



东北电力大学
NORTHEAST ELECTRIC POWER UNIVERSITY

国家大学科技园
The National University Science Park



产品碳足迹报告

企业名称:山东力源铁塔制造有限公司

报告编号:LSDT-BG-202505261520

编制单位:吉林东碳绿色节能认证有限公司

报告日期:2025-05-26



目 录

1. 执行摘要	2
2 公司信息介绍	4
2.1 公司介绍	4
2.2 产品信息	4
2.3 数据代表性	9
2.4 生产工艺	9
3 目标与范围定义	16
3.1 研究目的	16
3.2 系统边界	17
3.3 功能单位	18
3.4 取舍准则	18
3.5 影响类型和评价方法	19
3.6 数据质量要求	19
4 过程数据收集	20
4.1 原材料生产阶段	20
4.2 原材料运输阶段	22
4.3 产品生产阶段	23
5 碳足迹计算	24
5.1 碳足迹计算方法	24
5.2 碳足迹计算结果	25
5.3 碳足迹影响分析	29
5.4 碳足迹改进建议	35
6 不确定性	37
7 结语	39
附录 A 数据库介绍	40

1. 执行摘要

为满足相关环境披露要求，履行社会责任、接受社会监督，吉林东碳绿色节能认证有限公司对输电线路角钢塔、输电线路钢管杆、输电线路钢管塔、变电站构支架、地脚螺栓、挂线连板、拉线棒、卡盘产品的碳足迹排放情况进行研究，并出具研究报告。本研究以生命周期评价方法为基础，按照 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》的要求对输电线路角钢塔、输电线路钢管杆、输电线路钢管塔、变电站构支架、地脚螺栓、挂线连板、拉线棒、卡盘产品的碳足迹进行核算。

本报告的功能单位定义为“一吨输电线路角钢塔”、“一吨输电线路钢管杆”、“一吨输电线路钢管塔”、“一吨变电站构、支架”、“一吨地脚螺栓”、“一吨挂线连板”、“一吨拉线棒”、“一块卡盘”产品。系统边界为“从摇篮到大门”类型，包括输电线路角钢塔、输电线路钢管杆、输电线路钢管塔、变电站构支架、地脚螺栓、挂线连板、拉线棒、卡盘产品的原辅材料获取、原料运输、产品生产三个阶段。

本报告通过 GaBi 建模得到生产“一吨输电线路角钢塔”产品的碳足迹为 2027.98kgCO₂eq，其中原辅材料获取阶段排放量占比为 87.68%、原料运输阶段排放量占比为 0.45%、产品生产阶段排放量占比为 11.87%；“一吨输电线路钢管杆”产品的碳足迹为 2539.1kgCO₂eq，其中原辅材料获取阶段排放量占比为 89.84%、原料运输阶段排放量占比为 0.38%、产品生产阶段排放量占比为 9.78%；“一吨输电线路钢管塔”产品的碳足迹为 4376.48kgCO₂eq，其中原辅材料获取阶段排放量占比为 94.16%、原料运输阶段排放量占比为 0.21%、产品生产阶段排放量占比为 5.63%；“一吨变电站构、支架”产品的碳足迹为 4486.18kgCO₂eq，其中原辅材料获取阶段排放量占比为 94.04%、原料运输阶段排放量占比为 0.21%、产品生产阶段排放量占比为 5.74%；“一吨地脚螺栓”产品的碳足迹为

2150.06kgCO₂eq，其中原辅材料获取阶段排放量占比为 90.57%、原料运输阶段排放量占比为 0.48%、产品生产阶段排放量占比为 8.95%；“一吨挂线连板”产品的碳足迹为 23.66kgCO₂eq，其中原辅材料获取阶段排放量占比为 10.78%、原料运输阶段排放量占比为 0.04%、产品生产阶段排放量占比为 89.18%；“一吨拉线棒”产品的碳足迹为 2592.01kgCO₂eq，其中原辅材料获取阶段排放量占比为 93.11%、原料运输阶段排放量占比为 0.39%、产品生产阶段排放量占比为 7.18%；“一块卡盘”产品的碳足迹为 547.82kgCO₂eq，其中原辅材料获取阶段排放量占比为 98.27%、原料运输阶段排放量占比为 0.04%、产品生产阶段排放量占比为 1.54%；所有产品的总碳足迹为 18743.29kgCO₂eq。从单个阶段对碳足迹贡献来看，原辅材料获取阶段对产品碳足迹的贡献较大。

表 1.1 各产品碳足迹表

核查大类	产品名称	型号	碳足迹 (kgCO ₂ eq)
杆塔类	输电线路角钢塔	1A3-J1-21	2027.98
	输电线路钢管杆	10GSD-12	2539.10
	输电线路钢管塔	220-GD21TS-ZZGR	4376.48
	变电站构、支架	ZBGZ1	4486.18
地脚螺栓	地脚螺栓	M24X970	2150.06
金具	挂线连板	L-1240	23.66
铁附件	拉线棒	LB-2500	2592.01
水泥制品	卡盘	KP8	547.82

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。输电线路角钢塔、输电线路钢管杆、输电线路钢管塔、变电站构支架、地脚螺栓、挂线连板、拉线棒、卡盘产品产生生命周期内主要过程的活动数据来源于

企业现场调研的初级数据，其中部分数据来源与供应商提供的统计数据。原辅料的排放因子数据部分来源于供应商提供的生产统计数据，其余因子来源于 GaBi 数据库（GaBi Databases）、SimaPro 数据库、Ecoinvent（包含 Lite 版本因子库）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

山东力源铁塔制造有限公司位于峰城经济开发区跃进西路，成立于 2008 年，注册资金 5000 万元，占地 12 万平方米，枣庄地区唯一一家生产 1100 千伏及以下电压等级输电线路铁塔，钢管杆、变电站构架、非标铁件、标准金具、水泥制品的钢构件制造企业，年生产能力 12 万吨，员工 160 余名，国家电网有限公司合格供应商、高新技术企业。ISO9001 质量管理体系、OHSAS18000 职业健康管理体系、ISO14000 环境管理体系认证、ISO50001 能源管理体系认证，山东省“AAA 级标准化良好行为企业”“山东省专精特新中小企业”“山东省绿色工厂”“枣庄市企业技术中心”“枣庄市铁塔新型涂层应用技术研发重点实验室”。

近年来，公司内强素质、外树形象，走出了由内部向外部、由周边向全国的发展路径。产品业务覆盖山东省内 85 个区县，并拓展至新疆、内蒙古、江西等 20 多个省份。先后荣获“山东省守合同重信用企业”“枣庄市突出贡献企业”等荣誉称号。

2.2 产品信息

表 2.1 输电线路角钢塔产品基本信息表

产品名称	输电线路角钢塔
------	---------

产品型号	1A3-J1-21
技术参数	/
产品应用说明	用于输电线路中的支撑结构
包装材料及规格	无
产品图片	

图 2.1 输电线路角钢塔产品照片

表 2.2 输电线路钢管杆产品基本信息表

产品名称	输电线路钢管杆
产品型号	10GSD-12
技术参数	/
产品应用说明	用于高压/超高压输电线路
包装材料及规格	无

产品图片	
------	--

图 2.2 输电线路钢管杆产品照片

表 2.3 输电线路钢管塔产品基本信息表

产品名称	输电线路钢管塔
产品型号	220-GD21TS-ZZGR
技术参数	/
产品应用说明	用于输电线路中的支撑结构
包装材料及规格	无
产品图片	

图 2.3 输电线路钢管塔产品照片

表 2.4 变电站构、支架产品基本信息表

产品名称	变电站构、支架
------	---------

产品型号	ZBGZ1
技术参数	/
产品应用说明	用于变电站建设中用于支撑电气设备
包装材料及规格	无
产品图片	

图 2.4 变电站构、支架产品照片

表 2.5 地脚螺栓产品基本信息表

产品名称	地脚螺栓
产品型号	M24X970
技术参数	/
产品应用说明	用于固定设备或结构基础的关键紧固件
包装材料及规格	无
产品图片	

图 2.5 地脚螺栓产品照片

表 2.6 挂线连板产品基本信息表

产品名称	挂线连板
产品型号	L-1240

技术参数	/
产品应用说明	用于电气安装、线路管理和设备连接的辅助装置
包装材料及规格	无
产品图片	

图 2.6 挂线连板产品照片

表 2.7 拉线棒产品基本信息表

产品名称	拉线棒
产品型号	LB-2500
技术参数	/
产品应用说明	用于固定和稳定结构的金属构件
包装材料及规格	无
产品图片	

图 2.7 拉线棒产品照片

表 2.8 卡盘产品基本信息表

产品名称	卡盘
产品型号	KP8

技术参数	/
产品应用说明	用于固定电杆、路灯杆、标志杆等杆状物的基础部分
包装材料及规格	无
产品图片	

图 2.8 卡盘产品照片

2.3 数据代表性

报告代表具体企业及产品研究，时间、地理、技术代表性如下：

(1)时间代表性：2024 年 1 月-12 月

(2)地理代表性：枣庄市

(3)技术代表性如下：

a)生产工艺流程：输电线路角钢塔（图 2.9）、输电线路钢管杆（图 2.10）、输电线路钢管塔（图 2.11）、变电站构、支架（图 2.12）、地脚螺栓（图 2.13）、挂线连板（图 2.14）、拉线棒（图 2.15）、卡盘（图 2.16）；

b)主要原料：钢、水泥；

c)主要能耗：电力。

2.4 生产工艺

图 2.9 输电线路角钢塔工艺流程图

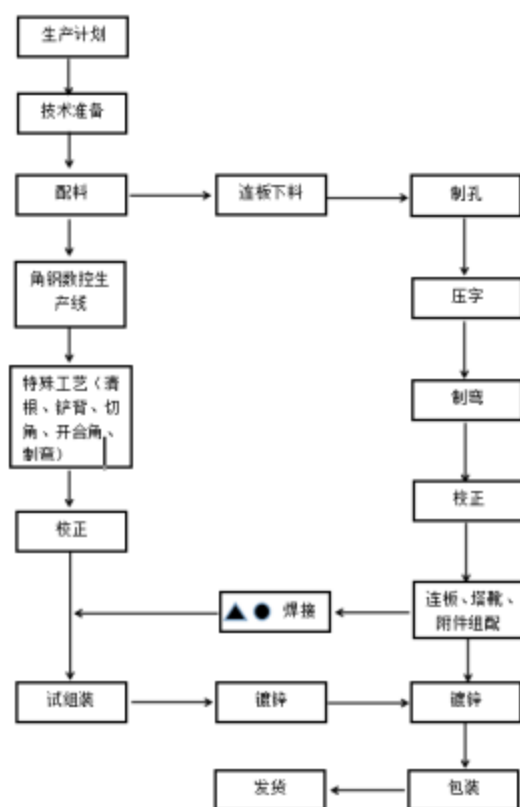


图 2.10 输电线路钢管杆工艺流程图

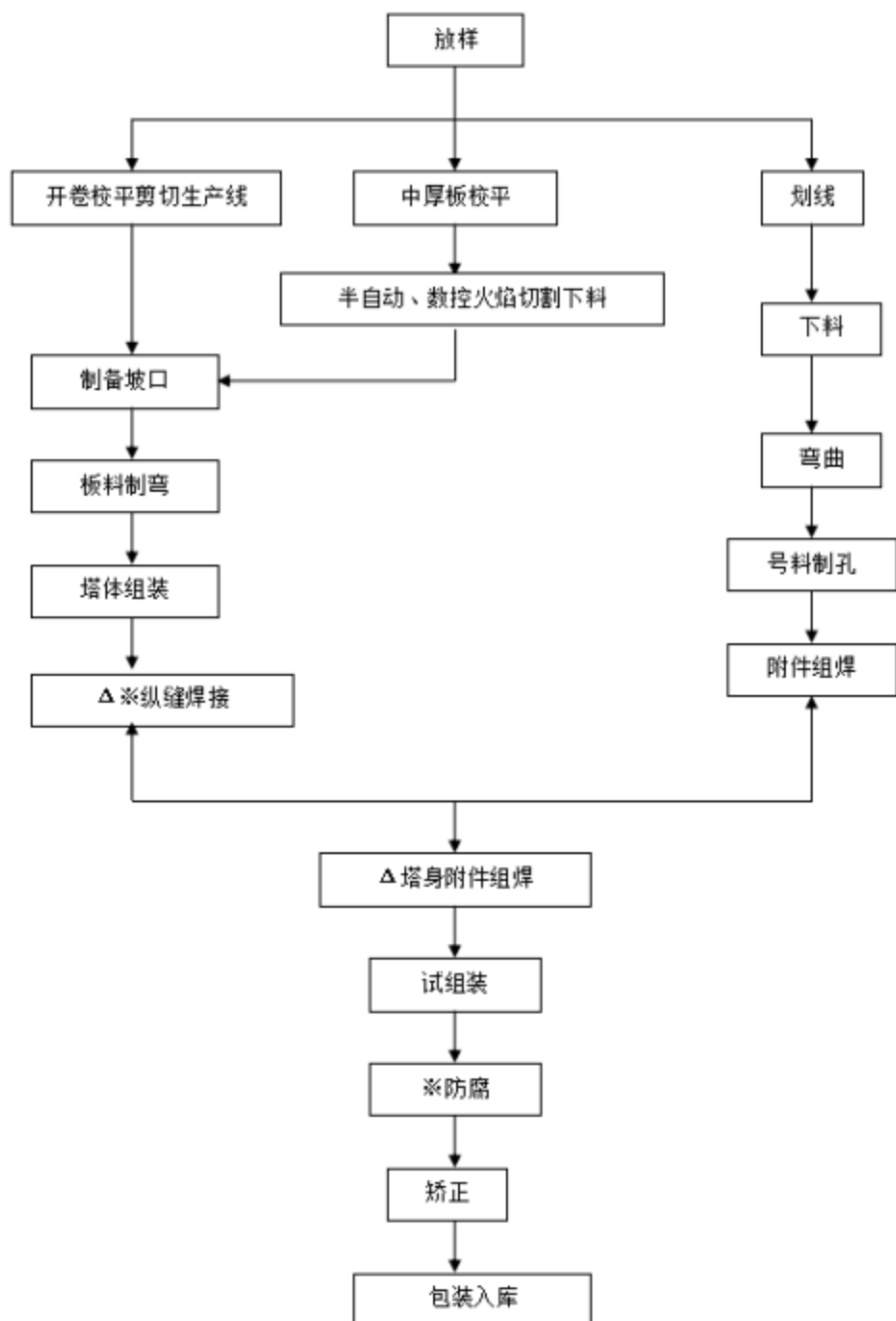


图 2.11 输电线路钢管塔工艺流程图

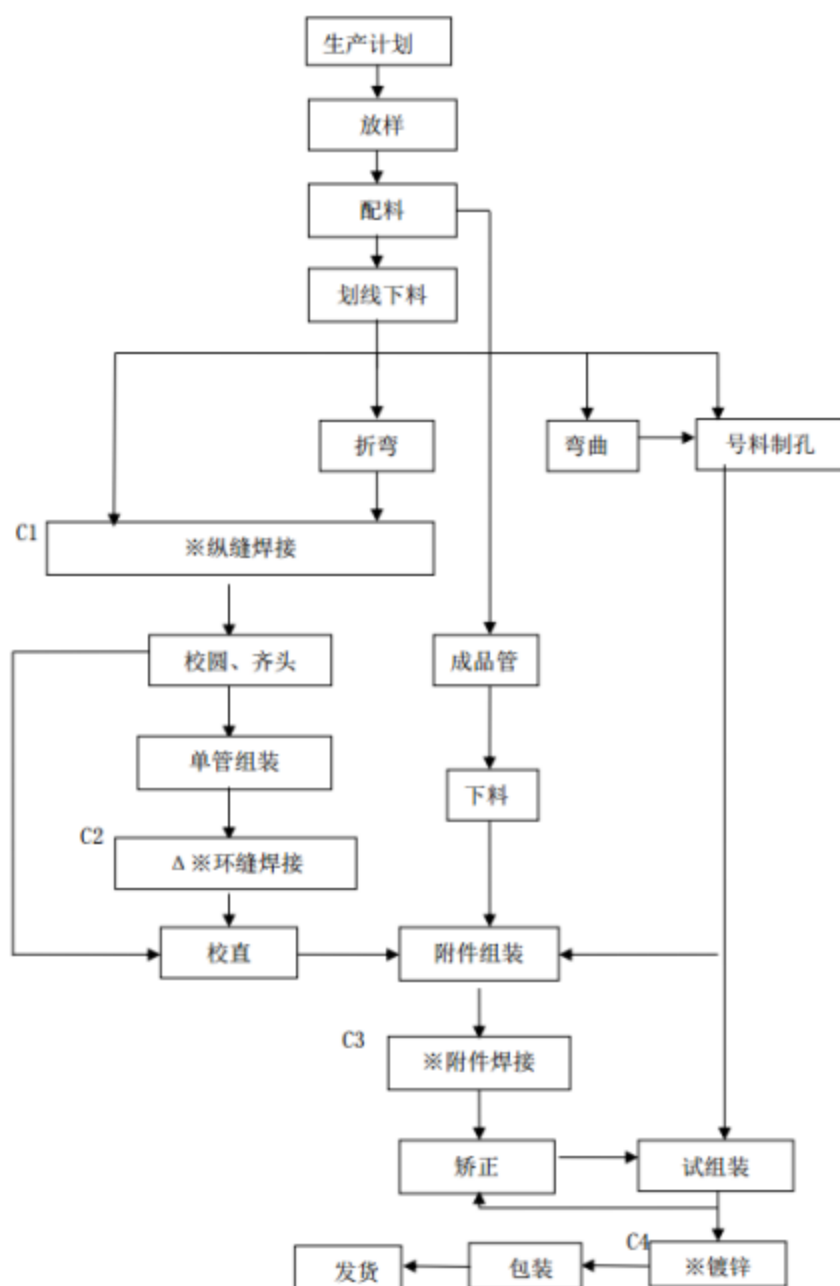


图 2.12 变电站构、支架工艺流程图



图 2.13 地脚螺栓工艺流程图



图 2.14 挂线连板工艺流程图

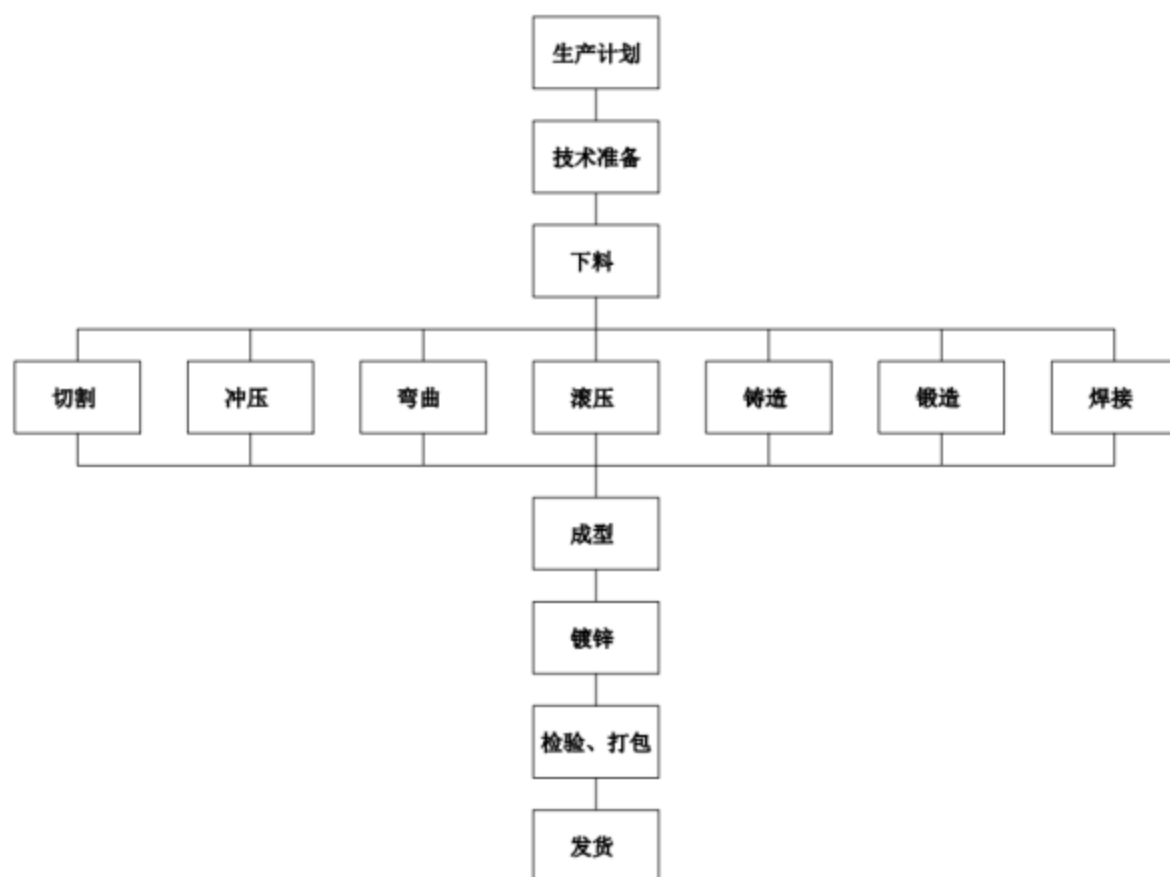


图 2.15 拉线棒工艺流程图

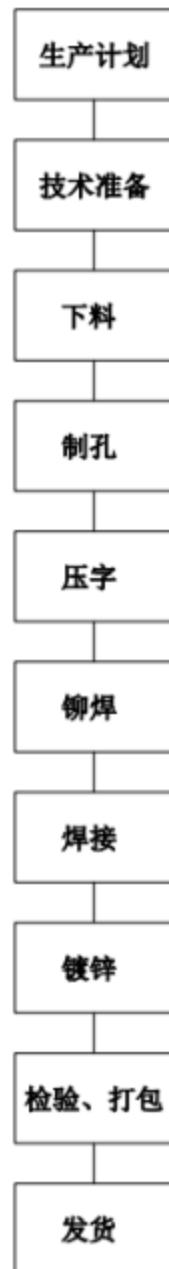


图 2.16 卡盘工艺流程图



3 目标与范围定义

3.1 研究目的

本次研究的目的是得到山东力源铁塔制造有限公司 2024 年 1 月-12 月生产“一吨输电线路角钢塔”“一吨输电线路钢管杆”、“一吨输电线路钢管塔”、“一吨变电站构、支架”、“一吨地脚螺栓”、“一吨挂线连板”、“一吨拉线棒”、“一块卡盘”生命周期过程碳足迹的平均水平，为山东力源铁塔制造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，也是山东力源铁塔制造有限公司迈向国际市场的重要一步。本报告的研究结果将为山东力源铁塔制造有限公司与部分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：一是山东力源铁塔制造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、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山东力源铁塔制造有限公司 2024 年 1 月-12 月输电线路角钢塔、输电线路钢管杆、输电线路钢管塔、变电站构支架、地脚螺栓、挂线连板、拉线棒、卡盘产品原辅材料获取、原料运输、产品生产三个阶段。产品碳足迹评价系统边界图如图 3.1 所示。

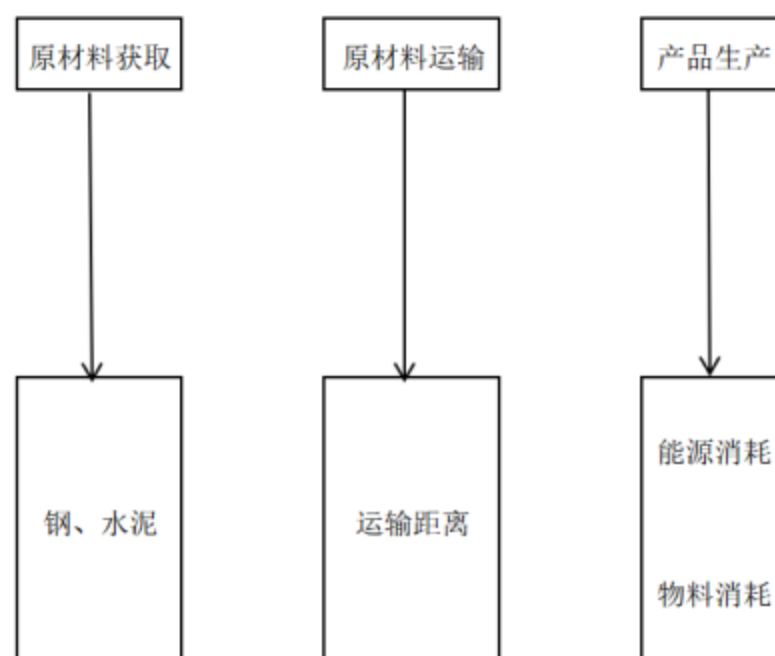


图 3.1 产品生命周期评价系统边界图

本报告中，碳足迹核算系统边界覆盖的生命周期过程见下表：

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
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； (1) 主要原材料生产过程中能源的消耗； (2) 产品生产过程电力及其他耗能工质等的消耗； (3) 原材料运输；	a.资本设备的生产及维修； b.次要原材料及辅料获取和运输； c.销售等商务活动产生的运输。

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：“一吨输电线路角钢塔”、“一吨输电线路钢管杆”、“一吨输电线路钢管塔”、“一吨变电站构、支架”、“一吨地脚螺栓”、“一吨挂线连板”、“一吨拉线棒”、“一块卡盘”。

3.4 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，部分物料因占比较小，对碳足迹影响很小，经与企业沟

通后忽略。

3.5 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(2022 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，1 吨甲烷在 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。

3.6 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 2024 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 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 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 2024 年 1 月-12 月实际消耗量统计，生产一吨输电线路角钢塔的原材料消耗情况如下：

表 4.1 生产一吨输电线路角钢塔原材料及辅料消耗量

序号	原辅材料	活动水平	单位
1	角钢	0.66	t
2	钢板	0.19	t

生产一吨输电线路钢管塔的原材料消耗情况如下：

表 4.2 一吨输电线路钢管塔原材料及辅料消耗量

序号	原辅材料	活动水平	单位
1	角钢	0.19	t
2	钢管	0.48	t
3	钢板	0.19	t

生产一吨变电站构、支架的原材料消耗情况如下：

表 4.3 生产一吨变电站构、支架原材料及辅料消耗量

序号	原辅材料	活动水平	单位
1	角钢	0.24	t
2	钢管	0.48	t

序号	原辅材料	活动水平	单位
3	钢板	0.19	t

生产一吨地脚螺栓的原材料消耗情况如下：

表 4.4 生产一吨地脚螺栓原材料及辅料消耗量

序号	原辅材料	活动水平	单位
1	圆钢	0.95	t

生产吨挂线连板的原材料消耗情况如下：

表 4.5 生产一吨挂线连板原材料及辅料消耗量

序号	原辅材料	活动水平	单位
1	钢板	0.001	t

生产一吨输电线路钢管杆的原材料消耗情况如下：

表 4.6 生产一吨输电线路钢管杆材料及辅料消耗量

序号	原辅材料	活动水平	单位
1	钢板	0.88	t
2	角钢	0.019	t

生产一吨拉线棒的原材料消耗情况如下：

表 4.7 生产一吨拉线棒材料及辅料消耗量

序号	原辅材料	活动水平	单位
1	钢板	0.94	t

生产一块卡盘的原材料消耗情况如下：

表 4.8 生产一块卡盘材料及辅料消耗量

序号	原辅材料	活动水平	单位
1	水泥	0.39	t
2	钢筋	0.10	t

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，数据通过供应商提供

或数据库（GaBi 数据库（GaBi Databases）、SimaPro 数据库、Ecoinvent（包含 Lite 版本因子库）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)）获取，具体数据如下：

表 4.9 原材料及辅料排放因子

序号	原辅材料	排放因子	单位	来源说明
1	角钢	1.96	kgCO ₂ eq/kg	CPCD-碳素钢
2	钢板	2.55	kgCO ₂ eq/kg	CPCD-厚钢板
3	钢管	6.8	kgCO ₂ eq/kg	CPCD-不锈钢
4	圆钢	2.05	kgCO ₂ eq/kg	CPCD-热轧型钢
5	水泥	0.88	kgCO ₂ eq/kg	CPCD-水泥
6	钢筋	1.96	kgCO ₂ eq/kg	CPCD-碳素钢

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，生产“一吨输电线路角钢塔”、“一吨输电线路钢管杆”、“一吨输电线路钢管塔”、“一吨变电站构、支架”、“一吨地脚螺栓”、“一吨挂线连板”、“一吨拉线棒”、“一块卡盘”对应的原材料运输周转量如下：

表 4.10 原辅材料运输活动水平

序号	原辅材料	活动水平	单位
1	角钢	262	km
2	钢板	262	km
3	钢管	262	km
4	圆钢	262	km
5	水泥	8.1	km
6	钢筋	16	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 4.11 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	角钢	0.041	kgCO ₂ eq/(t·km)	CPCD-中型货车运输
2	钢板	0.041	kgCO ₂ eq/(t·km)	CPCD-中型货车运输
3	钢管	0.041	kgCO ₂ eq/(t·km)	CPCD-中型货车运输
4	圆钢	0.041	kgCO ₂ eq/(t·km)	CPCD-中型货车运输
5	水泥	0.041	kgCO ₂ eq/(t·km)	CPCD-中型货车运输
6	钢筋	0.041	kgCO ₂ eq/(t·km)	CPCD-中型货车运输

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，包括产品生产过程中的主要耗能和辅助、附属生产系统耗能，生产“一吨输电线路角钢塔”、“一吨输电线路钢管杆”、“一吨输电线路钢管塔”、“一吨变电站构、支架”、“一吨地脚螺栓”、“一吨挂线连板”、“一吨拉线棒”、“一块卡盘”对应的能源消耗如下：

表 4.12 产品生产阶段活动水平

生产单元	能源	活动水平	单位
一吨输电线路角钢塔	电力	388	kwh
一吨输电线路钢管杆	电力	400	kwh
一吨输电线路钢管塔	电力	397	kwh
一吨变电站构、支架	电力	415	kwh
一吨地脚螺栓	电力	310	kwh
一吨挂线连板	电力	34	kwh
一吨拉线棒	电力	298	kwh
一块卡盘	电力	15	kwh

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 4.13 产品生产阶段排放因子

生产单元	能源	排放因子	单位	来源
生产过程	电力	0.6205	kgCO ₂ /kWh	关于发布 2023 年电力碳足迹因子数据的公告-2023 年全国电力碳足迹因子

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 2022 年 IPCC 第六次评估报告 AR6 值。

产品回收利用部分的循环利用信用额采用 ISO 14047-2018 开环分配程序，其计算公式如下：

$$E_M = E_V + E_{EoL} - R \cdot A \cdot E_V \quad (2)$$

式中：

E_M——与原材料获取和报废回收相关的排放量；

E_V——从自然资源中提取或生产产品所需原材料所产生的温室气体排放量，这些都是初级材料；

E_{EoL}——与寿命终止运营相关的温室气体排放（作为提供回收材料的产品系统的一部分）；

R——材料回收率；

$R \cdot A \cdot E_v$ ——循环利用信用额

如果 $A=0$ ，即完全是降级循环，不存在循环信用。

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，得到一吨输电线路角钢塔的碳足迹为 2027.98kgCO₂eq，具体结果如下：

表 5.1 一吨输电线路角钢塔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	产品碳足迹
碳排放量(kgCO ₂ eq)	1778.1	9.13	270.75	2027.98
占比	87.68%	0.45%	11.87%	100.00%

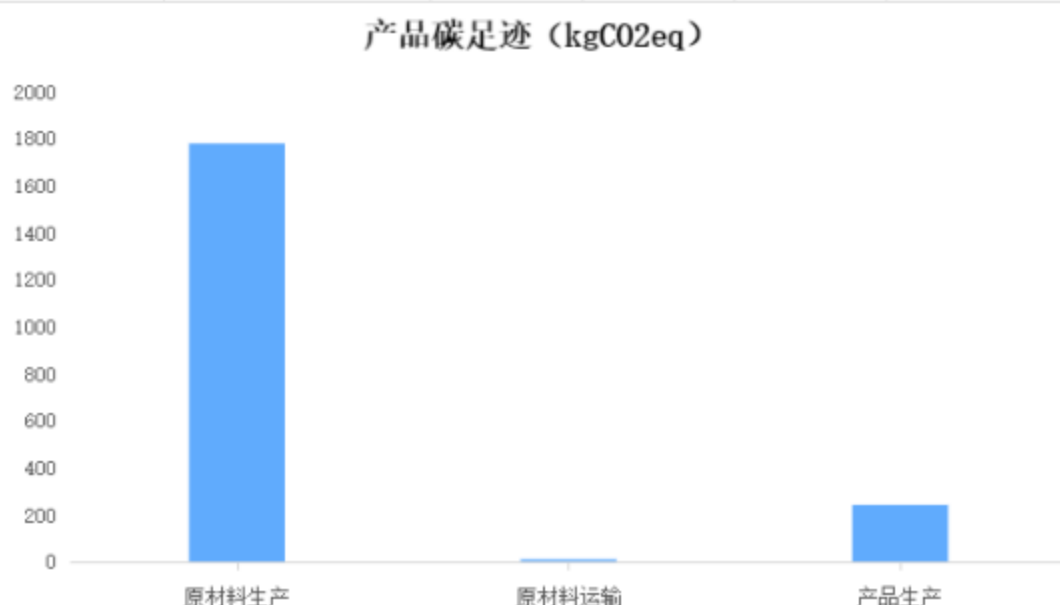


图 5.1 一吨输电线路角钢塔产品碳足迹评价结果

一吨输电线路钢管杆产品的碳足迹为 2539.10kgCO₂eq，具体结果如下：

表 5.2 一吨输电线路钢管杆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	产品碳足迹
碳排放量(kgCO ₂ eq)	2281.24	9.66	248.20	2539.10
占比	89.84%	0.38%	9.78%	100.00%

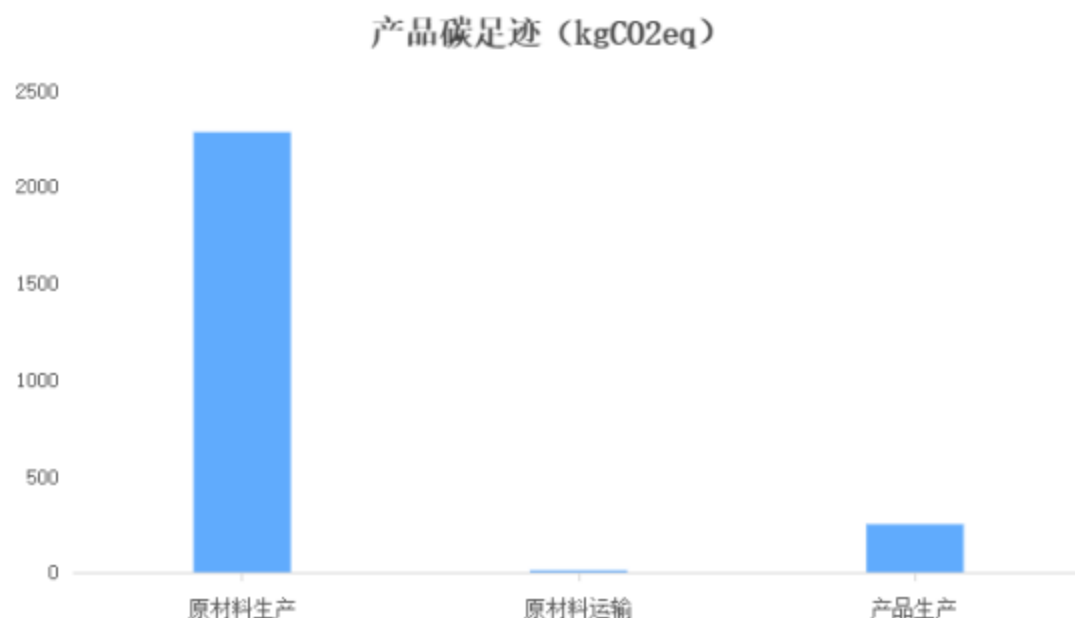


图 5.2 一吨输电线路钢管杆产品碳足迹评价结果

一吨输电线路钢管塔产品的碳足迹为 4376.48kgCO₂eq，具体结果如下：

表 5.3 一吨输电线路钢管塔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	产品碳足迹
碳排放量(kgCO ₂ eq)	4120.90	9.24	246.34	4376.48
占比	94.16%	0.21%	5.63%	100.00%

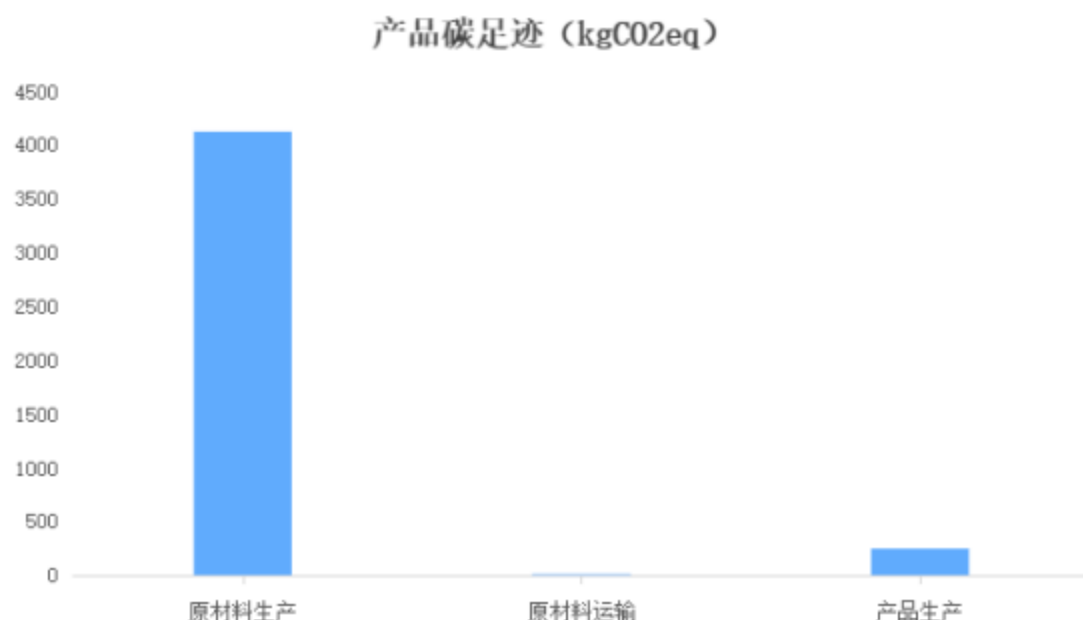


图 5.3 一吨输电线路钢管塔产品碳足迹评价结果

一吨变电站构、支架产品的碳足迹为 4486.18kgCO₂eq，具体结果如下：

表 5.4 一吨变电站构、支架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	产品碳足迹
碳排放量(kgCO ₂ eq)	4218.90	9.78	233.10	4486.18
占比	94.04%	0.21%	5.74%	100.00%

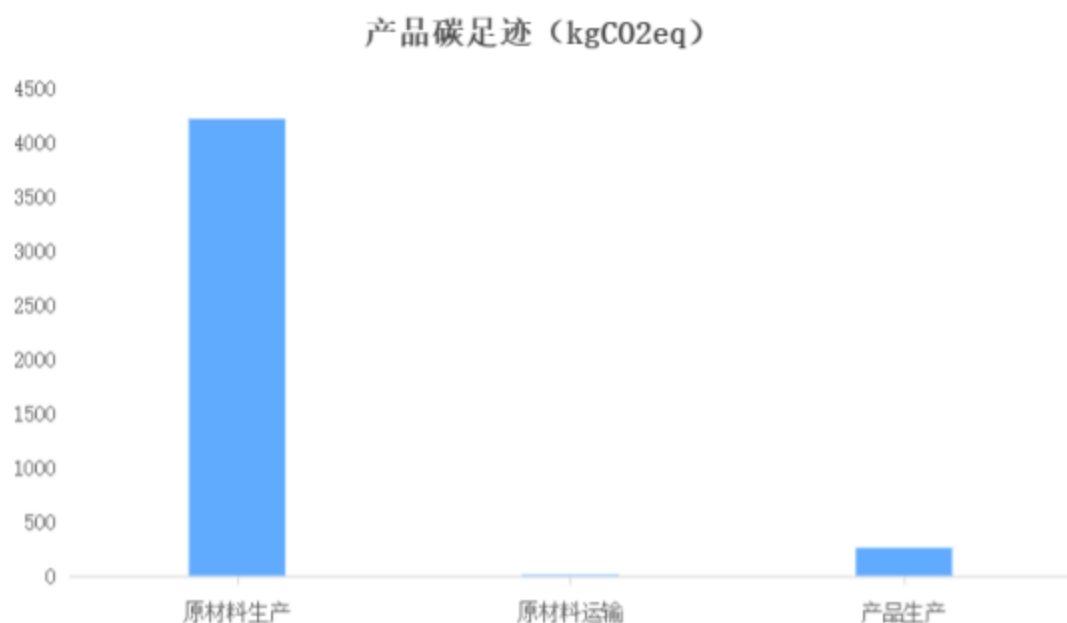


图 5.4 一吨变电站构、支架碳足迹评价结果

一吨地脚螺栓产品的碳足迹为 2150.06kgCO₂eq，具体结果如下：

表 5.5 一吨地脚螺栓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	产品碳足迹
碳排放量(kgCO ₂ eq)	1947.50	10.20	174.13	2150.06
占比	90.57%	0.48%	8.95%	100.00%

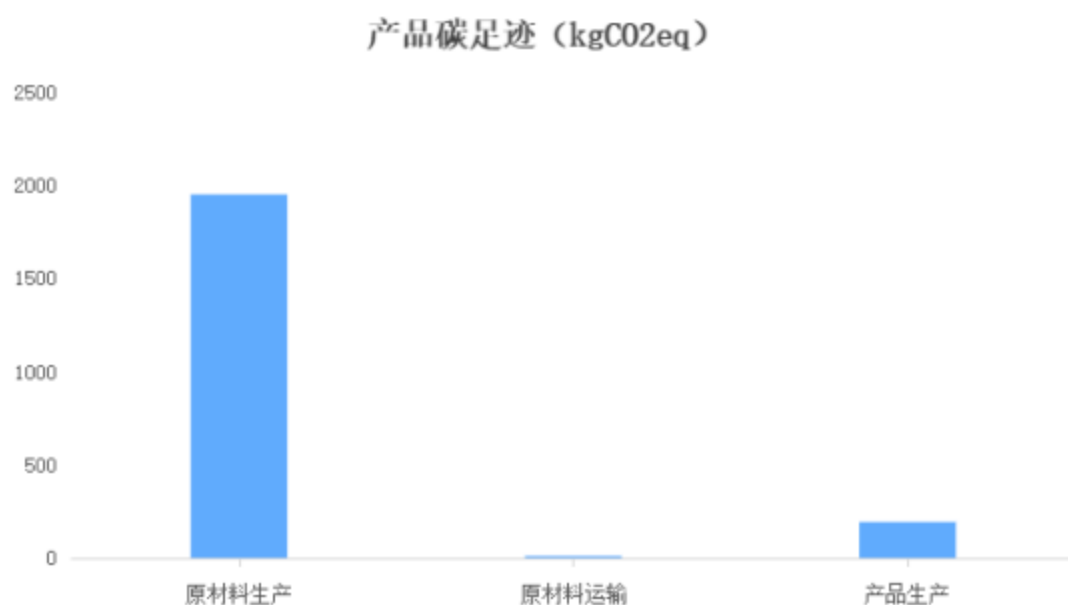


图 5.5 一吨地脚螺栓产品碳足迹评价结果

一吨挂线连板产品的碳足迹为 23.66kgCO₂eq，具体结果如下：

表 5.6 一吨挂线连板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	产品碳足迹
碳排放量(kgCO ₂ eq)	2.55	0.01	19.10	23.66
占比	10.78%	0.04%	89.18%	100.00%



图 5.6 一吨挂线连板产品碳足迹评价结果

一吨拉线棒产品的碳足迹为 2592.01kgCO₂eq，具体结果如下：

表 5.7 一吨拉线棒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	产品碳足迹
碳排放量(kgCO ₂ eq)	2397.00	10.10	184.91	2592.01
占比	93.11%	0.39%	7.18%	100.00%

一吨拉线棒的碳足迹为 5600.86kgCO₂eq，具体结果如下：

产品碳足迹 (kgCO₂eq)

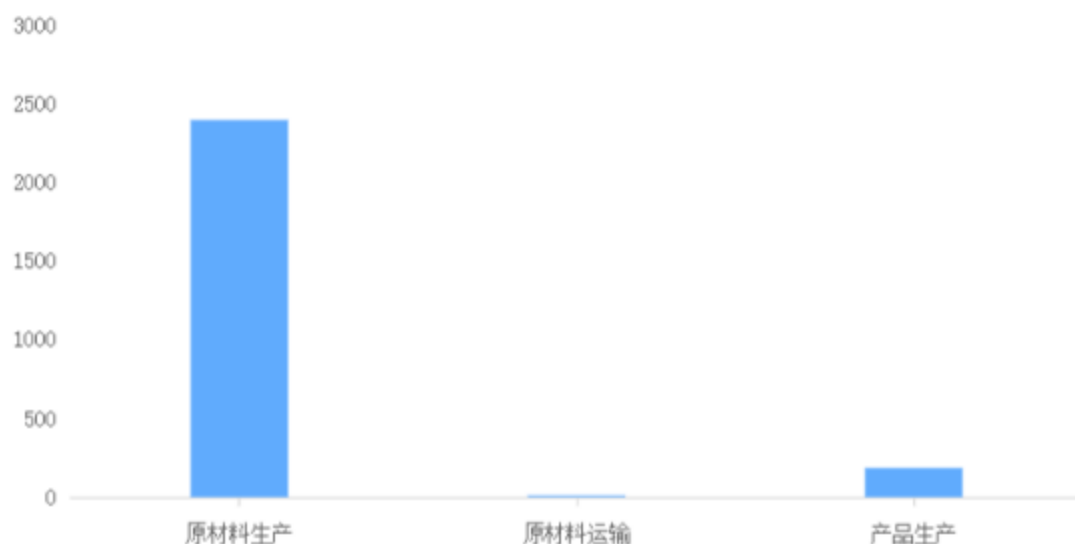


图 5.7 一吨拉线棒产品碳足迹评价结果

一块卡盘产品的碳足迹为 548.70kgCO₂eq，具体结果如下：

表 5.8 一块卡盘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	产品碳足迹
碳排放量(kgCO ₂ eq)	539.20	0.20	9.31	548.70
占比	98.27%	0.04%	1.54%	100.00%

一块卡盘的碳足迹为 548.70kgCO₂eq，具体结果如下：

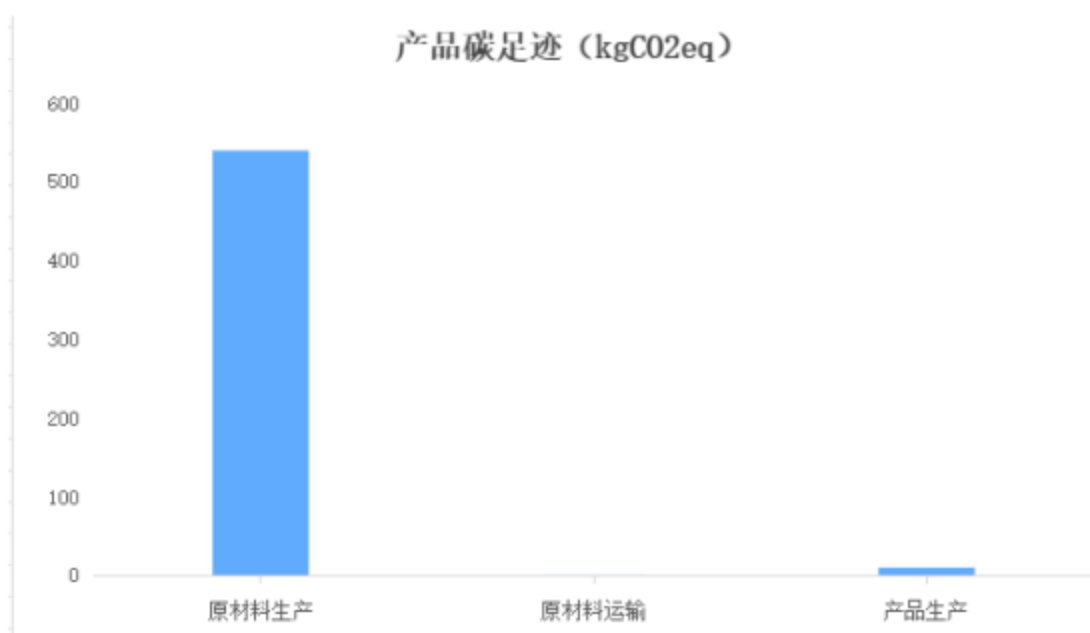


图 5.8 一块卡盘产品碳足迹评价结果

5.3 碳足迹影响分析

(1) 一吨输电线路角钢塔产品生命周期累计碳足迹贡献比例的情况，可以看出一吨输电线路角钢塔产品的碳排放环节主要集中在原材料生产阶段，占比 87.68%，具体详见下图。

产品碳足迹贡献情况分布图

■ 原材料生产 ■ 原材料运输 ■ 产品生产



图 5.9 产品碳足迹贡献情况分布图

碳足迹评价结果的情况，可以看出一吨输电线路角钢塔原材料生产、运输阶

段影响最大的原材料为角钢，占比 72.75%，具体详见下表。

表 5.9 产品原材料提取加工阶段碳足迹评价结果

序号	原辅材料	排放量 (kgCO ₂ eq)	排放占比
1	角钢	1293.60	72.75%
2	钢板	484.50	27.25%

(2) 一吨输电线路钢管杆产品生命周期累计碳足迹贡献比例的情况，可以看出一吨输电线路钢管杆产品的碳排放环节主要集中在原材料生产阶段，占比 89.84%，具体详见下图。

产品碳足迹贡献情况分布图

■ 原材料生产 ■ 原材料运输 ■ 产品生产



图 5.10 产品碳足迹贡献情况分布图

碳足迹评价结果的情况，可以看出一吨输电线路钢管杆原材料生产、运输阶段影响最大的原材料为钢板，占比 98.36%，具体详见下表。

表 5.10 产品原材料提取加工阶段碳足迹评价结果

序号	原辅材料	排放量 (kgCO ₂ eq)	排放占比
1	角钢	37.24	1.64%
2	钢板	2244.00	98.36%

(3) 一吨输电线路钢管塔产品生命周期累计碳足迹贡献比例的情况，可以看出一吨输电线路钢管塔产品的碳排放环节主要集中在原材料生产阶段，占比 94.16%，具体详见下图。

产品碳足迹贡献情况分布图

■ 原材料生产 ■ 原材料运输 ■ 产品生产

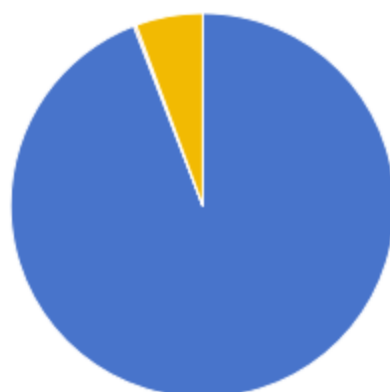


图 5.11 产品碳足迹贡献情况分布图

碳足迹评价结果的情况，可以看出一吨输电线路钢管塔原材料生产、运输阶段影响最大的原材料为钢管，占比 79.20%，具体详见下表。

表 5.11 产品原材料提取加工阶段碳足迹评价结果

序号	原辅材料	排放量 (kgCO ₂ eq)	排放占比
1	角钢	372.40	9.04%
2	钢板	484.50	11.76%
3	钢管	3264.00	79.20%

(4) 一吨变电站构、支架产品生命周期累计碳足迹贡献比例的情况，可以看出一吨变电站构、支架产品的碳排放环节主要集中在原材料生产阶段，占比 94.04%，具体详见下图。

产品碳足迹贡献情况分布图

■ 原材料生产 ■ 原材料运输 ■ 产品生产

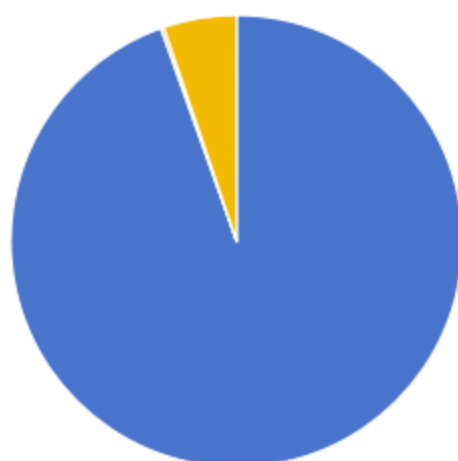


图 5.12 产品碳足迹贡献情况分布图

碳足迹评价结果的情况，可以看出一吨变电站构、支架原材料生产、运输阶段影响最大的原材料为钢管，占比 77.34%，具体详见下表。

表 5.12 产品原材料提取加工阶段碳足迹评价结果

序号	原辅材料	排放量 (kgCO ₂ eq)	排放占比
1	角钢	470.40	11.18%
2	钢板	484.50	11.48%
3	钢管	3264.00	77.34%

(5) 一吨地脚螺栓产品生命周期累计碳足迹贡献比例的情况，可以看出一吨地脚螺栓产品的碳排放环节主要集中在原材料生产阶段，占比 90.58%，具体详见下图。

产品碳足迹贡献情况分布图

■ 原材料生产 ■ 原材料运输 ■ 产品生产



图 5.13 产品碳足迹贡献情况分布图

碳足迹评价结果的情况，可以看出一吨地脚螺栓原材料生产、运输阶段影响最大的原材料为圆钢，占比 100%，具体详见下表。

表 5.13 产品原材料提取加工阶段碳足迹评价结果

序号	原辅材料	排放量 (kgCO ₂ eq)	排放占比
1	圆钢	1947.50	100%

(6) 一吨挂线连板产品生命周期累计碳足迹贡献比例的情况，可以看出一吨挂线连板产品的碳排放环节主要集中在产品生产阶段，占比 89.18%，具体详见下图。

产品碳足迹贡献情况分布图

■ 原材料生产 ■ 原材料运输 ■ 产品生产

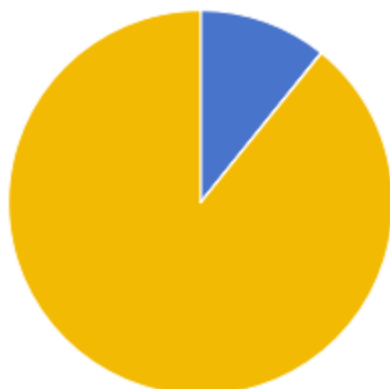


图 5.14 产品碳足迹贡献情况分布图

碳足迹评价结果的情况，可以看出可以看出一吨地脚螺栓原材料生产、运输阶段影响最大的原材料为钢板，占比 100%。

表 5.14 产品原材料提取加工阶段碳足迹评价结果

序号	原辅材料	排放量 (kgCO ₂ eq)	排放占比
1	钢板	2.55	100%

(7) 一吨拉线棒产品生命周期累计碳足迹贡献比例的情况，可以看出一吨拉线棒产品的碳排放环节主要集中在原材料生产阶段，占比 93.11%，具体详见下图。

产品碳足迹贡献情况分布图

■ 原材料生产 ■ 原材料运输 ■ 产品生产



图 5.15 产品碳足迹贡献情况分布图

碳足迹评价结果的情况，可以看出一吨拉线棒原材料生产、运输阶段影响最大的原材料为钢板，占比 100%，具体详见下表。

表 5.15 产品原材料提取加工阶段碳足迹评价结果

序号	原辅材料	排放量 (kgCO ₂ eq)	排放占比
1	钢板	2397.00	100%

(8) 一块卡盘产品生命周期累计碳足迹贡献比例的情况，可以看出一块卡

盘产品的碳排放环节主要集中在原材料生产阶段，占比 98.27%，具体详见下图。

产品碳足迹贡献情况分布图

■ 原材料生产 ■ 原材料运输 ■ 产品生产

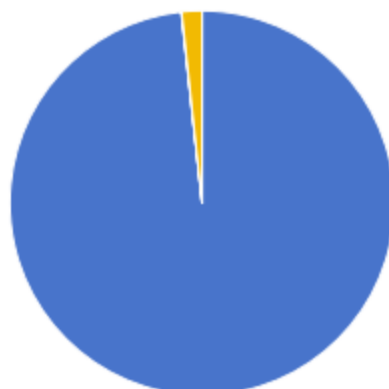


图 5.16 产品碳足迹贡献情况分布图

碳足迹评价结果的情况，可以看出一块卡盘原材料生产、运输阶段影响最大的原材料为水泥，占比 63.65%，具体详见下表。

表 5.16 产品原材料提取加工阶段碳足迹评价结果

序号	原辅材料	排放量 (kgCO ₂ eq)	排放占比
1	水泥	470.40	63.65%
2	钢筋	484.50	36.35%

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，具体如下：

(1) 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) 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；

(3) 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

6.1 评估方法

首先，需要对清单中数据的来源进行质量评估，从数据的可靠性和相关性两个方面来评估。可靠性选定为统计代表性、时间代表性和数据来源三个指标；相关性选定为地理代表性和技术代表性两个指标，如表 6.1。

其次，在对不确定性的各项指标进行综合评定时，采用对各指标进行加权平均的方法，参见公式 6-1。最终得分高，则数据质量好，不确定性低；反之得分低，则数据质量差，不确定性高，数据质量等级参照表 6.2。

表 6.1 数据可靠性量化指标

指标值	9	7	5	3	1
统计代表性	全面统计	重点统计或典型统计	抽样调查频次高于每月天一次	抽样调查频次 1-3 月每次	抽样调查频次低于 3 月每次；抽样频次未知
时间代表性	研究目标当月数据	与研究目标当月差距 3 月以内	与研究目标当月差距 3~8 月	与研究目标当月差距 8~18 月	与研究目标当月差距 18 月以上；未知数据年代

数据来源	三级测量数据/实际数据	平均数据	经验数据	额定数据	未知
地理代表性	研究目标区域	与研究目标区域地理条件大部分相同	与研究目标区域地理条件类似	与研究目标区域地理条件部分类似	与研究目标区域地理条件完全不同；未知地理条件
技术代表性	生产现场	技术水平档次相差为 0	技术水平档次相差为 1	技术水平档次相差为 2	技术水平档次相差为 3

$$Q = \frac{q_1 + q_2 + q_3}{6} + \frac{q_4 + q_5}{4} \quad \text{公式 (6-1)}$$

式中：

Q——数据质量等级分；

q₁——数据的统计代表性质量等级分；

q₂——数据的时间代表性质量等级分；

q₃——数据的来源质量等级分；

q₄——数据的地理代表性质量等级分；

q₅——数据的技术代表性质量等级分。

表 6.2 数据质量等级

得分	数据质量	不确定性大小
8≤可靠性≤9	最高	最小
7≤可靠性≤8	较高	较小
6≤可靠性≤7	较差	较大
可靠性≤6	差	非常大

6.2 评估结果

表 6.3 评价产品数据质量等级分析结果

项目	原材料生产	原材料运输	产品生产
统计代表性 (q ₁)	9	9	9

项目	原材料生产	原材料运输	产品生产
时间代表性 (q2)	7	7	8
数据来源 (q3)	7	9	9
地理代表性 (q4)	8	9	9
技术代表性 (q5)	8	7	9
数据可靠性量化指标	7.83	8.17	8.33
平均可靠性量化指标	8.11		

根据活动水平和排放因子的数据质量等级，对碳足迹评价结果做定性判断。

表 6.4 生命周期评价数据质量等级结果

生命周期阶段	原材料生产	原材料运输	产品生产	全生命周期
碳排放量(kgCO ₂ eq)	17285.39	58.32	1267.77	18611.48
数据质量加权得分	7.83	8.17	8.33	8.11

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。

(3) Simapro 排放因子数据库: Simapro 是一只用于收集、分析和监测产品和服务的可持续性表现的专业工具。生命周期评价 (Life Cycle Assessment, LCA) 因可以核算产品从“摇篮到大门”的一系列环境问题和影响而被全球公认为量化产品可持续性的最佳方法。Simapro 是一只被 80 多个国家的工业企业、咨询公司以及研究机构使用的 LCA 软件。此外, 由于 Simapro 可供处于不同地点的用户同步访问数据库, 因而它也可作为多用户产品而供全球公司使用。

(4) Ecoinvent (包含 lite 版本因子库) 排放因子数据库: Ecoinvent 是最可靠和最透明的生命周期清单(LCI)数据库, 它允许对商品和流程进行全球环境评估。全球 40 多个国家/地区的约 4,500 人使用 ecoinvent, 这是世界上最著名的生

命周期评估(LCA)数据库。该数据库包括能源、资源开采、材料供应、化学品、金属、农业、废物管理和运输方面的数据。