

废纸再生缓冲发泡材料的碳足迹及碳减排

许洁¹, 巨杨妮¹, 王文明², 张新昌^{1,3}

(1. 江南大学 机械工程学院, 江苏 无锡 214122; 2. 无锡荷力泰环保材料技术开发有限公司, 江苏 无锡 214081;
3. 江南大学 中国包装总公司食品包装技术与安全重点实验室, 江苏 无锡 214122)

摘要: 介绍了废纸再生缓冲发泡材料的类型, 并对其整个生命周期的碳足迹进行了分析。提出了优化废纸再生缓冲发泡材料的生产工艺、优化产品的仓储运输方式、建造规模化的生态工业园区等途径, 以减少废纸再生缓冲发泡材料的碳排放。

关键词: 废纸再生发泡缓冲材料; 碳足迹; 碳减排

中图分类号: TB484.1; TB485.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-7100(2011)03-0011-04

Carbon Footprint and Low Carbon Production Process of Waste Paper Fiber Foaming Buffer Material

Xu Jie¹, Ju Yangni¹, Wang Wenming², Zhang Xinchang^{1,3}

(1. Mechanical Engineering College, Jiangnan University, Wuxi Jiangsu 214122, China; 2. Wuxi Honitek Low Carbon and Eco Material Technological Development Co. Ltd., Wuxi Jiangsu 214081, China; 3. Key Laboratory of Food Packaging Techniques and Safety of China National Packaging Corporation, Jiangnan University, Wuxi Jiangsu 214122, China)

Abstract: Several production modes of the waste paper fiber foaming buffer material were reviewed, and the whole life cycle of carbon footprint was analyzed. It was pointed out that there are several methods of reducing the carbon emissions by optimizing production processes and storage and transport mode while constructing the ecological industrial park of scale economy etc.

Key words: waste foamed buffer material; carbon footprint; low carbon production

0 引言

全球气候恶化、温室效应、草原荒漠化等问题已引起人们的高度重视。人类活动导致大气层中CO₂等温室气体的浓度不断升高, 这是近50 a来全球气候变暖的主要原因^[1]。为避免全球变暖给人类生存带来的一系列负面影响, 世界各国通过各种方式, 努力减少温室气体的排放, 以减缓全球变暖的进程。碳足迹(carbon footprint)通常也称“碳耗用量”, 是一

种用于测量企业或个人因每日消耗能源而产生的CO₂排放对环境影响的指标。“碳足迹”的概念源于“生态足迹”^[2], 它反映了人类生产和消费活动中所排放的与气候变化相关的气体总量。相对于其他碳排放研究, 碳足迹更强调产品在整个生命周期过程中的碳耗用量, 是从产品的生命周期出发, 分析与之直接或间接相关的碳排放过程和碳排放量^[3]。

目前, 低碳产品的相关标准发展迅速, 极有可能成为一道绿色贸易壁垒^[4]。废纸再生缓冲发泡材料

收稿日期: 2011-03-18

作者简介: 许洁(1989-), 女, 江苏江都人, 江南大学学生, 主要研究方向为包装材料及结构, E-mail: xujie07060728@126.com;

通信作者: 张新昌(1961-), 男, 河南南阳人, 江南大学教授, 主要从事包装材料与结构, 产品包装整体解决方案方面的教学与研究, E-mail: zxc89@126.com

作为一种对环境影响很小的绿色包装材料,分析其碳足迹,以应对将来可能面临的绿色贸易壁垒,具有十分重要的现实意义。

1 废纸再生缓冲发泡包装材料的类型及其生命周期

1.1 废纸再生缓冲发泡材料的类型

纸浆模塑发泡制品 纸浆模塑发泡制品一般用于工业包装制品^[5]。纸浆模塑发泡制品既具有普通纸浆模塑制品利用结构变形吸收外部能量,减少产品受到冲击和振动的性能,又具有通过压缩、回弹来消耗冲击载荷能量的性能,因此,纸浆模塑发泡制品较之普通纸浆模塑具有更好的保护性能^[6]。

废纸纤维-淀粉混合发泡体 目前,国内外对废纸纤维-淀粉混合发泡体的研究尚处于研发阶段,该材料的原料与纸浆模塑发泡制品类似,首先将废纸纤维与淀粉混合,然后将混合物与发泡剂、成核剂等助剂混匀,在高温条件下发泡成型。所制得的制品具有优良的缓冲性能,其缓冲性能介于普通纸浆模塑与可发性聚苯乙烯(expandable polystyrene, EPS)材料之间,但该材料较之EPS,具有更好的环保性能^[7]。

泡沫纸类 2006年,德国不来梅PSP公司成功研发出泡沫纸,它是以废旧的报刊纸和面粉为原料,将粉碎的废纸磨解成纸浆,再将纸浆和面粉以2:1的比例混合注入挤压机中,材料在挤压过程中和水蒸气作用下发泡,形成泡沫纸张^[8]。

其他纸纤维发泡材料 采用干式纸浆发泡技术也可制得纸纤维发泡材料。将废纸粉碎成纤维状,与淀粉浆糊混合制成直径为1~3 mm的粒子。将粒子吹入处于开启状态的金属模具,然后,关闭金属模具进行加压加热处理,浆糊中含有的水分在加热过程中以气体形式排出,材料内部便会形成一定数目的泡孔。采用此方法制得的包装制品,其精度、壁厚与金属模相似,不需化学发泡剂发泡,具有较好的环保性能^[9-10]。

1.2 废纸再生缓冲发泡材料的生命周期

较之已经加工好的商品浆,废纸再生缓冲发泡材料的原料具有来源广泛、成本低廉、供应充足等特点。理论上而言,所有回收废纸经过适当的处理,都可以用于废纸再生缓冲发泡材料的生产。

纸浆模塑发泡制品、废纸纤维-淀粉混合发泡体的原料均以废纸纤维为主,生产过程中根据实际需要加入各种助剂,采用不同的工艺方法即可制得纸浆模塑发泡制品或废纸纤维-淀粉混合发泡体。

发泡纸缓冲材料采用水蒸气发泡法,通过挤出成型,使废纸纤维与淀粉混合体内部产生气泡。

干式纸浆发泡技术是与以上几种材料的制造工艺差异最大的一种生产方法,其纸浆原料无需经过疏解净化等步骤,直接粉碎之后与淀粉糊混合注入金属模具,通过加热加压的方法发泡成型。

废纸再生缓冲发泡材料的生命周期见图1。

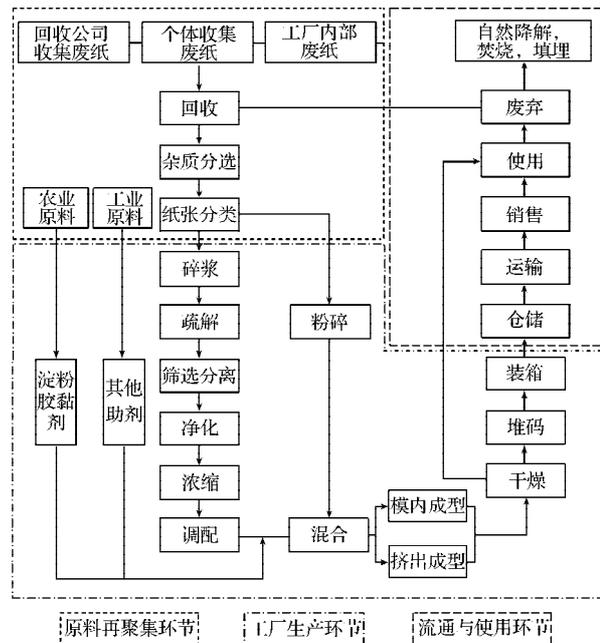


图1 废纸再生缓冲发泡材料的生命周期图

Fig. 1 The Life-cycle chart of the waste paper fiber foaming buffer material

2 废纸再生缓冲发泡材料的碳足迹

2.1 原料准备过程中的碳足迹

包装纸浆模塑工业制品的原料非常广泛,可概括为3类:专业回收公司收集的废纸,个体“拾荒者”收集的废纸,工厂内部产生的边角料等废纸。由于回收公司或个体回收的废纸情况不一,成分复杂,所以这2种废纸在回收再利用之前,一般需要经过杂质分选和纸张分类2个阶段。杂质分选的目的是去除非纸成分,由于非纸成分五花八门,所以最好采用人工分选的方式,即使采用磁力分离器分离金属,分选去除重杂质,但最终还需要人工分拣。

纸张分类时,一般按照废纸的来源、收集渠道、质量和废纸纤维的种类进行分类。目前我国造纸工业所用的废纸有2个来源,一是国内废纸,主要有旧瓦楞纸板、书刊纸、旧报纸、纸箱厂的边角料、印刷厂的白切边纸、水泥袋、混合废纸等;二是进口废纸,这些废纸主要来自美国、欧洲、日本及中国香港特别行政区等国家或地区。

由于废纸浆原料来源广泛,所以该环节的碳足迹具有“多轨迹”的特点,即由各个地方向某一固定区域聚拢。在该过程中,碳足迹主要表现为运输工具在运输废纸途中排放的 CO_2 、 CO 等气体。

此外,如采用磁力分离器对废纸原料进行去除杂质的操作,则磁力分离器消耗的电能也是碳消耗因素之一,尤其是当发电厂采用火力发电时,碳消耗及向空气中排放的 CO_2 量将会更大。

纸纤维发泡缓冲材料生产时一般需使用淀粉类胶黏剂,淀粉需由农作物原料加工制得,其他助剂也需由其他工业原料加工制得,在这些助剂的制造过程中,机器的能耗是碳消耗的重要来源。

2.2 产品生产过程中的碳足迹

废纸原料分类之后,经碎解、净化、调配等工艺,便可用于发泡缓冲材料的生产。在这一过程中,废纸纤维原料虽然只在生产车间和仓储车间等固定范围流动,但其碳足迹却远远超出这个范围,因为伴随着纸浆模塑发泡制品的生产,产生了大量的废液、废渣、废气。

废液的产生主要在生产前期^[11]。废纸原料分类之后,经疏解净化才能成为可用的二次纤维。不同种类的废纸,在疏解净化过程中,往往会加入不同的助剂来促使这一过程顺利完成,如在净化过程中,加入脱墨剂可去除废纸原料中的油墨,加入脱胶剂可去除纸浆中多余的胶黏剂,这些脱墨剂与胶黏剂将随造纸废水流出滤网。流出滤网的还有一部分细微纤维。废水一般会经过回收系统再次用于新的废纸原料的脱墨与脱胶,经由几次循环,再经处理后排入自然界。

废液的产生过程通常伴随有废渣的产生。经水力碎浆机碎解、脱墨、净化等工序之后,会有大量杂质产生,它是废纸净化过程中的必然产物,主要包括筛渣、洗浆机浆渣、沉淀污泥等。这些废渣处理通常包括浓缩、脱水、破碎、压榨、干燥、焚烧、固化等过程,在这些工序中,都会有碳足迹产生。

废气主要源于发泡剂的发泡过程。用于纸浆模塑发泡制品的发泡剂有2类:无机发泡剂和有机发泡剂,无机发泡剂发泡时会产生 CO_2 等气体,有机发泡剂在发泡时会产生 CO_2 、 NO_2 、 NO 等气体。

纸浆模塑发泡制品在发泡阶段和干燥阶段,一般需要较高的温度。对于采用锅炉供暖的工厂,在制品的发泡与干燥阶段,伴随着燃料的燃烧,也会产生大量的锅炉废渣和 CO_2 等气体。

装箱、搬运、仓储等环节中,人力搬运、叉车装卸、仓库的照明系统等,也会产生一定的碳消耗。

2.3 产品流通与使用环节的碳足迹

对于废纸再生缓冲发泡制品而言,其价值是在所包装商品在储运、销售、到达消费者手中这一过程来实现的。商品到达消费者手中时,所包装的商品开始发挥其价值,但包装材料的使用价值已经结束,包装材料进入生命周期的废弃阶段。

在产品流通与使用阶段,废纸再生缓冲发泡材料的碳足迹较之以上2个环节要少,流通过程中交通工具的碳排放是其碳足迹的重要来源。

此外,一部分废弃的包装材料经过回收,重新离解为纤维;一部分未经回收,成为固体垃圾,进行焚烧、填埋或堆肥处理。在这些处理措施中,焚烧处理会产生大量的 CO_2 等气体,对环境的影响最为严重。填埋或堆肥处理是借助自然界的力量,使废弃物重新回归土壤,被植物所吸收。

综上所述,可用图2来表示废纸再生缓冲发泡材料的碳足迹。

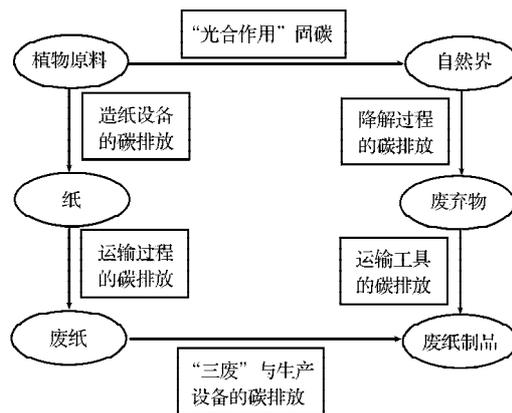


图2 废纸再生缓冲发泡材料的碳足迹

Fig. 2 The carbon footprint of the waste paper fiber foaming buffer material

从图2可看出,在废纸再生缓冲发泡材料的整个生命周期内,碳足迹主要源于发泡剂产生的 CO_2 气体,以及运输工具和生产线的碳消耗。

3 废纸再生缓冲发泡材料的碳减排

3.1 优化废纸再生缓冲发泡材料的生产工艺

提高废纸纤维脱墨与脱胶效率。如果油墨与胶料的存在不影响制品的生产与使用,则脱墨与脱胶可以简化或者不用,这样可降低因脱墨与脱胶过程中使用助剂造成的碳足迹。此外,改善废水的净化技术,以提高废水的利用率,可减少随废水排出的细微纤维。

提高发泡剂的发泡效率。采用发泡效率高的发泡剂,优化实验配方,降低纸浆模塑发泡制品在生

产过程中排放的温室气体。

研发干式纸浆发泡技术,使废纸材料经粉碎之后与淀粉胶黏剂混合即可进行发泡,可大大减少采用湿法制浆工艺所产生的废液。

3.2 优化产品的仓储运输方式

优化商品的堆码、装箱系统,采取合理的仓储形式,缩短仓储时间,提高运输效率,降低商品在储运环节的能耗。

此外,设计具有多功能的发泡体,使材料在满足缓冲功能的前提下同时具有其他使用功能,延长材料的生命周期,减慢其进入下一次循环的步伐,也是减少碳足迹的有效途径。

3.3 建造规模化的生态工业园区

将废纸回收分类公司、废纸浆缓冲发泡材料生产企业、工业品生产企业等部门建造在一个工业园区内。废纸分类之后,通过最短距离的运输,即可进入发泡材料生产线。废纸再生缓冲发泡材料成型后,无需仓储,即可进入使用环节。这样,可减少因为长途运输而产生的碳消耗及碳排放。

园区内还可建立废气净化系统,防止焚烧垃圾产生的废气未经处理便直接流入大气。同时,还可有效利用垃圾焚烧产生的热量。

4 结语

随着全球CO₂等温室气体排放量的不断上升,全球温室效应越来越明显。为了避免全球变暖给人类生存带来的一系列负面影响,努力减少温室气体的排放,开发出新型环保包装材料成为现代科研中重要的一部分。

废纸再生缓冲发泡材料是一种性能良好的低碳环保包装材料,在其生命周期内的碳足迹涉及能源、交通、工业等领域^[12]。努力减少废纸再生缓冲发泡材料的碳排放,可使这种材料具有更强大的生命力。

参考文献:

- [1] 王 微,林剑艺,崔胜辉,等.碳足迹分析方法研究综述[J].环境科学与技术,2010,33(7):71-78.
Wang Wei, Lin Jianyi, Cui Shenghui, et al. An Overview of Carbon Footprint Analysis[J]. Environmental Science & Technology, 2010, 33(7): 71-78.
- [2] 冯相昭,赖晓涛,田春秀.关注低碳标准发展新动向——英国PAS2050碳足迹标准[J].环境保护,2010(3):74-76.
Feng Xiangzhao, Lai Xiaotao, Tian Chunxiu. Concerned about the New Trend of Low-Carbon Standard: UK Carbon Footprint Standard PAS2050[J]. Environmental Protection, 2010(3): 74-76.
- [3] 鞠美庭,盛连喜.产业生态学[M].北京:高等教育出版社,2008:81-85.
Ju Meiting, Sheng Lianxi. Industrial Ecology[M]. Beijing: Higher Education Press, 2008: 81-85.
- [4] 魏本勇,王 媛,杨会民,等.国际贸易中的隐含碳排放研究综述[J].世界地理研究,2010,19(2):138-147.
Wei Benyong, Wang Yuan, Yang Huimin, et al. Advances on Carbon Emissions Embodied in International Trade[J]. World Regional Studies, 2010, 19(2): 138-147.
- [5] 黄俊彦,朱婷婷.纸浆模塑生产实用技术[M].北京:印刷工业出版社,2007:1-7.
Huang Junyan, Zhu Tingting. Practical Technology Pulp Molding Production[M]. Beijing: Printing Industry Press, 2007: 1-7.
- [6] 骆光林,裴 璐.纸浆发泡缓冲材料研究[J].包装工程,2007,28(5):46-50.
Luo Guanglin, Pei Lu. Study on Pulp Foaming Buffer Material[J]. Package Engineering, 2007, 28(5): 46-50.
- [7] 索晓红,李新平.纤维素纤维发泡缓冲包装材料制备工艺初探[J].包装工程,2006,27(6):116-125.
Suo Xiaohong, Li Xinping. Research on Preparation of Fiber for Foaming and Buffering Packaging Material[J]. Package Engineering, 2006, 27(6): 116-125.
- [8] [佚名].德国成功开发泡沫纸[J].西南造纸,2006,35(3):40.
[Anon]. Foam Paper Successfully Developed By Germany [J]. Southwest Pulp and Paper, 2006, 35(3): 40.
- [9] 周盛华.植物纤维发泡材料的研究背景、现状及工艺探讨[J].包装工程,2007,28(11):239-242.
Zhou Shenghua. Discussion on the Background, Present Condition, and Craft of Foaming Vegetable Fiber Material [J]. Package Engineering, 2007, 28(11): 239-242.
- [10] 苏笑海.双发泡植物纤维包装材料:中国,CN00114543.6 [P].2000-10-25.
Su Xiaohai. Double Foaming Plant Fiber Packing Materials: China, CN00114543.6[P]. 2000-10-25.
- [11] 赵会芳,傅晓航.废纸再生及其三废的治理[J].浙江造纸,2003(4):39-42.
Zhao Huifang, Fu Xiaohang. The Governance of Renewable and Waste Paper[J]. Zhejiang Paper-Making, 2003(4): 39-42.
- [12] 王如松,杨建新.从褐色工业到绿色文明[M].上海:上海科学技术出版社,2002:58-62.
Wang Rusong, Yang Jianxin. From Brown Industry to the Green Civilization[M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Publishing House, 2002: 58-62.

(责任编辑:徐海燕)