

北京天罡助剂有限责任公司
Tiangang®T-81 产品碳足迹报告

委托方：北京天罡助剂有限责任公司

受托方：北京耀阳高技术服务有限公司

2024 年 8 月



目 录

执行摘要	1
1. 产品碳足迹介绍 (CFP) 介绍	2
2. 目标与范围定义	3
2.1 天罡助剂及其产品介绍	3
2.2 研究目的	4
2.3 研究范围	4
2.3.1 功能单位	4
2.3.2 系统边界	5
2.3.3 取舍准则	5
2.3.4 影响类型和评价方法	6
2.3.5 软件和数据库	6
2.3.6 数据质量要求	7
3. 过程描述	7
3.1 Tiangang®T-81 生产	7
3.2 电力获取排放因子	8
4. 结果分析与讨论	8
4.1 Tiangang®T-81 的碳足迹按物质获取展示	9
4.2 Tiangang®T-81 的碳足迹按过程展示	10
4.3 Tiangang®T-81 生产的灵敏度分析	10
5. 结论	10

执行摘要

本项目受北京天罡助剂有限责任公司（以下简称“天罡助剂”）委托，由北京耀阳高技术服务有限公司执行完成。研究的目的是以生命周期评价方法为基础，采用国际标准化组织（International Organization for Standardization，简称 ISO）编制的 ISO 14067 标准和英国标准协会（British Standards Institution，简称 BSI）编制的 PAS 2050 标准中规定的碳足迹核算方法，计算得到北京天罡助剂有限责任公司生产的 Tiangang®T-81 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 1 吨 Tiangang®T-81。系统边界为“从摇篮到大门”类型，现场调查了天罡助剂从原材料进厂到 Tiangang®T-81 产品出厂的过程，电力、液化天然气等数据来源于数据库。

Tiangang®T-81 产品的碳足迹分析见第四章。报告中对生产 Tiangang®T-81 产品消耗的原辅料进行了分析、各生产工序对碳足迹贡献比例做了分析、对其生产的灵敏度进行了分析。从分析结果来看，天罡助剂生产 1 吨 Tiangang®T-81 的碳足迹为 1.929tCO_{2e}。Tiangang®T-81 生产生命周期过程中，资源的获取过程对碳足迹贡献较大，占 Tiangang®T-81 碳足迹的 63%；能源获取过程次之，占 37%。

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。现场调查了天罡助剂从原材料进厂到 Tiangang®T-81 出厂的过程。大部分国内生产的大宗原材料的数据来源于 CLCD 数据库，此数据库由成都亿科环境科技有限公司自主开发，代表了中国基础工业平均水平，CLCD 数据库缺乏的原材料数据由 Ecoinvent 提供，中国的混合电力生产的数据来源于 CLCD 数据库。本研究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。

1. 产品碳足迹介绍（CFP）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^[1]。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 g CO₂e。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^[2]。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《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。

2. 目标与范围定义

2.1 天罡助剂及其产品介绍

北京天罡助剂有限责任公司（以下简称“天罡助剂”），成立于 1998 年 06 月 15 日，注册资本 26270.6666 万元人民币，是国内最早研究耐候新材料技术的企业。位于北京市大兴区魏善庄镇黄魏路北侧吴庄南街临 4 号、7 号，占地面积约 67279 平方米。已通过 ISO9001, ISO14001, ISO45001 三个国际体系认证并获得证书。

天罡助剂主要产品为 Tiangang®T-81 以及 HS-427 助剂，是特别适合尼龙使用的高性能受阻胺类的光稳定剂。本产品结构特殊，具有和尼龙产品极佳的相容性、较高的热稳定性，在显著改善尼龙产品光热稳定性的同时，还可以起到降低熔体粘度、改善熔体稳定性的功能，因此特别适合各类尼龙材料使用。

天罡助剂作为国内最早研究耐候新材料技术的企业，天罡助剂先后参与了多项国家标准的修订韩国，包括温室大棚膜浊度技术要求、塑料实验室光源暴露试验方法（氙弧灯）、塑料实验室光源暴露试验方法（荧光紫外灯）、塑料实验室光源暴露试验方法（开放式碳弧灯）等国家及行业技术标准。近年来，天罡助剂已经开展了 20 余项重大科技成果项目，其中多项产品和技术已经远超国际领先水平，为企业的绿色可持续发展做出了突出的贡献，让我国的新材料耐候技术迈上了新台阶。

天罡助剂自创立之初就十分重视产学研合作，公司聘请了行业内的专家作为天罡助剂的技术指导，并且多次组织人员外出观摩学习、培训，以此来逐步完善和加强企业的创新能力。自成立以来，天罡助剂一直加强与各大科研院所、高校、高精技术企业合作。天罡助剂与天津大学化学研究院签订了产学研合作协议，并合作建立了联合科研实验室。在新产品的开发工作中，工厂根据科技发展和市场需求，加强与科技院所的交流与合作，通过联合开发设计、技术引进、合作开发的多维模式将科技成果转化成生产力，为企业不断创造效益。天罡助剂近年来不断加大对于研发的投入，扩大了新产品的研发规模，企业研发的产品不断的迈上新台阶。

天罡助剂拥有多个专业的分析实验室、合成实验室、老化应用技术实验室、

设备设计试验、耐候新材料加工技术试验车间以及用于技术改进和新技术试验的中试车间。此外，天罡助剂还有北京市企业技术中心，中国塑料制品试验室，中国轻工业塑料制品耐候工程技术研究中心。为了保持企业始终拥有一流的试验技术条件，天罡助剂投入大量的资金配备先进的试验和测试研发设备，企业科研仪器设备原值已超过 600 万元，每年科技研发经费已经超过天罡助剂总销售额的 5% 以上。天罡助剂拥有一支由博士、硕士、高级工程师等组成的高水准的研发试验技术队伍，辅以多套气相色谱、液相色谱、凝胶色谱、红外光谱仪、紫外可见光谱仪、顶空进样的气相色谱、DSC、TGA 等先进的化学分析设备，以期更深入的研究材料的防老化技术，为客户提供更加全面的技术服务与支持。

2.2 研究目的

本研究的目的是核算天罡助剂生产的 Tiangang®T-81 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。

碳足迹核算是天罡助剂实现低碳、绿色发展的基础和关键，披露产品的碳足迹是天罡助剂环境保护工作和社会责任的一部分，也是天罡助剂迈向国际市场的重要一步。本项目的研究结果将为天罡助剂与 Tiangang®T-81 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：一是天罡助剂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、下游采购商、地方政府和环境非政府组织等。

2.3 研究范围

根据本项目研究目的，按照 PAS 2050^[3]和 ISO 14067^[4]标准的要求。确定本研究的研究范围包括功能单位、系统边界、分配原则、取舍原则、影响评价方法和数据质量要求等。

2.3.1 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 吨 Tiangang®T-81。

2.3.2 系统边界

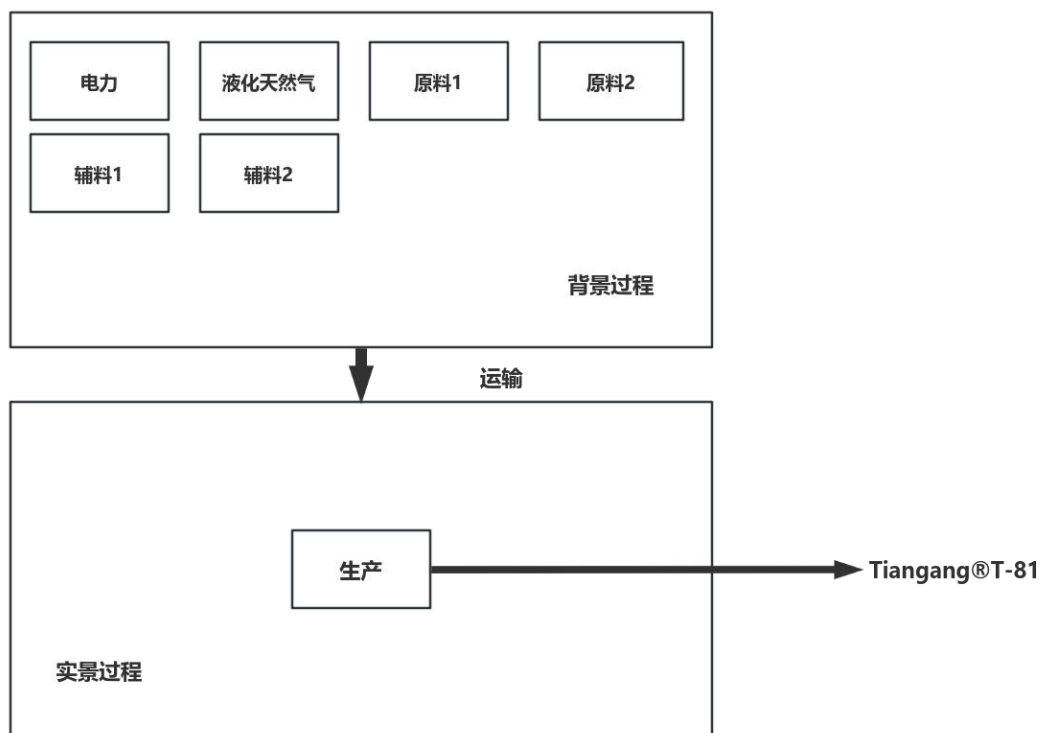


图 1.1 Tiangang®T-81 生产系统边界图

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，Tiangang®T-81 的系统边界见下表：

表 1.2 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"> ✓ Tiangang®T-81 生产的生命周期过程包括：原辅料接受——能源获取——生产 ✓ 中国的电力、液化天然气、原料 1、原料 2、辅料 1、辅料 2 的生产 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 资本设备的生产及维修 ✓ 产品的运输、销售和使用 ✓ 产品回收、处置和废弃阶段

2.3.3 取舍准则

本研究采用的取舍准则为：

- 各生产单元过程物料与产品的重量比小于 1%，且上游数据不可得的物料被忽略
- 各生产单元过程物料与产品的重量比小于 1%，且上游数据可得的物料不被忽略

- 各生产单元过程物料与产品的重量比大于 1%，且上游数据不可得的物料采用按化学成分近似替代
- 来自于上游的低价值物料，如矿渣、炉渣等

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，因此无忽略的物料。

2.3.4 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。

研究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），氢氟碳化物（HFC）和哈龙等。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^[6]。

2.3.5 软件 and 数据库

本研究采用 eFootprint 软件系统，建立了 Tiangang®T-81 产品生命周期模型，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“从摇篮到大门”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）和公路运输被本研究所采用。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。<http://www.Ecoinvent.org>

2.3.6 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：

- 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，代表企业2023年生产水平
- 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，在研究过程中首选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2024年8月进行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CLCD数据库和Ecoinvent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CLCD数据库和Ecoinvent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。

现场过程温室气体的直接排放量为次级数据，全由标准或文献中的公式计算得到。

3. 过程描述

3.1Tiangan@T-81 生产

天罡 Tiangan@T-81 产品生产工艺流程见下图：

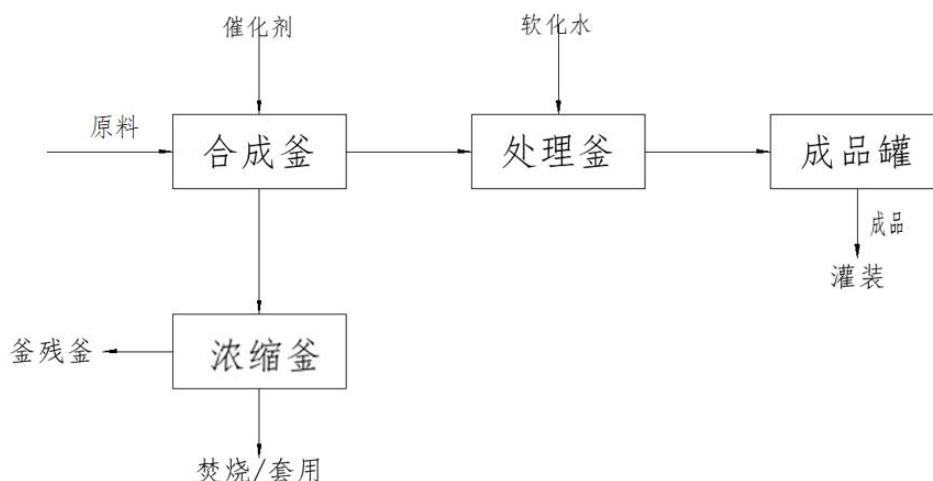


图 3.1 Tiangan@T-81 生产工艺流程

Tiangan@T-81 生产工序数据清单见下表：

Tiangan@T-81 生产数据清单

表 3.1 Tiangan@T-81 生产数据清单

类型	清单	用途	单耗	单位
产品	Tiangan@T-81 产品	主产品	1	t
消耗	液化天然气	能源	0.11	t
	电力	能源	539.24	Kwh
	原料 1	原料	0.11	t
	原料 2	原料	0.21	t
	辅料 1	辅料	0.3	t
	辅料 2	辅料	0.3	t

3.2 电力获取排放因子

天罡助剂位于北京市，本次调研天罡产品生产用电来源于北京市市政电网，代表 2023 年全国电网平均排放因子。通过 eFootprint 计算获取 1kwh 电力排放 0.5568tCO_{2e}。

4. 结果分析与讨论

将清单数据用 eFootprint 计算得到生产 1 吨 Tiangan@T-81 的碳足迹为 1.929tCO_{2e}。

表 4.1 Tiangan@T-81 碳足迹

序号	物质	GWP (tCO _{2e})
----	----	--------------------------

1	液化天然气	0.2871
2	电力	0.417
3	原料 1	0.1749
4	原料 2	0.477
5	辅料 1	0.123
6	辅料 2	0.45

4.1 Tiangang®T-81 的碳足迹按物质获取展示

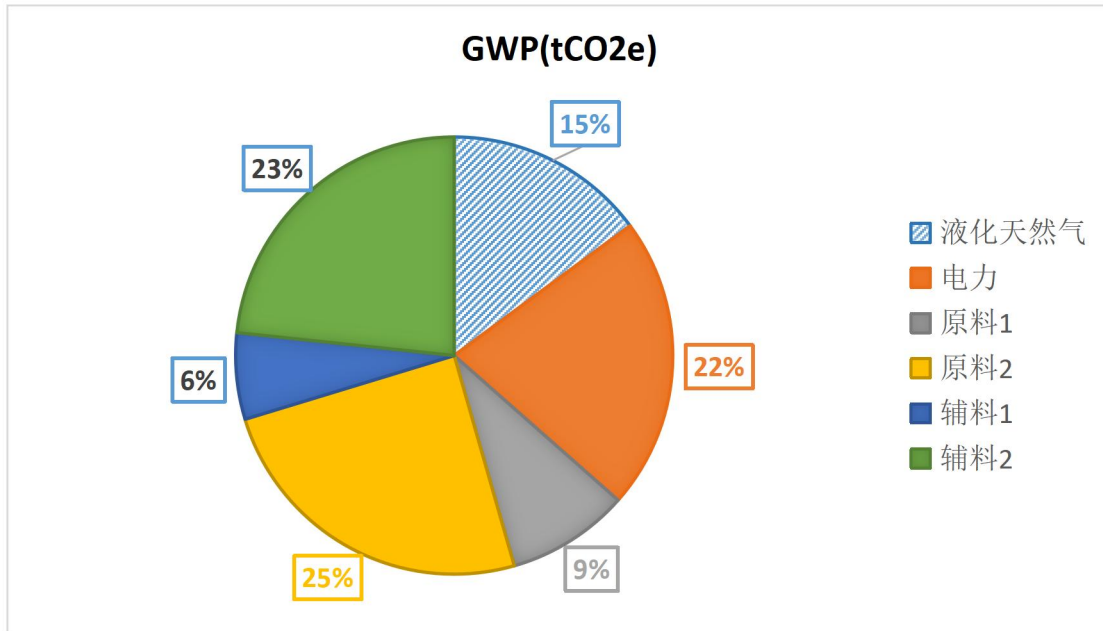


图 4.1 Tiangang®T-81 的碳足迹按物质获取展示

由图可知，Tiangang®T-81 产品生命周期物质获取中，原料 2 对其 GWP 贡献最大占 25%；辅料 2 的获取占 23%，电力的获取占 22%，液化天然气的获取占 15%；原料 1 的获取占 9%；辅料 1 的获取占 6%。

4.2 Tiangang®T-81 的碳足迹按过程展示

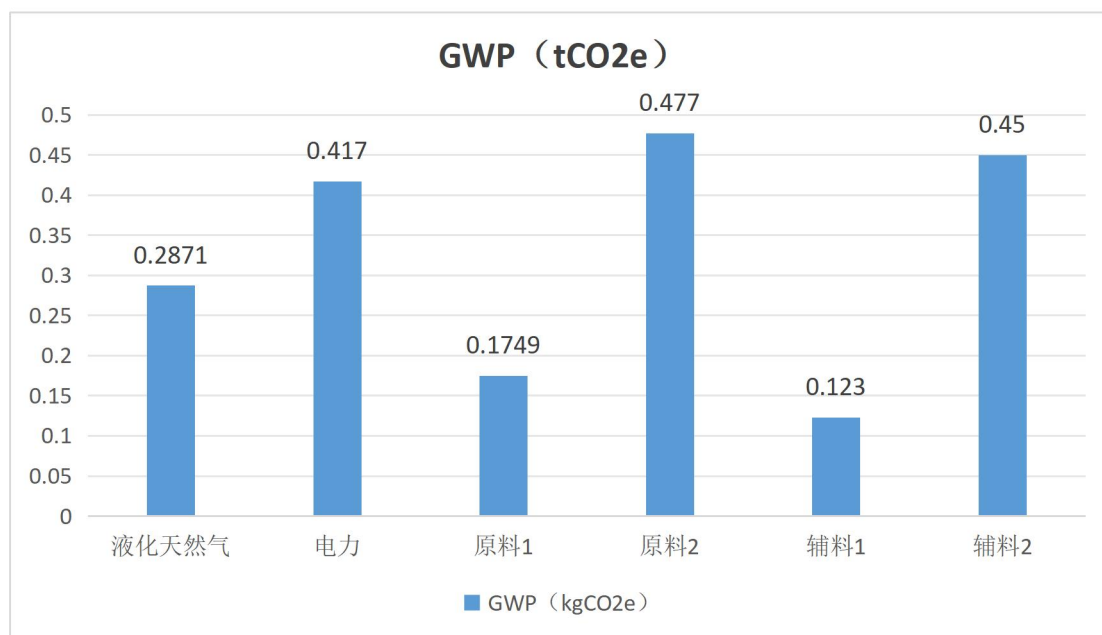


图 4.2 Tiangang®T-81 生命周期各过程碳足迹贡献比例

上图展示了 Tiangang®T-81 产品生命周期各过程碳足迹贡献比例的情况，可知资源的获取过程对碳足迹贡献较大，占 Tiangang®T-81 碳足迹的 63%；能源获取过程次之，占 37%。

4.3 Tiangang®T-81 生产的灵敏度分析

Tiangang®T-81 生产生命周期过程，不同物料和能源等获取对 Tiangang®T-81 碳足迹的贡献大小见表。

表 4.2 Tiangang®T-81 生产不同过程碳足迹贡献识别

过程	清单	对 GWP 贡献
1	液化天然气	15%
2	电力	22%
3	原料 1	9%
4	原料 2	25%
5	辅料 1	6%
6	辅料 2	23%

5. 结论

通过以上分析可知，天罡助剂生产 1 吨 Tiangang®T-81 的碳足迹为 1.929tCO₂e。

Tiangang®T-81 生产生命周期过程中，资源的获取过程对碳足迹贡献较大，占 Tiangang®T-81 碳足迹的 63%；能源获取过程次之，占 37%，建议如下：

- 现场调查原材料供应商生产工艺，促进供应商环境绩效的提升；
- 对原材料的生产过程进行现场调研，并计算不同企业产品碳足迹，选择生产工艺更低碳的企业作为供应商，建立企业自身的绿色供应链；
- 针对企业自身提供清洁生产水平，减少能源的消耗。

References:

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

[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].PAS 2050: 2011-Specification for the Assessment of the Life Cycle Greenhouse Gas Emissions of Goods and Services[J]. Department for Environment, Food and Rural Affairs, & British Standards Institution: United Kingdom, 2011: 2-12.

[4].ISO/TS 14067: 2013, Greenhouse Gases—Carbon Footprint of Products—Requirements and Guidelines for Quantification and Communication[J]. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 2013.

[5].IPCC 2007: the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.