

江西鸿宇电路科技有限公司

产品碳足迹报告

机构名称（公章）：湖南省佳碳节能环保科技有限公司

报告签发日期：2024年4月



目 录

摘要.....	2
1. 产品碳足迹介绍（PCF）介绍.....	2
2. 目标与范围定义.....	3
2.1 企业及其产品介绍.....	3
2.2 研究目的.....	3
2.3 研究范围.....	4
2.4 功能单位.....	4
2.5 生命周期流程图的绘制.....	4
2.6 分配原则.....	5
2.7 取舍准则.....	5
2.8 软件和数据库.....	6
3. 过程描述.....	6
3.1 线路板生产过程.....	6
4. 数据的收集和主要排放因子说明.....	12
5. 碳足迹计算.....	13
5.1 碳足迹识别.....	13
5.2 数据计算.....	13
6. 结语.....	15

摘要

产品碳足迹评价的目的是以生命周期评价方法为基础，采用 ISO/TS14067-2013《温室气体产品碳足迹关于量化和通报的要求与指南》、《PAS2050:2011 商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》、《电子设备制造企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》的要求中规定的碳足迹核算方法，计算得到江西鸿宇电路科技有限公司产品线路板的碳足迹。

为了满足碳足迹的需要，本报告的功能单位定义为生产线路板。系统边界为“从摇篮到客户”类型，现场调研了从获取、原材料运输、产品生产、产品包装、产品运输到客户端的生命过程，其中也调查了其他物料、能源获取的排放因子数据来源于中国生命基础数据库（CLCD）和瑞士的 Ecoinvent 数据库。

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。生命周期主要活动数据来源于企业现场调研的初级数据，大部分国内生产的原材料的排放因子数据来源于 IPCC 数据库，以及中国生命基础数据库（CLCD）和瑞士的 Ecoinvent 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。此外，通过 GreenIn2.0 软件实现了产品的生命周期建模、计算和结果分析，以保证数据和计算结果的可溯性和可再现性。

从本次评价结果看，2023 年度江西鸿宇电路科技有限公司线路板产品碳足迹：1 万 m² 线路板 e=53270.24kgCO₂e/万 m²，从线路板产品生命周期累计碳足迹贡献比例的情况，可以看出线路板产品的碳排放环节主要集中在生产过程中，其次是产品运输过程。

1. 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(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gCO₂e。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《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《ISO/TS14067:2013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。

2. 目标与范围定义

2.1 企业及其产品介绍

江西鸿宇电路科技有限公司(以下简称“公司”)统一社会信用代码91360722MA35U0B355、行业代码C3982电子电路制造,公司属有限责任公司,公司始建于2004年,前身为广州市鸿宇电子有限公司,2017年,公司搬至江西省赣州市信丰县5G产业园,现占地面积53亩,建筑总面积5万平方米。现有在册职工450人,其中管理人员65人,科技研发人员45人,单面线路板产品月产能已实现70万平方米,其中丝印曝光线45万平方米,绿油线15万平方米,MINI线10万平方米。

公司自成立以来始终以“执着、共赢、创新、进取、远见”为企业价值观，实行“人才为本，科技领先，质量第一，用户至上”的经营理念。公司产品通过了 ISO9001:2015 质量管理体系认证、ISO14001:2015 环境管理体系认证、IATF16949:2016 汽车行业质量体系认证，同时定期进行 SGS(SVHC)检测，通过体系认证在保证产品质量的同时，被客户广泛认可。公司产品符合 UL 和 ROHS 等线路板国际标准，达到同类产品的先进水平。

2.2 研究目的

本次评价的目的是得到江西鸿宇电路科技有限公司生产的线路板产品全生命周期过程的碳足迹。

碳足迹核算是江西鸿宇电路科技有限公司实现低碳、绿色发展的基础和关键，披露产品的碳足迹是江西鸿宇电路科技有限公司环境保护工作和社会责任的一部分，也是江西鸿宇电路科技有限公司迈向国际市场的重要一步。本项目的研究结果将为江西鸿宇电路科技有限公司与产品的采购商和第三方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。

本项目评价结果的潜在沟通对象包括两个群体：一是江西鸿宇电路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，如上游原材料供应商、下游采购商、地方政府和环境非政府组织等。

2.3 研究范围

根据本项目评价目的，按照 ISO/TS14067-2013、《PAS2050：2011 商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》，本次碳足迹评价的边界为江西鸿宇电路科技有限公司 2023 年全年生产活动及非生产活动数据。由于线路板产品运输采用直接运输方式，因此，确定本次评价边界为：产品的碳足迹=原料生产运输+产品过程生产+产品运输。

2.4 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 万 m²线路板。

2.5 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 万 m²线路板产品的生命周期流程图，其碳足迹评价模式为从商业到商业（B2B）评价：包括从原材料运输、产品生产、消耗能源生产、包装和运输到分

销商。

在本报告中，产品的系统边界属于“从摇篮到客户”的类型，为了实现上述功能单位 1 万 m² 线路板的系统边界见下表：

表 2.1 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
1 线路板生产的生命周期过程包括：原材料运输—产品生产—产品销售 2 电力使用 3 产品的运输	1 资本设备的生产及维修 2 产品的使用 3 产品回收、处置和废弃阶段 4 其他辅料的运输

2.6 分配原则

由于在本次评价系统边界下，生产线路板过程产生极少不合格产品，由于未单独统计，因此将生产原材料与能源消耗全部计入线路板生产过程。

2.7 取舍准则

此次评价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：

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%；

生产设备、厂房、生活设施等可以忽略；

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。

基于评价目标的定义，本次评价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。

评价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）和氢氟碳化物（HFC）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（CO_{2e}）。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（CO_{2e}）为基础，甲烷的特征化因子就是 25kgCO_{2e}。

2.8 软件和数据库

1、数据质量要求

为满足数据质量要求，在本评价中主要考虑了以下几个方面：

数据准确性：实景数据的可靠程度

数据代表性：生产商、技术、地域以及时间上的代表性

模型一致性：采用的方法和系统边界一致性的程度

2、软件和数据库的选择

为了满足上述要求，并确保计算结果的可靠性，在评价过程中优先选择来自生产商和供应商直接提供的初级数据，其中经验数据取平均值，本评价在 2024 年 3 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 IPCC 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 IPCC 数据库中数据。

采用 eFootprint 软件的来建立产品生命周期模型，计算碳足迹和分析计算结果，评价过程中的数据库采用中国生命基础数据库（CLCD）和瑞士的 Ecoinvent 数据库。数据库的数据是经严格审查，并广泛应用于国内国际上的 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。

3.过程描述

3.1 线路板生产过程

（1）过程基本信息

过程名称：线路板生产

过程边界：从原料运输到线路板的生产

（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：江西鸿宇电路科技有限公司

产地：江西省赣州市信丰县工业园区绿源大道

基准年：2023 年

主要原料：线路油墨、阻焊油墨、文字油墨、碱性蚀刻液、氢氧化钠等

主要能耗：电力

(3) 公司主要产品生产工艺流程

公司主要产品生产工艺流程如下所示：

(1) 开料

在生产之前将基材（铝基覆铜板）按照产品要求切割成不同尺寸。

(2) 钻定位孔

线路板进入电脑钻孔工序，使用钻孔机、锣板机、打靶机打出定位孔和用于连接两面线路的导孔。

产污环节：电脑打孔工序会产生边角料、噪声。

(3) 磨板

由于在运输、搬运过程中基材表面不可避免地会沾有少量灰尘及其它杂物，可能导致印刷油墨粘附不牢，因此需在印刷油墨前用机械磨刷的方式清洁板面。该磨板工序采用清水逆流清洗，不添加任何试剂。磨板工序的具体流程如下：

覆铜板——►逆流水洗——►磨刷——►2级逆流水洗——►吹干——►出料

(4) 线路涂布、线路预烤、曝光、显影

线路涂布工序主要目的是通过涂布机在铜板上涂上一层感光油墨。利用隧道炉对板面的绿油进行预烤固化，以增强其表面硬度、耐热冲击性能和抗化学性能。线路曝光是在紫外光的照射下，将菲林底片上的线路图形转移到板面上。显影是将没有经过紫外光照射的油墨以显影药水进行显影。

外购的胶片经曝光机曝光后，再经显影，制成底片，然后将底片和铜板一同放入曝光机内曝光，底片上透明的地方会透光，使铜板上的感光油墨发生聚合交联反应而硬化，底片上黑色的地方不会透光，因此，该处铜板上的感光油墨不会硬化，在显影时会被冲掉，铜板上即露出与底片上相反的线路。

产污分析：该工序有制作底片的显影废液、一般有机废水、有机废气、废油墨产生。废油墨、显影废液属危险废物。

(5) 线路印刷

将底片上的线路转移到铜箔基板上，具体工序如下：

①制作底片和网版。外购的胶片经曝光机曝光后，再经显影，制成底片，在外购来的丝网上用涂布机涂上感光油墨，然后将底片和涂有感光油墨的丝网一同放入曝光机内曝光，底片上透明的地方会透光，使丝网上的感光油墨发生聚合交联反应而硬化，底片上黑色的地方不会透光，因此，该处丝网上的感光油墨不会硬化。曝光后的丝网经水冲洗，将未硬化的油墨冲洗掉，丝网上即露出与底片上相反的线路。

产污分析：该工序有制作底片的显影废液、网版冲洗废水、油墨废气、废油墨产生，网版冲洗废水属高浓度的有机废水，主要污染因子为 COD。

②将网版上的线路转移到铝基覆铜板上。制作好的网版和铝基覆铜板一同放到印刷机上，在印刷机的作用下，将网版上的线路转移到铝基覆铜板上。其具体原理是：网版上有硬化油墨的地方不会漏油墨，网版上没有硬化油墨的地方，在印刷机刮刀的压力作用下，油墨落到铜箔基板上，经自然干化后，铝基覆铜板上即出现了与网版上相反的线路。

产污分析：该工序有油墨有机废气、废油墨产生。

③网版批量生产完后，用抹布蘸防白水将网版上的线路擦洗掉，重复使用该网版。

产污分析：该工序会产生含油墨抹布、废防白水、有机废气。

④电路板印刷好后，使用紫外线使油墨加速固化。

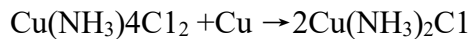
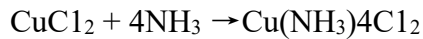
产污分析：该过程产生有机废气。

（6）蚀刻、去墨

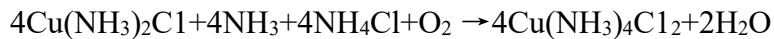
在微负压下用蚀刻液将铝基覆铜板上未覆盖油墨的铜面蚀刻掉，露出基材，仅剩被硬化油墨保护的线路铜。蚀刻、去墨工序在蚀刻线内完成，蚀刻后的水洗均采用溢流冲洗方式。具体工艺如下：

蚀刻 ——> 逆流水洗 ——> 除油墨 ——> 3级逆流水洗 ——> 吹干 ——> 出料

碱性蚀刻原理：碱性蚀刻液主要成分为氯化铵、氨水。碱性蚀刻液中的氨水与母液氯化铜溶液发生络合反应生产 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 络离子，基板上面的铜被 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 络离子氧化，咬蚀铜面。蚀刻温度控制在 45°C 左右。其化学反应方程式如下：



同时,在过量的氨水和氯离子存在的情况下,能很快地被空气中的氧所氧化,生成具有蚀刻能力的 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 络离子,使蚀刻能够继续进行,其反应如下:



产污环节:蚀刻、去墨过程产生的主要污染物有氨废气、碱性蚀刻废液、碱性蚀刻清洗废水、去墨废水。

(7) 阻焊磨板

与前述磨板工序作用相同,只是将水洗改为酸洗。该磨板工序采用浓硫酸(用量占比 5%) + 清水(用量占比 95%) 逆流清洗,稀释后的硫酸浓度较低,有少量的硫酸雾废气产生。

产污环节:该工序有酸洗磨板废水产生,其中的主要污染物为 pH、SS;还有少量的酸雾产生。

(8) 阻焊涂布、阻焊预烤、曝光、显影

阻焊涂布工序主要目的是通过涂布机在铜板上涂上一层阻焊油墨。利用隧道炉对板面的绿油进行预烤固化,以增强其表面硬度、耐热冲击性能和抗化学性能。线路曝光是在紫外光的照射下,将菲林底片上的线路图形转移到板面上。显影是将没有经过紫外光照射的油墨以显影药水。

产污分析:该工序有制作底片的显影废液,有机废气、废油墨罐产生,显影废液属高浓度的有机废水,主要污染因子为 COD。

(9) 阻焊印刷、紫外线固化

采用网印方式在板上印刷一层防焊油墨,做成防焊图形,其作用是方便对组件的焊接加工,预防线路短路,可以保护铜线,防止零件被焊到不正确的地方。防焊工序用到的网版外发制作。

产污分析:防焊印刷过程会产生有机废气、废油墨。

(10) 文字印刷

印刷工序指在线路板上用油墨印制文字。

产污分析:该过程产生有机废气、废油墨。

(11) 终固化

利用隧道炉对板面的绿油进行高温固化,以增强其表面硬度、耐热冲击性能

和抗化学性能。

产污分析：固化过程会产生有机废气、噪声。

(12) 啤机冲压成型和 V 切割

电路板成型分为冲压成型和 V 切割两步。冲压成型是在啤机的作用下，将铜板冲压成客户所需要的形状和尺寸，然后在 V 切割机中，将板边切割出客户需要的 V 槽。

产污分析：啤机冲压成型产生边角料、机器运转产生噪声。

(13) 清洗、烘干

使用清水去除电路板表面的少量灰尘，不添加化学药剂，然后进行电烘干，烘干是蒸发电路板表面水份，其温度约 110℃。

产污分析：清洗会产生少量清洗废水，主要污染物为 SS、机器运转产生噪声。

(14) 电测

电路板经测试机通电测试电路是否导通。

(15) 抗氧化工序

抗氧化工序主要包括微蚀、抗氧化两部分。对未覆盖防焊油墨的铜面进行抗氧化处理，防止铜面氧化，抗氧化前首先对铜面进行微蚀处理。利用硫酸的作用，去除铜面污物、手迹、残渣等，使其表面清洁，同时使板面造成一定的粗糙度，增加抗氧化药液的附着力。

本项目抗氧化工序采用 OSP 抗氧化生产线。

OSP 生产线，其工作原理为将印制电路板浸在抗氧化剂中，抗氧化剂会有选择的在铜或铜合金表面反应并生成一种有机覆膜，该覆膜具有优良的抗氧化性并能保持印制电路板的可焊性。其优点是抗氧化剂只附在铜面上，其它地方没有，保护时间久，长达一年以上。水洗方式为溢流清洗。其具体流程如下：

酸洗 → 3级水洗 → 吹干 → 抗氧化 → 水洗 → 吹干 → 出料

产污分析：抗氧化过程中有酸雾、抗氧化废液、微蚀废液；抗氧化、微蚀清洗废水产生。

(16) 表面处理（喷锡）

本期项目不涉及喷锡

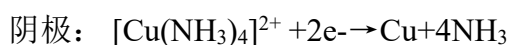
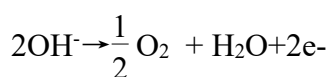
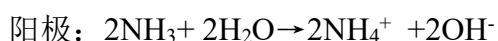
(17) 检验、包装成品

抗氧化后的电路板经成品质量检验是否合格，合格后包装成品。

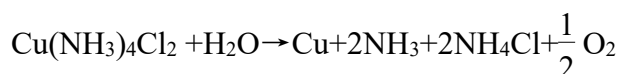
(18) 铜回收

项目采用碱性蚀刻液再生铜回收设备，碱性蚀刻液再生铜回收设备是采用“直接电解—再生调节”工艺来再生蚀刻液及回收铜。在线路板的蚀刻过程中，蚀刻液中的铜离子浓度会逐渐升高而降低蚀刻效果，要使蚀刻液达到优秀的蚀刻效果，就必须将蚀刻液中的铜离子（Cu²⁺）、氯离子（Cl⁻）和 pH 值保持在一个合理稳定的范围内。“直接电积”是将碱性蚀刻液通过电积出高纯度的电积铜板，使碱性蚀刻废液的铜离子降低至 20~40g/L，得到再生。“再生调节”是将铜离子降低后的再生蚀刻液添加适量的氯化铵和少量碱性蚀刻添加剂调整 pH 值和 Cl⁻ 参数后，返回蚀刻线使用。

电积反应原理如下：



对碱性蚀刻废液进行电积，在阴极生成铜和氨气，电解液中主要剩余 Cl⁻ 和 NH₄⁺，此氯化铵溶液可用于蚀刻液配备。总反应如下：



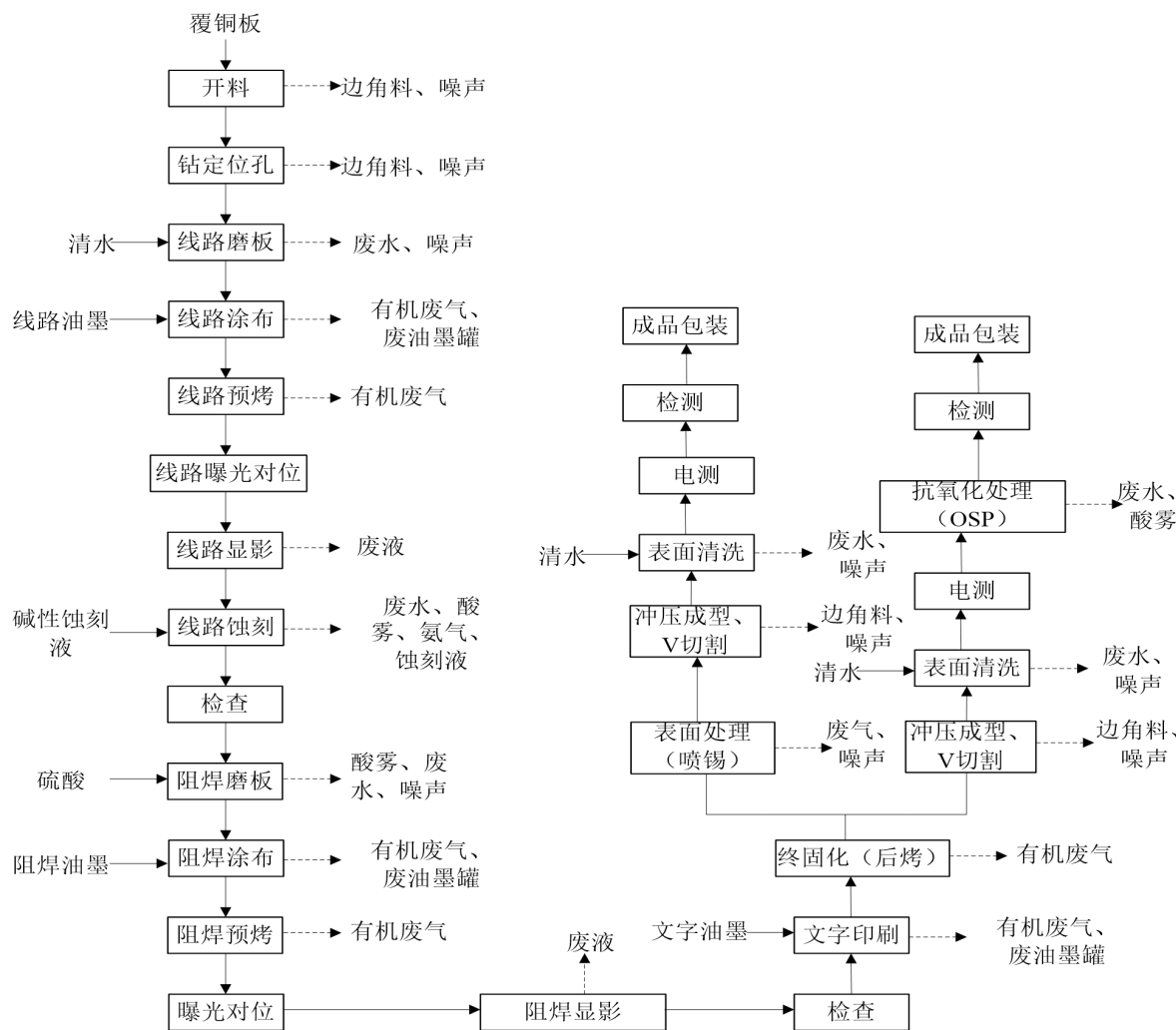


图 3-1 线路板生产工艺流程

4. 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： tCO_2e/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：

外购电力消耗量等。排放因子数据主要包括外购电力排放因子、线路板生产过程排放因子和交通运输排放因子。

5. 碳足迹计算

5.1 碳足迹识别

结合线路板生产的碳足迹分析，本次评价不涉及消费终端的排放量，以及对于原材料获得所需碳排放的计算，没有计算原材料加工的碳足迹，仅计算从原材料供应商到公司仓库的碳足迹。

表 5.1 碳足迹过程识别表

序号	主体	活动内容	备注
1	原材料获取	运输排放	/
2	线路板生产过程	能源排放	/
3	产品运输	运输排放	/

5.2 数据计算

(1) 原材料获取

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 5.2-1 原材料采购运输信息表

原辅材料名称	供应商位置(公里)	货运运行里程数(万公里)	运输类型
线路油墨、阻焊油墨、文字油墨、碱性蚀刻液、氢氧化钠等	200	20	汽车
合计	/	20	/

根据《IPCC2006 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 5.2-1。

根据上述公式计算得到原辅材料运输能耗结果如下：

表 5.2-2 原材料采购运输柴油耗量表

总里程数（百公里）	柴油消耗量（升）	柴油消耗量（吨）
2000	55200	46.368

根据《电子设备制造企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》，柴油燃料特性参数缺省值低位发热量为 42.652GJ/吨，单位热值含碳量为 $20.2 \times 10^{-3} \text{tC/GJ}$ ，碳氧化率为 98%，通过核算，原辅材料获取过程中二氧化碳排放量为 143.55tCO₂，企业 2023 年产品产量 250 万 m²，单位产品原材料采购运输环节二氧化碳排放量为 574.2kgCO₂/万 m²。

(2) 线路板生产

江西鸿宇电路科技有限公司在生产过程中，二氧化碳排放包含生产过程中消耗电力排放。

表 5.2-3 生产过程中能源碳排放量

年份	排放类型	消耗量	折算因子	碳排放量
				tCO ₂
2023 年	电力	19570MWh	0.64tCO ₂ /MWh	12524.8
合计				12524.8

通过核算，企业 2023 年线路板生产过程中产生二氧化碳排放为 12524.8tCO₂，2023 年产品产量 250 万 m²，单位产品生产过程二氧化碳排放量为 50099.2kgCO₂/万 m²。

(3) 线路板运输

江西鸿宇电路科技有限公司在产品运输过程中，二氧化碳排放主要为货车公路运输产生的排放。企业产品发运半径约 300 公里，全年运输总里程 904500 公里，2023 年产品运输柴油消耗量为 249642 升，折算约 209.70 吨，产品运输过程中产生二氧化碳排放总量为 649.21tCO₂，2023 年企业全年线路板产量为 250 万 m²，则单位产品生产过程二氧化碳排放量为 2596.84kgCO₂/万 m²。

表 5.2-5 线路板产品碳足迹

序号	内容	二氧化碳排放量 (kgCO ₂ /万 m ²)
1	原材料运输环节	574.2
2	线路板生产环节	50099.2
3	线路板运输环节	2596.84

4	线路板全生命周期	53270.24
---	----------	----------

综上, 1 万 m² 线路板的碳足迹 $e=53270.24\text{kgCO}_2\text{e}/\text{万 m}^2$, 从线路板生命周期累计碳足迹贡献比例的情况, 可以看出线路板的碳排放环节主要集中在生产过程, 其次是产品运输环节中。所以为了减小线路板的碳足迹, 应重点考虑减少线路板生产能耗及运输过程, 主要为降低生产过程的碳排放。

为减小产品碳足迹, 建议如下:

- (1) 通过设备改变运转方式、提高效率, 有效减少运转过程中能源的消耗。
- (2) 加强节能工作, 从技术及管理层面提升能源效率, 电力消耗, 厂内可考虑实施节能改造, 重点提高设备的能源利用率, 从而减少能源损失;
- (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) 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。
- (5) 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: 对每一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。

6. 结语

江西鸿宇电路科技有限公司每生产 1 万 m² 线路板产生 $53270.24\text{kgCO}_2\text{e}/\text{万 m}^2$, 其中线路板生产过程在整个生命周期过程中占比最大, 达到 94%, 企业可以通过节能降耗, 提高生产效率, 减少能源的消耗, 已达到产品的碳减排。