

评价报告编号: KMDTZUJ-2024-002

天津市华北电缆厂有限公司
电工用圆铜线产品
碳足迹报告

Carbon footprint of products

编制单位: 天津科美达能源技术有限公司

2024年1月



基本信息

报告信息

报告编号: **KMDTZJ-2024002**

编写单位: 天津科美达能源技术有限公司

编制人员: 黄晓婵、赵欣彤、高温玲

审核单位: 天津科美达能源技术有限公司

审核人员: 韩晓疆

发布日期: 2024 年 1 月 23 日

申请者信息

公司全称: 天津市华北电缆厂有限公司

统一社会信用代码: 91120113103930833Q

地址: 天津市北辰区大张庄镇津围公路 1295 号

联系人: 彭方清

联系方式: 18822282266

采用的标准信息

ISO/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》 (《Carbon footprint of products — Requirements and guidelines for quantification and communication》)

PAS2050:2011《商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》

目 录

1、执行摘要	1
2、产品碳足迹介绍（PCF）介绍	4
3、目标与范围定义	5
3.1 公司及其产品介绍	5
3.2 研究目的	6
3.3 研究的边界	7
3.4 功能单位	7
3.5 生命周期流程图的绘制	8
3.6 取舍准则	9
3.7 影响类型和评价方法	9
3.8 数据质量要求	10
4、过程描述	11
4.1 原材料生产阶段	11
4.2 原材料运输阶段	11
4.3 产品生产阶段	12
4.4 产品运输阶段	20
4.5 产品使用阶段	21
4.6 产品回收阶段	21
5、数据的收集和主要排放因子说明	21
6、碳足迹计算	22
6.1 碳足迹识别	22
6.2 计算公式	22
6.3 碳足迹数据计算	23
6.4 碳足迹数据分析	24
7、不确定分析	26
8、结语	26

1、执行摘要

天津市华北电缆厂有限公司作为行业龙头企业，为相关环境披露要求，履行社会责任、接受社会监督，特邀请天津科美达能源技术有限公司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.量化和通信的要求和指南》、PAS2050:2011《商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》的要求中规定的碳足迹核算方法，计算得到电工用圆铜线产品的碳足迹。

本报告的功能单位定义为生产 “1 吨电工用圆铜线”。系统边界为“从摇篮到坟墓”类型，调研了电工用圆铜线的上游原材料（电工用铜线坯）生产阶段、原材料运输阶段、电工用圆铜线生产阶段、电工用圆铜线销售运输阶段、电工用圆铜线使用阶段及报废后回收处置阶段。

报告中对生产电工用圆铜线的整个生命周期各阶段的比例做了对比分析。从对碳足迹贡献来看，发现**产品生产阶段**对产品碳足迹的贡献最大，其次为原材料生产阶段能源消耗。

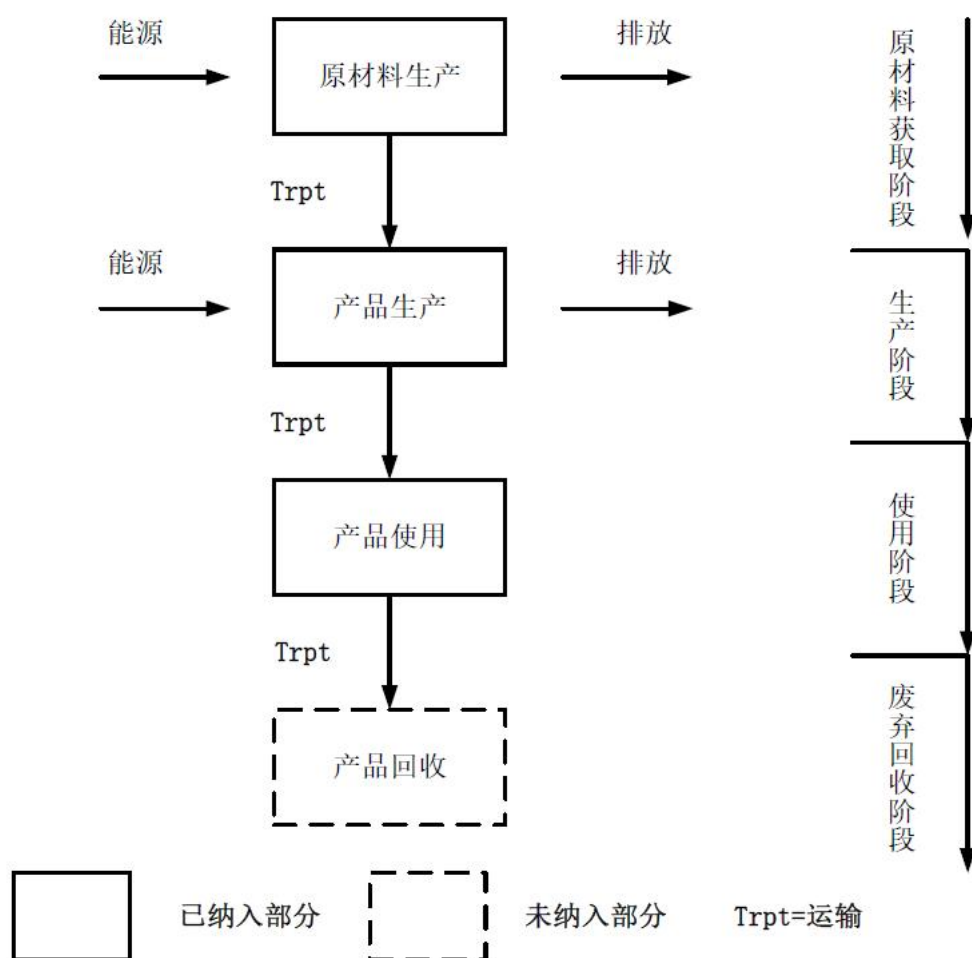


图 1 电工用圆铜线生命周期系统边界图

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，主要体现在生产商术、地域、时间等方面。电工用圆铜线生产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（PCF）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（**Product Carbon Footprint, PCF**）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（ CO_2 ）、甲烷（ CH_4 ）、氧化亚氮（ N_2O ）、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（ CO_2e ）表示，单位为 kgCO_2e 或者 tCO_2e 。全球变暖潜值（**Gobal 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《**PAS2050: 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; ③《ISO/TS 14067:2013 温室气体—产品碳足迹—量化和信息交流的要求与指南》, 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 公司及其产品介绍

天津华北集团有限公司成立于 1999 年, 经过十几年发展, 现已成为铜产业为基础, 线缆业、金融业、地产业、现代物流为一体的大型综合性集团公司。集团坚持实业为先, 多元发展。目前集团综合实力连续多年位列: “中国企业 500 强、中国民营企业 500 强、中国制造业 500 强、中国电线电缆 20 强、天津市百强企业, 天津市制造业 60 强、中国民营企业文化建设十大标杆单位”。集团现有近 30 家子公司, 拥有核心专利技术近 300 项。

天津市华北电缆厂有限公司(以下简称公司)是华北集团旗下线缆产业公司, 是组成集团铜产业堡垒重要基石之一。

公司注册资本 4 亿元人民币, 拥有职工 60 多人, 其中工程技术人员 15 人, 公司产品均通过了 ISO9001:2015 质量体系认证、IATF16949 体系认证、GB/T23331-2020 ISO 50001:2018 能源管理体系

认证、环评等多项认证证书、符合欧盟第 1907/2006 号 REACH 法则、符合欧盟 ROHS 指令 (EU) 2015/863 的限值要求、产品各项性能指标全部超越国家标准，公司多次被评为全国“重合同、守信用”企业、国家级征信企业，银行 AAA 级信用等级企业、天津市质量信誉双优企业、荣获多项国家专利。

公司主要生产 0.05mm~3.00mm 各类电缆用型号线、轴丝、铜线。年生产近 4 万多吨，年产值 20 亿以上。公司根据国标、国内标准制定了严格的生产工艺、和质量管理体系。拥有先进的生产设备，公司斥巨资引进意大利翡杰科双头拉丝生产线，目前公司有大拉机 2 台，中拉机 4 台，复绕机 5 台，绞线机 45 台，小拉机 35 台，多头拉丝机 8 台。2021 年 6 月份新增 5 台尼霍夫绞线机，2021 年 7 月份增加 2 台尼霍夫多头拉丝机，我司多头拉产能达到 2000 吨每月，绞线产能 900-1000 吨每月。

生产多型号铜丝产品、雄厚的技术力量，控丝径精准，严格管控每道工序的生产流程。用一流的生产技术、优质的产品、优质的服务与广大客户朋友共同发展，目前我公司客户遍布全国，合作客户包括安波福电气系统有限公司、福斯集团、北京斯普乐、吉林宇光线缆有限公司、长春捷翼、山东万达等知名企业。

3.2 研究目的

本研究的目的是得到电工用圆铜线产品全生命周期过程的碳足迹，为天津市华北电缆厂有限公司开展持续的节能减排工作提供数据

支撑。

碳足迹核算是天津市华北电缆厂有限公司实现低碳、绿色发展的基础和关键，披露产品的碳足迹是公司环境保护工作和社会责任的一部分，也是公司迈向国际市场的重要一步。本项目的研究结果将为天津市华北电缆厂有限公司与电工用圆铜线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：一是天津市华北电缆厂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、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天津市华北电缆厂有限公司 2023 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 吨电工用圆铜线。

3.5 生命周期流程图的绘制

根据 PAS2050:2011 《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 吨电工用圆铜线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。电工用圆铜线产品的生命周期流程图如下：

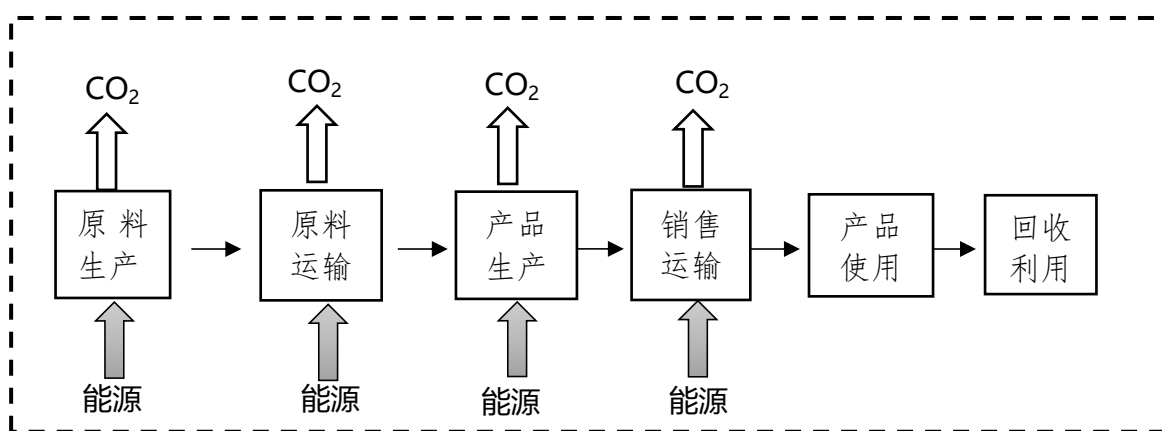


图 2 电工用圆铜线产品生命周期评价边界图

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，电工用圆铜线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 电工用圆铜线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 b 主要原材料生产过程中能源的消耗。	a 资本设备的生产及维修 b 次要材料的生产及运输 c 销售等商务活动产生的运输 d 产品的废弃后的回收

包含的过程	未包含的过程
c 生产过程中化石燃料燃烧、过程排放、净购入电力等能源的消耗 d 原材料运输、产品运输	

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 $<1\%$ 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。

本报告中原材料和能源等消耗都关联了上游数据，消耗的上游数据采用近似替代的方式处理，辅助物料的重量 $<1\%$ 产品重量，忽略该物料的上游数据。

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)和哈龙等。并且采用了 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(CO₂e)。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(CO₂e)为基础，甲烷的特征化因子就是 25kg CO₂e。

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 2020 年 6 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

年份	2023 年
原材料名称	电工用铜线坯
合计（t）	32880.47

表 2 原材料 2023 年的使用量

分析：公司属于有色金属加工业，其原材料为电工用铜线坯，原材料生产单位产品能耗较高，对碳足迹的贡献度较大。

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。

供应商名称：江铜华北（天津）铜业有限公司、天津华北集团铜业有限公司等

分析：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：电工用圆铜线生产

过程边界：从电工用铜线坯进厂到电工用圆铜线出厂

(2) 数据代表性

主要数据来源：企业 2023 年实际生产数据

企业名称：天津市华北电缆厂有限公司

基准年：2023 年

主要原料：电工用铜线坯

主要能耗：电力

工艺流程简介：

（1）电工用圆铜线生产线

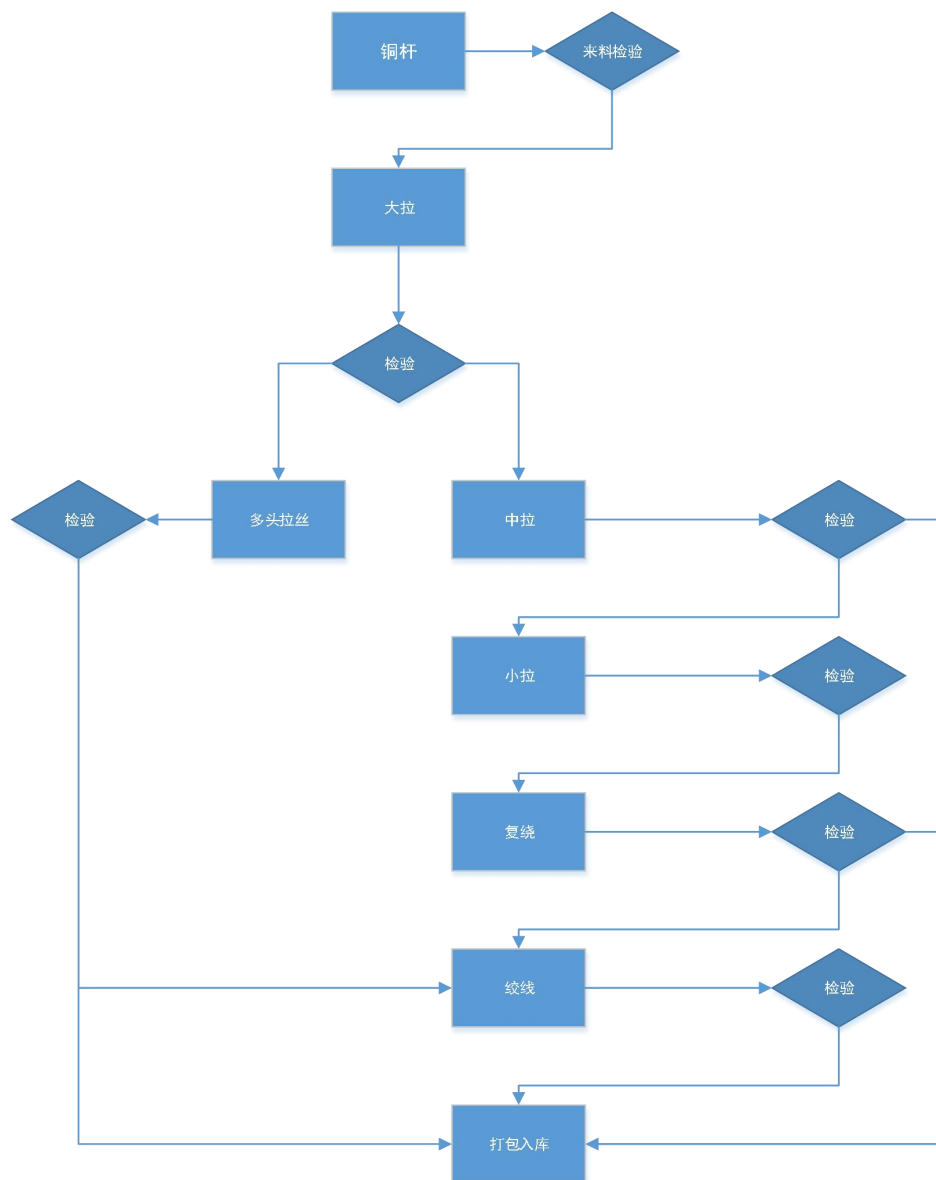


图 3 电工用圆铜线生产线工艺流程图

工艺流程说明：

（1）大拉连退：进线为 8.00mm 铜杆，经过拉拔、退火、张力调整等工序进行线框式收线或轴式收线，生产出 2.00mm—3.30mm 的成品型号铜线。

(2) 双头拉丝机：双头进线为 8.00mm 铜杆，经过拉拔、退火、张力调整等工序进行轴式收线，生产出 2.00mm—3.30mm 的成品型号铜线。

(3) 大 拔： 进线为 8.00mm 铜杆经过拉拔进行象鼻式收线，生产出既是成品又是半成品的 3.00mm 铜杆。

(4) 中连退： 进线为 3.00mm 铜杆经过拉拔进行双轴式收线，生产出半成品退火线材 0.4—1.25mm 铜线。

(5) 小连退： 进线为 3.00mm 铜杆经过拉拔、退火、张力调整进行线框式或轴式收线，生产出 0.97mm-2.00mm 成品型号铜线。

(6) 中拉机： 进线为 3.00mm 铜杆经过拉拔进行轴式收线架收线，生产出半成品 1.25mm 铜线。

(7) 16 头细拔机：进线为 1.25mm 铜线经过 16 头细拔机拉拔进行铁轴收线，生产出 0.1mm-0.8mm 的半成品铜丝。

(8) 高速绞线机：进线为细拔设备生产出的铜轴丝，经过退火炉、冷却水箱、锯末箱、吹风装置和牵引机，将铜丝复绕在客户所需的小轴上。

生产设备如下表：

表 3 生产设备清单

设备名称	型号	数量	单位	功率 (KW)
双头连续退火机	TS-45-2	1	台	2080
中拉机	ZL 250-21	1	台	70
中拉连续退火	ZL T250-21	1	台	150
小拉机	24DHA	19	台	14
	24DHB	7	台	11.5
多头拉丝机	DB120-21-16/DTH4000-16/2*D-WS630BS	1	台	530
多头拉丝机	DB120-21-16/DTH4000-16/2*D-WS631BS	1	台	530
多头拉丝机	DB100-25-16/DTH200-3000-16/2*DW S630BA	3	台	530
多头拉丝机	MMH101/RM161/S632	4	台	530
微拉机	SMD120-24	10	台	6.2
微拉管退	YP-T40	1	台	35
管式退火机	DXJ-52	3	台	45
绞线机	FC-650C-2	10	台	
绞线机	D631. 5. A	15	台	
绞线机	SNJ800A	1	台	
绞线机	FC-800B	1	台	

绞线机	FC-650C-2	11	台	
绞线机	SNJ630p	1	台	
放线架	50 头	2	台	
绞线机	FC-650B	4	台	
放线架	50 头	1	台	
主动放线架	630 型	27	台	
主动放线架	FC-630	63	台	
空压机	LU75-8. 5	1	台	45
空压机	LU75-8. 5 PMI	1	台	
空压机	GA90	1	台	
制氮机	NC49-3B	2	台	3
冷水机	MG-8C	4	台	
天车	LDA10-22. 5 A4	1	台	17/台
	LDA5-22. 5 A3	1	台	17/台
	LDA5-22. 5 A3	1	台	17/台
	LDA5-6. 8 A4	1	台	17/台
	1 吨	1	台	17/台
	LD3-7. 5 A4	1	台	10/台
	LD3-7. 5 A4	1	台	10/台
水塔	LRCM-HS150	1	台	3/台
	LRCM-HS150	1	台	3/台

	LRCM-HS150	1	台	3/台
	LRCM-HS100	1	台	3/台
	LRCM-HS100	1	台	3/台
	LRCM-HS60	1	台	3/台
	LRCM-HS60	1	台	3/台
板 换	BR 0.38M--30.32	1	台	
	BR 0.38M--43.70	1	台	
	BR 0.38M--11.02	1	台	
	BR 0.38M--10.26	1	台	
	BR 0.38M--7.98	1	台	
	BR 0.65M--66.95	1	台	
	BR 0.25Q-15	5	台	
	BR 0.25Q-30	2	台	
	BR 0.25S-25	1	台	
	BR 0.25Q-10	4	台	
	BR 0.15S-9	2	台	
	BR 0.15Q-7	3	台	
溶 液 泵	KQL100/125 18.5-2	1	台	5.5
	KQL100/200 22-2	1	台	3
	IRG100/125I 15KW	2	台	7.5
	ISG100/160I 22KW	3	台	22

	IRG80/125IA 7.5KW	1	台	5.5
	IRG100/125I 11KW	1	台	5.5
	IRG100-160IA 18.5KW	1	台	5.5
水塔水泵	IRG 100-160	1	台	15
	KQL125/185-30/2	1	台	30
	KQL100/160-15/2	2	台	7.5
	IRG 100/125I 15KW	2	台	15
	KQL125/150-18.5/2	2	台	18.5
纯水机	1T/H	1	台	5.5
双头退火机冷却系统		1	套	4
台钻	JXZ-450-4	2	台	
套丝机	SQ-50B1	1	台	
无齿锯		1	台	
电焊机	BX3-500-2	1	台	
电焊机	BX1-315-1	1	台	
车床	CD6150A	1	台	
空调	5 匹	3	台	
变压器	SCB10-2500	2	台	
变压器	SCB13-3150	1	台	
变压器	SCB10-630	1	台	

高压柜	KYN28	1	组	
低压柜	MNS-2000	3	组	
低压柜	GCK	1	组	
直流屏	GZDW-33-65/110	1	组	
拉力机	Y362-1	1	台	
拉力试验机	LJ-500	1	台	
线材扭转试验机	EJ-3 型	1	台	
线材扭转试验机	EJ-10 型	1	台	
直流电阻电桥	QJ57	1	台	
线缆导电线芯直 流电阻测量仪	DZ-3	1	台	
直流数字电阻测 试仪	SB2230	1	台	
线材伸长率试验 机	JN-SCL-08	3	台	
直流电位差计	UJ33a	1	台	
3 吨地磅	XK3139	2	台	
3 吨地磅	XK3130	5	台	
5 吨地磅	XK3130	1	台	
3 吨地磅	XK3190-A2HE	1	台	
1 吨地泵	XK3130	1	台	

500 公斤地磅	XK3130	1	台	
30 公斤地磅	XK3108-T2000A	3	台	
30 公斤地磅	XK-3130	1	台	
400 克天平	PL4001-L	1	台	
磅码	1 吨	4	个	
热收缩枪	998	2	台	
气动打包机		3	台	
风炮		2	台	
路灯		32	基	
地牛	3 吨	18	台	
铜粉过滤器	RBO-800	3	台	
铜粉过滤器	RBO-1500	12	台	
铜粉过滤器	定制	2	台	
压块机		1	台	
移动式升降平台	500KG	1	台	

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：企业产品多采用陆路运输，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。

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。

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 CH₄（甲烷）的 GWP 值是 21。

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：柴油、电力消耗量等。排放因子数据主要包括

电力排放因子、柴油低位热值和单位热值含量等。

6、碳足迹计算

6.1 碳足迹识别

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	/	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	/		数据库
7	产品回收	/		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，取值来自于相近物料排放因子。

6.3 碳足迹数据计算

表 4 碳足迹汇总表

生命周期	指标类别	组分	消耗数据	排放因子		GW P	CO ₂ e (t)
				数值	单位		
原材料生产	电工用铜线坯 (t)	CO ₂	32880.47	218	kgCO ₂ e/t	1	7167.94
原材料运输	原材料运输 (tkm)	CO ₂	12381	0.1402	kg/tkm	1	1.73
产品生产	直接、过程、间接排放	CO ₂	详见表 5 (1-2)			1	17633.89
产品运输	产品运输 (tkm)	CO ₂	9863949.887	0.1402	kg/tkm	1	1382.93
产品使用	产品使用 (t)	CO ₂	/	/	/	1	0.00
产品回收	产品回收 (t)	CO ₂	/	/	/	1	0.00
合计 (tCO ₂ e)							26186.49

表 5-1 产品生产运输的排放

化石燃料燃烧排放-1			化石燃烧消耗量 (t, 万 Nm ³)	低位发热值 (GJ/t, GJ/ 万 Nm ³)	单位热值 含碳量 (吨 C/GJ)	碳氧化率 (%)	化石燃料燃烧排放因子 (吨 CO ₂ /t)	CO ₂ (吨)
			A	B	D	E	F	G=A*F
化石燃料品种	合计	1	--	--	--	--	--	151.466
	柴油	2	48.86	42.6520	0.02020	98.00	3.10	151.466

表 5-2 产品生产过程中的排放

净购入使用电力、热力产生的排放-3			净购入量 (MWh/GJ)	购入量 (MWh/GJ)	外销量 (MWh/GJ)	净购入 CO2 排 放因子(吨 CO2/MWh/ 吨 CO2/GJ)	CO2(吨)
			A=B-C	B	C	D	E=A*D
企业电 力及热 力	合计	1	--	--	--	--	17482.43
	电力	2	19769.8	19769.8	0.0000	0.8843	17482.43
	热力	3	0.00	0.00	0.0000	0.1100	0.00

6.4 碳足迹数据分析

根据以上公式可以计算出 2023 年度公司二氧化碳的排放量为 2186.49t。全年共生产电工用圆铜线 32500 吨。因此 1 吨铜丝产品的碳足迹 $e=2186.49 / 32500=0.067\text{tCO}_2\text{e}/\text{吨}$ ，计算得到生产 1 吨铜丝的碳足迹为 $0.067\text{tCO}_2\text{e}/\text{吨}$ 。从电工用圆铜线生命周期累计碳足迹贡献比例的情况，可以看出电工用圆铜线的碳排放环节主要集中在**产品生产阶段**的能源消耗活动。

电工用圆铜线产品生命周期碳排放清单：

环境类型	当量	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
产品碳足迹 (CF)	tCO ₂ e	7167.94	1.73	17633.89	1382.93	0.00	0.00	26186.49
占比 (%)		27.37%	0.01%	67.34%	5.28%	0.00%	0.00%	100.00%

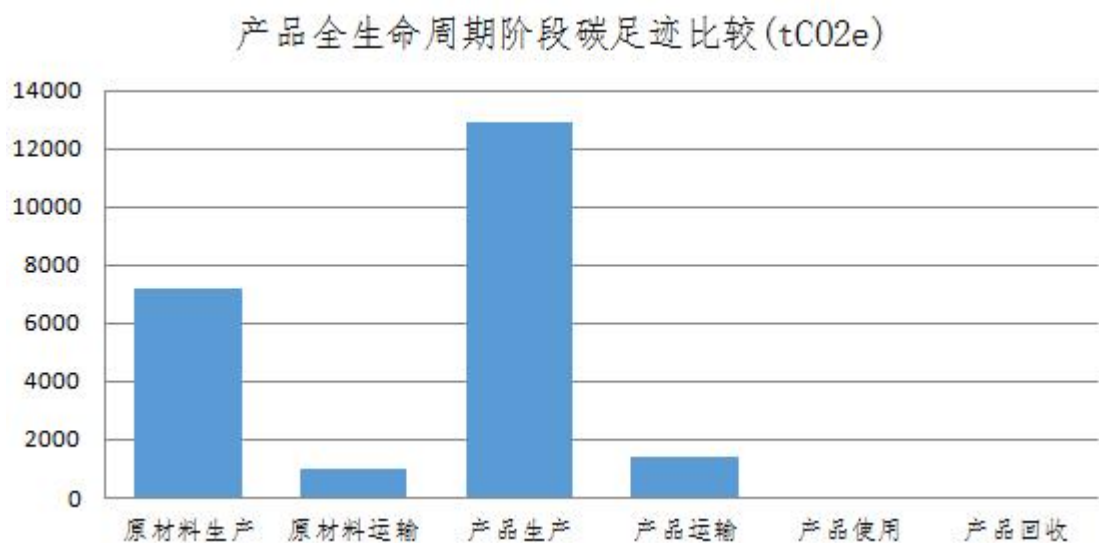


图 4 产品全生命周期阶段碳足迹贡献图

所以为了减少电工用圆铜线碳足迹，应重点控制产品生产环节能源消耗，改进生产工艺流程，其次应对产品运输环节进行管理，尽量优化路线，选用清洁能源的输运工具，减少产品运输阶段的碳排放。

为减小产品碳足迹，建议如下：

- 1) 加强产品的生态设计，投入更多资金研发更节能的产品。
- 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，厂内可考虑实施节能改造。
- 3) 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；
- 4) 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；

5) 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和完整性。

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，企业可以了解排放源，更好的辨识自己在产品生命周期中主要的温室气体排放过程，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。