

报告编号：CFP-720584614-01

江苏长青农化股份有限公司

氟磺胺草醚原药产品碳足迹报告

江 苏 长 青 农 化 股 份 有 限 公 司

二〇二五年三月

目 录

1 执行摘要	3
2 公司信息介绍	4
2.1 公司介绍	4
2.2 产品信息	4
2.3 数据代表性	5
2.4 生产工艺	6
2.5 设备信息	7
3 目标与范围定义	7
3.1 研究目的	11
3.2 系统边界	12
3.3 功能单位	12
3.4 取舍准则	13
3.5 影响类型和评价方法	13
3.6 数据质量要求	13
4 过程数据收集	14
4.1 原材料生产阶段	14
4.2 原材料运输阶段	16
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	21
6 不确定性	22
7 结语	22
附录 A 数据库介绍	23

1 执行摘要

为满足相关环境披露要求，履行社会责任、接受社会监督，江苏长青农化股份有限公司对氟磺胺草醚原药产品的碳足迹排放情况进行研究，并出具研究报告。本研究以生命周期评价方法为基础，按照 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》的要求对氟磺胺草醚原药产品的碳足迹进行核算。

本报告的功能单位定义为“一吨氟磺胺草醚原药”产品。系统边界为“从摇篮到大门”类型，包括一吨氟磺胺草醚原药产品的上游原材料提取加工阶段、原材料运输阶段、产品生产阶段、产品运输阶段产生的排放。

本报告通过 GaBi 建模得到生产“一吨氟磺胺草醚原药”产品的碳足迹为 23.8tCO₂eq，其中原材料提取加工阶段排放量占比为 59.19%、原材料运输阶段排放量占比为 1.16%、产品生产阶段排放量占比为 39.48%、产品运输阶段排放量占比为 0.16%。从单个阶段对碳足迹贡献来看，原材料生产阶段对产品碳足迹的贡献最大。

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，主要体现在生产商技术、地域、时间等方面。氟磺胺草醚原药产品产生生命周期内主要过程的活动数据来源于企业现场调研的初级数据，其中部分数据来源与供应商提供的统计数据。原辅料的排放因子数据来源于 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

发展历程

江苏长青农化股份有限公司是国家重点集科研开发、原药制造及加工贸易为一体的现代农化上市高新技术企业，是全国守合同重信用企业，江苏省专精特新企业，股票代码 002391 公司成立于 2001 年 1 月,主营业务承继于 1970 年成立的原江都农药厂，公司坚持走“科技兴企”和“技术改造”的发展道路，经过多年的兢兢业业，逐步由一家名不见经传的乡镇小企业发展成为国内农化前 20 强企业。公司注册资本 64959.255 万元，2023 年末总资产 60 亿元。

主营业务

公司位于扬州市江都经济开发区三江大道 8 号，占地面积 38 万平方米，建筑面积 12 万平方米，建有现代化原药生产线 13 条，具有年产万吨绿色农药的生产能力。公司主营业务为绿色农药的生产与销售，主导产品均为中国名牌产品，江苏省名牌产品。其中主产品绿色农药氟磺胺草醚 2023 年度生产销售 3004 吨，销售收入 4.7 亿元。产销量全国第一，市场占有率 46.1%，主要顾客有跨国公司先正达，陶氏等。

公司研发机构获得江苏省首批“重点企业研发机构”称号,建有国家级博士后科研工作站、江苏省企业研究生工作站江苏省企业技术中心，江苏省工程技术研究中心，江苏省工程研究中心等研发平台，曾承担过国家科技支撑计划，国家重点研发计划等重大项目。研发的新工艺获得国家发明专利授权 34 件，参与国家行业标准制定 39 项。

市场销售

公司产品国内市场销售覆盖全国 29 个省市地区,拥有 1000 余个销售网点。

2.2 产品信息

表 2.1 产品基本信息表

产品名称	氟磺胺草醚原药
主要技术参数	外观：灰白色固体，含量≥96.0,加热减量水份≤0.2
主要生产工艺	成盐脱水-醚化-蒸馏-水洗-蒸馏-苯醚-氧化-蒸馏-硝化-水洗-蒸馏-酰化-水解-脱溶-重结晶-过滤-干燥-成品包装等工艺



图 2.2 氟磺胺草醚原药产品图片

2.3 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：

- (1) 时间代表性：2024 年
- (2) 地理代表性：扬州市
- (3) 技术代表性如下：
 - a) 生产工艺流程：成盐脱水-醚化-蒸馏-水洗-蒸馏-苯醚-氧化-蒸馏-硝化-水洗-蒸馏-酰化-水解-脱溶-重结晶-过滤-干燥-成品包装等工艺（具体工艺见 2.4 生产工艺）；
 - b) 主要原料：醋酐、甲基磺酰胺、液体氢氧化钾、二甲基亚砷、3,4-二氯三氟甲苯等；

c) 主要能耗：电力、天然气、蒸汽。

2.4 生产工艺

氟磺胺草醚原药产品的生产工艺流程：

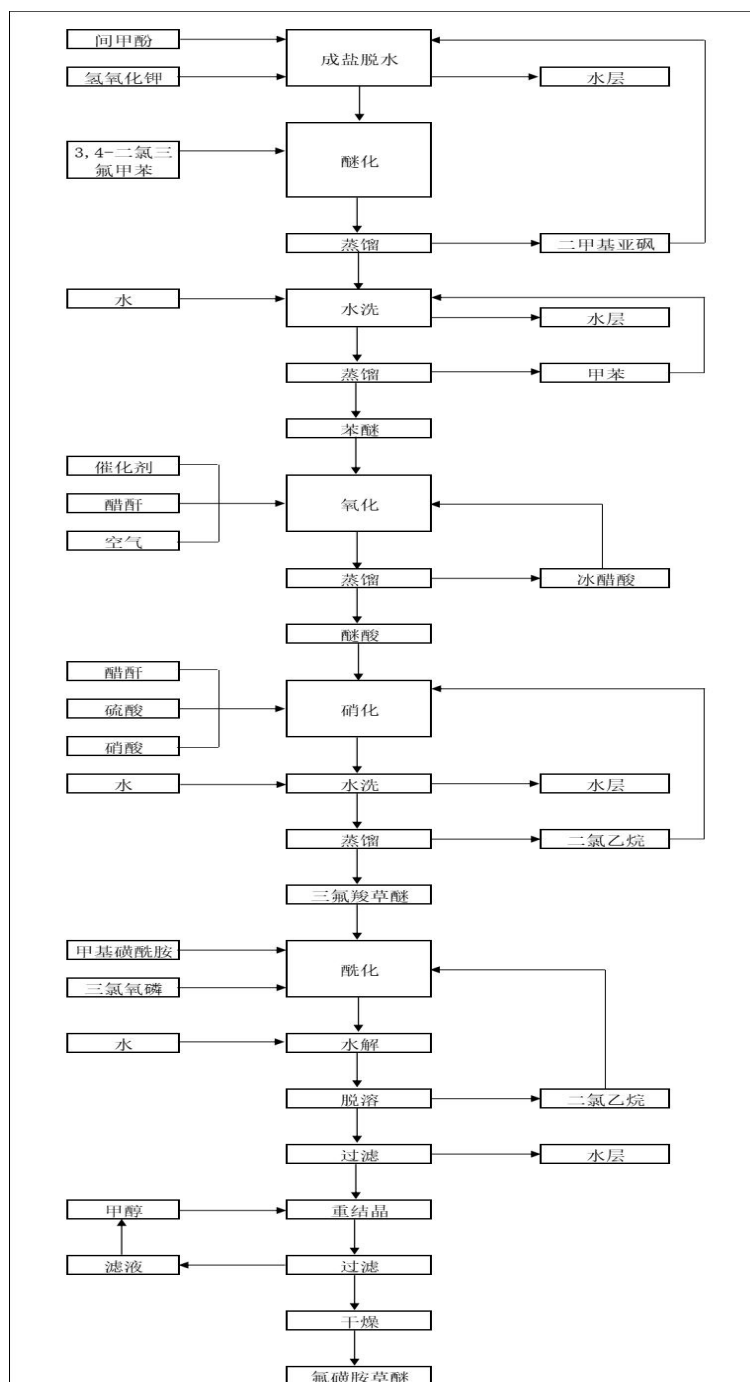


图 2.3 工艺流程图

2.5 设备信息

表 2.4 主要用能设备清单

设备名称	型号	功率	安装位置	台数	能效等级
单级双吸离心泵	KQSN300-N4/585-T-F	280Kw	消防泵房	3	一级能耗
主风机	YBBP-315S-4WF2	110Kw	1#RTO	1	一级能耗
旁通风机	YBX5-250M-4W	55Kw	1#RTO	1	一级能耗
烟气风机	YBBP-315S-4	110Kw	1#RTO	1	一级能耗
主风机	YBX5-315L1-2	160Kw	3#RTO	1	一级能耗
烟气风机	YBX5-280M-4W	90Kw	3#RTO	1	一级能耗
主风机	SCH-1F1120C4-W-R1-LO VFD	55Kw	2#RTO	1	变频
烟气风机	YBX5-250M-4W	55Kw	2#RTO	1	一级能耗
主风机	YE5-315M-2	132Kw	锅炉房	1	一级能耗
主风机	Y5-29No19D	280kw	固废炉	1	一级能耗
主风机	CHANG-QINO50T	132Kw	废液炉	1	一级能耗
循环水泵	YVF2-315M-4	132Kw	废液炉	2	一级能耗
注射泵	1LE0001-.2DB0	75kw	固废炉	1	一级能耗
破碎机	1LE0001-.3AB7	220kw	固废炉	1	一级能耗
混合机	1LE0001-.2DB0	75kw	固废炉	1	一级能耗

螺杆冷水机组	LSLG8M20A7	250kw	5 度水机房	2	一级能耗
螺杆冷水机组	HLSL-1100-2HW	180kw	5 度水机房	2	一级能耗
螺杆冷水机组	HLSL-1100-2HW	138kw	5 度水机房	2	一级能耗
外循环泵	SOW150-460	160kw	5 度水机房	3	变频
冷却水循环泵	JNS250-23	90kw	5 度水机房（待安装）	2	变频
螺杆式空气压缩机	PMVF270W-8-II	200kw	空压房	1	变频
螺杆式空气压缩机	PMVF420W-8-II	315kw	空压房	2	变频
离心式压缩机	C700	630kw	空压房	1	高压
离心式压缩机	AEZK-TK	550kw	空压房	1	高压
循环水泵	SOW200-410(I)	160kw	101 循环水池	1	变频
循环水泵	SOW125-480(I)B	75kw	101 循环水池	1	变频
冷冻外循环泵	SOW200-530	132kw	101 盐水箱	2	变频
螺杆乙二醇机组	YCVLG8M268J7	560kw	101 辅助用房	1	高压
螺杆乙二醇机组	YCLG8M20J7	250kw	101 辅助用房	1	一级能耗
螺杆乙二醇机组	YCLG8M20G7	250kw	102 辅助用房	2	一级能耗
冷冻外循环泵	JNS250-23	90kw	102 盐水箱	2	变频
循环水泵	SOW200-410(I)	160kw	102 循环水池	2	变频
循环水泵	SOW125-480(I)B	75kw	102 循环水池	1	变频
蒸汽压缩机组	GVC400/100-066 JT232012	630KW	102MVR	1	变频
强制循环泵	FJX600	160KW	102MVR	1	变频
螺杆乙二醇机组	YCLG8M20G7	250kw	103 辅助用房	1	一级能耗
循环水泵	SOW150-570C	110kw	103 循环水池	1	变频
循环水泵	SOW250-470(I)A	220kw	103 循环水池	2	变频
蒸汽压缩机组	CVB580-80/21	630KW	103MVR	1	变频

强制循环泵	HZW600-I-A/P-PZ	160KW	103MVR	1	变频
螺杆乙二醇机组	YCLG8M20H7	250kw	104 辅助用房	2	一级能耗
循环水泵	SOW125-480	75kw	104 循环水池	1	变频
循环水泵	SOW200-420	132kw	104 循环水池	2	变频
冷冻外循环泵	SOW125-480	75kw	104 盐水箱	1	变频
螺带干燥机	WZX-5000L	55KW	104M409	1	一级能耗
螺带干燥机	WZX-5000L	55KW	104M309	1	一级能耗
螺杆乙二醇机组	YCLG8M20H7	250kw	105 辅助用房	1	一级能耗
循环水泵	SOW200-420(I)	132kw	105 循环水池	1	变频
循环水泵	SOW125-63A	75kw	105 循环水池	1	变频
冷冻外循环泵	SOW125-480	75kw	105 盐水箱	1	变频
螺杆乙二醇机组	YCLG8M20H7	250kw	106 辅助用房	1	一级能耗
循环水泵	SOW200-420(I)	132kw	106 循环水池	2	变频
循环水泵	SOW125-480	75kw	106 循环水池	1	变频
冷冻外循环泵	SOW125-480	75kw	106 盐水箱	1	变频
螺带干燥机	WZX-5000L	55KW	106M903A	1	一级能耗
螺带干燥机	WZX-5000L	55KW	106M903B	1	一级能耗
螺杆乙二醇机组	YCLG8M20J7	250kw	107 辅助用房	1	一级能耗
循环水泵	SOW150-570C	110kw	107 循环水池	1	变频
循环水泵	SOW250-470(I)A	220kw	107 循环水池	2	变频
冷冻外循环泵	SOW250-380	90kw	107 盐水箱	1	变频
螺带干燥机	WZX-5000L	55KW	107M505A	1	一级能耗
螺带干燥机	WZX-5000L	55KW	107M505B	1	一级能耗
螺带干燥机	WZX-5000L	55KW	107M505C	1	一级能耗

螺杆乙二醇机组	YCLG8M20H7	250kw	108 辅助用房	1	一级能耗
循环水泵	SOW200-420(I)	132kw	108 循环水池	2	变频
循环水泵	SOW125-480	75kw	108 循环水池	1	变频
冷冻外循环泵	SOW125-480	75kw	108 盐水箱	1	变频
螺杆乙二醇机组	YCLG8M20H7	250kw	109 辅助用房	1	一级能耗
循环水泵	SOW200-420(I)	132kw	109 循环水池	2	变频
循环水泵	SOW125-480	75kw	109 循环水池	1	变频
冷冻外循环泵	SOW200-410A	90kw	109 盐水箱	1	变频
螺带干燥机	WZX-3000L	55kw	109M503	1	一级能耗
螺杆乙二醇机组	YCLG8M20H7	250kw	109 辅助用房	1	一级能耗
变压器	S22-8000/10	8000KV A	中间线	1	一级能耗
变压器	S22-8000/10	8000KV A	扬巷线	1	一级能耗
变压器	SCB18-2500/10	2500KV A	107 车间电房	1	一级能耗
变压器	SCB18-2500/10	2500KV A	103 车间电房	1	一级能耗
变压器	SCB18-2500/10	2500KV A	102 车间电房	1	一级能耗
变压器	SCB18-2500/10	2500KV A	101 车间电房	1	一级能耗
变压器	SCB18-2500/10	2500KV A	空压站电房 1#	1	一级能耗
变压器	SCB18-2500/10	2500KV A	空压站电房 2#	1	一级能耗
变压器	SCB18-2500/10	2500KV A	108 车间电房	1	一级能耗
变压器	SCB18-2500/10	2500KV A	104 车间电房	1	一级能耗
变压器	SCB18-2500/10	2500KV A	106 车间电房	1	一级能耗

变压器	SCB18-2500/10	2500KV A	109 车间电房	1	一级能 耗
变压器	SCB18-2500/10	2500KV A	焚烧炉电房	1	一级能 耗
变压器	SCB18-2500/10	2500KV A	105#车间电房	1	一级能 耗
变压器	SCB18-2500/10	2500KV A	污水站电房	1	一级能 耗
变压器	SCB18-500/10	500KV A	消防泵房电房	1	一级能 耗
变压器	SCB18-500/10	500KV A	罐区电房	1	一级能 耗
欧变房体变压器	1250KVA	1250KV A	总监控	1	一级能 耗

3 目标与范围定义

3.1 研究目的

本次研究的目的是得到江苏长青农化股份有限公司 2024 年生产的“一吨氟磺胺草醚原药”生命周期过程碳足迹的平均水平，为江苏长青农化股份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，也是江苏长青农化股份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江苏长青农化股份有限公司与氟磺胺草醚原药产品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：一是江苏长青农化股份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江苏长青农化股份有限公司 2024 年氟磺胺草醚原药产品“从摇篮到大门”温室气体排放。包括氟磺胺草醚原药产品的上游原材料提取加工阶段、原材料运输阶段、产品生产阶段和产品运输阶段 4 个阶段。

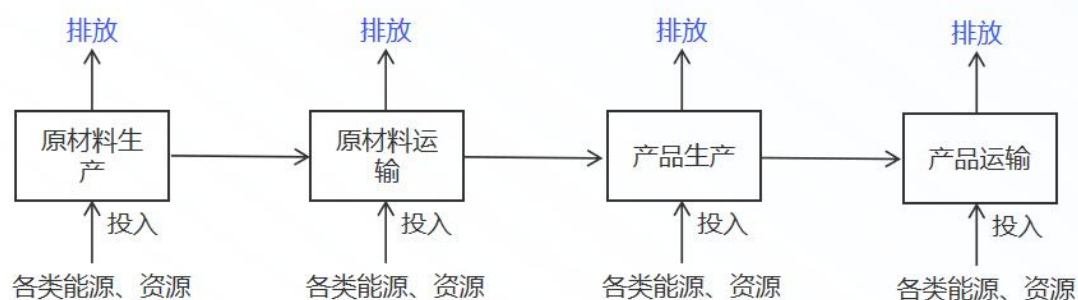


图 3.1 产品碳足迹评价系统边界图

本报告中，碳足迹核算系统边界覆盖的生命周期过程见下表：

表 3.2 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。

3.3 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：一吨氟磺胺草醚原药。

3.4 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。

3.5 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（ CO_2 ）、甲烷（ CH_4 ）、氧化亚氮（ N_2O ）、氢氟碳化物（ HFC_s ）、全氟化碳（ PFC_s ）、六氟化硫（ SF_6 ）和三氟化氮（ NF_3 ）等。并且采用了 IPCC 第六次评估报告(2022 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 CO_2 当量（ CO_2e ）。例如，1 吨甲烷在 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（ CO_2e ）为基础，甲烷的特征化因子就是 27.9kg CO_2e 。

3.6 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 2025 年 3 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；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原材料厂商碳足迹报告或 Gabi 数据库或中国产品全生命周期温室气体排放系数库中的背景数据。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 2024 年实际消耗量统计，生产一吨氟磺胺草醚原药的原材料消耗情况如下：

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	二甲基亚砷	0.027	t
2	3,4-二氯三氟甲苯	0.729	t
3	间甲酚	0.387	t
4	甲苯	0.028	t

序号	原辅材料	活动水平	单位
5	液体氢氧化钾	0.442	t
6	32%离子膜碱	0.170	t
7	醋酸钴	0.005	t
8	双氧水桶	0.001	t
9	溴化钠	0.002	t
10	醋酐	0.851	t
11	二氯乙烷	0.176	t
12	硫酸	0.093	t
13	硝酸	0.259	t
14	甲基磺酰胺	0.355	t
15	氨水	0.006	t
16	三氯氧磷	0.614	t
17	甲醇	0.362	t
18	柔性集装袋	0.794	t

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，数据通过数据库 GaBi 数据库(GaBi Databases)、Ecoinvent(包含 Lite 版本因子库)和 China Products Carbon Footprint Factors 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	二甲基亚砷	5.090	tCO ₂ eq/t	Gabi-3-Dimethylaminopropylamine (DMPA)
2	3,4-二氯三氟甲苯	1.910	tCO ₂ eq/t	Gabi-Toluene(form pyrolysis gasoline)
3	间甲酚	2.290	tCO ₂ eq/t	Gabi-Phenol (toluene oxidation)
4	甲苯	1.910	tCO ₂ eq/t	Gabi-Toluene(form pyrolysis gasoline)
5	液体氢氧化钾	2.740	tCO ₂ eq/t	Gabi-氢氧化钾 potassium hydroxide
6	32%离子膜碱	1.150	tCO ₂ eq/t	Gabi-Chlorine from chlorine-alkali electrolysis

序号	原辅材料	排放因子	单位	来源
				(Amalgam)
7	醋酸钴	6.270	tCO ₂ eq/t	Gabi-Crude cobalt hydroxide (Co(OH) ₂)
8	双氧水桶	3.470	tCO ₂ eq/t	Gabi-Dimpled sheets polyethylene (PE)
9	溴化钠	0.091	tCO ₂ eq/t	Gabi-Sodium chloride (rock salt)
10	醋酐	4.130	tCO ₂ eq/t	Gabi-acetic anhydride(乙酸酐)
11	二氯乙烷	1.680	tCO ₂ eq/t	Gabi-Dichloroethane (ethylene dichloride)
12	硫酸	0.105	tCO ₂ eq/t	Gabi-Sulfuric acid(硫酸)
13	硝酸	0.471	tCO ₂ eq/t	Gabi-Nitric acid (60%)
14	甲基磺酰胺	8.180	tCO ₂ eq/t	Gabi-Pesticide (average)
15	氨水	5.570	tCO ₂ eq/t	Gabi-Ammonia (NH ₃) without CO ₂ recovery, feedstock coal (carbon dioxide emissions to air)
16	三氯氧磷	0.340	tCO ₂ eq/t	Gabi-Hydrochloric acid (32%)
17	甲醇	0.840	tCO ₂ eq/t	Gabi-Methanol mix
18	柔性集装袋	3.470	tCO ₂ eq/t	Gabi-Dimpled sheets polyethylene (PE)

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，生产一吨氟磺胺草醚原药对应的原材料运输周转量：

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	所有原辅材料-道路运输	2538.50	t.km

4.2.2 排放因子数据

原材料运输方式为道路运输，因未能获取运输过程实际能源消费量，数据通过 GABI 数据库获取，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	道路运输原材料	0.109	kgCO ₂ eq/(t·km)	GaBi-Transport, truck (26 t total cap., 17.3t payload)

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，包括产品生产过程中的主要耗能和辅助、附属生产系统耗能，生产一吨氟磺胺草醚原药对应的能源消耗如下：

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
全厂区	电	2061.63	Kwh
全厂区	天然气	472.31	m ³
全厂区	蒸汽	58.60	GJ

4.3.2 排放因子数据

产品生产阶段的排放因子来源于 GABI 数据库和 China Products Carbon Footprint Factors Database 数据库，具体如下：

表 4.6 产品生产阶段排放因子

生产单元	能源	排放因子	单位	来源
全厂区	电	0.781	kgCO ₂ /kWh	GABI-electricity grid mix
全厂区	天然气	2.8	kgCO ₂ /Nm ³	CPCD 天然气
全厂区	蒸汽	0.11	tCO ₂ eq/GJ	《中国化工其他行业企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》

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客户与企业平均距离，运输一吨氟磺胺草醚原药货物的运输周转量数据如下：

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	一吨氟磺胺草醚原药	358.84	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 GABI 数据库获取，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	氟磺胺草醚原药	0.109	kgCO ₂ eq/(t·km)	GaBi-Transport, truck (26 t total cap., 17.3t payload)

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 2022 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，得到一吨氟磺胺草醚原药产品的碳足迹为 23.8tCO₂eq，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)	14.1	0.3	9.4	0.04	23.8
占比	59.19%	1.16%	39.48%	0.16%	100.00%

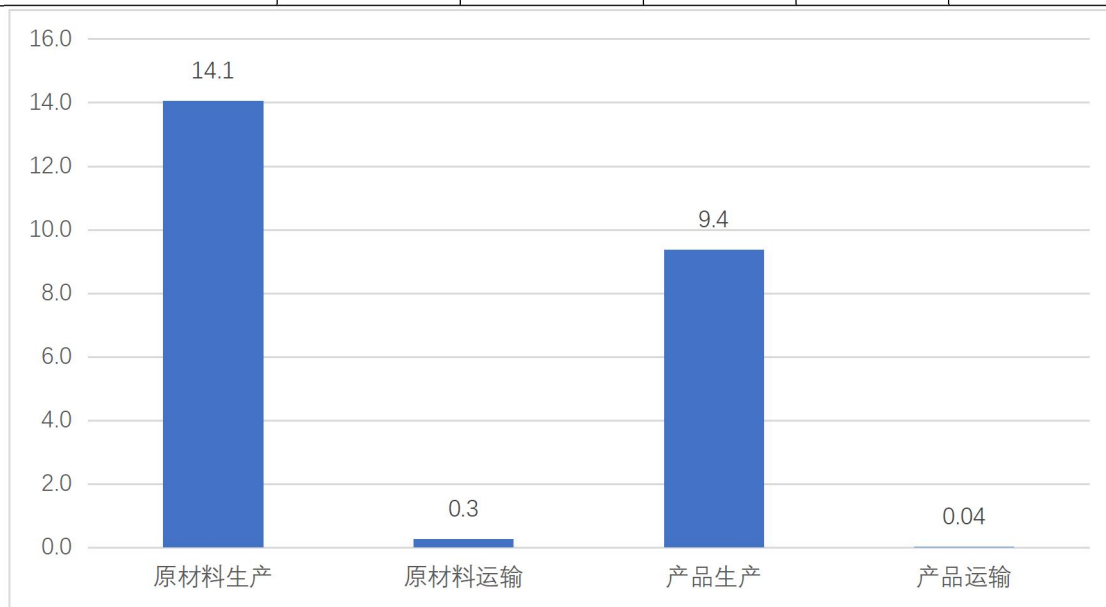


图 5.2 产品碳足迹评价结果

5.3 碳足迹影响分析

从氟磺胺草醚原药产品生命周期累计碳足迹贡献比例的情况,可以看出氟磺胺草醚原药产品的碳排放环节主要集中在原材料生产阶段,占比 59.19%,其次为产品生产阶段,占比 39.48%,具体详见下图。

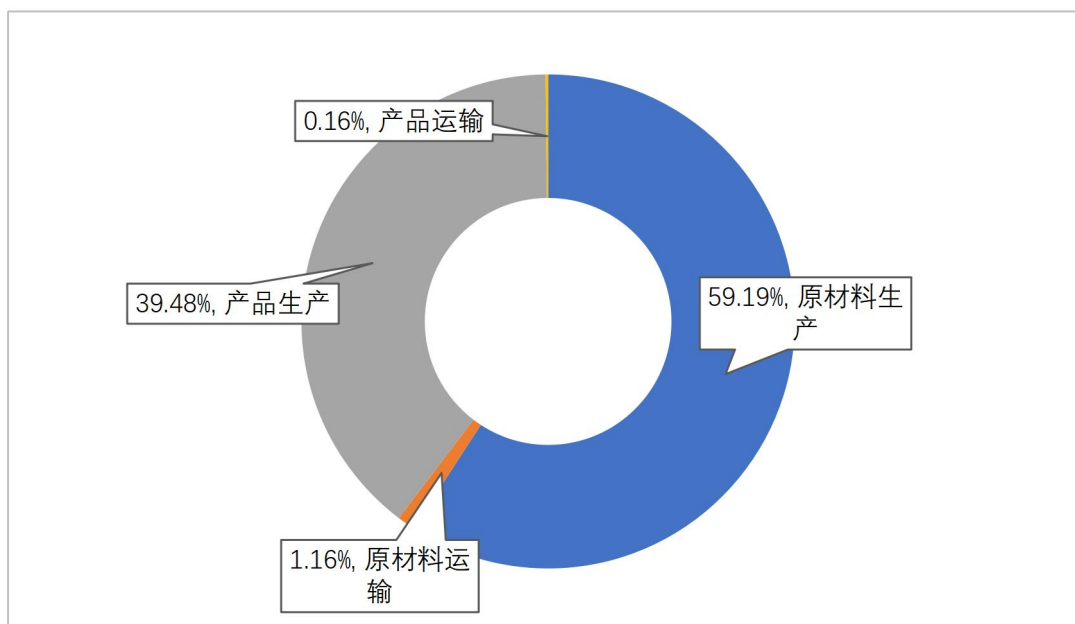


图 5.3 产品碳足迹贡献情况分布图

从产品碳足迹评价结果的情况,可以看出氟磺胺草醚原药原材料生产阶段影响最大的因素是醋酐, 占比 24.99%, 具体详见下表。

表 5.4 原材料生产阶段碳足迹评价结果

序号	原材料	碳排放量 (tCO ₂ eq)	占原材料提取加工 阶段比例
1	二甲基亚砷	0.14	1.00%
2	3,4-二氯三氟甲苯	1.39	9.91%
3	间甲酚	0.89	6.30%
4	甲苯	0.05	0.38%
5	液体氢氧化钾	1.21	8.62%
6	32%离子膜碱	0.20	1.39%
7	醋酸钴	0.03	0.22%
8	双氧水桶	0.00	0.01%
9	溴化钠	0.00	0.00%
10	醋酐	3.51	24.99%
11	二氯乙烷	0.30	2.10%
12	硫酸	0.01	0.07%
13	硝酸	0.12	0.87%

序号	原材料	碳排放量 (tCO ₂ eq)	占原材料提取加工 阶段比例
14	甲基磺酰胺	2.90	20.64%
15	氨水	0.03	0.24%
16	三氯氧磷	0.21	1.48%
17	甲醇	0.30	2.16%
18	柔性集装袋	2.76	19.60%
合计		14.1	100.00%

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和产品的生产节能管理，以减少原材料获取阶段和产品生产阶段的碳足迹，具体如下：

（1）绿色供应商管理

依据绿色供应商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。

（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。

（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。

（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

根据活动水平和排放因子的数据质量等级，对碳足迹评价结果做定性判断。

表 6.1 生命周期评价数据质量等级结果

生命周期阶段	原材料生产	原材料运输	产品生产	产品运输	全生命周期
碳排放量(tCO ₂ eq)	14.1	0.3	9.4	0.04	23.8
数据质量加权得分	3.00	1.00	6.00	1.00	4.16
数据质量等级	L6	L6	L6	L6	L6

注：数据质量等级 L1（31-36），L2（25-30），L3（19-24），L4（13-18），L5（7-12），L6（1-6），级数越小表示其数据质量越佳

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。

(3) **SimaPro 排放因子数据库**: Simapro 是一个用于收集、分析和监测产品和服务的可持续性表现的专业工具。生命周期评价 (Life Cycle Assessment, LCA) 因可以核算产品从“摇篮到大门”的一系列环境问题和影响而被全球公认为量化产品可持续性的最佳方法。Simapro 是一个被 80 多个国家的工业企业、咨询公司以及研究机构使用的 LCA 软件。此外, 由于 Simapro 可供处于不同地点的用户同步访问数据库, 因而它也可作为多用户产品而供全球公司使用。

(4) **Ecoinvent (包含 lite 版本因子库) 排放因子数据库**: Ecoinvent 是最可靠和最透明的生命周期清单 (LCI) 数据库, 它允许对商品和流程进行全球环境评估。全球 40 多个国家/地区的约 4,500 人使用 ecoinvent, 这是世界上最著

名的生命周期评估 (LCA) 数据库。该数据库包括能源、资源开采、材料供应、化学品、金属、农业、废物管理和运输方面的数据。