

苯乙烯装置提高蒸汽过热炉热效率优化改造

严金松 中海石油宁波大榭石化

【摘要】苯乙烯装置蒸汽过热炉通过充分利用加热炉对流段空间，增设翅片管，增加传热面积，降低烟气排放温度；降低对流段取热介质（蒸汽凝液）的温度以增加传热温差，充分吸收烟气热能，避免能量的浪费，进一步提高加热炉的热效率。

【关键词】加热炉；传热面积；传热温差；热效率；提高；优化；节能

【DOI】10.12316/j.issn.1674-0831.2022.06.034

引言

加热炉一般由辐射室、对流式和烟囱构成，辐射室和对流室内均装有炉管，烟囱内装有烟道挡板。燃料经燃烧器在辐射室内燃烧，产生的高温火焰以热辐射的方式对辐射室内炉管中的介质加热，燃烧后的烟气进入对流室，以对流传热的方式继续对对流室的炉管内介质加热，最后烟气进入烟道，通过烟囱排放至大气当中。

为体现燃料燃烧所产生的热量被有效利用的程度，加热炉热效率的高低是衡量燃料消耗、评价加热炉设计和操作水平的重要参考指标。

一、概况

中海石油宁波大榭石化有限公司苯乙烯装置为重蜡油裂解制烯烃项目中的一套装置，设计产能为28万吨/年，年操作时间8400小时。建成后于2019年进行了填平补齐改造，改造后产能提升为约120%，取得了良好的经济效益。

因填平补齐改造项目中，原蒸汽过热炉未做改动，产量提高后，蒸汽过热炉负荷加大，造成排烟温度由133℃提升至152℃，炉子热效率由92.5%下降至91.4%。

为有效落实国家“双碳”要求，推动绿色发展，通过采取优化改造的方式降低装置能耗，践行好节能减排的要求，同时适应炼化行业新标准下加热炉热效率不低于93%的要求，需采取优化改造的方式提高加热炉热效率。

为提高蒸汽过热炉热效率，降低排烟温度，对现有工艺流程及设备结构进行改造：一是利用苯乙烯装置的温度较低的工艺凝液，增设换热器，冷却降低进入蒸汽过热炉对流段的蒸汽凝液；二是利用原蒸汽过热炉对流段预留的空间，增设翅片管，增加传热面积，降低排烟温度。

二、通过降低排烟温度提高蒸汽过热炉热效率

目前装置所用燃料气为公司燃气管网提供，其燃气

组分、组成如下表：

表1 蒸汽过热炉所用燃料气组分、组成化验分析表

采样时间	2021/8/4	2021/7/12	2021/7/8	2021/6/22	
样品名称	燃料气	燃料气	燃料气	燃料气	
组分	C6+	0.005			
	甲烷	45.278	47.016	44.036	44.676
	乙烷	9.527	3.443	10.277	10.634
	乙烯	0.266	0.110	0.129	1.315
	丙烷	0.018	0.001	0.003	0.004
	丙烯	0.005	0.002	0.004	0.016
	异丁烷	0.003		0.002	0.003
	正丁烷	0.001		0.001	0.001
	反丁烯	0.001		0.001	0.002
	正丁烯	0.001		0.001	0.002
	异丁烯	0.003		0.003	0.004
	顺丁烯	0.001		0.001	0.001
	异戊烷	0.011		0.001	0.001
	正戊烷	0.003			
	氧气	0.123	0.093	0.353	0.095
	氮气	6.761	5.495	8.410	7.392
	O ₂ +N ₂				7.487
	二氧化碳	0.367	0.160	0.460	0.490
	一氧化碳	0.691	0.500	0.766	0.734
	氢	36.936	43.182	35.552	34.633
C3及C3以上组分含量	0.051	0.003	0.017	0.032	

烟气组成分析见下表：

表2 烟气组分及组成分析

设备名称	分析项目	单位	含量
蒸汽过热炉	O ₂	%	4.5
	CO	%	0
	NO	mg/m ³	37
	NO ₂	mg/m ³	0
	NO _x	mg/m ³	57
	SO ₂	mg/m ³	0

通过分析上表，可以看出燃料气中不含有S，因此，可以不考虑因排烟温度低而造成烟囱的露点腐蚀影响，也就可以通过采用充分利用烟气中的热量以降低排烟温度的方法达到提高加热炉热效率的目的。

1.通过降低进入蒸汽过热炉对流段蒸汽凝液的温度以提高换热温差，充分吸收烟气中的热量。

目前进入对流段取热介质为0.04MPa蒸汽凝液，温度约为110℃，凝液经泵直接进入加热炉对流段与烟气进行换热，换热后的凝液作为废热锅炉的上水进行产汽。

流程优化后，通过增加换热器，利用苯乙烯装置工艺凝液处理系统中工汽提塔进料工艺凝液（约43℃）与0.04MPa蒸汽凝液进行换热，充分利用0.04MPa蒸汽凝液的热量对工艺凝液进行加热，经过换热后的蒸汽凝液温度约为90℃左右，降温后的凝液再进入加热炉对流段与烟气换热，降低排烟温度，工艺凝液由原来43℃左右提高至64℃左右，不仅可以降低汽提塔进料预热蒸汽（0.25MPa）用量，也可降低汽提塔汽提蒸汽量，在提高

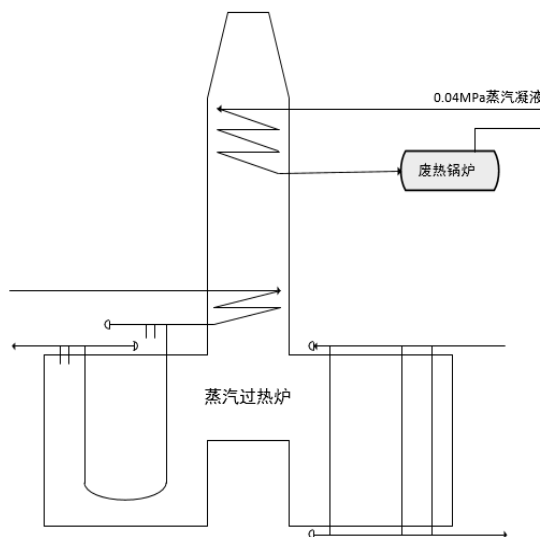
蒸汽过热炉热效率的同时，降低装置的能耗。

2.增大烟气和取热介质的换热面积

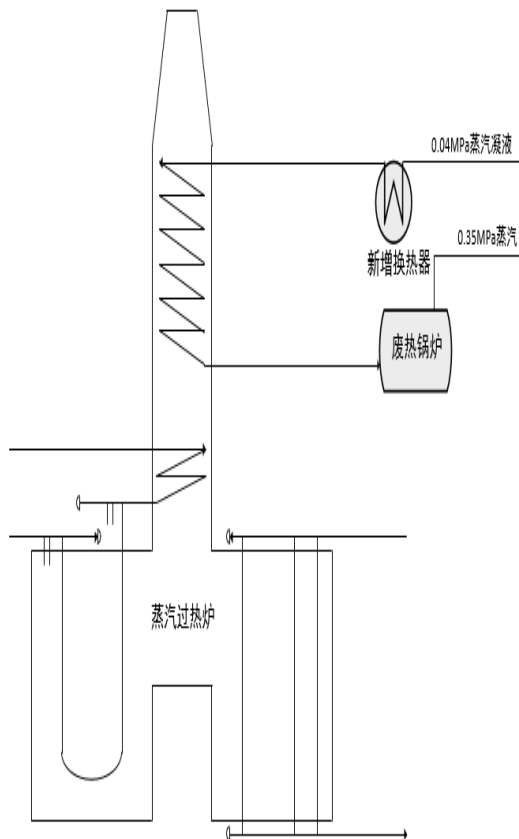
蒸汽过热炉对流段部分，在底部有预留的翅片管空间，通过在这里增设翅片管的方式，增大传热面积。在进入对流段的蒸汽凝液经新增的换热器换热降温后，通过增大传热换热面积，增加传热量，在降低排烟温度的同时，尽可能维持甚至增加蒸汽凝液出对流段的温度，不影响或增加废热锅炉的蒸汽产量。

工艺流程及蒸汽过热炉对流段改造如图：

改动前：



改动后：



此改造方案的优点是改动范围小,包括增设1台换热器,蒸汽过热炉增加相应规格型号的翅片管及弯头箱,以及相应的管道、调节阀,少量的支撑钢结构。同时核算工艺凝液泵的扬程足以满足改造后的工艺要求,因此可不必进行改造升级。

三、生产运行效果

蒸汽过热炉改造和工艺流程优化前后加热炉及装置节能效果分析如下:

表3 加热炉改造前后热效率对比

	负荷 (主蒸汽t/h)	烟气排放温度 (℃)	氧含量 (%)	热效率 (%)
优化前	55	153	3	91.2
优化后	55	104	3	93.5

通过对比蒸汽过热炉改造前后的参数变化,在相同负荷及氧气含量一致的前提下,可以看出其排烟温度有大幅度降低,加热炉的热效率上涨2.3%,优化改造效果明显。

表4 加热炉改造前后汽包产0.35MPa蒸汽量变化对比

	负荷 (主蒸汽 t/h)	低压 废热 锅炉 进料 温度	低压 废热 锅炉 进料 温度	汽包产 汽量 (t/h)	氧含量 (%)	热效率 (%)
优化前	55	360.7	154.9	25	3	91.2
优化后	55	359.4	153.9	24.8	3	93.5

由上表可以看出,在流程优化及对流段增多翅片管后,废热锅炉产汽量变化不大,基本满足优化改造前保持蒸汽产量不变甚至增多的要求。

表5 加热炉改造前后汽提塔蒸汽消耗量对比

	工艺凝 液进新 增换 热器前 温度 (℃)	工艺凝 液出新 增换 热器后 温度 (℃)	汽提 塔进 料流 量(t/ h)	汽提塔 进料 温度 (℃)	预热 蒸汽 量 (t/ h)	汽提蒸 汽量 (t/h)
优化前	44.5	61	91	72	1.1	4.8
优化后	44.3	71	90.5	72	0.2	4.6

优化前	44.5	61	91	72	1.1	4.8
优化后	44.3	71	90.5	72	0.2	4.6

通过流程优化前后的操作参数对比,在进料流量、温度基本一致的情况下,通过采用0.04MPa蒸汽凝液对工艺凝液加热,可有效降低装置消耗蒸汽约1.1t/h,为装置进一步节能降耗。

四、结束语

“十四五”时期,我国生态文明建设进入了以降碳为重点战略方向、推动减污降碳协同增效、促进经济社会发展全面绿色转型、实现生态环境质量改善由量变到质变的关键时期,我们要充分认识到节能减排工作的重要性和紧迫感。

通过优化工艺、改造加热炉,提高热效率,不仅能够充分降低装置的能耗,有效减少碳排放,更是符合国家“碳达峰、碳中和”战略目标,同时也是炼化企业应当担起的社会责任。

参考文献:

- [1]钱家麟.管式加热炉[M].北京:中国石化出版社,2003.
- [2]侯笑生.炼油工程师手册[M].北京:石油工业出版社,1994.