

# 煤制天然气变换冷却氢碳比调节串级投退分析

左 昌

西安石油大学 710000

**摘要:** 进入21世纪,随着石油资源的日渐减少,石油的价格直线攀升。利用煤化工产品替代石油化工产品的优势日渐显现。而且随着世界各国对环境问题越来越重视,节能减排力度越来越大,天然气作为清洁能源的优点日益突出。而天然气产品在我国相对稀缺,市场容量巨大而且稳定。

**关键词:** 煤制天然气; 转化率; 水气比; 催化剂

## Cascade switching and switching analysis of hydrogen/carbon ratio regulation for conversion cooling of coal to natural gas

Chang Zuo

Xi'an Shiyou University 710000

**Abstract:** In the 21st century, with the decrease in oil resources, the price of oil is rising. The advantage of using coal chemical products to replace petrochemical products is emerging day by day. And as countries around the world pay more and more attention to environmental issues, energy conservation and emission reduction efforts are becoming more and more, and the advantages of natural gas as clean energy are increasingly prominent. Natural gas products are relatively scarce in China, and the market capacity is huge and stable.

**Keywords:** coal to natural gas; conversion rate; water-air ratio; catalyst

### 引言:

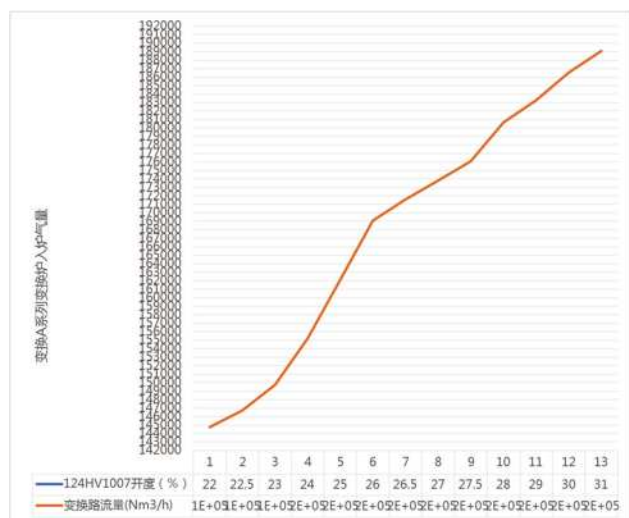
煤制天然气的能量效率最高,是最有效的煤炭转化利用方式,发展前景看好。同时我国环渤海、长三角、珠三角三大经济带成为我国经济发展最活跃的地点,对天然气需求巨大,而内蒙、新疆等地煤炭资源十分丰富,但运输成本高昂。因此为保证我国的能源安全以及满足清洁环境和经济发展的双重需要,将富煤地区的煤炭就地转化成天然气,必将成为继煤发电、煤制油、煤制烯烃之后的又一重要战略选择。

鲁齐气化炉煤制天然气要求粗煤气中氢气和一氧化碳比值3:1,由于气化煤质不稳定,气化炉工况调整频繁导致粗煤气中有效气CO和H<sub>2</sub>波动较大。目前甲烷化H<sub>2</sub>调整范围窄(1.5%~2.5%),并且氢气调整时间较变换出口一氧化碳滞后20~25分钟,变换出口一氧化碳调整范围窄,一氧化碳调整频繁,导致变换一氧化碳串级无法正常投入。现就一氧化碳串级投入的条件与难点分

析如下:

### 1 变换调节阀(124HV1007),变换旁路调节阀(124FV1003)动作时变换入炉量增减幅度分析

124HV1007开度(%)	124FV1003开度(%)	变换路流量(Nm <sup>3</sup> /h)	旁路流量(Nm <sup>3</sup> /h)
22	90	144783	363374
22.5	90	146683	375638
23	90	149730	370062
24	90	155217	359014
25	90	162152	360262
26	90	169095	362117
26.5	90	171592	355383
27	90	173825	352018
27.5	90	176044	355942
28	90	180681	354275
29	90	183231	351052
30	90	186527	348219
31	90	189045	344904



图表分析总结

1.1 变换炉调节阀124HV1007开关0.5%时，变换入炉量加减2000-3000Nm<sup>3</sup>/h。

1.2 变换炉调节阀124HV1007开度越大时，在每开关0.5%后入炉量增加幅度越小，正常生产时变换炉调节阀124HV1007开度在17% -32%百分之之间。

1.3 根据实际操作经验，工况稳定运行时，变换炉调节阀124HV1007每次的开关幅度在0.5% -2%之间。

## 2 变换炉转化率计算

### 变换A系列9月20日-9月25日变换气分析数据

序号	取样点	取样时间	一氧化碳
1	预变换炉B入口	2021年9月25	16.9
2	主变换炉出口	2021年9月25	2.7
3	洗氨出口	2021年9月25	12.9
4	预变换炉B入口	2021年9月24	17.2
5	主变换炉出口	2021年9月24	2.9
6	洗氨出口	2021年9月24	12.9
7	预变换炉B入口	2021年9月23	17.3
8	主变换炉出口	2021年9月23	3.0
9	洗氨出口	2021年9月23	13.2
10	预变换炉B入口	2021年9月22	17.8
11	主变换炉出口	2021年9月22	2.8
12	洗氨出口	2021年9月22	13.2
13	预变换炉B入口	2021年9月21	17.3
14	主变换炉出口	2021年9月21	2.9
15	洗氨出口	2021年9月21	13.2
16	预变换炉B入口	2021年9月20	17.4
17	主变换炉出口	2021年9月20	3.1
18	洗氨出口	2021年9月20	12.8

由数据分析可得：

2.1 在高负荷、工况稳定时，预变换炉入口CO和主

变换炉出口CO含量在相对稳定。

2.2 目前变换A系列变换炉转化率计算

2.2.1 预变换炉B入口一氧化碳平均值17.0625

2.2.2 主变换炉出口一氧化碳平均值2.975

2.2.3 耐硫变换催化剂，CO变换率计算公式如下：

$$XCO = \frac{A-B}{A(1+B)} \times 100\%$$

式中：XCO - CO变换率；A - 反应前原料气中CO的摩尔分数（干基）；B - 反应后尾气中CO的摩尔分数（干基）。

$$\text{变换炉转化率} = \frac{0.17 - 0.0298}{0.17 * 9(1 + 0.0298)} * 100\% = 80.17\%$$

3 变换出口一氧化碳降低0.1%时，需加入变换炉粗煤气流量？

3.1 根据表2中化验数值可知近期变换出口一氧化碳平均值13.0%

3.2 设定变换A系列粗煤气55万Nm<sup>3</sup>/h

3.3 洗涤分离器出口温度180.96（近期出口温度由于气化炉工况问题比较高，后期工况稳定后此值需要校正），洗涤分离器出口压力3.43。计算可得湿气中的水蒸气含量29.14%

3.4 设定变换出口一氧化碳从13.3%减少至13.2%

$$\begin{aligned} \text{干气量} &= 55 \text{万 Nm}^3/\text{h} * (1 - 29.14\%) = 38.97 \text{万 Nm}^3/\text{h} \\ \text{需要减少的一氧化碳} &= 38.97 * (13.3\% - 13.2\%) \\ &= 0.038973 \text{万 Nm}^3/\text{h} \end{aligned}$$

$$\text{需要增加的干气量} = \frac{0.038973 \text{万}}{17.0625\%} = 0.228413 \text{万 Nm}^3/\text{h}$$

$$\text{根据变换炉转化率，实际需要增加的入炉量} = \frac{2284.13}{80.17\%} = 32849.1 \text{Nm}^3/\text{h}$$

$$\text{实际需要增加的湿气量} = \frac{32849.1}{70.86\%} = 4020.74 \text{Nm}^3/\text{h}$$

最后得出一氧化碳13.3%减少至13.2%时，增加入炉量4020.74Nm<sup>3</sup>/h（更实际操作经验值相差不大）

## 4 一氧化碳串级投退分析

4.1 由于气化用煤中不稳定、工况调整等造成粗煤气中有效气成份波动大，甲烷化出口氢气调节范围窄，调节滞后等原因，将变换出口一氧化碳与变换入炉量调节阀124HV1007投自动较为困难。<sup>[1]</sup>

4.2 根据近几年实际调节经验，可将变换出口一氧化碳分段与124HV1007调节阀投自动。变换出口一氧化碳正常工况时实际波动范围0.3%（13.0%-13.3%），如果后期变换洗涤器出口增加氢后可根据氢气的变化、气化工况的调整及时调整一氧化碳区间段，比如从13.0%-13.3%调整至13.3%-13.6%

## 5 变换出口一氧化碳串级投退以及仪表系统编程要求和注意事项

5.1 变换出口一氧化碳与变换入口调节阀124HV1007投串级，旁路调节阀124FV1003人为手动干预调节。

5.2 出口一氧化碳的调价范围为0.3%，比如调节范围为13.0%–13.3%，当一氧化碳降至12.99%或升高至13.31%时，一氧化碳串级自动退出，并报警提示人为干预调节。中控主操根据工艺指标判断后，将一氧化碳调节稳定后从新确定范围并投串级。

5.3 在满负荷（55万Nm<sup>3</sup>/h）且工况稳定的情况下，根据统计计算可知124HV1007增加1%，入炉量增加5000–6000Nm<sup>3</sup>/h，变换入炉量调节阀124HV1007每动作1%时要停止40秒–60秒（变换入炉量调节后出口一氧化碳滞后40秒–60秒（此值需要后期数据统计从新更正））

6 根据计算可知，变换入炉量增加4000Nm<sup>3</sup>/h时，变换出口一氧化碳降低0.1%。所以一氧化碳投入串级时，变换入炉量最大波动量13000Nm<sup>3</sup>/h，当波动量大于13000Nm<sup>3</sup>/h时，仪表报警，串及自动退出，中控主操人为干预调节，重新确定一氧化碳范围。<sup>[3]</sup>（根据实际操作经验可知，当入炉量波动量15000Nm<sup>3</sup>/h时，成份波动较

大或是负荷波动较大）

7 调节经验可知，变换入炉量调节阀正常调节范围17%–32%，当调节阀门开度在27%–32%时，阀门调节速率适当增加（从阀门与入炉量调节折线图中可以看出）。<sup>[2]</sup>

8 在标定的区间内，变换粗煤气入口调节阀124HV1007总动作幅度不得大于5%，当超过4%时，仪表报警提示，串级退出，人为干预操作。

## 9 结束语

综上所述，鲁齐气化煤制天然气变换气中氢气和一氧化碳比值手动调节精度差，严重影响成品气品质。变换冷却粗煤气氢碳比投串级自动调节既可提高变换气合格率，还能减轻中控操作人员劳动强度。

## 参考文献：

- [1]许世森,张东亮,任永强.大规模煤气化技术[M].北京:化学工业出版社
- [2]黎军.德士古水煤浆气化工艺概况[J].安徽化工,20012(1):46–49
- [3]施仁.自动化仪表与过程控制[M].北京:电子工业出版社,1990:50–62