石油化工生产中加热炉的节能环保措施

任 瑾 (新疆轻工职业技术学院, 新疆 乌鲁木齐 830021)

摘要: 加热炉常用于石油化工企业, 其直接燃烧燃料, 发出的热量主要用于加热石油化工生产中的工艺设备。加热炉在工作过程中需要消耗大量的资源, 对加热炉进行优化控制能够有效的提高资源利用率, 并且能够符合相关的节能环保要求。本文主要阐述石油化工生产中加热炉节能环保的控制技术, 进而降低加热炉的耗能, 为石油化工企业控制成本, 提高加热炉的热效率。

关键词: 加热炉; 节能环保; 优化控制; 热效率

1 前言

加热炉是工业生产中的重要辅助设备, 常用于冶金、石化、机械热处理等行业, 加热炉可以在保证产品生产工艺的基础上, 有效提高产品的生产效率。石化生产是采用管式加热炉, 其热效率可达 80%~85%, 高达 88%~93%。为了保证石化企业的生产效率, 炉子需要长期运行, 运行周期长。大型石化企业供热炉设备的热负荷和能耗较大。据统计, 一家中型石化公司每年消耗约 60%~70% 的运营成本。因此, 炉子的热效率直接影响到石化企业的生产成本。

2 影响加热炉节能优化控制的要素

当炉内负压过高时, 炉子的负压和废气中的含氧量是一项重要的节能措施, 加热炉烟气的高低含氧量表示燃烧炉中过量的空气含量。当过量空气的实际含量高于理论值时, 表明烟气中的气体不是通过燃烧完全排放的, 即炉子的热效率低, 增加了运行成本, 也未满足环境要求。

同时, 当烟气中含有过多的过量空气时, 会加速炉管的腐蚀, 降低设备的耐久性, 而加热炉负压一般具有固定的数据值, 如炉内负压高于规定值会使高温烟气泄漏出炉从而消耗大量的热量, 降低炉子的热利用效率。因此, 减少烟气中含氧量, 减少过量空气的含量。

3 加热炉节能环保技术分析

3.1 项目概况

250 万 t 常减压装置前身是 2007 年 5 月 26 日试车投产的 150 万 t 常减压装置, 在 2008 年 11 月份扩建至 250 万 t, 而且将原换热流程进行全面改造, 换热后进入常压炉的温度可以达到 260℃~280℃, 此温度是环烷酸高温腐蚀的活跃期。而加热炉炉管所采用的是 1Cr5Mo 的无缝钢管, 抵抗腐蚀能力比 316L 材质弱, 尤其是在常减压装置扩建中加热炉系统只是将原减粘

炉作为常压 2# 炉使用, 并没有解决单个加热炉负荷问题。常压 2# 炉设计 6700kg/h, 后期达到 7700kg/h; 常压 1# 炉设计 135000kg/h, 后期达到 169000kg/h; 增加了炉管中介质的流速, 加快炉管部分位置的冲刷腐蚀并且加快了磨损速度, 易导致炉管漏油着火。

为此, 决定拆除 1# 常压炉和 2# 常压炉, 在原有厂地上新建一台常压炉, 处理量为 300t/h; 原减压炉不变, 对常压炉局部进行改造; 新常压炉和减压炉共建一套新的回收系统。

表 1 项目概况

序号	项目	内容
1	项目名称	常减压装置加热炉节能减排改造项目
2	建设单位	北京拓首石化设备有限公司
3	建设地点	250 万 t 常减压装置
4	项目类型	改造
5	建设起止时间	2012.3~2012.8
6	总投资(万元)	2596
7	建设内容	拆除 1# 常压炉和 2# 常压炉, 在原有厂地上新建一台常压炉, 处理量为 300t/h; 原减压炉不变, 局部进行改造; 新常压炉和减压炉共建一套新的回收系统。

3.1.1 主要改造内容

①拆除原有的两台常压炉, 在原址常新建一台常压炉, 新常压炉和旧减压炉设置一套共用的联合余热回收系统;

②常压炉辐射段炉管和遮蔽段炉管全部采用 TP316L, 对流段油品炉管采用 P9、蒸汽段炉管采用 15CrMo, 为辐射对流型圆筒炉;

③常压炉选用 $\phi 152 \times 8$ 规格炉管 4 管程。对流段设 3 排遮蔽管其余为钉头管;

④重新设计增上空气预热器, 采用带火焰监测器的油气联合燃烧器, 可在强制通风和自然通风状态下操作;

⑤提高加热炉热效率, 降低装置能耗, 两炉重新设计增上空气预热器, 降低排烟温度, 促使加热炉的

热效率达 92%。采用先进的声激波吹灰器，可以有效的清除积灰；

⑥采用先进的声激波吹灰器，可以有效的清除积灰；

⑦设计先进的自控和连锁报警系统，既保证了加热炉在最优状态下运行，又保证了加热炉的长周期安全运行。利旧加热炉原有部分仪表（如氧化锆、温度变送器、压力变送器等），根据现场情况和实际工况最大限度的节约投资；

⑧新建加热炉可以模块化设计，工厂尺寸最大化加工，在装置改造前预制完成运抵现场，大幅度缩短停工期。

3.1.2 改造后的效果

3.1.2.1 节省燃料消耗

通过改造，现场设备采用最新组合式铸铁空气预热器，无论是在烧燃料气还是烧油的状态下都可降低排烟温度；并且炉内采用了复合衬里，测试两台加热炉除对流室局部外，其他绝大部分炉体表面温度均小于 80℃，大大减少了散热损失；保证加热炉热效率达到 91%。由于采用了加热炉安全控制系统，可保证加热炉在长期较高的热效率下操作，达到预期的节省燃料的用量。

3.1.2.2 安全和操作水平

由于采用了火焰检测器及先进的自控和连锁报警系统，可以减少盲操，保证加热炉安全有效的操作，同时提高了操作人员的操作水平并且降低了操作人员的工作强度。

3.1.2.3 节能效果

改造前，常减压加热炉平均热效率为 84.6%，通过改造将热效率提高至 91%，这样每年可节省燃料油消耗约 801t 标准燃料油（按每年操作 8400hr），达到了非常好的节能效果。

3.2 项目技术、经济参数、节能量对比分析

3.2.1 工艺操作数据对比

表 2 工艺数据对比

常压 1# 炉		常压 2# 炉		新常压炉	
项目	数据	项目	数据	项目	数据
加工原料性质	渤中 28-2	加工原料性质	渤中 28-2	加工原料性质	渤中 28-2
原料进炉量	167t/h	原料进炉量	67t/h	原料进炉量	232t/h
干气压力	0.545	干气压力	0.545	干气压力	0.33
炉出口温度	362	炉出口温度	370	炉出口温度	361
对流室温度	726.9	对流室温度	790	对流室温度	300
辐射式温度	629	辐射式温度	672	辐射式温度	725
烟道	249	烟道	288.6	烟道	125

风道	232.9	风道	无	风道	220
----	-------	----	---	----	-----

注：以上数据是改造前加工渤中 28-2 原油，日处理量 6000t/d 与新加热炉投用后加工同类原油同加工量情况下工艺数据的对比，改造前数据收集自 2012 年 1~6 月份报表平均值，改造后数据收集自加热炉投运后至 2014 年 5 月 31 日实际参数平均值。

表 3 工艺数据对比

常压 1# 炉		常压 2# 炉		新常压炉	
项目	数据	项目	数据	项目	数据
加工原料性质	锦州 9-3	加工原料性质	锦州 9-3	加工原料性质	锦州 9-3
原料进炉量	177t/h	原料进炉量	69t/h	原料进炉量	273/h
干气压力	0.425	干气压力	0.425	干气压力	0.35
炉出口温度	360	炉出口温度	361	炉出口温度	363
对流室温度	694	对流室温度	750	对流室温度	300
辐射式温度	616	辐射式温度	618	辐射式温度	725
烟道	260	烟道	320	烟道	110
风道	242	风道	无	风道	234

注：以上数据是改造前加工锦州 9-3 原油，日处理量 6600t/d 与新加热炉投用后加工同类原油同加工量情况下工艺数据的对比，改造前数据收集自 2012 年 1~6 月份报表平均值，改造后数据收集自加热炉投运后至 2014 年 5 月 31 日实际参数平均值。

改造后，加热炉由以前的自然通风换热改为强制通风换热，降低了烟气温度，提高了进风温度，有效回收多余热量，提高了热效率。

3.2.2 运行与设计数据

表 4 新常压加热炉实际运行与设计数据对比

项目	单位	设计值	实际值
常压炉辐射室上部温度	℃	≤ 750	748、710
常压炉对流室温度	℃		328、318
原油进加热炉温度	℃	270	272
常压炉炉出口温度	℃	365±5	360
预热器烟气出口温度	℃	< 145℃	152
烟气进预热器温度	℃	> 420	322
辐射顶负压	Pa	-25~-15	-60
加热炉进风量控制	%		96
烟道挡板开度	%		89
常压炉 A 路出口温度	℃		355
常压炉 B 路出口温度	℃		357
常压炉 C 路出口温度	℃		370
常压炉 D 路出口温度	℃		368
常压炉 A 路流量	t/h		63
常压炉 B 路流量	t/h		65
常压炉 C 路流量	t/h		66
常压炉 D 路流量	t/h		65
原油进加热炉流量	t/h	280	270
加热炉氧含量(烧燃油时)	%	3~5	
加热炉氧含量(烧燃气时)	%	2~4	3.26
燃料气压力	MPa	< 0.25	0.399
燃料气用量	kg/h	3226	3197

燃料油用量	kg/h	2806	
-------	------	------	--

注：以上操作数据为收集自加热炉投运后至 2014 年 5 月 31 日实际参数平均值。

通过整体设备运行后周期数据汇总、平均后，与设计值对比，可以看出加热炉各运行参数均在设计范围内，运行情况良好。

3.3 项目投资费用分析

常减压加热炉改造的建设投资计划为 2490 万元（实际费用 2596 万元），投资回收期为 4.2 年。

3.3.1 建设投资

本项目建设投资包括固定资金和流动资金两部分

固定资金包括基建费用：包括加热炉的拆除和土建施工费用。设备费用：包括加热炉本体及仪表、电气、工艺管线的采购和安装费用。其他费用：包括可研及设计费用。

流动资金包括：工资基金，材料、原料，燃料的后备等。流动资金在整个生产过程中基本不变，不需要折旧回收。

3.3.2 生产成本

生产成本包括：辅助材料、燃料及动力、工资、工资附加费、固定资产折旧、检修、经营管理及其他。经改造后的加热炉热效率提高到 91%，其他生产成本保持不变。

3.3.3 项目建设周期

加热炉采用模块化制造，利用厂里的 3 个月检修期拆除原有的两台常压炉，并安装新常压炉和回收系统。

3.4 投资回收期

项目寿命按 10 年考虑。常减压加热炉改造的建设投资为 2596 万元。

通过加热炉改造，原油处理量可增加 50 万 t/a，按现有生产品种及数量可增加产值 9.26 亿元。平均利润按 4% 考虑，增加利润为 3700 万。常压加热炉占装置投资的 10% 所带来的经济效益为 370 万。

经过常减压加热炉改造后项目审核节能评定，F101 综合热效率达到了 91.67%，比改造前（87.66%），提高了 4.01%；F102 综合热效率达到了 88.49%，比改造前（84.31%）提高了 4.18%，每年可节约燃料（标准燃料油）801t，折合经济效益 240 万元；节能量提高了 14.41%，项目可实现的年节能量约为 4196t 标准煤。根据 2013 年财务数据，每吨燃料油 2996 元计算，折合经济效益约 240 万元/a。

投资回收期为 $=2569 / (370+240) = 4.2$ 年

3.5 项目后评价

3.5.1 提高了装置处理量

经过检修期间对加热炉进行技术改造后，提高了常减压装置处理量。改造前常减压装置处理量平均为 6000t/d，改造后装置处理量可达 6800t/d，由此可见改造效果明显。

3.5.2 提高了热效率、减少了污染气体排放，节能效果显著

经过常减压加热炉改造后测试评定，F101 综合热效率达到了 91.67%，比改造前（84.6%）提高了 7.07%；F102 综合热效率达到了 88.49%，比改造前（84.31%）提高了 4.18%；节能量提高了 14.41%，项目可实现的年节能量约为 4196t 标准煤同时减少了烟气中二氧化硫及氮氧化物的排放量，保护环境，产生了较好的社会效益。

3.5.3 提高安全和操作水平

由于采用了先进的自控和连锁报警系统，可以减少盲操，保证加热炉安全有效的操作，同时提高了操作人员的操作水平并且降低了操作人员的工作强度。

4 结论

如今，石油化工产业的发展是一个国家发展的命脉，而节能减排可以有效的控制资源的浪费以及提高资源的利用率。对于设计加热炉的优化节能的方案还有很多，本文主要通过简述对加热炉相关变量的控制间接的达到对加热炉的优化节能的控制的目的。针对于加热炉的节能环保措施，也可以对加热炉运用节能技术进行改进。

参考文献：

- [1] 卢时述. 过程能量综合在炼油装置热联合能量优化中的应用研究 [D]. 湘潭:湘潭大学,2005.
- [2] 韩刚. 节能技术在焦化污油加工装置中的应用研究 [D]. 天津:天津大学,2004.
- [3] 薛彩霞. 常减压蒸馏装置节能优化的研究 [D]. 西安:西安石油大学,2013.
- [4] 解红军,余绩庆,刘富余. 加热炉余热回收技术综述 [J]. 石油规划设计,2011(06):30-39+53.
- [5] 王骥程,祝和云. 化工过程控制工程 [M]. 北京:化学工业出版社,1996.
- [6] 李文辉. 炼油装置加热炉节能途径与制约因素 [J]. 中外能源,2009(10).