

宜昌科林硅材料有限公司
1t二甲基硅油
产品生命周期评价报告

编制单位：方圆标志认证集团湖北有限公司

编制日期：2023年4月15日



企业名称	宜昌科林硅材料有限公司		
企业地址	兴山县峡口镇工业园		
统一社会信用代码	91420526052609483M		
企业性质	有限责任公司		
联系人	夏太福	联系方式（电话、email）	13972044477
评价目的	评价1t二甲基硅油产品环境绩效		
声明单位	1t 二甲基硅油产品		

评价结果：

依据ISO14040：2006、ISO14044：2006、等产品生命周期评价相关标准，对宜昌科林硅材料有限公司生产的1t二甲基硅油进行了生命周期评价，评价范围及结果如下所示：

（1）系统边界

本研究的系统边界为原材料获取、原材料运输、产品生产阶段的生命周期各阶段。

（2）评价结果

本研究利用SimaPro 9.5.0软件系统，使用Ecoinvent 3 - allocation, cut-off by classification - unit数据库，建立了1t二甲基硅油产品生命周期模型，并使用Environmental Footprint 3.1 (adapted) V1.00 / EF 3.1 normalization and weighting set、IPCC2021方法计算得到LCA结果，1t二甲基硅油的LCA 分析结果如下：

表1 1t二甲基硅油 LCA 结果

参数	单位	从摇篮到大门	
全球变暖潜力(GWP)	化石能源	kg CO ₂ eq.	6253.648
	生物质	kg CO ₂ eq.	46.883
	土地利用和土地用途改变	kg CO ₂ eq.	4.350
	合计	kg CO ₂ eq.	6304.880
资源利用 (RU)	化石能源	MJ	76105.502
	矿产和金属	kg Sb eq	0.012
富营养化(EF)	富营养化-淡水	kg P eq	1.179

人体健康危害 (HT)	人体毒性	CTUh	5.76E-06
<p>(3) 生态设计建议</p> <p>基于宜昌科林硅材料有限公司1t二甲基硅油LCA结果，对减少环境影响方面提出以下建议：</p> <p>1) 二甲基硅油原材料获取和加工过程中采用的原辅料消耗对环境的影响直接影响本产品生命周期环境影响评价结果，其中线性体（羟基封端二甲基硅氧烷线性体）上游生产对各项环境影响指标均较大，建议选择对环境影响更少、环境更加友好的材质的原料进行使用；</p> <p>2) 生产阶段用电对各项环境影响指标较大，建议通过工艺改进、采取节能降耗措施、使用清洁能源电力，减少生产阶段中电力使用产生的排放；</p> <p>3) 加强供应商管理，促进原材料供应商在原材料生产过程中减少原料、物料和能源消耗，降低对环境的影响。</p>			

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：1t二甲基硅油，具体信息如下：

产品类别：二甲基硅油

形状与形态：透明液体

1.1.2 声明单位

本报告以1t二甲基硅油为声明单位。

1.1.3 数据代表性

报告代表企业LCA-代表此企业及供应链水平（采用实际生产数据），时间、地理、技术代表性如下：

- （1） 时间代表性：2022年1月-12月
- （2） 地理代表性：中国
- （3） 技术代表性，包括以下方面：
 - 主要原料：线性体
 - 主要能耗：电力、柴油、水等

1.2 范围定义

1.2.1 系统边界

本研究的系统边界为原材料获取、原材料运输和产品生产包装阶段的生命周期各阶段。二甲基硅油产品生命周期系统边界图见图1。

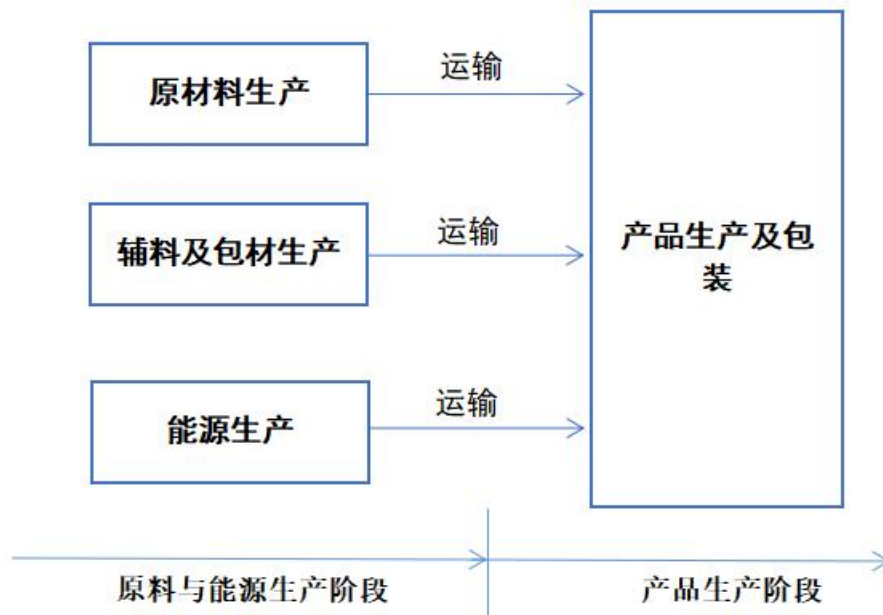


图 1 二甲基硅油生命周期系统边界图

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：

- 1) 能源的所有输入均列出；
- 2) 原料的所有输入均列出；
- 3) 辅助材料质量小于原料总消耗 0.3 % 的项目输入可忽略；
- 4) 大气、水体的各种排放均列出；
- 5) 小于固体废弃物排放总量 1 % 的一般性固体废弃物可忽略；
- 6) 道路与厂房的基础设施、各工序的设备制造、安装与调试、厂区内人员及生活设施的消耗和排放均忽略；
- 7) 任何有毒有害材料和物质均应包含于清单中，不可忽略

1.2.3 环境影响类型

本研究选择了全球变暖潜力(GWP)、资源利用 (RU)、富营养化(EF)、人体毒性 (HT)，四类环境影响指标计算，具体见下表所示。

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 CC	kg CO ₂ eq	CO ₂ ,CH ₄ ,N ₂ O...
化石能源资源利用 RU-fossils	MJ	煤, 天然气, 原油...
矿产和金属资源利用 RU-minerals and metals	kg Sb eq	铜, 金, 镍...
富营养化 EF	kg P eq	TN, NH ₃ -N, TP...
人体毒性 HT	CTUh	NO _x , SO _x , 颗粒物...

注: eq是equivalent的缩写, 意为当量。例如气候变化指标是以CO₂ 为基物质, 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蒙特卡洛分析方法。

蒙特卡洛分析方法对模型中的消耗与排放清单数据, 从可靠性、完整性、时间相关性、地域相关性、进一步的技术关系等五个方面进行评估。数据库中包含背景数据库的上游背景过程数据的不确定度。完成清单不确定度评估后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SimaPro 9.5.0软件系统, 建立了二甲基硅油产品生命周期模型, 并使用 Environmental Footprint 3.1 (adapted) V1.00 / EF 3.1 normalization and weighting set和IPCC 2021方法计算得到LCA结果。

在SimaPro 9.5.0软件中建立的本产品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	所属过程	数据集名称	数据库名称
线性体 (羟基封端二甲基硅氧烷)	原材料/物料	Dimethyldichlorosilane {GLO} dimethyldichlorosilane production Cut-off, U	Ecoinvent 3.9.1
六甲基二硅氧烷	原材料/物料	Hexamethyldisilazane {GLO} amination of chlorosilane Cut-off, U	Ecoinvent 3.9.1

四甲基二乙基二硅氧烷	原材料/物料	重量占比<0.3%,忽略	/
吨桶	原料/包材	Polypropylene, granulate {RoW} polypropylene production, granulate Cut-off, U	Ecoinvent 3.9.1
铁桶	原料/包材	Pig iron {RoW} pig iron production Cut-off, U	Ecoinvent 3.9.1
自来水	产品生产	Tap water {RoW} tap water production, conventional treatment Cut-off, U	Ecoinvent 3.9.1
柴油	产品生产	Diesel, low-sulfur {RoW} diesel production, low-sulfur, petroleum refinery operation Cut-off, U	Ecoinvent 3.9.1
电力	产品生产	Electricity, high voltage {CN-CCG} market for electricity, high voltage Cut-off, U	Ecoinvent 3.9.1
危废处理	产品生产	Hazardous waste, for incineration {RoW} treatment of hazardous waste, hazardous waste incineration Cut-off, U	Ecoinvent 3.9.1
线性体运输	原材料/物料 运输	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO6 {RoW} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO6 Cut-off, U	Ecoinvent 3.9.1
六甲基二硅氧烷运输	原材料/物料 运输	Transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO6 {RoW} transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO6 Cut-off, U	Ecoinvent 3.9.1
吨桶运输	原材料/包材 运输	Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO6 {RoW} transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO6 Cut-off, U	Ecoinvent 3.9.1
铁桶运输	原材料/包材 运输	Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO6 {RoW} transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO6 Cut-off, U	Ecoinvent 3.9.1
危废运输	危废 运输	Transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO6 {RoW} transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO6 Cut-off, U	Ecoinvent 3.9.1

六甲基二硅氧烷上游数据采用六甲基二硅氮烷替代；四甲基二乙基二硅氧烷由于消耗量小于原材料总消耗的0.3%，且其上游数据或者活动水平数据难以取得，因此做忽略处理。

2 清单数据收集及说明

2.1 原材料获取和加工阶段

(1) 过程基本信息

过程名称：原材料获取和加工阶段

(2) 数据代表性

主要数据来源：代表企业及供应商实际数据

基准年：2022年1月至12月

1t二甲基硅油产品生产过程中消耗的原材料清单及背景数据见下表2-1所示。原材料生产过程数据中来自数据库。

表2-1 二甲基硅油产品原材料获取和加工阶段清单数据表

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	二甲基硅油	1	t	--	--
原材料/物料	线性体	968.857	kg	Ecoinvent 3.9.1	
原材料/物料	六甲基二硅氧烷	20.214	kg	Ecoinvent 3.9.1	
原材料/物料	四甲基二乙烯基二硅氧烷	0.117	kg	忽略	
原材料/物料	吨桶	21.720	kg	Ecoinvent 3.9.1	
原材料/物料	铁桶	10.557	kg	Ecoinvent 3.9.1	

上游的数据包括原料、能源和辅料的清单环境负荷数据。受核查方的上游数据主要来自Ecoinvent 3.9.1数据库。产品产量数据以及原料数据来源于《生产报表》。

2.2 原材料运输阶段

(1) 过程基本信息

过程名称：原材料运输

(2) 数据代表性二甲基硅油产品原料运输信息表

类型	清单名称	数量	单位	上游数据来源
原材料/物料 运输	线性体运输	131.24415	tkm	Ecoinvent 3.9.1
原材料/物料 运输	六甲基二硅氧烷运输	2.73825	tkm	Ecoinvent 3.9.1
原材料/物料 运输	吨桶运输	5.09233	tkm	Ecoinvent 3.9.1
原材料/物料 运输	铁桶运输	2.47503	tkm	Ecoinvent 3.9.1
原材料/物料 运输	危废运输	0.002352	tkm	Ecoinvent 3.9.1

原材料运输数据涉及原辅材料运送到受核查方的运输方式和距离，原材料的运输方式仅为公路运输。由于生态环境部要求在2021年7月1日（即在评价日期

2022年之前) 重型柴油车须符合国六a排放标, 国六排放标准略严于欧六标准, 则默认为所有运输车辆(包括原材料和产品的运输车辆)均符合EURO6标准。

2.3 产品生产阶段

(1) 过程基本信息

过程名称: 二甲基硅油产品生产

(2) 数据代表性

主要数据来源: 代表企业及供应商实际数据

基准年: 2022年1月至12月

表2-7 二甲基硅油生产过程清单数据表

类型	清单名称	数量	单位	上游数据来源
产品生产	自来水	3.158	t	Ecoinvent 3.9.1
产品生产	电力	446.840	kWh	Ecoinvent 3.9.1
产品生产	柴油	0.191	kg	Ecoinvent 3.9.1
产品生产	柴油燃烧排放	0.586	kg	Ecoinvent 3.9.1
产品生产	危废	0.221	kg	Ecoinvent 3.9.1

单元过程投入产出数据包括能源及能源介质、原材料、辅助材料、产品、副产品或固体废弃物、大气排放、水体排放。生产用电数据主要来源于厂区内部电表计量数据; 生产用水来源于《水表计量》。

3 生命周期影响分析

3.1 LCA 结果

根据以上各项数据, 在SimaPro 9.5.0软件中, 使用Environmental Footprint 3.1 (adapted) V1.00 / EF 3.1 normalization and weighting set和IPCC 2021 计算方法, 对1t二甲基硅油产品进行计算, 计算指标为能源消耗、全球变暖、富营养化、人体毒性, 四类环境影响评价结果及过程阶段结果如下表所示:

表3-1 1t二甲基硅油LCA结果

LCA结果——环境影响评价(Environmental Footprint 3.1 (adapted) V1.00 / EF 3.1 normalization and weighting set, IPCC 2021)					
影响类别	单位	原材料阶段	原材料运输阶段	生产阶段	综合结果
Climate change	kg CO2 eq	5868.570	29.823	406.487	6304.880
Climate change -	kg CO2	46.776	0.008	0.098	46.883

Fossil	eq				
Climate change - Biogenic	kg CO2 eq	5817.890	29.799	405.959	6253.648
Climate change - Land use and LU change	kg CO2 eq	3.904	0.016	0.430	4.350
Eutrophication, freshwater	kg P eq	1.102	0.002	0.074	1.179
Human toxicity, cancer	CTUh	7.88E-05	3.01E-07	3.69E-06	5.76E-06
Resource use, fossils	MJ	72081.936	417.986	3605.580	76105.502
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	0.011	0.000	0.000	0.012

3.2 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3-2 1t二甲基硅油产品清单数据灵敏度表

清单名称	所属过程	上游数据类型	CC	RU,fossils	RU, minerals and metals	EF	HT
直接排放	二甲基硅油【生产】	背景数据	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
线性体	二甲基硅油【生产】	背景数据	90.06%	89.98%	89.90%	89.48%	94.92%
六甲基二硅氧烷	二甲基硅油【生产】	背景数据	1.96%	2.36%	6.74%	2.67%	1.66%
吨桶	二甲基硅油【生产】	背景数据	0.79%	2.14%	1.65%	0.77%	0.18%
铁桶	二甲基硅油【生产】	背景数据	0.28%	0.23%	0.07%	0.54%	1.65%
自来水	二甲基硅油【生产】	背景数据	0.02%	0.02%	0.07%	0.04%	0.01%
柴油	二甲基硅油【生产】	背景数据	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
电力	二甲基硅油【生产】	背景数据	6.41%	4.71%	0.70%	6.26%	1.34%
危废处理	二甲基硅油【生产】	背景数据	0.01%	0.00%	0.01%	0.01%	0.01%
线性体运输	运输阶段	背景数据	0.39%	0.46%	0.69%	0.17%	0.19%
六甲基二硅氧烷运输	运输阶段	背景数据	0.01%	0.01%	0.02%	0.00%	0.00%

吨桶运输	运输阶段	背景数据	0.05%	0.05%	0.11%	0.02%	0.03%
铁桶运输	运输阶段	背景数据	0.02%	0.03%	0.05%	0.01%	0.01%
危废运输	运输阶段	背景数据	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

3.3 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1t二甲基硅油的生命周期环境影响，本研究中分别分析了产品生命周期各实景过程对不同环境影响类型结果，展示如下图2-图21所示：

根据表3-1和表3-2，下图中对二甲基硅油产品生命周期中各环节进行分析。图2、图3、图4和图5为各阶段对气候变化（GWP）的贡献情况，从图中可以看出，原材料获取和加工阶段贡献最大，占93.08%，其次为产品生产阶段，占比6.45%。其中原材料获取和加工阶段中线性体贡献最大，占90.06%，其次为CPE六甲基二硅氧烷，占比1.96%。产品生产阶段中电力贡献最大，占6.41%。

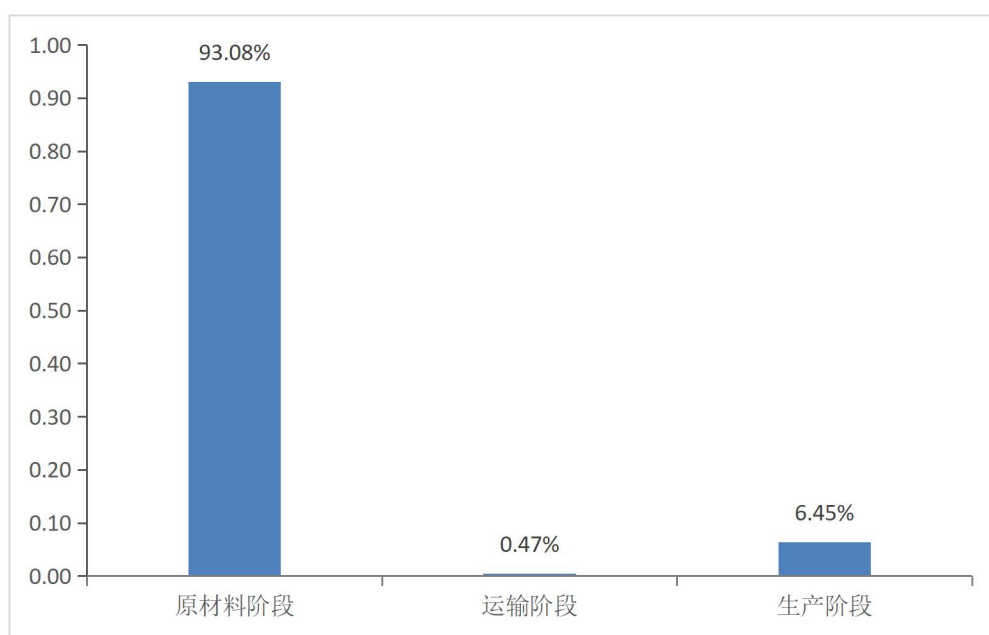


图 2 二甲基硅油各阶段清单过程GWP贡献柱状图

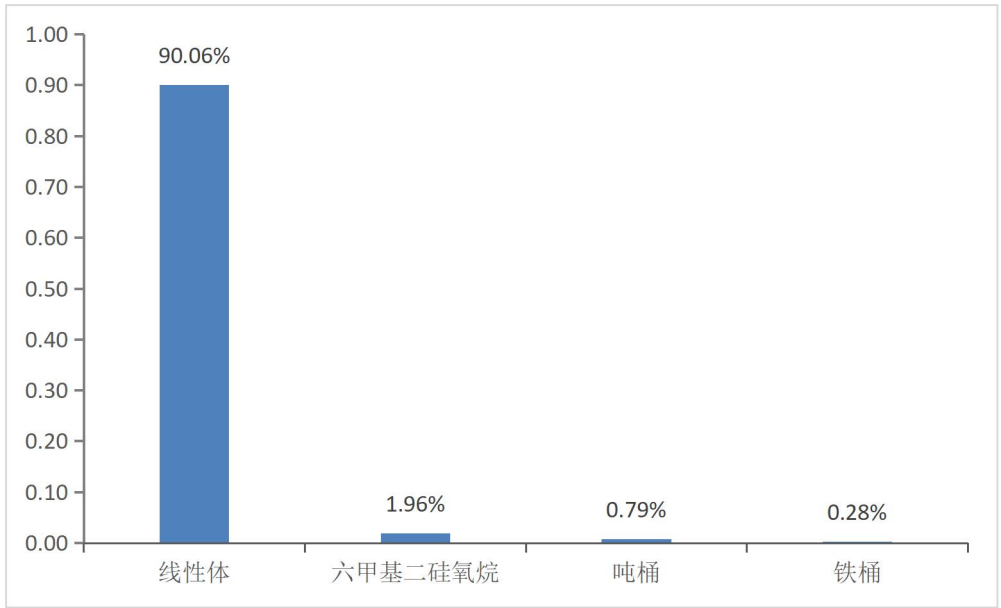


图 3 二甲基硅油原材料获取和加工阶段各清单过程GWP贡献柱状图

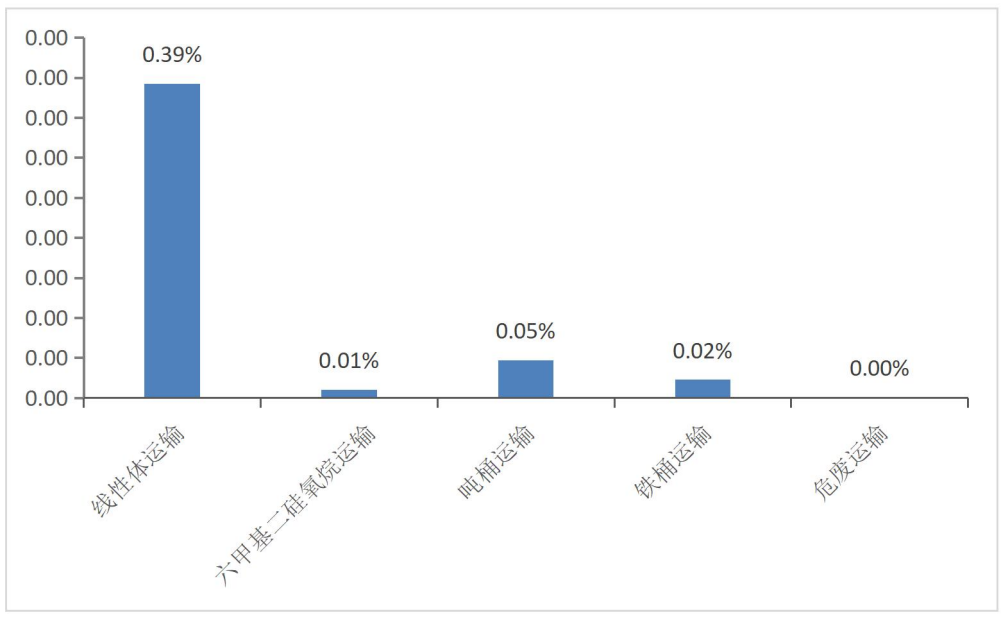


图 4 二甲基硅油原材料运输阶段各清单过程GWP贡献柱状图

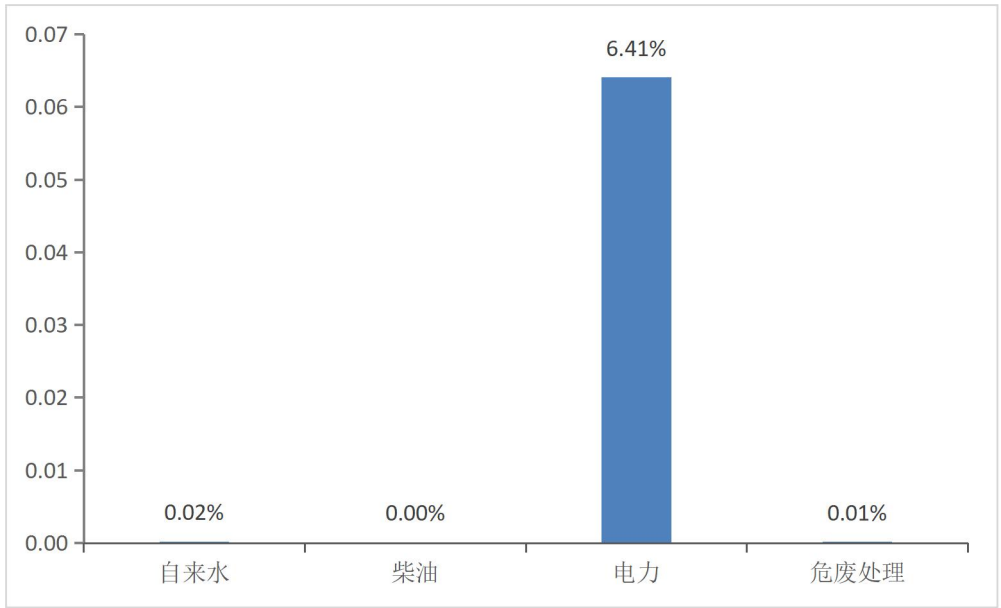


图 5 二甲基硅油生产阶段各清单过程GWP贡献柱状图

根据表3-1和表3-2，下图中对二甲基硅油产品生命周期中各环节进行分析。图6、图7、图8和图9为各阶段对化石能源资源利用 (RU-F) 的贡献情况，从图中可以看出，原材料获取和加工阶段贡献最大，占94.71%，其次为产品生产阶段，占比4.47%。其中原材料获取和加工阶段中线性体贡献最大，占89.98%。产品生产阶段中电力贡献最大，占4.71%。

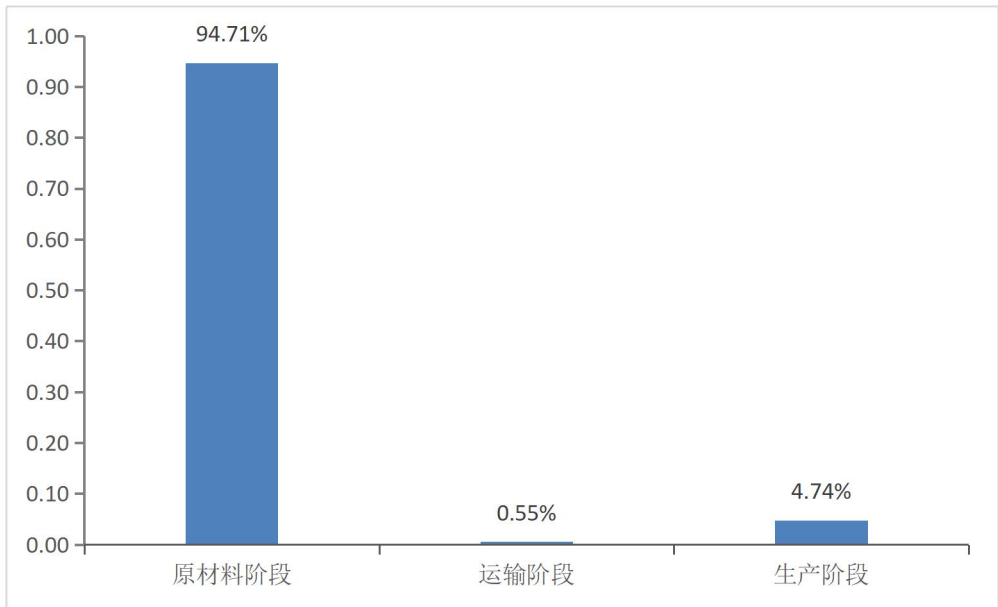


图 6 二甲基硅油各阶段清单过程RU-F贡献柱状图

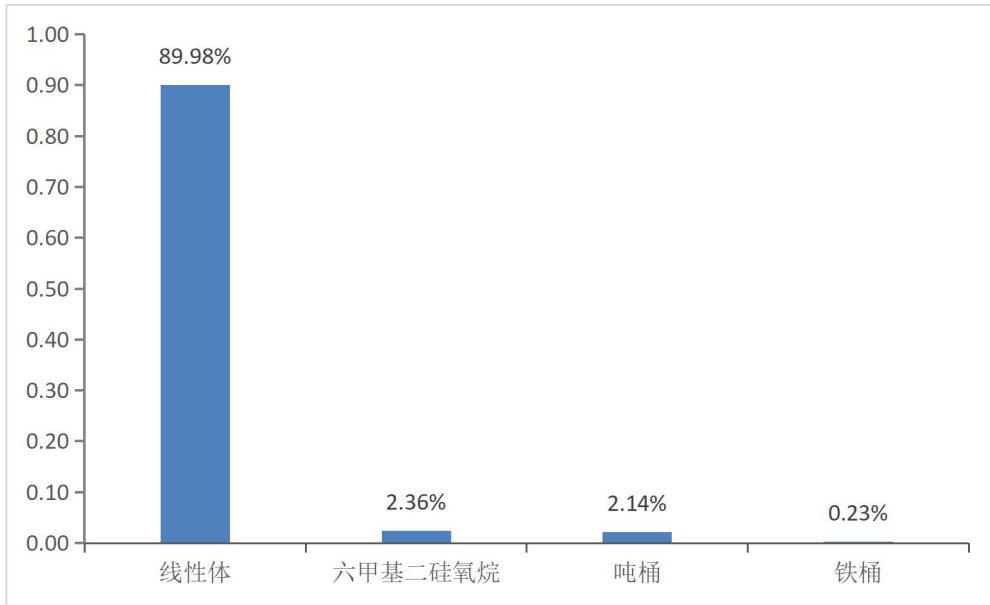


图 7 二甲基硅油原材料获取和加工阶段各清单过程RU-F贡献柱状图

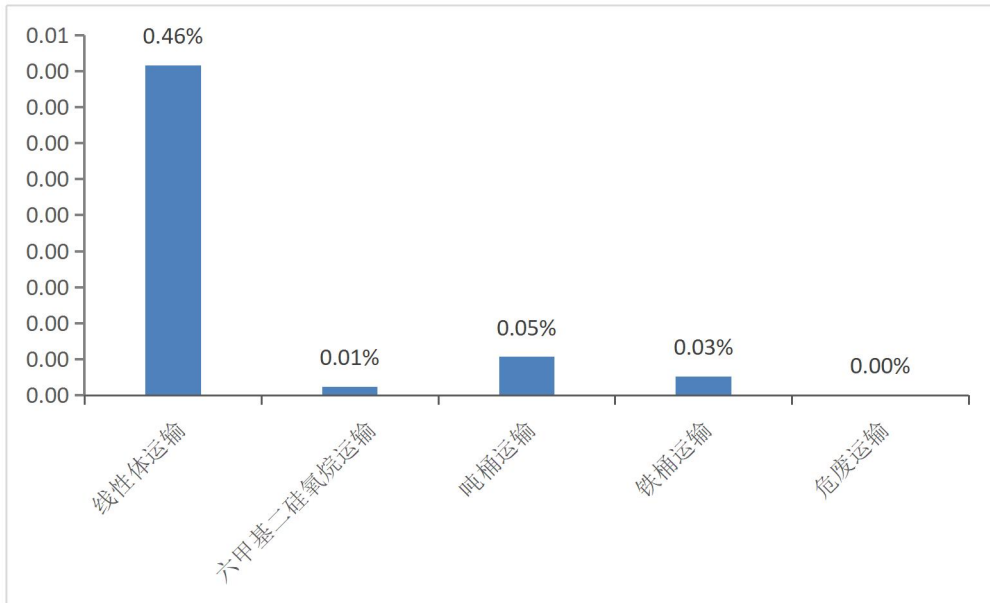


图 8 二甲基硅油原材料运输阶段各清单过程RU-F贡献柱状图

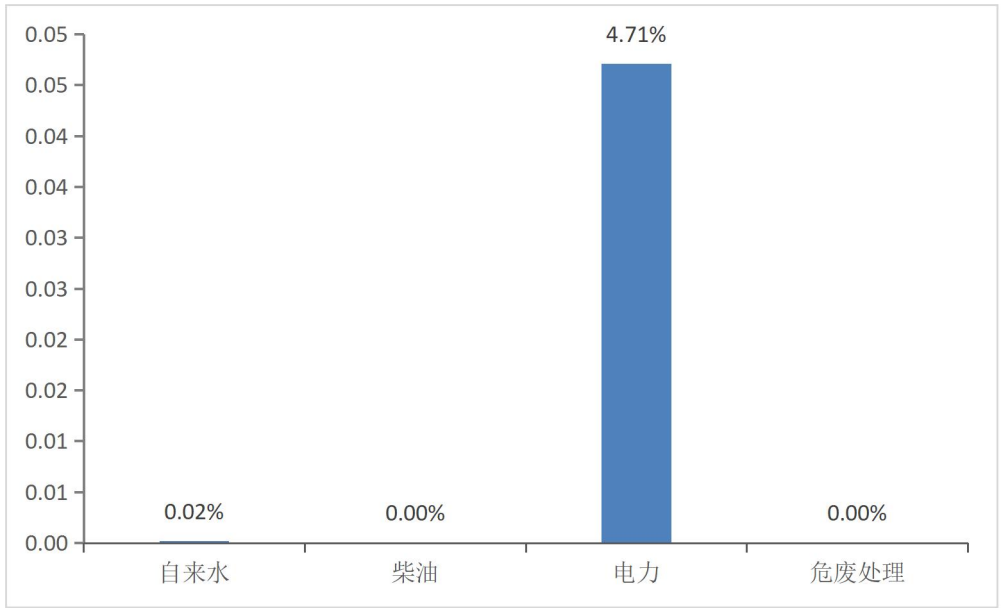


图 9 二甲基硅油生产阶段各清单过程RU-F贡献柱状图

根据表3-1和表3-2，下图中对二甲基硅油产品生命周期中各环节进行分析。图10、图11、图12和图13为各阶段对矿产和金属资源利用(RU-M)的贡献情况，从图中可以看出，原材料获取和加工阶段贡献最大，占98.36%，其次为产品生产阶段，占比0.78%。其中原材料获取和加工阶段中线性体贡献最大，占89.90%。产品生产阶段中电力贡献最大，占0.70%。

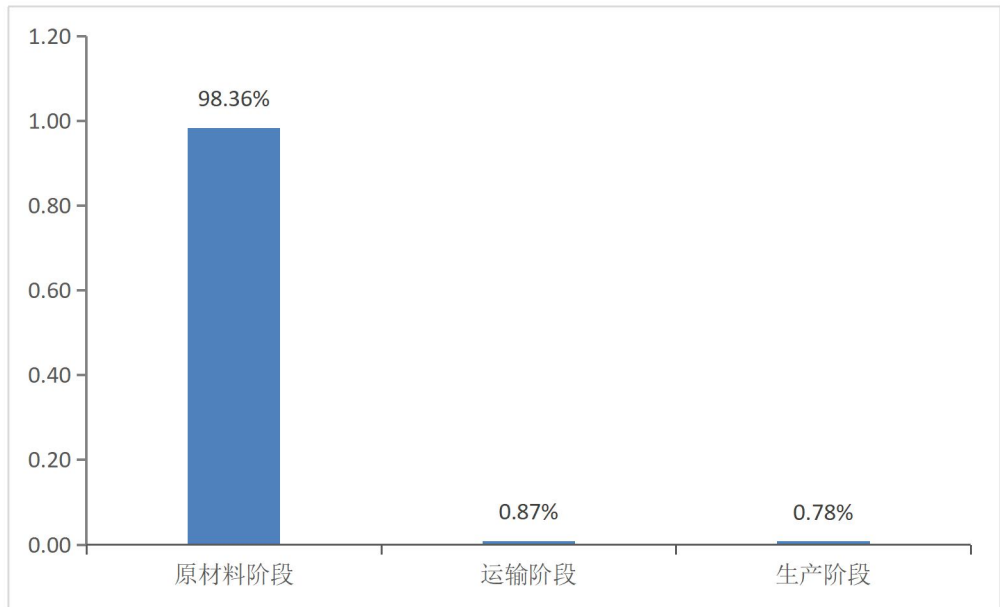


图 10 二甲基硅油生产阶段各清单过程RU-M贡献柱状图

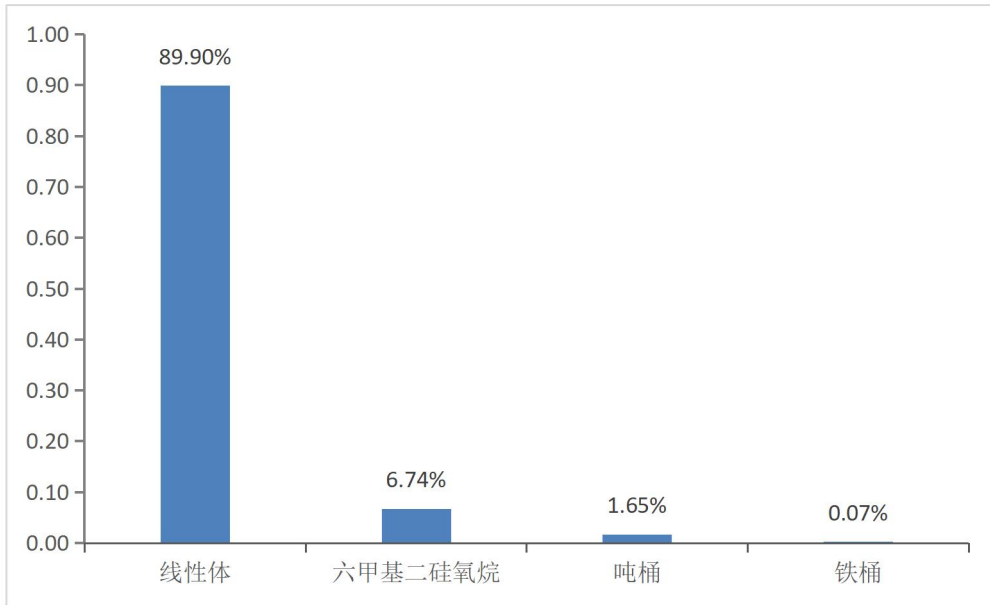


图 11 二甲基硅油原材料获取和加工阶段各清单过程RU-M贡献柱状图

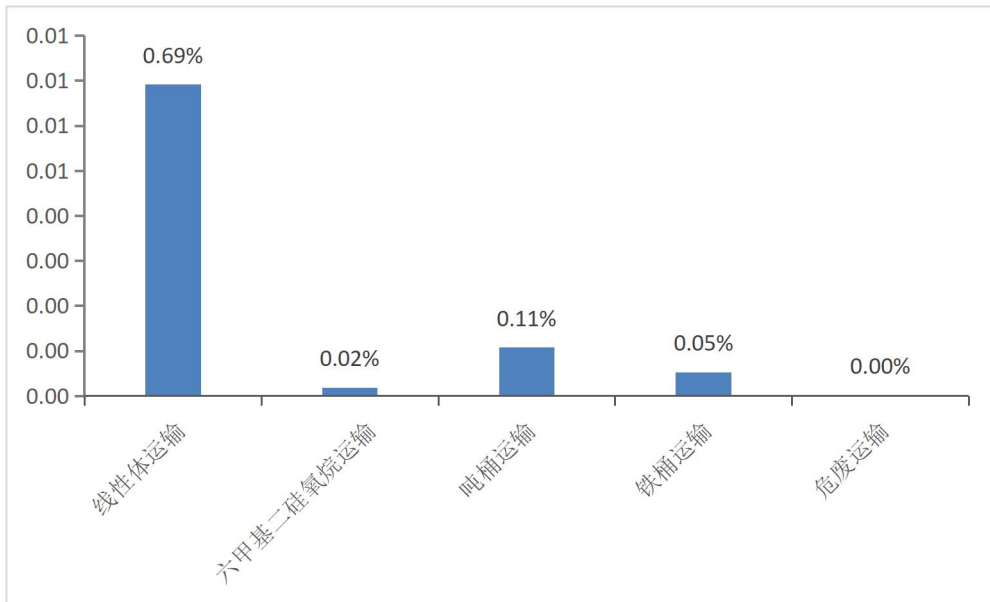


图 12 二甲基硅油原材料运输阶段各清单过程RU-M贡献柱状图

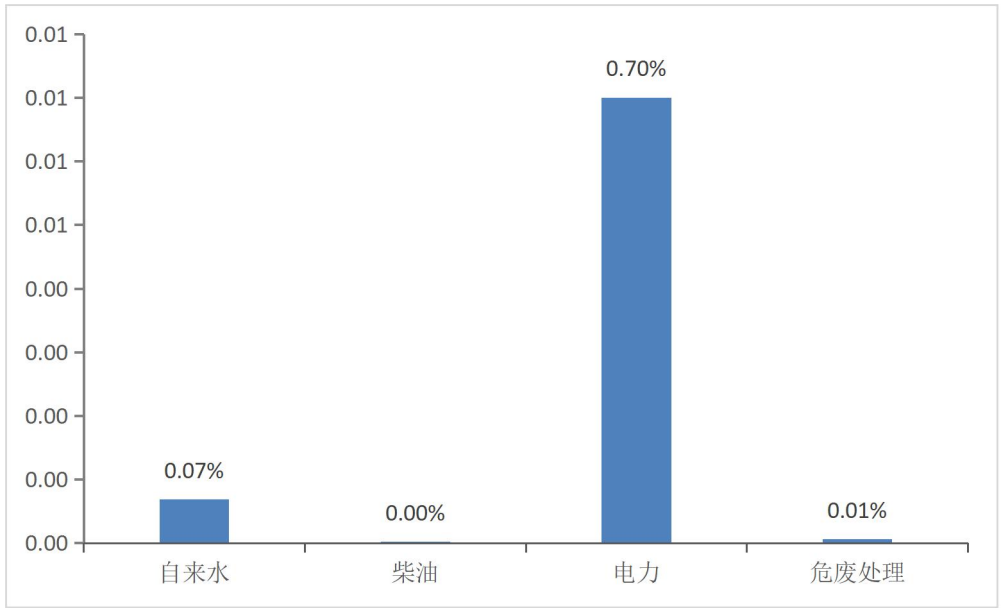


图 13 二甲基硅油生产阶段各清单过程RU-M贡献柱状图

根据表3-1和表3-2，下图中对二甲基硅油产品生命周期中各环节进行分析。图14、图15、图16和图17为各阶段对富营养化(EF)的贡献情况，从图中可以看出，原材料获取和加工阶段贡献最大，占93.47%，其次为产品生产阶段，占比6.32%。其中原材料获取和加工阶段中线性体贡献最大，占89.48%。产品生产阶段中电力贡献最大，占6.26%。

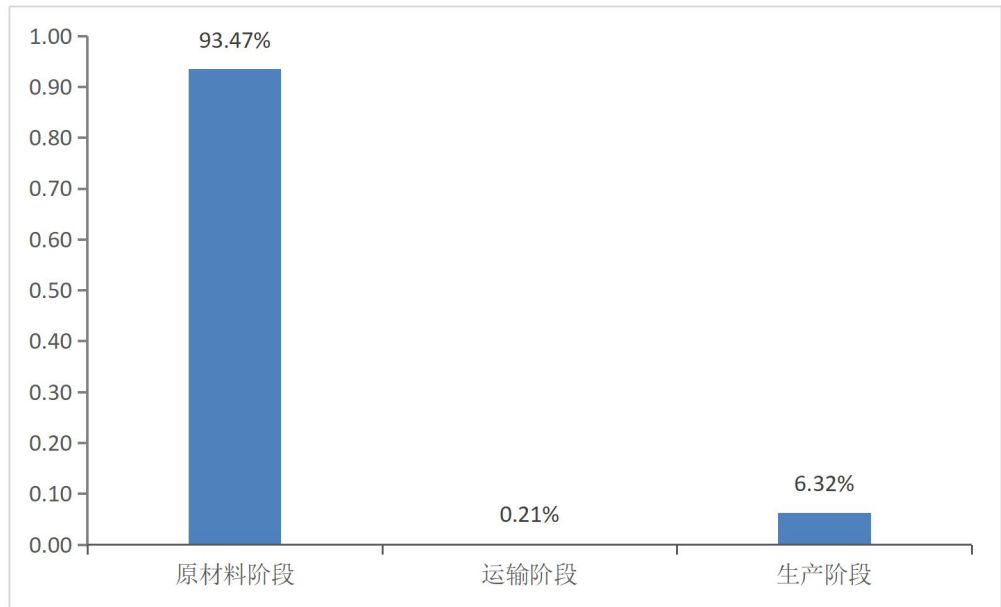


图 14 二甲基硅油生产阶段各清单过程EF贡献柱状图

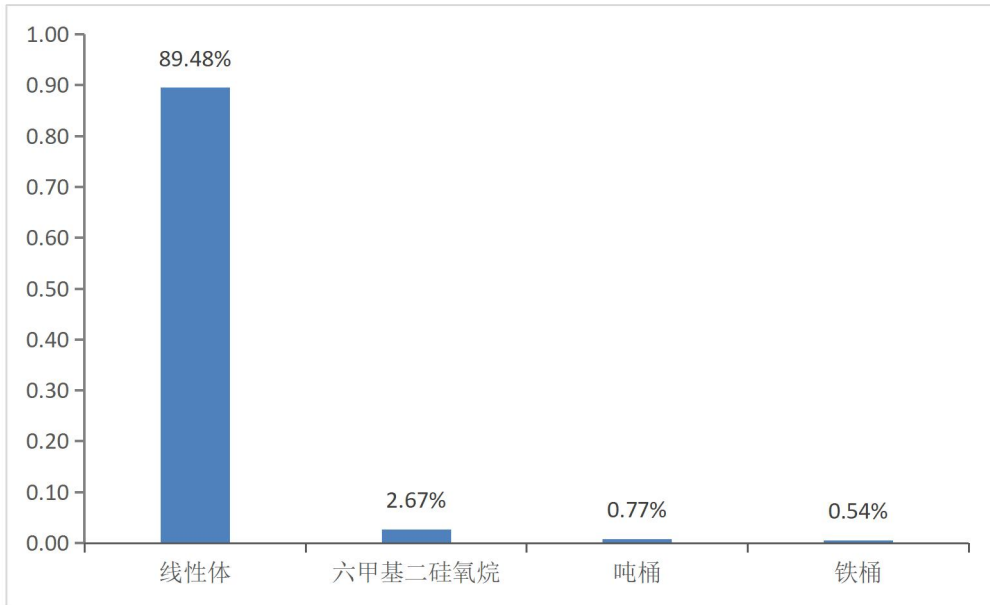


图 15 二甲基硅油原材料获取和加工阶段各清单过程EF贡献柱状图

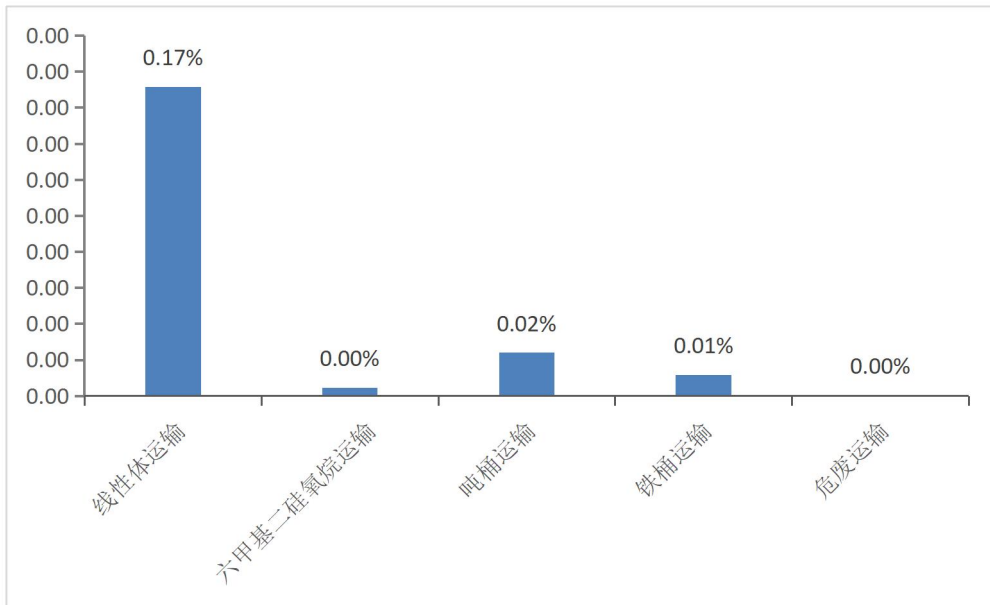


图 16 二甲基硅油原材料运输阶段各清单过程EF贡献柱状图

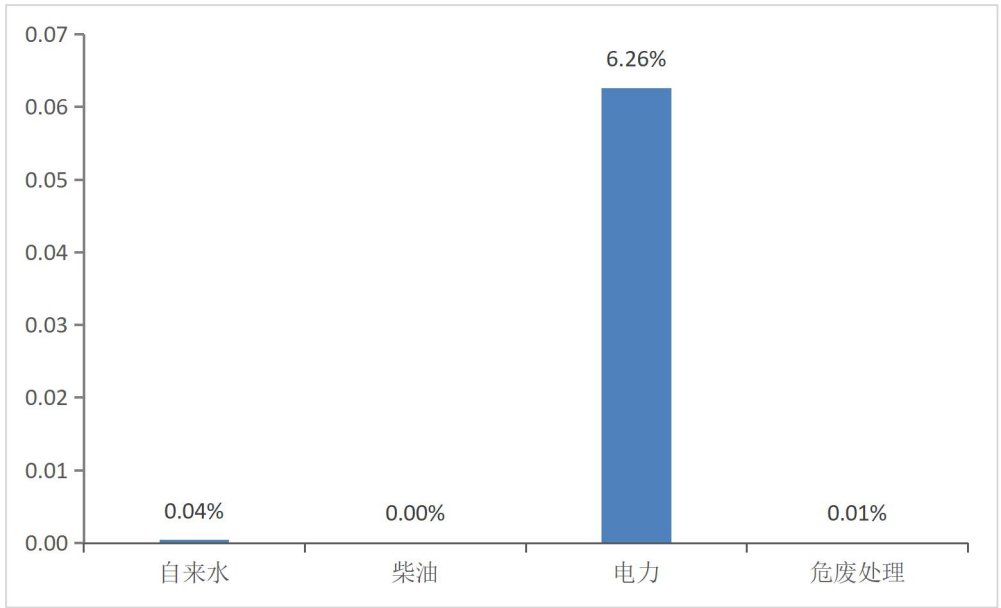


图 17 二甲基硅油生产阶段各清单过程EF贡献柱状图

根据表3-1和表3-2，下图中对二甲基硅油产品生命周期中各环节进行分析。图18、图19、图20和图21为各阶段对生态毒性 (HT) 的贡献情况，从图中可以看出，原材料获取和加工阶段贡献最大，占93.47%，其次为产品生产阶段，占比6.32%。其中原材料获取和加工阶段中线性体贡献最大，占89.48%。产品生产阶段中电力贡献最大，占6.26%。

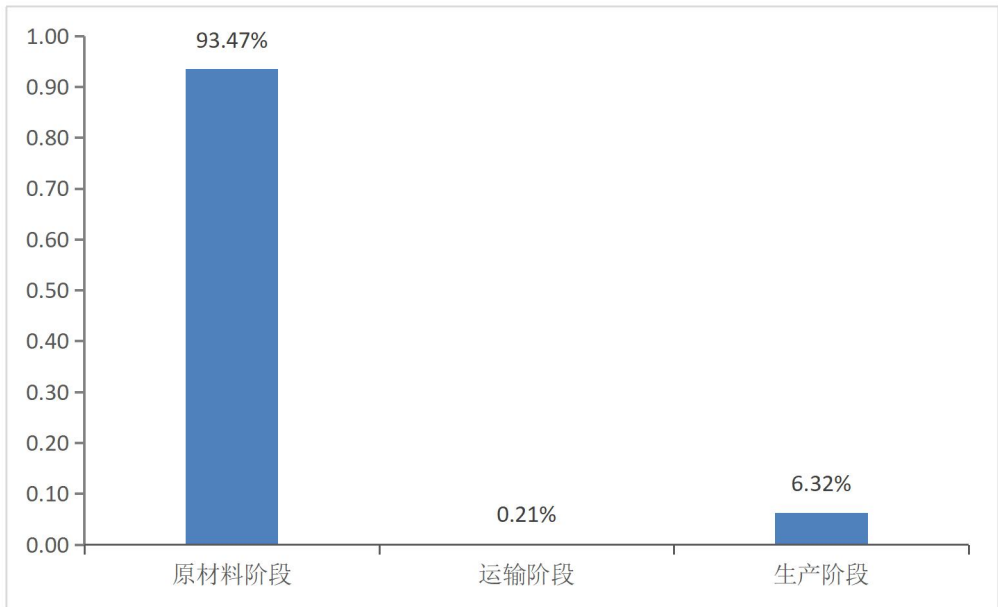


图 18 二甲基硅油生产阶段各清单过程HT贡献柱状图

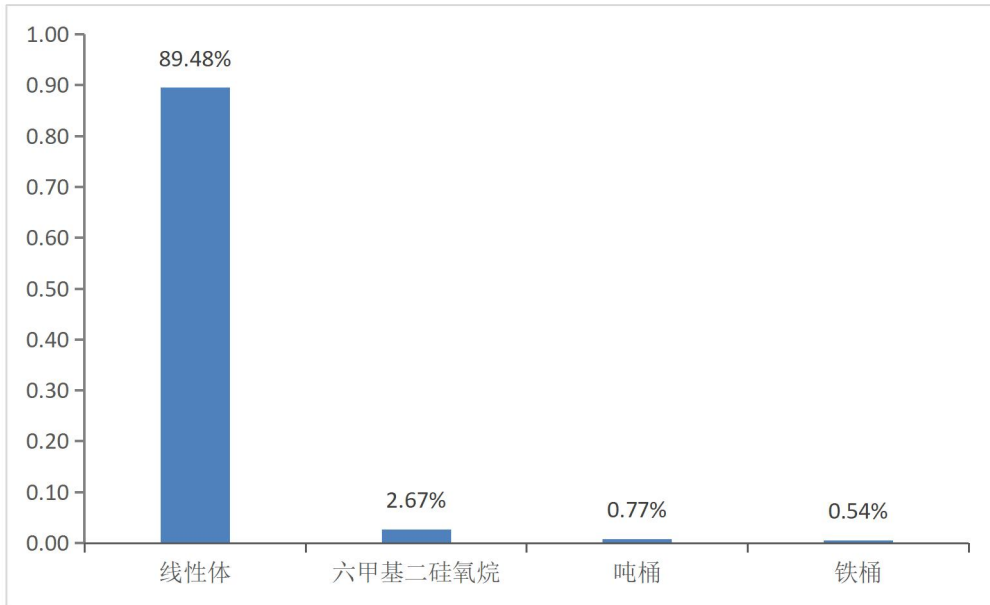


图 19 二甲基硅油原材料获取和加工阶段各清单过程HT贡献柱状图

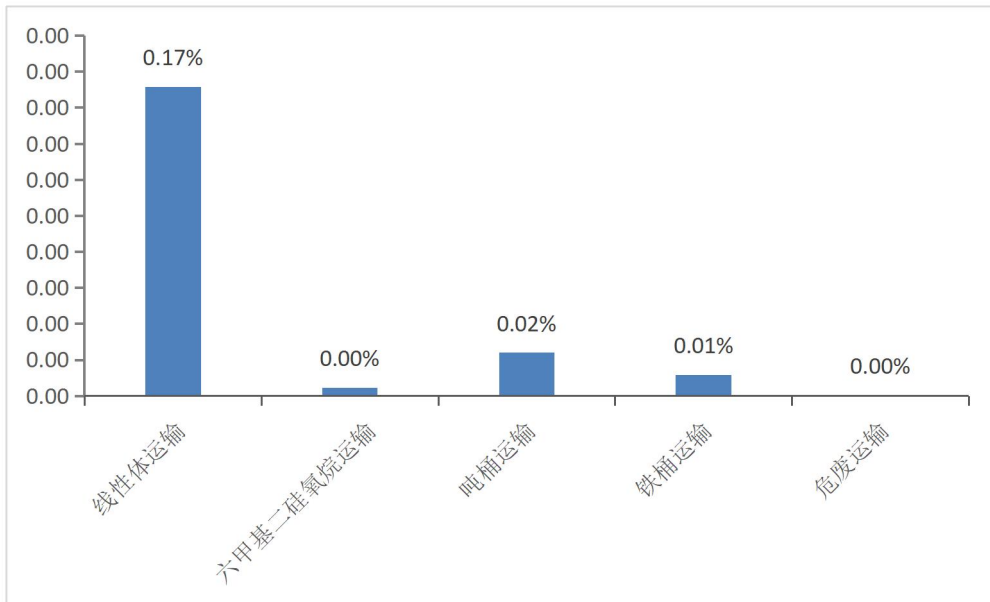


图 20 二甲基硅油原材料运输阶段各清单过程HT贡献柱状图

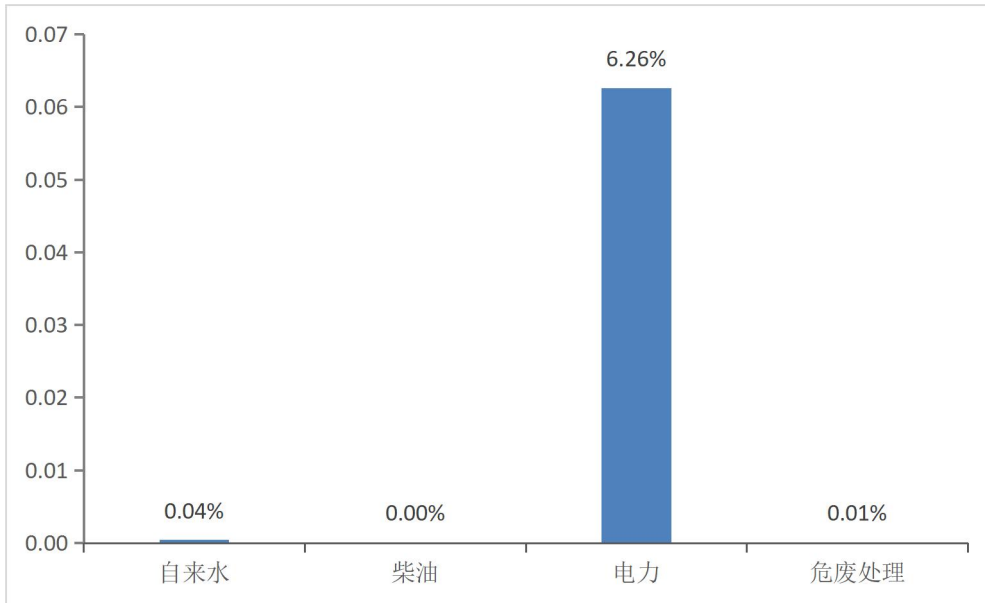


图 21 二甲基硅油生产阶段各清单过程HT贡献柱状图

4 生命周期解释

4.1 假设与局限性说明

本产品生命周期模型建立过程中所有原材料的消耗量均来自于企业实际生产数据。

其中吨桶和铁桶的消耗质量为根据消耗件数的估算值。

原材料及产品的运输方式仅为公路运输。由于生态环境部要求在2021年7月1日（即在评价日期2022年之前）重型柴油车须符合国六a排放标，国六排放标准略严于欧六标准，则默认为所有运输车辆（包括原材料和产品的运输车辆）均符合EUR06标准。

本次报告未考虑产品运输、产品使用、产品安装、产品维护、产品维修、产品拆解、回收利用、产品废弃阶段以及再利用、回收和再循环潜力阶段。由于企业无法获得上游原材料生产数据，因此原材料的上游数据来自于数据库。研究过程中对数据根据物料平衡等进行了合理性修正。

4.2 完整性说明

四甲基二乙基二硅氧烷由于消耗量小于原材料总消耗的0.3%，且其上游数据或者活动水平数据难以取得，因此做忽略处理。

4.3 数据质量评估结果

报告采用蒙特卡洛分析质量评估方法，在SimaPro 9.4.0.1 系统上完成对模型清单数据的不确定度评估。本报告研究类型为企业LCA-代表此企业及供应链水平（采用实际生产数据），得到数据质量评估评估结果见表。

表4-1 LCA 数据质量评估结果

指标名称	缩写（单位）	LCA结果	结果上下限
			（95%置信区间）
全球变暖（GWP）	kg CO ₂ eq.	6304.880	[5279.77,7645.28]
化石能源资源利用（RU-F）	MJ	76105.502	[64381.80,106937.15]
矿产和金属资源利用（RU-M）	kg Sb eq	0.012	[0.01,0.04]
富营养化(EF)	kg P eq	1.179	[0.34,4.5]
人体健康危害（HT）	CTUh	5.76E-06	[0.00,0.003]

4.4 结论与建议

通过对1t二甲基硅油的整个生命周期，从原材料生产、运输到产品生产各阶段的资源利用、全球暖化、富营养化、生态毒性四类环境影响指标的量化、评价和分析，从 3.1-3.3 的分析结果，可以看出原材料获取和加工阶段对各项环境影响指标均较大，产品生产阶段对各项环境影响指标贡献其次，原材料运输阶段对各项环境影响指标均较小。这些结果可为下一步开展绿色产品设计、生产更加环境友好的生态产品提供依据。

基于以上分析结果，本产品可在以下三个方面进行改进，以进一步减少产品对环境的影响：

1) 二甲基硅油原材料获取和加工过程中采用的原辅料消耗对环境的影响直接影响本产品生命周期环境影响评价结果，原材料线性体的结果占比高达90.06%，企业无法追溯线性体实际供应商数据，因此数据质量较差，建议企业增加供应商管理，获得线性体实际生产数据；

2) 生产阶段用电对各项环境影响指标较大，建议通过工艺改进、采取节能降耗措施、使用清洁能源电力，减少生产阶段中电力使用产生的排放；

3) 加强供应商管理，促进原材料供应商在原材料生产过程中减少原料、物料和能源消耗，降低对环境的影响。