

住宅产业废料的循环价值创造模型研究

李玲燕, 刘晓君, 颜维成

(西安建筑科技大学管理学院, 陕西西安 710055)

摘要: 大量建筑和生活废料的排放是住宅产业生态化进程中的瓶颈问题, 如何系统性地研究住宅产业废料循环利用, 从而拓展产业的价值创造空间就显得十分迫切. 根据住宅产业废料循环利用的价值创造模式分析, 界定住宅产业废料循环价值创造要素, 构建住宅产业废料循环价值创造模型, 进而对模型进行仿真模拟. 结果表明, 住宅产业废料循环利用的价值创造能力呈先递增后趋于平衡, 且各价值创造要素对其价值创造能力有着不同影响效果.

关键词: 住宅产业; 产业废料; 循环利用; 价值创造, 模拟仿真

中图分类号: F293.3

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2014)06-0916-07

当前, 我国的住宅产业尚没完成从传统“粗放型”运行模式转变为“集约型”的运行模式. 其发展主要依赖于资源、能源的大量消耗和资金、人工的大量投入. 经初步测算: 住宅建设耗用的钢材占全国用钢量的 20%, 水泥用量占全国总用量的 17.6%, 城市建成区用地的 30%用于住宅建设, 城市水资源的 32%在住宅中消耗. 据统计, 全国实心粘土砖厂占地 30.15 hm², 每年毁田 6.365 hm², 耗能 1 亿多吨标煤; 而据有关资料介绍, 原苏联早在上世纪 80 年代初粘土砖在墙体材料中的比重就已下降到了 37.9%; 美国和日本粘土砖的使用比例分别在 15%和 3%以下. 由于我国建筑用钢材和水泥的强度较低, 与发达国家相比钢材消耗高出 10%~25%, 每拌和 1 m³ 混凝土要多消耗 80 kg 水泥^[1]. 这些数据都说明当前我国住宅产业的生态化、可持续化程度仍处于偏低水平, 其对资源、能源的利用具有很大的改进空间.

而在住宅产业的生态化进程中, 大量建筑和生活废料的排放是产业生态化的瓶颈问题. 抓住这一瓶颈物质, 开展循环经济是实现住宅产业生态系统的核心, 也是住宅产业价值创造体系的延伸与拓展, 因此, 探索住宅产业废料的循环利用创造价值模式的运作机理, 探析住宅产业废料循环利用影响价值创造的关键因素, 是住宅产业生态系统合理配置产业资源, 提高产业资源使用效率, 降低资源使用成本, 提高住宅产业价值, 促使住宅产业生态系统与自然资源、社会资源和谐共处的关键方式^[2-4].

1 住宅产业废料的循环价值创造模式分析

住宅产业生态系统是指以生态学、价值链、循环经济为理论指导, 以最大满足住宅消费者的市场需求为根本, 以住宅产业可持续发展为目标的新型产业发展模式, 通过仿照生态系统的循环模式构建的住宅产业生态价值链系统, 以达到资源的循环利用, 产业废料的排放最低化, 实现住宅项目及其相关产品价值增值最大化, 确保产业价值和产业资源在整个价值链上不断创造、增值和传递循环并与其他资源、环境的协调发展的一个动态循环系统^[5-6].

在住宅产业生态系统中, 利用资源的循环利用来创造价值的模式便是最大程度挖掘住宅产业运行中废弃资源 (包括能源与材料) 的价值创造形式, 实现废弃资源的价值增值, 也就是利用住宅产业废弃资源带来的产业链延伸的价值创造形式. 对于住宅产业生态系统来说, 最后从系统中排出比例最大的便是建筑和生活废水、废气和固体废弃物等建筑和生活垃圾, 本文称之为产业废料. 据统计, 英国的建筑废料回收利用率为 48%, 日本的建筑垃圾回收利用率为 65%, 新加坡的建筑废料回收利用率为 63%, 荷兰的建筑垃圾回收利用率 70%~90%, 而我国建筑废料的回收利用率尚处于较低水平^[7]. 对于我国来说, 每年仅住宅施工建设所排放的建筑垃圾就超过亿吨^[8], 如果我们采用科学方法和措施加以再利用, 将节省大量资金并创造超额的产业价值.

在美国, 美国住宅营造商协会推广一种“资源保护屋”, 其屋架所用的大部分钢料是从建筑工地上回收来的, 所用的板材是锯末和碎木料加上 20%的聚乙烯制成, 屋面的主要原料是旧的报纸和纸板箱^[7]. 这种住宅不仅积极利用了废弃的金属、木料、纸板等回收材料, 创造了大量的产业价值, 而且较好地解决了

住房紧张和环境保护之间的矛盾。在日本,住宅产业将建筑垃圾视为“建筑副产品”,十分重视将其作为可再生资源而重新开发利用^[9]。建筑垃圾的处理方针是:尽可能不从施工现场排出建筑垃圾;建筑垃圾要尽可能重新利用;对于重新利用有困难的则应适当予以处理。例如,1991年日本政府制定的《资源重新利用促进法》,规定建筑施工过程中产生的渣土、混凝土块、沥青混凝土块、木材、金属等建筑垃圾,必须送往“再资源化设施”进行处理^[9]。法国 CSTB 公司以其强大的数据库为基础,使用软件对建筑垃圾进行从产生到处理的全过程控制分析,以协助相关机构针对建筑物寿命期内不同阶段的使用进行决策。例如,可评估建筑产品的整体环保性能;可依据有关执行过程、维修类别,以及不同的建筑物清拆类型,对所产生的废物量进行评估;可向顾问人员、总承包商,以及承包机构,就某一产品或产品系列对环保及健康的影响提供相关概览资料;可以对废物管理所需的程序及物料做出预测;可根据废物的最终用途或质量制订运输方案;就任何使用“再造”原料的新工艺,在技术、经济及环境方面的可行性做出评定等等^[10-11]。

依据产业废料的利用原理,为了实现住宅产业的生态化发展,本文构建了住宅产业废料循环利用的价值创造模式,具体见图1所示。

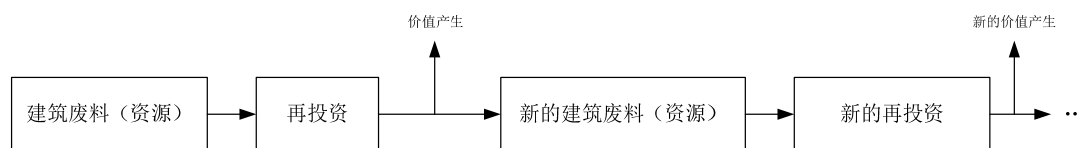


图1 住宅产业废料循环利用的价值创造模式图

Fig.1 Value Creation Model of Waste Recycling in Housing Industry

从上图可见,住宅产业生态系统上的产业废料经过再次投入住宅产业系统的运行变成新的产业废料(资源),并从中为住宅产业创造新的价值,如此循环,不断延伸住宅产业生态系统,不断创造价值。

2 住宅产业废料的循环价值创造要素假设

每一次产业废料的循环利用,都涉及到产业废料价值的变更、产业废料的再利用水平、产业废料再利用投入的成本以及投入成本的回收能力等要素。本文做以下假设:

假设1:住宅产业生态系统随着产业废料的循环利用得到不断延伸,暂不考虑社会平均利率水平对住宅产业生态系统运行的影响,仅从住宅产业系统来考虑,产业废料再利用循环次数由产业废料价值、产业废料再利用水平、产业废料再利用成本等因素决定。

假设2:产业废料本身的价值含量是产业废料循环利用创造价值的基础,在住宅产业系统产业废料循环利用过程中,随着产业废料的持续开发利用,产业废料价值呈现递减的规律,每一次循环后产生的剩余产业废料价值都比上一次剩余产业废料价值要低,即产业废料价值存在一个递减系数。假定产业废料在循环使用之前的价值为第*i*次循环利用时,产业废料价值为 R_i ,则:

$$\Delta R_{i+1} = R_i - R_{i+1}, \Delta R_{i+1} > 0 \quad (1)$$

假设3:住宅产业生态系统上并不是所有产业废料能完全被吸收利用,必然产生最后废弃产业废料,而产业废料的再循环利用过程就是降低最后废弃产业废料的比率,提高产业废料的回收比率。这里假设产业废料再利用水平 α 就表示产业废料的每一次循环利用的比例。因此,产业废料再利用水平 α 越高,表示产业废料转为产业价值的能力就较强。

假设4:在产业废料的再利用过程中,需要进一步的投资,也就是说每一次产业废料的再生利用都需要成本 C_i 的投入,假设投入成本 C_i 与进行第*i*次循环利用的产业废料价值 R_i 呈正相关关系,与循环利用技术呈负相关关系,即随着产业废料再利用的不断进行,循环利用技术不断进步,而产业废料价值 R_i 不断减少,投入成本 C_i 不断减少,即必然存在以下规律:

$$\Delta C_{i+1} = C_i - C_{i+1}, \Delta C_{i+1} > 0 \quad (2)$$

假设5:产业废料再利用成本投入是需要回收的,提高了产业废料再利用成本回收能力,也就提高了产业废料再利用价值创造的能力。当产业废料再利用成本回收水平 β 较高的时候,住宅产业生态系统就能实现资源再利用投资成本的循环利用。

假设6:政府通过调节各个价值创造节点(企业)的税率水平*t*会极大地影响该产业的行业利润,从而优化产业生态系统的运行。通过降低住宅产业生态系统的平均税率将提高住宅产业废料再利用的价值创造

能力,降低产业废料再利用投入的成本,极大地鼓励和激发住宅产业废料循环利用的经济动力。

3 住宅产业废料的循环价值创造模型构建

对于住宅产业生态系统和价值链系统来说,不断实施产业废料的循环利用来创造产业价值的目的便是实现住宅产业废料利用价值最大化、最后排放的建筑废弃物最小化,即要求在无数次的住宅产业废料循环利用中凝练出来的价值总量是最大的。同时考虑到住宅产业废料再利用过程中不断投入的成本,利用投入产出比来综合考虑住宅产业废料循环利用创造出来的价值,因此,本文将利用成本价值率来衡量资源循环利用创造价值的能力:

$$\left\{ \begin{array}{l} \max: g=G/C \\ \text{s.t. } G=\sum_{i=1}^n G_{(i)}=\sum_{i=1}^n (1-t)(\alpha R_{i-1}-C_i+\beta C_i) \\ C=\sum_{i=1}^n C_i \\ \Delta R_{i+1}=R_i-R_{i+1}, \Delta R_{i+1}>0 \\ \Delta C_{i+1}=C_i-C_{i+1}, \Delta C_{i+1}>0 \end{array} \right. \quad (3)$$

其中: g 为住宅产业废料循环利用创造价值的成本价值率; G 为住宅产业废料循环利用创造价值的总价值,即住宅产业废料循环价值; C 为住宅产业废料循环利用创造价值过程中的总成本; n 表示住宅产业废料循环利用创造价值过程的次数。

为了简化模型,本文界定产业废料价值 R_i 和 C_i 按照等比、等差的规律进行递减,则可得到以下 4 个特殊模型。

(1) R_i 等比递减, C_i 等比递减的模型:

$$\left\{ \begin{array}{l} \max: g=G/C \\ \text{s.t. } G=\sum_{i=1}^n G_{(i)}=(1-t)\left[(\alpha R_0(1-q_r^n))/(1-q_r)-[(1-\beta)C_1(1-q_c^n)]/(1-q_c)\right] \\ C=C_1(1-q_c^n)/(1-q_c) \\ R_{i+1}/R_i=q_r, q_r<1 \\ C_{i+1}/C_i=q_c, q_c<1 \end{array} \right. \quad (4)$$

其中: R_0 为住宅产业废料价值的初始值; C_1 为住宅产业废料循环利用创造价值过程中的第一次投入的成本; q_r 为住宅产业废料价值变化的公比值; q_c 为住宅产业废料循环利用投入成本变化的公比值。

(2) R_i 等比递减, C_i 等差递减的模型:

$$\left\{ \begin{array}{l} \max: g=G/C \\ \text{s.t. } G=\sum_{i=1}^n G_{(i)}=(1-t)\left[\alpha R_0(1-q_r^n)/(1-q_r)-(1-\beta)[nC_1+0.5n(n-1)d_c]\right] \\ C=nC_1+0.5n(n-1)d_c \\ R_{i+1}/R_i=q_r, q_r<1 \\ C_{i+1}-C_i=d_c, d_c<0 \end{array} \right. \quad (5)$$

其中: d_c 为住宅产业废料循环利用投入成本变化的公差值。

(3) R_i 等差递减, C_i 等比递减的模型:

$$\left\{ \begin{array}{l} \max: g=G/C \\ \text{s.t. } G=\sum_{i=1}^n G_{(i)}=(1-t)\left[\alpha[nR_0+0.5n(n-1)d_r]-(1-\beta)[C_1(1-q_c^n)]/(1-q_c)\right] \\ C=C_1(1-q_c^n)/(1-q_c) \\ R_{i+1}-R_i=d_r, d_r<0 \\ C_{i+1}/C_i=q_c, q_c<1 \end{array} \right. \quad (6)$$

其中: d_r 为住宅产业废料价值变化的公差值。

(4) R_i 等差递减, C_i 等差递减的模型:

$$\left\{ \begin{array}{l} \max: g=G/C \\ \text{s.t. } G = \sum_{i=1}^n G_{(i)} = (1-t) \left[\alpha \left[nR_0 + 0.5n(n-1)d_R \right] - (1-\beta) \left[nC_1 + 0.5n(n-1)d_c \right] \right] \\ C = nC_1 + 0.5n(n-1)d_c \\ R_{i+1} - R_i = d_R, \quad d_R < 0 \\ C_{i+1} - C_i = d_c, \quad d_c < 0 \end{array} \right. \quad (7)$$

4 住宅产业废料的循环价值创造模型仿真

为了透析住宅产业生态系统上资源循环利用过程对价值创造的影响效果, 对其进行仿真对比分析. 为了不失一般性, 本文选择资源价值等比衰减、资源再利用投入成本等比递减的模型(即模型(4))来进行仿真模拟分析. 假设一种初始状况: $t=15\%$, $\alpha=0.8$, $\beta=0.9$, $R_0=100$, $C_1=80$, $q_R=0.8$, $q_c=0.9$

即可得到仿真模型及结果如下:

$$\left\{ \begin{array}{l} \max: g=G/C \\ \text{s.t. } G = \sum_{i=1}^n G_{(i)} = (1-t) \left[(\alpha R_0 (1-q_R^n)) / (1-q_R) - ((1-\beta) C_1 (1-q_c^n)) / (1-q_c) \right] \\ C = C_1 (1-q_c^n) / (1-q_c) \\ R_{i+1}/R_i = q_R, \quad q_R < 0, \quad C_{i+1}/C_i = q_c, \quad q_c < 0 \\ t=15\%, \quad \alpha=0.8, \quad \beta=0.9, \quad R_0=100, \quad C_1=80, \quad q_R=0.8, \quad q_c=0.9 \end{array} \right. \quad (8)$$

(1) 产业废料初始价值 R_0 对产业废料循环利用的价值创造总额 G 和成本价值率 g 的影响, 具体见图2和3所示.

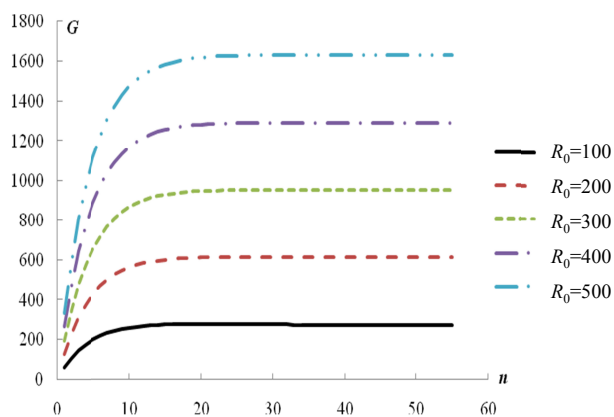


图2 初始价值 R_0 对总价值 G 的影响

Fig.2 The effect of the initial value R_0 on total value G

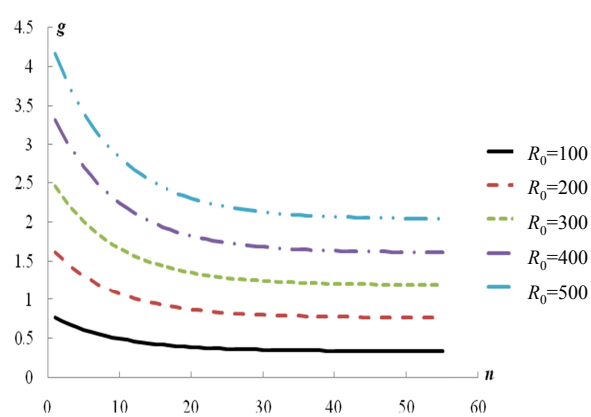


图3 初始价值 R_0 对成本价值率 g 的影响

Fig.3 The effect of the initial value R_0 on cost-value ratio g

(2) 产业废料再利用初始成本 C_1 对产业废料循环利用的价值创造总额 G 和成本价值率 g 的影响, 具体见图4和5所示.

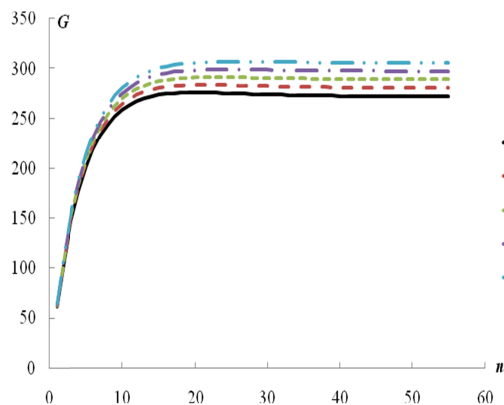


图4 初始成本 C_1 对总价值 G 的影响

Fig.4 The effect of the initial cost C_1 on total value G

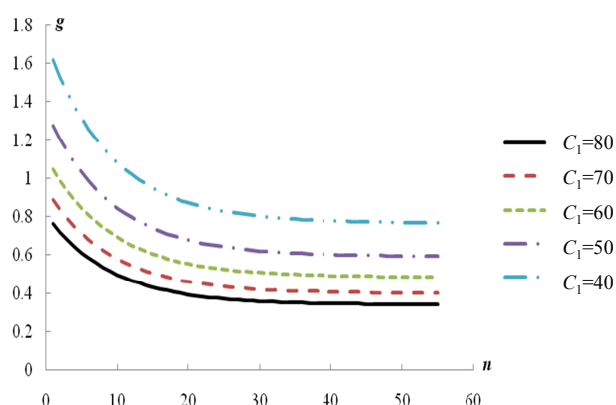


图5 初始成本 C_1 对成本价值率 g 的影响

Fig.5 The effect of the initial cost C_1 on cost-value ratio g

(3) 税率水平 t 对产业废料循环利用的价值创造总额 G 和成本价值率 g 的影响, 具体见图6和7所示.

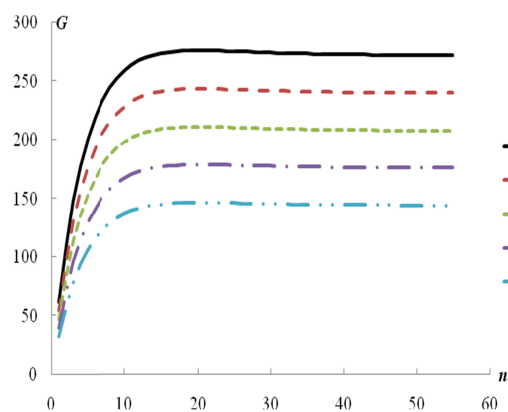


图6 税率水平 t 对总价值 G 的影响
Fig.6 The effect of the tax t on total value G

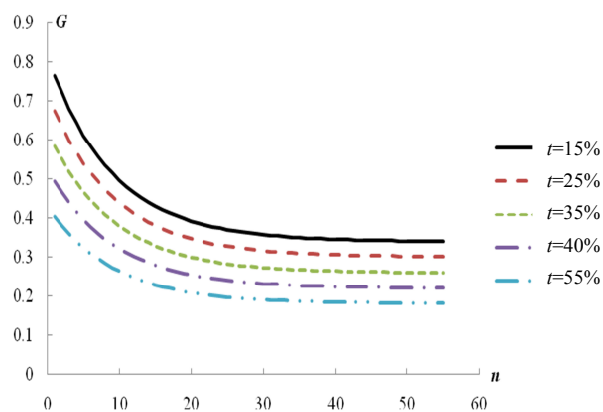


图7 税率水平 t 对成本价值率 g 的影响
Fig.7 The effect of the tax t on cost-value ratio g

(4) 产业废料再利用率 α 对产业废料循环利用的价值创造总额 G 和成本价值率 g 的影响, 具体见图8和9所示。

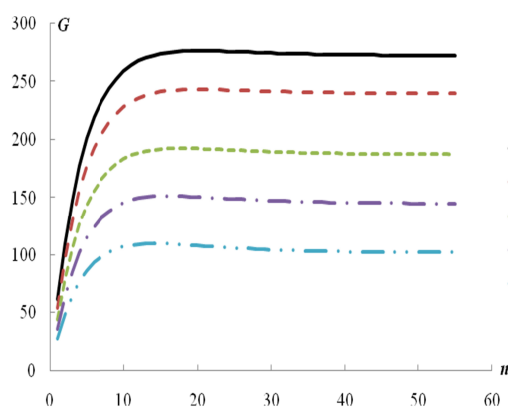


图8 再利用率 α 对总价值 G 的影响
Fig.8 The effect of the recycling rate α on total value G

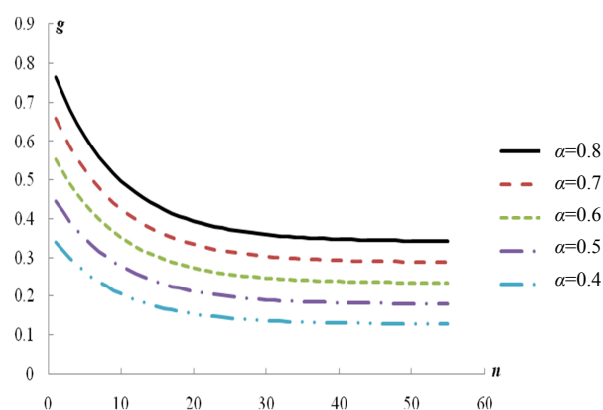


图9 再利用率 α 对成本价值率 g 的影响
Fig.9 The effect of the recycling rate α on cost-value ratio g

(5) 产业废料再利用成本回收水平 β 对产业废料循环利用的价值创造总额 G 和成本价值率 g 的影响, 具体见图10和11所示。

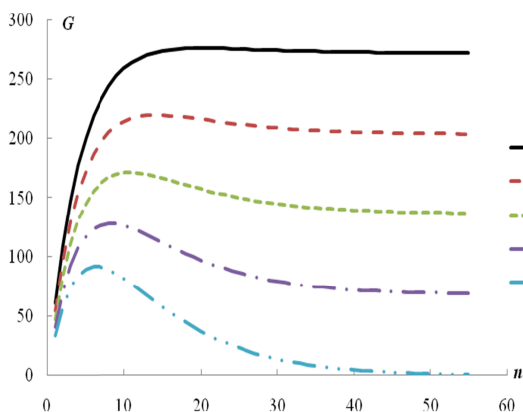


图10 成本回收水平 β 对总价值 G 的影响
Fig.10 The effect of the ability of cost recovery β on total value G

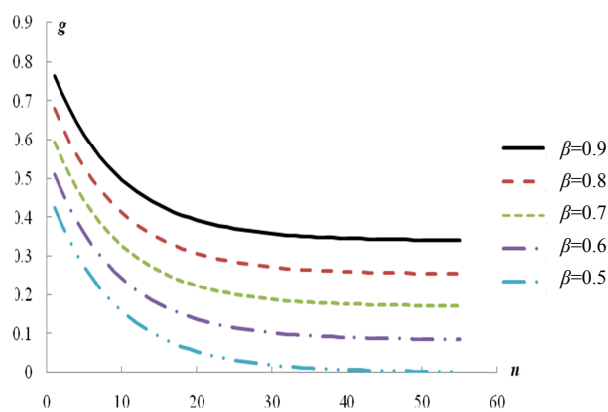
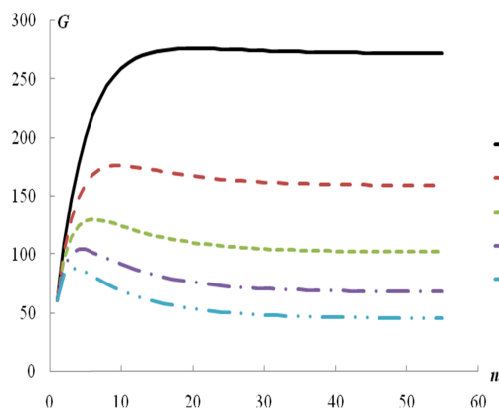
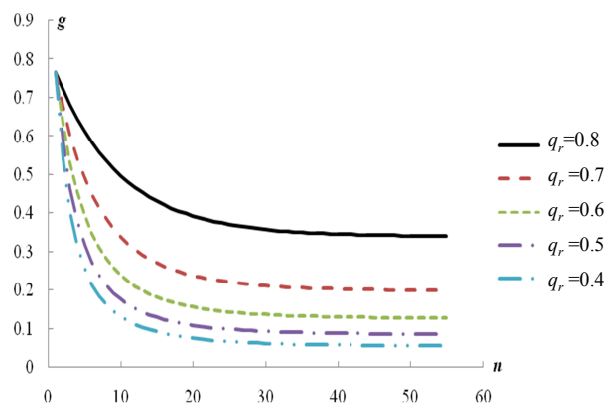
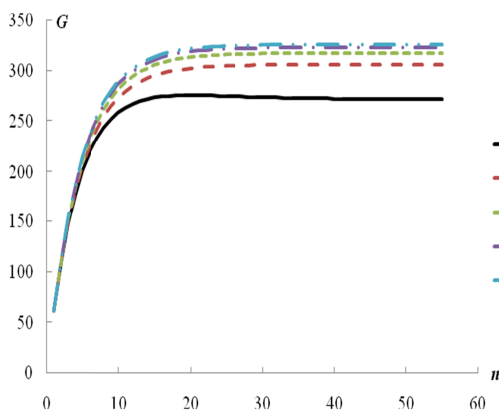
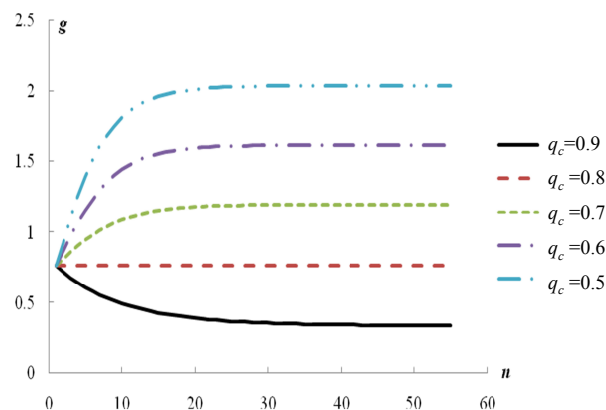


图11 成本回收水平 β 对成本价值率 g 的影响
Fig.11 The effect of the ability of cost recovery β on cost-value ratio g

(6) 产业废料价值递减公比 q_R 对产业废料循环利用的价值创造总额 G 和成本价值率 g 的影响, 具体见图12和13所示。

图12 价值递减公比 q_r 对总价值 G 的影响Fig.12 The effect of the diminishing value ratio q_r on total value G 图13 价值递减公比 q_r 对成本价值率 g 的影响Fig.13 The effect of the diminishing value ratio q_r on cost-value ratio g

(7) 产业废料投入成本递增公比 q_c 对产业废料循环利用的价值创造总额 G 和成本价值率 g 的影响, 具体见图 14 和 15 所示。

图14 投入成本递增公比 q_c 对总价值 G 的影响Fig.14 The effect of the increasing cost ratio q_c on total value G 图15 投入成本递增公比 q_c 对成本价值率 g 的影响Fig.15 The effect of the increasing cost ratio q_c on cost-value ratio g

5 结论及启示

根据住宅产业废料循环利用的基本模式和住宅产业废料循环利用模型的构建与仿真, 得到以下结论:

第一, 从总体的价值创造能力变化看, 住宅产业废料循环利用的价值创造能力呈先递增后趋于平衡, 这不仅证明了住宅产业废料循环利用是个有效的、可持续的循环系统, 也证明了住宅产业废料的循环利用必然带动住宅产业价值的不断提升, 并引领住宅产业稳定、健康的发展。

第二, 从总体的价值成本率变化来看, 住宅产业废料循环利用的价值成本率普遍呈现先递减后趋于平衡的态势, 这说明在住宅产业废料循环利用过程中必须要注意投入成本的控制。

第三, 从价值创造能力和价值成本率的影响关系来看, 住宅产业废料原始价值、产业废料再利用率、产业废料再利用率成本回收水平、产业废料价值递减比率与产业废料循环利用的价值创造能力、价值成本率呈正相关关系; 产业废料再生利用初始成本、税率水平、产业废料投入成本递增比率与住宅产业废料循环利用的价值创造能力、价值成本率呈负相关关系。

第四, 从价值创造能力和价值成本率的影响大小来看, 产业废料原始价值、产业废料再利用率成本回收水平对住宅产业废料循环利用的创造价值能力、价值成本率的正影响比较大; 产业废料再利用率初始成本、税率水平对住宅产业废料循环利用的创造价值能力的负影响较大; 而产业废料投入成本递增比率对住宅产业废料循环利用的价值成本率的负影响较大。因此, 为了更好地促进住宅产业废料循环利用的价值创造能力和不断提高价值成本率, 必须不断挖掘产业废料的原始价值, 利用产业技术创新, 提高产业废料的再利用成本和降低再利用成本, 并不断争取政府的支持力度, 减低税收比例。

第五,值得注意的是,从产业废料投入成本递增公比对价值成本率的影响来看,当产业废料投入成本递增比率与产业废料价值递减比率相等时,住宅产业废料循环利用的价值成本率趋于一条直线,即价值成本率恒定不变;当产业废料投入成本递增比率大于产业废料价值递减比率时,住宅产业废料循环利用的价值成本率呈递减规律;当产业废料投入成本递增比率小于产业废料价值递减比率时,住宅产业废料循环利用的价值成本率呈先递增后趋于稳定的规律.因此,为了实现更好的住宅产业废料循环利用价值,应十分注意产业废料投入成本变化率与价值变化率的关系.

参考文献 References

- [1] 赵桦.住宅部品在住宅建造中的应用前景研究[D].重庆:重庆交通大学,2012.
ZHAO Hua. A Study on the Application Prospect of Housing Component in Construction[D].Chongqing: Chongqing Jiaotong University,2012.
- [2] KORHONEN J, SNAKIN J.P. Analyzing the evolution of industrial ecosystems: concepts and application[J].Ecological Economics, 2005.
- [3] 胡挺.房地产业生态及其竞争战略选择[J].房地产开发,2011(5): 67-73.
HU Ting. Real estate industrial ecology and it's competitive strategy[J].China Real Estate, 2011(5): 67-73.
- [4] 宋春华.全产业链研究:住宅建筑如何“去碳化”[J].城市开发,2010(08): 1.
SONG Chunhua. Research on industry chain: how to fulfill decarbonization in housing construction[J].Urban Development,2010(08):1.
- [5] GRAEDEL T. E,ALLENBY, B. R,LINHART, P. B.Implementing industrial ecology[J]. IEEE Technology and Society Magazine. 1993,12(1):18-26.
- [6] BAILEY Reid,ALLEN Janet K,BRAS Bert.Applying ecological input-output flow analysis to material flows in industrial systems. part I :tracingflows[J]. Journal of Dalian Institute of Light Industry. 2004,8(1/2):45-68.
- [7] 北京现代循环经济研究院.产业循环经济[M].北京:冶金工业出版社,2007.
Recycle Economy Research Institute.Industry recycleeconomy[M]. Beijing: Metallurgical Industry Press,2007.
- [8] 罗红旭.基于产业链理论的我国住宅产业化项目管理模式研究[D].成都:西南交通大学,2013.
LUO Hongxu. Research on the project management mode of ourhousing industry based on industry chain theory[D].Chengdu: Southwest JiaotongUniversity,2013.
- [9] 纪振鹏,刘群星,忻剑春.日本住宅产业化特点及其启示[J].住宅科技,2011(12):25-29.
JI Zhenpeng, LIU Qunxing, XIN Jianchun. Characteristics and Inspiration of Housing Industrialization of Japan[J].Housing Science, 2011(12):25-29.
- [10] KORHONEN Jouni. Industrial ecology in the strategic sustainable development model: strategic applications of industrial ecology[J].JournalofCleaner Production. 2004(12):809-823.
- [11] 蒋路.欧洲低碳建筑发展及其技术应用研究[D].石家庄:河北工业大学,2012.
JIANG Lu.European low carbon architecture developmentand technology application research[D].Shijiazhuang: Hebei University of Technology,2012.

Research on value creationmodel of waste recycling in housing industry

LI Lingyan, LIU Xiaojun, YAN Weicheng

(School of Management, Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China)

Abstract: The emissions of a large amount of construction waste and living waste is the key problem in the ecological developmentof housing industry, so it is very urgent to study onthe recycling of waste fromhousing industry to expand the industrial value creation space.According to the analysis of value creation pattern in waste recycling of housing industry, the value ingredients of waste recycling are assumed, the value creationmodel of waste recycling in housing industry is built and the emulation is carried out.Results show that the value creation ability of waste recycling in housing industry inclines to balance, and different effects of value ingredientson thevalue creation ability of waste recycling in housing industry are obtained.

Key words: housing industry; construction waste; recycling; value creation; emulation

(本文编辑 吴海西)