

中国百种杰出学术期刊
中国精品科技期刊
中国科协优秀期刊
中国科学院优秀科技期刊
新中国 60 年有影响力的期刊
国家期刊奖

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

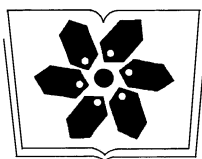
(Shengtai Xuebao)

第 30 卷 第 22 期
Vol.30 No.22
2010



中国生态学学会
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30卷第22期

2010年11月 (半月刊)

目次

高温对水稻叶片蛋白质表达的影响·····	曹云英,段 骅,王志琴,等 (6009)
茶园间作柑桔杨梅或吊瓜对叶蝉及蜘蛛类群数量和空间格局的影响·····	叶火香,崔 林,何迅民,等 (6019)
鼠尾藻生长与生殖的权衡·····	张树宝,唐永政,王志芳,等 (6027)
不同氮素水平下超高产夏玉米冠层的高光谱特征·····	陈国庆,齐文增,李 振,等 (6035)
近100年植被破坏侵蚀环境下土壤质量退化过程的定量评价·····	郑粉莉,张 锋,王 彬 (6044)
毛乌素沙地南缘沙漠化临界区域土壤养分的空间异质性·····	邱开阳,谢应忠,许冬梅,等 (6052)
CO ₂ 浓度倍增对干旱胁迫下黄瓜幼苗膜脂过氧化及抗氧化系统的影响·····	李清明,刘彬彬,艾希珍 (6063)
小兴安岭阔叶红松林粗木质残体空间分布的点格局分析·····	刘妍妍,金光泽 (6072)
光照对鄂东南2种落叶阔叶树种幼苗生长、光合特性和生物量分配的影响·····	杨 莹,王传华,刘艳红 (6082)
不同耕作和覆盖方式对紫色丘陵区坡耕地水土及养分流失的影响·····	林超文,罗春燕,庞良玉,等 (6091)
黄土残塬沟壑区流域次生植被物种分布的地形响应·····	王盛萍,张志强,张建军,等 (6102)
农村土地经营权流转对区域景观的影响——以北京市昌平区为例·····	刘 同,李 红,孙丹峰,等 (6113)
基于农户响应的北方农牧交错带生态改善策略·····	徐建英,柳文华,常 静,等 (6126)
滨岸不同植物配置模式的根系空间分布特征·····	仲启铖,杜 钦,张 超,等 (6135)
三江平原小叶章湿地剖面土壤微生物活性特征·····	杨桂生,宋长春,宋艳宇,等 (6146)
不同水分处理对湿地松幼苗生长与根部次生代谢物含量的影响·····	李昌晓,魏 虹,吕 茜,等 (6154)
生活污水慢渗生态处理对土壤及杨树生长的影响·····	白保勋,杨海青,樊 巍,等 (6163)
玉米连作及其施肥对土壤微生物群落功能多样性的影响·····	时 鹏,高 强,王淑平,等 (6173)
茶园4种半翅目主要害虫与其捕食性天敌的关系·····	周夏芝,毕守东,柯胜兵,等 (6183)
采煤塌陷地不同施肥处理对土壤微生物群落结构的影响·····	李金岚,洪坚平,谢英荷,等 (6193)
典型区域果园表层土壤5种重金属累积特征·····	杨世琦,刘国强,张爱平,等 (6201)
工业园区氮代谢——以江苏宜兴经济开发区为例·····	武娟妮,石 磊 (6208)
公路绿化带对路旁土壤重金属污染格局的影响及防护效应——以山西省主要公路为例·····	王 慧,郭晋平,张芸香,等 (6218)
奥运期间北京PM _{2.5} 、NO _x 、CO的动态特征及影响因素·····	曾 静,廖晓兰,任玉芬,等 (6227)
新疆绿洲农田土壤-棉花系统9种矿质元素生物循环特征·····	韩春丽,刘 娟,张旺锋,等 (6234)
甘肃省黄土高原旱作玉米水分适宜性评估·····	姚小英,蒲金涌,姚茹莘,等 (6242)
基于粪便DNA的马鹿种群数量和性比·····	田新民,张明海 (6249)
专论与综述	
水生态功能分区研究中的基本问题·····	唐 涛,蔡庆华 (6255)
土壤水分遥感监测研究进展·····	杨 涛,官辉力,李小娟,等 (6264)
中国北方气候暖干化对粮食作物的影响及应对措施·····	邓振镛,王 强,张 强,等 (6278)
问题讨论	
城市物质流分析框架及其指标体系构建·····	陈 波,杨建新,石 焱,等 (6289)
研究简报	
湖南会同不同退耕还林模式初期碳密度、碳贮量及其空间分布特征·····	田大伦,尹刚强,方 晰,等 (6297)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 300 * zh * P * ¥70.00 * 1510 * 32 * 2010-11

城市物质流分析框架及其指标体系构建

陈波, 杨建新*, 石焱, 欧阳志云

(中国科学院生态环境研究中心, 城市与区域生态国家重点实验室, 北京 100085)

摘要: 借鉴国内外物质流分析的研究成果, 结合我国城市物质代谢特点, 建立了城市物质流分析的框架及指标体系。该框架以城市社会经济系统物质通量的变化为核心, 增加了对城市社会经济系统可持续能力的考察以及对城市和区域循环经济贡献的关注。论文识别了城市物质流分析中系统边界界定等关键问题, 并提出了解决方法; 指标体系在借鉴国家层面物质流分析指标体系的基础上, 注重对城市经济系统内部循环及不同城市经济系统间的物质循环的考察, 增加了再生资源输入量、内部资源回收量、可回收废物输出量、新鲜水输入量、中水回用量等指标, 用于表征城市可持续发展的能力及实践成果。

关键词: 物质流分析; 城市; 代谢分析

Framework and indicator system of urban material flow analysis

CHEN Bo, YANG Jianxin*, SHI Yao, OUYANG Zhiyun

State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China

Abstract: Literatures of preview works at city-level, or urban material flow analysis (MFA) are reviewed since 1965, when Wolman first used the word “metabolize” to describe the socioeconomic system. Although there are a lot of studies on urban MFA and a remarkable achievement was made, only very few works focused on the framework of urban MFA. It is the key issue about current studies on urban MFA that lacking a suitable framework which is based on the characters of a city and focus on the core problem on the sustainability of urban area. Especially for China, almost all of the works on urban MFA were based on the national-level MFA framework which is not appropriate for city-level MFA, because the characters of a city are very different from those of a country.

Base on the work of reviewing the existed MFA framework, a new framework is set for urban MFA. The objective of this framework is to focus on the sustainability of urban socio-economic systems, as well as their interaction with the regional-level sustainable development. Different from other MFA frameworks which just quantify total material flows into and out of a city, this framework characterizes the inherent specificities of the material flows on a city level. Recycling and recyclable waste flows and water flows are important elements in this framework, attempting to quantify the input and output flows of recycling and recyclable waste as well as water of a city. It also tries to quantify the internal recycling flows of the city studied. However, the dependences on local and foreign resources, wastes, as well as emissions to air and water of the city investigated are key elements for this framework.

This study identifies key issues related to the system boundary and the measurement of specific mass flows between the national-level MFA and the urban-level MFA. The system boundary of an urban-level MFA research is composed by physical boundary and logical boundary which mainly refers to the human economical activity, e. g. agriculture activity, industrial production, human life, etc. For details, methods on determining attribute for special mass flows, such as direct energy input and output flows, flows caused by transportation and logistics industry, and flows based on the share of infrastructures are proposed.

A new indicator system is established, with increased attention to the city's sustainability. Although it is based on the

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(2005CB724206)

收稿日期: 2010-03-10; **修订日期:** 2010-07-09

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: yangjx@rcees.ac.cn

indicator system for national-level MFA, the most important improvement of this indicator system is that some new indicators are added, such as secondary resource inputs, internally recycled resources, fresh water consumption, recyclable waste output, reused waste water, and local resource output, in order to measure the sustainable development ability of urban area. The change in values of indicators can represent the variations in the sustainability of the city studied.

Key Words: material flow analysis (MFA); city; metabolism analysis

MFA 依据质量守恒定律,定量分析系统的物质输入与输出及其背后的隐流问题,是研究系统代谢过程对自然生态环境造成的直接和间接影响的有力工具,国家层面 MFA 研究在欧盟导则^[1]确立的方法框架的支撑下得到了广泛的应用。在我国高速城市化背景下,MFA 是对城市资源能源消耗、环境污染、生态破坏等问题定量化研究的有效工具,可帮助诊断城市问题的根源,但由于缺乏系统分析框架的支撑,城市层面 MFA 研究进展缓慢。本文在综述城市 MFA 研究有别于国家 MFA 研究的关注点和方法的基础上,探讨适合我国城市的 MFA 分析框架,并建立相应的评价指标体系。

1 国内外城市物质流分析现状及存在问题

1965 年, Wolman 将代谢的概念引入社会系统,提出了城市代谢的概念^[2],通过对虚构的美国城市物质流和能量流的分析,指出废物的无害化处理处置是城市代谢的重要环节^[3]。1969 年, Ayres 等指出应注意低价值物质对经济系统的影响,建立了物质流分析的雏形^[4-5]。1974 年, Kneese 等利用物质平衡研究经济系统物质流,认为减少物质输入量是消减废物产生量的唯一途径^[6]。从 20 世纪 60 年代到 80 年代,物质流分析侧重于考察特定物质或元素对生态环境的压力及危害^[5];而从 20 世纪 90 年代开始,物质流分析开始侧重于研究整个社会经济系统的物质通量^[7]。1991 年 Baccini 等人在核算瑞士圣加仑市物质流情况时,包括了饮食、住宅、洗涤、通勤、服装、家禽等活动^[8]; Hendriks 等通过对维也纳和瑞士物质流的核算,指出物质流分析是资源环境管理的有效工具,既可在早期识别资源利用中效率问题,也有助于制定有效的资源环境管理政策^[9]; Newcombe 等^[10]与 Boyden 等^[11]研究了 19 世纪 70 年代香港的城市代谢情况, Warren-Rhodes 等在此基础上,研究了香港从 19 世纪 70 年代到 19 世纪 80 年代城市代谢的变化情况,结果显示人均粮食、水和物质消耗分别增长了 20%、40% 和 149%,同时废气、二氧化碳、市政垃圾及污水等的排放量分别增长了 30%、250%、245% 和 153%^[12]。Simon Jit Singh 等对印度 Trinket 岛的物质流分析的结果表明基础设施存量年增长率为 10%,2000 年人均直接物质输入量为 6.2t,人均国内物质消费量为 3.8t^[13]。Sahely, Halla R. 等对加拿大大多伦多地区进行了城市代谢的研究,结果发现从 1987 年至 1999 年,该地区物质输入增加速度要比输出增加速度快很多^[14]。Schulz 研究了新加坡 1962—2003 年的物质流变化情况,结果显示在这一时间段内,新加坡内部物质消费量的增长速度是 GDP 的两倍^[15];在城市 MFA 框架的研究上, Samuel Niza 建立了基于多层次统计数据的城市 MFA 框架,并利用此框架对里斯本 2004 年物质流进行了完整的核算^[16],但该框架是为特定城市设计,缺少普遍意义。

国内现有的城市 MFA 研究大都基于欧盟导则这一框架。2004 年,徐一剑等利用欧盟导则分析了贵阳市的物质流情况,给出了 2000 年的物质流全景及 1978—2002 年资源投入、1996—2002 年污染排放的总量、结构、强度与人均规模的变化^[7],这是国内首次针对城市经济系统开展的物质流分析研究,但该研究仅核算了城市系统固体物质的代谢情况,并没有完整考虑系统代谢相关的所有物质流,亦没有说明其数据测算依据^[17],此后黄和平^[18]、黄晓芬^[19]、王军^[20]、刘伟^[21]等同样利用欧盟导则分别对常州市武进区、上海市、青岛市城阳区、天津市等地开展了城市物质流分析研究。2008 年,石磊等结合城市数据统计资料的实际情况,通过将 SFA 的结果引入到城市物质流核算的工作中,建立了基于我国城市统计资料及城市主要元素 SFA 分析结果的城市物质流分析框架及测算方法^[17],并利用该测算方法完成了邯郸市 2005 年物质流全景图和 1993—2005 年物质输入和输出结构的时间序列变化^[22-23],该项研究的重点是探讨基于城市现有统计体系的数据

核算方法。

当前国内外城市物质流分析工作存在的的关键问题是缺乏系统的、基于城市系统特点的 MFA 框架。现有城市 MFA 研究大都套用国家 MFA 的框架,但城市 MFA 研究尺度和国家 MFA 研究尺度的差异导致国家 MFA 框架并不适合城市 MFA 的研究,具体表现在:(1)国家物质流分析关心系统边界上输入与输出的总量及其背后的隐流,而输入与输出的结构则相对次要,但在城市层面,输入与输出的结构更为重要,原因在于在城市层面单纯讨论物质输入与输出的总量问题缺乏意义,必须结合对城市产业结构的解析,而城市输入输出的结构与城市产业结构两者是密切相关的;(2)国家 MFA 框架缺乏反映城市可持续发展细节的能力,如城市对废旧资源的吸纳和综合利用情况、城市对可再生能源的使用情况、中水回用情况等。

因此为推进城市 MFA 的相关研究,必须建立基于城市尺度的 MFA 框架。

2 城市物质流分析框架

2.1 建立城市物质流分析框架的目的及其关注重点

建立城市 MFA 框架的目的:(1)界定城市 MFA 需要关注的问题,城市 MFA 研究的关注点应有别于国家 MFA 的研究;(2)建立统一的,可比较的方法和指标体系;(3)明晰城市 MFA 研究中系统边界划定的原则和方法。

相比国家层面的 MFA 框架,城市 MFA 框架聚焦城市输入与输出的结构;展现城市可持续发展的能力及提升潜力;并可帮助识别城市发展中的问题和瓶颈,为决策提供支持。

具体而言,城市 MFA 框架需要关注:(1)城市系统对自然资源依赖与系统的资源效率。城市系统的资源输入包括本地输入和外地调入两部分。(2)城市系统输出端的污染排放,污染排放直接导致了城市生态环境的恶化。(3)城市系统内部的废物循环。提高城市系统内部的废物循环率是提高城市可持续发展能力的重要途径,应首先鼓励城市废物在系统内部的循环使用。(4)城市系统与其它系统间的废物循环。这有两方面的含义:一是城市吸纳其它系统产生的废物的能力,吸纳废物不仅有助于消解废物的环境影响,提高系统环境绩效,而且扩展了系统获取资源的途径,因此吸纳系统外废物的能力反映了城市系统可持续发展的能力;二是城市向外输出的废旧资源的数量,城市输出的废旧资源数量的多少,表明了城市系统对自身代谢废物吸纳能力的欠缺程度,但另一方面也反映了城市可持续发展能力的提升潜力。

2.2 城市物质流分析总体框架

城市 MFA 框架需要关注城市内循环,因此框架不将研究系统视为黑箱,而是适度深入系统内部,以灰箱的模式对系统进行研究。本文建立的城市物质流分析框架见图 1。

虽然在总体结构上,城市 MFA 框架与现有的国家 MFA 框架的区别并不明显,但城市 MFA 框架更关注城市系统的废物吸纳与废物内部回收、以及城市系统废物循环的潜力。具体表现为对废物资源的输入量、输出量及内部回收量等的关注上。

在用词上,框架分别使用调入和调出代替国家 MFA 中的进口和出口,这是考虑到进口和出口等词具有固定意义^[17]。

隐流也称生态包袱,是指原材料采掘过程中排放的废物^[1],如采矿过程剥离的废土废石等。城市 MFA 框架中将伴随本地自然资源的开采产生的隐流称为本地隐流,将调入物质背后的隐流称为调入隐流,调出物质相关的隐流称为调出隐流。

输入端的本地开采项首先分为本地开采的化石能源、一次原料及回收资源等 3 项。化石能源即城市代谢过程输入的煤炭、石油制品、天然气等物质;一次原料进一步细分为生物质、金属矿、非金属矿、建筑原料等 4 类;回收资源指通过尾矿再选、尾矿制砖、秸秆发电等手段而得到综合利用的本地采矿废物、农林业废物等。

输入端中的调入项首先分为能源、原料、产品半成品和回收资源等 4 类。框架将能源列为单项的目的在于突出能源对城市生态系统的重要性。原料可细分为生物质、金属矿、工业非金属矿及建筑材料等 4 类。回收再生资源则细分为可回收废物和再生材料。可回收废物指从系统外调入的,在系统内经过再生过程,以原

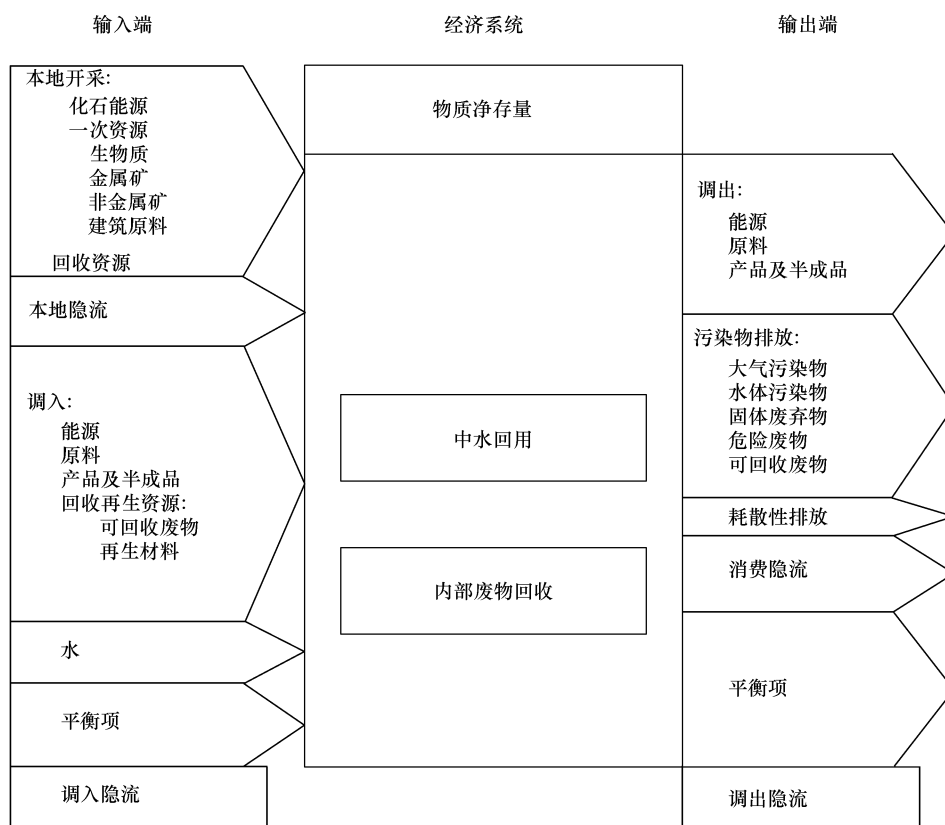


图1 城市物质流分析框架

Fig. 1 Framework for urban-wide material flow analysis

料形态进入城市代谢过程,或者以产品形式离开研究系统边界的物质,包括废纸、废塑料、废金属等终端固废以及可综合利用的工业固废等。再生材料指废物在系统外经过再生过程后,以材料形式进入研究系统的物质流,主要包括再生纸、再生塑料、再生橡胶等,增加再生材料的目的在于鼓励再生材料的使用,提高城市代谢系统的可持续性和推进循环经济发展。

输入人类社会经济系统的水资源的量是其它物质质量总和的 10 倍^[24],故一般物质代谢的研究都会对水资源特别加以考虑。城市 MFA 框架将水作为单独的项目给予考虑,一则防止了水资源输入量太大掩盖其它物质输入量的情况;二则突出了水资源对城市经济系统的重要性,为基于物质流分析结果的决策提供支持。

输入端的平衡项和输出端的平衡项包含的物质项目有所区别。在输入端,平衡项主要包括氧气、氮气、二氧化碳等空气的组成成分;而在输出端,平衡项除了包含上述项目外,还包括各种形态的水的排放(水蒸气、废水、渗漏的水等)。

输出端的污染物排放细分为大气污染物、水体污染物、固体废弃物、危险废物、可回收废物等 5 项。其中前 4 项具有明确定义,本文不再赘述;可回收废物是指以废物形式离开系统边界,并在其它系统中得到回收再利用或可以得到回收再利用的物质流组份,设定这一项是考虑到城市系统首先应鼓励系统内对废物的回收利用,对系统无法吸纳的部分,则应鼓励系统外再利用,这一项也反映了城市系统提高自身可持续性的潜力。

基于对系统内部循环的关注,框架设定了内部物质回收及中水回用两项。这两项都反映了系统对自身废物的吸纳消化能力,有助于识别系统代谢过程所产生的各类问题的根本原因,亦可为可持续发展和循环经济提供参考。

2.3 城市物质流分析系统边界的界定原则

城市 MFA 研究首先须界定研究系统的系统边界。物质流分析的系统边界由地理边界和逻辑边界两部分

组成。逻辑边界指地理边界内所选择的人类经济活动。城市 MFA 研究系统的系统边界界定,需识别城市经济系统有别于国家经济系统的特点,并针对这些特点界定自身的系统边界。

首先需界定研究系统的地理边界。国家 MFA 研究一般选择国界线作为地理边界,而在城市层面,地理边界存在多种选择方案。依据不同的研究目的,可以选择不同的地理边界,如只考虑市区,或以市级行政边界为依据,也可选择多个空间上并不连续的地区所构成虚拟系统。但不管采用何种地理边界,均需明确加以说明。

其次需界定系统的逻辑边界,一般而言,研究系统须包括所选地理边界内所有人类经济活动,包括农业、工业、建筑业、第三产业,以及居民生活、市政办公等环节的物质代谢过程。对人类经济活动涉及的一些特殊对象,需综合考虑研究目的、数据可获取性等因素后,划定对象的归属。

(1)城市调入与调出的能量 存在无需经过化学形态转换,可直接提供能源的流,主要为电力和热力。电力没有质量属性;热力虽具有质量属性(热力一般为高温蒸汽),但其质量不能反映其能量属性。因此将电力和热力的质量规定为 0,即核算直接物质输入量时,电力和热力的输入或输出量不计入调入或调出的总量中;但在核算调入或调出隐流时,则需要核算上述能源流对隐流的贡献。

(2)农林牧副渔业中的物质流 农田、人工林、鱼塘等人工生态系统与自然界的物质交换很难定量,施入鱼塘的饲料、化肥农药等物质在系统内外的迁移转换过程亦难以追踪,因此建议将上述系统定义为系统外对象,从上述系统获取的产品为系统输入,饲料、化肥农药等则为系统输出。人工养殖的家禽、家畜等则建议以系统内对象对待,家禽、家畜啃食的草料、呼吸过程消耗的氧气则为系统输入,家禽家畜的排泄物、呼吸过程排放的二氧化碳、水蒸气等则为系统输出。

(3)特殊的调入调出物质流 国家层面的 MFA 研究中的进出口物质流的核算以地理边界为统计边界,而在城市层面,调入调出的物质流不能简单以地理边界为限,需对仅在系统中短时存储的物质流特别加以考虑。例如,基于衡量城市资源效率这一城市 MFA 研究目的之一,城市物流业承载的物质流即不应计入城市物质流,而只考虑通过物流业进入研究对象其它环节的物质流。

(4)基础设施共享产生的物质流及负荷分配问题 基础设施如垃圾填埋场、焚烧厂、危废处理中心、污水处理厂等的共享,导致了系统外输入的废物量的增加,物质流核算时应剔除这部分物质流对结果的影响。而在系统输出端,这部分物质流增加了研究系统的环境负荷,因此导致了环境负荷分配问题,需要依据研究系统的实际情况建立或采用合理的分配方法。

(5)系统内积存的固废流 固废在系统内的积存包括两种情况:一是垃圾填埋场已填埋的固废,一般的,已填埋的固废产生的渗滤液等污染物仍受人类所控制,换言之,已填埋的固废仍部分为城市经济系统所控制;二是工业企业及其它系统单元中堆存的固废,这部分固废仍在城市经济系统控制范围之内。对此类物质流,因依据研究目的决定是否做为系统存储量处理。

3 城市物质流分析指标体系

指标体系是 MFA 研究框架的重要组成部分,表 1 列出了框架所设定的指标。

下文重点说明回收再生资源输入量、内部资源回收量、可回收废物排放量、新鲜水输入量和中水回用量、本地资源输出量等 6 个指标。

再生资源输入量 再生资源输入量为系统吸纳的系统外回收再生资源的总和,包括外地调入的废物及再生材料、本地开采过程中排放的尾矿及废土废石等物质。再生资源输入量体现了系统吸纳外部废物的能力,反映了系统对周边地区乃至全国推进可持续发展的贡献。

内部资源回收量 内部资源回收量是系统吸纳自身代谢过程产生的废物的量,包括市政生活垃圾、工业垃圾、建筑垃圾等。内部资源回收量体现了系统对自身废物的吸纳能力,反应了系统的可持续水平。

可回收废物输出量 可回收废物输出量包括那些系统自身无法消化吸收,而由系统外的企业或其它单元进行回收利用的物质总量,包括系统代谢产生的生活垃圾、市政垃圾、工业垃圾、建筑废料等。系统代谢废物的外部回收再利用是通过系统间的合作,提高系统代谢可持续性的有效途径,外部废物回收量体现了系统与

其它系统合作推进可持续发展的能力和效果。

表 1 城市物质流分析指标体系
Table 1 The indicator system for urban-wide MFA

指标类别 Category	指标 Indicator	计算方法 Expression	说明 Explain
输入指标 Input indicators	直接物质投入量 Direct Material Input, DMI	本地开采量 + 外地调入量	直接进入城市经济系统并参与生产、消费等代谢过程的物质总量
	总物质输入量 Total Material Input, TMI	DMI + 本地隐流	城市经济系统直接输入或直接影响的物质总量
	总物质需求量 Total Material Requirement, TMR	TMI + 调入隐流	城市经济系统直接和间接输入或影响的物质总量
	本地总物质需求量 Domestic Total Material Requirement, domestic TMR	本地开采量 + 本地隐流	城市经济系统输入或影响的本地的物质总量
	再生资源输入量 Regeneration Resource Input, RRI	外地调入项中的回收再生资源量	城市经济系统吸纳的外部可回收资源及再生资源的量
	新鲜水输入量 Water Input, WI	水	城市经济系统直接从环境(江河湖泊及地下水)汲取的水资源的总量
消费指标 Consumption indicators	内部物质消费量 Domestic Material Consumption, DMC	DMI-调出量	城市经济系统直接消费的物质总量
	总物质消费量 Total Material Consumption, TMC	TMR-调出量-调出间接流	城市经济系统直接和间接消耗的物质总量
	物质净存量 Net Additions to Stock, NAS	物质净存量	城市经济系统物质增长量
内部回收指标 Internal recycle indicators	内部资源回收量 Domestic Waste Recovery, DWR	内部废物回收 + 本地开采项中的回收资源	城市社会经济系统静脉流对自身废物的吸纳能力
	中水回用量 Water Reuse, WR	中水回用	城市社会经济系统为提高水资源效率上的成果
输出指标 Output indicators	本地资源输出量 Local Material Ouput, LMO	调出项中的原料 + 调出项能源子项中的一次能源	城市系统直接输出的自然资源的数量
	过程总排放 Domestic Processed Output, DPO	污染物排放 + 耗散性排放	城市经济活动直接排放的物质总量(不包括本地原料采掘过程的排放)
	总物质排放 Total Domestic Output, TDO	DPO + 本地隐流	城市经济活动直接排放的物质总量
	直接物质输出 Direct Material Output, DMO	DPO + 调出	城市经济活动直接排放(不包括本地原料采掘过程的排放)及输出的各类物质总量
	总物质输出 Total Material Output, TMO	TDO + 调出	城市经济活动直接排放及输出的各类物质总量
	可回收废物输出量 Recyclable Waste Output, RWO	污染物排放项中的可回收废物一项	城市经济系统通过与其它系统合作,提高自身代谢的可持续性的能力和效果

新鲜水输入量与中水回用量 新鲜水输入量指维持城市社会经济系统所需的水输入量;中水回用量指经过城市各类污水处理设施后回用的水量。社会经济系统中水的使用量(按质量计)远高于其它物质流之和,因此不将水计入 DMI 等指标,可避免水的用量掩盖其它城市物质流。新鲜水输入量表征系统对水资源的依赖;中水回用量则表征系统为提高水资源生产力所做的努力。

本地资源输出量 本地资源输出量为城市系统开采后未经本地利用直接输出到其它系统的原始资源的总量。本地资源输出量越多,表征系统对本地资源的利用效率越低。

4 结论与讨论

城市 MFA 研究应关注对城市可持续发展能力的测度,不仅应关注城市生态系统前端的资源输入与后端的污染排放,还应关注城市生态系统对内部废物及外部废物的吸纳、循环、再生能力及潜力。

城市 MFA 指标体系是城市 MFA 框架的重要组成部分,本文建立的指标体系可以表征城市生态系统可持

续发展能力的变化,为评价城市可持续发展能力提供了参考。

测算城市物质流时,必须甄别研究系统中的“真”“假”物质流,扣除进入系统地理边界但没有进入生产或消费环节的物质流。

城市物质流核算的数据来源是需进一步探讨的问题,须依据城市物质流分析框架,结合现有城市统计体系建立合适的数据测算体系。

城市 MFA 指标核算结果的变化可反映城市生态系统可持续发展能力的变化。例如扣除城市经济规模增长的影响后,当城市系统内部废物回收量增加时,表现为 DMI、TMI、DPO 及 RWO 减小,DWR 增加,城市可持续发展能力提高。指标结果与城市生态系统可持续发展能力间的关系需做深入研究。

References:

- [1] Eurostat. Economy-wide material flow accounts and derived indicators. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2001: 15-43.
- [2] Wolman A. The metabolism of cities. *Scientific American*, 1965, 213(3): 178-193.
- [3] Marina F K. Society's metabolism: the intellectual history of materials flow analysis, part I (1860—1970). *Journal of Industrial Ecology*, 1998, 2(1): 61-78.
- [4] Schiller F. Linking material and energy flow analyses and social theory. *Ecological Economics*, 2009, 68(6): 1676-1686.
- [5] Ayres R U, Kneese A V. Production, consumption, and externalities. *The American Economic Review*, 1969, 59(3): 282-297.
- [6] Kneese A V, Ayres R U, d'Arge R C. Economics and the environment: a materials balance approach. Washington: RFF Press, 1971: 30-48.
- [7] Xu Y J, Zhang T Z, Shi L, Chen J N. Material flow analysis in Guiyang. *Journal of Tsinghua University (Science and Technology)*, 2004, 44(12): 1688-1691.
- [8] Baccini P, Brunner P H. Metabolism of the anthroposphere. Berlin: Springer-Verlag, 1991: 89-96.
- [9] Hendriks C, Obernosterer R, Müller D, Kytzia S, Baccini P, Brunner P H. Material flow analysis: a tool to support environmental policy decision making. *Local Environment: The International Journal of Justice and Sustainability*, 2000, 5(3): 311-328.
- [10] Newcombe K, Kalma J D, Aston A R. The metabolism of a city: the case of Hong Kong. *Royal Swedish Academy of Sciences*, 1978, 7(1): 1-13.
- [11] Boyden S, Millar S, Newcombe K, O'Neill B. The ecology of a city and its people: the case of Hong Kong. Canberra: Australian National University Press, 1981: 115-129.
- [12] Warren-Rhodes K, Koenig A. Escalating trends in the urban metabolism of Hong Kong: 1971-1997. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 2001, 30(7): 429-438.
- [13] Singh S J, Grünberg C M, Schandl H, Schulz N. Social metabolism and labour in a local context: changing environmental relations on Trinket Island. *Population and Environment*, 2001, 23(1): 71-104.
- [14] Sahely H R, Dudding S, Kennedy C A. Estimating the urban metabolism of Canadian cities: Greater Toronto Area case study. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 2003, 30(2): 468-483.
- [15] Niels B S. The direct material inputs into Singapore's development. *Journal of Industrial Ecology*, 2007, 11(2): 117-131.
- [16] Samuel N, Leonardo R, Paulo F. Urban metabolism. *Journal of Industrial Ecology*, 2009, 13(3): 384-405.
- [17] Shi L, Lou Y. Methodology and procedure for urban-wide material flows analysis. *Research of Environmental Sciences*, 2008, 21(4): 196-200.
- [18] Huang H P, Bi J, Li X M, Zhang B, Yang J. Material Flow Analysis (MFA) of an eco-economic system: a case study of Wujin District, Changzhou. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(8): 2578-2586.
- [19] Huang X F, Zhu D J. Material input analysis of Shanghai economic and environmental system. *China Population, Resources and Environment*, 2007, 17(3): 96-99.
- [20] Wang J, Zhou Y, Song Z W, Yue S Y, Ling X H. Practice of regional materials flow analysis. *Environment and Sustainable Development*, 2006(6): 44-46.
- [21] Liu W, Ju M T, Yu J L, Li Z. Analysis on material flow of economic and environmental system in Tianjin. *Urban Environment and Urban Ecology*, 2006, 19(6): 8-11.
- [22] Lou Y, Shi L. Analyzing iron and aluminum stocks in Handan City in 2005. *Resources Science*, 2008, 30(1): 147-152.

- [23] Lou Y, Shi L. Material flows analysis for Handan City. *Research of Environmental Sciences*, 2008, 21(4): 201-204.
- [24] Tao Z P. *Eco-rucksack and Eco-footprint*. Beijing: Economic Science Press, 2003: 32-40.

参考文献:

- [7] 徐一剑, 张天柱, 石磊, 陈吉宁. 贵阳市物质流分析. *清华大学学报(自然科学版)*, 2004, 44(12): 1688-1691.
- [17] 石磊, 楼俞. 城市物质流分析框架及测算方法. *环境科学研究*, 2008, 21(4): 196-200.
- [18] 黄和平, 毕军, 李祥妹, 张炳, 杨洁. 区域生态经济系统的物质输入与输出分析——以常州市武进区为例. *生态学报*, 2006, 26(8): 2578-2586.
- [19] 黄晓芬, 诸大建. 上海市经济——环境系统的物质输入分析. *中国人口·资源与环境*, 2007, 17(3): 96-99.
- [20] 王军, 周燕, 宋志文, 岳思羽, 林晓红. 区域物质流分析实践. *环境与可持续发展*, 2006(6): 44-46.
- [21] 刘伟, 鞠美庭, 于敬磊, 李智. 天津市经济-环境系统的物质流分析. *城市环境与城市生态*, 2006, 19(6): 8-11.
- [22] 楼俞, 石磊. 城市尺度的金属存量分析——以邯郸市 2005 年钢铁和铝存量为例. *资源科学*, 2008, 30(1): 147-152.
- [23] 楼俞, 石磊. 邯郸市物质流分析. *环境科学研究*, 2008, 21(4): 201-204.
- [24] 陶在朴. *生态包袱与生态足迹——可持续发展的重量及面积观念*. 北京: 经济科学出版社, 2003: 32-40.

2008 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊★

(源于 2009 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	8956	1	生态学报	1.669
2	应用生态学报	7979	2	植物生态学报	1.656
3	植物生态学报	3742	3	应用生态学报	1.632
4	西北植物学报	3584	4	生物多样性	1.474
5	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3460	5	生态学杂志	1.276
6	植物生理学通讯	3187	6	植物学通报	1.058
7	生态学杂志	3148	7	西北植物学报	1.046
8	遗传学报	2142	8	植物生理与分子生物学 学报	1.034
9	植物生理与分子生物学学报	1855	9	遗传学报	0.887
10	昆虫学报	1580	10	遗传	0.835

★《生态学报》2008 年在核心版的 1868 种科技期刊排序中总被引频次 8956 次,全国排名第 2;影响因子 1.669,全国排名第 14;第 1~8 届连续 8 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

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 30 卷 第 22 期 (2010 年 11 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 30 No. 22 2010

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	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
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 70.00 元