

林达大型甲醇合成技术方案

杭州林达化工技术工程有限公司 楼寿林 楼韧

提 要：本文简要介绍林达公司开发年产百万吨级(3000~7500 吨/日)甲醇合成技术的 6 个方案；并将这些方案与国外在建或投产的百万吨大型甲醇合成技术作比较。

1. 方案背景和总体思路

1.1 方案背景

1.1.1 世界甲醇生产走向大型化

世界甲醇生产走向大甲醇——Mega-methanol，甲醇用途和需求快速增加。甲醇替代石油化工原料，用作制烯烃（MTP、MTO）和制氢（MTH），甲醇（及制成二甲醚）作清洁能源燃料，需求量巨大。国外单系列甲醇装置平均能力 50-80 万吨/年。拟建 5000 T/D 超过 10 套。

1.1.2 中国能源需求促进甲醇生产快速发展

中国缺油少气富煤。我国汽车工业高速发展，石油供应缺口不断增加，2003 年中国进口原油 83MT，2004 年超过 1 亿吨，2005 年已超过 1.4 亿吨，超过国际公认能源供应安全底线。

石油替代已是我国基本国策，我国新的“能源中长期发展规划纲要”确定“大力调整优化能源结构，坚持以煤炭为主体”。煤制甲醇二甲醚作为替代车用燃料已是我国重要方向。

2004 年我国甲醇总产量达 441 万吨，比前一年增加 43%，同时进口 136 万吨，大大超过国家十五规划中 2005 年预期需求 340 万吨。目前在建的 20 余个厂合计能力超过 2004 年总产量。甲醇生产的快速发展促使拟建装置大型化，以降低投资和运行成本。

1.1.3 中国建大甲醇的技术基础

中国甲醇市场的兴旺吸引国外各大公司和专利厂商进入中国介绍技术和商业情况或邀请我出国考察了解情况，加上通过各种信息渠道为我们了解掌握国外大型甲醇装置最新技术提供方便，但是在一些技术实质性和关键技术，仍未说清。

1.1.3.1 Lurgi 公司建成 Atlas 5000T/D 甲醇装置，Lurgi 上世纪用多套管壳并联作为大甲醇

的方案，现改为水冷一气冷串联，采用一台气冷合成塔和二台并联管壳水冷反应串联的联合反应器，于 2004 年建成投产。

1.1.3.2 ICI 公司原用冷激塔，现已用冷管甲醇塔(TCC)建多套装置。DAVY 公司在特立尼达在建的 5400T/D 甲醇装置，用一台冷管型气冷反应器和一台管内水冷径向反应器串联组合，计划 2005 年建成投产。

这几套装置虽然可从多种渠道了解一些技术情况，但尚有一些技术参数及运行数据难以了解。

1.2 总体思路

根据温总理“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，认真了解吸取和借鉴国外的最先进的甲醇合成和经验，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解决大型化甲醇合成技术，最低目标是通过采用国产技术和设备节省投资，加快建设进度，降低运行费用。争取创造高目标，采用比现有国外公司更先进的甲醇合成技术（国际专利）建成世界一流的煤制甲醇的超大型甲醇厂，提高我国的国际竞争力。

以上要求具体体现在以下几个主要方面：

1.2.1 技术指标先进，工艺流程合理，能量利用好，甲醇合成塔温度分布合理，催化剂生产强度高，合成塔生产能力大，阻力低，原料气消耗和能耗省。

1.2.2 结构合理，紧凑可靠，制造运输方便可行，装卸催化剂检修容易，操作运行可靠。

1.2.3 投资省，建设期短。

2. 3000~7500T/D 大甲醇技术方案

提供 6 种可供选择方案。

2.1 方案一：JW 气冷均温型甲醇塔

2.1.1 技术来源：发明专利——一种低温差放热气固相催化方法及反应器，获 2004 年国家技术发明二等奖。

2.1.2 结构特点：冷管气冷全床层向并流连续换热，可用轴向，也可用径向。径向增加高径比，塔压降减小。

2.1.3 优点：①温差小，与 ICI 的冷管塔(TCC)相比，JW 采用 U 型冷管或上行冷管和下行

冷管全床层连续移热，轴向温差小，克服 ICI 的 TCC 单管逆流床层上下温差大、底部有绝热层的缺点；②可采用径向，径向温差也小；③管内外压差小；④装卸触媒容易，上部自由伸缩结构可靠；⑤内件化整为零，解决大塔制造难题。

2.1.4 采用基础：

①已成功投运 7 套，已成功加工 20 万吨/年 $\Phi 3000$ 塔 2 套。

②国外 ICI、DAVY 在 LPM 甲醇技术有 TCC 即气冷替代过去冷激塔有 6 套，生产能力 2000 吨/日成功投运，催化剂生产强度比 ICI 冷激塔提高 1/3 多，冷管塔最大生产能力可达 3000T/日。

2.2 方案二：管内水冷副产蒸汽低压甲醇塔

2.2.1 技术来源：林达专利——内部换热催化反应器。

2.2.2 技术特点：锅炉水由合成塔底进入，经进水总管分流，到各换热管内吸收管外催化剂层中反应热产生蒸汽，汇总到上部各集流管，上导管到上部小筒体内出塔，原料气由上部进气口进入管外催化剂层反应，反应气由底部出塔。可用轴向塔或径向塔，径向塔高径比提高，减小合成塔直径而阻力小。

2.2.3 优点：①塔内催化剂层水冷，温差小；②催化剂装管外，装填系数大，反应器尺寸小；③可采用低循环比，减小合成设备投资和动力消耗；④现有采用管壳式流程及配套设备一样。

2.2.4 可靠性基础：

①本技术中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.C.在 ILPM 中采用，在特立尼达的 5400T/D 装置采用管内水冷，结构为管内水管是上下环管，ICI 的一个方案采用带膨胀圈浮头结构，解决列管膨胀问题，现林达专利采用活动结构解决换热水管热膨胀问题，我们对这种结构已有丰富的经验；

②林达已完成水冷反应器高压密封结构性能试验，在 12MPa 压差下安全可靠；

③从 DAVY 结构图看，水冷管胆为一个整体，林达专利水管冷胆化整为零，解决制造加工难题。

2.3 方案三：气冷—水冷管壳式联合反应器

2.3.1 技术来源：林达授权专利——内部换热催化反应器和 PCT 国际申请专利。

2.3.2 技术特点：气冷—管壳串联，气冷合成塔上部引气管采用填料函活动密封。

2.3.3 优点：①反应温度前塔水冷高、后塔气冷低，提高了出塔甲醇浓度；②比 Lurgi 管壳塔节省气气换热器，设备投资降低。

在 Lurgi 关于联合反应器介绍中，水冷管壳式结构清楚，但气冷反应器结构不清楚。林达专利中运用自己成功的经验和技能，采用填料函结构，比用管内催化剂管外气体方案结构紧凑，体积缩小一半，投资大为节约。

2.3.4 可靠性基础：管壳水冷在国内有成熟经验，联合反应器有 Lurgi 在 Atlas 成功实践，气冷采用林达均温气冷有成功经验，数学模型开发设计已完成，为山西交城（60 万吨/年）等做过多个方案，并已于 2004 年 3 月通过专家评审。该方案要求甲醇催化剂温区要宽，可以用国产催化剂或国外二种打算。

2.4 方案四：气冷—水冷（管内水）联合反应器

2.4.1 技术来源：林达授权专利和 PCT 国际申请专利。

2.4.2 技术特点：用管内水冷代替方案三中的管壳式，水冷塔可用轴向，也可用径向，径向可降阻力。

2.4.3 优点：用管内水冷代替管壳反应器，与 Lurgi 联合反应器比可减小一台反应器，用一台气冷与一台水冷串联，比一气冷与二台并联管壳串联流程简单，水冷采用径向时可减少阻力，达到减小投资、简化操作的实效。

2.4.4 可靠性：水冷和气冷反应器建立在现有 JW 均温型结构基础上，内件采用上部导管活动密封，内件化整为零，便于制造。

2.5 方案五：气冷—水冷串联合反应器

2.5.1 技术来源：林达国际申请专利——“一种优化气固相催化反应方法及设备”。

2.5.2 技术特点：原料气先进气冷 JW 均温型冷管内加热到管外催化剂层反应，再到第二台管内水冷型合成塔反应。

2.5.3 优点：①水冷—气冷塔都是一进一出，比 Lurgi 联合反应器二进二出流程简单，管道配置少，阻力低；②对特大型立式塔分二台装，可降低催化剂层高度，防止压碎；③气冷—水冷均可采用径向，可降低塔阻。

2.5.4 采用基础：DAVY 用于特大型甲醇厂方案，已在建特立尼达 5400 吨/日厂，采用先气冷后水冷。DAVY 技术中气冷用逆流冷管塔，上部温度不易控制。林达公司采用并流和逆流结合，对控制温度比逆流塔好。

2.6 方案六：林达新型管壳水冷合成塔

2.6.1 技术来源：林达申请专利。

2.6.2 技术特征：有多种结构可选择。锅炉水在水管内强制循环，吸收管外反应热，合成气由上部进行催化剂层反应，反应气由底部出塔。反应气由上而下呈径向流动。触媒从上部多孔装入，触媒可自卸。

2.6.3 优点

同时兼具多种优点：①移热能力大，催化剂层温差小，均温，提高催化剂效率，催化剂使用温区范围；②循环比可降低到 2 左右，减小合成回路设备管道，降低电耗；③可提高长径比，减小塔径，便于运输，可提高单台能力可至 10000 吨/日，超大甲醇塔；④横向流降低阻力。

与 TEC 公司 MRF 比较。

- 1、结构简单可靠，MRF 为双管板双套管，本方案用单管板单管。
- 2、比传热面高、气体流通较长，温差小，催化剂效率高。
- 3、装填催化剂方便。

国产化大甲醇技术方案汇总表

方案序号	1	2	3	4	5	6
名称	JW 气冷塔	管内水冷副产蒸汽	气冷—水冷管壳式联合	气冷—水冷(管内水)联合	气冷—水冷水管联合	新型管壳水冷
反应热方式	气冷	水冷	气冷+水冷	气冷+水冷	气冷+水冷	水冷
合成塔数	1	1	3	2	2	1
气体流向	轴或径	轴或径	二轴	轴—径	轴+径	径
管内	气	水	水壳程	水	水	水
前后塔组合方式			进气冷—水冷—气冷出	进气冷—水冷—气冷出	气冷进水冷出	单塔
循环比	5	2~3	2	2	2	2~3
塔阻力	小	小	较大	较小	较小	最小
专利技术来源	低温差	内部换热	气冷塔用内部换热	内部换热	WO 03/055586 优化	
国外相近类型	ICI TCC	ICI ILPM	Lurgi CCM		DAVY LCM	TEC RMF
适用项目	冷激塔扩能改造或新建大型	新建大型	管壳塔扩产改造	冷激塔扩产改造或新建大型	冷激塔扩产改造或新建大型	大型、特大型

采用以上大甲醇合成技术方案可解决 Lurgi 管壳式反应器用于大甲醇需用多台甲醇塔的问题。今年来我们已为多家用户做过年产 60 万吨至年产百万吨以上的技术方案，并已完成上述各方案中反应器及组合反应器的数学模型开发，同时与具有大型设备制造业绩和能力的工厂签订合作协议。