

快递包装的标准化和减量化设计

金诗韵, 盛建平, 关崇山

(上海大学 机电工程及其自动化学院, 上海 201900)

摘要: **目的** 探究响应物联化、共享化时代趋势的可循环再利用快递包装。**方法** 通过对现有快递行业包装方式和缓冲材料的比较, 对国内外快递包装行业现存的问题及解决方案进行分析, 结合物联化时代背景下快递产业的硬件设施(如提货柜等)要求, 找到快递包装循环利用和包装耗材减量化的切入点。**结果** 快递包装的可循环和减量化设计需要结合外部环境和包装本身(包括外部包装盒和内部缓冲材料), 将其作为整体来进行考量。**结论** 该设计方案利用缓冲材料自身结构对被寄物做缓冲保护, 减少了不必要的包装材料浪费, 随取随用, 实现了快递包装的标准化和包装耗材的减量化。

关键词: 快递包装; 标准化; 减量化; 设计; 物联网

中图分类号: TB482.2 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2019)03-0149-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.03.022

Standardization and Reduction Design for Express Packages

JIN Shi-yun, SHENG Jian-ping, GUAN Chong-shan

(College of Electrical Engineering and Automation, Shanghai University, Shanghai 201900, China)

ABSTRACT: The work aims to explore the reusable express package that responds to the trend of era of Internet of Things and sharing. By comparing the packaging methods and cushion materials in the existing express delivery industry, the existing problems and solutions in the express package industry at home and abroad were analyzed. Combined with the requirements of hardware facilities (such as lifting containers) in the express delivery industry in the era of Internet of Things, the starting point for recycling express package and reducing packaging consumables was found. The design of recycling and reduction of express package needed to be considered as a whole by combining the external environment and the package itself (including the external packaging box and the internal cushion material). The design scheme protecting the express articles with the structure of the cushion material reduces unnecessary waste of packaging materials, and realizes the standardization and reduction of the express packages.

KEY WORDS: express package; standardization; reduction; design; Internet of things

如今,以淘宝、京东、亚马逊等为首的电商网站发展迅猛,快递业务逐渐演变为日常生活中的“刚性需求”。根据国家邮政局发布的《2018年3月中国快递发展指数报告》的数据显示,2018年1季度累计完成快递业务量99.2亿件^[1-2]。

随着智联化、网联化、物联化、国际化的争相发

展,以京东开始的电商巨头们,相继提出了无人仓、无人快递车、菜鸟网络、喵递等相应快递配送服务科技化的转型,快递提货柜也不断出现在人们视野^[3]。相对集中的收货点使得快递包装的可回收性有了新的可能。快递包装设计除了要解决原有的过度包装及低循环利用率的问题,亦要解决快递运输过程中的尺

收稿日期: 2018-09-10

作者简介: 金诗韵(1994—),女,上海大学硕士生,主攻设计技术及应用。

通信作者: 盛建平(1960—),男,上海大学副教授,主要研究方向为工业设计技术及应用。

寸标准化问题^[4]。

1 常用快递包装方式及材料

除供货商对被寄物的快递包装有明确的要求外,通常对快递的包装依赖于操作人员对瓦楞纸箱、缓冲衬垫、加固材料等的选择。

1.1 常用快递包装方式

对普通快递来说,常见的快递包装方式有3种:简易包装法,即对物品只做简单的处理,如缠绕膜或编织卷缠绕、打包带打包等。普通包装法,即外包装需具备抗压能力,填充物可避免被寄物晃动。易损易碎品包装法,即外包装需具备较强抗压能力,内包装需具备较好的缓冲防护能力,填充物可避免被寄物晃动。其要点:被寄物各面均需均衡的添加内包装缓冲物料;部分易挤压的被寄物需增添纸卡结构,多件集装时,物品间需要进行缓冲隔离;物品在容器内不能有明显晃动,需要用填充物料填充。

特殊品的包装会更多利用产品特性做相应结构上的调整与迎合,从而起到保护被寄物的作用。以顺丰快递包装规范为例,对于计算机及计算机零件的包装,顺丰快递提供了使用原厂包装及不使用原产包装的2种选择。使用原厂包装:在一个比原厂包装大的纸箱中填入一层缓冲材料,把原厂包装放在其正中间,周围用其他包装材料填充,保证不会产生晃动,最后用胶带封好纸箱。不使用原厂包装:使用最少厚度为8 cm的泡泡珠包裹计算机及接口设备,将包裹好的产品装入瓦楞纸箱内,适当的包裹配件,再用其他缓冲材料将剩余空间填满,最后用胶带封好纸箱。

无论是普通快递包装方式还是特殊快递包装方式,包装思路都是根据被寄物去选择合适的瓦楞纸箱,再用缓冲材料去填充空隙部分,减少运输过程中的碰撞消耗,保护被寄物。

1.2 常用快递包装材料

瓦楞纸箱是快递行业使用最多的外包装材料,其优点有质轻价廉,材料更绿色环保,加工性能好,适合印刷,缓冲性能好,能更好地保护商品^[5]。快递瓦楞纸箱的箱型主要有3种:普通纸箱(0201型)、套合型纸箱以及折叠型纸箱。最常见的是普通纸箱(0201型),该纸箱生产方便,纸板利用率高,其封合主要是靠胶带多圈缠绕,会造成胶带的浪费,但较适合中小型产品的包装;套合型纸箱(天地盖)箱盖和箱底分开,多用于扁平物(如袜子等)或较大、较重产品(如洗衣机)的快递包装;折叠型纸箱可设计锁口、提手等,造价较高,强度好,密封性好,主要用来包装中小型产品,如电子产品,鞋等。

除了外包装,为使被寄物在发生冲击的时候利用

自身的变形来吸收冲击能从而保证产品的安全性,往往会使用泡沫塑料、气垫缓冲材料、瓦楞纸板、现场发泡、植物纤维/淀粉类缓冲材料等填充包装内部空隙,从而衰减振动,减少产品损坏的几率。

2 快递包装行业的现存问题及解决方案

现有的快递包装业主要存在的问题有:过度包装;包装一次性,难以回收利用;包装材料非绿色化;信息泄露;暴力分拣、运输;快递包装缺乏行业标准。

对于快递包装,参与者的角度不同,需求也不同。消费者和商家关注点较为一致,比如被寄物是否完好无损,物流信息是否能随时查到,自己的个人信息是否安全,可能还有包装启封是否简便高效;快递和物流公司更多地关注仓储和物流成本,被寄物的破损率及配送高效性的问题,这就需要考虑包装本身的标准化和流程化;快递员关注个人收益,无论何种设计或措施,在追求收益最大化的前提下都能很好的实施;国家则要立足于可持续发展,注重快递包装的环保性。

传统的快递包装设计关注到寄件方和收件方之间的需求关系。收件方(消费者)对商品完好性的需求导致了寄件方(电商和快递公司)过度使用包装材料,造成材料的浪费。收件方(消费者)出于便利性的考虑,在缺乏回收利用体系的情况下,对快递的包装盒及内部的包装材料“随取随扔”,导致了快递包装循环利用率低。

我国的快递业发展迅速,连续数年增长率超过50%,随着电商业和新零售的持续增长,快递量的增长仍会继续。据马云预测,8年内中国的快递量将达到每天10亿件。快递的运输配送已不可能简单依靠人工去实现。联邦快递早在2005年便开始配备了第3代速递资料收集器III型DIAD,几乎可以同时收集和传输实时快递传递信息。物流的信息化除了能让消费者及时掌握快递的传递信息,更是为自动化的分拣、仓储做准备。当然,自动化的分拣意味着能降低操作员暴力分拣的概率,从而降低被寄物及箱体的破损率。自动化的前提是包装盒应足够标准化到易于堆码仓储及运输。

我国快递的信息化、智能化的意识及技术成型相对来说较迟缓。近几年,各大电商在做一些智能化的建设,如无人仓、电子面单、智能分单、智能配送、快递自提柜、全球超级物流枢纽等,以期提高送配效率,减少信息泄露,降低物流人工成本。

考虑到我国人口基数及包裹总量,我国物流成本一定是高的。2018年两会期间,国家邮政局局长马军胜曾表示,中国的快递现在进入迅猛发展的快车

道,去年一年的快递量达到了400亿件,在世界850亿件里超过了40%的市场份额。如今在快递发展过程中主要存在4个问题:末端设施的配套问题;最后一公里跨境网购通道建设问题;快递包装物处理的问题;快递渠道安全的问题。前2点意味着要建设快递自提柜等相应的配套设施及与之相配的物流体系,但仅从智能物流的角度大幅降低快递成本必然会遭遇瓶颈。各大电商及快递公司开始在快递包装的环保性上做尝试,如京东在配送的时候回收纸箱并赠送积分,以此来鼓励用户加入纸箱回收中;唯品会采用易撕带快递纸箱来方便纸箱的开启,提高纸箱的有效二次回收利用率;联邦快递采用全插卡式快递纸箱实现了胶带的零使用,减少包装材料的耗材。在包装设计的结构优化和缓冲包装材料方面,美国有2个学生设计出了快速成型快速开启的创新型纸箱,该纸箱用料更省(同样大小的纸箱能节省约25%的瓦楞纸),组装更快(两秒内就能将之组装成形,且封口自带双面胶),拆箱更快(箱子的顶部有巧妙设计的机关,用手用力一按,让顶部裂开,整个箱子就能散开)^[6];英国一家公司研发了缓冲包装纸FLEXTRA纸卷^[7],运输时需要的空间小,使用时只需将纸卷拉开,即呈立体蜂窝状,能起到一定的缓冲作用,这种纸卷的材料是再生纤维,可重复回收利用,就算丢弃时也能很好地降解。

从环保的角度出发,快递包装的最大问题在于包装材料的过度使用及消耗。瓦楞纸箱作为主要快递外包装,用量惊人。普通快递盒(瓦楞纸箱)单个质量不会超过50g,但这个盒子背后消耗的是2000g的水和木材^[8]。与此同时,每1t废纸回炉化浆能生产0.8t的再生好纸,可节约17棵树,1.2t的标准煤和600kW·h的电^[9]。解决瓦楞纸箱的循环利用问题迫在眉睫。

瓦楞纸箱的循环利用之所以受阻,原因有两点(从回收方案的角度出发):快递员在送件的同时收取纸箱,但快递员的收入和配送的包裹件数挂钩,且增加回收环节会增加派件时间,另外,与仓储堆码一般,纸箱容量会挤占他们运输工具上的空间,规格多样的纸箱更会造成空间的浪费;消费者自己收件后不愿意将纸箱留家里挤占空间,送去回收站也费时费力,但在寄件时又会问服务点有没有适用的纸箱。

此外,作为缓冲包装材料的快递填充物的二次利用率几乎为0。甚至由于快递盒规格的不适配,快递员或消费者会大量地使用旧报纸、珍珠棉或其他缓冲材料去填充快递盒,这些缓冲材料在拆件时就会被丢弃^[10]。缓冲包装材料难以回收利用的原因同样在于环保意识和受众(快递员和消费者)回收收益和成本(时间成本及回收成本)之间的矛盾不足以打动受众去坚持做回收利用这件事。

3 快递包装设计的新思路

国家不断在倡导包装的绿色化、可持续化发展^[11]。快递包装由于行业的特殊性,针对绿色化、可循环、减量化的三点要求一直悬而未决,难以满足。2018年,国家依据绿色化、可循环、减量化的要求,对《快递封装用品》标准相关内容进行了补充完善和修改^[12-13]。快递包装的设计应尽可能贴近行业未来的发展趋势,积极响应国家政策,去满足绿色化、可循环、减量化的规则。

快递包装的绿色化基本体现在包装材料的环保性上,如生物是否可降解,是否对环境友好。可循环和减量化的深层需求是指是否可以利用有限的资源,去满足快递包装回收循环的需求,解决包装耗材浪费的问题。

当代的回收循环思想体现在共享模式上^[14]，“小黄车”随骑随停，配备服务点的方式发人深省。过去，快递业依靠的快递员和快递公司的收寄件，回收只能依靠快递员的上门服务和消费者的主动交递，时间成本和回收成本确实不足以与收益相抵；现在快递提货柜以及菜鸟联盟服务点的“遍地开花”使得收寄件有了相对集中且灵活的站点，消费者收寄件的便捷和高效意味着回收也能借收寄件的“东风”变得便捷和高效。部分消费者的使用习惯（如部分收件者会当场拆快递，部分寄件者会使用这些快递盒寄件）亦给快递包装的可循环、减量化设计带来新思路。

当下快递包装盒的设计主要参考快递的打包方式给出方案，注重对盒体本身结构做突破，但忽略了以下3点。

1) 盒体内部的缓冲材料在快递运输过程中所做的贡献。共享的概念不应只在纸箱(包装盒)上体现，消费者在拆解快递时，一并丢弃的还有内部的缓冲材料，而这些在内部对被寄物起到保护作用的缓冲材料同样值得共享。

2) 外在回收环境对快递包装盒回收本身所提供的条件和要求。快递服务点意味着可以放置快递包装盒的回收桶，这部分包装盒又能作为寄件时的包装材料；快递提货柜的设立意味着包装盒的大小被货柜尺寸限定，包装盒的回收再利用要考虑其规格的标准化。包装盒尺寸的标准化同样也是快递运输过程中需要解决的问题。

3) 消费者引导在尚未成熟的快递包装盒回收体系下的重要作用。试想，若消费者全都能做到在收件时将包装盒置于回收桶，供给寄件者使用的话，那么包装盒回收再利用的体量确实惊人。

遵循共享模式的包装设计的难点在于：现有的快递包装盒由标准邮政纸箱和消费者自备纸箱双向引导，确实难以做到标准化，亦给仓储、堆码、运输等

造成不便;瓦楞纸箱和缓冲材料的循环利用方案都需要考虑实际操作的便捷性,可回收性,以及解决标准化和个性化之间的矛盾问题。

快递包装设计是基于纸箱规格能够标准化的基础上展开,对于袋类的快递包装,充气快递袋(Air Package)起到了一个很好的启示作用。充气快递袋是一个可重复使用的外包装,由牛皮纸盒生物塑料构成,并有空气注入阀门(见图1)。把任意尺寸的快递装进去充气,结合封袋时能通过折叠等方式减少包装体积,可避免快递在运输途中的磕碰问题。充气快递袋一组有6个不同的尺寸,能适应不同大小的物品,其优点在于兼顾了包装本身的标准化、个性化以及包装材料的再利用,其缺点在于为避免袋中的产品底部和地面或其他硬物发生磕碰而破损,充气后的包装还需要放在架子上,无法彻底解决空间消耗,见图2。



图1 充气包装袋
Fig.1 Air package

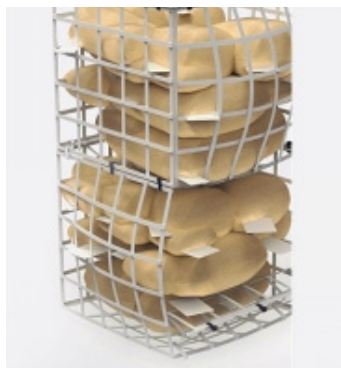


图2 货架摆放效果
Fig.2 Display effect of shelf

参考袋类快递包装的设计,箱类快递包装设计要做到内外包装材料的全利用率,包装耗材的充分的利用意味着材料整体消耗的体量减少,满足大环境下可循环、减量化的规则。此外,快递包装每一部分的安装拆卸都要足够便捷和高效。

3.1 设计思路

1) 针对提货柜能容纳的中小型包装件,设计可

标准化的快递包装。

2) 将快递外部纸箱和内部缓冲材料作为整体来考虑,实现内外材料的循环利用,降低包装材料消耗。

3) 利用缓冲材料本身的结构对被寄物做缓冲保护,规避现有快递包装为满足其保护功能,使用大量填充物(如纸团)的问题,减少不必要的包装材料浪费。

4) 寄件时的包装选择(对外包装箱尺寸的选择,对内包装材料的选择等)会影响快递到件时是否能在快递提货柜中存放,而包装盒尺寸的标准化不能影响寄件定制化的需要。

整体思路:在纸箱规格标准化的基础上,用较为快捷的方式满足快件在纸箱中的卡位问题,并利用自身的缓冲材料设计定位被寄物,最大程度限制材料浪费。

考虑装拆的灵活性,从套盒型积木(如乐高)上获取灵感(见图3),采用随用随搭的概念,四周使用定位棒插在小孔中进行定位,上方利用可移动的缓冲衬垫卡位。



图3 套盒型积木
Fig.3 Box type blocks-building

3.2 包装参数选择

1) 确定纸箱规格。根据常用的装载质量(≤ 8 kg),选用了顺丰的纸箱标准(见表1),将纸箱尺寸 $380\text{ mm} \times 260\text{ mm} \times 210\text{ mm}$ 作为设计使用的纸箱。该规格亦能满足提货柜的尺寸需要。

2) 缓冲衬垫的参数。缓冲衬垫的尺寸需配合纸箱尺寸,因此选用 $380\text{ mm} \times 260\text{ mm} \times 30\text{ mm}$ 的规格(见表1)。衬垫表面布满了同等大小的定位孔,用来插上定位棒来定位被寄物。材料选用EPE材料,不污染环境,能反复使用,也能很好地起到缓冲保护作用^[15-16]。选用常用密度 25 kg/m^3 (对于不同密度的EPE,一次成型相对于多层复合EPE厚度降低了13%,且 25 kg/m^3 的比 18 kg/m^3 的厚度减少了9%,从材料的使用量和重复利用方面考虑,选取了 25 kg/m^3 的EPE作为缓冲材料^[17-18])。

表 1 纸箱规格、缓冲衬垫尺寸及相应装载量
Tab.1 Case specs, cushion size and corresponding loading capacity

型号	纸箱规格/mm	缓冲衬垫尺寸/mm	装载质量/kg
X1	220×150×120	220×150×20	≤3
X2	350×240×170	350×240×30	≤5
X3	380×260×210	380×260×30	≤8
X4	420×375×375	420×375×80	≤30
X5	530×430×530	530×430×80	≤40

3.3 包装结构设计

被寄物的缓冲结构包括 3 个部分：缓冲衬垫（考虑取用的便捷性及材料的成本，上部的缓冲衬垫可适当减小）、定位棒和定位环（见图 4）。定位棒直径对应缓冲衬垫孔径，材料采用橡胶（橡胶弹性好，与产

品碰撞时能通过自身形变吸收冲击能，具有一定的强度，能满足支撑的要求）。定位棒插在 2 个缓冲衬垫之间，完成对被寄物的固定，长度由纸箱内高和下缓冲衬垫的实心部分的厚度共同决定，根据纸箱的不同高度尺寸设有不同规格的定位棒。定位环采用硅胶橡皮筋，为防止上缓冲衬垫不能很好地和定位棒进行配合，这是种辅助的措施来加强位置配合的稳定性。

使用说明：寄件时，消费者在快递服务点的回收桶中选择合适的纸箱，在纸箱底部铺上相应大小且带孔位的缓冲衬垫，放上需要寄出的产品（规整被寄物及不规整被寄物皆可，见图 5）。抽取合适数量的定位棒，在被寄物四周插上定位棒定位，再放入上层有通孔的缓冲衬垫，以达到上方的定位。上层缓冲衬垫和纸箱之间的空隙可以由多块厚薄一致的珍珠棉来填充。取货时，消费者拆开快递，把纸箱及拔下的定位棒置于回收处，取出快递。

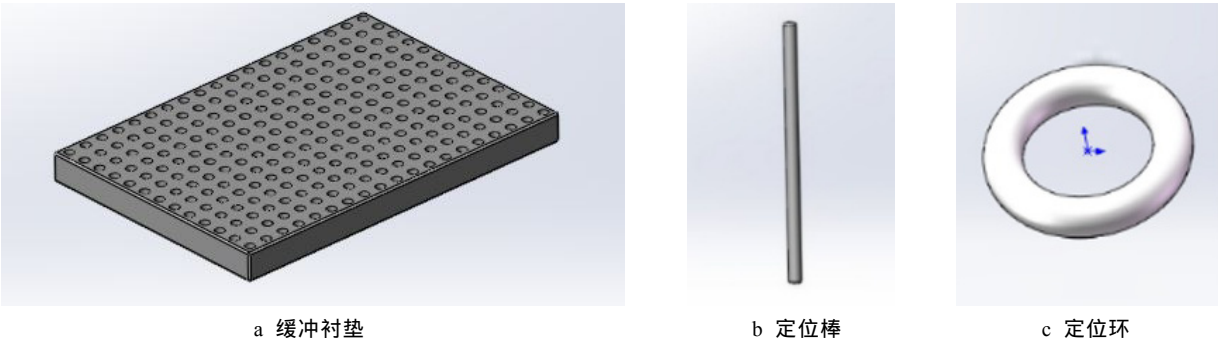


图 4 缓冲结构设计
Fig.4 Structural design of cushions

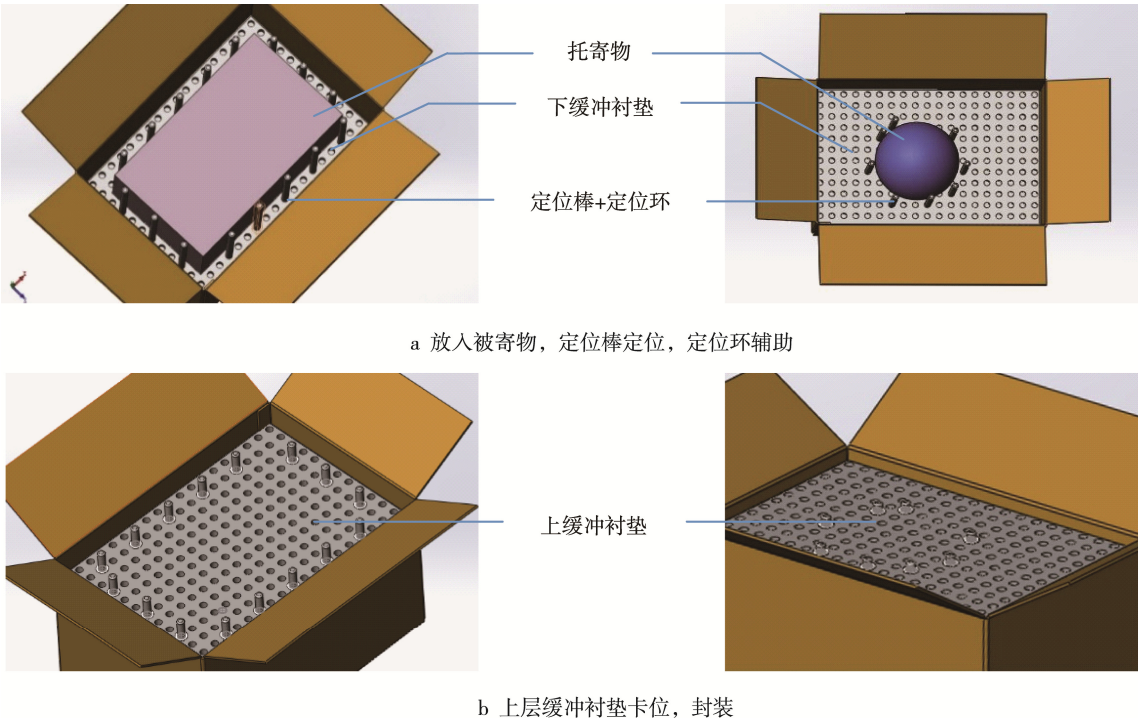


图 5 被寄物包装方式
Fig.5 Packaging method for entrusted articles

3.4 包装设计评价

该包装设计将包装耗材的每一部分彻底分割,快递包装盒,缓冲材料部分(缓冲衬垫及定位棒),辅助加固件(定位环)都能便捷和高效地组装。快递包装盒和缓冲衬垫规格统一,有利于于生产、运输和仓储。定位棒和定位环属于插拔的组件和辅件,数量大,体积小,且同样能标准化。

该包装设计注重包装内外材料的全共享化,在针对普适的中小型包装件(能放入快递提货柜)设计的同时,考虑到快递提货柜和服务点拥有的回收环境优势,结合消费者和快递员对于快递包装回收的难点,做到了包装材料随取随用,能适应各种规格、形状的被寄物,统一了纸箱规格,使其能批量化生产,亦减少了内外材料上的消耗。

该包装设计亦有不足,其一是未对包装盒纸箱进行结构设计,使其能快速成形启封,不利于空间上的节约,如果纸箱能快捷地以片状的形式收纳,在使用时再展开会更利于回收机制的推广。其二,定位棒的受力在快递包装件产生晃动时发生,力直接传递给缓冲衬垫,会对缓冲衬垫产生一定的破坏,且定位棒和缓冲衬垫之间的固定,主要依赖于其间的摩擦力去维持它们之间的位置关系,无法完全贴合内容物四周,该设计还有待完善,此处仅提供一个快递包装轻量化的设想,希望能给快递从业者一点启发。

4 结语

快递行业的发展是社会进步的体现。科技发展的今天,快递包装设计同样需要去考虑该如何满足物联网的需求。文中通过对现有快递包装情况(包装方式及缓冲材料)、国内外快递包装行业现存的问题及解决方案的分析,归纳出解决快递包装的回收再利用问题就能解决其可循环以及真正意义上的包装耗材减量化的要求。结合当下共享模式以及物联网的大环境,响应国家政策,提出将快递包装盒及缓冲件作为设计整体考虑,实现快递包装的标准化、可循环、减量化设计。此外,国家应出台一些鼓励回收、使用再生资源的相关政策,同时建立全环节的责任制,让商家、快递企业和消费者共同为回收事业负责。

参考文献:

- [1] 国家邮政局. 2018年3月中国快递发展指数报告[EB/OL]. (2018-04-16). http://www.cca.org.cn/content/details_11_16280.html.
State Post Office. March 2018 China Express Development Index Report[EB/OL]. (2018-04-16). http://www.cca.org.cn/content/details_11_16280.html.
- [2] 何己派. 21世纪商业评论. 京东首次对外公开无人仓,物流离“终极无人”还有多远?[EB/OL]. (2018-05-25). <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1601412915204173324&wfr=spider&for=pc>.
- [3] 刘政. “快递自提柜”: 解决最后一公里的难题[J]. 科技视界, 2015(28): 185.
LIU Mei. "Cupboard for Express": Solve the Last Mile Problem[J]. Technology Vision, 2015(28): 185.
- [4] WANG F, HU Y. Research on Green Express Packaging Design under the Electronic Commerce[J]. Open Journal of Business and Management, 2016, 4(4): 621—628.
- [5] 徐锋, 纪杨建, 顾新建, 等. 基于主成分分析的产品低碳包装概念设计方法[J]. 浙江大学学报(工学版), 2014, 48(11): 2009—2016.
XU Feng, JI Yang-jian, GU Xin-jian, et al. Conceptual Design Method for Low-Carbon Packaging of Products Based on Principal Component Analysis[J]. Journal of Zhejiang University(Engineering Edition), 2014, 48(11): 2009—2016.
- [6] 佚名. 科技前沿[J]. 中国包装工业, 2015(23): 4—5.
ANON. Frontiers of Science and Technology[J]. China Packaging Industry, 2015(23): 4—5.
- [7] 耿东伟, 许文才, 曹国荣. 环保型缓冲包装材料的现状及发展前景[J]. 包装工程, 2004, 25(4): 11—13.
GENG Dong-wei, XU Wen-cai, CAO Guo-rong. Present Situation and Development Prospects of Environmentally Friendly Cushioning Packaging Materials[J]. Packaging Engineering, 2004, 25(4): 11—13.
- [8] 佚名. 快递包装“厚马甲”盼“减负”[J]. 发明与创新(大科技), 2014(12): 12—15.
ANON. "Thick Vest" of Express Packaging is Looking for "Lightening the Burden"[J]. Inventions and Innovations(Big Technology), 2014(12): 12—15.
- [9] 佚名. 百万吨快递包装“垃圾”该去哪儿?[J]. 中国包装, 2017, 37(3): 88—89.
ANON. Where should Million Tons of Express Packaging "Garbage" Go?[J]. China Packaging, 2017, 37(3): 88—89.
- [10] 蒋山山, 宁如霞, 曲新宇, 等. 可多次使用的免胶带快递包装设计[J]. 包装工程, 2018, 39(13): 111—116.
JIANG Shan-shan, NING Ru-xia, QU Xin-yu, et al. Reusable Tape-Free Express Packaging Design[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(13): 111—116.
- [11] 吕超, 段瑛瑶, 王益杰, 等. 快递包装标准化研究[J]. 中国标准化, 2015(5): 113—116.
LYU Chao, DUAN Ying-yao, WANG Yi-jie, et al. Research on Express Packaging Standardization[J]. China Standardization, 2015(5): 113—116.
- [12] GB/T 16606.1—2009, 快递封装用品[S].

- GB/T 16606.1—2009, Express Packaging Supplies[S].
- [13] 佚名. 快递封装用品新标准发布宜采用生物降解塑料[J]. 塑料科技, 2018(3): 96.
- ANON. Express Delivery Package New Standards Release Should Adopt Biodegradable Plastic[J]. Plastics Science and Technology, 2018(3): 96.
- [14] 董晓玮, 金海明, 彭文利, 等. 可循环快递包装设计[J]. 包装工程, 2018, 39(15): 119—122.
- DONG Xiao-wei, JIN Hai-ming, PENG Wen-li, et al. Design of Recyclable Express Package[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(15): 119—122.
- [15] DA YU, KWAK J B, PARK S, et al. Dynamic Responses of PCB under Product-level Free Drop Impact[J]. Microelectronics Reliability, 2010, 50: 1028—1038.
- [16] 张炜, 薛飞, 卢富德, 等. 考虑易损件物品-EPE 缓冲系统冲击响应分析[J]. 振动与冲击, 2015, 34(9): 116—119.
- ZHANG Wei, XUE Fei, LU Fu-de, et al. Shock Response Analysis of the System Composed of Critical Component and EPE Cushion[J]. Vibration and Shock, 2015, 34(9): 116—119.
- [17] 肖雯娟, 郝阳. 常用密度 EPE 的静态压缩缓冲特性试验研究[J]. 中国包装工业, 2015(8): 116—120.
- XIAO Wen-juan, HAO Yang. Experimental Study of Static Compression Cushioning Characteristics of EPE with Common Densities[J]. China Packaging Industry, 2015(8): 116—120.
- [18] WANG Z, JIANG J. Evaluation of Damage to Product from Dropping Based on Key Component[J]. Packaging Technology and Science, 2010, 23(4): 227—238.