

中国城市家庭代谢及其影响因素分析

刘晶茹, 王如松, 王震, 杨建新

(中国科学院生态环境研究中心系统生态重点实验室, 北京 100085)

摘要: 家庭是可持续消费研究的主要对象, 为了分析家庭消费的环境影响, 荷兰的 HOMES 项目将代谢的概念引入家庭, 提出了家庭代谢的概念。目前家庭代谢分析是评价家庭消费活动环境影响的主要方法, 它通过对家庭系统中物质和能量流动过程的描述, 来识别家庭消费的环境结果。本文首先介绍了家庭代谢的概念模型, 该模型中包含着代谢流的方向、流量和速度 3 个要素, 水资源、能源和物质代谢是家庭代谢的主要内容。应用这一模型, 对中国城市家庭近 20a 的水资源和能源代谢进行描述, 对家庭代谢的经济及人口社会因素进行了分析。结果表明, 中国城市家庭的代谢量在可预见的短-中期时间内, 将继续保持增加的趋势。

关键词: 中国城市; 家庭代谢; 驱动力

Metabolism and driving forces analysis of Chinese urban households

LIU Jing-Ru, WANG Ru-Song, WANG Zhen, YANG Jian-Xin (The Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences 100085, Beijing). *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(12): 2672~2676.

Abstract: The household sector is the key field of sustainable consumption research. To analyze the ecological impacts of household consumption, HOMES project introduced the concepts of Household Metabolism. In ecological science, metabolism refers to the material cycles and energy flow that determine the viability and continuation of organism-environment interaction. On household level, the concept of household metabolism is a metaphor to study the integral pattern of natural resource flows into and out of households.

First, we introduced the concept model of household metabolism, which includes three key factors and three kinds of main flows. The key factors are direction, quantity and velocity of flow. The three kinds of flows are water, energy and material.

Then using this model we analyzed the change of household metabolism of Chinese urban household during the last twenty years. Rather than taking into account all the natural resources of household consumption, we just focused on water and energy flow. The increasing trends of urban household metabolism are very clear in China. Natural, economic and social factors are the main driving forces behind these trends. According to the experiences of developed counties, we concluded that the increasing trends will keep on in a short-middle period.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30070142); 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCXZ-SW-318-01-02)

收稿日期: 2003-08-24; **修订日期:** 2003-10-20

作者简介: 刘晶茹(1973~), 女, 黑龙江人, 博士生, 主要从事城市与产业生态学研究。E-mail: liujingru@vip.sina.com

Foundation item: National Natural Science Foundation of China (No. 30070142); The knowledge Innovation Project of CAS(No. KZCXZ-SW-318-01-02)

Received date: 2003-08-24 **Accepted date:** 2003-10-20

Biography: LIU Jing-Ru, Ph. D. candidate, mainly engaged in the study of urban and industrial ecology.

Key words: household metabolism; driving forces; Chinese urban household

文章编号:1000-0933(2003)12-2672-05 中图分类号:Q143 文献标识码:A

《21 世纪议程》第四章《改变消费方式》指出不可持续的生产和消费方式是造成全球环境问题的主要原因,号召“所有国家均应加强了解消费的作用和如何形成更可持续的消费方式”。之后,在联合国的推动下,发达国家以家庭为主要研究对象,围绕着消费模式、消费动力机制、可持续消费评价和实施等方面开展了大量的工作,可持续消费理论在实践经验中不断的积累和完善。

中国是一个人口大国,随着城市化进程的加快,城市家庭消费的环境问题日益明显,并已经引起了世界可持续消费研究领域的关注,但是国内可持续消费的研究还基本停留在概念性的介绍阶段。本文利用家庭代谢分析(Household Metabolism Analysis)方法,对中国城市家庭的代谢状况及其驱动力进行了分析,希望在中国可持续消费的机理性研究中起到一定的促进作用。

1 家庭代谢及其概念模型

“代谢”一词源于生命科学,是指有机物与环境之间物质循环和能量流动的过程。将“代谢”一词引入环境科学的目的,就是为了描述人类社会这种与有机体相似的,大量利用环境中的物质和能量的活动。正如生物体在新陈代谢与生命活动中需要消耗物质和能量一样,家庭生活过程也依赖于持续不断的能量、资源和信息的供应,因此我们可以从物质输入转化储存以及废弃物的排放等过程对家庭系统进行分析。对家庭系统而言,新陈代谢开始于物质的利用及食物的消耗,其中一部分物质和能量被作为家庭用品及人体生长储存起来,伴随着这一系列过程中产生的污染物被排放到大气、陆地和水系统中。

“家庭代谢”(Household Metabolism)是荷兰 HOMES(Household Metabolism Effectively Sustainable)项目提出的,用于分析家庭消费活动的环境影响的概念^[1,2]。家庭代谢将家庭设想为与有机体类似的一个组织,存在于一个不断与周围环境进行物质和能量交换的系统中。交换过程可以用输入(原材料、能源)和输出(废弃物)来描述,交换过程的结果是对生态系统的改变^[3]。家庭代谢分析的目的是通过量化与家庭消费模式相关的物质和能量的流动过程,来识别不同消费模式所引起的环境结果^[4]。家庭代谢强调与家庭生活过程相关的资源消耗,以资源流的分析为手段,描述家庭与环境的相互作用,辨识家庭消费活动对环境的压力,因为资源消耗可以很好地反映消费行为的环境压力^[5]。家庭代谢过程涉及到技术、经济、行为、空间和行政等各方面的因素^[1]。不同生活方式形成不同的家庭代谢模式,也会产生不同的环境影响。因此通过对家庭代谢及其机制的分析,可以了解环境问题的根源,指导可持续消费的实现^[6]。

图 1 是反映家庭代谢过程的概念模型,代谢流 1~3 反映了家庭消费过程中各种资源输入过程,包括能量输入、材料及产品输入和水的输入。代谢流 4~6 代表着家庭消费中各种输出过程,包括废水、废气和固体废弃物的排放。代谢流 7~9 代表着家庭系统内的再循环过程,包括水资源的再循环、能量的递级利用和固体废弃物的回收再用。该模型中的各个代谢流包含以下 3 个要素,一是方向,二是流量,三是流速。这三个要素的不同组合,形成了家庭代谢的不同结构和功能。隐藏在这些要素背后的是各种社会、经济和技术的驱动力。这一模型形象地描述了家庭消费过程与环境的相互作用,即为了满足家庭消费的各种物质及精神的需求,自然资源被不断地从物理环境中提取出来,被开采的各种资源中只有一小部分在家庭消费过程中实现了循环,大部分作为废弃物

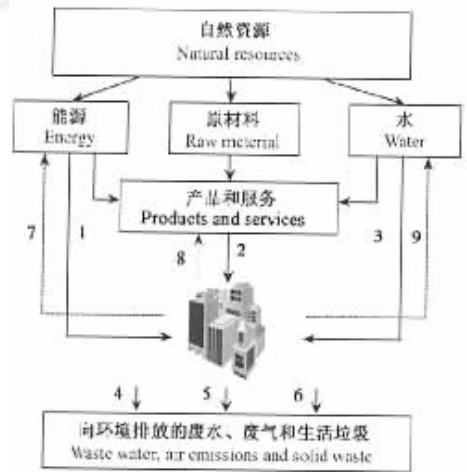


图 1 家庭代谢过程

Fig. 1 Process of household metabolism

费,就应该减少整个家庭代谢系统的物质和能量的流通量,降低流通速度,实现整个路径的“闭环循环”。

家庭代谢的主要内容包括水资源代谢、能量代谢和生活消费品代谢 3 个主要部分,由于生活消费品涉及的内容复杂,统计数据缺乏,因此本文将只针对中国城市家庭近 20a 的水资源代谢(水资源的消耗及废水排放)和能源代谢(能源的消费及废气的排放)两个过程进行描述。

2 中国城市家庭代谢过程

2.1 水资源在家庭系统的输入输出过程

相对与其它部门而言,家庭用水所占的比例很小,低于农业和工业用水。但是近年来,随着技术的进步和生活水平的提高,工业、农业用水比例逐年减少,而生活用水的比例逐年增加。我国城市生活用水从 1985 年的 64 亿 m^3 增加到 2000 年的 30600 亿 m^3 ,平均每年增长 7.2%。随着城市化水平和自来水普及率的提高,城市生活用水量将进一步提高^[7]。

城市生活用水总量是由城市人口及人均生活用水量决定的。1981 年到 2000 年的 20a 间,中国城市化水平由 1981 年的 19.39% 提高到 1999 年的 30.89% 的同时,城市人均生活用水量持续增长,由 1981 年的 47.6t 增加到 1999 年的 94.1t,增加了近 1 倍。

家庭生活用水一般包括饮用、洗衣、洗澡、冲厕所、打扫卫生、浇花、洗车等。居民在日常生活中用水量最大的 3 项活动是洗衣、洗澡和冲厕所,其中厕所用水量约占居民用水的 1/3 左右^[8]。

与用水量变化趋势相一致的是生活废水的排放量。来自家庭的生活废水包括厕所冲洗水、厨房洗涤水、洗衣机排水、沐浴排水及其他排水等。污水中主要含有悬浮态或溶解态的有机物质(如纤维素、淀粉、糖类、脂肪、蛋白质等),还含有氮、硫、磷等无机盐类和微生物^[9]。由于废水排放量占生活用水量的比例一直保持在 80%~85% 之间,因此家庭废水的排放量与用水量保持相同的增长趋势。

目前中国城市家庭人均日生活用水量正在向欧洲国家 80 年代平均水平靠近,与美国日本相比相差很远。随着经济的发展,城市家庭生活用水设施的普及和改善,中国城市家庭人均生活用水量将继续保持增长的趋势,而且用水量的年递增速率会略高于欧洲平均值^[10]。

2.2 能源在家庭系统的输入输出过程

近年来,生活部门一直是居于工业部门后的第二大耗能部门。由于民用能源消费结构的优化,20 世纪 80 年代后期以来,民用能源所占的比例逐年下降。1985 年民用能源消费量占总能源消费量的 17%,2000 年这一比例下降为 11%。从近 20a 来人均生活能源消费结构看,煤炭和电力是主要的两种生活能源,其中煤炭的消费量在 20 世纪 80 年代呈增长趋势,20 世纪 90 年代后迅速下降,而电力消费一直呈迅速上升趋势。煤炭所占的比例已由 1985 年的 87.86% 下降到 1996 年的 59.98%,下降了近 30 个百分点。电力、燃气和热力等优质能源消费量所占比例却逐年上升,其中生活用电所占比例由 6.65% 上升到 24.34%,人均生活用电量由 21.3kW·h 增至 93.1kW·h;燃气所占比例由 2.2% 上升到 9.47%,城镇居民全国平均燃气普及率已达 75.7%。

城镇居民生活用能按用途分为采暖、炊事和热水、照明、制冷及各种家用电器的使用。炊事和取暖能耗占家庭能耗的 90%,近年来,随着生活水平的提高,照明、制冷及家用电器耗能所占比例有所上升^[11]。

能源消费后以废气的形式排放。由于能源使用量的增加,中国 SO_2 排放量连年增加,1981 年排放量为 1371 万 t,1990 年为 1502 万 t,1997 年猛增到 2346 万 t,其中生活污染源排放量为 494 万 t。烟尘的排放量一直居高不下,1997 年全国烟尘排放总量为 1873 万 t,其中生活烟尘排放量为 308 万 t。由于生活能源结构的优化,尤其是电能的大量使用,使家庭能源消费过程的直接排放有所减少,但是其间接过程的排放反而增加^[12]。

我国城市人均生活用能量仍与发达国家相差甚远,1996 年人均生活用商品能源消费量仅相当于日本 1975 年人均生活用能源的 54%。从国外发展的经验看,随着经济的发展和人民生活水平的提高以及生活方式的变化,生活能源的消费量还将持续增加,它在总能源消费中的比例会不断提高。

3 中国城市家庭能源动力机制分析

国外已有研究结果表明^[13],经济因素(经济的增长和家庭收入的增加)和人口社会因素(家庭规模和住

房条件等)是影响家庭代谢的主要原因。对于中国这样一个地域辽阔的国家而言,自然因素(气候和降水等)也是导致家庭代谢模式差异的重要原因。由于影响家庭代谢的因素很多,这些因素之间又存在着复杂的关系,因此目前的研究主要处于经验性的分析阶段,没有统一的定量化的模型。

3.1 自然因素

中国地域辽阔,地域之间自然条件差异大,地理条件成为影响城市家庭代谢的主要因素之一。以家庭生活用水为例,一般说来,在北方地区,家庭生活过程中用水要少于南方地区。缺水的西北地区用水量也少于水资源丰富的东南地区。沈大军对不同流域城镇家庭的生活用水量进行了比较,发现水资源丰富的华南及长江中下游地区城镇家庭的用水量明显高于全国的平均水平,而东北地区城镇家庭用水最少,这是由于北方气候寒冷,居民洗澡用水要明显比南方少的缘故^[14]。

能源消费同样存在地区差异。北方地区冬季需要采暖,南方地区夏季需要制冷,由于供暖消耗的能源以煤为主,而制冷以电力消耗为主,因此形成了我国北方煤南方电的能源消费结构。

3.2 经济因素

经济增长所导致的家庭收入的增加是家庭资源代谢量增加的主要驱动力。OECD对一些发达国家的研究证明,家庭能源消费量与家庭收入的弹性系数为0.1到0.4,即家庭收入每增加1%,家庭用能量增加1%到4%^[15]。这是因为随着经济的发展和城市基础设施的建设,城市的供电和供水水平会提高,同时家庭收入提高,导致家庭耗水和耗能用品的增加。以洗衣机为例,1981年平均每户家庭有0.05台洗衣机,1999年平均每户家庭有0.91台。全部按容量为5kg的普通波轮洗衣机计算,每次洗衣用水约为120~150L,假设每个家庭洗衣的频率不变,每周保持一次,那么由于洗衣机数量的增加,导致每年用水量的增加量为5366~6708L。

家庭代谢的强度与经济增长的关系同样适用于“环境库兹涅茨曲线理论”,按照该理论,当经济发展到一定阶段时,更多的投资将用于生态效率较高的产品的开发,从而减少家庭资源代谢量。同时,当家庭收入增加到一定程度时,消费者就会愿意支付更高的金额购买环境友好的产品。仍以上面的例子来说明这个问题,如果保持其它条件不变,而用节水型的滚筒洗衣机(每次用水75~90L)代替普通波轮洗衣机计算,则每年可以节约用水2000L左右。

3.3 人口社会因素

人口的增加、家庭规模的减小导致家庭数量的增加,这是家庭消费引起关注的重要原因。NIPO对荷兰家庭进行的调查表明,家庭规模与人均日用水量之间存在明显负相关关系,在2人的家庭中,人均日用水量为132.8L,在4口人的家庭中,人均日用水量为123.7L,5人时,人均日用水量仅为120.1L。其它研究证明了家庭规模与人均能耗之间也存在着类似的关系^[16]。

住房条件也显著地影响家庭代谢。人均住房面积的增加意味着对房间取暖、制冷、家用设备、照明和热水的需求会同时增加。1994年建设部制定的用水定额,就是针对不同住房类型进行的,高级住宅的定额为169L/人·d,而简易楼和平房的定额为62L/人·d。根据典型调查,有热水器的家庭比无热水器的家每人每日多用30L水左右。当家庭有给排水和卫生设备时,用水量增加11%,有热水器和淋浴设备时,用水量增加10%左右。

4 结论

家庭代谢分析是监测、评价和实现可持续消费的一个重要工具,家庭代谢强调与家庭生活过程直接相关的资源消费的输入输出程。20世纪80年代以来,中国城市家庭的水资源和能源的代谢量一直呈增加趋势。经济的增长、家庭收入的增加、家庭规模的减小和住房改善等是促进家庭代谢强度加大的主要动力因素。中国城市家庭目前的代谢水平相当于发达国家20世纪80年代的情况,根据发达国家对近20a家庭代谢的分析结果,中国城市家庭代谢在近期内将仍然保持增长的趋势。

References: 万方数据

[1] Klass Jan Noorman, Ton Schoot Uiterkamp. Green households? domestic consumers, environmental and

- sustainability. London: Earthscan Publications Ltd, 1998. 24~28.
- [2] Noorman K J. Changing lifestyles in transition routes towards sustainable household consumption patterns. *International Journal of Sustainable Development*, 1999, **2**(2): 231~244.
- [3] Willi Haas. What do social systems consume? a different view on sustainable consumption. In: Edgar Hertwich ed. *Life-cycle Approaches to Sustainable Consumption Workshop Proceedings*. Laxenburg, 2002. 48~56.
- [4] Nina Methi. Consumption and environment in Fredrikstad. Lysaker: National Institute for Consumer Research, 2001. 10~11.
- [5] Sylvia Lorek. Household Energy and Water Consumption and Waste Generation; German Case Study. Sustainable Europe Research Institute, 2001. 9~19.
- [6] Henri C. Moll, Klaas Jan Noorman. Towards sustainable development at city level; evaluating and changing the household metabolism in five European cities. In: Edgar Hertwich ed. *Life-cycle Approaches to Sustainable Consumption Workshop Proceedings*. Laxenburg, 2002. 153~170.
- [7] Liu C M. Strategy for the water problems of 21st century China. Beijing: Science Publishing House, 1996. 30~40.
- [8] Chao X R. A survey and forecast of urban water use. Beijing: China Environmental Science Press, 1998. 40~60.
- [9] Zhang Z X. Urban sustainable development and strategy for water pollution control. Beijing: China Construction Industry Publisher, 1998.
- [10] Song X T. Development character and strategy of China urban water and wastewater. *China Water and Wastewater*, 2000, **16**(1): 21~25.
- [11] Hu X L. Evaluation of technology and countermeasure for greenhouse gas mitigation in China. Beijing: China Environmental Science Press, 2001. 176~223.
- [12] Liu J R. Study on the ecological impacts of Chinese household consumption-Case study on household electricity consumption. *Urban Environment and Urban Ecology*, 2002, **15**(3): 40~42.
- [13] Andrew McIlwraith. Tracking Progress: implementation sustainable consumption polices, Consumer International, UNEP, 2002. 10~30.
- [14] Shen D J. Analysis of urban residential water demand functions in China. *Acta Hydrology Sinica*, 1999, **12**: 6~10.
- [15] OECD. Towards Sustainable Household Consumption? Trends and Policies in OECD Countries. OECD, 2002.
- [16] OECD. Towards more sustainable household consumption patterns; indicators to measure progress, OECD, 1999.

参考文献:

- [7] 刘昌明,等. 中国 21 世纪水问题方略. 北京: 科学出版社, 1996. 30~40.
- [8] 曹型荣. 城市水资源的调查利用和预测. 北京: 环境科学出版社, 1998.
- [9] 张忠祥. 城市可持续发展与水污染防治对策. 北京: 中国建筑工业出版社, 1998.
- [10] 宋序彤. 中国城市供水排水发展特征及对策. 中国给水排水, 2000, **16**(1): 21~25.
- [11] 胡秀莲,等. 中国温室气体减排技术选择及对策评价. 北京: 中国环境科学出版社, 2001. 176~223.
- [12] 刘晶茹,王如松. 中国家庭消费的生态影响——以家庭生活用电为例. 城市环境与城市生态, 2002, **15**(3): 40~42.
- [14] 沈大军. 我国城镇居民家庭生活需水函数的推求及分析. 中国水资源, 1999, **12**: 6~10.