

丙烯腈装置焚烧炉余热回收利用的分析

程显彪

(大庆炼化公司 聚合物一厂, 黑龙江 大庆 163411)

摘 要: 对丙烯腈装置旧焚烧炉焚烧废水后产生的余热在能源利用方面存在不合理的方面进行了介绍, 提出了通过增设一台卧式焚烧炉, 利用导热油作为热载体, 对废水焚烧后产生的余热进行回收利用的方案, 对余热回收系统在运行过程中产生的导热油炉管腐蚀和炉管结垢的问题及原因进行了阐述, 通过改变废水焚烧流程实现不同的废水分开焚烧的办法解决了炉管腐蚀的问题, 在新焚烧炉增设吹灰器的办法解决了炉管结垢问题, 达到了合理利用焚烧炉余热的目的。

关 键 词: 丙烯腈; 焚烧炉; 余热回收; 导热油炉管

中图分类号: TK11 文献标识码: B

1 前 言

丙烯腈是合成纤维、合成橡胶、合成树脂及有机合成的重要原料。伴随着丙烯腈行业的发展, 在生产过程中能源的合理利用已经成为行业内普遍关注的问题。

大庆炼化公司丙烯腈装置同国内其它引进装置一样, 在设计之初没有考虑对旧焚烧炉 F301 产生的高温烟气余热进行合理利用, 而在丙烯腈装置的综合能耗组成中焚烧炉燃料消耗又占 40% 以上, 使得装置综合能耗较高(见表 1)。如果能够有效地利用焚烧炉的余热, 装置的综合能耗将会大幅度地下降, 可以节约大量能源。

表 1 丙烯腈装置能耗分布

能源单耗/ $\text{kg} \cdot \text{t}^{-1}(\text{oil}/\text{an})$	百分比/%
燃料气	115.64 40.04
蒸汽	52.56 18.20
电	66.80 23.13
循环水	36.97 12.80
其它	16.84 5.83
综合能耗	288.8 100.00

通过对丙烯腈装置焚烧炉 F301 的余热回收进行研究, 提出可行的方案来有效地回收这部分余热, 提高装置能源综合利用的水平, 达到节能降耗的目的。

2 余热回收利用思路的提出

2.1 焚烧炉 F301 的工作原理

丙烯腈装置焚烧炉 F301 设计用于焚烧丙烯腈装置自产废水和氢氰酸、丙酮氰醇装置、硫铵装置及乙腈装置产生的废水, 是与主体装置配套的环保设施。焚烧炉通过瓦斯燃烧产生一个高温环境, 使得废水中的氰化物、聚合物、硫铵等物质发生氧化反应, 分解为氮氧化物、水、二氧化碳、二氧化硫等无毒或低毒的物质随烟气高点排空。

2.2 焚烧炉 F301 及聚丙烯酰胺装置的能源利用情况

2.2.1 焚烧炉能源利用情况

焚烧炉 F301 烟道气中携带的热量原设计直接排入大气, 没有考虑能耗的综合利用, 烟气的温度高达 $800\text{ }^{\circ}\text{C}$, 流量达 10 t/h , 排出的热量达 $4.6 \times 10^4\text{ kJ/h}$, 这属于丙烯腈装置原设计中能量利用不合理之处。由于焚烧炉 F301 属于立式圆桶型炉, 受烟道空间狭小的影响, 不便从 F301 烟气中直接取热。同时由于 F301 要焚烧氢氰酸、硫铵等含氰、含硫较高的废水, 会对取热的炉管造成腐蚀。因此, 焚烧炉 F301 的余热一直没有得到合理的利用。

2.2.2 聚丙烯酰胺装置能源利用情况

聚丙烯酰胺装置干燥间用于干燥造粒后的聚丙烯酰胺, 设计用 $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的 1.0 MPa 蒸汽。这种干燥工艺存在如下缺点: (1) 耗能巨大, 每小时耗 1.0 MPa 蒸汽 40 t ; (2) 凝结水中 $4.2 \times 10^4\text{ kJ/h}$ 的热量不能得到合理利用; (3) 蒸汽系统易产生水击, 不利于安全生产; (4) 干燥间经常有蒸汽漏点, 操作环境极其恶劣。

2.3 余热回收利用思路的提出

炼油厂 ARGG 装置开工后产生大量的瓦斯, 多余的瓦斯通过火炬焚烧掉。公司为了平衡瓦斯量, 减少能源浪费, 将两个装置的能源利用和全公司的能源情况综合起来考虑: 在聚合物厂丙烯腈装置新建一套卧式焚烧炉 F303 和一台加热炉, 利用焚烧炉 F303 焚烧废水产生的高温烟气中的余热和新建加热炉瓦斯燃烧提供的热量, 采用导热油做为导热介质传递热量, 导热油经焚烧炉预热, 然后经加热炉加热后给聚丙烯酰胺装置干燥间供热, 这是焚烧炉余热回收利用项目的总体思路。这样一方面合理利用丙烯腈装置焚烧废水产生的余热, 平衡了瓦斯量, 减少了能源的浪费; 另一方面大幅度降低了聚丙烯酰胺用 1.0 MPa 蒸汽的耗量, 达到了节能降耗、提高效益的目的。

3 余热回收利用系统工艺概况

余热回收系统包括一台卧式焚烧炉、一台加热炉和导热油系统以及相配套的设施(见图 1)。这套系统采用高温导热油全封闭热循环技术。其流程是: 原料导热油由导热油循环泵进行循环, 送到新焚烧炉 F303 加热, 在对流取热段中与新焚烧炉排出的高温烟道气逆向接触加热后送入加热炉; 在加热炉中利用瓦斯将导热油逐渐加热后经调节阀自动调节流量, 送至聚丙烯酰胺装置干燥间翅片换热器, 导热油经翅片换热器换热降温后变为低温导热油, 返回到导热油循环泵入口, 利用导热油高位罐与导热油循环泵入口相连, 为循环泵入口提供压头和为导热油脱水排气^[1]。这样达到了回收废水焚烧后产生余热的目的, 实现了丙烯腈装置与聚丙烯酰胺装置的热联合。

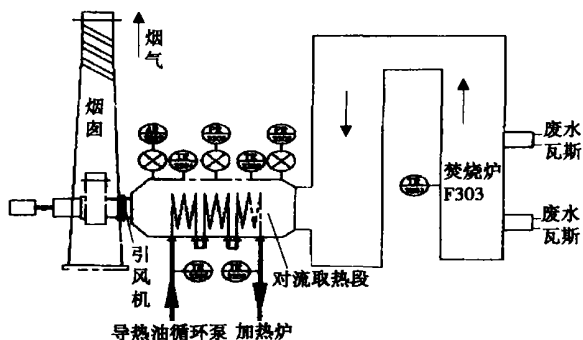


图 1 余热回收焚烧炉系统流程简图

4 余热回收利用过程中存在的问题

丙烯腈装置余热回收系统投入使用后, 取得了较好的效果: 导热油能够有效地回收焚烧炉烟气中的余热, 吸收效率高达 77.1%; 导热油进出对流取热段换热温差达 30 °C, 达到了设计值; 整个导热油系统运行平稳, 满足了聚丙烯酰胺装置干燥间取热的需求。

但是随着余热回收系统运行周期的增长, 逐渐暴露出来一些问题, 问题的焦点集中在焚烧炉对流取热段的导热油炉管上: 一方面炉管出现腐蚀, 影响焚烧炉的长周期安全运行; 另一方面炉管出现结垢问题, 炉管结垢严重后堵塞焚烧炉与引风机之间的通道, 影响焚烧炉的正常运行和导热油的取热效果。

4.1 对流取热段炉管的腐蚀问题

焚烧炉 F303 所焚烧的废水为混合废水, 混合废水中若含氟、硫较高, 会对焚烧炉 F303 导热油炉管易产生腐蚀。混合废水中除了急冷塔下段产生的废水有机物含量大, 焚烧后产生大量热量, 适合焚烧炉 F303 焚烧外, 其它的废水中含氟、硫无机物都较高, 不易焚烧, 焚烧后产生热量很少, 不适合在焚烧炉 F303 中焚烧。

4.2 对流取热段炉管的结垢问题

余热回收系统投入运行后遇到的最大的问题是焚烧炉 F303 对流取热段炉管结垢。国内丙烯腈装置在回收余热产汽的过程中都遇到炉管结垢的问题, 有些装置因结垢问题已停止了余热回收系统的运行。

4.2.1 对流取热段炉管结垢的影响

烟尘在导热油炉管表面积累, 炉管结垢严重时堵塞焚烧炉与引风机之间的通道, 焚烧炉的真空度受到破坏, 导热油炉管失去回收余热的能力, 严重影响焚烧炉的正常操作。

对流取热段炉管发生结垢问题时最直接的一个现象是: 随着焚烧废水时间的增长, 对流取热段炉管结垢加剧, 进出对流取热段导热油温差逐渐变小(见图 2)。

从图 2 中可以看出, 随着焚烧炉 F303 的运行周期增长, 进出对流取热段导热油温差逐渐变小, 由设计值 30 °C 逐步减小到最严重时的 5 °C。这样严重影响了焚烧炉烟气余热的回收。

4.2.2 对流取热段炉管结垢原因的分析

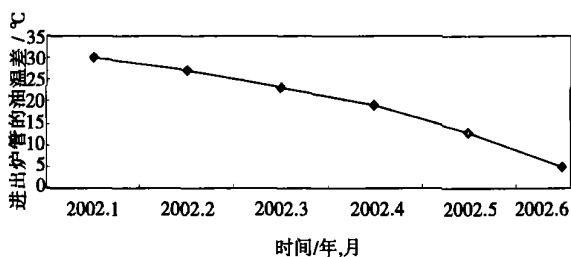


图 2 进出对流取热段导热油温差的变化趋势

对流取热段炉管结垢严重影响了余热回收系统的运行,分析认为,造成对流取热段炉管结垢的主要原因是:燃料和废水中的中 S、Ni、V、Na 等成份燃烧后形成的各种金属氧化物和硫酸盐,其熔点较低(620~884 °C),在高温烟气中呈熔融状态,当遇到温度低于其熔点的受热面时,即以固态结合在其表面造成炉管结垢。由于灰垢的形成和聚集,过量的灰垢造成引风机和焚烧炉之间的烟道堵死,使得焚烧炉 F303 炉膛压力由负压逐渐转为正压,存在安全隐患。所以解决问题的关键是减少灰垢生成和除垢来保证对流室烟道通畅。

5 存在问题的解决方法

5.1 炉管腐蚀问题的解决

解决对流取热段炉管腐蚀问题的关键是防止含氟、硫较高的废水进入焚烧炉 F303 焚烧,为此提出废水分烧的办法解决炉管的腐蚀问题。具体的方法是:急冷塔下段产生的含氟、硫较少的废水用污水罐 V131 收集后送入焚烧炉 F303 中焚烧;将丙酮氰醇装置的废水直接送入焚烧炉 F301 焚烧;将乙腈装置的废水、硫铵装置的废水、丙烯腈装置急冷塔上段产生的稀硫酸液收集到污水罐 V304 中,然后送入旧焚烧炉 F301 焚烧。这个方法能够有效防止含氟、硫较高的废水进入焚烧炉 F303,进而减缓对炉管的腐蚀,同时减少灰垢的生成。

5.2 炉管结垢问题的解决

余热回收系统炉管结垢是行业内普遍存在的问题。目前解决这一问题行之有效的办法是采用吹灰器吹除炉管上结的灰垢。

2002 年 6 月,在焚烧炉 F303 对流室安装了脉冲燃气吹灰装置,经过近两年实际运行,缓解了灰垢堵塞炉管后只能在停炉时进行人工清灰的问题,恢复了余热回收的效果。

脉冲燃气吹灰是利用可燃气和空气按一定比例

配制,在专用的脉冲罐内被前方传来的火焰点着产生爆燃,燃烧气体瞬间压能激增,在定向喷嘴出口突然压能释放,产生冲击波、伴随声波及高速气流流动。冲击波和声波具有折射、反射和绕射的特性,可从各个方向对炉管上的积灰进行击打震疏,使其破碎剥离,并由高速气流进行冲刷清扫,最后灰尘被烟气流卷裹带走。

焚烧炉对流取热段共装有 8 组 18 套脉冲燃气吹灰器。脉冲燃气吹灰系统由压缩空气系统、可燃气体系统、燃气火焰系统、电气控制系统组成,详细脉冲燃气吹灰装置流程图见文献[2]。脉冲燃气吹灰装置投入使用后取得了明显的效果(见图 3)。

从图 3 中可以看出使用吹灰器后,导热油进出对流取热段炉管的温差发生了明显的变化,由使用前的 5 °C 变为效果最好时的 30 °C,取热效果得到了明显的改善。

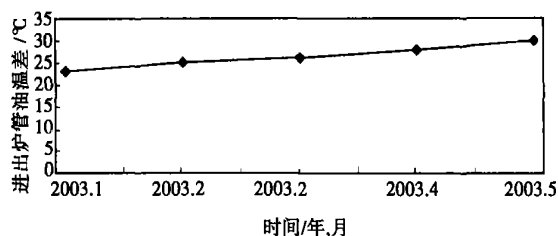


图 3 使用吹灰器后进出炉管导热油温趋势图

6 结论

通过对大庆炼化公司丙烯腈装置旧焚烧炉产生的高温烟气存在的能源利用不合理之处进行分析,总体考虑公司的能源利用,建立卧式焚烧炉余热回收系统来回收高温烟气携带的热量。对余热回收系统运行过程中出现的问题进行研究认为:采用导热油做为热载体回收焚烧炉烟气的余热是一种行之有效的方法;采用废水流程改造实现废水分烧办法能够较好地防止炉管的腐蚀;在焚烧炉对流取热段安装吹灰器能够有效去除炉管上的灰垢;卧式焚烧炉余热回收系统可以实现高效率回收余热和长周期安全运行。

参考文献:

- [1] 程显彪,于衍善.大庆炼化公司丙烯腈装置操作规程[R].大庆:大庆炼化公司,2003.
- [2] 刘向东.XD2000型脉冲燃气吹灰装置使用说明书[R].哈尔滨:哈尔滨现代吹灰技术有限公司,2000.

(辉 编辑)

Feng-zhong, HUANG Xin-yuan (Energy Source and Power Engineering College under the Shandong University, Jinan, Shandong Province, China, Post Code: 250061), DING Xing-wu (Shandong Yunhe Power Station, Jining, Shandong, China, Post Code: 272003)// Journal of Engineering for Thermal Energy &Power. — 2006, 21(3). — 311 ~ 313

With a waste heat recovery and utilization system involving water cooled slag being discharged from a 400 t/h CFB (Circulating Fluidized Bed) boiler serving as a prototype, various schemes were analyzed, which are based on the extraction of a portion of condensate water from a recuperation system for feeding into a slag cooler to absorb the waste heat of high temperature slag and then reintroducing the condensate into the recuperation system. By employing an equivalent heat-drop method, analyzed were the economic benefits gained by transferring the waste heat of high-temperature slag to the recuperation system. Moreover, a comparison was also made of the cost-effectiveness achieved in the case of a rated operation regime and 75% operation regime. The calculation results show that by transferring the heat quantity in the discharged slag to either No. 2 LP heater or No. 3 LP heater it is possible to recover a large amount of waste heat. Moreover, the authors have concluded that the latter version (to No. 3 LP header) represents an optimum mode of waste heat utilization. **Key words:** CFB boiler, slag cooler, equivalent heat-drop, waste heat recovery system, economic benefit

某型压气机高压进气机匣的改进设计= **An Improved Design of a HP Air Inlet Casing of a Certain Compressor** [刊, 汉] / CHEN Ying, WANG Shi-an, ZOU Ji-guo, et al (Harbin No. 703 Research Institute, Harbin, China, Post Code: 150036)// Journal of Engineering for Thermal Energy &Power. — 2006, 21(3). — 314 ~ 316

To lower the total-pressure loss of the inlet casing of a certain compressor, three kinds of improved scheme of inlet casing structure design are given after drawing on the authors' experience in designing flow passages and on the basis of inlet design typical structure and relevant design principles. By making use of software Fluent three-dimensional flow field CFD (Computational Fluid Dynamics) calculations are conducted of the original scheme and three improved ones. A comparatively ideal improved scheme was obtained after the calculation results of these schemes have been compared and analyzed. As a result, the optimized improved scheme has finally lowered its inlet casing total-pressure loss to 1/4 of that of the original scheme. Some basic methods and effective measures for improving inlet passage design are summarized and proposed. **Key words:** air inlet turbine casing, total-pressure loss, optimized design

丙烯腈装置焚烧炉余热回收利用的分析= **An Analysis of the Recovery and Utilization of Waste Heat from a Acrylonitrile Plant Incinerator** [刊, 汉] / CHENG Xian-biao (Biochemical Workshop of Polymer No. 1 Factory under the Daqing Oil Refining and Chemical Co. Daqing, Heilongjiang, China, Post Code: 163411)// Journal of Engineering for Thermal Energy &Power. — 2006, 21(3). — 317 ~ 319

An analysis is conducted of the irrational factors concerning the utilization of waste heat energy produced after the wastewater is burned by using an old acrylonitrile plant incinerator. A scheme is proposed to additionally install a horizontal incinerator and to use heat-conduction oil as a heat carrier to recover and utilize the waste heat produced after the incineration of waste water. Expounded are such problems as the corrosion of heat conduction oil furnace-tubes during the operation of the waste heat recovery system and scale deposit formed on furnace tubes and their underlying causes. The furnace tube corrosion problem has been solved through a change in waste water incineration flow path and the implementation of separate incineration of different flows of waste water. The problem of scale deposit formation on furnace tubes was solved by additionally installing soot blowers on the new incinerators, thus attaining the aim of rationally utilizing the waste heat produced by the incinerators. **Key words:** acrylonitrile, incinerator, recovery of waste heat, heat-conduction oil furnace tube