

气候变化对我国城市社会经济的影响及对策

——以武汉市为例

刘宗发 邹进泰 余宏平

(湖北省社会科学院 湖北 武汉 430077)

摘要 随着我国近 20 多年来城市化进程的显著加快和土地利用的急剧变化,城市“热岛现象”和气候变化日益受到广泛关注。以武汉市为例,分析了气候环境变化及其对城市经济社会的影响,并就城市如何根据气候变化制定合理的技术政策和产业政策进行了探讨。

关键词 气候变化 城市化 环境影响

中图分类号 F290

文献标识码 A

文章编号 1001-7348(2006)11-0089-04

0 前言

近 50 年来,由全球城市化进程加快而引发的城市温度和气候变化,已逐渐受到全世界的广泛关注。2003 年夏季的酷热更是导致了全球许多地区的电力短缺和故障。美国环保局(EPA)和宇航局(NASA)近年来分别启动了 HIRI 和 ATLANTIC 项目,以盐湖城、亚特兰大等大城市为试点,研究城市发展与热岛效应的关系^[1]。日本政府将减缓气候变化作为环境战略的首要目标,于 1998 年颁布了世界上首部应对气象变化的专门法——《全球变暖对策推进法》。在我国,随着近 20 多年来城市化进程的显著加快和土地利用的急剧变化,城市“热岛现象”日趋严重,气候变化日益受到广泛关注。武汉市地处祖国中部,是我国重要的重工业基地,在我国城市中具有较强的代表性。本文以武汉市为例,探讨我国城市气候变化与经济社会发展的关系。

1 武汉市近 20 年来气候变化的特点

(1) 武汉城区的气温增速明显高于郊区。在 1961~2000 年间,武汉城区和郊区的年平

均气温和最低气温总体上均呈显著增加的趋势,且城区增温速率明显大于郊区,最低气温的增温速率也明显大于平均气温的增温速率。例如武汉城区和郊区年平均气温的增温速率分别为 0.31、0.11 /10a,最低气温的增温速率分别为 0.55、0.18 /10a。4 个序列均有两个阶段性变化,即 1961~1970 的降温期和 1970~2000 年的增温期。

(2) 武汉城区和郊区的最高气温变化呈现周期性。武汉城区和郊区的最高气温呈现出明显的“降—升—降—升”周期性变化,1961~1970 年为降温期,1970~1979 年为增温期,1980~1990 年为降温期,1990~2000 年又为增温期。

(3) 热岛效应表现出非对称性。相对于郊区,武汉的热岛增温速率分别为 0.2 /10a(年平均气温)、0.37 /10a(最低气温)、0 /10a(最高气温),热岛增温贡献率则分别为 64.5%、67.3%、0%,可见武汉的气温及城市热岛效应具有明显的非对称性。

(4) 武汉市城区平均气温上升的速率呈增加趋势。根据分组研究,1961~1980 年武汉市城区平均气温增速为 0.2 /10a,1981~2003 年,平均气温增速为 0.26 /10a,气温

上升呈现加速趋势。

(5) 热岛“与”干岛”“雾岛”并存。研究表明,武汉市不仅“热岛效应”明显,而且呈现出显著的“干岛”和“雾岛”特征。1961~2000 年的年均降水量、蒸发量、相对湿度趋势系数分别为 -0.14、-0.54 和 -0.63,其中相对湿度和风速系数极为显著。由于相对湿度显著下降,城市干燥现象十分严重。以同样的资料对年均日照时数、总云量和风速进行分析,趋势系数分别为 -0.37、0.39、-0.88,日照时数减少、云量增多和风速减缓的特征较为明显,显示出武汉在一定程度上存在“雾岛”现象。

2 武汉市气候变化的原因分析

武汉气候变化的原因主要有以下 3 方面:

(1) 全球气候变暖抬高了武汉市的“基础气温”。自 1860 年有气象仪器观测记录以来,全球平均温度升高了 0.6,而且这一升高趋势很可能还会持续甚至加速。研究表明,CO₂ 的浓度每增加 1 倍,全球平均表面温度将上升 1.5~4.5,而由于化石燃料的燃烧、森林的砍伐、土地利用的变化,在最近一

收稿日期 2006-01-17

基金项目 科技部项目研究成果(2003DLA6N017)

作者简介 刘宗发(1945-)男,湖北宜昌人,湖北省人大常委、湖北省社会科学院研究员,研究方向为经济学;邹进泰(1961-)男,湖北松滋人,湖北省社会科学院研究员,研究方向为资源环境经济学、产业经济学;余宏平(1973-)男,湖北枝江人,湖北省社会科学院助理研究员,研究方向为产业经济学。

个世纪中,CO₂的总量增加了约15%,目前正在以0.4%的速度增加,这种增加在未来有可能持续^[2]。如果人类不采取任何控制措施,则21世纪全球地表温度变化速率将是0.1~0.3/10a,考虑到气溶胶的降温作用,下世纪人为活动造成的气候速率可能只有0.05~0.2/10a^[3]。在全球气候的变暖的趋势下,武汉市的基础气温也随之抬高。

(2)城市化的加速是引发武汉市热岛效应的重要因素。武汉市区的年平均气温明显高于郊区,这就是所谓的“热岛效应”,造成这一现象的原因主要是城市化加速的结果。研究表明,1981~2000年间,武汉城市化水平呈现明显加速态势,无论是城市人口、规模、经济、住房、公共设施、能源消费、空气污染等指标均显著增加(见表1)。气象因子的变化趋势见表2。

在表1中,反映城市化进程的主要指标如市区人口、GDP、能源总量的趋势系数分别为0.89、0.93、0.97;在表2中,反映气温变化的年均气温、年均最高气温、年均最低气温的趋势系数分别为0.85、0.75、0.89。可见,城市化速度与气温增速之间存在较强的正相关性,这个结果与陆道调的研究结论是一致的^[4]。在武汉市由于长江和汉水水面的分割作用,把整个城市热岛分成江南和江北两

部分,形成两个热岛。如夏季日平均气温汉口六渡桥点位比城郊东西湖点位高2,冬季高6;青山红钢城年平均气温比东湖梨园高2左右。

就武汉市而言,城市化加速是形成城区热岛效应的首要因素。城市化加速的具体影响可分为如下几方面:人工建筑物的影响,如混凝土、柏油路面以及各种建筑墙面,城市中机动车辆、工业生产及人群活动产生了大量的氮氧化物、CO₂、煤灰和粉尘等,这些物质可以吸收环境中热辐射的能量,进而产生温室效应;工业生产过程中排放的废热,如城中及城郊的火力发电厂、钢铁厂的循环冷却系统和排气系统排出的废热水和热气体。此外,石油、化工、铸造、造纸等工业排出的生产性废水和热气体中,均含有大量废热,这些废热排入地面水体之后,能使水温升高,城市居民生活活动排放的热量,如日益增加的锅炉、汽车、空调、冰箱等热源在运行过程中散发的废热气体、家庭及商业、服务业向空气和下水道中排放的含热废气和废热水等,城市建筑改变了城市下垫面的热性质和粗糙度,增加了地面接受热量的能力,而高大建筑对风速又有明显的衰弱作用,使得散热能力降低等等。至于有研究认为城市绿地和水体的减少导致吸热减少,缓

解热岛效应的能力会被削弱,这方面因素在武汉市并不显著,因为公共绿地面积呈现出增加趋势(趋势系数为0.93)。

(3)独特的地理位置是武汉市气温偏高的重要因素。从地形上看,武汉周边分布着低矮的山丘,市区处于一个并不十分显著的盆地之中,这种地形不利于散热。从地貌来看,武汉又称“江城”,是著名的“百湖之市”,其中38个湖泊分布在城区^[5],而且有长江、汉江等河流过境,大中小型水库273座,武汉市水面在全国大城市中的排名是靠前的。根据李延明等人的研究^[6],水面越大对城市热岛效应的缓解作用越显著,但这个结论在武汉市表现并

不显著,武汉市的热岛现象并未因为水面广阔而有所缓解。这可能是因为水体具有储存热量、散热滞后等功能和特点,因此,城市水面的存在对局部气温的短期升高会有抑制作用,而对长期的积温增加则有促进作用。从这个意义上说,笔者认为水体对城市气温的调节是一柄“双刃剑”。

本项目组研究成果表明,热岛效应和气温升高现象不仅存在于武汉市,而且还广泛存在于上海、北京、广州等城市。因此,研究武汉市的气候变化及其对城市经济社会发展的影响,对全国城市都有较强的借鉴意义。

3 气候变暖给我国城市社会经济发展及人居环境变化带来的影响

(1)城区气候变暖会引起连锁气象变化。废热气体进入城市空气环境后,使空气中的含热量增加,这将加强城市热岛的强度。在热岛效应的影响下,城市上空的云、雾会增加,使有害气体、烟尘在市区上空累积,形成严重的大气污染。同时,城市热岛强度的加强,使城区冬季缩短,霜雪减少。天气变化的幅度正在加剧,出现的频率和灾害力度也令人关注,这主要是城市热岛效应强度增加而引起的关联气象效应,比如由热岛效应带来的城市“雨岛效应”、“雾岛效应”等等。

(2)城区气候变暖导致水环境恶化。气候变暖引起水温升高、水质恶化,使水生生物成为首当其冲的受害者。例如废热水被排放进入地表面水体后,导致水温急剧升高,以致于水中溶解的氧减少,水体处于缺氧状态,同时又使水生生物代谢率增高而需要更多的氧,结果造成一些水生生物在热效力作用下发育受阻或死亡,从而影响环境和生态平衡。对于河湖港汊,因热污染使水体处于缺氧状态,厌氧菌大量繁殖,有机物严重腐败,严重影响水环境和生态平衡。

(3)城区气候变暖会对居民身心健康造成不利影响。医学研究表明,环境温度与人的生理活动密切相关。环境温度高于28时,人们就会有不舒适感;温度再高就易导致烦躁、中暑、精神紊乱;气温高于34,并伴有频繁的热浪冲击,还可引发一系列疾病,特别是使心脏、恶性肿瘤和呼吸系统疾病的发病率上升,死亡率明显增加。例如,2002年武汉市由呼吸系统疾病和恶性肿瘤

表1 人居环境因子的趋势系数和气候倾向率

人居环境因子	因子名称	趋势系数 <i>r</i>	气候倾向率 <i>B</i>	<i>b</i> 的单位
<i>y</i> ₁	总人口	1.00	92 089.55	人/a
<i>y</i> ₂	市区人口	0.89	193 452.30	人/a
<i>y</i> ₃	非农业人口	0.94	81 400.25	人/a
<i>y</i> ₄	城市面积	0.85	27.52	km ² /a
<i>y</i> ₅	人口密度	0.99	8.43	人/km ² /a
<i>y</i> ₆	GDP	0.93	72.27	亿元/a
<i>y</i> ₁₁	基本建设投资总额	0.72	5 669.65	万元/a
<i>y</i> ₁₂	房屋竣工面积	0.84	46.16	万 m ² /a
<i>y</i> ₁₃	新建住宅竣工总面积	0.79	28.21	万 m ² /a
<i>y</i> ₁₇	煤炭	0.84	15.91	万 t/a
<i>y</i> ₁₈	能源总量(折标准煤)	0.97	55.86	万 t/a

表2 气象因子的趋势系数和气候倾向率

气象因子	因子名称	趋势系数 <i>r</i>	气候倾向率 <i>b</i>	<i>b</i> 的单位
<i>x</i> ₁	年均气温	0.85	0.09	℃/a
<i>x</i> ₂	年均最高气温	0.75	0.07	℃/a
<i>x</i> ₃	年均最低气温	0.89	0.12	℃/a
<i>x</i> ₁₀	1月平均最低气温	0.64	0.14	℃/a
<i>x</i> ₁₁	7月平均最高气温			℃/a

注:趋势系数*r*=0.34,0.40,0.51分别时通过信度为0.1,0.05(显著),0.01(极显著)检验。

引起的死亡人数比例分别比 1982 年上升了 5.46% 和 4.66%。此外,高温还可加快光化学反应的速率,从而提高大气中有害气体的浓度,进一步损害人体健康。

(4) 城区气候变暖会加大能源消费压力。气温升高虽然能在一定程度上缓解冬季取暖能耗,但这与夏季避暑(主要采用空调降温)所增加的能耗相比,不过九牛一毛而已。据新华网报道,2003 年 8 月 1 日,武汉市日最低气温和日平均气温均突破百年历史记录,成为武汉市百年来最热的一天。当天上午,武汉市汉口先锋变电站因为长期超负荷运转,多条线路跳闸,并伴随电缆明火燃烧,20 万居民用电受到影响。为了增加电力所燃烧的煤炭又会加剧污染和城市热岛效应,从而形成恶性循环。可见,炎热酷暑不但加剧了能源紧张,而且为居民生活带来停电的困扰。

(5) 城区气候变暖会对城市经济发展形成制约。首先,加剧了生产用地与生态用地之间的矛盾。为了缓解热岛效应和应对气候变化,近年来不得不将大量宝贵的土地资源用于城市生态建设。2003 年武汉市用于城市绿地建设的土地达到 3 225hm²,分别是 1983 年的 6.9 倍、1993 年的 4 倍。其次,增加了环境治理成本和生产成本。2003 年武汉市污染源治理资金达到 4.7 亿元,分别是 1983 年和 1993 年的 13 倍和 8 倍。高能耗还加大了运输压力,抬高了能源价格,势必增加武汉市的企业生产成本。据统计公报显示,2004 年武汉市燃料、动力购进价格同比上涨了 14.5%,列物价上涨指数之首。最后,加剧了产业结构和城市消费结构调整的压力。为了控制碳的排放,武汉市政府加大了产业区域结构调整步伐,着手将高能耗、高 CO₂ 排放、高污染的企业迁移到郊区。根据武汉市经济贸易委员会于 2002 年 12 月制定的《建设武汉现代制造业基地的规划方案》,武汉市一环路以内地区为工业发展严格限制区,通过调整土地使用功能对区内绝大多数工业企业实施搬迁改造,腾出用地发展第三产业或建设公共设施;一环路至二环路之间地区为工业发展限制区,对有环境污染的工业企业实施搬迁改造,保留无环境污染的都市型工业。

当然,气候变暖并非一无是处。例如霜冻和雨雪天气会减少,有利于居民出行;冬

天可以减少取暖能耗,能唤醒人们的环保意识等等,但较之其造成的负面效应显然不成正比。

4 气候变暖给我国城市社会经济发展带来的机遇与挑战

(1) 强烈的发展要求与温室气体排放限控之间的矛盾较为突出。根据中国社会科学院发布的《2005 年中国 200 城市竞争力报告》,武汉市综合经济竞争力排名为第 24 位,比 2004 年下降了 6 位,这与武汉市较好的科技实力(排名第 3)、区位优势(排名第 6)和人才优势(排名第 9)是很不相称的。相对于其它城市而言,武汉市的发展欲望十分强烈,为了加快发展,能源消耗会进一步增加,由此产生的 CO₂ 等温室气体的排放量不可避免地也会有所增加。然而,根据我国政府在《京都议定书》中所做的承诺,限制排放将是未来的一项长期任务,即便无上述限制,从城市可持续发展的角度出发也要求限制排放。

(2) 对传统的发展和消费模式提出了严峻的挑战。我国从 2003 年起开始进入新一轮重化工业期,武汉、沈阳、西安等老工业基地的工业结构偏重传统制造业和重工业,而且有进一步“加重”的趋势。例如,武汉市 2004 年重轻工业之比由上年的 29.0 71.0 调整为 27.5 72.5。对工业重型化的强烈路径依赖,势必增加对土地、能源以及水资源的消耗,这是一种资源耗竭型和不可持续的传统发展模式。在控制排放和遏止热岛效应的背景下,重化工业型城市的产业结构转型任务相当艰巨。

(3) 对城市现有的能源结构提出了挑战。据报告^[7]显示,单位热量燃煤引起的 CO₂ 排放量比石油、天然气分别高出 36% 和 61%。在武汉市,煤炭一直是主要燃料之一,1987 年以前,武汉市煤炭消费占能源消费总量的 50% 左右,近年来受能源多元化和煤炭价格上涨等因素影响,煤炭消费比重有所下降,2003 年全市消费煤炭 1 084.49 万 t,仍占 41.4%。居民消费仍旧以液化气、电能为主,天然气和太阳能只占很小的比重,机动车辆消费以石油燃料为主,天然气仅处于试用阶段。要调整能源结构并不容易,必然受到资源结构、技术和资金压力、能源成本及居民消费习惯等诸多因素的制约,以煤为主的能

源结构在我国许多城市中还会维持相当长的时间。

气候变化也孕育着新的机遇。当前,提倡发展和使用可再生能源、降低能耗、提高能源使用效率,强调城市生态建设已基本成为国内外的主流认识。十六届五中全会已将节约能源上升到国家战略的高度,明确提出到“十一五”末,综合能耗降低 20%。这为我国城市转变经济增长方式提供了良好的宏观背景,其结果必然有利于促进高效能源技术和节能产品的迅速传播,有利于能源结构和效率的优化,如能抓住这一机遇,就能为城市可持续发展打下坚实的基础。

(4) 有利于推进可持续发展战略的实施。针对气候变化可能给城市带来的各种影响,采取适应气候变化的各种措施,如改善城市生态与环境,增加生态系统碳储量,从而对城市社会经济可持续发展产生积极的促进作用。同时,在《气候公约》背景下,制定和实施城市应对气候变化的长期战略和行动计划,也可以进一步推动中国在计划生育、节约和优化能源等方面的进程。

(5) 有利于推动能源结构调整。若要进行实质性减排,势必对能源结构和能源技术产生重大影响,将会推动能源消费以石油为主向以天然气为主过渡,各种可再生能源也将得到较大的发展,这可能为武汉市逐渐由目前以煤为主的高排放、高污染的能源结构转向以油气为主的能源结构转型提供了机遇。减排控制还会促进节能与新能源技术的创新,节能与新能源技术的市场竞争力也会得到加强,气候变化无疑将为新一代能源技术的发展提供机遇。

(6) 有利于改善城市空气质量。将来随着能源结构向无烟化、清洁化过渡,CO₂、SO₂、NO、CO、PM、NO_x 等有害气体的排放将得到控制,空气质量将会得到改善,这将有助于减少呼吸道疾病、癌症、心脏病、脑血管病的发生几率。

(7) 有利于美化城市环境。应对气候变化不仅是排放减少或者得到控制的过程,也是加强城市绿化建设、规范城市布局的过程。在这个过程中,主要街道的走向将按照通风的要求科学布局,城市下垫面将明显改善,社区、街道沿线、主体公园、广场、森林公园等地绿化将进一步增强,对提升武汉市城市综合竞争力大有裨益。例如,武汉市政府

投资 3.25 亿元兴建的号称“中国城市森林第一环”的武汉市环城森林生态工程,全长 188km,2005 年已全部完工,不仅是城市的天然“氧吧”,还是居民的休闲旅游胜地。

5 我国城市应对气候变化的对策

为实施减缓气候变化的上述战略,控制和削减温室气体排放,缓解城市热岛效应,根据上述指导思想,我国城市应制订和完善以下技术政策。

(1)改进燃烧装置和热能利用技术,提高能源效率。造成热污染最根本的原因是能源没有被最有效、最合理地利用,因此,减低城市热岛强度,首先要改进燃烧装置和热能利用技术,提高热能利用率。目前,因燃烧装置效率较低,使得大量能源以废热形式消耗,并产生热污染。如在火力发电厂的锅炉燃料燃烧释放的能量中,约 40%转化为电能,12%随烟气排放,48%随冷却水进入水体中;核能发电时约 33%的能量转化为电能,其余的 67%均变为废热贮存在水中。我国热能平均有效利用率约为 30%左右,而工业发达国家的热能平均有效利用率达 40%以上,如果能把热能利用率提高 10%,就意味着热污染的 15%得到了控制,将大大减少热污染。可以采用清洁工艺,减少温室气体的排放。通过技术改造和采用先进的工艺技术,降低钢铁、汽车、化工、电力和建材等主要能源密集型工业部门的单位产品能源消耗系数,提高工业部门的能源利用效率;发展热力和电力联产以及集中供热,改造高能耗的工业炉窑,改进热蒸汽保温系统,提高能源管理的现代化水平。建立产品能源效率标准制度,大力推广高效节能的燃煤锅炉、鼓风机、变速电动机、空调和冰箱以及交通运输设备、照明装置和工业管网蒸汽阀等设备;大力推进选煤、洗煤、型煤加工、煤气化等技术,使用清洁煤,积极发展和使用循环硫化床锅炉和水煤浆等燃烧技术,推行民用和商业建筑的能源效率设计标准,开发和推广优质双面窗、空心砖、隔热墙板材料以及太阳能热水器等节能产品。

(2)改进农业生产技术和土地利用技术。利用品种杂交和人工授精等生物基因工程技术,提高反刍动物的肉、奶生产率,禁止作物秸秆的燃烧,直接利用作物秸秆生产饲料,推广氨化饲料技术和蛋白质添加剂养牛技术,提高家畜的生长速度和牛的肉奶生产

率,严格禁止开垦和破坏湿地、草地,对耕地开发、冻土层土地开发以及未开垦的大面积土地的开发,严格实行环境影响评价制度并落实开发中的生态保护措施。

(3)加强减缓气候变化的固碳技术开发。重点研究温室气体贮存、固定技术,研究开发有利于减缓气候变化的环保新技术等。提倡实施生态农业。研究表明,与施用化肥的农田相比,不施用化肥的农田温室气体综合排放效应下降 15.99%,少施化肥则下降 5.9%,不施或少施化肥是减少温室气体排放的最佳措施。鼓励在城郊发展速生丰产用材林。速生丰产林以其巨大的生产力和固碳速率成为重要的固碳“原料”。在有固定的 CO₂ 来源处如化工厂、发电厂等收集 CO₂,采用工业技术,将捕获的 CO₂ 注入地下或深海实现固碳。

(4)完善制度和法律,鼓励节能降耗。对于使用节能设备的单位给予税收、贷款等多方面的优惠;对能耗过大的单位,限期进行整改,整改后仍不达标者进行曝光、罚款等处理;提倡节能建筑,申报新建或改建建设工程必须附有节能措施;普及节能汽车,普及家庭住宅节能系统,减少家庭电器、办公室自动化设备待机耗电等,通过政府低息融资铺设天然气管道,鼓励使用天然气;提倡使用太阳能,鼓励集中城市供暖;提高城市能源利用率,减少温室气体排放。

(5)控制空气污染物的排放。城市环境中污染物的最大来源是工业生产和交通运输,了解这些污染源的性质和强度,是迈向最终控制排放和保证清洁健康空气的第一步,这就需要搞清楚城市区域污染源的位置、类型以及规定时期内每种污染物排放量的目录表,以便于对城市环境空气质量进行统一监控和管理。管理部门可以通过法律、行政手段要求排污单位提供报告或者委托其它部门进行实地调查。同时,管理部门要定期、不定期地检查排污单位保留着主要污染物排放量的详细记录及燃料记录等,这些详细记录可以反映工厂是否正在遵守法定的排放限制。交通运输车辆尾气排放清单,可以通过交通普查资料,比如汽车的数量和类别以及使用柴油和汽油发动的汽车所占的百分比进行粗略估算。

(6)优化城区产业结构和区域布局。采取关、停、并、转的管理措施,从源头上控

制城市环境空气污染。将空气污染大户、能耗大户迁到二环以外,同时对一些技术落后、能耗高、污染环境严重的企业采取限期整改、转产和淘汰措施。鼓励企业建立环境管理体系,推广 ISO14000 环境管理体系认证,制定不同地区发电环保折价标准,为脱硫火电厂的运行创造良好的政策环境,保证脱硫火电优先上网;火电厂加快使用洁净煤技术等;合理布局电厂,大力发展清洁能源,有效削减现有火力发电厂 SO₂ 排放,加快建设一批火力发电厂脱硫装置或采取其它脱硫措施。

(7)建设城市生态林业体系,增强吸碳的能力。研究表明,城市绿地可以为城市环境提供氧气,降低城市大气中 CO₂ 的含量。据研究,在阳光的照射下,建筑物只能吸收 1/10 的热量,而树林却能吸收 50% 的热量。因此,在城市建设规划中可以由近及远构筑“三位一体”的城市生态林业保护圈,即“城区绿化生态体系—城郊林果带体系—远郊森林综合生态体系”。城区绿化生态体系主要由公共绿地、街道绿化、专用绿地、生产防护绿地、空间立体绿化构成,这是核心圈层;城郊林果带体系包括近郊的林果木、经济林、苗木花卉、公路林带、村庄果木等,是过渡圈层;远郊森林综合生态体系包括风景林、森林公园、自然保护区及各种防护林、经济林、水土保持林及速生丰产林等,是外围圈层,也是城市生态环境最大的调节体系。

参考文献:

- [1] Maurice Estes, Jr. et al. The Urban Heat Island Phenomenon. Public Management, 2003, (8).
- [2] 徐再荣.从科学到政治:全球变暖问题的历史演变[J].史学月刊, 2003 (4).
- [3] 陆道调.城市林业的作用及构成体系[J].云南林业调查规划设计, 1999 (12).
- [4] 陈正洪等.城市热岛强度订正与供热量预报[J].气象, 2005 (1).
- [5] 彭华涛等.湖泊水环境与武汉城市发展中的经济效益评价[J].统计与决策, 2004 (12).
- [6] 李延明等.北京城市绿化与热岛效应的关系研究[J].中国园林, 2004 (1).
- [7] 周大地,徐华清.气候变化的能源应对战略[J].科学中国人, 2004 (9).

(责任编辑 来扬)