

煤气化工艺清洁生产与环境保护探讨

陈谦斌

南京诚志清洁能源有限公司 江苏南京 210048

摘要: 随着科学技术的不断发展和经济水平的不断提高, 能源需求日益增加, 尤其是作为我国能源重要组成部分的煤气行业。随着煤气行业的需求越来越大, 各种新的技术设备也被应用到了实际的煤气生产中。不过随着煤气化工业的发展, 人们对环境的要求也越来越低, 因此煤气生产必须要不断的采用新的工艺和技术来减少对环境的影响。本文将介绍煤气化工艺的主要类型, 结合当前技术手段, 对煤气化工艺、清洁生产和环境保护等方面作一些探讨。

关键词: 煤气化工艺; 清洁生产; 环境保护

Discussion on clean production and environmental protection of coal gasification process

Qianbin Chen

Nanjing Chengzhi Clean Energy Co., LTD., Nanjing 210048, China

Abstract: With the continuous development of science and technology and the continuous improvement of economic level, energy demand is increasing, especially as an important part of China's energy gas industry. With the increasing demand of gas industry, all kinds of new technical equipment have been applied to the actual gas production. However, with the development of gas chemical industry, people's requirements for the environment are becoming lower and lower, so gas production must constantly adopt new processes and technologies to reduce the impact on the environment. This paper will introduce the main types of coal gasification process, combined with the current technical means, coal gasification process, clean production and environmental protection and other aspects of some discussion.

Keywords: Coal gasification process; Cleaner production; The environmental protection

引言:

煤气化是煤化工工业的重要组成部分, 其主要任务是为其它生产活动提供必要的原料和动力。煤气化工艺主要是利用一定的化学转化工艺, 将固体原料煤转化成气态的氢气以及后续工艺所需的一氧化碳。煤气化工艺清洁生产原理可通过控制生产过程中煤炭原料的浪费, 提高煤炭使用率, 提高生产效率, 减少环境污染, 提高经济效益。当前先进的煤气化技术对企业清洁生产技术的建设具有重要借鉴意义, 对我国环境污染治理提供了重要保障, 实现了煤化工产业的可持续、可持续发展。

一、常规煤气化技术的研究

随着时间的推移, 各种气化技术被广泛地运用, 其中最常用的有固体床、流化床、气流床等, 它们都有自己的优点和不足。

1. 固定床气化

固定床的气化反应温度通常为 800~1000℃, 最大压力为 4MPa, 煤粉的粒径为 6~50 毫米。在固定床气化炉中, 由于煤气流动速度较慢, 煤粉在炉膛中的滞留时间较长, 最多可在炉膛中滞留 90 分钟, 且在气化期间, 煤粉始终保持不动。由于煤种的活性、热稳定性、灰熔点等方面的要求较高, 而且所用的煤种尺寸较小, 在实际气化时, 其气化性能较差。这种方法的具体应用范围是次烟煤和褐煤, 而合成气则是以甲烷为主要原料^[1]。

2. 流化床气化

流化床气化工艺的运行温度在 800~1000℃ 之间, 工作压力在常压~2.5MPa 范围内, 煤粉的粒径约为 6mm。流化床气化技术的炉温相对均匀, 气化介质的流动速度

较慢,在整个气化过程中,煤颗粒会在一定程度上滞留数分钟,而在此期间,煤颗粒一直处于悬浮状态,而汽化介质间的相对移动。在使用此工艺时,要注意的是,此工艺对原煤的灰熔点和活性都有很高的要求,若原煤的特性不符合规定,就不可能获得预期的使用效果^[2]。

3. 气流床气化

与传统的固定床气化法、流化床法相比,流化床法具有更高的运行温度,可达1300~1700℃,而且在实际工作中,操作压力也比较大,可达6.5MPa,在实际工作中,由于炉膛中的气体流动速度过快,使煤粉沿气流流动方向运动,在整个气化过程中,煤粒会在炉膛中滞留

几秒钟。其气化过程为煤粉在反应器中高速移动,类似于流化技术中的“气流输送”,因而具有很好的适应性。壳牌气化炉是一种较为普遍的产品,其具体使用方法是:将氧气、少量蒸汽、粉煤等在高温高压环境下进行增压,送入气化炉,使之迅速升温、挥发,再进行一系列反应,从而达到煤气化的目的。壳牌气化炉在实际使用中对环境产生了良好的影响^[3]。

4. 不同煤种的气化技术比较与分析

主要是根据鲁奇气化炉、德士古气化炉、壳牌气化炉、GSP气化炉等几种常用的气化炉进行比较,并对其主要技术指标进行了比较。详情见表1。

表1 气化工工艺主要参数比较

工艺	鲁奇气化炉	德士古气化炉	壳牌气化炉	GSP气化炉
煤种	弱黏结性煤	次烟煤、烟煤、油渣	褐煤、次烟煤、烟煤、无烟煤、油渣	褐煤、次烟煤、烟煤、无烟煤、油渣
气化炉的特点	气化炉由旋转炉蓖和承压外壳组成,壳体用水夹套保护,废锅流程	顶部单喷嘴,热壁,耐火衬里,冷激流程(用于IGCC时有废锅流程)	下部多喷嘴对喷,承压外壳内有水冷壁,废锅流程,充分回收废热产蒸汽	顶部单喷嘴,承压外壳内有水冷壁,激冷流程,由水冷壁回收少量蒸汽
气化压力/MPa	0~3.0	4.0~6.5	2.0~4.0	2.0~4.0
气化温度/℃	1100~1300	1300~1400	1400~1600	1400~1600
气化剂	氧+蒸汽	氧	氧	氧
进料方式	5mm~50mm煤	60%~65%水煤浆	干燥粉	干燥粉
单炉最大投煤量(t/d)	700	2000	2500	2500
氧耗(m ³ /1000m ³ CO+H ₂)	192~240	380~430	330~360	330~340
碳转化率/%	99	96~98	99	99
冷煤气效率/%	85~89	70~76	78~83	78~83
煤气中CO+H ₂ /%	0~65	0~80	0~90	0~90
粗煤气组分	复杂,CH ₄ 、NH ₃ 等含量较高	较简单	较简单	较简单
煤气净化流程	较长,需增加煤气水分离、酚、氨回收等工序,回收焦油、粗酚、氨水副产品	较短,只需考虑酸性气体脱除及根据原料气用途进行有效气体调配	较短,只需考虑酸性气体脱除及根据原料气用途进行有效气体调配	较短,只需考虑酸性气体脱除及根据原料气用途进行有效气体调配
废水产生与处理难易程度	废水产生量较大,成分复杂,处理工艺较复杂	废水产生量较小,成分相对简单,处理工艺较容易	废水产生量较小,成分相对简单,处理工艺较容易	废水产生量较小,成分相对简单,处理工艺较容易
对水环境影响	较大	较低	较低	较低
工艺技术先进性	先进	先进	先进	先进
工艺技术可靠性	高	高	一般	一般
投资比较	低	低	高	高
设备国产化程度	高	高,引进烧嘴、煤浆泵	低,引进气化炉内件	低,引进气化炉
制造、安装周期、工程实施难度	小	小	大	大

如表1所示,上述四项煤气化工艺均属先进技术,但各自有其特殊性,其边界尚不清楚,国内技术上亦有不同意见,一般根据煤种、煤源的保障性质和原料气的使用情况而定。该技术与壳牌制程原料适应性强,碳转化率高,氧消耗低,比德士古和鲁奇稍好;然而,我国鲁奇公司和德士古公司(包括多喷嘴对向水煤浆气化技术、多元料浆气化技术)生产周期较长、技术成熟可靠、经验丰富。4种方法都有各自的优点和不足,所以在选择的过程中,要综合考虑具体的条件和需求。

二、煤气化清洁工艺的研究

随着煤炭气化技术的不断优化,煤炭企业的洁净生产水平得到了进一步的提升,其节能降耗的效果主要表现在:

1.无论是采用固定床鲁奇气化技术,还是采用德士古、壳牌和等先进的气床气化技术,都能更好地适应煤的种类,高灰分,高硫分,粉煤,碎煤等质量较差的煤,都能找到适合的气化技术,然后通过合理的煤气净化技术,除去含硫、氨等有害的杂质,从而满足后续的生产工艺。采用清洁煤气化技术,实现了对资源的充分利用,提高了煤的产量,减少了污染物的排放^[4]。

2.现代气化技术的发展趋势是:汽化温度、压力都在不断提高,壳牌的气化和气化技术的碳转化率超过99%,其中的CO+H₂在90%以上,产品的废气更干净,几乎没有焦油、氰化物等杂质,沼气浓度也很低,因此,气化后的灰水COD、NH₃-N等指标并不高,可以达到达标处理和回收利用的目的^[5]。

3.与较早发展的常规常压间歇式气化工艺相比,现有的煤气化工艺都是采用加压气化工艺,没有大量的制气吹气,只有极少数的灰水系统的闪蒸气,这些闪蒸气被送入下一步的转化车间,经过汽提塔,再送入硫磺回收厂进行处理。

4.提供热回收或废锅,对气化过程中产生的热能进行回收,既节约了能源,又避免了燃煤对环境的污染。

5.针对不同的需要,采用适当的气体分离技术,使气化气的各种组分得到合理的使用。如果使用鲁奇炉的气化气体,其甲烷含量超过10%,则需要将其分解,以满足后续的化学合成反应需要;通过对煤制油、煤制甲醇等煤制油过程气的大量CO₂进行回收,用于下游制取尿素的原料;综合而言,德士古、壳牌、气化等工艺的碳转化率高、煤气中的CO+H₂含量高、NH₃、CH₄等杂质含量低、能源消耗低、污染排放少、清洁生产技术水平高;鲁奇气化技术虽不具备上述三种技术的优越性,但

在项目中,利用先进的技术,对其气化过程中所产生的资源、废气、废水进行再利用,达到了环保的目的^[6]。

三、资源开发与环保的分析

由于不同的气化技术,其污染物的处理难度也不一样,但是随着环保工作的不断加强,为了更好地满足国家节能减排的要求,采取了许多有效的环保措施。

1.德士古和壳牌的气化过程,其废气以灰水系统中的闪蒸气为主,收集后送入变换站,再经过汽提塔,排放到硫磺回收厂进行处理。

2.鲁奇气化过程有大量的排气来源,包括煤锁加煤排气、煤锁、灰锁排气、煤气水分离膨胀气、煤气水处理汽提气,其中煤锁加煤排气采用氮气喷出;煤锁卸压气多,含CO₂, CO, H₂, CH₄, O₂, H₂S等,并将其收集到气柜中作为燃料气体;在灰锁卸载过程中,有少量的含尘蒸汽被排出,经清洗和除尘后排放;在煤气水的分离过程中,会产生大量的CO₂, CO, H₂, CH₄, H₂S, HCN, NH₃等,其中大多数是易燃物质,经气打火炬焚烧后,将其分解成H₂O和CO₂;煤气水处理装置采用高压汽提法,将水中的酚、氨、氮等组份除去,生成的部分汽提气,再由汽提气返回气化炉,作为气化剂使用^[7]。

3.德士古、壳牌气化工艺产生的废水来源为激冷水、洗涤塔洗涤水、渣池中的细渣水,气化灰中几乎没有焦油、氰化物等杂质,沼气中的COD、NH₃-N等浓度不高,处理起来比较容易,气化灰水一般采用投加絮凝剂沉降过滤法处理后,大部分再利用,为了避免系统中的杂质积累,将一定数量的灰水排放到污水处理站处理,一般采用序批式生物反应器(SBR)或A/O处理工艺,出水达标后外排。为了进一步降低外排水量,增加重复使用,达到节能减排目的,目前部分大型煤炭企业纷纷投入资金建设中水回用设备,通过超滤、反渗透、消毒等措施对循环系统的统排污水进行超滤、反渗透、消毒,使出水达到回用水质指标,再由循环系统统一作为补充水,不仅节省了大量的水资源,而且还极大地降低了废水的外排,对保护水体具有积极的意义。

4.压力固定床鲁奇炉的汽化煤气中含有酚、氰、氨、焦油等含量较高,通常需要设置煤气水分离装置、酚、氨回收装置进行预处理,分离出焦油、氨、酚后,大部分回到气化系统作冷却水利用,只有少量送后续污水处理站进行治理,通常需采用A₂/O、A₂/O₂、A/O₂等多级生化处理工艺,流程相对较长,投资和占地面积大,实际运行操作复杂,运行费用高,处理后出水可获得理想的效果^[8]。

5. 由于气化过程中的灰渣中含有一定的碳, 所以可以将其输送到电厂的锅炉中, 与煤炭一起燃烧, 从而达到了最大限度地发挥资源的目的, 同时也降低了废物的排放。炉渣、气化炉渣、灰渣、等可以用作建材, 例如铺路、水泥等, 可以实现对资源的再循环利用, 提高产品的附加值。

6. 小结: 综上所述煤炭工业是世界上最主要的一种能源技术, 长期以来备受重视, 其相关技术不断改进, 清洁生产技术不断完善, 对环境造成的污染已在技术上得到有效的控制。由于不同地区、不同的埋设方式, 导致煤种差异很大, 为了提高气化效果, 目前鲁奇、德士古、壳牌、GSP等煤气化技术都具有很好的适应性。该技术与高效纯化技术相结合, 能有效地除去烟气中的硫、氨等污染物, 提高产品的品质, 达到煤炭资源的最大利用率, 降低对环境的污染。煤粉气化时, 炉温、压力对转化率有很大的影响, 而壳牌、GSP等技术的转化率已达99%, 其中一氧化碳、氢气等的活性组分超过90%, 焦油、氰化物的排放量得到了进一步的降低。目前主流的煤气化技术是以高压气化为, 其所排放的少量闪蒸气经气提后得到进一步的纯化, 废气中所含的硫可以由硫磺回收装置进行再利用, 从而大大地提高了资源的利用率, 减轻了环境的压力。煤气化后的煤气属于混合气, 经过分离后再进行回收, 两者都能达到使用的目的。目前, 气体分离技术日趋成熟, 能够有效地分离各种气体, 如利用分离后的沼气, 产生液化天然气, 分离后的二氧化碳可以用作尿素的原料。

四、结束语

煤气化技术路线的确定, 既要考虑煤种、灰熔融温

度等煤质特征、装置规模、产品链的设置、投资等方面的考虑, 还要考虑煤炭、水资源等原辅材料、能源的保障和运输条件, 以及环境承载能力等因素; 在水环境的敏感区域, 应尽量避免采用鲁奇气化技术, 这是一种废水规模较大、废水质量复杂、氨氮和其他有毒物质含量高、处理费用高、污染严重等问题。另外, 近几年, 国内几家科研机构、企业经过多年的研究, 研制出了多口对向水煤浆气化、多元料浆气化、灰熔聚气化等技术, 这些技术已在工业化装置上取得了一定的应用效果。

参考文献:

- [1] 吴迪, 吴鹏, 毕朝刚, 吴刚. 壳牌煤气化工艺水中水汽管道的设计特点分析[J]. 化肥设计, 2022, 60(01): 28-31.
- [2] 杨大义. 煤气化废水生化尾水深度处理工艺研究与探讨[J]. 云南化工, 2022, 49(01): 89-92.
- [3] 李志祥. 水煤浆气化工冷煤气效率的影响因素及提高措施研究[J]. 煤化工, 2021, 49(06): 49-53.
- [4] 王欢, 范飞, 李鹏飞, 潘生杰. 现代煤气化技术进展及产业现状分析[J]. 煤化工, 2021, 49(04): 52-56.
- [5] 刘杰, 潘辉. 煤气化工艺清洁生产与环境保护探讨[J]. 石河子科技, 2020(06): 25-26.
- [6] 王大玮. 煤气化工艺清洁生产与环境保护研究[J]. 山西化工, 2019, 39(02): 204-205+208. DOI: 10.16525/j.cnki.cn14-1109/tq.2019.02.72.
- [7] 王贤志. 煤气化工艺清洁生产与环境保护探讨[J]. 化工管理, 2019(03): 155-156.
- [8] 李显辉. 浅谈煤气化工艺清洁生产及环境保护[J]. 石河子科技, 2018(02): 55-57.