

多喷嘴水煤浆气化技术领跑市场

□ 本报记者 刘永明 要旭祥 通讯员 金彪 张大晶



图为江苏索普多喷嘴对置式煤气化装置。

(企业供图)

9月19~20日,2019年度多喷嘴对置式煤气化技术应用经验交流会在河南省郑州市召开。交流会由兖矿集团有限公司、华东理工大学主办,山东兖矿国拓科技工程股份有限公司、华东理工大学洁净煤研究所共同承办。来自全国各地的70余家企业和科研院所的近200名代表,对华东理工大学和兖矿集团有限公司共同研发并持有的多喷嘴对置式煤气化技术应用经验进行了深入交流研讨。

需求再增长 应用推广遍地开花

据统计,多喷嘴对置式水煤浆气化技术工业应用以来,已推广应用于58个项目,累计160台(套),现有28家企业75台套气化炉投入商业运行,运行炉最大处理煤能力3000吨/天,单台气化炉有效气(CO+H₂)产量超过20000Nm³/h。日处理4000吨多喷嘴对置式水煤浆气化炉示范装置建在内蒙古荣信化工有限公司,目前已经进入试车阶段,预计2019年10月投料。

经过多年的努力和发展,以及市场对该项技术的需求增长,目前在国内外20多种煤气化技术中,多喷嘴对置式煤气化技术占据了较大市场份额,特别是2000吨级以上水煤浆气化中多喷嘴对置式技术市场占有率具有绝对优势。山东兖矿国拓科技工程股份有限公司董事长郭宝贵这样说。

多方努力成就了多喷嘴水煤浆气化技术在国内遍地开花的大好局面。市场普及率不断提高,需求持续增长。华东理工大学洁净煤研究所博士生导师于广锁教授说。

据了解,2008年7月,美国VALERO公司在全世界多次考察后,以逾亿元的技术实施许可费购买了多喷嘴对置式气化技术,这是我国具有自主知识产权

的大型化工成套技术第一次向发达国家出口,打破了国外跨国公司垄断了近50年的煤气化技术市场格局。2017年,该技术又向韩国TENT公司实施技术许可,为该项技术的市场应用和推广打下坚实基础。

技术再提升 超大型炉研究获突破

多喷嘴对置式水煤浆气化技术从无到有,从中试到工业示范,从1000吨级到4000吨级超大型化的研发历程,见证了我国现代煤气化技术的发展和壮大。兖矿集团和华东理工大学在国家科技部等有关部委的支持下,每5年一个台阶,不断提升和发展自主知识产权的煤气化技术。经过多年的研究和应用实践,该项技术在同行研究和推广中再获多项领先。

八五期间,华东理工大学建立了气流床气化数学模型,进行了实验室小试;九五期间,兖矿集团、华东理工大学、中国天辰化学工程公司等单位承担了多喷嘴对置式水煤浆气化技术中试试验;十五期间,兖矿集团和山东理工大学建设多喷嘴对置式水煤浆气化技术示范工程,2005年第一台千吨级多喷嘴对置式水煤浆气化大型气化炉在兖矿集团泰化工有限公司一次开车成功,拉开了我国水煤浆气化大型化技术发展的序幕。

十一和十二五期间,兖矿集团和山东理工大学共同完成了2000吨级、3000吨级多喷嘴对置式水煤浆气化技术的开发、工程示范;十三五期间,他们共同承担了国家重点研发计划专项项目“大规模水煤浆气化技术开发及示范”研发任务,进行超大规模水煤浆气化放大关键技术及污水减量研究,形成单炉日处理煤4000吨级超大型水煤浆气化工艺,并建设4000吨级多喷嘴对置式水煤浆气化示范装置。

据了解,兖矿集团和华东理

工大学在该项技术安全、成熟、可靠的基础上,对于超大型化装置进行了深入研究并获得重大突破。国拓公司相关负责人介绍说,已运行的最大气化炉日投煤量达到3000吨,单炉有效气(CO+H₂)产量超过20万Nm³/h,建设中的最大气化炉日投煤量达到4000吨,示范装置有望今年10月底在内蒙古荣信化工投产试车,这为大型煤化工装置技术路线选择提供了有力支撑。

能效再领跑 生产效率屡上新台阶

多喷嘴对置式水煤浆气化技术自2005年投入工业运行以来,经过研发单位及用户的不断努力,经历了多次升级、优化、完善,并经过多套工业装置运行考验,技术的安全性、稳定性、可靠性、经济性得到了充分验证。

技术安全、成熟、可靠。多喷嘴对置式水煤浆气化技术已形成完整的理论基础、工程应用经验和生产管理经验。该技术目前已有28家企业75台套气化炉投入稳定运行,技术可靠性经过了多套生产装置的运行验证,在技术研发、设计、建设、生产等过程中培养出大量的基础研究人员、工程技术人员和管理操作等方面人才,可以为用户提供全面的技术支持。

技术先进,指标优良,综合能耗低。多家运行装置考核结果表明,多喷嘴对置式水煤浆气化技术碳转化率可达到99%,水煤浆气化合成气有效气(CO+H₂)成分最高可达到85%;与国内外水煤浆气化技术相比,在相同工况下比煤耗和比氧耗均低约3%,采用分级煤气洗涤系统,洗涤效果好,产品气含尘量小于1mg/Nm³,

不会因为带灰影响后系统催化剂寿命,采用直接换热式闪蒸系统,热回收系统流程合理,效率高,易于操作维护。

适于大型化。由于采用4个喷嘴进料,水煤浆雾化效果得到保证,提高了原料转化率,每个进料管径小,管材和阀门的制造难度低,可降低投资,单炉负荷大,已运行最大气化炉日投煤量达到3000吨,设计中最大日投煤量达到4000吨。对于大型煤化工装置,单炉负荷可减少装置生产系列的数量,降低整体投资并减轻维护工作量。多喷嘴对置式水煤浆气化技术已经系列化,形成单炉日处理煤能力1000吨、1500吨、2000吨、2500吨、3000吨及4000吨系列气化炉,不同规模煤化工装置可灵活选择对应炉型,实现经济合理的配置。

废水排放量少,环保压力小。由于碳转化率高,洗涤水中细灰含量低,易于渣水分离,灰水水质好,回用率高,气化外排水量少。经过高温反应后,废水中不含酚、焦油等难降解有机物,废水经简单生化处理后即可达标排放。同时,煤浆制备单元还可以利用生化处理废水或其它界区高COD含量的废水作为制浆用水,降低污水处理单元负荷和费用。

装置操作简单、稳定,在线率高。特有的带压连投操作和无波动倒炉技术可实现气化炉及后系统在不停车的情况下,处理故障和切换,增强抵御故障能力,提高有效生产时间,减少系统停车次数。

前景更广阔 连续稳运创新周期

日处理煤3000吨级气化装



图为2019年度多喷嘴对置式煤气化技术应用经验交流会。(企业供图)

江苏灵谷化工有限公司:

日处理煤2000吨级气化炉

江苏灵谷化工有限公司大化肥装置一期建设了2台日处理煤2000吨级的多喷嘴对置式水煤浆气化炉,2009年6月15日首次投料,2011年全年累计生产天数357天,生产合成氨46万吨,2012年运行352天,2013年运行355天。装置二期又建设一台日处理煤2000吨级多喷嘴对置式水煤浆气化炉,2015年11月3日投产;2016年全年运行。灵谷化工的气化装置及整个生产系统运行高效稳定,一期装置日生产合成氨1350吨,二期合成氨装置日生产合成氨1600吨,创造了良好的经济效益。

中国石油和化学工业联合会组织考核专家组于2011年11

月25~28日在灵谷化工对多喷嘴对置式水煤浆气化技术进行72小时连续工业运行考核。考核结果显示,该装置连续满负荷稳定运行超过72小时,计量、分析准确,符合化工工业装置考核的要求。其运行数据与计算结果真实可靠,气化性能达到并超过了考核指标,有效气成分达到82.9%,比氧耗352Nm³O₂/1000Nm³(CO+H₂),比煤耗568kg/1000Nm³(CO+H₂),冷煤气效率74.9%,碳转化率99.2%。

该装置采用独特设计的高压氮气保护系统,保证了气化装置开车阶段的安全运行;采用带压连投操作技术和无波动倒炉技术,增强了抵御故障

的能力,减少了倒炉期间氧气和原料煤的消耗,最大限度降低了倒炉切换期间生产系统的长周期稳定运行。

同时,该装置也是目前在运行同类装置中最高效稳定的装置之一,展现了多喷嘴对置式气化炉易于大型化、长周期安全稳定运行的优势。

该装置性能与技术指标达到国际领先水平。与国内外其他水煤浆气化技术相比,其技术特点和优势在于:

(1)气化效率高,技术指标先进,与同样采用内蒙神华煤的某单喷嘴水煤浆气化装置相比,其有效气成分提高3.1个百分点,比氧耗降低11.4%,比煤耗降低2.1%。

(2)碳转化率高,与同样采用内蒙神华煤的某单喷嘴水煤

浆气化装置相比,粗渣中碳含量降低约10个百分点,细渣中碳含量降低约12个百分点。粗渣渣含碳量低,气相、液相物流中灰渣含量低,有利于整个气化装置的高效运行和降低阀门的磨损。

(3)喷嘴之间协同作用好,气化炉负荷调节灵活,适应能力强,大型化装置技术指标先进,有利于装置大型化。

(4)多个喷嘴实现了带压连投和无波动倒炉,有利于整个工厂的长周期稳定运行。

(5)流程合理,热电偶寿命长,为气化装置稳定运行提供了重要指导;采用预膜式结构的水煤浆喷嘴降低压力,降低了入气化炉氧气和煤浆的压力,有利于降低气化装置的能耗;复合床洗涤冷却技术热质传递效果好,液位平稳,避免了引进技术中易发生的合成气带水带灰问题;分级式合成气初步净化工艺节能、高效,表现为系统压降低,后续变换催化剂使用寿命长,渣水处理系统采用直接换热技术,热回收效率高,克服了设备易结垢和堵塞的缺陷,减少了相关设备的维护工作。

内蒙古荣信化工有限公司:

日处理煤3000吨级气化炉

内蒙古荣信化工有限公司180万吨/年甲醇装置一期工程建设3台日处理煤3000吨级多喷嘴对置式水煤浆气化炉,于2014年6月24日建成投产,并实现稳定运行。该项目自2015年8月16日起满负荷运行,甲醇日产量约3200吨。

石化联合会组织现场考核专家组于2015年9月23~26日在荣信化工对上述装置进行72小时连续运行考核。考核数据显示,与2000吨级多喷嘴对置式水煤浆气化装置的考核值相比,该装置的碳转化率由99%提高到99.63%,在高负荷操作条件下,气化工艺指标先进,气化装置安全可靠,自动化程度高,操作控制灵活,结合科学的生产管理经验,实现了装置的安稳长满优运行。

此外,3000吨级多喷嘴对置

式水煤浆气化技术特点和优势在于:

(1)多喷嘴对置式水煤浆气化技术气化效率高,技术指标先进。

(2)多喷嘴对置式水煤浆气化喷嘴之间协同作用好,气化炉负荷调节灵活,适应能力强,超大型化装置碳转化率高达99.63%,技术指标先进,大型化优势突出。

(3)气化炉结构合理,拱顶耐火砖结构优化,有效延长了耐火砖的使用寿命,按考核结果及热质传递速率测算,拱顶耐火砖使用寿命预期可达10000小时以上,为气化装置稳定运行提供了重要保障。

(4)采用预膜式结构的水煤浆喷嘴,降低了氧气和煤浆的阻力,减少了磨损,烧嘴使用寿命达到102天,既延长了烧嘴使用

寿命,还有利于降低气化装置的能耗。

(5)通过调整和优化热面砖、背衬砖、隔热砖的相对尺寸,增加了气化炉炉膛空间,提高了产气量。

考核专家组还对气化炉的废水排放和冷煤气效率进行了考核。考核结果初步显示:气化炉外排废水量低(50.3m³/h),废水组成简单,易于生化处理;冷煤气效率达到75.2%,优于同类气化装置。

该日处理煤3000吨级的气化装置是目前世界上单炉规模最大、高效稳定运行的水煤浆气化装置。该示范装置的成功运行充分体现了多喷嘴对置式水煤浆气化技术在大型化和长周期安全稳定运行方面的突出优势。

研发动态

●超大型化水煤浆气化炉的研究和示范

十三五期间,兖矿集团和华东理工大学共同承担了科技部煤炭清洁高效利用和新型节能技术重点专项项目“超大型水煤浆气化技术开发及示范”研发任务,进行超大型水煤浆气化放大关键技术及污水减量研究。

他们围绕高温高压下湍流混合与复杂气化反应的相互作用的复杂科学问题研究,掌握实现水煤浆气化过程高效化、大型化的基本理论,形成单炉4000吨级超大型水煤浆气化工艺,建设日处理煤4000吨级多喷嘴对置式水煤浆气化示范装置。示范装置建在内蒙古荣信化工有限公司,即将投料试车。

●废锅—激冷型多喷嘴对置式水煤浆气化的研究和示范

在全激冷型多喷嘴对置式水煤浆广泛应用的背景下,兖矿集团和华东理工大学对气化技术的研究继续前行,正在进行多喷嘴对置式水煤浆气化废锅—激冷流程气化技术研究。

目前炉型设计已完成,工艺软件包于2017年12月编制完成,气化炉制造已完成。工业示范装置建设在兖州煤业榆林能化有限公司,建设单炉日处理煤2000吨级废锅—激冷型气化炉,预计2020年3月底实现投料试车。废锅—激冷型气化技术将进一步提高气化装置的能效指标。

●技术提升——大型煤气化系统高压高温黑水能量高效回收技术

兖矿集团和华东理工大学持续不断投入资金和人力,对多喷嘴气化技术进行完善和提升。

他们创新性地提出大型煤气化系统高压高温黑水能量高效回收新工艺,通过传热传质过程强化解决了工程放大问题,提高了系统能效,保障了大型煤气化系统的长周期稳定运行。该技术已成功应用于单炉日处理3000吨级大型水煤浆气化系统的黑水处理单元,支撑了大型煤气化装置的高效稳定运行。

他们还发明了高效塔盘式蒸发热水塔,实现了相变—传递过程一体化,完成了大型工程应用。与国外同类技术相比,该技术单系列投资节省1000万元。

此外,他们发明了具有旋流流场和撞击式气流传递界面的蒸发热水塔内构件,强化了塔内热质传递过程,在单炉日处理煤3000吨级大型水煤浆气化装置的运行表明,蒸发热水塔运行周期从6个月提高至15个月以上。

●技术提升——石油焦化

兖矿集团和华东理工大学研发团队针对石油焦化进行了多年理论和工程研究,找到了一条通过多喷嘴煤气化技术高效清洁利用石油焦的途径。

该技术应用于宁波中金石化有限公司煤焦制气装置,以煤和石油焦为原料,生产燃料气和原料气,于2015年5月24日投料成功,标志着国内首套低压气流床气化、以石油焦为主要原料生产燃料气和氢气的气化装置试车取得成功,入炉焦炭浓度58%~60%,水煤气有效气组分79.5%~80.49%,气化系统运行稳定,最高石油焦掺烧比例为100%。

●煤化工与石油化工有机结合

作为国家规划的7个大型炼化一体化项目之一,恒力石化(大连)炼化有限公司2000万吨/年炼化一体化项目煤制氢装置选择了多喷嘴对置式水煤浆气化技术,共建设6台升级版的直径3.88米多喷嘴对置式水煤浆气化炉。

恒力石化2000万吨/年炼化一体化项目煤制氢装置气化炉于2019年2月15日一次投料成功,这是世界上投入运行的单炉最大规模水煤浆气化炉,单炉生产有效气(CO+H₂)产量20万Nm³/h。目前该气化炉已满负荷运行,且运行状况稳定,各项技术指标优异。恒力石化投运的气化装置产品气既为制氢生产线提供原料气,又为相关化工生产线提供原料气,是现代石油化工和煤化工耦合的典型装置。

该超大型气化炉的成功运行,实现了水煤浆气化技术的超大型化跨越,为万华化学、内蒙古荣信、内蒙古汇能、浙江石化等10余个在建单炉20万Nm³/h及以上有效气的多喷嘴对置式水煤浆气化项目提供了宝贵经验。

应用案例展示