

高压进料主管压力表根部阀焊口开裂分析

张毅

安徽华东化工医药工程有限责任公司上海分公司 上海 201315

摘要: 结合某加氢装置反应进料总管压力表根部阀接头焊缝开裂的案例,从工艺组成、管道设计、风荷载、焊接型式四方面分析根部阀焊缝开裂的原因,总结此类问题的解决方案,增加相邻管道支架减少疲劳破坏保证加氢装置的长期安全运行。

关键词: 加氢; 反应进料主管; 加强管接头焊缝; 防治措施

前言: 加氢装置在石化生产中扮演重要的角色,加氢装置的产品有燃料油、润滑油、汽柴油等;加氢装置具有高温高压易燃易爆有毒、自动化程度高、安全等级高的特点。

1 概况

1.1 事故概况

山东某柴油加氢装置在2022年10月22日凌晨5点时,巡视员在加氢反应进料加热炉的三层平台看见管道冒黑烟,有糊味,随后紧急把平台的灭火蒸汽软管对着冒黑烟的地方吹扫,扒开反应进料总管的保温层,发现总管上压力表分支管根部阀接头焊缝开裂,有氢气泄露。如图一所示:



图一: 现场焊缝开裂位置

1.2 装置概况

装置位于山东省东营市广饶县,占地面积190X80米,装置被T型管廊分割成三部分;T型副管廊的西侧为反应区,从北向南依次为分馏加热炉、反应加热炉、反应器和高压换热器;T型管廊的南侧包括反应区原料加压区和氢气压缩机区,从西向东依次为冷热高低压分离系统、循环氢脱硫、加氢进料泵、循环氢压缩机、新氢压缩机;T型主管廊北侧为低压区,从西往东依次是分馏

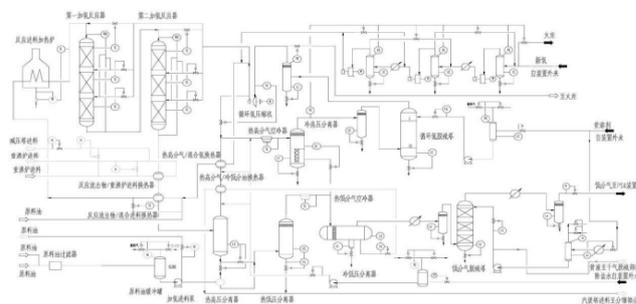
区、脱硫区、公用工程设备区。

1.3 工艺简介

本装置属于柴油加氢装置,工艺分为反应部分和分馏部分

1.3.1 反应部分

自装置外来的原料油在低压下换热升温、进料泵升压、换热再升温,与来自热高分气/混合氢换热器的混合氢混合,经反应流出物/混合进料换热器、加热炉加热到所需温度后,进入第一加氢反应器和第二加氢反应器进行脱芳、脱硫、脱氮、脱金属反应^[1]。如图二所示



图二: 反应部分流程图

自第二加氢反应器来的反应流出物经换热器冷却后进入热高压分离器进行气液分离。热高分气经换热器冷却后,再经空冷器冷却到50℃进入冷高压分离器。同时在冷却的过程中注脱盐水。冷却后的热高分气在冷高压分离器中进行油、气、水三相分离。

冷高压分离器顶部出来的循环氢进入脱硫系统,脱硫后的循环氢经循环氢压缩机增压,增压后的循环氢分两路:一路作为急冷氢去第一加氢反应器和第二加氢反应器控制反应器床层入口温度,另一路与来自新氢压缩机的新氢混合后,与热高分气换热后和原料油混合。热高分油经加氢进料泵配液力透平回收能量后进入热低压分离器。

热低压分离器顶部出来的热低分气经空冷器冷却到

50℃后，与冷高压分离器出来的冷高分油混合后一起进入冷低压分离器进行气液水分离，冷低压分离器顶部出来的低分气经过低分气脱硫后至PSA单元。冷低压分离器底部出来的冷低分油经换热器与热高分气换热后，与热低分油合并，进入脱硫化氢汽提塔，作为分馏的原料。

1.3.2 分馏部分

低分油从脱硫化氢汽提塔第一块板进入塔盘，汽提蒸汽自塔底部进入，汽提塔顶气经空冷器、水冷器冷却到40℃后，进入脱硫化氢汽提塔顶回流罐进行油、气、水三相分离，塔顶油相经脱硫化氢汽提塔顶回流泵升压后，作为汽提塔回流。塔顶含硫干气进入干气脱硫系统，脱硫后的干气送至燃料气系统。

汽提塔底液经精制柴油/分馏塔进料换热器换热后，进入产品分馏塔，分馏塔顶气经空冷器、水冷器冷却到40℃后进入分馏塔顶回流罐进行油、水两相分离，油相经产品分馏塔顶回流泵升压后，一部分在分馏塔顶回流，另一部分作为石脑油产品出装置。产品分馏塔底液一部分经精制柴油泵升压后，通过换热器冷却后，再经精制柴油空冷器冷却至50℃，与重柴油产品合并后出装置。产品分馏塔塔底液另一部分经产品分馏塔底重沸炉泵升压后经反应流出物/重沸炉进料换热器换热后再分为两路，一路去产品分馏塔底重沸炉加热后返回塔底，另一路至减压塔作为减压塔进料。

2 原因分析

2.1 工艺物料组成

反应进料加热炉管线介质为循环氢、新氢和原料油，循环氢来自循环氢压缩机，工艺管线有防喘振措施；反应进料中新氢部分来自新氢压缩机补气，新氢压缩机为三级往复式压缩机，介质存在脉动^[2]。新氢的流量为3831.37kmol/h，混合氢的流量为6989.85 kmol/h，循环氢的量为3158.48 kmol/h，新氢/循环氢的体积比为1.21，管道的脉动取决新氢的量。物料成分表看到反应进料主管中有大量的氢气和C5+，在操作压力13Mpa、操作温度370℃下介质是气液两相流，气相和液相的比重相差极大，管道会产生震动。

反应前冷氢和混合氢流量之和等于反应流出物的氢气流量加上反应掉的一部分，可以用硫化氢、氨气代替，反应前的混合氢体积流量6989kmol/h，C5+流量为1457 kmol/h，混合氢摩尔流量大概在82.7%，新氢的摩尔流量在45.3%，高压条件下C5+主要为液体，新氢的体积含量是大于45.3%的，如此高的新氢比例产生的脉动会严重影响反应加热炉进料管道介质的稳定流动，压力表分支管道为DN20，现场在无风的条件下分支管跟随介质作周期性的晃动；主管为DN450的大直径厚壁管道，无论是刚度还是重量均非常大，泄露点距离新氢压缩机出口长度150米上下，对主管的震动影响有限，但这种情况会加剧DN20压力表分支管震动；表一为稳定工况成分表。

表一：加氢精制稳定工况物料成分表

物流编号		01	02	03	04	05	06	07	
项目	单位	原料油	新氢	反应流出物	脱后循环氢	混合氢	冷氢	脱前循环氢	
H ₂ O	Kmol/h	0.00	0.00	25.64	25.64	4.76	20.87	10.16	
H ₂ S	Kmol/h	0.00	0.00	97.92	0.04	0.01	0.04	71.57	
NH ₃	Kmol/h	0.00	0.00	14.02	0.00	0.00	0.00	0.30	
H ₂	Kmol/h	0.00	3831.37	17251.51	16999.84	6989.85	13841.37	17012.57	
C1	Kmol/h	0.00	3.84	340.54	328.99	64.96	267.86	329.15	
C2	Kmol/h	0.00	0.00	107.93	98.46	18.29	80.17	98.54	
C3	Kmol/h	0.00	0.00	51.37	41.54	7.72	33.82	41.58	
IC4	Kmol/h	0.00	0.00	18.93	12.86	2.39	10.47	12.87	
NC4	Kmol/h	0.00	0.00	8.51	5.32	0.99	4.33	5.32	
MDEA	Kmol/h	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
C5+	Kmol/h	1457.41	0.00	1549.51	25.47	4.73	20.74	25.47	
总计	Kmol/h	1457.41	3835.2	19465.87	17538.17	7093.7	14279.67	17607.52	
性质	分子量		197.27	2.03	17.64	2.74	2.36	2.74	2.86
	质量流量	Kg/h	287500.00	7785.11	343390.78	48105.54	16722.85	39167.8	50302.17
	标态比重	Kg/m ³	0.884		0.845				
	体积流量	Nm ³ /h(m ³ /h)	(325.08)	85962	435914(4.16)	393100	158998	320064	394655

2.2 管道布置

管道高温高压,操作压力13Mpa,操作温度370℃,材质为S32168,压力表根部阀为双阀,阀门两端带100mm短管,压力表跟双阀中间有放空阀门,水平布置,阀门后是法兰法兰盖螺栓,放空阀门的布置导致整个压力表管线偏心严重,遇到反应进料管线介质脉动,晃动明显,见图一;图一是根部阀焊接点在疲劳损坏后氢气泄露,两根蒸汽软管对着焊缝泄露的地方吹扫隔绝空气。

2.3 风荷载

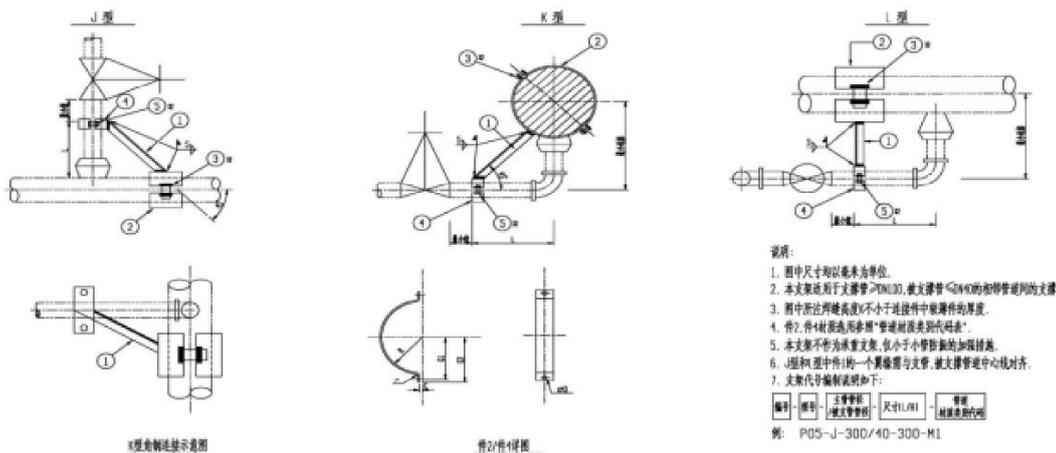
此装置位于黄河口三角洲,属于暖温带季风气候区,大陆性气候明显,四季分明,具有春季干旱多风,夏季炎热多雨,秋季凉爽容易早涝,冬季寒冷干燥少雪的特点。一年四季中刮风时间占全年时长的2/3以上,压力表前切断阀为双阀加上放空阀整个重量超过40kg,风吹过的时候压力表晃动明显,加剧了焊缝处的疲劳破坏。

2.4 焊接型式影响

此处加强管接头为承插焊接头,承插焊的优缺点明显;没有打坡口的问题,可用于小管径,一般在DN50以下;承插焊焊缝属于角焊缝,而对接焊形成的是对接焊缝,从焊缝的强度、受力状况等分析,承插焊焊后应力状况不好,容易发生焊接未焊透情况,管系内部留有焊缝,检测手段跟对焊也不同,对焊要做射线探伤,承插焊做磁粉或渗透检测就可以了(碳钢管道做磁粉,不锈钢做渗透);综上所述,对焊要求高,焊接后质量也好,检测手段相对严格,对接的要优于承插的,

3 整改方案

选用支架为图三的J型,主管上面加管卡;主管为DN450,加扁钢2片,对应件2,单根扁钢规格为70X6X1120MM,主管材质为S32168不锈钢材质,扁钢对应材质为06Cr19Ni10不锈钢材料;六角头螺栓(螺母)材质25#,规格为M24X100两套,如图三所示。



图三: 整改支架示意图

压力表分支管为DN20,加扁钢2片,对应件4,单根扁钢规格为70X4X140MM,压力表分支管材质为S32168不锈钢材质,扁钢对应材质为06Cr19Ni10不锈钢材料;六角头螺栓(螺母)材质为25#,规格为M12X60两套,对应件5。连接件等边角钢对应件1,材质为Q235B。

4 结论及意义

结论:介质脉动、管道重量偏心和风荷载导致压力表分支管频繁的晃动,焊缝在长时间晃动后产生了疲劳破坏。

防治措施:反应进料管道靠近压力表的地方在主管道(DN450)上加管箍,螺栓固定,管箍上面加L40的等边角钢,角钢连接主管跟压力表分支管的管箍;还有一

种方案是承插焊接头换成对接接头同时加支架固定。

结束语:疲劳导致的焊缝开裂是加氢事故的主要原因之一,且介质含有大量氢气,氢气的爆炸极限在4%-74.2%^[3]上下,泄露产生的后果严重,增加支架减少震动是有效的解决焊缝疲劳开裂的办法。

参考文献

- [1]沈本贤;程丽华.石油炼制工艺学[J]化工管理2022,(04):65-73+94
- [2]王晰玮;热旁路在精馏塔操作中的应用[J]石化技术与应用2020,(04):26-31.
- [3]凌学勤;液动水隔膜泵设计与特性研究[J]中国石化出版社2020,(04):26-31.