

档案编号：NMCF-TZJ-2024-032

内蒙古白雁湖化工股份有限公司
电石产品碳足迹核查报告

核查机构名称（公章）：内蒙古成安工程技术有限公司

核查报告签发日期：2024年2月10日



目录

碳足迹核查基本情况表	1
1 概述	3
1.1 产品碳足迹 (PCF) 介绍	3
1.2 碳足迹核查目的	4
1.3 碳足迹核查准则	5
1.4 企业概况	5
1.5 定义功能单位	16
1.6 影响类型和评价方法	16
2 碳足迹核查范围	16
2.1 核查技术路线	16
2.2 核查核算的时间范围	17
2.3 碳足迹核查的系统边界	18
2.4 产品碳足迹过程图	18
3 数据收集	19
3.1 初级活动水平数据	19
3.2 次级活动水平数据	20
4 碳足迹计算	20
4.1 原辅材料及能源运输阶段 GHG 排放	21
4.2 产品生产阶段 GHG 排放	21
4.3 主营产品产量	23
4.4 主营产品碳足迹	23
5 碳足迹核查结论	23
5.1 主营产品生产过程碳足迹贡献识别	24
5.2 主营产品全过程碳足迹贡献识别	24
5.3 建议	25
参考文献	26

碳足迹核查基本情况表

重点排放单位名称	内蒙古白雁湖化工股份有限公司	电石一厂地址	内蒙古自治区乌兰察布市察哈尔右翼后旗建材化工园区蒙维新材料产业园																								
		电石二厂地址	内蒙古自治区乌兰察布市察哈尔右翼后旗建材化工园区杭宁达莱工业园区																								
联系人	贾振祥	联系方式（电话、email）	13847475238																								
重点排放单位所属行业领域		化学原料和化学制品制造业（2613）																									
重点排放单位是否为独立法人		是																									
碳足迹核算和报告依据		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》																									
碳足迹核算的周期		2023年1月1日-2023年12月31日																									
碳足迹核查类型		B to B																									
<p>核查结论：</p> <p>经文件评审和现场核查，内蒙古成安工程技术有限公司确认：</p> <p>1.内蒙古白雁湖化工股份有限公司电石产品碳足迹为 3.36tCO₂/t 电石。</p> <p>2 内蒙古白雁湖化工股份有限公司的碳足迹声明：</p> <p>内蒙古白雁湖化工股份有限公司 2023 年度电石产品碳足迹中原材料及能源等运输阶段排放量比重为 0.07%，产品生产阶段排放比重为 99.99%。即电石产品的碳足迹绝大部分源自产品生产过程。</p>																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">年度</th> <th style="width: 50%;">2023</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>原辅材料及能源运输阶段排放量（tCO₂e）</td> <td style="text-align: center;">163.11</td> </tr> <tr> <td>更换制冷剂的排放量（tCO₂e）</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td>废弃物运输排放量（tCO₂e）</td> <td style="text-align: center;">6.86</td> </tr> <tr> <td>化石燃料燃烧排放量（tCO₂e）</td> <td style="text-align: center;">19482.4</td> </tr> <tr> <td>过程排放量（tCO₂e）</td> <td style="text-align: center;">524737.15</td> </tr> <tr> <td>净购入电力排放量（tCO₂e）</td> <td style="text-align: center;">706536.01</td> </tr> <tr> <td>废水厌氧处理的排放量（tCO₂e）</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td>年度碳排放总量（tCO₂e）</td> <td style="text-align: center;">1250925.53</td> </tr> <tr> <td>主营产品产量（t）</td> <td style="text-align: center;">372669.44</td> </tr> <tr> <td>主营产品碳足迹（tCO₂/t）</td> <td style="text-align: center;">3.36</td> </tr> </tbody> </table>						年度	2023	原辅材料及能源运输阶段排放量（tCO ₂ e）	163.11	更换制冷剂的排放量（tCO ₂ e）	0	废弃物运输排放量（tCO ₂ e）	6.86	化石燃料燃烧排放量（tCO ₂ e）	19482.4	过程排放量（tCO ₂ e）	524737.15	净购入电力排放量（tCO ₂ e）	706536.01	废水厌氧处理的排放量（tCO ₂ e）	0	年度碳排放总量（tCO ₂ e）	1250925.53	主营产品产量（t）	372669.44	主营产品碳足迹（tCO ₂ /t）	3.36
年度	2023																										
原辅材料及能源运输阶段排放量（tCO ₂ e）	163.11																										
更换制冷剂的排放量（tCO ₂ e）	0																										
废弃物运输排放量（tCO ₂ e）	6.86																										
化石燃料燃烧排放量（tCO ₂ e）	19482.4																										
过程排放量（tCO ₂ e）	524737.15																										
净购入电力排放量（tCO ₂ e）	706536.01																										
废水厌氧处理的排放量（tCO ₂ e）	0																										
年度碳排放总量（tCO ₂ e）	1250925.53																										
主营产品产量（t）	372669.44																										
主营产品碳足迹（tCO ₂ /t）	3.36																										
核查组组长	杨兴华	签字		日期	2024年2月10日																						
核查组成员	岳凡																										

技术复核人	张文启	签名	张文启	日期	2024年2月10日
批准人	臧人立	签名	臧人立	日期	2024年2月10日

1 概述

1.1 产品碳足迹 (PCF) 介绍

近年来，温室效应、气候变化已成为全球关注的焦点，“碳足迹”这个新的术语越来越广泛地为全世界所使用。碳足迹通常分为项目层面、组织层面、产品层面这三个层面。产品碳足迹 (Product Carbon Footprint, PCF) 是指衡量某个产品在其生命周期各阶段的温室气体排放量总和，即从原材料开采、产品生产 (或服务提供)、分销、使用到最终处置/再生利用等多个阶段的各种温室气体排放的累加。温室气体包括二氧化碳 (CO₂)、甲烷 (CH₄)、氧化亚氮 (N₂O)、氢氟碳化物 (HFC) 和全氟化碳 (PFC) 等。碳足迹的计算结果为产品生命周期各种温室气体排放量的加权之和，用二氧化碳当量 (CO₂e) 表示。全球变暖潜值 (Global Warming Potential, 简称 GWP)，即各种温室气体的二氧化碳当量值，通常采用联合国政府间气候变化专家委员会 (IPCC) 提供的值，目前这套因子被全球范围广泛适用。

产品碳足迹计算只包含一个完整生命周期评估 (LCA) 的温室气体的部分。基于 LCA 的评价方法，国际上已建立起多种碳足迹评估指南和要求，用于产品碳足迹认证，目前广泛使用的碳足迹评估标准有三种：①《PAS2050：2011 商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》，此标准是由英国标准协会 (BSI) 与碳信托公司 (Carbon Trust)、英国食品和乡村事务部 (Defra) 联合发布，是国际上最早的、具有具体计算方法的标准，也是目前使用较多的产品碳足迹评价标准；②《温室气体核算体系：产品寿命周期核算与报告标准》，此标准是由世界资源研究所 (World Resources Institute, 简称 WRI) 和世

界可持续发展工商理事会(World Business Council for Sustainable Development, 简称 WBCSD)发布的产品和供应链标准; ③《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》, 此标准以 PAS2050 为种子文件, 由国际标准化组织(ISO)编制发布。产品碳足迹核算标准的出现目的是建立一个一致的、国际间认可的评估产品碳足迹的方法。

1.2 碳足迹核查目的

本研究内蒙古白雁湖化工股份有限公司生产的电石产品全生命周期过程的碳足迹。通过对产品碳足迹进行核查, 了解产品在生命周期内各阶段的碳排放情况, 有利于低碳管理、节能降耗, 节约生产成本; 为白雁湖化工发掘企业节能减排的潜力、优化生产流程、降低成本、研发节能减碳工艺技术与装备奠定基。同时, 是响应国家绿色制造政策、履行社会责任的体现, 有助于产品生产、企业品牌价值的提升。

碳足迹核算是内蒙古白雁湖化工股份有限公司实现低碳、绿色发展的基础和关键, 披露产品的碳足迹是内蒙古白雁湖化工股份有限公司环境保护工作和社会责任的一部分, 也是内蒙古白雁湖化工股份有限公司公司迈向国际市场的重要一步。本项目的研究结果将为内蒙古白雁湖化工股份有限公司与电石产品的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: 一是内蒙古白雁湖化工股份有限公司内部管理人员及其他相关人员, 二是企业外部利

益相关方，如上游原材料供应商、下游采购商、地方政府和环境非政府组织等。

1.3 碳足迹核查准则

(1) 《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)

1.4 企业概况

内蒙古白雁湖化工股份有限公司是一家专门从事电石生产的民营股份制企业，位于内蒙古乌兰察布市察右后旗白音察干镇，始建于1990年7月，1992年7月建成投产，2000年改制为民营股份制企业，生产销售电石、电极糊、石灰石、石灰粉及包装桶；生产、销售水泥及其制品。

2010年开始实施转型升级战略，对原11台各种规格的内燃式电石炉进行技改建设。目前拥有40500kVA全密闭电石炉10台，并配套了4座以电石炉尾气为燃料的气烧石灰窑和其他辅助生产装置，现年电石产能80万吨。其中电石一厂拥有40500KVA全密闭电石炉4台、2座气烧石灰窑及其它公辅装置，年产电石产能为32万吨，电石二厂拥有4台40000KVA密闭式电石炉及2台40500KVA全密闭电石炉，配套2台600t/d气烧石灰窑，2020年5月建成一座日产600T活性石灰回转窑，利用气烧窑废弃的粒度<40mm或粒度更小的石灰石，生产合格的石灰产品，年产电石48万吨。全厂销售收入20多亿元，上缴各种税金1亿多元，资产总额11多亿元，员工总数1410人。

40500kVA全密闭电石炉及配套的燃气石灰窑是目前国内水平最高、工艺最先进、技术最成熟的电石生产装置，既节能又环保，为国

家节能重点推广技术。与传统的内燃式电石炉相比，工艺电耗可下降300多度/吨，吨电石综合节能360多公斤标准煤、减少炉尾气排放量约10000多Nm³。公司2013年被中国石油和化学联合会评为电石行业全国能效领跑者。

公司历经二十多年发展，在抓好转制、技改、生产经营管理的同时，狠抓精神文明建设，始终以“诚实做人、诚信做事、善待员工、奉献社会”为宗旨，累计为社会慈善事业、公益事业、光彩事业和员工工薪以外的资助达1000多万元。

白雁湖化工建立了完善的法人治理结构，现有职能部室14个，二级生产单位2个。在册员工1410人，专科以上学历286人，具有专业技术职称资格人员491人。

白雁湖化工践行“责任、诚信、开放、卓越”的核心价值观和“依法规范、效益诚信”的经营理念，以全新的管理模式，完善的技术，不断打造完全成本优势，推进管理创新，积极履行社会责任，努力创建生产安全型、资源节约型、环境友好型企业。

其中碳足迹核查工作由节能环保中心负责：

产品生产工艺流程文字说明：

企业目前拥有40500kVA全密闭电石炉10台，并配套了4座以电石炉尾气为燃料的气烧石灰窑和其他辅助生产装置，20000m³干式气柜一座、50000m³干式气柜一座。并配套建设原料堆场、成品库、炭材干燥车间、电炉车间、空压车间、机修车间、110kV变电站、化验室、配料站、电极糊棚、原料棚、水泵房、循环冷却水系统及配套办公生活设施。公司由于位置原因分为一厂、二厂，其中电石一厂拥有40500KVA全密闭电石炉4台、2座气烧石灰窑及其它公辅装置，年产

电石产能为32万吨，电石二厂拥有4台40000KVA密闭式电石炉及2台40500KVA全密闭电石炉，配套2台600t/d气烧石灰窑，一座日产600T活性石灰回转窑，年产电石48万吨。现年电石产能80万吨、年产石灰80万吨（自用）。生产工艺主要包括储运工程、石灰生产、碳材干燥、配料、电石生产、炉气净化、余热利用等七部分，具体各部分的工艺流程如下：

（1）储运工程

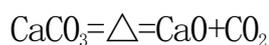
本工序主要是石灰、兰炭、电极糊等原料的贮存和运输。厂内石灰窑生产的合格石灰运至电石原料堆棚分区贮存，然后用装载机或推车运至石灰受料斗待用；粒径为3~80mm的合格兰炭由厂外运至电石原料堆棚分区贮存，然后用装载机或推车运至兰炭干燥工序；电极糊通过电动葫芦提升至电石炉顶电极处待用。本装置考虑石灰、兰炭10天的贮存量。

（2）石灰生产

1) 工艺原理

工业石灰一般采用高温煅烧，在200℃-800℃加热石灰石时，石灰石产生大量的龟裂，体积增加2%-4%，极限抗拉强度降低40%-70%。当进一步加热时，碳酸钙产生热分解，生产石灰石CaO并放出CO₂，其主要反应式

如下：



2) 石灰石筛分

为保证活性石灰的煅烧质量均匀，且符合电石炉车间对石灰粒度的要求，本项目对石灰石入窑前原料进行筛分处理。新购入的石灰石

筛分后通过皮带机输送至窑前筛分楼，筛分之后的筛上物通过皮带机加入窑前料仓内。

3) 窑前料仓准备

石灰窑前配备1个窑前料仓。设置窑前料仓的目的是储存一定量筛分好的合格石料，以备筛分站出现问题时不至于影响原料的供应。原料准备仓的石料准备量约为3小时的使用量。窑前料仓下方安装1台振动给料机，当控制系统PLC发出上料指令后，振动给料机动作，将石灰石送入窑前的原料称重斗。

4) 窑前称量料斗

石灰窑前安装的称量料斗是为了满足石灰石定量入窑而设置的。称量料斗上安装有称重传感器，有效容积为 4.2m^3 。往称量斗内装入定量的原料是通过控制系统的人机画面的输入量来控制的。称量斗下方装有液压驱动的闸板，控制该闸放到上料小车内。板的液压阀组接到PLC发出的往小车内装料的信号后开启，将称量好的原料释放到上料小车内。

5) 上料系统

上料系统由料车、卷扬机、窑顶料仓、分料阀、进料密封阀及料位检测装置等组成。

合格料经窑前料仓落入窑前称量料斗，而后进入上料小车通过上料斜桥送入窑顶料仓，经过分料阀以及进料密封阀进入两个窑膛。

6) 石灰（氧化钙）生产

本项目石灰生产选择窑型为竖式双套筒气烧石灰窑（简称套筒窑）。电石炉气通过上下两层燃烧室，从喷嘴喷出后，在燃烧室中燃烧，产生的高温热气进入窑内环筒部分均匀分布，使石灰石分解制得

石灰。整个过程分为预热、煅烧、冷却三个阶段。窑的上部从石灰石料面至上下套筒之间为预热区，温度为300℃-800℃；窑的中部从上下套筒之间至下燃烧室和循环气入口之间为煅烧区，温度为900℃；窑的下部从下燃烧室和循环气入口之间至下套筒冷却空气入口平台为冷却区，温度为80℃。石灰石在套筒窑内环筒部分下降的同时，被逆流工作区热气体继续加热，石灰石下降到中间燃烧区时，它已得到了所需要的热量和必要的分解温度，开始进行热分解反应，并且逐步向下移动从中间燃烧区进入顺流区。这时石灰石的热分解反应基本完成，这样便制得了活性石灰。

(3) 炭材干燥

由于进厂炭材原料一般粉末量较大，粉末量过大会对后期设备处理造成不良影响，物料处理指标不易达标，且烘干后大量粉末不易贮存，所以由炭材料棚输送过来的炭材，首先需经振动筛进行预筛分，合格粒度炭材由胶带输送机分别送入炭材烘干车间炭材料仓，再由电机振动给料机把炭材送入新型干燥机进行烘干。预筛分筛下的炭粉回收作为炭材干燥系统热风炉的燃料。筛分过程中产生粉尘经布袋除尘器处理后经15m高排气筒排放，收集的除尘下灰进入兰炭粉仓，在炉气不够时供热风炉燃烧使用。

烘干炭材的热量由燃气热风炉供给，热风炉以筛下的炭粉与电石炉气为燃料，热风炉的形式为沸腾炉。热风温度约为500-650℃，炭材物料流入烘干机内，热烟气与物料充分接触，热风把物料中水份带走，使兰炭含水量降到1%，经干燥过的兰炭出窑经胶带输送机送到配料站筛分、称重和混合。

干燥机尾气经布袋除尘器处理后经布袋除尘器处理后经15m高排

气筒排放。收集的除尘下灰由乌兰察布市卫洁环保有限责任公司回收。

(4) 配料

本项目配料系统主要由筛分楼和配料站组成，筛分后的合格粒度炭材（3-25mm）和石灰（5-50mm）分别通过仓顶可逆皮带输送机送到站内炭材和石灰块料仓；料仓底部采用电机振动给料机卸料，工作时电机振动给料机将炭材和石灰送入各自称量装置，两原料按一定比例进行称量，称量好的两种物料按照合适配比进一步卸入到站底皮带机，最终将配好的物料送至电石炉主厂房。

原料的输送、计量、胶带的纠偏等均通过计算机系统自动控制。

石灰筛分楼筛下 $\leq 5\text{mm}$ 的石灰由大同市易天商贸有限公司回收利用；产生的粉尘经布袋除尘器处理后，由15m高排气筒排放，收集的除尘下灰由乌兰察布市卫洁环保有限责任公司回收利用。

兰炭筛分楼筛下 $\leq 5\text{mm}$ 的兰炭进入兰炭粉仓，供热风炉燃烧使用；筛分产生的粉尘经布袋除尘器处理后经15m高排气筒排放，收集的除尘下灰由唐山市中天煤炭运销有限公司回收利用。

配料站下来系统产生的粉尘经布袋除尘器处理后，由15m高排气筒排放，收集的除尘下灰由乌兰察布市卫洁环保有限责任公司回收利用。

(5) 电石生产

1) 电石炉进料

合格粒度的石灰、兰炭经配料站料仓下的振动给料机、称重斗，按合适的重量配比通过电石炉的环形加料机进入炉料贮斗。每台电炉炉料共有12个贮仓，贮仓中的混合物料经过向下延伸的料管及炉盖上

的进料口靠重力连续进入炉中。

电石炉加料系统产生的粉尘经布袋除尘器处理后，由15m高排气筒排放，收集的除尘下灰由乌兰察布市卫洁环保有限责任公司回收利用。

2) 电极糊加料

装在电极糊盛斗内的成品电极糊（全部外购），经单轨吊从地面提升到各电极筒顶部倒入电极筒内。

3) 电石生产

电能由变压器和导电系统经自焙电极输入炉内，石灰和炭素原料在电阻电弧产生的高温（2000~2200℃）下转变成电石。

反应方程式为： $\text{CaO}+3\text{C}\rightarrow\text{CaC}_2+\text{CO}\uparrow$

冶炼好的电石，每隔一小时左右从炉口出炉一次，熔融电石流入牵引小车上电石锅内，电石锅置于电石车上，由卷扬机送到冷却厂房冷却。冷却后的电石入库，装车外运。生产工艺流程见图1-1。

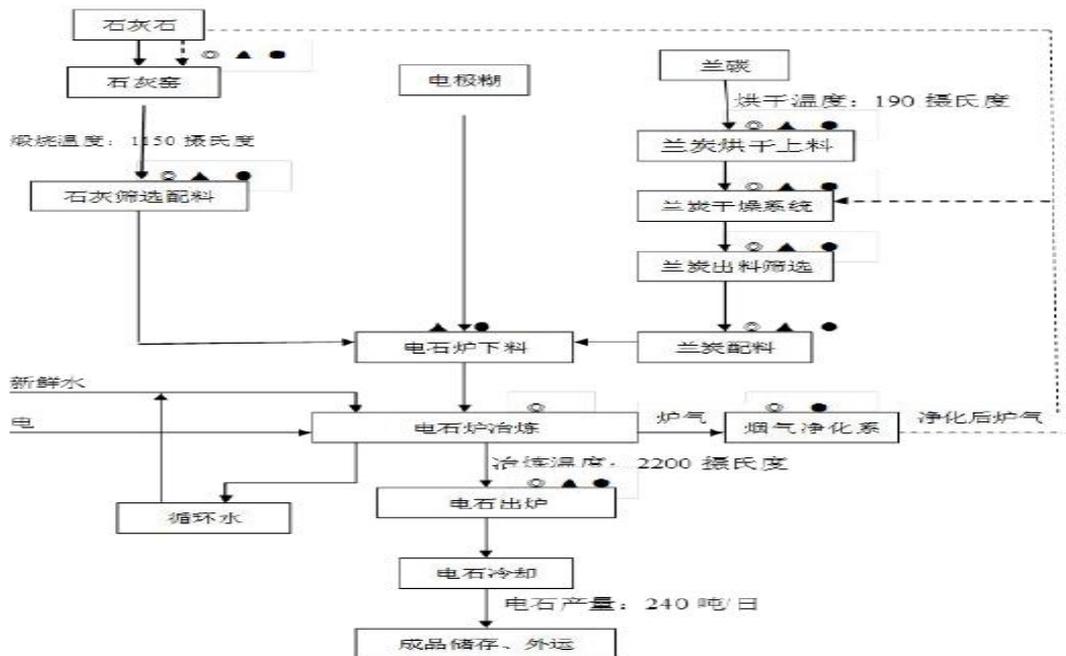


图 1-1 生产工艺流程图

(6) 炉气净化

电石炉尾气出来经过夹水套管后进入回热式冷却器，在此安装有一个紧急旁通蝶阀，当系统出现紧急情况时紧急旁通蝶阀打开，烟气去点天灯。正常情况下烟气直接到除尘系统里，高温烟气首先经过回热式冷却器降温至 $260\sim 300^{\circ}\text{C}$ ，为避免高温烧毁除尘滤袋影响冷却和除尘效果等问题，当冷却器出口尾气温度低于 260°C 时，冷却用的变频调速循环风机自动调小冷却风量，减少热交换，提高回热式冷却器出口烟气温度以保证进入旋风制器发出信号，首先令一个单元室的出口气动蝶阀关闭以切断该室的过滤气流，然后逐个打开该室的每一个电磁脉冲阀，压缩氮气由气源顺序经气包、脉冲阀、喷吹管上的喷嘴以极短的时间向滤袋喷射。压缩氮气在箱内高速膨胀，使滤袋产生高频振动变形，再加上逆气流的作用，使滤袋外侧所附尘饼变形脱落。在充分考虑粉尘的沉降时间（保证所脱落的粉尘能够有效落入灰斗）后，出口气动蝶阀打开，此单元室重新恢复到过滤状态，而下一单元室则进入清灰状态，如此直到最后一个单元室清灰完毕为一个周期。清灰时各单元室按顺序分别进行，互不干扰，实现长期连续稳定运行。上述清卸灰过程均可由计算机进行定时或定阻自动集中控制，也可以手动机旁控制，可以相互转换。电石炉尾气净化工艺流程见图1-2

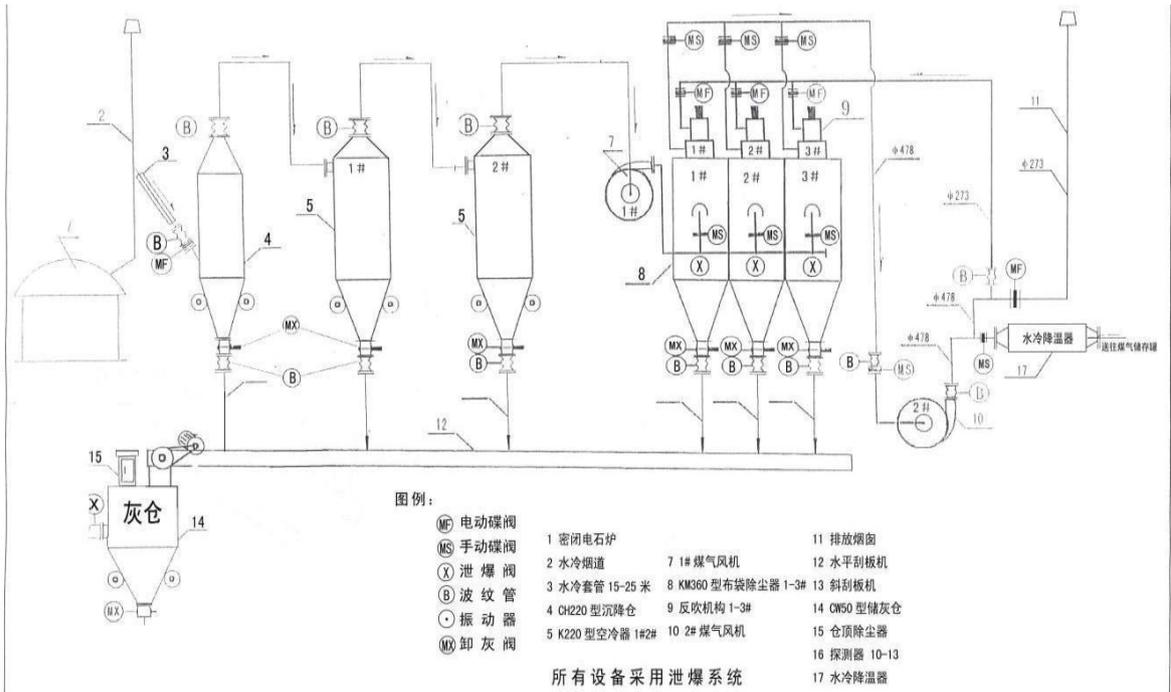


图 1-2 密闭电石炉尾气净化工艺流程图

(7) 余热利用系统

1) 一厂净化灰焚烧炉尾气余热利用工艺流程

本系统由净化灰气力输送部分、焚烧炉净化灰焚烧部分、焚烧炉炉渣负压吸送部分三个部分组成。

粉尘焚烧炉是电石炉炉气净化的一个很关键的设备，我国尚未有成熟这种类型的焚烧炉。江苏工学院热能工程教研室研制的电石炉粉尘流化床焚烧炉通过了有关部门的验收鉴定。该炉采用的流化床燃烧和灰熔聚技术，构思新颖、结构紧凑、工艺先进、流程简单、运行稳定、操作方便，解决了干法净化系统中的一个关键设备，填补了国内空白。焚烧结果表明，该炉性能良好，粉尘中可燃物基本燃尽，烧成后的灰浓和烟气中的氰化物含量均小于1ppm，超过国外同类装置的水平，不存在二次污染，对环境保护起到了重大的效能。该炉是由加料和排灰、炉子本体及进风和排烟除尘等装置组成。料斗中的粉尘经螺旋加料机送入炉内，给料机由调速电机通过变速器带动，改变调速

电机的转速，就可很方便地改变加料量，为防止粉料搭桥，在螺旋给料机上装有拨料机构。燃烧所需要的空气量由叶氏风机送入，LZ-250型玻璃转子流量计，进入夹层空气预热器，这时将空气预热到100℃以上，然后分两路进入炉内。一路为一次空气流（约占空气量的70~85%）经风室，通过布风板进入燃烧炉内，使粉料流化燃烧。另一路为二次空气流（约占空气量的15~30%）在流化床上部6个喷嘴以高速切线方向喷入。在密相流化床上部形成一强烈的高温旋涡区，使粉料层中逸出的挥发分和扬析出的粉尘很快烧尽。分布板的结构造成局部温度较高而使粉尘软化，团聚床层下部，由下部排灰口定时排入灰斗中。排灰口用闸阀或旋阀控制，燃烧过的烟气夹带部分灰粉从炉子上部排出，烟气出口温度为600~700℃，送一厂1#、2#兰炭干燥系统烘干兰炭。一厂净化灰焚烧炉尾气余热利用工艺流程见图1-3

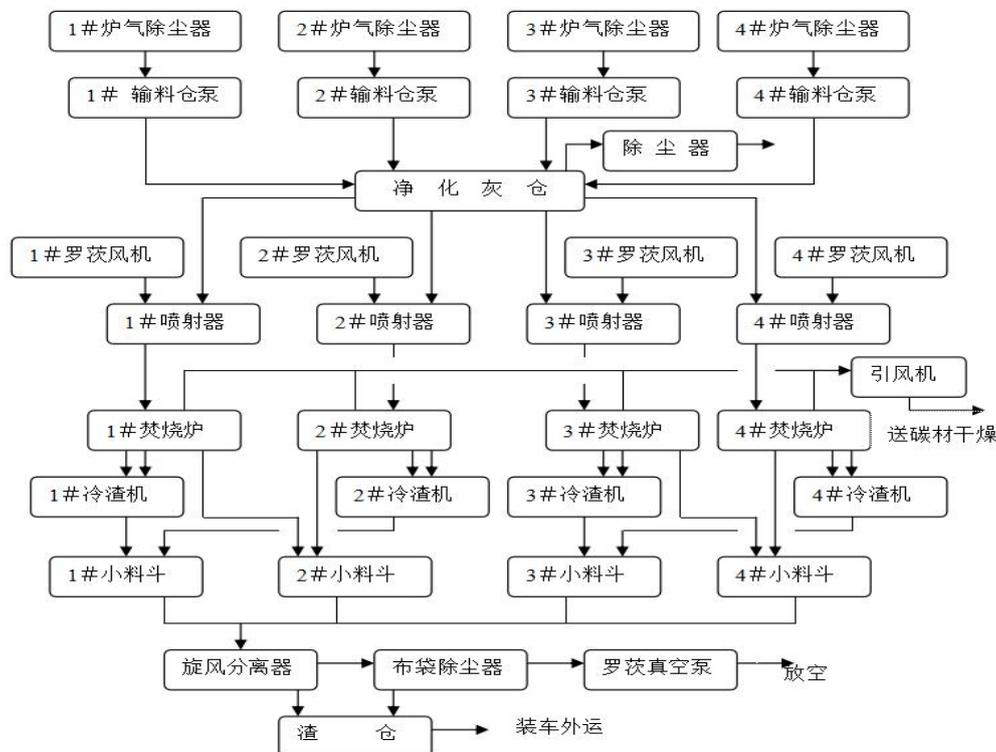


图1-3 一厂净化灰焚烧炉尾气余热利用工艺流程图

2) 二厂回转石灰窑尾气余热利用工艺流程

二厂回转石灰窑尾气在石灰窑除尘后的烟囱处引出。在引出接口的管道上，设置1台电动蝶阀，用于启闭石灰窑尾气的引出。由于需将石灰窑所有的尾气引出，为避免烟囱处外界空气的倒灌，因此在烟囱上部设置1台电动蝶阀。当该石灰窑尾气需引出时，引出接口管道上的电动阀门打开，烟囱上部的电动蝶阀关闭；当该石灰窑尾气不需要引出时，上述两个电动蝶阀则相反动作。

石灰窑尾气通过1台变频调速的引风机接力，将回转石灰窑尾气输送至二厂区的3#、4#兰炭烘干窑，利用二厂区3#、4#套筒石灰窑经布袋除尘后的尾气通过管道、引风机等系统输送至5#兰炭烘干线，实现尾气综合再利用。其接点定于沸腾炉出口管道现有兑冷风阀的对称位置。在3#、4#兰炭烘干窑以及5#兰炭烘干线的接入管道上，各设置有1台电动调节蝶阀，用于调节进入对应烘干窑的石灰窑尾气量；同时原管道上的兑冷风调节阀保留。

为了使尾气余热得到充分利用，需对从石灰窑烟囱的引出点开始，至炭材烘干热风炉混风室出口烟气管道结束的管道、设备（引风机）进行外保温。二厂回转石灰窑尾气余热利用工艺流程见图1-4



图 1-4 二厂回转石灰窑尾气余热利用工艺流程图

1.5 定义功能单位

本次碳足迹核查选取企业产品电石作为目标产品,企业生产电石以 t 作为计量单位,因此本次碳足迹核查选用 1t 电石作为碳足迹核算的功能单位。

1.6 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。

研究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),氢氟碳化物(HFC)等。并且采用了IPCC第四次评估报告(2007年)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(CO₂e)。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(CO₂e)为基础,甲烷的特征化因子就是25kg CO₂e。

2 碳足迹核查范围

2.1 核查技术路线

为了详细而准确的反映企业产品的生命周期碳足迹实际情况,实现企业石灰碳足迹研究的目标,采用过程分析法。即以过程分析为基本出发点,通过生命周期清单分析得到所研究对象的输入和输出数据

清单，进而计算研究对象全生命周期的碳排放，即碳足迹。本次碳足迹核查的研究方法和技术路线如下图所示：

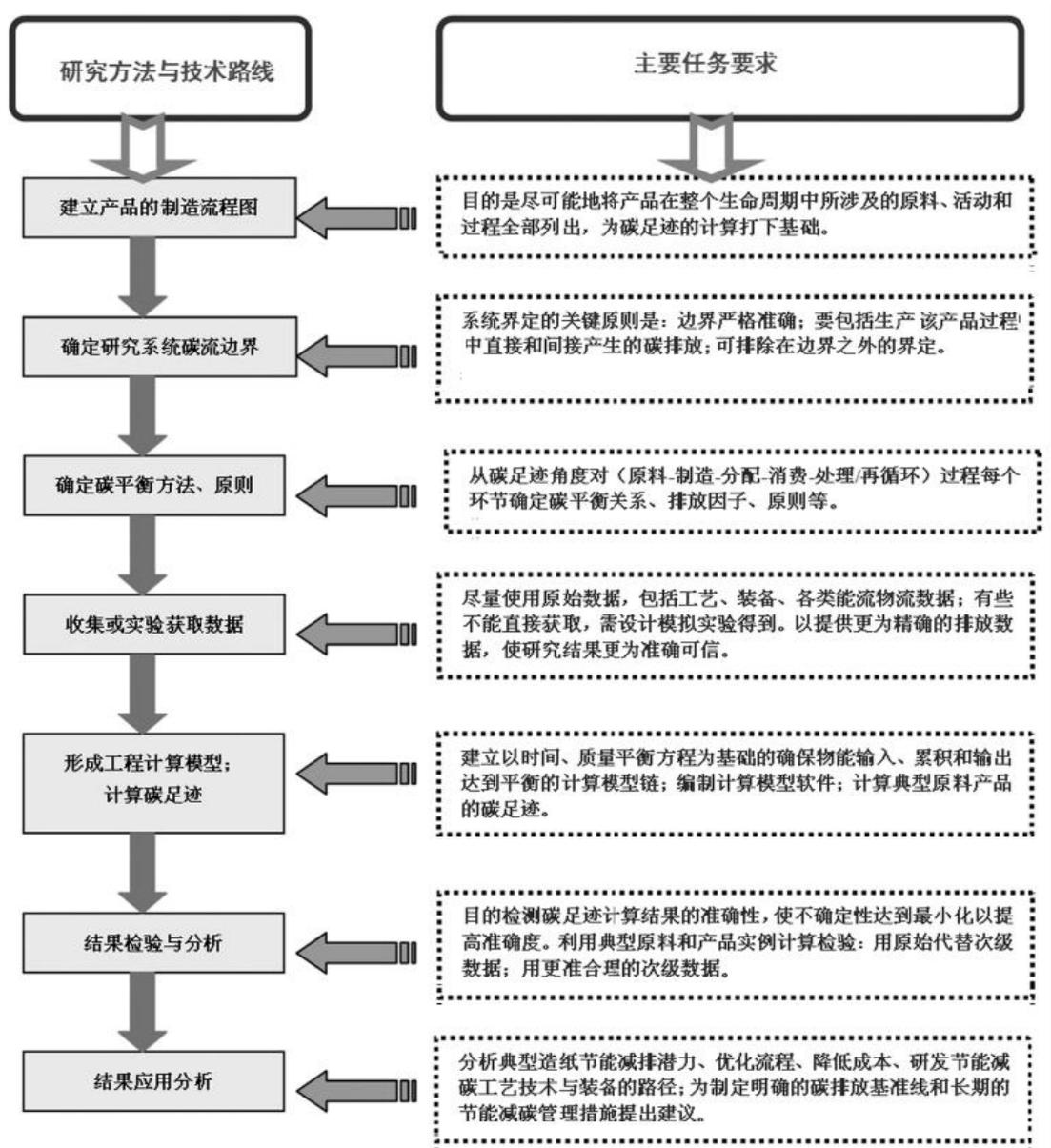


图 2-1 碳足迹核算技术路线图

2.2 核查核算的时间范围

选取内蒙古白雁湖化工股份有限公司 2023 年整个自然年度（2023 年 1 月 1 日-2021 年 12 月 31 日）的生产数据进行产品碳足迹的核算，采用大样本计算，有效减少数据带来的计算结果准确性查的

问题。

2.3 碳足迹核查的系统边界

系统边界的关键原则是列入所有的‘实质性’排放，即由选定的产品在生产、使用并处置或再生利用的过程中直接或间接产生的排放。

确定明确清晰的边界是计算碳足迹的前提，产品的整个生命周期十分复杂，包括了生命周期各个大小环节的各种化学品、化石能源等方面，全部碳流列出和跟踪实现起来难度极大。因此，能否科学合理地对整个生命周期碳流边界确定，是保证碳足迹计算的可靠性、可用性，又使计算过程高效、可行性的关键问题。

本次碳足迹核查的系统边界定义为：电石的生命周期从原材料的收集开始，经过储运工程、石灰生产、碳材干燥、配料、电石生产、炉气净化、成品入库等，同时还包含能源生产、各种原材料的运输、废弃物运输等单元过程，未包含原辅材料及能源生产阶段的排放量以及废弃物处置的排放。

电石的使用和使用后废弃物的处理不在本研究的系统边界内，即为“摇篮-到-大门”（B to B）的方法。

2.4 产品碳足迹过程图

本次碳足迹核查产品为电石，碳足迹过程图如下图所示

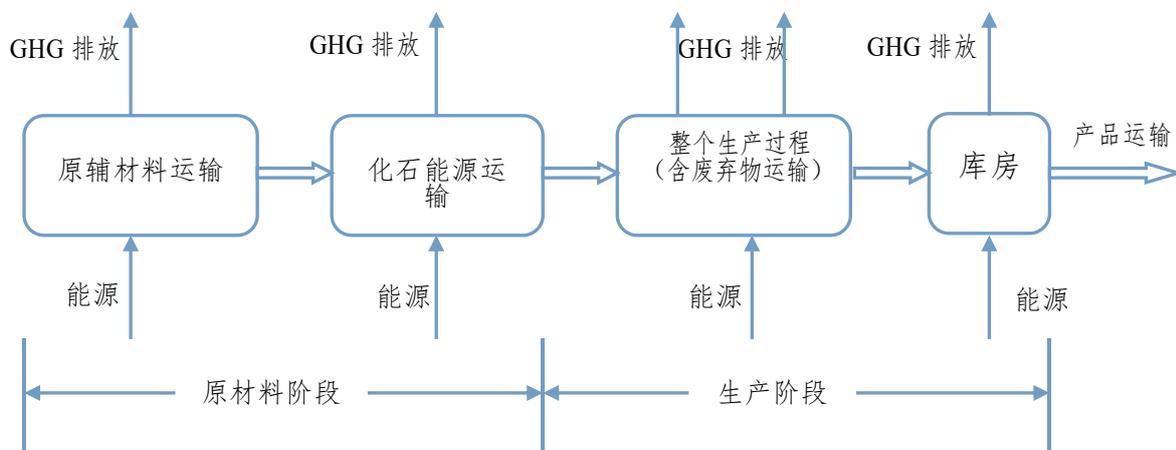


图 2-2 产品碳足迹过程图

能源包括：兰炭、电力、电极糊，汽油、柴油、耗能工质为新水。

3 数据收集

根据 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》的要求，内蒙古成安工程技术有限公司于 2024 年 1 月组建了碳足迹核查工作组对公司的产品碳足迹进行了核查。

工作组对碳足迹核查工作采用了前期摸底确定工作方案和范围、文件和现场访问等过程执行本次碳核查工作。前期摸底中，主要开展了产品基本情况了解、原材料供应商的调研、工艺流程的梳理、企业用能品种和能源消耗量、企业的产品分类及产品产量等。结合产品的生命周期的各阶段能耗和温室气体排放数据的收集、确认、统计和计算，结合合适的排放因子和产品产量计算出产品的碳足迹。

3.1 初级活动水平数据

在确定的系统边界内，电石产品生命周期包括 3 个阶段：原辅材料获取阶段，包括石灰石及能源等的获取及运输；产品生产阶段；后

处理阶段，包括储存、包装等过程及废弃物的运输。在进行碳足迹评价时需要对这些过程的输入、输出的初级活动水平数据进行采集、统计。本研究采集了电石产品相关的 2023 年活动数据，并进行分析、筛选，计算得到生产每吨电石的输入、输出数据。

3.2 次级活动水平数据

在数据计算过程中，由于某些原因，如某个过程不在组织控制、数据调研成本过高等原因导致初级活动水平数据无法获取。对于无法获取初级活动水平数据的情况，寻求次级水平数据予以填补。例如本研究中，原材料的运输等过程不在组织的控制范围内，过程活动数据不能通过初级活动水平数据计算的方式得到。因此，在进行碳足迹评价时采用次级活动数据。本研究中次级活动数据主要来源是数据库和文献资料中的数据，或者采用估算的方式。

4 碳足迹计算

本文中电石产品的碳足迹计算公式如下：

$$CF = \sum_{i=1, j=1}^n P_i \times Q_{ij} \times GWP_j$$

其中：

CF	产品碳足迹 (tCO ₂)
P	活动水平数据 (t)
Q	排放因子 (tCO ₂ /t)
GWP	全球变暖潜势值

4.1 原辅材料及能源运输阶段 GHG 排放

表 4-1 原辅材料运输阶段 GHG 排放

序号	基本信息			活动数据		排放因子			GWP	排放总量 (tCO ₂ e)
	排放源名称	设施/活动	温室气体种类	数值	单位	车辆类型	排放因子	单位		
1	石灰石	原材料运输	CO ₂	712365.44	t·km	大型车	129	gCO ₂ /t·km	1	91.9
2	干基兰炭	能源运输	CO ₂	208877.17	t·km	大型车	129	gCO ₂ /t·km	1	26.95
3	电极糊	原材料运输	CO ₂	7644.96	t·km	大型车	129	gCO ₂ /t·km	1	0.99
4	入炉灰块	原材料运输	CO ₂	335402.5	t·km	大型车	129	gCO ₂ /t·km	1	43.27
合计										163.11

4.2 产品生产阶段 GHG 排放

表 4-2 化石燃料燃烧的二氧化碳排放量

年度	能源种类	化石燃料消耗量	低位发热值	单位热值含碳量	碳氧化率	排放量 $G=A \times B \times E \times F \times 44/12$ (tCO ₂)
		A (t)	B (GJ/t)	C (tC/GJ)	D (%)	
	兰炭面	6130		0.8388	98	18477.08
	汽油	78.56	44.8	0.0189	98	239.02
	柴油	238.15	43.33	0.0202	98	766.3
合计						19482.4

表 4-3 原材料消耗产生的 CO₂ 排放量汇总表

2023年	碳输入			碳输出		
	原料种类	消耗量	含碳量	含碳产品、废物种类	产量 (t)	含碳量 (tC/t)
		(万 Nm ³)	(tC/t)			
	兰炭	208877.188	0.8388	净化灰	0	0
	电极糊	7644.97	1.0000	电石炉气	953.52	4.3931
	碳棒	57.35	0.9990	电石	372669.44	0.314

	原材料消耗产生的排放量 (tCO ₂)	226263.06
	$E=\sum(A\times B-C\times D)\times 44/12$	

表 4-2 化工企业碳酸盐使用过程的二氧化碳排放量

年度	碳酸盐原料种类	消耗量	百分比	排放因子	排放量
		A (t)	B(%)	C(吨/吨)	G=A×B×C
					(tCO ₂)
	碳酸盐-CaCO	712365.44	95.29	0.4397	298474.09
	碳酸盐-MgCO	1195386.56	0.86	0.522	3197.95
合计					301672.04

表 4-5 净购入电力排放量

年度	年净购入电力消耗量 A (MWh)	排放因子 B (tCO ₂ /MWh)	排放量 C=A×B(tCO ₂)
2023	123884.808	0.581	706536.01

表 4-6 废弃物运输阶段 GHG 排放

序号	基本信息			活动数据		排放因子			GWP	排放总量 (tCO ₂ e)
	排放源名称	设施/活动	温室气体种类	数值	单位	车辆类型	排放因子	单位		
1	净化除尘灰	废弃物运输	CO ₂	17461.19	t·km	大型车	129	gCO ₂ /t·km	1	2.25
2	兰炭筛下物	废弃物运输	CO ₂	18669.76	t·km	大型车	129	gCO ₂ /t·km	1	2.41
3	白灰面	废弃物运输	CO ₂	17062.82	t·km	大型车	129	gCO ₂ /t·km	1	2.2
合计										6.86

4.3 主营产品产量

根据内蒙古白雁湖化工股份有限公司 2023 年度《工业产销总值及主要产品产量》报表，内蒙古白雁湖化工股份有限公司 2023 年度电石产量为 372669.44t。

表 4-7 主营产品产量表

年度	主营产品	主营产品产量	单位	来源
2023	电石	372669.44	t	工业产销总值及主要产品产量

4.4 主营产品碳足迹

根据 4.1、4.2 部分的计算结果以及 4.3 部分确定的内蒙古白雁湖化工股份有限公司主营产品产量，2023 年内蒙古白雁湖化工股份有限公司产品电石碳足迹计算如下表所示：

表 4-7 主营产品碳足迹

序号	排放产生阶段	排放量 (tCO _{2e})	占比 (%)	主营产品产量 (t)	主营产品碳 足迹 (tCO ₂ /t)
1	原辅材料运输阶段 (tCO _{2e})	163.11	0.007	372669.44	3.36
2	产品生产阶段	1250755.56	99.99		
2.1	化石燃料燃烧 (tCO _{2e})	19482.4	1.56		
2.2	工艺过程 (tCO _{2e})	524737.15	41.95		
2.3	净购入电力 (tCO _{2e})	706536.01	56.49		
2.4	废水厌氧处理 (tCO _{2e})	0.00	0		
2.5	更换制冷剂 (tCO _{2e})	0.00	0		
2.6	废弃物运输阶段 (tCO _{2e})	6.86	0.003		
合计		1250925.53	100.00		

5 碳足迹核查结论

基于对内蒙古白雁湖化工股份有限公司的文件评审和现场核查，

碳足迹核查组确认：

内蒙古白雁湖化工股份有限公司电石碳足迹为 3.36 tCO₂/t 石灰。

5.1 主营产品生产过程碳足迹贡献识别

内蒙古白雁湖化工股份有限公司 2023 年电石产品碳足迹中，产品生产阶段排放量为 1250755.56tCO₂。其中化石燃料燃烧排放占比 1.56%、工艺过程排放占比 41.95%、净购入电力排放占比 56.49%、废弃物运输阶段排放占比 0.003%、原辅材料运输阶段排放占比 0.007%，即工艺过程排放对电石生产阶段的排放贡献最大，详细如下图所示。

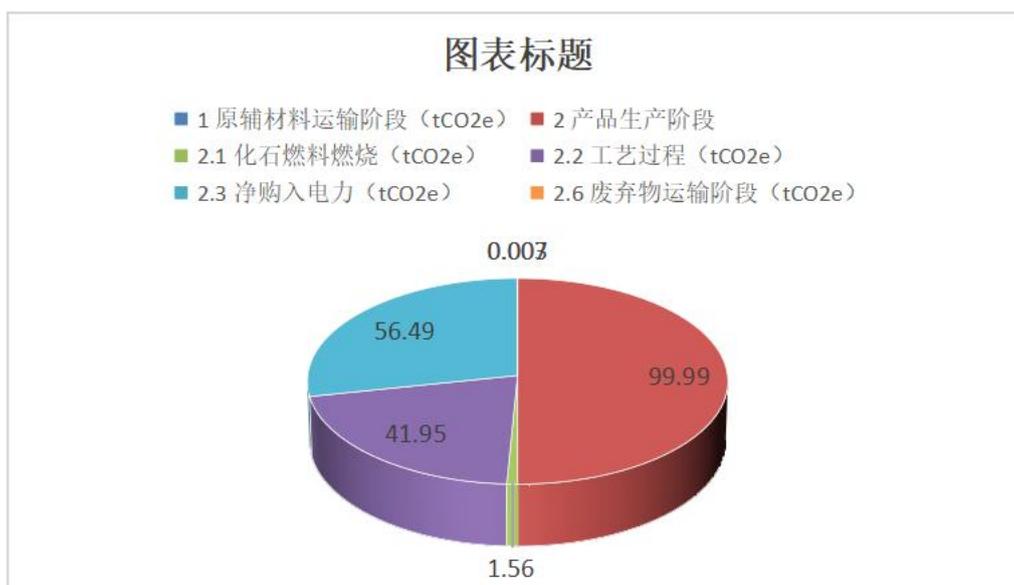


图 4-1 生产过程碳足迹贡献识别图

5.2 主营产品全过程碳足迹贡献识别

内蒙古白雁湖化工股份有限公司 2023 年石灰产品碳足迹中原材料及能源等运输阶段排放量比重为 0.007%，产品生产阶段排放比重为 99.99%，即电石产品的碳足迹绝大部源自产品生产阶段，详细如下图所示：

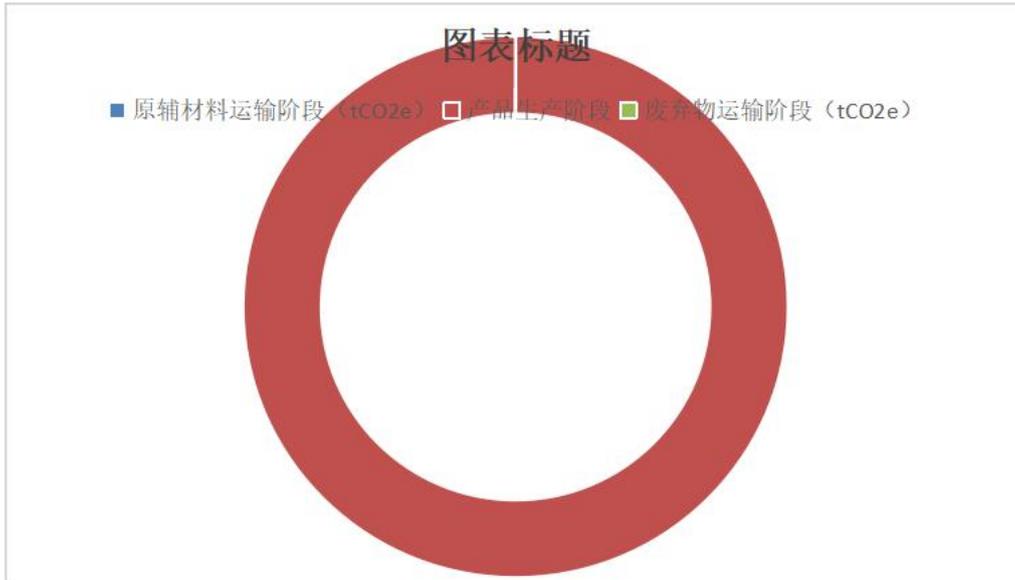


图 4-2 主营产品全过程碳足迹贡献识别

5.3 建议

为减小产品碳足迹，建议如下：

- 1、生产用电可考虑采用清洁能源发电，以减少碳排放量；
- 2、厂内可考虑实施节能改造，重点提高原煤的利用率，从而减少原煤的使用量；
- 3、企业有较大面积的屋顶，可考虑建社光伏发电项目。

参考文献

[1]. BSI, The Guide to PAS 2050: 2011, How to carbon footprint your products, identify hotspots and reduce emissions in your supply chain.

[2]. Product Carbon Footprint Memorandum, Position statement on measurement and communication of the product carbon footprint for international standardization and harmonization purposes, Berlin, December 2009.

[3]. PAS 2050: 2011-Specification for the Assessment of the Life Cycle Greenhouse Gas Emissions of Goods and Services[J]. Department for Environment, Food and Rural Affairs, & British Standards Institution: United Kingdom, 2011: 2-12.