气候 Transi-tions 的能量结构映射：用于政策相关状态检测

Ngueuleweu Tiwang Gildas（博士）

电子邮箱： *gildas.ngueuleweu@ univ-dschang.org*

DOI：10.5281/zenodo.18146340

摘要：

理解气候与创新政策在社会-技术-转型期间的表现，仍是创新研究面临的一项核心挑战。经济增长与碳排放之间关系的实证分析仍不断得出相互矛盾的结果，部分原因在于这些分析依赖合并模型，而这类模型隐含地假设动态过程稳定且同质。相比之下，转型理论强调，脱碳是在异质性制度中展开的，其稳定性、惯性和重新配置程度各不相同。然而，在政策评估或预测之前识别这些制度的实证工具仍然有限。本文提出一个状态-诊断框架，旨在根据气候-经济系统的结构状态来设定实证分析条件。该框架不直接估计因果效应或生成预测，而是根据排放对经济活动的时变响应，重构潜在的转型状态。这些诊断结果被用作建模-前的步骤，使计量经济学和机器学习工具能够根据实证识别的状态进行条件化应用。我们使用涵盖1991-2022期间约150个国家的全球面板数据，将该框-架应用于二氧化碳-国内生产总值关系。结果揭示了三种反复出现的状态：流量-主导型、过渡型和商店-主导型，各自对应不同的可预测性和模型表现模式。我们表明，预测准确性、因果推断和预警信号会随状态发生系统性变化。具体而言，过渡状态的不稳定性更高，政策-相关信号质量较弱；而结构稳定的状态则有助于实现更可靠的实证推断。这些发现从三个方面推动了创新与转型政策文献的发展。第一，研究提供了实证证据，表明气候-增长动态取决于状态，而非由单一发展轨迹支配。第二，研究表明，政策评估结果在很大程度上取决于政策实施时所处的转型状态。第三，研究提出一种具备状态-感知能力的实证方法，通过减少合并估计造成的推断错误，促进政策学习。总之，本研究凸显了在政策分析前诊断结构性条件的重要性，并为更具适应性、能够因地制宜的创新与转型治理奠定了基础。

1. 引言

在维持经济增长的同时实现气候减缓，仍是创新与转型政策面临的一项核心挑战。尽管数十年来已有大量实证研究，经济发展与碳排放之间的关系仍不断引发相互矛盾的结-论。早期研究曾指出，收入增长与环境压力最终可能脱钩（Grossman & Krueger, 1995）；然而，后续研究记-录了国家和时期之间持续的耦合、再耦合以及高度异质的发展轨迹（Stern, 2004; Wiedmann等人, 2015; Stern, 2017）。缺乏共识阻碍了政策学习：气候、产业和创新政策的设计、评估与比较，往往隐含地假设经济-环境关-系稳定且具有全球普适性。当这一假设不成立时，政策评估可能会将成败归因于政策设计，而非潜在的结构性条件。创新与转型研究的最新进展对这一假设提出了质疑，强调脱碳是在不断演进的社会-技术系统中，通过异质且路径-依赖的制度展开的（Unruh, 2000; Geels, 2011; Köhler等人, 2019）。从这一视角看，创新政策的有效性不仅取决于政策工具选择，还取决于政策范式（Schot & Steinmueller, 2018）、方向性和使命导-向（Mazzucato, 2018），以及增长动态与政策设计之间的相互作用（Aghion等人, 2016）。使命-导向型政策、碳定价方案和绿色产业战略，均在具有技术锁-定、制度惯性和反馈效应的制度中发挥作用。因此，相同的政策工具在不同转型阶段实施时，可能产生截然不同的结果。

这种制度依赖性给政策评估与学习带来了根本性挑战，而这正是 Research Policy 的核心关注点。现有实证文献大多采用合并模型评估气候与创新政策，并隐含地假设存在单一的底层状态。这类方法掩盖了结构异质性，削弱了政策推断能力，使人们难以区分真实的政策效应与由状态-驱动的动态变化。进而，这也阻碍了累积性学习、跨-国家比较以及循证政策设计。虽然转型理论强调了状态的重要性，但能够以与政策-相关且前瞻-的方式诊断状态的实证工具仍然有限。现有方法面临着重要局限。结构突变检验、阈值模型和马尔可夫转换框架通常只能事后识别体制转换，并且依赖于对状态结构的强先-验假设（Hamilton，1989年；Hansen，2000年；Bai & Perron，2003）。机器学习方法能够揭示潜在模式，但往往缺乏可解释性，也未能明确关联政策机制，因而限制了其在政策学习与治-理中的应用价值（Reichstein et al.，2019年）。基于临界转变理论的早期预警指标有助于洞察不稳定性，但对噪声高度敏感，而且很少被纳入系统性的创新政策评估之中（Scheffer et al.，2009年；Dakos et al.，2012年）。因此，政策评估往往是在不了解底层系统处于结构稳定还是不稳定状态的情况下开展的，而恰恰在这种时候，评估结果最有可能产生误导。

为弥补这一不足，本文提出一种状态-诊断政策工具，旨在提升创新与转型政策分析的可靠性。该工具并不直接估计

因果效应或生成预测，而是从经济-环境关系-本身的内生演变中重构潜在的转型体制。其核心前提是，排放对经济活动的响应程度，尤其是这种响应的高阶动态，蕴含着有关转型结构状态的可操作信息-。如果忽略这些信息，政策评估可能会将本质不同的状态混为一谈，从而产生不稳定的估计结果，并对政策有效性得出错误结论。我们通过 Ngueuleweu 弹性动力学诊断（NEED）框架，将这一诊断方法付诸实践。NEED 跟踪经济产出与排放之间的时变弹性及其高阶动态，以构建可解释的指标，衡量气候-经济系统中的结构张力、调整强度和不稳定性。重要的是，NEED 并非旨在取代计量经济学模型或机器学习模型，而是作为一种建模前的政策诊断工具，用于确定何时以及如何应用这些模型。从这个意义上说，NEED 直接回应了政策评估与学习中的一项核心关切：识别政策估计和预测在何时具有结构可靠性，以及何时不具备。

在实证分析中，我们将 NEED 应用于 1991-2022 期间约 150个国家的全球面板数据，重点考察 CO2-国内生产总值之间的关系。分析发现了三种反复出现的状态（流量-主导型、过渡型和商店-主导型），每种状态都对应着不同的调整、稳定性和可预测性模式。我们表明，预测准确性、因果推断和预警表现因状态而显著不同。在结构稳定的状态下，与政策相关的信号最为可靠；而在过渡阶段，波动性会加剧，模型表现也会下降。这些结果从结构层面解释了为何相似的气候与创新政策在不同国家和时期往往产生迥异的结果，这与基于状态的转型理论相一致（Unruh，2000年；Geels，2011年；Köhler等人，2019年）。

本研究从三个方面为 Research Policy 文献作出贡献。首先，本文引入一种状态感知的政策诊断方法，通过识别经验估计和预测在何时具有结构可靠性，提升创新与转型政策评估的水平。其次，本文提供了全球证据，表明气候—增长动态受取决于状态的过程所支配，而非遵循单一的普遍轨迹，从而拓展了关于异质性脱碳路径以及平均效应分析局限性的讨论（Stern，2017年；Wiedmann等人，2015年）。第三，本文通过将计量经济学和机器学习分析嵌入经验识别的制度之中，推进了创新政策研究中的经验实践，从而减少由合并估计引发的错误政策推断。更广泛而言，本文将关注点从平均关系转向以状态为条件的政策可靠性，为有关政策时机、排序和适应性转型治理的持续讨论作出了贡献。研究结果表明，气候政策和创新政策的有效性，与其内在设计相比，在更大程度上取决于其实施时所处系统的结构状态。因此，诊断这些状态并非学术上的自娱自乐，而是开展可信政策评估和实施有效的使命导向型创新政策的前提。重要的是，NEED 并不旨在告知政策制定者应当采取哪些政策。相反，它旨在识别政策评估和经验推断何时具有结构信息价值，以及何时可能因状态机制不稳定性而产生误导。

2. 方法论

2.1. 实证动机与识别挑战

气候—经济关系的经验分析通常依赖合并模型，并假设经济活动与排放之间存在稳定的底层结构。然而，转型理论和创新研究强调，社会技术系统会经历由异质性制度构成的演化过程，这些制度具有不同的调整动态、不同程度的惯性以及不同的政策响应性（Unruh，2000年；Geels，2011年；Markard，2018年）。当忽略这些制度时，合并估计可能会将结构异质阶段混为一谈，导致系数不稳定、预测失真以及政策推断能力薄弱。因此，本文所应对的方法论挑战，并不是估计一个新的排放因果模型，而是识别标准经验工具——无论是基于计量经济学的工具还是基于机器学习的工具——何时在结构上可靠。为此，我们采用制度诊断方法，在进行预测、因果推断或预警分析之前，重构潜在转型状态。

2.2. 衡量时变响应性

我们首先使用弹性来衡量碳排放对经济活动的时变响应性。对于每个国家i 和年份t，弹性定义为排放相对于国内生产总值的对数—对数导数：

$$\varepsilon_t = \frac{\mathrm{d} \ln Y_t}{\mathrm{d} \ln X_t} \tag{1}$$

我们使用滚动窗口估计弹性，以捕捉渐进的结构变化，同时保留足够的局部变异。这种方法使排放-增长关系能够随时间演变，而不是在不同的发展阶段-强加一个恒定参数。由于滚动估计及其时间变化容易受到噪声影响，尤其是在较长的宏观经济面板中，我们采用状态-空间平滑程序，以获得稳定的弹性估计及其时间动态。这一步改进了信号提取，同时不改变底层的数据生成过程。

2.3. 构建体制诊断

为捕捉排放-增长关系除水平之外的演变，我们追踪弹性随时间的变化。这些动态反映了系统是在趋于稳定、平稳调整，还是进入不稳定性加剧的阶段。我们不将这些动-态解读为因果力量，而是将其视为结构状态的描述性指标。

根据平滑后的弹性序列，我们构建了一组指标，用于概括：(i) 排放与增长之间结构张力的强度，(ii) 这种关系的调整速度，以及 (iii) 与突变相关的不稳定程度。

这些指标被整合为一种精简的诊断表示，用于刻画系统在每个时间点的结构状况。重要的是，这种诊断表示仅用于识别制度，不会作为解释变量纳入后续估计方程。

2.4. 内生制度识别

潜在制度通过对诊断指标应用聚类技术进行内生识别。这种方法避免了设定事前阈值或假定转型阶段的数量固定。相反，制度是根据数据中观测到的结构张力与调整动态的联合分布自然呈现的。

所得分类在不同国家和时期中始终识别出三种宽泛状态。第一种对应于高度响应、低惯性的动态，其中排放对经济活动反应强烈。第二种体现为过渡阶段，其特征是波动性加剧和结构重新配置。第三种对应于高惯性状态，在这种状态下，排放-增长关系趋于稳定，但调整缓慢。这些状态被视为不同转型状态的经验表征，而非平衡结果。

2.5. 制度条件下的实证策略

识别出制度后，所有后续分析均以制度归属为条件开展。具体而言，我们在每种制度内分别重新-估计预测模型、因果关系和早期预警指标。这一策略使我们能够评估模型表现和推断如何随结构状态而变化。我们将各制度条件下的结果与合并估计进行比较，以评估忽略体制异质性在多大程度上会掩盖与政策相关的动态。模型表现通过样本外准确率、分类指标和提前期诊断进行评估，并特别关注稳定状态与过渡状态之间的差异。从设计上看，这种方法并不偏向任何特定的计量经济学或机器学习模型。相反，它提供了一个诊断框架，使现有工具能够得到更可靠的应用。

2.6. 数据与实施

实证分析使用涵盖约150个国家的全球面板数据，时间范围为1991-2022。二氧化碳排放和国内生产总值数据取自世界发展指标数据库。进行弹性估计前，所有变量均转换为对数。为确保可比性，各国均采用统一的滚动窗口估计、平滑程序、体制识别及后续分析。其他稳健性检验、替代聚类设定和技术细节见附录。

2.7. 解释与范围

所提出的方法论并非旨在取代关于创新、增长或排放的结构模型。相反，它提供了一种建模前诊断方法，根据系统的转型状态来设定实证分析的条件。通过识别关系何时稳定、不稳定或正在重构，该框架阐明了政策评估和预测何时可能具有参考价值，何时则不然。

从这个意义上说，该方法论通过在实证政策分析中将制度意识操作化，为创新与转型研究作出了贡献，同时不施加强有力的理论假设，也不限制下游模型的选择。

3. 结果与讨论

本节介绍 NEED 框架的实施情况。结果从三个层面进行比较：首先，分析各子区域的 NEED（附录）；然后，根据指标值升序排列后取三分之一样本的简单规则，外生地定义 3 种状态；最后，允许 NEED 自动检测状态。使用多个模型按情景进行分析比较。重点关注各情景下的稳定性、性能和风险，以及它们与 NEED 模型理论预期的一致性。本文旨在探究 NEED 在预测、因果关系、预警及其他分析方面因情景而异的表现。

3.1. NEED 在已定义结构状态中的性能

表 1 将样本划分为三部分，用于开展新的分析，并识别出储存主导型、过渡型和流动主导型能源。这表明，气候-经济系统的预测准确性在不同能源体制间差异显著。这证实了转型研究中提出的结构异质性假设（Geels，2011年；Köhler等人，2019年）。虽然全局模型（本研究的全部样本）具有较高的样本外拟合度（R2 ≈ 0.98），但特定状态下的预测，尤其是在储存主导阶段，表现显著更好（R2 = 0.992-0.993）。这一结果揭示，转型包含独特且更易预测的内部动力学。这支持了社会-技术系统呈现依相态行为的观点，也与关于非线性气候-经济耦合的研究一致（Lenton 等人，2019年）。相比之下，过渡状态在所有模型中的预测性能最弱。这与相关文献的观点相符，即转型阶段是高度不确定且伴随结构重构的时期（Markard，2018年）。这些发现从实证角度验证了 NEED框架 的主张：预测从根本上说对状态敏感，而非在全局范围内一概而论。

Ta表 1：NEED 在外生定义制度中的因果关系性能 ，

状态	模型 均方根误差	平均绝对误差	R2	样本外 n 检验	–
全局	OLS	0.153	0.064	0.985	1380
全局	RF	0.183	0.076	0.979	1380
全局	一阶向量自回归	0.179	0.079	0.98	1380
全局	XGB	0.181	0.08	0.98	1380
商店-主导	OLS	0.103	0.06	0.993	227
商店-主导	RF	0.111	0.067	0.992	227
商店-主导	一阶向量自回归	0.124	0.069	0.99	227
商店-主导	XGB	0.147	0.086	0.986	227
过渡	OLS	0.198	0.078	0.975	444
过渡	RF	0.221	0.088	0.969	444
过渡	一阶向量自回归	0.206	0.082	0.973	444
过渡	XGB	0.241	0.111	0.963	444
流量-主导	OLS	0.155	0.07	0.986	479
流量-主导	RF	0.186	0.078	0.98	479
流量-主导	一阶向量自回归	0.181	0.076	0.981	479
流量-主导	XGB	0.21	0.107	0.975	479

表 1 的这些结果拓展了关于二氧化碳-国内生产总值的讨论，重点不在于全球平均值，而在于脱钩潜力和轨迹可预测性对一个国家能源体制的影响

这一点是 EKC-类模型所暗示的（Stern，2017年；Apergis 和 Payne，2010）。普通最小二乘法和向量自回归模型在商店主导型和流量主导型制度中的表现更优，这表明结构-稳定性有助于可靠地预测排放-生产率；而过渡状态下准确性下降，则凸显了政策干预面临最大不确定性的时期，以及适应性治理的必要性（Victor等人，2019年）。这种对状态敏感的可预测性补充了当前关于异质性脱碳路径的讨论（Mattioli等人，2020）。它们表明，转型本身会改变模型表现。因此，NEED 是一项面向政策制定者的创新诊断工具：预测应以系统当前的能量状态为条件，从而更精准地把握气候、创新和工业-战略的时机。让我们看看它在图1中的预测表现。

图1证实，即使在外部设定的分段下，也能够进行针对特定状态的转型检测。集成模型（随机森林和XGBoost）在流量主导型和储存主导型状态下，表现均稳定优于基于峰度和偏度的阈值，精确率-召回率-提升度最高可达8.8-11.0。这表明信噪比得到了显著放大（Breiman，2001；Chen 和 Guestrin，2016）。这与关于社会技术系统中锁定效应和稳定性反馈的研究一致（Unruh，2000）。相比之下，过渡状态的预测提升度最低，且在所有模型中的 F1分数也最弱。这与 Markard（2018）关于转型阶段具有更高波动性和结构重构特征的论述相符。这些结果补充了早期的制度学习研究发现，表明即使不进行自动识别，底层能量结构仍可被检测到，凸显了 NEED 作为诊断框架的稳健性。

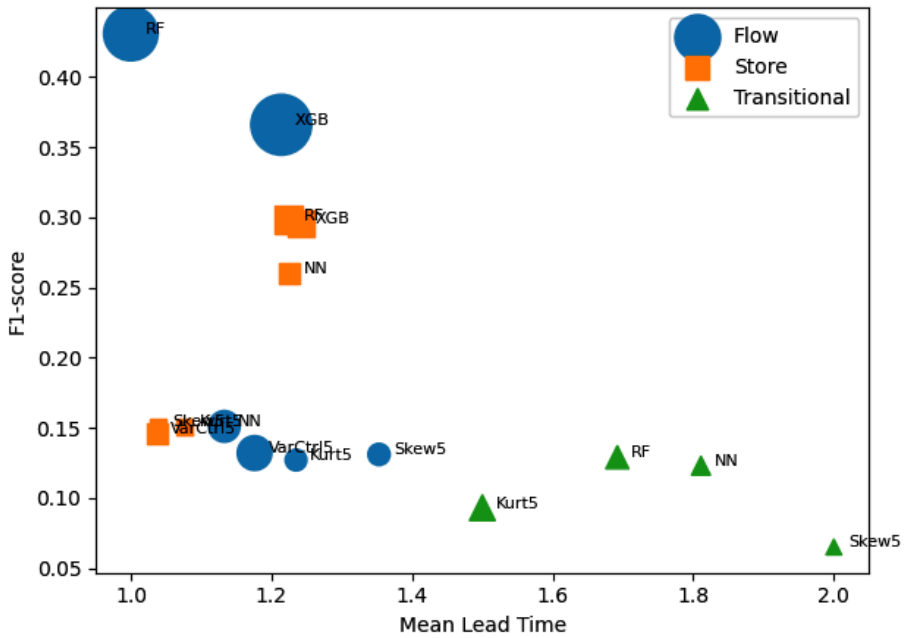

图1： **NEED 状态诊断：早期检测与可靠性之间的权衡**

图1的这些发现表明，气候与经济动态的可预测性，根本上取决于某个国家或地区所处的能量阶段。有些状态能够取得较高的F1分数和较长的预测提前期。这一结果意味着，在稳定阶段，减缓轨迹和脱钩潜力可以得到更可靠的预测。这一认识挑战了Stern（2017年）或Dinda（2004年）在环境库兹涅茨曲线（EKC）模型中所采用的全球线性假设。

style模型。相反，在过渡状态中观察到的较差性能凸显了政策制定需要尤其灵活并采取预防措施的时期。这与Victor等人（2019年）在不确定性下开展前瞻性气候治理的呼吁一致。通过证明即使是人为设定的状态也具有连贯的可机器学习结构，这项分析进一步说明了采用状态感知型预测工具的必要性；这类工具能够指导碳监管、创新支持以及低碳技术投资的时机。因此，NEED为识别有利或不利于有效气候政策干预的结构性条件，提供了全新的计算基础。为什么不允许自动选择状态，并观察其对结果的影响?

3.2. NEED在自动检测的制度中的性能

表2显示，相较于人为设定能源体制，自动识别能源体制时，全球气候-经济系统的观测结果绝大多数被归入转型型制度（2,077例），其次是储存主导型制度（1,484例），而流量主导型案例则寥寥无几（15例）。这一分布表明，各国在其发展轨迹的大部分时间里都处于结构不稳定区域。在这些区域中，排放与经济活动之间的矛盾正不断推动结构重组。这与Geels（2011年）和Markard（2018年）的转型研究相一致；这些研究强调的是长期的动荡阶段，而非短暂、离散的变化。所有地区流量主导型案例都十分稀少，表明真正的脱钩仍不常见，这也印证了近期研究的发现：大多数经济体尚未形成稳定的低碳生产率制度（Rogelj等人，2021年）。与此同时，东亚、欧洲和中亚以及南亚均存在储存主导型制度，这表明某些地区具有结构稳定性，在这些地区，协调政策、创新和投资可能更为有效。因此，自动检测证实，NEED能够捕捉真实世界的能源结构，而非依赖先验设定的假设。

表2：次区域自动体制选择，

次区域	流量主导型 存量主导型 过渡		
东亚和太平洋地区	1	6	449
欧洲和中亚	1	933	2
拉丁美洲和加勒比地区	5	1	618
中东和北非（MENA）	3	323	10
北美	1	63	8
南亚	1	152	15
撒哈拉以南非洲（SSA）	3	6	975
总计	15	1484	2077

表2的这些结果拓展了关于 CO2-GDP 的争论，表明观察到脱钩或再-耦合动态的可能性取决于各地区的内生状态分布，而非全球平均值或统一的发展轨迹（Stern，2017年；Burke 等人，2015年）。过渡状态占主导地位，这凸显了为何实证研究经常得出不一致或非线性的脱碳模式：大多数国家都处于本质上不稳定的能源状态，标准的计量经济关系在这些状态下会失效。相反，某些地区存量主导观测值的聚集表明存在政策窗口。Kemp 等人（2007年）认为，政策窗口是结构性条件暂时稳定、气候或创新政策能够产生远超寻常效果的时期

。流量主导型制度几乎不存在，这凸显了全球经济距离持续脱钩仍有多远。这一结果为以下论点提供了有力的实证支持：脱碳需要有意识地采取因应状态的干预措施，而不是依靠自发的市场调整。因此，NEED 通过识别结构性条件何时、何地与有效气候政策相契合或不相契合，为转型治理带来了全新的诊断能力。基于这些状态进行的分析可能会很有启发性（表3）。

表3显示，一旦自动识别出制度，机器学习模型，尤其是随机森林和 XGBoost，便能够以相当高的精确率还原体制 2 和体制 3 的结构。较高的精确率-召回率曲线下面积值（体制 2 为 0.59-0.62；体制 3 为 0.45-0.58）以及较高的精确率-召回率提升度水平，尤其是体制 3（17-22 高于基准值），表明这些能量配置具有稳健且可检测的特征，而非随机波动。这进一步印证了气候-经济系统中的转型具有潜在的结构规律性，这与基于复杂性的转型理论相一致（Geels，2011年；Arthur，2021）。经典方差控制方法性能较弱，凸显了线性或高斯假设不足以捕捉这些动态。这补充了近期研究的发现，即社会-技术转型涉及非线性临界转折要素和涌现反馈（Lenton 等人，2019年；Farmer 等人，2019年）。总之，这些发现证实，无需外部设定的分段，即可直接从数据中学习 NEED 的制度信号。

表3：自动体制选择中的预测性能，

状态	模型	精确率-召回率曲线下面积 AU-ROC		Base rate	PR Lift	精确率-sion	召回率 F1分数		Lead time mean	检测 Rate
状态2	RF	0.592	0.867	0.097	6.131	0.506	0.576	0.539	1.304	0.637
状态3	RF	0.578	0.808	0.026	22.213	0.333	0.571	0.421	1	0.444
状态2变量控制5		0.172	0.492	0.097	1.78	0.103	0.8	0.182	1.21	0.877
状态3变量控制5		0.056	0.546	0.026	2.134	0.031	0.629	0.059	1.636	0.611
状态2	XGB	0.617	0.877	0.097	6.383	0.566	0.645	0.603	1.102	0.693
状态3	XGB	0.454	0.778	0.026	17.443	0.303	0.571	0.396	1.111	0.5

这些结果（表3）为二氧化碳-国内生产总值转型争论提供了新视角，表明不同能源体制不仅在出现频率上存在差异，在可预测性和可检测性方面也有所不同，这意味着政策有效性本质上取决于所处体制。体制 2和体制 3均表现出较高的召回率和提前-时间性能，说明进入和退出不稳定状态的转型可以在具有实际意义的提前预警下得到预测，这对前瞻性气候治理作出了重要贡献（Victor等人，2019）。体制 3异常高的精确率-召回率-提升度表明，深度过渡阶段会产生独特信号，这也解释了为何实证研究经常报告脱碳轨迹中突发的非线性变化（Peters 等人，2017）。这对全球环境库兹涅茨曲线叙事（Stern，2017）提出了挑战，因为它表明排放-收入关系取决于结构性能态，而非统一的发展路径。因此，NEED为政策制定者提供了一种诊断工具，能够识别国家何时进入脆弱性窗口；在此窗口期，定向创新支持、碳监管或工业转型可能最为有效。

4. 对创新与转型政策的启示

4.1. 制度依赖性与统一政策设计的局限 n

研究结果的一个核心含义是，创新政策和气候政策的有效性从根本上取决于所处体制。大量创新政策实证文献-隐含地假设，碳定价、绿色补贴或使命导向型计划等政策工具，作用于经济-活动与环境结果之间相对稳定的结构性关系之上。这一假设支撑了汇总评估框架和跨-国家政策比较的广泛应用。然而，转型研究长期以来一直认为，社会-技术系统会经历锁定-、失稳和重新配置等不同阶段，在这些阶段中，政策杠杆、反馈机-制和行动者反应存在显著差异（Unruh，2000年；Geels，2011年；Köhler等人，2019）。本文识别出的体制诊断为这一观点提供了实证支持，表明气候-经济关系本身会经历结构上不同的状态，并呈现出不同程度的稳定性和可预测性。在结构稳定的状态下，与政策-相关的信号更加一致，实证模型也表现出更高的可靠性，因此能够更加有把握地评估传统政策工具。相比之下，过-渡状态——实证观察显示大多数国家处于这一状态——具有更高的波动性、不稳定的弹性以及下降的模型表现。在这种条件下，将统一的政策处方应用于异质性制度，很可能产生不均衡甚至适得其反的结果。这有助于解释文献中关于气候政策和创新政策有效性的证据为何复杂且常常相互矛盾（Stern，2017年；Victor等人，2019），也凸显了“一-刀-切-”政策设计的局限性。

4.2. 政策时机、转型窗口与诊断性治理

这些结果也直接回应了有关政策时机和转型治理的讨论。既有研究强调，在某些“机会窗口”期间，制度、技术和行为变革变得更加可行（Kemp 等人，2007年；Markard，2018年）。然而，如何通过实证识别这类窗口，并将其与不稳定性加剧的时期区分开来，始终是一项持续存在的挑战。通过区分流量-主导型、过渡型和商店-主导型制度，本研究构建的诊断框架为利用观测数据识别转型窗口提供了一种可操作的方法。商店-主导型制度具有较高的惯性，但结构稳定性也更强，似乎能够为政策干预创造条件，使其产生更可靠且更易解释的结果。过渡型制度虽然通常与政治势头和更高的预期相关联，但其可预测性较低、不确定性更高，这意味着政策评估和学习面临更大的风险。重要的是，这并不意味着在过渡阶段应推迟政策干预。相反，这表明政策工具必须根据制度条件进行调整。在不稳定时期，相较于僵化的、基于规则的政策工具，适应性、实验性和基于组合-的政策方法可能更为适宜。这一认识与转型研究中关于反思性和适应性治理的呼吁高度一致，强调实验、反馈和学习，而不是在假定稳定的条件下追求优化（Geels，2011年；Markard等人，2012年）。

4.3. 创新政策、锁定与结构惰性

对商店-主导型制度的识别，对于具有技术锁定-和结构惰性的情境中的创新政策具有直接意义。大量研究指出，即使存在经济激励，根深蒂固的生产系统、基础设施和制度安排仍可能减缓低-碳技术的扩散（Unruh，2000年；Arthur，2021年）。本文结果表明，这种锁定-在实证上对应于结构惰性较高但动态相对稳定的制度。在这些制度中，渐进式政策工具（如边际价格信号或孤立的补贴）可能不足以促成转型性变革。相反，面向使命-的创新政策、协调一致的公私投资战略以及制度改革，可能是重新引导创新轨迹并克服路径依赖所必需的（Mazzucato，2018年；Köhler等人，2019年）。本文提出的制度诊断有助于明确何时可能需要此类高强度干预，以及何时更为常规的政策工具可能有效，从而改善创新政策的战略性定位。

4.4. 对政策评估与学习的启示

另一项启示涉及创新政策和气候政策的评估，这是 Research Policy 文献关注的核心问题。许多经验政策评估研究依赖合并估计，对结构各异的制度进行平均。本研究的发现表明，这类方法可能会将政策成功或失败归因于政策工具本身，而非其实施时所处的转型体制。根据经验识别出的制度对政策评估进行条件化，可以通过区分真正的政策效应与由制度-驱动的动态，大幅促进政策学习。从这个意义上说，NEED 可作为政策评估可靠性诊断工具，用于识别经验推断何时具有结构信息价值，何时可能产生误导。这一视角与近期提出的呼吁相契合，即采用对情境-敏感的评估框架，兼顾系统动态、反馈和结构变化，而非依赖静态基准或平均效应（Schot & Steinmueller，2018年；Victor等人，2019年）。

4.5 面向状态感知型转型治理的前瞻性视角

更广泛地说，研究结果表明，我们应转变对创新与转型政策的概念化和治理方式。政策制定者和分析者不应只关注如何选择“正确”的政策工具，而应更加重视在干预之前诊断系统的结构状态。了解状态的诊断不仅能为部署哪些政策提供依据，还能帮助确定何时、何地部署，以及应保有多大的灵活性。从这一视角看，本文的贡献并非倡导某种特定的政策组合，而是为了解状态的转型治理提供经验基础。将政策分析置于经实证识别的转型状态之中，未来研究便能超越围绕政策平均有效性的争论，更细致地理解复杂社会—技术转型中的政策排序、时机和适应性。要推动能够在不确定性下学习并实时治理转型的创新政策框架，这一转变至关重要。

4.6. 政策工具与体制风险

研究结果的另一项启示涉及政策工具与特定状态风险之间的相互作用。创新政策和气候政策工具不仅目标和机制不同，对结构不稳定性的敏感程度也各异。然而，大多数实证评估都隐含地假设政策风险在不同情境中是同质的，将观察到的结果差异视为噪声或执行失败，而非潜在转型体制的作用。本研究提出的体制诊断表明，政策工具面临的体制风险水平会因系统的结构状态而有系统性差异。在结构稳定的状态中，例如商店主导阶段，政策工具所处的环境具有相对可预测的响应和较低的波动性。相比之下，过渡状态往往伴随着较高的体制风险。高波动性、不断变化的弹性以及不稳定的反馈意味着政策结果更加不确定，经验估计也更不稳健。在此类情境中，依赖稳定行为响应的僵化政策工具可能表现不佳，或产生误导性的评估信号。从这一视角看，NEED可被视为一种政策风险诊断工具，对现有政策设计框架起到补充作用。通过识别政策所处的状态，该诊断有助于区分工具风险（源于设计或执行缺陷）与状态风险（源于结构不稳定性）。这一区分对政策学习至关重要，因为它可以避免过早放弃可能有效的工具，并支持更细致的适应策略。

5. 结论

本研究回应了创新与转型研究中的一项核心挑战：在评估经济活动、排放与政策结果之间的关系时，如何在实证层面考虑体制异质性。本文引入了一种状态-诊断框-架，在实证建模前重构潜在转型状态，从而超越了合并分析——这类分析隐含地假定各国在不同时期的动态过程稳定且一致。为此，本文直接回应了 Research Policy 文献中长期以来对政策学习、可比性以及用于指导创新与转型治理的实证证据可靠性的关切。

应用于全球 CO2-GDP 关系的分析表明，气候-经济相互-作用会经历不同的转型体制，其特征是稳定性、惯性和可预测性水平各异。关键在于，这些体制并非只是描述性标签，而是对应着预测准确性、因果推断稳定性，以及从实证模型中提取的政策相关信号质量方面的系统性差异。因此，相同的政策工具——例如碳定价方案、创新补贴或绿色产业战略——可能产生迥异的观测结果，这主要并非源于设计缺陷，而是因为它们是在结构上不同的转型条-件下实施的。这一发现有助于调和实证文献中的相互矛盾结果，也进一步印证了转型理论的观点：政策有效性本质上取决于所处的体制。本文的主要贡献与其说是提出新的政策工具，不如说是提供一种政策诊断视角，用以限定现有工具的评估和解读方式。通过将体制识别置于建-模之前，NEED框架与成熟的计量经济学和机器学习方法相辅相成，而非与之竞-

争。从这个意义上说，NEED发挥着政策评估可靠性工具的作用：它有助于识别经验估计和预测何时具有结构性信息价值，以及何时可能受到不稳定性和体制转换的扭曲。这一贡献直接回应了有关循-证决策、适应性治理，以及复杂社会-技术转型中平均效应分析局限性的讨论。

从更广泛的创新政策视角来看，这些发现对政策范式和使命-导向型战略具有重要启示。如果政策结果系统性地取决于转型体制，那么仅靠政策设计不足以确保成效。相反，政策学习需要具备诊断能力，以判断特定工具何时以及在何种结构性条件下可能达到预期效果。这一见解与近期强调创新政策中的方向性、实验和反思性的研究相契合，并表明，体制-感知型诊断是连接政策目标与实证评估之间缺失的一环。除了直接的实证应用外，本研究还为未来研究开辟了若干方向。首先，可将体制-感知型诊断扩展至企业-层面、行业层面或特定-技术的数据，以更好地将宏观转型动态与微观-层面的创新过程联系起来。其次，将体制识别与明确的政策干预相结合，例如碳定价轨迹、使命-导向型计划或产业政策组合，将有助于更精确地分析政策时机、排序和相互-作用效应。第三，在能源、劳动力和金融系统等领域开展比较研究，有望揭示制度动态如何在相互关联的社会-技术系统中传播并塑造系统性转型风险。

总之，有效的创新与转型政策不仅需要适当的工具，也需要清楚了解这些工具所作用的结构状态。通过使体制异质性在经验层面清晰可见，并在分析中具有可操作性，本文为政策评估提供了一种更注重情境、以诊断为依据的方法。由此，本文为未来有关适应性、学习导向且关注状态差异的转型治理研究奠定了基础；这一议程正是 Research Policy 学术使命的核心。

参考文献

Acemoglu, D., & Restrepo, P.（2018年）。人类与机器之间的竞赛：技术对增长、要素份额和就业的影响。American Economic Review, 108(6),1488-1542. https://doi.org/10.1257/aer.20160696

Aghion, P., Dechezleprêtre, A., Hémous, D., Martin, R., & Van Reenen, J.（2016）。碳税、路径依赖与定向技术变革：来自汽车产业的证据。Journal of Political Economy, 124(1), 1-51. https://doi.org/10.1086/684581

Angrist, J. D., & Pischke, J. S. (2009).《大体无害的计量经济学：实证主义者的指南》. -普林斯顿大学出版社。

Apergis, N., & Payne, J. E. (2010). 能源消费与经济增长：来自经合组织国家面板数据的证据。《能源政策》，38(1), 656-660. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009. 09.002

Arthur, W. B. (2021). 复杂性经济学基础。《自然·物理学评论》，3(2),136-145. https://doi.org/10.1038/s42254-020-00273-3Arnold, V. I. (1989). 经典力学的数学方法（第2版）。施普林格。Bai, J., & Perron, P. (2003). 多重结构变化模型的计算与分析。《应用计量经济学杂志》，18(1), 1-22. https://doi.org/10.1002/jae.659 Breiman, L. (2001). 随机森林。机器学习，45(1), 5-32. https://doi.org/10.1023/A:1010933404324 Burke, M., Hsiang, S. M., & Miguel, E. (2015). 温度对经济产出的全球非-线性影响。《自然》，527(7577), 235-239. https://doi.org/10.1038/nature15725 Chen, K., de Schrijver, E., Sivaraj, S., Sera, F., Scovronick, N., Jiang, L., ... Vicedo-Cabrera, A. M. (2024). 人口老龄化对不同全球变暖水平下未来温度-相关死亡率的影响。《自然·通讯》，15(1), 1796. https://doi.org/10.1038/s41467-024-45945-4Chen, P. (2005). 弹性与经济系统稳定性。《经济行为与组织杂志》，56(3), 379-404. https://doi.org/10.1016/j.jebo.2003.09.009

Chen, T., & Guestrin, C.（2016）。XGBoost：一种可扩展的树提升系统。《第22届ACM SIGKDD会议论文集》，785-794。https://doi.org/10.1145/2939672.2939785

Dakos, V., Scheffer, M., van Nes, E. H., Brovkin, V., Petoukhov, V., & Held, H.（2008）。减速是突变性气候变化的早期预警信号。《美国国家科学院院刊》，105(38)，14308-14312。https://doi.org/10.1073/pnas.0802430105

Dakos, V., Carpenter, S. R., van Nes, E. H., & Scheffer, M.（2012）。利用模拟生态数据说明时间序列中临界转变预警检测方法。《公共科学图书馆·综合》，7(7)，e41010。https://doi.org/10.1371/journal.pone.0041010

Farmer, J. D., Hepburn, C., Mealy, P., & Teytelboym, A.（2019年）。气候变化经济学的第三次浪潮。《环境与资源经济学》，72(2)，329-357。https://doi.org/10. 1007/s10640-018-0272-8

Geels, F. W.（2011）。可持续性转型的多层次视角：对七项批评的回应。《环境创新与社会转型》，1(1)，24-40。https://doi. org/10.1016/j.eist.2011.02.002 Grossman, G. M., & Krueger, A. B.（1995）。经济增长与环境。《经济学季刊》，110(2)，353-377。https://doi.org/10.2307/2118443 Hamilton, J. D.（1989）。非平稳时间序列与商业周期经济分析的新方法。《计量经济学》，57(2)，357-384。https://doi.org/10.2307/1912559 Hansen, B. E.（2000）。样本分割与阈值估计。《计量经济学》，68(3)，575-603。https://doi.org/10.1111/1468-0262.00124 Kemp, R., Loorbach, D., & Rotmans, J.（2007）。转型管理：管理迈向可持续发展的共同演化过程的一种模型。《国际可持续发展与世界生态学杂志》，14(1)，78-91。https://doi.org/10.1080/13504500709469709

Köhler, J., Geels, F. W., Kern, F., Markard, J., Onsongo, E., Wieczorek, A., ... Wells, P.（2019）。可持续性转型研究议程：现状与未来方向。《环境创新与社会转型》，31, 1-32。https://doi.org/10.1016/j.eist.2019.01.004 Lenton, T. M., Livina, V. N., Dakos, V., van Nes, E. H., & Scheffer, M.（2012）。从临界减速中预警气候临界点。《皇家学会哲学汇刊A辑》，370(1962)，1185-1204。https://doi.org/10.1098/rsta.2011.0304 Markard, J.（2018）。能源转型的下一阶段及其对研究与政策的影响。《自然·能源》，3(8)，628-633。https://doi.org/10.1038/s41560-018-0171-7Markard, J., Raven, R., & Truffer, B.（2012）。可持续性转型：一个新兴研究领域及其前景。Research Policy，41(6)，955-967。https://doi.org/10.1016/j.respol. 2012.02.013 Mattioli, G., Roberts, C., Steinberger, J. K., & Brown, A.（2020）。汽车依赖的政治经济学。《能源研究与社会科学》，66，101486。https://doi.org/10.1016/j.erss.2020. 101486 Mazzucato, M.（2018）。使命导向型创新政策：挑战与机遇。《产业与企业变革》，27(5)，803-815。https://doi.org/10.1093/icc/dty034 Peters, G. P., Andrew, R. M., Canadell, J. G., Friedlingstein, P., Jackson, R. B., Korsbakken, J. I., Le Quéré, C., & Peregon, A.（2017）。追踪《巴黎协定》当前进展与未来雄心的关键指标。《自然·气候变化》，7(2)，118-122。https://doi.org/10. 1038/nclimate3202 Reichstein, M., Camps-Valls, G., Stevens, B., Jung, M., Denzler, J., Carvalhais, N., & Prabhat.（2019）。深度学习与过程理解：数据驱动的地球系统科学。《自然》，566(7743)，195-204。https://doi.org/10.1038/s41586-019-0912-1Rogelj, J., Geden, O., Cowie, A., & Reisinger, A.（2021）。改进净零排放目标的三种方法。《自然》，591(7850)，365-368。https://doi.org/10.1038/d41586-021-00662-3Scheffer, M., Bascompte, J., Brock, W. A., Brovkin, V., Carpenter, S. R., Dakos, V., Held, H., van Nes, E. H., Rietkerk, M., & Sugihara, G.（2009）。临界转变的预警信号。《自然》，461(7260)，53-59。https://doi.org/10.1038/nature08227 Schot, J., & Steinmueller, W. E.（2018）。创新政策的三种框架。Research Policy，47(9)，1554-1567。https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.08.011 Stern, D. I.（2004）。环境库兹涅茨曲线的兴起与衰落。《世界发展》，32(8)，1419-1439。https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2004.03.004 Stern, D. I.（2017）。25年后的环境库兹涅茨曲线。《生物经济学杂志》，19(1)，7-28。https://doi.org/10.1007/s10818-017-9243-1Unruh, G. C.（2000）。理解碳锁定。《能源政策》，28(12)，817-830。https://doi. org/10.1016/S0301-4215(00)00070-7Victor, D. G., Geels, F. W., & Sharpe, S.（2019）。加速低碳转型。《能源政策》，132, 1-11。https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.05.026

Wiedmann, T. O., Schandl, H., Lenzen, M., Moran, D., Suh, S., West, J., & Kane moto, K.（2015年）。国家的物质足迹。《美国国家科学院院刊》，112(20)，6271-6276。https://doi.org/10.1073/pnas.1220362110

附录1：研究样本

“撒哈拉以南非洲（SSA）”“安哥拉”、“贝宁”、“博茨瓦纳”、“布基纳法索”、“布隆迪”、“喀麦隆”、“佛得角”、“中非共和国”、“乍得”、“科摩罗”、“刚果”、“科特迪瓦”、“刚果民主共和国”、“吉布提”、“赤道几内亚”、“厄立特里亚”、“斯威士兰”、“埃塞俄比亚”、“加蓬”、“冈比亚”、“加纳”、“几内亚”、“几内亚-比绍”、“肯尼亚”、“莱索托”、“利比里亚”、“马达加斯加”、“马拉维”、“马里”、“毛里塔尼亚”、“毛里求斯”、“莫桑-比克”、“纳米比亚”、“尼日尔”、“尼日利亚”、“卢旺达”、“圣多美和普林西比”、“塞内加尔”、“塞舌尔”、“塞拉利昂”、“索马里”、“南非”、“南苏丹”、“苏丹”、“坦桑尼亚”、“多哥”、“乌干达”、“赞比亚”、“津巴布韦”

“中东和北非”：[“阿尔及利亚”、“巴林”、“埃及”、“伊朗”、“伊拉克”、“以色列”、“约旦”、“科威特”、“黎巴嫩”、“利比亚”、“摩洛哥”、“阿曼”、“巴勒斯坦”、“卡塔尔”、“沙特阿拉伯”、“叙利亚”、“突尼斯”、“土耳其”、“阿联酋”、“也门”], “欧洲和中亚”：[“阿尔巴尼亚”、“亚美尼亚”、“奥地利”、“阿塞拜疆”、“白俄罗斯”、“比利时”、“波斯尼亚和黑塞哥维那”、“保加利亚”、“克罗地亚”、“塞浦路斯”、“捷克”、“丹麦”、“爱沙尼亚”、“芬兰”、“法国”、“格鲁吉亚”、“德国”、“希腊”、“匈牙利”、“冰岛”、“爱尔兰”、“意大利”、“哈萨克斯坦”、“科索沃”、“吉尔吉斯斯坦”、“拉脱维亚”、“立陶宛”、“卢森堡”、“马耳他”、“摩尔多瓦”、“黑山”、“荷兰”、“北马其顿”、“挪威”、“波兰”、“葡萄牙”、“罗马尼亚”、“俄罗斯”、“塞尔维亚”、“斯洛伐克”、“斯洛文尼亚”、“西班牙”、“瑞典”、“瑞士”、“塔吉克-斯坦”、“土库曼斯坦”、“乌克兰”、“英国”、“乌兹别克斯坦”], “南亚 / 东亚和太平洋地区”：[“阿富汗”、“澳大利亚”、“孟加拉国”、“不丹”、“文莱”、“柬埔寨”、“中国”、“斐济”、“印度”、“印度尼西亚”、“日本”、“老挝”、“马来西亚”、“马尔代夫”、“蒙古”、“缅甸”、“尼泊尔”、“新西兰”、“朝鲜”、“巴基斯坦”、“巴布亚新几内亚”、“菲律宾”、“萨摩亚”、“新加坡”、“所罗门群岛”、“韩国”、“斯里兰卡”、“台湾”、“泰国”、“东帝汶-”、“汤加”、“瓦努阿图”、“越南”], “北美”：[“加拿大”、“美国”、“墨西哥”], “拉丁美洲和加勒比地区”：[“安提瓜和巴布达”、“阿根廷”、“巴哈马”、“巴巴多斯”、“伯利兹”、“玻利维亚”、“巴西”、“智利”、“哥伦比亚”、“哥斯达黎加”、“古巴”、“多米尼克”、“多米尼加共和国”、“厄瓜多尔”、“萨尔瓦多”、“格林纳达”、“危地马拉”、“圭亚那”、“海地”、“洪都拉斯”、“牙买加”、“尼加拉瓜”、“巴拿马”、“巴拉圭”、“秘鲁”、“圣基茨和尼维斯”、“圣卢西亚”、“圣文森特和格林纳丁斯”、“苏里南”、“特立尼达和多巴哥”、“乌拉圭”、“委内瑞拉”]

附件 2

表 1：研究中所用变量的说明，

变量	**NEED 中的含义**	**解释**
弹性	生产率对 人口变化的响应度	核心张力指标；衡量系统- 应力，介于人口 压力与经济产出之间
变化速度	弹性变化比率	系统调整的动量； 正 = 张力增强， 负 = 张力缓解

加速度	变化速度的变化率	系统惯性；衡量动量积累或消散的速度有多快
Jerk	加速度变化率	系统应力；反映突变程度 惯性变化，预示即将发生的-体制转换
势能	偏离所产生的储存张力平衡	累积的结构失衡； 代表系统重组的潜在压力-重组
动能	系统运动产生的能量	主动转化能力； 衡量当前结构变化速率
哈密顿量	动能与势能之和。整体系统活力；	稳定状态下的恒定变化表明能量流入/流出
拉格朗日量	动能与势-能之差	系统效率指标；正 = 变化-主导，负 = 结构-主导
加速度能量	动量变化产生的能量	方向变化的代价；数值高表示转变成本高-次
加加速度能量	应力和突变产生的能量	波动性成本；衡量经济-转变带来的“摩擦”性变化
总能量	系统的总能量	完整的能量状态；诊断-体制稳定性和 Transi- 的诊断转换准备度
系统功率	能量转换比率	系统吞吐能力；衡-量能量状态变化的速度可以改变

附录3

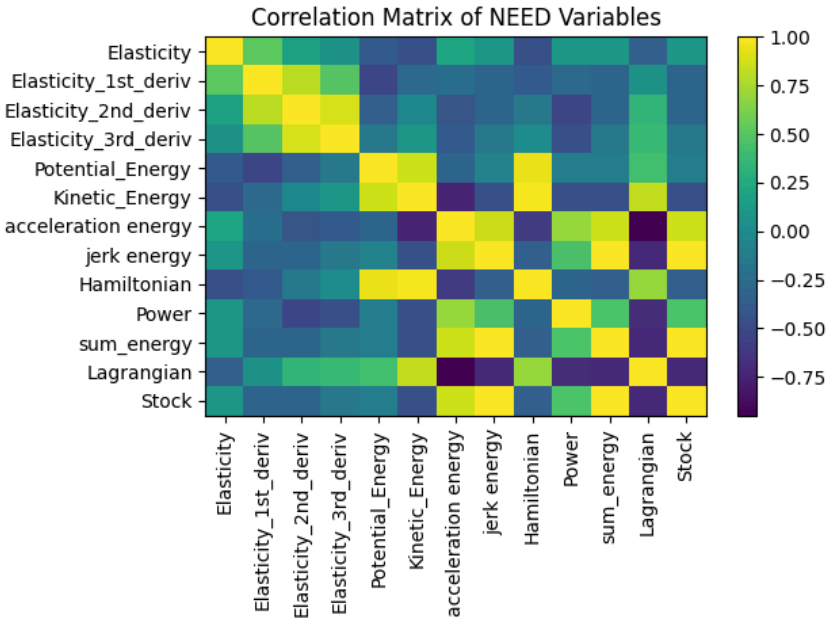

图2：变量之间的相关性

附录4

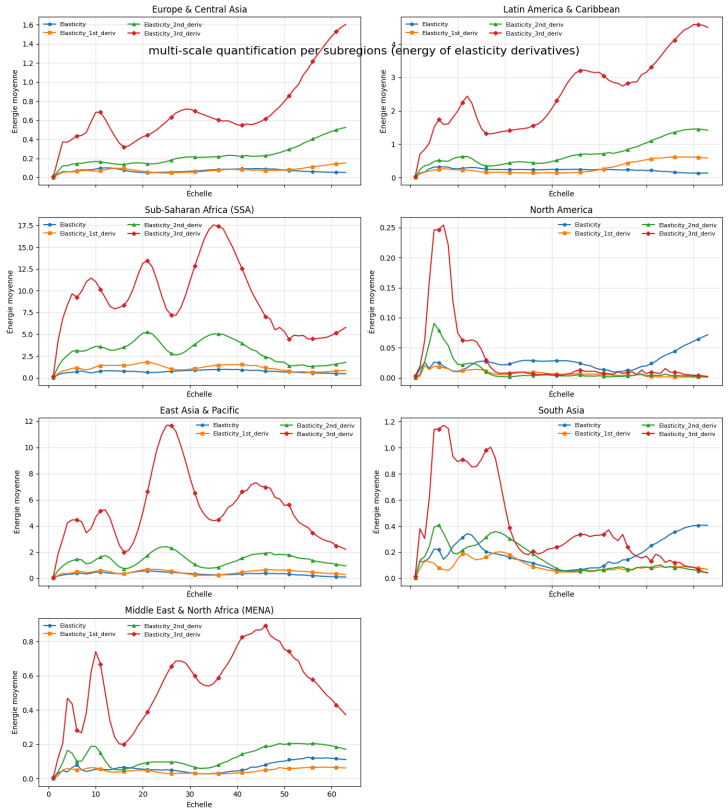

图3： **储能功率制度可视化**

附录5：内生制度对不同次区域财富创造过程中二氧化碳排放预测的影响

表2：NEED制度评估的次区域差异，

子区gion	分数	精确率	召回率	F1分数	精确率-召回率曲线下面积	Lead time mean	检测rate	变异系数 Fβ
ECA	Kurt5	0.149	0.929	0.257	0.149	1.013	1	0.502
MENA	Kurt5	0.157	0.946	0.27	0.19	1.037	0.964	0.525
SSA	Kurt5	0.149	0.988	0.258	0.168	1	0.988	0.506
LAC	Kurt5	0.145	0.962	0.252	0.224	1.038	1	0.502
EAP	Kurt5	0.147	0.974	0.255	0.154	1	1	0.507
SA	Kurt5	0.148	0.857	0.253	0.316	1	1	0.516
NA	Kurt5	0.281	0.75	0.409	0.319	1.4	0.833	0.648
ECA	NN	0.129	0.981	0.228	0.144	1.026	1	0.469
MENA	NN	0.136	1.0	0.239	0.227	1	1	0.491
SSA	NN	0.129	0.982	0.228	0.129	1.024	1	0.471
LAC	NN	0.125	0.923	0.221	0.187	1.154	1	0.458
EAP	NN	0.129	0.947	0.227	0.188	1.105	1	0.463
SA	NN	0.14	0.929	0.243	0.281	1.214	1	0.467
NA	NN	0.35	0.583	0.438	0.447	1	0.833	0.65
ECA	RF	0.656	0.891	0.755	0.882	1.086	0.897	0.898
MENA	RF	0.823	0.911	0.864	0.903	1	1	0.919
SSA	RF	0.783	0.878	0.828	0.905	1.041	0.902	0.909
LAC	RF	0.946	0.837	0.888	0.904	1	0.808	0.906
EAP	RF	0.765	0.855	0.807	0.87	1	0.842	0.903
SA	RF	0.614	0.964	0.75	0.915	1	1	0.933
NA	RF	0.706	1.0	0.828	0.975	1	1	1
ECA	Skew5	0.179	0.891	0.299	0.231	1.068	0.949	0.555
MENA	Skew5	0.157	0.946	0.27	0.269	1.036	1	0.515
SSA	Skew5	0.185	0.726	0.295	0.232	1.37	0.89	0.538
LAC	Skew5	0.203	0.798	0.324	0.391	1.115	1	0.589
EAP	Skew5	0.158	0.816	0.264	0.219	1.263	1	0.505
SA	Skew5	0.194	0.964	0.323	0.421	1	1	0.595
NA	Skew5	0.175	0.583	0.269	0.423	1.667	1	0.483
ECA	VarCtrl5	0.133	0.885	0.231	0.225	1.218	1	0.459
MENA	VarCtrl5	0.307	0.625	0.412	0.319	1.16	0.893	0.588
SSA	VarCtrl5	0.146	0.97	0.254	0.217	1.049	1	0.494
LAC	VarCtrl5	0.234	0.673	0.347	0.248	1.745	0.904	0.501
EAP	VarCtrl5	0.188	0.737	0.299	0.22	1.441	0.895	0.507
SA	VarCtrl5	0.179	0.929	0.301	0.293	1.071	1	0.536
NA	VarCtrl5	0.344	0.917	0.5	0.473	1	0.833	0.613
ECA	XGB	0.754	0.846	0.798	0.801	1.075	0.859	0.881
MENA	XGB	0.81	0.911	0.857	0.928	1	1	0.928
SSA	XGB	0.637	0.866	0.734	0.822	1.082	0.89	0.882
LAC	XGB	0.778	0.875	0.824	0.872	1	0.885	0.897
EAP	XGB	0.753	0.842	0.795	0.864	1	0.842	0.876
SA	XGB	0.833	0.893	0.862	0.881	1	0.929	0.943
NA	XGB	0.688	0.917	0.786	0.92	1	0.833	0.846

附录6：

表4：外生定义的制度内 NEED 的预测性能，

状态 模型精确率-召回率曲线下面积 AU-			ROC	Base rate	PR Lift	精确率-sion	召回率 F1分数		Lead time mean	检测 Rate
Flow	Kurt5	0.057	0.403	0.041	1.386	0.071	0.579	0.127	1.235	0.654
Flow	NN	0.122	0.676	0.041	2.949	0.086	0.605	0.151	1.133	0.577
Flow	RF	0.365	0.734	0.041	8.845	0.396	0.474	0.431	1	0.423
Flow	Skew5	0.06	0.438	0.041	1.452	0.074	0.566	0.131	1.353	0.654
Flow	VarCtrl5	0.147	0.672	0.041	3.562	0.074	0.645	0.132	1.176	0.654
Flow	XGB	0.456	0.77	0.041	11.051	0.277	0.539	0.366	1.214	0.538
商店	Kurt5	0.108	0.447	0.141	0.767	0.115	0.219	0.151	1.077	0.193
商店	NN	0.191	0.573	0.141	1.353	0.15	0.977	0.26	1.225	0.889
商店	RF	0.335	0.685	0.141	2.37	0.175	0.992	0.298	1.225	0.889
商店	Skew5	0.109	0.495	0.141	0.772	0.115	0.219	0.151	1.038	0.193
商店	VarCtrl5	0.19	0.51	0.141	1.342	0.111	0.212	0.146	1.037	0.2
商店	XGB	0.309	0.688	0.141	2.188	0.174	0.985	0.296	1.242	0.889
Transi- 过渡的	Kurt5	0.132	0.589	0.067	1.965	0.068	0.145	0.093	1.5	0.116
Transi-tional	NN	0.071	0.467	0.067	1.046	0.066	0.927	0.123	1.811	0.768
Transi-tional	RF	0.106	0.537	0.067	1.568	0.069	0.976	0.129	1.692	0.754
Transi- 转型	Skew5	0.048	0.398	0.067	0.716	0.044	0.129	0.065	2	0.116