

# 评估中国低碳城市发展：对五个试点城市的实证研究<sup>\*</sup>

胡必亮 罗佳 陈春来 李秉勤

## 一 引言

2012 年，中国二氧化碳排放量占全球碳排放总量的 25%（Liu, 2015）。从 2007 年开始，中国的人均二氧化碳排放量就超过了世界平均水平，并成为世界上每年二氧化碳排放量最大的国家。根据世界银行的研究（Hu, 2013），城市生产了全球 65% 以上的总财富，同时也消耗了全球 65% 以上的能源，并排放了全球大约 70% 的温室气体。减少城市的二氧化碳排放量被认为是减少全球二氧化碳总体排放量的关键所在，而其中将城市转变为“低碳城市”则被认为是一个重要的政策手段（Bao et al., 2008; Feliciano and Proserpi, 2011）。

中国的城市化水平从 1978 年的 17.9% 上升到 2015 年的 56.1%。根据“十三五”规划，中国的城市化水平到 2020 年预计将达到 60%。但是，经济的快速增长和城市中心的迅速发展已经造成了许多环境问题，包括环境恶化、空气和水的污染，这已经引发了公众越来越多的关注（Li, 2013; Gu et al., 2011）。减少二氧化碳排放量，从而推动可持续发展任务完成的压力在

---

\* 本章是国家社会科学基金重大项目“中国新型城镇化：五个维度协同发展研究”（14ZDA035）的研究成果之一。

国内和国际都在持续增加。

2008 年年初，中国住房和城乡建设部和世界自然基金会（WWF）联合在上海市和河北省保定市引入了低碳城市试验计划。2010 年，低碳城市试验计划正式被国家发展和改革委员会批准（NDRC，2010）。低碳城市试验计划的主要目的是发展低碳排放产业，建立一个温室气体排放量的数据收集和管理体系，并鼓励居民采用绿色、低碳消费模式和生活方式。根据国家发改委的文件，5 个省份（广东、辽宁、湖北、山西、云南）和 8 个城市（天津、重庆、深圳、厦门、杭州、南昌、贵阳、保定）将加入国家低碳试验计划。第二批试验地区在 2012 年加入国家低碳试验计划，使参与试验的城市总量达到 36 个（NDRC，2012）。

试验城市将面临一个关键挑战：迄今为止，虽然该试验计划有公众和政府的大力支持以及成功的个体案例，但是没有一套能够确切地衡量低碳城市计划总体结果的清晰指标（Hu et al.，2016）。这并不是说单个试验城市的情况不重要，因为单个城市的成果很可能会使总体二氧化碳排放量减少，但是如果有一套对中国的低碳试验城市进行总体评估的标准，就可以看出低碳城市计划到底对总体二氧化碳排放水平产生多大的影响。

本章第一部分建立一个关于低碳城市评估的系统，用来衡量其中参与低碳城市试验计划的 5 个城市的表现情况。第二部分讨论并介绍评估低碳城市表现的原则和主要指标，包括本章使用的方法论。第三部分利用这些指标来评估中国参与低碳城市试验计划的 5 个城市的具体表现。最后一部分对本章的发现进行总结，并基于这些发现提出一些政策性建议。

## 中国的低碳城市

虽然中国参与低碳城市试验计划的城市有很多，但是并没有关于低碳城市的清晰定义。正如该项试验计划的名称所示，低碳城市试验计划的目的是降低城市的二氧化碳排放量。但是，让这一计划的实施变得困难的原因是，中国城市在经济结构、环境资源和降低二氧化碳排放量能力方面的差别很大。因此，这些城市需要提出各自的策略以适应自身的条件（Li，2013）。引入一个对所有城市来说普遍适用的标准来推行这一计划，不仅不符合实际，而且会阻碍各城市在这方面创新能力的提高。

由于存在以上困难，中国的政策是分两条线的：①中央政府设定一个总目标，正如“十二五”规划中所指出的那样，将每单位国内生产总值的碳浓度降低 17%（Li and Wang, 2012）；②各地方政府对实现这一目标负责。地区政府必须提出自身的低碳发展策略，并且与总体目标保持一致，而这种策略可以是多种多样的（Baeumler, 2012）。

由于中国城市化发展迅速，因此这一政策的目的并不是在绝对数量上减少二氧化碳排放量，而是在相对意义上减少二氧化碳排放量。也就是说，要将经济发展目标和二氧化碳排放量目标结合起来。在低碳城市试验计划中，城市的关注点是降低碳浓度（每单位 GDP 所带来的二氧化碳排放量）（Huang, 2011），并采取策略来发挥各自的优势。因此，二氧化碳的排放总量仅仅是被用作参考的一个指标。

从某种程度上来说，这些试点城市都可以被看作一项实地调查。通过每个城市的试点实践，政策制定者可以收集有关地区策略有效性的一手信息。但是，这种方法也面临一个问题：如何评估采取不同方法的城市的实际执行情况呢？本章将设计一个衡量低碳城市执行情况的方法来解决这个问题。

## 低碳城市实施情况的评估

要评估低碳城市的执行情况，有一套衡量指标是很重要的，这对于中国和世界上其他国家来说都是一个挑战。当前已有的评估方法包括两种。一种是使用单一指标，比如，二氧化碳排放总量、人均二氧化碳排放量、居民人均消费二氧化碳排放量、单位土地上的二氧化碳排放量、二氧化碳排放量浓度或者二氧化碳排放量增长速度等。这种方法的优点在于清晰和直观，它直接将目标对准二氧化碳排放量。然而，虽然这种方法可以将二氧化碳排放量看作其中的一个指标，但很多人也批判这种方法过于简单，且这种方法存在使对问题的理解过于狭隘的风险（Weidema, 2008；Pulselli, 2015）。另外，低碳城市不仅仅是降低二氧化碳排放量，更重要的是，它包含了可持续发展的内容，并试图在经济发展、环境保护和对自然资源能源有效使用等方面实现平衡。

评估低碳城市执行情况的另一种方法，是一个更普遍的方法，那就是构建一系列指标来综合评估。这种方法能够体现低碳城市的多个表现维度，因

此被更加广泛地采用，也能够反映低碳城市的可持续发展水平。其中一个普遍采用的模型是驱动力—压力—状态—冲击—响应模型（DPSIR 模型）（Carr, 2007），该模型将经济、社会、资源和环境指标分成五类：驱动力、压力、状态、冲击和响应。该模型的优点在于解释了环境活动和经济活动之间的相互关系，也通过分析资源和环境对人类活动的潜在影响来提供反馈信息（Shao and Ju, 2010；Wang, 2013）。为了达到这个目的，本章选择的指标必须是综合性的。譬如说经济因素，如人均 GDP，以及人口因素，如人口增长率和城市化速度等。由于背景环境的多变性，笔者很难将驱动力分离开，更别提制定目的明确的政策了。由于笔者想提出目的明确的政策性建议，因此，本章在分析时就不考虑选择使用 DPSIR 模型了。

另一个普遍采用的模型是对人口、富裕程度和技术的动态影响建立回归模型（STIRPAT 模型）（York, 2003；Fan, 2006；Gabrielsen and Bosch, 2003），这个模型是由环境影响、人口数量、富裕程度和技术模型（IPAT 模型）发展而来的，并且已有一些基于 STIRPAT 模型的、能评估低碳城市发展水平的修正指标体系，其中的指标考虑了经济、社会环境、资源能源、技术和居民消费水平。在本章中，笔者将调整 STIRPAT 模型，使之适用于分析中国低碳城市的实际情况。

## 低碳城市发展指标：指标选择

本章的评估框架包含了低碳城市的 5 个维度：经济增长、能源消耗、城市建设、政府支持力度和居民消费。基于 STIRPAT 模型，本章选定了 17 个具体的指标并在《2012 中国绿色发展指标报告》的基础上对这些指标进行调整。《2012 中国绿色发展指标报告》由北京师范大学经济和资源管理学院发布（Li and Pan, 2015），它被广泛地认为是在中国的这一领域影响深远的年度报告。图 1 描述了评估框架、5 个指标维度和子指标，下一部分将详尽阐释。

图 1 展示了本章用来衡量低碳城市执行情况的 5 个不同方面的指标体系。每个综合指标都是根据每个城市的子指标计算出来的，因此每个综合指标都是一个综合的评估结果。例如，某个城市可能经济发展速度很快，但是经济快速发展的成果可能由于该城市能源消耗表现很差而被折中。

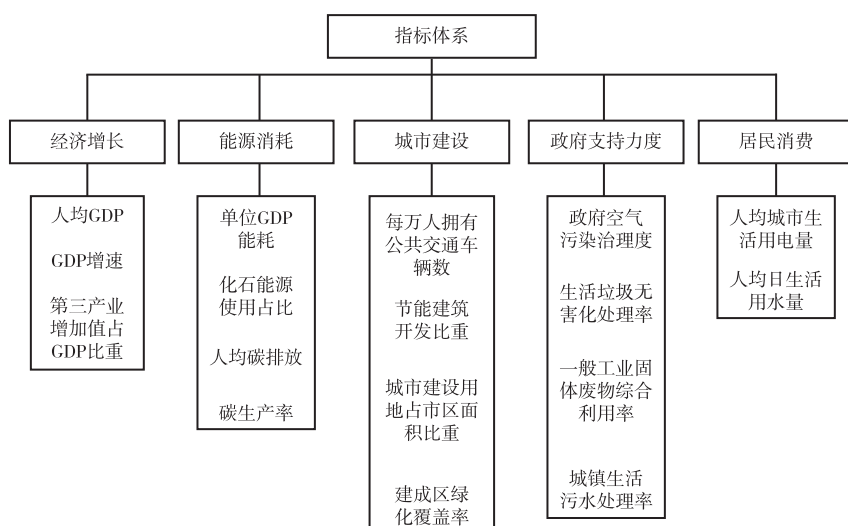


图1 衡量低碳城市执行情况的指标体系

第一个指标——经济增长，已有的研究表明，有三个经济因素与二氧化碳排放量有关：经济发展水平（Selden and Song, 1994；Stern and Common, 2001）、经济增长速度（Soytas and Sari, 2009；Zhang and Cheng, 2009）以及服务业占GDP的比重（Golove and Schipper, 1997；Casler and Blair, 1997）。本章为这三个经济因素选择了三个代理指标：①人均GDP——经济发展水平；②GDP增速——经济增长速度；③第三产业增加值占GDP比重——服务业占GDP的比重。

第二个指标——能源消耗，包含能源利用和二氧化碳排放的指标。本章选择单位GDP消耗的能源和化石能源占能源消耗的比重来衡量能源利用指标。单位GDP消耗的能源是以能源消耗的总量除以GDP来衡量的。这个指标数值越高，生产单位GDP使用的能源就越多，对低碳城市发展的负面影响就越大。化石能源占能源消耗的比重是由消耗化石燃料的总量除以能源消耗的总量来计算的。由于化石能源的燃烧会产生大量的二氧化碳，本章认为若化石能源在总体能源消耗中占很高的比重，那么这将对低碳城市总体执行情况产生负面影响。

为了衡量二氧化碳排放的总量，本章将工业企业消耗能源产生的二氧化碳排放量作为城市二氧化碳排放的总量。本章选择了二氧化碳排放

的两个衡量标准，第一个衡量标准是人均二氧化碳排放量，由二氧化碳排放总量除以一个城市的总人口数量得到，这一指标和低碳城市发展水平呈负相关关系。第二个衡量标准是碳生产率，该指标与低碳城市发展水平呈正相关关系。为了衡量二氧化碳排放量，本章对原煤、焦炭、四种燃料产品（汽油、煤油、柴油和燃料油）以及天然气进行分析。首先将每种能源的数量转换成以吨为单位的等量标准煤炭（tce），然后将这一数值乘以二氧化碳排放系数得到二氧化碳排放量（见表1）。

表1 等量标准煤炭转换系数和各种能源的二氧化碳排放系数

| 序号 | 能源种类 | 折标煤系数(吨标准煤/吨) | 碳排放系数(吨碳/吨标准煤) |
|----|------|---------------|----------------|
| 1  | 原煤   | 0.7143        | 0.7559         |
| 2  | 焦炭   | 0.9714        | 0.8550         |
| 3  | 汽油   | 1.4714        | 0.5538         |
| 4  | 煤油   | 1.4714        | 0.5714         |
| 5  | 柴油   | 1.4571        | 0.5921         |
| 6  | 燃料油  | 1.4286        | 0.6185         |
| 7  | 天然气  | 1.2722        | 0.4483         |

注：折标煤系数参照 GB/T 2589—2008，综合能耗计算通则。其中，天然气折标煤系数根据油田天然气和气田天然气系数取均值而来，分别为 1.3300 吨标准煤/吨和 1.2143 吨标准煤/吨；各类化石能源的碳排放系数借鉴《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》。

资料来源：标准煤炭转换系数来自国家发改委和政府间气候变化专门委员会，参见 National Development and Reform Commission（NDRC）（2008），*National standard of the People's Republic of China, GB/T 2589 - 2008, General principles for calculation of total production energy consumption*, Beijing: NDRC; Intergovernmental Panel on Climate Change（IPCC）（2006），*IPCC guidelines for national greenhouse gas*, London: Cambridge University Press。

第三个指标——城市建设，包含4个子指标：①每万人拥有公共交通工具数，作为公共交通覆盖面的代理指标；②节能建筑开发比重；③建成区绿化覆盖率，它代表了城市建设的一方面，与低碳城市发展水平呈正相关关系；④城市建设用地占市区面积比重，其数值越高代表城市低碳计划的实施情况越差。

第四个指标——政府支持力度，如果没有政府的积极支持，低碳城市的发展很难实现。这一指标包含在评估体系中，强调了政府在发展低碳城市中的重要地位，也反映了政府行动在城市环境治理方面的影响。本章为这一维

度的指标选择了 4 个子指标：政府空气污染治理度（以空气质量达到二级以上的天数来衡量）；生活垃圾无害化处理率；一般工业固体废物综合利用率；城镇生活污水处理率。如果一个城市在这 4 个子指标上表现良好，那么这将对城市总体表现情况产生积极的促进作用。

第五个指标——居民消费，由两个子指标体现：人均城市生活用电量和人均日生活用水量。这两个子指标与总指标都是负相关的。

### 分配权重<sup>①</sup>

有两个能对这些指标分配权重的主要方法：主观分配法和客观计算法。本章采用主观分配法。笔者邀请了 10 位在这一领域有杰出研究成果的专家对每个指标分配权重。基于这些数据，本章确定经济增长的权重是 20%、能源消耗是 31%、城市建设是 21%、政府支持力度是 19%、居民消费是 9%。权重分配的详细情况在表 2 中有所展示。

表 2 低碳城市发展评价指标体系

| 目标层                  | 一级指标<br>(准则层) |      | 二级指标<br>(指标层)      | 指标<br>单位    | 指标<br>性质 | 指标<br>权重 |
|----------------------|---------------|------|--------------------|-------------|----------|----------|
| 低碳<br>城市<br>发展<br>水平 | 经济增长<br>(20%) | 经济水平 | 人均 GDP             | 元           | 正        | 6%       |
|                      |               | 经济增长 | GDP 增速             | %           | 正        | 5%       |
|                      |               | 经济结构 | 第三产业增加值占<br>GDP 比重 | %           | 正        | 9%       |
|                      | 能源消耗<br>(31%) | 能源利用 | 单位 GDP 能耗          | 吨标准煤<br>/万元 | 逆        | 8%       |
|                      |               |      | 化石能源使用占比           | %           | 逆        | 9%       |
|                      |               | 碳排放  | 人均碳排放              | 吨/人         | 逆        | 7%       |
|                      |               |      | 碳生产率               | 万元/吨        | 正        | 7%       |

① 笔者感谢来自北京师范大学的李晓西教授、林卫斌教授、林永生教授和郑艳婷教授，来自国家统计局的施发启教授，来自国务院发展研究中心的李佐军教授，来自国家发改委宏观经济研究院的史育龙教授和姜长云教授，以及来自中国社会科学院的杜志雄教授和张元红教授，感谢他们在笔者为各个指标分配权重时给予的帮助。



续表

| 目标层                  | 一级指标<br>(准则层)       |        | 二级指标<br>(指标层)        | 指标<br>单位 | 指标<br>性质 | 指标<br>权重 |
|----------------------|---------------------|--------|----------------------|----------|----------|----------|
| 低碳<br>城市<br>发展<br>水平 | 城市建设<br>(21%)       | 交通     | 每万人拥有公共<br>交通车辆数     | 辆        | 正        | 6%       |
|                      |                     | 建筑     | 节能建筑开发比重<br>(无数列表指标) | %        | 正        | 6%       |
|                      |                     | 土地利用   | 城市建设用地占市区<br>面积比重    | %        | 逆        | 4%       |
|                      |                     |        | 建成区绿化覆盖率             | %        | 正        | 5%       |
|                      | 政府支持<br>力度<br>(19%) | 政府治理成效 | 政府空气污染治理度            | %        | 正        | 6%       |
|                      |                     |        | 生活垃圾无害化处理率           | %        | 正        | 5%       |
|                      |                     |        | 一般工业固体废物<br>综合利用率    | %        | 正        | 4%       |
|                      |                     |        | 城镇生活污水处理率            | %        | 正        | 4%       |
|                      | 居民消费<br>(9%)        | 消费水平   | 人均城市生活用电量            | 千瓦时/人    | 逆        | 5%       |
|                      |                     |        | 人均日生活用水量             | 升/人      | 逆        | 4%       |

注：①感谢北京师范大学经济与资源管理研究院的李晓西、林卫斌、林永生、郑艳婷，国家统计局的施发启，国务院发展研究中心资源与环境政策研究所副所长李佐军，国家发改委宏观经济研究院科研部副主任史育龙和姜长云教授，中国社会科学院农村发展研究所副所长杜志雄和张元红教授 10 位专家依据各指标重要性程度对指标体系进行打分、赋权。

②10 位专家被要求给每个指标分配一个权重。最右边列显示的是总体权重，是 10 位专家给出的权重的平均值。17 个指标的总权重是 1。一个维度的所有指标权重加在一起就得到了左边维度列各个括号中的权重。

指数的计算

由于不同的指标是用不同单位来衡量的，因此当计算低碳城市发展指数（LCCDI）时，第一步要做的就是使用下面的公式来计算所有指标的标准值。

对于正向指标:  $A' = \frac{A - \text{Min}A}{\text{Max}A - \text{Min}A}$

(1)

对于逆向指标:  $A' = \frac{\text{Max}A - A}{\text{Max}A - \text{Min}A}$

(2)

在等式（1）和等式（2）中，A'是标准值，A 是原始值，MaxA 是指标的最大值，MinA 是指标的最小值。标准值 A'的范围是 0 ~ 1。等式（1）是



用来计算正指标的，等式（2）是用来计算负指标的。

根据等式（1）和（2）的结果，利用等式（3）计算一个城市 5 个指标各自的 LCCDI 数值以及该城市 LCCDI 的总体值。

$$LCCDI = \sum_{i=1}^n W_i \times A' \quad (3)$$

在等式（3）中， $W_i$  是指标  $i$  的权重。根据等式（3）计算的数值，比较各个城市的低碳发展水平。根据相对得分大小，就能对子系统和整体指标体系进行排名，对各个城市的低碳发展水平进行直观的比较。低碳城市发展指数越高，表明这个城市的低碳发展水平就越高。

## 评估低碳城市的发展水平

为了进行本章的研究，笔者从国家试点低碳城市计划中选取了 5 个城市——天津、深圳、杭州、南昌和保定作为研究对象。深圳是经济特区，在 20 世纪 80 年代还以最基本的农业经济为主，但是如今已经是高新技术产业、金融服务业、现代物流业与文化产业之都。杭州——浙江的省会，是中国人均最富有的省份，也是一个著名的旅游城市，其高新技术产业飞速发展。相反，保定是中国北部一个发展较慢的历史城市。保定接纳了越来越多的来自北京和天津的重工业产业，因此成了中国污染最严重的城市之一。江西省的南昌市近些年发展速度有所提升，被认为是在未来发展中极具潜力的一座城市。表 3 展示了 5 个城市的基本信息。

表 3 5 个试点城市 2013 年基本信息

| 城市 | 人均 GDP<br>(元) | 占地面积<br>(平方公里) | 城镇化率<br>(%) | 单位 GDP 能耗<br>(吨标准煤/万元) | 建成区绿化覆盖率<br>(%) |
|----|---------------|----------------|-------------|------------------------|-----------------|
| 天津 | 99607         | 11919          | 82.01       | 0.64                   | 34.93           |
| 深圳 | 136947        | 1992           | 100.00      | 0.48                   | 45.07           |
| 杭州 | 94566         | 16596          | 74.90       | 0.56                   | 40.23           |
| 南昌 | 64678         | 7402           | 69.83       | 0.60                   | 42.41           |
| 保定 | 25513         | 22200          | 42.93       | 0.25                   | 40.36           |

资料来源：国家和地方统计年鉴。

根据第二部分强调的低碳城市发展指数，笔者计算了2010年被国家发改委指定的5个国家低碳试验城市的低碳发展水平。笔者首先评估了低碳城市发展的总水平，然后计算了5个城市的各个指标的低碳发展水平。

### 评估低碳城市发展的总体水平

本章选择的5个城市2010~2013年的低碳发展指数展示在表4中。

如表4所示，2010~2013年，深圳的LCCDI指数的均值是0.71，是5个城市中最高的。杭州排第2，为0.51。接下来是南昌0.49、天津0.49以及保定0.41。但是，由于深圳的低碳发展水平比其他4个城市高出很多，因此它的指数提高了5个城市低碳发展指数的均值，其他4个城市的低碳发展水平都在均值以下。还有很重要的一点：即使杭州是个世界著名的旅游城市，其低碳发展水平也是相对比较低的。另外，许多其他中国城市的低碳发展指数更低，这就说明中国低碳城市发展总体水平的提升空间还有很大。

表4 2010~2013年五个试点城市低碳发展总得分及排名

| 城市 | 均值   | 排名 | 2010年 | 排名 | 2011年 | 排名 | 2012年 | 排名 | 2013年 | 排名 |
|----|------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|
| 深圳 | 0.71 | 1  | 0.75  | 1  | 0.73  | 1  | 0.71  | 1  | 0.67  | 1  |
| 杭州 | 0.51 | 2  | 0.46  | 4  | 0.49  | 3  | 0.59  | 2  | 0.48  | 2  |
| 南昌 | 0.49 | 3  | 0.50  | 3  | 0.48  | 4  | 0.56  | 3  | 0.44  | 3  |
| 天津 | 0.49 | 4  | 0.51  | 2  | 0.50  | 2  | 0.55  | 4  | 0.40  | 5  |
| 保定 | 0.40 | 5  | 0.39  | 5  | 0.41  | 5  | 0.41  | 5  | 0.41  | 4  |
| 均值 | 0.52 | —  | 0.52  | —  | 0.52  | —  | 0.56  | —  | 0.48  | —  |

资料来源：用来计算指数的数据来源于国家和地方统计年鉴。

需要注意的是，深圳的低碳发展水平是随着时间逐渐下降的，从2010年的0.75下降到2013年的0.67。相反，杭州的低碳发展水平基本呈上升趋势，2010年排第4名，2013年已经位列第2名。南昌和天津的低碳发展水平一直都处于波动状态，但是基本上都在平均水平以下。保定的排名基本上是最后一名，而且没有明显改善。

关于地理位置，分别排第1名和第2名的深圳和杭州都位于中国的东南沿海地区。排第3名的南昌位于中国的中部，排第4名和第5名的天津和保

定都位于中国北部。因此，中国城市的低碳发展水平呈现一种由南向北明显递减的趋势。其中的一个原因可能是保定等北方地区城市的钢铁生产带来了较高的碳浓度。但是，最重要的原因可能是南方地区，尤其是东南地区的总体经济和社会发展水平比北方城市高。东南地区的城市在技术、资本、人力资源和城市基础设施建设发展等方面也有很大优势，这就反过来加快了产业结构调整和技术革新的步伐，尤其是促进了能源节约并降低了二氧化碳排放量高的产业的碳排放。这也揭示了在城市发展的过程中，低碳发展模式是实用的，并且对于实现城市可持续发展目标（包括经济增长、良好的产业结构、城市建设和环境保护）来说是必要的。因此，低碳不仅是一个目标，而且是实现可持续发展的一个方法。

从不同指标角度评估低碳城市的发展水平

表 5~8 展示了 5 个城市的 5 个指标的低碳发展水平。

表 5 2010~2013 年 5 个试点城市“经济增长低碳化”得分及排名

| 城市 | 均值   | 排名 | 2010 年 | 排名 | 2011 年 | 排名 | 2012 年 | 排名 | 2013 年 | 排名 |
|----|------|----|--------|----|--------|----|--------|----|--------|----|
| 深圳 | 0.15 | 1  | 0.15   | 1  | 0.15   | 1  | 0.16   | 1  | 0.17   | 1  |
| 天津 | 0.14 | 2  | 0.14   | 2  | 0.15   | 2  | 0.13   | 2  | 0.13   | 2  |
| 杭州 | 0.11 | 3  | 0.10   | 3  | 0.11   | 3  | 0.11   | 4  | 0.11   | 3  |
| 南昌 | 0.08 | 4  | 0.07   | 4  | 0.06   | 4  | 0.12   | 3  | 0.07   | 4  |
| 保定 | 0.01 | 5  | 0.02   | 5  | 0.01   | 5  | 0.01   | 4  | 0.01   | 5  |
| 均值 | 0.52 | —  | 0.52   | —  | 0.52   | —  | 0.52   | —  | 0.48   | —  |

资料来源：用来计算指数的数据来源于国家和地方统计年鉴。

表 6 2010~2013 年 5 个试点城市“能源消耗低碳化”得分及排名

| 城市 | 均值   | 排名 | 2010 年 | 排名 | 2011 年 | 排名 | 2012 年 | 排名 | 2013 年 | 排名 |
|----|------|----|--------|----|--------|----|--------|----|--------|----|
| 深圳 | 0.29 | 1  | 0.31   | 1  | 0.31   | 1  | 0.31   | 1  | 0.24   | 1  |
| 南昌 | 0.18 | 2  | 0.20   | 2  | 0.16   | 2  | 0.21   | 3  | 0.15   | 3  |
| 保定 | 0.16 | 3  | 0.14   | 4  | 0.12   | 5  | 0.21   | 4  | 0.15   | 2  |
| 杭州 | 0.15 | 4  | 0.13   | 5  | 0.13   | 4  | 0.22   | 2  | 0.12   | 4  |
| 天津 | 0.15 | 5  | 0.16   | 3  | 0.13   | 3  | 0.20   | 5  | 0.10   | 5  |
| 均值 | 0.52 | —  | 0.52   | —  | 0.52   | —  | 0.52   | —  | 0.48   | —  |

资料来源：用来计算指数的数据来源于国家和地方统计年鉴。

表 7 2010 ~ 2013 年 5 个试点城市“城市建设低碳化”得分及排名

| 城市 | 均值   | 排名 | 2010 年 | 排名 | 2011 年 | 排名 | 2012 年 | 排名 | 2013 年 | 排名 |
|----|------|----|--------|----|--------|----|--------|----|--------|----|
| 深圳 | 0.11 | 1  | 0.11   | 1  | 0.11   | 1  | 0.11   | 1  | 0.11   | 1  |
| 杭州 | 0.07 | 2  | 0.07   | 2  | 0.06   | 2  | 0.07   | 2  | 0.06   | 2  |
| 南昌 | 0.06 | 3  | 0.06   | 3  | 0.06   | 3  | 0.06   | 3  | 0.06   | 3  |
| 天津 | 0.04 | 4  | 0.04   | 4  | 0.04   | 5  | 0.05   | 4  | 0.04   | 5  |
| 保定 | 0.03 | 5  | 0.03   | 5  | 0.05   | 4  | 0.02   | 5  | 0.04   | 4  |
| 均值 | 0.52 | —  | 0.52   | —  | 0.52   | —  | 0.52   | —  | 0.48   | —  |

资料来源：用来计算指数的数据来源于国家和地方统计年鉴。

表 8 2010 ~ 2013 年 5 个试点城市“政府支持力度低碳化”得分及排名

| 城市 | 均值   | 排名 | 2010 年 | 排名 | 2011 年 | 排名 | 2012 年 | 排名 | 2013 年 | 排名 |
|----|------|----|--------|----|--------|----|--------|----|--------|----|
| 杭州 | 0.14 | 1  | 0.13   | 3  | 0.14   | 3  | 0.15   | 1  | 0.15   | 1  |
| 深圳 | 0.14 | 2  | 0.14   | 1  | 0.15   | 2  | 0.12   | 2  | 0.15   | 2  |
| 南昌 | 0.13 | 3  | 0.13   | 2  | 0.15   | 1  | 0.12   | 3  | 0.12   | 3  |
| 保定 | 0.12 | 4  | 0.11   | 4  | 0.13   | 4  | 0.09   | 4  | 0.12   | 4  |
| 天津 | 0.09 | 5  | 0.11   | 5  | 0.11   | 5  | 0.09   | 5  | 0.06   | 5  |
| 均值 | 0.52 | —  | 0.52   | —  | 0.52   | —  | 0.52   | —  | 0.48   | —  |

资料来源：用来计算指数的数据来源于国家和地方统计年鉴。

表 9 2010 ~ 2013 年 5 个试点城市“居民消费低碳化”得分及排名

| 城市 | 均值   | 排名 | 2010 年 | 排名 | 2011 年 | 排名 | 2012 年 | 排名 | 2013 年 | 排名 |
|----|------|----|--------|----|--------|----|--------|----|--------|----|
| 保定 | 0.09 | 1  | 0.09   | 1  | 0.09   | 1  | 0.09   | 1  | 0.09   | 1  |
| 天津 | 0.07 | 2  | 0.07   | 2  | 0.08   | 2  | 0.08   | 2  | 0.07   | 2  |
| 南昌 | 0.04 | 3  | 0.04   | 3  | 0.05   | 3  | 0.05   | 3  | 0.04   | 3  |
| 杭州 | 0.04 | 4  | 0.03   | 5  | 0.04   | 4  | 0.04   | 4  | 0.04   | 4  |
| 深圳 | 0.02 | 5  | 0.04   | 4  | 0.01   | 5  | 0.01   | 5  | 0.01   | 5  |
| 均值 | 0.52 | —  | 0.52   | —  | 0.52   | —  | 0.52   | —  | 0.48   | —  |

资料来源：用来计算指数的数据来源于国家和地方统计年鉴。

本章对 5 个试点城市 5 个指标的低碳发展水平进行了以下总结，并按照低碳发展水平进行了降序排列。

## 深圳

深圳是 5 个试点城市中低碳发展水平最高的城市。它在经济增长、能源消耗和城市建设方面都排第 1 名，在政府支持力度方面排第 2 名。但是深圳在居民消费方面排名最后，这是深圳低碳发展中最薄弱的一环。

## 杭州

杭州在 5 个试点城市中低碳发展水平排第 2。它在政府支持力度方面排第 1，但是在能源消耗和居民消费方面都排第四名。

## 南昌

南昌的低碳发展水平在 5 个试点城市中排第 3。从低碳发展的 5 个指标来看，南昌在经济增长、城市建设、政府支持力度和居民消费等方面指数值较低，但是在能源消耗方面指数值相对较高。2010 ~ 2013 年，南昌低碳发展 5 个方面相对指标的排名都有所下降。

## 天津

虽然天津在经济发展方面的低碳发展水平相对较高，但是天津的低碳发展总体水平很低。天津在经济增长和居民消费方面的指数都较高，但是在能源消耗、城市建设和政府支持力度方面指数相对较低。

## 保定

保定的低碳发展总体水平很低，在 5 个样本城市中排最后。从 5 个低碳发展指标来看，保定在居民消费方面表现最好，但是在经济增长和城市建设方面表现最差。保定的能源消耗和政府支持力度指数都相对较低。换句话说，保定要想实现低碳发展还有很长的路要走。

## 结论和政策建议

本章使用了一个多指标体系来评估中国5个低碳发展试点城市的低碳发展水平。这一评估模型包含5个维度：经济增长、能源消耗、城市建设、政府支持力度和居民消费。笔者邀请专家对17个指标分配权重，并且计算了中国5个低碳试点城市2010~2013年5个维度指标的指数值以及低碳城市发展指数（LCCDI）的总数值。根据计算的数值，笔者对选取的5个城市的低碳发展水平进行了评估，主要的结果如下。

第一，一个城市的低碳发展水平和经济增长并不能形成“零和”的关系，“低碳”和“发展”可以同步进行。本章揭示了中国南部城市的经济发展和低碳发展水平比中国中部和北部城市高。这说明了“低碳”和“发展”可以同步进行，中国和其他国家都能在环境保护和经济发展中实现“双赢”。因此，在进行新一轮的城市化以及促进经济和社会发展的过程中，可以将低碳发展模式作为一种既能节约资源，也能实现经济增长的方法，这就为中国提供了一种可行的发展路径。

第二，5个城市的低碳发展总体水平并不是很高，2010~2013年也没有明显的进步。在这5个城市中，只有作为中国经济最发达的城市之一的深圳的低碳发展水平较高，指数高达0.71，其他4个城市的水平都相对较低。这就说明了在实行包括促进能源节约与减排的政策和干预在内的低碳发展计划以后，中国低碳计划试点城市的低碳发展水平并没有明显提升。这也说明了中国城市在低碳发展上仍然有很大的进步空间。

第三，从地理位置上来看，中国南部试点城市的低碳发展水平要比北部高。深圳和杭州低碳发展水平最高，其次是位于中部地区的南昌，北方城市天津和保定是低碳发展水平最低的试点城市。

第四，5个城市在5个维度方面的表现有很大差异。例如，深圳是5个城市中低碳发展总体水平最高的，但它的居民消费指数最低。天津的总体指数较低，但是其在经济发展和居民消费方面的指数较高。保定的低碳发展总体水平最低，但是其在能源消耗方面的指数较高，在居民能源消耗方面指数最高。这就说明每个城市如果能将目标放在最薄弱的环节上，那么其低碳发展水平的提高就会更高效。

基于这些主要的结论，本章也提供了一些政策性建议，以促进中国未来的低碳城市发展。

第一，能源节约和减排是未来低碳发展和中国城市化建设最重要的任务。实现能源节约和减排的关键在于提高能源使用的效率、调整能源结构、鼓励相关的技术创新并增加对低碳能源的使用。一方面，可再生能源如太阳能、风能、潮汐能都是无碳的，因此如果能用这些能源替代以非再生的化石燃料为基础的能源，就能够直接减少二氧化碳的排放，也可以减少使用化石燃料能源造成的严重的环境污染。另一方面，提高能源使用效率的关键在于及时地更新、发展以及拓展低碳技术。当前，中国的低碳技术主要包括太阳能发电（光电池）、碳捕捉和储存技术、绿色照明（发光二极管）等（Wang, 2011）。但是，由于中国发展低碳技术的起步时间较晚，这些技术的总体水平相对较低。因此，中国应该学习并从国外引进一些先进的低碳技术。这不仅有助于减少二氧化碳排放，而且能促进可再生能源技术、能源节约和减排技术以及洁净煤技术的创新和发展。

第二，一方面，政府可以使用补贴、税收以及优惠融资等手段来鼓励企业进行技术研究和开发，或者引入低碳技术并增加其在生产和消费中的应用比例。对于交通运输和建筑等能源消耗较高的产业，政府应该进一步鼓励其加速产业的技术性调整和革新。另一方面，政府应该加强低碳经济方面的制度和法律的实施力度，如建立碳交易和碳金融市场、改进有关低碳经济发展的纳税系统、实行低碳经济的法律法规、更严格地管理低碳城市的建设和发展。

第三，中国应该更加关注战略性新兴产业的发展，这些产业的主要特点之一就是能源和资源的低消耗，这也是城市化政策下低碳发展的目标之一。在中国政府提出的七个战略性新兴产业<sup>①</sup>中，节能环保产业、新能源产业和新能源汽车产业直接反映了低碳发展的目标。与传统的重工制造业相比，新一代信息技术产业、生物产业、高端设备制造产业和新材料产业都是资源节约型产业。随着这些产业的发展，战略性新兴产业将促进本地

---

① 中国政府提出的七个战略性新兴产业包括节能环保产业、新一代信息技术产业、生物产业、高端设备制造产业、新能源产业、新材料产业和新能源汽车产业。



产业结构的更新，并从根本上改变地区经济发展的方式。从低碳和可持续发展的角度来说，发展战略性新兴产业为中国城市未来的发展提供了清晰的发展方向。

第四，中国应该允许市场进行资源的再分配，在新型城镇化政策下促进低碳发展。逐渐建立市场导向的低碳机制很重要，如可以发展碳排放交易和碳金融等。中国已经在深圳、天津、广州、湖北和重庆创立了二氧化碳排放交易机制，并建立了北京环境交易所和上海环境能源交易所。但是，这些交易所的碳交易量与欧洲、北美的发达国家相比仍然很低，其操作机制还需要进一步改进。

第五，提高公众意识并鼓励低碳消费对低碳城市的发展也很重要。现今，公众对低碳行为了解甚微，这成为中国发展低碳城市中最薄弱的一环。比如，人们不理解低碳消费并不是降低生活质量的同义词。政府应该与公众进行有效沟通，使其理解低碳发展是可以提高人们的生活质量的。提高人们的低碳消费意识并改变传统的消费行为需要花较长的时间，因此政府应该努力宣传居民低碳消费的重要性，并鼓励公众逐渐采取低碳消费的生活方式，从而为低碳发展和城市的可持续发展做出贡献。

## 参考文献

- Baeumler, A., Ijjasz-Vasquez, E. and Mehndiratta, S. (eds) (2012), *Sustainable low-carbon city development in China*, Washington, DC: World Bank Publications.
- Bao, J., Miao, Y. and Chen, F. (2008), Low carbon economy: Revolution in the way of human economic development, *China Industrial Economics*, 4: 153–160.
- Carr, E., Wingard, P., Yorty, S., Thompson, M., Jensen, N. and Roberson, J. (2007), Applying DPSIR to sustainable development, *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 14(6): 543–555.
- Casler, S. and Blair, P. (1997), Economic structure, fuel combustion, and pollution emissions, *Ecological Economics*, 22(1): 19–27.
- Fan, Y., Liu, L., Wu, G. and Wei, Y. (2006), Analysing impact factors of CO<sub>2</sub> emissions using the STIRPAT model, *Environmental Impact Assessment Review*, 26(4): 377–395.
- Feliciano, M. and Prosperi, D. (2011), Planning for low carbon cities: Reflection on the case of Broward County, Florida, USA, *Cities*, 28(6): 505–516.
- Gabrielsen, P. and Bosch, P. (2003), *Environmental indicators: Typology and use in reporting*, Copenhagen: EEA.
- Golove, W. and Schipper, L. (1997), Restraining carbon emissions: Measuring energy use and efficiency in the USA, *Energy Policy*, 25(7): 803–812.
- Gu, C., Hu, L., Zhang, X., Wang, X. and Guo, J. (2011), Climate change and urbanization in the Yangtze River Delta, *Habitat International*, 35(4): 544–552.
- Hu, B. (2013), On the new urbanisation path with six integrated dimensions, *Guangming Daily*, 28 June.
- Hu, M. and Li, A. (2016), Between vision and reality: China low carbon city development, *Financial Times* [Chinese], 3 April. Available from: [ftchinese.com/story/001066469?full=y](http://ftchinese.com/story/001066469?full=y).
- Huang, H. (2011), The China environment yearbook. Volume 5. State of change: Environmental governance and citizens' rights, [Book review], *China Review International*, 18(2): 253–256.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2006), *IPCC guidelines for national greenhouse gas*, London: Cambridge University Press.
- Li, B. (2013), Governing urban climate change adaptation in China, *Environment and Urbanization*, 25(2): 413–427.

- Li, J. and Wang, X. (2012), Energy and climate policy in China's twelfth five-year plan: A paradigm shift, *Energy Policy*, 41: 519–528.
- Li, X. and Pan, J. (2015), *China green development index report 2012*, New York: Springer.
- Liu, Z. (2015), *China's carbon emissions report 2015*, Cambridge, Mass.: John F. Kennedy School of Government, Harvard University.
- Nanchang Municipal Statistics Bureau (2011), *Nanchang statistical yearbook 2011*. Beijing: China Statistics Press.
- Nanchang Municipal Statistics Bureau (2012), *Nanchang statistical yearbook 2012*. Beijing: China Statistics Press.
- Nanchang Municipal Statistics Bureau (2013), *Nanchang statistical yearbook 2013*. Beijing: China Statistics Press.
- Nanchang Municipal Statistics Bureau (2014), *Nanchang statistical yearbook 2014*. Beijing: China Statistics Press.
- National Bureau of Statistics (NBS) (2011a), *China city construction statistical yearbook 2011*, Beijing: China Statistics Press.
- National Bureau of Statistics (NBS) (2011b), *China city statistical yearbook 2011*. Beijing: China Statistics Press.
- National Bureau of Statistics (NBS) (2011c), *China energy statistical yearbook 2011*, Beijing: China Statistics Press.
- National Bureau of Statistics (NBS) (2011d), *China statistical yearbook on environment 2011*, Beijing: China Statistics Press.
- National Bureau of Statistics (NBS) (2011e), *China statistical yearbook 2011*. Beijing: China Statistics Press.
- National Bureau of Statistics (NBS) (2011f), *Hangzhou statistical yearbook 2011*. Beijing: China Statistics Press.
- National Bureau of Statistics (NBS) (2011g), *Statistical bulletin of national economic and social development 2011*, Beijing: China Statistics Press.
- National Bureau of Statistics (NBS) (2012a), *China city construction statistical yearbook 2012*, Beijing: China Statistics Press.
- National Bureau of Statistics (NBS) (2012b), *China city statistical yearbook 2012*. Beijing: China Statistics Press.

- National Bureau of Statistics (NBS) (2012c), *China energy statistical yearbook 2012*, Beijing: China Statistics Press.
- National Bureau of Statistics (NBS) (2012d), *China statistical yearbook on environment 2012*, Beijing: China Statistics Press.
- National Bureau of Statistics (NBS) (2012e), *China statistical yearbook 2012*, Beijing: China Statistics Press.
- National Bureau of Statistics (NBS) (2012f), *Hangzhou statistical yearbook 2012*, Beijing: China Statistics Press.
- National Bureau of Statistics (NBS) (2012g), *Statistical bulletin of national economic and social development 2012*, Beijing: China Statistics Press.
- National Bureau of Statistics (NBS) (2013a), *China city construction statistical yearbook 2013*, Beijing: China Statistics Press.
- National Bureau of Statistics (NBS) (2013b), *China city statistical yearbook 2013*, Beijing: China Statistics Press.
- National Bureau of Statistics (NBS) (2013c), *China energy statistical yearbook 2013*, Beijing: China Statistics Press.
- National Bureau of Statistics (NBS) (2013d), *China statistical yearbook on environment 2013*, Beijing: China Statistics Press.
- National Bureau of Statistics (NBS) (2013e), *China statistical yearbook 2013*, Beijing: China Statistics Press.
- National Bureau of Statistics (NBS) (2013f), *Hangzhou statistical yearbook 2013*, Beijing: China Statistics Press.
- National Bureau of Statistics (NBS) (2013g), *Statistical bulletin of national economic and social development 2013*, Beijing: China Statistics Press.
- National Bureau of Statistics (NBS) (2014a), *China city construction statistical yearbook 2014*, Beijing: China Statistics Press.
- National Bureau of Statistics (NBS) (2014b), *China city statistical yearbook 2014*, Beijing: China Statistics Press.
- National Bureau of Statistics (NBS) (2014c), *China energy statistical yearbook 2014*, Beijing: China Statistics Press.
- National Bureau of Statistics (NBS) (2014d), *China statistical yearbook on environment 2014*, Beijing: China Statistics Press.

- National Bureau of Statistics (NBS) (2014e), *China statistical yearbook 2014*, Beijing: China Statistics Press.
- National Bureau of Statistics (NBS) (2014f), *Hangzhou statistical yearbook 2014*, Beijing: China Statistics Press.
- National Bureau of Statistics (NBS) (2014g), *Statistical bulletin of national economic and social development 2014*, Beijing: China Statistics Press.
- National Development and Reform Commission (NDRC) (2008), *National standard of the People's Republic of China, GB/T 2589-2008, General principles for calculation of total production energy consumption*, Beijing: NDRC.
- National Development and Reform Commission (NDRC) (2010), *Notice for carrying out low-carbon pilot schemes at provincial and city levels*, Beijing: NDRC. Available from: [gov.cn/zwgk/2010-08/10/content\\_1675733.htm](http://gov.cn/zwgk/2010-08/10/content_1675733.htm).
- National Development and Reform Commission (NDRC) (2012), *Circular on the second batch of national pilot low-carbon provinces and low-carbon cities*, Beijing: NDRC. Available from: [ccchina.gov.cn/nDetail.aspx?newsId=28162&TId=60](http://ccchina.gov.cn/nDetail.aspx?newsId=28162&TId=60).
- Pulselli, F., Coscieme, L., Neri, L., Regoli, A., Sutton, P., Lemmi, A. and Bastianoni, S. (2015), The world economy in a cube: A more rational structural representation of sustainability, *Global Environmental Change*, 35: 41–51.
- Selden, T. and Song, D. (1994), Environmental quality and development: Is there a Kuznets curve for air pollution emissions?, *Journal of Environmental Economics and Management*, 27(2): 147–162.
- Shao, C. and Ju, M. (2010), Studies of low-carbon city indicator system based on the DPSIR model, *Ecological Economics*, 10: 95–99.
- Soytas, U. and Sari, R. (2009), Energy consumption, economic growth, and carbon emissions: Challenges faced by an EU candidate member, *Ecological Economics*, 68(6): 1667–1675.
- Statistical Bureau of Baoding (2011), *Baoding statistical yearbook 2011*, Beijing: China Statistics Press.
- Statistical Bureau of Baoding (2012), *Baoding statistical yearbook 2012*, Beijing: China Statistics Press.
- Statistical Bureau of Baoding (2013), *Baoding statistical yearbook 2013*, Beijing: China Statistics Press.

- Statistical Bureau of Baoding (2014), *Baoding statistical yearbook 2014*, Beijing: China Statistics Press.
- Statistics Bureau of Shenzhen City (2011), *Shenzhen statistical yearbook 2011*, Beijing: China Statistics Press.
- Statistics Bureau of Shenzhen City (2012), *Shenzhen statistical yearbook 2012*, Beijing: China Statistics Press.
- Statistics Bureau of Shenzhen City (2013), *Shenzhen statistical yearbook 2013*, Beijing: China Statistics Press.
- Statistics Bureau of Shenzhen City (2014), *Shenzhen statistical yearbook 2014*, Beijing: China Statistics Press.
- Stern, D. and Common, M. (2001), Is there an environmental Kuznets curve for sulfur?, *Journal of Environmental Economics and Management*, 41(2): 162–178.
- Tianjin Municipal Statistics Bureau (2011), *Tianjin statistical yearbook 2011*, Beijing: China Statistics Press.
- Tianjin Municipal Statistics Bureau (2012), *Tianjin statistical yearbook 2012*, Beijing: China Statistics Press.
- Tianjin Municipal Statistics Bureau (2013), *Tianjin statistical yearbook 2013*, Beijing: China Statistics Press.
- Tianjin Municipal Statistics Bureau (2014), *Tianjin statistical yearbook 2014*, Beijing: China Statistics Press.
- Wang, H. (2013), Review of DPSIR framework, *Guidance of Economic Research*, 19: 4–5.
- Wang, W. (2011), Studies on status, problem and development mode of China's low-carbon technology, *China Soft Technology*, 12: 84–91.
- Weidema, B., Thrane, M., Christensen, P., Schmidt, J. and Løkke, S. (2008), Carbon footprint, *Journal of Industrial Ecology*, 12(1): 3–6.
- York, R., Rosa, E. and Dietz, T. (2003), STIRPAT, IPAT and ImpACT: Analytic tools for unpacking the driving forces of environmental impacts, *Ecological Economics*, 46(3): 351–65.
- Zhang, X. and Cheng, X. (2009), Energy consumption, carbon emissions, and economic growth in China, *Ecological Economics*, 68(10): 2706–2712.

(李乔迁 译)