

“木糖醇的生命周期评价 (LCA) ” 最终报告

为浙江华康药业股份有限公司履行

报告编号: SHAH01218643

作者: Intertek

2020年7月15日



目录

I. 研究演示文稿	4
I.1 研究的目标。	4
I.2 功能单元的定义。	4
I.3 地理区域和时间范围	4
I.4 使用的影响类别...	5
I.5 截止标准	7
I.6 系统边界...	8
II. 方法论	9
II.1 一般方法。	9
II.2 主要方法问题。	10
III. 研究系统.....	12
III.1 工艺流程图.....	12
III.2 数据源.....	13
III.3 后台数据.....	15
III.4 运输建模.....	16



III.5 联产品分配.....	17
III.6 关注重要数据.....	20
III.7 数据质量.....	23
IV. 结果.....	24
IV.1 温室效应.....	24
IV.2 累积能量需求.....	26
IV.3 非生物资源枯竭.....	27
IV.4 耗水量.....	28
IV.5 淡水富营养化.....	29
IV.6 海洋富营养化.....	31
IV.7 酸化.....	32
V. 研究的局限性.....	34
VI. 结论.....	35
附录一：使用的主要数据。.....	38



I. 研究演示文稿

I.1 研究目标

本研究受浙江华康药业股份有限公司（地址：浙江省开化县华埠镇化工路18号）委托，采用生命周期评价（LCA）方法，对其生产的木糖醇进行环境足迹评价。原料木糖购自四川亚华生物股份有限公司。位于中国四川省宜宾市叙州区南广镇盐坪坝工业园，根据2019年1月至12月的生产数据，从半纤维素中提取。

目标是重点评估温室效应、累积能源需求、非生物资源消耗、水消耗、淡水富营养化、海洋富营养化和产品从摇篮到大门的酸化，包括所有生产步骤到仓库和产品分销步骤。不考虑产品的使用阶段和寿命终止阶段。

如ISO 14040: 2006和ISO 14044: 2006规范所述，本研究采用了生命周期评价研究的一般方法。

根据Intertek收集的数据，使用RDC的计算软件Rangelca进行计算。

I.2 功能单元的定义

生命周期评价的第一步是定义功能单元，表示所研究系统执行的功能。

被评估产品的功能单元（根据研究目标定义）为：

1吨木糖醇送至客户库房；

相关的参考流程是：一吨木糖醇及其包装。木糖醇的干重浓度为99.59%，含水量为0.1%。

I.3 地理区域和时间范围

本研究考虑的地理区域为中国，用于原料生产，生产工厂在中国（详见图III-1工艺流程图）。

建模基于与中国现状（2019年）和一致技术相对应的数据和流程。具体数据由Intertek Shanghai直接收集：

- 半纤维素转化为木糖的步骤；
- 木糖转化为木糖醇的步骤。



1.4 使用的影响类别

对下表I-1所列的七个影响类别计算结果。下表对其进行了介绍:

表I-1: 影响类别和参考单位

影响类别	参考单位	表征因素的来源
温室效应	千克二氧化碳当量	IPCC 2007, 含C生物成因, 全球升温潜能值100年
非生物资源枯竭	千克锶当量	CML 2001资源, 非生物资源的消耗 (千克+兆焦耳)
累积能量需求	吉吉	累积能源需求, 不可再生能源资源总量 (化石能源、核能和其他)
耗水量	m ³	2009年用水量 (不含海水); 有计算的冷却水)
淡水富营养化	千克P-当量	配方中点 (H) 不含LT淡水富营养化不含LT, FEP不含LT
海洋富营养化	千克N当量	配方中点 (H) 不含LT海洋富营养化不含LT, MEP不含LT
酸化作用	千克二氧化硫当量	配方中点 (H) 不含LT陆地酸化不含LT, TAP100不含LT

1.4.1 温室效应

每种温室气体都有不同的全球变暖潜势。这一潜力的计算是基于一个参考, 即二氧化碳的全球变暖潜力, 以及一个100年的时间范围。每一种温室气体



分配一个表征因子, 该因子表示当在所考虑的时间范围内进行平均时, 该温室气体的升温潜势比CO₂ (其表征因子根据定义等于1) 重要多少倍。使用的特征因子取自IPCC 2007。

这一类别包括所有温室气体的影响, 包括生物碳 (见“2.2主要方法学问题”), 并以千克当量表示。二氧化碳。

如果要结果传达给只有很少生命周期评价背景的人, 汽车的排放量可以用公里来换算, 以便给出一个容易理解的数量级。在这种情况下, 可以使用以下比例: 一辆汽车排放大约140克公斤当量。每公里二氧化碳排放量¹。

¹基于欧洲平均燃油效率。<http://www.latribuneauto.com/reportages-69-4022-les-emissions-de-co2-Moyenne-des-Vents-Europeenne-de-Fiat-Sont-DE-123-1-G-KM.HTML>



1.4.2 非生物资源枯竭

非生物资源消耗的影响类别量化了资源消耗（如锌矿石和原油）。这是根据经济可开采资源可用性的评估计算的。

锑被用作参考元素，并用于开发资源表征因子，称为“非生物消耗潜力”（ADP）。不同非生物资源的ADP以千克当量表示。锑（千克当量（某人）到促进在标准化尺度上对不同非生物资源影响的汇总和比较。



1.4.3 累积能量需求

柴油、电力等的消耗不是一个基本流（环境影响），而是一个产生基本流的过程。基本流是生产所消耗的主要能源资源

电力、柴油...，在数据库中列出。这些工艺的LCI（生命周期清单）给出了以质量为单位的一次能源资源消费量（例如，石油、铀矿石、天然气等的公斤数）。

特征系数允许在“不可再生能源消耗”类别中汇总一次能源资源的消耗，单位为兆焦耳。根据材料的热值（HHV表示为MJ/kg）进行聚集。表征因子基于影响类别“累积能源需求-化石”²（来源：EcoInvent，第3号报告）和铀（核能资源）的BUWAL因子（ETH，1996）。

只考虑不可再生能源。影响以主要MJ表示。

1.4.4 耗水量



为确定提取的水是否代表潜在损害而选择的标准是：“这种水消耗是否妨碍其他用户使用水”。换句话说，“水在使用后还能以同样的形式存在吗？”例如，当从井中抽取水时，它阻止了这些水以相同的形式用于其他目的，从而成为有限的资源。“水消耗”类别包括来自湖泊和河流、水井和公共网络的工艺用水。冷却水（开路）和为涡轮机水）。单位为立方米。在制造用水核算中，重点是净用水量，即取水（进水）和排水（出水）之间的差额。

1.4.5 富营养化

水体富营养化是指由于富营养化营养物浓度过高而引起的水生介质的扰动，可导致水生植物（如藻类）的增殖。这些藻类防止

²作者: Niels Jungbluth ESU-Services Ltd和Rolf Frischknecht (前身) Ecoinvent Center, EMPA; 回顾: 汉斯-约尔格·阿尔特豪斯、加博尔·多卡、罗伯托·多内斯、杰拉尔德·雷比策和奥利维尔·若利特; 上次更改: 2007年。

阳光到达水体的较低深度，导致光合作用和氧气产生减少。此外，在死亡藻类的分解过程中会消耗氧气。这两种效应都会降低水中的氧气浓度，从而导致鱼类死亡以及水柱和沉积物中有机物的厌氧分解（在没有氧气存在的情况下分解）。厌氧分解过程中产生的硫化氢和甲烷会导致生态系统的破坏。



为了考虑整个富营养化问题，显示了两个单独的指标。事实上，无论排放物是拒绝，富营养化的影响都是不同的：

- 淡水对含氮营养物很敏感。氮的可利用性是藻类生长的限制因素，而淡水已经含有“足够的”磷营养物。在该指标中，只考虑了含氮污染。
- 海水对磷营养盐很敏感。磷的可利用性是藻类生长的限制因素，而海水已经含有“足够的”含氮营养物。在该指标中，只考虑了磷污染。

1.4.6 酸化作用



释放到空气中或由空气排放物的非酸性成分反应产生的酸性气体被结合到大气水蒸气中，随之而来的降水，导致“酸雨”。酸性降水对植物、土壤和地表水产生有害影响，导致叶片受损和土壤酸化。土壤酸化影响植物生长所需的养分和微量元素的溶解度和有效性。这也可能导致对重金属的吸收增加，从而对植物的生长产生不利影响。

主要的酸化排放物是NO_x、NH₃和SO₂。

1.5 截止标准

为了界定该系统，纳入标准已设置为5%。这意味着，未包括在系统中的过程的排放量总和不到系统总排放量的5%，该系统对本文所研究的七个影响类别中的每一个都有贡献。这个5%的值是建模约束的结果，包括数据的可用性。

在实践中，建模迭代被使用，首先是通过最大化整个生命周期中每个过程的潜在影响。这允许识别占系统总排放量5%以上的过程。随后对这些过程的清单数据和建模参数进行了改进。

因截止标准而导致的排除适用于系统的以下部分：

- 工厂基础设施；

- 办公室员工产生的消耗和废物；
- 现场产生的生活垃圾；
- 系统的一些极低输入/输出。

I.6 系统边界

I.6.1 包含的进程

范围包括（另见“III. 1 工艺流程图”）：

- 原料生产：
 - 半纤维素（包括生物碳储存）；
 - 现场自产氢气；
- 包装：
 - 聚丙烯（PP）；
 - 瓦楞纸；
 - 低密度聚乙烯（LDPE）；
 - 塑料托盘。
- 原材料和包装的运输；
- 工厂的影响
 - 能源消耗：主要来自天然气、外购蒸汽和电力；
 - 用水量：自来水、脱盐水、地下水；
 - 化学品消耗，如氢气、氢氧化钠、盐酸、活性炭等，氢氧化钙、乙醇、甲醇等；
 - 产生的废物：报废处理或稳定；
- 分布：
 - 用船和卡车；
- 附加间接操作：
 - 作为中国的电力生产和当地热电联产的热量。

I.6.2 排除的进程

不包括库房以下的所有阶段：使用阶段、生命周期结束（产品及其包装）...

非化石碳储量报告是在一个单独的专门阶段进行的。



II. 方法论

II.1 一般方法论

生命周期评估 (LCA) 方法说明了实现功能 (称为功能单元, 见“1.2 功能单元的定义”一节) 的所有直接和间接环境影响。

该“生命周期评估”由ISO 14040: 2006和ISO 14044: 2006标准标准化, 描述了实现生命周期评估的不同步骤。实践要求和指南在标准ISO 14044: 2006:

- 研究的目标和范围 (第4.2章);
- 生命周期清单分析 (第4.3章);
- 生命周期影响评估 (第4.4章);
- 生命周期解释 (第4.5章);
- 报告 (第5章)。

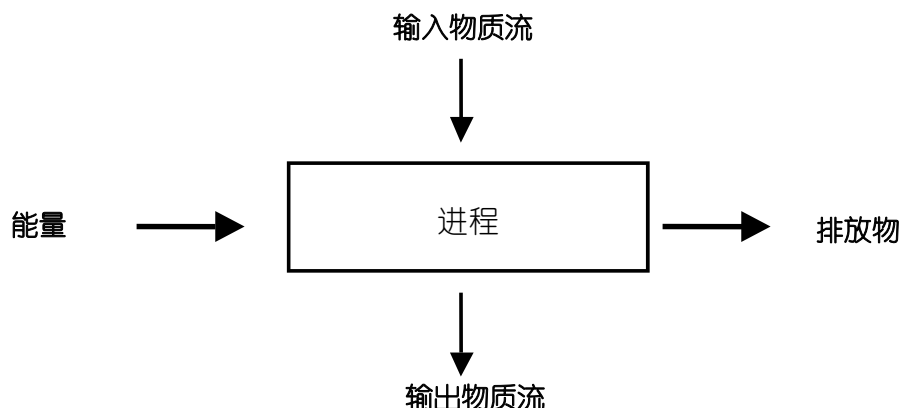
在实践中, 基于对不同过程的识别, 将每个系统划分为不同的步骤。每一步都代表了链中的一个精确转换; 所有进程的顺序构成了进程树。

表II-1: 环境评估计算中包含的步骤



分析的主要步骤如下:

- 详细说明每个所研究系统的过程树
- 每个过程的收入和结果的描述
- 每个过程的数据研究: 消耗和排放 (“基本流”)。



图II-1: 模型树中的过程示意图

每个过程的特点是:

- 从另一个过程进入的一个 (或多个) 物质流
- 输出到另一个过程的一个 (或多个) 物质流
- 能源、水和矿物资源的消耗
- 污染物排放 (空气、水、土壤)

最后, 在影响评估阶段, 根据生命周期清单对记录的流量进行影响评估。各种排放物根据其对环境问题的影响被归为不同的影响类别。对于每一影响类别, 具体的表征因素与每一排放值相联系, 以使用一个共同的单位 (例如, 温室效应的二氧化碳公斤吨当量) 表示对环境的影响。

然后, 可以对环境影响进行量化和评估, 并确定造成环境影响的阶段。可以采取纠正措施来防止或减轻环境影响。生命周期评价方法还有助于避免就生命周期的某些阶段作出决定, 这些决定只会产生将环境损害从一个阶段转移到另一个阶段的效果。

II.2 主要方法问题

II.2.1 生物碳循环

考虑到排放量和清除量, 对生物碳进行了分析。在实践中, 天然材料:

- 在光合作用过程中捕获生物源二氧化碳；和，
- 焚烧或降解时会排放生物碳（如CO₂或CH₄）。

从理论上讲，这两个过程的总和应该是中性的，生物碳的含量不应影响生命周期评价结果。

天平可能不是中性的原因有三：

- 一些碳以甲烷的形式排放，具有较高的全球升温潜能值：例如，在废弃半纤维素的填埋过程中。然而，这在本研究中并不适用。
- 有些碳没有排放，而是在技术领域长期存在于产品或废物中（延迟排放的概念）：不适用，因为本报告没有考虑分配步骤之后发生的生命周期阶段。



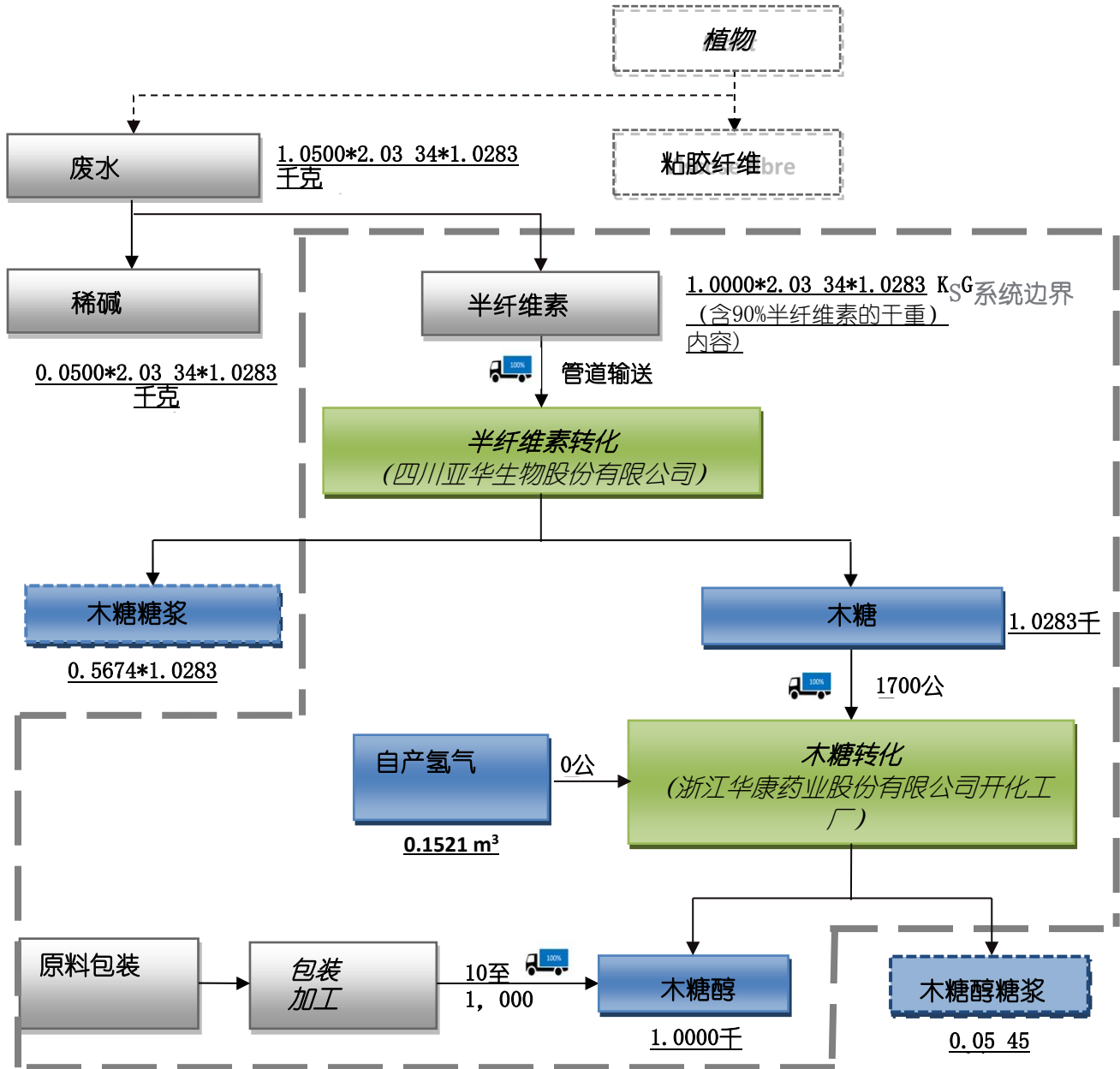
图II-2：生物碳循环

- **当研究是从摇篮到大门：**不考虑产品的生命周期结束，碳储存（半纤维素衍生的木糖醇中的碳）被考虑在内，生物碳循环不是中性的。

III. 研究系统





III.1 工艺流程图

下图描述了与从半纤维素生产木糖和木糖醇相关的工艺树：



图III-1：工艺流程图

标题:

-  : 具有由制造工厂收集的数据的制造步骤
-  : 产品/联产品/原材料, 数据由Intertek收集
-  : 产品和/或制造步骤, 数据来自其他来源
-  : 上一个生命周期的产品和/或制造步骤

- **阶段0:** 在从废水中提取半纤维素的第一阶段之前, 废水来自粘胶纤维生产的前一个生命周期。
- **阶段1:** 该生命周期的第一阶段是从废水中提取半纤维素。
- **第二阶段:** 半纤维素通过管道输送到四川亚华生物有限公司工厂后, 进行第二阶段: 酸水解提取半纤维素中的木糖成分。

在第一阶段, 存在两种副产物: 半纤维素液体和稀碱。在第二阶段, 存在两种副产物: 木糖和木糖糖浆。木糖再运到浙江华康药业股份有限公司开化工厂生产木糖醇。

- **阶段3:** 最后, 木糖通过氢化步骤转化为木糖醇, 随后在开化工厂分离和蒸发以产生结晶木糖醇。木糖醇糖浆是该步骤的副产物。

III.2 数据来源

存在两种类型的数据:

- 原始数据由Intertek Shanghai在浙江华康药业股份有限公司、四川亚华生物股份有限公司的支持下直接收集, 并来自文献来源(当数据缺失时)。收集的数据基于2019年1月至12月的生产数据。数据收集针对:
 - 原材料消耗
 - 能源、资源消耗、空气排放和废物产生:
 - i. 半纤维素制剂³;
 - ii. 半纤维素转化;
 - iii. 木糖转化;
 - iv. 氢气自产。
 - 包装消费;

³半纤维素制剂原始数据由四川亚华生物股份有限公司供应商提供, 未经Intertek审核员审核。制得的半纤维素液通过管道输送至四川亚华生物有限公司。



- 运输（包括配送）；
- 经济价值（用于分配，见第III.5段）。
- 描述与每个基本过程相关的排放（基本流量）的二级数据。基本流主要来自EcoInvent等现有的生命周期评价数据库。保守地应用这些数据，以确保其在本案例研究中的代表性。

数据	数据集	源
发电		
来自硬煤发电厂的电力	电力, 硬煤, AT电厂, CN[#11087]	生态发明2.2
天然气发电厂的电力	电力, 天然气, AT电厂, UCTE[#1376]	生态发明2.2
来自核电站的电力	电力, 核能, AT发电厂, UCTE[#1456]	生态发明2.2
水力发电厂的电力	电力, 水力发电, AT发电厂, FR[#933]	生态发明2.2
来自石油发电厂的电力	电力, 石油, AT电厂, UCTE[#6047]	生态发明2.2
风力发电厂的电力	风力发电厂的电力, RER[#2293]	生态发明2.2
其他能源		
外购蒸汽	加热, 在无烟煤工业炉1-10MW, RER[#850]; 适应当地热电联产效率	EcoInvent 2.2适用于反映特定的本地CHP数据
叉车用柴油机	柴油, 在建筑机械中燃烧, GLO[#559]	生态发明2.2
天然气	天然气, 在锅炉中燃烧, 调制<100kW, RER[#1361]	生态发明2.2
主要投入资源		
镍 (催化剂)	来自铂族金属生产的初级镍, Ru[#1125]	生态发明2.2
氢	氢, 液体, 在工厂, RER[#286]	生态发明2.2
甲醇	甲醇, 在工厂, GLO[#422]	生态发明2.2
氢氯酸	盐酸, H2O中30%, 在工厂, RER[#282]	生态发明2.2
液碱	氢氧化钠, 50%H2O, 生产混合物, 工厂, RER[#336]	生态发明2.2
活性炭	炭黑, 工厂, GLO[#261]	生态发明2.2
硫磺酸	硫酸, 液体, 工厂, RER[#350]	生态发明2.2
乙醇	乙醇, 99.7%H2O, 来自生物质, 蒸馏, CN[#6545]	生态发明2.2
阴离子交换树脂	阴离子树脂, 工厂, CH[#373]	生态发明2.2



数据	数据集	源
阳离子交换树脂	阳离子树脂, 工厂, CH[#380]	生态发明2.2
尿素	尿素, 如N, 在区域仓库, RER[#456]	生态发明2.2
氢氧化钙	石灰, 水合, 包装, 在工厂, CH[#487]	生态发明2.2

III.3 背景数据

III.3.1 能源组合生产

电力供应发生在不同的电压水平 (110V, 220V..)。总损失数字来自国际能源机构的数据来源 (2009年数据), 每个电压等级的电力损失数字基于EcoInvent模型 (总损失的7%发生在高压, 13%发生在中压, 80%发生在低压)。

使用“特定国家的剩余电网组合, 消费组合”。特定国家是指生命周期阶段发生的国家。这可以是欧盟国家或非欧盟国家。剩余电网组合的特征是无人认领、无人跟踪或公共共享的电力。

表III-1: 使用的电力混合⁴

地理区域	煤炭	油	气体	核的	水力发电	可再生能源*	总损失	源
中国	72.6%	0.2%	2%	2.3%	18.8%	4.1%	5.47%	国际能源署 2014 数据

*: 同化为“风力”

生产热量的环境影响是根据EcoInvent的生命周期清单计算的, 分别遵循不同的热量生产组合。表III-2说明了2011年中国的平均热量生产组合。

表III-2: 中国平均产热混合

地理区域	煤炭	气体	油	生物废物
中国	92%	4%	3%	1%

浙江华康药业有限公司自产蒸汽为燃煤。根据平均效率理论估算, 锅炉总净效率约为68.32%。

⁴使用了国际能源机构的数据, 因为这些数据是最新的可用数据。



III.4 运输建模

III.4.1 卡车运输

用于估算卡车燃料消耗和污染物排放的方法是COPERT IV⁵。该方法考虑了影响燃油消耗和相关排放的几个参数:

- 使用的卡车类型 (卡车容量, 欧洲标准...);
- 整个行程的平均速度;
- 路线的平均坡度;
- 有效载荷。

利用Copert IV和这些参数的信息, 可以计算充满电的卡车的燃料消耗。

有效载荷和空载返回率考虑如下:

$$\text{消耗 (升) 距离 (公里) * } \frac{x}{100} * \left(\frac{2}{3} + \frac{1}{3} * \frac{\text{有效负载}}{\text{最大有效负载}} + \text{空退率} * \frac{2}{3} \right)$$

用X表示满载卡车的燃油消耗量, 单位为升/100 km。

满载卡车三分之二的燃料消耗与自身重量有关, 三分之一与负载有关。

对于所有卡车运输, 使用介于20%和80%⁷之间的空载返回率⁶。

最后, 卡车的排放可以通过以下可能的方式归因于功能单元:

- 根据商品是否致密 (原生物质、液体、谷物.....);
- 根据体积判断商品是否密集。这种方法用于密度足够低的情况, 以便在不获得最大有效载荷的情况下完全装满卡车;
- 根据托盘的数量, 商品是否在托盘上收费。

⁵由Leonidas Ntziachristios和Zissis Samaras (希腊塞萨洛尼基亚里士多德大学应用热力学实验室) 开发

⁶空回率: 未装载时占全局运输距离的百分比。当卡车要装新货时

⁷假设



III.4.2 小船运输

本研究使用的船型为跨洋货船。这些船舶经常用于运输散装固体商品。这些材料主要是碳、矿物质（铁、铝矾土……）谷物、沙子或颗粒。

注：海上单位的燃料消耗应与负载状态无关（集装箱船在空载时用水填满船舱）。

空载率：在回程中，船经常是空的。成品的空退率在30%⁸到50%⁹之间。

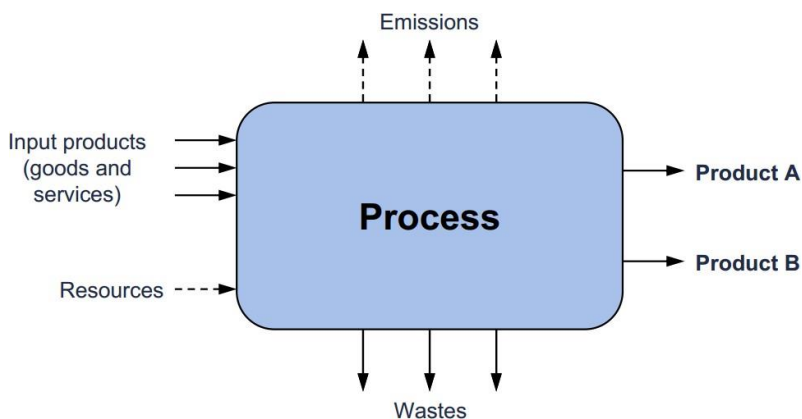
III.4.3 使用的运输数据

运输步骤与生命周期不同阶段使用的每一种原材料有关：

- 如果收集了数据，这些运输距离将用于模型开发；
- 在没有具体信息的情况下，使用的距离在100公里至1,000公里之间；
- 根据质量的有效载荷限制用于所有建模的运输。

III.5 联产品分配

如果一个过程提供一个以上的功能，即交付几种商品和/或服务（通常也称为“联产品”），则它是“多功能的”。



图III-2：消耗多种投入产品和资源以及产生各种废物和排放的多功能工艺（来源：ILCD手册）

⁸亚洲地区海上集装箱运输分析。

⁹审计报告：法国港口面临海上运输的变化：行动的紧迫性

联产品被定义为“在所研究的产品系统和一个或多个其他产品系统之间划分过程或产品系统的输入或输出流”。[来源: ISO 14044: 2006]。

解决多功能性的ISO层次结构如下:

- **多功能工艺的细分:** 从研究范围中删除了用于单一联产品的操作。这种解决方案并不总是可行的。
- **系统的扩展:** 通过包括产生类似输出所需的过程来扩展系统边界。例如, 如果作为副产物产生的可用量的蒸汽以避免通过更常规的方式产生蒸汽的方式使用, 则可以减去所避免的蒸汽产生的环境负荷。一个常见的实际问题是, 并不总是能够辨别蒸汽是如何交替产生的。
- **联合产品之间的分配:** 根据某种分配标准, 在联合功能之间划分输入和输出。

当生产系统无法分离时, 将定义分配。

在所研究的系统中, 以下过程需要分配规则:

- 半纤维素制备:
 - 半纤维素液体
 - 稀碱
- 半纤维素加工:
 - 木糖
 - 木糖糖浆
- 木糖醇加工:
 - 木糖醇
 - 木糖醇糖浆

在这种情况下, 经济分配和质量分配是两个相关的分配:

- 质量分配允许按生产数量的比例分散影响。但这种分配与每件售出产品的重量有关, 使用简单, 但与产品的生产系统无关。
- 经济分配允许基于每个产品的经济价值在产品之间分配影响。这种分配显示了实现流程及其功能的动机。

经济分配 (如PAS 2050建议) 用于本研究中的所有联产品。按收入 (价格*产品数量) 的分配通常适用于 (预期) 收入是经营活动的原因这一论点。



经济数据（每种联产品的价格）是从三年的角度计算的。经济数据来源为浙江华康药业股份有限公司2017-2019年数据。

重点：经济配置同样适用于以半纤维素为原料输入的废水。在半纤维素的第一个生命周期中，半纤维素的原料存在于废水中。废水¹⁰来自第0阶段的粘胶生产。¹¹（见III.1工艺流程图。）据报道，废水的经济价值为零。因此，前一生命周期中100%的环境负担都是由阶段0的产品粘胶造成的，而阶段1废水的相关输入环境影响为零。

III.5.1 半纤维素制备

半纤维素制备过程中有两种副产物：

- 半纤维素液体
- 稀碱

下文表III-3列出了两种联产品之间的分配计算。数据由四川亚华生物股份有限公司采集。

表III-3：半纤维素制备副产物的经济分配

	制备半纤维素 联产品 (千克)	质量分配 (%)	价格 (元/ 吨)	收入 (元/吨产 半纤维素)	经济配置 (%)
半纤维素液体	1.0000	30.61	96	96	70.18
稀碱	2.2667	69.39	18	44	29.82

III.5.2 半纤维素加工成木糖

在半纤维素酸水解过程中有两种副产物：

- 木糖
- 木糖糖浆

下文表III-4列出了两种联产品之间的分配计算。数据由Intertek Shanghai收集。

¹⁰废水随后通过管道输送至四川雅化的供应商，该供应商正在为雅化进行半纤维素制备。

¹¹据记者了解，四川亚华生物有限公司之前将粘胶生产废水送往集团公司污水处理厂处理。



表III-4: 半纤维素加工副产品的经济分配

	半纤维素酸水解处理副产物 (kg)	质量分配 (%)	价格 (元/吨)	收入 (元/吨木糖)	经济配置 (%)
木糖	1.0000	63.80	16,083	16,083	96.48
木糖糖浆	0.5674	36.20	1,035	375	3.52

III.5.3 木糖加工成木糖醇

在木糖氢化过程中有两种副产物:

- 木糖醇
- 木糖醇糖浆

下文表III-5列出了副产品之间的分配计算。数据由Intertek Shanghai收集。价格数据由报告人提交。

表III-5: 结晶木糖醇加工副产品经济分配表

	木糖加氢处理副产物 (千克)	质量分配 (%)	价格 (元/吨)	收入 (元/吨生产木糖醇)	经济配置 (%)
木糖醇	1.0000	94.83	24,051	24,051	99.28
木糖醇糖浆	0.0545	5.17	3,215	166	0.65

III.6 关注重要数据

III.6.1 半纤维素加工成木糖

木糖是通过半纤维素的酸水解产生的。

下表III-6列出了Intertek Shanghai收集的生产1千克木糖和其他半纤维素副产品的材料、能源、资源和包装消耗、产生的废物和排放。

表III-6: 从半纤维素生产1千克木糖和0.5674千克木糖糖浆所产生的能源、资源、包装消耗和废物



项目	消耗量	单元 ¹²	附加信息
材料消耗			
半纤维素	2.0334	千克/千克	干重; 半纤维素含量: 90%
能源和资源消耗			
电	2.4509	千瓦时/千克	从国家电网购买
蒸汽	2.7493	千克/千克	发热量: 2.700~2.800MJ/kg
除盐水	66.2192	千克/千克	
化学品消耗			
硫酸, 98%	0.9765	千克/千克	
硅藻土	0.0081	千克/千克	
活性炭	0.0532	千克/千克	
氢氧化钠, 50%	0.1702	千克/千克	
盐酸, 31%-32%	0.2853	千克/千克	
双极膜	0.0425	千克/千克	
提纯器	0.0001	千克/千克	
废水处理用化学品			
氧化钙	0.3193	千克/千克	
产生的废物			
废水排放	93.1172	千克/千克	
废硫酸钙	0.7500	克/千克	填埋的
废硅藻土	0.0120	克/千克	制砖厂收集
废活性炭	0.1500	克/千克	供应商回收
包			
聚丙烯 (PP)	2.0000	克/千克	
聚乙烯 (PE)	1.0000	克/千克	
运输			
用卡车	1,700.0000	公里	
乘船	1,800.0000	公里	宜宾港至九江港

该过程的输出为:

- 1kg木糖 (纯度为99.04%, 含水量为0.1%);

¹²表中的所有数据都是按生产的每千克木糖给出的。



- 0.5674千克木糖糖浆（固体含量为54.00%）。

“附录I：使用的主要数据”一节介绍了收集的数据，这些数据用于模拟用于通过氢化步骤生产木糖醇和废水处理详细信息：

- 木糖加工成木糖醇（氢化步骤）；
- 氢气自产；
- 废水处理。

III.6.3 分配步骤

所使用的二手数据总结如下：

用于表示木糖醇分布的距离为：

- 卡车470公里；
- 乘船6918公里。

这些数据代表了将产品交付给华康客户的平均距离，主要是在中国、美国、日本、韩国、俄罗斯和英国。



III.7 数据质量

数据质量的评估是定性的，基于几个标准（代表性、稳健性、假设程度.....）。已针对这些参数的结果敏感性进行了定性评估：

表III-7：数据质量

名称和来源	数据质量	对结果的影响
对生产中的不同步骤进行建模的特定数据		
半纤维素制剂 供应商收集的数据（未经核实）	++	+++
半纤维素加工成木糖 在线收集和验证数据	+++	+++
木糖加工成木糖醇 在线收集和验证数据	+++	++
自产氢 在线收集和验证数据	+++	+
废水处理 在线收集和验证数据	+++	+
自生蒸汽 在线收集和验证数据	+++	+
净化水 在线收集和验证数据	+++	+
分配 在线收集和验证数据	+++	+
通用数据		
电混热混 2014年从国际能源机构重新分配 Eco-Invent 发电数据集	+++	+++
原料 调查数据	+++	+
交通运输 未调查数据时使用的默认运输距离	+	+
低质量/影响	+	
中等质量/影响	++	
良好的质量/影响	+++	

IV. 结果

一吨木糖醇的环境评价中使用的功能单位为：

一吨木糖醇送至客户库房

对于每个影响类别，主要生命周期阶段的贡献以表格和柱状图的形式进行了总结。

生命周期的阶段如下：

- **木糖醇中的碳储存：**木糖醇中的生物碳储存。这一阶段只出现在温室效应阶段。
- **半纤维素制备：**从废水中提取的半纤维素液体；
- **半纤维素液加工成木糖：**四川亚华生物股份有限公司工厂半纤维素液加工对木糖的影响部分；
- **木糖运输：**四川亚华生物有限公司至浙江华康药业有限公司开化工厂；
- **木糖加工成木糖醇：**木糖加工对木糖醇的部分影响，包括自产氢气；
- **木糖醇包装：**包装配送木糖醇；
- **木糖醇分布**

重要提示：这是一个具有分发步骤的LCA从摇篮到大门的LCA。不考虑使用阶段和寿命终止阶段。因此，结果中出现了CO2按人头计算的现象。木糖醇的完整碳循环应在从摇篮到坟墓的生命周期评价中进行研究，即人类食用后的碳转化和非食用部分生命结束时的碳排放。



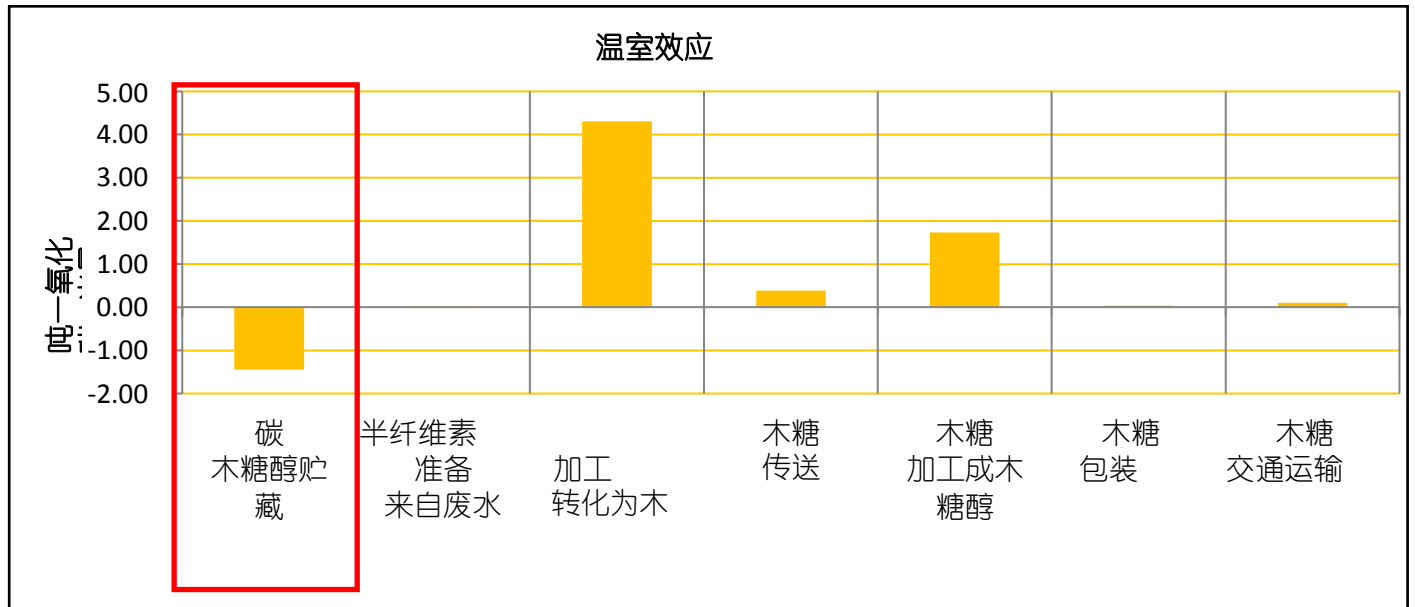
IV.1 温室效应

与一吨木糖醇相关的温室效应约为5吨二氧化碳当量。

下面的表IV-1和图IV-1中所示的图表显示了按阶段详细说明的结果：

表IV-1：温室效应各阶段结果

相位贡献	温室效应 (吨二氧化碳当量)	所占份额 (%)
木糖醇中的碳储存	-1.4472	-28.25
从废水中制备半纤维素	0.0205	0.40
半纤维素加工成木糖	4.3033	83.99
木糖转运	0.3820	7.46
木糖加工成木糖醇	1.7328	33.82
木糖醇包装	0.0342	0.67
木糖醇运输	0.0979	1.91
总数	5.1235	100.00



图IV-1：温室效应各阶段结果

在生命周期中，CO2排放主要来源于工业过程中能源（特别是无烟煤）的燃烧。

那么，主要的贡献步骤是：

- 半纤维素加工成木糖（84%的贡献）：排放主要来自过程能耗。作为参考，半纤维素酸水解每千克木糖产物需要2.45kWh的电和7.90MJ的蒸汽。分配后，半纤维素加工木糖所需的电和蒸汽分别为2.36kWh和7.62MJ。
- 木糖加工成木糖醇（34%的贡献）：该步骤的能耗分配具有相对较高的贡献，每千克木糖醇产品产生5.13MJ的热量和0.29kWh的来自中国电网的电力。
- 从四川亚华到浙江华康的长途运输，木糖运输对温室效应的贡献率为7%。

重要的：

- 100%的电力消费是从国家电网购买的，中国电力结构中的主要电力来源是燃煤电厂，与其他资源相比，燃煤电厂排放了大量的二氧化碳。

另一方面，木糖醇CO2储存有助于减少产品的碳足迹：

- 木糖醇中的碳储存：1吨木糖醇储存1.45吨二氧化碳当量。
- 在产品的使用阶段或生命周期结束阶段（不包括在本研究中），这种储存将被逆转。

IV.2 累积能量需求

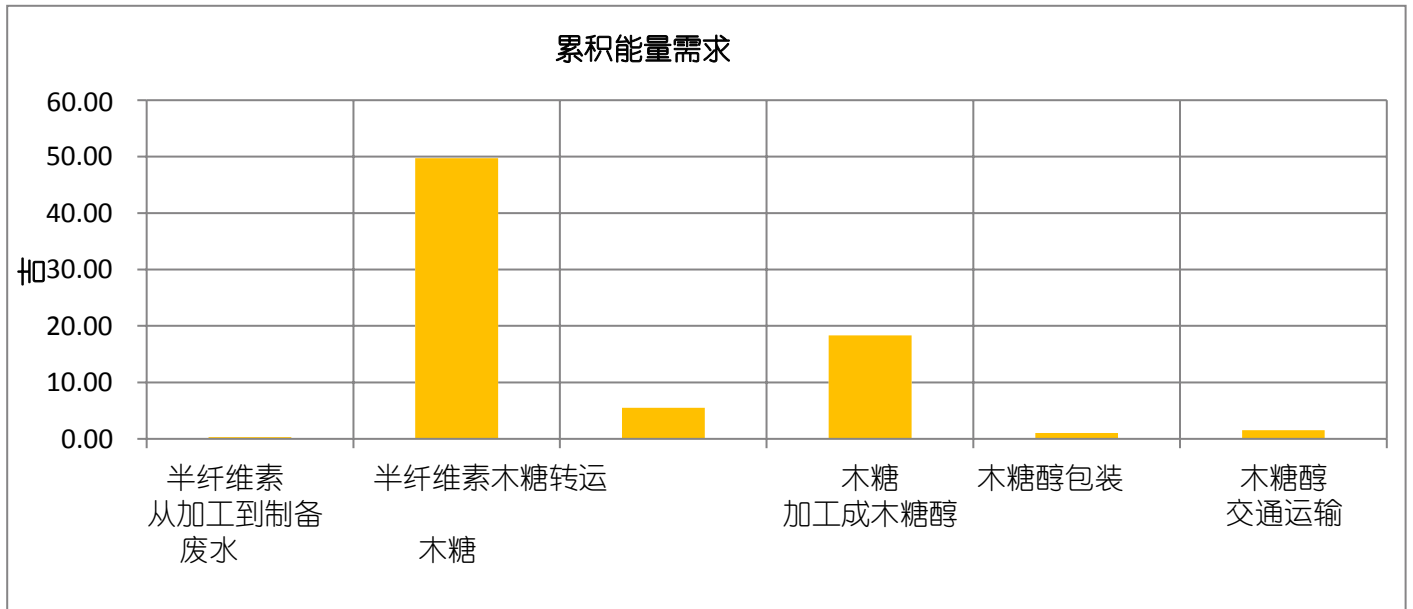
与一吨木糖醇相关的累积能量需求约为76GJ。

表IV-2和图IV-2中所示的图表显示了按阶段详细列出的结果：

表IV-2：累积能源需求的阶段结果

相位贡献	累积能量需求 (吉焦)	所占份额 (%)
从废水中制备半纤维素	0.2906	0.38
半纤维素加工成木糖	49.7358	65.04
木糖转运	5.5222	7.22
木糖加工成木糖醇	18.3447	23.99
木糖醇包装	1.0535	1.38
木糖醇运输	1.5179	1.99
总数	76.4647	100.00





图IV-2: 累计能源需求的各阶段结果

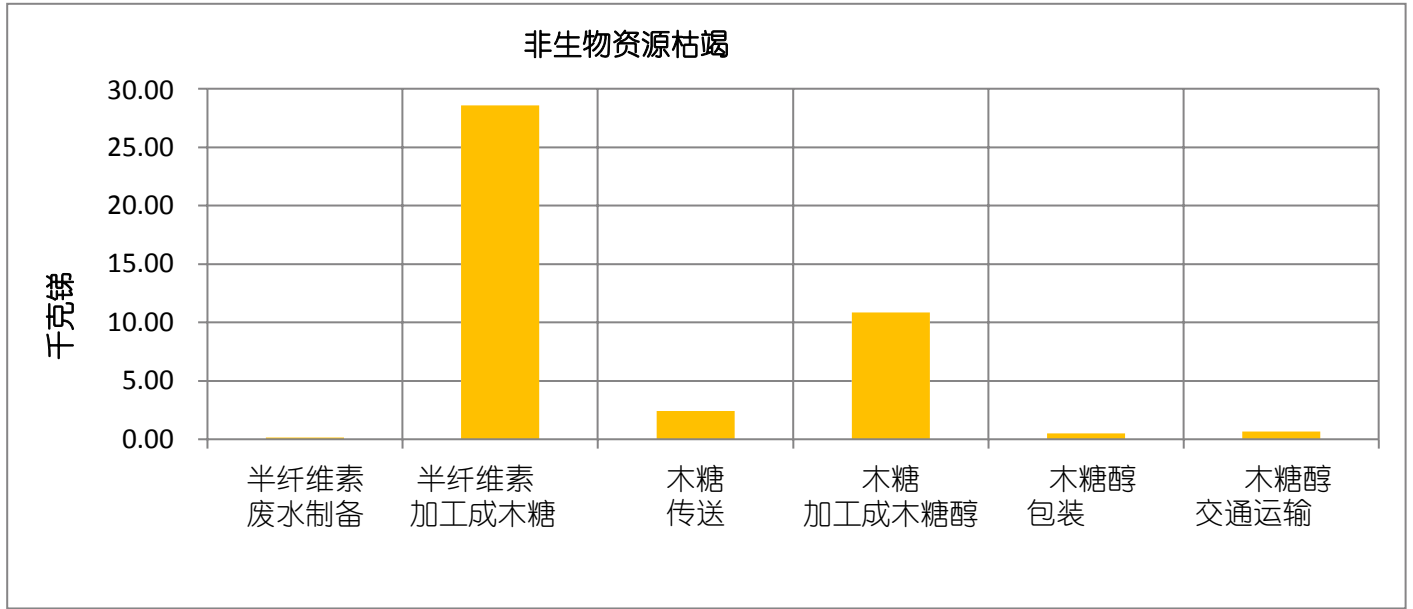
主要贡献步骤是半纤维素加工成木糖 (65%) 和木糖加工成木糖醇 (24%)。根据对温室效应的解释, 这些阶段需要分配给木糖醇的最大量的能量和化学物质。

IV.3 非生物资源枯竭

与一吨木糖醇相关的非生物资源的消耗约为43千克SB-EQ。下面的表IV-3和图IV-3中所显示的图表显示了按阶段详细说明书的结果:

表IV-3: 非生物资源消耗的各阶段结果

相位贡献	非生物资源消耗 (千克锑当量)	所占份额 (%)
从废水中制备半纤维素	0.1421	0.33
半纤维素加工成木糖	28.5688	66.20
木糖转运	2.4237	5.62
木糖加工成木糖醇	10.8568	25.16
木糖醇包装	0.4969	1.15
木糖醇运输	0.6667	1.54
总数	43.1550	100.00



图IV-3: 非生物资源消耗的各阶段结果

主要贡献步骤是半纤维素加工成木糖 (66%) 和木糖加工成木糖醇 (25%)。

根据对温室效应的解释, 能源消耗是造成非生物资源消耗的主要原因。消耗最多的资源是用于供热和发电的煤炭 (约占非生物资源的39%)。

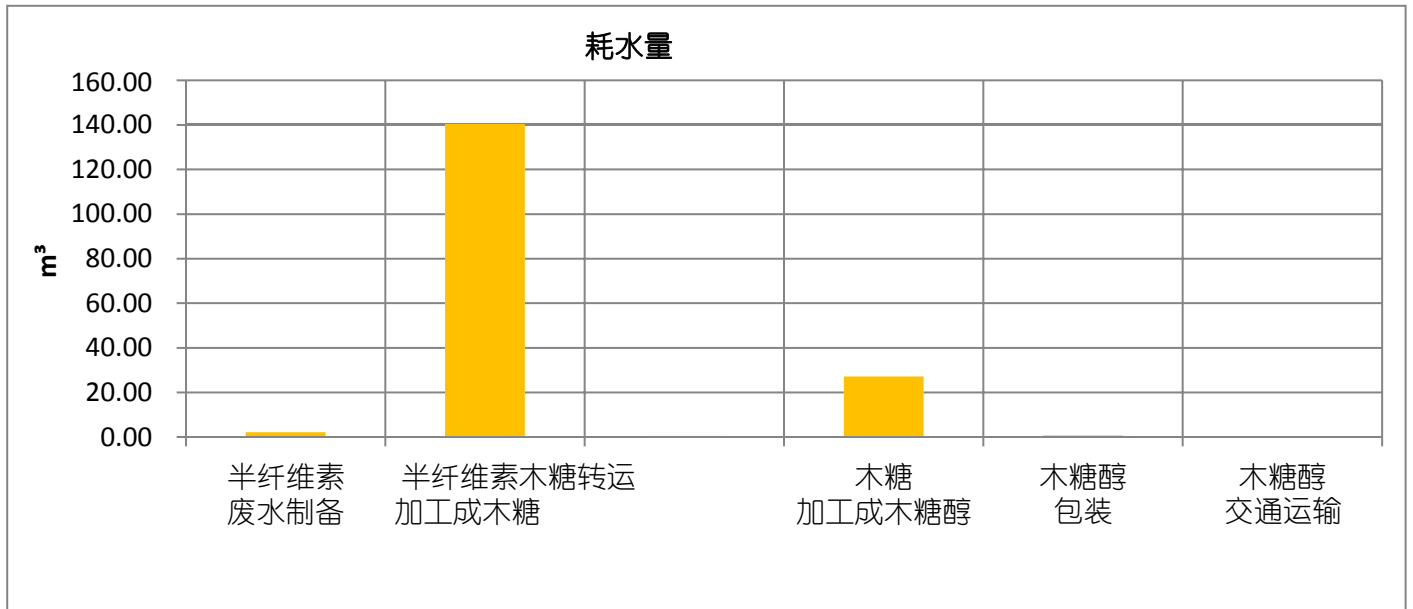
IV.4 耗水量

每吨木糖醇的耗水量约为171立方米。

下面的表IV-4和图IV-4中所示的图表显示了按阶段详细说明的结果:

表IV-4: 各阶段耗水量结果

相位贡献	耗水量 (m ³)	所占份额 (%)
从废水中制备半纤维素	2.1783	1.27
半纤维素加工成木糖	140.3744	82.03
木糖转运	0.4509	0.26
木糖加工成木糖醇	27.1440	15.86
木糖醇包装	0.7701	0.45
木糖醇运输	0.2215	0.13
总数	171.1392	100.00



图IV-4: 各阶段耗水量结果

主要贡献步骤是将半纤维素加工成木糖（82%）：四川亚华生物有限公司消耗的脱盐水是净耗水的最大贡献者（48%），每千克木糖产量消耗66.22升。硫酸消耗占木糖醇总耗水量的27%。

在木糖加工成木糖醇的过程中，地下水消耗约占该阶段16%的14%。

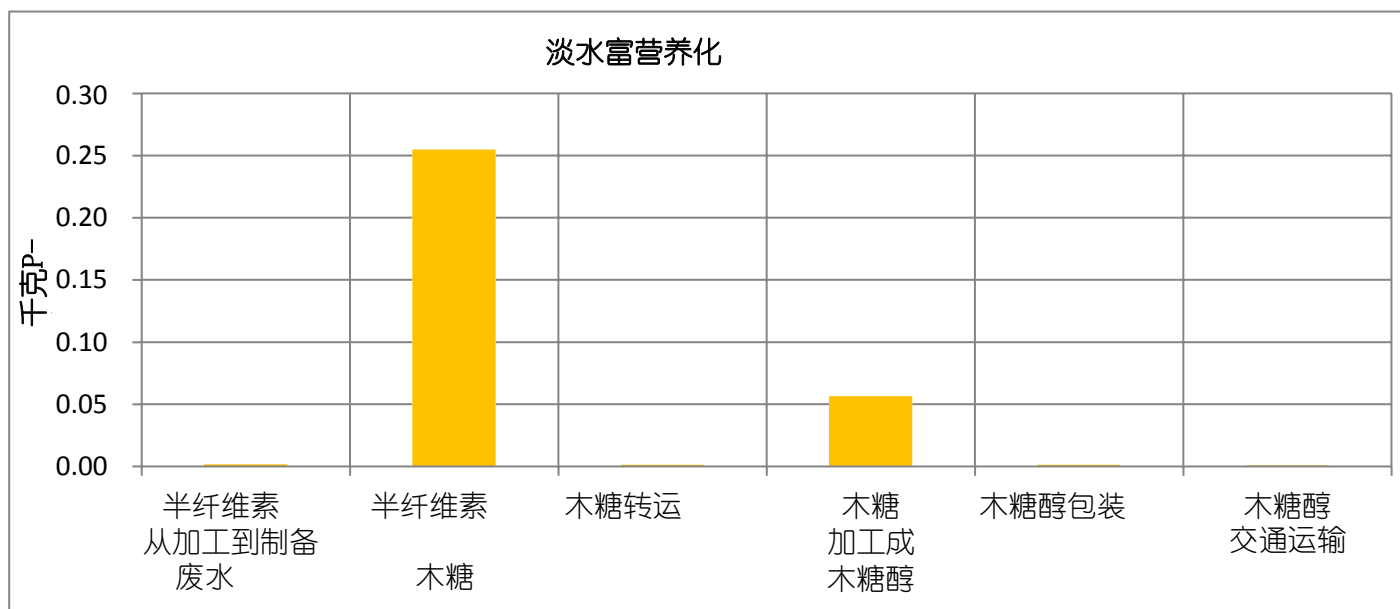
IV.5 淡水富营养化

与一吨木糖醇相关的淡水消耗量约为0.32千克P-EQ。下面的表IV-5和图IV-5中所示的图

表显示了按阶段详细说明的结果：

表IV-5: 淡水富营养化各阶段结果

相位贡献	淡水富营养化 (kg P-EQ)	所占份额 (%)
从废水中制备半纤维素	0.0015	0.49
半纤维素加工成木糖	0.2548	80.57
木糖转运	0.0013	0.43
木糖加工成木糖醇	0.0563	17.81
木糖醇包装	0.0013	0.40
木糖醇运输	0.0010	0.30
总数	0.3162	100.00



图IV-5: 淡水富营养化各阶段结果

主要贡献步骤是:

- 半纤维素处理成木糖 (81%) : 污泥 (半纤维素废水的产量)、硫酸、氢氧化钠和盐酸是该阶段磷酸盐排放影响的主要来源。来自硬煤源的电力消耗将磷酸盐排放到地下水中。这主要是由于采矿作业期间储存的表土中的磷酸盐在采矿回填物储存后释放的结果¹³。

¹³从矿井中每开采一公斤煤需要约17公斤的回填料



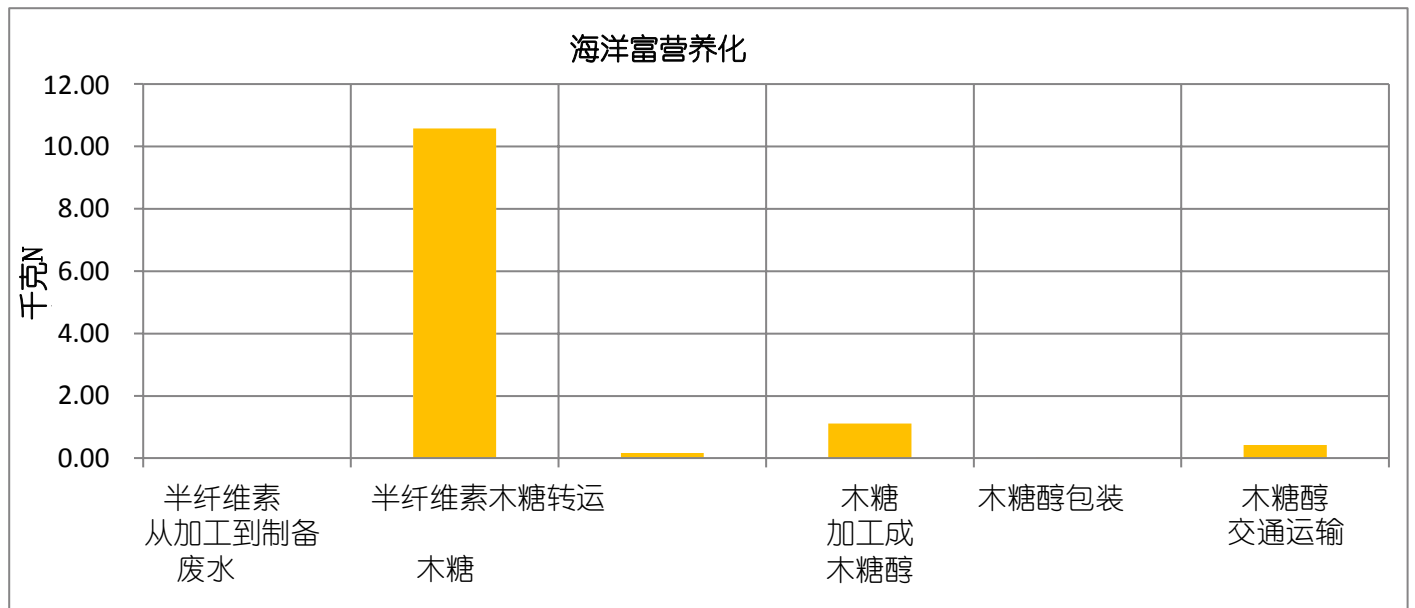
- 木糖加工成木糖醇（18%）：对淡水富营养化的贡献主要来自蒸汽和电力消耗。

IV.6 海洋富营养化

与一吨木糖醇相关的海洋富营养化约为12千克N当量。表IV-6和图IV-6中所示的图表显示了按阶段详细列出的结果：

表IV-6：海洋富营养化各阶段结果

相位贡献	海洋富营养化 (kg N-EQ)	所占份额 (%)
从废水中制备半纤维素	0.0169	0.14
半纤维素加工成木糖	10.5740	85.79
木糖转运	0.1662	1.35
木糖加工成木糖醇	1.1182	9.07
木糖醇包装	0.0257	0.21
木糖醇运输	0.4237	3.44
总数	12.3247	100.00



图IV-6：海洋富营养化各阶段结果

主要贡献步骤是：

- 半纤维素加工成木糖（86%）：主要贡献者是半纤维素生产阶段废水处理后产生的污泥。
- 木糖加工成木糖醇（9%）：柴油消耗和燃烧硬煤生产国家电力是这一阶段海洋富营养化的主要贡献者。

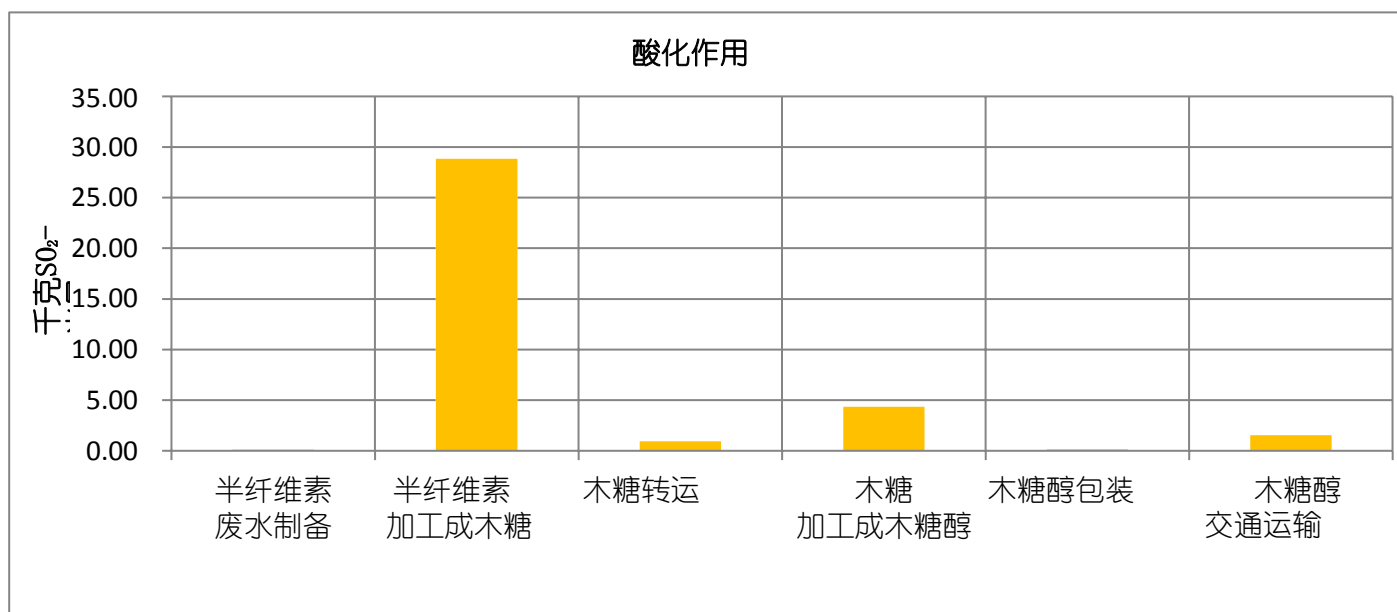
IV.7 酸化作用

与一吨木糖醇相关的酸化约为36千克二氧化硫当量。

下面的表IV-7和图IV-7中所示的图表显示了按阶段详细说明书的结果：

表IV-7：各阶段酸化结果

相位贡献	酸化（千克二氧化硫当量）	所占份额（%）
从废水中制备半纤维素	0.1049	0.29
半纤维素加工成木糖	28.8404	80.46
木糖转运	0.9063	2.53
木糖加工成木糖醇	4.3445	12.12
木糖醇包装	0.1153	0.32
木糖醇运输	1.5336	4.28
总数	35.8450	100.00



图IV-7：各阶段酸化结果

主要贡献步骤是:

- 半纤维素加工成木糖 (80%) ;
- 木糖加工成木糖醇 (12%) ;

半纤维素加工成木糖阶段的主要排放源有:

- 硫酸消耗量 (约占酸化总量的35%)
- 发电厂用于发电的硬煤燃烧 (约占总酸化的26%) 。
- 现场蒸汽消耗量 (约占酸化总量的16%) 。



V. 研究的局限性

结果仅适用于本报告所述假设所界定的情况，如果这些条件发生变化，结论可能会发生变化。

通过进行敏感性分析，可以得出更可靠的结论。

不能保证本报告及其结论的相关性和可靠性，以供第三方使用，或用于本报告中特别提及的目的以外的其他目的。

该研究评估了从原料生产到木糖醇配送到仓库的影响。不考虑产品的使用阶段和寿命终止阶段。

四川亚华生物有限公司产生的木糖废水排入集团公司污水处理厂。然而，由于保密原因，无法获得废水处理的活动数据。仅提供了雅化排放废水的pH值和COD（化学需氧量）量。建议提供污水处理厂的具体数据，因为该阶段的影响可能因输入、输出和排放而异，特别是淡水富营养化和海洋富营养化的影响类别。

用于研究的二手数据主要来自瑞士数据库EcoInvent2.2。即使这是世界上使用最广泛的方法，也可以通过使用本地数据来提高中国情况的数据精度，特别是在以下问题上：

- 发电

此外，对于所研究的许多指标，全球结果高度依赖于半纤维素生产阶段。为了减少不确定性，最好是从半纤维素供应商那里获得具体数据。

根据下表V-1中的假设计算结果：

表V-1：方法选择

程序	所选选项
碳储量	在生命周期的这一步，木糖醇中考虑了碳储存
分配	为所有联产品选择经济分配
	第1阶段废水的相关输入环境影响为零。 ¹⁴

¹⁴根据客户提供的应用经济分配和价格



VI. 结论

所使用的功能单元为:

一吨木糖醇送到客户库房。

生命周期评价包括交付至仓库的所有生产步骤。它是一个具有分发步骤的从摇篮到大门的生命周期评价。

结果概述见表VI-1。

对所研究的影响类别贡献最大的阶段是:

- 半纤维素加工成木糖-主要是因为电力,水和蒸汽的消耗和化学品的使用。
- 木糖加工成木糖醇-主要是因为购买蒸汽和电力消耗;
- 半纤维素生产-主要是因为电力和蒸汽的消耗,以及氢氧化钠的使用。

如果考虑到木糖醇生命周期中产生的副产品的其他分配规则,这些结果可能会发生变化。

从表VI-1所示,半纤维素加工成木糖和木糖加工成木糖醇是所研究的许多指标的两个关键问题。建议浙江华康药业股份有限公司和供应商四川亚华生物股份有限公司提高生产效率,并使其能源结构多样化,以减少对环境的影响。



表VI-1: 结果概述

相位贡献	温室效应 (吨二氧化碳当量)	累积能量需求 (GJ)	非生物资源消耗 (千克锑当量)	用水量 (m ³)	淡水富营养化 (kg P-EQ)	海洋富营养化 (kg N-EQ)	酸化 (千克二氧化硫当量)
木糖醇中的碳储存	-1.4472	--	--	--	--	--	--
半纤维素产量	0.0205	0.2906	0.1421	2.1783	0.0015	0.0169	0.1049
半纤维素加工成木糖	4.3033	49.7358	28.5688	140.3744	0.2548	10.5740	28.8404
木糖转运	0.3820	5.5222	2.4237	0.4509	0.0013	0.1662	0.9063
木糖加工成木糖醇	1.7328	18.3447	10.8568	27.1440	0.0563	1.1182	4.3445
木糖醇包装	0.0342	1.0535	0.4969	0.7701	0.0013	0.0257	0.1153
木糖醇运输	0.0979	1.5179	0.6667	0.2215	0.0010	0.4237	1.5336
总数	5.1235	76.4647	43.1550	171.1392	0.3162	12.3247	35.8450



编制人:

技术人员Tina

Tan绿色倡议

Intertek

签字

Tina Tan

日期: 2020年7月15日

本报告仅根据您的指示和/或您提供的信息和材料编制。它并不是对任何特定行动方案的建议。就本报告而言,天祥不对客户以外的任何人承担注意义务或任何其他责任,仅在天祥向您提供服务的条款和条件中明确规定的范围内对客户承担责任。天祥对本报告不作任何明示或暗示的保证或陈述,但本条款和条件另有规定的除外。我们的目标是在勤勉和谨慎的基础上进行审查,我们不对您因本报告、合同、侵权行为、法规或其他方面而产生的或与之相关的任何损失承担任何责任,除非是我们的重大过失或故意不当行为。



附录一：使用的主要数据

附录I. 1木糖加工成木糖醇

用卡车将木糖运到浙江华康药业股份有限公司开化工厂的木糖醇车间，通过加氢工艺转化为木糖醇。

表APPX-1列出了生产1千克木糖醇以及木糖和氢气的副产品所产生的材料、能源、资源和包装消耗及废物。数据由Intertek Shanghai在开化工厂现场收集。

表APPX-1：生产1kg木糖醇及副产品的LCI

项目	消耗量	单位 ¹⁵	附加信息
材料消耗			
木糖	1.0283	千克/千克	纯度：99.04%； 含水量：0.1%
木糖糖浆	0.0108	千克/千克	
氢气（自产）	0.1521	米 ³ /千克	参见附录I. 2处理1 kg氢气的LCI
镍（催化剂）	0.1708	克/千克	
能源和资源消耗			
电	0.2927	千瓦时/千克	从国家电网购买
蒸汽	1.8412	千克/千克	见附录I. 4生产1 kg蒸汽的LCI
净化水	1.1107	千克/千克	见附录I. 5生产1 kg纯化水的LCI
自来水	0.2615	千克/千克	
地下水	20.3454	千克/千克	取水耗电0.0008千瓦时/千克
叉车用柴油	34.9753	克/千克	
盐酸，30%	7.5112	克/千克	
液体烧碱，30%	11.3468	克/千克	
活性炭	1.2934	克/千克	
硅藻土	0.0574	克/千克	
产生的废物			

¹⁵表中的所有数据都是按生产每千克木糖醇给出的。



项目	消耗量	单位 ¹⁵	附加信息
产生的废水	1.3744	千克/千克	在自己的污水处理站处理 (见附录 I. 3处理1 kg废水的LCI)
废活性炭	0.3281	克/千克	
聚丙烯 (PP)	1.0132	克/千克	
废铁	3.6797	克/千克	
废纸	0.2145	克/千克	
包			
聚丙烯 (PP)	8.400	克/千克	
瓦楞纸板	0.4000	克/千克	
聚乙烯 (PE)	4.0000	克/千克	
聚氯乙烯 (PVC)	0.1000	克/千克	
传送			
用卡车	470.3947	公里	
乘船	6917.5368	公里	

该过程的输出为:

- 1kg木糖醇 (木糖醇干基含量为99.59%, 水含量为0.1%);
- 木糖醇糖浆 (固形物含量64%, 木糖醇含量88%~89%) 0.05 45 kg。

附录I. 2自产氢气

表APPX-2: 生产1M³氢气的LCI

项目	消耗量	单位	附加信息
材料消耗			
甲醇	0.5604	千克/米 ³	
净化水	0.1524	千克/米 ³	见附录I. 5生产1 kg纯化水的LCI
能源和资源消耗			
电	0.1944	千瓦时/米 ³	从国家电网购买
煤炭	1.9616	兆焦耳/米 ³	



项目	消耗量	单位	附加信息
生物量	0.0217	千克/米 ³	
液化天然气	0.0406	千克/米 ³	
空气排放物			
二氧化碳	0.7705	千克/米 ³	甲醇分解过程中的温室气体排放

附录I. 3废水处理

表APPX-3: 开化厂区处理1kg废水的LCI

项目	消耗量	单位	附加信息
废水处理化学品消耗量			
碳酸钠	0.3180	克/千克	
液碱	1.3723	克/千克	
聚合硫酸铁	0.5276	克/千克	
阴离子型絮凝剂	0.0062	克/千克	
阳离子型絮凝剂	0.0029	克/千克	
次氯酸钠	0.0895	克/千克	
聚合氯化铝铁 (PAFC)	0.0475	克/千克	
能源和资源消耗			
电	0.0017	千瓦时/千克	
产生的废物			
排放的废水	0.9840	千克/千克	
淤渣	1.9088	克/千克	含水量73%，交第三方处理
甲烷CH ₄	6.5000	克/千克 ¹⁶	UASB厌氧反应器排放
化学需氧量	88.0000	毫克/升	
总磷	0.2720	毫克/升	
氨氮	1.1500	毫克/升	

¹⁶根据IPCC 2006第5卷废水、工业废水估算



项目	消耗量	单位	附加信息
全氮	2.8200	毫克/升	
生化需氧量 (BOD5)	17.2000	毫克/升	
挥发酚	0.0003	毫克/升	
油	1.7200	毫克/升	
氟化物	0.4500	毫克/升	

附录I. 4自产蒸汽

表APPX-4: 产生1 kg蒸汽的LCI

项目	消耗量	单位	附加信息
产品			
饱和蒸汽	1.0000	千克/千克	发热量: 2787.0959kJ/kg
能源和资源消耗			
电	0.0147	千瓦时/千克	从国家电网购买
煤	4.0786	兆焦耳/千克	发热量: 17, 241.5 KJ/kg
净化水	1.0527	千克/千克	见附录I. 5生产1 kg纯化水的LCI
柴油 (叉车用)	0.0353	克/千克	
化学品消耗			
氧化钙	0.0109	千克/千克	
氢氧化铵	0.0033	千克/千克	
产生的废物			
煤渣	84.1279	克/千克	
煤灰	56.9248	克/千克	
空气排放			
二氧化硫	0.2911	克/千克	
氧化氮	0.2901	克/千克	
可吸入颗粒物	0.0247	克/千克	



附录I. 5纯化水

表APPX-5: 生产1 kg纯化水的LCI

项目	消耗量	单位	附加信息
能源和资源消耗			
电	0.0031	千瓦时/千克	从国家电网购买
化学品消耗			
六偏磷酸钠	0.0049	千克/千克	
氢氧化铵	0.0018	千克/千克	

