

定向刨花板生产过程的生命周期评价

张方文^{1,2}, 陈水龙³, 张海孝³, 于文吉¹

(1. 中国林科院木材工业研究所, 北京 100091; 2. 北新建材集团有限公司, 北京 100048;

3. Thinkstep AG, 德国莱恩费尔登-埃希特丁根 70771)

摘要: 基于生命周期评价方法, 采用 GaBi ts 软件分析 1 m³ 定向刨花板 (OSB) 生产过程中的物料和能源消耗及环境排放。结果表明: 酸化效应 (AP)、光化学臭氧创造潜力 (POCP) 和全球气候变暖 (GWP 100) 是最重要的环境影响类别, 分别占总环境影响值的 52.1%、23.7% 和 20.8%; 主要环境影响工序为施胶、热压成型和刨片, 分别占总环境影响值的 28.4%、18.0% 和 16.8%; 而电力和胶黏剂是 AP、POCP 和 GWP100 中最关键的清单数据。

关键词: 定向刨花板; 生命周期评价; 清单分析; 影响评价

中图分类号: TS65 文献标识码: B 文章编号: 1001-8654 (2017) 03-0031-04

Life Cycle Assessment of Oriented Strand Board Production

ZHANG Fang-wen^{1,2}, CHEN Shui-long³, ZHANG Hai-xiao³, YU Wen-ji¹

(1. Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China; 2. Beijing New Building Material(Group)

Co., Ltd., Beijing 100048, China; 3. Thinkstep AG, Leinfelden-Echterdingen 70771, Germany)

Abstract: Based on life cycle assessment (LCA), raw material consumption, energy consumption and environment emissions during production, 1 m³ of oriented strand board (OSB) was analyzed using Gabi ts software. Results showed that acidification effect (AP), photochemical ozone creation potential (POCP) and global warming (GWP 100) accounted for 52.1%, 23.7% and 20.8% of the total environmental impact. The main environmental influence factors of OSB production, blending, hot pressing and stranding accounted for 28.4%, 18.0% and 16.8%. The input of power and adhesives were key inventory data that had the greatest impact on AP, POCP and GWP 100.

Key words: oriented strand board; life cycle assessment (LCA); inventory analysis; impact assessment

定向刨花板 (OSB) 是以速生人工林为原料, 经刨片、干燥、施胶、定向铺装、热压成型等工艺制成的一种新型结构板材^[1], 自 20 世纪 80 年代中期以来, 在北美和欧洲等地迅速发展, 主要应用于建筑行业 and 包装工业。90 年代末被引入我国后, 通过科

研、生产和贸易等多领域共同推动, 目前已开始广泛应用于我国木结构及轻钢结构房屋、室内装饰装修、定制家具制造、包装等领域。

随着 OSB 在国内应用领域的逐渐扩大, 人们对 OSB 产品以及生产企业环境负荷的关注度也日益增高。生命周期评价 (LCA) 是评价产品在整个生命周期中对环境的影响的方法, 作为一种有效的环境管理工具, 既可指导企业清洁生产和研发环保产品, 又可支持政府环保部门制定相关的环境政策, 以指导消费者可持续的消费行为。目前, 国内外围绕着

收稿日期: 2016-10-10; 修改日期: 2017-04-02

基金项目: 四川省科技计划项目“林-板-家具一体化现代产业链关键技术集成研究与产业化示范项目”(2014NZ0033)。

作者简介: 张方文 (1983—), 男, 中国林科院木材工业研究所博士研究生; 北新建材集团有限公司工程师。

责任作者: 于文吉, 男, 中国林科院木材工业研究所研究员。

材料、产业及其制品的LCA指标体系和方法的构建展开了诸多研究,并且颁布了相关的标准^[2]。

LCA应用我国木材工业领域,始于21世纪^[3],2000年以后,我国人造板行业进入快速发展阶段,人造板现代化装备水平逐年提高,生产线规模及产品质量稳步提升,特别是2006年成为世界人造板生产第一大国以来,国内对于人造板LCA的关注度越来越高。

笔者利用GaBi ts生命周期评价软件对OSB生产过程进行LCA评价和比较,确定环境负荷最大的生产工序和相应的环境影响类型,分析其原因,提出相应改进措施,以期为企业优化工艺、清洁生产提供参考,从而促进OSB产业的健康可持续发展^[4]。

1 OSB生命周期评价系统边界与清单

1.1 研究对象与系统边界的确定

以国内某OSB企业生产的1 m³潮湿条件下使用的结构OSB为功能单位,该企业的生产规模和生产工艺极具代表性,且生产稳定。

为更好聚焦OSB生产工艺及工厂运营的改进,暂未考虑原木采伐、OSB使用和回收过程的能源消耗,及整个使用、回收阶段涉及的运输过程^[5],仅对OSB的基本单元制备阶段(剥皮、刨片、干燥)、板坯成型热压阶段(施胶、定向铺装、热压成型)及后期加工阶段(毛板处理、砂光、能源中心)进行LCA评价和比较,其基本系统边界属于“大门到大门(Gate-to-Gate)”^[6],如图1所示。

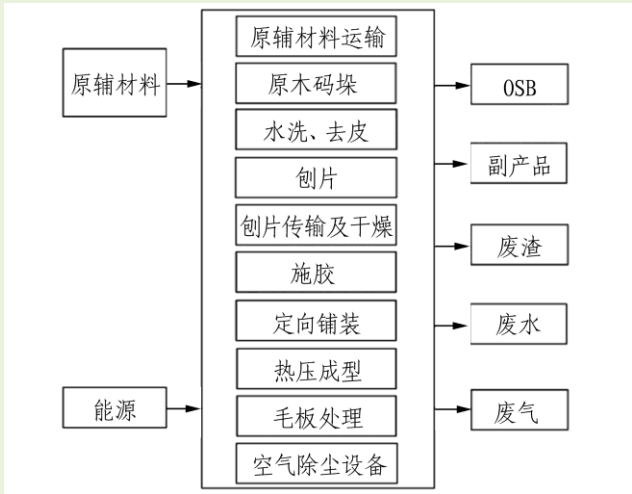


图1 定向刨花板生命周期评价系统边界
Fig.1 System boundary of LCA for OSB

1.2 清单分析

清单分析主要基于该企业的加工制造、环境排放数据。输入清单项目主要包括:原材料和能源等,输出清单主要包括:产品、副产品、废水、废气和废渣及其他污染物等^[7]。

详细数据来源:1)生产用各类原材料及辅料添加剂消耗数据、OSB生产过程中的各工序物质流清单,均来自企业生产数据;2)能源和原辅材料生产数据,均来自Gabi ts数据库^[8-9]。输入和输出清单,分别列于表1和表2。

表1 生产1 m³定向刨花板的输入清单
Tab.1 Input list for 1 m³ OSB production

类别	材料	消耗量
原辅材料	原木(湿材)/kg	1993.91
	异氰酸酯/kg	22.96
	石蜡/kg	6.29
	硬纸板/kg	0.42
	PC塑料包角/kg	0.04
	钢带/kg	0.95
	木质垫条/kg	10.53
	外购木屑/kg	34.23
	水/kg	30.43
	电力/kW·h	195.61
能源	柴油/L	0.83

表2 生产1 m³定向刨花板的输出清单
Tab.2 Output list for 1 m³ OSB production

类别	物质	合计
产品	OSB/kg	620.00
副产品	树皮/kg	258.54
	碎料/kg	26.61
	砂光粉/kg	43.16
废渣	粉尘/kg	0.41
	滤渣/kg	21.30
水污染物	氨氮/g	3.85
	悬浮物/g	43.81
	化学需氧量(COD)/g	148.88
废气	二氧化硫/g	0.73
	甲醛/g	0.25

由此可知,生产1 m³ OSB需消耗原木1993.91 kg,耗胶(100%固体含量的异氰酸酯PMDI)约23 kg。在热能工厂,除使用部分加工剩余物,如砂光粉和木屑料以外,还需另购一些木屑料。

生产中能耗较大的是热压成型工序,共消耗电力 52.08 kW·h/m³,其次是刨片工序,共消耗电力 48.45 kW·h/m³,再次是干燥工序,共消耗电力 32.58 kW·h/m³。

2 OSB 生产过程环境影响评价结果与分析

2.1 结果计算

1) 分类 要研究 OSB 生产过程对环境影响,故选取 CML2001-Apr.2013 中的六个典型分类^[9]:非生物性资源损耗 (ADP)、酸化效应 (AP)、富营养化 (EP)、全球气候变暖 (GWP 100)、臭氧层损耗 (ODP)、光化学臭氧创造潜力 (POCP)。

将 OSB 清单分析阶段获得的各项数据,按荷兰 CML2001-Apr.2013 的分类方法,以可量化的特定影响表达^[10]。各影响类型的特征化因子单位,列于表 3。

表 3 CML2001-Apr.2013 方法的特征化因子

影响类别	当量单位	归一化基准值	权重
ADP	kg Sb-Equiv.	1.57×10^{11}	0.67
AP	kg SO ₂ -Equiv.	2.99×10^{11}	0.50
EP	Kg Phosphate-Equiv.	1.29×10^{11}	0.14
GWP 100	kg CO ₂ -Equiv.	4.45×10^{13}	0.10
ODP	kg R11-Equiv.	5.15×10^8	0.33
POCP	kg Ethene-Equiv.	4.55×10^{10}	0.33

2) 特征化 为更好比较各环境影响类型,将清单分析结果转换成统一单位的环境影响类型参数,采用 CML2001-Apr.2013 特征化模型,对 OSB 环境影响进行特征化分析,结果列于表 4。

3) 归一化 为将不同环境影响类型按不同权重系数综合成一个总的环境影响潜力值,需先对各环境影响类型的特征化分析结果进行归一化,基本算法是各影响类型的特征化值除以其对应的基准值。

4) 加权 权重系数应根据研究产品确定,要综合考虑社会价值、偏好和相关环境标准的多属性价值。由于我国缺乏 OSB 相关环境影响类型的权重数据,故采用国外 OSB LCA 研究广泛使用的 CML2001-Apr.2013 环境影响权重值^[11]。基本算法为各环境影响类型的归一化值乘以其对应的权重系数,加权后的环境影响潜值,称为环境影响负荷。

1 m³ OSB 生产过程生命周期评价加权结果,列于表 5。

2.2 结果分析

OSB 生产过程的环境影响负荷统计结果,列于表 6。

由表 6 可知,AP 是 OSB 生产过程最主要的环境影响类型;其次是 POCP、GWP;而 EP、ADP 和 ODP 的占比不足 4%,影响微乎其微。

表 4 生产 1 m³ OSB 的环境影响排放特征化值 (CML2001-Apr.2013)

Tab.4 Characteristics of LCA on 1 m³ OSB production

影响类型	总特征化值	基本单元制备阶段			组坯热压成型阶段			后期加工处理阶段		
		剥皮	刨片	干燥	分层施胶	定向铺装	热压成型	毛板处理	砂光	能源中心
ADP/10 ⁻⁵	30.741	0.039	0.237	0.160	25.170	0.039	0.255	4.661	0.081	0.102
AP	1.084	0.030	0.195	0.131	0.261	0.032	0.210	0.065	0.063	0.097
EP	0.106	0.002	0.014	0.009	0.037	0.002	0.015	0.006	0.004	0.017
GWP 100	322.052	7.172	46.798	31.469	123.056	7.775	50.304	21.431	14.968	19.079
ODP/10 ⁻¹⁰	370.901	0.025	0.159	0.107	24.337	0.026	0.171	344.771	0.051	1.253
POCP	0.113	0.003	0.019	0.013	0.032	0.003	0.020	0.008	0.006	0.010

表 5 1 m³ OSB 的生命周期环境影响加权值 (CML2001-Apr.2013)

Tab.5 Weighing results of LCA on 1 m³ OSB

影响类型	总影响加权值	基本单元制备阶段			组坯热压成型阶段			后期加工处理阶段		
		剥皮	刨片	干燥	分层施胶	定向铺装	热压成型	毛板处理	砂光	能源中心
ADP/10 ⁻¹⁶	13.093	0.017	0.101	0.068	10.720	0.017	0.109	1.985	0.034	0.043
AP/10 ⁻¹³	18.110	0.503	3.258	2.191	4.365	0.541	3.502	1.085	1.049	1.616
EP/10 ⁻¹³	1.174	0.024	0.153	0.103	0.409	0.025	0.164	0.064	0.049	0.183
GWP100/10 ⁻¹³	7.236	0.161	1.051	0.707	2.765	0.175	1.130	0.482	0.336	0.429
ODP/10 ⁻¹⁹	239.983	0.016	0.103	0.069	15.747	0.017	0.111	223.076	0.033	0.811
POCP/10 ⁻¹³	8.260	0.214	1.371	0.922	2.315	0.228	1.474	0.577	0.445	0.714

表6 定向刨花板生产过程的环境影响负荷占比

Tab.6 Proportion of weighting results of environmental impact during OSB production

环境影响类型	ADP	AP	EP	GWP	ODP	POCP
占比/%	0	52.1	3.4	20.8	0	23.7

AP 主要由 SO₂ 和 NO_x 综合影响导致,既有生产过程中的直接排放,也有电力生产的间接排放。减少火力发电和能源工厂燃烧时 SO₂ 的排放,将极大缓解 OSB 生产过程对环境的累计排放和酸雨发生;

POCP 则主要受胶黏剂生产过程中的氮氧化物 NMHC 和碳氢化合物 CH 等影响,提高胶黏剂的清洁生产水平,将极大降低 POCP 的环境影响;

GWP 100 主要源于 OSB 生产过程中燃烧煤和木屑所排放的 CO₂,提高风电、水电、生物质电力等再生能源在电力中的比例,是减少 CO₂ 排放最有效的措施^[12]。

OSB 生产各工序的环境影响负荷占比,列于表7。

表7 定向刨花板各生产工序的环境影响负荷占比

Tab.7 Proportion of environmental potential value for OSB production stages

序号	生产工序	占比/%
1	分层施胶	28.4
2	热压成型	18.0
3	刨片	16.8
4	干燥	11.3
5	能源中心	8.5
6	毛板处理	6.3
7	砂光	5.4
8	定向铺装	2.8
9	去皮	2.6

由表7可知,OSB 各工序中,施胶的环境影响负荷最大,其主要影响类型为 AP、GWP 100 和 POCP,这主要是由于胶黏剂中的主要化工原料 PMDI 所致;

其次是热压成型工序,其主要影响类型也为 AP、POCP 和 GWP 100,主要原因是热压成型消耗了大量的电力;

再次是刨片、干燥工序、能源中心的影响。电力生产过程中的火电高比例,排放了大量的 SO₂、CO₂ 和 NO_x 等有毒有害气体^[13]。

3 结论与建议

1) OSB 生产工艺中能耗较大的是热压成型工序,占 26.6%;其次是刨片工序,占 24.8%;再次是干燥工序,占 16.7%。企业可有针对性地提高机械设备的能源转化率,降低能耗。

2) OSB 生产过程中,主要的环境影响类型是 AP、POCP 和 GWP 100,环境影响负荷占比约 52%、24%和 21%;EP、ADP 和 ODP 的影响甚微。

3) OSB 生产中,施胶的环境影响负荷最大,占 28%,主要影响类型为 AP;热压成型工序次之,占 18%,主要影响类型也为 AP;刨片工序占 16.8%,干燥工序占 11.3%;而其他各工序约占 25.5%。

4) OSB 生产中,电力和胶黏剂对多个环境影响指标产生较大影响,可通过有效减少火力发电和能源工厂燃烧中 SO₂ 的排放;减少胶黏剂生产过程中的氮氧化物 NMHC 和碳氢化合物 CH 等一次大气污染物;减少生产过程中燃烧煤和木屑所直接排放的 CO₂;提高再生能源在电力中的比例,实现清洁生产,均是降低 OSB 生产过程环境影响负荷的有效措施。

参考文献:

- [1] 张方文,于文吉.世界定向刨花板发展现状及最新市场情况[J].林产工业,2016,43(1):15-18.
- [2] ISO/DIS 14040: 2006. Environmental management: Life cycle assessment-Principles and framework[S].
- [3] 谢立生.木材工业生命周期评价研究现状[J].木材工业,2010,24(5):28-31.
- [4] 邓南圣,王小兵.生命周期评价[M].北京:化学工业出版社,2003.
- [5] 杨建新,王如松,刘晶茹.中国产品生命周期影响评价方法研究[J].环境科学学报,2001,21(2):234-237.
- [6] 张玲,袁增伟,毕军.物质流分析方法及其研究进展[J].生态学报,2009,29(11):6189-6198.
- [7] 聂祚仁,高峰,陈文娟,等.材料生命周期的评价研究[J].材料导报,2009,23(13):1-6.
- [8] 白伟荣,王震,江映其.基于生命周期评价方法的木质家具碳足迹核算[J].木材工业,2013,27(6):29-32.
- [9] 李兴福,徐鹤.基于 GaBi 软件的钢材生命周期评价[J].环境保护与循环经济,2009,29(6):15-18.
- [10] Benetto E, Becker M, Welfring J. Life cycle assessment of oriented strand boards (OSB): from process innovation to ecodesign[J]. Environmental Science and Technology, 2009, 43(15): 6003-6009.
- [11] Kline D E. Gate-to-gate life-cycle inventory of oriented strand board production [J]. Wood and Fiber Science, 2005, 37(12): 74-84.
- [12] 李慧媛,黄思维,周定国.生命周期评价体系在我国木材加工领域的应用[J].世界林业研究,2013,26(2):54-59.
- [13] 薛拥军,王珏.板式家具产品的生命周期评价[J].木材工业,2009,23(4):22-25.

(责任编辑 劳万里、向 琴)