

竹展开砧板碳足迹计测及构成分析

周鹏飞¹, 顾 蕾^{1,2}, 彭维亮¹, 周宇峰², 李翠琴², 刘红征³

(1. 浙江农林大学 经济管理学院, 浙江 临安 311300; 2. 浙江农林大学 浙江省森林生态系统碳循环与固碳减排重点实验室, 浙江 临安 311300; 3. 浙江大庄实业集团有限公司, 浙江 杭州 311251)

摘要: 通过对竹展开砧板从原材料、生产到分配(B2B)过程的跟踪调查, 采用英国 PAS2050 产品碳足迹评估标准, 一方面计测运输、加工、储存和供应链投入品等所有排放源的二氧化碳排放当量; 另一方面计测竹展开砧板产品碳储存效益的大小, 综合得到竹展开砧板碳足迹(净碳排放当量), 并进一步分析了碳足迹的构成及影响因素。研究表明: 1 块规格为 360 mm × 240 mm × 17 mm 的竹展开砧板的碳足迹为 0.168 3 kg 二氧化碳当量, 其中运输过程碳排放为 0.041 7 kg 二氧化碳当量, 加工过程碳排放为 0.180 5 kg 二氧化碳当量, 附加物隐含碳排放为 0.063 3 kg 二氧化碳当量; 竹展开砧板产品碳储存效益为 -0.117 2 kg 二氧化碳当量。图 3 表 4 参 12

关键词: 低碳经济; 竹展开砧板; 碳排放; 碳足迹; 计测

中图分类号: S718

文献标志码: A

文章编号: 2095-0756(2014)06-0860-08

A carbon footprint assessment and composition analysis of flattened bamboo chopping board

ZHOU Pengfei¹, GU Lei^{1,2}, PENG Weiliang¹, ZHOU Yufeng², LI Cuiqin², LIU Hongzheng³

(1. School of Economics and Management, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 2. Zhejiang Provincial Key Laboratory of Carbon Cycling in Forest Ecosystems and Carbon Sequestration, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 3. Dasso Industrial Group Co., Ltd, Hangzhou 311251, Zhejiang, China)

Abstract: According to the UK PAS2050 product carbon footprint assessment standard, the paper assesses the carbon dioxide emissions of flattened bamboo chopping board's transportation, processing and supply chain inputs and the product's efficiency of carbon storage. It gets the footprint (pure carbon equivalent) by putting them together. We get the data through tracking the product's life cycle, including the raw materials, the production process and distribution (B2B). And then, it analyses the composition of carbon footprint and impact factors. The study shows, 1 piece of specifications for 360 mm × 240 mm × 17 mm flattened bamboo chopping board's carbon footprint is 0.168 3 kg CO₂ equivalent. Transportation's emission is 0.041 7 kg CO₂ equivalent. The production process emission is 0.041 7 kg CO₂ equivalent. The addendum's emission is 0.063 3 kg CO₂ equivalent. 1 piece of flattened bamboo chopping board's efficiency of carbon storage is -0.117 2 kg CO₂ equivalent. [Ch, 3 fig. 4 tab. 12 ref.]

Key words: low-carbon economy; flattened bamboo chopping board; carbon emission; carbon footprint; assessment

随着全球人口和经济规模不断增长, 人类活动产生的温室气体的排放加速了全球气候变化及环境影

收稿日期: 2014-04-21; 修回日期: 2014-06-16

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划项目(2012BAD22B0503); 国家自然科学基金资助项目(71273245); 浙江省重点科技创新团队项目(2010R50030); 浙江省大学生新苗人才计划项目(2014R412045)

作者简介: 周鹏飞, 从事林产品碳储量和碳足迹研究。E-mail: 303528196@qq.com。通信作者: 顾蕾, 副教授, 从事林产品碳储量和碳足迹研究。E-mail: gulei@zafu.edu.cn

响。中国承诺到 2020 年单位国内生产总值二氧化碳排放比 2005 年下降 40%~45%。为实现这个目标, 国家发改委于 2012 年提出自愿减排交易活动并已开始试点, 加入自愿减排的城市对碳排放量进行配额并定期核查, 促使企业挖掘减少碳排放的潜力。产品碳足迹是衡量产品或服务在生命周期(B2B 或 B2C)中排放的二氧化碳和其他温室气体的总量, 是核算企业生产活动对外界的净碳排放量的大小, 也是企业碳排放报告的主要内容和自愿减排的基础^[1]。产品碳足迹评估在很多发达国家已经开始付诸实施, 如欧洲的丹麦、瑞典、意大利等都已经在本国范围内征收碳税^[2], 对出口到当地的产品也均有报告产品碳足迹信息的要求, 形成新的贸易壁垒。中国是世界上竹子资源最丰富的国家, 2012 年竹产业总产值达 1 190 亿元(国家林业局, 2013), 竹产业已经成为中国林业“十二五”期间重点发展的十大主导产业之一和农民家庭经济收入的主要来源, 其中超过 80%^[3]的竹产品销往欧美等地, 如竹地板、竹家具、竹砧板等, 会首当其冲受到碳足迹核算的要求。但目前国内外的研究, 较多集中在宏观层面, 如城市、地区的碳排放评估, 如 Hertwich 等^[4], Sovacool 等^[5]和刘韵等^[6]; 在微观层面产品碳足迹的研究较少, 特别像竹制品之类本身包含碳存储的产品。竹子生长过程中吸收的二氧化碳会在竹制品的生产过程中转移存储在新产品中, 并以负的二氧化碳排放当量在最终的碳足迹中扣除。根据研究, 毛竹 *Phyllostachys edulis* 在不同的利用方式如展开、集成、重组方式下最终的碳转移存储率不同^[7-8], 因此, 对竹制品最终碳足迹的影响也将不同。这类产品碳足迹(净碳排放)大小如何, 碳转移存储的影响如何, 减排潜力怎样, 相关研究还鲜有所见。本研究将以毛竹展开方式下竹砧板为研究对象, 收集竹砧板从原材料、生产到分配(B2B)各环节碳排放和碳转移的初级水平数据, 精确计测碳足迹的大小, 为企业减排、应对贸易壁垒提供依据。

1 数据来源和研究方法

1.1 数据来源

竹展开砧板是利用竹展开技术, 通过软化将原竹筒无裂隙展开。加工过程不再使用胶水将竹条拼宽, 这种技术制作的砧板避免了化学药剂(胶黏剂)与食物的直接接触, 提高了食品安全系数。本研究选择规格为 360 mm × 240 mm × 17 mm 的毛竹展开砧板进行碳足迹计测。竹展开砧板总共分为 3 层, 上下 2 层为竹展开材, 中间层为竹集成材。

此次竹展开砧板碳足迹计测, 所需原材料运输、加工、附加隐含物等初级水平数据, 来源于 2012 年 8 月通过对浙江省杭州市某竹材加工公司及其在福建省南平市的一家分公司实测获得, 其中加工过程每道工艺随机抽取 10 个样本, 进行 3 次重复测量。

本研究采用英国标准协会 PAS 2050: 2008《商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》为评估标准。选择从商业—商业(B2B)的评价方式, 全面评估包括原材料运输、产品加工到包装入库等所有生产过程的二氧化碳排放量和碳储量的大小^[9]。

1.2 研究方法

1.2.1 功能单位确定 竹砧板在最终销售时是以一定规格的尺寸计量的, 但为了精确计测竹材在运输和加工过程中的碳排放和碳转移, 根据其本身的特性, 本研究调查中采用质量为计量功能单位, 最后结合产品规格 360 mm × 240 mm × 17 mm 评估 1 块竹展开砧板的碳足迹。

1.2.2 过程图绘制 过程图绘制目的是尽可能地将竹展开砧板在生命周期中所涉及的原料、活动和过程全部列出, 并提供、指导收集数据和计算碳足迹的图示参考。通过与该公司专业技术人员的交流及实地调查, 了解了产品的加工程序和材料单, 确定了物质的输入、制造和运输等过程, 绘制了竹展开砧板碳足迹过程图(图 1)。

1.2.3 确定系统边界 确定系统边界就是要确定竹展开砧板碳足迹评价的范围, 即哪些生命周期阶段应该包含在评价范围内, 哪些输入和输出应该包含在评价范围内。在本研究中, 竹展开砧板碳足迹评估边界为原材料运输、生产加工、产品入库整个过程的碳排放和碳转移。包括: ①原材料及附加物, 包括毛竹原竹, 附加物胶黏剂和油漆等; ②运输过程, 包括从原竹和竹板材的运输, 附加物胶黏剂油漆和包装纸箱等的运输; ③竹砧板加工, 包括从原竹加工成展开竹板材, 再到竹砧板的 20 多道加工过程。④从原竹到竹展开砧板的碳转移和碳储量。

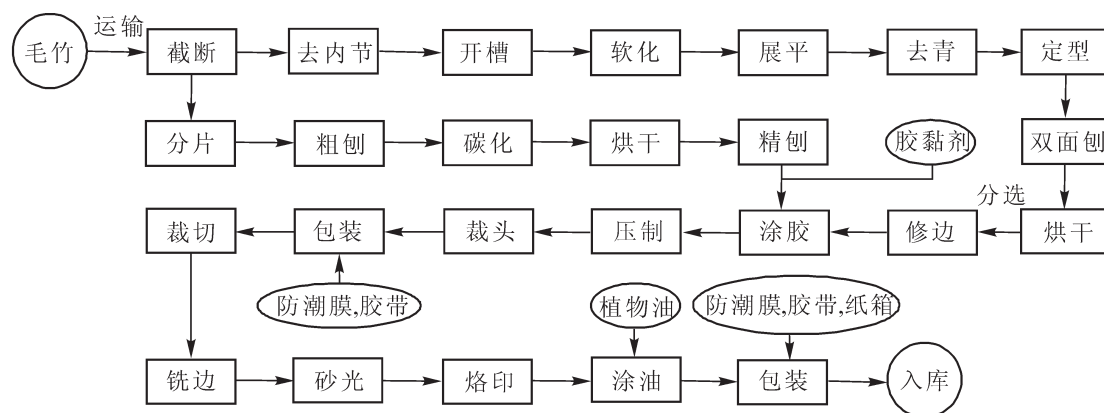


图 1 竹展开砧板碳足迹过程图

Figure 1 Production process of flattened bamboo chopping board

1.2.4 数据收集 针对竹展开砧板生产过程的所有排放源收集初级活动水平数据和生产过程的碳转移数据, 把上述数据归为能源流、物质流和碳存储, 具体包括碳排放的消耗柴油和石油的石化能源(直接排放), 加工过程中消耗的电能(间接排放), 附加物中的胶黏剂和油漆包装纸箱等物质流(隐性排放)以及转移存储在竹砧板中碳储量数据 4 个部分(表 1)。

表 1 竹展开砧板碳足迹核算数据来源

Table 1 Data sources of assessing flattened bamboo chopping board

序号	数据类型	对象	基础数据	数据来源
1	化石能源	运输过程中使用的汽油、柴油。	单位质量百千米油耗, 运输量, 运输距离, 汽油和柴油碳排放因子。	某公司提供运输量、单位质量百千米数油耗, 汽油和柴油碳排放因子(IPCC 报告) ^[10] 。
2	电能能源	加工过程中机器消耗的电能。	机器额定功率, 机器加工运行时间和空转时间, 电力排放系数。	实测单位质量机器运行时间和空转及功率。电力碳排放因子(发改委华东电网)。用 2011 中国区域电网基准线排放因子。
3	附加物隐含碳	加工过程添加胶黏剂, 油漆, 包装使用纸板箱等。	附加物的量和碳排放因子。	1 块竹砧板附加物的使用量, 通过实际调查获得胶黏剂, 油漆, 包装箱碳排放因子(IPCC 报告)。
4	生物碳储量	竹展开砧板转移存储碳储量。	生产过程碳转移率, 竹板材干重, 含碳率。	通过实测 1 块竹砧板的碳储量, 含碳率 ^[11] 。

2 碳足迹计测和结果

2.1 运输过程化石能源碳排放计测

运输过程中化石能源产生直接碳排放, 包括伐后毛竹、竹展开板材以及胶黏剂等的运输, 主要是柴油、汽油能源燃烧的直接排放。运输过程碳排放的计算公式可表示为:

$$C_1 = \sum_i^n P_i \times M_i \times D_i \times E_{Fi}$$

其中: C_1 表示运输过程碳排放, P_i 表示单位质量能源百千米能耗量, M_i 表示运输的产品质量, D_i 表示运输距离, E_{Fi} 表示能源碳排放因子。1 块竹展开砧板运输过程碳排放计算结果见表 2。

从表 2 可知: 生产 1 块竹展开砧板产生的运输碳排放为 0.041 7 kg 二氧化碳排放当量, 其中伐后毛竹原竹运输为 0.006 5 kg 二氧化碳排放当量, 占 15.48%; 竹展开板材运输为 0.034 8 kg 二氧化碳排放当量, 占 83.35%。

在运输过程中碳排放的主要影响因素是运输量和运输距离。毛竹原竹从产地福建顺昌及周边县市运输到该竹材加工公司福建顺昌分公司, 按照分公司统计数据计算平均距离为 40 km, 生产 1 块竹砧板需毛竹原竹鲜质量 4.092 2 kg。竹展开板材从福建顺昌运往浙江萧山公司总部进一步加工成竹砧板, 运输

距离 650 km，1 块竹展开砧板需竹展开板材鲜质量 1.355 8 kg，这部分因为运输距离最大导致其碳排放最大。而胶黏剂和包装材料因为用量少，所以运输过程产生的碳排放基本可以忽略不计。

表 2 竹展开砧板运输过程碳排放(C₁)

Table 2 Flattened bamboo chopping board’s carbon emission in transport (C₁)

序号	运输材料	能源 类型	耗能/ (L·t ⁻¹ ·km ⁻¹)	运输距离/km	成品运输质量/ (kg·块 ⁻¹)	碳排放因子/ (kg·L ⁻¹)	CO ₂ 排放当量/ (kg·块 ⁻¹)	所占比例/%
1	毛竹原竹	柴油	0.015	40	4.092 2	2.63	0.006 5	15.48
2	竹展开板材	柴油	0.015	650	1.355 8	2.63	0.034 8	83.36
3	胶黏剂	汽油	0.020	200	0.044 3	2.30	0.000 4	0.98
4	植物油	汽油	0.020	100	0.011 1	2.30	0.000 0	0.12
5	包装材料	汽油	0.020	15	0.038 4	2.30	0.000 0	0.06
合计							0.041 7	100

2.2 加工过程电力能源碳排放计测

竹展开砧板加工过程碳排放电力能耗是以各工序机器功率乘以各工序的完成时间及机器空转时间进行计算的。公式如下：

$$C_2=\sum_i^n P_i(0.75T_{li}+0.2T_{2i})E_{Fi}$$

其中：C₂ 表示竹展开砧板加工过程电力能源碳排放，P_i 表示每道工序机器额定功率，T_{li} 表示第 i 工序机器运行时间，T_{2i} 表示第 i 工序机器空转时间，0.75 和 0.20 分别表示机器加工运行时的能耗系数和机器空转时能耗系数(依据经验值)，E_{Fi} 表示电力的碳排放因子。生产 1 块竹展开砧板加工过程碳排放计算结果见表 3。

表 3 竹展开砧板加工过程碳排放(C₂)

Table 3 Flattened bamboo chopping board’s carbon emission in process (C₂)

序号	工序	机器功率/ (kW·h)	实际运行时间/s	空转时间/s	生产 1 块竹砧板电力能 耗/(kW·h·块 ⁻¹)	生产 1 块竹砧板 CO ₂ 排放当量	所占比例/%	
1	展开 工序	展开材截断	4.50	4	6.0	0.005 3	0.004 4	2.44
2		去内节	4.00	45	49.2	0.003 2	0.002 7	1.50
3		去青	11.25	84	47.0	0.015 1	0.012 6	6.99
4		开槽	6.00	20	52.0	0.002 8	0.002 4	1.33
5		软化	1.50	60	60.0	0.000 6	0.000 5	0.28
6		展开	14.00	60	60.0	0.014 8	0.012 4	6.87
7		定型	4.30	60	60.0	0.004 5	0.003 8	2.11
8		压刨(去青)	29.00	56	10.0	0.023 6	0.019 8	10.97
9		压刨(去黄)	29.00	52	10.0	0.022 0	0.018 4	10.19
10	集成 工序	烘干	1.50	115 200	0.0	0.000 3	0.000 2	0.11
11		修边	6.95	15	25.0	0.005 2	0.004 4	2.44
12		集成材	4.50	4	10.0	0.002 4	0.002 0	1.11
13		分片	5.00	2	2.0	0.001 0	0.000 9	0.50
14		粗刨	19.50	20	3.0	0.029 6	0.024 7	13.68
15		碳化	1.50	60	60.0	0.000 0	0.000 0	0.00
16		烘干	1.50	86 400	0.0	0.000 2	0.000 1	0.06
17		精刨	150.00	17	3.0	0.019 5	0.016 3	9.03
18		合成 工序	涂胶	2.20	7	3.0	0.000 8	0.000 7
19	压制		20.00	60	60.0	0.002 9	0.002 5	1.39
20	裁切		3.50	5	20.0	0.001 7	0.001 4	0.78
21	铣边		8.00	30	10.0	0.018 1	0.015 2	8.40

表 3 (续)

序号	工序	机器功率/ (kW·h)	实际运行时间/s	空转时间/s	生产 1 块竹砧板电力能 耗/(kW·h·块 ⁻¹)	生产 1 块竹砧板 CO ₂ 排放当量	所占比例/%
22	合成 砂光	50.00	25	15.0	0.040 3	0.033 7	18.68
23	工序 烙印	3.00	20	5.0	0.001 8	0.001 5	0.83
合计					0.215 7	0.180 5	100

说明：华东电力碳排放因子为 0.836 7；数据来源于实地调查。

竹展开砧板加工工序中涉及到使用电力能源的有 23 步。每块竹展开砧板是由上下 2 块竹展开板材和中间层竹集成材精刨条胶粘而成。在计算加工过程碳排放时，分别计算竹展开板材和中间竹集成材精刨条加工时间，最终计算出 1 块竹展开砧板的碳排放。

计算结果：1 块规格为 360 mm × 240 mm × 17 mm 的竹展开砧板，质量为 1.185 kg，含水率为 12%，干质量为 1.043 kg，所排放的二氧化碳排放当量为 0.180 5 kg。其中碳排放较大的为去青工序 0.012 6 kg，占 6.99%；展开工序 0.012 4 kg，占 6.87%；压刨(去青和去黄)分别为 0.019 8 kg 和 0.018 4 kg，占 10.97%和 10.19%；集成材的粗刨和精刨分别为 0.024 7 kg 和 0.016 3 kg，占 13.68%和 9.03%；铣边为 0.015 2 kg，占 8.40%；砂光为 0.033 7 kg，所占比例最大为 18.68%。

2.3 附加物隐含碳排放计测

竹砧板加工过程中需添加胶黏剂、植物油、包装用纸板箱等。附加物的隐含碳排放计算公式如下：

$$C_3=\sum_i^n P_i\times E_{Fi}$$

其中： C_3 表示竹展开砧板附加物隐含碳排放， P_i 表示竹展开砧板附加物消耗量， E_{Fi} 表示为各附加物的碳排放因子， i 为排放源。防潮纸和胶带等使用量较少它们的隐含碳排放基本可以忽略不计。1 块竹展开砧板附加物隐含碳排放计算结果见表 4。

表 4 竹展开砧板附加物碳足迹计测(C_3)

Table 4 Flattened bamboo chopping board's carbon emission in addendum (C_3)

序号	工序	附加物	碳排放因子/ (kg·kg ⁻¹)	1 块竹砧板使用量/ (kg·块 ⁻¹)	1 块竹砧板 CO ₂ 排放量/ (kg·块 ⁻¹)	各部分所占比例/%
1	涂胶	胶黏剂	0.6	0.044 3	0.026 6	41.98
2	涂油	植物油	0.2	0.011 1	0.002 2	3.52
3	包装	纸板箱	0.9	0.038 4	0.034 5	54.50
合计					0.063 3	100

说明：数据来源于实地调查；碳排放因子来源于 IPCC 数据库。

研究表明：生产 1 块竹展开砧板附加物碳排放为 0.063 3 kg，其中胶黏剂为 0.026 6 kg，占 41.98%；包装纸板箱为 0.034 5 kg，占 54.51%。

2.4 竹展开砧板中存储的碳储量计测

毛竹加工生产成竹砧板过程中，将毛竹吸收的碳汇转移储存到了竹砧板产品中。根据 PAS 2050 规范，当产品包含生物碳并保留 1 a 以上时，碳存储的影响将以加权平均的形式，以负的二氧化碳当量值纳入产品生命周期内温室气体排放评价，竹砧板符合这类特征。其中竹砧板存储的碳储量、使用寿命构成了碳存储影响的关键。竹展开砧板的碳存储根据竹砧板中转移固定的碳储量乘上加权系数(以竹砧板的理论寿命计)。具体计算公式如下：

$$C_4=\frac{M\times0.76\times T_0}{100}。$$

其中： C_4 为竹展开砧板理论寿命内存储的碳储量效益， M 为 1 块竹展开砧板存储的二氧化碳当量； T_0 为某个产品形成后，其全部碳存储效益存在的年数； $(0.76 \times T_0)/100$ 为碳存储的加权系数(此加权系数适用于其全部碳存储效益存续 2~25 a，此后没有碳存储效益)。因此，根据计测 1 块竹展开砧板干质量为

1.043 0 kg, 再乘以竹材含碳率 0.50 得到 1 块竹展开砧板的碳储量, 再转化为二氧化碳当量为: $M=1.043\ 0 \times 0.504\ 2 \times 44/12=1.928\ 3\ \text{kg}$ 。以竹展开砧板理论使用年限 8 a 计, 碳存储效益为: $C_4=1.928\ 3 \times 0.76 \times 8/100=0.117\ 2\ \text{kg}$ 二氧化碳当量。

2.5 竹展开砧板碳足迹计测

竹展开砧板碳足迹计测是计算伐后原竹运输、竹砧板加工、到产品入库过程的所有排放源的二氧化碳碳排放当量减去竹砧板中转移的碳储量。计算公式如下:

$$C=\sum_{i=1}^n C_i-C_4。$$

其中: C 为竹展开砧板碳足迹; C_i 为 1 块竹展开砧板运输、加工、附加物的二氧化碳排放当量; C_4 为竹展开砧板理论内的碳存储效益。 $C=C_1+C_2+C_3-C_4=0.041\ 7+0.180\ 5+0.063\ 3-0.117\ 2=0.168\ 3\ \text{kg}$ 二氧化碳当量。

1 块规格为 360 mm × 240 mm × 17 mm 的竹展开砧板的碳足迹为 0.168 3 kg 二氧化碳当量, 1 m³ 竹展开砧板的碳足迹为 114.552 8 kg 二氧化碳当量。

3 竹展开砧板碳足迹构成分析

竹展开砧板碳足迹由两部分构成: 碳排放和碳存储。碳排放分为 3 类: 运输过程化石能源排放、加工过程电力能源排放、附加物隐含碳排放。碳存储为竹砧板自身生物碳存储效益起到了延缓碳排放作用。因此最终的碳足迹构成, 就由上述 4 部分组成(图 2)。

3.1 运输过程碳排放分析

由于 PAS 2050 规定: 碳足迹计测应该从原材料的运输开始计算, 运输距离的长短直接影响产品碳足迹的大小。本研究中竹展开砧板的生产分为 2 个地区, 竹板材的生产地是在福建, 竹砧板的生产地在浙江杭州。原材料从福建的各个县运往生产厂, 这个距离不太远, 平均为 40 km, 产生的温室气体排放并不高, 为 0.006 5 kg 二氧化碳当量, 占 15.48%; 将半成品竹板材运输到浙江这段距离较远, 距离是原材料运输的 10 倍多, 其产生温室气体排放也是之前的数倍, 大大增加了碳排放的量, 为 0.034 8 kg 二氧化碳当量, 占 83.35%。对于胶黏剂、植物油、包装材料的运输, 由于其对运输过程中碳排放的占比较小, 总共只占 1.1%。因此, 降低运输过程的碳排放重点在于原材料和半成品的运输距离的减少, 特别是半成品的运输。

3.2 加工过程碳排放分析

从图 2 中可以看出: 加工过程是二氧化碳排放中占比最多的过程。加工工序很多, 每个工序对加工过程碳足迹影响不一。从表 3 中可以看出: 去青、去黄、粗刨、精刨、砂光这些工序消耗电能较多, 仅这 5 个工序占加工过程产生二氧化碳当量的 62.55%。其余的 18 个工序占加工过程的产生二氧化碳当量的 37.45%(图 3)。影响每个工序二氧化碳排放当量的因素除了有机机械功率本身以外, 还包括机器加工时间和空转时间, 因此, 机器的效率、工人的熟练程度等都会影响加工过程的二氧化碳排放量。

3.3 附加物碳排放分析

尽管附加物的运输碳排放较小, 但是附加物自身生产的碳排放较大, 主要有胶黏剂、植物油和纸板箱。研究表明: 生产 1 块竹展开砧板附加物碳排放为 0.063 3 kg 二氧化碳当量, 其中包装纸板箱的使用量最大, 为 0.034 5 kg 二氧化碳当量; 占 54.51%; 其次是胶黏剂, 为 0.026 6 kg 二氧化碳当量, 占

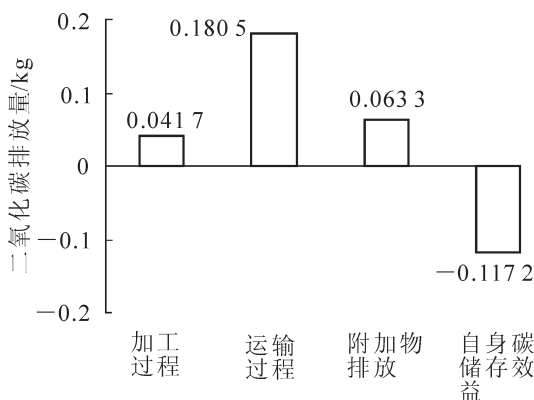


图 2 竹展开砧板碳足迹构成

Figure 2 Form of flattened bamboo chopping board's carbon footprint

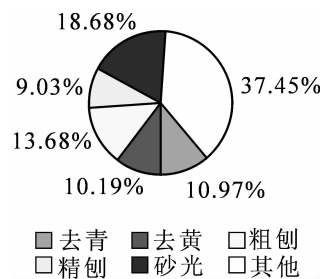


图 3 加工过程各工序碳排放比例

Figure 3 Proportion of carbon emission in process

41.98%; 最后是植物油, 为 0.002 2 kg 二氧化碳当量, 占 3.52%。由于竹展开砧板运用竹展开技术直接将原竹展平制成板材, 极大地降低了砧板在生产过程中胶黏剂的使用, 使竹展开砧板更加健康和低碳。

3.4 自身碳存储效益分析

竹展开砧板的碳存储效应取决于碳转移的碳储量大小及使用寿命^[12]。本研究以竹展开砧板的使用寿命 8 a 为依据, 计测得到 1 块竹展开砧板所转移和固定的二氧化碳当量为 0.117 2 kg, 超过了运输和附加物二氧化碳排放的总和, 这对降低产品碳足迹起到关键作用。研究表明: 各加工工序竹材的利用率越高, 总碳转移率也越高, 碳储量也越大^[7]; 竹材的胸径越大, 总碳转移率就越高。同时产品的使用寿命越长, 碳存储效应也越大^[8]。

4 结论与讨论

4.1 结论

本研究基于竹展开砧板原材料、加工、分配的全程碳足迹评估, 既是企业碳排放核算、减排的要求, 也是应对新国际贸易壁垒的要求。特别是针对本身包含碳存储的竹产品碳足迹评估, 更是精确解答了这类产品碳足迹的大小与构成, 及碳储量对碳足迹的影响, 对加快中国产品碳足迹评估系统的建立和完善有特别重要的意义。

研究计测得到生产 1 块规格为 360 mm × 240 mm × 17 mm 的竹展开砧板运输过程的二氧化碳排放当量为 0.041 7 kg, 占碳排放的 14.61%; 加工过程电力的二氧化碳排放当量为 0.180 5 kg, 占 63.21%; 附加物隐含二氧化碳排放当量 0.063 3 kg, 占 22.18%; 1 块竹展开砧板的碳储量为 0.117 2 kg。最后得出生产 1 块竹展开砧板的碳足迹为 0.168 3 kg 二氧化碳排放当量(即净碳排放量), 进而计算出 1 m³ 竹展开砧板的碳足迹为 114.552 8 kg 二氧化碳当量。

4.2 讨论

本研究对竹展开砧板碳足迹计测及构成分析, 只考虑了原材料、加工和入库过程的所有碳排放和碳转移, 未能从竹砧板原材料、生产、分配、使用以及废弃物的处理进行全生命周期的分析。中国的竹产品大多数出口, 国际贸易的长距离运输将会加大产品的碳排放, 而最终产品的不同处置方式也会对全生命周期的碳足迹产生影响, 今后应进一步加强后续的研究。

参考文献:

- [1] 翁智雄, 沈月琴, 吕秋菊, 等. 浙江省公众碳足迹的调查与分析[J]. 浙江农林大学学报, 2012, **29**(2): 265 - 271.
WENG Zhixiong, SHEN Yueqin, LÜ Qiuju, *et al.* Analysis on the public carbon footprint of Zhejiang Province [J]. *J Zhejiang A & F Univ*, 2012, **29**(2): 265 - 271.
- [2] 姚婷婷, 陈泽勇. 低碳认证简析[J]. 电子质量, 2011(2): 45 - 48.
YAO Tingting, CHEN Zeyong. Brief Introduction of low carbon certification [J]. *Electr Qual*, 2011(2): 45 - 48.
- [3] 中国行业研究网, 竹地板研究报告[EB/OL]. 2012-08-06 [2014-07-05]. <http://www.chinairm.com/news/20120806/771251.html>.
- [4] HERTWICH E G, PETERS G P. Carbon footprint of nations: a global, trade-linked analysis [J]. *Environ Sci & Technol*, 2009, **43**(16): 6414 - 6420.
- [5] SOVACOO B K, BROWN M A. Twelve metropolitan carbon footprints: a preliminary comparative global assessment [J]. *Energ Polic*, 2010, **38**(9): 4856 - 4869.
- [6] 刘韵, 师华定, 曾贤刚. 基于全生命周期评价的电力企业碳足迹评估: 以山西省吕梁市某燃煤电厂为例[J]. 资源科学, 2011, **33**(4): 653 - 658.
LIU Yun, SHI Huading, ZENG Xiangang. A life-cycle carbon footprint assessment of electric power companies [J]. *Resour Sci*, 2011, **33**(4): 653 - 658.
- [7] 周宇峰, 顾蕾, 周国模, 等. 基于竹展开技术的毛竹竹板材碳转移分析[J]. 林业科学, 2013, **49**(8): 96 - 102.
ZHOU Yufeng, GU Lei, ZHOU Guomo, *et al.* Carbon transfer during manufacturing of moso bamboo plank using the bamboo unfolding and flattening technology [J]. *Sci Silv Sin*, 2013, **49**(8): 96 - 102.

- [8] 顾蕾, 沈振明, 周宇峰, 等. 浙江省毛竹竹板材碳转移分析[J]. 林业科学, 2012, **48**(1): 186 – 190.
GU Lei, SHEN Zhenming, ZHOU Yufeng, *et al.* Analysis of carbon transfer in moso bamboo plank in Zhejiang Province [J]. *Sci Silv Sin*, 2012, **48**(1): 186 – 190.
- [9] British Standards Institution (BSI). *Guide to PAS 2050: How to Access the Carbon Footprint of Goods and Services* [R]. London: British Standards Institution, 2008: 9 – 34.
- [10] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2006 *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* [EB/OL]. [2014-07-05]. <http://www.ipcc.ch/>.
- [11] 周国模, 吴家森, 姜培坤. 不同管理模式对毛竹林碳储量的影响[J]. 北京林业大学学报, 2006, **28**(6): 51 – 55.
ZHOU Guomo, WU Jiaseng, JIANG Peikun. Effects of different management models on carbon storage in *Phyllostachys pubescens* forests [J]. *J Beijing For Univ*, 2006, **28**(6): 51 – 55.
- [12] 李翠琴, 周宇峰, 顾蕾, 等. 毛竹拉丝材加工利用碳转移分析[J]. 浙江农林大学学报, 2013, **30**(1): 63 – 68.
LI Cuiqin, ZHOU Yufeng, GU Lei, *et al.* Carbon transfer of *Phyllostachys edulis* filar products [J]. *J Zhejiang A & Forest Univ*, 2013, **30**(1): 63 – 68.

《浙江农林大学学报》2015 年征订启事

《浙江农林大学学报》连续 6 次入选全国中文核心期刊, 中国科技核心期刊, RCCSE 中国核心学术期刊, 荣获第二届国家期刊奖百种重点期刊奖, 首届浙江省优秀科技期刊二等奖, 第二届浙江省优秀科技期刊一等奖, 浙江省精品科技期刊, 华东地区优秀期刊, 首届和第二届全国优秀科技期刊三等奖, 全国高校优秀科技期刊一等奖, 教育部“中国科技论文在线优秀期刊”一等奖, 等。

《浙江农林大学学报》主要报道农林基础学科、森林培育学、森林经理学、经济林学、林业工程、植物保护学、林木遗传育种、植物学、生态学、动物学、生物技术、环境保护学、园林学和园艺学等学科的学术论文、问题讨论和研究简报等。供农林科技工作者、园林绿化和规划设计人员、环保工作者、大专院校师生、基层干部、农林科技专业户及科技信息人员参阅。双月刊, 大 16 开本, 158 页·期⁻¹。国内外公开发行。ISSN 2095-0756, CN33-1370/S。所刊文章被国内外 20 多种文摘刊物和数据库收录。附英文目次和英文摘要。

定价: 20.00 元·期⁻¹, 全年 120.00 元·份⁻¹。国内订户请向全国非邮发报刊联合发行部订阅, 地址: 300381 天津市大寺泉集北里别墅 17 号。电话: 022-23973378。E-mail: LHZD@public.tpt.tj.cn。也可直接向浙江农林大学学报编辑部汇款订购。邮汇: 311300 浙江临安浙江农林大学学报编辑部。电话: 0571-63732749。E-mail: zlxzb@zafu.edu.cn。银行汇款: 建行临安市支行营业部。账号: 33001617335050018761。户名: 浙江农林大学。

国外读者请向中国出版对外贸易总公司办理订阅手续。地址: 100011 北京 782 信箱。

欢迎订阅, 欢迎投稿。