

包头市三隆稀有金属材料有限责任公司

产品碳足迹报告

产品名称： 金属镨钕

产品规格型号： SLMP_{PrNd} -1、SLMP_{PrNd} -4

编制单位：包头市三隆稀有金属材料有限责任公司

编制时间：2025 年 1 月 23 日



目 录

1 概况	1
1.1 生产者信息.....	1
1.1.1 生产者名称	1
1.1.2 地址.....	1
1.1.3 法定代表人	1
1.1.4 授权人（联系人）	1
1.1.5 联系电话.....	1
1.1.6 企业概况.....	1
1.2 产品信息	4
1.2.1 产品名称.....	4
1.2.2 产品功能.....	4
1.2.3 产品介绍.....	4
1.2.4 产品图片	4
1.3 量化方法	5
2 量化目的	7
3 量化范围	8
3.1 功能单位	8
3.2 系统边界	8
3.3 取舍准则	9
3.4 时间范围	9
4 清单分析	10
4.1 数据来源说明	10

4.1.1 初级数据	10
4.1.2 次级数据	11
4.2 分配原则与程序	11
4.2.1 分配依据	11
4.2.2 分配程序	11
4.2.3 清单结果及计算	12
4.2.4 数据质量评价及计算	13
5 影响评价	14
5.1 影响类型和特征化因子选择	14
5.1.1 影响类型的选择	14
5.1.2 特征化因子的选择	14
5.2 产品碳足迹结果计算	15
6 结果解释	16
6.1 结果说明	16
6.2 假设和局限性说明	17
6.2.1 假设	17
6.2.2 局限性	17
6.3 改进建议	18
附件 1 生产工艺及工艺流程简图	19
附件 2 公司 2024 年生产及能耗数据	22

1 概况

1.1 生产者信息

1.1.1 生产者名称

包头市三隆稀有金属材料有限责任公司

1.1.2 地址

内蒙古自治区包头稀土高新区稀土园区

1.1.3 法定代表人

侯长春

1.1.4 授权人（联系人）

辛宏宇

1.1.5 联系电话

0472-5352922

1.1.6 企业概况

包头市三隆稀有金属材料有限责任公司（以下简称三隆公司）成立于 2008 年 06 月 30 日，注册地位于内蒙古自治区包头稀土高新区稀土园区，法定代表人为侯长春。

三隆公司主要从事稀土永磁材料用稀土金属、电池用稀土金属、钢铁有色冶金用稀土金属的研发、生产与销售，稀土金属产能达 8000 吨，是包头市最大的民营稀土金属生产企业，在稀土金属及合金冶炼领域从事了 17 年。

三隆公司主要产品有金属镧、金属镨钕、金属钕，其中金属镧 2022 年及 2023 年在国内细分领域市场占有率均约为 18%，公司与国

内多家上市磁性材料企业和储氢材料企业建立了长期稳定的合作关系，部分产品销往日本、欧美市场的用词材料企业和电池材料企业，2023 年在海外细分领域市场占有率约为 20.83%，在国内外细分领域均有较高知名度。

三隆公司一直致力于成为稀土储氢材料企业的优质供应商。在轻稀土领域精研多年。有先进的技术团队及生产团队，自主研发的稀土金属电解设备具有稳定高效的生产效率，能够连续稳定的生产低碳低铁的储氢电池材料所需稀土金属，成为了国内储氢电池材料企业的优选供应商，主要供应商有包头富士电气化学有限公司、四会市达博文实业有限公司、江西江钨浩运科技有限公司、内蒙古稀奥科贮氢合金有限公司、厦门厦钨氢能科技有限公司、中稀（微山）稀土新材料有限公司。公司处在稀土产业链的中间环节，由于储氢电池材料企业的产品特性及充放电铁性要求，需要添加低铁低碳的稀土金属，因此我公司的产品符合储氢电池材料企业的指标要求。储氢电池材料广泛应用于镍氢电池及固态储氢行业，氢能作为下一代清洁能源，目前正在引起广泛的关注，行业内各家企业也均在领域内研发更高效的储氢材料及电池材料。所以说行业的前景还是大有可为的。

三隆公司现拥有自治区级企业技术中心、自治区级工业设计中心、自治区级企业研发中心，与国内知名高校院所产学研合作，是部分高校的实践基地。我公司拥有高级以上职称工程师 2 人，通过授权发明专利 4 项，通过授权实用新型专利 19 项，拥有自治区科学技术成果 3 项，参与了数项省级科研项目，均已通过了项目验收，主导或参

与了 10 项团体标准，其中 7 项团体标准被列为内蒙古自治区领航标准，现在正在参与 1 项行业标准氟化镧铈，技术研发实力雄厚。

在稀土金属冶炼领域补短板中，我公司自主研发出可实现工业化规模生产镧钪合金的工艺，该产品已通过科技查新、发明专利授权、自治区科学技术成果登记。传统的金属热还原法制备金属钪的价格太高，存在熔炼过程温度高、合金化不完全及稀土元素回收率低的问题，为此我公司决定采用共析电解法制备镧钪合金，可大幅降低金属钪的生产成本，降低熔炼温度，改善金属合金化程度，提高稀土元素回收率，延长熔炼炉使用寿命，该产品能补足稀土新材料应用产业链的空白，该工艺方法实施及产品的市场化，不但可大幅降低储氢材料的制造成本，提高储氢材料的使用寿命及性能，还可充分利用我国南方大量库存的钪资源，为钪元素的提取开发出一种廉价、高纯度、可工业化生产的新产品。

在内蒙古自治区范围内，我公司以产学研合作研发首个稀土金属快速分析自动化检测线，该检测线解决稀土金属及合金中稀土杂质及非稀土杂质的快速、无损检测设备的专业型缺失，建立稀土分析检测设备体系与方法；解决稀土金属及合金行业普遍遇到的分析检测难题，如稀土配分、铁、碳等分析由各单一的分析流程，集中为统一分析流程中一次完成，并实现快速检测、无损（不需要单独严格制样）、在线连续分析；电火花稀土金属及合金快速分析仪可适用于稀土生产企业对稀土金属及合金的随机、快速、无损、分类检验。按年产 5000 吨稀土金属计算，可减少 100 万元/年的检测成本。

三隆公司先后获得国家级高新技术企业；自治区级专精特新小巨人企业；获得西部大开发企业认定；获评内蒙古自治区企业研发中心、内蒙古自治区企业技术中心、内蒙古工业设计中心、内蒙古自治区知识产权优势企业。

1.2 产品信息

1.2.1 产品名称

公司产品主要有：金属镨钕。

1.2.2 产品功能

金属镨钕产品功能如下：

（1）用于永磁材料：主要用于制造高性能钕铁硼永磁体，广泛应用于电机、风力发电机、电动汽车等领域。

（2）激光材料：用于制造激光晶体和光纤激光器。

（3）玻璃着色：作为玻璃添加剂，提供独特的黄色或绿色。

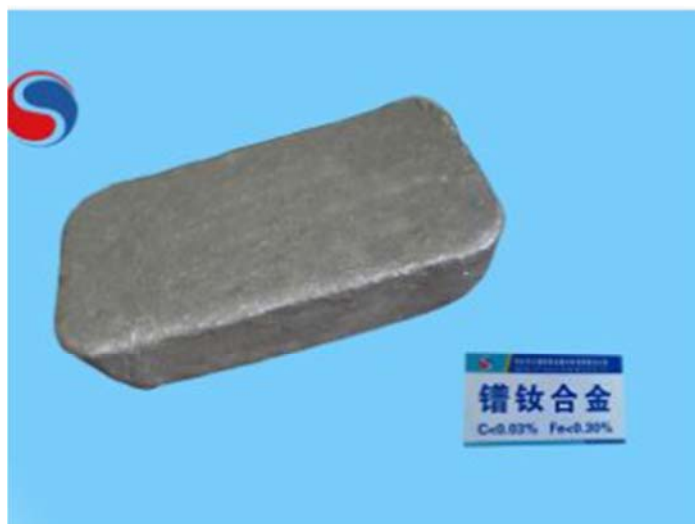
1.2.3 产品介绍

1、金属镨钕

化学符号：Pr-Nd

特性：镨钕是镨和钕的合金，通常以不同比例混合，常见比例为75%钕和25%镨。三隆公司生产的金属镨钕比例主要为75%钕和25%镨及80%钕和20%镨。金属镨钕具有高磁性和良好的机械性能，产品用于高性能永磁体和电子设备、激光材料、玻璃着色添加剂等。

1.2.4 产品图片



锆钼金属

1.3 量化方法

1、产品碳足迹系统方法，依据标准如下：

《温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南》GB/T 24067-2024

《环境管理 生命周期评价原则与框架》（GB_T 24040-2008）

《足迹信息交流的原则、要求和指南》（BS ISO 14026-2017）

中文版

《环境管理 生命周期评价 要求与指南》（GB 24044-2008）

《工业企业温室气体排放核算和报告通则》（GB/T32150-2015）

《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》

《商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》（PAS 2050: 2011（中文））

《生态环境部、国家统计局关于发布 2022 年电力二氧化碳排放因子的公告》（公告 2024 年第 33 号）

《其他有色金属冶炼和压延加工业企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》

《绿色设计产品评价技术规范 稀土火法冶炼产品》
(XB/T805-2021)

2、量化方法：

采用产品碳足迹系统方法，即组织通过一套程序开展产品碳足迹系列活动，组织内所有产品应使用同一套数据和分配程序，实施产品碳足迹系统方法宜简化所有核查活动。

2 量化目的

本报告的量化目的主要包括以下几个方面：

1、通过量化产品生命周期中的温室气体排放，评估其对气候变化的实际影响，帮助识别产品高排放环节。

2、制定减排策略

量化结果为制定减排措施提供依据，帮助企业优化生产流程、选择低碳材料或改进物流，减少碳排放。

3、提升透明度与责任

量化数据增强了产品环境信息的透明度，满足消费者、投资者和监管机构对环保信息的需求，提升企业社会责任形象。

4、提升企业竞争力

量化结果为绿色营销提供数据支持，帮助企业通过环保认证，增强市场竞争力。

5、供应链管理

量化碳足迹有助于评估供应链的碳排放，推动供应商采取减排措施，提升整体供应链的可持续性。

6、支持决策与投资

量化数据为企业决策和投资提供依据，帮助选择更环保的技术或项目，降低长期气候风险。

综上所述，产品碳足迹量化不仅有助于企业识别减排机会、提升竞争力，还能推动整个行业向低碳经济转型。

3 量化范围

3.1 功能单位

本报告功能单位分别为“1 吨金属镨钕”。

3.2 系统边界

1、系统边界包括：

原材料获取阶段：原料采购、辅料采购、包装物采购；

生产阶段：熔盐电解、熔盐剥离、表面处理、产品包装；

运输交付阶段：运输交付到销售单位；

使用阶段：产品使用单位使用生产其他稀土产品、稀土终端产品；

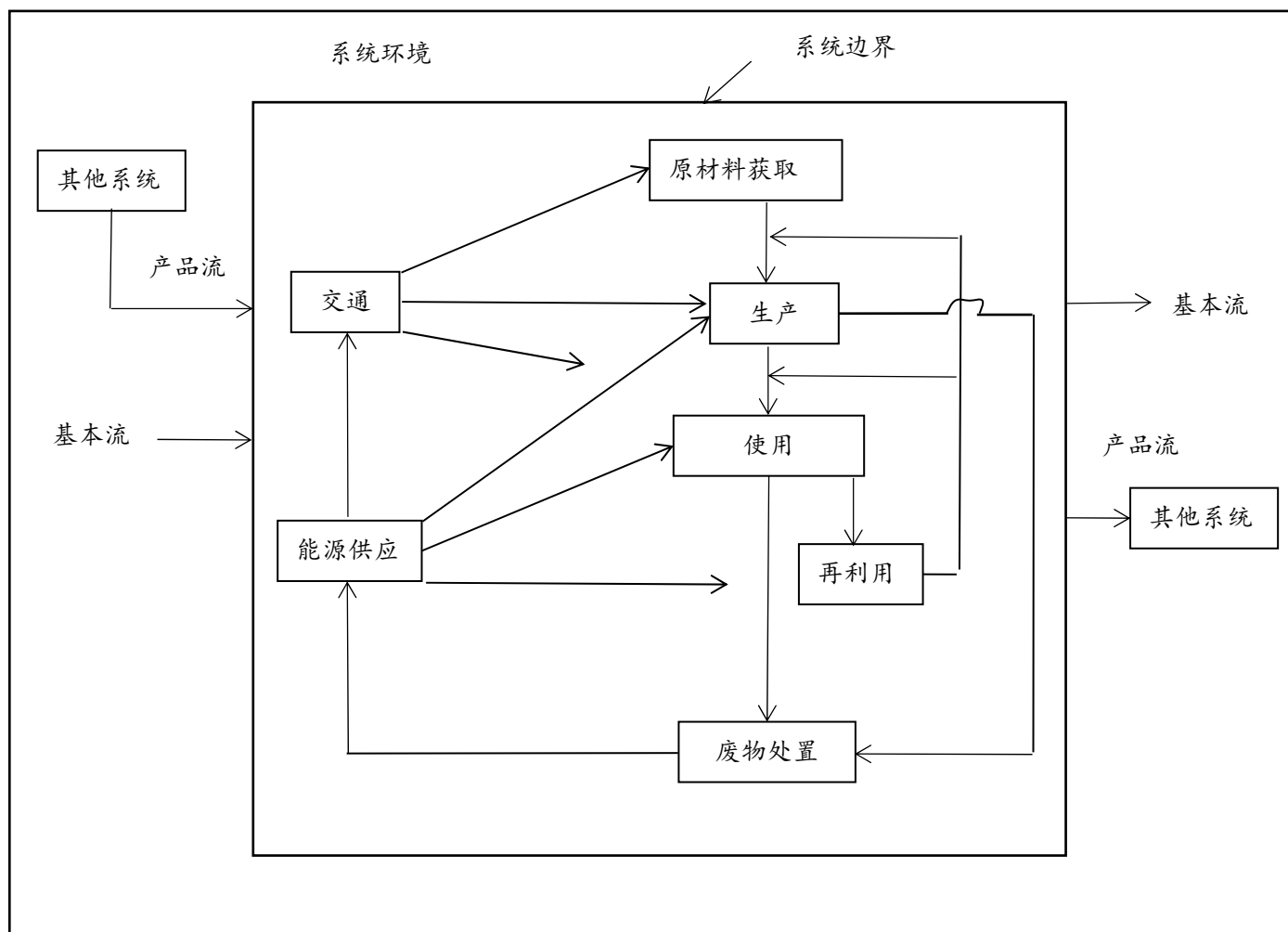
生命末期阶段：其他稀土终端产品报废。

2、本报告排除以下情况的温室气体排放：

（1）与人相关活动温室气体排放量不计；

（2）工厂、仓库、办公室等产生的排放量由于受到地域、工厂排列等多方面因素的复杂影响，不计。

系统边界图如下：



3.3 取舍准则

本报告碳足迹量化过程取舍准则如下：

在产品碳足迹量化过程中,可舍弃产品碳足迹影响小于1%的环节,但舍弃环节总的影响不应超过产品碳足迹总量的 5%。

3.4 时间范围

本报告核查时间范围：2024 年 1 月 1 日到 2024 年 12 月 31 日。

4 清单分析

4.1 数据来源说明

核查组组建了碳足迹盘查工作组对三隆公司的产品碳足迹进行核查。

工作组对产品碳足迹核查工流程如下：

- (1) 进行前期准备, 前期准备工作主要包括: 了解产品基本情况、生产工艺流程及原材料供应商等信息;
- (2) 然后确定工作方案和范围;
- (3) 查阅文件、现场访问和电话沟通等过程, 并调研和收集部分原始数据, 主要包括: 企业的生产报表、财务数据等, 以保证数据的完整性和准确性;
- (4) 后期报告编制阶段, 同时大量查阅数据库、文献报告以及成熟可用的 LCA 软件去获取排放因子, 完成本次碳足迹核查工作。

4.1.1 初级数据

初级数据是指通过直接测量或基于直接测量的计算得到的过程或活动的量化值。

本报初级数据包括: 产品生命周期系统中所有能源、物料的耗用(物料输入与输出、能源消耗等)数据。

具体数据见下表:

表 4-1 三隆公司初级数据统计表

数据类别			单位	数量	活动数据来源
初级数据	输入	主料消耗量	吨	7265.53	氧化锆钨，企业生产报表，见附件 2
		辅料消耗量	吨	581.49	氟化物，企业生产报表，见附件 2
	能源	电	万 kWh	6089.77	企业生产报表，见附件 2
		水	m ³	39869	企业生产报表，见附件 2

4.1.2 次级数据

次级数据是指不符合初级数据要求的数据，主要可来源于数据库、公开文献、国家排放因子，计算估算数据或其他具有代表性的数据。

表 4-2 三隆公司次级数据统计表

数据类别			活动数据来源
次级数据	运输	物料运输距离	根据厂商抵至估算
	排放因子	电	0.6849tCO ₂ /MWh
		运输	数据库及文献资料

外购电力碳排放因子根据《生态环境部、国家统计局关于发布 2022 年电力二氧化碳排放因子的公告》（公告 2024 年第 33 号）内蒙古自治区电力平均二氧化碳排放因子取为 0.6849tCO₂/MWh。

4.2 分配原则与程序

4.2.1 分配依据

公司产品 1、产品 4 的分配比例按 2024 年度的生产量分配。

4.2.2 分配程序

具体分配程序如下：

第 1 步：根据销售任务进行生产分配。

根据拟分配的产量将生产单元过程配置相关过程的输入和输出。

第 2 步:将系统的输入和输出数划分到不同生产过程中。

第 3 步: 分配程序适用于在再利用和回收过程中。

4.2.3 清单结果及计算

产品碳足迹的计算公式如下:

$$CFP_{GHG} = \sum_j \left[\sum_i (AD_i \times EF_{LCA,i,j}) \times GWP_j \right] \dots\dots\dots (1)$$

式中:

CFP_{GHG} ——产品碳足迹或产品部分碳足迹,以千克二氧化碳当量每功能单位或声明单位 (kgCO₂e/功能单位或声明单位)计;

AD_i ——系统边界内,各功能单位(声明单位)中第 i 种活动的 GHG 排放和清除相关数据(包括初级数据和次级数据),单位根据具体排放源确定;

$EF_{LCA,i,j}$ ——第 i 种活动对应的温室气体 j 的排放系数,单位与 GHG 活动数据相匹配;

GWP 为 IPCC 给出的 100 年 GWP。

IPCC (联合国政府间气候变化专门委员会) 给出的 100 年全球变暖潜势 (GWP) 值用于衡量不同温室气体相对于二氧化碳 (CO₂) 在 100 年时间尺度内对全球变暖的影响。

生命周期各个阶段碳排放计算说明见表 4-3:

表 4-3 稀土金属生命周期碳排放清单说明

生命周期阶段	活动数据	排放因子	备注
原材料获取	氧化镨钕	/	本身稳定, 不被视为温室气体, 因此其 GWP 值接近于零
	氟化物	/	同上
生产	金属镨钕	/	75%钕和 25%镨, 同上
	金属镨钕	/	80%钕和 20%镨, 同上
	电 (单位: 万 kwh)	0.6849tCO ₂ /MWh	

运输/ 交付	运输	运输距离 (单位: km)	/	
	仓储	金属镨钕	/	本身稳定, 不被视为温室气体, 因此其 GWP 值接近于零
	使用	金属镨钕	/	本身稳定, 不被视为温室气体, 因此其 GWP 值接近于零
	生命末期	金属镨钕	/	同上

4.2.4 数据质量评价及计算

消耗电力对应的排放:

$$6089.77 \times 10000 \times 0.6849 / 6255.3 = 6667.76 \text{ kg}$$

综上, 生产 1 吨金属镨钕的碳足迹指标为 6667.76kgCO₂e。

5 影响评价

5.1 影响类型和特征化因子选择

5.1.1 影响类型的选择

常见的影响类型包括：

1) 全球变暖潜能 (GWP)：衡量温室气体对全球变暖的贡献，通常以二氧化碳当量 (CO₂e) 表示。

2) 酸化潜力 (AP)：衡量排放物对酸化的贡献，如二氧化硫 (SO₂) 和氮氧化物 (NO_x)。

3) 富营养化潜力 (EP)：衡量排放物对水体或土壤富营养化的影响，如氮 (N) 和磷 (P) 化合物。

4) 光化学臭氧生成潜力 (POCP)：衡量挥发性有机化合物 (VOCs) 对光化学烟雾的贡献。

5) 资源消耗：如化石燃料、水资源等的消耗。

在本碳足迹报告中，以全球变暖潜能 (GWP) 为核心影响类型，因为碳足迹主要关注温室气体排放，本报告以评估温室气体排放对气候变化的贡献，其他潜在影响类型（如酸化潜力、富营养化潜力）未纳入本次评估范围。

5.1.2 特征化因子的选择

特征化因子是将不同温室气体的排放量转化为统一的二氧化碳当量 (CO₂e) 的系数。常见的特征化因子基于 IPCC (政府间气候变化专门委员会) 第五次评估报告 (AS6) 采用 100 年时间尺度的全球变暖潜能值 (GWP-100)，具体因子如下：

二氧化碳 (CO_2) : $\text{GWP} = 1$ (基准)。

甲烷 (CH_4) : $\text{GWP} = 27.9$ 。

一氧化二氮 (N_2O) : $\text{GWP} = 273$ 。

氟化气体 (如 SF_6 、 HFCs) : GWP 值较高, 具体取决于气体种类,
如, 六氟化硫 (SF_6) : $\text{GWP} = 25200$

在报告中, 使用的特征化因子来源可靠。

5.2 产品碳足迹结果计算

本报告生产 1 吨金属镨钕的碳足迹指标为 $6667.76\text{kgCO}_2\text{e}$ 。

6 结果解释

6.1 结果说明

包头市三隆稀有金属材料有限责任公司生产的“1 吨金属镨钕”，从原材料获取、生产、运输与交付、使用、到生命末期处理阶段生命周期碳足迹为 6667.76 kgCO₂e。各生命周期阶段的温室气体排放情况如表 2 和下图所示。

表 6-1 金属镨钕 生命周期各阶段碳排放情况

生命周期阶段	碳足迹/kgCO ₂ e/功能单位	百分比/%	备注
原材料获取	0	0	
生产	6667.76	100.00	
运输(交付)	0	0	
使用	0	0	
生命末期	0	0	
总计	6667.76	100.00	

根据表 6-1 列出碳排放柱状图如下；

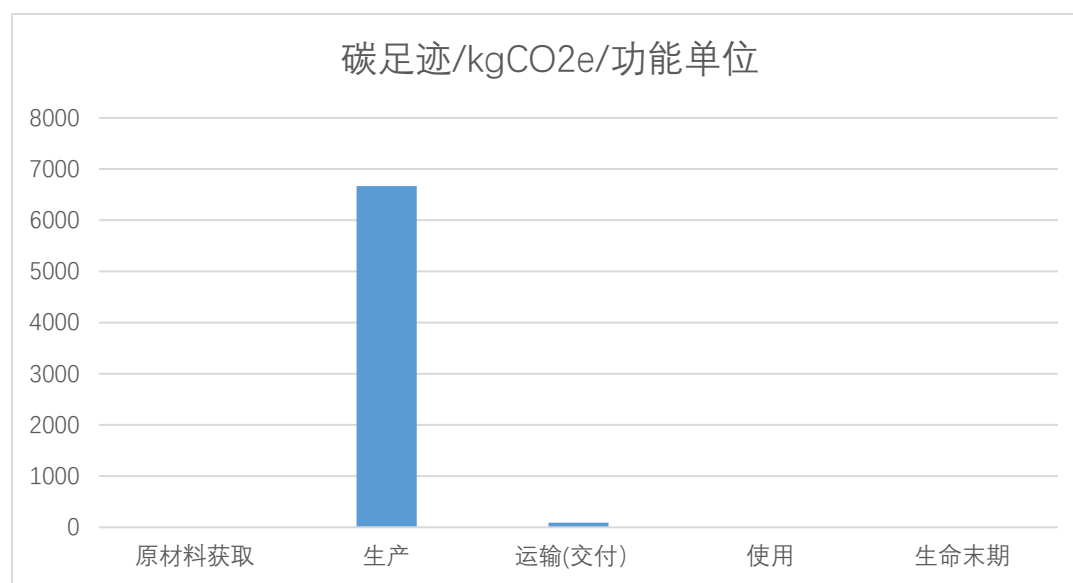


图 6-1 金属镨钕生命周期各阶段碳排放柱状图

6.2 假设和局限性说明

6.2.1 假设

1、数据准确性：计算碳足迹时，假设所使用的数据是准确且完整的。

2、排放因子：假设所使用的排放因子（如每单位能源的碳排放量）是准确且适用于特定情境的。

3、边界设定：假设所设定的系统边界（如产品生命周期阶段、组织运营范围等）是合理且全面的。

4、时间范围：假设所选择的时间范围能够充分反映碳足迹的影响。

6.2.2 局限性

1、数据不完整：实际数据可能不完整或不准确，导致计算结果存在偏差。

2、排放因子不确定性：排放因子可能因地区、技术、时间等因素而变化，存在不确定性。

3、边界设定主观性：系统边界的设定可能存在主观性，忽略某些环节或范围，影响结果的全面性。

4、时间范围限制：所选时间范围可能无法完全反映长期或短期的影响，导致结果的不全面。

5、忽略间接排放：某些间接排放（如供应链排放）可能被忽略，影响结果的准确性。

6、技术和方法局限：所使用的计算方法和工具可能存在技术局

限，无法完全捕捉所有影响因素。

6.3 改进建议

通过以上分析可知，为增强品牌竞争力、减少产品碳足迹，建议如下：

（1）建议公司采用高效率设备、加强技术改进，利用变频控制等节能技术进行能源节约，进一步提高能源利用率；

（2）建议公司优化工艺，减少能源消耗减少碳减排；

（3）为提高碳足迹的准确性，需持续更新和改进计算方法，采用更先进的技术和工具，提高计算的精确度。

（4）低碳发展是企业未来生存的必然选择，建议公司制定低碳发展战略，根据产品生命周期的碳足迹核算，了解排放源，明确各生产环节的排放量，为制定合理的减排目标和发展战略打下基础。

附件 1 生产工艺及工艺流程简图

本公司稀土金属的生产采用氟化物熔盐电解工艺。电解法提取金属是将电能转换成化学能的过程，由于稀土金属的活泼性，采用熔盐电解的工艺方法提取稀土金属。

（1）电解槽预处理

将电解槽内杂物清理干净后加入配制好的熔盐（稀土氟化物、氟化锂混合物）使其全部熔融。

（2）熔盐电解

待熔盐全部熔融后，向炉内放入钼坩埚和阴极，再投入适量的各类稀土氧化物；电解温度控制在 $1000^{\circ}\text{C}\sim 1150^{\circ}\text{C}$ ，一般控制在金属熔点 50°C 以上。间隔一定时间应对炉内的熔盐进行搅拌，还原后的稀土金属在坩埚中收集，每隔 $2\text{h}\sim 4\text{h}$ 左右出炉一次，电解完成后进行浇铸得到金属锭。出金属时表面保留一层电解质，剥离熔盐后需对金属锭进行碳含量及其它成分的检验，合格金属进行后续表面处理，不合格金属回炉重熔处理。金属表面的电解质主要成分为氟化物熔盐，剥离的氟化物熔盐和坩埚返回电解槽重复使用。

本项目稀土金属的生产方法采用氟化物熔盐电解工艺，即采用稀土氧化物-氟化物体系熔盐电解制备稀土金属。氟化物熔盐电解法是以稀土氧化物为电解原料，以熔点和蒸汽压较低和电导性好的熔融 $\text{REF}_3\text{-LiF}$ 二元体系为电解质进行电解。电解时熔解在氟化物熔盐中的 RE_2O_3 （溶解度 $2\sim 5\%$ ）发生电离，离解成稀土阳离子（ RE^{3+} ）和氧阴离子（ O^{2-} ），在直流电的作用下，稀土阳离子向阴极移动，并在其

上获得电子,被还原成金属进入坩埚内,而氧阴离子则向阳极(石墨)迁移,在其上失去电子生成氧气,或与石墨作用生成 CO_2 。

稀土金属电解过程使用的是混合稀土金属氧化物与混合稀土金属氟化物,可得到纯净的稀土金属。其电解原理如下:

稀土金属电解过程的主要反应:

阴极: $\text{RE}^{3+} + 3\text{e}^- \longrightarrow \text{RE} \downarrow$ 合金化: $\text{RE} + \text{F} \longrightarrow \text{RE-F}$

阳极: $2\text{O}_2 - 4\text{e}^- + \text{C} \longrightarrow \text{CO}_2 \uparrow$

本项目金属生产车间的电解烟气经集气罩(每台电解炉口设置1套侧边吸风罩+顶吸集气罩),烟气管道收集后进行净化处理,均采用布袋除尘器+两级碱喷淋处理。本项目电解生产车间电解烟气设置2套布袋除尘+碱喷淋塔的废气净化设施。

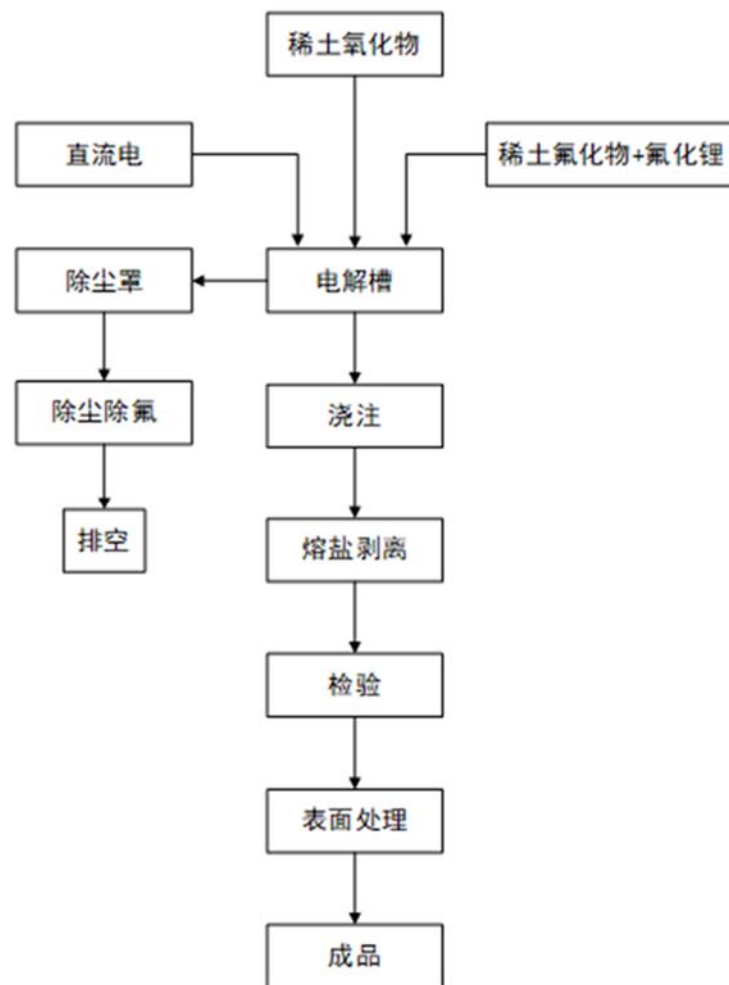
(3) 熔盐剥离

浇铸完成后,稀土金属锭(稀土金属产品的块状物)表面不可避免的带出电解质,将稀土金属锭和带出的电解质分开,剥离的电解质直接返回电解槽重复使用。剥离熔盐后需对金属锭进行碳含量及其它成分的检验。电解生产的稀土金属需进行分析检验,不合格金属则重熔处理,合格金属送至打磨车间进行表面处理。

(4) 表面处理

经检验合格的稀土金属需进行表面处理,用台钻钻除杂质点,再用打磨抛丸机对金属进行表面处理。然后根据客户需要,用切割机将金属锭切成所需尺寸和重量,包装入库。打磨抛丸粉尘经抛丸机自带布袋除尘器收集,布袋除尘器收集的除尘灰外售。

工艺流程图如下：



稀土金属和合金生产工艺流程图

附件 2 公司 2024 年生产及能耗数据

年份	产品 种类	产量 (吨)	能耗 (万度)	水耗 (吨)	所需 氧化物 (吨)	所需 氟化物 (吨)
2024	金属镨钕	6255.3	6089.77	39869	7265.53	281.49