

报告编号: WIT-CFP-586444070-01

天津万峰环保科技有限公司

臭氧催化高级氧化污水深度处理成套系统

产品碳足迹报告

杭州万泰认证有限公司

二〇二二年九月



基本信息

报告信息

报告编号: WIT-CFP-586444070-01

编写单位: 杭州万泰认证有限公司

编制人员: 杨亮亮

审核单位: 杭州万泰认证有限公司

审核人员: 姚维芳

发布日期: 2022 年 09 月 16 日

申请者信息

公司全称: 天津万峰环保科技有限公司

统一社会信用代码: 91120116586444070R

地址: 天津自贸试验区(空港经济区)航海路 206 号

联系方式: 022-58702596

采用的标准信息

ISO 14067:2018《温室气体—产品碳足迹—量化要求和指南》

PAS 2050:2011《商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》

选择的数据库

GaBi Databases

China Products Carbon Footprint Factors Database

目 录

前 言.....	1
1 执行摘要	2
2 公司信息介绍	3
2.1 公司介绍.....	3
2.2 生产工艺.....	6
2.3 设备信息.....	7
2.4 产品信息.....	7
3 目标与范围定义	8
3.1 研究目的.....	8
3.2 系统边界.....	9
3.3 功能单位.....	9
3.4 生命周期流程图的绘制.....	9
3.5 取舍准则.....	10
3.6 影响类型和评价方法.....	11
3.7 数据质量要求.....	11
4 过程数据收集	12
4.1 原材料生产阶段.....	12
4.2 原材料运输阶段.....	15
4.3 产品生产阶段.....	17
4.4 产品运输阶段.....	17
5 碳足迹计算	18
5.1 碳足迹计算方法.....	18
5.2 碳足迹计算结果.....	18
5.3 碳足迹影响分析.....	19
5.4 碳足迹改进建议.....	20
6 不确定性	21

7 结语.....	21
附录 A 数据库介绍.....	22

前 言

人类活动引起的气候变化已被确定为世界面临的最大挑战之一，并将在未来几十年继续影响商业和公民。气候变化对人类和自然系统都有影响，并可能对资源可用性、经济活动和人类福祉产生重大影响。我们有必要在现有最佳科学知识的基础上，对气候变化的紧急威胁作出有效和渐进的应对。产品碳足迹量化是将科学知识转化为有助于应对气候变化的工具。温室气体可以在产品的整个生命周期内排放和去除，包括原材料的获取、设计、生产、运输/交付、使用和寿命终止处理。量化产品的碳足迹（CFP）将有助于理解和采取行动，在产品的整个生命周期中增加温室气体的去除量并减少温室气体的排放量。

产品碳足迹计算只包含一个完整生命周期评估（LCA）的温室气体的部分。基于 LCA 的研究方法，国际上已建立起多种碳足迹评估指南和要求，用于产品碳足迹认证，目前广泛使用的碳足迹评估标准有三种：①《PAS 2050:2011 商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》，此标准是由英国标准协会（BSI）与碳信托公司（Carbon Trust）、英国食品和乡村事务部（Defra）联合发布，是国际上最早的、具有具体计算方法的标准，也是目前使用较多的产品碳足迹评价标准；②《温室气体核算体系：产品生命周期核算与报告标准》，此标准是由世界资源研究所（World Resources Institute，简称 WRI）和世界可持续发展工商理事会（World Business Council for Sustainable Development，简称 WBCSD）发布的产品和供应链标准；③《ISO 14067:2018 温室气体—产品碳足迹—量化要求和指南》，此标准以 PAS 2050 为种子文件，由国际标准化组织（ISO）编制发布。产品碳足迹核算标准的出现目的是建立一个一致的、国际间认可的评估产品碳足迹的方法。

1 执行摘要

天津万峰环保科技有限公司为相关环境披露要求，履行社会责任、接受社会监督，特邀请杭州万泰认证有限公司对其选定产品的碳足迹排放情况进行研究，出具研究报告。研究的目的是以生命周期评价方法为基础，采用 ISO 14067:2018《温室气体—产品碳足迹—量化要求和指南》、PAS 2050:2011《商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》的要求中规定的碳足迹核算方法，计算得到天津万峰环保科技有限公司生产的**臭氧催化高级氧化污水深度处理成套系统**的碳足迹。

本报告的功能单位定义为**生产“1 套臭氧催化高级氧化污水深度处理成套系统”**。系统边界为“从摇篮到大门”类型，包括臭氧催化高级氧化污水深度处理成套系统的上游原材料生产阶段、原材料运输阶段、产品生产阶段、产品销售运输阶段产生的排放。

报告对臭氧催化高级氧化污水深度处理成套系统的生命周期各阶段碳足迹比例进行分析。从单个阶段对碳足迹贡献来看，发现原材料生产阶段对产品碳足迹的贡献最大，其次为产品运输阶段。

评价过程中，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、地域、时间等方面。臭氧催化高级氧化污水深度处理成套系统生产生命周期内主要过程活动数据来源于企业现场调研的初级数据，部分通用的原辅料数据来源于 GaBi 数据库（GaBi Databases）及中国产品全生命周期温室气体排放系数库(China Products Carbon Footprint Factors Database)，本次评价选用的数据在国内外 LCA 评价中被高度认可和广泛应用。

2 公司信息介绍

2.1 公司介绍

万峰环保成立于 2011 年，致力于以“厂-站-网-河（湖）”一体化区域水生态环境智慧化生产运营为统领，依托市政水务基础设施应用场景，建立技术研发体系和问题识别体系，结合国际先进技术理念，开发最适合中国国情的高性价比绿色环保解决方案，提供专业安全的全生命周期数智化服务，破解当前最困扰中国的环保难题，主营业务包括污水深度处理、区域水务基础设施精细化运维。

公司历经十余年的发展，已成为国内水务细分领域的有较大影响力的企业，先后荣获国家级高新技术企业、国家重点专精特新“小巨人”企业、工信部工业企业知识产权运用试点单位、AAA 级信用企业，天津市战略性新兴产业领军企业等。公司始终坚持以科技创新为本，有博士后科研工作站、天津市企业技术中心、南开大学专业学位研究生联合培养基地等，主持或参与了 10 余项国家标准或行业标准的制定，获得 20 多项国家、省部级奖项，取得 30 余项技术专利、40 余项计算机软件著作权。

万峰环保始终坚持以“企业为主体，项目为导向”进行高新技术研发与应用，在企业建立博士后科研工作站，拥有专职研发人员 60 余人，其中研究生及以上学历人员占比超过 50%。在站博士 5 人，已培养出站博士后 1 人。公司与清华大学、南京大学、哈尔滨工业大学等国内外优秀的科研院校及高新技术企业开展合作，公司累计投入研发经费超 1 亿元，年均小试试验数量 2000 余次，中试试验项目数量 50 余项，在基础理论和关键技术上均获得突破和创新，实现 10 余项科技成果转化。公司建有研发基地 12000 平方米，其中研发实验室 3700 平方米，生产制造中心 4200 平方米。



智慧运维平台界面 城市排水系统运营中心 城市环境监测智能物联传感设备
(天津港保税区)

万峰环保——城市排水系统智慧运维+

面向城市水生态环境质量改善和市政基础设施建设后的安全稳定运营要求。基于万峰环保数十年在生态环保领域的运行经验和专业化运营管理团队，通过结合排水系统专业知识对典型应用场景海量数据进行进一步处理和挖掘，构建别于常规信息模型的水体水动力、水质等数学模型，以量化、可视化等方式，定位排水系统中存在的问题并进行优化，自研生产城市环境监测智能物联传感系列设备，总结和开发应用场景（污水处理厂、泵站、管网、地下通道、地铁站、湿地、流域……）功能模块和技术服务工具包，在预警预报、雨洪调度、监测分析、应急管理等方面提供卓越的技术服务，实现区域水环境提质增效综合治理及市政基础设施科学智慧化管理。

提供价值：

- （1）为管理者保驾护航，免受环保督察和其他因素影响。
- （2）逐年降低运维成本、持续提高业主经济收益。
- （3）全域多维度实时态势感知，水环境趋势预测，污染源溯源，市政设施安全运维监控管理，降低运维考核风险。
- （4）精准诊断系统问题、量化工程设计效果、突发/应急科学决策支持。
- （5）城市排水设施联合调度智慧管理，促进业务数字化、网络化、智能化发展，保障城市水安全，降低内涝风险。

万峰环保——污水深度处理臭氧催化高级氧化技术

天津万峰环保科技有限公司自主研发的“臭氧催化高级氧化技术”(专利号: ZL201310067756.3)经鉴定该技术属于国际先进水平,包含高效溶气系统、高效催化系统、二次混合系统等。成功入选国家绿色技术推广目录、天津市绿色技术推广目录、吉林省建筑节能技术及产品推广使用目录、天津市重点行业生态环境保护科技发展蓝皮书、天津市“杀手锏”产品、天津市重点新产品等十几项技术荣誉。万峰环保作为臭氧催化高级氧化成套系统开拓者,核心技术具有世界领先的溶气效率、超低的能耗、以及稳定的工作性能等优点,在工程应用上成功实现了国内首创,填补了污水深度处理领域的空白,该技术可用于化工、制药、印染、电子电镀等一系列高难工业废水的深度处理,成功解决了污水中难降 COD 去除的行业难题,为多地政府、世界 500 强企业和国内水务领军企业提供核心工艺、专业生产的成套装备及技术服务。工程项目覆盖全国几十个省市,天津市场占有率第一,国内细分市场占有较高份额。臭氧催化高级氧化技术经过几十个大規模工程上验证,技术成熟、投资合理、运行费用低。在污水资源化利用及河湖生态补水方面起到显著效果。在河长制、“碳中和”等国家政策要求下拥有广阔的发展空间。

公司基于核心技术百余项工程应用样本及每年近 3000 项中小试的实验数据,结合客户需求与数字化发展的时代背景,利用大数据、云计算等新一代信息技术,突破了智慧运维的技术瓶颈,实现了臭氧催化高级氧化智能产品的转型,具备与智慧水务互联的能力。产品功能由四个基本模块构成:臭氧催化高级氧化机械本体部分、电控执行部分、通讯互联部分、数字化平台部分,由机械产品变成智能互联产品。产品增加了药剂智慧投加模块、无线通信模块、云边协同计算模块等软硬件智能模块,使产品可远程监测、可智能控制药剂投加量、可升级迭代,不断提高智慧化程度,对未来碳减排指标核算、优质水使用具有可扩充的重要价值,

产品具备了更强大的可管理性、安全性、易扩展性的智能条件。万峰本着切实为客户提供更便利、更安全、更智能、更人性化的服务开发出的臭氧催化高级氧化产品可为客户提供 24 小时在线服务，随时响应并满足客户要求，具备客户运维技术服务商的技术服务能力。

提供价值：

（1）满足高难废水高标准排放，实现污水处理厂提质增效

技术研发依托公司博士后科研工作站，根据污水深度处理累计工程规模达 600 万吨的技术跟踪验证证实，该技术可完全适用于化工、制药、电子电镀、印染、皮革等行业，是目前市政、工业园区等污水处理厂深度处理首选工艺。

（2）实现污水资源化利用，改善河道水生态质量

通过臭氧催化高级氧化技术处理过的污水可明显提升水中溶解氧含量，消除有毒有害物质，可以作为优质的生态补水水源，提高进入河道水质感官质量，满足污水资源化利用要求，实现流域水资源承载能力及生物多样性逐年提升。

2.2 生产工艺

公司臭氧催化高级氧化污水深度处理成套系统的生产工艺流程图如下：

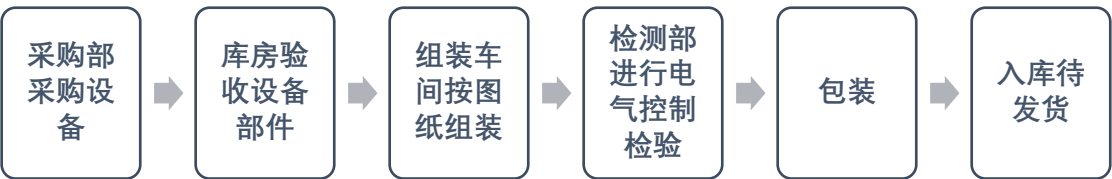


图 2.1 工艺流程图

2.3 设备信息

表 2.1 主要耗能设备清单

序号	设备名称	型号	功率 kw	数量 (台)	用能 种类	安装位置
1	电动单梁起重机	LD5-19.5	10	1	电	生产车间
2	往复式活塞空气压缩机	W-W1.0/7	11	1	电	生产车间
3	逆变式等离子切割机	LGK-80	1	1	电	生产车间
4	工业风扇		0.3	2	电	生产车间
5	砂轮机	Φ200 220V	1	1	电	生产车间
6	台式钻攻两用机		1.5	1	电	生产车间
7	铜排机		2	1	电	生产车间
8	变压器	SCB10-400	320	1	电	箱变
9	立柜空调	/	1.9	1	电	电子车间
10	COD 消解器 1 套	/	1.5	2	电	实验室

2.4 产品信息

产品名称：臭氧催化高级氧化污水深度处理成套系统

产品应用：臭氧催化高级氧化技术工艺是基于臭氧高级氧化技术，将臭氧的强氧化性和催化剂、活性炭的吸附、催化特性结合起来，利用臭氧分子在催化剂表面产生的高反应活性自由基中间体,尤其是羟基自由基氧化去除污水中难生物降解有机物的过程。能较为有效地解决有机物降解不完全的问题。在污水处理，降低 COD、bod，去除氨氮，脱色脱硝，反渗透浓水，提标改造，垃圾渗透液，焦化废水，废气除臭等方面效果显著。



图 2.2 产品照片

3 目标与范围定义

3.1 研究目的

本次研究的目的是得到天津万峰环保科技有限公司 2021 年度生产的“1 套臭氧催化高级氧化污水深度处理成套系统”生命周期过程碳足迹的平均水平，为天

津万峰环保科技有限公司开展持续的节能减排工作提供数据支撑。

碳足迹核算是实现低碳、绿色发展的基础和关键，披露产品的碳足迹是环境保护工作和社会责任的一部分，也是天津万峰环保科技有限公司迈向国际市场的重要一步。本报告的研究结果将为天津万峰环保科技有限公司与臭氧催化高级氧化污水深度处理成套系统的采购商和原材料供应商的有效沟通提供良好的途径，对促进产品全供应链的温室气体减排具有一定积极作用。

本报告研究结果的潜在沟通对象包括两个群体：一是天津万峰环保科技有限公司内部管理人员及其他相关人员，二是企业外部利益相关方，如上游主要原材料供应商、下游采购商、地方政府和环境非政府组织等。

3.2 系统边界

本次碳足迹评价的系统边界为天津万峰环保科技有限公司 2021 年度臭氧催化高级氧化污水深度处理成套系统产品生产活动及非生产活动的部分生命周期。系统边界为“从摇篮到大门”类型，包括臭氧催化高级氧化污水深度处理成套系统的上游原材料生产阶段、原材料运输阶段、产品生产阶段、产品销售运输阶段产生的排放。

3.3 功能单位

为方便系统中输入/输出的量化，本报告功能单位定义为：生产“1 套臭氧催化高级氧化污水深度处理成套系统”。

3.4 生命周期流程图的绘制

根据 PAS 2050:2011《商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》绘制“1 套臭氧催化高级氧化污水深度处理成套系统”产品的生命周期流程图，其碳足迹评价模式为从商业到商业（B2B）评价：包括从原材料获取，通过制造、分销和零售整个过程的排放。产品的生命周期流程图如下：

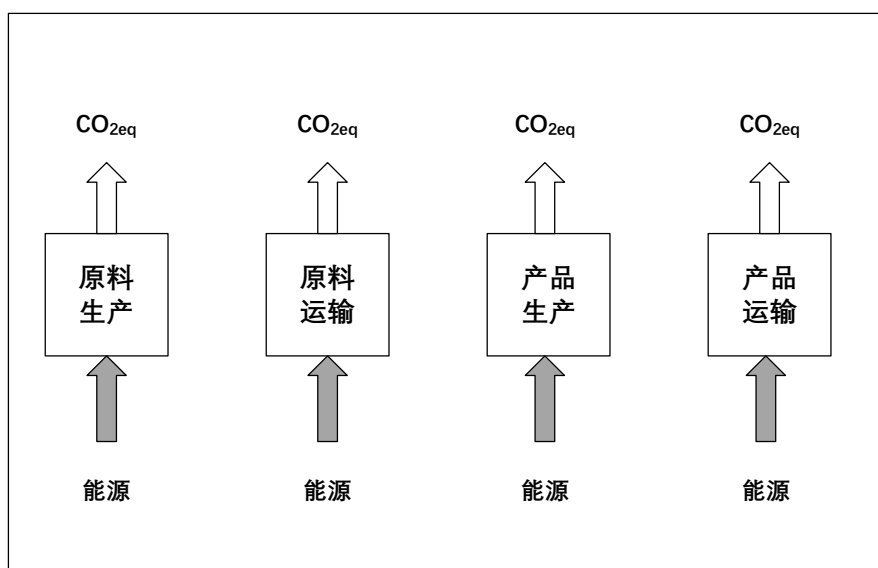


图 3.1 产品生命周期评价边界图

本报告中，产品的系统边界属“从摇篮到大门”的类型，为了实现上述功能单位，产品的系统边界见下表：

表 3.1 包含和未包含在系统边界内的生产过程

包含的过程	未包含的过程
a. 产品生产的生命周期过程包括：原材料获取+原材料运输+产品生产+产品运输； b. 主要原材料生产过程中能源的消耗； c. 产品生产过程电力及其他耗能工质等的消耗； d. 原材料运输、产品运输。	a. 资本设备的生产及维修； b. 次要原材料及辅料获取和运输； c. 销售等商务活动产生的运输。

3.5 取舍准则

本项目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：

I 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%；

II 大多数情况下，生产设备、厂房、生活设施等可以忽略；

III 在选定环境影响类型范围内的已知排放数据不应忽略。

本报告所有原辅料和能源等消耗都关联了上游数据，部分消耗的上游数据采用近似替代的方式处理，基本无忽略的物料。

3.6 影响类型和评价方法

基于研究目标的定义，本研究只选择了全球变暖这一种影响类型，并对产品生命周期的全球变暖潜值（GWP）进行了分析，因为 GWP 是用来量化产品碳足迹的环境影响指标。

研究过程中统计了各种温室气体，包括二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）、氧化亚氮（N₂O）、氢氟碳化物（HFC_s）、全氟化碳（PFC_s）、六氟化硫（SF₆）和三氟化氮（NF₃）等。并且采用了 **IPCC 第六次评估报告(2021 年)**提出的方法来计算产品生产周期的 GWP 值。该方法基于 **100 年时间范围内其他温室气体与二氧化碳相比得到的相对辐射影响值**，即特征化因子，此因子用来将其他温室气体的排放量转化为 CO₂ 当量（CO₂e）。例如，1kg 甲烷在 100 年内对全球变暖的影响相当于 27.9kg 二氧化碳排放对全球变暖的影响，因此以二氧化碳当量（CO₂e）为基础，甲烷的特征化因子就是 27.9kgCO₂e。

3.7 数据质量要求

为满足数据质量要求，在本研究中主要考虑了以下几个方面：

I 数据准确性：实景数据的可靠程度

II 数据代表性：生产商、技术、地域以及时间上的代表性

III 模型一致性：采用的方法和系统边界一致性的程度

为了满足上述要求，并确保计算结果的可靠性，在研究过程中首先选择来自生产商和供应商直接提供的初级数据，其中企业提供的经验数据取平均值，本研究在 2022 年 9 月进行数据的调查、收集和整理工作。当初级数据不可得时，尽

量选择代表区域平均和特定技术条件下的次级数据，次级数据大部分选择来自 Gabi 数据库及中国产品全生命周期温室气体排放系数库（2022）；当目前数据库中没有完全一致的次级数据时，采用近似替代的方式选择数据库中数据。数据库的数据是经严格审查，并广泛应用于国内外的 LCA 研究。

本次报告编制中初级数据，如生产制造的原辅材料清单及能源消耗由生产厂商直接提供，数据等级为实际现场值，数据质量高；次级数据如原材料生产、运输和产品运输中使用的能源消耗来源于 Gabi 数据库或中国产品全生命周期温室气体排放系数库（2022）中的背景数据。各个数据集和数据质量将在第 4 章对每个过程介绍时详细说明。

4 过程数据收集

4.1 原材料生产阶段

4.1.1 活动水平数据

原材料数据来源于企业 2021 年实际消耗量统计，根据“1 套臭氧催化高级氧化污水深度处理成套系统”进行分配，具体数据如下：

表 4.1 原材料及辅料消耗量

序号	原辅材料	活动水平	单位
1	高效溶气装置-外壳	350	kg
2	高效溶气装置-电控箱	1	台
3	溶气装置左侧臭氧管路	150	kg
4	溶气装置右侧臭氧管路	150	kg
5	射流器	150	kg
6	发生器 DN300	1	套
7	密闭型手柄	4	kg
8	内螺纹球阀	2	kg
9	压力表	1	个
10	304 不锈钢快拧锁母式外牙直接头	25	kg
11	防爆型法兰侧装浮球液位计	3	kg

序号	原辅材料	活动水平	单位
12	温度传感器	1	个
13	压力传感器	1	个
14	电动调节球阀	10	kg
15	热式气体质量流量计	1	个
16	轻型管夹	2	kg
17	热式流量开关	1	kg
18	螺母、螺栓小组件-1	20	kg
19	法兰垫-1	5.00	kg
20	板材	180	kg
21	木方	1.8	kg
22	不锈钢管	310	kg
23	不锈钢管	63	kg
24	不锈钢管	3644	kg
25	法兰	450	kg
26	等径三通	261	kg
27	弯头	440	kg
28	DN65 射流喷嘴	80	kg
29	DN80 射流喷嘴	40	kg
30	防倒流罐	450	kg
31	法兰连接管	2	kg
32	室外不锈钢电控箱	1	台
33	防爆型法兰侧装浮球液位计	3	kg
34	手动球阀	15	kg
35	快开电动复位型电动蝶阀	25	kg
36	304 不锈钢葛兰头	2	kg
37	户外用压力变送器	1	kg
38	螺母、螺栓小组件-2	2.00	kg
39	法兰垫-2	1.00	kg

4.1.2 排放因子数据

原材料生产的碳排放系数未进行供应商实景过程调研，数据通过 China Products Carbon Footprint Factors Database 和 Gabi Database 获取，具体数据如下：

表 4.2 原材料及辅料排放因子

序号	原辅材料	排放因子	单位	来源
1	高效溶气装置-外壳	3.35	tCO ₂ eq/t	GABI-stainless steel cold roll
2	高效溶气装置-电控箱	405.37	kgCO ₂ eq/台	China Database-Smart devices
3	溶气装置左侧臭氧管路	3.35	tCO ₂ eq/t	GABI-stainless steel cold roll
4	溶气装置右侧臭氧管路	3.35	tCO ₂ eq/t	GABI-stainless steel cold roll
5	射流器	3.35	tCO ₂ eq/t	GABI-stainless steel cold roll
6	发生器 DN300	810.74	kgCO ₂ eq/套	China Database-Smart devices
7	密闭型手柄	3.35	tCO ₂ eq/t	GABI-stainless steel cold roll
8	内螺纹球阀	3.35	tCO ₂ eq/t	GABI-stainless steel cold roll
9	压力表	27.2	kgCO ₂ eq/个	GABI-Watch implement
10	304 不锈钢快拧锁母式外牙直 接头	3.35	tCO ₂ eq/t	GABI-stainless steel cold roll
11	防爆型法兰侧装浮球液位计	3.35	tCO ₂ eq/t	GABI-stainless steel cold roll
12	温度传感器	23.8	kgCO ₂ eq/个	GABI-sensor
13	压力传感器	23.8	kgCO ₂ eq/个	GABI-sensor
14	电动调节球阀	3.35	tCO ₂ eq/t	GABI-stainless steel cold roll
15	热式气体质量流量计	27.2	kgCO ₂ eq/个	GABI-Watch implement
16	轻型管夹	3.12	tCO ₂ eq/t	China Database-Average plastics
17	热式流量开关	0.247	tCO ₂ eq/t	GABI-EU-steel external plug
18	螺母、螺栓小组件-1	3.35	tCO ₂ eq/t	GABI-stainless steel cold roll
19	法兰垫-1	2.96	tCO ₂ eq/t	Gabi Database CN-橡胶
20	板材	-1.196	tCO ₂ eq/t	China Database-Wood-based Panels average
21	木方	-1.196	tCO ₂ eq/t	China Database-Wood-based Panels average
22	不锈钢管	4.35	tCO ₂ eq/t	China Database-Section steel
23	不锈钢管	4.35	tCO ₂ eq/t	China Database-Section steel
24	不锈钢管	4.35	tCO ₂ eq/t	China Database-Section steel
25	法兰	2.3	tCO ₂ eq/t	China Database-steel products
26	等径三通	2.3	tCO ₂ eq/t	China Database-steel products
27	弯头	2.3	tCO ₂ eq/t	China Database-steel products
28	DN65 射流喷嘴	2.3	tCO ₂ eq/t	China Database-steel products
29	DN80 射流喷嘴	2.3	tCO ₂ eq/t	China Database-steel products

序号	原辅材料	排放因子	单位	来源
30	防倒流罐	3.35	tCO ₂ eq/t	GABI-stainless steel cold roll
31	法兰连接管	3.35	tCO ₂ eq/t	GABI-stainless steel cold roll
32	室外不锈钢电控箱	162.148	kgCO ₂ eq/台	China Database-Smart devices
33	防爆型法兰侧装浮球液位计	3.35	tCO ₂ eq/t	GABI-stainless steel cold roll
34	手动球阀	3.35	tCO ₂ eq/t	GABI-stainless steel cold roll
35	快开电动复位型电动蝶阀	3.35	tCO ₂ eq/t	GABI-stainless steel cold roll
36	304 不锈钢葛兰头	3.35	tCO ₂ eq/t	GABI-stainless steel cold roll
37	户外用压力变送器	3.35	tCO ₂ eq/t	GABI-stainless steel cold roll
38	螺母、螺栓小组件-2	3.35	tCO ₂ eq/t	GABI-stainless steel cold roll
39	法兰垫-2	2.96	tCO ₂ eq/t	Gabi Database CN-橡胶

4.2 原材料运输阶段

4.2.1 活动水平数据

原材料运输阶段活动水平为根据供应商与企业平均距离计算所得的货物周转量，具体数据如下：

表 4.3 原辅材料运输活动水平

序号	原辅材料	活动水平	单位
1	高效溶气装置-外壳	31.5000	t.km
2	高效溶气装置-电控箱	2.2500	t.km
3	溶气装置左侧臭氧管路	2.2500	t.km
4	溶气装置右侧臭氧管路	2.2500	t.km
5	射流器	2.2500	t.km
6	发生器 DN300	6.0000	t.km
7	密闭型手柄	3.2000	t.km
8	内螺纹球阀	0.0080	t.km
9	压力表	0.4000	t.km
10	304 不锈钢快拧锁母式外牙直接头	0.5000	t.km
11	防爆型法兰侧装浮球液位计	2.4000	t.km
12	温度传感器	0.4000	t.km
13	压力传感器	0.3000	t.km

序号	原辅材料	活动水平	单位
14	电动调节球阀	0.4000	t.km
15	热式气体质量流量计	4.0000	t.km
16	轻型管夹	0.0400	t.km
17	热式流量开关	0.8000	t.km
18	螺母、螺栓小组件-1	0.4000	t.km
19	法兰垫-1	0.1000	t.km
20	板材	3.6000	t.km
21	木方	1.8000	t.km
22	不锈钢管	310.0000	t.km
23	不锈钢管	63.0000	t.km
24	不锈钢管	72.8800	t.km
25	法兰	9.0000	t.km
26	等径三通	5.2200	t.km
27	弯头	660.0000	t.km
28	DN65 射流喷嘴	120.0000	t.km
29	DN80 射流喷嘴	0.6000	t.km
30	防倒流罐	6.7500	t.km
31	法兰连接管	0.0300	t.km
32	室外不锈钢电控箱	8.0000	t.km
33	防爆型法兰侧装浮球液位计	0.1200	t.km
34	手动球阀	0.6000	t.km
35	快开电动复位型电动蝶阀	0.5000	t.km
36	304 不锈钢葛兰头	1.6000	t.km
37	户外用压力变送器	0.0200	t.km
38	螺母、螺栓小组件-2	1.6000	t.km
39	法兰垫-2	0.0200	t.km

4.2.2 排放因子数据

原材料运输方式均为道路运输，因未能获取运输过程实际能源消费量，数据通过 China Products Carbon Footprint Factors Database 获取，具体如下：

表 4.4 原辅材料运输排放因子

序号	原辅材料	排放因子	单位	来源
1	生产原辅材料	0.074	kgCO ₂ eq/(t·km)	China Database—道路交通平均

4.3 产品生产阶段

4.3.1 活动水平数据

产品生产阶段的活动水平数据均来源于企业统计的实景数据，产品生产工艺包括熔铸和加工，另外涉及废水处理等辅助工序，具体能源消耗如下：

表 4.5 产品生产阶段活动水平

生产单元	能源	活动水平	单位	来源
DN300 高效溶气装置组分表	电	30.10	kwh	生产统计
二次混合设备组分表	电	200.00	kwh	
防倒流罐组分表	电	5.10	kwh	

4.3.2 排放因子数据

产品生产阶段的排放因子来源于背景数据库，具体如下：

表 4.6 产品生产阶段排放因子

能源	排放因子	单位	来源
电	0.805	kgCO ₂ /kWh	Gabi-Electricity grid mix-CN 中国电力排放因子全生命周期电网平均排放系数（2017-2024）

4.4 产品运输阶段

4.4.1 活动水平数据

产品运输阶段活动水平为根据客户与企业平均距离计算所得的货物周转量，具体数据如下：

表 4.7 产品运输阶段活动水平

序号	产品	活动水平	单位	来源
1	1 套臭氧催化高级氧化污水深度处理成套系统	4111.20	t·km	根据统计数据计算

4.4.2 排放因子数据

产品运输方式均为道路运输，因未能获取运输过程实际能源消费量，数据通过 China Products Carbon Footprint Factors Database 获取，具体如下：

4.8 产品运输阶段排放因子

序号	产品	排放因子	单位	来源
1	1 套臭氧催化高级氧化污水深度处理成套系统	0.074	kgCO ₂ eq/(t·km)	China Database—道路交通平均

5 碳足迹计算

5.1 碳足迹计算方法

产品碳足迹的公式是整个产品生命周期中所有活动的原辅材料、能源乘以其排放因子后再加和。其计算公式如下：

$$CFP = \sum_{i=1, j=1}^n P_i \times Q_{ij} \times GWP_j \quad (1)$$

式中：

CFP——产品碳足迹；

P——活动水平数据；

Q——排放因子数据；

GWP——全球变暖潜势值。

注：本报告采用 2021 年 IPCC 第六次评估报告 AR6 值。

5.2 碳足迹计算结果

根据 5.1 章节公式，对生命周期各阶段的活动水平数据和排放因子数据汇总计算，得到生产 1 套臭氧催化高级氧化污水深度处理成套系统产品的碳足迹为 26.85 tCO₂eq，具体结果如下：

表 5.1 产品碳足迹评价结果

生命周期阶段	原材料生产	原材料运输	产品生产	产品运输	产品碳足迹
碳排放量(tCO ₂ eq)	26.25	0.098	0.189	0.30	26.85
占比	97.80%	0.37%	0.71%	1.13%	100.00%

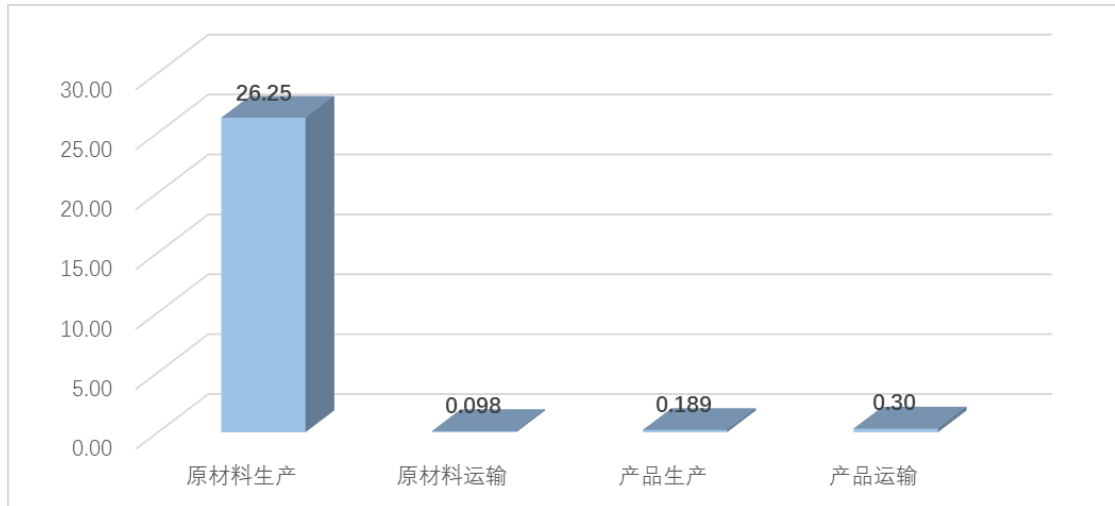


图 5.1 产品碳足迹评价结果

5.3 碳足迹影响分析

从臭氧催化高级氧化污水深度处理成套系统产品生命周期累计碳足迹贡献比例的情况，可以看出臭氧催化高级氧化污水深度处理成套系统产品的碳排放环节主要集中在原材料生产阶段，占比 97.80%，其次为产品运输阶段，占比 1.13%，具体详见下图。

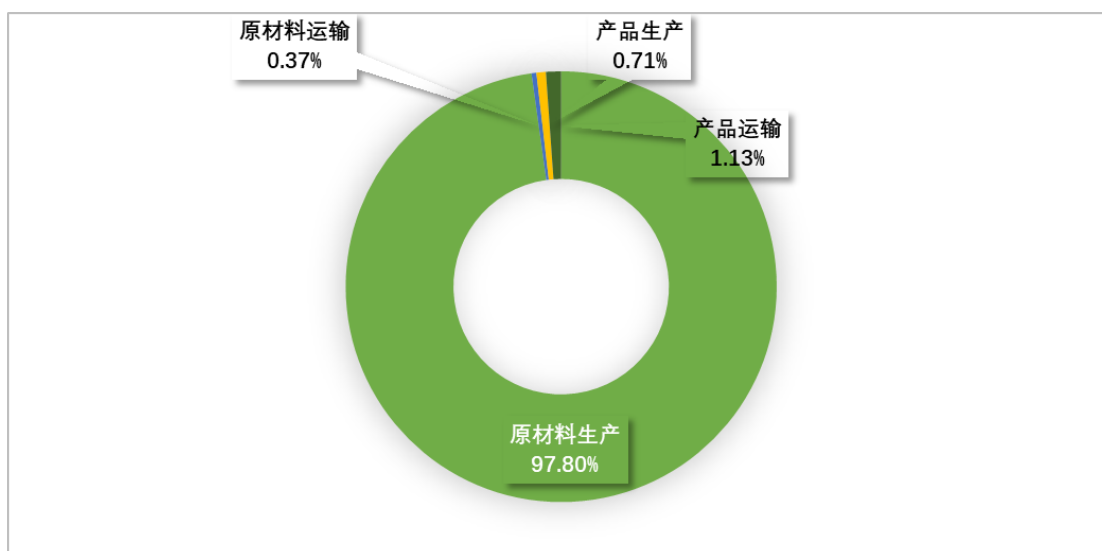


图 5.2 产品碳足迹贡献情况分布图

5.4 碳足迹改进建议

减少产品碳足迹需综合考虑产品全生命周期的各阶段影响，根据以上碳足迹贡献度分析，建议重点加强供应商原材料采购的管理，以减少原材料获取阶段的碳足迹，具体措施如下：

（1）绿色供应链管理

公司原材料获取阶段对产品碳足迹贡献较大，依据绿色供应链管理准则进行供应商考核，建立并实施供应商评价准则，加强供应链上对供应商的管理和评价，如要求主要供应商开展 LCA 评价，在原材料价位差异不大的情况下，尽量选取原材料碳足迹小或单位产品耗能较小的供应商，推动供应链协同改进。尤其针对不锈钢管等的供应商应要求其提供产品碳足迹评价报告，以便有效控制和降低原材料生产阶段的碳足迹。

（2）产品生态设计

在分析指标的符合性评价结果以及碳足迹分析、计算结果的基础上，结合环境友好的设计方案采用、落实生产者责任延伸制度、绿色供应链管理工作，提出产品生态设计改进的具体方案，以节能绿色为改进方向，减少后续产品使用阶段的碳足迹。

(3) 加强节能管理

加强节能工作，从技术及管理层面提升能源效率，减少能源投入，厂内可考虑实施节能改造，重点提高公用设备的利用率，减少电力的使用量、加强余热回收利用等。从生产阶段排放占比来看，加工阶段的排放量最高，应该重点对该工序段进行节能诊断，发掘节能点，有效控制该阶段的能源消耗。

(4) 推进绿色低碳发展意识

坚定树立企业可持续发展原则，加强生命周期理念的宣传和实践。运用科学方法，加强产品碳足迹全过程中数据的积累和记录，定期对产品全生命周期的环境影响进行自查，以便企业内部开展相关对比分析，发现问题。在生态设计管理、组织、人员等方面进一步完善。

6 不确定性

不确定性的主要来源为初级数据存在测量误差和计算误差。减少不确定性的方法主要有：

- a) 使用准确率较高的初级数据，最大程度的使用供应商提供的原始数据；
- b) 对每道工序都进行能源消耗跟踪监测，提高初级数据的准确性。

7 结语

低碳是企业未来生存和发展的必然选择，进行产品碳足迹的核算是实现温室气体管理，制定低碳发展战略的第一步。通过产品生命周期的碳足迹核算，可以了解排放源，明确各生产环节的排放量，为制定合理的减排目标和发展战略打下基础。

附录 A 数据库介绍

(1) GaBi 数据库: 由德国的 Thinkstep 公司开发的 LCA 数据库, GaBi 专业及扩展数据库共有 4000 多个可用的 LCI 数据。其中专业数据库包括各行业常用数据 900 余条扩展数据库包含了有机物、无机物、能源、钢铁、铝、有色金属、贵金属、塑料, 涂料、寿命终止、制造业, 电子、可再生材料、建筑材料、纺织数据库、美国 LCA 数据库等 16 个模块。

(2) 中国产品全生命周期温室气体排放系数库(China Products Carbon Footprint Factors Database): 由生态环境部环境规划院碳达峰碳中和研究中心联合北京师范大学生态环境治理研究中心、中山大学环境科学与工程学院, 在中国城市温室气体工作组 (CCG) 统筹下, 组织 24 家研究机构的 54 名专业研究人员, 基于公开文献的收集、整理、分析、评估和再计算, 并经过 16 名权威专家评审后公开的中国产品全生命周期温室气体排放系数, 具有较高的科学性、权威性。数据集包括产品上游排放、下游排放、排放环节、温室气体占比、数据时间、不确定性、参考文献/数据来源等信息, 包括能源产品、工业产品、生活产品、交通服务、废弃物处理和碳汇共计 1490 条数据信息。