

DOI: 10.5846/stxb201508251770

张南, 李楠, 刘一, 王震. 生态设计家具的碳足迹核算与减排效果分析——以木质家具为例. 生态学报, 2016, 36(22): - .

Zhang N, Li N, Liu Y, Wang Z. Calculation of the carbon footprint of eco-design furniture and measures for its mitigation: a case study of wooden furniture. Acta Ecologica Sinica, 2016, 36(22): - .

生态设计家具的碳足迹核算与减排效果分析 ——以木质家具为例

张 南¹, 李 楠², 刘 一¹, 王 震^{1,*}

1 北京林业大学环境科学与工程学院, 北京 100083

2 清华大学美术学院, 北京 100084

摘要: 我国的木质家具不仅产量大, 而且碳排放强度也相对较高, 利用生态设计理念可以降低木质家具的碳足迹。为了量化生态设计所带来的减排效果, 按照减少资源消耗和环境污染、节省住宅空间等木质家具生态设计原则, 通过在一款多功能家具的框架内安装不同面板, 形成了四种不同材质和结构的设计方案, 利用生命周期分析方法核算了四种方案的碳足迹, 并进一步量化了改进方案的减排效果。结果表明: 四种家具设计的碳足迹从小到大为三聚氰胺板家具、木皮板家具、拼板家具、嵌条板家具, 其中, 实木类家具原材料碳排放较低, 人造板类家具加工过程电力碳排放较低(主要来源于喷涂工段, 占电力排放的 83%—92%); 通过各种减排方案的减排效果分析, 发现采用“可拆卸无胶连接方式”改进方案减排效果显著; 同时发现, 合理的“低碳设计”(采用以实木板为基板, 以三聚氰胺纸为贴面制作面板), 可以避免中纤板喷涂过程的碳排放, 从而减少产品整体碳足迹。

关键词: 木质家具; 生态设计; 碳足迹; 生命周期分析

Calculation of the carbon footprint of eco-design furniture and measures for its mitigation: a case study of wooden furniture

ZHANG Nan¹, LI Nan², LIU Yi¹, WANG Zhen^{1,*}

1 College of Environmental Science and Engineer, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China

2 Academy of Arts & Design, Tsinghua University, Beijing 100083, China

Abstract: China is a major producer of wooden furniture, but the carbon emissions associated with its production are higher than those of other forest products. However, eco-design, a design method based on life-cycles, could reduce the carbon footprint of wooden furniture. Multi-functional furniture has been developed as a benchmark of the improved designs based on ecological principles, including slit plate, jointed board, veneer board, and melamine board furniture. Emission reductions of different connectors and usage scenarios of recycled material were compared between four furniture designs using different materials. The emission reduction effects were then quantified. The results showed that the carbon footprint was highest for slit plate, followed by that of jointed board, veneer board, and melamine board furniture, in that order. The carbon footprint of two kinds of solid wood furniture was higher than that of artificial board furniture. The carbon emissions of the raw material of solid wood furniture and the power consumption for artificial board furniture production were low. Sawn timber and the painting of solid wood were the main sources of carbon emissions, and accounted for 80% of the raw

基金项目: 教育部人文社会科学研究规划基金项目资助(10YJA630159); 国家林业局“948”引进项目(2011-4-79); 中国科学院战略性先导科技专项——应对气候变化的碳收支认证及相关问题(XDA05140200)资助; 环境模拟与污染控制国家重点联合实验室专项经费资助项目(12K09ESPCT)

收稿日期: 2015-08-25; 修订日期: 2016-03-17

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: wangzhen@bjfu.edu.cn

materials. The carbon emissions of the Medium Density Fiberboard (MDF) were the hotspot in artificial board furniture, at about 70%, and were higher than that of solid wood furniture. The carbon emission hotspots of power usage were spraying, which accounted for 83 - 92%, and the carbon emissions of melamine board furniture was the lowest. In contrast, the effect of the "removable glue connection" in reducing carbon emissions was considerable. Compared with replacing an entire piece of furniture, the reduction effect of replacing a frame component was more than 81%, and that of replacing a panel component was more than 74%. For the "recycling wood" improvement program, the reduction effect of solid wood furniture was small (< 5%). However, the reduction effect of artificial board furniture was larger (> 26%). Regarding the eco-design of furniture, because of the carbon emission of fiber board and spraying in a dominant position, it was recommended that solid wood should be used as a substrate with melamine paper veneer for the panels; this design could reduce the carbon emissions caused by MDF and spraying, and achieve the effect of a lower carbon requirement. In addition, the "removable glue connection" was effective for repairing the furniture, and reducing carbon emissions considerably. Therefore, the final ecological design was based on solid wood board for the substrate and melamine paper for the panel with a removable glue connection structure, which could reduce the carbon emission by about 74%—97%.

Key Words: wooden furniture; eco-design; carbon footprint; life circle assessment

温室气体的排放对全球气候变化的影响受到了广泛的关注。国际社会通过一系列措施对温室气体排放进行控制,其中对碳排放进行定量化表达是管理和削减温室气体的有效途径之一^[1]。我国是家具生产大国,出口额于 2005 年跃居世界首位^[2],其中木质家具是主要出口品种,约占 60%^[3]。相较于其它林产品,木质家具碳排放量处于较高水平^[4]。随着碳足迹核算标准的日趋成熟,碳足迹可能成为十分重要的贸易壁垒^[5]。生态设计作为一种考虑生命周期的设计方法,可降低木质家具的碳足迹,有力回应全球暖化和贸易壁垒的挑战^[6]。因此,对其碳足迹的量化和减排分析的研究具有重要意义,可使产品在生命周期中,减少对环境的负面影响,同时提高资源效率。

1 生态设计的概念

1997 年联合国环境署工业与环境中心(UNEP/IE)与荷兰 rathenau 研究所、代尔夫特理工大学(TUD)合作出版了生态设计指导手册,是全球范围内生态设计进入系统研究的开始。生态设计作为一种考虑全生命周期的设计方法,以实现环保和盈利双重目的,在设计时考虑环境因素,运用各种方法,从源头解决环境问题,有助于循环经济并能很好地回应全球暖化的挑战^[7]。

国外的有些学者认为生态设计已成为环境管理系统的重要组成部分^[8],提出了生态设计可供借鉴的设计思想和管理理念^[9],而且对各种工业领域的产品进行了生态设计和改进分析^[10]。但关于木质家具的生态设计,国外研究较少且集中在其供应链的效益分析^[11]。我国的研究多停留在概念、策略的探讨上^[12,13],少数研究进行简单的评价,缺乏完整的定量化^[14,15],难以对我国家具生态设计提供有数据支撑的指导。

生态设计主要体现在:(1)通过木榫设计,省去粘胶、五金件的使用,以减少资源消耗和环境污染;(2)采用废旧材质,使用循环材料,以降低资源消耗;(3)通过设计让一件家具发挥多功能的作用,客观上节省了住宅空间和材料使用。本研究的木质板家具的生态设计是以一款多功能家具为基础,在相同框架内安装不同面板,形成四种设计方案:嵌条板家具、拼板家具、木皮板家具和三聚氰胺板家具,达到减少温室气体排放,提高家具的回收价值的目的。通过核算四种家具设计方案的碳足迹的大小、结构和排放热点,并提出“使用回收材料”和“使用可拆卸无胶连接方式”两种改进方案,量化改进方案的减排效果,提供设计依据。

2 研究方法 with 数据获取

本研究按照国际标准 ISO 14067^[16]计算碳排放量,温室气体涉及 CO₂、CH₄和 N₂O 以及 HFC 和 PFC。由

设计方案决定进行工艺和材料的使用,工艺活动的电力参数和材料加工参数均采用山东某家具企业实际生产数据,该企业为大型企业,生产设备先进,工艺具有代表性^[17]。排放因子来自 Simapro 数据库和相关文献。

2.1 多功能家具与功能单位

多功能家具如图 1(a)所示,具有书桌、单人沙发和置物架三个功能,由框架和面板两类部件组成,图形由 AotuCAD 2007 绘制而成。框架包含:小支撑框、坐框、大支撑框和围栏架;面板包含:桌板、置物板和坐板。面板分别采用嵌条板、拼板、木皮板和三聚氰胺板,嵌条板如图 1(a),桌板采用拼板。其他三种设计方案如图 1(b)所示。四种家具的功能单位均为一件家具,即单位为:kgCO₂eq/一件家具。

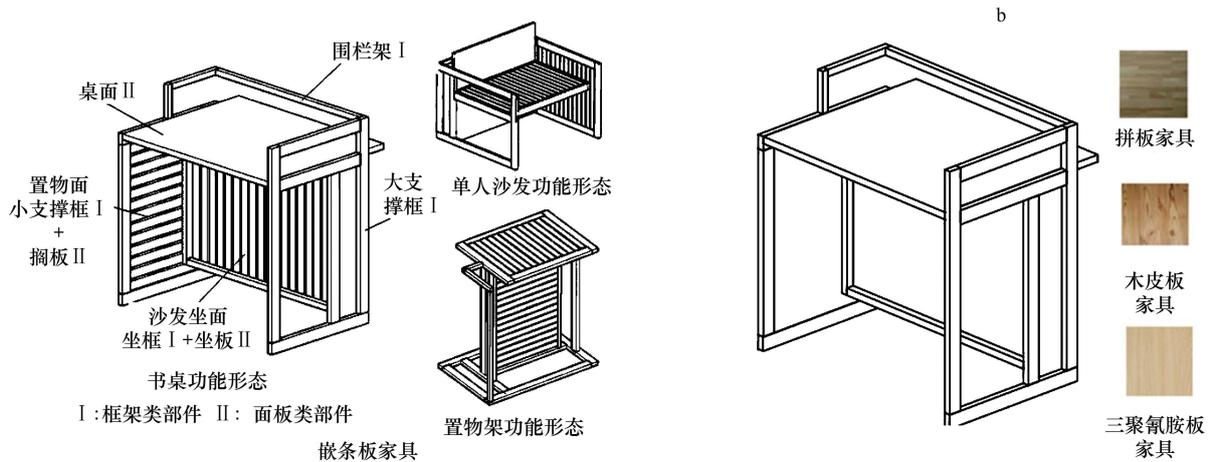


图 1 多功能家具的组成部件、功能与设计

Fig.1 Components and functions and designing schemes of Multi-function furniture

2.2 系统边界

四种家具的系统边界如图 2 所示,边界仅面板不同。系统边界为“摇篮到门”,包含原材料获取阶段和生产阶段。原材料获取阶段包括了原材料从采掘到生产的过程。生产阶段包含现场生产和电力供应两部分。其中现场生产包含框架加工、面板加工和包装三个步骤,电力供应包含电力的资源采掘、生产、传输等过程。图 2 中原材料下方的字母或数字表示该材料提供给右侧带有相同字母或数字的过程使用。在生产现场,经框架加工和相应面板的加工后,生产出相应的家具。在框架加工中,都要使用锯材和实木用油漆,在面板加工中,嵌条板加工(A)需要锯材和实木用油漆,拼板加工(B)中需要锯材、实木用油漆和拼接胶黏剂,木皮板加工(C)需要木皮、木皮用油漆、中纤板、贴面胶黏剂和封面胶黏剂,三聚氰胺板加工需要(D)中纤板、贴面胶黏剂、封面胶黏剂、三聚氰胺浸渍纸和 PVC 封条,这些面板通过使用连接件、连接用胶黏剂、海绵纸和瓦楞纸的包装(3)分别形成嵌条板家具、拼板家具、木皮板家具和三聚氰胺板家具。

四种面板加工工艺不同,为便于统一比较,需要将工序合并为工段,本研究中将框架、嵌条板的精截、刨光工序,拼板的铣边、涂胶、热压工序,以及木皮板和三聚氰胺板的裁板、贴面、封边工序分别合并为各自部件的毛料加工工段,打孔、开榫合并为连接处加工工段。合并后家具的加工工段为:毛料加工、连接处加工、砂光、喷涂、包装、引风。

2.3 计算活动数据

活动数据为一件家具的原材料消耗量和加工耗电量。由设计图可以计算木材的体积,油漆、贴面、封边和胶黏剂的面积,以及连接件的个数。再根据现场调研获得面积转为质量或个数转为美元等单位转换参数,计算得到与数据库排放因子单位相同的原材料消耗量。由设计图尺寸与现场调研的设备功率、加工量、生产能力、排风量等数据,可以计算各个工段的耗电量。基于不同部件的原材料消耗量如表 1 至表 3 所示。

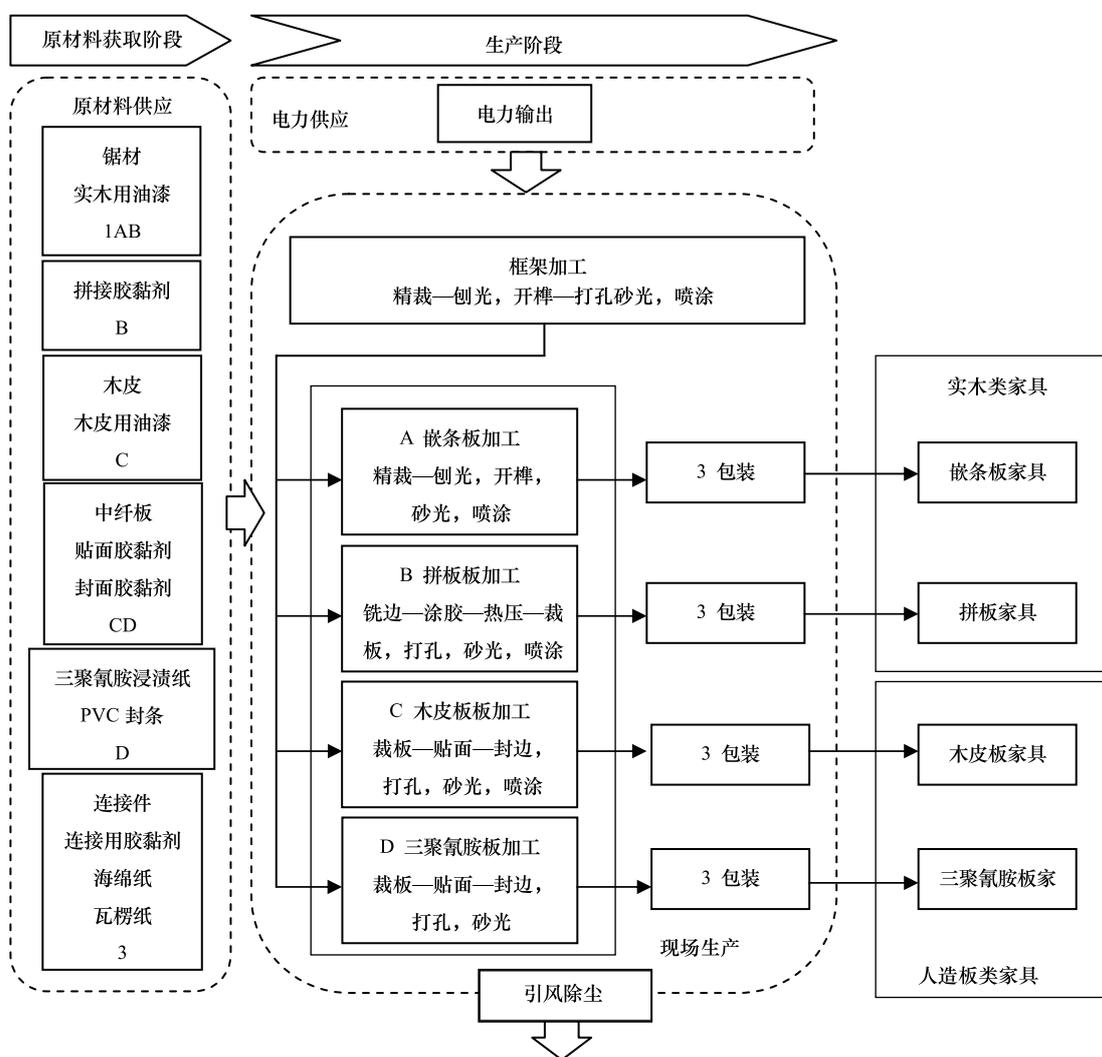


图2 家具的系统边界

Fig.2 System boundary of furniture

表1 框架活动数据

Table 1 Activity data of frame

	材料 Materials	围栏架 Fence frame	大支撑框 Great support frame	小支撑框 Little support frame	坐框 Sitting frame
原材料消耗量 Raw material consumption	锯材 Sawn timber /m ³	0.001	0.004	0.003	0.004
工段耗电量 Power station consumption	油漆 Paint /kg	0.039	0.147	0.112	0.135
	毛料加工 Wool machining /kwh	0.103	0.151	0.099	0.165
	连接处加工 Connection machining /kwh	0.010	0.076	0.021	0.021
	砂光 Sanding /kwh	0.294	0.980	0.784	0.784
	喷涂 Spray /kwh	2.547	8.385	6.294	7.856
	引风 Fan /kwh	0.041	0.130	0.087	0.093

2.4 收集排放因子

根据多功能家具设计图确定原材料种类。查阅原材料的英文术语,以此为关键词,在 Simapro8.0.3 软件中搜索并筛选出代表性强的数据,选择 IPCC 2007,100 年计算方法,计算得到原材料排放因子,如表 4。

表 2 实木类及中纤板类面板活动数据

Table 2 Activity data of solid wood panel and medium density fiberboard

材料 Materials		实木类面板 Solid wood panel						中纤板类面板 Medium density fiberboard (MDF)					
		嵌条板 Slit plate			拼板 Jointed board			木皮板 Veneer board			三聚氰胺板 Melamine panels		
		Shelf	GB	TT	Shelf	GB	TT	Shelf	GB	TT	Shelf	GB	TT
原材料消耗量	ST /m ³	0.007	0.008	0.016	0.008	0.01	0.016	—	—	—	—	—	—
Raw material consumption	Paint /kg	0.248	0.347	0.38	0.192	0.298	0.38	0.419	0.65	0.829	—	—	—
	SB /kg	—	—	0.042	0.025	0.03	0.042	—	—	—	—	—	—
	MM /m ³	—	—	—	—	—	—	0.008	0.013	0.016	0.008	0.013	0.016
	Veneer /kg	—	—	—	—	—	—	0.003	0.005	0.007	—	—	—
	MV /m ²	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.328	0.508	0.648
	Adhesive /kg	—	—	—	—	—	—	0.05	0.078	0.1	0.05	0.078	0.1
	PVC E /kg	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.11
	SR /kg	—	—	—	—	—	—	—	—	0.006	—	—	0.006
	工段耗电量	WM /kwh	0.067	0.082	0.241	0.15	0.2	0.241	0.034	0.049	0.048	0.034	0.049
Power station consumption	CM /kwh	0.576	0.739	0.01	0.031	0.021	0.01	0.031	0.021	0.01	0.031	0.021	0.01
	Sanding /kwh	1.96	2.274	0.641	0.457	0.576	0.641	0.293	0.37	0.411	0.293	0.37	0.411
	Spray /kwh	13.11	18.32	20.1	10.21	15.74	20.1	4.05	4.424	5.172	—	—	—
	Fan /kwh	0.375	0.464	0.109	0.075	0.098	0.109	0.035	0.044	0.046	0.035	0.044	0.046

面板中 Shelf 为搁板,SB 表示坐板(Sitting board),TT 为桌板(Tabletop);活动数据类型中 ST 表示锯材(Sawn timber),Paint 为油漆,GB 表示拼板胶(Glue board),MP 表示中纤板(Medium plate),Veneer 为木皮,MV 表示三聚氰胺贴面(Melamine veneer),Adhesive 为贴面胶,PVC E 为 PVC 封边条(PVC edge),SR 表示封边胶(Sealing rubber),WM 表示毛料加工(Wool machining),CM 表示连接处加工(Connection machining),Sanding 为砂光,Spray 为喷涂,Fan 为引风

表 3 包装与配件活动数据

Table 3 Activity data of packaging and accessories

材料 Materials	嵌条板家具 Slit plate furniture	拼板家具、木皮板家具、三聚氰胺板家具 Jointed board furniture, Veneer board furniture, Melamine panels Furniture
原材料消耗量	连接件 e/USD	0.576
Raw material consumption	连接用胶/kg	0.015
	海绵纸 /kg	0.078
	瓦楞纸 /kg	1.800
工段耗电量 Power station consumption	包装耗电/kwh	0.023

表 4 原材料碳排放因子表

Table 4 Carbon emission factors of raw materials

原材料 Raw materials	排放因子 Emission factors		数据库 Databases	备注 Remarks
	数值 values	单位 units		
锯材 Sawn timber	93.3	kgCO ₂ eq/m ³	Ecoinvent	德国硬木干燥至含水率 10%
中纤板吗 Medium density fiberboard	500	kgCO ₂ eq/m ³	Ecoinvent	中欧数据
实木用油漆 Solid wood paint	2.86	kgCO ₂ eq/kg	Ecoinvent	醇酸漆,欧洲数据
木皮用油漆 Veneer paint				
拼板胶 Glue board	2.85	kgCO ₂ eq/kg	Ecoinvent	脲醛胶,中欧数据
贴面胶 Adhesive				
封边胶 Sealing rubber	2.63	kgCO ₂ eq/kg	Ecoinvent	乳胶,欧洲数据
连接件用胶 Adhesive for connection				
木皮 Veneer	0.165	kgCO ₂ eq/kg	USLCI	干燥后木皮美国数据
三聚氰胺贴面 Melamine veneer	0.329	kgCO ₂ eq/m ²	Ecoinvent	采用纸和三聚氰胺树脂计算而得的欧洲数据
PVC 封边条 PVC edge	3.18	kgCO ₂ eq/kg	industry data 2.0	西欧平均数据
海绵纸 Sponge paper	2.1	kgCO ₂ eq/kg	Ecoinvent	低密度企业生产,欧洲数据
瓦楞纸 Corrugated paper	0.632	kgCO ₂ eq/kg	Ecoinvent	单层,欧洲数据
连接件 Connecting piece	0.604	kgCO ₂ eq/USD	USA Input Output	五金件,美国数据

实际生产中实木用油漆为酸固化涂料,木皮用油漆为紫外光固化涂料,由于数据有限,将两种油漆假设为同一种。拼板胶和贴面胶均为脲醛胶;封边胶和连接件用胶都是白乳胶。连接件为圆木榫,使用美国连接件数据。三聚氰胺浸渍纸由 Simapro8.0.3 数据库的树脂和纸计算得到^[18]。

由于数据库中中国电力排放因子是由欧洲替代数据计算而得的,经文献查阅,已有国内学者计算了较为可靠的电力排放因子,且具体到本研究的调研企业所在电网。因此采用文献数据,即中国华东电网电力排放因子,为 $1.04\text{kgCO}_2\text{eq/kW}\cdot\text{h}^{[19]}$ 。

2.5 计算碳排放与家具基准碳足迹

依公式(1)、(2)加和表1、表2的活动数据,得到一件家具的第 r 类原材料的消耗量与第 p 个工段的耗电量。按照公式(3)原材料与其排放因子相乘,工段与电力排放因子相乘,两者加和为一件家具的基准碳足迹。加和时,四种家具与相应种类的面板对应关系见图2,与相应量的连接配件的对应关系见表3。按照公式(4),仅在部件层面将原材料和工段碳排放进行加和,得到每个部件的碳足迹。

$$AD_{\text{原材料}r} = \sum_{f=1}^4 AD_{\text{框架}f\text{的原材料}r} + \sum_{b=1}^4 AD_{\text{面板}b\text{的原材料}r} + AD_{\text{包装的原材料}r} \quad (1)$$

$$AD_{\text{工段}p} = \sum_{f=1}^4 AD_{\text{框架}f\text{的工段}p} + \sum_{b=1}^4 AD_{\text{面板}b\text{的工段}p} + AD_{\text{包装的工段}p} \quad (2)$$

$$CFP_{\text{家具}} = \sum_{r=1}^{14} AD_{\text{原材料}r} * EF_{\text{原材料}r} + \sum_{p=1}^5 AD_{\text{工段}p} * EF_{\text{电力}} \quad (3)$$

$$CFP_{\text{部件}c} = \sum_{r=1}^{14} AD_{\text{部件}c\text{的原材料}r} * EF_{\text{原材料}r} + \sum_{p=1}^5 AD_{\text{部件}c\text{的工段}p} * EF_{\text{电力}} \quad (4)$$

式中:CFP 表示碳足迹,分为家具碳足迹和部件碳足迹;AD 表示活动数据,包括原材料消耗量和工段耗电量;EF 表示排放因子。

2.6 确定改进方案

2.6.1 使用可拆卸无胶连接方式

基准方案的连接方式为有胶连接,改进为无胶连接后,除桌板与大小支撑框的上框条6个连接件使用胶黏剂外,其余全为无胶连接。其中支撑框框条之间以燕尾榫加圆木榫的方式连接,这种结构连接强度较大^[20]。

连接方式改进的减排效果发生在使用阶段更换零件时,有胶连接方式不可拆卸,需更换整件家具,无胶连接方式可以拆卸,更换受损零部件即可延续家具功能,与更换整件家具相比,碳排放减少了,减排量为更换零部件与更换整件家具产生碳排放量的差,即生产零部件与生产整件家具的碳排放量之差。减排效果的文字表达式为:减排效果 = (家具基准碳足迹 - 部件碳足迹) / 家具基准碳足迹。

2.6.2 使用回收木材

该改进方案为仅改变家具的主要原材料:锯材、中纤板为回收材料,其余材料和现场加工耗电过程均不变。回收的实木部件和中纤板部件来自废旧家具,经过简单的整理加工即可使用^[21],主要为人力加工,因此回收锯材和回收中纤板的排放因子均假设为 $0\text{kg CO}_2\text{eq}/\text{一单位原材料}$ 。减排效果的文字表达式为:减排效果 = (家具基准碳足迹 - 使用回收材料的家具碳足迹) / 家具基准碳足迹。运输过程因情况复杂、数据缺乏,未划入边界。

3 研究结果

3.1 四种家具基准碳足迹比较

由图3可知,四种家具设计的碳足迹相差较大,从小到大为:三聚氰胺板家具 < 木皮板家具 < 拼板家具 < 嵌条板家具,最大者是最小者的1.8倍。实木类家具的碳足迹均高于人造板类家具的碳足迹。从原材料碳排放量分析,实木类家具比较低碳,其原材料碳排放量是人造板类家具的0.34倍—0.42倍。从电力排放角度分

析,人造板类家具反而有优势,其电力碳排放量是实木类家具 0.35 倍—0.57 倍。综合两者,人造板类家具碳足迹更小,是实木类家具的 0.55 倍—0.82 倍。识别具体的碳排放量热点需进一步分析如图 4。

由图 4(a)可以看出,在嵌条板家具和拼板家具的原材料碳排放中,锯材和实木用油漆是主要的碳排放源,分别约占 41%和 38%,其次是瓦楞纸的碳排放量,平均约占 11%。在木皮板家具和三聚氰胺家具中,主要碳排放源为中纤板,分别占 64%和 76%;油漆碳排放量占比也比较大,分别占 23%和 5%。中纤板是造成两类家具原材料碳排放量差异的主要原因,分别是嵌条板家具和拼板家具的 1.87 倍和 1.79 倍。

由图 4(b)可以看出,四种家具的喷涂工段是电力排放的主要成分,占 82.7%—91.7%。其次是砂光,占 5.8%—12.9%。其他工段的电力排放非常小,毛料加工、连接处加工、引风、包装和组装的总占比小于 5%。此外,喷涂是四种家具电力碳排放量产生差异的主要原因。木皮板和三聚氰胺板家具的面板部件没有使用实木喷涂工序,排放比实木类家具平均减少约 50.7kgCO₂eq。木皮板家具又比三聚氰胺板家具多一道木皮板喷涂工序,碳排放量比三聚氰胺板家具增加了 14.2 kgCO₂eq。

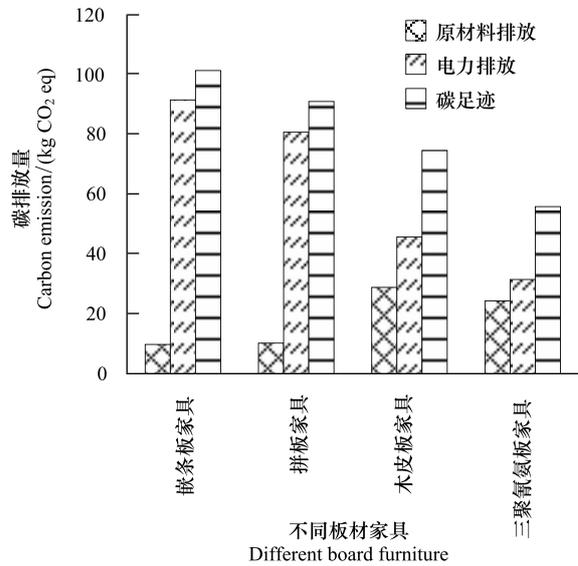


图 3 四种家具碳足迹对比

Fig. 3 Comparison of carbon footprints from four kinds of furniture

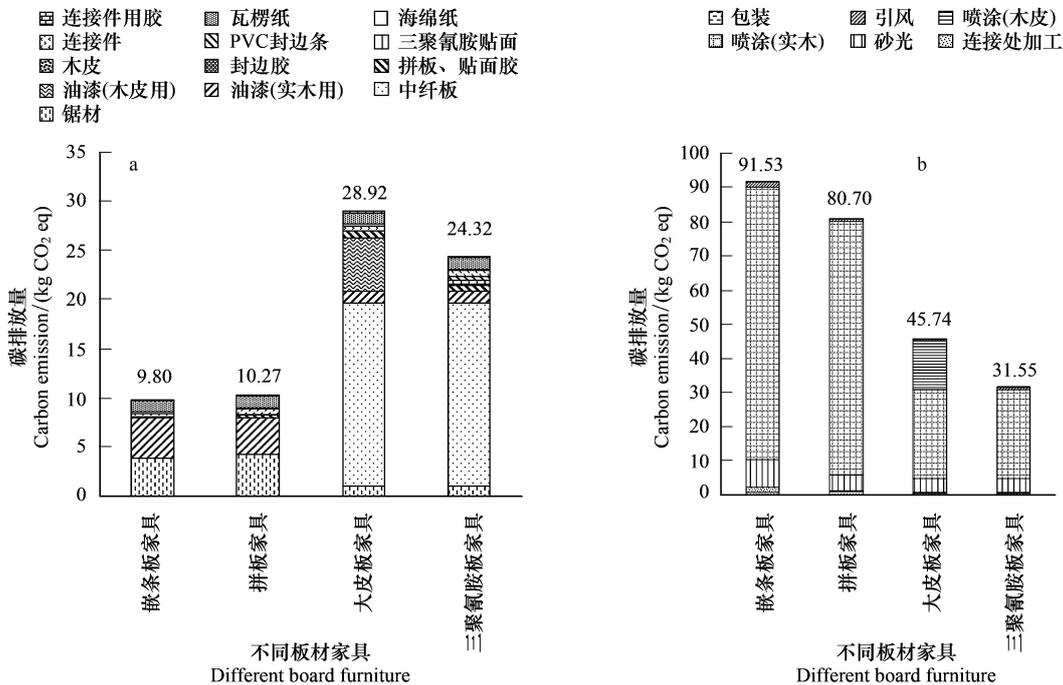


图 4 四种家具不同原材料及电力排放对比图

Fig.4 Different raw material emission and electricity emission from four kinds of furniture

3.2 改进方案减排效果分析

3.2.1 使用可拆卸无胶连接方式的减排效果

当框架或面板损坏时,有胶连接方式无法更换框架、面板,需购买新的家具;无胶连接方式可更换受损框架或面板。由图 5(a)可知,仅更换一个框架类部件,相比于更换整件家具,对于嵌条板家具和拼板家具可减排 90%—97%,对于木皮板家具可减排 86%—96%,对于三聚氰胺板家具可减排 81%—95%。由图 5(b)可知,相比于更换整件家具,仅更换一个面板部件,对于嵌条板家具可减排 77%—83%,对于拼板家具可减排 74%—87%,对于木皮板家具可减排 78%—87%,对于三聚氰胺板家具可减排 83%—92%。总体来看,通过使用可拆卸无胶连接方式的减排效果十分显著。

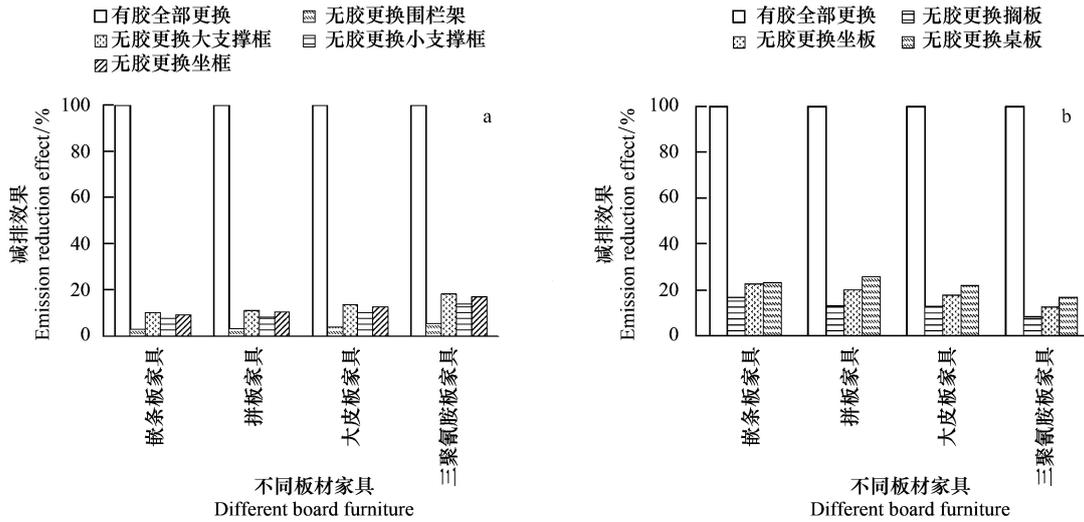


图 5 使用可拆卸无胶连接方式的碳排放比较

Fig.5 Comparison of carbon emissions using a detachable free adhesive connection

3.2.2 使用回收木材的减排效果

由图 6 可知,使用回收木材之后,嵌条板家具和拼板家具的碳足迹下降空间有限,分别减排 3.9%和 4.8%。但是木皮板家具和三聚氰胺板家具的碳排放量下降比例很大,分别减少了 26.3%和 35.1%。

4 结论与建议

a. 四种家具设计的碳足迹从小到大依次为:三聚氰胺板家具<木皮板家具<拼板家具<嵌条板家具。后两种为实木类家具,碳足迹均高于前两种人造板类家具。实木类家具原材料碳排放较低,人造板类家具电力碳排放较低。

b. 实木类家具的原材料的碳排放热点是锯材和实木用油漆,共占其原材料碳排放总量的 80%。人造板类家具的原材料碳排放热点是中纤板,约占其原材料碳排放总量的 70%,该热点甚至超过实木类家具的原材料碳排放。四种家具设计的电力排放热点都是喷涂工段,占电力排放的 83%—92%,其中三聚氰胺板家具的排放量最少。

c. 采用“可拆卸无胶连接方式”改进方案,减排效果显著。相比于更换整件家具,更换一个框架部件可减

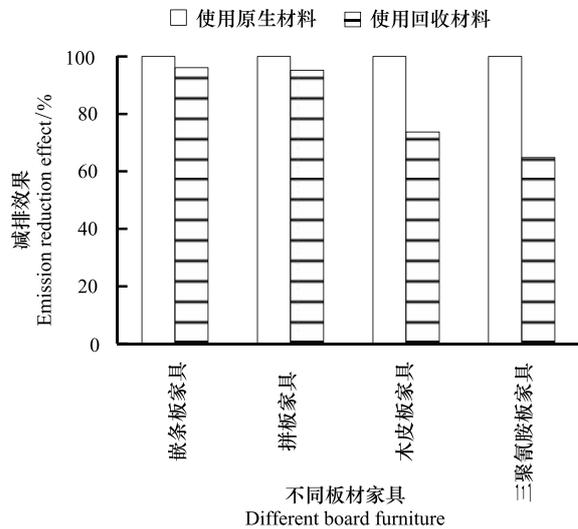


图 6 不同材料方案碳排放比较

Fig.6 Carbon emissions of different materials usage scenarios

排 81% 以上, 更换一个面板部件可减排 74% 以上。采用“回收木材”改进方案, 实木类家具减排较小, 不足 5%; 人造板类家具减排较大, 在 26% 以上。

综上所述, 从家具的生态设计角度考虑, 由于中纤板和喷涂耗电的碳排放占有主导地位, 建议采用以实木板为基板、以三聚氰胺纸为贴面制作面板, 这样的设计既可以排除中纤板造成原材料的碳排放, 还可以避免由于喷涂带来的电力排放, 达到低碳生态的效果。此外, 尽量采用可拆卸无胶结构, 此结构不仅有利于使用中的维修更换, 大大减少碳排放, 还便于使用后的回收, 为其他产品提供易于清洁的回收材料, 进一步减少碳排放。故最终生态设计方案是以实木板为基板、以三聚氰胺纸为贴面制作面板, 采用可拆卸无胶结构, 可减排 74%—97%。

参考文献 (References):

- [1] United Nations. United Nations Framework Convention on Climate Change. (1994-03-21) [2015-08-25]. http://unfccc.int/essential_background/convention/items/6036.php.
- [2] 蒋海铭. 我国木质家具产业国际竞争力研究[D]. 南昌: 江西师范大学, 2013.
- [3] 季春艺. 中国木质林产品碳流量核算及影响研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2013.
- [4] 谷艾婷, 吕佳, 王震. 中国木质林产品碳足迹的产业链分布特征分析. 环境科学与技术, 2014, (12): 247-252.
- [5] 王晨曦. 产品碳足迹——后京都时代的新型贸易壁垒. 世界贸易组织动态与研究, 2012, 19(4): 61-66.
- [6] Casamayor J L, Su D. Integration of eco-design tools into the development of eco-lighting products. Journal of Cleaner Production, 2013, 47: 32-42.
- [7] Su B, Heshmati A, Geng Y, et al. A review of the circular economy in China: moving from rhetoric to implementation. Journal of Cleaner Production, 2013, 42: 215-227.
- [8] Lewandowska A, Matuszak-Flejszman A. Eco-design as a normative element of Environmental Management Systems—the context of the revised ISO 14001: 2015. The International Journal of Life Cycle Assessment, 2014, 19(11): 1794-1798.
- [9] Gremyr I, Siva V, Raharjo H, et al. Adapting the Robust Design Methodology to support sustainable product development. Journal of Cleaner Production, 2014, 79: 231-238.
- [10] Schischke K, Nissen N F, Lang K. Welding equipment under the energy-related products directive. Journal of Industrial Ecology, 2014, 18(4): 517-528.
- [11] Nadia Mirabella, Valentina Castellani, Serenella Sala. LCA for assessing environmental benefit of eco-design strategies and forest wood short supply chain: a furniture case study. The International Journal of Life Cycle Assessment, 2014, 19(8): 1536-1550.
- [12] 靳敏. 产品生态设计现状和发展趋势(上). 家电科技, 2009, (9): 48-50.
- [13] 周祺, 余飞, 刘丹琳. 以低碳足迹为导向的产品生态设计模式. 湖北工业大学学报, 2013, 28(4): 61-64.
- [14] 孙良峰. 面向低碳的产品结构再生设计与反馈关键技术研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2014.
- [15] 鲍宏, 刘光复, 王吉凯. 面向低碳设计的产品多层次碳足迹分析方法. 计算机集成制造系统, 2013, 19(1): 21-28.
- [16] Greenhouse gases-carbon footprint of products-requirements and guidelines for quantification and communication. ISO 14067. London, Geneva: International Organization for Standardization, 2013.
- [17] 路则光, 王萌, 贾万达. 山东省家具产业的原材料与产品特点研究. 家具与室内装饰, 2014, (4): 64-65.
- [18] 江映其. 基于生命周期评价的三种木质类家具环境影响比较研究[D]. 西安: 西北农林科技大学, 2014.
- [19] 侯萍, 王洪涛, 张浩. 用于组织和产品碳足迹的中国电力温室气体排放因子. 中国环境科学, 2012, 32(6): 961-967.
- [20] 李孙霞, 王菁菁. 基于榫卯结构方式的现代实木家具设计研究. 设计, 2014, 7: 18-20.
- [21] 吕宙, 戴向东. ISO14000 体系下的低碳家具设计研究. 中南林业科技大学学报, 2013, 33(3): 115-119.