

利用生命周期评价法评价农作物秸秆人造板的环境特性

李晓平^{1,2}, 周定国², 于艳春³

(1. 西南林学院 木质科学与装饰工程学院, 云南 昆明 650224; 2. 南京林业大学 木材工业学院, 江苏 南京 210037;
3. 南京林业大学 土木工程学院, 江苏 南京 210037)

摘要: 为了全面了解和评价农作物秸秆人造板的环境特性, 利用生命周期评价法对农作物秸秆人造板全生命周期的环境特性进行了定性评价, 并与木质人造板的环境特性进行了对比分析。结果表明, 现阶段利用农作物秸秆生产人造板可有效地保护土地资源和林地资源, 有利于固碳, 减少二氧化碳的排放量。就农作物秸秆人造板生产线的建设、管理和经营提出了几点建议, 使农作物秸秆人造板生产能够更适应人造板工业的发展需求。图 1 表 1 参 16

关键词: 农作物秸秆; 人造板; 环境特性; 生命周期评价法; 低碳排放

中图分类号: TS653; S7-05 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-5692(2010)02-0210-07

Value environment characters of crop stalks based board with life cycle assessment(LCA)

LI Xiao-ping^{1,2}, ZHOU Ding-guo², YU Yan-chun³

(1. School of Wood Science and Interior Decoration, Southwest Forestry College, Kunming 650224, Yunnan, China; 2. College of Wood Science and Technology, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China; 3. College of Civil Engineering, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China)

Abstract: The objective of the study was to know and value the environmental characters of the crop stalks based board and valuing them qualitatively with the life cycle assessment (LCA), and compared the environmental characters of the crop stalks with the characters with the wood based board. The results show that it is benefits to protect soil resources, forestry resource, keep carbon and reduce the CO₂ discharge. It also gives some suggestions about the building and managing of crop stalks based board production line in order to adapt better the development of wood-based board industry. [Ch, 1 fig. 1 tab. 16 ref.]

Key words: crop stalks; man-made board; environment character; life cycle assessment (LCA); low carbon emission

中国是一个森林资源严重缺乏的国家^[1]。利用农作物秸秆生产人造板是缓解中国木材资源供应不足的可行途径。开发秸秆人造板的研究受到了政府、科研机构、企事业单位和科研工作者的重视和关注^[2], 目前, 在中国已建成稻麦草秸秆板生产线 40 万 m³·a⁻¹^[3]。人们了解得比较多的就是在某些农作物秸秆人造板生产中使用异氰酸酯胶黏剂, 该板材在使用过程中是环保的, 但还没有一个对农作物秸秆的整体环境特性进行综合评价的体系。笔者首次利用生命周期评价法(LCA, life cycle assessment)对农作物秸秆的环境特性进行定性评价, 并与木质人造板的环境特性进行比较, 以分析利用农作物秸秆生产人造板对环境造成的影响和相对木质人造板的环境特性存在的优势和不足。

收稿日期: 2009-04-13; 修回日期: 2009-08-16

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划项目(2006BA007A07-04)

作者简介: 李晓平, 博士, 从事生物复合材料研究。E-mail: lxp810525@163.com。通信作者: 周定国, 教授, 博士, 博士生导师, 从事人造板生产和木材加工研究。E-mail: dgzhou@njfu.edu.cn

1 生命周期评价法的内涵和应用现状

生命周期评价法是研究从原材料获得到生产、使用和报废处置等整个产品生命期对所可能涉及的环境潜在影响的方法，最早出现在 20 世纪 60 年代末 70 年代初的美国。1997 年，ISO 14040 标准在《环境管理-生命周期评价-原则与框架》中规定，生命周期评价法分析必须包括目标与范围的确定、清单分析、影响评价和改善评价等 4 个相关的步骤^[4-5]。

目前，生命周期评价法作为一种环境管理工具已普遍被用于评价建筑材料、包装材料、金属材料、燃料、纺织材料和水环境等的环境特性研究和管理^[6-12]。但将生命周期评价法用于木质材料(包括人造板和木材)方面的研究还较少，目前只能查阅到少量的文献资料。Takuyuki 等^[13]利用生命周期评价法对森林砍伐剩余物用作能源的碳平衡和能源平衡进行了研究。孙启祥^[14]从生命周期的角度分析了木材的环境友好性。薛拥军等^[15]以中密度纤维板为研究对象，采用生命周期评价法，分析了中国现阶段中纤板生产和使用过程的资源利用、能源消耗、污染物的产生和废弃物的利用等因素对环境的影响。而对农作物秸秆人造板进行全生命周期评价的研究现在还没有。

2 对秸秆人造板的环境特性进行评价

2.1 目标与研究范围确定

主要对农作物秸秆人造板在生产和使用过程中可能对环境造成的影响进行分析评价。通过生命周期清单分析来识别和评价秸秆人造板在整个生命周期中存在的主要环境影响。该板材的整个生命周期主要包括生产线建设、生产加工、销售(包括包装与运输)、使用和废弃后处理等 5 个主要阶段，其中每一阶段包括不同的工艺过程，如生产加工主要包括原料收购、原料单元加工、筛选和干燥、施胶、铺装和预压、热压成型、冷却、调质处理和砂光处理等 9 个工艺过程。确定了生命周期后，再确定系统边界，标注系统的输入和输出，其生命周期系统如图 1 所示。

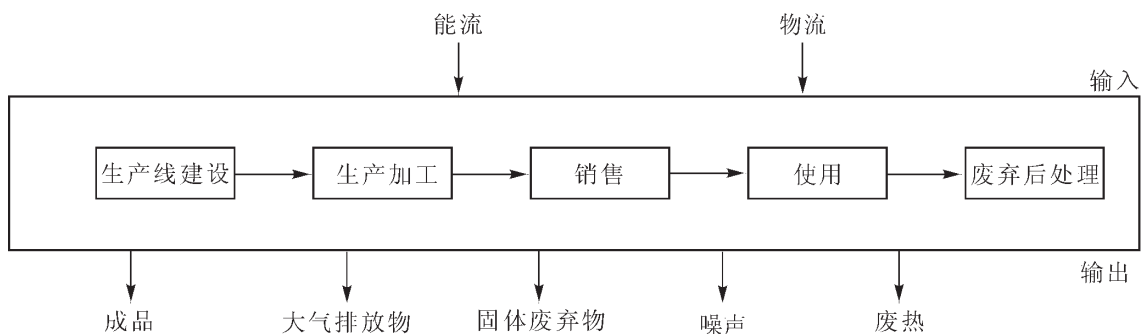


图 1 秸秆人造板生命周期系统

Figure 1 The life cycle of the crop stalks based board

2.2 秸秆人造板的清单分析

根据生命周期清单分析的思想，对秸秆人造板和木质人造板的生命周期各阶段与环境影响有关的信息进行收集和分析，得到清单(表 1)；由于人造板的种类较多，板种不同会对环境造成不同的影响，具体的生命周期也不同。这是一个非常复杂的系统，为了将复杂问题进行简化，笔者只列出了人造板生命周期中的定性清单。基本上只显示出了人造板生产过程中能量、物质的输入流和输出流，而对于人造板各个环节的能量、物质输入流和输出流有待进一步研究和探讨。通过这个清单可以了解利用木材和农作物秸秆制造人造板对环境可造成的负面影响，并分析利用农作物秸秆生产人造板相对于利用木质材料生产人造板有可能产生的积极因素和负面影响。

2.3 影响评价

从表 1 可得，在人造板生产的各个阶段都会对环境造成不同的影响。下面将具体分析在人造板的

整个生命周期中各项资源的投入和造成的影响状况,比较各项资源投入在秸秆人造板和木质人造板生产过程中的差异性和优劣性。资源投入包括土地、钢材、混凝土、玻璃、纤维材料、化工材料、化石能源、人力、电力和水资源等。

2.3.1 土地投入 在人造板的生产过程中,生产线的建设和纤维原料的生产都需要占用土地资源。农作物秸秆人造板与木质人造板不同之处在于,农作物秸秆是农作物的废弃物,可以认为农作物秸秆人造板只有在生产线建设时才会占用土地,而木质人造板在原料生产即木材生长时和厂房建设时都会占用土地。利用“农民-经纪人-企业”三位一体的原料收集模式,可以很好地解决农作物秸秆结构蓬松,堆积密度小,季节性等问题。一方面,相对木质人造板,在农作物秸秆人造板生产时就需要较大的原料堆场;另一方面,利用 2 hm^2 农地生产的稻麦草来制造的人造板就相当于 1 hm^2 林地生产的木材制造的人造板数量,而利用 1 hm^2 农地蓖麻 *Ricinus communis* 秆生产的人造板就相当于 1 hm^2 林地生产的木材制造的人造板数量。可见,尽管利用农作物生产人造板需要较大的原料堆场,但同时也可以节约数量相当可观的林地面积即减少了植树造林所需要的土地面积。利用 667 hm^2 农地的农作物秸秆,就可以节约林地面积即土地面积 $333\sim 667\text{ hm}^2$,相对而言农作物秸秆人造板在生产线建设期间占用的土地面积可以忽略不计。

2.3.2 钢材、混凝土、玻璃 人造板生产中所需要的钢材主要集中在厂房建设、设备制造方面;而所需要的混凝土和玻璃主要集中于人造板的厂房建设阶段;制造这些材料需要消耗能量,并向外界排放二氧化碳和二氧化硫等空气污染物。但厂房的建造和人造板设备的制造(在生产规模在一定的范围内时),主要取决于生产线的产量大小,设计者的实际经验和水平,而与原料种类关系不明显。鉴于中国目前的人造板生产现状,可以认为,农作物秸秆人造板和木质人造板在钢材、混凝土和玻璃等材料的消耗上没有明显差异。

2.3.3 纤维原料 纤维原料是人造板生产的主要原料,包括农作物秸秆和木质材料。农作物秸秆是农作物的废弃物,由于人们生活水平的提高,目前农民通常将农作物秸秆就地焚烧,焚烧 1 t 的农作物秸秆就可向大气中排放二氧化碳 1.6 t ,吸收氧气 1.2 t ^[14],同时还产生粉尘和烟尘等污染物,既污染环境又影响交通。如果利用这 1 t 的农作物秸秆来生产人造板,就可以储存二氧化碳 1.6 t ,同时节约氧气 1.2 t 。与此同时,如果这 1 t 的农作物秸秆是稻麦草,则可以节约林地 0.067 hm^2 ,如果是蓖麻秆则可以节约林地 0.093 hm^2 。 0.067 hm^2 林地可以吸收二氧化碳 $1.06\text{ t}\cdot\text{a}^{-1}$,释放氧气 $0.8\text{ t}\cdot\text{a}^{-1}$ 。可见,利用 1 t 的农作物秸秆来制造人造板,可以减少空气中二氧化碳 $2.66\sim 3.08\text{ t}$,增加氧气 $2.00\sim 2.32\text{ t}$,也就相当于增加造林 $0.017\sim 0.193\text{ hm}^2$ 。可见,利用农作物秸秆来生产人造板在减少温室效应,保护生态方面具有非常积极的作用。但是,在人造板的生产过程中可产生边角料、粉尘等固体废弃物,既浪费了资源、增加了产品的生产成本又造成了环境污染。

2.3.4 化工原料 化工原料主要来源于人造板所使用的胶黏剂方面。目前,农作物秸秆人造板与木质人造板差异最大的地方在于:农作物秸秆人造板使用异氰酸酯或脲醛树脂胶黏剂,因农作物秸秆种类和秸秆人造板板种的不同而不同;木质人造板主要使用脲醛树脂胶黏剂。由于胶黏剂不同,导致了有机挥发物的差异;异氰酸酯胶黏剂的挥发物为异氰酸酯,剧毒,可对操作工人的身体造成严重损害,但在产品的使用过程中为绿色产品,不对人体造成任何伤害。而脲醛树脂胶的主要挥发物为甲醛,在板材的生产和使用过程中都会不断地挥发出来,对人体健康造成不利影响。

2.3.5 化石能源消耗 包括石油、天然气和煤,主要集中在原料运输、产品生产和运输阶段。随着能源的消耗也伴随着空气污染物(二氧化碳、二氧化硫和氮氧化物),热污染和固体污染物(灰渣、烟尘)的排放。石油资源的消耗主要集中于原料、生产设备和产品的运输方面,原料运输主要取决于原料的运输半径,生产设备和产品运输主要取决于生产线厂址的选择、经营者的水平和人造板的需求状况。可以认为农作物秸秆人造板和木质人造板的生产设备和产品运输的半径是相同的。在石油消耗的差异方面,主要取决于原料的运输半径。农作物秸秆虽然结构蓬松,但分布较普遍,比如一条年产 5 万 m^3 的稻草人造板生产线,在稻草资源丰富地区的收购半径只需要 $30\sim 50\text{ km}$ 即可,而一条年产 10 万 m^3 的木质中密度纤维板生产线的原料运输距离可达 100 km ^[15]。可见,在原料运输半径上木质人造

表 1 人造板生命周期清单的定性分析

Table 1 Qualitative analysis of life cycle listing on the man-made board

人造板生命周期单元定义	秸秆人造板环境影响评价	木质人造板环境影响评价
1 生产线建设		
1.1 土地占用	占用耕地面积,引起耕地紧张,加剧粮食危机	占用耕地面积,引起耕地紧张,加剧粮食危机
1.2 厂房建设	消耗钢材、混凝土、玻璃等建筑材料,增加建筑材料使用量和生产建筑材料时对环境的污染,消耗人力	消耗钢材、混凝土、玻璃等建筑材料,增加建筑材料使用量和生产建筑材料时对环境的污染,消耗人力
1.3 设备购置	设备要消耗钢材等,运输设备会增加交通运输量和汽车尾气排放量,对大气和人体造成危害	设备要消耗钢材等,运输设备会增加交通运输量和汽车尾气排放量,对大气和人体造成危害
1.4 安装调试	需要消耗人力和能源,增加人力资源和能源的消耗量	需要消耗人力和能源,增加人力资源和能源的消耗量
2 人造板生产加工		
2.1 资源投入		
2.1.1 纤维原料	减少农作物秸秆焚烧造成的环境污染,减少二氧化碳的排放,起到固炭作用;但会影响秸秆还田,造成土壤贫瘠	加剧森林采伐量,减少森林面积,减少二氧化碳的吸收量,加剧环境恶化;若使用人造造林则会增加土地使用量,引起耕地紧张
2.1.2 化工原料	耗用化工原料,增加该原料生产时造成的污染	耗用化工原料,增加该原料生产时造成的污染
2.1.3 原料运输	汽车运输和尾气排放,对人体和大气造成危害	汽车运输和尾气排放,对人体和大气造成危害
2.1.4 人力	需要消耗人力,造成人力资源紧张	需要消耗人力,造成人力资源紧张
2.1.5 电力	消耗电力资源,增加该资源生产时造成的环境污染	消耗电力资源,增加该资源生产时造成的环境污染
2.1.6 水	消耗水资源,加剧水资源短缺并造成水污染	消耗水资源,加剧水资源短缺并造成水污染
2.1.7 化石能源	消耗天然气或煤,产生热污染和空气污染	消耗天然气或煤,产生热污染和空气污染
2.1.8 蒸汽	消耗水资源,产生热污染	消耗水资源,产生热污染
2.2 排放物		
2.2.1 有机挥发物	为甲醛或异氰酸酯(MDI)等,污染环境,伤害人体	主要为甲醛,污染环境,伤害人体
2.2.2 粉尘	污染环境,伤害人体,产生“尘肺”职业病	污染环境,伤害人体,产生“尘肺”职业病
2.2.3 噪音	污染环境,伤害人体健康	污染环境,伤害人体健康
2.2.4 固体废弃物	污染环境	污染环境
2.2.5 灰渣	污染环境	污染环境
2.2.6 二氧化碳	产生温室效应,加剧全球变暖	产生温室效应,加剧全球变暖
2.2.7 二氧化硫	可形成酸雨,危害大气和人体健康	可形成酸雨,危害大气和人体健康
2.2.8 氮氧化物	形成光化学污染,危害大气和人体健康	形成光化学污染,危害大气和人体健康
2.2.9 废热	向空气中散热,造成能源浪费和热污染	向空气中散热,造成能源浪费和热污染
2.2.10 烟尘	可造成大气污染	可造成大气污染
3 产品销售		
3.1 包装	产生包装废弃物,造成环境污染	产生包装废弃物,造成环境污染
3.2 运输	汽车运输和尾气排放,对人体和大气造成危害	汽车运输和尾气排放,对人体和大气造成危害
4 使用	有甲醛释放;如果所用胶黏剂为异氰酸酯,则无有害物质	甲醛释放,对人体造成伤害
5 废弃后处理		
5.1 粉碎还田	可增加土壤肥力,但会消耗动力、能源和人力	
5.2 燃烧	可造成环境污染,影响人体健康	可造成环境污染,影响人体健康
5.3 再制造	消耗人力、能源,可节约木材资源	消耗人力、能源,可节约木材资源
5.4 自然降解	不形成环境污染,消耗人力、能源最小	不形成环境污染,消耗人力、能源最小
5.6 燃料	废物利用,不形成环境污染	废物利用,不形成环境污染

板并不占有优势。天然气和煤的消耗主要集中于产品的生产阶段,包括原料的制备、干燥和热压等工艺,在一定的条件下对于能源的消耗主要取决于人造板的制造工艺和经营者的管理水平,受原料种类的影响不大,可认为农作物秸秆人造板与木质人造板在消耗煤和天然气方面差异不明显。另外,石油、天然气和煤的燃烧会造成灰渣和烟尘等固体污染物,但由于农作物秸秆人造板和木质人造板对这些材料的消耗无明显差异,可认为由该材料的使用造成的环境污染也不明显。

2.3.6 人力 在人造板的生产线建设、原料收集、产品生产、产品销售以及产品的后处理等各个阶段均有投入。由于农作物秸秆的季节性和堆积密度小等特点,相对于木质人造板,单位产品消耗的人力资源较大。但结合中国的人力资源现状,人力资源消耗更大更利于解决中国的人口就业问题,所以在此方面利用农作物秸秆生产人造板并不会产生负面影响。

2.3.7 电力 分布于人造板的生产线建设和产品生产阶段。在生产线建设阶段,主要取决于外部环境,包括场地选择、工人的操作熟练程度和管理者的水平,与原料种类的关系不大,可认为农作物秸秆与木质人造板消耗的电能是相同的。在产品生产阶段,消耗电能的环节常因板种的不同而不同,而农作物秸秆相对木质材料而言,质地较软,结构蓬松,更易于进行切削、热磨和干燥等,与木质人造板相比不存在明显的劣势。

2.3.8 水资源 水资源的消耗同样会因板种的不同而产生差异,在刨花板生产过程中主要集中于胶黏剂的生产阶段,而在中密度纤维板的生产过程中主要集中于纤维制备和胶黏剂制造2个阶段,而与原料的种类没有多大关系,可以认为,农作物秸秆人造板与木质人造板所消耗的水资源是相同的,而水污染的形成也取决于水资源的消耗和人造板的板种。

由上可见,鉴于中国的人造板生产现状,利用农作物秸秆生产人造板相对木质人造板在保护土地资源、固碳和保护森林资源方面都具有明显的优势,而在钢材、混凝土、玻璃、化石能源、人力、电力和水资源等消耗方面和木质人造板无明显差异。但是,随着中国人造板工业的发展,人造板生产线的增加,木质人造板的规模效益将越来越明显,农作物秸秆人造板则由于受到原料制约,其生产规模不能太大,届时农作物秸秆人造板的环保效益将不明显,为了充分发挥农作物秸秆的环保效益,加快农作物秸秆人造板的工业化发展速度,提出如下的改善评价。

2.4 改善评价

2.4.1 加快生产设备的标准化进程 提高设备的循环利用率,延长设备的使用寿命,比如某些完好的零件在旧的机器报废后,不经过任何加工就可与新的设备重新组装,以减少钢材用量。

2.4.2 提高厂址的选择水平,企业的管理水平和经营水平 首先,在建设农作物秸秆人造板生产线时,要充分调查当地的农作物秸秆资源状况、人造板需求状况和交通状况,以尽可能减少原料、产品的运输半径,减少对石油资源的消耗,并根据农作物秸秆的资源状况和人造板的生产规模,计算出原料的最佳收购半径。其次,充分利用和借助科研工作者的力量,研究和确定出农作物秸秆人造板的最佳生产工艺,以减少对能源的消耗和由此带来的环境污染。最后,提高产品生产效率,实现满负荷生产和无故障运行,可以进一步减少人造板生产过程中所需要的热能和电力。

2.4.3 充分进行废物再利用 首先,利用人造板生产中产生的固体粉尘、固体废弃物和边角料来做燃料,以提供生产时所需要的热能,既可减少固体废弃物造成的环境污染,又可减少对天然气和煤的消耗,燃烧剩下的灰渣还可作为钾肥还田,以减少秸秆使用对土地肥力造成的影响。此外,利用秸秆废料作燃料还可减少二氧化硫气体的排放,因为秸秆材料中的含硫量比标准煤的少得多^[16],仅为标准煤的3.6%;而由秸秆材料燃烧排放的二氧化碳又可以被农作物秸秆所吸收,是一个碳平衡过程,不会增加环境负荷;还可减少煤燃烧所产生的灰渣造成的环境污染。其次,充分利用生产中所产生的废热,采用循环水或循环蒸汽形式,以尽可能减少生产过程中向空气中排放的废热,并节约能源,减少水消耗和水污染。

2.4.4 提高经营者的环保意识 首先,在人造板的生产过程中采取合理的措施,以控制人造板生产过程中可产生的粉尘、有机挥发物和噪音污染,营造一个真正的绿色、无污染的生产环境,以保证工人的身心健康。其次,利用游离甲醛含量低的胶黏剂或者不含甲醛的胶黏剂(比如异氰酸酯胶黏剂)进行

制板, 对利用脲醛树脂制造的板材进行后处理或者将板材进行密封处理以减小板材在使用过程中的游离甲醛释放对人体造成的伤害。最后, 呼吁广大消费者在产品的寿命期结束后, 尽量不要采取燃烧的方式进行处理, 可采用掩埋或交由相关部门进行集中掩埋、制造燃料、粉碎还田或二次利用的方式进行处理, 以减少农作物秸秆人造板的后处理对环境和农作物秸秆使用对土地肥力造成的负面影响。

3 结论

现阶段, 利用农作物秸秆制造人造板与利用木质材料制造人造板相比, 可产生明显的生态效益: 利用 0.067 hm^2 农地的农作物秸秆就可使 $333 \sim 667 \text{ hm}^2$ 的土地免于造林, 同时也可保护 $333 \sim 667 \text{ hm}^2$ 的林地不被砍伐; 还可起到固碳的作用。利用 0.067 hm^2 农地的农作物秸秆来生产人造板就相当于增加了 $0.167 \sim 0.194 \text{ hm}^2$ 的林地对二氧化碳的吸收和对氧气排放。

为了使利用农作物秸秆生产的人造板能够适应人造板工业的发展要求和更加绿色环保, 笔者建议, 利用农作物秸秆生产人造板应加快人造板生产机械标准化, 提高厂址的选择水平、企业的管理水平、经营水平和环保意识, 并充分进行废物再利用, 以尽可能减少农作物秸秆人造板生产过程中消耗的钢材、化石能源、电力和水资源等, 并减小因能源消耗而产生的环境污染、人体伤害和对土地肥力造成的影响。

参考文献:

- [1] 沈北灵. 我国木材进口分析[J]. 林产工业, 2004, **31** (6): 6 - 9.
SHEN Beiling. Analysis on wood import of China [J]. *China For Prod Ind*, 2004, **31** (6): 6 - 9.
- [2] 于文吉, 马红霞, 王天佑, 等. 农作物秸秆人造板发展现状与应用前景[J]. 木材工业, 2005, **19** (4): 5 - 8.
YU Wenjie, MA Hongxia, WANG Tianyou, *et al.* Current markets and potential applications for agrifiber based panels in China [J]. *China Wood Ind*, 2005, **19** (4): 5 - 8.
- [3] 周定国, 张洋. 我国农作物秸秆材料产业的形成与发展[J]. 木材工业, 2007, **21** (1): 5 - 8.
ZHOU Dingguo, ZHANG Yang. The development of straw based composites industry in China [J]. *China Wood Ind*, 2007, **21** (1): 5 - 8.
- [4] CONSOLI F, ALLEN D, BOUSTED I, *et al.* *Guidelines for Life-Cycle Assessment: A Code of Practice* [M]. Sesimbra: Society of Environmental Toxicology and Chemistry, 1993.
- [5] ISO/DIS14040. *Environmental Management-Life Cycle Assessment-Part: Principles and Framework* [S]. 1997.
- [6] 顾道金, 朱颖心, 谷立静. 中国建筑环境影响的生命周期评价[J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2006, **46** (12): 1953 - 1956.
GU Daojin, ZHU Yingxin, GU Lijing. Life cycle assessment for China building environment impacts [J]. *J Tsinghua Univ Sci Technol*, 2006, **46** (12): 1953 - 1956.
- [7] 张培, 田长生, 黄志甲. 钢铁产品生命周期影响评价方法[J]. 安徽工业大学学报, 2007, **24** (1): 84 - 88.
ZHANG Pei, TIAN Changsheng, HUANG Zhijia. Life cycle impact assessment method for iron and steel products [J]. *J Anhui Univ Technol*, 2007, **24** (1): 84 - 88.
- [8] 胡志远, 谭丕强, 楼狄明. 不同原料制备生物柴油生命周期能耗和排放评价[J]. 农业工程学报, 2006, **22** (11): 141 - 146.
HU Zhiyuan, TAN Piqiang, LOU Diming. Assessment of life cycle energy consumption and emissions for several kinds of feed stock based biodiesel [J]. *Trans CSAE*, 2006, **22** (11): 141 - 146.
- [9] 汤传毅, 万融. 棉纺织品的生命周期清单分析[J]. 上海纺织科技, 2003, **31** (6): 1 - 3.
TANG Chuanyi, WAN Rong. The life cycle inventory on cotton textiles [J]. *Shanghai Text Sci Technol*, 2003, **31** (6): 1 - 3.
- [10] 王晓昌, 王巧, 熊家晴. 宝鸡市城市水环境系统 LCA 研究[J]. 西安建筑科技大学学报: 自然科学版, 2006, **38** (6): 741 - 745.
WANG Xiaochang, WANG Qiao, XIONG Jiaqing. Life cycle assessment of urban water environment system in Baoji City [J]. *J Xi'an Univ Arch Technol Nat Sci Ed*, 2006, **38** (6): 741 - 745.
- [11] 任辉, 杨印生, 曹利江. 食品生命周期评价方法及其应用研究[J]. 农业工程学报, 2006, **22** (1): 19 - 22.

- REN Hui, YANG Yinsheng, CAOLijiang. Food life cycle assessment method and its application [J]. *Trans CSAE*, 2006, **22** (1): 19 – 22.
- [12] 钟东阶, 王家青. 产品生命周期理论在汽车制造业中的应用[J]. 机床与液压, 2007, **35** (5): 51 – 52.
- ZHONG Dongjie, WANG Jiaqing. The application of life cycle assessment in motor production [J]. *Mach Tool & Hydraul*, 2007, **35** (5): 51 – 52.
- [13] TAKUYUKI Y, KAZUHIRO A, TOSHIO N, *et al.* Energy and carbon dioxide(CO₂) balance of logging residues as alternative energy resources: system analysis based on the method of a life cycle inventory (LCI) analysis [J]. *J For Res*, 2005, **10**: 125 – 134.
- [14] 孙启祥. 从生命周期角度评估木材的环境友好性[J]. 安徽农业大学学报, 2001, **28** (2): 170 – 175.
- SUN Qixiang. Assessment on environmental friendly characteristics of wood from angle of life cycle [J]. *J Anhui Agric Univ*, 2001, **28** (2): 170 – 175.
- [15] 薛拥军, 向仕龙, 刘文金. 中密度纤维板产品的生命周期评价[J]. 林业科技, 2006, **31** (6): 47 – 49.
- XUE Yongjun, XIANG Shilong, LIU Wenjin. Life cycle assessment of MDF [J]. *For Sci Technol*, 2006, **31** (6): 47 – 49.
- [16] 尚琳琳, 程世庆, 王宪红, 等. 生物质与 3 种不同变质程度的煤混合热解 H₂S 析出规律[J]. 节能技术, 2007, **25** (5): 410 – 412.
- SHANG Linlin, CHENG Shiqing, WANG Xianhong, *et al.* Investigation of the characteristics of H₂S released from biomass and coals of different metamorphic grade blends during co-pyrolysis [J]. *Energy Conserv Technol*, 2007, **25** (5): 410 – 412.
-

浙江林学院 4 个创新团队被确定为首批“浙江省重点创新团队”

近日, 中共浙江省委办公厅、浙江省人民政府办公厅公布了首批“浙江省重点创新团队”及团队带头人名单。浙江林学院推荐的 4 个创新团队被确定为首批“浙江省重点创新团队”; 7 位教授被确定为团队带头人。

浙江林学院作为牵头单位的 4 个省重点创新团队中, 有 3 个科技创新团队: 方伟教授领衔的“竹产业创新团队”, 包志毅教授领衔的“花卉产业创新团队”, 童再康教授领衔的“林木种苗产业创新团队”; 1 个文化创新团队: 王旭烽教授领衔的“茶文化产品创意创新团队”。

另外, 由浙江林学院教授参与并担任带头人的 3 个创新团队同时获批, 分别是: 朱祝军教授参与的“蔬菜产业创新团队”, 张立钦教授参与的“农业‘生物三药’产业创新团队”, 黄坚钦教授参与的“果品产业创新团队”。

首批“浙江省重点创新团队”共遴选 100 个, 其中科技创新团队遴选 50 个, 主要依托高校、科研院所, 从事科学研究和技术创新工作; 企业技术创新团队遴选 35 个, 主要依托企业, 从事科技成果转化和产业化工作; 文化创新团队遴选 15 个, 主要依托高等院校及文化创意、新闻传播等机构, 从事文化领域的研发、创作和推广工作。

李燕