

双碳背景下工业数字化的发展进程 和政策研究

研究单位：清华大学产业发展与环境治理研究中心

数字化转型是企业利用数字技术，重塑公司的战略思维、业务流程、组织结构和商业模式，构建以数据核心驱动因素的价值创造体系的过程。“双碳”目标背景下，数字化是制造业企业节能减碳的主要抓手，本课题尝试在探究企业数字化的影响因素的基础上，解构数字化转型驱动节能降碳的作用机理和数字化自身的迭代规律。基于上述背景，本课题拟探索如下三个问题：1) 什么因素影响工业数字化的应用，何种驱动因素组态路径和政策组合可以更好的推动工业企业的数字化转型？2) 数字化转型对节能降碳的影响？背后的作用机制是什么？3) 在企业数字化转型阶段中，从内部数字化到外部数字化的动力何在？内部转型和外部赋能的关系是互相替代还是互为补充，依靠企业的内生动力能否实现由内部数字化向外部数字化的自发演化？

一、数字化转型的影响因素

研究数据源于世界银行2012年中国企业调查问卷，依据选取的结果变量和条件变量剔除数据缺失的样本和非制造业样本之后，最终获得1039家企业样本。结果变量为企业的数字化转型，采用信息和通信技术对于企业设计、生产、管理、营销、服务过程中的支持程度。

本课题首先基于TOE框架以中国1039家制造业企业为研究案例，运用模糊集定性比较分析(简称fsQCA)方法识别技术、组织、环境对工业数字化的影响，探讨导致区域间工业数字化转型差异化的条件组态与影响机理；然后，基于中国、德国、巴西三国共663家制造业企业的问卷调查数据，运用有序Probit模型和中介效应模型，对数字化转型的节能降碳效应和影响路径进行了系统评估。最后，基于问卷调查数据，依据交易成本理论、资源基础观，从效率视角、能力视角出发探究企业数字化转型阶段中由内部数字化到外部数字化的动力，依据资源依赖观从权利视角探究内部数字化推动外部数字化的异质性特征。

本研究的主要结论如下：

首先，对单个条件进行必要性分析，发现不存在影响数字化转型的必要条件。

其次，对条件组态进行充分性分析，发现技术、组织和环境条件“多重并发”，有8条驱动数字化转型的多样化组态，有控制可比较的原则下归纳为战略规划型、

潜力发挥型、禀赋优越型这三类自生能力模式。

最后,结合现有理论解释,提出了四个研究命题。

命题1:技术创新、产业信息丰裕度和政商关系是企业数字化转型的关键条件。技术创新、产业信息丰裕度和政商关系这三个条件在所有组态中均有出现,说明这三个条件对于数字化转型极为重要。与政府关系好、行业信息丰裕的企业拥有更多的信息,利于企业更好的捕获消费者的需求、辨别数字化的变革方向和产业政策的导向。技术创新强化了企业对于市场环境的感知能力,利于企业获取、分析内部数字信息。

命题2:战略规划型转型路径中企业依靠高层管理者的经验和能力破除组织惯性。将辅助条件中均含有高层管理者经验的转型组态命名为战略规划型。此种路径

常发生于业务庞大、组织惯性较大的企业。

命题3:潜力发挥型转型路径中企业将感知到的信息与自身的生产实践相结合。将辅助条件中均含有生产实践的转型组态命名为潜力发挥型。此种路径常发生于组织结构灵活的小规模企业。企业将感知到的信息与自身的生产实践相结合,通过组织内学习与培训培育人才,改进生产方式和组织流程,从而实现数字化转型。

命题4:禀赋优越型转型路径中企业通过持续的资源投入推动数字化转型。此种路径的特点是企业是大规模企业或者具有较高的企业经营能力,两者仅需具备一者就可以推动企业的数字化转型。此种战略常发生于行业中的领头企业,企业具有持续增加资源的能力。

二、数字化转型对节能降碳的影响

研究团队对德国、巴西和中国企业同时进行问卷调查,研究人员以电话的形式联系公司的中高级管理人员,并进行现场访谈,此外通过政府或行业协会渠道,以

电子邮件的形式向中高层管理人员发放数字问卷。在删除不完整的问卷后,获得663份有效问卷,样本特征如表1所示。

表 1 样本特征

项目	类别	频率	项目	类别	频率
企业规模	250-1000 人	22%	所属行业	汽车工业	16%
	1000-2500 人	8%		装备制造与工程	29%
	2500-5000 人	7%		信息通信技术	17%
	5000 人以上	18%		电子	11%
岗位	管理岗位	57%	其他		28%
	技术岗位	30%		辽宁	148
性别	男性	67%	江苏	125	2019/9 – 2020/6
	女性	33%	浙江	334 (疫情前 168、疫情后 166)	
年龄	41-50 岁	25%	德国	105	2019 /12– 2020/5
	51-60 岁	14%	巴西	117	2020/3 – 2020/6

研究发现,数字化转型对环境可持续的影响显著为正,这表明数字化利于制造业企业的节能降碳,数字化转型利于企业节能减排技术的更新迭代,利于缓解信息的不对称。其次,从管理过程、生产过程出发探究作用

机制,机制分析表明数字化转型通过提高企业生产过程的能源利用率和研发能力实现节能降碳,通过提高管理过程的协同合作、供需匹配能力实现节能降碳。



四、面向2035美丽中国的空气质量改善与应对气候变化协同路径

同样基于上述跨国比较的问卷调查结果，研究团队探究了企业内部数字化对外部数字化的影响。研究发现：

首先，制造业企业的内部数字化利于推动外部数字化。基于交易成本论，企业在数字化转型过程中为实现成本的最小化可能会扩展企业边界，为降低沉没成本、管理成本、组织协调成本会将数字化应用于企业的外部合作过程中。基于资源基础理论，企业可能出于实现最大化收益的目标会将数字化应用于外部合作的过程。在传统的合作网络中，阻碍各企业合作的一大障碍是成本和收益的不匹配，而数字化合作方式可以详细的

记录各企业在合作网络中的贡献，对其收益进行合理的分配。

其次，异质性分析表明规模越大、技术水平越高的企业内部数字化对外部数字化的正向影响程度越大。且推动效应存在国别差异，巴西制造业企业的内部数字化对外部数字化的推动效应并不显著。基于资源依赖理论，鉴于组织边界的确定应最大化企业对于外部力量的控制，对于外部力量具有更强控制能力的大规模企业和高技术企业可能更倾向于将数字化应用于合作网络中，以不断扩张组织边界获得更多的知识和资源。

