

报告编号：CPTZJBG2023-001

天津东皋膜技术有限公司
锂离子电池隔膜产品碳足迹报告



天津柏源节能科技有限公司

二〇二三年五月

基本信息

报告信息

报告编号：CPTZJBG2023-001

编写单位：天津柏源节能科技有限公司

编制人员：陈言、靳淑红

审核单位：天津柏源节能科技有限公司

审核人员：李倩倩

发布日期：2023年05月18日

申请者信息

公司全称：天津东皋膜技术有限公司

统一社会信用代码：911202245534417545

地址：天津市宝坻区九园工业园区9号路兴安道北侧50米

联系人：龚鑫蕾

联系方式：13821288940

采用的标准信息

ISO 14067:2018《温室气体—产品碳足迹—量化要求和指南》

PAS 2050:2011《商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》

选择的数据库

GaBi Databases

China Products Carbon Footprint Factors Database

中国产品全生命周期温室气体排放系数集

目 录

前 言	1
1 执行摘要	2
2 公司信息介绍	2
2.1 公司介绍	2
2.2 生产工艺	3
2.3 设备信息	4
2.4 产品信息	11
3 目标与范围定义	12
3.1 研究目的	12
3.2 系统边界	13
3.3 功能单位	13
3.4 生命周期流程图的绘制	13
3.5 取舍准则	14
3.6 影响类型和评价方法	15
3.7 数据质量要求	15
4 过程数据收集	16
4.1 原材料生产阶段	16
4.2 原材料运输阶段	17
4.3 产品生产阶段	19
4.4 产品运输阶段	19
5 碳足迹计算	20
5.1 碳足迹计算方法	20
5.2 碳足迹计算结果	20
5.3 碳足迹影响分析	21
5.4 碳足迹改进建议	22

6 不确定性	23
7 结语	23
附录 A 数据库介绍	24

前 言

人类活动引起的气候变化已被确定为世界面临的巨大挑战之一，并将在未来几十年继续影响商业和公民。气候变化对人类和自然系统都有影响，并可能对资源可用性、经济活动和人类福祉产生重大影响。我们有必要在现有最佳科学知识的基础上，对气候变化的紧急威胁做出有效和渐进的应对。产品碳足迹量化是将科学知识转化为有助于应对气候变化的工具。温室气体可以在产品的整个生命周期内排放和去除，包括原材料的获取、设计、生产、运输/交付、使用和寿命终止处理。量化产品的碳足迹（CFP）将有助于理解和采取行动，在产品的整个生命周期中增加温室气体的去除量并减少温室气体的排放量。

产品碳足迹计算只包含一个完整生命周期评估（LCA）的温室气体的部分。基于 LCA 的研究方法，国际上已建立起多种碳足迹评估指南和要求，用于产品碳足迹认证，目前广泛使用的碳足迹评估标准有三种：①《PAS 2050:2011 商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》，此标准是由英国标准协会(BSI)与碳信托公司（Carbon Trust）、英国食品和乡村事务部（Defra）联合发布，是国际上最早的、具有具体计算方法的标准，也是目前使用较多的产品碳足迹评价标准；②《温室气体核算体系：产品生命周期核算与报告标准》，此标准是由世界资源研究所(World Resources Institute, 简称 WRI)和世界可持续发展工商理事会(World Business Council for Sustainable Development, 简称 WBCSD)发布的产品和供应链标准；③《ISO 14067:2018 温室气体—产品碳足迹—量化要求和指南》，此标准以 PAS 2050 为种子文件，由国际标准化组织（ISO）编制发布。产品碳足迹核算标准的出现目的是建立一个一致的、国际间认可的评估产品碳足迹的方法。

1 执行摘要

天津东皋膜技术有限公司为相关环境披露要求，履行社会责任、接受社会监督，特邀请天津柏源节能科技有限公司对其选定产品的碳足迹排放情况进行研究，出具研究报告。研究的目的是以生命周期评价方法为基础，采用 ISO 14067:2018《温室气体—产品碳足迹—量化要求和指南》、PAS 2050:2011《商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》的要求中规定的碳足迹核算方法，计算得到天津东皋膜技术有限公司生产的**锂离子电池隔膜**的碳足迹。

本报告的功能单位定义为生产“**1 平方米锂离子电池隔膜**”。系统边界为“从摇篮到大门”类型，包括锂离子电池隔膜的上游原材料生产阶段、原材料运输阶段、产品生产阶段、产品销售运输阶段产生的排放。

报告对锂离子电池隔膜的生命周期各阶段碳足迹比例进行分析。从单个阶段对碳足迹贡献来看，发现产品生产阶段对产品碳足迹的贡献最大，其次为产品运输阶段。

评价过程中，数据质量被认为是最重要的考虑因素之一。本次数据收集和选择的指导原则是：数据尽可能具有代表性，主要体现在生产商技术、地域、时间等方面。锂离子电池隔膜生产生命周期内主要过程活动数据来源于企业现场调研的初级数据以及调研上游原材料，原辅料数据来源于 GaBi 数据库（GaBi Databases）及中国产品全生命周期温室气体排放系数库(China Products Carbon Footprint Factors Database)，本次评价选用的数据在国内外 LCA 评价中被高度认可和广泛应用。

2 公司信息介绍

2.1 公司介绍

天津东皋膜技术有限公司位于天津市宝坻区九园工业园区 9 号路兴安道北侧 50 米，厂区占地面积 120083.1m²，厂区建构物包括：4 栋生产车间、1 栋

办公楼、1 栋食堂、1 栋研发楼、1 栋测试中心、1 栋成品仓库备件库、1 栋机修车间和废料库。公司已通过 IATF16949 质量管理体系、环境管理体系、职业健康安全管理体系、能源管理体系认证并取得证书。现有国产湿法隔膜产线 3 条已投产，总投资 8 亿元；规划二期国产湿法隔膜 2 条，三期全进口湿法隔膜生产线 2 条。现有员工近 600 人，其中工程技术人员 120 人。

2.2 生产工艺

锂离子电池隔膜生产工艺流程说明：

锂电池隔膜是以石蜡油和超高分子量聚乙烯为原料，经上料、挤出、冷却、拉伸、萃取、热处理、分切等生产工序制成，具体生产工艺流程如下：

①上料：超高分子量聚乙烯和石蜡油分别经过计量称重后，通过泵，输送到挤出机中。

②挤出：在挤出机中，将熔融状态下的原料挤出，挤出的片材送入冷却成型机。

③冷却成型：片材与冷冻水通过冷却辊表面进行冷却定型，冷却后片材再通过输送机送入双向拉伸机。

④双向拉伸：在双向拉伸机中，对片材进行横向和纵向的同时拉伸，使片材宽度达到 4-4.5 米、厚度达到 20-70 微米。

⑤萃取：经过双向拉伸的片材经输送机送入封闭的萃取槽中，在萃取槽中装有二氯甲烷，利用石蜡油易溶于二氯甲烷的特性，用二氯甲烷将片材表面的石蜡油去除掉。萃取槽中混合液体（二氯甲烷和石蜡油）送入精馏塔中，利用二氯甲烷和石蜡油沸点的不同，将其分离开，二氯甲烷气体经冷凝后送回萃取槽，石蜡油送到混料装置后重新使用。

⑥横向拉伸热处理：去除掉石蜡油的片材送入横向拉伸机再次进行横向拉伸热处理，使片材的宽度达到 4.0~4.5 米。

⑦收卷：经横向拉伸热处理的薄膜，输送到收卷机中，进行卷取成母卷。该工艺环节所对应设备清单中的设备为自动中央收卷机。本次引进的自动中央收卷机组成：牵引单元、接触辊单元、自动切断装置、温控系统、收卷装置等组成。工作原理：人工把从横拉成型后的薄膜按照自动中央收卷机辊筒布置牵引至收卷机，实现薄膜的自动收卷。作用：该系统主要用于锂离子电池隔膜通过拉伸成型后的后续处理如冷却、切边，然后把成品薄膜卷起在收卷芯上等待后续再处理。

⑧分切：把母卷或涂布后的母卷送入分切机中，根据产品要求将片材分切成不同宽度，分切后的片材即为锂电池隔膜成品，经检验后包装入库。该工艺环节所对应设备清单中的设备为分切机。本次引进的分切机组成部分：分切机由放卷装置、分切装置、收卷装置、控制面板（电控系统和 PLC 系统）等组成。工作原理：通过控制单元控制整个设备并且和自动化控制系统通信，放卷单元释放由收卷机收卷的母卷，并控制聚飞烯薄膜的放卷张力，牵引单元对放卷机释放出的聚乙烯薄膜进行向前牵引、展平，切割单元按照工艺规格要求把聚乙烯薄膜进行分切，收卷单元把分切好的薄膜进行收卷。作用：将卷取后大母卷（最大幅宽 4.5m）按需分切为若干个幅宽 0.4m-1.3m 的小母卷，用作后续分切规格料使用。

其中，锂离子电池隔膜的生产流程如下：

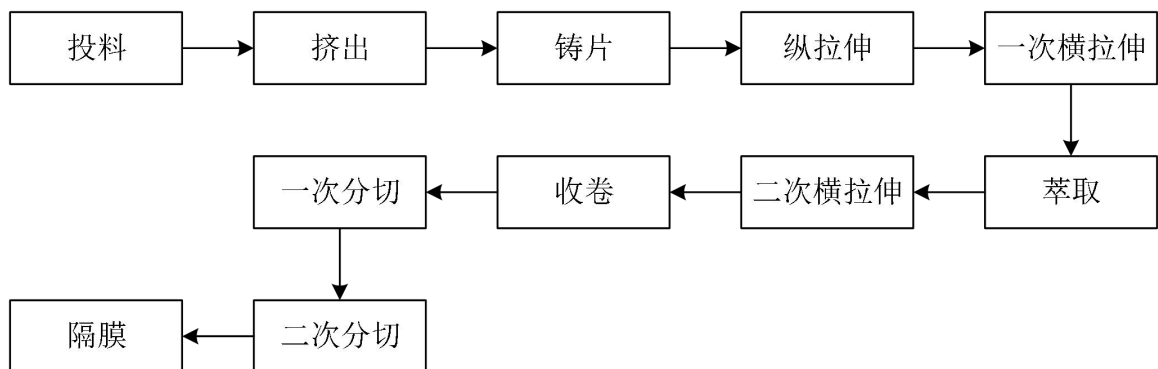


图 2.1 锂离子电池隔膜生产工艺流程图

2.3 设备信息

表 2.1 主要耗能设备清单

生产及辅助设备汇总表

车间名称	设备名称	规格型号	电机型号	功率	数量	产地
1~4线	配料系统、平台	---	1LE0001-1EB4	22KW	48	SIEMENS
1~4线			1LE0001-1BB2	4KW	4	SIEMENS
1~4线			YE2-100L2-4	3KW	12	翔宇
1~4线	双螺杆挤出机 II	SHJ-140	Z4-355-12	355KW	4	西安泰富西玛电机
1~4线	同步拉伸	---			4	
1~4线	铸片	---	KPLF160-224		4	KOFON
1~4线	纵拉	---	R87 DRS90L4/V	2.2KW	28	SEW EURODRIVE
1~4线			R97 DRS100M4/V	3KW	4	SEW EURODRIVE
1~4线	萃取槽	ZKHL-CQC	JKD-1-0137854	2.2KW	32	SIEMENS
1~4线			JKD-1-0137847	1.3	16	SIEMENS
1~4线			JKD-1-0137853	1.5	24	SIEMENS
1~4线			JKD-1-0138679	3	64	SIEMENS
1~4线			JKD-1-0141913	1.5	4	SIEMENS
1~4线			JKD-1-011 8463	1. 5	4	SIEMENS
1~4线	干燥箱	ZKHL-GZX			4	
1~4线	前牵引	---	DVP132S-4G	5.5KW	4	常州莱克斯诺
1~4线			DVP132MA-4G	7.5KW	4	常州莱克斯诺
1~4线	横拉	---	ZAFH 160L-4/HE	15KW	72	ZIEHL-ABEGG
1~4线			1LE0001-2AB4	30KW	8	SIEMENS
1~4线			ZAFH 160L-4/HE	15KW	72	ZIEHL-ABEGG

1~4 线	热处理	——	1FK7084-2AC71 -1BG0	3KW	16	SIEMENS
1~4 线	后牵引、收卷	——	DVP112M-4G	4KW	8	常州莱克斯诺
1~4 线			GEH-008-4G-HF	3KW	4	常州莱克斯诺
1~4 线			GEH-005-4G-HF	3KW	4	常州莱克斯诺
1~4 线	分切机	A-2200		20KW	4	浙江华创
1~4 线	分切机	HFQD2000CD	HE0001.1DB2	4KW	4	SIEMENS
1~4 线	空压机储罐	C-2.0/0.8			4	
1~4 线	空压机储罐	C-2.0/0.8			4	
1~4 线	燃气导热油锅炉	YY(Q)W-2100YQ	额定热功率 2100kw	37kw	4	
1~4 线	燃气导热油锅炉	YY(Q)W-2100YQ	额定热功率 2100kw	37kw	4	
1~4 线	油温机	AEOT-50K-24		24KW	4	江苏省昆山市
1~4 线	油温机	AEOT-50K-24		24KW	4	江苏省昆山市
1~4 线	油温机	AEOT-50K- 24		24KW	4	江苏省昆山市
1~4 线	4000L 储罐	4000L		7.5KW	4	
1~4 线	4000L 储罐	4000L		7.5KW	4	
1~4 线	4000L 储罐	4000L		7.5KW	4	
1~4 线	4000L 多功能搅拌 釜	4000L		7.5KW	4	
1~4 线	4000L 多功能搅拌 釜	4000L		7.5KW	4	

1~4 线	4000L 多功能搅拌 釜	4000L		7.5KW	4	
1~4 线	4000L 多功能搅拌 釜	4000L		7.5KW	4	
1~4 线	500L 多功能搅拌釜	500L		7.5KW	4	
1~4 线	导热油加热器	SH-JRQ-24KW		24KW	4	
1~4 线	导热油加热器	SH-JRQ-80KW		80kw	4	
1~4 线	导热油加热器	SH-JRQ-80KW		80kw	4	
1~4 线	导热油加热器	SH-JRQ-80KW		80kw	4	
1~4 线	导热油加热器	SH-JRQ-90KW		90kw	4	
1~4 线	导热油加热器	SH-JRQ-90KW		90kw	4	
1~4 线	复卷机	850	HG-SN302J-S10 0	3KW	4	MITSUBISHI
1~4 线	尾气	---			4	
1~4 线	分离	---			4	
1~4 线	天车	2.8T			4	
1~4 线	冷干机	LR8			4	
1~4 线	空气压缩机	AA6-37A-0.8			4	
1~4 线	冷干机	LR8			4	
1~4 线	空气压缩机	AA6-37A-0.8			4	
1~4 线	模温机	LOS-100-36/3	LOS-100-36/3	36KW	4	利德盛机械
1~4 线	模温机	LOS-100-36/4	LOS-100-36/4	36KW	4	利德盛机械
1~4 线	模温机	LOS-100-36/5	LOS-100-36/5	36KW	4	利德盛机械
1~4 线	模温机	LOS-100-36/1	LOS-100-36/1	36KW	4	利德盛机械

1~4 线	模温机	LOS-100-36/6	LOS-100-36/6	36KW	4	利德盛机械
1~4 线	模温机	LOS-100-36/2	LOS-100-36/2	36KW	4	利德盛机械
1~4 线	模温机	LCH-20WD-100		100kw	4	
1~4 线	模温机	LCH-10WS-100		100kw	4	
1~4 线	模温机	LCH-10WS-100		100kw	4	
1~4 线	模温机	LCH-20WD-100	LCH-20WD-100	30KW	4	利德盛机械
1~4 线	模温机	LCH-10WS-75		75KW	4	
1~4 线	水冷式模温机	AC-15W-48KW		48KW	4	奥天诚机械
1~4 线	水冷式模温机	AC-15W-48KW		48KW	4	奥天诚机械
1~4 线	水冷式模温机	AC-15W-48KW		48KW	4	奥天诚机械
1~4 线	水冷式模温机	AC-15W-48KW		48KW	4	奥天诚机械
1~4 线	水冷式模温机	AC-05W-30KW		30KW	4	奥天诚机械
1~4 线	水冷式模温机	AC-05W-30KW		30KW	4	奥天诚机械
1~4 线	水冷式模温机	AC-05W-36KW		36KW	4	奥天诚机械
1~4 线	水冷式模温机	AC-05W-36KW		36KW	4	奥天诚机械
1~4 线	水冷式模温机	AC-05W-36KW		36KW	4	奥天诚机械
1~4 线	水冷式模温机	AC-05W-36KW		36KW	4	奥天诚机械
1~4 线	水冷式模温机	AC-05W-36KW		36KW	4	奥天诚机械
1~4 线	水冷式模温机	AC-05W-36KW		36KW	4	奥天诚机械
1~4 线	水冷式模温机	AC-05W-36KW		36KW	4	奥天诚机械
1~4 线	水冷式模温机	AC-05W-36KW		36KW	4	奥天诚机械
5~6 线	配料系统、平台			36KW	2	
5~6 线	双螺杆挤出机 II		Z1-230-22	230KW	2	西安西玛电机

5~6 线	一拉			1.1KW	2	浙江新菱电机	
5~6 线			DV100LANS/PLG		2	电机（苏州）有限公司	
5~6 线			1PH7163-2HF30 -OCA3			2	SIEMENS
5~6 线			D/100LANS/PLG			2	SEW 电机（苏州）有限公司
5~6 线	铸片		1PH7101-2JF02 -OBC3			2	SIEMENS
5~6 线	纵拉		MDXMA1M090-32			2	LENZE
5~6 线			RE100	3KW		2	SEW-EURODRIV
5~6 线			Y2ET400L2-4WF 2	3KW		2	佳木斯电机股份
5~6 线			BFF(Q)2.4	3KW		2	佳木斯电机股份
5~6 线			DRE132S4	4KW		2	SEW-EURODRIV
5~6 线			MDXMA1M080-42			6	LENZE
5~6 线	萃取槽		100LP/4 TF F	2.20KW		24	NORD
5~6 线				3KW		10	上海喜门特防爆电机
5~6 线			YBPT 100L2-4WF2	3KW		10	佳木斯电机股份
5~6 线			100LP/4 TF F	2.20KW		12	NORD
5~6 线			90SP/4 TF F	1.10KW		12	NORD
5~6 线			F2	5.5KW		2	佳木斯电机股份

5~6 线			YBPT100L2-4WF 2	3KW	2	佳木斯电机股份
5~6 线			YBPT 100L2-4WF2	3KW	1 4	佳木斯电机股 份
5~6 线			YE3-132L-2	7.5KW	2	德州越锐电机
5~6 线			YE3-100L-2	3KW	2	德州越锐电机
5~6 线	干燥箱				2	
5~6 线	前牵引				2	
5~6 线	二拉		YBPT 132M-4W	7.5KW	16	佳木斯电机股份
5~6 线			YBPT 132M-4W	7.5KW	16	佳木斯电机股份
5~6 线			YBPT 160L-4W	15KW	2	佳木斯电机股份
5~6 线			YBPT 160L-4W	15KW	2	佳木斯电机股份
5~6 线	热处理				2	
5~6 线	后牵引、收卷		MDXMA2M080-32	0.75KW	6	LENZE
5~6 线			DRE90VA	1.1KW	2	SEW-EURODRIVE
5~6 线			DRE90M4	1.1KW	2	SEW-EURODRIVE
5~6 线			R37DRE90M4/ES 7C/V	1.1KW	4	SEW-EURODRIVE
5~6 线			DG-630 36	5.50KW	2	DG DARGANG
5~6 线	收卷机				2	
5~6 线	分切机				2	
5~6 线	分切机				2	
5~6 线	空压机储罐				2	
5~6 线	空压机储罐				2	

5~6 线	油温机	AEOT-50K-24		24KW	2	
5~6 线	油温机	AEOT-50K-24		24KW	2	
5~6 线	油温机	AEOT-50K-24		24KW	2	
5~6 线	油温机	AEOT-50K-24		24KW	2	
5~6 线	油温机	AEOT-50K-24		24KW	2	
5~6 线	模温机	AC-40WF		44KW	2	苏州奥德高端 装备
5~6 线	模温机	ACF-10WS		50KW	2	苏州奥德高端 装备
5~6 线	模温机	ACF-10WS		50KW	2	
5~6 线	模温机	ARDJ-50K-24		24KW	2	苏州奥德高端 装备
5~6 线	模温机	ARDJ-50K-24		24KW	2	苏州奥德高端 装备
5~6 线	空气压缩机	DLG-40A		51kw	2	
5~6 线	空气压缩机	DLG-40A		51kw	2	
5~6 线	水冷螺杆式冷(热) 水机组	TWSF0310.1FC1 T		157KW	2	
5~6 线	水冷螺杆式冷(热) 水机组	TWSF0310.1FC1 T		157KW	2	

2.4 产品信息

产品名称：锂离子电池隔膜



图 2.2 产品照片

产品说明：

锂电池隔膜的要求：（1）具有电子绝缘性；（2）有一定的孔径和孔隙率，保证低的电阻和高的离子电导率，对锂离子有很好的透过性；（3）隔膜必须耐电解液腐蚀，有足够的化学和电化学稳定性；（4）对电解液的浸润性好并具有足够的吸液保湿能力；（5）具有足够的力学性能，包括穿刺强度、拉伸强度等；（6）平整性好；（7）热稳定性和自动关断保护性能好。动力电池对隔膜的要求更高，通常采用复合膜；（8）隔膜受热收缩要小，否则会引起短路，进而引发电池热失控。

3 目标与范围定义

3.1 研究目的

本次研究的目的是得到天津东皋膜技术有限公司生产的“1 平方米锂离子电
池隔膜”生命周期过程碳足迹的平均水平，为天津东皋膜技术有限公司开展持续的节能减排工作提供数据支撑。本报告只限于天津东皋膜技术有限公司申报绿色工厂使用，严禁用于其它项目。

碳足迹核算是实现低碳、绿色发展的基础和关键，披露产品的碳足迹是环境保护工作和社会责任的一部分，也是天津东皋膜技术有限公司产品迈向国际市场的重要一步。本报告的研究结果将为天津东皋膜技术有限公司与锂离子电池隔膜

产品的采购商和原材料供应商的有效沟通提供良好的途径,对促进产品全供应链的温室气体减排具有一定积极作用。

本报告研究结果的潜在沟通对象包括两个群体:一是天津东皋膜技术有限公司内部管理人员及其他相关人员,二是企业外部利益相关方,如上游主要原材料供应商、下游采购商、地方政府和环境非政府组织等。

3.2 系统边界

本次碳足迹评价的系统边界为天津东皋膜技术有限公司的锂离子电池隔膜产品生产活动及非生产活动的部分生命周期。系统边界类型为“从摇篮到大门”,包括锂离子电池隔膜的上游原材料生产阶段、原材料运输阶段、产品生产阶段、产品销售运输阶段产生的排放。

3.3 功能单位

为方便系统中输入/输出的量化,本报告功能单位定义为:生产“**1 平方米锂离子电池隔膜**”。

3.4 生命周期流程图的绘制

根据 PAS 2050:2011《商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》绘制“1 平方米锂离子电池隔膜”产品的生命周期流程图,其碳足迹评价模式为从商业到商业(B2B)评价:包括从原材料获取,通过制造、分销整个过程的排放。产品的生命周期流程图如下:

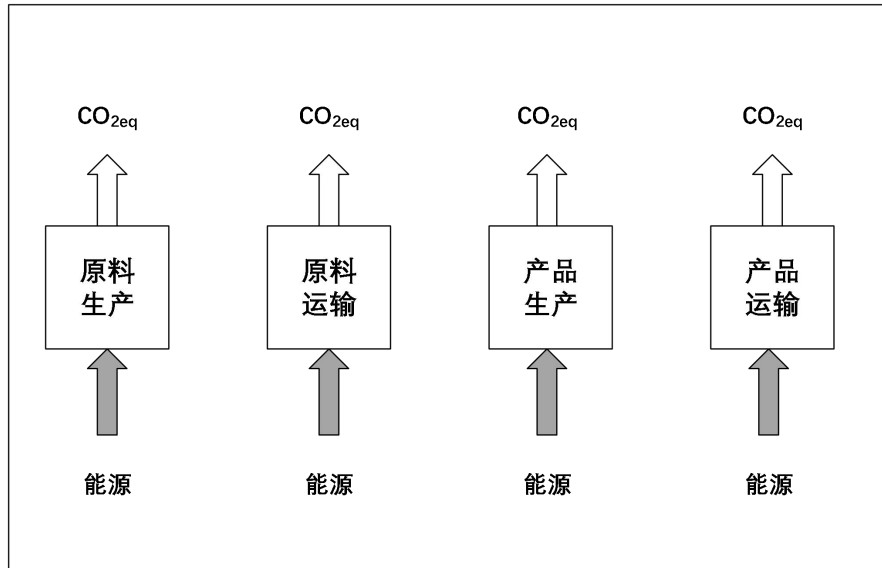


图 3.1 产品生命周期评价边界图

本报告中，产品的系统边界属“从摇篮到大门”的类型，为了实现上述功能单位，产品的系统边界见下表：

表 3.1 包含和未包含在系统边界内的生产过程

包含的过程	未包含的过程
<p>a.产品生产的生命周期过程包括:原材料获取+原材料运输+产品生产+产品运输；</p> <p>b.主要原材料生产过程中能源的消耗；</p> <p>c.产品生产过程电力及其他耗能工质等的消耗；</p> <p>d.原材料运输、产品运输。</p>	<p>a.资本设备的生产及维修；</p> <p>b.次要原材料及辅料获取和运输；</p> <p>c.销售等商务活动产生的运输。</p>

3.5 取舍准则

本项目采用的取舍规则以各项原材料投入占产品重量或过程总投入的重量比为依据。具体规则如下：

I 普通物料重量<1%产品重量时，以及含稀贵或高纯成分的物料重量<0.1%产品重量时，可忽略该物料的上游生产数据；总共忽略的物料重量不超过 5%；

II 大多数情况下，生产设备、厂房、生活设施等可以忽略；

III 在选定环境影响类型范围内的已知排放数据不应忽略。

本报告所有原辅料和能源等消耗都关联了上游数据，部分消耗的上游数据采用近似替代的方式处理，基本无忽略的物料。

3.6 影响类型和评价方法

基于研究目标的定义，本研究只选择了全球变暖这一种影响类型，并对产品生命周期的全球变暖潜值（GWP）进行了分析，因为 GWP 是用来量化产品碳足迹的环境影响指标。

研究过程中统计了各种温室气体，包括二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）、氧化亚氮（N₂O）、氢氟碳化物（HFC_s）、全氟化碳（PFC_s）、六氟化硫（SF₆）和三氟化氮（NF₃）等。并且采用了 IPCC 第六次评估报告(2021 年)提出的方法来计算产品生产周期的 GWP 值。该方法基于 100 年时间范围内其他温室气体与二氧化碳相比得到的相对辐射影响值，即特征化因子，此因子用来将其他温室气体的排放量转化为 CO₂ 当量（CO₂e）。例如，1kg 甲烷在 100 年内对全球变暖的影响相当于 27.9kg 二氧化碳排放对全球变暖的影响，因此以二氧化碳当量（CO₂e）为基础，甲烷的特征化因子就是 27.9kgCO₂e。

3.7 数据质量要求

为满足数据质量要求，在本研究中主要考虑了以下几个方面：

I 数据准确性：实景数据的可靠程度

II 数据代表性：生产商、技术、地域以及时间上的代表性

III 模型一致性：采用的方法和系统边界一致性的程度

为了满足上述要求，并确保计算结果的可靠性，在研究过程中首先选择来自生产商和供应商直接提供的初级数据，其中企业提供的经验数据取平均值，本研究对 2022 年生产一平方米锂离子电池隔膜的数据进行调查、收集和整理工作。

当初级数据不可得时，尽量选择代表区域平均和特定技术条件下的次级数据，次级数据大部分选择来自 Gabi 数据库及中国产品全生命周期温室气体排放系数库（2022）；当目前数据库中没有完全一致的次级数据时，采用近似替代的方式选择数据库中数据。数据库的数据是经严格审查，并广泛应用于国内外的 LCA 研究。

本次报告编制中初级数据，如生产制造的原辅材料清单及能源消耗由生产厂商直接提供，数据等级为实际现场值，数据质量高；次级数据如原材料生产、运输和产品运输中使用的能源消耗来源于 Gabi 数据库或中国产品全生命周期温室气体排放系数库（2022）中的背景数据。各个数据集和数据质量将在第 4 章对每个过程介绍时详细说明。

4 过程数据收集

4.1 原材料生产阶段

4.1.1 活动水平数据

原材料数据来源于企业生产实际消耗量统计，具体数据如下：

表 4.1 原材料及辅料消耗量

序号	原辅材料	活动水平	单位	来源
1	GA/PE	1975127	kg	生产统计
2	GB/白油	594869	kg	生产统计
3	GC/1010	9360	kg	生产统计
4	GD/二氯甲烷	2636519	kg	生产统计
5	制浆粉料/CM0102	76689.8	kg	生产统计
6	制浆粉料/CM0301	8900	kg	生产统计
7	制浆粉料/CM0108	41720	kg	生产统计
8	制浆粉料/CM0113	600500	kg	生产统计
9	制浆粉料/CM0115	168768.3	kg	生产统计
10	制浆粉料/CM0117	14260	kg	生产统计

4.1.2 排放因子数据

原材料生产的碳排放系数未进行供应商实景过程调研，排放因子数据通过 Gabi Database 获取，由于部分物料数据库中暂无排放因子，取值均来自于相近物料排放因子，具体数据如下：

表 4.2 原材料及辅料排放因子

序号	原辅材料	排放因子	单位	来源
1	GA/PE	0.60	kgCO ₂ eq/kg	中国产品全生命周期温室气体排放系数集
2	GB/白油	1.98	kgCO ₂ eq/kg	中国产品全生命周期温室气体排放系数集
3	GC/1010	0.60	kgCO ₂ eq/kg	中国产品全生命周期温室气体排放系数集
4	GD/二氯甲烷	0.60	kgCO ₂ eq/kg	中国产品全生命周期温室气体排放系数集
5	制浆粉料/CM0102	1.08	kgCO ₂ eq/kg	中国产品全生命周期温室气体排放系数集
6	制浆粉料/CM0301	1.08	kgCO ₂ eq/kg	中国产品全生命周期温室气体排放系数集
7	制浆粉料/CM0108	1.08	kgCO ₂ eq/kg	中国产品全生命周期温室气体排放系数集
8	制浆粉料/CM0113	1.08	kgCO ₂ eq/kg	中国产品全生命周期温室气体排放系数集
9	制浆粉料/CM0115	1.08	kgCO ₂ eq/kg	中国产品全生命周期温室气体排放系数集
10	制浆粉料/CM0117	1.08	kgCO ₂ eq/kg	中国产品全生命周期温室气体排放系数集

4.2 原材料运输阶段

4.2.1 活动水平数据

原材料运输阶段活动水平为根据供应商与企业平均距离计算所得的货物周

转量，具体数据如下：

表 4.3 原辅材料运输活动水平

序号	原辅材料	活动水平	单位	来源
1	GA/PE	2310899	t.km	根据统计数据计算
2	GB/白油	687074	t.km	根据统计数据计算
3	GC/1010	9360	t.km	根据统计数据计算
4	GD/二氯甲烷	5270401	t.km	根据统计数据计算
5	制浆粉料/CM0102	167491	t.km	根据统计数据计算
6	制浆粉料/CM0301	20221	t.km	根据统计数据计算
7	制浆粉料/CM0108	32083	t.km	根据统计数据计算
8	制浆粉料/CM0113	527239	t.km	根据统计数据计算
9	制浆粉料/CM0115	135015	t.km	根据统计数据计算
10	制浆粉料/CM0117	10966	t.km	根据统计数据计算

4.2.2 排放因子数据

原材料运输方式为道路运输，因未能获取运输过程实际能源消费量，数据通过 China Products Carbon Footprint Factors Database 获取，具体如下：

表 4.4 原辅材料运输排放因子

序号	原辅材料	排放因子	单位	来源
1	GA/PE	0.074	kgCO ₂ eq/(t·km)	中国产品全生命周期温室气体排放系数集
2	GB/白油	0.074	kgCO ₂ eq/(t·km)	中国产品全生命周期温室气体排放系数集
3	GC/1010	0.074	kgCO ₂ eq/(t·km)	中国产品全生命周期温室气体排放系数集
4	GD/二氯甲烷	0.074	kgCO ₂ eq/(t·km)	中国产品全生命周期温室气体排放系数集
5	制浆粉料/CM0102	0.074	kgCO ₂ eq/(t·km)	中国产品全生命周期温室气体排放系数集
6	制浆粉料	0.074	kgCO ₂ eq/(t·km)	中国产品全生命周期温室气体排放系数集

7	/CM0301 制浆粉料	0.074	kgCO ₂ eq/(t·km)	体排放系数集 中国产品全生命周期温室气体排放系数集
8	/CM0108 制浆粉料	0.074	kgCO ₂ eq/(t·km)	体排放系数集 中国产品全生命周期温室气体排放系数集
9	/CM0113 制浆粉料	0.074	kgCO ₂ eq/(t·km)	体排放系数集 中国产品全生命周期温室气体排放系数集
10	/CM0115 制浆粉料	0.074	kgCO ₂ eq/(t·km)	体排放系数集 中国产品全生命周期温室气体排放系数集

4.3 产品生产阶段

4.3.1 活动水平数据

产品生产阶段的活动水平数据均来源于企业统计的实景数据，具体如下：

表 4.5 产品生产阶段活动水平

生产单元	能源	活动水平	单位	来源
锂离子电池隔膜生产线	电	4328.925	万 kWh	生产统计
锂离子电池隔膜生产线	天然气	581.2425	万立方米	生产统计

4.3.2 排放因子数据

产品生产阶段的排放因子来源于背景数据库，具体如下：

表 4.6 产品生产阶段排放因子

生产单元	能源	排放因子	单位	来源
锂离子电池隔膜生产线	电	0.5703	t CO ₂ /MWh	2022 年度全国电网平均排放因子
锂离子电池隔膜生产线	天然气	21.6219	tCO ₂ /MWh	指南缺省值

4.4 产品运输阶段

4.4.1 活动水平数据

产品运输阶段活动水平为根据客户与企业平均距离计算所得的货物周转量，具体数据如下：

表 4.7 产品运输阶段活动水平

序号	产品	活动水平	单位	来源
1	锂离子电池隔膜	301926399	t·km	根据统计数据计算

4.4.2 排放因子数据

产品运输方式均为道路运输，因未能获取运输过程实际能源消费量，数据通过 China Products Carbon Footprint Factors Database 获取，具体如下：

表 4.8 产品运输阶段排放因子

序号	产品	排放因子	单位	来源
1	锂离子电池隔膜	0.074	kgCO ₂ eq/(t·km)	中国产品全生命周期温室气体排放系数集

5 碳足迹计算

5.1 碳足迹计算方法

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

$$CFP = \sum_{i=1, j=1}^n P_i \times Q_{ij} \times GWP_j \quad (1)$$

式中：

CFP——产品碳足迹；

P——活动水平数据；

Q——排放因子数据；

GWP——全球变暖潜势值。

注：本报告采用 2021 年 IPCC 第六次评估报告 AR6 值。

5.2 碳足迹计算结果

根据 5.1 章节公式，对生命周期各阶段的活动水平数据和排放因子数据汇总计算，可以计算出 2022 年度产品全周期的二氧化碳的排放量为 65210.77t。全年共生产锂离子电池隔膜产品 172011371.4 平方米。生产一平方米锂离子电池隔膜

产品全周期的二氧化碳的排放量为 0.38 kg。因此得到生产 1 平方米锂离子电池隔膜产品的碳足迹为 0.38kgCO₂eq。从生产锂离子电池隔膜产品生命周期累计碳足迹贡献比例的情况，可以看出碳排放环节主要集中在产品生产阶段，其次为产品运输阶段的能源消耗活动。具体结果如下：

表 5.1 碳足迹数据计算表

项目	组分	消耗数据	排放因子	GWP	CO ₂ e
电力 (MWh)	CO ₂	43289.25	0.5703tCO ₂ /MWh	1	24687.86
天然气(万 m ³)	CO ₂	581.2425	21.6219tCO ₂ /MWh	1	12567.57
原材料生产 (t)	CO ₂	4934.15	/	1	4934.15
原材料运输 (tkm)	CO ₂	9170749	0.074kg/tkm	1	678.64
产品运输 (tkm)	CO ₂	301926399	0.074kg/tkm	1	22342.55
合计 (tCO ₂ e)					65210.77

表 5.2 产品碳足迹评价结果

生命周期阶段	原材料生产	原材料运输	产品生产	产品运输	产品碳足迹
碳排放量(tCO ₂ eq)	4934.15	678.64	37255.43	22342.55	65210.77
占比	7.57%	1.04%	57.13%	34.26%	100.00%

5.3 碳足迹影响分析

从锂离子电池隔膜产品生命周期累计碳足迹贡献比例的情况，可以看出锂离子电池隔膜产品的碳排放环节主要集中在产品生产阶段，占比 57.13%，其次为产品运输阶段，占比 34.26%，具体详见下图。

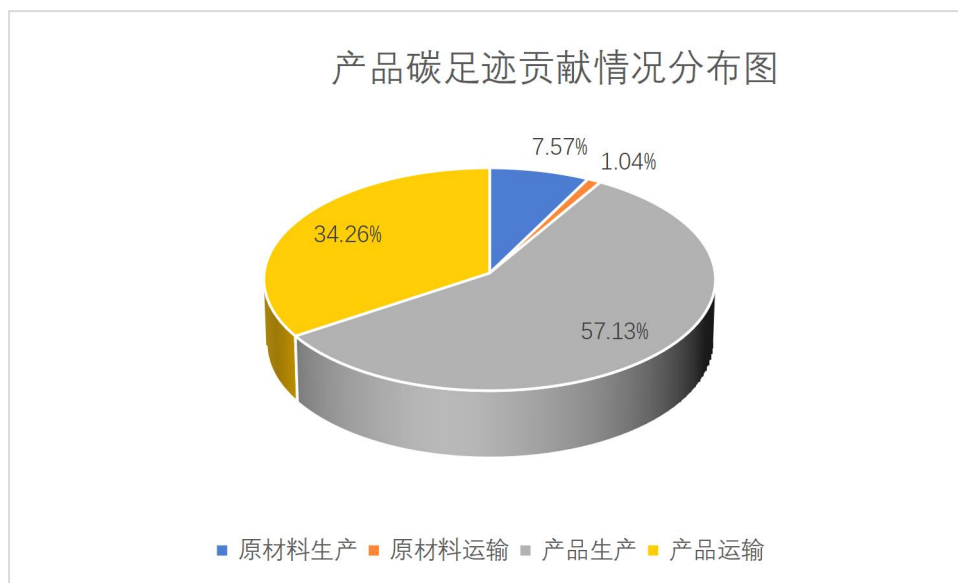


图 5.1 产品碳足迹贡献情况分布图

5.4 碳足迹改进建议

减少产品碳足迹需综合考虑产品全生命周期的各阶段影响，根据以上碳足迹贡献度分析，建议重点加强生产过程节能管理，以减少生产阶段的碳足迹，具体措施如下：

(1) 绿色供应商管理

公司应依据绿色供应商管理准则进行供应商考核，建立并实施供应商评价准则，加强供应链上对供应商的管理和评价，如要求主要供应商开展 LCA 评价，在原材料价位差异不大的情况下，尽量选取原材料碳足迹小或单位产品耗能较小的供应商，推动供应链协同改进。

(2) 产品生态设计

在分析指标的符合性评价结果以及碳足迹分析、计算结果的基础上，结合环境友好的设计方案采用、落实生产者责任延伸制度、绿色供应链管理等工作，提出产品生态设计改进的具体方案，以节能绿色为改进方向，减少后续产品使用阶段的碳足迹。

(3) 加强节能管理

产品生产过程对碳足迹贡献较大，公司应加强生产过程节能工作，从技术及管理层面提升能源效率，减少能源投入，厂内可考虑实施节能改造，重点提高公用设备的利用率，减少电力的使用量等；

(4) 推进绿色低碳发展意识

坚定树立企业可持续发展原则，加强生命周期理念的宣传和实践。运用科学方法，加强产品碳足迹全过程中数据的积累和记录，定期对产品全生命周期的环境影响进行自查，以便企业内部开展相关对比分析，发现问题。在生态设计管理、组织、人员等方面进一步完善。

6 不确定性

不确定性的主要来源为初级数据存在测量误差和计算误差。减少不确定性的方法主要有：

- a) 使用准确率较高的初级数据，最大程度的使用供应商提供的原始数据；
- b) 对每道工序都进行能源消耗跟踪监测，提高初级数据的准确性。

7 结语

低碳是企业未来生存和发展的必然选择，进行产品碳足迹的核算是实现温室气体管理，制定低碳发展战略的第一步。通过产品生命周期的碳足迹核算，可以了解排放源，明确各生产环节的排放量，为制定合理的减排目标和发展战略打下基础。

附录 A 数据库介绍

(1) **GaBi 数据库**: 由德国的 Thinkstep 公司开发的 LCA 数据库, GaBi 专业及扩展数据库共有 4000 多个可用的 LCI 数据。其中专业数据库包括各行业常用数据 900 余条扩展数据库包含了有机物、无机物、能源、钢铁、铝、有色金属、贵金属、塑料, 涂料、寿命终止、制造业, 电子、可再生材料、建筑材料、纺织数据库、美国 LCA 数据库等 16 个模块。

(2) **中国产品全生命周期温室气体排放系数库(China Products Carbon Footprint Factors Database)**: 由生态环境部环境规划院碳达峰碳中和研究中心联合北京师范大学生态环境治理研究中心、中山大学环境科学与工程学院, 在中国城市温室气体工作组 (CCG) 统筹下, 组织 24 家研究机构的 54 名专业研究人员, 基于公开文献的收集、整理、分析、评估和再计算, 并经过 16 名权威专家评审后公开的中国产品全生命周期温室气体排放系数, 具有较高的科学性、权威性。数据集包括产品上游排放、下游排放、排放环节、温室气体占比、数据时间、不确定性、参考文献/数据来源等信息, 包括能源产品、工业产品、生活产品、交通服务、废弃物处理和碳汇共计 1490 条数据信息。