

江西金凯化工有限公司
2024 年度
产品碳足迹报告

核查机构名称（公章）：湖南省佳碳节能环保科技有限公司

核查报告签发日期：2025 年 4 月



摘要

产品碳足迹评价的目的是以生命周期评价方法为基础，采用：

- 1) GB/T24040-2008/ISO14040:2006 环境管理 生命周期评价 原则与框架；
- 2) GB/T24044-2008/ISO14044:2006 环境管理 生命周期评价 要求与指南；
- 3) GB/T32150-2015 工业企业温室气体排放核算和报告通则；
- 4) ISO/CD 14067-2013 温室气体 产品碳排放量化和信息交流的要求与指南；
- 5) 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。

为了满足碳足迹的需要，本报告的功能单位定义为生产医药中间体产品。系统边界为“从摇篮到客户”类型，现场调研了从获取、原材料运输、产品生产、产品包装、产品运输到客户端的生命过程，其中也调查了其他物料、能源获取的排放因子数据来源于中国生命基础数据库 (CLCD) 和瑞士的 Ecoinvent 数据库。

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。生命周期主要活动数据来源于企业现场调研的初级数据，大部分国内生产的原材料的排放因子数据来源于 IPCC 数据库，以及中国生命基础数据库 (CLCD) 和瑞士的 Ecoinvent 数据库，本次评价选用的数据在国内外 LCA 研究中被高度认可和广泛应用。此外，通过 GreenIn2.0 软件实现了产品的生命周期建模、计算和结果分析，以保证数据和计算结果的可溯性和可再现性。

从本次评价结果看，江西金凯化工有限公司在生产过程中，二氧化碳排放包含生产过程中消耗电力、天然气、蒸汽的排放量。通过核算，企业 2024 年 1-甲基咪唑生产过程中产生二氧化碳排放为 2348.8946tCO₂，2024 年产品产量 859t，1-甲基咪唑单位产品生产过程二氧化碳排放量为 2.73tCO₂/t，从 1-甲基咪唑的生命周期累计碳足迹贡献比例的情况，可以看出过 1-甲基咪唑生产的碳排放主要环节集中在产品使用的能源活动，其次是原材料运输和产品运输。

1. 产品碳足迹介绍(PCF)介绍

近年来,温室效应、气候变化已成为全球关注的焦点,"碳足迹"这个新的术语越来越广泛地为全世界所使用。碳足迹通常分为项目层面、组织层面、产品层面这三个层面。产品碳足迹(Product Carbon Footprint,PCF)是指衡量某个产品在其生命周期各阶段的温室气体排放量总和,即从原材料开采、产品生产(或服务提供)、分销、使用到最终处置/再生利用等多个阶段的各种温室气体排放的累加。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)和全氟化碳(PFC)等。碳足迹的计算结果为产品生命周期各种温室气体排放量的加权之和,用二氧化碳当量(CO₂e)表示,单位为 kgCO₂e 或者 gCO₂e。全球变暖潜值(Gobal Warming Potential,简称 GWP),即各种温室气体的二氧化碳当量值,通常采用联合国政府间气候变化专家委员会(IPCC)提供的值,目前这套因子被全球范围广泛适用。

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的评价方法,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《PAS2050:2011 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(WorldResources Institute,简称 WRI)和世界可持续发展工商理事会(WorldBusiness Council for Sustainable Development,简称 WBCSD)发布的产品和供应链标准;③《ISO/TS 14067: 2013 温室气体——产品碳足迹——量化和信息交流的要求与指南》,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。

2. 目标与范围定义

2.1 企业及其产品介绍

江西金凯化工有限公司(以下简称“公司”)统一社会信用代码91361027690964850W、行业为化学药品原料药制造,公司属民营企业,成立于2009年07月,注册资本358万元人民币,位于江西省抚州市金溪县对桥工业园,企业地理位置优越,交通运输便利。

公司经营范围包括:N,N'-羰基咪唑及同类产品的制造;化工原料及产品的技术开发,技术转让,技术咨询;化学原料及产品的销售(除危险化学品)等。

2.2 研究目的

本次评价的目的是得到江西金凯化工有限公司生产的1-甲基咪唑产品全生命周期过程的碳足迹。

碳足迹核算是江西金凯化工有限公司实现低碳、绿色发展的基础和关键,披露产品的碳足迹是江西金凯化工有限公司环境保护工作和社会责任的一部分,也是江西金凯化工有限公司迈向国际市场的重要一步。本项目的研究结果将为江西金凯化工有限公司与产品的采购商和第三方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。

本项目评价结果的潜在沟通对象包括两个群体:一是江西金凯化工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,如上游原材料供应商、下游采购商、地方政府和环境非政府组织等。

2.3 研究范围

根据本项目评价目的,按照ISO/TS 14067-2013、《PAS2050:2011商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》,本次碳足迹评价的边界为江西金凯化工有限公司2024年全年生产活动及非生产活动数据。确定本次评价边界为:产品的碳足迹=原材料+能源消耗+生产过程+包装储存-输出热力。

2.4 功能单位

为方便系统中输入/输出的量化,功能单位被定义为生产1t 1-甲基咪唑。

2.5 生命周期流程图的绘制

根据《PAS2050:2011 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 1-甲基咪唑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+能源消耗+生产过程+包装储存-输出热力。

在本报告中，产品的系统边界属于“从摇篮到客户”的类型，为了实现上述功能单位，1-甲基咪唑产品的系统边界见下表：

表 2.1-1 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
1t 1-甲基咪唑生产的生命周期过程 包括：原材料+能源消耗+生产过程+包装 储存 2 电力、天然气使用 3 产品的运输	1 设备的生产及维修 2 产品的使用 3 产品回收、处置和废弃阶段 4 其他辅料的运输

2.6 分配原则

由于在本次评价系统边界下，生产 1-甲基咪唑过程产生的不合格产品，由于未单独统计，因此将生产原材料与能源消耗全部计入产品生产过程。

2.7 取舍准则

此次评价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 $\geq 1\%$ 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%；

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。

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。

基于评价目标的定义，本次评价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。

评价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)，四氟化碳(CF₄)，六氟乙烷(C₂F₆)，六氟化硫(SF₆)和氢氟碳化物

(HFC)等。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 (CO₂ e)。例如，1kg 甲烷在 100 年内对全球变暖的影响相当于 25kg 二氧化碳排放对全球变暖的影响，因此以二氧化碳当量 (CO₂ e) 为基础，甲烷的特征化因子就是 25kgCO₂ e。

2.8 数据质量要求

为满足数据质量要求，在本评价中主要考虑了以下几个方面：

数据准确性：实景数据的可靠程度

数据代表性：生产商、技术、地域以及时间上的代表性

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，在评价过程中优先选择来自生产商和供应商直接提供的初级数据，其中经验数据取平均值，本评价在 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 IPCC 数据库；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 IPCC 数据库中数据。

采用 eFootprint 软件的来建立产品生命周期模型，计算碳足迹和分析计算结果，评价过程中的数据库采用中国生命基础数据库 (CLCD) 和瑞士的 Ecoinvent 数据库。

数据库的数据是经严格审查，并广泛应用于国内国际上的 LCA 研究。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。

3. 过程描述

3.1 1-甲基咪唑生产过程

(1) 过程基本信息

过程名称：1-甲基咪唑生产

过程边界：从原料运输到包装入库的生产

(2) 数据代表性

主要数据来源：企业 2024 年实际生产数据

企业名称：江西金凯化工有限公司

产地：中国江西省

基准年：2024 年

主要原料：2-甲基咪唑、二氯甲烷、碳酸二甲酯、片碱、咪唑等

主要能耗：电力、天然气、蒸汽

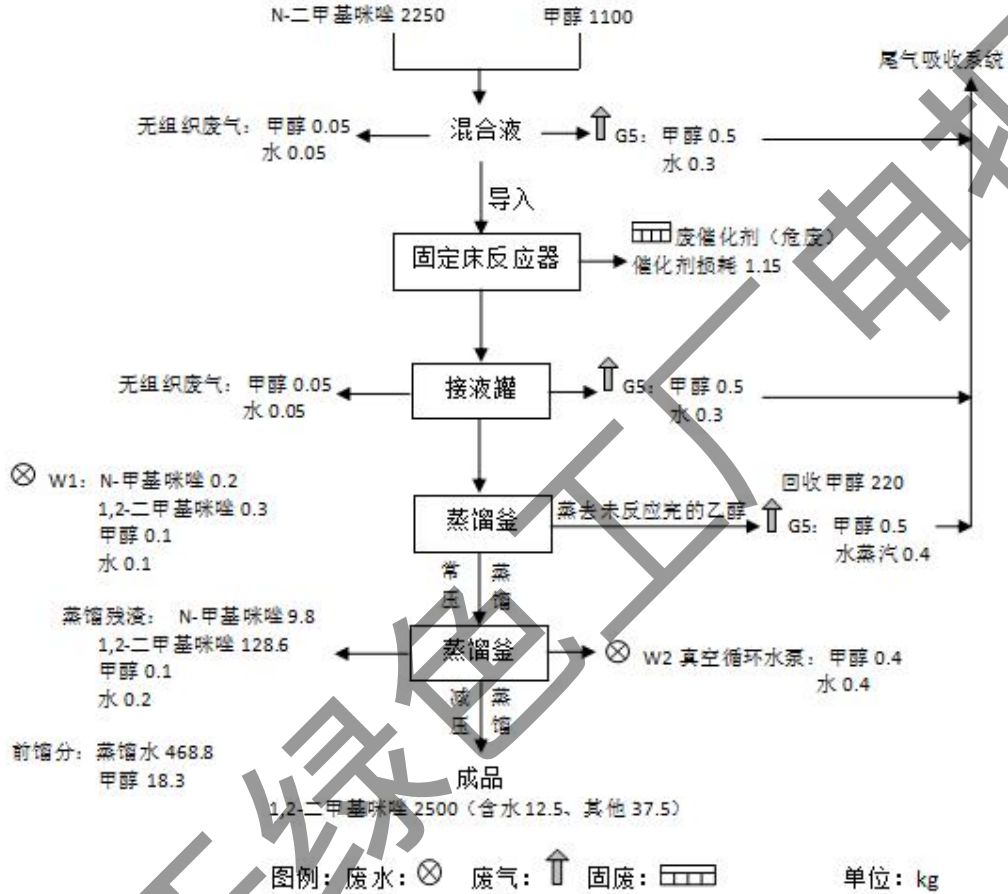


图 1 1-甲基咪唑生产工艺流程及产污节点图

3.2 原材料运输阶段

主要数据来源：供应商运输距离、CLCD-China 数据库、瑞士 Ecoinvent 数据库、欧洲生命周期参考数据库 (ELCD) 以及 EFDB 数据库。

供应商名称：江西省省内和省外市场等。

分析：企业大多数原材料使用陆路运输购入。本研究采用数据库数据和供应商平均运距来计算原材料运输过程产生的碳排放。

3.3 主要生产设备

主要生产设备清单如下表：

序号	设备位号	设备名称	规格型号、材质	操作温度℃	操作压力 MPa	数量	位号	是否为压力容器
----	------	------	---------	-------	----------	----	----	---------

序号	设备位号	设备名称	规格型号、材质	操作温度℃	操作压力MPa	数量	位号	是否为压力容器
一	生产车间二							
1	V20101	接收罐	立式、1000L 材质：不锈钢	常温	常压	1	82	否
2	V20102	接收罐	立式、1000L 材质：不锈钢	常温	常压	1	80	否
3	V20103	接收罐	立式、1000L 材质：不锈钢	常温	常压	1	79	否
4	V10201	中转罐	立式、1000L 材质：不锈钢	常温	常压	1	75	否
5	V10202	中转罐	立式、1000L 材质：不锈钢	常温	常压	1	74	否
6	V10101A	接收罐	立式、1000L 材质：不锈钢	常温	常压	1	56	否
7	V10102A	甲醇接收罐	立式、1000L 材质：不锈钢	常温	常压	1	57	否
8	V10103A	接收罐	立式、1000L 材质：不锈钢	常温	常压	1	58	否
9	V10104A	接收罐	立式、1000L 材质：不锈钢	常温	常压	1	59	否
10	V10105A	接收罐	立式、1000L 材质：不锈钢	常温	常压	1	60	否
11	V10106A	接收罐	立式、1000L 材质：不锈钢	常温	常压	1	61	否
12	V10107A	甲苯高位槽	立式、1000L 材质：不锈钢	常温	常压	1	62	否
13	V10108A	溴乙烷高位槽	立式、1000L 材质：不锈钢	常温	常压	1	63	否
14	V10101B	混合釜	立式、1000L 材质：搪玻璃	常温	常压	1	14	否
15	V10102B	接收罐	立式、1000L 材质：搪玻璃	常温	常压	1	15	否
16	V10103B	接收罐	立式、1000L 材质：搪玻璃	常温	常压	2	16	否
17	V10104B	混合釜	立式、1000L 材质：搪玻璃	常温	常压	1	17	否
18	V10105B	接收罐	立式、1000L 材质：搪玻璃	常温	常压	1	18	否
19	V10106B	接收	立式、1000L 材	常温	常压	1	19	否

序号	设备位号	设备名称	规格型号、材质	操作温度℃	操作压力MPa	数量	位号	是否为压力容器
		罐	质：搪玻璃					
20	V10107B	反应釜	立式、1000L 材质：搪玻璃	<170℃	常压	1	20	否
21	V10108B	溴乙烷滴加罐	立式、1000L 材质：搪玻璃	常温	常压	1	21	否
22	V10101C	混合釜	立式、1000L 材质：搪玻璃	常温	常压	1	35	否
23	V10102C	甲醇回收接收罐	立式、1000L 材质：搪玻璃	常温	常压	1	36	否
25	V10103C	甲醇回收接收罐	立式、1000L 材质：搪玻璃	常温	常压	1	37	否
26	V10104C	混合釜	立式、1000L 材质：搪玻璃	常温	常压	1	38	否
27	V10105C	甲醇回收接收罐	立式、1000L 材质：搪玻璃	常温	常压	1	39	否
28	V10106C	甲醇回收接收罐	立式、1000L 材质：搪玻璃	常温	常压	1	40	否
29	V10107C	反应釜	立式、1000L 材质：搪玻璃	常温	常压	1	41	否
30	V10108C	溴代正丁烷滴加罐	立式、1000L 材质：搪玻璃	常温	常压	1	42	否
31	V10101D	甲醇高位槽	立式、1000L 材质：不锈钢	常温	常压	1	71	否
32	V10102D	高位槽	立式、1000L 材质：不锈钢	常温	常压	1	70	否
33	V10103D	接收罐	立式、1000L 材质：不锈钢	常温	常压	1	69	否
34	V10104D	接收罐	立式、1000L 材质：不锈钢	常温	常压	1	68	否

序号	设备位号	设备名称	规格型号、材质	操作温度℃	操作压力MPa	数量	位号	是否为压力容器
35	V10105D	接收罐	立式、1000L 材质：不锈钢	常温	常压	1	67	否
36	V10106D	接收罐	立式、1000L 材质：不锈钢	常温	常压	1	66	否
37	V10107D	乙酸乙酯高位槽	立式、1000L 材质：不锈钢	常温	常压	1	65	否
38	V10108D	溴代正丁烷高位槽	立式、1000L 材质：不锈钢	常温	常压	1	64	否
39	V30101	甲醇计量罐	立式、1000L 材质：不锈钢	常温	常压	1	89	否
40	V30102	乙酸乙酯计量罐	立式、1000L 材质：不锈钢	常温	常压	1	90	否
41	V30103	溴代正丁烷计量罐	立式、1000L 材质：不锈钢	常温	常压	1	88	否
42	V30104	N-甲基咪唑计量罐	立式、1000L 材质：不锈钢	常温	常压	1	87	否
43	V10203	中转罐	立式，500L 材质：搪玻璃	常温	常压	1	55	否
44	V10204	中转罐	立式，500L 材质：搪玻璃	常温	常压	1	54	否
45	E10101A	冷凝器	立式型石墨换热器，材质：碳钢衬石墨；	常温	常压	1		否
46	E10102A	冷凝器	立式型换热器，材质：不锈钢	常温	常压	1	97	否
47	E10103A	冷凝器	立式型换热器，材质：不锈钢	常温	常压	1	98	否
48	E10104A	冷凝器	立式型换热器，材质：不锈钢	常温	常压	1	99	否

序号	设备位号	设备名称	规格型号、材质	操作温度℃	操作压力MPa	数量	位号	是否为压力容器
49	E10105A	冷凝器	立式型换热器,材质: 不锈钢	常温	常压	1	100	否
50	E10106A	冷凝器	立式型换热器,材质: 不锈钢	常温	常压	1		否
51	E10201A	冷凝器	卧式型换热器,材质: 不锈钢	常温	常压	1		否
52	E10202A	冷凝器	卧式型换热器,材质: 不锈钢	常温	常压	1		否
53	E10203A	冷凝器	卧式型换热器,材质: 不锈钢	常温	常压	1		否
54	E10204A	冷凝器	卧式型换热器,材质: 不锈钢	常温	常压	1		否
55	E10205A	冷凝器	卧式型换热器,材质: 不锈钢	常温	常压	1		否
56	E10206A	冷凝器	卧式型换热器,材质: 不锈钢	常温	常压	1		否
57	E10101B	冷凝器	立式型换热器,材质: 碳钢衬石墨	常温	常压	1		否
58	E10102B	冷凝器	立式型换热器,材质: 不锈钢	常温	常压	1	101	否
59	E10103B	冷凝器	立式型换热器,材质: 不锈钢	常温	常压	1	102	否
60	E10104B	冷凝器	立式型换热器,材质: 不锈钢	常温	常压	1	103	否
61	E10105B	冷凝器	立式型换热器,材质: 不锈钢	常温	常压	1	104	否
62	E10106B	冷凝器	立式型换热器,材质: 不锈钢	常温	常压	1	105	否
63	E10201B	冷凝器	卧式型换热器,材质: 不锈钢	常温	常压	1	106	否
64	E10202B	冷凝器	卧式型换热器,材质: 不锈钢	常温	常压	1	107	否
65	E10203B	冷凝器	卧式型换热器,材质: 不锈钢	常温	常压	1	108	否
66	E10204B	冷凝器	卧式型换热器,材质: 不锈钢	常温	常压	1	109	否
67	E10205B	冷凝器	卧式型换热器,材质: 不锈钢	常温	常压	1	110	否
68	E10206B	冷凝器	卧式型换热器,材质: 不锈钢	常温	常压	1	111	否

序号	设备位号	设备名称	规格型号、材质	操作温度℃	操作压力MPa	数量	位号	是否为压力容器
69	E10401A	冷凝器	立式型换热器,材质: 不锈钢;	常温	常压	1	112	否
70	E10301A	冷凝器	卧式型换热器,材质: 不锈钢	常温	常压	1	113	否
71	E10401B	冷凝器	立式型换热器,材质: 不锈钢	常温	常压	1	114	否
72	E10301B	冷凝器	卧式型换热器,材质: 不锈钢;	常温	常压	1	115	否
73	E10401C	冷凝器	立式型换热器,材质: 不锈钢	常温	常压	1	116	否
74	E10301C	冷凝器	卧式型换热器,材质: 不锈钢	常温	常压	1	117	否
75	E10301D	冷凝器	卧式型换热器,材质: 不锈钢	常温	常压	1	118	否
76	E10401D	冷凝器	立式型换热器,材质: 不锈钢	常温	常压	1	119	否
77	R20102	固定床反应器	立式, 200, 材质: 不锈钢;	150℃ -170℃	常压	1	120	否
78	R20101	固定床反应器	立式, 200, 材质: 不锈钢;	150℃ -170℃	常压	1	121	否
79	R20103	固定床反应器	立式, 200, 材质: 不锈钢;	150℃ -170℃	常压	1	123	否
80	R20104	固定床反应器	立式, 200, 材质: 不锈钢;	150℃ -170℃	常压	1	124	否
81	V10201A	混合罐	3000L 材质: 搪玻璃	常温	常压	1	1	是
82	V10101A	混合罐	2000L 材质: 搪玻璃	常温	常压	1	2	是
83	V10102A	脱溶罐	2000L 材质: 搪玻璃	常温	常压	1	3	是
84	V10103A	混合罐	2000L 材质: 搪玻璃	常温	常压	1	4	是
85	V10104A	脱溶罐	2000L 材质: 搪玻璃	常温	常压	1	5	是
86	V10105A	脱溶罐	2000L 材质: 搪玻璃	常温	常压	1	6	是

序号	设备位号	设备名称	规格型号、材质	操作温度℃	操作压力MPa	数量	位号	是否为压力容器
87	R10106A	结晶釜	2000L 材质: 搪玻璃	<170℃	常压	1	7	是
88	R10201C	反应釜	3000L 材质: 搪玻璃	<170℃	常压	1	8	是
89	V10301A	脱溶罐	5000L 材质: 搪玻璃	常温	常压	1	13	是
90	V10302A	脱溶罐	5000L 材质: 搪玻璃	常温	常压	1	12	是
91	V10303A	脱溶罐	5000L 材质: 搪玻璃	常温	常压	1	11	是
92	V10304A	脱溶罐	5000L 材质: 搪玻璃	常温	常压	1	10	是
93	R10305A	反应釜	5000L 材质: 搪玻璃	<170℃	常压	2	9	是
94	V10301B	脱溶罐	5000L 材质: 搪玻璃	常温	常压	1	34	是
95	V10302B	脱溶罐	5000L 材质: 搪玻璃	常温	常压	1	33	是
96	V10303B	脱溶罐	5000L 材质: 搪玻璃	常温	常压	1	32	是
97	V10304B	脱溶罐	5000L 材质: 搪玻璃	常温	常压	1	31	是
98	R10305B	反应釜	5000L 材质: 搪玻璃	<170℃	常压	1	30	是
99	V10201B	混合罐	3000L 材质: 搪玻璃	常温	常压	1	22	是
100	V10101B	混合罐器	2000L 材质: 搪玻璃	常温	常压	1	23	是
101	V10102B	脱溶罐	2000L 材质: 搪玻璃	常温	常压	1	24	是
102	V10103B	脱溶罐	2000L 材质: 搪玻璃	常温	常压	1	25	是
103	V10104B	脱溶罐	2000L 材质: 搪玻璃	常温	常压	1	26	是
104	V10105B	脱溶罐	2000L 材质: 搪玻璃	常温	常压	1	27	是
105	R10106B	结晶釜	2000L 材质: 搪玻璃	<170℃	常压	1	28	是
106	R10201D	反应釜	3000L 材质: 搪玻璃	<170℃	常压	1	29	是

序号	设备位号	设备名称	规格型号、材质	操作温度℃	操作压力 MPa	数量	位号	是否为压力容器
107		蒸馏釜	5000L 材质: 304	<200℃	<-1Mpa	1	48	否
108	T10101B	蒸馏釜	5000L 材质: 304	<200℃	<-1Mpa	1	49	否
109	T10201A	蒸馏釜	3500L 材质: 304	<200℃	<-1Mpa	1	47	否
110	T10101C	蒸馏釜	5000L 材质: 304	<200℃	<-1Mpa	1	50	否
111	T10201B	蒸馏釜	3500L 材质: 304	<200℃	<-1Mpa	1	46	否
112	T10101D	蒸馏釜	5000L 材质: 304	<200℃	<-1Mpa	1	51	否
113	T10301	蒸馏釜	2000L 材质: 304	<200℃	<-1Mpa	1	45	否
114	T10101E	蒸馏釜	5000L 材质: 304	<200℃	<-1Mpa	1	52	否
115	T10201C	蒸馏釜	3500L 材质: 304	<200℃	<-1Mpa	1	44	否
116		蒸馏釜	5000L 材质: 304	<200℃	<-1Mpa	1	53	否
117		蒸馏釜	5000L 材质: 304	<200℃	<-1Mpa	1	43	否

4. 数据的收集和主要排放因子说明

为了计算产品的碳足迹，必须考虑活动水平数据、排放因子数据和全球增温潜势(GWP)。活动水平数据是指产品在生命周期中的所有的量化数据(包括物质的输入、输出；能量使用；)排放因子数据是指单位活动水平数据排放的温室气体数量。利用排放因子数据，可以将活动水平数据转化为温室气体排放量。如：电力的排放因子可表示为：tCO₂e/kWh，全球增温潜势是将单位质量的某种温室效应气体(GHG)在给定时间段内辐射强度的影响与等量二氧化碳辐射强度影响相关联的系数，如CH₄(甲烷)的GWP值是25。活动水平数据来自现场实测；排放因子采用IPCC规定的缺失值。活动水平数据主要包括：外购电力消耗量、外购蒸汽消耗量、外购天然气消耗量等。排放因子数据主要包括外购电力排放因子、天然气排放因子、1-甲基咪唑生产过程排放因子。

5. 碳足迹计算

5.1 碳足迹识别

结合 1-甲基咪唑生产的碳足迹分析，本次评价不涉及消费终端的排放量，以及对于原材料获得所需碳排放的计算，没有计算原材料加工的碳足迹，仅计算从原材料供应商到公司仓库的碳足迹。

表 5.1 碳足迹过程识别表

序号	主体	活动内容	活动数据来源	
1	生产过程主要设备	消耗电力、消耗天然气	初级活动数据	生产报表
2	空压机、反应釜等辅助设备	消耗电力		生产报表
3	原材料运输	消耗柴油	次级活动数据	供应商数据
4	产品运输	消耗柴油		客户地址、数据库

5.2 数据计算

(1) 1-甲基咪唑生产

在生产过程中，二氧化碳排放包含生产过程中消耗电力、天然气的排放量。

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

$$CF = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m P_i \times Q_{ij} \times GWP_j$$

其中，CF 为碳足迹，P 为活动水平数据，Q 为排放因子，GWP 为全球变暖潜势值。排放因子源于 EFDB 数据库和相关参考文献，由于部分物料数据库中暂无排放因子，取值均来自于相近物料排放因子。

表 5.2 生产过程能源排放因子

项目	组分	消耗数据	排放因子	GWP	tCO ₂ e
电力（万 kWh）	CO ₂	218.124	6.205tCO ₂ /万 kwh	1	1353.46
天然气（万 m ³ ）	CO ₂	46.0419	21.62tCO ₂ /万 m ³	1	995.43
原材料运输（tkm）	CO ₂	12.3	0.00014tCO ₂ /tkm	1	0.0017
产品运输（tkm）	CO ₂	21.14	0.00014tCO ₂ /tkm	1	0.0029
合计					2348.8946

(2) 碳足迹数据分析

江西金凯化工有限公司在生产过程中，二氧化碳排放包含生产过程中消耗电力、天然气、蒸汽的排放量。通过核算，企业 2024 年 1-甲基咪唑生产过程中产生二氧化碳排放为 2348.8946tCO₂，2024 年产品产量 859t 1-甲基咪唑，1-甲基

咪唑单位产品生产过程二氧化碳排放量为 2.73tCO₂/t，从 1-甲基咪唑的生命周期累计碳足迹贡献比例的情况，可以看出 1-甲基咪唑生产的碳排放主要环节集中在产品生产的能源活动，其次是原材料运输和产品运输。

环境类型	当量单位	原材料运输	产品生产	产品运输	合计
产品碳足迹 (CF)	tCO ₂	0.0017	2348.89	0.0029	2348.8946
占比	%	0.0001	99.9998	0.0001	100

6. 改善措施

- (1) 通过设备改变运转方式、提高效率，有效减少运转过程中能源的消耗。
- (2) 加强节能工作，从技术及管理层面提升能源效率，电力消耗，厂内可考虑实施节能改造，重点提高设备的能源利用率，从而减少能源损失；
- (3) 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、绿色供应链管理等工作，提出产品生态设计改进的具体方案。
- (4) 持续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。
- (5) 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：使用准确率较高的初级数据；对每一道工序都进行能源消耗的跟踪监测，提高初级数据的准确性。

7. 结语

产品碳足迹核算已成为国家应对气候变化、发展低碳经济的全新闻阐述方式：它以生命周期为视角，帮助理清企业温室气体排放环节和排放情况，侧面反应产品系统运营效率的高低，为企业发掘减少排放和节约成本的机会，也为企业的可持续发展战略奠定了基础。