

文章编号:1673-2049(2005)03-0080-04

北京住宅建设活动的物质流分析

陈永梅,张天柱

(清华大学 环境科学与工程系,北京 100084)

摘 要:基于物质流分析方法,对北京市 1990~2002 年新建和拆除的住宅建筑的物质流进行了分析,并对 2010 年北京市住宅建筑的物质流进行了估计,揭示了北京市住宅建设活动的物质消耗现状和对环境的潜在压力。结果表明:北京市住宅建设活动的直接物质投入已经达到了 $7\,253.7 \times 10^4$ t/年,物质产出达到了 $4\,137.8 \times 10^4$ t/年;万元产值的物质投入量和物质产出量在 1993 年后基本保持不变;住宅建设活动的能耗已经占到北京市总能耗的 15%,而这其中,生产建筑材料的能源消耗就占到了 89%。最后提出了改进建材的生产工艺,加强建筑垃圾的再循环利用对减少能源消耗能起到积极的推动作用,并能促进住宅建筑的可持续发展。

关键词:住宅建设;物质流;能源消耗;统计分析

中图分类号:TU-023

文献标志码:A

Analysis of material flow of residential buildings in Beijing

CHEN Yong-mei, ZHANG Tian-zhu

(Department of Environmental Science and Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: Based on analyzing the input of resource and the output of waste of material flow on the residential buildings in Beijing from 1990 to 2002, the material flow in 2010 was estimated. The current situation of material consumption of residential buildings in Beijing and the potential pressure to environment were revealed. The result shows that the direct material input is up to 72 537 kt/a, while the waste output is up to 41 378 kt/a. The material input and output per ten thousands production value keep balance after 1993. The energy consumption due to the construction and demolition activities of residential buildings accounts for 15% of the total energy consumed in Beijing, especially, the energy consumed by construction material production accounts for 89% of the total. Finally, by improving the manufacture techniques and the recycle use of the construction waste may reduce the energy consumption and promote the sustainable development of residential buildings.

Key words: residential building; material flow; energy consumption; statistical analysis

0 引 言

在过去的十几年里,北京市的住宅建筑市场发生了翻天覆地的变化,根据统计资料,北京市新竣工住宅面积已经从 1990 年的 573×10^4 m² 达到了

2002 年的 $2\,591 \times 10^4$ m²^[1]。住宅工程量占北京市建设项目的一半多,如此快速的发展给生态环境带来的压力是不容忽视的。住宅建筑与自然生态环境之间的关系是通过物质流动联系起来的。每年从自然环境中获取资源用以建造新的住宅,同时又拆除

一部分危旧房屋,并向环境排放很多的废弃物,物质流分析提供了一种分析物质投入和产出的框架。

物质流分析一般可泛指用物理单位(通常用 t)对物质从采掘、生产、转换、消费、循环使用直到最终处置进行的结算。物质流的研究工作主要集中于国家和区域经济系统层次^[2,3],部门层次的分析还很少。有的学者曾经对建筑业的物质流做了分析^[4,5],研究得到建筑业的资源消耗现状,并以此来分析城市可持续发展的情况。

目前中国的一些关于住宅建设活动的研究主要集中于能源方面^[4~6],而对住宅建设活动的物质流研究却几乎没有,这项研究可以说是能源分析的基础。建筑物的可持续发展必须考虑资源因素(包括能源),建筑物要想实现可持续发展,同样必须考虑资源和环境保护。笔者尝试将物质流分析方法应用到住宅建设活动的研究当中,通过对北京市住宅建设活动进行物质流分析,可以考察北京市住宅建设活动的物质消耗现状和对城市的环境压力,能对北京市今后的发展提供建议,并为进一步的研究提供帮助。

1 分析方法

笔者的主要任务是研究北京市(包括直辖市)住宅建设活动中物质的转移,即物质的投入和废弃物的产出。以欧盟的物质流分析框架为基础,对住宅建设活动进行物质流分析。研究的建筑材料包括:钢材、水泥、木材、玻璃、铝材、石子和沙子,这 7 种建材的用量占到了建材总用量的绝大部分^[7,8]。

为了更加详细地反映北京市住宅建设活动的物质消耗和对环境的影响,住宅建设活动的能源流也被考虑进来。这其中的能源消耗主要是指原材料获取、建材生产、住宅建造、房屋拆除以及各阶段运输所需的能源总量。由这些主要的数据可以得到历年北京市住宅建筑的物质流全景。

同建筑物相关的环境压力并不仅仅来源于直接物质的使用。在原材料开采的过程中,有一部分未能进入深加工的物质,称之为生态包袱或隐流^[2]。这些隐流包括贫瘠的岩层和采石、采矿业的开采废弃物,这些通常会对开采场的当地环境造成影响(风景破坏、生活环境降级、土壤和水污染等)。这些隐流的数量并不能说明任何特殊的影响,它揭示的是为获得某些产品而必须动用这些隐流时给环境所带来的潜在影响。如果忽略了这些隐流,对任何建设活动的物质需求强度的估价都是不充分的,但是现

有的数据并不足以计算出中国建筑材料的隐流系数,所以,在本文的研究中,暂且不考虑隐流的影响,所指均为直接物质投入和产出。

2 系统边界

北京市住宅建设活动的物质流分析系统包括 1990~2002 年间每年的新建住宅和拆除住宅,系统边界如图 1 所示。

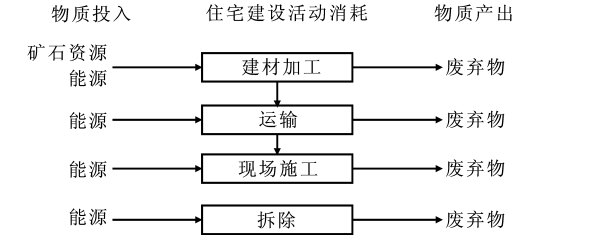


图 1 系统边界

Fig. 1 System boundary

2.1 新建的住宅建筑

物质消耗包括:建造时投入的建筑材料、建筑材料运至施工现场所需的燃油、建造过程中的电力消耗(机械动力和照明)、现场设备的能耗(起重机等)。产出主要包括:建材开采加工过程中的排放、施工垃圾和运输车辆的污染气体排放。

2.2 拆除的住宅建筑

建筑物在其生命周期结束后,通常会被拆除^[9],在这个阶段,多是消耗能源和人工,在此主要考虑能源的投入包括:拆除建筑物所消耗的能源和运输固体垃圾所消耗的能源。产出包括:固体垃圾和运输时的环境排放,其中建筑垃圾的再循环缺乏数据支持,暂不予考虑。

3 物质流统计结果

以 2002 年为例,北京市新建住宅建筑面积为 $2\,591 \times 10^4 \text{ m}^2$,拆除旧住宅建筑面积为 $232 \times 10^4 \text{ m}^2$,建设活动引起的直接物质投入为 $7\,253.7 \times 10^4 \text{ t}$,其中建筑材料投入为 $4\,847.2 \times 10^4 \text{ t}$,化石燃料投入为 $654.9 \times 10^4 \text{ t}$,空气投入为 $1\,751.6 \times 10^4 \text{ t}$;向环境排放废弃物 $4\,137.8 \times 10^4 \text{ t}$,其中排放二氧化碳 $2\,408.4 \times 10^4 \text{ t}$;在污染物质中,固体废弃物(包括建材开采加工过程产生的废弃物和建筑垃圾) $1\,170.9 \times 10^4 \text{ t}$,占 68%,大气污染物 $558.5 \times 10^4 \text{ t}$,占 32%。物质投入和产出的差值,就是物质存储增加值,即最终存储于住宅建筑中的物质量,物质存储为 $3\,115.9 \times 10^4 \text{ t}$,就是说有 $3\,115.9 \times 10^4 \text{ t}$ 物质以住宅形式存在于经济系统中,如图 2 所示。

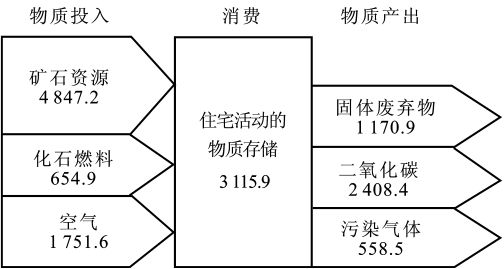


图 2 2002 年住宅建设活动的物质流全景/ 10^4 t

Fig. 2 Material flow panorama of residential buildings in 2002

3.1 物质流总量

1990~2002 年,北京市住宅建设活动的直接物质投入从 $1\,603\times10^4$ t 增加到 $7\,254\times10^4$ t,增长 3.53 倍,年均增长 12.3%;住宅建设活动的物质产出由 1990 年的 915×10^4 t 增加到 2002 年的 $4\,138\times10^4$ t,增长 3.51 倍,年均增长 12.3%。住宅建设活动的物质投入和物质产出在 1998 年以前的增长趋势比较平缓,但是 1998 年以后,北京市加大了危旧房屋改造的力度,并且提出 2005 年后北京市无危旧房屋改造的目标,使得住宅建设活动的物质投入和物质产出出现了较大的增长,并且在 2002 年达到高峰,如图 3 所示。资源投入量的增加与污染物质排放量的增加表现出很强的相关性,以近乎一致的速度增长,这说明物质投入增加是物质产出增加的主要原因,要想减少污染物质的排放,就要从源头上减少资源的投入量。另外,有效的建筑垃圾循环利用,也会在一定程度上降低物质的投入量^[10]。

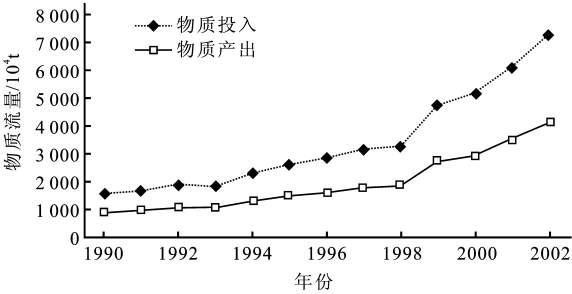


图 3 物质投入和物质产出

Fig. 3 Material input and material output

3.2 资源生产力

北京市住宅建设活动的物质投入强度和物质产出强度在 1990~1993 年间均有较大的下降,1993 年以后,物质投入强度基本保持在产值为 13.2×10^4 t/万元,物质产出强度则保持在产值为 8.0×10^4 t/万元,如图 4 所示。这表明资源的利用效率已基本趋于稳定。当然资源利用效率的提高或趋于平稳,并不意味着资源需求的压力下降,影响环境压力的是物质消耗的绝对量,因此解除资源压力归根结

底还是需要降低物质投入量的绝对值,这才是实现可持续发展的目标。

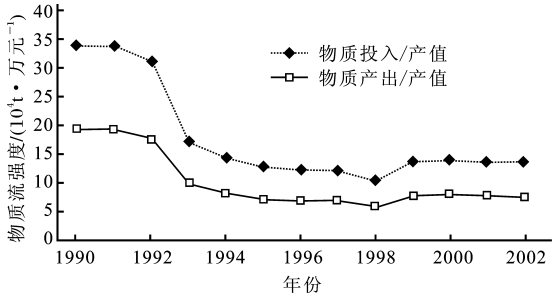


图 4 资源生产力

Fig. 4 Resources productivity

3.3 住宅建设活动的能耗占总能耗的比重

住宅建设活动消耗的能源占北京市总能耗的比重已经从 1995 年的 6.8% 增加到 2002 年的 15%,年均增长率为 12.0%,如图 5 所示。如果再考虑维护住宅运营(照明、采暖、空调等)的能源消耗,这个比重会进一步加大,由此可见,加大建筑节能的力度势在必行。

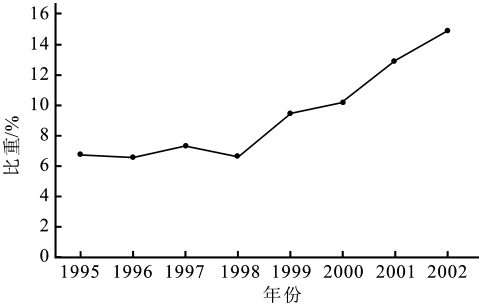


图 5 住宅建筑能源消耗比重

Fig. 5 Proportions of residential building energy consumption

3.4 各阶段能源投入和污染物排放

每年由于住宅建设活动而引起的物质投入和物质产出,新建的住宅建筑占了很大的比例。对于一栋建筑,按照它的使用寿命,将其建造过程大致可以分为资源开采、建材加工、运输和现场施工 3 部分^[11]。笔者将其归总为建材获取阶段和施工阶段两部分。从对这两个寿命阶段的分析可以得到:在建材获取阶段,能源投入和污染物排放分别占到了整个建造过程的能源消耗和污染物排放的 89% 和 92%。因此,如何降低建材获取阶段的能源投入,是需要考虑的一个重要问题。

3.5 2010 年的物质流估计

按照北京市的发展规划,到 2010 年,北京市的住宅建筑面积将达到 2.7×10^8 m²,也就是说,在今后五六年的时间里,住宅建筑的需求量为 10^8 m² 左右。则今后五六年间还需投入的物质为 $18\,255\times$

10^4 t,排放的污染物也将达到 $5\,835 \times 10^4$ t,这对环境造成的压力是非常巨大的。

4 结 语

通过对北京市住宅建筑的物质流分析,得到了1990~2002年间的物质投入和物质产出总量、物质投入和物质产出强度以及住宅活动的能源消耗现状,并对2010年的物质流进行了估计。

随着人们物质生活水平的日益提高,使得人们对住房的需求也越来越高,这将使更多的物质被投入到住宅建设中,也将会有更多的废弃物排放到环境中去,住宅建设的能源消耗占整个城市能源消耗的比重也会越来越高,整个住宅建设活动是以物质高投入、高消耗来促进产业发展的,如何减少资源的投入是今后研究的重点。

纵观整个建设活动,建材获取阶段是能源的消耗大户,仅建材一项就给环境带来了巨大的影响。要减少建材带来的环境影响,一方面可以在设计时合理配置建材,但是鉴于单位建筑面积的建材需求量基本维持不变,重要的是改进建材本身的生产工艺,如水泥制造方面,用新型干法替代立窑生产,以减少对环境的排放;另一方面,加强建筑垃圾的再循环利用也会在一定程度上减少物质投入量,进而减少对环境的影响。

笔者研究发现,需要更详细和更可靠的建筑能耗、建筑材料、建筑废弃物等方面的统计数据来支持此项研究。实际上,笔者所进行的物质流分析,尚未包含使用中的住宅建筑,如果考虑了这部分住宅建筑对物质的消耗,那就能更加详细地展现住宅建筑的物质流全景。但是由于建筑物本身的复杂性以及

方法应用上的一些难点,本文中尚未包含这部分内容。笔者的主旨在于提供这样一个方法,希望对今后的建筑物的物质流研究能有所帮助和启发。

参考文献:

- [1] 国家统计局固定资产投资统计司. 中国建筑业统计年鉴[M]. 北京:中国统计出版社,1990—2002.
- [2] BRINGEZU S, SCHUTZ H. Total material requirement of the european union: technical part[R]. Copenhagen: European Environment Agency, 2001.
- [3] HAMMER M. Material flows and economic development-material flow analysis of the hungarian economy [D]. Vienna: University of Vienna, 2002.
- [4] HUANG Shu-li, HSU W. Materials flow analysis and emergy evaluation of Taipei's urban construction[J]. Landscape and Urban Planning, 2003, 63(2): 61—74.
- [5] CHEN T Y, BURNETT J, CHAU C K. Analysis of embodied energy use in the residential building of Hong Kong[J]. Energy, 2001, 26(4): 323—340.
- [6] YOHANIS Y G, NORTON B. Life-cycle operational and embodied energy for a generic single-storey office building in the UK[J]. Energy, 2002, 27(1): 77—92.
- [7] 莫 华. 基于数据质量分析的建筑材料生命周期环境影响评价[D]. 北京:清华大学, 2003.
- [8] 杨小敏. 建筑工程规划设计阶段的环境影响定量评价理论与方法[D]. 北京:清华大学, 2003.
- [9] 杨健心, 徐 成, 王如松. 产品生命周期评价方法及应用[M]. 北京:北京气象出版社, 2002.
- [10] 杨江龙. 材料的环境影响评价[M]. 北京:科学出版社, 2002.
- [11] 王小兵, 邓男圣, 孙旭军. 建筑物生命周期评价初步[J]. 环境科学与技术, 2002, 25(4): 18—20.

《中国公路学报》2006 年征订通知

《中国公路学报》(双月刊)是中国公路学会主办的公路交通行业最权威的学术性刊物,主要刊载道路工程、桥隧工程、交通工程、筑路机械工程、汽车与汽车运用工程、公路运输经济与工程经济等专业应用技术及理论性文章,并适当报道有关公路交通的新技术、新材料、新工艺以及国内外重大学术活动、工程建设及科技动态信息等。《中国公路学报》网络版——中国公路网延伸了《中国公路学报》的信息传播功能,为读者提供全方位的公路交通信息服务。中国公路网的网址为:<http://www.highway-china.com>。

《中国公路学报》(大16开本)读者对象为:公路交通界的科研人员、工程技术人员、经济管理人员及大专院校的师生。《中国公路学报》每期定价15.00元(含邮寄费),2006年6期共90.00元。

另外,《中国公路学报》编辑部现有少量往年合订本,100.00元(含邮寄费)/册。欢迎订阅!

收款单位:长安大学杂志社(西安市南二环路中段)

邮编:710064

开户行:中行西安翠华路支行

账号:0104134-34148598091001

联系人:高 炜

电话:(029)82334387