

煤炭气化技术及其工业应用

侯 沛

摘 要 介绍了煤炭气化的基本原理; 气化技术在发展的不同阶段, 几种具有代表性的煤气化技术的工艺特点及其工业应用。

关键词 化学工业; 煤炭气化; 工业应用

中图分类号 TQ54

文献标识码 A

文章编号 1000-4866 (2009) 02-0003-03

0 引言

煤气化过程是煤炭的一个热化学加工过程。它是以煤或煤焦为原料, 以氧气 (空气、富氧或工业纯氧)、水蒸气或氢气等作气化剂 (或称气化介质), 在高温条件下通过化学反应将煤或煤焦中的可燃部分转化为可燃性气体的工艺过程。气化时所得的可燃气体称为煤气, 进行气化的设备称为气化炉。

气化炉中的气化反应是一个十分复杂的体系, 主要是指煤中的碳与气化剂中的氧气、水蒸气和氢气的反应。在气化装置中, 由于气化剂的不同而发生不同的气化反应, 习惯上分为3种类型: 碳-氧间的反应、水蒸气分解反应和甲烷生成反应。

煤气化工艺大多为德国人研发。第1台常压固定床空气间歇气化炉于1882年设计, 1913年工业化, 至今已有100多年历史。煤气化是洁净、高效利用煤炭的主要途径之一。长期的生产实践表明, 在将煤炭转变成更便利的能源和产品形式的各种技术中, 煤气化是应优先考虑的一种加工方法。城市煤气、化工合成用原料气、先进的联合循环发电用燃气和综合利用系统是煤气化发展和应用的主要方向。

1 煤炭气化技术分类及其工艺特点

煤炭气化技术已开发和处于研究发展中的气化方法不下百种。工业技术的分类常是依据分类方法或具体技术指标来进行的。一种技术或工艺, 能被不同的分类方法归于特定的界定范围之内。

对煤炭气化技术, 常见的分类方法有以下几种。

按照操作压力分类, 有常压气化和加压气化2种。通常气化压力大于2.0 MPa条件下的气化称为加压气化技术。

按照残渣排出形式分类, 分为固态排渣和液态排渣2种。

按照气化介质的不同进行分类, 分为水煤气和煤加氢气化2种。水煤气是以空气 (或氧气) 和水蒸气为气化介质, 产生混合发生炉煤气, 可为生产合成氨、甲醇提供原料气; 煤加氢气化是在加压条件下以氢气为气化介质, 生成富含甲烷的煤气。

按照生产装置化学工程特性分类, 可分为固定床气化、流化床气化、气流床气化和熔融床气化4种类型。

固定床气化也称移动床气化。原料煤块由气化炉顶部加入, 用炉箬来支撑。气化剂 (O_2 或空气与水蒸气) 由炉底吹入, 与煤及其残渣彼此逆向流动。因而, 将要离开气化炉的热灰渣可在运动过程中加热刚进入气化炉的气化剂, 而即将离开气化炉的热煤气则可用来预热刚进入气化炉的煤。在进入气化炉前, 煤需经破碎和筛分, 除去直径小于3.175 mm的细煤块。通常要求煤粒尺寸控制在6.35 mm~38 mm之间。为防止煤的熔结, 炉内设有搅拌器或旋转炉箬。固定床气化的局限性是对床层均匀性和透气性要求较高, 入炉煤要有一定的粒 (块) 度及均匀性。煤的机械强度、热稳定性、黏结性和结渣性等指标都与透气性有关, 因此固定床气化炉对入炉煤有很多限制。固定床气化常见有间歇式气化 (UGD) 和连续式气化 (鲁奇Lurgi)。

流化床气化的气化剂由炉下部吹入, 使细粒煤 (小于6 mm) 在炉内呈并逆流反应, 通常称为流态化气化。煤粒 (粉煤) 和气化剂在炉底锥形部分呈并流运动, 在炉上筒体部分呈并流和逆流运动。为维持炉内流化状态并保证不结疤, 气化温度应控制在灰软化温度 (T_2) 以下。要避免煤颗粒相聚而变大以致破坏流态化, 显然不能使用黏结性煤。由于炉温低、停留

时间短,带来的最大问题是碳转化率低、飞灰多、残碳高,且灰渣分离困难,其次是炉温不易控制。常见流化床气化炉有温克勒(Winkler)、灰团聚(U-Gas)、循环流化床(CFB)、加压流化床(PFB是PFBC的气化部分)等。

气流床气化是一种并流式气化。气化剂(富氧或纯氧加水蒸气)与煤粉(或水煤浆)经特殊喷嘴进入反应室,瞬间着火,在 $1\,300^{\circ}\text{C}\sim 1\,600^{\circ}\text{C}$ 高温下将煤转化成 CO 、 H_2 、 CO_2 等气体,残渣以熔渣形式排出气化炉。气流床从原料形态分有水煤浆、干煤粉两类,Texaco、Shell最具代表性。气流床对煤种、粒度、含硫、含灰都具有较大的兼容性,其清洁、高效代表着当今技术发展潮流。

熔融床气化也称熔浴床气化或熔融流态床气化。它的特点是有一温度较高(一般为 $1\,600^{\circ}\text{C}\sim 1\,700^{\circ}\text{C}$)且高度稳定的熔池,煤粉和气化剂以切线方向高速喷入熔池内,池内熔融物保持高速旋转。此时,气、液、固三相密切接触,在高温条件下完成气化反应,生成 H_2 和 CO 为主要成分的煤气。熔融床有3类:熔渣床、熔盐床和熔铁床。在现代煤气化技术开发中,熔融床技术并未完全商业化,还未见可靠的实际应用。

2 煤炭气化技术在中国的发展及应用

煤气化技术在中国已有近百年的历史,但仍然较落后和发展缓慢。全国有近万台各种类型的气化炉在运行,其中以固定床气化炉为最多。如氨非工业中应用的UGI水煤气发生炉就达4 000余台;生产工业燃气的气化发生炉近5 000台,其中还包括近年来引进的两段气化炉和生产城市煤气和化肥的Lurgi炉。Winkler和U-GAS流化床气化和Texaco气流床气化等先进技术则多用于化肥工业,但数量有限。就总体而言,中国煤气化以传统技术为主,工艺落后,环保设施不健全,煤炭利用效率低,污染严重,如不改变现状,将影响经济、能源和环境的协调发展。

在国家的鼎力支持下,中国在研究与开发、消化引进技术方面进行了大量工作。仿K-T气化技术的研究与开发,在新疆芦苇沟和山东黄县建设中试装置,为以后国内引进Texaco水煤浆气化技术提供了丰富的经验。80年代在灰熔聚流化床煤气化领域中

进行了大量工作并取得了专利。“九五”期间立项开发多喷嘴对置气流床气化炉,已经通过中试装置考核运行,并获得了专利。“九五”期间还就“整体煤气联合循环关键技术(含高温净化)”立项,有10余个单位参加攻关。我国在近20多年时间,共引进了数十台Texaco气化炉和20台Shell气化炉,并在国内配套完成了部分设计、安装与操作,积累了丰富的相关经验。此外,在流化床、煤及煤浆燃烧、两相流动与混合、传热、传质、煤化学、气化反应、煤岩形态、磨煤与干燥、高温脱硫与除尘等科学领域与工程应用等方面也进行了大量的研究工作。

3 大同煤矿集团公司煤气化技术的应用

大同煤矿集团公司煤气厂目前运行的煤气发生炉主要是固定床式直立炉和水煤气两段炉,均为常压气化,进料采用块煤。水煤气两段炉炉型的特点是投资少,工艺流程短,操作简单方便,比较适用于中小城市的煤气化和作为大城市的调峰气源;直立炉具有产气率较高、煤气热值稳定、有一定负荷调节能力、燃料消耗省等优点,常用于制造城市煤气,我国已有设计建造直立炉的能力和长期的操作经验。由于上述两种炉型均存在空气环境污染相对大、废水处理困难、产能较小等缺点,在发展规模越来越大的煤化工生产中已基本被淘汰。

大同煤矿集团公司年产60万t甲醇项目采用了当今世界最先进的煤气化技术之一:Shell干煤粉气化技术。Shell气化炉壳体直径约4.5 m,4个喷嘴位于炉子下部同一水平面上,沿圆周均匀布置,借助撞击流以强化热质传递过程,使炉内横截面流速相对趋于均匀。炉衬为水冷壁(Membrane Wall),总重500 t。炉壳与水冷管排之间有约0.5 m间隙,作安装、检修用。煤气携带煤灰总量的20%~30%沿气化炉轴线向上运动,在接近炉顶处通入循环煤气激冷,激冷煤气量约占生成煤气量的60%~70%,煤气降温至 900°C ,熔渣凝固,出气化炉,沿斜管道向上进入管式余热锅炉。煤灰总量的70%~80%以熔态流入气化炉底部,激冷凝固,自炉底排出。粉煤由 CO_2 携带,密相输送进入喷嘴。工艺氧(纯度为99%)与蒸汽也由喷嘴进入,其压力为3.3 MPa~4.5 MPa。气化温度为 $1\,500^{\circ}\text{C}$ 以上,气化压力为4.5 MPa。冷煤

气效率为 79%~81%；原料煤热值的 13%通过锅炉转化为蒸汽；6%由设备和出冷却器的煤气显热损失于大气和冷却水。该炉型具有煤种适应性广、单系列生产能力大、碳转化率高达 96%以上、合成气有效组分含量高、杂质极少、气化氧耗低、热效率高、冷煤气效率达 80%~83%、总热效率高达 98%、负荷调节方便等优点。煤气化系统方块流程见图 1。

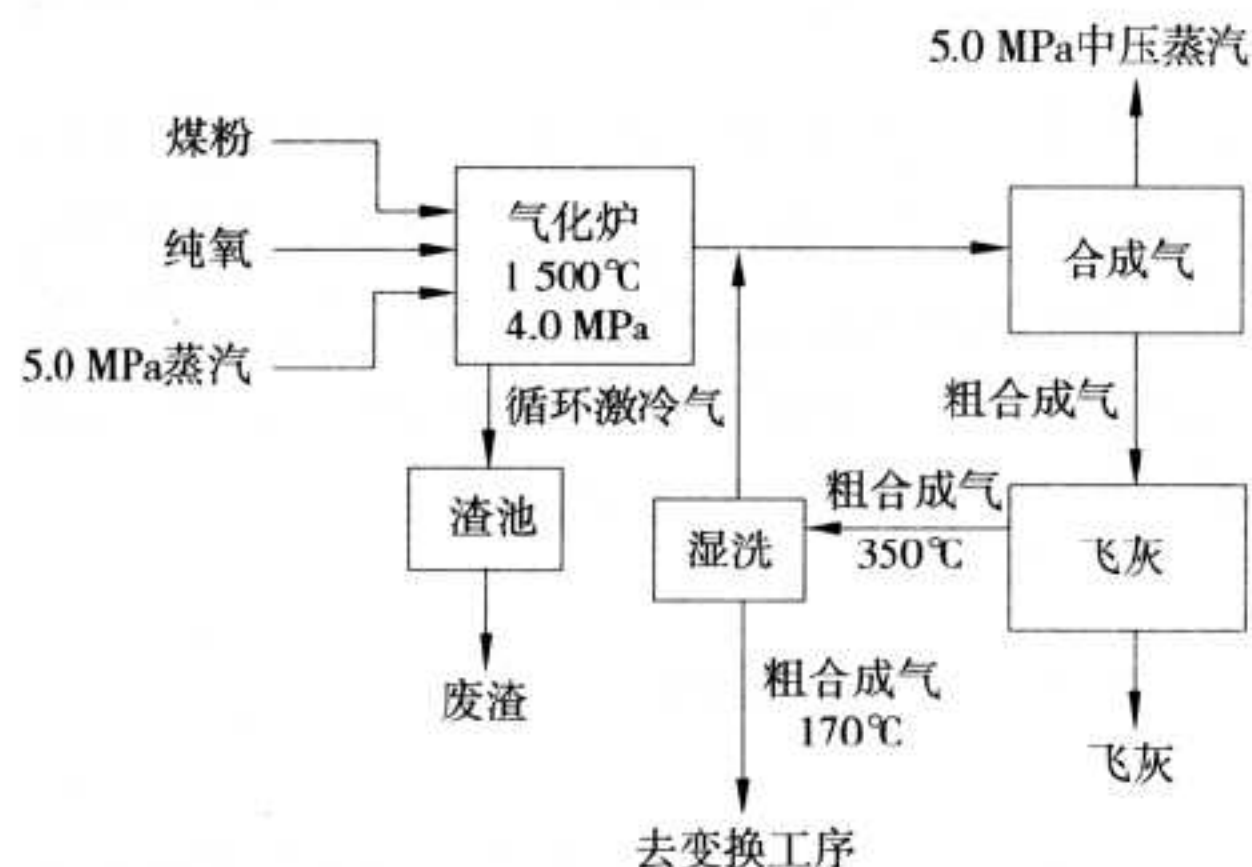


图1 煤气化系统方块流程

4 结束语

洁净煤技术的发展是世界能源发展的大趋势。随着科学技术水平的不断提高,煤炭气化技术也趋于更加节能、环保、大型化的方向发展。作为我国大型能源基地之一的大同煤矿集团公司,发展以煤气化为龙头的大型煤化工产业是拓展自身产业链,企业做大做强的必由之路。煤气化技术的选择具有重要的意义,因而需要企业必须从自身特点和条件出发,为今后企业的健康发展奠定坚实的基础。

作者簡介

侯沛，男，1975 年出生，1998 年毕业于大连理工大学化工学院（化工工艺专业），现在同煤广发化学工业有限公司工作，工艺工程师。

收稿日期: 2009-03-27

修回日期: 2009-04-17

Coal Gasification Technology and Its Industrial Applications

Hou Pei

Abstract: This article introduces the basic principles of coal gasification, its developments in various stages, several representative features of coal gasification technology, and their industrial applications.

Key words: chemical industry; coal gasification; industrial applications

(上接第2页)

式传输到同煤集团总服务器。

④数据查询：通过局域网，煤矿和集团公司可以使用浏览器方便地进行查询。

煤矿产量远程监控系统在云冈矿经过2年多的使用，目前运行稳定，完全适合我矿生产的特点和需求，并且充分实现了与集团公司管理监控的联动，真正达到了信息共享、推动我矿信息技术应用、提高信息化水平的目的，为我矿加快新型工业化道路的步伐

Application of the Remote Monitoring System for Coal Production

Li Sufang

Abstract: This article introduces the remote monitoring system for coal production, and its composition, principle, features and the application in Yungang Coal Mine, Datong Coal Mine Group.

Key words: coal production; output control; remote monitoring

奠定了技术基础。

作者简介

李素芳，女，1974 年出生，1996 年秦皇岛煤炭工业管理学校（计算机应用专业）毕业，2002 年山西大学毕业，现在大同煤矿集团公司云冈矿工作，助理工程师。

收稿日期: 2009-03-06

修回日期: 2009-03-24