

气候波动公共事业企业财务绩的效影响研究

——基于双向固定效应模型的实证分析

王俊驰, 李 莉*

天津科技大学经济与管理学院, 天津

收稿日期: 2026年9月12日; 录用日期: 2026年10月3日; 发布日期: 2026年10月15日

摘 要

在全球气候系统日益不稳定、异常天气事件频发的宏观背景下, 中国作为典型的季风气候国家, 正面临极端天气事件频发带来的严峻挑战。公共事业企业肩负着保障居民生活与维护社会稳定发展的重要责任, 其经营稳定性极易受外部环境变化干扰, 尤其是气候波动对其财务绩效构成了潜在威胁。本文基于收集的600组具有代表性的公共事业企业样本所构成的数据, 通过计量经济学模型, 实证检验并深入分析降水量异常与气温波动这两类关键气候变量对企业核心财务绩效指标——资产回报率(ROA)所产生的具体影响。研究发现: 1) 降水异常对ROA有显著正向影响, 结果稳健; 2) 气候冲击仅影响当期绩效, 无滞后效应; 3) 影响存在异质性——西部地区降水量影响显著, 东中部不显著; 水务行业受降水影响(系数0.017), 电力行业受气温影响(系数0.019), 燃气行业则不敏感。4) 数字化转型显著强化了降水量对ROA的正向调节效应(交互项系数0.001, $p < 0.05$), 表明数字化能力是放大大气资源红利的关键赋能条件, 但气温与数字化的交互项不显著。据此建议企业构建气候-财务联动预警机制, 政府应加快推动气象数据与公共事业企业互联互通, 建设统一的气候风险数据共享平台, 并完善公共事业企业气候风险信息披露标准。

关键词

气候波动, 公共事业企业, 财务绩效, 异质性

Research on the Impact of Climate Fluctuations on the Financial Performance of Public Utility Enterprises

—Empirical Analysis Based on the Bidirectional Fixed Effects Model

Junchi Wang, Li Li*

School of Economics and Management, Tianjin University of Science and Technology, Tianjin

*通讯作者。

文章引用: 王俊驰, 李莉. 气候波动公共事业企业财务绩的效影响研究[J]. 国际会计前沿, 2026, 15(5): 1258-1273.
DOI: 10.12677/fia.2026.155132

Received: September 12, 2026; accepted: October 3, 2026; published: October 15, 2026

Abstract

Against the macroeconomic backdrop of an increasingly unstable global climate system and a rising frequency of anomalous weather events, China—as a typical monsoon-climate country—is facing severe challenges posed by the frequent occurrence of extreme weather events. Public utility enterprises bear the critical mission of safeguarding people's livelihoods and maintaining social stability; consequently, their operational stability is highly susceptible to disturbances from changes in the external environment, particularly as climate fluctuations pose a potential threat to their financial performance. Based on data derived from 600 representative samples of public utility enterprises, this paper employs econometric models to empirically test and conduct an in-depth analysis of the specific impacts of two key climatic variables—precipitation anomalies and temperature fluctuations—on the core financial performance indicators of these enterprises: the Return on Assets (ROA). The study finds that: 1) Precipitation anomalies have a significant positive impact on ROA, and these results are robust; 2) Climate shocks only affect current-period performance and exhibit no lagged effects; 3) These impacts exhibit heterogeneity—precipitation levels have a significant effect in western regions but not in eastern or central regions; the water utilities sector is affected by precipitation (coefficient: 0.017), the power sector is affected by temperature (coefficient: 0.019), while the gas sector shows no sensitivity. 4) Digital transformation positively moderates the precipitation-ROA relationship (interaction coefficient 0.001, $p < 0.05$), indicating that digital capability amplifies climate dividends. Accordingly, the study recommends that enterprises establish a climate-finance linkage early-warning mechanism; the government should accelerate the interconnection of meteorological data with public utility enterprises, build a unified climate risk data-sharing platform, and refine the disclosure standards for climate risks among public utility enterprises.

Keywords

Climate Volatility, Public Utilities, Financial Performance, Heterogeneity

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

全球气候系统正经历以增暖加速、极端事件频发为特征的深刻变革。2015~2024 年是我国有完整气象观测记录以来最暖的十年, 2024 年地表平均气温较常年值偏高 1.0℃; 同期年降水量总体波动上升, 极端日降水事件频次以每 10 年 4.1% 的速率递增(中国气象局, 2025)。气候系统失稳已从宏观趋势演变为可观测、可量化的事实, 对依赖特定水文与气象条件的公共事业企业构成了直接而持续的运营挑战。

近年来, 学术界对气候风险与企业财务绩效的关系展开了系统探索。在方法层面, 龙文等(2026)从物理风险与转型风险双重视角建立了气候风险测度框架[1]。在传导机制层面, 赵胜民等(2025)温度变化通过劳动生产率与适应成本影响企业绩效, 气候风险还可经由银企借贷渠道向金融系统传染[2]。在行业聚焦层面, 已有研究多集中于农业、制造业及全行业样本, 林子怡(2024)指出公共事业等少数非农行业的专门分析仍明显不足, 且现有文献大多将公共事业作为全样本中的一类控制变量处理, 未能系统检验该行业内部电力、水务、燃气板块对降水与气温因子的差异化敏感度[3]。此外, 气候变量的非线性与滞后性

特征、地理异质性与行业异质性的系统识别, 以及数字化转型驱动气候适应的理论机制, 仍有待深入探究。

针对上述研究不足, 本文以 60 家公共事业上市企业 2015~2024 年的 600 个面板数据为样本, 构建包含降水量与气温双维气候指标的计量模型, 运用双向固定效应模型实证检验气候变量对资产回报率(ROA)的影响[4]。本文的创新之处在于: 一是聚焦公共事业这一行业, 揭示电力、水务、燃气子行业对气候因子的差异化响应; 二是系统检验气候冲击的当期效应与滞后效应; 三是识别东西中部地区及细分行业的气候敏感度异质性, 避免平均效应掩盖真实机制; 四是为公共事业企业借助数字化转型实现从“看天吃饭”到“知天而作”的转变提供实证支撑与路径参考。

2. 理论分析与研究假设

2.1. 假设 1: 降水量对公共事业企业绩效具有正向影响

各个公共事业子行业所有的运营特性不同, 而气候资源的不同又会对其重点业务的产出能力产生影响。近些年来, 全球气候变暖愈发明显, 极端降水事件频频出现, 许多学者也开始重视水文气象状况对基础设施行业的影响联系研究。目前大量的文献认为, 降水量的变化决定着水资源供给的稳定性及能源转换的能力。如林子怡(2024)指出, 极端降水事件对公用电力及水务行业的盈利能力冲击尤为突出[3]。对于水务处理、水力发电等占据公共事业重要比例的企业来说, 充沛的降水会使得原水获取成本减少、水力发电利用小时数增加, 继而直接增加企业的利润。本文选取的企业样本中, 部分企业位于水资源敏感型地区, 降水量适度增加可以缓解枯水期的产能瓶颈, 如果降水分布均匀、总量适中, 那么供水保障率以及发电效能都会得到明显增加; 相反, 虽然极端暴雨会造成短期洪涝风险, 但是从年度均值来看, 降水量的增加一般会伴随水资源资产价值的增加。除此之外, 伴随全球水循环加快, 我国现有的水利设施和城市管网系统运行负荷都会受到影响而改变, 公共事业企业的预期营收也会随水资源丰枯程度的变化而变化, 降水量增加凭借增加资源利用率、减少边际运营成本间接作用于企业生产, 然后正向影响企业绩效。值得关注的是, 降水量对企业绩效的正向传导高度依赖企业对水资源时空分布的调配能力。理论上, 数字化监测与调度系统能够通过精准预测径流量、优化水库蓄放水策略, 放大降水充沛年份的产能红利, 同时在枯水期通过管网漏损的数字化诊断降低不必要的原水损耗。这意味着, 数字化能力可能成为降水量与企业绩效之间关系的重要情境条件——降水对绩效的边际贡献, 在数字化水平较高的企业中可能更为显著。

2.2. 假设 2: 气温升高对公共事业企业绩效具有正向影响

不同的公共事业子行业需求弹性不一样, 气温属于重要的气象要素, 它直接致使终端用能负荷的变动。近些年来, 全球气候变暖的趋势越来越明显, 越来越多的学者开始关注温度变化对基础设施运营以及能源需求的影响研究。大量的文献认为气温升高是造成电力、热力及燃气等公共事业需求急剧增加的主要原因。龙文等(2026)指出, 气温波动通过电力负荷曲线与设备运行效率双重渠道作用于企业利润端[1]。对于以能源供应为主营业务的公共事业企业来说, 气温上升会明显增大居民制冷以及工业降温的用电需求, 使售电量、供气量及供热收入同步增长, 进而直接增加企业的营收规模。另外, 由于全球平均气温一直上升, 我国城乡用能结构和峰值负荷特性都发生了深度的变化, 公共事业企业预期现金流也伴随温控需求的变动而实行调整, 气温升高凭借扩大终端消费需求和增加资产周转能力间接作用于企业经营, 继而正向影响企业绩效[5]。然而, 气温升高对能源需求的拉动效应并非自动转化为企业利润。在需求侧, 智能电网和需求响应平台能够通过价格信号引导用户错峰用电, 缓解高温时段峰值负荷对电网的冲击; 在供给侧, 基于度日数的负荷预测算法可以帮助企业优化发电机组启停与购售电策略, 将气温上

升带来的需求增量更高效地转化为收入增量[6]。这提示我们,数字化转型可能是气温-绩效关系的重要调节变量,也是企业将气候“负担”转化为竞争优势的技术杠杆[7]。

2.3. 假设 3: 数字化转型对气候-绩效关系具有正向调节作用

在研究降水量与气温对企业绩效的直接作用路径的基础上,这些路径的强度并非恒定不变,而是高度依赖于企业将外部气候资源转化为内部运营效率的能力。数字化转型正是这种转化能力的关键赋能要素。理论上,数字化转型可以从供需两侧强化气候变量对绩效的积极影响。在供给侧,基于物联网和大数据分析的智能监测系统能够实现对水文气象条件的精准感知与预测,使企业得以提前优化调度方案,最大化丰水年或高温季的产能利用率,降低资源错配和机会损失。在需求侧,数字化工具能够实时匹配供需,通过价格信号引导用户行为,将气候引发的需求波动转化为更精准的营收增长。换言之,高数字化水平的企业具备更强的“吸收”气候正向外溢效应的能力。

2.4. 假设 4: 气候波动对各个细分、各个地区的公共事业企业绩效造成的影响存在异质性

公共事业包含电力、水务、燃气等各个异质性比较大的子行业,已有研究已经证明气候波动对此类子行业的绩效影响不是均匀的,林子怡(2024)指出,极端天气对不同行业的盈利能力影响强度不同,水务与电力板块的敏感度显著高于燃气等板块[3];而杨毅等(2026)则指出相比于东部,西部企业对气候风险更为敏感[8]。异质性存在的必然性,并不意味着企业对气候影响的束手无策。恰恰相反,正是由于不同地区、不同行业的气候传导机制存在系统性差异,才为差异化的数字化转型策略提供了空间。理论上,数字技术的优势正在于其可定制性——西部地区可重点投资水源地水文监测与智能灌溉调度系统,以缓解降水匮乏对供水能力的约束;东部地区可侧重智能电网与储能调度算法,优化已建成基础设施的利用效率;水务企业聚焦管网漏损数字诊断,电力企业发力负荷预测与电价优化工具[9]。因此,识别异质性的具体形态,不仅是理解气候冲击的必要环节,更是制定精准化数字适应方案的逻辑起点。

3. 实证分析实验设计

3.1. 研究设计

3.1.1. 被解释变量

现有财经类文献中对于气候灾害对企业财务表现影响的评估,大多用 ROA 来代表绩效。何国俊(2024)凭借对近 20 年中国上市公司的数据进行研究得出结论,气候灾害每年给企业平均造成 0.62 个百分点的 ROA 下降,极端高温单独造成 0.37 个百分点的下降;他创建了“中国上市公司气候相关风险指数”,用 ROA 做被解释变量来检验气候风险的负面经济后果,为后来的研究提供了一个方法论的基准。Dell 等(2012)在对气候变化对企业宏观经济以及微观企业绩效影响的经典文献进行综述的时候,也建议使用 ROA 来衡量气候冲击下企业资产配置能力,因为 ROA 可以全面体现管理层在外部干扰之下资源调配的能力。根据上述内容,ROA 因为去杠杆化、学术共识度高、诊断性强、政策适配性好等优势,被选作研究气候波动对企业绩效影响的优选指标。

3.1.2. 解释变量

在建立实证分析实验设计的时候,选择降水量、温度作为主要解释变量,是因为这两个变量是气候波动的主要指标,可以直接对公共事业企业的绩效产生明显影响。温度影响能源需求,决定着北方供暖及南方制冷的负荷曲线,它波动与电力以及燃气企业收入有关,也经由设备能力和管网维护成本影响到利润,降水量是水务文献运营的重要指标,它借助原水供给、处理成本和排水防涝压力把气候风险变成

企业的运营成本及资产减值风险[10]。考虑到公共事业产品有着很强的气候敏感性,且两者数据有着很高的连续性以及高频度,可以很好地捕捉到气候波动给企业财务绩效带来的边际影响,所以把它作为衡量气候波动的重要指标。

3.1.3. 控制变量

在建立气候波动对企业绩效影响的实证模型时,为了去掉重点解释变量的纯粹效应,同时消除遗漏变量偏差,本文实验设计出了三个重要的控制变量,即企业规模、固定资产占总资产比重、成立年限。选择这三个变量主要是因为公共事业行业有着明显的规模经济以及资本密集型特征,企业规模直接决定其资源调配能力及抗风险韧性,大规模企业一般拥有更精进的基础设施来缓冲气候冲击,控制该变量可以有效排除企业体量差异对绩效的影响[11];固定资产占比体现的是企业资产结构的重资产程度,控制该指标可以有效消除资产结构差异对气候敏感度的混淆;成立时间是企业生命周期和基础设施老化程度的代理变量,一般成立时间越长的企业管网设施越陈旧,对极端气候的适应能力越弱,维护成本越高,新设企业技术磨合期也较长,控制该变量可以剔除企业存续年限、设施新旧程度对绩效的非气候性影响[12]。

3.1.4. 调节变量

为检验数字化转型的调节效应,本文构建了企业层面的数字化水平指标(Dig)。借鉴已有文献,采用文本分析法,采用国泰安数据库“上市公司数字化转型程度(年)”指标衡量企业数字化转型水平。该指标基于上市公司报告文本,对数字化转型相关细分指标的出现频次进行统计,涵盖人工智能技术、区块链技术、云计算技术、大数据技术和数字技术应用五个维度。进一步地,本文将上述五类词频加总,并取 $\ln(1 + \text{总词频})$,作为企业数字化转型程度的度量指标(表 1)。

Table 1. Variable symbols and definitions
表 1. 变量符号与定义

变量类型	变量名称	符号	变量含义
被解释变量	资产回报率	X	净利润/平均总资产
	年均降水	X_1	上市企业所在地某年均降水的值/100 (mm)
解释变量	年均气温	X_2	上市企业所在地某年均气温的值(℃)
	规模	Y_1	$\text{Ln}(\text{资产总计})$
控制变量	固定资产占比	Y_2	固定资产净额/资产总计
	成立时间	Y_3	$\text{Ln}(2024 - \text{成立年份} + 1)$
调节变量	数字化转型	Dig	$\text{Ln}(1 + \text{总词频})$

3.2. 数据来源

本文以公共事业上市企业为研究对象,从国泰安数据库的行业划分中选取符合条件的公共事业企业,按照中国证券监督管理委员会制定的 CSRC 行业分类标准进行界定。本文共选取 60 家上市企业作为描述性样本,电力企业项目有 10 家,燃气企业有 8 家,水务企业有 42 家,保证了样本的多样性。

降水、气温数据来源于研究者张凌、胡英屹等发布的国家冰川冻土沙漠专业数据中心平台多源数据融合的中国高分辨多要素气象驱动产品。为了方便本研究的使用,将 0.01°分辨率(约为 1 千米)的 nc 格式数据转换成栅格数据,更能体现出一个小区度区域的平均值。同时采用国泰安数据库“上市公司数字化转型程度(年)”指标衡量企业数字化转型水平。

3.3. 模型构建

为检验气候波动对公共事业企业财务绩效的影响效应, 本文基于 2015~2024 年 60 家公共事业上市企业构成的平衡面板数据(共 600 个观测值), 构建双向固定效应面板数据回归模型。面板数据模型能够同时捕捉个体异质性和时间动态性, 有效缓解遗漏变量偏误, 相较于单纯横截面或时间序列回归具有明显的估计效率优势。基准回归模型设定如下:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + \beta_3 Y_{3it} + \beta_4 Y_{4it} + \beta_5 Y_{5it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \tag{1}$$

为检验数字化转型的调节效应, 在模型(1)的基础上分别加入数字化转型变量(Dig)及其与气候变量的交互项, 构建如下扩展模型:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 Dig_{it} + \beta_3 (X_{1it} \times Dig_{it}) + \beta_4 Controls_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \tag{2}$$

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 X_{2it} + \beta_2 Dig_{it} + \beta_3 (X_{2it} \times Dig_{it}) + \beta_4 Controls_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \tag{3}$$

其中, 下标 i 表示企业个体, 下标 t 表示年份, it 为被解释变量, 即企业 i 在第 t 年的资产回报率(ROA); X_{1it} 为企业所在地第 t 年的年均降水量(mm), X_{2it} 为企业所在地第 t 年的年均气温($^{\circ}$ C), 二者为核心解释变量 Y_{1it} 、 Y_{2it} 、 Y_{3it} 分别为控制变量, 依次代表企业规模(总资产对数)、固定资产占总资产比重以及企业成立年限(对数处理); β_0 为截距项, β_1 至 β_5 为各变量的待估回归系数; μ_i 为个体固定效应, 用以吸收不随时间变化但随企业个体差异而变的不可观测因素; λ_t 为时间固定效应, 用以控制不随个体变化但随时间演变的宏观冲击(如国家层面的产业政策调整、财税体制改革、宏观经济周期波动等); ε_{it} 为随机扰动项, 假定其满足均值为零、同方差且与解释变量不相关的基本假设。在基准基础上, 分别引入数字化转型变量(Dig)及其与气候变量的交互项 $X_{1it} \times Dig$ 和 $X_{2it} \times Dig$ 。构造两个模型是为了分维度检验: 单独考察 X_1 和 X_2 分别受数字化调节时的差异化效果。

4. 实证分析

4.1. 描述性统计

本文选取 2015 年至 2024 年 60 家公共事业企业年度财务数据, 共得到 600 个数据。对得到的观测数值进行描述性统计来了解数据的基本特征, 为了减少数据之间存在的较大差距, 对规模以及成立时间两项数据取对数, 减少数据的离散性。表内给出样本数据的观测数、极小值、极大值、均值、标准差(表 2)。

Table 2. Descriptive statistics of climate variability and performance indicators of public utility enterprises
表 2. 气候波动与公共事业企业绩效指标的描述性统计

VarName	Obs	SD	Mean	Min	Median	Max
X	600	0.033	0.029	-0.152	0.027	0.180
X_1	600	5.256	10.656	1.239	10.651	23.390
X_2	600	4.930	16.465	6.011	17.170	24.195
Y_1	600	1.332	23.854	20.930	23.753	26.452
Y_2	600	0.180	0.471	0.022	0.507	0.721
Y_4	600	0.522	2.924	0.000	3.091	3.466
ln_dt_total	600	0.953	0.996	0.000	0.693	4.205

根据表中描述性统计结果可知,公共事业企业资产回报率均值为 0.0287,最大值和最小值相差较大,标准差为 0.0325,说明样本企业盈利能力存在明显的非均衡性。部分企业自有资本获取收益能力强,个别企业资不抵债、净利润为负,表现出行业内部盈利水平的较大差别。数字化转型指标 Dig 的均值为 0.996,标准差 0.953,最小值为 0,最大值为 4.205,说明不同企业数字化水平差异较大,为检验调节效应提供了变异基础。

另外,样本企业的地理分布不均,各个区域的气候条件存在较大的差异,平均气温、平均降水量气候指标的极差也很大。企业大多分布在不同的气候区,营业绩效容易受到本地气候波动的影响,但是现有的相关性分析很难清楚地分离出气候变化及公共事业企业绩效之间详细的机制。区域经济水平存在较大差别,经济发达地区基础设施更加完备、金融服务更为活跃、市场消费更加频繁,给企业的经营创造了更好的外部环境;而偏远或者经济落后的地区虽然得到了政策的支持,但是在交通、融资、市场活力等方面还存在着不足,更进一步加大了企业之间的绩效差距。所以,在分析中加入了行业、地区异质性检验,对各个地区、各个行业的气候波动对绩效的影响差异进行了详细的说明。

4.2. 相关性分析

在完成样本的描述性统计之后,需要对数据做更深一步的相关性分析,将下文的数据统一为数值数据,对变量间的相关程度进行测量,借助多重共线性检验来保证后续实证结果的真实性(表 3)。

Table 3. Correlation analysis between climate fluctuations and performance indicators of public utility enterprises
表 3. 气候波动与公共事业企业绩效指标的相关性分析

	X	X_1	X_2	Y_1	Y_2	Y_3	g
X	1						
X_1	0.147**	1					
X_2	0.138**	0.870***	1				
Y_1	-0.055	-0.243***	-0.269***	1			
Y_2	-0.170***	-0.187***	-0.185***	0.205***	1		
Y_3	-0.163***	-0.062	-0.082**	0.112***	-0.021	1	
g	-0.072*	0.190***	0.072*	0.333***	-0.220***	-0.0300	1

从相关性分析结果可知,重点解释变量气候波动指标以及企业绩效之间存在明显的相关关系。降水量和被解释变量企业绩效的相关系数为 0.147,温度及企业绩效的相关系数为 0.138。由此可知,在样本观测期内,气候因素中降水量增多、气温上升以及公共事业企业绩效增加之间存在正相关关系。从经济学意义上讲,较为充足的降水和适宜的温度有利于增加水力发电能力或者改良城市水务运营环境,进而给企业带来正向的溢出效应。该相关性分析结果为本文提出的“气候波动影响公共事业企业绩效”的研究假设提供了一些初步的经验证据。

考察控制变量以及企业绩效、气候变量的关系时,企业规模、降水量以及温度均呈负相关,说明不同规模的公共事业企业对于气候的波动的暴露程度存在差别,或者大型企业大多分布在气候比较稳定的地区。固定资产占比较低的企业绩效水平较高,两者之间呈负相关关系,即固定资产占比较低的企业绩效水平越高,其绩效水平越低。这符合公共事业行业“重资产”经营的特征,固定资产比例高一般会带

来较大的折旧摊销压力，使企业对气候波动造成的外部冲击缺乏财务上的灵活性，造成绩效不佳。另外固定资产占比较高的企业与气候变量之间也存在明显负相关关系，说明资产结构比较重的企业可能处在特殊的地理或者气候环境之中，在后续回归分析中应该予以特别注意。

4.3. 回归分析

本研究在确定计量模型形式之前先做 F 检验来判断有无明显的个体异质性。检验结果($F(59, 535) = 10.17, Prob > F = 0.0000$)说明，个体效应的联合显著性 F 值很小，并且伴随概率 P 值为 0.0000，在 1% 的水平上强烈地拒绝了“所有的个体效应 u_i 都为 0”的原假设。这一统计结果说明，在不随时间变化的特征上，不同的公共事业企业存在着明显的差别，而该类差别会对绩效(ROA)产生明显的影响。所以必须使用固定效应模型来捕捉不可观测的个体异质性，这也给本文后面使用双向固定效应模型打下了坚实的统计学基础。

根据双向固定效应模型得出的实证结果可以得知，气候波动会对公共事业企业的绩效造成明显的影响。降水量对绩效有明显的正向促进作用，说明降水丰富有利于增加企业的盈利能力，这与水务、水电板块业务特点有关。温度的回归系数虽然为正但是没有通过显著性检验，说明在目前的样本区间内，平均气温变化对企业整体绩效的边际影响还不明显。企业规模对绩效有轻微的负向影响，固定资产占比较高的企业绩效更好(表 4)。

Table 4. Fixed-effects regression results
表 4. 固定效应回归结果

	(1)	(2)	(3)	(4)
	X	X	X	X
X_1	0.002** (2.39)	0.002** (2.38)	0.002** (2.54)	0.002** (2.58)
X_2	0.002 (0.43)	0.001 (0.34)	0.002 (0.55)	0.003 (0.68)
Y_1		-0.007* (-1.71)	-0.007 (-1.48)	-0.006 (-1.46)
Y_2			0.023 (1.61)	0.020 (1.43)
Y_3				0.007 (1.04)
_cons	-0.024 (-0.35)	0.163 (1.26)	0.114 (0.86)	0.081 (0.60)
地区效应	YES	YES	YES	YES
时间效应	YES	YES	YES	YES
样本量	600	600	600	600
R^2	0.165	0.170	0.174	0.175

回归结果表明，降水量对于公共事业企业的绩效有很强的稳健性。从经济机制来说，降水是水务、水电板块的主要生产要素，它的正向传导途径十分清晰，充沛的降水可以增加水库蓄水量和水力发电量，增加产能利用率，同样可以有效地减少原水获取、净化处理以及长距离调水的边际成本，然后有效增加企业的资产收益率。但是正向效应存在明显的区域异质性，对于天津等北方资源型缺水城市来说，由于本地水资源禀赋不足、对外调水依赖度高，降水的边际正向效用远高于南方丰水区——每一次有效降水都意味着供水保障能力的增强和运营成本的实质性下降，是驱动本地水务类公共事业企业盈利改良最敏感、最直接的气候变量，在后文中加入异质性检验，更进一步研究降水对于不同地区公共事业企业绩效的影响。如果降水量超出预期，将会给相关企业带来贯穿全年的业绩弹性，但是也必须注意极端强降水引发的防汛排涝成本增加等非线性负向影响。

气温在全样本双向固定效应模型中没有通过显著性检验，但是并不意味着温度对公共事业企业没有影响，而只是折射了平均气温变化在不同的细分行业中存在着冗杂的对冲效应。一方面，气温升高会大大增加居民的制冷用电、用气需求，根据国金证券研报，夏季平均气温每升高 1，城乡居民用电量就会增加约 453 亿度，直接利好电力和燃气供应企业营收增长；另一方面，高温激化地表水分蒸发、推高供水管网漏损率，还会引发应急限供，给水务板块造成成本端及收入端的双重压力。正是因为两种相反的效应在总和之后相互抵消，所以全样本回归呈现出统计上的中性。在异质性分组回归之后，用板块分组来显示被掩盖的行业真相。

4.4. 调节效应

表 5 中表明了降水量与数字化转型交互项的回归结果。数据显示，交互项系数为 0.001，在 5%的水平上显著为正($t=2.44$)。这一结果具有明确的经济含义：对于数字化转型程度较高的企业，降水量增加对 ROA 的正向促进效应被显著放大。该结论有力地支持了原假设，表明数字化能力构成了企业有效“吸收”并放大气候资源红利的关键情境条件。而在气温与数字化转型交互项的回归结果中，交互项系数虽为正值但未通过显著性检验($t=1.16$)，原假设未获得实证支持。可能的原因在于，气温对企业绩效的传导更多依赖终端需求侧的即时爆发，其影响路径较为直接且短期，而当前样本中企业数字化工具在需求响应和电价优化方面的应用尚处于早期阶段，未能显著放大大气温对收入的拉动效应。这一非显著结果同样具有启示意义，提示企业在数字化投资时应优先选择与自身业务气候敏感性匹配的领域，而非盲目跟风。

Table 5. Moderating effect results
表 5. 调节效应结果

	(1)	(2)
	<i>X</i>	<i>X</i>
<i>X</i> ₁	0.002** (2.53)	
<i>Y</i> ₁	-0.008* (-1.75)	-0.007 (-1.64)
<i>Y</i> ₂	0.018 (1.24)	0.016 (1.13)
<i>Y</i> ₄	0.007 (1.04)	0.006 (0.89)

续表

ln_dt_total	0.000 (0.03)	-0.000 (-0.06)
ln_dt_x1	0.001** (2.44)	
g_1	0.000 (.)	0.000 (.)
g_2	0.000 (.)	0.000 (.)
g_3	0.000 (.)	0.000 (.)
x2		0.000 (0.08)
ln_dt_x2		0.000 (1.16)
_cons	0.160 (1.46)	0.172 (1.29)
个体固定效应	是	是
年份固定效应	是	是
N	600	600
R ²	0.184	0.167

4.5. 稳健性检验

为了探究气温、降水等气象因素对微观企业绩效有无明显的时滞效应以及持续性。从研究设计思路出发，使用滞后性检验，其主要目的就是准确找到气候冲击的动态传导过程，即气候异常事件对企业的物理损害或者成本冲击，不会立即全部折射到当期的财务报表上，而是会以资产折旧、后续维修支出、声誉损失等形式在后续 1 期或者 2 期逐渐显现出来；对于公共事业企业来说，降水带来的水资源补给或者发电量加强也会存在调度和结算周期，造成收益确认的滞后。所以，用滞后一期及滞后二期变量做稳健性检验，可以更好地体现气候因素的长期边际效应，也可以更真实的折射气温、降水对企业绩效的影响途径(表 6，表 7)。

Table 6. Robustness test of annual average precipitation on ROA
表 6. 年均降水量对 ROA 的稳健性检验

	(1)	(2)
	<i>X</i>	<i>X</i>
<i>L_X1</i>	0.000 (0.000)	
<i>Y1</i>	-0.008 (0.005)	-0.008 (0.006)

续表

	0.012	0.007
Y_2	(0.015)	(0.016)
	0.000	-0.008
Y_3	(0.009)	(0.013)
L_2_{x1}		0.000
		(0.000)
Constant	0.214*	0.243*
	(0.127)	(0.147)
地区效应	YES	YES
时间效应	YES	YES
样本量	540	480
R^2		

Table 7. Robustness test of the ROA against annual mean temperature

表 7. 年均气温对 ROA 的稳健性检验

	(1)	(2)
	Y	Y
L_{X2}	0.002	
	(0.004)	
Y_1	-0.008	-0.009
	(0.005)	(0.006)
Y_2	0.012	0.007
	(0.015)	(0.016)
Y_3	0.001	-0.005
	(0.009)	(0.013)
L_2_{x2}		0.006
		(0.004)
Constant	0.181	0.162
	(0.144)	(0.159)
地区效应	YES	YES
时间效应	YES	YES
样本量	540	480
R^2		

稳健性检验结果表明, 降水量滞后一期、滞后二期的系数都是 0.000, 均不明显, 温度滞后一期、滞后二期的系数也没有通过显著性检验。由此可知, 降水量、温度对于公共事业企业的绩效没有明显的滞

后效应，主要作用在当期。其原因在于公共事业企业生产高度依赖当期径流量以及降水强度，跨年度蓄水调节能力弱或者成本高，致使前一年的降水盈余不能有效地转化为次年的效益；温度主要借助影响居民和工业的即时能源需求来传导到企业收入上，这样的需求几乎没有跨年度延迟的特征。总体上来说，滞后变量都不明显，基准回归中降水量当期的明显效应依然稳健，说明基准模型没有严重的遗漏滞后变量偏误，说明降水量当期增加明显提升公共事业企业绩效是可靠的。同样的，结果还显示气候波动对该类企业的影响是瞬时的，企业要重视当期气候监测及快速反应的能力。

4.6. 异质性检验

异质性检验模型的加入是因为不同地区的地理、气候条件存在较大差异，降水量、温度的基础水平及波动幅度也各不相同，公共事业企业对气候变量的敏感度也会因为当地水资源丰缺、水利设施调节能力的不同而存在较大差异，仅报告全样本平均效应，会掩盖干旱地区降水增加的“雪中送炭”以及丰水地区降水过多引发洪涝等不同的机制。公共事业包含供水、水电、电力、燃气等许多子行业，技术、经济特征各不相同，降水量直接影响水资源相关行业的原料获取成本及产量，温度凭借改变用电、用气需求曲线影响电力、燃气行业的收入[13]。若不按行业分组，将不同的行业混在一起回归，就会致使总体效应不明显，继而忽略掉某些行业的明显影响。异质性检验可以增加政策和管理建议的针对性，找出哪些地区、哪些行业对于气候波动更加敏感，进而为准确施策提供依据。最后，即使全样本中气候变量不明显，也可能是因为正负效应在不同的组别中相互抵消而产生的，分组检验可以清楚地显示出这种抵消的关系，从而更好地理解真实的传导机制。所以，地区以及行业异质性检验是拒绝同质性假设、显示气候影响差异化途径的必要环节，也是本文结论有着科学性、政策价值的重要保证(表 8)。

Table 8. Heterogeneity test of climate fluctuations on the performance of public utility enterprises across different regions
表 8. 气候波动对不同地区公共事业企业绩效的异质性检验

	(1)	(2)	(3)
	<i>X</i>	<i>X</i>	<i>X</i>
<i>X</i> ₁	0.004* (1.85)	0.000 (0.59)	0.000 (1.48)
<i>X</i> ₂	0.006 (1.13)	−0.009 (−0.77)	0.003 (0.45)
<i>Y</i> ₁	−0.032*** (−4.65)	−0.003 (−0.40)	0.004 (0.50)
<i>Y</i> ₂	−0.100*** (−4.34)	0.046 (1.52)	0.042** (2.13)
<i>Y</i> ₃	0.020 (1.41)	0.080 (0.87)	0.007 (0.98)
_cons	0.644*** (2.81)	−0.050 (−0.12)	−0.166 (−0.78)
地区效应	YES	YES	YES
时间效应	YES	YES	YES
样本量	110	160	330
R ²	0.438	0.237	0.222

为了检验气候波动对公共事业企业绩效的影响是否与地区有关, 本文将样本分为中国西部地区(地区 1)、中部地区(地区 2)和东部地区(地区 3), 样本量分别为 110、160、330, 分别做固定效应回归。结果表明, 在西部地区, 降水量系数为 0.004 ($t=1.85, p<0.1$), 明显为正, 但是温度不明显; 企业规模以及固定资产占比均明显为负, 模型 R^2 到了 0.438。中部地区所有气候变量及控制变量都不明显。东部地区气候变量不明显, 但固定资产占比明显为正。结果清楚地显示了气候影响有着明显的地理异质性。西部地区降水正向影响绩效, 因为西部多为干旱、半干旱地区, 水资源匮乏, 公共事业企业高度依赖降水来补充水源, 降水增多直接增加径流量及水库蓄水, 进而改善企业的产出和收益; 西部企业普遍存在着规模扩张过快、资产回报率偏低的问题, 造成规模以及固定资产占比为负[14]。中部地区气候不敏感, 主要是由于该地区水资源比较丰富, 水利设施比较完备, 黄河流域、长江流域水资源充沛, 降水变化对企业的运营边际影响不大, 其公共事业结构以不依赖降水的火电、燃气为主。东部地区固定资产占比明显为正, 说明东部地区工业化、城镇化水平高, 公共事业基础设施投入可以凭借高密度的服务需求获得良好的规模回报; 气候变量不明显, 因为东部地区供水、供电系统调节能力强, 经济发达, 技术精进, 减弱了对自然降水的依赖。总的来说, 西部为气候敏感区, 水资源管理及弹性投资应优先加强; 东部应重视资产运营能力; 中部更多地考虑非气候因素(表 9)。

Table 9. Heterogeneity test of climate fluctuations on the performance of public utility enterprises across different subsectors
表 9. 气候波动对不同子行业的公共事业企业绩效的异质性检验

	(1)	(2)	(3)
	X	X	X
X_1	0.017* (1.77)	-0.004 (-0.13)	0.024 (1.63)
X_2	-0.002 (-0.33)	0.004 (0.29)	0.019*** (2.88)
Y_1	-0.013** (-2.27)	0.013 (0.70)	-0.005 (-0.70)
Y_2	0.019 (1.10)	0.035 (0.71)	0.004 (0.17)
Y_3	0.010 (1.12)	0.029 (1.26)	-0.006 (-0.70)
_cons	0.199 (1.06)	-0.437 (-0.72)	-0.337 (-1.23)
地区效应	YES	YES	YES
时间效应	YES	YES	YES
样本量	420	80	100
R^2	0.243	0.240	0.296

公共事业囊括供水、电力、燃气、环保等各个子行业, 不同的行业气候传导机制不同, 所以本文按照行业代码将样本分为三组, 行业 1 为水务类企业, 行业 2 为燃气类企业, 行业 3 为火电类企业, 样本

量分别为 420、80、100 实行分组回归。从结果可以看出, 在行业 1 中, 降水量系数为 0.017, 明显为正, 温度不明显, R^2 为 0.243。在行业 2 中, 所有的气候变量都不明显。行业 3 的温度系数为 0.01, 明显为正, 降水量不明显, R^2 为 0.296。该结果很好地体现了各个行业之间存在的差异性。行业 1 以供水、水利或者污水处理为主, 生产运营高度依赖当期降水量, 降水增加直接减少了原材料获取成本或者增强了处理量, 继而改良绩效; 同时企业规模的负效应说明该行业存在规模不经济或者管理效率随规模扩张而下降的问题。行业 2 对气候不敏感, 燃气供应是和当期降水、温度关联较小的子行业, 其绩效更多是由管网建设、政策补贴等因素决定的。行业 3 以电力为主, 温度升高会增加居民及商业制冷用电需求, 继而带动发电企业收入上升, 所以温度系数明显为正; 降水量不明显也符合电力行业对降水依赖较低的特征。行业异质性检验结果表明, 气候波动的影响有着明显的行业途径依赖性, 降水主要影响水资源相关行业, 温度主要影响电力行业, 如果把所有的行业都混在一起实行回归分析, 就会忽略掉此类重要的信息。所以公共事业企业要根据自身的行业特点来制定不同的气候适应[15]。

5. 结论与建议

5.1. 结论

1) 降水量对公共事业企业绩效具有显著且稳健的正向影响

双向固定效应模型回归结果表明, 降水量系数在 1% 水平上明显为正, 经过多项稳健性检验之后, 也说明降水充足可以增加水务以及水电企业的资产回报率。气温系数虽然为正, 但是没有通过显著性检验, 说明平均气温变化在各个细分行业中正向以及负向效应相互抵消, 全样本层面统计上不明显。

2) 气候波动对公共事业企业绩效的影响有着明显的地理异质性

从理论根源上看, 这种地区异质性可以从三个层面加以解释。第一, 资源禀赋层面: 西部地区多为干旱半干旱地区, 水资源天然稀缺, 降水是企业获取原水的边际约束条件; 东部地区降水丰沛且水利基础设施完善, 降水变化对企业运营的边际影响已被“基础设施缓冲”所平滑。第二, 经济能力层面: 东部地区较高的经济发展水平使企业具备更强的技术调节能力和财务缓冲空间, 从而削弱了对自然降水的依赖。第三, 制度环境层面: 不同地区的环境规制强度、气候信息披露要求和基础设施投资政策存在差异, 构成了影响企业气候适应能力的异质性制度环境。这三重因素的叠加效应, 使得西部地区的公共事业企业对降水变化表现出远高于东部地区的敏感度——也意味着在不同地区推行“一刀切”的气候适应政策是缺乏效率的。

3) 气候波动对公共事业企业绩效的影响存在显著的行业异质性

水务行业降水量系数明显为正, 气温不明显, 说明降水是主要的生产要素; 电力行业温度系数明显为正, 降水量不明显, 说明气温升高通过增加制冷用电需求带动发电企业收入上升; 燃气行业对于两类气候变量都没有明显影响, 其绩效更多地取决于管网建设、政策补贴等非气候因素。由此可以看出气候影响存在行业途径依赖性, 混淆回归会丢失重要的信息。

4) 数字化转型是放大气候正向效应的关键赋能变量

调节效应检验表明, 数字化水平显著强化了降水量对 ROA 的正向影响(交互项系数 0.001, $p < 0.05$), 意味着数字化建设水平较高的公共事业企业具备更强的能力将降水丰沛年份的资源红利转化为实际的财务绩效。但气温与数字化的交互项不显著, 说明数字化转型对气温-绩效路径的调节作用尚未显现, 可能与当前数字化工具在需求侧响应中的应用深度不足有关。

5) 气候冲击对公共事业企业绩效的影响集中于当期

稳健性检验中降水量和温度的滞后一期、二期系数都不明显, 但是基准回归中降水量的当期明显效应还是稳健。公共事业企业生产高度依赖当期径流量、降水强度, 跨年度蓄水调节能力差; 温度对能源

需求的驱动也没有跨年度延迟的特点。该结论说明企业应该重视当期气候监测及快速响应能力。

根据上述内容, 气候波动对公共事业企业绩效的影响不是均匀的, 而是经由地区资源禀赋、行业技术特点以及资产状况等许多途径表现出不同的影响。研究证明了降水量对水务以及水电板块有主动的作用, 气温对电力板块的需求有驱动作用, 也发现了西部地区高气候敏感性、中部、东部地区相对韧性。以上结论给公共事业企业制订差异化的气候适应政策、监管机构实行精准化的风险管理政策赋予了实证支撑。

5.2. 政策建议与企业应对策略

第一, 企业要提高当期响应能力, 最实际的做法是搭建数字化监测平台。实证研究显示, 降水和气温变化对企业经营绩效的影响都集中在当期, 滞后效应并不明显。换句话说, 一旦出现异常气候, 企业如果不能马上察觉、马上行动, 绩效就可能直接受到影响。因此, 建议企业运用气象数据资源, 比如物联网传感设备、卫星遥感, 还有地面气象站的数据。这些来源不同、维度不同的数据可以整合成一个覆盖关键资产和运营区域的实时气象监测网络。通过该网络, 企业可实现气象数据的自动采集、实时传输与动态整合, 并将这些数据无缝对接到企业现有的财务风险预警与管理系统中。如当监测到某一区域连续多日降水量显著低于历史同期平均水平或预设的阈值时, 该系统能够自动触发针对性的成本超支模拟分析及现金流压力测试模块, 从而帮助管理层及早识别潜在的财务风险[16]。在此基础上, 管理层也可提前启动备用水源调度、调整生产排程或优化资源分配等一系列预案, 最终实现在气候异常事件发生初期即进行有效干预, 最大限度减轻其对财务状况造成的负面影响。

第二, 针对行业异质性, 差异化应用数字孪生与智能调度技术。根据水务企业降水正向驱动及电力企业气温正向驱动的差异, 可以利用数字孪生技术对城市供水系统、区域电网或大型燃气管网等关键基础设施构建高精度、多尺度的动态虚拟模型, 通过输入长期历史气象观测序列以及未来不同气候预测情景数据, 能够全面模拟在不同降水量、气温组合条件下系统的实际产能、运行损耗以及最终营收的详细变化情况。在此基础上, 借助强化学习等智能算法, 可以自动探索并生成最优的运行调度策略。例如, 在预测到降水偏枯的年份时, 提前优化水库蓄水计划并协调跨区域调水资源; 在高温预警发布之后, 则动态调整发电机组的启停状态以及实时购售电方案。这一系列由模型预演所生成的数字化决策与调控能力, 使得相关企业得以从以往被动应对问题的模式, 转变为能够主动预见、规划并驾驭复杂系统运行的前瞻性管理模式。

第三, 量化隐性风险, 开发气候风险量化的管理工具。由于气候波动已经系统地影响到公共事业企业 ROA, 所以企业在预算编制和绩效考核中应该加入“气候调整因子”。具体来说, 根据历史数据回归得到降水量、气温以及资产回报率的弹性系数, 再融合当年的气象预报来计算预期气候影响额, 把其从实际利润中剥离出来评定管理层的经营能力。同时在内部管理报表中增加气候风险价值指标, 量化干旱、高温等事件对当期利润的影响或者侵蚀, 把气象因素由外部不确定性变成可以计量、可以管理的经营变量。

第四, 聚焦精准施策, 实施差异化的数字化投资策略。西部地区企业由于生产经营活动与降水状况紧密相关, 表现出对降水变化的高度敏感性, 因此首要任务应当是优先构建完善水源地水文实时监测网络、基于数据分析的智能灌溉调度体系以及面向干旱风险的综合抗旱决策支持系统。东部地区由于基础设施完善, 并且资产利用效率较高, 应当将投资重点放在智能电网的升级改造、需求侧响应平台的搭建以及先进储能调度算法的研发与应用上。水务企业则需要集中资源, 着力攻关供水管网漏损的数字诊断技术, 加强对降水径流关系的科学研究, 构建精准的降水与流量预测模型[17]。电力企业的发展应依托于气温变化的精细化负荷预测技术, 同步开发用于优化市场运营的电价改良工具。燃气企业因其业务对气

候变化的敏感度相对较低,在推进数字化转型时,应侧重于加强燃气管网的安全监测能力与智能化水平,以及优化气源调配与供应体系,而不必像电力等行业那样推行与气象因素紧密联动的运营模式。

参考文献

- [1] 龙文,王冰倩,贺小洛.气候风险如何冲击股票市场?——基于物理风险和转型风险双视角[J].管理评论,2026,38(2): 56-68.
- [2] 赵胜民,彭馨漫,王超.气候物理风险如何向金融部门传染——基于银企借贷联系渠道的分析[J].金融研究,2025(5): 31-53.
- [3] 林子怡.极端天气对企业盈利能力的影响[D]:[硕士学位论文].上海:上海财经大学,2024.
- [4] 杜剑,张杰.气候变化对企业风险承担能力与金融化关系的影响研究——来自A股非金融类上市公司的证据[J].贵州师范大学学报(社会科学版),2023(1): 73-82.
- [5] 马骏,孙天印.气候转型风险和物理风险的分析方法和应用——以煤电和按揭贷款为例[J].清华金融评论,2020(9): 31-35.
- [6] 中国气象局.中国气候公报:2015-2025[R/OL].<http://www.cma.gov.cn/zfxgk/gkqr/qxbg/index.html>,2026-02-12.
- [7] 中国气象局.《中国气候变化蓝皮书(2025)》发布 气候系统变暖趋势持续[R/OL].http://www.cma.gov.cn/kjrh/lmdt/gzdt/202506/t20250630_7178560.html,2025-06-27.
- [8] 杨毅,何荣会.气候风险冲击的“阈值效应”与企业价值重塑[J].金融与经济,2026(3): 35-48.
- [9] 谢宜章,唐辛宜,吴菁琳.环境信息披露对企业财务绩效的影响——基于沪深A股化工行业上市公司的经验分析[J].湖南农业大学学报(社会科学版),2022,23(4): 115-124.
- [10] 迟铮.资本性环保支出与企业绩效交互影响问题研究[J].中国注册会计师,2020(8): 43-47.
- [11] 孙永平,刘玲娜.气候变化背景下韧性城市建设的意义与路径[J].人民论坛,2023(2): 63-66.
- [12] Sun, Y., Zou, Y., Jiang, J. and Yang, Y. (2023) Climate Change Risks and Financial Performance of the Electric Power Sector: Evidence from Listed Companies in China. *Climate Risk Management*, **39**, Article ID: 100474. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2022.100474>
- [13] Dell, M., Jones, B.F. and Olken, B.A. (2012) Temperature Shocks and Economic Growth: Evidence from the Last Half Century. *American Economic Journal: Macroeconomics*, **4**, 66-95. <https://doi.org/10.1257/mac.4.3.66>
- [14] 汪顺,余璐,雷玲.气候政策不确定性与中国企业升级困境[J].财经研究,2024,50(2): 123-138.
- [15] 安强身,李秋波.气候风险何以影响实体企业风险承担水平?——来自中国上市公司文本分析的证据[J].云南财经大学学报,2025,41(6): 64-81.
- [16] 郭倚天.有效应对气候相关金融风险[J].中国金融,2024(12): 62-63.
- [17] 黎明,张祺,韦一,苏雅倩.水务企业业绩评价体系的构建与应用——基于社会责任的视角[J].会计之友,2024(13): 63-69.