DOI:10.20069/j.cnki.DJKX.2026003

# 差别电价政策如何赋能企业碳减排?

韩国高[1],任 荣[1],庞明川[2]

1. 东北财经大学 投资工程管理学院,辽宁 大连 116025
2. 东北财经大学 东北全面振兴研究院,辽宁 大连 116025

移动端阅读

**摘要:**企业低碳转型对中国实现"双碳"目标和高质量发展具有重要战略意义。在匹配中国工业企业数据库与中国工业企业污染排放数据库基础上,利用多期双重差分模型检验差别电价政策对企业碳排放的影响及其机理。研究发现,差别电价政策能够促进高耗能企业碳减排,并通过提升能源效率、促进资本更新和引致产品重构等路径实现;其效应在环保执法力度大、电力紧缺程度高和未实施优惠电价地区,以及资本密集型和政府补贴企业中更为明显。此外,差别电价政策通过资源再配置降低地区—行业层面碳排放,并通过产业链传导实现上游企业碳减排,促使企业实现减污降碳协同发展。据此提出持续完善差别电价政策、不断优化差别电价碳减排效应的传导路径、注重差别电价政策的差异化实施、推动全社会绿色低碳发展等政策建议。

**关键词:**差别电价;碳排放;低碳转型;能源效率;资本更新;产品重构;高耗能企业;资源再配置;产业链传导

**文献标识码:**A **文章编号:**1002-2848-2026(01)-0105-15

## 一、问题提出

绿色低碳转型已经成为中国生态文明建设和经济高质量发展的内在要求。绿色电价针对不同环境外部效应的行业制定差别性电价惩罚或电价激励机制,是未来引领中国经济低碳转型的重要价格政策。其中,差别电价政策作为绿色电价的较早尝试,在2004年便针对电解铝、铁合金、电石、烧碱、水泥和钢铁等6个高耗能行业,依据国家产业政策要求区分淘汰类、限制类、允许和鼓励类企业制定差异化电价,并于2006年进一步将黄磷、锌冶炼两个行业纳入政策范围。差别电价政策对能耗严重和产能落后的企业征收高电价,极大增加了高耗能企业的生产成本,不仅能够有效突破企业能源依赖型生产模式并提高能源使用效率,也能倒逼企业清理落后产能[1-2],同时在成本压力下促使企业集中生产更加绿色的产品,从根本上实现清洁低碳治理。为此,本文试图探究差别电价政策能否切实降低高耗能企业碳排放,其内在传导机制如何,不同地区禀赋和企业特征是否会影响差别电价政策的碳减排效应。对于这些问题的科学回答不仅可以为完善资源环境价格机制和促进绿色发展价格机制提供经验支撑,而且可以为中国实现"双碳"目标、促进生态文明和美丽中国建设及构建高质量现代化经济体系提供重要参考。

与本文密切相关的文献有两支。一支是企业碳排放影响因素及其治理手段的相关文献。一方面,部分学者考察了企业内部特征对企业碳排放的影响,认为控股股东现金流权力越大[3],越倾向于向管理层传递碳排放监督治理意愿;管理层拥有海外工作经历[4]和较高的股权激励[5]也会对企业低碳发展给予更

**基金项目:**辽宁省社会科学规划基金重点建设学科项目(L24ZD040)。

**作者简介:**韩国高,女,东北财经大学投资工程管理学院教授,博士生导师,研究方向为产业经济和环境经济;任荣,女,通信作者,东北财经大学投资工程管理学院博士研究生,研究方向为产业经济与环境经济,电子邮箱为renrong98@163.com;庞明川,男,东北财经大学东北全面振兴研究院研究员,博士生导师,研究方向为宏观经济理论与政策。

多关注，有效避免委托代理问题下管理层短视主义行为，促使企业切实采用清洁生产技术实现碳减排。另外，企业数字化转型能够增强知识与技术等信息流通共享[6]，促进多领域关键技术相互融合渗透，从而有效提升企业生产效率，提高能源使用效率并降低碳排放强度[7]。另一方面，部分学者也集中探讨外部宏观因素对企业碳排放的影响，认为地区间激烈的财政竞争会导致地方政府更注重发展经济而忽略企业低碳转型，导致企业碳排放增加。政府部门出台的正式环境规制政策则能够有效内化企业碳排放成本，以高额的排放费用引导企业提高能源效率和调整能源结构[8]，并在信贷可得性政策支持下激励企业增加绿色创新[9]，进而降低碳排放[10]。同时，气候风险信息披露[11]和社会信用体系建立[12]等非正式环境规制能够有效降低企业内外部信息不对称，提高利益相关者对企业碳排放知悉程度，通过公众外部监督倒逼企业碳减排。现有文献较少从资源环境价格角度关注企业碳排放影响因素，使得企业碳减排实现路径研究缺失重要一环，也导致运用价格政策支持绿色低碳发展缺乏经验证据。

另一支是差别电价政策经济效应的相关文献。部分研究认为差别电价政策短期内导致企业生产成本迅速增加，从而对产出、利润和全要素生产率等产生负向影响[2,13]，且不同行业企业受到政策的负向冲击程度存在差异[14]。也有部分研究认为差别电价政策提高了能源密集型企业的市场退出概率，有利于加快淘汰落后产能[1]；在长期内技术创新效应将发挥主导作用，能够弥补政策遵循成本，最终提高企业全要素生产率[15]。进一步将差别电价政策实施对象细分为淘汰类和限制类，赵琳等[2]研究发现政策加快了淘汰类企业清理落后设备进而提升其全要素生产率，但增加了限制类企业中间投入并降低劳动需求，进而短期内抑制全要素生产率提升。此外，差别电价政策还使得高耗能行业电力消费强度明显下降[16]，导致碳排放水平有所降低[17]。但现有研究并未就差别电价政策与碳排放之间的因果关系和内在机制进行科学论证，不利于打开高耗能企业应对差别电价政策时实现节能降碳的作用“黑箱”。同时，差别电价政策以中国31个省份（不包含港澳台）8个高耗能行业为约束对象，现有文献大多以某一省份企业为研究样本，或将8个高耗能行业中的某一行业或部分行业视为规制对象研究政策效应，无法为差别电价政策的碳减排效应提供准确微观证据。此时，全面精准识别差别电价政策实施对象，探究其能否助力高耗能企业碳减排便具有重要意义。

本文可能的边际贡献有三点。第一，考察差别电价政策对企业碳排放的影响及其机理，不仅为绿色电价政策的经济效应评价提供经验证据，也为更好地发挥价格杠杆引导资源优化配置、实现生态环境成本内部化提供重要参考，为完善价格政策支持绿色低碳发展、加快经济社会发展全面绿色转型提供有力支撑。第二，利用差别电价政策表征绿色电价，运用双重差分模型进行政策效应评价，不仅可以规避以往因缺乏资源环境价格数据难以识别碳减排效应的不足，也能有效缓解模型可能存在的内生性问题，从而提高模型估计的准确性和政策效应评价的可靠性。第三，基于资源再配置和产业链传导路径进一步评估差别电价政策的碳减排效应，明确差别电价政策下企业间资源要素转移引发总体碳减排的实现逻辑，揭示差别电价政策推动产业链协同碳减排的内在机制，并系统评估差别电价政策的减污降碳协同增效效应，从而加深对绿色资源环境价格碳减排效应的全面认识。

## 二、政策背景与理论分析

### （一）政策背景

2003年以来，高耗能行业迅猛发展导致用电需求不断攀升，使得中国大范围出现电力供应紧张。为遏制高耗能产业盲目发展和缓解电力供求矛盾等问题，2004年6月，国家发展和改革委员会决定对电解铝、铁合金、电石、水泥、钢铁和烧碱等6个高耗能行业，区分淘汰类、限制类、允许和鼓励类企业试行差别电价政策。允许和鼓励类企业执行正常电价，淘汰类和限制类企业在正常电价的基础上每千瓦时分别加价0.05元和0.02元。淘汰类企业生产设备与工艺更为落后，加价标准比限制类企业更高。然而，由于认识不足和措施不到位等原因，差别电价政策在部分地区并未得到很好落实，不仅存在高耗能企业的甄别与分类困难，而且个别省份擅自对高耗能产业实行电价优惠，导致部分高耗能产业又出现盲目发展的势头，产能过剩问题进一步加剧，资源浪费和环境污染问题再次引发关注。为此，《关于完善差别电价政策

意见的通知》（国办发〔2006〕77号）进一步完善差别电价政策，将产业政策与价格杠杆有机结合来促进高耗能企业节能降耗技术改造，抑制高耗能产业盲目发展，推进产业结构优化升级。将黄磷、锌冶炼两个行业纳入差别电价政策实施范围，分3年将淘汰类和限制类电价标准分别提高到0.2元和0.05元，并明确将差别电价政策多征收的电费收入全额上缴中央国库。政策完善后，差别电价对高耗能企业的抑制作用增强，但电费收入归属中央国库也降低了地方政府实施政策的积极性，部分地区为促进地方经济发展开始对高耗能企业变相出台优惠政策。为确保差别电价政策的全面贯彻落实，《关于进一步贯彻落实差别电价政策有关问题的通知》（发改价格〔2007〕2655号）对差别电价政策电费收入进行调整，改为上缴地方国库并纳入省级财政预算，同时要求各地停止执行高耗能企业电价优惠政策，加大贯彻差别电价政策的监督检查力度。在中央政府统一领导和各地方政府积极响应下，差别电价政策取得显著成效，为本文以差别电价为准自然实验系统考察绿色电价政策对高耗能企业碳减排影响提供了良好契机。

## （二）理论分析

中国电力市场化改革进程缓慢，竞争性市场交易机制未能有效建立是导致高耗能企业以低价能源驱动增长进而引发碳排放问题愈发严重的关键因素。周亚敏等[18]指出，电价长期处于较低水平无法充分反映其稀缺性，不利于企业提高能源使用效率，进而加剧碳排放问题。差别电价政策基于多用能者多付费的差异化定价原则，将企业生产能力落后程度纳入电价制定标准，对落后生产设备征收高于正常工业电价的收费水平，并通过动态调整机制持续甄别淘汰类和限制类企业，很大程度上降低了高耗能企业以基础能源投入为主的粗犷式生产收益，能够有效遏制其电力使用规模并切实提高能源效率[16]，继而实现对高耗能企业碳排放的前端治理。差别电价政策的核心宗旨在于提高高耗能企业技术装备水平，企业淘汰落后生产设备和改进生产工艺不仅能够直接避免高电价，还能够通过降低企业设备能源损耗带动整体绿色低碳转型[19]。此外，在差别电价政策成本冲击下，高耗能企业可调整产品组合和优化内部资源配置，集中生产边际成本更低的核心产品。核心产品碳排放强度更低[20]，因而能够降低企业整体碳排放。据此，本文提出如下假说：

假说1：差别电价政策能够促进高耗能企业碳减排。

差别电价政策通过提高能源效率促使企业碳减排。为确保差别电价政策落实到位，国家发展和改革委员会采取一系列切实有力措施：一方面，在政策期间逐步取消国家出台的对电解铝、铁合金和氯碱等行业的电价优惠，能够有力保障高耗能企业严格执行差别电价，大幅提升落后产能用电成本[14,16]；另一方面，针对高耗能企业利用自备电力避免外购成本高企的问题，差别电价政策对其燃煤自备电厂执行严格的收费政策，且要求各级地方政府不得随意减免，导致燃煤自备电厂运作难度与成本陡增，企业通过自备电厂规避高电价成本的路径受阻。按照上述逻辑，企业继续开展高耗能、高污染生产的收益显著降低，高额能源成本导致高耗能企业在竞争激烈的市场环境下处于不利地位。为快速恢复正常工业电价和有效缓解市场竞争压力，高耗能企业不得不积极寻求生产调整策略以提高能源效率，减少单位生产所需的传统能源要素，进而有助于实现企业碳减排[21]。

差别电价政策通过推动资本更新促使企业碳减排。高耗能企业生产技术落后与碳排放高居不下的一个重要原因在于生产设备老旧。孙鹏博等[22]研究发现，企业对新生产设备的使用和旧生产设备的改造升级能够有效降低机器能源损耗，有助于企业实现碳减排。由于能耗严重的老旧设备生产效率更低，且对成本变动更为敏感[19]，电价成本冲击导致高耗能企业承担相对更高的成本损失，能够激发企业优先淘汰高能耗老旧设备，极大增强其资本更新动力[2]。同时，差别电价政策降低了资本要素相对电力能源要素的价格水平，这种价格信号将进一步激励高耗能企业加速节能环保偏向的资本更新，以实现效率提升与节能环保的双赢局面。企业投资内含前沿技术的先进设备，能够有效提升企业生产效率，这意味着相同产出水平仅需要投入更少的能源要素，因而能够实现企业碳减排。

差别电价政策通过引致产品重构促使企业碳减排。差别电价政策引致高耗能企业电价上升，促使企业依据不同产品的生产成本和能源投入重新配置生产组合。核心产品相比边缘产品的边际成本更低、边际收益更高[23]，在利润最大化原则下，差别电价政策带来的成本冲击会促使高耗能企业放弃边缘产品生产以避免经营损失，同时将生产资源集中于核心产品以扩大经营收益。Nocke等[24]指出企业产品边际成

本会随着产品种类的增多而增加，因而企业面临环境规制等不利冲击时，可能会选择调整其产品份额，降低产品生产多样化，提高核心产品集中度[25]。另外，企业内部不同产品的污染程度并不相同，通过调整企业产品组合可影响其整体污染水平，核心产品通常具有更高的技术含量与竞争优势，同时具有更好的环境表现和清洁程度[20]，因此核心产品集中度提升更有可能促使企业碳减排。据此，本文提出如下假说：

假说2：差别电价政策能够通过提高能源效率、促进资本更新以及引致产品重构促使高耗能企业实现碳减排。

## 三、研究设计

### （一）模型设定

鉴于不同行业开始推行差别电价政策的时间不同，本文利用多期双重差分模型来识别差别电价政策对高耗能企业碳排放的因果效应，构建如下基准模型：

$$CI_{ijt}=\beta_0+\beta_1 DEP_{jt}+\beta_2 X+\delta_i+\delta_t+\varepsilon_{ijt} \tag{1}$$

其中，$i$、$j$和$t$分别代表企业、行业和年份；$CI_{ijt}$表示企业碳排放强度；$DEP_{jt}$表示差别电价政策；$X$表示企业、行业与省份层面的控制变量；$\delta_i$和$\delta_t$分别表示企业和年份固定效应；$\varepsilon_{ijt}$为随机扰动项；$\beta_1$是本文主要关心的估计系数，$\beta_1<0$代表差别电价政策能够促进企业碳减排，反之则抑制企业碳减排。

### （二）数据说明

本文企业财务数据来源于中国工业企业数据库，计算企业碳排放量使用的能源消耗数据来源于中国工业企业污染排放数据库，其他参数来源于国家发展和改革委员会办公厅陆续印发的各行业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）的通知，构建产品重构指标使用的企业产品信息来源于中国海关数据库，地区层面控制变量来源于《中国统计年鉴》，行业层面环境规制变量来源于中国环境数据库。本文依次按照“法人代码＋年份”“企业名称＋年份”的顺序将中国工业企业数据库与中国工业企业污染排放数据库匹配，最终形成一份包含企业财务信息和能源消耗信息的2001—2009年面板数据①。基于上述匹配的面板数据，本文进行如下处理：将2003年之前的企业行业代码调整为2002年国民经济行业分类标准；剔除主营业务收入少于500万元、职工数少于8人等不满足“规模以上”的样本；剔除总资产、工业总产值缺失或为负的观测值；剔除总资产小于流动资产、总资产小于固定资产、累计折旧小于当年折旧、资产负债率小于0及统计年份小于开业年份等违背会计准则的样本。本文将研究样本限定为差别电价政策实施对象所属二位码行业企业，最终得到14 017家企业样本②。

### （三）变量选择

1.被解释变量

本文被解释变量为企业碳排放强度（$CI$），使用单位工业总产值的二氧化碳排放量衡量。其中，二氧化碳排放量基于企业煤炭、重油、柴油和洁净燃气消耗量数据，并依据国家发展和改革委员会发布的各行业企业温室气体排放核算方法与报告指南进行测算，具体测算过程如下：

$$CO_{2i}=\sum_{f=1}^{4} AD_f\times EF_f \tag{2}$$

$$AD_f=NCV_f\times FC_f \tag{3}$$

$$EF_f=CC_f\times OF_f\times(44/12) \tag{4}$$

① 差别电价政策主要对非上市高耗能企业形成约束，且综合考虑企业能源消耗数据可得性和惩罚电价政策干扰，本文选取2001—2009年作为研究区间。

② 实施差别电价政策的企业主要集中在C26、C31、C32和C33四个二位码行业中，为增强处理组与控制组之间的可比性，本文将研究样本限于四个二位码行业。

其中，$CO_{2i}$表示企业$i$的二氧化碳排放量；$AD_f$表示第$f$种化石燃料的活动水平，是平均低位发热值（$NCV_f$）和化石燃料消耗量（$FC_f$）的乘积；$EF_f$表示第$f$种化石燃料的二氧化碳排放因子，是化石燃料的单位热值含碳量（$CC_f$）、碳氧化率（$OF_f$）和二氧化碳与碳的分子量之比（44/12）三者的乘积。

2.核心解释变量

本文核心解释变量$DEP$为$TRE_j$与$POS_t$的交乘项，其中$TRE_j$为处理组虚拟变量，本文将纳入差别电价政策实施范围的8个行业识别为处理组，取值为1，将与处理组行业属于相同二位码行业的其他行业识别为控制组，取值为0；$POS_t$是政策时间虚拟变量，差别电价政策实施当年及以后年份取值为1，反之为0。

3.控制变量

本文控制变量包括企业、行业和省份层面变量。其中，企业层面控制变量包括资产负债率（*LEV*）、固定资产比例（*FIX*）、净资产收益率（*ROE*）、企业年龄（*AGE*）、管理费用率（*MER*）、国有企业虚拟变量（*SOE*）、出口（*EXP*）与融资能力（*FIN*）；行业层面控制变量包括市场竞争程度（*HHI*）和行业环境规制（*ERI*）；省份层面控制变量包括经济发展水平（*GDP*）、人口规模（*POP*）、产业结构（*IND*）、财政支出（*GOV*）和省份环境规制（*ERP*）。为降低极端值对估计结果的干扰，本文对所有连续变量进行上下1%的缩尾处理。主要变量定义和描述性统计结果见表1。

**表1　主要变量描述性统计结果**

| 变量类型 | 变量符号 | 变量定义 | 观测值数 | 均值 | 标准差 | 最小值 | 最大值 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 被解释变量 | *CI* | 二氧化碳排放量/工业总产值 | 48 497 | 0.556 | 0.783 | 0 | 4.025 |
| 核心解释变量 | *DEP* | *TRE*与*POS*的交乘项 | 48 497 | 0.238 | 0.426 | 0 | 1.000 |
| | *TRE* | 8个政策行业取值为1，否则为0 | 48 497 | 0.500 | 0.500 | 0 | 1.000 |
| | *POS* | 政策实施年份及以后取值为1，否则为0 | 48 497 | 0.238 | 0.426 | 0 | 1.000 |
| 企业变量 | *LEV* | 总负债/总资产 | 48 497 | 0.591 | 0.233 | 0.035 | 0.985 |
| | *FIX* | 固定资产/总资产 | 48 497 | 0.428 | 0.216 | 0.018 | 0.912 |
| | *ROE* | 净利润/所有者权益 | 48 497 | 0.097 | 0.421 | −1.809 | 2.766 |
| | *AGE* | 统计年份减去成立年份加1，单位：年 | 48 497 | 14.564 | 13.093 | 1.000 | 53.000 |
| | *MER* | 管理费用/主营业务收入 | 48 497 | 0.066 | 0.058 | 0.001 | 0.296 |
| | *SOE* | 国有企业取值为1，否则为0 | 48 497 | 0.104 | 0.306 | 0 | 1.000 |
| | *EXP* | 出口交货值/工业总产值 | 48 497 | 0.075 | 0.207 | 0 | 1.000 |
| | *FIN* | 利息支出/总资产 | 48 497 | 0.014 | 0.016 | −0.002 | 0.088 |
| 行业变量 | *HHI* | 四位码行业赫芬达尔指数 | 48 497 | 0.037 | 0.064 | 0.002 | 1.000 |
| | *ERI* | 废气治理设施数，单位：万套 | 48 497 | 2.632 | 1.701 | 0.258 | 5.285 |
| 省份变量 | *GDP* | 人均GDP，单位：万元 | 48 497 | 1.144 | 0.651 | 0.290 | 4.267 |
| | *POP* | 总人口，单位：万人 | 48 497 | 5 944.324 | 2 484.682 | 523.100 | 10 130.000 |
| | *IND* | 第三产业增加值/第二产业增加值 | 48 497 | 0.799 | 0.153 | 0.518 | 1.488 |
| | *GOV* | 财政支出/GDP | 48 497 | 0.129 | 0.046 | 0.079 | 0.319 |
| | *ERP* | 工业治理投资额/GDP | 48 497 | 0.002 | 0.001 | 0 | 0.008 |

注：本表列示了取自然对数前的值，实证分析时对*AGE*、*ERI*、*GDP*和*POP*取自然对数。

## 四、实证结果分析

### （一）基准回归结果

基准回归模型的估计结果见表2。其中第（1）列为只含差别电价政策变量的估计结果，第（2）～（4）列为逐步加入企业、行业和省份控制变量后的估计结果，且所有模型均控制了企业和年份固定效应。以第（4）列回归结果为例，差别电价政策的估计系数在1%的水平下显著为负，说明与未实施差别电价政策的企业相比，实施差别电价政策的高耗能企业碳排放强度显著降低，差别电价政策有助于企业实现碳减排。

表2 基准回归估计结果

| 变量 | 被解释变量：*CI* | | | |
|---|---|---|---|---|
| | （1） | （2） | （3） | （4） |
| *DEP* | −0.116*** | −0.120*** | −0.119*** | −0.117*** |
| | （0.018） | （0.018） | （0.018） | （0.018） |
| 企业控制变量 | 否 | 是 | 是 | 是 |
| 行业控制变量 | 否 | 否 | 是 | 是 |
| 省份控制变量 | 否 | 否 | 否 | 是 |
| 观测值数 | 48 499 | 48 497 | 48 497 | 48 497 |
| $R^2$ | 0.816 | 0.817 | 0.818 | 0.818 |

注：1. ***表示在1%的显著性水平下显著。

2. （）内为省份层面聚类稳健标准误。

3. 已控制企业和年份固定效应，控制变量估计结果留存备索。

## （二）有效性检验①

### 1. 平行趋势检验与动态效应估计

本文运用事件研究法进行平行趋势检验。模型设定如下：

$$CI_{ijt}=\beta_0+\beta_t\sum_{t=-5,t\neq-1}^{5}TRE_j\times DUM_t+\beta_2X+\delta_i+\delta_t+\varepsilon_{ijt} \quad (5)$$

其中，$DUM_t$为年度虚拟变量，下标$t$表示相对于实施差别电价政策的第$t$年；$\beta_t$用于判断政策实施前后处理组和控制组企业碳排放强度的变动是否存在显著差异。本文以政策实施前一年为基期，并利用政策前估计系数均值对$\beta_t$进行标准化处理[26]，结果显示差别电价政策实施之前，$\beta_t$均不显著，说明处理组和控制组企业碳排放强度的变动不存在显著差异，平行趋势检验通过。差别电价政策实施后，$\beta_t$开始显著为负，表明差别电价政策能够显著促进高耗能企业碳减排。

### 2. 安慰剂检验

若某些不可观测的混杂因素与差别电价政策具有较高的相似度和同步性，那么企业碳排放强度降低很有可能是由不可观测因素和差别电价政策混合叠加所致。为此，本文随机抽取虚假处理组，并为每个虚假处理组行业随机设定虚假政策冲击时点，构建虚假政策变量重新回归。500次随机抽样后虚假政策变量的估计系数分布情况显示虚假政策变量估计系数基本服从均值为0的正态分布，同时基准回归的“真实”估计系数为−0.117，表现为小概率事件，说明高耗能企业碳减排并非源于其他非随机因素。

### 3. 异质性处理效应检验

传统多期双重差分模型的估计结果是个体处理效应的加权平均，差别电价政策对不同行业冲击时点不一致容易导致负权重占比过大，进而引发估计结果不稳健问题。为此本文参考Sun等[27]计算组别—时期平均处理效应，并参考Borusyak等[28]使用插补估计量，在考虑可能存在的异质性处理效应后重新回归。结果显示，差别电价政策的估计系数仍显著为负，因此可认为异质性处理效应对基准回归结果无实质性影响。

## （三）稳健性检验②

### 1. PSM-DID

鉴于差别电价政策确定实施对象时可能考虑企业能耗与污染程度，基准回归模型可能存在样本选择偏差问题。为此本文分别基于1∶1近邻匹配和核匹配方法为处理组行业重新匹配控制组③，匹配后的样

① 篇幅限制，结果留存备索。

② 篇幅限制，结果留存备索。

③ 协变量包括：资产负债率、固定资产比例、净资产收益率、企业年龄、管理费用率、国有企业虚拟变量、出口、融资能力、省份经济发展水平、人口规模、产业结构、财政支出和环境规制程度。

本处理组与控制组之间不存在系统性差异。本文运用匹配后样本重新回归，回归结果显示，差别电价政策的估计系数仍显著为负，说明差别电价政策仍显著促进高耗能企业碳减排，本文结论稳健。

2.排除同期环境规制政策的干扰

首先，《千家企业节能行动方案》要求重点耗能企业自2006年开始淘汰落后设备、加大节能降耗技术改造，可能会降低企业碳排放。为排除该政策对差别电价政策实施效果的干扰，本文设置千家企业节能行动政策变量（$ES$），若企业当年受到千家企业节能行动政策规制则取值为1，否则为0。将该变量纳入式（1）进行估计，回归结果显示差别电价政策的估计系数仍显著为负，说明考虑了千家企业节能行动政策后，差别电价政策仍能显著促进高耗能企业碳减排。

其次，中国于2003年首次针对煤焦行业实施清洁生产标准政策，并于2006年开始陆续发布其他行业清洁生产标准，在政策压力下，企业可能通过技术改造提高能源效率和优化用能结构，也有助于降低企业碳排放。为排除该政策对差别电价政策实施效果的干扰，本文设置清洁生产标准政策变量（$CLE$），若企业所属行业当年受到清洁生产标准政策规制则取值为1，否则为0。将该变量纳入式（1）进行估计，回归结果显示差别电价政策的估计系数仍显著为负，说明考虑了清洁生产标准政策后，差别电价政策仍能显著促进高耗能企业碳减排，本文结论稳健。

3.更换变量与模型设定

为进一步验证结论稳健性，本文还进行了如下稳健性检验。第一，替换被解释变量。分别采用企业单位营业收入的碳排放（$CI_1$）、企业碳排放量加1取自然对数（$CI_2$）衡量企业碳减排指标，回归结果显示差别电价政策的估计系数均显著为负。第二，更换模型设定。首先，更换控制组样本。区别于前文将与处理组行业属于相同二位码行业的其他企业作为控制组，现将制造业中8个差别电价政策规制行业以外的所有企业作为控制组，重新考察差别电价政策的碳减排效应。结果显示差别电价政策的估计系数仍显著为负。其次，更换固定效应。分别将式（1）的企业固定效应替换为行业固定效应、在式（1）基础上进一步控制省份固定效应，回归结果显示差别电价政策的估计系数仍显著为负。最后，更换聚类方式。分别采用行业—省份、省份—年份层面的聚类稳健标准误进行回归。回归结果显示，差别电价政策的估计系数仍显著为负，说明本文结论稳健。

4.评估遗漏变量干扰

为避免模型遗漏重要不可观测变量造成的内生性问题，本文借鉴Altonji等[29]的方法比较回归中仅控制有限变量的系数估计值$\beta^R$与控制所有可能变量的系数估计值$\beta^F$，并构建比率$|\beta^F/(\beta^R-\beta^F)|$，该比率越大说明遗漏变量对模型系数估计影响越小。本文选取4组不同受约束组与不受约束组分别进行比较并计算比率，以上4组的比率均远大于临界值1，且最小值为29.25，说明不可观测变量对高耗能企业碳排放的影响至少是可观测变量影响的29.25倍时才可能改变现有结果，本文基准回归由遗漏不可观测变量导致的内生性问题并不严重。

## 五、作用机制与异质性分析

### （一）作用机制检验

基于前文理论分析，本文构建如下计量模型进行作用机制检验：

$$M_{ijt}=\alpha_0+\alpha_1 DEP_{jt}+\alpha_2 X+\delta_i+\delta_t+\varepsilon_{ijt} \tag{6}$$

其中，$M_{ijt}$为机制变量，包括能源效率、资本更新和产品重构。

1.能源效率机制检验

提高能源效率是高耗能企业实现碳减排的重要途径。如果企业在生产过程中能够减少单位产出的能源消耗，可以极大减少高耗能企业碳排放进而促进低碳转型。为检验差别电价政策能否通过提高能源效率降低高耗能企业碳排放，本文采用单位工业总产值的煤炭消耗量衡量能源效率（$EE$），并考察差别电

价政策对该变量的影响。表3第(1)列回归结果显示，差别电价政策的回归系数显著为负，表明差别电价政策能够降低单位工业总产值的煤炭消耗量，通过提高能源效率降低企业碳排放强度。差别电价政策提高了高耗能企业电力能源价格，在既有生产技术水平下维持原有规模需要支付更昂贵的生产成本，进而压缩企业利润空间并削弱市场竞争优势。基于可持续性发展考虑，高耗能企业有动力减少单位产出能源投入，通过提高能源使用效率降低其碳排放强度。

2.资本更新机制检验

高耗能企业生产设备老化是导致其碳排放问题严峻的关键因素。为检验差别电价政策能否通过促进资本更新降低高耗能企业碳排放，本文参考万攀兵等[19]的研究，分别选取企业当年折旧(*DP*)和折旧速率(*DPR*)衡量企业资本更新，并考察差别电价政策对二者的影响。表3第(2)(3)列回归结果显示，差别电价政策的估计系数均显著为正，表明差别电价政策能够增加企业当年折旧、加快折旧速率，通过资本更新降低企业碳排放强度。差别电价政策主要针对高耗能企业落后生产设备征收高标准电价，企业优先淘汰一批老旧机器设备可有效降低电价成本，因而其资本更新动力强烈。同时，差别电价政策提高了高耗能企业能源要素价格，致使资本价格相对下降，也进一步推动高耗能企业购置新的节能设备，有效缓解企业生产设备老化，提高机器能源使用效率，进而促进高耗能企业碳减排。

3.产品重构机制检验

调整产品结构是企业应对成本冲击的有效选择。为检验差别电价政策能否通过促进产品重构降低高耗能企业碳排放，本文分别采用企业出口产品种类(*VAR*)和出口产品多元化指数(*DIV*)衡量企业内产品重构，考察差别电价政策对其影响。其中，企业出口产品种类为企业出口的HS8位码产品种类数取自然对数；出口产品多元化指数计算公式为$DIV_{it}=1-\sum(SAL_{ikt}/\sum_{k\in Wit}SAL_{ikt})^2$，其中$W_{it}$为企业$i$的产品集，$SAL_{ikt}$代表$t$年企业$i$产品$k$的收入。表3第(4)(5)列回归结果显示，差别电价政策的估计系数均显著为负，表明差别电价政策能够显著减少企业出口产品种类，降低企业产品多元化和提高产品集中度，通过产品重构降低碳排放强度。差别电价政策增加了高耗能企业用电成本，导致其整体生产成本大幅增加，企业为规避成本上升冲击，会选择减少其产品种类，提高产品集中度。相比于边缘产品，企业核心产品边际成本低、技术含量高且污染程度低，高耗能企业通过将资源更多集中于核心产品，能够有效降低碳排放。

**表3 机制检验回归估计结果**

| 变量 | (1)*EE* | (2)*DP* | (3)*DPR* | (4)*VAR* | (5)*DIV* |
|---|---|---|---|---|---|
| *DEP* | −0.067*** | 0.130* | 0.003*** | −0.124*** | −0.024* |
| | (0.010) | (0.075) | (0.001) | (0.030) | (0.013) |
| 观测值数 | 48 497 | 48 497 | 48 213 | 12 758 | 12 758 |
| $R^2$ | 0.839 | 0.782 | 0.621 | 0.800 | 0.730 |

注：1. ***和*分别表示在1%和10%的显著性水平下显著。

2. ()内为省份层面聚类稳健标准误。

3. 已控制企业和年份固定效应，控制变量估计结果留存备索。

## (二)异质性分析

差别电价政策对高耗能企业的碳减排效应与政策执行强度和企业政策应对密切相关。地区环保执法力度越大、电力供应越紧张，则越有可能严格执行差别电价政策，从而切实降低高耗能企业碳排放，而地区擅自对高耗能企业实施优惠电价则可能会削弱差别电价政策的碳减排效应，为此本文从环保执法力度、电力供应紧缺程度和优惠电价实施角度进行地区层面异质性分析；另外，面对差别电价政策所带来的额外电价成本，资本密集型企业和有政府补贴企业可能会在成本压力和资金支持下积极响应政策，加快资本更新和效率提升，进而实现低碳转型，为此本文从要素禀赋和政府补贴角度进行企业层面异质性分析。

1.地区层面异质性

第一，环保执法力度。本文采用各省份排污费结缴入库金额与排污费征收金额的比值衡量企业所在地的政府环保执法力度（*ENV*），该变量数值越大，表明政府环保执法力度越大。将该变量与差别电价政策变量的交乘项纳入式（1）进行估计，结果如表4第（1）列所示，可见交乘项系数显著为负，表明差别电价政策更能促进政府环保执法力度更大地区企业碳减排。政府环保执法力度较大地区对降碳减污的行政干预较为严格[1]，能够有力落实中央政府出台的差别电价政策。同时，环保执法力度大意味着对环境违规行为的行政处罚较为严厉，这种执法强制性压力可保障高耗能企业严格遵守差别电价政策，通过提高能源使用效率、淘汰落后生产能力以及企业内产品重构实现碳减排。

第二，电力供应紧缺程度。本文采用各省份电力消费量占发电量的比重衡量企业所在地区的电力紧缺程度（*ELE*），该变量数值越大，表明地区电力紧缺程度越高。将该变量与差别电价政策变量的交乘项纳入式（1）进行估计，结果如表4第（2）列所示，可见交乘项系数显著为负，表明差别电价政策更能促进电力紧缺程度较高地区企业碳减排。差别电价政策初衷在于通过淘汰高耗能产业落后生产能力促进产业结构调整，进而缓解能源供应紧张局势[14]。电力紧缺程度较高的地区为快速缓解电力供不应求问题，更有可能迅速响应中央政府出台的差别电价政策，及时甄别能耗严重、产能落后的淘汰类和限制类企业，并切实落实政策实施监督工作，对当地高耗能企业施加更为严格的政策约束，因而企业提高能源使用效率、加速资本更新和产品重构进而实现碳减排的效应更大。

第三，优惠电价实施。本文通过识别地方政府是否对高耗能企业实施优惠电价政策构建地区优惠电价变量（*PEP*），若企业所在省份实施了优惠电价政策，则取值为1，否则为0。将该变量与差别电价政策变量的交乘项纳入式（1）进行估计，结果如表4第（3）列所示，可见交乘项系数显著为正，表明差别电价政策更能促进未实施优惠电价政策地区企业碳减排。地方政府对高耗能企业擅自实行优惠电价政策将会削弱差别电价政策作用发挥，而未实施优惠电价政策地区的企业能够严格遵循差别电价政策，为其落后生产能力承担高成本[1]，更有可能引致高耗能企业提高能源效率、实现资本更新以及调整产品生产结构，继而降低能源消耗和碳排放。

**表4　异质性分析估计结果**

| 变量 | （1）*CI* | （2）*CI* | （3）*CI* | （4）*CI* | （5）*CI* |
|---|---|---|---|---|---|
| *DEP* | −0.067** | −0.024 | −0.144*** | −0.064* | −0.103*** |
| | （0.027） | （0.047） | （0.026） | （0.033） | （0.022） |
| *DEP×ENV* | −0.009** | | | | |
| | （0.004） | | | | |
| *DEP×ELE* | | −0.063** | | | |
| | | （0.028） | | | |
| *DEP×PEP* | | | 0.064* | | |
| | | | （0.033） | | |
| *DEP×CAP* | | | | −0.012* | |
| | | | | （0.007） | |
| *DEP×SUB* | | | | | −0.036* |
| | | | | | （0.020） |
| 观测值数 | 48 497 | 48 497 | 48 497 | 48 497 | 48 497 |
| $R^2$ | 0.818 | 0.818 | 0.818 | 0.818 | 0.818 |

注：1. ***、**和*分别表示在1%、5%和10%的显著性水平下显著。

2.（）内为省份层面聚类稳健标准误。

3. 已控制企业和年份固定效应，控制变量估计结果留存备索。

2.企业层面异质性

第一，要素禀赋。本文采用企业固定资产与从业人数比值的自然对数衡量企业资本密集度（*CAP*），该变量数值越大，表明企业要素禀赋结构越偏向于资本密集型。将该变量与差别电价政策变量的交乘项纳入式（1）进行估计，回归结果如表4第（4）列所示，可见交乘项系数显著为负，表明差别电价政策更能促

进资本密集型高耗能企业碳减排。相比于劳动密集型企业，资本密集型企业对资本要素的依赖程度更高，差别电价政策提高了落后生产设备使用成本，对资本密集型企业的成本约束更大，并且资本密集型企业本身更加注重设备更新，因而更有可能在差别电价政策规制下加速资本更新并提高能源效率，从而降低碳排放。此外，为降低政策遵循成本，高资本密集度企业更可能调整其内部产品结构，集中生产成本更低、更清洁的产品[30]，进而实现碳减排。

第二，政府补贴。本文构建政府补贴收入变量（*SUB*），若企业获得政府补贴收入，则取值为1，否则为0。将该变量与差别电价政策变量的交乘项纳入式（1）进行估计，结果如表4第（5）列所示，可见交乘项系数显著为负，表明差别电价政策更能促进有政府补贴的高耗能企业碳减排。政府补贴可增加企业现金流量，降低企业碳减排过程中的投入成本，提升企业淘汰落后设备与工艺的能力。同时，企业受到政府补贴会向投资者传递利好信号，有利于企业获得外部投资，也可为企业资本更新提供资金支持，加快企业降低碳排放。此外，政府补贴具有明显的政策导向性，政府会选择符合国家政策导向的企业作为补贴对象，为维护自身“绿色”形象以持续获得政府补贴，高耗能企业也会积极响应差别电价政策进而实现碳减排。

## 六、进一步研究

### （一）差别电价政策与地区—行业碳减排：资源再配置效应

差别电价政策依据生产设备落后程度执行不同电价收费标准，暗含了其对不同生产能耗程度企业的非对称影响，可能会引发异质性企业间的资源再配置，进而影响宏观层面碳排放。为此，本文进一步从宏观层面检验差别电价政策的碳减排效应。

首先，分别构建企业进入（*ENT*）和企业退出（*EXI*）变量并将其作为被解释变量，运用Probit模型考察差别电价政策对企业进出市场的影响。其中，若企业$i$在$t$年首次出现在中国工业企业数据库中，则该企业$t$年的企业进入变量设置为1，其余年份为0；若企业$i$在$t+1$年不再出现在中国工业企业数据库中，则该企业$t$年的企业退出变量设置为1，其余年份为0。表5第（1）（2）列结果表明，差别电价政策会显著降低企业进入概率并增加企业退出概率。一方面，差别电价政策增加了企业运用落后生产设备的成本，为避免初创期企业生产成本过高，高耗能企业通常会避免以落后生产能力进入市场；另一方面，差别电价政策对高耗能企业落后产能实行限期整改，对于规定时间内未能实现改造升级的企业坚决予以淘汰，增加了企业退出市场的概率。

其次，本文参考韩超等[31]的研究，将地区—行业层面碳排放分解为两部分，具体如下：

$$TCO_{2jpt}=\overline{CO}_{2jpt}+\sum\left(S_i-\overline{S}_{jpt}\right)\left(CO_{2i}-\overline{CO}_{2jpt}\right) \tag{7}$$

其中，$\overline{CO}_{2jpt}$为部门内所有企业碳排放均值；$S_i$为企业$i$的产出份额，$\overline{S}_{jpt}$是部门内所有企业产出份额均值；$CO_{2i}$是企业$i$的碳排放。式（7）等号右侧第二项反映碳排放水平高于部门内均值的企业市场份额（*SHA*），将差别电价政策对该变量进行回归。表5第（3）列结果显示差别电价政策的估计系数显著为负，说明差别电价政策可以有效降低碳排放水平高的企业市场份额，通过企业间资源再配置效应促进地区—行业层面整体碳减排。差别电价政策增加了高耗能企业继续使用落后生产设备的成本并促使此类企业退出市场，将电力能源要素重新释放到市场中，促使低耗能企业市场份额和能源要素供给增加，实现企业间资源再配置，从而降低地区—行业层面碳排放。

### （二）差别电价政策与上下游企业碳减排：基于产业链传导效应

处于产业链不同阶段的企业之间存在明显的投入产出关系，这种垂直关联性意味着差别电价政策对企业碳排放的影响可能沿产业链传导，从而对关联行业企业碳减排产生影响。为检验差别电价政策能否通过产业链传导效应对上下游企业碳排放产生影响，本文运用2002年中国投入产出表构建行业关联程度，设定如下模型进行检验：

$$CI_{ijt}=\gamma_0+\gamma_1 DEP^u_{jt}+\gamma_2 DEP^d_{jt}+\gamma_3 DEP_{jt}+\gamma_4 X+\delta_i+\delta_t+\varepsilon_{ijt} \tag{8}$$

其中，$DEP^u_{jt}$表示上游行业差别电价政策，以$TRE^u_j$与$POS^u_t$的交乘项表示，其中$TRE^u_j$代表行业$j$作为下游行业与其上游行业的关联度；$DEP^d_{jt}$表示下游行业差别电价政策，以$TRE^d_j$与$POS^d_t$的交乘项表示，其中$TRE^d_j$代表行业$j$作为上游行业与其下游行业的关联度；$\gamma_1$和$\gamma_2$分别衡量差别电价政策对下游和上游行业企业碳减排的影响。

本文构建$TRE^u_j$与$TRE^d_j$变量的计算公式为：

$$TRE^u_j=\sum_{g\neq j}\left(INP_{jg}\Big/\sum_g INP_{jg}\right)\times TRE_j \tag{9}$$

$$TRE^d_j=\sum_{h\neq j}\left(OUT_{jh}\Big/\sum_h OUT_{jh}\right)\times TRE_j \tag{10}$$

其中，$j$为$g$行业的下游行业，$h$行业的上游行业；$INP_{jg}$表示$j$行业使用$g$行业的中间投入品总量；$OUT_{jh}$表示$j$行业作为中间品投入到$h$行业的总量；$TRE_j$表示$j$行业是否受到差别电价政策冲击，若$j$行业实施差别电价政策，则$TRE_j$取值为1，否则为0。

差别电价政策的产业链传导效应检验结果如表5第(4)列所示，可见上游行业差别电价政策的系数不显著，表明差别电价政策并未有效促进下游行业企业碳减排，下游行业差别电价政策的系数显著为负，说明差别电价政策可有效促进上游行业企业碳减排。其一，差别电价政策规制对象大多属于化工、钢铁和建材等高耗能行业，这些行业属于化石能源行业的直接下游行业，通过对企业征收高电价会减少电力能源需求，从而减少上游行业化石能源消耗和碳排放；其二，高耗能企业在降低自身碳排放的同时，也会提高对上游企业清洁环保技术和中间投入品低碳化要求，直接促使上游企业提高技术水平，进而采取集约化低碳生产方式。

**表5　进一步分析的回归估计结果**

| 变量 | (1)*ENT* | (2)*EXI* | (3)*SHA* | (4)*CI* | (5)$SO_2$ | (6)*DUS* | (7)*GAS* | (8)*TFP* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *DEP* | −0.610*** | 0.175*** | −0.042*** | −0.108*** | −0.311** | −5.665*** | −0.097*** | −0.008 |
| | (0.050) | (0.039) | (0.015) | (0.026) | (0.138) | (1.212) | (0.031) | (0.005) |
| $DEP^u$ | | | | 0.034 | | | | |
| | | | | (0.022) | | | | |
| $DEP^d$ | | | | −0.633*** | | | | |
| | | | | (0.197) | | | | |
| 观测值数 | 48 497 | 48 497 | 37 940 | 159 440 | 85 761 | 67 534 | 87 822 | 93 583 |
| $R^2$ | 0.109 | 0.059 | 0.044 | 0.836 | 0.680 | 0.693 | 0.700 | 0.831 |

注：1. ***和**分别表示在1%和5%的显著性水平下显著。

2. ()内为省份层面聚类稳健标准误。

3. 第(3)列控制行业和年份固定效应，其他列均已控制企业和年份固定效应。控制变量估计结果留存备索。

## (三)差别电价政策的减污降碳协同增效效应

当前中国面临环境质量持续改善与碳减排目标实现的双重压力，以及环境保护与经济增长相向而行的迫切需求。为此，本文进一步探究差别电价政策能否在实现碳减排的同时促进企业污染排放降低和生产率水平提升，进而实现减污降碳协同增效。首先，分别采用单位工业总产值的二氧化硫排放量($SO_2$)、单位工业总产值的工业粉尘排放量(*DUS*)以及单位工业总产值的废气排放量(*GAS*)衡量企业污染强度，将差别电价政策分别对上述变量进行回归。表5第(5)～(7)列结果显示，差别电价政策的系数均显著为负，说明差别电价政策在实现高耗能企业碳减排的同时也能降低污染排放。企业污染排放和碳排放具有高度同根同源、同过程特性[8]，差别电价政策直接导致高耗能企业减少电力能源消耗，同时减少煤炭等化石能源投入，从源头上对企业污染排放进行控制。此外，差别电价政策也会倒逼企业加速资本更新，通过减少落后设备存量降低生产过程中能源损耗，从而促进企业污染减排。其次，考察差别电价政策对企业全要素生产率(*TFP*)的影响，表5第(8)列结果显示，差别电价政策的系数不显著，说明差别电价政策未能提高高耗能企业的全要素生产率。全要素生产率最重要的来源是研发创新引致的技术进步，高额的电价成本和资本更新资金需求对研发投入产生挤出效应，不利于高耗能企业实现技术创新并提升全要

素生产率。可见差别电价政策只能促进高耗能企业减污降碳，而未能实现企业增效。

## 七、结论与启示

加快高耗能企业绿色低碳化是助推中国实现“双碳”目标的关键，绿色电价将产业政策与价格杠杆有机结合，或可成为企业低碳转型的有力抓手。本文以2001—2009年中国高耗能企业为样本，利用多期双重差分模型考察了差别电价政策对企业碳排放的影响及其机理。研究结果表明：差别电价政策能够促进高耗能企业碳减排，该结论在经一系列有效性与稳健性检验后仍成立。机制检验结果表明，差别电价政策主要通过提高能源效率、促进资本更新以及引致产品重构促进企业碳减排。异质性分析结果表明，差别电价政策更能促进环保执法力度大、电力紧缺程度高和未实施优惠电价地区，以及资本密集型和有政府补贴的企业碳减排。进一步分析结果表明，差别电价政策可通过企业间资源再配置促进宏观层面碳减排，并基于产业链传导促进上游企业碳减排，实现企业减污降碳协同发展。根据上述研究结论，本文得到如下政策启示：

第一，持续推进与完善绿色电价政策。建立绿色电价执行标准动态调整机制，对规定期限内未整改导致能耗超标的企业，要加大绿色电价政策执行力度；对达到政策能耗标准的企业，要及时恢复正常工业电价。及时更新《产业结构调整指导目录》，制定适应新形势的差别电价政策淘汰类、限制类企业标准，切实推动高耗能企业淘汰落后产能，实现经济低碳转型。

第二，大力疏通绿色电价碳减排效应的中间传导路径。政府部门应严控新建、扩建燃煤电厂并清理违规自备电厂，有序推动煤电节能减碳技术改造，提高能源效率。全面展开高耗能企业固定资产设备能效评估工作，为淘汰落后生产能力设定明确目标，并且设立专项基金引导企业加快实现资本更新。积极宣传普及绿色产品政策，加快绿色产品认证，引导企业调整产品结构，将资源更多配置于绿色低碳产品生产，从产品层面带动企业碳减排。

第三，有针对性地对不同地区及企业落实差别电价政策。将碳减排治理绩效纳入官员考核，激励地方政府严格执行环境规制政策，加大环境执法力度。对电力紧缺地区企业执行较高电价，促使其淘汰落后产能并降低碳排放。中央政府应明确地方政府电价权责界限，对后者擅自出台优惠电价政策予以严肃惩处，坚决杜绝优惠电价政策对碳减排的负面效应。充分考虑资本密集型企业资本更新所面临的成本压力，将政策重心聚焦于着力推动高耗能企业转型升级。加大对淘汰落后生产设备企业的补贴力度，并严格控制对未执行政策企业的政府补贴，避免其用于高污染活动。

第四，基于资源再配置与产业链传导推动全社会绿色低碳发展。做好淘汰类与限制类企业关停并转善后准备工作，保障落后产能有序退出市场，将资源要素重新释放到要素市场，同时明确新建企业生产能耗标准，尽可能促使优质资源配置于绿色低碳企业。另外，鼓励企业积极开展绿色低碳供应链管理，对上游供应商进行严格审核评估，将环保要求纳入供应商选择标准；鼓励下游行业积极购买绿色低碳产品，并强化下游行业节能降碳规制力度，降低中间品加工过程中碳排放量，赋能全产业链碳减排。

**参考文献：**

[1] SUN C W, XU Z H, TAN B, et al. Does differential electricity pricing eliminate backward production facilities: evidence from China's manufacturing industry[J]. Journal of Cleaner Production, 2024, 435: 140349.

[2] 赵琳，林立国. 电力价格政策对企业全要素生产率的影响[J]. 经济学动态，2021，62(10)：64-81.
ZHAO L, LIN L G. The impact of electricity pricing policy on total factor productivity[J]. Economic Perspectives, 2021, 62(10): 64-81.

[3] YEH Y H, LIAO C C. Ownership structure and carbon emissions reduction[J]. Pacific Basin Finance Journal, 2024, 83: 102262.

[4] LIU M L. The impact of directors' foreign experience on corporate carbon emissions: a mediating perspective based on corporate green innovation[J]. Finance Research Letters, 2024, 62: 105201.

[5] 尹长萍，张旭东. 高管股权激励能减少企业碳排放吗[J]. 财会月刊，2024，45(21)：52-58.

YIN C P，ZHANG X D. Can executive equity incentives reduce corporate carbon emissions[J]. Finance and Accounting Monthly，2024，45(21)：52-58.

[6] 李治国，孔维嘉，李兆哲. 制造业企业数字化转型的碳绩效：内在机制与经验证据[J]. 当代经济科学，2024，46(4)：100-111.
LI Z G，KONG W J，LI Z Z. Carbon performance of digital transformation of manufacturing enterprises：internal mechanism and empirical evidence[J]. Modern Economic Science，2024，46(4)：100-111.

[7] 屠西伟，张平淡. 企业数字化转型、碳排放与供应链溢出[J]. 中国工业经济，2024，42(4)：133-151.
TU X W，ZHANG P D. Enterprise digital transformation，carbon emissions and supply chain spillovers[J]. China Industrial Economics，2024，42(4)：133-151.

[8] 宋德勇，陈梁，王班班. 环境权益交易如何实现减污降碳协同增效：理论与经验证据[J]. 数量经济技术经济研究，2024，41(2)：171-192.
SONG D Y，CHEN L，WANG B B. How environmental trading achieve the synergistic effects of pollution and carbon reduction：theoretical and empirical evidence[J]. Journal of Quantitative & Technological Economics，2024，41(2)：171-192.

[9] 冯素玲，许德慧，张榕. 数字金融发展如何赋能二氧化碳减排：来自地级市的经验证据[J]. 当代经济科学，2023，45(4)：15-28.
FENG S L，XU D H，ZHANG R. How does the development of digital finance reduce $CO_2$ emissions：empirical analysis based on prefecture-level cities[J]. Modern Economic Science，2023，45(4)：15-28.

[10] 陈启博. 环保垂直管理改革的组织逻辑与治理效应[J]. 广东财经大学学报，2024，39(2)：114-128.
CHEN Q B. The organization logic and governance effect of vertical management reform of environmental protection[J]. Journal of Guangdong University of Finance and Economics，2024，39(2)：114-128.

[11] WANG Z R，FU H Q，REN X H，et al. Exploring the carbon emission reduction effects of corporate climate risk disclosure：empirical evidence based on Chinese A-share listed enterprises[J]. International Review of Financial Analysis，2024，92：103072.

[12] CUI X H，XU N，YAN X W，et al. How does social credit system constructions affect corporate carbon emissions? Empirical evidence from Chinese listed companies[J]. Economics Letters，2023，231：111309.

[13] YANG M，YUAN Y N，SUN C W. The economic impacts of China's differential electricity pricing policy：evidence from energy-intensive firms in Hunan province[J]. Energy Economics，2021(94)：105088.

[14] LIN B Q，LIU J H. Principles，effects and problems of differential power pricing policy for energy intensive industries in China[J]. Energy，2011，36(1)：111-118.

[15] ZHENG X M，WU C K，HE S J. Impacts of China's differential electricity pricing on the productivity of energy-intensive industries[J]. Energy Economics，2021，94：105050.

[16] 田露露，刘自敏，冯永晟. 差别电价能否促进电力消费强度降低：基于双重差分法的研究[J]. 产业组织评论，2018，12(2)：1-20.
TIAN L L，LIU Z M，FENG Y S. Does differential electricity pricing policy improve the power consumption intensity：based on difference-in-difference method[J]. Industrial Organization Review，2018，12(2)：1-20.

[17] HU J F，KAHRL F，YAN Q Y，et al. The impact of China's differential electricity pricing policy on power sector $CO_2$ emissions[J]. Energy Policy，2012，45：412-419.

[18] 周亚敏，冯永晟. 中国的电价改革与二氧化碳排放：来自市级层面的实证研究与政策启示[J]. 城市与环境研究，2017，4(1)：85-99.
ZHOU Y M，FENG Y S. Electricity pricing reform and carbon dioxide emission in China：empirical research and policy implications from the municipal level[J]. Journal of Eco-civilization Studies，2017，4(1)：85-99.

[19] 万攀兵，杨冕，陈林. 环境技术标准何以影响中国制造业绿色转型：基于技术改造的视角[J]. 中国工业经济，2021，39(9)：118-136.
WAN P B，YANG M，CHEN L. How do environmental technology standards affect the green transition of China's

manufacturing industry: a perspective from technological transformation[J]. China Industrial Economics, 2021, 39(9): 118-136.

[20] BARROWS G, OLLIVIER H. Cleaner firms or cleaner products? How product mix shapes emission intensity from manufacturing[J]. Journal of Environmental Economics and Management, 2018, 88: 134-158.

[21] 张兵兵,周君婷,闫志俊.低碳城市试点政策与全要素能源效率提升:来自三批次试点政策实施的准自然实验[J].经济评论,2021,42(5):32-49.
ZHANG B B, ZHOU J T, YAN Z J. Low-carbon city pilot policies and total factor energy efficiency improvement: quasi-natural experiment from the implementation of three batches of pilot policies[J]. Economic Review, 2021, 42(5): 32-49.

[22] 孙鹏博,葛力铭.税收激励能否提升企业能源效率:来自增值税结构性改革的经验证据[J].财经研究,2023,49(1):154-168.
SUN P B, GE L M. Can tax incentives improve enterprise energy efficiency? Empirical evidence based on a quasi-natural experiment of VAT structural reform[J]. Journal of Finance and Economics, 2023, 49(1): 154-168.

[23] MAYER T, MELITZ M J, OTTAVIANO G I P. Market size, competition, and the product mix of exporters[J]. American Economic Review, 2014, 104(2): 495-536.

[24] NOCKE V, YEAPLE S. Globalization and multiproduct firms[J]. International Economic Review, 2014, 55(4): 993-1018.

[25] DE LOECKER J, GOLDBERG P K, KHANDELWAL A K, et al. Prices, markups and trade reform[J]. Econometrica, 2016, 84(2): 445-510.

[26] BECK T, LEVINE R, LEVKOV A. Big bad banks? The winners and losers from bank deregulation in the United States[J]. Journal of Finance, 2010, 65(5): 1637-1667.

[27] SUN L Y, ABRAHAM S. Estimating dynamic treatment effects in event studies with heterogeneous treatment effects [J]. Journal of Econometrics, 2021, 225(2): 175-199.

[28] BORUSYAK K, JARAVEL X, SPIESS J. Revisiting event study designs: robust and efficient estimation[J]. Review of Economic Studies, 2024, 91(6): 3253-3285.

[29] ALTONJI J G, ELDER T E, TABER C R. Selection on observed and unobserved variables: assessing the effectiveness of Catholic Schools[J]. Journal of Political Economy, 2005, 113(1): 151-184.

[30] 董康银,邓又一.碳排放权交易试点政策对企业低碳转型的影响[J].财经问题研究,2023,45(12):52-63.
DONG K Y, DENG Y Y. The impact of CET policy on low-carbon transition of enterprises[J]. Research on Financial and Economic Issues, 2023, 45(12): 52-63.

[31] 韩超,王震,田蕾.环境规制驱动减排的机制:污染处理行为与资源再配置效应[J].世界经济, 2021, 44(8):82-105.
HAN C, WANG Z, TIAN L. The mechanism of environmental regulation driving emission reduction: pollution treatment behavior and resource reallocation effect[J]. The Journal of World Economy, 2021, 44(8): 82-105.

编辑:郑雅妮,高原

# How Can Differential Electricity Pricing Policy Empower Enterprises to Reduce Carbon Emissions?

HAN Guogao[1], REN Rong[1], PANG Mingchuan[2]

1. School of Investment and Construction Management, Dongbei University of Finance and Economics, Dalian 116025, China
2. Institute for Northeast Full Revitalization, Dongbei University of Finance and Economics, Dalian 116025, China

**Summary** As the main body of energy consumption and carbon emissions in China, whether high-energy-consuming enterprises can implement the green development concept and practice green and low-carbon development is not only related to enterprise competition, survival, and sustainable development, but also of great strategic significance for achieving the "double carbon" goals and advancing Chinese-style modernization. Green electricity pricing can internalize the external costs of energy consumption through price mechanisms and may become an effective pathway for high-energy-consuming enterprises to save energy and reduce carbon emissions. Specifically, the differential electricity pricing policy, guided by the process energy consumption of production equipment, implements higher electricity prices for restricted and phased-out enterprises in eight high-energy-consuming industries, forcing these enterprises to eliminate backward production capacity and improve the energy efficiency of production equipment, which is likely to reduce enterprise carbon emissions. However, the existing literature lacks assessment of the carbon emission reduction effect of the differential electricity pricing policy.

Using panel data of Chinese high-energy-consuming enterprises from 2001 to 2009, this study constructs a multi-period difference-in-differences model to systematically evaluate the impact of the differential electricity pricing policy on enterprise carbon emissions and its mechanisms. The research findings indicate that the differential electricity pricing policy can significantly promote carbon emission reduction in high-energy-consuming enterprises, and this conclusion remains robust after a series of validity and robustness tests. Energy efficiency improvement, capital renewal, and product restructuring are the main transmission mechanisms through which the differential electricity pricing policy promotes enterprise carbon emission reduction. Heterogeneity analysis shows that the carbon emission reduction effect of the differential electricity pricing policy is more pronounced in regions with strong environmental law enforcement, high power shortage levels, and no preferential electricity pricing, as well as in capital-intensive enterprises and those receiving government subsidies. Further analysis shows that the differential electricity pricing policy can promote carbon emission reduction at the macro level through resource reallocation among enterprises and achieve carbon emission reduction in upstream enterprises through industrial chain transmission. Meanwhile, the differential electricity pricing policy also contributes to the coordinated development of carbon reduction and pollution mitigation in enterprises.

The marginal contributions of this study are as follows. First, while previous studies mostly focus on the impacts of traditional environmental regulatory policies on carbon emissions, this paper innovatively examines the impact of the differential electricity pricing policy on enterprise carbon emissions and its mechanisms, providing empirical evidence for the evaluation of green electricity pricing policy. Second, this paper uses the differential electricity pricing policy to represent green electricity pricing, effectively avoiding the data deficiency problem regarding resource and environmental prices in previous studies. Moreover, by employing a difference-in-differences model for policy effect evaluation, this study greatly mitigates the potential endogenous problems in the model, thereby improving the accuracy of model estimation and the reliability of policy effect evaluation. Third, this study further evaluates the carbon emission reduction effect of the differential electricity pricing policy based on resource reallocation and industrial chain transmission paths, and systematically assesses the synergistic effects of carbon reduction, pollution mitigation, and efficiency enhancement of the differential electricity pricing policy, thereby deepening the comprehensive understanding of green resource and environmental pricing.

This study is expected to provide empirical references and decision-making basis for government departments to further promote and improve green electricity pricing policies, accelerate the comprehensive green transformation of economic and social development, and construct a high-quality modernized economic system.

**Keywords** differential electricity pricing; carbon emissions; low-carbon transition; energy efficiency; capital renewal; product restructuring; high-energy-consuming enterprises; resource reallocation; industrial chain transmission