

Research on Capacity Expansion Design of Pressurized Gasifier Equipment

Gong Feng Daowen Liu Shuai Wang

Shaanxi Future Energy and Chemical Co., Ltd., Yulin, Shaanxi, 719000, China

Abstract

This paper focuses on the issue of the need to expand the capacity of a pressurized gasifier and increase production by 10%. The material balance calculation method is mainly used, and the original gasifier volume is 66.39m^3 . After calculating the increase in gas volume by 10%, it is necessary to increase the capacity of the gasifier and reduce the thickness of the gasifier back support bricks to achieve the goal of expanding production and increasing capacity. The paper provides a detailed introduction to the working principle of the gasifier, analyzes the necessity and implementation methods of the expansion of the gasifier, and provides a detailed explanation of the reasons and methods for reducing the thickness of the back support bricks required for the expansion. In the end, it was concluded that in order to meet the demand for increased production, the gasifier needs to be expanded to 73.04m^3 and the thickness of the back support brick needs to be reduced to 29mm. The research in this article can provide guidance and reference for the production and engineering practice of coal water slurry pressurized gasifiers.

Keywords

pressurized gasifier; equipment; calculation; design

加压气化炉设备扩容设计研究

冯功 刘道文 王帅

陕西未来能源化工有限公司, 中国·陕西 榆林 719000

摘要

论文针对加压气化炉需要扩容增产10%的问题进行研究,主要采用物料平衡计算方法,得出原气化炉容积为 66.39m^3 ,根据计算增产气量10%后,需要将气化炉扩容多少,减薄多少气化炉背撑砖,以实现扩产增容的目标。论文具体介绍了气化炉的工作原理,分析了气化炉扩容的必要性和实现方式,详细说明了扩容需要减薄背撑砖的原因和方法。最终得出,为了满足增产需求,气化炉需要扩容至 73.04m^3 ,减薄背撑砖厚度为29mm。论文的研究可为水煤浆加压气化炉的生产和工程实践提供指导和参考。

关键词

加压气化炉; 设备; 计算; 设计

1 引言

水煤浆是一种高效清洁能源,广泛应用于工业生产领域。气化工段气化炉作为水煤浆加压气化的核心设备,其稳定性和生产能力对于整个工艺流程至关重要。然而,随着需求的不断增长,未来能源公司合成装置运行的日趋优化,以及高温费托合成装置的运行,为了进一步降低生产运营成本,提高人均制造价值,同时为二期项目投用后气化系统高负荷运行提前做好准备,在不新增气化炉的情况下气化炉扩产增容提上日程,以满足生产需要。论文旨在研究水煤浆加压气化炉扩容问题,以满足增加新产品装置生产的需求。气化炉原设计容积为 66.39m^3 ,根据增产气量10%的要求,计算出气化炉需要扩大的容量,在不改变气化炉本体的情况

下,避免气化炉扩容后对气化系统运行的不利影响,保证长周期运行的前提条件,降低气化炉壁温超温风险,根据气化炉耐火砖结构分布,减薄气化炉背撑砖是气化炉扩产增容的唯一选择,从而实现扩产增容的目的。论文旨在为水煤浆加压气化工艺的生产优化提供参考和指导。水煤浆加压气化技术是燃料水煤浆与气化剂高压氧同时进入气化炉进行气化反应的技术。目前,该技术已经得到了广泛的应用和推广,成为中国煤化工行业的重要领域之一。中国的煤炭资源十分丰富,而且近年来环保要求越来越高,水煤浆加压气化技术可以充分利用煤炭资源,降低排放,被广泛应用于煤化工、化肥、合成氨等行业中。

2 水煤浆加压气化工艺及其原理

2.1 水煤浆加压气化工艺流程

原料煤经煤浆制备系统磨制成合格水煤浆,经煤浆输送系统送至气化炉,与空分来的氧气在气化炉内进行不完全

【作者简介】冯功(1983-),男,中国山东邹城人,本科,工程师,从事煤化工气化研究。

氧化还原反应,生成以CO和H₂为有效成分的粗水煤气,再经旋风分离器、水洗塔等洗涤净化系统洗涤合格后送入变换工段;气化炉内产生的灰渣通过锁斗系统定期排放至捞渣机,通过捞渣机把粗渣与水分离后外运至渣场;气化炉及水煤气洗涤净化系统各设备的黑水经三级闪蒸后进入黑水沉降系统,澄清液在系统内循环使用;浓缩黑水经真空过滤机处理后产生的细渣外运至渣场^[1]。

2.2 水煤浆加压气化的基本原理

水煤浆气化工艺属于气流床气化工艺,浓度不小于58.5% (wt)的煤浆通过煤浆给料泵加压与空分来的高压氧气(纯度99.6%以上)通过工艺烧嘴喷射进入气化炉。水煤浆、氧气进入燃烧室后,相继进行雾化、传热、蒸发、脱挥发分、燃烧、气化等六个物理和化学过程。利用煤部分氧化(燃烧)释放热量,维持在该煤种的灰熔点温度以上进行气化反应,反应温度一般约1300℃,反应过程非常迅速,一般在4~10秒内完成。水煤浆加压气化技术的基本原理在于将煤粉混合水后进行气化,与传统的固体煤气化工艺相比,具有更高的气化效率和更低的污染排放,因此被广泛应用于能源化学领域^[2]。

3 气化炉扩容计算及设计

3.1 原气化炉容积计算方法及结果

原气化炉容积的计算通常基于物料平衡原理,即进入气化炉的物料与出炉的物料应保持平衡。在本研究中,水煤浆中固体含量为50%,气化炉炉效为80%,气化产物中CO和的体积分数分别为54.72%和45.28%。根据现有负荷,参考原设计工艺包中给出的物料平衡可计算出:

煤: 76200kg=6349.95kmol/h。

水: 3000.00kmol/h。

氧气: 2308.51kmol/h (单烧嘴12927.65Nm³/h)。

合成气: 9160.61kmol/h (404962.53Nm³/h)。

气化炉中总的物质的量为: 20818.84kmol/h。

由热力学方程:

$$PV=nRT$$

可得出 $V=66.39\text{m}^3$ 。

由方程计算可得: 为满足原实际生产需要,气化炉容积理论值为66.39m³。

对比气化炉燃烧室结构设计,及日常运行情况来看,气化炉计算容积与设计值65m³对比来看基本一致,能够满足日常运行要求。

3.2 增产气量计算方法及结果

增产气量可以通过物料平衡计算得出。物料平衡是指在一个系统内,物料的输入和输出必须相等,即质量守恒原则^[3]。在本研究中,通过对加压气化炉输入和输出物料进行平衡计算,得出增产气量的数值。具体而言,我们需要先确定原气化炉的产气量和输入物料的流量,然后根据增产气量的要求,计算出需要增加的气量和相应的输入物料流量。最

后,将新的输入物料流量带到物料平衡计算中,即可得到新的产气量,即增产后的气量。在本研究中,原气化炉容积为66.39m³,增产气量要求为10%,因此需要增加气量为原气化炉总的物质的量的10%。即:

煤: 83820kg=6984.94kmol。

水: 3299.75kmol。

氧气: 2539.36kmol (单烧嘴14220.42Nm³/h)。

合成气: 10076.67kmol (445458.94Nm³/h)。

气化炉中总的物质的量为: 22900.72kmol。

根据热力学方程:

$$PV=nRT$$

可得出扩容后需要的气化炉容积为73.04m³,因此气化炉扩容后,需要增加体积为73.04-66.39=6.65m³。

增产前的氧气流量为12927.65Nm³/h,增产后的氧气流量为14220.42Nm³/h,需要增加的输入单烧嘴氧气流量为1292.77Nm³/h。增产前的煤浆流量为112.86m³/h,增产后的煤浆流量为124.15m³/h,需要增加的输入单烧嘴煤浆流量为2.82m³/h。增产前的气化炉产气量为404962.53Nm³/h,增产后的气化炉产气量为445458.94Nm³/h,扩容后气化炉增加了的产气量流量为40496.41Nm³/h。

3.3 气化炉扩容设计方案

为了满足增加新产品装置生产的需要,气化工段气化炉需要扩容增容10%。根据物料平衡计算,原气化炉容积为66.39m³。为了达到扩产增容的效果,需要设计一套气化炉扩容方案。气化炉的扩容设计主要包括两个方面,一是增加气化炉的容积;二是减小气化炉背衬砖的厚度,以满足增产气量的要求。对于气化炉容积的增加,可以通过增加气化炉的高度或直径来实现。具体的扩容方案需要综合考虑气化炉的结构、安全、经济等因素。在实际设计中,通常采用软件模拟分析,进行多次优化设计,最终确定最优的扩容方案。对于减薄气化炉背衬砖的厚度,可以通过优化背衬砖的材料和结构来实现。一般来说,气化炉的背衬砖采用耐火材料Al₂O₃87%,Cr₂O₃12%,Fe₂O₃0.2%制成,其厚度对气化炉的性能有很大影响。在扩容设计中,需要根据增产气量的要求,对背衬砖的厚度进行重新计算和优化设计,以达到扩容增产的效果。

原气化炉各项指标:

氧流股: 12900×4=51600Nm³/h;单喷嘴的中心氧流量2322Nm³/h。

煤浆流股: 27.16×4=108.6m³/h,浓度(含固量)=58.5% (wt);原气化炉渣口尺寸为1050mm,以气化室出口状态计,煤气在气化室中的表观速度为1.41m/s。

气化炉燃烧室下渣口(φ1050)处煤气速度为10.03m/s。

下降管(φ1388喷淋床)煤气表观速度为~5.74m/s。

鼓泡床煤气表观速度为~0.55m/s。

激冷水进水管6根φ125,管内平均速度为1.72m/s。

激冷水穿过均布环 120 个 $\phi 8$ 孔及 8mm 环缝的平均速度为 3.09m/s。

湿煤气出气化炉合成气管口为 $\phi 600\text{mm}$ ，速度为 19.93m/s。

去蒸发热水塔管口为 $\phi 300\text{mm}$ ，黑水速度为 0.83m/s。

扩容后气化炉各项指标：

氧流股： $14220 \times 4 = 56880\text{Nm}^3/\text{h}$ ；单喷嘴的中心氧流量 $2560\text{Nm}^3/\text{h}$ 。

煤浆流股： $29.9 \times 4 = 119.6\text{m}^3/\text{h}$ ，浓度（含固量）= 58.5%（wt）；根据氧气和煤浆流量，满足气化炉扩容需求，无需改进，原气化炉渣口尺寸为 1050mm，以气化室出口状态计，煤气在气化室中的表观速度为 1.55m/s。

气化炉燃烧室下渣口（ $\phi 1050$ ）处煤气速度为 11.03m/s。

下降管（ $\phi 1388$ 喷淋床）煤气表观速度为 $\sim 6.31\text{m/s}$ 。

鼓泡床煤气表观速度为 $\sim 0.61\text{m/s}$ 。

激冷水进水管 6 根 $\phi_i=125$ ，管内平均速度为 1.89m/s。

激冷水穿过均布环 120 个 $\phi 8$ 孔及 8mm 环缝的平均速度为 3.40m/s。

湿煤气出气化炉合成气管口为 $\phi 600\text{mm}$ ，速度为 21.92m/s。

去蒸发热水塔管口为 $\phi 300\text{mm}$ ，黑水速度为 0.91m/s。

气化炉渣口压差（最大）0.2MPa。

根据计算后的数据对比，考虑气化炉的结构、安全、经济等多个因素，包括方面原气化炉的工艺烧嘴、渣口尺寸、下渣口、下降管、鼓泡床、激冷水、合成气管口、渣口压差等都可以满足气化炉扩容需求，综上所述，通过科学的计算和优化设计，可以确定最优的扩容方案，以满足增加生产能力的需要。

4 气化炉背撑砖减薄计算与分析

4.1 背撑砖减薄原理及设计要求

气化炉的背撑砖是保护气化炉壳体重要部件，它可以承受高温和高压下的化学腐蚀和机械冲击，防止气化炉壳体受损或变形。在气化炉扩容时，需要对背衬砖进行减薄处理以适应新的生产要求。背撑砖的减薄原理是通过减小背撑砖的厚度来增加气化炉的有效容积。具体来说，可以在原有背撑砖的基础上加装一层新的背撑砖，并将新背撑砖的厚度减少相应的量。这样做可以保证气化炉壳体的强度和稳定性，防止气化炉壁温超温，同时满足气化反应的要求，达到扩容增产的效果。在设计背撑砖减薄方案时，需要考虑减薄量，减薄量应根据气化炉的实际情况和生产要求进行计算，不宜减薄过多或过少。一般来说，减薄量应该控制在背衬砖总厚度的 30% 以内。其次，背衬砖材料应该具有较高的耐火性能和机械强度，同时具有较好的耐化学腐蚀性能和隔热性能，以保证气化炉的正常运行。背衬砖的减薄方式可以采用机械加工、烧结加工等多种方式进行，具体方式应根据实际情况和经济效益进行选择。通过科学合理的背撑砖减薄设计方案，可以实现气化炉的扩容增产需求，同时保证气化炉的稳定性和运行效率。

4.2 减薄计算方法及结果分析

在相同的压力和温度条件下，气体体积与摩尔数成正

比，根据气体体积增加的比例计算，扩容后气化炉的容积为原容积的 1.1 倍，即扩容后气化炉的容积为 73.04m^3 。接下来需要计算需要减薄多少气化炉背撑砖才能实现扩容增产的目标。通过计算背撑砖需的减薄厚度为 29mm，原来的厚度为 175mm，则扩容后的有效背撑砖厚度为 146mm。

因此，需要将新气化炉的容积扩大 6.65m^3 ，原气化炉燃烧室筑砖后内径为 2802mm，计算后耐火背衬砖减薄 29mm，现减薄后气化炉燃烧室筑砖内径为 2860mm。

5 扩容后的气化炉性能测试与分析

为了验证扩容后的气化炉是否能够满足生产需求，需要进行性能测试与分析。测试内容主要包括气化效率、产气量、气化温度、气化压力、煤气组成等方面。首先进行气化效率测试，该测试可通过测量气化炉进料煤气和出料煤气中的 CO 和含量计算得出。测试结果显示，扩容后的气化炉气化效率与原设计容积相近。其次进行产气量测试，该测试可通过在一定时间内测量煤气流量并计算得出。测试结果显示，扩容后的气化炉产气量明显增加，满足了生产需求。再次进行气化温度和气化压力测试，该测试可通过安装在气化炉内的温度传感器和压力传感器进行测量。测试结果显示，扩容后的气化炉气化温度和气化压力稳定在预定范围内，保证了煤气的稳定产出。最后进行煤气组成测试，该测试可通过气相色谱仪等设备进行测量。测试结果显示，扩容后的气化炉煤气组成与原设计容积时相近，表明扩容后的气化炉对煤气质量影响不大。综上所述，扩容后的气化炉性能测试结果表明，气化炉扩容设计方案得到了有效实施，能够满足生产需要。

6 结论与展望

本次研究对于水煤浆加压气工艺的扩容具有一定的理论意义和工程实践意义。通过对原气化炉容积和增产气量的计算，得出了扩容的方案，采用减薄背衬砖的方式实现扩容增产的目标。通过对减薄后背撑砖的性能测试及扩容后气化炉的性能测试，验证了扩容方案的可行性和实际效果，提高了气化炉的生产能力和经济效益。在未来的研究中，可以考虑进一步优化扩容方案，探索更加高效和节能的背撑砖减薄技术，同时结合气化炉运行的实际情况，完善扩容方案的细节和运维措施，以实现更加优质和稳定的生产。同时，也可以探索气化炉运行监测技术和数据分析方法，以提高气化炉的运行效率和可靠性，促进水煤浆加压气技术的持续发展和应用。

参考文献

- [1] 严有棋,王海英,周晓东.水煤浆气化加变炉改造技术的研究[J].价值工程,2018(8):141-143.
- [2] 李海润.基于碎煤加压气化炉废锅集水槽堵塞的研究[J].化工管理,2019(6):148-149.
- [3] 张磊.水煤浆气化装置扩能改造方案研究[J].现代化工,2019(6):196-200.