

优化加热控制系统降低焦炉能耗提升经济效益

黄永阔 (冀中能源峰峰集团河北峰煤焦化有限公司, 河北 邯郸 056201)

摘要: 河北峰煤焦化有限公司的焦炉加热控制手段落后, 立火道温度的测量采用传统的人工测温方法, 测温精度低, 误差大, 空气过剩系数检测方式落后, 焦饼温度未能进行实时测量。焦炉优化加热控制技术通过自动控温的技术, 稳定了炉温、降低了能耗、提高了焦炭质量; 并且投入低、无运行费用, 而且全面改善焦炉的生产操作水平, 降低了能耗。

关键词: 优化; 加热; 火落; 红外

0 引言

河北峰煤焦化有限公司现有4座4×42孔7.0顶装焦炉, 建设规模为公称能力年产焦炭160万t。每座焦炉分别有42孔炭化室和43孔燃烧室, 采用焦炉煤气加热, 操作工每4h用便携式红外测温仪表测量第7和第28火道的鼻梁砖温度, 然后根据全炉平均温度的高低人工调整加热煤气流量和分烟道吸力, 目前焦炉现场煤气流量(压力), 分烟道吸力的几个调节执行器均不能自动运行, 焦炉加热控制基本上以人工手动操作为主。

目前4座焦炉末端都配备了焦炉烟气脱硫脱硝系统, 对外排放的烟气均能达到环保要求的指标。但是处理前氮氧化物浓度较高, 脱硝运行费用高。

1 存在的问题

河北峰煤焦化有限公司的焦炉加热控制工艺流程同国内大多数企业十分类似, 根据不同结焦时间, 人为确定一个经验的标准火道温度, 操作工每4h测量一次全炉平均温度, 然后根据焦炉平均温度与标准温度的偏差, 加减煤气流量、调整分烟道吸力。焦炉加热生产过程仍然是粗放式的, 这种生产方式有以下问题:

①标准温度的确定完全由人工经验确定, 并且往往偏高, 导致能耗加大, 焦炭烧蚀严重; ②立火道温度的测量采用传统的人工测温方法, 测温精度低, 误差大; 调火工用红外温度计瞄准立火道底部, 测量鼻梁砖表面温度, 每4h巡测一次。人工测量受测温点、受测温时间、测温地点、测温人员的熟练程度以及外部气候条件等因素的影响, 测量误差很大。立火道底部温度不是均匀分布的, 不同的人, 选择不同的测量点, 测量点的偏差对测量结果有很大的影响, 测量点的偏移对温度的影响非常大; 直行温度的测定时间是规定在换向后5min进行, 但严格执行尚有一定的困

难, 如测温时装煤、推焦操作影响无法准时测温, 提前或推迟1min, 往往会引起4~6℃的测量误差; ③加热控制手段落后, 仍采用人工加减煤气流量的方法; 焦炉的加热过程是单个燃烧室间歇、全炉连续、受多种因素干扰的热工过程。焦炉的热惯性非常大, 增减煤气流量后, 温度要在4~6h以后才能反映出来, 另外测温时间间隔大, 温度调节不及时, 炉温波动大; ④空气过剩系数检测方式落后; 目前本厂在分烟道位置没有安装烟气含氧分析仪, 主要在小烟道位置取样化验分析得出空气的过剩系数, 但人工取样、化验过程费时多, 周期长, 不能实时地反映燃烧情况的变化; ⑤焦饼温度未能进行实时测量; 焦饼中心温度是焦炭成熟的标志, 也是标准温度制定的依据。生产中达到950~1050℃时焦饼便已成熟, 当焦饼温度在1000℃以上时再提高50℃/kg煤约增耗热量0.15MJ。但焦饼中心温度难以直接测量, 一般通过测量焦饼表面温度间接反映。焦饼表面温度还可以判断焦炉高向加热的均匀性和横排加热均匀性。

2 解决方案

针对河北峰煤焦化有限公司焦炉生产系统, 对二组(2×42孔/组)7.0顶装焦炉配套安装火道温度测量设备、自动火落判断设备、烟气分析设备、计算机系统, 使用专有软件系统, 通过数据采集、分析反馈、模型控制, 实现焦炉加热控制优化、火落管理优化、标准温度优化, 从而达到降低燃气消耗、降低氮氧化物、提升管理水平。

2.1 焦炉自动测温方案

①根据火道温度——自动调整加热煤气流量; ②根据加热煤气流量、烟气含氧——自动调整分烟道吸力; ③根据焦炭成熟度——修正标准温度、调整个别异常火道; ④根据焦饼温度——修正标准温度、调整高向均匀性、调整个别异常火道。

2.2 火道温度全自动在线连续测量

2.2.1 焦炉火道温度的全自动在线连续测量系统的构成

测量系统由以下几部分构成：

①光学镜头：光学系统直接安装在炉顶的看火孔小炉盖上，通过目测瞄准对准鼻梁砖表面，光学系统的总高度低于 80mm；②防尘、防火、防水系统；光导纤维（光纤）：把光学镜头收集的光信号传送给仪表。光纤为高纯度石英，化学成分为 SiO_2 ，物理化学性质非常好，它耐腐蚀，熔点非常高；③仪表系统：把光信号转化成温度信号，它的工作温度 $< 60^\circ\text{C}$ ，该单元一般采用双层外壳，中间通压缩空气进行风冷却。

2.2.2 测量时间

下降气流，交换后 20 秒。

2.2.3 测温设备的可靠性和稳定性

①光学镜头：光学镜头的工作温度 $0\sim 500^\circ\text{C}$ ；②光纤：而光纤的耐温上限不超过 $0\sim 400^\circ\text{C}$ ，另外还在槽钢里面放置防火材料——玻璃纤维硅胶带，避免火焰对光纤的直接烧烤；③仪表（电信号处理单元—设计温度为 $0\sim 60^\circ\text{C}$ ，安装在炉间台位置

3 火落管理

3.1 原理

粗煤气随结焦时间的变化规律可见下图，粗煤气温度随结焦时间开始平稳而缓慢地上升，大约十几小时后上升至最高点，这一点称火落点（亦有称拐点），然后又快速下降至推焦结束。

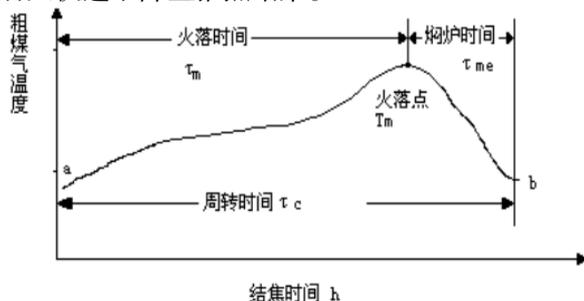


图 1 粗煤气温度变化趋势

3.2 火落时间 / 焖炉时间

在结焦周期一定的情况下，若火落时间短，焦炭很早就成熟了，焖炉时间过长，焦炭成熟过度，说明立火道温度过高；反之，若火落时间长，焦炭成熟的很晚，焖炉时间很短就推焦了，焦炭成熟度不够，说明立火道温度偏低。通过全炉的平均火落时间 / 焖炉时间可以对标准温度进行修正：最终的标准温度的模型是： $T_s = T_f + F_1(CI) + F_2(Mt) + F_3(\tau)$ 。其中： T_s —标准温度； T_f —经验标准温度。

3.3 高温号和低温号判别

自动生成每个炭化室的火落时间，并用偏差棒图显示出来，如果某炭化室的火落时间一直很短，焦炭成熟时间很快，焖炉时间过长，则该炭化室为高温号；反之，如果某炭化室的火落时间一直很长，焦炭成熟时间很慢，焖炉时间过短，则该炭化室为低温号。

3.4 粗煤气温度测量与安装

测量粗煤气温度的测量点一般选择在上升管桥管根部，该位置有热电偶预留安装孔，安装比较方便。

4 焦饼温度测量

焦饼中心温度是焦炭成熟的最直接的参数，是标准温度制定的依据，另外通过焦饼温度的测量为调火工调整焦炉高向加热均匀性、横排均匀性、直行均匀性提高了最直接的依据。焦饼中心温度难以在线直接测量，一般采用测量靠炉墙处焦饼的侧表面温度的方法。该表面温度比中心面温度约高 $20^\circ\text{C} \sim 40^\circ\text{C}$ ，可以用来代替焦饼中心温度。

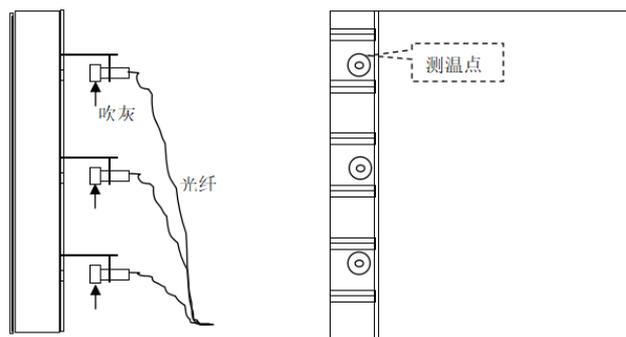


图 2 焦饼温度测量装置示意图

具体方法是在拦焦车导焦槽框架两侧的不同高度上，安装 3 个传感器，在推焦进行中透过栅架间隙自动连续地测量整个焦饼两个侧表面的温度；或利用红外测温仪在推焦时测焦饼表面温度来推算焦饼中心温度。通过无线数据传输装置将红外测温仪测量的温度数据直接无线发送到控制室，直接在电脑里进行处理，生成报表。

5 系统的其他组成部分

5.1 烟气成分分析

烟气分析分 2 个部分：其一，用便携式分析仪器，对焦炉每个燃烧室（甚至每个火道）进行取样分析，监测燃烧效率（包括残氧量、CO 等），为燃烧均匀性的调整提供依据；其二，在分烟道实时监测与控制全炉的烟气成分，在每个分烟道处安装烟气成分分析仪器。两座焦炉共计 4 个氧化锆，监测分烟道烟气含氧量，根据含氧量的变化，分烟道吸力也连锁控制变化。

5.2 直行均匀性与横排均匀性的调整

根据焦饼温度曲线调整横排均匀性；根据火落时间曲线调整直行均匀性。

5.3 焦炉加热煤气的流量（或压力）稳定性控制

由于焦炉煤气主管压力的波动以及焦炉频繁的交流，导致进入燃烧室的煤气流量（压力）波动很多，对优化燃烧非常不利，通过煤气压力精密控制程序和预测调控，可有效的稳定煤气流量。

6 控制思路

6.1 煤气流量控制

通过炉顶红外测温检测到的温度信号，计算出交换后 5min 直行平均温度，然后由平均温度与目标温度进行对比，根据他们之间的差值大小，自动加减煤气流量，由程序计算出对应的量，指导煤气调节阀调节开度控制现场的煤气流量。

6.2 分烟道吸力控制

分烟道吸力与煤气流量是连锁控制，煤气流量变化多少，吸力按比例同步变化，变化的量根据现场煤气流量与吸力的关系模型确定一个吸力系数。另一方面还要根据分烟道含氧量大小前期调整吸力范围。

6.3 标准温度修正

主要根据火落管理系统和焦饼表面测温系统来修正。根据火落系统判断整体的火落时间和焖炉时间，由此判断炭化室是否为高低温号，然后指导人工调整，把焖炉时间调整均匀，从而更合理的定标准温度。根据焦饼表面测温系统测量的温度曲线，调整高向加热均匀性和横排均匀性，进而优化标准温度。

7 总结

回炉煤气量节约 3%。

炉区编号	1号炉	2号炉	3号炉	4号炉	平均值
投用开始时间	5月18日	5月18日	5月11日	5月11日	
投用前4月份煤气流量平均值	12758.8	12367.2	13228.6	13186.1	
投用后6月份煤气流量平均值	12400.3	12024.4	12826.3	12759.6	
6月份对比节约煤气量	2.81%	2.77%	3.04%	3.23%	3.00%

在原基础上降低烟气中氮氧化物含量的不低于 30%。

1、2号炉氮氧化物数据统计			
5月18日开始调试，6月1日系统进入试运行			
	氮氧化物平均值	分烟道氧含量平均值	折算至8%氮氧化物平均值
投用前4月	857	9.21	944.95

投用后6月	685.9	6.95	634.64
下降比例	20.00%	24.50%	32.80%
3、4号炉氮氧化物数据统计			
5月11日开始调试，6月1日系统进入试运行			
	氮氧化物平均值	分烟道氧含量平均值	折算至8%氮氧化物平均值
投用前4月	930.1	10.42	1142.84
投用后6月	827.3	7.08	772.62
下降比例	11.10%	32.10%	32.40%

日均匀系数提高 6.21%。

炉区编号	1号炉	2号炉	3号炉	4号炉	平均值
投用开始时间	5月18日	5月18日	5月11日	5月11日	
投用前1-4月份K均	0.89	0.87	0.95	0.90	
投用后6-10月份K均	0.94	0.97	0.96	0.96	
增长比例	5.62%	11.49%	1.05%	6.67%	6.21%

日安定系数提高 18.2%。

炉区编号	1号炉	2号炉	3号炉	4号炉	平均值
投用开始时间	5月18日	5月18日	5月11日	5月11日	
投用前1-4月份K安	0.54	0.60	0.58	0.61	
投用后6-10月份K安	0.72	0.73	0.61	0.69	
增长比例	33.33%	21.67%	5.17%	13.11%	18.2%

8 经济效益分析

①本项目投资为 426 万元；项目 5 月中旬正式投用调试，6 月正式使用；②回炉煤气量节约 3%；4×42 孔 7.0m 顶装焦炉煤气消耗量每小时大约为 40000m³/h，节能效率按 3% 计算，煤气价格按 0.35 元计算，则 6-10 月份为：24×150×40000m³/h×3%×0.35≈151.2 万元；③节约液氨消耗量：脱硫脱硝入口氮氧化物含量较之前降低了 33% 左右，可降低液氨消耗量约 13t/月，6-10 月份节省原料费用 13×5×4500=29.3 万元，两套装置节省原料费用约 58.6 万元；④经济效益：则 2020 年 6-10 月份产生的效益为 151.2+58.6=209.8 万元，以后每年效益为 209.8÷5×12=503.52 万元。

本项目综合来看，通过自动控温的技术，稳定了炉温、降低了能耗、提高了焦炭质量；并且投入低、无运行费用，而且全面改善焦炉的生产操作水平，降低了能耗。提高了焦炉均匀系数，保证了焦炭成熟度，减少了炉头推焦冒烟情况。通过分烟道氧含量、实时炉温数据，及时调整煤气量，大大降低了脱硫脱硝入口氮氧化物含量，节约了液氨消耗量，保证了焦炉烟囱排放指标。