

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

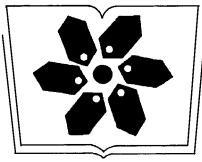
Acta Ecologica Sinica



第33卷 第2期 Vol.33 No.2 **2013**

中国生态学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 33 卷 第 2 期 2013 年 1 月 (半月刊)

目次

前沿理论与学科综述

- 岩溶山区水分时空异质性及植物适应机理研究进展..... 陈洪松, 聂云鹏, 王克林 (317)
- 红树林植被对大型底栖动物群落的影响 陈光程, 余 丹, 叶 勇, 等 (327)
- 淡水湖泊生态系统中砷的赋存与转化行为研究进展..... 张 楠, 韦朝阳, 杨林生 (337)
- 纳米二次离子质谱技术(NanoSIMS)在微生物生态学研究中的应用 胡行伟, 张丽梅, 贺纪正 (348)
- 城市系统碳循环: 特征、机理与理论框架 赵荣钦, 黄贤金 (358)
- 城市温室气体排放清单编制研究进展..... 李 晴, 唐立娜, 石龙宇 (367)

个体与基础生态

- 科尔沁沙地家榆林的种子散布及幼苗更新..... 杨允菲, 白云鹏, 李建东 (374)
- 环境因子对木棉种子萌发的影响 郑艳玲, 马焕成, Scheller Robert, 等 (382)
- 五花米草与短叶荳蔻落物分解过程中碳氮磷化学计量学特征 欧阳林梅, 王 纯, 王维奇, 等 (389)
- 性别、季节和体型大小对吐鲁番沙虎巢域的影响 李文蓉, 宋玉成, 时 磊 (395)
- 遮蔽行为对海刺猬摄食、生长和性腺性状的影响..... 罗世滨, 常亚青, 赵 冲, 等 (402)
- 水稻和玉米苗上饲养的稻纵卷叶螟对温度的反应 廖怀建, 黄建荣, 方源松, 等 (409)

种群、群落和生态系统

- 亚热带不同林分土壤表层有机碳组成及其稳定性 商素云, 姜培坤, 宋照亮, 等 (416)
- 禁牧条件下不同类型草地群落结构特征 张鹏莉 陈 俊 崔树娟, 等 (425)
- 高寒退化草地狼毒与赖草种群空间格局及竞争关系 任 珩, 赵成章 (435)
- 小兴安岭 4 种典型阔叶红松林土壤有机碳分解特性 宋 媛, 赵溪竹, 毛子军, 等 (443)
- 新疆富蕴地震断裂带植被恢复对土壤古菌群落的影响 林 青, 曾 军, 张 涛, 等 (454)
- 长期施肥对紫色土农田土壤动物群落的影响 朱新玉, 董志新, 况福虹, 等 (464)
- 潮虫消耗木本植物凋落物的可选择性试验 刘 燕, 廖允成 (475)
- 象山港网箱养殖对近海沉积物细菌群落的影响 裘琼芬, 张德民, 叶仙森, 等 (483)
- 2005 年夏季东太平洋中国多金属结核区小型底栖生物研究 王小谷, 周亚东, 张东声, 等 (492)
- 川西亚高山典型森林生态系统截留水文效应 孙向阳, 王根绪, 吴 勇, 等 (501)

景观、区域和全球生态

- 中国水稻生产对历史气候变化的敏感性和脆弱性 熊 伟, 杨 婕, 吴文斌, 等 (509)
- 1961—2005 年东北地区气温和降水变化趋势 贺 伟, 布仁仓, 熊在平, 等 (519)
- 地表太阳辐射减弱和臭氧浓度增加对冬小麦生长和产量的影响 郑有飞, 胡会芳, 吴荣军, 等 (532)

资源与产业生态

- 基于环境卫星数据的黄河湿地植被生物量反演研究 高明亮, 赵文吉, 官兆宁, 等 (542)
- 黄土高原南麓县域耕地土壤速效养分时空变异 陈 涛, 常庆瑞, 刘 京, 等 (554)

不同水稻栽培模式下小麦秸秆腐解特征及对土壤生物学特性和养分状况的影响..... 武 际,郭熙盛,鲁剑巍,等 (565)

施氮时期对高产夏玉米光合特性的影响 吕 鹏,张吉旺,刘 伟,等 (576)

城乡与社会生态

城市景观组分影响水质退化的阈值研究 刘珍环,李正国,杨 鹏,等 (586)

长株潭地区生态可持续性 戴亚南,贺新光 (595)

外源 NO 对镉胁迫下水稻幼苗抗氧化系统和微量元素积累的影响 朱涵毅,陈益军,劳佳丽,等 (603)

达里诺尔湖沉积物中无机碳的形态组成 孙园园,何 江,吕昌伟,等 (610)

绿洲土 Cd、Pb、Zn、Ni 复合污染下重金属的形态特征和生物有效性 武文飞,南忠仁,王胜利,等 (619)

柠檬酸和 EDTA 对铜污染土壤环境中吊兰生长的影响 汪楠楠,胡 珊,吴 丹,等 (631)

研究简报

海州湾生态系统服务价值评估 张秀英,钟太洋,黄贤金,等 (640)

内蒙古羊草群落、功能群、物种变化及其与气候的关系 谭丽萍,周广胜 (650)

氮磷供给比例对长白落叶松苗木磷素吸收和利用效率的影响 魏红旭,徐程扬,马履一,等 (659)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 352 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 38 * 2013-01



封面图说: 科尔沁沙地榆树——榆树疏林草原属温带典型草原地带,适应半干旱半湿润气候的隐域性沙地顶级植物群落,具有极强的适应性、稳定性,生物产量较高。在我国仅见于科尔沁沙地和浑善达克沙地。是防风固沙、保护沙区生态环境和周边土地资源的一种重要的植物群落类型,是耐旱沙生植物的重要物种基因库和荒漠野生动物的重要避难所和栖息地。这些年来,由于人类毁林开荒、过度放牧、甚至片面地建立人工林群落等的干扰,不同程度地破坏了榆树疏林的生态环境,影响了其特有的生态作用。

彩图提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201111111705

李晴,唐立娜,石龙宇.城市温室气体排放清单编制研究进展.生态学报,2013,33(2):0367-0373.

Li Qing, Tang Lina, Shi L Y. Research and compilation of urban greenhouse gas emission inventory. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(2): 0367-0373.

城市温室气体排放清单编制研究进展

李 晴,唐立娜,石龙宇*

(中国科学院城市环境研究所 城市环境与健康重点实验室,厦门 361021)

摘要:温室气体排放清单是目前最常用的城市碳排放核算方法,有助于在大尺度上了解城市不同行业或部门的温室气体排放情况。然而,中国城市温室气体清单研究刚刚起步,研究成果还不多,尚缺乏系统、规范的城市温室气体研究方法和指标体系。概述了城市温室气体排放清单的主要参考编制方法,介绍了国内外城市温室气体清单的编制情况,对目前城市温室气体清单编制的特点进行了分析,总结了城市温室气体清单与国家温室气体清单在关键排放源、编制模式、方法体系等方面的差异;在此基础上结合我国城市实际,对适合中国城市的温室气体清单编制方法进行了探索,并针对清单编制过程中存在的具体问题提出了建议;最后对未来城市温室气体清单的发展趋势进行了展望,以期为中国温室气体清单编制及研究提供借鉴。

关键词:气候变化;低碳城市;温室气体清单;碳减排;CO₂

Research and compilation of urban greenhouse gas emission inventory

LI Qing, TANG Lina, SHI Longyu*

Key Lab of Urban Environment and Health, Institute of Urban Environment, Chinese Academy of Sciences, Xiamen 361021, China

Abstract: While actions for addressing global climate change should not be delayed, an open and compatible method for quantifying the greenhouse gas (GHG) emissions of cities or local regions is critical required to support policies. Urban GHG inventory is fundamental for accounting GHG emissions in cities. In general, it reflects both emission structure and trend. Compiling GHG inventories at urban scale is a basic demand of low-carbon city construction in China, and also a foundation for China's future development.

Although use the methods of national GHG inventories as reference, GHG inventories for cities have their own characteristics on principles and methodology systems. The present urban GHG inventory usually uses the experiences of GHG inventory methodologies developed by IPCC (The Intergovernmental Panel on Climate Change), ICLEI (International Council for Local Environmental Initiatives) and Draft International Standard for Determining Greenhouse Gas Emissions for Cities. However, there are still no systemic and standardized methods and indexes for urban GHG inventories, because different organizations have established different approaches for inventorying urban GHG emissions. Though unified framework, such as IPCC or ICLEI, is used, treatments on some emission sources (electricity and cross-boundary transport) or divisions of sub-sectors are different. Due to these issues, it is unsuitable for comparison between cities. At the same time, the calculation results of China's urban GHG emissions have little comparability with those of western cities, owing to differences of definitions and scales.

China's urban GHG emission inventory research is just at the beginning and achievements need to be extended and the performance of urban GHG emission inventory still has a long way to go. Based on present methodologies of compiling urban GHG emission inventories and typical case studies, both domestic and international, we were willing to establish a common

基金项目:环境保护部环保公益性行业科研专项(201009055);全国生态环境十年(2000—2010年)变化遥感调查与评估专项课题(STSN-11-02)

收稿日期:2011-11-11; **修订日期:**2012-02-22

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: lyshi@iue.ac.cn

standard by which inventory of urban emissions should be followed. Considering the special characteristics of China's urban structure, and the problems which would be faced during the accounting progress, China's urban GHG inventories should take its administrative area as spatial boundary and three main gases, carbon dioxide, methane and nitrous oxide, should be concluded. Consumption-based mode should be chose in order to reflect emission amount and structure more truly and more comprehensive. The most recent IPCC guidelines can be used for determining emissions from four aspects, energy (stationary and mobile sources), industrial processes and product use (IPPU), agriculture, forestry and other land use (AFOLU; where significant), and waste. While it is impractical to quantify all of the emissions associated with the indirect ways of urban GHG emissions, such as myriad of goods and materials consumed in cities, urban GHG inventories should also include out-of-boundary emissions from the generation of electricity and district heating which are consumed in cities (including transmission and distribution losses), emissions from aviation and marine vessels carrying passengers or freight away from cities, out-of-boundary emissions from waste that is generated in cities. The GHG emissions embodied in the food, water, fuels and building materials consumed in cities should also be reported as additional information items if possible. Uncertainty assessment and quality assurance are encouraged and should follow IPCC guidelines.

Key Words: climate change; low-carbon city; greenhouse gas emission inventory; carbon emission reduction; CO₂

全球气候变化已成为当前科学界和国际社会普遍关注的热点问题^[1],“发展低碳经济”作为协调社会经济发展、保障能源安全及应对气候变化的基本途径,已经得到各国政府的普遍共识^[2]。当前全球广泛开展的温室气体减排谈判、减排活动及减排贸易等行动,均需依赖于对人为温室气体排放量的精确评估。城市具有人口集中、产业集中、物流集中、资源与能源消耗集中的特点,其温室气体排放量占人类活动总排放量 80% 以上^[3]。城市化和城市扩展过程会对生态系统碳循环和气候变化产生深远影响;反过来,碳循环过程和气候变化也会影响城市生态系统的结构及功能。因此,在城市尺度上研究温室气体减排具有重要的理论和现实意义。

然而,作为多要素、多层次的社会、经济复合系统和人工生态系统,城市生态系统内部的碳过程与自然生态系统大不相同。因此,需要从整体上了解城市生态系统的碳排放特征与规模,认识城市系统温室气体排放的潜在驱动力和影响因素,从而明确城市生态系统内部的碳循环过程及其与社会经济过程的相互作用,有利于采取切实有效的管理措施,促进低碳城市发展目标的实现。

温室气体排放清单是目前较常用的温室气体核算方法,能够清晰地反映温室气体排放水平、排放结构和排放特征。2008 年,国家发展和改革委员会启动中国省级应对气候变化方案项目,其基础工作就是要求各省(自治区、直辖市)对城市温室气体排放量进行核算。然而,中国城市温室气体清单研究刚刚起步,研究成果还不多,缺乏系统、规范的城市温室气体研究方法和指标体系。本文概述了城市温室气体排放清单的主要参考编制方法,介绍了现有城市温室气体清单的编制案例,概括了国内外城市温室气体清单、城市温室气体清单与国家温室气体清单在关键排放源、编制模式、方法体系等方面的差异;在此基础上结合我国城市实际,对适合中国城市的温室气体清单编制方法进行了探索,并针对清单编制过程中存在的具体问题提出了建议,以期推动我国温室气体清单编制进程。

1 城市温室气体排放清单编制方法

目前国际城市的温室气体清单编制方法主要参考联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)有关温室气体清单编制的指南和方法论(IPCC)、地方环境举措国际理事会(ICLEI)方法学以及《城市温室气体排放测算国际标准》等。

1.1 IPCC 方法学

IPCC 指南提供了编制国家温室气体排放清单的通用方法、计算公式和可供参考的基本参数,对城市温室气体清单编制具有较高的参考价值和指导意义。指南将温室气体核算分为四大部分,即:能源、工业过程和产

品使用,农业、林业和其他土地利用,以及废弃物。从基本方法出发,使用参考方法和部门方法两种核算方法进行不同层次的温室气体清单核算。其中,参考方法采用自上而下的核算思路,而部门方法采用自下而上的核算思路。

(1) IPCC 基本方法

IPCC 指南中计算温室气体排放量的基本方法为:

$$E = AD \times EF$$

式中, E 代表温室气体排放量; AD 为活动水平,即有关人类活动发生程度的信息; EF 为排放因子,即量化单位活动排放量或清除量的系数。

(2) IPCC 参考方法

参考方法是 IPCC 指南和优良做法指南都推荐的缺省方法,可表示为:

$$E = (F \times C_a - F_x) \times O$$

式中, E 代表燃料燃烧的 CO_2 排放量; F 指燃料表观消费量,即生产量与净进口量的和; C_a 指单位燃料含碳量; F_x 代表固碳量,即燃料中没有被氧化或被固定的碳; O 为燃烧过程中的碳氧化率。

(3) IPCC 部门方法

IPCC 部门方法基于各能源消费部门或行业进行分类核算,计算公式如下:

$$E_s = F \times EF$$

$$EF = f_{a,b,c,d}$$

$$E_T = \sum E_s$$

式中, E_s 为部门排放的 CO_2 总量; F 为部门燃料消费量; EF 为排放因子; a 、 b 、 c 、 d 分别代表燃料属性、氧化率、含碳量和技术设备条件; E_T 为城市 CO_2 总排放量。

1.2 ICLEI 方法学

ICLEI 探索并建立了城市温室气体清单编制体系,提供了一种简单、标准化的温室气体排放量计算方法和监测、衡量方法^[4],并开发了 CACP 软件工具,供加入 ICLEI 组织和城市气候保护行动(CCP)运动的城市使用。

ICLEI 采用的核算方法与 IPCC 自下而上的核算方法相似,温室气体排放量同样由排放源的活动水平与相对应的排放因子相乘得到,其排放因子也基本由 IPCC 排放因子修改或衍生得来。CACP 软件收集城市中能源使用的化石燃料的主要排放源数据,利用能源消费量和碳排量之间的直接相关关系以及对应的排放因子,精确计算出每种能源的 CO_2 排放量。CACP 软件还能够把温室气体排放量转化为 CO_2 当量,以实现各部门之间的直接比较^[5]。

1.3 城市温室气体排放测算国际标准

2010 年 3 月 23 日,在里约热内卢举行的第五届世界城市论坛上,联合国环境规划署(UNEP)、联合国人居署(UN-HABITAT)及世界银行联合发布了《城市温室气体排放测算国际标准(草)》,人口在 100 万以上的城市可参考此标准进行温室气体排放测算。该标准的核算方法与 IPCC 及 ICLEI 组织的温室气体核算方法相一致,但对城市温室气体排放测算尺度进行了详细划分,将城市温室气体排放过程具体分为 3 个尺度,如表 1 所示^[6]。

标准规定:尺度 2 和尺度 3 中的温室气体排放过程涉及城市消费的主要材料、能源、产品等多个领域,活动水平数据不易获得,核算难度较大;但城市温室气体清单对这部分的计算至少应包括城市发电和区域供暖产生的边界外排放(包括传输损失)、航空和水运产生的碳排放以及城市产生的废弃物在边界外处理引起的碳排放。城市消费的燃料、建材、食物、水等物质中隐含的碳排放也应核算并以附加信息形式公布,不需包含在城市总排放量当中。城市由于输出电力、热力以及输入废弃物产生的排放应该从总排放量之中扣除。

表 1 城市温室气体排放清单尺度划分

Table 1 Scale division of urban greenhouse gas emission inventories	
尺度 Scale	排放过程 Emission Processes
1	发生在清单地理边界内的所有温室气体直接排放过程
2	由于电力、供热的购买和外调发生的间接排放过程
3	未被尺度 2 包括的其他由城市活动引起发生在清单地理边界外的间接排放和隐含排放过程,包括电力传输损失、固体废弃物处理、废弃物焚烧、废水处理、航空、水运以及城市从外部购买燃料、建材、食物、水等过程

2 现有城市温室气体排放清单编制案例及分析

国内外大部分城市温室气体清单多分部门核算温室气体的时间序列排放,以较直观地分析各部门的排放量及变化趋势,更有效地评估减排效果。但城市层面上的温室气体清单研究尚不完善,城市温室气体清单编制还没有统一的规范和方法学。一些城市直接采用国家清单编制方法核算温室气体排放量,如巴塞罗那采用 IPCC 自下而上的方法建立了 1987—1996 年的城市温室气体清单^[7];牛津城市气候变化行动计划综合采用 IPCC 自上而下和自下而上的方法,精确构建了 2002 年牛津市几大部门的 CO₂ 排放清单,并制定了减排策略^[8]。加入了 CCP 行动的部分城市采用 ICLEI 组织的标准化计算方法对城市温室气体排放量进行核算,如纽约^[9-10]、多伦多^[11]、布鲁明顿^[5]、丹佛^[12]等。上述城市温室气体排放清单编制主要内容见表 2。

表 2 国外部分城市温室气体排放清单主要内容

Table 2 Major contents of GHG emission inventories in some foreign cities				
方法 Methods	城市 City	核算气体 Calculated gases	部门划分 Sector Division	
			全市排放清单 Citywide Emission Inventory	政府部门排放清单 ^① Municipal Emission Inventory
IPCC	巴塞罗那	CO ₂ , CH ₄	交通,工业,商业,居民生活,垃圾填埋	—
	牛津	CO ₂	商业及公共机构与住宅,工业生产过程,道路交通,废弃物处理,农业	—
ICLEI	纽约	CO ₂ , CH ₄ 和 N ₂ O	居民生活,商业,工业,交通,废弃物 ^②	市政建筑,供水及污水处理,行政用车,长途运输,校园巴士,路灯/交通信号
	多伦多	CO ₂ , CH ₄	居民生活,交通,商业企业及工厂,垃圾填埋场,向外运送垃圾的卡车	市政建筑
	丹佛	CO ₂ , CH ₄ 和 NO _x	建筑物及附属设施,交通,物质流需求	市政建筑,公用设施,行政用车
	布鲁明顿	CO ₂ , CH ₄	居住,商业,工业,交通,固体废弃物处理	—

① 政府部门排放清单属于全市排放清单,但由于政府部门减排措施(可采取强制手段)与全市减排措施(政府政策鼓励或财税刺激等市场方法)有较大不同,而在核算时单独列出;② 纽约市飞机和水运的核算结果单独列出,未包含到全市排放清单之中;IPCC: 联合国政府间气候变化专门委员会 Intergovernmental Panel on Climate Change; ICLEI: 地方环境举措国际理事会 International Council for Local Environmental Initiatives

可以看出,各城市温室气体清单核算的内容范围、详细程度、部门划分、核算方法均存在区别,即使核算时对温室气体核算采用 IPCC 或 ICLEI 统一框架,也仍然在电力、跨界交通等排放源的归属方面存在差异,子部门的划分及涵盖范围也不尽相同,导致城市之间的温室气体排放量核算结果难以进行客观对比。

我国部分省市也陆续出台了地区性质的应对气候变化方案。这些研究主要集中于利用 IPCC 指南、基于政府能源统计数据对较大城市^[13-16]各部门或者各行业能源消费的 CO₂ 排放量进行估算,或者利用各种模型对能源系统 CO₂ 排放的现状、趋势及减排潜力进行模拟。但由于城市定义及范围上的差异^[17],我国与西方城市的温室气体清单核算结果还较难进行比较。

3 城市温室气体排放清单编制方法特点分析

城市温室气体清单编制借鉴了国家温室气体清单编制的方法,但在原则、技术路线和方法体系上有自身特点,如表 3 所示。

可见,多数城市温室气体核算没有完全涵盖 IPCC 基本排放源^[17],清单的核心核算内容多为电力、供暖、交通以及废弃物处理。同时由于 HFCs、PFCs 和 SF₆ 的数据获取较难,且其排放量在城市温室气体排放总量

中比重较小,大多数城市温室气体清单仅核算 CO₂、CH₄ 和 N₂O 这 3 种主要温室气体。

表 3 国家温室气体清单与城市温室气体清单对比
Table 3 Comparison between national and urban GHG emission inventories

	国家温室气体清单 National GHG Emission Inventory	城市温室气体清单 Urban GHG Emission Inventory
核算内容 Contents	能源活动,工业生产过程,农业,林业和土地利用,废弃物处理	电力,供暖,交通以及废弃物处理
核算气体 Calculated gases	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, HFCs, PFCs 和 SF ₆	多数仅核算 3 种主要温室气体 (CO ₂ , CH ₄ 和 N ₂ O)
编制模式 Models	生产模式	消费模式
方法体系 Methods	自上而下方法 (top-down 或参考方法)	以自下而上方法 (bottom-up 或部门方法) 为主,以自上而下方法为补充

国家清单多采用基于生产的编制模式,使用自上而下方法进行核算。即收集整个研究区域的排放强度和排放源活动水平,核算所有位于区域行政管制边界内的排放源直接产生的温室气体。而城市作为开放型的经济系统,城市内部、城市与城市外部不断进行大量的能源和物质流动,其中的间接碳排放不容忽视^[18,19]。从排放责任的角度出发,基于生产的编制模式不能反映城市进口的二次能源(如电力、成品油等)中隐含的一次能源加工、转换、运输等过程中的温室气体排放量,而间接排在评估温室气体排放责任上相对公平,因此城市多采用消费模式核算区域内最终消费的产品和服务中蕴含的排放量。同时,自下而上方法基于国民经济各门类或行业划分进行分类和计算,依据行业、技术、燃烧条件及燃料属性等计算特定的排放因子,计算精度较高,能充分反映不同部门及行业温室气体排放的特点和趋势,应该是城市温室气体核算采用的主要方法。但此方法模型公式的复杂程度较高,由于统计和技术上的原因,有时无法获得详尽的部门活动水平及相对应的排放因子数据,因此城市温室气体清单核算多以自下而上的方法为主,并以自上而下的方法作为补充,以确保核算结果的全面性。

4 我国城市温室气体清单编制建议

参照国家清单及其他城市清单的编制情况,基于我国城市特点,结合清单编制工作中面临的实际问题,探索对适合中国城市的温室气体清单编制方法。

4.1 编制范围

中国城市统计体系一般覆盖行政市域,从全面涵盖城市各部门和行业的温室气体排放状况、同时降低活动水平数据获取难度的角度出发,温室气体清单核算的地理范围应为城市行政市域,核算气体为 3 种主要的温室气体 (CO₂、CH₄ 和 N₂O)。

4.2 核算方法

中国城市温室气体清单核算使用基于消费的编制模式,对城市所有产生温室气体的直接过程和间接过程进行核算。直接排放过程的核算可分为能源活动、工业生产过程、农业活动、土地利用变化和林业、废弃物处理几大部分;间接排放过程包括电力调入(或调出)以及城市物质流需求(即城市消费的主要材料在城市边界之外的上游生产、加工、运输等过程)。

4.2.1 直接排放过程的核算方法

中国城市未加入 ICLEI 的 CCP 运动,无法获得 ICLEI 计算工具;而且目前中国城市的统计口径与国际上通用的排放清单存在差别,无法满足 ICLEI 的统计要求^[20]。因此,中国城市温室气体清单不适合采用 ICLEI 方法学进行核算。

考虑到 IPCC 方法学是目前国际较为权威和公开的清单编制方法,且其他温室气体清单编制方法学也多从 IPCC 基本方法出发进行改进和核算,因此,建议中国城市温室气体清单对温室气体直接排放量的核算参考 IPCC 指南,以自下而上的方法为主,并以自上而下的方法作为补充。对关键排放源尽可能选用高级别的

计算方法进行详细核算,对非关键排放源可采用低级别的计算方法。

4.2.2 间接排放过程的核算方法

由于电力消耗产生的温室气体排放量在中国城市温室气体排放总量中所占比例较大,而电力可能来源于异地生产。为准确反映城市实际排放情况,需要核算这部分产生的温室气体。具体核算方法可以利用城市境内电力调入(或调出)电量乘以该调入(或调出)电量所属区域电网的平均供电排放因子。对城市物质流需求采用生命周期法或碳足迹法进行核算,以更完整地体现城市实际消费产生的排放。

4.3 数据收集

温室气体排放量核算需要收集各排放源的活动水平数据和排放因子数据。在城市温室气体排放源活动水平数据收集方面,通常应将官方统计资料(如统计年鉴、普查及调查数据等)作为最权威的数据来源,此外还应通过多种渠道进行补充,如部门与企业的实地调研、企业排放报告、问卷调查数据及公开发表的文献等。排放因子的确定方法主要包括:IPCC 指南中推荐的缺省排放因子、国际排放因子数据库、实际调研数据或实测数据及公开发表的文献等。

4.4 清单不确定性分析

中国城市温室气体清单编制方面的统计数据基础薄弱,部分活动水平指标尚未纳入统计体系,现有的能源统计缺乏详细的分部门、分设备、分燃料品种的活动水平数据。同时,由于城市边界的开放性,一些物质和能源的流动缺乏相应的统计记录,导致部分温室气体排放源信息较难获取,不得不通过其他途径进行推算或估测,降低了计算精度。其次,由于地区性排放因子获取工作的难度较大,多数部门的核算直接采用 IPCC 或 ICLEI 排放因子数据库,其排放因子不能准确反映当地的排放特点。为降低清单不确定性,排放因子的选择应最优先考虑地方实测数据,其次是国内同类或相似地区数据和中国国家数据;最后为 IPCC 指南等推荐的缺省值。

5 结论及展望

在全球气候变化的大背景下,城市生态系统在温室气体减排活动中发挥着越来越重要的作用。编制城市温室气体排放清单是中国进行低碳城市建设的基础要求,也是城市承担国际、国内碳减排任务的出发点。然而,我国城市温室气体排放清单的编制工作面临方法标准不一致、基础数据获取难度较大、可比性较低等实际困难,亟需大力开展适合中国城市特色的温室气体清单研究,在理论和方法方面加强探索,在实际操作中发现

问题、总结经验,从而推动我国城市温室气体清单研究,进而促进城市低碳化进程。

温室气体排放清单的研究方向可着眼于生命周期排放、空间分布特征及比较、时间动态变化和可比性几方面。首先,生命周期排放能够完整清晰地评估产品及服务在全生命周期内排放的温室气体,分辨在区域内生产但供给外部消费产生的温室气体排放量,有助于公平区分区域之间碳排放责任,城市温室气体清单应加强此方面的研究。其次,目前城市温室气体排放清单多着眼于核算分析同一城市不同部门之间的温室气体排放情况,较少进行城市之间的对比分析。未来应加强对东西方城市及同一国家不同规模城市温室气体排放清单的比较研究,研究城市级别、发展程度、形态变化等对温室气体排放量的影响,开展不同发展模式、发展水平、经济文化背景下温室气体排放与区域发展的关系研究等。第三,现有温室气体排放清单多按时间序列进行逐年核算,对数据的需求量较高,有时难以得到逐年的排放因子。因此,未来应加强温室气体排放数据获取(活动水平及排放因子)的研究,建立温室气体排放分部门、分燃料品种的详细数据库;同时着眼于揭示主要排放源、排放部门温室气体排放量和排放强度的动态变化特征,分析温室气体排放与区域经济、人口等发展演化过程的内在互动机制和耦合关系。第四,目前温室气体清单核算及编制的方法学尚不统一,导致温室气体核算结果很难进行比较。因此,未来研究应加强城市温室气体清单核算工作中范围确定、数据获取、核算方法和报告格式等方面的标准化工作,力求建立温室气体排放的统一指标体系和分析框架,增强区域间温室气体排放清单的规范性和可比性。

References:

- [1] Solomon S, Plattner G K, Knutti R, Friedlingstein P. Irreversible climate change due to carbon dioxide emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2009, 106(6): 1704-1709.
- [2] Sustainable Development Strategy Group, Academy of Sciences of China. *China Sustainable Development Strategy Report 2009-China's Approach Towards A Low Carbon Future*. Beijing: Science Press, 2009.
- [3] IPCC. *Climate Change 2007: Synthesis Report*. Geneva: IPCC, 2007.
- [4] International Council for Local Environmental Initiatives. *Local Government Operations Protocol for the Quantification and Reporting of Greenhouse Gas Emissions Inventories*. 2008.
- [5] Lemon M, Foley P, Gary F. *Greenhouse Gas Inventory for the City of Bloomington, Indiana: Footprint, Projections, and Recommendations*. Bloomington: City of Bloomington Environmental Commission, City of Bloomington Commission on Sustainability, City of Bloomington Office of the Mayor, 2009.
- [6] UNEP, UN-HABITAT, World Bank. *Draft International Standard for Determining Greenhouse Gas Emissions for Cities*. UNEP, 2010.
- [7] Baldasano J M, Soriano C, Boada L. Emission inventory for greenhouse gases in the City of Barcelona, 1987—1996. *Atmospheric Environment*, 1999, 33(23): 3765-3775.
- [8] Gupta R. *Oxford Climate Change Action Plan*. Oxford: Oxford Brookes University, 2005.
- [9] Bloomberg M R. *Inventory of New York City Greenhouse Gas Emissions*. New York: The City of New York, 2009.
- [10] plaNYC. *Inventory of New York City Greenhouse Gas Emissions: September 2010*. New York: Major's Office of Long-Term Planning and Sustainability, 2010.
- [11] ICF-International. *Greenhouse Gases and Air Pollutants in the City of Toronto-Towards a Harmonized Strategy for Reducing Emission*. Toronto: Energy Efficiency Office, 2007.
- [12] Anu R, Gregg T. *Greenhouse Gas Inventory for the City and County of Denver*. Denver: Local Government, 2007.
- [13] Xing F F, Ouyang Z Y, Wang X K, Duan X N, Zheng H, Miao H. Inventory of final energy-carbon consumption and its structure in Beijing. *Chinese Journal of Environmental Science*, 2007, 28(9): 1918-1923.
- [14] Xie S C, Chen C H, Li L, Huang C, Cheng Z, Dai P, Lu J. The energy related carbon dioxide emission inventory and carbon flow chart in Shanghai City. *China Environmental Science*, 2009, 29(11): 1215-1220.
- [15] Li L, Chen C H, Xie S C, Huang C, Cheng Z, Wang H L, Wang Y J, Huang H Y, Lu J, Dhakal S. Energy demand and carbon emissions under different development scenarios for Shanghai, China. *Energy Policy*, 2010, 38(9): 4797-4807.
- [16] Zhao G W, Chen J F, Cui H S, Chen Y B. Carbon emission in energy consumption in Guangzhou during 1992 to 2007. *Resources and Industries*, 2010, 12(6): 179-184.
- [17] Cai B F, Liu C L, Chen C C, Wang H H, Li Z, Yao J J, Zhang B G. *City's Greenhouse Gas (GHG) Emission Inventory Research*. Beijing: Chemical Industry Press, 2009.
- [18] Andrew R, Lennox J, Peters G. *Greenhouse Gas Emissions Embodied in New Zealand's Trade: Methodology*. Sydney: IIOA2010, 2010.
- [19] Hillman T, Ramaswami A. Greenhouse gas emission footprints and energy use benchmarks for eight U. S. cities. *Environmental Science and Technology*, 2010, 44(6): 1902-1910.
- [20] Yuan X H, Gu C L. Urban greenhouse gas inventory and methods in Beijing. *Urban Environment and Urban Ecology*, 2011, 24(1): 5-8.

参考文献:

- [2] 中国科学院可持续发展战略研究组. 2009 中国可持续发展战略报告——探索中国特色的低碳道路. 北京: 科学出版社, 2009.
- [13] 邢芳芳, 欧阳志云, 王效科, 段晓男, 郑华, 苗鸿. 北京终端能源碳消费清单与结构分析. *环境科学*, 2007, 28(9): 1918-1923.
- [14] 谢士晨, 陈长虹, 李莉, 黄成, 程真, 戴璞, 鲁君. 上海市能源消费 CO₂ 排放清单与碳流通图. *中国环境科学*, 2009, 29(11): 1215-1220.
- [16] 赵冠伟, 陈健飞, 崔海山, 陈颖彪. 1992—2007 年广州市能源消费碳排放研究. *资源与产业*, 2010, 12(6): 179-184.
- [17] 蔡博峰, 刘春兰, 陈操操, 王海华, 李铮, 姚珏君, 张博翌. *城市温室气体清单研究*. 北京: 化学工业出版社, 2009.
- [20] 袁晓辉, 顾朝林. 北京城市温室气体排放清单基础研究. *城市环境与城市生态*, 2011, 24(1): 5-8.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.33 ,No.2 January ,2013(Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- Spatio-temporal heterogeneity of water and plant adaptation mechanisms in karst regions; a review CHEN Hongsong, NIE Yunpeng, WANG Kelin (317)
- Impacts of mangrove vegetation on macro-benthic faunal communities CHEN Guangcheng, YU Dan, YE Yong, et al (327)
- Advance in research on the occurrence and transformation of arsenic in the freshwater lake ecosystem ZHANG Nan, WEI Chaoyang, YANG Linsheng (337)
- Application of nano-scale secondary ion mass spectrometry to microbial ecology study HU Hangwei, ZHANG Limei, HE Jizheng (348)
- Carbon cycle of urban system; characteristics, mechanism and theoretical framework ZHAO Rongqin, HUANG Xianjin (358)
- Research and compilation of urban greenhouse gas emission inventory LI Qing, TANG Lina, SHI Longyu (367)

Autecology & Fundamentals

- Seed dispersal and seedling recruitment of *Ulmus pumila* woodland in the Keerqin Sandy Land, China YANG Yunfei, BAI Yunpeng, LI Jiandong (374)
- Influence of environmental factors on seed germination of *Bombax malabaricum* DC. ZHENG Yanling, MA Huancheng, Scheller Robert, et al (382)
- Carbon, nitrogen and phosphorus stoichiometric characteristics during the decomposition of *Spartina alterniflora* and *Cyperus malaccensis* var. *brevifolius* litters OUYANG Linmei, WANG Chun, WANG Weiqi, et al (389)
- Home range of *Teratoscincus roborowskii* (Gekkonidae): influence of sex, season, and body size LI Wenrong, SONG Yucheng, SHI Lei (395)
- Effects of the covering behavior on food consumption, growth and gonad traits of the sea urchin *Glyptocidaris crenularis* LUO Shibin, CHANG Yaqing, ZHAO Chong, et al (402)
- Biological response of the rice leafhopper *Cnaphalocrocis medinalis* (Güenée) reared on rice and maize seedling to temperature LIAO Huaijian, HUANG Jianrong, FANG Yuansong, et al (409)

Population, Community and Ecosystem

- Composition and stability of organic carbon in the top soil under different forest types in subtropical China SHANG Suyun, JIANG Peikun, SONG Zhaoliang, et al (416)
- The community characteristics of different types of grassland under grazing prohibition condition ZHANG Pengli, CHEN Jun, CUI Shujuan, et al (425)
- Spatial pattern and competition relationship of *Stellera chamaejasme* and *Aneurolepidium dasystachys* population in degraded alpine grassland REN Heng, ZHAO Chengzhang (435)
- SOC decomposition of four typical broad-leaved Korean pine communities in Xiaoxing' an Mountain SONG Yuan, ZHAO Xizhu, MAO Zijun, et al (443)
- The influence of vegetation restoration on soil archaeal communities in Fuyun earthquake fault zone of Xinjiang LIN Qing, ZENG Jun, ZHANG Tao, et al (454)
- Effects of fertilization regimes on soil faunal communities in cropland of purple soil, China ZHU Xinyu, DONG Zhixin, KUANG Fuhong, et al (464)
- Woody plant leaf litter consumption by the woodlouse *Porcellio scaber* with a choice test LIU Yan, LIAO Yuncheng (475)
- The bacterial community of coastal sediments influenced by cage culture in Xiangshan Bay, Zhejiang, China QIU Qiongfeng, ZHANG Demin, YE Xiansen, et al (483)
- A study of meiofauna in the COMRA's contracted area during the summer of 2005 WANG Xiaogu, ZHOU Yadong, ZHANG Dongsheng, et al (492)
- Hydrologic regime of interception for typical forest ecosystem at subalpine of Western Sichuan, China SUN Xiangyang, WANG Genxu, WU Yong, et al (501)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Sensitivity and vulnerability of China's rice production to observed climate change XIONG Wei, YANG Jie, WU Wenbin, et al (509)

Characteristics of temperature and precipitation in Northeastern China from 1961 to 2005	HE Wei, BU Rencang, XIONG Zaiping, et al (519)
Combined effects of elevated O ₃ and reduced solar irradiance on growth and yield of field-grown winter wheat	ZHENG Youfei, HU Huifang, WU Rongjun, et al (532)
Resource and Industrial Ecology	
The study of vegetation biomass inversion based on the HJ satellite data in Yellow River wetland	GAO Mingliang, ZHAO Wenji, GONG Zhaoning, et al (542)
Temporal and spatial variability of soil available nutrients in arable Lands of Heyang County in South Loess Plateau	CHEN Tao, CHANG Qingrui, LIU Jing, et al (554)
Decomposition characteristics of wheat straw and effects on soil biological properties and nutrient status under different rice cultivation	WU Ji, GUO Xisheng, LU Jianwei, et al (565)
Effects of nitrogen application stages on photosynthetic characteristics of summer maize in high yield conditions	LÜ Peng, ZHANG Jiwang, LIU Wei, et al (576)
Urban, Rural and Social Ecology	
The degradation threshold of water quality associated with urban landscape component	LIU Zhenhuan, LI Zhengguo, YANG Peng, et al (586)
Ecological sustainability in Chang-Zhu-Tan region; a prediction study	DAI Yanan, HE Xinguang (595)
The effect of exogenous nitric oxide on activities of antioxidant enzymes and microelements accumulation of two rice genotypes seedlings under cadmium stress	ZHU Hanyi, CHEN Yijun, LAO Jiali, et al (603)
Forms composition of inorganic carbon in sediments from Dali Lake	SUN Yuanyuan, HE Jiang, LÜ Changwei, et al (610)
Fractionation character and bioavailability of Cd, Pb, Zn and Ni combined pollution in oasis soil	WU Wenfei, NAN Zhongren, WANG Shengli, et al (619)
Effects of CA and EDTA on growth of <i>Chlorophytum comosum</i> in copper-contaminated soil	WANG Nannan, HU Shan, WU Dan, et al (631)
Research Notes	
Values of marine ecosystem services in Haizhou Bay	ZHANG Xiuying, ZHONG Taiyang, HUANG Xianjin, et al (640)
Variations of <i>Leymus chinensis</i> community, functional groups, plant species and their relationships with climate factors	TAN Liping, ZHOU Guangsheng (650)
The effect of N:P supply ratio on P uptake and utilization efficiencies in <i>Larix olgensis</i> Henry. seedlings	WEI Hongxu, XU Chengyang, MA Lüyi, et al (659)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的生态学专业性高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,300 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 33 卷 第 2 期 (2013 年 1 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 2 (January, 2013)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元