

# 中低低变换与全低变工艺同时运行情况下工况分析

靳晓军

(山西兰花科技创业股份有限公司化工分公司)

**摘 要:**山西兰花科创化工分公司是一家1965年建厂的8·13合成氨生产企业,变换工艺采用5万吨(A)和8万吨变换(B)两套系统。处理半水煤气能力分别约19300Nm<sup>3</sup>/h和30900Nm<sup>3</sup>/h。该公司2022年之前均采用中低低变换工艺。A系统经过利旧、更换触媒等改造后,转变为全低变工艺,B系统照旧。目前,该厂实现了全低变和中低低变工艺并运。

**关键词:**中低低变换;全低变;变换;工艺;工况

## 1 两种工艺流程的不同特点

中低低变流程和全低变流程的不同之处主要在于催化剂的不同及其所要求的反应温度的差别以及对催化剂本身的保护。中低低变流程采用铁铬系催化剂和钴钼系催化剂结合使用,铁铬系催化剂在350℃~500℃时具有高活性。对硫化物及氯离子的含量有要求,否则会对其引起中毒。全低变流程是将中温度变换的铁铬系,改用宽温的低变钴钼系催化剂。钴钼系催化剂,要求原料气中要有一定的硫化物存在,由于进口温度低,需特别注意气质、水质,以防止油、固体杂质在催化剂表面的沉积。CO变换反应是放热反应,反应温度愈低愈利于反应进行,也就愈利于节汽、节能,提高设备能力。

## 2 中低低变换与全低变工艺共同运行情况下工况

### 2.1 工艺流程说明

#### (1)A系统变换工艺流程说明

氢氮压缩机二段出口送来的半水煤气(~0.80MPa),气体温度~40℃,经过除油器除去油污等杂质后,进入饱和热水塔的饱和段,被~115℃的热水增湿提温,将半水煤气温度提高至~110℃,由顶部出饱和塔,再与适量蒸汽相遇,经过汽水分离器分离液滴后,首先进入预热换热器(管内),再进入主热换热器(管内),被变换炉二段出口的高温变换气加热,将半水煤气温度提高至~220℃进入低变一段(原中变段),在低变一段抗氯、抗氧剂的作用下,除去氯、氧等有害杂质。经过加装变换触媒,反应15%

左右的CO,使该段温度提升至~360℃,(因低变一段触煤层温度较高,而系统进口硫化氢含量较低,所以饱和塔出口加入少量蒸汽,防止一段汽气比过高,造成低变触媒反硫化,蒸汽主要加至低变一段出口,来控制系统出口CO含量),然后一段出口气体进入增湿器,通过喷加温度较高的脱氧软水(~100℃),增湿降温,将变换气温度降低至~220℃,进入低变二段(原低变一段),在此段又反应部分CO,将变换气温度提升至~280℃,然后依次进入主热交换器(管间)、预热交换器(管间)、调温水加热器,将变换气温度降低至~200℃后进入低变三段(原低变炉二段),反应很少量的CO,温度提升至~210℃,至此反应结束,三段出口变换气通过与水加热器内的循环热水换冷降温至~110℃,变换气再进入饱和热水塔的热水段,被饱和段送来的热水(~70℃)冷却降温至~75℃,热量回收在本系统内。然后被变换气冷却器再换冷降温至~40℃,经汽水分离器分离液滴后离开本系统去后工段。

(2)B系统工艺流程说明

来自压缩机二段的半水煤气(≤0.8MPa,40℃),经过丝网除油过滤器除去气体中的油污杂质后,进入饱和塔与塔顶喷淋下来的热水逆流接触,换热增湿至120℃左右,从塔顶出来进气水分离器,和外补蒸汽混合分离液体后,再经热交预腐蚀器管内、中变电加热器后,至315℃左右进入中变炉进行反应,反应后触媒热点温度达到450℃左右,含8~12%CO的中变气,进入热交预腐蚀器管间、一水调温器管间进行换热,温度≥195℃,进入低变炉一段,经低变一段反应后,进入二水调温器管间,温度≥195℃,进入低变二段反应,出低变炉的变换气,进入水加热器管间,经换热变换气温度降温至110℃左右后,再经热水塔回收热量,经冷凝器降低变换气温度至40℃左右,再进入变换气气水分离器将气体中的冷凝水分离后,合格的变换气送至二次脱硫。

2.2 双变换系统运行数据

(1)进变换系统原始气(半水煤气)性质

气体名称	气量(NM <sup>3</sup> /h)	压力/MPa	温度/℃
A系统进口	19300	0.80	40
B系统进口	30900	0.80	40

(2)半水煤气进出变换系统组分比例

组 分	CO	O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S/Nm <sup>3</sup>	其它
A、B系统进口	28%	0.3%	36.4%	24.8%	9.2%	0.05g	1.3%
A系统出口	0.7%	0.1%	50%			0.08g	
B系统出口	1.0%	0.1%	50%			0.08g	

(3)正常操作工艺指标及控制

A系统控制温度/℃		B系统控制温度/℃	
饱和塔入口半水煤气	40	饱和塔入口半水煤气	40
变换炉第一段入口	220	中变炉入口温度	315
变换炉第一段热点	360	中变炉第一段热点	450
变换炉第二段入口	220	变换炉第一段入口	220
变换炉第二段热点	310	变换炉第一段热点	270
变换炉第三段入口	200	变换炉第二段入口	210
变换炉第三段热点	220	变换炉第二段热点	230
增湿器喷水	100		

(4)压力Mpa(表压)

A系统变换控制压力 Mpa(表压)		B系统变换控制压力 Mpa(表压)	
饱和塔入口	0.73	饱和塔入口	
蒸汽压力	>1.0	蒸汽压力	>1.0
系统压差	0.05	系统压差	0.064
增湿器喷水	>1.5		

(5)消耗

A系统变换能耗计算		B系统变换能耗计算	
蒸汽用量	2000 公斤/h	蒸汽用量	2300 公斤/h
增湿器热水喷水量	1900 公斤/h		
热水循环量	47 m <sup>3</sup> /h	热水循环量	73 m <sup>3</sup> /h
软水补充量	1.5 m <sup>3</sup> /h	软水补充量	公斤/h
低变一段进汽气比	0.28	中变进口汽气比	0.49(0.2+0.29)

(6)各段变换气CO%成份

A系统变换能耗计算		B系统变换能耗计算	
低变一段出口	13.0%	中变出口	10%
低变二段出口	3.5%	低变一段出口	3.5%
低变三段出口	1.0%	低变二段出口	1.0%

### 3 双变换系统并列运行控制要点分析

#### 3.1 H<sub>2</sub>S含量的控制

由于两系统初始段触媒成分不同,性质不同,对H<sub>2</sub>S含量要求也不同。B系统要求低硫操作,A系统要求高硫操作,二者存在一定程度上的矛盾,必须找到二者兼容的指标范围。A系统中由于饱和热水塔及除氧剂损耗部分H<sub>2</sub>S,待到钴钼系催化剂层时,高H<sub>2</sub>S含量的要求难以满足。经过两个月的生产实践后最终得出结论,维持总进口H<sub>2</sub>S含量在40~50mg/l可满足两套系统稳定运行。变换进口硫化氢含量控制40~50mg/m<sup>3</sup>左右,A工段一段出口及B工段中变出口硫化氢及系统出口控制在70~80mg/m<sup>3</sup>,A、B工段系统出口控制在70~80mg/m<sup>3</sup>,变脱出口5.1mg/m<sup>3</sup>,系统运行较稳定。A系统在运行过程中,进口半水煤气中的硫化氢,在除油阶段减少部分,再经过饱和塔又损失部分,实际进入低变炉的硫化氢含量已很低。

#### 3.2 NH<sub>3</sub>含量的控制

因系统进口半水煤气中含有微量的氨,在变换饱和塔中洗涤下来,造成循环热水中含有一定量的氨,逐渐累积,氨含量升高,会对低变触媒活性下降,需用总固体排放阀置换部分循环热水,A、B两变换工段饱和热水塔循环热水中氨氮含量控制在100~300mg/l,低变触媒可以长周期稳定运行。

#### 3.3 汽气比的控制

A系统为全低变系统,全低变技术主要应加强对催化剂的保护和二次脱硫。低变一段触媒层温度控制在360℃左右,需要相对更高浓度H<sub>2</sub>S来保护触媒活性,但现场进口H<sub>2</sub>S含量偏低,此时,如果一段进口加蒸汽量再过大,则会导致低变一段反硫化失活;如果蒸汽加入量过少,则会造成系统出口CO含量超标,是以低变一段进口只可添加少量蒸汽,维持汽气比在0.28左右。到低变二段触媒层反应温度降低,控制在310℃左右。系统进口半水煤气中有机硫

经过低变一段触媒层发生反应进行转化,到低变二段进口硫化氢含量提升至80mg/m<sup>3</sup>,此时不考虑反硫化可能性的前提下,一段进口蒸汽经过低变一段反应消耗后,到二段进口处汽气比随之降低,此时需及时补充部分蒸汽,最佳方案是在低变一段出口管道上补充,既可及时调整汽气比,控制系统出口CO含量,更有利于增加喷水量,降低蒸汽消耗量。B系统是中低低流程,中变触媒需相对较高汽气比进行保护,蒸汽需要全部加至中变进口,汽气比控制在0.49。蒸汽在中变炉内反应后,汽气比降低,中变气中硫化氢含量升高,进入低变一、二段炉内,对低变触媒进行保护。同时满足双工艺运行的控制难度较大。

#### 3.4 用水的控制

A系统低变三触媒层温度较B系统低,系统总体热量下降,饱和塔进口水温由之前的140℃左右降低至125℃左右,饱和塔消耗水量减少,也由原消耗水量3t/h降为1t/h。A系统新增淬冷器,可喷水降温形成蒸汽,现在喷水量约1t/h。A系统较B系统占节能优势。

### 4 结论

A、B两套工艺固然存在不一致,但仍可找到二者兼容之处。A系统是在含饱和热水塔的中低低变换系统基础上改造完成的全低变系统,因饱和热水塔在全低变改造时未取消,故A系统属于含饱和热水塔的全低变系统。A系统自投运后,生产负荷满足要求,处理能力、系统压差等都均能满足生产需求,同时运行稳定。在同等条件下,尤可见证A系统较B系统的优势。A系统生产操作上较B系统更加稳定,各项指标控制也更加稳定。

虽经过一段时间的摸索,使含饱和热水塔的全低变系统和低工艺工艺的并列运行,能够长周期稳定运行,但硫化氢的控制终归是存在运行矛盾的。