

城市低碳发展水平及关键领域碳排放实证研究

——基于天津市的案例分析

赵先超, 周跃云, 芦 鹏

(湖南工业大学 长株潭两型社会研究院, 湖南 株洲 412007)

摘 要: 基于天津市社会经济发展现状, 运用相关计量模型, 定量测算了天津市碳排放总量及三大关键领域碳排放量。测算结果表明: 2000—2009年, 天津市碳排放总量持续增加; 2008年, 天津市人均碳排放量远高于同期全国人均碳排放水平; 2008年天津市工业生产碳排放量为8 986.67万t, 交通碳排放量为2 171.85万t, 全生命周期建筑碳排放量为3 663.02万t, 三者累计达14 821.54万t, 占碳排放总量的98.54%。因此, 未来天津市碳减排的重点应致力于生产、交通及建筑三大领域。

关键词: 天津市; 碳排放; 关键领域

中图分类号: F127.21

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2011)04-0081-05

An Empirical Research on Urban Low-Carbon Development and Carbon Emissions of Key Areas—Tianjin-Based Case Analysis

Zhao Xianchao, Zhou Yueyun, Lu Peng

(Institute of “Two-Oriented Society” of CZT, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

Abstract: Based on the status of socio-economic development in Tianjin, uses related measurement model to estimate quantitatively the total carbon emissions and three critical carbon emissions in Tianjin. The calculated result shows: Tianjin total carbon emissions increase continuously from 2000 to 2009, per capita emissions of 2008 is far higher than the national average, and in 2008 Tianjin industrial carbon emissions is 89.866 7 million tons, the traffic carbon emissions is 21.718 5 million tons, building life cycle carbon emissions is 36.630 2 million tons, which totals 148.215 4 million tons and accounts for 98.54% of total carbon emissions. Therefore, the future carbon emission reduction of Tianjin should mainly focus on three areas, i.e. production, transportation and building.

Keywords: Tianjin; carbon emissions; key areas

0 引言

城市作为物质生产最为集中的区域, 同时也是温室气体排放量最多、增长最快的区域。据测算, 全球大城市消耗的能源占能源总消耗量的75%, 温室

气体排放量占总排放量的80%。在中国, 城市能耗和碳排放也是能源消耗的主要来源。2005年, 我国城市的商业能耗占全国总能耗的84%, 其中, 35个大城市的能源消耗量和碳排放占总能耗和总排放的40%^[1]。因此, 城市节能减排对降低全球碳排放具有

收稿日期: 2011-05-12

基金项目: 湖南省研究生科研创新基金资助项目(CX2010B222), 湖南省情与决策咨询研究基金资助项目(201011BZZ50)

作者简介: 赵先超(1983-), 男, 山东郓城人, 湖南工业大学教师, 博士生, 主要从事区域经济开发区等方面的教学与研究,

E-mail: zhaoxianchao1983@163.com

至关重要的作用。据研究,城市生产、交通及建筑碳排放量约占总碳排放量的90%以上,而且碳排放将随城市建设活动的增加而不断加剧^[2]。随着低碳理念的兴起,城市作为高能耗、高碳排放的集中地,理应成为应对气候变化和发展低碳经济的主体。同时,面对传统“三高—低”的高碳型经济发展模式,城市也正普遍面临着亟需向低碳经济转型的严峻背景。创建低碳城市,走可持续发展的低碳道路已成为广大学者、城市经营者普遍关注的热点课题。

与国内低碳城市创建热潮相比,国内低碳城市理论研究尚显滞后,难以有效指导低碳城市建设。主要表现在:1)浅层次的理论研究过多,多围绕低碳城市创建意义、存在问题等泛泛而谈,对低碳城市创建途径、对策研究不多;2)深层次的定量研究较少,且国内现有研究成果多针对某一区域(以省级区域为主)的碳排放总量进行探讨,而缺乏对碳排放主要领域的测算,如工业(生产)碳排放、交通碳排放及建筑碳排放,这不利于有效分类指导低碳城市建设;3)研究区域过度集中,已有研究成果多针对北京、上海等国际化大都市,对老工业城市、二线城市的低碳转型或低碳发展等研究不多;4)研究视角单一,已有研究多局限于单一视角,而低碳城市建设广泛涉及城市管理、经济发展、环境保护、建筑节能等多方面内容以及政府管理者、企业、社会大众等多元主体,视角的单一性往往导致研究的狭隘性。基于这一研究现状,本文选择天津市作为实证研究对象,通过定量测定天津市碳排放总量及三大关键领域(工业、交通、建筑)碳排放量,以期对天津市实现节能减排、创建低碳城市提供理论参考。

1 研究区域概况及测算方法

天津市地处华北平原东北部,环渤海湾的中心,

表1 2000—2009年天津市碳排放量

Table 1 Carbon emissions of Tianjin from 2000 to 2009

年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
排放量/万t	6 980.384	7 204.134	7 441.186	8 227.698	9 891.957	10 141.110	11 098.890	12 580.040	15 040.970	15 815.910

从表1可知:2000—2009年天津市碳排放量逐年增加,从2000年的6 980.384万t增长到2009年的15 815.910万t,增长了8 835.526万t,年均增长883.553万t。利用指数方程与线性方程分别进行拟合分析,发现2000—2009年天津市碳排放量基本呈指数增长。因此可以推测,未来一段时间内,随着天津市经济的快速发展,碳排放量仍将逐渐增大。

衡量城市低碳发展水平的核心指标为人均碳排

东临渤海,北依燕山。天津对内腹地辽阔,辐射华北、东北、西北13个省、市、自治区,对外面向东北亚,是中国北方最大的沿海开放城市。2007年,全市常住人口为1 176万人,城镇人口为783.06万人,城市化率为60.51%。截至2008年底,天津市共辖15个区、3个县(静海县、宁河县、蓟县)。全市面积为11 760.3 km²,其中市区面积为4 334.72 km²,建成中心城区面积为530 km²,滨海新区城区面积为350 km²。

近年来,特别是“十一五”以来,天津市经济快速发展。2009年,天津市实现生产总值7 521.85亿元,比上年增长16.5%;工业增加值3 749.81亿元,比上年增长18.5%。按常住人口计算,全市人均生产总值62 403元/人,比上年增长11.1%。

本文所使用的统计数据主要来源于《天津市统计年鉴(2001—2010)》《中国城市统计年鉴(2001—2010)》《中国城市建设统计年鉴(2001—2010)》《中国能源统计年鉴(2001—2010)》《天津市国民经济和社会发展统计公报(2000—2009)》。

本文采用的测算方法为:碳排放总量采用Kaya模型进行定量测算;工业碳排放采用Kaya模型的修正模型^[3]进行定量测算;建筑碳排放指全生命周期的建筑碳排放,包括建筑材料碳排放、建筑建造与拆除阶段的碳排放、建筑间接碳排放与建筑运行阶段的碳排放,测算方法采用全球低碳城市联合研究中心的研究成果^[4];城市交通碳排放测算采用张陶新的研究方法^[5]。

2 天津市低碳发展水平实证分析

2.1 基于主要指标法的天津市低碳发展水平评价

根据Kaya碳排放测算模型,将有关基础数据代入,经计算得到2000—2009年天津市碳排放总量(见表1)。

放量、碳生产力和碳能源排放系数^[6]。基于数据的可获取性,本文选择人均CO₂排放量、碳生产力、碳排放强度(碳能源排放系数的倒数)3个核心指标来评价天津市的低碳发展水平(见表2)。

由表2分析可知:1)人均碳排放。人均碳排放=碳排放总量/人口总量,主要反映的是人均能源消费,反映不同消费模式导致的人均碳排放水平差异。2000—2009年天津市人均碳排放逐年增加,从2000

年的6.972 t/人增加到2009年的12.878 t/人,增长了将近1倍,增幅达84.7%。2)碳生产力。碳生产力=GDP总量/碳排放总量,重点评价生产系统的能源消耗强度。该指标可有效衡量低碳技术的先进程度。2000—2009年,天津市碳生产力水平也逐年提高,从2000年的0.240万元/t增长到2009年的0.480万元/t,增幅达100%,高于同期人均碳排放增幅。3)碳排放强度。

碳排放强度=碳排放总量/能源消耗总量,主要反映的是能源使用效率。该指标可有效衡量城市能源结构、能源利用效率等。2000—2009年,天津市碳排放强度呈不平稳变化特征,但总体上来看,处于增长状态。2000年,天津市碳排放强度为2.500,2009年增长到2.700,增幅为8.0%,低于同期人均碳排放及碳生产力增幅。

表2 2000—2009年天津市碳排放主要指标

Table 2 The main indicators for carbon emissions in Tianjin from 2000 to 2009

年 份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
人均 CO ₂ 排放量/(t·人 ⁻¹)	6.972	7.175	7.388	8.136	9.663	9.723	10.325	11.283	12.790	12.878
碳生产力/(万元·t ⁻¹)	0.240	0.270	0.290	0.310	0.310	0.390	0.400	0.420	0.450	0.480
碳排放强度	2.500	2.470	2.460	2.560	2.680	2.470	2.470	2.540	2.810	2.700

注:碳排放强度=碳排放总量/能源消耗总量。

2.2 与北京、上海及长沙市的比较分析

为准确评价天津市低碳发展水平,有必要将天津市与其他城市进行对比分析。基于数据的可获取性,选择北京、上海及长沙市进行比较(见表3)。其中,北京与上海作为直辖市的代表,其数据来源于参考文献[3];长沙作为内陆省会城市代表,其数据来源于参考文献[7]。

表3 4市低碳发展水平比较

Table 3 Comparison of 4 city low-carbon development

城 市	人均 CO ₂ 排放/(t·人 ⁻¹)	碳生产力/(万元·t ⁻¹)	碳排放强度	非化石能源所占比例/%
天津	10.33	0.45	2.81	4.71
北京	9.15	0.63	2.87	4.00
上海	12.11	0.58	2.68	11.10
长沙	7.74	0.46	2.92	4.28

由表3可知:1)人均碳排放。2008年天津市人均碳排放为10.33 t/人,高于同期北京、长沙的人均碳排放水平,也远高于同期全国人均碳排放水平(4.12 t/人)。2)碳生产力。2008年天津市碳生产力为0.45万元/t,低于北京、上海及长沙的碳生产力水平。3)碳排放强度。2008年天津市碳排放强度为2.81,高于上海的碳排放强度水平,低于北京与长沙的碳排放强度水平。4)非化石能源所占比例。2008年天津市非化石能源消耗所占比例为4.71%,高于北京和长沙的非化石能源消耗所占比例,但低于上海的非化石能源消耗所占比例。

通过与北京、上海及长沙市的比较分析可知,天津市低碳发展水平并不高,衡量低碳城市发展水平的几个核心指标排名都较靠后。但从另一方面来说,天津市具有较大的碳减排潜力,碳生产力具有较大的提升空间,碳排放强度具有较大的下降空间,非化石能源也具有较广阔的发展前景。

3 天津市关键领域碳排放测算与分析

城市碳排放总量的计算对城市碳减排具有重要的意义。除此之外,从消费终端考虑,城市碳排放的三大关键领域即生产碳排放(工业碳排放)、交通碳排放及建筑碳排放的计算,对碳减排政策的具体落实以及分类指导城市碳减排具有更现实的意义。有关研究指出:2007年上海市生产碳排放、交通碳排放及建筑碳排放分别占总碳排放的58.21%,18.77%,16.12%,三者总量超过总排放的93%^[3]。本文将借鉴现有研究成果,对天津市工业碳排放、建筑全生命周期碳排放及交通碳排放进行定量测算,以期有效分类指导天津市碳减排及低碳城市建设提供数据参考。

3.1 工业碳排放

分析天津市工业生产过程中的碳排放总量及不同行业碳排放量的分布,将有助于产业结构、产品结构、能源结构与碳排放的量化关系的确定,从而有利于制定切实可行的碳减排对策。利用工业碳排放模型,计算得出天津市2000—2008年工业生产碳排放量(见表4)。

由表4分析可知:1)2000年天津市工业生产碳排放量为4 353.50万t,2008年达8 986.67万t,增长了4 633.17万t,年均增幅11.8%。2)2000—2002年,工业碳排放占总排放的比例逐渐上升,这主要是由工业产值所占比例增大,造成能耗过多而引起的;2002—2004年,工业碳排放所占比例开始下降;2005年之后又开始回升,并在2006年达最高值;2006—2008年,生产碳排放所占比例逐渐减小,这主要是由于“十一五”时期,节能减排政策初见成效,能源效率有较大提高。

表 4 2000—2008 年天津市工业碳排放及占总排放的比例

Table 4 Tianjin industrial carbon emission and the proportion of total emissions from 2000 to 2008

年 份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
工业碳排放 / 万 t	4 353.50	4 546.22	4 824.54	5 114.55	5 963.64	6 731.18	7 544.58	8 371.67	8 986.67
工业碳排放占总排放的比例 / %	62.37	63.11	64.84	62.16	60.29	66.38	67.98	66.55	59.75

工业行业主要包括采矿业、制造业和电力、燃气、水的生产和供应三大行业。以 2008 年为例,天津市工业三大行业中,采矿业碳排放占行业总碳排放的 5.2%,制造业碳排放占总排放的 91.7%,电力、燃气、水的生产和供应业碳排放占总排放的 3.1%。从制造业各内部行业来看,金属制造、石油加工、化学原料及化学制品等能源密集型行业碳排放量较大,特别是黑色金属制造行业。2008 年,天津市黑色金属冶炼及压延加工业碳排放达 2 555.6 万 t,占同期工业行业碳排放 (8 986.67 万 t) 的 28.44%;石油加工炼焦及核燃料加工业碳排放为 828.10 万 t,占同期工业行业碳排放的 9.21%;化学原料及化学制品制造业碳排放为 811.32 万 t,占同期工业行业碳排放的 9.02%。因此,

天津市未来碳减排的关键是提高金属制造、石油加工、化学原料及化学制造等能源密集型行业的能源利用效率,提高相关企业的技术含量和技术附加值,以实现产业的低碳转型和产品的升级。

3.2 建筑碳排放

参考前述研究方法,将有关数据代入,得到天津市全生命周期建筑能耗数据 (见表 5)。由表 5 可知,在全生命周期建筑能耗中,建筑运行阶段能耗占建筑总能耗的比例较大,达 54.00%;建筑材料能耗占建筑总能耗的 20.24%;建筑间接能耗占建筑总能耗的 16.37%;建筑建造与拆除能耗占建筑总能耗的 9.40%。建筑运行与建筑材料能耗二者共占建筑总能耗的 74.24%。

表 5 2008 年天津市全生命周期建筑能耗

Table 5 The building energy consumption for whole life cycle of Tianjin in 2008

项 目	建筑能耗 / 万 t	占建筑总能耗比例 / %	占城市总能耗比例 / %	建筑碳排放 / 万 t	占建筑总排放比例 / %
建筑材料	301.409	20.24	5.62	741	20.24
建筑间接	243.676	16.37	4.54	599	16.34
建筑运行	803.920	54.00	15.00	1 978	53.99
建筑建造与拆除	140.030	9.40	2.61	344	9.40
合计	1489.040		27.77	3 663	

与建筑各阶段能耗相类似,建筑运行阶段碳排放量为 1 978 万 t,占建筑全生命周期碳排放量的 53.99%;建筑材料碳排放为 741 万 t,占建筑全生命周期碳排放量的 20.24%。二者共占建筑碳排放总量的 74.23%。经计算可得,2008 年天津市全生命周期建筑碳排放量=2.46*1 489.040=3 663.020(万 t)。因此,未来建筑碳减排的关键在于逐步降低建筑运行能耗以及使用节能环保的建材。

3.3 交通碳排放

基于数据的可获取性,本文不再针对城市交通结构 (客运结构与货运结构) 进行展开。在参考前述研究方法的基础上,对天津市客运二氧化碳排放量按 56 kg/人·km 测算,货运二氧化碳排放量按 150 kg/t·km 测算,计算结果见表 6。

由表 6 可知,2000—2005 年天津市交通碳排放量逐年增加,由 2000 年的 701.10 万 t,增加到 2005 年的 1 869.15 万 t,交通碳排放占城市碳排放总量的比例由 2000 年的 10.04% 增长到 2005 年的 18.43%。2005—2008 年,交通碳排放呈现先下降再上升再下降的趋势。

2007 年之后,天津市实施节能减排政策,并逐渐普及了新能源汽车,直接促使了交通碳排放量的降低。

表 6 2000—2008 年天津市交通碳排放

Table 6 The traffic carbon emissions of Tianjin from 2000 to 2008

年 份	客运周转量 / 万人·km	货运周转量 / 亿 t·km	交通碳排放 / 万 t	占城市碳排放比例 / %
2000	8 845	4 674	701.10	10.04
2001	9 197	5 166	774.90	10.76
2002	9 255	6 484	972.60	13.07
2003	9 274	8 169	1 225.35	14.89
2004	11 713	11 473	1 720.95	17.40
2005	14 210	12 461	1 869.15	18.43
2006	16 341	12 184	1 827.60	16.47
2007	18 380	15 221	2 283.15	18.15
2008	19 612	14 479	2 171.85	14.44

3.4 三大领域碳排放量及其对比分析

2008 年,天津市工业生产碳排放量为 8 986.67 万 t,交通碳排放量为 2 171.85 万 t,全生命周期建筑碳排放量为 3 663.02 万 t,三者累计 14 821.54 万 t,占碳排放总量的 98.54%。因此,城市碳排放的三大领域按排放

量来看,工业碳排放>全生命周期建筑碳排放>交通碳排放。

将天津市三大领域碳排放与上海市进行对比分

析,结果见表7。其中,因上海市建筑全生命周期碳排放量数据未能获取,故仅选取建筑运行碳排放量数据进行对比分析。

表7 2008年天津市碳排放指标的比较
Table 7 Comparative of carbon emission indicators of Tianjin in 2008

城市	总碳排放 / 万 t	工业碳排放		交通碳排放		建筑运行碳排放	
		排放量 / 万 t	所占比例 / %	排放量 / 万 t	所占比例 / %	排放量 / 万 t	所占比例 / %
天津	15 040.97	8 986.67	59.75	2 171.85	14.44	1 978.00	13.15
上海	23 930.99	13 928.62	58.20	4 490.97	18.77	3 857.51	16.12

由表7可知:1)在工业碳排放上,2008年,二市所占总碳排放的比例相差不大,天津市工业碳排放所占比例为59.75%,上海市工业碳排放所占比例为58.20%。这说明工业生产在保证经济快速发展的同时也是碳排放的最主要来源,减少城市碳排放的首要任务是工业碳减排。2)在交通碳排放上,2008年,天津市交通碳排放所占比例为14.44%,低于上海市交通碳排放所占比例(18.77%),这主要是由于上海市客、货运量都远大于天津市。3)在建筑运行碳排放上,2008年,天津市建筑运行阶段碳排放量为1 978.00万t,占城市总排放量的13.15%;同期上海市建筑运行阶段碳排放量为3 857.51万t,占城市总排放量的16.12%。

4 结论

运用相关计量模型,定量测算了天津市碳排放总量及三大领域碳排放量,评价了天津市低碳发展水平。结果表明:2000—2009年天津市碳排放总量持续增加;人均碳排放量高于全国人均碳排放水平;2008年天津市工业生产碳排放量为8 986.67万t,交通碳排放量为2 171.85万t,全生命周期建筑碳排放量为3 663.02万t,三者累计为14 821.54万t,占碳排放总量的98.54%。故未来天津市碳减排的重点应致力于生产、交通及建筑三大领域的低碳化发展。

参考文献:

[1] Dhakal S. Urban Energy Use and Carbon Emissions from Cities in China and Policy Implications[J]. Energy Policy, 2009, 37(11): 4208-4219.

[2] 陈飞. 低碳城市发展与对策措施研究: 上海实证分析[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010: 16.
Chen Fei. Low-Carbon City Development and Countermeasures: Shanghai Empirical Analysis[M]. Beijing: China Architecture Industry Press, 2010: 16.

[3] 陈飞, 诸大建. 低碳城市研究的理论与上海实证分析[J]. 城市发展研究, 2009, 16(10): 71-79.
Chen Fei, Chu Dajian. Theory Research on Low-Carbon City and Shanghai Empirical Analysis[J]. Urban Studies, 2009, 16(10): 71-79.

[4] 张陶新, 周跃云, 芦鹏. 中国城市低碳建筑的内涵与碳排放量的估算模型[J]. 湖南工业大学学报, 2011, 25(1): 77-80.
Zhang Taoxin, Zhou Yueyun, Lu Peng. Estimation Model of Carbon Emission and Connotation of China's Urban Low-Carbon Building, 2011, 25(1): 77-80.

[5] 张陶新, 周跃云, 赵先超. 中国城市低碳交通建设的现状与途径分析[J]. 城市发展研究, 2011, 18(1): 69-75.
Zhang Taoxin, Zhou Yueyun, Zhao Xianchao. Analysis on the Status and Development Path of the China's Urban Low-Carbon Transport[J]. Urban Studies, 2011, 18(1): 69-75.

[6] 朱守先. 城市低碳发展水平及潜力比较分析[J]. 开放导报, 2009(4): 10-13.
Zhu Shouxian. On Levels of Urban Low Carbon Economy and Analysis of the Potentials[J]. China Opening Herald, 2009(4): 10-13.

[7] 赵先超. 城市低碳发展与提升对策研究: 基于长沙市的实证分析[D]. 长沙: 湖南师范大学, 2011.
Zhao Xianchao. Research on Low-Carbon Development and Strategy of City: An Empirical Analysis of Changsha[D]. Changsha: Hunan Normal University, 2011.

(责任编辑: 徐海燕)