

油田联合站污水余热梯级利用的应用探讨

徐 超, 付士宾, 姜朋朋, 黎 锴

(山东胜利通海集团东营天蓝节能科技有限公司, 山东 东营 257200)

摘 要 在油田联合站运行过程中, 原油温度需要维持一定水平, 利用加热方式保证温度适宜。但是传统加热方式热效率比较低, 并且能源消耗量相对较高。再加上油田联合站每天回注和外排大量高温污水, 会导致热能浪费。油田联合站污水余热资源丰富, 具有极强的可应用价值, 应用联合站污水余热梯级利用技术, 可以提高污水余热的应用效益, 对促进油田联合站的可持续发展具有积极意义。因此, 本文基于油田联合站污水余热资源, 探讨污水余热梯级利用技术, 以期为提高油田联合站的环保效益和经济效益提供参考。

关键词 油田联合站; 污水余热; 热泵技术; 节能效益

中图分类号: X74

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)06-0061-03

污水余热回收系统主要是对原有的工艺流程进行优化改进, 提取污水中的热量, 使热量从低温液体传递到高温液体, 实现节能目标。在油田联合站污水余热回收利用过程中, 需要根据污水的特点以及具体的处理工艺进行深入分析, 准确把握油田联合站污水余热梯级利用技术的应用要点, 保证油田联合站污水余热可以充分发挥作用, 提高油田联合站的综合效益。

1 油田联合站污水特点与处理现状

1.1 油田联合站污水的特点

油田联合站污水与其他化工生产污水的最主要差别是, 污水具有一定温度, 能够促进细菌生长, 并且含有大量有机物, 难降解物质含量高, 废水的酸碱值变化较大, pH 值变化也比较大。再加上水中有污染油、硫化物、氰化物与其他有毒物质等, 污水矿化度水平比较高。成分随着不同区域的变化出现极大变化。

此外, 联合站污水的表面张力比较大。有机化学物质、其他杂质含量也比较多。这些都会对污水的回收利用产生负面影响。含油废水内的铁细菌含量比较高, 还有大量的硫酸盐还原菌、腐生菌, 这些都会对污水处理系统的设备产生严重腐蚀, 导致设备的使用寿命下降。含油废水的抗氧化度比较高, 重金属物质含量也比较大, 铁锰含量会对污水的使用价值产生影响。二价铁氧化后形成的三价铁会沉积, 导致堵塞, 影响处理系统的整体运行效益。

油田废水的成分比较复杂, 并不单纯是有机污染物, 还包含大量的可溶性盐类污染物、固体污染物以及硫化氢等污染物, 还有一些对出水水质进行处理的化学添加剂, 包含复合碱、絮凝剂以及酸类除氧剂、

杀菌剂、防垢剂等。这些物质都会导致污水处理难度上升^[1]。

1.2 污水处理工艺流程

现阶段, 在油田联合站污水处理过程中, 主要是以二段式治理流程为主。首先, 对污水中的杂质进行沉降, 之后进行过滤处理。其中构造物包含一次沉降、二次混凝沉降罐和过滤罐。有一部分油田联合站在污水处理过程中没有设置过滤罐, 还有一些联合站运行年限增加, 过滤罐缺乏维护资金和人力资源, 导致过滤罐停用。其次, 具体处理流程如下: 从三相分离器和油站自流放水的含油废水会先进入一次沉降罐中进行油水分离, 主要是对浮油进行有效去除; 之后废水会进入二次沉降罐, 对浮油和部分乳化油进行去除。二次沉降罐流出的废水可以通过缓冲罐进行缓冲处理, 进入压力过滤罐; 过滤处理后可以有效去除废水的悬浮杂质和残余的油珠。此时, 废水能够达到回注要求。

但是当前很多油田联合站的过滤罐因为使用年限比较长, 已经无法发挥过滤作用。因此, 需要对当前的废水处理技术进行优化和改进。目前回注水的水质无法达到排放标准, 并且联合站的污水处理后的水质中含油量、固体悬浮物含量等都有超标情况。这说明油田联合站污水处理工艺仍然存在不足, 需要进行深入分析, 发挥污水的附加价值, 提高油田联合站污水的综合利用效率。

2 污水余热的应用可行性

2.1 余热资源丰富提供了资源保障

在污水余热应用过程中, 其热能利用价值相对较高。在对已经投入使用的设备进行分析, 计算设备的

具体能耗时,对没有进行有效利用的污水余热进行计算,发现炉渣残留热量、化学反应残留热量、高温产品冷却物质余热等都属于可以再进行利用的热能资源。其中余热资源的占比较高,最低为16%,最高可达68%,而以现有的技术来说,能够进行回收利用的余热能量为总余热资源的五分之三。这说明在当前的热能资源中,污水余热资源丰富,充分发挥余热回收技术的应用优势,可以达到开源节流的目标。

油田联合站污水余热回收主要是对油田开采中后期产生的污水余热进行应用。这一类污水的余热量比较大,但是产生的污水一般需要先进行降温处理之后回灌。这一过程会导致大量余热资源被浪费。不利于油田联合站的可持续低碳发展。并且充足的污水余热资源为污水余热梯级利用技术的应用提供了坚实的资源保障,可以确保污水余热回收利用的整体效益。

2.2 热泵技术发展提供了技术支持

油田联合站污水后期处理的热能资源浪费比较严重,因此,需要加强污水余热利用技术研究工作。其中污水热泵技术作为污水余热应用中的关键技术,其应用效果对保证污水余热回收利用效益有至关重要的影响。对污水热泵技术进行应用可以实现污水余热的有效利用。

污水热泵本身是水源热泵的一种。水源热泵的主要优势是热容量比较大,具有极好的热设备传热性能。在尼卡诺原理的影响下,可以利用少量电高位电能输入提取周围环境中没有被应用的热能资源,温度上升后,低位热能会因为温度的影响朝高位热能变换。而热水泵的整体运行并不会出现较大波动,对热泵处理后的污水也能够进行回收利用。虽然当前无法完全回收污水余热资源,是仍然具有良好的应用价值,生态环保效益比较突出。

现阶段,对污水热泵的研发越来越多。污水热泵技术水平得到极大提升,应用最普遍的为直接式和间接式两种。直接式热泵指的是在污水池上直接安装热泵和蒸发器,利用制冷剂对污水内的热量进行吸收,之后将热量转化转移到清水。间接式需要在污水热泵的合适位置安装换热器,增加换热操作环节,一般将该装置设置在低位热源环路与热量抽取环路中间位置。通过换热器对污水池内的热量进行吸收或者直接利用油田内原油作为运输能源,直燃式热泵可以提取污水余热对其进行处理,之后转移成热量制成温热水。并利用温热水对外输原油制热器、油管运输管道进行加热,能够实现油田联合站污水余热的有效利用。

3 油田联合站污水余热梯级利用技术分析

3.1 热泵系统优化设计

在对油田联合站污水余热梯级利用技术进行分析的过程中,需要先开展热泵系统设计。污水余热需要满足油田联合站的生产工艺用热。这就需要确保油罐温度稳定在65℃。污水余热梯级利用系统的热水温度通常能够达到80℃。通过直供方式也可以实现日常生活供暖需求,供水温度50℃,回水温差约10℃。为了发挥污水余热资源的应用价值,需要对污水余热进行梯级利用。可以通过热交换的方式进行污水应用。原油水套加热炉作为备用设备。

在具体的方案设计过程中,可以发挥低温余热回收技术的价值。因为该技术相对成熟,在很多领域的应用都比较普遍。该技术主要依赖于换热技术与热泵技术。目前,比较成熟完善的余热回收装置包括吸收式热泵、压缩式热泵两种。这两种热泵的适用范围存在差异,吸收式热泵主要依靠高品位能源驱动,例如天然气,热水出口温度比较高,为90℃;而压缩式热泵依赖电能驱动,出口处的热水温度最高为60℃。

在本次设计过程中,需要完成两组换热器设置,并对污水侧进行串联,才能够实现污水的梯级利用。第1组换热器为吸收式热泵机组,可以实现生产工艺用热;第2组换热器为压缩式热泵机组,可以实现供暖用热^[2]。

3.2 设备选型要点

3.2.1 热泵设备选型

本次选择的吸收式热泵系统的设备为直燃吸收式热泵,可以实现生产工艺供热,主要借助天然气驱动,最大热负荷为生629 kW。为了确保运行效益,需要设置2 500 kW*2 机组。机组的COP值为1.7,在标准工况下运行时,天然气的热值为12 000 kcal/Nm³。额定工况下,天然气的耗量为210.8 Nm³/h;满负荷运行工况下,24小时消耗的天然气量为5 059 m³。在冬季运行时,不需要消耗原油。压缩式热泵供暖系统在运行过程中,可以通过热泵供热,并且能够制取50℃热水,供热量为2 000 kW,机组的COP值为5。所需电能为400 kW。在选择设备时,可以通过布置1 000 kW*2 螺旋式热泵,保证机组的稳定性与运行效益。在实际使用过程中,可以利用R134a冷媒^[3]。

3.2.2 换热器选型

在此次设计过程中,换热器需要与热泵机组1对1。利用螺旋板式换热器的传热效率相对较高,并且运行过程比较稳定,在吸收式热泵机组运行过程中,对应

的换热量为 1 029 kW, 平均温差为 4.5 °C。换热器的面积为 152 m², 需要利用 160 m² 的两台换热器, 才能够保证运行效益。在压缩式热泵机组运行过程中, 其换热量为 800 kW, 平均温差为 6 °C, 换热器的面积为 89 m², 为了保证系统运行效益, 需要利用两台 100 m² 的换热器进行设置^[4]。

3.2.3 水泵选型

此次设计过程中, 主要利用离心水泵, 需要根据不同热泵的运行需求对离心水泵的型号进行选择。在吸热式热泵中, 水泵的密度为 994.25 kg/m³, 中介泵的流量为 64 m³/h。因此, 需要选择流量为 70 m³/h, 30 m 扬程的三台中介水泵, 其中两台可以作为主要应用设备, 其中一台作为备用选择。在压缩式热泵运行过程中, 中介水泵的密度为 998.44 kg/m³, 中介水泵的流量为 69 m³/h, 可以选择流量为 80 m³/h、扬程为 30 m 的中介水泵三台。采暖热水泵应用过程中, 热水泵的密度为 990.43 kg/m³, 全场水泵的流量达到 87 m³/h。在采暖水泵选择时, 需要选择流量为 100 m³/h, 扬程为 36 m 的采暖水泵三台。

3.2.4 其他设备选择

除了以上设备之外, 工艺热水泵、污水泵以及水箱、补水泵等都可以直接利用原有设备, 只需要开展管道改造即可。这样能够降低污水余热积极利用系统的改造成本。完成系统改造和升级后, 需要将污水余热梯级利用系统与原有的水套加热炉系统进行对比。螺杆式热泵主要通过二级余热能够保证热量的稳定性。采用这种方式可以保证供暖的效果, 并且不会对生产用热产生影响。全负荷供应生产用热水也可以保证供暖的热量需求, 系统安全性比较高。

针对供暖负荷变化大这一问题, 可以利用两台相同热量的螺旋式热泵, 保证机组热水流量在 60% ~ 100% 之间, 调节水温。也可以根据实际情况进行设定, 能够实现供暖系统的双向调节。利用热源自控系统可以及时反馈热量需求, 保证水力平衡和热平衡, 防止过量供热, 达到节能目标^[5]。

4 污水余热实际应用效益

对油田联合站污水余热梯级利用系统的具体效益进行分析时, 需要从能源消耗量和经济效益出发进行分析。

4.1 节能效益分析

根据某油田联合站提供的相关数据, 可以确定该联合站每年的生产工艺用热为 13.24 万 GJ/a, 而采暖供热为 1.85 万 GJ/a。在供热量相同的情况下, 对热

泵系统的具体能耗进行分析, 按照每天运行 24 h, 全年生产工艺运行 360 d, 供暖运行 141 d 进行计算。

在生产工艺用热能耗计算中, 需要消耗天然气 155 万 Nm³, 对污水余热回收利用系统的额定热量与原有的加热炉系统热量相比, 电能消耗多 40 kW, 而全年增加的热量为 29.03 万 kW·h。供暖热量中压缩式热泵系统每日需要消耗的电能增加 430 kW, 全年增加 59 万 kW·h。利用污水余热梯级系统后, 每年能够节约的标准煤为 3 226.89 吨, 生产 1 吨原油能够节约 9.96 kg 标准煤, 节能率达到 53%, 具有突出的节能效益。

4.2 经济效益分析

在本次污水余热回收系统应用过程中, 初始投资主要是购置热泵设备、换热器以及水泵等, 此外还要对原有的管道进行改造, 这些都需要资金支持。经过计算, 污水余热回收利用系统的初始投资成本为 1 130 万元。在整个运行过程中燃气价格为每方 2.5 元, 原油价格为 3 000 元/吨, 平均电价为 0.6245 元/kW·h。根据 4.1 中的数据进行计算。每年能够节省的能源费用大约为 504 万元, 供热能耗降低大约 50%, 静态投资回收期约为 2.25 年, 具有明显的经济效益。

5 结束语

在油田联合站污水余热技术应用过程中, 通过热泵系统实现污水余热提取利用, 可以充分发挥能源效益。并且该技术比较成熟, 具有良好的经济效益。静态投资回收周期比较短, 仅为两年左右。还具有良好的社会效益和生态效益, 在污水余热技术应用中主要发挥污水余热的作用, 不需要使用原油, 也可以降低对天然气的依赖, 具有突出的节能环保效益, 可以降低低品位余热资源的消耗量, 减少天然气消耗, 达到环保节能的目的。

参考文献:

- [1] 林日亿, 李金钰, 王新伟, 等. 一种油田联合站分布式联供系统: CN202110208624.2[P]. 2021-06-18.
- [2] 马庆娟. 油田联合站利用污水余热供暖之可行性分析[J]. 工程技术: 引文版, 2017(01):259.
- [3] 高天竹. 探讨油田污水余热利用技术[J]. 化工管理, 2019(29):115.
- [4] 张江辉, 何燕, 陈鲁. 一种油田联合站能源互补及热量梯级利用系统: CN202010171241.8[P]. 2020-06-05.
- [5] 于庆. X 联合站污水余热利用的热泵选择分析[J]. 石油石化节能, 2022, 12(06):40-44.