

报告编号：HNYJ-PCF-2024002

河南利源新能科技有限公司
2023 年度产品（焦炭）
碳足迹报告

第三方机构名称（公章）：河南省冶金研究所有限责任公司

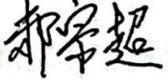
报告签发日期：2024 年 03 月 11 日



目 录

1、执行摘要	1
2、产品碳足迹介绍 (PCF) 介绍	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	4
3.3 研究的边界	5
3.4 功能单位	5
3.5 生命周期流程图的绘制	5
3.6 取舍准则	6
3.7 影响类型和评价方法	6
3.8 数据质量要求	7
4、过程描述	8
6、碳足迹计算	23
6.1 碳足迹识别	23
6.2 计算表格	24
7、数据计算	26
7.1 计算公式	26
7.2 计算结果	27
8、不确定分析	29
9、结语	29

产品碳足迹信息表

公司名称	河南利源新能科技有限 	地址	河南省安阳市殷都区铜冶镇李村西南 800 米处		
联系人	梁庆祥	联系方式 (电话、email)	18837211688 lqxhd@126.com		
公司所属行业领域		炼焦 (C2521)			
产品名称/型号		焦炭			
核查所依据的标准及规则		1、《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》 2、《ISO/TS 14067:2013 温室气体产品碳足迹关于量化和通报的要求与指南》			
系统边界		摇篮到大门			
功能单位		每吨焦炭			
每功能单位产品碳足迹数值 (kgCO2 当量)		326.9			
产品各阶段碳排放比例					
阶段	碳足迹数值 tCO2	占比 %			
原材料获取	0.0824	25.21			
产品生产	0.2319	70.94			
产品到达终端用户	0.0126	3.85			
合计	0.3269	100			
核查组长	郝宗超	签名		日期	2024.3.07
核查组成员	王高强、史浩				
技术复核人	陈红举	签名		日期	2024.3.08
批准人	卢中强	签名		日期	2024.3.11

1、执行摘要

本项目由河南利源新能科技有限公司执行完成。研究的目的是以生命周期评价方法为基础，采用《ISO/TS 14067-2013《温室气体.产品的碳排放量.量化和通信的要求和指南》、PAS2050:2011《商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》的要求中规定的碳足迹核算方法，计算得到利源新能产品的碳足迹。

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每吨焦炭。系统边界为“从摇篮到客户”类型，现场调研了从原材料进厂到产品交付客户的生命过程，其中也调查了其他物料、能源获取的排放因子数据来源于数据库。

报告中对生产的不同过程比例的差别、各生产过程迹累碳足计比例做了对比分析。从单个过程对碳足迹贡献来看，发现电力获取对产品碳足迹的贡献最大。

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。

2、产品碳足迹介绍（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[1]。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，单位为 kg CO₂e 或者 gCO₂e。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[2]，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 PAS 2050 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。

3、目标与范围定义

3.1 企业及产品介绍

河南利源煤焦集团有限公司始建于 1997 年，属股份制民营企业，是河南省煤化工骨干企业，是一家集洗煤、炼焦、化工、发电、合金、物流、清洁能源、精细化工、新材料、商贸、地产为一体的大型现代

化企业集团。集团公司共占地 1800 多亩，员工 2500 余名，总资产 60 亿元，年可实现产值 80 亿元，上缴税金 5 亿元，2019 年荣获河南省民营企业 100 强、河南省制造业 100 强等荣誉称号。

河南利源新能科技有限公司为河南利源煤焦集团有限公司下辖公司，河南利源新能科技有限公司（以下简称“利源新能”）成立于 2020 年 1 月 14 日，注册资本 10000 万元，位于殷都区铜冶镇李村西南 800m 处。占地面积 326333.09m²，员工人数 603 人。

3.2 研究目的

本研究的目的是得到企业生产的焦炭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。

碳足迹核算是利源新能实现低碳、绿色发展的基础和关键，披露产品的碳足迹是利源新能环境保护工作和社会责任的一部分，也是利源新能迈向国际市场的重要一步。本项目的研究结果将为利源新能与焦炭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：一是利源新能内部管理人员及其他相关人员，二是企业外部利益相关方，如精煤供应商、下游

钢铁企业采购商、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 14067-2013、PAS 2050: 2011 标准的要求，本次碳足迹评价的边界为河南利源新能科技有限公司 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=能源+储存+运输。

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每吨焦炭。

3.5 生命周期流程图的绘制

根据 PAS2050:2011 《商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》绘制每吨焦炭产品的生命周期流程图，其碳足迹评价模式为从商业到消费者（B2C）评价：包括从原材料，通过制造、分销和零售，到消费者使用，以及最终处置或再生利用整个过程的排放。

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，焦炭产品的系统边界见下表：

表 2.1 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
焦炭生产的生命周期过程包括：原材料获取→生产→焦炭 生产 中国的电力生产的生产 其他辅料的生产 焦炭的运输	资本设备的生产及维修 产品的运输、销售和使用 产品回收、处置和废弃阶段 其他辅料的运输

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：

普通物料重量<1%产品重量时，以及含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%；

大多数情况下，生产设备、厂房、生活设施等可以忽略；

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，无忽略的物料。

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。

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）和哈龙等。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]。

3.8 数据质量要求

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，本研究在 2024 年 3 月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。

采用 eBalance 4.7 软件的来建立产品生命周期模型，计算碳足迹和分析计算结果，研究过程中的数据库采用中国生命基础数据库（CLCD）和瑞士的 Ecoinvent 数据库。

数据库的数据是经严格审查，并广泛应用于国内国际上的 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。

4、过程描述

（1）过程基本信息

过程名称：焦炭

过程边界：从原料进厂到客户

（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：河南利源新能科技有限公司

产地：中国河南

基准年：2023 年

主要能耗：精煤、电力、焦炉煤气等

生产主要工艺介绍如下：

公司生产工艺包括焦化工程、煤气综合利用工程及余气发电。

焦化工程主要工艺包括备煤、炼焦、干熄焦、化产回收以及公辅工程、储运工程等。

1)备煤

根据煤源、煤质情况及焦炉对煤粉碎细度的要求，备煤系统采用先单

种煤预粉碎，再配煤混合粉碎的工艺流程。备煤系统由火车来煤受卸系统（火车来煤利用利源燃气现有）、汽车来煤受煤系统、封闭煤场、贮配一体筒仓、预粉碎室、二次粉碎室、焦油渣回配装置、输煤管带、输煤皮带通廊及转运站等组成。

汽运来煤进入厂区完成采样、计量后，进入封闭煤场内地下受煤槽进行卸车，再经皮带输送至贮配一体筒仓贮存；火运来煤在卸车站完成卸车后，经管带机接入备煤系统，送至贮配一体筒仓贮存。配煤作业时，贮配一体筒仓下部自动配煤系统根据预定配煤比确定各单种煤给料量，经预粉碎、二次粉碎输往焦炉煤塔。

在二次粉碎室后的输煤线上设焦油渣回配装置，焦油渣、污泥等炼焦废弃物与部分装炉煤混合后，回送焦炉进行炼焦。

2) 炼焦

(1) 炼焦过程

由备煤系统送来的满足炼焦要求的配合煤装入煤塔。通过摇动给料器将煤装入装煤车的煤箱内，并将煤捣固成煤饼，装煤车按作业计划将煤饼从机侧送入炭化室内。

煤饼在炭化室内经过一个结焦周期的高温干馏炼制成焦炭和荒煤气。炭化室内的焦炭成熟后，用推焦机推出，经拦焦机导入焦罐内，并由电机车牵引至干熄站进行干熄焦，熄焦后的焦炭送往焦处理系统。当干熄焦检修或出现事故需利用备用的湿法熄焦时，炭化室内成熟的焦炭经拦焦机导入熄焦车内，由电机车牵引熄焦车至熄焦塔内进行喷水熄焦。熄焦后的焦炭卸至晾焦台上，冷却一定时间后送往焦处理系统。

煤在炭化室干馏过程中产生的荒煤气汇集到炭化室顶部空间，经过布置在焦侧的上升管、桥管进入集气管。上升管设余热利用系统，回收的热量用于产生蒸汽。约 800°C 的荒煤气经余热回收后，温度降至 500°C~600°C，再经桥管内被氨水喷洒冷却至 81°C 左右。荒煤气中的焦油等同时被冷凝下来。煤气和冷凝下来的焦油同氨水一起经吸煤气管道送入煤气净化设施。

焦炉采用焦炉煤气加热，焦炉煤气由外部管道架空引入焦炉，经设置于间台的煤气预热器预热后送入地下室。经煤气主管、煤气立管、横排管和下喷管，送入燃烧室立火道底部，与由机侧空气进口进入并经过设在立火道隔墙中的空气道 2 段空气出口送入的空气汇合燃烧。燃烧后的废气通过立火道顶部跨越孔进入下降气流的立火道，再经过蓄热室，由格子砖把废气的部分显热回收后，经过小烟道、废气开闭器、焦侧烟道、总烟道，经脱硫脱硝装置处理后再经烟囱排入大气。

焦炉采用 FAN 火焰分析模型分析焦炉燃烧室燃烧状况，最优化焦炉炉体及加热系统设计，采用两段供空气助燃加热、薄炉墙、双联火道、废气循环等一系列低氮燃烧技术，从源头治理氮氧化物，有效降低氮氧化物的产生量。

上升气流的煤气和空气与下降气流的废气由交换传动装置定时进行换向。装煤除尘采用双 U 型管式烟气转换车，通过集气管抽吸产生的负压，将正装煤的炭化室产生的烟气经过 U 型导烟管导入相邻炭化室并最终导入集气管。

机侧装煤、推焦时从炉头逸散的烟尘由装煤车、推焦机上的烟气外引装置收集后经机侧尾部的水封式集尘干管导至地面站进行除尘，同时炉顶

设集尘干管，收集装煤、推焦和移车过程中逸散的烟尘，也导至地面站净化后排入大气。焦炉出焦时产生烟尘，用拦焦机集尘罩收集并通过集尘管抽吸至地面站除尘系统，经净化后排至大气。

焦侧头尾焦由拦焦机收集在尾焦斗内，然后卸到焦罐车或熄焦车内。机侧头尾焦由推焦机上的链式刮板机收集在尾焦斗内，卸到机侧尾焦箱中。

(2) 焦处理系统

焦处理系统由筛贮焦楼（汽车装车）、封闭焦场、火车装车仓、转运站、输焦管带机、输焦皮带机通廊及转运站等组成。焦处理系统的任务是将冷却脱水的湿熄焦炭，以及干熄焦后的焦炭送至筛焦楼，按要求筛分成不同粒级。

正常生产时，干熄焦装置排出的焦炭经运焦带式输送机送至筛焦楼。当干熄焦装置检修时，焦炭采用湿熄后通过焦台及带式输送机送往筛焦楼。

筛贮焦楼内共布置四台固定筛（两用两备），处理能力均为 300t/h，分级粒度为 10mm。经过固定筛筛分，>10mm 的焦炭进入成品焦仓，≤10mm 的焦炭直接落入粉焦仓。焦仓下设汽车装车闸门和输焦管带接口，焦炭可通过筛贮焦楼下部装汽车外运，也可通过管带输送至火车装车仓。焦仓总贮量约 3500t，约焦炉正常生产一天的焦炭产量。

3) 干熄焦

公司年产焦炭约 128 万 t，配置处理能力为 200t/h 的干熄焦装置；当干熄焦检修时，采用湿熄焦方式熄焦；本项目综合干熄焦大于 90%。

干熄焦过程：装满红焦的焦罐及运载车由电机车牵引至提升井架底部。提升机将焦罐提升并送至干熄炉炉顶，通过带布料器的装入装置将焦炭装

入干熄炉内。在干熄炉中焦炭与惰性气体直接进行热交换，焦炭被冷却至 200°C 以下，经排焦装置卸到带式输送机上，然后送往输焦系统。

冷循环气体通过循环风机送入副省煤器，换热至 130°C 后再进入干熄炉供气装置的上下气室，经周边风道和中央风帽进入冷却室吸收红焦热量。高温循环气体经斜道进入环形风道汇集，自干熄炉排出的热循环气体的温度约为 880~960°C，经一次除尘器除尘后进入锅炉换热，温度降至 160~180°C。降温后的循环气体进入二次除尘器，再通过循环风机循环利用。干熄焦锅炉产生的蒸汽进入汽轮发电机组做功发电，凝结水回锅炉循环利用。

一、二次除尘器分离出的焦粉，由专门的输送设备将其收集在贮槽内，以备外运。干熄焦的装焦、预存室放散等处所产生的烟尘进入干熄焦除尘地面站，净化后放散。排焦溜槽、风机后放散处烟气进入脱硫脱硝装置进行处理后排放。

干熄焦热力系统介绍：干熄焦热力系统是整个干熄焦工艺系统中的一个重要组成部分，其作用是降低干熄焦系统惰性循环气体的温度，并吸收其热量加以有效利用。方法是通过干熄焦锅炉吸收循环气体的热量产生蒸汽，通过蒸汽驱动汽轮发电机组发电和供热来实现回收红焦显热。干熄焦热力系统由干熄焦锅炉、除盐水泵房、汽轮发电站和干熄焦区域管廊组成。

除盐水通过除氧给水泵经副省煤器进入除氧器，除氧后的水通过锅炉给水泵分三路分别进入余热锅炉、锅炉减温器和减温减压装置。经除氧后约 104°C 除盐水经省煤器换热使水温升至约 220°C 后进入干熄焦锅炉汽包，汽包压力约为 11MPa，汽包内炉水的饱和温度约为 319°C。炉水由下降管分

别进入膜式水冷壁和蒸发器，在蒸发器和水冷壁内吸热汽化后形成汽水混合物并在热压的作用下进入汽包。汽水混合物在汽包内经汽水分离装置分离，产生饱和蒸汽，饱和蒸汽通过汇流管进入一次过热器，在一次过热器内与高温惰性循环气体换热，使蒸汽温度上升到一定温度时，经过喷水式减温器将蒸汽温度调整至设定温度，再进入二次过热器，与高温惰性循环气体换热升温，最终使蒸汽温度达到额定温度。将蒸汽送至汽轮发电站，年发电量：182000×103kW·h。

干熄焦锅炉总的产气量为 96t/h；汽轮发电站站内设 1 台 C25-8.83/0.981 型抽汽凝汽式汽轮机，N=25MW，配置了 1 台 QFW-30-2 型发电机。除发电外，剩余蒸汽经备用减温减压装置调整为 3.82MPa450°C 蒸汽供应生产。发电站设置一套减温减压装置备用，当汽轮机出现故障时，蒸汽通过减温减压系统后供厂区用户使用，剩余蒸汽通过事故冷凝器进行回收。

4) 化产回收系统.

公司煤气净化系统主要包括：冷凝鼓风系统（含煤气初冷单元、电捕焦油单元、焦油氨水分离单元、鼓风机单元）、HPF 脱硫单元、脱硫废液提盐单元、蒸氨单元、硫铵单元、终冷洗苯单元、粗苯蒸馏单元及外部管线组成。

(1) 冷凝鼓风工段

来自焦炉集气管 79~81°C 的煤气进入水洗的洗涤塔与塔顶喷淋循环液逆流接触，除去煤气中夹带的粉尘。经洗涤后的煤气由横管初冷器顶部进入，向下与冷却介质逆流和错流流动。初冷器带有断液板，冷却供水分为三段，上段为余热水段，回收荒煤气余热得到热水；中段用循环水（32°C）、

下段用低温水(16°C)间接冷却。煤气冷却至21~22°C,由横管初冷器下部排出后进入电捕焦油器。在电捕焦油器内,通过高压电场作用,除去煤气中夹带的焦油雾和尘粒后经鼓风机增压送至脱硫工段。

煤气在横管初冷器中被冷却的同时,冷凝析出水、焦油和萘。在换热管冷却表面上结晶的萘,可被冷凝的焦油不断溶解,从而使煤气得到初步净化。为进一步洗涤煤气夹带的固体颗粒和清除沉积在换热管壁上的焦油、萘,在中、下段管际空间连续喷洒焦油氨水混合物,以保证煤气冷却效果。横管初冷器顶部设置热氨水冲洗管道。初冷器断液板处排出的中段冷凝液进入旋流离心分离装置,根据其比重的不同,被分离为三层,上层为轻质含微粉的氨水,下层为含煤焦粉的重质组分,中层为轻质冷凝液。将上下层送至焦油氨水分离单元,中层未饱和的含萘轻质焦油和氨水进入冷凝液槽。下段排出的冷凝液一并进入冷凝液槽。通过冷凝液泵送至初冷器中段和下段连续喷洒,多余部分送至焦油氨水分离单元。

冷凝液槽泵送来的焦油和氨水混合液首先进入到焦油渣预分离器,在此进行焦油氨水和焦油渣的分离。

在焦油渣预分离器的出口处设有篦筛和刮板机,大于8mm的固体物将留在预分离器内,沉降到预分离器的锥形底上,并通过焦油压榨泵抽出。在焦油压榨泵中固体物质被粉碎,并被送回到焦油渣预分离器的上部。

从焦油渣预分离器出来的焦油氨水进入焦油氨水分离槽,在此进行氨水和焦油的分离。在焦油氨水分离槽的下部设有锥形底板,利用比重不同,焦油沉向底部,通过焦油中间泵抽出,送入焦油中间槽,焦油中间槽带搅拌装置,用泵抽取焦油,一部分送入焦油离心机,一部分再送回中间槽循

环搅动焦油，可以防止焦油渣在此沉积。

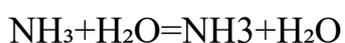
焦油氨水分离槽下部的氨水由循环氨水泵抽出送至焦炉荒煤气导出系统喷洒冷却煤气。剩余氨水经静置分离将大部分焦油除去，用泵抽送至气浮除油机和氨水过滤器，进一步除去其中的焦油等杂质后，送至蒸氨单元。生产过程产生的工艺废水，如终冷排污水等送至焦油氨水分离槽。用乳化液泵在焦油氨水分离器的界面处抽出含焦油的焦油氨水乳化液，连续送至初冷器冷凝液槽，作喷洒液的补充。

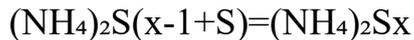
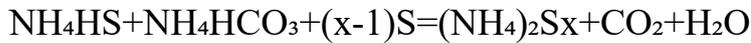
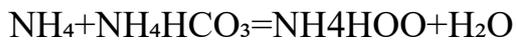
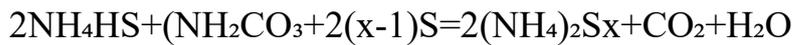
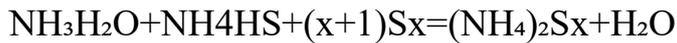
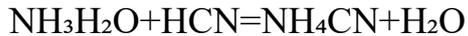
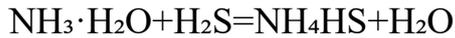
送至焦油离心机的焦油在离心力的作用下进一步脱水、脱渣，脱渣脱水后的焦油自流到焦油槽，通过焦油泵送往油库单元焦油贮槽。焦油渣进入焦油渣槽，再送焦油渣回配装置。

本系统排气采用放散气控制系统，将所有槽、罐的放散气分别经压力平衡系统集中接入负压煤气管道；设备、管道放空液排入地下放空槽，由泵送回焦油氨水分离系统。

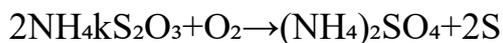
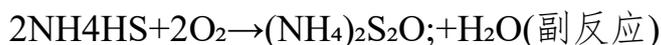
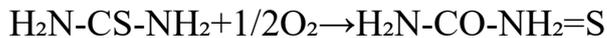
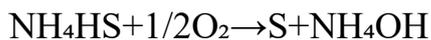
(2)HPF 脱硫工段

来自鼓风机增压后的煤气进入预冷塔，与塔顶喷淋的循环液逆向接触被冷却到 28~30℃，预冷塔塔釜的循环液用泵抽出送至循环液冷却器，用低温水将其冷却至约 28℃后进入塔顶循环喷洒。焦油氨水分离单元来的剩余氨水送入预冷塔塔釜，置换一部分循环喷洒液，多余的循环喷洒液从泵出口采出一股送去焦油氨水分离单元。预冷后的煤气进入脱硫塔，与塔顶喷淋下来的脱硫贫液逆向接触，吸收煤气中的硫化氢、氨、氰化氢等。脱硫后煤气中硫化氢含量不高于 20mg/m³，送入硫铵单元。脱硫反应原理如下：





吸收了 H₂S 和 HCN 的脱硫液从塔底流出，经液封槽进入反应槽，然后经脱硫泵送入再生塔。再生塔底部通入压缩空气，使溶液在塔内得以氧化再生。再生后的溶液从塔顶经液位调节器自流回脱硫塔循环使用。再生反应原理如下：



浮于再生塔顶部的硫磺泡沫，利用位差自流入泡沫槽，脱硫废液送至

脱硫废液处理系统；硫泡沫进入离心机、熔硫釜和切片机，制成硫磺产品外售。为补充脱硫液中的氨含量，蒸氨工段来的氨水引至反应槽。

再生尾气进入 H_2S 洗涤塔与来自再生塔顶的脱硫贫液逆流接触，脱除其中的 H_2S 。塔上部设有 NaOH 碱洗段，将油库单元送来的 45% NaOH 碱液经蒸氨废水稀释至约 5%后，加入碱洗段内喷洒，进一步脱除再生尾气中的 H_2S 。脱硫后的再生尾气进入酸洗塔，脱除尾气中的 NH_3 后再进入水洗塔，脱除其中的酸雾后排放。

(3)硫铵工段

由脱硫单元来的煤气经煤气预热器进入喷淋式硫铵饱和器。煤气在饱和器的上段分两股进入环形室，与母液加热器加热后的循环母液逆流接触，其中的氨被母液中的硫酸吸收，生成硫酸铵。脱氨后的煤气在饱和器的后室合并成一股，经小母液循环泵连续喷洒洗涤后，沿切线方向进入饱和器内旋风式除酸器，分离出煤气中所夹带的酸雾后，送至终冷洗苯单元。

饱和器下段上部的母液经大母液循环泵连续抽出送至饱和器上段环形喷洒室循环喷洒，喷洒后的循环母液经中心降液管流至饱和器的下段。在饱和器的下段，晶核通过饱和介质向上运动，使晶体长大，并引起晶粒分级。当饱和器下段硫铵母液中晶比达到 25%-40% (v%) 时，用结晶泵将其底部的浆液抽送至室内结晶槽。饱和器满流口溢出的母液自流至满流槽，再用小母液循环泵连续抽送至饱和器的后室循环喷洒，以进一步脱出煤气中的氨。

饱和器定期加酸加水冲洗时，多余母液经满流槽满流到母液贮槽。加酸加水冲洗完毕后，再用小母液循环泵逐渐抽出，回补到饱和器系统。

结晶槽中的硫铵结晶积累到一定程度时，将结晶槽底部的硫铵浆液经视镜控制排放到硫铵离心机，经离心分离后，硫铵结晶从硫铵母液中分离出来。从离心机分出的硫铵结晶先经溜槽排放到螺旋输送机，再由螺旋输送机输送到振动流化床干燥器，经干燥、冷却后进入硫铵贮斗。经半自动称量、包装后送入成品库。离心机滤出的母液与结晶槽满流出来的母液一同自流回饱和器的下段。

由振动流化床干燥器出来的干燥尾气在排入大气前设有两级除尘。首先经两组干式旋风除尘器除去尾气中夹带的大部分硫铵粉尘，再由尾气引风机抽送至尾气洗净塔，在此用硫铵母液对尾气进行连续循环喷洒，以进一步除去尾气中夹带的残留硫铵粉尘，最后尾气经捕雾器除去夹带的液滴后排入大气。

尾气洗净塔排出的循环母液经满流管流至室外母液槽；同时经流量仪表控制，向尾气洗净塔连续定量补入少量工业新水。补入的最大水量以不超过饱和器系统达到水平衡所需的最大水量为原则。硫铵单元所需的 92.5% 浓硫酸由油库单元送至硫铵单元硫酸高置槽，再经流量控制仪表及视镜加到饱和器系统的满流槽。

(4) 蒸氨单元

本蒸氨单元采用常压蒸氨工艺。由焦油氨水分离装置来的剩余氨水进入氨水换热器，与蒸氨塔底排出的蒸氨废水换热后的氨水温度约为 95-98℃。从蒸氨塔顶进入蒸氨塔进行蒸馏。塔底部分蒸氨废水经蒸汽再沸器间接加热，产生的蒸汽返回塔底作为蒸氨的热源。为了分解剩余氨水中的固定铵盐，用碱液计量泵将浓度约 32% (wt) NaOH 碱液送经静态管道

混合器与剩余氨水混合后，连续送蒸氨塔内，固定铵的反应式为：



蒸氨废水气化产生的蒸汽与入塔剩余氨水逆向接触换热，进行剩余氨水蒸馏，将蒸氨塔塔顶温度控制在 102~103℃，蒸氨塔顶蒸出的氨汽经塔顶分缩器分凝至 98℃，经冷凝冷却器冷却后送至脱硫单元，作为脱硫碱源的补充。

塔底出来的蒸氨废水温度为 105~108℃，由蒸氨废水泵抽出，经氨水换热器同原料氨水后，再经一、二段废水冷却器冷却至 20℃，送往酚氰废水处理站。

蒸氨塔底产生的沥青定期排至沥青坑，冷却后人工取出回配炼焦煤中。沥青坑排除的氨水流入地下槽，再由液下泵送至冷凝鼓风机系统焦油氨水分离单元。

(5) 终冷洗苯单元

来自硫铵工段的约 55℃ 煤气首先从顶部进入终冷塔进行冷却，煤气冷却至 25℃ 后进入洗苯塔。终冷器为间冷式，分上、下两段冷却。下段使用低温水冷却，上段使用循环水冷却，中间和顶部设有氨水和轻质焦油循环喷洒装置。终冷循环冷却液连续排污，排污水送焦油氨水分离单元。

终冷器底部出来的煤气从底部进入洗苯塔，用来自粗苯蒸馏的贫油吸收煤气中的粗苯，洗苯塔塔顶出来净煤气外送煤气用户，洗苯塔底吸收了煤气中粗苯的富油送至粗苯蒸馏进行脱苯。

(6) 粗苯蒸馏单元

本粗苯蒸馏单元采用负压粗苯蒸馏工艺。

来自洗苯单元的富油首先进入油气换热器，与脱苯再生塔顶来的油气换热升温到 $\sim 55^{\circ}\text{C}$ ；然后进入贫富油换热器被脱苯塔底排出的热贫油加热至 $140\sim 150^{\circ}\text{C}$ ，再进入富油加热器用过热蒸汽加热至 $190\sim 200^{\circ}\text{C}$ 后进入脱苯再生塔上段，脱苯塔顶压力控制在 $30\sim 50\text{KPa}$ （绝压）。脱苯塔顶逸出的 $\sim 90^{\circ}\text{C}$ 的油气混合物进入油气换热器与富油换热后，再经过冷凝冷却器用低温水冷却至 $25\sim 28^{\circ}\text{C}$ 后进入粗苯回流罐，部分粗苯用泵送至脱苯再生塔顶作为回流，其余作为产品自流至粗苯中间槽。回流罐内分离的少量水由分水段采出，自流入水放空槽，再用泵送至终冷洗苯单元喷洒液中间槽。

塔釜采出约占富油进料量 $1\sim 1.5\%$ 的贫油送入再生段再生。再生段操作压力在 $5\sim 10\text{Kpa}$ （绝压），由于再生段真空度提升，再生所需温度低于塔釜贫油，因此可以用塔釜贫油作为再生的热源，实现脱苯和再生的热耦合操作。再生段顶部油气冷凝后可以直接返回洗油罐，塔釜渣油可排至焦油氨水分离单元。

脱苯用的间接加热蒸汽是干熄焦锅炉减温减压供应的 3.82MPa ， 450°C 过热蒸汽，设置富油加热器和贫油加热器，采用过热蒸汽并联加热方式，为脱苯和洗油再生操作提供热源。

脱苯再生塔底部排出的热贫油共分三部分，第一部分热贫油经热贫油泵抽出送至贫富油换热器与富油换热，再经一段贫油冷却器用循环水冷却后（ $40\sim 45^{\circ}\text{C}$ ）进贫油槽，然后经冷贫油泵抽出送至二段贫油冷却器用低温水冷却后（ $26\sim 30^{\circ}\text{C}$ ），去洗苯塔循环使用。第二部分贫油从脱苯再生塔底由脱苯塔循环泵抽出送至贫油加热器，与过热蒸汽间接换热至 $\sim 240^{\circ}\text{C}$ 大部分送回脱苯塔底给富油脱苯提供热源，小部分又送再生段加热器给再生洗油

供热。第三部分是将脱苯塔循环泵出口引出 5m³/h 左右的再生洗油从再生段上部加入，对此部分贫油进行再生操作。

再生段气化的再生洗油通过再生冷凝冷却器冷凝后自流入再生洗油槽，然后通过再生洗油泵送洗油槽。再生洗油槽油气经不凝气冷却器进再生真空机组。再生段下部采取湿法排渣，通过渣油泵定期外送至焦油氨水分离单元。

粗苯不凝气通过脱苯不凝气冷却器冷凝后，冷凝液自流回粗苯分离罐，不凝气进脱苯真空机组。真空机组采用苯环式，用苯做循环液，不产生废水。脱苯塔采用负压操作，塔顶压力控制在-35~55kPa 左右，塔釜压力控制在-20~33kPa。粗苯槽中粗苯经粗苯产品泵送至油库粗苯贮槽。为降低贫油含萘，在脱苯塔精馏段侧线切取萘油馏分，萘油排至萘油槽。萘油槽中的萘油用泵送至油库焦油槽中。

从油库送来的洗油进入粗苯蒸馏单元的新洗油槽，定期从新洗油槽经贫油泵补入循环油系统，以补充生产中消耗的洗油。

(7) 脱硫废液提盐单元

来自脱硫单元的脱硫废液送入催化氧化装置，在适当温度、催化剂作用下，硫代硫酸铵分解成硫酸铵和单质硫，经过催化氧化的脱硫液在分离装置内分离出单质硫，液体送入脱色浓缩釜。

经分离后的脱硫液在脱色浓缩釜内按比例加入活性炭，混有活性炭的脱硫液通过间接蒸汽加热脱色。经过脱色的液体和活性炭通过离心机进行分离，液体泵入储罐，活性炭在累积到一定量后，送至回配装置配煤炼焦。

通过真空泵将脱色液从脱色液储罐抽入高效蒸发器。采用蒸汽进行加

热，为使液体受热均匀，通过强制循环泵强制循环，并通过蒸汽流量控制真空蒸发室内液体的温度，将大量水份蒸发出去。真空蒸发出的水汽经冷却器冷凝后进入清液储罐，定期送往脱硫系统。待浓缩液内盐含量达到规定浓度后，浓缩液体抽入调整结晶釜。

浓缩液在调整釜内通过冷却水间接冷却降温到一定温度，打开放料阀进入过滤装置，分离出硫酸铵，液体自流入中间槽，并通过真空（或泵）抽入精调整釜，进一步降温结晶，将硫氰酸铵溶液中的微量硫酸铵及杂质深度分离，母液泵入结晶釜。

硫氰液体在结晶釜内依靠循环水和冷冻水降温结晶，结晶釜内物料达到适宜温度后放入离心机离心分离出硫氰酸铵产品。母液打入母液槽，在浓缩系统进一步浓缩或混入脱硫液原料大槽与脱硫废液混合后再次脱色浓缩。分离出来的硫氰酸铵湿料产品经烘干后装袋外售。

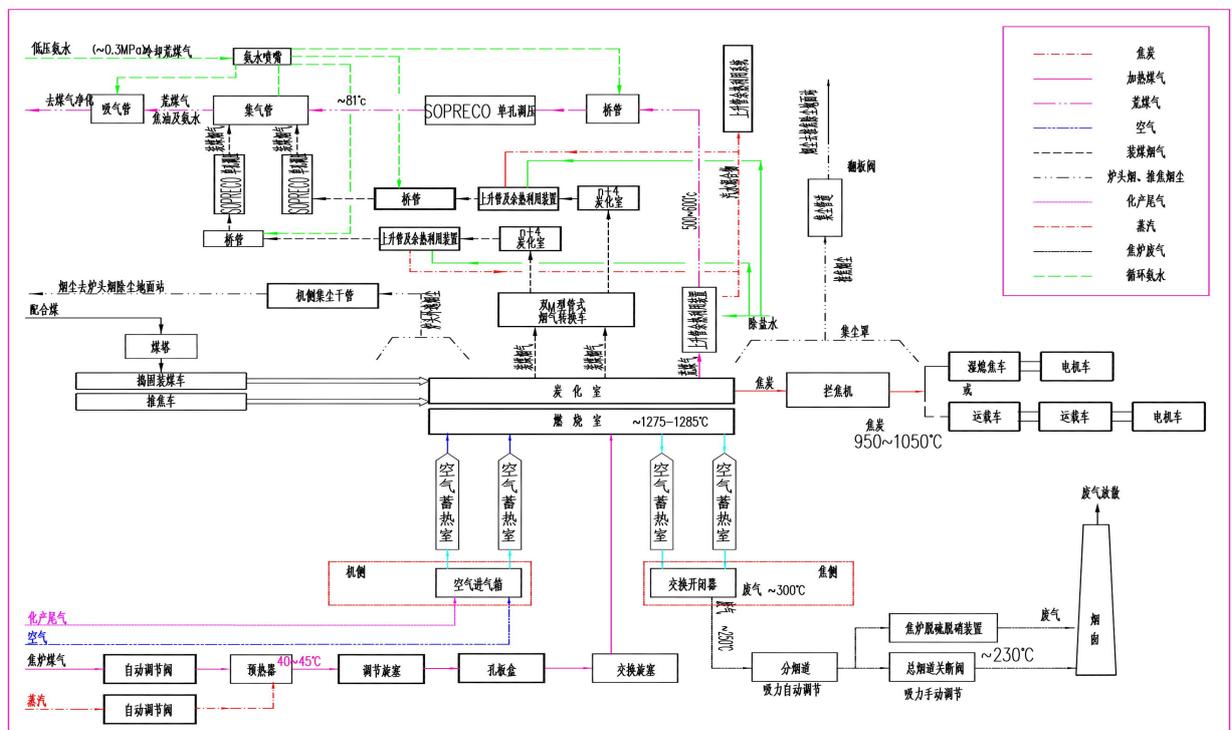


图 4-1 小容量注射剂生产工艺流程图

5、数据的收集和主要排放因子说明

为了计算产品的碳足迹，必须考虑活动水平数据、排放因子数据和全球增温潜势（GWP）。活动水平数据是指产品在生命周期中的所有的量化数据（包括物质的输入、输出；能量使用；交通等方面）。排放因子数据是指单位活动水平数据排放的温室气体数量。利用排放因子数据，可以将活动水平数据转化为温室气体排放量。如：电力的排放因子可表示为： $\text{CO}_2\text{e}/\text{kWh}$ ，全球增温潜势是将单位质量的某种温室效应气体（GHG）在给定的时间段内辐射强度的影响与等量二氧化碳辐射强度影响相关联的系数，如 CH_4 （甲烷）的 GWP 值是 21。活动水平数据来自现场实测；排放因子采用 IPCC 规定的缺失值。活动水平数据主要包括：焦炉煤气消耗量、精煤消耗量、焦炭产量、粗苯产量、焦油产量、乙醇产量、外购电力消耗量等。排放因子数据主要包括焦炉煤气、精煤、焦炭、苯、焦油等排放因子、外购电力排放因子。

6、碳足迹计算

6.1 碳足迹识别

序号	主体	活动内容	备注
1	主要生产过程	原料、能源	/

2	辅助生产过程	电力、焦炉煤气、精煤、焦炭、粗苯、焦油、乙醇等	/
3	原料运输	运输排放	/

6.2 计算表格

6.2.1 焦炭（每吨）生产过程数据清单

序号	清单	用途	消耗	单位	排放因子来源
1	精煤	原料	1.3112	t	核算指南
2	焦炉煤气	能源	0.0214	万 m3	核算指南
3	焦炭	产出	1	t	核算指南
4	粗苯	产出	0.0124	t	核算指南
5	焦油	产出	0.0409	t	核算指南
6	乙醇	产出	0.0828	t	核算指南
7	电力	能源	22.4397	kWh	《中国区域电网平均二氧化碳排放因子》华中区域电网平均 CO2 排放因子
8	焦炉煤气	产出	0.0462	万 m3	核算指南

部分可公开获取排放因子

能源种类	组分	排放因子	GWP
汽油 (t)	CO ₂	74100kg/TJ	1
	CH ₄	3.9kg/TJ	25
	N ₂ O	3.9kg/TJ	298
焦炉煤气	CO ₂	0.0136t/TJ	1

(t)	CH ₄	1kg/TJ	25
	N ₂ O	1kg/TJ	298
污水处理	CH ₄	0.175kgCH ₄ /kgCOD	25
二氧化碳泄漏	CO ₂	40%	1
电力 (MWh)	CO ₂	0.5703tCO ₂ /MWh	1
热力(蒸汽)(GJ)	CO ₂	0.11tCO ₂ /GJ	1

6.2.2 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

6.2.3 汽油排放的 CO₂、CH₄、N₂O 的排放因子

名称	化学式	排放因子
二氧化碳	CO ₂	74100kg/TJ
甲烷	CH ₄	3.9kg/TJ
氧化亚氮	N ₂ O	3.9kg/TJ

6.2.4 焦炉煤气排放的 CO₂ 的排放因子

名称	化学式	排放因子
二氧化碳	CO ₂	13.6kg/TJ

6.2.5 电力、热力排放的 CO₂、CH₄、N₂O 的排放因子

名称	排放因子
电力	0.5703tCO ₂ /MWh
热力	0.11tCO ₂ /GJ

6.2.6 主要原材料产地

名称	产地	距离 (km)
精煤	鹤壁、安阳、山西、河北等	小于 200
辅材	安阳	小于 50

7、数据计算

7.1 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的乘积：

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

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(如耗煤量，t)；

EF_i 为第 i 种活动的排放因子，即单位燃料下二氧化碳排放量，不同的燃料排放因子的单位有所不同。

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(如耗煤量，t)；

EF_{ij} 为第 i 种活动的第 j 种温室气体的排放因子，即单位燃料下二氧化碳排放量，不同的燃料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：

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

7.2 计算结果

每吨焦炭排放量表

过程	碳足迹数值 tCO ₂	占比 %
原材料获取	0.0824	25.21
产品生产	0.2319	70.94
产品到达终端用户	0.0126	3.85

合计	0.3269	100
----	--------	-----

根据公式（4）可以计算出每吨产品的碳足迹 $e=0.3269tCO_2e$ ，从焦炭生命周期累计碳足迹贡献比例的情况，可以看出焦炭的碳排放环节主要集中在能源上，原材料活动占一部分。

所以为了减小焦炭碳足迹，应重点考虑减少焦炭原材料的碳足迹，主要为采用运输距离较近的原材料，在企业可行的条件下，降低物料消耗，也是一个重要途径。

为减小产品碳足迹，建议如下：

- 1)、采用运输距离较短的原材料来源；
- 2)、降低原料消耗，提高物料利用率，同时，在工艺允许的情况下，才有温室气体影响较小的原料代替也是以这个选择；
- 3)、加强节能工作，从技术及管理层面提升能源效率，减少能源投入，厂内可考虑实施节能改造，重点提高能源的利用率，从而减少能源的使用量；
- 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。

8、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。

9、结语

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。