

煤气化水处理系统节能降耗分析及适用技术探讨

马 航

陕西兴化集团有限责任公司 陕西省 咸阳市 713100

摘 要: 根据工艺过程中介质温度和压力的变化,分析了渣水和灰水处理系统的节能潜力,讨论了该系统的能源利用率和利用途径,通过对该系统的综合能耗进行分析,得出该系统可以采用液力透平、螺杆膨胀机和有机朗肯循环等技术,通过对该工艺的能耗进行分析,得出:一套日投煤量为2000吨的气流床气化炉,一年可节约能源568万~724万元,节约用水量12万~15万吨,经济效益较好。

关键词: 煤气化渣及灰水处理系统;节能降耗;液力透平螺杆膨胀机;有机朗肯循环

前言:

“十二五”以来,我国的现代煤化工发展取得了巨大的进展,但“十三五”期间必须严格控制能源消耗,要严格控制能耗,促进绿色发展。煤气化技术在现代煤炭工业中具有举足轻重的地位。在煤制合成氨装置中,煤气化装置(包括空气分离厂)的耗水量在85%以上,煤粉的一次气化及后续的深度处理决定了煤粉的消耗。煤气化技术是煤化工发展的一个热点。炉渣和灰水的处理是实现煤气化能量回收和水循环利用的关键环节。因此,进行炉渣和灰水系统的能耗潜力分析是十分必要的。

1 渣及灰水处理工艺流程

渣水和灰水的处理系统,主要是由三级闪蒸、沉淀澄清、除氧等子系统的能源再生与处理废水的再利用。通过减压阀,由气化和合成气清洗设备排出的黑水,经过一个高压闪蒸槽,再经过闪蒸转化为蒸气,再进入汽提塔对脱氧机的处理水进行加热,通过高温槽与热交换器的分离,将冷凝水从硫磺再生设备的高温分离箱中分离出来,送入脱氧机。通过真空闪蒸槽和真空闪蒸槽,将黑水从高压闪蒸槽中喷出。再将其排放到黑水沉淀净化装置中。黑水经沉淀和净化,成为灰水,大多数的灰水通过脱氧机进行脱氧机的脱氧机,然后将其加热,返回到气化和合成气的纯化系统,在进入污水处理站之前,用废水冷却器对它进行冷却,以达到盐分的平衡。一种用于脱氧机的脱氧机,它是从低压闪蒸箱排出的水进入脱氧机,而真空闪蒸箱的出口蒸气经真空闪蒸箱与真空分离箱进行分离,真空泵对排出的气体进行抽吸^[1]。

2 节能降耗分析

黑水和灰的处理方式有:气化和合成气清洗系统、高压闪蒸槽、低压闪蒸槽、真空闪蒸槽、黑水沉淀、净化、脱氧、汽提、气化和合成气清洗。同时,对三次闪蒸系统中的蒸气进行能量回收,将闪蒸过程中无法得

到的能量用热交换器进行冷却,然后将其作为高压闪蒸蒸气排放到汽提塔内,将灰水加热,再由换热器进行冷却,送入高压闪蒸分离箱;为了节约蒸气的使用,将低压闪蒸气体送入脱氧机,对灰水进行脱氧。

在渣油和灰水处理系统中,水的压力最大的是:气化、合成气清洗、高压闪蒸槽的降压、汽提塔、气化和合成气清洗等。黑水的加压工艺是由水泵完成的,高温、高压力的降压工艺是由减压阀逐步完成的,在减压阀、减压阀后,还可能造成管道部件的磨损。因此,可以回收利用^[2]。从蒸发和灰水处理中的温度变化可以看到,汽化和合成气清洗系统→高压闪蒸槽→低压闪蒸槽→真空闪蒸槽→黑水沉淀净化系统,由于黑水的温度降低,导致黑水蒸发,从而形成闪蒸气,从而恢复能源;黑水沉淀净化系统→脱氧系统升温主要是采用低压蒸汽进行脱氧机,同时对回收的工艺水进行加热,而脱氧系统→汽提塔的温度升高主要是由于高压闪蒸气加热、再利用工艺水汽提塔→气化和合成气清洗系统的温度保持不变。所以这些能量是不可能再被回收的。

从高压闪蒸和真空闪蒸温度的变化可以看出,在高压闪蒸的温度下,其变化幅度很小,而在高压闪蒸的范围内,其体积比高压闪蒸器的体积要大得多。在进行闪蒸时,要消耗大量的循环水。通过对2000吨单列煤气化炉的物料平衡的相关计算,可以看出,煤渣和灰水处理系统的回用水量约为70%~80%,其中,闪蒸冷却所需的回收率超过80%。所以,在气化过程中,如何合理地回收和利用闪蒸能源,对于降低煤气化系统的能耗具有十分重要的意义^[3]。

3 煤气化水处理系统节能降耗适用技术

(题目重点应是水处理系统节能降耗分析,摘要和结论里面的液力透平、螺杆膨胀机和有机朗肯循环等技术应该是这里的重点)

3.1 起源

德国的西门兄弟于1857年首次发明了一种利用块煤来制造气体的炉。该方法在后来的很多开发商的努力下,在1883年被用于制造氨气。

3.2 现状与原理

煤在干燥过程中的主要变化是:在100℃以上的煤粉中,煤中的湿气会被蒸发;当温度超过200℃时,煤中的粘结水就会释放出来。当温度超过350℃时,煤炭逐渐软化,它会变成一种黏性的胶质(泥炭、褐煤等都不会发生)。大多数的气体和焦油在450-550摄氏度之间的温度范围内进行,称为一次热分解产物。高温的分解还在继续,残渣逐渐变成了粘稠的半焦状。半焦在550℃以上会继续分解,并沉淀出挥发性物质,半焦在失重状态下发生收缩,从而产生裂缝;半焦在800℃以上时,体积减小,硬化,产生一种有孔隙的焦炭。在蒸馏过程中,一次热分解产物与炽热的焦炭和高温炉壁发生二次热分解,生成二次热分解产物(焦炉气和其它焦化产品)。煤气化水处理一般分为一级处理、二级处理和深度处理三种。这里的一级处理和二级处理的定义与传统的城市污水处理的概念不同,这里的一级处理是对有价值的材料进行回收,二级处理是以生物化学处理为主,深度处理的常用方式为臭氧化和活性炭吸附。第一阶段处理包括沉淀、过滤、萃取、汽提等处理,以去除部分灰渣、油类等。在一级工艺中,重点是对有价值的原料进行回收,例如溶剂萃取、汽提、吸附、离子交换等。这样既能减少资源的浪费,又能有效地解决污水的污染问题。采用煤气化水进行脱酚、水蒸气提氨法后,可使废水中的挥发酚和挥发氨浓度达到99%,COD浓度达到90%。二级工艺以生化工艺为主,经过二次工艺处理后,污水基本达到了排放标准。

3.3 压力势能回收及适用技术探讨

以单系列2000t级气流床气化炉为例,气化及合成气洗涤系统→高压闪蒸罐过程中,黑水压力由4.0 MPa(220℃)/3.8 MPa(210℃)降至0.5 MPa,黑水流量约为200t/h。经Aspen模拟计算,这部分黑水压力势能为 $w = 745\text{ kW}$

液力透平是一种能够将生产过程中所产生的的高压液体重新利用的能源再生设备,目前已在石化加氢裂化装置、大型合成氨装置、海水淡化装置中得到了广泛的应用。从理论上讲,如果有20 kW以上的能源可以用来再生。在汽化和合成气清洗系统→高压闪蒸槽的压力能可以通过液力透平进行回收。液力透平常见有6种配置方式其中A、B、D是目前广泛采用的型式(方案见图1)。

图1中A、B、D布置形式为电动机+液力透平,在透

平机故障情况下,能保证系统正常运行。与A、B方案比较,D型电机采用了双轴结构,其结构简单、通用性好。黑水中含固含量高的液力透平可以采用与渣浆泵相似的方式^[4]。可以考虑将液力透平安装在地面上,而为了避免对液力透平的不利影响,将汽轮机的出口黑水压力降低到2.2 Ma后,通过压力将其送到高闪处,通过 Aspen 仿真,可获得76 kW的有效能源,一年运行周期8000小时,一年可节约能源 $768000 = -608\text{ MWh}$,按0.5元/kWh,一年可节省电费约 $6080.51000 = 30\text{ 万元}$ 。

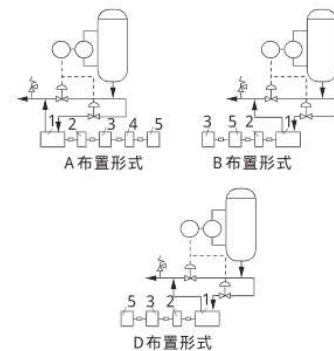


图1 液力透平配置方案示意图

3.4 螺杆膨胀动力机应用方案的热力系统

汽提塔→高压闪蒸分离罐为高压闪蒸气经换热器冷却后送下游的过程,其中高闪气从157℃降至60℃高闪气流量约为3500kg/h。经Aspen模拟计算高压闪蒸气热能为 $Q = 2.4\text{ MW}$ 真空闪蒸罐→真闪分离罐及真空泵系统为真闪气经冷却后被真空泵抽出排空的过程其中真闪气从82℃降至68℃,真闪气流量约为22 000t/h。经Aspen模拟计算真闪气热能为 $Q = 14.4\text{ MW}$ 高闪气和真闪气共需外界提供 $Q = Q_1 + Q_2 = 16.8\text{ MW}$ 的冷量折合需提供循环水(10℃温差水的比热容为 $4.18\text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{℃})$,1h为3600s) $16.8 \times 1000 + 4.18 \times 10 \times 3600 + 1000 \approx 1440\text{ t/h}$ 。

近年来,国内外已研制出多种低质量的能量再生技术,并已广泛地应用于各个行业^[5]。如螺杆膨胀机是利用蒸汽、热液或者汽液两相流体的热能作为动力源驱动发电机发电,或者直接驱动搅拌机、风机、压缩机等机械设备。有机朗肯循环是利用低沸点的有机工质取代朗肯循环中的常规工质水,推进涡轮机驱动,主要是回收地热、太阳能、冶金、化工、建材等行业的低压蒸汽,以及工业生产中产生的80℃以上的热水和热液。这样,就可以利用螺旋扩压器和有机的兰金循环来恢复这些能源^[6]。因为螺旋式涡轮能够利用热水(包括含有盐的)直接做功来发电或驱动负荷,因此,在高温煤炭冷却后,蒸汽和水的混合物可以直接由螺杆膨胀式动力机上做功,带动电动机进行负载或产生电能,从而实现了废热的回收。

3.4.1 工况分析计算

本次计算螺杆膨胀动力机采用SEPG50-25Q其功率范围为50~250 kW, 转速为1500~4 000 r/min尺寸为1500mm×1400mm×1200mm(长×宽×高), 重量为3000 kg。进气参数设置为进口设计压力0.3MPa温度1335℃;出口设计压力0.12MPa。

3.4.2 利用余热蒸汽发电量

煤气化冷却过程中, 煤层初期的煤温是通过煤气化系统确定的, 现场实测资料表明, 煤层的煤温比较稳定, 每年煤气化量为150, 000吨, 洁净煤的温度约为600℃; 降温后的贮藏温度在120~290℃之间; 冷却循环水初始温度分别为40℃和60℃, 分析计算不同工况下的余热回收发电量。

3.4.3 节能效果

经计算可知, 无论在40℃还是60℃, 采用膨胀式发电站, 都能减少电厂的用电量。既能满足部分煤气化装置的负荷和废热循环水泵的负荷, 又能保障循环水泵、给水泵等各种辅助设备的正常工作。这样, 膨胀机产生的电能也会被回收, 将热量传输到供水系统, 从而提高了能源效率。

在螺旋膨胀机和有机朗肯循环联合系统中, 利用螺旋膨胀机代替涡轮机做功, 使其产生的无氧气体通过冷凝器转化为液体的有机工质, 再由有机工质泵送到蒸发器, 在汽化器内将高压闪蒸和真空闪蒸的热能回收, 再将其转化为气态的有机工质, 再由螺旋扩压器进行动力, 完成一次循环。以R245fa、R152a为非共沸混合工质, 对85℃的热源进行了回收, 并对62℃热源的热源进行了实验, 得出了该系统的综合利用率在8%~10%之间^[7]。年运行周期8000小时, 可节约能源10400兆瓦(8000×1.3)~13440兆瓦(8000×1.68), 按0.5元/kWh, 一年可节省电费520万元(104000.51000)~672万元(134400.51000)。并且, 螺旋膨胀机的效率为65%~80%, 从理论上可以看出, 由有机工质引入到冷凝器中

的热量是原闪蒸热量的20%~35%, 在螺旋膨胀机和有机朗肯循环联合系统中, 该设备的循环水用量为288t/h(1440×20%~504t/h), 可以节省936 t/h/h的循环水。通过Aspen仿真, 可以间接节约46kW57kW的电力, 循环水节省180000元(46×0.5×8000+10000-22000); 同时节约了新鲜水量(蒸发损失按1%计算, 吹散损失按0.39计算)12吨/小时至15吨/小时。

结论

渣水和灰水处理系统具有很好地节约能源和热能的潜能。黑水的能量可以通过涡轮和马达来回收, 而闪蒸的热量可以通过螺旋膨胀器+有机朗肯循环来获得。一套2000 t型煤气化炉, 一小时可节约936~1152吨的循环水, 12~15吨新鲜水, 每年可节约三十万元的电费, 螺杆膨胀机和有机朗肯循环联合系统, 每年可节约538万元~724万元, 全年可节约568万~724万元, 具有良好的经济潜力。

参考文献:

- [1]刘明亮,韩勇,刘立业,等. 煤气化水处理系统节能降耗分析及适用技术探讨[J]. 煤化工,2018,46(2):35-38.
- [2]安宇. 煤气化水处理系统节能降耗分析及适用技术探讨[J]. 建筑工程技术与设计,2019(3):3634.
- [3]盖恒军. 煤气化废水处理流程的分析、合成与设计[D]. 广东:华南理工大学,2006.
- [4]张广瑞,万银霞,胡利强,等. 煤气化废水生化处理中曝气器的选型和应用[C]. 2017:78-82.
- [5]盖丽芳. 碎煤加压气化技术的应用现状及发展趋势[C]. //2016全国煤化工产业精细化发展研讨暨全国煤化工行业节能减排与煤焦化行业水处理技术交流会议论文集. 2016:117-120.
- [6]关晓楠. 煤气化水处理系统低温余热的优化利用[J]. 山西化工,2022,42(4):79-80,87.
- [7]刘振峰,李磊. 卧螺离心机在煤气化水处理中的试验研究[J]. 化肥设计,2016,54(4):5-7,40.