

我国煤制天然气发展思路及问题分析

吴枫,张数义

(中海油山东化学工程有限责任公司,山东 济南 250013)

摘要:针对我国天然气严重短缺的现状,提出我国煤制天然气发展思路,并对存在的问题和制约因素进行了具体的分析,从煤制天然气工厂的规模、水资源、碳排放及调峰问题几个方面提出了解决办法。

关键词:煤制天然气;发展思路;规模;水资源;CO₂减排;制约因素

中图分类号:TQ-9;TQ546

文献标识码:A

文章编号:0253-4320(2010)08-0001-03

Some problems of developing synthetic natural gas(SNG) in China

WU Feng, ZHANG Shu-yi

(CNOOC Shandong Chemical Engineering Co., Ltd., Jinan 250013, China)

Abstract: In recent years, synthetic natural gas(SNG) produced from coal is a hot focus in China. This paper analyzes the existing problems and restricted factors for SNG generation in China, and puts forward the solutions to them.

Key words: SNG; development strategy; scale; water resource; CO₂ discharge reducing; restricted factor

近年来我国的天然气消费需求呈快速增长的态势,2009年国内天然气消费量已达874.5亿m³,天然气消费结构也在不断变化,逐渐由以化工和工业燃料为主转向以民用和发电为主的方向。随着国家大力发展低碳经济等政策的实施,国内对天然气的的需求仍将与日俱增。而随着需求增长,天然气将由目前的供需基本平衡转向短缺。《中国能源发展报告(2009)》指出,中国2010年以后的天然气消费市场将集中在东南沿海、长江三角洲和环渤海地区,预计2020年天然气供需缺口将扩大到700亿~1100亿m³。天然气供应格局将由目前单一的国内供应为主,转变为国产天然气、海上进口液化天然气(LNG)、陆上进口中亚和俄罗斯天然气的多气源联合供气方式。

目前我国天然气的进口途径主要有2条,一条是从俄罗斯和中亚国家通过长输管道进口的天然气,另一条是在东南沿海等地进口的LNG。由于国际天然气价格已经与石油直接挂钩,进口天然气无论是LNG还是管道天然气的价格均远高于国内现行价格,同时由于我国已探明天然气储量还不足世界总量的1%,因此国内许多有识之士和大的企业集团公司纷纷都把目光投向了煤层气和煤制合成天然气项目上,以期缓解我国天然气供应严重不足的局面。

煤制天然气(SNG)是一项成熟的技术,早在1984年投产的美国大平原工厂利用高含水褐煤生

产天然气,至今已运行了20多年,这也是全世界唯一的一座煤制合成天然气工厂。该技术以劣质褐煤为原料生产天然气,为低品质褐煤的增值利用提供了发展机遇和空间,符合我国煤化工发展的要求。在我国利用不宜长途运输的低质褐煤、禁止开采的高硫煤和边远地区的煤炭资源发展煤制天然气,应该是一个合理的选择。近年来,除大唐国际在内蒙古赤峰克旗的煤制天然气工程已开始实施外,还有10多个大的企业集团均已开始涉足该产业,SNG项目的规模从15亿~100亿m³/a不等。本文将对我国应如何发展煤制天然气的问题谈一些看法。

1 关于煤制天然气工厂的规模问题

世界上第1座商业化运行的煤制天然气工厂——美国大平原气化工厂的建设规模为12亿m³/a,建有14台Mark-IV型Lurgi加压气化炉,变换、低温甲醇洗、煤气水分离及处理等工序均为双系列,自建3台燃气锅炉,同时掺烧工厂自产的焦油等;每年用于气化的原料褐煤14000t,新鲜水用量1262t/h,工厂投资约21亿美元,是当时北美地区最大的建设工程。

目前我国拟建的SNG工厂规模从15亿~100亿m³/a不等,规模一般均大于大平原工厂。规模大的确有其经济性好的一面,但同时也存在着很多问题。如:用煤量巨大,一个40亿m³/a规模的SNG工厂气化用小粒子(5~50mm)褐煤大约为

1 200 万~1 500 万 t/a(烟煤约 1 000 万 t/a),这样就要求必须有 2 000 万 t/a 以上开采能力的煤矿配套供应,一般需要多个矿井来保证;同时为了满足入炉煤的粒度要求,尚需设置多套庞大的输送、粉碎、筛选等辅助设施以及宽阔的场地,一般应设置配煤中心,要有合理的规划和精心的设计,才能保证气化用煤的供应。另外,褐煤在运输和加工过程中易产生脱水风化等问题,特别是冬季会给煤的运输带来更多的困难。通常大规模的煤气化工厂应采用坑口气化,如:世界上最大的煤化工企业——南非萨索尔公司有 3 个独立的工厂,一年共处理 4 000 万 t 煤炭,也主要是基于坑口气化才得以实现,但由于该工厂用煤量巨大,现坑口煤田也只能保证供应 10 年左右,尚需寻找新的煤田。

所以,虽然我国的煤炭资源较为丰富,但在一个较小的地域要保证供应 1 000 多万 t/a 的粒煤也不是轻易能够实现的,因此 SNG 工厂的规模不宜盲目求大,而是应该根据本地煤炭产量的实际情况量力而行,一般宜在 15 亿~20 亿 m³/a,建设 2 条生产线,便可达到经济规模。规模增大,生产线还要增加,同时对原料煤的运输和管理都有更高的要求,不如在邻近坑口地区多建几座工厂,同样可以达到多产 SNG 的目的。一般情况下,一座工厂的规模不宜大于 40 亿 m³/a,这已经相当于 4~5 个 180 万 t/a 甲醇工厂或 300 万 t/a 合成油工厂的规模。

2 关于水资源的问题

与其他能源化工产品相比较,SNG 工厂的能源利用效率和水资源利用率都是最高的,但由于其规模巨大,因而用水量也是巨大的。一个 40 亿 m³/a 的 SNG 工厂即使在严格管理、最大化地将工厂废水经处理后重复利用的条件下,其用水量也不会少于 2 200 t/h,这对煤炭资源丰富的西部缺水地区来说是有一定难度的。以 Lurgi 干灰气化法生产 SNG 的工厂用水量分析见表 1。

煤化工企业最大的耗水项目是循环冷却水系统的补充水。40 亿 m³/a SNG 工厂在汽机采用空冷器的条件下全厂循环冷却水最少应为 85 000~90 000 t/h,按照蒸发和风吹损失率 1.7% 计算,需补水 $Q = 85\,000 \times 0.017 = 1\,445$ t/h。上述 2 项合计耗水 2 570 t/h。

但由于在合成甲烷的过程中可生成 230~250 t/h(平均 240 t/h)水,同时原料煤中含有 8%~30% 的水(100~300 t/h,平均 200 t/h),扣除该

表 1 以 Lurgi 干灰气化法生产 SNG 的耗水量分析

| 工艺过程 | 耗水量/t·h ⁻¹ |
|-----------------|----------------------------------|
| 煤气化和变换反应耗水 | 730~800(生成 H ₂ 进入产品气) |
| 灰渣(含锅炉系统)含水 20% | 70~100(进入灰渣场) |
| 空分水冷却塔氮气带出水 | 25~30(排入大气) |
| 煤气(酸性气、膨胀气等)带出水 | 20~25(进入硫回收和烟囱) |
| 浓盐水排放(多效蒸发后) | 40~80(进入地区污水管网) |
| 脱盐水脱氧等损失 | 100~120(排入大气) |
| 蒸汽管网漏损 | 10~20(排入大气) |
| 输煤及煤加工系统喷洒水 | 10~20(进入大气或煤中) |
| 管网漏损及其他 | 20~30(进入大气或地下) |
| 小计 | 1025~1225(平均 1125 t/h) |

2 项进水项,实际生产过程耗新鲜水 2 130 t/h,另外工厂尚有少量生活、化验、绿化等用水无法回收,因此一个 40 亿 m³/a 的 SNG 工厂即使在设计十分完善、设备运行处于较佳的状态、工厂管理水平很高的条件下,最少耗水量仍然为 2 150~2 200 t/h,年耗水约 1 600 万 t。

要想降低 SNG 工厂新鲜水的消耗,必须从生产工艺上进行改进。首先是尽可能地回收生产过程的低温余热(150℃ 以下的热量)用以产生蒸汽或加热其他物料。美国大平原工厂除了利用此部分热量副产 0.5 MPa 的蒸汽外,还副产 0.34 MPa 和 0.17 MPa 的低压蒸汽,不仅提高了工厂的热效率,还大大节省了循环冷却水的消耗。

节约冷却水最主要和有效的措施是尽量采用空冷器,特别是在西部地区,空气干燥,气温较低,采用空冷器是非常有效的。例如:在煤气冷却、甲烷转化尾部、煤气水分离、脱酚和蒸氨等工序都有可能采用空冷器。笔者所在单位曾在内蒙古某直立炉炭化煤气制甲醇装置的甲烷转化尾部、合成甲醇的冷凝冷却及甲醇精馏的冷凝冷却等部位全部采用空冷器(干式空冷,仅在极端高温气候条件下喷洒水雾辅助降温),应用效果很好,与一般的甲醇工厂比可节约一半的冷却水。

因此,SNG 工厂要大幅减少用水量,必须采用空冷器。如果采用空冷器能够减少一半的循环水消耗,则理论上可以减少新鲜水用量 722 t/h,40 亿 m³/a 的 SNG 工厂用水量就可以减至 1 500 t/h 以下,年用水量为 1 200 万 t/a。但即使是这样的用水量,在西部地区也不是轻易能够解决的,所以在缺水地区建设 SNG 工厂,还要取决于当地的水资源

情况,有时减少生产规模也是明智的选择。

3 关于碳排放的问题

中国政府一贯高度重视气候变化问题,积极参与国际社会对气候变化的合作,坚持《联合国气候变化公约》及《京都议定书》的基本法律框架,坚持“共同但有区别的责任”原则,积极促进合约和议定书的全面有效和持续实施。我国已正式承诺“在2020年单位GDP碳排放比2005年下降40%~45%,作为约束性指标纳入国民经济和社会发展中长期规划,并制订相应的国内统计、监测、考核办法”。

煤制SNG工厂的产品SNG属低碳能源,但是在生产过程中只有1/3的碳(含锅炉用煤)进入了SNG产品,其余2/3的碳变成了CO₂排出工厂。一般生产1 m³的SNG约排出4 kg CO₂,一个40亿m³/a的SNG工厂,每小时排出CO₂ 2 000 t,年排放1 600万t CO₂,这个数字是十分庞大的,减排需要投入巨大的资金。据预测,在美国靠近适宜封存的地区,减排已捕集的CO₂约需5美元/t,按此计算,40亿m³/a的SNG工厂需要减排费用约8 000万美元/a,相当于每m³的SNG增加0.02美元的成本,即相当于增加10%的成本费用。

由上可知,要减排CO₂,必然增加产品成本,使得工厂的经济效益受到较大的影响,同时还需要增加输送设备和管道等大量的投资。但为了减排,这又是必须付出的代价。国家为了鼓励减排,将逐步开始征收较高的碳税,对于SNG工厂来讲,与需要缴纳高昂的碳税相比,实施减排还是有很多有利条件的:一是大部分的CO₂已经在生产过程中被捕集下来了,不需额外的投入和操作费用,这一点要比燃煤电厂更容易实现;二是生产SNG的净化过程得到的CO₂纯度很高(≥99%),且有一定的压力,可减少输送、封存的投资和费用。

总之,我国已承诺要减排CO₂,不管是按照碳排放总量计算减排,还是按照单位GDP的碳排放计算,都是以2005年为计算基础,因此,新建工厂必须考虑承担CO₂减排任务,在设计中应尽量做到如下几点:

(1)将SNG工厂建设在已开发的油田附近,以便于将CO₂出售给油田用于强化采油。美国大平原工厂自2000年后每天将269万m³的CO₂(占工厂总排放量的近一半)通过330 km的管道送往加拿大Weyburn油田用于采油,双方都从中获得了丰

厚的利润。

(2)将SNG工厂建设在靠近煤层气产区,利用煤炭对CO₂的吸附强度大于CH₄的特点,将CO₂注入地下,置换出CH₄,以提高煤层气的采收率。

(3)最大限度地利用碳资源,考虑联产尿素、甲醇等化工产品,或者生产食品级CO₂以及其他化工和生物产品,减少CO₂的排放。

(4)SNG工厂选址尽量靠近海边、盐湖、废弃的油井和矿井以及有地下溶洞等地区,以利于CO₂气体的封存。

(5)工艺设计中充分考虑到CO₂气体的捕集和再利用,建议采用带真空的低温甲醇洗再生流程,以提高CO₂气体的纯度,减少排放气量。

CO₂的减排是建设SNG工厂必须认真对待的严肃问题,建设单位、设计部门必须严格遵照国家的有关政策法规贯彻执行,采取必要的措施,才能保证煤制SNG项目的正常实施。

4 关于调峰的问题

我国的天然气主要是供民用,冬夏季峰谷差很大,特别是我国北方地区,夏季用气量少,冬季由于供暖而需要大量增加天然气用量。以北京为例,2009年天然气使用总量达到60.63亿m³,夏季日用气量不足500×10⁴ m³/d,而冬季日用气量则高达5 000×10⁴ m³/d,其中近80%为供暖用气,冬夏峰谷差已经超过10:1,对供气系统的压力极大。近几年在冬季用气高峰期都出现过不同程度的“气荒”,虽然供气系统设有地下贮气库、LNG站等贮存设施和夏季利用燃气发电等手段来调峰,但效果却不能令人满意。而煤制SNG工厂可以有效地调节供气系统的峰谷差,通过调节工厂的负荷或停开部分设备即可便捷地调节供应气量。

SNG工厂调节天然气供应量最有效和合理的方法是采用多联产的方案,即SNG联产甲醇或合成氨。一个40亿m³/a(50万m³/h)的SNG工厂,通过联产甲醇的办法可以很容易地将SNG的产量调至30万m³/h(即减产SNG 40%),相应的甲醇产量可以达到375 t/h。由于甲醇产品易于贮存和运输,这样既有效调节了SNG产量,又充分利用了工厂的设备,仅需增加合成气压缩机及甲醇合成装置等系统,增加的投资一般不足SNG工厂总投资的10%。

另外,对于某些年轻的烟煤或褐煤等原料,采用Lurgi干灰气化法时,其煤气中的CO可能不足,

(下转第5页)

表1 国外主要特种蜡生产商

| 公司名称 | 基本概况 | 主要产品 | 应用领域 |
|--------------------------------------|--|--|---------------------------------------|
| 百瑞美特殊化学品有限公司 | 总部设在荷兰的阿姆斯特丹,总公司成立于1896年,是欧洲最大的专业生产蜡的企业 | 橡胶蜡、热熔胶、涂层蜡、纸板箱蜡、家禽脱毛蜡、口香胶、乳状炸药蜡及光导纤维填充物等 | 轮胎、炸药、纸板、纸箱、口香糖、光导纤维 |
| 日本精蜡株式会社 (Nippon Seiro Co) | 远东地区的大型石油蜡生产商。年生产专用蜡5万t,近300个品种 | 石蜡、微晶蜡、氧化蜡、氧化石油脂、橡胶蜡、电子蜡、乳化蜡、防锈蜡 | 轮胎、电子、防锈 |
| 英国 Astor STAG 公司 | 世界上最大的特种蜡公司。在比利时、美国还有4个生产厂。现有生产能力75 kt/a,共生产六大类100余种产品 | 橡胶蜡、光导纤维蜡、热熔胶蜡、电缆蜡、防锈蜡 | 橡胶、塑料、包装、医药、电缆、光纤填充剂、汽车防护、建筑、运输、热熔粘合剂 |
| 美国史东毕斯公司 (STRAHL & PITTSCH, INC.) | 专门研发各种专业配方,被各大化妆品公司及药品公司所采用。有上百种产品 | 石蜡、微晶蜡、各种天然蜡和动植物蜡、化妆品蜡 | 化妆品、药品、光亮剂、润滑剂、蜡烛制造、纸浆、药丸及水果的覆盖物 |
| 加拿大 IGI 公司 | 北美最大的蜡精炼和调和工厂,世界级公司 | 石蜡、微晶蜡、蜡烛蜡、口香糖蜡、化妆品蜡、电缆蜡、蜡笔蜡、热熔胶、奶酪蜡 | 蜡烛、口香糖、化妆品、蜡笔、保鲜膜、粘合剂、标签、杯子、电缆 |
| 德国 Shumann 集团 | 在40多个国家设有代理公司,并向世界90多个国家与地区销售其产品500余种 | | 在数十个行业中得以应用 |
| 美国联合化学公司的伯乐公司 | 年产数万吨石油蜡,加工成100多个品种的特种蜡,仅热熔胶就达几十个品种,年产量约5万t | | 热熔胶 |
| TER HELL & CO. GMBH | 德国公司,以化学品原料为主的供货商,有100年的历史 | 其产品供应范围包括来自天然的合成树脂、塑料制品以及各种各样的蜡,各种涂料和特别的化学制品,以及提供来自自然的食品工业原料 | |

(上接第3页)

可以通过加入少量 CO₂ 作为气化剂的方法予以调节,见图1。

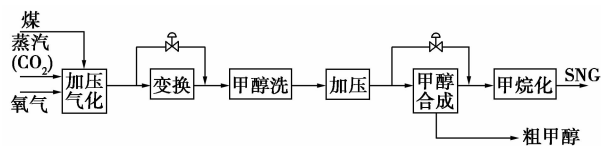


图1 SNG联产甲醇方块流程图

通过联产的办法调峰的好处是,工厂可以在满负荷状态下运转,根据市场的情况灵活调节产品产量,会给工厂创造较好的经济效益,同时也便于工厂的经营和管理。

5 结语

尽管煤制 SNG 项目在国外已有成熟的技术,且

业内众多专家和学者普遍认为煤制天然气在能源利用效率、水资源利用效率、环保效益和 CO₂ 减排等方面都优于煤制油、煤制甲醇等其他能源化工产品,但是,值得注意的是,到目前为止,我国尚未有投产运行的工厂,对于这样大规模的工厂我们还缺乏设计和建设的经验。同时,在技术的选择方面,是否完全采用美国大平原工厂的模式也是值得深入探讨的,如今的大平原工厂已经经过了多次技术革新和改进。特别是煤气化和甲烷化技术等尚有较大的开发和选择的空 间,应发展具有现代特色的先进适用的新技术,使建设的工厂更加经济合理。另外,在具体项目的实施中,还要受到国家政策、当地的煤价、气价、水资源、环保及输送管网等多种因素的制约,投资风险还是存在的。所以建议先上示范装置,取得成熟的经验后再推广较为稳妥。■