

斗山工程机械（中国）有限公司
1t 挖掘机（22t/台）
产品碳足迹报告

斗山工程机械（中国）有限公司
2022年3月



斗山工程机械（中国）有限公司 产品碳足迹声明

标准及方法学	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》
--------	--

声明结论:

结合 2021 年公司数据对（挖掘机）产品碳足迹排放量进行核算，结论如下：

1) 核算标准中所要求的内容已在本次工作中覆盖；

此次产品碳足迹报告符合 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。

2) 单位产品碳排放量为：

2021 年度	单位产品碳排放量 (tCO ₂ e/t)
1t 挖掘机 (22t/台)	3.12

企业签章：

日期：2022 年 3 月 15 日

目 录

1、执行摘要	1
2、产品碳足迹介绍（PCF）介绍	3
3、目标与范围定义	4
3.1 企业及产品介绍	4
3.2 研究目的	6
3.3 研究的边界	6
3.4 功能单位	7
3.5 生命周期流程图的绘制	7
3.7 影响类型和评价方法	8
3.8 软件和数据库	9
3.9 数据质量要求	10
4、过程描述	10
4.1 挖掘机生产过程	10
5、数据的收集和主要排放因子说明	12
6、碳足迹计算	13
6.1 碳足迹识别	13
6.2 计算表格	13
6.3 运输	15
7、数据计算	15

7.1 计算公式	15
7.2 计算结果	17
8、不确定分析	19
9、结语	19

1、执行摘要

本项目研究的目的是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》、PAS2050:2011《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 1t 挖掘机（22t/台）产品的碳足迹。

为了满足碳足迹第三方认证以及与各相关方沟通的需要，本报告的功能单位定义为生产 1t 挖掘机（22t/台）。系统边界为“从摇篮到大门”类型，调研了从原材料进厂到产品出厂的生产过程，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周期基础数据库（CLCD）和瑞士的 Ecoinvent 数据库。

报告中对生产的不同单元过程比例碳足迹的差别、各生产过程碳足迹累计比例做了对比分析。从单个过程对碳足迹贡献来看，发现生产过程对产品碳足迹的贡献最大。

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、技术、地域、时间等方面。生产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，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，以及中国生命周期基础数据库（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 eFootprint 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。

2、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 kg CO₂e 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（特征化因子）在全球范围广泛适用。

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/TS 14067: 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 PAS 2050 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。

3、目标与范围定义

3.1 企业及产品介绍

- 受核查方名称：斗山工程机械（中国）有限公司
- 所属行业：机械制造（行业代码 3514），属于核算指南中的“机械设备制造企业”
- 地理位置：山东烟台经济技术开发区五指山路 28 号
- 成立时间：1994 年 10 月 1 日
- 所有制性质：有限责任公司
- 社会信用代码：91370600613422169C
- 经营范围：挖掘机和装载机的生产与销售等
- 规模：注册资金 6422 万美元

斗山工程机械（中国）有限公司始创于 1994 年，主要从事挖掘

机和装载机的生产与销售。工厂占地面积 25 万平方米，建筑面积 13 万平方米，年生产能力为挖掘机 18000 台、装载机 2600 台。

企业经营持续稳健，始终保持中国工程机械行业领军地位；关注员工的健康和安全；连续十几年荣获“中国工程机械行业产品品质客户满意第一品牌”荣誉称号。截至 2019 年公司先后向“中国青少年发展基金会”捐款 1166 多万人民币，在中国各地建立了 37 所斗山希望小学，并对建成的各希望小学提供持续的运营支援，累计捐款捐物 332 多万元；2007 年一次性向温暖工程捐款 2000 万人民币，在湖南长沙建成了温暖工程(斗山)培训中心；在汶川、玉树、雅安地震等灾害发生后，公司都在第一时间投入救援，累计救灾捐款 1500 多万人民币；每年都会组织针对当地敬老院和贫困学生等弱势群体的关爱活动；积极开展植树造林、美化环境等公益活动。

随着工业 4.0 的推进，面对信息化、数字化、网络化、智能化新时代，打造高效高品质的智能化工厂势在必行。为确保强有力的竞争力，公司以“创新驱动无限”为指引，设立创新工作室，倡导全员改善，逐步实现全生产线的自动化、智能化。搭建了全球统一的生产管理系统，将制造、生产数据有机整合，大大提升了生产效率和产品质量。公司正逐步发展为集合大数据和 AI 等尖端技术的整体解决方案供应商，积极开展数字营销，通过大数据、云服务，实现新的飞跃。

未来，企业也必将以全新的姿态和发展高度，在中国工程机械行业“转型升级”的浪潮中乘风破浪。

3.2 研究目的

本研究的目的是获得企业生产的挖掘机产品全生命周期过程的碳足迹，为第三方碳足迹认证提供详细信息和数据支持。

碳足迹核算是斗山机械实现低碳、绿色发展的基础和关键，披露产品的碳足迹是斗山机械践行绿色低碳发展的社会责任的一部分，同时，强化自身碳资产管理能力、树立良好企业形象、提升品牌价值和企业的低碳意识也是斗山机械迈向国际市场的重要一步。

本项目的研究结果将为斗山机械的挖掘机产品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。

本项目研究结果的潜在沟通对象包括两个群体：一是斗山机械内部管理人员及其他相关人员，二是企业外部利益相关方，如上游供应商、地方政府和环境非政府组织等。

3.3 研究的边界

根据本项目研究目的，按照 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》、PAS2050: 2011《商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》的相关要求，本次碳足迹评价的边界为斗山工程机械（中国）有限公司生产 1t 挖掘机 2021 年全年生产活动及非生产活动数据。因此，确定本次评价边界为：产品的碳足迹=原料生产运输+生产过程+包装运输+报废回收分解。

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 1t 挖掘机（22t/台）。

3.5 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 1t 挖掘机（22t/台）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：包括从原材料获取运输、产品制造、包装运输到消费者使用，以及最终处置或再生利用整个过程的排放。

在这项研究中，产品的系统边界属“从摇篮到客户”的类型，为了实现上述功能单位，挖掘机产品的系统边界见下表：

表 3.1 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 t 挖掘机（22t/台）生产的生命周期过程包括：原材料获取运输→产品生产→产品包装销售→废弃回收 2 挖掘机的生产过程 3 原材料、其他辅料的生产运输 4 产品包装运输 5 产品回收、处置和废弃阶段	1 资本设备的生产及维修 2 产品的使用

3.6 取舍准则

本研究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%；

大多数情况下，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，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。

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 25kg CO₂e。

3.8 软件和数据库

本评价采用 eFootprint 软件系统，建立了挖掘机生命周期模型，并计算得到 LCA 结果。eFootprint 软件系统是由成都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。

评价过程中用到的数据库，包括 CLCD 和 Ecoinvent 数据库，数据库中生产和处置过程数据都是“从摇篮到客户”的汇总数据，分别介绍如下：

中国生命周期基础数据库 (CLCD) 由成都亿科环境科技有限公司开发，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 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，其中电力(包括火力发电和水力发电以及混合电力传输)和公路运输相关基础数据被本评价所采用。2009 年，CLCD 数据库研究被联合国环境规划署 (UNEP) 和联合环境毒理学与化学协会 (SETAC) 授予生命周期研究奖。

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等。

3.9 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：

- 1 数据准确性：实景数据的可靠程度
- 2 数据代表性：生产商、技术、地域以及时间上的代表性
- 3 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 2021 年企业实际数据的调查、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；当目前数据库中完全没有一致的次级数据时，采用近似替代的方式选择 IPCC 数据库中数据。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第 4 章对每个过程介绍时详细说明。

4、过程描述

4.1 挖掘机生产过程

(1) 过程基本信息

过程名称：1 t 挖掘机（22t/台）

过程边界：从原料运输到产品的生产到分销商

(2) 数据代表性

主要数据来源：企业 2021 年实际生产数据

企业名称：斗山工程机械（中国）有限公司

产地：中国河南

基准年：2021 年

主要原料：

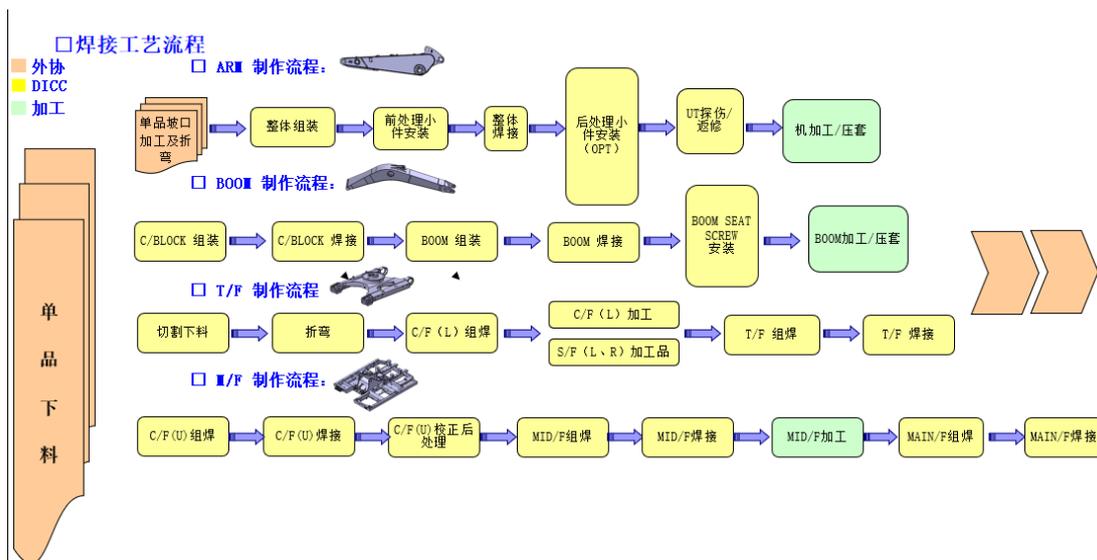
挖掘机

序号	原材料种类
1	钢板
2	焊丝
3	液压油
4	油漆
5	柴油

主要能耗：天然气、电力

斗山工程机械（中国）有限公司工艺流程图如下图所示：

焊接工艺流程：



涂装工艺流程:

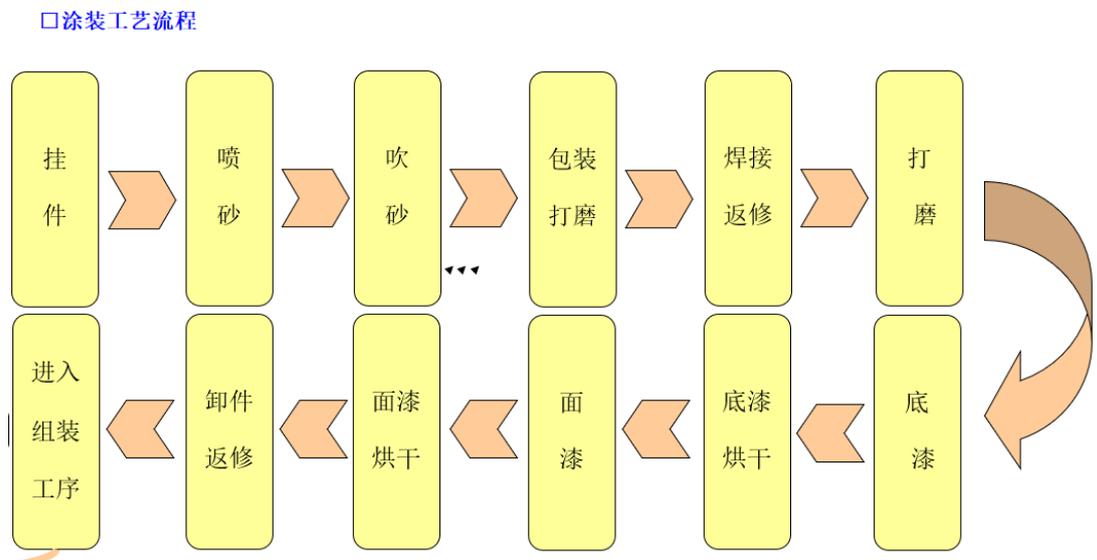


图 4-1 生产流程图

5、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： $\text{CO}_2\text{e} / \text{kWh}$ ，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 CH_4 （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：天然气消耗量、外购电力和外购蒸汽消耗量等。排放因子数据主要包括天然气排放因子、外购电力排放因子和外购柴油排放因子。

6、碳足迹计算

6.1 碳足迹识别

表 6.1 碳足迹过程识别表

序号	主体	活动内容	备注
1	挖掘机生产过程	原料、能源	/
2	原料运输	运输排放	/
3	产品包装运输	原料、运输排放	/
4	废弃回收处置	回收、处置	/

6.2 计算表格

6.2.1 生产过程数据清单

表 6.2 挖掘机（每 t）生产过程数据清单

类型	清单	用途	生产/消耗	单位	排放因子来源
产品	挖掘机	产品	1	t	—
消耗	钢板	原料	856.45	kg	CLCD
	焊丝	原料	1.84	kg	CLCD
	液压油	原料	6.81	kg	CLCD
	油漆	原料	1.47	kg	CLCD
	柴油	原料	8.28	kg	CLCD
	电力	能源	0.0007035	kg/ kWh	华东电网平均 二氧化碳排放 因子
	天然气	能源	2.1622	Kg/m ³	《机械设备制造 企业温室气体 排放核算方法 与报告指南 (试行)与报告 指南(试行)》
废弃 与排 放	二氧化碳[直接排放 到大气]	过程	2804.40	kgCO ₂	IPCC

6.2.2 主要原材料产地

表 6.4 主要原材料运输距离（重量占比较大的原材料）

序号	原材料种类	运输方式	来源	距离（km）
1	钢板	汽运	山东钢铁集团有限公司	340
2	焊丝	汽运	上海林肯电气有限公司	225
3	液压油	汽运	中国石化润滑油有限公司山东销售分公司	400
4	油漆	汽运	江南载福涂料(昆山)有限公司	880
5	柴油	汽运	山东中油胜利石化有限公司	325

6.3 运输

再通过柴油货车直接运输，运输距离见表 6.4km。

表 6.4 产品包装

类型	名称	单位	排放因子来源
包装	挖掘机	t	CLCD

7、数据计算

7.1 计算公式

1. 二氧化碳排放当量是排放因子和基于该因子下活动水平的乘

积：

$$E_i = A_i \times EF_i \quad (1)$$

公式中，

E_i 为第 i 种活动的二氧化碳排放量，t；

A_i 为第 i 种活动的活动水平（如电耗量，kWh）；

EF_i 为第 i 种活动的排放因子，即单位电量生产下二氧化碳排放量，不同的活动水平排放因子的单位有所不同。

表 7.1 CO₂、CH₄、N₂O 的增温潜势

名称	化学式	GWP
二氧化碳	CO ₂	1
甲烷	CH ₄	25
氧化亚氮	N ₂ O	298

表 7.2 每生产 1kWh 电量消耗排放的 CO₂、CH₄、N₂O 的排放因子

名称	化学式	排放因子
二氧化碳	CO ₂	0.011 kg/kWh
甲烷	CH ₄	1.89×10 ⁻³ kg/kWh
氧化亚氮	N ₂ O	1.01×10 ⁻⁵ kg/kWh

2. 二氧化碳排放总当量计算公式为：

$$E = \sum_i A_i \times EF_i \quad (2)$$

甲烷和氮氧化物排放当量是排放因子、基于该因子下活动水平和增温潜势的乘积：

$$E_{ij} = A_{ij} \times EF_{ij} \times GWP_j \quad (3)$$

公式中，

E_{ij} 为第 i 种活动的 j 种温室气体的排放量(t);

A_{ij} 为第 i 种活动第 j 种温室气体的活动水平(如耗电量, kWh);

E_{ij} 为第 i 种活动的第 j 种温室气体的排放因子, 即单位活动下二氧化碳排放量, 不同的单位活动排放因子的单位有所不同;

GWP_j 为第 j 种温室气体的增温潜势。

二氧化碳排放总当量:

$$E = \sum_i \sum_j A_{ij} \times EF_{ij} \times GWP_j \quad (4)$$

7.2 计算结果

表 7.3 生产 1t 挖掘机排放量表

序号	清单	排放量 (kg)
1	挖掘机全生命周期	3120.4369
2	原材料消耗排放	2748.3807
3	能源消耗排放	56.0188
4	原材料、产品运输排放	316.0374
合计	/	3120.4369

注: 由于包装占比比较小, 不予核算包装的排放。

根据公式(4)可以计算出 1t 挖掘机产品的碳足迹 $e=3.12\text{tCO}_2\text{e}$, 从挖掘机生命周期累计碳足迹贡献比例的情况, 可以看出挖掘机的碳排放环节主要集中在原材料消耗和运输环节。

所以为了减小挖掘机碳足迹, 应重点考虑减少原材料消耗和运输

环节的碳足迹，主要削减对象为电钢板采用再生钢板的使用上，运输尽量采用绿色运输车辆。在企业可行的条件下，可考虑调查生产的GWP，提高挖掘机足迹数据准确性。

为减小产品碳足迹，建议如下：

- 1) 加强节能工作，从技术及管理层面提升能源效率，减少能源投入，厂内可考虑实施节能改造，重点提高天然气的利用率，进行余热回收，最终减少生产过程的能源消耗排放。
- 2) 产品和原材料运输车辆改为电动车；
- 3) 原材料钢板尽量选用绿色钢材。

4) 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。

6) 推进产业链的绿色设计发展

制定生态设计管理体制和生态设计管理制度，明确任务分工；构建支撑企业生态设计的评价体系；建立打造绿色供应链的相关制度，推动供应链协同改进。

8、不确定分析

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。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。

9、结语

斗山工程机械（中国）有限公司每生产 1t 挖掘机产品的碳足迹 $e=3.12tCO_2e$ ，其中产品原料主要是钢材，其次为运输过程的柴油消耗、生产过程的电力和液化天然气的消耗。企业可以通过使用绿色材料、绿色运输、工艺技术改造，减少能源，原材料的消耗，以达到产品的碳减排。

低碳是企业未来生存和发展的必然选择，企业进行产品碳足迹的核算是企业实现温室气体排放管理，制定低碳发展战略的第一步。通过产品生命周期的碳足迹核算，企业可以了解排放源，明确各生产环节的排放量，为制定合理的碳达峰、碳中和绿色发展战略打下基础。