

评价报告编号：HFTZJ-20260414-03

浙江耐思威智能制造有限公司

电子陶瓷制品

(2025年度)



目录

摘要.....	2
1. 产品碳足迹（PCF）介绍.....	3
2. 目标与范围定义.....	4
2.1 企业及其产品介绍.....	4
2.2 研究目的.....	4
2.3 研究范围.....	5
2.4 功能单位.....	5
2.5 生命周期流程图的绘制.....	5
2.6 分配原则.....	5
2.7 取舍准则.....	5
2.8 软件和数据库.....	6
2.9 数据质量要求.....	6
3. 过程描述.....	7
3.1 电子陶瓷生产过程.....	7
4. 数据的收集和主要排放因子说明.....	9
5. 碳足迹计算.....	10
5.1 碳足迹识别.....	10
5.2 数据计算.....	10

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《温室气体产品碳足迹关于量化和通报的要求与指南》（ISO/TS14067-2018）、《商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》（PAS2050:2021）、《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）》、《产品碳足迹认证实施规则 电子元器件》（CEC-7065CVP-A/0）的要求中规定的碳足迹核算方法，计算得到浙江耐思威智能制造有限公司电子陶瓷产品的碳足迹。

为了满足碳足迹的需要，本报告的功能单位定义为生产1万套电子陶瓷产品。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，2025年度浙江耐思威智能制造有限公司电子陶瓷制品碳足迹：1万套电子陶瓷的碳足迹 $e=6.144tCO_2e/万套$ ，从电子陶瓷制品生命周期累计碳足迹贡献比例的情况，可以看出电子陶瓷制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（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（ProductCarbonFootprint, 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（GlobalWarmingPotential, 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《PAS2050:2021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（CarbonTrust）、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（WorldResourcesInstitute, 简称WRI）和世界可持续发展工商理事会（WorldBusinessCouncilforSustainableDevelopment, 简称WBCSD）发布的产品和供应链标准；③ISO/TS14067-2018《温室气体.产品的碳排放量.量化和通信的要求和指南》，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

浙江耐思威智能制造有限公司坐落在浙江省嘉兴市海盐县百步镇百步大道8号，浙江耐思威智能制造有限公司，即嘉兴市耐思威精密机械有限公司全资投资公司，嘉兴市耐思威精密机械有限公司现位于秀洲高新区康和路中节能园区二期，自购B12、B17和8号三幢标准厂房共7500m²，主要从事高硬材料先进陶瓷、半导体用纯硅夹具、高精密机械配件、其它工装夹具、电子机械配件等精密器件生产的专业公司。公司始终致力于高精度难加工材料领域；主要服务于光伏设备、半导体设备、精密电子设备、机床等领域设备公司。公司拥有超过20年从业经验的机械专业人才团队，专注于产品研发与生产。现拥有4轴联动数控加工中心、国内顶级精雕机、高精度数控平面磨床、数控车床、内圆磨床、外圆磨床等生产设备以及三坐标、二次元影像仪、高精度测高仪、圆度仪、硬度仪和通用专用量具。公司持有多项发明与专利，注重研发与技术改进。

公司一直以“专业专注、品质第一、服务至上”的精神，为客户提供优质的产品与服务。

2.2 研究目的

碳足迹核算是浙江耐思威智能制造有限公司实现低碳、绿色发展的基础和关键，披露产品的碳足迹是浙江耐思威智能制造有限公司环境保护工作和社会责任的一部分，也是浙江耐思威智能制造有限公司在国际市场的重要举措。本项目的研究结果将为浙江耐思威智能制造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：一是浙江耐思威智能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/TS14067-2018、《PAS2050:2021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企业2025年全年生产活动及非生产活动数据。由于电子陶瓷制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1万套电子陶瓷。

2.5 生命周期流程图的绘制

根据《PAS2050:2021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件电子陶瓷制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，电子陶瓷制品的系统边界见下表：

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 电子陶瓷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，生产电子陶瓷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电子陶瓷生产过程。

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<0.1%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（CO₂e）。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（CO₂e）为基础，甲烷的特征化因子就是25kgCO₂e。

2.8 软件 and 数据库

2.9 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。

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2026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 电子陶瓷生产过程

公司目前主要从事光伏及半导体设备用陶瓷制品、半导体设备用纯硅夹具、光伏及半导体设备用碳化硅制品的生产，具体生产工艺流程说明如下图：

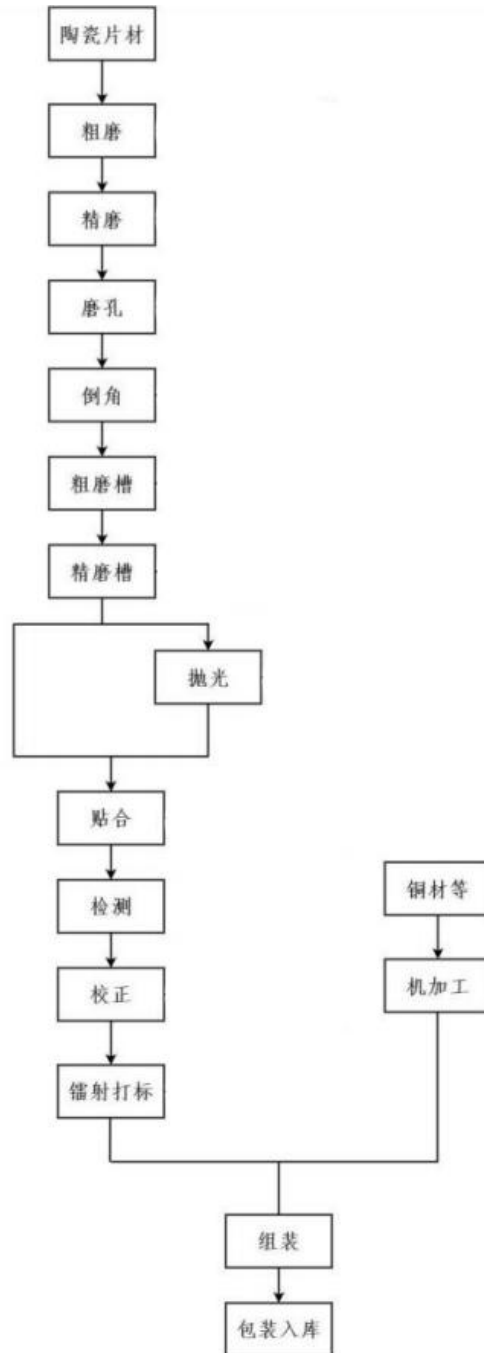


图3-1 产光伏用陶瓷生产工艺流程

工艺流程说明：

粗磨：将陶瓷片材（氧化铝、氧化锆陶瓷半成品）在平面磨床等设备上进行多次粗磨加工至大致尺寸。

精磨：将粗磨后的氧化铝、氧化锆陶瓷半成品在平面磨床等设备上进行精磨加工至精确尺寸。

磨孔：根据客户要求，用精雕机等在精磨后的氧化铝、氧化锆陶瓷半成品上进行开孔、开槽。

倒角、粗磨槽、精磨槽：用平面磨床等设备对磨孔后的氧化铝、氧化锆陶瓷半成品进行研磨，去除毛边。

抛光、烘干：将本次新增的110000套光伏用陶瓷中一半的产品（55000套）。用行星式光饰机抛光，通过将半成品和水、氧化铝高频瓷混合旋转进行抛光，以提高产品表面光滑度，抛光后的产品用烘箱（电加热）烘干去除产品表面水分，经抛光后的产品表面基本无切削液等物质残留。

检测：使用粗糙度仪等设备对半成品进行检测，是否符合加工精度要求。

校正：对生产过程中产生的部分不合格品进行校正成为合格品。校正过程需要用激光切割机进行切割修边校正，校正后用烧结炉等加热炉加热消除应力，需要校正的产品约占总量的1%。

激光打标：使用激光打标机对经检测后的半成品表面进行打标。

贴合：采用注塑机和PA粒子将氧化铝、氧化锆半成品进行贴合，PA粒子熔融冷却后作为填充物，将两件氧化铝、氧化锆半成品固定在一起。

机加工：光伏用陶瓷产品上涉及部分金属配件，本项目购置铝材经加工中心、钻床等设备机加工后制成所需的金属配件。

组装、打包：将光伏用陶瓷和金属配件手工组装后经打包机打包入库。

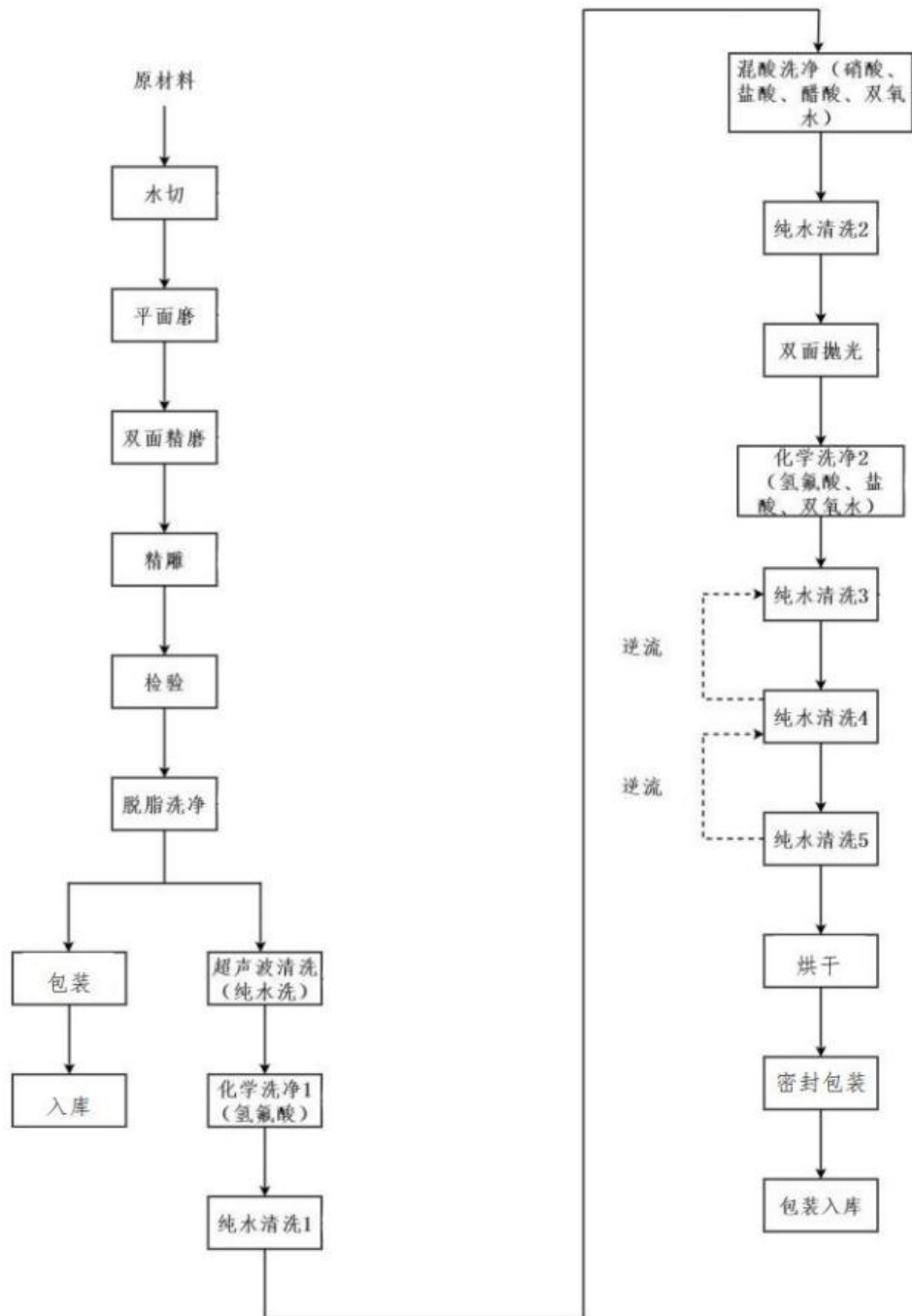


图3-2 半导体设备用纯硅夹具和碳化硅制品工艺流程图

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：tCO₂e/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、电子陶瓷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

结合电子陶瓷生产的碳足迹分析，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	电子陶瓷生产过程	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（公里）	运输类型
氧化铝板	100	7000	汽车
氧化锆条	160	8000	汽车
合计	/	15000	

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：

$$\text{公路（道路）交通能耗} = \text{百公里油耗} \times \text{运行里程数} \times \text{保有量} \quad (5.1)$$

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）
150	4140	3.47

根据《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）》，柴油燃料特性参数缺省值低位发热量为46.05GJ/吨，单位热值含碳量为 $20.2 \times 10^3 \text{tCO}_2/\text{GJ}$ ，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3.16tCO_{2e}，企业2025年电子陶瓷制品产量为15.94万件，单位产品原材料采购运输环节二氧化碳排放量为0.198tCO_{2e}/万件。

（2）电子陶瓷生产

企业在生产过程中，二氧化碳排放包含生产过程中消耗电力排放。

表5.2-3 生产过程中能源消耗量

排放类型	消耗量	平均低位发热值	单位热值含碳量 tC/GJ	碳氧化率 %	折算因子 /	碳排放量 tCO ₂
外购电力（万kWh）	156.53	/	/	/	0.5246tCO ₂ /MWh	82.116
合计						82.116

通过核算，企业2025年电子陶瓷生产过程中产生二氧化碳82.116tCO_{2e}，2025年电子陶瓷制品产量为15.94万套，单位产品生产过程二氧化碳排放量为5.152tCO_{2e}/万套。

（3）电子陶瓷运输

企业在产品运输过程中，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200公里，全年运输总里程60000公里，2025年产品运输柴油消耗量为16560升，折算约13.89吨，产品运输过程中产生二氧化碳排放总量为12.66tCO₂，2025年企业电子陶瓷产量为15.94万套，则单位产品生产过程二氧化碳排放量为0.794tCO_{2e}/万套。

表5.2-4 电子陶瓷制品碳足迹

序号	内容	二氧化碳排放量（tCO ₂ /万件）
1	原材料运输环节	0.198
2	电子陶瓷生产环节	5.152

3	电子陶瓷运输环节	0.794
4	电子陶瓷全生命周期	6.144

综上，1万套电子陶瓷的碳足迹 $e=6.144\text{tCO}_2\text{e/万件}$ ，从电子陶瓷生命周期累计碳足迹贡献比例的情况，可以看出电子陶瓷的碳排放环节主要集中在生产过程中，其次是产品运输环节。



图5.1 生命周期各阶段的碳足迹分析结果

所以为了减小电子陶瓷的碳足迹，应重点考虑减少电子陶瓷生产能耗，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。