

附件 1:

“中控杯”赛题 3 比赛任务书

丙烯酸是重要的基础化工原料，广泛应用于涂料、胶粘剂、高吸水性树脂（SAP）、纺织助剂、水处理剂及电子材料等领域。我国作为全球最大的丙烯酸生产和消费国，产能占全球比重超过一半，高端市场需求旺盛。本赛题要求参赛队伍综合运用专业知识与方法，利用中控 APEX 平台建立丙烯两步氧化法合成丙烯酸的工艺流程机理模型，并探索丙烯酸清洁生产的前沿技术，包括热量耦合、节能降耗及碳减排等方向，为化工行业的可持续发展注入新活力。在竞赛中，参赛队员需遵守工程伦理，秉持责任意识、专业素养与严谨态度，培养实事求是的科学精神，成为推动我国化工行业转型升级、引领未来发展的栋梁之才。

一、设计题目

丙烯两步氧化法合成丙烯酸的工艺流程模拟。

二、设计基础条件

1、原料

原/辅料	说明
丙烯	/
空气	以 21%氧气和 79%氮气代替（体积分数）
水蒸气	稀释剂，转移爆炸极限、改进催化剂脱附效果、降低丙烯酸分压
甲苯	萃取剂
水	急冷塔吸收剂
一段氧化催化剂（Mo-Bi 系金属氧化物）	颗粒密度 1200kg/m^3 ，床层空隙率 0.38
二段氧化催化剂（Mo-V 系金属氧化物）	颗粒密度 1200kg/m^3 ，床层空隙率 0.43

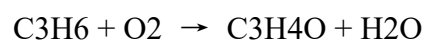
2、物性方法

采用使用于本体系的物性方法，确保模型结果准确性。

3、反应

(1) 一段氧化, 转化率 95%

主反应:



选择性 0.93;

主要副反应:



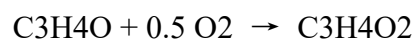
选择性 0.05;



选择性 0.02;

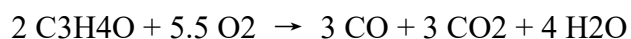
(2) 二段氧化, 转化率 95%

主反应:

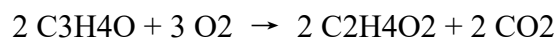


选择性 0.975;

主要副反应:



选择性 0.017;

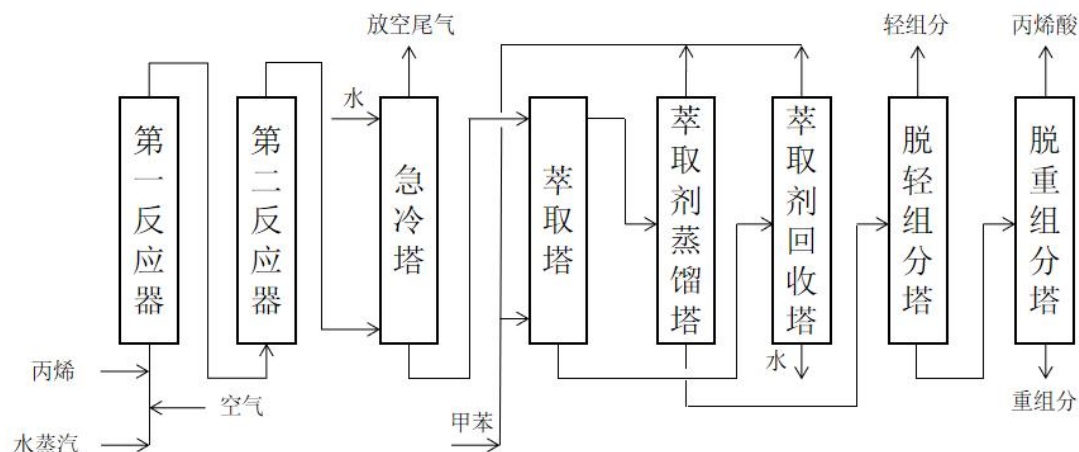


选择性 0.008。

4、产品

丙烯酸, 要求纯度大于 99.5% (质量分数)。

5、参考工艺流程框图



6、工艺流程概述

丙烯、水蒸气及空气按一定比例混合预热后，进入第一反应器进行氧化反应，混合比例（质量分数）分别为丙烯 8.8~15.6%、水蒸气 6.2~20.4%，其余为空气。反应器为管壳式结构，管内装有 Mo-Bi 系催化剂，反应温度 320~370℃，压力 0.1~0.3MPa。在第一反应器中，丙烯大部分氧化成丙烯醛，少量氧化成马来酸、乙酸、水、二氧化碳等副产物。第二反应器同样为管壳式结构，管内装有 Mo-V 系催化剂，丙烯醛在其中被氧化成丙烯酸，副产物为乙酸、二氧化碳等，反应温度 280~300℃，压力 0.1~0.2MPa。氧化产物随后进入急冷塔，与塔顶加入的水逆向接触，获得质量分数为 20~30%的丙烯酸水溶液。该水溶液进入萃取塔，以甲苯为萃取剂，使水与丙烯酸分离。萃余相从萃取塔底采出，进入萃取剂回收塔，将萃取剂从塔顶蒸出，送回萃取塔循环使用，塔底则排出废水。萃取塔顶的萃取相则进入萃取剂蒸馏塔，从塔顶蒸出甲苯，送回萃取塔循环使用。塔底得到粗丙烯酸，再经脱去轻组分和重组分后得到精制丙烯酸。

7、节能、降耗与环保要求

上述工艺流程仅供参考，参赛队伍还可考虑采用热量耦合、原辅料循环回用等手段对其进行完善，以降低原料、热量消耗。

8、生产规模

年产 10 万吨丙烯酸，年生产小时数：8000 h。

三、参赛作品应提交的材料

在规定时间内线上提交以下内容，逾期系统关闭提交通道，不予补报：

1、中控 APEX 平台模拟文件：将文件保存为“.apex 文件”，并确保模型可复现。

2、技术报告：工艺流程说明（对流程的详细介绍），包括但不限于

原辅料规格：组成、温度、压力、流量、相态等；

物料走向：进料、出料、侧线、循环回用；

关键设备参数：如反应器管长、管数、停留时间；精馏塔塔板数、回流比、进料量、回收率；萃取塔塔板数、萃出率等。

保存为“.docx”和“.pdf”文件。

3、模型报告：模型收敛的元变量列表（采用.xlsx 电子表格、.x 二进制文件两种格式）、物料平衡表、换热器负荷统计表、换热器冷热流股物性曲线表、精馏塔水力学数据表，保存为“.xlsx”文件，模型报告结果需与模型运行结果保持一致。

上述提交材料具体要求详见《“中控杯”赛题3评分实施细则-附件2》。