

金隆铜业有限公司

阴极铜产品碳足迹报告

委托方：金隆铜业有限公司

核查方：安徽率能碳投科技有限公司



2024年3月

前言

本报告基于《ISO/TS 14067-2018《温室气体.产品的碳排放量.量化和交流的要求和指南》的要求中规定的碳足迹核算方法编写。

报告编写单位：安徽率能碳投科技有限公司

报告主要编写人：郑冬冬

编制日期：2024年3月22日

报告审核人：方大鸣

审核日期：2024年3月23日

报告申请者信息

公司名称：金隆铜业有限公司

组织机构代码：91340700610436303R

地址：安徽省铜陵市铜官区金山西路1号

联系人：丁士文

联系方式：13956857213

目 录

1、执行摘要	1
2、执行标准	2
2.1 执行标准	2
2.2 取舍原则	2
3、目标与范围定义	3
3.1 企业及产品介绍	3
3.2 研究目的	5
3.3 研究的边界	6
3.4 功能单位	6
3.5 生命周期流程图的绘制	6
3.7 影响类型和评价方法	7
3.8 软件和数据库	8
4、过程描述	9
5、碳足迹计算	10
5.1 碳足迹识别	10
5.2 计算表格	10
6、数据计算	11
6.1 计算公式	11
6.2 计算结果	13
7、不确定分析	14
8、结语	15

1、执行摘要

受金隆铜业有限公司委托，由中国节能协会碳中和专委会执行完成金隆铜业有限公司阴极铜产品的碳足迹的核查工作。目的是以生命周期评价方法为基础，采用《ISO/TS 14067-2018《温室气体.产品的碳排放量.量化和交流的要求和指南》的要求中规定的碳足迹核算方法，计算得到金隆铜业有限公司阴极铜产品的碳足迹。

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 1t 阴极铜产品。系统边界为“从摇篮到大门”类型，现场调研了从原材料开采、原材料生产、原材料运输、产品生产的生命过程，其中也调查了其他物料、能源获取的排放因子数据来源于中国生命周期基础数据库（CLCD）和瑞士的 Ecoinvent 数据库。

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。生产生命周期主要过程活动数据来源于企业现场调研的初级数据，大部分国内生产的原材料的排放因子数据来源于 IPCC 数据库，以及中国生命周期基础数据库（CLCD）和瑞士的 Ecoinvent 数据库，本次评价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 eBalance 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。

2、执行标准

2.1 执行标准

《ISO 14067:2018 《温室气体—产品的碳排放量—量化和交流的要求和指南》；

《PAS2050:2011 商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》

2.2 取舍原则

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；

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，在研究过程中首选选择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，在 2024 年 3 月 14 日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 IPCC 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 IPCC 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。

3、目标与范围定义

3.1 企业及产品介绍

金隆铜业有限公司筹建于 1992 年，1993 年开工建设，1995 年被列为国家“八五”重点建设工程，1997 年 11 月 8 日建成投产，是我国第一座自行设计和施工的闪速炼铜工厂。原设计规模为年产阴极铜 10 万吨，硫酸 37.5 万吨，以及金、银等副产品。经过 2002 年 15 万吨技改、2005 年 21 万吨扩建、2007 年 35 万吨挖潜、2011 年新增竖炉系统等一系列产能改造项目的实施，金隆公司 2012 年就形成 35 万吨/年矿铜、46 万吨/年高纯阴极铜、硫酸 120 万吨/年的铜冶炼生产规模。

铜陵有色金属集团公司为实现“合理调整产业结构，促进企业在资源综合利用等领域进行合作，实现资源的高效利用和循环使用”的目的，2017 年 9 月金隆公司收购铜陵有色金属集团股份有限公司稀贵金属分公司，新增黄金产能 12 吨/年、白银 350 吨/年等产能。金隆公司是一座面向国际的买矿型冶炼厂，原料铜精矿主要从国外进口，产品面向国内、外市场。主工艺采用国际先进水平的铜闪速熔炼工艺、卡尔多炉冶炼工艺和硫酸净化动力波系统。主要设备使用计算机在线控制，工厂整体装备达到国内领先、国际先进水平。主要工艺流程为：闪速炉产出的冰铜，送至 P-S 转炉进行吹炼；吹炼产出的粗铜再送至回转式阳极炉进行火法精炼，进一步

除去杂质后产出的阳极铜，通过圆盘浇铸机浇铸成阳极板送往电解精炼产生主产品高纯阴极铜；电解精炼产出的阳极泥送卡尔多炉冶炼产出稀贵金属；闪速炉、转炉产生的烟气送至硫酸工序进行制酸；冶炼炉渣送渣选矿工序进一步浮选有价金属铜。

主产品高纯阴极铜分别于 1998 年、2000 年在上海金属交易所、英国伦敦金属交易所注册成功。公司取得 ISO9001 质量管理体系、ISO14001 环境管理体系、OHSAS18001 职业健康安全管理体系认证，GB/T27025 检测和实验室通用能力认可，以及 AAAA 级标准化良好行为企业认证。

金隆公司十分重视环境保护工作，不断投入资金，引进世界先进的环保装备与技术，以生态建设促进生产经营的健康发展。目前，公司硫捕集率达到 99.98% 以上，水的循环利用率达到 97.27% 以上，尾气二氧化硫浓度、废水污染物含量等各项环保指标均达到国家标准，冶炼废渣全部综合利用。公司连续多年被授予安徽省环保诚信企业。

金隆公司始终坚持把技术进步作为发展动力，现已累计完成重点攻关课题 220 多项，获得国家和省部级科技进步奖 22 项，取得国家专利 55 项。其中“常温变量喷射——动力波洗涤闪速炼铜技术”荣获国家科技进步一等奖，“复杂稀贵金属物料多元素梯级回收关键技术”获国家科技进步二等奖。

“粗铜无氧化掺氮还原火法精炼工艺”获国家优秀专利，“双旋

流预混型精矿喷嘴”获安徽省专利金奖。

金隆公司经营管理实行党委会/董事会领导下的总经理负责制，公司重大决策由党委会/董事会决定，由总经理执行并对董事会负责。主工艺和核心技术由公司自行操作管理和掌握，对维修、运输、供水、供电、供氧、简单劳务等辅助生产系统则依托社会力量和当地现有条件，采用专业化、社会化协作方式，形成适应金隆新模式的高效运作机制。

金隆公司内部机构设置简捷，不设生产调度，强调工序服从和自主管理。注重横向联合与协作，部门间职责明确，运作顺畅、高效。公司推行全面预算管理制度，长期开展 TPM、5S 精益、班组标准化等专项基础工作，努力打造“绿色发展，技术创新，管理卓越，智能制造，适应市场，成本领先”的国际化铜业公司。

3.2 研究目的

本次研究的目的是获得企业生产的阴极铜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。

碳足迹核算是企业阴极铜产品实现低碳、绿色发展的基础和关键，披露产品的碳足迹是金隆铜业有限公司环境保护工作和社会责任的一部分，本项目的研究结果将为企业阴极铜产品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一定积极作用。

本项目研究结果的潜在沟通对象包括两个群体：一是企业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、地方政府和环境非政府组织等。

3.3 研究的边界

根据本项目研究目的，按照 ISO/TS 14067: 2018《温室气体-产品的碳排放量-量化和交流的要求和指南》的相关要求本次碳足迹评价的边界为金隆铜业有限公司阴极铜产品产品 2023 年全年生产活动及非生产活动数据。

因此，确定本次评价边界为：产品的碳足迹=原料获取及运输+过程生产+包装。

3.4 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 吨阴极铜产品。

3.5 生命周期流程图的绘制

企业阴极铜产品碳足迹评价模式为从商业到消费者（B2C）评价：包括从原材料获取、原料运输、产品制造、包装。

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，阴极铜产品的系统边界见下表：

表 3-2 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
1.阴极铜产品生产的生命周期过程包括：原材料	1.设备的生产及维

的获取及运输→产品生产→产品包装	修
2.中国的电力、水生产	2.产品的使用
3.其他辅料的生产与运输	3.产品回收
4.产品包装运输	

3.6 取舍准则

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：

(1) 普通物料重量 $<1\%$ 产品重量时，以及含稀贵或高纯成分的物料重量 $<0.1\%$ 产品重量时，可忽略该物料的上游生产数据；总共忽略的物料重量不超过 5% ；

(2) 大多数情况下，生产设备、厂房、生活设施等可以忽略；

(3) 在选定环境影响类型范围内的已知排放数据不应忽略。

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。

3.7 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。

评价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) 和氢氟碳化物 (HFC) 等。并且采用了 IPCC 第六次评估报告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 (CO₂eq)。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(CO₂eq)为基础, 甲烷的特征化因子就是 25kg CO₂eq^[1]。

3.8 软件和数据库

本评价采用 eBalance 软件系统, 建立了阴极铜产品生命周期模型, 并计算得到 LCA 结果。eBalance 软件系统是一款在线 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。

评价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“从摇篮到客户”的汇总数据, 分别介绍如下:

中国生命周期基础数据库 (CLCD) 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) 和公路运输相关基础数据被本评价所采用。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。

4、过程描述

阴极铜产品生产过程:

(1) 过程基本信息

过程名称: 阴极铜产品生产

过程边界: 从原料获取、运输到产品的生产

(2) 数据代表性

主要数据来源: 企业 2023 年实际生产数据

企业名称: 金隆铜业有限公司

产地: 中国安徽铜陵市

基准年: 2023 年

主要原料: 进口铜精矿、国内铜精矿、冷铜、石英砂等;

主要能耗: 电力、天然气、焦炭、蒸汽(自产)

其生产工艺流程图如下:

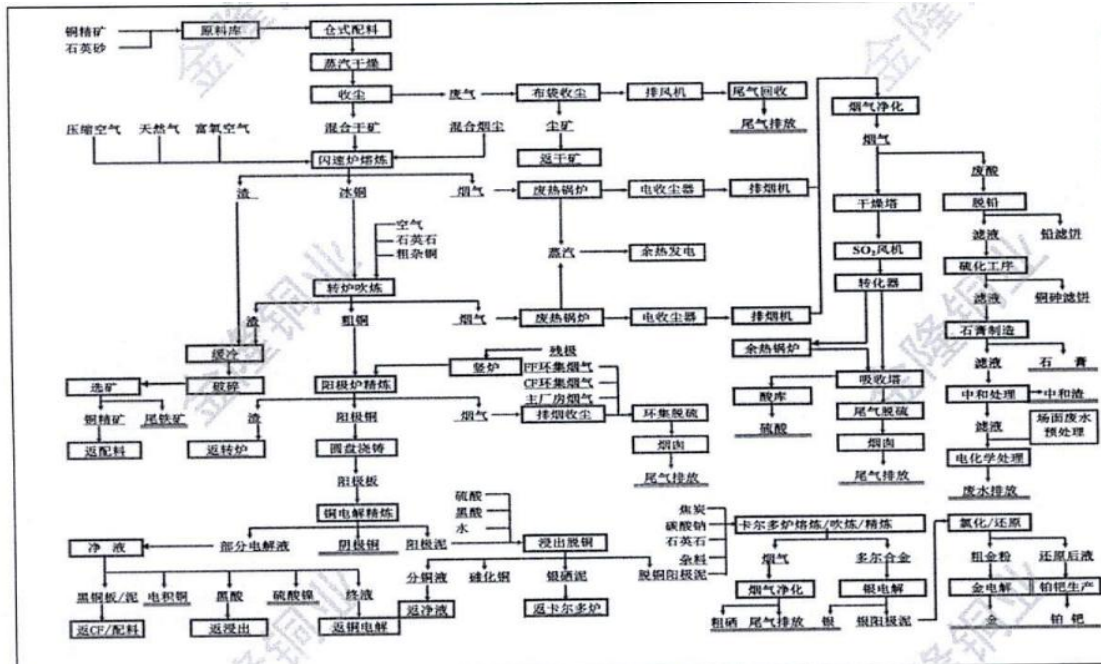


图 1 铜冶炼工艺流程图

5、碳足迹计算

5.1 碳足迹识别

表 5-1 碳足迹过程识别表

序号	主体	活动内容	备注
1	原料获取及运输	运输排放	/
2	产品生产过程	原料、能源	/
3	产品包装	运输排放	/

5.2 计算表格

5.2.1 阴极铜产品生产过程数据清单

表 5-2 每吨阴极铜产品生产过程数据清单

类型	清单	用途	生产/消耗	单位	排放因子来源
产品	阴极铜	产品	1	t	/

消耗	进口铜精矿	原料	2.48	t/t	CLCD
	国内铜精矿	原料	0.21	t/t	
	冷铜	原料	0.297	t/t	CLCD
	石英砂	原料	0.2	t/t	CLCD
	电力	能源	852.2	kWh/t	CLCD
	天然气	能源	39.59	m ³ /t	CLCD
	蒸汽	能源	3.045	GJ/t	CLCD
	焦炭	能源	0.00035	t/t	CLCD

5.2.2 主要原材料运输

表 5-3 主要原材料运输

原材料名称	运输方式	运输工具	运输距离 km
进口铜精矿	水运	普通货船	18000
国内铜精矿	汽运	30t 汽油货车	50
冷铜	汽运	18t 汽油货车	50
石英砂	汽运	18t 汽油货车	50

5.2.3 产品及材料运输

根据与企业交流可知，企业的阴极铜产品外售时不需要包装材料。

6、数据计算

6.1 计算公式

1. 二氧化碳排放当量是排放因子和基于该因子下活动水平乘积：

$$E_i = A_i \times EF_i \quad (1)$$

公式中，

E_i 为第 i 种活动的二氧化碳排放量，t；

A_i 为第 i 种活动的活动水平(如电耗量, kWh);

E_i 为第 i 种活动的排放因子, 即单位电量生产下二氧化碳排放量, 不同的活动水平排放因子的单位有所不同。

表 6-1 CO₂、CH₄、N₂O 的增温潜势

名称	化学式	GWP
二氧化碳	CO ₂	1
甲烷	CH ₄	25
氧化亚氮	N ₂ O	298

2. 二氧化碳排放总当量计算公式为:

$$E = \sum_i A_i \times EF_i \quad (2)$$

甲烷和氮氧化物排放当量是排放因子、基于该因子下活动水平和增温潜势的乘积:

$$E_{ij} = A_{ij} \times EF_{ij} \times GWP_j \quad (3)$$

公式中,

E_{ij} 为第 i 种活动的 j 种温室气体的排放量(t);

A_{ij} 为第 i 种活动第 j 种温室气体的活动水平(如耗电量, kWh);

EF_{ij} 为第 i 种活动的第 j 种温室气体的排放因子, 即单位活动下二氧化碳排放量, 不同的单位活动排放因子的单位有所不同;

GWP_j 为第 j 种温室气体的增温潜势。

二氧化碳排放总当量:

$$E = \sum_i \sum_j A_{ij} \times EF_{ij} \times GWP_j \quad (4)$$

6.2 计算结果

基于以上调研数据和计算公式，录入各个过程输入、输出清单数据等工作，结合背景数据，在 eFootprint 软件中建立产品 LCA 模型并计算得到生产每吨阴极铜产品的碳足迹为 1.524tCO₂eq，碳足迹如下表所示：

表 6-2 生产 1 吨阴极铜产品排放量表

序号	名称	碳足迹 (tCO ₂ eq)	占比
1	产品全生命周期排放	1.524	100%
2	原材料生产运输	0.616	40.44%
3	产品生产	0.908	59.56%

根据公式（4）可以计算出每套阴极铜产品的碳足迹 $e=1.524tCO_2eq$ ，从阴极铜产品生命周期累计碳足迹贡献比例的情况，可以看出其碳排放环节主要集中在原材料生产及运输环节。

所以为了减小阴极铜产品碳足迹，应重点考虑减少原材料生产及运输的碳足迹，主要削减对象为原料的使用上。在企业可行的条件下，可考虑调查生产的 GWP，提高阴极铜产品碳足迹数据准确性。

为减小产品碳足迹，建议如下：

（1）进一步提高原辅材料利用的效率，可以从全生命周期降低排放足迹；

(2) 加强对产品及原材料运输车辆的管理，减少化石能源车辆的使用，采用电动运载车辆或新能源运输车辆，或使用公铁联运，减少运输过程中化石能源消耗；

(3) 开展生产过程的节能技术改造以及管理层面提升能源效率，减少能源投入，使用可再生能源电力以减少温室气体排放；

(4) 在分析指标的符合性评价结果以及碳足迹分析、计算结果的基础上，结合环境友好的设计方案采用、落实生产者责任延伸制度、绿色供应链管理等工作，提出产品生态设计改进的具体方案。

(5) 继续推进绿色低碳发展意识

坚定树立企业可持续发展原则，加强生命周期理念的宣传和实践。运用科学方法，加强产品碳足迹全过程中数据的积累和记录，定期对产品全生命周期的环境影响进行自查，以便企业内部开展相关对比分析，发现问题。在生态设计管理、组织、人员等方面进一步完善。

(6) 推进产业链的绿色设计发展

制定生态设计管理体制和生态设计管理制度，明确任务分工；构建支撑企业生态设计的评价体系；建立打造绿色供应链的相关制度，推动供应链协同改进。

7、不确定分析

不确定性的主要来源为初级数据存在测量误差和计算

误差。减少不确定性的方法主要有：使用准确率较高的初级数据；对每一道工序都进行能源消耗的跟踪监测，提高初级数据的准确性。

8、结语

金隆铜业有限公司每生产 1 吨阴极铜产品产生 1.524tCO₂eq，其中生产过程占比较大。企业可以通过开展节能技术改造，提高能源使用效率，减少能源的消耗，采用清洁能源生产，以达到产品碳足迹下降的目的。

低碳是企业未来生存和发展的必然选择，企业进行产品碳足迹的核算是企业实现温室气体管理，制定低碳发展战略的第一步。通过产品生命周期的碳足迹核算，企业可以了解排放源，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。