

# Research on Low-carbon Economic Development in Wuhan, China Based on Tapio Decoupling Mode

Qun Fan

School of Business, Wuhan University of Arts and Sciences, Wuhan, Hubei, 430345, China

## Abstract

Currently, practicing the concept of “low-carbon economy” has become a development trend. This project focuses on the research topic of “Research on Low Carbon Economic Development in Wuhan City Based on Tapio Decoupling Model”. Firstly, data on Wuhan’s GDP, coal, coke, oil, natural gas, electricity consumption, etc. from 2008 to 2022 are selected. The conversion coefficients of various energy sources for carbon emissions are processed. By constructing the Tapio decoupling model, the decoupling analysis of Wuhan’s economic development and energy consumption carbon emissions is carried out. Then, based on the collected data from the survey questionnaire on the current status and measures of low-carbon behavior among Wuhan citizens, the current situation and challenges faced by the development of the “low-carbon economy” in Wuhan city will be analyzed and sorted out. Finally, based on decoupling analysis and survey questionnaire results, feasible measures for Wuhan to achieve sustainable low-carbon and high-quality economic development are proposed.

## Keywords

low-carbon economic development; Tapio decoupling mode; environmental quality

# 基于 Tapio 脱钩模型的中国武汉市低碳经济发展研究

范群

武汉文理学院商学院, 中国·湖北 武汉 430345

## 摘要

目前, 践行“低碳经济”理念已成为一种发展趋势。本课题紧紧围绕“基于Tapio脱钩模型的武汉市低碳经济发展研究”这一研究命题, 首先选取2008—2022年武汉市GDP及煤炭、焦炭、石油、天然气、电力消耗量等数据, 将各类能源对碳排放的折算系数进行处理, 通过构建Tapio脱钩模型, 对武汉市的经济发展与能源消耗碳排放量进行脱钩分析。然后再通过已收集的关于“武汉市民低碳行为现状及举措”调研问卷的相关数据整理分析出目前武汉市“低碳经济”发展的现状及所面临的现实困境。最后, 结合脱钩分析与调研问卷结果提出武汉市实现可持续低碳经济高质量发展的可行性措施。

## 关键词

低碳经济发展; Tapio脱钩模型; 环境质量

## 1 研究背景及意义

所谓低碳经济, 就是以减少含碳物质的排放, 提高环境清洁度为宗旨的经济。目前, 中国的碳排放量约占全球的25%, 是全球碳排放大国之一, 中国碳排放问题的解决对于世界碳排放量的降低具有重要作用。2021年10月, 中国发布的《中共中央国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》和《2030年前碳达峰行动方案》

两份文件, 具体阐述了“碳达峰”“碳中和”以及“1+N”的政策体系, 为今后的政策制定及工作重点指明了方向。因此, 中国低碳经济的发展必将在短时间内取得更大进展, 从而实现中国经济的绿色循环发展。

武汉作为全国第二批低碳试点城市, 在保持经济增长的同时不断减少CO<sub>2</sub>排放。“十三五”期间, 武汉单位GDP碳排放量下降近40%, 环境质量得到较大改善, 《中国净零碳城市发展报告(2022)》相关数据显示, 武汉的净零碳发展水平位列全国第7, 表明武汉正在走向低碳发展城市。因此, 研究武汉城市经济发展与各能源消耗之间的关系, 并通过问卷调查深入了解低碳行为及举措的实际情况, 对解决武汉市经济发展与低碳发展之间矛盾、促进经济与环境高质量协调发展具有重要意义。

**【基金项目】** 武汉文理学院2023年校级教(科)研立项项目《基于Tapio脱钩模型的武汉市低碳经济发展研究》(项目编号: 2023xk01)。

**【作者简介】** 范群(1991-), 女, 中国湖南长沙人, 硕士, 助教, 从事低碳经济研究。

## 2 中国武汉市经济发展与能源消耗碳排放量的 Tapio 脱钩分析

### 2.1 构建模型

本文借鉴马晓君等的相关研究，对碳排放的 GDP 弹性公式进行修改，同时以 2008—2022 年武汉市 GDP 为驱动变量，以规模以上的能源消耗（煤炭、焦炭、石油、天然气、电力）的碳排放量为解释变量，构建 Tapio 脱钩模型，运用逐年滚动法反映 2008—2022 年间脱钩指数的阶段性动态变化。

碳排放的弹性公式为：

$$\varepsilon_{CO_2, GDP} = \frac{\Delta CO_2 / CO_2}{\Delta GDP / GDP} \quad (1)$$

其中， $\varepsilon$  为武汉市各能源消耗碳排放的 GDP 弹性系数； $\Delta CO_2 / CO_2$  为武汉市各能源消耗碳排放的变化率； $\Delta GDP / GDP$  为武汉市 GDP 的变化率。

能源消耗产生的碳排放量为：

$$CO_2 = \sum_i C_i = \sum_i E_i \times \delta_i \times (44/12) \quad (2)$$

其中， $C_i$  为第  $i$  类能源所产生的  $CO_2$  排放量； $E_i$  为第  $i$  类能源的消费标准量（ $10^4t$ ），以标煤计； $\delta_i$  为第  $i$  类能源的碳排放系数，煤炭、焦炭、石油、天然气、电力分别取 0.7559、0.855、0.5857、0.6185、0.68；44/12 是按  $CO_2$  分子量和 C 原子量比例计算得到的气化系数。

基于  $\varepsilon$  的不同结果，Tapio 方法给出八种脱钩状态划分，具体划分依据与意义如表 1 所示。

表 1 Tapio 模型分类及其意义

| 类型  | 状态    | 弹性 $\varepsilon$ | 意义                    |
|-----|-------|------------------|-----------------------|
| 脱钩  | 强脱钩   | $(-\infty, 0)$   | 最理想状态，经济增长而能源消耗减少     |
|     | 弱脱钩   | $(0, 0.8)$       | 能效提高，能耗增加的速度慢于经济增长的速度 |
|     | 衰退脱钩  | $(1.2, +\infty)$ | 能耗减少的速度快于经济衰退的速度      |
| 负脱钩 | 强负脱钩  | $(-\infty, 0)$   | 最不理想状态，能源消耗增加而经济衰退    |
|     | 弱负脱钩  | $(0, 0.8)$       | 能效降低，能耗减少的速度低于经济衰退的速度 |
|     | 扩张负脱钩 | $(1.2, +\infty)$ | 经济增长是以增加能源消耗为代价       |
| 连结  | 增长连结  | $(0.8, 1.2)$     | 能源消耗与经济发展以同等速度同时增长    |
|     | 衰退连结  | $(0.8, 1.2)$     | 能源消耗与经济发展以同等速度同时衰退    |

### 2.2 数据来源及处理

为确保数据的准确性和权威性，数据来源于《武汉统计年鉴》，时间跨度覆盖 2009 年至 2023 年。这一数据源的选择确保了研究结果的可靠性和说服力。

第一，经济发展指标。我们选取了武汉市的 GDP（国内生产总值）作为衡量经济发展的主要指标。

第二，碳排放量计算。本研究采用 IPCC 提供的碳排放因子。这些因子能够较为准确地反映不同能源类型在燃烧或使用过程中释放的二氧化碳量。

①确定能源消耗量：从《武汉统计年鉴》中获取煤炭、焦炭、原油、燃料油和电力的年消耗量。

②应用 IPCC 碳排放因子：将每种能源的消耗量与其对应的 IPCC 碳排放因子相乘，得到该能源产生的碳排放量。

③求和：将所有能源产生的碳排放量相加，得出总碳排放量。

### 2.3 逐年滚动测算法脱钩分析

2008—2022 年，武汉各能源消耗碳排放量与经济发展的脱钩状况以“弱脱钩”与“强脱钩”的交替形式出现，除 2019—2021 年之间为“衰退脱钩”，其他年份的脱钩状况较好，经济发展的同时， $CO_2$  排放量虽在增加，但增速小于经济增长速度，或者  $CO_2$  排放量呈现下降趋势，是较理想的脱钩状态。具体如表 2 所示。

表 2 武汉市 2008—2022 年能源消耗碳排放量与经济增长的脱钩关系

| 年份        | $\Delta CO_2 / CO_2$ | $\Delta GDP / GDP$ | $\varepsilon$ | 碳脱钩状态 |
|-----------|----------------------|--------------------|---------------|-------|
| 2007—2008 | 0.00                 | 0.23               | -0.002        | 强脱钩   |
| 2008—2009 | -0.03                | 0.16               | -0.19         | 强脱钩   |
| 2009—2010 | 0.12                 | 0.28               | 0.43          | 弱脱钩   |
| 2010—2011 | 0.08                 | 0.15               | 0.56          | 弱脱钩   |
| 2011—2012 | -0.06                | 0.22               | -0.27         | 强脱钩   |
| 2012—2013 | 0.11                 | 0.15               | 0.70          | 弱脱钩   |
| 2013—2014 | 0.00                 | 0.13               | 0.01          | 弱脱钩   |
| 2014—2015 | -0.03                | 0.05               | -0.53         | 强脱钩   |
| 2015—2016 | -0.05                | 0.06               | -0.72         | 强脱钩   |
| 2016—2017 | 0.04                 | 0.10               | 0.42          | 弱脱钩   |
| 2017—2018 | 0.02                 | -0.07              | -0.29         | 强脱钩   |
| 2018—2019 | 0.01                 | 0.03               | 0.42          | 弱脱钩   |
| 2019—2020 | -0.16                | -0.09              | 1.67          | 衰退脱钩  |
| 2020—2021 | -0.09                | -0.04              | 2.25          | 衰退脱钩  |
| 2021—2022 | -0.03                | 0.04               | -0.75         | 强脱钩   |

由以上分析得出：脱钩系数作为衡量经济增长与资源环境压力之间关系的重要指标，在武汉的低碳转型过程中呈现出先上升后下降再上升的趋势。这一波动反映了武汉在产业转型过程中的复杂性和不确定性。然而，正是这种波动和不确定性，促使武汉不断探索更加科学、合理的低碳发展路径。

初期阶段（2007—2012 年），高能耗行业的快速增长。在 2008 年金融危机后，为了刺激经济，武汉采取了一系列措施，导致部分高能耗行业规模迅速扩大。这一时期，虽然经济得到了快速增长，但也带来了能源消耗和碳排放量的显著增加。这种增长模式虽然短期内提振了经济，但长期来看，其高能耗、高污染的特性对环境和资源构成了巨大压力。

转型阶段（2012—2017 年），低碳发展的探索与实践。

从2012年开始,武汉逐步关停部分高能耗、高污染的企业,并推动传统制造业的转型升级。通过引入低碳型战略性新兴产业和现代服务业,武汉不仅减少了碳排放,还促进了产业结构的优化升级。这一转型过程虽然伴随着经济增长率的短期下降,但为城市的长期可持续发展奠定了坚实基础。

深化阶段(2017年后),构建低碳产业体系。近年来,武汉在低碳转型的道路上不断深化。通过在新兴产业培育、产业创新体系建设、先进制造业与互联网深度融合等方面开展试点示范,武汉初步构建了一个“传统优势产业+战略性新兴产业+未来产业”有机更新的产业迭代体系。这一体系不仅提升了城市的产业竞争力,还为实现节能减排和环境保护目标提供了有力支撑。同时,武汉还扎实推进节能减排工作,进一步巩固了低碳转型的成果。

### 3 中国武汉市民低碳行为现状及举措调研问卷分析

该问卷设计主要围绕三个方面即:武汉市民低碳行为分析、武汉市低碳经济发展面临的阻碍及武汉市低碳经济发展的可行性措施进行问卷调查。调研问卷采取网上随机发放的形式。目前收集到有效问卷112份,分析得出武汉市民在践行“低碳生活”行为中存在几个问题:一是大多数市民的“低碳行为”意识还不够强;二是寄希望于政府给予低碳经济激励措施及企业能够推广绿色能源运用技术;三是需要组织开展相关的低碳公益活动来加强市民的低碳意识。

本课题同时运用理论模型及网上调研问卷相结合的研究手段全方面、多方位地对武汉市低碳经济发展做出综合性评价,更深一步发现目前武汉市低碳经济发展所面临的现实困境,主要体现在以下几点:一是传统经济发展模式转型难度较大,产业结构有待调整,工业节能减排任重道远;二是政府提供相关的低碳经济激励措施有待加强;三是低碳环保技术发展不足;四是市民低碳生活意识不强。

### 4 中国武汉市低碳经济高质量发展的可行性措施

本课题不再局限于仅从宏观方面提出利于低碳经济发展的可行性措施,而是结合脱钩分析,在设计网上调研问卷的举措部分时就围绕“政府、企业、市民个人”三个层面来提出相关的举措,从而为武汉市践行低碳经济发展提供可行性措施。

#### 4.1 政策引导与产业结构优化

①政策细化与执行。除了控制煤炭生产企业的数量和生产天数外,武汉市政府可以制定更具体的排放标准,对超标排放的企业实施严格的惩罚措施,同时设立绿色税收和补贴机制,激励企业减少碳排放。

②产业转型升级。消费和产业结构调整是推动低碳经济的基础。鼓励和支持高新技术产业、现代服务业和绿色农业的发展,通过政策扶持和资金引导,促进传统产业向低碳、

环保方向转型升级。特别是要加大对节能环保、新能源、新材料等战略性新兴产业的支持力度。

#### 4.2 能源结构调整与技术创新

①逐步实现多元化能源供应。除了减少煤炭使用,还应大力发展风能、太阳能、水能等可再生能源,构建多元化、清洁化的能源供应体系。同时,推动天然气等清洁能源的广泛应用,逐步替代煤炭和石油。②追求技术创新与示范:建立低碳技术创新平台,支持企业、高校和科研机构开展联合攻关,突破关键核心技术。在重点行业和领域建立低碳技术示范项目,通过示范引领,推动低碳技术的广泛应用和产业化。③加强能效提升:推广高效节能技术和产品,实施能效提升工程,对重点用能单位进行能效对标和节能改造。同时,加强能源计量、统计和监测体系建设,提高能源管理水平。

#### 4.3 提高公众低碳意识,践行低碳生活

①低碳教育普及:将低碳教育纳入国民教育体系,从娃娃抓起,培养青少年的低碳意识和环保责任感。同时,通过媒体、网络等多种渠道普及低碳知识,提高全社会的低碳认知水平。②激励机制建设:除了提供碳减排补贴外,还可以建立碳交易市场,通过市场机制激励企业和个人减少碳排放。同时,对低碳行为给予表彰和奖励,增强公众的参与感和荣誉感。③绿色出行与垃圾分类:完善公共交通系统,鼓励市民乘坐公共交通工具、骑行或步行出行。同时,加强垃圾分类的宣传和引导工作,提高垃圾分类的参与率和准确率。在学校、社区等场所设置垃圾分类回收站和宣传栏,营造浓厚的垃圾分类氛围。

综上所述,推动武汉市低碳经济发展需要政府、企业、公众等多方面的共同努力和协作。通过政策引导、技术创新和公众参与等多种手段的综合运用,可以逐步实现武汉市经济社会的绿色低碳转型和可持续发展。

#### 参考文献

- [1] DAVID GRAY, JILLIAN ANABLE, LARUA ILLINGWORTH, et al. Decoupling the link between economic growth, transport growth and carbon emission in Scotland [R]. OECD, 2022.
- [2] 马晓君,陈瑞敏,苏衡.中国工业行业能源消耗的驱动因素与脱钩分析[J].统计与信息论坛,2021,36(3):70-81.
- [3] 邓华,段宁.“脱钩”评价模式及其对循环经济的影响[J].中国人口、资源与环境,2022,14(6):44-47.
- [4] 王崇梅,毛荐其.“脱钩”理论在烟台开发区循环经济发展模式中的应用[J].科技进步与对策,2021(2):45-48.
- [5] 冯艳芬,王芳.基于脱钩理论的广州市耕地消耗与经济增长总量评估[J].国土与自然资源研究,2023(9):36-37.
- [6] 王谦,胡芬,宋琳,等.基于DEA模型的湖南省碳排放效率研究[J].环境保护与循环经济,2021,41(1):15-19.
- [7] 王杰,李治国,谷继建.金砖国家碳排放与经济增长脱钩弹性及驱动因素——基于Tapio脱钩和LMDI模型的分析[J].世界地理研究,2021,30(3):501-508.