

快递包装的能耗现状及对策分析

王姿怡, 义艺, 孙锲

(山东大学 热科学与工程研究中心, 济南 250061)

摘要: **目的** 研究我国快递包装材料带来的环境污染、资源浪费以及其隐形能耗问题, 并结合当前的法律法规体系提出对策。**方法** 通过数据收集和实地调研, 对快递包装材料进行生命周期评价; 基于文献综述和市场调研, 梳理关于快递包装的现行法律法规政策。**结果** 2017年3种快递包装材料(瓦楞纸箱、塑料袋和胶带)的全球变暖潜力相当于燃煤发电系统生产 1.58×10^{10} kW·h 电力的排放量, 占2017年全国总发电量的0.24%, 相当于当年生物质发电量的20%。全球变暖潜力再加上快递包装材料生命周期中的能源消耗, 占2017年全国总发电量的1.12%, 相当于生物质发电量的92%。在快递包装材料的生命周期中, 生产和使用阶段消耗了接近79%的能量。**结论** 根据当前快递包装产业的法律法规体系研究, 我国快递包装产业管理系统尚不完善, 基于生命周期评价的数据分析, 快递包装材料的能耗和环境污染问题急需得到重视。

关键词: 快递包装; 能耗; 生命周期; 法律法规

中图分类号: TB485.3; TK09 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2019)03-0143-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.03.021

Present Situation and Countermeasures of Energy Consumption of Express Package

WANG Zi-yi, YI Yi, SUN Qie

(Institute of Thermal Science and Technology, Shandong University, Jinan 250061, China)

ABSTRACT: The work aims to study the environmental pollution, resource waste and indirect energy consumption in China caused by express packaging materials, and put forward countermeasures combined with current law and regulation system. A life cycle assessment of express packaging materials was conducted according to the data collection and field research, and the current laws, regulations and policies were teased out based on the literature review and market research. In 2017, the global warming potential of the three express packaging materials (corrugated box, plastic bag and tape) was equivalent to the amount of greenhouse gases from generating 1.58×10^{10} kW·h electricity by coal-fired power plants. The amount accounted for approximately 0.24% of China's total electricity generation in 2017, or 20% of the electricity by biomass. The global warming potential, together with the energy consumption in the life cycles of the express packaging materials, accounted for 1.12% of China's total electricity generation in 2017, equivalent to 92% of biomass-based electricity generation. In their life cycles, the production and use phases consumed nearly 79% energy. According to the current research on the law and regulation system of express packaging industry, the management system of express packaging industry in China is incomplete. Based on the data analysis of life cycle assessment, the energy consumption and environmental pollution problems of express packaging materials need urgent attention.

KEY WORDS: express package; energy consumption; life cycle; laws and regulations

2017年我国全国快递业务量完成了400.6亿件,是2007年的33.4倍,这10年间每年年均增长达到了42%,并连续4年位居世界第一,包裹快递量超过美国、日本、欧洲等发达经济体,对全球包裹快递量的增长贡献率超过了50%^[1]。这些数据表明中国已成为名副其实的快递大国。随着互联网和电子商务的发展,快速增长的业务需求量促使快递业成为竞争激烈的运输产业,同时也是近十年来国内增长速度最快、发展潜力最大的新兴服务业。

快递包装材料主要包括:运单、信封、编织袋、塑料袋、瓦楞纸箱、胶带和气泡膜。目前对快递运单的保管、存放与回收(销毁)有明确规定,因此会专门保存并于到期后集中处理;信封通常附有客户的机密文件和信息,因此大部分会被粉碎,后随其他纸质品一同处理;编织袋坚固耐用,大多数快递服务公司会尽可能多地回收并循环使用;胶带通常用于密封包装,气泡膜用以保护易碎物品。由于在未打开包装的情况下无法测量内部缓冲物,通常较难准确获得气泡膜数据。胶带不会单独使用,故其相关能量消耗和环境影响通常与瓦楞纸箱和塑料袋整合在一起。瓦楞纸箱和塑料袋是目前最常用的快递包装材料。由于纸质包装较贵,用聚乙烯制作而成的快递袋使用最为广泛,这种塑料材质又分为多种类别,尺寸、颜色不同,价格区别也较大。黑灰色包装袋使用回料材质、化工材料、生活垃圾等再加工而成,最便宜;绿色是一半回料,一半全新料;白色是全新料,价格是黑灰色的2倍多。多数快递公司为节约成本,使用的包装袋大多是黑灰色塑料袋,可能残留了大量的塑化剂、阻燃剂等有毒有害物质,存在刺鼻气味,对人体和环境都有危害^[2]。

大量废弃快递包装带来的环境污染和资源浪费的问题已经引起人们的广泛关注,但进一步的治理措施和相关能耗问题少有研究。若基于快递包装产业的现状,制定相应的发展战略,完善相关的法律法规管理体系,引导产业向健康可持续的方向发展,一方面可以减少资源的浪费,与固废处理政策相辅相成,另一方面可以尽早减少不可降解包装对环境污染的加剧,降低未来的环境治理成本和能耗成本,缓解我国的能源资源供应不足^[3-4]。此外,适逢国家立法机关对电子商务的管理和整顿,对于规范快递包装市场也有积极作用,因此对快递包装产业的能耗现状进行全面客观地定量评价,并梳理当下的相关管理体系是重

要的研究基础。

1 能耗现状

快递包装数据研究可以为行业规范的制定和生产标准的更新提供依据。快递包装全生命周期评价(Life Cycle Assessment, LCA)可以确定快递包装的环境影响和能耗,为相应的环境治理提供参考。目前已经有大量学者对快递包装带来的能源消耗和环境污染等系列问题进行研究。资源的固体浪费和二手包装的大气-水-土污染损害已引起社会媒体的大量关注^[5],不少学者对此进行了研究^[6-8]。应用于瓦楞纸箱和塑料袋的包装材料LCA报告忽略了塑料胶带的重要影响^[7-10]。“绿色包装”的概念、标识、应用等有较多讨论^[11-14]。废弃包装的回收、再利用、再生系统也有大量研究,并借鉴了欧洲、日本和美国的经验^[10,15-18]。然而目前尚未有研究系统地评估快递包装的环境影响和能源消耗。

文中应用软件SimaPro 8和数据库Ecoinvent 3.0对快递包装(胶带、塑料袋和瓦楞纸箱)进行全生命周期评价,功能单位为分别用胶带打包好的瓦楞纸箱和塑料袋各1个。研究数据来源包括2014—2017年国家统计年鉴、学术研究报告以及现场调研^[8,19-20]。在现场调查期间对塑料袋和瓦楞纸箱的尺寸、质量、印刷面积和所用胶带的长度进行了详细测量,获得了2086个有效样本,经过数据统计进一步确定了功能单位(见表1)。

快递包装生命周期评价分析的主要步骤包括确定分析目标、划定系统边界、清单分析和影响分析,然后根据能量、质量守恒原理,使用计算方法Cumulative Energy Demand(V1.09)确定能源消耗量。计算过程中进行了以下假定:在瓦楞纸板生产的粘合和压制过程中,煤被用于加热蒸汽,其锅炉为一般工业锅炉,排放量按国家标准处理;快递服务公司从当地制造商处购买包装材料;废弃包装在调研所在城市的同一处理厂内处理;忽略生产和处置过程中的一些微量元素。计算结果包括:胶带瓦楞纸箱和胶带塑料袋的环境影响和能耗(见表2),2014—2017年中国的年度结果(见表3)。

包装材料的生产阶段和使用阶段消耗了近79%的能量。瓦楞纸箱的能耗结果表明,原材料的生产消耗约38%的能量,其中电力消耗占60%。其他能源消

表1 功能单位尺寸
Tab.1 Function unit specifications

类别	长/cm	宽/cm	高/cm	质量/g	胶带长度/cm	胶带宽度/cm	胶带质量/g
瓦楞纸箱	25	18.5	12.5	160	137	6	4
塑料袋	38	28	—	10	137	4.5	3

表 2 胶带、瓦楞纸箱和塑料袋的环境影响和能耗计算结果
Tab.2 Environmental impacts and energy consumption results of tapes, corrugated boxes and plastic bags

类别	酸化(g-SO ₂ -eq)	富营养化(g-PO ₄ -eq)	全球变暖(kg-CO ₂ -eq)	能耗/MJ
瓦楞纸箱	4.83	0.463	0.745	10.696
纸箱用胶带	0.002 54	2.736×10 ⁻⁵	0.009	0.003 56
塑料袋	0.565	0.0675	0.0822	1.417
塑料袋用胶带	0.001 905	2.052×10 ⁻⁵	0.006 75	0.002 67

表 3 胶带、瓦楞纸箱和塑料袋的年度计算结果（2014—2017 年）
Tab.3 Annual calculation results of tapes, corrugated boxes and plastic bags (2014 to 2017)

类别	年度	酸化(×10 ⁹)(g-SO ₂ -eq)	富营养化(×10 ⁹)(g-PO ₄ -eq)	全球变暖(×10 ⁹)(kg-CO ₂ -eq)	能耗(×10 ⁹)/MJ
瓦楞纸箱	2014	32.361	3.1021	4.9915	71.6632
	2015	47.923 26	4.5938 86	7.391 89	106.125 712
	2016	41.538	3.9818	6.407	91.9856
	2017	8.8896	8.8896	14.304	205.3632
塑料袋	2014	3.154 96	0.376 92	0.459 004 8	7.912 528
	2015	4.671 42	0.558 09	0.679 629 6	11.715 756
	2016	8.3055	0.992 25	1.208 34	20.8299
	2017	8.475	1.0125	1.233	21.255
胶带	2014	0.027 655 52	0.000 297 896	0.097 992	0.038 761 28
	2015	0.040 952 42	0.000 441 125	0.145 107	0.057 397 88
	2016	0.049 847 5	0.000 536 94	0.176 625	0.069 865
	2017	0.077 343	0.000 833 112	0.274 05	0.108 402

耗包括在提货、运输和投递过程中的车辆燃料（包括航空煤油，汽油和柴油），非机动车辆的电力，后勤支持和管理系统等。尽管在处理阶段中，由焚烧获得的能量已计入，计算结果仍低了估快递包装的真实能耗。因为环境污染治理的成本尚未包括在内，而这些污染物的潜在危害巨大，尤其是塑料袋、胶带及其染料涂层。塑料袋需要 200~500 年才能完全降解，无论是在垃圾填埋场还是暴露在自然环境中^[9]。塑料袋由废料混合物制成，毒性难以预测。胶带的主要成分是聚氯乙烯，通常在使用后丢弃，填埋处理后一百年内难以降解，且燃烧过程会产生有毒气体。此外，气泡膜的焚烧会产生致畸、致癌和致突变的二恶英，每吨可达 5~10 μg。与燃煤电厂相比，2017 年 3 种材料的全球变暖潜力相当于燃煤系统生产 1.58×10¹⁰ kW·h 电力的排放量^[21]。这一数字约占 2017 年中国总发电量的 0.243%，约占 2017 年中国生物质总发电量的 20%^[22]。全球变暖潜能加上能源消耗与同年的产能相比，相当于 2017 年中国总发电量 1.12% 的消耗量、2017 年中国生物质发电量 92% 的消耗量。与目前有限的可再生能源发电能力相比，这样的能耗级别相当高^[23]。同时，快递包装产业的能耗容易被人们忽视，而快递运送量、塑料包装和纸箱包装量都将在未来可预见地增长，其相关能耗也会随之增长，因此，快递包装的能耗和污染问题应该得到重视。

2 法律法规现状

针对快递包装的能耗和污染问题，应基于当前的法律法规现状，改进体系，制定合理有效的政策方针。快递包装与普通塑料、胶带、造纸业不同，其主要源头不在生产商，而是电商和快递业，并结合空运、水运、陆运和铁运，难以从某个产品阶段或部门集中管理。产业相关的法律法规体系分布在电子商务经营、快递物流服务和快递包装三方面。

2.1 电子商务经营

我国对电子商务经营的规范管理仍处于起步阶段。2018 年 8 月 31 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第五次会议通过《中华人民共和国电子商务法》（以下简称“《电商法》”），2019 年 1 月 1 日起施行，要求快递物流服务提供者应当按照规定使用环保包装材料。

2.2 快递物流服务

快递业基于邮政业、物流业的管理体系逐步发展壮大，因此也有一套相对健全的法律法规，包括《中华人民共和国邮政法》、《快递市场管理办法》、《快递业务经营许可管理办法》、《邮政行业安全监督管理办法》，国家强制性标准《快递服务安全生产标准》，以

及一系列部门规章和规范性文件,例如:《快递业务经营许可条件审核规范》《快递业务经营许可年度报告规定》《快递企业等级评定管理办法(试行)》《邮政行业标准管理办法(试行)》《禁寄物品指导目录及处理办法》《快递业务员职业技能鉴定办法(试行)》《邮政业消费者申诉处理办法》等。此外,2018年2月7日国务院第198次常务会议通过《快递暂行条例》,2018年5月1日起施行,这是世界上为数不多的各方面规范快递业发展的法律之一。以上构成了我国快递行业的监督法律框架,对规范我国快递业起到了积极作用。

同时,政府正在鼓励电子商务公司和快递物流公司开展供应链绿色流程再造,提高资源再利用率和能源效率,降低企业成本^[24]。

2.3 快递包装

目前快递包装的法律法规比较有限,唯一有效的是2009年12月1日实施的国家标准《快递封装用品》,包括信封、包装盒、包装袋3部分。以第3部分为例:规定了包装袋的透光率、厚度、拉伸程度和溶剂残留量等。于2018年9月1日正式实施的新版国标对快递包装的环境友好性更新了要求,一方面降低了封套用纸的定量要求、塑料薄膜类包装袋的厚度要求等,要求减少固废总量,不再规定对包装箱单双瓦楞材料的选择,符合各项强度指标即可;另一方面对多种塑化剂、溶剂残留量提出了限值要求。此外,新版国标首次明确提出“快递包装袋宜采用生物降解塑料”,新增了材料生物分解性能要求,并建议封装用品减少油墨印刷。

总之,当前快递包装产业的法律法规体系尚不完善,其能耗和污染问题虽已引起人们的关注,但尚未以具体实际有效的条例形式出现在法律法规中,对产业链的关键环节也把握不明确。电子商务经营者自行打包的包裹占据的全国快递运送量的一半以上,而《电商法》中提出使用环保包装材料的要求只针对快递物流服务提供者。此外,新版快递包装国标并非强制性标准,为推荐性引导标准。一方面生物降解在邮政业的应用还处于起步阶段,生产企业进行调整也需要周期;另一方面,当前快递企业在运营中普遍面临着较大的成本压力,利润空间有限,封装用品特别是生物降解包装袋成本相对较高,仍需要过程。

3 对策分析

3.1 塑料制造需提高产能

目前广泛使用生物降解塑料包装袋的障碍主要是成本和产能。普通塑料包装袋的成本不到生物降解塑料袋的一半,可提供更大的利润空间,因此商家通

常不会主动选择生物降解塑料袋。同时,目前我国生物降解塑料袋原材料产能有限,无法在全国范围内大量供应,因此突破生物降解材料技术瓶颈,提高产能和降低成本是首要任务。

3.2 电商是主体

大型电商的自建物流模式能够较好地控制包装材料、成本以及数量等,但电商不受约束地自行选择包装材料情况更普遍。目前尚未建立统一标准和行业规范,自建物流会带来更多的系统成本和标准问题。

《电商法》没有针对大小电商提出快递包装的任何规定,因此需要对电商的自主选择行为进行有效的规范,不能任由其一味地为了降低成本而继续大量使用不可降解的包装材料。

3.3 避免过度包装

无论是电商还是快递物流服务提供者,节约成本与过度包装是相悖的。故应从两方面追溯原因:其一是快递物流服务过程中的运输保管不当和快递员的暴力分拣,增加了对包装的各方面要求;二是消费者无形中将产品包装与产品质量挂钩,商家一方面满足消费需求,另一方面将过度包装的成本转移至消费者,所谓“羊毛出在羊身上”。为了避免过度包装,首先要严格规范快递员的业务操作,其次是填补限制过度包装的法律空白,尽快推出《限制快递包裹过度包装要求》,同时对消费者行为进行必要的引导。一是倡导适度包装,将包装成本与产品分开定价,由消费者透明消费、自主选择;二是建立过度包装监督机制,对过度包装行为进行惩罚,对举报行为进行奖励。

3.4 循环体系尚不可行

垃圾分类尚未普及,丢弃的快递包装分布广泛,难以集中回收处理,循环利用言之过早,而且循环利用体系还有诸多实际问题。

对于纸箱来说,因为纸板的张力是确定的,在运输过程中,很难避免挤压和摩擦,旧纸箱对内部货物的支撑和保护在重新使用时不如新纸箱好。目前,包装制造商没有统一的生产标准,大部分都是根据快递物流服务和电商的要求定制。质量好的瓦楞纸箱可以使用3—4次,但质量差的甚至难以成型。如果重复使用这种劣质箱子,货物中的内部货物更容易被压碎,快递服务公司必须承担责任。此外,考虑到重复使用瓦楞纸箱运输的安全因素,快递物流服务公司通常会进行二次加固,所消耗的胶带和气泡膜的成本与新箱子无差。尽管回收瓦楞纸箱的费用不高,但劳动力投入过高。纸箱的实际再利用率非常低,由于被撕破后纸箱难以保持完整,因此循环利用瓦楞纸箱存在诸多不可行因素。

对于塑料袋而言,循环使用几乎无法实现。首先,快递塑料袋在使用后通常十分破烂脏,难以再利用;其次,目前制作塑料袋的材料多种多样,大部分工业废料制作的塑料袋成分不确定,可能含有有毒成分。综上目前并不是建立回收循环利用体系的合适时机。首先,应该依据新版国标中增加的二次使用快递封套的相关要求,生产符合标准的快递包装纸箱;针对不同的快递封装用品,应分别印有可回收标志、重复使用标志或塑料产品标志,便于分类回收处理。其次,规范打包时胶带的使用和送达后胶带的撕扯,保证纸箱循环再利用时的质量,提高再利用率。此外,快递包装的回收循环利用应与城市其他固废分类回收处理政策和基础配套设施相辅相成,从而降低系统成本、提高资源利用效率。

3.5 污染问题迫在眉睫

污染问题不可忽视,更不应累积留待后人处理。首先是垃圾实施分类,例如塑料类的包装袋、胶带、气泡膜等不应随手丢弃,需有效区分可降解与不可降解塑料等。同时建立包装指标和包装材料认证体系,提高环境保护约束标准,确保对环境污染进行充分处理。

4 结语

快递包装行业的能耗问题急需得到重视,环境污染应及早治理,相关的法律法规空白尽快填补。循环利用体系虽然能够减少能耗,提高资源利用率,但目前还未到合适时机,应基于垃圾分类处理的前提广泛应用。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国国务院办公厅.《快递暂行条例》政策解读[Z/OL]. (2018-02-28)[2018-09-20]. <http://www.scio.gov.cn/34473/34515/Document/1624200/1624200.htm>.
State Council Information Office of the People's Republic of China. <Interpretation of the 'Provisional Regulations for Express Delivery' Policy>[Z/OL]. (2018-02-28) [2018-09-20]. <http://www.scio.gov.cn/34473/34515/Document/1624200/1624200.htm>.
- [2] 胥爱霞. 网购中的快递包装问题与对策研究[J]. 物流工程与管理, 2015, 37(6): 126—128.
XU Ai-xia. A Probe into the Packaging Problems of Express Mails in Online Shopping[J]. Logistics Engineering and Management, 2015, 37(6): 126—128.
- [3] WANG Z, WANG Q, WENNERSTEN R, et al. Transitions to Sustainable Energy and Material Systems—Outline of Principles for Scenarios[J]. Energy Procedia, 2015, 75: 2683—2693.
- [4] WENNERSTEN R, SUN Q, LI H. The Future Potential for Carbon Capture and Storage in Climate Change Mitigation—An Overview from Perspectives of Technology, Economy and Risk[J]. Journal of Cleaner Production, 2015, 103: 724—736.
- [5] 赵鹏飞, 马田园. 绿色快递悄然兴起(事件新闻)[N/OL]. 人民日报海外版(2018年04月03日第11版)[2018-09-20]. http://paper.people.com.cn/rmrbhwb/html/2018-04/03/content_1845601.htm.
ZHAO Peng-fei, MA Tian-yuan. Green Express Quietly Rises (Event News) [N/OL]. People's Daily Overseas Edition (11th Edition, April 03, 2018) [2018-09-20]. http://paper.people.com.cn/rmrbhwb/html/2018-04/03/content_1845601.htm.
- [6] 毕素梅. 控制过度包装的国际比较与借鉴[J]. 消费导刊, 2008(15): 30—31.
BI Su-mei. International Comparison and Utilization of Controlling Over Packing[J]. Consume Guide Academic Elite, 2008(15): 30—31.
- [7] LIU J, YANG Q, HAN X. Life Cycle Assessment of Environmental Impact of Corrugated Boxes[J]. Research of Environmental Sciences, 2008, 21(6): 105—109.
- [8] ONGMONGKOLKUL A, NIELSEN P H, NAZHAD M M. Life Cycle Assessment of Paperboard Packaging Produced in Thailand[J]. School of Environment, Resource and Development Asian Institute of Technology (AIT), 2001: 330—339.
- [9] 姜峰, 李青海, 李剑峰, 等. 基于LCA法的包装材料环境友好性的评价[J]. 山东大学学报(工学版), 2006, 36(6): 10—13.
JIANG Feng, LI Qing-hai, LI Jian-feng, et al. The Assessment of Environmentally Friendly Packaging Materials Based on the LCA Methodology[J]. Journal of Shandong University (Engineering Science), 2006, 36(6): 10—13.
- [10] 李智, 鞠美庭, 史聆聆, 等. 生命周期评价(LCA): 面向可持续发展的城市生活垃圾资源化方法[EB/OL]. <http://www.cn-hw.net/html/32/201106/27877.html>, 2011-06-11[2012-01-15].
LI Zhi, JU Mei-ting, SHI Ling-ling, et al. Life Cycle Assessment (LCA): Resource Approach of Urban Life Garbage for Sustainable Development[EB/OL]. <http://www.cn-hw.net/html/32/201106/27877.html>, 2011-06-11[2012-01-15].
- [11] 杨祖彬, 戴宏民. 发展绿色包装的对策思考[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2009, 34(3): 219—224.
YANG Zu-bin, DAI Hong-min. Counter Measures for Development of Green Packaging[J]. Journal of Southwest China Normal University (Natural sciences Edition), 2009, 34(3): 219—224.
- [12] 陈永岗, 杨天明. 试论绿色包装的处境反思[J]. 辽宁工业大学学报(社会科学版), 2012, 14(3): 66—68.

- CHEN Yong-gang, YANG Tian-ming. Discussion of the Situation of Green Packaging[J]. Journal of Liaoning University of Technology(Social Science Edition), 2012, 14(3): 66—68.
- [13] 顾红. 论绿色包装[J]. 包装工程, 2002, 23(5): 78—80.
- GU Hong. Description of Green Packaging[J]. Packaging Engineering, 2002, 23(5): 78—80.
- [14] 李蓓蓓. 绿色包装的评价手段—生命周期评价法[J]. 包装工程, 2002, 23(4): 150—152.
- LI Bei-bei. Evaluation of Green Packaging via Life Cycle Assessment Method[J]. Packaging Engineering, 2002, 23(4): 150—152.
- [15] 张宏伟, 杨凯, 王震. 城市包装废弃物减量化及回收体系构建的国际比较[J]. 世界地理研究, 2002, 11(4): 54—63.
- ZHANG Hong-wei, YANG Kai, WANG Zhen. An International Comparative Study of Minimization of Packaging Wastes and Establishment of the Collection System[J]. World Regional Studies, 2002, 11(4): 54—63.
- [16] 赵云芬, 丁广梅. 包装物循环利用立法之中外比较[J]. 西南大学学报(社会科学版), 2008, 34(3): 4.
- ZHAO Yun-fen, DING Guang-mei. A Comparative Study of Packaging Recycling Legislation at Home and Abroad[J]. Journal of Southwest University (Social sciences Edition), 2008, 34(3): 4.
- [17] KOSKELA S, DAHLBO H, JUDL J, et al. Reusable Plastic Crate or Recyclable Cardboard Box? A Comparison of Two Delivery Systems[J]. Journal of Cleaner Production, 2014, 69: 83—90.
- [18] SILVA D A L, RENÓ G W S, SEVEGNANI G, et al. Comparison of Disposable and Returnable Packaging: A Case Study of Reverse Logistics in Brazil[J]. Journal of Cleaner Production, 2013, 47: 377—387.
- [19] NAVAJAS A, BERNARTE A, ARZAMENDI G, et al. Ecodesign of PVC Packing Tape Using Life Cycle Assessment[J]. The International Journal of Life Cycle Assessment, 2014, 19(1): 218—230.
- [20] YI Y, WANG Z, WENNERSTEN R, et al. Life Cycle Assessment of Delivery Packages in China[J]. Energy Procedia, 2017, 105: 3711—3719.
- [21] WHITAKER M, HEATH G A, O'DONOUGHUE P, et al. Life Cycle Greenhouse Gas Emissions of Coal-fired Electricity Generation: Systematic Review and Harmonization[J]. Journal of Industrial Ecology, 2012, 16: 53—72.
- [22] 国家能源局. 2017 年全国电力工业统计数据[DS/OL]. (2018-01-22)[2018-09-20]. http://www.nea.gov.cn/2018-01/22/c_136914154.htm.
- National Energy Administration. 2017 National Electricity Industry Statistics[DS/OL]. (2018-01-22)[2018-09-20]. http://www.nea.gov.cn/2018-01/22/c_136914154.htm.
- [23] WANG Z, WENNERSTEN R, SUN Q. Outline of Principles for Building Scenarios-Transition toward More Sustainable Energy Systems[J]. Applied Energy, 2017, 185: 1890—1898.
- [24] 中华人民共和国中央人民政府. 国务院办公厅关于推进电子商务与快递物流协同发展的意见[Z/OL]. (2018-1-23)[2018-09-20]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2018-01/23/content_5259695.htm.
- Central People's Government of the People's Republic of China. Opinions of the General Office of the State Council on Promoting the Coordinated Development of E-Commerce and Express Logistics [Z/OL]. (2018-1-23) [2018-09-20]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2018-01/23/content_5259695.htm.