

上海市与东京市陆地碳汇核算与比较分析*

李敏霞 牛冬杰 李凤亭# 郭 茹 曹柏静

(同济大学环境科学与工程学院, 联合国环境规划署—同济大学环境与可持续发展学院, 上海 200092)

摘要 全球气候的变化激发了人们对现有的和潜在的碳汇的研究兴趣。结合上海市和东京市的基本状况, 分析了上海市和东京市主要的陆地碳汇类型, 根据相关文献研究和当地的基本情况确定碳汇参数, 研究了不同陆地碳汇类型的碳汇量, 进而估算出陆地总碳汇量。在此基础上, 从不同的角度对比分析了 2 个城市的陆地碳汇能力, 并提出了加强湿地保护工作、加强园林绿化建设工作、保护耕地等增强上海市陆地碳汇能力的对策。

关键词 陆地碳汇 估算方法 比较 城市

全球气候的变化激发了人们对现有的和潜在的碳汇的研究兴趣^[1]。碳汇是从大气中清除二氧化碳的过程、活动或机制。对于碳汇的研究已经深入到了森林、海洋、农田以及湿地等各个生态系统, 各国都在积极探索研究不同的碳汇类型, 采取各种增汇的措施来应对气候变化。城市是人口数量最多、人类活动最为集中的区域, 是碳源最为集中, 也是碳汇最为脆弱的地方。目前, 陆地碳汇的核算基本都只是针对不同陆地碳汇类型来单独计算^[2-4], 将城市作为一个整体来进行陆地碳汇核算的研究还很少。李凤亭等^[5]采用经验估算方法对比分析了上海市、苏州市、无锡市和南通市 4 个城市的陆地碳汇状况, 结果表明, 陆地总碳汇量为上海市>南通市>苏州市>无锡市; 陆地总碳汇量的大小与城市各自的发展以及园林绿地、湿地等的保护程度密不可分。增强陆地碳汇对于城市二氧化碳的减排具有重要作用, 还可以改善和美化城市环境。

上海和东京是举世闻名的大都市, 前者是正处于高速发展时期的发展中国家的城市, 后者是发展已经趋于平稳的高度发达国家的城市, 2 个城市均是各自国家经济发展的中心, 人口密度高。笔者采用经验估算法, 对上海和东京的陆地总碳汇量进行了估算, 通过对 2 个城市的园林绿地、湿地、耕地等的碳汇能力的对比分析, 提出了增强上海市陆地碳汇能力的建议。由于陆地碳汇是一个长期的动态的过程, 而动态参数存在很多不确定性, 本研究仅采取静态参数计算。

1 研究区概况

上海是我国最大的综合性工业城市, 地处长江

三角洲平原东端。截至 2008 年底, 上海市辖 18 个区和 1 个县。东京是日本的首都, 位于本州关东平原南端, 东南濒临东京湾, 通连太平洋, 其行政区划为“都”, 下辖 23 个特别区、1 个郡、26 个市、7 个町、8 个村以及伊豆群岛、小笠原群岛。

据统计, 2007 年上海市土地面积为 6 340.50 km², 人口达 1 858.08 万, 且近年来人口增长迅速^[6]。近年来, 上海市 GDP 和人均 GDP 增长快速, 2000—2007 年, GDP 从 576.40 亿美元增长到 1 602.96 亿美元, 人均 GDP 则从 3 630.0 美元增长到 8 728.0 美元。据统计, 2007 年东京市的土地面积为 2 187.58 km², 人口达 1 279.02 万, 近几年人口呈现出微增的趋势^[7]。东京是世界上经济发展最为快速的城市之一, 2000—2007 年, GDP 从 6 064.04 亿美元增长到 9 337.14 亿美元, 人均 GDP 从 50 265.18 美元增长到 73 002.26 美元。

2007 年, 上海市和东京市部分类型土地利用面积见表 1。

表 1 2007 年上海市和东京市部分类型土地利用面积¹⁾

类别	km ²		
	园林绿地	湿地	耕地
上海	317.95	3 197.14	2 060
东京	259.34	0.11	52.61

注: ¹⁾ 数据引自《上海统计年鉴 2008》和《东京统计年鉴 2008》。

由表 1 可见, 上海市的湿地(包括近海及海岸湿地、河流湿地、湖泊湿地以及库塘湿地等)面积较大, 为 3 197.14 km², 约占该市土地总面积的 50.42%。东京市园林绿地面积较耕地面积和湿地面积要大很多; 湿地(包括池塘和沼泽湿地等)面积非常少, 仅为 0.11 km²。

第一作者: 李敏霞, 女, 1986 年生, 硕士研究生, 主要从事二氧化碳减排政策研究。# 通讯作者。

* 拜耳可持续发展教席基金资助项目“可持续发展背景下的长江三角洲城市气候变化缓解与适应战略”。

表2 各陆地碳汇类型的碳汇参数

类型	$K/(t \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1})$	文献
园林绿地	2.1~2.8	[8]
	1.41~2.40	[9]
	0.53~0.65	[10]
湿地	2.1±0.2	[11]
	1.6~2.2	[5]
	0.5~57.4	[12]
耕地	0.15~1.50	[13]
	0.21	[14]
	0.20~1.30	[15]
	0.095~1.143	[16]

2 碳汇量估算方法及碳汇参数确定

园林绿地、湿地、耕地是目前存在的主要的陆地碳汇类型,笔者将陆地总碳汇量核算近似地分成这3种类型来研究(见式(1)),即陆地总碳汇量为这3种类型碳汇量之和。采用经验估算法,根据不同的陆地碳汇类型选择不同的碳汇参数。

$$H=10^{-4} \times K \times S \quad (1)$$

式中: H 为不同碳汇类型的碳汇量,万 t/a (以碳元素计,下同); K 为碳汇参数, $t/(hm^2 \cdot a)$ (以碳元素计,下同); S 为不同碳汇类型的碳汇面积, hm^2 。

上海市和东京市不同陆地碳汇类型的碳汇参数见表2。由于目前尚缺乏计算不同陆地碳汇类型的碳汇参数的定量模型,因此本研究所采用的碳汇参数主要是根据相关文献并结合研究区域主要的土地利用情况来确定。本研究取上海市园林绿地、湿地、耕地的碳汇参数分别为0.65、2.50、1.00 $t/(hm^2 \cdot a)$;取东京市园林绿地、湿地、耕地的碳汇参数分别为1.41~2.80、1.60~2.20、0.15~1.50 $t/(hm^2 \cdot a)$ 。

3 结果及讨论

3.1 陆地总碳汇量变化

根据选定的碳汇参数以及基础数据(引自1998—2007年的《上海统计年鉴》、《中国统计年鉴》^[17]以及《东京统计年鉴》)计算得到1998—2007年上海市和东京市的陆地总碳汇量,结果分别见图1和图2。由于东京市湿地面积相对过少,相应的碳汇量很低,图2中未显示。

由图1和图2可见,上海市历年的陆地总碳汇量远远超过东京市,为100万~110万 t 。该结果与文献[18]所得的结果存在一定出入,主要是由于该文献在计算陆地总碳汇量时,考虑了农作物,而本研究仅考虑陆地碳汇,不包括农作物。

1998—2007年,上海市陆地的总碳汇量呈现降低趋势,其中总碳汇量在1998—2001年比较稳定,2002年开始下降,10年间总体较稳定。东京市每年的陆地总碳汇量为9万~10万 t ,波动幅度很小,10年间呈先降低而后略有上升的趋势,2006年的总碳汇量较2005年有少量的增加,这主要是因为2006年东京市的园林绿地面积从2005年的249.37 km^2 增加到了259.78 km^2 。

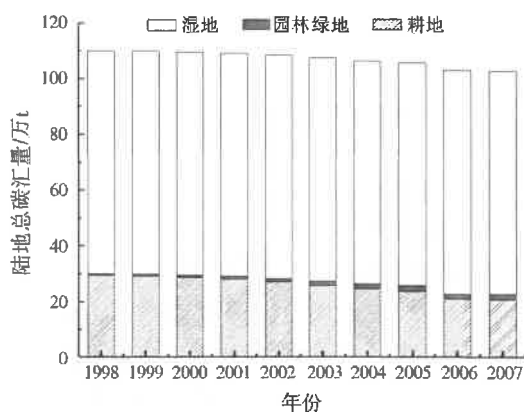


图1 1998—2007年上海市陆地总碳汇量

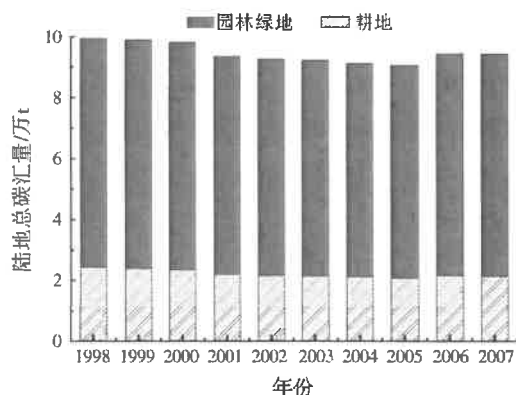


图2 1998—2007年东京市陆地总碳汇量

3.2 不同陆地碳汇类型的碳汇量变化

3.2.1 园林绿地碳汇量

1998—2007年,上海市和东京市园林绿地的碳汇量见图3。由图3可见,上海市园林绿地的碳汇量比东京市要小很多。上海市10年间的园林绿地碳汇量总体呈增加趋势,该市近年来不断推进了绿化建设,提高了城市绿化覆盖率,但园林绿地的发展时间尚短,因此园林绿地的碳汇能力仍有很大的发展空间。东京市10年间的园林绿地碳汇量(6.9万~7.5万 t)变化与该市陆地总碳汇量的变化趋势基本一致,于2005年达到了最低值后,在2006年又恢复了增长。

3.2.2 湿地碳汇量

1998—2007年,东京市湿地碳汇量变化见图4(由于历年来上海市湿地面积的变化数据无法得到,

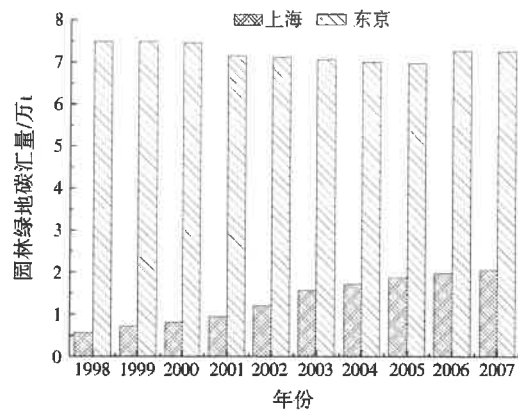


图 3 1998—2007 年上海市和东京市园林绿地碳汇量
故上海市的湿地碳汇量变化没有列出)。由图 4 可见,东京市湿地的碳汇量很少,为 0.002 3 万 ~ 0.003 6 万 t,且 10 年间总体呈降低趋势。上海市的湿地碳汇量比较稳定,10 年间总体略有下降,近期为 79 万 t,远远大于东京市湿地的碳汇量,这主要缘于东京市和上海市湿地面积的差异(见表 1)。

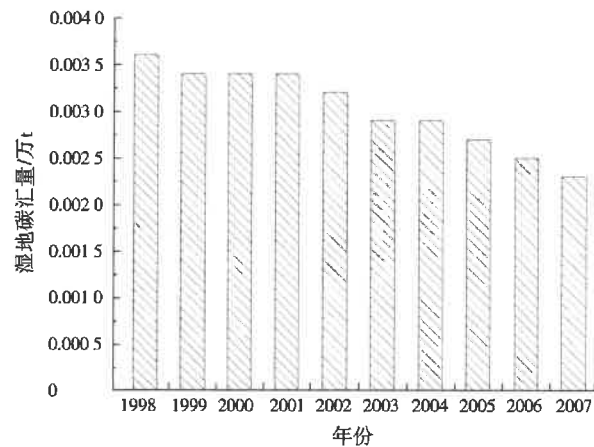


图 4 1998—2007 年东京市湿地碳汇量

3.2.3 耕地碳汇量

1998—2007 年,上海市和东京市的耕地碳汇量变化见图 5。由图 5 可见,无论是上海市还是东京市,耕地的碳汇量都总体呈降低趋势,这与 2 个城市

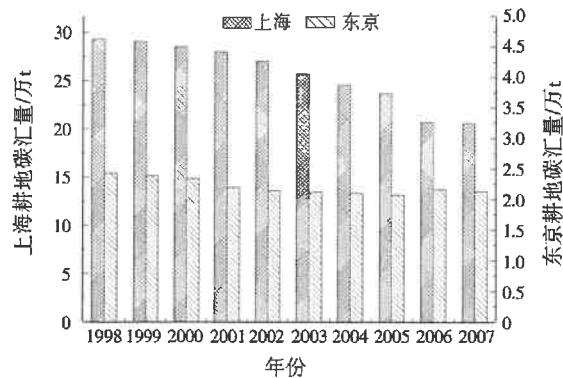


图 5 1998—2007 年上海市和东京市的耕地碳汇量

的耕地的退化等原因密切相关。上海市的耕地碳汇量要高于东京市,但近年来的降低趋势较东京市明显,2007 年的耕地碳汇量趋向稳定(较 2006 年)。东京市的耕地碳汇量在 2005 年达到了最低值,而 2006 年开始又有所增长。

3.2.4 不同陆地碳汇类型的碳汇量比较

取 1998—2007 年上海市和东京市不同陆地碳汇类型的碳汇量所占比例进行比较,见表 3。

表 3 1998—2007 年上海市和东京市不同陆地碳汇类型的碳汇量所占比例 %

项目	园林绿地碳汇量所占比例	湿地碳汇量所占比例	耕地碳汇量所占比例
上海市	1.27	74.67	24.06
东京市	76.63	0.03	23.34

由表 3 可见,上海市和东京市不同陆地碳汇类型的碳汇量有着很大的差异,上海市主要的陆地碳汇类型为湿地,占陆地总碳汇量的 74.67%,而东京市的主要陆地碳汇类型为园林绿地,占陆地总碳汇量的 76.63%。在碳汇参数确定的条件下,不同陆地碳汇类型的碳汇量与该类型的碳汇面积有着直接的联系。上海市不同的土地利用类型中湿地占了很大的比例,相对而言园林绿地较少,而园林绿地是可以人为努力合理增加的,因此合理增加上海市的园林绿地面积可以作为增强该市陆地碳汇能力的主要突破点之一。

3.3 单位碳汇量比较

由于上海市和东京市在土地面积、人口数量等方面存在很大差异,仅从总碳汇量上比较还难以说明 2 个城市的陆地碳汇能力的差别,因此计算 2 个城市的单位面积碳汇量和人均碳汇量(结果见表 4),以便进一步进行比较。

表 4 1998—2007 年上海市和东京市的单位面积碳汇量和人均碳汇量

项目	单位面积碳汇量/(t·hm ⁻²)	人均碳汇量/t
上海市	1.688 2	0.063 9
东京市	0.431 9	0.007 7

由表 4 可见,上海市的单位面积碳汇量和人均碳汇量均远远超出了东京市,几乎分别是东京市的 4、8 倍。上海市的人口约是东京市的 1.5 倍,土地面积约是东京市的 3 倍,人口密度远远小于东京市,可见上海市的陆地碳汇能力比东京市要强很多。

由表 2 可见,东京市园林绿地的碳汇参数要高于上海市,这与 2 个城市的植被类型相关。1998—2007 年上海市和东京市的园林绿地人均碳汇量变化见图 6。

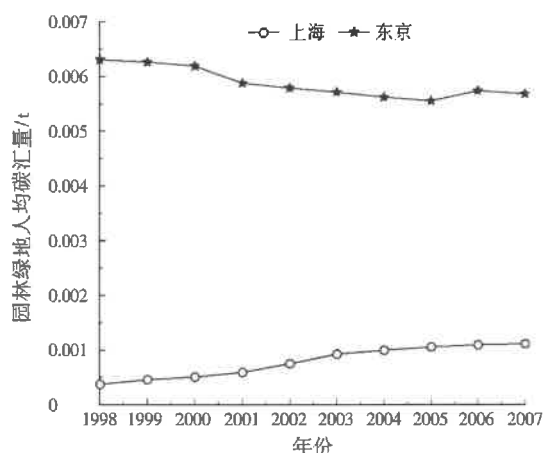


图6 1998—2007年上海市和东京市的园林绿地人均碳汇量

由图6可见,虽然上海市的陆地总碳汇量要比东京市的大得多,然而在园林绿地的人均碳汇量上,东京市远远高于上海市。从园林绿地人均碳汇量的变化趋势来看,东京市呈现出总体降低的趋势,而上海市呈现出不断增加的趋势,说明上海市已经开始重视园林绿化的建设工作,并且取得了一定的成果,但与东京市的差距还是显而易见的,因此上海市应该继续加强园林绿地的建设工作,可以重点发展碳汇能力强的植被(如垂柳、木芙蓉、乌桕、醉鱼草、荷花等,其日固碳能力均大于 12 g/m^2 ^[19]),进一步增强园林绿地的碳汇能力。

1998—2007年,上海市和东京市的湿地、耕地人均碳汇量变化分别见图7和图8。由图7和图8可见,上海市湿地、耕地的人均碳汇量均明显高于东京市,但10年间上海市湿地、耕地的人均碳汇量波动较大,而东京市耕地的人均碳汇量则相对较为稳定。

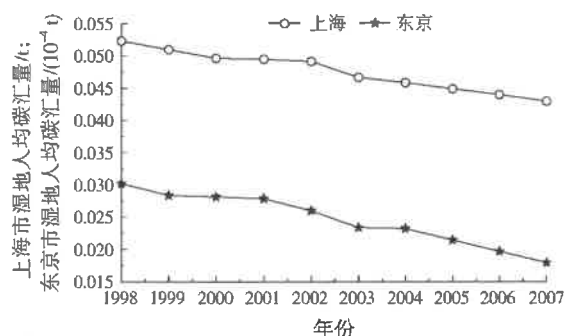


图7 1998—2007年上海市和东京市的湿地人均碳汇量

3.4 陆地总碳汇量和碳排放量的比较

对上海市和东京市的陆地总碳汇量和碳排放量之比(简称总碳汇量/碳排放量)进行了比较,结果见图9。由图9可见,上海市的总碳汇量/碳排放量要远远大于东京市。但是,从各自的总碳汇量/碳排放量变化趋势可见,两者都在降低,东京从2000年的

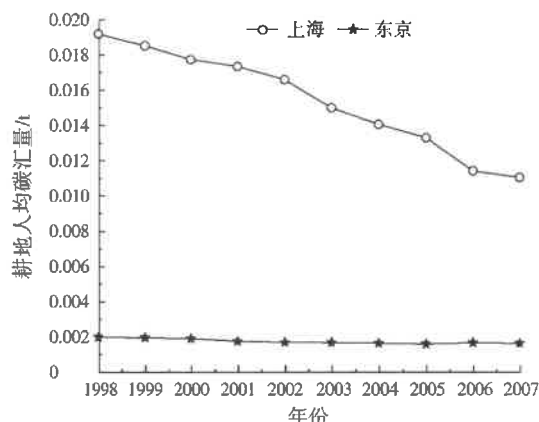


图8 1998—2007年上海市和东京市的耕地人均碳汇量

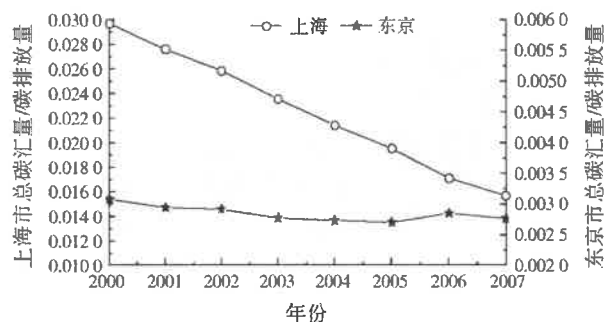


图9 2000—2007年上海市与东京市的总碳汇量/碳排放量

0.003 1降低到2007年的0.002 8,上海市的降低趋势更大,从2000年的0.029 7降低到2007年的0.015 7,这均是由碳排放量的增长以及陆地总碳汇量的降低所导致的。可见,上海市的陆地碳汇相对具有更强的碳减排能力,但是能力正在逐渐降低,应从增加陆地碳汇能力和减少碳排放量2个方面出发来采取有效的应对措施。

4 结论及建议

(1) 上海市比东京市具有更强的陆地碳汇能力,无论从总碳汇量,还是从单位面积碳汇量、人均碳汇量看,上海市都远远高于东京市。

(2) 上海市和东京市具有不同的陆地碳汇结构,上海市主要的陆地碳汇类型为湿地,而东京市主要的陆地碳汇类型为园林绿地。说明上海的陆地碳汇能力更多依赖于自然条件,而东京市的陆地碳汇能力则依赖于园林绿化等人为努力。

(3) 1998—2007年,上海市和东京市的陆地总碳汇量均呈现降低趋势,总体来看,上海市总碳汇量的波动程度比东京市的大。这是由于上海市正处于高速发展时期,陆地碳汇能力存在很多不稳定的因素,如耕地的退化、园林绿化建设工作还处于刚起步阶段等。而东京市的发展相对稳定,耕地的变化已

较稳定,而且园林绿化建设工作也相对较成熟。

(4)从上海市和东京市的总碳汇量/碳排放量可以看出,上海市的陆地碳汇相对具有更强的碳减排能力,但是能力正在逐渐降低。

要在现有基础上进一步提高上海市的陆地总碳汇量,可以从以下几个方面来考虑:

①加强湿地保护工作。在保护现存完好的湿地的同时,对已破坏的湿地进行生态修复,这对增强上海市的陆地碳汇能力具有重要的作用。

②加强园林绿化建设工作。综合考虑植物的种类、分布,绿地结构的优化以及布局的合理性,重点发展固碳能力强的植被。

③保护耕地。政府应完善耕地保护制度,在提高农业生产技术的同时,做好水土保持和土壤改良工作,使更多不良土地变成耕地,减缓耕地的退化,保护好耕地碳汇。

参考文献:

- [1] EULISS JR N H, GLEASON R A, OLNESS A, et al. North American prairie wetlands are important nonforested land-based carbon storage sites[J]. *Science of the Total Environment*, 2006, 361(1/2/3): 179-188.
- [2] 李克让. 土地利用变化和温室气体净排放与陆地生态系统碳循环[M]. 北京: 北京气象出版社, 2000.
- [3] KUZUYAKOV Y. Sources of CO₂ efflux from soil and review of partitioning methods[J]. *Soil Biology & Biochemistry*, 2006, 38(3): 425-448.
- [4] SEIKOH S, TAKESHI K, HIROSHI K, et al. Soil carbon budget a peach orchard ecosystem in Japan[J]. *Environmental Science*, 2003, 16(2): 112-117.
- [5] 李凤亭, 郭茹, 蒋大和, 等. 上海市应对气候变化碳减排报告[M]. 北京: 科学出版社, 2009.
- [6] 上海统计局. 上海统计年鉴[EB/OL]. [2010-05-17]. <http://www.stats-sh.gov.cn/2008shtj/index.asp>.
- [7] Tokyo Metropolitan Government Bureau of General Affairs, Statistic Division Management and Coordination Section. Tokyo statistical yearbook [EB/OL]. [2010-05-17]. <http://www.toukei.metro.tokyo.jp/tnenkan/tn-eindex.htm>.
- [8] ICHIMURA K. Study of estimation of atmospheric CO₂ storage of urban green spaces based on Tree-Crown-Covered Area[J]. *Randosukepu Kenkyu*, 2006, 69(5): 613-616.
- [9] WANG Huimin, SAIGUSA N, YAMAMOTO S, et al. Net ecosystem CO₂ exchange over a larch forest in Hokkaido, Japan [J]. *Atmospheric Environment*, 2004, 38(4): 7021-7032.
- [10] 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*, 2007, 37(6): 804-812.
- [11] CHMURA G L, ANISTELD S C, CAHOON D R, et al. Global carbon sequestration in tidal, saline wetland soils[J]. *Global Biogeochemical Cycles*, 2003, 17(4): 1-22.
- [12] 段晓男, 王效科. 中国湿地生态系统固碳现状和潜力[J]. *生态学报*, 2008, 28(2): 463-469.
- [13] VLEDDSHOUWERS L M, VERHAQEN A. Carbon emission and sequestration by agricultural land use: a model study for Europe(2002)[J]. *Global Change Biology*, 2002(8): 519-530.
- [14] AKIHIKO I, NOBUKO S, SHOHEI M, et al. Modeling of gross and net carbon dioxide exchange over a cool-temperate deciduous broad-leaved forest in Japan: analysis of seasonal and inter-annual change[J]. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2005, 134(1/2/3/4): 122-134.
- [15] SLIVER W L, OSTERTAG R, LUGO A E. The potential for carbon sequestration through reforestation of abandoned tropical agricultural and pasture lands[J]. *Restoration Ecology*, 2000, 8(4): 394-407.
- [16] 韩冰, 王效科. 中国农田土壤生态系统固碳现状和潜力[J]. *生态学报*, 2008, 28(2): 612-619.
- [17] 国家统计局. 中国统计年鉴[EB/OL]. [2010-05-17]. <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/>.
- [18] 郭茹, 曹晓静, 李严宽, 等. 上海市应对气候变化的碳减排研究[J]. *同济大学学报*, 2009, 37(4): 515-519.
- [19] 王丽勉, 胡永红, 秦俊, 等. 上海地区 151 种绿化植物固碳释氧能力的研究[J]. *华中农业大学学报*, 2007, 26(3): 399-401.

编辑: 卜岩枫 (修改稿收到日期: 2010-05-17)

坚持四个结合加快沼气建设

沼气建设是实施新农村建设, 改善农村卫生面貌的一项重要举措, 也是检验新农村建设的一项重要指标。近年来, 河南省大桥乡政协联络组积极调研沼气建设情况, 并主动向党委政府建言献策, 坚持采取“四个结合”, 加快了沼气建设, 促进了新农村建设步伐。主要建议和做法如下:

坚持与养殖产业发展相结合。大桥乡有一定的养殖基础, 无论是养猪、养鸡、还是养牛等专业场(站), 根据政协建议, 大桥乡政府规定: 凡建造新的养殖场之前必须先行规划治污工程, 大场建设大沼气池, 小场建设小沼气池。另外规定: 已经建成投产的专业养殖场也必须在预定期限内重新开挖沼气池, 自我清洁, 治理污染, 以此实现良性循环, 实施环保养殖。

坚持与新农村建设相结合。根据政协建议, 大桥乡村镇建设中心在规划新农村建设“四图一书”时, 规划了户用沼气池的位置和布局。对于不具备分散建设沼气池的村组, 采取集中连片建设大沼气池, 实施改圈、改厕、改厨、改电、改水, 统一规划, 集资建设, 统一管理, 分户使用, 有效地改变了村容村貌, 提升了新农村建设水平。如建设村通过政府引导、多方筹资, 初步形成了户户用沼气的局面, 促进了这个村新农村建设的上档升级, 被评为市级模范新村。

坚持与“生态文明新村”建设相结合。依托沼气建设促进村容村貌改善, 打造整洁环保、环境优美的生态文明新村; 依托文明生态村建设项目建设资金, 促进沼气建设和村内道路硬化、绿化、亮化、美化建设, 改善村民居住和生产生活条件, 打造宜居生态环境。如陡沟村在以沼气建设项目资金促进生态文明村建设的同时, 又以生态文明村建设项目资金加快综合整治, 实现了新农村建设的良性循环。

坚持与各级扶持政策相结合。采取“以奖代补”政策, 捆绑使用各类扶持政策资金, 谁建沼气池奖励谁, 在全乡形成了建设多奖励多, 越建越奖, 越奖励越建的良性建设循环。如建设一座沼气池, 国家奖励 500 元, 乡奖励 100 元, 村奖励 200 元或 50 元。目前, 已经有 4 个大型沼气池建设项目通过乡审批, 建成之后, 可提供给约 300 户村民使用清洁的新型能源。

(摘自《中国环境报》2010-8-10 第 5 版)

