

Quality Analysis of Several Typical Entrain Bed Coal Gasification Technology

Yongqiang Wang¹, Shoubiao Li¹, Weiwei Sun²

¹ Southwest University of Science and Technology, SWUST, Mianyang, China

² Shenhua ningxia coal industry group, Yinchuan, China

Email: ¹308587@qq.com, ²qiangwei19860000@163.com

Abstract: As a clean and efficient technology, entrained flow bed coal gasification has applied extensively in our country. The paper analyses the advantages and disadvantages of three typical coal gasification, *i.e.* Texaco, Shell and GSP, and put forward the principle of selection base on the analysis. The conclusion of the paper can provide certain reference for Chinese enterprises to select the suitable coal gasification technology.

Keywords: Typical; Entrained flow bed; SRP; Coal gasification; Quality

几种典型气流床煤气化技术的优劣分析

王永强¹, 李守彪¹, 孙微微²

¹西南科技大学, 绵阳, 中国, 621010

²神华宁煤烯烃公司气化合成中心, 银川, 中国, 750000

Email: ¹308587@qq.com, ²qiangwei19860000@163.com

摘要: 气流床气化炉作为清洁、高效的煤气化技术在我国开始得到了推广应用。本文介绍了 Texaco 气化、Shell 气化和 GSP 气化三种典型的气流床煤气化工艺, 并对其优缺点进行了分析, 提出了煤气化技术的选择原则, 可为我国企业选择合适的煤气化工艺提供一定参考。

关键词: 典型; 气流床; 煤气化; 优劣

1 引言

我国是以煤炭为主要燃料和原料的国家, 煤炭作为能源消耗占到全国能源总耗量的 72% 左右^[1], 这充分说明了我国的能源是以煤炭为主。随着产业政策中节能减排需求的日益提高, 在煤化工行业中将煤炭洁净、高效地转化为合成气 (CO+H₂), 即煤的气化技术越来越成为一个研究热点。先进的煤气化技术不仅能减轻燃烧排放物对大气的污染, 而且能使煤炭的有效利用率得到极大提高。目前, 常用的煤气化工艺一般分为三种类型: 移动床 (有时也被称为固定床)、流化床和气流床。相比而言, 气流床气化炉是最清洁, 也是最高效的煤气化类型^[2]。

进入 20 世纪 80 年代后, 洁净煤气化技术的开发研究已取得巨大发展, 在商业化运作中取得了比较成熟的经验。当代洁净煤气化技术采用了先进的气流床反应器, 以水煤浆和干粉煤为原料, 运用加压气化技术进行工业化生产, 其气化指标好, 低碳等优点使其

成为煤气化技术的主流。目前典型的气流床煤气化技术有 Texaco (Texaco Development Corporation, 德士古法气化工艺)、Shell (Shell International Limited, 壳牌气化工艺)、GSP (加压气流床气化技术) 三种。本文将从这三种气流床煤气化技术的研究与发展现状基础上, 结合国内煤气化技术的应用情况, 分析总结三种技术的优缺点, 为企业技术对比和工艺选择提供一定的参考。

2 Texaco 气化技术

Texaco 气流床气化技术是德士古公司根据油气化技术的思路开发出来的。其开发始于 20 世纪 40 年代, 并于 1950 年首先在天然气非催化部分氧化项目上取得成功^[3]。在 90 年代期间, Texaco 煤气化技术共有 9 套装置投入运转, 其中 5 套在中国, 4 套在美国。Texaco 气化工艺属湿法气流床气化工艺。具体工艺过程是将煤浆浓度为 60% 以上的浆状物加压后喷入炉内, 与纯氧进行燃烧和部分氧化反应, 在 1300~1400℃ 以下气

化, 生产合成原料气。经过多年研究水煤浆气化技术研究, 我国有关科研、设计部门已基本掌握了 Texaco 水煤浆气化技术, 整套大型工业化装置国产化率已达 90% 以上。

Texaco 气化技术优缺点:

(1) 水煤浆进料安全易控制, 可制备压力很高的粗煤气, 便于后续化工生产过程的衔接。

(2) 气化过程污染少, 能充分利用污水源来制作水煤浆, 低碳环保。

(3) 工艺流程简单, 运行费用低, 设备布局紧凑合理, 操作性能好, 可靠程度高。

(4) 气化过程碳转化率高, 碳转化率一般可达 95%~99%。操作弹性大, 负荷调整范围为 50%~105%。

(5) 气化的原料范围比较宽。几乎从褐煤到无烟煤的大部分煤种都可采用该项技术。

(6) 粗煤气质量好。净化后的气体可用于生产合成氨、甲醇、羰基化学品、醋酸、醋酐等相关化学品, 还可用于城市煤气, 联合循环发电 (IGCC) 装置等。

(7) 单台气化炉的投煤量选择范围大。根据气化压力等级及炉径的不同, 单炉投煤量一般在 400~1000t/d (干煤) 左右。

(8) 湿煤气中的水蒸汽含量较多, 热煤气效率的提高要靠较复杂的回收设备。

(9) 气化所需的氧耗较多, 大约与干煤质量比为 1:1。

(10) 炉堂耐火砖的寿命短、价格高、更换时间长, 水煤浆泵和喷嘴易于磨损, 更换频次高, 影响气化炉运行周期。

3 Shell 气化技术

Shell 煤气化工艺属于干法气流床气化工艺, 是由壳牌国际石油公司开发的干法粉煤加压气流床气化技术。其干煤粉由少量的氮气吹入气化炉, 纯氧作气化剂, 液态排渣。加压气流床粉煤气化是 20 世纪末实现工业化的新型煤气化技术, 是 21 世纪煤炭气化的主要发展途径之一。近年来, 我国引进十几套 Shell 气化装置, 从第一套装置(湖北双环) 投产至今已近三年, 已投产九套, 产品为合成氨、甲醇及其下游产品。

Shell 气化技术优缺点:

(1) 使用煤粉气化工艺, 对原料煤种的适应性较广泛。碳转化率达 99%, 能源利用率高。

(2) 气化炉为钢制外壳, 内壁为熔渣挂壁形成耐火层, 不需专门的耐火砖。

(3) 采用喷流床气化, 气化炉操作温度高, 干粉煤在数秒内全部气化, 碳转化率达 99%, 煤气中甲烷含量低, 有效气体(CO + H₂)达 90% 以上, 适宜作合成气; 由于气化温度高(1400~1500℃), 粗煤气中不含焦油、萘、酚等杂质, 符合环保要求, 煤气净化及污水处理流程简单。

(4) 在高温条件下, 能够确保粗合成气中一氧化碳组分含量的维持在较高水平, 有机物零排放, 污染小, 污水处理容易。采用液态熔渣排放, 易堆放, 可作为建筑材料。使用废锅流程, 热效率利用率高达 98%。

(5) 由于烧嘴采用径向小角度安装方式, 可使反应器中能够使气流的分布产生一种涡流, 从而渣、灰与合成气的分离效果较好, 避免大量的飞灰夹带。气化炉运行期间, 炉壁固化的灰渣层的熔融或增厚还能够防止气化炉操作波动时的热负荷波动, 防止炉壁受到熔渣的侵蚀。操作弹性大, 可以迅速改变生产负荷。

(6) 关键设备结构复杂, 技术含量高, 操作、安装要求高。关键设备制造周期长, 气化炉 30~33 个月。不安全因素多, 如 CO、H₂、O₂、煤粉等。

(7) 比较同类型设备, 在同样生产能力下, 气化炉尺寸较小, 结构紧凑。设备呈糖葫芦式布置, 超限设备多, 安装难度大、要求高。

(8) 设备用材料等级高, 自动化程度高, 控制点多, 联锁多, 安全性高。

Shell 气化技术是当代煤化工技术中比较先进的气化技术, 壳牌公司以其先进的粉煤加压气化技术积极抢占中国市场。但是由于其气化炉的结构特点, 使得该气化技术一次投资较大。一台套 2000t/d 投煤量的气化装置需 10 亿元人民币, 采用该气化技术给企业带来非常大的投资压力。从国内目前已经开车的几家工厂运行情况看, Shell 粉煤气化装置要达到长周期、满负荷运行的工业化应用还需要解决不少的工程问题。

4 GSP 气化技术

GSP 气化炉是由原东德的德国燃料研究所开发的, 1975 年 Deutsches Brennstoffinstitut Freiberg 公司以褐煤或其他固体燃料为原料实现商业化运转^[4]。1985 年建成了 W30 的工业示范装置。1991 年, DBI

负责煤气生产工艺的部门被从事环境工程的德国诺尔公司收购，并对它进行了系统性的改进，使该技术从整体上日臻完美。迄今已完成了不同规模、多个地域煤种的系列中试装置基础研究和工艺验证，GSP 气化炉气化温度高，炉子耐受能力强，近几年凭借其独特的技术优势，大举进军中国市场，冲击着 Texaco 技术和 Shell 技术在中国市场的领军地位，GSP 气化技术现为德国西门子(Siemens)所有。

GSP 气化技术可采用干粉和水煤浆两种方式进料。在国内主要利用 GSP 气化技术是单喷嘴下喷式干粉加压气流床气化技术，反应物与氧气、蒸汽一同通过工艺烧嘴喷入气化炉后，在反应室内进行部分氧化反应，生成的粗合成气、熔渣及未反应完全的碳并流向进入激冷室。粗合成气经脱氧水喷淋降温送洗涤塔洗涤除尘，合格后送后系统进入调质处理系统。系统灰水处理采用减压与冷凝、氨汽提、沉降及压滤工艺处理后循环使用。

GSP 技术关键设备设计很先进，融合了现有技术的优点，尤其喷嘴和气化炉设计很有先进性，适应性强

GSP 气化技术优缺点：

(1) 原料煤适应范围宽，GSP 气化对煤质要求不苛刻，产物完全无焦油。

(2) 水冷壁结构，即所谓的“以渣抗渣”的结构。避免了因高温、溶渣腐蚀及开停车产生应力对耐火材料的破坏而导致气化炉无法长周期运行。可单炉运行，不需要备用炉，可靠性高。

(3) 反应速率高，生产能力大。有效气体(CO+H₂)含量高达 91%以上，碳转化率高达 99%以上。

(4) 气化能力强，设备尺寸比同处理量的其他设备小，且寿命长。送料系统采用惰性气体密相气流输送。用通过的粉煤供入量调节入炉氧气和蒸汽量。送料系统安全可靠。

(5) 气化炉寿命长水冷壁系统寿命在十年以上，炉体寿命更长。采用激冷流程。工艺技术简单，设备及运行费用较低，维修费用和运行费用较低。除喷嘴和水冷壁、部分阀门、特殊仪表外绝大部分设备可国产化。

(6) 工艺紧凑，流程简单，气化炉点火升温迅速，可用气化炉自产煤气。

(7) 目前大型工业化业绩少，在单炉能力和长期运行方面还存在不足。

(8) GSP 技术加料过程复杂，环节太多，投资较

高，输送过程易发生堵塞等事件，影响装置运行。

(9) GSP 气化技术没有独立的灰水处理技术来支撑，以形成完整技术体系。

与壳牌气化技术相比，GSP 气化技术由于其气化炉的结构简单，使得项目一次投资较小。一台套 2000t/d 投煤量的气化装置不足 4 亿元人民币，采用该气化技术是一种比较经济、现实的考虑。2008 年 5 月，德国西门子能源公司正式向中国神华宁夏煤炭工业集团公司交付了 5 台煤气化炉中的前 2 台。这些煤气化炉每台的热力能力为 500MW。设计应用于宁夏煤制聚丙烯装置。宁夏煤制聚丙烯装置将于 2010 年初建成 5 台气化炉将生产约 54104m³/h 合成气。目前气化装置正在进行单体试车中，预计 2010 年 10 月整体试车。

4 结语

目前国内对煤气化炉的选择和讨论主要是在 Texaco、Shell 和 GSP 之间，随着单体与整体装置的陆续开车和在建装置的进行，在设计、制造、安装、运行和设备选型等环节上暴露了不少实际问题，但随着经验的积累和在实际运行中的技术改造，大部分问题逐步得到了解决和完善。可以预见煤气化技术在未来的国民经济发展中将会起到相当重要的作用，相关企业在引进技术的同时，更要结合企业实际情况进行选择，应根据煤种的变化选择合适的气化技术并对技术进行消化吸收，并坚持发展具有自主知识产权的煤气化技术，以降低高昂的技术引进成本，形成竞争优势。

References (参考文献)

- [1] Sun Fengwei, Research Progress of Coal Gasification Technology [J], *Liaoning Chemical*, 2010, 35(5), P526-528(Ch).
孙凤伟, 煤气化技术研究与发展[J], *辽宁化工*, 2010, 35(5), P526-528.
- [2] Wu Jinfeng, Xu Rui, Wang Jinbing, Coal gasification technology of the present situation and development trend [J], *Nitrogen technology*, 2009, 30(4), P13-15(Ch).
武金锋, 徐蕊, 王进兵, 煤气化技术的现状和发展趋势[J], *氮肥技术*, 2009, 30(4), P13-15.
李煜, 刘景森, 直接匿名证言方案的实现机制与改进思路[J], *河南大学学报*, 2007, 37(2), P195-197.
- [3] Wang Fuchen, Yu Guangsuo, Gong Xin, Research and development of large-scale coal gasification technology [J], *Chemical progress*, 2009, 28(2), P173-180(Ch).
王辅臣, 于广锁, 龚欣, 大型煤气化技术的研究与发展[J], *化工进展*, 2009, 28(2), P173-180.
- [4] Luo Chengxian, Zhou Weihui, Coal Gasification Technology & Its Application [J], *SINO-GLOBAL ENERGY*, 2009, 14(1), P28-35.
罗承先, 周韦慧, 煤的气化技术及其应用[J], *中外能源*, 2009, 14(1), P28-35.