

LCA 数据库专题竞赛

参赛报告

参赛小组信息：

LCA 数据集名称：硫化锌镭射纸-PET 转移膜上电镀硫化锌-中国-2017

小组成员：李梦婷、杨美琪、冯亚芳、刘雨晨

指导老师：曹国荣

大学/学院：北京印刷学院

一、 技术代表性分类和目标代表性定义

本小组选择【硫化锌纸】作为 LCA 研究的目标产品。

通过查阅资料，对“硫化锌纸 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、 硫化锌纸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 硫化锌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	两种基本工艺技术： <ul style="list-style-type: none">• 最普遍的是通过 OPP (双向拉伸聚丙烯)转移膜、PET (聚对苯二甲酸乙二酯)转移膜上电镀铝层生产出来的转移镭射纸张。• 为了降低成本，减少环境污染。采用电镀硫化锌替代电镀铝层，同样可以在纸张表面形成镭射效果，生产出硫化锌纸。 本表以下分类均基于“ 镀硫化锌 ”工艺技术
2、按主要原料种类分类	按主要薄膜物质可分为：OPP (双向拉伸聚丙烯)转移膜镭射纸、PET (聚对苯二甲酸乙二酯)转移膜镭射纸 本表以下分类均基于 PET 转移膜镭射纸
3、在数据调查范围中划分单元过程	硫化锌纸企业生产通常从原纸生产开始到硫化锌纸出厂为止。从各种资料中分生产过程的数据可得性考虑，LCA 模型中可以划分 7 个单元过程： 原纸生产、切纸、涂布、压花、喷介质硫化锌、分条、复合转移剥离。

(2) 单元过程的技术代表性细分

表 2 硫化锌纸生产单元过程的技术代表性细分

单元过程 技术 代表性 细分	原纸生产	切纸	涂布	模压	喷介质硫化 锌	分条	复合转移 剥离
(1) 产 品规格 型号	<ul style="list-style-type: none"> • 白纸板 • 印刷书写纸 • 铜版纸 • 包装纸 • 新闻纸 	未区分	<p>采用的薄膜种类已分类。</p> <p>辅料有差异,但判断影响不大,未分类</p>	未区分	未区分	未区分	未区分
(2) 原 辅料类 型	<ul style="list-style-type: none"> • 木浆 • 草浆 • 竹浆 	未区分	<ul style="list-style-type: none"> • 丙烯酸酯(俗称亚克力胶水) • 聚氨酯(俗称PU胶水) • 有机硅压敏胶 <p>其他辅料未区分</p>	未区分	<ul style="list-style-type: none"> • 采用纯度为99.9%-99.999%的硫化锌介质 • 纯度低于99.9%的硫化锌介质,未区分 	未区分	<p>转移胶水</p> <ul style="list-style-type: none"> • 水性转移胶水 • 油性转移胶水 <p>清漆</p> <ul style="list-style-type: none"> • 水性清漆 • 油性清漆 <p>背涂胶,为区分</p>

(3) 能耗类型	<ul style="list-style-type: none"> 煤 (未区分煤种类) 天然气 	主要使用电力, 未区分	主要使用电力, 未区分	<ul style="list-style-type: none"> 电能和导热油 (装在版筒中) 只使用电能 	主要使用电力, 未区分	主要使用电力, 未区分	主要使用电力, 未区分
(4) 工艺设备类型	<ul style="list-style-type: none"> 连续蒸煮器 (大型制浆厂) 间歇蒸煮器 (中小型制浆厂) 	<ul style="list-style-type: none"> 电动切纸机 手动切纸机 数控切纸机 	<ul style="list-style-type: none"> 光辊上涂布机 网纹辊上涂布机 热熔胶喷涂机 	<ul style="list-style-type: none"> PET定位压机 PET无版缝压机 	<ul style="list-style-type: none"> 溅射镀膜机 蒸发镀膜机 离子镀膜机 	滚剪机, 未区分	<ul style="list-style-type: none"> 湿式复合转移剥离机 干式复合转移剥离机
(5) 生产规模类型	特大: ≥ 70 大: 30-70 中: 10-30 小: ≤ 10	未区分	未区分	未区分	未区分	未区分	未区分
(6) 辅助工艺设备类型	未区分	噪声隔音设施, 未区分	未区分	未区分	未区分	噪声隔音设施, 未区分	烘干机, 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，以白卡纸和 PET 转移膜为主要原料、以电能为主要能源、采用 PET (聚对苯二甲酸乙二酯)转移膜上电镀硫化锌生产的硫化锌镭射纸，广泛用于烟酒包装，生产规模 and 市场份额也在逐渐扩大。因此是硫化锌纸 LCA 数据集开发的首选基本技术代表性。

(2) 选定目标代表性：

本 LCA 研究的目标代表性定义为：以白卡纸和 PET 转移膜为主要原料、以电能为主要能源、采用 PET (聚对苯二甲酸乙二酯)转移膜上电镀硫化锌生产的硫化锌镭射纸。数据应代表中国 2017 年行业（技术）平均水平。

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。

硫化锌纸

目标与范围定义 生命周期模型 LCA结果 评审

官方操作指南 积分: 10

模型名称: 硫化锌纸(L, 克重为232克每平方米), 行业LCA-代表市场或技术水平 (采用行业/技术/多家企业资料), 中国, 2017

研究目标

*产品名称:
硫化锌纸

规格型号:
克重为232克每平方米

*研究类型:
行业LCA-代表特定技术/全行业/市场平均水平 (用于流程行业数据编制技术研究)

研究范围

*系统边界:
生命周期-生产阶段 (从资源开采到产品出厂)

产地:
中国

工艺设备:
镀膜机、涂布机、切纸机等

主要原料:
木浆、PET转移膜、硫化锌等

取舍规则:
1. 普通物料重量<1%产品重量时, 以及含稀液或固相成分的物料重量<0.1%产品重量时, 可忽略该物料的上游生产数据; 总共忽略的物料重量不超过 5%;
2. 低价值废物作为原料, 如粉煤灰、矿渣、锯屑、生活垃圾等, 可忽略其上游生产数据;
3. 未测数据情况下, 生产设备、厂房、生产设施等可以忽略;

产品类别:
特种纸

形状与形态:
单件/台/套

功能单位与基准流:
采用PET 转移膜上电镀硫化锌生产1吨硫化锌镭射纸

实施过程范围:
造纸、涂布、模压、镀介质硫化锌

*基准年:
2017

生产规模:
大型

主要能耗:
电能

数据质量评估:
CLCD方法

项目信息:
1) 项目名称
2) 委托方
3) 委托目的

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，还有一些技术因素会导致 LCA 结果显著变化，例如采用聚氨酯（俗称 PU 胶水）和有机硅压敏胶进行涂布生产的硫化锌纸、蒸发镀膜和离子镀生产的硫化锌纸等，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

三、 数据集名称：硫化锌镭射纸- PET 转移膜上电镀硫化锌-中国-2017

1、系统功能与系统边界

系统功能与基准流：硫化锌纸生产，1t

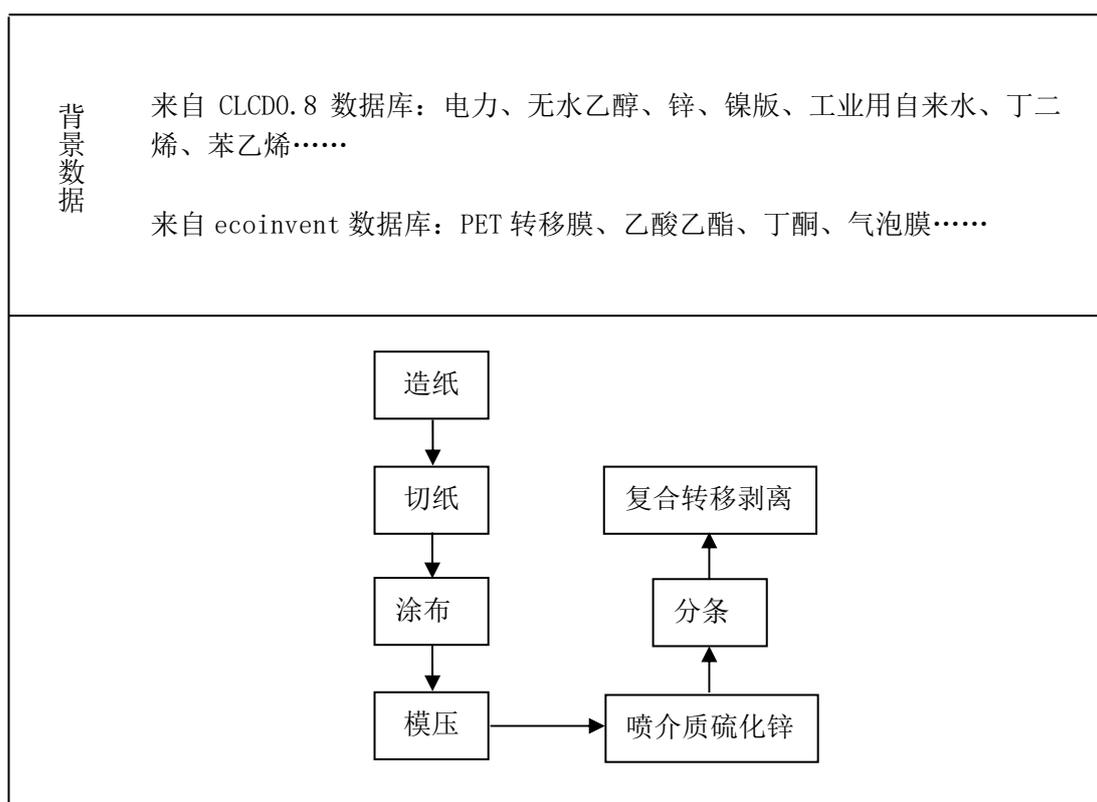
LCA 研究类型：行业 LCA-代表市场或技术平均水平

产地：中国

基准年：2017 年

系统边界：从各种主要资源开采到硫化锌纸出厂为止（“从摇篮到大门”）

- **实景过程**：划分为原纸生产、切纸、涂布、模压、喷介质硫化锌、分条、复合转移剥离七个单元过程，其中造纸、涂布、模压和喷介质硫化锌为主要单元。包含主要生产工序、末端治理和原料运输。
- **背景过程**：采用背景数据库，追溯了各种原料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

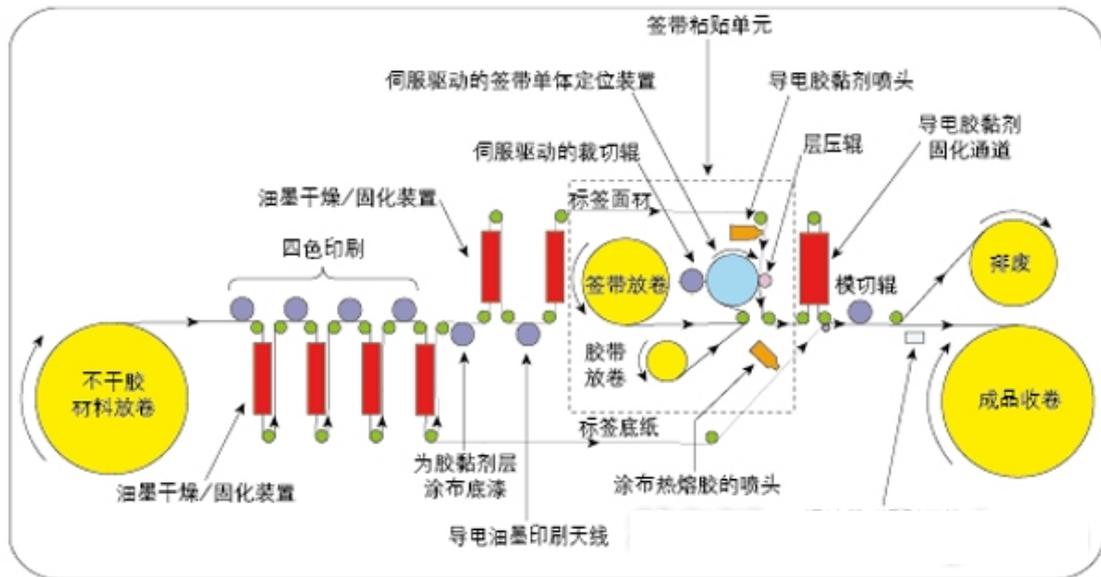
产品种类与规格：硫化锌纸

主要技术代表性：PET 转移膜上电镀硫化锌、常规原料（白纸板、PET 转移膜）、常规能耗（电力）

类别	工艺设备与规模	主要消耗	主要排放
过程名称			
原纸生产	蒸煮器等	木浆、石灰等	二氧化碳等
切纸	切纸机等	硫化锌纸、电能	废纸
涂布	涂布机等	PET转移膜、涂料（BS-0100B）、水、白布头、电能等	废弃涂料、废塑料、废水等
模压	模压机等	镍版、无水乙醇、白布头、电能等	废水、废金属等
喷介质硫化锌	溅射镀膜机等	硫化锌、无水乙醇、杂布头、电能等	废金属、废布、废水等
分条	分条机等	气泡膜、电能等	废塑料等
复合转移剥离	复合转移剥离机等	转移胶水、背涂胶、水性清漆、电能等	废胶水等

主要数据来源：BOM表、环评报告

实景过程工艺流程图 以涂布为例（图片来自互联网）



3、建模方法

副产品：无副产品，余热发电直接抵扣生产电耗

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。

缺失过程：无

背景过程数据库：主要原料均采用 CLCD 0.8，PET 转移膜、乙酸乙酯、丁酮、气泡膜等来自于 ecoinvent

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）、WU（水资源消耗）三个指标为例。

eFootprint 三

■ 硫化锌纸 (运输后) 目标与范围定义 生命周期模型 LCA结果 评审

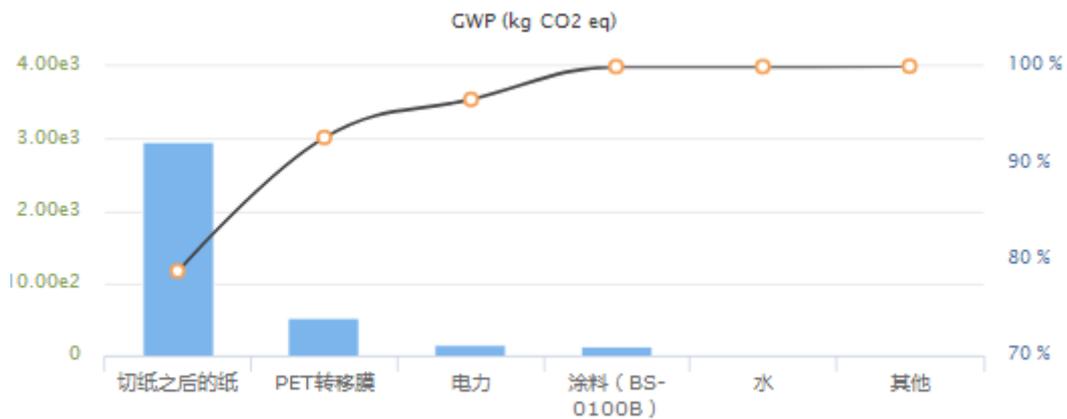
■ 累积贡献 灵敏度分析 完整性检查 数据质量评估 报告与发布

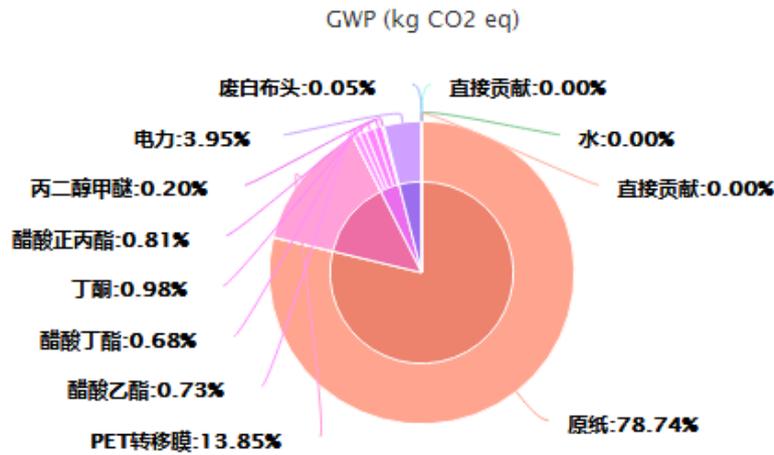
■ 基准流 :合格产品-硫化锌纸 (运输后) (1t)

百分比 ▾

过程名称	GWP (kg CO2 eq)	PED (MJ)	WU (kg)
合格产品 (1)	100.00%	100.00%	100.00%
直接贡献	0%	0%	0%
合格产品	99.52%	99.81%	99.94%
直接贡献	0%	0%	0%
电力	1.27%	0.74%	0.46%
珍珠棉	0.02%	0.02%	0.00%
复合转移剥离之...	98.23%	99.05%	99.48%
直接贡献	0%	0%	0%
电力	39%	1.16%	1.96%
分条之后的纸	91.43%	94.62%	96.72%
转移胶水	0.24%	0.21%	0.11%
背涂胶	0.05%	0.04%	0.17%
水性清漆	1.12%	1.02%	0.53%
运输	0.48%	0.19%	0.06%

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





- **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 ...)	PED (MJ)	WU (kg)
合格产品 (1)	合格产品	实景UP	99.52%	99.81%	99.94%
合格产品	复合转移剥离之后的纸	实景UP	98.23%	99.05%	99.48%
复合转移剥离之后的纸	分条之后的纸	实景UP	91.43%	94.62%	96.72%
分条之后的纸	喷介质硫化锌之后的纸	实景UP	91.35%	94.57%	96.70%
喷介质硫化锌之后的纸	压花之后的纸	实景UP	89.79%	93.66%	96.12%
压花之后的纸	涂布之后的纸	实景UP	88.05%	92.63%	95.43%
涂布之后的纸	切纸之后的纸	实景UP	69.35%	75.41%	73.89%
切纸之后的纸	原纸	实景UP	69.33%	75.40%	73.88%
机制纸	木浆 (进口)	背景AP	29.92%	42.80%	0.05%
涂布之后的纸	涂料 (BS-01008)	实景UP	2.99%	3.58%	1.03%
涂料	醋酸乙酯	背景AP	0.64%	1.01%	0.00%
复合转移剥离之后的纸	水性清漆	实景UP	1.12%	1.02%	0.53%
机制纸	木浆	实景UP	13.36%	15.62%	32.42%
涂布之后的纸	废白布头	背景AP	0.04%	0.03%	0.00%
压花之后的纸	废白布头	背景AP	0.03%	0.02%	0.00%

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。

合格产品	合格产品	WU (kg):99.94%	已评估
合格产品	复合转移剥离之后的纸	WU (kg):99.48%	已评估
复合转移剥离之后的纸	分条之后的纸	EP (kg PO43-eq):97.06%	已评估
分条之后的纸	喷介质硫化锌之后的纸	EP (kg PO43-eq):97.04%	已评估
喷介质硫化锌之后的纸	压花之后的纸	EP (kg PO43-eq):96.59%	已评估
压花之后的纸	涂布之后的纸	EP (kg PO43-eq):96.14%	已评估
涂布之后的纸	切纸之后的纸	EP (kg PO43-eq):91.15%	已评估
切纸之后的纸	原纸	EP (kg PO43-eq):91.15%	已评估
机制纸	木浆 (进口)	EP (kg PO43-eq):65.20%	已评估
机制纸	工业用水	WU (kg):37.05%	已评估
机制纸	木浆	WU (kg):32.42%	已评估
涂布之后的纸	PET转移膜	POFP (kg NMVOC eq):31.43%	已评估
木浆	工业用水	WU (kg):29.30%	已评估
喷介质硫化锌之后的纸	硫化锌	ADP (kg Sb eq):23.32%	已评估
硫化锌	锌	ADP (kg Sb eq):23.31%	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。

过程名称: 涂布之后的纸; 清单名称: PET转移膜; 数量单位: 160.25(kg)

清单数据资料不确定度评估

清单数据基础不确定度 (自定义): ± %

评估项	实型过程目标代表性	清单数据实际代表性	不确定度(±)
* 主要数据来源	代表企业及供...	生产实测/台帐...	0%
* 样本代表性	代表企业及供应链实际数据	> 75%全年产...	0%
* 时间代表性	2018	2018 国	0%
* 地理代表性	中国	中国	0%
* 技术代表性	过程名称...	从被研究企业...	0%

背景数据匹配不确定度评估

评估项	清单数据目标代表性	背景过程实际代表性	不确定度(±)
* 主要数据来源	代表企业及供应链实际数据	代表行业平均数据	5.00%
* 时间代表性	2018	2012	10.00%
* 地理代表性	中国	欧洲	10.00%
* 种类规格代表性	消耗清单...	消耗与原料的...	0%

清单数据评估结果: ±15.00%

过程名称: 压花之后的纸; 清单名称: 涂布之后的纸; 数量单位: 1000(kg)

清单数据资料不确定度评估

清单数据基础不确定度 (自定义): ± %

评估项	实型过程目标代表性	清单数据实际代表性	不确定度(±)
* 主要数据来源	代表企业及供...	生产实测/台帐...	0%
* 样本代表性	代表企业及供应链实际数据	> 75%全年产...	0%
* 时间代表性	2018	2018 国	0%
* 地理代表性	中国	中国	0%
* 技术代表性	过程名称...	从被研究企业...	0%

清单数据评估结果: ±0%

- **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。



指标名称	缩写(单位)	LCA结果	结果不确定度	上下限范围(95%置信区间)
气候变化	GWP(kg CO2 eq)	4.27e3	±6.50%	[3.99e3, 4.55e3]
初级能源消耗	PED(MJ)	1.02e5	±7.16%	[9.51e4, 1.10e5]
非生物资源消耗潜值	ADP(kg Sb eq)	1.99e-2	±3.60%	[1.92e-2, 2.06e-2]
水资源消耗	WU(kg)	4.42e4	±11.77%	[3.90e4, 4.94e4]
酸化	AP(kg SO2 eq)	2.46e1	±6.20%	[2.30e1, 2.61e1]
富营养化潜值	EP(kg PO43-eq)	6.64e0	±8.74%	[6.06e0, 7.22e0]
可吸入无机物	RI(kg PM2.5 eq)	4.90e0	±4.67%	[4.67e0, 5.13e0]
臭氧层消耗	ODP(kg CFC-11 eq)	1.62e-4	±7.66%	[1.49e-4, 1.74e-4]
光化学臭氧合成	POFP(kg NMVOC eq)	8.86e0	±6.24%	[8.31e0, 9.41e0]

6、数据集适用范围

- 中国市场烟酒包装广泛使用的硫化锌纸大多都是采用PET转移膜作为原材料生产的，因此绝大多数情况下烟酒包装使用的硫化锌纸均可采用本数据集所建立的水泥 LCA 模型。
- 其他硫化锌纸，例如采用聚氨酯（俗称 PU 胶水）和有机硅压敏胶进行涂布、蒸发镀膜和离子镀生产的硫化锌纸，其 LCA 结果有显著不同，应该另行收集数据。
- 其他非 PET 转移膜生产的硫化锌纸，如 BOPP 薄膜生产的硫化锌纸覆膜工艺存在差异，与上述硫化锌纸存在较大差异，需要另行开展 LCA 研究。