

4TSS2.5 太阳能水泵

产品生命周期评价报告

杭州申乾裕科技有限公司

2022年06月01日



前言

本报告基于《环境管理生命周期评价原则与框架》（GB/T24040）、《环境管理生命周期评价要求与指南》GB/T24044 和《生态设计产品评价通则》（GB/T32161-2005）提及的生命周期方法编写。

本报告编写单位：杭州申乾裕科技有限公司

报告主要编写人：匡祯斌、罗佩义、陈志刚

编制日期：2022-06-01

报告审核人：樊曙光

审核日期：2022-06-01

报告申请者信息

公司名称：浙江泰福泵业股份有限公司

社会信用代码：913310816100020466

地址：浙江省台州市温岭市松门镇东南工业园区

联系人：张行蓉

联系方式：13989648901

本报告采用全生命周期绿色管理专业委员会 WebLCA 平台及中国 LCA 基础数据库 CLCD 完成。



全生命周期绿色管理专委会
Life Cycle Assessment & Management

目 录

1. 目标与范围定义	1
1.1. 目标定义	1
1.1.1. 产品信息	1
1.1.2. 功能单位与基准流	1
1.1.3. 数据代表性	1
1.2. 范围定义	2
1.2.1. 系统边界	2
1.2.2. 取舍原则	2
1.2.3. 环境影响类型	3
1.2.4. 数据质量要求	3
1.2.5. 软件与数据库	3
2. 数据收集	5
3. 生命周期影响分析	9
3.1. LCA 结果	9
3.2. 过程累积贡献分析	9
3.3. 清单数据灵敏度分析	10
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	14
4.3. 绿色设计改进初步方案	15
4.1. 结论与建议	16

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：4TSS2.5 太阳能水泵，具体信息如下：

表 1.1 产品基本信息表

基本信息	内容
生产厂家	浙江泰福泵业股份有限公司
产品重量	2.70kg
尺寸规格	
材料构成	叶轮、导叶、泵轴、耐压筒
包装材料及规格	木架、纸箱
工艺路线及类型	水泵通用设备制造
其他	/

1.1.2. 功能单位与基准流

本报告以生产 1 台 4TSS2.5 太阳能水泵为功能单位。

1.1.3. 数据代表性

报告代表具体企业及产品研究，时间、地理、技术代表性如下：

时间、地理、技术代表性如下：

- (1) 时间代表性：2021
- (2) 地理代表性：中国
- (3) 技术代表性，包括以下方面：
 - 生产工艺流程：水泵制造
 - 主要原料：叶轮、导叶、泵轴、耐压筒
 - 主要能耗：电力
 - 生产规模：1 台水泵

1.2. 范围定义

1.2.1. 系统边界

本研究的系统边界为，主要包括零部件加工、太阳能水泵装配

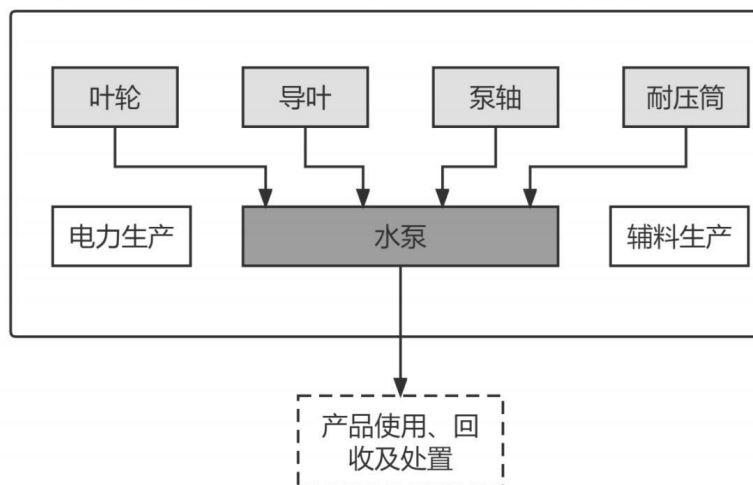


图 1.1 水泵生命周期系统边界图

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

表 1.2. 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 ₂ eq	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O...
初级能源消耗	MJ	硬煤, 褐煤, 天然气...
水资源消耗	kg	淡水, 地表水, 地下水...
酸化	kg SO ₂ eq	SO ₂ , NO _x , NH ₃ ...
非生物资源消耗潜值	kg Sb eq	铁, 锰, 铜...
富营养化潜值	kg PO ₄ -eq	NH ₃ , NH ₄ -N, COD...
可吸入无机物	kg PM _{2.5} eq	CO, PM ₁₀ , PM _{2.5}
臭氧层消耗	kg CFC-11 eq	CCl ₄ , C ₂ H ₃ Cl ₃ , CH ₃ Br...
光化学臭氧合成	kg NMVOC eq	

注：eq 是 equivalent 的缩写，意为当量。例如气候变化指标是以 CO₂ 为基准物质，其他各种温室气体按温室效应的强弱都有各自的 CO₂ 当量因子，因此产品生命周期的各种温室气体排放量可以各自乘以当量因子，累加得到气候变化指标总量（通常也称为产品碳足迹，Product Carbon Footprint, PCF），其单位为 kg CO₂ eq。

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

本研究采用亿科生命周期环境评价与管理系统软件 eFootprint（以下简称 eFootprint 系统），建立了 4TSS2.5 太阳能水泵生命周期模型，并计算得到 LCA 结果。eFootprint 系统是由成都亿科环境科技有限公司（以下简称亿科）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 4TSS2.5 太阳能水泵 LCA 模型，其生命周期过程使用的背景数据来源见下表：

表 1.3 背景数据来源表

清单名称	所属过程	数据集名称	数据库名称	备注
导叶毛坯材料	导叶生产	冷轧不锈钢(未分类)	2462702802@qq.com 1.1	
自来水	导叶生产	自来水(工业用)	CLCD-China-EC ER 0.8	
切削液	泵轴生产	重油/燃料油	CLCD-China-EC ER 0.8	
泵轴毛坯	泵轴生产	冷轧不锈钢(未分类)	2462702802@qq.com 1.1	
自来水	泵轴生产	自来水(工业用)	CLCD-China-EC ER 0.8	
叶轮毛坯材料	叶轮生产	冷轧不锈钢(未分类)	2462702802@qq.com 1.1	
自来水	叶轮生产	自来水(工业用)	CLCD-China-EC ER 0.8	
自来水	耐压筒生产	自来水(工业用)	CLCD-China-EC ER 0.8	
切削液	耐压筒生产	重油/燃料油	CLCD-China-EC ER 0.8	
耐压筒毛坯	耐压筒生产	冷轧不锈钢(未分类)	2462702802@qq.com 1.1	
电力	太阳能水泵装配[生产]	华东电网电力(到用户)	CLCD-China-EC ER 0.8	
电力	导叶生产	华东电网电力(到用户)	CLCD-China-EC ER 0.8	
电力	泵轴生产	华东电网电力(到用户)	CLCD-China-EC ER 0.8	
电力	叶轮生产	华东电网电力(到用户)	CLCD-China-EC ER 0.8	
电力	耐压筒生产	华东电网电力(到用户)	CLCD-China-EC ER 0.8	

2. 数据收集

2.1.太阳能水泵装配生产

(1) 过程基本信息

过程名称：太阳能水泵装配生产

过程边界：从水泵配件及原料进厂到太阳能水泵出厂

(2) 数据代表性

主要数据来源：企业现场调查

产地：台州

基准年：2021

工艺设备：装配设备

主要原料：叶轮、导叶、泵轴、耐压抽

主要能耗：电力

生产规模：1 台太阳能水泵

技术补充描述：将叶轮、导叶、泵轴、耐压抽装配成 1 台水泵

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
产品产出	4TSS2.5 太阳能水泵	1	Item(s)	--	--
原材料/物料	导叶	3	Item(s)	实景过程数据	
原材料/物料	耐压筒	1	Item(s)	实景过程数据	
原材料/物料	叶轮	3	Item(s)	实景过程数据	
原材料/物料	泵轴	1	Item(s)	实景过程数据	
能源	电力	0.1	kWh	CLCD-China-EC ER 0.8	

2.2.叶轮生产

(1) 过程基本信息

过程名称：叶轮生产

过程边界：从叶轮毛坯材料到叶轮成品

(2) 数据代表性

主要数据来源：企业现场调查
产地：台州
基准年：2021
工艺设备：叶轮生产线
主要原料：叶轮毛坯材料
主要能耗：电力
技术补充描述：将叶轮毛坯材料用车削、钻削、铣削、磨削加工成叶轮。

表 2.2. 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
产品产出	叶轮	1	Item(s)	--	--
原材料/物料	叶轮毛坯材料	0.13	kg	2462702802@qq.com 1.1	
原材料/物料	自来水	0.2	kg	CLCD-China-EC ER 0.8	
能源	电力	0.08	kWh	CLCD-China-EC ER 0.8	

2.3.导叶生产

（1）过程基本信息
过程名称：导叶生产
过程边界：从导叶毛坯材料到导叶成品
（2）数据代表性
主要数据来源：企业现场调查
产地：台州
基准年：2021
工艺设备：导叶生产线
主要原料：导叶毛坯材料
主要能耗：电力
技术补充描述：将导叶毛坯材料用车削、钻削、铣削、磨削加工成导叶。

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
产品产出	导叶	1	Item(s)	--	--
原材料/物料	导叶毛坯材料	0.39	kg	2462702802@qq.com 1.1	
原材料/物料	自来水	0.38	kg	CLCD-China-EC ER 0.8	
能源	电力	0.17	kWh	CLCD-China-EC ER 0.8	

2.4. 泵轴生产

(1) 过程基本信息

过程名称：泵轴生产

过程边界：从泵轴毛坯材料到泵轴成品

(2) 数据代表性

主要数据来源：企业现场调查

产地：台州

基准年：2021

工艺设备：泵轴生产线

主要原料：泵轴毛坯材料

主要能耗：电力

技术补充描述：将泵轴毛坯材料用车削、钻削、铣削、磨削加工成泵轴。

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
产品产出	泵轴	1	Item(s)	--	--
原材料/物料	切削液	0.45	kg	CLCD-China-EC ER 0.8	
原材料/物料	泵轴毛坯	0.32	kg	2462702802@qq.com 1.1	
原材料/物料	自来水	0.35	kg	CLCD-China-EC ER 0.8	

能源	电力	0.85	kWh	CLCD-China-EC ER 0.8
待处置废物	废水	0.35	kg	可忽略：环境影响为“0”的物料

2.5. 耐压筒生产

（1）过程基本信息

过程名称：耐压筒生产

过程边界：从耐压筒毛坯材料到耐压筒成品

（2）数据代表性

主要数据来源：企业现场调查

产地：台州

基准年：2021

工艺设备：耐压筒生产线

主要原料：耐压筒毛坯材料

主要能耗：电力

技术补充描述：将耐压筒毛坯材料用车削、钻削、铣削、磨削加工成耐压筒。

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
产品产出	耐压筒	1	Item(s)	--	--
原材料/物料	自来水	0.25	kg	CLCD-China-EC ER 0.8	
原材料/物料	切削液	0.2	kg	CLCD-China-EC ER 0.8	
原材料/物料	耐压筒毛坯	0.81	kg	2462702802@qq.com 1.1	
能源	电力	0.55	kWh	CLCD-China-EC ER 0.8	
待处置废物	废水	0.15	kg	可忽略：环境影响为“0”的物料	

3. 生命周期影响分析

3.1. LCA结果

在 eFootprint 上建模计算了 1Item(s)4TSS2.5 太阳能水泵的 LCA 结果，计算指标为气候变化 (GWP)、初级能源消耗 (PED)、水资源消耗 (WU)、酸化 (AP)、非生物资源消耗潜值 (ADP)、富营养化潜值 (EP)、可吸入无机物 (RI)、臭氧层消耗 (ODP)、光化学臭氧合成 (POFP) 结果如下

表 3.1. 4TSS2.5 太阳能水泵 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	17.39
PED	MJ	261.22
WU	kg	127.19
AP	kg SO2 eq	0.08
ADP	kg antimony eq.	8.63E-04
EP	kg PO43-eq	0.01
RI	kg PM2.5 eq	0.03
ODP	kg CFC-11 eq	2.51E-07
POFP	kg NMVOC eq	0.02

3.2. 过程累积贡献分析

生命周期各过程对环境影响的相应贡献可以展示产品不同生产过程对环境影响类型的贡献，以便为减小产品环境影响提供分析依据。为了分析 4TSS2.5 太阳能水泵的生命周期环境影响，本研究将其产品生命周期分为多个过程，各实景过程的环境影响类型结果展示如下表：

表 3.2. 4TSS2.5 太阳能水泵 LCA 累积贡献结果（单位同上表）

过程名称	GWP	PED	WU	AP	ADP	EP	RI	ODP	POFP
太阳能水泵装配【生产】	17.39	261.22	127.19	0.08	8.63E-04	0.01	0.03	2.51E-07	0.02
导叶	7	101.11	53.1	0.03	3.06E-04	4.97E-03	0.01	4.87E-08	6.36E-03

耐压筒	5.1	76.94	37.24	0.02	2.58E-04	3.57E-03	9.40E-03	7.61E-08	4.78E-03
叶轮	2.41	34.76	18.3	0.01	1.04E-04	1.69E-03	4.49E-03	1.65E-08	2.16E-03
泵轴	2.78	47.17	18.18	0.01	1.93E-04	1.76E-03	4.87E-03	1.09E-07	2.74E-03

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。表中罗列了清单对不同环境影响类型的贡献率。

表 3.3. 清单数据灵敏度表（单位同上表）

清单名称	所属过程	GWP	PED	WU	AP	ADP	EP	RI	ODP	POFP
导叶	太阳能水泵装配【生产】	40.25%	38.71%	41.75%	39.7%	35.49%	41.34%	40.85%	19.39%	39.56%
导叶毛坯材料	导叶生产	37.47%	36.28%	39.35%	36.42%	34.83%	39.93%	38.3%	18.9%	38.3%
耐压筒	太阳能水泵装配【生产】	29.33%	29.45%	29.28%	29.22%	29.97%	29.67%	29.38%	30.3%	29.74%
耐压筒毛坯	耐压筒生产	25.84%	25.02%	27.14%	25.12%	24.02%	27.54%	26.42%	13.03%	26.42%
泵轴	太阳能水泵装配【生产】	16%	18.06%	14.29%	16.7%	22.4%	14.65%	15.22%	43.64%	17.01%
叶轮	太阳能水泵装配【生产】	13.87%	13.31%	14.39%	13.74%	12.01%	14.07%	14.04%	6.58%	13.45%
叶轮毛坯材料	叶轮生产	12.59%	12.19%	13.22%	12.24%	11.71%	13.42%	12.87%	6.35%	12.87%

11

泵轴毛坯	泵轴生产	10.25%	9.93%	10.77%	9.97%	9.53%	10.93%	10.48%	5.17%	10.48%
切削液	泵轴生产	1.1%	4.08%	0.77%	1.27%	11.77%	1.37%	0.49%	37.64%	4.44%
切削液	耐压筒生产	0.49%	1.82%	0.34%	0.57%	5.23%	0.61%	0.22%	16.73%	1.97%
电力	泵轴生产	4.64%	4.05%	2.48%	5.46%	1.1%	2.35%	4.25%	0.82%	2.09%
电力	耐压筒生产	3%	2.62%	1.6%	3.53%	0.71%	1.52%	2.75%	0.53%	1.35%
电力	导叶生产	2.78%	2.43%	1.49%	3.28%	0.66%	1.41%	2.55%	0.49%	1.25%
电力	叶轮生产	1.28%	1.11%	0.68%	1.5%	0.3%	0.65%	1.17%	0.23%	0.58%
电力	太阳能水泵装配【生产】	0.55%	0.48%	0.29%	0.64%	0.13%	0.28%	0.5%	0.1%	0.25%
自来水	导叶生产	1.25E-03%	1.09E-03%	0.91%	1.37E-03%	3.27E-04%	9.77E-04%	1.09E-03%	1.89E-04%	5.40E-04%
自来水	叶轮生产	6.57E-04%	5.76E-04%	0.48%	7.20E-04%	1.72E-04%	5.14E-04%	5.76E-04%	9.96E-05%	2.84E-04%
自来水	泵轴生产	3.83E-04%	3.36E-04%	0.28%	4.20E-04%	1.00E-04%	3.00E-04%	3.36E-04%	5.81E-05%	1.66E-04%
自来水	耐压筒生产	2.74E-04%	2.40E-04%	0.2%	3.00E-04%	7.16E-05%	2.14E-04%	2.40E-04%	4.15E-05%	1.18E-04%

12

废水	耐压筒生产	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
废水	泵轴生产	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

4. 生命周期解释

4.1. 完整性说明

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
废水	泵轴生产	可忽略	0.35kg	12.98%	来自上游低价值废料，可忽略
煤矸石	冷轧工序 [来自数据集]	未定义	7.6511E-05kg	0%	符合取舍规则
煤矸石	冷轧工序 [来自数据集]	未定义	9.3959E-05kg	0%	符合取舍规则
煤矸石	冷轧工序 [来自数据集]	未定义	0.0002kg	0%	符合取舍规则
废水	耐压筒生产	可忽略	0.15kg	5.56%	来自上游低价值废料，可忽略
煤矸石	冷轧工序 [来自数据集]	未定义	0.0003kg	0%	符合取舍规则

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

报告采用 CLCD 质量评估方法，在 eF 系统上完成对模型清单数据的不确定度评估。经 eF 评估计算，得到数据质量评估结果见表。

表 4.2. LCA 数据质量评估结果

指标名称	缩写（单位）	LCA 结果	结果不确定度	结果上下限 (95%置信区间)
气候变化	GWP(kg CO2 eq)	--	0.99 %	0.99 %
一次能源消耗	PED(MJ)	--	1.14 %	1.14 %
水资源消耗	WU(kg)	--	0.53 %	0.53 %

酸化	AP(kg SO ₂ eq)	--	0.90 %	0.90 %
非生物资源消耗潜值	ADP(kg antimony eq.)	--	2.24 %	2.24 %
富营养化潜值	EP(kg PO ₄ -eq)	--	0.54 %	0.54 %
可吸入无机物	RI(kg PM _{2.5} eq)	--	0.68 %	0.68 %
臭氧层消耗	ODP(kg CFC-11 eq)	--	7.40 %	7.40 %
光化学臭氧合成	POFP(kg NMVOC eq)	--	0.59 %	0.59 %

4.3. 绿色设计改进初步方案

根据表 4.3 可知，导叶生产过程是 4TSS2.5 太阳能水泵生命周期过程中对资源环境指标贡献最大的过程，表明这些过程是实现 4TSS2.5 太阳能水泵绿色改进的重要环节。

为了更直观展现 4TSS2.5 太阳能水泵生命周期各过程中上游消耗生产对产品环境影响类型的贡献，列出各项消耗和排放清单的平均灵敏度如下（从大到小，列出平均灵敏度大于 0.1%的所有清单）：

表 4.3. 清单数据平均灵敏度表

清单名称	所属过程	上游数据类型	平均灵敏度
导叶	太阳能水泵装配【生产】	实景数据	37.45%
导叶毛坯材料	导叶生产	背景数据	35.53%
耐压筒	太阳能水泵装配【生产】	实景数据	29.59%
耐压筒毛坯	耐压筒生产	背景数据	24.5%
泵轴	太阳能水泵装配【生产】	实景数据	19.77%
叶轮	太阳能水泵装配【生产】	实景数据	12.83%
叶轮毛坯材料	叶轮生产	背景数据	11.94%
泵轴毛坯	泵轴生产	背景数据	9.72%
切削液	泵轴生产	背景数据	6.99%
切削液	耐压筒生产	背景数据	3.11%

电力	泵轴生产	背景数据	3.03%
电力	耐压筒生产	背景数据	1.96%
电力	导叶生产	背景数据	1.82%
电力	叶轮生产	背景数据	0.83%
电力	太阳能水泵装配【生产】	背景数据	0.36%
自来水	导叶生产	背景数据	0.1%

4.4. 结论与建议

本报告以 1Item(s) 4TSS2.5 太阳能水泵的生命周期过程为研究对象,调研了耐压筒生产、叶轮生产、导叶生产、太阳能水泵装配[生产]、泵轴生产等过程,收集了各过程的清单数据,在 eFootprint 在线 LCA 软件上建立了 4TSS2.5 太阳能水泵的 LCA 模型,计算了气候变化(GWP)、初级能源消耗(PED)、水资源消耗(WU)、酸化(AP)、非生物资源消耗潜值(ADP)、富营养化潜值(EP)、可吸入无机物(RI)、臭氧层消耗(ODP)、光化学臭氧合成(POFP)等典型 LCA 指标的结果。

通过过程贡献分析、清单灵敏度分析,发现生产一台 4TSS2.5 太阳能水泵 GWP 为 17.39kg CO₂ eq、PED 为 261.22MJ、AP 为 0.08kg SO₂ eq、EP 为 0.01 P043 eq、RI 为 0.03 PM_{2.5} eq、ADP 为 8.63E-04 kgantimony eq。

生产一台 4TSS2.5 太阳能水泵,导叶生产的 GWP 为 7kg CO₂ eq、PED 为 101.11MJ、AP 为 0.03kg SO₂ eq,导叶生产的 GWP、PED、AP 数据灵敏度分别为 40.25%、38.71%、39.7%;耐压筒生产的 GWP 为 5.1kg CO₂ eq、PED 为 76.94MJ、AP 为 0.02kg SO₂ eq,耐压筒生产的 GWP、PED、AP 数据灵敏度分别为 29.33%、29.45%、29.22%。由于目前对温室气体关注度较高,因此从 GWP 指标进行分析来看,导叶生产和耐压筒生产占比较大,因此要降低 GWP 的排放,建议:

- 1、公司在导叶生产和耐压筒生产过程中使用低 GWP 的原料;
- 2、建议公司开设回收渠道,通过再制造的方式生产,可减少主要原材料生命周期对环境的影响,从而减少对环境的污染;
- 3、水泵生产过程中,电力消耗的 GWP 数据灵敏度达 12.25%,因此建议公司对生产设备进行升级改造,更换为更加节能的设备,不仅可以节约成本,还可以降低对环境的污染和影响。