

# 中节能万润股份有限公司

## EDH-3 液晶材料产品碳足迹报告

完成单位（公章）：北京中创碳投科技有限公司

报告日期：2022年07月14日

# 目 录

一、	前言.....	1
二、	评价目的.....	2
三、	评价过程和方法.....	3
3.1	评价标准.....	3
3.2	工作组安排.....	3
3.3	评价流程.....	4
3.3.1	文件评价.....	4
3.3.2	现场访问.....	4
3.3.3	报告编写及内部技术复核.....	5
四、	评价范围.....	6
4.1	企业基本情况.....	6
4.2	评价对象.....	9
4.3	系统边界.....	9
4.3.1	时间边界.....	9
4.3.2	排放源边界.....	10
4.3.3	生命周期模式.....	10
五、	清单分析.....	11
5.1	生产技术.....	11
5.2	清单分析.....	15
5.3	分配原则.....	17
六、	数据收集.....	18
6.1	数据收集和评价过程.....	18
6.1.1	产品数据.....	18
6.1.2	物料数据.....	19
6.1.3	能耗数据.....	32
6.1.4	运输数据.....	38
6.1.5	废弃物数据.....	40
6.1.6	碳足迹核算系数.....	42
6.2	数据汇总表.....	47
七、	产品碳足迹的计算.....	53
7.1	计算公式.....	53
7.2	产品碳足迹评估与分析.....	54
7.3	产品碳足迹分析.....	62
7.3.1	按生命周期各环节分析.....	62
7.3.2	按物料组成分析.....	70
7.3.3	按能耗组成分析.....	72
7.4	敏感性分析.....	73
八、	不确定性分析.....	74
8.1	分析方法.....	74
8.2	不确定性分析结果.....	76
九、	结论.....	77

十、节能减排建议.....	77
附件.....	79
附件 1 EDH-3 液晶材料产品碳足迹（基于 1 吨产量）.....	79
附件 2 EDH-3 液晶材料产品碳足迹汇总表.....	86
附件 3 EDH-3 液晶材料的物料碳足迹构成.....	86
附件 4 EDH-3 液晶材料的能耗碳足迹构成.....	87
附录.....	88
附录 1 文件清单.....	88
附录 2 主要文件样张.....	90

# 一、前言

全球气候系统正在发生重要的变化，联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）在 2021 年发布了 IPCC 第六次评估报告，确认世界各地都在发生气候变化，而气候系统变暖是毋庸置疑的。报告明确指出人类对气候系统的影响是明确的，而且这种影响在不断增强，在世界各个大洲都已观测到种种影响。如果任其发展，气候变化将会增强对人类和生态系统造成严重、普遍和不可逆转影响的可能性。

“碳足迹”（Carbon footprint）被用来描述产品或服务从生产、消费到废弃的整个生命周期过程中温室气体的排放量。有效地控制碳足迹，既可以减少温室气体的排放量，减少对环境的影响，又可以节约能源的消耗。有效的碳信息报告和碳减排已成为各生产型企业控制生产成本、提高企业竞争力的方法，在社会各领域中逐渐达成了可持续发展的共识。

2020 年 9 月 22 日，习近平主席在联合国一般性辩论时宣布中国 2030 年前碳排放达峰，2060 年前实现碳中和。12 月 12 日，在气候雄心峰会上进一步提出了中国国家自主贡献新举措，到 2030 年单位国内生产总值二氧化碳排放将比 2005 年下降 65% 以上，非化石能源占一次能源消费比重将达到 25% 左右，森林蓄积量将比 2005 年增加 60 亿立方米，风电、太阳能发电总装机容量将达到 12 亿千瓦以上。为落实“双碳目标”，2020 年 12 月 18 日，中央经济工作会议将“做好碳达峰、碳中和工作”作为 2021 年八大重点任务之一进行了部署。碳

达峰、碳中和目标成为全社会热议的新话题。

石油和化工行业的减排是我国实现碳达峰、碳中和目标的关键一环。石油和化学工业的碳排放总量占全国总量的 14%，化工行业在整个石油和化学工业中碳排放占比约 36%。化工企业在十四五期间被纳入碳市场的可能性较大，目前化工行业碳排放量超过 2.6 万吨的企业数量约 2300 家，碳排放量之和占全行业二氧化碳排放总量的 65%。对相关企业而言，率先实施产品碳足迹核算和评估，无疑是最好的选择。碳足迹核算与评估实施简单，成本低廉，有助于企业了解碳足迹相关政策与法规和碳足迹的核算原则和过程；在碳交易市场上把握先机，从中获益；改善能源效益，节省长远开支；未雨绸缪，迎接国家法律和贸易壁垒的挑战；吸引新顾客，保留老顾客，在市场竞争中脱颖而出；履行社会责任，树立良好企业形象。

## 二、 评价目的

中节能万润股份有限公司(以下简称“万润股份”)始建于1992年,原名烟台万润精细化工股份有限公司,2015年正式更名为中节能万润股份有限公司。主要从事电子信息材料产业、环保材料产业和大健康产业三个领域产品的研发、生产和销售,是国家级企业技术中心、国家级高新技术企业、国家技术创新示范企业。公司注册资本金9.1亿元,总资产78.76亿元,2021年实现营业收入43.59亿元,现有员工3800余人,总占地面积近80万m<sup>2</sup>,建筑面积30万m<sup>2</sup>。

此次评价对象为万润股份生产的 EDH-3液晶材料。通过碳足迹

评价，将达到以下目的：

- 1) 核算单位产品碳足迹，有利于碳足迹标签的认证与实施。
- 2) 通过对比用于产品生产的各项能源、资源、物料碳足迹数据，找出影响产品碳足迹的关键要素，有利于有针对性地升级生产技术和改造生产工艺，优化供应结构，从而实现节能、降耗、减排目标。
- 3) 通过此次核算，最终让企业明确自身碳排放现状，寻找节能减排机会，最终建立绿色环保的竞争优势。为低碳产品认证、碳排放核查、应对碳关税做信息储备。

## 三、 评价过程和方法

### 3.1 评价标准

- ISO 14067-2018 《产品碳足迹——关于量化和通报的要求和指南》

- PAS2050:2011 《商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》

- 《中国化工生产企业温室气体排放核算方法与报告指南(试行)》

### 3.2 工作组安排

依据 ISO 14067-2018《产品碳足迹——关于量化和通报的要求和指南》，以及 PAS2050:2011《商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》，以及《中国化工生产企业温室气体排放核算方法与

报告指南(试行)》，根据核算任务以及企业的规模、行业，按照北京中创碳投科技有限公司内部工作组人员能力及程序文件的要求，此次工作组由下表所示人员组成。

**表 3-1 工作组成员表**

序号	姓名	职务	职责分工
1	张宏艳	组长	整体工作安排和对接；产品碳足迹排放边界的确定；2021 年产品生产过程中涉及的各类物料和能源资源数据收集；资料整理，排放量计算及结果核算。
2	刘俊杰	组员	收集了解企业基本信息、产品情况、原物料情况、计量设备、主要耗能设备情况；资料整理，排放量计算及结果核算；产品碳足迹报告的撰写。

### 3.3 评价流程

#### 3.3.1 文件评价

根据 PAS2050，工作组于 2022 年 4~5 月对企业提供的支持性文件进行了查阅，详见评价报告附录“文件清单及主要文件样张”。

工作组通过查阅以上文件，识别出现场访问的重点为：现场查看企业产品的生产工艺流程，原辅料消耗情况，实际排放设施和测量设备，现场查阅企业的支持性文件，通过交叉核对判断企业提供的能源和物料消耗量数据是否真实、可靠、正确。

#### 3.3.2 现场访问

工作组于 2022 年 5 月 27 日对企业进行了现场访问。现场访问的流程主要包括首次会议、收集和查看现场前未提供的支持性材料、现场查看产品生产工艺流程、相关排放设施及测量设备、与企业进行访

谈、工作组内部讨论、末次会议 6 个子步骤。现场访问的时间、对象及主要内容如表 3-2 所示：

**表 3-2 现场访问记录表**

时间	访谈对象	所属部门	访谈内容
2022 年 5 月 27 日	刘旭林	工程环保部	<ul style="list-style-type: none"> <li>介绍企业的基本情况、生产经营情况；</li> <li>介绍企业产品情况及生产工艺；</li> <li>介绍企业组织机构设置情况。</li> </ul>
	徐永贞	生产技术部	<ul style="list-style-type: none"> <li>介绍产品生产过程中各工序物料及能源使用情况；</li> <li>介绍企业物料及能源计量、统计情况。</li> </ul>
	桑凯伦	生产技术部	<ul style="list-style-type: none"> <li>介绍产品生产过程中各工序物料及能源使用情况；</li> <li>介绍企业物料及能源计量、统计情况。</li> </ul>
	刘云康	生产技术部	<ul style="list-style-type: none"> <li>介绍产品生产过程中各工序物料及能源使用情况；</li> <li>介绍企业物料及能源计量、统计情况。</li> </ul>

### 3.3.3 报告编写及内部技术复核

工作组于 2022 年 6 月 16 日编制碳足迹报告初稿，2022 年 7 月 14 日形成最终碳足迹报告。

为保证编写质量，碳足迹评价工作实施组长负责制、技术复核人复核制、质量管理委员会把关三级质量管理体系。即对每一个碳足迹评价项目均执行三级质量校核程序，且实行质量控制前移的措施及时把控每一环节的工作质量。碳足迹评价工作的第一负责人为工作组组长。工作组组长负责在评价过程中对工作组成员进行指导，并控制最终碳足迹报告的质量；技术复核人负责在最终碳足迹报告提交给客户

前控制最终碳足迹报告的质量；质量管理委员会负责整体工作质量的把控，以及报告的批准工作。

技术复核人及报告批准人情况见表 3-3。

**表 3-3 技术复核组成员表**

序号	姓名	职责	行业领域	是否进行现场访问
1	李丹	技术复核	电力、钢铁、石化、化工、其他行业、食品行业	否

## 四、 评价范围

### 4.1 企业基本情况

万润股份前身为烟台开发区精细化工公司，成立 1992 年 10 月。1995 年 7 月更名为烟台万润精细化工有限责任公司，2008 年 3 月改制为股份有限公司，2011 年 12 月在深圳证券交易所挂牌上市（股票代码 002643）。2015 年更名为中节能万润股份有限公司，现主要股东中国节能环保集团公司、鲁银投资集团股份有限公司、烟台市供销合作社、山东鲁银科技投资有限公司、中节能资本控股有限公司等。

万润股份主要从事环保材料、信息材料、大健康三大产业的产品研发、生产和销售，是国家级企业技术中心、国家级高新技术企业、国家技术创新示范企业、国家创新型企业。公司注册资本金 9.3 亿元，总资产 78.7 亿元，2021 年全年营业收入 43.59 亿元。公司现有员工 3800 余人，总占地面积近 80 万 m<sup>2</sup>，建筑总面积 30 万 m<sup>2</sup>。

万润股份拥有位于烟台经济开发区五指山路 11 号的总部、生

产基地、万润工业园区三处主要生产场所，并投资成立了烟台海川化学制品有限公司、烟台万润药业有限公司、万润美国三家全资子公司和烟台九目化学股份有限公司、江苏三月科技股份有限公司、烟台万海舟化工有限公司三家合资公司。万润股份的组织结构图如图 4-1 所示。

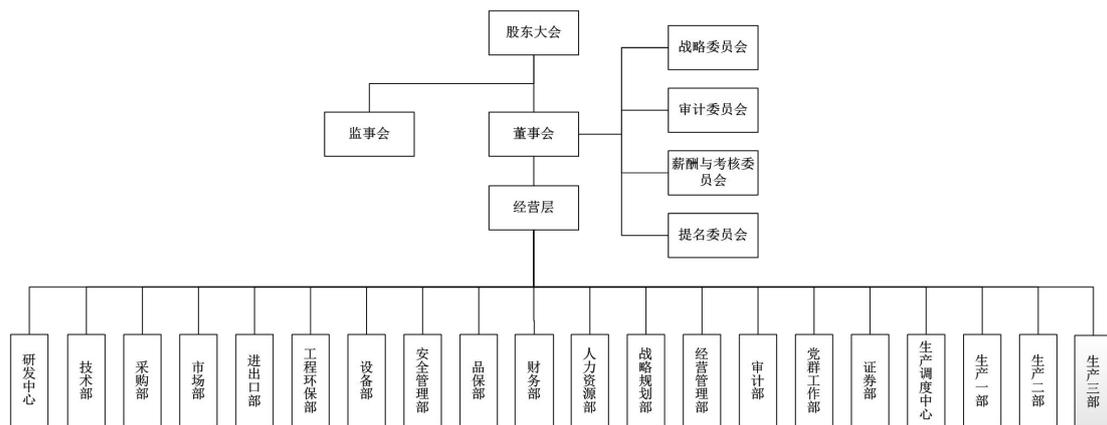
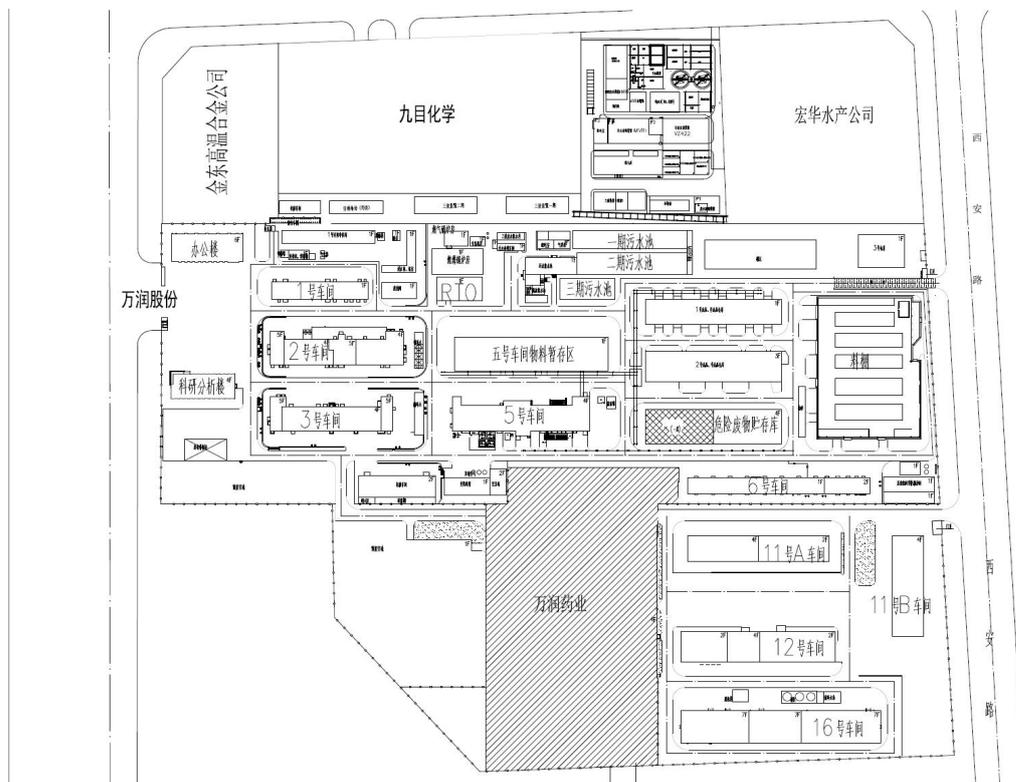


图 4-1 中节能万润股份有限公司组织机构图

万润股份的厂区平面图如图 4-2 所示。



## 图 4-2 中节能万润股份有限公司厂区平面图

作为国内最早进行液晶材料生产的企业之一，万润股份始终保持行业内的技术领先，是同时向全球三大液晶巨头——Merck、JNC、DIC 供应液晶单体的关键供应商，并与之达成长期稳定的供应关系。其中高端 TFT 液晶材料销量占国际市场份额的 20%以上，在中国乃至世界液晶材料行业有着举足轻重的地位，成为全球单体液晶材料制造行业的重要企业。

2013 年万润股份开发的沸石系列环保材料广泛应用于高标准(欧 VI)汽车尾气处理、石油炼化等领域，万润在高端沸石产品的技术水平、产业化规模均处于全球前列。

万润股份在 OLED 材料及器件、有机太阳能、储电电池材料、电子化学品等高端功能性材料已具备一定的行业影响力，成为功能性材料研发和生产的优秀企业之一。

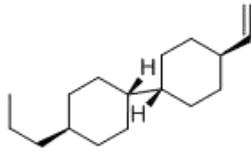
万润依托万润药业、MP Biomedicals 在医药产品、体外诊断试剂、生命科学等大健康领域稳步发展。万润药业实现了医药化学材料从无到有的跨越，成品制剂从单一到多样化的发展，上市销售的药品和保健品已达到十余种。MP 公司在生命科学和体外诊断行业具有多年的行业经验和丰富的技术储备，是业内少数能够同时提供生命科学、体外诊断相关产品的综合性企业，拥有健全的全球化分销网络，生产和销售的产品数目超过 5.5 万类。

## 4.2 评价对象

本次碳足迹评价对象以及功能单元为：由中节能万润股份有限公司生产的 1 吨 EDH-3 液晶材料产品。

EDH-3 中文名称为(反式,反式)-4-乙基-4'-丙基-1,1'-联环己烷 (CAS: 116020-44-1)，分子式  $C_{17}H_{30}$ ，为粘稠固体状。其产品信息及规格详见表 4-1。EDH-3 为单晶产品，用于做混晶，生产液晶材料。液晶材料为一半透明物质，具有固体物质的晶体次序性与液体物质的流动性，故也称为中间相物质。由于液晶具有规则分子排列的特性，当受到电场等外部刺激时，液晶分子排列会产生变化而具有光电效应，利用此特性，液晶材料被广泛应用于平板电脑、电视、手机、汽车仪表盘等各种设备中。

表 4-1 EDH-3 产品信息及规格

序号	项目	规格
1	中文名称	(反式,反式)-4-乙基-4'-丙基-1,1'-联环己烷
2	现有化学物质名录序号	12519
3	CAS	116020-44-1
4	结构式	
5	分子式	$C_{17}H_{30}$
6	外观	粘稠固体（目测法）
7	纯品含量，%	≥99.5（气相色谱法）

## 4.3 系统边界

### 4.3.1 时间边界

本次以万润股份的 EDH-3 液晶材料产品作为评价对象，核算的

时间边界从 2021 年 1 月 1 日至 2021 年 12 月 31 日，涵盖评价对象从原材料获取、原材料运输、产品生产、产品包装、生产废弃物处理、直至产品出厂的生命周期过程。

### 4.3.2 排放源边界

系统边界确定了产品碳足迹的范围，即碳足迹评价应包括哪些生命周期阶段、投入和产出。根据 PAS2050:2011，用于原材料转变的所有流程、产品生命周期内能源供应和使用、制造和提供服务、设施运行、运输、储存所产生的温室气体（Greenhouse gas, GHG）排放，应纳入边界范围。

由于产品边界内排放源较多且排放情况复杂，PAS2050 允许排除不超过总排放量 1% 的非实质性排放；与人相关活动温室气体排放量不计，包括雇员上下班通勤、公务旅行、人工劳动等；食堂和宿舍所产生的排放量属于非生产排放，且计算结果难以有普适作用，因此计算系统内排放时将此部分温室气体排放忽略不计；厂房、机器设备等的使用维修及折损不计算碳排放；因此对于本次评价，以上排放源没有计入。

### 4.3.3 生命周期模式

根据 PAS2050:2011，产品在生命周期的内 GHG 排放评价应以下方式进行：

a) 从摇篮-到-大门（cradle-to-gate）：包括从原材料开采、获取、直至产品离开受评价组织边界的排放；

b) 从摇篮-到-坟墓（cradle-to-grave）：包括从原材料开采、获取、

直至废弃物处置和（或）再生利用的排放。

产品“从摇篮-到-大门”碳足迹的边界停留在产品离开被评价组织后、被提供给另一个制造商之前的节点上，计算产品碳足迹时只包括从原材料开采获取、生产制造直到产品到达一个新的组织；而产品“从摇篮-到-坟墓”碳足迹的典型流程图步骤包括生命周期全过程：原材料开采获取，原材料运输，产品生产、分销和零售，消费者使用，以及最终处置和（或）再生利用。

本次针对万润股份 EDH-3 液晶材料产品的碳足迹评价采用从“摇篮-到-大门（cradle-to-gate）”的生命周期模式，具体包括原辅料获取、原辅料运输、产品生产、产品包装、生产废弃物处理、直至产品出厂的生命周期过程。

## 五、 清单分析

## 5.2 清单分析

工作组通过现场访谈以及查看相关资料,明确了产品所涉及的活动包括:

- 原辅料、包装的获取,排放源为原料、辅料、包装材料生产过程导致的排放;

- 原辅料、包装运输至厂内,排放源包括运输车辆燃料消耗产生的排放;

- 产品生产,排放源包括产品生产过程能源消耗导致的排放,主要为电力消耗和厂内蒸汽生产及消耗导致的排放;原辅料及产品暂存环节能源消耗导致的排放,主要为原辅料和产品在厂内运输过程中能源(柴油)消耗产生的排放和存放过程产生的电力消耗排放;

- 废弃物处理,排放源包括以下4类:(1) 厂内废弃物处理过程能源消耗导致的排放,主要为废水及废气处理的电力消耗、蒸汽消耗及化石能源消耗导致的排放;(2) 废气处理环节含 CO<sub>2</sub> 尾气导致的排放,主要为工艺废气中的含碳有机化合物经 RTO 炉焚烧后转化为 CO<sub>2</sub>,经处理后的含 CO<sub>2</sub> 尾气直接进入大气造成的排放;(3) 生产固体废弃物运输至厂外过程中运输车辆燃料消耗产生的排放;(4) 生产固体废弃物在处理处置环节产生的排放。

根据上述活动,依据产品生产工艺流程图,确定产品涉及的物料、能源消耗清单,如表 5-2 所示

表 5-2 万润 EDH-3 生产各阶段生命周期清单分析

生命周期各环节	原辅料、包装获取	原辅料、包装运输	产品生产	废弃物处理 <sup>1</sup>
原料	叔丁醇钾、四氢呋喃、3HHK、甲苯、石油醚、盐酸、乙醇、乙酸乙酯、甲氧基甲基三苯基氯化磷、氢氧化钠、甲基三苯基溴化磷、正庚烷、柱层层析硅胶	\	\	\
辅料、包装	辅料：缓蚀阻垢剂、工业盐、冷冻酒精、液氮、双氧水、硫酸、液碱、消泡剂、聚丙烯酰胺阳离子 PAM+、聚丙烯酰胺阴离子 PAM-、聚合氯化铝 PAC 包装：铁桶、钢桶、HDPE 塑料桶、LDPE 塑料袋、牛皮纸袋、塑料编织袋、铝瓶、铝盖、衬四氟密封垫、PVC 塑料卡扣、PVC 桶罩膜	\	\	塑料编织袋、牛皮纸袋、LDPE 塑料袋、纸箱
能源	\	柴油	产品生产过程用电、蒸汽、柴油；	废弃物处理过程用电、蒸汽、柴油、天然气，运输过程柴油消耗
过程排放	\	\	工艺废气 RTO 焚烧 CO <sub>2</sub> 尾气	\

<sup>1</sup> 固体废弃塑料编织袋的处理方式为填埋，废弃纸箱被回收再生。

### 5.3 分配原则

根据企业生产资料可知，万润股份大季家生产基地各个 EDH-3 生产车间不仅生产 EDH-3 单一产品，还进行其他产品生产。由于万润股份各个 EDH-3 生产车间的能源消耗、废水/废气产生量、公用工程消耗量等生产运营参数的最小监测统计单元为车间，并未对 EDH-3 产品生产线的上述生产运营参数进行单独监测和统计。另外，5#车间 2021 年度生产 EDH-3 粗产品仅有 6 个月的时间，3#车间 2021 年度生产 EDH-3 成品有 9 个月的时间。因此，本次评价按照 2021 年各个生产车间的 EDH-3 粗产品或成品产量占 EDH-3 对应生产时间内车间总产量的比例，分别对各个生产车间的物料或能源消耗、废水/废气产生量、公用工程消耗量等进行拆分，以此近似计算得到各个车间 EDH-3 产品生产线的能源消耗、废水/废气产生量、公用工程消耗量等数据。

根据企业生产资料，2021 年 5#车间 EDH-3 粗产品产量占万润股份 EDH-3 粗产品总产量的比约为 87.5%，B01 车间产量占比约为 12.5%。考虑到 5#车间为万润股份 EDH-3 的主要生产车间，为避免对多个车间的生产运营参数进行拆分而导致数据不确定性升高，因此，本次评价仅核算由万润股份 5#车间生产制备、并在 3#车间净化包装后生产的 EDH-3 产品碳足迹。

5#车间生产 EDH-3 粗产品的同时还会产生副产物三苯基氧膦。经调研，副产物三苯基氧膦的经济价值远远低于 EDH-3。因此，5#

车间宜采用经济价值分配原则，对 EDH-3 产品生产线的全部物料投入、能源投入和温室气体排放在 EDH-3 粗产品和副产物三苯基氧膦之间进行分配。由于二者的经济价值相差悬殊，故本次评价近似将 5#车间的全部物料投入、能源投入和温室气体排放 100%分配至 EDH-3 粗产品。

对于由万润股份大季家生产基地集中供应的公用工程（如去离子水生产）和环保工程（即废水处理和废气处理），本次评价通过计算生产基地内单位公用工程供应量的物料和能源投入、以及单位废水/废气处理量的物料和能源投入，分别乘以 EDH-3 生产线的公用工程消耗量、废水/废气产生量，计算得出 EDH-3 生产所需公用工程、环保工程的物料投入、能源投入以及相应的温室气体排放量。

## 六、数据收集

### 6.1 数据收集和评价过程

在万润股份领导及员工的密切配合下，本项目取得了详细的碳足迹核算所需数据。

#### 6.1.1 产品数据

根据企业生产资料，2021 年 5#车间 EDH-3 粗产品产量占万润股份 EDH-3 粗产品总产量的比例约为 87.5%，B01 车间产量占比约为 12.5%。EDH-3 粗产品在 3#车间完成过柱、净化和产品包装。根据“5.3 分配原则”小节所述，本次评价仅核算由万润股份 5#车间生产制备、并在 3#车间净化包装后生产的 EDH-3 产品碳足迹，不考虑其它车间

生产的 EDH-3 产品。因此本次评价的 EDH-3 产品产量等同于 2021 年万润股份 5#车间生产的 EDH-3 粗产品产量。

**表 6-1 2021 年 5#车间 EDH-3 产品产量**

数据项	2021 年 5#车间 EDH-3 产品产量
数据值	34.2947
单位	t
数据来源	《生产月度汇总报表-5#》

## 6.1.2 物料数据

### 6.1.2.1.原辅料消耗数据

#### (1) EDH-3 产品生产原辅料消耗

如 5.3 分配原则小节所述，5#车间 EDH-3 产品生产线除 EDH-3 粗产品之外，还同时产生副产物三苯基氧磷。由于二者经济价值相差悬殊，因此本评价宜采用经济价值分配原则，将 5#车间 EDH-3 生产线的全部物料投入 100%近似等同于分配至 EDH-3 粗产品的物料投入。根据万润股份《生产月度汇总报表 5#》，生产 EDH-3 粗产品的原辅料消耗量数据已经是针对 EDH-3 产品生产的用量。

根据万润股份《生产月度汇总报表 3#》，由于 3#车间并未单独监测统计生产 EDH-3 产品的原辅料消耗，按照 5.3 分配原则小节所述的分配原则，故采用 3#车间 2021 年 EDH-3 产品产量占 EDH-3 对应生产时间内车间总产量的比例，对 3#车间的原辅料消耗数据进行拆分。计算方法详见公式 6-1。

#### (2) 公用工程、环保工程原辅料消耗

如 5.3 分配原则小节所述，本次评价采用产品产量分配原则，将

3#车间和 5#车间的公用工程消耗量、废水产生量、废气产生量等生产运营参数分配至 EDH-3 产品生产线<sup>2</sup>。计算方法详见公式 6-1 和公式 6-2，分配系数如表 6-2 所示。

$$S_{i,E,3} = S_{i,3} \times AF_3 \quad (\text{公式 6-1})$$

$$S_{i,E,5} = S_{i,5} \times AF_5 \quad (\text{公式 6-2})$$

式中：

$S_{i,E,3}$ ——3#车间分配至EDH-3生产的物料消耗/公用工程消耗/三废产生量；

$S_{i,3}$ ——3#车间的物料消耗/公用工程消耗量/三废产生量；

$AF_3$ ——3#车间分配系数，[-]；

$S_{i,E,5}$ ——5#车间分配至EDH-3生产的三废产生量；

$S_{i,5}$ ——5#车间的三废产生量；

$AF_5$ ——5#车间分配系数，[-]。

5#车间的物料分配系数 $AF_5$ 为5#车间生产的EDH3粗产品产量与车间总产量的占比，即为0.0806；因3#车间生产的EDH-3产量为39.2001t，而5#车间生产的EDH-3粗产品产量为34.2974 t，在本次计算值仅计算#5车间送至3#车间的EDH-3产量，故3#车间的物料分配系数 $AF_3$ 为5#车间生产的EDH-3粗产品产量与3#车间总产量的占比，即为0.2652。

<sup>2</sup> 根据万润股份《生产月度汇总报表 5#》，5#车间生产 EDH-3 粗产品的公用工程消耗量数据已经是针对 EDH-3 粗产品生产的用量，故无需进行拆分。

表 6-2 3#和 5#车间的物料消耗分配系数

	总产量 (t) <sup>3</sup>	EDH-3 产量 (t)	物料分配系数 AF
5#车间	425.6221	34.2974	0.0806
3#车间	129.3152	39.2001	0.2652

数据来源：

- 3#车间数据来自《产品种类+产量》，仅统计生产 EDH-3 产品的月份；
- 5#车间数据来自《生产月度汇总报表 5#》、《2021 年产品产量统计-5#》，仅统计生产 EDH-3 产品的月份。

对于由万润股份大季家生产基地集中供应的公用工程（如去离子水生产）和环保工程（即废水处理、废气处理），本次评价通过计算生产基地内单位公用工程供应量的物料投入、单位废水/废气处理量的物料投入，并乘以 EDH-3 生产线的公用工程消耗量、废水产生量和废气产生量，计算得出 EDH-3 生产所需公用工程、环保工程的物料投入。计算方法详见公式 6-3.

$$M_{i,E} = S_{i,E} \times MU_i \quad (\text{公式 6-3})$$

式中：

$M_{i,E}$ ——分配至 EDH-3 生产的公用工程/环保工程物料消耗量，t；

$S_{i,E}$ ——EDH-3 生产的公用工程消耗量/三废产生量；

$MU_i$ ——单位公用工程供应量/单位三废处理量的物料消耗，t。

以下所列 3#和 5#车间的物料消耗数据均为按照上述分配原则计算后的结果。

<sup>3</sup> 5#和 3#车间总产量分别为存在 EDH-3 产品生产对应月份内的车间总产量，无 EDH-3 生产月份的车间产量未纳入其中。

表 6-3 EDH-3 原辅料消耗量统计表

物料名称	质量 (t)	成分	活动水平数据 (t)	数据来源	获取方法
叔丁醇钾	42.2988	叔丁醇钾	42.2988	生产月度汇总报表-5#、产品种类+产量、2021 年产品产量统计 -5#	采用计量统计数据 100%分配至 5#车间 EDH-3 生产
四氢呋喃	245.7849	四氢呋喃	245.7849	生产月度汇总报表-5#、产品种类+产量、2021 年产品产量统计 -5#	采用计量统计数据 100%分配至 5#车间 EDH-3 生产
3HHK	37.1511	4- (4-正丙基环己基) 环己酮	37.1511	生产月度汇总报表-5#、产品种类+产量、2021 年产品产量统计 -5#	采用计量统计数据 100%分配至 5#车间 EDH-3 生产
甲苯	217.2039	甲苯	217.2039	生产月度汇总报表-5#、产品种类+产量、2021 年产品产量统计 -5#	采用计量统计数据 100%分配至 5#车间 EDH-3 生产
石油醚	125.7581	石油醚	125.7581	生产月度汇总报表-5#、产品种类+产量、2021 年产品产量统计 -5#	采用计量统计数据 100%分配至 5#车间 EDH-3 生产
盐酸	71.4491	30%盐酸溶液	71.4491	生产月度汇总报表-5#、产品种类+产量、2021 年产品产量统计 -5#	采用计量统计数据 100%分配至 5#车间 EDH-3 生产
乙醇	46.4493	乙醇	46.4493	生产月度汇总报表-5#、产品种类+产量、2021 年产品产量统计 -5#	采用计量统计数据 100%分配至 5#车间 EDH-3 生产

物料名称	质量 (t)	成分	活动水平数据 (t)	数据来源	获取方法						
乙酸乙酯	44.7290	乙酸乙酯	44.7290	生产月度汇总报表-5#、产品种类+产量、2021年产品产量统计 -5#	采用计量统计数据 100%分配至 5#车间 EDH-3 生产						
甲氧基甲基三苯基氯化磷	79.8799	甲氧基甲基三苯基氯化磷	79.8799	生产月度汇总报表-5#、产品种类+产量、2021年产品产量统计 -5#	采用计量统计数据 100%分配至 5#车间 EDH-3 生产						
氢氧化钠	3.2674	氢氧化钠固体	3.2674	生产月度汇总报表-5#、产品种类+产量、2021年产品产量统计 -5#	采用计量统计数据 100%分配至 5#车间 EDH-3 生产						
甲基三苯基溴化磷	70.7214	甲基三苯基溴化磷	70.7214	生产月度汇总报表-5#、产品种类+产量、2021年产品产量统计 -5#	采用计量统计数据 100%分配至 5#车间 EDH-3 生产						
正庚烷	4.8262	正庚烷	4.8262	生产月度汇总报表-3#、产品种类+产量	计算值： <table border="1" data-bbox="1585 874 2004 1050"> <tr> <td>3#车间正庚烷消耗总量 (t)</td> <td>18.198</td> </tr> <tr> <td>分配系数</td> <td>0.2652</td> </tr> <tr> <td>EDH-3 生产消耗量(t)</td> <td>4.8262</td> </tr> </table>	3#车间正庚烷消耗总量 (t)	18.198	分配系数	0.2652	EDH-3 生产消耗量(t)	4.8262
3#车间正庚烷消耗总量 (t)	18.198										
分配系数	0.2652										
EDH-3 生产消耗量(t)	4.8262										
柱层层析硅胶	2.6547	硅胶	2.6547	生产月度汇总报表-3#、产品种类+产量	计算值： <table border="1" data-bbox="1599 1134 2018 1305"> <tr> <td>3#车间柱层层析硅胶消耗总量(t)</td> <td>10.010</td> </tr> <tr> <td>分配系数</td> <td>0.2652</td> </tr> <tr> <td>EDH-3 生产消耗量(t)</td> <td>2.6547</td> </tr> </table>	3#车间柱层层析硅胶消耗总量(t)	10.010	分配系数	0.2652	EDH-3 生产消耗量(t)	2.6547
3#车间柱层层析硅胶消耗总量(t)	10.010										
分配系数	0.2652										
EDH-3 生产消耗量(t)	2.6547										

物料名称	质量 (t)	成分	活动水平数据 (t)	数据来源	获取方法															
缓蚀阻垢剂	0.0398	/	0.0398	生产月度汇总报表-5#、生产月度汇总报表-3#、产品种类+产量、2021年产品产量统计 -5#	计算值： <table border="1"> <tr> <td>3#车间缓蚀阻垢剂消耗总量(t)</td> <td>0.150</td> </tr> <tr> <td>分配系数</td> <td>0.2652</td> </tr> <tr> <td>EDH-3 生产消耗量(t)</td> <td>0.0398</td> </tr> </table>	3#车间缓蚀阻垢剂消耗总量(t)	0.150	分配系数	0.2652	EDH-3 生产消耗量(t)	0.0398									
3#车间缓蚀阻垢剂消耗总量(t)	0.150																			
分配系数	0.2652																			
EDH-3 生产消耗量(t)	0.0398																			
工业盐	2.7800	氯化钠	2.7800	生产月度汇总报表-5#、生产月度汇总报表-3#、产品种类+产量、2021年产品产量统计 -5#	采用计量统计数据 100%分配至 5#车间 EDH-3 生产															
冷冻酒精	0.5304	乙二醇	0.5304	生产月度汇总报表-5#、生产月度汇总报表-3#、产品种类+产量、2021年产品产量统计 -5#	计算值： <table border="1"> <tr> <td>3#车间冷冻酒精消耗总量(t)</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>分配系数</td> <td>0.2652</td> </tr> <tr> <td>EDH-3 生产消耗量(t)</td> <td>0.5304</td> </tr> </table>	3#车间冷冻酒精消耗总量(t)	2	分配系数	0.2652	EDH-3 生产消耗量(t)	0.5304									
3#车间冷冻酒精消耗总量(t)	2																			
分配系数	0.2652																			
EDH-3 生产消耗量(t)	0.5304																			
液氮	165.2079	液氮	165.2079	生产月度汇总报表-5#、生产月度汇总报表-3#、产品种类+产量、2021年产品产量统计 -5#	计算值： <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>5#车间</th> <th>3#车间</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>液氮消耗总量(t)</td> <td>128.00</td> <td>140.3</td> </tr> <tr> <td>分配系数</td> <td>1</td> <td>0.2652</td> </tr> <tr> <td>EDH-3 生产消耗量(t)</td> <td>128.00</td> <td>37.2079</td> </tr> <tr> <td>合计(t)</td> <td colspan="2">165.2079</td> </tr> </tbody> </table>		5#车间	3#车间	液氮消耗总量(t)	128.00	140.3	分配系数	1	0.2652	EDH-3 生产消耗量(t)	128.00	37.2079	合计(t)	165.2079	
	5#车间	3#车间																		
液氮消耗总量(t)	128.00	140.3																		
分配系数	1	0.2652																		
EDH-3 生产消耗量(t)	128.00	37.2079																		
合计(t)	165.2079																			
双氧水	0.8168	27.2% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 溶液	0.8168	生产月度汇总报表-5#、生产月	计算值：															

物料名称	质量 (t)	成分	活动水平数据 (t)	数据来源	获取方法																											
				度汇总报表-3#、产品种类+产量、2021年产品产量统计-5#、生产月度汇总报表--环保	<table border="1"> <tr> <td></td> <td>5#车间</td> <td>3#车间</td> </tr> <tr> <td>废水总量(t)</td> <td>6750.40</td> <td>2820.82</td> </tr> <tr> <td>分配系数</td> <td>0.0806</td> <td>0.2652</td> </tr> <tr> <td>EDH-3 产生的污水量(t)</td> <td>543.9167</td> <td>748.088</td> </tr> <tr> <td>EDH-3 污水合计(t)</td> <td colspan="2">1292.0048</td> </tr> <tr> <td>环保报表污水总量(t)</td> <td colspan="2">124451.4258</td> </tr> <tr> <td>双氧水消耗量 (kg)</td> <td colspan="2">78681.8858</td> </tr> <tr> <td>处理单位污水的双氧水单耗 (kg/t)</td> <td colspan="2">0.6322</td> </tr> <tr> <td>EDH-3 生产消耗量(t)</td> <td colspan="2">0.8168</td> </tr> </table>		5#车间	3#车间	废水总量(t)	6750.40	2820.82	分配系数	0.0806	0.2652	EDH-3 产生的污水量(t)	543.9167	748.088	EDH-3 污水合计(t)	1292.0048		环保报表污水总量(t)	124451.4258		双氧水消耗量 (kg)	78681.8858		处理单位污水的双氧水单耗 (kg/t)	0.6322		EDH-3 生产消耗量(t)	0.8168	
	5#车间	3#车间																														
废水总量(t)	6750.40	2820.82																														
分配系数	0.0806	0.2652																														
EDH-3 产生的污水量(t)	543.9167	748.088																														
EDH-3 污水合计(t)	1292.0048																															
环保报表污水总量(t)	124451.4258																															
双氧水消耗量 (kg)	78681.8858																															
处理单位污水的双氧水单耗 (kg/t)	0.6322																															
EDH-3 生产消耗量(t)	0.8168																															
硫酸	5.1646	98% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 溶液	5.1646	生产月度汇总报表-5#、生产月度汇总报表-3#、产品种类+产量、2021年产品产量统计-5#、生产月度汇总报表--环保	计算值: <table border="1"> <tr> <td>EDH-3 污水合计(t)</td> <td>1292.0048</td> </tr> <tr> <td>环保报表污水总量(t)</td> <td>124451.4258</td> </tr> <tr> <td>硫酸消耗量 (kg)</td> <td>497478.3336</td> </tr> <tr> <td>处理单位污水的硫酸单耗 (kg/t)</td> <td>3.9974</td> </tr> </table>	EDH-3 污水合计(t)	1292.0048	环保报表污水总量(t)	124451.4258	硫酸消耗量 (kg)	497478.3336	处理单位污水的硫酸单耗 (kg/t)	3.9974																			
EDH-3 污水合计(t)	1292.0048																															
环保报表污水总量(t)	124451.4258																															
硫酸消耗量 (kg)	497478.3336																															
处理单位污水的硫酸单耗 (kg/t)	3.9974																															

物料名称	质量 (t)	成分	活动水平数据 (t)	数据来源	获取方法										
					<table border="1"> <tr> <td>EDH-3 生产消耗量(t)</td> <td>5.1646</td> </tr> </table>	EDH-3 生产消耗量(t)	5.1646								
EDH-3 生产消耗量(t)	5.1646														
NaOH	0.0246	32% NaOH 溶液	0.0246	生产月度汇总报表-5#、生产月度汇总报表-3#、产品种类+产量、2021年产品产量统计-5#、生产月度汇总报表--环保	计算值： <table border="1"> <tr> <td>EDH-3 污水合计(t)</td> <td>1292.0048</td> </tr> <tr> <td>环保报表污水总量(t)</td> <td>124451.4258</td> </tr> <tr> <td>液碱消耗量 (kg)</td> <td>2372.0534</td> </tr> <tr> <td>处理单位污水的液碱单耗 (kg/t)</td> <td>0.0191</td> </tr> <tr> <td>EDH-3 生产消耗量(t)</td> <td>0.0246</td> </tr> </table>	EDH-3 污水合计(t)	1292.0048	环保报表污水总量(t)	124451.4258	液碱消耗量 (kg)	2372.0534	处理单位污水的液碱单耗 (kg/t)	0.0191	EDH-3 生产消耗量(t)	0.0246
EDH-3 污水合计(t)	1292.0048														
环保报表污水总量(t)	124451.4258														
液碱消耗量 (kg)	2372.0534														
处理单位污水的液碱单耗 (kg/t)	0.0191														
EDH-3 生产消耗量(t)	0.0246														
消泡剂	0.0059	/	0.0059	生产月度汇总报表-5#、生产月度汇总报表-3#、产品种类+产量、2021年产品产量统计-5#、生产月度汇总报表--环保	计算值： <table border="1"> <tr> <td>EDH-3 污水合计(t)</td> <td>1292.0048</td> </tr> <tr> <td>环保报表污水总量(t)</td> <td>124451.4258</td> </tr> <tr> <td>消泡剂消耗量 (kg)</td> <td>570.9719</td> </tr> <tr> <td>处理单位污水的消泡剂单耗 (kg/t)</td> <td>0.0046</td> </tr> <tr> <td>EDH-3 生产消耗量(t)</td> <td>0.0059</td> </tr> </table>	EDH-3 污水合计(t)	1292.0048	环保报表污水总量(t)	124451.4258	消泡剂消耗量 (kg)	570.9719	处理单位污水的消泡剂单耗 (kg/t)	0.0046	EDH-3 生产消耗量(t)	0.0059
EDH-3 污水合计(t)	1292.0048														
环保报表污水总量(t)	124451.4258														
消泡剂消耗量 (kg)	570.9719														
处理单位污水的消泡剂单耗 (kg/t)	0.0046														
EDH-3 生产消耗量(t)	0.0059														
聚丙烯酰胺阳离子 PAM+	0.0052	聚丙烯酰胺	0.0052	生产月度汇总报表-5#、生产月度汇总报表-3#、产品种类+产量、2021年产品产量统计-5#、生产月度汇总报表--环保	计算值： <table border="1"> <tr> <td>EDH-3 污水合计(t)</td> <td>1292.0048</td> </tr> <tr> <td>环保报表污水总量(t)</td> <td>124451.4258</td> </tr> <tr> <td>PAM+消耗量 (kg)</td> <td>502.3118</td> </tr> <tr> <td>处理单位污水的</td> <td>0.0040</td> </tr> </table>	EDH-3 污水合计(t)	1292.0048	环保报表污水总量(t)	124451.4258	PAM+消耗量 (kg)	502.3118	处理单位污水的	0.0040		
EDH-3 污水合计(t)	1292.0048														
环保报表污水总量(t)	124451.4258														
PAM+消耗量 (kg)	502.3118														
处理单位污水的	0.0040														

物料名称	质量 (t)	成分	活动水平数据 (t)	数据来源	获取方法										
					<table border="1"> <tr> <td>PAM+单耗 (kg/t)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>EDH-3 生产消耗量(t)</td> <td>0.0052</td> </tr> </table>	PAM+单耗 (kg/t)		EDH-3 生产消耗量(t)	0.0052						
PAM+单耗 (kg/t)															
EDH-3 生产消耗量(t)	0.0052														
聚丙烯酰胺阴离子 PAM-	0.0217	聚丙烯酰胺	0.0217	生产月度汇总表-5#、生产月度汇总表-3#、产品种类+产量、2021年产品产量统计-5#、生产月度汇总表--环保	计算值： <table border="1"> <tr> <td>EDH-3 污水合计(t)</td> <td>1292.0048</td> </tr> <tr> <td>环保报表污水总量(t)</td> <td>124451.4258</td> </tr> <tr> <td>PAM-消耗量 (kg)</td> <td>2093.2373</td> </tr> <tr> <td>处理单位污水的 PAM-单耗 (kg/t)</td> <td>0.0168</td> </tr> <tr> <td>EDH-3 生产消耗量(t)</td> <td>0.0217</td> </tr> </table>	EDH-3 污水合计(t)	1292.0048	环保报表污水总量(t)	124451.4258	PAM-消耗量 (kg)	2093.2373	处理单位污水的 PAM-单耗 (kg/t)	0.0168	EDH-3 生产消耗量(t)	0.0217
EDH-3 污水合计(t)	1292.0048														
环保报表污水总量(t)	124451.4258														
PAM-消耗量 (kg)	2093.2373														
处理单位污水的 PAM-单耗 (kg/t)	0.0168														
EDH-3 生产消耗量(t)	0.0217														
聚合氯化铝 (PAC)	0.0362	聚合氯化铝	0.0362	生产月度汇总表-5#、生产月度汇总表-3#、产品种类+产量、2021年产品产量统计-5#、生产月度汇总表--环保	计算值： <table border="1"> <tr> <td>EDH-3 污水合计(t)</td> <td>1292.0048</td> </tr> <tr> <td>环保报表污水总量(t)</td> <td>124451.4258</td> </tr> <tr> <td>PAC 消耗量 (kg)</td> <td>3484.0077</td> </tr> <tr> <td>处理单位污水的 PAC 单耗 (kg/t)</td> <td>0.0280</td> </tr> <tr> <td>EDH-3 生产消耗量(t)</td> <td>0.0362</td> </tr> </table>	EDH-3 污水合计(t)	1292.0048	环保报表污水总量(t)	124451.4258	PAC 消耗量 (kg)	3484.0077	处理单位污水的 PAC 单耗 (kg/t)	0.0280	EDH-3 生产消耗量(t)	0.0362
EDH-3 污水合计(t)	1292.0048														
环保报表污水总量(t)	124451.4258														
PAC 消耗量 (kg)	3484.0077														
处理单位污水的 PAC 单耗 (kg/t)	0.0280														
EDH-3 生产消耗量(t)	0.0362														

### 6.1.2.2. 包装消耗数据

表 6-4 原辅材料及产品包装规格及容量

物料名称	包装类型	包装容量	材质	规格	质量 (g/件)
叔丁醇钾	包装桶	50 千克/桶	敞口桶	200L	20000
四氢呋喃	包装桶	180 千克/桶	钢桶	200L	20000
3HHK	包装桶	150 千克/桶	铁桶	200L	20000
石油醚	包装桶	140 千克/桶	钢桶	200L	20000
盐酸	包装桶	240 千克/桶	高密度聚乙烯塑料 HDPE	/	13000
甲氧基甲基三苯基氯化磷	包装袋	25kg/袋	内衬 LDPE 塑料袋	670*1100mm	28
			外层为贴塑牛皮纸袋	670*1100mm	227
氢氧化钠	包装袋	25kg/袋	内衬 LDPE 塑料袋	670*1100mm	28
			外层 PP 塑料编制袋	/	105
甲基三苯基溴化磷	包装袋	25kg/袋	内衬 LDPE 塑料袋	670*1100mm	28
			外层为贴塑牛皮纸袋	670*1100mm	227
柱层层析硅胶	包装箱	20kg/箱	纸壳	51*29*3cm	800
			内衬塑料袋	/	56
EDH-3	铝瓶	12.5L	铝	/	698
			铁质	/	219
	卡口环箍		铝	/	41
	铝制外盖		衬四氟	/	40.2
	密封垫		塑料	/	3
	塑料卡扣		塑料	/	13.5
	桶罩膜		铝	/	698

数据来源：

- 上表数据来源于万润股份提供的《原辅料包装规格-5#》和《原辅料包装规格-3#》；
- 公用工程和环保工程的原辅料消耗量较小，故公用工程和环保工程的外包装不纳入本次评价的计算范围。

甲苯、乙醇、乙酸乙酯和正庚烷均为罐车运输，因此无包装。

EDH-3 所消耗的各类原辅材料及产品包装量计算结果如表 6-5 所示，其中包装质量计算公式为：

$$MP_{i,E} = MP_i \times \left[ \frac{S_{i,E}}{CP_i} \right] \quad (\text{公式 6-4})$$

式中：

$MP_{i,E}$ ——EDH-3 生产所消耗的物料 i 的包装总质量，t；

$MP_i$ ——物料 i 的单位包装质量，t；

$S_{i,E}$ ——分配至 EDH-3 生产的物料 i 消耗量，t；

$CP_i$ ——物料 i 的单位包装容量，t/桶或袋或箱；

表 6-5 EDH-3 原辅材料包装消耗量

物料名称	质量 (t)	成分	活动水平数据(t)	数据来源	获取方法
包装桶-叔丁醇钾	16.9200	200L 敞口桶	16.9200	生产月度汇总报表-5#, 原辅料包装规格-5#及 0517 反馈资料	计算值, 根据公式 6-4 计算而得
包装桶-四氢呋喃	27.3200	200L 钢桶	27.3200	生产月度汇总报表-5#, 原辅料包装规格-5#及 0517 反馈资料	计算值, 根据公式 6-4 计算而得
包装桶-3HHK	4.9600	200L 铁桶	4.9600	生产月度汇总报表-5#, 原辅料包装规格-5#及 0517 反馈资料	计算值, 根据公式 6-4 计算而得
包装桶-石油醚	17.9800	200L 钢桶	17.9800	生产月度汇总报表-5#, 原辅料包装规格-5#及 0517 反馈资料	计算值, 根据公式 6-4 计算而得
包装桶-盐酸	3.8740	高密度聚乙烯塑料 HDPE	3.8740	生产月度汇总报表-5#, 原辅料包装规格-5#	计算值, 根据公式 6-4 计算而得
包装袋-甲氧基甲基三苯基氯化磷	0.8150	内衬 LDPE 塑料袋	0.0895	生产月度汇总报表-5#, 原辅料包装规格-5#	计算值, 根据公式 6-4 计算而得
		外层为贴塑牛皮纸袋	0.7255		
包装袋-氢氧化钠	0.0174	内衬 LDPE 塑料袋	0.0037	生产月度汇总报表-5#, 原辅料包装规格-5#	计算值, 根据公式 6-4 计算而得
		外层 PP 塑料编制袋	0.0138		
包装袋-氢氧化钠	0.7214	内衬 LDPE 塑料袋	0.0792	生产月度汇总报表-5#, 原辅料包装规格-5#	计算值, 根据公式 6-4 计算而得
		外层为贴塑牛皮纸袋	0.6422		
包装箱-柱层层析硅胶	0.1138	纸壳	0.1064	生产月度汇总报表-5#, 生产月度汇总报表-3#, 原辅料包装规格-3#	计算值, 根据公式 6-4 计算而得
		内衬塑料袋	0.0074		
铝瓶-EDH3	2.1282	铝	0.9317	生产月度汇总报表-5#, 生产月度汇总	计算值, 根据公式 6-4 计算

物料名称	质量 (t)	成分	活动水平数据(t)	数据来源	获取方法
				报表-3#, 原辅料包装规格-3#	而得
卡口环箍-EDH3	0.6677	铁质	0.8319	生产月度汇总报表-5#, 生产月度汇总报表-3#, 原辅料包装规格-3#	计算值, 根据公式 6-4 计算而得
铝制外盖-EDH3	0.1250	铝	0.8319	生产月度汇总报表-5#, 生产月度汇总报表-3#, 原辅料包装规格-3#	计算值, 根据公式 6-4 计算而得
密封垫-EDH3	0.1226	衬四氟	1.0360	生产月度汇总报表-5#, 生产月度汇总报表-3#, 原辅料包装规格-3#	计算值, 根据公式 6-4 计算而得
塑料卡扣-EDH3	0.0091	塑料 PVC	0.0091	生产月度汇总报表-5#, 生产月度汇总报表-3#, 原辅料包装规格-3#	计算值, 根据公式 6-4 计算而得
桶罩膜-EDH3	0.0412	塑料 PVC	0.0412	生产月度汇总报表-5#, 生产月度汇总报表-3#, 原辅料包装规格-3#	计算值, 根据公式 6-4 计算而得

备注:

- EDH-3 的密度取自《中节能万润股份有限公司万润工业园二期 C01 及配套项目环境影响报告书》，密度为 0.9kg/L。

### 6.1.3 能耗数据

#### (1) EDH-3 产品生产能源消耗

如 5.3 小节所述，5#车间 EDH-3 产品生产线除 EDH-3 粗产品之外，还同时产生副产物三苯基氧磷。由于二者经济价值相差悬殊，因此本评价宜采用经济价值分配原则，将 5#车间 EDH-3 生产线的全部能源投入 100%近似等同于分配至 EDH-3 粗产品的能源投入。

根据万润股份《生产月度汇总报表 3#》、《生产月度汇总报表 5#》，由于 3#和 5#车间并未单独监测统计 EDH-3 产品生产线的能源消耗，按照 5.3 分配原则小节所述的分配原则，故采用车间 2021 年 EDH-3 产量占 EDH-3 对应生产时间内车间总产量的比例，分别对 3#和 5#车间的能源消耗数据进行拆分。计算方法详见公式 6-5 和公式 6-6，分配系数同小节中的物料消耗分配，即如表 6-2 所示。

$$E_{i,E,3} = E_{i,3} \times AF_3 \quad (\text{公式 6-5})$$

$$E_{i,E,5} = E_{i,5} \times AF_5 \quad (\text{公式 6-6})$$

式中：

$E_{i,E,3}$ ——3#车间分配至EDH-3生产的能源消耗量，MWh或GJ；

$E_{i,3}$ ——3#车间的能源消耗量，MWh或GJ；

$AF_3$ ——3#车间分配系数，[-]；

$E_{i,E,5}$ ——5#车间分配至EDH-3生产的能源消耗量，MWh或GJ；

$E_{i,5}$ ——5#车间的能源消耗量，MWh或GJ；

$AF_5$ ——5#车间分配系数，[-]。

## (2) 公用工程、环保工程能源消耗

如 5.3 分配原则小节所述，对于由万润股份大季家生产基地集中供应的公用工程（如去离子水生产）和环保工程（即废水处理、废气处理），本次评价通过计算生产基地内单位公用工程供应量的能源投入、单位废水/废气处理量的能源投入，并乘以 EDH-3 生产线的公用工程消耗量、废水产生量和废气产生量，计算得出 EDH-3 生产所需公用工程、环保工程的能源消耗。计算方法详见公式 6-7。式中  $S_{i,E}$  的计算方法详见公式 6-1 和公式 6-2。

$$E_{i,E} = S_{i,E} \times EU_i \quad (\text{公式 6-7})$$

式中：

$E_{i,E}$ ——分配至 EDH-3 生产的公用工程/环保工程能耗，MWh 或 GJ；

$S_{i,E}$ ——分配至 EDH-3 生产的公用工程消耗量/三废产生量；

$EU_i$ ——单位公用工程供应量/单位三废处理量的能耗，MWh 或 GJ。

**表 6-6 EDH-3 产品生产电力消耗**

数据项	EDH-3 生产电力消耗	
车间	5#车间	3#车间
数据值	222.0907	417.6361
单位	MWh	MWh
数据来源	计算值：	
	5#车间电力消耗总量(MWh)	2756.3070
	分配系数	0.0806
	EDH-3 生产电力消耗量(MWh)	222.0907
数据来源：产品种类+产量、2021 年产品产量统计 -5#、生		计算值：
		3#车间电力消耗总量(MWh)
		1574.7830
		分配系数
		0.2652
		EDH-3 生产电力消耗量(MWh)
		417.6361
		数据来源：产品种类+产量、生产

产月度汇总报表-5#	月度汇总报表-3#
------------	-----------

**表 6-7 EDH-3 产品生产蒸汽消耗**

数据项	EDH-3 生产蒸汽消耗			
车间	5#车间		3#车间	
数据值	684.4572		2249.9262	
单位	GJ		GJ	
数据来源	计算值:		计算值:	
	5#车间蒸汽消耗总量(t)	3146	3#车间蒸汽消耗总量(t)	3142
	分配系数	0.0806	分配系数	0.2652
	EDH-3 生产蒸汽消耗量(t)	253.4904	EDH-3 生产蒸汽消耗量(t)	833.2658
	蒸汽参数	0.9MPa, 180℃	蒸汽参数	0.9MPa, 180℃
	蒸汽比焓(kJ/kg)	2783.87	蒸汽比焓(kJ/kg)	2783.87
	回水比焓(kJ/kg)	83.74	回水比焓(kJ/kg)	83.74
	EDH-3 生产蒸汽消耗热量(GJ)	684.4572	EDH-3 生产蒸汽消耗热量(GJ)	2249.9262
	数据来源: 产品种类+产量、2021 年产品产量统计 -5#、生产月度汇总报表-5#、锅炉参数表		数据来源: 产品种类+产量、生产月度汇总报表-3#、锅炉参数表	

原辅料产品暂存及厂内运输环节主要消耗的能源为运输环节的柴油和产品暂存的电力消耗, 详见表 6-8 和表 6-9。

**表 6-8 原辅料及产品厂内暂存电力消耗量**

数据项	原辅料及产品厂内暂存电力消耗量			
车间	5#车间		3#车间	
数据值	3.6		28.8	
单位	MWh		MWh	
数据来源	计算值:		计算值:	
	5#车间暂存电耗(kWh/月)	300	3#车间暂存电耗(kWh/月)	2400
	全年 5#车间暂存电耗(MWh)	3.6	全年 3#车间暂存电耗(MWh)	28.8

	数据来源：原辅料产品暂存运输	数据来源：原辅料产品暂存运输
--	----------------	----------------

**表 6-9 原辅料及产品厂内运输柴油消耗量**

数据项	原辅料及产品厂内运输柴油消耗量																
车间	5#车间	3#车间															
数据值	2.2680	0.6653															
单位	t	t															
数据来源	计算值：																
	<table border="1"> <tr> <td>5#车间转运柴油消耗量 (L/月)</td> <td>225</td> </tr> <tr> <td>全年 5#车间转运柴油消耗量 (L)</td> <td>2700</td> </tr> <tr> <td>柴油密度 (kg/L)</td> <td>0.84</td> </tr> <tr> <td>全年 5#车间转运柴油消耗量 (t)</td> <td>2.2680</td> </tr> </table>	5#车间转运柴油消耗量 (L/月)	225	全年 5#车间转运柴油消耗量 (L)	2700	柴油密度 (kg/L)	0.84	全年 5#车间转运柴油消耗量 (t)	2.2680	<table border="1"> <tr> <td>3#车间转运柴油消耗量 (L/月)</td> <td>66</td> </tr> <tr> <td>全年 3#车间转运柴油消耗量 (L)</td> <td>792</td> </tr> <tr> <td>柴油密度 (kg/L)</td> <td>0.84</td> </tr> <tr> <td>全年 3#车间转运柴油消耗量 (t)</td> <td>0.6653</td> </tr> </table>	3#车间转运柴油消耗量 (L/月)	66	全年 3#车间转运柴油消耗量 (L)	792	柴油密度 (kg/L)	0.84	全年 3#车间转运柴油消耗量 (t)
5#车间转运柴油消耗量 (L/月)	225																
全年 5#车间转运柴油消耗量 (L)	2700																
柴油密度 (kg/L)	0.84																
全年 5#车间转运柴油消耗量 (t)	2.2680																
3#车间转运柴油消耗量 (L/月)	66																
全年 3#车间转运柴油消耗量 (L)	792																
柴油密度 (kg/L)	0.84																
全年 3#车间转运柴油消耗量 (t)	0.6653																
	数据来源：原辅料产品暂存运输	数据来源：原辅料产品暂存运输															

EDH-3 生产所需公用工程消耗的能源主要为去离子水制备和压缩空气制备消耗的电力，公用工程的电力消耗详见表 6-10。

**表 6-10 公用工程电力消耗量**

数据项	公用工程电力消耗量				
分项	去离子水		压缩空气		
数据值	1.0042		0.1753		
单位	MWh		MWh		
数据来源	计算值：				
		5#车间	3#车间	全厂 7-12 月压缩空气产量合计 (m <sup>3</sup> )	1403.0955
	去离子水总量(t)	147	605	全厂 7-12 月压缩空气耗电量合计 (kWh)	7928170
	分配系数	1	0.2652	压缩空气单耗 (kWh/ m <sup>3</sup> )	0.5650
	EDH-3 生产所需去离子水量 (t)	147	160.4474	3#车间压缩空气消耗量 (m <sup>3</sup> )	1170
	合计 (t)	307.4474			
全厂去离子水产量(t)	238798.40				

	全厂去离子水耗电量 (kWh)	780000	分配系数	0.2652
	去离子水单耗 (kWh/t)	3.26635	3#车间 EDH-3 生产所需压缩空气量(m <sup>3</sup> )	310.2867
	EDH-3 生产消耗去离子水耗电量 (MWh)	1.0042	EDH-3 生产消耗压缩空气耗电量 (MWh)	0.1753
数据来源：产品种类+产量、生产月度汇总报表-3#、生产月度汇总报表-5#、纯水制备			数据来源：产品种类+产量、生产月度汇总报表-3#、基地厂区空压站	

EDH-3 废水处理的能源消耗主要为污水处理的电力、蒸汽消耗和污水处理站物料转运过程的柴油消耗；废气处理环节的能源消耗主要为 RTO 炉的电力消耗和天然气消耗。废弃物处理环节的能源消耗详见表 6-11 至表 6-13。

**表 6-11 厂内废弃物处理电力消耗量**

数据项	厂内废弃物处理电力消耗量				
环节	废水		废气		
数据值	12.6017		0.3139		
单位	MWh		MWh		
数据来源	计算值：			计算值：	
		5#车间	3#车间		3#车间
	废水总量 (t)	6750.40	2820.82	进入 RTO 废气量(m <sup>3</sup> )	6480000
	分配系数	0.0806	0.2652	分配系数	0.2652
	EDH-3 产生的污水量(t)	543.9167	748.0881	EDH-3 产生废气的进入 RTO 废气量(m <sup>3</sup> )	1718511.2162
	EDH-3 污水合计(t)	1292.0048		全厂进入 RTO 废气总量(m <sup>3</sup> )	290194559
	全厂污水合计 (t)	124451.4258		全厂废气 RTO 用电量 (kWh)	53004.8712
	污水处理耗电量 (kWh)	1213847.5045		废气单耗 (kWh/m <sup>3</sup> )	0.0002
	污水处理	9.7536		EDH-3 产出的废气进入 RTO 耗电量(MWh)	0.3139
					数据来源：产品种类+产量、生产月度汇总报表-3#、RTO 与蒸

	单 耗 (kWh/t)		汽产生量统计表-2021、环保车间电力分项
	EDH-3 污 水处理耗 电 量 (MWh)	12.6017	
数据来源：产品种类+产量、生产月度汇总报表-3#、生产月度汇总报表-5#、生产月度汇总报表-环保、环保车间电力分项			

**表 6-12 厂内废弃物处理蒸汽消耗量**

数据项	厂内废弃物处理蒸汽消耗量		
环节	废水		
数据值	25.9196		
单位	GJ		
数据来源	计算值：		
		5#车间	3#车间
	废水总量(t)	6750.40	2820.8200
	分配系数	0.0806	0.2652
	EDH-3 产生的污水量(t)	543.9167	748.0881
	EDH-3 污水合计(t)	1292.0048	
	环保报表污水总量(t)	124451.4258	
	蒸汽消耗量 (t)	924.6541	
	处理单位污水的蒸汽单耗 (t/t)	0.0074	
	EDH-3 生产的污水处理过程蒸汽消耗量(t)	9.5994	
	蒸汽参数	0.9MPa, 180℃	
	蒸汽比焓(kJ/kg)	2783.8704	
	回水比焓(kJ/kg)	83.74	
	EDH-3 生产的污水处理过程蒸汽消耗热量(GJ)	25.9196	
	数据来源：产品种类+产量、生产月度汇总报表-3#、生产月度汇总报表-5#、生产月度汇总报表-环保、锅炉参数表		

**表 6-13 厂内废弃物处理化石能源消耗量**

数据项	厂内废弃物处理化石能源消耗量
-----	----------------

环节	废水	废气	
化石能源	柴油	天然气	
数据值	0.0182	57.3891	
单位	t	m <sup>3</sup>	
数据来源	计算值:	计算值:	
		5#车间	3#车间
	废水总量(t)	6750.40	2820.8200
	分配系数	0.0806	0.2652
	EDH-3 产生的污水量(t)	543.9167	748.088
	EDH-3 污水合计(t)	1292.0048	
	环保报表污水总量(t)	124451.4258	
	柴油消耗量(L)	2085.8750	
	处理单位污水的柴油单耗(L/t)	0.0168	
	EDH-3 生产的污水处理过程柴油消耗量(L)	21.6547	
	柴油密度(kg/L)	0.84	
	EDH-3 生产的污水处理过程柴油消耗量(t)	0.0182	
			3#车间
		进入 RTO 废气量(m <sup>3</sup> )	6480000
	分配系数	0.2652	
	EDH-3 产生废气的进入 RTO 废气量(m <sup>3</sup> )	1718511.2162	
	全厂进入 RTO 废气总量(m <sup>3</sup> )	290194559	
	全厂废气 RTO 处理天然气消耗量(m <sup>3</sup> )	9690.9410	
	废气单耗(m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	3.34E-5	
	EDH-3 产出的废气进入 RTO 耗电量(m <sup>3</sup> )	57.3891	
	数据来源: 产品种类+产量、生产月度汇总报表-3#、RTO 与蒸汽产生量统计表-2021		

## 6.1.4 运输数据

EDH-3 的原辅材料运输方式及运输里程数如下表。

表 6-14 原辅材料运输里程数

物料名称	运输方式	距离 (km)
叔丁醇钾	汽运	1000
四氢呋喃	汽运	1500
3HHK	汽运	30
甲苯	罐车运输	300
石油醚	罐车运输/汽运	300
盐酸	罐车运输/汽运	300
乙醇	罐车运输	500
乙酸乙酯	罐车运输	300
甲氧基甲基三苯基氯化磷	汽运	300
氢氧化钠固体	汽运	400
甲基三苯基溴化磷	汽运	300
正庚烷	汽运	1200
柱层层析硅胶	汽运	300
缓蚀阻垢剂	汽运	100 以内
工业盐	汽运	100 以内
冷冻酒精	罐车运输/汽运	100 以内
液氮	罐车运输/汽运	100 以内
双氧水	罐车运输/汽运	100 以内
硫酸	罐车运输/汽运	100 以内
32% NaOH 溶液	罐车运输/汽运	100 以内
消泡剂	汽运	100 以内
聚丙烯酰胺阳离子 PAM+	汽运	100 以内
聚丙烯酰胺阴离子 PAM-	汽运	100 以内
聚合氯化铝 (PAC)	汽运	100 以内
铝瓶	海运	8000
卡口环箍	海运	8000
铝制外盖	海运	8000
密封垫	海运	8000
塑料卡扣	海运	8000
桶罩膜	海运	8000

表 6-15 原辅料外包装废弃物运输里程数

物料类别	运输方式	距离 (km)
包装桶-叔丁醇钾	汽运	1000
包装桶-四氢呋喃	汽运	1500
包装桶-3HHK	汽运	30
包装桶-石油醚	汽运	300

物料类别	运输方式	距离 (km)
包装桶-盐酸	汽运	300
包装袋-甲氧基甲基三苯基氯化磷	汽运	50
包装袋-氢氧化钠	汽运	50
包装袋-甲基三苯基溴化磷	汽运	50
包装箱-柱层层析硅胶	汽运	50

备注：因叔丁醇钾、四氢呋喃、3HHK、石油醚和盐酸的包装桶厂家回收、重复利用，故上述废弃物的运输距离等于原辅料的运输距离。

### 6.1.5 废弃物数据

EDH-3 生产车间产生的含碳有机废气进入 RTO 装置燃烧会产生二氧化碳排放，因现场缺少精确仪器测量 EDH-3 生产车间的废气组组分及浓度，故本计算中采用《中节能万润股份有限公司万润工业园二期 C01 及配套项目环境影响报告书》中的理论废气产生量及浓度数据计算，计算公式见公式 6-8 和公式 6-9。

$$Q_{O,i} = Q_{L,i} \times R_{i,i} \quad (\text{公式 6-8})$$

$$Q_{C,i} = Q_{O,i} \times C_i \times 44/12 \quad (\text{公式 6-9})$$

式中：

$Q_{O,i}$ ——进入RTO装置的污染因子i含量，kg/批；

$Q_{L,i}$ ——进入废气预处理设施的污染因子i含量，kg/批；

$R_{i,i}$ ——废气预处理设施对污染因子i的去除率，%；

$Q_{z,i}$ ——污染因子i经RTO装置焚烧产生的二氧化碳量，kgCO<sub>2</sub>/批；

$C_i$ ——污染因子i的含碳量，kgC/kg。

RTO 装置对经预处理废气的去除率达 99%以上，本次评价近似假设，进入 RTO 装置的含碳有机废气全部被氧化为 CO<sub>2</sub>。生产每批

次 EDH-3 产生的废气进入 RTO 装置燃烧产生的二氧化碳排放量详见表 6-16。

**表 6-16 EDH-3 生产废气经 RTO 炉焚烧产生的 CO<sub>2</sub> 排放**

序号	污染因子	化学式	进口量 kg/批(计算值)	预处理工艺	去除率	出口量 kg/批(计算值)	含碳量 kgC/kg	RTO 焚烧废气 CO <sub>2</sub> 产生量 kgCO <sub>2</sub> /批
					%			
1	3HHK	C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O	0.0500	冷凝+碱洗+水洗	70	0.0150	0.8108	0.0446
2	甲苯	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	261.7490	“前冷阱+后冷阱”+冷凝+碱洗+水洗	98	5.2350	0.9130	18.0109
			0.4830	冷凝+碱洗+水洗	70	0.1449		
3	甲醇	CH <sub>3</sub> OH	2.1230	“前冷阱+后冷阱”+冷凝+碱洗+水洗	98	0.0425	0.3750	0.0598
			0.0040	冷凝+碱洗+水洗	75	0.0010		
4	石油醚	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	200.1290	“前冷阱+后冷阱”+冷凝+碱洗+水洗	98	4.0026	0.8372	12.4104
			0.1340	冷凝+碱洗+水洗	70	0.0402		
5	四氢呋喃	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O	62.3660	“前冷阱+后冷阱”+冷凝+碱洗+水洗	99	0.6237	0.6667	1.5881
			0.2600	冷凝+碱洗+水洗	90	0.0260		
6	乙醇	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	86.6040	“前冷阱+后冷阱”+冷凝+碱洗+水洗	98	1.7321	0.5217	3.4991
			0.3880	冷凝+碱洗+水洗	75	0.0970		
7	乙酸乙酯	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	33.8920	“前冷阱+后冷阱”+冷凝+碱洗+水洗	98	0.6778	0.5455	1.4532
			0.1950	冷凝+碱洗+水洗	75	0.0488		
8	叔丁醇	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O	12.2720	“前冷阱+后冷阱”+冷凝+碱洗+水洗	98	0.2454	0.6486	0.5847
合计 (kgCO <sub>2</sub> /批)								37.6497

数据源：

- 进入废气预处理设施的污染因子种类及含量来源于《中节能万润股份有限公司万润工业园二期 C01 及配套项目环境影响报告书》表 3.19-4、表 3.19-5 和表 3.19-5；
- 各污染因子经过预处理工艺的去除率取自《中节能万润股份有限公司万润工业园二期 C01 及配套项目环境影响报告书》表 3.19-8；

- 根据《中节能万润股份有限公司万润工业园二期 C01 及配套项目环境影响报告书》，EDH-3 产品批产量为 259.314kg/批。

**表 6-17 2021 年 EDH-3 产品生产批次数据**

项目	单位	数据
每批次 EDH-3 产量	kg/批	259.314
5#车间生产 EDH-3 产量	t	32.2947
5#车间生产 EDH-3 批次	批	132.252

### 6.1.6 碳足迹核算系数

在进行碳足迹核算时所需的相关能耗、物耗的碳足迹系数如下表所示：

**表 6-18 各能源、物料碳足迹系数**

类别	项目	碳足迹系数	单位	数据准确度 <sup>a</sup>	具体来源
能源	电力	1.1972	t CO <sub>2</sub> e/MWh	4	Ecoinvent 数据库
	蒸汽	0.1080	t CO <sub>2</sub> e/GJ	1	计算值
	烟煤 (生产)	0.5418	t CO <sub>2</sub> e/t	6	Ecoinvent 数据库
	烟煤 <sup>b</sup> (燃烧)	2.3670	t CO <sub>2</sub> e/t	6	中国化工生产企业温室气体排放核算方法与报告指南(试行)
	柴油 (生产)	0.4467	t CO <sub>2</sub> e/t	6	Ecoinvent 数据库
	柴油 (燃烧)	3.1451	t CO <sub>2</sub> e/t	5	中国化工生产企业温室气体排放核算方法与报告指南(试行)
	天然气 (生产)	0.1304	kg CO <sub>2</sub> e/ m <sup>3</sup>	6	Ecoinvent 数据库
	天然气 (燃烧)	2.1622	kg CO <sub>2</sub> e/ m <sup>3</sup>	5	中国化工生产企业温室气体排放核算方法与报告

					指南（试行）
5#原辅料	叔丁醇钾	3.0204	t CO <sub>2</sub> e/t	6	Ecoinvent 数据库
	四氢呋喃	6.0654	t CO <sub>2</sub> e/t	6	Ecoinvent 数据库
	3HHK	2.3465	t CO <sub>2</sub> e/t	6	industry data 2.0
	甲苯	1.5641	t CO <sub>2</sub> e/t	6	Ecoinvent 数据库
	石油醚	0.5392	t CO <sub>2</sub> e/t	6	Ecoinvent 数据库
	盐酸	1.4539	t CO <sub>2</sub> e/t	6	Ecoinvent 数据库
	乙醇	2.0225	t CO <sub>2</sub> e/t	6	Ecoinvent 数据库
	乙酸乙酯	3.0815	t CO <sub>2</sub> e/t	6	Ecoinvent 数据库
	甲氧基甲基三苯基氯化磷	6.1029	t CO <sub>2</sub> e/t	6	Ecoinvent 数据库
	氢氧化钠	1.1167	t CO <sub>2</sub> e/t	6	USLCI 数据库
	甲基三苯基溴化磷	6.1029	t CO <sub>2</sub> e/t	6	Ecoinvent 数据库
3#原辅料	正庚烷	2.4293	t CO <sub>2</sub> e/t	6	Ecoinvent 数据库
	柱层层析硅胶	3.1701	t CO <sub>2</sub> e/t	6	Ecoinvent 数据库
原辅料	缓蚀阻垢剂 <sup>o</sup>	1.4177	t CO <sub>2</sub> e/t	6	Defra /DECC
	工业盐	0.2344	t CO <sub>2</sub> e/t	6	Ecoinvent 数据库
	冷冻酒精	2.0444	t CO <sub>2</sub> e/t	6	Ecoinvent 数据库
	液氮	0.4327	t CO <sub>2</sub> e/t	6	Ecoinvent 数据库
	双氧水	0.7901	t CO <sub>2</sub> e/t	6	Ecoinvent 数据库
	硫酸	0.1150	t CO <sub>2</sub> e/t	6	Ecoinvent 数据库
	NaOH	0.9350	t CO <sub>2</sub> e/t	6	Ecoinvent 数据库
	消泡剂 <sup>o</sup>	4.0504	t CO <sub>2</sub> e/t	6	Defra /DECC

	聚丙烯酰胺阳离子 PAM+	3.2340	t CO <sub>2</sub> e/t	6	Ecoinvent 数据库
	聚丙烯酰胺阴离子 PAM-	3.2340	t CO <sub>2</sub> e/t	6	Ecoinvent 数据库
	聚合氯化铝 (PAC)	1.7175	t CO <sub>2</sub> e/t	6	Ecoinvent 数据库
包装	LDPE 塑料袋	3.0956	t CO <sub>2</sub> e/t	6	Ecoinvent 数据库
	贴塑牛皮纸袋	0.7017	t CO <sub>2</sub> e/t	6	Ecoinvent 数据库
	PP 塑料编制袋	2.2786	t CO <sub>2</sub> e/t	6	Ecoinvent 数据库
	纸壳	0.9770	t CO <sub>2</sub> e/t	6	Ecoinvent 数据库
	铝	7.9500	t CO <sub>2</sub> e/t	5	CPCFFD <sup>d</sup> 数据库
	铁质	2.2900	t CO <sub>2</sub> e/t	5	CPCFFD <sup>d</sup> 数据库
	衬四氟	121.8388	t CO <sub>2</sub> e/t	6	Ecoinvent 数据库
	塑料 PVC	5.0214	t CO <sub>2</sub> e/t	6	Ecoinvent 数据库
原料运输	汽运单位公里载重	0.0869	kgCO <sub>2</sub> e/ t.km	6	Ecoinvent 数据库
	海运单位公里载重	0.0113	kgCO <sub>2</sub> e/ t.km	6	Ecoinvent 数据库
废弃物运输	单位公里载重	0.2138	kgCO <sub>2</sub> e /t.km	6	Ecoinvent 数据库
废气进入 RTO 装置燃烧	生产每批次 EDH-3	37.6497	kgCO <sub>2</sub> e/批次	1	理论计算值
废弃物处置	填埋	0.0054	t CO <sub>2</sub> e/t	6	Ecoinvent 数据库
	废纸回收	0.1054	t CO <sub>2</sub> e/t	6	Ecoinvent 数据库
锅炉产汽供热	氨水	2.7567	t CO <sub>2</sub> e/t	6	Ecoinvent 数据库
	氧化镁	1.1052	t CO <sub>2</sub> e/t	6	Ecoinvent 数据库
	脱硫剂	1.6750	t CO <sub>2</sub> e/t	6	Ecoinvent 数据库
	32%氢氧化钠	0.9350	t CO <sub>2</sub> e/t	6	Ecoinvent 数据库

	片碱氢氧化钠	1.1167	t CO <sub>2</sub> e/t	6	USLCI
--	--------	--------	-----------------------	---	-------

- 数据准确度：1.基于企业的排放因子；2.相同工艺/设备的经验排放因子；3.设备制造商提供的排放因子；4.区域排放因子；5.国家排放因子；6.国际排放因子；
- 上表中烟煤燃烧过程中的热值来源于万润股份提供的《2021年锅炉煤粉热值检测表》的加权平均值；
- 由于物料具体成分未知，故采用《2012 Guidelines to Defra / DECC's GHG Conversion Factors for Company Reporting》中基于销售价格的碳足迹系数（单位为 kgCO<sub>2</sub>e/£）。其中有机化学品的单位售价碳足迹系数为 1.0620 kgCO<sub>2</sub>e/£；
- CPCFFD：中国产品全生命周期温室气体排放系数库（China Product Carbon Footprint Factors Database）。

万润股份的蒸汽均来自厂区内的锅炉产汽提供，故蒸汽的排放因子计算如下：

表 6-19 万润股份锅炉蒸汽排放因子

数据项	蒸汽的排放因子			
数据值	0.1080			
单位	tCO <sub>2</sub> e/GJ			
数据来源	计算值：			
		消耗量 (t 或 MWh 或 m <sup>3</sup> )	碳足迹系数	单位
	烟煤（生产）	28868.2200	0.5418	t CO <sub>2</sub> e/t
	烟煤（燃烧）		2.3670	t CO <sub>2</sub> e/t
	天然气（生产）	18141.0000	0.1304	kg CO <sub>2</sub> e/ m <sup>3</sup>
	天然气（燃烧）		2.1622	kg CO <sub>2</sub> e/ m <sup>3</sup>
	氨水量	180.0800	2.7567	t CO <sub>2</sub> e/t
	氧化镁	111.0000	1.1052	t CO <sub>2</sub> e/t
	脱硫剂	7.1250	1.6750	t CO <sub>2</sub> e/t
	氢氧化钠	28.8800	0.9350	t CO <sub>2</sub> e/t
	片碱氢氧化钠	1.0000	1.1167	t CO <sub>2</sub> e/t
	耗电量	3462.6810	1.1972	t CO <sub>2</sub> /MWh
	排放量 (tCO <sub>2</sub> e)	88817.4742		
	产汽量 (t)	303488		
	蒸汽规格	压力 1.5MPa, 温度 200°C		
	蒸汽比焓 (kJ/kg)	2794.7012		
锅炉产汽热量 (GJ)	822744.1842			

	蒸汽的排放因子 (tCO <sub>2</sub> e/GJ)	0.1080
数据来源：2021 年锅炉煤粉热值检测表、2021 年锅炉煤粉热值检测表、锅炉参数表、2021 年 RTO 与蒸汽产生量统计表		

## 6.2 数据汇总表

产品碳足迹原始数据汇总情况见表 6-20 和表 6-21。

表 6-20 产品信息汇总

产品名称	单位	活动水平数据
2021 年 5#车间 EDH-3 产品产量	t	34.2947

表 6-21 变性燃料乙醇能源、物料数据汇总

生命周期各环节		活动水平参数	活动水平数据 (总量)	活动水平数据 (分项)	单位
原辅料获取	5#车间 EDH-3 原辅料	叔丁醇钾	42.2988		t
		四氢呋喃	245.7849		t
		3HHK	37.1511		t
		甲苯	217.2039		t
		石油醚	125.7581		t
		盐酸	71.4491		t
		乙醇	46.4493		t
		乙酸乙酯	44.7290		t
		甲氧基甲基三苯基氯化磷	79.8799		t
		氢氧化钠	3.2674		t
		甲基三苯基溴化磷	70.7214		t

生命周期各环节		活动水平参数		活动水平数据 (总量)	活动水平数据 (分项)	单位	
	3#车间 EDH-3 原辅料	正庚烷		4.8262		t	
		柱层层析硅胶		2.6547		t	
	公用工程原辅料	缓蚀阻垢剂		0.0398		t	
		工业盐		2.7800		t	
		冷冻酒精		0.5304		t	
		液氮		165.2079		t	
	环保工程原辅料	双氧水		0.8168		t	
		硫酸		5.1646		t	
		NaOH		0.0246		t	
		消泡剂		0.0059		t	
		聚丙烯酰胺阳离子 PAM+		0.0052		t	
		聚丙烯酰胺阴离子 PAM-		0.0217		t	
			聚合氯化铝 (PAC)		0.0362		t
	原辅料包装获取	5#车间 EDH3 原辅料包装	包装桶-叔丁醇钾	200L 敞口铁桶	16.9200		t
包装桶-四氢呋喃			200L 钢桶	27.3200		t	
包装桶-3HHK			200L 铁桶	4.9600		t	
包装桶-石油醚			200L 钢桶	17.9800		t	
包装桶-盐酸			高密度聚乙烯塑料 HDPE	3.8740		t	
包装袋-甲氧基甲基三苯基氯化磷			内衬 LDPE 塑料袋	0.8150	0.0895		t
			外层为贴塑牛皮纸袋		0.7255		t
包装袋-氢氧化钠			内衬 LDPE 塑料袋	0.0174	0.0037		t
	外层 PP 塑料编制袋	0.0138			t		

生命周期各环节		活动水平参数		活动水平数据 (总量)	活动水平数据 (分项)	单位
原辅料运输	#3 车间 EDH3 原辅料包装	包装袋-甲基三苯基溴化磷	内衬 LDPE 塑料袋	0.7214	0.0792	t
			外层为贴塑牛皮纸袋		0.6422	t
	#3 车间 EDH3 原辅料包装	包装箱-柱层层析硅胶	纸壳	0.1138	0.1064	t
			内衬塑料袋		0.0074	t
	EDH-3 液晶材料包装	铝瓶-EDH3	铝	2.1282		t
		卡口环箍-EDH3	铁质	0.6677		t
		铝制外盖-EDH3	铝	0.1250		t
		密封垫-EDH3	衬四氟	0.1226		t
		塑料卡扣-EDH3	塑料 PVC	0.0091		t
		桶罩膜-EDH3	塑料 PVC	0.0412		t
	5#车间 EDH-3 原辅料	叔丁醇钾	汽运	1000		km
		四氢呋喃	汽运	1500		km
		3HHK	汽运	30		km
甲苯		罐车运输	300		km	
石油醚		罐车运输/汽运	300		km	
盐酸		罐车运输/汽运	300		km	
乙醇		罐车运输	500		km	
乙酸乙酯		罐车运输	300		km	
甲氧基甲基三苯基氯化磷		汽运	300		km	
氢氧化钠		汽运	400		km	
甲基三苯基溴化磷		汽运	300		km	
3#车间 EDH-3 原辅料	正庚烷	汽运	1200		km	
	柱层层析硅胶	汽运	300		km	

生命周期各环节		活动水平参数		活动水平数据 (总量)	活动水平数据 (分项)	单位	
公用工程原辅料	公用工程原辅料	缓蚀阻垢剂	汽运	100		km	
		工业盐	汽运	100		km	
		冷冻酒精	罐车运输/汽运	100		km	
		液氮	罐车运输/汽运	100		km	
	环保工程原辅料	双氧水	罐车运输/汽运	100		km	
		硫酸	罐车运输/汽运	100		km	
		NaOH	罐车运输/汽运	100		km	
		消泡剂	汽运	100		km	
		聚丙烯酰胺阳离子 PAM+	汽运	100		km	
		聚丙烯酰胺阴离子 PAM-	汽运	100		km	
		聚合氯化铝 (PAC)	汽运	100		km	
	EDH-3 液晶材料包装	铝瓶-EDH3	海运	8000		km	
		卡口环箍-EDH3	海运	8000		km	
		铝制外盖-EDH3	海运	8000		km	
		密封垫-EDH3	海运	8000		km	
		塑料卡扣-EDH3	海运	8000		km	
		桶罩膜-EDH3	海运	8000		km	
	产品生产制造	EDH3 液晶材料生产	5#车间	电力消耗	222.0907		MWh
				蒸汽 (压力 0.9MPa, 温度 180℃)	684.4572		GJ
3#车间		电力消耗	417.6361		MWh		
		蒸汽 (压力 0.9MPa, 温度 180℃)	2249.9262		GJ		
原辅料及产品暂存		5#车间	电力消耗	3.6000		MWh	
			柴油	2.2680		t	

生命周期各环节		活动水平参数			活动水平数据 (总量)	活动水平数据 (分项)	单位	
	3#车间	电力消耗			28.8000		MWh	
		柴油			0.6653		t	
	公用工程	去离子水电力消耗			1.0042		MWh	
		压缩空气电力消耗			0.1753		MWh	
废弃物处理	厂内废弃物处理	废水	电力消耗		12.6017		MWh	
			蒸汽 (压力 0.9MPa, 温度 180℃)		25.9196		GJ	
			柴油		0.0182		t	
		废气进入 RTO 装置	电力消耗		0.3139		MWh	
			天然气		57.3891		m <sup>3</sup>	
			产生废气中的含碳气体		132.2516		批次	
	厂外废弃物处理	原辅料包装废弃物运输	包装桶-叔丁醇钾	汽运		1000		km
			包装桶-四氢呋喃	汽运		1500		km
			包装桶-3HHK	汽运		30		km
			包装桶-石油醚	汽运		300		km
			包装桶-盐酸	汽运		300		km
			包装袋-甲氧基甲基三苯基氯化磷	汽运		50		km
			包装袋-氢氧化钠	汽运		50		km
			包装袋-甲基三苯基溴化磷	汽运		50		km
包装箱-柱层层析硅胶			汽运		50		km	
原辅料包装废	包装袋-甲氧基甲基三苯基氯化磷	内衬 LDPE 塑料袋	填埋	0.8150	0.0895	t		

生命周期各环节		活动水平参数			活动水平数据 (总量)	活动水平数据 (分项)	单位
	弃物处 置	包装袋-氢氧化钠	外层为贴 塑牛皮纸 袋	填埋	0.0174	0.7255	t
			内衬 LDPE 塑料袋	填埋		0.0037	t
		包装袋-甲基三苯基溴 化磷	外层 PP 塑 料编制袋	填埋	0.7214	0.0138	t
			内衬 LDPE 塑料袋	填埋		0.0792	t
		包装箱-柱层层析硅胶	外层为贴 塑牛皮纸 袋	填埋	0.1138	0.6422	t
			纸壳	回收		0.1064	t
			内衬塑料 袋	填埋		0.0074	t

## 七、产品碳足迹的计算

### 7.1 计算公式

采用碳足迹系数法进行计算，详见公式（7-1）；

$$CF = \sum_{i=1}^n M_i \times N_i \quad \text{公式（7-1）}$$

式中：

$CF$ ——产品碳足迹， $\text{kgCO}_2\text{e}$ ；

$m_i$ ——第*i*种能源和物料的消耗量，质量/体积/ $\text{kWh/GJ}$ ；

$N_i$ ——第*i*种能源和物料的碳足迹系数， $\text{tCO}_2\text{e/体积}$ 或 $\text{tCO}_2\text{e/重量}$   
或 $\text{tCO}_2\text{e/kW}\cdot\text{h}$ 或 $\text{tCO}_2\text{e/GJ}$ 。

## 7.2 产品碳足迹评估与分析

表 7-1 EDH-3 液晶材料产品碳足迹计算结果

生命周期环节		活动水平参数	活动水平数据 (总量)	活动水平数据 (分项)	单位	碳足迹系数	单位	碳排放量 (tCO <sub>2</sub> e)
原辅料获取	5#车间 EDH-3 原辅料	叔丁醇钾	42.2988		t	3.0204	t CO <sub>2</sub> e/t	127.7587
		四氢呋喃	245.7849		t	6.0654	t CO <sub>2</sub> e/t	1490.7767
		3HHK	37.1511		t	2.3465	t CO <sub>2</sub> e/t	87.1765
		甲苯	217.2039		t	1.5641	t CO <sub>2</sub> e/t	339.7356
		石油醚	125.7581		t	0.5392	t CO <sub>2</sub> e/t	67.8060
		盐酸	71.4491		t	1.4539	t CO <sub>2</sub> e/t	103.8769
		乙醇	46.4493		t	2.0225	t CO <sub>2</sub> e/t	93.9418
		乙酸乙酯	44.7290		t	3.0815	t CO <sub>2</sub> e/t	137.8323
		甲氧基甲基三苯基氯化磷	79.8799		t	6.1029	t CO <sub>2</sub> e/t	487.5022
		氢氧化钠	3.2674		t	1.1167	t CO <sub>2</sub> e/t	3.6486
	甲基三苯基溴化磷	70.7214		t	6.1029	t CO <sub>2</sub> e/t	431.6083	
	3#车间 EDH-3 原辅料	正庚烷	4.8262		t	2.4293	t CO <sub>2</sub> e/t	11.7243
		柱层层析硅胶	2.6547		t	3.1701	t CO <sub>2</sub> e/t	8.4155
	公用工程原辅料	缓蚀阻垢剂	0.0398		t	1.4177	t CO <sub>2</sub> e/t	0.0564
		工业盐	2.7800		t	0.2344	t CO <sub>2</sub> e/t	0.6515
		冷冻酒精	0.5304		t	2.0444	t CO <sub>2</sub> e/t	1.0844
	液氮	165.2079		t	0.4327	t CO <sub>2</sub> e/t	71.4889	

生命周期环节		活动水平参数		活动水平数据 (总量)	活动水平数据 (分项)	单位	碳足迹系数	单位	碳排放量 (tCO <sub>2</sub> e)
环保工程原辅料	双氧水		0.8168		t	0.7901	t CO <sub>2</sub> e/t	0.6454	
	硫酸		5.1646		t	0.1150	t CO <sub>2</sub> e/t	0.5941	
	NaOH		0.0246		t	0.9350	t CO <sub>2</sub> e/t	0.0230	
	消泡剂		0.0059		t	4.0504	t CO <sub>2</sub> e/t	0.0240	
	聚丙烯酰胺阳离子 PAM+		0.0052		t	3.2340	t CO <sub>2</sub> e/t	0.0169	
	聚丙烯酰胺阴离子 PAM-		0.0217		t	3.2340	t CO <sub>2</sub> e/t	0.0703	
	聚合氯化铝 (PAC)		0.0362		t	1.7175	t CO <sub>2</sub> e/t	0.0621	
原辅料包装获取	5#车间 EDH3 原辅料包装 <sup>4</sup>	包装袋-甲氧基甲基三苯基氯化磷	内衬 LDPE 塑料袋	0.8150	0.0895	t	3.0956	t CO <sub>2</sub> e/t	0.2770
			外层为贴塑牛皮纸袋		0.7255	t	0.7017	t CO <sub>2</sub> e/t	0.5090
	5#车间 EDH3 原辅料包装 <sup>4</sup>	包装袋-氢氧化钠	内衬 LDPE 塑料袋	0.0174	0.0037	t	3.0956	t CO <sub>2</sub> e/t	0.0114
			外层 PP 塑料编制袋		0.0138	t	2.2786	t CO <sub>2</sub> e/t	0.0313
	5#车间 EDH3 原辅料包装 <sup>4</sup>	包装袋-甲基三苯基溴化磷	内衬 LDPE 塑料袋	0.7214	0.0792	t	3.0956	t CO <sub>2</sub> e/t	0.2452
			外层为贴塑牛皮纸袋		0.6422	t	0.7017	t CO <sub>2</sub> e/t	0.4506
	#3 车间 EDH3 原辅料包装	包装箱-柱层层析硅胶	纸壳	0.1138	0.1064	t	0.9770	t CO <sub>2</sub> e/t	0.1039
			内衬塑料袋		0.0074	t	3.0956	t CO <sub>2</sub> e/t	0.0231

<sup>4</sup> 叔丁醇钾包装桶、四氢呋喃钢桶、3HHK 铁桶、石油醚钢桶和盐酸塑料桶由厂家回收、循环利用，可认为此类包装的损耗量很小，因此不考虑此类包装材料获取过程的碳排放。

生命周期环节		活动水平参数		活动水平数据 (总量)	活动水平数据 (分项)	单位	碳足迹系数	单位	碳排放量 (tCO <sub>2</sub> e)
EDH-3 液晶材料包装	铝瓶-EDH3	铝	2.1282		t	7.9500	t CO <sub>2</sub> e/t	16.9192	
	卡口环箍-EDH3	铁质	0.6677		t	2.2900	t CO <sub>2</sub> e/t	1.5291	
	铝制外盖-EDH3	铝	0.1250		t	7.9500	t CO <sub>2</sub> e/t	0.9938	
	密封垫-EDH3	衬四氟	0.1226		t	121.8388	t CO <sub>2</sub> e/t	14.9338	
	塑料卡扣-EDH3	塑料 PVC	0.0091		t	5.0214	t CO <sub>2</sub> e/t	0.0459	
	桶罩膜-EDH3	塑料 PVC	0.0412		t	5.0214	t CO <sub>2</sub> e/t	0.2067	
原辅料运输	5#车间 EDH-3 原辅料	叔丁醇钾	汽运	1000		km	0.0869	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	5.1484
		四氢呋喃	汽运	1500		km	0.0869	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	35.6152
		3HHK	汽运	30		km	0.0869	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	0.1098
		甲苯	罐车运输	300		km	0.0869	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	5.6650
		石油醚	罐车运输/汽运	300		km	0.0869	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	3.7489
		盐酸	罐车运输/汽运	300		km	0.0869	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	1.9646
		乙醇	罐车运输	500		km	0.0869	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	2.0191
		乙酸乙酯	罐车运输	300		km	0.0869	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	1.1666
		甲氧基甲基三苯基氯化磷	汽运	300		km	0.0869	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	2.1047
		氢氧化钠	汽运	400		km	0.0869	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	0.1142

生命周期环节		活动水平参数		活动水平数据 (总量)	活动水平数据 (分项)	单位	碳足迹系数	单位	碳排放量 (tCO <sub>2</sub> e)
	3#车间 EDH-3 原辅料	甲基三苯基溴化磷	汽运	300		km	0.0869	kgCO <sub>2</sub> e/t.k m	1.8633
		正庚烷	汽运	1200		km	0.0869	kgCO <sub>2</sub> e/t.k m	0.5035
		柱层层析硅胶	汽运	300		km	0.0869	kgCO <sub>2</sub> e/t.k m	0.0722
	公用工程原 辅料	缓蚀阻垢剂	汽运	100		km	0.0869	kgCO <sub>2</sub> e/t.k m	0.0003
		工业盐	汽运	100		km	0.0869	kgCO <sub>2</sub> e/t.k m	0.0242
		冷冻酒精	罐车运输/汽 运	100		km	0.0869	kgCO <sub>2</sub> e/t.k m	0.0046
		液氮	罐车运输/汽 运	100		km	0.0869	kgCO <sub>2</sub> e/t.k m	1.4363
	环保工程原 辅料	双氧水	罐车运输/汽 运	100		km	0.0869	kgCO <sub>2</sub> e/t.k m	0.0071
		硫酸	罐车运输/汽 运	100		km	0.0869	kgCO <sub>2</sub> e/t.k m	0.0449
		NaOH	罐车运输/汽 运	100		km	0.0869	kgCO <sub>2</sub> e/t.k m	0.0002
		消泡剂	汽运	100		km	0.0869	kgCO <sub>2</sub> e/t.k m	0.0001
		聚丙烯酰胺阳离子 PAM+	汽运	100		km	0.0869	kgCO <sub>2</sub> e/t.k m	4.53E-05
		聚丙烯酰胺阴离子	汽运	100		km	0.0869	kgCO <sub>2</sub> e/t.k m	0.0002

生命周期环节		活动水平参数		活动水平数据 (总量)	活动水平数据 (分项)	单位	碳足迹系数	单位	碳排放量 (tCO <sub>2</sub> e)	
	PAM-									
		聚合氯化铝 (PAC)	汽运	100		km	0.0869	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	0.0003	
	EDH-3 液晶材料包装	铝瓶-EDH3	海运	8000		km	0.0113	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	0.1926	
		卡口环箍-EDH3	海运	8000		km	0.0113	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	0.0604	
		铝制外盖-EDH3	海运	8000		km	0.0113	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	0.0113	
		密封垫-EDH3	海运	8000		km	0.0113	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	0.0111	
		塑料卡扣-EDH3	海运	8000		km	0.0113	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	0.0008	
		桶罩膜-EDH3	海运	8000		km	0.0113	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	0.0037	
产品生产制造	5#车间	电力消耗		222.0907		MWh	1.1972	t CO <sub>2</sub> /MWh	265.8837	
		蒸汽 (压力 0.9MPa, 温度 180℃)		684.4572		GJ	0.1080	t CO <sub>2</sub> /GJ	73.8890	
	3#车间	电力消耗		417.6361		MWh	1.1972	t CO <sub>2</sub> /MWh	499.9877	
		蒸汽 (压力 0.9MPa, 温度 180℃)		2249.9262		GJ	0.1080	t CO <sub>2</sub> /GJ	242.8857	
	原辅料及产品暂存	5#车间	电力消耗		3.6000		MWh	1.1972	t CO <sub>2</sub> /MWh	4.3099
			柴油		2.2680		t	3.5919	t CO <sub>2</sub> e/t	8.1464

生命周期环节		活动水平参数		活动水平数据 (总量)	活动水平数据 (分项)	单位	碳足迹系数	单位	碳排放量 (tCO <sub>2</sub> e)	
	3#车间	电力消耗		28.8000		MWh	1.1972	t CO <sub>2</sub> /MWh	34.4789	
		柴油		0.6653		t	3.5919	t CO <sub>2</sub> e/t	2.3896	
	公用工程	去离子水电力消耗		1.0042		MWh	1.1972	t CO <sub>2</sub> /MWh	1.2023	
		压缩空气电力消耗		0.1753		MWh	1.1972	t CO <sub>2</sub> /MWh	0.2099	
废弃物处理	厂内废弃物处理	废水	电力消耗		12.6017		MWh	1.1972	t CO <sub>2</sub> /MWh	15.0865
			蒸汽(压力 0.9MPa, 温度 180℃)		25.9196		GJ	0.1080	t CO <sub>2</sub> /GJ	2.7981
			柴油		0.0182		t	3.5919	t CO <sub>2</sub> e/t	0.0653
	废气进入 RTO 装置		电力消耗		0.3139		MWh	1.1972	t CO <sub>2</sub> /MWh	0.3758
			天然气		57.3891		m <sup>3</sup>	2.2926	kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	0.1316
			产生废气中的含碳气体		132.2516		批次	37.6497	kgCO <sub>2</sub> e/批次	4.9792
	厂外废弃物处理	原辅料包装废弃物运输	包装桶-叔丁醇钾	汽运	1000		km	0.2138	kgCO <sub>2</sub> e/t.k m	3.6168
			包装桶-四氢呋喃	汽运	1500		km	0.2138	kgCO <sub>2</sub> e/t.k m	8.7598
			包装桶-3HHK	汽运	30		km	0.2138	kgCO <sub>2</sub> e/t.k m	0.0318

生命周期环节		活动水平参数		活动水平数据 (总量)	活动水平数据 (分项)	单位	碳足迹系数	单位	碳排放量 (tCO <sub>2</sub> e)	
		包装桶-石油醚	汽运	300		km	0.2138	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	1.1530	
		包装桶-盐酸	汽运	300		km	0.2138	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	0.2484	
		包装袋-甲氧基甲基三苯基氯化磷	汽运	50		km	0.2138	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	0.0087	
		包装袋-氢氧化钠	汽运	50		km	0.2138	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	0.0002	
		包装袋-甲基三苯基溴化磷	汽运	50		km	0.2138	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	0.0077	
		包装箱-柱层层析硅胶	汽运	50		km	0.2138	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	0.0012	
	原辅料包装废弃物处置	包装袋-甲氧基甲基三苯基氯化磷	内衬LDPE塑料袋	填埋	0.8150	0.0895	t	0.00539	t CO <sub>2</sub> e/t	0.0005
			外层贴塑牛皮纸袋	填埋		0.7255	t	0.00539	t CO <sub>2</sub> e/t	0.0039
		包装袋-氢氧化钠	内衬LDPE塑料袋	填埋	0.0174	0.0037	t	0.00539	t CO <sub>2</sub> e/t	1.98E-05

生命周期环节		活动水平参数			活动水平数据 (总量)	活动水平数据 (分项)	单位	碳足迹系数	单位	碳排放量 (tCO <sub>2</sub> e)
			外层 PP塑料 编制袋	填埋		0.0138	t	0.00539	t CO <sub>2</sub> e/t	0.0001
		包装袋-甲基 三苯基溴化 磷	内衬 LDPE 塑料袋	填埋	0.7214	0.0792	t	0.00539	t CO <sub>2</sub> e/t	0.0004
			外层为 贴塑牛 皮纸袋	填埋		0.6422	t	0.00539	t CO <sub>2</sub> e/t	0.0035
		包装箱-柱层 层析硅胶	纸壳	回收	0.1138	0.1064	t	0.10543	t CO <sub>2</sub> e/t	0.0112
			内衬塑 料袋	填埋		0.0074	t	0.00539	t CO <sub>2</sub> e/t	4.01E-05
<b>总碳足迹 (tCO<sub>2</sub>e)</b>										<b>4735.3612</b>
<b>单位产品碳足迹 (tCO<sub>2</sub>e/t)</b>										<b>138.0785</b>

## 7.3 产品碳足迹分析

### 7.3.1 按生命周期各环节分析

评价产品的单位功能单元（即 1 吨 EDH-3 液晶材料）碳足迹如表 7-2 所示。

表 7-2 EDH-3 液晶材料产品碳足迹（基于 1 吨产量）

生命周期环节		活动水平参数	活动水平数据 (总量)	活动水平数据 (分项)	单位	碳足迹系数	单位	碳排放量 (tCO <sub>2</sub> e)
原辅料获取	5#车间 EDH-3 原辅料	叔丁醇钾	1233.3924		kg	3.0204	t CO <sub>2</sub> e/t	3.7253
		四氢呋喃	7166.8486		kg	6.0654	t CO <sub>2</sub> e/t	43.4696
		3HHK	1083.2889		kg	2.3465	t CO <sub>2</sub> e/t	2.5420
		甲苯	6333.4526		kg	1.5641	t CO <sub>2</sub> e/t	9.9064
		石油醚	3666.9840		kg	0.5392	t CO <sub>2</sub> e/t	1.9772
		盐酸	2083.3850		kg	1.4539	t CO <sub>2</sub> e/t	3.0289
		乙醇	1354.4172		kg	2.0225	t CO <sub>2</sub> e/t	2.7393
		乙酸乙酯	1304.2536		kg	3.0815	t CO <sub>2</sub> e/t	4.0191
		甲氧基甲基三苯基氯化磷	2329.2190		kg	6.1029	t CO <sub>2</sub> e/t	14.2151
		氢氧化钠	95.2741		kg	1.1167	t CO <sub>2</sub> e/t	0.1064
	甲基三苯基溴化磷	2062.1660		kg	6.1029	t CO <sub>2</sub> e/t	12.5853	
	3#车间 EDH-3 原辅	正庚烷	140.7259		kg	2.4293	t CO <sub>2</sub> e/t	0.3419
		柱层层析硅胶	77.4077		kg	3.1701	t CO <sub>2</sub> e/t	0.2454

生命周期环节		活动水平参数		活动水平数据 (总量)	活动水平数据 (分项)	单位	碳足迹系数	单位	碳排放量 (tCO <sub>2</sub> e)	
料	公用工程原辅料	缓蚀阻垢剂		1.1600		kg	1.4177	t CO <sub>2</sub> e/t	0.0016	
		工业盐		81.0621		kg	0.2344	t CO <sub>2</sub> e/t	0.0190	
		冷冻酒精		15.4661		kg	2.0444	t CO <sub>2</sub> e/t	0.0316	
		液氮		4817.3009		kg	0.4327	t CO <sub>2</sub> e/t	2.0845	
	环保工程原辅料	双氧水		23.8184		kg	0.7901	t CO <sub>2</sub> e/t	0.0188	
		硫酸		150.5953		kg	0.1150	t CO <sub>2</sub> e/t	0.0173	
		NaOH		0.7181		kg	0.9350	t CO <sub>2</sub> e/t	0.0007	
		消泡剂		0.1728		kg	4.0504	t CO <sub>2</sub> e/t	0.0007	
		聚丙烯酰胺阳离子 PAM+		0.1521		kg	3.2340	t CO <sub>2</sub> e/t	0.0005	
		聚丙烯酰胺阴离子 PAM-		0.6337		kg	3.2340	t CO <sub>2</sub> e/t	0.0020	
		聚合氯化铝 (PAC)		1.0547		kg	1.7175	t CO <sub>2</sub> e/t	0.0018	
	原辅料包装获取	5#车间 EDH3 原辅料包装	包装袋-甲氧基甲基三苯基氯化磷	内衬 LDPE 塑料袋	23.7640	2.6094	kg	3.0956	t CO <sub>2</sub> e/t	0.0081
				外层为贴塑牛皮纸袋		21.1546	kg	0.7017	t CO <sub>2</sub> e/t	0.0148
包装袋-氢氧化钠		内衬 LDPE 塑料袋	0.5080	0.1070	kg	3.0956	t CO <sub>2</sub> e/t	0.0003		
		外层 PP 塑料编制袋		0.4011	kg	2.2786	t CO <sub>2</sub> e/t	0.0009		
包装袋-甲基三苯基溴化磷		内衬 LDPE 塑料袋	21.0352	2.3097	kg	3.0956	t CO <sub>2</sub> e/t	0.0071		

生命周期环节		活动水平参数		活动水平数据 (总量)	活动水平数据 (分项)	单位	碳足迹系数	单位	碳排放量 (tCO <sub>2</sub> e)
原辅料运输	#3 车间 EDH3 原辅料包装	包装箱-柱层层析硅胶	外层为贴塑牛皮纸袋	3.3197	18.7254	kg	0.7017	t CO <sub>2</sub> e/t	0.0131
			纸壳		3.1025	kg	0.9770	t CO <sub>2</sub> e/t	0.0030
			内衬塑料袋		0.2172	kg	3.0956	t CO <sub>2</sub> e/t	0.0007
	EDH-3 液晶材料包装	铝瓶-EDH3	铝	62.0563	kg	7.9500	t CO <sub>2</sub> e/t	0.4933	
		卡口环箍-EDH3	铁质	19.4704	kg	2.2900	t CO <sub>2</sub> e/t	0.0446	
		铝制外盖-EDH3	铝	3.6451	kg	7.9500	t CO <sub>2</sub> e/t	0.0290	
		密封垫-EDH3	衬四氟	3.5740	kg	121.8388	t CO <sub>2</sub> e/t	0.4355	
		塑料卡扣-EDH3	塑料 PVC	0.2667	kg	5.0214	t CO <sub>2</sub> e/t	0.0013	
		桶罩膜-EDH3	塑料 PVC	1.2002	kg	5.0214	t CO <sub>2</sub> e/t	0.0060	
	5#车间 EDH-3 原辅料	叔丁醇钾	汽运	1000	km	0.0869	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	0.1501	
		四氢呋喃	汽运	1500	km	0.0869	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	1.0385	
		3HHK	汽运	30	km	0.0869	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	0.0032	
		甲苯	罐车运输	300	km	0.0869	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	0.1652	
石油醚		罐车运输/汽运	300	km	0.0869	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	0.1093		
盐酸		罐车运输/汽运	300	km	0.0869	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	0.0573		
乙醇		罐车运输	500	km	0.0869	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	0.0589		
乙酸乙酯		罐车运输	300	km	0.0869	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	0.0340		
甲氧基甲基三苯基氯化磷		汽运	300	km	0.0869	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	0.0614		
氢氧化钠	汽运	400	km	0.0869	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	0.0033			

生命周期环节		活动水平参数		活动水平数据 (总量)	活动水平数据 (分项)	单位	碳足迹系数	单位	碳排放量 (tCO <sub>2</sub> e)
	3#车间 EDH-3 原辅料	甲基三苯基溴化磷	汽运	300		km	0.0869	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	0.0543
		正庚烷	汽运	1200		km	0.0869	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	0.0147
		柱层层析硅胶	汽运	300		km	0.0869	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	0.0021
	公用工程原 辅料	缓蚀阻垢剂	汽运	100		km	0.0869	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	1.01E-05
		工业盐	汽运	100		km	0.0869	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	0.0007
		冷冻酒精	罐车运输/汽运	100		km	0.0869	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	0.0001
		液氮	罐车运输/汽运	100		km	0.0869	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	0.0419
	环保工程原 辅料	双氧水	罐车运输/汽运	100		km	0.0869	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	0.0002
		硫酸	罐车运输/汽运	100		km	0.0869	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	0.0013
		NaOH	罐车运输/汽运	100		km	0.0869	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	6.24E-06
		消泡剂	汽运	100		km	0.0869	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	1.50E-06
		聚丙烯酰胺阳离子 PAM+	汽运	100		km	0.0869	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	1.32E-06
		聚丙烯酰胺阴离子 PAM-	汽运	100		km	0.0869	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	5.51E-06
	EDH-3 液晶 材料包装	聚合氯化铝 (PAC)	汽运	100		km	0.0869	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	9.17E-06
		铝瓶-EDH3	海运	8000		km	0.0869	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	0.0056
		卡口环箍-EDH3	海运	8000		km	0.0869	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	0.0018
		铝制外盖-EDH3	海运	8000		km	0.0869	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	0.0003
		密封垫-EDH3	海运	8000		km	0.0869	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	0.0003
		塑料卡扣-EDH3	海运	8000		km	0.0869	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	2.41E-05

生命周期环节		活动水平参数		活动水平数据 (总量)	活动水平数据 (分项)	单位	碳足迹系数	单位	碳排放量 (tCO <sub>2</sub> e)
		桶罩膜-EDH3	海运	8000		km	0.0869	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	0.0001
产品生产制造	EDH3 液晶材料生产	5#车间	电力消耗	6475.9493		kWh	1.1972	t CO <sub>2</sub> /MWh	7.7529
			蒸汽 (压力 0.9MPa, 温度 180℃)	19958.105		MJ	0.1080	t CO <sub>2</sub> /GJ	2.1545
		3#车间	电力消耗	12177.8627		kWh	1.1972	t CO <sub>2</sub> /MWh	14.5792
			蒸汽 (压力 0.9MPa, 温度 180℃)	65605.6541		MJ	0.1080	t CO <sub>2</sub> /GJ	7.0823
	原辅料及产品暂存	5#车间	电力消耗	104.9725		kWh	1.1972	t CO <sub>2</sub> /MWh	0.1257
			柴油	66.1327		kg	3.5919	t CO <sub>2</sub> e/t	0.2375
		3#车间	电力消耗	839.7799		kWh	1.1972	t CO <sub>2</sub> /MWh	1.0054
			柴油	19.3989		kg	3.5919	t CO <sub>2</sub> e/t	0.0697
	公用工程	去离子水电力消耗		29.2824		kWh	1.1972	t CO <sub>2</sub> /MWh	0.0351
		压缩空气电力消耗		5.1124		kWh	1.1972	t CO <sub>2</sub> /MWh	0.0061
废弃物处理	厂内废弃物处理	废水	电力消耗	367.4526		kWh	1.1972	t CO <sub>2</sub> /MWh	0.4399
			蒸汽 (压力 0.9MPa, 温度 180℃)	755.7902		MJ	0.1080	t CO <sub>2</sub> /GJ	0.0816
			柴油	0.5304		kg	3.5919	t CO <sub>2</sub> e/t	0.0019
		废气进入 RTO 装置	电力消耗	9.1528		kWh	1.1972	t CO <sub>2</sub> /MWh	0.0110
			天然气	1.6728		m <sup>3</sup>	2.2926	kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	0.0038
			产生废气中的含碳气体	3856.3286		批次	37.650	kgCO <sub>2</sub> e/批次	0.1452
	厂外废弃物处理	原辅料包装废弃物	包装桶-叔丁醇钾	汽运	1000		km	0.2138	kgCO <sub>2</sub> e/t.km

生命周期环节		活动水平参数		活动水平数据 (总量)	活动水平数据 (分项)	单位	碳足迹系数	单位	碳排放量 (tCO <sub>2</sub> e)	
	运输	包装桶-四氢呋喃	汽运	1500		km	0.2138	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	0.2554	
		包装桶-3HHK	汽运	30		km	0.2138	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	0.0009	
		包装桶-石油醚	汽运	300		km	0.2138	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	0.0336	
		包装桶-盐酸	汽运	300		km	0.2138	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	0.0072	
		包装袋-甲氧基甲基三苯基氯化磷	汽运	50		km	0.2138	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	0.0003	
		包装袋-氢氧化钠	汽运	50		km	0.2138	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	5.43E-06	
		包装袋-甲基三苯基溴化磷	汽运	50		km	0.2138	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	0.0002	
		包装箱-柱层层析硅胶	汽运	50		km	0.2138	kgCO <sub>2</sub> e/t.km	3.55E-05	
	原辅料包装废弃物处置	包装袋-甲氧基甲基三苯基氯化磷	内衬 LDPE 塑料袋	填埋	23.7640	2.6094	kg	0.00539	t CO <sub>2</sub> e/t	1.41E-05
			外层为贴塑牛皮纸袋	填埋		21.1546	kg	0.00539	t CO <sub>2</sub> e/t	0.0001

生命周期环节		活动水平参数			活动水平数据 (总量)	活动水平数据 (分项)	单位	碳足迹系数	单位	碳排放量 (tCO <sub>2</sub> e)		
		包装袋-氢氧化钠	内衬 LDPE 塑料袋	填埋	0.5080	0.1070	kg	0.00539	t CO <sub>2</sub> e/t	5.76E-07		
			外层 PP 塑料编织袋	填埋		0.4011	kg	0.00539	t CO <sub>2</sub> e/t	2.16E-06		
		包装袋-甲基三苯基溴化磷	内衬 LDPE 塑料袋	填埋	21.0352	2.3097	kg	0.00539	t CO <sub>2</sub> e/t	1.24E-05		
			外层为贴塑牛皮纸袋	填埋		18.7254	kg	0.00539	t CO <sub>2</sub> e/t	0.0001		
		包装箱-柱层析硅胶	纸壳	回收	3.3197	3.1025	kg	0.10543	t CO <sub>2</sub> e/t	0.0003		
			内衬塑料袋	填埋		0.2172	kg	0.00539	t CO <sub>2</sub> e/t	1.17E-06		
		<b>单位产品碳足迹 (tCO<sub>2</sub>e/t)</b>										<b>138.0785</b>

表 7-3 EDH-3 液晶材料产品碳足迹汇总表

生命周期环节		碳排放(tCO <sub>2</sub> e/t)	百分比
原辅材料获取	原辅料生产	101.0804	73.20%
	原辅料包装生产	1.0579	0.77%
原辅材料运输		1.8048	1.31%
产品生产制造	EDH3 液晶材料生产	31.5689	22.86%
	原辅料及产品暂存	1.4383	1.04%
	公用工程	0.0412	0.03%
废弃物处理	厂内废弃物处理	0.6834	0.49%
	厂外废弃物处理	0.4038	0.29%
总计		<b>138.0785</b>	<b>100.00%</b>

EDH-3 液晶材料各生命周期环节的碳足迹贡献值如图 7-1 所示。

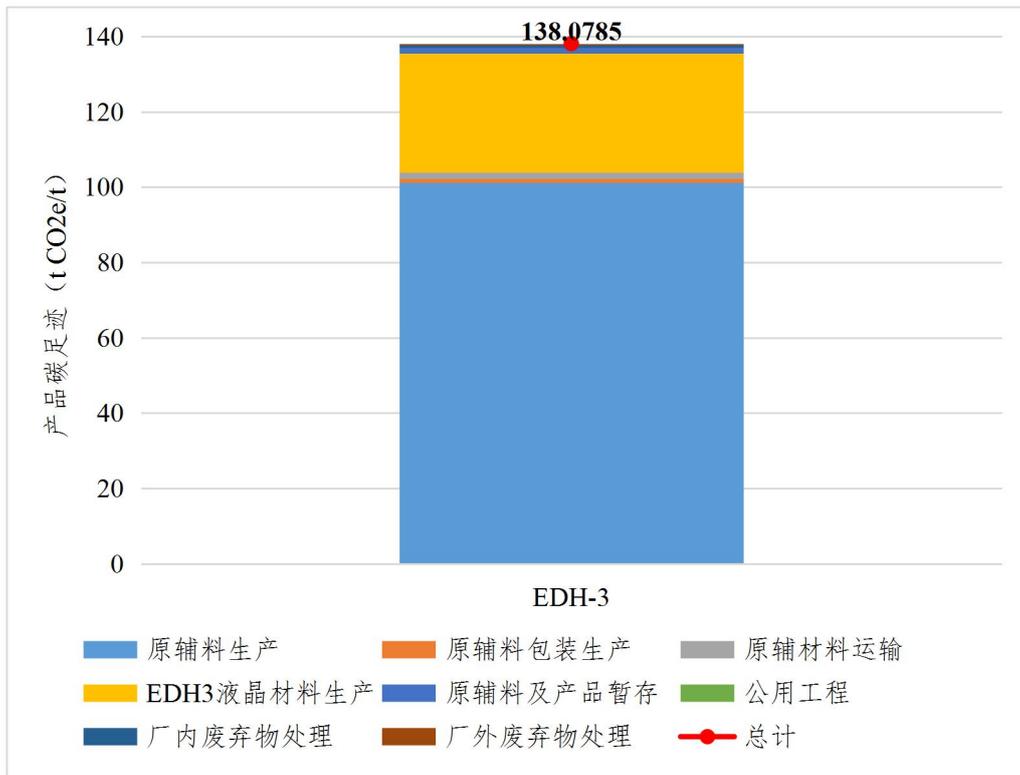


图 7-1 EDH-3 液晶材料各生命周期环节碳足迹贡献

评价对象各环节所占比例如图 7-2 所示。

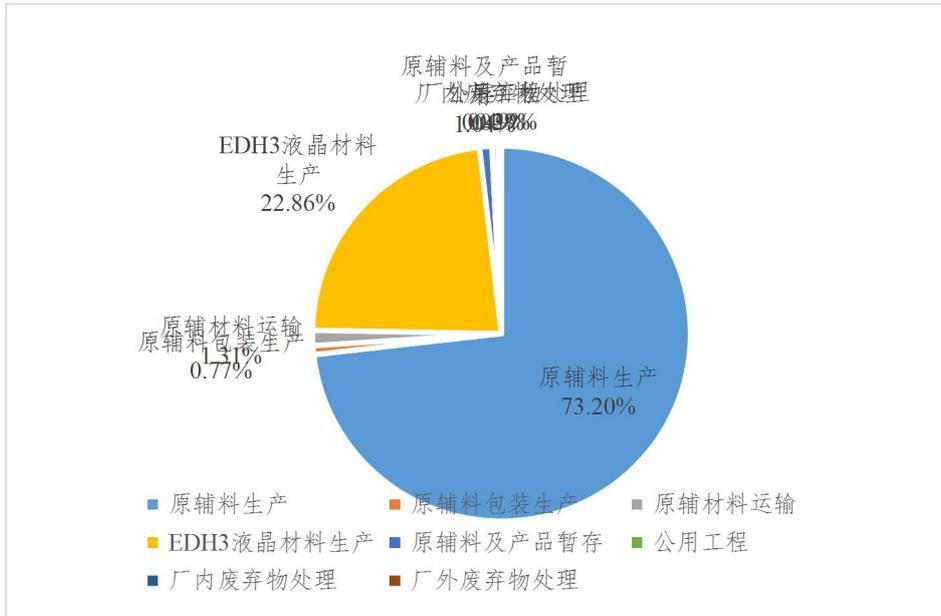


图 7-2 EDH-3 液晶材料碳足迹构成图

由图 7-2 可知，从各环节碳足迹的角度，EDH-3 液晶材料产品足迹的主要贡献环节为：原辅材料生产 > 产品生产制造 > 原辅材料运输 > 废弃物处理。上游原辅材料的生产排放为 EDH-3 产品碳足迹的最主要来源，占比 73.20%；EDH-3 产品生产的碳足迹贡献为 22.86%。

### 7.3.2 按物料组成分析

评价产品的物料碳足迹构成如表 7-4、图 7-3 所示。

表 7-4 EDH-3 液晶材料的物料碳足迹构成

生命周期环节	物料类别	碳排放量 (tCO <sub>2</sub> e/t)	碳排放比例
原辅材料获取	叔丁醇钾	3.7253	3.65%
	四氢呋喃	43.4696	42.56%
	3HHK	2.5420	2.49%
	甲苯	9.9064	9.70%
	石油醚	1.9772	1.94%
	盐酸	3.0289	2.97%
	乙醇	2.7393	2.68%
	乙酸乙酯	4.0191	3.93%

	甲氧基甲基三苯基氯化磷	14.2151	13.92%
	甲基三苯基溴化磷	12.5853	12.32%
	其他辅料	2.8723	2.81%
原辅材料包装		1.0579	1.04%
<b>物料总排放</b>		<b>102.1382</b>	<b>100.00%</b>

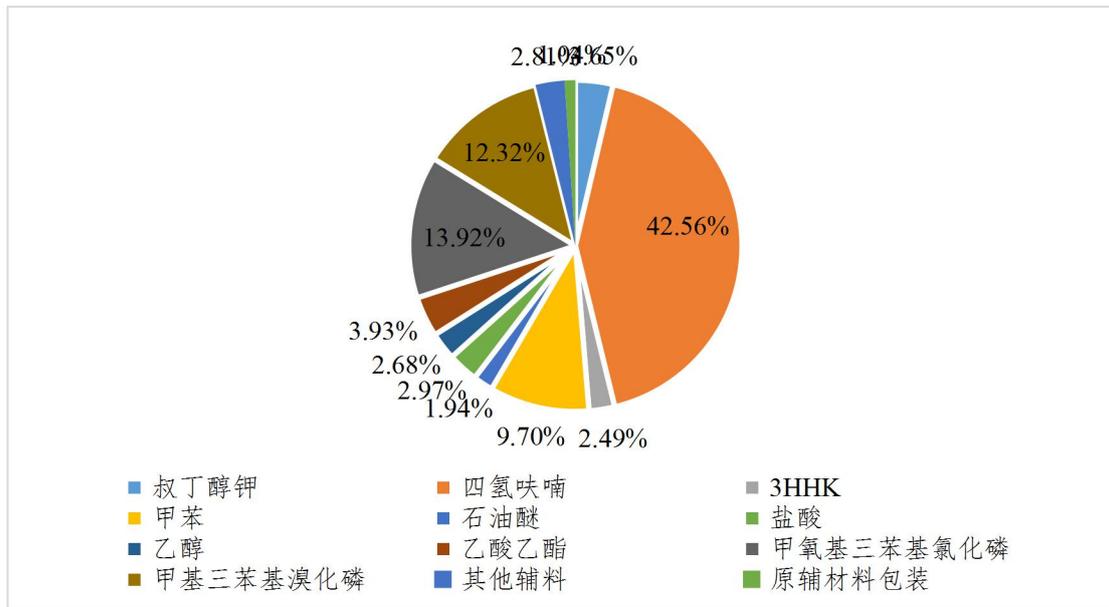


图 7-3 EDH-3 液晶材料物料碳足迹构成图

从物料组成的角度分析,EDH-3 液晶材料的物料碳足迹占产品整体碳足迹的 73.97%。其物料碳足迹的主要来源 5#车间的四氢呋喃、甲氧基甲基三苯基氯化磷、甲基三苯基溴化磷和甲苯原料,其中各类原料的碳足迹贡献为:四氢呋喃>甲氧基甲基三苯基氯化磷>甲基三苯基溴化磷>甲苯。四氢呋喃为 EDH-3 液晶材料最大的物料碳足迹贡献,达 42.56%。因此,企业未来若计划进一步对产品碳足迹进行管理,优化 5#车间的溶剂类原料用量或替换更加绿色的溶剂材料是需要首先考虑的议题。

### 7.3.3 按能耗组成分析

评价产品能耗碳足迹构成如表 7-5 所示。

表 7-5 EDH-3 液晶材料的能耗碳足迹构成

生命周期环节	活动水平参数	碳排放量 (tCO <sub>2</sub> e/t)	碳排放比例
原辅料运输	柴油	1.8048	5.04%
EDH3 液晶材料生产	电力	22.3321	62.39%
	蒸汽	9.2368	25.80%
原辅料及产品暂存	电力	1.1310	3.16%
	柴油	0.3072	0.86%
公用工程	电力	0.0412	0.12%
废弃物处理	电力	0.4514	1.26%
	蒸汽	0.0816	0.23%
	柴油	0.4051	1.13%
	天然气	0.0038	0.01%
能耗总排放		<b>35.7951</b>	<b>100%</b>

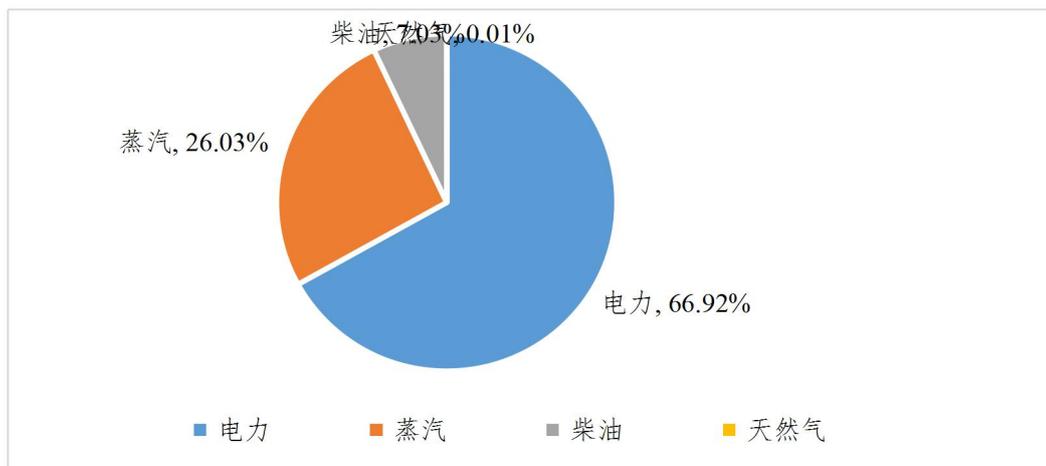


图 7-4 EDH-3 液晶材料的能耗碳足迹构成

从能耗组成的角度分析,EDH-3 液晶材料的能耗碳足迹占其整体碳足迹的 25.92%。其中 EDH-3 液晶材料的生产环节为能耗碳足迹的主要来源,占比 88.19%。各能源消耗类型的碳足迹贡献为: 电力>蒸

汽>柴油>天然气，其中电力为最大的能源碳足迹来源，其占比达66.92%。

## 7.4 敏感性分析

对于 EDH-3 液晶材料，原材料获取环节碳足迹的变化对总体碳足迹影响较大。因此，考虑此环节中不同大类材料的变化对总体碳足迹变化的敏感程度，结果如表 7-6 所示。

**表 7-6 EDH-3 液晶材料碳足迹敏感性分析**

参数		原总碳足迹 (tCO <sub>2</sub> e/t)	减后总碳足迹 (tCO <sub>2</sub> e/t)	碳足迹差值 (tCO <sub>2</sub> e/t)	总量减少比例
EDH-3 液晶材料碳足迹	四氢呋喃消耗减少 10% 时	138.0785	133.7316	4.3470	3.15%
	甲氧基甲基三苯基氯化磷消耗减少 10% 时	138.0785	136.6570	1.4215	1.03%
	甲基三苯基溴化磷消耗减少 10% 时	138.0785	136.8200	1.2585	0.91%
	甲苯消耗减少 10% 时	138.0785	137.0879	0.9906	0.72%
	电力消耗减少 10% 时	138.0785	135.6829	2.3956	1.73%
	蒸汽消耗减少 10% 时	138.0785	137.1467	0.9318	0.67%

将占总碳足迹比例较大的活动数据数值减少 10%，考察对整体碳足迹的影响。由于评价对象碳足迹成分复杂，碳足迹总量大，在相应活动水平数据减少 10% 时，对其碳足迹总量影响效果差异较大。由表 7-6 所示，对于 EDH-3 液晶材料而言，减少四氢呋喃原料的消耗对产品碳足迹的变化影响最大，即减少 10% 的四氢呋喃消耗可使其产品碳

足迹降低 3.15%。

## 八、不确定性分析

### 8.1 分析方法

首先，需要对清单中数据的来源进行质量评估，从数据的可靠性和相关性两个方面来评估。可靠性选定为统计代表性、时间代表性和数据来源三个指标；相关性选定为地理代表性和技术代表性两个指标，如表 8-1。

其次，在对不确定性的各项指标进行综合评定时，采用对各指标进行加权平均的方法，参见公式 8-1。可靠性中 3 个指标各占 1/3，相关性中 2 个指标各占 1/2。最终得分高，则数据质量好，不确定性低；反之得分低，则数据质量差，不确定性高，数据质量等级参照表 8-2。

表 8-1 数据不确定性量化指标

指标值	9	7	5	3	1
统计代表性	全面统计	重点统计或典型统计	抽样调查频次高于每月一次	抽样调查频次 1-3 月每次	抽样调查频次低于 3 月每次；抽样频次未知
时间代表性	研究目标当月数据	与研究目标当月差距 3 月以内	与研究目标当月差距 3~8 月	与研究目标当月差距 8~18 月	与研究目标当月差距 18 月以上；未知数据年代
数据来源	三级测量数据/实际数据	平均数据	经验数据	额定数据	未知
地理代表性	研究目标区域	与研究目标区域地理条件大部分相同	与研究目标区域地理条件类似	与研究目标区域地理条件部分类似	与研究目标区域地理条件完全不同；未知地理条件
技术代	生产现场	技术水平档	技术水平档	技术水平档	技术水平档

表性		次相差为 0	次相差为 1	次相差为 2	次相差为 3
----	--	--------	--------	--------	--------

$$Q = \frac{q_1+q_2+q_3}{6} + \frac{q_4+q_5}{4} \quad \text{公式 (8-1)}$$

式中：

$Q$ ——数据质量等级分；

$q_1$ ——数据的统计代表性质量等级分；

$q_2$ ——数据的时间代表性质量等级分；

$q_3$ ——数据的来源质量等级分；

$q_4$ ——数据的地理代表性质量等级分；

$q_5$ ——数据的技术代表性质量等级分。

**表8-2 数据质量等级**

得分	数据质量	不确定性大小
$8 \leq \text{不确定性} \leq 9$	最高	最小
$7 \leq \text{不确定性} \leq 8$	较高	较小
$6 \leq \text{不确定性} \leq 7$	较差	较大
不确定性 $\leq 6$	差	非常大

按照各碳足迹构成占总碳足迹的比例，对各碳足迹构成的等级分进行加权平均，可获得核算结果的等级分，参见表8-2所示的数据等级，即可获得核算结果的数据等级。具体参见公式（8-2）：

$$Q_{AVG} = \sum Q \times \eta \quad \text{公式 (8-2)}$$

式中：

$Q_{AVG}$ ——核算结果的数据质量等级分；

$Q$ ——各碳足迹构成的数据质量等级分；

$\eta$ ——各碳足迹构成占总碳足迹的比例。

## 8.2 不确定性分析结果

表 8-3 变性燃料乙醇产品碳足迹不确定性分析结果

项目	原辅料生产	原辅料包装生产	原辅料运输	EDH3 液晶材料生产	原辅料及产品暂存	公用工程	厂内废弃物处理	厂外废弃物处理
统计代表性 (q1)	9	7	7	8	9	9	7	8
时间代表性 (q2)	9	9	9	9	9	9	9	9
数据来源 (q3)	9	9	7	8	7	8	8	8
地理代表性 (q4)	9	9	7	9	9	8	8	8
技术代表性 (q5)	7	7	7	9	8	7	8	7
单个投入产出不确定性	8	8	7	9	8	8	8	7
产品碳足迹占比	73.20%	0.77%	1.31%	22.86%	1.04%	0.03%	0.49%	0.29%
总体不确定性	7.98							

由表 8-3 可知，EDH-3 液晶材料的数据总体不确定性为 7.98，数据质量较高，不确定性较小。

## 九、结论

2021 年度内，1 吨 EDH-3 液晶材料的全生命周期（“从摇篮-到-大门”）碳足迹为 137.7993 tCO<sub>2</sub>e/t。

表 9-1 EDH-3 液晶材料碳足迹计算结果

名称	碳足迹 (tCO <sub>2</sub> e/t)
EDH-3 液晶材料	138.0785

对于 EDH-3 液晶材料，其原辅材料获取环节的碳足迹贡献占比较大，达到 73.97%。进一步从物料消耗的角度分析，因四氢呋喃原料消耗而贡献的碳足迹占 EDH-3 液晶材料物料碳足迹的 42.56%，因此四氢呋喃原料为其碳足迹的最主要来源。从能源消耗角度，能耗碳足迹占 EDH-3 液晶材料整体碳足迹的 25.92%，其主要来源于 EDH-3 液晶材料生产过程中的电力消耗。电力消耗占其能耗碳足迹的 66.92%。

## 十、节能减排建议

通过前章结论，明确了 EDH-3 液晶材料的碳足迹构成。因此，工作组给出如下建议：

从物料消耗的角度分析，生产 1 吨 EDH-3 液晶材料产品所消耗的反应物类物料总计 8.89 吨，然而消耗的溶剂类物料总计 19.97 吨，

为反应类物料的 2.25 倍；反应物类物料的碳排放贡献为 36.20 tCO<sub>2</sub>e/t，溶剂类物料的碳排放贡献达 62.45 tCO<sub>2</sub>e/t。溶剂类物料的碳排放占 EDH-3 产品碳足迹的 45.32%，其中仅四氢呋喃溶剂的碳排放贡献就达到了产品碳足迹的 31.55%。因此，为降低 EDH-3 的产品碳足迹，评价组建议万润股份可优先从减少溶剂类原料的消耗量着手，一方面优化溶剂回收工艺技术，挖掘生产过程中溶剂回收潜力，充分提高溶剂类原料的使用效率；另一方面，在不影响生产效率和产品品质的基础上，可考虑选用更加低碳环保的绿色溶剂替代四氢呋喃等高碳排放溶剂，以此降低上游原辅料获取环节的碳排放。

从能源消耗的角度分析，生产 1 吨 EDH-3 液晶材料产品，在产品合成制备车间，即 5#车间的电力消耗为 6.48 MWh，蒸汽消耗为 19.96 GJ；在产品净化包装车间，即 3#车间的电力消耗为 12.18 MWh，蒸汽消耗为 65.61GJ。3#车间的电力消耗和蒸汽消耗分别为 5#车间的 1.88 和 3.29 倍，3#车间能源消耗对应的碳排放是 5#车间的 2.18 倍。考虑到 2 个车间的生产工序与能源消耗间的关系，评价组建议建议万润股份可开展节能诊断工作，挖掘生产过程尤其是 3#车间的节能潜力，提高能源（特别是电力）利用效率，以降低产品能源消耗导致的碳排放。

从长期来看，由于电力在能源消耗中的占比最高，因此建议万润股份考虑采用绿电等清洁能源，能够大大降低 EDH-3 液晶材料产品的碳足迹，是未来打造低碳产品的有效技术手段之一。