

# 焦化工艺技术指标尚有改善提升空间

—中焦协会会员单位 2019 年工艺技术指标评述

丰恒夫

2019 年我国焦化行业运行虽仍处于困难阶段，由于焦化企业生产经营环境趋好，焦炉生产操作渐趋稳定，为各项工艺技术指标的改善创造了有利条件，配煤、炼焦、化产及环保指标整体状况良好，焦炉热工系数、推焦总系数及焦炉利用率明显提高，能耗指标略有降低。

## 1、2019 年行业工艺技术指标整体状况分析

2019 年全国生铁产量 8.09 亿吨，比 2018 年增长 5.3%。钢铁需求的连年增长带动了焦化行业的顺行，2019 年焦炭产量 47126 万吨，比 2018 年增长 5.2%，与生铁的同比增长率几乎一致，其中钢铁联合企业焦炭产量为 11414 万吨，同比增长 2.3%，其他焦化企业焦炭产量为 35712 万吨，同比增长 6.2%。中国炼焦行业协会 143 家会员企业焦炭产量总计 25452.49 万吨，占全国焦炭产量的 54.01%。

炼焦技术装备升级换代加速推进，越来越多的焦化企业采用大型焦炉，2019 年仅山西、山东两省就有 12 座 6.25~7.65m 焦炉先后建成投产，至此全国 7m 以上大型焦炉的总数达到 82 座。无论是大型顶装焦炉，还是大型捣固焦炉和热回收焦炉，其焦化工艺技术、装备水平及环保治理水平，均处于国际炼焦化学领域的前列。

大型焦炉的工艺技术优势得到了充分释放，极大地促进了行业技术指标整体水平的提高。2019 年我国焦炭质量总体平稳，与 2018 年基本持平，焦炭冷强度指标的冶金焦抗碎强度  $M_{40}$  和耐磨强度  $M_{10}$  略微变差；焦炭热强度指标的反应后强度和反应性小有改善（表 1）。

表 1 2019 年与 2018 年焦炭质量指标对比（%）

项目	$M_{40}$	$M_{10}$	CSR	CRI	灰分	硫份	冶金焦率
2019 年	85.91	6.08	64.80	25.29	12.69	0.76	90.81
2018 年	85.93	6.03	64.08	25.91	12.70	0.75	90.38
变化	下降 0.02	下降 0.05	改善 0.72	改善 0.62	降低 0.01	升高 0.01	改善 0.43

夺得 2019 年冶金焦炭抗碎强度前 10 名的焦企，在 90.0% 以上的有 5 家企业，依次为黑龙江建龙、攀钢西昌、湖南煤化、首钢京唐及鞍钢鲅鱼圈，以下依次为唐钢美锦、宁钢、太钢、八钢、马钢、沙钢。

2019 年全国进口炼焦煤 7465.76 万吨，同比增长 16.65%，进口煤具有低灰低硫的特性，一定程度上有利于焦炭灰硫质量的改善。

2019 年行业主焦煤平均配比 38.22%，比 2018 年提高 0.48%，主焦煤最高配比达 74.23%。沿海地区的首钢京唐、鞍钢鲅鱼圈、宁钢等焦化企业，依靠进口焦煤便利的优越条件，焦煤的配比均在 60% 以上，这对于抑制焦炭灰分、改善焦炭热强度有较大促进作用。

## 2、炼焦工序技术指标分析

## 2.1 操作工艺指标分析

中焦协 2019 年企业统计年报显示，炼焦工序 5 大操作指标数据喜人，均比 2018 年有不同程度的改善，总推焦系数  $K_3$  提高了 0.11，焦炉能力利用率提高 2.24%，遏制了焦炉炉温的波动，推进了焦炉热工制度 2 个温度指标的均匀系数及安定系数的稳定（表 2）。

表 2 2019 年与 2018 年炼焦工序操作指标对比

年份	总推焦系数 $K_3$	温度均匀系数 $K_b$	温度安定系数 $K_c$	焦炉能力利用 率 %	干熄焦率%
2019	0.81	0.86	0.81	84.92	87.91
2018	0.70	0.84	0.76	82.68	87.08
对比	提高 0.11	提高 0.02	提高 0.05	提高 2.24	提高 0.83

焦炉能力利用率和总推焦系数  $K_3$ ，是衡量炼焦生产正常与否的重要指标。环保法规督查工作的常态化及人性化，给焦化企业提供了较为宽松的运行环境，焦炉生产和结焦时间走向正常化，遏制了焦炉结焦时间大起大落的状况，使得焦炉利用率及总推焦系数  $K_3$  获得较大幅度提高，令人可喜。

2019 年焦化行业总推焦系数  $K_3$ ，山西中阳 6m 顶装 90 孔焦炉以 1.00 而夺冠，唐钢美锦和梅山炼铁以 0.98 而双双屈居亚军，这些焦企装煤及推焦作业的生产操作和技术管理，做到了高度完美的协调配合。

焦炉直行温度  $K_b$  的稳定均匀性，直接关系到整座焦炉炉温的均匀性和焦饼的成熟程度，代表着热工值班人员对煤气流量、烟道吸力等掌控调节的水准。2019 年焦化行业温度均匀系数  $K_b$  比 2018 年提高了 0.2，山西中阳以 1.00 位居榜首，唐钢美锦和韶钢焦化均为 0.99。承钢和梅山炼铁的 2019 年温度安定系数  $K_c$  均为 1.0，其焦炉加热制度及炉温始终处于稳定状态，实属不易。

2019 年焦炉能力利用率在 100% 的焦企有：邢钢、包钢煤化、鞍钢鲅鱼圈、吉林建龙、方大特钢、湖北中特、柳钢、昆钢安宁、太原梗阳、山西中阳、潞安环能、美方煤化、铜陵泰富、荣信集团、昆钢师宗等，钢铁联合企业的焦化比独立焦企有明显优势，把焦炉装备的利用发挥到了极致，故而焦炉能力利用率要比独立焦企高得多。

在这里不得不说的是山西中阳钢铁焦化，2 座 6m90 孔顶装焦炉，由于焦炉能力利用率 100% 的满负荷生产，带来了装煤、推焦的准时作业，使总推焦系数  $K_3$  为 1.00；装煤和推焦操作的按时正常，又确保了整座焦炉直行温度的稳定，使得温度均匀系数  $K_b$  为 1.00。焦炉忌讳的是频繁变更结焦时间，打乱了生产秩序，紊乱了加热制度，又损坏了炉体。

干法熄焦技术近年来在焦化行业得到了普及，2017 年仅有 23 套，到 2019 年便增加到 290 套，太钢焦化、宝钢炼铁、旭阳集团、山钢日照、山东潍焦、唐钢美锦、河北新兴铸管等焦企，其红焦实现了 100% 的干熄，这些钢铁联合企业的焦化，凸显了干熄焦回收红焦余热和提高焦炭质量的组合效益。

## 2.2 能耗指标分析

吨焦耗洗精煤占焦化能源消耗总量的 85% 以上，体现着配煤工序的管理水平；吨焦能耗是反映焦炉热工调节、能源管理等工艺水平高低的重要指标。2019 年焦化行业的 5 大能耗指标 1 平 2 降 2 升高，下降幅度最大是吨焦能耗，下降了 4.81kgce/t（表 3）。

表 3 2019 年与 2018 年炼焦能耗指标对比

年份	吨焦耗洗精煤	洗煤回收	吨焦能耗	吨焦电耗	吨焦耗新水
----	--------	------	------	------	-------

	t/t	率 %	kgce/t	kwh /t	t/t
2019	1.38	69.47	129.03	66.64	1.67
2018	1.38	70.67	133.04	65.71	1.65
对比	持平	下降 1.2	下降 4.81	升高 0.93	升高 0.02

行业中绝大多数焦企的贮煤场实施大棚封闭乃至大型筒仓替代露天煤场，内蒙神华巴彦淖尔能源公司更是采用气膜式筒仓，不仅改善了环境也有效地减少了原料煤的流失。

吨焦能耗最好指标是八钢的 100.55kgce/t，其次是芜湖新兴、湖北中特、金牛天铁、安钢等，而最高的超过 150.00kgce/t，差距是比较大的，说明整个行业的节能挖潜还有空间。

2019 年行业的吨焦耗电同比升高 1kwh/t，这是因为除尘设备等高耗能环保设施的运行增加了电力消耗所致，行业能耗最低的 2 家焦企是菏泽富海 18.20 kwh/t，其次本钢 22.41 kwh/t，最高 100 kwh/t。

炼焦耗热量是评定热工操作、管理水平以及炉体状况的综合性指标，需要从炉温的精调细调和炉体的强化维护入手。鞍钢、攀钢、河南中鸿、马钢的不少焦企采用焦炉自动加热技术，自动控制焦炉加热煤气流量，全自动精确测量、及时调节炉温，能降低炼焦耗热量 1~3%。

首钢京唐焦化以高度自动化、信息化为基础建立智能工厂，研发焦炉机车远程管控技术，实施集中控制与监控相融合的技术，提高焦炉的综合管理水平和加热控制水平。

焦炉加热煤气惰性化是独立焦企近年来出现的一大亮点，山西安泰、宁夏宝丰能源、山东恒昌等焦企，把焦炉烟道气、甲醇弛放气及烯烃解析气等与焦炉煤气掺混一起来加热焦炉，既回收利用了低热值燃气，又降低了燃烧速度，利于烟气 NO<sub>x</sub> 的达标排放。

炉墙半干法喷补、陶瓷焊补及空压密封等实用工艺的应用是加强焦炉炉体严密、杜绝炉墙泄漏的可靠手段，在武钢、湘钢等焦化企业得到了广泛采用。

### 3、化产加工工序技术指标分析

中焦协 2019 年报表明，化产加工工序的焦油、粗苯、硫铵、工业萘 4 大产品收率，与 2018 年相比均有微小下降，焦油和苯的精制总回收率下降幅度较大（表 4）。

表 4 2019 年与 2018 年化产工序回收率对比（%）

年份	焦油回收率	焦油精制总回收率	工业萘回收率	粗苯回收率	苯精制总回收率	硫铵回收率
2019	3.1	96.76	9.82	0.90	94.62	0.93
2018	3.12	97.82	9.94	0.91	96.97	0.92
对比	下降 0.02	下降 1.06	下降 0.12	下降 0.01	下降 2.35	下降 0.01

鉴于部分焦企的焦炭限产，国内大型煤焦油、粗苯精制装置加工能力远远大于焦化行业煤焦油和粗苯的产量，由于缺乏加工原料，精制加工装置处于半负荷生产状态，使得焦油和苯的精制总回收率双双下降。业内人士分析 2019 年全国煤焦油加工装置开工率仅有 55%，只有个别具有特色产品

的宝化、河北黄骅信诺等焦油加工企业，才能达到满负荷稳定生产，焦油精制总回收率处于较好水平。

2019 年焦油回收率最高的内蒙恒坤 5.14%，其次南钢燃料、酒钢、梅山炼铁、临涣、邢钢，收率最低 2.20%。内蒙恒坤粗苯回收率高达 1.44%，其次新疆鸿基 1.23%，方大特钢 1.21%，宝钢炼铁 1.18%，盛隆化工 1.17%，最低 0.55%，最高与最低相比差距甚大。

硫铵回收率包钢庆华最好 1.44%，其次梅山炼铁、山西焦化，最低 0.24%。

粗苯是宝贵的化工原料，工业萘是煤焦油加工的经济效益所在，为提高收率各焦企采用大量新技术，如煤气负压脱硫、负压脱苯蒸馏等技术，莱钢、铜陵泰富采用微晶材料吸附干法脱硫工艺，把煤气中  $H_2S$ （含煤气中有机硫）由  $200\sim 300mg/m^3$  脱除到  $5mg/m^3$  以下。

#### 4、环保指标分析

中焦协 2019 年行业年报统计的外排水质量、装煤及推焦除尘工艺指标，均比 2018 年有所改善，装煤除尘及推焦除尘的  $SO_2$ 、颗粒物排放指标提高幅度都在 5% 左右（表 5），说明我国焦化装煤及推焦除尘的技术管理走上正轨。

表 5 2019 年与 2018 年环保指标对比

年份	外排水质量		装煤除尘		推焦除尘		焦炉烟气	
	化学耗氧量 mg/l	氨氮 mg/l	SO <sub>2</sub> mg/m <sup>3</sup>	颗粒物 mg/m <sup>3</sup>	SO <sub>2</sub> mg/m <sup>3</sup>	颗粒物 mg/m <sup>3</sup>	SO <sub>2</sub> mg/m <sup>3</sup>	颗粒物 mg/m <sup>3</sup>
2019	70.30	3.37	22.72	9.70	14.25	12.47	15.33	8.57
2018	73.02	4.35	28.50	14.65	19.11	17.02	—	—
对比	降低 2.90	降低 0.98	降低 5.78	降低 4.95	降低 4.86	降低 4.55	—	—

焦化工艺的废水治理技术各具特色，各焦企选择适用有效的工艺路线，不少企业还使用超滤膜和反渗透膜的深度处理工艺，山钢日照采用“‘AAO+AO 两级生化’+HOK 生物流化床+臭氧紫外催化氧化+超滤反渗透”新型工艺。对处理后达标的净化水，马钢用于高炉冷却补充水，包钢、沙钢、京唐钢、太钢等用来高炉冲渣，临涣、迁安中化、铁雄、阳光焦化等本厂回用。

2019 年焦化外排水化学耗氧量平均值 70.30mg/L，最好指标是河北建滔 4.83 mg/L，其次是大为制焦 5.1mg/L，丹东万通 5.84 mg/L，排放最高值 151.42 mg/L。

2019 年焦化外排水氨氮平均值 3.37mg/L，宁钢焦化为 0.00mg/L、依次为唐钢美锦 0.10mg/L、丹东万通 0.16mg/L、河北建滔 0.22mg/L、孝义金达 0.25 mg/L、陕西黑猫 0.35mg/L、方大特钢 0.37mg/L、山西焦化 0.68mg/L。

焦炉烟囱烟气的脱硫脱硝装置，业内人士估计 95%以上的焦企都建成投运，武钢等焦企还采用先进的活性炭一体化脱硫脱硝工艺。表 5 中烟气排放 SO<sub>2</sub> 及颗粒物，分别为 15.33mg/m<sup>3</sup>、8.57 mg/m<sup>3</sup>，均达到了超低排放标准，是中焦协年报第一次汇总统计的数据，有一定的参考性。

2019 年焦炉烟气 SO<sub>2</sub> 排放最低指标是承钢 1.43 mg/m<sup>3</sup>，其次为孝义金达 3.74 mg/m<sup>3</sup>、潞安环能 4.92mg/m<sup>3</sup>、沙钢焦化 5.00mg/m<sup>3</sup>，最高 35mg/m<sup>3</sup>。

## 5、结语

1) 中焦协统计的 2019 年焦化工艺技术指标与 2018 年相比，炼焦工序、废水及和烟尘排放指标优于 2018 年，化产工序主要技术指标略微下滑，各焦企差距比较明显，焦化工艺技术指标的改善还是有一定的空间。

2) 环保与节能是焦化企业的永恒主题，环保达标是焦企生存的必备条件，节能降耗是焦企持续发展的唯一途径，环保和节能是焦企常抓不懈的主要工作。

3) 炼焦化学工艺技术指标的稳定与改善是一项系统工程，涉及到焦企的配煤、炼焦、化产等工序的全流程，要求数据客观、真实、准确，以便分析评定，找差距，定方向，促进工艺技术指标的稳步提升。