

# 上海市碳排放量及碳源分布

杨 鹏, 陶小马, 崔风暴

(同济大学 经济与管理学院, 上海 200092)

**摘要:** 对上海市碳源-碳汇的发展现状、增减趋势以及产业-行业层面的碳源分布进行了深入分析, 结果表明: 上海市的碳排放量在 15 年内增加了将近 2.54 倍, 且相对于碳源的快速增加而言, 上海的碳汇数量很少; 工业与交通运输领域是当前上海市的主导碳源, 产生了 80% 以上的碳排放量, 且交通运输领域将可能成为上海市潜在的第一碳源; 制造业是工业领域的最大碳源, 且其碳排放量高度集中在冶金、石油和化工领域; 上海市有必要在碳源等级管理和碳生产率基础上建立全新的碳排放管理体系。

**关键词:** 上海市; 碳排放量; 碳源; 分布

**中图分类号:** X 32

**文献标识码:** A

## Carbon Emission and Carbon Source Distribution in Shanghai

YANG Peng, TAO Xiaoma, CUI Fengbao

(College of Economics and Management, Tongji University, Shanghai 200092, China)

**Abstract:** An analysis was made of the present situation of carbon source and carbon sink, the distribution in different industries of carbon emission in Shanghai. The results show in the past 15 years, the carbon emission of Shanghai increases 2.54 times, and compared with the fast increase of carbon source, the amount of carbon sink in Shanghai is very small; the carbon emission from industry and the field of traffic and transportation holds over 80% of all the carbon emission in Shanghai, and the latter is becoming the first potential carbon source; manufacturing is the most important carbon source in industry, and its emission mainly distributes in metallurgy industry, petroleum industry and chemical industry. Shanghai is proposed to build a new management system of carbon emission based on the carbon emission ranking management and carbon productivity.

**Key words:** Shanghai city; carbon emission; carbon

source; distribution

减少二氧化碳排放、应对气候变化挑战, 是当前人类所面对的一个最大的公共政治课题. 2009 年 9 月, 国家主席胡锦涛在联合国气候变化峰会上向全世界庄严承诺, 中国“将继续坚定不移地为应对气候变化作出切实努力, 把应对气候变化纳入经济社会发展规划, 争取到 2020 年单位国内生产总值二氧化碳排放比 2005 年有显著下降”<sup>[1]</sup>. 由此不难预计, 一场以减少二氧化碳排放为核心的环保运动将在全国迅速展开, 削减碳排放将成为考核各地政府工作的最重要指标之一. 因此, 准确把握当地的碳排放情况, 包括碳排放量和碳源分布, 必然成为各地政府十分关心的一个重要课题.

上海是中国的经济中心, 也是人均能源消费和人均碳排放量水平最高的地区之一, 其碳减排工作对于全国具有重要影响. 本文通过建立基于不同化石燃料碳排放的精确测算模型, 对上海市历年的碳排放量及目前的碳源分布进行了测算. 这一方面有助于摸清“家底”, 为科学合理地制定减排目标提供依据; 另一方面有助于形成适宜性的对策措施, 即在发展低碳经济 and 建设低碳城市的过程中真正做到有的放矢, 进而争取以最低成本、最高效率实现减排任务.

## 1 相关研究

碳排放量的计算涉及到碳源和碳汇两个方面. 按照《联合国气候变化框架公约》和《关于气候变化的京都议定书》的规定, 所谓“碳源”(carbon source), 指包括能够产生大量温室气体排放的活动、制度和区域; 所谓“碳汇”(carbon sink), 指能够大量

收稿日期: 2009-11-01

基金项目: 上海市软科学研究资助项目(09692103200, 10692103000)

作者简介: 杨 鹏(1977—), 男, 博士生, 主要研究方向为生态经济与城市发展. E-mail: qinhan312@163.com

陶小马(1954—), 男, 教授, 博士生导师, 管理学博士, 主要研究方向为资源环境经济与城市发展. E-mail: tzunitj@163.com

将温室气体从大气中移除的活动、制度和区域<sup>[2]</sup>.就城市碳源而言,其主要来自化石燃料消耗、水泥生产、人体碳排放,此外还有来自城市绿化物、农作物以及土壤的碳源,但与前者相比,其排放量很小,一般可以忽略;就城市碳汇而言,主要包括林地碳汇、农作物碳汇、土壤碳汇和湿地碳汇<sup>[3-4]</sup>.碳源与碳汇之差即为净碳排放量.

有关碳源的计算,主要集中在对化石燃料碳排放的研究上,且主要表现为两种计算思路,即以能耗类别为基础的 ORNL (Oak Ridge National Laboratory) 算法<sup>[5]</sup>和以产业能耗为基础的部门估算法.其中,ORNL 适用于已知能源消耗量及能源类型的研究对象,其一般公式为:

$$C = Ekn$$

式中:  $C$  为碳排放量;  $E$  为能耗量;  $k$  为有效氧化分数;  $n$  为每吨标准煤含碳量. ORNL 对于煤、燃油、燃气等不同类型的能源给出了不同的计算参数. 部门估算法则是在三次产业的不同能耗系数基础上通过产业碳排放综合因子来计算碳排放量. 由于部门估算法很难具有普适性,因此目前国际上有关碳排放量的三种主要算法,即 IPCC(政府间气候变化专门委员会)、EIA(美国能源信息署)和 CDIAC(美国能源部 CO<sub>2</sub> 信息分析中心)的算法,基本上都依循了 ORNL 的测算思路,即从能源类别入手来测算碳排放量.

目前,国内外有关城市碳排放问题的研究还处于起步阶段. Galina 以及 Potere 就城市碳循环体系所进行的研究表明,约 80% 的二氧化碳排放来自城市,而这些城市仅占全球陆地面积的 2.4%<sup>[6-7]</sup>; Shobhakar 有关中国城市能源消耗和碳排放的研究则指出,上海市的能源消耗密度虽然仅为 0.99 t(标煤)·万元<sup>-1</sup>,但其二氧化碳排放量却远高于国内其他 34 个省会及副省级城市<sup>[8]</sup>.

在国内,魏一鸣等对我国能源消费和碳排放的总体情况和基本特点进行过区域性分析,并探讨了碳排放系数变化问题,但并未给出具体的碳排放计算过程<sup>[9]</sup>;钱杰曾在 2004 年对有关城市碳汇的计算进行了详细的分析,并采用 ORNL 算法计算了上海市的碳源总量<sup>[3]</sup>;李凤亭等在 ORNL 方法的基础上推算出上海市综合碳排放因子,对上海市及各县区的碳排放量进行了测算<sup>[10]</sup>;陈飞、诸大建采用了统一的碳排放系数对上海市建筑、生产和交通领域的碳排放量进行了实证分析<sup>[11]</sup>.

总体来看,在已发表的有关上海市碳排放量的研究中,有的研究结果年份偏早,有的研究对测算方

法介绍的比较含糊,因而很难对其结果的客观性进行判断,也有的研究虽然标明采用的是 ORNL 算法,但所用的煤油气的排放系数偏小,因此相关的测算结果也偏小.所以,为了尽可能准确地掌握情况,有必要对其进行再次计算.

另外,在现有关于上海城市碳排放的研究中,针对产业性和行业性的碳源分布研究基本上还是一个空白点,而缺少了这方面的研究,也就无法显现碳减排工作中的重点领域,因此必须进行弥补.

## 2 方法与模型

针对现有研究中所存在的问题,综合各类研究成果,本文采用的计算方法是:以 IPCC 公布的不同能源的碳排放系数<sup>[12-15]</sup>为基础,根据不同能源的碳氧化因子,并结合我国各类化石燃料的热值进行换算,最终估算出我国不同化石燃料的碳排放系数,并在此基础上计算出上海市碳排放总量.其中,不同化石燃料碳排放系数的估算过程如下:

$$C_i = 10^{-9} e_{\text{ipcc},i} \beta_i \gamma_i \epsilon_i$$

式中:  $C_i$  为  $i$  种化石燃料的 CO<sub>2</sub> 排放系数, kg·kg<sup>-1</sup>;  $e_{\text{ipcc},i}$  为 IPCC 公布的  $i$  种化石燃料的碳排放系数, kg·GJ<sup>-1</sup>;  $\beta_i$  为  $i$  种化石燃料的低位热值, kJ·kg<sup>-1</sup>;  $\gamma_i$  为 C 与 CO<sub>2</sub> 的质量转换,具体数值为 44/12;  $\epsilon_i$  为碳氧化因子,就我国而言,煤为 0.98,油及油产品为 0.99,气为 0.995. 依此,上海市的碳排放量的计算公式为

$$C_e = \sum_{i=1}^m C_{ei} = \sum_{i=1}^n C_i E_i$$

式中:  $C_e$  为 CO<sub>2</sub> 排放总量;  $C_{ei}$  为  $i$  产业或行业的 CO<sub>2</sub> 排放量;  $E_i$  为  $i$  种化石燃料的消耗量.

有关城市碳汇,需根据林地、农作物、土壤和湿地的碳汇系数综合计算<sup>[3-4,11]</sup>

$$C_s = \sum_{i=1}^n C_{si} = \sum_{i=1}^n \alpha_i A_{C_{si}}$$

式中:  $C_s$  为城市碳汇量;  $C_{si}$  为第  $i$  类碳汇的碳汇量;  $\alpha_i$  为第  $i$  类碳汇的碳汇系数;  $A_{C_{si}}$  为第  $i$  类碳汇的有效面积.

## 3 上海市碳源-碳汇的总体状况

根据前述基于不同化石燃料的碳排放计算公式以及碳汇的测算办法,1993 年以来,上海市碳源-碳汇的基本变化情况如表 1 所示.计算中有关碳源、碳

汇及碳源分布的相关数据均取自于历年《中国统计年鉴》、《中国能源统计年鉴》、《上海市统计年鉴》和《上海市能源工业交通统计年鉴》。

表 1 上海市碳源-碳汇的变化情况(不计电力生产)  
Tab.1 Portion of carbon dioxide emission from different industries in Shanghai(exclude power generation)  
万 t

年份/年	碳源			碳源合计	碳汇合计	净碳源量
	化石燃料	水泥生产	人体碳排			
1993	5 979	48.9	472	6 490	1 498	5 002
1994	6 223	51.6	479	6 754	1 486	5 268
1995	6 652	58.9	487	7 197	1 449	5 749
1996	6 891	60.4	494	7 445	1 461	5 983
1997	7 088	46.0	498	7 632	1 511	6 122
1998	7 094	45.0	506	7 645	1 474	6 171
1999	7 817	34.2	517	8 368	1 534	6 834
2000	8 223	42.4	528	8 794	1 519	7 275
2001	8 337	45.5	546	8 928	1 521	7 408
2002	9 417	47.8	563	10 028	1 507	8 522
2003	9 725	77.3	576	10 379	1 390	8 989
2004	9 722	90.4	582	10 395	1 382	9 012
2005	10 850	97.9	588	11 536	1 330	10 206
2006	11 942	111.3	596	12 649	1 348	11 301
2007	13 296	106.9	610	14 013	1 331	12 682

从表 1 可以看出,首先,相对于碳源而言,上海的碳汇量很低,以 2007 年为例,后者已不足前者的 1/10。

其次,1993 年以来,上海的碳源呈现出较快的增长态势,15 年间增长了 2.16 倍,且其中来自化石燃料的碳源在碳排放总量中所占的比例由 1993 年的 92%提高到了 2007 年的 95%,说明上海市的碳排放主要与化石燃料的大量使用有关;不过值得注意的是,在 2002 年到 2004 年之间,碳排放量的增速明显低于其他年份,甚至 2004 年的碳排放量还略低于 2003 年,这一方面可能与上海市在此期间的产业结构调整有关,但也不排除统计上可能存在的问题。

再次,在碳汇方面,其变化方向则是在不断缩减,即上海市的碳汇总量已从 1993 年的 1 498 万 t 减少到了 2007 年的 1 331 万 t,15 年的缩减幅度达到 11%。其原因主要在于城市化、工业化使耕地面积减少,导致农作物生成的碳汇减少。

最后,在净碳源量上,由于碳源增加和碳汇减少,因此其增长速度要快于碳源的增长速度。与 1993 年相比,2007 的净碳源量已经达到了近 1.3 亿 t,即增长了 2.54 倍。如果按上海当年常住人口大约为 1 850 万进行计算的话,则人均碳排放量已经接近

6.86 t。

不过,从单位生产总值二氧化碳的排放量水平看,根据有关统计资料计算,1993 年上海市单位 GDP 二氧化碳的排放量为  $4.28 \text{ t} \cdot \text{万元}^{-1}$ ,到 2007 年下降到  $1.15 \text{ t} \cdot \text{万元}^{-1}$ ,年均下降率为 8.56%,且基本上保持了持续下降的态势。换句话说,2007 年单位 GDP 二氧化碳的排放量减少到了 1993 年的 26.9%。

然而,上述对于单位生产总值二氧化碳排放量的年度性对比分析采用的是当年价,如果换成可比价,则 2007 年单位生产总值二氧化碳排放量大约是 1993 年的 42.6%,如图 1 所示。毫无疑问,这一缩减比例与采用当年价是存在较大差别的。因此,对于单位生产总值二氧化碳排放量的分析与评价应注意区分不同情况采用不同的方法。

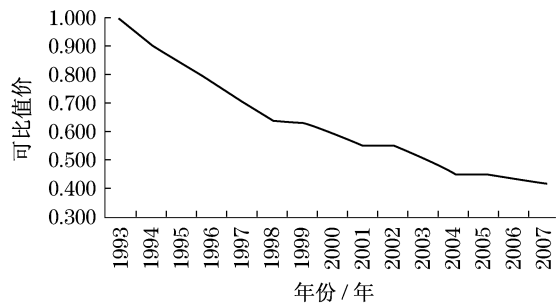


图 1 上海市单位 GDP 二氧化碳排放量(可比价)  
Fig.1 Carbon dioxide emission per GDP  
(comparable price)

4 上海市碳源的产业与行业分布

从产业和行业层面对上海市的碳排放量进行分解和剖析有助于进一步摸清主要碳源,使相关对策措施更具针对性。目前,国内有关碳排放问题的研究还主要集中于产业能耗,而关于行业层面碳排放研究甚少,尤其是具体到上海市的研究,目前仍是空白。

4.1 上海市碳源的产业分布

依据上海市能源消耗平衡表对上海市 1997—2007 年的碳排放产业分布进行分析(本部分数据来源于《中国能源统计年鉴》,在工业碳排放量上与之后来源于《上海市能源工业交通统计年鉴》的计算结果略有差异)。分析采用“5+1+1”的框架:“5”即指农业(包括农林牧渔业)、工业、建筑业、交通运输业(包括仓储及邮电通讯业)和服务业(包括批发和零售贸易、餐饮业),第一个“1”是指生活消费,包括了

城镇生活消费和乡村消费,第二个“1”是指其他领域.具体的计算结果如表 2 所示.

由表 2 可见,从产业份额构成来看,1997 年,工业在各产业中的碳排放量份额最高,达到了 72.9%,其次是交通运输业(包括仓储及邮电通讯业)为 12.1%,两者占全部碳排放量比例高达 85%,再次是生活消费领域的碳排放,约占全部碳排放量的 8.4%.其中,城镇生活消费占生活消费碳排放总量的 61.18%,占全市碳排放总量的 5.1%,乡村生活消费占生活消费碳排放总量的 38.82%,占全市碳排放总量的 3.3%,前三者在全部碳排放量中所占比例超过了 90%(约为 93.4%).之后则分别是其他产业领域(2.8%)、农业(农林牧渔业,1.8%)、建筑业(1.3%)和服务业(批发和零售贸易、餐饮业等,0.6%).

2007 年,工业领域的碳排放量依然是各产业碳排放量份额最高的,但其份额已由 1997 年的 72.9%下降到了 2007 年的 53.8%;交通运输业(包括仓储及邮电通讯业)的份额则有显著增长,即由 1997 年的 12.1%增长到 2007 年的 29.0%,工业和交通运输业的总份额依然高达 82.8%;生活消费的份额依然占据了第三位,约为 5.9%,但比 1997 年下降了 2.5 个百分点,其中的城镇生活消费在生活消费碳排放总量中的比例由 1997 年的 61.2%提高到 2007 年的 71.7%,在全市碳排放总量的份额为 4.2%,乡村生活消费碳排放量在生活消费碳排放总量的比例由 1997 年的 38.82%下降到 2007 年的 28.3%,在全市碳排放总量的份额为 1.7%.前三者在全市碳排放总量中的比例依然接近 90%(约为 88.7%).其次则分别是其他领域(4.9%)、服务业(3.5%)、建筑业(1.9%)和农业(1.0%).

表 2 上海市不同产业碳源份额			
Tab.2 Portion of carbon dioxide emission from different industries in Shanghai			
1997 年		2007 年	
产业名称	份额/%	产业名称	份额/%
工业	72.9	工业	53.8
交通运输	12.1	交通运输	29.0
生活领域	8.4	生活领域	5.9
城镇消费	5.1	城镇消费	4.2
乡村消费	3.3	乡村消费	1.7
其他领域	2.8	其他领域	4.9
农业	1.8	服务业	3.5
建筑业	1.3	建筑业	1.9
服务业	0.6	农业	1.0

总体上,工业排放总量虽然还在上升,但比例已经有较大幅度的下降,但这一下降幅度却被来自交通运输(包括仓储及邮电通讯业)排放量的迅速上升所“对冲”.其他上升幅度较大的还有服务业和其他领域,建筑业上升幅度相对较小,农业排放比例则处于下降态势.

从时间序列来看,各产业的二氧化碳排放量的增减表现出了一定的规律性,如从 1997 年到 2007 年来看,农业和乡村生活消费总体保持不变,且略有小幅下降,服务业、交通运输和建筑业的年均增速均超过了 10%,分别达到了 26.27%,16.23%和 10.88%,而工业和城镇消费的增长相对较低,分别为 3.31%和 4.45%.

表 3 上海市各产业领域二氧化碳排放量的增减情况  
Tab.3 Growth speed of carbon dioxide emission from different industries in Shanghai

产业领域	1997—2007 年 CO <sub>2</sub> 排放量增长倍数	CO <sub>2</sub> 排放量年均增速/%
农业	0.968 9	-0.32
工业	1.384 7	3.31
建筑业	2.810 1	10.88
交通运输	4.498 6	16.23
服务业	10.302 9	26.27
生活消费	1.318 8	2.81
城镇消费	1.545 6	4.45
乡村消费	0.961 5	-0.39
其他	3.209 1	12.37

交通运输领域的碳排放量之所以会迅速增长,主要原因是家庭乘用车的快速普及.统计资料显示,上海全市的车辆拥有量已从 1997 年的 53.84 万辆迅速增长到 2007 年的 253.60 万辆,其年均增速为 16.7%,这与交通运输领域的碳排放增速几乎完全同步.鉴于上海目前家庭乘用车的普及率还有很大提升空间,因此可以预计,如果没有相应措施,交通运输领域的碳排放量还将迅速增加.

对于服务业的碳排放量,有一点是需要注意的,因为单从计算结果看可能容易形成一种误解,即尽管其碳排放量的增速是最快的,但其绝对量还较小,所以不必太介意.对此,笔者的看法是,由于统计口径的问题,现在有关于服务业碳排放量的统计很可能偏低.因为服务业中有很大部分属于楼宇经济,因而按现有的统计口径其能源消费很可能被计入城镇消费中,若果真如此,则对服务业碳排放量快速增加的影响就不能忽视了.

4.2 上海市碳源在制造业中的分布

从以上分析可以看出,虽然 2007 年与 1997 年相比,工业所占份额有所下降,但其绝对比例仍然是最大的.因此有必要在上述分析基础上,对工业内部的碳源分布进一步细化分析,即对上海市 1993 年以来各工业行业的碳排放量进行测算.考虑到制造业在上海工业中占比很高,所以本文对工业行业的碳源分析主要着眼于制造业内部各行业的碳排放状况.

在上海制造业的 28 个大类中,行业碳排放份额(某一行业碳排放量在制造业碳排放总量中所占的份额)最高的始终是黑色金属冶炼及压延加工业,其行业份额在 2000 年达到了 57.21%,到 2007 年下降到了 44.58%,因而是上海市制造业的第一碳源.至于对其他行业的分析,限于文章篇幅,这里不一一展开.根据各个行业 2007 年的碳排放份额,将 28 个大类分成 4 个不同的碳源梯队,如表 4 所示.

表 4 上海市制造业行业碳源梯队划分

Tab.4 Echelons of carbon dioxide emission from different manufacturing in Shanghai

序列	具体行业	碳排放量 份额/%	总份额/%
第一 梯队	黑色金属冶炼及压延加工业	10.0 以上	84.38
	石油加工及炼焦业		
	化学原料及化学制品制造业		
第二 梯队	非金属矿物制品业	1.0~10.0	8.52
	纺织业		
	普通机械制造业		
	造纸及纸制品业		
第三 梯队	交通运输设备制造业	0.5~1.0	3.97
	橡胶制品业		
	金属制品业		
	塑料制品业		
	医药制造业		
第四 梯队	有色金属冶炼及压延加工业	0.5 以下	3.12
	服装及其他纤维制品制造业		
	食品制造业		
	电气机械及器材制造业		
	食品加工业		
	电子及通信设备制造业		
	饮料制造业		
	化学纤维制造业		
	专用设备制造业		
	文教体育用品制造业		
	木材加工及木、竹、藤、棕、草制品业		
	印刷业及记录媒介的复制		
	皮革、毛皮、羽绒及其制品业		
	家具制造业		
	仪器仪表及文化办公用机械制造业		
	烟草加工业		

从表 4 中可以看出,第一碳源梯队主要涉及上海制造业的两大支柱产业——钢铁与石化,其碳排放份额高达 84.38%;第二碳源梯队的总份额为

8.52%,由 5 个行业组成,平均每个行业的碳排放份额不超过 2%,但大于 1%.第一梯队和第二梯队的份额总计达到了 93%.因此这两个梯队是上海市制造业碳源的主要构成.相比之下,第三梯队 6 个行业的总份额为 3.97%,第四梯队 14 个行业的总份额为 3.12%,对总排放量的影响相对都比较小.

5 结论与建议

根据上述测算结果,可以得出以下几点结论与建议:

(1) 从全球发展低碳经济的趋势来看,建设低碳城市无疑是上海未来发展的一种必然选择.而从上海市碳源-碳汇的分析来看,在加快上海低碳城市建设的进程中,除了应该积极设法增加碳汇之外,更重要的是必须千方百计地控制与削减碳源.因为根据上海的各种资源条件以及正处在工业化、城市化快速发展阶段的经济特点,碳汇的增加不仅潜力小,而且难度大.

(2) 在控制与削减碳源方面,国际上公认的一般有三条路径,即在源头控制碳进入、在使用环节提高碳产出(中间效率)和在排放环节减少碳排出.对于上海而言,由于清洁能源的使用受到很多自然条件的限制,因此有关研究估计到 2020 年之前其所占总能源消费的比例很难超过 10%,同时在目前的技术条件下,大规模减少碳排放——如在电厂实施碳捕捉——的成本还非常高,因此这就意味着,至少在近 5~10 年内,上海控制与削减碳源的主要着力点应该放在努力提高碳产出上.也正因为此,所以上海应该更加重视对产业结构的调整以及对技术进步的促进,并且更好地把节能与减排这两项工作紧密地结合起来.

(3) 通过上海市碳源的产业性和行业性的分析,目前上海市的碳源分布已经基本清楚.但是,这里需要指出的是,一个行业碳源量的大小与其减排潜力并不成简单的正相关关系.因为决定碳源量的因素很多,包括行业规模、技术水平、产业间的相互联系等等.例如,有些行业,虽然其二氧化碳排放量在地方总量中所占份额较高,但其减排潜力和空间在没有重大的技术革命突破的前提下,可能已经很小了.在这种情况下,要想削减其碳排放就只有通过削减其产业规模才能实现,而这就不仅仅是一个减少碳排放的问题了;又如,也有些行业,虽然其碳排放总量较高,但其碳产出水平也很高,因此如何对其

控制,关键就在于要明确控制的目标与原则究竟是以总量为主还是以相对量为主,而这显然必须在各个地方——包括上海——明确了减排战略后才能最终确定.

(4) 从国际经验看,以碳等级管理和碳生产率的基本原则,建立全新的碳排放管理体系是推进低碳城市建设的重要路径.这里所谓碳等级管理原则,指在碳排放的产业性和行业性分析的基础上,确立碳源梯队和碳排放的产业序列图谱,以便于重点抓好主要碳源的减排工作;所谓碳生产率(行业增加值/行业碳排放量)原则,指将碳排放量作为经济发展的重要约束,以碳投入产出比的最大化作为选择和优化地方产业结构的一个基本条件.毋庸置疑,这两条原则对于上海也是完全适用的.

#### 参考文献:

- [1] 胡锦涛. 携手应对气候变化挑战[N]. 人民日报, 2009-9-23 (1).  
HU Jintao. Tackle the climate change together[N]. People's Daily, 2009-9-23(1).
- [2] United Nations. United Nations framework convention on climate change[R]. Rio de Janeiro: United Nations, 1992.
- [3] 钱杰. 大都市碳源碳汇研究——以上海市为例[D]. 上海: 华东师范大学, 2004.  
QIAN Jie. Study on metropolis carbon source and sink; Shanghai as a case[D]. Shanghai: East China Normal University, 2004.
- [4] 方精云, 郭兆迪, 朴世龙, 等. 1981—2000 年中国陆地植被碳汇的估算[J]. 中国科学: D 辑, 2007, 37(6): 804.  
FANG Jingyun, GUO Zhaodi, Piao Shilong, et al. Terrestrial vegetation a carbon sinks in China, 1981 – 2000[J]. Science in China: Series D, 2007, 37(6): 804.
- [5] ORNL. Estiamtes of CO<sub>2</sub> emission from fossil fuel burning and cement manufacturing [R]. Oak Ridge: Oak Rudge National Laborary, 1990.
- [6] Galina Churkina. Modeling the carbon cycle of urban systems [J]. Ecological Modelling, 2008(216): 107.
- [7] Potere D Schneider. A critical look at representations of urban areas in global maps[J]. Geo Journal, 2007(69): 55.
- [8] Shobhakar Dhakal. Urban energy use and carbon emissions from cities in China and policy implications[J]. Energy Policy, 2009 (5): 20.
- [9] 魏一鸣, 刘兰翠, 范英, 等. 中国能源报告(2008): 碳排放研究 [M]. 北京: 科学出版社, 2008.  
WEI Yiming, LIU Lancui, FAN Ying, et al. China energy report (2008): CO<sub>2</sub> emissions research [M]. Beijing: Science Press, 2003.
- [10] 李凤亭, 郭茹, 蒋大和. 上海市应对气候变化碳减排研究 [M]. 北京: 科学出版社, 2009.  
LI Fengting, GUO Ru, JIANG Dahe. Carbon emission reduction in Shanghai: responding to climate change mitigation [M]. Beijing: Science Press, 2009.
- [11] 陈飞, 诸大建. 低碳城市研究的理论方法与上海实证分析[J]. 城市发展研究, 2009, 16(10): 71.  
CHEN Fei, ZHU Dajian. Theory of research on low-carbon city and shanghai empirical analysis[J]. Urban Studies, 2009, 16 (10): 71.
- [12] CDIAC. Global, regional and national fossil fuel CO<sub>2</sub> emissions [R]. Washington: CDIAC, 2005.
- [13] EIA. International energy annual[R]. Washington: EIA, 2007.
- [14] IPCC. Climate change 2007[R]. Valencia: IPCC, 2007.
- [15] IPCC. Climate change 2001: mitigation [R]. Geneva: IPCC, 2001.