

评价报告编号：RPCFP202503-012

广东斗原精密技术有限公司
电镀锌耐指纹钢板
碳足迹报告

广东省环境保护产业协会
2025年3月



目录

1 执行摘要	1
2 产品碳足迹介绍 (CPF) 介绍	2
3 目标与范围定义	3
3.1 斗原精密及其产品介绍	3
3.2 研究目的	5
3.3 研究的边界	5
3.4 功能单位	6
3.5 生命周期流程图的绘制	6
3.6 取舍准则	7
3.7 影响类型和评价方法	8
3.8 数据质量要求	8
4 过程描述	9
4.1 原材料生产阶段	9
4.2 原材料运输阶段	11
4.3 产品生产阶段	11
4.4 产品运输阶段	18
4.5 产品使用阶段	18
4.6 产品回收阶段	18
5 数据的收集和主要排放因子说明	18
6、碳足迹计算	19
6.1 碳足迹识别	19
6.2 计算公式	20
6.3 碳足迹数据计算	20
6.4 碳足迹数据分析	21
7 不确定分析	23
8 结语	23

1 执行摘要

广东斗原精密技术有限公司（以下简称“斗原精密”）作为行业龙头企业，为相关环境披露要求，履行社会责任、接受社会监督，对其主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/TS 14067:2013《温室气体-产品的碳排放量-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，计算得到斗原精密电镀锌耐指纹钢板产品的碳足迹。

本报告的功能单位定义为生产“1吨电镀锌耐指纹钢板”。系统边界为“从摇篮到坟墓”类型，调研了电镀锌耐指纹钢板的上游原材料生产阶段、原材料运输阶段、运输阶段、电镀锌耐指纹钢板使用阶段及报废后回收处置阶段。本次报告的产品碳足迹为**3008.44 kg CO₂e/ t。**

报告中对电镀锌耐指纹钢板的不同过程比例的差别、各生产过程碳足迹比例做了对比分析。从单个过程对碳足迹贡献来看，发现主要原材料获取过程对产品碳足迹的贡献最大，其次为产品生产过程能源消耗。

研究过程中，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，主要体现在生产方式、地域、时间等方面。电镀锌耐指纹钢板生命周期主要过程活动数据来源于企业现场调研的初级数据，部分通用的原辅料数据来源于CLCD-China数据库、瑞士Ecoinvent数据库、欧洲生命周期参考数据库（ELCD）以及EFDB数据库，本次评价选用的数据在国内外LCA研究中被高度认可和广泛应用。

数据库简介如下：

CLCD-China数据库是一个基于中国基础工业系统生命周期核心模型的行业平均数据库。CLCD包括国内主要能源、交通运输和基础原材料的清单数据集。

Ecoinvent数据库由瑞士生命周期研究中心开发，数据主要来源于瑞士和西欧国家，该数据库包含约4000条的产品和服务的数据集，涉及能源，运输，建材，电子，化工，纸浆和纸张，废物处理和农业活动。

ELCD数据库由欧盟研究总署开发，其核心数据库包含超过300个数据集，其清单数据来自欧盟行业协会和其他来源的原材料、能源、运输、废物管理数据。

EFDB数据库为联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）为便于对各国温室气体排放和减缓情况进行评估而建立的排放因子及参数数据库，以其科学性、权威性的数据评估被国际上广泛认可。

2 产品碳足迹介绍（CPF）介绍

近年来，温室效应、气候变化已成为全球关注的焦点，“碳足迹”这个新的术语越来越广泛地为全世界所使用。碳足迹通常分为项目层面、组织层面、产品层面这三个层面。产品碳足迹（Carbon Footprint of products, CFP）是指衡量某个产品在其生命周期各阶段的温室气体排放量总和，即从原材料开采、产品生产（或服务提供）、分销、使用到最终处置/再生利用等多个阶段的各种温室气体排放的累加。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）和全氟化碳（PFC）等。碳足迹的计算结果为产品生命周期各种温室气体排放量的加权之和，用二氧化碳当量（CO₂e）表示，单位为kgCO₂e或者tCO₂e。全球变暖潜值（Global Warming

Potential，简称GWP），即各种温室气体的二氧化碳当量值，通常采用联合国政府间气候变化专家委员会（IPCC）提供的值，目前这套因子被全球范围广泛适用。

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的评价方法，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：产品寿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；③ISO/TS 14067: 2013《温室气体-产品的碳排放量-量化和通信的要求和指南》，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。

3 目标与范围定义

■ 3.1 斗原精密及其产品介绍

斗原精密是专业生产电镀锌板的企业，成立于2003年，2004年完成厂房建设，占地面积近5万m²。公司拥有韩国进口的先进电镀锌板生产线，自主研发技术中心，全性能的科研、检测设备，以及高精度的分条及剪切生产线。2005年5月完成电镀锌钢板生产设备的安

装并正式投产，设计年产能20万吨左右，2010年生产二部小横剪、纵剪车间建成投产，年加工15万吨。期间公司取得ISO 9001:2000和ISO 14001:2004认证（2007年），研制并开发出环保传导性耐指纹和无处理产品，并且于2011.07取得“JIS”，“JIS G3313”。公司沿用韩国先进的电镀锌制造技术，由韩国专业技术团队负责技术研发、工程改造，是国内率先采用不含镍技术的电镀锌生产企业。公司在2012年对设备进行的优化改善后，年生产力更是达到了36万吨。

斗原精密开厂至今，不仅在年产量及品质上有突破性提高，在资源回收利用方面也有所提高。2016年8月对中水回用车间进行了改造，中水回用率达65%~70%，大大节约了水资源的利用。次年3月在公司研发及品质部的不断努力下，成功研发新产品黑色树脂钢板和拉丝钢板，增加了公司产品的多样化。

2020年公司在取得IATF16949汽车管理体系认证之后，同年完成股东变更，成功的从外资企业变更为内资企业。公司一直秉承着以人为本、科学制造的经营理念，努力打造世界一流的电镀锌板专业制造商。

本次报告的主要产品为电镀锌耐指纹钢板，该产品具有涂装性、耐蚀性、焊接性、加工性、导电性等功能特性，主要技术参数为：

1. 厚度范围：0.3~2.3mm；
2. 宽度范围：800~1380mm 卷料/板料；
3. 材质参数： $YP \geq 130N/mm^2$ ， $TS \geq 270N/mm^2$ ， $EL \geq 34\%$ ；
4. 镀锌量参数：3/3、10/10、20/20、30/30、40/40、50/50（单位 g/m^2 ）。



图 1 电镀锌耐指纹钢板产品图

■ 3.2 研究目的

本研究的目的是得到斗原精密生产的电镀锌耐指纹钢板产品全生命周期过程的碳足迹，为斗原精密开展持续的节能减排工作提供数据支撑。

碳足迹核算是斗原精密实现低碳、绿色发展的基础和关键，披露产品的碳足迹是斗原精密环境保护工作和社会责任的一部分，也是斗原精美迈向国际市场的重要一步。本项目的研究结果将为斗原精密电镀锌耐指纹钢板产品的采购商和原材料的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。

本项目研究结果的潜在沟通对象包括两个群体：一是斗原精密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、下游采购商、地方政府和环境非政府组织等。

■ 3.3 研究的边界

根据本项目的研究目的，按照 ISO/TS 14067:2013、PAS 2050:2011 标准的要求，本次碳足迹评价的边界为斗原精密 2024 年全年生产活动及非生产活动数据。经现场走访与沟通，确定本次评价

边界为：产品的碳足迹=原材料获取+原材料运输+产品生产+销售运输+产品使用+回收利用。

■ 3.4 功能单位

为方便系统中输入/输出的量化，功能单位被定义为生产1吨电镀锌耐指纹钢板。

■ 3.5 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吨电镀锌耐指纹钢板产品的生命周期流程图，其碳足迹评价模式为从商业到消费者（B2C）评价：包括从原材料获取，通过制造、分销和零售，到客户使用，以及最终处置或再生利用整个过程的排放。电镀锌耐指纹钢板产品的生命周期流程图如下：

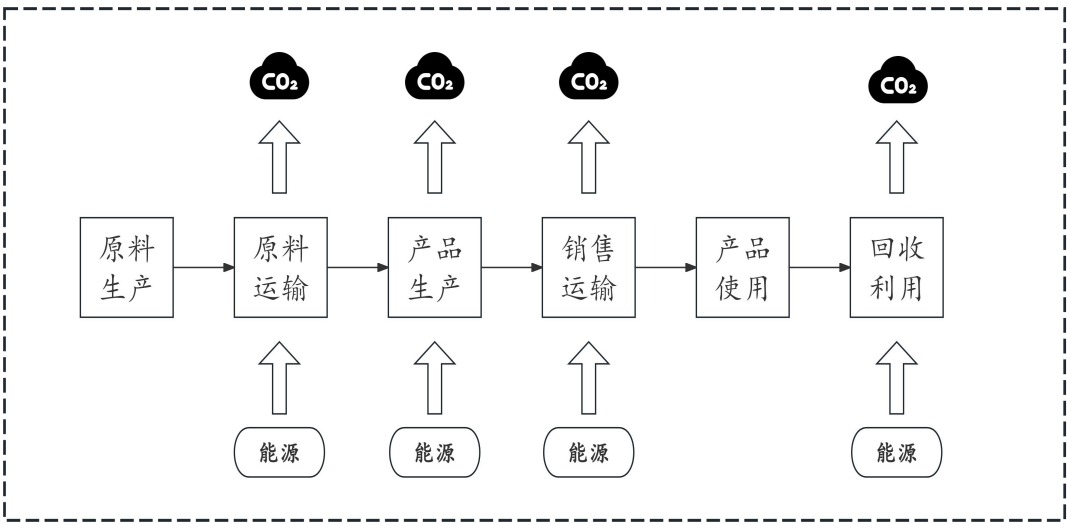


图 2 电镀锌耐指纹钢板产品生命周期评价边界图

在本项目中，产品的系统边界属“从摇篮到坟墓”的类型，为了实现上述功能单位，电镀锌耐指纹钢板产品的系统边界见下表：

表 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
a 电镀锌耐指纹钢板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+销售运输+产品使用+回收利用	a 资本设备的生产及维修
b 主要原材料生产过程中电力等能源的消耗	b 次要辅料的运输
c 生产过程电力等能源的消耗以及光伏发电的能源抵消	c 销售等商务活动产生的运输
d 原材料运输、产品运输	
e 产品的使用及回收	

■ 3.6 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 $<0.3\%$ 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；

IV 任何有毒有害的材料和物质均应包含在清单中，不可忽略。

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。

■ 3.7 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）、四氟化碳（CF₄）、六氟乙烷（C₂F₆）、六氟化硫（SF₆）、氢氟碳化物（HFC）等，同时采用了IPCC第四次评估报告（2007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（CO₂eq）。例如，1kg甲烷在100年内对全球变暖的影响相当于25kg二氧化碳排放对全球变暖的影响，因此以二氧化碳当量（CO₂eq）为基础，甲烷的特征化因子就是25。

■ 3.8 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，本研究在2025年1月进行数据的调查、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CLCD-China数据库、瑞士Ecoinvent数据库、欧洲生命周期参考数据库（ELCD）以及

EFDB数据库；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，并广泛应用于国际上的LCA研究。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 过程描述

■ 4.1 原材料生产阶段

（1）主材冷轧钢（宝钢）

主要数据来源：供应商2024年公布EPD数据

供应商名称：宝钢湛江钢铁有限公司

产地：湛江经济技术开发区东简街道办岛东大道18号

基准年：2023年

（2）主材冷轧钢（鞍钢）

主要数据来源：供应商2023年公布EPD数据

供应商名称：鞍钢股份有限公司

产地：中国辽宁省鞍山市铁西区鞍钢厂区

基准年：2023年

（3）主材冷轧钢（首钢）

主要数据来源：供应商2025年公布EPD数据

供应商名称：北京首钢建设集团有限公司曹妃甸分公司

产地：曹妃甸工业区首钢京唐钢铁公司

基准年：2024年

（4）锌粒

主要数据来源：CLCD-China数据库、瑞士Ecoinvent数据库、欧洲生命周期参考数据库（ELCD）以及EFDB数据库。

（5）UDC脱脂剂

产地：韩国

主要数据来源：CLCD-China数据库、瑞士Ecoinvent数据库、欧洲生命周期参考数据库（ELCD）以及EFDB数据库。

（6）ZNF硫酸锌

产地：韩国

主要数据来源：CLCD-China数据库、瑞士Ecoinvent数据库、欧洲生命周期参考数据库（ELCD）以及EFDB数据库。

（7）硫酸

产地：惠州

主要数据来源：CLCD-China数据库、瑞士Ecoinvent数据库、欧洲生命周期参考数据库（ELCD）以及EFDB数据库。

（8）磷酸盐

产地：花都

主要数据来源：CLCD-China数据库、瑞士Ecoinvent数据库、欧洲生命周期参考数据库（ELCD）以及EFDB数据库。

分析：本次评价选用的数据在国内外LCA研究中被高度认可和广泛应用。

■ 4.2 原材料运输阶段

主要数据来源：供应商运输距离、CLCD-China数据库、瑞士Ecoinvent数据库、欧洲生命周期参考数据库（ELCD）以及EFDB数据库。

分析：企业充分利用长三角经济带方便快捷的物流优势，大多数原材料从江浙沪地域使用水路运输购入，珠三角地区从港口通过陆路运输。本研究采用数据库数据和供应商平均运距来计算原材料运输过程产生的碳排放。

■ 4.3 产品生产阶段

（1）过程基本信息

过程名称：电镀锌耐指纹钢板生产

过程边界：从主材冷轧钢、锌粒以及其他辅助材料等进厂到电镀锌耐指纹钢板出厂

（2）数据代表性

主要数据来源：企业2024年实际生产数据

企业名称：斗原精密

基准年：2024年

主要原料：宝钢主材冷轧钢、鞍钢主材冷轧钢、首钢主材冷轧钢、锌粒、UDC脱脂剂、ZNF硫酸锌、硫酸、磷酸盐

主要能耗：电力（南方电网以及光伏发电），热力和天然气等

（3）工艺流程：

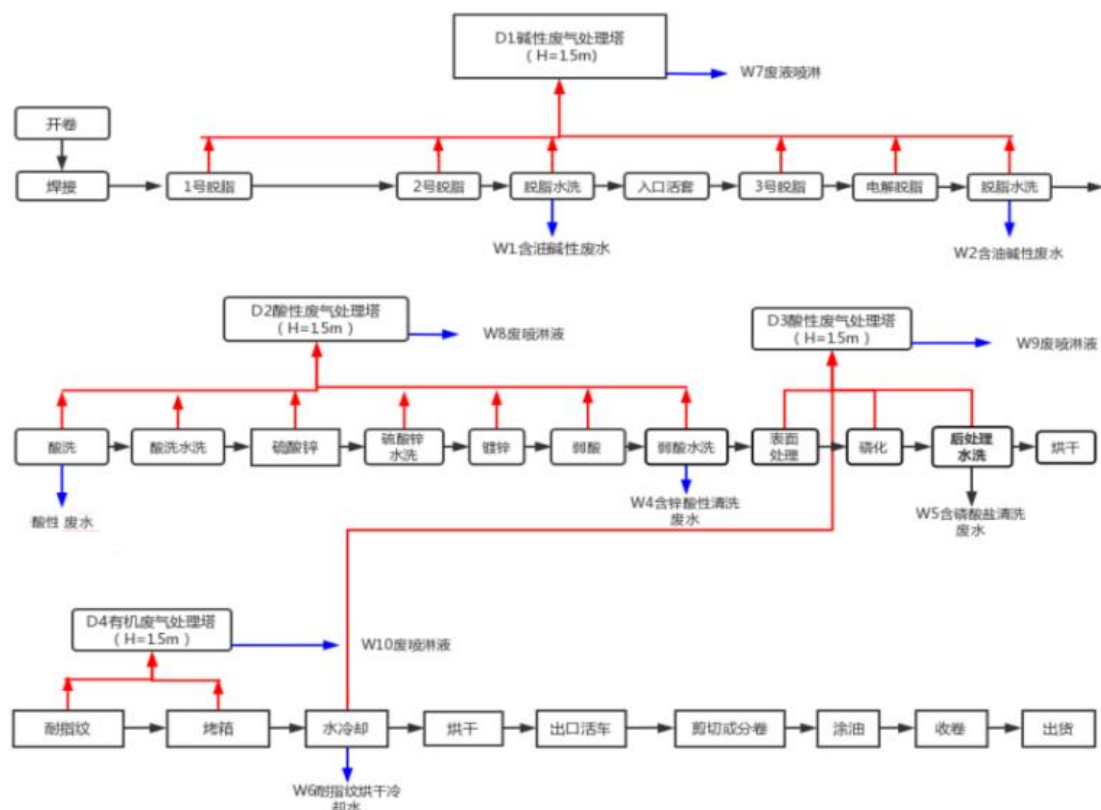


图 3 生产工艺流程图

生产阶段，主要的用能为电力（其中包括南方电网电力和光伏发电）、蒸汽和天然气，投入的资源包括工业自来水，过程中产生的废水通过处理后通过市政污水排放。各工艺段产生的废气通过废气收集塔收集，通过喷淋液吸附废气中污染物成分后达标排放，废气中二氧化碳含量极少，可忽略不计。

主要用能设备清单如下：

一、专用设备情况

斗原精密主要生产设备是一套电镀锌生产线，沿用韩国先进电镀锌制造技术，由韩国专业技术团队负责技术研发、工艺改进，是国内率先采用不含镍技术的电镀锌生产线，为目前世界先进的卧式电镀锌工艺。卧式电镀具有速度快，精度高的特点，车速为106米/分钟，生产效率更高。斗原精密生产设备自动化程度较高，电镀生产

线采用全自动化控制使用可控硅电源，生产设备和工艺水平在同行业中处于领先水平。

表 2 主要生产设备

所用工序	设备名称	型 号	数量
开卷	开卷机	6m*2.2m*2.7m	2 台
	入口剪切机	/	2 台
焊接	焊接机	SEM0705 380V 30000A	1 台
脱脂	1 号脱脂槽	5.7m*2.2m*2.8m	1 个
	1 号脱脂水洗槽	3.3m*2.2m*2.8m	1 个
	2 号脱脂槽	3.3m*2.2m*2.8m	1 个
	2 号脱脂水洗槽	3.3m*2.2m*2.8m	1 个
入口活套	1#张力辊	2.5m*2.3m*2.3m	1 台
	NO.1 纠偏辊（1#对中系统）	2.1m*1.4m*0.96m	1 台
	入口活套车	5m*2.4m*1.8m	1 台
	（NO.2 纠偏辊 2#对中系统）	1.9m*2.7m*1.3m	1 台
	2#张力辊	2.5m*2.3m*1.9m	1 台
3 号脱脂	脱脂槽	3.5m*2.8m*2.3m	1 个
电解脱脂	电解脱脂	4.6m*2.8m*2.4m	1 个
	脱脂水洗	3.5m*2.8m*2.3m	1 个
酸洗	酸洗槽	2.3m*2.8m*2.3m	1 个
	酸洗水洗槽	1.9m*2.8m*2.3m	1 个
镀硫酸锌	镀硫酸锌槽	2.65m*2.9m*2m	1 个
	镀硫酸锌水洗槽	1m*2.8m*2.3m	1 个
镀锌	镀锌槽	2.65m*2.9m*2m	8 个
	镀锌水洗槽		
弱酸	弱酸槽	1.5m*2.9m*2m	1 个
	弱酸水洗槽	1.5m*2.9m*2m	1 个
后处理	后处理水洗	2m*2.8m*2.3m	1 个
烘干	加热烘干机	2.5m*6.3m*1.9m	1 台
3#张紧辊	3#张力辊	2.4m*2.3m*2m	1 台
中心校准	中心校准机	/	1 台
	活套车	/	1 台
耐指纹	两辊式辊涂机	4.8m*2.4m*2m	1 台
	烤箱（燃气 1#热风烘干机）	20m*4m*8m	1 台

所用工序	设备名称	型 号	数量
出口	4#张紧辊（4#张力辊）	2.6m*2.6m*2.3m	1 台
	NO.4 纠偏辊（4#对中系统）	2.2m*1.7m*0.9m	1 台
	出口活套车	5m*2.4m*1.8m	1 台
	NO.5 纠偏辊（5#对中系统）	2.2m*1.4m*0.9m	1 台
	5#张紧辊（5#张力辊）	2.6m*2.4m*2m	1 台
	剪切机	/	1 台
涂油	涂油机	TD800	1 台
收卷	收卷机	5.6m*3.2m*3.3m	1 台
槽液/用水 暂存罐	1 号脱脂槽液罐	15 m ³	1 个（1 个大 罐分成 2 个）
	2 号脱脂槽液罐	15 m ³	
	3 号脱脂槽液罐	15 m ³	1 个（1 个大 罐分成 2 个）
	电解脱脂槽液罐	15 m ³	
	脱脂水洗水暂存罐	25 m ³	1 个
	酸洗槽液罐	20 m ³	1 个
	硫酸槽液罐	10 m ³	1 个
	镀硫酸锌槽液罐	20 m ³	1 个
	镀硫酸锌水洗水暂存罐	25 m ³	1 个
	镀锌槽液罐	35 m ³	2 个
	镀锌槽液罐	25 m ³	2 个
	弱酸水洗水暂存罐（镀锌后水洗 水暂存罐）	25 m ³	1 个
	磷酸盐槽液罐	20 m ³	1 个
	表面槽液罐	10 m ³	1 个
	弱酸槽液罐	10 m ³	1 个
	后处理水洗水暂存罐	10 m ³	1 个
	冷却水洗水暂存罐	10 m ³	1 个

斗原精密主要辅助设备包括变压器、空压机、水冷柜机、空调系统、电机、整流器等。

二、通用设备情况

斗原精密采用 10kV 的市政电网供电，配备有 5 台变压器，额

定容量合计 9500kVA。各变压器功率因数达到 0.95 以上。

表 3 通用设备清单（变压器）

序号	名称	型号规格	额定容量 (kVA)	空载损耗 (W)	负载损耗 (W)	空载电流 (%)	阻抗电压 (%)	能效等级	生产厂家
1	变压器 1#	SCB10- 2500/10	2500	3600	17170	0.3	6.12	3	深圳勃格变 压器有限公 司
2	变压器 2#	SCB10- 2500/10	2500	3600	17170	0.3	6.16	3	深圳勃格变 压器有限公 司
3	变压器 3#	SCB10- 2000/10	2000	3050	14450	0.3	6.01	3	深圳勃格变 压器有限公 司
4	变压器 4#	SCB10- 2000/10	2000	3050	14450	0.3	5.98	3	深圳勃格变 压器有限公 司
5	变压器 5#	SCB10- 500/10	500	1160	4880	0.3	3.86	3	深圳勃格变 压器有限公 司

斗原精密现有 6 台空压机应用于生产运行中，均为润滑油螺杆式空气压缩机。

表 4 通用设备清单（空压系统）

序号	设备名称	型号规格	排气量 (m ³ /min)	排气压力 (Mpa)	数量 (台)	电机功 率(kW)	合计功 率(kW)
1	空气压缩机	-	10.8	0.7	1	55	55
2	变频螺杆式空 压机	UT30A- 8VPM	3.6	0.8	3	22	44
3	变频喷油螺杆 空气压缩机	UDT55A- 8VPM	13	0.8	1	55	55
4	空气压缩机	G22FFA8 .5TM	3.5	0.8	1	22	22

表 5 通用设备清单（水冷柜机和空调系统）

序号	设备名称	制造厂名	型号规格	数量 (台)	功率 (kW)	合计功 率(kW)	风冷/ 水冷
1	水冷柜机	珠海格力电 器股份有限 公司	L49S/NaE	2	49	98	水冷
2	水冷柜式空 调器	广东美的暖 通设备有限 公司	L50/S-C(E3)	1	50	50	水冷
3	水冷柜机	珠海格力电 器股份有限 公司	L49S/E	1	49	49	水冷
4	空调机	大金空调 (上海)有 限公司	FDNQBZ20AA1	1	50	50	水冷

表 6 通用设备清单（电机系统）

序号	型号	电压	功率	数量（台）	使用位置
1	SHUNT 160L	380 V	15KW	1	一号开卷机
2	SHUNT 160L	380 V	15KW	1	二号开卷机
3	SHUNT 160L	380 V	37KW	1	一号张力辊 A
4	SHUNT 160L	380 V	37KW	1	一号张力辊 B
5	KLDC 160 LX	380 V	37KW	1	二号张力辊 A
6	Z4EJ-160-32	380 V	37KW	1	二号张力辊 B
7	Z4EJ-180-41	380 V	55KW	1	三号张力辊 A
8	Z4EJ-180-41	380 V	55KW	1	三号张力辊 B
9	Z4EJ-180-21	380 V	45KW	1	四号张力辊 A
10	Z4EJ-180-21	380 V	45KW	1	四号张力辊 B
11	KLDC 160 SX	380 V	37KW	1	五号张力辊 A
12	KLDC 160 LX	380 V	30KW	1	五号张力辊 B
13	Z4EJ-225-11	380 V	55KW	1	入口活套车
14	Z4EJ-225-11	380 V	55KW	1	出口活套车
15	SHUNT 315L	380 V	110KW	1	收卷机
16	NADM	380 V	30 kW	4	油压泵
17	HX80D4	380 V	0.75 kW	2	开卷机齿轮泵
18	YE3-80M1-2	380 V	0.75 kW	4	焊机冷却水循环

序号	型号	电压	功率	数量（台）	使用位置
19	HMX1904282	380 V	30 kW	1	焊接机油压泵
20	MA13M475	380 V	7.5 kW	4	校平辊马达
21	MA13S435	380 V	5.5 kW	2	夹送辊
22	SC180	380 V	18.5 kW	2	脱脂二泵马达
23	YE3-160M2-8	380 V	5.5 kW	6	刷辊马达
24	YE3-13282-2	380 V	7.5 kW	2	磷酸废水马达
25	JYPZ-200L1-2	380 V	30 kW	1	烤箱风机马达
26	DM100-2	380 V	3 kW	2	烤箱废气喷淋马达
27	A3Y2-160L-4	380 V	15 kW	2	烤箱水洗马达
28	YE2-160L-4	380 V	15 kW	2	脱三刷辊马达
29	YE3-132S2-2	380 V	7.5 kW	2	废水泵马达
30	YE3--112M-2	380 V	4 kW	2	脱脂废水泵马达
31	ND132M	380 V	7.5 kW	1	耐指纹油泵马达
32	JZ160M2-2	380 V	15 kW	2	烘干机马达
33	HMX2504282	380 V	55 kW	2	硫酸锌泵马达
34	YE3-160M2-2	380 V	15 kW	2	硫酸锌搅拌泵马达
35	YP2-132M-4	380 V	7.5 kW	2	硫酸锌冷却泵马达
36	YE3-160M-4	380 V	11 kW	2	镀锌冷却泵马达
37	TEFC-225S	380 V	55 kW	6	镀锌泵马达
38	HJDJ5S0433-250S	380 V	55 kW	2	镀锌泵马达
39	PM132M	380 V	7.5 kW	2	镀锌水洗泵马达
40	YE3-200L-4	380 V	30 kW	1	镀锌冷却泵马达
41	SC225S	380 V	37 kW	3	磷酸盐泵马达
42	YE3-160M-2	380 V	15 kW	2	表面泵马达
43	YE3-132M-4	380 V	7.5 kW	2	烤箱水洗马达
44	SD100L	380 V	2.2 kW	2	油压冷却泵马达
45	YE3-112M-4	380 V	4 kW	2	酸洗水洗泵马达
46	YE2-225M-4	380 V	45 kW	1	2 烤箱风机马达
47	YE3-160-4	380 V	11 kW	2	镇流器冷却塔马达
48	YCCLP112M-4	380 V	4 kW	2	冷却塔风扇马达
49	AEV-180M	380 V	18.5 kW	1	废气风机马达
50	AEV-180L	380 V	22 kW	1	废气风机马达
51	AEV-160M	380 V	11 kW	1	废气风机马达

■ 4.4 产品运输阶段

主要数据来源：客户运输距离、CLCD-China数据库、瑞士Ecoinvent数据库、欧洲生命周期参考数据库（ELCD）以及EFDB数据库。

分析：斗原精密产品多采用水路与陆路运输，本研究采用数据库数据和客户平均运距来计算产品运输过程产生的碳排放。

■ 4.5 产品使用阶段

主要数据来源：CLCD-China数据库、瑞士Ecoinvent数据库、欧洲生命周期参考数据库（ELCD）以及EFDB数据库。

分析：本研究采用数据库数据和软件建模来计算产品使用阶段产生的碳排放。经过分析，本产品在使用过程中没有能源的使用和消耗。

■ 4.6 产品回收阶段

主要数据来源：CLCD-China数据库、瑞士Ecoinvent数据库、欧洲生命周期参考数据库（ELCD）以及EFDB数据库。

分析：本研究采用数据库数据和软件建模来计算产品回收阶段产生的碳排放。经过分析，本企业暂无回收废旧产品的业务。在回收阶段，产品的性能和形态不存在明显变化，可认为回收阶段能耗仅为回收站点或者上游钢带冷轧钢企业的拆解和破碎工序，其能耗消耗占比过小，可忽略。

5 数据的收集和主要排放因子说明

为了计算产品的碳足迹，必须考虑活动水平数据、排放因子数据和全球增温潜势（GWP）。活动水平数据是指产品在生命周期中的所

有的量化数据（包括物质的输入、输出；能量使用；交通等方面）。排放因子数据是指单位活动水平数据排放的温室气体数量。利用排放因子数据，可以将活动水平数据转化为温室气体排放量。如：电力的排放因子可表示为： $\text{CO}_2\text{e/kWh}$ ，全球增温潜势是将单位质量的某种温室效应气体（GHG）在给定时间段内辐射强度的影响与等量二氧化碳辐射强度影响相关联的系数，如 CH_4 （甲烷）的GWP值是25。活动水平数据来自现场实测；排放因子采用IPCC规定的缺失值。活动水平数据主要包括：电力、蒸汽、柴油消耗量等。排放因子数据主要包括电力低位热值和单位热值含碳量等。

6、碳足迹计算

6.1 碳足迹识别

表 7 主要生产设备

序号	主体	活动内容	活动数据来源	
1	生产设备	消耗电力	初级活动 数据	生产报表
2	制冷机、空调、采暖等辅助 设备	消耗电力		生产报表
3	原材料生产	消耗电力、热力	次级活动 数据	供应商数据、数据库
4	原材料运输	消耗汽油		供应商地址、数据库
5	产品运输	消耗汽油		客户地址、数据库
6	产品使用	消耗电力等		数据库
7	产品回收	消耗电力、热力、柴油等		数据库

■ 6.2 计算公式

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

$$CF = \sum_{i=1, j=1}^n p_i \times Q_{ij} \times GWP_j$$

其中，CF为碳足迹，P为活动水平数据，Q为排放因子，GWP为全球变暖潜势值。排放因子源于EFDB数据库和相关参考文献，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。

■ 6.3 碳足迹数据计算

各阶段碳足迹计算过程通过亿科环境的 ebalance 软件进行计算，计算数据可见附件，计算结果可见表 8：

表 8 碳足迹数据计算

项目	主要组分	消耗数据	排放因子	GWP	CO ₂ e
电力 (kWh)	CO ₂	83.45	0.42 kg CO ₂ /kWh	1	35.05
天然气 (Nm ³)	CO ₂	2.58	0.608 kg CO ₂ /Nm ³	1	1.57
蒸汽 (t)	CO ₂	0.0455	0.326 kg CO ₂ /t	1	14.85
工业自来水及废水处理 (t)	CO ₂	0.46	266.64 kg CO ₂ /t	1	119.98
原材料生产 (t)	CO ₂	2638.12	/	1	2638.12
原材料运输 (km)	CO ₂	700	0.031 kg CO ₂ /km	1	21.99
产品运输 (km)	CO ₂	1680	0.105 kg CO ₂ /km	1	176.88
产品使用 (t)	CO ₂	0	/	1	0
产品回收 (t)	CO ₂	0	/	1	0
合计 (kg CO ₂ e)					3008.44

6.4 碳足迹数据分析

通过碳足迹计算出1吨的产品可产生3.008 t CO₂e，2024年度公司该产品的二氧化碳总排放量为847252.58t。全年共生产电镀锌耐指纹钢板86114300 m²，因此该产品每1m²的碳足迹CF=843070.45 / 86114300=0.00984 tCO₂e/m²=9.84 kgCO₂e/m²。从电镀锌耐指纹钢板生命周期累计碳足迹贡献比例的情况，可以看出电镀锌耐指纹钢板的碳排放环节主要集中在原材料生产过程的能源消耗活动。

电镀锌耐指纹钢板产品生命周期碳排放清单：

表 9 碳足迹数据计算

环境类型	当量单位	原材料生产	原材料运输	产品生产	产品运输	产品使用	产品回收	合计
全球变暖潜值 (GWP)	tCO ₂ eq	2638.12	21.99	171.45	176.88	0	0	3008.44
占比%		87.69	0.73	5.7	5.88	0	0	100

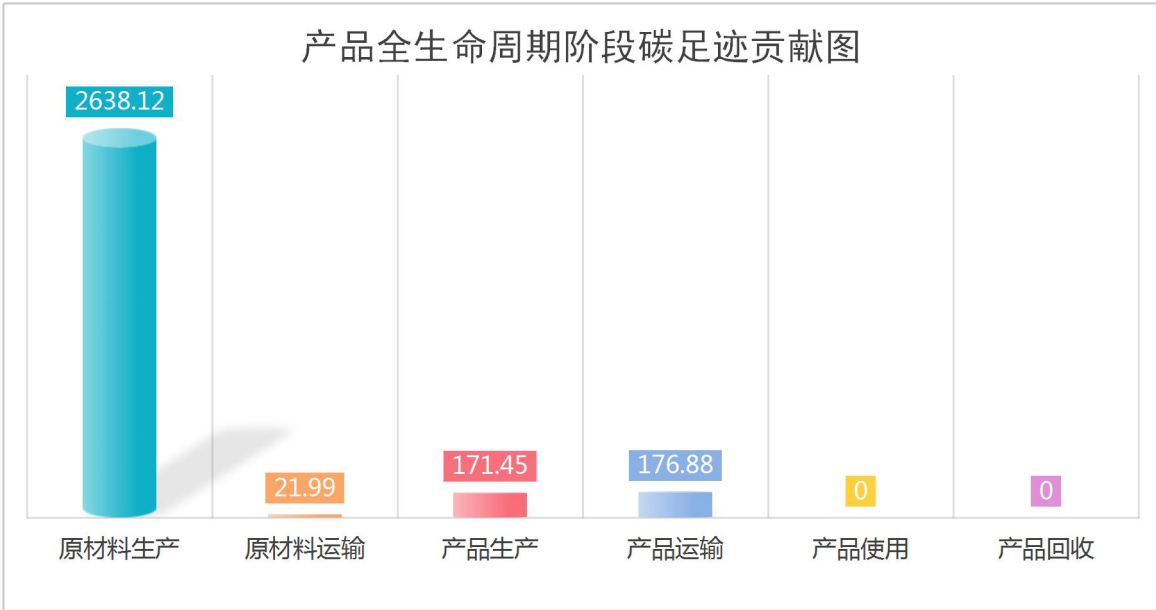


图 4 产品全生命周期阶段碳足迹贡献图

所以为了减小电镀锌耐指纹钢板碳足迹，应重点对供应商提出节能减排要求并对供应商加以考核，其次加大对电镀锌耐指纹钢板产品生产过程中的节能降耗管理。为减小产品碳足迹，建议如下：

1) 生产用电为国网和光伏设备提供，建议进一步调查电力生产过程，提高数据准确性；

2) 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，厂内可考虑进一步的节能改造。

3) 原材料生产对产品碳足迹贡献最大，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的供应商；

4) 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；

5) 继续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) 推进产业链的绿色设计发展制定生态设计管理体制和生态设计管理制度，明确任务分工；构建支撑企业生态设计的评价体系；建立打造绿色供应链的相关制度，推动供应链协同改进。

7 不确定分析

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：

使用准确率较高的初级数据；

对每道工序都进行能源消耗的跟踪监测，提高初级数据的准确性。

8 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。

参考文献

1. 中国石油天然气生产 企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）
2. 中国区域电网二氧化碳排放因子研究（2023）
3. 温室气体核算体系：产品寿命周期核算与报告标准
4. 温室气体-产品的碳排放量-量化和通信的要求和指南（ISO/TS 14067: 2013）
5. CISA-EPD 冷轧产品碳足迹报告
6. European Commission-Joint Research Centre-Institute for Environment and Sustainability."International Reference LifeCycle Data System (ILCD) Handbook-General guide for Life Cycle Assessment-Detailed guidance." First edition, March 2010. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2010.
7. IEA. (2023). IEA Life Cycle Upstream Emission Factors 2023 (Pilot Edition)
8. 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