稀土团体标准《温室气体产品碳足迹量化方法与要求 稀土火法冶炼产品》

编制说明

一、工作简况

1. 任务来源

2024年2月，根据中国有色金属工业协会文件《关于下达2024年第一批协会团体标准制修订计划的通知》（中色科协字[2024]17号）的要求，团体标准《产品碳足迹 产品种类规则 稀土火法冶炼产品》制订计划正式下达，项目由全国稀土标准化技术委员会（SAC/TC 229）归口，由虔东稀土集团股份有限公司负责起草，项目计划编号为2024-026-T/CNIA，周期为18个月，完成年限2025年8月。

项目起草过程中，标准名称发生变化，根据《“双碳”重点领域国家标准立项原则》，并与国家“双碳”相关政策文件保持一致，将标准名称《产品碳足迹 产品种类规则 稀土火法冶炼产品》修改为《温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 稀土火法冶炼产品》。

1. 标准负责起草单位情况

虔东稀土集团股份有限公司(以下简称“虔东集团”)是一家专业从事稀土各类产品生产经营的民营企业。经过30多年的快速发展，虔东集团由最初的金属冶炼企业发展成为一家集稀土基础材料、稀土功能材料、稀土应用产品开发和稀土加工装备制造为一体的稀土开发综合性企业集团。公司已初步建立了完整的科研、试验、生产、检测体系和具有国内先进水平的稀土分离、稀土金属、稀土磁性材料、稀土结构陶瓷、稀土资源回收、稀土加工设备制造等生产线，主要生产稀土金属、稀土合金、稀土化合物、磁性材料、钇锆结构陶瓷和稀土深加工设备等60余种产品。

虔东集团近年来持续践行绿色发展战略。2018年，凭借先进的清洁生产体系和生态化改造成果，成果入选工信部公布的第三批国家级“绿色工厂”名单，成为本土地区首批获此殊荣的企业。在标准制修订方面，牵头起草了GB/T 2968《金属钐》、GB/T 31978《金属铈》、XB/T 232《金属镱》、XB/T 517《稀土火法冶炼回收料》、XB/T 803《稀土采选业行业绿色工厂评价导则》、XB/T 811《稀土火法冶炼绿色工厂评价要求》等多个稀土火法冶炼国家、行业标准，积累了丰富的工作经验。

1. 项目背景

气候变化是当今人类面临的重大全球挑战。我国为了积极应对气候变化提出碳达峰、碳中和目标，2021年10月24日，国务院发布《国务院关于印发2023年碳达峰行动方案的通知》，在“三、重点任务”的第（二）点“节能降碳增效行动”，提到“落实节约优先方针，完善能源消费强度和总量双控制度，严格控制能耗强度，合理控制能源消费总量，推动能源消费革命，建设能源节约型社会。”2022年8月，国家发展改革委、国家统计局、生态环境部联合印发《关于加快建立统一规范的碳排放统计核算体系实施方案的通知》，《方案》明确四项重点任务，建立全国及地方碳排放统计核算制度、完善行业企业碳排放核算机制、建立健全重点产品碳排放核算方法、完善国家温室气体清单编制机制。加强行业碳排放统计监测能力建设，健全电力、钢铁、有色、建材、石化、化工等重点行业能耗统计监测和计量体系。推动对非二氧化碳温室气体排放、碳捕集封存与利用、碳汇等领域的核算研究，进一步夯实方法学基础。加强碳排放核算领域国际交流，积极 参与碳排放国际标准制定。2022年11月，工业和信息化部、发展改革委、生态环境部联合发布《有色金属行业碳达峰实施方案》，其中第五点“政策保障”的第（二）点“健全法律法规标准”提到“完善工业绿色低碳标准体系。建立重点企业碳排放核算、报告、核查等标准，探索建立重点产品全生命周期碳足迹标准。积极参与国际能效、低碳等标准制修订，加强国际标准协调。” 2023年5月，中华人民共和国工业和信息化部发布公开征求对《工业领域碳达峰中和标准体系的建设指南（2023版）》（征求意见稿），文中工业领域碳达峰中和标准制定重点方向“核算与核查”类提到，在产品碳足迹核算方面，重点制定电解铝、阴极铜、锌锭、铅锭、稀土火法冶炼产品、稀土硅铁合金等有色行业重点产品的碳足迹核算标准。2023年5月，工信部发布《工业领域碳达峰碳中和标准体系建设指南（2023版）》（征求意见稿）（以下简称《指南》）。《指南》指出，到2025年，工业领域碳达峰碳中和标准体系基本建立。第（二）点碳达峰碳中和标准制定重点领域的第2小点核算与核查标准，明确指出产品碳足迹核算标准主要规范工业产品在其生命周期内直接和间接排放的温室气体总量的核算，包括产品种类规则、碳足迹评估等标准。重点针对量大而广、或生命周期内碳排放强度高的典型工业产品制定碳足迹核算标准。在附件2 工业领域碳达峰碳中和标准制定重点方向中也提到“电解铝、阴极铜、锌锭、铅锭、稀土火法冶炼产品、稀土硅铁合金等有色行业重点产品的碳足迹核算标准。”

稀土是不可再生的重要战略资源，是改造传统产业、发展新兴产业及国防科技工业不可或缺的关键元素。稀土火法冶炼属于有色金属行业节能减排的重点行业，绿色低碳循环发展，是稀土火法冶炼行业高质量发展的重要内容。稀土火法冶炼产品通过稀土化合物原料在高温下制备出的稀土金属及合金，是制备高性能稀土永磁材料、贮氢材料、电子信息材料及国防军工等高新技术材料必不可少的基础材料。中国作为最大的稀土资源大国，有义务也有责任对稀土产品的碳足迹量化进行规范，帮助企业有效应对绿色贸易壁垒的同时，也使得企业系统的认识到产品全生命周期各个过程的碳足迹贡献，有的放矢地提出碳足迹的建议，协同供应链采取行动来降低整个供应链中的温室气体排放。

目前，稀土行业内对碳足迹的评价主要参照产品碳足迹核算国际标准（ISO 14067）、生命周期评价国际标准（ISO 14040）、产品与服务生命周期温室气体排放的评价规范(.PAS 2050：2011)及《环保产品声明（EN15804:2012），但是稀土火法冶炼涉及电解、还原等工艺，参照这几个标准评价并不完全适用。如PAS 2050：2011标准中只提及了广泛的核算框架，没有具体结合稀土生产工艺对稀土行业的碳足迹核查进行流程介绍，指导性有待加强； EN15804:20121是对于产品碳结果的评价，未涉及到评价过程；稀土火法冶炼的氟化物熔盐电解工艺，在生产过程排中会发生阳极效应现象，产生全氟碳化合物PFCs。全氟碳化合物PFCs是CF4和C2F6等的统称，增温潜势分别是CO2的6500与9200倍，发生阳极效应产生的全氟碳化合物排放量也没有一个具体的标准。

因此，《温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 稀土火法冶炼企业》标准的制定，可实现稀土火法冶炼产品碳足迹量化的科学化与规范化，助力推动稀土行业的绿色低碳发展。

4.主要参加单位和工作组成员及其所作的工作

4.1主要参加单位情况

标准主编单位虔东稀土集团股份有限公司在标准的编制过程中，能积极主动收集国内外的碳足迹相关文献资料，并与行业内专家进行交流，完成标准文本编制。能够带领编制组成员单位认真细致修改标准文本内容，征求多家企业的修改意见，最终带领编制组完成标准的编制工作。

参编单位中国北方稀土（集团）高科技有限公司、包头天和磁材科技股份有限公司、福建省金龙稀土股份有限公司、包头稀土研究院、有研稀土高技术有限公司、有研稀土新材料股份有限公司、包头市中鑫安泰磁业有限公司、乐山有研稀土新材料有限公司、甘肃稀土集团有限责任公司、中稀（凉山）稀土有限公司、赣州晨光稀土新材料有限公司、包头瑞鑫稀土金属材料股份有限公司作为稀土火法冶炼企业的生产单位，结合生产过程中的工艺碳排放工作流，提供了稀土火法冶炼产品碳足迹量化的范围、生命周期清单分析等有效的生产意见指导。

中稀天马新材料科技股份有限公司、赣州华卓再生资源回收利用有限公司作为稀土火法冶炼产品的上游企业，就稀土原料对稀土火法冶炼产品的碳足迹影响给予了技术意见支撑。

国合通用测试评价认证股份有限公司、江西省钨与稀土产品质量监督检验中心、赣州碳足迹科技有限公司作为第三方碳足迹相关的认证单位，在标准的规范框架上给出了具体的参考意见。

4.2主要工作成员所负责的工作情况

本标准主要起草人及工作职责见表1。

表1 主要起草人及承担工作情况

|  |  |
| --- | --- |
| 起草人 | 工作职责 |
| XXXX | 负责标准的工作指导、标准的编写、及组织协调 |
| XXXX | 提供数据支撑，标准技术内容的编写及把关 |
| XXXX | 标准编写材料的收集及标准部分内容编写 |

5.主要工作过程

5.1立项阶段

2023年4月，在江苏南京召开的2023年第三次稀土标准工作会议上，作为《产品碳足迹评价技术规范 镨钕金属》标准立项申请的提出单位，就标准草案的技术路线、指标体系等核心内容进行了专题汇报。经委员论证评议后指出，虽然镨钕金属作为稀土火法冶炼产品典型代表，具有显著的行业特征，但现行标准草案的适用范围界定偏窄，未能充分涵盖稀土火法冶炼工艺的其他产品。为此，专家建议将标准适用范围扩大至稀土火法冶炼产品类别，包含熔盐电解和热还原工艺，由提出单位完善内容后再另行论证。

2023年10月，在江西赣州召开的2023年全国稀土标准华技术委员会年会上对虔东集团提出的《产品碳足迹评价技术规范 稀土火法冶炼产品》标准项目进行了再次论证。经在场各位专家审议项目建议书及标准草案稿后，认为标准的立项将有助于构建覆盖全产业链的稀土产品碳足迹评价体系，为我国稀土产业践行“双碳”战略提供重要的技术支撑，一致同意通过立项。标准名称根据最新相关“双碳”重点领域国家标准立项原则，更改为《产品碳足迹 产品种类规则 稀土火法冶炼产品》。

2024年2月，根据中国有色金属工业协会文件《关于下达2024年第一批协会团体标准制修订计划的通知》（中色科协字[2024]17号）的要求，《产品碳足迹 产品种类规则 稀土火法冶炼产品》作为团体标准制订，正式下达任务计划，项目归口单位为全国稀土标准化技术委员会（SAC/TC 229），由虔东稀土集团股份有限公司负责起草，项目计划编号为2024-026-T/CNIA，周期为18个月，完成年限2025年8月。

5.2起草阶段

2024年4月23日～4月24日全国稀土标准化技术委员会在重庆市召开“2024年第三次稀土标准工作会议”，会议对《产品碳足迹 产品种类规则 稀土火法冶炼产品》标准计划项目任务落实并确定了参编单位及研制周期。在标准任务下达后，由于国家“双碳”标准相关政策调整，《产品碳足迹 产品种类规则 稀土火法冶炼产品》标准研制计划暂停。

2024年10月15日，全国稀土标准化技术委员会[2024] 49号文“关于印发《钕铁硼焙烧再生原料》等24项国家、行业、中国有色工业协会标准和行业标准外文版计划任务落实会议纪要的通知”，正式确定了《产品碳足迹 产品种类规则 稀土火法冶炼产品》标准的起草单位为虔东稀土集团股份有限公司、包头天和磁材科技股份有限公司、福建省金龙稀土股份有限公司、包头稀土研究院、有研稀土高技术有限公司、江西省钨与稀土产品质量监督检验中心、中稀天马新材料科技股份有限公司、有研稀土新材料股份有限公司、包头市中鑫安泰磁业有限公司、乐山有研稀土新材料有限公司、甘肃稀土集团有限责任公司、国合通用测试评价认证股份有限公司、赣州华卓再生资源回收利用有限公司、中国北方稀土（集团）高科技有限公司、中稀（凉山）稀土有限公司、赣州碳足迹科技有限公司、赣州晨光稀土新材料有限公司、包头瑞鑫稀土金属材料股份有限公司，项目周期为24个月。

虔东稀土集团股份有限公司接受任务后，立即成立了《产品碳足迹 产品种类规则 稀土火法冶炼产品》标准编制起草小组并于2024年10月底建立了工作微信群。在项目起草过程中，根据《“双碳”重点领域国家标准立项原则》，并与国家“双碳”相关政策文件保持一致，标准名称《产品碳足迹 产品种类规则 稀土火法冶炼产品》修改为《温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 稀土火法冶炼产品》。2025年2月初，通过标准小组的内部讨论，补充完善了标准文本，形成了《温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 稀土火法冶炼产品》的征求意见稿。

5.3征求意见阶段

2025年2月13日，标准编制小组将《温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 稀土火法冶炼产品》征求意见稿通过邮件、微信、电话等方式发送给行业内相关单位征集意见。总计发送征集意见稿的单位数20家，其中，回函的单位数16家，回函并有意见的单位数7家；涵盖了生产企业 8家，科研院所2家，其他单位6家（上下游企业）。编制组对反馈的意见进行了汇总处理，逐一进行了答复，并根据采纳情况进一步完善了标准文本和编制说明，形成了《温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 稀土火法冶炼产品》的标准预审稿及编制说明等材料。

5.4预审阶段

2025年4月23日~4月25日在山东省济宁市梁山县召开了稀土标准论证会暨2025年第三次稀土标准工作会议，会上对团体标准《温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 稀土火法冶炼企业》进行了预审。

5.5审定阶段

。。。。。。

5.6报批

。。。。。。

二、标准编制原则、主要内容及其确定依据

1． 编制原则

1.1 参照国际和国家标准的原则

本标准在制定过程中参照ISO 14067:2018《温室气体-产品碳足迹量化要求和指南》（Greenhouse gases-Carbon footprint of products-Requirements and guidelines for quantification）、GB/T 24067-2024《温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南》的量化方法内容，按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的要求和规定，完成标准的编制。本标准的编制遵循专业严谨，力求完整、规范、清晰、简洁。

1.2以国家和行业的需求导向为原则

本标准在制订过程中，以国内稀土行业的技术发展现状为原则，提高标准的适用性；以满足国内稀土行业的实现碳减排为原则，提高标准的可操作性。本标准充分考虑国家法律法规的要求，落实国家双碳战略部署，补充建立健全双碳标准体系。

2．标准主要内容及其确定的依据

本标准的主要内容包括范围、规范性引用文件、术语和定义、量化目的、量化范围、数据和数据质量、生命周期清单分析、产品碳足迹影响评价、产品碳足迹结果解释及产品碳足迹报告。

（一）范围

本文件规定稀土火法冶炼产品碳足迹量化的产品种类及描述、产品碳足迹量化界定、数据和数据质量、生命周期清单分析、产品碳足迹影响评价、产品碳足迹结果解释及研究报告等内容。

本文件适用于以稀土氧化物为原料，采用稀土火法冶炼工艺（熔盐电解法、金属热还原法、均一化重熔或精炼提纯）生产的稀土火法冶炼产品的碳足迹量化，不适用于稀土硅铁合金、稀土镁硅铁合金产品的碳足迹量化。

稀土硅铁合金、稀土镁硅铁合金采用碳热还原法、硅热还原法和熔配法生产工艺制备。碳热还原法是利用矿石原料和在大容量的狂热炉中直接制取合金，硅热还原法是以硅铁作还原剂，还原稀土原料制得稀土硅铁合金，稀土原料通常为稀土精矿、氟碳铈矿等。其生产工艺与本文件规定的产品工艺不一致，因此本文件不适用于稀土硅铁合金、稀土镁硅铁合金产品的碳足迹量化。

（二）量化目的

开展稀土火法冶炼产品碳足迹量化的总体目的是结合取舍准则，通过量化稀土火法冶炼产品系统边界内中所有显著的温室气体排放量和清除量，计算1吨稀土火法冶炼产品对全球变暖的潜在贡献，其对气候变化影响以二氧化碳当量（CO2e）表示。

开展稀土火法冶炼及其前序产品的碳足迹量化的目的还包括：

——评价稀土火法冶炼产品生命周期内相关活动带来的温室气体

——识别稀土火法冶炼产品系统的高排放环节，挖掘降碳潜力，为深度减排提供技术策略；

——促进稀土火法冶炼产品产业链上下游信息沟通，协同降碳，推动市场向低碳产品转型。

本文件潜在应用还包括为产品研发、技术升级、碳足迹绩效追踪和沟通等提供信息支持。

（三）量化范围

1、产品描述及声明单位

产品描述应使用户能够清晰识别产品，并可参照GB/T 2968、GB/T 4153、GB/T 9967、GB/T 15071、GB/T 15676、GB/T 16476、GB/T 19395、GB/T 20892、GB/T 20893、GB/T 26415、GB/T 29917、GB/T 31978、GB/T 40854、XB/T 212、XB/T 218、XB/T 226、XB/T 227、XB/T 232、XB/T 301、XB/T 302、XB/T 303、XB/T 304、XB/T 305、XB/T 403、XB/T 404、XB/T 405的要求进行描述。

声明单位或功能单位应与产品碳足迹研究的目的和范围保持一致。声明单位或功能单位的主要目的是为相关的输入和输出数据的归一化提供参考基准。因此应对声明单位或功能单位做出明确的定义并使其可量化。

本文件规定的声明单位为符合5.1中规定的1吨的稀土火法冶炼产品。

2、系统边界

1）边界设定

稀土火法冶炼产品系统边界内的碳足迹量化范围主要包括：1）熔盐电解、金属热还原、均一化重熔或精炼提纯生产阶段、产品包装等阶段发生的直接排放；2）消耗电力和热力发生的间接排放；3）原辅材料、燃料等的上游排放及运输排放；4）废渣处理或外委处置产生的排放等。其系统边界的设定如图1所示：



图1 稀土火法冶炼产品碳足迹系统边界图

稀土火法冶炼产品系统边界为“从摇篮到大门”，即从稀土原料（稀土矿资源的开采或稀土二次资源的回收）到稀土火法冶炼产品出厂大门这一过程为止。这一系统边界包括了稀土采选矿（或稀土二次资源回收）、稀土湿法分离、稀土火法冶炼三类生产工艺步骤。

稀土火法冶炼产品“从摇篮——大门”涉及的温室气体排放源，包括了“稀土采选矿（矿石-原矿）”、“稀土湿法分离（原矿-稀土氧化物）及稀土火法冶炼（稀土氧化物-稀土金属、合金）”中一一对应的“摇篮到大门”、“大门—大门”、“大门—大门”的温室气体排放。由于本标准研制过程中，同步在研《温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 稀土湿法冶炼产品》团体标准，因此从“稀土原料——稀土湿法分离产品”部分的产品碳足迹量化方法与要求均引用该标准，本文件中不再单独赘述。

本文件将重点介绍“稀土湿法分离产品—稀土火法冶炼产品”这一“大门-大门”过程的碳足迹量化方法与要求。本过程系统边界内不同工艺对应的温室气体排放类型如下：

1. 稀土熔盐电解生产单元温室气体排放源

 生产过程直接排放为阳极消耗产生的二氧化碳排放、阳极效应产生的全氟化碳排放；燃料燃烧排放为固定和移动设备中的化石燃料燃烧排放；生产过程消耗电力、热力的间接排放、以及如上游第三方运输和配送产生的温室气体排放、购买的燃料、原辅料在其生产过程的排放以及第三方废物处理产生的温室气体排放等。

 2）金属热还原（钙热还原、镧热还原）、均一化重熔或精炼提纯生产单元温室气体排放源主要为消耗电力所产生，其生产过程没有直接温室气体排放。

各生产工艺流程见图2至图3.



图2 典型熔盐电解工艺流程



图2 典型钙热还原（左）、镧热还原（中）、精炼提纯（右）工艺流程

稀土火法冶炼工艺及其对应的稀土火法冶炼产品如表1所示。

表1 稀土金属主要产品

|  |  |
| --- | --- |
| **工艺类别** | **产品** |
| 熔盐电解 | 金属镧、金属铈、金属镨、金属钕、镧铈金属、镨钕金属、镨钕镝合金、镝铁合金、钆铁合金、钬铁合金、铈铁合金、钇铁合金等 |
| 钙热还原 | 金属钆、金属铽、金属镝、金属钬、金属铒、金属钇、金属镥、金属钪等 |
| 镧热还原 | 金属钐、金属铕、金属铥、金属镱等 |

经过熔盐电解、钙热还原及镧热还原工艺产出的产品，通过均一化重熔或精炼提纯等工艺可进一步提纯，最终获得产品如表2所示。

表2 均一化或高纯产品

|  |  |
| --- | --- |
| **工艺类别** | **产品** |
| 均一化重熔或精炼提纯 | 镝铁合金、钆铁合金、钬铁合金、铈铁合金、钇铁合金等；高纯金属镧、高纯金属铈、高纯金属钕、高纯金属钆、高纯金属铽、高纯金属镝、高纯金属钬、高纯金属铒、高纯金属铥、高纯金属镱、高纯金属镥、高纯金属钇等 |

1. 辅助材料和能源获取阶段

从自然界材料提取时开始，到辅助材料和能源到达生产工厂时终止。包括但不限于以下过程：

a）辅助材料的获取与运输分销，（如：熔盐电解工艺涉及的石墨阳极、钨钼铌钛材料、石墨坩埚、氟化锂、纯铁、石灰等；钙热还原工艺涉及的钨坩埚、金属钙、氯化钙、金属镁、真空泵油等；镧热还原工艺涉及的铌坩埚、金属镧、真空泵油、石墨发热体、石墨保温层等以及提纯工艺涉及的钨、钼、铌、钛、钽、石墨材料、真空泵油等）；b）能源的获取与运输分销或输送（如汽油、柴油、重油、煤炭、天然气、电力、热力等）。

3）稀土火法冶炼产品生产阶段

包括稀土矿采选、稀土湿法产品生产及稀土火法冶炼产品生产，稀土矿采选、稀土湿法产品生产阶段的生产过程描述按《XXXXX温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 稀土湿法冶炼产品》的规定进行。对稀土火法冶炼产品的生产流程及其涉及的温室气体排放介绍如下：

* 熔盐电解生产单元

稀土火法冶炼产品熔盐电解生产从稀土氧化物、氟化稀土、氟化锂、石墨阳极等原、辅材料进入工厂开始，到稀土金属或合金产品离开工厂终止，包括以下过程：

a) 稀土氧化物、氟化稀土、氟化锂、石墨阳极运输；

b) 电解槽、石墨阳极、铁（钨）棒组装；

c) 整流供电；

d) 稀土熔盐电解生产相关过程，包括：

1) 氧化稀土、氟化稀土、氟化锂混料及储运；

2）烘炉

3) 起弧（开炉）；

4) 电解生产；

5) 出炉；

6) 阳极、阴极更换；

7) 废气净化；

8) 电解槽停炉大修。

e) 稀土合金均一化重熔生产相关过程，包括：

1) 稀土合金产品储运；

2) 真空均匀化熔炼；

3) 出炉；

4) 粉尘收集处理；

f) 包装存储；

g) 余热回收利用；

h) 燃料、辅助材料生产与运输相关过程；

i) 燃料及电（热）力等能源消耗相关过程。

注：e）稀土合金二次熔炼生产为非必需生产过程。

* 熔盐电解法是生产轻稀土和铁合金的主要工艺方法，熔盐电解产品出炉有两种方式，一种采用提坩埚出炉，另一种则是舀出炉的方式，涉及钛勺，铌钛勺等辅助材料不同。电解生产是稀土火法冶炼轻稀土和铁合金生产的重点碳排放环节，碳排放达到全流程的60~90%。通过熔盐电解生产的稀土合金因产品指标不符合要求时，可继续通过均一化重熔，在中频炉中进行对等重熔，生产出合格的合金产品。因此，在计算稀土合金产品的碳足迹时，应明确产品的工艺流程。金属热还原生产单元

金属热还原包括钙热还原和镧热还原。

* 稀土火法冶炼产品钙热还原生产从氟化稀土、金属钙等原材料进入工厂开始，到稀土金属离开工厂终止，包括以下过程：

a) 氟化稀土、金属钙运输；

b) 熔炼炉安装；

c) 中频供电；

d) 钙热还原生产相关过程，包括：

1) 氟化稀土、金属钙或氟化稀土、金属钙、金属镁、氯化钙混料及储运；

2) 烘炉；

3) 钙热还原生产；

4) 出炉；

5）精炼除钙或钙、镁；

6) 粉尘收集处理；

e) 包装存储

f)余热回收利用；

g) 燃料、辅助材料生产与运输相关过程；

h) 燃料及电（热）力等能源消耗相关过程。

* 镧热还原生产从氧化稀土、金属镧等原材料进入工厂开始，到稀土金属离开工厂终止，包括以下过程：

a) 氧化稀土、金属镧等运输；

b) 熔炼炉安装；

c) 整流供电；

d) 镧热还原生产相关过程，包括：

1) 氧化稀土、金属镧储运；

2) 刨镧、混料、压料、装料；

3) 烘炉；

4) 镧热还原生产；

5) 出炉；

6) 粉尘收集处理；

e) 包装存储

f)余热回收利用；

g) 燃料、辅助材料生产与运输相关过程；

h) 燃料及电（热）力等能源消耗相关过程。

金属热还原过程中，生产过程无直接温室气体排放，主要的碳排放为消耗电力、燃料燃烧排放和其他排放。

* 提纯生产单元

精炼提纯指除杂过程。如需要获得更高纯度的稀土金属或合金，需要不断提纯除杂至高纯产品，则需要利用中频炉反复除杂。

从钙热还原稀土金属、镧热还原稀土金属、熔盐电解稀土金属原料进入工厂开始，到高纯稀土金属产品离开工厂终止，包括以下过程：

a) 稀土金属或合金运输；

b) 真空炉安装；

c) 整流供电；

d) 精炼提纯生产相关过程，包括：

1)稀土金属或合金产品储运；

2) 真空蒸馏或电子束熔炼、区域熔炼等；

3) 出炉；

4) 粉尘收集处理；

e) 包装存储

f)余热回收利用；

g) 燃料、辅助材料生产与运输相关过程；

h) 燃料及电（热）力等能源消耗相关过程。

这一反应过程无直接温室气体排放，主要是碳排放为消耗电力、燃料燃烧排放和其他排放。

4）取舍原则

在评价目标和范围确定阶段，应确定允许省略次要过程的取舍准则。所选择的取舍准则对评价结果产生的影响应在最终的报告中做出解释。

在稀土火法冶炼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，但所有舍弃的合计值不应超过产品碳足迹总量的5%。

注：所排除单元过程舍去的温室气体排放与清除有书面记录。

（四）数据和数据质量

稀土火法冶炼产品的碳足迹量化需要收集现场数据和背景数据。现场数据是稀土火法冶炼产品生产阶段各工序或单元的活动数据，是基于实际测量、统计等方式得到的生命周期清单数据，如产品生产阶段的原辅料和能源消耗量、产品产出量、废弃物排放量以及运输量 (包括运输方式、运输距离)等。现场数据均为初级数据。

背景数据是无法从现有产品系统中获得的，通常来源于现有的本土化或国际LCA数据库、经第三方权威机构认证的产品碳足迹(CFP)或环境产品声明(EPD)报告、公开发表的高质量学术文献等。

稀土火法冶炼产品系统边界内各不同工艺涉及的主要数据描述示例见表3。

表3熔盐电解主要数据描述示例

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 类别 | 主要物料清单 | 备注 |
| 现场数据 | 输入 | 原料消耗量 | 稀土氧化物、氟化稀土 | 初级数据 |
| 燃料消耗量 | 轻质柴油、煤炭、天然气、重油等 |
| 电力/热力消耗量 | 电力（能源结构、占比）、热力 |
| 其他工质消耗量 | 水等 |
| 辅料消耗量 | 石墨阳极、钨钼铌钛材料、石墨坩埚、氟化锂、纯铁、石灰、烧碱、钢球、 |
| 第三方服务 | 现场运输、废渣、废水外委处置等 |
| 输出 | 主产品产量 | 稀土金属及合金等 |
| 废弃物产量 | 中和渣、废矿物油、废石墨、废钨钼铌钛材料、废铁等 |
| 温室气体排放量 | CO2、CF4、C2F6等 |
| 背景数据 | 电力/热力 | ——供应商提供的生命周期排放因子；——电力/热力能源结构、输配电损失、燃料消耗量、燃料上游排放等 | 次级数据（宜优先考虑初级数据） |
| 外购原辅材料和服务 | ——供应商/服务商提供的排放因子；——公开或商业数据库中的排放因子 |
| 运输分销 | ——供应商/服务商提供的排放因子；——运输方式、运输工具规格型号等 |

（五）生命周期清单分析

 生命周期清单分析是产品碳足迹评价的重要内容，包括数据收集、数据审定、数据分配、数据取舍原则、清单计算环节。

1. 数据收集

稀土火法冶炼产品碳足迹量化数据宜以一个自然年为数据收集周期。其特点是年度数据符合组织常规的运营管理，涵盖生产波动的变化因素。

对于系统边界内的所有单元过程，应收集纳入生命周期清单中的定性资料和定量数据。根据数据收集和数据质量评估步骤，收集原辅材料和能源获取阶段和产品生产阶段的初级数据和次级数据。

a）初级数据收集

产品生产各阶段输入、输出的初级数据收集列表；

b）次级数据收集

稀土火法冶炼产品系统边界内的次级数据，主要为不同类型的温室气体排放因子，如：

* 原辅材料、燃料燃烧等上游生命周期温室气体排放；
* 电（热）力等能源的上游生命周期清单数据；
* 中和渣、废石墨等处理过程生命周期清单数据；
* 各种运输方式产生的温室气体排放。

稀土火法冶炼产品系统边界内的次级数据库，可从公共数据库或商业数据库中获得相关数据。目前国内外均有相关LCA数据库，供碳足迹评价的参照查阅。国际通用数据库有Ecoinvent（瑞士数据库）、ELCD（欧洲生命周期文献数据库）、USLCI（美国生命周期清单）、及World Steel Association等，国内主要有国家温室气体清单数据库、中国生命周期基础数据库（CLCD）等。虽然国内LCA研究起步较晚，但随着国家绿色制造政策的推进，LCA研究得到迅速发展。因此，建议在本土化LCA数据库的基础上，开展LCA研究时应优先选择代表本土化的数据库，保证数据的准确性和可比性，如果不能满足再考虑使用国外数据库。

c）特定（电力）温室气体排放因子

电力生命周期的温室气体排放取决于现场或电力供应商所采用的 技术及设施。电力是稀土火法冶炼产品的主要能源消耗。当稀土火法冶炼产品消耗的电能为内部发电（例如现场发电），且未向第三方出售，则应将该电力的生命周期数据用于稀土火法冶炼产品的碳足迹量化。当使用电网电力时，推荐选择温室气体排放因子应为实际电力产品的碳足迹，而不是全国统一的电力排放因子。

2）数据审定

在数据收集过程中应对数据的有效性进行检查，以确认并提供证据证明数据质量要求符合标准第6章的规定。数据审定可通过建立质量平衡、能量平衡、碳平衡和(或)排放因子的比较分析或其他适当的方法。由于每个单元过程均遵守物质和能量守恒定律,因此物质和能量的平衡能为单元过程描述的准确性提供有效的检查。数据审定可参考行业平均值、检验标准值等常规数据进行交叉审定。

3）数据分配

应明确规定的分配程序将输入和输出分配到不同的产品中。稀土火法冶炼产品优先采用的数据分配方法如下；

a) 细分法：将拟分配的单元过程进一步划分为两个或更多的子过程,并收集与这些子过程相关的输入和输出数据；

b) 扩展法：将产品系统加以扩展，从而抵扣功能单位等同产品生产造成的环境影响：

c) 分配法：根据物理属性(例如质量、工时)或产品经济价值等参数，按比例将输入输出数据分配到共生产品。

原则上宜尽量避免数据分配，当同时有几种备选分配程序时，应通过敏感性分析阐明偏离所选方法产生的影响。

3）数据取舍准则

本文件涉及的物质（能量）数据的取舍原则如下：

a) 能源的所有输入均需列出；

b) 原辅材料的所有输入均需列出；

c) 辅助材料若符合d)和e)要求则可忽略；

d) 忽略的单项物质（能量）流对产品碳足迹的贡献均不应超过1%；

e) 所有忽略的物质（能量）流对产品碳足迹贡献总和不应超过5%，且应在产品碳足迹报告中予以说明；

f) 道路与厂房等基础设施、各工序设备、厂区内人员办公及生活设施的消耗和排放，均忽略。

4）清单计算

生命周期清单分析结果通常表现为一系列的数据表，展示每声明单位产品在每个阶段/单元过程中的资源使用量（如原辅材料和能源），以及释放到环境中的排放物（如温室气体、废弃物等）。

（六）产品碳足迹影响评价

产品碳足迹为所有温室气体潜在气候变化影响的总和。参照国际通用原则，应通过排放或清除的GHG的质量乘以IPCC给出的100年GWP(见附录D)，来计算产品每种GHG排放和清除的潜在气候变化影响，以tCO2e/t排放量)计。

1. 产品碳足迹计算方法

稀土火法冶炼产品碳足迹计算方法见公式(1)：

$CFP\_{GHG}=\sum\_{j}^{}[\sum\_{i}^{}(AD\_{i}×EF\_{LCA,i,j})×GWP\_{j}].$..............................(1)

式中：

CFPGHG——稀土火法冶炼产品碳足迹，以吨二氧化碳当量每吨(tCO2e/t)计；

$AD\_{i}$——系统边界内，各声明单位中第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的排放因子，单位与GHG活动数据相匹配；

$GWP\_{j}$——温室气体j的GWP值。

（七）产品碳足迹结果解释

按照产品碳足迹研究的目的和范围，对产品碳足迹影响评价的量化结果进行解释，解释应包括以下内容：说明产品碳足迹和各阶段碳足迹；分析不确定性，包括取舍准则的应用或范围；详细记录选定的分配程序；说明产品碳足迹研究的局限性。

（八）产品碳足迹报告

产品碳足迹报告应包括但不限于下列内容：基本情况、量化目的、量化范围、清单分析、影响评价、产品碳足迹计算等。

三、预期达到的经济社会效益

本标准的制定充分考虑了我国稀土行业的生产技术现状，可为稀土火法冶炼生产过程中稀土火法冶炼产品的碳足迹量化提供指导。该标准的制定有助于稀土企业摸清碳排放水平，发现生产过程中碳足迹生态压力的关键要素，为稀土企业绿色低碳生产提供明确路径，为稀土行业的绿色低碳发展提供对策，为稀土行业的减碳政策提供数据支撑，对我国稀土行业降碳目标的视线具有重要意义。

四、采用国际标准和国外先进标准的程度，以及与国际、国外同类标准水平的对比情况，或与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况。

经查，国外无相同类型的标准。本标准未采用（包括等同采用、修改采用及非等效采用）国际标准或国外先进标准。

五、与现行法律、法规、强制性国家标准及相关标准的关系

本标准属于推荐性团体标准，领域内没有强制性国家标准。本标准与现行法律、法规和相关标准相协调、无冲突。

本文件与现行标准及制定中的标准无重复交叉情况。

六、重大分歧意见的处理和依据

 编制组严格按既定编制原则进行编写，本文件起草过程中未发生重大的分歧意见。

七、专利及涉及知识产权

本标准不涉及专利和知识产权问题。

八、贯彻标准的要求和措施建议

1、在实施前保证标准文本能及时做到全文公开，使每个生产企业及检测机构等都能及时获取文本内容信息，这是保证新标准贯彻实施的基础。

2、建议稀土产品的生产和检测单位积极组织本标准的学习与宣贯，可向企业、公司和科研院校（所）推荐本标准。

3、利用行业协会、网络平台、微信公众号等推广本标准的贯彻使用。

九、废止现行有关标准的建议

无。

虔东稀土集团股份有限公司

2025年XX月