

碳交易驱动下的创新组态

——基于高碳企业的动态 fsQCA 分析

陈艺心, 张 哲

(云南财经大学物流与管理工程学院, 昆明 650221)

摘要: 绿色技术是引领绿色发展的第一动力。选取 2011—2020 年试点省份的高碳排放企业为样本, 基于技术-组织-环境 (TOE) 框架探究绿色技术创新路径。将时间跨度划为“十二五”与“十三五”规划期探讨政策变化是否影响创新策略。研究表明, 两个时期共识别出 7 种组态路径, 分为数字化驱动、资本灵活驱动及供应链配置驱动型。进一步研究表明, 首席执行官 (CEO) 绿色经验贯彻始终, 数字化对创新具有引领作用, 尽管经历政策变化, 两个规划期的路径相似, 表明绿色创新需具备渐进性与一致性。

关键词: 绿色创新; 技术-组织-环境 (TOE) 框架; 供应链配置; 数字化转型; 动态模糊集定性比较分析 (fsQCA)

中图分类号: C931 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2024)17-0175-08

随着全球气候变化对经济社会造成的影响日益加剧, 降碳已成为国际共识。中国作为全球最大的碳排放国之一, 明确提出“碳达峰、碳中和”的长期目标, 这不仅为推动国内低碳发展注入强劲动力, 也使企业的运营环境发生变革。碳排放交易系统 (ETS) 作为实现这两大目标的关键市场工具, 于 2021 年 7 月全面启动。其核心机制是为市场参与企业分配碳排放配额, 企业可通过减排来出售未使用配额获利; 反之, 若排放超额, 则需购买额外配额, 这将增加企业经济负担并影响其企业形象。

于高碳企业而言, ETS 的引入无疑带来了压力。高耗能、高排放的生产模式在新的制度框架下导致经济成本直接上升, 迫切需要寻找转型的出路。事实上, ETS 引入的初衷在于通过促进绿色创新来提高企业的环境绩效与可持续发展竞争力^[1]。绿色技术是引领绿色发展的第一动力, 先进的绿色技术能通过改进生产工艺和转变经济发展方式, 驱动可持续低碳发展^[2-4]。

因而, 如何编排重要资源以促进绿色创新, 成为高碳排放企业亟需解决的问题。现有研究已从宏观政策角度探讨了 ETS 对企业绿色技术创新的激励作用^[1], 然而, 就企业在碳交易驱动下如何进行微观层面的响应与创新路径的研究仍显不足。另

一方面, 虽然已有文献借助静态模糊集定性比较分析法 (fuzz-set qualitative comparative analysis, fsQCA) 方法和截面数据对绿色技术创新的可能路径进行了探索, 但当引入时间维度后, 是否能揭示出更多未被发现的机制和路径? 这一问题的探讨对于深入理解碳制度下高碳企业绿色技术创新的复杂性及其动态发展过程具有重要的理论和实践意义。

组态视角和 fsQCA 方法以全局角度来解决多维度、多变量的复杂问题^[5]。基于此, 采用技术-组织-环境 (technology-organization-environment, TOE) 理论, 针对高碳排放企业绿色技术创新的独特属性, 提出一个新的分析框架。同时, 考虑到外部环境动态变化对因果关系的影响, 选定 2011—2020 年作为研究周期, 主要原因在于此阶段从中国环境政策的重要转折点“十二五”规划开始, 至“十三五”规划结束, 不仅见证了中国碳减排政策的逐步落实与完善, 也是中国从国内碳减排政策的探索阶段, 向提出“碳达峰”与“碳中和”目标转变的关键时期。为深入分析企业如何在政策影响下调整其资源与能力、实现绿色创新提供了宏观与微观结合的视角。

1 理论分析与模型构建

1.1 TOE 理论框架

技术-组织-环境 (TOE) 理论框架最早是基于企

收稿日期: 2024-04-15

基金项目: 云南财经大学研究生创新基金 (2024YUFEYC096)

作者简介: 陈艺心 (1999—), 女, 四川南充人, 硕士研究生, 研究方向为供应链管理与创新管理; 通信作者张哲 (1992—), 男, 云南弥勒人, 博士, 讲师, 研究方向为物流与供应链管理。

业技术创新提出。该框架认为,组织采纳新的技术不仅取决于技术特性,还取决于组织属性以及技术应用环境^[6]。TOE 提供了一个分析技术采纳多重影响的框架,支持研究者根据需求进行调整和扩展。

研究显示,TOE 框架高度适配绿色技术创新路径探究。例如,使用 TOE 框架,万晓乐等^[7]探索了制造企业开放式绿色创新的实现路径;焦巍等^[8]则探究了资源型企业绿色技术创新的路径。由此可见,TOE 框架适用于绿色技术创新实现路径的研究。尽管先前的研究提供了宝贵的结论,面对多样的影响因素,企业的资源稍显匮乏,为深化相关理论以及细化企业指导指南,有必要从新的、更为丰富的视角来探索高碳企业在碳交易时代高绿色技术创新的实现路径。

1.2 高碳排放企业绿色技术创新的 TOE 分析框架

1.2.1 技术方面前因分析

随着驱动绿色技术创新的技术因素在研究中的角色日益具体化,数字化转型在整合创新资源、技术优化以及成本控制中起重要作用,能直接加快企业绿色创新的步伐。数字化转型是企业从工业化阶段向工业 4.0 智能工厂阶段转型的过程。即利用物联网、大数据、机器人、区块链等新兴技术来提高绩效和竞争力。具体来说,王锋正等^[9]突出了智能化技术为创新提供的强大支持;Liu 等^[10]研究发现数字化转型通过增加创新资源投入和降低债务成本促进绿色创新。在驱动绿色技术创新研究领域,技术因素的探讨同样是逐渐从抽象过渡到具象。赵炎等^[11]指出技术整合能力与绿色创新质量之间存在倒“U”型关系;汪明月等^[12]从技术创新链的视角强调了企业共性技术创新参与积极影响绿色技术创新。关注到数字化转型在实际操作层面对绿色技术创新的贡献,选择将其作为 TOE 框架中的技术因素。

1.2.2 组织方面前因分析

企业绿色创新深受内部决策和战略执行的影响,特别是 CEO(首席执行官),其经验、教育背景等都会影响决策,体现有限理性^[13]。拥有这种经验的 CEO 能够形成自己的环境价值观,并基于他们的环境专业知识和管理经验作出关于绿色转型的合理判断。CEO 绿色经验在推动企业的绿色技术创新方面发挥着关键作用。首先,他们通过自身的环境意识和承诺,能够确定企业的环保目标,并有效推动绿色技术的研发与应用。其次,这些 CEO 利用自己的知识和经验,可以降低实施环境战略的风

险,并为企业制定有效的绿色创新策略提供指导。此外,CEO 的绿色经验还有助于降低实施企业绿色技术创新战略的成本。因此,CEO 的绿色经验不仅塑造了企业的战略方向,也直接关系到绿色技术创新实施和成效。一些学者开始关注 CEO 特质对企业环境行为的影响^[14],从 CEO 的先天特征^[15]转向研究其后天构成。王锋正等^[16]实证检验了高管风险偏好对促进绿色技术创新起积极作用;Li 等^[13]探讨了 CEO 绿色经验如何通过促进绿色技术创新来提高企业环境绩效,均表明 CEO 绿色经验对绿色创新的重要性。鉴于此,将 CEO 的绿色经验选为组织因素之一。

在企业经济层面,融资活动是企业生存与发展的关键。绿色创新活动常受到资金限制,而现有研究已经表明,数字金融能够通过缓解融资约束间接促进绿色技术创新^[17]。因此,选取融资约束作为高碳排放企业绿色技术创新的另一个组织因素,旨在提供针对资本的研究视角。企业的融资约束是指企业在其经营和投资活动中受到资本或融资资源的限制,难以充分达到所需的项目或运营需求。这种限制可能来自内部和外部因素,导致企业难以获得所需的融资,或者融资成本过高,从而限制了企业的增长和发展机会。例如,企业可能无法获得足够的资金来支持绿色技术创新项目,从而限制了其研发和创新能力。且融资困难可能迫使企业依赖高成本的融资来源,如高息债务,从而增加了绿色技术创新的成本。

此外,供应链配置是供应链组合的重要结构性因素,同时也是供应链管理的核心目标之一。供应链集中度反映了企业供应商和客户合作的紧密程度,及其主要供应商和客户的相对重要性^[18],从外部合作角度影响绿色技术创新。供应链集中度的高低直接牵动技术共享与资源配置效率。高集中度有利于与特定供应商共研绿色技术,但增加供应中断风险;低集中度则拓宽知识共享渠道,但管理更为复杂。因此,供应链集中度的选择和调整对于企业实现绿色技术创新具有重要意义。通过将供应链集中度纳入组织影响因素,旨在探索供应链配置如何同其他影响因素共同作用,进而影响绿色创新。

1.2.3 环境方面前因分析

绿色创新的高成本和长收益期突显了融资的重要性。企业的融资渠道除内部融资外还有外部融资,绿色创新的风险导致短期财务回报具有高度

的不确定性^[19],这增加了传统金融渠道融资的难度,信息不对称加剧了这一挑战。数字普惠金融是一种创新的金融服务模式,利用数字技术向传统金融系统不愿服务的群体提供金融服务,不仅扩大了金融服务的覆盖范围,还有助于促进经济和环境的双重可持续性。已有研究揭示了宏观政策如排污权交易、环境规制等对企业行为的直接影响^[20-21]。考虑到绿色创新对资金的需求,故将数字普惠金融定位为高碳排放企业绿色技术创新中的环境影响因素。Xu等^[19]的研究也证实了其对于提升绿色技术创新质量的正面影响,进一步支持了研究选择。

具体研究框架如图1所示。

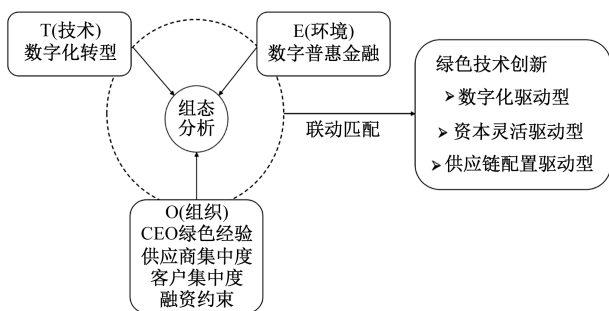


图1 高碳排放企业绿色技术创新 TOE 理论框架

2 研究设计

2.1 研究方法选择

fsQCA 在管理学研究中已得到广泛运用,但由于受到理论和工具的限制,通常只能处理横断面数据,难以深入研究随时间变化的配置效应。高碳企业的绿色技术创新并非一次性事件,截面数据研究虽然为初始理解提供了基础,但其在捕捉创新动态过程有局限性。因此,使用 R 语言软件打破面板数据与 fsQCA 之间的桎梏,并借鉴 Garcia-Castro 和 Arino^[22]的研究,使用评估面板数据集合论关系的新指标:汇总一致性(POCONS)、间隔一致性(BECONS)和内部一致性(WICONS),以支持纵向集合论研究的深化。并且使用一致性调整距离捕捉一致性在时间维度与案例维度的变化程度^[23]。

2.2 样本数据来源

根据研究目标,样本企业选取中国碳权交易试点省市北京、上海、天津、重庆、湖北、广东、深圳的碳排放权交易重点排放上市企业。这些企业因高碳排放特性,成为研究绿色技术创新路径的理想对象。研究时段选择 2011—2015 年和 2016—2020 年。

样本企业的二手数据收集于 CSMAR 数据库、CNRDS 数据库和公司年报,并在不同数据源相互

对比以确保数据的可靠性;需做文本分析的一手数据通过 Python 软件爬取,个别企业的零星缺失数据由笔者手动收集补充。基于上述界定,以 207 家上市企业为初始样本,对其进行筛选,剔除 ST、*ST 企业,删掉存在大量数据缺失的企业,最终得到 83 家高碳排放企业的样本观测值。

2.3 变量选取与测量

由于研究数据在校准之后均会变为 0~1 范围,故并未取对数。各变量的计算方法如下。

2.3.1 结果变量

结果变量为绿色技术创新。由于一项专利的发明创造往往需要 1~2 年时间,存在较为明显的时滞性,因此借助刘亦文等^[24]的做法,采用滞后两期的绿色技术创新申请量进行校准分析。

2.3.2 前因变量

(1)数字化转型。借助袁淳等^[25]的做法,收集目标企业 2011—2020 的年报,使用 Python 软件提取“管理层讨论与分析”部分进行分词处理,进一步提取有关企业数字化的词汇,通过每年词频进行校准。

(2)CEO 绿色经验。CEO 绿色经验的衡量参考 Li 等^[13]的做法,通过 CEO 的教育、工作经历来衡量,进一步分析 CEO 的公开发言能直接表明其绿色态度,故通过文本挖掘和人工分析判断 CEO 是否接受过绿色教育、是否从事过绿色相关工作以及是否公开表明绿色态度来衡量该指标。绿色教育判断依据是 CEO 的教育专业是否与环境有关,是否从事绿色相关工作的判断依据是 CEO 是否在环保部门工作过或加入绿色保护组织,此变量为 0/1 变量,无需校准。

(3)融资约束。使用 SA 指数(Srensen 指数)的绝对值校准衡量。SA 绝对值越大,说明企业的融资约束越严重。

(4)数字普惠金融程度。数字金融普惠数据来源于北京大学数字金融研究中心公布的数字普惠金融指数^[26]。

(5)供应链集中度。选用供应商与客户集中度作为度量指标,供应商集中度反映了企业在运营过程中同上游供应商建立密切战略合作伙伴关系,从而实现运营及交易流程等各方面的同步协作以提高供应链整体运行效率的能力。参考 Chen 等^[18]的方法,采用“前 5 名供应商采购金额占年采购总额比”和“前五名客户销售金额占年销售总额比”来分别衡量供应商和客户集中度。

3 数据分析与实证结果

3.1 变量校准

探讨的条件变量同时包括二分数据和连续数据,其中 CEO 绿色经验直接分析。其余变量在现有理论的基础上,选取直接校准法,将 95%、50%、5% 分位数设为校准锚点。校准结果见表 1。

3.2 单个条件的必要性分析

在开展组态分析前需做必要性检验,以判定各因素是否为导致结果的必需前提。通常视一致性水平高于 0.9 为必要条件。另外,还使用一致性调整距离来判断结果一致性的可靠程度。当调整距离小于 0.2 时,汇总一致性较为稳定^[22]。高组间一致性调整距离表明具有时间效应,高组内一致性调整距离表明研究的企业群体具有异质性。表 2 汇报了两个研究时期各前因变量对结果的必要性,从汇总一致性看,不存在超过 0.9 的水平。两个观测期组内一致性调整距离均大于 0.2,这一现象可以从两方面来理解。其一,由于高碳排放企业的样本选择并不局限于某一行业,所以样本企业本身就具有

很高的异质性。其二,必要性分析中组内一致性调整距离大于 0.2 也证实了企业探索绿色技术创新是个多维度、受多因素影响的复杂过程。这要求研究采取更细致的视角来理解绿色技术创新的路径,即更多地关注条件组合。

3.2.1 “十二五”规划时期必要性分析

在这一时期的数字化转型、客户集中度、供应商集中度以及融资约束的一致性均小于 0.9,且组间一致性调整距离都小于 0.2,说明以上变量的高水平 and 低水平均不是实现高绿色技术创新的必要条件。而对于组间一致性调整距离大于 0.2 的前因条件需要做进一步分析。

通过评估相应变量的组间覆盖度与一致性(表 3)可观察到,在情况 1 下,各年的一致性水平均未超过 0.9;而在情况 2,尽管 2015 年的一致性超过 0.9,但其覆盖度未能达到 0.5 的标准;在情况 3 中也未发现一致性大于 0.9、覆盖度大于 0.5 的情况。因此,在第 1 个观测期并不存在必要关系。

表 1 变量校准结果

变量类型	变量	校准(“十二五”)			校准(“十三五”)		
		完全隶属	交叉点	完全不隶属	完全隶属	交叉点	完全不隶属
结果变量	绿色技术创新	26.300	1.000	0.000	30.000	1.000	0.000
条件变量	CEO 绿色经验	1.000	—	0.000	1.000	—	0.000
	数字化转型	97.000	15.000	1.700	153.800	29.000	6.000
	客户集中度/%	84.541	22.940	5.187	77.352	23.070	5.678
	供应商集中度/%	66.333	27.940	9.400	66.573	27.840	8.985
	融资约束	4.014	3.675	3.298	4.198	3.873	3.512
	数字普惠金融	222.210	178.970	80.780	319.241	281.640	227.558

表 2 必要性分析结果

条件变量	“十二五”规划时期				“十三五”规划时期			
	汇总一致性	汇总覆盖度	组间一致性调整距离	组内一致性调整距离	汇总一致性	汇总覆盖度	组间一致性调整距离	组内一致性调整距离
CEO 绿色经验	0.840	0.582	0.052 2	0.798	0.883	0.600	0.026	0.603
~CEO 绿色经验	0.160	0.102	0.2840	1.020	0.117	0.090	0.200	1.206
数字化转型	0.736	0.532	0.075 4	0.288	0.708	0.595	0.110	0.380
~数字化转型	0.625	0.384	0.159 4	0.371	0.665	0.419	0.058	0.371
客户集中度	0.609	0.435	0.043 5	0.427	0.597	0.465	0.064	0.473
~客户集中度	0.741	0.459	0.040 6	0.315	0.717	0.480	0.043	0.390
供应商集中度	0.626	0.438	0.055 1	0.408	0.617	0.482	0.058	0.464
~供应商集中度	0.726	0.458	0.052 2	0.315	0.720	0.481	0.049	0.362
融资约束	0.648	0.425	0.197 1	0.371	0.631	0.462	0.130	0.427
~融资约束	0.705	0.475	0.168 1	0.362	0.717	0.508	0.090	0.390
数字普惠金融	0.650	0.491	0.637 6	0.269	0.676	0.487	0.548	0.306
~数字普惠金融	0.675	0.400	0.533 3	0.278	0.640	0.461	0.597	0.325

注:~对 0/1 变量来说表示非,对连续变量来说表示非高。

表 3 组间一致性调整距离大于 0.2 的组间数据(“十二五”)

因果组合情况		指标	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年
情况 1	低 CEO 绿色经验与高绿色技术创新	组间一致性	0.134	0.120	0.139	0.211	0.185
		组间覆盖度	0.070	0.072	0.104	0.123	0.142
情况 2	高数字普惠金融与绿色技术创新	组间一致性	0.156	0.380	0.762	0.834	0.985
		组间覆盖度	1.000	0.612	0.558	0.458	0.426
情况 3	低数字普惠金融与绿色技术创新	组间一致性	0.996	0.952	0.774	0.564	0.211
		组间覆盖度	0.301	0.371	0.497	0.489	0.653

3.2.2 “十三五”规划时期必要性分析

与“十二五”规划期一致,仅有 CEO 绿色经验和融资约束两个前因变量的组间一致性调整距离大于 0.2。经进一步分析(表 4),并未发现组间一致性大于 0.9,且其组间覆盖度大于 0.5 这类构成必要条件检验的情况,因而在第 2 个观测期也不存在必要关系。

3.3 条件组态的充分性分析

设定充分条件一致性的阈值为 0.9,频数阈值为 5,并以超过 0.7 的 PRI(proportional reduction in in-

consistency)一致性作为筛选准则,构建真值表,随后进行了标准化分析^[27]。在进行反事实分析时,首先排除矛盾简化假设。考虑到企业的异质性,导致难以对前因条件对结果的作用统一判断,因此均选择“存在或缺失”。采用增强型中间解,辅以简约解辨识核心与边缘条件,具体充分性分析结果见表 5。

3.3.1 汇总结果

表 5 显示,整体解的总体一致性分别为 0.833 和 0.865,均超过了 0.75 的阈值。同时,每个配置的组内调整距离与组间调整距离均未超过 0.2,显

表 4 组间一致性调整距离大于 0.2 的组间数据(“十三五”)

因果组合情况		指标	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年
情况 1	低 CEO 绿色经验与高绿色技术创新	组间一致性	0.086	0.124	0.109	0.139	0.126
		组间覆盖度	0.061	0.113	0.085	0.108	0.085
情况 2	高数字普惠金融与绿色技术创新	组间一致性	0.177	0.550	0.810	0.910	0.955
		组间覆盖度	0.792	0.685	0.555	0.457	0.365
情况 3	低数字普惠金融与绿色技术创新	组间一致性	0.981	0.890	0.656	0.333	0.271
		组间覆盖度	0.373	0.522	0.517	0.490	0.491

表 5 充分性路径分析结果

前因变量		绿色技术创新					
		“十二五”规划时期				“十三五”规划时期	
		路径 A1	路径 A2	路径 A3	路径 A4	路径 B1	路径 B2
CEO 绿色经验		●	●	●	●	●	●
数字化转型		●	●			●	●
客户集中度		⊙	●	⊗	●	⊗	⊗
供应商集中度		⊗		●	●	⊗	●
融资约束				⊗	⊙		●
数字普惠金融程度			●	⊙	●		
一致性		0.906	0.913	0.934	0.945	0.900	0.915
PRI		0.742	0.729	0.785	0.764	0.725	0.723
覆盖度		0.396	0.312	0.271	0.229	0.393	0.309
唯一覆盖度		0.053	0.033	0.036	0.011	0.126	0.075
组内一致性		0.906	0.913	0.934	0.945	0.900	0.915
组间一致性	2011 年/2016 年	0.952	1.000	0.937	1.000	0.898	0.952
	2012 年/2017 年	0.910	0.939	0.967	0.943	0.931	0.936
	2013 年/2018 年	0.901	0.913	0.892	0.940	0.918	0.922
	2014 年/2019 年	0.905	0.905	0.924	0.943	0.909	0.954
	2015 年/2020 年	0.875	0.897	0.985	0.942	0.846	0.835
组间一致性调整水平		0.035	0.052	0.043	0.032	0.043	0.061
组内一致性调整水平		0.167	0.167	0.185	0.158	0.176	0.148
总体一致性		0.833				0.865	
总体覆盖度		0.637				0.678	

注:表中●表示核心存在条件;●表示边缘存在条件;⊗代表核心缺失条件;⊙代表边缘缺失条件。

示出汇总一致性具有较强的解释能力。因此,这7个组态均可被认为是实现高水平绿色技术创新的充分条件。依据组态特征,将其划分为“数字化驱动型”“资本灵活驱动型”“供应链配置驱动型”。

(1)数字化驱动型包含A1、A2和B1三条路径。A1和B1展现出了高度的相似性,具体条件组合为高CEO绿色经验*高数字化转型*低客户集中度*低供应商集中度。这一路径强调了CEO绿色经验和先进的数字技术在实现绿色创新上的效用。搭配分散型供应链,一方面增大了企业灵活性,有利于降低经营风险,另一方面拓展了合作网络,可促进知识交流。路径A2具体条件组合为高CEO绿色经验*高数字化转型*高客户集中度*高数字普惠金融程度,其中高客户集中度为边缘条件。与A1、B1相似,绿色经验使CEO倾向于开展绿色活动,数字化技术作为绿色技术创新的主要驱动力,数字普惠金融提供关键资金和金融服务,使企业更易获得研发资本,降低了实施绿色创新的财务壁垒。

(2)资本灵活驱动型包含A3和B3两条路径。路径A3为高CEO绿色经验*低客户集中度*高供应商集中度*低融资约束*低数字普惠金融程度,其中高供应商集中度和低数字普惠金融为边缘条件。在此路径中,较小的融资约束赋予企业更多自主权来选择绿色创新的方式与强度。尽管可能缺乏高数字化能力,低客户集中度作为核心条件增加了与各方市场参与者的互动,可帮助企业洞察市场需求,特别是对绿色产品和技术的新需求。进一步的,在具备丰富绿色经验CEO的带领下,通过市场和客户的大量反馈来促进创新。

路径B3具体条件为高CEO绿色经验*低客户集中度*高供应商集中度*低融资约束,其中高供应商集中度为边缘条件。观察可知,路径B3与A3的区别仅在于A3有低数字普惠金融这个边缘条件,而B3中并不存在。结合两个路径所属的观测期可窥其缘由,“十三五”时期相比“十二五”时期,数字普惠金融政策更加全面和具体,不仅强调了金融科技在提升金融服务普及性和可得性中的作用,还通过加强监管和支持创新,为数字普惠金融的发展提供了更为坚实的政策支持和监管环境。因此,在“十三五”时期数字普惠金融程度普遍要优于“十二五”时期。

(3)供应链配置驱动型包含A4和B2两条路径。路径A4的具体条件为高CEO绿色经验*高客户集中度*高供应商集中度*低融资约束*高

数字普惠金融程度,其中高供应商集中度和低融资约束是边缘条件,其余为核心条件。中国的低碳转型是全方位的,涵盖企业、客户、供应商等所有环节。这一转型要求企业不只是在自身操作上绿色化,还要求其产品和服务能满足市场对绿色产品的需求。在此背景下,高客户集中度成为推动企业进行绿色技术创新的关键。当企业与少数客户有较大的业务黏性时,这些客户对绿色产品的需求会直接影响企业的研发方向。随着环保意识的增强,客户面临的绿色转型压力将倒逼企业加速绿色技术创新,以满足客户的绿色产品需求。此外,数字普惠金融和较宽松的融资环境为企业提供资金支持,而有远见的CEO则确保了这一创新势能得以实现。

路径B2具体条件为高CEO绿色经验*高数字化转型*高客户集中度*高融资约束,其中高数字化转型为边缘条件。该路径揭示了融资能力受限企业如何整合资源以实现绿色创新。经验丰富的CEO确保了企业绿色战略的一致性和持久性,高客户集中度为企业提供了创新压力和动力。融资约束使企业谨慎分配资源发展技术,将挑战转为投资精准和创新机遇。虽数字化转型不是主导,但仍起到画龙点睛的作用。

对比“十二五”与“十三五”期间的高碳企业绿色技术创新路径,未见显著差异。一方面可能是企业已经建立了成熟的战略来促进绿色创新,如高CEO绿色经验一直是驱动创新的核心,这说明企业在这些方面拥有长期而持续的战略视角;另一方面也说明技术的发展是渐进的,因政策变化而突变的可能性较小。

3.3.2 组间结果

尽管7个配置之间的一致性调整距离均未超过0.2,暗示时间效应不显著,但仍需对其随时间的变化深入分析。

观察“十二五”时期路径组间一致性变化(图2)可以发现组态A1、A2以及A4整体呈缓慢下跌趋势,而组态A3上下波动,但下限均高于0.875,属良性偏差。表明2011—2015年的4个组态具有良好的解释力。

如图3所示,“十三五”规划期的3个组态的组间一致性水平总体呈下降趋势,于2019年有小幅度回升,但一直保持在0.8以上。2020年较大幅度下降的主要原因可能是因COVID-19造成的经济中断影响到了企业的绿色创新。防疫措施、供应链中断和市场需求下降均为影响一致性水平的因素。

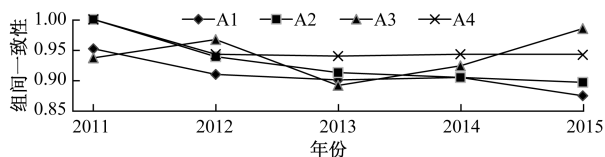


图2 “十二五”规划期组间一致性变化

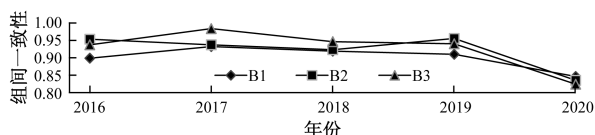


图3 “十三五”规划期组间一致性变化

3.3.3 行业异质性分析

样本观测企业共 83 家,其中制造业占比 68.67%,制品业占比 13.25%,其余行业共占比 18.08%(涵盖房地产建筑、复制、加工、服务业以及生产供应业)。进一步对路径占比进行研究发现,制造业的绿色创新路径覆盖全部,其中 B2 路径覆盖率最高为 86.11%,制品业的绿色创新路径有 A1、A2、B1、B2、B3,服务业有 A1、A2、A4 和 B1,加工业有 A3 和 B3,房地产建筑业为 A2,复制业为 B2,生产供应业为 A4。

3.3.4 稳健性检验

为确保研究结果的稳定性,通过调整案例频数值(5~6)进行稳健性检验。数据结果表明,调整前与调整后所含前因条件组态间具有清晰的子集关系,一致性值和覆盖率基本相同,表明研究结果具有较好的稳健性。

4 结论与启示

4.1 结论

(1)不存在必要条件,突显了绿色创新过程的复杂性。

(2)进一步的充分性分析揭示了 CEO 绿色经验在组态中一以贯之的存在,以及数字化能力在促进绿色技术创新方面的引领作用,而资本灵活驱动型和供应链配置驱动型路径也为企业实践带来了启示。

(3)通过对比“十二五”与“十三五”规划期的绿色创新路径,未发现显著区别。这意味着企业实现绿色创新的策略保持了一定的稳定性,说明技术创新的组态路径需渐进且一致,因外部环境改变而突变的可能性较小。研究结论不仅丰富了创新管理相关理论,还为碳交易时代企业的绿色发展提供了思路。

本文的理论贡献主要有两个方面:①使用 TOE 框架,从单一因素对绿色技术创新的影响分析转变

为基于组态的视角。在现有研究的基础上,融入高碳企业的具体实践需要,构建了一个包含 6 个子条件的分析框架。这一框架促进了对绿色技术创新驱动路径的深入理解,并拓展了 TOE 框架的应用。②将动态 fsQCA 的方法应用于企业层面的问题研究中,探索了时间维度下组态路径的动态变化。这一方法论的创新运用,为研究企业在不同时间跨度上的战略配置及其对绿色技术创新成果的影响提供了新的量化工具。

4.2 启示

本文的研究结果能为高碳排放企业带来以下几点启示:①高碳企业应在选聘 CEO 时考量其绿色经验和环保意识,将可持续理念融入企业文化,从而确保可持续价值观在企业决策和运营中得以贯彻。②数字化是加速绿色创新的关键。企业应利用数字化工具和系统来增强其在技术创新方面的能力,利用大数据、人工智能等前沿技术来支持绿色决策。③在财务资源受限的情况下,企业需谨慎规划和执行其绿色技术投资策略,同时可通过紧密的供应链配置,倒逼企业寻求绿色创新的途径。

虽然本研究依托于广泛的文献综述并结合实际企业情境来筛选影响因素,但无法涵盖影响绿色技术创新的全部关键因素。此外,依赖二手数据仅提供普遍趋势,未来研究可通过质性方法探究高碳企业绿色技术创新的微观机制和可持续发展动态。

参考文献

- [1] CHEN X, LIN B. Towards carbon neutrality by implementing carbon emissions trading scheme: policy evaluation in China[J]. *Energy Policy*, 2021, 157: 112510.
- [2] LI K, YAN Y, ZHANG X. Carbon-abatement policies, investment preferences, and directed technological change: evidence from China[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2021, 172: 121015.
- [3] SAUNILA M, UKKO J, RANTALA T. Sustainability as a driver of green innovation investment and exploitation [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2018, 179: 631-641.
- [4] CAI X, ZHU B, ZHANG H, et al. Can direct environmental regulation promote green technology innovation in heavily polluting industries? evidence from Chinese listed companies[J]. *Science of the Total Environment*, 2020, 746: 140810.
- [5] 池毛毛, 杜运周, 王伟军. 组态视角与定性比较分析方法: 图书情报学实证研究的新道路[J]. *情报学报*, 2021, 40(4): 424-434.
- [6] TORNATZKY L G, FLEISCHER M. The processes of technological innovation[M]. Lexington Mass: Lexington-

- ton Books, 1990.
- [7] 万晓乐, 毕力文, 邱晋连. 供应链压力、战略柔性 with 制造企业开放式绿色创新: 基于 TOE 框架的组态分析[J]. 中国软科学, 2022(10): 99-113.
- [8] 焦巍, 薛希萌, 赵国浩. TOE 框架下资源型企业绿色技术创新路径研究[J]. 财经理论与实践, 2023, 44(4): 2-9.
- [9] 王锋正, 刘向龙, 张蕾, 等. 数字化促进了资源型企业绿色技术创新吗? [J]. 科学学研究, 2022, 40(2): 332-344.
- [10] LIU X, LIU F, REN X. Firms' digitalization in manufacturing and the structure and direction of green innovation[J]. Journal of Environmental Management, 2023, 335: 117525.
- [11] 赵炎, 齐念念, 孟庆时. 技术整合能力、绿色专利质量与企业持续性创新[J]. 科技进步与对策, 2023, 40(8): 11-21.
- [12] 汪明月, 李颖明, 王子彤, 等. 创新链视角下企业共性技术创新参与对绿色技术创新的影响研究[J]. 管理学报, 2023, 20(6): 856-866.
- [13] LI X, GUO F, WANG J. A path towards enterprise environmental performance improvement: how does CEO green experience matter? [J]. Business Strategy and the Environment, 2024, 33(2): 820-838.
- [14] WALLS J L, BERRONE P. The power of one to make a difference: how informal and formal CEO power affect environmental sustainability [J]. Journal of Business Ethics, 2017, 145: 293-308.
- [15] LANDRY E E, BERNARDI R A, BOSCO S M. Recognition for sustained corporate social responsibility: female directors make a difference[J]. Corporate Social Responsibility and Environmental Management, 2016, 23(1): 27-36.
- [16] 王锋正, 赵宇霞, 夏嘉欣. 异质环境政策、高管风险偏好与绿色技术创新: 基于中国重污染上市公司的实证研究[J]. 科研管理, 2022, 43(11): 143-153.
- [17] LIN B, MA R. How does digital finance influence green technology innovation in China? evidence from the financing constraints perspective[J]. Journal of Environmental Management, 2022, 320: 115833.
- [18] CHEN M, TANG X, LIU H, et al. The impact of supply chain concentration on integration and business performance[J]. International Journal of Production Economics, 2023, 257: 108781.
- [19] XU R, YAO D, ZHOU M. Does the development of digital inclusive finance improve the enthusiasm and quality of corporate green technology innovation? [J]. Journal of Innovation & Knowledge, 2023, 8(3): 100382.
- [20] 袁礼, 周正. 环境权益交易市场与企业绿色专利再配置[J]. 中国工业经济, 2022(12): 127-145.
- [21] DU K, CHENG Y, YAO X. Environmental regulation, green technology innovation, and industrial structure upgrading: the road to the green transformation of Chinese cities[J]. Energy Economics, 2021, 98: 105247.
- [22] GARCIA-CASTRO R, ARINO M A. A general approach to panel data set-theoretic research[J]. Journal of Advances in Management Sciences & Information Systems, 2016, 2(63/76): 526.
- [23] 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.
- [24] 刘亦文, 陈熙钧, 高京淋, 等. 媒体关注与重污染企业绿色技术创新[J]. 中国软科学, 2023(9): 30-40.
- [25] 袁淳, 肖土盛, 耿春晓, 等. 数字化转型与企业分工: 专业化还是纵向一体化[J]. 中国工业经济, 2021(9): 137-155.
- [26] 郭峰, 王靖一, 王芳, 等. 测度中国数字普惠金融发展: 指数编制与空间特征[J]. 经济学(季刊), 2020, 19(4): 1401-1418.
- [27] PAPPAS I O, WOODSIDE A G. Fuzzy-set qualitative comparative analysis (fsQCA): guidelines for research practice in information systems and marketing[J]. International Journal of Information Management, 2021, 58: 102310.

Innovation Configurations Driven by Carbon Trading: A Dynamic fsQCA Analysis Based on High-carbon Enterprises

CHEN Yixin, ZHANG Zhe

(School of Logistics and Management Engineering, Yunnan University of Finance and Economics, Kunming 650221, China)

Abstract: Green technology is the primary driver of green development. Selecting high-carbon emission enterprises in pilot provinces between 2011 and 2020 as the research sample, the innovation pathways of green technology based on the technology - organization - environment (TOE) framework is explored, and the time span is divided into the 12th and 13th Five-Year Plan periods to discuss whether policy changes have influenced innovation strategies. The study identifies seven configurational pathways across both periods, categorized as digital-driven, capital flexibility-driven, and supply chain configuration-driven. Further research shows that the chief executive officer (CEO)'s commitment to green experience remains steadfast and that digitization plays a leading role in innovation; despite policy shifts, the innovation pathways during the two planning periods are similar, indicating that green innovation requires both incremental and consistent development.

Keywords: green innovation; technology-organization-environment (TOE) framework; supply chain configuration; digital transformation; dynamic fuzz-set qualitative comparative analysis (fsQCA)