地缘政治风险对气候变化适应的影响研究

汪峰[1,2]，马梦畋[1]，李佳[1*]

（1. 南京信息工程大学商学院，江苏南京 210044；2. 南京信息工程大学气候经济与低碳产业研究院，江苏南京 210044）

【摘　要】全球地缘政治事件频发与气候变化影响交织叠加，加剧了气候变化适应行动的复杂性和系统性风险。为探究地缘政治风险对气候变化适应的影响，本文基于1995—2021年41个国家和地区面板数据，构建双向固定效应模型开展影响评估、异质性检验和影响维度分析。结果显示：①经多种稳健性检验证实，地缘政治风险对气候变化适应存在显著负面影响。②温室气体排放高、北美洲国家及可再生能源使用占比较低国家的气候变化适应更容易受到地缘政治风险带来的负面影响。③影响维度分析结果表明，地缘政治风险通过降低气候变化适应就绪度来影响各国气候变化适应能力。基于上述结论，本文提出相关政策建议，为中国积极参与全球气候治理提供参考。

【关键词】地缘政治风险；气候变化适应；双向固定效应

【中图分类号】X24；D815；F061.3　　【文章编号】1674-6252（2025）06-0007-12

【文献标识码】A　　【DOI】10.16868/j.cnki.1674-6252.2025.06.007

引言

随着全球变暖的加剧，积极主动应对气候变化已成为全球共识[1]。2024年，全球平均气温较工业化前水平高约1.55℃，首次超过1.5℃温升红线[2]。同时，极端天气气候事件频发，气候变化对全球经济社会的冲击持续扩大，采取积极主动的应对措施成为降低气候变化不利影响的必然选择[3]。气候变化应对措施涉及减缓和适应两种类型：减缓措施效果相对滞后，短期内难以减弱气候变化不利影响[4]；而积极、及时的适应措施能迅速减小气候变化潜在风险，且能与减缓措施协同增效。近年来，各国通过加强基础设施建设、完善灾害预警系统等一系列举措，着力提升气候变化适应能力。

然而，当前全球气候变化适应面临日益加剧的地缘政治风险挑战。地缘政治风险指因国家和地区间政治分歧与地理位置特性相互作用导致的风险状态，其表现形式包括局势紧张、冲突乃至战争等[5]。地缘政治风险不仅会加剧气候风险分布不平等，还会放大气候变化负面影响。一方面，气候变化引发资源短缺，中美贸易战、俄乌冲突[6]、巴以冲突等地缘政治事件刺激大国对资源的争夺，扰乱全球资源分配体系与市场稳定[7]。另一方面，战争和冲突会加剧生态退化，扩大气候灾害暴露范围，并直接破坏基础设施建设，从而削弱气候韧性。当一个国家或地区受地缘政治风险威胁时，其财政预算往往会向国家安全层面倾斜，由此引发可再生能源需求下降[8]、低碳技术发展停滞[6]、气候政策不确定性上升[9]等问题，削弱其气候变化适应能力。

目前，气候变化适应相关研究主要围绕影响因素识别和提升路径两个维度展开。一方面，现有研究从灾害风险管理[10]、绿色创新[11]、经济发展、政治政策、国际合作和全球气候治理[12]等多维视角，深入探讨了影响气候变化适应的关键因素，并强调气候变化适应的关键在于系统性干预以降低社会和生态系统的暴露度[3]。另一方面，研究发现通过城市绿色基础设施建设[13]、政府治理效能提

资助项目：国家社科基金重大项目“气候风险应对与绿色生产力提升协同推进的实现路径和政策支持研究”（24&ZD098）。
作者简介：汪峰（1988—），男，博士，副研究员，研究方向为环境与气候政策量化评估，E-mail：vanf1004@nuist.edu.cn。
*** 责任作者：**李佳（1991—），女，博士，讲师，研究方向为发展经济学，E-mail：lijia_rika@nuist.edu.cn。

升 [14]、资源约束下的政策优化 [15]，以及积极争取国际资金和技术援助 [16] 等途径，能增强不同主体的气候变化适应能力。然而，既有文献多聚焦于气候变量的直接冲击，对非气候因素的影响考量尚不充分，尤其忽视了地缘政治风险对经济、能源安全和生态环境等维度的潜在影响。从经济维度看，地缘政治风险不仅会抑制国际贸易开放水平 [17]，加剧全球供应链断裂风险 [18] 并降低其韧性 [19]，还会显著提升绿色金融市场不确定性 [20]，引发企业融资约束 [21] 和气候风险暴露 [22]。从能源安全维度看，地缘政治风险会扰动国际能源市场稳定 [23]，引发能源价格波动 [7,24]，延缓可再生能源转型 [25]，并威胁发展中国家和低收入国家能源安全 [26]。从生态环境维度看，地缘政治风险往往导致碳排放上升 [27]，阻碍全球可持续发展目标实现 [28,29]。由此可见，地缘政治风险的多维度影响削弱了社会、经济和生态系统的气候变化适应基础和行动能力，而忽视该影响不仅会使得当前气候变化适应策略和措施在面临气候复合风险时效能不足，更可能延缓全球气候韧性建设进程。

因此，本研究利用跨国面板数据构建双向固定效应模型，旨在揭示地缘政治风险对气候变化适应的影响，并深入剖析其异质性特征与影响维度。本研究拓展了地缘政治风险在全球气候变化领域研究的深度与广度，为理解非气候因素对气候变化适应的影响提供了新的视角与实证依据。基于研究发现，本文提出应对地缘政治风险对气候变化适应影响的对策建议，以期为中国积极参与全球气候治理提供理论和实践支撑。

1 理论分析与研究假说

1.1 地缘政治风险对气候变化适应的影响

地缘政治风险涵盖社会动荡、军事冲突、恐怖主义活动、国际贸易与政治争端等多种形式 [30]，深刻影响各国经济和社会稳定 [5]。一方面，地缘政治风险可能导致劳动力、商品等跨区域流动受阻，引发生产过程必需投入品价格剧烈波动，加之技术封锁和产业脱钩频发，加剧全球供应链断裂风险 [18]。另一方面，在地缘政治风险引发的多种不利因素叠加之下，各国政府拟用于公共投入的财政空间压缩，可能使得灾害预警体系建设、灌溉系统升级、抗逆品种培育等气候变化适应领域的投资减少，削弱社会系统整体的气候变化适应能力。

同时，地缘政治风险严重威胁全球能源市场稳定。能源作为社会经济发展的基础性投入，其全球生产和消费格局呈现显著的区域不均衡特征，更易受地缘政治风险影响 [31]。大国围绕战略资源的博弈与竞争会冲击现有能源市场，破坏能源供需平衡；能源出口国出于国家安全和发展考虑，可能减少能源出口，推高能源价格 [23]，影响全球能源供应 [19]。此外，地缘政治风险会强化投资者对未来市场不稳定的预期，引发投机与避险情绪，导致能源市场溢价严重，加剧市场系统性风险。长期来看，地缘政治风险会强化部分国家和地区对化石能源的依赖 [32]，延缓其清洁能源转型，这不仅会提升其气候风险暴露，更削弱了关键领域适应行动的推进和执行效能。

再者，地缘政治冲突可能加剧脆弱国家和地区的生态环境退化 [33]。地缘政治冲突下，各方为争夺战略资源，忽视生态环境保护，加速掠夺性开采，引发水资源污染、自然栖息地破坏、生物多样性丧失等不利影响，削弱各个国家和地区生态系统的气候变化自然缓冲能力。继而，政治冲突引发的军事活动可能带来大量化石燃料消耗，直接或间接推高碳排放 [34]，进一步加剧气候变化。与此同时，随着大量资金和人力资本向国防和军事领域转移，可能挤占本应用于气候变化适应的生态基础设施建设和维护投入，持续弱化其防灾减灾能力。

基于此，提出假说 H1：地缘政治风险对各国气候变化适应存在显著的负面影响。

1.2 地缘政治风险对气候变化适应的影响维度

气候变化适应能力主要取决于所在地区的气候变化脆弱性和气候变化适应就绪度两个维度 [35]。气候变化脆弱性指自然和人类社会系统面临气候变化负面影响时的暴露度、敏感度和自身适应能力。脆弱性主要由区域地理环境、基础设施存量与社会经济结构等长期、稳定因素决定，短期内相对不易因外部冲击而发生根本性改变。相比之下，气候变化适应就绪度反映一国将资源有效转化为实际适应行动的能力，具体体现在资金配置、技术获取、基础

设施建设、能源等生产要素支撑、政策执行及社会动员等多方面，更易受外部因素尤其是地缘政治风险的影响。因此，本文认为，地缘政治风险主要通过削弱气候变化适应就绪度，而非直接改变脆弱性，影响气候变化适应能力。具体而言：

经济就绪度层面，地缘政治风险会对气候变化适应所需的商品、技术、资本等经济支撑构成直接威胁[36]。地缘政治风险会引发出口管制、加征关税、绿色贸易壁垒等贸易保护主义政策，限制能源、关键金属等大宗商品跨境流动[37]，扰乱相关国家和地区正常的生产活动。地缘政治冲突还会显著抑制资本和技术的国际流动[38]。受制裁国家和地区常被排除于国际主流融资网络之外，难以获取国际绿色信贷、气候债券等关键资金支持。同时，政治互信缺失背景下，国家和地区间技术合作意愿下降，尤其在气候变化适应相关的先进技术共享与联合研发方面表现迟缓，导致技术扩散进程受阻。此外，发达国家为规避风险可能收缩气候变化适应项目投资，减少向欠发达国家和地区提供低碳技术和资金支持[39]，影响全球气候变化适应合作。

治理就绪度层面，地缘政治风险可能削弱气候变化适应政策执行效能。面向地缘政治风险，政府行政资源往往高度集中于外交、国防与安全领域，适应行动所需的长周期投资与基础设施项目因预算削减或拨款延迟而停滞，使得气候变化适应议程被迫后置。同时，地缘政治风险的提升可能导致社会失序及制度治理失灵[29]，导致气候变化适应政策执行效率下降，甚至被迫调整，严重损害治理体系的整体效率与适应行动的落地。此外，地缘政治风险会弱化多边合作机制，限制国际资本流动，导致发达国家气候融资承诺难以落实，进而掣肘区域气候变化适应能力提升。

社会就绪度层面，地缘政治风险会影响社会长期适应能力提升。气候变化适应政策实施需要社会共识和集体行动能力培育，广泛的社会支持和公众参与是关键适应措施有效落实的前提[40]。地缘政治风险引发的资源重新配置导致社会保障与公共服务支出被压缩，使得更易受气候变化冲击的弱势群体难以获得有效适应资源（如灾后重建资金），引发气候变化适应不公平，削弱气候变化适应的社会凝聚力与集体行动能力。此外，地缘政治风险会挤占气候教育与技能培训等资源投入，影响气候变化适应人才储备与公众认知；更会制约气候风险监测、预警、灾害响应等气候信息公共服务体系建设与普及，削弱气候冲击下全社会的调整与转型能力。

综上所述，地缘政治风险全面影响了气候变化适应行动所依赖的经济、治理和社会维度等过程性要素，而这些要素正是气候变化适应就绪度的核心构成，其受影响程度远大于决定脆弱性的长期结构性条件。基于此，提出假说 H2：地缘政治风险会通过降低气候变化适应就绪度影响各国气候变化适应能力。

2 模型设定及数据说明

2.1 模型设定

本文将地缘政治风险指数（GPR）作为解释变量，采用表征各国气候变化适应能力（ND-GAIN）的美国圣母大学全球适应指数（ND-GAIN 指数）作为被解释变量，控制变量包括各国经济发展水平、城市化水平、开放水平和能源消费结构，参考 Lee 等[5]、Tao 等[27]和徐妍等[6]研究方法，构建双向固定效应模型分析地缘政治风险对气候变化适应的影响：

$$\text{ND-GAIN}_{it} = \beta_0 + \beta_1 \text{GPR}_{it} + \lambda \text{controls}_{it} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中，i 和 t 分别表示国家和年份；被解释变量 ND-GAIN_{it} 表示国家 i 在 t 年的气候变化适应能力；解释变量 GPR_{it} 表示国家 i 在 t 年的地缘政治风险；controls_{it} 为本文选取的一系列控制变量；μ_i、δ_t 分别为国家和时间固定效应；ε_{it} 为随机误差项；β_1 是本文重点关注的系数，表示地缘政治风险对气候变化适应的影响，若 $\beta_1<0$，则说明地缘政治风险对气候变化适应有负面影响；β_0 是常数项。

2.2 数据来源及变量说明

2.2.1 被解释变量

本文的被解释变量（ND-GAIN）是各国气候变化适应能力。该指数从脆弱性与就绪度两个维度系统评估了全球 182 个国家和地区 1995—2023 年气候变化适应能力。其中，脆弱性指数衡量各国在面对气候变化时易受损害的程度，指标体系涵盖食

物、水、健康、生态系统服务、人类居住地和基础设施六个关键领域，各领域分别从暴露度、敏感度与适应能力三方面设计具体指标共 36 项①。所有指标原始数据经标准化处理为 0～1 区间内数值，再通过等权重逐层算术平均计算得到各领域分数及总体脆弱性指数分数，得分越高表示脆弱性越强。就绪度指数指标体系涵盖经济、治理与社会就绪度三个子维度，共纳入 9 项指标（如营商环境、政治稳定性、教育水平等）。各指标原始数据同样经标准化处理为 0～1 分值，再通过算术平均得到总体就绪度指数分数，分值越高表示就绪度越佳。最终，ND-GAIN 国家指数由式（2）计算得到 0～100 范围得分，以综合反映一国面向气候变化冲击的整体适应能力，分数越高则气候变化适应能力越强。

$$\text{ND-GAIN指数分数} = (\text{就绪度指数分数} - \text{脆弱性指数分数} + 1) \times 50 \tag{2}$$

2.2.2 解释变量

本文的解释变量地缘政治风险指数（GPR 指数）通过统计 1985 年以来 10 份主要国际报纸上涉及地缘政治事件和风险的八类文章（战争威胁、和平威胁、军事集结、核威胁、恐怖主义威胁、战争爆发、战争升级、恐怖主义行为）月度频数，计算其与报纸文章总数的比例构建 [42]，在当前地缘政治风险实证研究中应用广泛 [43,44]。GPR 指数越大，表明地缘政治风险越大。本文从 GPR 网站获取 1985 年 1 月 1 日至 2025 年 1 月 1 日的 GPR 指数 [45]，共涵盖 44 个国家和地区，整体波动较大，近几年持续升高。

2.2.3 控制变量

参考现有文献，本文选取经济发展水平（Lnpgdp）、城市化水平（Urban）、开放水平（Open）、能源消费结构（Energy）作为控制变量，从世界银行获取 1960—2023 年 266 个国家和地区控制变量相关数据 [46]。

（1）经济发展水平（Lnpgdp）：采用人均国内生产总值衡量。研究表明，经济发展水平较高的国家通常具备更强的财政资源和制度能力，使其能在地缘政治动荡中维持甚至增加气候变化适应相关投入，确保必要的气候变化适应措施得以在面临气候变化和地缘政治风险时持续推进 [47]。考虑人均国内生产总值（GDP）数值过大，为缓解异方差问题，本文对人均 GDP 取对数处理。

（2）城市化水平（Urban）：采用城市人口占总人口比例衡量。人口高度集聚于单一核心城市或少数重点城市的国家面临气候变化影响时可能表现出更高的敏感性。研究显示，过快的城市化和土地利用变化加剧了全球环境挑战 [48]，并加剧地区变暖趋势，增加极端天气事件发生频率 [49]。

（3）开放水平（Open）：采用贸易总额占 GDP 比重衡量。研究表明，国际贸易不仅会带来区域间碳排放虚拟转移 [50]，还会通过环保技术贸易影响区域碳排放，从而对不同地区的气候变化适应产生影响。

（4）能源消费结构（Energy）：采用可再生能源消费量占能源消费总量的百分比衡量。研究表明，使用可再生能源可提升气候变化适应能力并降低气候变化风险 [51]。

3 实证分析

3.1 描述性统计

鉴于不同数据来源的时空覆盖差异，本文整合比对所有可用数据，通过初步匹配构建了一个涵盖 1995—2022 年 42 个国家和地区 1176 个有效样本的平衡面板数据集。由于委内瑞拉人均 GDP 和开放水平数据、比利时开放水平数据均有缺失值，且不少国家 2022 年能源消费结构数据存在缺失，为确保模型估计有效性和一致性，本文剔除所有缺失数据，最终形成 1995—2021 年 41 个国家和地区 1103 个有效观测值的面板数据用于实证分析。

表 1 展示了各变量的描述性统计结果。ND-GAIN 指数最大值为 76.482，最小值为 40.246，标准误差为 9.452，说明不同国家气候变化适应能力差距较大；欧美发达国家 ND-GAIN 指数整体较高，发展中国家 ND-GAIN 指数总体较低。GPR 指数平均值为 0.208，标准误差为 0.408，最大值和最小值分别为 4.350 和 0.004，说明尽管地缘政治风险整体处于较低水平，但国家 / 地区间仍存在一定差异，且个别国家出现极端高值。四个控制变量的标准误差均较大，反映出样本国家在经济发展、城市

① ND-GAIN 国家指数具体指标体系详见 https://gain.nd.edu/our-work/country-index/methodology/indicators/。

化、对外开放和能源消费结构上存在显著异质性。

表1 描述性统计

变量	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
GPR	1 103	0.208	0.408	0.004	4.350
ND-GAIN	1 103	57.510	9.452	40.246	76.482
lnpgdp	1 103	22 932.355	20 650.821	618.139	88 520.322
Urban	1 103	71.288	16.784	22.166	98.117
Open	1 103	59.526	35.368	12.315	192.123
Energy	1 103	18.074	15.065	0	64.900

3.2 基准回归

表 2 的三组回归结果一致表明，在控制经济发展水平、城市化水平、开放水平和能源消费结构后，地缘政治风险指数的相关系数均在 10% 水平下显著为负，表明地缘政治风险对国家气候变化适应能力存在显著抑制效应，假说 H1 得到支持。同时，人均 GDP 的系数均显著为正，表明经济增长是提升气候变化适应能力的关键。

3.3 内生性问题和工具变量法

考虑到气候适应能力的提升可能反过来影响地缘政治风险，基准回归结果（表 2）可能因反向因果问题而产生估计偏误。因此，本文采用工具变量法以缓解基准模型存在的内生性问题。宗教信仰差异是地缘政治风险的重要历史和文化根源，历史上多次冲突与战争均源于宗教分歧，因而宗教因素被视为国际关系研究中的关键变量 [52]。同时，宗教信仰差异与气候变化适应之间缺乏直接的理论关联，满足外生性需求；且除地缘政治风险外，亦难以识别宗教信仰差异会通过其他渠道系统性影响气候变化适应能力。因此，宗教信仰差异满足相关性、外生性、排他性三个要求，可以作为地缘政治风险的工具变量。本文借鉴郑冠群等 [53] 研究思路，将国内宗教信仰冲突（DomRelConfl）和国际宗教信仰冲突（IntRelConfl）构造为两个工具变量。工具变量估计结果如表 3 所示。

从表 3 第（1）和（3）第列的一阶段回归结果可以看出，国内宗教信仰冲突和国际宗教信仰冲突均与地缘政治风险显著正相关，符合预期。同时，第一阶段 Cragg-Donald Wald F 统计量均大于

表2 基准回归结果

变量	(1) ND-GAIN	(2) ND-GAIN	(3) ND-GAIN
GPR	−0.708** (−2.12)	−0.538* (−1.90)	−0.591** (−2.03)
lnpgdp	6.659*** (5.27)	4.689*** (4.30)	3.079* (1.89)
Urban	0.174** (2.26)	0.0608 (0.97)	0.0622 (0.93)
Open	−0.002 22 (−0.20)	−0.007 82 (−0.83)	−0.008 13 (−0.86)
Energy	0.123*** (6.57)	0.0567** (2.43)	0.0322 (0.97)
常数项	−20.03** (−2.16)	−224.6*** (−3.68)	−279.1*** (−3.57)
国家固定效应	是	否	是
年份固定效应	否	是	是
N	1 103	1 103	1 103
R^2	0.525	0.569	0.574

注：括号内为 t 值；***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 的水平上显著。

10，因此可以拒绝弱工具变量的原假设。第（2）和（4）列报告了第二阶段回归结果，GPR 系数至少在 5% 的水平下显著为负，这与基准回归结果一致，验证假设 H1 的成立。这一结果表明，地缘政治风险对气候变化适应能力具有显著的抑制作用。

3.4 稳健性检验

基于选取的数据和已有文献，本文通过控制地区固定效应、剔除特殊年份和替换地缘政治风险测度变量等方式开展稳健性检验。

3.4.1 控制地区固定效应

地缘政治风险在世界各国和地区间产生明显的溢出效应 [23] 和区域联动性，其影响很少局限于单一国家和地区内；同时，同一区域内国家面临相似气候条件，在气候变化适应政策上存在协调与合作。因此，为验证基准回归结果稳健性，本文将国家固定效应替换为地区固定效应进行重新估计，检验结果如表 4 第（1）列所示。地缘政治风险指数的回归系数仍在 10% 水平上显著为负，且各控制变量的系数方向与显著性均与基准回归基本一致。该结果表明，在考虑区域共同特征后，地缘政治风险对气候变化适应能力的抑制效应依然稳健，进一步支持了假说 H1 的结论。

表3　基准回归的工具变量估计结果

变量	DomRelConfl		IntRelConfl	
	（1）	（2）	（3）	（4）
	GPR	ND-GAIN	GPR	ND-GAIN
DomRelConfl	0.000** （2.166）			
IntRelConfl			0.001** （2.473）	
GPR		−3.990** （−2.079）		−3.633** （−2.257）
lnpgdp	0.157** （2.490）	3.626** （2.240）	0.180*** （2.714）	3.568** （2.169）
Urban	0.000 （0.070）	0.063 （0.915）	0.000 （0.102）	0.063 （0.918）
Open	−0.000 （−1.163）	−0.009 （−0.953）	−0.001 （−1.414）	−0.009 （−0.947）
Energy	0.002 （1.540）	0.038 （1.136）	0.002* （1.953）	0.037 （1.111）
常数项	1.029 （0.315）	−272.887*** （−3.373）	2.559 （0.786）	−273.536*** （−3.388）
国家固定效应	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是
N	1 103	1 103	1 103	1 103
R^2	0.080	0.523	0.089	0.533
F		69.535		80.386

注：括号内为 *t* 值；***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 的水平上显著。

3.4.2 剔除特殊年份

为保证基准回归结果的可靠性，本文剔除了 2020 年及之后年份的观测值并开展稳健性检验。受新冠感染疫情影响，2020 年以来全球经济、政治等多方面受到显著冲击。为排除其对地缘政治风险与气候变化适应能力之间关系的潜在干扰，本文将 2020 年 1 月至 2021 年 12 月的观测值剔除，稳健性结果如表 4 第（2）列所示。结果显示，GPR 指数的相关系数变为 −0.788，且在 5% 的水平下显著，表明在排除疫情时期数据后，地缘政治风险对气候变化适应能力仍具有显著的抑制效应；同时，系数绝对值的增大也提示，新冠感染疫情期间各国采取的非常规政策可能一定程度上缓解了地缘政治风险对气候变化适应能力的负面冲击。

3.4.3 替换地缘政治风险测度变量

本文进一步采用瑞典乌普萨拉大学和平与冲突研究所构建的乌普萨拉冲突数据计划（UCDP）数据库中的武装冲突数据集 [54]，将其记录的武装冲突发生频率作为地缘政治风险的替代变量，重新对模型进行估计。该数据集收录了全球范围内的武装冲突事件，能够客观反映国家面临的实际安全威胁，从而有效捕捉地缘政治紧张态势的现实表现。由于大多数国家的武装冲突发生频率为 0，少数国家冲突频率较高，为了减小数据偏态，缩小变量的波动幅度，本文对 UCDP 指数进行对数处理。考虑到大部分 UCDP 指数取值为 0，因此在对数变换时对所有观测值进行了加 1 处理。

检验结果如表 4 第（3）列所示，UCDP 指数的估计系数仍在 1% 水平上显著为负，其符号与显著性均与基准回归中地缘政治风险指数一致，且控制变量的系数方向与显著性未发生实质性改变，进一步支持了地缘政治风险对国家气候变化适应能力具有抑制效应的假设，研究结果对不同风险测度方式具备良好的稳健性。

表4　稳健性检验结果

变量	（1） 控制地区固定效应 ND-GAIN	（2） 剔除特殊年份 ND-GAIN	（3） 替换测度变量 ND-GAIN
GPR	−0.531* （−1.873）	−0.788** （−2.695）	
lnUCDP			−3.132*** （−3.256）
lnpgdp	3.972*** （3.399）	2.756 （1.595）	3.125* （1.990）
Urban	0.071 （1.111）	0.064 （0.874）	0.062 （0.948）
Open	−0.009 （−1.022）	−0.006 （−0.655）	−0.010 （−1.128）
Energy	0.050** （2.069）	0.043 （1.183）	0.031 （0.969）
常数项	−246.154*** （−3.713）	−315.043*** （−3.897）	−279.970*** （−3.671）
国家固定效应	是	是	是
年份固定效应	是	是	是
N	1 103	1 021	1 103
R^2	0.572	0.575	0.584

注：括号内为 *t* 值；***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 的水平上显著。

3.5 异质性检验

3.5.1 温室气体（GHGs）排放量

地缘政治风险常以能源供应波动、贸易壁垒等形式显现，对各国气候行动产生不同冲击。不同国家和地区因经济水平、技术发展存在显著差异，温室气体排放也呈现明显不同。因此，温室气体排放量是衡量一个国家低碳发展的重要指标，能清晰揭示不同国家在地缘政治风险冲击下的差异化气候变化适应路径与应对策略，为全球气候治理提供参考。基于此，本文基于各国温室气体排放量开展异质性分析。本文采用全球大气研究排放数据库（EDGAR）构建的世界各国温室气体排放量数据集 [55]，根据 2021 年各国温室气体排放量数据对相关国家进行分类。具体而言，以所有涉及国家排放量的中位数为标准，2021 年排放量低于该数值的国家被归为低排放国家，高于该数值的被划分为高排放国家。

异质性分析结果（表 5）显示，地缘政治风险对高排放国家的气候变化适应能力存在显著的抑制作用，而在低排放国家中并不显著。这一异质性可能源于高排放国家通常更深层次地嵌入全球能源供应链与国际资本流动体系，当地缘政治风险冲击能源供应或资金投入时，其适应能力更易受到影响。而低排放国家分为两种情况：对于低排放的发达国家，地缘政治风险对其气候变化适应的影响不显著，这可能主要得益于其强大的经济韧性、先进的技术水平和健全的制度架构，能有效缓解外部地缘政治冲击，确保气候变化适应政策实施的连续性；而对于低排放的发展中国家，可能由于其往往获得较多的国际援助与气候资金支持，一定程度上缓冲了地缘政治风险产生的负面冲击，因此气候变化适应能力所受影响相对较小。

表5　按温室气体排放量划分的异质性分析结果

变量	(1) GHGs 低排放国家 ND-GAIN	(2) GHGs 高排放国家 ND-GAIN
GPR	0.373 (0.417)	−0.765** (−2.302)
lnpgdp	0.151 (0.068)	4.487** (2.204)
Urban	0.156* (1.898)	−0.046 (−0.425)
Open	−0.014 (−1.462)	−0.010 (−0.558)
Energy	0.022 (0.545)	0.029 (0.605)
常数项	−291.202*** (−2.873)	−329.163** (−2.754)
国家固定效应	是	是
年份固定效应	是	是
N	536	567
R^2	0.677	0.544

注：括号内为 t 值；***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 的水平上显著。

3.5.2 地理位置

地理位置是国家和地区在制定与实施气候变化适应政策过程中不可忽视的重要影响因素。不同的纬度分布、地形复杂性及海陆位置的差异，共同塑造了不同国家和地区独特的气候条件和面临的特定挑战。因此，在制定适应策略时，国家和地区需全面评估其所处地理环境带来的风险与约束，以形成切实有效且符合国情的政策方案。基于地理因素的空间异质性，本文将样本国家按地域划分为亚洲、欧洲、北美洲、南美洲与其他地区五个组别进行异质性检验。

异质性分析（表 6）表明，地缘政治风险对气候变化适应能力的抑制效应在北美洲地区尤为显著。这主要由于美国和加拿大政治体系复杂，地缘政治风险较高，尤其是在国际关系紧张、国内政治对立加剧的背景下，气候变化适应政策常常受到影响；而南美洲的大部分国家已逐步在国际合作和气候融资中建立了明确的政策框架，气候变化适应政策相对稳定，同时也会通过区域性合作和国际气候协议获得一定的气候资金支持。相比之下，亚洲国家可能通过参与“一带一路”倡议等多边合作机制，在气候变化适应方面获得了更多资金与技术支援；欧洲国家则普遍经济发展水平高、制度成熟，且欧盟在推动协同气候政策方面较为积极，因而对地缘政治风险形成了较强的缓冲能力。

表 6　按地理位置划分的异质性分析结果

变量	（1）亚洲 ND-GAIN	（2）欧洲 ND-GAIN	（3）北美洲 ND-GAIN	（4）南美洲 ND-GAIN	（5）其他地区 ND-GAIN
GPR	0.898 （0.509）	−1.256 （−1.196）	−1.204* （−3.727）	6.508 （0.969）	−1.990 （−0.703）
lnpgdp	0.218 （0.084）	2.954 （0.842）	8.737 （1.584）	9.937* （2.295）	5.531** （4.762）
Urban	0.106 （0.912）	0.018 （0.141）	0.836 （0.834）	0.082 （0.217）	0.038 （0.138）
Open	0.014 （0.866）	−0.023 （−1.304）	−0.125 （−1.015）	−0.055* （−2.601）	−0.022 （−0.853）
Energy	0.048 （0.703）	−0.047 （−1.030）	−0.431 （−1.287）	0.029 （0.306）	0.347* （2.576）
常数项	−461.366** （−2.223）	422.835*** （−4.011）	−0.434 （−0.001）	−30.195 （−0.199）	−170.852 （−0.917）
国家固定效应	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是
N	324	455	81	135	108
R^2	0.604	0.684	0.387	0.722	0.654

注：括号内为 t 值；***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 的水平上显著。

3.5.3 能源消费结构

能源是气候变化适应的基础性投入要素。不同的能源消费结构对适应能力产生差异性影响，因而在制定气候变化适应政策时，需对能源结构进行全面评估与合理规划。为考察这一结构性因素的影响，本文以可再生能源消费占能源消费总量比例来衡量能源消费结构，并依据该指标的中位数将样本国家划分为可再生能源占比低国家和可再生能源占比高国家，以开展异质性分析。

如表 7 第（1）列所示，对于可再生能源占比低国家，地缘政治风险对其气候变化适应能力存在显著负向影响，反映出此类国家在推进气候变化适应政策时更易受到地缘政治风险的制约。这一现象可能源于该类国家对传统化石能源依赖程度较高，而化石能源的供给安全与价格稳定极易受到地缘政治事件的干扰。当地缘政治风险上升时，国际能源市场往往出现价格剧烈波动与供应链断裂等问题，使得这些国家面临能源替代选择有限、供应稳定性下降等多重压力，进而削弱其在气候变化适应过程中的系统韧性与响应能力。

3.6 影响维度分析

为进一步探究地缘政治风险对气候变化适应的影响维度，本文对 ND-GAIN 指数的气候变化适应就绪度指数进行回归分析。气候变化适应就绪度是指在安全高效的营商环境下，一个国家利用投资来适应行动的能力，具体包括经济就绪度、治理就绪度和社会就绪度三方面指标 [35]。

表 8 第（1）列结果显示，地缘政治风险能够显著降低各国气候变化适应就绪度。地缘政治风险的上升往往导致各国将更多公共预算配置于国防安全领域，从而挤占可用于气候行动的财政资源，并延缓国内气候变化适应相关政策的推进进程。国际关系紧张则会削弱国家间合作，引发贸易壁垒增高、跨境融资渠道收窄，进而降低资本流动性，推高融资成本，加剧气候资金的筹措压力。与此同时，地缘政治冲突还会阻碍国家间在气候变化适应技术方面的交流与协作，抑制技术创新与扩散。此

表 7　按能源消费结构划分的异质性分析结果

变量	（1）可再生能源占比低的国家 ND-GAIN	（2）可再生能源占比高的国家 ND-GAIN
GPR	−0.696** （−2.326）	−2.412 （−0.855）
lnpgdp	4.082* （1.944）	−1.545 （−0.669）
Urban	0.042 （0.467）	0.032 （0.364）
Open	−0.019 （−1.582）	0.018* （1.880）
Energy	0.007 （0.081）	−0.011 （−0.323）
常数项	−267.998** （−2.127）	−452.728*** （−4.311）
国家固定效应	是	是
年份固定效应	是	是
N	671	432
R^2	0.550	0.664

注：括号内为 t 值；***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 的水平上显著。

外，地缘政治风险还可能侵蚀国际社会对气候治理的共识与责任意识，从而影响全球和各国气候机构的政策协调与执行效力。本文还针对气候变化脆弱性指数进行了回归分析，表 8 第（2）列结果显示，地缘政治风险并未显著影响样本国家的气候变化脆弱性，印证了该影响维度的理论分析。

表8　影响维度分析结果

变量	（1） 气候变化适应就绪度指数	（2） 气候变化脆弱性指数
GPR	−0.012 5** （−2.44）	−0.000 757 （−0.39）
lnpgdp	0.057 9* （1.70）	−0.007 34 （−1.21）
Urban	0.002 00 （1.49）	0.000 706** （2.10）
Open	−0.000 109 （−0.57）	0.000 067 1 （1.57）
Energy	0.001 33* （1.95）	0.000 732*** （6.13）
常数项	−3.687** （−2.38）	2.565*** （8.37）
国家固定效应	是	是
年份固定效应	是	是
N	1103	1103
R^2	0.448	0.636

注：括号内为 t 值；**、* 分别表示在 5%、10% 的水平上显著。

4 结论及建议

4.1 结论

为探究地缘政治风险对气候变化适应的影响，本文使用 1995—2021 年 41 个国家的面板数据，构建双向固定效应模型进行实证检验。在此基础上，根据不同的划分标准对样本国家进行了异质性检验，揭示了地缘政治风险对不同类型国家 / 地区气候变化适应的影响差异，并进一步从维度指标角度开展了地缘政治风险对气候变化适应的影响维度分析。最终得出以下结论：

（1）地缘政治风险对气候变化适应存在显著的负面影响，这一结论在控制地区固定效应、剔除特殊年份、替换测度变量后的稳健性检验下仍然成立。为进一步缓解可能存在的内生性问题，本文采用了国内宗教信仰冲突和国际宗教信仰冲突两个工具变量进行重新估计，其回归结果与基准回归结果保持一致。

（2）异质性检验结果显示，地缘政治风险因温室气体排放、地理位置、能源消费结构等因素对不同国家 / 地区气候变化适应的影响存在显著差异。其中，温室气体排放高、北美洲国家及可再生能源使用占比低国家的气候变化适应更容易受到地缘政治风险的负面影响。这种差异可从三个维度解释：其一，高排放国家更深层次嵌入全球能源供应链与国际资本流动体系，面临的气候风险和地缘政治风险更为复杂。其二，北美洲国家政治体系较为复杂，受地缘政治风险的影响较大。其三，可再生能源占比低的国家对传统化石能源依赖程度较高，地缘政治风险导致的能源供应中断会削弱其气候变化适应能力。

（3）影响维度分析结果表明，地缘政治风险会通过降低气候变化适应就绪度，进而影响各国气候变化适应能力。

4.2 政策建议

基于以上研究结论，结合中国国情和实际，提出政策建议如下：

（1）强化国内风险监测，稳步提升气候变化适应能力。中国可依托大数据、人工智能等新兴技术，构建潜在地缘政治风险（如军事冲突、贸易壁垒、能源价格波动、政策变动等）和气候风险动态监测平台，建立地缘政治风险下多部门协作（如国防、外交、环境、经济等部门）的气候安全协调机制。此外，作为全球主要温室气体排放国，中国应加强可再生能源投资和消费，降低地缘政治风险对气候变化适应的潜在不利影响；推动粮食增产、海水淡化等技术发展，提升自给自足能力；加快和完善国内基础设施建设，加大对交通、水利工程、能源供应设施的投资，提升基础设施在极端气候条件下的可靠性和稳定性。同时，加强气候变化适应政策公众教育，提升公众的气候变化适应意识和转型能力。

（2）积极参与国际合作，打造气候变化适应共同体。中国应积极参与并推动联合国气候变化框架公约（UNFCCC）等全球气候合作平台建设，深化

全球气候变化适应协作，构建常态化的气候变化适应技术、资金和能力建设转移机制，强化与相邻国家和地区在水资源、能源和生态管理等领域深度合作。中国可以通过“一带一路”倡议等平台助推区域气候适应战略共建，降低由于地区冲突可能造成的潜在气候适应风险；对于“一带一路”倡议沿线受地缘政治风险影响较大的国家，中国可以根据其气候变化适应就绪度短板，开展针对性技术和资金援助。

参考文献

[1] HSIANG S, KOPP R E. An economist's guide to climate change science[J]. Journal of economic perspectives, 2018, 32(4): 3-32.

[2] 中华人民共和国生态环境部 . 中国适应气候变化进展报告 (2024)[R]. 北京 : 中华人民共和国生态环境部 , 2025.

[3] 刘奕伶 , 陈远翔 , 王珂 . 云南省适应气候变化策略研究 [J]. 环境科学导刊 , 2024, 43(6): 1-5, 12-12.

[4] 孙傅 , 何霄嘉 . 国际气候变化适应政策发展动态及其对中国的启示 [J]. 中国人口 · 资源与环境 , 2014, 24(5): 1-9.

[5] LEE C C, LEE C C. Not all are alike: assessing the effect of geopolitical risk on regional renewable energy development in China[J]. Renewable energy, 2024, 222: 119763.

[6] 徐妍 , 宋怡瑾 , 沈悦 . 地缘政治风险对世界各国低碳转型的影响 [J]. 资源科学 , 2023, 45(7): 1297-1309.

[7] 郭文伟 , 罗胜涛 . 地缘政治风险、能源价格波动与全球通货膨胀 [J]. 金融与经济 , 2023, (4): 40-52.

[8] ZHAO Z X, GOZGOR G, LAU M C K, et al. The impact of geopolitical risks on renewable energy demand in OECD countries[J]. Energy economics, 2023, 122: 106700.

[9] YUEN T H A, YUEN W K T. Public investment on renewable energy R&D Projects: the role of geopolitical risk, and economic and political uncertainties[J]. Energy economics, 2024, 138: 107837.

[10] 郑菲 , 孙诚 , 李建平 . 从气候变化的新视角理解灾害风险、暴露度、脆弱性和恢复力 [J]. 气候变化研究进展 , 2012, 8(2): 79-83.

[11] 张意翔 , 成金华 , 徐卓程 , 等 . 绿色创新是否适应气候变化 : 中国专利和 GHG 排放数据的实证 [J]. 中国人口 · 资源与环境 , 2021, 31(1): 48-56.

[12] 巢清尘 , 张永香 , 高翔 , 等 . 巴黎协定——全球气候治理的新起点 [J]. 气候变化研究进展 , 2016, 12(1): 61-67.

[13] MATTHEWS T, LO A Y, BYRNE J A. Reconceptualizing green infrastructure for climate change adaptation: barriers to adoption and drivers for uptake by spatial planners[J]. Landscape and urban planning, 2015, 138: 155-163.

[14] BIRCHALL S J, BONNETT N, KEHLER S. The influence of governance structure on local resilience: enabling and constraining factors for climate change adaptation in practice[J]. Urban climate, 2023, 47: 101348.

[15] KUHL L. Policy making under scarcity: reflections for designing socially just climate adaptation policy[J]. One earth, 2021, 4(2): 202-212.

[16] ACHEAMPONG A O. Enhancing climate change resilience: does development aid and governance mitigate climate change vulnerability in the Asia-Pacific?[J]. International journal of disaster risk reduction, 2025, 127: 105650.

[17] YAN X L, PIAO L G. The effect of global geopolitical risks on trade openness[J]. International review of economics & finance, 2025, 102: 104366.

[18] XIONG D, SUN Y. The rising cost of turmoil: geopolitical crises and supply chain risk[J]. Economics letters, 2025, 255: 112582.

[19] CHANG X L, SONG Z P, ZHOU T S. Geopolitical risk and global supply chain resilience[J]. Finance research letters, 2025, 86: 108551.

[20] ZHANG D N, CHEN X H, LAU C K M, et al. The causal relationship between green finance and geopolitical risk: implications for environmental management[J]. Journal of environmental management, 2023, 327: 116949.

[21] DE LUCA G, DEL GAUDIO B L, DI IORIO A P. Geopolitical risk and financial stress[J]. The North American journal of economics and finance, 2025, 80: 102510.

[22] RAHIM N F, SULONG Z, ABDULLAH M, et al. Geopolitical risk and firm climate change risk[J]. Finance research letters, 2025, 85: 108212.

[23] LIU Z H, WANG Y S, YUAN X T, et al. Geopolitical risk and vulnerability of energy markets[J]. Energy economics, 2025, 141: 108055.

[24] YILMAZKUDAY H. Geopolitical risks and energy uncertainty: implications for global and domestic energy prices[J]. Energy economics, 2024, 140: 107985.

[25] ZHU Z M, HUNJRA A I, ALHARBI S S, et al. Global energy transition under geopolitical risks: an empirical investigation[J]. Energy economics, 2025, 145: 108495.

[26] QIU Z, ZHANG X B, ZHANG Y. Empowering energy security: the impact of geopolitical risks on green total factor energy efficiency[J]. Energy economics, 2025, 151: 108924.

[27] DING T, LI H, TAN R P, et al. How does geopolitical risk affect carbon emissions? an empirical study from the perspective of mineral resources extraction in OECD

countries[J]. Resources policy, 2023, 85: 103983.

[28] NGUYEN D T, LE T H, DO D D, et al. Does geopolitical risk hinder sustainable development goals? Evidence from a panel analysis[J]. Journal of environmental management, 2023, 347: 119204.

[29] ERDOGAN S, UZUNER G, ALOLA A A. Uncovering the impact of geopolitical risks on sustainable development in MENA countries: new insights from the LCC framework[J]. Energy strategy reviews, 2025, 61: 101850.

[30] SU C W, KHAN K, UMAR M, et al. Does renewable energy redefine geopolitical risks?[J]. Energy policy, 2021, 158: 112566.

[31] 李萌 , 李雨珊 , 潘家华 , 等 . 可再生能源、能源地缘政治风险与国家能源安全 [J]. 中国人口 · 资源与环境 , 2022, 32(11): 1-8.

[32] KOIRALA N P, NYIWUL L, HU Z N, et al. Geopolitical risks and energy market dynamics[J]. Energy economics, 2025, 150: 108814.

[33] PATA U K, KARTAL M T, MUKHTAROV S, et al. Do energy and geopolitical risks influence environmental quality? A quantile-based load capacity factor assessment for fragile countries[J]. Energy strategy reviews, 2024, 53: 101430.

[34] CHEN L M, GOZGOR G, LAU C K M, et al. The impact of geopolitical risk on CO_2 emissions inequality: evidence from 38 developed and developing economies[J]. Journal of environmental management, 2024, 349: 119345.

[35] CHEN C, NOBLE I, HELLMANN J, et al. University of Notre Dame Global Adaptation Initiative: Country Index Technical Report[R]. University of Notre Dame, 2023. https://gain.nd.edu/assets/522870/nd_gain_countryindextechreport_2023_01.pdf

[36] 孔繁颖 , 李巍 . 从互惠走向互搏 : 经济要素“武器化”与国家经济安全 [J]. 外交评论 , 2025, 42(3): 31-56.

[37] SU CW, DONG RR, QIN M. Do geopolitical risks impede the global supply chain?[J]. Finance research letters, 2025, 85: 107811.

[38] BEIRNE J, RENZHI N. Geopolitical risk, capital flow volatility, and asset market spillovers[J]. Pacific-basin finance journal, 2026, 95: 102985.

[39] CHENG P F, LI K Y, CHOI B, et al. Impact of geopolitical risk on green international technology spillovers: FDI and import channels[J]. Heliyon, 2024, 10(17): e36972.

[40] TAMASIGA P, MOGOMOTSI P K, ONYEAKA H, et al. Amplifying climate resilience: the impact of social protection, social cohesion, and social capital on public support for climate change action[J]. Sustainable environment, 2024, 10(1): 2361568.

[41] University of Notre Dame. Notre dame global adaptation initiative[DB/OL]. [2025-03-08]. https://gain.nd.edu/our-work/country-index/download-data/.

[42] CALDARA D, IACOVIELLO M. Measuring geopolitical risk[J]. American economic review, 2022, 112(4): 1194-1225.

[43] HUANG K, CHI J, LIAO J, et al. Weathering the storm: how does firm oil price uncertainty exposure impact green innovation in times of geopolitical tensions[J]. Energy economics, 2026, 153: 109050.

[44] KO ENDA E, ALBRECHT P, PASTOREK D. Geopolitical risk and extreme spillovers among oil-based energy commodities[J]. Energy economics, 2025, 152: 108977.

[45] CALDARA D, IACOVIELLO M. Geopolitical Risk (GPR) index[DB/OL]. [2025-03-01]. https://www.matteoiacoviello.com/gpr.htm.

[46] The World Bank. The World Bank Data Bank[DB/OL]. [2025-03-09]. https://data.worldbank.org/indicator.

[47] SARKODIE S A, AHMED M Y, OWUSU P A. Global adaptation readiness and income mitigate sectoral climate change vulnerabilities[J]. Humanities and social sciences communications, 2022, 9: 113.

[48] ZARGHAMIPOUR M, MALAKOOTI H. The projected effects of urbanization and climate change on urban Heat Island and thermal comfort over the Tehran metropolitan[J]. Science of the total environment, 2025, 992: 179955.

[49] 王玉洁 , 林欣 . 京津冀城市群气候变化及影响适应研究综述 [J]. 气候变化研究进展 , 2022, 18(6): 743-755.

[50] JAKOB M, MARSCHINSKI R. Interpreting trade-related CO_2 emission transfers[J]. Nature climate change, 2013, 3(1): 19-23.

[51] SHANG Y P, SANG S H, TIWARI A K, et al. Impacts of renewable energy on climate risk: a global perspective for energy transition in a climate adaptation framework[J]. Applied energy, 2024, 362: 122994.

[52] 章远 . 国际秩序格局变动与宗教安全研究范式的理论衍化 [J]. 世界宗教研究 , 2025(1): 68-78.

[53] 郑冠群 , 翟晨辉 , 温军 , 等 . 地缘政治风险阻碍了国家碳减排进程——基于跨国面板数据的实证研究 [J]. 经济学 (季刊), 2025, 25(2): 528-545.

[54] Uppsala Conflict Data Program. UCDP/PRIO armed conflict dataset[DB/OL]. [2025-09-20]. https://ucdp.uu.se/downloads/.

[55] European Commission. EDGAR-emissions database for global atmospheric research[DB/OL]. [2025-03-08]. https://edgar.jrc.ec.europa.eu/report_2024.

Impact of Geopolitical Risks on Climate Change Adaptation

WANG Feng[1,2], MA Mengtian[1], LI Jia[1*]
(1. School of Business, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044, China;
2. Institute of Climate Economy and Low-Carbon Industry, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044, China)

Abstract: The frequent occurrence of global geopolitical events and the escalating impacts of climate change are deeply intertwined, compounding the complexity and systemic risks associated with climate change adaptation efforts. To examine the impact of geopolitical risks on climate change adaptation, this study employs a two-way fixed effects model using panel data from 41 countries over the period 1995-2021, to conduct impact assessments, heterogeneity tests, and dimensional analysis. The results show that: ① Based on multiple robustness tests, geopolitical risks have a significant negative impact on climate change adaptation. ② Heterogeneity tests suggest that countries with high GHG emissions, North American countries, or countries with lower shares of renewable energy use exhibit greater vulnerability to the adverse impacts of geopolitical risks on climate change adaptation. ③ Dimensional analysis confirms that geopolitical risks undermine regional climate change adaptation capacity by reducing climate adaptation readiness. Based on these findings, the paper proposes targeted policy recommendations to inform China's active engagement in global climate governance.

Keywords: geopolitical risks; climate change adaptation; two-way fixed effects

（上接136页）

Reflection on Punitive Damages for Environmental Harm from the Public Law Perspective

LI Ruoyu
(Law School, Hubei University, Wuhan 430062, China)

Abstract: The Civil Code introduces punitive damages for the first time in the field of environmental infringement, reflecting private law's response to ecological protection. However, this deviates from the principle of full compensation, causing issues like confusion in legal interest hierarchy, overlapping responsibilities, and inconsistent judgments, thus challenging China's public-private law dichotomy. The restrictive application theory emphasizes integrating punitive functions within private law, countering denials centered on unjust enrichment, while also highlighting differing objectives between public and private laws, thereby reconsidering the affirmation theory rooted in pragmatism. Ultimately, amid frequent negative consequences, insufficient supervisory power, and varying proof standards, it self-regulates the function of "private enforcement", advocating restrained use of punitive damages in environmental harm to achieve dual protection fairly. Its theoretical core treats punitive damages as exceptions, explicitly presented through a civil-administrative-criminal disciplinary system, while allowing factors characteristic of private law to influence punitive damages. In terms of paradigm coordination, the dualistic application principle of "strictness in public interest, moderation in private interest" is the optimal approach to prevent legal hierarchy confusion, while a non-overlapping model based on liability priority, limits, and payment sequence effectively prevents excessive punishment from homogeneous liabilities. Measures such as liability ceilings and alternative penalties further prevent injustices in individual cases, with multiple approaches aiming to find the best paradigm for institutional compatibility within the balance of public and private law.

Keywords: punitive damages; environmental harm; public law; restrictive application; prohibition of double evaluation; threefold disciplinary system