

# 酶制剂产品碳足迹生命周期评价报告

委托方：内蒙古溢多利生物科技有限公司

受托方：北京工商大学

2020年4月

# 目录

摘要.....	3
1. 目标与范围定义.....	4
1.1. 目标定义.....	4
1.1.1. 产品信息.....	4
1.1.2. 功能单位与基准流.....	4
1.1.3. 数据代表性.....	4
1.2. 范围定义.....	4
1.2.1. 系统边界.....	4
1.2.2. 取舍原则.....	6
1.2.3. 环境影响类型.....	6
1.2.4. 数据质量要求.....	7
1.2.5. 软件与数据库.....	7
2. 数据收集.....	8
2.1. 酶制剂.....	8
2.2. 葡萄糖.....	10
2.3. 废水.....	10
3. 生命周期影响分析.....	11
3.1. LCA 结果.....	11
3.2. 过程累积贡献分析.....	11
3.2.1 单个过程的贡献分析.....	12
3.3. 清单数据灵敏度分析.....	13
4. 生命周期解释.....	14
4.1. 完整性说明.....	14
4.2. 数据质量评估结果.....	15
5. 数据适用范围.....	15
6. 结论与建议.....	15

# 酶制剂生命周期评价报告

## 摘要

本项目受内蒙古溢多利生物科技有限公司委托，由北京工商大学完成。研究的目的是以生命周期评价方法为基础，利用 eFootprin 在线生命周期评价 (LCA) 系统计算得到以葡萄糖等为原料的酶制剂产品的碳足迹 3236kgCO<sub>2</sub>e/t 产品。

为了满足碳足迹第三方认证及与各相关方沟通的需要，本报告的功能单位定义为生产 1t 酶制剂。系统边界为“从摇篮到大门”类型，即从资源开采到产品出厂，主要包括原料开采与购买-产品生产过程。

报告中对生产酶制剂的不同过程比例的差别、各生产过程碳足迹比例做了对比分析。从物质获取对碳足迹贡献来看，电力消耗过程对产品碳足迹的贡献最大，其次是蒸汽消耗、原材料甲醇、氨水、玉米淀粉以及葡萄糖的获取，六者占产品碳足迹的 98.52%。

研究过程中，数据质量被认为是最重要的考虑因素之一。本次数据收集和选择的指导原则是：数据尽可能具有代表性，主要体现在生产商、技术、地域、时间等方面。酶抑制剂生产生命周期主要过程活动数据来源于企业现场调研的初级数据。大部分国内生产的大宗原材料的排放因子数据来源于 CLCD 数据库，国外生产的大宗原材料的排放因子数据来源于 ELCD 3.0 、Ecoinvent-Public2.2 数据库。本研究所选用的数据在国内外 LCA 研究中被高度认可和应用。

## 1. 目标与范围定义

### 1.1. 目标定义

#### 1.1.1. 产品信息

本研究的研究对象为：酶制剂，具体信息如下：

产品类别：饲料添加剂、食品添加剂等

形状与形态：颗粒/粉末

#### 1.1.2. 功能单位与基准流

生产 1t 酶制剂。

#### 1.1.3. 数据代表性

报告代表企业 LCA，时间、地理、技术代表性如下：

(1) 时间代表性：2019

(2) 地理代表性：中国

(3) 技术代表性，包括以下方面：

- 工艺设备：发酵法
- 生产规模：20512.570t
- 主要原料：葡糖糖、玉米淀粉、元明粉、氨水、氯化钠等
- 主要能耗：电、蒸汽

## 1.2. 范围定义

### 1.2.1. 系统边界

本研究的系统边界为生命周期-生产阶段（从资源开采到产品出厂），工艺流程图：

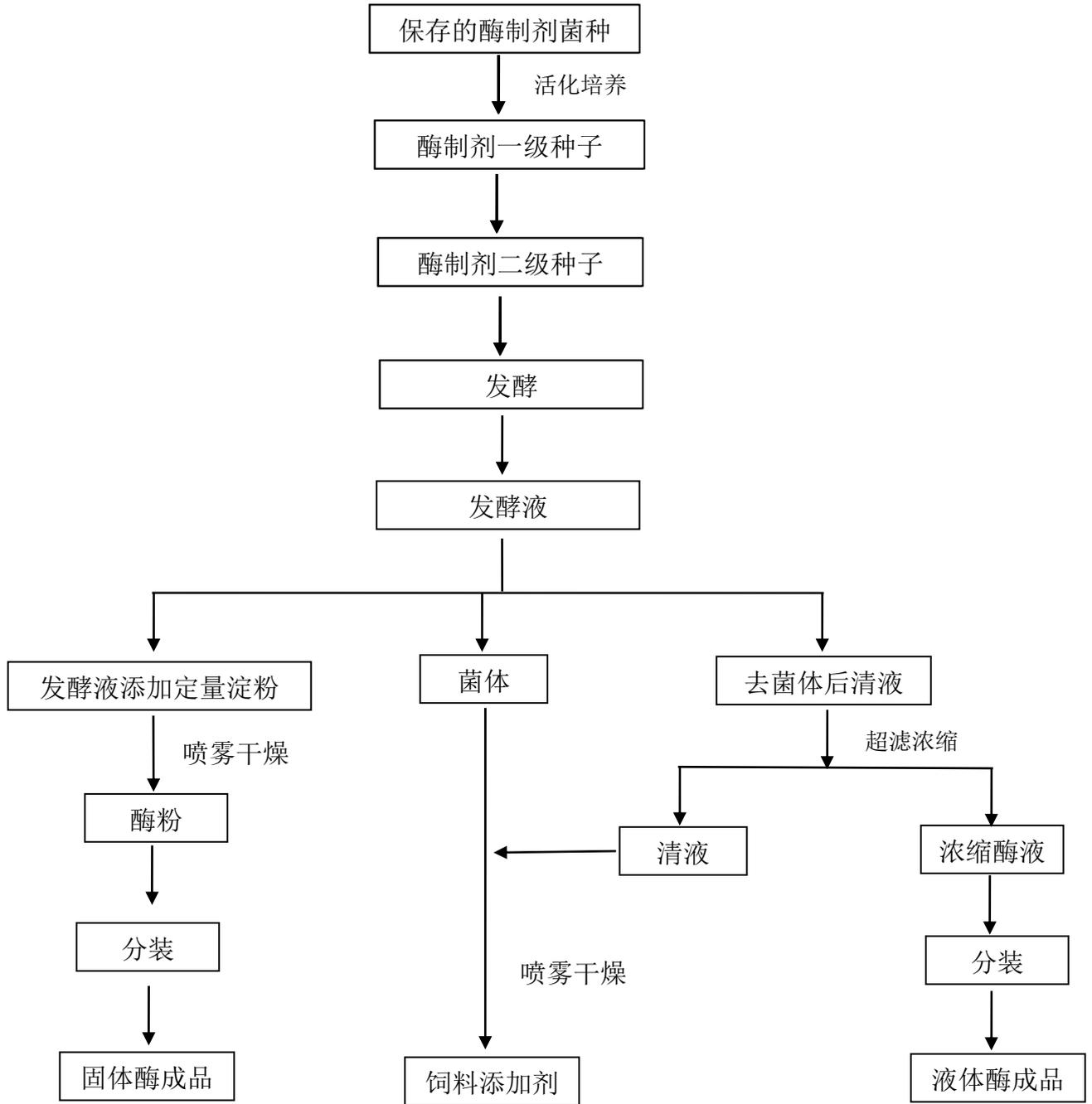


图 1-1 酶制剂生产工艺流程图

LCA 模型图:



图 1-2 LCA 模型图

### 1.2.2. 取舍原则

本研究采用的取舍规则以各项原材料投入占产品重量或过程总投入的重量比为依据。具体规则如下：

- 普通物料重量<1%产品重量时，以及含稀贵或高纯成分的物料重量<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%；
- 低价值废物作为原料，如粉煤灰、矿渣、秸秆、生活垃圾等，可忽略其上游生产数据；
- 大多数情况下，生产设备、厂房、生活设施等可以忽略；
- 在选定环境影响类型范围内的已知排放数据不应忽略。

### 1.2.3. 环境影响类型

本研究选择的环境影响类型指标为气候变化(Climate Change,GWP),即碳足迹，进行了计算。

表 1-1 环境影响类型指标

环境影响类型指标	影响类型指标单位	主要清单物质
气候变化	kg CO <sub>2</sub> eq.	CO <sub>2</sub> ,CH <sub>4</sub> ,N <sub>2</sub> O...

#### 1.2.4. 数据质量要求

数据质量代表 LCA 研究的目标代表性与数据实际代表性之间的差异，本报告的数据质量评估方法采用 CLCD 方法。

CLCD 方法对模型中的消耗与排放清单数据，从①清单数据来源与算法、②时间代表性、③地理代表性、④技术代表性等四个方面进行评估，并对关联背景数据库的消耗，评估其与上游背景过程匹配的不确定度。完成清单不确定度评估后，采用解析公式法计算不确定度传递与累积，得到 LCA 结果的不确定度。

#### 1.2.5. 软件与数据库

本研究采用 eFootprint 软件系统，建立了酶制剂生命周期模型，并计算得到 LCA 结果。eFootprint 软件系统是由亿科环境科技有限公司研发的在线 LCA 分析软件，支持全生命周期过程分析，并内置了中国生命周期基础数据库 (CLCD)、欧盟 ELCD 数据库和瑞士的 Ecoinvent 数据库。

研究过程中用到的中国生命周期基础数据库 (CLCD) 是由亿科开发，基于中国基础工业系统生命周期核心模型的行业平均数据库。CLCD 数据库包括国内主要能源、交通运输和基础原材料的清单数据集。

在 eFootprint 软件中建立的酶制剂 LCA 模型，其生命周期过程使用的背景数据来源见下表：

表 1-2 背景数据来源表

清单名称	规格型号	所属过程	数据集名称	数据库名称	备注
葡萄糖		葡萄糖	葡萄糖	CLCD-China 0.9	葡萄糖
硫酸钠		酶制剂	芒硝	CLCD-China-E CER 0.8	硫酸钠
氯化钠		酶制剂	sodium chloride	ELCD 3.0	氯化钠
玉米淀粉		酶制剂	maize starch, at plant	Ecoinvent-Public 2.2	玉米淀粉

电力	酶制剂	东北电网电力	CLCD-China-E CER 0.8	电力
氨水	酶制剂	合成氨	CLCD-China-E CER 0.8	氨水
甲醇	酶制剂	甲醇	CLCD-China-E CER 0.8	甲醇
蒸汽	酶制剂	蒸汽	CLCD-China-E CER 0.8	蒸汽
废水	废水	treatment, sewage, to wastewater treatment, class 3	Ecoinvent-Publi c 2.2	废水

## 2. 数据收集

### 2.1. 酶制剂

(1) 过程基本信息

过程名称：酶制剂

过程边界：原材料采集-酶制剂产品出门

(2) 数据代表性

主要数据来源：代表企业数据

企业名称：内蒙古溢多利生物科技有限公司

产地：中国

基准年：2019

工艺设备：发酵法

主要原料：葡糖糖、玉米淀粉、元明粉、象牙白、氯化钠等

主要能耗：电、蒸汽

生产规模：生产 1 吨酶制剂

表 2-1 过程清单数据表

类型	清单名称	数量	单位	上游数据来源	用途/排放原因
产品	酶制剂	1	t	--	
消耗	硫酸钠	0.036	t	CLCD-China-ECER 0.8.1	

消耗	高岭土	84.24	kg	数据不可得
消耗	氯化钠	5.704	kg	ELCD 3.0.0
消耗	葡萄糖	0.03	t	实景过程数据
消耗	玉米淀粉	0.172	t	Ecoinvent-Public 2.2.0
消耗	废水	0.24	t	实景过程数据
消耗	电力	1.135 E+003	kWh	CLCD-China-ECER 0.8.1
消耗	氨水	39.87	kg	CLCD-China-ECER 0.8.1
消耗	甲醇	0.252	t	CLCD-China-ECER 0.8.1
消耗	蒸汽	2.67	t	CLCD-China-ECER 0.8.1
排放	废水 [排放到水体 (未指定类型, 长期)]	0.24	t	--

### (3) 运输信息

表 2-2 过程运输信息表

物料名称	毛重	起点	终点	运输距离	运输类型
硫酸钠	0.036t	河北沧州	呼和浩特市托克托县工业园西区	697	货车运输 (2t) -柴油
高岭土	84.24kg	陕西咸阳	呼和浩特市托克托县工业园西区	989	货车运输 (2t) -柴油
氯化钠	5.704kg	河北沧州	呼和浩特市托克托县工业园西区	697	货车运输 (2t) -柴油
玉米淀粉	0.172t	内蒙古托电工业园区	呼和浩特市托克托县工业园西区	4	货车运输 (2t) -柴油

氨水	39.87kg	内蒙古托电工业园区	呼和浩特市托克托县工业园区西区	4	货车运输 (2t) -柴油
甲醇	0.252t	准格尔旗	呼和浩特市托克托县工业园区西区	59	货车运输 (2t) -柴油

注：运输数据上游数据来源均来自 CLCD 数据库

## 2.2. 葡萄糖

### (1) 过程基本信息

过程名称：葡萄糖

过程边界：原材料开采-葡萄糖产品出门

### (2) 数据代表性

主要数据来源：代表行业平均数据

产地：中国

基准年：2017

表 2-3 过程清单数据表

类型	清单名称	数量	单位	上游数据来源	用途/排放原因
产品	葡萄糖	1	t	--	
消耗	葡萄糖	1	t	CLCD-China 0.9.0	

## 2.3. 废水

### (1) 过程基本信息

过程名称：废水

### (2) 数据代表性

主要数据来源：代表企业及供应链实际数据

产地：中国

基准年：2009

表 2-4 过程清单数据表

类型	清单名称	数量	单位	上游数据来源	用途/排放原因
产品	废水	1	t	--	
消耗	废水	1	m3	Ecoinvent-Public 2.2.0	
排放	甲烷（生物源） [排放到大气（未 指定类型）]	0.262	kg	--	

### 3. 生命周期影响分析

#### 3.1. LCA结果

在 eFootprint 上建模计算得酶制剂的 LCA 计算结果，计算指标为 GWP。

表 3-1 酶制剂 LCA 结果

环境影响类型指标	影响类型指标单位	LCA 结果
GWP	kg CO2 eq	3.236E+003

#### 3.2. 过程累积贡献分析

过程累积贡献是指该过程直接贡献及其所有上游过程的贡献（即原料消耗所贡献）的累加值。由于过程通常是包含多条清单数据，所以过程贡献分析其实是多项清单数据灵敏度的累积。环境评价指标 GWP（气候变化）即碳足迹结果如表 3-2 所示。

表 3-2 酶制剂 LCA 累积贡献结果

过程名称	GWP (kg CO2 eq)
酶制剂	3.236E+003
葡萄糖	41.833
玉米淀粉	201.388
玉米淀粉 - 货车运输	0.172

硫酸钠	13.466
硫酸钠 - 货车运输	6.184
高岭土 - 货车运输	20.779
氯化钠	0.958
氯化钠 - 货车运输	0.992
甲醇	350.518
甲醇 - 货车运输	3.716
氨水	205.28
氨水 - 货车运输	0.04
废水	1.497
废水	0.092
电力	1.404E+003
蒸汽	985.611

由表中数值可知，对于全球气候变化（GWP）的贡献最大的是电力的消耗，其次是蒸汽的消耗，接下来是原材料甲醇、氨水、玉米淀粉以及葡萄糖的获取。

### 3.2.1 单个过程的贡献分析

以主要实景过程：酶制剂产品生产和全球气候变化指标 GWP 的柱状图、双饼图和帕累托图为例。

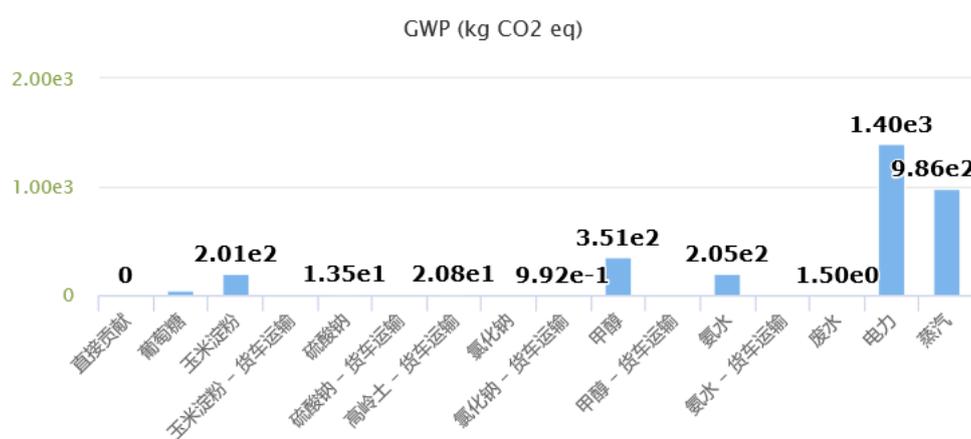


图 3-1 酶制剂生产过程的 GWP 柱状图

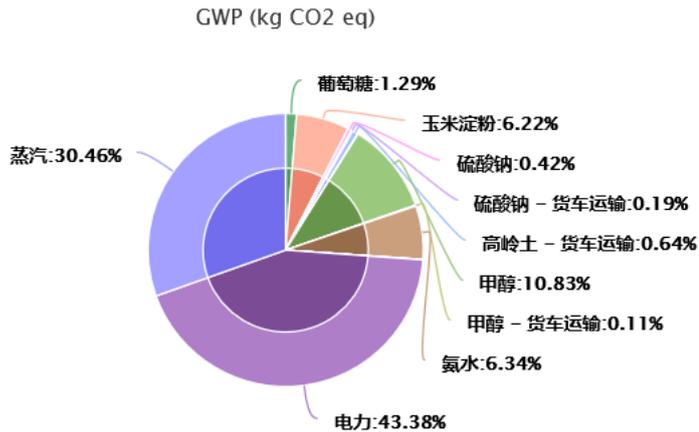


图 3-2 酶制剂生产过程的 GWP 双饼图

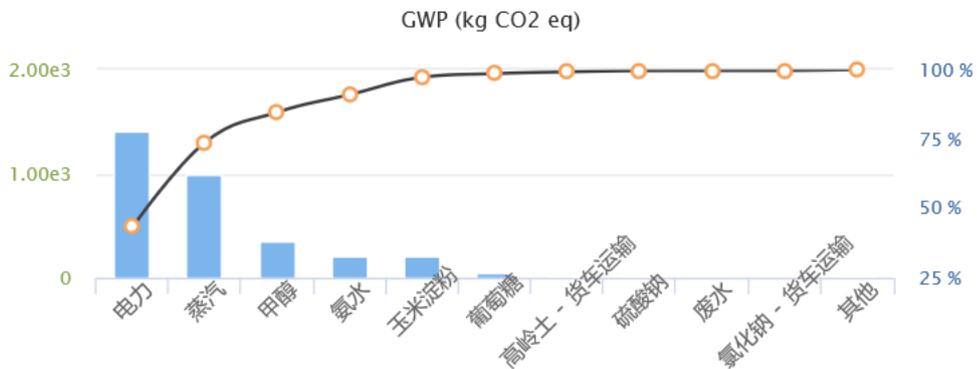


图 3-3 酶制剂生产过程的 GWP 帕累托图

由图 3-1、3-2、3-3 可知，在酶制剂生产过程中，电力的消耗对 GWP 的贡献最大，为 43.38%，贡献量第二的是蒸汽的消耗，为 30.46%，第三是原材料甲醇的获取，贡献量为 10.83%，第四是氨水，为 6.34%，接下来是玉米淀粉以及葡萄糖的获取，贡献量分别为 6.22%和 1.29%。其余原辅材料的贡献量均比较小。这与累计贡献的结果一致。

### 3.3. 清单数据灵敏度分析

清单数据灵敏度是指清单数据单位变化率引起的相应指标变化率。通过分析清单数据对各指标的灵敏度，并配合改进潜力评估，从而辨识最有效的改进点。

表中罗列了 GWP (kg CO2 eq)灵敏度>0.5%的清单数据。

表 3-3 清单数据灵敏度表

清单名称	所属过程	上游数据类型	GWP (kg CO2 eq)
酶制剂	电力	背景 AP	43.3%
酶制剂	蒸汽	背景 AP	30.4%
酶制剂	甲醇	背景 AP	10.8%
酶制剂	氨水	背景 AP	6.34%
酶制剂	玉米淀粉	背景 AP	6.22%
葡萄糖	葡萄糖	背景 AP	1.29%
酶制剂	葡萄糖	实景 UP	1.29%
酶制剂	高岭土 - 货车运输	背景 AP	0.64%

由上表可知,电力和蒸汽消耗的 GWP 值灵敏度位于第一和第二,分别为 43.3%和 30.4%,其次是甲醇、氨水和玉米淀粉的背景 AP,分别为 10.8%、6.34%和 6.22%。应从对生命周期影响大的进行改进,企业应开展绿色供应链管理,完善绿色供应链体系,进一步减少温室气体的排放。

## 4. 生命周期解释

### 4.1. 完整性说明

生命周期模型数据模型中上游生产数据完整,无需补充。

表 4-1 数据缺失或忽略的物料汇总表

消耗名称	所属过程	上游数据来源	数量单位	重量比	检查结果
高岭土	酶制剂	数据不可得	84.24kg	8.42%	数据缺失

注: \* 重量比=物料重量\*数量/产品重量;

\* 总忽略物料重量比=数据缺失的重量比+符合取舍规则的重量比。

## 4.2. 数据质量评估结果

由于葡萄糖背景数据的获取来源于 CLCD-China 0.9.0 数据库，暂不支持数据质量评估，所以本报告未能在 eF 系统上完成对模型清单数据的不确定度评估。

## 5. 数据适用范围

本报告以生产 1t 酶制剂为功能单位，包含了从原材料获取到运输再到生产的全部过程，数据主要来源于企业生产统计。

## 6. 结论与建议

通过以上分析可知，酶制剂的碳足迹为 3236 kgCO<sub>2e</sub>/t 产品。酶制剂生产生命周期过程中，电力和蒸汽的消耗过程对其 GWP 贡献最大，电力消耗的贡献为 43.3%，蒸汽消耗的贡献率为 30.4%。甲醇、氨水、玉米淀粉和葡萄糖的贡献率分别为 10.8%、6.34%、6.22% 和 1.29%。为减小产品碳足迹，建议如下：

1、酶制剂产品生命周期内的 73.7% 的 GWP 排放来源于能源消耗，因此应合理安排电力及蒸汽使用情况，选取节能减排设备，提高机械的运行效率。

2、酶制剂产品生命周期内的 24.68% 的 GWP 排放来源于原料甲醇、氨水、玉米淀粉以及葡萄糖的获取，因此在原料绿色供应链的选择上，应尽量选择能够提供绿色产品的企业，建立企业的绿色供应链，定期开展绿色供应链评价。并要求上游供应链企业提供产品碳足迹报告，以提高酶制剂产品的碳足迹数值准确度。

3、定期进行第三方生命周期评价工作。