山东浩然特塑股份有限公司

碳足迹评价报告

聚苯砜树脂（PPSU）

编制单位

北京盈碳科技发展有限公司

编制时间

2024年12月03日

版本号

WISCARBON-CFP-浩然特塑-2024001

目 录

CONTENTS

1 目的和范围

1.1 概述

山东浩然特塑股份有限公司成立于2010年8月，总股本7250万股，公司是专业从事聚砜类（PPSU、PESU、PSU）、聚醚醚酮类（PEEK）特种工程塑料原料、改性料及二次制品研发、生产、销售的高新技术企业。荣获国家专精特新小巨人企业、山东省瞪羚企业、山东省隐形冠军企业、山东省名牌企业、科技型中小企业等多项荣誉。公司产品处于塑料工业“金字塔尖”，能够替代金属、陶瓷和传统复合材料，公司的产品以其卓越的性能，如高强度、高韧性、尺寸稳定性、耐化学腐蚀、透明性、生物相容性、安全无毒等，广泛应用于高端食品接触、生物医疗、航空航天、半导体、汽车工业、家电百货、新能源、电子电气、核电工业等多个领域。产品通过ISO9001、24001、28001管理体系认证，以及NSF、FDA、REACH、RoHS、SGS、SVHC、EU10、MSDS、GB4806等多项国际认证，满足了不同行业和领域的高标准要求。公司连续多年国内聚砜树脂产销量第一。

公司积极开展节能降耗减排技改工作，落实“碳达峰、碳中和”的绿色发展目标，2024年荣获威海市绿色低碳高质量发展先进集体荣誉称号。自行投资购置了 MVR 蒸发系统、高温相变储能装置、废气催化燃烧系统、闪蒸干燥机组等各类先进设备，保护了环境的同时大幅降低了企业的能源消耗及碳排放。采用MVR 蒸发系统对高盐水溶液进行蒸发浓缩，相较于传统蒸发浓缩工艺技术，吨产品蒸汽能耗由 570 公斤/吨降至 40 公斤/10吨，蒸汽消耗量降低了93%，每生产1000吨年降低蒸汽费约 550 万元。

本次对聚苯砜树脂（PPSU）产品开展产品碳足迹核算，以期摸清该类产品碳排放家底，为进一步产品低碳设计提供参考。

1.2 参考标准

本次研究运用WisCarbon碳中和数字化平台（CTrace2.0），按照ISO14067：2018的标准的要求，来评价山东浩然特塑股份有限公司聚苯砜树脂（PPSU）产品的碳足迹。另据标准规定，报告所采用的补充性要求（Supplementary requirement）也应当进行说明，本研究报告编制过程中针对氧化率、低位热值数据的获得过程还参考了国家标准和统计年鉴，本研究报告所涉及的所有补充性标准见“参考文献”。

1.3 声明单位

以1吨的聚苯砜树脂（PPSU）为声明单位。

1.4 包含的温室气体

本产品碳足迹评价案例包括IPCC第六次评估报告中所列举的温室气体，盘查的具体温室气体主要包括：二氧化碳（CO_2）、甲烷（CH_4）、氧化亚氮（N_2O）、六氟化硫（SF_6）、氢氟碳化物（HFCs）、全氟碳化物（PFCs）、三氟化氮（NF_3）。

本研究报告采用IPCC第六次评估报告100a的GWP值作为温室气体评估方法。

1.5 系统边界

本次评价的边界范围为“从摇篮到大门”，不包括下游最终产品的制造或使用如图1-1所示。

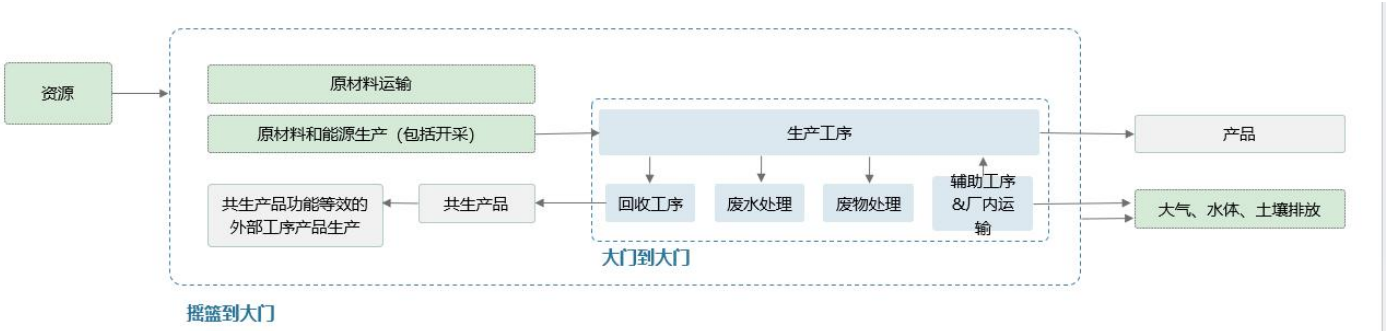

图1-1 本次碳足迹评价系统边界

1.5.1 技术覆盖性

本次研究产品的主要生产工艺如下：

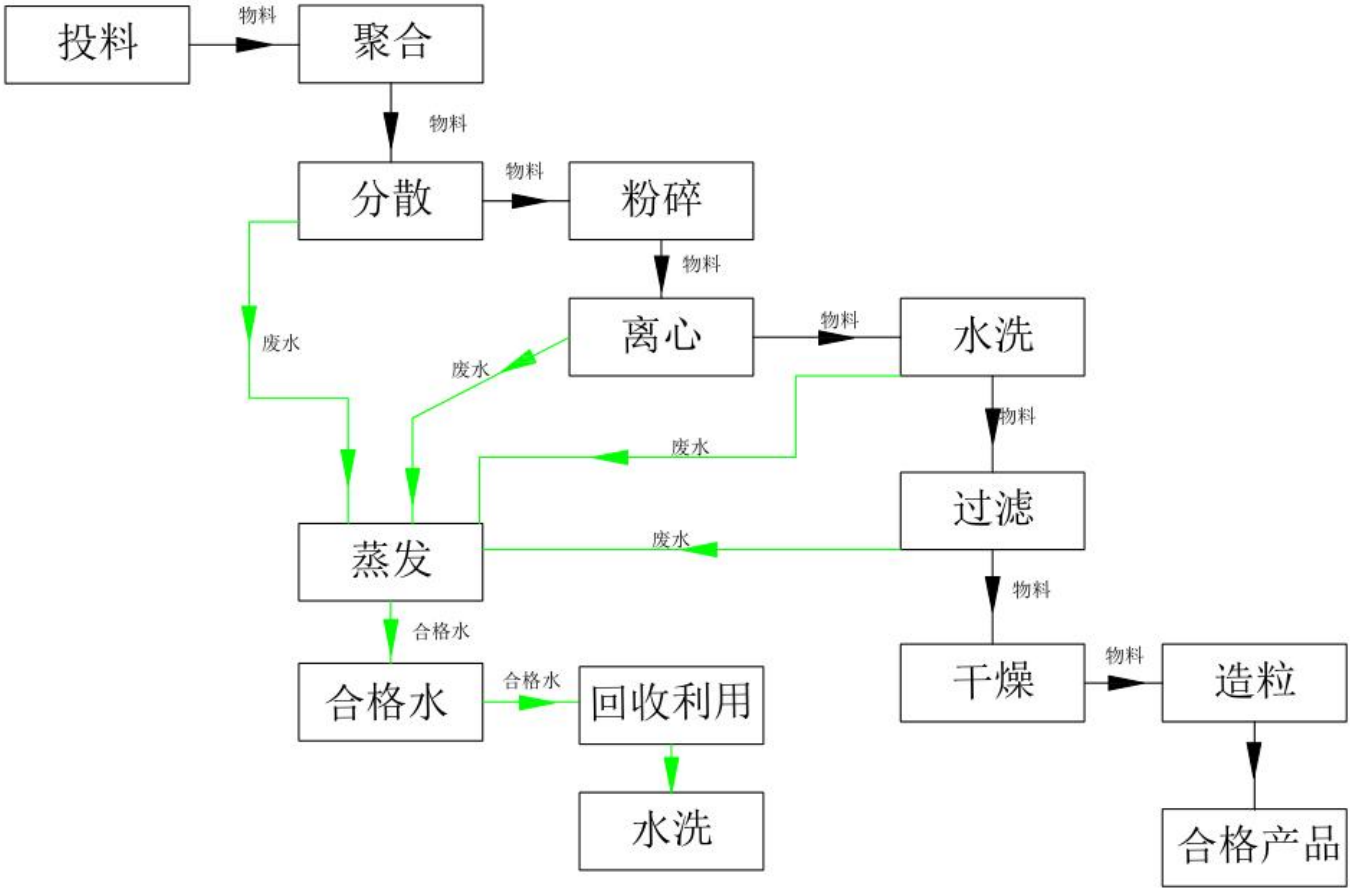

图1-2 浩然特塑聚苯砜树脂（PPSU）生产工艺

1.5.2 地理代表性

本次研究报告评价的工厂位于山东省威海市临港经济技术开发区开元东路264号。

1.5.3 时间代表性

数据收集的是聚苯砜树脂（PPSU）生产过程数据，来源为浩然特塑生产单元直接收集的数据，现场数据统计时间为2023-11-01至2024-10-31。

1.6 数据描述

1.6.1 数据分类

本次评价对象的现场数据为原燃料、辅料、能源消耗量，产品产量、运输距离等，取自生产系统、能源系统、现场生产记录等。背景数据包括原辅材料与能源开采生产的生命周期温室气体排放数据以及原材料与能源运输所需的运输生命周期温室气体排放数据，这些数据来自主要参考Ecoinvent 3.10、GABI 10.7.1.28数据库。

1.6.2 数据取舍

1.6.2.1 取舍规则

本研究采用的Cut-off规则以各项输入占过程总输入的重量比为依据。

（1）普通物料重量<1%产品重量,以及含稀贵或高纯成分的物料重量<0.1%产品重量时,可忽略该物料的上游生产过程影响;总共忽略的物料重量(包含数据缺失量)不超过 5%。

（2）低价值废物作为原料可忽略其上游生产过程影响。

（3）多数情况下,生产设备、厂房、生活设施等可以忽略。

（4）在选定环境影响类型范围内的已知排放数据不应忽略。

1.6.2.2 取舍说明

本次产品碳足迹核算过程无舍弃项。

2 生命周期清单分析

2.1 数据收集

2.1.1 运输

1）厂外运输：原辅料从上游厂商运输到浩然特塑生产地的过程，运输现场数据来自原辅料从上游厂商运输到浩然特塑生产地的过程，运输现场数据来自采购记录；背景数据来自Ecoinvent 3.10数据库。

2）厂内运输：工序物料厂内转运过程，使用电叉车运输，其电量消耗已统计到工序消耗用电量中，现场数据来自企业生产记录；背景数据来自GABI 10.7.1.28、Ecoinvent 3.10数据库。

2.1.2 燃料与能源—上游数据

燃料与能源背景数据来自Ecoinvent 3.10、GABI 10.7.1.28数据库。

2.1.3 原材料和工艺材料—上游数据

原材料与工艺材料背景数据来自Ecoinvent 3.10、GABI 10.7.1.28数据库。

2.1.4 废物处理

浩然特塑生产过程中产生的废矿物油、废机油、废导热油等废弃物由各产生单位分别保管储

存，由公司安全部统一安排处理，并考虑了废物处置过程产生的碳排放量。其中导热油实际使用情况为生产过程中会定期排出一部分旧油，加入新油，自2024年4月起，化工一车间停产后将所有导热油排除作为废弃物处理，因此出现核算边界内废导热油量比新投入量高的情况出现。

2.1.5 大气排放

浩然特塑生产过程聚苯砜树脂（PPSU）过程中，由于企业未对二氧化碳进行专业计量监测，由反应方程式推导可得生产一吨PPSU产品反应生成105kg二氧化碳。

2.2 生产工艺流程

按照产品类型，本次研究为聚苯砜树脂（PPSU）。根据聚苯砜树脂（PPSU）的生产工艺特点，收集浩然特塑现场每个生产工序的数据，包括：输入端的能源与能源介质、原材料、辅助材料，输出端的产品、副产品。产品的生产工艺及物质流向如图2-1所示。

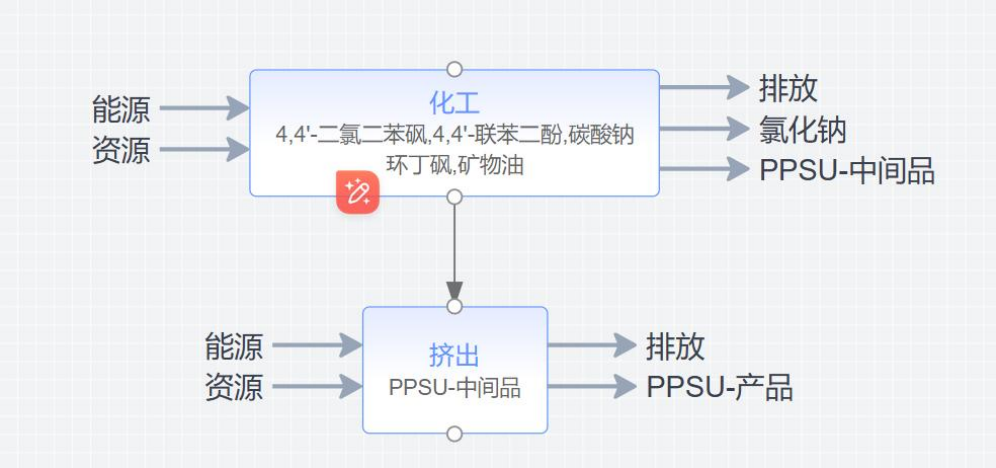

图2-1：本次研究的产品生产工艺

2.3 生产单元清单

单元过程：单元过程投入产出数据包括原料、能源、辅料、主产品、副产品以及固体废弃物等数据。

单元过程示意图：

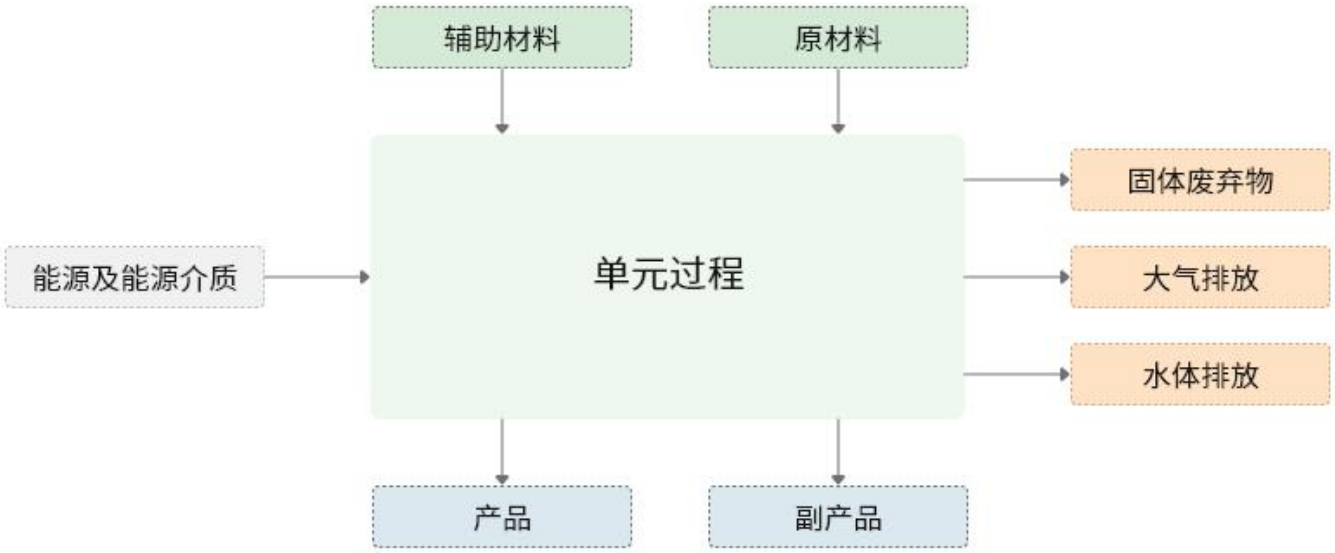

图2-2：单元过程输入输出

生产单元清单包含产品制造阶段主要工序输入、输出及来源见附录2现场数据清单。

2.4 数据质量

2.4.1 数据收集与数据质量管理

本研究报告所收集的用来计算测算产品碳足迹的数据质量符合ISO 14067:2018规范第6.3.5章节规定：

a) 时间覆盖范畴：所收集的活动数据发生在2023-11-01至2024-10-31；

b) 地域特征：排放因子优先选用物料的主要产地或过程的发生地数据，由先到后依次考虑区域数据、国家数据、国际数据；

c) 关于技术覆盖面：排放因子优先选取与产品工艺、技术一致的数据；

d) 关于数据精度：现场数据由计量设备测量得到，均根据计量设备的典型精度收集，除非另有说明，所收集数据的精确度应视为+/-5%，测量数据是最优的，其次是计算和估计数据；

e) 完整性：所收集现场数据收集均符合1.7.2数据取舍规则；

f) 代表性：所有现场数据能代表所研究产品的平均生产水平及相应排放；

g) 一致性：各部分数据按照一致的质量要求和本研究报告研究所定义的数据定性评价规则进行搜集和统计；

h) 重现性：本案中的数据、方法及过程均可在WisCarbon碳中和数字化平台（CTrace2.0）软

件中再现（因原理问题，量化不确定性的蒙特卡罗模拟每次数值有所不同）；

i）数据来源：现场数据来自于生产系统、能源系统、现场生产记录等，排放因子主要来自Ecoinvent 3.10、GaBi 10.7.1.28数据库；

j）不确定性：针对所收集数据的质量评估及计算结果的不确定分析可见本研究报告第3.4.2章节。

2.4.2 数据质量分析

本项目数据质量评价体系遵循PEF数据质量评分规则。

（1）现场数据的数据质量等级

参考 PEF 数据质量评分规则，通过以下公式计算现场数据质量等级：

$$DQR_{AD} = \frac{TiR_{AD} + TeR_{AD} + GeR_{AD} + P_{AD}}{4}$$

式中：

DQR_{AD} 为现场数据质量等级；

TiR_{AD} 为现场数据的时间代表性；

TeR_{AD} 为现场数据的技术代表性；

GeR_{AD}为现场数据的地理代表性；

P_{AD}为现场数据的准确性。

针对现场数据的实际情况，根据表 2-1 对TiR_{AD}、TeR_{AD}、GeR_{AD}、P_{AD}四项参数进行评分：

表2-1 现场数据TiR_{AD}、TeR_{AD}、GeR_{AD}、P_{AD}四项参数评分表

分值（分）	参数			
	TiR_{AD}	TeR_{AD}	GeR_{AD}	P_{AD}
1	采用最近一年年度的数据	能准确反映工序采用的技术	能准确反映工序的使用地区	测量/计算并通过外部验证
2	采用最近两年度的数据	可以代表工序采用的技术	大致能反映工序的使用地区	测量/计算并且内部验证，可信度经过审查
3	采用最近三年度的数据	不适用	不适用	测量/计算/参考文献，并且可信度未经过审查，或者有一定程度的估算但经过审查
4~5	不适用	不适用	不适用	不适用

根据附录四中的聚苯砜树脂（PPSU）产品现场数据质量评价，可知最终 DQR_{AD}≤1.5 分，则认

为收集的现场数据质量合格。

(2)背景数据的数据质量等级计算

本研究参考 PEF 数据质量评分规则，通过以下公式计算背景数据质量等级：

$$DQR_{EF} = \frac{TiR_{EF} + TeR_{EF} + GeR_{EF}}{3}$$

式中：

DQR_{EF}为背景数据质量等级；

TiR_{EF}为背景数据的时间代表性；

TeR_{EF} 为背景数据的技术代表性；

GeR_{EF}为背景数据的地理代表性。

针对背景数据的实际情况，根据表 2-2 对 TiR_{EF}、TeR_{EF}、GeR_{EF}三项参数进行评分：

表2-2 背景数据TiR_{EF}、TeR_{EF}、GeR_{EF}三项参数评分表

分值（分）	参数		
	TiR_{EF}	TeR_{EF}	GeR_{EF}
1	背景数据在有效期内	背景数据对应的技术与实际使用的技术完全相同	背景数据对应的技术与实际使用的技术在同一国家有应用
2	背景数据发布日期不超过有效期2年	背景数据对应的技术包括在实际使用的技术中	背景数据对应的技术与实际使用的技术在同一地区(如欧洲)有应用
3	背景数据发布日期不超过有效期4年	背景数据对应的技术部分包括在实际使用的技术组合中	背景数据对应的技术只在实际使用的技术覆盖的其中一个地区有应用
4	背景数据发布日期不超过有效期6年	背景数据对应的技术与实际使用的技术类似	背景数据对应的技术不属于实际使用技术的覆盖地区，但是专家对地区间的相似性进行了充分评估
5	背景数据发布日期不超过有效期6年或有效期不明确	背景数据对应的技术与实际使用的技术不同	背景数据对应的技术不属于实际使用技术的覆盖地区

根据附录四中的聚苯砜树脂（PPSU）产品背景数据质量评价，可知最终DQR_{EF}＜3，认为背景数据质量合格。

2.5 数据的分配

2.5.1 分配方法选择

分配方法：

根据 ISO 14044：2006 标准处理数据分配问题一般按以下程序进行：

（1）第一步：只要可能，宜通过以下方法避免分配；

1）将拟分配的单元过程进一步划分为两个或更多的子过程，并收集与这些子过程相关的输入和输出数据；

2）把产品系统加以扩展，将与共生产品相关的功能包括进来。

（2）第二步：如果分配不可避免时，则宜将系统的输入输出以能反映出它们潜在物理关系的方式划分到其中的不同产品或功能中；

（3）第三步：当物理关系无法建立或无法单独用来作为分配基础时，则宜以能反映它们之间其他关系的方式将输入输出在产品或功能间进行分配。

分配过程：

本次评价采用的是系统扩展法。下表是本次研究涉及共生产品的具体系统扩展方法。

表2-3：共生产品的具体系统扩展方法

共生产品	副产品用途	可替代
氯化钠	用于工业用盐使用	氯化钠生产

2.6 主要物料信息

基于前期对现场的调研，浩然特塑现场数据分为化工车间、挤出车间等主要生产工序。主要物料的背景数据和碳排放数据信息：

2.6.1 蒸汽的背景数据的确定

采用Ecoinvent3.10数据库中market for steam, in chemical industry数据。

2.6.2 电的背景数据的确定

采用GABI10.7.1.28数据库中Electricity grid mix 1kV-60kV数据。

2.7 计算

2.7.1 数据与单元过程关联

本次研究的聚苯砜树脂（PPSU）生产，对一个单元过程确定适宜的基准流，如1吨产品，并计算单元过程的定量输入和输出数据。对多个工序都有多种产品的单元过程数据进行分配，分配方法见2.5。

2.7.2 数据与声明单位的关联

数据与声明单位的关联是将各个工序或单元过程的输入输出数据除以产品的产量，即得到单位产品（声明单位）的原辅材料消耗、能源消耗和环境排放。

2.7.3 生命周期 CO_2e 排放计算方法

通过累积基本流（如CO_2）在生命周期内的总量乘以全球增温潜势即该基本流（CO_2）在生命周期内二氧化碳当量，再相加所有温室气体基本流，得出产品碳足迹值。

$$b_{T,F,g} = b_{F,g} + \sum a_{T,i}\, b_{i,g}$$

$b_{T,F,g}$：以功能单位或声明单位 F 为基准的基本流 g 的累积量 T，单位：kg/kg；

F:功能单位或声明单位；

g:基本流；

$b_{F,g}$:以功能单位或声明单位 F 为基准的基本流 g 在产品生产过程的直接流量，单位：kg/kg；

$\sum a_{T,i} b_{i,g}$：以功能单位或声明单位为基准的基本流 g 在上游过程的累积量，主要视研究边界所包含的单元过程而定，单位：kg/kg；

$a_{T,i}$:原辅料、能源等在产品系统中单元过程每功能单位或声明单位的直接消耗量，单位：kg/kg；

$b_{i,g}$:基本流 g 在单元过程 i 的直接流量。

3 生命周期影响评价

3.1 影响类型

本次研究主要目的是评价产品的碳足迹，即全球变暖潜力，所以本次生命周期影响评价类型即为全球变暖潜力。

3.2 清单因子特征化

本次研究采用IPCC 2021中对于全球变暖潜力（GWP100）的计算方法来对基本流进行特征化转化，以二氧化碳排放当量（即CO_2e）来衡量变暖潜力。

3.3 碳足迹评价结果

浩然特塑生产一吨聚苯砜树脂（PPSU）的生命周期影响评价结果如下表所示，单位为$kgCO_2e/t$。

表3-1：1吨聚苯砜树脂（PPSU）的碳足迹评价结果

参数		单位	上游	产品制造	合计
挤出工序	化石能源	tCO_2e	19.19	0.1191	19.31
	生物质	tCO_2e	0.0027	0	0.0027
	土地利用和土地变化	tCO_2e	0.0066	0	0.0066
	合计	tCO_2e	19.2	0.1191	19.32

1吨中间产品的全球变暖潜力（GWP100）评价结果如表3-2所示：

表3-2：1吨中间产品的碳足迹评价结果

产品	参数	单位	上游	产品制造	合计
化工工序	化石能源	tCO_2e	18.50	0.0139	18.51
	生物质	tCO_2e	0.0029	0	0.0029
	土地利用和土地变化	tCO_2e	0.0063	0	0.0063
	合计	tCO_2e	18.51	0.0139	18.52

3.4 不确定性分析

3.4.1 数据质量评估

本研究报告碳足迹评价的数据质量采用定性和定量评价的方法，针对所收集的现场数据和背景数据进行定性和定量评价，评价参考了Ecoinvent数据库依据专家判断获得的基本不确定性对照表，具体情况介绍如下。

表3-3：消耗量/产量不确定度对照表

指标	数据说明				
	1级（分值）	2级（分值）	3级（分值）	4级（分值）	5级（分值）
来源可靠性(U1)	现场调查或测量得到的原始数据(0)	来自权威的、定期更新的数据(0.025)	来自于一般文献或专著的不定期更新数据(0.050)	基于文献或经验的推论，估计或假设(0.100)	无根据的估算与假设(0.200)
样本完整性(U2)	充足的样本，合适的期间(0)	代表数据来自稍小范围但期间合适(0.010)	代表数据来自合适的范围但期间稍短(0.025)	来自小范围和期间的代表数据或来自充足的范围和期间的数据(0.050)	未知和来自小范围与短期间的不充足数据(0.100)

技术代表(U3)	从被研究企业得到的数据(0)	技术、过程和原料相同，但企业不同(0.025)	技术相同，但过程和原料有差别(0.100)	技术不同，但产品相同(0.200)	数据缺失时，以类似产品的数据替代(0.350)
年份代表（U4）	与时间无关或1年以内(0)	2年以内(0.015)	3年以内(0.050)	5年以内(0.100)	数据年代未知或5年以上(0.200)
地理代表（U5）	来自研究区域数据(0)	来自包含研究区域的较大区域范围的平均数据(0.005)	数据来自生产条件和生产力水平相似度高的区域(0.010)	数据来自生产条件和生产力水平相似度中等的区域(0. 025)	数据来自未知区域或生产条件和生产力水平完全不同的区域(0.050)

表3-4：因子不确定度对照表

指标	数据说明				
	1级（分值）	2级（分值）	3级（分值）	4级（分值）	5级（分值）
来源可靠性(U1)	实测(0)	World Steel；Ecoinvent 3.10；Gabi；(0.025)	来自于一般文献或专著的不定期更新数据(0.050)	根据文献计算(0.100)	无根据的估算与假设(0.200)
样本完整性(U2)	摇篮到大门(0)	从摇篮到大门-部分数据不完整(0.010)	单元过程/单个工序(0.025)	单元过程 黑箱(0.050)	
技术代表性(U3)	从被研究企业得到的数据(0)	技术、过程和原料相同，但企业不同(0.025)	技术相同，但过程和原料有差别(0.100)	技术不同，但产品相同(0.200)	数据缺失时，以类似产品的数据替代(0.350)
年份代表（U4）	与时间无关或3年以内(0)	5年以内(0.015)	8年以内(0.050)	10年以内(0.100)	数据年代未知或10年以上(0.200)
地理代表（U5）	中国（0）	亚洲（0.005）	欧洲/德国（0.010）	美国（0.025）	全球（0.050）

备注：分值越低，代表数据质量越好。

3.4.2 不确定性计算

本研究报告中产品碳足迹评价结果的不确定性使用“蒙特卡洛分析”模拟聚苯砜树脂（PPSU），分析本次碳足迹评价结果的不确定性为：

表3-5：不确定度分析结果

工序名称	不确定度	标准差	均值	最大值	最小值
挤出	0.04	1061.00	23760.00	28730.00	18750.00

4 生命周期结果评价解释

4.1 数据完整性和一致性

本研究报告依据ISO 14067：2018对测算产品的碳足迹评价过程进行了完整性检查和一致性检查。

本研究报告数据完整性检查结果符合要求，说明如下：

测算产品碳足迹评价过程完全依据企业实际的生产情况开展，所填报的各个过程清单数据来自生产系统、能源系统、现场生产记录等，所有数据收集没有遗漏，舍弃在1.7.2章节已做出说明，满足生命周期评价的完整性要求。

本研究报告一致性检查结果同样符合要求，说明如下：

a）数据收集范围与系统边界一致；

b）背景数据参数选取的数据库与供应商的能源、资源的生产工艺基本一致，运输背景数据参数的选取与运输方式相一致；

c）背景数据中能源数据接近所在地域，时间上也统一选择最接近评价年度的数据；

d）使用了一致的分配原则，参考2.5章节。

4.2 敏感度分析

敏感度分析的数学定义是：当函数的自变量变化单位百分比时，函数值也会相应变化一个百分比，两个百分比的比值就是函数值对此自变量的敏感度。在WisCarbon碳中和数字化平台（CTrace2.0）中，各单元过程的清单数据及其原始数据是自变量，LCA结果是函数值。

本研究报告按照用户设定的变化范围对选定的现场数据及背景数据进行敏感度计算分析，具体结果如表4-1、4-2所示。

表4-1：消耗量敏感度

物料名称	生命周期结果变化	物料变化量	敏感度
化工-蒸汽	9.816E+03	5.424E+07	50.80%

化工-电	4.474E+03	1.436E+07	23.15%
化工-4,4'-联苯二酚	2.216E+03	8.403E+05	11.48%
化工-4,4'-二氯二苯砜	1.815E+03	1.334E+06	9.40%

表4-2：因子值敏感度

因子名称	因子类型	生命周期结果变化	因子变化值	敏感度
蒸汽	材料隐含排放因子	1.851E+05	6.647E+00	50.80%
电	材料隐含排放因子	5.209E+04	6.393E+00	25.60%
4,4'-联苯二酚	材料隐含排放因子	1.273E+03	2.948E+00	11.05%
4,4'-二氯二苯砜	材料隐含排放因子	3.084E+03	4.500E+00	8.87%

表4-1为消耗量敏感度分析结果，对于聚苯砜树脂(PPSU) 产品的碳排放，最重要的影响因素是化工-蒸汽，其次是化工-电对于结果的准确性有重大影响，对于数据质量应严格保证。

表4-2为因子值敏感度分析结果，对于聚苯砜树脂(PPSU) 产品的碳排放，最重要的影响因素是蒸汽的因子值，其次是电对于结果的准确性有重大影响，对于数据质量应严格保证。

4.3 局限性

本研究报告碳足迹评价工作的局限性如下：

本研究限于数据可得性，部分原辅料及能源生产上游背景数据部分选取商业数据库的代表性数据，可能与实际过程存有区别而导致计算结果与实际环境表现有一定偏差（背景数据选取详情参考附录3-1、附录3-2、附录3-3）。

4.3.1 4,4'-二氯二苯砜背景因子选取

4,4'-二氯二苯砜在背景数据库中无强代表性的因子，采用因子组合方式构建上游背景数据库，具体如下：查询4,4'-二氯二苯砜生产工艺为：以工业硫酸，氯苯为原料，采用间歇法和连续法反

应是在过量的氯苯存在下进行的。由于4,4'-二氯二苯砜原材料加工工艺相对复杂、加工能耗、使用量及加工过程其他排放数据获取相对困难，因此忽略4,4'-二氯二苯砜生产过程其他排放，即按照分子式初步估算2moL氯苯和1moL硫酸生成1moL 4,4'-二氯二苯砜,即2×112+1×98=287.16，计算出生产1kg4,4'-二氯二苯砜，需要0.78kg氯苯和0.34kg硫酸，通过查询背景数据库中氯苯和硫酸的背景因子得到4,4'-二氯二苯砜的背景因子。

4.3.2 环丁砜背景因子选取

环丁砜在背景数据库中无强代表性的因子，由于合成路径复杂，采用以下两种方式替代

1、采用因子组合方式构建上游背景数据库，具体如下：查询环丁砜生产工艺为：以丁二烯、二氧化硫为主要原料，在对苯二酚的甲醇溶液存在下，于耐压反应器内加热合成为环丁烯砜甲醇溶液，分馏后，粗环丁烯砜在含镍催化剂存在下加氢转化为环丁砜，再经气液分离，分馏后得到成品。由于环丁砜原材料加工工艺相对复杂、加工能耗、使用量及加工过程其他排放数据获取相对困难，因此忽略环丁砜生产过程其他排放，即按照分子式初步估算1moL丁二烯和1moL二氧化硫生成1moL 环丁砜,即1×54+1×64=120.17，计算出生产1kg环丁砜，需要0.45kg丁二烯和0.53kg二氧化硫，通过查询背景数据库中丁二烯和二氧化硫的背景因子得到环丁砜的背景因子。

2、功能替代

查找资料可知，环丁砜在聚砜合成的作用是作为溶剂，帮助加快聚合速度，改善溶解性能，并易于精制提纯。环丁砜具有较高的沸点和闪点，能够溶解多种有机物质，因此在高温反应中表现出色。根据其性质作用，替代溶剂包含以下两种：①环己酮作为一种环状酮类有机化合物，沸点和闪点都比环丁砜低，但价格相对便宜。②乙腈作为一种氰化合物，沸点比环丁砜低，但闪点和毒性较高。从经济性及安全性考虑采用背景数据库中环己酮的背景因子替代环丁砜。

通过两种方式的计算可以分析采用因子组合方式构建环丁砜背景因子计算得其敏感度为0.84%，功能替代采用环己酮的背景因子计算得其敏感度为2.65%。综合考虑选择因子组合方式构建环丁砜背景数据。

4.4 结论

通过数据收集和生命周期建模计算，浩然特塑2023-11-01至2024-10-31生产的1吨聚苯砜树脂（PPSU）其全生命周期的碳足迹为19.32tCO_2e；碳足迹贡献占比见下表：

表4-3：各阶段碳足迹贡献占比

阶段	排放量(tCO_2e)	合计	占比
上游阶段	19.20	19.32	99.3838%
产品制造阶段	0.1191		0.6162%

通过分析,可以发现聚苯砜树脂（PPSU）产品碳足迹的主要来源为上游原材料的生产，贡献高达99.38%，本研究报告建议企业从以下方面挖掘碳减排潜力：

1）建议企业不断完善企业内碳管理相关制度，规范数据统计、记录标准，例如进一步完善调研现场估算数据来源及准确性，有助于提高数据质量。

2）上游原材料、辅料碳足迹数据不够充分，由于其加工工艺相对复杂，核算其原、辅材料的加工能耗、使用量等数据较为困难，建议企业针对上游供应商每年进行数据采集工作，对其产品核算碳足迹及其他指标提供相关依据，逐步完善绿色供应链管理体系，督促并帮助供应商建立完善的LCA报告制度。

附录1：参考文献

1.ISO 14067:2018 Greenhouse gases — Carbon footprint of products — Requirements and guidelines for quantification

2.ISO 14040:2006+A1:2020 Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework

3.ISO 14044:2006+A:2018+A2:2020 Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines

4.SYNTHESIS REPORT OF THE IPCC FIFTH ASSESSMENT REPORT (AR6)

5.Weidema B P，Bauer C，Hischier R，et al．2011．Overview and methodology．Data quality guideline for the ecoinvent database version3．［R］．Ecoinvent Report 1 St．Gallen: The Ecoinvent Centre．76-84

6.中国能源统计年鉴年

附录2：现场数据清单

所有现场数据由山东浩然特塑股份有限公司提供，数据期限为2023-11-01至2024-10-31。

附录2：现场数据清单						
工序类别	工序名称	数据类别	数据名称	数据来源	单位	数量
主工序	化工工序	能源动力介质	蒸汽	现场采集	kg	5.424E+07
主工序	化工工序	能源动力介质	电	现场采集	kWh	1.436E+07
主工序	化工工序	原料	4,4'-二氯二苯砜	现场采集	kg	1.335E+06
主工序	化工工序	原料	4,4'-联苯二酚	现场采集	kg	8.407E+05
主工序	化工工序	原料	碳酸钠	现场采集	kg	7.095E+05
主工序	化工工序	辅料	环丁砜	数据计算	kg	1.962E+05
主工序	化工工序	主产品	PPSU-中间品	现场采集	kg	1.971E+06
主工序	化工工序	副产品(外卖)	氯化钠	现场采集	kg	5.147E+05
主工序	化工工序	废弃物	废矿物油	现场采集	kg	6.910E+03
主工序	化工工序	废弃物	废机油	现场采集	kg	1.000E+03
主工序	化工工序	废弃物	废导热油	现场采集	kg	1.700E+03
主工序	化工工序	辅料	矿物油	数据计算	kg	7.700E+03
主工序	化工工序	辅料	机油	数据计算	kg	1.200E+03
主工序	化工工序	辅料	导热油	数据计算	kg	1.620E+03

主工序	化工工序	能源动力介质	纯水	现场采集	kg	1.109E+08
主工序	挤出工序	能源动力介质	电	现场采集	kWh	1.513E+06
主工序	挤出工序	原料	PPSU-中间品	现场采集	kg	1.971E+06
主工序	挤出工序	主产品	PPSU-产品	现场采集	kg	1.948E+06
主工序	挤出工序	废弃物	二氧化碳	现场采集	kg	2.045E+05

附录3：因子数据清单

附录3-1：材料隐含排放因子

名称	材料隐含排放因子	来源	地区	规格型号	因子详情
1	润滑油	gabi(0.025)	全球(0.050)	润滑油	https://ecoquery.ecoinvent.org/3.10/cutoff/dataset/3230/impact_assessment
2	电	gabi(0.025)	中国(0.000)	电	http://gabi-documentation-2022.gabi-software.com/xml-data/processes/858e328d-3e69-45c0-86cd-590b49e9c3dc.xml
3	自来水	ecoinvent(0.025)	全球(0.050)	自来水	market for tap water - Rest-of-World - tap water | ecoQuery (ecoinvent.org)
4	蒸汽	ecoinvent(0.025)	全球(0.050)	蒸汽	https://ecoquery.ecoinvent.org/3.10/cutoff/dataset/22017/documentation
5	4,4'-二氯二苯砜	ecoinvent(0.025)	全球(0.050)	4,4'-二氯二苯砜	https://ecoquery.ecoinvent.org/3.10/cutoff/dataset/931/exchanges ; https://ecoquery.ecoinvent.org/3.10/cutoff/dataset/1226/documentation
6	4,4'-联苯二酚	ecoinvent(0.025)	全球(0.050)	4,4'-联苯二酚	https://ecoquery.ecoinvent.org/3.10/cutoff/dataset/5439/documentation
7	碳酸钠	ecoinvent(0.025)	全球(0.050)	碳酸钠	soda production, solvay process - Rest-of-World - soda ash, light | ecoQuery (ecoinvent.org)
8	环丁砜	ecoinvent(0.025)	全球(0.050)	环丁砜	https://ecoquery.ecoinvent.org/3.10/cutoff/dataset/30012/exchanges ; https://ecoquery.ecoinvent.org/3.10/cutoff/dataset/6476/documentation
9	氯化钠	ecoinvent(0.025)	全球(0.050)	氯化钠	sodium chloride production, powder - Rest-of-World - sodium chloride, powder | ecoQuery (ecoinvent.org)

附录3-2：生产过程排放因子

名称	生产过程排放因子	来源	地区	规格型号	因子详情
1	CO_2	实测(0.000)	中国(0.000)	电	直接排放因子
2	废矿物油	ecoinvent(0.025)	全球(0.050)	废矿物油	https://ecoquery.ecoinvent.org/3.10/cutoff/dataset/8625/impact_assessment
3	废机油	ecoinvent(0.025)	全球(0.050)	废机油	https://ecoquery.ecoinvent.org/3.10/cutoff/dataset/8625/impact_assessment
4	废导热油	ecoinvent(0.025)	全球(0.050)	废导热油	https://ecoquery.ecoinvent.org/3.10/cutoff/dataset/8625/impact_assessment

附录3-3：运输因子

名称	运输因子	来源	地区	规格型号	因子详情
1	汽运，16-32t	ecoinvent(0.025)	全球(0.050)	汽运，16-32t	https://ecoquery.ecoinvent.org/3.10/cutoff/dataset/18156/documentation
2	汽运，7.5-16t	ecoinvent(0.025)	全球(0.050)	汽运，7.5-16t	https://ecoquery.ecoinvent.org/3.10/cutoff/dataset/18461/documentation

附录4：数据质量

附录4-1：聚苯砜树脂(PPSU)产品现场数据质量评价

工序名称	数据名称	时间代表性		技术代表性		地理代表性		准确性		数据质量
		描述	TiR	描述	TeR	描述	GeR	描述	P	DQR
挤出工序	PPSU-产品	与时间无关或2年以内	1	从被研究企业得到的数据	1	来自研究区域数据	1	现场调查或测量得到的原始数据	1	1.00
挤出工序	PPSU-中间品	与时间无关或2年以内	1	从被研究企业得到的数据	1	来自研究区域数据	1	现场调查或测量得到的原始数据	1	1.00
挤出工序	电	与时间无关或2年以内	1	从被研究企业得到的数据	1	来自研究区域数据	1	现场调查或测量得到的原始数据	1	1.00
化工工序	纯水	与时间无关或2年以内	1	从被研究企业得到的数据	1	来自研究区域数据	1	来自权威的、定期更新的数据	2	1.25
化工工序	环丁砜	与时间无关或2年以内	1	从被研究企业得到的数据	1	来自研究区域数据	1	来自权威的、定期更新的数据	2	1.25

化工工序	导热油	与时间无关或2年以内	1	从被研究企业得到的数据	1	来自研究区域数据	1	现场调查或测量得到的原始数据	1	1.00
化工工序	机油	与时间无关或2年以内	1	从被研究企业得到的数据	1	来自研究区域数据	1	现场调查或测量得到的原始数据	1	1.00
化工工序	矿物油	与时间无关或2年以内	1	从被研究企业得到的数据	1	来自研究区域数据	1	现场调查或测量得到的原始数据	1	1.00
化工工序	废导热油	与时间无关或2年以内	1	从被研究企业得到的数据	1	来自研究区域数据	1	现场调查或测量得到的原始数据	1	1.00
化工工序	废机油	与时间无关或2年以内	1	从被研究企业得到的数据	1	来自研究区域数据	1	现场调查或测量得到的原始数据	1	1.00
化工工序	废矿物油	与时间无关或2年以内	1	从被研究企业得到的数据	1	来自研究区域数据	1	现场调查或测量得到的原始数据	1	1.00
化工工序	氯化钠	与时间无关或2年以内	1	从被研究企业得到的数据	1	来自研究区域数据	1	现场调查或测量得到的原始数据	1	1.00

化工工序	PPSU-中间品	与时间无关或2年以内	1	从被研究企业得到的数据	1	来自研究区域数据	1	现场调查或测量得到的原始数据	1	1.00
化工工序	碳酸钠	与时间无关或2年以内	1	从被研究企业得到的数据	1	来自研究区域数据	1	现场调查或测量得到的原始数据	1	1.00
化工工序	4,4'-联苯二酚	与时间无关或2年以内	1	从被研究企业得到的数据	1	来自研究区域数据	1	现场调查或测量得到的原始数据	1	1.00
化工工序	4,4'-二氯二苯砜	与时间无关或2年以内	1	从被研究企业得到的数据	1	来自研究区域数据	1	现场调查或测量得到的原始数据	1	1.00
化工工序	电	与时间无关或2年以内	1	从被研究企业得到的数据	1	来自研究区域数据	1	现场调查或测量得到的原始数据	1	1.00
化工工序	蒸汽	与时间无关或2年以内	1	从被研究企业得到的数据	1	来自研究区域数据	1	现场调查或测量得到的原始数据	1	1.00
化工工序	4,4'-二氯二苯砜-汽运	与时间无关或2年以内	1	从被研究企业得到的数据	1	来自研究区域数据	1	来自权威的、定期更新的数据	2	1.25

化工工序	4,4'-联苯二酚-汽运	与时间无关或2年以内	1	从被研究企业得到的数据	1	来自研究区域数据	1	来自权威的、定期更新的数据	2	1.25
化工工序	碳酸钠-汽运	与时间无关或2年以内	1	从被研究企业得到的数据	1	来自研究区域数据	1	来自权威的、定期更新的数据	2	1.25
化工工序	环丁砜-汽运	与时间无关或2年以内	1	从被研究企业得到的数据	1	来自研究区域数据	1	现场调查或测量得到的原始数据	1	1.00
化工工序	矿物油-汽运	与时间无关或2年以内	1	从被研究企业得到的数据	1	来自研究区域数据	1	来自权威的、定期更新的数据	2	1.25
化工工序	机油-汽运	与时间无关或2年以内	1	从被研究企业得到的数据	1	来自研究区域数据	1	来自权威的、定期更新的数据	2	1.25
化工工序	导热油-汽运	与时间无关或2年以内	1	从被研究企业得到的数据	1	来自研究区域数据	1	来自权威的、定期更新的数据	2	1.25

根据以上表格，可知最终 DQR_{AD}≤1.5 分，则认为收集的现场数据质量合格。

附录4-2：聚苯砜树脂(PPSU)(PPSU) 产品背景数据质量评价

序号	数据名称	时间代表性		技术代表性		地理代表性		数据质量
		描述	TiR	描述	TeR	描述	GeR	DQR
1	电	2022	1.00	技术、过程和原料相同，但企业不同	2	中国	1.00	1.33
2	电	2023	1.00	技术、过程和原料相同，但企业不同	2	中国	1.00	1.33
3	润滑油	2022	1.00	技术、过程和原料相同，但企业不同	2	全球	5.00	2.67
4	氯化钠	2023	1.00	技术、过程和原料相同，但企业不同	2	全球	5.00	2.67
5	环丁砜	2023	1.00	技术、过程和原料相同，但企业不同	2	全球	5.00	2.67
6	碳酸钠	2023	1.00	技术、过程和原料相同，但企业不同	2	全球	5.00	2.67
7	4,4'-联苯二酚	2023	1.00	技术、过程和原料相同，但企业不同	2	全球	5.00	2.67
8	4,4'-二氯二苯砜	2023	1.00	技术、过程和原料相同，但企业不同	2	全球	5.00	2.67
9	蒸汽	2023	1.00	技术、过程和原料相同，但企业不同	2	全球	5.00	2.67

根据以上表格，可知最终 $DQR_{EF}<3$，认为背景数据质量合格。

产品碳足迹评价报告

CARBON FOOTPRINT OF PRODUCTS

编制单位： 北京盈碳科技发展有限公司

编制时间： 2024年12月03日

版 本 号： WISCARBON-CFP-浩然特塑-2024001

本报告仅披露全球变暖潜力GWP100指标