

农田土壤调理剂产品 碳足迹核算报告

报告编制机构：永之清碳（北京）科技有限公司

报告编制日期：2023年4月4日



目 录

1、 摘要.....	1
2、 产品碳足迹 (PCF) 介绍.....	1
3、 目标与范围定义.....	2
3.1、 企业及产品介绍.....	2
3.1.1、 企业介绍.....	2
3.1.2、 产品介绍.....	3
3.1.3、 产品生产工艺流程.....	4
3.2、 功能单位.....	6
3.3、 系统边界.....	6
3.4、 分配原则.....	7
3.5、 取舍准则.....	7
3.6、 影响类型和评价方法.....	8
3.7、 软件和数据库.....	8
3.8、 数据质量要求.....	9
4、 过程描述.....	9
4.1、 原材料上游生产和运输阶段.....	9
4.2、 土壤调理剂生产制造阶段.....	9
5、 数据的收集和主要排放因子说明.....	9
5.1、 调研数据.....	10
5.1.1、 原材料采购数据调研.....	10
5.1.2、 农田土壤调理剂生产制造阶段数据调研.....	11
5.1.3、 农田土壤调理剂产品产量数据调研.....	11
5.2、 排放因子来源.....	11
6、 碳足迹计算.....	12
6.1、 碳足迹识别.....	12
6.2、 农田土壤调理剂生产温室气体排放总量计算公式.....	12
6.2.1、 原材料获取阶段温室气体排放总量计算.....	12

6.2.2、	农田土壤调理剂生产制造阶段温室气体排放总量计算	14
6.2.3、	产品碳足迹计算	14
6.3、	碳足迹数据计算与分析	15
6.3.1、	2022 年农田土壤调理剂产品生产温室气体排放量计算	15
6.3.2、	产品碳足迹计算与分析	16
6.3.3、	不同生产阶段碳排放分析	17
6.3.4、	原材料上游生产碳排放分析	17
7、	不确定性分析	18
7.1、	不确定性说明	18
7.2、	不确定性来源	18
7.3、	不确定性结果	19
8、	敏感度分析	19
8.1、	敏感度分析说明	19
8.2、	敏感度分析结果	19
9、	结论与建议	20
9.1、	结论	20
9.2、	建议	20
	参考文献:	20

1、摘要

本项目在永清环保股份有限公司园区药剂厂执行完成。评价的目的是以生命周期评价方法为基础，采用 ISO14067:2018《温室气体—产品碳足迹—量化要求和指南》、PAS 2050:2011《商品和服务在生命周期内的温室气体气体排放评价规范》的要求中规定的碳足迹核算方法，计算得到永清环保股份有限公司园区药剂厂生产的 1 吨农田修复土壤调理剂产品的碳足迹。

没有适用的土壤调理剂产品 CFP-PCR。为了满足碳足迹各相关方沟通的需要，本报告的功能单位定义为生产 1 吨农田土壤调理剂。系统边界为“从摇篮到大门”类型，现场调研了原材料采购、原材料运输和土壤调理剂产品生产制造的生命过程，其中也调查了物料、能源的排放因子，数据来源于 IPCC 数据库、中国生命周期基础数据库 CLCD、《中国产品全生命周期温室气体排放系数库》(lca.cityghg.com)、《中国能源统计年鉴(2017)》。

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农田土壤调理剂产品原材料上游生产温室气体排放对产品碳足迹的贡献最大。

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料的排放因子数据来源于 IPCC 数据库、中国生命周期基础数据库 CLCD、Ecoinvent 数据库、《中国产品全生命周期温室气体排放系数库》(lca.cityghg.com)、《中国能源统计年鉴(2017)》。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。

2、产品碳足迹介绍

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(Carbon Footprint of Products, CFP)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）提供的数值，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《商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》（PAS2050: 2011），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：产品寿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《温室气体—产品碳足迹—量化要求和指南》（ISO 14067:2018），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

3.1.1、企业介绍

永清环保股份有限公司成立于 2004 年，位于浏阳经济技术开发区，于 2011 年在深交所上市，是一家专业从事生态环境综合治理服务的高新技术企业，是“中国最佳创新企业 50 强”，也是湖南省首家 A 股上市环保企业。公司已形成集研发、咨询、设计、制造、工程总承包、营运、投融资为一体的完整的环保产业链，主营业务涵盖土壤修复、固（危）废处置、大气污染治理、新能源、环境咨询、

环境检测、环保装备等环保全领域。

企业已建成投产的8万吨粉末土壤调理剂生产线及3万吨液体离子矿化稳定剂生产线，可广泛应用于重金属污染场地修复、农田重金属污染治理、生活垃圾焚烧发电飞灰处理、危险固体废物无害化处理等领域。目前，企业已建立了完整的药剂生产、销售、售后服务体系，可实现定制化生产模式。

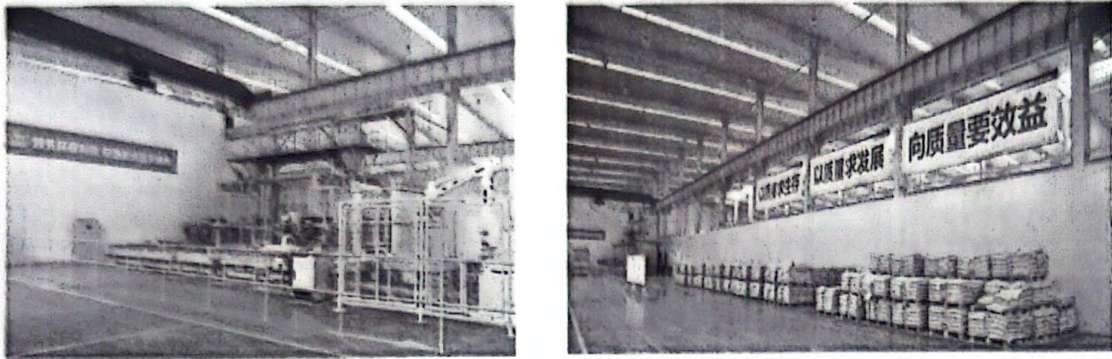


图 3-1 粉末土壤调理剂生产线

3.1.2、产品介绍

本次碳足迹核算主要是针对永清环保股份有限公司药剂厂基地生产的1吨农田修复土壤调理剂产品，该产品适用于重金属污染土壤或危险废物的稳定化处理的药剂，在适当的条件下，能够与污染土壤中的重金属离子发生矿化反应，生成在自然条件下长期稳定存在的矿物类化合物。产品生产相关信息见下表。

表 3-1 产品基本信息

产品名称	1吨农田修复土壤调理剂
药剂混合均匀度	>90%
粒径	100目~200目
重金属稳定化率	>90%



土壤调理剂产品

3.1.3、产品生产工艺流程

土壤调理剂产品生产主要包括原料转运到生产现场后，按加料斗料位情况分别将原料通过皮带送入破包机，经螺旋输送机、斗提机输送至加料斗，按系统指令各圆盘给予料器和皮带计量器进行称重配料，每种计量后的原料经密封皮带送入混合输送螺旋连续混合，配料均匀后由包装斗提机输送至贮料斗，半自动包装称包装，最后入库存放。具体见如下流程图：

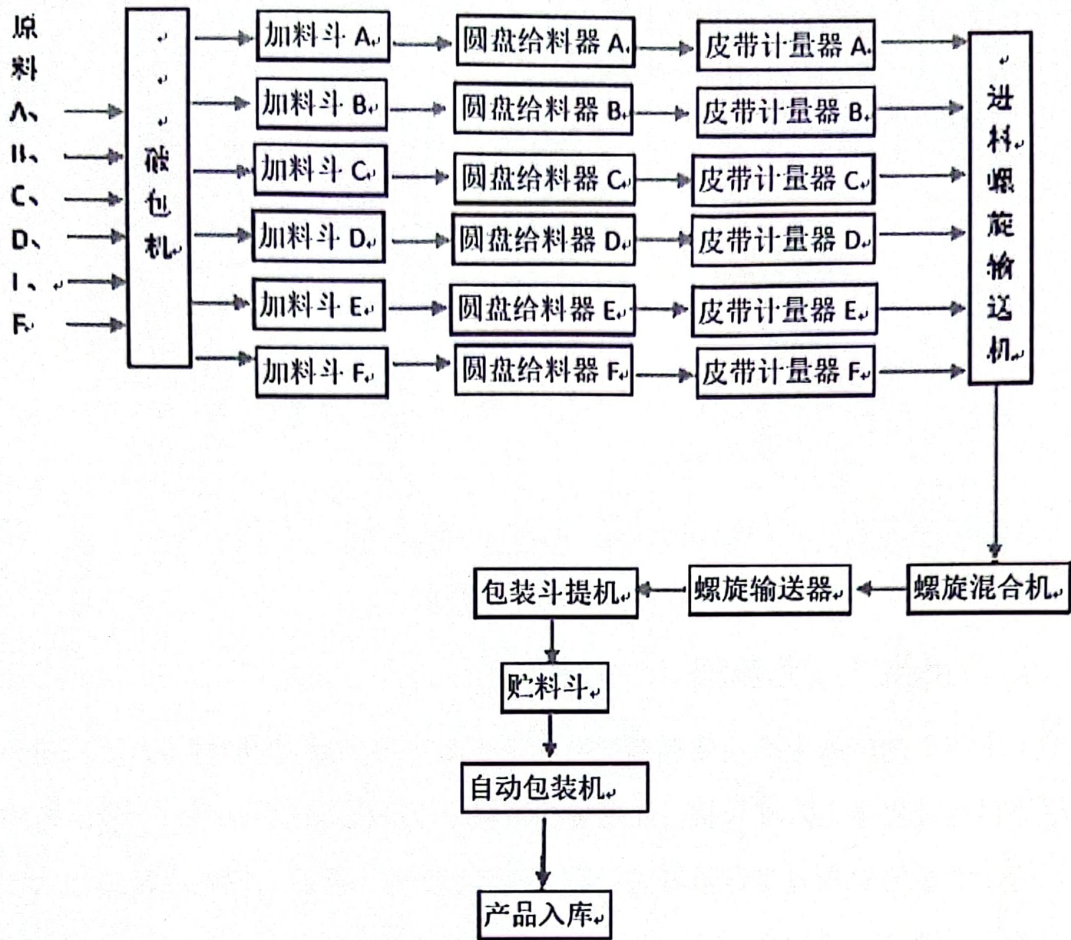
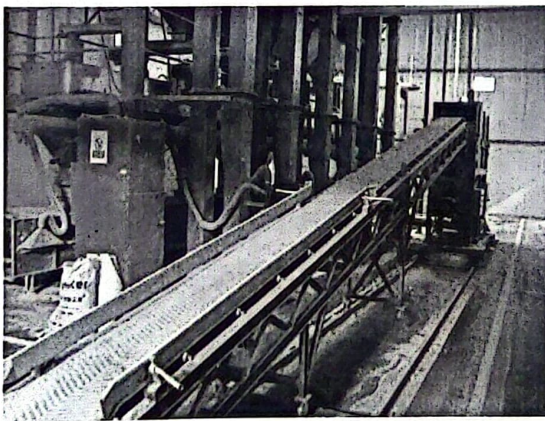
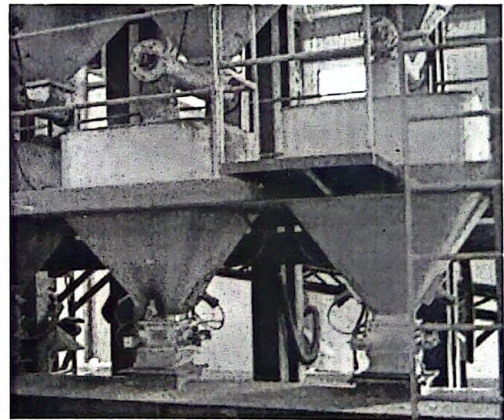


图 3-2 生产工艺流程图

生产加工设备彩色图片资料。



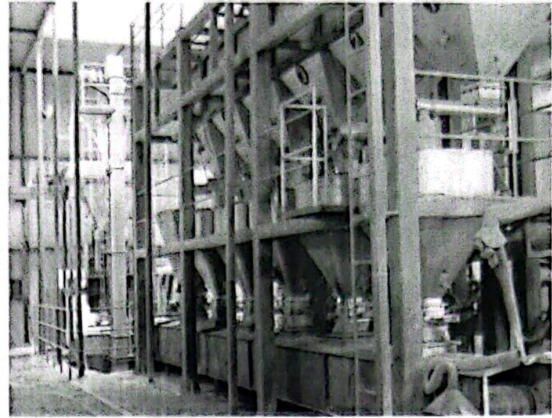
破包机



加料斗



混合机



贮料机

3.2、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 1 吨农田修复土壤调理剂。

3.3、系统边界

根据本项目的目的, 按照 ISO 14067:2018《温室气体—产品碳足迹—量化要求和指南》、PAS2050:2011《商品和服务在生命周期内的温室气体气体排放评价规范》的相关要求, 本次碳足迹评价的边界为永清环保股份有限公司药剂厂基地规模化生产 1 吨农田修复土壤调理剂 2022 年生产活动及非生产活动数据。因此, 确定本次评价的系统边界为: 产品碳足迹系统边界为原材料上游生产、原材料运输、土壤调理剂生产制造。具体的系统边界如下图所示。

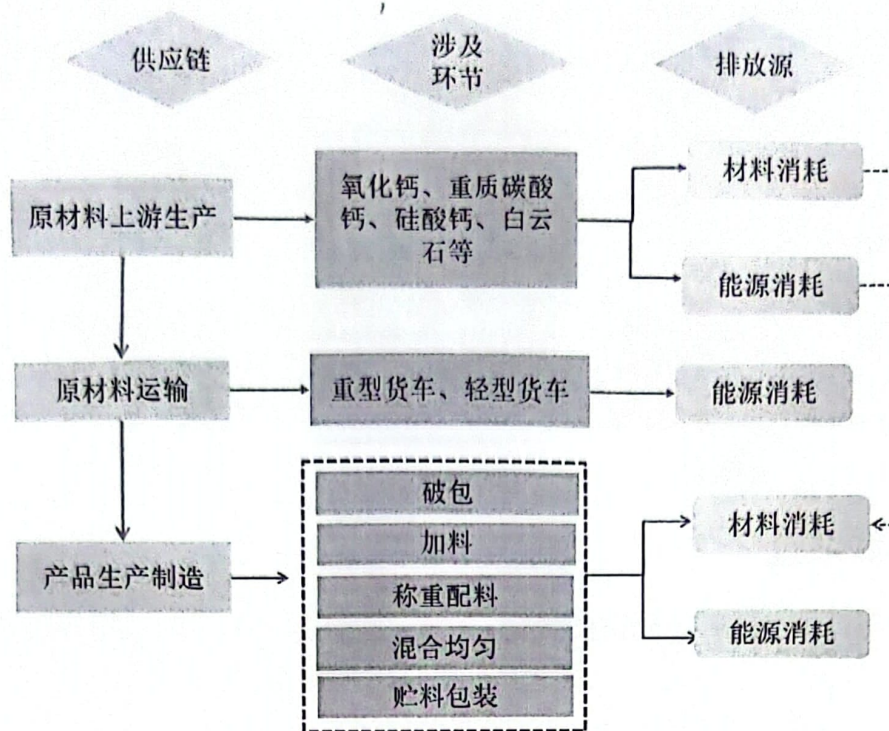


图 3-10 土壤调理剂产品碳足迹边界界定

3.4、分配原则

如果可能，应避免分配，将单位过程划分为两个或多个子过程，并收集与这些子过程相关的投入和产出，本项目农田土壤调理剂产品生产过程主要收集 2022 年度药剂厂生产农田土壤调理剂活动数据，土壤调理剂生产过程中的电力消耗等为单独生产线共用，该阶段仅生产农田土壤调理剂产品，氧化钙、硅酸钙、重质碳酸钙、白云石、纸袋、用电量等材料的使用量可以单独收集。

3.5、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：

- 辅助材料质量小于原料总消耗 0.3% 的项目输入可忽略；本项目中的棉绳等小于总耗量的 0.3%，故忽略其碳排放。
- 小于固体废弃物排放总量 1% 的一般性固体废弃物可忽略；
- 道路与厂房的基础设施、各工序的设备、厂房内人员及生活设施的消耗和排放，均忽略；
- 本报告所有原材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。

3.6、影响类型和评价方法

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，对产品核算边界内的全球变暖潜值（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）等，并且采用了 IPCC 第六次评估报告（2021 年）中的 GWP 值来计算产品的碳足迹。GWP 值是基于 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）。

3.7、软件 and 数据库

评价过程中用到的数据库包括 IPCC 数据库、天工 LCA 数据库、中国生命周期基础数据库 CLCD 和《中国产品全生命周期温室气体排放系数库》（lca.cityghg.com），部分原辅料数据采用了瑞士 Ecoinvent 数据库的数据。分别介绍如下：

IPCC 数据库由 IPCC 国家温室气体清单特别工作组联合主席带领世界各国 250 多名专家组成温室气体清单编制指导小组，经两次专家评审后形成终稿，自发布后沿用至今，覆盖了能源、工业过程和产品施用、农业、林业和其它土地利用、废弃物的排放因子。IPCC 温室气体清单编制方法是《联合国气候变化框架公约》各缔约方指定采用的国家清单编制方法，目前已得到国际的广泛认可。

CLCD 是代表中国基础工业系统的 LCA 基础数据库，反映中国生产技术及市场平均水平。CLCD 数据库包括国内 600 多个大宗的能源、原材料、运输的清单数据集，是国内目前唯一可公开获得的中国本地生命周期基础数据库。

“天工 LCA 数据库”由天工社区 150 余名行业专家联合构建，以开放、开源、共享、透明、可追溯为基本原则，汇聚了涵盖我国 55 个行业、4000 多组单元过程的 70000 多条公开数据。“天工 LCA 数据库”在全球范围开放免费使用。

《中国产品全生命周期温室气体排放系数库》由生态环境部环境规划院碳达峰碳中和研究中心联合北京师范大学生态环境治理研究中心、中山大学环境科学与工程学院，在中国城市温室气体工作组（CCG）统筹下，组织 24 家研究机构

的 54 名专业研究人员共同建设，经过 16 名权威专家（其中 8 位院士，9 位国家气候变化专家委员会顾问/委员）评审，逐一修改并回复了专家提出的所有意见和建议，最终完成数据集并且全部公开。

3.8、数据质量要求

为满足数据质量要求，在本报告中主要考虑了以下几个方面：

准确性：实景数据的可靠程度；

代表性：生产商、技术、地域以及时间上的代表性；

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，其中企业提供的经验数据取平均值。本报告在企业现场数据的调查、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、中国生命周期基础数据库 CLCD 和《中国产品全生命周期温室气体排放系数库》（lca.cityghg.com）；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数据库中数据。

4、过程描述

4.1、原材料上游生产和运输阶段

原材料生产和采购运输温室气体排放包括氧化钙、硅酸钙、重质碳酸钙、白云石、纸袋等各类原辅材料上游生产产生的温室气体排放和及其从供应商仓库运输至永清环保股份有限公司园区药剂厂所产生的温室气体排放。

4.2、土壤调理剂生产制造阶段

土壤调理剂生产和管理阶段主要包括原材料加入、配比计量、称重、混料、均匀、称重、包装等阶段过程中能源消耗（电力）产生的温室气体总量。

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的量化数据（包括物料的输入、输出，能源使用，交通运输等方面）；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。全球增温潜势（GWP）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。活动水平数据来自现场实测，排放因子采用 IPCC 规定的缺省值或公开发表的文献、研究报告中的数值。

5.1、调研数据

5.1.1、原材料采购数据调研

园区药剂厂基地 2022 年度生产线生产农田土壤调理剂产品消耗的原材料主要有氧化钙、硅酸钙、重质碳酸钙、白云石、纸袋等，各材料消耗量、原材料供应商及其运输方式、运输距离详细情况如下表表 5-1。

表 5-1 2022 年度农田土壤调理剂生产原材料消耗统计表

原材料名称	消耗量（吨）	供应商	运输方式	运输距离/km
氧化钙	3.95	江西玉雪钙业有限公司	重型载货汽车	700.00
硅酸钙	35.55	江西玉雪钙业有限公司	重型载货汽车	700.00
重质碳酸钙	55.30	江西玉雪钙业有限公司	重型载货汽车	700.00
白云石	63.20	江西玉雪钙业有限公司	重型载货汽车	700.00
塑料袋	0.38	江西玉雪钙业有限公司	重型载货汽车	700.00

5.1.2、农田土壤调理剂生产制造阶段数据调研

农田土壤调理剂生产制造阶段主要是生产过程中的电力消耗，主要消耗情况如下：

表 5-2 2022 年度农田土壤调理剂产品生产能源消耗表

序号	名称	单位	2022 年
1	药剂厂用电量	兆瓦时	1.422

5.1.3、农田土壤调理剂产品产量数据调研

2022 年度园区药剂厂农田土壤调理剂的产量见表 5-3。

表 5-3 2022 年度土壤调理剂产品产量统计表

产品	单位	产量	规格
农田土壤调理剂	吨	158	25kg/1 袋

5.2、排放因子来源

表 5-4 碳排放因子及其来源表

序号	名称	类型	排放因子	数据来源
1	氧化钙	原材料/物料	1.11tCO ₂ e/t	《中国产品全生命周期温室气体排放系数库》
2	硅酸钙	原材料/物料	0.45tCO ₂ e/t	《和能人居科技（天津）集团股份有限公司硅酸钙复合板产品碳足迹报告》
3	重质碳酸钙	原材料/物料	0.440tCO ₂ e/t	《中国钢铁生产企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》
4	白云石	原材料/物料	0.471tCO ₂ e/t	《中国钢铁生产企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》
5	塑料袋	原材料/物料	8.21tCO ₂ e/t	《中国产品全生命周期温室气体排放系数库》
6	电	能源	0.4820tCO ₂ e/ MWh	天工数据库
7	重型货车	运输	0.049kgCO ₂ /(t·km)	《中国产品全生命周期温室气体排放系数库》

6、碳足迹计算

6.1、碳足迹识别

不同阶段的温室气体排放源和温室气体种类见下表。

表 6-1 温室气体排放源

项目		温室气体种类	活动数据来源
原材料上游生产	电力消耗和热力消耗	CO ₂	供应商数据、数据库数据
原材料采购运输	燃料燃烧	CO ₂	供应商数据、数据库数据
产品生产制造	电力消耗	CO ₂	生产报表

6.2、农田土壤调理剂生产温室气体排放总量计算公式

农田土壤调理剂生产温室气体排放总量计算应包括原料获取阶段、生产制造阶段涉及的所有单元过程，按式（1）计算：

$$E_{\text{总}, i} = E_{\text{原料获取}, i} + E_{\text{生产制造}, i} \quad (1)$$

式中：

$E_{\text{总}}$ ——第*i*月农田土壤调理剂生产温室气体排放总量，单位为千克二氧化碳当量（tCO₂e）；

$E_{\text{原料获取}, i}$ ——第*i*月农田土壤调理剂生产原料获取阶段温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量（tCO₂e）；

$E_{\text{生产制造}, i}$ ——第*i*月农田土壤调理剂生产制造阶段温室气体排放散，单位为千克二氧化碳当量（tCO₂e）。

6.2.1、原材料获取阶段温室气体排放总量计算

原料获取阶段温室气体排放主要包括原料上游生产温室气体排放、原料运输至企业温室气体排放，按式（2）计算：

$$E_{\text{原料获取}, i} = E_{\text{原料}, u} + E_{\text{原料}, t} \quad (2)$$

式中：

$E_{\text{原料获取},i}$ ——第*i*年度农田土壤调理剂生产原料获取阶段温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量（tCO₂e）；

$E_{\text{原料},u}$ ——原料上游生产过程产生的温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量（tCO₂e）；

$E_{\text{原料},t}$ ——原料运输至企业产生的温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量（tCO₂e）。

（1）原料上游生产温室气体排放量计算

原料上游生产温室气体排放量按式（3）计算：

$$E_{\text{原料},u} = \sum_j C_j \times RF_j \quad (3)$$

式中：

$E_{\text{原料},u}$ ——原料上游生产过程产生的温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量（kgCO₂e）；

j ——不同原料种类；

C_j ——第*j*类原料消耗量，单位为千克（t）；

RF_j ——第*j*类原料温室气体排放因子，单位为千克二氧化碳当量每吨（tCO₂e/t）。

（2）原材料运输温室气体排放量计算

原料运输至企业产生的温室气体排放量按式（4）计算：

$$E_{\text{原料},t} = \sum_j (W_j \times D_j) \times EF_{\text{运输}} \quad (4)$$

式中：

$E_{\text{原料},t}$ ——原料运输至企业产生的温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量（kgCO₂e）；

j ——不同原料种类；

W_j ——第*j*类原料重量，单位为吨（t）；

D_j ——第*j*类原料运输距离，单位为千米（km）；

$EF_{\text{运输}}$ ——运输方式温室气体排放因子，单位为千克二氧化碳当量每吨千米 [kgCO₂e/(t·km)]。

6.2.2、农田土壤调理剂生产制造阶段温室气体排放总量计算

农田土壤调理剂生产制造阶段温室气体排放主要包括各种能源消耗温室气体排放，按式（5）计算：

$$E_{\text{生产}, i} = E_{\text{能源}} \quad (5)$$

式中：

$E_{\text{生产}, i}$ ——第*i*月农田土壤调理剂生产制造阶段温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量（kgCO₂e）；

$E_{\text{能源}}$ ——能源消耗温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量(tCO₂e)。

能源消耗过程温室气体排放主要包括外购电力产生的温室气体排放，按净购入电力消耗温室气体排放量按式（6）计算：

$$E_{\text{电力}} = AD_{\text{净购电}} \times EF_{\text{电}} \times 10^3 \quad (6)$$

式中：

$E_{\text{电力}}$ ——净购入电力产生的温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量(tCO₂e)；

$AD_{\text{净购电}}$ ——净购入电力消耗量，单位为兆瓦时（MWh）；

$EF_{\text{电}}$ ——电力排放因子，单位为吨二氧化碳当量每兆瓦时（tCO₂e/MWh）；

10^3 ——吨与千克的转换系数。

6.2.3、产品碳足迹计算

(1) 2022 年度农田土壤调理剂产品排放总量计算 $E_{\text{总}}$

本项目为园区药剂厂基地 2022 年度生产农田土壤调理剂产品温室气体排放总量 $E_{\text{总}, i}$ 按公式（7）进行计算。

$$E_{\text{总}, i} = E_{\text{原料获取}, i} + E_{\text{生产制造}, i} \quad (7)$$

式中：

$E_{\text{总}}$ ——2022年度农田土壤调理剂生产温室气体排放总量，单位为千克二氧化碳当量（tCO₂e）；

$E_{\text{原料获取}, i}$ ——2022年度农田土壤调理剂生产原料获取阶段温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量（tCO₂e）；

$E_{t, \text{生产阶段}, i}$ ——2022年度农田土壤调理剂生产制造阶段温室气体排放散，单位为千克二氧化碳当量（tCO_{2e}）。

(2) 农田土壤调理剂产品单位产量水平的碳足迹按计算公式（8）进行计算。

$$CFP_i = \frac{E_{\text{总}, i}}{P_i} \quad (8)$$

式中：

CFP——本项目生产1吨农田土壤调理剂的产品碳足迹（tCO_{2e}/t）；

$E_{\text{总}, i}$ ——2022年度农田土壤调理剂生产温室气体排放总量，单位为千克二氧化碳当量（tCO_{2e}）；

P_i ——2022年度农田土壤调理剂产品生产量，单位为吨（t）；

6.3、碳足迹数据计算与分析

6.3.1、2022 年农田土壤调理剂产品生产温室气体排放量计算

根据园区药剂厂提供相关活动数据，2022 年农田土壤调理剂生产原材料上游生产、原材料采购运输和产品生产制造 3 个阶段温室气体排放量见表 6-2。

由表可知，2022 年农田土壤调理剂生产原材料上游生产阶段温室气体排放量是 77.54tCO_{2e}；原材料采购运输阶段温室气体排放量是 9.20tCO_{2e}；产品生产制造阶段温室气体排放量是 0.69 tCO_{2-eq}。温室气体排放总量为 87.43tCO_{2e}。

表 6-2 2022 年农田土壤调理剂产品生产温室气体排放情况

来源		碳排放（tCO _{2e} ）	占比（%）	占比（%）	
原材料获取	投入物料	氧化钙	4.38	5.02%	88.69%
		硅酸钙	16.00	18.30%	
		重质碳酸钙	24.33	27.83%	
		白云石	29.70	33.98%	
		塑料袋	3.12	3.57%	
	物料运输	氧化钙运输	0.23	0.26%	10.53%
		硅酸钙运输	2.07	2.36%	
		重质碳酸钙	3.21	3.68%	

		运输			
		白云石运输	3.67	4.20%	
		塑料袋运输	0.02	0.03%	
生产制造	生产用电		0.69	0.78%	0.78%
二氧化碳排放总量 (tCO ₂ e)			87.43	0.78%	100.00%

6.3.2、产品碳足迹计算与分析

根据永清环保股份有限公司园区药剂厂提供 2022 年度农田土壤调理剂的生产产量，可以计算出以上单位产品的碳足迹为 **0.5533tCO₂e/t**。

表 6-3 单位农田土壤调理剂产品碳足迹

产品名称	规格	产量 (t)	碳排放总量 (tCO ₂ e)	单位产品碳足迹(tCO ₂ e/t)
农田土壤调理剂	1t	158	87.43	0.5533

6.3.3、不同生产阶段碳排放分析

下图为 2022 年度农田土壤调理剂产品生产原材料上游生产、原材料采购运输和农田土壤调理剂产品生产制造 3 个阶段温室气体排放量占比图,可知三个阶段碳排放中原材料上游生产阶段>原材料采购运输阶段>产品生产制造阶段。

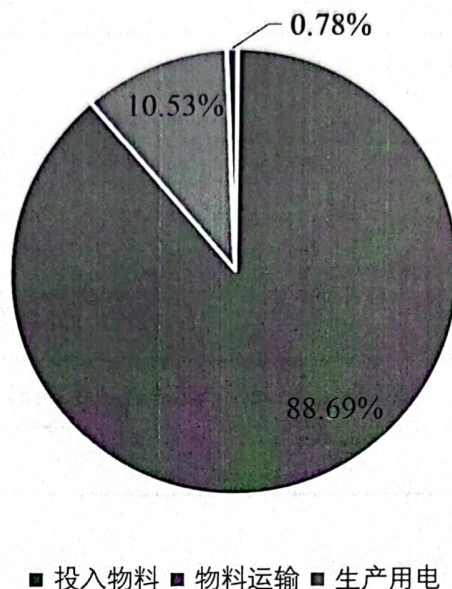


图 6-1 生产各阶段温室气体排放量饼状图

6.3.4、原材料上游生产碳排放分析

产品各原材料上游生产碳排放占比图见图,由图可知,产品原材料碳排放依次为白云石>重质碳酸钙>硅酸钙>氧化钙>塑料袋,其中白云石的碳排放量最大,占比均值为 33.98%。

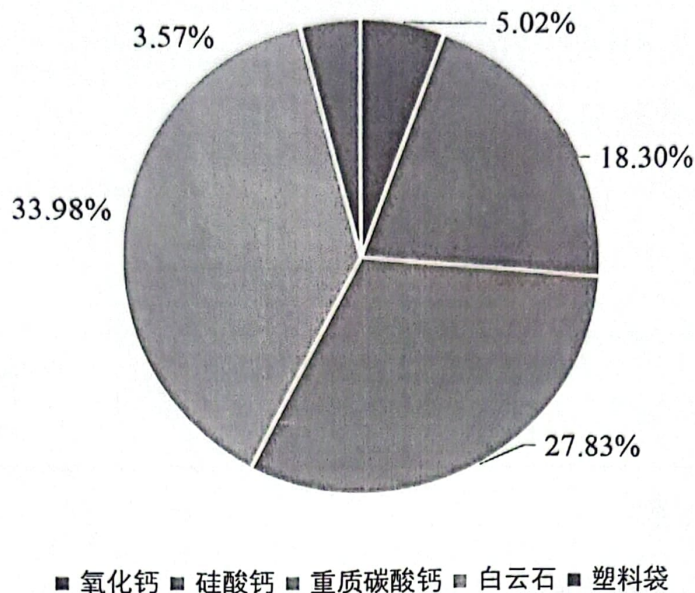


图 6-2 原材料上游生产碳排放占比饼状图

7、不确定性分析

7.1、不确定性说明

本报告不确定性量化主要利用「一阶误差传递法」，将单一活动项目各温室气体之活动数据与排放系数的不确定性进行量化，再以排放总量加权比例来进行评估。

7.2、不确定性来源

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。

本公司碳排放量不确定性量化范围，以电力进行不确定性量化评估工作，评估范围分别占总碳排放量 0.78%。

电力活动数据由电表计量计量，根据中华人民共和国国家标准「GB 17167-2006：用能单位能源计量器具配备和管理通则」中 4.3.8 规范：电表的准确度等级要求为 1%，按照 95%置信区间乘上扩充系数 2 后，取±2%做为电力数据之不确定性。

电力和蒸汽的排放系数参考 Revised 1996 IPCC Guidelines for National

Greenhouse Gas Inventories: Reporting Instructions 建议，取制造业、能源产业之 7%进行排放系数不确定性评估。

7.3、不确定性结果

本次盘查采用上述方法进行定量评估，不确定性评估结果如表 7-1 所示。

表 7-1 温室气体不确定性量化评估结果

能源类别	信赖区间	95%信赖区间下限	95%信赖区间上限
电力	不确定性	-7.280%	+7.280%

8、敏感度分析

8.1、敏感度分析说明

本报告之敏感度分析系针对排放量占比大于等于 5%的冲击热点项目，评估其活动数据对整体产品碳足迹结果的影响。透过调整热点排放源的活动数据于增、减量±10%、±20%等 4 个情境下，分析对总排放量的影响。

8.2、敏感度分析结果

各活动数据增减情境对产品碳足迹占比的影响如表 8-1 所示。

表 8-1 各活动数据增减情境对产品碳足迹占比的影响

项目	-10%总碳足迹变动百分比	+10%总碳足迹变动百分比	-20%总碳足迹变动百分比	+20%总碳足迹变动百分比
氧化钙	-0.49%	0.47%	-0.98%	0.94%
硅酸钙	-1.52%	1.47%	-3.10%	2.89%
重质碳酸钙	-2.06%	1.95%	-4.26%	3.81%
白云石	-2.33%	2.16%	-4.82%	4.19%

9、结论与建议

9.1、结论

根据永清环保股份有限公司园区药剂厂提供2022年度农田土壤调理剂的生产产量，可以计算出以上1吨农田土壤调理剂产品的碳足迹为 $0.5533\text{tCO}_2\text{e/t}$ 。

9.2、建议

通过产品生命周期碳排放评估发现，通过对贡献产品碳足迹占比分析提供如下建议。

(1) 若想进一步降低产品碳足迹，可从以下方面考虑：

- 要求上游供应商提供原辅材料的产品碳足迹报告，对比各供应商产品生命周期碳排放量，选择采购碳足迹较低及距工厂距离较近的原辅材料；
- 在不影响产品功能和效率的情况下，采用温室气体排放当量更小的原材料等；
- 继续加强节能工作，从技术及管理层面提升能源效率，减少生产阶段电力消耗，从而减少能源消耗产生的碳排放量。

(2) 受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。

(3) 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。

参考文献:

[1].2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories;

[2].Product Carbon Footprint Memorandum, Position statement on measurement and communication of the product carbon footprint for international standardization and harmonization purposes, Berlin, December 2009;

[3].ISO 14067:2018, Greenhouse Gases—Carbon Footprint of Products—Requirements and Guidelines for Quantification and Communication[J]. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 2018;

[4].BSI, The Guide to PAS 2050: 2011, How to carbon footprint your products, identify hotspots and reduce emissions in your supply chain.

