中华人民共和国有色行业标准

温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 铅锭

编制说明

（送审稿）

标准起草组

2024年8月

# 一、工作简况

## 1.1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。

2023年10月23日，国家工业和信息化部办公厅发布了《关于印发2023年第三批行业标准制修订和外文版项目计划的通知》（工信厅科函〔2023〕291号），将《产品碳足迹 产品种类规则 铅锭》列入本次计划，项目编号：2023-1429T-YS，计划完成年限为2025年10月，项目周期24个月。归口部门为TC243（全国有色金属标准化技术委员会），执行部门为TC243SC2（全国有色金属标准化技术委员会重金属分会），主管部门为中国有色金属工业协会。

根据双碳重点领域标准制修订“六个统一”的要求，温室气体产品碳足迹标准名称统一为《温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 铅锭》，因此将计划名称《产品碳足迹 产品种类规则 铅锭》名称修改为《温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 铅锭》。

## 1.2制定背景

气候变化是当今人类社会面临的共同挑战。积极应对气候变化，加快推进清洁能源与低碳发展，已经成为国际社会的普遍共识。我国政府高度重视低碳发展与应对气候变化工作，在提交联合国的《强化应对气候变化行动 —中国国家自主贡献》中提出：将于2030年左右使二氧化碳排放达到峰值并争取尽早实现，2030年单位国内生产总值二氧化碳排放比2005年下降60%~65%，非化石能源占一次能源消费比重达20%左右，森林蓄积量比2005年增加45亿m3左右。

产品碳足迹评价是基于生命周期评价的方法对于一个产品系统温室气体排放和吸收的汇总，以二氧化碳当量这种形式来表述。可以帮助个人和组织评估其对温室气体环境因素的影响，为环境报告提供有效信息。对于企业而言，是社会责任的一种体现。可根据确定的产品碳足迹来减少企业碳排放行为，并由此采取可行的措施来控制和减少碳排放，提高声誉并强化品牌，改善内部运营，节能减排，获得竞争优势。此外，产品碳足迹评价也是引导消费者环保行为的有效标识，引导消费决策。我国开展碳足迹研究相对较晚，尚未形成完善的认证体系，目前国内外主要碳足迹、碳中和规范有：PAS 2050：2008，ISO14040：2006，ISO14044：2006，PAS 2060：2010，ISO 14067 ：2013 深圳产品碳足迹评价通则等，随着全球应对气候变化进程不断加快，产品碳足迹评价规范势必为成为引领绿色消费的利剑，具有重要的现实意义和深远的历史意义。

据初步统计，2020年，我国有色金属二氧化碳总排放量约6.5亿吨，占全国总排放量的6.5%。基本金属的吨量生产碳排放量排列为，铝>镍>锌>铜>锡>铅。铅排列第六，吨铅碳排放处于中位水平。因此，定量评价铅锭产品的温室气体排放尤为重要，而产品碳足迹评价以LCA方法为基础可以综合分析铅锭产品在整个生命周期过程中的温室气体相关环境负荷现状，制定产品碳足迹产品种类规则可以规范铅锭产品碳足迹评价统一的基本规则和要求，为支撑铅锭产品的生态设计、绿色产品、绿色工厂等相关认证工作提供可操作的方法。

“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”，目前我国尚无铅锭产品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 铅锭》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。

## 1.3协作单位

本项目任务明确后，拟定了该标准的工作计划。具体分工为：

（1）本文件负责单位：矿冶科技集团有限公司。负责标准的工作指导、标准的编写及组织协调。

矿冶科技集团有限公司（原北京矿冶研究总院）是隶属于国务院国资委管理的中央企业，属国家首批创新型企业，是我国以矿冶科学与工程技术为主的规模最大的综合性研究与设计机构之一，具有工程设计、资信、安全评价等甲级资质，拥有先进的大型设备仪器和工程化能力较强的中试及生产装备，拥有2个国家重点实验室（矿物加工科学与技术国家重点实验室和矿冶过程自动控制技术国家重点实验室）、3个国家级工程(技术)研究中心（国家金属矿产资源综合利用工程技术研究中心、无污染有色金属提取及节能技术国家工程研究中心、国家磁性材料工程技术研究中心）和1个国家重有色金属质量监督检测中心。矿冶科技集团有限公司以“以技术创新促进矿产资源的可持续开发利用”为发展使命，致力于我国有色金属行业的技术创新，核心主业为与矿产资源开发利用相关的工程与技术服务、先进材料技术与产品和矿产资源循环利用及环保，在采矿、选矿、有色金属冶金、工艺矿物学、磁性材料、工业炸药、选矿设备、环境工程、表面工程技术及相关材料等研究领域具备国家领先水平。矿冶科技集团有限公司共获得国家和省部级科技成果奖励1100余项，授权专利和制订国家及行业标准1100余项；拥有中国工程院院士4人，享受国务院政府津贴92人，百千万人才工程、新世纪百千万人才工程国家级人选11人；具有矿业工程、冶金工程、材料科学与工程和机械工程4个一级学科硕士学位授予权。矿冶科技集团有限公司高度重视科技成果的转化，组建了多家高技术产业化公司，包括两家上市公司，其中，北矿科技股份有限公司的A股股票在上海证券交易所上市，北京当升材料科技股份有限公司在创业板上市。矿冶科技集团有限公司致力于成为具有全球竞争力的世界一流矿冶科技集团公司，秉承追求资源利用极致，实现客户企业共赢的发展理念，不断深化改革，调整产业结构，为我国有色金属行业产业振兴提供强有力的技术支撑。

（2）本文件参加单位：中国恩菲工程技术有限公司、深圳市中金岭南有色金属股份有限公司韶关冶炼厂、深圳市中金岭南有色金属股份有限公司、江西铜业铅锌金属有限公司、云南永昌铅锌股份有限公司、云南驰宏锌锗股份有限公司、湖南水口山有色金属集团有限公司、安徽铜冠有色金属（池州）有限责任公司、上海易碳数字科技有限公司、岷山环能高科股份有限公司、安徽鲁控环保有限公司、河南豫光金铅集团有限责任公司。主要负责提供理论支持、基础材料收集以及辅助标准验证工作等。

## 1.4工作过程

**1.4.1组建标准编制组**

2021年11月，成立标准编制组，负责铅锭产品碳足迹评价方法工作。铅的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，即从原材料获取到铅锭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、运输阶段和产品本身生产阶段的排放。

**1.4.2调研和文献收集及分析**

2021年11月~2022年4月，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；调研国内铅矿山和铅冶炼企业的生产基本情况以及产业链情况；统计从铅矿山采选到冶炼加工的作业工序和物质流的输入输出情况；分析铅锭生产采选冶全流程各工序物料投入和分配情况；开展铅锭产品碳足迹计算方法的研究和编写，形成了标准草案。

### 1.4.2.1碳足迹核算发展情况

### 1.4.2.1.1碳排放核算工作发展情况

（1）国内外碳核算工作发展

自1992年联合国大会通过《联合国气候变化框架公约》以来，全球应对气候变化治理体系不断演化。与《京都议定书》相比，2015年《巴黎协定》开创了以“国家自主贡献”为核心的全球气候治理新模式，虽仍坚持“共同但有区别责任原则”，但发展中国家也不得不开始承担量化减排责任。特别是近两年，随着全球极端气候事件频发，国际社会向主要经济体施加的碳减排压力越来越大。2019年7月联合国秘书长倡议“到2030年将温室气体排放量较2010年水平削减45%，到2050年基本实现碳中和”，9月底联合国气候行动峰会上，65个国家（如英国、德国）及次国家经济体（如美国加利福尼亚州）承诺在2050年前实现温室气体净零排放。鉴于根据部分国际机构的测算，我国碳排放总量已超过美国与欧盟总和，人均碳排放大于世界平均水平，未来面临的国际谈判压力和国内碳减排压力必将越来越大。尤其是在2025年之前，我国需高度关注并积极应对2020年向国际社会提交低排放战略、2023年参与全球温室气体排放盘点和2025年更新国家自主贡献（NDC）目标（目标年为2035年）等一系列重要时间节点及任务。为此，我国亟须全面升级碳排放核算工作。

2019年5月，IPCC第四十九次全会通过了《2006年IPCC国家温室气体清单编制指南2019修订版》，与《IPCC清单指南2006》和《2006年IPCC国家温室气体清单指南2013年增补：湿地》联合使用，成为世界各国编制温室气体清单的最新方法和规则。与已有方法相比，新方法体系代表了最新科学认知和技术进展，排放因子更加精细化，排放因子与活动水平的分类更加科学合理。同时，新版指南首次完整提出基于大气浓度（遥感测量和地面基站测量相结合）反演温室气体排放量的做法。这将成为全球和区域尺度下检验和校准温室气体排放结果的重要手段。鉴于我国目前的碳排放核算方法仍以《IPCC清单指南1996》为主，若不加快学习引进，将比国际最新核算技术落后两代，这对提高我国核算结果的准确性和权威性十分不利。而且，我国在碳排放实测技术方面还没有与5G、大数据、云计算等快速发展的信息技术有机结合，尚未在重点领域形成现实有效的实测技术体系和产品设备，在碳卫星应用等方面也还处于早期探索阶段，因此需要充分发挥已有优势，尽早达到国际最新技术水平。

基于长期开展的全球各国碳排放核算研究，目前已有7个发达国家机构形成了覆盖全球各国的权威碳排放数据库 。这些数据库核算结果已覆盖绝大部分国家的各类碳排放核算数据，并被各类研究机构广泛采纳、应用，至今已逐步形成了较为权威的国际话语权。

从国际机构中关于我国碳排放的核算结果与国内权威机构对比看，其一，国际机构核算的我国历史碳排放数据在趋势上具有一定参考价值。CDIAC和EDGAR等国际机构给出的我国1970年以来历史核算结果，反映了中国二氧化碳排放的三阶段性特征：第一个阶段是2002年以前长期呈现小幅增长态势，占世界占比从5%到15%，年均增速5%；第二个阶段是2002年到2013年，占世界排放总量的占比从15%升至30%，年均增速9%；第三个阶段是2013年后，占比基本保持稳定，二氧化碳排放量约100亿—110亿吨。基于EDGAR相对全面的口径计算结果显示，2017年我国人均碳排放约7.7吨二氧化碳，在全球209个国家和地区中，降序排名第49位，比全球平均水平高57%。但从1990—2017年的人均碳排放量累计值看，我国仅为130吨二氧化碳/人，与全球平均水平基本持平，明显低于主要发达国家。

### 1.4.2.1.2产品碳足迹发展情况

#### 1.4.2.1.3.1国外发展

（1）英国

2008年10月，由Carbon Trust和英国环境、食品和乡村事务部联合发起，并由英国标准协会（BSI）发布的《AS2050:2008商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》是全球出现最早的碳足迹核算体系。虽然其本身并不是严格意义上的标准，而是一种具有协商性质的公共可用规范，但其融合了ISO14040G44、14048等国际标准，采用了IPCC气候变化报告的成果，内容简洁又不失权威性，是目前少有已经被确定的、含有公开具体算法、广受欢迎的产品碳足迹标准之一。该标准对产50第1期童庆蒙等:基于生命周期评价法的碳足迹核算体系:国际标准与实践品和服务的生命周期碳足迹核算的分析单位、系统边界、数据要求和计算方法都进行了明确和规范。PAS2050适用的系统边界不仅是企业到企业（B2B），还有企业到消费者（B2C），同时涵盖了工业产品和化石能源的排放处理方式，更是特别指出了包括土地利用方式变更在内的农业温室气体排放核算方式。经过几年的实践与改进，BSI再次发布了《PAS2050:2011规范》，与早前版本不同的是，除了内容的修正与补充（如增加了对产品类别规则的强制性要求），还提供了一个指导性文件，以便于使用者能够更好地评估产品的碳足迹、确定高排放点并在供应链中实施减排。历经数年的应用与发展，PAS2050规范的影响力早已超出了英国本土。韩国和澳大利亚等国在利用LCA方法核算产品或服务碳足迹时，均会对其进行参考。目前许多跨国公司，包括可口可乐、苏格兰纽卡斯尔啤酒公司、法国达能公司等均已尝试执行PAS2050规范对自身产品进行碳足迹评价并取得了良好的效果。百事集团旗下的食品品牌Walkers（薯片）参照PAS2050标准，引导产品参加碳足迹标准的示范实践，结果显示生产每公斤薯片能源消耗下降了33％;苏格兰哈里法克斯银行也通过服务的碳足迹核算，在改进旗下网点的ATM时发现，单个ATM的能耗可以减少30％，除了达到节能减排的环保目的，有调查显示，参与PAS2050实践的企业品牌认知度和社会形象都得到了一定程度的提升。2010年，90％的英国家庭都购买了贴有碳标签（Carbon Label）的产品，而其数值就是基于PAS2050评价方法得到的。此外，基于该标准的学术研究也取得了丰硕的成果。

（2）日本

为了响应“福田蓝图”所提出的长期减排目标，2009年3月，日本出台了适用于所有产品和服务的碳足迹产品分类规则，同年4月20日，日本工业标准委员会（JISC）发布了日本国家标准JISTSQ0010:2009产品碳足迹量化和标签基本准则，日本也成为最早制定碳足迹核算国内标准的亚洲国家。虽然在内容和执行步骤上基本沿袭了PAS2050的核算体系，可以说是英标的日本版，但是其也有强烈的自身特色。例如，TSQ0010更加注重和强化了产品分类，并对分类规则加以完善。由于TSQ0010标准要求产品碳足迹的计算需以产品分类规则（PCR）为基础，因此起草各类产品的PCR成为日本建立碳足迹体系的重要工作内容之一，特别针对食品和蔬菜等产品，已经制定了各种产品种类规则。例如2009年发布的《PCR草案注册及PCR审核标准》和《产品碳足迹计算和查证的沟通准则》等。2012年3月，日本共有495项产品（约100家企业）通过了产品碳足迹的评估，并在实践中建立了排放因子数据库（已达1200项数据），其成为日本国家生命周期评估资料库（LIME）的重要组成部分，在生命周期核算碳足迹的实践中迈出了坚实的步伐。随着日本政府的大力推动，Sapporo啤酒、Aeon超市、Lawson便利店以及松下电器等多家企业先后宣布加入碳标签计划，这些公司的产品需要经过碳足迹验证并且加贴碳标签之后才能够获准进入市场，TSQ0010标准已然成为日本国内产品碳足迹核算最重要的技术性规范。

（3）欧盟

2013年9月，欧盟出台了“建立绿色产品统一市场”政策，并颁布了产品环境足迹（product environmental footprint, PEF）和组织环境足迹（organization environmental footprint, OEF）标准，标志着欧盟市场开始采用统一的绿色评价方法，即基于LCA的环境足迹评价法。PEF就包括了产品的碳足迹等资源环境指标，并参考了众多现有的温室气体核算体系标准。由于PEF规范的要求适用于所有出口到欧盟的产品，因此迅速受到各方欢迎。欧盟委员会对此制定了为期三年的试验计划，并邀请公司等组织和团体参与到产品环境足迹类别规则（product environmental footprint category rules, PEFCR）的制定中。PEF的特别之处在于，它不仅包括了LCA评价方法的目的、范围、排放系数、环境足迹影响类型等内容，还包括了14种环境影响，除了对气候变化的影响和对臭氧减少的影响外，也有富营养化的影响（水生生态系统）、对自然资源的影响（矿物）等，其取代现有欧盟通行使用的产品水足迹、碳足迹等环境影响规范（如法国的BPX30G323标准），建立统一的核算和评价体系的野心极大。

2013年9月13日，欧盟公布了第一轮PEF/OEF（组织环境足迹）的申请情况，来自欧盟成员国、亚洲和美国在内众多行业的企业、行业协会和研究机构提出了申请，总计达到了46类产品/行业共89份申请，其中纺织、家具、能源等行业的企业最多。2014年3月，欧盟开始了第二轮PEF/OEF试验阶段的申请。2016年3月，欧盟启动了一项新的计划，旨在追踪、分析并减少牛肉、猪肉和羊肉等包装生鲜肉类对环境的影响①，这项由欧洲肉品加工及畜牧业贸易联盟牵头实施的“PEF肉类产品计划”正是国际领先的农产品碳足迹核算和减排计划。

其他国家和地区除了以上国家外，近年来泰国、韩国等其他国家也在积极推动全生命周期产品碳足迹核算体系的建立和推广，并出台了一系列既与国际接轨，又符合国内特色的标准和规范。例如由泰国国家技术委员会与温室气体管理组织（TGO）等机构联合发布的《产品碳足迹国家指南》就明确了采用LCA方法进行核算（NTCCFP，2010），其采用的原则和基本框架正是来源于ISO14040和ISO14044标准。韩国环境部依据2009G10号通告制定了《碳足迹标签制度的指导方针》，其中条款1就阐明了采用的核算方法就是LCA法，并针对能用性和非能用型产品提出了相应的计算规范。同时，智利和新西兰也针对葡萄酒等农产品制定了碳足迹和标签标准，新加坡等国也在逐步尝试对产品的碳量化和报告。放眼世界，各国都在为实现低碳和绿色发展而推动碳量化与核算体系的建设，全生命周期评价法已经成为碳足迹核算的公认方法，得到了世界各国的认可，其成果在国际产品贸易中会发挥着越来越重要的作用，因此可以预见，实现全球范围内产品碳足迹的交流与信息共享将在不久成为可能。

随着产品碳足迹分析的发展和不断完善，很多企业已开始根据碳足迹分析结果，管理和优化生产、运输流程。英国、加拿大和美国的碳标识市场发展比较迅速，法国、德国、日本、韩国等国家近年来也加快了碳标识的发展。

英国碳信托公司致力于产品碳足迹的计算和咨询，截至2006年已帮助企业计算了75种产品的碳足迹，并且启动了其示范项目减碳标识。减碳标识展示了产品的碳含量且给出同一类产品的平均碳排放水平，以便于消费者更好地进行比较。通过减碳标识示范项目，六家著名英国企业，雀巢、乐购等已为其产品赋予减碳标识。最先推出碳标识产品的法国企业是连锁超市Casino和E. Leclerc。

美国华盛顿的Carbon Fund非盈利碳中和提供机构与ISO标准的碳管理中心、温室气体议定及英国碳信托在2007年一起开发了无碳认证标识。加利福尼亚的气候保护机构和斯坦福大学一起创建了气候关注标识。学者运用生命周期方法通过标识提供产品的等级分类（金银铜）显示产品对环境不同程度的影响，更简明地向消费者传达产品的环境影响信息。

#### 1.4.2.1.3.2国内发展

我国台湾也是最早尝试利用LCA法进行碳足迹测算的地区之一。2010年2月，台湾环保署公布了《产品与服务碳足迹计算指引》，为产品的全生命周期碳足迹核算提供了一个可以参考的范本，以弥补ISO14067国际标准出台之前空窗期的碳足迹核算问题，并于2013年之后依据国际标准对本土标准进行了修订，期间台湾中油石化部、东明油墨等企业均照此标准完成了对自身产品的认定。2011年5月，台湾工业局开始执行“制造业产品碳足迹辅导与推广计划”，目的就是要协助业者建立一套能与国际接轨的“碳足迹”制度。在推动产品碳足迹的信息交流方面，其环保署2011年与英国签订了合作备忘录，推动双边产品碳足迹标签的相互验证机制，经过3年多的努力，台湾品牌欧莱德的茶树洗发精成为第一个成功通关的商业案例。

随着2010年全国两会的召开，低碳经济成为推动中国经济良性发展的热点话题。ISO14040系列国际标准公布之初，就已经等同转化为中国国家标准（GB24040系列标准），此后，我国相继颁布了《省级温室气体清单指南》《区域温室气体排放计算方法》等指导性文件，但所提出的方法覆盖面少、适用性窄，总体来说我国的碳足迹核算的相关研究和实践进展较为缓慢，直至目前，也没有针对LCA碳足迹核算的统一标准。但是近年来国家已经陆续出台文件支持和鼓励LCA的研究与应用，例如2013年3月，由国家发改委、环保部和工信部编制的新版《清洁生产评价指标体系编制通则》中就提出要“参考生命周期评价的理论”。2015年，国家标准委发布了首批温室气体管理国家标准，对企业温室气体的排放范围、排放方法提出了统一的要求。虽然在针对十个重点行业的核算标准中，并没有直接涉及“生命周期”，但是从其核算边界来看，基本覆盖了企业和产品生命周期的大部分阶段。例如在水泥生产中，就包括了原材料处理、生产中电热消耗以及其他产品排放等重要排放源。虽然该套标准在形式上在向国际标准靠拢，但是在数据质量要求、核算的生命周期阶段覆盖程度等方面仍显不足，因此引进国际成熟的标准成为提升我国标准质量的重要途径。中国标准化研究院（CNIS）资源与环境标准化研究所与英国标准协会（BSI）就曾于2008年成功向英国大使馆SPF基金申请资金，将PAS2050引入中国，推广碳足迹评价的方法。

虽然碳足迹标识在中国还没有普及，但已开始有接受碳足迹评估的社会责任领域的领军企业。2008年7月，中国节能保护投资公司与英国碳信托公司签订合作协议，共同致力于为中国企业和产品建立可行的碳足迹分析评估方法。

自2009年开始，大成食品亚洲有限公司已开始邀请第三方对其产品进行碳排放分析。青岛啤酒也与中国标准化研究院和中国质量认证中心签订了啤酒行业的第一份低碳研究协议。青岛啤酒将对其啤酒产品的整个生产过程中产生的温室气体数量进行评估和分析，并且依据数据对生产流程进行优化，将推出附有碳足迹标识的青岛啤酒。其次，沃尔玛和乐购已在国外市场推出了碳足迹标识产品，并计划一年内在中国市场推出碳足迹标识产品。

关于企业碳足迹分析，中国首先进行碳足迹评估的是制浆造纸行业的APP集团。此外，拜耳中国在子公司和其生产基地实施了拜耳中国碳足迹评估项目，项目目的是分析检测其生产和商务过程中所产生的碳排放量。

此外，一些跨国企业也开始接触碳足迹国际标准，2012年必维集团为中粮集团旗下的淀粉产品实施了碳盘查，所依据的核算规范就是PAS2050标准，中粮也成为中国大陆食品行业中第一个实施PAS2050的央企。

#### 1.4.2.1.3.3基于LCA的产品碳足迹核算标准

LCA核算体系应用到产品碳足迹核算时，核心要素不变。LCA碳足迹核算的核心要素可分为以下几个部分：核算单位、核算范围、数据要求以及结果与评价。其中核算单位包括了碳足迹的计量单位和不同温室气体的换算标准等；核算范围包括了被纳入体系的温室气体种类、系统边界和取舍标准等；数据要求包括了数据来源和质量；结果与评价包括了结果的计算方式，以及是否进行不确定分析等。这四个要素构成了LCA碳足迹核算体系的核心部分，也是各个标准和规范的差异来源。

（1）核算单位

虽然从学术研究的角度来看，碳足迹的度量和核算包括了面积和质量两种，但在实践中，考虑到操作的可行性以及结果的可比性，国际标准一般采用的是温室气体(GHG)的排放量作为衡量对象，同时用CO2当量(CO2e)作为核算单位。由于造成温室效应的排放物有很多，考虑到它们对气候变化的影响，IPCC将各种GHG的辐射强迫的影响与等量CO2进行关联，从而产生一个系数，叫做全球增温潜势(globalwarmingpotential，GWP)，如根据最新的GWP换算系数，CH4的100年GWP值为25，即在100年内，1吨甲烷的碳足迹（或者对温室效应的贡献）等同于25吨二氧化碳。总体而言，对于这一核心要素，国际标准以及各国的本土规范之间并无太大差异，可以说是碳足迹核算体系构建的共识之一。

（2）核算范围

对于被纳入到碳足迹核算范围的温室气体，不同的标准所定义的范围也有所不同。除了CO2外，《京都议定书》中规定的GHG还有甲烷(CH4)、氧化亚氮(N2O)和氢氟碳化物(HFCs)等5种，日本、WRI以及我国均采用的是这种标准。PAS2050、欧盟PEF和我国台湾则采用的是IPCC报告中所包含的60多种温室气体。ISO也意识到了包含的GHG种类对碳足迹测算的影响，因此在ISO14067规范中对此进行了扩充，可以预见，在未来核算体系发展过程中，温室气体的种类将会愈发完善和多元化。系统边界通常意味着需要制定一组准则来确定那些单元属于产品系统的一部分，进而会涉及哪些部分会被包含在碳足迹核算的预期范围之内。一般就产品系统的核算而言，所包含的阶段如果越详细，那么结果就会越精确。大部分的标准都会强调是从原材料的获取开始，以产品寿命终结(弃置或再利用)为结束作为产品系统的流程，期间还会涉及的阶段包括运输、储存等等，但是一般关于资本、人力等难以衡量碳产出的中间环节都不予考虑。有时，LCA只需要对产品的部分生命周期进行足迹评价，如ISO14067就允许了“从摇篮到大门”的边界存在。取舍标准代表的是对与单元过程或产品系统相关的物质和能量流动的数量，或环境影响的重要程度是否应该被排除在研究范围之外所规定的门槛.通常可以用其排放量占总量的百分比来表示，如1％(PAS2050、GHG Protocol和《产品与服务碳足迹计算指引》）、5％（TSQ0010）。在ISO的国际标准中，并没有提出明确的百分比取舍值，但是也要求所达到的排放量要对环境产生显著的影响。

（3）数据要求

各核算标准中对于数据的质量要求甚高，除了初级数据（直接测量得到）外，对于次级数据往往要求来自于具有权威性的机构或出版物，而且应是尽可能的准确和优质。欧盟PEF对此做出了明确要求，提出70％以上的数据来源要达到了“好”及其以上，这意味着这些数据的质量评级（data quality rating，DQR）要小于3.0。目前国际上已经有较为完备的LCA数据库，例如国际生命周期基准数据系统（ILCD）、欧盟LCA基础数据库（ELCD）等，关于生命清单和部分数据均可从中获取。对于排放因子的选择，除了IPCC报告所公布的因子数据外，各个国家和地区也依据本土特点组建了自己的排放因子库（TSQ0010、台湾保护署等），而我国所采用的数据均要求来自于行业调研，排放系数参考年鉴或政府出版物。

（4）结果与评价

对于不同阶段的碳足迹计算方式，一般采用的是IPCC提供的基本方程：GHG排放＝AD·EF，其中，AD代表的是活动数据，EF为排放因子（或排放系数），即通过消耗量乘以单位碳排放量的加总来代表总排放量。该方法简洁明了，应用最为广泛。针对较为复杂的细节，各标准也采取了一定的处理方式。PAS2050不仅对产品使用阶段和报废处置阶段排放影响的加权计算进行了规范，还对产品碳储存、可再生利用材料的排放方式均进行了统一。核算结果的评价与报告是整个碳足迹核算体系最后也是关键的一环，前者通常包括了对核算结果的敏感度分析、不确定性分析等，既是对结果精度的检验，也是挖掘排放贡献来源的重要途径。例如GHG Protocol对不确定性的评估做了充分的说明，其包含的不确定类型包括了参数不确定性（活动数据、排放因子和影响评价的不确定性）、场景不确定性（方法学和情境的不确定性）和模型的不确定性（局限性）。欧盟PEF规定了产品碳足迹报告除了主体内容（研究目标、研究方位、编制和记录资源使用和排放量、计算和解释PEF影响核算结果等）外，还需要有摘要（系统边界的描述、可实施的环境改进措施、整体结果不确定性的评估）和附件（假设条件、审核者的资质证明等），如有必要还可以添加一个保密性报告。

表1 不同生命周期产品碳足迹核算标准对比

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 规范或标准 | PAS2050 | JIS TSQ0010:2000 | PEF | ISO14044 | ISO14067 | GHG Protocol | 产品与服务碳足迹计算指引 | 温室气体排放核算方法与报告指南 |
| 发布单位 | 英国标准委员会，Carbon Trust | 日本工业标准委员会 | 欧盟委员会 | 国际标准化组织（ISO） | 国际标准化组织（ISO） | WRI: WBCSD | 中国台湾环境保护署 | 中国国家标准化管理委员会 |
| 温室气体种类 | IPCC的60多种 | 《京都议定书》要求的6类气体 | IPCC的60多种 | 《京都议定书》要求的6类气体 | IPCC的60多种 | 《京都议定书》要求的6类气体及NF | IPCC的60多种 | 《京都议定书》要求的6类气体 |
| 系统边界 | 从原材料使用完毕和废弃，不包括资本产品和人力资源等 | 采购到废弃和回收5个阶段 | 包括产品供应链上的所有环节，包括前台进程和后台进程 | 依据研究的目标和范围而定，最后的系统边界由计算结果和敏感性分析而定 | 从原料获取到弃置：同时包括摇篮到坟墓，以及摇篮到大门 | 从原料获取到弃置，直接过程和间接过程都需要，摇篮到坟墓、摇篮到大门 | 原材料、能源、制造与服务供应、制造场所运营、产品运输、储存、使用和处理；不含人力、销售等 | 主营业务内所有生产设施产生的温室气体排放 |
| 数据来源 | 经同行评议的出版物；ILCD | 通用数据；政府建立的排放因子数据 | 达到质量要求的：ICLD&ELCD | 具有代表性；满足敏感性分析要求；ILCD | 基于控制的独立过程；兼顾定性与定量；ILCD | 使用质量指标评估后的数据；EEIO模型；ILCD | 尽可能的最优品质数据；环保署碳足迹计算服务平台；DolTPro数据库 | 年鉴或行业调研数据；有资质的专业机构检测等 |
| 适用目标 | B2B&B2C | B2C | B2B&B2C | B2B&B2C | B2B&B2C | B2B&B2C | B2B&B2C | 未明确 |
| 取舍标准 | 对碳足迹达到1%的实质贡献都应包含在内，至少95%的预期排放 | 根据产品分类规则（PCR）而定 | 未明确 | 基于物质、能量流动或者环境显著水平 | 基于物质、能量流动或者显著水平 | 1%以上的实质贡献；通过上限假设来决定是否有意义并进行报告 | 1%以上的实质贡献；至少95%的功能单位预期生命周期GHG排放 | 未明确 |
| 主要引用的规范和标准 | ISO14040  ISO14044  IPCC（2007） | ISO14040  ISO14064  IPCC（2007） | PAS2050  IPCC（2007） | ISO14001  ISO14021  ISO14047-50 | ISO14064-6  PAS2050  GHG Protocol | ISO14044  IPCC 2006  PAS 2050 | ISO14040  ISO14044  PAS 2050 | 省级温室气体清单编制指南；中国能源统计年鉴；IPCC（2007） |

ILCD（International Reference Life Cycle Data System）国际生命周期文献数据系统

ELCD（European Reference Life Cycle Database）欧洲生命周期文献数据库

#### 1.4.2.1.3.4企业碳中和战略与碳足迹核算发展趋势

企业在实现双碳使命时，需要“战略先行”。企业在制定碳中和战略时，既需要立足实现近期的碳达峰合规目标；又需要高瞻远瞩、放眼未来，规划碳中和中长期战略及实施路径，将碳中和作为企业未来的核心竞争力，实现双碳使命和愿景。这就是企业碳中和“四阶段”战略路线图。具体来说：

第一阶段：合规（Comply）

清晰认知目前碳排放基线，准确核算碳排放成本，评估碳排放差距，提升碳排放透明度和洞察力。满足国家前期碳达峰目标的合规要求，降低企业运营风险、合规风险、品牌风险，保持企业运营许可。

第二阶段：优化（Optimize）不满足于碳达峰合规，而是创造更大的业务价值。企业以碳中和目标为指引，释放碳数据和数字科技的巨大力量，对企业内的供应链、工作流、产品及体验进行优化，助力企业持续发展。

第三阶段：重塑（Reinvent）站在行业范围的视角，通过参与碳排放权交易平台，开发碳排放权资产，为企业创造新的收入来源。并通过拓展碳中和服务，建设科技赋能的碳中和服务平台，助力行业实现双碳达标。

第四阶段：引领（Lead）致力于解决更复杂的碳中和挑战，通过建设经济-社会生态系统，推动产业内开放的协作创新，引领整个产业共同实现零碳能源转型，构建全新的绿色产业体系和零碳经济体系。

在目前的合规阶段，企业在这个阶段的战略目标是：

清晰认知目前碳排放基线，准确核算碳排放成本，评估碳排放差距，提升碳排放透明度和洞察力。满足国家前期碳达峰目标的合规要求，降低企业运营风险、合规风险、品牌风险，保持企业运营许可。建立以绩效为抓手的碳中和战略执行机制企业在制定了碳中和战略后，更需要设计全面的落地执行机制，将战略一步步变为现实。而绩效体系是一个强有力的抓手，包含绩效指标体系、绩效评估体系。

首先，企业需要建立经营绩效和碳绩效指标体系，并以碳绩效促进经营绩效。如果没有明确定义的指标，企业几乎不可能判断自己的双碳达标工作是否取得了切实的进展，也无法将双碳达标进展与业务成果是否有改善联系起来。企业也更难以向客户讲述有关其双碳达标的有说服力的故事，而这样的故事和证据对于提高品牌声誉，甚至确保企业生存来说，都具有前所未有的重要性。

企业建立碳绩效指标体系需要充分考虑前瞻性、数据的可获取性、行业引领性等原则。可能涵盖的指标包括技术与创新、内部政策与激励措施、资源投入、供应链管理、人力资本等。同时，持续对标行业碳中和成熟度模型及行业标杆，识别成功的共性和规律及其改进差距。

其次，企业需要采用碳会计（Carbon Accounting）方法进行碳核算和绩效评估。

按照《温室气体协议：企业核算和报告准则》提供的国际核算标准，企业既要从公司层面，核算、反映、评估直接碳排放（范围1）、间接碳排放（范围2和范围3）；同时也要从产品生命周期层面，核算、反映和评估产品从上游生产、到成品生产、直至消费和废弃的全生命周期的碳排放。

### 1.4.2.2铅冶炼行业发展现状

1.4.2.2.1铅冶炼产能及分布

经过近七十年的发展，中国铅工业发生了翻天覆地的变化，铅冶炼工艺水平不断提高。据中国有色金属工业协会统计，1949年，全国精铅产量仅有2600吨，2010年，我国精铅产量达415.75万吨，其中原生铅279.40万吨，再生铅136.35万吨；2014年，中国精铅产量达到470.4万吨，居全球第一位，其中原生铅317.3万吨，再生铅153.1万吨，国内精铅产能651.4万吨。目前，中国铅冶炼水平经过多年的探索、学习，消化、吸收了国际先进技术，并有了创新，已经处在世界前列。

国内精铅产量、产能分布非常集中，2014年产量前五位省份是河南、湖南、云南、安徽和广西，其产量之和占全国的比重高达75.8％，其中河南是第一大省，河南与湖南个产量达到100万吨以上的省份，产量占到全国的54.3%，全国第一大精铅生产商—豫光金铅就位于河南省济源市，济源万洋、济源金利、安阳市的豫北金铅也是主要的精铅生产商。这五个省份中除安徽外，其他省份都依赖原生铅，但值得注意的是第一大省河南的铅锌资源比较贫乏，原料主要以来省份和海外采购，湖南、云南和广西资源相对比较丰富，湖南株洲冶炼集团、水口山集团、云南驰宏锌锗、个旧沙甸铅企业和广西的铅生产企业原料主要是省内采购，进口矿比较少。

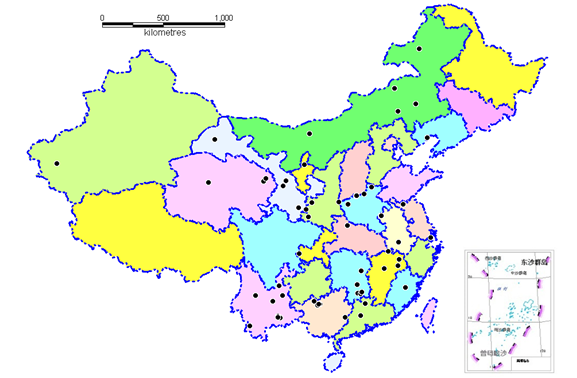


图1 国内主要铅冶炼厂分布（数据来源：安泰科整理并加工）

受国家产业技术政策要求和企业自身发展需要，铅冶炼行业技术升级加快。我国烧结机-鼓风炉炼铅已要求在2013年底淘汰。替代烧结机工艺的“氧气底吹—鼓风炉炼铅技术”（SKS），可有效解决烧结过程严重的铅尘及SO2的低空污染，硫捕集率>99%，实现了清洁生产，同时能耗大幅下降，银回收率显著提高。

我国粗铅主要采用电解精炼。1999随着驰宏锌锗曲靖冶炼厂引进大板技术，阳极立模浇铸、专用吊车等机械化作业线，使电解单系列规模提高到10万吨/年，电解机械化水平大度提升，劳动生产率显著提高。该技术后被河南豫光锌业、内蒙古驰宏呼伦贝尔、山东恒邦、云锡铅厂等采用，并成套装备到我国总承包的印度德里巴工程。株洲冶炼厂开发的铅电解过程化学参数在线控制系统，解决了精确、稳定测定阴极活性过电位等难题，实现了优化控制，使主要技术指标得到显著改善，成本显著降低。

1.4.2.2.2铅冶炼行业生产现状

国内铅冶炼企业在引进国际先进技术的同时自主开发适合国情的冶炼工艺，取得良好效果。1998年中国有色金属设计院和多家单位出资合作的氧气底吹熔炼—鼓风炉还原炼铅工艺试验成功，这标志着中国铅冶炼工艺水平达到了一个新的台阶。由于具有投资省、环保好、能耗低等优点，该工艺推广速度很快。目前已被池州有色、豫光金铅、水口山等投入使用，目前全国有11条生产线，而且还有几条在建设当中。2009年河南豫光金铅又在该工艺基础上形成了氧气底吹熔炼—高铅渣液态直接还原工艺，冶炼水平进一步提高。国内冶炼企业引进国际先进技术的主要有：2005年驰宏锌锗引进的ISA工艺，经过一年多的调试，达到设计指标；2011年株洲冶炼集团基夫赛特铅锌炉，设计能力每年12万吨，是目前国内单炉年产能最大的直接炼铅炉。2010年，云锡集团10万吨/年奥斯麦特冶炼工艺投产。

根据中国有色协会统计数据显示，2014年，我国400多家规模以上铅锌冶炼企业实现主营业务收入3987.2亿元，利润总额178.6亿元，铅冶炼总回收率在94%左右。

中国铅冶炼企业的现状和特点如下：

（1）骨干冶炼企业经技术改造后，基本拥有当前国际先进的冶炼技术和装备，技术经济指标达到国际先进水平。铅冶炼总回收率在94%左右，冶炼综合能耗和粗铅焦耗呈现下降趋势。

（2）拥有自有原料的企业少，原料自给率普遍低。铅冶炼厂自有原料企业非常少，自给率在50%左右的只有云南驰宏锌锗股份有限公司和深圳中金岭南股份有限公司。

（3）铅及其它重金属污染防冶问题将成为未来铅冶炼发展的重要瓶颈，因此铅冶炼企业的布局将从中东部向西部环境容量大的地区转移。铅冶炼生产过程中排放的重金属主要包括铅、砷、镉、汞、锌等，污染主体包括水体、土壤和大气，近几年发生的重金属污染事件中有相当部分是铅冶炼企业造成的，如何有效防止铅冶炼企业的重金属污染已成铅冶炼行业的难题。

1.4.2.2.3铅冶炼主要工艺与技术水平

铅的冶炼方法几乎全是火法，炼铅工艺类型一般来说主要指熔炼工艺类型。传统的熔炼方法为烧结-鼓风炉熔炼流程，20世纪80年代以来开始工业应用的直接炼铅法主要有富氧熔池熔炼法和富氧闪速电热熔炼法。

**（1）烧结－鼓风炉法**

烧结－鼓风炉炼铅是传统炼铅工艺。此法即硫化铅精矿经烧结焙烧后得到烧结块，然后在鼓风炉中进行还原熔炼产出粗铅。

1）烧结熔炼

采用烧结焙烧过程处理硫化铅精矿、铅锌混合精矿和铅锡精矿，目的是氧化焙烧脱硫并使细小的精矿烧结成块，产出烧结块，供下一步还原熔炼处理，烧结焙烧的设备主要有烧结机、烧结锅和烧结盘。

烧结炉料除了铅精矿外还要加入石英砂、石灰石、铁矿石、水淬渣、返粉以及其他的一些物料，例如，锌浸出渣、烟尘、焦粉等。各个工厂的物料种类以及配比不一样，但共同特点是要加入一定数量的熔剂（石英石、石灰石和铁矿石），以适应鼓风炉熔炼的造渣要求。一般鼓风炉熔炼是处理自熔烧结块，所以在铅烧结炉料中是完全配好熔剂的。

烧结块炉料组成的另一共同特点是加入一定数量返粉（为烧结碎料或破碎的烧结块），返粉的配入量是根据炉料的含硫量来确定，最终混合料含硫波动在5%~7%之间。为了防止炉料过早熔结，混合料含铅波动一般在40~45%之间。

2）鼓风炉还原

硫化铅精矿采用烧结机脱硫烧结后，烧结块送鼓风炉进行还原熔炼。加入鼓风炉的原料主要是烧结块和燃料。烧结块含铅40~50%，含硫小于2%。加入鼓风炉的燃料通常为焦炭，数量为其他炉料的9%~14%。焦炭不仅是燃料也是还原剂，

烧结鼓风炉法工艺流程如图2.2.3-1所示。

该工艺简单、生产稳定、对原料适应性强，经济效果尚好；但该工艺返料循环量大、劳动条件差，烧结机烟气含二氧化硫浓度低、烟气二氧化硫浓度一般为3%-4%，无法采用“二转二吸”工艺制酸，因此硫利用率低，烟气污染严重。另外，烧结过程中发生的热量不能得到充分利用，在热料多段破碎、筛分时工艺流程长，物料量大，扬尘点分散，造成劳动作业条件恶劣。本法有被硫化铅精矿直接熔接法完全取代的趋势。

2007年以来部分企业对烧结机烟气采用低浓度制酸技术制酸（WAS法和非稳态制酸法）（目前仅株洲冶炼厂还保留WAS法制酸工艺，该生产线在基夫赛特投产后也将关停），回收其中的二氧化硫，对于非稳态制酸工艺，制酸尾气需经吸收处理方可达标排放。该工艺能耗较直接炼铅工艺高，在《产业结构调整指导目录2011年本（修正）》中将烧结-鼓风炉炼铅工艺列入淘汰类工艺。

烧结-鼓风炉熔炼过程中的废气污染源为原料制备过程中产生的含粉尘的废气、烧结炉窑烟气、鼓风炉烟气以及环保集烟烟气，主要污染物为颗粒物、重金属、二氧化硫、氮氧化物；废水主要为设备冷却水、地面清洗废水、污酸、初期雨水等；固废有水淬渣、污水处理渣和系统收集的粉尘。

**铅精矿、石灰石、返粉、烟尘**

**配料、制粒**

**烧 结**

**破碎、筛分**

**烧结块**

**鼓风炉**

**水**

**烟气**

**收尘**

**烟气**

**（制酸）**

**返粉（返配料）**

**烟尘（返配料）**

**烟气**

**收尘**

**烟气**

**（净化放空）**

**炉渣**

**粗铅**

**焦炭**

**烟尘（返配料）**

图 例

气型污染源 ◆

水型污染源 ▲

固废废物 ■

噪 声 ●

◆

◆

◆

■

**图2 烧结焙烧-鼓风炉还原熔炼工艺流程图**

**（2）氧气底吹熔炼─鼓风炉还原炼铅工艺**

氧气底吹熔炼─鼓风炉还原炼铅工艺即水口山炼铅法（SKS），是中国具有自主知识产权的先进工艺。目前已建成和在建项目产能（包括富氧底吹-液态高铅渣直接还原工艺）已超过中国原生铅总产能的60%。

炉料在底吹炉内氧化熔炼，产品为粗铅及含铅较高炉渣（高铅渣），将高铅渣铸成块，加入鼓风炉内进行还原熔炼产出粗铅，由于硫化矿的氧化脱硫是在一个密闭的卧式筒型炉内进行的，所以确保了作业环境条件良好，从而解决了铅冶炼过程中严重污染环境的问题。

**返粉、混合精矿、溶剂**

**配 料**

**图3 氧气底吹熔炼─鼓风炉还原炼铅工艺流程图**

**制粒或混捏**

**块**

**氧气底吹熔炼**

**铅烟尘**

**溶剂块**

**电收尘器收尘**

**收尘**

**鼓风炉还原**

**烟气**

**铅烟尘**

**烟气**

**铅氧化渣**

**铸 块**

**铅氧化渣**

**余热锅炉回收余热**

**烟气**

**返配料**

**一次粗铅**

**返配料**

**烟气**

**（制酸）**

**焦块**

**炉渣**

**粗铅**

**烟气**

**烟尘**

图 例

气型污染源 ◆

水型污染源 ▲

固废废物 ■

噪 声 ●

◆

◆

◆

■

■

■

■

**烟化炉**

氧气底吹熔炼过程是纯氧熔炼，因此底吹熔炼烟气二氧化硫浓度较髙，可采用“二转二吸”制酸工艺回收硫，吸收后的尾气含二氧化硫、硫酸雾浓度均低于国家允许排放标准。厂区二氧化硫的低空污染也得到了较好的解决。

由于取消烧结过程，从而大大降低返粉量，生产过程中产出的铅烟尘均密封输送并返回配料，有效防止了铅尘的弥散污染；由于底吹炉采用纯氧熔炼，实现了完全自热，入炉原料中不需要配煤补热；工艺还回收了底吹炉烟气中的余热，每生产1吨粗铅，同时产出0.5-0.8t蒸气（4MPa）；SKS法炼铅工艺的粗铅产品综合能耗小于430kg标准煤/t铅，远低于烧结—鼓风炉炼铅工艺综合能耗（550kg标准煤/t铅）。

氧气底吹熔炼**—**鼓风炉还原炼铅工艺过程中的废气污染源为原料制备过程中（配料、制粒或混捏）产生的含粉尘的废气、氧气底吹熔炼窑烟气以及环保集烟烟气、鼓风炉还原烟气，主要污染物为烟尘、重金属、二氧化硫、氮氧化物；废水主要为设备冷却水、地面清洗废水、污酸、初期雨水等；固废有水淬渣、污水处理渣、脱硫渣和系统收集的粉尘。

**（3）富氧顶吹熔炼—鼓风炉还原炼铅工艺**

富氧顶吹熔炼工艺根据熔炼炉型不同分为艾萨炉和奥斯麦特炉。

1）艾萨炉

富氧顶吹熔炼—鼓风炉还原炼铅工艺（I-Y铅冶炼方法）利用艾萨炉氧化熔炼和鼓风炉还原熔炼的优势，同时考虑湿法炼锌浸出渣的处理问题，增加了烟化炉系统。具体工艺流程见图2.2.3-3。

硫化铅精矿采用ISA炉富氧顶吹氧化熔炼，在熔池内熔体-炉料-富氧空气之间强烈的搅拌和混合，大大强化热量传递、质量传递和化学反应速度，物料入炉始就开始反应，相应的延长反应时间，因此反应过程更充分；还原熔炼基于鼓风炉熔炼，增加热风技术、富氧供风技术和粉煤喷吹技术，形成独特的YMG炉还原技术，处理能力大幅度提高，降低了焦炭消耗和渣含铅率。

富氧顶吹熔炼—鼓风炉还原炼铅工艺（I-Y铅冶炼方法），环保效果好，ISA炉的密封性比较好，冶炼过程中烟气泄露点少，作业环境好；同时产生的烟气二氧化硫浓度高，完全满足“二转二吸”制酸工艺要求，硫回收利用率高。

2）奥斯麦特炉

奥斯麦特熔炼技术是20世纪80年代，澳大利亚熔炼公司在顶吹浸没熔炼技术的基础上发明的，并在顶插浸没套筒喷枪技术和熔池上空设路气候燃烧装置等方面有了新的发展。近年来奥斯麦特在锡精矿熔炼、铜的熔炼和吹炼、铅精矿熔炼以及从各种含铅锌的烟尘、炉渣、浸出渣和废蓄电池等二次物料中回收铅锌及其他有有色等有色冶炼行业得到了广泛的应用。

奥斯麦特炉熔炼的主要原理是通过垂直插入渣层的喷枪向熔池中直接吹入空气或富氧空气、燃料、粉状物料和熔剂或还原性气体，强烈搅拌熔池，是炉料发生强烈的熔化、硫化、氧化、还原、造渣等过程。是连续的熔炼过程，燃料和粉料通过喷枪喷入熔池，块料、湿料可通过螺旋给料机从炉顶另开的专用孔中投入。他可连续进料、连续排渣，以保持熔池中体积恒定。在排放过程中，也可以中断进料，使炉内留一层熔体用于下次给料循环。

奥斯麦特熔炼炉是顶吹浸没熔炼的主体设备，主要由炉体、喷枪、喷枪夹持架及升降装置、后燃烧器、排烟口、加料装置及产品放出口等组成。喷枪是奥斯麦特炉的核心技术，他是非自耗的。奥斯麦特炉既可采用连续运转、也可间断运转。如果采用连续操作，熔炼过程产出粗铅和高铅渣（初渣），初渣经水淬后堆存，或出售、或集中起来利用本设备单独还原贫化，产出二次粗铅等。如果间断操作，即氧化熔炼、炉渣还原分阶段进行，产出粗铅和弃渣，也产铅锌烟尘，不过间断操作产出的含硫以及含尘烟气不连续，烟气成分波动较大，不利于烟气处理和制酸。工艺流程见图1-7。

富氧顶吹熔炼**—**鼓风炉还原炼铅工艺过程中的废气污染源为原料制备过程中（配料、混合）产生的含粉尘的废气、氧气顶吹熔炼窑烟气、鼓风炉还原烟气以及环境集烟烟气，主要污染物为烟尘、重金属、二氧化硫、氮氧化物；废水主要为设备冷却水、地面清洗废水、污酸、初期雨水等；固废有水淬渣、污水处理渣、脱硫渣和系统收集的粉尘。

**炉渣**

**粗铅锭**

**（精炼）**

**粗铅锭**

**（精炼）**

**烟灰、碎煤、铅精矿、石灰石**

**配 料**

**混 合**

**艾萨炉、奥斯麦特炉熔炼**

**烟尘**

**铸锭**

**烟尘**

**收尘**

**高铅渣**

**SO2烟气**

**余热锅炉**

**烟气**

**蒸汽**

**鼓风炉熔炼**

**粗铅**

**粗铅**

**铸锭**

**烟气**

**（制酸）**

**煤、空气、O2**

图 例

气型污染源 ◆

水型污染源 ▲

固废废物 ■

噪 声 ●

◆

◆

◆

◆

**收尘**

**烟气**

**烟尘**

■

**烟气**

■

**图4 富氧顶吹熔炼—鼓风炉还原炼铅工艺流程图**

**（4）直接炼铅法**

中国也引进和自主开发其它直接炼铅工艺，如白银公司西北铅冶炼厂引进德国QSL炼铅工艺，西部矿矿业集团责任公司引进卡尔多炉，北京矿冶研究总院开发的闪速炼铅技术等。

1）氧气底吹直接炼铅法

氧气底吹直接炼铅法，即QSL法。QSL炼铅法是利用熔池熔炼的原理和浸没底吹氧气的强烈搅动，使硫化物精矿，含铅二次物料与熔剂等原料在反应器（熔炼炉）的熔池中充分搅动，迅速熔化、氧化、交互反应和还原，生成粗铅和炉渣。

QSL反应器是QSL法的核心设备。反应器主要由氧化区和还原区组成，用隔墙隔开，还附设有加料口、放渣口的排烟口。矿物原料和固体燃料混合均匀后从氧化区顶部的加料口直接加入，混合炉料落入由炉渣和液铅组成的熔池内。

氧气底吹直接炼铅法的特点是氧的利用率高（近乎100%），硫的利用率高（大于97.5%），烟气二氧化硫浓度高（进余热锅炉烟气二氧化硫浓度约8％～12%）。适于“二转二吸”制酸工艺，操作简单，劳动条件好及成本低。

自20世纪以来，世界上有三家工厂采用QSL技术炼铅，包括中国白银公司西北铅冶炼厂，不过该工厂引进的QSL炉，一直未正常投入生产。

2）卡尔多炉炼铅工艺

卡尔多炉是瑞典Boliden公司研制开发的，最早应用于钢铁工业，应用于有色金属行业最早是用来处理含铅烟尘，后来成功的处理了铅精矿，使得卡尔多炉炼铅技术得到了应用。

卡尔多炉由圆桶形的下部炉缸和喇叭型的炉口两部分组成，下部炉缸的外壁固连着两个大轮圈。带轮圈的炉子本体用若干组托固定在一个框架结构的空间笼内，炉子本体在安装于空间笼上的电机、减速传动机构的驱动下，可沿炉缸的轴作回转运动。

炼铅工艺分为加料、氧化熔炼、还原熔炼和放铅出渣四个阶段，该工序要求精矿含水0.5%以下，再进入筛分机进行筛分，小于5mm的细料用压缩空气送入喷枪，在喷枪内由富氧空气喷入炉内进行闪速熔炼。大于5mm的粗料与溶剂、焦粉一起用翻斗车加入炉内参与反应。

卡尔多炉整个熔炼过程都在一个炉子内完成，周期性进行，具有以下特点：从原料到粗铅的所有工序都在同一个炉子内完成，整个系统全部被笼罩于一个密封的环保烟罩内，包括加料、排渣、放铅等所有操作都在这个环保烟罩内进行，防止了烟气、烟尘、铅蒸汽等对操作环境的影响，降低了生产过程对环境的污染。但是卡尔多炉的作业是周期性的，烟气量与烟气成分均不稳定，热损失还是不较多的，所以，氧气顶吹卡尔多炉直接熔炼铅精矿尚未被推广。

中国西部矿业集团责任公司引进的卡尔多炉目前已停产。

3）闪速炼铅技术

①基夫赛特（kivcet）炼铅法

基夫赛特(Kivcet)法为前苏联有色金属矿冶研究院于1967年开发的一步炼铅法工艺，该熔炼方法实际上是包括闪速炉氧化熔炼硫化铅精矿和电炉还原贫化炉渣两部分，将传统炼铅法烧结焙烧、鼓风炉熔炼和炉渣烟化三个过程合并在一台基夫赛特炉中进行。基夫赛特炉熔炼时，工业氧与炉料在悬浮状态下完成氧化、熔化、造渣过程。基夫赛特炉的反应塔由上到下分为氧化脱硫、熔炼造渣（含铅高的初渣）和焦滤还原三个基本过程。

基夫赛特炉电热区的电能由碳电极提供，以维持熔体处于熔融状态，从电炉区拱顶的氮气密封加料口加入焦粒，还原熔体中的氧化锌和剩余的氧化铅。电炉区端墙下部设有虹吸放铅，侧下部设有渣口，定期排渣。为进一步回收渣中残余的铅、锌，通常采用烟化炉处理炉渣。电炉区含铅、锌的蒸气经过后燃烧室吸入空气氧化后再经余热锅炉、热交换器、布袋收尘器除尘后排空，热交换器产出的热空气用于炉料的干燥。工艺流程如图1-8所示。

该法特点是作业连续，氧化脱硫和还原在一座炉内连续完成；原料适应性强，含铅20～70%、硫13.5～28%、银100～8000g/t的原料均可适用。金属的回收率高，铅回收率＞97%，金、银入粗铅率达98%以上，回收原料中锌60%以上；烟尘率低（4%～8%），烟气二氧化硫浓度高（20%～50%），可直接制酸，烟气量少，带走热量少，且余热利用好，从而减小冷却和净化设备；能耗低，粗铅能耗一般低于0.35t标煤/t，电铅能耗可控制在0.6t标煤/t)；炉子寿命长，炉寿可达3年，维修费用省。其主要缺点是原料准备复杂，炉料粒度要求＜1mm，需干燥至含水1%以下，且投资偏高。

该法目前在中国尚没有生产实例。

②铅富氧闪速熔炼新技术

铅富氧闪速熔炼新技术为北京矿冶研究总院借鉴kivcet直接炼铅工艺及镍闪速熔炼工艺，与河南灵宝市华宝产业集团合作开发，目前使用该工艺技术的年产10万t粗铅的冶炼厂已于2009年9月投产。

铅富氧闪速熔炼新技术主体设备由一座闪速熔炼炉和一座矿热贫化电炉组成。闪速熔炼炉由三部分组成：带氧焰喷嘴的反应塔、设有热焦虑层的沉淀池和上升烟道。反应塔和上升烟道架设在沉淀池上，反应塔在前，上升烟道在尾部。塔顶中央设有一个精矿喷咀，粉状炉料和碎焦混合后通过下料管从咽喉口处给出，氧气在咽喉口成高速射流，将炉料引入并经喇叭口分散成雾状送入反应塔。中央喷咀将反应空气，炉料混合分散并送入塔，风料呈悬浮状，进入高温区即发生冶金化学反应。反应后的铅与渣在沉淀池分离，大部分粗铅从沉淀池放铅口虹吸放出，至浇铸机浇铸成粗铅锭，送铅精炼车间电解精炼；少部分铅呈PbO进入炉渣，自流至矿热贫化电炉进行深度还原。贫化电炉的粗铅从放铅口虹吸放出浇铸成铅锭，送铅精炼车间电解精炼。冰铜定期由冰铜口虹吸放出。

**铅精矿、石灰石、石英石、粉煤、烟灰**

**配料制粒**

**图5 直接炼铅原则工艺流程图**

**加料机**

**熔炼炉**

**粗铅**

**炉渣**

**烟气**

**（制酸）**

**烟气**

**收尘器**

**粉煤**

**空气**

**氮气**

**氧气**

图 例

气型污染源 ◆

水型污染源 ▲

固废废物 ■

噪 声 ●

◆

■

铅富氧闪速熔炼新工艺物料适应性强，不仅适用于铅精矿的处理，还可以处理湿法炼锌渣、湿法炼铜渣和铅贵金属系统渣。

该工艺烟气量小，热量损失小，烟气二氧化硫浓度高。炉体烟尘烟气逸散少、操作条件好、劳动安全、工业卫生条件好，烟尘排放少，降低冶炼过程的环境污染程度。

直接炼铅工艺过程中的废气污染源为原料制备过程中（配料、加料）产生的含粉尘的废气、熔炼炉烟气以及环境集烟烟气，主要污染物为烟尘、重金属、二氧化硫、氮氧化物，熔炼炉烟气直接送制酸系统制酸后外排；废水主要为设备冷却水、地面清洗废水、污酸、初期雨水等；固废有水淬渣、污水处理渣、脱硫渣和系统收集的粉尘。

1.4.2.2.4铅冶炼行业主要原料、产品及副产品

（1）铅冶炼行业主要原料

铅冶炼行业的主要原料为铅精矿，铅精矿伴生的组分主要有锌、硫、铜、银、金等。铅精矿的进口和买卖需要按照《铅精矿》（YS/T 319）来进行定级，同时杂质、有毒有害元素等不能超过该标准及《重金属精矿产品中有害素的限量规范》（GB 20424-2006）规定，铅精矿化学成分见表1。

表1 铅精矿化学成分

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 品级 | 化学成分（质量分数）/% | | | | | |
| Pb，不小于 | 杂质含量，不大于 | | | | |
| Cu | Zn | As | SiO2 | Al2O3 |
| 一级品 | 65 | 3.0 | 4.0 | 0.30 | 1.5 | 2.0 |
| 二级品 | 60 | 5.0 | 0.40 | 2.0 | 2.5 |
| 三级品 | 55 | 6.0 | 0.50 | 2.5 | 3.0 |
| 四级品 | 50 | 4.0 | 6.5 | 0.55 | 3.0 | 4.0 |
| 五级品 | 45 | 7.0 | 0.60 | 3.0 | 4.0 |

中国铅锌资源储量为世界第二位，但仍需大量进口精矿。

（2）铅冶炼行业主要产品及副产品

铅冶炼行业的主要产品为电解铅，其产品质量见下表。

表2 铅锭质量标准（GB/T 469-2013）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 牌号 | Pb≥ | 杂质≤ | | | | | | | | |
| Ag | Cu | Bi | As | Sb | Sn | Zn | Fe | 总和 |
| Pb99.994 | 99.994 | 0.0005 | 0.001 | 0.003 | 0.0005 | 0.001 | 0.001 | 0.0005 | 0.0005 | 0.006 |
| Pb99.99 | 99.99 | 0.001 | 0.0015 | 0.005 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.01 |
| Pb99.96 | 99.96 | 0.0015 | 0.002 | 0.03 | 0.002 | 0.005 | 0.002 | 0.001 | 0.002 | 0.04 |
| Pb99.90 | 99.90 | 0.002 | 0.01 | 0.03 | 0.01 | 0.05 | 0.005 | 0.002 | 0.002 | 0.10 |

铅冶炼的主要副产品有硫酸（93%、98%）、次氧化锌，若该企业有贵金属或稀有金属回收工段，副产品还有金锭、银锭等。

### 1.4.2.3设定标准系统边界

系统边界决定产品碳足迹评价所涵盖的单元过程。本标准设定的系统边界为“摇篮-到-大门”的产品碳足迹，即从原材料获取到铅锭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。系统边界包含原材料获取、能源获取、利废原料获取、运输、铅锭生产等过程。铅锭产品生命周期见示意图6，其中实线框中的单元为铅锭产品碳足迹核算的核心部分。

图6 铅锭产品碳足迹系统边界图

根据企业实际的生产过程和产品（铅精矿、铅锭等），划定纳入核算边界的产品生产过程。原材料开采（原矿等）进选厂、冶炼厂到铅锭成品出厂。涉及铅锭产品典型生产工艺包括：采矿（图8）-选矿（图9）-冶炼。

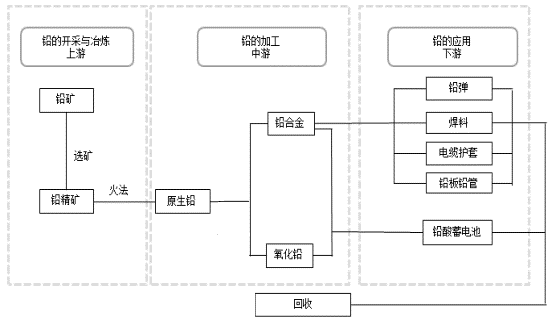


图7 铅锭上下游产业链图

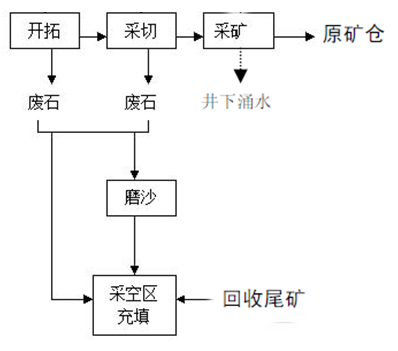


图8 典型采矿工艺图

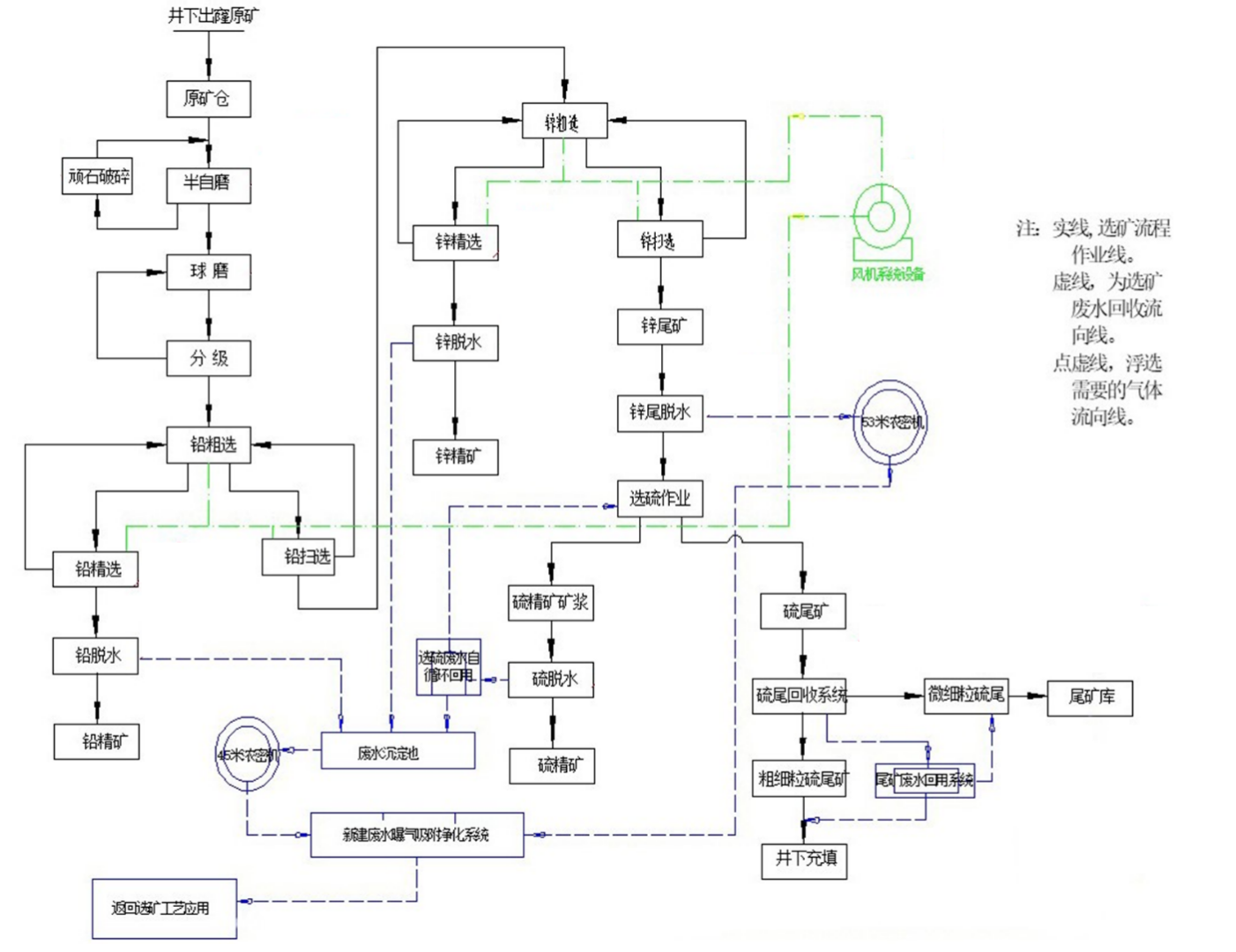


图9 典型选矿工艺图

**1.4.3标准起草过程**

**（1）预研阶段**

2022年4月，《温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 铅锭》（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，主编单位矿冶科技集团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2023-1429T-YS）。

**（2）编制阶段**

①预研阶段

2023年10月至2024年4月，编制工作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。

②讨论阶段

2024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《标准》的讨论工作。会上重点介绍了标准主要内容，并对一些具体条目的出发点进行解释，听取了专家意见，会后进一步完善标准相关内容。

2024年4月至6月，根据相关主管单位对具体产品碳足迹标准的统一框架要求，并结合4月份讨论会的意见，进一步调整和完善标准内容。

2024年4月-6月，编制工作组根据讨论结果，对《标准》进行了修改和完善。

③预审阶段

2024年7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《标准》的预审工作，会议在河北省沧州市进行。专家对提交的预审稿内容逐一进行了充分讨论，并提出修改建议。根据预审稿意见，标准起草组进一步对预审稿编制内容、编制说明等进行了修改完善。会上讨论对《标准》提出了新的修订要求。修订要求包括：

1. 总体原则，全文通篇注意铜铅锌的一致协调性，并且编制说明详实，起到对草案的解释作用。
2. 1范围：考虑中金岭南等特殊混合铅锌精矿冶炼的情况，适用产品还要增加粗铅、再生铅锭。锌锭中补充锌培砂、热镀用锌合金锭的内容；考虑氧化锌精矿是否列入。
3. 2规范性引用文件未引用的删除；如果引用具体条款应加年代号；产品标准的引用；碳足迹指南等标准的引用。
4. 部分术语和定义应与通则指南保持一致。
5. 图1 边界图表示的统一。
6. 5.3工艺过程细化分级、工艺流程图要更细致。
7. “铅产品”明确为“铅锭及其前序产品” 。
8. 生命周期各阶段描述只保留主体工艺内容，统一颗粒度。
9. “再生原料”修改为“再循环材料”。
10. 推荐的分配方法放到附录中，并结合分配示例说明。
11. 报告模板不列具体阶段，可留白，由报告主体自行补充。

**（3）调研阶段**

2022年5月~2023年12月，编制工作组对深圳市中金岭南有色金属股份有限公司下属铅锌采选和冶炼企业开展调研工作。

**（4）意见征集阶段**

2024年7月，编制单位通过邮件、电话等其他方式与行业内相关单位进行沟通并发送《征求意见稿》征求意见，总计发送《征求意见稿》的单位数16个，其中，生产企业13个，占比81.3%，科研院所3个，占比18.7%；对征求到的意见和建议，逐一进行了答复，并根据整体的意见完成了送审稿。

# 二、标准编制原则

标准的编制原则和编制依据如下：

（1）本标准按照 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》的规定起草，同时，参考如下技术文件：

GB/T 469 铅锭

GB/T 21181 再生铅及铅合金锭

GB T 24025-2009 环境标志和声明 Ⅲ型环境声明 原则和程序标准（ISO 14025:2006，IDT）

GB/T 24040-2008 环境管理 生命周期评价 原则与框架（ISO 14040:2006，IDT）

GB/T 24044-2008 环境管理 生命周期评价 要求与指南（ISO 14044:2006，IDT）

GB/T XXXX-202X 温室气体 产品碳足迹 量化要求与指南

ISO 14026 环境标志和声明 足迹信息交流的原则、要求和指南

YS/T 71 粗铅

YS/T 319 铅精矿

（2）查阅相关标准和调研国内外以铅锭为产品的铅冶炼企业和生产铅精矿的矿山企业的实际生产情况；

（3）根据国内铅冶炼行业的特点及实际用能情况，力求做到标准的合理与实用。

# 三、标准主要技术内容的确定依据及主要试验和验证情况分析

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。

## 3.1 范围

规定了本标准包含的内容，以及适用产品包括铅矿石、铅精矿、粗铅、精炼铅、铅锭，以及再生铅冶炼生产的铅合金锭。

## 3.2 规范性引用文件

列出了本标准引用的有关规范文件。

## 3.3 术语和定义

主要参考了国家标准委已经发布的GB/T 24044-2008、ISO 14067：2018中的内容，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。而铅锭及前序产品、铅产品生命周期、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。

## 3.4 量化目的

开展产品碳足迹研究的总体目的是结合取舍准则（见5.2.5），通过量化产品生命周期或选定过程的所有显著的GHG排放量和清除量，计算产品对全球变暖的潜在贡献〔以二氧化碳当量（CO2e）表示〕。

注1：产品碳足迹量化可支持相关方完成一系列的目的和应用，包括但不限于独立研究、比较研究和长期绩效追踪。

在确定产品碳足迹研究目的时，应明确说明以下问题：

——应用意图；

——开展该项研究的理由；包括但不限于：

1）为产品生产企业、下游企业和其他相关方提供产品碳足迹量化结果；

2）为相关方完成产品碳足迹的独立研究、比较研究和长期绩效追踪等研究提供信息；

3）有助于按照ISO 14026:2017开展铅锭等产品碳足迹的信息交流。

——目标受众（即研究结果的接收者）；

——符合ISO 14026要求，计划交流的产品碳足迹或产品部分碳足迹的信息（如有）。

注2：本条款改编自 GB/T 24044-2008，4.2.2。

## 3.5 量化范围

**3.5.1产品描述和声明单位**

本标准规定以1吨铅矿石、1吨铅精矿、1吨粗铅、1吨精炼铅、1吨铅锭、1吨铅合金锭为声明单位，并应对其化学成分、规格、等级等特征参数进行描述。

**3.5.2边界范围**

本标准设定的系统边界为“摇篮到大门”的产品碳足迹，即从原材料获取到铅锭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。这样的系统边界也可满足发展企业绿色低碳供应链，以及为下游产业提供数据支撑的目的。

标准中给出了铅锭产品生命周期示意图，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。见图10虚框部分。

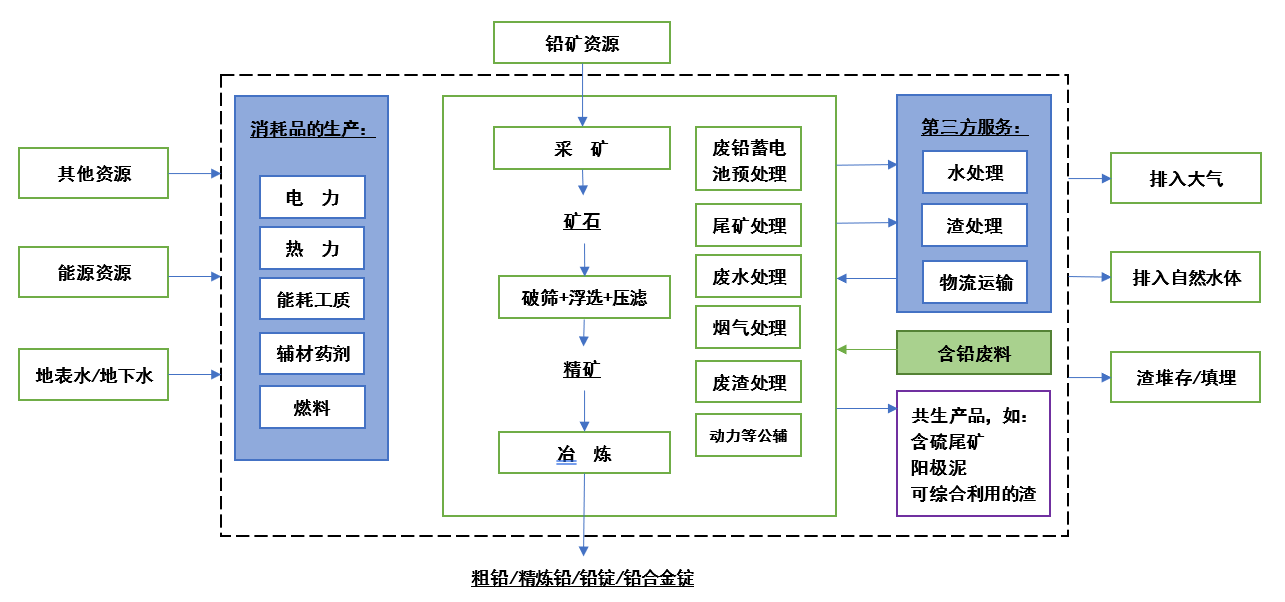


图10 铅产品生命周期示意图

本标准规定了一些排除在系统边界之外的活动，例如：独立于主体工艺之外的综合回收单元，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3。

表3 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，矿山范围内运输，含废石处置）； * 选矿（矿石破碎筛分、浮选、浓缩、压滤）； * 铅精矿冶炼：备料、熔炼—还原、烟化、铅精炼； * 含铅废料的获取； * 再生铅冶炼：原料预处理，火法的熔炼、精炼，湿法的焙解、浸出、电解和净化等。 * 烟气处理； * 相关的公辅服务（供水、供电、供气、供汽、物流等）； * 水处理、废气处理、废渣处理； * 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。 | * 相对独立的烟气制酸单元、综合回收单元、阳极泥处理单元； * 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。 |

**3.5.3 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，包括了采矿、选矿、其他铅原料的获取、冶炼。根据不同的资源特点和我国铅行业生产特征，对各种工艺路线进行了说明。

考虑到国内很多再生铅冶炼企业，本标准对再生铅的冶炼工艺也进行了简要说明。再生铅的火法冶炼包括板栅熔炼工艺（见a））、脱硫铅膏还原熔炼-精炼工艺（见b））和铅膏与铅精矿混合熔炼工艺（见c））。

湿法冶炼是指采用某种溶剂将含铅金属废料溶解，在溶液中借助化学作用将金属从中提炼出来的技术工艺。再生铅湿法冶炼包括脱硫铅膏电解沉积工艺（见d））和固相电解还原工艺（见e））。

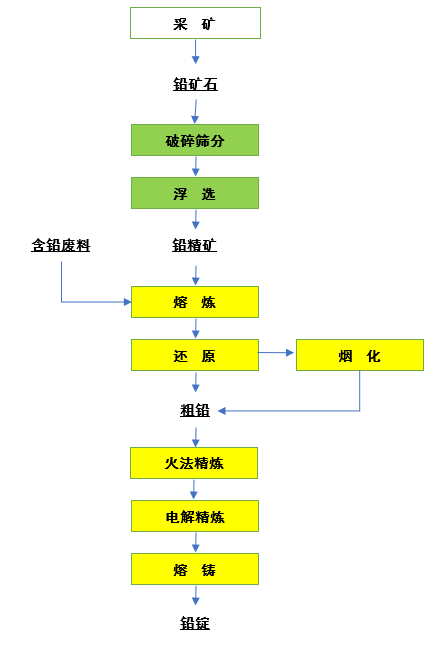


图11 以铅精矿为主要原料生产铅锭的主要工艺路线

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |
| a) | b) | c) | d) | e) |

图12 以废铅蓄电池拆解后含铅废料为原料的主要工艺路线

**3.5.4取舍准则**

对碳足迹无实质性贡献的单元过程、物质流或能量流可排除并报告说明；

次要过程允许省略并做出解释；

在铅锭等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%。

## 3.6 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。

（1）分析流程

描述了生命周期清单分析的流程步骤。

（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，做出好、一般、较差、差等评价，并据此进行数据筛选，数据质量评价情况见标准附录B。

对需要收集的数据按来源和质量进行分类，见表4。

表4 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：含铅矿石、铅精矿、含铅废料等。 | 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 | 粗铅、铅锭、铅合金锭的产量。 | 初级数据 |
| 共生产品量 | 阳极泥、含镓锗铟金银中间产物、粗铜、铅冰铜等产量。 |
| 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。 |

数据质量：提出了代表性（技术、时间、空间）、完整性、可靠性、一致性、可再现性等方面的要求。

（3）初级数据收集

标准根据前矿山和冶炼企业生产特点，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，并给出了示例（见标准附录C）。

（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、电力、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，提出以下优先次序：

——国家生命周期数据库

——国内相关行业平均数据

——其他国家或地区公开发布的数据库

——其他来源，如商业数据库。

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、工信部等国家部委也在组织相关的数据库建设。

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。

（5）数据分配

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推荐分配方法

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，并针对铅锭及前序产品生产流程特点，对一些可能存在分配的环节，给出了建议方法，具体包括：

A，矿山开采：采矿过程中原矿和废石被一起采出，当废石作为共生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，宜按经济价值比例进行分配。

B，铅精矿选矿：铅矿常伴生锌、金、银等金属。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，最终输出铅精矿和其他矿产品（如锌精矿、铅锌混合精矿）。这种情况下，可根据选别工艺流程细分单元过程，如把选锌工序分配给锌精矿，其他共用工序对锌精矿、混合铅锌精矿宜按金属量来进行分配。

C，冶炼过程：当同时处理铅精矿或其他矿物时，应按工序中投料量（不含内部循环物料）分配该过程的排放。冶炼渣有时配置了综合回收工序，此时宜细分单元过程，将综合回收工序作为副产金、银、铜等有价金属硫酸、硫酸钠、碳酸锌得等有价产品而排除在铅锭产品系统之外。冶炼产生的废物有时作为废弃物直接堆存，有时也被下游接收去做原辅料而产生经济价值时，如企业可证明其经济价值，可按废物与对应工序的产品的经济价值比例进行分配。

冶炼流程有多种产品（如阳极泥、硫酸等）产出时，宜按质量进行分配。

公辅系统一般为多个产品服务，分配宜基于各产品的公辅需求量（如用水量、水处理量、压缩空气用量等）。

D，再生铅过程：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。

（6）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。

## 影响评价

（1）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。

（2）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：

（3）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；

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。

（4）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。

## 3.8 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。

## 3.9产品碳足迹报告

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

## 3.9主要试验和验证情况分析

标准编制组计划从参编单位中选取一两家，对企业铅采选冶全流程开展调研和标准验证工作，反馈标准的可操作性。

重点调研内容：工艺流程、物质流、能源流以及分配情况。

验证工作：根据数据收集情况，验证标准的可操作性，分析工艺环节影响的重要性和贡献率。在此基础上，对标准的一些细节问题做出修正。

# 四、预期的经济效益、社会效益和生态效益；

铅锌矿山采选以及铅冶炼业作为一个环境敏感型和资源依赖型的传统行业，与实施绿色制造工程密切相关。推动绿色增长、实施绿色新政是全球主要经济体的共同选择，推进绿色发展是提升国际竞争力的必然途径。铅锭产品碳足迹的建立能够树立绿色产品的示范作用，着力解决行业内部的资源环境问题，充分发挥行业带动作用，具有显著的环境效益、经济效益和社会效益。

经济效益：

根据《碳排放权交易管理办法（试行）》第五章 排放核查与配额清缴，重点排放单位应当根据生态环境部制定的温室气体排放核算与报告技术规范，编制该单位上一年度的温室气体排放报告，载明排放量，并于每年3月31日前报生产经营场所所在地的省级生态环境主管部门。同时，重点排放单位编制的年度温室气体排放报告不但应当定期公开，还要接受省级生态环境主管部门的核查，并作为碳排放配额清缴依据。

本标准的实施有利于推进经济社会发展实现全面绿色转型、推动铅冶炼行业产业结构优化升级，实现节能减排，深化能源体制机制改革。同时有助于帮助企业摸清生产环节碳排放情况，为即将到来的温室气体排放报告核查和碳排放交易清缴政策提前做好准备；帮助企业实现节能降碳技术创新，领先于行业标准，提供企业核心竞争力。可为企业识别有效且成本可控的减排机会，可以更好的帮助企业确定在节能减排和技术升级上的投入，提升企业运营效率，节约企业生产成本。

社会效益：

实现碳达峰、碳中和是党中央在复杂的国内外形势下作出的重大战略决策。能源、工业、交通、建筑等重点领域和钢铁、建材、有色、化工、石化、电力、煤炭等重点行业是碳达峰目标和碳中和愿景实现的关键。在国内，重点排放单位拒绝履行温室气体排放报告义务或在配额清缴、报告过程中存在作弊行为的，国家将责令限期改正，计入征信系统，且按犯规严重程度予以不同级别的处罚。我国立法机关制定的节能法、循环经济促进法、清洁生产促进法等法律法规，规定了一系列关于减少二氧化碳排放的法律措施和法律责任条款。

本标准的实施为企业积极响应国家或地方对于碳减排的相关政策要求，树立行业标杆，体现社会责任感，树立良好的商业形象，吸引投资者、消费者及员工，从而有利用企业的长期可持续发展。为铅冶炼企业摸清家底，充分了解自身铅锭碳排放状况，提前掌握自身的主动权，规避未来的履约风险。促进企业减少碳排放，实现节约能源资源，为降本增效提供新的思路和途径，有效应对绿色低碳转型可能伴随的经济、社会风险，确保安全降碳，从而进一步提升国际社会责任及提高国际社会形象。

# 五、采用国际标准和国外先进标准的情况

无。

# 六、与有关的现行法律、法规和强制性标准的关系

本标准编制过程遵循了现行相关法律、法规和强制性国家标准。

# 七、重大分歧意见的处理经过和依据

暂无。

# 八、涉及专利的有关说明

本标准不涉及专利问题。

# 九、贯彻标准的要求和措施建议

建议该标准作为推荐性行业标准发布实施。

# 十、废止现行有关标准的建议

无。

# 十一、其他应予说明的事项

无。