

年产 10 万吨异丙醇的工艺设计

目录

年产 10 万吨异丙醇的工艺设计	1
1 引言	2
1.1 异丙醇简介	2
1.2 异丙醇物化性质	2
1.3 异丙醇应用	3
2 工艺流程设计	3
2.1 常用生产方案	3
2.2 反应机理	5
2.3 工艺流程确定	5
2.4 催化剂介绍	6
3 物料衡算	6
3.1 物料衡算的主要任务	6
3.2 物料衡算目的	6
3.3 物料衡算方法	6
3.4 物料衡算	7
4 热量衡算	9
4.1 能量衡算任务	9
4.2 能量衡算方法	9
4.3 能量衡算	9
5 设备计算与选型	14
5.1 固定床反应器	14
反应器选用的材料为碳素钢 Q235-B	14
5.2 塔设备	14
5.3 设备一览表	17
6 人员定额及经济核算	17
6.1 人员定额	17
6.2 投资概算	18
6.3 经济效益分析	19
7 三废处理	20
8 结论	20
参考文献	21

摘要： 异丙醇是一种重要的化学物质，被广泛用作溶剂、化学中间体以及个人护理产品和药品中的成分，具有较好的应用前景。本次设计任务为年产 10 万吨异丙醇工艺设计，通过查阅相关文献确定了异丙醇的生产流程。综合比较选择采用气相直接水合的方法生产异丙醇，主要为丙烯水合反应和粗异丙醇的精制两部分。

运用所学的《化工原理》、《化工设计概论》等课程对整个生产过程进行物料衡算、能量衡算，根据衡算数据进行设备选型与经济效益评估，对得到的废水废渣废气提出相应处理方案。并画出其生产工艺流程图，主要设备图。

关键词：异丙醇； 工艺设计； 物料衡算； 能量衡算

1 引言

1.1 异丙醇简介

异丙醇是一种重要的化学物质，被广泛用作溶剂、化学中间体以及个人护理产品和药品中的成分。它在低酒精产量中排名第三（仅次于甲醇和乙醇）^[1]。截止2008年，全球异丙醇产量约为300万吨，美国、欧洲和亚洲各占总产量的30%^[2]。异丙醇市场一直在稳步增长，其复合年增长率约为7%，预计将继续增长，特别是在亚太地区，主要是因为制药部门的使用有所增加。

异丙醇主要通过两种商业途径由丙烯生产：炼油级丙烯的间接水化和化学级丙烯的直接水化^[3]。间接水合反应包括两个主要的反应：酯化和水解，丙烯转化为异丙醇的转化率约为93%，对异丙醇及其主要副产物（二异丙基醚）的选择性在98%以上^[4]。在此过程中硫酸被用作溶剂，因此，必须使用特殊的施工材料，以避免过度腐蚀。还应注意处理和工艺废物，包括废水、废硫酸、废汽水和废气。

1.2 异丙醇物化性质

异丙醇可在水、酒精、乙醚和氯仿中混溶。它可以溶解乙基纤维素、聚乙烯基缩丁醛、生物碱和天然树脂，但不溶于盐溶液。与乙醇或甲醇不同，异丙醇可以通过添加诸如氯化钠、硫酸盐或其他几种无机盐从水溶液中分离，因为酒精比无盐水更容易溶于无盐溶液。这个过程俗称盐渍，并使浓缩的异丙醇分离成不同的层。异丙醇与水形成共沸物，其沸点为80.37°C。异丙醇随着温度的降低而变得越来越粘稠。

长期或重复的皮肤接触可能会导致皮疹和致敏。长期用可能引起肝脂肪的变化，久而久之可能会导致纤维化和肝硬化的表现和体征

。与乙醇相比，长期摄入异丙醇更容易导致刺激胃粘膜内膜，从而有可能导致出血性胃炎。异丙醇暴露在粘膜中会刺激眼睛、鼻子和喉咙。虽然很少，但有在儿童皮肤广泛覆盖（如海绵浴）后发生低张力多睡和嗜睡的病例报告，表明皮肤应用后全身吸收可能显著。服用异丙醇后，可能出现恶心呕吐，严重为胃肠道出血。有出血性胃炎与局部和静脉注射异丙醇有关，因此除了接触组织直接刺激之外的毒性机制是可能的。口服后最常见的报道的健康不良影响是中枢神经系统抑郁，表现为酒精中毒，类似于酒精中毒。镇静和含糊不清可以以剂量依赖的方式发展为共济失调、意识丧失甚至昏迷。一般来说，异丙醇被认为在相似的血清浓度下比乙醇更镇静。

1.3 异丙醇应用

异丙醇存在于许多用于不同用途的不同工业和商业产品中。它用于油漆、油漆稀释剂、油漆去除剂、墨水、燃料、消毒剂、涂料、染料、水泥和干燥剂。它也被用于生产丙酮、蜡、动植物油和调味料。在常见的家用产品中，如药物、香水、洗漱用品、挡风玻璃和玻璃清洁剂^[5]。非处方药洗手液和医院洗手液通常含有异丙醇，但浓度较低（低于 5%）。一些消毒湿巾，通常被标记为“外用酒精湿巾”，含有高达 70%的异丙醇。

2 工艺流程设计

2.1 常用生产方案

2.1.1 间接水合法

炼油级丙烯气体通过酯化反应与硫酸反应，在反应器中生成硫酸盐溶液。当废气从酯化反应器顶部排出过程时，酯化反应器底部的硫酸盐混合物进入水合反应器与水反应，形成水合反应。未反应的硫酸从水合反应器底部取出，回收后进入酯化反应器进行进一步的酯化反应。水合反应的产物被送入洗涤器，用腐蚀剂中和残留的酸。虽然用过的苏打水从洗涤器的底部排出，但中性的产品会使洗涤器的顶部成为蒸汽流。蒸汽流被浓缩并送到罐中，将丙烯和丙烷气体从产品流中分离出来。从滚筒中的液体产品流加压并送入第一蒸馏塔，将二异丙醚和剩余气体与产品流分离。馏分物被作为燃料出售。产物流进入异丙烷水共沸蒸馏柱，利

用二甲基亚砷的共沸蒸馏柱诱导分离。纯度为99wt%的异丙醇浓缩在该蒸馏柱中，
并作为产物流收集，将 DMSO 从水溶液中分离出来，再循环回共沸蒸馏柱。

2.1.2 直接水合法

丙烯直接水合产生异丙醇在 20 世纪 70 年代初就已经商业化。与间接两步水化过程相比，与 70-80%硫酸反应，通过形成相应的硫酸盐，间接硫化过程生产异丙醇。这种硫酸盐在随后的水解中给予异丙醇和稀硫酸必须集中起来进行循环利用。与固体酸催化剂的直接水化作用避免了硫酸的使用，并尽量减少了废物处理问题，此外，还允许使用无腐蚀性的环境。阳离子交换树脂催化剂的直接水化已被一些研究者研究。丙烯作为一种非极性化合物，其溶解度在水中非常低，如果使用高浓度，往往会形成第二阶段。根据所采用的反应条件，这第二阶段可以是蒸汽相、液相或超临界相。

气相直接水合法是由德国维巴公司开发的，所以这种方法又被称作维巴法。目前我国最大的异丙醇生产厂家为中国石油锦州石化公司，采用的就是此方法。维巴法的催化剂是磷酸/硅藻土，该方法选择性好，副产物少，并且对环境污染较小^[6]。

液体化学级丙烯进入反应器，与去离子水发生反应。来自闪蒸罐的蒸汽流被浓缩并送到丙烯丙烷蒸馏柱，以净化未转化的丙烯，然后再循环回制备部分。反应后的液体送到分离部分，以净化异丙醇产物。分离部分由四个蒸馏塔组成。第一列将 DIPE 从异丙醇中分离出来。来自该柱的蒸馏流作为燃料从该过程中排放。第二柱是共沸蒸馏柱，利用 DMSO 作为萃取溶剂，将水从 99wt% 的异丙醇中分离出来。最后一列将水从溶剂中分离出来，以便将水循环到进料制备部分，并将 DMSO 循环到共沸蒸馏柱中。

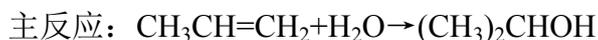
2.1.3 甘油加氢脱氧法

甘油加氢脱氧是一步催化丙烯生成反应，转化率为 88%，选择性为 76%。该反应的一个主要优点是丙烯是气相的唯一产物，因此不需要分离段，而且甘油原料丰富且廉价。然而，这一过程的主要挑战是，来自生物柴油工业的甘油是不纯的，它会损坏管道和设备。因此，需要一种昂贵的甘油净化技术。这个过程从净化并将原甘油送到反应堆与氢反应开始。然后，混合物被送到闪存罐中，将丙烯与气相中唯一的副产物中分离出来。丙烯和氢气的气流进入变压吸附部分，净化丙烯产品，将未反应的氢气循环回反应器。

2.1.4 丙酮加氢法

氢与反应器中的液体丙酮反应, 给出蒸汽液相产物。混合相废水被送到罐中, 从液体产品中分离蒸汽。蒸汽混合物进入冷却器, 浓缩除氢以外的所有化学物质。浓缩混合物进入第二个罐, 以将未反应的氢与混合物分离。来自第二罐的液体混合物与来自第一罐的液体产物结合, 使该过程成为 98.5wt% 的异丙醇产物。离开第二个罐的未反应的氢被回收回饲料准备部分。需要注意的是, 由于异丙醇的纯度较低, 因此异丙醇的价格低于其他过程中的异丙醇价格。纯度为 98.5wt% 的异丙醇的价格约为 1.2 美元/公斤^[7]。

2.2 反应机理



2.3 工艺流程确定

直接水化过程通过单步反应将丙烯转化为异丙醇, 这一直是欧洲和日本普遍使用的过程。该方法的主要缺点是要求使用高纯度丙烯原料 (90wt%)。此外, 为了提高转化率, 该反应通常在比间接水化作用更高的温度和压力下操作。在积极的方面, 直接水化比间接水化有一些优势。直接水合过程使用水作为溶剂而不是硫酸, 从而减少了腐蚀和环境问题。本设计采用维巴法作为生产工艺的主要方法, 该方法副产品少, 流程短、工艺简单、产品质量相对较高、污染较小。

工艺过程 原料先通过预热器加热至约 230°C, 然后通入固定床反应器(R101), 在固体磷酸催化剂功效下生产异丙醇, 粗异丙醇经碱洗中和后进精制工段。粗异丙醇首先经过水洗塔(T102)去除醚和其它轻组分。其次, 通过浓缩塔 (T103) 去除水, 并在塔顶获得共沸物。水和异丙醇的共沸物由水洗涤器 (T104) 分离。最后通入精制塔(T105)中脱去重组分杂质, 可以得到高纯度异丙醇成品。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。

如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/357154144103006064>