

# 利用煤炭干馏技术发展中国的煤化工

吴 枫, 阎承信

(中海油山东化工规划设计院, 山东 济南 250013)

**摘要:**利用煤炭干馏技术加工神府-东胜煤田的不粘结性烟煤,可以获得油品、气焦、煤气等多种可用资源,煤气还可以进一步加工为甲醇、二甲醚、烯烃、合成天然气(SNG)等产品,气焦既是化工原料又是清洁的燃料。介绍了直立炉多联产系统的特点及优越性,对直立炉系统与其他煤化工项目的主要技术经济指标进行了比较。

**关键词:**煤炭干馏;多联产;煤化工

中图分类号:TQ53

文献标识码:C

文章编号:0253-4320(2009)06-0003-03

## Developing China's coal chemical industry with coal dry distillation technology

WU Feng, YAN Cheng-xin

(Shandong Planning and Design Institute of Chemical Engineering, CNOOC, Jinan 250013, China)

**Abstract:** The coal carbonization technology can be used for processing non-caking bituminous coal from Shenfu-Dongsheng Coal Field to produce many kinds of products like oils, gas coke, coal gas, etc. The oils can be used to produce methanol, dimethyl ether, olefins and SNG, the gas coke can be a chemical material and also a clean fuel. The features and advantages of the vertical furnace polygeneration system are introduced, and the comparisons in the major technological and economic indices of the system to other projects from the coal chemical industry are made.

**Key words:** coal carbonization; polygeneration; coal chemical industry

近年来,由于国内油气资源严重不足、供需矛盾日渐突出,国内的一些有识之士对煤炼油等能源化工项目投入了极大的关注。国家从能源安全供应出发,支持国内企业搞一些能源化工项目,以替代部分石油,减少进口,因而在国内形成了新一轮煤化工热。

在这个热潮中,许多项目都集中在煤炼油(直接或间接液化)、煤制甲醇、二甲醚、烯烃等方面,也有人提倡搞煤气化多联产系统。我国煤炭资源丰富,煤种齐全,发展煤化工有得天独厚的先决条件。在有炼焦煤资源的地区,搞以焦化为主的煤化工项目是一条较好的综合利用煤炭资源的途径。虽然很多煤种都可以搞以煤气化为龙头的多联产系统,但对陕西、山西和内蒙交界处的神府-东胜煤田的煤,用单纯的气化方法搞煤化工是值得商榷的。该地区为世界八大煤田之一,已探明储量达 2 236 亿 t,煤炭埋藏浅、质量好,属特低灰、特低硫、特低磷、中高发热量的长焰不粘结煤,且煤中的含油率较高,是很好的中、低温干馏原料煤,如将该煤用于干馏炉加工,可形成以直立炉为主线的综合利用系统,其煤炭资源的利用率和利用价值会大大的提高。但到目前为止,尚未见到以直立炉工艺加工利用煤炭资源的相关项目报道,特别是在我国石油资源紧缺的状况下,

发展直立炉多联产系统有着特殊重要的意义。

## 1 直立炉多联产系统

连续式直立炉是煤的干馏炭化、焦化工业中唯一能够连续进料、连续排焦和连续制气的设备,这种炉型的进料和排焦均处于封闭状态,故其操作环境要大大优于目前广泛应用的炼焦炉。

连续式直立炉并不是什么新技术,我国早在 20 世纪 30~40 年代用于上海、大连等城市生产城市煤气的伍德炉就是属于直立炉的一种。为了发展城市煤气,我国自行设计建造了一些直立炉,应用于长沙、武汉、青岛、烟台、大同等城市,近年来在包头投产的直立炉就是以生产城市煤气为主,同时生产气焦和焦油等化学品。该炉操作灵活,环保效果好,投资少、能耗低、生产能力大、机械化和自动化水平高。

直立炉的原料一般采用不粘结煤、弱粘结煤和粘结性差的气煤或肥气煤,这些煤种的挥发分一般都在 28%~35%,含油率在 6%~10%,因此直立炉具有较高的煤气产率和焦油产率,所生产的气焦(也称半焦)强度较差,只能作为气化、铸造、铁合金等用焦。直立炉对原料煤的灰分、硫分等并无严格的要求,但要求入炉煤的粒度在 13~75 mm 为宜。

神府-东胜煤田的煤种属不粘结性长焰煤,煤中的含油率在 8% 以上,挥发分为 33% ~ 35%,固定碳约为 50%,灰分在 10% 以下,硫分低于 0.5%,且成块率较好,是理想的直立炉原料。

## 2 直立炉多联产系统的特点及优越性

### 2.1 合理利用了煤炭资源

直立炉用于煤炭干馏制取油品曾经是世界上获得石油的重要途径之一。我国早在 20 世纪 50 年代就曾采用此法搞煤炼油,至今在山西、陕西、内蒙西部等“三西”地区仍有约 1 000 座内热式干馏炉以制取油品为主,气焦产能达 3 500 万 t/a。神府-东胜煤田已探明储量为 2 236 亿 t,如按煤中含油率 8% 计,则油品储量为 179 亿 t,大于我国已探明的石油储量(约 160 亿 t)。如果我们能够取出该地区煤炭中 1/3 的油量即 60 亿 t,按照目前我国年消耗 3.5 亿 t 石油计,仅该油量即可满足我国使用 15 年以上。中、低温干馏得到的油品中,轻质油含量较高,经加氢精制可得到 70% ~ 80% 汽油和柴油,这对缓解我国车用燃料的供应紧张状况将起到重要作用。

我国的能源主要来自西部地区。按照国家的规划,预计到 2010 年,“三西”地区的煤炭产量将达到 11.5 亿 t,2020 年为 15.2 亿 t,从“三西”地区调往缺少能源的华东和华南沿海地区的煤炭 2010 年为 9.2 亿 t,2020 年为 11.7 亿 t,这就意味着“三西”地区 80% 的煤炭要运往东南沿海,而外运的煤炭中有 60% ~ 70% 是用于燃煤发电。神府-东胜煤田的长焰煤虽然是发电较好的燃料,但是单纯作为发电燃料使用,该煤中所含的宝贵的油品和化学品也只能变为热能和电能,利用价值大大降低。

如果在 2020 年前我们能将外运的 11.7 亿 t 煤炭的一半(5.85 亿 t)用干馏工艺加工利用,则可得

到约 3.6 亿 t 气焦、4 000 万 t 焦油(经加工可得到约 3 000 万 t 车用油品)、300 万 t 粗苯、330 万 t 硫铵、碳化煤气 1 400 亿 m<sup>3</sup>,可用于生产甲醇近 7 000 万 t,进而可加工为二甲醚产品约 4 700 万 t(可替代约 3 000 t 柴油),或生产烯烃约 2 000 万 t,或制取管道天然气(SNG)约 600 亿 m<sup>3</sup>,这样的综合利用系统,既能将煤炭转化为优质的气化原料和清洁的燃料(气焦),又能够得到宝贵的油品和化学产品。

### 2.2 气焦既可作优质的工业原料又是清洁的燃料

直立炉生产的气焦虽然强度较差,但固定碳含量高(> 82%),水分和灰分含量低,挥发分约为 4%,活性好,是较好的气化原料;同时由于气焦的电阻率较高,价格便宜,又是电石、黄磷、铁合金等行业极佳的原料;气焦粉还是高炉喷吹、水泥和烧结矿非常好的原料。

目前我国为数众多的合成氨生产企业仍采用以无烟块煤为原料的常压固定层造气工艺,由于国内现存的优质无烟块煤资源已呈逐年减少的趋势,气焦用于生产化肥成为一种颇受欢迎的原料。气焦用作锅炉和发电的燃料比煤炭具有较多的优点:它的热值高(> 29 260 kJ/kg),活性好,硫含量低,特别是神府-东胜地区的气焦,其硫质量分数在 0.5% 以下,用作普通锅炉的燃料,一般可不脱硫,在用于环保要求严格的大型电站必须脱硫时,采用简单的干法脱硫即可满足要求,这样可大大节省装置投资和操作费用。

气焦作为民用燃料也是值得推广的。由于气焦的挥发分低,燃烧所产生的烟尘少,并且清洁卫生,所以气焦也可以成为较好的民用和其他用户直接燃烧的燃料。

气焦是一种市场应用广泛、优于煤炭的工业原料和清洁燃料,对减轻我国的大气污染将会起到积极的作用。

(上接第 2 页)

发展规划的实施,今后 5 年国内超细纤维的市场规模将进一步增加,主要涤纶超细纤维面料向高要求和多用途方向开发,据有关人士预测国内超细纤维产量将以每年 9% 的速度增加,到 2013 年国内涤纶超细纤维产量将达到 46 万 t。其中用于仿麂皮绒、仿桃皮绒和仿真丝等高档服装和家纺面料的超细纤维产量将达到 25 万 t 左右。

我国涤纶超细纤维专用分散染料的市场规模也将随之逐步扩大,随着行业集中度的提高和更多针

对超细纤维特点的功能性染色要求的出现,也将大大提高涤纶超细纤维分散染料的需求量。根据业内有关数据统计,1 t 涤纶超细纤维织物根据染深性能的不同要求而一般需要 20 ~ 80 kg 的分散染料,而其中海岛型超细纤维织物和有高水洗、高日晒牢度要求的高端面料染料消耗量会更多。随着国内涤纶纺织面料行业向差别化、功能化方向快速转型和发展,我国涤纶超细纤维专用分散染料将获得进一步发展,其需求将以每年 15% 速度增加,到 2013 年国内需求量将达到 15 000 t。■

### 2.3 可节省煤炭的运力、安全环保

运力紧张是我国当前经济发展中存在的主要矛盾之一。现“三西”地区调往华东等沿海地区的煤炭主要依靠大(同)-秦(皇岛)和神(木)-黄(骅)2条铁路线运输,现2条线的年运力仅为2.6亿~2.7亿t,目前国家已有计划将对现有线路进行改造,将大秦线运力提高至3亿t/a,神黄线提高至2亿t/a,并拟建第3条西煤东运线路,即包头-(集宁)-曹妃甸电气化铁路,到2020年该线煤炭运力将达到2亿t/a,这样3条线到2010年总运力可达5.6亿t,2020年将达到7亿t。

由于该地区煤炭的热值平均为20 900~25 080 kJ/kg,而气焦的热值一般均在29 260 kJ/kg左右,加之原煤的含水率较高,因此运气焦要比运煤炭节省运力17%~40%。如果将目前的运煤改为运气焦,则平均每年可节省运力约2亿t,即可节省一条运输线的运力,可大大节省运输系统的投资和运行费用。

表1 直立炉系统与其他煤化工项目的主要技术经济比较

	直立炉利用系统	煤炭直接液化	煤炭间接液化	煤气化制甲醇
产品产量/万 t·a <sup>-1</sup> (以投资12亿元为基准)	气焦 120, 焦油 11.6, 粗苯 0.92, 硫铵 1.1, 煤气制甲醇 23	油品 12	油品 10	精甲醇 27
产值/亿元·年 <sup>-1</sup>	约 12(气焦 350 元/t、焦油 2000 元/t、粗苯 4000 元/t、硫铵 500 元/t、甲醇 2100 元/t)	4.8(4000 元/t)	4.5(4500 元/t)	5.67(2100 元/t)
能耗/kcal·h <sup>-1</sup>	按液体产品(甲醇, 焦油苯)计 单位能耗 10.91 × 10 <sup>6</sup> kcal/t	吨油品能耗约 21 × 10 <sup>6</sup> kcal/t(3.5 t 原煤生产 1 t 油品)	吨油品能耗约 24 × 10 <sup>6</sup> kcal/t(4 t 原煤生产 1 t 油品)	吨精甲醇能耗约 12 × 10 <sup>6</sup> kcal(2 t 原煤生产 1 t 甲醇)
技术成熟度	技术成熟可靠, 完全可立足于国内。国内有多个工业化生产装置	国内示范阶段, 国外尚无先例, 有一定的技术风险	国内示范阶段, 国外有工业化生产装置	有工业化生产装置。Shell、GSP、Texaco 气化炉需付技术使用许可证费; Shell、GSP 气化技术需购买工艺包等

由表1可见,该方案中直立炉多联产系统中气焦、焦油、甲醇等均可作为主产品,工厂的经济效益受市场波动的影响较小。另外,该方案工艺技术成熟,可立足于国内,因而装置投资比煤炼油和煤制甲醇等都要低的多,单位产品能耗也最低,技术风险和投资风险最小,是目前国内较为现实可行的煤炭综合利用技术。

由于国内炼焦行业产能过剩,不应再建炼焦项目,目前采用直立炉综合利用系统加工煤炭,是一条行之有效、现实合理的途径。

### 3 问题的说明

(1)为合理有效的利用神府-东胜地区的长焰煤资源,除了采用上述的直立炉中温干馏技术之外,为

同时运输气焦比较安全,焦炭不会自燃、风化,运输损失小,对运输沿线的环境污染也相应减少。

### 2.4 副产品可采用管道输送

直立炉副产的炭化煤气可用来生产甲醇或二甲醚,也可用于生产管道天然气(SNG),这些产品包括油品都可以集中采用管道输送,有助于缓解该地区的运输紧张局面。从这里用管道输往到广东(约2 000 km)要比西气东输管道(约4 000 km)近的多,且气量也远大于西气东输工程,如果能够实现这项工程,将大大缓解该地区及华东、华南和中南地区的交通运输压力,对解决这些地区的能源供应问题,会产生非常积极的作用。

### 2.5 直立炉多联产系统的特点

直立炉多联产系统产品多、效益好、投资省、能耗低、技术成熟、风险小。直立炉系统与其他煤化工项目的主要技术经济比较见表1。

得到更多的轻质油,也可发展环保型的内热或外热式低温干馏炉及循环流化床热电气油多联产装置,还可以采用Lurgi加压气化炉多联产系统,在得到油品的同时,生产的煤气用于合成甲醇、二甲醚、合成油等产品,尾气用于联产管道天然气或燃气轮机发电。

(2)直立炉系统所产生的炭化煤气与焦炉煤气相比,气体中CO含量高、CH<sub>4</sub>含量低,经转化后其氢碳摩尔比约为2,较焦炉煤气更适于生产甲醇,同时炭化气中的有机硫(如噻吩等)含量较焦炉气中少,更易于脱除。另外炭化气产量较焦炉气量大,可生产更多的甲醇。

(3)关于资金的问题。要实现2020年在“三西”(下转第7页)

效益和市场竞争力的。

### 2.1.1 裂解炉大型化

由于裂解炉占乙烯装置投资的25%~30%,因此,为了适应乙烯装置大型化的技术发展趋势,各乙烯技术专利商纷纷推出新的大型化裂解炉。裂解炉大型化减少了各裂解装置所需的炉子数量,一方面降低了单位乙烯投资费用,减少了占地面积;另一方面裂解炉台数减少使散热损失下降,节约了能量,方便了设备操作、管理,降低了乙烯的生产成本和维修等费用。目前运行的单台气体裂解炉最大生产能力已达到21万t/a,单台液体裂解炉最大能力达到18万~20万t/a。各乙烯专利商正在着手推出30万t/a级的裂解炉型<sup>[2]</sup>。

### 2.1.2 压缩机大型化

压缩机和透平机械是乙烯装置中除裂解炉之外投资最大的设备。世界乙烯设备生产商为了适应乙烯装置大型化的发展趋势,设计生产了大型单系列压缩机和透平机械。压缩机和透平机械大型化主要是解决机壳尺寸、透平功率和转速的限制,以及轴承的跨度限制等关键技术难点,实现单系列装置最大化生产能力。目前,世界上生产乙烯装置压缩机的主要厂家有美国的克拉克(Clark)公司、爱里奥特(Elliott)公司、意大利的新比隆(Nuovo Pignone)公司、

德国的德马格(Demag)公司、日本的三菱重工(Mitsubishi)公司和瑞士的苏尔寿(Sulzer)公司等。世界最大的乙烯压缩机生产商爱里奥特公司成功地推出功率大于900 MW的大型透平机和单线功率52~61 MW裂解气压缩机。

### 2.1.3 塔器和换热器大型化

以往乙烯装置中的塔,多数采用浮阀塔,也有少数用筛板塔。为了适应装置规模大型化的发展趋势,现在多数已采用填料塔或高效塔盘。高效塔盘具有高流量、高效率 and 低压降的特点,处理能力比常用塔盘高40%~60%。为了满足能力的要求,在大型化设计中,最重要的技术之一是分离系统流程进一步优化,同时采用低压精馏技术可以减少回流量及塔板数,从而减小塔器的尺寸和重量。在乙烯装置扩能改造中,一般将浮阀塔改为填料塔,能力提高20%以上,阻力降50%以上。

为了适应装置规模大型化的发展趋势,换热器可以采用多壳程结构,或者采用高效换热管。由UOP公司开发设计的高效换热管,传热系数比一般光管高4~6倍。高效换热管技术使换热器的热效率明显提高,并已用于乙烯装置,如进料激冷器、脱甲烷塔和乙烯精馏塔再沸器、脱甲烷塔冷凝及乙烷塔和乙烯塔冷凝器等装置。

(上接第5页)

地区采用直立炉的方案加工利用5.85亿t煤炭的目标,大约需要投入4000亿元的资金,这远小于2020年前国家规划的搞煤炼油项目的投资。目前国内一些大的企业集团仅对煤炼油等项目的规划资金就已超过了这个数字(如神华集团的规划投资已超过2700亿元),再加上对大型煤制甲醇、二甲醚、烯烃等项目的投资就更多了,因而需要国家统一规划,将部分资金转入直立炉煤炭加工利用系统中,做到合理、有效、适时的投入。

(4)关于环保和水资源的问题。建设现代化的能源化工企业,需要严格按照国家的环保标准要求,做到“三同时”。由于直立炉系统不存在加煤和出焦的煤尘污染,干馏气体经脱硫等净化处理后综合利用,因此只要投入必要的环保资金,重点治理水体污染,优化工程设计,就能实现建设技术先进、环境友好的绿色环保企业的目标。

水资源短缺是“三西”地区的一个比较严峻的现实问题。直立炉在干馏过程中不消耗水,甲醇生产的工艺过程也不消耗水,主要是冷却过程、特别是动

力系统,需要大量的冷却水,为此在该地区应大力推广使用空冷器,尽量减少循环水冷却塔造成的水分蒸发,同时工艺过程的排水和循环水及锅炉系统的排污水也要集中回收处理,采用生化和膜处理等先进工艺,将水资源的利用率提高到95%以上。

(5)要实现2020年在“三西”地区采用干馏工艺加工利用5.85亿t煤炭的目标,须由国家和地区有关部门统一规划,合理布局,有计划的分步实施,最终形成该地区煤炭加工和输出能源的统一网络和运营系统。

## 4 结语

神府-东胜地区的长焰煤是世界上少有的优质矿产资源,它既是煤炭又是不可忽视的石油资源。该煤种在我国分布较广,在新疆、宁夏、甘肃、云南、黑龙江等地均有较大的储量,如何充分地利用好它,是值得业界和有关政府部门认真研究和探讨的问题。解决好这个问题,对促进我国煤化工事业的健康、合理、有序、多元化的发展,保障国家能源的安全供应和社会的和谐发展,都有着重要的现实意义。■