

Analysis of the Causes of Coking in the Radiant Section of the Ethylene Cracking Furnace and Improvement Measures

Renkang Liu

Sinopec Yangzi Petrochemical Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 211500, China

Abstract

In view of the multiple coking and clogging of the furnace tubes in the radiation section of the cracking furnace in the ethylene unit of the olefin plant and the short charring cycle, inspections and analyses were conducted from multiple aspects such as the convection section, radiation section, burner, waste heat boiler and cracking feedstock to confirm the causes of coking and clogging of the furnace tubes in the radiation section. That is, the reasons such as coking inside the convection section furnace tubes causing coke blocks to enter the radiation section furnace tubes, severe shedding of bayberry particles outside the radiation section furnace tubes resulting in uneven heating, incomplete cleaning of coke in the tubes of the waste heat boiler, and poor combustion effect of the burner nozzle due to particle blockage, etc. Corresponding improvement measures should be taken in response to these reasons. After inspecting and improving the cracking furnace system, the operation cycle returned to the normal level, and the safe and stable operation of the cracking furnace was guaranteed.

Keywords

cracking furnace; convection section; radiation section; waste heat boiler; burner

乙烯裂解炉辐射段炉管结焦原因分析及改进措施

刘仁康

中国石化扬子石油化工有限公司, 中国·江苏南京 211500

摘要

针对烯烃厂乙烯装置裂解炉辐射段炉管多次结焦堵塞、烧焦周期短的情况, 从对流段、辐射段、燃烧器、废热锅炉及裂解原料等多方面进行检查、分析, 确认导致辐射段炉管结焦堵塞的原因, 即对流段炉管内部结焦造成焦块进入辐射段炉管、辐射段炉管外部杨梅粒子脱落严重造成受热不均、废热锅炉列管焦物未清理干净、燃烧器烧嘴因颗粒堵塞造成燃烧效果差等原因, 针对这些原因采取相应的改进措施。经过对裂解炉系统检查、改进后, 运行周期恢复正常水平, 裂解炉的安全稳定运行得到保障。

关键词

裂解炉; 对流段; 辐射段; 废热锅炉; 燃烧器

1 引言

裂解炉是乙烯装置龙头设备, 它具有高温、高压、易燃等特点, 检修频率多、检修费用高、备件规格杂, 是乙烯装置需要重点维护的设备之一。保证裂解炉安全稳定长周期运行是保持乙烯高产量的重要因素。以烯烃厂 E-BA102 裂解炉为例, 在 2019-2020 年期间, 因辐射段炉管结焦堵塞而造成多次非计划停炉, 分析并解决辐射段炉管结焦堵塞的问题是当下的重点。

2 裂解炉存在的问题

BA102 是 CBL-IV 型炉, 裂解原料为轻石脑油或石脑油,

主要由对流段、辐射段、燃烧器、空预器、废热锅炉、风机等组成, 烧焦周期约 60 天。自 2019 年起, BA102 辐射段炉管频繁出现堵塞情况, 在短短一年间, 因辐射段炉管出口温度高造成非计划停炉或在线烧焦 6 次。辐射段炉管长时间运行后, 炉管内部物料结焦, 炉管表面温度会上升, 这属于正常现象, 但在短时间内或者投炉后就出现炉管出口温度偏高就不符合常理。面对这种集中的、非正常的现象, 主要从以下几方面着手检查、分析。

3 现象分析

3.1 对流段

BA102 裂解炉自上而下分别是: 上部原料预热段, 锅炉给水预热段, 下部原料预热段, 上部原料与 DS 混合段, 上部 SS 预热段, 下部 SS 过热段, 下部原料与 DS 混合段。目前 BA102 裂解炉对流段使用周期长, 炉管平均使用周期

【作者简介】刘仁康(1994-), 男, 中国江苏南京人, 本科, 从事化工设备管理研究。

已超过10年。在过往的检修过程中,BA102裂解炉没有用DS蒸汽对上部原料预热段炉管进行正吹、反吹,从图1可看出,由于对辐射段炉管正吹时使用的空气不从原料预热段炉管经过(图1红圈部分),炉管内部残存的结焦物清理不出来,在裂解炉投油后,部分结焦物被物料带到辐射段炉管中,使得炉管流量减小,更容易发生堵塞。

应对措施:在裂解炉检修时,安排人员将对流段炉管进行反吹,用DS蒸汽从下部原料与DS混合段反吹至原料入口处,吹出大量黑色含油泥的污垢。后续可考虑利用通球清洗将对流段炉管内部的积垢清洗干净,防止原料预热段炉管内的结焦物在裂解炉正常投油后,原料带着积垢进入辐射段炉管造成堵塞。

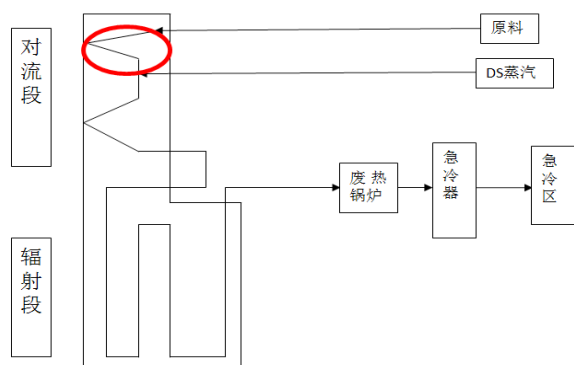


图1 BA102裂解炉流程图

3.2 辐射段

3.2.1 横跨管及文丘里管

原料对对流段进入辐射段前会经过横跨管及文丘里管,文丘里管主要作用是可以平衡每一根入口炉管的进料。文丘里管上部是缩径,中间是喉管,下部是扩大管,它的原理是利用进出口压差将进料不断吸入,而容易发生堵塞或偏流的部位为喉管,在有异物堵塞时,进辐射段炉管的流量受限,停留时间增加,结焦速率加快,进而造成炉管堵塞^[1]。

应对措施:裂解炉检修时,在集气管前及文丘里管前后端割开检查,发现文丘里管管壁光滑,没有附着的结焦物,因此文丘里处有异物堵塞不是此次造成BA102辐射段炉管多次堵塞的主要原因,但为了避免因文丘里管堵塞而造成辐射段炉管堵塞,每次检修完毕还是需要通空气将文丘里吹扫。

3.2.2 辐射段炉管

BA102裂解炉是CBL-IV型炉,全炉共采用42组1-1型炉管,辐射段入口炉管管径为 $\Phi 68*6$,材质为25Cr-35NiNbMA,设计温度1250℃。辐射段出口炉管管径为 $\Phi 78*7$,材质为35Cr-45NiNbMA,设计温度1350℃,辐射段进出口炉管外表面都有耐高温的杨梅粒子,其作用为增大换热面积、提高传热效果。在停炉检修时,将辐射段炉管从炉管入口、大弯管、扭曲片、炉管出口处分别割开检查,发

现炉管内有焦块。炉管表面杨梅粒子脱落严重,因脱落后杨梅粒子分布不均,表面受热分布也不均匀,在长时间高温条件下,裂解炉辐射段炉管极易结焦,造成炉管堵塞或破损。

应对措施:因原BA102裂解炉辐射段炉管使用周期长,炉管弯曲严重,已将辐射段84根进出口炉管及水平管全部更换。裂解炉在线烧焦时,需延长辐射段炉管烧焦的时间及深度,避免因辐射段炉管内的结焦物未完全清理干净而造成炉管堵塞。

3.2.3 水平管及四通法兰

裂解气出辐射段进入废锅前会经过水平管及四通,水平管与辐射段炉管连为一体。原BA102水平管出口是三通法兰,直接与废锅相连,因不便于确认及清理水平管内的结焦物,BA102水平管出口三通改为四通法兰,可以在水平方向直接确认水平管内是否堵塞。裂解气在经过水平管及四通法兰时,因四通法兰塞堆积结焦物而影响裂解气流量,导致出口水平管堵塞。

应对措施:为防止出现出口水平管堵塞的情况,在裂解炉检修完毕前,用空气对裂解炉辐射段炉管进行吹扫,确保吹扫情况无异常。在四通法兰盖复位前,及时清理积垢。

3.2.4 燃烧器

BA102裂解炉燃烧器在2018年更换为低 NO_x 燃烧器,供热方式为侧壁和底部燃烧器联合供热。底部烧嘴分为主烧嘴及辅烧嘴,在裂解炉烧焦时通过辅烧嘴控制烧焦温度,在正常运行时主烧嘴全开。侧壁烧嘴采用二次注气的方式,通过调节二次风门的方式,可以微小的控制氧含量,保证炉内的燃烧,裂解炉炉膛氧含量控制在1%-3%。在运行时,侧壁及主烧嘴会因烧嘴头损坏或燃料气的波动,造成火焰翻卷、舔管、炉内热场不均匀,使得辐射段炉管局部过热,加快管内结焦的速率,最终导致辐射段炉管堵塞^[2]。

应对措施:在停炉检修时,发现部分烧嘴喷头损坏,将损坏的底部及侧壁烧嘴全部更换。在裂解炉运行时也应关注烧嘴的使用情况,统计燃烧效果差的烧嘴,在检修时及时更换,避免使辐射段炉管局部过热造成炉管堵塞。

3.3 废热锅炉

BA102裂解炉废锅形式为线性废锅,主要由进口连接件、双套管换热管、水力清焦孔、集气管等部件组成,每组换热管的进口都有进口连接部件,分别与相对应的辐射段炉管出口相连。裂解气出辐射段后进入废热锅炉,一方面回收热量,另一方面阻止高温裂解气发生二次反应。由于裂解气经冷却后,高沸点组分冷凝在换热管内壁上缓慢进行脱氢缩聚反应,形成焦状物,导致堵塞换热管^[3]。在检修时发现BA102废锅列管内焦块很硬,用60MPa的高压水清洗无法清洗干净,后采用机械钻头清焦方式,把所有的管口及集气管上下的焦都清理干净。

应对措施:在裂解炉废锅清焦完毕后可用铅锤从清焦孔往下放,一直通到进口连接件处,检查堵塞情况,如铅锤

卡在列管中,说明有未清理干净焦块,在裂解炉投用后会致列管堵塞,影响相对应的辐射段炉管。

3.4 原料及燃料气的变化

BA102 裂解原料为 LNAP/NAP,设计乙烯产量为 60kt/a,使用的燃料气为天然气。燃烧器为北京十一所生产的低 NO_x 燃烧器,底部烧嘴孔尺寸 6mm/3mm,侧壁烧嘴一圈布满细小的烧嘴孔,尺寸 0.5mm,设计的燃料气为天然气。

因实际生产的需求及物料平衡,原料的投入量会根据实际生产需要不断做出调整,在原料投用后运行的初期及中期,原料量在不断调整,原油品质也会根据公司的物料平衡而出现掺入其它油品的情况,原料品质较差容易造成炉管的堵塞^[4]。燃料气会根据运行实际情况,改用 C4 或 C4 与天然气混合物,因 C4 组分较重,燃烧器燃烧情况较使用天然气时变差,因燃料气燃烧不充分或燃烧产生的微小颗粒堵塞烧嘴,造成炉膛内火焰翻卷、炉内热场不均匀,使得辐射段炉管局部过热,加快管内结焦的速率。

应对措施:在裂解炉运行时,应避免频繁升降负荷,燃料气尽量使用原设计的天然气。

4 原因总结

根据上文所述,裂解炉炉管堵塞主要原因有:

- 1) 对流段上部原料预热器内有积垢
- 2) 辐射段炉管表面杨梅粒子脱落或分布不均造成炉管局部过热
- 3) 废锅列管有焦未清洗干净
- 4) 底部及侧壁烧嘴头损坏或堵塞,燃烧效果差
- 5) 原料组分重,运行时原料进料量及 COT 波动频繁

5 改进措施

1) 裂解炉检修时,需保证废热锅炉高压水及机械清焦的效果。清焦完毕后,用空气及 DS 将炉管内存在的焦粒吹出。验收废锅清焦效果时,可用内窥镜及铅锤检查有无残余积垢。

2) 裂解炉的开停车需要严格按照裂解炉开停车工艺卡片步骤来操作,避免升降温速度过快而造成炉管积焦。定期对裂解炉的炉管进行测温,对测温偏高的炉管进行重点监测。

3) 保证裂解原料的品质,原料偏重或含杂质较多都会对裂解炉的炉管产生不利影响,容易结焦^[5]。

4) 可适当延长辐射段炉管及废锅的烧焦时间,严格控

制烧焦温度及蒸汽流量,保证烧焦的效果。

5) 定期对对流段炉管进行吹扫,避免管内结焦及换热效率下降。

目前通过采取对对流段炉管正吹、反吹扫,对辐射段炉管及废锅的检查,确保废锅列管清焦效果,对侧壁及底部燃烧器的更换,燃料气固定使用天然气等措施,BA102 在投用后使用情况良好,以 LNAP 为例对 BA102 裂解炉检修前后主要工艺参数进行对比,结果见表 1。

表 1 BA102 裂解炉检修前后情况对比

运行参数	检修前	检修后
原料	LNAP	LNAP
投油量 (t/h)	22	21
侧壁烧嘴燃料气量 kg/h	1250	1130
底部烧嘴燃料气量 kg/h	1690	1851
运行周期/d	29	68

由表 1 可知,在运行周期方面,检修前因炉管堵塞或投油后 COT 偏高而多次下线,周期一般在 30 天,检修后能正常运行 68 天,基本达到烧焦周期的要求。

6 结论

针对 BA102 辐射段炉管多次堵塞的现象,从对流段、辐射段、废热锅炉、燃烧器、燃料气等方面检查,分析炉管堵塞现象的原因。针对问题原因,在检修时采取对对流段炉管进行正吹、反吹,更换燃烧效果差的燃烧器,稳定燃料气的压力及组分等措施,消除炉管堵塞的不稳定因素。在 BA102 裂解炉重新投用后,运行效果良好,检修前频繁下线或在线烧焦的情况得到改变,现已经达到正常的烧焦周期,满足了裂解炉安全稳定运行的目标。

参考文献

- [1] 徐红伟,姚磊.裂解炉辐射段炉管破损原因分析及对策[J].山东化工,2014,43:107-108.
- [2] 张雄飞,黄鹏鸿,王晓刚,等.乙烯裂解炉热效率的影响因素分析及改进[J].乙烯工业,2016,28(4):25-28.
- [3] 王红霞.乙烯裂解炉及急冷锅炉结焦抑制技术研究进展[J].石油化工,2012,41(7):844-852.
- [4] 王超.裂解炉炉管损伤原因分析与处理[J].乙烯工业,2019,31(3):37-42.
- [5] 范奇惠,张乐,宿伟毅,等.裂解原料多样化对裂解炉操作的影响[J].乙烯工业,2019,31(1):55-58.