

# 郟城化肥厂Φ1200均温型甲醇合成塔的设计

楼寿林

## 摘要

本文简要介绍郟城化肥厂Φ1200均温型甲醇塔内件的设计及达到了温差小、压差小、自热和操作稳定性好、触媒活性发挥好和使用寿命长的设计要求的情况。郟城化肥厂的Φ1200均温型甲醇合成塔内件自95年投运以来，第一炉触媒（温州龙湾化学厂WC-1触媒）已整整使用了44个月，创造了国内最高记录，达到了国外先进水平。这一良好效果是在郟城化肥厂的精心使用下取得的。有关该塔及触媒使用效果，郟化张全文总工已有多篇论文具体介绍，这台甲醇塔是我设计的一台大直径甲醇塔，设计中涉及了多方面的问题，这里简要谈几点该甲醇塔内件的设计情况。

## 一、设计条件和要求

郟化Φ1200联醇装置原设计要求达到总氨10万吨/年。全气量通过，甲醇公称能力2万吨/年，考虑企业发展可能，设计按满负荷时甲醇能力达到3万吨/年，总氨能力12万吨以上。Φ1200联醇装置中油分、醇分、水洗塔均为Φ1000，循环机为DW2-3.5/120-140二台。按新鲜气全气量通过，再加二台3.5M<sup>3</sup>/分循环机气量，最大入塔总气量1'105NM<sup>3</sup>/h,最小气量停开循环机时为4×10<sup>4</sup>NM<sup>3</sup>/h，一般为6~7×10<sup>4</sup>NM<sup>3</sup>/h，入塔气CO 1.5~6.0%，CO<sub>2</sub>0.2~0.4%，操作压力11~13 MPa。

## 二、外筒设计

根据郟化要求，甲醇塔外筒主要尺寸由我们计算确定，我们根据该塔的生产能力、气量及操作压力和阻力计算来确定，并向郟化和制造厂提供了该甲醇塔的主要尺寸，其中外筒内净空高定为15.74米，不足16米，基本与Φ1000塔一样高，内净空高增加，虽可增加触媒装量，但外筒费用和塔阻要增加。触媒装量则通过合理设计内件来提高，其他外筒进气孔，出气孔径，底孔径等均作了合理设计以减低阻力。

## 三、内件触媒筐的设计

甲醇塔内件设计中触媒筐是关键。由于甲醇合成反应热大，每转化1% CO，绝热温升高达30℃，相当于氨合成绝热温升二倍，且甲醇触媒还原不同于氨触媒而是强放热反应，而甲醇触媒耐热性差，使用温度范围很小，因此我们在触媒筐触媒层中不设绝热层也不用冷激工艺，而内设全床层向并流换热的冷管层。通过在设计要求的工艺条件下，改变冷管设置根数，改变上下冷管的比例和其他结构参数，寻找最优化条件以达到计算和模拟触媒层温差小于10℃，温度均匀的目的。根据甲醇合成反应热大，传热量大，需要足够大的冷管面积才能达到均温的情况，所采用的冷管面积多于其他内件一倍。如此大的冷管数，在冷管设计中采用多重冷管胆来解决加工制造问题，成功地达到了目的。投产后实际使用表明在触媒升温还原过程中轴向和同平面温差均小于5℃，在这样大的塔径（Φ1200，测温管间距680），高触媒层（最大测温间距10米），实际上几乎所有各点温度都打在同一条线上，实属其他塔型所罕见。在以后的正常生产中，也维持平均轴向温差<10℃，同平面温差<5℃的情况下，充分体现了均温特性。设计计算数据和实际数据见表1和表2。

表1 设计计算数据

序号	入塔气			出塔气		触媒层温度		产量		压力 MPa		
	气量 NM <sup>3</sup> /H	CO%	CO <sub>2</sub> %	CO%	转化率 %	t 进床	t 热点	吨/日	吨/年	进塔	触媒筐压差	全塔压差
1	100000	4.0	0.2	1.33	64	250	253.8	97.1	30101	12.0	0.57	0.77
2	100000	5.0	0.2	1.85	60.8	250	255.6	116.1	35991	12.0	0.58	0.79
3	66000	1.7	0.3	1.5	88.0	225	226.3	36.2	11222	12.0	0.21	0.33

表2 实际运行数据（1）

序号	入塔气			出塔气		触媒层温度		产量		压力 MPa			日期
	气量 NM <sup>3</sup> /H	CO%	CO <sub>2</sub> %	CO%	转化率 %	t 进床	t 热点	吨/日	吨/年	进塔	出塔	全塔压差	
1	66000	1.7	0.3	0.15	88.0	225	234	36.4	11284	12.5	12.2	0.3	95.9.9
2	63200	1.9	0.3	0.6	70	234	242	32.2	9818	12.7	12.3	0.4	96.12.1
3	66000	2.0	0.3	0.7	65	247	258	33.9	10509	12.2	11.7	0.5	97.5.31
4	71000	2.1	0.2	0.7	67	248	261	36.5	11315	12.7	11.9	0.8	97.10.5
5	60000	1.8	0.3	0.45	75	251	261	30.9	9579	12.5	11.7	0.8	98.4.20

可见设计计算温差和实际温差均不大，这种均温又形成了以下几方面良好效果：

### 1、 触媒还原中低温还原效果好，实现了高氢还原下安全可靠稳妥和还原彻底。

郟化  $\Phi 1200$  均温甲醇塔采用高氢还原，即直接用氢含量 75% 左右的精炼气还原。这种高氢还原在山东省内外的兄弟厂中曾出现还原中触媒层温度无法控制，超温而烧坏触媒的情况。因此过去一些大厂老厂强调采用低氢还原法的可靠安全性（即采用  $H_2$  浓度 0.1~0.15% 的氮气），为此需消耗大量氮气。而郟化这台均温塔，由于内件设计中考虑了触媒还原的需要，触媒层中有相当大的冷管面积，足以传递还原反应中生成的大量反应热。同时我们又根据郟化联醇工艺实际情况制订了周密的触媒升温还原方案，并参加升温还原现场指导，根据还原实际进程和出水还原情况决定温升还原进度，从出水量和水汽浓度来判断还原进度。因此在高氢还原下全床温差始终保持在  $5^\circ C$  内，而且维持在  $110\pm 2^\circ C$ ，恒温出水长达 27 小时，总出水量达 2590Kg，占全部出水量的 80%，触媒层热点达  $233^\circ C$  时，水汽出塔浓度已达  $<0.01g/NM^3$ ，还原反应已完全，故提前了 8 小时结束还原。低温出水量大大提高了还原后的触媒活性，另一方面充分利用还原反应热来加热进触媒层气体，大量降低了还原反应中电加热负荷。这台  $\Phi 1200$  的大直径塔，其实际使用功率仅为 370KW，只有额定功率的 53%，加上缩短还原时间，大大节省了开车费用。

### 2、 合成塔操作稳定性好，触媒层温度均匀平稳，自热性能好。

反应器的操作稳定性和自热性能是合成反应器设计中一个十分重要的问题。均温型塔设计中十分重视这一性能。通过精心设计达到了满意的如期效果。由于触媒低温活性好和内件的触媒层温差小，提高了全床层触媒活性利用率。在触媒还原结束换气投产时，在压力 11MPa，热点温度  $220^\circ C$ ，入塔气  $CO=1.5\sim 1.7\%$ ， $CO_2=0.3\sim 0.4\%$  的情况下就能撤掉电炉，合成塔利用反应热自热生产，或者在停车后再开车时电炉升温只达到触媒层  $220^\circ C$  时即可停用电炉生产。从而与有关文献记载甲醇合成塔在触媒层热点温度  $260^\circ C$  以下难以达到自热稳定性操作相比，均温型塔的自热稳定操作温度要低得多。可在热点  $230^\circ C$  下就能稳定性操作，CO 转化率达到 88% 以上。

### 3、 均温有效延长了触媒使用寿命。

国内联醇生产中，触媒使用寿命一般不到半年，一炉触媒能用 2~3 个月已经不错，短的 10 天半月就失活。该塔使用温州龙湾化学厂的 WC-1 甲醇触媒，而郟化这炉触媒已整整使用了 44 个月。这一方面得益于郟化严格的生产操作管理，加强气体净化处理，使总硫含量控制在  $<0.02PPM$ 。另一方面是由于内件的均温性大大降低了平均热点温度。据文献报导，平均热点温度每降低  $15^\circ C$ ，触媒寿命可延长一倍，因此十分有利的延长触媒使用寿命。同时低温时，降低了催化剂的中毒活性速度，从而全气量通过联醇塔在带入触媒的有害物总量较大情况下仍能维持长达 3 年多的使用寿命。

### 四、 换热器的设计。

为了达到总氨能力 10 万吨，同时全气量通过联醇塔，且在低 CO 含量情况下有良好的自热性能的设计要求，就需要充分大的换热器面积。如果用列管换热器，换热面积需要近  $1000M^2$ ，换热器增加，则触媒筐和触媒装量减少，会因此影响生产能力。为此采用螺旋板换热器，使其结构紧凑，但螺旋板换热器一般具有阻力比列管换热器大的缺点。我们通过计算机优化设计计算，用增加换热器的通道数和合理设计板间距达到既能满足换热器面积需要，自热性能好，又能降低塔阻的目标，使其在 CO 低达 1.5% 的情况下仍能自热进行，在入塔气量达到 7 万多的情况下塔阻只有 0.8Mpa（见表 2），而换热器的高压空间比采用列管换热器节约一半，使触媒装量增加了  $1.5M^3$  多。

郟化  $\Phi 1200$  均温型甲醇塔，按当时要求设计能力达到总氨能力 10 万吨/年，精甲醇 2 万吨/年。目前实际运行总氨能力已达到 12 万吨/年，新鲜气全气量通过加上循环气量，总气量最高时达  $71000 NM^3/h$ ，相当于总氨 18 万吨/年以上的新鲜气量。而塔压差仍只有 0.8 MPa。由于为了首先满足本厂尿素生产合成氨的需要和目前精醇的价格因素。该塔处于 9-11% 的低醇氨比下进行生产。虽如此而累计催化剂生产强度已达  $3200 吨/M^3$ ，创造了目前国内联醇单塔生产催化剂连续使用天数和触媒生产强度的最新记录。如果进塔 CO 浓度从现有 1.5~2.0 提高到 5%，年产量则超过 3 万吨/年能力。目前触媒热点温度仍只有  $265^\circ C$ ，轴向温差  $10-12^\circ C$ ，平面温差  $5^\circ C$ ，CO 转化率  $\geq 60\%$ ，塔压差  $<0.8MPa$ 。据此尚可使用一段时间，有关该内件的设计和实际使用效果尚待进一步进行完整总结。

参考文献： 张全文 《小氮肥设计技术》 1998. NO.1 P30