

煤制合成天然气发电系统技术和前景分析

王 旭,李现勇

(中国电力工程顾问集团 华北电力设计院工程有限公司,北京 100120)

摘要:对优质天然气资源需求的不断增加以及价格的高涨使得以煤为原料生产合成天然气技术引起了人们的普遍关注。笔者对典型的煤制合成天然气技术进行了分析,与高效发电技术相结合,提出了基于SNG的新型发电系统(包括SNG-电联产调峰系统和IGFC系统),分析了SNG发电系统的特点和发展前景。

关键词:合成天然气(SNG);甲烷化;煤气化;发电系统

中图分类号:TM611

文献标识码:A

文章编号:1006-6772(2010)04-0019-04

中国天然气消费量迅速增长,2000年中国天然气消费量为250亿 m^3 ,到2007年上升到680亿 m^3 ,2008年达到789亿 m^3 。据预计,2010年中国天然气需求量将达到1000亿~1100亿 m^3 ,而同期天然气产量却只能达到900亿~950亿 m^3 。国家能源局预测,20a后,中国天然气消费年缺口将达到1075亿~1765亿 m^3 。

中国一次能源结构的特点是“富煤贫油少气”,石油天然气等优质化石能源相对短缺。煤炭在中国能源结构中一直占有绝对主导地位。目前中国查明煤炭储量为1.3万亿t,预测煤炭总资源量为5.57万亿t,在中国一次能源的生产和消费总量中占有率分别为76%和69%^[1]。以煤为原料并且在相当长的时期内难以根本改变的一次能源格局对中国的可持续发展是一种严峻的挑战,为此必须优化终端能源结构,实现煤炭资源的高效洁净利用^[2]。

2003年以来,石油和天然气价格的高涨使得煤制合成天然气(Synthetic Natural Gas,简称“SNG”)技术在全世界范围内愈发引起人们的关注。根据中国一次能源的特点,依托丰富的煤炭资源,适度发展煤制天然气,可在一定程度上减少天然气资源的进口,有助于规避风险和稳定燃料价格,符合煤炭清洁利用的发展方向,是保证天然气供应安全、

可靠、经济的有效措施^[3]。

1 煤制合成天然气典型技术路线及进展

目前煤制合成天然气技术路线大体上可以分为2类,即传统的煤制合成天然气技术路线和新型煤制合成天然气技术路线,传统的煤制合成天然气技术路线已经实现大规模商业化生产。

1.1 传统的煤制合成天然气技术路线

传统的煤制合成天然气技术路线是煤首先经过气化产生合成气,气化条件(温度和压力)决定合成气的组分,喷流床高温高压条件下合成气的主要成分是CO和 H_2 。合成气净化后通过水煤气变换调节进入甲烷化单元的 H_2 和CO的比例,3 mol H_2 和1 mol CO反应可生成1 mol CH_4 和1 mol H_2O 。甲烷化反应器出来的气体脱水之后就得到所需的管道级品质SNG。传统的煤制合成天然气技术路线如图1所示^[4]。

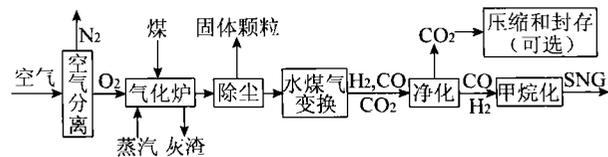


图1 传统的煤制合成天然气技术路线

收稿日期:2010-04-28

作者简介:王旭(1984—),男,吉林公主岭人,助理工程师,硕士研究生,2008年毕业于华北电力大学工程热物理专业,目前主要从事IGCC工程设计和研究工作。

2 基于 SNG 的高效洁净发电系统

2.1 电-SNG 调峰发电系统

国内经济发达负荷中心地区对调峰负荷和环保指标的要求越来越高,土地资源供求矛盾日趋突出,变电所所址和线路走廊的获取难度很大,要求就地建设清洁调峰电站平衡负荷以改善电源结构。目前国内共投产 9F 级燃气轮机组约 70 台,9E. 6B 级燃机机组不计其数。目前全球普遍面临燃料紧张的问题,国际市场石油天然气价格波动剧烈,长期上涨趋势明显。煤炭资源是中国的主要一次能源,国内存在大量不适合长距离运输的煤炭资源亟待实现高效清洁利用。立足国内的优势能源资源,将合成天然气技术和高效发电技术相结合实现电-SNG 联产,可避开开发难度大、国外厂商垄断、国内目前尚不掌握的中低热值合成气燃气轮机技术,解决现有 NGCC 电站燃料短缺的问题^[5],电-SNG 调峰发电系统流程如图 4 所示。

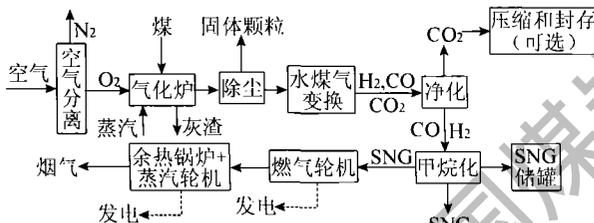


图 4 电-SNG 调峰发电系统流程

基于 SNG 技术的电-SNG 联产调峰系统具有以下特点:

(1) 规模协同 由于电-SNG 联合生产工厂的规模较大(5 000 t/d 以上),可共用公用工程,避开了燃气轮机燃烧室改造技术,主要设备可以方便地实现国产化,显著降低造价并提高经济效益;

(2) 产品增值 以煤炭为原料,产品为清洁电力和优质天然气产品,实现了煤炭资源的高效清洁综合利用和产品增值,50%电-50% SNG 联产系统的全厂效率即可达 50% 以上。

(3) 环境友好 基于合成天然气的燃天然气联合循环的排放指标,在 CO₂ 减排方面有巨大的潜力。

(4) 运行可用率高,具有良好的调峰性能 电和 SNG 联合生产,可根据市场需求以 SNG 为蓄能载体灵活调整终端产品,冬季天然气负荷高峰期可减少发电,供应更多的 SNG,夏季可将更多的 SNG 用于调峰发电。

2.2 基于 SNG 的 IGFC 发电系统

面对全球气候变化的挑战,进入 21 世纪,发达国家陆续投入大量资金,加强能源技术的研究与开发。2000 年美国能源部提出了 21 世纪前景发展计划(Vision 21),强调多种先进技术的集成,大力推进煤炭的高效洁净综合利用技术,以期最终实现近零排放的煤炭利用系统。美国能源部在固体能源转换联盟(Solid State Energy Conversion Alliance,以下简称 SECA)的框架下正在支持燃料电池技术的研发,SECA 工业团队测试的第一套 SOFC 系统模型已经在效率、稳定性和成本降低方面超过了设定的中间预期目标。美国国家能源技术实验室(National Energy Technology Laboratory,以下简称 NETL)的分析表明由催化气化和加压 SOFC 组成的整体煤气化燃料电池发电系统(Integrated Gasification Fuel Cell,以下简称 IGFC)可以在 90% 碳捕集的情况下 HHV 供电效率有望达到 60% 左右。

基于催化气化的煤基 IGFC 系统的主要特点有:采用了催化气化技术,产品气中甲烷含量较高,气化工艺条件缓和,能量损失少,气化效率高;燃料和空气分别进入 SOFC 阴极和阳极,阴极反应产物中仅有 CO₂ 和水蒸气,便于对 CO₂ 进行捕集和处置;采用加压 SOFC,气化产品气中甲烷在燃料电池中重整吸热,减少了 SOFC 燃料电池冷却用空气量,节水效果好。

SECA 计划 2010 年实现 SOFC 投资成本降低为 400 美元/kW,2012 年完成 1 MW 级规模 SOFC 测试,2014 年完成 5 MW 级规模 SOFC 和透平联合系统测试,最终建成 200~500 MW 级 IGFC 系统。SECA 预计 2018 年左右向市场供应 SOFC 系统,估计 2018~2030 年仅美国就有 110 GW 的 IGFC 发电市场。

3 结 论

笔者对典型的煤制合成天然气技术路线及其进展进行了分析,提出了 2 种基于 SNG 的高效洁净发电系统,对 SNG 发电系统的特点和发展前景进行了初步分析,主要得出以下结论:

(1) 随着优质天然气资源需求的不断增长及其价格的高涨,煤制合成天然气技术越来越引起人们的关注,新型煤制合成天然气技术的研发有望进一步提高效率和降低成本。

(2) 煤制合成天然气技术和高效发电技术相结合,有望形成新型的 SNG-电联产调峰发电系统和高效的 IGFC 发电系统,面对全球气候变化的严峻挑战和绿色能源发展的需求,煤制合成天然气发电

技术具有良好的发展前景。

参考文献:

- [1] 张海滨. 浅析中国发展煤制天然气的必要性及其风险[J]. 中国高新技术企业, 2009(6): 92-93.
- [2] 步学朋, 王鹏, 忻仕河, 等. 煤炭气化多联产生产代用天然气分析[J]. 煤化工, 2007(6): 4-7.
- [3] 刘延伟. 煤基新能源及其石化产品发展分析[J]. 化学

工业, 2008, 26(5): 9-12, 16.

- [4] Munish Chandel, Eric Williams. Synthetic Natural Gas(SNG): Technology, Environmental Implications, and Economics[J]. Climate Change Policy Partnership, January 2009.
- [5] 王明华, 李政, 许兆峰, 等. 一种新的 IGCC 发展模式——电-SNG 联产系统研究[J]. 燃气轮机技术, 2008, 21(2): 1-6.

Prospect analysis on coal-to-SNG and power generation system

WANG Xu, LI Xian-yong

(North China Power Engineering (Beijing) Co., Ltd., Beijing 100120, China)

Abstract: Increasing demand on high quality natural gas and high prices for natural gas have led more people to pursue unconventional methods of natural gas production. Analyze typical coal-to-SNG technology. Put forward new generation systems based on SNG (SNG-power peak regulation generation system and IGFC system) combined with high-efficiency generation system. Analyze the characteristics and prospect of the SNG generation system briefly.

Key words: SNG(Synthetic Natural Gas); methanation; gasification; power generation system

(上接第 16 页)

Perfect dense medium system and reduce medium consumption

REN Jing-long

(Design Engineering Center, Tangshan Branch Company, Tiandi Science and Technology Co., Ltd., Tangshan 063012, China)

Abstract: How to reduce medium consumption is the key to cost savings in dense medium coal preparation plant. Introduce the current production situation of dual dense medium cyclone ($\phi 1400$ mm), analyze the reasons of high medium consumption and make some improvements, achieve good results.

Key words: medium consumption; reduce; technical reconstruction

(上接第 18 页)

Model selection and alteration of content gauge in Fangzhuang washery

XU Xue-ping

(Fangzhuang Branch Mining Company, Kailuan Energy and Chemical Industry Co., Ltd., Tangshan 063100, China)

Abstract: Introduce the problems of clean water tank of thickener and liquid level meter of cyclone in the process of production, carry out technical innovation based on the existing problems and introduce the results of innovation.

Key words: liquid level meter; PMC; pressure sensor