

宝鸡鑫诺特材股份有限公司
钛棒
产品碳足迹报告

产品生产单位：宝鸡鑫诺特材股份有限公司

报告编制单位：西安节能与绿色发展研究院有限公司

报告编制日期：2025年11月27日



目录

1 目标与范围定义	1
1.1 项目背景	1
1.1.1 产品简介	1
1.1.2 产品生产工艺	1
1.1.3 生产企业介绍	2
1.2 目的	3
1.3 范围	3
1.3.1 功能单位	4
1.3.2 系统边界	4
1.3.3 碳排放模型	4
1.3.3 数据取舍原则	5
1.3.4 软件和数据库	5
2 生命周期清单分析	7
2.1 数据收集	7
2.1.1 概况及原则	7
2.1.2 现场数据采集	7
2.1.3 背景数据采集	8
2.1.4 原材料采购和预加工	9
2.1.5 生产	9
2.1.6 数据分配	9
2.2 生命周期数据清单	9
3 影响评价	10
3.1 环境影响指标	10
3.2 清单因子归类	10
3.3 影响评价	10
3.3.1 产品碳足迹结果与分析	10
3.3.2 碳足迹评价	11
4 生命周期结果解释	12
4.1 假设与局限性说明	12
4.2 完整性说明	12
4.3 结果与建议	12

1 目标与范围定义

1.1 项目背景

1.1.1 产品简介

TC4 钛合金，名义成分 Ti-6Al-4V，具有高强度、低密度、良好的耐腐蚀性能和生物相容性， $\Phi 14\text{mm}$ 规格 TC4 钛合金棒材主要应用于骨科 U 型钉、髓内钉、齿科等医疗植入物领域。主要的优势：①生物相容性优势：无毒性及低致敏性；骨组织亲和性较不锈钢或钴铬合金有显著优势；②力学性能优势：高强度与轻量化平衡；优良的抗疲劳与耐冲击性能；弹性模量远低于不锈钢和钴铬合金、体液环境下的化学稳定性。产品如图 1 所示。

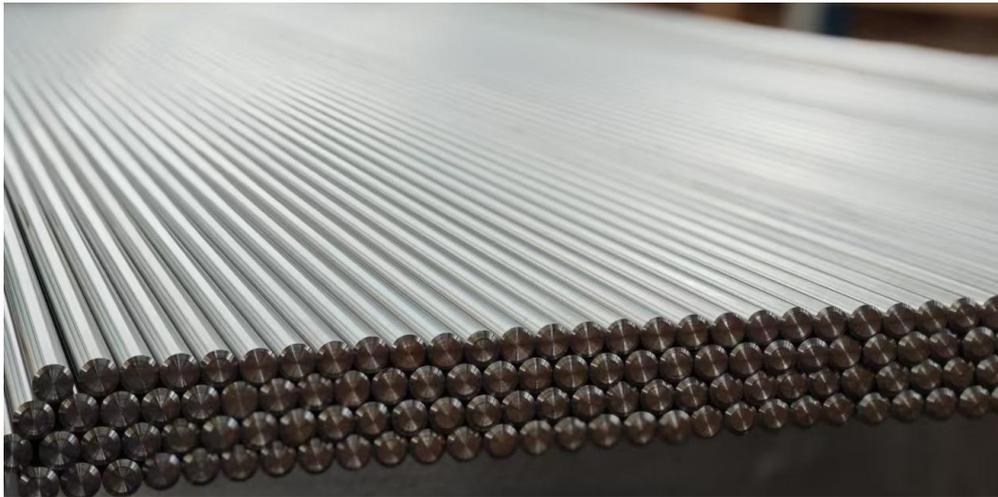


图 1 产品图

1.1.2 产品生产工艺

其工艺流程具体如下所示：

熔炼工序：合金配制→电极压制→电极焊接→一次熔炼→二次熔炼→三次熔炼→车光

棒丝材工序：拉拔→无心车→退火校直→粗磨→精校→精磨→真空热处理→平头→抛光

板材工序：坯料修磨→热轧→修磨→冷轧→退火→砂光→抛光

检验工序：直线度检验→直径检验→超声波检验→涡流检验→成品表面检验

1.1.3 生产企业介绍

宝鸡鑫诺特材股份有限公司（原宝鸡鑫诺新金属材料有限公司）成立于 2004 年 1 月 13 日，注册资金 2490.55 万元。公司是国内医用钛合金材料研发制造主要生产企业，制造强国十大重点产业链中的新材料领域，陕西省 23 条重点产业链——“钛及钛合金”链，医用钛及钛合金高端新材料精加工补链强链的关键环节。是一家从事医疗、航空航天用高端钛及钛合金材料的研发、生产、销售为一体的高新技术企业、陕西省“专精特新”中小企业，工信部第四批专精特新“小巨人”企业，陕西省制造业隐形冠军培育企业，陕西省企业技术中心、陕西省中小企业创新研发中心，宝鸡市医用植入工程技术研究中心，陕西省上市后备企业，两化融合管理体系 A 级企业，“宝鸡·中国钛谷”产业集群骨干企业，中国航天科技集团公司合格供方，中国医疗器械行业协会外科植入物专业委员会理事单位。

公司现有国家专利 19 件，其中发明专利 10 件、实用新型专利 5 件、外观设计专利 4 件。2013 年公司参与制订《纯钛型材》YS/T886 的行业标准，2024 年参与制订《钛钨钼有色及高温合金节能数控全三辊精密连轧装备通用技术要求》团体标准，T/CASME 1553—2024。另外，公司联合中国航天科技集团起草的 8 个材料的企业标准。

公司产品先后通过了 BS EN ISO9001:2015、ISO 9001:2015、ISO 13485:2016、GJB9001C-2017 等管理体系认证，武器装备科研生产单位二级保密资格单位，武器装备承制单位资格。公司是中国医疗器械行业协会会员、中国医疗器械行业协会外科植入物专业委员会理事位、“陕西省民营经济转型升级示范企业”、“宝鸡·中国钛谷”产业集群骨干企业，被认定为“陕西省著名商标”，医用钛及钛合金棒材荣获 2016 年陕西省名牌产品。

鑫诺特材主要产品医疗、航空航天用高端钛及钛合金材料，具备年产医疗、航空航天用高端钛合金材料 1500 吨的生产能力，公司医用钛合金材料占国内市场份额的 25%以上，国内排名第 2，产品出口到德国、美国、巴西、土耳其、捷克、韩国、俄罗斯、印度等国家和地区。

1.2 目的

产品生命周期评价和碳足迹核查作为生态设计和绿色制造实施的基础,近年来已经成为人们研究和关注的热点。开展生命周期评价和碳足迹核查能够最大限度实现资源节约和温室气体减排,对于行业绿色发展和产业升级转型、应对出口潜在的贸易壁垒而言,都是很有价值和意义的。

本项目按照 ISO14040:2006《环境管理 生命周期评价原则与框架》、ISO 14044:2006《环境管理 生命周期评价 要求与指南》、ISO 14067:2018《温室气体 产品碳足迹 量化的要求和指南》的要求,建立钛棒从原材料生产到产品出厂的生命周期模型,编写碳足迹核查报告,结果和相关分析可用于以下目的:

- 得到产品的生命周期碳足迹指标结果,用于同类型企业比较不同工艺下产品的碳排放情况,选择更为环境友好的工艺技术。
- 报告可用于下游产品绿色设计与供应链绿色制造,整机制造商和设计师可根据钛棒的生命周期碳足迹指标选择更为低碳、环保的钛棒。
- 报告可用于市场宣传,展示钛棒生产新工艺在碳排放方面的优势,为整机厂商零部件采购和钛棒制造企业产品销售提供材料支持。

本报告对所生产的钛棒的原料保存、生产过程中造成环境影响进行分析,通过评价钛棒全生命周期(life cycle assessment, LCA)的碳足迹大小,提出钛棒绿色设计改进方案,从而大幅提升钛棒的环境友好性。

1.3 范围

生命周期评价方法是系统化、定量化评价产品生命周期过程中资源环境效率的标准方法,它通过对产品上下游生产与消费过程的追溯,帮助生产者识别环境问题所产生的阶段,并进一步规避其在产品不同生命周期阶段和不同环境影响类型之间进行转移。国内外很多行业都开展了产品 LCA 评价,用于行业内企业的对标和改进、行业外部的交流,并为行业政策制定提供参考依据。

产品碳足迹(Product Carbon Footprint, PCF)是指某个产品在其生命周期过程中所释放的直接和间接的温室气体总量,即从原材料开采、产品加工(或服务提供)、分销、使用到最终再生利用/处置等多个阶段的各种温室气体排放的累

加。产品碳足迹已经成为一个行之有效的定量指标，用于衡量企业的绩效，管理水平和产品对气候变化的影响大小。

1.3.1 功能单位

以生产 1kg 钛棒为功能单位。

1.3.2 系统边界

本报告界定的该产品生命周期（LCA）系统边界分 2 个阶段：原辅料生产阶段；产品的工厂加工阶段。产品生命周期系统边界如图 2 所示。

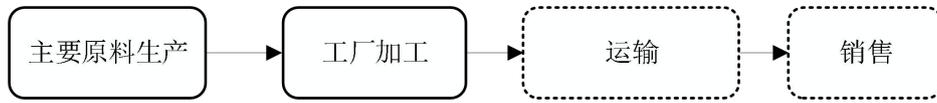


图 2 产品生命周期系统边界图

系统边界包含以下单元过程：

- 1) 原材料获取；
- 2) 辅料生产；
- 3) 能源生产（如天然气、电力）；
- 4) 原料、能源及产品的运输。

本报告碳足迹评价的覆盖时间为企业 2024 年度数据。原材料数据是在参与产品的生产和使用的地点/地区。生产过程数据应是在最终产品的生产中所涉及的地点/地区。

1.3.3 碳排放模型

根据各个阶段的各物质消耗和排放，建立该产品的碳排放模型，如图 3 所示。

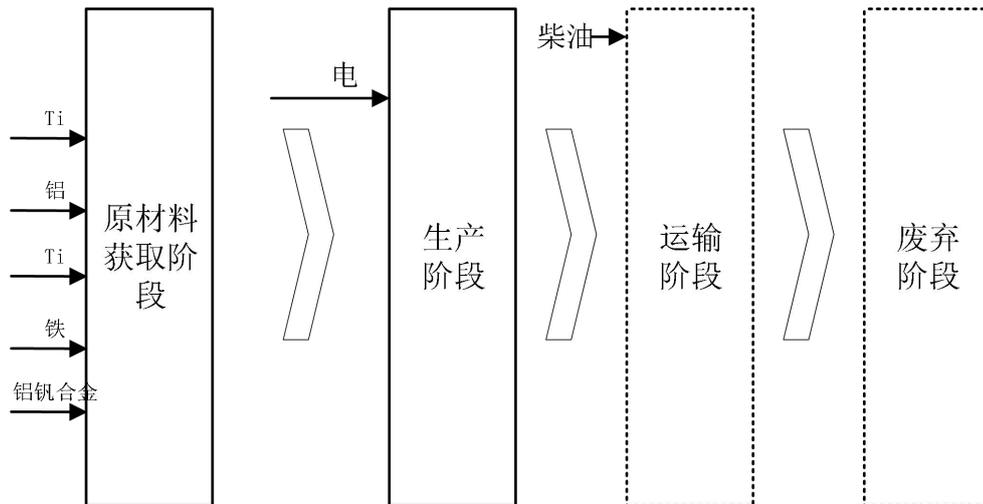


图3 产品生命周期系统边界图

1.3.3 数据取舍原则

所涉及的过程数据种类很多，应对数据进行适当的取舍，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：

所涉及的物质(能量)数据的取舍应遵循如下准则：

- a)所有的能源输入均需列出，包括使用的含能废弃物；
- b)应列出主要的原材料输入，符合准则可忽略；
- c)国家或地方相关标准规定的大气、水体、土壤的各种污染物和固体废弃物均需列出；
- d)任何有毒有害物质均不可忽略；
- e)忽略的单项物质(能量)流或单元过程对环境影响的贡献均不应超过 1%；
- f)所有忽略的物质(能量)流与单元过程对环境影响贡献总和不超过 5%，且应予以说明。

1.3.4 软件和数据库

本研究采用 GaBi 软件系统，建立钛棒生命周期模型，并计算得到 LCA 结果。GaBi 软件系统是由德国 PE 公司研发，支持全生命周期过程分析，并内置了欧盟 ELCD 数据库和瑞士的 Ecoinvent 数据库。

GaBi 可辅助研发可持续性产品，节约组织、供应商的运作成本。企业可通过使用 GaBi 对项目进行 LCA 评估和制定可持续发展决策，从而建立消费者持

续偏好的可持续发展品牌。

Ecoinvent 数据库是国际上用户最多的 LCA 数据库之一，包含欧洲及世界多国的 7000 多个单元过程数据集以及相应产品的汇总过程数据集。Ecoinvent 数据库适用于含进口原材料的产品或出口产品的 LCA 研究，在本项目中也用于代替中国本地缺失的数据。

2 生命周期清单分析

考虑该产品系统边界内的所有材料/能源输入、输出清单，作为产品生命周期评价的依据。如果数据清单有特殊情况、异常点或其他问题，应在报告中进行明确说明。

当数据收集完成后，应对收集的数据进行审定。然后，确定每个单元过程的基本流，并据此计算出单元过程的定量输入和输出。此后，将每个单元过程的输入输出数据除以产品的产量，得到功能单位的资源消耗和环境排放。最后，将产品各单元过程中相同的影响因素的数据求和，以获取该影响因素的总量，为产品级的影响评价提供必要的数据库。

2.1 数据收集

2.1.1 概况及原则

应将以下要素纳入数据清单：

- 1、原材料采购和预加工；
- 2、生产；
- 3、产品分配和储存；

基于 LCA 的信息中要使用的数据可分为两类：现场数据和背景数据。主要数据尽量使用现场数据，如果“现场数据”收集缺乏，可以选择“背景数据”。

现场数据是在现场具体操作过程中收集来的。主要包括生产过程的海绵钛、铝、铝钒合金、二氧化钛、铁等等。

背景数据应当包括主要原料的各类影响因子数据和权威的电力组合数据（如火力、水、风力发电等），主要以国内数据为主，国外数据为辅。

2.1.2 现场数据采集

应描述代表某一特定设施或一组设施的活动而直接测量或收集的数据相关采集规程。可直接对过程进行的测量或者通过采访或问卷调查从经营者处获得的测量值为特定过程最具代表性的数据来源。

现场数据的质量要求包括：

-
- 代表性：现场数据应按照企业生产单元收集所确定范围内的生产统计数据。
 - 完整性：现场数据应采集完整的生命周期要求数据。
 - 准确性：现场数据中的资源、能源、原材料消耗数据应该来自于生产单元的实际生产统计记录；环境排放数据优先选择相关的环境监测报告，或由排污因子或物料平衡公式计算获得。所有现场数据均须转换为单位产品并以此为基准计算，并且需要详细记录相关的原始数据、数据来源、计算过程等
 - 一致性：企业现场数据收集时应保持相同的数据来源、统计口径、处理规则等。

典型现场数据来源包括：

- 钛棒的原材料采购和预加工；
- 钛棒生产过程的能源和资源消耗数据；
- 钛棒原材料分配及用量数据；
- 钛棒生产废水经污水处理场所消耗的数据。

2.1.3 背景数据采集

背景数据不是直接测量或计算而得到的数据。所使用数据的来源应有清楚的文件记载并应载入产品生命周期评价报告。

背景数据的质量要求包括：

- 代表性：背景数据应优先选择企业的原材料供应商提供的符合相关 LCA 标准要求的、经第三方独立验证的上游产品 LCA 报告中的数据。若无，须优先选择代表中国国内平均生产水平的公开 LCA 数据，数据的参考年限应优先选择近年数据。在没有符合要求的中国国内数据的情况下，可以选择国外同类技术数据作为背景数据。
- 完整性：背景数据的系统边界应该从资源开采到这些原辅材料或能源产品出厂为止。
- 一致性：所有被选择的背景数据应完整覆盖本部分确定的生命周期清单因子，并且应将背景数据转换为一致的物质名录后再进行计算。

2.1.4 原材料采购和预加工

该阶段始于从大自然提取资源，结束于该产品原材料进入产品生产设施，包括：

- a) 资源开采和提取；
- b) 所有材料的预加工；
- c) 回收的材料；
- d) 提取或与加工设施内部或与加工设施之间的运输。

2.1.5 生产

该阶段始于该产品原材料进入生产设施，结束于该产品出厂。生产活动包括加工、制造、制造过程中半成品的运输、材料组成包装等。

2.1.6 数据分配

在评价过程中涉及共生产品清单分配方法应予以明确说明。应优先采用质量分配法，若质量分配法不可行，则应采用经济价值分配法。对于闭环里循环使用的共生产品，不需要分配。

2.2 生命周期数据清单

现场数据通过企业调研、上游厂家提供、采样监测等途径进行收集，所收集的数据要求为企业最近三年内的平均统计数据，能够反映企业的实际生产水平。此外，实际调研过程中无法获得的数据，即背景数据，采用相关数据库进行替代，在这一步骤中所涉及到的单元过程包括钛棒原材料及产品的生产、包装材料、能源消耗以及产品的运输等。数据清单如表 1 所示。

表 1 生产 1kg 钛棒所用原材料清单

	材料名称	消耗量	单位
原材料获取阶段	海绵钛	1.33	kg
	铝	0.05	kg
	铝钒合金	0.11	kg
	二氧化钛	0.00	kg
	铁	0.00	kg
生产阶段	电	4.33	kWh

3 影响评价

3.1 环境影响指标

根据企业提供的产品 BOM、收集的生产过程的能源消耗数据和部分原料的文献调研数据，在 GABI 中建立了钛棒的生命周期模型。主要对钛棒的碳排放进行分析。

3.2 清单因子归类

根据清单因子的物理化学性质，将对某影响类型有贡献的因子归到一起。碳足迹的计算结果为产品生命周期各种温室气体总量排放，用二氧化碳当量（CO₂-eq）表示，单位为 kg CO₂-eq 或者 g CO₂-eq。常见的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。

3.3 影响评价

3.3.1 产品碳足迹结果与分析

根据产品 BOM、收集的生产过程的能源消耗数据和部分原料的文献调研数据，在 GABI 中建立了该钛棒的生命周期模型，计算得到各阶段对应各指标的当量值列于表 2，图 4 和图 5 为生命周期各阶段和各物质的碳足迹的分析结果。

由表 2 可知，生产 1kg 该钛棒的碳足迹结果为 51.41 kg CO₂-eq，即产生 51.41 kg 二氧化碳当量。对于钛棒在其生命周期内产生的碳足迹贡献最大的是海绵钛和电的消耗，其对碳足迹贡献率为 90.34%和 4.69%，其次为铝钒合金和铝的消耗对于碳足迹的贡献达到 4.69%和 1.51%。

表 2 钛棒清单分析结果

	材料名称	碳排放	单位	占比
原材料获取阶段	海绵钛	46.45	kg CO ₂ eq	90.34%
	铝	0.77	kg CO ₂ eq	1.51%
	铝钒合金	1.74	kg CO ₂ eq	3.38%
	二氧化钛	0.01	kg CO ₂ eq	0.01%
	铁	0.04	kg CO ₂ eq	0.07%
生产阶段	电	2.41	kg CO ₂ eq	4.69%

	合计	51.41	kg CO ₂ eq	
--	----	-------	-----------------------	--

3.3.2 碳足迹评价

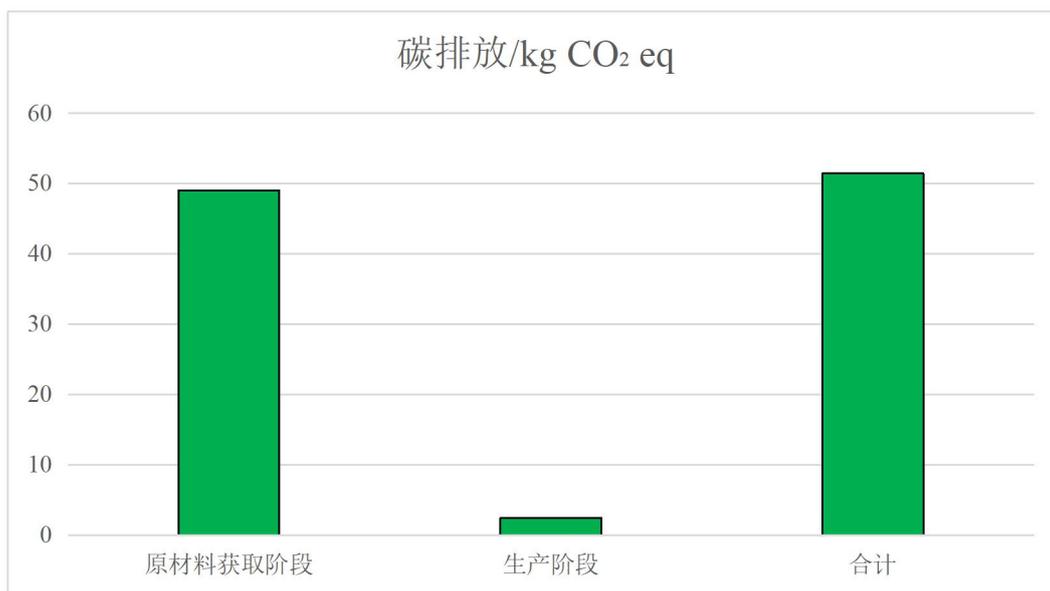


图 4 生命周期各阶段的碳足迹的分析结果

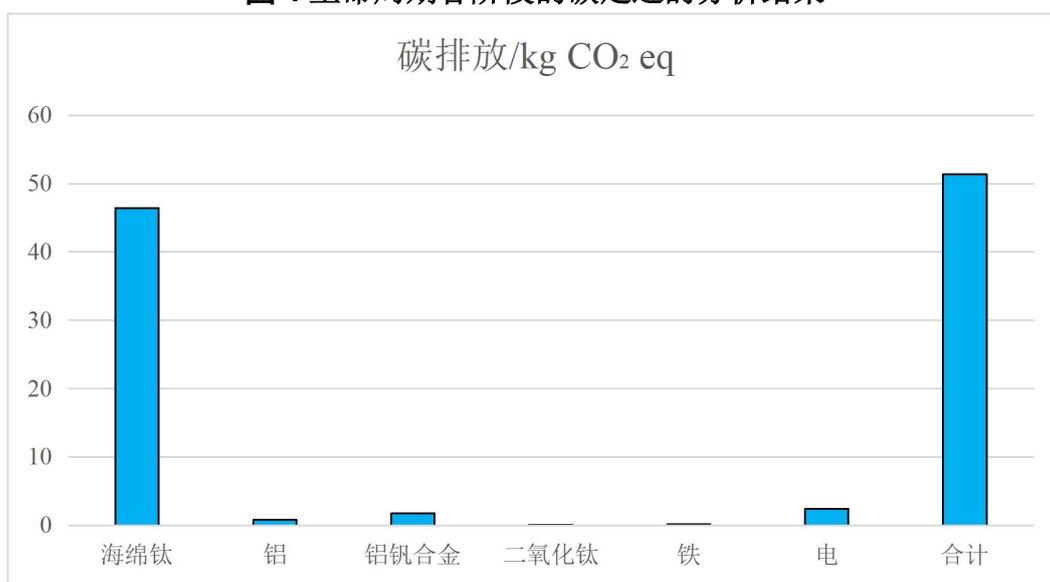


图 5 生命周期各物质的碳足迹的分析结果

生产 1kg 产品所需的海绵钛、铝、铝钒合金、二氧化钛、铁、电对应的碳足迹潜值分别为 46.45 kg CO₂ eq、0.77 kg CO₂ eq、1.74 kg CO₂ eq、0.01 kg CO₂ eq、0.04 kg CO₂ eq、2.41 kg CO₂ eq。

4 生命周期结果解释

4.1 假设与局限性说明

本次 LCA 报告的实景数据中生产过程数据来源于企业调研数据，背景数据来自瑞士的 Ecoinvent 数据库，部分原料生产过程的数据采用文献数据。受项目调研时间及供应链管控力度限制，未足够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。建议在调研时间和数据可得的情况下，进一步调研主要原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。

4.2 完整性说明

(1) 模型完整性

本次报告中产品生命周期模型均原材料/物料使用、能源消耗、运输、使用等过程，满足本研究对系统边界的定义。

(2) 背景数据库完整性

本研究所使用的背景数据库是瑞士的 Ecoinvent 数据库。Ecoinvent 数据库包含欧洲及世界多个国家的 7000 多个单元过程数据集以及相应产品的汇总过程数据集。其包含了主要的过程，满足背景数据库完整性的要求。

4.3 结果与建议

(1) 评价结果

生产 1kg 该钛棒的碳足迹结果为 51.41 kg CO₂-eq，即产生 51.41 kg 二氧化碳当量。对于钛棒在其生命周期内产生的碳足迹贡献最大的是海绵钛和电的消耗，其对碳足迹贡献率为 90.34%和 4.69%，其次为铝钒合金和铝的消耗对于碳足迹的贡献达到 4.69%和 1.51%。

生产 1kg 产品所需的海绵钛、铝、铝钒合金、二氧化钛、铁、电对应的碳足迹潜值分别为 46.45 kg CO₂ eq、0.77 kg CO₂ eq、1.74 kg CO₂ eq、0.01 kg CO₂ eq、0.04 kg CO₂ eq、2.41 kg CO₂ eq。

(2) 材料的选择

通过对 LCA 分析结果的分析，如需进一步减少钛棒的资源环境影响，可从增加绿色物料使用率、提高产能、降低能耗等方面入手。