

天然气净化装置的能耗分析及优化

贺春妮

(长庆油田分公司第一采气厂环境监测站 陕西 榆林 718500)

摘要: 天然气为当前生产和生活必不可少的能源,而且其在未来也是主要的能源。目前,我国所开发天然气中的含硫成分较大,为保证其在使用过程中减少对环境的污染,需对天然气进行脱硫处理,具体通过脱硫装置将天然气中的二氧化碳和硫化氢气体进行消除处理。但是,当天然气中的硫化氢含量较高时对应净化装置的能耗较高、工艺流程复杂,而且还会加剧对设备的腐蚀,间接增加了净化成本。本文重点对天然气净化装置的能耗进行分析,并针对性地提出降低能耗的措施。

关键词: 天然气;净化装置;能耗分析

引言

目前,关于高含硫天然气净化装置降耗的研究主要集中在净化工艺及流程参数优化等方面。净化工艺的研究主要体现在新溶剂的开发,以空间位阻胺为代表的第三代脱硫溶剂是重要方向之一,目前正处于工业试验阶段;采用 AspenPlus 软件通过灵敏度分析比较了操作条件对普光净化厂脱硫装置能耗的影响;张晓刚[8]采用 ProMax 软件对普光净化装置开展了全流程关键参数分析,并提出了节能优化方案。但是,对于已投产净化装置的节能降耗,上述研究内容具有一定的局限性,难以满足现场生产需求。本文对某高含硫天然气净化装置生产过程中,各单元设备的工作介质消耗进行现场标定,采用 GB/T50441《石油化工设计能耗计算标准》中规定的方法进行能耗计算;通过对标设计值,分析各单元及其主要设备用能变化的原因,以得到相应的优化参数和改造方案,可为现场生产管理提供借鉴。

1 净化装置脱硫工艺的能耗分析

在国家大力号召“节能减排”的理念下,节能降耗成为当前企业降低生产成本从而间接提高经济效益的重要手段。对于天然气净化厂而言,可从净化设备和净化工艺两个方面进行节能优化处理。对于天然气净化厂而言,当天然气中的含硫量较高时对应的工艺流程也相对复杂,对应的净化能耗也增加。相关数据表明,脱硫工艺单元为天然气净化厂整体能耗比例较高的单元。因此,最大程度地降低脱硫工艺单元的能耗可有效降低天然气净化厂的整体能耗。近两年,本净化厂中脱硫单元的工艺能耗如表 1 所示。

表 1 净化厂脱硫标煤单元能耗分布 $\text{kg}/\text{万 m}^3$

年份	低压蒸汽	高压蒸汽	循环水及其他能耗	机泵电耗	空冷电耗
2019	556	13.9	20.55	83.1	20.55
2020	569.2	14.82	21.63	85.82	21.63

如表 1 所示,低压蒸汽和机泵为净化厂脱硫单元的主要能耗,该两项能耗占比为整个脱硫工艺的 92%。因此,主要从低压蒸汽和机泵两个方面着手降低整个脱硫工艺的能耗,具体从再生塔重沸器的蒸汽消耗量和胺液循环泵的能耗两方面着手。

2 能耗标定

标定方法为切实了解净化装置的耗能,以及动、静设备

的运行性能,以第 3 列装置满负荷运行作为典型工况对各单元的能耗进行标定。净化装置的耗能主要为水、电、蒸汽和气体等工作介质的消耗,依据 GB/T50441《石油化工设计能耗计算标准》中规定的能源折算值及方法进行计算,计算方法见式(1)。除盐水、氮气和仪表风等介质为非连续性供应且用量较低,在本次标定中予以忽略

$$E = \sum(G_i \times C_i) + \sum Q_i \quad (1)$$

式中, E 为耗能体系或设备的能耗, MJ/h, 正值时表示消耗能源, 负值时表示输出能源; G_i 为燃料气、蒸汽、电力及工作介质消耗量, m^3/h (燃料气)、t/h (蒸汽、凝结水、循环水、锅炉给水)、kW (电), 消耗为正值, 输出为负值; C_i 为燃料气、蒸汽、电力及工作介质的能源折算值, MJ/ m^3 (燃料气)、MJ/t (蒸汽、凝结水、循环水、锅炉给水)、MJ/(kW·h) (电); Q_i 为耗能体系工艺技术脱除原料气中 H_2S 、 CO_2 和有机硫, 并实现溶剂的循环利用。脱水单元采用三甘醇 (TEG) 溶剂吸收湿净化气中水分, 使产品气达到国标管输一类气的指标要求, 湿 TEG 再生后循环使用。硫磺回收单元采用常规克劳斯非常规分流和两级催化转化技术, 并与斯科特 (SCOT) 尾气处理工艺相结合, 硫磺回收率达到 99.8% 以上, 尾气吸收塔的半富液送至脱硫塔下段串级吸收酸性气, 为充分利用单元余热, 流程内设置余热锅炉和出口冷却器生产高、低压蒸汽用于装置的蒸汽自耗。酸水汽提单元采用单塔低压汽提技术, 将酸性水中的 H_2S 、 CO_2 解吸出来, 净化水送至循环水场。

3 天然气净化装置能耗优化

影响天然气脱硫单元能耗的因素众多。因此, 需通过实际状况对可变量进行优化控制, 并以能耗为目标函数得出能耗最低的工艺。具体涉及到的可变量包括有吸收塔的压力、温度, 中间胺液泵流量、再生塔低贫胺液泵流量、贫胺液泵流量和重沸器蒸汽流量等。总的来讲, 目标函数的确定对于净化装置的能耗优化尤为重要。如果简单的通过脱硫单元进行优化, 直接手段为降低溶液的循环量、减少低压蒸汽和机泵的电用量, 其带来的直接影响为降低操作成本, 但是对应的可能导致脱硫效果不佳、天然气产品质量较差。因此, 要综合各方面的因素建立目标函数。最终通过判断单位天然气的能耗为目标函数, 重点决策变量如第 103 页表 2 所示。上述 5 个变量对应处理单位天然气能耗结果如表 2 所示。

表2 天然气净化工艺参数优化方案及结果

变量	1#方案	2#方案	3#方案	4#方案	5#方案
重沸器蒸汽流量 /t·h ⁻¹	35.1	35.2	35.1	35.0	35.0
中间胺液泵流量 /t·h ⁻¹	192.2	197.1	195.5	198.4	198.0
再生塔底贫胺液泵流量 /t·h ⁻¹	433.9	506.0	422.0	421.4	447.7
贫胺液泵流量 /t·h ⁻¹	184.0	192.9	203.3	182.9	204.2
原料气流量 /t·h ⁻¹	12.5	12.5	12.5	12.4	12.5
标煤能耗 /kg·万 m ⁻³	311.4	314.39	313.74	312.06	313.76

如表2所示,上述5种相对较优的方案中重沸器蒸汽流量和原料气流量的差异较小。而且,1#方案对应的处理单位天然气的能耗最小。因此,在现场各方面条件允许的情况下,可以采用1#方案中各个关键参数的指标对系统的控制,从而达到工艺参数优化的目的,最终实现在保证产品质量的同时,消耗最低的能量。在当前生产任务的前提下,最终确定天然气净化装置的最小能耗工艺如下:重沸器蒸汽流量为35.1t/h;中间胺液泵流量为192.2t/h;再生塔底贫胺液泵流量为433.9t/h;贫胺液泵流量为184.0t/h;原料气体流量为12.5t/h。

4 开展装置能耗精细化管理

1)按照gb 17167—2006 能源计量装置设备和管理一般原则的要求,加强能源计量配置,改进净化装置的能源计量设施,绘制计量网络图。(2)加强能源消费统计分析,做好能源消费的基本工作。该设施每月测量一次水和电力消耗,并

进行能源消耗分析。通过能源消耗比较统计分析,可以检测设备能源消耗的变化,动态管理设备能源消耗,并检测设备能源消耗的异常情况3)有效控制高能耗设备的能耗。它定期监测净化设备的能效,主要是锅炉、水泵、TEG再生巴士、压缩机、风扇、电动机和变压器,分析节能设备的运行情况,并提供通过对能耗计量的统计分析和对高能耗设备能耗的检测,可以反映净化装置的运行性能,为进一步改造节能技术奠定基础。

结束语

天然气为当前生产和生活中主要的动力能源之一,但是天然气中包含有二氧化碳和硫化氢等杂质。其中,二氧化碳作为废料会降低天然气的质量,而硫化氢会导致环境污染。因此,对天然气脱硫操作是必不可少的。目前,针对天然气脱硫装置的主要问题在于能耗过大,本文重点对能耗进行分析,并针对性地提出优化工艺

参考文献

- [1]冀承坤.天然气净化工艺能耗评价及节能研究[D].东北石油大学,2018
- [2]于磊,唐丹.天然气净化节能措施及取得的效果[J].化工管理,2018
- [3]肖奕.论天然气净化装置节能途径[J].中国石油和化工标准与质量,2018

作者简介:贺春妮,1977年-女,汉族,陕西榆林人,技师,主要从事天然气净化分析工作。