

# 林达大型绕管甲醇合成塔在 内蒙九鼎化工 20 万吨年装置上的应用

**摘要** 本文简要介绍了具有我国自主知识产权的绕管型甲醇塔在九鼎化工开车及初步运行情况，充分显示其催化剂床层测温点多、温度分布均匀、运行稳定等特点。

**关键词** 绕管型 甲醇合成 甲醇生产 催化剂升温还原

## 1 项目背景

为了应对近几年化工产品价格的波动，增强企业经营的灵活性，内蒙古九鼎化工于 2015 年决定在 10 万吨合成氨基础上新上一套德士古水煤浆制气的 200kt/a 低压联醇，合成氨原料气改为甲醇弛放气和煤气。项目由中国赛鼎工程公司设计。在甲醇合成技术选择上，九鼎公司通过对国内外现有几种技术的考察和比较分析，最终选定杭州林达公司这一具有国内自主知识产权、且安全可靠的绕管型低压甲醇合成技术。甲醇合成塔直径 3.2 米，触媒选用大连瑞克生产的 RK-5，装填量  $45\text{m}^3$ ，合成压力 5.4MPa。甲醇分离器采用机械分离+水洗+超滤三合一技术，甲醇冷凝器采用联合空冷器。

## 2 甲醇合成流程

流程框图见图 1。

从净化系统来的温度  $\sim 40^\circ\text{C}$ ，压力为  $\sim 5.5\text{MPa(G)}$  的原料气，与来自循环机的循环气混合，进气换热器壳程与甲醇塔出口来的  $230^\circ\text{C}$  反应气换热升温至  $200^\circ\text{C}$  左右后，进甲醇合成塔反应，反应热通过汽包副产 2.5MPa 蒸汽移热。

出合成塔气体温度  $230^\circ\text{C}$  左右，进入气换热器管程加热入塔气，然后进入联合空冷器使反应气温度降至  $40^\circ\text{C}$ ，进入甲醇分离器。分离后的粗甲醇经闪蒸槽减压闪蒸后送甲醇精馏工段，分离后的气体大部分经循环机提压后重新进入甲醇合成塔反应，一小部分作为弛放气送合成氨工段醇烃化工序净化后作为合成氨原料。

主要工艺操作条件（设计值）：

### （1）温度

合成塔气体进口：  $200\sim 230^\circ\text{C}$

合成塔气体出口：  $230\sim 260^\circ\text{C}$

联合空冷器出口：  $40^\circ\text{C}$

催化剂还原：  $170\sim 230^\circ\text{C}$

### （2）压力

合成气进界区： 5.5MPa

甲醇合成压力： 5.4MPa

循环气压力： 5.00MPa

弛放气压力： 5.00MPa

催化剂还原压力： 0.7MPa

副产蒸汽压力：  $\geq 2.0\text{MPa}$

### （3）流量(100%中期)

新鲜气：  $65000\text{Nm}^3/\text{h}$

入塔气：  $280000\text{Nm}^3/\text{h}$

闪蒸气：  $102\text{Nm}^3/\text{h}$

弛放气：  $3063\text{Nm}^3/\text{h}$

粗甲醇： 31721 kg/h

(4) 循环比

循环气量/新鲜气量约 3.31。

### 3 甲醇合成主要设备

表 1 甲醇合成主要设备

设备名称	设备规格	台数
甲醇合成塔	$\phi 3200 \times 13000$ , 催化剂: $45\text{m}^3$	1
开工喷射器	6t/h	1
汽包	$V=22.7\text{ m}^3$	1
气气换热器	$\phi 1800 \times 18850$	1
联合空冷器	7000KW 空冷	3
循环机	$45\text{m}^3/\text{min}$	2
闪蒸槽	$\phi 2000 \times 7600$	1

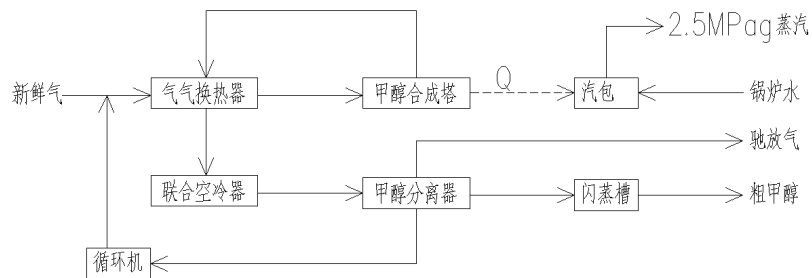


图 1 低压甲醇合成流程框图

### 4 绕管型甲醇合成塔结构

绕管型甲醇合成塔结构简图如下，入塔气由上封顶部部的进气口进入合成塔，轴向穿过催化剂床层，反应后气体由下封头出气口出甲醇合成塔。锅炉水由下封头进水口进入反应器绕管内，吸收甲醇合成的反应热，最终形成气液两相混合物，在绕管内由于密度差推动向上流动，于汽包中分离得到副产 $\geq 2.5\text{MPag}$  蒸汽。汽包与反应器间锅炉水自然循环。

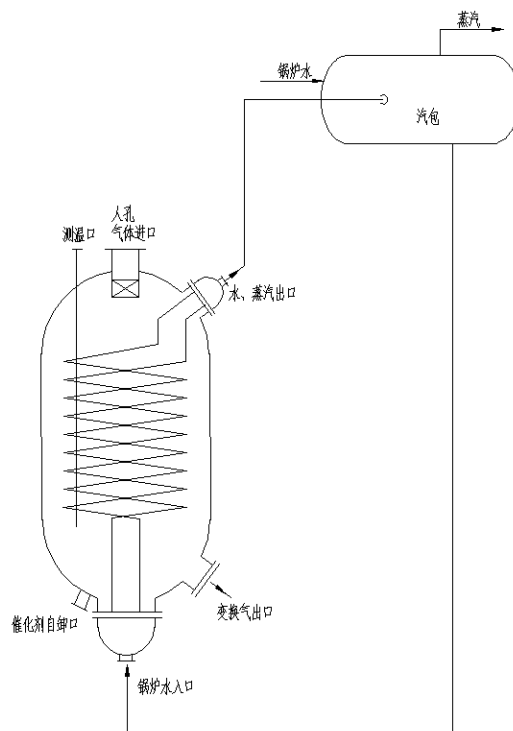


图 2 绕管甲醇合成塔简图

甲醇合成催化剂由于耐热性能差，反应温度经常波动将直接影响催化剂的使用寿命和粗甲醇杂质含量，因此催化剂床层的稳定运行对甲醇合成至关重要。

合成催化剂层设 12 支测温热电偶，分别装入 2 支测温套管内，测温套管规格 DN25，同一支测温套管内的测温点至上而下等距布置，测温点布置时保证同一平面有 2 个测温点。通过催化剂层 12 个测温点，操作人员能够清楚了解到催化剂层轴向、径向温度分布情况。

## 5 催化剂的升温还原

升温还原的好坏将直接影响到催化剂的使用效果。升温还原基本原则是：严格控制水汽浓度，尽量做到低温下多出水。由于水汽浓度测定存在一定的滞后性和误差，因此一般以小时出水量来控制升温还原速度。

本项目采用来自氨合成原料气作为还原介质，进行甲醇合成催化剂还原。

催化剂升温还原时，先向合成系统补入氮气使压力提至 0.7MPa (G)，然后启动循环机进行合成回路气体循环，启动循环水泵进行水系统循环，通过开工喷射器将 4.0MPa 饱和蒸汽补入循环水系统进行催化剂层加热，催化剂在 170℃ 以下出尽物理水。

170~230℃ 为出化学水阶段，还原时缓慢向合成系统补入还原气。为防止催化剂粉化，升温还原过程中应严格控制出水速率。

甲醇合成催化剂的升温还原十分重要，为此九鼎化工专门组织公司技术人员、催化剂厂家、林达公司开会讨论，并确定以下要求：

1. 甲醇合成触媒在 170℃ 开始配氢还原；
2. 每半小时放水一次，并称重；
3. 根据催化剂升温还原对空速的要求，升温还原压力~1.0MPa；
4. 触媒还原末期温度在 220~230℃；
5. 把合成塔入口氢浓度、氢耗作为重要参考指标；
6. 酒精擦拭测温内套管及测温热电偶，并经氮气吹干后回装；

- 7.触媒层温差控制：轴向<10℃，径向<5℃；
- 8.初期配氢出水量应<140Kg/h，之后出水控制~200Kg/h；
- 9.还原末期热点不超过 230℃；
- 10.升温还原末期控制氢含量在 20%左右，合成气置换时床层温度降至 220℃；

升温还原自 2019.5.18 18:00 开始至 2018.5.21 15:00 结束，累计耗时 69h。升温还原过程中系统压力基本维持在~1.0MPa，循环量 ~50000Nm<sup>3</sup>/h。整个升温还原过程中触媒层温度分布均匀，平面温差<3℃，轴向温差<10℃，出水均匀，整个升温还原过程累计出水 7931.65Kg，190℃之前出大部分化学水（90%化学水），做到了低温下多出水。升温还原数据摘录及触媒层温度分布数据见表 2、表 3：

**表 2 升温还原过程触媒层温度分布数据**

时间	测温点温度/℃					
	1	2	3	4	5	6
5.18 20:00	66.2	78.8	77.8	80.4	78.8	79.6
	69.3	78.6	78.3	79.3	80.2	81.1
5.19 07:00	152.5	161.4	161.4	161.6	161.7	161.8
	156.4	160.5	160.2	160.2	160.9	160.7
5.20 09:00	169.2	180.8	183.7	181.1	180.5	180.4
	168.9	169.9	168.0	168.0	168.5	169.2
5.21 14:00	219.1	230.8	231.0	231.3	231.5	231.6
	216.8	216.2	215.8	215.7	216.3	231.6

**表 3 甲醇合成触媒升温还原数据摘录**

时间	塔入口压力 /MPa	出塔温度 /℃	H <sub>2</sub> 含量/%		小时出水量 Kg/h
			塔入口	塔出口	
5.19 22:00	~1.00	170.8	0.19	0.06	223.5
5.20 10:00	~1.00	175.8	0.75	0.15	201
5.20 22:00	~1.00	173.7	0.49	0.22	241
5.21 08:00	~1.00	197.2	7.1	5.87	75
5.21 14:00	~1.00	226.5	9.93	10.79	30

## 6 甲醇合成塔运行情况总结

绕管水冷甲醇塔为典型的水管型反应器，只要调整汽包蒸汽压力就能实现触媒层温度的调试，操作非常方便，汽包蒸汽压力控制~2.5MPa。受到原料气量的限制，目前日产甲醇约 300 吨，日产合成氨 250 吨。投产七年多来，从未因甲醇塔原因造成装置停车。

本项目为水煤浆制气的联醇装置，可根据合成氨与甲醇的市场行情灵活方便地调节合成氨与甲醇的产量，且对于合成气成分组成的适应性很强，可以在较大负荷波动情况下稳定运行。随着管理水平的提高、操作人员技能水平的提高，装置的运行状态逐步趋于稳定，现阶段系统的运行状态，显示出林达绕管型甲醇合成工艺稳定、设备可靠和便于操作的特点。