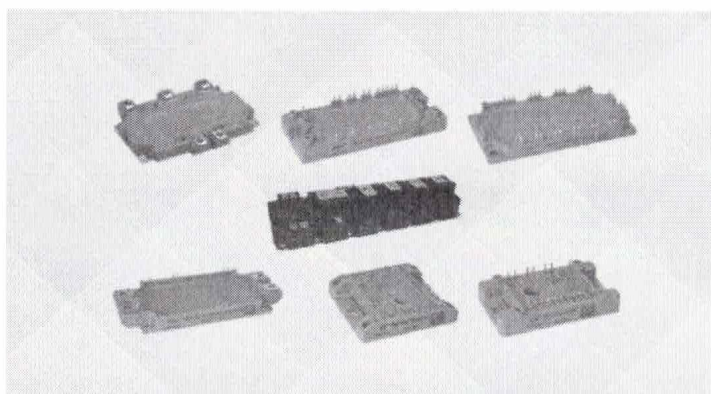


江苏宏微科技股份有限公司  
IGBT 模块生命周期评价报告



委托方：江苏宏微科技股份有限公司

受托方：北京耀阳高技术服务有限公司



2023 年 8 月 2 日

## 基本信息表

企业名称	江苏宏微科技股份有限公司		
通讯地址	常州市新北区华山路 18 号		
单位性质	内资（ <input type="checkbox"/> 国有 <input type="checkbox"/> 集体 <input checked="" type="checkbox"/> 民营） <input type="checkbox"/> 中外合资 <input type="checkbox"/> 港澳台 <input type="checkbox"/> 外商独资		
所属行业领域	3972 半导体分立器件制造		
统一社会信用代码	913204007919521038	邮编	213032
注册机关	常州市行政审批局	注册资本	15167.9735 万元整
成立日期	2006 年 08 月 18 日	法定代表人	赵善麒
申报工作联系部门	总经理办公室	联系人	丁玉兰
联系电话	13685290990	电子邮箱	ylding@macmicst.com
申报产品名称	IGBT 模块	产品型号	MMG50HD120XB6TC
产品品牌	MACMIC	产品专利	IGBT 功率半桥模块 ZL201110182283.2
产品功能描述	广泛应用于伺服电机、变频器、变频家电等领域		
产品技术参数	外观、绝缘电阻、耐压试验、外壳防护等级等		
生命周期评价依据	GB/T24040、GB/T24044		
生命周期评价报告（最终）版本编号/日期	第 01 版本 2023 年 8 月 2 日		
报告编制单位	北京耀阳高技术有限公司		
报告编制人	高婷		
报告校准人	雒仁臻		
报告审核人	田利君		

## 目录

1. 企业简介 .....	1
2. 目标与范围定义 .....	1
2.1. 研究目的 .....	1
2.2. 目标定义 .....	2
2.2.1. 功能单位与基准流 .....	2
2.2.2. 数据代表性 .....	2
2.3. 范围定义 .....	3
2.3.1. 系统边界 .....	3
2.3.2. 取舍原则 .....	3
2.3.3. 环境影响类型 .....	4
2.3.4. 数据质量要求 .....	4
2.3.5. 软件与数据库 .....	5
3. 生命周期清单分析 .....	6
4. 生命周期影响分析 .....	7
4.1. LCA 结果 .....	7
4.2. 过程累积贡献分析 .....	7
4.3. 清单数据灵敏度分析 .....	8
5. 生命周期解释 .....	9
5.1. 完整性说明 .....	9
5.2. 绿色设计改进方案 .....	10
5.3. 生命周期评价结果 .....	12
6. 附件 .....	13
6.1. 产品工艺流程图 .....	13
6.2. 产品 BOM 表 .....	14
6.3. 产品及包装图片 .....	15

## 1. 企业简介

江苏宏微科技股份有限公司主要从事新型功率半导体芯片、分立器件和模块的设计、研发、生产和销售。公司先后承担了国家 02 重大专项-工业控制与风机高压芯片封装和模块技术研发及产业化 001-004 课题，国家 02 重大专项-4500V 新型高压功率芯片工艺开发与产业化-005 课题，国家发改委新型电力电子器件专项，3 项国家高技术研究发展计划（863 计划）等多项多家省市级项目，是我国在功率半导体器件领域最早研发出大功率超快速软恢复外延型二极管（FRED）芯片和 1200V/1700V 大功率绝缘栅双极晶体管（IGBT）芯片的企业。2011 年 11 月 2 日，科技日报刊登宏微取得的突破性成果，标志着我国新型电力半导体器件从此走上了产业化的道路，打破了我国电力电子系统与装置对国外产品的长期依赖，增加了我国整机产品在国外市场的竞争力。

2021 年，宏微科技成功上市科创板 A 股，股票代码 688711。公司利用本土优势占领国内工控与新能源行业 600-1700V IGBT 模组 80% 的市场份额，有效实现了进口替代。公司产品总体销售量处于国内第一。

公司依靠自身技术、工艺、人才、管理等优势的长期积累，成功实现了 IGBT、FRED 等功率半导体器件（涵盖芯片、单管、模块）的多类型产品布局。公司依托良好的技术优势及敏锐的市场洞悉能力，通过技术创新、产品外延等手段不断延伸产品线，扩大产品系列。同时，为了解决客户的痛点并提高客户的市场竞争力，公司在标准产品技术创新的基础上，与客户深度合作开发定制产品。2018 年公司成功通过国际汽车工作组 IATF 16949 质量管理体系认证。

## 2. 目标与范围定义

### 2.1. 研究目的

本研究的目的是核算江苏宏微科技股份有限公司生产的 IGBT 模块全生命周期过程的气候变化（碳足迹），初级能源消耗，水资源消耗，酸化，富营养化潜值，光化学臭氧合成等 6 项指标，为第三方碳足迹认证提供详细信息和数据支持。

生命周期评价是江苏宏微科技股份有限公司实现低碳、绿色发展的基础和关

键，披露产品的生命周期信息是环境保护工作和社会责任的一部分，也是迈向国际市场的重要一步。本项目的研究结果将为江苏宏微科技股份有限公司与 IGBT 模块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环保发展具有积极作用。

本项目研究结果的潜在沟通对象包括两个群体：一是江苏宏微科技股份有限公司部管理人员及其他相关人员，二是企业外部利益相关方，如上游原料供应商、下游采购商、地方政府和环境非政府组织等。

## 2.2. 目标定义

### 2.2.1. 功能单位与基准流

为方便系统中输入/输出的量化，功能单位被定义为生产 1 台 IGBT 模块。

表 2.1 产品信息表

产品名称	IGBT 模块
产品型号	MMG50HD120XB6TC
产品重量	100g
尺寸规格	高：1 公分、长：10 公分、宽：5 公分
材料构成	芯片、铜底板、铝丝、树脂
包装材料及规格	塑料盒

### 2.2.2. 数据代表性

报告代表企业 LCA-代表此企业及供应链水平（采用实际生产数据），时间、地理、技术代表性如下：

- (1) 时间代表性：2022
- (2) 地理代表性：中国
- (3) 技术代表性，包括以下方面：
  - 主要原料：芯片、铜底板、铝丝、树脂
  - 主要能耗：电

## 2.3. 范围定义

### 2.3.1. 系统边界

本研究的系统边界为生命周期-生产阶段（从资源开采到产品出厂），主要包括原材料的获取、资源能源的获取、零部件制造、产品生产阶段。

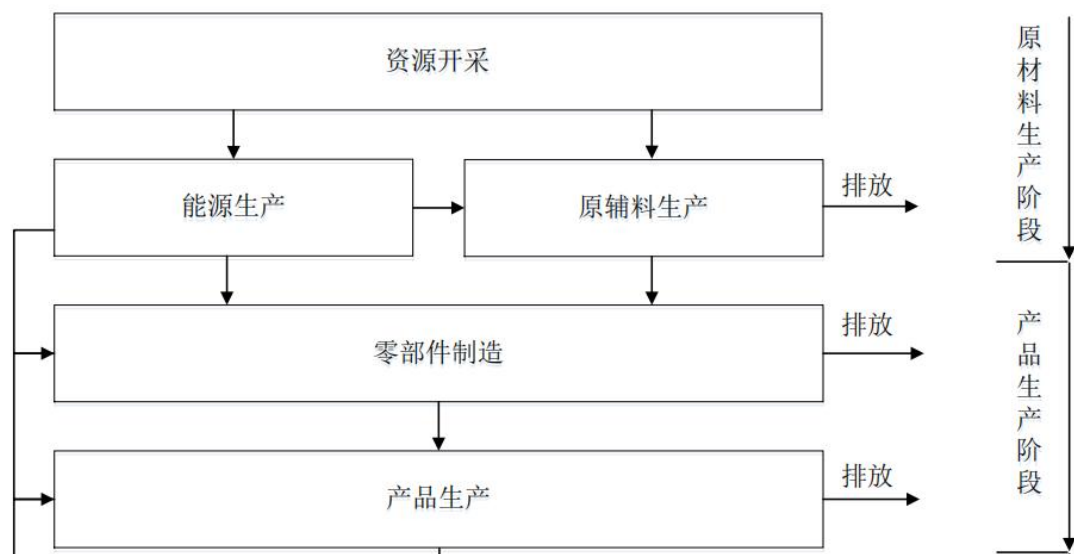


图 2.1 IGBT 模块系统边界图

在这项研究中，产品的系统边界属“从摇篮到大门”的类型，为了实现上述功能单位，IGBT 模块的系统边界见下表：

表 2.2 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
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ IGBT 模块生产的生命周期过程包括： 原材料的获取、资源能源的获取、零部件制造、产品生产</li> <li>✓ 中国的电力的生产</li> <li>✓ 其他辅料的生产</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 资本设备的生产及维修</li> <li>✓ 产品的运输、销售和使用</li> <li>✓ 产品回收、处置和废弃阶段</li> </ul>

### 2.3.2. 取舍原则

本研究采用的取舍原则如下：

a) 原则上可忽略对 LCA 结果影响不大的能耗、零部件、原辅料、使用阶段耗材等消耗。例如，小于产品重量 1% 的普通物耗可忽略、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(同类物料,如芯片、螺钉,应该按此类物料合计重量判断),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) 原则上包括与所选环境影响类型相关的所有环境排放,但在估计排放数据对结果影响不大的情况下(如小于1%时)可忽略,但总共忽略的排放推荐不超过对应指标总值的5%。

### 2.3.3. 环境影响类型

本研究选择了6种环境影响类型指标进行了计算,分别为气候变化(Climate Change,GWP),初级能源消耗(Primary energy demand,PED),水资源消耗(Resource Depletion - water,WU),酸化(Acidification,AP),富营养化潜值(eutrophication,EP),光化学臭氧合成(Photochemical Ozone Formation,POFP)。

表 2.3 环境影响类型指标

环境影响类型指标	影响类型指标单位	主要清单物质
气候变化	kg CO <sub>2</sub> eq.	CO <sub>2</sub> ,CH <sub>4</sub> ,N <sub>2</sub> O...
初级能源消耗	MJ	硬煤,褐煤,天然气...
水资源消耗	kg	淡水,地表水,地下水...
酸化	kg SO <sub>2</sub> eq.	SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , NH <sub>3</sub> ...
富营养化-淡水	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq.	NH <sub>3</sub> , NH <sub>4</sub> -N, COD...
臭氧层消耗	kg CFC-11 eq.	CCl <sub>4</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> Cl <sub>3</sub> , CH <sub>3</sub> Br...
光化学臭氧合成	kg NMVOC eq.	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> ...

注: eq 是 equivalent 的缩写,意为当量。例如气候变化指标是以 CO<sub>2</sub> 为基准物质,其他各种温室气体按温室效应的强弱都有各自的 CO<sub>2</sub> 当量因子,因此产品生命周期的各种温室气体排放量可以各自乘以当量因子,累加得到气候变化指标总量(通常也称为产品碳足迹, Product Carbon Footprint, PCF), 其单位为 kg CO<sub>2</sub> eq.。

### 2.3.4. 数据质量要求

数据质量代表 LCA 研究的目标代表性与数据实际代表性之间的差异,本报告的数据质量评估方法采用 CLCD 方法。

CLCD 方法对模型中的消耗与排放清单数据，从①清单数据来源与算法、②时间代表性、③地理代表性、④技术代表性等四个方面进行评估，并对关联背景数据库的消耗，评估其与上游背景过程匹配的不确定度。完成清单不确定度评估后，采用解析公式法计算不确定度传递与累积，得到 LCA 结果的不确定度。

### 2.3.5. 软件与数据库

本研究采用 eFootprint 软件系统，建立了 IGBT 模块生命周期模型，并计算得到 LCA 结果。eFootprint 软件系统是由亿科环境科技有限公司研发的在线 LCA 分析软件，支持全生命周期过程分析，并内置了中国生命周期基础数据库（CLCD）、欧盟 ELCD 数据库和瑞士的 Ecoinvent 数据库。

研究过程中用到的中国生命周期基础数据库（CLCD）是由亿科开发，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 数据库包括国内主要能源、交通运输和基础原材料的清单数据集。

在 eFootprint 软件中建立的 IGBT 模块 LCA 模型，其生命周期过程使用的背景数据来源见下表：

表 2.4 背景数据来源表

清单名称	所属过程	数据集名称	数据库名称
DBC	原料获取	氧化铝陶瓷板	736842836@qq.com 1.0
铜	原料获取	电解铜	CLCD-China-ECER 0.8
芯片	原料获取	单晶硅片	lcacontest-s-r2rv@ike-global.com 1.0
焊膏	原料获取	焊锡丝	1006374914@qq.com 1.0
PP	原料获取	waste incineration of plastics (PE, PP, PS, PB)	ELCD 3.0
硅橡胶	原料获取	硅橡胶	yxt@ike-global.com 1.0
铝丝	原料获取	电解铝	CLCD-China-ECER 0.8
电	产品生产	华中电网电力混合	CLCD-China-ECER 0.8



## 3. 生命周期清单分析

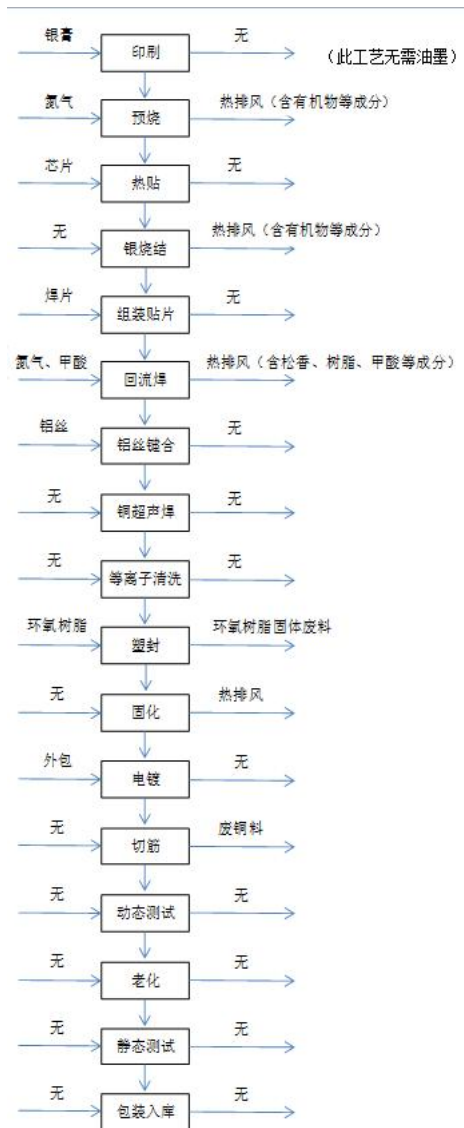


图 3.1 IGBT 模块工艺流程图

表 3.1 IGBT 模块生产过程清单数据表

类型	清单名称		数量	单位	成分	上游数据来源
产品	IGBT 模块		1	台	——	——
消耗	DBC	陶瓷	12	g	陶瓷基板 1mm 厚+ 铜	736842836@qq.com 1.0
		铜	3	g		CLCD-China-ECER 0.8
	芯片		1	粒	单硅晶板, 约 10g	lcacontest-s-r2rv@ike-global.com 1.0

	焊膏	0.7	g	合金焊料粉末	1006374914@qq.com 1.0
	铜底板	70	g	铜	CLCD-China-ECER 0.8
	模块外壳	6	g	PP	ELCD 3.0
	模块盖板	4	g	PP	ELCD 3.0
	铝丝	2	g	铝	CLCD-China-ECER 0.8
	硅橡胶	5	g	硅橡胶	yxt@ike-global.com 1.0
	硅凝胶	25g	g	硅橡胶	yxt@ike-global.com 1.0
	电	0.2	kW.h	——	CLCD-China-ECER 0.8
排放	颗粒物	0.5	mg	——	——

## 4. 生命周期影响分析

### 4.1. LCA结果

在 eFootprint 上建模计算得 1 台 IGBT 模块的 LCA 计算结果，计算指标分为 GWP、PED、WU、AP、EP、POFP。

表 4.1 IGBT 模块 LCA 结果

环境影响类型指标	影响类型指标单位	LCA 结果
GWP	kg CO <sub>2</sub> eq	1.037
PED	MJ	49.504
WU	kg	34.617
AP	kg SO <sub>2</sub> eq	1.02E-02
EP	kg PO <sub>4</sub> -eq	3.26E-02
POFP	kg NMVOC eq	4.06E-03

- 1) 气候变化 (GWP)：生产 1 台 IGBT 模块排放的二氧化碳当量；
- 2) 初级能源消耗 (PED)：生产 1 台 IGBT 模块消耗的一次能源量；
- 3) 水资源消耗 (WU)：生产 1 台 IGBT 模块消耗的地表径流量；
- 4) 酸化 (AP)：生产 1 台 IGBT 模块排放的二氧化硫当量；
- 5) 富营养化 (EP)：生产 1 台 IGBT 模块排放的磷酸根当量。
- 6) 光化学臭氧合成 (POFP)：生产 1 台 IGBT 模块排放的非甲烷挥发性有机物当量；

### 4.2. 过程累积贡献分析

过程累积贡献是指该过程直接贡献及其所有上游过程的贡献（即原料消耗所贡献）的累加值。由于过程通常是包含多条清单数据，所以过程贡献分析其实是多项清单数据灵敏度的累积。

表 4.2 IGBT 模块 LCA 累积贡献结果

过程名称	GWP	PED	WU	AP	POFP	EP
原料获取	0.847	47.334	33.875	9.15E-03	3.98E-03	3.25E-02
	81.69%	95.62%	97.86%	89.51%	98.05%	99.80%
产品生产	0.190	2.169	0.742	1.07E-03	7.92E-05	6.65E-05
	18.31%	4.38%	2.14%	10.49%	1.95%	0.20%
合计	1.037	49.504	34.617	1.02E-02	4.06E-03	3.26E-02
	100%	100%	100%	100%	100%	100%

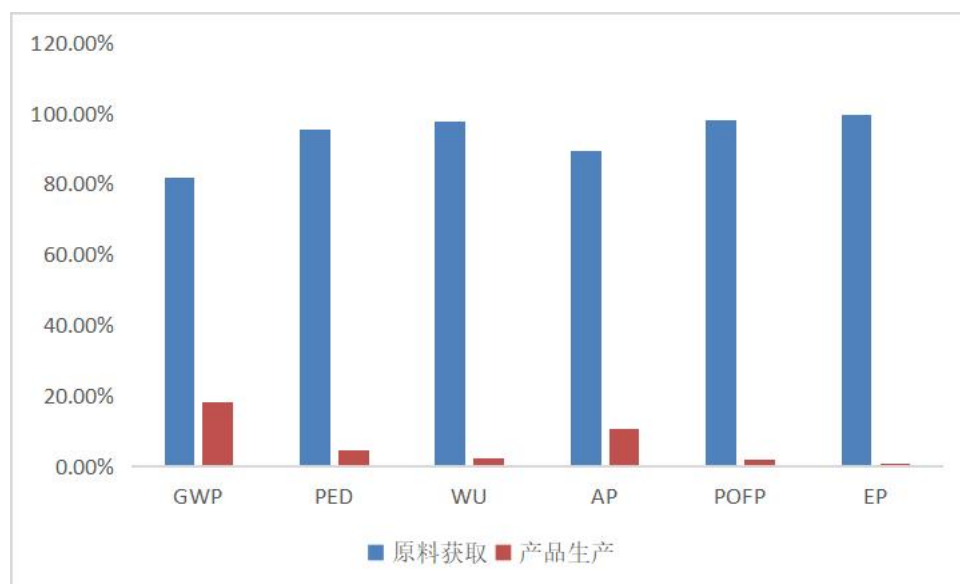


图 4.1 IGBT 模块生命周期各过程对环境影响的相应贡献图

由图 4.1 可知，宏微科技 IGBT 模块生命周期中，原料获取阶段对环境影响最大，产品生产过程次之。

### 4.3. 清单数据灵敏度分析

清单数据灵敏度是指清单数据单位变化率引起的相应指标变化率。通过分析清单数据对各指标的灵敏度，并配合改进潜力评估，从而辨识最有效的改进点。表中罗列了 GWP、PED、WU、AP、EP、POFP 灵敏度  $>0.5\%$  的清单数据。

表 4.3 清单数据灵敏度表

过程名称	清单名称	GWP	PED	WU	AP	POFP	EP
原料获取	DBC	8.57%	16.29%	4.49%	2.64%	4.49%	4.07%
原料获取	芯片	1.42%	0.32%	4.90%	4.20%	0.17%	0.19%
原料获取	焊膏	0.06%	0.02%	0.01%	0.04%	0.01%	0.00%
原料获取	铜底板	21.25%	7.40%	76.00%	23.59%	77.85%	93.31%
原料获取	模块外壳	4.39%	1.14%	1.90%	1.35%	2.52%	0.05%
原料获取	模块盖板	2.93%	0.76%	1.26%	0.90%	1.68%	0.03%
原料获取	铝丝	5.82%	1.17%	0.89%	3.16%	0.92%	0.07%
原料获取	常温硅橡胶	6.21%	11.42%	1.40%	8.94%	1.74%	0.34%
原料获取	硅凝胶	31.03%	57.12%	7.01%	44.69%	8.68%	1.72%
产品生产	电	18.31%	4.38%	2.14%	10.49%	1.95%	0.20%

## 5. 生命周期解释

### 5.1. 完整性说明

宏微科技 IGBT 模块生命周期系统边界为从摇篮到大门的过程，其生命周期考虑了原料获取、产品生产等过程。生命周期模型数据符合取舍规则，无取舍情况。

表 5.1 数据质量评估表

模型完整性	IGBT 模块生命周期过程包括原料获取、产品生产等过程，各过程清单数据无缺失。	
数据取舍准则	无取舍	
数据准确性： 实际的生产过程调查却使用了估算或文献数据，且其生命周期贡献大于 1% (背景数据不在此项范围内)	物料消耗 能源消耗 环境排放	无

物料重量大于 5%产品重量，却未调查此物料上游生产过程	无	无
物料重量大于 1%产品重量，却被忽略的物料	无	无
物料重量大于 1%产品重量，且所选上游背景数据代表性不一致的	无	无
采用的背景数据库	主要采用： CLCD 数据库，中国，版本 0.8 和 0.9 ecoinvent 数据库，全球，版本 3.1	
采用的 LCA 软件工具	eFootprint, V1.0	
评估结论	根据以上分析，IGBT 模块的 LCA 模型和数据满足 LCA 目的和要求。	

## 5.2. 绿色设计改进方案

根据图 4.1 可知，宏微科技 IGBT 模块生命周期中，原料获取阶段对环境影响最大，产品生产过程次之。为更直观展现 IGBT 模块生命周期各过程中上游消耗生产对环境影响类型的贡献，见图 5.1。

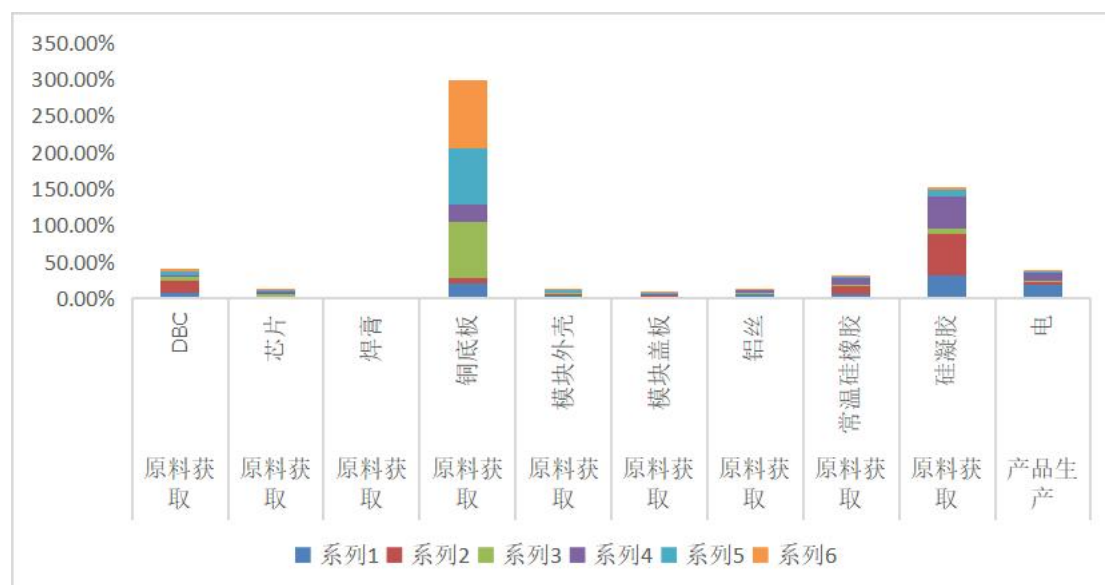


图 5.1 IGBT 模块上游消耗生产对环境影响类型的贡献

由图 5.1 可知，原料获取过程铜底板的获取对各指标贡献最大，硅凝胶的获取和 DBC 的获取对各指标贡献次之，生产过程电的消耗对各指标贡献较大。因此，铜底板、硅凝胶、DBC 的获取和电的消耗是 IGBT 模块生命周期绿色改进的重点过程。

(1) 根据生命周期评价结果显示,企业应严格控制 IGBT 模块生产过程电的消耗,应使用节能高效生产设备代替高耗能生产设备,升级改造落后生产车间,建立完善的节电制度,培养员工节电意识。可增大新能源的使用力度,使用可再生能源代替不可再生能源。减少电力获取过程中的生命周期排放。

(2) 铜底板、硅凝胶、DBC 应用背景数据,应对供应商进行现场调查,收集实景数据,并选择环境影响较小的原料。

(3) 企业应加强对铜底板、硅凝胶、DBC 供应商的管理控制,公司树立绿色采购理念,优先选择对环境负面影响较小的环境标志产品,促进供应商环境行为的改善。

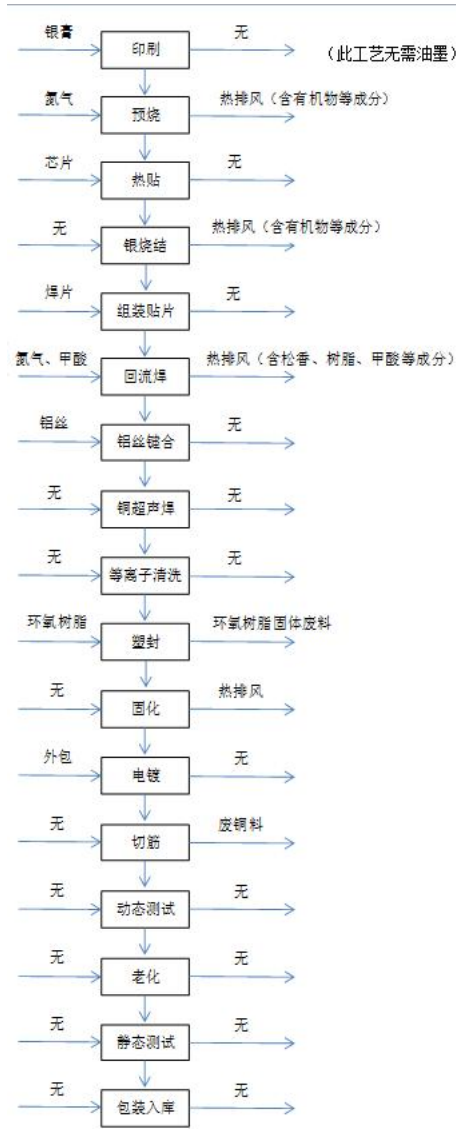
### 5.3. 生命周期评价结果

通过以上分析可知，生产 1 台 IGBT 模块排放的二氧化碳当量（GWP）为 1.037 kg CO<sub>2</sub> eq；消耗的一次能源量（PED）为 49.504MJ；消耗的水资源（WU）为 34.617kg，排放的二氧化硫当量（AP）为 1.02E-02kg SO<sub>2</sub> eq；排放的磷酸根当量（EP）为 3.26E-02kg PO<sub>4</sub>-eq；排放的非甲烷挥发性有机物（POFP）当量为 4.06E-03kg NMVOC eq。

本报告以 1 台 IGBT 模块的生命周期过程为研究对象，调研了原料获取、产品生产过程，收集了过程的清单数据，在 eFootprint 在线 LCA 软件上建立了 IGBT 模块的 LCA 模型，计算了 GWP、PED、WU、AP、POFP、EP 六个典型 LCA 指标的结果。通过过程贡献分析、清单灵敏度分析，得到原料获取过程铜底板的获取对各指标贡献最大，硅凝胶的获取和 DBC 的获取对各指标贡献次之，生产过程电的消耗对各指标贡献较大。企业可根据本报告的绿色设计改进建议，制定产品绿色设计改进方案，通过方案的有效实施，逐渐降低产品的生命周期环境影响结果。

## 6. 附件

### 6.1. 产品工艺流程图





## 6.2. 产品BOM表

物料清单 - 查看

新增 保存 提交 审核 关联查询 业务操作 前一 后一 列表 选项 退出

创建组织 江苏宏微科技股份有限公司 使用组织 江苏宏微科技股份有限公司

BOM版本 610902211V07 BOM名称

主产品 联副产品 其他

单提类型 物料清单 父项物料编码 102200011 父项物料单位 个 父项物料禁用状态 否

BOM分类 标准BOM 物料名称 IGBT模块 辅助属性

BOM用途 子项物料规格型号 MMG50HD120XB6TC 产品模型

BOM分组 子项物料属性 自制 描述

子项明细 阶梯用量 物料控制 其他

新增行 删除行 插入行 复制行 查找行 冻结列 上移 下移 替代获取 替代设置 替代删除 业务查询 批量填充

项次	子项物料编码	子项物料名称	子项规格型号	子项物料属性	供应类型	子项类型	作业	子项单位	用量类型	用量分子	用量分母	固定损耗	变动损耗率%
1	420141010	DBC+芯片+焊膏				自制		变动		1	1		
2	101000091	铜底板						变动		1	1		
3	101100072	模块外壳						变动		1	1		
4	101200025	模块盖板						变动		1	1		
5	102600016	焊膏						变动	0.00150		1		
6	102000001	铝丝						变动	1.3000		1		
7	102300014	常温硅密封胶						变动	0.00030		1		
8	102200009	硅凝胶						变动	0.00625		1		
9	102200010	硅凝胶						变动	0.00625		1		

### 6.3. 产品及包装图片

