

# LCA 数据库专题竞赛

## 参赛报告

### 参赛小组信息：

LCA 数据集名称：循环木托盘 LCA 报告

小组成员：雷鹏、谢登高、郭林伟、郭生旭、赵晓茹、陈兆璇

指导老师：张蕾

大学/学院：天津科技大学-包装工程系

## 一、 技术代表性分类和目标代表性定义

本小组选择【木托盘】作为 LCA 研究的目标产品。

通过查阅资料，对“木托盘 LCA”的技术代表性进行了分类分析，并最终明确定义了本研究的目标代表性。

### 1、木托盘产品的技术代表性分类分析

#### (1) 技术代表性的基本分类与单元过程划分

表 1 木托盘的技术代表性基本分类与单元过程划分

分类方法	分类结果与解释
1、按基本工艺技术分类	两大类基本工艺技术： <ul style="list-style-type: none"><li>• 最普遍的是“全自动生产线+人工装订”组合的生产工艺。当订单较少的时候选择人工装订，订单量较大的时候选择全自动生产线装订。</li><li>• 较多是采用机械辅助全人工装订木托盘</li></ul> 本表以下分类均基于“全自动生产线+人工装订”工艺技术
2 按照托盘用途分类	按托盘的主要用途可分为：门到门运输使用托盘、反复使用的循环托盘、一次性托盘、管内托盘、可交换托盘、共有托盘、联运通用平托盘、共用托盘八种 本表以下分类均基于“循环托盘”
3、按主要原料种类分类	目前我国的木托盘原木材料主要分为：胶合板、松木、杉木（冷杉）杨木以及其他杂硬木。

	本表以下分类均基于木材原料为松木、杉木
4、按托盘型号分类	装载货物的托盘流向直接影响托盘尺寸的选择。通常去往欧洲的货物要选择 1210 托盘(1200mm×1000mm)或 1208 托盘(1200mm×800mm)； 去往日本、韩国的货物要选择 1111 托盘 (1100mm×1100mm)； 去往大洋洲的货物要选择 1140mm×1140mm 或 1067mm×1067mm 的托盘； 去往美国的货物要选择 48 英寸×40 英寸的托盘，国内常用 1210 托盘 (1200mm×1000mm) 发往美国。 本表以下分类均基于托盘尺寸为 1200mm×1000mm
5、在数据调查范围中划分单元过程	木托盘整个生命周期过程应该包括从原材料的开采到最终的废弃。根据各种资料的调查，从生产过程的数据可得性考虑，LCA 模型中可以划分 4 个实景单元过程： <b>原木的开采、托盘的生产、托盘的使用、托盘的废弃</b> 。背景单元过程按照主要消耗可分为：原木的运输、木料的耗费

## (2) 单元过程的技术代表性细分

表 2 木托盘整个生命周期单元过程的技术代表性细分

单元过程 技术 代表性细分	木料的开 采	托盘的生产	托盘的使用	托盘的废弃
(1) 产品规格型号	未区分	木托盘按照尺寸大小分类 GB/T31148 (1000*1200*165mm) 1210 托盘 (1200mm×1000mm) 1208 托盘 (1200mm×800mm) 质量 25Kg	GB/T31148 (1000*1200*165mm) 质量 25Kg	GB/T31148 (1000*1200*165mm) 质量 25Kg
(2) 原料种类	·胶合板 ·松木 ·杉木 (冷杉) ·杨木 ·其他杂硬木	混合材种类： 木料、铁钉、颜料、工业自来水 石蜡、防虫剂	木材、石蜡、防虫剂	未区分
(3) 能耗类型	主要使用柴油，未区分	主要使用电力、煤炭，未区分	未区分	未区分

(4) 工艺设备类型	全自动机械砍伐, 未区分	设备较多, 数据不易区分: 干燥热处理库、全自动电能裁断机、雕刻床、双面刨床、全自动装订机(一般用于大批量生产, 效率1200 件/天) 等设备	未区分	未区分
(5) 生产规模类型	未区分	小型<500 件/天 中型500-1000 件/天 大型>1200 件/天	未区分	未区分
(6) 辅助工艺设备类型	未区分	废料作为生物燃料(未区分)	未区分	废料作为生物燃料(未区分)

## 2、目标代表性定义

### (1) 选定技术代表性

从资料调研中知道, 从南美洲进口的松木、杉木为主要原料、以电力为主要能源、采用全自动装订机械(废料作为生物燃料)生产的 **GB/T31148** 木托盘, 占到中国木托盘市场份额 75%以上。因此是循环木托盘 LCA 数据集开发的首选基本技术代表性。

除上述基本技术代表性外, 木料的种类也是影响 LCA 结果的重要因素(因为像胶合板这样的木料会引入大量的胶粘剂式加入 LCA 模型计算, 会增加更多种类的排放), 因此其比例对 LCA 结果有重要影响, 需要细分。

上述代表性中木托盘的型号是影响 LCA 结果的重要原因, 不同标准的木托盘有着不同的结构和质量, 消耗的原材料的量也不一样, 所以最终 LCA 结果也有很大的不同。

考虑到货物托盘的流向、这将直接影响托盘尺寸的大小, 也会直接影响 LCA 的结果。按照资料给出的各种流通环境下托盘的尺寸和规格, 粗略划分了流通领域和木托盘尺寸的关系, 得到 LCA 技术代表性划分如表 3。

表 3 木托盘常见的规格分类表

托盘分类方式	具体种类	具体参数
ISO 标准	1200*800	原木耗费 0.38-0.4m <sup>2</sup>

	1200*1000	原木耗费 0.4-0.45m <sup>2</sup>
	1219*1016	原木耗费 0.45-0.5m <sup>2</sup>
	1100*1100	原木耗费 0.4-0.45m <sup>2</sup>
	1067*1067	原木耗费 0.38-0.4m <sup>2</sup>
平托盘	不同结构和使用方法	单面形、双面单用型、双面双用型、翼型
	叉车插入方式	单向插入型、双向插入型、四向插入型
柱式托盘	固定式	基本结构是托盘的4个角有钢制立柱，柱子上端可用横梁连接，形成框架型。
	可拆卸式	
箱式托盘	固定式	四面没有侧板的托盘，有的箱体上有顶板，有的没有顶板。箱式托盘的防护能力很强，可防止塌垛和货损，可装载异形不能稳定堆码的货物。
	折叠式	
	可拆卸式	
轮式托盘	底部安装轮子	底部安装了车轮，方便短距离的移动，自行搬运或滚上滚下式的装卸等优势，用途广泛，实用性极强。

## (2) 选定目标代表性：

本 LCA 研究的目标代表性定义为：以南美洲（主要在巴西）开采的松木和杉木为主要原材料、以中国华北电力为主要能源、采用全自动生产设备（木屑及下脚料通常用来制作锯末垫块、颗粒燃料、定向刨花板等）生产的 GB/T31148（1200\*1000\*165）木托盘，且各种不同分类的木托盘（见表 3）。数据应代表中国华北地区特定企业及供应链 2017 年行业（技术）水平。

选定的目标代表性应写入 LCA 模型的目标与范围定义中（如下图中 eFootprint 界面截图所示），最后也应写入 LCA 数据集文档（见后）和 LCA 报告中。

循环托盘		目标与范围定义	生命周期模型	LCA结果	评审
提示: 查看和填写对本页信息的评审意见					
模型名称: 循环托盘(Piece(s), GB/T31148 (1000*1200*165mm) ),企业LCA-代表此企业及供应链水平 (采用实际生产数据), 中国, 2017					
<b>研究目标</b>					
*产品名称:	循环托盘	产品类别:	木托盘(GB/T31148)		
规格型号:	GB/T31148 (1000*1200*165mm)	形状与形态:	单件/台/套		
*研究类型:	企业LCA-代表特定企业及供应链水平 (用于企业产品报告/工艺设备选型分析)	功能单位与基准流:	生产一个用于循环使用的木托盘所		
<b>研究范围</b>					
*系统边界:	全生命周期 (从资源开采到产品废弃)	实景过程范围:	原料运输、木托盘生产、木托盘使用、木托盘的废弃		
产地:	中国	*基准年:	2017		
工艺设备:	生产加工机械: (1) 全自动气 (2) 钢带折弯机 (3) 全自动圆角机 (4) 干燥热处理库 (5)	生产规模:	200万件/年		
主要原料:	松木, 杉木	主要能耗:	电能, 化石能源		
取舍规则:		数据质量评估:			

图 1 LCA 模型的目标代表性定义 (eFootprint 截图)

另外, 通过上述分析还可以注意到: 除上述市场份额最大的技术代表性之外, 还有一些生产加工技术因素会导致 LCA 结果显著变化, 例如小批量生产时, 采用人工组装。相比于全自动机械设备消耗的能源大大降低。此外原料产地和最终的 LCA 结果也有很大的联系, 因为原料运输过程产生的碳排放其 LCA 结果将有显著不同, 应该单独收集数据, 开发独立的 LCA 数据集, 但不在本次的 LCA 研究范围之内。

## 二、 LCA 数据集文档

**数据集名称:** 循环木托盘 (GB/T31148) -全自动生产设备-松木、杉木-中国华北地区-2017

### 1、系统功能与系统边界

**系统功能与基准流:** 木托盘生产, 1 件

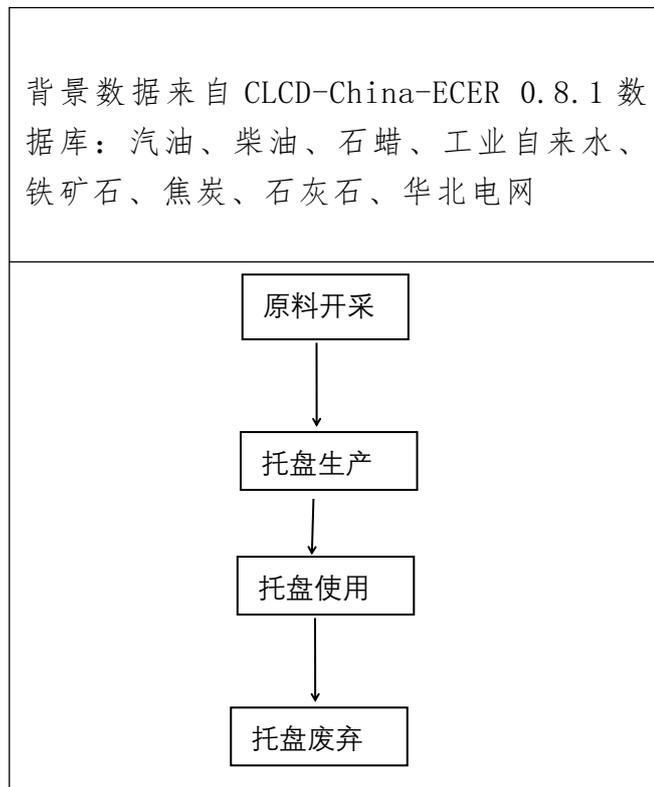
**LCA 研究类型：**LCA-代表华北地区同规模企业的市场或技术平均水平

**产地：**中国

**基准年：**2017 年

**系统边界：**从木材原料的开采到托盘的废弃（“从摇篮到坟墓”）

- **实景过程：**划分为循环托盘的生产、循环托盘的使用、循环托盘的废弃、原料开采四个单元过程，按照主要消耗细分为原料开采过程中的耗费和原料运输。
- **背景过程：**采用背景数据库，追溯了各种原料以及能源的上游生产过程直到资源开采为止。



## 2、实景过程数据代表性

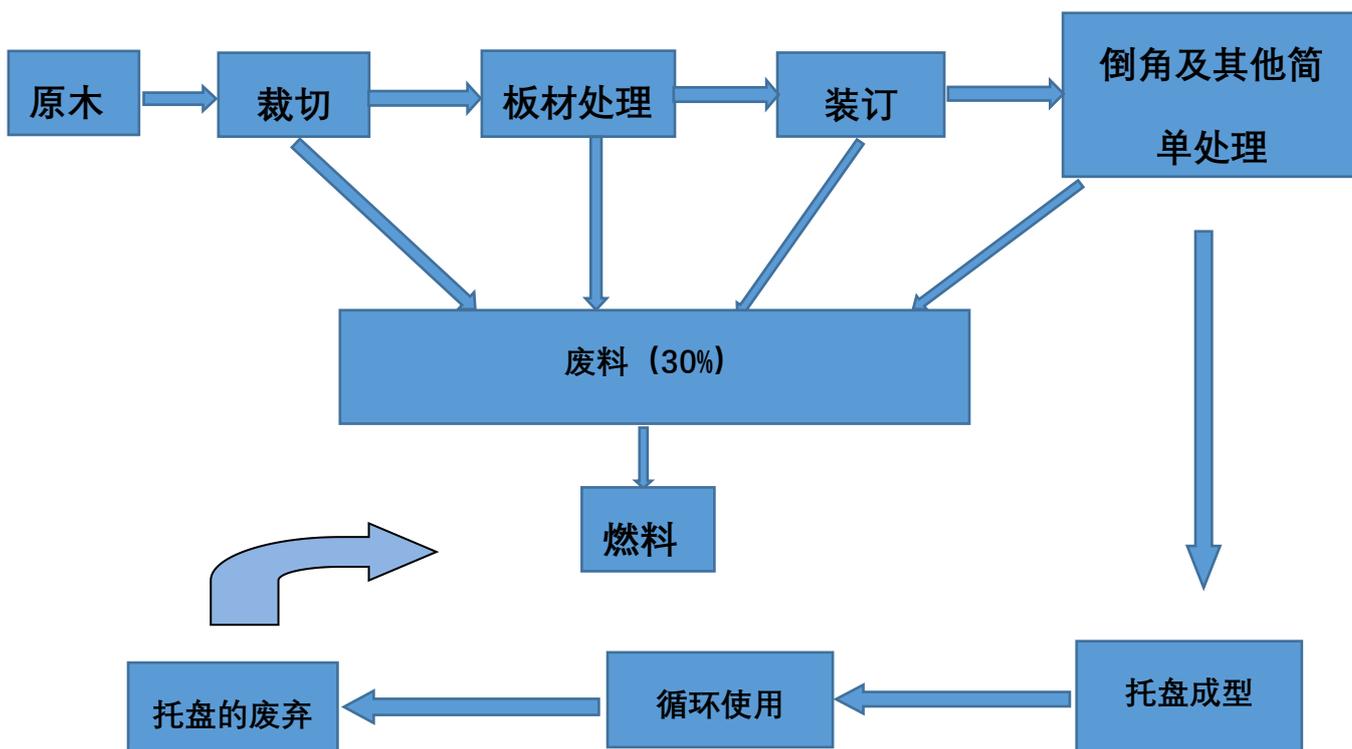
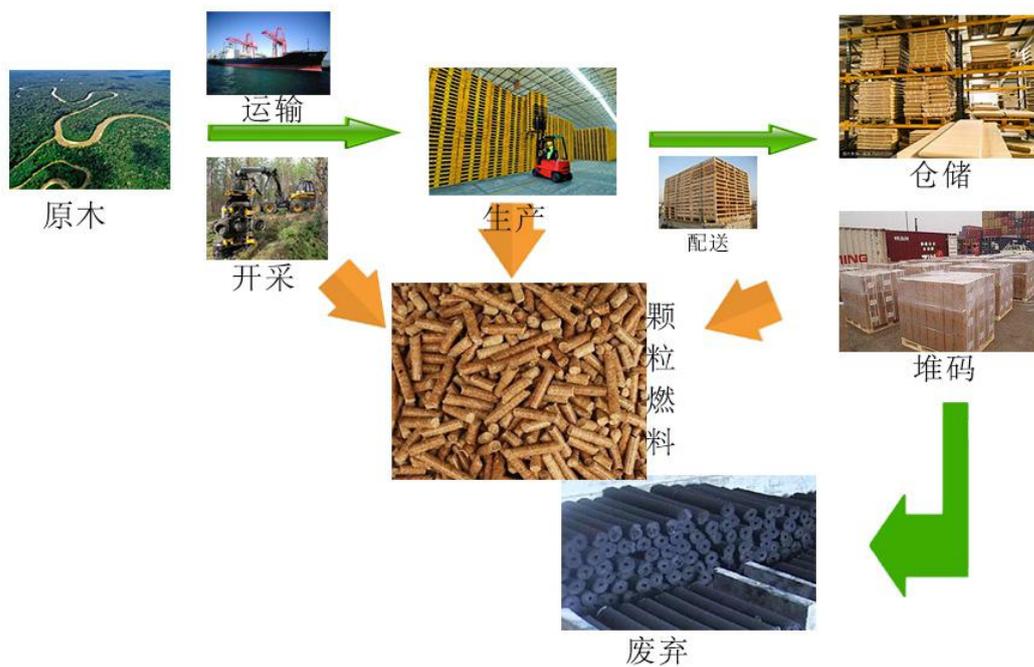
**产品种类与规格：**循环木托盘（GB/T31148 即尺寸为 1200\*1000\*165、质量为 25Kg）

**主要技术代表性：**全自动装订机（一般用于大批量生产，效率 200 万件/年）、常规原料（松木、杉木）、常规能耗（柴油、汽油、电力）、木屑及下脚料通常用来制作锯末垫块、颗粒燃料、定向刨花板等。

过程 \ 类别	工艺设备与规模	主要消耗	主要排放
原料开采	自动伐木机功率 45-50KW 远洋货船（载重 8-10 万吨）	柴油	CO <sub>2</sub>
托盘的生产	核心工艺技术：全 自动装订机（一般 用于大批量生产， 效率 1200 件/天）	电能	颗粒物
托盘的使用	—	防潮剂、防腐剂	颗粒物
托盘的废弃	颗粒燃料生产设 备	电能	CO <sub>2</sub> 、颗粒物

**主要数据来源：**工厂实地考察咨询所得数据、木托盘行业研究论文、工业木托盘生产制造的行业标准《GB 27704》、企业生产数据记录表。模型包含了行业排放标准里主要的排放，并补充了来自文献资料统计的排放数据。

实景过程工艺流程图



### 3、建模方法

副产品：副产品，木屑及下脚料通常用来制作锯末垫块、颗粒燃料、定向刨花板等。

再生循环：无再生原料消耗，无废弃再生过程

取舍规则：符合 CLCD 取舍规则。例如：木托盘生产好后，需要用颜料做标识。所用颜料的质量小于整个木托盘质量的 1% 所以将其忽略，不追溯上游过程。

缺失过程：无

背景过程数据库：主要原料均采用 CLCD-China-ECER 0.8.1

软件工具：采用亿科 eFootprint 系统，在线完成全部 LCA 工作，包括建模、计算分析、数据质量评估、LCA 结果发布。

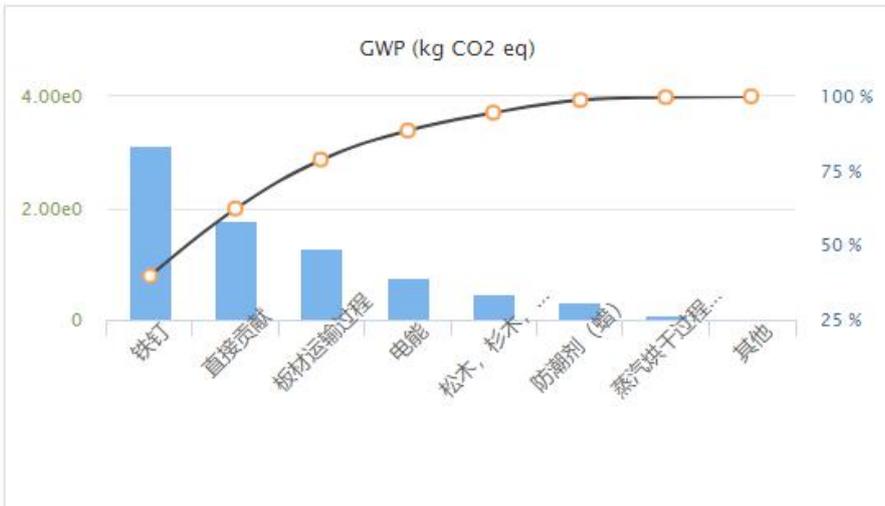
## 4、LCA 结果分析

- 过程累积贡献分析：以 GWP（全球暖化/碳足迹）、PED（初级能源消耗）、ADP（非生物资源消耗潜值）三个指标为

循环托盘				目标与范围定义	生命周期模型	LCA结果	评审
累积贡献				灵敏度分析	完整性检查	数据质量评估	报告与发布
过程名称	GWP (kg CO <sub>2</sub> eq)	PED (MJ)	ADP (kg Sb eq)				
木材, 杉木, 麦口木...	0.50%	0.50%	0.65%				
电能	0.81%	0.48%	0.13%				
▶ 铁钉	2.29%	1.23%	0.98%				
防潮剂 (蜡)	0.35%	1.00%	2.15%				
蒸汽烘干过程消耗的...	0.00%	0.00%	0.00%				
蒸汽烘干过程消耗的...	0.08%	0.60%	0.14%				
▶ 板材运输过程	1.36%	1.02%	2.19%				
▲ 循环托盘 使用	10.75%	30.14%	54.52%				
直接贡献	0%	0%	0%				
防潮剂 (蜡)	10.44%	29.84%	54.47%				
防腐剂 (硼砂、硼酸...)	0.31%	0.19%	0.05%				
▶ 循环托盘 废弃	62.24%	53.35%	15.68%				
▶ 原料的运输	18.72%	11.87%	1.254%				

- 单个过程的贡献分析：以生产过程和全球暖化指标的 Pareto 图和双饼图为例。

帕累托图 所有数据



双饼图 所有数据



- 清单数据灵敏度分析：实景过程的各项消耗与排放对 LCA 结果的贡献率（即灵敏度），由此排序可以识别重要的消耗排放。

过程名称	清单名称	上游数据类型	GWP (kg CO2 eq)	PED (MJ)	ADP (kg Sb eq)
循环托盘	循环托盘 废弃	实景UP	62.24%	53.35%	16.68%
循环托盘 废弃	木炭	背景AP	13.86%	53.35%	16.68%
循环托盘	循环托盘 生产	实景UP	8.29%	4.65%	6.26%
循环托盘	循环托盘 使用	实景UP	10.75%	30.14%	64.52%
循环托盘	原料的运输	实景UP	18.72%	11.87%	12.54%
循环托盘 使用	防潮剂 (蜡)	背景AP	10.44%	29.94%	64.47%
原料的开采	干燥剂 (CaO)	背景AP	9.05%	6.99%	2.13%
循环托盘 生产	铁钉	实景UP	3.29%	1.23%	0.98%
铁钉	铁矿石	背景AP	1.93%	1.10%	0.94%
原料的耗费	原木的砍伐	实景UP	8.11%	4.02%	8.56%
原木的砍伐	柴油的消耗	背景AP	1.56%	4.02%	8.56%
原料的开采	原料的耗费	实景UP	8.11%	4.02%	8.56%
循环托盘 生产	电脱	背景AP	0.81%	0.48%	0.13%
循环托盘 生产	松木, 杉木, 复合木材 - 货车运输	背景AP	0.50%	0.30%	0.65%
循环托盘 使用	防腐剂 (硼砂, 硼酸, 硼酸盐)	背景AP	0.31%	0.19%	0.05%

## 5、CLCD 数据质量评估

- **识别重要数据：**eFootprint 计算每一项消耗或排放对各项 LCA 指标的灵敏度，然后按其最大的灵敏度排序。

提示：评估灵敏度[绝对值]≥1%的清单，即可查看评估结果(忽略了灵敏度[绝对值]≤1%清单造成的不确定度)

全部	一键评估		
过程名称	清单名称	最大灵敏度	评估状态
循环托盘	循环托盘 使用	ODP (kg CFC-11 eq):78.50%	已评估
循环托盘 使用	防潮剂 (蜡)	ODP (kg CFC-11 eq):78.49%	已评估
循环托盘	循环托盘 废弃	GWP (kg CO2 eq):62.24%	已评估
循环托盘 废弃	木炭	PED (MJ):53.35%	已评估
循环托盘 废弃	二氧化碳 (其他) [非城区或非地面的大气排放]	GWP (kg CO2 eq):48.37%	已评估
循环托盘	循环托盘 生产	POFP (kg NMVOC eq):19.55%	已评估
循环托盘	原料的运输	GWP (kg CO2 eq):18.72%	已评估
原料的开采	干燥剂 (CaO)	RI (kg PM2.5 eq):12.60%	已评估
循环托盘 生产	铁钉	RI (kg PM2.5 eq):12.57%	已评估
铁钉	铁矿石	RI (kg PM2.5 eq):12.43%	已评估

- **不确定度评估：**eF/CLCD 系统采用谱系矩阵评估主要消耗和排放（灵敏度>1%）的不确定度，以及主要消耗连接的背景数据的匹配不确定度。

清单数据不确定度评估

过程名称: 循环托盘 废弃; 清单名称: 二氧化碳 (其他) [非城区或非地面的大气排放]; 数量单位: 45.83(kg)

清单数据资料不确定度评估

开 清单数据基础不确定度 (自定义): ± 数值 %

评估项	实景过程目标代表性	清单数据实际代表性	不确定度(±)
(选项) 主要数据来源	代表企业及供应...	行业资料/理论推...	30.00%
(选项) 样本代表性	代表企业及供应链实际数据	企业多次监测统...	10.00%
(选项) 时间代表性	2017	2017	0%
(选项) 地理代表性	中国	中国	0%
(选项) 技术代表性	过程名称:循...	从被研究企业得...	0%

评估

- **LCA 结果的不确定度：**最终得到每项 LCA 指标结果的不确定度，如下图。

用户可以根据不确定度结果，补充收集数据，迭代改进。



## 6、数据集适用范围

(1) 中国市场内 75% (2017 年) 的木托盘都是采用全自动装订机 (一般用于大批量生产, 效率 1200 件/天)

(2) 原料来自南美洲, 华北地区采用全自动装订机 (一般用于大批量生产, 效率 200 万件/年) 生产木托盘的企业, 均可采用本数据集所建立的木托盘 LCA 模型

(3) 木料种类对 LCA 结果影响也较大, 如采用胶合板作为生产原料会增加对环境化学物质的排放; 采用复合木材作为原材料会减少了原料开采环节、原料运输环节的碳排放。其 LCA 结果会有显著不同, 应该另行收集数据。

(4) 木托盘的 LCA 结果受托盘规格尺寸、种类型号影响很大, 请在 eF/CLCD 系统中搜索不同标准的托盘 LCA 结果 (木托盘的分类, 见前表 3)。作为示例, 本数据集文档仅描述了尺寸为 1200\*1000\*165 (GB/T31148) 木托盘的 LCA 结果。

(5) 其他木托盘的生产，例如在蒸汽干燥环节采用煤炭作为主要能源，其 LCA 结果有显著不同。同样地，废料处理方式对木托盘 LCA 结果也有较大的影响，应该另行收集数据。

(6) 其他种类的木托盘、其他原料来源地不是南美洲地区、不采用全自动装订机大批量生产方式等，与上述木托盘的 LCA 模型存在较大差异，需要另行开展 LCA 研究。