

• 经济与管理 •

基于系统动力学的快递包装资源化 处理及政策模拟研究

丁 灿^{1,2} 段 誉² 李 晶³

1. 西华大学管理学院 四川成都 610039; 2. 西华大学国际经济与管理研究院 四川成都 610039;
3. 四川省社会科学院金融与财贸经济研究所 四川成都 610071

摘 要:近年来, 互联网经济的蓬勃发展带动了快递物流行业实现跨越式增长, 大量的快递包装废弃物不仅造成了资源浪费、企业经营成本增加, 还增加了垃圾处理的工作量和环境污染程度。在“碳达峰”“碳中和”的行动目标下, 快递包装资源化处理势在必行。文章在分析快递包装资源回收处理影响因素的基础上, 建立了由政府和企业多方主体参与的快递包装回收系统, 并结合因素影响路径, 利用系统动力学方法, 对政府补贴、税收优惠政策以及企业自主设置回收返利金和环保宣传费用等措施进行政策模拟, 分别从政府和企业层面分析比较出快递包装回收的最优策略, 其仿真结果及相应的研究结论能够为政府和企业提供一定的决策依据。

关键词: 快递包装; 资源化处理; 系统动力学; 政策模拟

中图分类号: C93 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-8505(2022)01-0102-12

doi: 10.12189/j.issn.1672-8505.2022.01.011

Research on Resource Processing and Policy Simulation of Express Packaging Based on System Dynamics

DING Can^{1,2} DUAN Yu² LI Jing³

1. School of management, Xihua University;
2. Research Institute of International Economics and Management, Xihua University;
3. Institute of Finance and Trade Economics, Sichuan Academy of Social Sciences, Chengdu, Sichuan, 610071, China

Abstract: In recent years, with vigorous development of internet economy, the express logistics industry has achieved leapfrog growth. A large number of express packaging garbage not only waste resources and add operating costs, but also increase workload of garbage treatment and environmental pollution. Under the pressure of "carbon peak" and "carbon neutralization", resource treatment of express packaging is imperative. Based on the analysis of influencing factors of express packaging recycling, this paper establishes express packaging recycling system participated by government and enterprises. Combined with influencing path of factors, this paper

收稿日期: 2021-10-23

基金项目: 四川省科技厅软科学项目(2021JDR0106); 四川省社会科学重点研究基地项目(Xq16C02)。

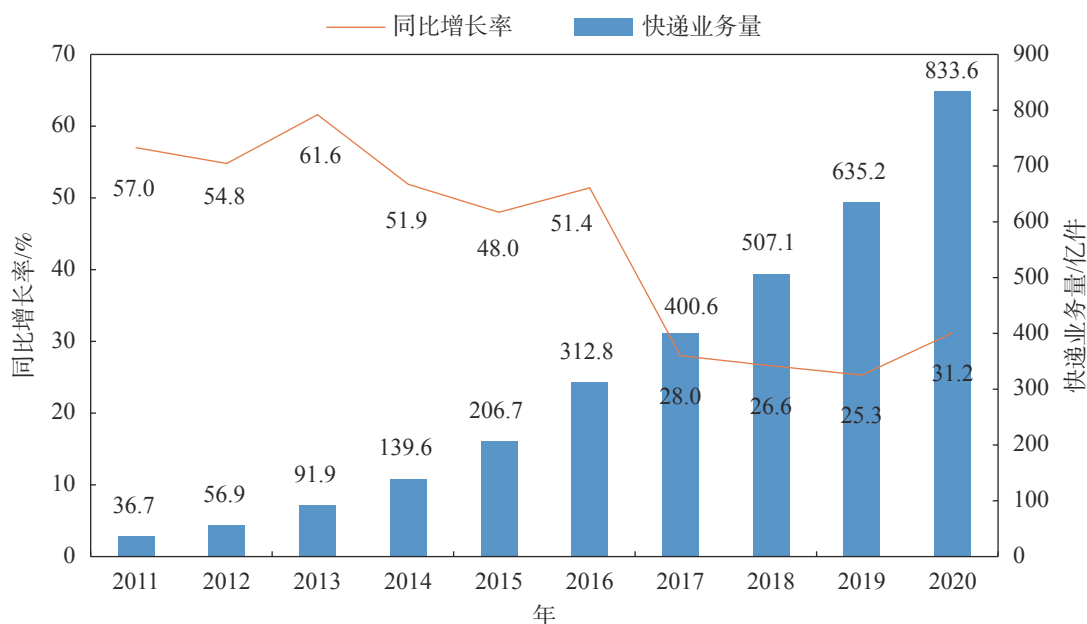
第一作者: 丁灿, 男, 讲师, 博士, 硕士生导师, 主要从事物流供应链、产业经济研究。

引用格式: 丁灿, 段誉, 李晶. 基于系统动力学的快递包装资源化处理及政策模拟研究[J]. 西华大学学报(哲学社会科学版), 2022, 41(1): 102-113.

uses system dynamics method to simulate government subsidies and preferential tax policies, as well as enterprises' recycling rebate and environmental protection publicity expenses. The optimal strategies of express packaging recycling are analyzed and compared from government and enterprise levels. The simulation results and corresponding research conclusions can provide a certain decision-making basis for government and enterprises.

Key words: express packaging; resource treatment; system dynamics; policy simulation

互联网经济的发展带动了快递物流行业的飞速增长,据国家邮政局公布的《2020年邮政行业发展统计公报》显示,我国2020年全国快递业务量完成833.6亿件,同比增长31.2%,全年业务增量近200亿件,增速和增量均创历史新高(如图1所示)。同时,快递业务量连续7年稳居世界首位,占全球六成以上,快递企业日均快件处理量超2.3亿件,同比增长35.3%;最高日处理量达6.8亿件,同比增长25.9%,整个快递行业呈现出市场主体扩容、件量稳中有增的运行特点。



数据来源:国家邮政局。

图1 2011—2020年全国快递业务量及增长率

电子商务与快递物流的便利极大地刺激了消费者购买欲望,但随着快递件数迅猛增长,也产生了大量的快递包装废弃物。此前有报告估算,按照现在的快递行业增长速度,快递业碳排放量将超过3200万吨,至2025年中国快递包装废弃物产生量达2160万吨,处理费用达30亿元以上,填埋处置量超过100万吨^[1]。显然,快递业不断增加的碳排放问题与我国当下正在不断推进的“碳达峰”“碳中和”的国家战略形成了巨大的冲突。

我国每年消耗的纸质类快递包装材料占材料消耗总量的90%以上,而纸类包装材料以瓦楞纸为主,占比达96.18%^[2]。为改善快递包装的回收利用,减少环境污染的情况,发达国家采取了相应的措施。美国部分地区会参考环保局每年公布具体数据,只要回收率达到所公布数据50%以上的企业即可申请对包装废弃物免税,这一政策不仅激励企业回收自己生产的产品,企业也能获得免税奖励^[3]。日本在20世纪末就有了一套十分完善的包装废弃物处理体系,其中具有代表性的是《容器包装回收法》^[4],另外日本的《包装再生利用法》和《能源保护和促进回收法》致力于包装回收系统的建立^[5],对我国快递包装回收方

面有一定的借鉴意义。在运用 PPP 模式进行固废管理、垃圾处理方面,英国和法国均具有长期运作的成功经验可资借鉴^[6]。

我国作为发展中国家,与回收管理较为稳定的发达国家相比,在快递包装回收管理方面仍存在差距,政策上以引导、倡议为主,对快递包装回收系统综合绩效影响的衡量方法、制定政策和实施方案仍在探索中。目前仍然是“拾荒者+垃圾打包站”的回收模式在市场上占据主导地位,尚未建立起快递包装回收体系。由于缺乏正规的回收渠道,快递包装资源化处理效率较低,从回收到的储存再到分拣都是人工完成,且均是以获得经济利益为目的,其能力和水平有很大的局限性,更无法紧跟越来越智能化的快递行业发展。

随着国家对于电子商务带来的环境问题的重视程度越来越高,尤其在我国的快递包装处理尚无明确指标性政策下,研究如何提高回收率,实现快递包装资源化处理,对政府和相关企业的决策是具有现实意义的。此外,通过定量的动态方法模拟仿真,不同于以往对快递包装定性的理论分析,系统化地考虑了整体综合绩效及相关影响因素,丰富了快递包装资源化处理方面的研究。

一、文献综述

固体废弃物资源化是指采取管理和工艺措施从固体废弃物中回收物质和能源。国外学者们在对固体废弃物资源化研究的方法主要有 ABM(agent-based models)、SD(system dynamics)和 MFA(material flow analysis)三种。其中 MFA 能准确反映被测对象的流量变化,是一种简单而有效地量化和分析研究对象流量的方法^[7]。ABM 能够很好地反映 agent 之间的变化关系,这是一种自下而上的方法,从单个代理开始^[8],但当单独使用时 ABM 模型不能定义系统的全局行为,同时也不能将系统的整体效果及时反馈给个体 agent^[9]。SD 则是基于因果循环模拟,可以显示研究对象之间更深层次的逻辑关系,并且在数据不足的情况下仍然可以使用^[10]。考虑到现有我国关于快递包装循环利用方面的公开数据较少,系统动力学的方法也更加契合快递包装资源化处理的研究。

系统动力学作为研究废弃物回收的一种主流方法,得到了广泛的应用。钱晓慧^[11]针对塑料袋的使用情况,建立塑料袋 SD 模型对相关影响因素进行仿真分析。为有效解决城市生活垃圾资源化处理问题,王耕^[12]通过建立系统动力学模型对大连市各种垃圾处理方式进行仿真。魏宝红^[13]基于系统动力学研究废旧家电产品回收逆向物流,鼓励企业都能够参与建立自身的废旧家电回收系统,提高生产企业参与产品回收的积极性。余福茂^[14]建立电子废弃物回收处理渠道演化的系统动力学模型,分析得出加强二手家电市场的监管等措施,有利于电子废弃物的规范化处理。田立平^[15]通过建立系统动力学模型研究促进废旧家电环保化回收的策略。刘庆国^[16]针对大学校园快递包装的回收特点,应用第三方企业回收的包装回收模式,研究考虑企业效益下高校快递包装回收系统的系统优化。

系统动力学可以通过建立模型,将政策以实验的方式演示出来,也可以通过实验的推演结果为政策制定提供参考,被称之为“政策实验室”,广泛应用于政策模拟研究中。陈建国^[17]基于系统动力学分析承包商、分拣站和政府三种在处理建筑废弃物之间的相互,对不同补贴金额政策下对承包商的分拣回收行为决策影响进行模拟仿真。刘勇^[18]在动态模拟补贴政策对企业回收能力的影响后,得出政府补贴的变化对于企业回收能力影响甚微。李玉民^[19]建立系统动力学模型,对报废汽车回收物流“养老金”—“先预缴再返还”的基金制度进行模拟仿真,结果表明这一制度能够明显提高报废汽车正规渠道的回收率。

通过文献梳理后发现已有研究对快递包装的关注相对较少,学者对于系统动力学在废弃物资源化处理的研究比较丰富,但主要集中在废旧电子产品、报废汽车和建筑建材等领域,这与废弃物的本身实际价值密切相关。电子商务作为新兴行业,电商企业在包装和运输环节造成的环境影响指数增长,许多企业面临着环保压力,环境污染和资源浪费现象屡见不鲜,其它固废的研究结果对快递包装回收可能缺乏适用性。此外,已有研究主要是快递包装回收存在的问题、对策和回收模式这类定性研究,对快递包装的定量分析研究相对较少。

二、快递包装的系统动力学研究设计

(一) 模型边界及基本假设

本文主要研究快递包装材料生命周期的各阶段,包括瓦楞纸箱生产投入使用及快递包装的回收处理。快递包装生产投入使用过程是上游生产企业按照电商企业(包括含自有物流体系的电商企业和快递企业,以下统称为电商企业)的需求进行生产,瓦楞纸箱由于具有较高的回收价值,生产企业可利用回收来的瓦楞纸箱作为原材料进行二次加工,生产出新的瓦楞纸板。快递包装回收处理阶段研究对使用过的快递包装进行回收、再生利用以及最终的处置所产生的不同程度的环境影响。

快递包装回收系统的影响因素众多,因而有必要在明确研究目标的前提下引入一些假设条件,对影响系统的次要因素进行剔除。重点考虑主要因素,通过主要变量将抽象的回收系统予以具体化,从而有利于对其进行综合分析^[20]。基本假设包括:

- ① 只考虑瓦楞纸箱一种包装材料;
- ② 由于电商企业自有物流配送体系,暂不考虑人工、货运费和仓储成本;
- ③ 电商企业和包装生产企业的回收能力是没有限制的;
- ④ 不考虑物流时间延迟。

(二) 基于 SD 模型的因果回路图

快递包装回收系统中的参与主体主要是政府、电商企业、生产企业和消费者。政府一方面通过对电商企业进行补贴来提高快递包装回收率,另一方面通过减免税收的方式鼓励生产企业加大对回收材料的需求量,提高废弃物回收率,减少快递包装对环境造成的影响。

生产企业的收益增加的途径有降低生产成本和减少政府税收,增加回收材料使用量是降低生产成本和减少政府税收的主要实现方式。生产企业使用的回收材料越多,政府税收越少,生产企业的回收效益越高,回收材料的需求量增多,倒逼快递包装回收量和回收率的提高。

电商企业的回收效益由直接利用效益、材料利用效益和政府补贴组成。电商企业回收成本包括消费端回收成本和环保宣传成本,增加电商企业回收利润的途径有增加电商企业回收效益和降低回收费用成本,增加回收效益主要是通过增加回收量 and 提高回收率的方式实现,通过补贴系数,电商企业能够获取更多的政府补贴。由此,可以得到影响快递包装回收的主要因素包括:政府税收、政府补贴、生产成本、回收材料使用量、回收效益、回收费用成本、回收率、回收量等。

综合绩效主要由生产企业的回收收益、电商企业的回收收益和废弃物环境成本组成。综合绩效越高,补贴系数越大,税收系数越低。快递包装回收量越多,可直接利用和不可直接利用的包装废弃物数量越多。快递包装产生越多,丢弃量越多,废弃物环境成本就会越高。综上,建立如图2所示的因果回路图。

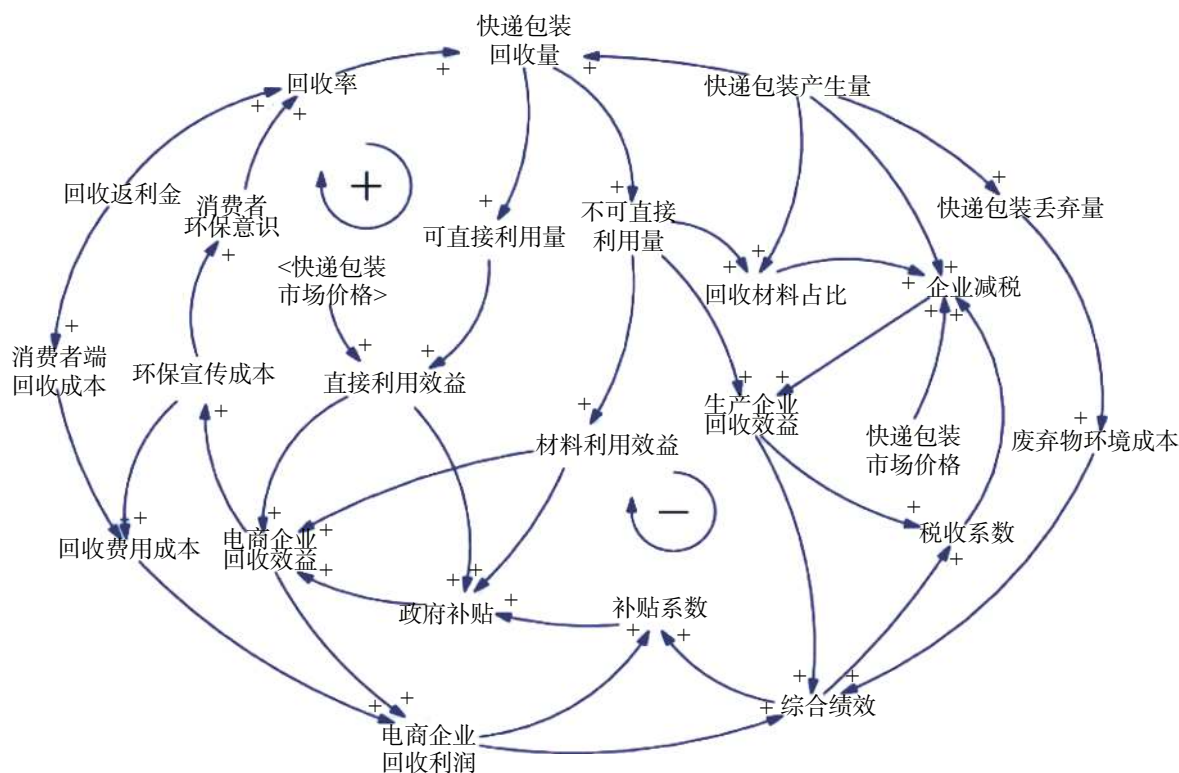


图2 快递包装的因果回路图

图2中存在众多反馈回路和因果链,下面仅选取其中部分关键反馈回路和因果链简要说明。

①回收率的反馈回路:回收率 $\rightarrow$ ++快递包装回收量 $\rightarrow$ ++可直接利用量 $\rightarrow$ ++直接利用效益 $\rightarrow$ ++电商企业回收效益 $\rightarrow$ ++环保宣传成本 $\rightarrow$ ++消费者环保意识 $\rightarrow$ ++回收率,为正反馈回路。

②综合绩效的反馈回路:综合绩效 $\rightarrow$ -补贴系数 $\rightarrow$ ++政府补贴 $\rightarrow$ ++电商企业回收效益 $\rightarrow$ ++环保宣传成本 $\rightarrow$ ++消费者环保意识 $\rightarrow$ ++回收率 $\rightarrow$ ++快递包装回收量 $\rightarrow$ ++不可直接利用量 $\rightarrow$ ++生产企业回收收益 $\rightarrow$ ++综合绩效,为负反馈回路。

③因果链 L_1 :回收返利金 $\rightarrow$ ++消费者端回收成本 $\rightarrow$ ++回收费用成本 $\rightarrow$ -电商企业回收利润 $\rightarrow$ -综合绩效。因果链 L_1 表示电商企业设置的回收返利金越高,造成企业在消费者端回收成本增加,回收费用成本增加会减少企业的回收利润,进而降低系统的综合绩效。

④因果链 L_2 :快递包装产生量 $\rightarrow$ -回收材料占比 $\rightarrow$ ++企业减税 $\rightarrow$ ++生产企业回收效益 $\rightarrow$ ++综合绩效。因果链 L_2 表示快递包装的产生量越高,回收材料就难以满足企业日益扩大生产需求,回收材料占比越高则企业减税力度越大,企业的回收效益和综合绩效相应增加。

(三) 基于SD模型的系统流图

快递包装的系统流图是建立在因果回路图的基础上进一步区分变量性质而得到的,如图3所示,各类型变量包括:水平变量有快递包装废弃量、快递包装回收量、电商企业回收收益、生产企业回收收益、废弃物环境成本;速率变量为寄件速率、回收速率、丢弃速率、直接利用速率、不可直接利用速率、回收收益增量、回收效益增量、环境成本增加速率;辅助变量有快递业务量、消费者环保意识、环保宣传费用、消费者端回收费用、政府补贴、直接利用效益、回收材料占比、回收率、基本回收率、补贴系数、税收系数、综合绩效等;常量为纸箱快递占比、单件快递包装平均总量、包装完好率、回收材料市场价格、快递包装销售价格、补贴率、税率等。

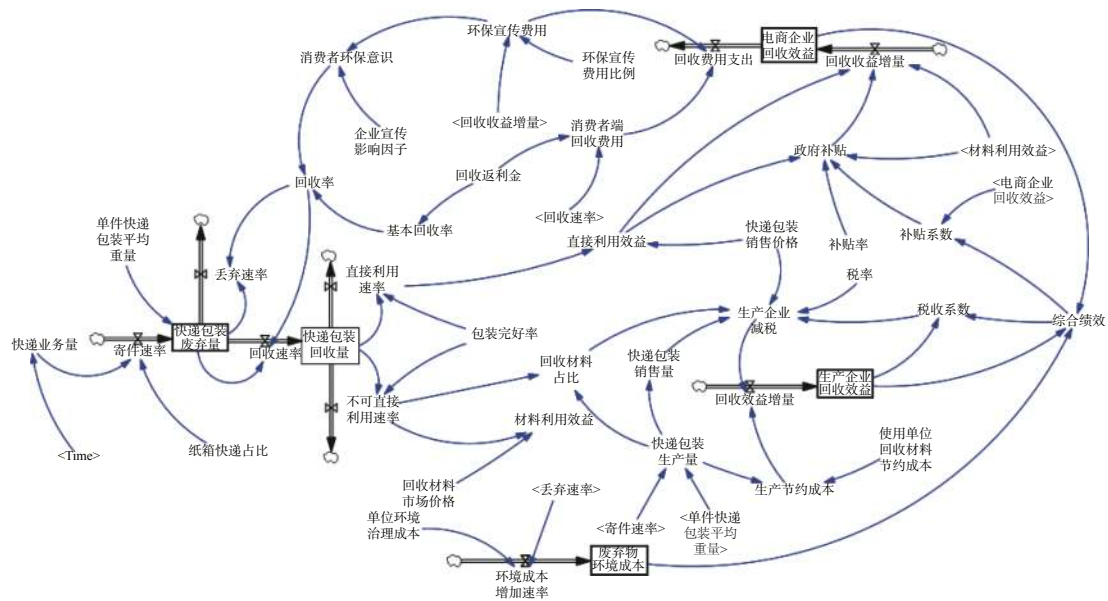


图3 快递包装的系统流图

(四) 模型涉及的主要方程式

快递包装回收系统主要由回收量产生子系统、电商企业回收效益子系统、生产企业回收效益子系统和废弃物环境成本子系统构成，涉及的主要方程式如下：

- ① 不可直接利用速率=快递包装回收量*(1-包装完好率)
- ② 丢弃速率=快递包装废弃量*(1-回收率)
- ③ 回收收益增量=政府补贴+材料利用效益+直接利用效益
- ④ 回收效益增量=生产节约成本+生产企业减税
- ⑤ 回收材料占比=不可直接利用速率/快递包装生产量
- ⑥ 回收率=IF THEN ELSE((1+消费者环保意识)*基本回收率<=1, (1+消费者环保意识)*基本回收率, 1)
- ⑦ 回收费用支出=消费者端回收费用+环保宣传费用
- ⑧ 回收速率=快递包装废弃量*回收率
- ⑨ 基本回收率=WITH LOOKUP(回收返利金, ([(0, 0)-(4, 0.6)], (0, 0.05), (1, 0.15), (1.5, 0.25), (2, 0.36), (2.5, 0.47), (3, 0.5)))
- ⑩ 寄件速率=快递业务量*纸箱快递占比
- ⑪ 废弃物环境成本=INTEG(环境成本增加速率, 0)
- ⑫ 快递业务量=(-10.212*Time+8.744*Time^2+41.633)*1e+08
- ⑬ 快递包装回收量=INTEG(回收速率-不可直接利用速率-直接利用速率, 0)
- ⑭ 快递包装废弃量=INTEG(寄件速率*单件快递包装平均重量-丢弃速率-回收速率, 1e+08)
- ⑮ 快递包装生产量=寄件速率*单件快递包装平均重量
- ⑯ 快递包装销售量=快递包装生产量
- ⑰ 政府补贴=(材料利用效益+直接利用效益)*补贴率*(1+补贴系数)
- ⑱ 材料利用效益=不可直接利用速率*回收材料市场价格/10000
- ⑲ 消费者环保意识=环保宣传费用*企业宣传影响因子
- ⑳ 消费者端回收费用=回收返利金*回收速率/10000
- ㉑ 环保宣传费用=回收收益增量*环保宣传费用比例

②② 环境成本增加速率=丢弃速率*单位环境治理成本/10000

②③ 生产企业减税=IF THEN ELSE(回收材料占比>=0.6, 快递包装销售量*(快递包装销售价格/1.17)*税率*(1+税收系数)/10000, 0)

②④ 生产企业回收效益= INTEG (回收效益增量, 0)

②⑤ 生产节约成本=快递包装生产量*使用单位回收材料节约成本/10000

②⑥ 电商企业回收效益= INTEG (回收收益增量-回收费用支出, 0)

②⑦ 直接利用效益=直接利用速率*快递包装销售价格/10000

②⑧ 直接利用速率=快递包装回收量*包装完好率

②⑨ 税收系数=MIN(MAX(IF THEN ELSE(综合绩效=0, 0 , 生产企业回收效益/综合绩效) , 0), 1)

③⑩ 综合绩效=电商企业回收效益+生产企业回收效益-废弃物环境成本

③⑪ 补贴系数=MIN(MAX(0 , IF THEN ELSE(综合绩效=0, 0 , 电商企业回收效益/综合绩效)), 1)

为便于计算, 还需要对模型中的部分变量进行预先设定。

(五) 关键参数与常量的设置

由于回收返利金和企业宣传力度影响消费者回收参与程度的因素与企业的成本投入有关, 本文通过表函数法建立企业投入成本与消费者回收影响因素程度大小的非线性关系。通过相关学者对于其他废旧品回收领域的相关研究成果, 模拟调试表函数的曲线, 使数据较为合理, 基本符合系统运行要求。

其他参数的估计通过借鉴行业政策或行业数据进行合理的预测, 丢弃的瓦楞纸箱直接进入垃圾处理系统, 处理成本为 0.705 元/kg^[2]。单件快递包装平均重量约 0.3 kg, 回收材料市场价格取 3 元/kg, 快递包装的市场定价受其大小规格以及纸板的厚度各方面要素影响, 这里选取市面上较为普通的瓦楞纸箱, 折算后市价 4 元/kg, 税率为 17% 的增值税。快递业务量取自国家邮政局公布数据, 包含 2011—2020 年的全国快递业务量及 2021—2030 年的预测数据, 其中纸箱快递占总快递业务量的一半左右, 具体如表 1 所示。

表 1 SD 模型相关变量值

变量名称	变量值	单位
INITIAL TIME	0	年
FINAL TIME	20	年
TIME STEP	1	年
单位环境治理成本	0.705	元/kg
快递包装平均重量	0.3	kg
快递包装回收价格	3	元/kg
快递包装出售价格	4	元/kg
税率	17%	Dmnl
纸箱快递占比	0.5	Dmnl
包装完好率	0.05	Dmnl
企业宣传影响因子	1/1e+06	Dmnl
回收生产节约成本	0.2	元/kg

三、综合模拟仿真

(一) 政府补贴和企业减税

政府补贴和企业减税都属于政府补助, 从本质上来说都属于政府的经济激励手段。对于电商企业而

言,快递包装的回收并不是公司的主营业务,因此设置政府补贴政策较为合理,补贴率 X , $X=0 \sim 1$ 。而对于生产企业,废旧包装可以作为原材料的补充部分用于企业生产,因此适合设置企业减免税收政策,在生产瓦楞纸箱时,使用回收的废旧瓦楞纸作为原材料达到一定占比,可以减免税收,占比率 Z , $Z=0 \sim 1$ 。需要说明的是当 $Z=1$ 时,表示生产的瓦楞纸所需的原材料 100% 来源于回收材料,由于快递需求量逐年升高且不考虑回收延迟, $Z=1$ 的情况是不存在的,相当于税收减免政策失效。对比不同补贴率和回收材料占比率下对回收效果的影响程度,回收返利金其它参数设置为默认值。设置以下几种方案。

方案 1: $X=0, Z=1$

方案 2: $X=0.1, Z=0.8$

方案 3: $X=0.2, Z=0.6$

方案 4: $X=0.3, Z=0.4$

方案 5: $X=0.4, Z=0.2$

方案 6: $X=0.5, Z=0.1$

可以得到仿真结果,其中快递包装回收率和废弃物环境成本的输出结果如图 4、图 5 所示。

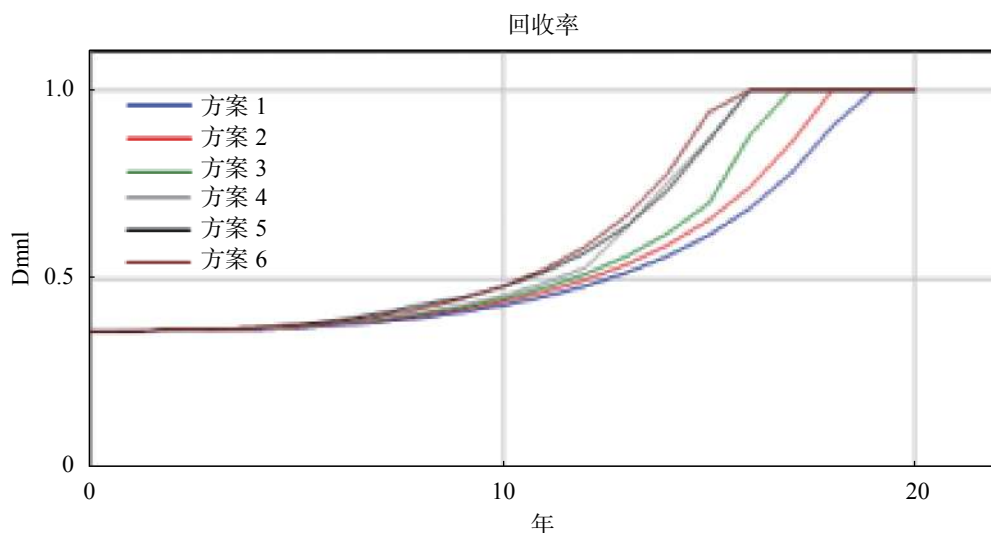


图 4 考虑政府补贴和企业减税的回收率变化情况

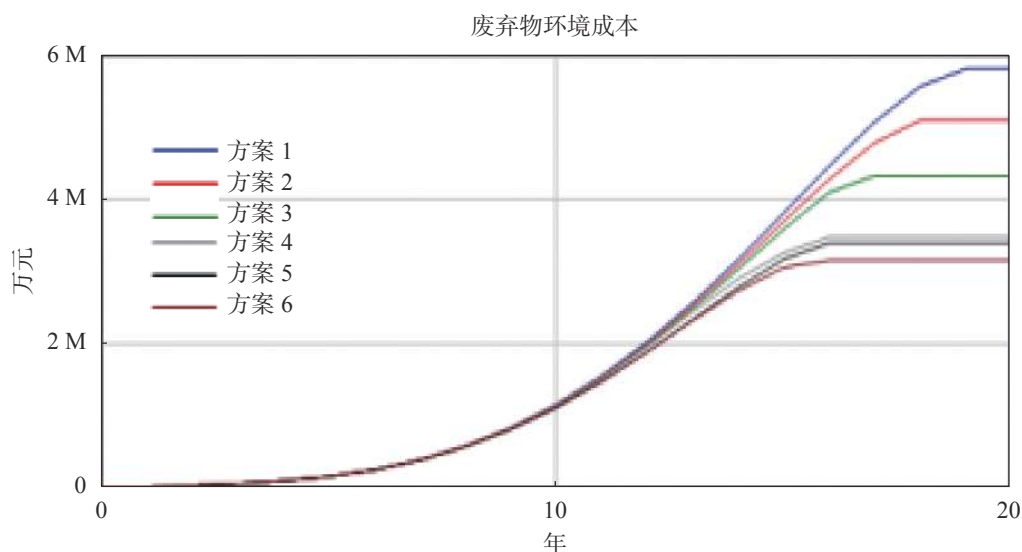


图 5 考虑政府补贴和企业减税的废弃物环境成本变化情况

从输出结果来看,相比方案 1 未设置补贴和税收激励的情况,其它几种方案在设置政府补贴和企业减税后回收率均在更短时间内达到饱和,所产生的废弃物环境成本更低,快递包装资源化处理更加得当,政府补贴和企业减税政策能够对快递包装的回收率起到正向作用。

在确定政府补助政策对快递包装回收率促进作用明显后,逐步加大政府补贴和企业减税力度,不难得出方案 1 回收率达到饱和的时间最长,随后依次是方案 2 和方案 3,其中方案 4、方案 5 和方案 6 均在同一时间点回收率达到饱和,且用时最短,这表明政府补贴和企业减税政策虽然在一定程度上可以提高回收率,但当政府补贴和企业减税达到一定程度后,对回收率的提高作用将不再明显。同样地,尽管废弃物环境成本在不断减少,但后面几种方案的废弃物环境成本差距较小,减少的趋势有所降低。政府补贴和企业减税对快递包装回收的正向促进有限,政府补助过多会加重财政负担,容易造成政府资源浪费,综合来看,方案 4 在不占用更多政府资源的情况下达到的回收效果较为理想。

实施税收减免政策的关键是合理的废旧材料比例,同样补贴率的高低也会直接影响企业的回收意愿。政府补助作为企业回收效益的组成部分,政府补贴和企业减税力度越大,企业的回收效益自然越高,因此这里不作额外说明。

(二) 回收返利金和环保宣传费用

由于电商企业自身已具有较为成熟的物流体系,回收成本的支出主要在于消费者端的回收返利金和环保宣传费用。企业通过设置回收返利金,当消费者将瓦楞纸箱退回指定地点可以收取 Y 元/kg 的回收返利金, $Y=0 \sim 3$ 元。企业对环保宣传费用的投入将直接影响消费者的环保意识,考虑实际情况中环保宣传费用占比不宜过高,设置环保宣传费用比例为 B , $B=0 \sim 0.3$ 。为对比不同回收返利金和环保宣传费用比例下对回收效果的影响程度,参考政府补贴和企业减税下方案 4 的情况,将政府补贴率和回收材料占比率分别设置为 0.3 和 0.4,其它参数设置为默认值。设置以下几种方案。

方案 I: $Y=0, B=0$

方案 II: $Y=1, B=0.1$

方案 III: $Y=1.5, B=0.15$

方案 IV: $Y=2, B=0.2$

方案 V: $Y=2.5, B=0.25$

方案 VI: $Y=3, B=0.3$

可以得到仿真结果,其中快递包装回收率、废弃物环境成本、电商企业回收效益和系统综合绩效的输出结果如图 6、图 7、图 8 和图 9 所示。

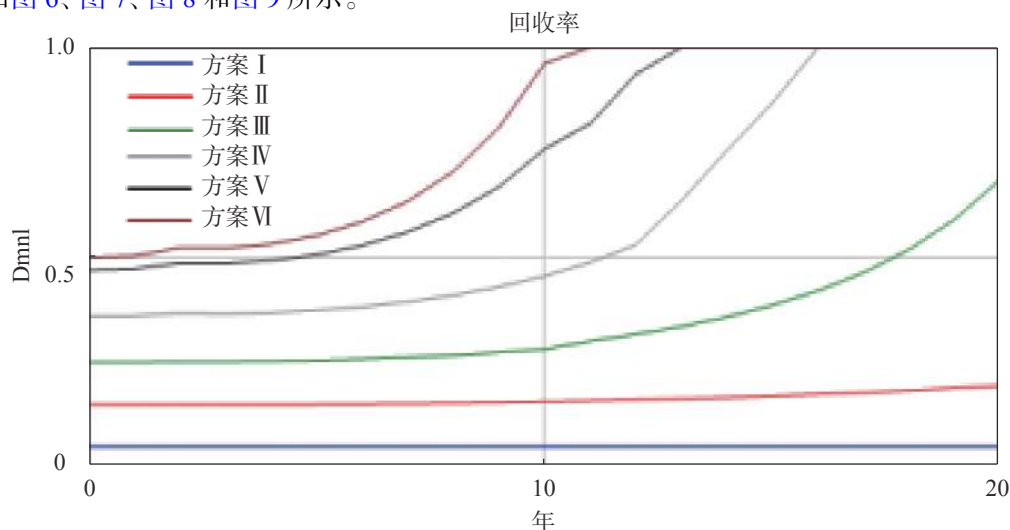


图 6 考虑回收返利金和环保宣传成本的回收率变化情况

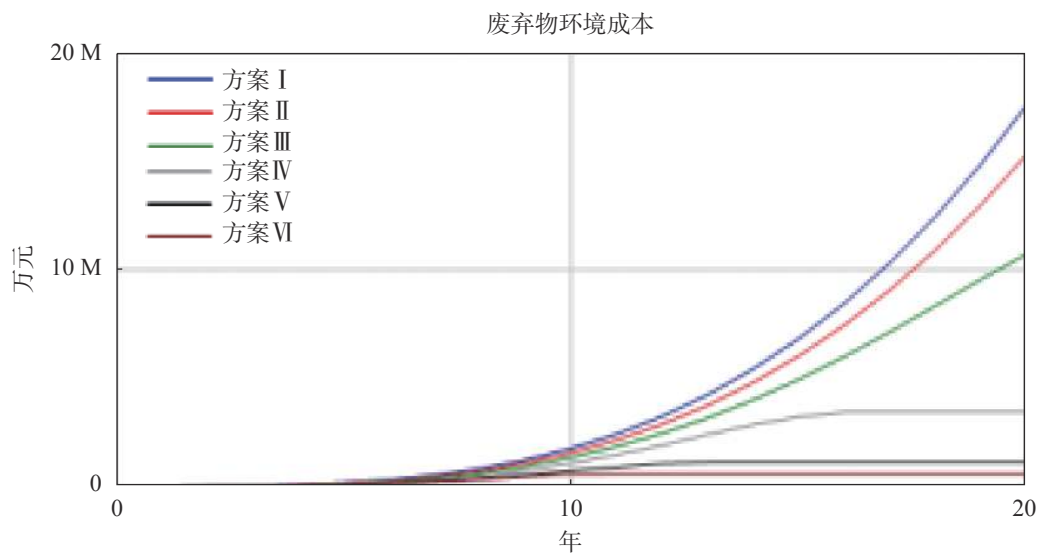


图7 考虑回收返利金和环保宣传成本的废弃物环境成本变化情况

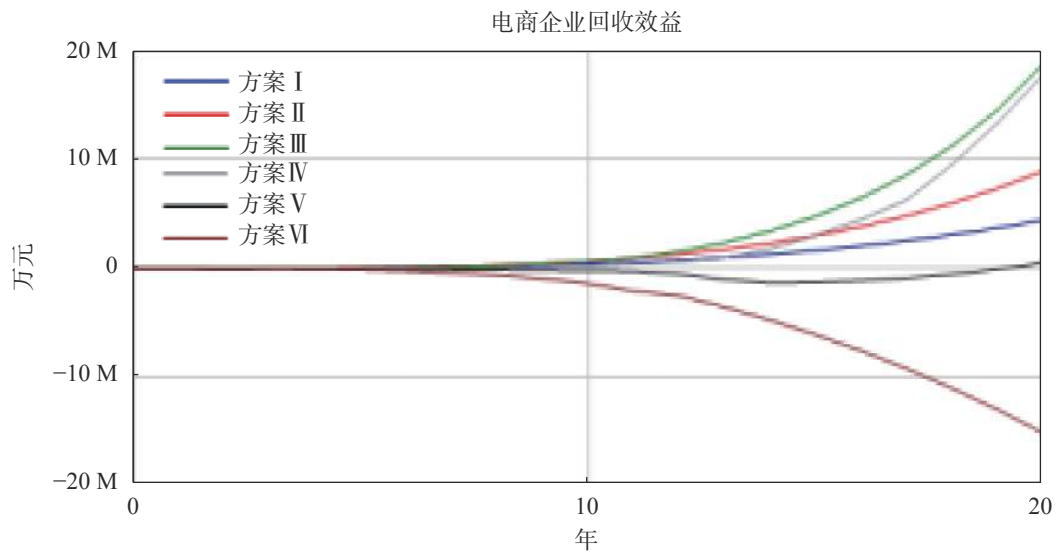


图8 考虑回收返利金和环保宣传成本的电商企业回收效益变化情况

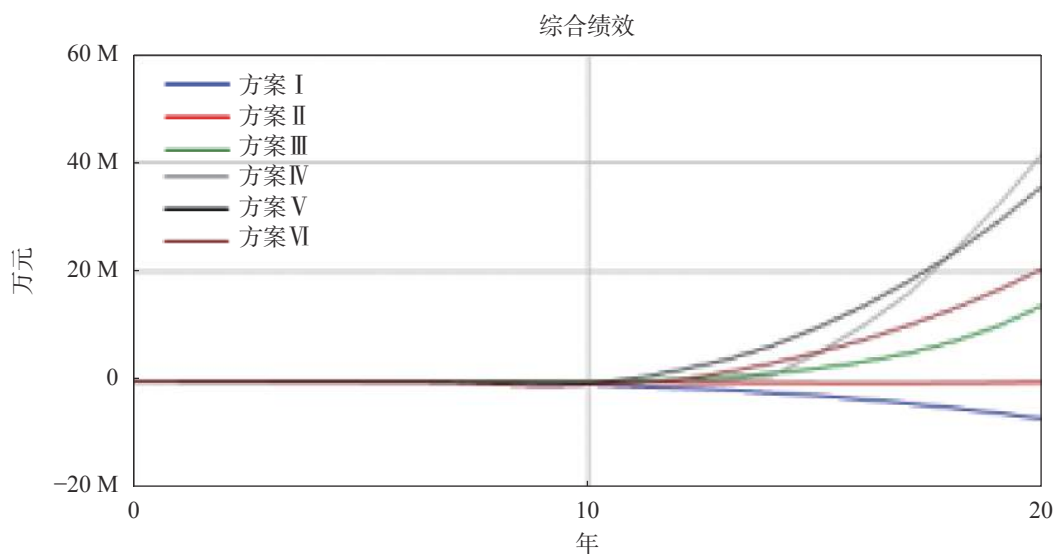


图9 考虑回收返利金和环保宣传成本的综合绩效变化情况

从输出结果来看,由于方案 I,方案 II 和方案 III 设置的回收返利金和环保宣传费用比例较低,回收费用投入不足,导致快递包装整体回收率较低,也未能达到饱和状态。相比几种不同回收返利金和环保宣传费用比例方案下,回收费用支出水平越高,对回收率的促进作用越明显。相反地,回收费用支出对废弃环境成本的影响呈现负相关,电商企业回收费用支出越高,废弃物环境成本越低,造成的环境影响越小。此外,在设置回收返利金和宣传费用比例时,是参考政府补贴和企业减税下方案 4 的补贴率和回收材料占比率进行计算仿真,得出企业在设置合理的回收方案后能够进一步提高快递包装的回收效果,组合策略的协同效应明显。

结合电商企业的回收效益来看,由于方案 V 和方案 VI 设置的回收返利金和环保宣传费用比例偏高,回收费用支出较多,尽管快递包装的整体回收率更高,造成环境影响小,但回收效益赤字严重,企业长期属于亏损状态,对企业的经营状况影响较大,因此回收返利金和环境宣传费用并不是越多越好,应该考虑企业的实际经营情况。相比其它几种方案,方案 IV 设置的回收返利金额和环境宣传费用比例,快递包装的回收率整体既能够达到较高水平,废弃物环境成本较低,同时企业自身也具备很好的盈利能力,回收系统的综合绩效也十分理想,是模型下的最佳企业回收方案。

值得注意的是,由于企业的回收费用支出不高,使得方案 III 中电商企业回收效益是几个方案中最高的,但该方案下的快递包装的整体回收率不高,造成废弃物环境成本较高,从综合绩效的输出结果来看并不是十分理想,对于电商企业本身可能是最佳策略,但对于整个回收系统而言则不然。

四、结论及展望

随着近几年快递业务量激增,快递包装展现出巨大的潜在经济价值,但由于我国尚未建立起快递包装回收体系,缺乏正规的回收渠道,快递包装的回收效率较低。物质回收是固体废弃物资源化的重要途径之一,通过不断提高废弃物回收率,就能够实现快递包装的资源化处理。本文利用系统动力学模型构建了快递包装回收系统,在此基础上模拟了政府和企业不同策略下的快递包装回收率、企业回收效益、综合绩效等指标的变化趋势,得出的主要结论有:①组合策略的协同效应明显。提高快递包装回收率,需要政府、企业和消费者多方配合共同完成,组合策略对快递包装回收的积极作用优于单一策略。②政府补贴和企业减税对回收率的提高改善明显,但仅局限于一定程度上,还需要政府探索补贴和税收的拐点,设置合理的阈值。③电商企业需要更加灵活应对消费者需求。回收费用投入水平与快递包装的回收率直接联系,回收费用投入过少不利于回收效果,投入过多则会导致企业盈利困难,难以维持。④在初始阶段快递包装业务量较少时,企业回收效益和综合绩效水平较低,部分时间段甚至处于亏损状态,但随着快递业务量的进一步扩大后,企业回收效益和综合绩效同样增长明显,这需要企业对市场保持更大的耐心。最后,结合国外的相关政策来看,建议以年度为周期,逐步落实政府补贴和税收减免政策,使消费者和相关行业能够适应政策变化,减少市场波动。

由于本文所建立的回收模型难以将所有影响因素考虑在内,与实际情况仍存在一定差距。后续研究将把更多因素纳入考量,如快递包装的研发投入提高了企业的技术研发成本,通过优化算法或者提高材料性能等手段,减轻单位快递包装的平均重量后,能够达到最终减少快递包装使用量的目的。此外,回收模型中的部分参数如市场价格受供需关系影响浮动较大,各地区之间同样难以达成一致,数据的准确性仍有待进一步提高。因此在今后的研究中还需要搜集更多资料,更全面地考虑快递包装回收的影响因素,使仿真结果更具有参考意义。

参考文献:

- [1] 屈丽丽. 特大城市快递垃圾占生活垃圾增量的93% 快递100将推出快递业碳排放大数据[EB/OL]. (2021-05-06). <https://finance.sina.com.cn/chanjing/cywx/2021-05-06/doc-ikmyaawc3763963.shtml>.
- [2] 绿色和平. 中国快递包装废弃物产生特征与管理现状研究报告[EB/OL]. (2019-12-01). <https://www.hbzhan.com/news/detail/132498.html>.
- [3] 苟在坪. 国外包装业发展循环经济的做法[J]. 再生资源与循环经济, 2008, 1(12): 14-20.
- [4] 丁伟妃. 基于循环经济的包装废弃物资源化模式研究[J]. 特区经济, 2008(4): 122-124.
- [5] 吕维霞, 杜娟. 日本材料分类管理经验及其对中国的启示[J]. 华中师范大学学报(人文科学版), 2016(1): 39-53.
- [6] 周正祥, 张秀芳, 张平. 新常态下PPP模式应用存在的问题及对策[J]. 中国软科学, 2015(9): 82-95.
- [7] PHUONG T H, THOMAS S, QUANG N D, et al. Material flow analysis for management of waste TVs from households in urban areas of Vietnam[J]. Resources conservation and recycling, 2018(139): 78-89.
- [8] ZHANG Jiarui, WANG Huihui, ZENG Weihua. Simulation of water price policy coupled ABM and SD models in Dianchi Lake Basin[J]. China environmental science, 2017, 37(10): 3991-4000.
- [9] YOUNG B. Moon. Simulation modelling for sustainability: A review of the literature[J]. International journal of sustainable engineering, 2016(22): 1-18.
- [10] WANG Huihui, ZHANG Jiarui, ZENG Weihua. Intelligent simulation of aquatic environment economic policy coupled ABM and SD models[J]. Science of the total environment, 2018, 618(15): 1160-1172.
- [11] 钱晓慧, 宋克超, 卢懿. 基于系统动力学的塑料袋使用模型仿真研究[J]. 环境科学与管理, 2020, 45(12): 153-158.
- [12] 王耕, 李优. 基于SD模型的城市生活垃圾资源化处理模拟研究——以大连市为例[J]. 环境工程技术学报, 2016, 6(5): 493-500.
- [13] 魏宝红. 基于系统动力学的废旧家电产品回收逆向物流研究[J]. 物流技术, 2015, 34(14): 170-173+207.
- [14] 余福茂, 王聪颖, 魏洁. 电子废弃物回收处理渠道演化的系统动力学仿真[J]. 生态经济, 2016, 32(6): 147-151.
- [15] 田立平, 孙群, 李文龙. 基于系统动力学的促进废旧家电环保化回收的策略模型[J]. 中国管理科学, 2020, 28(5): 167-175.
- [16] 刘庆国, 高妍南. 考虑企业效益下的校园快递包装回收系统仿真研究[J]. 包装工程, 2019, 40(21): 151-158.
- [17] 陈建国, 原沈超. 建筑废弃物分拣回收政策效应模拟评估——基于不同补贴金额视角的分析[J]. 城市问题, 2017(7): 27-34.
- [18] 刘勇, 崔胜辉. 基于系统动力学的政府补贴与企业回收能力的相关性研究[J]. 生态经济, 2011(6): 92-95.
- [19] 李玉民. 基于系统动力学的报废汽车回收物流“养老金”制度分析[J]. 系统科学学报, 2012, 20(3): 71-74+78.
- [20] 程云鹤, 王宛昊, 周强. 安徽绿色经济发展系统动力学模型及政策仿真[J]. 华东经济管理, 2019, 33(6): 14-23.

[责任编辑 刘书亮]