

中节能万润股份有限公司

VZ422 沸石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.....	10
4.3.1 时间边界.....	10
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.....	14
5.3 分配原则.....	18
六、数据收集.....	19
6.1 数据收集和评价过程.....	19
6.1.1 产品数据.....	19
6.1.2 物料数据.....	20
6.1.3 能耗数据.....	34
6.1.4 运输数据.....	40
6.1.5 废弃物数据.....	41
6.1.6 碳足迹核算系数.....	43
6.2 数据汇总表.....	46
七、产品碳足迹的计算.....	52
7.1 计算公式.....	52
7.2 产品碳足迹评估与分析.....	53
7.3 产品碳足迹分析.....	58
7.3.1 按生命周期各环节分析.....	58
7.3.2 按物料组成分析.....	67
7.3.3 按能耗组成分析.....	69
7.4 敏感性分析.....	71
八、不确定性分析.....	72
8.1 分析方法.....	72
8.2 不确定性分析结果.....	75
九、结论.....	76

十、节能减排建议.....	77
附件.....	78
附件 1 VZ422 沸石材料产品碳足迹（基于 1 吨产量）.....	78
附件 2 LA25 模板剂产品碳足迹（基于 1 吨产量）.....	81
附件 3 VZ422 沸石材料、LA25 模板剂产品碳足迹汇总表.....	84
附件 4 物料碳足迹构成.....	84
附件 5 能耗碳足迹构成.....	85
附录.....	87
附录 1 文件清单.....	87
附录 2 主要文件样张.....	89

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,占地面积60万m²,建筑面积30万m²。

此次评价对象为中节能万润股份有限公司 VZ422沸石材料产

品。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；2020 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	宋琛玉	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	王康妮	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"> 介绍企业的基本情况、生产经营情况； 介绍企业产品情况及生产工艺； 介绍企业组织机构设置情况；
	徐永贞	生产技术部	<ul style="list-style-type: none"> 介绍产品生产过程中各工序物料及能源使用情况； 介绍企业物料及能源计量、统计情况。
	桑凯伦	生产技术部	<ul style="list-style-type: none"> 介绍产品生产过程中各工序物料及能源使用情况； 介绍企业物料及能源计量、统计情况。
	刘云康	生产技术部	<ul style="list-style-type: none"> 介绍产品生产过程中各工序物料及能源使用情况； 介绍企业物料及能源计量、统计情况。

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 m²，建筑总面积 30 万 m²。

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。

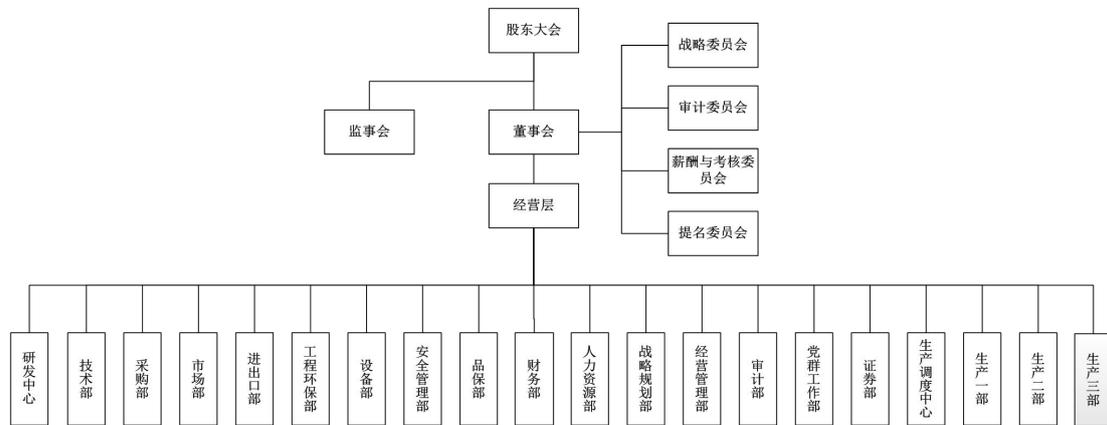


图 4-1 中节能万润股份有限公司组织机构图

中节能万润股份有限公司的厂区平面图如图 4-2 所示。

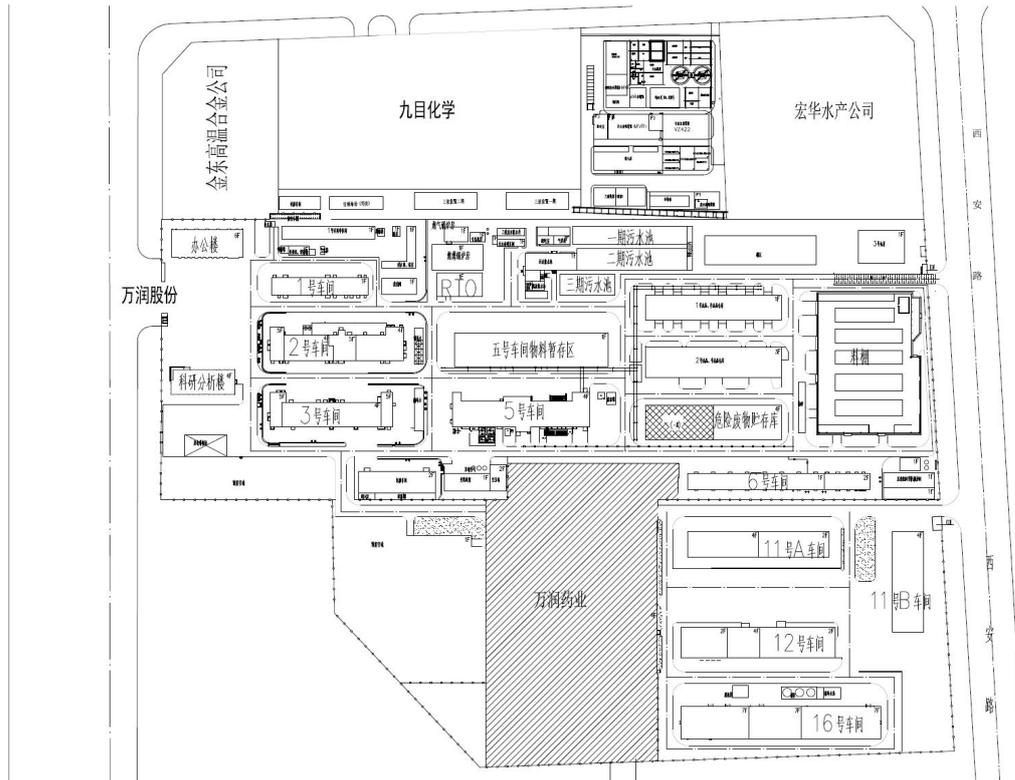


图 4-2 中节能万润股份有限公司厂区平面图

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：由万润股份有限公司生产的 1 吨 VZ422 沸石材料产品。

沸石分子筛广泛应用于石油裂解和催化剂领域，在 1000℃ 的温度下，沸石分子筛的微孔型晶体结构依然保持稳定，同时吸附性能也维持稳定的。因此，这种具有微孔型结构和抗高温高湿热能力的产品可望作为净化催化剂的载体。万润股份 VZ422 产品的载体为 V-1 沸石，孔道尺寸为 0.6nm，按照沸石孔道大小来划分，属于微孔中的小孔沸石。V-1 沸石结构是由硅铝酸盐化合物组成的四面体，硅、铝原子通过氧原子首尾相接、有序地排列成具有八元环形状的晶体结构。

4.3 系统边界

4.3.1 时间边界

本次以万润股份的 VZ422 沸石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 VZ422 沸石材料产品的碳足迹评价采用从“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

由于 VZ422 沸石材料产品的生产原料——模板剂为万润股份自行生产，并且对模板剂的原料产品分子式有保密要求，无法从其他渠道获取模板剂的碳足迹系数。因此，本次评价将依据万润股份 2021 年海川车间的模板剂实际生产数据，计算得出模板剂从“摇篮到大门”的碳足迹系数，以此为基础进一步计算 VZ422 沸石材料产品的碳足迹系数。故本小节分别对模板剂、VZ422 沸石材料产品的生命周期清单进行了分析。

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，排放源包括以下 3 类：(1) 产品生产过程能源消耗导致的排放，主要为电力消耗、蒸汽消耗和柴油消耗导致的排放；(2) VZ422 生产过程中模板剂焙烧分解产生的 CO₂ 直接进入大气造成的排放；(3) 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消耗产生的排放（柴油）和存放过程产生的电力消耗排放；

- 废弃物处理，排放源包括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；另外废气处理还包含 VZ422 产生的碳酸氢铵废水高温蒸汽脱氨过程产生的 CO₂ 排放。厂外废弃物处理包含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，以及各类固体废弃物处理处置环节导致的排放。

根据上述活动，依据产品生产工艺流程图，确定了模板剂、VZ422 沸石材料产品涉及的物料、能源消耗清单，如表 5-1 和表 5-2 所示。

表 5-1 万润股份 VZ422 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 ¹
原料	48%氢氧化钾溶液、固体硫酸铝、30%二氧化硅溶液、固体碳酸氢铵、模板剂、93%硫酸溶液	\	\	\
辅料、包装	辅料：27.2%过氧化氢溶液、98%硫酸溶液、32% 氢氧化钠溶液、消泡剂、固体聚丙烯酰胺阳离子 PAM+、固体聚丙烯酰胺阴离子 PAM-、固体聚合氯化铝 PAC 包装：聚丙烯塑编袋、HDPE 塑料桶、钢架护栏、内衬 PE 塑料袋	\	\	塑料编织袋 硫酸铵废渣
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	\	\	模板剂焙烧产生的 CO ₂ 废气	碳酸氢铵废水脱氨产生的 CO ₂ 废气

¹ 固体废弃物处理方式主要是填埋，硫酸铵废渣外售再利用。

表 5-2 万润股份模板剂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 ²
原料	盐酸金刚烷胺、甲酸、甲酸钠、离子膜液碱、甲醛、甲苯、碳酸二甲酯、氢氧化钙	\	\	\
辅料、包装	辅料：缓蚀阻垢剂、工业盐、包装袋-盐酸金刚烷胺、27.2%过氧化氢溶液、98%硫酸溶液、32% 氢氧化钠溶液、消泡剂、固体聚丙烯酰胺阳离子 PAM+、固体聚丙烯酰胺阴离子 PAM-、固体聚合氯化铝 PAC 包装：塑料编织袋、HDPE 塑料桶、铁桶	\	\	塑料编织袋
能源	\	柴油	产品生产过程用电、蒸汽	废弃物处理过程用电、蒸汽、柴油、天然气，运输过程柴油消耗

² 废弃物处理方式主要是填埋。

5.3 分配原则

根据《模板剂产品种类+产量-海川车间》，海川车间除生产模板剂以外还有其余产品，由于万润股份海川车间的能源消耗、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，并未对模板剂生产线的上述生产运营参数进行单独监测和统计。故本次评价按照 2021 年海川车间模板剂的产品产量占海川车间总产品产量的比例，分别对海川车间的能源消耗、废水产生量、公用工程消耗量等进行拆分，以此近似计算得到海川车间模板剂生产线的能源消耗、废水产生量、公用工程消耗量等数据。

由《生产月度汇总报表-12#》和企业生产资料可知，VZ422 沸石材料产品由万润股份大季家生产基地 12#车间生产，并且 12#车间仅生产 VZ422 单一产品，因此 12#车间的生产运营数据等同于 VZ422 沸石材料产品的生产运营数据。

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（如废水处理），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、单位废水/废气处理量的物料和能源投入，分别乘以模板剂生产线、或 VZ422 生产线的公用工程消耗量、废水产生量和废气产生量，计算得出模板剂生产、或 VZ422 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

模板剂和 VZ422 沸石材料产品的 2021 年产量数据分别见表 6-1 和表 6-2。

表 6-1 2021 年 VZ422 沸石材料产品产量

数据项	2021 年 VZ422 沸石材料产品产量
数据值	910.5585
单位	t
数据来源	《产品种类+产量》

表 6-2 2021 年模板剂材料产品产量

数据项	2021 年模板剂材料产品产量
数据值	718.0000
单位	t
数据来源	《模板剂产品种类-产量-海川车间》

6.1.2 物料数据

如 5.3 小节所述，本次评价采用产品产量分配原则，将海川车间的公用工程消耗量、废水产生量等生产运营参数分配至模板剂生产线。生产污水由万润股份大季家生产基地集中处理。本次评价通过计算生产基地内单位废水处理量的物料投入，并分别乘以模板剂生产线、或 VZ422 生产的废水产生量，计算得出模板剂生产线、或 VZ422 生产所需污水处理的物料投入。计算方法详见公式 6-1 至公式 6-3。分配系数如表 6-3 所示。

$$U_L = U_{L,t} \times AF_L \quad (\text{公式 6-1})$$

$$M_{i,L} = M_{L,t} \times AF_L \times MU_i \quad (\text{公式 6-2})$$

$$M_{i,V} = M_{V,t} \times MU \quad (\text{公式 6-3})$$

式中：

U_L ——模板剂生产的公用工程消耗量，t；

$U_{L,t}$ ——海川车间的公用工程消耗量，t；

AF_L ——海川车间模板剂生产的分配系数，[-]；

$M_{i,L}$ ——模板剂生产废水处理所需的物料消耗量，t；

$M_{L,t}$ ——海川车间的污水产生量，t；

MU_i ——单位污水处理量所需的物料消耗量，t；

$M_{i,V}$ ——VZ422 废水处理的环保工程物料消耗量，t；

$M_{V,t}$ ——生产 VZ422 的污水产生量，t。

表 6-3 海川车间模板剂的物料消耗分配系数

数据项	海川车间模板剂的物料消耗分配系数
数据值	0.3208
单位	/
数据来源	《生产月度汇总报表-海川车间模板剂》《模板剂产品种类+产量-海川车间》

6.1.2.1 原辅料消耗数据

以下所列 VZ422 沸石材料和模板剂的物料消耗数据均为按照上述分配原则计算后的结果。

表 6-4 VZ422 沸石材料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										
PS48	1658.3914	48%氢氧化钾溶液	1658.3914	生产月度汇总表-12	采用计量统计数据										
ASS16	402.2667	固体硫酸铝	402.2667	生产月度汇总表-12	采用计量统计数据										
SS30	4707.6837	30%二氧化硅溶液	4707.6837	生产月度汇总表-12	采用计量统计数据										
HAC99	620.4525	固体碳酸氢铵	620.4525	生产月度汇总表-12	采用计量统计数据										
LA25-模板剂	1005.9765	25%水溶液	1005.9765	生产月度汇总表-12	采用计量统计数据										
硫酸	399.4200	93%硫酸溶液	399.4200	生产月度汇总表-12	采用计量统计数据										
双氧水 H ₂ O ₂	71.4052	27.2%过氧化氢溶液	71.4052	生产月度汇总表-环保, 生产月度汇总表-12	计算值: <table border="1"> <tr> <td>VZ422 污水合计 (t)</td> <td>112941.8058</td> </tr> <tr> <td>环保报表污水总量(t)</td> <td>124451.4258</td> </tr> <tr> <td>双氧水消耗总量(t)</td> <td>78.6819</td> </tr> <tr> <td>处理单位污水的双氧水单耗 (kg/t)</td> <td>0.6322</td> </tr> <tr> <td>VZ422 消耗量(t)</td> <td>71.4052</td> </tr> </table>	VZ422 污水合计 (t)	112941.8058	环保报表污水总量(t)	124451.4258	双氧水消耗总量(t)	78.6819	处理单位污水的双氧水单耗 (kg/t)	0.6322	VZ422 消耗量(t)	71.4052
VZ422 污水合计 (t)	112941.8058														
环保报表污水总量(t)	124451.4258														
双氧水消耗总量(t)	78.6819														
处理单位污水的双氧水单耗 (kg/t)	0.6322														
VZ422 消耗量(t)	71.4052														
硫酸 H ₂ SO ₄ 98%	451.4701	98%硫酸溶液	451.4701	生产月度汇总表-环保, 生产月度汇总表-12	计算值: <table border="1"> <tr> <td>VZ422 污水合计 (t)</td> <td>112941.8058</td> </tr> <tr> <td>环保报表污水总量(t)</td> <td>124451.4258</td> </tr> </table>	VZ422 污水合计 (t)	112941.8058	环保报表污水总量(t)	124451.4258						
VZ422 污水合计 (t)	112941.8058														
环保报表污水总量(t)	124451.4258														

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>硫酸消耗总量(t)</td> <td>497.4783</td> </tr> <tr> <td>处理单位污水的硫酸单耗 (kg/t)</td> <td>3.9974</td> </tr> <tr> <td>VZ422 消耗量(t)</td> <td>451.4701</td> </tr> </table>	硫酸消耗总量(t)	497.4783	处理单位污水的硫酸单耗 (kg/t)	3.9974	VZ422 消耗量(t)	451.4701				
硫酸消耗总量(t)	497.4783														
处理单位污水的硫酸单耗 (kg/t)	3.9974														
VZ422 消耗量(t)	451.4701														
NaOH 液碱	2.1527	32% 氢氧化钠溶液	2.1527	生产月度汇总表-环保, 生产月度汇总表-12	计算值: <table border="1"> <tr> <td>VZ422 污水合计 (t)</td> <td>112941.8058</td> </tr> <tr> <td>环保报表污水总量(t)</td> <td>124451.4258</td> </tr> <tr> <td>液碱消耗总量(t)</td> <td>2.3721</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>VZ422 消耗量(t)</td> <td>2.1527</td> </tr> </table>	VZ422 污水合计 (t)	112941.8058	环保报表污水总量(t)	124451.4258	液碱消耗总量(t)	2.3721	处理单位污水的液碱单耗 (kg/t)	0.0191	VZ422 消耗量(t)	2.1527
VZ422 污水合计 (t)	112941.8058														
环保报表污水总量(t)	124451.4258														
液碱消耗总量(t)	2.3721														
处理单位污水的液碱单耗 (kg/t)	0.0191														
VZ422 消耗量(t)	2.1527														
消泡剂	0.5182		0.5182	生产月度汇总表-环保, 生产月度汇总表-12	计算值: <table border="1"> <tr> <td>VZ422 污水合计 (t)</td> <td>112941.8058</td> </tr> <tr> <td>环保报表污水总量(t)</td> <td>124451.4258</td> </tr> <tr> <td>消泡剂消耗总量(t)</td> <td>0.5710</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>VZ422 消耗量(t)</td> <td>0.5182</td> </tr> </table>	VZ422 污水合计 (t)	112941.8058	环保报表污水总量(t)	124451.4258	消泡剂消耗总量(t)	0.5710	处理单位污水的消泡剂单耗 (kg/t)	0.0046	VZ422 消耗量(t)	0.5182
VZ422 污水合计 (t)	112941.8058														
环保报表污水总量(t)	124451.4258														
消泡剂消耗总量(t)	0.5710														
处理单位污水的消泡剂单耗 (kg/t)	0.0046														
VZ422 消耗量(t)	0.5182														
聚丙烯酰胺阳离子	0.4559	固体聚丙烯酰胺阳离子	0.4559	生产月度汇总表-环保, 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										
子 PAM+				度汇总表-12	<table border="1"> <tr> <td>VZ422 污水合计 (t)</td> <td>112941.8058</td> </tr> <tr> <td>环保报表污水总量(t)</td> <td>124451.4258</td> </tr> <tr> <td>PAM+消耗总量(t)</td> <td>0.5023</td> </tr> <tr> <td>处理单位污水的 PAM+单耗 (kg/t)</td> <td>0.0040</td> </tr> <tr> <td>VZ422 消耗量(t)</td> <td>0.4559</td> </tr> </table>	VZ422 污水合计 (t)	112941.8058	环保报表污水总量(t)	124451.4258	PAM+消耗总量(t)	0.5023	处理单位污水的 PAM+单耗 (kg/t)	0.0040	VZ422 消耗量(t)	0.4559
VZ422 污水合计 (t)	112941.8058														
环保报表污水总量(t)	124451.4258														
PAM+消耗总量(t)	0.5023														
处理单位污水的 PAM+单耗 (kg/t)	0.0040														
VZ422 消耗量(t)	0.4559														
聚丙烯酰胺阴离子 PAM-	1.8996	固体聚丙烯酰胺阴离子	1.8996	生产月度汇总表-环保, 生产月度汇总表-12	计算值: <table border="1"> <tr> <td>VZ422 污水合计 (t)</td> <td>112941.8058</td> </tr> <tr> <td>环保报表污水总量(t)</td> <td>124451.4258</td> </tr> <tr> <td>PAM-消耗总量(t)</td> <td>2.0932</td> </tr> <tr> <td>处理单位污水的 PAM-单耗 (kg/t)</td> <td>0.0168</td> </tr> <tr> <td>VZ422 消耗量(t)</td> <td>1.8996</td> </tr> </table>	VZ422 污水合计 (t)	112941.8058	环保报表污水总量(t)	124451.4258	PAM-消耗总量(t)	2.0932	处理单位污水的 PAM-单耗 (kg/t)	0.0168	VZ422 消耗量(t)	1.8996
VZ422 污水合计 (t)	112941.8058														
环保报表污水总量(t)	124451.4258														
PAM-消耗总量(t)	2.0932														
处理单位污水的 PAM-单耗 (kg/t)	0.0168														
VZ422 消耗量(t)	1.8996														
聚合氯化铝 (PAC)	3.1618	固体聚合氯化铝	3.1618	生产月度汇总表-环保, 生产月度汇总表-12	计算值: <table border="1"> <tr> <td>VZ422 污水合计 (t)</td> <td>112941.8058</td> </tr> <tr> <td>环保报表污水总量(t)</td> <td>124451.4258</td> </tr> <tr> <td>PAC 消耗总量(t)</td> <td>3.4840</td> </tr> <tr> <td>处理单位污水的 PAC 单耗 (kg/t)</td> <td>0.0280</td> </tr> <tr> <td>VZ422 消耗量(t)</td> <td>3.1618</td> </tr> </table>	VZ422 污水合计 (t)	112941.8058	环保报表污水总量(t)	124451.4258	PAC 消耗总量(t)	3.4840	处理单位污水的 PAC 单耗 (kg/t)	0.0280	VZ422 消耗量(t)	3.1618
VZ422 污水合计 (t)	112941.8058														
环保报表污水总量(t)	124451.4258														
PAC 消耗总量(t)	3.4840														
处理单位污水的 PAC 单耗 (kg/t)	0.0280														
VZ422 消耗量(t)	3.1618														

表 6-5 LA25 模板剂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						
盐酸金刚烷胺	737.5500	固体盐酸金刚烷胺	737.5500	生产月度汇总报表-海川车间模板剂	采用计量统计数据						
甲酸	329.8860	甲酸	329.8860	生产月度汇总报表-海川车间模板剂	采用计量统计数据						
甲酸钠	294.1260	甲酸钠	294.1260	生产月度汇总报表-海川车间模板剂	采用计量统计数据						
离子膜液碱	262.3890	48% NaOH 溶液	262.3890	生产月度汇总报表-海川车间模板剂	采用计量统计数据						
甲醛	797.4480	甲醛	797.4480	生产月度汇总报表-海川车间模板剂	采用计量统计数据						
甲苯	357.6000	甲苯	357.6000	生产月度汇总报表-海川车间模板剂	采用计量统计数据						
碳酸二甲酯	499.5620	碳酸二甲酯	499.5620	生产月度汇总报表-海川车间模板剂	采用计量统计数据						
氢氧化钙	390.5220	氢氧化钙	390.5220	生产月度汇总报表-海川车间模板剂	采用计量统计数据						
缓蚀阻垢剂	0.1540		0.1540	生产月度汇总报表-海川车间模板剂,模板剂产品种类+产量-海川车间	计算值: <table border="1" data-bbox="1601 1173 2016 1340"> <tr> <td>海川车间缓蚀阻垢剂消耗总量(t)</td> <td>0.4800</td> </tr> <tr> <td>分配系数</td> <td>0.3208</td> </tr> <tr> <td>模板剂生产消耗量(t)</td> <td>0.1540</td> </tr> </table>	海川车间缓蚀阻垢剂消耗总量(t)	0.4800	分配系数	0.3208	模板剂生产消耗量(t)	0.1540
海川车间缓蚀阻垢剂消耗总量(t)	0.4800										
分配系数	0.3208										
模板剂生产消耗量(t)	0.1540										

物料名称	质量 (t)	成分	活动水平数据 (t)	数据来源	获取方法														
工业盐	0.9625	氯化钠	0.9625	生产月度汇总报表-海川车间模板剂,模板剂产品种类+产量-海川车间	计算值: <table border="1"> <tr> <td>海川车间工业盐消耗总量(t)</td> <td>3.0000</td> </tr> <tr> <td>分配系数</td> <td>0.3208</td> </tr> <tr> <td>模板剂生产消耗量(t)</td> <td>0.9625</td> </tr> </table>	海川车间工业盐消耗总量(t)	3.0000	分配系数	0.3208	模板剂生产消耗量(t)	0.9625								
海川车间工业盐消耗总量(t)	3.0000																		
分配系数	0.3208																		
模板剂生产消耗量(t)	0.9625																		
双氧水 H ₂ O ₂	0.4985	27.2%过氧化氢溶液	0.4985	生产月度汇总表-环保, 生产月度汇总表-海川车间模板剂, 模板剂产品种类+产量-海川车间	计算值: <table border="1"> <tr> <td>海川车间污水量 (t)</td> <td>2457.444</td> </tr> <tr> <td>分配系数</td> <td>0.3208</td> </tr> <tr> <td>模板剂污水合计 (t)</td> <td>788.4025</td> </tr> <tr> <td>环保报表污水总量(t)</td> <td>124451.4258</td> </tr> <tr> <td>双氧水消耗总量(t)</td> <td>78.6819</td> </tr> <tr> <td>处理单位污水的双氧水单耗 (kg/t)</td> <td>0.6322</td> </tr> <tr> <td>模板剂消耗量(t)</td> <td>71.4052</td> </tr> </table>	海川车间污水量 (t)	2457.444	分配系数	0.3208	模板剂污水合计 (t)	788.4025	环保报表污水总量(t)	124451.4258	双氧水消耗总量(t)	78.6819	处理单位污水的双氧水单耗 (kg/t)	0.6322	模板剂消耗量(t)	71.4052
海川车间污水量 (t)	2457.444																		
分配系数	0.3208																		
模板剂污水合计 (t)	788.4025																		
环保报表污水总量(t)	124451.4258																		
双氧水消耗总量(t)	78.6819																		
处理单位污水的双氧水单耗 (kg/t)	0.6322																		
模板剂消耗量(t)	71.4052																		
硫酸 H ₂ SO ₄ 98%	3.1515	98%硫酸溶液	3.1515	生产月度汇总表-环保, 生产月度汇总表-海川车间模板剂, 模板剂产品种类+产量-海川车间	计算值: <table border="1"> <tr> <td>海川车间污水量 (t)</td> <td>2457.444</td> </tr> <tr> <td>分配系数</td> <td>0.3208</td> </tr> <tr> <td>模板剂污水合计 (t)</td> <td>788.4025</td> </tr> <tr> <td>环保报表污水总量(t)</td> <td>124451.4258</td> </tr> <tr> <td>硫酸消耗总量(t)</td> <td>497.4783</td> </tr> <tr> <td>处理单位污水单耗</td> <td>3.9974</td> </tr> </table>	海川车间污水量 (t)	2457.444	分配系数	0.3208	模板剂污水合计 (t)	788.4025	环保报表污水总量(t)	124451.4258	硫酸消耗总量(t)	497.4783	处理单位污水单耗	3.9974		
海川车间污水量 (t)	2457.444																		
分配系数	0.3208																		
模板剂污水合计 (t)	788.4025																		
环保报表污水总量(t)	124451.4258																		
硫酸消耗总量(t)	497.4783																		
处理单位污水单耗	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>(kg/t)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>模板剂消耗量(t)</td> <td>3.1515</td> </tr> </table>	(kg/t)		模板剂消耗量(t)	3.1515										
(kg/t)																			
模板剂消耗量(t)	3.1515																		
NaOH 液碱	0.0150	32% 氢氧化钠溶液	0.0150	生产月度汇总表-环保, 生产月度汇总表-海川车间模板剂, 模板剂产品种类+产量-海川车间	计算值: <table border="1"> <tr> <td>海川车间污水量 (t)</td> <td>2457.444</td> </tr> <tr> <td>分配系数</td> <td>0.3208</td> </tr> <tr> <td>模板剂污水合计 (t)</td> <td>788.4025</td> </tr> <tr> <td>环保报表污水总量(t)</td> <td>124451.4258</td> </tr> <tr> <td>液碱消耗总量(t)</td> <td>2.372</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>模板剂消耗量(t)</td> <td>0.0150</td> </tr> </table>	海川车间污水量 (t)	2457.444	分配系数	0.3208	模板剂污水合计 (t)	788.4025	环保报表污水总量(t)	124451.4258	液碱消耗总量(t)	2.372	处理单位污水的液碱单耗 (kg/t)	0.0191	模板剂消耗量(t)	0.0150
海川车间污水量 (t)	2457.444																		
分配系数	0.3208																		
模板剂污水合计 (t)	788.4025																		
环保报表污水总量(t)	124451.4258																		
液碱消耗总量(t)	2.372																		
处理单位污水的液碱单耗 (kg/t)	0.0191																		
模板剂消耗量(t)	0.0150																		
消泡剂	0.0036		0.0036	生产月度汇总表-环保, 生产月度汇总表-海川车间模板剂, 模板剂产品种类+产量-海川车间	计算值: <table border="1"> <tr> <td>海川车间污水量 (t)</td> <td>2457.444</td> </tr> <tr> <td>分配系数</td> <td>0.3208</td> </tr> <tr> <td>模板剂污水合计 (t)</td> <td>788.4025</td> </tr> <tr> <td>环保报表污水总量(t)</td> <td>124451.4258</td> </tr> <tr> <td>消泡剂消耗总量(t)</td> <td>0.5701</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>模板剂消耗量(t)</td> <td>0.0036</td> </tr> </table>	海川车间污水量 (t)	2457.444	分配系数	0.3208	模板剂污水合计 (t)	788.4025	环保报表污水总量(t)	124451.4258	消泡剂消耗总量(t)	0.5701	处理单位污水的消泡剂单耗 (kg/t)	0.0046	模板剂消耗量(t)	0.0036
海川车间污水量 (t)	2457.444																		
分配系数	0.3208																		
模板剂污水合计 (t)	788.4025																		
环保报表污水总量(t)	124451.4258																		
消泡剂消耗总量(t)	0.5701																		
处理单位污水的消泡剂单耗 (kg/t)	0.0046																		
模板剂消耗量(t)	0.0036																		
聚丙烯酰胺阳离子 PAM+	0.0032	固体聚丙烯酰胺阳离子	0.0032	生产月度汇总表-环保, 生产月度汇总表-海川车间模板剂,	计算值: <table border="1"> <tr> <td>海川车间污水量 (t)</td> <td>2457.444</td> </tr> </table>	海川车间污水量 (t)	2457.444												
海川车间污水量 (t)	2457.444																		

物料名称	质量 (t)	成分	活动水平数据 (t)	数据来源	获取方法														
				模板剂产品种类+产量-海川车间	<table border="1"> <tr> <td>分配系数</td> <td>0.3208</td> </tr> <tr> <td>模板剂污水合计 (t)</td> <td>788.4025</td> </tr> <tr> <td>环保报表污水总量(t)</td> <td>124451.4258</td> </tr> <tr> <td>PAM+消耗总量(t)</td> <td>0.5023</td> </tr> <tr> <td>处理单位污水的 PAM+单耗 (kg/t)</td> <td>0.0040</td> </tr> <tr> <td>模板剂消耗量(t)</td> <td>0.0032</td> </tr> </table>	分配系数	0.3208	模板剂污水合计 (t)	788.4025	环保报表污水总量(t)	124451.4258	PAM+消耗总量(t)	0.5023	处理单位污水的 PAM+单耗 (kg/t)	0.0040	模板剂消耗量(t)	0.0032		
分配系数	0.3208																		
模板剂污水合计 (t)	788.4025																		
环保报表污水总量(t)	124451.4258																		
PAM+消耗总量(t)	0.5023																		
处理单位污水的 PAM+单耗 (kg/t)	0.0040																		
模板剂消耗量(t)	0.0032																		
聚丙烯酰胺阴离子 PAM-	0.0133	固体聚丙烯酰胺阴离子	0.0133	生产月度汇总表-环保, 生产月度汇总表-海川车间模板剂, 模板剂产品种类+产量-海川车间	计算值: <table border="1"> <tr> <td>海川车间污水量 (t)</td> <td>2457.444</td> </tr> <tr> <td>分配系数</td> <td>0.3208</td> </tr> <tr> <td>模板剂污水合计 (t)</td> <td>788.4025</td> </tr> <tr> <td>环保报表污水总量(t)</td> <td>124451.4258</td> </tr> <tr> <td>PAM-消耗总量(t)</td> <td>2.0932</td> </tr> <tr> <td>处理单位污水的 PAM-单耗 (kg/t)</td> <td>0.0168</td> </tr> <tr> <td>模板剂消耗量(t)</td> <td>0.0133</td> </tr> </table>	海川车间污水量 (t)	2457.444	分配系数	0.3208	模板剂污水合计 (t)	788.4025	环保报表污水总量(t)	124451.4258	PAM-消耗总量(t)	2.0932	处理单位污水的 PAM-单耗 (kg/t)	0.0168	模板剂消耗量(t)	0.0133
海川车间污水量 (t)	2457.444																		
分配系数	0.3208																		
模板剂污水合计 (t)	788.4025																		
环保报表污水总量(t)	124451.4258																		
PAM-消耗总量(t)	2.0932																		
处理单位污水的 PAM-单耗 (kg/t)	0.0168																		
模板剂消耗量(t)	0.0133																		
聚合氯化铝 (PAC)	0.0221	固体聚合氯化铝	0.0221	生产月度汇总表-环保, 生产月度汇总表-海川车间模板剂, 模板剂产品种类+产量-海川车间	计算值: <table border="1"> <tr> <td>海川车间污水量 (t)</td> <td>2457.444</td> </tr> <tr> <td>分配系数</td> <td>0.3208</td> </tr> <tr> <td>模板剂污水合计 (t)</td> <td>788.4025</td> </tr> </table>	海川车间污水量 (t)	2457.444	分配系数	0.3208	模板剂污水合计 (t)	788.4025								
海川车间污水量 (t)	2457.444																		
分配系数	0.3208																		
模板剂污水合计 (t)	788.4025																		

物料名称	质量 (t)	成分	活动水平数据 (t)	数据来源	获取方法	
					环保报表污水总量(t)	124451.4258
					PAM-消耗总量(t)	3.4840
					处理单位污水的 PAM-单耗 (kg/t)	0.0280
					模板剂消耗量(t)	0.0221

6.1.2.2 包装消耗数据

表 6-6 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 (kg/件)
包装袋 -ASS16	塑料编织袋	300kg/袋	聚丙烯塑编袋	850*850*1300 mm	2.6
包装袋 -HAC99	塑料编织袋	300kg/袋	塑编袋	700*700*600 mm	1
包装箱 -LA25 模板剂	方箱	1000kg/方箱	高密度聚乙烯塑料 HDPE+ 护栏	/	55
包装袋 - 盐酸金刚烷胺	塑料编织袋	275 千克/袋	内衬塑料袋 外层塑料编织袋	/	2.5
包装桶 - 甲酸	塑料编织袋	250 千克/桶	高密度聚乙烯塑料 HDPE	/	10
包装袋 - 甲酸钠	塑料编织袋	329 千克/袋	内衬塑料袋, 外层塑料编织袋	/	2
包装桶 - 离子膜液碱 (48%)	塑料桶	280 千克/桶	高密度聚乙烯塑料 HDPE	/	10
碳酸二甲酯	钢桶	180 千克/桶	200L 钢桶	/	20
VZ422 成品 包装袋	塑料编织袋 b	500kg/袋	内衬: 透明 PE 薄膜, 外袋材 质: PP	/	3±0.2
				内衬塑料袋: 内膜 折径 1.9m* 长度 3.35m* 厚度 8 丝	0.7±0.1

数据来源:《生产月度汇总报表-12》,《原辅料包装规格-12》,《生产月度汇总表-环保》,《生产月度汇总报表-海川车间模板剂》,《模板剂产品种类+产量-海川车间》

PS48、SS30、硫酸、甲醛、甲苯均为罐车运输,因此无包装。

VZ422 沸石材料和 LA25 模板剂产品所消耗的各类原辅材料及产品包装量计算结果如表 6-7 所示,原辅材料包装计算公式参见公式 6-4 和公式 6-5。

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

$$MP_{i,L} = MP_i \times \left[\frac{M_{i,L}}{CP_i} \right] \quad (\text{公式 6-5})$$

式中：

$MP_{i,V}$ ——VZ422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；

$M_{i,V}$ ——VZ422原辅料物料消耗量，t；

CP_i ——物料i的单位包装容量，t；

$MP_{i,L}$ ——LA25模板剂生产所消耗的物料i的包装总质量，t

$M_{i,L}$ ——LA25模板剂原辅料物料消耗量，t

表 6-7 VZ422 沸石材料原辅材料及产品包装消耗量

物料名称	质量 (t)	成分	活动水平数据(t)	数据来源	获取方法
包装袋-ASS16	3.4866	聚丙烯塑编袋	3.4866	原辅料包装规格-12,生产月度汇总表-12	计算值, 根据公式 6-4 计算而得
包装袋-HAC99	2.0690	塑编袋	2.0690	原辅料包装规格-12,生产月度汇总表-12	计算值, 根据公式 6-4 计算而得
包装桶-模板剂 LA25	55.3300	高密度聚乙烯塑料 HDPE+护栏	55.3300	原辅料包装规格-12,生产月度汇总表-12	计算值, 根据公式 6-4 计算而得
VZ422 成品包装袋	6.7414	内衬: 透明 PE 薄膜	1.2754	原辅料包装规格-12,生产月度汇总表-12	计算值, 根据公式 6-4 计算而得
		外袋材质: PP	5.4660		计算值, 根据公式 6-4 计算而得

表 6-8 LA25 模板剂原辅材料及产品包装消耗量

物料名称	质量 (t)	成分	活动水平数据 (t)	数据来源	获取方法
包装袋-盐酸金刚烷胺	6.7050	内衬塑料袋, 外层塑料编织袋	6.7050	模板剂原辅料包装规格-海川车间, 生产月度汇总表-海川车间模板剂	计算值, 根据公式 6-5 计算而得
包装桶-甲酸	1.7880	高密度聚乙烯塑料 HDPE	1.7880	模板剂原辅料包装规格-海川车间, 生产月度汇总表-海川车间模板剂	计算值, 根据公式 6-5 计算而得
包装袋-甲酸钠	13.2000	内衬塑料袋, 外层塑料编织袋	13.2000	模板剂原辅料包装规格-海川车间, 生产月度汇总表-海川车间模板剂	计算值, 根据公式 6-5 计算而得

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-离子膜液碱(48%)	9.3800	高密度聚乙烯塑料 HDPE	9.3800	模板剂原辅料包装规格-海川车间, 生产月度汇总表-海川车间模板剂	计算值, 根据公式 6-5 计算而得
碳酸二甲酯	55.5200	200L 钢桶	55.5200	模板剂原辅料包装规格-海川车间, 生产月度汇总表-海川车间模板剂	计算值, 根据公式 6-5 计算而得

6.1.3 能耗数据

根据万润股份《生产月度汇总报表-海川车间模板剂》，如 5.3 小节所述，本次评价采用产品产量分配原则，将海川车间的废水产生量等生产运营参数分配至模板剂生产线。由于海川车间并未单独监测统计 EDH-3 产品生产线的能源消耗，按照废弃物处理，排放源包括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；另外废气处理还包含 VZ422 产生的碳酸氢铵废水高温蒸汽脱氨过程产生的 CO₂ 排放。厂外废弃物处理包含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，以及各类固体废弃物处理处置环节导致的排放。

根据上述活动，依据产品生产工艺流程图，确定了模板剂、VZ422 沸石材料产品涉及的物料、能源消耗清单，如表 5-1 和表 5-2 所示。

小节所述的分配原则，故采用 2021 年海川车间模板剂的产品产量占海川车间总产品产量的比例，对海川车间的能源消耗数据进行拆分。计算方法详见公式 6-6。分配系数同小节中的物料消耗分配，即如表 6-3 所示。

$$E_L = E_{L,t} \times AF_L \quad (\text{公式 6-6})$$

式中：

$E_{i,L}$ ——分配至模板剂生产的海川车间能源消耗量，MWh或GJ；

$E_{L,t}$ ——海川车间的能源消耗总量，MWh或GJ；

AF_L ——海川车间模板剂生产的分配系数，[-]。

生产污水由万润股份大季家生产基地集中处理，本次评价通过计

算生产基地内单位废水处理量的能源投入，并分别乘以模板剂生产线、或 VZ422 生产的废水产生量，计算得出模板剂生产线、或 VZ422 生产所需污水处理的能源投入。计算方法详见公式 6-7 和公式 6-8。

$$E_{L,W} = M_{L,t} \times AF_L \times EU_W \quad (\text{公式 6-7})$$

$$E_{V,W} = M_{V,t} \times EU_W \quad (\text{公式 6-8})$$

式中：

$E_{L,W}$ ——模板剂生产废水处理所需的能源消耗，MWh或GJ；

$M_{L,t}$ ——海川车间的污水产生量，t

AF_L ——海川车间模板剂生产的分配系数，[-]；

EU_W ——单位污水处理量所需的能源消耗量，MWh或GJ

$E_{V,W}$ ——VZ422生产废水处理所需的能源消耗，MWh或GJ；

$M_{V,t}$ ——生产VZ422的污水产生量，t

表 6-9 VZ422 沸石材料产品生产电力消耗

数据项	VZ422 沸石材料产品生产电力消耗	
数据值	8164.1570	
单位	MWh	
数据来源	由 VZ422 生产线（12#车间）的电耗以及公用工程电耗加和计算而得：	
	生产单元	电力消耗(MWh)
	VZ422 生产线（12#车间）	5501.657
	公用工程-去离子水	105.0000
	公用工程-压缩空气	1800.0000
	公用工程-N2	757.5000
	合计	8164.1570
	数据来源：生产月度汇总报表-12，碳足迹数据反馈 0426	

表 6-10 VZ422 沸石材料产品生产蒸汽消耗

数据项	VZ422 沸石材料产品生产蒸汽消耗
数据值	39357.7995

单位	GJ	
数据来源	高压供气压力 1.2-1.5MPa，温度 190-200℃，蒸汽焓值取蒸汽规格上下限的平均值为 2791.4474kJ/kg。 蒸汽消耗量由月度 VZ422 生产线（12#车间）蒸汽消耗量加和计算而得：	
	VZ422 生产蒸汽消耗量(t)	14535.47
	蒸汽参数	压力 1.2-1.5MPa，温度 190-200℃
	蒸汽比焓(kJ/kg)	2791.4474
	VZ422 生产蒸汽消耗热量 (GJ)	39357.7995
数据来源：生产月度汇总报表-12		

表 6-11 LA25 模板剂生产电力消耗

数据项	LA25 模板剂生产电力消耗	
数据值	1096.8140	
单位	MWh	
数据来源	由海川车间分配后的模板剂生产线电耗计算而得：	
	生产单元	电力消耗(MWh)
	海川车间	3418.7600
	分配系数	0.3208
	模板剂生产消耗电力	1096.8140
数据来源：生产月度汇总报表-海川车间模板剂，模板剂产品种类-产量-海川车间		

表 6-12 LA25 模板剂生产蒸汽消耗

数据项	LA25 模板剂生产蒸汽消耗	
数据值	7473.2394	
单位	GJ	
数据来源	由海川车间分配后的模板剂生产线蒸汽耗计算而得： 蒸汽规格为 0.9MPa，温度 170-180℃，焓值 2783.8704kJ/kg。	
	海川车间蒸汽消耗总量(t)	8627
	分配系数	0.3208
	模板剂生产蒸汽消耗量(t)	2767.7328
	蒸汽参数	0.9MPa，170℃-180℃
	蒸汽比焓(kJ/kg)	2783.8704
	模板剂生产蒸汽消耗热量(GJ)	7473.2394
数据来源：生产月度汇总报表-海川车间模板剂，模板剂产品种类-产量-海川车间		

表 6-13 VZ422 沸石材料产品厂内运输柴油消耗量

数据项	VZ422 沸石材料产品厂内运输柴油消耗量	
数据值	3.6288	
单位	t	
数据来源	由 12#车间物料转运平均每月物料转运柴油消耗量计算而得：	
	12#车间转运柴油消耗量 (L/月)	360
	柴油密度 (kg/L)	0.84
	全年 12#车间运柴油消耗量 (t)	3.6288
数据来源：原辅料产品暂存运输-进出口部		

模板剂和 VZ422 沸石材料产品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，详见表 6-14 至表 6-16。

表 6-14 模板剂及 VZ422 沸石材料产品废水处理电力消耗量

数据项	模板剂及 VZ422 沸石材料产品废水处理处理电力消耗量			
产品	模板剂		VZ422 沸石材料产品	
数据值	7.6898		1101.5875	
单位	MWh		MWh	
数据来源	计算值：		计算值：	
	模板剂污水合计 (t)	788.4025	VZ422 污水合计 (t)	112941.8058
	全厂污水合计 (t)	124451.4258	全厂污水合计 (t)	124451.4258
	污水处理耗电量 (kWh)	1213847.5045	污水处理耗电量 (kWh)	1213847.5045
	污水处理单耗 (kWh/t)	9.7536	污水处理单耗 (kWh/t)	9.7536
	模板剂污水处理耗电量 (MWh)	7.6898	VZ422 污水处理耗电量 (MWh)	1101.5875
	数据来源：生产月度汇总报表-环保，生产月度汇总报表-海川车间模板剂，模板剂产品种类+产量-海川车间		数据来源：生产月度汇总报表-环保，生产月度汇总报表-12	

表 6-15 模板剂及 VZ422 沸石材料产品废水处理蒸汽消耗量

数据项	模板剂及 VZ422 沸石材料产品废水处理处理蒸汽消耗量			
产品	模板剂		VZ422 沸石材料产品	
数据值	15.8166		2265.7858	
单位	GJ		GJ	
数据来源	计算值：		计算值：	
	模板剂污水合计 (t)	788.4025	VZ422 污水合计 (t)	112941.8058
	全厂污水合计 (t)	124451.4258	全厂污水合计 (t)	124451.4258
	污水处理蒸汽消	924.6541	污水处理蒸汽消	924.6541

	耗量 (t)		耗量 (t)	
	处理单位污水的蒸汽单耗 (t/t)	0.0074	处理单位污水的蒸汽单耗 (t/t)	0.0074
	模板剂污水处理的蒸汽消耗量 (t)	5.8577	VZ422 污水处理的蒸汽消耗量 (t)	839.1394
	蒸汽参数	0.9MPa, 180°C	蒸汽参数	0.9MPa, 180°C
	蒸汽比焓 (kJ/kg)	2783.8704	蒸汽比焓 (kJ/kg)	2783.8704
	模板剂污水处理的蒸汽消耗量 (GJ)	15.8166	模板剂污水处理的蒸汽消耗量 (GJ)	2265.7858
	数据来源: 生产月度汇总报表-环保, 生产月度汇总报表-海川车间模板剂, 模板剂产品种类+产量-海川车间		数据来源: 生产月度汇总报表-环保, 生产月度汇总报表-12	

表 6-16 模板剂及 VZ422 沸石材料产品废水处理柴油消耗量

数据项	模板剂及 VZ422 沸石材料产品废水处理柴油消耗量			
产品	模板剂		VZ422 沸石材料产品	
数据值	0.0111		1.5901	
单位	t		t	
数据来源	计算值:		计算值:	
	模板剂污水合计 (t)	788.4025	VZ422 污水合计 (t)	112941.8058
	全厂污水合计 (t)	124451.4258	全厂污水合计 (t)	124451.4258
	柴油消耗量 (L)	2085.8750	柴油消耗量 (L)	2085.8750
	处理单位污水的柴油单耗 (L/t)	0.0168	处理单位污水的柴油单耗 (L/t)	0.0168
	模板剂污水处理的柴油消耗量 (L)	13.2141	模板剂污水处理的柴油消耗量 (L)	1892.9674
	柴油密度(kg/L)	0.84	柴油密度(kg/L)	0.84
	模板剂污水处理的柴油消耗量 (t)	0.0111	模板剂污水处理的柴油消耗量 (t)	1.5901
数据来源: 生产月度汇总报表-环保, 生产月度汇总报表-海川车间模板剂, 模板剂产品种类+产量-海川车间		数据来源: 生产月度汇总报表-环保, 生产月度汇总报表-12		

6.1.4 运输数据

VZ422 沸石材料与 LA25 模板剂的原辅材料运输方式及运输里程数如下表。

表 6-17 原辅材料运输里程数

物料名称	运输方式	距离 (km)
PS48	罐车运输	1000
ASS16	汽运	300
SS30	罐车运输	200
HAC99	汽运	300
LA25-模板剂	汽运	30
硫酸	罐车运输/汽运	100
双氧水 H ₂ O ₂	罐车运输/汽运	100
硫酸 H ₂ SO ₄ 98%	罐车运输/汽运	100
NaOH 液碱	罐车运输/汽运	100
消泡剂	汽运	100
聚丙烯酰胺阳离子 PAM+	汽运	100
聚丙烯酰胺阴离子 PAM-	汽运	100
聚合氯化铝 (PAC)	汽运	100
盐酸金刚烷胺	汽运	2100
甲酸	汽运	500
甲酸钠	汽运	500
离子膜液碱	汽运	260
甲醛	罐车运输	70
甲苯	罐车运输	300
碳酸二甲酯	汽运	50
氢氧化钙	汽运	900
缓蚀阻垢剂	汽运	100
工业盐	汽运	100

表 6-18 VZ422 沸石材料产品包装运输里程数

数据项	VZ422 沸石材料产品包装运输里程数
数据值	600
单位	km
运输方式	汽运
数据来源	其他运输方式及运距

表 6-19 生产废弃物运输里程数

物料类别	运输方式	距离 (km)
包装袋-ASS16	汽运	50
包装袋-HAC99	汽运	50
硫酸铵废渣	汽运	100
包装袋-盐酸金刚烷胺	汽运	50
包装袋-甲酸钠	汽运	50
包装桶-甲酸	汽运	500
包装桶-离子膜液碱	汽运	260
包装桶-碳酸二甲酯	汽运	50

6.1.5 废弃物数据

由“5.1 生产技术”小节可知，VZ422 生产过程中的焙烧环节，模板剂被燃烧分解为 CO₂ 和水。由于万润股份的保密要求，无法提供模板剂纯度和分子式，万润股份根据公式自行计算了模板剂含碳量和 VZ422 生产过程中的碳平衡。另外，VZ422 制备产生的碳酸氢铵废水经过蒸汽高温脱出二氧化碳和氨气，氨气被后续工序使用硫酸吸收，二氧化碳排放大气。本次评价采用万润股份自行计算的反应碳平衡数据，以此计算 VZ422 生产过程中，由于模板剂焙烧和碳酸氢铵废水脱氨过程产生的 CO₂ 尾气排放。VZ422 生产工艺的碳平衡分析详见表 6-20。

表 6-20 VZ422 沸石材料产品生产工艺碳平衡

反应工序	单批产品碳引入量/ 排放量 (kg C)	来源/去向
晶化反应	+130	模板剂引入
过滤烘干	-10	以模板剂/甲醇形式进入母液
一次焙烧	-110	以二氧化碳、一氧化碳或者甲烷等形式进入大气

离子交换	+2~4	碳酸氢铵进入产品
二次焙烧	-(12~14)	以二氧化碳、一氧化碳或者甲烷等形式进入大气
合计向大气碳排放 (kgC/批次)	合计	122~124
	其中来源于模板剂的碳	120
	其中来源于碳酸氢铵的碳排放	2~4
反应工序	碳酸氢铵含碳量	来源/去向
碳酸氢铵废水脱氨	0.1519	以二氧化碳形式进入大气

由碳平衡分析可知，每批次 VZ422 产品生产过程中，通过模板剂引入 130 kgC，其中 10 kgC 经过滤烘干工序进入母液，其余 120 kgC 分别经过一次焙烧、二次焙烧工序以二氧化碳、一氧化碳或者甲烷等形式进入大气。本次评价假设焙烧工序中 C 元素全部以 CO₂ 形式排入大气。此外，在铵交换工序中，每批次 VZ422 产品生产约有 2~4 kgC 由碳酸氢铵引入产品，并在二次焙烧工序全部排入大气。剩余碳酸氢铵中的 C 元素经过废水脱氨环节全部以二氧化碳形式排入大气。亦即生产投入的碳酸氢铵最终将全部以 CO₂ 形式排放。VZ422 工艺废气中产生的 CO₂ 排放量详见表 6-21。

表 6-21 VZ422 沸石材料产品生产废气中的 CO₂ 排放

项目	数据	单位
模板剂焙烧	0.4400	t CO ₂ /批次
碳酸氢铵废水脱氨	0.5570	t CO ₂ /碳酸氢铵
每批次 VZ422 产量	620	kg
VZ422 生产批次	1468.6427	批次

6.1.6 碳足迹核算系数

在进行碳足迹核算时需要相关能耗、物耗的碳足迹系数，如下表所示：

表 6-22 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 ^a	具体来源
能源	电力	1.1972	t CO ₂ e/MWh	4	Ecoinvent 数据库
	蒸汽	0.1080	t CO ₂ e/GJ	1	计算值
	烟煤 (生产)	0.5418	t CO ₂ e/t	6	Ecoinvent 数据库
	烟煤 ^b (燃烧)	2.3670	t CO ₂ 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 ₂ e/t	6	Ecoinvent 数据库
	柴油 (燃烧)	3.1451	t CO ₂ 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)
原辅料	48%氢氧化钾溶液	1.2908	t CO ₂ e/t	6	Ecoinvent 数据库
	硫酸铝	3.0664	t CO ₂ e/t	6	Ecoinvent 数据库
	30%二氧化硅溶液	0.4857	t CO ₂ e/t	6	Ecoinvent 数据库
	固体碳酸氢铵	1.6367	t CO ₂ e/t	6	Ecoinvent 数据库
	93%硫酸溶液	0.1070	t CO ₂ e/t	6	Ecoinvent 数据库
	27.2%双氧水	0.7901	t CO ₂ e/t	6	Ecoinvent 数据库
	98%硫酸	0.1150	t CO ₂ e/t	6	Ecoinvent 数据库
	32%NaOH	0.8989	t CO ₂ e/t	6	Ecoinvent 数据库
	消泡剂 ^c	4.0504	t CO ₂ e/t	6	Defra /DECC
	聚丙烯酰胺阳离子 PAM+	3.2340	t CO ₂ e/t	6	Ecoinvent 数据库
	聚丙烯酰胺阴离子 PAM-	3.2340	t CO ₂ e/t	6	Ecoinvent 数据库
	聚合氯化铝(PAC)	1.7175	t CO ₂ e/t	6	Ecoinvent 数据库
	氢氧化钙	0.8966	t CO ₂ e/t	6	Ecoinvent 数据库
	盐酸金刚烷胺	1.7768	t CO ₂ e/t	6	Industry date 2.0

类别	项目	碳足迹系数	单位	数据准确度 ^a	具体来源
	甲酸	3.0585	t CO ₂ e/t	6	Ecoinvent 数据库
	甲酸钠	2.1054	t CO ₂ e/t	6	Ecoinvent 数据库
	48% NaOH	1.3484	t CO ₂ e/t	6	Ecoinvent 数据库
	甲醛	0.9481	t CO ₂ e/t	6	Ecoinvent 数据库
	甲苯	1.5641	t CO ₂ e/t	6	Ecoinvent 数据库
	碳酸二甲酯	2.1522	t CO ₂ e/t	6	Ecoinvent 数据库
	缓蚀阻垢剂 ^c	1.4177	t CO ₂ e/t	6	Defra /DECC
	工业盐	0.2344	t CO ₂ e/t	6	Ecoinvent 数据库
包装	PE 塑料袋	3.0956	t CO ₂ e/t	6	Ecoinvent 数据库
	聚丙烯塑编袋	2.2786	t CO ₂ e/t	6	Ecoinvent 数据库
工艺排放	模板剂焙烧废气	0.4400	t CO ₂ e/批次	1	理论计算值
	碳酸氢铵废水脱氨	0.5570	t CO ₂ e/t 碳酸氢铵	1	理论计算值
原料运输	单位公里载重	0.0869	kg CO ₂ eq/tkm	6	Ecoinvent 数据库
废弃物运输	单位公里载重	0.2138	kg CO ₂ eq/tkm	6	Ecoinvent 数据库
废弃物处置	废弃物填埋	0.0054	kg CO ₂ /kg	6	Ecoinvent 数据库
锅炉产汽供热	氨水	2.7567	t CO ₂ e/t	6	Ecoinvent 数据库
	氧化镁	1.1052	t CO ₂ e/t	6	Ecoinvent 数据库
	脱硫剂	1.6750	t CO ₂ e/t	6	Ecoinvent 数据库
	32%氢氧化钠	0.9350	t CO ₂ e/t	6	Ecoinvent 数据库
	片碱氢氧化钠	1.1167	t CO ₂ e/t	6	USLCI

- a. 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；
- b. 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；
- c. 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 kgCO₂e/£）。其中有机化学品的单位售价碳足迹系数为 1.0620 kgCO₂e/£。

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 6-23 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 ₂ e/GJ			
数据来源	计算值：			
		消耗量 (t 或 MWh 或 m ³)	碳足迹系数	单位
	烟煤（生产）	28868.2200	0.5418	t CO ₂ e/t
	烟煤（燃烧）		2.3670	t CO ₂ e/t
	天然气（生产）	18141.0000	0.1304	kg CO ₂ e/ m ³
	天然气（燃烧）		2.1622	kg CO ₂ e/ m ³
	氨水量	180.0800	2.7567	t CO ₂ e/t
	氧化镁	111.0000	1.1052	t CO ₂ e/t
	脱硫剂	7.1250	1.6750	t CO ₂ e/t
	氢氧化钠	28.8800	0.9350	t CO ₂ e/t
	片碱氢氧化钠	1.0000	1.1167	t CO ₂ e/t
	耗电量	3462.6810	1.1972	t CO ₂ /MWh
	排放量 (tCO ₂ e)	88817.4742		
	产汽量 (t)	303488		
	蒸汽规格	压力 1.5MPa, 温度 200℃		
	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 ₂ 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 6-24、表 6-25 和表 6-26。

表 6-24 产品信息汇总

产品名称	单位	活动水平数据
2021 年 VZ422 沸石材料产品产量	t	910.5585
2021 年 LA25 模板剂产品产量	t	718.0000

表 6-25 VZ422 沸石材料能源、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	单位
原辅料获取	PS48	1658.3914	t
	ASS16	402.2667	t
	SS30	4707.6837	t
	HAC99	620.4525	t
	LA25-模板剂	1005.9765	t
	硫酸	399.4200	t
	双氧水 H ₂ O ₂	71.4052	t

原辅料获取	硫酸 H ₂ SO ₄ 98%		451.4701	t
	NaOH 液碱		2.1527	t
	消泡剂		0.5182	t
	聚丙烯酰胺阳离子 PAM+		0.4559	t
	聚丙烯酰胺阴离子 PAM-		1.8996	t
	聚合氯化铝 (PAC)		3.1618	t
原辅料包装获取	包装袋-ASS16	聚丙烯塑编袋	3.4866	t
	包装袋-HAC99	塑编袋	2.0690	t
	包装桶-模板剂 LA25	高密度聚乙烯塑料 HDPE+护栏	55.3300	t
原辅料运输	PS48	罐车运输	1000	km
	ASS16	汽运	300	km
	SS30	罐车运输	200	km
	HAC99	汽运	300	km
	LA25-模板剂	汽运	30	km
	硫酸	罐车运输/汽运	100	km
	双氧水 H ₂ O ₂	罐车运输/汽运	100	km
	硫酸 H ₂ SO ₄ 98%	罐车运输/汽运	100	km
	NaOH 液碱	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
	VZ422 成品包装袋	汽运	600	km
VZ422 沸石材料生产	电力消耗		8164.1570	MWh
	蒸汽 (1.2-1.5MPa,190-200℃)		39357.7995	GJ
	柴油		3.6288	t
	工艺过程排放-模板剂焙烧(每批次)		0.4400	t CO ₂ e/批次
	工艺过程排放-碳酸氢铵废水脱氨		0.5570	t CO ₂ e/t HAC99
产品包装获取	VZ422 成品包装袋		6.7414	t
生产废弃物运输	包装袋-ASS16	汽运	50	km
	包装袋-HAC99	汽运	50	km
	硫酸铵废渣	汽运	100	km
生产废弃物处理	用电量		1101.5875	MWh
	蒸汽 (0.9MPa, 170-180℃)		2265.7858	GJ
	柴油量		1.5901	t

表 6-26 LA25 模板剂能源、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	单位
原辅料获取	盐酸金刚烷胺	737.5500	t
	甲酸	329.8860	t
	甲酸钠	294.1260	t
	离子膜液碱	262.3890	t
	甲醛	797.4480	t
	甲苯	357.6000	t
	碳酸二甲酯	499.5620	t
	氢氧化钙	390.5220	t
	缓蚀阻垢剂	0.1540	t
	工业盐	0.9625	t
	双氧水 H ₂ O ₂	0.4985	t
	硫酸 H ₂ SO ₄ 98%	3.1515	t
	NaOH 液碱	0.0150	t
	消泡剂	0.0036	t
	聚丙烯酰胺阳离子 PAM+	0.0032	t
	聚丙烯酰胺阴离子 PAM-	0.0133	t
聚合氯化铝 (PAC)	0.0221	t	

生命周期各环节	活动水平参数		活动水平数据	单位
原辅料包装获取	包装袋-盐酸金刚烷胺	塑料编织袋	6.7050	t
	包装袋-甲酸钠	塑料编织袋	1.7880	t
	包装桶-甲酸	塑料编织袋	13.2000	t
	包装桶-离子膜液碱	高密度聚乙烯塑料 HDPE	9.3800	t
	包装桶-碳酸二甲酯	铁桶	55.5200	t
原辅料运输	盐酸金刚烷胺	汽运	2100	km
	甲酸	汽运	500	km
	甲酸钠	汽运	500	km
	离子膜液碱	汽运	260	km
	甲醛	罐车运输	70	km
	甲苯	罐车运输	300	km
	碳酸二甲酯	汽运	50	km
	氢氧化钙	汽运	900	km
	缓蚀阻垢剂	汽运	100	km
	工业盐	汽运	100	km
LA25 模板剂生产	电力消耗 (MWh)		1096.8140	MWh
	蒸汽 (0.9MPa, 170-180℃)		7473.2394	GJ
生产废弃物运输	包装袋-盐酸金刚烷胺	汽运	50	km

生命周期各环节	活动水平参数		活动水平数据	单位
	包装袋-甲酸钠	汽运	50	km
	包装桶-甲酸	汽运	500	km
	包装桶-离子膜液碱	汽运	260	km
	包装桶-碳酸二甲酯	汽运	50	km
生产废弃物处理	用电量		7.6898	MWh
	蒸汽 (0.9MPa, 170-180℃)		15.8166	GJ
	柴油量		0.0111	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， kgCO_2e ；

m_i ——第*i*种能源和物料的消耗量，质量/体积/ 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 VZ422 沸石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	单位	碳足迹系数	单位	碳排放量 (tCO ₂ e)
原辅料获取	PS48	1658.3914	t	1.2908	t CO ₂ e/t	2140.6515
	ASS16	402.2667	t	3.0664	t CO ₂ e/t	1233.5121
	SS30	4707.6837	t	0.4857	t CO ₂ e/t	2286.6261
	HAC99	620.4525	t	1.6367	t CO ₂ e/t	1015.5066
	LA25-模板剂	1005.9765	t	11.7052	t CO ₂ e/t	11775.1171
	硫酸	399.4200	t	0.1070	t CO ₂ e/t	42.7320
	双氧水 H ₂ O ₂	71.4052	t	0.7901	t CO ₂ e/t	56.4195
	硫酸 H ₂ SO ₄ 98%	451.4701	t	0.1150	t CO ₂ e/t	51.9361
	NaOH 液碱	2.1527	t	0.8989	t CO ₂ e/t	1.9351
	消泡剂	0.5182	t	4.0504	t CO ₂ e/t	2.0988
	聚丙烯酰胺阳离子 PAM+	0.4559	t	3.2340	t CO ₂ e/t	1.4743
	聚丙烯酰胺阴离子 PAM-	1.8996	t	3.2340	t CO ₂ e/t	6.1435
	聚合氯化铝 (PAC)	3.1618	t	1.7175	t CO ₂ e/t	5.4303
原辅料包装获	包装袋-ASS16	3.4866	t	2.2786	t CO ₂ e/t	7.9445
	包装袋-HAC99	2.069	t	2.2786	t CO ₂ e/t	4.7144

生命周期环节	活动水平参数		活动水平数据	单位	碳足迹系数	单位	碳排放量 (tCO ₂ e)
取 ³							
原辅料运输	PS48	罐车运输	1000	km	0.0869	kgCO ₂ e/t.km	144.1789
	ASS16	汽运	300	km	0.0869	kgCO ₂ e/t.km	10.5827
	SS30	罐车运输	200	km	0.0869	kgCO ₂ e/t.km	81.8563
	HAC99	汽运	300	km	0.0869	kgCO ₂ e/t.km	16.2364
	LA25-模板剂	汽运	30	km	0.0869	kgCO ₂ e/t.km	2.7681
	硫酸	罐车运输/汽运	100	km	0.0869	kgCO ₂ e/t.km	3.4725
	双氧水 H ₂ O ₂	罐车运输/汽运	100	km	0.0869	kgCO ₂ e/t.km	0.6208
	硫酸 H ₂ SO ₄ 98%	罐车运输/汽运	100	km	0.0869	kgCO ₂ e/t.km	3.9250
	NaOH 液碱	罐车运输/汽运	100	km	0.0869	kgCO ₂ e/t.km	0.0187
	消泡剂	汽运	100	km	0.0869	kgCO ₂ e/t.km	0.0045
	聚丙烯酰胺阳离子 PAM+	汽运	100	km	0.0869	kgCO ₂ e/t.km	0.0040
	聚丙烯酰胺阴离子 PAM-	汽运	100	km	0.0869	kgCO ₂ e/t.km	0.0165
	聚合氯化铝 (PAC)	汽运	100	km	0.0869	kgCO ₂ e/t.km	0.0275
	VZ422 成品包装袋	汽运	600	km	0.0869	kgCO ₂ e/t.km	0.3517
VZ422 沸石材	电力消耗		8164.1570	MWh	1.1972	tCO ₂ e/MWh	9774.0063

³ 模板剂塑料桶及钢架护栏循环利用，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	单位	碳足迹系数	单位	碳排放量 (tCO _{2e})	
料生产	蒸汽 (1.2-1.5MPa,190-200℃)		39357.7995	GJ	0.1080	t CO _{2e} /GJ	4248.7816	
	柴油		3.6288	t	3.5919	t CO _{2e} /t	13.0342	
	工艺过程排放-模板剂焙烧(每批次)					0.4400	t CO _{2e} /批次	646.2028
	工艺过程排放-HAC99 废水脱氨(每批次)					0.5570	t CO _{2e} /t HAC99	345.5714
	VZ422 成品包装袋	内衬 PE 塑料袋		1.2754	t	3.0956	t CO _{2e} /t	3.9481
外层 PP 塑料编织袋			5.466	2.2786		12.4547		
生产废弃物运输	包装袋-ASS16	汽运	50	km	0.2138	kgCO _{2e} /t.km	0.0373	
	包装袋-HAC99	汽运	50	km	0.2138	kgCO _{2e} /t.km	0.0221	
	硫酸铵废渣	汽运	100	km	0.2138	kgCO _{2e} /t.km	14.3217	
生产废弃物处置	用电量		1101.5875	MWh	1.1972	t CO _{2e} /MWh	1318.8040	
	蒸汽 (0.9MPa, 170-180℃)		2265.7858	GJ	0.1080	t CO _{2e} /GJ	244.5977	
	柴油量		1.5901	t	3.5919	t CO _{2e} /t	5.7114	
	包装袋-ASS16	聚丙烯塑编袋 填埋	3.4866	t	0.0054	t CO _{2e} /t	0.0188	
	包装袋-HAC99	塑编袋 填埋	2.0690	t	0.0054	t CO _{2e} /t	0.0111	
总碳足迹 (tCO_{2e})						35523.8286		
单位产品碳足迹 (tCO_{2e}/t)						39.0132		

表 7-2 模板剂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	单位	碳足迹系数	单位	碳排放量 (tCO ₂ e)
原辅料获取	盐酸金刚烷胺	737.5500	t	1.7768	tCO ₂ e/t	1310.5084
	甲酸	329.8860	t	3.0585	tCO ₂ e/t	1008.9517
	甲酸钠	294.1260	t	1.7768	tCO ₂ e/t	619.2625
	离子膜液碱	262.3890	t	3.0585	tCO ₂ e/t	353.7974
	甲醛	797.4480	t	2.1054	tCO ₂ e/t	756.0629
	甲苯	357.6000	t	1.3484	tCO ₂ e/t	559.3337
	碳酸二甲酯	499.5620	t	0.9481	tCO ₂ e/t	1075.1554
	氢氧化钙	390.5220	t	1.5641	tCO ₂ e/t	350.1418
	缓蚀阻垢剂	0.1540	t	2.1522	tCO ₂ e/t	0.2183
	工业盐	0.9625	t	0.8966	tCO ₂ e/t	0.2256
	双氧水 H ₂ O ₂	0.4985	t	1.4177	tCO ₂ e/t	0.3938
	硫酸 H ₂ SO ₄ 98%	3.1515	t	0.2344	tCO ₂ e/t	0.3625
	NaOH 液碱	0.0150	t	0.7901	tCO ₂ e/t	0.0135
	消泡剂	0.0036	t	0.1150	tCO ₂ e/t	0.0147
	聚丙烯酰胺阳离子 PAM+	0.0032	t	0.8989	tCO ₂ e/t	0.0103
	聚丙烯酰胺阴离子 PAM-	0.0133	t	4.0504	tCO ₂ e/t	0.0429
	聚合氯化铝 (PAC)	0.0221	t	3.2340	tCO ₂ e/t	0.0379

生命周期环节	活动水平参数		活动水平数据	单位	碳足迹系数	单位	碳排放量 (tCO ₂ e)
原辅料包装获取 ⁴	包装袋-盐酸金刚烷胺	塑料编织袋	6.7050	t	2.2786	tCO ₂ e/t	15.2779
	包装袋-甲酸钠	塑料编织袋	1.7880	t	2.2786	tCO ₂ e/t	4.0741
原辅料运输	盐酸金刚烷胺	汽运	2100	km	0.0869	kgCO ₂ e/t.km	135.8800
	甲酸	汽运	500	km	0.0869	kgCO ₂ e/t.km	14.9138
	甲酸钠	汽运	500	km	0.0869	kgCO ₂ e/t.km	12.8632
	离子膜液碱	汽运	260	km	0.0869	kgCO ₂ e/t.km	6.1431
	甲醛	罐车运输	70	km	0.0869	kgCO ₂ e/t.km	4.8531
	甲苯	罐车运输	300	km	0.0869	kgCO ₂ e/t.km	9.3268
	碳酸二甲酯	汽运	50	km	0.0869	kgCO ₂ e/t.km	2.4129
	氢氧化钙	汽运	900	km	0.0869	kgCO ₂ e/t.km	30.5564
	缓蚀阻垢剂	汽运	100	km	0.0869	kgCO ₂ e/t.km	0.0013
	工业盐	汽运	100	km	0.0869	kgCO ₂ e/t.km	0.0084
模板剂生产	电力消耗 (MWh)		1096.8140	MWh	1.1972	t CO ₂ e/MWh	1313.0892
	蒸汽 (0.9MPa, 170-180℃)		7473.2394	GJ	0.1080	t CO ₂ e/GJ	806.7565
生产废弃物运输	包装袋-盐酸金刚烷胺	汽运	50	km	0.2138	kgCO ₂ e/t.km	0.0717
	包装袋-甲酸钠	汽运	50	km	0.2138	kgCO ₂ e/t.km	0.0191

⁴甲酸塑料包装桶、离子膜液碱塑料包装桶、碳酸二甲酯铁桶由厂家回收，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	单位	碳足迹系数	单位	碳排放量 (tCO ₂ e)
	包装桶-甲酸	汽运		500	km	0.2138	kgCO ₂ e/t.km	1.4108
	包装桶-离子膜液碱	汽运		260	km	0.2138	kgCO ₂ e/t.km	0.5213
	包装桶-碳酸二甲酯	汽运		50	km	0.2138	kgCO ₂ e/t.km	0.5934
生产废弃物处 置	用电量			7.6898	MWh	1.1972	t CO ₂ e/MWh	9.2061
	蒸汽 (0.9MPa, 170-180℃)			15.8166	GJ	0.1080	t CO ₂ e/GJ	1.7074
	柴油量			0.0111	t	3.5919	tCO ₂ e/t	0.0399
	包装袋-盐酸金刚烷胺	塑料编织袋	填埋	6.705	t	0.0054	tCO ₂ e/t	0.0361
	包装袋-甲酸钠	塑料编织袋	填埋	1.788	t	0.0054	tCO ₂ e/t	0.0096
总碳足迹 (tCO ₂ e)							8404.3056	
单位产品碳足迹 (tCO ₂ e/t)							11.7052	

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 VZ422 沸石材料产品，或 1 吨 LA25 模板剂产品）碳足迹如表 7-3 和表 7-4 所示。

表 7-3 VZ422 沸石材料产品碳足迹（基于 1 吨产量）

生命周期环节	活动水平参数		活动水平数据	单位	碳足迹系数	单位	碳排放量 (tCO ₂ e)
原辅料获取	PS48		1821.2904	kg	1.2908	t CO ₂ e/t	2.3509
	ASS16		441.7802	kg	3.0664	t CO ₂ e/t	1.3547
	SS30		5170.1057	kg	0.4857	t CO ₂ e/t	2.5112
	HAC99		681.3977	kg	1.6367	t CO ₂ e/t	1.1153
	LA25-模板剂		1104.7907	kg	11.7052	t CO ₂ e/t	12.9318
	硫酸		438.6539	kg	0.1070	t CO ₂ e/t	0.0469
	双氧水 H ₂ O ₂		78.4191	kg	0.7901	t CO ₂ e/t	0.0620
	硫酸 H ₂ SO ₄ 98%		495.8167	kg	0.1150	t CO ₂ e/t	0.0570
	NaOH 液碱		2.3641	kg	0.8989	t CO ₂ e/t	0.0021
	消泡剂		0.5691	kg	4.0504	t CO ₂ e/t	0.0023
	聚丙烯酰胺阳离子 PAM+		0.5006	kg	3.2340	t CO ₂ e/t	0.0016
	聚丙烯酰胺阴离子 PAM-		2.0862	kg	3.2340	t CO ₂ e/t	0.0067
	聚合氯化铝 (PAC)		3.4724	kg	1.7175	t CO ₂ e/t	0.0060
原辅料包装获取	包装袋-ASS16		3.8291	kg	2.2786	t CO ₂ e/t	0.0087
	包装袋-HAC99		2.2722	kg	2.2786	t CO ₂ e/t	0.0052
原辅料运输	PS48	罐车运输	1000	km	0.0869	kgCO ₂ e/t.km	0.1583
	ASS16	汽运	300	km	0.0869	kgCO ₂ e/t.km	0.0116

生命周期环节	活动水平参数		活动水平数据	单位	碳足迹系数	单位	碳排放量 (tCO ₂ e)
	SS30	罐车运输	200	km	0.0869	kgCO ₂ e/t.km	0.0899
	HAC99	汽运	300	km	0.0869	kgCO ₂ e/t.km	0.0178
	LA25-模板剂	汽运	30	km	0.0869	kgCO ₂ e/t.km	0.0030
	硫酸	罐车运输/汽运	100	km	0.0869	kgCO ₂ e/t.km	0.0038
	双氧水 H ₂ O ₂	罐车运输/汽运	100	km	0.0869	kgCO ₂ e/t.km	0.0007
	硫酸 H ₂ SO ₄ 98%	罐车运输/汽运	100	km	0.0869	kgCO ₂ e/t.km	0.0043
	NaOH 液碱	罐车运输/汽运	100	km	0.0869	kgCO ₂ e/t.km	2.06E-05
	消泡剂	汽运	100	km	0.0869	kgCO ₂ e/t.km	4.95E-06
	聚丙烯酰胺阳离子 PAM+	汽运	100	km	0.0869	kgCO ₂ e/t.km	4.35E-06
	聚丙烯酰胺阴离子 PAM-	汽运	100	km	0.0869	kgCO ₂ e/t.km	1.81E-05
	聚合氯化铝 (PAC)	汽运	100	km	0.0869	kgCO ₂ e/t.km	3.02E-05
	VZ422 成品包装袋	汽运	600	km	0.0869	kgCO ₂ e/t.km	0.0004
VZ422 沸石材料生产	电力消耗		8966.0983	kWh	1.1972	tCO ₂ /MWh	10.7341
	蒸汽 (1.2-1.5MPa,190-200℃)		43223.8011	MJ	0.1080	t CO ₂ /GJ	4.6661
	柴油		3.9852	kg	3.5919	t CO ₂ e/t	0.0143
	工艺过程排放-模板剂焙烧(每批次)				0.4400	t CO ₂ /批次	0.7097
	工艺过程排放-HAC99 废水脱氨(每批次)				0.5570	t CO ₂ e/t	0.3795

生命周期环节	活动水平参数		活动水平数据	单位	碳足迹系数	单位	碳排放量 (tCO ₂ e)
						HAC99	
	VZ422 成品包装袋	内衬 PE 塑料袋	1.400678814	kg	3.0956	t CO ₂ e/t	0.0043
		外层 PP 塑料编织袋	6.002909204	kg	2.2786		0.0137
生产废弃物运输	包装袋-ASS16	汽运	50	km	0.2138	kgCO ₂ e/t.km	4.09E-05
	包装袋-HAC99	汽运	50	km	0.2138	kgCO ₂ e/t.km	2.43E-05
	硫酸铵废渣	汽运	100	km	0.2138	kgCO ₂ e/t.km	0.0157
生产废弃物处置	用电量		1209.7932	kWh	1.1972	t CO ₂ e/MWh	1.4483
	蒸汽 (0.9MPa, 170-180℃)		2488.3474	MJ	0.1080	t CO ₂ e/GJ	0.2686
	柴油量		1.7463	kg	3.5919	t CO ₂ e/t	0.0063
	包装袋-ASS16	聚丙烯塑编袋 填埋	3.8291	kg	0.0054	t CO ₂ e/t	2.06E-05
	包装袋-HAC99	塑编袋 填埋	2.2722	kg	0.0054	t CO ₂ e/t	1.22E-05
单位产品碳足迹 (tCO₂e/t)						39.0132	

表 7-4 LA25 模板剂产品碳足迹 (基于 1 吨产量)

生命周期环节	活动水平参数		活动水平数据	单位	碳足迹系数	单位	碳排放量 (tCO ₂ e)
原辅料获取	盐酸金刚烷胺		1027.2284	kg	1.7768	t CO ₂ e/t	1.8252
	甲酸		459.4513	kg	3.0585	t CO ₂ e/t	1.4052
	甲酸钠		409.6462	kg	2.1054	t CO ₂ e/t	0.8625

生命周期环节	活动水平参数		活动水平数据	单位	碳足迹系数	单位	碳排放量 (tCO ₂ e)
	离子膜液碱		365.4443	kg	1.3484	t CO ₂ e/t	0.4928
	甲醛		1110.6518	kg	0.9481	t CO ₂ e/t	1.0530
	甲苯		498.0501	kg	1.5641	t CO ₂ e/t	0.7790
	碳酸二甲酯		695.7688	kg	2.1522	t CO ₂ e/t	1.4974
	氢氧化钙		543.9025	kg	0.8966	t CO ₂ e/t	0.4877
	缓蚀阻垢剂		0.2145	kg	1.4177	t CO ₂ e/t	0.0003
	工业盐		1.3405	kg	0.2344	t CO ₂ e/t	0.0003
	双氧水 H ₂ O ₂		0.6942	kg	0.7901	t CO ₂ e/t	0.0005
	硫酸 H ₂ SO ₄ 98%		4.3893	kg	0.1150	t CO ₂ e/t	0.0005
	NaOH 液碱		0.0209	kg	0.8989	t CO ₂ e/t	1.88E-05
	消泡剂		0.0050	kg	4.0504	t CO ₂ e/t	2.04E-05
	聚丙烯酰胺阳离子 PAM+		0.0044	kg	3.2340	t CO ₂ e/t	1.43E-05
	聚丙烯酰胺阴离子 PAM-		0.0185	kg	3.2340	t CO ₂ e/t	0.0001
	聚合氯化铝 (PAC)		0.0307	kg	1.7175	t CO ₂ e/t	0.0001
原辅料包装获取	包装袋-盐酸金刚烷胺	塑料编织袋	9.3384	kg	2.2786	t CO ₂ e/t	0.0213
	包装袋-甲酸钠	塑料编织袋	2.4903	kg	2.2786	t CO ₂ e/t	0.0057
原辅料运输	盐酸金刚烷胺	汽运	2100	km	0.0869	kgCO ₂ e/t.km	0.1892
	甲酸	汽运	500	km	0.0869	kgCO ₂ e/t.km	0.0208

生命周期环节	活动水平参数		活动水平数据	单位	碳足迹系数	单位	碳排放量 (tCO ₂ e)
	甲酸钠	汽运	500	km	0.0869	kgCO ₂ e/t.km	0.0179
	离子膜液碱	汽运	260	km	0.0869	kgCO ₂ e/t.km	0.0086
	甲醛	罐车运输	70	km	0.0869	kgCO ₂ e/t.km	0.0068
	甲苯	罐车运输	300	km	0.0869	kgCO ₂ e/t.km	0.0130
	碳酸二甲酯	汽运	50	km	0.0869	kgCO ₂ e/t.km	0.0034
	氢氧化钙	汽运	900	km	0.0869	kgCO ₂ e/t.km	0.0426
	缓蚀阻垢剂	汽运	100	km	0.0869	kgCO ₂ e/t.km	1.86E-06
	工业盐	汽运	100	km	0.0869	kgCO ₂ e/t.km	1.17E-05
模板剂生产	电力消耗 (MWh)		1527.5961	kWh	1.1972	t CO ₂ e/MWh	1.8288
	蒸汽 (0.9MPa, 170-180℃)		10408.4114	MJ	0.1080	t CO ₂ e/GJ	1.1236
生产废弃物运输	包装袋-盐酸金刚烷胺	汽运	50	km	0.2138	kgCO ₂ e/t.km	0.0001
	包装袋-甲酸钠	汽运	50	km	0.2138	kgCO ₂ e/t.km	2.66E-05
	包装桶-甲酸	汽运	500	km	0.2138	kgCO ₂ e/t.km	0.0020
	包装桶-离子膜液碱	汽运	260	km	0.2138	kgCO ₂ e/t.km	0.0007
	包装桶-碳酸二甲酯	汽运	50	km	0.2138	kgCO ₂ e/t.km	0.0008
生产废弃物处置	用电量		10.7100	kWh	1.1972	t CO ₂ e/MWh	0.0128
	蒸汽 (0.9MPa, 170-180℃)		22.0286	MJ	0.1080	t CO ₂ e/GJ	0.0024
	柴油量		0.0155	kg	3.5919	t CO ₂ e/t	0.0001

生命周期环节	活动水平参数			活动水平数据	单位	碳足迹系数	单位	碳排放量 (tCO ₂ e)
	包装袋-盐酸金刚烷胺	塑料编织袋	填埋	9.3384	kg	0.0054	t CO ₂ e/t	5.03E-05
	包装袋-甲酸钠	塑料编织袋	填埋	2.4903	kg	0.0054	t CO ₂ e/t	1.34E-05
单位产品碳足迹 (tCO₂e/t)							11.7052	

表 7-5 VZ422 沸石材料、LA25 模板剂产品碳足迹汇总表

生命周期环节	VZ422 沸石材料 (tCO ₂ e/t)	LA25 模板剂 (tCO ₂ e/t)
原辅材料获取	20.4624	8.4316
原辅材料运输	0.2900	0.3022
产品生产	16.5037	2.9524
产品包装获取	0.0180	/
废弃物处理	生产废弃物运输	0.0158
	生产废弃物处置	1.7233
总计	39.0132	11.7052

VZ422 沸石材料、LA25 模板剂各生命周期环节的碳足迹贡献值如图 7-1 所示。

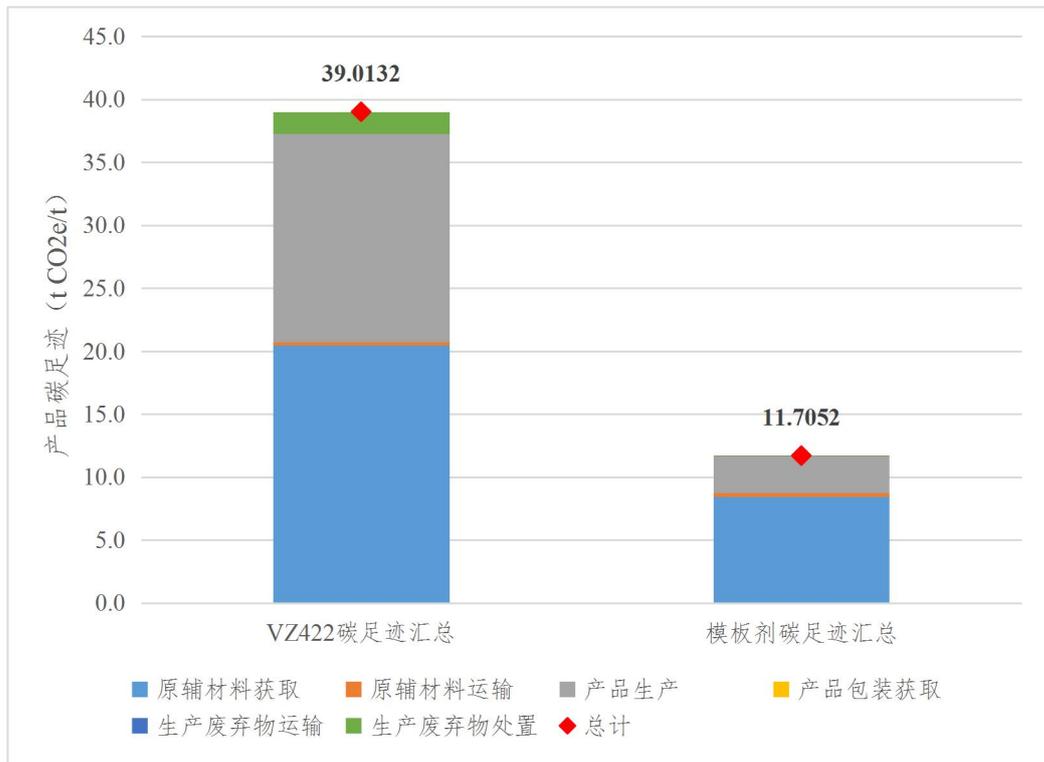


图 7-1 VZ422 沸石材料、LA25 模板剂各生命周期环节碳足迹贡献

评价对象各环节所占比例如图 7-2 和图 7-3 所示。

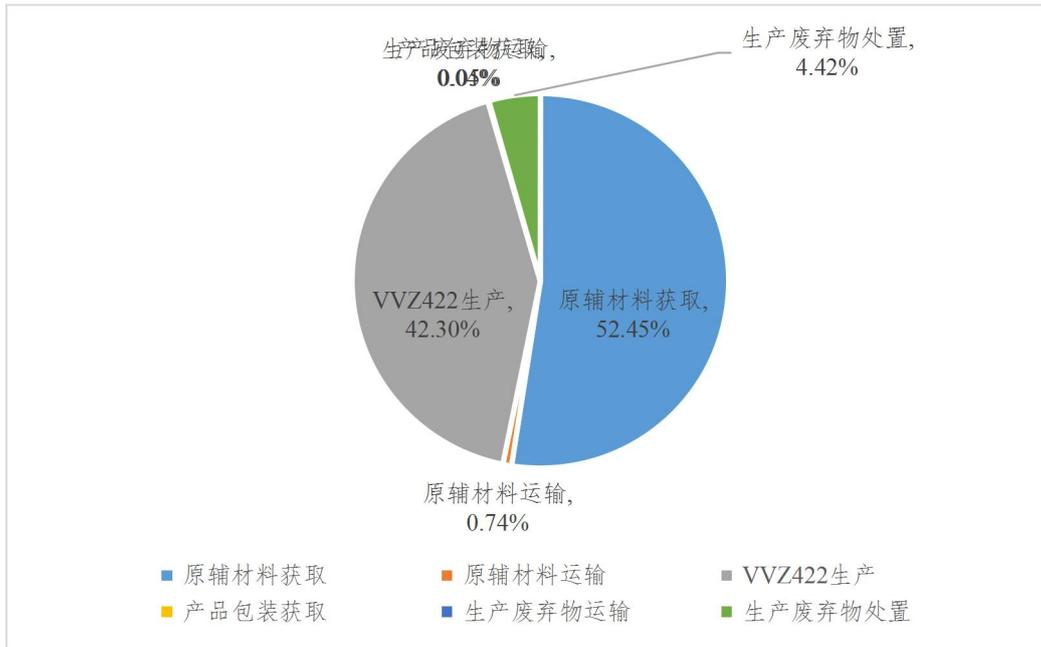


图 7-2 VZ422 沸石材料碳足迹构成图

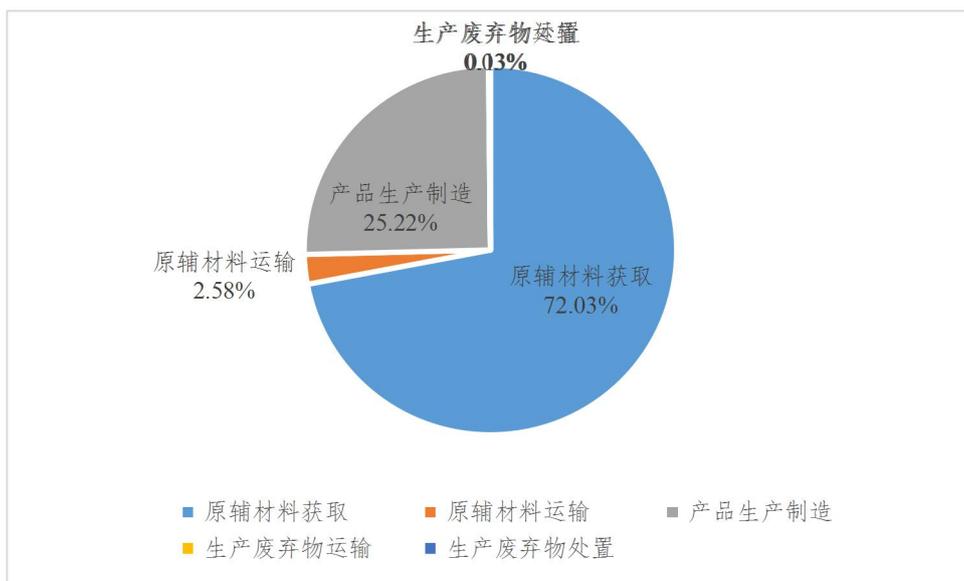


图 7-3 模板剂碳足迹构成图

由图 7-1 所示，LA25 模板剂作为 VZ422 产品的原料，其产品碳足迹约为 VZ422 的 1/3。由图 7-2 和图 7-3 可知，从各环节碳足迹的角度，VZ422 碳足迹的主要贡献环节为：原辅材料获取 > 产品生产 > 生产废弃物处置。原辅材料获取的排放为 VZ422 碳足迹的最主要来源，占比 52.45%。

LA25 模板剂碳足迹的主要贡献环节为：原辅材料获取>产品生产>原辅材料运输。其中原辅材料获取环节的碳足迹贡献占到72.03%，是模板剂产品碳足迹最主要的碳排放来源。

7.3.3 按能耗组成分析

两类评价产品能耗碳足迹构成如表 7-6 和表 7-7 所示。

表 7-6 VZ422 沸石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 ₂ e/t)	碳排放比例
原辅料运输	柴油	0.2900	1.66%
VZ422 生产	电力	10.7341	61.54%
	蒸汽	4.6661	26.75%
	柴油	0.0143	0.08%
生产废弃物运输	柴油	0.0158	0.09%
生产废弃物处置	电力	1.4483	8.30%
	蒸汽	0.2686	1.54%
	柴油	0.0063	0.04%
能耗总排放		17.4435	100%



图 7-4 VZ422 能耗碳足迹构成

表 7-7 LA25 模板剂的能耗碳足迹构成

生命周期环节	活动水平参数	碳排放量 (tCO ₂ e/t)	碳排放比例
原辅料运输	柴油	0.3022	9.33%
模板剂生产	电力	1.8288	56.45%
	蒸汽	1.1236	33.64%
生产废弃物运输	柴油	0.0036	0.11%
生产废弃物处置	电力	0.0128	0.40%
	蒸汽	0.0024	0.07%
	柴油	0.0001	0.002%
能耗总排放		3.2735	100%

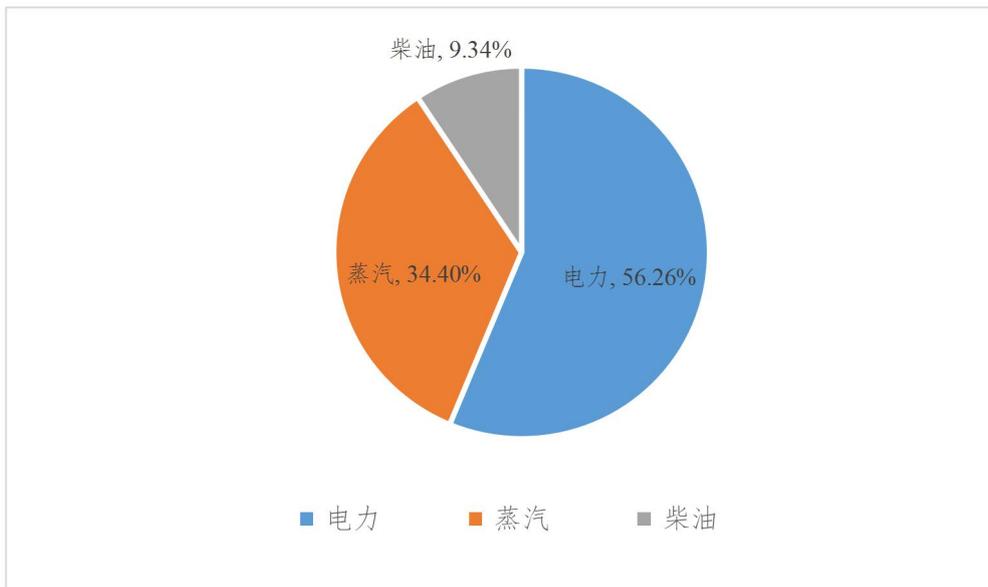


图 7-5 LA25 模板剂能耗碳足迹构成图

从能耗组成的角度分析，VZ422 沸石材料的能耗碳足迹占其整体碳足迹的 44.71%。其中 VZ422 沸石材料生产环节为能耗碳足迹的主要来源，占比 88.37%。各能源消耗类型的碳足迹贡献为：电力>蒸汽>柴油，其中电力为最大的能源碳足迹来源，其占比达 69.84%。因此，优化 VZ422 生产过程中的能耗管理是未来降低产品碳足迹所需关注的重点。

LA25 模板剂的能耗碳足迹占其整体碳足迹的 27.97%，碳排放主

要来源于模板剂的生产环节，其碳排放占比达 90.19%。能源消耗类型的碳足迹贡献为：电力>蒸汽>柴油，电力为最大的能源碳足迹来源，其占比达 56.26%。

7.3.2 按物料组成分析

两类评价产品的物料碳足迹构成如表 7-8、表 7-9、图 7-6、图 7-7 所示。

表 7-8 VZ422 沸石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 ₂ e/t)	碳排放比例
原辅材料获取	PS48	2.3509	11.48%
	ASS16	1.3547	6.61%
	SS30	2.5112	12.26%
	HAC99	1.1153	5.45%
	LA25-模板剂	12.9318	63.14%
	硫酸	0.0469	0.23%
	双氧水 H ₂ O ₂	0.0620	0.30%
	硫酸 H ₂ SO ₄ 98%	0.0570	0.28%
	NaOH 液碱	0.0021	0.01%
	消泡剂	0.0023	0.01%
	聚丙烯酰胺阳离子 PAM+	0.0016	0.01%
	聚丙烯酰胺阴离子 PAM-	0.0067	0.03%
	聚合氯化铝 (PAC)	0.0060	0.03%
原辅材料包装	聚丙烯塑编袋	0.0139	0.07%
产品包装	内衬 PE 塑料袋	0.0043	0.02%
	外层 PP 塑料编织袋	0.0137	0.07%
物料总排放		20.4804	100%

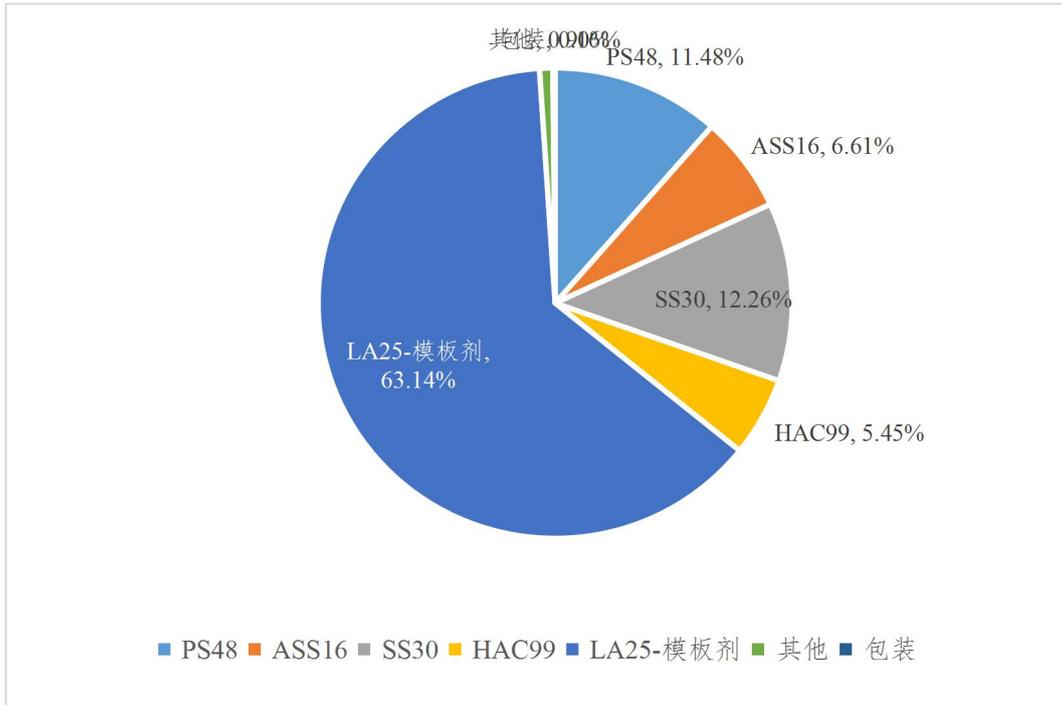


图 7-6 VZ422 物料碳足迹构成图

表 7-9 LA25 模板剂的物料碳足迹构成

生命周期环节	物料类别	碳排放量 (tCO ₂ e/t)	碳排放比例
原辅材料获取	盐酸金刚烷胺	1.8252	21.65%
	甲酸	1.4052	16.67%
	甲酸钠	0.8625	10.23%
	离子膜液碱	0.4928	5.84%
	甲醛	1.0530	12.49%
	甲苯	0.7790	9.24%
	碳酸二甲酯	1.4974	17.76%
	氢氧化钙	0.4877	5.78%
	缓蚀阻垢剂	0.0003	0.004%
	工业盐	0.0003	0.004%
	双氧水 H ₂ O ₂	0.0005	0.01%
	硫酸 H ₂ SO ₄ 98%	0.0005	0.01%
	NaOH 液碱	1.88E-05	0.0002%
	消泡剂	2.04E-05	0.0002%
	聚丙烯酰胺阳离子 PAM+	1.43E-05	0.0002%
	聚丙烯酰胺阴离子 PAM-	0.0001	0.001%
	聚合氯化铝 (PAC)	0.0001	0.001%
	原辅材料包装	编织袋	0.0270
物料总排放		8.4316	100%

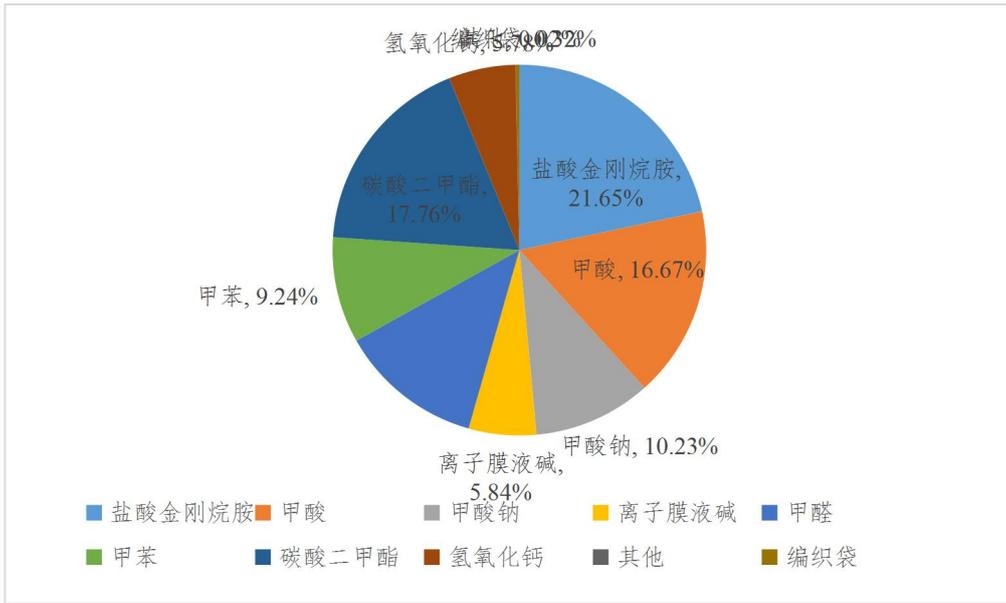


图 7-7 LA25 模板剂物料碳足迹构成图

从物料组成的角度分析，VZ422 的物料碳足迹占产品整体碳足迹的 54.50%。其物料碳足迹的主要来源为模板剂，占比达到 63.14%，其次分别为 SS30 和 PS48。因此，企业未来若计划进一步对产品碳足迹进行管理，优化模板剂的排放水平是需要首先考虑的议题。

LA25 模板剂的物料碳足迹占产品整体碳足迹的 72.03%，模板剂物料碳足迹的主要来源为盐酸金刚烷胺>氢氧化钙>甲酸。其中盐酸金刚烷胺的占物料碳足迹的 21.65%。

7.4 敏感性分析

对于两款产品，原辅材料获取及产品生产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及能源的变化对总体碳足迹变化的敏感程度，结果如表 7-10 所示。

表 7-10 VZ422 沸石材料、LA25 模板剂碳足迹敏感性分析

参数		原总碳足迹 (tCO ₂ e/t)	减后总碳足迹 (tCO ₂ e/t)	碳足迹差值 (tCO ₂ e/t)	总量减少比例
模板剂 碳足迹	盐酸金刚烷 胺减少 10%	39.0132	37.7200	1.2932	3.31%
	碳酸二甲酯 减少 10%	39.0132	37.7950	1.2182	3.12%
	电力消耗减少 10%时	39.0132	38.5197	0.4935	1.26%
	蒸汽消耗减少 10%时	11.7052	11.5226	0.1825	1.56%
VZ422 碳足迹	LA25 模板剂 减少 10%时	11.7052	11.5554	0.1497	1.28%
	电力消耗减少 10%时	11.7052	11.5210	0.1842	1.57%
	蒸汽消耗减少 10%时	11.7052	11.5926	0.1126	0.96%

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 7-10 所示，对于 VZ422 沸石材料而言，减少 LA25 模板剂原料的消耗对产品碳足迹的变化影响最大，即减少 10%的模板剂消耗可使其产品碳足迹降低 3.31%。对于模板剂产品，由表 7-10 可知，模板剂对电力消耗量的变化最为敏感，蒸汽消耗降低 10%可有效使其碳足迹减少 1.57%。

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天一次	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
技术代表性	生产现场	技术水平档次相差为 0	技术水平档次相差为 1	技术水平档次相差为 2	技术水平档次相差为 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 ≤ 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；

η ——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 VZ422 沸石材料产品碳足迹不确定性分析结果

项目	原辅料获取	原辅料包装获取	原辅料运输	产品生产	生产废弃物运输	生产废弃物处置
统计代表性 (q1)	9	7	7	9	7	9
时间代表性 (q2)	9	9	9	9	9	9
数据来源 (q3)	9	9	7	9	7	9
地理代表性 (q4)	9	9	7	9	9	7
技术代表性 (q5)	7	7	7	9	7	7
单个投入产出不确定性	8	8	7	9	7	8
产品碳足迹占比	52.45%	0.05%	0.74%	42.30%	0.04%	4.42%
总体不确定性	8.42					

表 8-4 模板剂产品碳足迹不确定性分析结果

项目	原辅料获取	原辅料包装获取	原辅料运输	产品生产	生产废弃物运输	生产废弃物处置
统计代表性 (q1)	9	7	7	8	7	9
时间代表性 (q2)	9	9	9	9	9	9
数据来源 (q3)	9	9	7	8	7	9
地理代表性 (q4)	9	9	7	9	9	7
技术代表性 (q5)	7	7	7	9	7	7
单个投入产出不确定性	8	8	7	8	7	8
产品碳足迹占比	72.03%	0.00%	2.58%	25.22%	0.03%	0.13%
总体不确定性	7.97					

由表 8-3 与表 8-4 可知，由于两个评价产品数据收集相近，且获取方式、渠道均一致，因此数据总体不确定性分别为 8.42 和 7.97，数据质量较高，不确定性较小。

九、结论

2021 年度内，1 吨 VZ422 沸石材料的全生命周期（“从摇篮-到-大门”）碳足迹为 39.0132 tCO₂e/t；1 吨模板剂产品的全生命周期（“从摇篮-到-大门”）碳足迹值为 11.7052 tCO₂e/t。模板剂作为 VZ422 的原料，其碳足迹约为变性燃料乙醇的 1/3。评价结果见表 9-1。

表 9-1 两类产品碳排放强度计算表

名称	碳足迹 (tCO ₂ e/t)
VZ422 沸石材料	39.0132
模板剂	11.7052

VZ422 沸石材料的能耗碳足迹占其整体碳足迹的 44.71%。其中 VZ422 沸石材料生产环节为能耗碳足迹的主要来源，占比 88.37%。各能源消耗类型的碳足迹贡献为：电力>蒸汽>柴油，其中电力为最大的能源碳足迹来源，其占比达 69.84%。从物料组成的角度分析，VZ422 的物料碳足迹占产品整体碳足迹的 54.50%。其物料碳足迹的主要来源为模板剂，占比达到 63.14%，其次分别为 SS30（30%二氧化硅溶液）和 PS48（48%氢氧化钾溶液）。

LA25 模板剂的能耗碳足迹占其整体碳足迹的 27.97%，碳排放主要来源于模板剂的生产环节，其碳排放占比达 90.19%。能源消耗类型的碳足迹贡献为：电力>蒸汽>柴油，电力消耗为最大的能源碳足迹

来源，其占比达 56.26%。LA25 模板剂的物料碳足迹占产品整体碳足迹的 72.03%，模板剂物料碳足迹的主要来源为盐酸金刚烷胺>氢氧化钙>甲酸。其中盐酸金刚烷胺的占物料碳足迹的 21.65%。

十、节能减排建议

通过前章结论，明确了 VZ422 沸石材料和 LA25 模板剂的碳足迹构成。对于 VZ422 和模板剂，都是原辅材料获取环节的碳足迹贡献最大。因此，工作组给出如下建议：

从中短期来看，建议提高原辅材料利用效率，开展节能诊断工作，挖掘生产过程节能潜力，提高能源（特别是电力）利用效率，以降低两种产品能源消耗导致的碳排放。

从长期来看，由于电力消耗对 VZ422 和 LA25 模板剂的能源碳贡献分别为 69.84%和 56.26%，因此建议万润股份考虑采用部署分布式光伏等清洁能源、采购绿电，使能源消费向低碳化转型，能够大大降低 LA25 模板剂以及 VZ422 沸石材料产品的碳足迹。