

工艺与设备

用组合气化炉发展现代煤化工的建议

吴 枫, 闫文艳, 阎承信

(烟台化工设计院, 山东 烟台 264001)

摘要:当前发展煤化工碰到的第一个难题就是如何选择适宜、高效、经济实用的大型气化炉。由于煤质的特殊性,至今尚没有各方面都令人满意的煤气化技术。本文中提出采用气流床和固定床组合气化炉的方案:向气流床气化炉出口煤气喷入 Lurgi 炉出口含有焦油的粗煤气,以降低气流床气化炉的出口温度,并使 Lurgi 炉出口煤气中的焦油等有机物得以气化和裂解。

关键词:煤化工;组合气化;应用;建议

中图分类号: TQ545

文献标识码: A

文章编号: 0253-4320(2005)06-0048-04

Suggestions on development of modern coal chemical processing with combined gas stoves

WU Feng, YAN Wen-yan, YAN Cheng-xin

(Yantai Academy of Chemical Engineering Design, Yantai 264001, China)

Abstract: How to choose large-scale gas stoves with characteristics of feasibility, high efficiency and economy is the first problem to develop the chemical processing of coal nowadays. A process for coal gasification which could meet the characteristics above mentioned hasn't been found up to now, due to the particularity of coal. In this paper, the scheme for adopting combined gas stoves between flow bed and fixed bed is put forward as follows: the crude gas containing tar from the outlet of Lurgi stove was sprayed into the gas from the outlet of flow bed stove, so as to decrease the outlet temperature of flow bed stove, gasify and decompose organic compounds such as tar in the gas from Lurgi stove.

Key words: chemical processing of coal; combined gasification; application; suggestion

近年来由于国际石油价格飞涨,由煤制合成油、甲醇、二甲醚以及烯烃等产品已具有一定的竞争力。我国一些富煤的省份利用本地的煤炭资源,就发展现代煤化工产业进行了大量的前期工作,拟建的大批项目中煤炭加工量大部分在 200 万 t/a 以上,投资在 50 亿元以上,都拟建在坑口附近,集煤炭开采加工和化工利用以及发电于一体,核心技术大部分从国外引进。近年来国内外虽然对煤化工的有关技术进行了大量的开发和试验研究,但目前尚无新型的现代化煤化工企业投入运营(南非 Sasol 厂为 20 世纪 80 年代前建厂)。目前我国虽已具备了发展现代煤化工的基本条件,形势也迫切需要用煤化工产品替代部分石油,以减少我国对进口石油的依赖,但还是应该先建各种示范性工厂,取得经验后再大面积推广应用较为稳妥。

现代煤化工企业的龙头——煤气化装置是至关重要的,它直接影响企业的投资和生产经营的经济性。南非 Sasol 厂采用 Lurgi 法气化和净化技术,其投资约占整个工程投资的 65%,生产成本所占的比

例也大一些。而煤气化装置又是煤化工企业的主要污染源,如何正确合理地选择用于现代煤化工企业的气化炉型,是当前各煤化工项目都十分关注又难以抉择的问题。由于没有万能气化炉,因而煤气化装置已成为当前发展煤化工的瓶颈。笔者建议采用组合气化炉作为发展现代煤化工项目的主选炉型,现就组合气化炉的有关问题进行探讨。

1 大型加压气化炉的开发、应用现状

现代煤化工项目要求煤气化炉具有以下特点:①对煤质的适应能力强,以满足直接气化坑口煤炭的要求;②气化炉的能力要大(500~2000 t/d);③对环境友好,无污染或低污染;④气化效率和碳转化效率要高;⑤运行安全可靠,便于维护和管理,可用率应达到 95% 以上。

目前可供选择的工业化大型气化炉主要有气流床 Texaco 炉和 Shell 炉以及固定床 Lurgi 炉,每种炉型各有其优缺点。Texaco 炉对煤质的要求较为严格,一般适用于灰分质量分数 < 13%、灰熔点(Ft)低

于1 300℃、成浆性较好的煤种;Shell炉可以气化灰熔点低于1 500℃的任何煤种,气化效率和碳转化率都较Texaco炉的高,但其干法加料系统不如湿法加料系统安全可靠,装置投资昂贵;Lurgi干灰气化炉适于气化弱黏结和不黏结性块煤,对煤的灰分和水分含量要求不太严格,但存在煤气水的污染问题。

对于拟建的煤化工项目,除了要根据当地的煤质特点选择适宜的气化炉外,还要考虑装置国产化的程度。目前我国已完全掌握了Lurgi炉技术,国产化率达到95%以上;湿法加料的Texaco炉国产化率也已达90%以上;Shell炉尚未有国产化的先例,目前已全套引进能力为1 000 t/d和2 000 t/d的装置,其技术费和设备费较前2种炉型高出很多。鉴于今后我国将有很多煤化工项目上马,不能全部依靠引进,应加大国产化的力度。

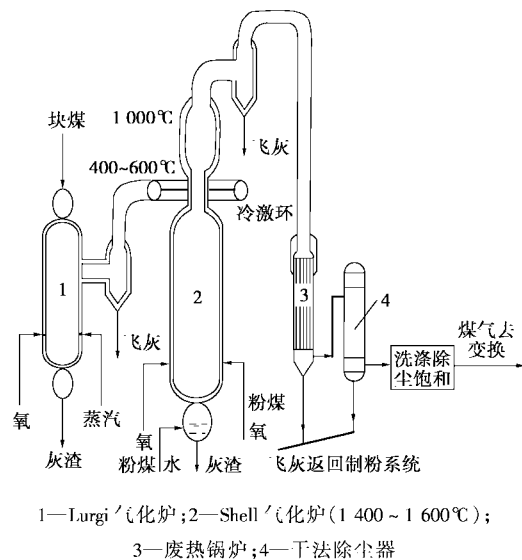
2 气流床气化炉与Lurgi炉的组合

为充分发挥现有气化炉的优势,扬长避短,笔者设想采用气流床气化炉与Lurgi炉组合的气化装置。

气流床气化法的共同特点是顺流气化,反应物在炉内的停留时间很短,因而需要较高的气化温度(>1 300℃)才能够取得较高的碳转化效率和气化效率,这样就使得气化炉出口煤气带走的显热较多。Shell炉出口煤气带走的显热约占入炉煤热值的13%左右,Texaco炉的约占20%(不含潜热),虽然这些显热在后面的废热锅炉中可部分回收用于产生蒸汽,但冷煤气效率要降低13%~20%,应该说这是降低气流床气化法冷煤气效率的主要原因。为了利用这部分高温煤气的显热,Destec(现改称globale-gas)气化法采用二段气化,在上段喷入部分水煤浆以降低出口煤气温度和提高气化效率的措施显然是合理的。而Shell法用循环煤气冷激将出口煤气温度降至900℃,以防止液渣在后续系统粘结。Texaco法则采用水冷激或庞大昂贵的废热锅炉,以除掉液渣并降低煤气的出口温度,这些都是为了保证后续系统的安全运行而不得不使用的方法。

为有效合理地利用气流床气化炉出口煤气的高温显热,笔者建议喷入Lurgi炉出口含有焦油的粗煤气,以降低气流床气化炉的出口煤气温度,并使Lurgi炉出口煤气中的焦油等有机物得以气化和裂解,彻底解决了Lurgi炉煤气的污染问题。另外Lurgi炉粗煤气中含有较多的水蒸气,对冷激和气化均较有利。

气流床气化炉与Lurgi炉组合示意图如图1所示。



1—Lurgi 气化炉;2—Shell 气化炉(1 400~1 600℃);
3—废热锅炉;4—干法除尘器

图1 气流床气化炉与Lurgi炉组合示意图

3 组合气化炉的优越性

3.1 提高了冷煤气效率

Lurgi炉的气化方式是固定床逆流气化法,在现有的气化方法中其气化效率最高,也是最成熟和最经济实用的,其冷煤气效率可达80%以上,包括焦油等的煤气效率不低于90%,出口煤气温度一般在400~600℃。如将气流床气化炉的出口煤气温度由1 400~1 500℃降至950~1 000℃,约需1倍左右的Lurgi炉煤气冷激。Shell气化炉的冷煤气效率一般为80%,在用Lurgi炉煤气冷激时,由于焦油等重烃物质的裂解气化,混合冷煤气效率可达83%~85%;Texaco炉目前的冷煤气效率约为71%~76%,在用Lurgi炉煤气冷激后,其混合冷煤气效率也能达到80%左右。由此看来,气流床气化炉在与Lurgi炉组合后,其混合冷煤气效率可提高3~5个百分点,这是其他气化方法难以达到的。

3.2 彻底消除了Lurgi炉的煤气水污染问题

由于Lurgi气化法是固定床逆流气化,因而煤气中含有焦油、轻油、酚、氨等物质,在后面的冷却净化过程中产生大量的含有焦油、酚、氨的煤气水,这是Lurgi气化法的主要污染源,也是该法的主要缺点。为了消除污染并回收副产品,必须设置煤气水分离、脱酚、氨回收以及废水处理等装置,同时,在煤气净化时,还设有轻油回收装置(一般采用低温甲醇洗法),这样就使得Lurgi气化法工艺过程和生产装置庞大而复杂,不仅投资大,占地面积大,而且所回收的副产品数量有限。为了治理污染须投入大量的人力和财力,经济效益较差,还有可能造成二次污染。

如将 Lurgi 炉与气流床气化炉组合,则 Lurgi 煤气中的焦油、轻油、酚等物质在 950 ~ 1 000℃ 的高温下均被裂解和气化,彻底除去了这些污染物质,从而使气体的进一步加工利用变得简化;Lurgi 煤气中的氨不能全部被裂解除去,但可以在后续的洗涤冷却过程中被水吸收,对缓解系统的腐蚀是有益的,整个洗涤冷却和水系统设备均可采用碳钢;由于 Lurgi 煤气中的轻油被裂解,因而煤气的净化脱硫装置得以简化,不必采用低温甲醇洗法工艺,可降低投资。

3.3 提高了装置能力,简化了系统流程

以 Shell 气化装置为例,在与 Lurgi 炉组合时,等于用 Lurgi 炉出口煤气替代了 Shell 炉原有的循环煤气进行冷激,因而可取消原 Shell 法的循环煤气压缩机等设备,同时原系统的废热锅炉、煤气冷却器、干法除尘等设备的容量不必增加,即可通过用 Lurgi 煤气冷激后的混合煤气,使装置能力提高近 1 倍。混合煤气中由于没有重烃物质,故可以直接走 Shell 气化和净化流程,彻底取消了 Lurgi 炉的煤气冷却和煤气水分离与处理等繁杂的系统,使系统装置得以简化。

3.4 合理利用了煤炭资源

Lurgi 炉使用 6 ~ 40 mm 的小块煤,粉煤可供气流床气化炉使用,这样既合理地利用了煤炭资源,又节省了磨煤等装置的能耗。由于我国煤炭的灰熔点普遍较高,一般灰熔点在 1 250 ~ 1 500℃ 的煤只要是粘结性不太强,均可选用 Shell 炉与 Lurgi 干灰炉的组合气化方式,可取得比较令人满意的气化效果。

3.5 降低了装置的投资和能耗

由于我国已能够自主设计和制造 Φ 3 800 mm 的 Lurgi 加压气化炉,每台气化炉的投资仅为 2 000 万元左右,加上管道安装及土建工程费用,3 台 Lurgi 炉的总投资最多为 1 亿元,仅为 Shell 气化装置投资的 1/5 左右。

由于 Lurgi 炉在气化过程中伴有生成 CH_4 的放热反应,因而气化效率较高,煤耗低,氧耗也仅为 Shell 炉的 1/2,其不足之处是蒸汽耗量较高。在与 Shell 炉组合时,混合煤气可通过废热锅炉产生高压蒸汽,经发电后抽取供 Lurgi 炉气化使用。

4 组合气化炉的应用

以 Shell 炉与 Lurgi 干灰炉组合为例。1 台处理能力为 2 000 t/d 的 Shell 气化炉须配备 3 台 Φ 3 800 mm

的 Lurgi 炉,每台 Lurgi 炉的能力为 500 t/d,产气量约为 5 万 m^3/h (干气),2 000 t/d 的 Shell 气化炉产气量约为 16 万 m^3/h (干气),煤气组成(体积分数)为: CO_2 3.8%、 CO 62.1%、 H_2 28.2%、 N_2 4.5%、其他 1.4%,湿气含水蒸气体积分数约 5%;Lurgi 炉的煤气组成为: CO_2 27.0%、 CO 22.8%、 H_2 39.8%、 N_2 1.3%、 CH_4 7.6%、其他 1.5%,湿气含水蒸气体积分数可达 40%。如按 Shell 气化炉出口煤气温度为 1 500℃,冷激后的温度降到 1 000℃,Lurgi 炉出口煤气温度为 500℃计,大约需要 1 倍左右的 Lurgi 煤气(湿气)冷激,气量约为 16.84 万 m^3/h (含水蒸气体积分数约 40%),折合干气为 10.104 万 m^3/h ,所以正常生产时开 2 台、备用 1 台 Lurgi 炉即可满足要求。如果考虑到在冷激过程中伴有焦油裂解和气化等吸热反应的发生,需要的冷激气体量将少于上述的数量。

冷激后的混合煤气量约为 27 万 m^3/h (干气),其组成为: CO_2 12% ~ 14%、 CO 45% ~ 47%、 H_2 32% ~ 34%、 CH_4 2.5% ~ 3.5%、 N_2 3% ~ 4%,含水蒸气体积分数约为 27%,基本不含焦油和重烃物质, H_2/CO 体积比约为 0.72。该混合气体经净化后可直接用于浆态床合成甲醇、二甲醚、合成油等产品。但由于气体中含有较多的水蒸气,应变换调整 H_2 与 CO 体积比,对后面的合成工序更为有利。

气体脱硫和脱 CO_2 装置可采用聚乙二醇二甲醚(NHD)法或低温甲醇洗法,在需要脱除大量的 CO_2 时,宜选用低温甲醇洗法。本方案考虑利用变换尾部的余热进行吸收制冷,以降低低温甲醇洗法的能耗。

以 2 000 t/d Shell 气化炉配 3 台 Φ 3 800 mm 的 Lurgi 炉为基础计算,可生产的化工产品规模如图 2 所示。

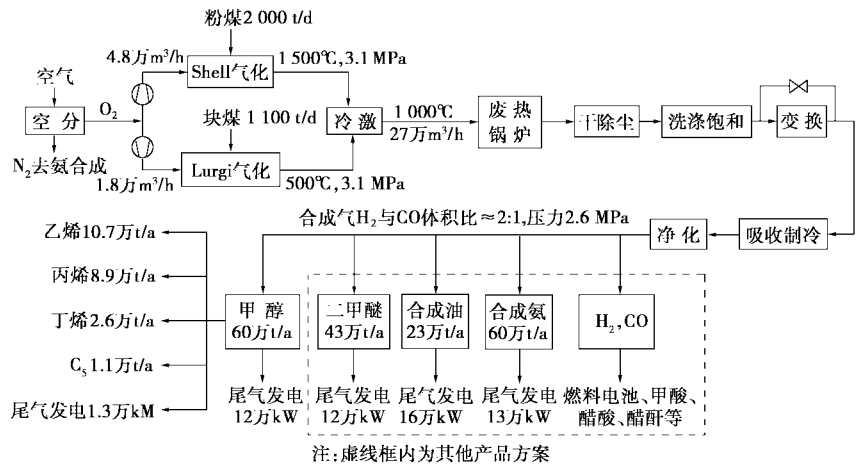


图 2 2 000 t/d Shell 气化炉与 Lurgi 炉组合的产品规模

本方案为一个基本的组合单元,考虑生产单一产品,尾气用于燃气轮机联产电力,这样能源利用率高,环保效果好,也可以部分缓解我国电力紧张和环境污染严重的局面。如要扩大规模或生产多种产品,应再上几个单元组合炉,一般最好为2个系列以上的单元组合,这样更有利于工厂的连续稳定生产和设备的维护管理,使工厂获得更好的经济效益。

5 对湿法加料炉的改进建议

Texaco 炉和国内自行开发的“多喷嘴对置式水煤浆炉”的主要问题是不能提高炉温,气化水煤浆的能耗太大,因而改进的重点是如何提高炉温和降低煤浆中水的比例。在目前耐火材料没有重大突破的情况下,惟一有效的办法就是将耐火砖改为水冷壁,这样虽然要增加2%~4%的热耗,但气化煤浆中水的热耗要远远大于水冷壁的热耗。原料水煤浆中煤与水质量比和气化水所耗的热量占入炉煤热值分别如表1所示。

表1 原料水煤浆中煤与水质量比和气化水所耗的热量占入炉煤热值

煤与水质量比	60:40	65:35	70:30	75:25
所耗热量占入炉煤热值/%	12.0	9.7	7.7	6.0

表1数据说明,只要将水煤浆中煤的质量分数由60%提高到70%,气化过程减少的热耗就足以抵消水冷壁的热耗。这样水煤浆气化炉就可以气化灰熔点>1400℃的煤,从而对原料煤的适应性与Shell法基本相同。因此湿法加料炉的改进重点应放在如何提高煤浆浓度以及研究开发采用液体CO₂等潜热小的物料制浆,以替代水煤浆。

只要煤的成浆性较好,煤浆质量分数能达到65%以上,用水冷壁的湿法加料炉与Lurgi炉组合流程的煤气化效率和各项指标都将优于单独采用湿法

加料炉的流程。在与湿法加料炉组合时,应重点发展多喷嘴对置式气化炉,但喷嘴应设在气化炉的下部,采用Shell炉的结构形式,这样组合的好处是可以充分发挥湿法加料的安全优势,流程简单,易于操作控制,省去了辐射式废热锅炉,完全采用国内技术和装备,投资较少。

6 实施步骤

(1)本组合气化炉方案属工程应用技术,难度不大,可在现有气化装置上进行工程试验和示范,但要先进行工程仿真计算研究等工作,并在气流床气化炉现场模拟Lurgi炉出口煤气,并将其喷入气流床气化炉进行试验,以取得有关设计数据。

(2)我国是世界上拥有气化炉型最多的国家,有条件博采众长,消化吸收引进的各种气化炉,在现有炉型的基础上进一步开发适用于我国的具有自主知识产权的气化炉。当前条件下特别要加强消化吸收Shell气化技术,尽快实现国产化。

(3)应继续重点开发具有自主知识产权的“多喷嘴对置式水煤浆炉”,并进行有关试验和改进。

(4)对于灰熔点较低的煤种,最好采用BG/L液渣气化炉与气流床气化炉组合,但目前我国尚未掌握BG/L液渣气化炉技术,不具备工业化的条件。据称云南解放军化肥厂准备将现有的Lurgi干灰炉改造为液渣炉,目前正在进行准备工作。

7 结语

将气流床气化炉与Lurgi炉优化组合,可以达到提高气化效率、消除污染、运转安全可靠、降低投资、提高经济效益的目的。这个组合方案的实施难度不大,值得拟建的煤化工项目和有关人员认真研究和探讨,也希望国家有关部门予以重视。■

2005 国际橡塑展即将在广州开幕

规模盛大的橡塑工业展——2005国际橡塑展将于6月21—24日于广州琶洲的广州国际会议展览中心举行。此次展览,展场面积将达77000m²,将有来自奥地利、加拿大、法国、德国、意大利、日本、中国、中国台湾省、英国及美国10个国家或地区的展团参展,展商达1000多家。

2005国际橡塑展设立八大专区:机械专区、饮料及塑料包装设备专区、辅助设备与测试仪器专区、模具专

区、化工及原材料专区、橡胶设备专区、半制成品专区以及出口机械专区。其中化工及原材料专区2005年再有新突破,面积比上届增长5%,达18000m²。展会期间,将安排以下活动:塑料及橡胶应用于汽车配件生产论坛、食品及饮料业之塑料包装——如何利用最新科技与物料以配合市场高速发展专题研讨会、改性塑料及崭新注塑技术在电子电器行业的应用专题研讨会。(金波)