**在线调节加热炉负压降低排烟温度**

李银行 祁少栋

（岳阳长岭设备研究所有限公司，湖南 岳阳 414012）

**摘 要：**加热炉对流顶与烟囱连接中烟道挡板大多密封不严，加热炉负压较大时会导致一定量的冷烟气反抽至空预器入口与热烟气混合后进入预热器，导致预热器负载增大，排烟温度升高，本文着重分析加热炉的烟道挡板开度、负压控制、引风机变频等参数的控制，来减小或避免这种情况的发生，从而达到降低排烟温度、提高加热炉热效率的目的。

**关键词：**负压 挡板 调节 排烟温度

**Adjust the heating furnace negative pressure online to reduce the exhaust gas temperature**

Li Yinhang Qi Shaodong

(Yueyang Changling Equipment Research Institute Co., Ltd. Yueyang, Hunan 414012)

**Abstract:** Most of the flue baffles in the convection top and chimney connection of the heating furnace are not tightly sealed. When the negative pressure of the heating furnace is large, a certain amount of cold flue gas is sucked back to the air preheater inlet and mixed with the hot flue gas, and then enters the preheater. Resulting in an increase in the preheater load, Exhaust gas temperature rises, This paper focuses on the analysis of the parameters of the flue baffle opening degree, negative pressure control and induced draft fan frequency conversion of the heating furnace. To reduce or avoid this happening, Thereby, the purpose of reducing the exhaust gas temperature and improving the thermal efficiency of the heating furnace is achieved.

**Keywords:** Negative pressure Baffle Adjustment Exhaust temperature

**1 前言**

目前石化行业管式加热炉能耗占装置的30-40%，加热炉热效率的高低直接影响着能耗的高低，而加热炉的排烟温度是影响加热炉热效率最大的因素。加热炉排烟温度的高低有很多影响因素，主要是设计排烟温度、辐射段、对流段、空预器等各级换热面的换热效果等，负压控制、烟道挡板的开度等操作方面也对排烟温度有着较大的影响，而负压控制、烟道挡板的开度等参数更容易被管理人员、操作人员忽略。

**2 理论分析**

图1所示是石化企业多炉联合常有的形式，两炉对流段出口的烟气经过空气预热器与空气换热后由引风机将冷烟气抽至烟囱排出，水平烟道上烟道挡板（图中①处）一般处于全关状态，防止对流顶的烟气未进入空气预热器而直接排至烟囱，此处设置烟道挡板的目的是当空预器或引风机出现问题时，打开烟道挡板的开度后，两炉的烟气可以直接由烟囱处排出。

事实上当烟道挡板（图中①处）处于全关状态时，也仍然达不到完全密封的效果，而当引风机抽力较大造成空预器入口负压（图中③处）明显高于烟囱负压（图中②处）时，会导致部分冷烟气回流至空预器，导致进入预热器烟气量增大，且空预器入口处烟气温度降低，进而使空预器换热效果下降，排烟温度升高，造成热效率下降。



③

②

图1 加热炉示意图

**3 案例1**

某石化企业重整四台加热炉共用余热回收系统，其设计排烟温度为135 ℃，在加热炉未超负荷、检修后刚开不久、进预热器烟气温度低于设计值20 ℃左右的情况下，实际运行排烟温度却高于设计值。

1. 空气预热器设计参数与实测数据

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 操作工况 | | 单位 | 原设计参数 | 实测数据 | 设计温差 | 实际温差 |
| 空气侧 | 入口流量 | kg/s | 13.2 | — | — | — |
| 入口温度 | ℃ | 10 | 4.9 | 220 | 228.7 |
| 出口温度 | ℃ | 230 | 233.6 |
| 吸热量 | MW | 2.876 | — | — | — |
| 烟气侧 | 入口流量 | kg/s | 14.19 | — | — | — |
| 入口温度 | ℃ | 331.5 | 296.9 | 196.5 | 160 |
| 出口温度 | ℃ | 135 | 136.9 |

由上表可知：

加热炉存在的主要异常：在当前运行状况下，空气侧温差增大了，烟气侧温差减小了。热空气温度超出设计值，排烟温度却存在偏高的情况。

1. 加热炉实际运行情况计算

| 项目 | F1101 | F1205 | F1102 | F1206 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 燃料气流量（Nm3/h) | 1011 | 255 | 598 | 860 |
| 燃料气流量（kg/h) | 647.04 | 163.2 | 382.72 | 550.4 |
| 炉处理量（t/h） | 石脑油 | C1201塔底油 | C1101塔底油 | C1205塔底油 |
| 38.8 | 89.5 | 181.7 | 280.9 |
| 炉膛氧含量（%） | 2.37 | 2.15 | 2.2 | 2.12 |
| 过剩空气系数a | 1.122 | 1.109 | 1.112 | 1.107 |
| 理论空气量L0 | 15.5  7 | 15.57 | 15.57 | 15.57 |
| 烟气量(kg/s) | 3.32 | 0.83 | 1.95 | 2.79 |
| 辐射室烟气总量(kg/s) | 8.88 | | | |
| 空气量(kg/s) | 3.14 | 0.78 | 1.84 | 2.64 |
| 进辐射室空气总量(kg/s) | 8.40 | | | |
| 对流室顶烟气温度（℃） | 377、367、362 | 313、315、315 | 300、294、286 | 332、325、328 |
| 369.0 | 314.7 | 293.7 | 328.7 |
| 0.4 | 0.1 | 0.2 | 0.3 |
| 137.0 | 29.5 | 64.5 | 103.8 |
| 根据各加热炉的燃料量计算对流顶混合烟气的加权平均温度：334.6℃ | | | |
| 空预器烟气入口温度（℃） | 296.9℃ | | | |
| 空预器烟气入口氧含量（%） | 3.64 | | | |
| 空预器烟气入口过剩空气系数a | 1.201 | | | |
| 空预器烟气入口烟气量（kg/s） | 9.54 | | | |
| 空预器烟气出口温度（℃） | 136.9 | | | |
| 空预器烟气出口氧含量（%） | 4.32 | | | |
| 空气预热器出口a | 1.248 | | | |
| 空预器烟气出口烟气量（kg/s） | 9.89 | | | |
| 空预器空气入口温度（℃） | 4.9 | | | |
| 空预器热风温度（℃） | 233.6 | | | |

由上表可得出以下结论：

1. 、烟气由对流顶334.6℃至空气预热器入口296.9 ℃，放出热量为0.43 MW。温差较大，因此存在联合烟道漏风和直排烟道挡板未关紧烟气反抽的可能性。

②、计算的烟气总量为8.88 kg/s，空气总量为8.40 kg/s。

③、根据空气预热器进口的实测氧含量3.64%计算，进入炉膛的空气量为9.06 kg/s。如果无烟气反抽，烟气总量为9.54 kg/s。

利用焓差法对空气预热器计算（不考虑空气预热器的散热损失）：

* 进入空气预热器的空气总量为9.06 kg/s，空气侧吸热量为2.13 MW，由此计算经过空气预热器的烟气量为11.44 kg/s。
* 根据对比烟气量，系统应该存在反抽，反抽烟气量为1.9 kg/s，反抽烟气吸热量（从136.9 ℃至296.9 ℃）为0.35 MW。

根据以上计算，车间对加热炉进行调节，将热管空预器烟气入口处负压由之前的-530 Pa调节至-350 Pa左右，空预器排烟温度仪表显示数据有了明显下降，具体数据见表3。

1. 加热炉调节前后数据对比

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 热管空预器参数 | 设计值 | 调节前 | 调节后 |
| 烟气入口温度（℃） | 331.5 | 300 | 304 |
| 烟气出口温度（℃） | 135 | 150 | 131 |
| 空气入口温度（℃） | 10 | 9 | 9 |
| 热风温度（℃） | 230 | 239 | 229 |

在负荷没有变化的情况下，通过调整热管空预器烟气入口负压，实际上就是对引风机变频的调节，也就是说降低了加热炉整体的负压控制。减少了烟气反抽量，进入空气预热器的烟气量减少，相对来说换热面积增大了，排烟温度降低了。在环境温度9 ℃时（空预器设计环境温度10 ℃），空预器排烟温度由之前的150 ℃降至131 ℃，下降了19 ℃。

**4 案例2**

某石化企业焦化加热炉余热回收系统为扰流子与热管组合式预热器，目前运行排烟温度高于设计排烟温度10 ℃以上，通过测试，数据如下表。

1. 加热炉运行数据表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目 | A炉 | B 炉 | C 炉 |
| 燃料气流量（Nm3/h) | 停用 | 2640 | |
| 炉处理量（t/h） | - | 77.2 | 81.3 |
| 炉膛氧含量（%） | - | 2.69 | 2.41 |
| 对流室顶烟气温度（℃） | 77、80 | 423、392 | 400、408 |
| 扰流子空预器烟气入口负压（pa） | -425 | | |
| 扰流子空预器烟气入口温度（℃） | 342 | | |
| 扰流子空预器烟气入口氧含量（%） | 3.91 | | |
| 热管空预器烟气入口温度（℃） | 319 | | |
| 热管空预器烟气出口温度（℃） | 157 | | |
| 热管空预器烟气出口氧含量（%） | 4.32 | | |
| 热管空预器空气入口温度（℃） | 30 | | |
| 进炉热风温度（℃） | 307 | | |

存在的异常：

1）加热炉对流顶烟气平均温度与空预器烟气入口相差60 ℃左右，差距过大；

2）空预器的烟气温降与空气温升不匹配，空气温升高于理论计算值50 ℃以上。

3）当前负荷下，热管空预器烟气入口温度偏高；

4）排烟温度偏高；

1. 加热炉运行参数及空预器校核数据表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 操作工况 | | 单位 | 调节前 | 调节后 |
| 空  气  侧 | 入口流量 | kg/h | 49004 | 49004 |
| 入口温度 | ℃ | 30 | 30 |
| 出口温度 | ℃ | 307 | 329 |
| 吸热量 | MW | 4.007 | 4.169 |
| 烟  气  侧 | 入口流量 | kg/h | 51560+18304 | 51560+4725 |
| 烟气入口温度 | ℃ | 342 | 384 |
| 烟气出口温度（℃） | ℃ | 157 | 146 |

经过对空预器参数进行换热计算可知，空预器烟气与空气量不匹配，烟气进入空预器的流量增加了18304 kg/h， 为解决这一问题，通过对空预器烟气入口负压由-425 pa 调节至-190 pa 左右后，空预器烟气入口温度有明显升高，排烟温度却下降了11 ℃，且热空气温度升高了22 ℃。调节负压后仍有4725 kg/h的冷烟气反抽是因为烟道挡板无法完全密封，但降低负压使冷烟气反抽量大大减小。加热炉热效率升高0.5%左右，经济效益可观。

**5 结束语**

加热炉“三门一板”中的 “一板”指的是烟道挡板，在加热炉操作运行中起到巨大的作用，而对于文章中的加热炉结构形式，若烟道挡板密封不严是导致烟气反抽最大的因素，应合理利用检修机会对烟道挡板进行适当的处理。

加热炉负压控制有相关的要求，当加热炉负荷变化、燃料组分变化时，加热炉负压应控制合理，运用加热炉最常用的“三门一板”作为调节手段。单炉膛、多炉膛联合的加热炉负压控制有所不同，应根据自身的实际运行情况合理的操作控制，一般单炉膛加热炉辐射顶负压控制在-20至-30Pa，多炉膛联合加热炉一般控制在-50 Pa左右，不宜超过-80 Pa。当加热炉排烟温度有明显变化，应考虑是否负压过大导致烟气反抽带来的影响，及时调整降低排烟温度，提高加热炉热效率。

**参考文献：**

[1] 中国石油化工总公司.石油化工工艺管式炉效率测定法：SHF0001-90[S].北京：中国石油化工总公司标准，1990.

[2] 钱家麟.管式加热炉[M].北京：中国石化出版社，2007.

-----------------------

**作者简介：**李银行（1983-），男，工程师，主要从事加热炉、锅炉等石化行业内设备测评与研究工作.

汉族，学士学位，2004年至2008年在中南大学热能与动力工程专业学习，2008年6月毕业后至今在岳阳长岭设备研究所有限公司工作。

通讯地址：414012 湖南省岳阳市云溪区长岭炼油厂设备研究所

联系电话：18169402867,0730-8477681

发稿邮箱：18169402867@163.com