

林达水冷型低压甲醇合成反应器技术

冯再南 姚泽龙 周传华 赵云松

(杭州林达化工技术工程有限公司 310013)

摘要: 介绍了国内外低压甲醇合成技术及发展, 并对林达水冷型甲醇合成反应器的流程、特点及可靠性作出说明。

关键词: 甲醇; 合成; 反应器; 均温; 水冷型

1. 前言

甲醇作为消费量仅次于乙烯、丙烯和苯的第 4 大有机基本化工原料, 有着广泛的用途。甲醇同时可替代石油化工原料, 用作制烯烃 (MTP、MTO) 和制氢 (MTH), 甲醇 (及制成二甲醚) 还作清洁能源燃料, 世界甲醇生产正走向大甲醇——Mega-methanol 需求快速增长。

2. 国内外甲醇合成技术发展

国外甲醇合成装置现采用 ICI 和 Lurgi 公司技术的约占据 70% 以上, 代表了国外甲醇合成的技术水平。除此之外, 甲醇合成技术还有 linde 螺旋管反应器、TEC 公司 MRF-Z 反应器、三菱的 SPC 反应器、TOPSΦE 和 Casale 段间换热的径向流动反应器等。国内甲醇合成装置以管壳式反应器居多, 除此之外主要还有我公司 JW 均温型反应器及部分从国外引进装置。

目前, 国外甲醇技术专利商在甲醇反应器开发上也在不断寻求发展, 总体说来主要方向为: 节能降耗、易于大型化。

ICI 公司最先开发了低压甲醇合成技术 LPM, 冷激式反应器为其代表性塔型, 由于该反应器具有催化剂空时产率低, 热量回收少等缺点, 因此 ICI 公司即现 DAVY.P.T 公司开发了单管逆流的冷管型反应器 TCC, 用进塔气移去反应热, 该塔型至今仍是

DAVY.P.T 为低压甲醇技术 LPM 对 2000T/日甲醇的主要塔型, 并已成功用于改造原冷激反应器 6 套, 甲醇产量增加 30%。现又开发了改进低压甲醇合成技术 ILPM, 采用管内水冷产汽, 气体径向流合成塔, 已在特立尼达 5400T/日大甲醇上使用, 计划 2005 年投产。该塔与 Lurgi 管壳式一样, 采用塔内水冷, 具有催化剂装填系数大特点。

Lurgi 公司开发的等温型管壳式甲醇反应器, 旨在通过缩小催化剂床层温差来提高空时产率, 该技术的开发成功是继 ICI 公司开发 LPM 后, 在甲醇合成方面取得的又一重大突破, 两者为当代甲醇合成技术奠定了基础。Lurgi 管壳式甲醇塔是一种先进塔型, 国内同类管壳式投产和在建也较多, 其优点是: 温差小, 空时产率高, 副产蒸汽压力较高, 操作易控制。但存在的问题也不少:

a. 管内装催化剂, 容积率低, 同样能力设备体积和投资大, 不易大型化;

b. 因为壳程为水产汽移热, 壳程压力决定汽化温度, 为 2~4MPa, 在采用提高甲醇合成压力提高生产能力时, 管板两侧压差增加。

c. 采用双固定管板结构, 结构可靠性差, 管子必需采用双相特殊不锈钢, 制造难度和要求高。

d. 催化剂装填复杂。

由于存在以上情况, Lurgi 技术在大型化时, 上世纪 90 年代采用双塔并联方法, 国内现在建的 50

万吨以上规模装置也有采用该技术，或采用 Lurgi 水冷一气冷联合反应器技术，该技术已有 Atlas 日产 5000 吨大甲醇装置投产，采用一台气冷与二台并联管壳式串联。二塔串联后催化剂床总高达 10 多米，采用降低循环比来降低塔压降，且降低了合成回路其他设备费用，投资比上述二塔并联要省，但要求催化剂温区要宽（220~280℃），该技术采用德国南方公司专用的 C79-7GL 催化剂，南方公司称 C79-7GL 是使该技术得以成功应用的重要条件。

除上述外，国外其它公司如 Casale 公司最早提出立式多段绝热反应器，现开发的卧式多段绝热中间冷却的甲醇合成塔技术已在俄罗斯陶里亚地 1350t/d 甲醇装置上应用，国内一套 30 万吨装置也采用该技术今年即将投产，最近 Casale 公司又提出 I.M.C 合成技术，催化剂层采用板式换热器连续移热，板内走冷气已在俄罗斯年产 10 万吨甲醇厂使用，装填催化剂 43m³，在 4.6MPa 压力下日产甲醇 357 吨。板内设计走水的甲醇反应器将在催化剂装量为 30m³、上部设绝热层的合成塔上使用，可副产中压蒸汽，反应器技术水平需待投产后的运行数据分析确定。

综上所述，在甲醇合成技术的开发过程中，催化剂床层的连续移热、副产高品位蒸汽、提高醇净值、降低循环机能耗及设备的大型化将成为主要发展方向。

3. 林达水冷低压甲醇合成技术

3.1 水冷反应器开发背景

林达低压 JW 气冷均温型甲醇反应器自 2000 年成功实现对原冷激型塔进行改造后，在短短 5 年内已有 7 套装置成功投运，今年年底将达 10 套，其中包括陕西渭化和内蒙天野的 20 万吨 2 台大塔。JW 均温型反应器的成功开发和应用一改过去现代化大型反应器技术长期依赖国外的状况，其既有 ICI 冷激式反应器结构简单、催化剂装填系数大，又具 Lurgi

管壳式催化剂床层温差小等特点，技术性能达国际先进水平，投资省，在性价比上与国内外其它反应器相比具有突出优势。该技术获得 2004 年度国家技术发明二等奖，这是迄今为止我国合成反应器技术获得的最高级别的国家大奖。JW 均温型气冷反应器采用进塔气在管内连续移热吸收管外反应热，外部副产 0.6~1.0MPa 低压蒸汽主要供精馏系统的加热，蒸汽压力较低，对动力设备采用蒸汽驱动的生产厂家，中压蒸汽显得不足。为此，林达公司开发了副产中压蒸汽的水冷甲醇反应器，并在结构上吸收了气冷型反应器的成功经验。

3.2 流程简述

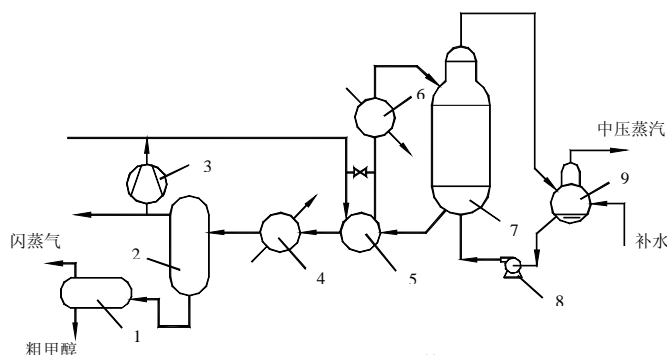


图 1 甲醇合成工艺流程简图
1-闪蒸槽；2-醇分离器；3-循环机；4-水冷器；5-气气换热器；
6-开工加热器；7-甲醇合成塔；8-热水泵；9-汽包

甲醇合成回路包括合成气加热、反应、甲醇分离及反应移热，流程简图如图 1，为甲醇合成典型流程。与管壳式流程相比不同之处：①开车及催化剂的升温还原，通过蒸汽补入开工加热器加热入塔气；②反应移热采用热水强制循环。

水冷反应器在设计时，吸收了均温型气冷型反应器众多优点：

- (1) 多层冷管胆同轴套装，化整为零，易于大型化。
- (2) 填料密封结构，下部进水总管、上部导水管均采用填料密封，反应器的密封结构合格通过 9.5MPa 水压试验，结构安全可靠。(3) 内件与外筒分体制作，可单独更换内件，延长外筒使用寿命。
- (4) 管外装填催化剂，装填系数大，装卸方便，

小时触媒卸量约 30~40m³。

水冷反应器还具以下新特点：

(1) 采用水冷连续移热，传热效果比气冷更好。

(2) 反应移热及时，催化剂床层温度稳定。催化剂装在管外，比冷面积比管壳式稍小，反应器设计时通过提高传热温差 ΔT 和传热系数 K 来增加传热量。即采用热水强制循环提高传热系数 K ，控制产汽压力 2.5~3.0MPa(温度 225~235℃,比管壳式稍低)来增大传热温差 ΔT 。

(3) 副产蒸汽品位高，可用作转化系统的工艺蒸汽或送蒸汽过热器。

(4) 能耗低，采用热水强制循环虽增加了热水泵少量的动力消耗，但传热系数 K 的提高可降低合成气的循环比，因此无论从甲醇合成总电耗还是水冷负荷都有所降低。

(5) 设备投资省。反应器本身由于催化剂装填系数大，设备紧凑，且结构简单，材料及制造完全立足于国内，因而建设费用低。另外，合成气循环比的降低，也使合成回路配套设备规格减小，因而投资费用也相应降低。

(6) 林达成功开发了管式水冷甲醇合成反应器数学模型软件，用于对反应器进行优化设计。

3.4 反应器工艺及结构可靠性分析

反应器工艺性能保证的关键在于能否将反应热及时移出，保持催化剂床层稳定。林达水冷型反应器通过提高传热系数 K 和增大传热温差来补偿比冷面积的不足，因而反应移热能够得到保证，同时循环比可降低至 3，出塔醇净值可提高到 10%。

反应器结构的一个技术关键问题是解决换热管热膨胀温度应力问题，DAVY.P.T.在 ILPM 中采用管内水管的上下环管结构，进出水管连接结构严格保密，ICI 的一个方案采用带膨胀圈浮头结构，解决列管膨胀问题，林达公司专利则采用填料解决水管热膨胀问题，已通过 9.5MPa 的结构性能试验，我们在

已有大小数百台使用业绩和经验的基础上，进行了成功的改进创新和结构可靠性设计，结构更合理可靠。DAVY 水冷管胆为一个整体，林达专利水管冷胆化整为零，内件与外筒分体制作，解决制造加工难题，更加保证了制造质量。

近期，我们对国内一家年产 60 万吨甲醇装置进行了技术报价和技术交流，就采用这种水冷型甲醇塔型式与国外公司进行了对比，我们感到这项技术完全可以与国外知名甲醇专利商技术进行竞争。

结语

根据温总理在 2005 年国家科技奖励大会上的“我们要引进和学习世界上先进的科技成果，但更重要的是要立足自主创新，真正的核心技术是买不来的”这一讲话精神，我们认真了解、吸取和借鉴国外的最先进的甲醇合成技术和经验，并立足于建立在自主知识产权和我国工程经验上的自主创新，发展甲醇合成技术，降低运行费用，通过采用国产技术和设备，节省投资，参与国际竞争。林达水冷型反应器正是吸取国外最先进的甲醇合成技术，在公司现气冷型反应器技术基础上的又一次技术创新，该技术的成功开发弥补了我公司气冷型低压甲醇技术无法副产中压蒸汽的不足，提高了我公司低压甲醇合成技术在国内外市场上的竞争力。目前，我公司已与河南骏马集团签订了 8 万吨/年水冷甲醇反应器，设备正在制造中，直径 ϕ 2000mm。