

长三角地区二氧化碳排放与经济增长脱钩关系的实证研究^{*1}

郭炳南¹ 林基² 刘堂发³

(1. 江苏科技大学公共管理学院, 江苏镇江 212003;

2. 浙江财经大学金融学院, 浙江杭州 310018;

3. 南昌大学共青学院, 江西共青 332020)

【摘要】: 二氧化碳排放与经济增长之间的关系一直是学术界关注的焦点问题。运用 IPCC 推荐的二氧化碳计算方法测算了 1997—2014 年长三角地区的二氧化碳排放量, 并通过构建基于脱钩理论的 Tapio 脱钩模型, 实证研究了长三角地区二氧化碳排放与经济增长之间的脱钩关系及程度, 分析了二者脱钩弹性发展的时间演变趋势。结果表明, 长三角地区各省市二氧化碳与经济增长的脱钩关系发展呈现不平衡状态, 弱脱钩、扩张连接、强脱钩的状态交替出现, 多数时期处于弱脱钩状态。在此基础上, 进一步分析了长三角地区二氧化碳与经济增长脱钩弹性变化差异的原因, 并提出了相应的政策建议。

【关键词】: 二氧化碳; 经济增长; 脱钩

【中图分类号】: F062.2 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1671—4407(2017)04—025—05

1 引言

当前, 中国经济社会发展与资源环境约束的矛盾日趋尖锐, 并且随着经济的快速增长, 能源消费与二氧化碳排放量屡创新高。联合国的世界能源统计报告数据统计显示, 中国于 2006 首次超越美国成为世界第一碳排放大国, 并逐年快速增长, 到 2014 年达到 97.61 亿吨, 占世界二氧化碳排放量的 27.5%。尽管近年来中国经济步入新常态后能源消费增速放缓, 但仍然是全球最大的能源消费国与二氧化碳排放国。快速的碳排放速度与增量引发了国际社会的指责, 中国承受了巨大的减排压力。为此, 中国政府做出了积极的回应, 不但承诺到 2020 年单位 GDP 碳排放强度比 2005 年下降 40%-50%, 更进一步地于 2014 年与美国达成了 2030 年中国二氧化碳排放达到峰值的硬指标。作为发展中国家, 中国还面临一系列发展中的问题, 维持一定程度上的经济增长是必要的, 也是解决碳排放问题的先决条件。因此, 实现经济增长与二氧化碳的脱钩就成为各级政府的重要目标, 一方面可以实现二氧化碳排放量的下降, 另一方面又可以保持经济增长。长三角地区土地面积约占全国的 2%, 人口占全国的 12%, 创造的 GDP 约占全国的 20%, 在经济发展的速度上与质量上, 长三角地区都是中国经济发展的典范。但不可否认的是, 长三角经济快速

1基金项目: 全国统计科学研究项目“低碳经济下中国碳排放效率的提升潜力与实现路径研究”(2015LY72); 教育部青年基金“中国国际贸易隐含碳的测算及碳减排责任分配研究”(14YJC790081); 浙江省社会科学界联合会研究课题“浙江省碳生产率潜在增长率的估算及优化分配研究”(2015N080)

第一作者简介: 郭炳南 (1980-), 男, 江西吉安人, 博士, 副教授, 硕导, 研究方向为低碳经济。E-mail:harkin@126.com

发展的同时，导致的能源消耗也大大增加，环境污染与二氧化碳排放问题也日益严重。长三角地区要率先实现小康社会，必须要解决二氧化碳排放、环境污染与经济增长之间的矛盾，尤其是当前国家鼓励发展低碳经济的人背景下，探讨如何实现二氧化碳排放与经济增长的脱钩问题有重要的应用价值。

2 文献综述

全球化背景下经济快速发展带来了各国二氧化碳排放量不断增加，使得如何将二氧化碳排放与经济增长实现脱钩问题成为当前研究的焦点。国际上常用脱钩指标来表示经济增长与物质消耗不同步变化的状态。近年来脱钩分析越来越多地应用于温室气体排放领域的研究。

国外学者的相关研究主要有：Tapio^[1]研究了1970—2001年之间欧洲的交通业经济增长与运输量、温室气体之间的脱钩情况；David Gray等^[2]运用脱钩指数对苏格兰地区经济增长与交通运输址及二氧化碳排放之间的关系作了深入研究；Climent & Pardo^[3]分析了巴西的能源碳排放与经济增长之间的脱钩关系；Dinds & Coondoo^[4]估计了人均GDP与二氧化碳排放量之间的因果关系，结果表明北美地区二氧化碳排放量降低，经济增长与二氧化碳排放呈现脱钩状态。

国内学者对于将脱钩指数应用于二氧化碳排放与经济增长的关系研究在近年兴起，研究方兴未艾，主要成果分别从中国整体、区域以及具体的省份、行业展开。李忠民等^[5]从中国整体角度上研究经济增长与二氧化碳排放脱钩情况。肖宏伟等^[6]则从中国区域的角度研究二氧化碳排放与经济增长的脱钩关系。多数学者则针对某一地区或省份研究二氧化碳排放与经济增长的关系，如龚惠萍等^[7]分析了武汉经济增长与二氧化碳排放的脱钩关系；王琴梅^[8]等分析了2001—2010年河南、湖南、湖北毛省经济增长与二氧化碳排放的脱钩状态；岳立、李飞^[9]利用脱钩理论分析了西部二氧化碳排放与经济增长的脱钩情况。还有部分学者从行业的角度进行分析，如徐盈之等^[10]分析了中国制造业碳排放的脱钩效应；梁日忠、张林浩^[11]分析了中国化学工业碳排放脱钩与反弹效应。

综上所述，二氧化碳排放与经济增长的关系问题仍然是学术界研究的热点，国内外学者运用脱钩理论深入分析了二氧化碳排放与经济增长的关系。但从已有的研究成果来看，多数研究是从一国整体层面或单一省份及行业层次进行展开，缺乏对其有代表性的发达经济省份或区域的比较分析。为此，本研究选取中国经济综合实力最强的长三角地区为研究对象，在测算长三角地区能源碳排放的基础上，运用脱钩模型对长三角地区经济增长与能源碳排放的脱钩关系进行比较与分析，为长三角地区协调能源政策、减少碳排放、率先实现小康社会提供决策参考。

3 研究模型与数据来源

3.1 研究模型构建

OECD首次提出“脱钩”概念以研究经济发展与环境污染之间的关联性，“脱钩”也成为测度生态环境与经济发展之间压力状况的有力工具。目前用以研究脱钩的指标主要有两种，一种OECD脱钩模型，另一种是Tapfo脱钩模型。OECD指标构建模型主要是描述环境压力与驱动力变化的关系，以二氧化碳排放为例，GDP为经济驱动力，‘氧化碳排放为环境压力，如梁二氧化碳排放量增长率快于GDP增长率，则两者呈现脱钩关系。脱钩关系可以分为绝对脱钩与相对脱钩，绝对脱钩是指经济增长率提，荡而二氧化碳排放量反而减少，相对脱钩是指经济增长率高于二氧化碳排放增长率，但两者都为正向增长^[12]。OECD脱钩模型如下：

$$DI = \frac{EP_t}{DF_t} \bigg/ \frac{EP_0}{DF_0} \quad (1)$$
$$\eta = 1 - DI \quad (2)$$

其中：EP 为环境压力（如二氧化碳排放量）：DF 为经济驱动力（如 GDP）：t 表示时期，0 表示基期。DI 为脱钩指数， η 为脱钩因子，脱钩因子的取值范围为 $(-\infty, 1]$ ，当脱钩指数在 $(0, 1]$ 时，则认为处于脱钩状态，当处于 $(-\infty, 0]$ 时，表示处于连接状态。Tapio 进一步发展了 OECD 的脱钩理论，在研究欧洲经济发展与二氧化碳排放之间的关系时引入交通运输量作为中间变量，将脱钩弹性指标分解为运输量与 GDP 之间的脱钩弹性和运输量与总体二氧化碳排放最之间的脱钩弹性，将两式相乘得到一般的脱钩指数计算公式：

$$E_{(CO_2, GDP)} = \left(\frac{\Delta V}{V} / \frac{\Delta GDP}{GDP} \right) \cdot \left(\frac{\Delta CO_2}{CO_2} / \frac{\Delta V}{V} \right) \quad (3)$$

其中：E 表示脱钩指数：V 表标交通运输最：CO₂ 为二氧化碳排放；GDP 为经济驱动力，即经济增长。将式（3）进一步简化以探索二氧化碳排放与经济增长之间的直接关联，可以得到式（4）。

$$E_{(CO_2, GDP)} = (\Delta CO_2 / CO_2) / (\Delta GDP / GDP) \quad (4)$$

从式（4）可以看出，两者变化的程度差异会表现出多种情况，Tapio 进一步地设定了 3 个弹性临界值。0、0.8、1.2 更加详细地表述了二氧化碳与经济增长的脱钩状态(表 1)

表1 Tapio脱钩弹性指数与脱钩状态对照

脱钩状态		ΔCO_2 (环境压力)	ΔGDP (经济增长)	弹性区间
连接	衰退连接	< 0	< 0	$0.8 < \varphi < 1.2$
	扩张连接	> 0	> 0	$0.8 < \varphi < 1.2$
脱钩	衰退脱钩	< 0	< 0	$1.2 < \varphi$
	强脱钩	< 0	> 0	$\varphi < 0$
	弱脱钩	> 0	> 0	$0 < \varphi < 0.8$
负脱钩	弱负脱钩	< 0	< 0	$0 < \varphi < 0.8$
	强负脱钩	> 0	< 0	$\varphi < 0$
	扩张负脱钩	> 0	> 0	$1.2 < \varphi$

通过以上分析不难发现，OECD 脱钩指数法的脱钩指标重点在于分析整体年份的脱钩情况，可以记录其持续变化状态，但基期年份的选择只有高度的敏感性，不同的基期会出现不同的脱钩状态，缺乏一定的稳定性，不利于脱钩状态的判定。Tapio 脱钩弹性指数法则侧重个体年份上的分析，不受统计量纲变化的影响。不同年份之间可以进行比较，避免了 OECD 脱钩指数法对于基期选择的随意性。此外，Tapio 脱钩模型相对于 OECD 模型而言对脱钩状态的划分更为精细。因此，本文采用 Tapio 脱钩弹性指数法分析长三角地区二氧化碳排放与经济增长的脱钩状态。

3.2 二氧化碳排放量的测算

遵循多数研究的思路与方法，本研究纂于 IPCC 的侧算方法测算长三角地区能源消耗的二氧化碳排放量，具体测算公式如下：

$$CO_2 = \sum_{i=1}^3 E_i \cdot NCV_i \cdot CC_i \cdot COF_i \cdot \frac{44}{12} \quad (5)$$

其中： CO_2 表示侧算的各种能源消耗所排放二氧化碳总量； i 表示煤、石油、天然气； E_i 表示各种能源的消费量； NCV_i 表示平均低位发热量； CC_i 表示碳含量，代表单位热量含碳水平； COF_i 表示氧化因子，指能源燃烧时的碳氧化率，44与22分别指二氧化碳与碳的分子量。 NCV_i 、 CC_i 、 COF_i 三项相乘得到碳排放系数，进而二氧化碳排放系数为碳排放系数的3.67倍（44/12）^[13]。目前，学术界对于各种能源消耗的碳排放系数尚无统一的规定，借鉴张小平、郭灵巧^[14]的研究，确定煤、石油、天然气的碳排放系数分别为0.7329、0.5574、0.4226。

3.3 数据来源

经济增长用各年的国内生产总值（GDP）来表示，煤包括煤炭、焦炭的消费量、石油包括原油、煤油、柴油、燃料油、液化石油气等五种能源的消费量，相关原始数据均来源于1995—2014年的《上海统计年鉴》《江苏统计年鉴》《浙江统计年鉴》《中国能源统计年鉴》。

4 实证分析

4.1 长三角地区二氧化碳排放与经济增长的基本特征

从表2可以看出，1997—2014年，长三角地区三省一市经济发展迅速，国内生产总值逐年增加，其中上海的GDP从1997年的3360亿元提高到2014年的23568亿元，江苏的GDP从1997年的6680亿元提高到2014年的65088亿元，浙江的GDP从1997年的4638亿元提高到40173亿元。三省一市的GDP在1997—2014年分别增长了6.01倍、8.74倍、7.66倍左右，江苏增长速度最快。随着经济的快速增长，长三角地区能源消耗最也不断增加，1997—2014年上海、江苏、浙江的能耗分别增加了1.32倍、2.73倍、2.71倍，能源消耗在多数时间都呈增长态势，只有在部分年份出现小幅波动。如2014年上海，2013年浙江较上年有下降。在1997—2014年上海的二氧化碳排放从166.33百万吨增长到239.91百万吨，江苏的二氧化碳排放从272.14百万吨增长到930.76百万吨，浙江的二氧化碳排放从156.51百万吨增长到484.11百万吨，其中江苏省的二氧化碳排放量增长速度最快，增长了近3倍。从三省一市的GDP增长、能源消费以及二氧化碳排放最的变动特征来看，经济增长与二氧化碳排放量呈正相关关系，其中具体的脱钩状态与内在关联尚需要进一步分析。

表2 长三角地区GDP、能源消耗、二氧化碳排放排放量
(1997—2014年)

年份	GDP/ 百亿元			能源消耗 / 百万吨标准煤			二氧化碳排放总和 / 百万吨		
	上海	江苏	浙江	上海	江苏	浙江	上海	江苏	浙江
1997	33.60	66.80	46.38	47.59	79.91	50.69	166.33	272.14	156.51
1998	36.88	72.00	49.88	48.74	81.18	52.22	166.61	276.93	155.51
1999	40.35	76.98	53.65	52.08	81.64	54.57	171.92	282.71	162.03
2000	45.51	85.83	60.36	54.99	86.12	65.60	184.71	290.20	187.61
2001	52.10	94.57	68.98	58.18	88.81	65.30	189.71	294.08	192.73
2002	57.41	106.07	80.04	62.49	96.09	82.80	196.99	317.06	225.29
2003	66.94	124.43	97.05	67.96	110.60	95.23	212.23	359.08	250.62
2004	80.73	150.04	116.49	74.06	136.52	108.25	220.61	441.91	291.88
2005	92.48	185.99	134.18	82.25	171.67	120.32	231.45	575.78	339.07
2006	105.72	217.42	157.18	88.76	190.41	132.19	228.00	628.35	388.20
2007	124.94	260.18	187.54	96.70	209.48	145.24	233.11	677.20	437.95
2008	140.70	309.82	214.63	102.07	222.32	151.07	244.98	686.48	444.63
2009	150.46	344.57	229.90	103.67	237.09	155.67	241.32	710.37	458.19
2010	171.66	414.25	277.22	112.01	257.74	168.65	263.82	789.62	485.44
2011	191.96	491.10	323.19	112.70	275.89	178.27	271.52	919.69	512.86
2012	201.82	540.58	346.65	113.62	288.50	180.76	261.28	933.95	497.42
2013	218.18	597.53	377.57	113.46	292.05	156.40	268.14	947.54	494.57
2014	235.68	650.88	401.73	110.85	298.63	188.26	239.91	930.76	484.11

注：资料来源于历年《上海统计年鉴》《浙江统计年鉴》《江苏统计年鉴》《中国能源统计年鉴》；碳排放量按 IPCC（2006）测算方法而得。

图1中显示了长三角地区上海、江苏、浙江三地的GDP总量、能源消耗以及二氧排放变动趋势。从图1看来，长三角地区的能源消耗与二氧化碳排放变动以2006年为临界点分为两个阶段，第一阶段1997到2006年间，能源消耗与GDP增长保持平稳态势，而到了第二阶段2006年之后，GDP增长速度加快，而能耗则继续维持稳步增长。而二氧化碳排放则表现出相对独立的变化态势，在2003年之后，二氧化碳增长速度陡然加快，到了2008年速度有所减缓，但到2011年二氧化碳排放量冲上最高点，之后2014年小幅回落。

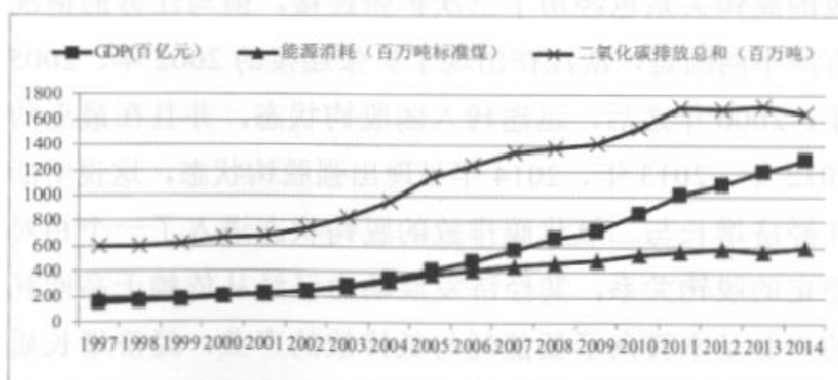


图1 长三角地区GDP增长、能源消耗与二氧化碳排放的变动趋势 (1997—2014年)

4.2 长三角地区二氧化碳排放与经济增长综合脱钩程度及时序演变

根据 1997-2014 年长三角地区的相关统计数据与二氧化碳排放量数据, 利用 Tapio 脱钩模型, 计算出长三角地区上海、江苏、浙江三地及长三角地区整体的脱钩弹性值, 并结合 Tapio 脱钩弹性指标与脱钩状态对照表, 判定长三角地区各省市及整体不同时期二氧化碳排放与经济增长的脱钩状态 (表 3)。

表3 长三角地区二氧化碳排放与经济增长的脱钩弹性与脱钩状态 (1998—2014年)

年份	上海		江苏		浙江		长三角整体	
	脱钩弹性	脱钩状态	脱钩弹性	脱钩状态	脱钩弹性	脱钩状态	脱钩弹性	脱钩状态
1998	0.02	弱脱钩	0.23	弱脱钩	-0.09	强脱钩	0.08	弱脱钩
1999	0.34	弱脱钩	0.30	弱脱钩	0.55	弱脱钩	0.38	弱脱钩
2000	0.58	弱脱钩	0.23	弱脱钩	1.26	扩张负脱钩	0.61	弱脱钩
2001	0.19	弱脱钩	0.13	弱脱钩	0.19	弱脱钩	0.17	弱脱钩
2002	0.38	弱脱钩	0.64	弱脱钩	1.05	扩张连接	0.72	弱脱钩
2003	0.47	弱脱钩	0.77	弱脱钩	0.53	弱脱钩	0.61	弱脱钩
2004	0.19	弱脱钩	1.12	扩张连接	0.82	弱脱钩	0.80	扩张连接
2005	0.34	弱脱钩	1.26	扩张连接	1.06	扩张连接	1.07	扩张连接
2006	-0.10	强脱钩	0.54	弱脱钩	0.85	扩张连接	0.52	弱脱钩
2007	0.12	弱脱钩	0.40	弱脱钩	0.66	弱脱钩	0.43	弱脱钩
2008	0.40	弱脱钩	0.07	弱脱钩	0.11	弱脱钩	0.13	弱脱钩
2009	-0.22	强脱钩	0.31	弱脱钩	0.43	弱脱钩	0.27	弱脱钩
2010	0.66	弱脱钩	0.55	弱脱钩	0.29	弱脱钩	0.48	弱脱钩
2011	0.25	弱脱钩	0.89	扩张连接	0.34	弱脱钩	0.65	弱脱钩
2012	-0.73	强脱钩	0.15	弱脱钩	-0.41	强脱钩	-0.08	强脱钩
2013	0.32	弱脱钩	0.14	弱脱钩	-0.06	强脱钩	0.11	弱脱钩
2014	-1.31	强脱钩	-0.20	强脱钩	-0.33	强脱钩	-0.41	强脱钩

从表 3 可以看出, 1997—2014 年, 上海经济增长与二氧化碳排放的关系均处于脱钩状态, 除 2006 年、2009 年 2012 年、2014 年为强脱钩状态之外, 多数年份处于弱脱钩状态, 其中 2014 年的强脱钩指数达到了-1.31, 达到了上海经济增长与二氧化碳排放的最佳状态。这说明上海在经济增长迅速的同时, 二氧化碳排放量也得到了较好的控制, 并出现了强脱钩的可喜状态。这进一步说明了上海近年来推动经济质量提升与结构转型升级方面的工作取得了切实的成效。与上海相比, 江苏经济增长与二氧化碳排放的脱钩情况并不太理想, 尽管有多数年份显示出二氧化碳排放与经济增长的弱脱钩状态, 但 2004 年、2005 年、2011 年三年间江苏二氧化碳排放与经济增长显示出扩张连接状态表现出江苏二氧化碳排放速度高于经济增长的速度, 说明江苏的经济增长还处于一种依赖于高能源消耗的粗放增长过程, 经济增长的质量有待提高。

同样, 表 3 中显示, 浙江的经济增长与二氧化碳排放的脱钩关系也经历了三次扩张连接, 但与江苏的情况有所不同的是, 浙江在出现了扩张连接的 2002 年、2005 年、2006 年之后, 迅速转入弱脱钩状态, 并且在最近的 2012 年、2013 年、2014 年呈现出强脱钩状态, 这说明浙江经济增长与二氧化碳排放的脱钩状态进入了一个相对稳定的脱钩关系, 其经济发展动力已经从依赖于高能耗的产业基本转向了低能耗与低排放的产业, 经济增长质量得到提升。从长三角地区脱钩状态总体水平来看, 只有 2004 年与 2005 年间为扩张连接状态, 其于年份均为弱脱钩状态, 虽然具体年份的脱钩指数有较大波动, 最小的弱脱钩指数为 0.08, 最大的弱脱钩指数为 0.72, 但是从整体上看, 长三角地区的经济增长与二氧化碳排放的关系已经出现了良好的发展趋势, 一方面说明长三角地区整体的经济质量获得了提高, 另一方面也展示长三角地区二氧化碳排放情况转好, 为国家碳排放目标实现创造了条件。进一步地, 我们用脱钩弹性趋势图来直观地描述 1998—2014 年长三角地区经济增长与二氧化碳排放的脱钩关系 (图

2)。

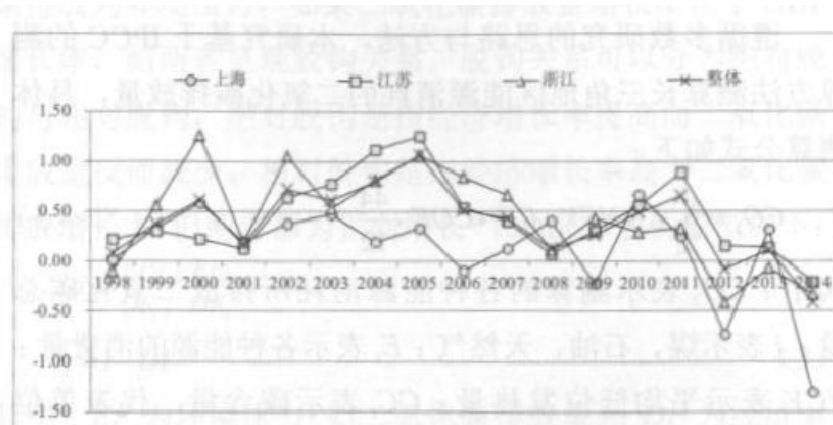


图2 长三角地区二氧化碳排放与经济增长的脱钩弹性变动趋势（1998—2014年）

从图2可以更直观地看清长三角地区经济增长与二氧化碳排放的脱钩弹性与脱钩状态演进态势，上海脱钩状态总体呈现弱脱钩——强脱钩——弱脱钩的平稳态势，说明随着上海经济的发展以及产业结构的优化，上海的能源利用效率得到不断提高，上海经济增长与二氧化碳排放的关系将核体上趋于脱钩态势发展。江苏的脱钩状态则表现为弱脱钩——扩张连接——弱脱钩——扩张连接——强脱钩的交替变动状态，说明江苏的经济增长与二氧化碳排放的关系还很不稳定，江苏的经济低碳化效果不力、能源结构不合理以及经济增长过度依赖能源消耗，江苏经济发展动力需要进一步从资源型转向集约型与创新型要素驱动。浙江的脱钩演进趋势则表现为弱脱钩——扩张负连接——弱脱钩——扩张连接——弱脱钩——强脱钩，与江苏显著不同的是浙江的强脱钩关系表现优秀，说明浙江的经济增长正迅速转向依靠质量提高与结构优化，能源结构得到了显著改善。从长三角整体来看，长三角整体的脱钩状态表现为弱脱钩——扩张连接——弱脱钩的变动特征，但脱钩已然成为主要趋势，似弹性不太稳定，需要进一步优化产业结构，大力发展低碳产业。

5 对策建议

本文通过 IPCC 推荐的方法测算出长三角地区的二氧化碳排放量，并从 Tapio 脱钩指标体系测算了 1997—2014 年长三角地区分省市与整体二氧化碳排放与经济增长的脱钩弹性与脱钩状态，研究表明长三角地区七海、江苏、浙江三省市二市二氧化碳排放与经济增长的关系呈现了不同的脱钩特征，其中上海的表现最佳，浙江次之，江苏最差。导致这种状态出现的根本原因在于三省二市的经济增长质量以及产业结构与能源结构的转型升级差异。整体上看，长三角地区整体经济增长与二氧化碳排放表现出弱脱钩态势，但脱钩弹性还存在较大波动。

在“十三五”规划中，长三角各省市都提出要大力发展绿色低碳经济，以彻底实现二氧化碳排放与经济增长的脱钩。同时也为中国政府完成《巴黎协定》上确定的减排目标作出重要贡献。为此，本文提出以下建议：

(1) 提升经济增长质量，调整产业发展结构，积极发展战略性、创新型新兴产业。一方面，继续降低长三角地区工业中高能耗能产出的产值比重，以信息化带动工业化发展，走新型工业化道路，使经济增长从依靠能源消耗转移到依权创新、技术进步上来。另一方面，大力发展一批新一代的信息产业、高端制造业、节能环保产业等国家鼓励发展的战略性、创新型新兴产业，加快产业、产能的高端化更替。

(2) 因地制宜地制定低碳发展政策、积极探索低碳经济的发展模式。长三角地区是全国的经济重心之一，其经济的低碳化

发展模式对全国有重要的示范作用。要积极探索各省市适宜的低碳经济发展模式，制定地区发展低碳经济的政策要因地制宜，各有侧重。上海应主要在开发新能源、发展第三产业，如现代物流业、生物制造业上下大力气，江苏、浙江则可以重点以调整能源结构、提高能源利用效率，发展现代农业方面做出努力。

(3) 发展碳金融以及完善碳税、碳交易制度。积极发展碳金融，加大对可再生能源领域的投资，进一步优化能源结构。降低煤炭在各地能源结构中的消费比重，切实降低碳排放，同时政府需要拓宽融资渠道为企业发展低碳生产募集资金。此外，完善碳税与碳交易市场，运用市场方式优化各种减排资源的配置，提高减排效率与实现减排的持续性。

(4) 促进长三角地区区域一体化发展，推进环境整治区域合作与联动。从研究结果来看，长三角经济增长与二氧化碳排放的脱钩弹性与脱钩状态发展不均衡，因此应立足于长三角区域经济一体化与区域整合的长远目标，加强区域之间的合作与联动。推进污染防治，加大环保投入，提升执法力度，建立健全环境与发展综合决策机制，充分利用经济、行政、法律等多种手段，优化宏观决策机制，实现长三角区域一体化的经济与环境的综合决策。

参考文献:

- [1] 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]. Journal of Transport Policy, 2005(12): 137-151.
- [2] Gray D, Anable J, Illingworth L, et al. Decoupling the link between economic growth, transport growth and carbon emissions, in Scotland [R]. Scotland: The Robert Gordon University. 2006.
- [3] Climent F, Pardo A. Decoupling factors on the energy-output linkage: The Spanish case [J]. Energy Policy, 2007(35): 522-528.
- [4] Dinda S, Coondoo D. Income and emission: A panel-data based co-integration analysis[J]. Ecological Economics. 2006. 57(2): 167-181.
- [5] 李忠民, 宋凯, 孙耀平. 碳排放与经济增长脱钩指标的实证测度[J]. 统计与决策. 2011 (14): 86-88.
- [6] 肖宏伟, 易丹辉, 周明勇. 中国区域碳排放与经济增长脱钩关系研究[J]. 山西财经大学学报, 2012 (11): 1-10.
- [7] 龚惠萍, 管璇, 刘晨明. 武汉市工业经济增长与碳排放脱钩关系的实证分析[J]. 统计与决策, 2013 (21): 105-108.
- [8] 王琴梅, 赵阳阳, 刘卫波. 华中三省碳排放与经济增长脱钩分析——基于 LYQ 框架的实证[J]. 华东经济管理, 2013 (7): 154-157.
- [9] 岳立, 李飞. 西部经济增长与二氧化碳脱钩关系的实证分析——以甘肃省为例[J]. 北京理工大学学报: 社会科学版, 2011 (2): 19-22.
- [10] 徐盈之, 徐康宁, 胡永舜. 中国制造业碳排放的驱动因素及脱钩效应[J]. 统计研究, 2011 (7): 55-61.
- [11] 梁日忠, 张林浩. 1990—2008 年中国化学工业碳排放脱钩和反弹效应研究[J]. 资源科学, 2013 (2): 268-274.

-
- [12] 孙耀华, 李忠民. 中国各省区经济发展与碳排放脱钩关系研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2011 (5) : 87-92.
- [13] 刘堂发, 郭炳南. 江西省经济增长与能源碳排放脱钩关系的实证分析[J]. 科技管理研究, 2015 (13) : 225-228.
- [14] 张小平, 郭灵巧. 甘肃省经济增长与能源碳排放脱钩间的脱钩分析[J]. 地域研究与开发, 2013 (5) : 95-98.