

天津普兰能源科技有限公司
锂离子电池、电容制品碳足迹报告

天津双云科技发展有限公司

2025年2月24日



基本信息

报告信息

编写单位	天津双云科技发展有限公司
编制人员	宋泽圣、郭淼
审核单位	天津双云科技有限公司
审核人员	宁晓宁
发布日期	2025年2月24日

申请者信息

公司全称	天津普兰能源科技有限公司
统一社会信用代码	91120112328550938E
地址	天津市津南区北闸口镇明惠道20号
联系人	田苗苗
联系方式	18920546216

采用标准信息

ISO14067: 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

中国产品全生命周期温室气体排放系数库

目 录

前 言	1
1、 执行摘要	3
2、 公司信息	4
2.1、 公司介绍	4
2.2、 生产工艺	5
2.3、 设备信息	11
2.4、 产品信息	14
3、 目标与范围定义	14
3.1、 研究目的	14
3.2、 系统边界	15
3.3、 功能单位	15
3.4、 生命周期流程图绘制	15
3.5、 取舍准则	16
3.6、 影响类型和评价方法	17
3.7、 数据质量要求	17
4、 活动过程收集	19
4.1、 原材料生产阶段	19
4.1.1、 活动数据水平	19
4.1.2、 排放因子数据	19
4.2、 原材料运输阶段	20
4.2.1、 活动数据水平	20

4.2.2、排放因子数据	21
4.3、产品生产阶段	21
4.3.1、产品活动水平	22
4.3.2、排放因子数据	22
4.4、产品运输阶段	22
4.4.1、活动水平数据	22
4.4.2、排放因子数据	23
5、碳足迹计算	23
5.1、碳足迹计算方法	23
5.2、碳足迹计算结果	23
5.3、碳足迹影响分析	24
5.4、碳足迹改进建议	25
6、不确定性	26
7、结语	26
附录A 数据库介绍	27

前 言

人类活动引起的气候变化已被确定为世界面临的最大挑战之一，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) 《ISO14067:2018 温室气体—产品碳足迹—量化要求和指南》此标准以PAS2050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

天津普兰能源科技有限公司应相关环境披露要求，履行社会责任、接受社会监督，特邀请天津双云科技发展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ISO14067: 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，计算得到天津普兰能源科技有限公司生产的锂离子电池、电容的碳足迹。

本报告的功能单位定义为生产“1自然只锂离子电池/电容”。系统边界为“从摇篮到大门”类型，包括锂离子电池/电容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/电容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,发现原材料生产阶段对产品碳足迹的贡献最大,其次为产品生产阶段。

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/电容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 FactorsDatabase)，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

2.1、公司介绍

天津普兰能源科技有限公司（以下简称“普兰能源”）由国际著名纳米材料专家、南开大学陈永胜教授于2015年创建。公司致力于新型纳米材料在新能源领域的开发与应用，拥有新型粉料、干法电极、高能单体、全固态电池四大核心技术，在石墨烯、干法电极、钛酸锂全极耳电池、储能系统、全固态电池等领域具有突出的技术优势和丰富的工艺经验。

普兰具有全产业链的开发、设计与生产能力。独创干法工艺，在生产过程中无需添加任何溶剂，由固态粉料直接成膜，率先打破国外技术垄断，填补国内空白。产品性能与循环寿命较传统电极均有大幅度提升，开辟一条兼具成本效益和市场前景的可持续发展的新途径。

依托于自主研发的石墨烯改性的纳米钛酸锂材料和高能单体技术，普兰率先突破了技术壁垒，开发出具备优异的性能和超高性价比的钛酸锂电池/电容产品。

2.2、生产工艺

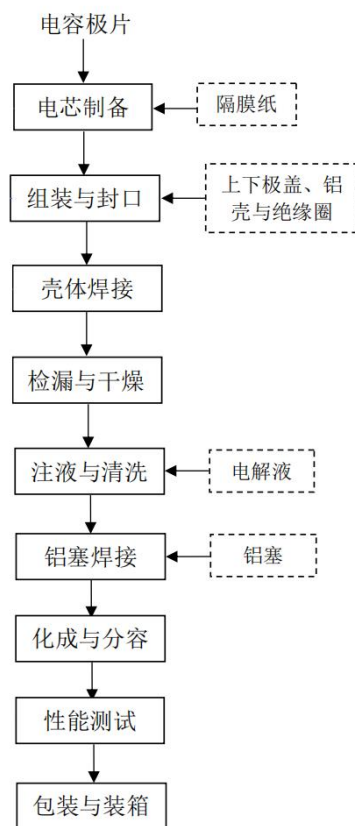


图 2.2-1 电容生产工艺流程图

①电芯制备：电芯采用卷绕方式组装，将外购的电容器极片用隔膜纸分开，全部上料至自动卷绕机内卷绕制成电芯。

②组装与封口：利用激光焊接机对电芯与上、下极盖进行焊接，随后用铝壳装配机将其装入铝壳，安装好绝缘圈并进行滚槽封口，滚槽封口由卷边封口机完成，利用冲压压力使得金属铝壳发生形变，完成封口。

③壳体焊接：利用激光焊接机将极盖与壳体进行焊接。

④检漏与干燥：用氦检仪进行检漏。合格电芯放入烤箱中进行干燥（90℃、5h、电加热），以除去表面水分。

⑤注液与清洗:

注液过程全部在手套箱内进行,手套箱内安装注液机。首先人工将电芯放置在手套箱内的过渡舱,关闭过渡舱外舱门,过渡舱随后进行抽真空、充氮气、抽真空、充氮气、抽真空操作,打开过渡舱内舱门,注液机自动抓起电芯进行称重。称重完成后设备抓起电芯将其放入定制的托盘中,托盘会顺着轨道到了定点位置后,转移设备会将该托盘转移至圆盘注液机,转移的同时上方的密封件会下压,此时圆盘机开始旋转,当到注液位置时,注液嘴进行注液操作。

完成注液后,设备会自动进行真空、加压、注入氮气、保持等动作。直到电解液完全渗入极芯,随后注液机会用胶塞对电芯进行封口。以上工序均在密闭的手套箱内进行,且不存在二次注液。

将封口后的电容器放入密闭的超声波清洗机中进行清洗,用于除去注液前后滴漏于电容器表面的电解液,清洗后采用压缩空气进行风干,风干过程同样在密闭的超声波清洗机中进行。

⑥铝塞焊接:清洗后的电芯通过压铝塞机塞入铝塞,并用激光焊接机对其进行焊接。

⑦化成与分容:

化成:电容器在直流稳压稳流电源上充电一段时间,将电极材料激活,使正、负电极片上聚合物与电解液相互渗透。

老化:将生产好的电容器在常温状态下静置一段时间,电容器内部电子继续反应,使电容器内部稳定。

分容:用分容机自动对电容器进行充放电,根据电容放电量的多

少记录各电容的容量，据此分选电容容量档次。

⑧性能测试：对电容器进行电性能测试及安全测试。①用电性能测试设备检验电容器的电阻、电容及损耗因数等参数、用漏电流测试仪检验电容器的漏电状况。②将电容器放置于高温测试箱或高低温循环箱中，设置一定的温度、湿度环境，使得电容器在该特殊环境中保存一定时间，随后继续测试其电阻、电容、损耗因数及漏电状况。③用短路试验测试机、热冲击防爆箱、碰撞冲击试验测试机、过放电测试设备、低气压测试箱、自由跌落试验测试机检验电容器的安全性能。

⑨包装与装箱：人工进行包装、装箱，随后送入成品库储存。

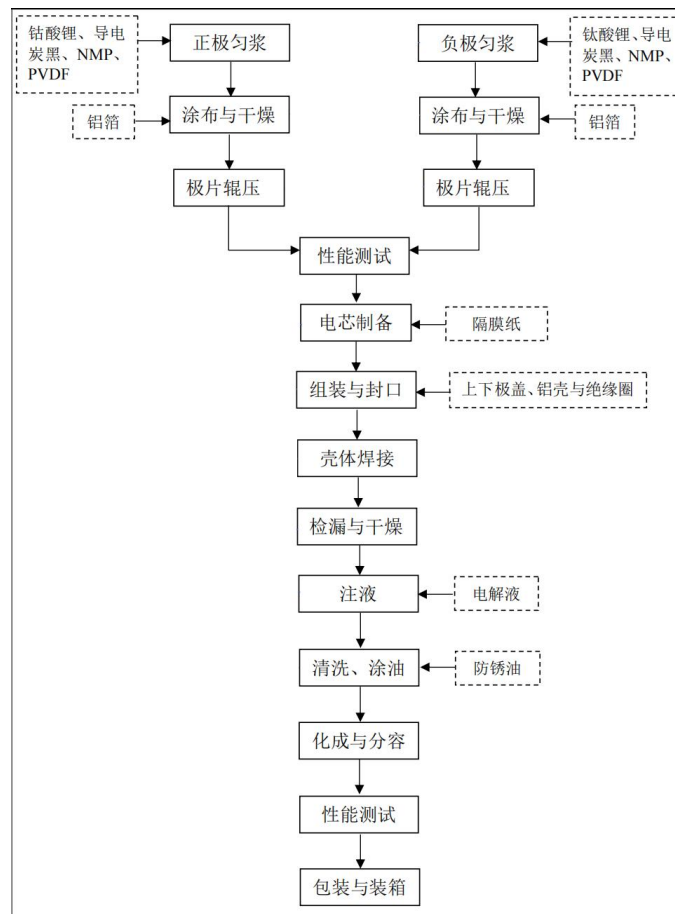


图 2.2-2 锂离子电池生产工艺流程图

①正极匀浆：NMP（N-甲基吡咯烷酮）和PVDF（聚偏氟乙烯树脂）按比例通过密闭管道进入打胶机进行搅拌，得到粘稠状的液体。将粉状原料导电炭黑和钴酸锂按比例加入匀浆机中搅拌，使其混合均匀。随后将上述搅拌好的NMP/PVDF混合液通过负压管道直接输送至匀浆机，使得四种正极原料（NMP、PVDF、导电炭黑、钴酸锂）高速搅拌混合均匀，制作成浆状物。

②负极匀浆：NMP（N-甲基吡咯烷酮）和PVDF（聚偏氟乙烯树脂）按比例通过密闭管道进入打胶机进行搅拌，得到粘稠状的液体。钛酸锂首先在喷雾干燥机中烘干，使其去除表面残留水分，随后将干燥的钛酸锂以及原料导电炭黑按比例加入匀浆机中搅拌，使其混合均匀。随后将上述搅拌好的NMP/PVDF混合液通过负压管道直接输送至匀浆机，使得四种负极原料（NMP、PVDF、导电炭黑、钛酸锂）高速搅拌混合均匀，制作成浆状物。

③涂布与干燥：涂布过程即将卷成桶状的集流体材料在机械的带动下均匀通过盛有糊状混合浆料的料槽，使混合浆料均匀涂布于连续集流体上，正极集流体材料采用铝箔，负极集流体材料采用铜箔。涂布后的铝箔进入涂布机自带的厢式炉内进行烘干，使铝箔上浆料中的NMP快速挥发出来，完成干燥过程。

④极片辊压：经干燥后的正、负集流体上涂满了正负极材料混合物，需要用辊压机对极片进行压实以降低极片厚度，这样在保证电池容积的同时，可以放入最大限度的电极材料，提高电池体积利用率。辊压后极片放入分切机，根据产品要求，裁剪成相同宽度的极片。

⑤电芯制备：电芯采用卷绕方式组装，将分切后的正、负极片用隔膜分开，全部上料至自动卷绕机内卷绕制成电芯。

⑥组装与封口：利用激光焊接机对电芯的正、负集流片与卷芯、上极盖进行焊接，将卷芯装入铝壳，并进行滚槽封口。滚槽封口由卷边封口机完成，利用冲压压力使得金属铝壳发生形变，完成封口，该过程无需加热。

⑦壳体焊接：利用激光焊接机将下集流体与卷芯进行焊接、用底盖压平机将底盖压平、最后将下极盖与壳体进行焊接，形成电池极芯。

⑧检漏与干燥：电池极芯经氦检仪进行检漏，合格极芯放入烤箱中进行干燥（90℃、5h、电加热），以除去表面水分。完成干燥后自然冷却至50℃以下，供下道工序使用。

⑨注液：注液过程全部在手套箱内进行，手套箱内安装注液机。首先人工将电芯放置在手套箱内的过渡舱，关闭过渡舱外舱门，过渡舱随后进行抽真空、充氮气、抽真空、充氮气、抽真空操作，打开过渡舱内舱门，注液机自动抓起电芯进行称重。称重完成后设备抓起电芯将其放入定制的托盘中，托盘会顺着轨道到了定点位置后，转移设备会将该托盘转移至圆盘注液机，转移的同时上方的密封件会下压，此时圆盘机开始旋转，当到注液位置时，注液嘴进行注液操作。

完成注液后，设备会自动进行真空、加压、注入氮气、保持等操作。直到电解液完全渗入极芯，随后注液机会用胶塞对电芯进行封口。

⑩清洗、涂油：将封口后的电池放入超声波清洗机中进行清洗，用于除去注液前后滴漏于电池表面的电解液，清洗后采用压缩空气进

行风干，风干过程同样在超声波清洗机中进行，风干后的电池用涂油机喷涂一层防锈油，防锈油喷涂厚度约为 $1\ \mu\text{m}$ 。

⑪化成与分容

化成：用专用的电池充放电设备对成品电池进行充放电测试，将电极材料激活，使正、负电极片上聚合物与电解液相互渗透。

充电过程：外加一个电源给电池充电，此时正极上的电子从通过外部电路达到负极上， Li^+ 从正极进入电解液里，通过复合隔膜，到达负极，与电子结合在一起。

放电过程：外加一个电阻，放电时，电子从负极经过外部电路达到正极， Li^+ 从负极进入电解液里，通过复合隔膜，到达正极，与经过外部电路过来的电子结合在一起。

老化：将生产好的锂离子电池在常温状态下静置一段时间，锂离子电池内部电子继续反应，让电解液的浸润更加良好，使锂电池内部更加稳定。

分容：将电池放入分容机（电池测试系统）中，对电池进行充放电，根据电池放电量的多少记录各电池的容量，据此分选电池容量档次。

⑫包装与装箱：人工进行包装、装箱，随后送入成品库储存。

2.3、设备信息

表2.3-1 主要生产设备清单

专用设备列表						
序号	设备名称	型号或参数	电机型号	功率 (kW)	安装位置	购置时间
1	真空打胶机	PZ-DJ-650L	YVF2-132S-4	5.5/11	打胶室	2022.7
2	龙门式行星真空搅拌机	PT7-300L	/	30	正极匀浆室	2022.7
3	热碾压机	DJ-ZJ800*700-R	GDVP-2255-4	/	碾压室	2022.8
4	手套箱	威格	/	/	60单体注液房	2022.6
5	涂布机	订制	MS1H3-29C15CD	/	电极车间	2022.8
6	NMP回收系统	QR-NMPTS21000	/	/	设备平台	2022.10
7	余热回收系统	QR-RJH21000	/	/	电极车间	2022.10
8	低气压高低温交变箱	RQGDJ-800	/	/	单体库	2023.4
9	真空烤箱	/	MSHE100L1-4	/	负极匀浆室	2023.3
10	分切机	/	/	/	电极碾压	2022.5
11	立式双工位入壳机	SY-QRJ218	24HS1404-50	/	D18车间	2020.11
12	点底焊	SY-DDLM18	YN90-60	/	D18车间	2020.9
13	激光焊盖帽	SY-BJJ18	/	/	D18车间	2020.9
14	扫码测试分选机 (20通道)	SC-TS1820C	3IK15RGN-C	/	D18车间	2020.7

专用设备列表

序号	设备名称	型号或参数	电机型号	功率 (kW)	安装位置	购置时间
15	封口机	SY-FJ18	YN80-40	/	D18车间	2020.9
16	清洗机	FH18650	/	/	D18车间	2020.10
17	套膜机 (带收盒)	SC-TC18H	3IK15RGN-C	/	D18车间	2020.11
18	圆柱锂电池制片机	DC1860B	3GN-60K	/	D18车间	2022.8
19	全自动卷绕机	DC1860AR-GS01-FF U	MX401N2LN07	/	D18车间	2022.3
20	真空混浆机10L	HY-DLH10L	YVF2-90L-2	/	电极车间	/
21	真空混浆机100L	HY-DLH100L	YE2-132M-4	/	负极匀浆室	/
22	真空混浆机200L	DRT-DLH200L	ILE0001-1EB2	/	正极匀浆室	2019.1
23	涂布机 (胶印机)	ss-600	/	/	电极车间	2022.3
24	4门圆筒烘箱	18KW	/	/	D60单体车间	2020.4
25	卷绕机	HFW-4570	GYS401D5-RC2	/	D60单体车间	/
26	电池注液机	FY-AZYR6C	/	/	D60单体车间	2022.6
27	新威化成柜	96通道5V30A	/	/	D60单体车间	2023.8
28	套管收缩机	TGSS-A	/	/	D60单体车间	/
29	卷边封口机	YXY-GZK-60	/	/	D60单体车间	/
30	卷绕机	/	MSMF102L1G6M	/	D60单体车间	2022.3
31	氦质谱检漏设备	A100	/	/	D60单体车间	2022.10
32	贴胶带机	/	57BYGH250E	/	D60单体车间	2023.1
33	烘箱	SM-HVBK2023-002	/	/	D60单体车间	2023.3

专用设备列表

序号	设备名称	型号或参数	电机型号	功率 (kW)	安装位置	购置时间
34	D60全自动清洗机	DY-QXJ601465B	/	/	D60单体车间	2023.1
35	激光测厚仪	SLG600	/	/	电极车间	2021.5
36	激光焊接机	HB-WED-2000	/	/	D60装配车间	2023.8
37	测试仪	5V30A96通道	/	/	D60装配车间	2023.8
38	真空打胶机	PZ-DJ-650L	YVF2-132S-4	5.5/11	打胶室	2022.7
39	龙门式行星真空搅拌机	PT7-300L	/	30	正极匀浆室	2022.7

2.4、产品信息

普兰能源具有全产业链的开发、设计与生产能力。独创干法工艺，在生产过程中无需添加任何溶剂，由固态粉料直接成膜，率先打破国外技术垄断，填补国内空白。产品性能与循环寿命较传统电极均有大幅度提升，开辟一条兼具成本效益和市场前景的可持续发展的新途径。

依托于自主研发的石墨烯改性的纳米钛酸锂材料和高能单体技术，普兰率先突破了技术壁垒，开发出具备优异的性能和超高性价比的锂离子电池/电容产品。

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普兰能源科技有限公司生产“1自然只锂离子电池/电容”生命周期过程碳足迹的平均水平，为天津普兰能源科技有限公司开展持续的节能减排工作提供数据支撑。本报告只限于天津普兰能源科技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，也是天津普兰能源科技有限公司产品国际市场前进的重要一步。本报告的研究结果将为天津普兰能源科技有限公司与锂离子电池/电容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：一是天津普兰能源科技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普兰能源科技有限公司的锂离子电池/电容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/电容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自然只锂离子电池/电容”。

3.4、生命周期流程图绘制

根据PAS20502011《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自然只锂离子电池/电容”产品的生命周期流程图，其碳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。

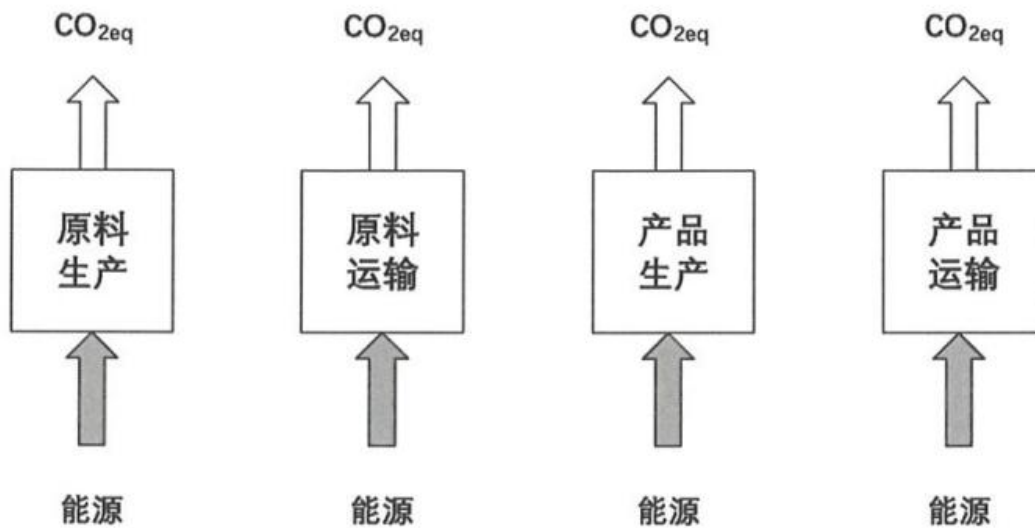


图3.4-1 产品生命周期评价边界图

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3.4-1 包含和未包含在系统边界内的生产过程

包含过程	未包含过程
①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； ②主要原材料生产过程中能源的消耗； ③产品生产过程的电力及其他耗能工质等的消耗； ④原材料运输、产品运输。	①资本设备的生产及维修 ②次要原材料及辅料获取和运输 ③销售等商务活动产生的运输

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：

①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%；

②大多数情况下，生产设备、厂房、生活设施等可以忽略；

③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(HFCs)、全氟化碳(PFCs)、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：

①数据准确性：实际数据的可靠程度

②数据代表性：生产商、技术、地域以及时间上的代表性

③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2024年生产“1自然只锂离子电池/电容”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；当目前数据库中完全没有一致的次级数据时，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、活动过程收集

4.1、原材料生产阶段

4.1.1、活动数据水平

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4.1-1 原材料及辅料消耗量

序号	原辅材料	活动水平	单位	来源
1	碳酸锂	0.0287	kg	生产统计
2	二氧化钛	0.0823	kg	生产统计
3	碳	0.3845	kg	生产统计
4	蔗糖	0.0077	kg	生产统计
5	正极粘结剂	0.2712	kg	生产统计
6	钴酸锂	0.0130	kg	生产统计
7	钛酸锂	0.0459	kg	生产统计
8	导电炭黑	0.0026	kg	生产统计
9	聚偏氯乙烯树脂 PVDF	0.0026	kg	生产统计
10	NMP-甲基吡咯 烷酮	0.0596	kg	生产统计
11	电池电解液	0.1180	kg	生产统计
12	铝箔	0.0100	kg	生产统计
13	隔膜	0.0021	kg	生产统计
14	胶塞	0.0197	kg	生产统计
15	绝缘圈	0.0167	kg	生产统计
16	上盖	0.0410	kg	生产统计
17	壳体	0.0574	kg	生产统计
18	密封圈	0.0182	kg	生产统计
19	铝塞	0.0410	kg	生产统计
20	下盖	0.0410	kg	生产统计
21	锂离子电池/电容	1	自然只	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，排放因子数据通过中国产品全生命周期温室气体排放系数库获取，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4.1-2 原辅料排放因子

序号	名称	排放因子	来源
1	碳酸锂	5.1kgCO ₂ e/吨	中国产品全生命周期温室气体排放系数库
2	二氧化钛	5.1kgCO ₂ e/吨	
3	碳	4.7kgCO ₂ e/千克	
4	蔗糖	0.48kgCO ₂ e/千克	
5	正极粘结剂	5.1kgCO ₂ e/千克	
6	钴酸锂	5.1kgCO ₂ e/千克	
7	钛酸锂	5.1kgCO ₂ e/千克	
8	导电炭黑	4.7kgCO ₂ e/千克	
9	聚偏氟乙烯树脂PVDF	5.1kgCO ₂ e/千克	
10	NMP-甲基吡咯烷酮	5.1kgCO ₂ e/千克	
11	电池电解液	5.1kgCO ₂ e/千克	
12	铝箔	9122.64kgCO ₂ e/t	
13	隔膜	0.67kgCO ₂ e/千克	
14	胶塞	0.67kgCO ₂ e/千克	
15	绝缘圈	0.67kgCO ₂ e/千克	
16	上盖	0.67kgCO ₂ e/千克	
17	壳体	0.67kgCO ₂ e/千克	
18	密封圈	0.67kgCO ₂ e/千克	
19	铝塞	9122.64kgCO ₂ e/t	
20	下盖	0.67kgCO ₂ e/千克	

4.2、原材料运输阶段

4.2.1、活动数据水平

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4.2-1 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	碳酸锂	1827	t·km	根据企业统计数据计算
2	二氧化钛	686	t·km	
3	碳	619	t·km	
4	蔗糖	50	t·km	

5	正极粘结剂	50	t • km
6	钴酸锂	2120	t • km
7	钛酸锂	1827	t • km
8	导电炭黑	177	t • km
9	聚偏氯乙烯树脂PVDF	177	t • km
10	NMP-甲基吡咯烷酮	177	t • km
11	电池电解液	2137	t • km
12	铝箔	1006	t • km
13	隔膜	1075	t • km
14	胶塞	50	t • km
15	绝缘圈	50	t • km
16	上盖	50	t • km
17	壳体	1091	t • km
18	密封圈	50	t • km
19	铝塞	50	t • km
20	下盖	50	t • km

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4.2-2 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	碳酸锂	0.0003	kgCO ₂ eq/ (t • km)	China Database-- 道路货运 交通平均
2	二氧化钛	0.0007	kgCO ₂ eq/ (t • km)	
3	碳	0.0008	kgCO ₂ eq/ (t • km)	
4	蔗糖	0.0001	kgCO ₂ eq/ (t • km)	
5	正极粘结剂	0.00102	kgCO ₂ eq/ (t • km)	
6	钴酸锂	0.0002	kgCO ₂ eq/ (t • km)	
7	钛酸锂	0.0003	kgCO ₂ eq/ (t • km)	
8	导电炭黑	0.0027	kgCO ₂ eq/ (t • km)	
9	聚偏氯乙烯树脂 PVDF	0.0029	kgCO ₂ eq/ (t • km)	
10	NMP-甲基吡咯烷酮	0.0029	kgCO ₂ eq/ (t • km)	
11	电池电解液	0.0002	kgCO ₂ eq/ (t • km)	
12	铝箔	0.0009	kgCO ₂ eq/ (t • km)	
13	隔膜	0.0001	kgCO ₂ eq/ (t • km)	
14	胶塞	0.0013	kgCO ₂ eq/ (t • km)	

15	绝缘圈	0.0013	kgCO ₂ eq/ (t · km)	
16	上盖	0.0013	kgCO ₂ eq/ (t · km)	
17	壳体	0.0001	kgCO ₂ eq/ (t · km)	
18	密封圈	0.0013	kgCO ₂ eq/ (t · km)	
19	铝塞	0.0182	kgCO ₂ eq/ (t · km)	
20	下盖	0.0013	kgCO ₂ eq/ (t · km)	

4.3、产品生产阶段

4.3.1、产品活动水平

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4.3-1 产品生产阶段活动水平

生产单元	能源	活动水平	单位	来源
产品生产线	电	22.91	kW · h	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4.3-2 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/电容 生产线	电	0.8843	kgCO ₂ /kWh	2012年中国华北区域 电网平均CO ₂ 排放因子

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4.4-1 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/电容	1078.5	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4.4-2 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/电容	0.0088	kgCO ₂ eq/ (t·km)	China Database-道路交通平均

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、能源等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，生产1自然只锂离子电池/电容全周期的CO₂的排放

量为42.18kg。

因此得到生产1自然只锂离子电池/电容的碳足迹为42.18kgCO₂eq。

从生产锂离子电池/电容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原材料生产阶段，其次为产品生产阶段的能源消耗活动。具体结果如下：

表5.2-1 锂离子电池/电容碳足迹评价结果

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 (kgCO ₂ eq)	5.59	6.84	20.26	9.49	42.18
占比 (%)	13.25	16.22	48.03	22.50	100

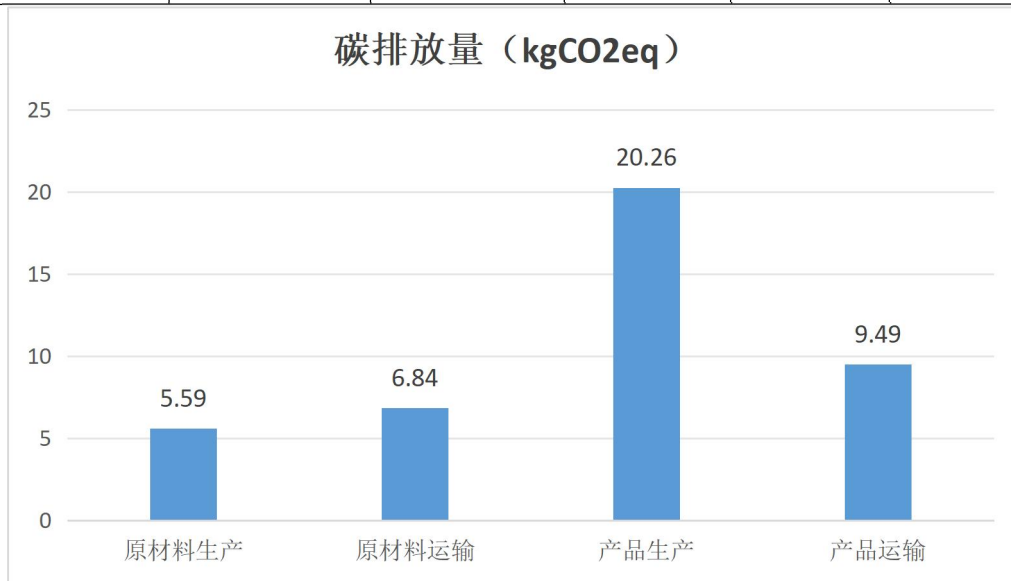


图5.2-1 锂离子电池/电容产品碳足迹评价结果

5.3、碳足迹影响分析

从锂离子电池/电容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/电容产品的碳排放环节主要集中在产品生产阶段，占比48.03%，其次为产品运输阶段，占比22.50%，详见下图。

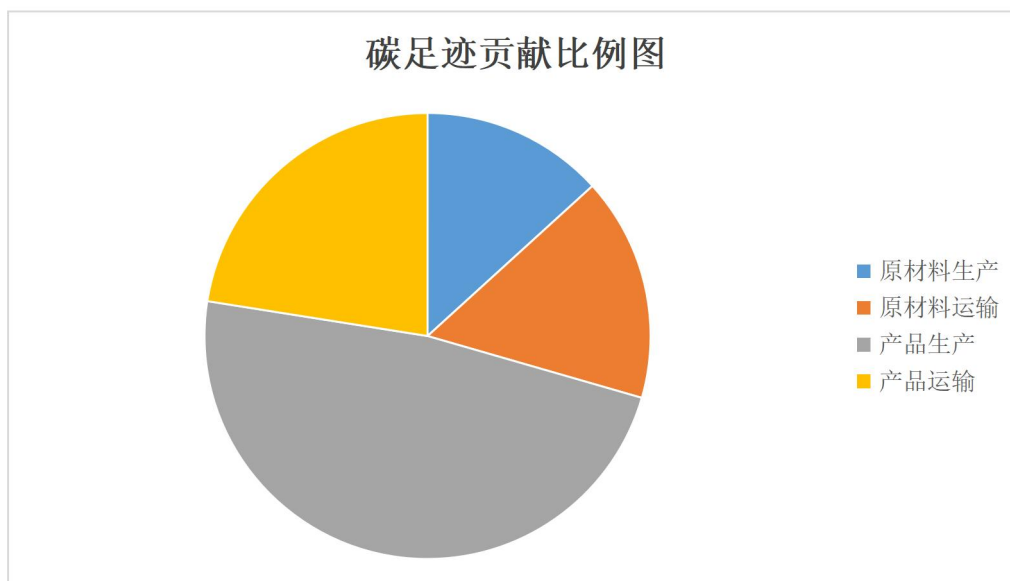


图5.3-1 锂离子电池/电容产品碳足迹贡献情况分布图

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,建议重点加强供应商原材料采购的管理,以减少原材料获取阶段的碳足迹,具体措施如下:

①加强绿色供应商管理

公司原材料获取阶段对产品碳足迹贡献较大,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增强产品生态设计

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

加强节能工作，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：

①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；

②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 CarbonFootprint 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。