

一种可拆卸回收的快递包装箱结构设计研究

彭小鹏¹, 黎彩怡¹, 尚华²

(1. 仲恺农业工程学院 何香凝艺术设计学院, 广州 520225;

2 广州理工学院 艺术设计学院, 广州 510540)

摘要: **目的** 促进快递包装的重复利用, 提高废弃快递包装的回收率, 从源头改善快递包装的浪费和对环境的污染, 在不影响产品保护的同时推动绿色包装的发展。**方法** 深入分析当前快递包装回收业务中存在的问题, 探索如何应用可拆卸设计方法对快递包装箱的结构进行设计, 研究如何对快递包装箱进行伸缩调节, 以适应不同产品的运输要求, 并优化拆卸、更换和组装的工序, 摒除当前包装整体废弃的弊端, 实现局部回收, 提高快递包装的利用率。**结果** 该可拆卸包装箱在组装、开启、拆卸、收纳等过程中操作方便, 在实操测试中用较短的时间即可完成上述工序, 并在抗摔测试中能经受住装载与运输过程中的外力碰撞, 能对产品起到良好的保护作用。**结论** 利用可拆卸设计方法对快递包装箱进行结构设计, 能方便地对损坏的包装部件进行更换, 能有效减少包装废弃物的产生, 具有便利性、兼容性与安全性, 有利于建立高效通畅的回收与再用系统, 减少对资源的浪费和环境的污染, 在生态保护与绿色发展等方面具有积极的意义。

关键词: 环境保护; 快递包装; 包装回收; 可拆卸设计

中图分类号: TB482 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2022)17-0196-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2022.17.025

Structure Design of a Removable and Recyclable Express Packaging box

PENG Xiao-peng¹, LI Cai-yi¹, SHANG Hua²

(1. He Xiangning College of art and design, Zhongkai College of agricultural engineering, Guangzhou 520225, China;

2. Guangzhou Institute of Science and Technology, School of art and Design, Guangzhou 510540, China)

ABSTRACT: The work aim to promote the reuse of express packaging, improve the recovery rate of waste express packaging, improve the waste and reduce the pollution of express packaging from the source, and promote the development of green packaging without affecting product protection. The problems existing in the current express packaging recycling business were analyzed in-depth. The ways to use the removable design method to design the structure of the express packaging box were explored. The means to adjust its expansion and contraction to meet the transportation requirements of different products were studied. The disassembly, replacement and assembly processes were optimized to get rid of the disadvantages of the current overall waste of packaging, realize local recycling, and improve the utilization of express packaging. The removable packaging box was easy to operate in the process of assembly, opening, disassembly and storage. The above processes can be completed in a short time in the practical test, and can withstand the external force collision in the actual loading and transportation process in the fall resistance test, so as to provide good protection

收稿日期: 2021-10-15

基金项目: 广东省哲学社会科学研究课题 (GD20CY540)

作者简介: 彭小鹏 (1981—), 女, 硕士, 副教授, 主要研究方向为产品设计。

通信作者: 尚华 (1958—), 女, 硕士, 教授, 主要研究方向为包装设计。

for the products. The use of removable design method to design the structure of express packaging box can easily replace the damaged packaging parts and effectively reduce the generation of packaging waste. This method has convenience, compatibility and safety, and is also conducive to the establishment of an efficient and unobstructed recycling and reuse system. It can reduce the waste of resources and environmental pollution, and has positive significance in ecological protection and green development.

KEY WORDS: environmental protection; express packaging; packaging recycling; removable design

随着电商的日益成熟与网购的日渐普及,促进了我国物流行业的快速发展。根据国家邮政局快递大数据平台 2021 年 12 月 8 日实时监测数据显示,2021 年我国快递业务量已达 1 000 亿件,首次突破千亿级别,连续 8 年位居世界第一^[1]。激增的快递业务导致了大量的废弃包装,其回收与处理成为一个社会难题,给自然生态环境带来了沉重的压力。从源头控制快递包装废弃物的产生成为解决这一问题的关键。同时国家发展改革委等部门在《关于加快推进快递包装绿色转型的意见》主要目标中提及,2022 年可循环快递包装应用规模要达到 700 万个。基于此背景,文中探索一种面向标准化的可拆卸快递包装箱结构设计,提高快递包装的循环利用,更好地体现绿色低碳的发展理念。

1 当前快递包装回收业务中存在的问题

1.1 废弃及污染情况严重

目前,快递包装废弃物主要有纸箱、塑料袋、编织袋、内部填充物、胶带、封套等,这些材料大多回收价值低,废弃后又难以降解^[2]。中国报告网预测到 2025 年我国各类包装耗材将达到 4 127 万 t,但目前我国的快递包装总体回收率却不足 20%。造成这样的原因有很多,首先是部分快递商片面强调包装的保护功能从而对快递进行了过量包扎,增加了拆封的难度,不利于包装回收^[3]。例如,过多的封箱胶带不但在撕开时会造成箱体的破坏,还导致纸箱回收后无法制浆做再生纸,只能进行填埋或者焚烧。其次,小物品大包装的现象层出不穷,增加了大量不必要的包装废弃物,也加剧了资源的浪费和环境的污染^[4]。

1.2 尚无成熟的回收模式

目前我国快递包装的回收方式主要有垃圾站回收、包装生产商回收、快递企业回收等 3 种^[5]。其中垃圾站回收主要是把包装箱当废品卖给造纸商,用于再生纸的制造。这种回收模式不需要特定的设备,投资低,操作简单,但是由于回收的纸箱类型杂乱,后期分拣、化浆等工序难度较大,降低了回收利用率。包装生产商主导的回收模式主要是通过设立回收点或委托第三方平台进行回收,其优点是回收的包装箱

相对统一,后期处理方便,回收利用率较高,但建立回收点需要较高的成本,仅适合少数大企业,全面推广有较大困难。至于快递企业如顺丰、京东等利用自身配送网络建立回收点,可以用较低的成本得到较高的包装回收率^[6],但这种回收模式在国内属于起步阶段,还具有很大的探索与完善空间。

1.3 包装结构设计缺乏创新

当前我国的快递包装主要为各类瓦楞纸箱,箱型的设计主要参考国家标准局的《运输包装用单瓦楞纸箱和双瓦楞纸箱》。其中使用频率最高的就是 02 型开槽型纸箱,它由一块瓦楞纸板,通过钉合、黏合或胶带固定等方法连接,平时可将其折叠堆放,需要使用时再通过底部摇翼撑开成型;此外还有箱体和箱盖可分离的 03 型纸箱和一体折叠成型的 04 型纸箱^[7]。这些箱型(如图 1 所示)多年来一直没有结构上的创新变化,已无法应对包装数量激增而带来的环保问题,不能满足当前社会对包装回收与再利用的要求。



图 1 当前常用的各类瓦楞纸箱
Fig.1 Types of boxes commonly used at present

2 可拆卸设计理论与快递包装结构设计

2.1 可拆卸设计的概念与特点

可拆卸设计概念诞生于 20 世纪 90 年代初的欧洲,其出发点是实现产品和零部件的全生命周期使用,方便产品的回收利用,减少废弃物的产生^[8]。这种设计理念能应用在这些易损坏、难再利用的包装纸箱上,有助于从源头减少包装废弃物,符合当前社会发展的需求。

可拆卸设计方法有 3 个特点:零部件相对独立,可以对其进行单独设计和调整;零部件可进行更换,

不因个别部件的损坏而整体废弃；具有通用性，可针对系列化生产的产品进行零部件的共通互换。这 3 个特点使得可拆卸设计方法具有巨大的发展优势。要使这种优势得到更充分的发挥，可拆卸部件的设计是关键，只有结构巧妙、拆卸方便的设计才能赢得人们的青睐。

2.2 快递包装的可拆卸设计与应用方法

目前市面上主要用各种不同规格的包装纸箱来对不同体积的货物进行包装与运输。可用 6 个不同的指标对这些规格各异的包装箱与统一规格的可拆卸包装箱进行对比与综合评定，以此来测定哪种包装箱具有更好的发展优势，具体结果见表 1。

从表 1 可知，可拆卸包装箱的应用优势是十分明显的，在包装回收时，只要将局部损坏的包装部件进行更换即可，能大大提高包装材料的利用率，推动绿色包装和绿色物流的发展，满足环境保护的需要。在使用可拆卸理论进行包装箱设计时，需要特别注意各部件间的连接结构，要使用简易的连接方式。当完成运输任务后，能方便地将其拆卸回收，减少运输空间。若包装箱局部受损，可对其进行更换，然后再根据被寄物品的大小对包装箱进行重新组装，形成适用于

新物品的包装箱。当然，要确保组装后的包装箱具有足够的稳定性和安全性。

3 可拆卸快递包装的结构设计实践

3.1 材料的选择

可拆卸包装箱能否满足多次使用的要求，首先要看包装材料的选择是否合理，只有材料本身的物理性能和化学性能都符合要求才能实现多次可拆卸使用的目标。具体来说，箱体材料在物理性能方面要有足够的抗压强度和耐磨度，才能保证即使在运输途中受到强烈碰撞也不易损坏。同时该材料的缓冲性能要好，在没有填充泡沫时也能有效减缓箱体在撞击时所受的震动^[9]。材料还要有较小的密度，避免整体质量过大，节省物流成本。在材料的化学性能方面既要能耐高温和过低的温度，还要能防水。另外在降解时不会释放出对环境有害的物质。

表 2 依次分析了常用的瓦楞纸包装材料和塑料包装材料，可以结合它们的性能、回收难度及应用范围来寻找适用的可拆卸包装材料。

表 1 多规格包装箱与可拆卸包装箱的对比
Tab.1 Comparison between multi specification packaging box and removable packaging box

包装箱类型	尺寸标准	组装要求	连接方式	设计加工	回收状况	成本高低
多规格	单一规格，尺寸无法改变	整体拼接式，操作较烦琐	需另借钉子、胶带等工具	寿命短，现成的工艺成熟	局部破损会导致整体废弃	单个成本低，总体成本高
可拆卸	标准化，可根据需要灵活调整	模块化组合式，操作简单	利用自身构件进行连接	寿命长，设计加工难度大	可局部回收，组装再用	单个成本高，总体成本低

表 2 常用瓦楞纸箱与塑料包装性能特点对比
Tab.2 Characteristics between corrugated box and plastic packaging

材料	名称	性能特点	回收难度	应用范围
瓦楞纸	普通纸箱	化学稳定性较好	封箱胶带影响回收	中小型产品
	套合型纸箱	稳固性刚性好	箱型固定，难折叠回收	大型重物
	折叠纸箱	耐折度高	可折叠，回收较方便	中小型产品
塑料	聚氯乙烯（PVC）	抗压强度低，易变形	回收率低，难降解	饮料等食品
	聚丙烯（PP）	抗压防震性好、热稳定性高、韧性强	回收难度低，可再资源化使用	生活用品、食品等
	聚氨酯硬泡（PU）	稳固性好质量轻	不易降解	家电产品
	聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）	稳固性良好	不易降解	薄膜片材等

从表 2 中可知, 虽然瓦楞纸箱具有质量小、价格低、加工性能好、缓冲性能好、适合印刷等优点, 是目前快递包装的主要材料, 但是其容易磨损, 可塑性低, 不易安装可拆卸结构。塑料具有较好的物理性能, 能多次反复使用, 并且化学稳定性好, 在正常的温度和湿度下不容易变化, 是较理想的可拆卸包装材料^[10]。在常用的 4 种塑料中, 聚丙烯 (PP) 较适用于可拆卸包装, 具体原因包括价格便宜, 每公斤的价格为 40~60 元; 密度小, 约为 0.92 g/cm³, 比水还轻; 熔融指数高, 流动性能好, 容易成型; 具有良好的热稳定性和耐药性; 回收时可重新造粒, 不产生有毒物质。这些优点决定了 PP 在可拆卸包装的应用中具有得天独厚的优势。

3.2 连接件与侧板设计

快递包装箱在运输过程中是保护产品的最重要容器, 需要有稳固的结构, 但可拆卸结构箱体的稳固性不如一体成型的箱子^[11], 因此在设计时必须深入研究, 保证其在方便拆卸和更换的同时还能达到使用要求。

首先是连接件的设计, 根据运输过程中受力情况的分析, 在箱体的 4 角分别设置高度为 150 mm、侧宽度为 80 mm、壁厚为 25 mm 的连接件, 并在其下方使用榫卯结构中的圆柱形插销进行连接。为了使连接件尺寸合理, 通过尺寸与抗拔力的关系来进行设计^[12], 最终决定连接件的长度为 45 mm、直径为 15 mm。在连接件的上方也相应地设置了内径为 15 mm、深度为 50 mm 的圆柱型插孔。当上下 2 个连接件套在一起时, 箱体的高度便得到了增加。同时, 在连接件两边侧面各设置有长度为 55 mm、宽度为 15 mm、高度为 150 mm 的凹槽, 可插入侧板以形成箱体。

其次是侧板的设计, 在《快递封装用品》系列标准中, 包装箱的长宽之比一般不大于 2.5, 高宽之比一般不大于 2, 不小于 0.15^[13]。在这个标准之下, 配备长短 2 种不同的侧板规格, 尺寸分别为 15 mm×150 mm×450 mm 和 15 mm×150 mm×350 mm。如果单层箱体不够用, 就可以通过连接件及侧板得到更多不同大小的包装箱。此外, 为了保证箱体的牢固性,

在侧板的上下方增加了内嵌型的卡扣设计, 在稳定上下层连接的同时还不影响箱体的外观。连接件和侧板的具体设计见图 2。

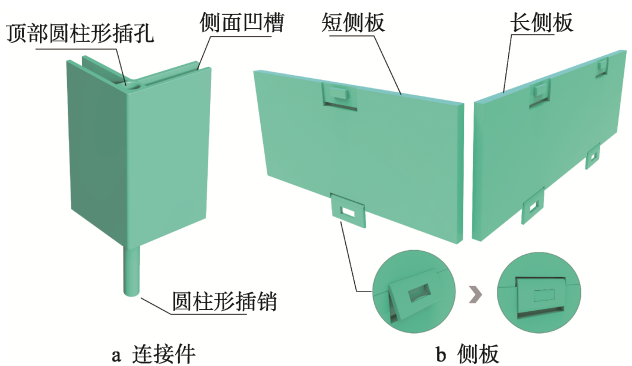


图 2 包装箱的连接件及侧板设计
Fig.2 Design of connecting piece and side plate of packaging box

根据材料的物理性能、《快递封装用品》系列标准和实际应用需要, 最多可将箱体扩充到 3 层高度。在箱体的质量方面, 根据密度公式 $\rho=m/V$, 可计算出链接件和长、短侧板的质量分别约为 170、300、240 g, 整个箱体的尺寸和质量见表 3。

3.3 顶盖与底座的设计

在包装箱顶盖与底座的设计与加工中, 主要采用一体注塑成型的方式。其中顶盖的尺寸为 500 mm×400 mm×80 mm, 质量约为 1 200 g; 底座的尺寸为 500 mm×400 mm×150 mm, 质量约为 1 750 g, 各壁厚均为 25 mm。顶盖的 4 个角上分别设置 4 条长度为 45 mm、直径为 15 mm 的圆柱型插销, 底座的 4 角处也相应地设置深度为 50 mm、内径为 15 mm 的圆柱型插孔。同时也跟侧板一样有 6 个内嵌型的卡扣, 用于底座与顶盖或侧板连接固定。

为了让不同大小的物品在箱体内更加稳固, 在顶盖和底座上还各增加了 6×9 个均匀分布的圆形凸点, 顶盖上的直径为 20 mm, 底座上的直径为 36 mm, 高度均为 10 mm (如图 3 所示)。这些凸点可以起到增加摩擦的作用, 能避免物品在箱体内滑动。

表 3 可拆卸快递包装箱尺寸分析
Tab.3 Size of removable express packaging box

扩充层数	包装箱规格/mm	长宽比	高宽比	质量/g
0	500×400×230	1.25	0.57	2 950
1	500×400×380		0.95	4 710
2	500×400×530		1.3	6 470
3	500×400×680		1.7	8 230

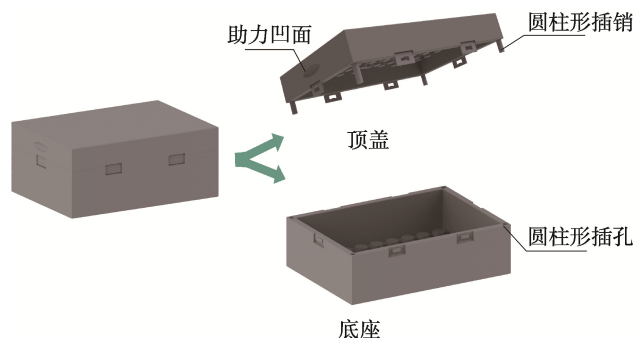


图3 包装的底座与顶盖设计
Fig.3 Design of base and top cover of packaging

3.4 支撑管及缓冲垫的设计

由于底座与顶盖上设置有圆形凸点,进而利用这些凸点配备不同口径的可伸缩支撑管,并与缓冲垫一起对不同形状的产品进行更好的固定与保护(如图4所示)。其中支撑管的设计灵感来源于可以方便拆卸与拼接的乐高积木^[14],它们能适应各种形状的产品,并节省了大量填充材料。这种支撑管内设伸缩机构有4种可伸缩长度,以对应包装箱的4种高度。支撑管的单层高度为180 mm,拉伸后每层高度增加150 mm,分别为330、480、630 mm,各层套管的壁厚均为2 mm,质量约为85 g。支撑管的上端内径为20 mm,下端内径为36 mm,分别对应顶盖和底座凸点的尺寸,使得支撑管牢牢套在凸点上。缓冲垫所采用的材料是珍珠棉,它弹性较好,能通过变形来吸收外来的冲击力^[15]。缓冲垫的尺寸设为350 mm×450 mm×15 mm,上面镂空6×9个圆孔,圆孔直径为40 mm。缓冲垫分为上下2层,镂空圆孔的位置与固定凸点相对应,可套在支撑管上对物品进行保护,同时还能起到辅助固定支撑管的作用。考虑到材料的使用成本以及操作的便利性,可根据包装物的性质以及保护要求来选择所需支撑管的数量以及是否使用缓冲垫。

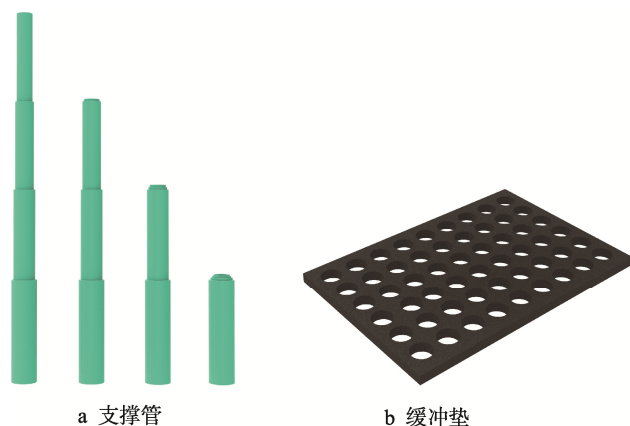


图4 包装支撑管及缓冲垫的设计
Fig.4 Design of packaging support tube and cushion

4 可拆卸快递包装的组装与拆卸程序

4.1 组装流程

在可拆卸设计理论中,组装的科学性是重要的研究内容。如果一套可拆卸设备的组装程序过于复杂,将不适于市场推广,尤其是非专业技术领域的大众化推广,更要避免难以组装的情况发生^[16]。文中设计的可拆卸快递包装箱的组件共有7大类,包含1个顶盖、1个底座、2个缓冲垫、12个连接件、6块长侧板、6块短侧板、4根支撑管。在使用包装箱时,可以根据物品的大小来组装箱体,具体步骤:确定寄件所需的包装箱尺寸,并确认需要叠加的层数,从而确定长短侧板以及连接件的数量;在包装箱底部铺上一层缓冲垫,放上需要运输的物品;然后再取出4根支撑管,插在被寄物的四周,并拉伸至相应高度,对物品进行固定;之后再在包装物的上方穿过支撑管铺上另一层缓冲垫;合上包装箱顶盖,确保支撑管端口与顶盖的凸点相嵌套,最后按下卡扣,将各个部件连成一体,完成包装箱的组装工序,具体操作见图5。

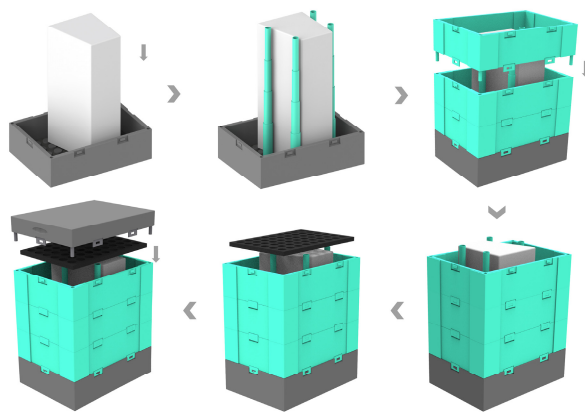


图5 包装箱的组装工序
Fig.5 Assembly process of packaging box

4.2 拆卸流程

可拆卸快递包装经常要面对拆卸取件及更换部件的问题,其拆卸程序和组装程序一样需要简单快捷^[17]。当收到快递包装箱后,即可用手掰开卡扣,并借助包装箱顶盖两侧的助力凹口向上拉起顶盖,取出上层缓冲垫和所放物品,之后便可对包装箱进行拆卸。拆卸是组装工序的逆向流程,可以先取出侧板,然后依次取出4个连接件,然后拔起支撑管并收缩至最短,最后把所有部件一起放进底座上,合上盖板。这样整个空箱子便缩小了四分之三的体积,在回收时节省了储运空间。整个操作流程便捷简单,见图6。当需要重新装载物品时,能快速地将包装箱组装起来,同时可检查箱体是否有损坏,并对损坏部件进行更换。

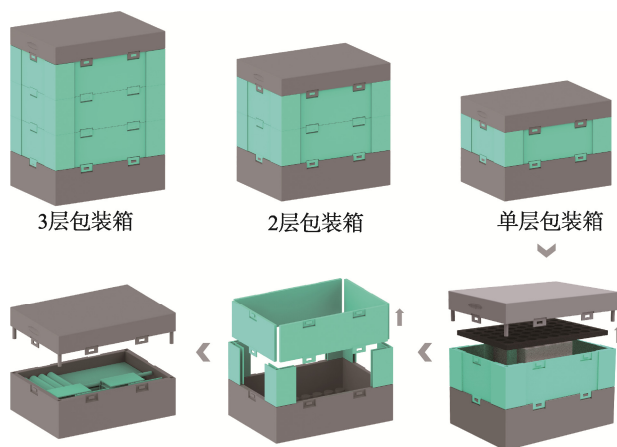


图6 包装箱的拆卸工序
Fig.6 Disassembly process of packaging box

4.3 设计效果测试

为了对可拆卸包装箱的设计效果及实际应用情况进行评定,文中对制作的样品进行了测试。先请一名在业的中年男快递员进行拆卸和组装。经记录,在还没熟悉箱子的情况下,他用了2 min 17 s完成了包含3层侧板的包装箱拆卸工作,取出了物品,并对拆下来的部件进行收纳。之后再花了3 min 9 s对箱子及所装物品进行组装恢复。在操作了几次,充分熟悉程序之后,该快递员最快用了47 s便完成了该箱子的拆卸与收纳工作,并用1 min 13 s完成了产品的封装流程。经咨询,该耗时符合当前技术条件下的包装操作要求,能够被快递公司操作人员接受。

在保护产品方面,在该包装箱中装进约2 kg产品后进行抗摔测试,模拟快递在运输过程中的各种装卸方式,让包装箱真正承受实际环境的外部冲击力^[18]。经测试,在投掷5次,经历了各种自由落体及抛物线投掷等外力作用,并在非端正摆放的情况下,在崎岖路上用货车装载行驶了5 km后进行检验,发现包装箱外表出现了少许扭曲现象,但箱体的各个接合部件均能消化一部分变形,因此并没有发生解体情况。箱子被扶正后很快便恢复了稳固状态。开箱后查验箱内货物也没有发生损伤。可见该箱子达到了实际使用要求。

5 结语

文中通过对现有快递包装回收的问题进行分析,发现了当前快递包装存在浪费资源、污染环境、回收系统不完善、结构设计落后等问题。为了解决这些问题,引入了可拆卸设计方法,设计了一款可拆卸的快递包装箱,其主要亮点是能方便对受损的部件进行更换,避免因局部损坏而导致整个箱体一起报废,提高了快递包装的回收利用率,能从源头上减少包装废弃

物的产生。该包装箱各部件之间的连接主要使用卯榫结构,通过塑料间的摩擦力和卡扣的连接来进行紧固,不使用胶水、胶带等材料也可将其固定。该包装箱在组装、开启、收纳等过程中的操作也较为简便,能根据产品的大小进行缩放,并在运输空箱时可进行拆叠,减少了运输空间的浪费。该设计方案还在箱内设计了固定产品的凸点,增加了可伸缩的支撑管和缓冲垫,为不同规格的产品提供了更好的保护,能最大限度降低产品运输过程中带来的显性和隐性损伤。该设计方案选择可降解塑料聚丙烯作为包装材料,该包装材料具有良好的物理性能和化学稳定性,损坏后可重新熔化成型,不产生有毒物质,能达到对人、物、环境友好无害的理想效果。经测试,该箱子能在可接受的时间内被组装和拆卸,并能经受住实际装载与运输过程中的外力碰撞,符合使用要求。

文中的设计有助于解决目前较为严重的包装废弃物暴增的问题,并减少胶带、缓冲材料等包装耗材的使用,减轻环保部门对快递垃圾的处理压力,在快递包装的绿色发展方面具有积极的现实意义。

参考文献:

- [1] 国家邮政局政府网站.《我国快递年业务量突破1000亿件专题新闻发布会实录》[EB/OL]. (2021-12-08). http://www.spb.gov.cn/hd/zxft_15555/xwfbh/202112/t20211208_4094368.html.
Website of the State Post Office. The Annual Business Volume of Express Delivery in China Has Exceeded 100 Billion, and the Record of Special Press Conference[EB/OL]. (2021-12-08) http://www.spb.gov.cn/hd/zxft_15555/xwfbh/202112/t20211208_4094368.html.
- [2] 王姿怡, 义艺, 孙锲. 快递包装的能耗现状及对策分析[J]. 包装工程, 2019, 40(3): 143-148.
WANG Zi-yi, YI Yi, SUN Qie. Present Situation and Countermeasures of Energy Consumption of Express Package[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(3): 143-148.
- [3] 罗珊珊. 快递过度包装不可取[N]. 人民日报, 2021-04-21(19).
LUO Shan-shan. Undesirable Over-Packing of Express[N]. People's Daily, 2021-04-21(19).
- [4] 张俊杰. 网购时代下快递环保包装解决策略[J]. 包装工程, 2015, 36(20): 96-99.
ZHANG Jun-jie. Solution Strategy of the Express Environmental Protection in the Online Shopping Era[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(20): 96-99.
- [5] 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.
LIU Qing-guo, GAO Yan-nan. Simulation Research on Campus Express Packaging Recycling System Consid-

- ering Enterprise Benefits[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(21): 151-158.
- [6] 李正军, 李恒. 政府管理下网络众包的快递包装回收模式创新[J]. 包装工程, 2018, 39(21): 133-138.
LI Zheng-jun, LI Heng. Innovation of Express Package Recovery Mode Based on Network Crowdsourcing under Government Management[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(21): 133-138.
- [7] GB/T 6543—2008, 运输包装用单瓦楞纸箱和双瓦楞纸箱[S].
GB/T 6543—2008, Single and Double Corrugated Boxes for Transport Packages[S].
- [8] 刘志峰, 胡迪, 高洋, 等. 基于 TRIZ 的可拆卸联接改进设计[J]. 机械工程学报, 2012, 48(11): 65-71.
LIU Zhi-feng, HU Di, GAO Yang, et al. TRIZ Based Revised Design for Disassembly of Joint Structure[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2012, 48(11): 65-71.
- [9] 吴彤彤, 吴金卓, 王卉, 等. 缓冲包装材料经济性与环境影响评价研究进展[J]. 包装工程, 2021, 42(9): 17-24.
WU Tong-tong, WU Jin-zhuo, WANG Hui, et al. Research Progress on Technology Economy and Environmental Impact Assessment of Buffer Packaging Materials[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(9): 17-24.
- [10] 李玉芳, 李明. 高熔体强度聚丙烯的特点[N]. 中国包装报, 2008-01-28(006).
LI Yu-fang, LI Ming. Characteristics of High Melt Strength Polypropylene[N]. China Packing News, 2008-01-28(006).
- [11] 于含, 张昶, 张蕾. 电商包装存在问题及对策[J]. 包装工程, 2017, 38(7): 228-232.
YU Han, ZHANG Chang, ZHANG Lei. The Problems and Countermeasures of E-Commerce Packaging[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(7): 228-232.
- [12] 董宏敢, 邵卓平. 在实木家具结构中圆棒榫的强度分析[J]. 木材工业, 2007, 21(2): 38-40.
DONG Hong-gan, SHAO Zhuo-ping. Strength Analysis of Dowels in Solid Wood Furniture[J]. China Wood Industry, 2007, 21(2): 38-40.
- [13] GB/T 16606.2—2018, 快递封装用品 第 1 部分: 包装箱[S].
GB/T 16606.2—2018, Express Packaging Products Part 1: Packing Box[S].
- [14] 高颖. 基于体验价值维度的服务设计创新研究[D]. 杭州: 中国美术学院, 2017.
GAO Ying. Innovation Research on Service Design Based on Experience Value Dimension[D]. Hangzhou: China Academy of Art, 2017.
- [15] 肖颖喆, 陈兴华. 医疗器械包装的改进设计[J]. 包装工程, 2010, 31(9): 68-70.
XIAO Ying-zhe, CHEN Xing-hua. Improved Packaging Design for Medical Equipments[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(9): 68-70.
- [16] 邓巧云, 李大纲, 朱娟花. 可拆卸式木塑电线电缆交货盘的结构设计[J]. 包装工程, 2013, 34(21): 49-52.
DENG Qiao-yun, LI Da-gang, ZHU Juan-hua. Structure Design of Wood Plastic Composite Demountable Delivery Drum for Electric Wire and Cable[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(21): 49-52.
- [17] 朱和平, 王松. 大件运输包装废弃环节的空间压缩性设计研究[J]. 包装工程, 2015, 36(18): 28-32.
ZHU He-ping, WANG Song. The Space Compression Design of Large Transport Packaging in Abandoned Link[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(18): 28-32.
- [18] 陈新发, 叶天, 李玉龙, 等. 基于构型设计的包装容器缓冲效应数值分析[J]. 北京理工大学学报, 2019, 39(4): 352-358.
CHEN Xin-fa, YE Tian, LI Yu-long, et al. Numerical Simulation on Cushion Effect of Packaging Container with Configuration Design[J]. Transactions of Beijing Institute of Technology, 2019, 39(4): 352-358.

责任编辑: 曾钰婵