

双碳经济背景下煤化工企业降耗增效措施研究

王佳男（中煤陕西公司，陕西 榆林 719000）

摘要：双碳经济背景下，降耗增效是煤化工企业高质量发展的必由之路。文章基于此，从引入新的技术及方法；选择好阻垢剂及催化剂；做好废水处理；加强副产蒸汽回收利用；加强数字技术的应用五个方面提出了煤化工企业降耗增效措施，并分析了煤化工企业节能降耗措施的经济效益。

关键词：双碳经济；节能减排；煤化工；降耗增效

0 引言

富煤、缺油、少气是我国资源禀赋的特点，因此，加强煤炭资源的开发利用，最大限度发挥煤炭资源的价值，就成为我国资源战略的重点。煤化工行业是煤炭资源利用的主要行业之一，涵盖煤制油、煤制天然气、煤制烯烃、煤制乙二醇等多种产业模式。在七十五届联大会议上明确，中国力争在2030年前实现“碳达峰”，2060年前实现“碳中和”，明确了我国的“双碳”目标。国内煤化工新产能不断释放，煤化工行业进入供大于求的被动局面，并且煤化工企业作为碳排放大户，应从节能减排的角度出发，多措并举采取好降耗增效措施，提高自身的经济效益、社会效益。

1 引入新的技术及方法

技术及方法落后是煤化工企业能耗高、效益差的重要因素，也是制约我国煤化工产业高质量发展的症结。对此，煤化工企业应立足节能减排的大背景，做好新技术及新方法的引入工作。

1.1 新技术

从新技术的角度而言，近年来，我国煤化工技术发展迅猛，许多技术已处于世界领先水平。以煤制烯烃为例，在中科院大连化学物理研究所等科研机构的共同努力下，我国煤制烯烃技术取得了突破性的发展，最为典型的便是合成气一步法制烯烃技术。在新型双功能复合催化剂的作用下，合成气能直接转化为烯烃，开辟了一条新型的煤转化途径。与传统的经甲醇间接制烯烃法相比，合成气一步法不仅具有设备投资少、工艺流程短的优势，且摒弃了高能耗、高耗水的水煤气变换反应，极大地降低了煤制烯烃的能耗。可见，合成气一步法具有广阔的应用空间，是新时期我国煤制烯烃产业降耗增效、转型升级的重要技术。

1.2 新方法

以中煤陕西公司为例，烯烃碱洗塔主要作用是除

去产品气中的二氧化碳，日产生废碱液约30t/d，产生的废碱液及携带的少量黄油通过管线送往烯烃分离现场废碱罐。废碱液采取装车或废碱泵输送方式送往热电和气化装置，而碱液中携带的黄油由于长时间的累积未及时外排，造成黄油在罐底沉积，导致罐容量降低，影响装置的长周期运行。为保证装置生产的稳定运行，通过适当开大罐底加热蒸汽盘管提高罐底温度降低黄油粘度（即提高黄油流动性），将排放的黄油密封装箱进行危废处置，消除了对废碱罐带压开孔处理黄油带来的工艺和环境风险，为装置的长周期运行奠定了基础。

2 选择好阻垢剂及催化剂

2.1 阻垢剂

机电设备是煤化工生产中的耗能大户，会消耗大量的电能，并且，随着使用年限的变长，多数机电设备均会聚集污垢，而污垢则会导致机电设备负荷加重，进一步增加机电设备的电能消耗。例如：随着水资源日益短缺，循环冷却水系统被广泛应用于各行业。循环冷却水中通常含有许多的钙、镁等矿物离子，随着冷却水的反复使用，水中的离子浓度不断升高，盐类达到过饱和状态，形成不溶性盐，在设备管道表面结垢，引起金属设备腐蚀。另外，钙垢吸附在设备表面，会降低系统的换热效率，甚至缩短设备的使用寿命。因此，做好机电设备的防垢处理就成为煤化工企业降耗增效的内在要求。

2.2 催化剂

催化剂与温度、压力并列为化工生产的三大要素，并且在化工行业中，85%以上的过程都依赖于催化剂来加速反应速率。但在大部分情况下，反应物的转化率和目标产物的选择性是决定催化反应效率的两个重要参数，但是这两个参数往往相互纠缠，就像“跷跷板”一样，转化率提高了，选择性就降低，无法两全。怎样解开这种“纠缠”并破解“跷跷板”效应，实现

更高效、更精准的催化，是催化基础科学和应用研究的重要挑战，更是催化研究工作者一直努力的目标。催化剂的选择对于甲醇制烯烃过程至关重要，直接影响到反应的效率和产物的选择性。常见的甲醇制烯烃催化剂包括氧化锆、氧化铝、硅铝酸盐等。这些催化剂通常以一定比例混合，并且可能添加其他金属或化合物作为助剂，以改善催化剂的活性和选择性。研究人员通常会进行大量的实验和理论计算，以寻找最佳的催化剂配方，以提高烯烃的产率和选择性。随着绿色化学和可持续发展的要求不断提高，对于甲醇制烯烃催化剂的研究也越来越注重环境友好性和资源可持续性，因此未来可能会出现更多基于可再生资源的新型催化剂。

3 做好废水处理

煤化工生产对水资源的消耗量巨大，而煤气化过程中形成的废水是主要的煤化工废水，具有高浓度、有毒、高污染及难降解的特性，最为突出的是煤加压机气化废水，具有严重的污染性，不仅会破坏周围的土壤、水质环境，更对人类健康造成了潜在威胁。因此，做好废水处理及水资源循环利用就成为节能减排背景下煤化工企业降耗增效的重点。

使用不同的气化炉炉型，其所产生的气化废水水质也有较大差异，粉煤气化废水、水煤浆气化废水和固定床（鲁奇炉）煤气化废水是国内较常见的气化废水。从图1可知，1号和2号的废水水质差异比较小，但是2号氨氮含量较高，COD偏高，进污水生化处理有较大的难度。3号含酚有机物和COD浓度很高，无法实行生化处理，需要脱酚后送至污水处理设施。

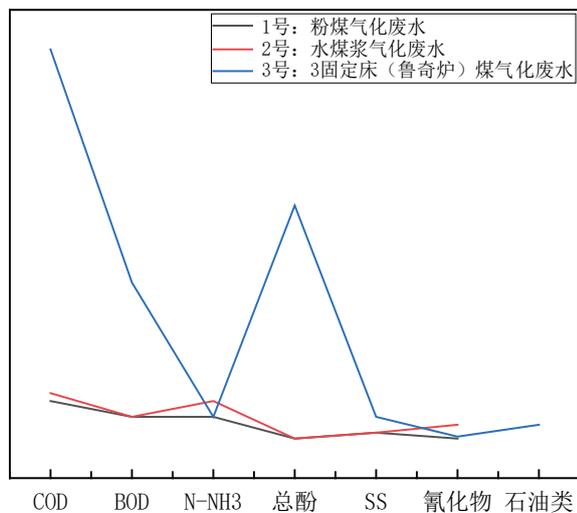


图1 气化废水水质特征
在工业生产中，通常采用溶剂提取方法对废水进

行脱酚处理。把含苯酚的废水倒入萃取器上部，将萃取剂注入到萃取器底部，然后反向反应发生在萃取器中。将废水中的酚转移到油中，然后酚类物质与碱发生反应，然后这些物质被送入油罐中回收，最终达到废水处理，苯酚的再利用具有一定的经济效益。随着环保要求的提高，我们需要越来越高的废水处理技术，在已有基础上，国内外学者持续探索废水处理技术，并且提出了许多新的研究方向，采用了新型的处理技术。例如：有研究者提出了一种利用优势单菌挂膜技术处理含油废水的方法，该工艺不仅可以使废水得到更好的处理，而且能使分离出的水变得更透明，使含油废水工艺拥有更强的稳定性。有些学者则是把化学液体设备与污水处理技术相结合，不仅可以增强污水处理的效率，而且能减少处理过程中材料的浪费。

4 加强副产蒸汽回收利用

煤化工生产中会产生一些副产，而对副产的回收利用，则是煤化工企业降耗增效的重点。以副产蒸汽为例，副产蒸汽具有广阔的回收利用空间，比如，可以用于汽轮发电机组发电。煤化工企业应该改造现有余热发电汽轮机，在其中增补低品位蒸汽系统，致使副产蒸汽可以应用于汽轮发电机组发电，从而降低火力发电的依赖，提高能源利用效率。还可以应用于溴化锂制冷机组热源。在煤化工生产中，溴化锂制冷机组是常用的制冷设备，用溴化锂溶液作为吸收剂，用水作为制冷剂，水在高真空中蒸发吸热达到制冷目的是关键。煤化工企业以副产蒸汽为介质，通过加热将溴化锂溶液水分蒸发出来而变浓，进而达到连续制冷的目的。

5 加强数字技术的应用

对企业而言，数字化转型既是企业突破经营困境、优化业务流程、实现升级发展的内在要求，也是企业顺应时代发展，提高竞争力的客观需要。因此，加强数字技术的应用就成为煤化工企业节能降耗的重点。

首先，以数字技术增强煤化工生产的态势感知能力。数字技术的发展，尤其是物联网技术的发展，则为煤化工企业增强态势感知能力提供了强有力的支持。煤化工企业要在生产区域安装各种类型的传感器，如温度传感器、湿度传感器、有害气体传感器等，并将传感器采集到的数据，经由无线网络传输到企业信息平台，全面、动态把握煤化工企业生产情况。

其次，以数字技术强化煤化工数据资料的分析能力。数字技术与煤化工生产的结合，使得煤化工企业

每时每刻均会产生大量的数据。这些数据有着重要的应用价值，然而，传统的数据技术在海量数据的分析中存在着很大的局限性，难以充分发挥数据的价值。大数据技术具有极强的数据采集能力，不仅可以采集结构化数据，也能采集半结构化、非结构化数据，同时，大数据技术多样化的算法，如贝叶斯分类法、决策树分类法等分类分析算法，Apriori、FP growth 等关联分析算法，PAM、CLIQUE 等聚类分析算法，弥补了传统数据技术的不足。

最后，以数字技术改造已有系统。以中煤陕西公司为例，烯烃分离装置未安装 3C 系统时，在 MTO 负荷 113.45% 的工况下，C401 和 C701 每小时消耗中压蒸汽为 113.44t/h。同口径下，投用 3C 系统后在 MTO 负荷 113.45% 的工况下，C401 和 C701 每小时消耗中压蒸汽为 102.37t/h；经过比较投用 3C 系统后，在负荷 113.45% 的工况下，3C 系统能够节约中压蒸汽 11.07t/h。中压蒸汽价格 85 元/t，该项目创造的年效益为 824.2722 万元。

6 煤化工企业降耗增效的经济效益

煤化工企业降耗增效取得良好的经济效益，首先，降低了企业生产成本。在构成煤化工企业生产成本的诸多成本中，能源成本占据了很大的比重。系列节能降耗措施，不仅显著降低了煤化工企业的能源消耗量，也通过循环利用的方式，最大限度实现了能源的经济价值，降低了企业的生产成本，提高了企业的核心竞争力。其次，增加了企业的无形资产，落实节能减排，是当前企业社会责任的重点。煤化工企业通过节能降耗措施，有效实现了节能减排的目标，提高了自身的社会形象，增加了企业的无形资产。

以中煤陕西公司为例，烯烃丙烯产品保护床用来去除丙烯产品中的甲醇、甲醚等含氧化物，保护床利用分子筛在高压低温条件吸附、低压高温条件脱附原理保障连续生产。原工艺设计丙烯保护床需处理的杂质含量为：甲醇 50ppm、二甲醚 30ppm，实际运行过程中丙烯产品杂质含量分析极低，对保护床再生时氮气的消耗量、工艺物料以及蒸汽、电的损耗均较大。基于目前实际运行情况，在保证丙烯产品质量的前提下，将丙烯保护床再生周期由现有的 2 天再生一次延长至 10 天再生一次，年减少再生 146 次，达到节省氮气，降低丙烯损失，实现降本增效的效果，有效降低碳排放量，减少环境污染实现“产炭不排碳，无煤煤化工”。经济效益核算，各物料、能源价格参考表 1。

表 1 物料、能源价格

丙烯 (元 / 吨)	氮气 (元 /Nm ³)	蒸汽 (元 / 吨)	电力 (元 / 度)
5269.70	0.30	85.00	0.55

①丙烯：每次再生需实气置换 3 次，保护床压力从 0.8MPa 降到 0.4MPa；保护床进气体积 V 为 10m³，由理想气体方程 PV=nRT=mRT/M 得出密度 $\rho = m/V = PM/RT$ ， $\rho_1 = \rho * P_1 * T / (P * T_1)$ 。理想状态下丙烯温度 T=293.15K，丙烯压力 P=1.011Mpa，密度 $\rho = 514.3Kg/m^3$ ；得出当温度 16℃，压力 0.8MPa 时，丙烯密度 ρ_a 为 412.6Kg/m³；得出温度 16℃，压力 0.4MPa 时丙烯密度 ρ_b 为 206.3Kg/m³，故每年减少的丙烯损失为： $m = (\rho_a - \rho_b)V * 3 * 146 = 902.28t$ ， $902.28 * 5269.7 = 475.47$ 万元；

②氮气：保护床再生时氮气耗量 7500m³/h，再生时间为 20h，故每年减少的氮气损失为： $146 * 20 * 7500 * 0.30 = 657.00$ 万元；

③蒸汽：保护床再生时蒸汽耗量 0.9t/h，使用时间为 10h，故每年减少的蒸汽损失为： $146 * 10 * 0.9 * 85 = 11.17$ 万元；

④电力：保护床再生时使用电加热器功率为 210KW，使用时间为 10h，故每年的电力损失为： $146 * 10 * 0.55 * 210 = 16.86$ 万元。

据初步估算可达到年降低成本支出 1160.50 万元。

7 结语

双碳经济背景下，煤化工企业降耗增效，既是最大限度提升自身经济效益，实现高质量发展的内在要求，也是落实节能减排政策，助力“双减”的客观需要。因此，煤化工企业要将降耗增效作为战略发展的支点，从引入新技术、新方法等多个方面采取好措施。

参考文献：

- [1] 刘殿栋,王钰.现代煤化工产业碳减排、碳中和方案探讨[J].煤炭加工与综合利用,2021(05):67-72.
- [2] 陈甜甜.新形势下国有煤化工企业市场化业务经营探索[J].国有资产管理,2023,(12):19-22.
- [3] 王青龙.煤化工企业节能降耗技术浅析[J].山东化工,2022(13):131-132,137.
- [4] 丁晓阔.现代煤化工废水处理技术研究及应用分析[J].天津化工,2023,37(03):14-16.

作者简介：

王佳男(1985-)，男，汉族，黑龙江省勃利县人，大学本科，工程师，研究方向：节能，节能减排。