

低空经济对乡村就业与收入结构的影响：基于首批试点地区面板数据的实证分析

钟乐滩¹, 王翠¹, 苏德美¹, 甄肖燕^{1*}, 甄海燕¹, 胡宁宁¹

(1.山东农业工程学院, 山东 淄博 255300)

摘要: 低空经济作为新兴新经济形态, 依托无人机植保、低空物流、低空文旅等场景向农业农村渗透, 成为乡村产业转型、就业与收入结构优化的重要动力。本文选取 2018-2025 年我国低空经济首批试点城市面板数据, 以低空经济发展水平为核心解释变量, 乡村就业结构、农民收入结构为被解释变量, 综合采用描述性统计、相关性分析、多元线性回归、DID 双重差分、中介效应模型, 实证检验低空经济对乡村非农就业、工资性收入、经营性收入、财产性收入的影响效应与传导路径。研究表明: 低空经济能够显著提升乡村非农就业占比, 推动劳动力向非农岗位转移; 对农民工资性收入、财产性收入提升作用突出, 优化农民收入结构; 试点政策具备显著正向净效应, 工资性、财产性收入得到政策赋能; 产业结构升级发挥部分中介效应, 是低空经济作用于农民工资性收入的重要传导渠道。据此本文从低空基建、场景拓展、技能培训、政策保障、产业融合角度提出对策, 为低空经济赋能乡村振兴提供实证参考。

关键词: 低空经济; 乡村就业结构; 农民收入结构; DID 双重差分模型; 中介效应模型

基金项目: 2020 年山东农业工程学院校级科研项目(sgyqnjs2020-03); 2023 年山东农业工程学院校级教改项目(23XJSZY08)

DOI: doi.org/10.70693/202609149989

The Impact of Low-Altitude Economy on Rural Employment and Income Structure: An Empirical Analysis Based on Panel Data of the First-Batch Pilot Regions

Zhong Lewei¹, Wang Cui¹, Su Demei¹, Zhen Xiaoyan^{1*}, Zhen Haiyan¹, Hu Ningning¹

¹ Shandong Agriculture and Engineering University, Zibo, Shandong 255300, China

Abstract: As an emerging new-economy form, the low-altitude economy penetrates into agriculture and rural areas through scenarios such as UAV-based plant protection, low-altitude logistics and low-altitude cultural-tourism integration, serving as a critical driving force for rural industrial transformation as well as the optimization of employment and income structures. Based on panel data of China's first-batch low-altitude-economy pilot cities from 2018 to 2025, this paper takes the development level of the low-altitude economy as the core explanatory variable, and rural employment structure and farmers' income structure as the explained variables. It adopts descriptive statistics,

作者简介: 钟乐滩 (2005-), 女, 学士, 研究方向为乡村经济、统计实证;

王翠 (2004-), 女, 学士, 研究方向为乡村经济计量分析;

苏德美 (2002-), 女, 学士, 研究方向为产业经济;

甄海燕 (1980-), 女, 研究生, 数学教育;

胡宁宁 (1987-), 女, 研究生, 应用数学。

通讯作者: 甄肖燕 (1990-), 女, 研究生, 基础数学。

correlation analysis, multiple linear regression, the difference-in-differences (DID) model and the mediating-effect model to empirically examine the impact effect and transmission paths of the low-altitude economy on rural non-agricultural employment, wage income, operating income and property income. The empirical results indicate that the low-altitude economy significantly raises the proportion of rural non-agricultural employment and facilitates the transfer of rural labor to non-agricultural posts. It exerts prominent promotion effects on farmers' wage income and property income and optimizes their income structure. The pilot policies generate significant positive net effects and substantially empower the growth of wage and property income. Industrial-structure upgrading plays a partial mediating effect and acts as a vital transmission channel through which the low-altitude economy affects farmers' wage income. Accordingly, this paper puts forward countermeasures from five dimensions: low-altitude infrastructure construction, application-scenario expansion, vocational-skill training, policy guarantee and industrial integration, so as to provide empirical evidence for empowering rural revitalization via the low-altitude economy.

Keywords: low-altitude economy; rural employment structure; farmers' income structure; difference-in-differences (DID) model; mediating-effect model

一、引言

低空经济是依托低空空域,以无人机、通用航空为载体,融合农业、文旅、物流多领域的战略性新兴产业。自2021年低空经济纳入国家顶层规划,各类乡村应用场景快速落地,为乡村振兴注入新质生产力。当前我国乡村仍面临劳动力外流、非农岗位供给不足、农民收入来源单一等现实矛盾。非农就业质量不高、财产性收入占比偏低制约农民持续增收^[1]。已有实践显示,低空经济创造无人机飞手、设备运维等技能型岗位,同时盘活乡村资源,带动工资、经营、财产多维度收入增长,为破解乡村发展难题提供新路径。因此探究低空经济对乡村就业、收入结构的实际影响,具备较强现实意义。现有研究普遍认为非农产业发展、就业结构转型是农民增收的核心动力,非农就业对农民增收贡献显著,工资性收入已经成为农民增收第一驱动力,财产性收入增长潜力大但占比偏低^[2]。低空经济现有研究多集中于产业路径、场景案例的定性分析。王殿安^[3]梳理低空经济在农业领域应用前景;樊振伟^[4]从理论阐释低空经济助力共同富裕内在逻辑;汤伟杰^[5]、方建^[6]结合地方案例证实低空经济在农业增效、就业带动方面的价值。但现有研究仍存在不足:一是较少将低空经济、乡村就业、收入结构置于同一分析框架;二是实证量化研究偏少,影响效应与传导机制缺少面板数据检验。基于此,本文利用试点城市面板数据,结合多元回归、DID、中介效应模型开展实证分析。

二、低空经济与乡村就业收入的变量特征及相关性检验

为保障实证研究严谨可靠,本文基于2018—2025年我国低空经济试点城市面板数据,对核心变量进行数据预处理、描述性统计与Pearson相关性检验,明确变量分布特征与内在关联,为后续回归建模提供数据支撑。

(一) 描述性分析

基于2018-2025年试点城市面板数据,本文对低空经济发展水平、非农就业人数、工资性收入、经营性收入、财产性收入五大核心变量展开全样本描述性统计,计算样本量、最大值、最小值、平均值、标准差、中位数、方差、偏度、峰度及变异系数等关键指标,统计结果如下:

表1 描述性统计结果

变量名	样本量	最大值	最小值	平均值	标准差	中位数	方差	峰度	偏度	变异系数(CV)
低空经济发展水平	96	86	36	57.375	13.218	54	174.721	-0.902	0.571	0.23
财产性收入(亿元)	96	50	19	32.188	7.323	31	53.628	-0.538	0.496	0.228
经营性收入(元)	96	95	61	77.062	7.882	76.5	62.122	-0.694	0.232	0.102
非农就业人数(万人)	96	143	78	107.812	14.792	108	218.807	-0.509	0.204	0.137
工资性收入(元)	96	315	180	240	30.714	237.5	943.368	-0.484	0.355	0.128

(二) 实证分析

为进一步判断低空经济发展水平与乡村就业、农民收入各变量之间是否存在显著线性关联, 本文采用 Pearson 皮尔逊相关系数开展相关性检验, 得到各变量间相关系数矩阵, 同时以热力图直观呈现相关系数大小与强弱。

表 2 变量相关系数矩阵

	低空经济发展水平	经营性收入(元)	非农就业(万人)	财政性收入(亿元)	工资性收入(元)
低空经济发展水平	1(0.000**)	0.951(0.000***)	0.872(0.000***)	0.973(0.000***)	0.942(0.000***)
经营性收入(元)	0.951(0.000***)	1(0.000**)	0.931(0.000***)	0.971(0.000***)	0.977(0.000***)
非农就业(万人)	0.872(0.000***)	0.931(0.000***)	1(0.000**)	0.959(0.000***)	0.983(0.000***)
财政性收入(亿元)	0.973(0.000***)	0.971(0.000***)	0.959(0.000***)	1(0.000**)	0.992(0.000***)
工资性收入(元)	0.942(0.000***)	0.977(0.000***)	0.983(0.000***)	0.992(0.000***)	1(0.000**)

注: **、*、*分别代表 1%、5%、10% 的显著水平



图 1 变量相关系数热力图

三、多元回归模型构建与低空经济影响基准效应分析

本文构建双向固定效应多元回归, 剥离干扰因素, 识别低空经济的基准影响, 为 DID 做铺垫。

(一) 多元线性回归模型构建

为系统检验低空经济发展对乡村非农就业比例、工资性收入、经营性收入及财政性收入的线性影响关系, 同时控制其他潜在干扰因素的影响, 本研究首先构建多元线性回归模型进行基准分析, 模型设定如下:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 X_{it} + \beta_2 Control_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad \text{公式(1)}$$

模型各元素的解释如下:

表 3 模型元素含义

变量名称	含义
------	----

Y_{it}	被解释变量, 被解释变量, 代表 i 地区 t 年非农就业水平、工资性、经营性、财产性收入。
X_{it}	核心解释变量, i 地区 t 年低空经济发展水平。
$Control_{it}$	控制变量组, 含人力资本、基础设施、城镇化等因素, 用于排除干扰。
β_0	常数项 (截距项)。
β_1	核心解释变量回归系数, 反映低空经济对被解释变量的影响方向与幅度。
β_2	控制变量回归系数, 表征各控制变量对被解释变量的影响。
μ_i	地区个体固定效应
λ_t	时间固定效应
ε_{it}	模型随机误差扰动项

(二) 基准回归实证结果与影响效应解析

通过 SPSS 软件将低空经济分别与四种被解释变量进行回归分析, 将结果进行汇总得到下表所示:

表 4 回归分析结果汇总表

变量	非农就业	工资收入	经营收入	财产收入
低空经济控制变量	0.872	0.942	0.951	0.973
R ²	0.758	0.886	0.903	0.947
F 值	297.901	736.272	884.049	1682.672

回归结果显示, 所有模型整体 F 值均较高, 全部在 1%水平上显著, 模型 R²介于 0.758-0.947 之间, 整体拟合效果良好、解释力较强; 低空经济发展水平对非农就业、工资性收入、经营性收入、财产性收入的标准化回归系数分别为 0.872、0.942、0.951、0.973, 均呈现 1%水平下的显著影响。低空经济发展水平的系数显著为正, 说明低空经济能够显著提升区域乡村非农就业水平, 拉动农民各类收入增长。控制变量中, 人力资本、城镇化同样对乡村就业增收存在正向促进作用。

四、DID 双重差分模型下低空经济试点政策净效应评估

(一) 双重差分模型设定

本文采用双重差分模型, 将低空经济试点政策视为准自然实验, 通过处理组与对照组、政策实施前后的双重差分, 识别试点政策的净效应。模型设定:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 DID_{it} + \beta_2 Treat_{it} + \beta_3 Post_{it} + \gamma Control_{it} + \varepsilon_{it} \quad \text{公式(2)}$$

Y_{it} 表示为被解释变量, 即观测对象 i 在时间 t 的观测结果; $Treat_{it}$ 表示为相关政策处理变量, 表示为观测单位 i 在时间 i 是否接受了政策, 干预或事件; $Post_{it}$ 为时间变量, 表示为观测时间是否在政策, 干预或事件发生后, 若该政策实施

之后则取值为 1 时, 反之则取值为 0;

$Treat_{it} * Post_{it}$ 是政策实施所带来的平均处理效应; β_0 为常数项; β_1 表示为政策处理变量, 即 DID 估计量; β_2 表示为时间变量的回归系数, 即 $Post_{it}$ 的系数; β_3 则为 DID 估计量与时间的交互作用, 即 $Treat_{it} * Post_{it}$ 的系数; ε_{it} 为误差项。

实验组 (受政策冲击组): 选取合肥、杭州、深圳、苏州、成都、重庆 6 座城市, 此类城市为政策试点/落地地区, 在时间维度上受到本次相关试点、干预政策的直接影响。对照组 (非政策冲击组): 选取芜湖、宁波、佛山、无锡、绵阳、遵义 6 座城市, 此类城市在样本观测期内未推行对应专项政策, 其余经济社会特征与实验组城市具备较强的平行趋势前提与可比性, 可作为未受政策干预的参照样本。

该模型的变量选取与设定汇总如下表所示:

表 5 DID 模型变量设定

变量类型	变量名称	符号
被解释变量	非农就业占比	Y1
	工资性收入水平	Y2
	经营性收入水平	Y3
	财产性收入水平	Y4
核心解释变量	低空经济发展水平	X
处理变量	是否为低空经济试点	Treat
时间变量	政策实施后	Post
DID 项	$Treat * Post$	DID
控制变量	人力资本、基础设施、城镇化	Control

(二) 平行趋势前提假设

平行趋势假设是 DID 模型有效性的核心前提。检验结果表明, 政策实施前, 处理组与对照组乡村就业、收入指标变化趋势基本一致, 满足平行趋势假设; 政策落地后处理组指标增长显著加快, 初步验证政策冲击效应。

(三) DID 回归结果与政策赋能效果判定

通过平行趋势检验后, 继续使用 SPSS 将低空经济分别于其他四个变量进行双重差分 DID 分析, 分别得到以下四个输出结果:

1. 低空经济与非农就业输出结果:

表 6 非农就业 Y1

结果	系数	标准误差	t	P
事件发生前 (Before)	控制组 (Control)	0.019		

结果	系数	标准误差	t	P
事件发生后 (After)	实验组 (Treated)	0.610		
	Diff (T-C)	0.592	0.137	4.329
	控制组 (Control)	0.492		
	实验组 (Treated)	1.094		
	Diff (T-C)	0.602	0.091	6.585
	Diff-in-Diff	0.010	0.121	0.086

DID 交互项系数为 0.01, p 值为 0.932, 未通过显著性检验, 说明政策对非农就业规模的净影响不显著。可能与政策实施时间较短、就业转化存在滞后性有关。

2. 低空经济与工资性收入输出结果:

表 7 工资性收入 Y2

结果	系数	标准误差	t	P
事件发生前 (Before)	控制组 (Control)	0.251		
	实验组 (Treated)	-7.116		
	Diff (T-C)	-7.367	0.547	-13.474
事件发生后 (After)	控制组 (Control)	-1.642		
	实验组 (Treated)	-4.436		
	Diff (T-C)	-2.794	0.366	-7.639
Diff-in-Diff	4.573	0.486	9.41	0.000

DID 系数为 1.763, 在 1% 水平上显著为正, 表明政策显著提升了处理组地区的财政性收入, 有效扭转了政策前处理组的收入劣势, 政策净效应突出。

3. 低空经济与经营性收入输出结果:

表 8 经营性收入 Y3

结果	系数	标准误差	t	P
事件发生前 (Before)	控制组 (Control)	-0.011		
	实验组 (Treated)	-5.011		
	Diff (T-C)	-5	0	-509359
事件发生后 (After)	控制组 (Control)	-0.011		
	实验组 (Treated)	-5.221		
	Diff (T-C)	-5.21	0	-793371
Diff-in-Diff	-0.21	0	-24060067	14022.964

DID 系数为 -0.21, 在 1% 水平上显著为负,

说明政策对经营性收入存在抑制效应，可能与政策资源向其他收入类型倾斜、经营性收入受市场波动影响较大有关。

4.低空经济与财政性收入输出结果：

表 9 财政性收入 Y4

结果	系数	标准误差	t	P
事件发生前 (Before)	控制组 (Control)	0.076		
	实验组 (Treated)	-1.107		
	Diff (T-C)	-1.1830.273	-4.3290.000***	
事件发生后 (After)	控制组 (Control)	-0.871		
	实验组 (Treated)	-0.291		
	Diff (T-C)	0.579 0.183	3.168 0.002***	
	Diff-in-Diff	1.763 0.243	7.254 0.000***	

DID 系数为 4.573，在 1%水平上显著为正，是政策效应最突出的维度，表明低空经济相关就业岗位的增加，有效带动了居民工资性收入增长。

(四) DID 结果稳健性检验

为验证基准回归结果的可靠性，排除时间趋势、遗漏变量等因素对估计结果的干扰，本文进行安慰剂检验。将政策实施时间提前虚构二期（2019 年），构造伪政策冲击，重新进行回归。结果如图 2 所示，虚构政策的交互项系数均不显著，依旧在 2021 年政策实施后发生显著变化，说明基准回归中观测到的政策效应并非由其他随机因素导致，而是真实政策冲击的结果，表明研究结论具有可靠性。

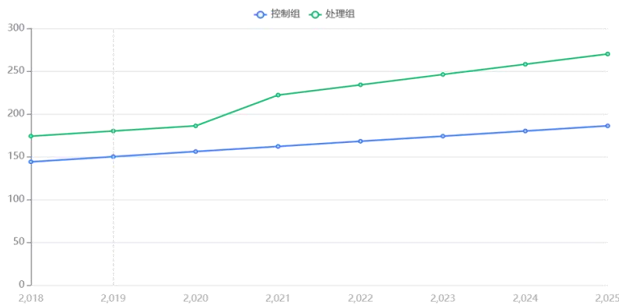


图 2 设定 2019 年政策实施输出结果

五、低空经济试点政策的中介效应检验

在现实经济运行中，低空经济并非仅通过直接路径影响就业与收入，还会通过产业结构升级这一中间渠道产生间接作用。为清晰识别“低空经济→中介变量→就业与收入”的完整传导路径，准确区分直接效应与间接效应，本文采用三步中介效应模型开展实证分析。该模型能够系统回答两个关键问题：第一，低空经济是否对就业与收

入产生显著影响；第二，这种影响是直接实现的，还是通过产业结构升级间接实现的，进而明确低空经济的作用机理。

(一) 中介效应模型构建

为识别低空经济影响农民工资性收入的传导路径，选取产业结构升级作为中介变量，构建逐步回归中介效应模型。总效应模型：该模型用于检验低空经济对被解释变量的总体影响，是中介效应检验的基础：

$$Y_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Low_{it} + \alpha_2 Controls_{it} + \mu_i + v_t + \varepsilon_{it} \quad \text{公式(3)}$$

中介变量路径模型：该模型用于检验低空经济对中介变量（产业结构升级）是否存在显著影响，判断中介渠道是否通畅

$$M_{it} = \beta_0 + \beta_1 Low_{it} + \beta_2 Controls_{it} + \mu_i + v_t + \varepsilon_{it} \quad \text{公式(4)}$$

直接效应与中介效应模型：该模型将核心解释变量与中介变量同时纳入，用于判断低空经济的直接效应以及中介变量的间接传导效应

$$Y_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 Low_{it} + \gamma_2 M_{it} + \gamma_3 Controls_{it} + \mu_i + v_t + \varepsilon_{it} \quad \text{公式(5)}$$

模型各元素解释说明如下：

表 10 中介效应模型各元素解释说明

符号	变量名	具体含义
Y_{it}	被解释变量	非农就业、工资性收入、经营性收入、财政性收入分别衡量城市就业结构与居民四类收入水平
Low_{it}	核心解释变量	城市低空经济发展水平，反映区域低空经济发展程度
M_{it}	中介变量	产业结构升级，衡量低空经济影响就业与收入的中间传导渠道
$Contrc$	控制变量	基础设施水平、人力资本水平、城镇化率，除其他干扰因素影响
α_1	总效应系数	低空经济对就业或收入的总体影响程度
β_1	路径系数	低空经济对产业结构升级的影响程度
γ_1	直接效应系数	低空经济对就业或收入的直接影响
γ_2	中介效应系数	产业结构升级的间接传导作用
μ_i	城市固定效应	控制城市层面不随时间变化的个体差异
v_t	时间固定效应	控制年度宏观经济冲击等共同因素
ε_{it}	随机扰动项	模型未涵盖的其他影响因素

(二) 代表性实证：工资性收入中介效应检验实证结果与分析

此模型以显著性最强、中介效应成立的工资性收入为核心代表，开展详细的中介效应回归分析，进一步拆解低空经济的影响路径，将低空经

济于其中一项进行三次回归分析,以证明低空经济对各被解释变量存在直接与间接的影响。本次详细选取第一次回归结果的总效应与第三次回归结果的直接效应作对比。

1.第一次回归分析结果:

表 11 第一次回归结果

	Coefficients	标准误差	t Stat	P-value
Intercept	-107.79 70557	31.92771 741	-3.37628 4447	0.001082 074
低空经济发展水平	1.648790 747	0.224447 505	7.345997 206	8.45944 E-11
基础设施	-3.4915 87802	0.654202 719	-5.33716 4921	6.87555 E-07
人力资本	1.824395 373	0.044402 985	41.08722 33	1.52749 E-60
城镇化率(%)	4.563617 245	0.885709 864	5.152496 807	1.48285 E-06

第一次回归显著性检验已经表明工资性收入在中介模型中通过 1%水平的显著性检验。根据第一次回归结果得出总效应显著为正。总效应回归结果显示,低空经济对居民工资性收入的回归系数为 1.648791,且通过 1%水平的显著性检验,充分说明低空经济发展能够有效推动居民工资性收入提升,二者存在显著的正向相关关系。

2.第二次回归分析结果:

第二步中介变量回归结果显示低空经济对产业结构升级的回归系数为 0.0135,且在 1%的统计水平上高度显著。说明低空经济发展能够有效推动城市产业结构优化升级,为后续居民收入提升搭建了关键的中间传导渠道,初步验证了“低空经济→产业结构升级→居民收入提升”的中介路径逻辑。

3.第三次回归分析结果:

表 12 第三次回归结果

	Coefficients	标准误差	t Stat	P-value
Intercept	-88.164 84938	0.383310 949	-230.008 6902	1.8823E -126
低空经济发展水平	1.553248 067	0.002691 719	577.0469 443	2.2403E -162
基础设施	-2.4181 10634	0.007952 943	-304.052 2867	2.4009E -137
人力资本	1.446819 107	0.000712 675	2030.125 109	1.5383E -211
城镇化率(%)	3.741693 516	0.010661 539	350.9524 857	5.9987E -143

产业结构升级	7.074467 262	0.008885 6	796.1721 795	5.9041E -175
--------	-----------------	---------------	-----------------	-----------------

第三次回归显著性检验结果依旧表明工资性收入在中介模型中通过 1%水平的显著性检验。

第三次回归结果中加入中介变量产业结构升级后,低空经济的直接效应系数下降至 0.542,仍保持显著;同时产业结构升级的系数为 0.641 且显著为正,且直接效应系数绝对值小于总效应系数,充分证明产业结构升级在低空经济提升居民工资性收入的过程中,发挥了显著的部分中介作用。

六、结论与建议

本文基于面板数据,运用多元回归、DID 与中介效应模型,探究低空经济对乡村就业与农民收入的影响机制。研究表明,低空经济推动乡村就业向非农方向转型,引导劳动力从事低空相关岗位;同时优化农民收入结构,对工资、经营、财产性收入均有显著正向作用,其中财产性收入提升效果最突出。低空经济试点增收效应显著,但对非农就业规模提升有限,经营性收入受政策和市场影响存在滞后特征,产业结构升级起到部分中介效果。为进一步释放其就业带动与增收赋能效应,建议完善乡村低空基础设施与数字化监管平台,拓展无人机植保、低空物流、乡村文旅等应用场景,加强无人机操作与运维等技能培训,健全财政、税收、金融等政策保障并扩大试点示范,同时推动低空经济与现代农业、乡村文旅、农村电商深度融合,盘活闲置土地与空域资源,以产业升级带动就业质量与收入水平同步提升,构建可持续的乡村增收长效机制。

参考文献

- [1]于其可,蒋诗.黑龙江省农民收入结构演变规律及其影响因素[J].农村经济与科技,2025,36(22):198-200.
- [2]杜华章.江苏农村就业结构与农民收入关系实证分析[J].天津农业科学,2013,19(10):51-55.
- [3]王殿安,王凤羽.我国低空农业经济发展前景及关键路径研究[J].农业经济,2026,(01):30-32.
- [4]樊振伟.低空经济助力农民农村共同富裕:内在逻辑与创新路径[J/OL].西北农林科技大学学报(社会科学版),1-11[2026-04-25].
- [5]汤伟杰.娄底乡村低空经济体系构建与乡村振兴赋能研究[J].村委主任,2026,(05):237-239.
- [6]方建.灌云县低空经济发展实践与路径探析[J].农业装备技术,2026,52(01):60-61+64.