

甲醇制烯烃装置低温热的优化利用

陈承伟

摘要: 随着全球能源构成的变迁以及对清洁能源需求的持续上升, 甲醇制烯烃(MTO)这一关键的化工生产技术, 在整个能源和化工行业中占据了不可或缺的角色。但是MTO装置工作时产生了大量低温热, 若不将其有效地利用起来, 不但造成了能源的浪费, 同时也会给环境带来负面影响。所以对MTO装置低温热进行优化利用以提高能源效率已经成为目前这一领域的一项重要任务。研究目的在于探索甲醇制烯烃装置低温热优化利用策略, 为实现节能减排, 提高能源利用效率等提供理论支持与实践指导。

关键词: 甲醇制烯烃装置; 低温热; 优化利用

一、甲醇制烯烃工艺概述

甲醇制烯烃(MTO)工艺是一种重要的化工过程, 通过将甲醇转化为乙烯、丙烯等轻质烯烃, 实现了从煤、天然气等原料到化工基础原料的转化。MTO工艺的核心反应是甲醇在高温(约400-500℃)和特定催化剂(如SAPO-34分子筛)的作用下, 发生脱水反应生成二甲醚, 随后二甲醚继续在催化剂上发生进一步裂解和重排反应生成烯烃。此过程中, 甲醇先在反应器内通过催化剂的作用生成二甲醚和水, 这一部分的反应为放热反应, 随后二甲醚与未反应的甲醇继续在催化剂表面发生裂解反应, 生成乙烯、丙烯和少量其他副产物, 如丁烯和芳烃。

MTO工艺的反应路径复杂, 涉及多个中间体和副产物的生成, 反应条件需要精确控制, 以优化烯烃的选择性和产量。典型的工业MTO装置采用流化床反应器或固定床反应器, 其中流化床反应器具有良好的热传导性和反应物混合效果, 有利于提高反应效率和产物的选择性。催化剂的选择和再生是MTO工艺的关键技术之一, 常用的SAPO-34分子筛具有较高的乙烯和丙烯选择性, 同时具备较好的抗积碳性能, 能够在较长的操作周期内保持较高的活性。

在实际生产中, MTO装置的操作参数如温度、压力、反应物的流速和催化剂的状态都会直接影响到产品的分布和生产效率。优化这些参数, 可以显著提高烯烃的产量和质量。MTO工艺的反应器出口气体通常需要经过一系列的分离和纯化步骤, 包括冷凝、吸附和精馏, 以分

离出高纯度的乙烯和丙烯, 并回收未反应的甲醇以循环使用, 从而提高资源利用率和经济效益。

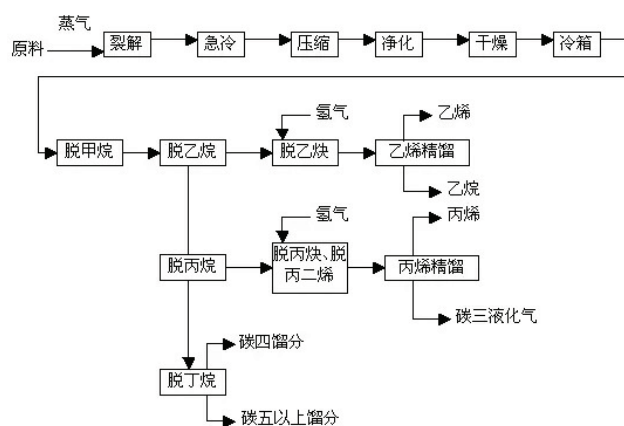


图1 甲醇制烯烃工艺示意图

二、低温热的来源与特点

低温热是甲醇制烯烃工艺中不可忽视但又常常被忽略的能源资源。低温热主要来源于反应器及分离系统内冷凝及冷却过程, 产物及废气余热, 一些未反应物显热等。反应器出口气体一般温度都比较高, 需经过换热器降温, 换热时会产生很多低温热, 该部分热量的温度一般为100-200℃。另外分离系统内冷凝过程还放出大量低温热, 一般为40-100℃。分离和精馏塔底部的废热是产品和废气余热的主要来源, 这些废热的温度通常落在50-150℃的范围内。表1为相关的具体特点。

低温热回收与利用在经济与环境上都有重大意义。甲醇制烯烃装置低温热源多而分散、热能密度小、回收困难, 而通过换热网络及热泵系统的合理设计可有效地提高能源利用效率。例如, 在一个标准的甲醇转化为烯烃的装置里, 反应器出口产生的低温热量大约占据

作者简介: 陈承伟(1984.11——), 男, 汉族, 本科学历, 副高级工程师, 主要从事化煤化工安全及生产管理。

了总能源消耗的20%，而分离系统产生的低温热量大约是30%，其他如冷凝和废气产生的低温热量大约占据了50%。低温热具有温度比较低，热量分散和可用性好等特点，但是也面临着热质品质不高以及回收技术需求高的挑战。

表1 低温热来源与特点数据表

热源	温度范围 (°C)	占总能耗比例 (%)	热量密度 (kJ/kg)	回收难度	应用潜力
反应器出口	100-200	20	500-1000	中等	高
分离系统	40-100	30	200-800	较高	中等
产品余热	50-150	15	300-900	中等	高
废气余热	50-150	35	300-900	高	低

三、低温热优化利用的技术方案

1. 低温热回收技术

低温热回收技术在甲醇制烯烃工艺中的应用能够显著提高能源利用效率，常用的技术包括热泵、热电转换和余热锅炉等。热泵技术通过将低温热源的热能提升到更高温度，从而实现热能的再利用。例如，吸收式热泵可以利用40-100℃的低温热，将其提升到120-150℃，为其他工艺过程提供所需的中高温热，这一过程的COP（性能系数）通常在1.2-1.6之间。热电转换技术则利用热电材料的塞贝克效应，将低温热直接转换为电能，适用于温度在100-200℃范围的热源。尽管热电转换效率较低，通常在5-8%之间，但其设备简单、无运动部件、维护成本低，适合分布式低温热回收。

余热锅炉是另一种重要的低温热回收技术，主要用于将50-150℃的废热用于产生蒸汽或热水，从而用于供热或发电。余热锅炉效率较高，热能回收率可达70-85%。例如，在甲醇制烯烃装置中，分离塔底部的废热可以通过余热锅炉转化为中压蒸汽（10-15 bar），供反应器或其他工艺设备使用。此外，集成低温热回收系统还可以通过优化换热网络，提高整体能源利用效率，例如通过将多个低温热源集中处理，达到更高的回收效率和经济效益。

2. 低温热的储存和再利用

储存低温热的方法包括热水储罐、相变材料储热和化学储热。热水储罐是最常见的方法，通过水的高比热容储存温度在40-100℃的热能，系统简单且成本低。相变材料储热利用材料在相变过程中吸收和释放大量的潜热，如石蜡、盐类水合物，这些材料在50-150℃范围内表现出良好的储热特性，具备高能量密度和稳定性。化

学储热利用化学反应的吸热和放热过程，如碳酸钠与水的反应，能够在较低温度下储存和释放大量热能。

再利用低温热的方法多种多样，包括预热原料、供暖和制冷。低温热可以用于预热甲醇制烯烃工艺中的原料，提高反应效率和减少主加热器的能耗。例如，将分离塔底部的低温废热用于预热进料甲醇，能够显著节约能量。此外，低温热还可以用于厂区供暖系统，通过热交换器将废热转化为建筑物供暖所需的热能，温度在50-100℃范围内的低温热特别适合此用途。在工业制冷中，低温热驱动吸收式制冷机可以生成冷水或冷空气，用于工艺冷却和空气调节，提升整体能源利用率。

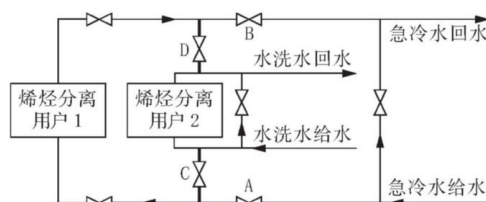


图2 低温热利用的优化方案技改示意图

3. 低温热综合利用系统设计

该系统设计的核心是建立高效的换热网络和合理配置储热装置。换热网络通过热交换器实现不同工艺单元间的热能传递，确保低温热的有效利用。例如，反应器出口的低温热可以预热进料甲醇，减少反应器的加热需求。分离塔和精馏塔底部的废热可以通过换热器加热其他工艺流体，优化能源使用。

储热装置在系统设计中扮演重要角色，热水储罐和相变材料储热器可以存储波动的低温热能，确保热能的稳定供应。相变材料储热器利用材料的相变潜热，在较小体积内储存大量热能，适合温度范围为50-150℃的低温热储存。化学储热系统通过可逆化学反应储存和释放热能，能够在较宽的温度范围内高效运作，提升系统灵活性。

再利用低温热的方法多种多样，预热原料、供暖、制冷和发电等都可纳入系统设计。低温热用于预热进料甲醇，不仅提高了反应效率，还显著降低了能耗。通过吸收式制冷机，低温热可以转化为冷水或冷空气，用于工艺冷却和空气调节，进一步提升能源利用率。余热锅炉可将低温热转化为中压蒸汽，用于厂区供暖或发电，提高经济效益。

综合利用系统设计不仅限于单一设备的优化，更需整体协调，通过先进的控制系统和实时监测，确保各部分协同高效运行。

结束语

甲醇制烯烃装置操作时, 需要充分考虑反应器实际运行状态。尤其当蒸汽凝液灌压力设置时应注意达到优化利用。针对空冷器不能在线清洗的问题, 而在换热器检测和清洗部分, 总体能耗比较大。在采取了一系列优化措施后, 这些问题都能得到了及时而有效的解决。在寻求设计优化时, 也要以降低生产成本、促进生产效率、降低总体维修费用为目标调优各项指标。这不仅有利于促进企业经济效益的提高, 而且还能提高企业的市场竞争力。

参考文献

[1] 林华东. 甲醇制低碳烯烃装置水系统问题分析[J].

内蒙古石油化工, 2013(18): 85-87.

[2] 唐明辉. 甲醇制烯烃工艺废水处理技术研究进展[J]. 化学工程与装备, 2016(8): 258-261.

[3] 吴秀章. 煤制低碳烯烃工艺与工程[M]. 北京: 化学工业出版社, 2014.

[4] 段冲. 甲醇制烯烃装置低温热优化利用的探讨[J]. 煤化工, 2019, 47(6): 3.

[5] 马成才. 甲醇制烯烃装置低温热的优化利用[J]. 化工设计通讯, 2020, 46(6): 2.

[6] 姜思远. 甲醇制烯烃装置急冷水的合理利用[J]. 小氮肥, 2021, 049(008): 10-12, 15.