

# 武汉市经济发展与能源消耗的脱钩分析\*

陈 浩, 曾 娟

(中南财经政法大学 经济学院, 湖北 武汉 430074)

**摘 要** 从国家和省域层面研究低碳问题, 相关分析比较宏观, 难以发现具体市域经济实体内部存在的环境问题。针对具体市域, 研究其经济发展与能源消耗之间的脱钩状况可以为城市的低碳发展提供参考。应用 Tapio 脱钩模型分析了武汉市 1996—2008 年的经济增长与能源消耗的脱钩状况, 同时分析了武汉市能源消耗现状及引致因素。结果发现 1996—2008 年期间脱钩值的剧烈波动主要来自于能源消耗的波动; 武汉市能源消耗的引致因素具体分解为人口因素、经济因素和技术因素。提出了武汉市实现经济增长与能源消耗的强脱钩的政策建议: 加快调整能源结构和产业结构, 提高能源效率, 实现清洁生产; 合理规划武汉市人口数量, 加快改进武汉市交通现状, 实现城市生活低碳化; 加强武汉市绿化带的建设, 增加碳汇。

**关键词** 脱钩; 能源消耗; 经济发展; GDP; CO<sub>2</sub> 排放

**中图分类号:** F 206 **文献标识码:** A **文章编号:** 1008-3456(2011)06-0090-06

20 世纪 80 年代由于全球气候恶化导致臭氧层出现空洞, 引起了全球的极大关注。随后因为环境污染产生的气候异常、灾害频发以及全球气温上升等问题, 严重影响到了社会的发展和人们的生活, 全球把气候问题正式提上日程。联合国政府间气候变化委员会第四次评估报告认为, 1995—2006 年的全球平均气温是自 1850 年以来最暖的 12 年, 在这 100 年里, 全球平均地面温度上升了 0.74 °C, 其中亚洲平均地面温度上升最快, 近年来个别地方甚至超过了 1 °C<sup>[1]</sup>。

气候变暖除了自然因素外, 更大程度上是人类活动造成的。根据世界气象组织发布的《2007 年温室气体公报》指出, 在过去 10 年中, CO<sub>2</sub> 对全球气候变暖的贡献率高达 87%。CO<sub>2</sub> 是最重要的人为温室气体, CO<sub>2</sub> 排放的最直接原因主要在于人类生产和生活中对化石及矿物燃料的不断消耗。城市作为人类进行生产和生活的基本单位和物质空间, 肩负着实现经济增长与环境优化的双重任务, 所以发展低碳城市, 实现城市经济增长和能源消耗的强脱钩成为研究的重要课题。

纵观国内学者对能源消耗与经济增长之间的关系研究, 多数从国家层面和省域层面进行了分析。王崇梅<sup>[2]</sup>从国家层面出发, 研究了中国经济增长与

能源消耗的脱钩分析, 认为 1990—2007 年中国经济增长与能源消耗处于弱脱钩。赵欣等<sup>[3]</sup>研究了江苏省碳排放现状及因素分解实证分析, 认为江苏省一次能源碳排放总量增加, 人均碳排放和碳排放强度要逐渐降低, 其中经济规模持续扩大是江苏省碳排放增加的决定因素。从市域角度来研究能源消耗与经济增长关系, 在宏观方面, 刘怡君等<sup>[4]</sup>分析了中国城市经济发展与能源消耗的脱钩分析, 主要针对 2006 年 GDP 排名前 100 的城市; 在微观方面, 陈飞等<sup>[5]</sup>主要集中对上海市的研究。本文将对武汉市的经济增长与能源消耗, 利用脱钩模型, 研究两者 1996—2008 年的脱钩关系, 进而分析影响脱钩值变化的因素。

## 一、武汉市经济发展与能源消耗的脱钩分析

### 1. 脱钩模型

脱钩模型的奠基性工作是由经济合作与发展组织在 2002 年出版的《衡量经济增长与环境压力脱钩的指标》的报告中提出的<sup>[6]</sup>。2005 年, 学者 Tapio<sup>[7]</sup>将脱钩模型加以完善和细化, 并对芬兰的城市交通做了实证研究。我国学者赵一平等<sup>[8]</sup>基于相对“脱钩”与“复钩”理论分析了中国经济发展与能源消

收稿日期: 2011-05-18

\* 中南财经政法大学研究生创新基金项目“低碳城市的理论与实证研究—以武汉市分析为例”(2010S0209)。

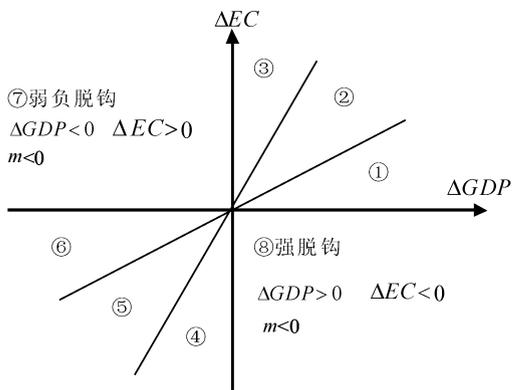
作者简介: 陈 浩(1962-), 男, 教授, 博士; 研究方向: 人口、资源与环境经济学。E-mail: chhao64@163.com

费的响应关系;汝醒君等<sup>[9]</sup>则对 12 个发达国家和 3 个发展中国家的经济增长与碳排放进行了脱钩研究。

本文参照 Tapio 脱钩模型,对武汉市 1996—2008 年的经济发展与能源消耗进行脱钩分析,其测度用脱钩弹性来表示。定义  $m$  为脱钩弹性:

$$m = \frac{\Delta EC}{\Delta GDP} \quad (1)$$

基于  $\Delta GDP$ 、 $\Delta EC$  以及  $m$  的不同,脱钩状态可以分为 8 类,见图 1。



图中①为弱脱钩  $\Delta GDP > 0, \Delta EC > 0, 0 < m < 0.8$ ; ②为扩张连接  $\Delta GDP > 0, \Delta EC > 0, 0.8 < m < 1.2$ ; ③为扩张负脱钩  $\Delta GDP > 0, \Delta EC > 0, m > 1.2$ ; ④为衰退脱钩  $\Delta GDP < 0, \Delta EC < 0, m > 1.2$ ; ⑤为衰退连接  $\Delta GDP < 0, \Delta EC < 0, 0.8 < m < 1.2$ ; ⑥为弱负脱钩  $\Delta GDP < 0, \Delta EC < 0, 0 < m < 0.8$ ; ⑦为强负脱钩  $\Delta GDP < 0, \Delta EC > 0, m < 0$ ; ⑧为强脱钩  $\Delta GDP > 0, \Delta EC < 0, m < 0$ 。

图 1 Tapio 的脱钩模型

### 2. 脱钩结果

本文以武汉市 1996—2008 年的经济发展与能源消耗为此次脱钩分析的研究对象。数据来源为 1997—2009 年《武汉市统计年鉴》,并以各类能源对碳排放的折算系数(见表 1)进行处理。

表 1 各类能源的碳排放系数

| 项目 | 煤炭     | 石油     | 天然气    | 电力   |
|----|--------|--------|--------|------|
| 系数 | 0.7329 | 0.5574 | 0.4226 | 0.68 |

资料来源:煤炭、石油、天然气碳排放系数源于日本能源经济研究所,燃煤电力碳排放系数源于厦门节能中心。

以 1996 年的能源消耗量和 GDP 数量为基数,测算出 1997 年—2008 年的能源消耗量和 GDP 数量的增长率,再根据两者的增长率比测算出脱钩值,结果见图 2。

图 2 中的柱状图清晰的反映了武汉市 1996—2008 年经济增长与能源消耗的脱钩值,在 1998 年、1999 年、2001 年与 2005 年脱钩值  $m$  均实现了小于零,经济增长与能源消耗实现了强脱钩。但同时,脱钩值柱状图有 3 个清晰的高峰期,此时武汉市经济增长与能源消耗是处于强负脱钩状态。2000 年出现了第一个高峰期,武汉市经济增长与能源消耗处于扩张性连接,脱钩值达到了 1.11,  $CO_2$  增长率为 14%,超过了 GDP 增长率 12%。1997 年亚洲金融危机后,内地经济也遭受重创,武汉市 1997—2000 年 GDP 增长率出现下滑,在 2000 年达到最小值 12%。武汉市采取一些列措施刺激经济的发展,大量高能耗产业兴起,导致了武汉市 2000 年  $CO_2$  增长率从 1999 年的 -4% 上升到 14%,由此导致了经济增长与能源消耗的脱钩值达到了第一个高峰期。第二个高峰期发生在 2002—2004 年,脱钩值持续上升使得经济增长与能源消耗变成强负脱钩状态,能源消耗增长率远远大于经济增长率。武汉市在金融危机之后采取的刺激经济的措施导致高能耗产业的持续兴起,使得这个阶段的能源消耗量持续上升,所以脱钩值  $m$  达到了 1.88。第三个高峰期出现在 2006 年,脱钩值为 1.22,远高于 2005 年的 -0.03。

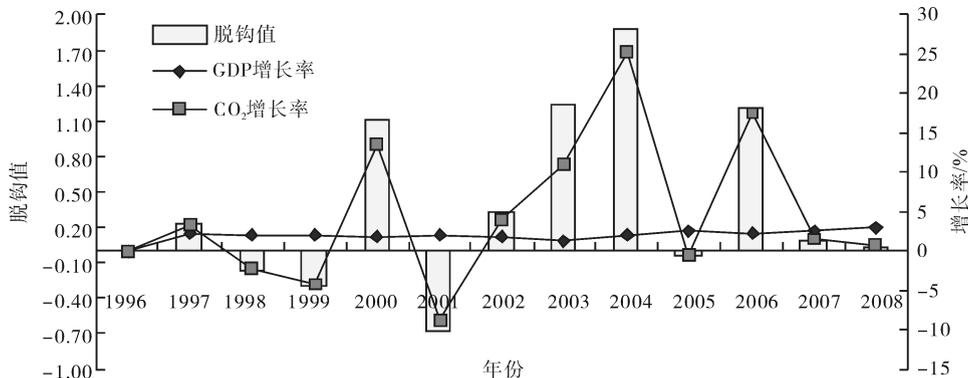


图 2 武汉市的 GDP、能耗增加率及脱钩值

武汉市的经济增长与能源消耗的脱钩值波动弹性很大,强负脱钩状态经常出现,其原因主要来自于武汉市 GDP 的缓慢增长和能源消耗的增速膨胀。根据 1996—2009 年的《武汉市统计年鉴》数据而对武汉市 GDP 增长产生巨大贡献大部分是高能消耗产业,排名前 5 个行业是:交通运输设备制造业、黑色金属冶炼及压延加工业、电力、热力的生产和供应业、通信设备、计算机及其它电子设备制和电气机械及器材制造业。这 5 大行业占据工业总产值的 70%,而武汉市的工业总产值对 GDP 的贡献则占到 48%,由此可见武汉市 GDP 的增长很大程度上依赖高能消耗产业的快速发展,单位 GDP 能耗很高。实现武汉市经济增长与能源消耗的强脱钩,应从武汉市能源消耗现状及引致因素进行分析。

## 二、武汉市能源消耗现状及引致因素分析

### 1. 武汉市能源消耗现状

1996 年以来,武汉市的碳排放总量以年均 5% 的速度逐年增长,并以 2002 年为分界点。2002 年

以前年均增速保持在 0.4%,碳排放总量基本保持了不变。2002 年以后碳排放总量陡然加快,以 8% 的年均增速快速增长,尤其是 2002—2006 年,碳排放总量增速达到了 11.4%,碳排放总量由 2 309.03 万 t 上升到 3 835.98 万 t。另一方面,武汉市碳排放强度持续下降。1996 年为 2.83 t/万元,2008 年为 1.01 t/万元,降幅达 64%。与此相反,人均碳排放以 8% 的年均增长率持续增加。1996 年,武汉市人均碳排放 3.09 t/人,2008 年增至 4.60 t/人,增幅达到 49%,见图 3。

与北京市、上海市、重庆市、天津市及全国总体水平比较,武汉市 2008 年的碳排放总量为 3 835.98 万 t,在 5 个城市中是最低,但武汉市 2008 年的人均碳排放为 4.60 t/人,仅低于上海的 4.79 t/人,略高于天津市的 4.36 t/人和北京市的 3.14 t/人,远高于重庆市的 1.41 t/人和全国的平均水平 0.89 t/人。武汉市 2008 年的碳排放强度 1.20 t/万元,远高于北京市的 0.55 t/万元,也高于全国平均碳排放强度 0.92 t/万元。总体来看,武汉市能源利用碳排放总量增幅较小,但是人均碳排放与碳排放强度需要大幅降低,见图 4。

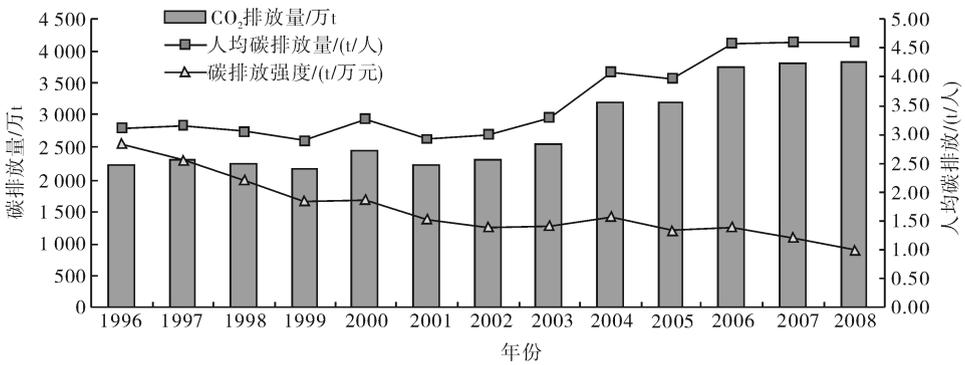


图 3 1996—2008 年武汉市碳排放情况

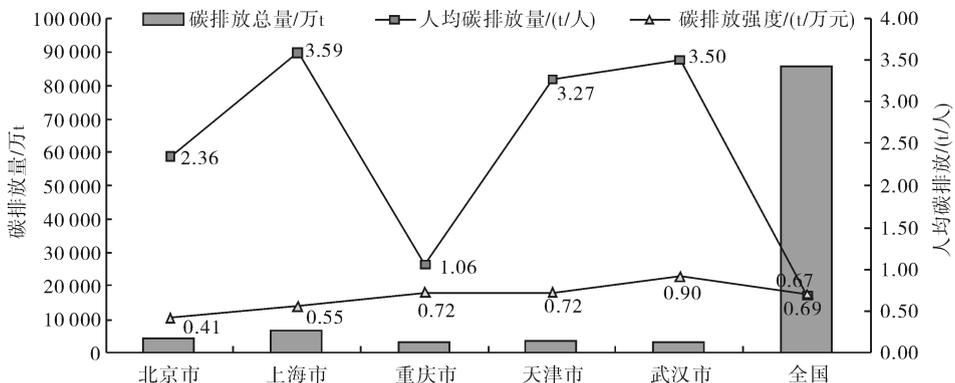


图 4 1996—2008 年碳排放量、人均碳排放与碳排放强度比较

## 2. 脱钩值波动的因素分解

研究武汉市经济增长与能源消耗的脱钩值的波动,需要理解能源消耗不断波动的驱动力,就是要研究碳排放总量与影响因素之间的关系。研究碳排放驱动因素 IPAT 模型以及由此演化出的 IMPACT 和 STIRPAT 模型均认为影响环境的因素是人口、富裕程度和技术构成<sup>[10]</sup>。Kaya 恒等式与 IPAT 模型的关系通过分解 Kaya 恒等式,也可以看出 CO<sub>2</sub> 的排放主要由以下因素驱动:

$$CO_2 \text{ 排放量} = P \times \frac{GDP}{P} \times \frac{E}{GDP} \times \frac{CO_2}{E} \quad (2)$$

式中,  $P$  表示人口数;  $GDP/P$  表示人均 GDP;  $E/GDP$  表示单位 GDP 能耗;  $CO_2/E$  表示 CO<sub>2</sub> 与能源的换算比。因此,驱动 CO<sub>2</sub> 排放的因素可以分解为人口因素、经济因素和技术因素。

(1) 人口因素。人口增加将会导致 CO<sub>2</sub> 的排放量增加。由于人口的增多,给住房、交通以及基础设施等带来了巨大压力,增加了对钢铁、水泥等高耗能产品的需求,刺激了高耗能产业的发展,从而增加了 CO<sub>2</sub> 的排放<sup>[10]</sup>。人口的增多对电力和能源的需求也增加,特别私人汽车拥有量的快速增加,加剧了 CO<sub>2</sub> 的排放。根据 2007 年《武汉市统计年鉴》数据显示,武汉市的民用车辆拥有量到 2006 年已经有 703 481 辆,其中私家车的数量超过 25 万辆,而且随着人们生活水平不断提高、购买力上升以及城市空间距离大等原因,私家车的数量还在不断上升,小汽车排放的 CO<sub>2</sub> 逐年上升。在建筑方面,武汉市分为三镇,城市空间紧凑性很低。而且武汉市的各个繁华区都有大量的公共场所和公共建筑,而这种公共建筑和场所的能耗一般比普通建筑的能耗要大 2 倍

以上。随着武汉市房地产业的迅猛发展,占据了越来越多的绿地,使得武汉市的碳汇减少,导致 CO<sub>2</sub> 排放量不断上升。

将人口与碳排放总量回归,可以得出如下关系:

$$\ln CO_2 = a \ln P + b \quad (3)$$

其中,  $a = 4.146$ ,  $R_2 = 0.857$

由此可见,武汉市人口对 CO<sub>2</sub> 排放量有较强的驱动作用。

(2) 经济因素。IPCC 的报告<sup>[1]</sup>表明,1970—2004 年间,Kaya 恒等式中 4 个因素计算出的年均变化为:人口增长 16%,人均 GDP 增长 1.8%,能源强度降低 1.2%,碳强度降低 0.2%,全球平均每年 CO<sub>2</sub> 的排放增长率是 1.9%。该结果表明,20 世纪 70 年代以后,人口和人均 GDP 的增长是 CO<sub>2</sub> 排放的主要驱动力。

从武汉市来看,与能源消耗直接挂钩的经济因素主要涉及产业结构和能源结构。从产业结构角度讲,武汉市是一个中部重工业城市,有武汉钢铁股份有限公司、武汉重型机械厂、武昌造船厂、武汉神龙汽车制造厂等大型重工业企业,这些企业每年需要消耗大量的能源,而 95% 的能源属于煤炭和石油,释放出大量的 CO<sub>2</sub>。武汉市的大型重工业企业大部分是老国有企业,在能源的利用强度上与国际上的先进企业有很大差距,这也一定程度上加大了能源总量的消耗。从能源结构分析,武汉市 1996—2008 年的能源消耗总量中,煤炭、洗精煤、焦炭、原油就占据了 90% (见表 2),这也是武汉市 CO<sub>2</sub> 排放最主要的因素。

表 2 武汉市 1996—2008 年能源消费总量

| 年份   | 能源消费量/万 t | 煤炭/万 t  | 占比/% | 洗精煤/万 t | 占比/%  | 焦炭/万 t | 占比/%  | 原油/万 t | 占比/%  |
|------|-----------|---------|------|---------|-------|--------|-------|--------|-------|
| 1996 | 2259.98   | 917.71  | 41   | 409.07  | 18.10 | 298.23 | 13.20 | 359.09 | 15.89 |
| 1997 | 2335.92   | 960.82  | 41   | 417.66  | 18.27 | 305.74 | 13.09 | 412.40 | 17.65 |
| 1998 | 2285.71   | 962.44  | 42   | 415.60  | 18.18 | 307.78 | 13.47 | 333.81 | 14.60 |
| 1999 | 2189.45   | 917.01  | 42   | 415.39  | 16.71 | 309.28 | 14.13 | 390.49 | 17.84 |
| 2000 | 2485.33   | 926.39  | 37   | 413.95  | 16.66 | 333.58 | 13.42 | 430.29 | 17.31 |
| 2001 | 2265.24   | 863.67  | 38   | 414.91  | 17.61 | 320.59 | 14.15 | 365.58 | 16.14 |
| 2002 | 2356.15   | 950.27  | 40   | 432.16  | 18.34 | 331.34 | 14.06 | 412.45 | 17.51 |
| 2003 | 2615.67   | 1084.49 | 41   | 460.09  | 14.05 | 379.43 | 14.51 | 435.27 | 16.64 |
| 2004 | 3274.48   | 1435.12 | 44   | 496.14  | 15.15 | 368.92 | 11.27 | 530.24 | 16.19 |
| 2005 | 3255.39   | 1742.06 | 54   | 589.56  | 15.40 | 411.12 | 12.63 | 584.18 | 17.95 |
| 2006 | 3828.17   | 1891.64 | 49   | 584.12  | 15.26 | 441.93 | 11.54 | 580.95 | 15.18 |
| 2007 | 3884.03   | 1863.85 | 48   | 705.64  | 18.03 | 422.65 | 10.88 | 611.07 | 15.73 |
| 2008 | 3914.27   | 1793.92 | 46   | 699.84  | 17.88 | 506.28 | 12.93 | 569.31 | 14.54 |

(3)技术因素。结合 Kaya 模型,技术对碳排放总量主要是通过通过对能耗强度和碳排放强度来影响的。依靠技术进步提高能源和资源利用效率,减少单位产物质材料和使用,即降低单位产值的能耗强度;采用技术替代,改善能源利用结构,主要是能源或是燃料的转换,用低碳的燃料来替代煤和石油等碳排放系数较大的燃料,或是从化石燃料转向非化石燃料(如水能、生物质能和核能等无碳的能源),降低单位能耗的  $\text{CO}_2$  排放强度。通过分解得知碳排放强度是一个综合反映能源结构与节能技术的指标,可拆解为单位能耗的  $\text{CO}_2$  排放强度与万元 GDP 能耗强度的乘积。

$$\frac{\text{CO}_2}{\text{GDP}} = \frac{\text{CO}_2}{E} \times \frac{E}{\text{GDP}} \quad (4)$$

可以看出,中国  $\text{CO}_2$  排放总量与碳排放强度之间,技术因素对碳排放总量有反向相关关系。

### 三、结论与政策建议

武汉市 GDP 快速增长对能源消耗的惯性依赖,以及武汉市重化工产业发展对 GDP 的重大贡献,使得武汉市在未来的经济发展中将仍会伴随  $\text{CO}_2$  排放量的持续上升,武汉市的人均碳排放和碳排放强度状况亟需改进。由此,武汉市要实现经济增长与能源消耗的强脱钩,应该从能源结构、产业结构、人口结构和绿化结构方面来采取措施。

#### 1. 加快调整能源结构和产业结构,提高能源效率,实现清洁生产

湖北省是千湖之省,武汉市有大量的湖泊,武汉市的低碳发展应该结合自身优势,大力开发利用水力资源。水能是清洁能源,不会产生大量的  $\text{CO}_2$ 。考虑到能源结构调整的成本约束,短期内想改变以煤和石油为主的能源结构存在困难,能源结构的调整是一个长期的过程。现阶段的重点应该放在提高能源的利用效率上,加强武汉市大量重化工企业的转型改革,调整产业结构,引入市场竞争机制,改进技术,提高能源利用效率。从资源的开采,产品的生产和使用到废弃物处理的全过程,最大限度地提高资源和能源的利用率,减少能耗和污染物的产生。在加快产业结构优化升级的过程中,大力推动节能环保产业的发展,提高高碳产业的市场准入条件。武汉市的低碳发展,重点依托青山环保产业基地,突破性地发展以生物质能、太阳能光伏、半导体照明、风力发电、节能装备、电力环保、水环保、循环经济等

为重点的能源环保产业,使新能源与环保产业发展成为新的支柱产业,并带动相关产业的健康持续发展。

#### 2. 改善武汉市人口现状,改进武汉市交通状况,实现城市生活低碳化

武汉市人口主要包括 3 个大的群体:居住时间超过 5 年的常住居民、来自其他省份的大学生群体和临时外来务工群体。针对不同群体的特点相应采取不同的管理政策:加强常住居民的城市环保意识,推广和引导常住居民树立健康消费观念;针对大学生在武汉市的季节性特点,在非寒暑假期间加大公共交通的开放,增加各高校之间的公交运输能力,相应寒暑假期间可以适量减少公共交通以节省能耗;合理规划临时外来务工人员的居住、交通和消费,提供便利租房渠道和就业渠道,减少中间能耗。在城市交通方面,提倡采用公交一卡通,加强换乘减免等措施;企业不断的改进技术,加强节能型汽车的推广等技术措施来降低交通燃油消耗;城市生活低碳化方面,提倡家庭生活交通低碳化,使用高效空调、照明及节能家电,提高个人的思想意识及节能观念,提倡可能情况下依靠自行车及步行交通。在生活模式和消费观念上进行积极引导,倡导和实施一种低碳的消费模式,一种可持续的消费模式,在维持高标准生活的同时尽量减少使用消费能源多的产品。

#### 3. 加强武汉市绿化带的建设,增加碳汇

碳汇主要通过陆地植来固碳,植被通过光合作用而吸收大气中的碳含量,并将其固定在植物体内和土壤中。据研究,平均每公顷绿地日平均吸收  $11\ 767\ \text{t}\ \text{CO}_2$ ,释放  $1\ 123\ \text{t}\ \text{O}_2$ 。武汉市应该增加街头绿化、公园、沿江、道路绿化建设,沿城市周边设置防风林,保护现有沼泽地,从整个城市范围内做到生态平衡。

### 参 考 文 献

- [1] IPCC. Climate change 2007: the fourth assessment report of the intergovmental panel on climate change[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- [2] 王崇梅. 中国经济增长与能源消耗脱钩分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2010(3): 35-37.
- [3] 赵欣, 龙如银. 江苏省碳排放现状及因素分解实证分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2010(7): 25-30.
- [4] 刘怡君, 王丽, 牛文元. 中国城市经济发展与能源消耗的脱钩分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2011(1): 70-77.

- [5] 陈飞, 诸大建. 低碳城市研究的理论方法与上海实证研究[J]. 城市发展研究, 2009(10): 71-79
- [6] OECD. Indicators to measure decoupling of environmental pressure from economic growth[R]. Paris: OECD, 2002.
- [7] TAPIO P. Towards a theory of decoupling; degrees of decoupling in the EU and the case of road traffic in Finland between 1970 and 2001[J]. Transport Policy, 2005, 12(2): 137-151.
- [8] 赵一平, 孙启宏, 段宁. 中国经济发展与能源消费响应关系研究——基于相对“脱钩”与“复钩”理论的实证研究[J]. 科研管理, 2006, 27(3): 128-134.
- [9] 汝醒君, 苏利阳. 基于15国经济增长与碳排放的脱钩研究[J]. 可持续发展研究, 2009(1): 39-43.
- [10] 王锋, 吴丽华, 杨超. 中国经济发展中碳排放增长的驱动因素研究[J]. 经济研究, 2010(2): 123-136.

## Study on Decoupling Between Economic Development and Energy Consumption of Wuhan

CHEN Hao, ZENG Juan

(School of Economics, Zhongnan University of Economics and Law, Wuhan, Hubei, 430074)

**Abstract** Study on the problem of low-carbon from the national and provincial level is a micro-scale one, which can not be applied to discover the hidden environmental problems in municipal-level economic entities. Study on the decoupling relationship between economic development and energy consumption at the municipal level is of great significance to develop low-carbon cities. This paper uses Tapio decoupling model to analyze the decoupling relationship between economic growth and energy consumption in Wuhan from 1996 to 2008, and also analyzes the situations and driving factors of energy consumption in Wuhan. The result shows that volatility of the decoupling rates is mainly from fluctuations in energy consumption during 1996-2008; the driving factors of energy consumption includes demographic factors, economic factors and technical factors. This paper finally proposes some suggestions on how to achieve strong decoupling between economic growth and energy consumption, these suggestions include speeding up the adjustment of energy structure and industrial structure, improving energy efficiency, achieving cleaner production; reasonably planning population in Wuhan, quickening the improvement of traffic status quo in Wuhan, realizing low-carbonization in city life, strengthening the construction of green belt and increasing carbon sinks in Wuhan.

**Key words** decoupling; energy consumption; economic development; GDP; carbon dioxide emissions

(责任编辑:金会平)