数字政府建设驱动区域碳减排的组态路径

——基于省级面板数据的动态QCA分析

李佳澎[1]，蒋苏妮[1]，王昱嘉[2]，王 巧[3]

（1. 澳门大学社会科学学院，澳门 519000；2. 中央财经大学国际经济与贸易学院，北京 102206；
3. 华中农业大学公共管理学院，武汉 430070）

摘要：推进区域数字化转型是实施国家创新发展战略的必然要求，也是实现“双碳”目标的重要抓手，数字政府作为一种新兴的技术治理模式，在推动区域绿色发展过程中发挥了重要作用。根据TOE（技术-组织-环境）理论，选取政府数字关注度等6项前因变量，并基于2016—2021年全国省级行政区的面板数据，利用动态QCA（定性比较分析）方法，探究数字政府建设推动区域碳减排的多元路径。组态分析结果共得到“基建-资金”驱动型、协同减排型以及“技术-组织”主导型3条高水平组态路径。进一步分析发现，3条高水平组态均存在一定的案例效应。

关键词：数字政府；碳减排；TOE（技术-组织-环境）理论；动态QCA（定性比较分析）；组态路径

中图分类号：F124.5；F49；D63 **文献标志码：**A **文章编号：**1671－1807(2026)03－0159－13

当前，二氧化碳排放引起的全球变暖问题已经成为全球各国面临的首要环境问题[1]，为应对严重的气候变化危机，全球多国于2016年签订《巴黎协定》，积极推进全球碳减排进程，探索低碳发展模式。中国作为全球碳排放大国[2]，能源消费结构长期以煤炭、石油和天然气等化石能源为主，这一能源结构在长期推动经济高速发展的同时，也造成了严重气候问题与资源浪费。针对碳排放引起的气候变化问题，中国政府于2020年提出“2030年前实现碳达峰、2060年前实现碳中和”的“双碳”目标，这一承诺不仅是对全球气候治理的积极响应，更是推动经济社会可持续发展、实现区域绿色转型的关键举措。近年来，中国政府在区域节能减排的行动中发挥了重要作用，借助市场化[3]、税收[4]、财政[5]、金融[6]以及技术创新[7]等政策手段，形成了系统的区域碳治理体系，有效推动了区域绿色发展。尽管政府在推动区域碳减排进程中取得了积极成效，但仍有相关研究指出，部分环境监管政策可能会造成区域碳排放的增加[8-9]，带来“绿色悖论”问题。这些问题深刻影响着区域的减排进程，并驱动政府寻找一种更为高效的环境治理手段以提升区域低碳治理效能。

数字政府作为一种新兴的治理手段和公共服务模式，在利用新型数字技术重塑政务流程提升政府治理绩效[10]的同时，也为区域的环境治理提供了新的理念与范式。2022年国务院印发的《关于加强数字政府建设的指导意见》文件中，提及要将数字政府建设与绿色低碳发展相联系，通过打造智慧高效的生态环境数字化治理体系，推动生态环境保护数字化转型。相关研究证明，数字政府可以通过推动产业结构升级、促进绿色技术创新、发展绿色金融以及吸引绿色人才集聚等方式推动区域碳减排[11-12]。

但同时，数字政府是一个由技术驱动的复杂的治理模式，由多重维度构成[13]，并随着社会发展与技术更新呈现阶段性特征[14]。以往的研究更多注重于数字政府这一整体对于区域绿色发展的影响作用，而较少关注数字政府内部各组成要素之间发挥的协同影响作用，并且未能充分考虑技术迭代与区域特征给各地数字政府建设带来的时空差异。

收稿日期：2025-09-22

基金项目：国家自然科学青年科学基金（72204092）；教育部人文社会科学研究青年基金（22YJC630140）

作者简介：李佳澎（2000—），男，山东日照人，硕士研究生，研究方向为数字治理、中国政策试点；蒋苏妮（1998—），女，海南万宁人，硕士研究生，研究方向为公共政策分析、政治传播；王昱嘉（2002—），女，河北邢台人，硕士研究生，研究方向为农产品国际贸易、数字服务贸易；通信作者王巧（1992—），女，湖北利川人，博士，讲师，硕士研究生导师，研究方向为科技创新与管理、中国政策试点、区域可持续发展。

现基于2016—2021年中国省级面板数据，借助技术-组织-环境（technology-organization-environment，TOE）理论，利用动态定性比较分析（qualitative comparative analysis，QCA）方法，探究数字政府建设驱动区域碳减排的多元影响路径。本文的边际贡献在于：①借助QCA组态分析，揭示数字政府内部组成要素在驱动区域碳减排过程中的协同影响作用；②借助组间与组内分析手段，揭示数字政府影响区域碳排放的时空差异性。

1 数字政府对于区域碳减排的影响

传统的环境监管措施在降低区域碳排放水平，推动区域绿色转型的同时[4-5,15-16]，也可能会增加区域的碳排放量，产生“绿色悖论”问题[8-9]。事实上，对于环境监管政策与区域碳排放的关系，学界并没有形成一个统一的定论。一部分学者认为环境监管政策在实际政策执行过程中所带来的碳减排效应具有不确定性[17-18]，而这种不确定性可能受到“逆向减排”与“绿色悖论”等两种效应的综合影响[19]，与政府监管不力、政策执行效率低下以及环境数据不准确等原因相联系[20]。对于政府来说，碳减排是区域综合治理的重点工作，传统环境监管措施暴露出的不确定性问题可能会影响区域治理的整体效能，因此寻找一种新的环境治理模式以规避原有模式产生的风险是必要的。

数字政府作为一种技术驱动的新兴治理模式，可以通过数字化手段重塑政府的服务流程和制度结构，进而有效解决传统环境治理模式中政策执行效率不足、环境监管过程不透明等问题，直接或间接推进区域的绿色低碳转型。首先，数字政府可以通过构建数字化的碳排放监测和核算平台，有效跟踪和管理城市碳足迹，提高碳排放数据监控的准确性和实时性，从而增强了政府对高排放企业的监管力度[21]，在此基础上构造的碳排放数据分析模型，可以为政府的碳减排决策提供精确的数据支持[22]。其次，数字技术的运用提升了政府服务的效率，降低了各类行政审批所带来的交易成本，进而减少了政府办公过程中给企业和居民带来的能源消耗和碳排放[11]。同时，数字技术提升了政府信息的透明度，拓宽了信息沟通渠道，吸纳更多社会力量参与环境治理[12]。此外，数字政府可以颁布各类数字产业政策，推动区域产业数字化转型[23]，在提升产业生产效率的同时减少能源损耗。最后，数字政府还可以通过促进绿色技术创新、绿色金融发展和绿色人才培养等间接手段[11,24]，对区域碳减排进程产生积极影响。

但同时，数字政府对于碳排放的影响仍具有不确定性。数字政府建设是一个漫长、复杂的演化过程，其内部的构成要素众多，且存在着时间与空间两个维度的差异性[14]，这些特征会影响数字政府与碳排放之间的作用关系。Che等[25]指出，数字基础设施在中东、美洲地区呈现出遏制碳排放的现象，而在欧洲与亚太地区，数字基建则一定程度上增加了区域碳排放。Li等[26]则证实，数字政府的碳减排效应会随着时间变化，呈现出先促进后抑制的倒“U”型非线性效应。因此探究数字政府的碳减排效应，需要结合数字政府的发展阶段和区域差异，衡量数字政府建设中各类要素产生的积极与消极影响。

以往的研究视角均是从数字政府建设的整体出发，探讨数字政府与区域碳排放之间的因果关系，而没有考虑到数字政府内部各组成要素与区域碳排放的协同影响机制，以及这些要素具有的时空差异性。因此，基于时空双维的研究视角，从数字政府的各构成要素出发，探究数字政府建设驱动区域碳减排的多元影响路径。

2 研究设计

2.1 理论基础

TOE理论由Tornatzky等[27]于1990年初次提出，最初用于解释组织技术的采纳行为，后来用于强调技术、组织和环境三者的协同作用对技术采纳与实施效果的影响。该框架被广泛应用于技术治理与环境治理领域。在技术治理层面，数字治理理论强调数字技术与治理结构、社会多元主体的互动过程，认为传统治理模式应向以数据驱动、平台整合、公众参与为核心的新型多元治理模式转型[28]，这一观点为数字政府选题的相关研究选择TOE理论作为研究框架提供了理论支撑。事实上，TOE理论被广泛应用于数字政府[29-31]、数字经济[32]以及数字乡村[33]等领域的研究中；而在环境治理领域，TOE理论也常被用于探讨区域环境绩效的提升路径[34-35]。

选用TOE理论的原因在于：作为数字治理理论的实践主体，数字政府本质上是一个技术嵌入、组织架构与外部环境高度互动的综合治理系统，它重塑了原有的治理理念和流程，强调新型技术与制度结构、政府与其他社会主体在各类治理情景下所发挥的协同作用[13]，因此其驱动区域碳减排的机制受到多重逻辑的共同影响。在技术逻辑层面，数字基础设施与数字平台为区域碳活动的监测、分析和

优化调控提供了基础支撑[21-22,36];在组织逻辑层面,政府的数字政策体系、科技投入与数字管理机构设置决定了区域数字化绿色化转型的深度与方向[23,37];在环境逻辑层面,公众意见通过信息化互动渠道形成外部压力和反馈机制,提高政府响应低碳治理需求的速度[12]。因此,选用 TOE 理论可以有效揭示数字政府驱动碳减排机制中各构成要素的组合效应及其机制。

2.2 指标选取

基于 TOE 理论,参照有关数字政府框架设计以及数字政府推动区域绿色发展的相关研究,从技术-组织-环境 3 个维度,选取数字基础设施、数字服务能力、政府数字关注度、技术投入程度、技术管理能力以及公众数字参与 6 项前因条件构成数字政府建设推动区域碳减排的理论框架(图 1)。

(1)数字基础设施。数字基础设施是支撑政府数字化转型的物理载体,包括移动基站、互联网、数据中心、人工智能以及 AI 等技术设施,作为数字政府建设的"硬件底座",其覆盖密度与技术水平直接影响政务数据采集、传输与处理效率。数字基础设施具有较高的减排潜力,相关研究发现,移动通信基站[36]、互联网[38]、数据中心[39]以及人工智能[40]等数字基础设施,可以有效降低区域的碳排放,推动区域产业的绿色低碳转型。根据相关研究[36],选择每万人移动基站的数量作为衡量数字基础设施水平的变量。数据来源于国泰安数据库。

(2)数字服务能力。数字服务能力指政府运用数字技术构建一体化政务服务平台、各类云治理平台、政务 App、政务网站等各类数字政务应用,以提高政务服务效率,实现"一网通办"等政务服务智能化目标的能力[41],是政府数字化转型的核心部分。相关案例表明,政务服务平台可以有效推动无纸化办公,减少政府与居民在政务办理过程中带来的能

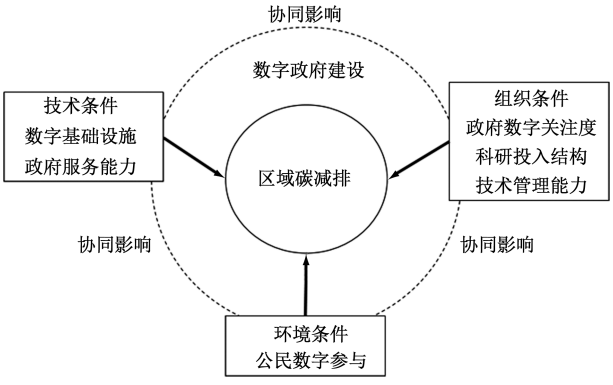


图 1 基于 TOE 理论的分析框架

源损耗与碳排放[42]。Huang 等[43]则验证了在线服务能力(OSI)可以有效降低不同国家地区的碳排放。选用 2016—2021 年,南京大学《政府电子服务能力指数报告》中的电子服务能力指数作为衡量各省数字服务能力的变量。

(3)政府数字关注度。政府数字关注度是指地方政府通过政策文本表现出的对数字化相关议题的重视程度,它可以有效地衡量区域的数字政策水平,直接影响区域数字化的发展方向。Tang 等[44]指出,政府数字关注水平较高的地区,政府更容易整合数字技术以实现有效的低碳治理,Hu 和 Song[45]则指出,政府数字注意力可以通过改善政府的低碳治理、加强公众的低碳关注和推动企业低碳化转型等方式来显著减少碳排放。根据解洪涛和王嘉庆[46]的研究,基于各省的政府工作报告,统计了 121 个有关于"数字技术"与"数字应用"的词汇及其词频,作为衡量政府数字关注度的变量。

(4)技术投入程度。技术投入程度指用于区域地区数字政府的财政投入程度。政府在科学技术研究方面的投入在一定程度上决定了数字政府建设的深度,投入结构反映政府数字化转型的战略导向。国务院于 2022 年发布的《关于加强数字政府建设的指导意见》,明确强调要做好数字政府建设的经费保障[47]。研究表明,数字政府建设过程中,东部地区能够通过较高水平的科学技术投入有效地利用信息网络技术,助推城市绿色转型[48]。选用各省年度科学技术支出与一般公共预算支出的比例来衡量技术投入程度。

(5)技术管理能力。技术管理能力指政府通过设立专职大数据管理机构统筹数据采集、分析与应用的能力。大数据管理机构是数字政府的"神经中枢"[49],为政务云平台、双碳管理系统提供技术底座。截至 2022 年,中国已有 26 个省级行政区成立了省级大数据管理机构。依托地方大数据管理机构构建的"双碳"大数据中心和碳排放监测平台,不仅为政府碳调控提供了数据支撑,也为企业提供了精确测量碳排放的技术手段[50]。根据相关研究[51],将省级大数据管理机构的设置情况作为技术管理能力的替代变量。基于相关设置情况,在每一省份大数据管理机构的设置当年赋值为 7,每年前后增加 1 分。例如,山东省于 2018 年成立省级大数据管理局,因此 2018 年赋值为 7 分,2018—2021 年相应赋值为 8～11 分,2016—2017 年则被相应赋值为 5～6 分。

(6)公众数字参与。公众数字参与指社会公众通过数字化渠道表达环境诉求的行为。数字时代的“压力-响应”机制及公众需求导向倒逼政府加快提升数字政府建设动力和发展效能[52]。相关研究表明,公众环保热线可以显著影响政府环境监管力度[53],并降低企业二氧化硫的排放强度[54],促进企业绿色转型。参照吴力波等[55]对于公众环境关注度的研究,选用碳排放百度搜索指数作为公众数字参与的替代变量。选择“碳排放”一词作为衡量公众网络减排诉求的关键词,并统计了各省份网络用户对于该词汇的年度百度搜索指数。

2.3 研究方法与数据来源

传统的QCA方法受制于截面数据的限制,缺乏从时间维度与空间维度探究条件组态的配置效应。针对传统QCA方法的问题,Castro和Ariño[56]提出了动态QCA方法,相较于传统方法,该方法从整体、组间与组内3个维度测量因果关系,可以有效观察某一条件组态在时间维度上的连续变化过程,克服了传统QCA方法的“时间盲区”问题。同时,该方法引入了一致性调整距离这一全新概念来描述不同的条件组态结果在时间维度以及空间维度上的一致性变化程度,有助于更准确地反映因果关系随时空变化的特征[57]。数字政府是一个持续演化的建设过程,涉及技术、制度以及社会环境等多种因素的作用[58],而中国的区域碳减排行动同样是一个具有时空差异,并随时空特征演化而变化的漫长治理过程[59-61]。基于截面数据的传统方法无法有效揭示数字政府赋能区域碳减排的时空演化过程。因此,选用动态QCA方法,探究数字政府建设驱动区域碳减排的多重影响路径,在方法上具有合理性。

2016年,中国政府发起了“互联网+政务服务”的政府改革行动,旨在推进区域公共部门的数字化转型,提升区域的数字治理能力。因此,以2016年为样本数据选取的起点,选取2016—2021年作为样本数据的时间段。同时,根据数据的获得和缺失情况,选取中国30个省份(因数据缺失,未包含西藏地区和港澳台地区)的数据作为样本数据。所有数据均来源于中国历年统计年鉴、CEADS中国碳核算数据库、国泰安数据库以及权威科研机构的公开报告。

2.4 结果变量

根据相关研究[62-63],选择碳排放强度(CI)作为结果变量。碳排放强度是指二氧化碳排放量与GDP的比值,该值越小表明该地区单位GDP生产消耗的碳排放量越小,地区的碳减排效果就越好。相较于碳排放量与人均碳排放,CI能够更有效地反映发展中国家的碳排放水平[64]。省级碳排放的数据来自中国碳核算数据库(CEADS)的表现碳排放数据[65],而省级GDP数据来自历年《中国统计年鉴》。

2.5 数据校准

在对案例进行必要性分析前,需要对原始数据进行校准。由于样本数据为连续数据,因而参照Guedes等[66]的校准方法,采用直接校准法并选取完全隶属、交叉点以及完全不隶属3个锚点对数据进行校准。根据谭海波等[67]的研究,设置3个校准锚点分别对应原始数据的95%分位数、50%分位数以及5%分位数。同时,为避免数据校准之后出现前因条件的案例隶属度恰好为0.50的归属问题,采用盛亚等[68]的处理方法,对于隶属度为0.5的案例,隶属度增加0.001。此外,考虑到区域碳排放强度与区域碳减排效果呈现负向相关,采用反向校准的方式对碳排放强度进行校准,即碳排放强度越低,结果变量的隶属度越高。校准锚点情况与描述性统计情况见表1。

3 实验结果

3.1 必要性条件分析

3.1.1 汇总一致性分析

在QCA方法中,当前因变量的一致性水平高于0.9且覆盖度大于0.5时,该变量可以被认为是结果变量的必要性条件[58]。然而,与传统QCA方法相比,动态QCA引入了组间一致性调整距离以及组内一致性调整距离的概念,用于分析样本中潜在的时间效应和案例效应[69]。参照曾凡军和陈永洲[70]的研究,将一致性调整距离判定标准设置为0.2,当距离小于0.2时则表明汇总一致性和覆盖度的精度较高,当距离大于0.2时,当某项前因条件的一致性调整距离大于0.2时,研究者需要进一步研究条件必要性,以探究该条件中的时间效应及案例效应。利用Rstudio软件对6项前因条件进行必要性分析,结果见表2。必要性分析结果表明,6个前因条件的一致性均小于0.9,说明单一的前因变量不能构成结果变量的必要条件。但必要性分析结果中存在前因条件组间一致性调整距离、组内一致性调整距离大于0.2的情况,需要进一步分析。

3.1.2 组间一致性分析

由于本文研究的是高结果变量与高条件变量(“高-高”)之间的组态关系,因此,着重分析高水平结果变量与单一条件变量之间组间一致性。表3展

表 1　校准结果与描述性统计

变量	符号	校准锚点			描述性统计			
		完全隶属点	交叉点	完全不隶属	平均值	最大值	最小值	标准差
碳排放强度	Y	418.716	1 129.799	6 720.129	1 945.883	11 996.203	163.204	2 162.752
数字基础设施	X_1	58.124	21.838	5.215	25.488	90.487	3.004	15.973
政务服务能力	X_2	75.804	61.425	39.594	60.217	87.290	27.850	12.158
政府数字关注度	X_3	0.006	0.003	0.002	0.003	0.010	0.000	0.001
科技投入力度	X_4	0.055	0.017	0.007	0.023	0.068	0.005	0.016
技术管理能力	X_5	10.000	6.000	2.000	6.233	11.000	0.000	2.311
公众数字参与	X_6	136.508	44.228	5.002	55.666	209.652	1.563	44.373

表 2　必要性分析结果

变量	高碳减排效应				低碳减排效应			
	一致性	覆盖度	组间一致性调整距离	组内一致性调整距离	一致性	覆盖度	组间一致性调整距离	组内一致性调整距离
高数字基础设施	0.703	0.831	0.134	0.846	0.566	0.507	0.177	0.483
低数字基础设施	0.583	0.640	0.260	0.911	0.811	0.674	0.137	0.265
高数字服务能力	0.732	0.798	0.318	0.917	0.569	0.470	0.455	0.368
低数字服务能力	0.514	0.611	0.400	0.841	0.756	0.681	0.260	0.224
高政府数字关注度	0.642	0.778	0.275	0.825	0.611	0.561	0.287	0.328
低数字政府关注度	0.637	0.684	0.260	0.931	0.758	0.616	0.165	0.259
高技术投入程度	0.713	0.866	0.049	0.823	0.460	0.424	0.067	0.598
低技术投入程度	0.526	0.562	0.141	0.936	0.855	0.693	0.021	0.259
高技术管理能力	0.734	0.783	0.354	0.937	0.628	0.507	0.360	0.362
低技术管理能力	0.538	0.656	0.577	0.820	0.731	0.676	0.364	0.259
高公众数字参与	0.698	0.846	0.241	0.825	0.501	0.460	0.470	0.512
低公众数字参与	0.554	0.594	0.391	0.933	0.832	0.676	0.342	0.155

表 3　组间一致性检查结果

分类	变量组合情况		2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年	2021 年
情况 1	$\sim X_1/Y$	一致性	0.759	0.705	0.659	0.521	0.470	0.431
		覆盖度	0.585	0.624	0.654	0.658	0.666	0.685
情况 2	X_2/Y	一致性	0.397	0.540	0.807	0.865	0.855	0.858
		覆盖度	0.915	0.895	0.802	0.795	0.750	0.763
情况 3	$\sim X_2/Y$	一致性	0.811	0.700	0.459	0.403	0.408	0.367
		覆盖度	0.527	0.555	0.609	0.657	0.761	0.742
情况 4	X_3/Y	一致性	0.564	0.421	0.538	0.694	0.810	0.784
		覆盖度	0.806	0.704	0.827	0.791	0.740	0.799
情况 5	$\sim X_3/Y$	一致性	0.748	0.824	0.743	0.587	0.465	0.501
		覆盖度	0.588	0.651	0.668	0.712	0.801	0.786
情况 6	X_5/Y	一致性	0.376	0.553	0.698	0.829	0.912	0.959
		覆盖度	0.933	0.892	0.815	0.772	0.759	0.711
情况 7	$\sim X_5/Y$	一致性	0.922	0.808	0.634	0.443	0.306	0.213
		覆盖度	0.588	0.650	0.701	0.705	0.643	0.787
情况 8	X_6/Y	一致性	0.660	0.683	0.627	0.573	0.635	0.987
		覆盖度	0.918	0.895	0.918	0.947	0.881	0.701
情况 9	$\sim X_6/Y$	一致性	0.669	0.619	0.647	0.660	0.601	0.172
		覆盖度	0.535	0.563	0.600	0.602	0.629	0.816

注:~代表集合运算非。

示了高水平结果变量下,单一前因条件中组间一致性调整距离大于 0.2 的情况。结果显示,首先,情况 1~情况 5 以及情况 9 中的前因条件的一致性水平均小于 0.9,不构成结果变量的单一必要性条件。其次,尽管高技术管理能力、低技术管理能力以及高公民数字参与在某些特定年份中呈现一致性水平大于 0.9 且覆盖度大于 0.5 的情况,但它们均未被 X-Y 散点图验证为一致性条件[70-71]。此外,绘制了条件变量一致性水平随时间变化的趋势图(图 2),该图显示,几项高水平前因条件的一致性水

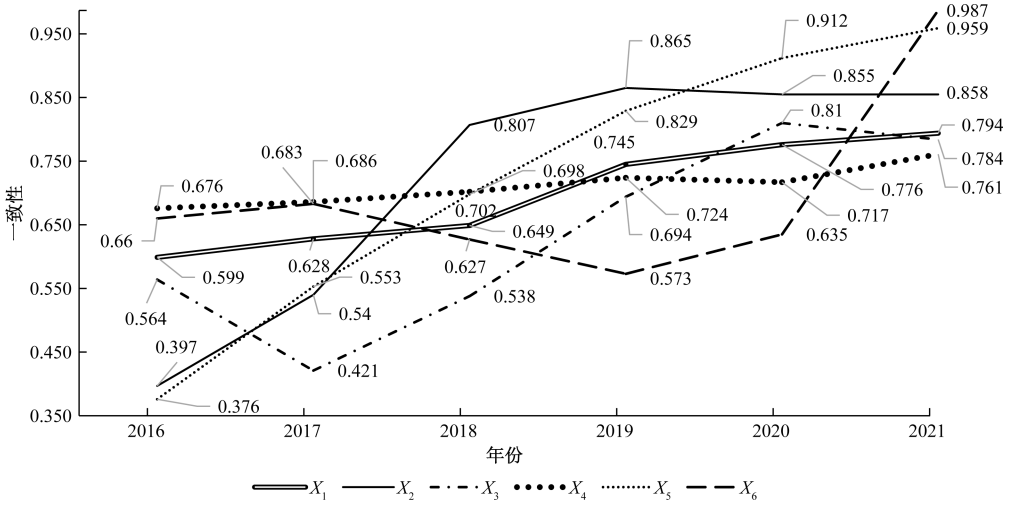


图 2　前因条件的一致性水平随时间变化趋势

平随着时间推移呈现整体上升的态势。这一变化情况与中国政府的数字化转型进程以及碳减排进程相吻合。

3.1.3　组内一致性分析

组内一致性调整距离普遍大于 0.2，表明 6 项条件变量与结果变量之间存在显著的区域效应，与中国碳排放格局存在空间差异的现实特点相符合[61-63]。而当必要性条件分析中存在显著的区域效应时，需要进一步探究样本的地区特征。基于相关研究[72]，将样本划分为东、中以及西部 3 类区域，并采用方差齐次性检验、正态分布检验、单因素方差分析以及 Krusksl-Wallis 秩和检验（K-W 检验）等方法对“高条件变量和高结果变量”的一致性水平进行进一步检验[72]。

方差齐次性检验与正态分布检验情况表明，高政务服务能力以及高政府数字关注度通过了上述两项检验，利用单因素方差分析对两项前因条件进行进一步检验。而高数字基础设施、高技术投入程度、高技术管理能力以及高公众数字参与未能通过正态性检验，则利用 K-W 检验对该 4 项前因条件进行进一步检验（表 4）。

单因素方差分析结果显示，高政府服务能力与高政府数字关注度两项变量均通过了该项检验，表明两项条件不存在明显的区域差异。K-W 检验结果显示，高数字基础设施、高技术管理能力以及高公众数字参与均通过了该项检验，而高技术投入程度未通过 K-W 检验，存在显著的区域差异（$P<0.05$）。进一步分析发现，高技术投入存在较为显著的“东部-西部”以及“中部-西部”差异（表 5），说明西部地区相比东中部地区，用于区域数字政府建设的资金投入较少，与西部地区经济基础相对薄弱、财政资源相对匮乏的实际情况有一定程度的联系。

表 4　单因素方差分析与 K-W 检验结果

条件变量	平均值	标准差	*P*	
			单因素方差分析	K-W 检验
高数字基础设施	0.750	0.300	—	0.801
高数字服务能力	0.750	0.180	0.317	—
高政府数字关注度	0.710	0.190	0.165	—
高技术投入程度	0.680	0.320	—	0.044**
高技术管理能力	0.770	0.200	—	0.865
高公众数字参与	0.710	0.270	—	0.407

注：*、**、***分别表示 10%、5%、1%的显著水平。

表 5　K-W 检验配对比较结果

条件变量	显著性			一致性均值		
	东部-中部	东部-西部	中部-西部	东部	中部	西部
高技术投入程度	0.605	0.039**	0.030**	0.772	0.858	0.476

注：*、**、***分别表示 10%、5%、1%的显著水平。

3.2　充分性条件分析

3.2.1　汇总结果

使用 Rstudio 的 SetMethod 包对影响区域碳减排水平的数字政府要素进行充分性分析，以探究区域高水平低碳发展的组态路径。根据 Fiss[73] 以及张明和杜运周[74]的研究，将原始一致性阈值设置为 0.8，将 PRI 一致性阈值设置为 0.75，将案例频数设置为 2。在反事实操作中，将 6 项前因条件状态设定为“存在或缺失”。运行结果最终得到 3 条高水平数字政府驱动区域碳减排的组态路径与一条低水平组态。组态总体一致性分别为 0.936 与 0.908，高于 0.8，且任一组态的一致性均高于 0.8，说明 4 条组态具备高稳健性；总体覆盖率为 56.8% 与

50.3%,表明组态运行结果的案例适用性较强。根据相关研究[70],3 条高水平组态的组间一致性调整距离均小于 0.2,表明组态路径不存在时间效应;而高水平组态的组内一致性距离均接近 0.2,表明组态路径存在一定的案例效应,需要进一步分析。3 条高水平组态分别被命名为“基建-资金”驱动型、“协同”驱动型以及“技术-组织”主导型。条件组态的构成情况见表 6。

组态 H1 被命名为“基建-资金”驱动型。该组态以数字基础设施、技术投入程度为核心存在条件,以公众数字参与为边缘存在条件,以政务服务能力为边缘缺失条件。该路径可以解释 30.9%的案例,揭示了数字基础设施建设与技术投入程度这两项数字政府的构成要素在驱动区域碳减排过程中的重要功能。该路径意味着,在政务数字系统建设起步相对较晚的地区,地方政府可以通过提升科技投入程度,推进数字基础设施建设,拓宽信息化渠道以及时反馈公众环保诉求等方式来推动区域低碳化转型,降低碳排放强度。

该组态的典型案例是山东省(2016—2021 年)。山东省作为全国重化工业基地,2016 年,全省碳排放量为 10.97 亿 t,位列全国第 2,碳减排形势严峻。为推动区域节能降碳,山东省开展了多领域的节能降碳行动,利用数字化手段提升区域碳治理成效。首先,在移动基站、数据中心建设项目中大量引入绿色清洁能源并推进智能光伏建设,优化数字基础设施的供电结构,测试基站的转换效率比传统的光伏发电高出 30%左右,新能源使用比率达到 20%~30%,有效减少了因煤电能源消耗带来的碳排放。其次,强化数字技术的关键性支撑,增加数字技术领域的科技经费投入,部署省属企业开展技术攻关,如推进全程数字化驱动的零碳智慧高速项目建设,通过搭建一体化智慧路网管理终端、高速云服务平台以及智能光伏网络,济潍零碳高速实现年均减碳量 6.1 万 t,有效推进了区域交通的数字化低碳化转型。最后,山东省政府积极利用“问政山东”等线上政民互动渠道,开展有关“双碳”战略的专题问政和公众意见征询,倒逼相关部门和重污染企业落实低碳化政策,扎实推进碳排放配额履约。

表 6　条件组态的构成情况

条件变量	高碳减排组态			低碳减排组态
	组态 H1	组态 H2	组态 H3	组态 L1
数字基础设施	●		●	⊗
数字服务能力	⊗	●	•	⊗
政府数字关注度			•	⊗
技术投入程度	●	●	●	⊗
技术管理能力		•		⊗
公众数字参与	•	●	⊗	⊗
一致性	0.923	0.957	0.944	0.908
PRI	0.808	0.927	0.828	0.763
覆盖度	0.309	0.429	0.236	0.503
唯一覆盖度	0.095	0.186	0.037	—
组间一致性调整距离	0.037	0.024	0.018	0.058
组内一致性调整距离	0.196	0.207	0.190	0.201
总体一致性	0.936			0.908
总体 PRI	0.889			0.763
总体覆盖度	0.568			0.503

注:●为核心存在条件;• 为边缘存在条件;⊗为核心缺失条件;⊗为边缘缺失条件;案例频数为 2;原始一致性阈值为 0.8;PRI 阈值为 0.75。

组态 H2 被命名为协同减排型。该组态以政务服务能力、技术投入程度以及公众数字参与为核心存在条件,以技术管理能力为边缘存在条件。该路径可以解释 42.9%的案例,强调在数字政府建设背景下,技术、组织以及环境 3 个维度在驱动区域碳减排过程中发挥的协同作用。该路径意味着地方政府可以通过搭建高水平的数字治理平台、增加科技经费投入、发挥数据管理机构在区域数字化转型中的规划作用以及利用线上交流渠道搜集公众减排意见等方式以推进区域的碳减排成效。

该组态的典型案例有上海市(2017—2021 年)、北京市(2017—2021 年)、浙江省(2018—2021 年)以及广东省(2017—2020 年)等地区。上海市将治理数字化作为推进区域低碳治理的关键路径,积极探索区域数字化绿色化协同发展。首先,搭建政务服务云,整合各类数据资源,为民众提供线上的一体化政务服务,有效减少了居民因办事出行带来的碳排放和资源消耗。其次,搭建生态环境保护环境大数据平台、碳普惠平台以及工业碳管理平台等数字服务平台,为企业和社会公众提供碳核算、碳交易以及碳核算等各类低碳服务,利用数字化手段驱动社会多元主体参与区域碳减排行动,推动企业生产方式与居民生活方式的低碳化。同时,持续推进重点能源消费单位和重点行业企业能源数字管理中心建设全覆盖,实现能源消耗的实时数据的精细化管理,以有效减少能源浪费和碳排放量。上海市政府还提出建设零碳数据中心的目标,通过对数千台设备的更新和替换,预计将能源利用效率降至

1.3以下。最后，上海市积极推动制造业、能源领域的数字化和绿色化协同转型标杆企业的创建，通过资金支持、技术帮扶、试点评选等政策保障，塑造一批标杆企业和应用场景以发挥行业示范作用，引领产业数字化和绿色化协同转型。

组态H3被命名为“技术-组织”主导型。该组态以数字基础设施、技术投入程度为核心存在条件，以政务服务能力、政府数字关注度为边缘存在条件，以公众数字参与为边缘缺失条件，可以解释23.6%的案例，强调了技术与组织两个维度在驱动区域碳减排进程中的作用。该组态表明，在公众对碳减排话题的关注度不高、数字参与程度较低的情况下，地方政府可以通过修建数字基础设施，提高科技投入程度，搭建高水平的城市治理平台以及颁布有关节能减排的一系列数字化政策来推动区域碳减排进程。

该组态的典型案例有江西(2019—2020年)以及贵州省(2019—2020年)等中西部地区，其匹配的年度与样本较少，相对于前两种组态解释力较弱。贵州省是中国数字政府建设的先进示范区，是第一个获批国家级大数据综合实验区的省份，数字政府建设经验丰富，区域数字化的基础较为深厚。2014年，贵州省推出了政务云服务平台“云上贵州多彩宝”，利用大数据技术，打通居民服务的“最后一公里”，显著减少了政府办公与居民服务过程中产生电力消耗与碳排放。2016年，贵州省政府出台了全国首个大数据发展规制《贵州省大数据产业发展应用条例》，随后又接连出台多部有关区域数字化的发展规划，从政策层面支持区域工业以及能源行业的数字化转型。此外，贵州省大数据管理机构积极推进绿色数据中心以及绿色光伏基站等项目的建设，提出数据中心能效值低于1.4的目标，并积极与国内通信企业合作，开展低碳光伏试点基站建设，新型基站的能源综合使用率达到35%以上，有效提高了数字基础设施的能源利用水平，进而促进区域碳减排。

3.2.2 组间结果

3种高水平条件组态的组间一致性调整距离均小于0.2，表明案例样本不存在显著的时间效应。绘制组态一致性水平的时间变化图(图3)，观察后发现3种组态的时间变化的相似度较高，且各组态单一年度的一致性水平均高于0.85，反映了国家在这一时期区域数字化转型成效显著、碳排放得到有效控制的现实特点。但在2020年，“技术-组织”主导型组态的一致性水平提高，而“基建-资金”驱动型、协同减排型的组态一致性水平降低，在碳减排问题上的数字参与度减少，因而由公众数字参与驱动的组态H1和组态H2的一致性水平相对降低。

3.2.3 组内结果

组内分析结果显示，组态H2协同减排型的组内一致性调整距离水平大于0.2，而H1和H2两种组态的组内一致性调整距离水平尽管低于0.2的阈值标准，但已十分接近阈值标准。组内结果表明，3条高水平条件组态均具有一定的案例效应，需要通过进一步分析以揭示样本间的地区差异。绘制组内一致性水平分布图(图4)，观察后发现，首先，3条高水平组态在多数省份的组内一致性水平较高，表明3条组态的案例解释力较强。其次，中、西部部分省份在3种组态的案例解释力弱于东部省份，山西的情况尤为突出，山西省3条组态的一致性水平均低于0.5，因而组态结果无法有效揭示山西的碳减排进程。这可能是由于山西省作为全国煤炭发电基地，能源生产和消费量巨大，能源产业结构转型困难，地方政府无法在短期内通过区域数字化转型等手段调整能源消费结构，降低区域碳强度。而在宁夏，协同减排型组态的组内一致性水平要低于其他两种组态，这可能是宁夏政府更注重于区域数字基础设施建设，力图通过完善算力设施、数据中心、工业互联网平台等建设，打造全国算力中心，因而其他数字要素在当地数字化建设的重要程度相对较低。同时，宁夏人口较少，公众的数字参与程度相对欠缺。此外，宁夏的省级大数据管理机构成立时间较晚(2024年)，技术管理能力相对不足，因此宁夏在协同减排型组态(H2)层面上，案例解释力较低。

3.3 稳健性检验

在完成QCA条件组态的充分性分析之后，需要对分析结果进行稳健性检验，以确保分析结果的有效性。根据相关研究[67-68]，选取提供原始一致性阈值以及提高PRI阈值等两种方式来检验组态分析结果，将一致性阈值由0.8提高到0.85，将PRI阈值由0.75上调为0.8。稳健性结果显示，上调一致性阈值后，组态路径的分布、数量、条件构成、整体一致性以及整体覆盖率与原组态运行结果完全一致；而上调PRI值后，新的组态结果与原组态结果呈现明显的子集关系。两项检验表明组态分析结果具有较强的稳健性。

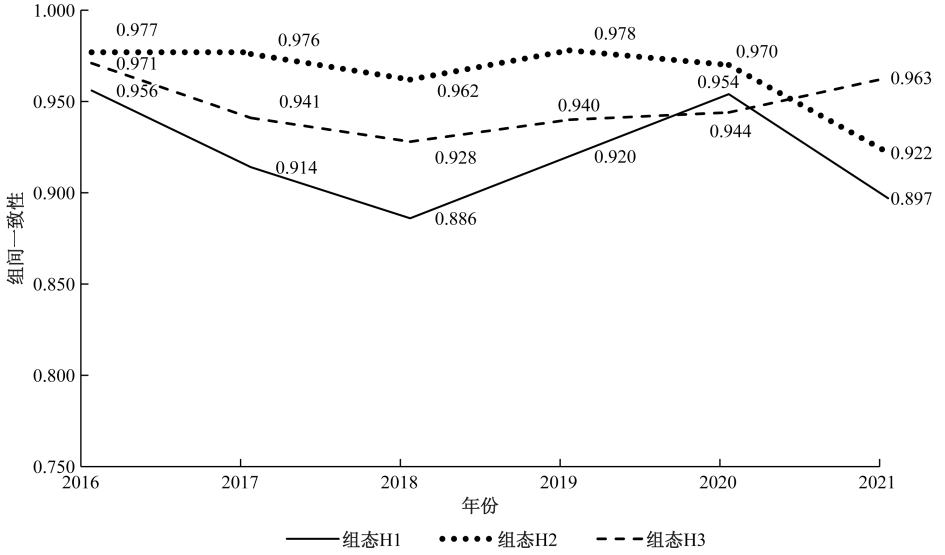


图 3　条件组态的组间一致性水平分析结果

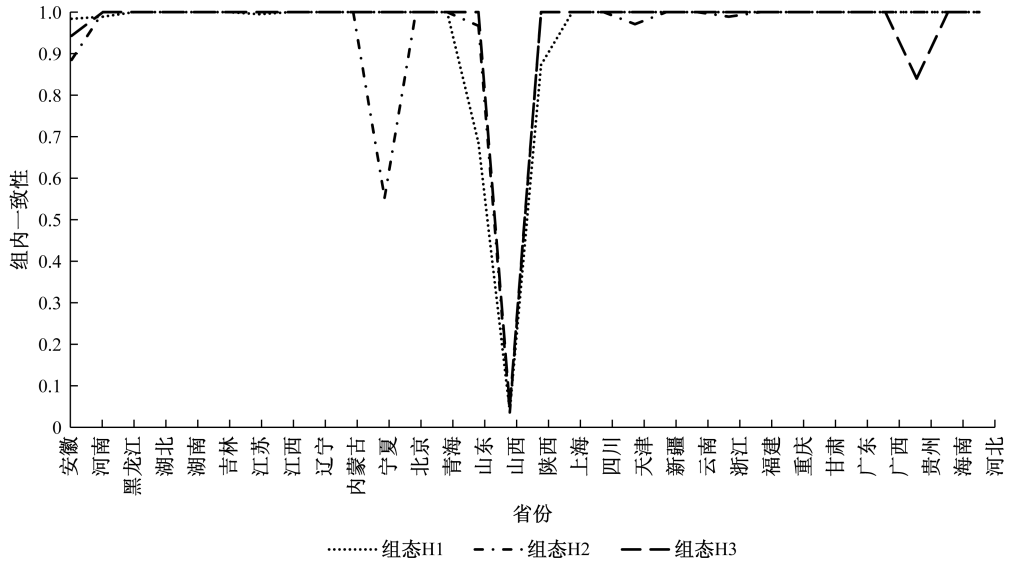


图 4　条件组态的组内一致性水平分析结果

4　结论与政策建议

4.1　结论

聚焦于数字政府建设与城市低碳发展的关系问题,基于 TOE 理论和相关文献,搭建起数字政府建设驱动区域碳减排的分析框架,并选取 2016—2021 年全国省级数据,利用动态 QCA 定性比较分析方法,对数据进行必要性分析与条件组态的充分性分析。必要性研究发现,前因条件存在着一定的时间效应和案例效应,特别是技术投入程度在东中部地区与西部地区的一致性水平差异化较大,一定程度表明了各地区数字赋能碳减排模式的差异化。充分性研究表明,高水平碳减排效应的实现存在 3 条差异化组态模式:“基建-资金”驱动型(H1)、协同减排型(H2)以及“技术-组织”主导型(H3)。3 类组态中,技术投入程度作为共性核心存在条件,验证了其在低碳转型中的基础性作用。研究进一步发现,3 条高水平组态均存在一定的案例效应,中西部地区的部分省份相较于东部地区省份,利用数字政府建设手段降低区域碳排放的方式存在一定的区域差异。

4.2　政策建议

(1)强化数字政府内部要素的系统协同,构建多维联动的减排机制。研究结果表明,数字政府推动碳减排并非依赖单一要素,而是技术、组织与环境条件组合作用的结果。因此,地方政府在推动数字化绿色化协同发展时应注重多要素的协同。在

技术维度，重点推进区域绿色数字基础设施建设，在数据中心、通信基站建设中积极推动节能化改造，提高清洁能源的使用率，形成规模化的数字基建减排网络；积极构建更高水平的一体化区域碳治理平台，整合能源、工业、交通等多源数据，有效识别区域控碳降碳路径，实现对重点排放主体的实时监测与趋势预警，为精准碳决策提供更可靠的数据保障。在组织维度，健全数字政府的职能配置与协调机制，推动省、市各级大数据管理机构的实体化与效能提升，明确其在碳管理中的数据枢纽与协调职能，通过加强对区域数字产业的科学规划和宏观指导，建立符合区域数字化绿色化进程的政策体系；保障并优化科技财政投入结构，设立绿色技术研发与应用专项，引导资金向数字化减排技术的研发与应用领域倾斜，激励数字低碳技术的创新与场景落地。在环境维度，着力构建透明、快捷的数字化政民互动渠道。一方面，利用政府网站、政务App等平台主动披露碳信息，开展政策解读；另一方面，完善环境诉求的线上征集与反馈机制，将公众意见有效纳入环境决策流程，提升碳治理的响应度与社会认同感。

(2)立足区域发展特点，探究多元化的数字化绿色化协同发展策略。针对各地区数字政府发展水平和社会经济条件不同，探究符合本地区特点、差异化的数字化减排路径。对于数字基础较好、创新能力强的东部地区，政策重点应置于深化数字化协同减排进程。要推动政务服务平台与碳管理系统的深度融合，不断完善双碳服务平台的监测、规划与资源调配功能，为企业与公众提供高效的碳核算、碳普惠以及碳积分等服务，激发全社会参与碳治理的积极性；打造高标准、可持续的数字产业集群，以吸引数字人才与资本，打造数字化绿色化协同的标杆区域。对于数字发展处于追赶阶段的中西部地区，可采取“基建-资金”驱动型或“技术-组织”主导型路径。一方面立足区位优势，构建特色化数字发展体系。在宁夏、贵州等可再生能源富集的地区，可利用其地广人稀的区位特点，战略性地布局绿色算力基础设施，将数字基建与本地绿电优势结合，将资源优势转化为数字减排新动能，打造面向全国的零碳数据中心集群；另一方面着力完善数字政府的组织架构，通过清晰的数字化发展规划引导有限资源投入关键领域，逐步积累减排能力。对于山西等能源重化工业省份，研究发现数字政府的单一作用有限，单纯依靠区域的数字政府建设无法有效推进碳减排进程，需采取更综合的转型方案。在推进数字技术赋能传统产业节能改造的同时，必须强力配套能源结构优化、产业替代扶持等结构性政策，强化产业政策、能源政策与环境政策的协同配合，破解“碳锁定”效应。

参考文献

[1] MATTHEWS H D, GILLETT N P, STOTT P A, et al. The proportionality of global warming to cumulative carbon emissions[J]. Nature, 2009, 459: 829-832.

[2] SU Y, CHEN X, LI Y, et al. China's 19-year city-level carbon emissions of energy consumptions, driving forces and regionalized mitigation guidelines[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2014, 35: 231-243.

[3] 刘传明，孙喆，张瑾. 中国碳排放权交易试点的碳减排政策效应研究[J]. 中国人口·资源与环境，2019，29(11)：49-58.

[4] 谭灵芝，孙奎立. 基于DSGE模型的我国三类碳减排政策效果分析[J]. 企业经济，2019，38(10)：41-47.

[5] 薛飞，陈煦. 绿色财政政策的碳减排效应：来自“节能减排财政政策综合示范城市”的证据[J]. 财经研究，2022，48(7)：79-93.

[6] 江红莉，王为东，王露，等. 中国绿色金融发展的碳减排效果研究：以绿色信贷与绿色风投为例[J]. 金融论坛，2020，25(11)：39-48，80.

[7] 古惠冬，杨维光，陈文捷. 绿色技术创新对城市碳减排的效应研究[J]. 学术探索，2022(3)：120-132.

[8] ZHANG K, ZHANG Z Y, LIANG Q M. An empirical analysis of the green paradox in China: from the perspective of fiscal decentralization[J]. Energy Policy, 2017, 103: 203-211.

[9] SMULDERS S, TSUR Y, ZEMEL A. Announcing climate policy: can a green paradox arise withoutscarcity?[J]. Journal of Environmental Economics and Management, 2012, 64(3): 364-376.

[10] 刘飞，王欣亮. 政府数字化转型与地方治理绩效：治理环境作用下的异质性分析[J]. 中国行政管理，2021(11)：75-84.

[11] MENG C, WANG L, LIN Y. Digital governance and carbon emission reduction: evidence from “National Pilot Policy of Information Benefiting the People” in China[J]. Journal of Environmental Management, 2024, 368: 122179.

[12] YI J. Digital government and carbon emissions: evidence from China[J]. Frontiers in Environmental Science, 2025, 13: 1470724.

[13] 赵金旭，赵娟，孟天广. 数字政府发展的理论框架与评估体系研究：基于31个省级行政单位和101个大中城市的实证分析[J]. 中国行政管理，2022(6)：49-58.

[14] LAYNE K, LEE J. Developing fully functional

E-government: afour stage model[J]. Government information quarterly, 2001, 18(2): 122-136.

[15] YANG D, QIU L, YAN J, et al. The government regulation and market behavior of the new energy automotive industry[J]. Journal of Cleaner Production, 2019, 210: 1281-1288.

[16] REN S, LI X, YUAN B, et al. The effects of three types of environmental regulation on eco-efficiency: a cross-region analysis in China[J]. Journal of Cleaner Production, 2018, 173: 245-255.

[17] YUAN B, XIANG Q. Environmental regulation, industrial innovation and green development of Chinese manufacturing: based on an extended CDM model[J]. Journal of Cleaner Production, 2018, 176: 895-908.

[18] WANG Y, SHEN N. Environmental regulation and environmental productivity: the case of China[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2016, 62: 758-766.

[19] HUANG X, TIAN P. How does heterogeneous environmental regulation affect net carbon emissions: spatial and threshold analysis for China[J]. Journal of Environmental Management, 2023, 330: 117161.

[20] LI C, CHEN X, YUAN C. Does digital government reduce carbon emissions? empirical evidence from global sources[J]. Journal of Environmental Management, 2025, 380: 125081.

[21] CHEN X, WANG J. Unleashing the power of informatization: how does the "information benefiting people" policy affect green total factor productivity? [J]. Journal of Environmental Management, 2023, 341: 118083.

[22] ZHANG N, WANG B, LIU Z. Carbon emissions dynamics, efficiency gains, and technological innovation in China's industrial sectors[J]. Energy, 2016, 99: 10-19.

[23] 黄璜. 中国"数字政府"的政策演变:兼论"数字政府"与"电子政务"的关系[J]. 行政论坛, 2020, 27(3): 47-55.

[24] LIU M, LI S, LI Y, et al. Evaluating the synergistic effects of digital economy and government governance on urban low-carbon transition[J]. Sustainable Cities and Society, 2024, 105: 105337.

[25] CHE S, WEN L, WANG J. Global insights on the impact of digital infrastructure on carbon emissions: a multidimensional analysis[J]. Journal of Environmental Management, 2024, 368: 122144.

[26] LI C, CHEN X, YUAN C. Does digital government reduce carbon emissions? empirical evidence from global sources[J]. Journal of Environmental Management, 2025, 380: 125081.

[27] TORNATZKY L G, FLEISCHER M, CHAKRABARTI A K. The processes of technological innovation[J]. Lexington, Mass: Lexington Books, 1990.

[28] 冯贺霞, 李弢, 李赟. 转型与变革:数字治理理论前沿与实践进展[J]. 社会治理, 2023(1): 30-40.

[29] 詹国彬, 陈逸凡. 战略三角模型视角下数字政府绩效的影响因素与政策启示:基于多案例的模糊集定性比较分析(fsQCA)[J]. 上海行政学院学报, 2025, 26(2): 38-50.

[30] 陈弘, 孙一辰, 熊春林. 数字政府建设绩效提升的资源组合配置逻辑:基于我国30个重点城市面板数据的动态QCA分析[J]. 城市问题, 2024(8): 15-26, 51.

[31] 康伟, 王善哲, 尤鹏程. 组态视角下数字政府政务服务能力提升路径研究[J]. 科学决策, 2024(5): 50-63.

[32] 王世波, 董妍, 王卓等. 数字经济驱动区域高质量发展的路径:基于技术-组织-环境(TOE)框架的分析[J]. 科技管理研究, 2025, 45(10): 95-105.

[33] 张国磊, 龚蕊, 王晓宇. 数字乡村治理:名实分离与优化路径:基于S省P县的调研分析[J]. 湖南农业大学学报(社会科学版), 2025, 26(3): 93-102.

[34] 谭诗钰, 李玮, 刘效广, 等. 组态视角下黄河流域城市水环境质量提升路径研究[J]. 干旱区资源与环境, 2025, 39(6): 146-155.

[35] 刘浈, 邢占军. 黄河沿岸城市环境治理绩效研究:基于TOE框架的实证分析[J]. 生态文明研究, 2025(1): 54-66.

[36] LIAO K, LIU J. Digital infrastructure empowerment and urban carbon emissions: evidence from China[J]. Telecommunications Policy, 2024, 48(6): 102764.

[37] 曾龙, 易子棋. 数字政府建设能否促进城市绿色发展?基于中国285个地级市的实证研究[J]. 生态经济, 2025, 41(2): 92-102, 110.

[38] 薛飞, 周民良, 刘家旗. 数字基础设施降低碳排放的效应研究:基于"宽带中国"战略的准自然实验[J]. 南方经济, 2022, 41(10): 19-36.

[39] 吉雪强, 周思姝, 于浩然, 等. 国家绿色数据中心试点对城市的碳减排效应[J]. 中国环境科学, 2025, 45(6): 3484-3495.

[40] 李计广, 宫方茗, 王元彬. 人工智能技术创新如何影响制造业碳减排? [J]. 中国人口·资源与环境, 2025, 35(2): 14-24.

[41] 陈涛, 董艳哲, 马亮等. 推进"互联网+政务服务"提升政府服务与社会治理能力[J]. 电子政务, 2016(8): 2-22.

[42] 环球网. 从浪潮的实践看数字政府如何推动降碳[EB/0L]. (2021-11-04)[2025-07-22]. https://tech.huanqiu.com/article/45RuYWbs33g.

[43] HUANG J, CUI J, DONG F. Impact of E-governments on carbon emission reduction targets: evidence from global 51 countries[J]. Clean Technologies and Environmental Policy, 2024, 26(7): 2357-2377.

[44] TANG Y, ZHAO Q, REN Y. Nexus among government digital development, resource dependence, and carbon emissions in China[J]. Resources Policy, 2024, 95: 105186.

[45] HU R, SONG K. Carbon reduction effects of govern-

ment digital attention[J]. Frontiers in Environmental Science, 2025, 13: 1539223.

[46] 解洪涛, 王嘉庆. 数字化赋能全过程人民民主: 人大预算联网监督改革实践与成效分析[J]. 财政研究, 2024(1): 45-60.

[47] 中华人民共和国国务院. 关于加强数字政府建设的指导意见[EB/OL]. (2022-06-23)[2025-03-17]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2022-06/23/content_5697299.htm.

[48] BORJA M E, PÉREZ M M, LUNA R R. Beneficios ofrecidos por la gestión del big data en lasinstituciones gubernamentales en la era de la digitalización[J]. Revista La Propiedad Inmaterial, 2020, 30: 93.

[49] 喇小青, 许显青. 绿色能源流云上汇聚 电力大数据支撑低碳发展[N]. 国家电网报, 2023-12-12(005).

[50] ZENG F, CHEN Y, WEI B, et al. Exploring the multiple paths of digital government development: a dynamic QCA analysis based on organizational transformation [J]. IEEE Access, 2024, 12: 18451-18472.

[51] 郑跃平, 孔楚利, 邓羽茜, 等. 需求导向下的数字政府建设图景: 认知、使用和评价[J]. 电子政务, 2022(6): 2-21.

[52] 李玲, 张晓萌, 李洁仪, 等. 公众环保举报对大气污染治理的影响机制研究: 基于中介效应模型[J]. 计量经济学报, 2022, 2(3): 703-714.

[53] 何凡, 张静堃, 范子英. 公众参与的减排效应: 来自环保热线开通的证据[J]. 经济学(季刊), 2024, 24(3): 897-913.

[54] 周阔, 张黎芮, 陶云清, 等. 公众环境关注与企业绿色治理: 基于城市百度指数的研究[J]. 研究与发展管理, 2024, 36(1): 1-13.

[55] 吴力波, 杨眉敏, 孙可哿. 公众环境关注度对企业和政府环境治理的影响[J]. 中国人口·资源与环境, 2022, 32(2): 1-14.

[56] CASTRO R G, ARIÑO M A. A General Approach to panel data set-theoretic research[J]. Journal of Advances in Management Sciences & Information Systems, 2016, 2: 63-76.

[57] 张放. 影响地方政府信息公开的因素: 基于省域面板数据的动态QCA分析[J]. 情报杂志, 2023, 42(1): 133-141, 207.

[58] NOGRAŠEK J, VINTAR M. E-government and organisational transformation of government: black box revisited? [J]. Government Information Quarterly, 2014, 31(1): 108-118.

[59] 田云, 张俊飚, 尹朝静, 等. 中国农业碳排放分布动态与趋势演进: 基于31个省(市、区)2002-2011年的面板数据分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2014, 24(7): 91-98.

[60] 邓吉祥, 刘晓, 王铮. 中国碳排放的区域差异及演变特征分析与因素分解[J]. 自然资源学报, 2014, 29(2): 189-200.

[61] 武红. 中国省域碳减排: 时空格局、演变机理及政策建议: 基于空间计量经济学的理论与方法[J]. 管理世界, 2015, 31(11): 3-10.

[62] ZHANG E, HE X, XIAO P. Does smart city construction decrease urban carbon emission intensity? evidence from a difference-in-difference estimation in China[J]. Sustainability, 2022, 14(23): 16097.

[63] LIU J, YU Q, CHEN Y, et al. The impact of digital technology development on carbon emissions: a spatial effect analysis for China[J]. Resources, Conservation and Recycling, 2022, 185: 106445.

[64] JOTZO F, PEZZEY J C V. Optimal intensity targets for greenhouse gas emissions trading under uncertainty[J]. Environmental and Resource Economics, 2007, 38(2): 259-284.

[65] XU J, GUAN Y, OLDFIELD J, et al. China carbon emission accounts 2020-2021[J]. Applied Energy, 2024, 360: 122837.

[66] GUEDES M J, DA CONCEIÇÃO GONÇALVES V, SOARES N, et al. UK evidence for the determinants of R&D intensity from a panelfs QCA[J]. Journal of Business Research, 2016, 69(11): 5431-5436.

[67] 谭海波, 范梓腾, 杜运周. 技术管理能力、注意力分配与地方政府网站建设: 一项基于TOE框架的组态分析[J]. 管理世界, 2019, 35(9): 81-94.

[68] 盛亚, 冯媛媛, 施宇. 政府科研机构科技资源配置效率影响因素组态分析[J]. 科技进步与对策, 2022, 39(8): 1-9.

[69] HOSSAIN M A, QUADDUS M, WARREN M, et al. Are you a cyberbully on social media? exploring the personality traits using a fuzzy-set configurational approach [J]. International Journal of Information Management, 2022, 66: 102537.

[70] 曾凡军, 陈永洲. 什么样的数字治理生态能提高数字政府发展水平? 基于生态视角的动态QCA分析[J]. 电子政务, 2024(4): 27-41.

[71] SCHNEIDER C Q, WAGEMANN C. Set-theoretic methods for the social sciences: a guide to qualitative comparative analysis[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2012.

[72] 张雷, 黄园淅, 李艳梅, 等. 中国碳排放区域格局变化与减排途径分析[J]. 资源科学, 2010, 32(2): 211-217.

[73] FISS P C. Building better causal theories: a fuzzy set approach to typologies in organization research[J]. Academy of Management Journal, 2011, 54(2): 393-420.

[74] 张明, 杜运周. 组织与管理研究中QCA方法的应用: 定位、策略和方向[J]. 管理学报, 2019, 16(9): 1312-1323.

Configuration Pathways of Digital Government Development Driving Regional Carbon Emissions Reduction: A Dynamic QCA Analysis Based on Provincial Panel Data

LI Jiapeng[1], JIANG Suni[1], WANG Yujia[2], WANG Qiao[3]

(1. Faculty of Social Sciences, University of Macau, Macau 519000, China; 2. School of International Economics and Trade, Central University of Finance and Economics, Beijing 102206, China; 3. School of Public Administration, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

Abstract: Advancing regional digital transformation is an essential requirement for implementing the national innovation-driven development strategy and a crucial lever for achieving the dual carbon goals. As an emerging model of technological governance, digital government plays a vital role in promoting regional green development. Based on TOE(technology-organization-environment) theory, six antecedent conditions, including government digital attention, were selected, and dynamic QCA(qualitative comparative analysis) was applied to panel data from provincial-level administrative regions across China from 2016 to 2021. Diverse pathways through which digital government construction drives regional carbon emission reduction were identified. Cluster analysis identified three high-level configuration pathways: infrastructure-funding driven, collaborative emission reduction, and technology-organization dominant. Further analysis indicates that all three high-level configurations exhibit certain case effects.

Keywords: digital government; carbon emission reduction; TOE(technology-organization-environment) theory; dynamic QCA(qualitative comparative analysis); configuration pathways