

石化企业碳排放变化影响因素及潜力分析

古海燕 李 源 (陕西延长石油(集团)有限公司延安石油化工厂, 陕西 延安 727406)

摘 要: 文章分析了石化企业碳排放变化影响因素, 包括装置负荷、能源消费结构、产品结构、能效水平、企业管理水平等对碳排放的影响, 并重点就石化企业碳排放的潜力进行了分析。

关键词: 石化企业; 碳排放变化; 影响因素; 潜力分析

石化企业碳排放的变化受到多种因素的影响。如生产能力的影响。石化企业的碳排放主要来自于工业生产活动, 因此生产能力是影响碳排放变化的关键因素之一。生产能力的增加通常意味着更多的能源消耗和排放量增加, 而生产能力的减少则会导致排放量的减少。还有如技术进步的影响: 石化企业采取的生产工艺和技术手段也会影响其碳排放。在技术层面, 石化企业可以通过升级设备、改进工艺、控制生产过程等手段来降低排放量。

当然还有能源结构、政策环境、消费需求变化等方面的影响。随着消费者对环保意识的增强, 对清洁、低碳产品的需求也会增加, 这将引导企业改变其生产方式, 减少碳排放。

1 影响因素

1.1 原料油品质对碳排放的影响

某石化企业以直馏石脑油和自柴油加氢装置过来的加氢石脑油为原料, 经过重整反应, 生产清洁高辛烷值汽油调和组分, 同时生产少量的苯产品, 并副产氢气及液化气; 副产的氢气作为柴油加氢、聚丙烯等装置的氢源。

终馏点高的石脑油其 C_{10} 以上重组分含量高, 原料石脑油中 C_{10} 以上重组分高, 会造成重整装置催化剂积炭量增加, 活性降低, 使得重整装置负荷率降低, 反应产物辛烷值降低。

原料油的芳烃潜含量和芳构化指数是评价原料的另一指标, 芳潜或芳构化指数越高, 表明原料中环烷烃和芳烃含量越高, 重整生成油的芳烃越大、辛烷值越高。重整原料中芳烃含量越少, 产品达到相同辛烷值所需的反应热越多、装置能耗越大, 产生排放量也响应增加。

一般情况下, 原料石脑油中的杂质是硫、氮、氧、氯等元素, 以及砷、铅、铜等重金属。若原料石脑油中得硫、氮、氧、氯元素含量较高, 会加速管线和设备腐蚀, 降低设备的寿命及负荷情况, 同时原料油中

氮含量过高会导致催化剂失活速度加快, 这就需要提高反应温度以补充催化剂活性的下降。当原料石脑油中氯含量较高时, 会增加催化剂酸性, 增加催化剂的裂解性能, 催化剂积炭加剧, 降低催化剂活性。

其中 120 万 t/a 连续一部分重整原料来源为管输的石脑油。管输石脑油中没有氮气保护, 会导致油品中氧含量增加。

原料油中的芳香硫醇与溶解氧生成磺酸, 磺酸可与吡咯发生缩合反应而产生沉渣; 原料中的烯烃和二烯烃遇到原料中的溶解氧后, 生成过氧化产物, 氧化产物又可与含硫、氧、氮的活性杂原子化合物发生聚合反应生成沉渣, 在下游设备中较高温部位聚集, 如生成物 / 原料油换热器及反应器的顶部进一步缩合结焦, 进而导致反应器和系统压降快速上升、换热效果下降。

原料中所带胶质在预加氢进料和产物换热器的大约最后一台壳程处接近汽化温度而不能汽化, 形成焦粉, 随着累积, 进而形成焦炭, 最后转入后面的加热炉和反应器致使压降上涨, 压降上升速度与原料的胶质含量多少成正比关系。

总体而言, 石脑油品质(初馏点、终馏点、芳潜含量、杂质含量等)均会影响生产装置能效, 因此要通过生产调整、原料供应等各方面保证原料油品质, 提高装置的经济效应, 降低能源消耗, 减少碳排放。

1.2 装置负荷对碳排放的影响

整体来看, 该企业原油加工碳排放强度与催化重整装置和柴油加氢装置负荷率基本呈反向关系, 即随着装置负荷的提高, 单位原油加工碳排放量降低。

对 120 万 t/a 连续重整装置四合一加热炉辐射室耐高温进行反辐射节能涂料技术改造, 通过在加热炉辐射室衬里表面壁喷涂耐高温反辐射涂料, 使炉膛内的辐射热能力大大增强, 减少炉壁对辐射热的吸收率, 增大反射率, 提高炉体内传热效率, 解决装置燃料气

消耗过大问题及装置长周期运行的瓶颈问题。

20 万 t/a 烷基化装置反应器达产达效技术改造,通过在烷基化反应器的气相产物出口管道增加分液罐 (1100-V-205) 及安全附件,通过 V-205 对来自 R-201 气相烃所夹带的液态烃和少量酸滴进行分离,确保压缩机一级进气分液罐 V-301 液位始终处于缓慢上升状态,解决了制约烷基化装置提升加工量问题,同时大幅度降低了 V-301 罐底回收烃泵 P-302 的开启频次。

总体来看,企业通过提高生产装置开工负荷和热交换效率,优化生产过程操作,降低加工过程中能源损失,减少碳排放。

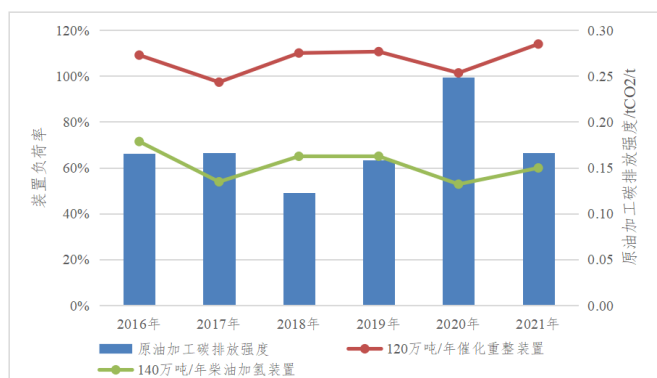


图1 2016-2021年企业原油

加工碳排放强度及装置负荷变化情况

1.3 能源消费结构对碳排放的影响

企业二氧化碳排放主要包括化石燃料燃烧、火炬燃烧、工业生产过程以及净购入使用电力和热力四部分产生的排放量,其中化石燃料主要包括烟煤、汽油、柴油、炼厂干气和液化石油气。

分排放类别来看,2016-2021年全厂边界二氧化碳排放主要来源于化石燃料燃烧,占比为54.8%-74.1%,且占比呈逐年增加态势。其次为净购入电力和热力隐含的排放量,占比约17.0%-22.8%。

2016-2021年化石燃料中烟煤消耗产生排放量累计增长103.49%,年均增幅12.57%,2019-2021年烟煤消耗产生排放量增速明显,主要原因为2019年轻烃综合利用项目开工调试,动力车间新增3台流化床锅炉,燃料烟煤消耗量增加,碳排放量随之增加。2016-2021年企业消耗炼厂干气产生排放量处于波动状态,累计下降32.49%,年均降幅6.34%,占全厂边界碳排放量有所下降由23.16%下降至12.63%。液化石油气产生排放量由2016年的60.26t CO₂增加至2021

年的54891.34t CO₂。净购入电力和热力产生排放量总体呈增加趋势,占比由2016年的16.98%增加到2021年的20.93%。

分析企业不同能源品种对全厂边界二氧化碳排放量的影响可知,企业应加强生产过程中余气余热余能回收利用,充分利用余热余能产中低压蒸汽供生产装置使用,从而减少化石燃料中烟煤的消耗量,降低碳排放。

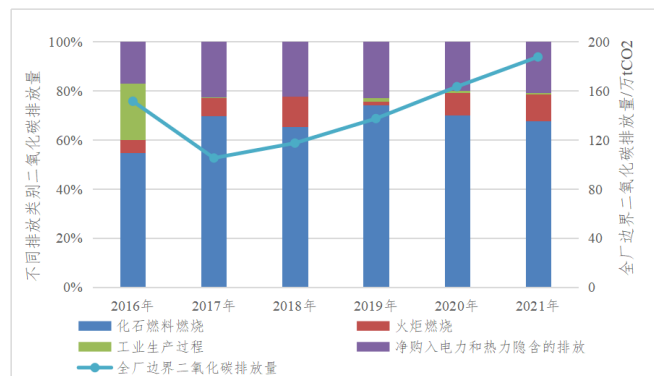


图2 2016-2021年该企业全厂边界二氧化碳排放量变化情况

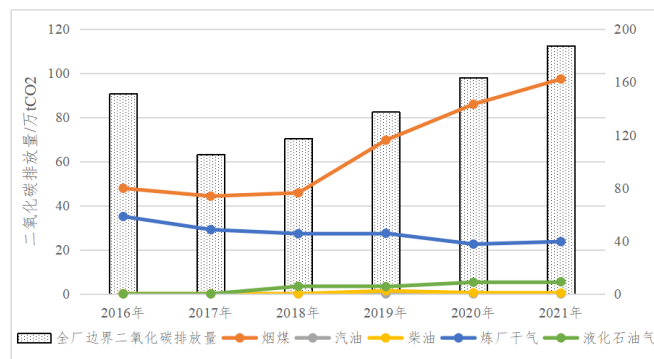


图3 2016-2021年该企业主要化石燃料燃烧碳排放量变化情况

2 潜力分析

2.1 节能降碳基本路线

企业节能降耗的主要途径:应着重完善能源计量、加强能源输送网络管理,降低物料能源损耗;强化能耗定额指标考核与奖惩,优化生产工艺操作系统及收率等经济技术指标,降低装置单耗指标,节约能源;加强余热余能的回收利用,有计划的淘汰老化、低效、高耗设备,调整产业结构,增加产值,降低生产成本,积极采用节能新技术,不断提高设备能源利用效率,节约能源。

2.2 近年来已实施的节能减碳措施

2.2.1 推进产品质量升级

为充分利用某 C 石油(集团)内部的 C_3 、 C_4 原料,提高产品附加值,其生产 MTBE、烷基化油、丙烯等产品,包括 20 万 t/a 烷基化装置、30 万 t/a 丙烷/异丁烷混合脱氢装置、25 万 t/a MTBE 装置及配套的公用工程。

2.2.2 优化用能结构

2.2.2.1 加强余能回收

投用烟气余热回收系统,汽油精制装置烟气余热回收系统鼓、引风机已全部投用,加热炉燃料气消耗量降低约 $50\text{Nm}^3/\text{h}$;投用柴油加氢装置烟气余热回收系统鼓、引风机,加热炉排烟温度由之前的 340°C 左右降低至 170°C 左右。

2.2.2.2 加强水资源利用

实施污水总排水水质提标升级改造项目,低浓流程增加一套设计处理规模 $200\text{m}^3/\text{h}$ 回用水单元,主要包括 2 套超滤系统、2 套反渗透系统及配套储罐、输送泵等。

新建回用水单元建成投用,原低浓回用水经过新建回用水单元膜分离技术,去除污水中细菌、大部分有机污染物、水合离子等,水质品质高且稳定,回用后对循环水系统水质改善起到了至关重要的作用。目前,回用水单元回用至循环水系统水量约 $30\sim 50\text{m}^3/\text{h}$,在改善循环水系统水质的同时,有效减少循环水系统生产水补充量。

2.2.3 实施工艺设备技术改造

2.2.3.1 丙烯产品直供

2017 年气分装置丙烯塔回流泵出口新配置一条管线连接至丙烯产品泵出口,实现了丙烯产品直供,停用丙烯产品泵。

2.2.3.2 制氢装置停运

2 万标立/h 制氢装置停运,节约丙烷 $4\text{t}/\text{h}$,运行 8000h ,按 $3000\text{元}/\text{t}$ 计算,今年累计节约 9600 万元。

2.2.3.3 聚丙烯装置节能改造

装置蒸汽凝液罐 4-D-606 前新增冷却器,蒸汽凝液罐 4-D-606 收集聚丙烯装置中所回收的凝液,设计温度为 90°C ,设计压力为常压。4-D-606 中凝液经 4-P-603 后部分由装置回收使用,剩余部分经水冷器 4-E-606 后送至界区。在 4-D-606 下部设 U 形弯式溢流口,在液位高于弯头位置时溢流。运行过程中发现,当罐内温度 90°C 、液位控制在 60% (此时液

位未达到溢流管最高点) 现场出现溢流。有时甚至会出现当罐内液位很低时现场有溢流的现象。经车间内部讨论分析认为:在 90°C 时,由于温度高,罐内存在少量蒸汽,致使罐内压力略高于常压,迫使其 U 形弯式溢流口有凝液溢流出。车间为防止 4-P-603 抽空损坏设备及无法给 4-D-501 提供降温所需的凝液,需对 4-D-606 持续进行补充除盐水。针对这一问题,车间提出在 4-D-606 前增加一台冷却器,降低凝液温度,用以降低罐内压力,减少现场溢流。自新增换热器投用后,减少了凝液罐补充除盐水量,每小时节约除盐水 5t。

2.2.3.4 120 万 t/a 连续重整装置节能改造

大修期间,对装置四合一加热炉应用耐高温反辐射涂层节能,通过在加热炉辐射室里表面壁喷涂耐高温反辐射涂料,使炉膛内的辐射热能力大大增强,减少炉壁对辐射热的吸收率,增大反射率。燃料气可节约 $470\text{Nm}^3/\text{h}$,F-202 炉膛温度由 850°C 降至 800°C 以下。加热炉热效率可达 90.88%,较改造前的热效率提高了 1.078%。

2.2.3.5 锅炉烟气排放提标升级改造

企业实施锅炉烟气排放提标升级改造项目,结合 $75\text{t}/\text{h}$ 循环流化床锅炉特点和运行状况,对技术进行重组优化,在炉外增设技术成熟、脱硫效率高的 SCR 脱硝与无二次污染的半干法脱硫除尘一体化组合技术,进一步对锅炉烟气进行综合治理,预计年可减少二氧化硫排放量约 170t、氮氧化物约 233t、颗粒物约 36t。

3 结语

综上所述,我国部分省份已将炼油行业纳入碳排放市场,随着“双碳”工作不断推进,碳市场扩大,建立企业碳排放管理体系势在必行。一是能源计量有待加强,一方面重点用能区域特别是辅助生产车间的能源消耗计量仍存在进一步完善的空间,如厂锅炉连续排污未安装流量计,连排阀内漏严重;60 万 t/a 气分装置外送 12 万 t/a MTBE 装置 1.0MPa 蒸汽未统计,导致气分装置能耗偏高。二是节能技术人才短缺,目前各车间的节能管理员多数由工艺技术员兼职,全厂普遍缺乏节能技术人才,节能工作的创新开展还存在很大的进步空间。

作者简介:

古海燕(1982-),女,籍贯:陕西省延安市,研究生,研究方向:环保。