

# 基于工业生态学的建筑业生态链 构建及代谢分析研究

姜连馥,孙改涛

(深圳大学 土木工程学院,广东 深圳 518060)

**摘 要:**依据工业生态学的理论和方法,对中国建筑业生态链进行了研究。参照自然生态系统中的食物链,建立了建筑业生态系统,构建了建筑业生态链。运用工业代谢分析方法和原理,建立了反映建筑业生态链物质流动关系的代谢分析系统图,揭示了建筑业生态系统中物质代谢及循环流动机理,并给出了建筑业代谢分析方法的步骤,对我国开展建筑业低碳经济和循环经济的研究具有一定的参考价值和指导意义。

**关键词:**工业生态学;低碳经济;循环经济;建筑业生态系统;建筑业生态链;工业代谢

中图分类号:TU-023

文献标识码:A

文章编号:1001-7348(2009)21-0053-03

## 0 引言

2007年,我国建筑业总产值51 043.71亿元,比2006年增长了22.8%,实现利润总额1 561.12亿元,比2006年增长了30.8%<sup>[1]</sup>。建筑业在高速发展的同时,也消耗了大量的原材料和能源,并带来了严重的环境污染。世界1/6的净水供应给建筑业,建筑业消耗约1/4的木材、约2/5的材料与能源。据统计,全球能源的50%左右都消耗在建筑物的建造和使用过程中,而在环境总体污染中,与建筑有关的空气污染、光污染、电磁污染等就占了34%<sup>[2]</sup>。调查显示,我国城市垃圾中有30%~40%属于建筑垃圾,施工过程还产生了超过30%的城市噪声<sup>[3]</sup>。以上这些数据充分说明,我国建筑业是高碳产业,具有高能耗、高污染、高排放的特点,从这个意义上讲,建筑业是我国发展低碳经济的一大障碍,如何把我国建筑业尽快纳入低碳经济的发展轨道,解决建筑业与生态环境的适应问题,已经刻不容缓。无疑,大力推广基于现代工业生态学理论的建筑业循环经济,是我国建筑业发展低碳经济的必由之路。

工业生态学是一门新兴的综合型交叉学科,是生态、环境、能源、经济、信息技术、系统工程等多学科交叉融合而形成的。作为生态工业的基础学科,它研究的是工业系统和自然环境之间的相互作用及联系,为工业系统与自然环境间的协调发展提供全新的理论框架和具体可供操作的方法<sup>[4]</sup>。由于建筑业具有工业的流水作业、专业分工以及在信息技术的支持下面向客户需求等现代工业工程的特征,因此将工业生态学从工业移植到建筑业是可行的。

本文采用工业生态学原理作为建筑业生态链构建的主要理论依据,遵循前瞻性与弹性原则构建建筑业生态链,并以工业代谢分析为理论基础,揭示了建筑业生态链在建筑业生态系统中的物质代谢及循环流动机理。

## 1 建筑业生态系统的建立

自然生态系统的某些特性对指导人类的实践活动起到了非常重要的作用。建筑业生态系统正是效仿自然生态系统而创立的,其模拟自然生态系统的物质循环方式,建立不同建筑业活动之间的联系,使一个施工过程产生的废物(副产品)作为下一个施工过程的原料,使原来线性迭加的施工过程构成“生物链”,进而形成“生物网”结构。同时加入“消费建筑废物”的链条,实现了建筑废物的回收、再生和利用。从生态系统的角度来看,建筑业实际上是一个生物群落,在其中存在着资源、企业与环境之间的相互依存、相互作用关系,同时伴有资金、信息、政策、人才和价值的流动,形成了类似自然生态系统食物链网络的建筑业生态链网络。

在建筑业生态系统中,资源部门相当于生态系统中的生产者,其利用基本环境因素(空气、水、土壤、岩石、矿物质等自然资源)生产出产品,如采矿厂、冶炼厂、热电厂、钢铁、水泥等,为建筑业生产提供初级原料和能源。加工生产部门相当于生态系统中的消费者,其不直接生产“物质化”产品,但利用生产者提供的产品供自身运行发展,将初级资源加工转化为满足人类生产、生活需要的建筑物,如设计院、施工、监理等。还原生产部门相当于生态系统中的分

解者,其把建筑企业产生的副产品和“废物”进行资源化或无害化处置,使其转化为新的产品,如废物回收公司、资源再生公司等。

建筑业生态系统和自然生态系统由生产者、消费者和分解者构成,通过持续地进行能量流动、物质循环和信息传递维持自身的动态平衡,遵循“适者生存”法则。自然生态系统几乎没有人的参与,靠其自身进行物质循环和能量交换,只受自然规律约束。而建筑业生态系统是由人设计建造的,故其受人的影响较大,受到市场规律等因素的制约,故其比自然生态系统要复杂得多。

### 1.1 建筑业生态链的构建

#### 1.1.1 建筑业生态链构建原则

通过在建筑业内部建立以建筑物和废弃物为主线的建筑业共生关系,推进资源梯级循环利用,提高资源生产效率,减少能源消耗,建立和谐的共生体系,可以实现建筑业体系的生态优化,在构建建筑业生态链时应遵循以下原则<sup>[5-7]</sup>:①具有前瞻性。应紧跟国内外建筑业发展新动向,加快技术进步和建筑业生态链升级步伐。②构建建筑业生态链的各企业,内部要实现清洁生产,所生产的产品是生态产品。③建筑业生态链的长短依技术经济分析而定。④具有灵活的弹性,当建筑业生态链上任何一个企业生产状况发生变化,与其相联系的企业能及时调节,保证整个系统的平衡。弹性的大小决定了建筑业生态链是否能够长期健康地运作下去。

#### 1.1.2 建筑业生态链模型构建

在自然生态系统中,草食动物以绿色植物为食,肉食动物以草食动物为食,大型肉食动物以小型肉食动物为食,植物和动物残体又被微生物分解,它们以吃与被吃的关系联结成食物链。从生态学原理看,它既是一条能量转化链,又是一条物质传递链。这种由生产者、消费者和分解者构成的食物链,多条纵横交错形成食物网,维持着生态系统中能量、物质循环的动态平衡。

建筑业生态系统中同样存在着多种资源,通过类似于食物链的生态关系相互依存、相互制约,这就是“建筑业生态链”。同自然生态系统的食物链一样,它既是一条能量转化链,又是一条物质传递链。物质流和能量流沿着“建筑业生态链”逐级逐层流动,原料、能源、废物和各种环境要素之间形成立体环流结构,能源、资源在其中反复循环,获得最大限度的利用,使废弃物资源化,实现再生价值。本文构建的建筑业生态链模型如图1所示。

## 2 建筑业生态链的代谢分析

### 2.1 工业代谢分析方法和概念和内涵

20世纪80年代后期,Ayres等人对经济运行中原料与能量流动对环境的影响进行了开拓性研究,提出了工业代谢(Industrial Metabolism)的概念,即原料和能源转变为最终产品和废物的过程中,一系列相互关联的物质变化的总称<sup>[8]</sup>。工业代谢分析模拟生物和自然界的新陈代谢功能,

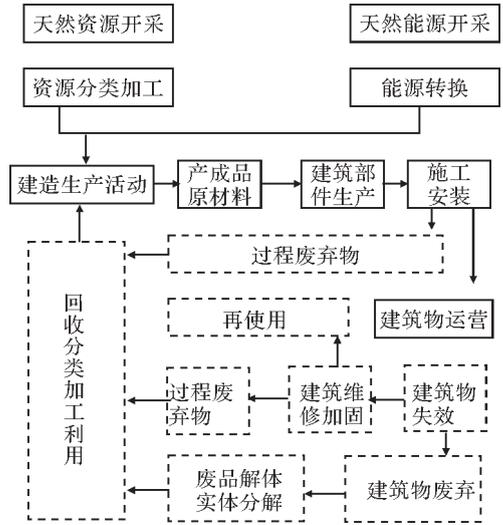


图1 建筑业生态链

通过分析系统结构和输入输出信息流来研究工业系统。它遵循质量守恒定理,以环境为最终考察目标,跟踪资源利用的全过程对系统进行综合评价,有助于分析企业对环境的影响及其可持续发展潜力。

### 2.2 建筑业代谢分析系统

本文以建筑业生态系统的建筑业生态链为研究对象,运用工业代谢分析方法和原理,建立反映建筑业生态链物质流动关系的代谢分析系统,并给出了分析方法和步骤。由于建筑业生态系统相当复杂,本研究对其进行简化假设,只考虑企业及企业之间的物质流,而将资金流、人员流、能量流等不作为研究对象。建筑业代谢过程包括建筑业从建造到拆除整个过程中产生的废弃物经过循环利用重新被利用的过程(见图2)。

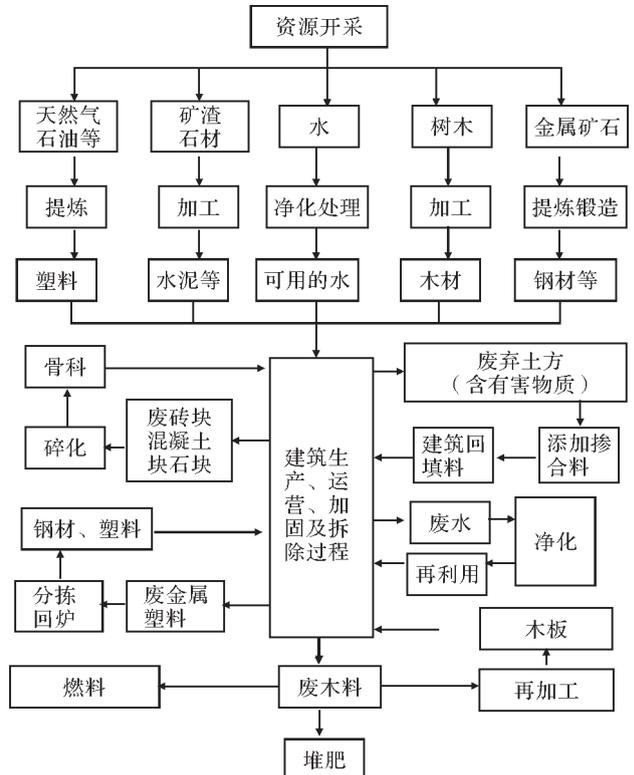


图2 建筑业代谢分析系统

建筑业代谢分析步骤如下<sup>[9]</sup>:

(1)分析建筑业生产现状,收集与其生产有关的各种物料数据。

(2)对各生产工序数据进行物料重量平衡校正,方法是用输入工序的物料重量减去输出工序的元素重量,不足部分计为生产损失,作为工序向外界输出物的一部分,参与环境效率计算;盈余部分可以记录一下,但不参与资源效率的计算。

(3)输入企业的物料中,有由天然资源加工生产而成的中间产品,需把这些物料折合成天然资源量,以及生产这些物料过程中产生的排放物量,便于精确计算企业的资源效率和环境效率。

(4)计算输入企业的天然资源量、回收资源量和输出企业的副产品和废品质,然后计算企业的资源效率、能源效率和环境效率。

由于本研究目前还未得到与建筑业生产有关的各种物料全部数据,故本文只给出建筑业代谢分析的方法和步骤,不进行案例分析。

### 3 结语

本文运用工业生态学理论构建了建筑业生态系统及生态链,建立了反映建筑业生态链物质流动关系的代谢分析系统,揭示了建筑业生态系统物质代谢及循环流动机理,并给出了分析方法和步骤,为揭示建筑业生态系统内部代谢活动做了基础研究工作。

本文有待进一步研究的内容有:建立建筑业生态链梯

级循环物质流仿真模型,考虑企业和企业之间的物质流、资金流、能源流和人员流,并通过实地调研收集相关数据,对其进行仿真,进一步了解建筑业生态链的特征,为制定改善生态环境的政策法规提供理论指导和参考依据。

#### 参考文献

- [1] 中华人民共和国统计局.中国统计年鉴2008[M].北京:中国统计出版社,2009.
- [2] 龚志起,张智慧.生命周期评价和管理与建筑业可持续发展[J].青海大学学报:自然科学版,2004,22(2):24-29.
- [3] 张智慧,吴凡,沈永明.建筑施工阶段环境影响评价[J].环境与可持续发展,2007(6):51-53.
- [4] 李素芹,苍大强.工业生态学[M].北京:冶金工业出版社,2007:22-55.
- [5] 尹奇,肖正扬.生态产业链的概念与应用[J].环境科学,2002,23(6):114-118.
- [6] JOHN E.Nicholas g Industrial ecology in practice:the evolution of interdependence at kalundbbrg[J].Industrial Ecology,1997,1(1):3-5.
- [7] 唐亚军,郝永勤.生态产业链构建研究[J].能源与环境,2008(3):77-79.
- [8] R.U.AYRES.Industrial metbaolism:theory and Policy.the greening of indusrtial ecosystems [M].Washington D.C:National Academy of engineering,1994.
- [9] 戴铁军.工业代谢分析方法在企业节能减排中的应用[J].资源科学,2009,31(4):703-711.

(责任编辑:赵贤瑶)

## Study of Ecological Chain and Metabolism Analysis in Construction Industry Based on Industrial Ecology

Jiang LianFu, Sun GaiTao

(College of Civil Engineering, Shenzhen University, Shenzhen 518060, China)

**Abstract:**In this paper,ecological chain in construction industry in China is studied based on the theory and methods of industrial ecology. Ecosystem and ecological chain in construction industry are built referred to natural ecosystem. The systematic diagram of constructional metabolism analysis which can reflect the material flow relationship in ecological chain and reveal the mechanism of material metabolism and circulation in construction industry ecosystem is built based on the methods and principles of industrial metabolism analysis. Finally,the steps of construction metabolism analysis are given. It has a certain reference value and guiding significance to carry out low carbon and recycle economy research in construction industry in China.

**Key Words:**Industrial Ecology; Low Carbon Economy; Recycle Economy; Ecosystem in Construction;Ecological Chain in Construction;Industrial Metabolism