**温室气体 产品碳足迹量化方法与要求**

**阴极铜**

**编制说明**

（送审稿）

**《温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 阴极铜》编制组**

**主编单位：中国恩菲工程技术有限公司**

**2024年8月**

**目 录**

[一、工作简况 1](#_Toc169517058)

[（一）任务来源 1](#_Toc169517059)

[（二）标准编制的背景和意义 1](#_Toc169517060)

[（三）主要参加单位 3](#_Toc169517061)

[（四）主要工作过程 3](#_Toc169517062)

[二、标准编制原则 5](#_Toc169517063)

[（一） 技术文件依据 5](#_Toc169517064)

[（二） 编制原则 5](#_Toc169517065)

[三、 主要技术内容 6](#_Toc169517066)

[（一） 范围 6](#_Toc169517067)

[（二） 规范性引用文件 6](#_Toc169517068)

[（三） 术语和定义 6](#_Toc169517069)

[（四） 量化目的 6](#_Toc169517070)

[（五） 量化范围 7](#_Toc169517071)

[（六） 清单分析 10](#_Toc169517072)

[（七） 影响评价 17](#_Toc169517073)

[（八） 结果解释 18](#_Toc169517074)

[（九） 产品碳足迹报告 18](#_Toc169517075)

[（十） 产品碳足迹声明 18](#_Toc169517076)

[（十一） 附录 19](#_Toc169517077)

[四、主要试验（或验证）情况分析 19](#_Toc169517078)

[五、标准中如涉及专利，应有明确的知识产权说明 21](#_Toc169517079)

[六、预期达到的经济效果 21](#_Toc169517080)

[（一）项目的必要性 21](#_Toc169517081)

[（二）项目的可行性 21](#_Toc169517082)

[（三）标准的先进性、创新性、标准实施后预期产生的经济效益和社会效益 22](#_Toc169517083)

[七、采用国际标准或国外先进标准的情况 22](#_Toc169517084)

[八、与现行法律、法规、强制性国家标准及相关标准协调配套情况 22](#_Toc169517085)

[九、重大分歧意见的处理经过和依据 22](#_Toc169517086)

[十、标准性质的建议说明 22](#_Toc169517087)

[十一、贯彻标准的要求和措施建议 22](#_Toc169517088)

[十二、废止现行有关标准的建议 23](#_Toc169517089)

[十三、其他应予说明的事项 23](#_Toc169517090)

《温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 阴极铜》

编制说明（讨论稿）

# 一、工作简况

## （一）任务来源

为推进有色金属行业实现碳达峰、碳中和的目标和愿景，积极完善有色金属工业节能与绿色标准化工作体系，充分发挥标准的引领、门槛、规范和倒逼作用，促进有色金属行业绿色、低碳、高质量发展，全国有色金属标准化技术委员会制定了《有色金属行业绿色低碳标准化三年行动计划（2021-2023）》，本标准作为其中一项计划被列入，并由全国有色金属标准化技术委员会归口。2022年4月通过有色金属低碳标准计划项目论证，由中国恩菲工程技术有限公司牵头开展预研工作。2023年10月，工业和信息化部下达了《工业和信息化部 2023 年第三批行业标准制修订和外文版项目计划》，本标准被列入该计划（计划号2023-1431T-YS）。

## （二）标准编制的背景和意义

##### 1. 标准编制的背景

气候变化是全球关注的严峻问题。为应对气候变化，各国不断开展碳中和行动，低碳发展成为当今世界发展的主流。中国政府高度重视气候变化问题，向世界郑重承诺了“2030碳达峰，2060碳中和”的目标，并启动了低碳产品认证、碳交易市场等多项推动温室气体减排的政策措施。当前企业的所处的商业环境已大不相同，企业不再仅仅关心自身运营，而且加强对供应链的审视，以及致力于减少整个价值链的环境影响。因此，碳足迹核算的影响力也得以扩大。

政策层面来看，《国家标准化发展纲要》、《建立健全碳达峰碳中和标准计量体系 实施方案》、《关于加快建立统一规范的碳排放统计核算体系实施方案》以及《碳达峰碳中和标准体系建设指南》等文件均对产品碳足迹标准建立提出要求。

##### 2. 标准制订的意义

产品碳足迹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、产品生产（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计。PAS 2050是由英国标准协会(BSI)制定的全球第一个关于产品碳足迹的标准，其中提出“摇篮-到-坟墓”和“摇篮-到-大门”两种评价方法（范围）。产品碳足迹核算有利于企业掌握产品上下游的温室气体排放途径及排放量，并帮助企业发掘减排潜力，促进上下游有效沟通，提高声誉、强化品牌，从而有效地减少温室气体的排放；生产企业可根据产品的生命周期碳足迹选择更为低碳的供应商和工艺；核算报告可为下游消费企业提供购买决策参考以实现其供应链绿色制造。

消费者也更加重视其购买决策带来的碳影响，媒体和公众开始加大对企业的监督，而这也带动了企业对产品碳足迹核算服务的需求。产品碳足迹既是促进可持续生产与消费的一个基本手段，也是市场机制和行政强制政策的有机融合。欧盟在其新电池法案中提出电池产品的碳足迹信息披露要求。可以预见，未来国际碳排放摩擦及碳税壁垒将增加，对我国进出口贸易产生影响，或可导致高碳产品出口减少。因此，我们更需要尽快建立相应的产品碳足迹核算和评价标准，通过引导企业加速碳中和，从而可以更从容面对未来绿色贸易的发展趋势。

铜在世界经济发展中扮演着至关重要的角色，被广泛应用于电气、电子、机械制造、建筑、国防等领域。我国是最大的精炼铜生产国，也是最大的消费国。2023年，全球精炼铜产量达2693万吨，其中中国精炼铜产量1299万吨，约占全球产量48%。截止2023年，我国铜精炼产能已超过1200万吨，产能占比超过40%。2023年全球精炼铜消费量约2701万吨，其中中国消费量1522万吨，消费占比约56%。绿色转型是今后全球经济发展的主旋律和新动能。在此背景下，全球大力发展清洁能源，能源结构调整，汽车电气化时代加速到来。光伏、风电、新能源汽车、机电设备节能改造等将大幅刺激铜的消费需求。铜作为绿色转型的关键金属已被全球公认。作为未来碳中和路径下的绿色金属和经济社会发展的基础材料，铜产品的碳足迹评价非常重要。

国内外现有产品碳足迹相关标准文件为本标准的制定提供坚实的基础，但需进一步考虑我国铜行业的生产实际情况。英国标准协会(BSI)所制定的《PAS 2050:2011商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》、国际标准化组织制定的《ISO 14067:2018温室气体—产品碳足迹—量化和信息交流的要求与指南》、以及世界资源研究院与世界可持续发展工商理事会共同发起的温室气体核算体系下的《温室气体核算体系：产品寿命周期核算与报告标准》、我国国家标准《温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南》等国际、国内标准性文件，为包括有色金属产品在内的所有产品，以报告为载体系统披露气候影响相关实践提供了有益指导。但缺乏铜产品系统的特征内容，特别是铜产品系统涉及很多副产品，通用标准在副产品分配的处理上有很大的灵活性，不利于指导利益相关方对铜产品碳足迹进行分析评价。

目前，国内外产品碳足迹相关标准也日趋成熟。ISO 14040:2006《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》是产品碳足迹量化中最常用的基础方法学标准，规定了生命周期评估（LCA）的目的、范围、清单 分析、影响评价、结果解释和报告等相关要求。我国已等同转化ISO 14040:2006《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》，也制定了GB/T 30052-2013《钢铁产品制造生命周期评价技术规范（产品种类规则）》和 GB/T 41638.1-2022《塑料 生物基塑料的碳足迹和环境足迹》等具体产品种类规则标准。

基于以上背景、意义和工作基础，深度调研我国铜产业链特征的情况下，制订《温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 阴极铜》，为我国阴极铜及前序产品对产品碳足迹量化和报告的原则、要求等方面做出规范。

## （三）主要参加单位

**主编单位中国恩菲工程技术有限公司**（原中国有色工程设计研究总院，简称“中国恩菲”）是中华人民共和国成立后，为恢复和发展我国有色金属工业而设立的第一家专业设计机构，拥有全行业工程设计综合甲级资质。中国恩菲作为行业技术引领者，拥有地质、采矿、选矿、冶炼、建筑、结构、电气、热工等工艺及相关公辅配套共计40多个专业的设计力量，形成了包括中国工程院院士和诸多国家级、行业级设计大师、百名博士团队在内的高素质人才团队，搭建了全专业技术研发平台，拥有多晶硅材料制备技术国家工程实验室、金属矿山安全技术国家重点实验室等6个国家级实验室，恩菲技术研究院、院士专家工作站、2个博士后科研工作站和22个行业技术研发中心，依托“631122”研发平台，造就了一大批具有高市场价值的技术创新成果，获得了国家级、省部级奖项千余项，拥有授权专利千余件，其中发明专利542件。年均申请专利500件以上，其中发明专利占60%以上。形成11项核心专长技术体系，涵盖采矿、选矿、重有色金属冶金、稀有金属冶金、新材料、气体净化、电气、设备等专业，引领行业向智能、生态、智慧、绿色的方向持续发展。

有色金属技术经济研究院有限责任公司、矿冶科技集团有限公司、上海易碳数字科技有限公司等为本标准的编制提供了理论和实践支持。

铜陵有色金属集团股份有限公司、云南铜业股份有限公司西南铜业分公司、金川集团股份有限公司、江西铜业股份有限公司、北方矿业有限责任公司、紫金铜业有限公司等具备铜采选冶全流程业务系统且产能位居前列，具备良好的经营实践基础，为标准调研和验证工作提供了很好的支撑材料。

工作分工方面，主编单位中国恩菲工程技术有限公司负责标准的工作指导、标准的编制及组织协调；其他参编单位提供一些生产实践支持、数据收集以及辅助标准验证工作。

## （四）主要工作过程

##### 1． 组建标准编制组

2022年5月，成立标准编制组，负责阴极铜产品碳足迹量化及评价工作。铜作为社会经济生产中的基础原材料，其终端应用产品复杂多样，考虑到我们评价的产品并不是直接面对终端消费者，更多是为下游生产商提供产品碳足迹信息，因此确定系统边界为“摇篮-到-大门”的产品碳足迹，即从原材料获取到铜产品离开报告企业大门的所有排放，包含原辅料和能源获取阶段的上游排放和产品本身生产阶段的排放。

##### 2． 调研和文献收集及分析

编制组通过各种途径搜集了国内外产品碳足迹相关的政策、标准和文献资料等。调研国内铜矿采选、铜冶炼企业的生产基本情况以及产业链情况；统计从铜矿采选到冶炼加工的作业工序和物质流的输入输出情况；分析铜生产“采-选-冶”全流程各工序物料投入和分配情况；开展铜产品碳足迹计算方法的研究和编写，形成了标准草案。

##### 3． 标准编制过程

**3.1 预研阶段**

2022年4月，《产品碳足迹 产品种类规则 阴极铜》（以下简称《标准》）通过有色金属低碳标准计划项目论证，随后起草单位联合组成《标准》起草组。

2022年5月，根据会议意见，主编单位中国恩菲工程技术有限公司修改完善标准申报材料，并于2022年5月初提交至全国有色金属标准化技术委员会。

2022年6月至12月，起草组开展《标准》起草和研究工作，完成《标准》草案。

2023年4月，全国有色金属标准化技术委员会低碳标准工作组组织开展了《产品碳足迹 产品种类规则 阴极铜》第一次集中讨论。

2023年4月至9月，起草组针对4月讨论意见修改完善了《标准》草案。

2023年10月，全国有色金属标准化技术委员会低碳标准工作组组织开展了《产品碳足迹 产品种类规则 阴极铜》第二次集中讨论，针对标准系统边界、数据收集等进行重点研究讨论，并形成会议纪要。

**3.2 标准立项**

2023年10月，工业和信息化部下达了《工业和信息化部 2023 年第三批行业标准制修订和外文版项目计划》（工信厅科函〔2023〕291号），本标准被正式列入行业标准计划（计划号2023-1431T-YS）。

**3.3 修改完善阶段**

2023年10月至2024年4月，标准编制组在预研工作基础上，充分借鉴其他产品碳足迹标准，对标准草案进行完善细化。主要完善内容包括：系统边界、生命周期清单分析、数据分配等。从边界清晰性考虑完善系统边界，从可操作性角度细化生命周期清单分析过程，从科学性和操作性方面提出全流程可能涉及的数据分配。

**3.4 意见征集阶段**

2023年4月至2024年8月，多次组织召开标准专家讨论会，向有色金属企业及专家广泛征求意见，邀请相关领域专家、学者等参与讨论，会上提出若干修改意见。会后标准起草工作组根据专家意见研究分析，修改完善《温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 阴极铜》内容。同时，主编单位通过网络工具与行业内相关单位进行沟通并发送《征求意见稿》。

**3.5 标准审查阶段**

**3.6 标准报批阶段**

# 二、标准编制原则

## （一） 技术文件依据

按照《标准化工作导则 第一部分：标准的结构和编写规则》 （GB/T1.1-2000）的要求和规定编写本标准的内容。

在有关技术内容方面，参考了以下文件：

《GB/T 24040 环境管理 生命周期评价 原则与框架》

《GB/T 24044 环境管理 生命周期评价 要求与指南》

《GB/T XXXX-202X 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排放评价规范》

《ISO 14067:2018温室气体—产品碳足迹—量化和信息交流的要求与指南》

《温室气体核算体系：产品寿命周期核算与报告标准》

《温室气体核算体系：企业价值链（范围三）核算与报告标准》

《温室气体核算体系：范围三排放计算技术指南》

## （二） 编制原则

（1）科学性：从铜产品生命周期角度，全面考察产业链的资源能源消费和温室气体排放，便于引导企业关注供应链，关注生命周期重点环节的减排潜力，充分发挥企业在价值链各环节对发展绿色低碳的推动作用。

（2）可操作性：为便于标准的使用，标准中提供了数据收集的范围和示例，以及相应的计算方法，便于相关人员结合《温室气体排放核算与报告要求》系列标准或指南开展工作。

# 主要技术内容

本标准分为正文和附录两部分。正文包括10个章节，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、清单分析、影响评价、结果解释、产品碳足迹报告、产品碳足迹声明等。

## （一） 范围

规定了标准文件包含的主要内容，以及适用产品包括铜矿石、铜精矿、铜锍（冰铜）、粗铜、阳极铜、阴极铜等铜产品。

本文件仅针对一个单一影响类别，即气候变化，不评价产品生命周期产生的其他方面环境潜在影响，也不评价产品生命周期可能产生的社会和经济影响。

## （二） 规范性引用文件

列出了本标准引用的有关规范文件。

## （三） 术语和定义

在参考已发布的GB/T 24044-2008、GB/T32150-2015、ISO 14067：2018、《GB/T XXXX-202X 温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南》等标准基础上，对本标准中系统边界、功能单位、单元过程、分配、中间产品、共生产品、温室气体等术语进行定义。而阴极铜及前序产品、铜产品生命周期、现场特征数据、背景数据等术语根据产业链调研，并参考相关文件进行了定义。

## （四） 量化目的

产品碳足迹研究是基于生命周期视角，评价产品系统的气候影响。本文件可能的应用包括为产品研究和开发、技术改进、工艺流程再造、产品碳足迹绩效追踪和沟通提供信息。

开展阴极铜及其前序产品碳足迹量化目的包括：

（1）评估产品生命周期内相关活动带来的温室气体排放和清除，提供合规报告；

（2）帮助企业识别产品价值链的高排放环节，进而发掘减排潜力，制定减排措施；

（3）促进产业链上下游信息沟通，强化协同降碳；

（4）引导消费选择，推动市场向低碳产品转型。

## （五） 量化范围

##### 1. 产品描述

产品描述应使用户能够明确地识别产品，可参照国家相关铜产品标准GB/T 467、YS/T 70、YS/T 318、YS/T 921、YS/T 1083的要求进行描述。

##### 2. 声明单位

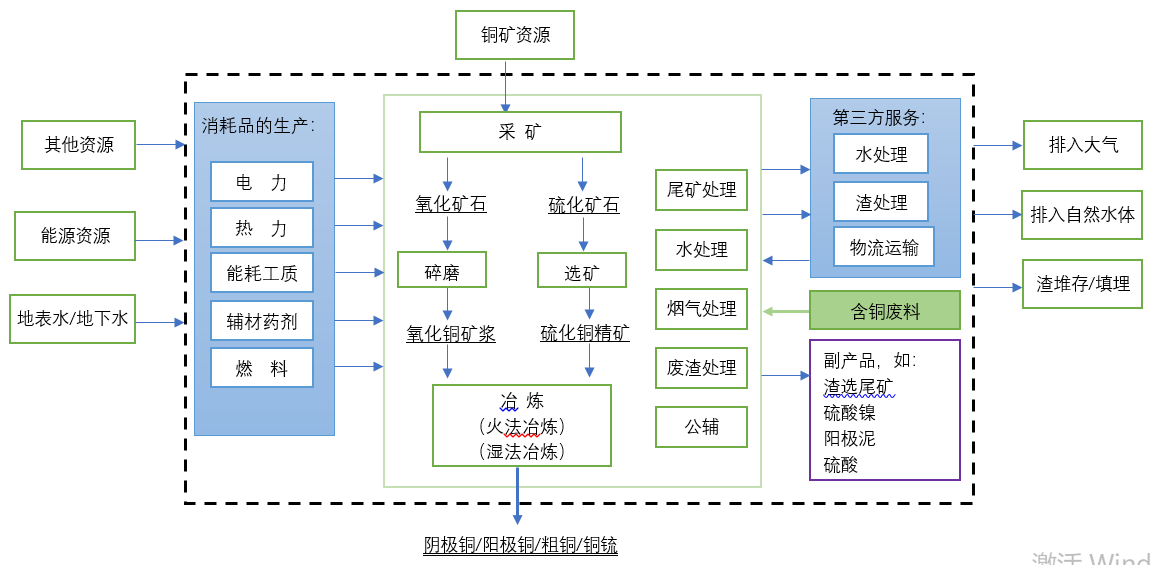
声明单位的主要目的是为相关的输入和输出数据的归一化提供参考基准。本标准的声明单位是指1吨铜产品，如：1吨铜精矿、1吨粗铜、1吨阴极铜等。

##### 3. 系统边界

规定了产品碳足迹核算的系统边界范围和排除项。铜作为社会经济生产中的基础原材料，其终端应用产品复杂多样，并且我们评价的产品并不是直接面对终端消费者。因此，本标准设定的系统边界为“摇篮到大门”的产品碳足迹，即包含产品的所有上游排放和产品本身生产阶段的排放。

“摇篮到大门”的范围参考了PAS 2050:2011定义3.13和《温室气体核算体系：产品寿命周期核算与报告标准》第七章边界设定中的摇篮到大门的范围描述，即从原材料的获取到产品离开报告组织大门为止。

标准中给出了阴极铜及其前序产品系统边界示意图，便于清晰识别纳入系统边界的生命阶段，规定了产品碳足迹计算的系统边界范围和排除项。图1虚框中所示即为本标准规定的系统边界。

图1 阴极铜及其前序产品系统边界示意图（虚框内）

本标准规定了一些排除在系统边界之外的活动，例如：独立于铜主体工艺之外的综合回收单元（如：铜阳极泥进一步处理回收贵金属、开路白烟尘处理），商务旅行，员工通勤，客户接待，产品到客户的运输，资产性商品，以及产品后续的加工、使用和寿命末期处理。标准规定了系统边界的包含项和不包含项详见表1。

表1 系统边界工艺包含项及排除项

|  |  |
| --- | --- |
| 包 含 项 | 排 除 项 |
| * 采矿（露采/地采，含废石处置）； * 选矿（矿石碎磨、浮选、浓缩、过滤）； * 氧化铜矿冶炼：浸出、浓密洗涤、萃取、电积； * 硫化铜精矿冶炼（火法冶炼或湿法冶炼）； * 含铜废料的获取； * 含铜废料的冶炼； * 相关的公辅服务（供水、供电、供气、水处理、废渣处理、物流等）； * 辅料药剂、燃料、能源等的生产； * 原料、辅助材料、燃料等从供应商到现场的运输； * 第三方提供的生产服务； * 废弃物外委处置。 | * 相对独立的综合回收单元； * 员工通勤； * 客户接待； * 商务旅行； * 产品离开报告主体的运输和仓储； * 资产性商品（设备、厂房）的生产； * 再加工阶段； * 终端产品制造和使用阶段； * 寿命期末阶段处理。 |

##### 4. 生命周期各阶段描述

本标准对产品系统边界内生命周期各阶段进行了描述，包括了铜矿石的开采、矿浆/铜精矿的生产、含铜废料的获取（如有）、铜冶炼的生产等阶段。根据不同的资源特点和我国铜行业生产特征，对各种工艺路线进行了说明，见图2。



图2 以铜矿为原料的主要工艺路线

考虑到国内很多铜冶炼企业采购再生铜原料，并根据二次铜物料的品位不同加入到原生铜冶炼的不同炉窑中。本标准对再生铜原料处理的冶炼工艺也进行了简要说明，见图3。

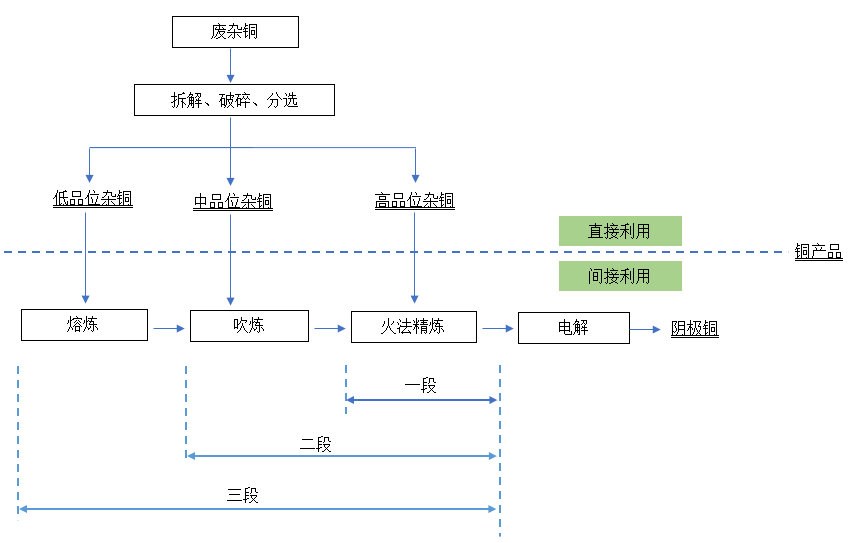


图3 以含铜废料为原料的工艺

##### 5. 取舍准则

取舍准则是对碳足迹无实质性贡献或贡献很小的单元过程、物质流或能量流允许被排除而作出的统一规定。

本标准文件参照《温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南》的统一规定，提出的取舍准则为：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%。

## （六） 清单分析

生命周期清单分析是产品碳足迹评价的核心工作内容，为便于操作，《标准》根据流程特点，对数据收集和分配提供了方法和建议。

##### 数据收集和确认

**1.1 分析流程**

分析流程参照GB24044中生命周期清单分析的一般流程，即：

●数据收集；

●数据确认；

●数据与单元过程和声明单位的关联；

●系统边界调整

**1.2 数据和数据质量**

本节对数据类型、数据质量要求和数据质量评价进行了描述。

数据类型根据铜行业特点按来源和质量进行分类，见表2。

数据质量要求：参考了《GB/T XXXX-202X 温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南》，提出了时间跨度、地理覆盖范围、技术覆盖面、精度、完整性、代表性、一致性、可重现性等方面的要求。

数据质量评价：参考了《温室气体核算体系：产品寿命周期核算与报告标准》中对数据质量的定性评价，根据数据的技术、时间、地域、完整性、可靠性等方面条件，做出很好、好、中等、差等评价，并据此进行数据筛选。

表2 数据类型

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | 类别 | 物料及数据清单 | 备注 |
| 现场特征数据 | 输入 | 原料消耗量 | 如：铜矿、铜精矿、二次铜原料等 | 初级数据 |
| 燃料消耗量 | 煤、焦炭、天然气等 |
| 电力/热力 | 自产量和外购量 |
| 其他能源工质 | 水、氧气、氮气、压缩空气等 |
| 辅料消耗量 | 如：采矿消耗的炸药、水泥等；选矿消耗的钢球、衬板、药剂等；冶炼消耗的石英石、石灰石、耐火材料、钢球等。 |
| 第三方服务结算量 | 如现场运输服务、渣外委处置等 |
| 输出 | 主产品量 | 阳极铜、阴极铜等铜产品的产量 | 初级数据 |
| 共生产品量 | 阳极泥、硫酸镍、硫酸铜等产量 |
| 废弃物 | 现场产生的废渣；  排入环境的水量及排水水质 |
| 温室气体直接排放 | 通过直接监测、化学计量、质量平衡或类似方法获得某一过程释放的排放量（或从大气吸收的清除量） |
| 背景数据 | | 外购材料、燃料和服务 | 1）供应商/服务商排放数据； 2）材料/服务生产活动相关数据；  3）公开或商业数据库的参数。 | 初级数据或次级数据  根据数据获取情况收集 |
| 电力/热力 | 1）供应商排放数据；  2）电力/热力的能源结构、输配电损失、燃料消耗量、燃料生产排放等参数。 |
| 运输分销 | 1）服务商的排放数据；  2）运输量、运输方式、运距、储存等参数。 |
| 共生产品采用系统扩展方式时 | 替代路线的相关参数 |

**1.3 初级数据收集**

标准根据铜工业生产特点，对数据输入输出清单范围提出要求，包括现场特征数据和背景数据，并按生命周期或单元过程给出了采矿、选矿、冶炼、消费后废铜等数据收集的示例（见标准附录C）。

**1.4 次级数据收集**

标准针对不同次级数据类别给出了外购商品、直接排放相关因子、运输等环节相关数据收集的指导，并在附录中给出了相关数据收集范例。数据选用方面，从数据权威性和可靠性考虑，推荐本土数据库。

##### ●关于数据库的说明：

目前国内外均有相关LCA数据库。国外LCA数据库主要有瑞士Ecoinvent、欧洲生命周期文献数据库ELCD、德国GaBi扩展数据库（GaBi Databases）等。国内主要有中国生命周期数据库（CLCD）、清华大学天工LCA数据库等，生态环境部、工信部等国家部委和行业协会也在组织相关的数据库建设。

**GaBi数据库**是由德国的Thinkstep公司开发的LCA数据库，自称是目前全球范围内覆盖行业最多的LCI数据库，原始数据主要来源与其合作的公司、协会和公共机构。2022年发布的最新数据库包括了世界各国和各行业的17000汇总过程数据集，涵盖了建筑与施工、化学品和材料、消费品、教育、电子与信息通信技术、能源与公用事业、食品与饮料、医疗保健和生命科学、工业产品、金属和采矿、塑料、零售、服务业、纺织品、废物处置16个行业。

**Ecoinvent数据库**是由瑞士Ecoinvent中心开发的商业数据库，数据主要源于统计资料以及技术文献。Ecoinvent数据库中涵盖了欧洲以及世界多国7000多种产品的单元过程和汇总过程数据集，包含各种常见物质的LCA清单数据，是国际LCA领域使用最广泛的数据库之一，也是许多机构指定的基础数据库之一。

**ELCD数据**由欧盟研究总署(JRC)联合欧洲各行业协会提供，是欧盟政府资助的公数据库系统，ELCD中涵盖了欧盟300多种大宗能源、原材料、运输的汇总LCI数据集（ELCD 2.0版)，包含各种常见LCA清单物质数据，可为在欧生产、使用、废弃的产品的LCA研究与分析提供数据支持，是欧盟环境总署和成员国政府机构指定的基础数据库之一。由于欧盟直接采购市场上现有的商用数据库，目前ELCD数据库已经停止更新。

**中国生命周期数据库（CLCD）**，最初由四川大学创建，之后由亿科环境持续开发，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，目标是代表中国生产技术及市场平均水平。CLCD数据库成为国内唯一入选WRI/WBCSD GHG Protoca的第三方数据库，也是首批受邀加入欧盟数据库网络(ILCD)的数据库，是国内外LCA研究者广泛使用的中国本地生命周期基础数据库。通过亿科的进一步开发，如今的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。CLCD数据库建立了统一的中国基础工业系统生命周期模型，避免了数据收集工作和模型上的不一致，从而保证了数据库的质量。

**天工LCA数据库**，由清华大学环境学院副院长徐明教授发起，是由天工社区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，汇集了涵盖我国55个行业、4000多单元过程的70000多条公开数据。

目前国内外LCA数据库较多，针对不同的研究需求应选择适合的数据库。虽然我国LCA研究起步较慢，但随着如今工信部绿色制造政策的推进，我国LCA研究得到了迅速发展。因此，建议在我国已有本土化LCA数据库的情况下，开展我国各行业LCA研究时，应首要选择代表本土化的数据库，保证数据的准确性和可比较性，如果不能满足需要再考虑国外数据库的使用。

**1.5 电力**

电力是铜生产过程中的主要能源消耗，电力的生命周期排放取决于现场或电力供应商所采用的发电技术。标准根据电力来源，分别提出了内部发电、直供电力、电网电力提出数据收集的要求，与《温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南》相一致。

##### 数据分配

**2.1 分配程序**

参考国际相关标准对数据分配的要求，提出了数据分配程序，当同时有几种备选的分配程序时，应通过进行敏感性分析来阐明背离所选方法的后果。

分配一般程序如下：

确定与其他产品系统共享的过程，并按照以下步骤进行处理：尽量避免分配（细分单元过程、系统扩展）→确定潜在物理关系，根据物理关系划分到不同产品中→分析其他关系，如经济价值关系。

根据Nicholas Santero & Josh Hendry提出的统一金属和采矿业的生命周期分析方法《Harmonization of LCA methodologies for the metal and mining industry》，标准提出：

任何情况下，只有当共生产品的长期平均价格比例大于4时，才能采用产品经济价值比例进行分配。如果同一过程有两个及以上的产品，则应以产品中价格最高的与价格最低的价格比例为判定基准。经济价值评估中使用的价格应是全球的长期平均值（通常为10年平均值），并需要说明数据来源（如LME、世界银行等）。当共生产品的长期平均价格比例小于等于4时，宜按质量比例关系进行分配（如金属量或实物质量）。

**2.2 推荐的分配方法**

在遵循分配程序的前提下，根据行业生产经营特征和数据获取情况，标准中对采矿、选矿、冶炼等单元过程中常见的共生产品给出推荐的分配方法，见标准附录D。具体包括：

2.2.1 铜矿开采

采矿过程中原矿和废石被一起采出，当废石作为副产品被销售给下游作为原料（如作建筑材料）时，废石是具有经济价值的，而不是废弃物，则排放数据应在原矿和废石之间进行分配。

鉴于很多情况废石产生量远大于矿石，按质量分配会导致与经济活动目的相背离的结果。采用经济价值分配，虽然能反应生产活动的目的，但未经选矿富集的铜矿石原矿直接市场交易的情况很少，缺少市场公允价值；而且废石的价格受区域市场供需影响存在较大波动和不确定性，采用经济价值分配缺乏可操作的支持条件。因此，推荐采用系统扩展的方法，即采用废石所替代的建筑原材料的碳足迹值，作为所研究产品系统的碳信用而从中扣除。

2.2.2 铜矿石选矿

铜矿常伴生钼、金、银、镍等金属。根据矿石性质和经济性，选矿流程会选择不同的选别工艺来把不同金属分选出来，最终输出铜精矿和其他矿产品（如钼精矿）。这种情况下，可根据选别工艺流程细分单元过程来进行分配，如把选钼工序分配给钼精矿，选铜工序分配给铜精矿，其他共用工序根据精矿价格比例是否大于4来选择经济价值分配或质量分配。

2.2.3 冶炼过程

（1）副产品硫酸

火法冶炼烟气一般通过制酸方式获得硫酸产品，并实现烟气脱硫的效果。制酸系统作为独立的生产单元，一般很容易获得该单元的输入和输出，且该单元与硫酸产品具有更直接的联系。从尽量避免分配角度，提出优先通过细分工艺过程来处理副产品硫酸所分担的温室气体排放量和清除量，仅在无法获得独立制酸单元数据的条件下才能采用系统扩展方法。

##### ●关于副产品冶炼酸分配方法的影响说明：

冶炼制酸在中国占有相当大的比重，烟气制酸已经是工业硫酸领域的代表性路线，其中铜冶炼烟气制酸占比较大。目前国际上经常推荐采用系统扩展的方法来处理，其原理是基于副产品节省或避免了另一个具有等效功能的产品系统，该方法应用的前提是存在其他代表性技术路线生产相同产品或等效功能产品。本标准提出优先通过细分工艺过程来处理副产品硫酸所分担的温室气体排放量和清除量，仅在无法获得独立制酸单元数据的条件下才能采用系统扩展方法。理由如下：

a）首先，冶炼酸作为硫酸生产的主要技术路线，如果直接采用系统扩展，则无法评价冶炼酸生产的环境影响。

b）其次，冶炼酸是副产含硫烟气的进一步加工所获得的产品。制酸系统与铜冶炼系统相对独立，与硫酸产品的关系更为紧密，其输入和输出是可以独立统计的，并且生产企业已经具备很好的统计基础，我国现有的硫酸和铜产品的能耗限额标准也是基于这样的前提。

c）全球硫的主要来源是石油天然气的副产、煤化工副产、冶炼气副产，只有不到10%来自于天然硫和硫铁矿。系统扩展的路线选择存在一定的困难。

d）针对工序过程细分和系统扩展（硫磺酸路线）两种方式进行比较，估算结果显示对阴极铜碳足迹的影响不到1%。对比过程如下：

主要单元过程/流：硫磺获取、两种路径的典型用电、余热回收假设用于发电、污酸处理用石灰石等主要单元/流，未考虑材料运输等次要过程。消耗指标、吨酸发电量等参照了行业代表性指标。

生命周期排放因子：电力生命周期因子采用了川大CLCD模型研究的2022中国电力碳足迹值；硫磺碳足迹采用了《中国石化中原油田普光分公司》2019年硫磺碳足迹报告；石灰石因子包括开采+工业过程排放。以上数据均来自公开渠道。

对比结果：吨硫酸的碳足迹差值不到9kg。吨铜一般对应3-4吨酸，保守按4吨计算，对铜碳足迹的影响约35kg/t铜。2022年陆韬等发表的《Environmental hotspot analysis of primary copper production in China and its future improvement potentials》对中国典型铜冶炼企业阴极铜碳足迹的研究，结果显示吨阴极铜碳足迹约4280kgCO2。据此数据，两种方法的差异值对阴极铜碳足迹的影响不到1%。

上述的对比分析存在一定局限性，如数据来源主要为次级数据。但主要的电耗、硫磺消耗具有代表性，一定程度上反映了两种方法的差异。具体评价中可结合实际情况进行分析。

（2）渣选矿的副产品

副产铁精矿：冶炼渣选矿有时配置了选铁工序而副产铁精矿，此时宜细分单元过程，将选铁工序作为副产铁精矿的产品系统而排除在铜产品系统之外。

渣选尾矿：渣选尾矿有时作为废弃物直接堆存，有时也被下游接收去做建材原料而产生经济价值时，如企业可证明其经济价值，可在渣精矿和渣尾矿之间进行分配。由于渣选尾矿量大且市场不稳定，推荐采用系统扩展的方法，即采用渣选尾矿所替代的建材原料的碳足迹值，作为所研究产品系统的碳信用而从中扣除。

（3）电解精炼的副产品

电解精炼环节可能副产阳极泥、硫酸铜、硫酸镍等，这些副产品价格通常与阴极铜产品价格差异较大（价格比例大于4），推荐按经济价值进行分配。

2.2.4 二次含铜废料

消费前含铜废料：工业生产产生的铜废料，如性质未发生明显改变（如加工产生的边角料），宜按废料在废料供应企业铜原料的占比进行分配，进入使用该废料的产品系统中；如性质发生改变（如含铜污泥），宜按这部分废料的经济价值占比进行分配，并计入其下游使用该废料的产品系统中。

消费后含铜废料：废料回收主要是受回收材料的经济性驱动，为简化处理，终端产品生命末期处理和回收的排放可全部分配给后续使用回收废料的产品系统，即回收产品承担了生命末期处理和回收的排放。上一个产品系统不承担回收处理的排放，也不享受可回收材料的碳信用抵扣。

##### ●关于敏感性分析的说明：

敏感性分析是一个确定变化(例如在数据和方法学的选择上发生的变化)对LCIA结果的影响程度的流程。敏感性分析的程序是将使用某些给定的假设、方法或数据所获得的结果 与使用改变了的假设、方法或数据所获得的结果进行对比。敏感性分析可以参照GB 24044 《环境管理 生命周期评价 要求与指南》附录B进行。

##### 取舍准则

取舍准则在系统边界中已有规定，并应在此范围内考虑特定单元过程及其子单元过程的所有数据集。建议收集100%的单元过程相关资料，因此，设备/设施的定期维护应包括在内。针对无法获取适用于消耗品的排放因子，建议选取同一类别中最大的贡献者(质量)作为其他物质的代表。

##### 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（可参照附录E中表E.1），展示每声明单位产品在每个阶段/单元过程中的资源使用（如能源、水、原材料），以及释放到环境中的排放物（如温室气体、废水、固体废物）。

## （七） 影响评价

##### GWP的选取

参照国际通用选取原则，提出应通过排放或清除的温室气体的质量乘以政府间气候变化专门委员会（IPCC）给出的 100年全球变暖潜势（GWP），来计算产品系统每种温室气体排放和清除的潜在气候变化影响。

##### CFP的计算

生命周期各阶段的碳足迹计算公式：

生命周期碳足迹汇总公式：

##### 数据分析

为识别重大影响，提出贡献度分析。同时对绩效追踪提出建议。

贡献度分析：对生命周期各阶段排放占比进行分析，识别关键环节，有助于引导企业在重要阶段做出减排策略；

##### 更新要求

规定产品碳足迹数据更新的最低要求为每五年，在发生下列重大变化时应更新一次：

* 生产发生结构性变化，包括操作中的重大工艺变化、技术进步、原材料或能源输入/输出。重大变化通常包括冶炼工艺变化，如冶炼炉窑炉型、数量、规格变化；原辅材料（含二次资源、再生资源）、燃料变化；废气、废水处理工艺变化；危险废物处置方式变化等。
* 计算方法发生变化，如：全球增温潜势值或收集数据的准确性提高，纳入新的对排放数据产生重大影响的数据源。
* 发现重大错误，或累积起来的重大错误。

##### 绩效追踪

为满足企业检查减排策略的效果，本标准对绩效追踪产品碳足迹量化提出要求。

## （八） 结果解释

提出产品碳足迹研究的生命周期解释阶段的步骤包括：根据量化结果，识别重大问题；完整性、一致性和敏感性分析；结论、局限性和建议的编制。

规定产品碳足迹量化结果应解释的内容包括：各阶段碳足迹说明，不确定性分析，详细的分配程序，系统划分方法，结果局限性等。

## （九） 产品碳足迹报告

参照《温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南》，规定了产品碳足迹报告内容，包括：

（1）基本情况

（2）评价目标

（3）量化范围

（4）清单分析

（5）影响评价

（6）结果解释

## （十） 产品碳足迹声明

可按照GB/T 24025-2009或ISO14026:2017的规定开展产品碳足迹声明或信息交流，使具有同样功能的产品之间进行比较。

## （十一） 附录

附录A-F均为资料性附录。

附录A提供了阴极铜生产主要工艺流程简图。

附录B提供了数据质量评价的参考。

附录C提供了数据收集的示例，包括：表C.1至表C.5根据铜生产工艺流程，针对不同单元提出了现场特征数据收集范例，列出现场特征输入输出清单；表C.6至表C.11是背景数据收集的范例，包括外购商品、外购服务和运输的数据收集。

附录D根据阴极铜生产特点和分配原则，针对具体副产品提出的推荐分配方法。

附录E是为规范报告编制内容而提供的碳足迹评价报告的简单模板。

附录F是按照政府间气候变化专门委员会（IPCC）第六次评估报告给出的100年全球变暖潜势（GWP）。

# 四、主要试验（或验证）情况分析

依据本标准的量化方法，选取铜精矿产品和阴极铜产品进行产品碳足迹量化研究。

**1.铜精矿产品碳足迹量化**

选取国内某露天开采矿山历史数据，声明单位为：1吨铜精矿，主要元素成分为：Cu 24.493%，Au 6.67g/t，Ag 47.41g/t，S 35%。

铜精矿产品的量化结果为：1吨铜精矿（Cu 24.493%） 从铜矿石开采到生产出铜精矿产品离开选矿厂的生命周期碳足迹约为 1663 kg CO2e，各阶段温室气体排放如表3所示。

表3 铜精矿“摇篮-到-大门”碳足迹汇总表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 生命周期阶段 | 碳足迹（kg CO2e/t 精矿） | 百分比（%） |
| 材料燃料获取阶段 | 380 | 22.8 |
| 生产阶段 | 1283 | 77.2 |
| 合计 | 1663 | 100 |

可见，材料燃料获取阶段排放占比约22.8%，生产阶段占比77.2%。从排放源要素来看，电力和柴油是主要排放要素，两者占比约78.7%，建议从节能和能源结构着手，减少温室气体排放；从生产阶段来看，铜矿石开采阶段排放占比约19.5%，选矿阶段排放占比约80.5%，可见，选矿环节是温室气体排放的主要阶段，需要重点关注。

**应注意的是，铜精矿产品碳足迹受资源禀赋、开采条件、工艺技术、回收率、能源结构等多种因素影响，不同报告主体的计算结果可能存在很大差异。**

**2.阴极铜产品碳足迹量化**

选取国内某铜冶炼厂历史数据，声明单位为：1吨阴极铜，A级，含铜99.9935%。

阴极铜产品的量化结果为：1吨阴极铜（A级）从铜精矿获取到阴极铜产品离开冶炼厂的碳足迹约为 7767 kg CO2e，各阶段温室气体排放如表4所示。

表4 阴极铜“摇篮-到-大门”碳足迹汇总表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 生命周期阶段 | 碳足迹（kg CO2e/t 阴极铜） | 百分比（%） |
| 铜精矿生产 | 6277 | 80.8 |
| 铜精矿运输 | 318 | 4.1 |
| 其他材料获取 | 351 | 4.5 |
| 冶炼生产阶段 | 821 | 10.6 |
| 合计 | 7767 | 100 |
| 注1：上述计算采用的输入输出数据来自企业生产实际指标，由于未收集到相关供应链信息，上游供应、运输等相关背景数据为假设条件；  注2：上述数据为根据分配原则处理后的计算结果。 | | |

各个阶段来看，铜精矿上游生产排放占比约80.8%，精矿运输占比4.1%，其他材料获取的排放占比约4.5%，冶炼生产阶段占比约10.6%。从结果来看，铜原料的生产供应是主要的影响环节，报告主体由于原料结构差异和供应条件不同，可能导致阴极铜产品碳足迹的较大差异。

# 五、标准中如涉及专利，应有明确的知识产权说明

本标准不涉及专利。

# 六、预期达到的经济效果

## （一）项目的必要性

组织编制《温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 阴极铜》，以“摇篮到大门”的方法核算铜产品碳足迹，可以帮助铜生产企业全面了解其铜产品在整个生产链条的温室气体排放情况，帮助企业改进工艺设计、选择低碳的供应商、减少碳排放；并为下游企业提供产品碳排放信息，作为下游产品碳信息的输入，从而提升产品在市场和低碳经济中的竞争力，促进上下游有效沟通，提高声誉、强化品牌。

“十四五”工业绿色发展规划（工信部规〔2021〕178号）中要求创新绿色服务供给模式，其中包含提供“碳足迹核算等服务”，目前我国尚无阴极铜相关碳足迹核算标准。建立《温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 阴极铜》标准也符合“十四五”工业绿色发展规划（工信部规〔2021〕178号）中（九）完善绿色制造支撑体系里提及的“健全绿色低碳标准体系”的要求。

## （二）项目的可行性

目前，目前国际主要的产品碳足迹标准有：英国标准协会(BSI)所制定的《PAS 2050:2011商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》、国际标准化组织制定的《ISO 14067:2018温室气体—产品碳足迹—量化和信息交流的要求与指南》、以及世界资源研究院与世界可持续发展工商理事会共同发起的温室气体核算体系下的《温室气体核算体系：产品寿命周期核算与报告标准》，这三个标准在国外有着广泛的应用基础。此外，全球电池协会发布了《Greenhouse Gas Rulebook》，国际镍业协会、国际钴业协会、国际铜业协会也发布了相关产品的碳足迹评价指南。

国内针对碳足迹的研究较晚，目前产品碳足迹核算的标准正在逐步建立当中，也出台了部分地方标准，例如SZDB/Z 166-2016《产品碳足迹评价通则》、DB11/T 1860—2021《电子信息产品碳足迹核算指南》。本标准是在研究了国内外相关标准、政策和行业指标的基础上，结合铜产业链的特征，充分考虑完整性、代表性等要求，制定《碳足迹 产品种类规则 阴极铜》标准。

通过对国内外相关标准、政策和行业指标的研究，以及近年生产企业碳核查工作开展情况分析，标准编制组已经具备了很好的工作基础，具有开展碳相关标准编制的能力。

## （三）标准的先进性、创新性、标准实施后预期产生的经济效益和社会效益

本标准根据阴极铜生产工艺全过程，对系统边界提出了具体的界定。结合单元过程的输入输出情况，对数据收集和处理给出了范围和示例，相比当前国际上通用的几个标准，更有针对性和可操作性。

标准的实施可以实现产业链碳排放情况分析，切实帮助铜采选冶企业甄别供应链的重点排放源，挖掘供应链碳减排机会，实现降本增效的目的，助力行业绿色低碳可持续发展。

# 七、采用国际标准或国外先进标准的情况

无。

# 八、与现行法律、法规、强制性国家标准及相关标准协调配套情况

本标准与现行法律、法规、规章和相关标准协调一致，标准的格式和表达方式等方面完全执行了现行的国家标准和有关法规，符合GB/T 1.1的有关要求。

# 九、重大分歧意见的处理经过和依据

本标准未产生重大分歧意见。

# 十、标准性质的建议说明

根据标准化法和有关规定，建议本标准的性质为推荐性标准。

# 十一、贯彻标准的要求和措施建议

本标准的技术内容是推荐性的，建议标准发布后即可实施，建议本标准由各级人民政府的工业和信息化行政主管部门负责监督实施。

本次制定的《温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 阴极铜》，不仅与生产企业有关，而且与评价机构、行业监督管理部门等相关。对于标准使用过程中可能出现的问题，起草单位有义务进行必要的解释。

# 十二、废止现行有关标准的建议

本标准为首次制定，无代替标准。

# 十三、其他应予说明的事项

本标准在使用过程应首先仔细调研产品产业链和供应链，采用本标准的方法收集和梳理数据，并结合GB 32150《温室气体排放核算与报告要求》、国家发展改革委发布的24个行业企业温室气体核算方法与报告指南（试行）等组织层面的核算方法，完成阴极铜及前序产品碳足迹的核算工作。

鉴于阴极铜碳足迹核算是一项全新的工作，本标准在实践使用过程中可能存在不足，希望相关使用单位能及时反馈，以便后续不断完善。

《温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 阴极铜》

标准编制组

2024年8月