

嘉兴格鲁博机械有限公司

自动化节能电机生产线碳足迹核查报告

嘉兴市中法环保技术咨询有限公司

二〇二五年九月

目 录

- 1、执行摘要..... 2
- 2、产品碳足迹（PCF）介绍..... 3
- 3、目标与范围定义..... 4
 - 3.1、公司及产品简介4
 - 3.2、研究目的4
 - 3.3、研究的边界5
 - 3.4、功能单位5
 - 3.5、生命周期流程图的绘制5
 - 3.6、取舍准则6
 - 3.7、影响类型和评价方法6
 - 3.8、数据质量要求7
- 4、过程描述..... 8
 - 4.1、原材料生产阶段8
 - 4.2、原材料运输阶段8
 - 4.3、产品生产阶段8
 - 4.4、产品运输阶段9
- 5、数据的收集和主要排放因子说明 10
- 6、碳足迹计算..... 10
 - 6.1、碳足迹识别10
 - 6.2、计算公式11
 - 6.3、碳足迹数据计算12
 - 6.4、碳足迹数据分析15
- 7、不确定性分析..... 18
- 8、结语 18

1、执行摘要

嘉兴格鲁博机械有限公司作为嘉兴市专用设备制造行业领先企业，出于相关环境披露等要求，同时为更好地履行社会责任、更好地接受社会监督，特出具此《产品碳足迹核查报告》，本文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》、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，计算得到嘉兴格鲁博机械有限公司产品的碳足迹。

本报告的功能单位定义为生产“1pcs 产品”。系统边界为“从摇篮到坟墓”类型，调研了自动化节能电机生产线上游原材料生产阶段、原材料运输阶段、自动化节能电机生产线生产阶段、自动化节能电机生产线销售运输阶段、自动化节能电机生产线使用阶段以及寿命到期后的回收处置阶段。

本报告中对自动化节能电机生产线不同过程的差别、各生产过程碳足迹比例做了对比分析。从单个过程对产品碳足迹的贡献看，本报告发现产品生产过程能源消耗对产品碳足迹的贡献最大，其次为主要原材料的获取过程。

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、地域、时间等方面。自动化节能电机生产线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，本次性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（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、产品层面三个层面。产品碳足迹（Product Carbon Footprint）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 tCO₂e。全球变暖潜值（Global Warming Potential）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门委员会（IPCC）提供的值，目前这套因子在全球范围内被广泛采用。

3、目标与范围定义

3.1、公司及产品简介

嘉兴格鲁博机械有限公司成立于 2012 年 4 月，厂址位于嘉兴市秀洲区八字路 800 号，主要从事电工机械专用设备及其零部件、通用零部件的制造、加工；自动化设备的改造、维修；从事进出口业务。

-受核查方名称：嘉兴格鲁博机械有限公司

-统一社会信用代码：91330411594372556B

-所属行业领域及行业代码：C3561 电工机械专用设备制造

-位置经纬度为：120.6557365°，30.76293879°。

-成立时间：2012-04-13

-公司类型：有限责任公司

-在岗职工总数：200 人

-法定代表人：陆建翔

-核查报告联系人：程诗音13757331489

3.2、研究目的

本报告的研究目的是得到嘉兴格鲁博机械有限公司生产的自动化节能电机生产线全生命周期过程的碳足迹，为嘉兴格鲁博机械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关键一步。本报告的研究结果将为公司自动化节能电机生产线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的积极作用。

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

根据本次研究的目的，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嘉兴格鲁博机械有限公司近 3 年生产活动及非生产活动平均数据。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。

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 1pcs 自动化节能电机生产线。

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 1pcs 自动化节能电机生产线的生命周期流程图，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。自动化节能电机生产线的生命周期流程图如下：

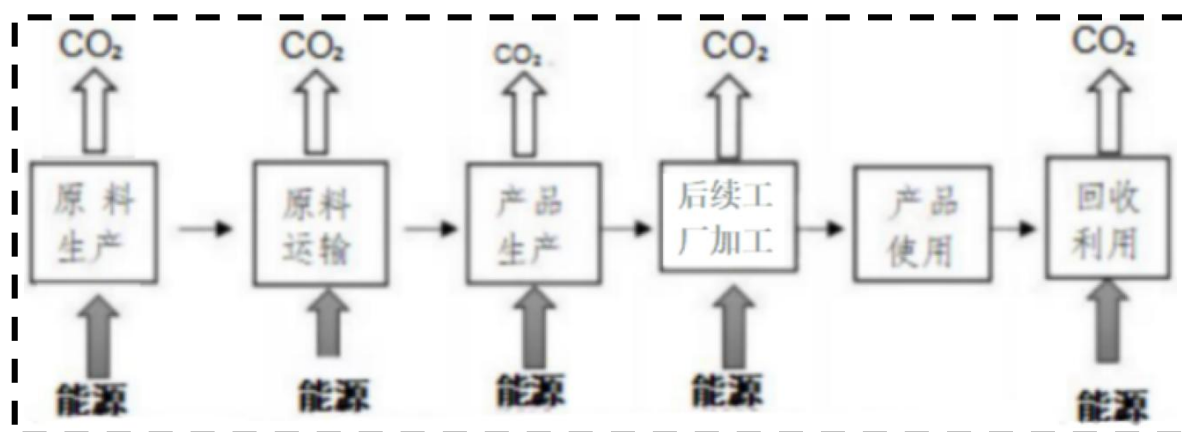


图 1 自动化节能电机生产线周期流程图

由于无法明确后续工厂加工产品的类型，因此将本报告的系统边界设定为“从摇篮到大门”类型，为了实现上述功能单位，具体系统边界明细见下表。

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、产品制造生产的生命周期包括：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； b、主要原材料生产过程中电力等能源的消耗； c、生产过程中电力等能源的消耗； d、原材料运输；	a、资本设备的生产与维修； b、次要辅料的运输；

3.6、取舍准则

本次调查采用的取舍准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；总计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。

3.7、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）、氢氟碳化物（HFC）和全氟化碳（PFC）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 21kg 二氧化碳排放对全球变暖的影响，因此以 CO₂ 当量（CO₂e）为基础，甲烷的特征化因子就是 21。

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 2023 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任何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下文进行详细介绍。

4、过程描述

4.1、原材料生产阶段

主要数据来源：原材料供应商近三年实际生产平均数据、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：原材料供应商运输距离、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，大多数原材料均从江浙沪地域使用陆路运输购入，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

4.3.1、过程基本信息

过程名称：自动化节能电机生产线制造生产

过程边界：从各类原材料进厂到自动化节能电机生产线制造出厂

4.3.2、数据代表性

主要数据来源：企业近三年实际生产平均数据

企业名称：嘉兴格鲁博机械有限公司

核查基准年：2022 年至 2024 年

主要原材料：金属材料、电线、电子元器件、切削液、油漆、稀释剂

主要能源：电力

主要产品：自动化节能电机生产线

工艺流程:

生产工艺流程图如下:

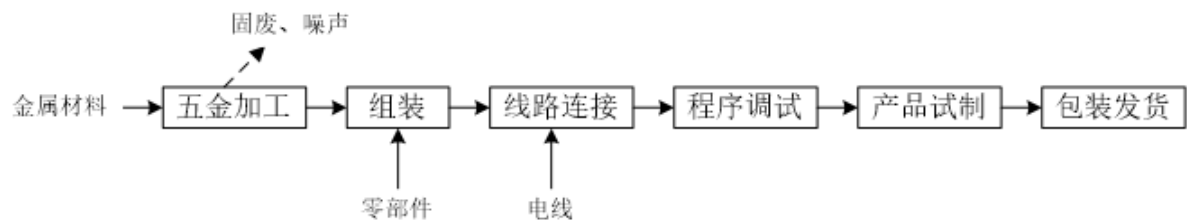


图 2-1 自动化节能电机生产线生产工艺流程

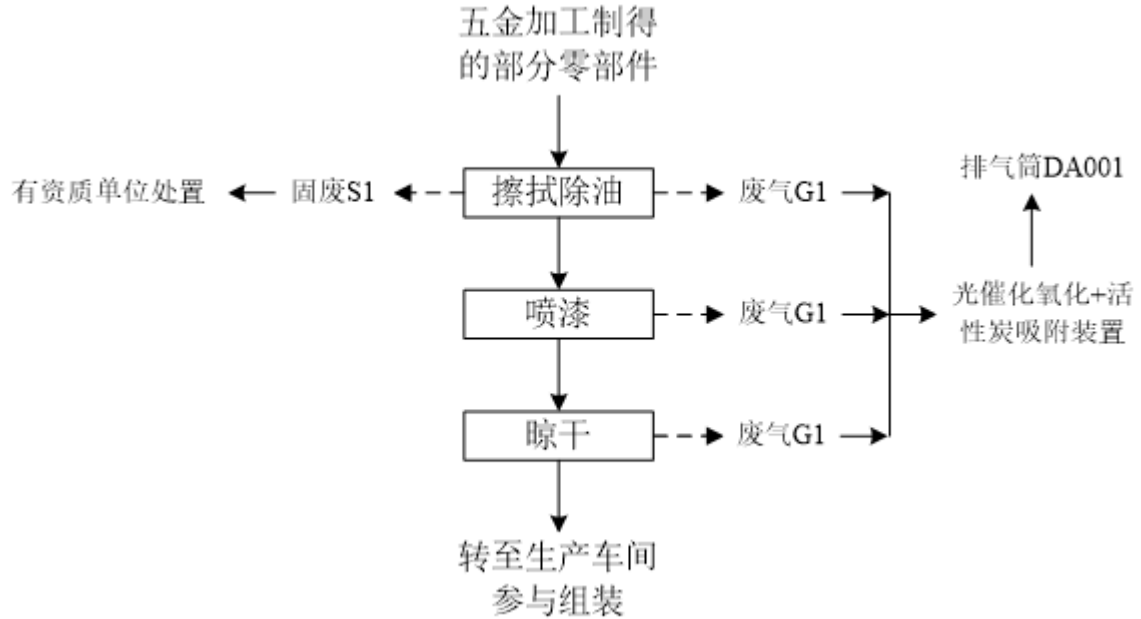


图 2-2 部分五金喷漆工艺流程

主要生产设备:

表2-1 主要耗能设备清单

序号	设备名称	型号	数量（台/套）	所在车间
1	小平磨	M250	3	南车间
2	大平磨	DGS-618M	1	南车间
3	外圆磨	M1432B*1500	1	南车间
4	车床	CY6140B/1500	3	南车间
5	线切割机	FH-300	9	南车间
6	慢走丝线切割机床	EK430Lawt	1	南车间
7	立式铣床	L1320	2	南车间
8	卧式铣床	X5032	5	南车间
9	龙门加工中心	/	0	/

10	加工中心	VMC850	4	南车间
11	数控车床	CKX-6440	3	南车间
12	数控切割机	/	0	/
13	激光打标机	/	1	南车间
14	气动打标机	/	0	/
15	自动锯床	/	1	南车间
16	行车	/	0	/
17	动力设施	/	0	/
18	物流设施	/	0	/
19	检测设备	/	2	南车间
20	喷漆枪	/	1	南车间

5、数据的收集和主要排放因子说明

为了计算出嘉兴格鲁博机械有限公司产品的碳足迹，必须考虑活动水平数据、排放因子数据和全球变暖潜值（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： $\text{CO}_2\text{e/kWh}$ 。全球变暖潜值是指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相应相关联的系数，如 CH_4 （甲烷）的 GWP 值是 21。

本研究中活动水平数据来自现场实测；排放因子数据采用 IPCC 规定的缺失值。

活动水平数据主要包括：电力、蒸气燃料消耗量等。

排放因子数据主要包括：电力排放因子、柴油低位发热量、柴油单位热值含碳量、柴油碳氧化率等。

6、碳足迹计算

6.1、碳足迹识别

表 3 活动水平数据来源汇总表

序号	主体	活动内容	活动水平数据来源	
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	次级活动数据	供应商数据、数据库
4	原材料运输	消耗燃料		供应商数据、数据库
5	产品运输	消耗燃料		客户地址、数据库
6	产品使用	消耗电力		数据库
7	产品回收	消耗电力		数据库

6.2、计算公式

碳足迹是指一项活动（或一种服务）进行的过程中直接或间接产生的二氧化碳或其他温室气体的排放量，或是产品的生命周期各阶段累积产生的二氧化碳或其他温室气体的排放量用二氧化碳等价表示。

产品碳足迹是指每单位产品全生命周期（系统中前后衔接的一系列阶段，包括从自然界或从自然资源中获取原材料，直至最终处置）内产生的温室气体排放量。

企业产品碳足迹的核查应遵循“从摇篮到坟墓”的全生命周期过程，包括：（1）原材料的获取；（2）能源与材料的产生；（3）制造和使用；（4）末期的处理以及最终处置。除此之外，碳足迹应保证科学方法优先，同时具备相关性、完整性、一致性、准确性、透明性。

企业产品碳足迹的核算过程，在获取真实有效的数据后，还应选择科学的核算方法，目前碳足迹的核查主要有以下三种方法：

（一）排放因子法

采用排放因子法计算时，温室气体排放量为活动数据与温室气体排放因子的乘积，见式（1）：

$$E_{GHG}=AD \times EF \times GWP \dots (1)$$

式中： E_{GHG} ——温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量（ tCO_2e ）；

AD ——温室气体活动数据，单位根据具体排放源确定；

EF ——温室气体排放因子，单位与活动数据的单位相匹配；

GWP ——全球变暖潜势，数值可参考政府间气候变化专门委员会（IPCC）提供的数据。

（二）物料平衡法

使用物料平衡法计算时，根据质量守恒定律，用输入物料中的含碳量减去输出物料中的含碳量进行平衡计算得到二氧化碳排放量，见式（2）：

$$E_{GHG}=[\sum (M_I \times CC_I) - \sum (M_O \times CC_O)] \times \omega \times GWP \dots (2)$$

式中： E_{GHG} ——温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量（ tCO_2e ）；

M_I ——输入物料的量，单位根据具体排放源确定；

M_O ——输出物料的量，单位根据具体排放源确定；

CC_I ——输入物料的含碳量，单位与输入物料的单位相匹配；

CC_O ——输出物料的含碳量，单位与输出物料的单位相匹配；

ω ——碳质量转化为温室气体质量的转换系数；

GWP——全球变暖潜势，数值可参考政府间气候变化专门委员会（IPCC）提供的数据。

（三）实测法

通过安装监测仪器、设备，如：烟气排放连续监测系统，CEMS，并采用相关技术文件中要求的方法测量温室气体源排放到大气中的温室气体排放量。

碳足迹核算过程中采用的排放因子应考虑如下因素：

（1）来源明确，有公信力；（2）适用性；（3）时效性。排放因子获取优先级如下表所示：

表 4 排放因子优先级表

数据类型	描述	优先级
排放因子实测值或计算值	通过工业企业内的直接测量、能量平衡等方法得到的排放因子或相关参数值	高
排放因子参考值	采用相关指南或文件中提供的排放因子	低

6.3、碳足迹数据计算

6.3.1、活动水平数据来源

嘉兴格鲁博机械有限公司主营的产品为自动化节能电机生产线，与自动化节能电机生产线生产相关的主要原辅材料消耗及生产过程中能源消耗的活动水平数据如下：

活动水平数据一：主要原材料消耗量

表 5 主要原材料消耗量统计表

原材料及能源名称		近 3 年年平均消耗数量
1	金属材料	51.16（t/a）
2	电线	10.16（km/a）
3	电子元器件	3975.33（万个/a）
4	切削液	1.55（t/a）
5	油漆	0.74（t/a）
6	稀释剂	0.37（t/a）

活动水平数据二：产品生产过程能源消耗量

表 6 能源消耗量统计表

序号	能源种类	近 3 年年平均消耗数量
1	热力（百万 KJ）	0
2	电（万 kwh）	32.7167
3	水（万吨）	0.1143

6.3.2、排放因子数据及来源说明

数据一：柴油低位发热量

数值：43.33GJ/t

数据来源：《工业其他行业企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》

数据二：柴油单位热值含碳量

数值：20.2tC/tJ

数据来源：《工业其他行业企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》

数据三：柴油碳氧化率

数值：98%

数据来源：《工业其他行业企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》

数据四：电力的排放因子

名称：电力的排放因子

数值：0.5246kgCO₂/kWh

数据来源：生态环境部、国家统计局关于发布 2022 年电力二氧化碳排放因子的公告（2024 年第 33 号）中《2022 年电力二氧化碳排放因子》表 3 2022 年省级电力平均二氧化碳排放因子

数据五：热力的排放因子

名称：热力的排放因子

数值：0.11tCO₂/GJ

数据来源：《工业其他行业企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》

6.3.3、碳足迹核算以及其他需要说明的情况

结合嘉兴格鲁博机械有限公司自动化节能电机生产线产品生产的碳足迹分析，本报告认为引用生命周期评价法比较合适，本报告不涉及消费终端的排放量。

（一）前端原材料获取

对于原材料获得所需碳排放的计算，首先收集各类原材料生产的碳足迹 CO₂ 产生

量，相关系数数据来源中国产品全生命周期温室气体排放系数库(<https://lca.cityghg.com>)

表 7 主要原辅材料生产碳足迹 CO₂ 产生量统计表

序号	原辅材料名称	碳足迹 CO ₂ 产生量 (kgCO ₂ e/kg)	近 3 年年平均消耗数量	碳足迹 CO ₂ 产生量(tCO ₂)
1	金属材料	2.53	51.16 (t/a)	12.9
2	电线	0.18 (kgCO ₂ e/m)	10.16 (km/a)	0.2
3	电子元器件	26.4	3975.33(万个/a)=1987665kg	5247.4
4	切削液	8	1.55 (t/a)	1.24
5	油漆	3.692 (kgCO ₂ e/L)	0.74 (t/a) =740L	0.3
6	稀释剂	较小，以 0 计	0.37 (t/a)	0
7	合计			5262.04

通过核算，企业自动化节能电机生产线产品所需各原辅料生产过程中二氧化碳的排放总量为 5262.04 吨。

同时计算从原材料供应商到公司仓库的碳排放。

公司原材料供应商到公司的距离具体见下表，运输方式以公路运输为主。

表 8 主要原辅材料运输数据统计表

序号	原辅材料名称	供应商距离（公里）	年运送批次	货车总运行里程数（百公里）
1	金属材料	10	12 (5t)	1.2
2	电线	5	36 (0.5t)	1.8
3	电子元器件	5	48 (0.4t)	2.4
4	切削液	12	6 (0.14t)	0.72
5	油漆	12	4 (0.05t)	0.48
6	稀释剂	12	6 (0.03t)	0.72

根据《IPCC 2006 国家温室气体清单指南》和《省级温室气体清单编制指南（试行）》，公路运输能耗计算公式如下：

公路（道路）交通能耗=百公里油耗*运行里程数*保有量，根据《中国交通运输能源消耗水平测算与分析》，中型货车平均百公里油耗为 27.6（升/百公里）。

各类原辅材料货车运行里程数见上表，中型货车装载量按照 7 吨并进行油费分摊，根据上述公式计算得到的原辅材料运输能耗结果如下：

表 9 原辅材料运输能源消耗量统计表

序号	原辅材料名称	年柴油总消耗量（升）	年柴油总消耗量（吨）	油费分摊后年柴油总消耗量（吨）
1	金属材料	33.12	0.028	0.020
2	电线	49.68	0.042	0.003
3	电子元器件	66.24	0.056	0.0032
4	切削液	19.87	0.017	0.00034

5	油漆	13.25	0.011	0.000079
6	稀释剂	19.87	0.017	0.000073
7	合计	202.03	0.171	0.026692

注：柴油密度取 0.84t/m³。

其中柴油排放因子为 3.145tCO₂/t，柴油使用带来的二氧化碳排放量为 0.084t。

通过核算，前端原辅材料获取过程中二氧化碳排放量总计为 5262.124t。

（二）产品生产

嘉兴格鲁博机械有限公司在生产过程中，二氧化碳排放主要包含生产过程中消耗电力排放，废水排放暂不计算。

表 10 生产过程中能源消耗量统计表

排放源类别	CO ₂ 排放量 (tCO ₂ e)
化石燃料燃烧 CO ₂ 排放	0
工业生产过程 CO ₂ 排放	0
工业生产过程 N ₂ O 排放	0
CO ₂ 回收利用量	0
净购入热力消费引起的 CO ₂ 排放	0
净购入电力消费引起的 CO ₂ 排放	171.6
企业生产过程温室气体排放总量 (吨 CO ₂ 当量)	171.6

通过核算，企业生产过程中二氧化碳的排放总量为 171.6 吨。

（三）产品运输

计算产品销售运输的碳排放，公司到供货地的距离具体见下表，运输方式以公路运输为主，航空运输为辅。

表 11 销售运输过程中能源消耗量统计表

产品销售地	年运送批次	运送距离 (公里)	总运行里程数 (百公里)
北京	1	1202	12.02
杭州	2	84	1.68
安徽	2	430	8.6
境外口岸 (巴西、墨西哥)	3	15000	450

根据《IPCC 2006 国家温室气体清单指南》和《省级温室气体清单编制指南 (试行)》，中型货车平均百公里油耗为 27.6 (升/百公里)，产品各个销售地货车运行里程数见上表，根据上述公式计算得到的产品销售公路运输能耗结果如下：

表 12 产品销售公路运输能源消耗量统计表

序号	原辅材料名称	年柴油总消耗量（升）	年柴油总消耗量（吨）
1	北京	331.75	0.279
2	杭州	46.37	0.039
3	安徽	237.36	0.199
4	合计	615.48	0.517

注：柴油密度取 0.84t/m³。

其中柴油排放因子为 3.145tCO₂e/t，柴油使用带来的二氧化碳排放量为 1.626t。境外通过空运的方式运输至口岸，飞机的二氧化碳排放因子为 8.5kgCO₂e/km，因此境外运输的二氧化碳排放量为 382.5t。此外，产品运输用木箱外包装，年包装使用量约为 4t, 5.7m³，包装板材的排放因子为 708.74kgCO₂e/立方米，包材的二氧化碳排放量为 4.04t。通过核算，产品销售运输过程中二氧化碳排放量总计为 388.166t。

（四）产品使用

该部分需计算产品在用户正常使用场景下的能耗过程，计算参数见下表。

表 13-1 自动化节能电机生产线参数表

一条自动化节能电机生产线上所有设备总功率（kW）	生产线设计使用年限
100	10

表 13-2 自动化节能电机生产线参数表

地区	北京	杭州	安徽	境外
当地电网排放因子（tCO ₂ e/MWh）	0.6781	0.5462	0.8009	0.103

计算产品使用过程中的碳排放按下公式：碳排放=功率*使用寿命*电网排放因子，计算所得碳排放量如下表。

表 14 自动化节能电机生产线参数表

地区	北京	杭州	安徽	境外
一条生产线碳排放量（t）	4882.32	3932.64	5766.48	741.60

因此产品使用阶段的总碳排放量为 40989.132t。

（五）产品回收

产品回收的碳排放计算分为三个阶段，分别为废弃物运输排放、废弃物处理排放和回收利用碳收益。废弃物从消费者处运往分拣中心，再运往不同的处理厂。产品近三年年均产量为 8 条，估计总运输距离为 500 公里，按照重型柴油车换算废弃物运输过程的碳排放量为 0.365t。废弃物处理过程按照产品原辅料投入，约 52.07t 金属被回收利用，金属回收排放因子因金属种类不同而不同，本文取 4kgCO₂e/kg，处理过程的碳排放量为

208.28t。金属回收碳收益通常为负值，金属回收采用金属原料产生的排放因子2.53kgCO₂e/kg，碳收益为-131.7t。

综上，根据公式：净碳排放=运输排放+处理过程排放-回收碳收益，计算出产品总回收阶段的碳排放为：0.365+208.28-131.7=76.745t。

6.4、碳足迹数据分析

根据上文叙述，嘉兴格鲁博机械有限公司自动化节能电机生产线产品近三年年均碳足迹为 46887.767 吨 CO₂，近三年自动化节能电机生产线产品年均产量为 7.3 条（每条生产线约 7-8 台设备）。经核算，单位产品碳足迹为 6422.98tCO₂/条。

因此，嘉兴格鲁博机械有限公司自动化节能电机生产线的生命周期碳排放清单总结如下：

表 15 自动化节能电机生产线生命周期碳排放清单

评价指标	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
产品碳足迹 CF	tCO ₂ e	5262.04	0.084	171.6	388.166	40989.132	76.745	46887.767
占比（%）		11.223	0.000	0.366	0.828	87.420	0.164	100.0

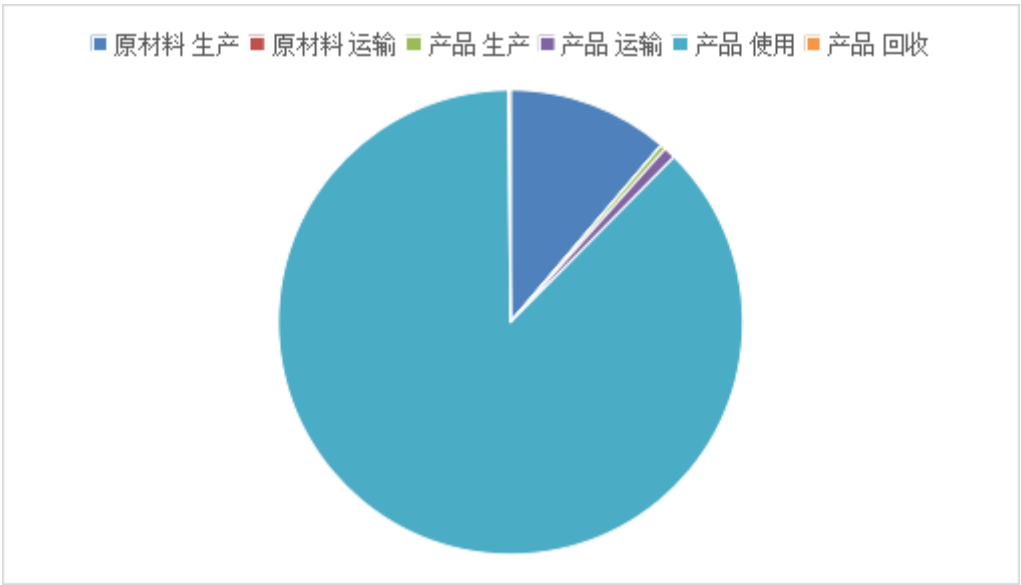


图 3 自动化节能电机生产线生命周期碳排放图

由上表和上图可以看出，嘉兴格鲁博机械有限公司自动化节能电机生产线的碳排放环节主要集中在原材料生产及产品使用环节的能源消耗活动中，所以为了进一步减小自动化节能电机生产线的碳足迹，在企业内部应重点加大对生产车间进行考核，相关建议

如下：

- a、生产线配套电机采用节能型电机，如伺服电机、变频电机；
- b、生产用电为国网提供，建议进一步调查电力生产过程，提高数据准确性；
- c、加强生产车间节能工作，从技术及管理层面提升能源利用效率，减少能源投入，厂内可考虑实施节能改造；
- d、在分析指标的符合性评价结果及碳足迹分析、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。

7、不确定性分析

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等，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；
- （2）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。通过本次产品生命周期碳足迹核算，可以了解企业的碳排放源，明确各生产环节的碳排放量，为制定合理的减排目标和发展战略打下基础。