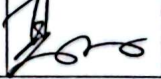


科惠白井（佛冈）电路有限公司
印制电路板
碳足迹核查报告

核查机构名称：惠州市兆益能源环境科技有限公司
核查报告签发日期：2025年3月29日



产品碳足迹核查信息表

核查委托方	科惠白井（佛冈）电路有限公司	地址	清远市佛冈县石角镇城南工业区		
联系人	徐忠恒	联系方式	15113716171		
产品生产者 （制造商）	科惠白井（佛冈）电路有限公司	地址	清远市佛冈县石角镇城南工业区		
产品名称	印制电路板				
产品系列/规格/型号	双层及多层电路板				
核算依据	ISO 14067:2018《温室气体 产品碳足迹量化的要求和指南》				
生命周期阶段	从摇篮到大门				
产品碳足迹功能单位	1 m ² 印制电路板				
碳足迹（CO ₂ -eq）	62.41kg CO ₂ -eq				
核查结论： 经核查，科惠白井（佛冈）电路有限公司生产的印制电路板，依据 ISO 14067:2018 要求执行产品生命周期温室气体排放量的核查，核查结果确认符合 ISO 14067:2018 标准要求。 1 m² 印制电路板，“从摇篮到大门”的生命周期阶段碳足迹排放为：62.4131kg CO₂-eq					
核查组长	姚定华	签名		日期	2025. 3. 29
技术复核人	吉迎霞	签名		日期	2025. 3. 29
批准人	夏忠一	签名		日期	2025. 3. 29

产品碳足迹核查信息表

核查委托方	科惠白井（佛冈）电路有限公司		地址	清远市佛冈县石角镇城南工业区	
联系人	徐忠恒		联系方式	15113716171	
产品生产者 （制造商）	科惠白井（佛冈）电路有限公司		地址	清远市佛冈县石角镇城南工业区	
产品名称			印制电路板		
产品系列/规格/型号			双层及多层电路板		
核算依据			ISO 14067:2018《温室气体 产品碳足迹量化的要求和指南》		
生命周期阶段			从摇篮到大门		
产品碳足迹功能单位			1 m ² 印制电路板		
碳足迹（CO ₂ -eq）			62.41kg CO ₂ -eq		
核查结论： 经核查，科惠白井（佛冈）电路有限公司生产的印制电路板，依据 ISO 14067:2018 要求执行产品生命周期温室气体排放量的核查，核查结果确认符合 ISO 14067:2018 标准要求。 1 m² 印制电路板，“从摇篮到大门”的生命周期阶段碳足迹排放为：62.4131kg CO₂-eq					
核查组长	姚定华	签名		日期	2025.3.29
技术复核人	吉迎霞	签名		日期	2025.3.29
批准人	夏忠一	签名		日期	2025.3.29

目 录

1. 生命周期评价与产品碳足迹	4
2. 目标与范围定义	4
2.1 核查目的	4
2.2 核查范围	5
2.2.1 功能单位	5
2.2.2 核查指标	5
2.2.3 系统边界	6
2.3 数据取舍规则	6
2.4 数据质量要求	6
2.5 软件和数据库	8
3.数据收集	9
3.1 印刷电路板生产过程的数据调研和背景数据库调研情况	9
3.2 原辅材料成分及运输	9
3.3 生产过程所需清单	11
3.4 包装过程清单	12
3.5 产品产量统计	13
4 产品碳足迹结果与分析	13
5 生命周期解释	16
5.1 假设和局限性	16
5.2 数据质量评估	16
5.2.1 代表性	16
5.2.2 完整性	16
5.2.3 可靠性	17
5.2.4 一致性	17
6. 结论	18

1. 生命周期评价与产品碳足迹

生命周期评价方法 (Life Cycle Assessment, LCA) 是系统化、量化评价产品生命周期过程中资源环境效率的标准方法,它通过对产品上下游生产与消费过程的追溯,帮助生产者识别环境问题所产生的阶段,并进一步规避其在产品不同生命周期阶段和不同环境影响类型之间进行转移。国内外很多行业都开展了产品 LCA 评价,用于行业内企业的对标和改进、行业外部的交流,并为行业政策制定提供参考依据。

产品碳足迹 (Carbon Footprint of a Product, CFP) 是指某个产品在其生命周期过程中所释放的直接和间接的温室气体总量,即从原材料开采、产品生产(或服务提供)、分销、使用到最终再生利用/处置等多个阶段的各种温室气体排放的累加。产品碳足迹已经成为一个行之有效的定量指标,用于衡量企业的绩效,管理水平和产品对气候变化的影响大小。

2. 目标与范围定义

2.1 核查目的

产品生命周期评价和碳足迹核查作为生态设计和绿色制造实施的基础,近年来已经成为人们研究和关注的热点。开展生命周期评价和碳足迹核查能够最大限度实现资源节约和温室气体减排,对于行业绿色发展和产业升级转型、应对出口潜在的贸易壁垒而言,都是很有价值和意义的。

本项目按照 ISO14040:2006 《环境管理 生命周期评价原则与框架》、ISO 14044:2006 《环境管理 生命周期评价 要求与指南》、ISO 14067:2018 《温室气体 产品碳足迹 量化的要求和指南》的要求，建立印制电路板从原材料生产到产品出厂的生命周期模型，编写碳足迹核查报告，结果和相关分析可用于以下目的：

1) 得到产品的生命周期碳足迹指标结果，用于企业比较不同工艺下产品的碳排放情况，选择更为环境友好的工艺技术。

2) 报告可用于下游客户或终端消费者根据产品的生命周期碳足迹指标选择更为低碳的产品。

3) 报告可用于市场宣传，展示本企业产品在应对气候变化和温室气体排放管理方面的优势。

2.2 核查范围

2.2.1 功能单位

本次研究的功能单位定义为：1 m²印制电路板。

2.2.2 核查指标

本项目通过对碳足迹指标的核查，帮助企业发现减少产品温室气体排放、实现节能减排的途径，同时也是一种促进绿色生产和消费的重要手段，从而支持可持续的生产与消费。通过对产品碳足迹的核查，为企业评估和实施有针对性的改进提供基础数据。

碳足迹的计算结果为产品生命周期各种温室气体总量排放，用二氧化碳当量（CO₂-eq）表示，单位为 kg CO₂-eq 或者 g CO₂-eq。常见的温室气体包括二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）、氧化亚氮（N₂O）、

氢氟碳化物（HFCs）、全氟化碳（PFCs）六氟化硫（SF₆）和三氟化氮（NF₃）等。

2.2.3 系统边界

考虑到本产品为中间产品，不是直接被消费者使用的终端产品，本产品的下游生产、使用和废弃阶段的物料及能源消耗数据难以获取，本次碳足迹研究的系统边界选择为上游原辅料和能源的生产阶段、印制电路板生产阶段，产品的生命周期系统边界属从“摇篮到大门”的类型，不包含印制电路板的使用和废弃回收阶段。

2.3 数据取舍规则

在选定系统边界和指标的基础上，应规定一套数据取舍准则，忽略对评价结果影响不大的因素，从而简化数据收集和评价过程。本研究取舍准则如下：

a) 原则上可忽略对碳足迹结果影响不大的能耗、原辅料、使用阶段耗材等消耗。例如，小于产品重量 1% 的普通消耗可忽略，而含有稀贵金属（如金银铂钯等）或高纯物质（如纯度高于 99.99%）的物耗小于产品重量 0.1% 时可忽略，但总共忽略的物耗推荐不超过产品重量的 5%；

b) 道路与厂房等基础设施、生产设备、厂区内人员及生活设施的消耗和排放，可忽略。

c) 低价值废物作为原料，如粉煤灰、矿渣、秸秆、生活垃圾等，忽略其上游生产数据；

2.4 数据质量要求

数据质量评估的目的是判断碳足迹核查结果和结论的可信度，并指出提高数据质量的关键因素。本研究数据质量可从四个方面进行管控和评估，即代表性、完整性、可靠性、一致性。

1) 数据代表性：包括地理代表性、时间代表性、技术代表性三个方面。

地理代表性：说明数据代表的国家或特定区域，这与研究结论的适用性密切相关。

时间代表性：应优先选取与研究基准年接近的企业、文献和背景数据库数据。

技术代表性：应描述生产技术的实际代表性。

2) 数据完整性：包括产品模型完整性和数据库完整性两个方面。

模型完整性：依据系统边界的定义和数据取舍准则，产品生命周期模型需包含所有主要过程。产品生命周期模型尽量反映产品生产的实际情况，对于重要的原辅料（对碳足迹指标影响超过 5% 的物料）应尽量调查其生产过程；在无法获得实际生产过程数据的情况下，可采用背景数据，但需对背景数据来源及采用依据进行详细说明。未能调查的重要原辅料需在报告中解释和说明。

背景数据库完整性：背景数据库一般至少包含一个国家或地区的数百种主要能源、基础原材料、化学品的开采、制造和运输过程，以保证背景数据库自身的完整性。

3) 可靠性：包括实景数据可靠性、背景数据可靠性、数据库可靠性。

实景数据可靠性：对于主要的原辅料消耗、能源消耗和运输数据应尽量采用企业实际生产记录数据。所有数据将被详细记录从相关的数据源和数据处理算法。采用经验估算或文献调研所获取的数据应在报告中解释和说明。

背景数据可靠性：重要物料和能耗的上游生产过程数据优先选择代表原产地国家、相同生产技术的公开基础数据库，数据的年限优先选择近年数据。在没有符合要求的背景数据的情况下，可以选择代表其他国家、代表其他技术的数据作为替代，并应在报告中解释和说明。

数据库可靠性：背景数据库需采用来自本国或本地区的统计数据、调查数据和文献资料，以反映该国家或地区的能源结构、生产系统特点和平均的生产技术水平

4) 一致性

所有实景数据（包括每个过程消耗与排放数据）应采用一致的统计标准，即基于相同产品产出、相同过程边界、相同数据统计期。若存在不一致的情况，应在报告中解释和说明。

2.5 软件 and 数据库

本项目采用 **SimaPro** 软件建立产品生命周期模型并计算分析。数据采用了欧洲 **ELCD** 数据库，瑞士 **Ecoinvent** 数据库等的数据库。**SimaPro** 是在主要行业、顾问、乃至研究机构 and 大学中，最为广泛使用的生命周期评估（**LCA**）软件。允许系统、透明地分析及建立复杂生命周期模型。

ELCD 数据库由欧盟研究总署(JRC)联合欧洲各行业协会提供，是

欧盟政府资助的公共数据库系统，ELCD 中涵盖了欧盟 300 多种大宗能源、原材料、运输的汇总 LCI 数据集，包含各种常见 LCA 清单物质数据，可为生产，使用、废弃的产品的 LCA 研究与分析提供数据支持，是欧盟环境总署和成员国政府机构指定的基础数据库之一。

Ecoinvent 数据库是国际上用户最多的 LCA 数据库之一，包含欧洲及世界多国的 7000 多件单元过程数据集以及相应产品的汇总过程数据集。

3. 数据收集

3.1 印刷电路板生产过程的数据调研和背景数据库调研情况

表 1 印刷电路板生产过程现场数据及背景数据

单元过程		是否纳入本报告	是否现场数据	现场数据来源	背景数据来源（如果使用）
原材料生产	主要原材料生产过程	是	否	—	中国生命周期基础数据库 CLCD、Ecoinvent 数据库
	其他原材料生产过程	是	否	—	中国生命周期基础数据库 CLCD、Ecoinvent 数据库
产品生产、包装	原材料运输	是	是	企业运输数据	中国生命周期基础数据库 CLCD
	生产过程	是	是	企业生产数据	中国生命周期基础数据库 CLCD
	包装过程	是	是	企业生产数据	中国生命周期基础数据库 CLCD、Ecoinvent 数据库

3.2 原辅材料成分及运输

产品生产过程使用的主要原辅材料如下：

单片印刷电路板生产过程中原辅料使用数据，根据 BOM 表统计如下。

表 2 原辅料使用统计（t）

分类	名称/材质	部件重量（g）	均质材料占比
部件 1	Laminate	46.1002	—
均质材料	Copper foil	—	11.0%
均质材料	Glass fibre	—	45%
均质材料	Bromated epoxy resin	—	39%
均质材料	Further Additive	—	5.0%
部件 2	Plating copper	10.7205	—
均质材料	Copper	—	100%
部件 3	Solder mask	1.2335	—
均质材料	Acrylic Resin	—	5.00%
均质材料	Epoxy Resin	—	30.70%
均质材料	Barium sulfate	—	13.10%
均质材料	Pigment	—	0.40%
均质材料	Further Additive	—	50.80%
部件 4	Surface	0.0848	—
均质材料	Au	—	1.00%
均质材料	Ni	—	92.10%
均质材料	P	—	6.90%

整理为单片电路板的消耗量如下：

表 3 原辅料使用清单

分类	名称/材质	均质材料重量（g）	重量比	上游数据来源
部件 1	Laminate	—	78.82%	—
均质材料	Copper foil	5.02	8.68%	CLCD 数据库
均质材料	Glass fibre	20.51	35.47%	Ecoinvent 数据库
均质材料	Bromated epoxy resin	17.79	30.77%	Ecoinvent 数据库
均质材料	Further Additive	2.25	3.89%	Ecoinvent 数据库

部件 2	Plating copper	—	18.85%	—
均质材料	Copper	10.90	18.85%	CLCD 数据库
部件 3	Solder mask	—	2.17%	—
均质材料	Acrylic Resin	0.06	0.10%	Ecoinvent 数据库
均质材料	Epoxy Resin	0.39	0.67%	Ecoinvent 数据库
均质材料	Barium sulfate	0.17	0.29%	CLCD 数据库
均质材料	Pigment	0.005	0.01%	忽略
均质材料	Further Additive	0.63	1.09%	Ecoinvent 数据库
部件 4	Surface	—	0.15%	—
均质材料	Au	0.001	0.00%	CLCD 数据库
均质材料	Ni	0.08	0.14%	CLCD 数据库
均质材料	P	0.01	0.02%	CLCD 数据库

原辅料运输方式及运输距离如下。

表 4 原辅料运输清单

原辅料	生产厂家	运输方式	运输距离（公里）
主要原料	原料供应商	汽运	150

3.3 生产过程所需清单

生产过程能源消耗主要为电力、天然气、柴油消耗，根据统计台账，生产过程消耗量如下。

表 5 生产过程能源消耗清单

能源种类	单位	用量
电力	万 kwh	7479.8
柴油	t	3.59

3.4 包装过程清单

印刷电路板包装材料种类及规格繁多，根据包装材质进行近似分组，并整理为生产 1 m²的印刷电路板包装材料消耗量如下。

表 6 包装材料清单

类别	重量 (g)	重量比	上游数据来源
纸箱及纸板	9.10	54.79%	Ecoinvent 数据库
胶袋	2.65	15.95%	CLCD 数据库
木卡板	1.93	11.62%	Ecoinvent 数据库
保鲜膜包装	1.22	7.34%	CLCD 数据库
胶纸/包装带	0.85	5.12%	CLCD 数据库
珍珠棉	0.40	2.41%	CLCD 数据库
铝箔袋	0.28	1.69%	CLCD 数据库
防静电气泡布	0.07	0.42%	忽略
进口无硫纸	0.06	0.36%	忽略
防潮珠	0.05	0.30%	忽略

3.5 产品产量统计

表 7 2024 年产品产量

产品名称	产品产量（万平方米）	百分比（%）
2 层板	26	22. 03
4 层板	45	38. 14
6 层板	20	16. 95
8 层板	13	11. 02
10 层板	14	11. 86
合计	118	100

4 产品碳足迹结果与分析

根据企业提供的产品原辅材料清单、收集的生产过程的能源消耗数据和部分原料的文献调研数据，在 SimaPro 中建立了印制电路板的生命周期模型。

1 m² 印制电路板的碳足迹结果为 62.41kg CO2-eq，即产生 62.41kg 二氧化碳当量的排放。

表 8 产品碳足迹核算结果

生命周期阶段	数值 (kgCO2-eq)	贡献率
原材料获取和加工	8.70	13.94%
原材料运输	0.06	0.10%
产品生产	53.65	85.96%
合计	62.41	100%

由以上结果可知，对产品碳足迹结果贡献最大的是生产过程电力、天然气消耗产生的碳排放，占比 85.96%，其次是生产过程消耗的隐含的碳排放，占比 13.94%，其他各个过程占产品生命周期 的排放占比较小。

生产、原材料和运输过程对产品碳足迹贡献分别 85.96%、13.94% 和 0.1%，如下图所示：

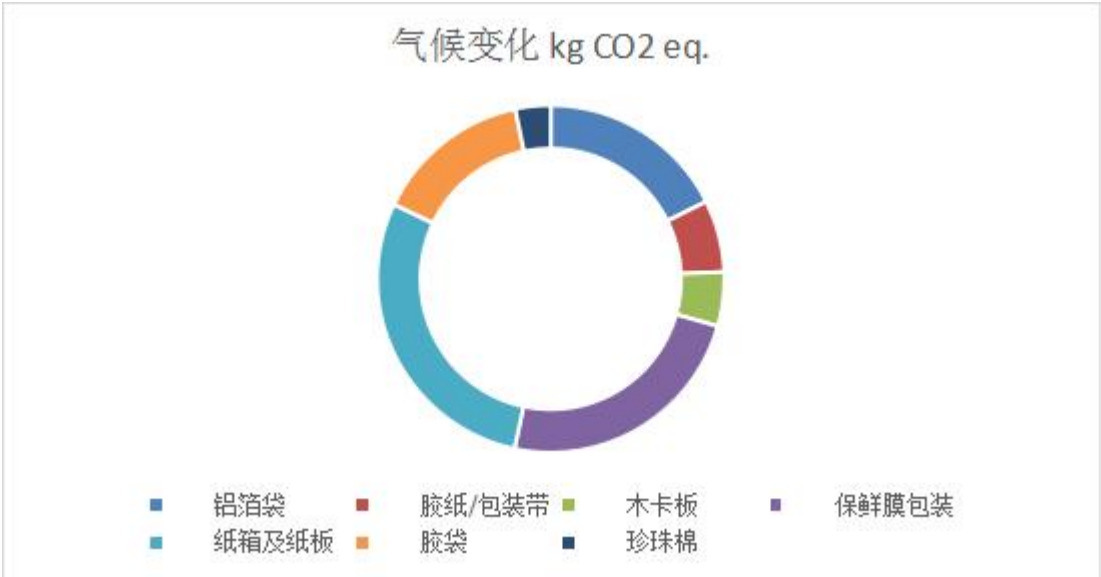
图 1 印刷电路板生产过程贡献分析



图 2 印刷电路板-零部件生产过程贡献分析



图 3 印刷电路板-包装材料生产过程贡献分析



由碳足迹结果数据可知，企业主要的减碳方向是在可行的情况下

进一步减少生产过程电力消耗导致的碳排放，例如采取节能增效措施提高生产设备能效，或增加使用可再生能源电力。

5 生命周期解释

5.1 假设和局限性

本次产品 LCA 报告的实景数据中印制电路板的生产过程数据来源于企业调研数据，背景数据来自中国生命周期数据库 CLCD 和瑞士的 Ecoinvent 数据库，部分原料生产过程的数据采用文献数据。受项目调研时间及供应链管控力度限制，未调查重要原料的实际生产过程，计算结果与实际供应链的环境表现有一定偏差。建议在调研时间和数据可得的情况下，进一步调研主要外购原材料的生产过程数据，有助于提高数据质量，为企业在供应链上推动协同改进提供数据支持。

5.2 数据质量评估

5.2.1 代表性

本次报告中各单元过程实景数据均发生在清远市，数据代表特定生产企业的一般水平。实景数据采用 2024 年的企业生产统计数据，背景数据库数据采用近 6 年的数据，文献调查数据采用近 6 年的数据。

5.2.2 完整性

（1）模型完整性

本次报告中产品生命周期模型包含上游原辅料生产和运输、产品生产和包装过程，满足本研究对系统边界的定义。产品生产过程中所

有原料消耗均被考虑在内。

（2）背景数据库完整性

本研究所使用的背景数据库包括 CLCD-China 数据库和瑞士的 Ecoinvent 数据库。CLCD-China 数据库包括中国国内 600 多个大宗的能源、原材料、运输的清单数据集，并仍在不断扩展。Ecoinvent 数据库包含欧洲及世界多个国家的 7000 多个单元过程数据集以及相应产品的汇总过程数据集。

以上两个背景数据库均包含了主要能源、基础原材料、化学品的开采、制造和运输过程，满足背景数据库完整性的要求。

5.2.3 可靠性

（1）实景数据可靠性

本次报告中，各实景过程原料和能源消耗数据均来自企业统计台账表或实测数据，数据可靠性高。

（2）背景数据可靠性

本研究中 CLCD 数据库数据采用中国或中国特定地区的统计数据、调查数据和文献资料，数据代表了中国生产技术及市场平均水平，数据收集过程的原始数据和算法均被完整记录，使得数据收集过程随时可重复、可追溯。

5.2.4 一致性

本研究所有实景数据均采用一致的统计标准，即按照单元过程单位产出进行统计。所有背景数据采用一致的统计标准，其中 CLCD 数据库在开发过程中建立了统一的核心模型，并进行详细文档记录，确

保了数据收集过程的流程化和一致性。

6. 结论

本次报告主要得出以下结论：

1 m²印制电路板的碳足迹结果为 64.21kg CO₂-eq。

分析产品的碳足迹指标，对产品碳足迹结果贡献最大的是生产过程电力消耗产生的碳排放，占比 85.96%其他各个过程占产品生命周期的排放占比较小，因此，企业主要的减碳方向是在可行的情况下进一步减少生产过程电力消耗导致的碳排放，例如采取节能增效措施提高生产设备能效，或增加使用可再生能源电力等，从而减少产品生命周期碳排放量。

受供应链管控力度限制，未全面调查重要原料的实际生产过程，计算结果与实际供应链的环境表现有一定偏差。建议在条件允许的情况下，进一步调研主要原辅材料的生产过程数据，有助于提高数据质量，为企业在供应链上推动协同改进提供数据支持。