

# 煤化工合成氨装置改造模拟核算

龙 衡

(山西兰花煤化工有限责任公司)

**摘 要:** 简要介绍现有氨合成装置改造原因, 利用 ASPEN PLUS 化工软件对改造后的氨合成工艺进行流程模拟, 从工艺流程、设备热负荷、合成气压缩机组、氨压缩机组功耗上对改造内容进行分析, 对改造后合成生产能力进行了推测。

**关键词:** 氨合成; ASPEN PLUS 模拟

## 1 概 述

山西兰天新能化工有限公司现有 2 台 2000t/d 规模的 GSP 气化炉, 经过改造后采用当地高硫、高灰、高灰熔点的“三高”煤为原料, 另新增设一台神宁炉, 生产合成气。所产合成气经处理后大部分供兰花煤化工公司及新增合成氨装置使用, 剩余部分经提氢后得到纯氢气供兰花新材料及新建己内酰胺装置使用, 通过这一项目的实施, 可极大推动兰花巴公循环经济产业园区“十三五”期间整体规划建设目标的实现, 兰花煤化工公司作为巴公工业园区的核心成员, 也将借助气化岛项目完成原有氨合成装置升级改造。

兰花煤化工有限责任公司原 18 万吨合成氨装置采用瑞士卡萨利的低压氨合成技术。由于造气单元采用常压固定床造气, 进入合成圈的新鲜气中甲烷含量很高, 导致氨净值低, 合成圈弛放气量较大, 能耗较高; 现改用兰天煤化工液氮洗精制气为原料, 合成圈基本无弛放气, 且氨净值会相应提高, 工艺流程较原有流程有所不同, 需要对原有装置进一步核算分析。

## 2 改造内容

### 2.1 原料气组成

本装置原材料为兰天提供的精制气, 原料规格见表 1:

表 1 新鲜气规格(29.0bara & 30℃)

项目	指标
H <sub>2</sub>	74.99%
N <sub>2</sub>	25.01%
AR	0.0025%
NH <sub>3</sub>	0.0025%

### 2.2 改造内容

根据兰天气化岛项目初步设计,气化岛包含锅炉岛建设,根据园区内蒸汽平衡图已考虑我公司氨合成机组的蒸汽消耗量,改造后将开启 3MCL458 离心式氨压缩机停运现有五台螺杆冰机装置;结合兰天气化岛新鲜气成份,氨合成改造以后工艺相比现有工艺更简单,无 CO、CO<sub>2</sub> 停运双甲装置,无弛放气放空需停运氢回收、氨回收装置,根据兰天公司提供的外供合成气压力 29.0bara,通过运行 ASPEN PLUS 软件对气体输送进行模拟核算,入我公司合成界区新鲜气压力约为 26.0bara,对比合成气压缩机特性曲线需要对合成气压缩机组进行整体改造(具体生产能力详细核算需委托锦化机或西门子专业公司校验);无氨回收中压氨分离器闪蒸气需要改造回收至合成气压缩机一段进口,因合成气压缩机一段进口压力高于中压氨分离器操作压力,需要更换中压氨分离器,提高中压氨分离器操作压力。

### 2.3 改造后工艺流程

由新鲜合成气(30℃、2.6MPaA)进入合成气压缩机,新鲜气先经压缩段加压,压缩后气体经段间冷却后再与冷交换器来的循环气汇合进合成气压缩机循环段,混合气最终升压至 14.3MPaG 出合成气压缩机。压缩后合成气经热交换器预热后进氨合成塔反应。出氨合成塔反应气(温度约 444℃,氨含量约 17.8%)进入废热锅炉、锅炉给水预热器,回收热量后的气体再进入热交换器预热合成气压缩机出口

气体,再经水冷器、冷交换器和一、二级氨冷器最终冷却至-5℃后进氨分离器分离冷凝的液氨,分氨后的循环气经冷交换器回收冷量后进压缩机循环段与新鲜气汇合,重复上述循环。氨分离器分离出的液氨进入氨闪蒸槽,通过减压(-3.0MPa)闪蒸出溶解的气体,闪蒸后的液氨送往冷冻工段,闪蒸出来的气体送往合成气压缩机入口返回合成系统回收利用。

## 3 模拟核算

### 3.1 原 18 万吨合成氨装置核算

兰花煤化工有限责任公司原 18 万吨合成氨装置采用瑞士卡萨利的低压氨合成技术,由于造气单元采用常压固定床造气,进入合成圈的新鲜气中甲烷含量很高,导致氨净值低,合成圈弛放气量较大,能耗较高;现改用兰天煤化工液氮洗精制气为原料,合成圈基本无弛放气,且氨净值会相应提高,因此产能也会比原设计有所提高,通过借助 ASPEN PLUS 模拟软件,对改造工艺流程进行静态模拟,模拟后的工艺流程见图 1,物料平衡表见表 2。

### 3.2 合成圈换热器负荷

根据流程模拟,当新鲜气进料为 72016Nm<sup>3</sup>/h 时,氨净值约为 16%,其液氨产量为 27.37 t/h,此工况下,合成圈各换热器负荷见表 3,原始设计各换热器数据表见表 4。

表 3 合成圈各换热器负荷表

项目	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
原工艺包正常设计工况,MW	15.86	4.00	15.11	6.42	3.78	5.54	2.84
原工艺包最大设计工况,MW	17.45	4.4	16.62	7.06	4.16	6.09	3.12
模拟设计,MW	16.90	3.40	13.93	6.16	2.78	5.75	2.62

图 1 改造后 18·30 氨合成装置工艺流程

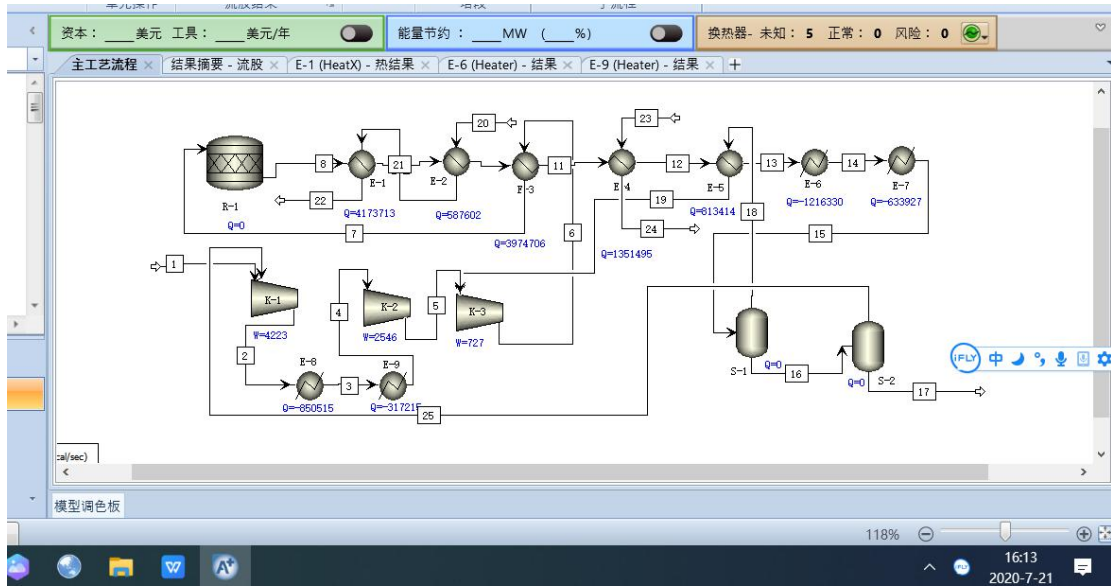


表 2 物料平衡表

	单位	1	6	17	19	25
焓流量	cal/sec	95193.9	-246723	-7.45897e+06	-702070	-3164.24
平均分子量		8.51888	9.34995	17.0268	9.66099	11.2851
+ 摩尔流量	kmol/hr	3213	11759.5	1607.53	8539.13	7.32272
+ 摩尔分率						
+ 质量流量	kg/hr	27371.2	109950	27371.2	82496.4	82.6377
+ 质量分率						
体积流量	cum/hr	3267.56	2270.7	42.2507	1629.86	5.42883
+ 汽相						
- 液相						
摩尔焓	cal/mol			-16704		
质量焓	cal/gm			-981.043		

注:组份 1-兰天气化岛精致气 组份 6-合成气压缩机循环段出口合成气  
组份 17-产品液氨 组份 19-高压氨分气相循环气 组份 25-中压氨分气相闪蒸气

从表 3 中可以看出,氨合成装置的换热设备均未超过原设计的热负荷,基本上可以初步确定这些换热设备在新的工况下能满足要求,ASPEN PLUS 侧重于工艺模拟,对换热器详细结构 HTRI 模拟软件更专业一些,这些换热设备最终能否满足要求需要取得换热器详细内部结构详设计参数进一步核算。

### 3.3 合成气压缩机机氨压缩机核算

① 根据流程模拟,当新鲜气进料 72016Nm<sup>3</sup>/h 时,氨净值约为 16%,其液氨产量为 27.37t/h 时,其合成气压缩机功耗 7495kw,压缩机各级进气数据如下:第一级进气:72114Nm<sup>3</sup>/h,温度:30℃,压力 2.60MPa,功率:4222kw;第二级进气:72114Nm<sup>3</sup>/h,温度:40℃,压力 70.2bar,功率:2546.5kw;压缩机循环

表4 原始设计各换热器负荷表

位号	设备名称	设备参数	热负荷 (MW)
E-1	废热锅炉	$\varphi_{内}=1600$ L=8550 A=260m <sup>2</sup>	15.86
E-2	锅炉给水预热器	$\varphi_{内}=700$ U型管式 A=31.9m <sup>2</sup>	4.0
E-3	热气-气换热器	$\varphi_{内}=1000$ A=1025m <sup>2</sup>	15.11
E-4	水冷器	U型管式 A=730m <sup>2</sup>	6.42
E-5	冷气-气换热器	$\varphi_{内}=900$ L=7572 A=281m <sup>2</sup>	3.78
E-6	第一氨冷器	$\varphi_{内}=1000/1650$ A=440m <sup>2</sup>	5.54
E-7	最终氨冷器	$\varphi=1010/1500$ A=330m <sup>2</sup>	2.84

段:功率约为:727kw;从上述数据来看,与压缩机厂家原始设计数据相比,低压段所需功率不能满足要求,原设计数据正常工况下第一段功率为3252kw,改造完毕后所需功耗为4222kw,本模拟基于兰天气化岛第一版平面布置图,因气化岛项目设计变动,暂未取得最新版本的平面布置和方案,压缩机是否需要改造需要根据新版设计重新校验,具体的改造方案可以委托压缩机厂商提供,下表5为合成气压缩机设计数据表。

表5 合成气压缩机设计数据表

名称	第一段	第二段	循环补气	循环段
标准体积流量 (m <sup>3</sup> /h)	78435	75418	173056	248474
质量流量(kg/h)	30463	29255	78063	107143
进口压力/bar(A)	31	68.85	142.1	142.1
进口温度/°C	40	4.4	35	54.7
出口压力/bar(A)	70.65	142.1		150.1
出口温度/°C	151	103		61
所需功率 (含全部损失)/KW	3252	2740		604

②根据原始设计中两段氨冷的蒸发温度进行流程模拟计算,在蒸发温度分别为0°C和-15°C,冷冻负荷为4.376x106kcal/h和2.26x106kcal/h,而原始设计(正常负荷)冷冻负荷为4.91x106kcal/h和5.38x106kcal/h,实际运行的冷冻负荷小于原始设计值,因此可以确定氨压缩机满足此工况下运行条件的,但是由于一段负荷仅为原始设计负荷的42%,二段负荷为原设计负荷的71.5%,为满足压缩机平稳运行,压缩机一段需要打回流以维持压缩机平稳运行,二段也需要少量打回流,以满足压缩机各段最低75%的负荷运行,可以委托设备厂家制定较为经济的运行方式。

#### 4 结 论

综合以上分析,来自精制单元的精制气送兰花煤化工原18万吨合成氨装置,其静设备是能满足22万吨合成氨产能要求的,且从上述计算数据来看,各设备能力至少还有10%的提升空间,也就是说,各静设备的能力可满足年产24万吨的生产要求,改造重点为合成气压缩机组改造。

