

煤制油化工工艺管理及产业发展趋势

张正生（潞安煤基清洁能源有限公司，山西 长治 046204）

摘要：随着全球经济的发展，我国对能源的需求不断增加，能源问题已关乎国家经济安全的战略高度，我国煤炭资源占化石能源可采储量的 92.3%，这种特殊地域条件，决定我国在相当一段时间内以煤为主的能源消费结构不会改变。新型煤制油工艺技术必成为人们的重点关注。本文从煤制油工艺发展史入手，简述煤制油的工艺流程，对煤制油工艺的方法进行分析，以便为更多的煤制油化工工作者予以参考。

关键词：煤制油工艺；工艺原理；化工工艺；工艺管理；发展趋势

煤制油技术由于自身独特的技术特点，逐渐被广泛应用于我国相关行业中，也正因为煤制油技术带来的优势，使越来越多的人重视煤制油未来的发展前景。本文通过介绍煤制油的化工工艺方法及管理，对其进行了一定的分析和探讨。

1 煤制油工艺方面的发展史

早在 20 世纪 30 年代，第一代煤炭直接液化技术——直接加氢煤液化工艺在德国实现工业化。但当时的煤液化反应条件较为苛刻，反应温度 470℃，反应压力 70MPa。相继开发了多种第二代煤直接液化工艺，如供氢溶剂法（EDS）、溶剂精炼煤法（SRC-I、SRC-II）、美国的氢-煤法（H-Coal）等，这些工艺已完成大型中试，技术上具备建厂条件，只是由于经济上建设投资大，煤液化油生产成本低，而尚未工业化。1973 年的世界石油危机，使煤直接液化工艺的研究开发重新得到重视。现在几大工业国正在继续研究开发第三代煤直接液化工艺，具有反应条件缓和、油收率高和油价相对较低的特点。目前世界上典型的几种煤直接液化工艺有：德国 IGOR 公司和美国碳氢化合物研究（HTI）公司的两段催化液化工艺。我国煤炭科学研究总院北京煤化所自 1980 年重新开展了煤直接液化技术研究，现已建成油品改质加工、煤直接液化实验室。通过对我国上百个煤种进行的煤直接液化试验，筛选出 15 种适合于液化的煤，液化油收率达 50% 以上，并对 4 个煤种进行了煤直接液化的工艺条件研究，开发了煤直接液化催化剂。煤炭科学院与德国 RUR 和 DMT 公司也签订云南先锋煤液化厂可行性研究项目协议，并完成了云南煤液化厂可行性研究报告。液化厂建成后，可年产汽油 35.34 万 t、柴油 53.04 万 t、液化石油气 6.75 万 t、合成氨 3.90 万 t、硫磺 2.53 万 t、苯 0.88 万 t。拟建的云南先锋煤液化厂年处理（液化）褐煤 257 万 t，气化制氢（含发电

17 万 kW）用原煤 253 万 t，合计用原煤 510 万 t。

目前，中国石油开采远远满足不了对石油高速增长的需求，造成对进口原油和石油产品的过度依赖。同时，进口容易受到出口国家政治经济是否稳定、运输路线是否受到干扰等因素的影响，中国的能源问题愈发突出。这样的被动局面是需要改变的。为此，寻找原油替代能源日趋重要，对煤炭的利用再次引起人们的关注。

南非在这方面走在了世界前列。当时南非政府开始研究煤液化的可能性，主要目的在于摆脱对石油的高度依赖性，保护南非国际收支平衡，提高能源供给安全。几十年过去，通过妥善利用大量煤炭资源，南非还获得了诸多方面的利益，包括增加就业机会，使原本过度依赖农业与采矿业的国民经济实现了工业化。

中国现在所处的环境条件与南非在南非初创之际极为相似，特点就是“富煤少油”，特别是经济的飞速发展使得对能源的需求急剧增加。据介绍，15 家商业规模的煤液化工厂的总产量将可以替代中国石油进口量的 15%。

当今，人类石油需求量逐年增多，而世界的石油开采储量逐年下降，两个曲线之间会形成一个越来越大的空位。“煤制油”便可以填补这个空位。“煤制油”技术有助于中国摆脱对进口原油和石油产品的过度依赖，从而提高能源安全。从中国的能源结构来看，中国具备开发“煤制油”产业的各种战略驱动因素。

2 煤制油化工相关工艺的原理

煤制油是以煤炭为原料，通过化学加工过程生产油品和石油化工产品的一项技术，包含煤直接液化和煤间接液化两种技术路线。煤的直接液化将煤在高温高压条件下，通过催化加氢直接液化合成液态烃类燃

料,并脱除硫、氮、氧等原子。具有对煤的种类适应性差,反应及操作条件苛刻,产出燃油的芳烃、硫和氮等杂质含量高,十六烷值低的特点,在发动机上直接燃用较为困难。费托合成工艺是以合成气为原料制备烃类化合物的过程。合成气可由天然气、煤炭、轻烃、重质油、生物质等原料制备。根据合成气的原料不同,费托合成油可分为:煤制油(Coal-to-liquids, CTL)、(生物质制油 Biomass-to-liquids, BTL)和天然气制油(Gas-to-liquids, GTL)。煤的间接液化首先把煤气化,再通过费托合成转化为烃类燃料。生产的油品具有十六烷值高、H/C 含量较高、低硫和低芳烃以及能和普通柴油以任意比例互溶等特性。同时,CTL 具有运动粘度低,密度小、体积热值低等特点。

煤的间接液化工艺就是先对原料煤进行气化,再做净化处理后,得到一氧化碳和氢气的原料气。然后在 270℃~350℃左右,2.5MPa 以及催化剂的作用下合成出有关油品或化工产品。即先将煤气化为合成气($\text{CO}+\text{H}_2$),合成气经脱除硫、氮和氧净化后,经水煤气反应使 H_2/CO 比调整到合适值,再 Fischer-Tropsch 催化反应合成液体燃料。典型的(Fischer-Tropsch)催化反应合成柴油工艺包括:煤的气化及煤气净化、变换和脱碳;F-T 合成反应;油品加工等 3 个步骤。气化装置产出的粗煤气经除尘、冷却得到净煤气,净煤气经 CO 宽温耐硫变换和酸性气体脱除,得到成分合格的合成气。合成气进入合成反应器,在一定温度、压力及催化剂作用下, H_2 和 CO 转化为直链烃类、水及少量的含氧有机化合物。其中油相采用常规石油炼制手段,经进一步加工得到合格的柴油。F-T 合成柴油的特点是:合成条件较温和,无论是固定床、流化床还是浆态床,反应温度均低于 350℃,反应压力为 2.0~3.0MPa,且转化率高。间接液化几乎不依赖于煤种,而且反应及操作条件温和。间接法虽然流程复杂、投资较高,但对煤种要求不高,产物主要由链状烃构成,因此所获得的十六烷值很高,几乎不含硫和芳香烃。

3 煤制油工艺方面发展的主要方向

当前,国际油价极为动荡,尤其在 2014 年下旬至 2017 年全球油价更是出现了断崖式下跌,这对煤制油的经济效益造成了严重了影响。面对大量的市场不确定因素,企业继续进行产业升级改造,优化产品结构,通过技术革新降低生产成本,提升企业的综合竞争力。

当前,随着环保指标的提高,汽车消费燃油的比率逐年下降,柴汽消费更是从 2.17 下降到 1.2 左右。此外,中国汽车油品的质量标准调整不断加快,全国已全面实施国 VI 标准车使用汽柴油。为此,及时调整产品结构,提升油品质量,将重心调整到清洁汽油、航空用油方面,成为了企业得以稳定生存的一个必要选项。

预计发展到 2022 年结束时,8.7 亿 t 是炼油能力提升的保守数据,从原油加工量角度分析,6 亿 t 以内则是其的保守生产数据,甚至过剩产也有一个惊人的数据即 1.4 亿 t。因此,政府相关部门提出了全国控制煤制油的产量,之所以施行这些政策就是为了控制产能,帮助企业实现过度,向技术密集型企业转型。

当今中国已经成熟掌握了直接液化和间接液化相关技术,并已实现了规模化的工业生产,但面对未来能源格局变动的不确定性,及时调整发展战略,进一步完善生产工艺、突破技术难关、投入更多的资源加大清洁型燃油的开发对提升企业的竞争力极为关键。

煤制油与石油化工相比,其投资成本更高,并且在生产中会消耗大量的水电资源,加上温室气体排放量巨大,使得煤制油产业面临着诸多挑战。当全球油价下跌时,煤制油企业会比石油化工企业面临更多的压力。因此,为了发挥中国煤炭资源优势,相关政策应当给予煤制油企业更多扶持,帮助行业健康高效的发展。

4 管理煤制油化工工艺的方法

4.1 备煤

来煤由给煤机将煤给至带式输送机,运至转运站,再到筒仓进行储存。煤斗上方设有振动斜煤算,以清除煤算上的积煤。通过圆形料仓的取料机或带式给煤机,将需要的煤种再通过袋式输送机通过滚轴筛,筛上的煤进入环锤破碎机,筛下和破碎后的煤直接进入管状带式输送机;再通过分叉溜管将煤分别送入气化装置入料带式输送机上,再通过带式输送机和卸料器将煤卸至气化装置入料带式输送机上,输送至气化炉煤仓。

4.2 开展液化分离

F-T 反应器顶部出来的高温油气进入换热分离器进行换热冷却分离,分离后的液相经蜡油换热器及重油加热器加热后送至分馏塔。换热分离器分离后的气相进入空气冷却器再度冷却后进入轻油分离器进行气液分离。轻油分离器分离出的气相,送至尾气回收装

置或放空总管。轻质油分离器分离出的液相进入油水分离器进行油、水及释放气的三相分离。油水分离器分离出的油经逐级加热后送入分馏塔。分离出的气相送至尾气回收装置。分离出的水送入合成水罐进行进一步处理。反应产生的重质烃类经 F-T 反应器内过滤系统过滤后作为蜡从反应器中部排至蜡收集罐中进行气液分离,分离出的重蜡和蜡释放气分别送至分馏塔进一步分馏处理。

4.3 实行液态分馏

轻油、重油、蜡在分馏塔内充分传质、传热,自分馏塔顶部分离出的气相经冷却器冷却,冷却后的气液混合物进入塔顶分液罐进行汽液液三相分离,分离出的释放气,至释放气压缩机分液罐。分离出的轻相液体-轻油经轻油泵,一部分在分馏塔顶出口作为回流液返回至分馏塔上部,另一部分在分馏塔顶分液罐油相液位控制下送至低温油洗装置。分离出的重相液体通过凝液泵在水相液位控制下送至罐区装置。

由分馏塔中部抽出的稳定重质油用稳定重油泵在液位流量串级控制下直接送至罐区装置。

分馏塔底部分离出的高温稳定蜡用分馏塔底蜡泵加压,在塔釜液位流量串级控制下送至蜡油换热器冷却,再经蜡冷却器冷却后,送至罐区装置。

4.4 对主要设备技术进一步加强管理

4.4.1 动设备管理

基于动设备的特点,提升转动设备的状态监测、包机管理、巡查点检、润滑维护保养、特护操作等信息的采集、维护和监控能力,提前预判设备可能存在的故障、避免非计划设备停车提供数据支撑,特别对于大机组运行管理尤为重要。

备机应处于完好状态,并设专人负责,定期检查、维护,做好清洁、盘车、润滑、保养;备机要保证能随时投入运行,重要备机若确系存在问题需要进行维修时需事先汇报设备管理部门;要在转动设备外露部分(轴头、联轴器等)以红、黄油漆作好标记色条,红黄油漆标记间隔 180°,凡备机盘车,每次不少于一圈半,与上一次盘车标记相反即可;大型设备(压缩机、空压机、循环水泵、消防水泵)夏季至少三天盘车一次,冬季至少每天盘车一次,其他设备每周盘车一次;特殊设备盘车周期,需根据设备厂家提供建议结合现场实际进行盘车管理。

4.4.2 静设备管理

提升包括压力容器、压力管道、加热炉、锅炉、

及安全附件等静设备的台账管理、定检管理、定检管理、静密封管理和防腐管理功能;提升静设备台账数据的收集、维护和检索能力;提升防腐管理的腐蚀监控部位介质物性、腐蚀类别、腐蚀测厚、防腐检维修检测等收据收集、维护和检索能力,满足设备最优化管理。

5 煤制气、煤制油产业未来发展趋势

近年来,我国天然气需求量逐年增多,供应缺口也越来越大,为了满足我国目前的天然气需求,在原有的基础上不断提高天然气的对外依存度。经过相关调查和研究发现,我国 2010 年左右的天然气对外依存度为 20% 左右,到目前,我国天然气的缺口到达了 1000 亿 m³ 左右,其对外依存度呈现成倍的增长趋势,这在极大程度上提高了我国对替代类天然气的需求量,在这样的能源背景下,我国煤制天然气的发展前景十分良好。

现阶段我国每年原油进口量不断提升,从国家能源战略安全的角度出发,发展煤制油工艺乃明智之举。煤制油可以作为原油供应不足地区补充,随着近年来我国各个行业对能源需求量的不断提升,我国有关部门坚持发展煤制油工艺技术,以最大限度地弥补战略能源的不足,这不但能够缓解我国的能源需求,还能够进一步推动煤制气、煤制油技术水平的提升。

6 结束语

煤制油技术对推动我国社会发展来说发挥着相当重要的作用,从整体性的角度来看,煤制油技术生产过程中还存在一定的不足,还需要相关技术人员要在原有的基础上对其不断改进和创新,从而提升我国整体的煤制油技术水平,推进煤制油技术更好地向前发展。

参考文献:

- [1] 梁祥省. 浅谈煤制油化工工业安全管理 [J]. 化工管理, 2014(22).
- [2] 朱富斌. 煤制气方法的应用及工艺比较 [J]. 化工设计通讯, 2018(23).
- [3] 沈志明. 煤制气污水处理及回用技术的工艺及其优化研究 [D]. 武汉: 武汉工程大学, 2017.
- [4] 吴华军. 煤制气方法的技术现状及工艺研究 [J]. 化工管理, 2016(12).
- [5] 郭建宇. 基于煤化工工艺分析煤制产品的发展前景 [J]. 煤化工与甲醇, 2019(02).