演进 [J]. 数量经济技术经济研究, 2020, 37 (12): 108-126.
- [29] QUAH D. Empirical cross-section dynamics in economic growth [J]. European economic review, 1993, 37 (2-3): 426-434.
- [30] WANG M H, SU M M, GAN C, et al. A coordination analysis on tourism development and resident well-being in the Yangtze River Delta Urban Agglomeration, China [J]. Journal of cleaner production, 2023, 421: 138361.
- [31] 孙畅, 吴芬. 中国高端服务业与先进制造业匹配发展的空间分异及收敛性 [J]. 数量经济技术经济研究, 2020, 37 (12): 3-24.
- [32] 刘帅. 中国经济增长质量的地区差异与随机收敛 [J]. 数量经济技术经济研究, 2019, 36 (9): 24-41.
- [33] 杜建国, 李波, 杨慧. 人口老龄化下农业人力资本对农业绿色全要素生产率的影响 [J]. 中国人口·资源与环境, 2023, 33 (9): 215-228.
- [34] 张艳芳, 李开宇. 中国发展观光农业的资源分析及对策 [J]. 人文地理, 1999 (1): 65-67.
- [35] 李冬梅, 文清, 祁悦. 东北黑土区农村宅基地功能转型特征与机制研究——以海伦市长华村为例 [J]. 中国土地科学, 2024, 38 (6): 113-121.

- [36] 陈诚, 高金龙, 曹辉. 乡村聚落分布与功能研究进展及展望——从城镇化到城乡融合 [J]. 地理研究, 2023, 42 (6): 1480-1491.
- [37] 王蕴璐, 王萍, 翟腾腾, 等. “两藏”战略下中国粮食主产区粮食综合生产潜力评估 [J]. 资源科学, 2024, 46 (12): 2367-2383.

Spatial Pattern and Dynamic Evolution of Agricultural Ecological Product Value Conversion Efficiency in China

DONG Bingrui^{1,2,3}, LI Xinyu¹, CHEN Songyi¹, XIE Bangsheng^{1,2,3*}

(1.College of Economics and Management, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China;
2.Green Value Chain Management Research Center, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China;
3.Ecological Civilization Research Center, Fujian University-Based New-Type Think Tank, Fuzhou 350002, China)

Abstract: Exploring the spatial pattern and dynamic evolution of Agricultural Ecological Product Value Conversion Efficiency (AEP) in China provides a theoretical explanation for green agricultural development and facilitates the exploration of practical pathways for ecological product value conversion. This study employs the value equivalent method and a dynamic correction model to calculate the agricultural ecological value of 30 provinces (autonomous regions and municipalities) in China from 2012 to 2022. Additionally, the Slack-Based Measure model and Global Malmquist-Luenberger index (SBM-GML) are used to measure AEP, Efficiency Change (EC), and Technological Changes (TC). Furthermore, methods such as the Dagum Gini coefficient, kernel density estimation, and coefficient of variation are applied to identify the spatial pattern and dynamic evolution of AEP. The results indicate that in terms of spatial distribution, China's AEP growth mode from 2012 to 2022 is striving to evolve toward a “dual-driven” approach combining technical efficiency and technological progress, although regional disparities persist. In terms of dynamic evolution, the kernel density of China's AEP shows a rightward skew, with regional differences gradually decreasing, indicating a shift from “efficiency divergence” to “synergistic evolution”. Overall, China's AEP development exhibits both absolute and conditional convergence. It is recommended that China's agricultural development should strengthen technological research and achievement transformation, enhance technological innovation and application promotion, promote the deep integration of technology and industry to improve technical efficiency, and increase environmental protection investments to ensure the value conversion of ecological products.

Keywords: Agricultural Ecological Product Value Conversion Efficiency; spatial pattern; dynamic evolution; convergence