

工业技术

化产回收型独立焦化企业二氧化碳排放的研究与分析

吉伟^{1,2}, 周印羲^{1,2}, 袁进^{1,2*}, 彭雅^{1,2}, 石万^{1,2}

(1. 太原理工大学环境科学与工程学院, 山西 晋中 030600;

2. 太原理工大学环保产业创新研究院, 山西 晋中 030600)

摘要:为探明化产回收型独立焦化企业在当前生产技术水平下吨焦 CO₂ 排放量及其在不同生产负荷下的 CO₂ 排放情况, 对山西省 3 家企业 2020 年实际生产状况和生产数据进行了调查, 在分析企业 CO₂ 排放源的基础上, 参考《中国独立焦化企业温室气体排放核算方法与报告指南(试行)》中的核算边界与方法进行计算并分析。结果表明, 在当前生产技术水平下, 独立焦化企业的吨焦 CO₂ 排放量为 240~320 kg/t; 焦炉大型化在不同程度上可以减少 CO₂ 排放, 但限产、停炉保温等操作将会导致独立焦化企业吨焦 CO₂ 排放量大幅上升。

关键词:独立焦化; CO₂ 排放; 吨焦 CO₂ 排放量

中图分类号: TQ520

文献标志码: A

文章编号: 0253-4320(2023)S2-0256-07

DOI: 10.16606/j.cnki.issn0253-4320.2023.S2.051

Research and analysis of carbon dioxide emissions in chemical recycling independent coking enterprises

JI Wei^{1,2}, ZHOU Yin-xi^{1,2}, YUAN Jin^{1,2*}, PENG Ya^{1,2}, SHI Wan^{1,2}

(1. College of Environmental Science and Engineering, Taiyuan University of Technology, Jinzhong 030600, China;

2. Innovation Institute of Environmental Industry, Taiyuan University of Technology, Jinzhong 030600, China)

Abstract: In order to find out the CO₂ emissions per ton of coke in independent coking enterprises with different carbonization chamber heights under the current production technology level and their CO₂ emissions under different production loads, the actual production situation and production data of three typical independent coking enterprises with chemical production recovery in 2020 are investigated. On the basis of analyzing the CO₂ emission sources of these three enterprises, the calculation and analysis are carried out with reference to the accounting boundary and methods in the 'China Independent Coking Enterprises GHG Emission Accounting Methodology and Reporting Guide (for trial implementation)'. The results show that under the current production technology level, the CO₂ emissions in independent coking enterprises are about 240-320 kgCO₂ per ton of dry whole coke. The large size of coke ovens can reduce CO₂ emissions to different degrees. However, the practices such as production limitation and furnace shutdown will lead to a significant increase in CO₂ emissions per ton of coke.

Key words: independent coking enterprise; CO₂ emissions; CO₂ emission per ton of coke

2020 年, 中国基于推动实现可持续发展的内在要求和构建人类命运共同体的责任担当, 宣布了“碳达峰、碳中和”的目标愿景。焦化行业作为传统的资源消耗型产业, 是山西省碳排放的重要来源之一。统计数据显示, 2020 年山西省焦炭产量为 10 493.7 万 t^[1], 其中独立焦化产能占比 80% 以上, 因此, 在“双碳”目标背景下, 核算焦化行业尤其是产能占比较大的独立焦化企业 CO₂ 排放具有重要意义。

目前国外有关焦化生产 CO₂ 排放量的计算方法主要有《IPCC 国家温室气体清单指南》^[2]、EU-EST 核算方法、WSA 核算方法^[3-5], 根据计算原理的

不同可归纳为排放因子法和物料衡算法。排放因子法是将焦炭产量与排放因子相乘得出焦炭生产的 CO₂ 排放量, 排放因子常是缺省值, 此方法的计算结果准确性完全取决于排放因子的选取, 计算时存在盲目性^[6]。物料衡算法是指在统计期内, 将生产投入物质的含碳总量与产出物质的含碳总量的差额折算为 CO₂, 即为焦炭生产的 CO₂ 排放量。2014 年, 我国发布了《中国独立焦化企业温室气体排放核算方法与报告指南(试行)》^[7](以下简称《指南》), 综合运用了以上 2 种计算原理, 为国内独立焦化企业 CO₂ 排放核算提供了统一的参考方法。

蒋云峰等^[8]采用物料衡算法计算了独立焦化

收稿日期: 2023-04-06; 修回日期: 2023-07-22

作者简介: 吉伟(1997-), 男, 硕士生; 袁进(1967-), 男, 博士, 研究员, 博士生导师, 研究方向为能源和低碳发展政策研究与评估, 通讯联系人, yuanjin@tyut.edu.cn。

企业的碳排放强度为 244 kg/t。段理杰等^[9]采用《指南》中的方法对 6 家独立焦化企业进行核算,得到 2015 年企业平均吨焦 CO₂ 排放量为 379 kg/t。近年来,随着焦炭生产水平的提高,焦化生产能耗有所降低,理论上碳排放强度应有所下降,故本研究基于对山西省 3 家化产回收型独立焦化企业实地调研,应用《指南》对企业 2020 年的 CO₂ 排放进行核算,并就不同炭化室高度及不同生产负荷下的碳排放情况进行讨论,以为不同层级主体落实减排任务、评价完成效果提供依据,为相关政策标准制定提供参考,推动焦化行业纳入全国碳交易市场。

1 二氧化碳排放源分析

焦化厂的 CO₂ 排放主要来自于焦炉煤气的燃烧过程^[10],焦炉煤气中含有的 CH₄、CO 等含碳物质在燃烧过程中被氧化形成 CO₂ 排放。同时,焦炉煤气中也会包含一定比例的 CO₂,故焦炉煤气的逸散也会造成 CO₂ 排放,但含量相对较低(仅在 1%~3%)^[11]。此外,焦化厂内的运输车辆等燃油设备燃用汽油和柴油,也会产生 CO₂ 排放。焦炭生产过程中,焦炉炉门、装煤孔、上升管等密封不严、装煤推焦开启炉门等都会造成荒煤气逸散,荒煤气中包含

CH₄、CO、CO₂、C_nH_m 等含碳气体^[12],这些气体逃逸到环境中也会导致 CO₂ 排放。熄焦过程中,灼热的焦炭与空气直接接触也可能生成 CO、CO₂ 等。此外,荒煤气点火、放散也会造成 CO₂ 排放。化产回收工段中,通过各种净化设备去除荒煤气中的有害物质和杂质,这个过程会产生一些含碳气体^[12]。除上述直接的 CO₂ 排放外,焦化生产还需要消耗大量的蒸汽和电力,若这些二次能源来自边界外,那么消耗对应的二次能源间接造成的 CO₂ 排放也应被计入在内。《指南》中将炼焦生产过程中的 CO₂ 排放源归纳为以下 4 类:燃料燃烧排放、工业生产过程排放、CO₂ 回收利用量和净购入电力、热力隐含的排放。

2 核算边界与方法

2.1 核算边界

参考《指南》,将独立法人企业或视同法人的独立核算单位视为边界,核算在运营上受其控制的所有生产设施产生的 CO₂ 排放。将输入边界以内的含碳物质和电力、热力作为碳输入项,将焦炭、煤焦油和粗苯等副产品以及外供的焦炉煤气和电力、热力作为碳输出项,核算边界如图 1 所示。

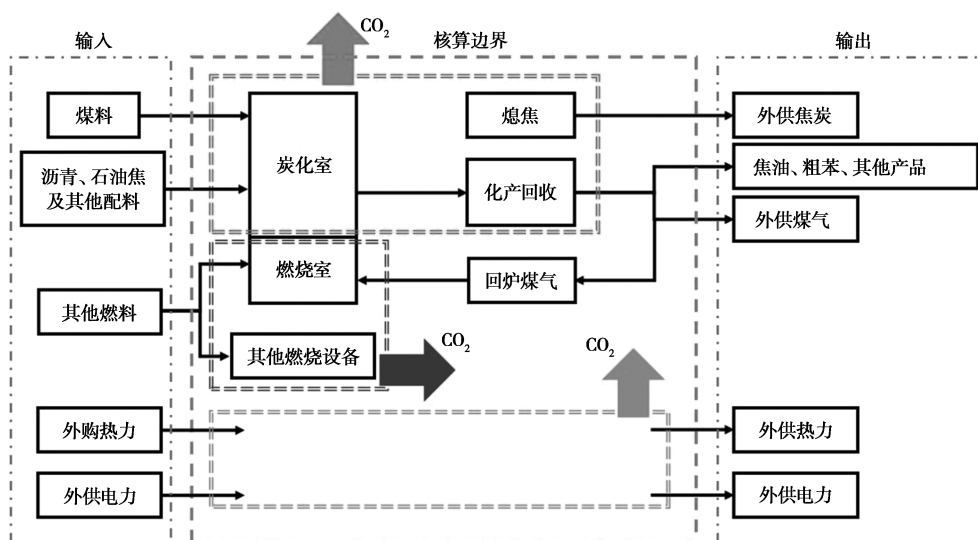


图 1 化产回收型独立焦化企业 CO₂ 排放核算边界图

2.2 核算方法

《指南》中独立焦化企业 CO₂ 排放总量计算如式(1):

$$E_{\text{CO}_2} = E_{\text{CO}_2\text{燃烧}} + E_{\text{CO}_2\text{过程}} + E_{\text{CO}_2\text{净电}} + E_{\text{CO}_2\text{净热}} - E_{\text{CO}_2\text{回收}} \quad (1)$$

式中: E_{CO_2} 为核算主体 CO₂ 排放总量; $E_{\text{CO}_2\text{燃烧}}$ 为核算

边界内燃料燃烧产生的 CO₂ 排放量; $E_{\text{CO}_2\text{过程}}$ 为核算边界内各种工业生产过程中的 CO₂ 排放量; $E_{\text{CO}_2\text{净电}}$ 、 $E_{\text{CO}_2\text{净热}}$ 为核算主体净购入电力或热力隐含的 CO₂ 排放量; $E_{\text{CO}_2\text{回收}}$ 为核算主体回收利用的 CO₂ 量。其中,工业过程排放根据物料衡算法的原理,假设工业过程逸散到大气中的 CO、CH₄ 等含碳

气体历经多年的时间最终被氧化为 CO₂ 进行计算。由于实际过程中非 CO₂ 含碳气体排放量少^[13-14], 不会对总体的 CO₂ 排放水平造成影响。

3 企业概况

本核算以山西省 3 家典型的化产回收型独立焦化企业为案例, 以调研所得实际生产数据为依据。3 家案例企业化产回收工艺相似, 均采用湿熄焦生产, 均没有自备电厂, 生产所需所有电力全部外购。企业 A 建有 2 座 4.3 m 焦炉并公用 1 套化产回收装置, 具体情况介绍如表 1 所示。

4 活动水平及排放因子数据及来源说明

活动水平是指焦化企业在统计期内导致了 CO₂

表 1 焦化企业 A、B、C 基本情况

焦炉炉型	炭化室高度/m	炭化室数量	焦炉产能/(万 t·a ⁻¹)	是否有余热回收装置	是否外购蒸汽	是否外购电力
企业 A 捣固焦炉	4.30	2 * 60+ 2 * 72	180	是	是	是
企业 B 捣固焦炉	5.50	2 * 60	120	是	是	是
企业 C 捣固焦炉	6.25	2 * 65	144	是	否	是

排放或清除的人为活动量, 包括各种原料的消耗量以及产品的产量。由于企业 C 回收的蒸汽可以满足正常生产, 故企业 C 净购入热力为 0, 3 家案例企业均没有对 CO₂ 进行回收利用, 具体数值及来源如表 2。

表 2 企业 A、B、C 活动水平数据及来源说明

排放源分类	物料名称	活动水平数据			来源说明
		企业 A 净消耗量	企业 B 净消耗量	企业 C 净消耗量	
燃料燃烧 CO ₂ 排放	焦炉/万 m ³	32711.50	19892.98	21978.30	企业生产统计台账(据煤气温度、压力换算所得)
	柴油/t	427.08	566.74	955.46	企业生产统计台账
净购入电力热力 CO ₂ 排放	电力/MWh	79373.00	61345.07	74499.997	企业生产统计台账及企业购电结算单
	热力/GJ	273624.65	101081.81	0	企业购热结算单(据压力、温度换算所得)
工业生产过程 CO ₂ 排放					
投入	洗精煤(干)/t	1577366.86	1093317.97	1384536.75	企业生产统计台账(据洗精煤含水率计算所得)
	碳酸氢钠/t	1305	1101.6	1079.00	企业生产统计台账
	洗油	1003.00	181.10	378.35	
产出	全焦(干)/t	1217658.70	905305.03	1052247.93	企业生产统计台账(据焦炭含水率计算所得)
	焦油/t	43147.71	30368.61	38259.15	企业生产统计台账
	粗苯/t	12692.16	9962.96	11811.7	
	焦炉煤气/万 m ³	53025.96	39967.63	46638.04	企业生产统计台账(据煤气温度、压力换算所得)
CO ₂ 回收利用量	CO ₂ /t	0	0	0	

注: 由于企业 B 在计算工业过程 CO₂ 排放量时, 有 3 个月物料衡算不平衡, 故本核算分别选取了企业 A、B、C 对应 9 个月的生产数据进行计算, 不平衡具体原因分析详见结果与讨论部分。

排放因子是量化单位活动水平 CO₂ 排放量或者清除量的系数, 通常基于抽样测量或者统计分析得到, 表示在给定操作条件下某一活动水平的代表

性排放率或清除率^[7]。排放因子包括物料含碳量、燃料的碳氧化率和电力、热力的 CO₂ 排放因子, 具体来源如表 3。

表 3 企业 A、B、C 排放因子数据及来源说明

物料	项目	排放因子			数据来源说明
		企业 A	企业 B	企业 C	
柴油	低位发热量/(GJ·t ⁻¹)	43.330	43.330	43.330	《指南》缺省值
	单位热值含碳量/(t·GJ ⁻¹)	0.0202	0.0202	0.0202	
	碳氧化率/%	98	98	98	

续表

物料	项目	排放因子			数据来源说明
		企业 A	企业 B	企业 C	
电力	CO ₂ 排放因子/(t·kWh ⁻¹)	0.5810	0.5810	0.5810	生态环境部关于做好 2022 年企业温室气体排放报告管理相关重点工作的通知 ^[15]
蒸汽	CO ₂ 排放因子/(t·GJ ⁻¹)	0.11	0.11	0.11	供汽企业实际核算值
洗精煤	低位发热量/(GJ·t ⁻¹)	29.800	29.715	29.732	用《指南》缺省值按实际检测的灰分折算
	单位热值含碳量/(t·GJ ⁻¹)	0.0254	0.0254	0.0254	《指南》缺省值
	灰分/%	9.99	10.09	10.05	实际检测值
全焦	低位发热量/(GJ·t ⁻¹)	28.660	28.679	28.679	用《指南》缺省值按实际检测的灰分折算
	单位热值含碳量/(t·GJ ⁻¹)	0.0294	0.0294	0.0294	《指南》缺省值
	灰分/%	12.93	12.87	12.90	实际检测值
焦油	低位发热量/(GJ·t ⁻¹)	33.496	33.496	33.496	《指南》缺省值
	单位热值含碳量/(t·GJ ⁻¹)	0.022	0.022	0.022	
粗苯	低位发热量/(GJ·t ⁻¹)	41.869	41.869	41.869	《指南》缺省值
	单位热值含碳量/(t·GJ ⁻¹)	0.0227	0.0227	0.0227	
洗油	含碳量/(t·t ⁻¹)	0.85	0.85	0.85	根据洗油各成分化学式及其含量计算所得
焦炉煤气	低位发热量/(GJ·m ⁻³)	165.91	169.78	170.73	实际检测值并按照每日产量加权平均
	单位热值含碳量/(t·GJ ⁻¹)	0.0136	0.0136	0.0136	《指南》缺省值
	碳氧化率/%	99	99	99	
碳酸氢钠	纯度/%	98	98	98	来源于产品质量报告
	转化率/%	100	100	100	假定值

表 3 中化石燃料含碳量计算方法如式(2):

$$CC_i = NCV_i \times EF_i \quad (2)$$

式中: CC_i 为化石燃料品种 i 的含碳量,对固体和液体燃料以吨碳/吨燃料为单位; NCV_i 为化石燃料品种 i 的低位发热量,对固体和液体燃料以 GJ/t 为单位,对气体燃料以 GJ/万 m³ 为单位; EF_i 为化石燃料品种 i 的单位热值含碳量,单位为 t/GJ。

由于企业均未对化石燃料的热值进行检测,故参考《GB 21342 焦炭单位产品能源消耗限额》^[16] 进行计算:干洗精煤灰分以 10% 为基准,干全焦以灰分 13.5% 为基准,洗精煤或干全焦的灰分每增(减)1%,热值相应减少(增加)0.334 GJ/t。本计算以每天洗精煤、焦炭的灰分检测数据与其产量进行加权平均到各月洗精煤的平均灰分,再按照灰分折算热值。折算基准选取《指南》缺省值,干洗精煤灰分为

10% 时,低位发热量为 29.727 GJ/t;干全煤灰分为 13.5% 时,低位发热量为 28.469 GJ/t。焦炉煤气热值经每日产量和检测结果加权平均得到,按式(2)计算得到焦炉煤气含碳量。

5 结果与讨论

(1) 利用 3 家独立焦化企业对应 9 个月的生产数据对 CO₂ 排放情况进行核算,得出核算结果如表 4,其中企业 C 在第 7、8、9 月份由于焦炉限产打破了正常生产秩序,导致吨焦碳排放量增大,本核算将其列为不正常月份,并在后文具体讨论。但整体上 3 家企业的吨焦 CO₂ 排放量排序为:企业 A > 企业 B > 企业 C,并且燃料燃烧的吨焦排放量较大,将 3 家企业统计期内各部分 CO₂ 排放量占比总结如表 5。

表 4 统计期内企业 A、B、C 吨焦 CO₂ 排放量

kg CO₂/t 干全焦

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
企业 A									
燃料燃烧吨焦 CO ₂ 排放量	204.98	211.56	211.35	206.85	210.55	209.97	209.97	212.00	204.76
工业过程吨焦 CO ₂ 排放量	56.61	55.27	57.39	56.40	65.23	54.55	67.93	58.18	63.08
净购入电力热力吨焦 CO ₂ 排放量	68.55	59.25	60.70	56.42	54.83	62.48	53.82	50.74	65.01
吨焦 CO ₂ 排放总量	330.14	326.08	329.45	319.67	330.61	327.00	331.72	320.92	332.85

续表

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
企业 B									
燃料燃烧吨焦 CO ₂ 排放量	188.55	182.77	180.98	178.74	181.93	182.95	188.71	192.67	188.00
工业过程吨焦 CO ₂ 排放量	27.14	48.37	51.27	50.19	39.05	37.00	48.80	40.78	45.11
净购入电力热力吨焦 CO ₂ 排放量	74.51	40.51	39.83	42.33	83.42	72.00	39.72	40.74	40.41
吨焦 CO ₂ 排放总量	290.20	271.66	272.07	271.26	304.41	291.96	277.23	274.19	273.52
企业 C									
燃料燃烧吨焦 CO ₂ 排放量	164.47	166.83	167.81	164.71	168.97	164.77	196.08	212.99	227.71
工业过程吨焦 CO ₂ 排放量	49.96	48.02	37.99	37.23	46.77	46.71	41.29	35.88	36.29
净购入电力热力吨焦 CO ₂ 排放	37.38	36.44	36.03	40.76	39.05	39.57	46.59	47.34	55.53
吨焦 CO ₂ 排放总量	251.81	251.29	241.82	242.70	254.79	251.05	283.96	296.22	319.53

表 5 企业 A、B、C 各部分吨焦 CO₂ 排放量占比 %

	燃料燃烧	工业过程	净购入电力热力
企业 A	63.83	18.40	17.77
企业 B	65.91	18.74	15.35
企业 C	66.80	15.34	17.86

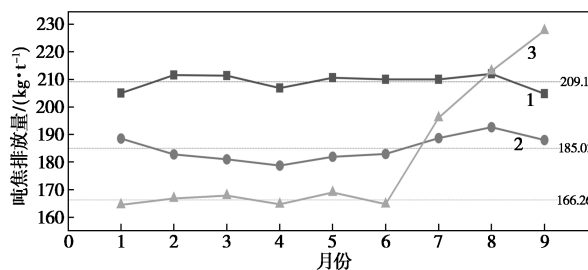
由表 5 可知,统计期内 3 家企业的 CO₂ 排放中燃料燃烧部分占比均在 60% 以上,由此可见,在独立焦化企业生产过程中,燃料燃烧造成的 CO₂ 排放占主要部分。统计期内 3 家企业的吨焦 CO₂ 排放量范围和均值如表 6 所示。

表 6 统计期内企业 A、B、C 的 CO₂ 排放因子范围和均值 kg CO₂/t 干全焦

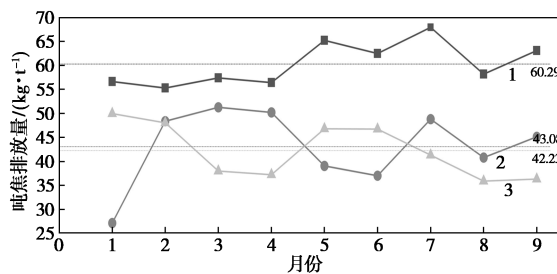
	企业 A (4.3 m 焦炉)	企业 B (5.5 m 焦炉)	企业 C (6.25 m 焦炉)
吨焦 CO ₂ 排放量范围	319.67~332.85	271.07~303.73	241.82~319.53
统计期内吨焦 CO ₂ 排放均值	327.60	280.72	248.91

注:企业 C 的吨焦 CO₂ 排放均值由前 6 个月数据平均所得,不包括不正常月份。

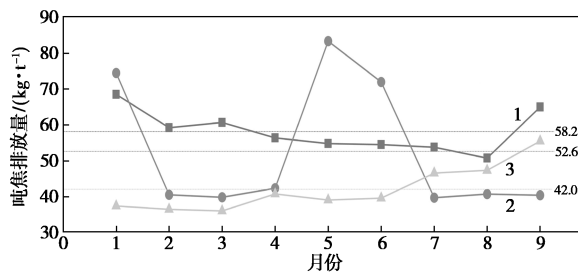
结合表 4 和表 6,不难发现随着焦炉炭化室高度增加,CO₂ 排放因子逐渐减小。焦化企业的 CO₂ 排放量由燃料燃烧、工业过程和净购入电力、热力排放量 3 部分构成,3 家企业在上述 3 部分排放量间的对比见图 2,图 2 中参考线所示值为对应部分统计期内吨焦 CO₂ 排放量均值,其中企业 C 的燃料燃烧吨焦 CO₂ 量计算不包括不正常月份。



(a) 燃料燃烧吨焦排放量



(b) 工业过程吨焦排放量



(c) 净购入电力热力吨焦排放量
1—企业 A;2—企业 B;3—企业 C

图 2 企业 A、B、C 各部分吨焦 CO₂ 排放量间的差别

由图 2 知,正常月份燃料燃烧、工业过程和净购入电力、热力部分的吨焦 CO₂ 排放量排序均为:企业 A>企业 B>企业 C,与表 4 所示整体的吨焦排放

量排序一致。将3家焦化企业的部分关键生产指标总结如表7。

表7 企业A、B、C的部分关键生产指标

	企业A	企业B	企业C
吨焦耗加热煤气热量/(GJ·t ⁻¹)	4.21	3.72	3.30
煤焦比(无量纲)	1.295	1.313	1.316
吨煤产气量/(m ³ ·t ⁻¹)	336	337	337
吨煤产焦油量/(kg·t ⁻¹)	27.26	25.55	36.41
吨煤产粗苯量/(kg·t ⁻¹)	8.04	8.38	11.23
吨焦耗电量/(kWh·t ⁻¹)	62.45	68.11	65.43

注:以上数据均基于每吨干全焦/干入炉煤计算,企业C各指标计算不包括不正常月份。

表7中3家企业吨焦耗加热煤气热量指标相差较大,故导致图2(a)中所示3家企业燃料燃烧吨焦CO₂排放量相差悬殊。理论上,焦炉炭化室高度增加,炭化室体积增大,单炉产量增大,同等生产能力的焦炉炭化室数量减少,吨焦耗热量减小,表7和图2(a)所示计算结果与理论相符^[8-9]。

图2(b)中企业B、C与企业A之间工业过程吨焦排放量相差较大,一方面是由于企业A焦炉炭化室高度低,同等生产能力的炭化室数量多,装煤出焦次数增加,焦化生产颗粒物、烟气等污染物排放量增加,碳排放增加;另一方面,也可能和企业A2座焦炉同时生产有关,生产单位焦炭的装煤、出焦等导致煤气逸散的操作次数比单炉生产频繁,所以导致工业过程吨焦CO₂排放量大。

由表7可知,企业A的吨焦耗电量较小,这是因为企业A的2座焦炉共用1套化产回收装置,处理同等煤气可以节约部分电量。但在图2(c)中,企业A的净购入电力热力吨焦CO₂排放量仍然较大,这主要是企业A的外购蒸汽量大于企业B、C,间接排放量大。另外企业B的部分月份中净购入电力热力排放占比较高,主要原因是当月生产中上升管余热回收、烟道气余热回收装置回收热量不足,需从厂外购入,从而造成间接的排放。

综上所述,焦炉大型化也即炭化室高度增加,在不同程度上减少了燃料燃烧、工业过程和净购入电力热力造成的CO₂排放,使得焦化生产吨焦CO₂排放量减少。

(2)企业C在第7、8、9月份由于焦炉限产,打破了正常生产秩序,导致结焦时间延长,生产负荷随之降低。经统计,企业C第1—6月份,平均生产负荷为126%,第7、8、9月份生产负荷分别为:110%、

105%、83%,焦炉在不同负荷情况下吨焦CO₂排放量对比见表8。

表8 不同生产负荷下吨焦CO₂排放量的变化

负荷	kg CO ₂ /t 干全焦			
	净购入电力热力	工业过程	燃料燃烧	吨焦排放总量
126%	38.21	43.26	166.26	247.73
110%	46.59	40.29	196.08	282.96
105%	47.34	34.96	212.99	295.29
83%	55.53	35.36	227.71	318.60

从表8中可以看出,随着焦炉生产负荷降低,企业C的吨焦CO₂排放量不断增大,其中工业过程有所下降,燃料燃烧排放和净购入电力热力增加。

焦炉限产也即结焦时间延长后,单位时间内计划出炉数减少,开闭炉门次数也减少,致使生产过程中煤气逸散和含碳污染物排放减少,同时红焦烧失造成的CO₂排放也减少,故工业过程CO₂排放量有所下降。

但延长结焦时间后,为保证焦头焦炭均匀成熟,需要保持炉头温度,因为一旦炉头温度降低太多,会导致炉头墙体温度降到硅砖晶格转化温度以下,造成墙体开裂,故延长结焦时间会使煤气的消耗量进一步增加,进而导致CO₂排放量大幅增加^[17-18]。并且为保证焦炉废气脱硫脱硝系统正常运行,必须保证废气温度,也需要调整加热空气过剩系数,保证足够的废气量来确保脱硫脱硝系统运行温度^[19],这导致了焦炉热量损失和回炉煤气用量增加,故燃料燃烧过程CO₂排放增加。

另外,根据对企业C的调研,结焦时间延长后,荒煤气的发生量逐渐下降,此时集气管和吸气管压力可逐步降低,部分用电设备负荷小幅下降,但生产单位焦炭运行时间大幅延长,最终仍然导致用电量增加,导致CO₂排放因子增大。

(3)前文提到企业B在统计期内有3个月在计算工业过程中碳排放时出现了不平衡,结合核算工业过程CO₂排放的物料衡算原理(碳平衡差额即为工业过程的碳排放量)和数据,发现不平衡的原因主要是煤或焦炭质量统计不准确,导致煤焦比增大,焦炭产量增大,碳平衡出现负值。这也从另一角度说明了准确统计入炉煤和焦炭质量的重要性,其中水分是将物料准确折算为干基的重要指标,灰分是准确折算物料含碳量的重要指标。与数以百万吨计的物料质量基数相乘,水分和灰分微小的变化将导致计算结果差异巨大,以年产120万t焦化厂为例,

焦炭水分每增加 0.5%,焦炭产量减少 6 000 t,增加约 1.8 万 t CO₂ 排放,吨焦 CO₂ 排放量增加约 15 kg。故建议在计算焦化企业碳排放量时,排放因子尽量使用实测值。

6 结论

(1) 典型化产回收型独立焦化企业的吨干全焦 CO₂ 排放量为 240~320 kg/t,3 家样本企业平均值约为 286 kg/t,由于调研企业数量相对较少,获取的数据有限,尚需进行大量的调研和分析计算对结果进行验证。但我国独立焦化企业的 CO₂ 排放因子远低于 IPCC 指南。

(2) 焦化企业 CO₂ 排放构成中,燃料燃烧过程排放占比最大,同时工业过程排放和净购入电力热力的排放也不容小觑。因此降低焦炭生产过程的 CO₂ 排放应从提高焦炉对一次能源的利用水平、提高二次能源回收效率、减少能源损耗和 CO₂ 逸散方面着手。

(3) 焦炉大型化即炭化室高度增加有利于降低焦化生产过程中的 CO₂ 排放,随着我国焦炉大型化的发展方向以及焦炭生产技术水平的提高,未来焦化行业 CO₂ 排放仍有很大的下降空间。

(4) 焦炉生产负荷降低后工业过程排放量有所减少,但是焦炉能耗增加,最终导致吨焦 CO₂ 排放量增加。因此在碳减排的角度上,政企双方需共同努力减少焦炉限产、负荷降低情况的发生。

(5) 当前部分焦化企业数据难以满足《指南》中核算方法的数据需求。为保证核算结果准确,排放因子应尽量使用实测值进行计算,同时建议企业应按照《用能单位能源计量器具配备和管理通则》^[20] 加强三级计量。

参考文献

- [1] 中华人民共和国统计局.中国统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2022.
- [2] Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories[M]. Japan: IGES, 2006.
- [3] International Iron and Steel Institute. Climate change emissions calculation tool user guide [M]. 7th ed. USA: International Iron and Steel Institute, 2004.
- [4] World Steel Association. CO₂ data collection user guide, version 11 [EB/OL]. <https://worldsteel.org/wp-content/uploads/CO2-User-Guide-V11.pdf>.
- [5] 郝千婷,黄明祥,包刚.碳排放核算方法概述与比较研究[J].中国环境管理,2011,(4):51-55.
- [6] 张肖,吴高明,吴声浩,等.大型钢铁企业典型工序碳排放系数的确定方法探讨[J].环境科学学报,2012,32(8):2024-2027.
- [7] 中华人民共和国国家发展和改革委员会.国家发展改革委办公厅关于印发第二批 4 个行业企业温室气体排放核算方法与报告指南(试行)的通知[EB/OL]. [2014-12-03]. <https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/tz/201502/t20150209-963759.html>.
- [8] 蒋云峰,邓蜀平,刘永.独立焦化生产碳排放因子探讨[J].现代化工,2015,35(9):10-15.
- [9] 段理杰,党照亮,魏未.独立焦化企业碳排放现状及减排途径分析[J].资源节约与环保,2018,(11):37-39.
- [10] 段慧,高山.焦化企业温室气体排放核算方法实例解析[J].中国环保产业,2018,(1):20-23.
- [11] 吉红洁.炼焦行业温室气体排放核算及影响因素研究[D].太原:太原科技大学,2015.
- [12] 牟玲.机械炼焦过程主要大气污染物排放特征及迁移行为研究[D].太原:太原理工大学,2013.
- [13] 何秋生,范晓周,王新明,等.煤焦化生产过程甲烷排放初步研究[J].地球与环境,2009,37(3):254-257.
- [14] 李从庆.炼焦生产大气污染物排放特征研究[D].重庆:西南大学,2009.
- [15] 中华人民共和国生态环境部.关于做好 2022 年企业温室气体排放报告管理相关重点工作的通知[EB/OL]. [2022-03-15]. <https://www.mee.gov.cn/xxgk/2018/xxgk/xxgk06/202203/t20220315-971468.html>.
- [16] 国家发展和改革委员会资源节约与环境保护司,工业和信息化部节能与综合利用司. GB 21342—2013. 焦炭单位产品能源消耗限额[S].北京:中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会,2013.
- [17] 陈勇.结焦时间对焦炉运行的影响及其控制措施[J].煤炭加工与综合利用,2017,(6):56-59,95.
- [18] 严文福,郑明东,宁方青,等.火道温度随结焦时间与换向时间变化规律研究[J].煤炭学报,2004,(1):93-96.
- [19] 殷喜和,马卫华,郝一风.7.63 m 焦炉长结焦时间状态下的生产组织和工艺管理[J].燃料与化工,2020,51(6):13-15.
- [20] 国家发展和改革委员会环境和资源综合利用司,国家质量监督检验检疫总局计量司,国家标准化管理委员会工交部. GB 17167—2006. 用能单位能源计量器具配备和管理通则[S].北京:中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会,2006. ■

《现代化工》欢迎广大作者踊跃投稿,投稿系统:<http://www.xdhg.com.cn>