长江流域乡村产业融合对生态环境质量的影响

杨 建[1,2,3]，黄致远[1]，陈家恒[1]，罗钟妮[1]

（1. 铜仁学院经济管理学院，铜仁 554300；2. 贵州省高等学校山地国土监测与政策仿真工程研究中心，铜仁 554300；3. 黔东农业（村）发展与生态治理实验室，铜仁 554300）

摘要：科学引导乡村产业融合以改善长江流域生态环境质量是重要课题。选用长江流域2012—2023年19个省份面板数据，采用熵值法构建评价体系，运用固定效应模型及调节与中介效应检验方法，考察乡村产业融合对生态环境的影响。研究发现：乡村产业融合显著促进生态环境改善，其中内部重组、产业链延伸与渗透型融合具有正向效应，而交叉型融合具有抑制作用；经济发展水平在产业融合与生态环境的关系中起负向调节作用，且存在人均GDP的单门槛特征；产业结构升级在产业融合改善生态环境过程中发挥部分中介作用。基于此，应分类引导并重点推广正向融合模式，根据区域经济水平制定差异化政策，着力引导与促进产业结构的绿色升级。

关键词：乡村产业融合；乡村生态环境；长江流域

中图分类号：F323.1 **文献标志码：**A **文章编号：**1671－1807(2026)09－0098－09

长江流域生态安全与经济协调发展意义重大[1]。然而，长江流域乡村地区生态环境正面临多重压力。该区域部分农村存在水体与土壤污染、生物多样性受损及人居环境品质不高等问题，这些生态环境的短板制约可持续发展[2]。推动乡村产业融合是实现绿色低碳转型的关键路径，核心在于全链条整合与资源配置优化[3]。科学评估产业融合对生态环境的影响，对精准推动长江流域高质量发展与乡村全面振兴的协同共进，具有重要的理论与实践意义。

学术层面上对产业融合研究的探讨，最开始重点放在其经济增长和农民增收的效应方面[4-5]，对其环境维度的考察相对有限。伴随可持续发展目标的推进，产业融合的生态环境效应研究成为焦点。该领域早期的分析主要以线性关系假设为基础，钻研产业融合对污染减排和生态改善的直接影响[6-7]。后续研究突破了线性的局限，呈现出产业融合和环境效应之间存在复杂的非线性关系，且此关系表现出明显的时空异质现象，农村产业融合跟农业碳排放之间有倒“U”型关系，其减排效应也有基于自身发展水平的单门槛特点[8]；同时，产业融合在化肥、农药等投入的显著抑制作用，仅在融合水平跨越特定阈值后才显现[7]。在作用机制方面，研究普遍表明产业融合主要通过促进农业绿色技术创新、推动土地适度规模经营[9]，还凭借农村经济增长的中介效应作用于生态环境，像人力资本、城镇化水平等因素也被识别为重要调节量[6]。研究视角持续拓展，生态位理论被引入用于解析区域产业融合的空间竞争与协同格局[10]；新质生产力所提及的绿色化、智能化内涵，则为认识产业融合的生态化转型开辟了新的理论途径[11]；数字技术作为关键驱动要素，其融合机理研究正成为重要方向[12]。此外，产业融合的环境效应存在明显的区域异质性，在粮食主产区、东部沿海等基础条件较为优越的地区往往更为突出[9-10,13]。

现有研究已形成对乡村产业融合生态效应的系统认识，但仍存在亟待深化与整合的研究空白，尤其是缺乏对特定生态敏感区系统性影响路径的实证解析。

1 理论逻辑与研究假设

乡村产业融合主要通过农业内部重组、产业链延伸、产业交叉与产业渗透等形式，对生态环境产生直接影响。这些模式不仅推动乡村经济多元化发展，还通过优化资源配置、提升资源利用效率与促进绿色生产等方式，对生态环境发挥积极作用。

乡村产业融合重塑乡村经济社会结构，其对生态环境的影响具有系统性特征，主要通过内源优化与外源赋能两大路径实现。内源优化聚焦农业生

收稿日期：2025-12-12

基金项目：贵州省2024年哲学社会科学规划年度课题（24GZYB38）；铜仁学院2024年研究生创新基金（trxyyc-202407）

作者简介：杨建（1975—），男，贵州玉屏人，博士，教授，研究方向为产业与区域发展；通信作者黄致远（2002—），男，湖南长沙人，硕士研究生，研究方向为农村发展；陈家恒（1989—），男，贵州丹寨人，硕士研究生，研究方向为农村发展；罗钟妮（1998—），女，贵州惠水人，硕士研究生，研究方向为农村发展。

产系统生态转型。一方面,“种养结合”等内部重组型融合构建物质循环体系,促进废弃物资源化利用,减少化肥农药投入,从源头削减污染并提升资源效率;另一方面,产业链延伸型融合通过发展精深加工与本地化流通,应用绿色技术实现副产物高值化利用,内化环境成本,降低单位产值能耗排放。外源赋能则通过引入高级要素提升治理效能,以农业与服务业交叉型融合替代传统物质投入,完善基础设施遏制生活污染;以数字技术为核心的渗透型融合赋能生产精准调控与生态动态监测,为破解发展与保护矛盾提供技术支撑[6,13]。长江流域实证研究初步支持融合,总体上有利于改善农村环境,这与上述机制相符。据此,提出如下假设。

H1:长江流域乡村产业融合水平提升对生态环境质量具有正向影响。

环境库兹涅茨假说指出,经济增长与生态状况呈倒“U”型关联。早期发展阶段常导致环境压力增大;一旦经济越过某一节点,技术革新、产业升级及环保投入的增加将推动生态环境趋于好转。然而,在区域内部,经济发展水平的差异可能改变政策或经济活动的影响效果。具体到乡村产业融合,其对生态环境的积极影响在不同经济背景下可能并非一致[14]。长江流域内部经济发展梯度显著,不同区域的资源环境承载力与产业结构差异明显。在经济发展水平较高的地区,产业体系趋于完善,但资源消耗与环境污染的基数较高。因此,新增的产业融合活动即使遵循绿色发展理念,其产生的经济增量也可能加剧区域的生态压力,从而对产业融合本身的环境改善效应产生减弱甚至抑制作用[15]。据此,提出如下假设。

H2:经济发展水平在乡村产业融合对乡村生态环境的影响中起到负向调节作用。

乡村产业融合的核心结构效应在于驱动乡村产业结构系统性升级,这构成其改善生态环境的关键中介路径。产业融合通过引入先进要素、延伸价值链和催生新业态,推动乡村产业结构从传统分散高环境成本状态,向集约化、高值化和绿色化演进[16]。升级后的产业结构通过多重机制促进生态保护:①优化资源配置,要素向高效绿色环节聚集,有利于推广精准农业技术,从源头降低化肥农药投入强度[17];②诱导绿色技术,结构高级化内生出对清洁生产、循环利用等技术的需求,驱动其创新与应用;③强化规模治理与响应,产业组织化提升增强主体投资污染物集中处理与废弃物资源化的能力和动力,提升环境规制响应效率[18]。需注意,此生态效益的发挥必须以不超越区域生态承载力为刚性前提,科学的规划与严格监管是必要条件。据此,提出如下假设。

H3:在长江流域,乡村产业融合通过推动产业结构升级,间接促进生态环境质量。

2　研究设计

2.1　指标体系构建

关于构建乡村产业融合评价体系,申云等[19]已从不同角度提出多维度评价框架。参考现有成果,结合长江流域实际,构建适用于该区域的乡村产业融合评价体系(表1)。该体系从4个维度解析产业融合的结构特征:①农业内部重组型融合。测算细分农业产业总产值、常用耕地面积及农林牧渔业全社会固定资产投资额的比值,分析三者之间的关联,反映传统农业的集约化水平;②产业链延伸型融合。选取农林牧副渔总产值、农产品出口额和乡村市场零售额三类指标,通过分析其关联,评估产业组织化程度、市场增值潜力及产品出口效益的协调性。③交叉型融合。以第三产业就业人数与每万人医疗床位数为基础指标,分析其关联,反映第三产业协同效应。④渗透型融合。关注信息终端普及率与乡村电商发展水平,通过分析其关系,判断数字技术对农业绿色转型的驱动作用。

在构建乡村生态环境评价体系时,参考魏璐瑶等[20]、程莉等[6]的研究,基于“三生空间”协同理论,强调生态、生产与生活空间的协调统一。生态空间质量以自然基底保护为侧重,选取森林覆盖率等指标;生产空间质量主要考量农业活动影响,纳入化肥施用强度等负向指标;生活空间质量则体现人居条件,采用农村用电量等指标反映资源消耗与生活水平。各维度指标相互支撑,旨在系统衡量乡村生态环境整体状况。

2.2　乡村产业融合与乡村生态环境的事实特征解析

2.2.1　乡村产业融合发展水平演变趋势

借助熵值法构建乡村产业融合指数,剖析长江流域各省份。长江流域乡村产业融合水平显现出显著差异,而且这类差异在样本期内一直没有改变,2012—2023年的指数变化能看出,高水平地区的领先优势愈发明显。从区域的整体格局看,下游及部分经济基础较为厚实的地区整体处于高水平并持续走高,而上游以及部分生态脆弱、要素供应相对匮乏的区域长期处于低水平地带,展现出明显的梯度分布态势。从时间这一维度看,图1显示,各省份融合水平总体呈现持续上升走向,但各省份增

表 1　乡村产业融合与生态环境质量指标体系构建

一级指标	二级指标	指标说明	单位	属性
农业内部重组型融合	细分子产业总产值	农业＋畜牧业＋渔业＋牧业产值	亿元	正向
	农林牧渔业全社会固定资产投资额	—	亿元	正向
农业产业链延伸型融合	农林牧副渔总产值	—	亿元	正向
	农产品出口额	—	亿元	正向
	乡村市场零售额	—	亿元	正向
农业交叉型融合	第三产业就业人数	—	万人	正向
	乡村医疗基本设施	医院床位数/乡村人口数	张/万人	正向
农业渗透型融合	信息化建设	移动电话用户数量/乡村人口数	个/万人	正向
	乡村电商发展水平	农村宽带接入用户	万户	正向
		农村投递线路/总投递线路	%	正向
生态空间环境质量	森林覆盖率	—	%	正向
	人均耕地面积	耕地面积/乡村人口数	hm^2/人	正向
生产空间环境质量	化肥施用强度	农作物化肥使用量/农作物种植面积	t/hm^2	负向
	农作物受灾率	农作物受灾面积/农作物总播种面积	%	负向
	农膜使用强度	农膜使用量/农作物总播种面积	t/hm^2	负向
生活空间环境质量	农村用电量	—	亿 kW·h	正向
	农村居民人均消费支出	—	元	正向
	农村恩格尔系数	—	%	负向

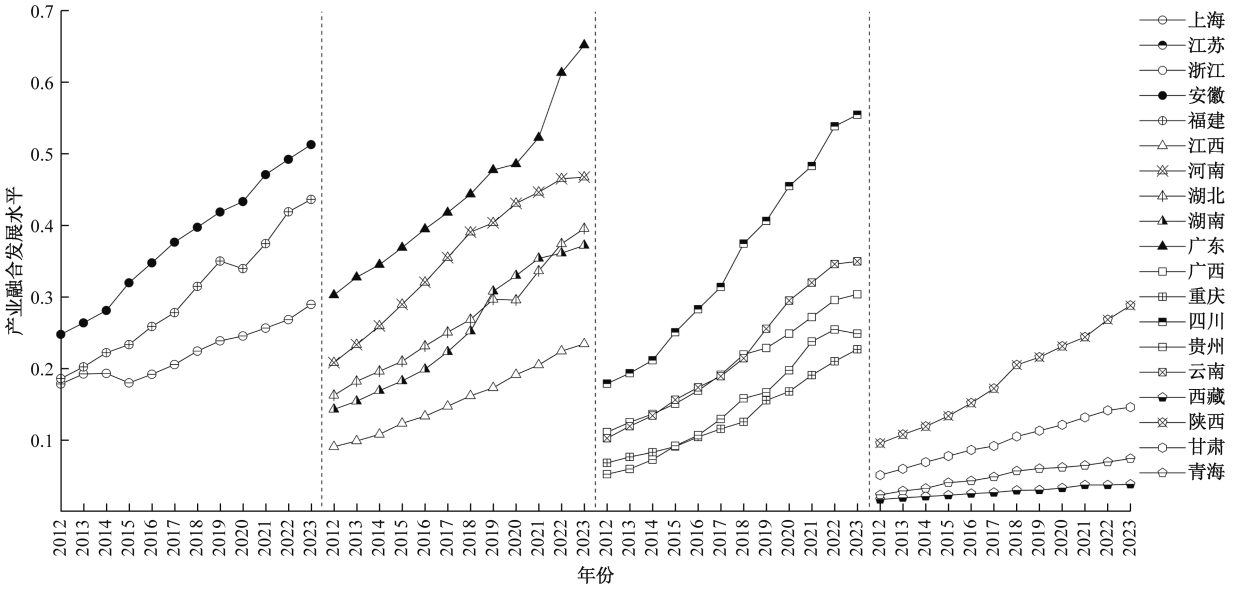


图1　2012—2023 年长江流域各省份乡村产业融合发展水平

速不完全一致。2012—2016 年，多数地区实现稳步提高，2017 年过后增速加快趋势显现；个别年份里少数地区出现短暂波动，但总体呈上升趋势这一点未改变。融合水平提升并非同步达成，高水平地区后期依旧保有较强的增长动力，造成省际差距出现一定扩大，这暗示区域之间在要素配置效率、产业链组织能力以及技术渗透程度等方面或许仍有结构性差异。图 2 的核密度曲线反映，乡村产业融合整体分布伴随时间整体向右偏移，显示出流域融合水平总体提高呈现普遍性，曲线形态的变动显示分布内部结构正在调整，中低水平地区的占比出现下降，高水平区间的密度呈现增长，右侧尾部的延展效果更明显，长江流域乡村产业融合正从“普遍起步、整体向上”转向“水平分化、梯度强化”阶段。

2.2.2　乡村生态环境发展水平演变趋势

长江流域各省份乡村生态环境水平差异明显，且这种差异在样本期一直没有消失。2012—2023 年的指数变化能看出，高水平地区的优势依然留存，但领先的幅度正逐步缩小，说明部分中低水平地区开始追赶。图 3 揭示了时间演变的阶段性情形，2012—2019 年，大部分省份的生态环境指数稳步上扬，整体连贯变好；2020 年，上海、江苏、浙江连同广东等省份出现下滑，这可能跟外部冲

击引发产业活动收缩、财政支出进行了调整以及环境治理与农村公共服务项目受阻有关，造成相关指标短期呈现波动。安徽、江西、湖南等省份的结构特征体现为对生态本底与农业的依赖明显，再加上治理投入的滞后效果开始显现，整体指数出现了小幅的波动，2021—2023 年指数普遍出现回升，但回升速度出现分化，部分省份恢复速度较快，已接近甚至达到前期水平，另一些省份仍未完全抵消 2020 年出现的下滑，可见生态环境水平的提高表现出累积性，但对短期冲击有较高的敏感度。图 4 的核密度曲线进一步揭示出分布的动态变化。2012—2019 年曲线朝右移动，说明整体水平提升了；2020 年曲线明显向左挪动且形态出现变动，暗示水平降低且组内差异也许会扩大；之后曲线又一次朝右移动，但峰值及尾部形态表明恢复未实现同步，长江流域乡村生态环境改善趋势不错，不过其进程被阶段性冲击影响，不同地区的韧性与治理成果存在差异。

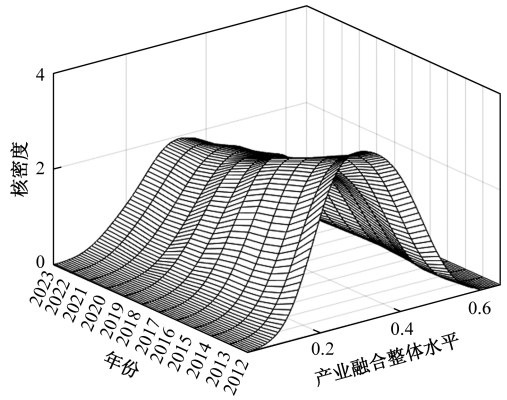


图 2　2012—2023 年乡村产业融合整体水平核密度曲线

2.3　数据来源与变量选取

2.3.1　数据来源

以 2012—2023 年长江流域 19 省份面板数据为研究对象。原始数据来源于《中国统计年鉴》《中国环境统计年鉴》《中国农村统计年鉴》《中国农业统计年鉴》等权威年鉴，以及政府公开数据平台。对个别缺失数据采用线性插值法补充，确保数据完整性与连续性。通过多源数据交叉验证与标准化处理，保障数据质量与统计口径的一致性。

2.3.2　变量选取

因变量为乡村生态环境质量（Een）。该变量采用熵值法构建综合指数，整合生态空间、生产空间与生活空间 3 个维度的信息，用以表征乡村生态环境的动态变化特征。

核心自变量为农业产业融合类型，具体划分为：①农业内部重组型融合（Irf）。该变量测度农业内部的纵向整合程度，主要体现为种养循环、废弃物资源化等核心技术的应用。采用熵值法量化其资源高效利用与生态修复能力。②农业产业链延伸型融合（Vef）。该变量衡量农业向流通环节的纵向延伸程度，基于农林牧渔总产值、农产品出口额及乡村零售额构建综合指数，反映其对降低生态损耗的作用。③农业交叉型融合（Xsf）。该变量表征农业与非农产业的横向协同水平，选取第三产业就业密度及乡村医疗基本设施等指标构建综合指数，反映非农就业与医疗设施对生态的协调作用。④农业渗透型融合（Tpf）。该变量评估绿色技术与信息技术对农业的渗透强度，依托移动终端密度、服务业产值占比、宽带覆盖率等反

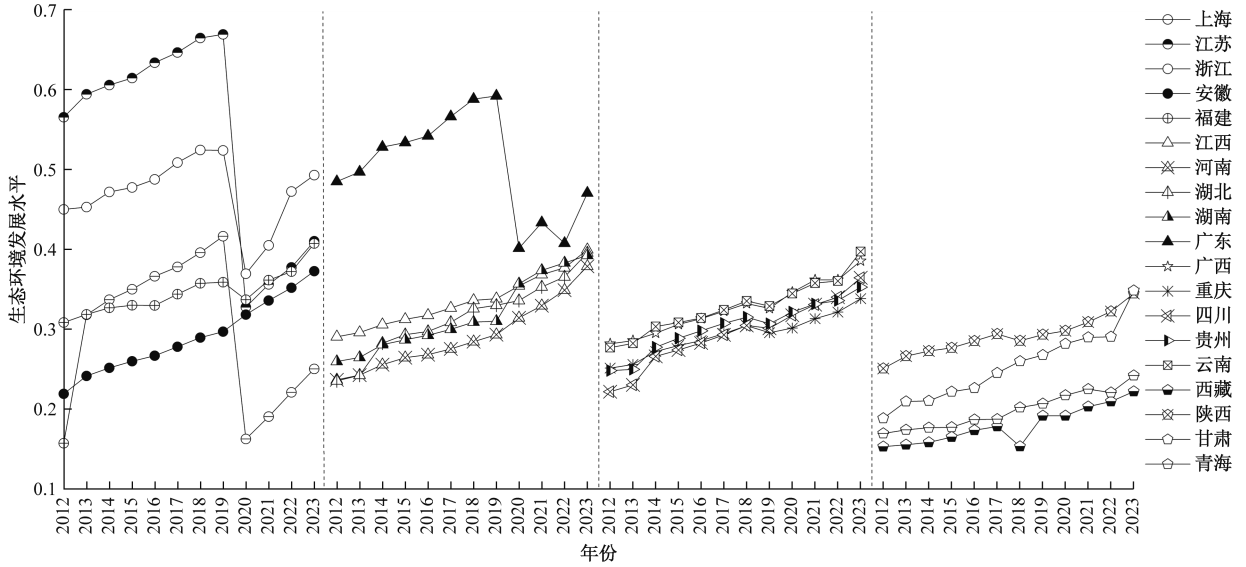


图 3　2012—2023 年长江流域各省份乡村生态环境发展水平

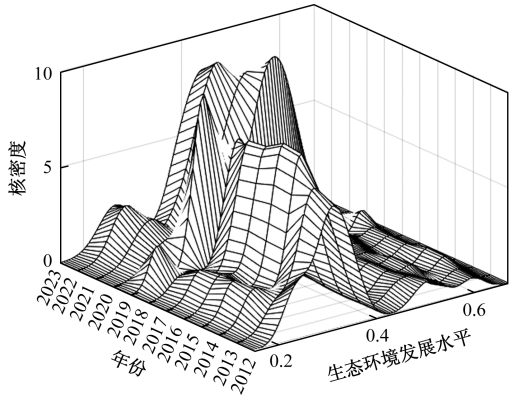


图 4　2012—2023 年乡村生态环境发展水平核密度曲线

映乡村信息化水平的指标构建综合指数，反映其对降低农业面源污染的作用。⑤乡村产业融合发展水平（Aif）。

控制变量包括：①农业种植结构（Aps）。不同类型的农作物在生长周期内对化肥、农药等化学品的依赖程度以及对水土资源的消耗强度均存在显著差异，直接关系到农业面源污染与生态系统负荷，故选取农业种植结构（Aps）加以控制，计算方法为粮食作物播种面积占总播种面积的比重。②农村平均受教育年限（Rae）。农村居民的受教育水平是衡量区域人力资本存量的核心指标，深刻影响其环境素养、对绿色生产技术的认知与采纳能力，因此将农村平均受教育年限（Rae）纳入模型，以期控制人力资本禀赋差异带来的影响，计算方法为：（小学人口数×6＋初中人口数×9＋高中人口数×12＋大专及以上人口数×15）/6 岁及以上人口数。③环境规制强度（Epi）。政府的环境保护政策与投资是改善生态环境质量的直接外生力量，其强度变化会直接作用于被解释变量，故引入环境规制强度（Epi）作为控制变量，用以衡量地方政府的环保努力程度，计算方法为环境污染治理投资占地区生产总值（GDP）比重。④财政涉农支出（Fae）。财政支农资金的规模与投向能够直接引导农业生产方式的转变并影响农村环保基础设施的建设水平，为分离此类政策干预的效应，选取财政涉农支出（Fae）进行控制。

调节变量为经济发展水平（Edl），参考杨青等[21]的研究，采用人均 GDP 衡量。

中介变量为产业结构升级（Isu），参考陈俊龙等[22]的方法，以第三产业产值与第二产业产值之比表示。变量描述性统计见表 2。

表 2　变量描述性统计

变量	均值	标准差	最小值	最大值
Een	7.279	0.444	5.992	8.250
Aif	6.036	0.724	3.571	7.163
Irf	5.652	1.107	2.437	7.269
Vef	5.888	1.072	2.616	7.338
Xsf	4.315	0.761	1.888	5.617
Tpf	8.287	0.577	7.345	10.239
Aps	0.607	0.098	0.444	0.839
Rae	7.485	0.884	3.804	9.469
Epi	0.009	0.005	0.002	0.034
Fae	6.993	0.593	5.160	8.123
Edi	10.927	0.472	9.849	12.156
Isu	1.187	0.395	0.549	3.058

2.4　模型设定

基准回归采用双向固定效应模型，考察乡村产业融合类型及其细分维度对乡村生态环境的影响，并建立如下基本方程：

$$Een_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 Aif_{i,t} + \alpha_2 Irf_{i,t} + \alpha_3 Vef_{i,t} + \alpha_4 Xsf_{i,t} + \alpha_5 Tpf_{i,t} + \alpha_6 Controli_{i,t} + \lambda_i + \mu_t + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

式中：$Controli_{i,t}$ 为控制变量；α_0 为常数项；λ_i 为地区固定效应；μ_t 为时间固定效应；$\varepsilon_{i,t}$ 为随机误差项；α_1～α_6 为系数。

为分析经济发展水平（Edl）在产业融合作用于生态环境时是否具有调节效应，在基础回归模型中加入 Aif 与 Edl 的交互项，建立如下调节模型：

$$Een_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 Aif_{i,t} + \beta_2 Edl_{i,t} + \beta_3 Aif_{i,t} \times Edl_{i,t} + \beta_4 Controli_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (2)$$

式中：$Aif_{i,t} \times Edl_{i,t}$ 为产业融合与经济发展水平的交互项；β_0 为常数项；β_1～β_4 为系数。

为检验经济发展水平（Edl）是否在产业融合（Aif）对生态环境（Een）的影响中存在非线性门槛特征，构建如下面板门槛模型：

$$Een_{i,t} = \phi_0 + \phi_1 Aif_{i,t} I(Edl_{i,t} \leqslant \eta) + \phi_2 Aif_{i,t} \times I(Edl_{i,t} > \eta) + \phi_4 Controli_{i,t} + \lambda_i + \mu_i + \varepsilon_{i,t} \quad (3)$$

式中：η 为待估计的门槛值；$I(\cdot)$ 为示性函数，当括号内条件成立时取值为 1，否则为 0，ϕ_0 为常数项；ϕ_1、ϕ_2、ϕ_4 为系数。模型允许产业融合的系数在经济发展水平的不同区间（低于或高于门槛值 η）内发生变化（分别为 ϕ_1 和 ϕ_2），从而捕捉其影响的非线性转换。

为分析产业结构升级（Isu）在产业融合作用于生态环境时是否具有中介作用，在基础回归模型中构建中介效应模型：

$$Isu_{i,t} = \theta_0 + \theta_1 Aif_{i,t} + \theta_2 Irf_{i,t} + \theta_3 Vef_{i,t} + \theta_4 Xsf_{i,t} + \theta_5 Tpf_{i,t} + \theta_6 Controli_{i,t} + \lambda_i + \mu_t + \varepsilon_{i,t} \quad (4)$$

$$Een_{i,t}=\gamma_0+\gamma_1 Aif_{i,t}+\gamma_2 Irf_{i,t}+\gamma_3 Vef_{i,t}+\gamma_4 Xsf_{i,t}+\gamma_5 Tpf_{i,t}+\gamma_6 Isu_{i,t}+\gamma_7 Controli_{i,t}+\lambda_i+\mu_t+\varepsilon_{i,t} \quad (5)$$

式中：θ_0、γ_0 为常数项；θ_1～θ_6、γ_1～γ_7 为系数。

3　实证检验与结果分析

3.1　基准回归结果

基准回归结果见表 3。列(1)～列(5)分别展示了乡村产业融合整体水平(Aif)以及 4 种分类型融合(Irf、Vef、Xsf、Tpf)对乡村生态环境质量(Een)的影响。在控制省份与时间固定效应后，Aif 的系数为 0.539 且在 1%水平上显著；Irf、Vef 与 Tpf 的系数分别为 0.226、0.360、0.400，均在统计上显著，表明整体融合及上述 3 类融合模式均对生态环境产生显著促进作用。然而，交叉型融合(Xsf)的系数为−0.110且在 5%水平上显著，产生负向影响。这可能与长江流域的现实情况有关，该地区交叉融合所依托的乡村服务业及配套基础设施建设，若在发展初期缺乏严格的环境规划，可能加剧生活污水与垃圾的排放。综上所述，除交叉型融合外，乡村产业融合整体及其余 3 类融合模式均对生态环境保护产生积极影响，研究假设 H1 得到基本验证。

表 3　基准回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Een	Een	Een	Een	Een
Aif	0.539***				
	(3.992)				
Irf		0.226***			
		(4.670)			
Vef			0.360***		
			(4.165)		
Xsf				−0.110**	
				(−2.458)	
Tpf					0.400**
					(2.534)
Control	控制	控制	控制	控制	控制
省份	控制	控制	控制	控制	控制
时间	控制	控制	控制	控制	控制
常数项	2.422*	4.738***	3.520***	6.898***	2.559*
	(1.900)	(5.464)	(3.331)	(6.887)	(1.992)
样本数	228	228	228	228	228
R^2	0.959	0.959	0.957	0.945	0.953
F	619.876	1 117.841	521.901	518.87	365.484

注：*、**、***分别表示 10%、5%、1%的显著性水平；括号内为 t 统计量。

3.2　稳健性检验与内生性检验

为验证基准回归结果的可靠性，采用双边 1%缩尾与剔除异常值两种方法进行稳健性检验。参考颜华等[23]的研究，对主要连续变量在 1%和 99%分位进行 Winsor 缩尾处理，以降低极端值对估计结果的干扰。在控制极端值影响后，主要产业融合变量的系数符号和显著性水平均未改变，仍在 1%水平上显著为正(表 4)。这些结果与表 3 的基准回归结果高度一致。这表明，在排除极端值干扰后，乡村产业融合对乡村生态环境的正向效应依然稳健，核心结论未发生变化。剔除 2020—2022 年样本后重新进行估计，乡村产业融合发展水平系数为 0.380 且在 1%水平显著，核心自变量对生态环境质量的正向效应依然稳健，表明产业融合的生态改善作用在除去特殊阶段同样成立。剔除异常时期样本后，核心结论未发生变化，进一步增强研究结果的可靠性。

为缓解模型中可能存在的反向因果等内生性问题并增强结论的可靠性，采用核心解释变量滞后 1 期的方法进行内生性处理。具体而言，将乡村产业融合发展水平(Aif)的一阶滞后项(L. Aif)作为其当期值的工具变量进行估计。检验结果表明，控制内生性后，乡村产业融合(Aif)对生态环境质量(Een)的促进作用仍在 1%的统计水平上显著为正，系数估计值与基准回归结果基本一致(表 4)。这表明，在控制内生性问题后，乡村产业融合对乡村生态环境的促进作用依然稳健，主要结论可靠。

表 4　稳健性与内生性检验结果

变量	缩尾处理	剔除特殊年份	核心自变量滞后 1 期	
	(1)	(2)	(3)	(4)
	Een	Een	Een	Aif
Aif	0.527***	0.380***		
	(4.210)	(2.926)		
L. Aif			0.558***	0.826***
			(5.129)	(14.676)
Control	控制	控制	控制	控制
省份	控制	控制	控制	控制
时间	控制	控制	控制	控制
常数项	2.805**	3.812***	2.156**	1.089***
	(2.458)	(2.890)	(2.208)	(3.360)
样本数	228	171	209	209
R^2	0.959	0.968	0.980	0.956

注：*、**、***分别表示 10%、5%、1%的显著性水平；括号内为 t 统计量。

3.3　经济发展水平的调节效应检验

表 5 显示，经济发展水平与产业融合的交互项系数在 1%的统计水平上显著为负(−0.041)。当控制其他各类因素后，经济发展水平提高总体上会削弱产业融合对生态环境的改善效果，初步验证了研究假设 H2，这一发现与经济学中有关增长跟环境在特定阶段可能存在权衡关系的讨论相契合。

上述调节效应模型隐含的假设是经济发展水平的影响是线性且连贯的，若两者之间呈现非线性结构突变，则线性交互项的估计也许无法全面刻画这种复杂关系。为弥补线性模型潜藏的不足，并更深入地研究经济发展水平在某一临界值前后，是否对产业融合的生态效应产生较大的影响，借助门槛回归模型实施检验。

表 6 和表 7 显示，单一门槛效应在 5%的显著性水平上显著，而双重和三重门槛效应均不显著。依据 Hansen（1999）的门槛模型选择原则，当高层次门槛模型不显著时，应选择低一层次的显著模型。因此，选择单一门槛模型作为最终分析模型。

门槛值估计为 10.860（人均 GDP 对数值），其 95%置信区间为[10.843 6，10.864 9]，表明该门槛值估计结果稳健。

综合来看，经济发展水平对产业融合生态效应的影响呈现复杂特征。调节效应检验支持假设 H2，表明在一般意义上，经济发展水平对产业融合的生态改善作用存在负向调节。然而，门槛效应分析进一步揭示，这种负向调节并非单调，当经济发展跨越特定门槛后，负向调节效应减弱，产业融合的生态效应随之略有提升。这表明经济发展水平的调节作用具有非线性门槛特征，即在低发展水平区间表现为负向调节，而在高发展水平区间，其负向调节效应趋于平缓甚至转为微弱正向。因此，假设 H2 部分成立。

表 5　经济发展水平的调节效应检验结果

变量	(1)
	Een
Aif	0.734***(3.603)
Edi	1.053***(6.719)
Aif×Edi	−0.041**(−2.182)
Control	控制
常数项	−6.145***(−4.500)
样本数	228
R^2	0.957
F	638.206

注：*、**、***分别表示 10%、5%、1%的显著性水平；括号内为 t 统计量。

表 6　面板门槛模型门槛个数检验结果

门槛类型	F 统计量	P	Bootstrap 次数	临界值(5%)
单一门槛	33.99	0.010 0	300	22.89
双重门槛	6.56	0.583 3	300	23.03
三重门槛	8.99	0.630 0	300	27.69

表 7　门槛效应面板回归结果

变量	系数估计值	t 统计量	P
产业融合(人均 GDP≤10.860)	0.822 3***	10.65	0.000
产业融合(人均 GDP>10.860)	0.839 8***	11.25	0.000
常数项	0.198 8	0.44	0.665

注：*、**、***分别表示 10%、5%、1%的显著性水平。

3.4　产业结构升级的中介效应检验

表 8 显示，乡村产业融合（Aif）对产业结构升级（Isu）的回归系数为 0.268，在 1%水平上显著，表明产业融合促进了产业结构的升级。列（2）在控制了产业结构升级（Isu）后，产业融合（Aif）对生态环境质量（Een）的直接影响系数为 0.905，在 1%水平上显著；同时，中介变量产业结构升级（Isu）的系数为 0.250，也在 1%水平上显著。与基准回归所反映的总效应相比，Aif 的直接效应仍然显著，但其数值有所下降，说明产业结构升级在其中起到了部分中介作用，支持了研究假设 H3。

上述结果表明，产业融合通过扩大产业结构升级这一路径，对生态环境产生积极的间接影响。然而，这一传导机制的作用强度与实际效果可能因条件而异。为探究产业融合对生态环境的影响是否存在条件依赖性，进一步考察不同产业结构升级水平下，该影响的异质性。具体而言，依据产业结构升级水平的中位数（1.140 45）将全样本划分为“高产业结构升级组”与“低产业结构升级组”。分组后，两组样本量均为 114，各包含 17 个省份。分别对两组样本采用双向固定效应模型进行回归分析。

表 9 显示，产业结构升级水平对农业产业融合的环境效应具有显著的调节作用。在高产业结构升级地区，乡村产业融合（Aif）对生态环境质量（Een）具有显著的正向影响；而在低产业结构升级地区，乡村产业融合（Aif）对生态环境质量（Een）的影响虽为正，但不显著。这表明产业结构升级水平是产业融合发挥环境效益的重要条件，只有当区域

表 8　产业结构升级的中介效应检验结果

变量	(1)	(2)
	Isu	Een
Aif	0.268***(3.227)	0.905***(22.683)
Isu		0.250***(7.631)
Control	控制	控制
个体	控制	控制
时间	控制	控制
常数项	−3.250***(−5.063)	−0.042(−0.133)
样本数	228	228
R^2	0.618	0.95
F	65.999	641.814

注：*、**、***分别表示 10%、5%、1%的显著性水平；括号内为 t 统计量。

表 9　产业结构升级的异质性分析结果

变量	(1)	(2)
	高产业结构升级组	低产业结构升级组
	Een	Een
Aif	0.482***(6.271)	0.213 (1.249)
常数项	2.738**(2.811)	4.422***(3.787)
样本数	114	114
R^2	0.960	0.963
F 统计量		9 037.113

注：*、**、***分别表示 10%、5%、1%的显著性水平；括号内为 t 统计量。

产业结构达到较高水平，产业融合的环境效益才能充分显现。从经济学视角看，这一异质性可能源于以下方面：高产业结构升级地区通常具备更完善的环境治理体系、更高的绿色技术采用率及更强的环境规制执行能力，能够将产业融合过程中的资源重新配置引向环境友好型发展；而低产业结构升级地区受传统产业结构刚性的制约，产业融合可能更多停留在要素组合层面，难以突破技术瓶颈，这导致其环境效益不显著。

4　结论与建议

4.1　结论

基于 2012—2023 年长江流域 19 个省份面板数据，综合运用熵值法、固定效应模型及中介与调节效应检验，系统考察乡村产业融合对生态环境保护的影响。研究发现：①乡村产业融合整体水平对生态环境质量具有显著促进作用；②农业内部重组型融合、产业链延伸型融合以及渗透型融合均表现出显著的生态环境改善效应，而交叉型融合的影响为负；③经济发展水平在产业融合与生态环境的关系中呈现负向调节作用，且该作用存在基于人均 GDP 的单门槛特征；④产业结构升级在产业融合改善生态环境的过程中发挥部分中介作用，但其效应在不同产业结构升级水平的组别间存在差异。研究结果为理解长江流域乡村产业融合的生态效应提供了经验证据，对推动流域高质量发展与生态保护协同推进具有参考价值。未来可进一步聚焦不同类型融合模式的微观作用机制，并加强对极端气候、政策干预等外部冲击因素的考察，以增强研究结论的适用性与预见性。

4.2　政策建议

（1）实施分类分区精准融合策略，侧重采用内部重组与渗透型融合模式。应避免“一刀切”的融合政策，转而依据区域资源禀赋与生态本底，采取差异化引导策略。对于上游生态脆弱区及传统农区，重点支持种养结合、循环农业等内部重组模式，配套建设废弃物资源化设施，从源头减少面源污染。在中下游经济与技术基础较好的地区，则大力推动数字技术向农业渗透，发展智慧农业与精准管控，以技术赋能降低单位产出的资源消耗与环境负荷。同时，对交叉型融合需设定更严格的环境准入与过程监管标准，配套完善污水垃圾处理设施，规避这类融合可能带来的生活污染加剧风险。

（2）构建以产业结构升级为靶向的融合促进机制，强化中介路径的赋能效应。研究证实产业结构升级是产业融合改善生态环境的重要传导渠道，但其积极效应的发挥存在明显的区域异质性。因此，政策设计需精准识别并着力弥合不同区域在产业结构升级基础上的差距，从而畅通这一中介路径。对于长江上游及中游部分产业结构升级水平较高的地区，应推动产业融合项目与绿色技术密集型产业深度绑定，通过税费优惠、研发补助等政策，激励融合主体主动采用清洁生产技术、循环利用模式，使产业升级直接服务于生态优化。对于产业结构升级滞后的地区，政策重点应前置，不能单纯追求融合业态的“新”与“多”，而需优先夯实产业升级的基础。这包括加大针对传统农业的绿色技术改造投入，培育本土化的环保技术服务组织，并引导融合项目向能够吸纳本地劳动力、提升产品附加值的基础环节倾斜，逐步累积产业结构绿色转型的内生动力，为产业融合释放环境红利创造必要条件。

（3）构建适应经济发展水平动态变化的差异化政策体系，缓解其负面调节作用。在人均 GDP 已跨越门槛的高水平地区，政策重心应从“鼓励融合增量”转向“优化融合质量与结构”，严格执行区域环境总量控制，将产业融合项目纳入碳排放与污染物排放总量控制范围。同时，强化绿色金融、生态补偿等市场化工具的应用，引导融合活动向高科技、低消耗领域集中。对于中低发展水平地区，则可在保障生态红线的前提下，利用财政补贴、基础设施投资等传统政策工具，优先支持具有显著生态效益的融合模式实施，并同步加强环境监测与执法能力建设，预防“先污染后治理”的路径依赖。

参考文献

[1] 李敏，崔晓阳，庞贵芳，等. 长江经济带生态环境与经济高质量发展耦合协调及交互影响研究[J]. 长江流域资源与环境，2025，34(7)：1399-1412.

[2] WU B，MU D，LUO Y，et al. Rural ecological problems in China from 2013 to 2022：a review of research hotspots，geographical distribution，and countermeasures [J]. Land，2022，11(8)：1326.

[3] 黄吉迎，宁满秀. 新质生产力推动乡村产业高质量发展的内在逻辑与实践路径[J]. 农业经济，2025(11)：44-46.
[4] 张林，温涛，刘渊博. 农村产业融合发展与农民收入增长：理论机理与实证判定[J]. 西南大学学报(社会科学版)，2020，46(5)：42-56，191-192.
[5] 郭军，张效榕，孔祥智. 农村一二三产业融合与农民增收：基于河南省农村一二三产业融合案例[J]. 农业经济问题，2019(3)：135-144.
[6] 程莉，严月岑，田泽升. 农村产业融合对生态环境的多维影响效应研究：以长江经济带为例[J]. 农业经济与管理，2024(4)：105-120.
[7] 罗明忠，魏滨辉. 农村产业融合的环境效应分析[J]. 农村经济，2022(12)：57-66.
[8] 卢奕亨，尹恣昊，田云，等. 农村产业融合对农业碳排放的非线性影响机制[J]. 华东经济管理，2025，39(2)：48-59.
[9] 张驰，雷小雨. 农村产业融合与农业绿色转型：影响效应及其作用机制[J]. 农业经济与管理，2024(6)：155-167.
[10] 王艳，盛小丹，龚新蜀. 生态位视角下农村产业融合发展评价与空间关联性分析：以南疆3地州为例[J]. 中国农业资源与区划，2023，44(10)：242-252.
[11] 平静雨，张琳. 新质生产力推动江西省产业结构优化升级的理论逻辑与路径研究[J]. 科技和产业，2025，25(15)：120-128.
[12] 朱泳锜，唐梦元，刘琛，等. 农村电商赋能乡村特色产业高质量发展：以武威市农村电商为例[J]. 科技和产业，2023，23(18)：107-115.
[13] 程莉，孔芳霞. 长江上游地区农村产业融合发展水平测度及影响因素[J]. 统计与信息论坛，2020，35(1)：101-111.
[14] FENG S，SHAFIEI M W M，NG T F，et al. The intersection of economic growth and environmental sustainability in China：pathways to achieving SDG[J]. Energy Strategy Reviews，2024，55：101530.
[15] 张丹丹，沈菊琴. 基于夜间灯光数据的长江经济带经济发展与生态环境承载力关系分析[J]. 长江流域资源与环境，2022，31(9)：1884-1894.
[16] ZHANG N，SUN J，TANG Y，et al. How do green finance and green technology innovation impact the Yangtze River Economic Belt's industrial structure upgrading in China? a moderated mediation effect model based on provincial panel data[J]. Sustainability，2023，15(3)：2289.
[17] 韩永辉，黄亮雄，王贤彬. 产业结构优化升级改进生态效率了吗？[J]. 数量经济技术经济研究，2016，33(4)：40-59.
[18] 张桢钰，吴杰，别凡. 环境规制、产业结构升级对生态文明的影响：基于长江经济带的实证[J]. 统计与决策，2021，37(22)：177-180.
[19] 申云，王锐，张海兵，等. 县域农村产业融合发展与城乡收入差距变迁[J]. 西南大学学报(社会科学版)，2022，48(5)：60-72.
[20] 魏璐瑶，陆玉麒，马颖忆，等. 江苏省乡村"三生"功能耦合协同测度及格局演化[J]. 生态与农村环境学报，2021，37(12)：1596-1608.
[21] 杨青，应瑞瑶，王睿贤，等. 环保处罚对畜禽养殖业盈利空间的溢出效应研究：基于异质性生产者的理论和实证分析[J]. 干旱区资源与环境，2025，39(12)：54-65.
[22] 陈俊龙，马润贤，韩祖丽. 返乡创业政策对城乡共同富裕的影响：基于县域面板数据的实证[J]. 统计与决策，2025，41(22)：125-130.
[23] 颜华，魏秀宇，齐悦，等. 农业生产集聚提升了环境效率吗？基于环境规制调节效应的分析[J]. 农业经济与管理，2022(6)：26-37.

Impact of Rural Industrial Integration on Ecological Environmental Protection in Yangtze River Basin

YANG Jian[1,2,3]，HUANG Zhiyuan[1]，CHEN Jiaheng[1]，LUO Zhongni[1]

(1. School of Economics and Management，Tongren University，Tongren 554300，China；2. Engineering Research Center of Intelligent Monitoring and Policy Simulation of Mountainous Territorial Space，Higher Education Institutions of Guizhou Province，Tongren 554300，China；3. Laboratory of Agricultural(Rural) Development and Ecological Governance in Qiandong，Tongren 554300，China)

Abstract：It is an important issue to scientifically guide the integration of rural industries to enhance the ecological environment quality in the Yangtze River Basin. Based on the panel data of 19 provinces and cities in the Yangtze River Basin from 2012 to 2023，the entropy method was used to construct the evaluation system，and the fixed effect model and the moderation and mediating effect test method were used to investigate the impact of rural industrial integration on the ecological environment. It is found that rural industrial integration significantly promotes the improvement of ecological environment，in which internal restructuring，industrial chain extension and infiltration integration have positive effects，while cross-integration has inhibitory effects. The level of economic development plays a negative regulatory role in the relationship between industrial integration and ecological environment，and there is a single threshold characteristic of per capita GDP，the upgrading of industrial structure plays a partial intermediary role in the process of industrial integration to improve the ecological environment. The following suggestions are put forward. Based on this，should guide and focus on promoting the positive integration mode，formulate differentiated policies according to the regional economic level，and focus on guiding and promoting the green upgrading of industrial structure.

Keywords：rural industrial integration；rural ecological environment；Yangtze River Basin