

## 工艺与设备

## 乙烯装置大修氮气停车方法研究与应用

李德龙\*

(中国石油大庆石化公司化工一厂,黑龙江 大庆 163714)

**摘要:**通过对乙烯装置传统停车方法和“氮气”开车方法的研究,某石化公司乙烯装置提出了氮气停车方法,并在 2018 年大修停车过程中成功应用,大大缩短了装置停车时间,降低物料排放损失,获得了良好的环境效益和可观的经济效益。

**关键词:**乙烯装置;氮气停车;节能减排

**中图分类号:**TQ221.221

**文献标志码:**A

**文章编号:**0253-4320(2019)10-0170-04

**DOI:**10.16606/j.cnki.issn 0253-4320.2019.10.037

### Research and application of ‘nitrogen stopping’ method for overhaul of ethylene plant

LI De-long\*

(No.1 Chemical Plant, PetroChina Daqing Petrochemical Company, Daqing 163714, China)

**Abstract:**Through study on the traditional stopping method and “nitrogen” start-up method for ethylene plant, a ‘nitrogen stopping’ method is put forward for ethylene plant of a petrochemical company, and successfully applied in the process of overhaul and shutdown in 2018, which shortens greatly the stopping time of the plant, reduces the loss of material discharge, and achieves good environmental benefits and considerable economic benefits.

**Key words:**ethylene plant; nitrogen parking; energy conservation and emission reduction

某石化公司 600 kt/a 乙烯装置于 2012 年 9 月建成投产,采用美国 SSW 公司的 USC 192U 型及 8M 型管式裂解炉技术,中国石油天然气股份有限公司重大科技专项“大型乙烯装置工业化成套技术开发”项目开发的前脱丙烷前加氢的分离工艺技术<sup>[1]</sup>。装置年设计操作小时数为 8 000 h,主要产品为聚合级乙烯、聚合级丙烯,主要副产品为氢气、甲烷、混合碳四、裂解汽油和裂解燃料油等。

随着国内新《环境保护法》的颁布实施,乙烯装置大修停车物料回收及控制火炬排放措施成为国内乙烯行业者主要研究方向<sup>[2]</sup>。为了实现绿色、高效、节能、减排的大检修停车目标,借鉴行业内其他同类装置大修停车经验<sup>[3]</sup>,结合装置自身流程特点,改良传统的乙烯装置停车模式。通过研究裂解气压缩机“氮气”开车方法,采用“逆向思维模式”优化装置停车操作步骤,成功实现裂解炉全部退料,裂解气压缩机全“氮气”稳定运转的目标,充分回收裂解炉、急冷系统和压缩机前 4 段的物料,利用高压氮气置换裂解气干燥器和碳二加氢反应器的残余物料,反应器和干燥器置换彻底,缩短了后分离系统停车置换时间近 10 h,降低了大修三剂更换难度。

## 1 乙烯装置氮气停车的必要性和可行性

### 1.1 传统停车方法

乙烯装置传统停车方法<sup>[4]</sup>主要分为以下步骤。

第一步,逐渐降低单台裂解炉投料负荷,裂解炉降至最低运行负荷后逐台停运裂解炉,同时降低裂解气压缩机、丙烯压缩机和乙烯压缩机三机组转速并逐渐开大返回线急冷线,降低系统内各塔、罐和换热器液位。

第二步,当急冷水塔塔顶进料不能满足裂解气压缩机一段吸入流量时,裂解气压缩机打闸停车,将系统内的剩余物料全部排放至火炬系统。

传统停车方法在裂解气压缩机停车时裂解炉还处于投料运行状态,停车时系统内大部分气体和塔、罐、换热器内部分液相物料未全部回收<sup>[5]</sup>,一方面造成物料大量损失,另一方面大量气体放火炬环境污染严重。面对日益严峻的环保要求和乙烯装置降本增效需要,研究更加节能环保的停车方法显得十分必要。

### 1.2 氮气停车方法研究

裂解气压缩机低负荷实物料开车、“氮气”开车分离系统高压气密、氮气开车转实物料运行等开车

技术在历年大修乙烯装置开车过程中已经得到了成熟的运用,“氮气”停车即为“氮气”开车的逆向过程,这为裂解气压缩机“氮气”停车方法研究提供了理论依据。扬子石化、吉林石化等同类装置“实物料-天然气-氮气”相类似停车技术的成功应用为“氮气”停车方法的研究提供了实践操作经验。

通过对本装置设计数据的反复论证、与同类装置停车条件的综合比对,得出了裂解气压缩机“氮气”停车方法的可行性方案。首先,在裂解炉退料过程中,如图1所示,逐步降低裂解气压缩机转速并开大各段间返回线,同时逐步投用脱乙烷塔、丙烯

塔、乙烯压缩机及丙烯压缩机等后分离系统返裂解气压缩机段间不凝气线(最大返回量 29.45 t/h),气相物料经循环后可全部通过尾气系统返回到裂解炉作燃料;第二步,在最后一台裂解炉停炉前,裂解气压缩机通过从急冷水塔塔顶引氮气运转(最大量 27.2 t/h),吸入量不足部分通过后分离系统气相返回、裂解气压缩机一段吸入罐氮气线、碱洗塔入口以及高压脱丙烷塔入口氮气线向裂解气压缩机手动补入氮气(急冷水塔塔顶天然气作为备用气源危急时保护机组),维持裂解气压缩机稳定运转,回收置换系统内的残余物料。

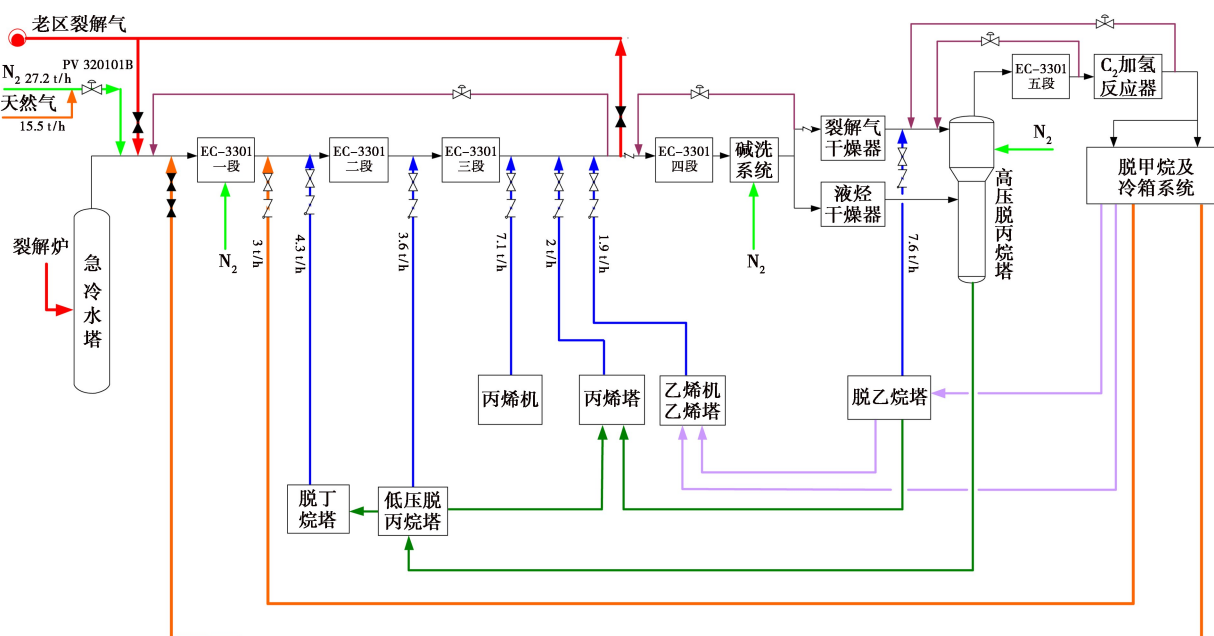


图1 乙烯装置后系统返回裂解气压缩机路径图

## 2 乙烯装置氮气停车方法实施效果

### 2.1 氮气停车实施前准备

#### 2.1.1 装置降低负荷

(1) 乙烯装置停车前2周,通过化工区上下游物料平衡,逐渐下调裂解炉各炉负荷尤其重质炉投料比例,总投料量由 272.4 t/h 降至 258.4 t/h。

(2) 停工前2天将裂解炉投料由“5+1”调整为“3+1”运行模式,停运2台液相重质炉,总投料量由 258.4 t/h 降至 192.4 t/h。

#### 2.1.2 急冷油系统减黏

急冷油系统通过逐渐提高减黏塔顶温,增加重质燃料油外送量,降低急冷油黏度。急冷油运动黏度由  $332.4 \text{ mm}^2/\text{s}$  降低至  $131.7 \text{ mm}^2/\text{s}$ ,急冷油系统第一次倒空仅用时 40 h,回收物料 1 539 t,大大缩短停车时间,减少停车过程物料排放损失。

#### 2.1.3 急冷水系统置换

急冷水塔提前1周上脱盐水置换,水量控制在 10 t/h 左右,增大急冷水系统外排量,调整急冷水系统水质,停工期间外排水水质最优达 450 mg/L,加快了排水进度,降低污水系统处理难度。

#### 2.1.4 分离系统物料回收(表1)

(1) 提前2~3 d将第二干燥器、液烃干燥器、碳三加氢反应器以及1#碱洗塔切出系统,本次停工设备切出回收物料共计 64 t。

(2) 提前降低各塔、罐、换热器液位,裂解气压缩机停车前段间罐窜气操作,回收液相物料约 91 t。

(3) 通过后系统返裂解气压缩机段间不凝气,作为尾气燃料和返回 E1 装置,充分回收后系统气相物料。本次压缩机段间去 E1 装置流程打通较晚,共计回收气相物料 12 t。

(4) 通过技措项目将丙烯压缩机中丙烯物料回

收至低压脱丙烷塔系统,作为合格产品采出。

(5) 停车时通过投用丙烯塔开工再沸器、降低丙烯塔回流等方法维持丙烯塔运转,回收系统丙烯;当丙烯塔停运后,通过“新增丙烯塔丙烯回收泵”技改技措项目,继续向输转罐区回收液相丙烯物料 12 h,回收丙烯物料 515 t。

分离系统物料回收情况见表 1。

表 1 乙烯装置停工物料回收情况

物料回收方式	物料名称	物料回收量/t
停工前独立设备切换	乙烯、丙烯	64
停工降液位操作	乙烯、丙烯、C <sub>4</sub> 、汽油	91
E1 无排放开工线	甲烷、乙烯、丙烯	12
丙烯机和丙烯塔回收	丙烯	515
停工后急冷油回收	急冷油	1539
统计铺底料数据(其他回收)	甲烷、乙烯、丙烯、C <sub>4</sub>	678
合计回收量	—	2899

## 2.2 氮气停车方法实施与应用

### 2.2.1 裂解炉 3+1 运行阶段(1 台轻烃炉、1 台石脑油炉、1 台尾油炉+1 台气相炉)

负荷由 259.4 t/h 降至 192.4 t/h。停工前一天,将 1 台石脑油炉、1 台尾油炉切出系统烧焦,天然气外补 7.5 t/h,稳定急冷系统、压缩机及后分离系统操作,缩短停工时间,降低停工物料损失,并通过降液位操作回收系统内物料。

### 2.2.2 裂解炉 2+1 运行阶段(1 台轻烃炉、1 台石脑油炉+1 台气相炉)

负荷由 192.4 t/h 降至 132.4 t/h。裂解炉负荷由 3+1 降为 2+1 过程中,控制尾油炉退料速度 2 t/min,逐步降低裂解气压缩机转速并开大段间返回线,加大后系统返裂解气压缩机段间不凝气量,投用返 E1 装置无排放开工线流程返回量 5 t/h。

急冷水塔塔釜温度由 194℃ 降至 186℃,降低急冷系统、汽油和中油循环量,降低各中油用户取热量;急冷水塔界位由 31.4 涨至 56.97%,减少汽油外送量;外补中压蒸汽量由 20.7 t/h 提至 47.75 t/h,补充 DS 用量。

根据裂解炉退料情况及各系统进料情况,尤其是前冷气液相进料情况,降低 2 台冰机转速,开大返回线及激冷线,降低冰机各换热器液位,乙烯机二段出口冷却器 EH-3342 逐步降液位至 0%,提高乙烯塔再沸器 EH-3431 加热能力,逐步降低主回流及辅助回流,将乙烯通过 EP-3344 泵送至系统罐区,乙

烷通过循环乙烷线送至气相炉、E1 装置及并入燃料气线进行回收;将氢气并入燃料气系统,甲烷化反应器打闸。

### 2.2.3 裂解炉 1+1 运行阶段(1 台轻烃炉+1 台气相炉)

负荷由 132.4 t/h 降至 72.4 t/h。系统负荷由 2+1 降为 1+1 运行过程中,开急冷油换热器油侧跨线,减少取热,稳定急冷油塔温度 180℃,急冷油泵转速由 4 070 r/min 降至 3 800 r/min 以降低出口压力。

逐渐开大裂解气压缩机各段返回线至 60%,系统物料大部分处于自身循环模式;逐渐投用新增丙烯压缩机 EC-3351 至低压脱丙烷塔 ET-3441 物料回收线,将丙烯机内丙烯物料最终回收至丙烯塔系统;2 冰机逐渐开大返回线和急冷线,分离系统降负荷调整;乙烯、C<sub>4</sub> 及汽油产品改进不合格罐。

### 2.2.4 裂解炉单台运行阶段(1 台轻烃炉)

负荷由 72.4 t/h 降至 60 t/h。气相炉退料同时将循环乙丙烷改外送 E1 装置;急冷油塔塔釜温度由 180℃ 降至 171.7℃,停运急冷油透平泵急冷油循环量 2 000 t/h,外补中压蒸汽量提至 99 t/h;调整蒸汽系统,将三机组抽气全部退出管网;裂解气压缩机段间液位降至 0%,窜气操作。

### 2.2.5 裂解气压缩机“氮气”运转阶段

负荷由 60 t/h 降至 0 t/h。逐渐开大急冷水塔氮气阀,并入氮气量提至 6 000 m<sup>3</sup>/h,为防止氮气串入尾气对燃料气系统造成影响,尾气切出系统(外补天然气用量 13.5 t/h),关闭前冷进料电磁阀 MOV-330381;膨胀再压缩机 EC3400 和火炬气回收压缩机 EC-3793A/S 打闸;丙烯产品改进不合格罐。

急冷水塔开大外补脱盐水阀门至 5 扣,急冷水泵出口压力 1.5 MPa 时停运急冷水循环泵;裂解炉事故急冷水流程改为脱盐水;各炉全部切出系统后,稀释蒸汽由外补中压蒸汽提供,外补中压蒸汽用量 100 t/h。

裂解气压缩机全氮气运转,通过急冷水塔和压缩机一段吸入罐氮气开工线向系统内补入氮气;运转 1 h 裂解气压缩机打闸停车,碳二加氢系统同时打闸停车;乙烯机系统和丙烯机系统物料回收完毕后,打闸停车。乙烯装置进入停车置换阶段。

表 2~表 4 列出乙烯装置“氮气”停工工况下,裂解气压缩机从“3+1 模式”至“氮气运转”调整过程中三大机组关键运行参数。

表2 裂解气压缩机(EC-3301)“氮气”停工工况机组参数

参数	3+1 模式	2+1 模式	1+1 模式	单台 模式	氮气 运转
一段吸入压力/MPa	0.031	0.022	0.024	0.03	0.023
一段吸入流量/(t·h <sup>-1</sup> )	250.33	240.6	255.5	247.92	294.1
三返一阀位/%	9	11	24	30	44
四返四阀位/%	11	11	21	25	36
五返五阀位/%	40	48	80	88	66

表3 乙烯压缩机(EC-3341)“氮气”停工工况机组参数

参数	3+1 模式	2+1 模式	1+1 模式	单台 模式	氮气 运转
一段吸入压力/MPa	0.031	0.04	0.05	0.05	0.05
一段吸入流量/(t·h <sup>-1</sup> )	31.95	34.01	41.54	33.6	26.34
三返一阀位/%	7	14	25	24	33
激冷线阀位/%	39.7	53.8	46.5	44	48.6
三返二阀位/%	8	8	14	10	15
激冷线阀位/%	0	0	3	21.7	43.1
二返二阀位/%	0	5	17	17	27

表4 丙烯压缩机(EC-3351)“氮气”停工工况机组参数

参数	3+1 模式	2+1 模式	1+1 模式	单台 模式	氮气 运转
一段吸入压力/MPa	0.034	0.036	0.041	0.037	0.033
一段吸入流量/(t·h <sup>-1</sup> )	159.19	151.5	166.52	141.04	135.27
四返一阀位/%	2	3	11	15	14
激冷线阀位/%	14	26.2	60.2	58.1	66.3
四返二阀位/%	0	0	0	16	18
激冷线阀位/%	0	9.1	8	0	6.2
四返三阀位/%	6	7	20	30	37
激冷线阀位/%	0	17.5	43.1	5.6	24.7
四返四阀位/%	15	15	18	45	47
激冷线阀位/%	0	9.5	15	15.5	33.8

### 2.3 氮气停车方法注意事项

(1) 一台裂解炉原料退完,压缩机及后系统稳定后再进行另一台裂解炉退料操作,两台裂解炉退料间隔1 h。

(2) 为了稳定裂解炉操作,在系统降负荷过程中,控制循环乙烷压力在0.93 MPa以上,防止造成气相炉波动;控制尾气压力在0.38~0.42 MPa,稳定燃料气压力,最大量回收系统气相物料。

(3) 系统降负荷过程中,裂解气压缩机、前冷、乙烯机、丙烯机等系统,室外设有单独联络人,确定各段间罐补液阀、防喘线、激冷线开度;后系统不凝气线投用后,产品质量不再作为优先控制指标,稳定不凝气返回量,保证压缩机吸入量并时刻监控裂解气压缩机运行参数。

(4) 急冷水塔氮气引入系统后,监控裂解气压缩机一段吸入压力和各段排出温度,排出段压力通过高压塔回流罐顶压力调节阀PV330381放火炬控制。

(5) 氮气停车过程中,优先保护三大机组稳定运行,若机组出现较大波动,可手动打闸停车。

### 3 结论

某乙烯装置通过氮气停车方法,系统内气液相物料得到有效回收,缩短后分离系统倒空置换合格时间,减少火炬排放损失,降低环境污染。今后还将充分利用三套乙烯装置并线运行的优势,进一步优化乙烯装置停车检修方案,利用装置连接管线,充分回收系统气相物料,做到停车检修安全环保“零排放”。

(1) 停车时,可优化三机组停车顺序,乙烯压缩机和丙烯压缩机打闸停车后,延长裂解气压缩机“氮气”运转时间,对急冷油塔、急冷水塔等系统进行氮气置换,可缩短两塔的氮气置换时间,节省蒸煮时间;对裂解气干燥器和碳二加氢反应器进行高压氮气置换吹扫,排除绿油,有利于三剂更换;对冷箱复热升温,减少冷箱及脱甲烷系统的置换时间。

(2) 研究增加乙烯气化器,停车时将乙烯塔塔釜液相乙烯气化后送往燃料气系统,回收余料,降低火炬排放损失。

(3) 合理规划三套乙烯装置检修时间,通过装置间连接管线,充分回收停工气相物料。

### 参考文献

- [1] 王松汉. 乙烯装置与运行[M]. 北京: 中国石化出版社, 2009: 635.
- [2] 饶东臣, 刘志远, 姜涛. 乙烯装置大修停车优化调整探讨[J]. 石油石化绿色低碳, 2017, 2(3): 22-24.
- [3] 宋光, 赵永臣, 邱彤, 等. 乙烯装置开车过程节能减排技术进展[J]. 化工学报, 2014, 65(7): 2696-2703.
- [4] 于承轩. 扬子石化1#乙烯装置环保与低排放停车分析[J]. 石油石化绿色低碳, 2017, 2(5): 32-34.
- [5] 袁欣, 衣桂娟, 董湘军. 乙烯装置开车降低火炬排放措施探讨[J]. 石油石化绿色低碳, 2018, 3(3): 22-24. ■