



湖南石油化工职业技术学院
Hunan Petrochemical Vocational Technology College

学生毕业设计成果

设计题目： 年产 15 万吨环氧丙烷生产工艺设计
专业名称： 应用化工技术
班级名称： 应化 3171
学生姓名： 潘雅婷
指导教师： 王伟
责任领导： 刘芬

二〇一九年十月

学生毕业设计成果真实性承诺书

本人郑重承诺：我所递交的毕业设计材料，是本人在指导老师的指导下独立进行完成的；除文中已经注明引用的内容外，不存在有作品（产品）剽窃和抄袭他人成果的行为。对本设计的共同完成人所做出的贡献，在对应位置已以明确方式标明。若被查出有抄袭或剽窃行为，或由此所引起的法律责任，本人愿意承担一切后果。

学生（确认签字）：潘雅婷

签字日期：2019.10.18

指导教师关于学生毕业设计成果真实性审核承诺书

本人郑重承诺：已对该生递交的毕业设计材料中所涉及的内容进行了仔细严格的审核，其成果是本人在的指导下独立进行完成的；对他人成果的引用和共同完成人所做出的贡献在对应位置已以明确方式标明。不存在有作品（产品）剽窃和抄袭他人成果的行为。若查出该生所递交的材料有学术不端的行为，或由此所引起的法律责任，本人愿意承担一切责任。

指导教师（确认签字）：王伟

签字日期：2019.10.22

目录

一、成果简介.....	3
1.1 环氧丙烷的性质.....	3
1.2 原料氯气、丙烯及反应中间体的物理性质和用途.....	4
a. 氯气的主要物化性质如下.....	4
1.3 环氧丙烷工业的发展概况.....	4
二、设计思路.....	4
1、选题.....	4
2、市场调研.....	5
三、设计过程.....	5
3.1 主要化学反应.....	5
a. 溶氯.....	5
b. 氯醇化.....	5
c. 皂化反应.....	5
3.2 工艺流程说明.....	5
3.3 加工原理.....	8
3.4 影响因素.....	9
四、成果特点.....	10
(一)、工艺创新特色.....	10
(二)、工艺创新结论.....	10
1、奠定理论基础.....	10
2、产生经济效益.....	11
五、收获与体会.....	11
(一)、设计收获与体会.....	11
(二)、设计总结.....	11
1、存在问题.....	11
2、原因分析.....	11

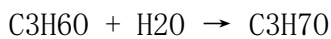
年产 15 万吨环氧丙烷生产工艺设计

一、成果简介

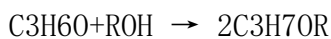
1.1 环氧丙烷的性质

1.1.1 化学性质 环氧丙烷中存在高度活泼的环氧基，使环氧丙烷易与许多化学试剂，具体地，含活性氢原子的物质（水，醇，酸，胺等），以产生一系列的丙二醇，丙二醇醚，和三异丙醇胺的重要的工业衍生物。该反应通常在酸或碱催化剂进行，有以下几种：

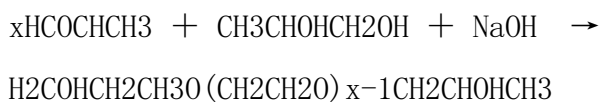
a. 水解反应：丙二醇是环氧丙烷水解的主要产物。



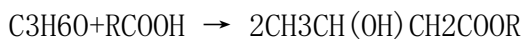
b. 醚化：在碱或酸催化剂的存在下氧化丙烯与各种类型的丙二醇单甲基醚的醇进行反应



c. 聚合反应：环氧丙烷与含有活泼氢的化合物（如二醇、胺、酸、水）在氨、氢氧化钠（或钾）水溶液或低级烷基叔胺（如三甲胺）等，在碱催化剂作用下，形成分子量范围为 200-7000 的聚醚多元醇。最简单的环氧丙烷类醚二元醇，即聚丙二醇，由环氧丙烷与丙二醇在碱催化剂存在时聚合而得。



d. 脂化反应：所有类型的环氧丙烷的有机反应产物是丙二醇酯，两种异构体的混合物。



e. 胺化反应：环氧丙烷与 NH_3 在不同的摩尔比下反应生成三比例不同的异丙醇胺的混合物。

f. 与卤化氢反应：环氧丙烷与产生卤代醇的卤化氢，其是化学计量的环氧基团含量的反应的反应。

1.1.2 物理性质 一般情况下，环氧丙烷是一种无颜色，并且是含有醚类气味的低沸点易燃液体工业品，为两种旋光异构体的外消旋混合物，可溶于水，可以用二

乙醚，乙醇相容性，并能够形成具有戊烷，二氯甲烷，环戊烷，戊烯，环戊烯等的共沸物的。环氧丙烷有毒，中毒现象为头晕，呕吐，睡眠不安。其爆炸极限（VOL%，0.1MPa 的在空气中）的 2.1 的下限，上限为 21.5。

环氧丙烷的主要物理性质列于表 1：

1.2 原料氯气、丙烯及反应中间体的物理性质和用途

1.2.1 氯气

氯气是黄绿色，有严重窒息气味，易溶于水和碱，干燥氯气在低温下的活性低，即反应但显着增加痕量水分的存在。

a. 氯气的主要物化性质如下

分子量：70.90

化学式：Cl₂

熔点：-101℃

沸点：-33.89℃

相对密度：1.47（液体），2.4（气体）

1.3 环氧丙烷工业的发展概况

环氧丙烷是首要的有机化工原料，在我国用来出产聚醚多元醇。环氧丙烷其余衍

生物的应用，在我国并不普遍，消费量不多，发展相对于发达国家还比较落后。但我国仍然是有不少环氧丙烷出产厂，同时也配有装置能力的聚醚多元醇产物，而环氧丙烷仅仅是中间体。环氧丙烷工业的发展我们的国家，随着石化工业的发展，通过引入创业，以及 10 年的技术，并在技术改造的三个阶段的国产化经历 25 年自力更生，由小到大，形成了比较完整的工业体系。

在上世纪 70 年代，中国的乙烯工业取得了显著的发展，特别是引进国外先进设备投入运行，促进石化产业技术进步，乙烯和丙烯产品的高品质的供应得到了改善，促进了其衍生产品的发展。

二、设计思路

1、选题

选择与自己能力相匹配的合适选题是论文是否成功的关键。应把握以下原则：

(1) 选题应完全根据自己的专业爱好、将来的工作理想自由选择。

(2) 选题不宜过大过难，选题的工作量和难易程度应把握在经过努力能够在给定时间内完成的程度，应与自己的能力相匹配。

(3) 已到工作单位实习或工作的同学最好做与自己工作岗位有关的选题（有实际工作背景和实用价值）。

2、市场调研

学生围绕选题任务查阅国内外有关文献及技术资料，收集尽可能详尽的资料和数据，学习选题方案所覆盖的知识范畴。并通过各种关系和途径进行市场和行业调研，学习和了解与选题相关的生产流程、设计制作方法、市场行情等，获得较多的经验积累。

三、设计过程

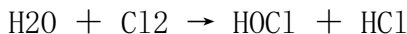
3.1 主要化学反应

3.1.1 反应机理

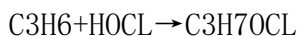
氢氧化钙和环氧丙烷的氯丙醇反应产物。

3.1.2 主要反应

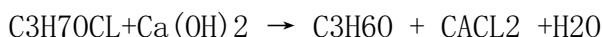
a. 溶氯



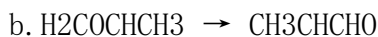
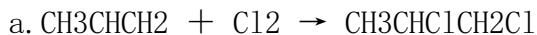
b. 氯醇化



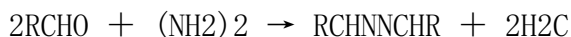
c. 皂化反应



3.1.3 主要副反应



3.1.4 脱醛反应



3.2 工艺流程说明

3.2.1 工艺流程叙述

设备使用的过程中，氯乙醇法中描述的方法，根据该过程分成氯醇化，皂化，

三个蒸馏步骤。

3.2.2 氯醇化反应

a. 丙烯的进入:

液态丙烯由贮槽经液位调节器LIC—101进入丙烯洗器E—102,蒸汽通过PIC—102使丙烯汽化(压力为0.55~0.65MPa),汽化丙烯通过丙烯缓冲罐V—110及总管压力调 PIC—103 入丙烯分 台,然后通过转子流量计,分别进入第一氯醇塔R—101a/a/b和第二氯醇塔R—102进行鼓泡反应。

b. 氯气进入:

氯气由氯气车间汽化岗位送来,通过PIC—101稳压后,进入氯气分配台,再经过转子流量计定量后,进入溶氯喷射器M—101a/b、M—102、M—103进行溶氯,然后进入相应的氯醇反应塔与丙烯反应。

c. 工艺水预热:

为了使氯醇反应出料液温度达到60℃,反应系统所需工艺水应预热到42℃左右。工艺水由总管引入经TIC—306调节后进入皂化塔第一冷凝器E—203的管程,被皂化塔顶的蒸汽加热,再通过FIC—110进行流量调节后进入工艺水预热器,通过蒸汽调节TIC—101对工艺水进行直接加热,使工艺水温度控制在42℃左右。预热后的工艺水进入尾部氯醇喷射器M—103溶解氯气,然后进入尾气反应塔T—103从而成为整个氯醇反应系统的补充水。

d. 氯醇反应:

引入第一氯醇塔R—101a/b与来自M—101a/b的溶氯液在塔内进行气液反应,反应混合物进入第一分离器V—101a/b进行气液分离,部分反应液由第一氯醇泵P—101a/b输送至M—101a/b进行循环溶氯,部分则通过倒“U”型管溢流至第二分离器V—102。其中的物料一部分由第二氯醇泵P—102a/b输送至M—102溶氯,进入第二氯醇反应塔T—102与丙烯进行气液反应;另一部分则由过料泵经转子控制向皂化出料。

在V—101a/b、V—102中分离的尾气,经二氯丙烷分离器V—104分离出二氯丙烷,经尾气转子流量计控制后,进入尾气反应塔进行气液反应,反应混合物进入第三分离器V—103进行气液分离,料液经第三氯醇泵P—103a/b进行循环溶氯,另一部分则均分为两路由电磁流量计FI—104和FI—105控制后,分别进入第一氯醇反应塔R—101a和R—101b。而V—103中分离出的未能参加反应的气体,则经过废气转子流

量计后进入水封排空。

3.2.3 皂化反应

a. 预反应:

由氯醇法环氧氯丙烷混合物通过环氧氯丙烷过热器发送至约 70℃，加热和控制大约 80 度的温度。]下用直接蒸发控制阀 TIC-203。石灰乳配置工序送来的新鲜石灰乳与氯醇液混合，中和其中的 HCl，再进入静态混合器 M—201 进行预反应。新鲜石灰乳由 FIC—201 定量控制。经过预反应后氯醇溶液送至皂化塔 R—201 进行继续反应同时进行精馏分离。

b. 皂化反应:

皂化塔具有反应段、提馏段和精馏段。由 M—201 进入 R—201 第一段塔板的预反应液进一步进行皂化反应。塔底使用定量的新鲜蒸汽，通过喷射器 M—201 抽吸釜液闪蒸蒸汽，然后进入塔釜加热。不凝气体通过尾气水封罐 V—202 排入大气，冷凝液则流入粗 PO 罐 V—203。

c. 皂化釜液的热量回收:

皂化釜液温度约 105℃，流量较大，为降低蒸汽消耗，采取以下过程回收热量：皂化塔釜液通过 LIC—201 调节后至闪蒸罐 V—202，用蒸汽喷射器产生负压使釜液闪蒸产生部分蒸汽，因而温度降至约 96℃，然后用皂化塔底部泵 P—202a/b 送至增稠罐分层后，一部分由罐底用泥浆泵抽如生化池，另一部分清液从罐顶直接排入阴沟。

3.2.4 精馏工序

a. 成品塔精馏:

粗 PO 用成品进料泵 P—301a/b 经转子流量计计量后打入成品塔 T—301，塔顶压力约 18KPa（表压），相应温度为 35℃，塔顶气相经冷凝器 E—303a、E—303b、E—303c 逐步冷凝后，不凝气体直接排空，冷凝液流入回流罐 V—311，再用成品回流泵 P—302a/b 将一部分打回塔顶回流，另一部分由转子流量计计量后出料至成品计量罐 V—305a/b/c，分析合格可由成品打料泵 P—306a/b 打入成品罐，不合格则打入粗 PO 罐 V—203 重新精馏。塔釜蒸汽在进入再沸器 2 TRC-301 控制，塔底温度，以确保材料通过开销。

b. 回收塔精馏:

成品塔釜物料精液位控制 LIC—301 后进入冷却器冷却后，由位差流入釜液中间罐 V—305 再用回收进料泵 P—301 经转子计量后打入回收塔，塔顶气相出料经冷

凝器 E—304a、E—304b 冷凝后，不冷凝气体直接排空，冷凝液进入回收罐 V—308，再通过回收回流泵 P—304a/b 将部分打入塔顶回流，另一部分打入粗 PO 罐 V—304a/b 重新精馏。塔釜温度（约 88℃）通过 TRC—302 调节蒸汽最后控制。残液利用位差排入二氯丙烷中间罐 V—303 分层，下层（油层）与 V—104 来的 DCP 泵 P—305 包装罐，上层（水层）排入暗沟。

3.3 加工原理

压力	单位	数值
丙烯分配塔压力	MPa	1.2±0.02
丙烯汽化器压力	MPa	1.8±0.02
系统压力	MPa	0.48±0.02
氯气分配塔压力	MPa	1.2±0.02
蒸汽总压	MPa	1.5~2.4

氯丙醇溶液 含量	3.5~5.5%	2 次/班	二塔顶
氯丙醇溶液 含酸	1.2~2.0%	2 次/班	二塔顶
粗环氧丙烷 含量	≥74%	2 次/班	PO 出料管
石灰乳溶液 含量	8~15%	1 次/班	高位槽
皂化下水的 PH	10~12	1 次/班	皂化下水池
皂化下水含 COD	<200mg/L	1 次/班	皂化下水池
回收塔釜液	含 PO≤1%	1 次/班	氯丙烷中间

C12 在分两路在溶氯喷射器预溶后，分别进入氯醇一塔和氯醇二塔与丙烯在塔内进行反应

氯醇一塔和二塔的反应液从塔顶溢流至分离器，分离出未反应的丙烯气体，氯醇一塔的反应液部分回流循环，部分溢流二塔气液分离器，氯醇二塔的反应液部分回流循环得到 1.5~3.5%氯丙醇溶液，一部分作为皂化进料和浓度为 10~15%的石灰乳预反应后进入皂化塔内，预反应生成环氧丙烷进入皂化塔内后，迅速从塔内提出，在皂化塔内生成环氧丙烷，气提至塔顶冷凝后进入成品塔脱出重组分。

3.4 影响因素

3.4.1 氯醇反应过程中的影响因素

a. 反应温度

丙烯与氯气氯醇化反应是在水溶液中进行，温度较高有利于 HClO 生成，有利于提高氯气和丙烯的溶解速度，并有利于从反应液中赶走 HCl 和 DCP，但反应温度太高，一方面会加剧设备腐蚀，另一方面将使反应产物大量挥发损失，一般反应温度控制在 60℃ 以下。

b. 反应压力

系统压力高有利于丙烯和氯气的溶解，但压力过高会加剧设备的腐蚀。

c. PCH 浓度

浓度低有利于主反应的进行，PCH 收率高，但浓度过低，会造成能耗上升，且生产能力下降。

d. 丙烯、氯气配比

丙烯过量有利于主反应的进行，工业上一般控制在 1.2~1.3:1，管式反应器配比为 1:1，本装置的配比为 1.05~1.10:1。

3.4.2 皂化反应过程的影响因素

a. 石灰乳与 PCH 的配比

应严格控制石灰乳过量。石灰乳过量有利于皂化反应完全，同时可避免皂化塔腐蚀。一般控制 PCH 与 Ca(OH)₂ 的摩尔比为 1:1.4 左右，皂化下水 PH 值控制在 11 左右。

b. 皂化塔顶温、釜温及皂化第一冷凝器出口气相温度

温度的控制不仅影响到粗 PO 的质量，而且影响到产品的收率。顶温过高，则粗 PO 中的含水量增加，加大了精馏的负荷，同时 PCH 反应不完全，影响皂化收率。顶温过低，则导致 PO 不能及时被蒸出，增加了水解反应发生的可能性。因此要通过控制氯醇预热温度、石灰乳预热温度等方法，控制皂化顶温在 88~93℃。

3.4.3 精馏过程的产品质量及收率的影响

a. 成品塔顶温度及塔顶压力

塔顶的温度和压力成正比。一般顶温控制在 34~38℃，顶压控制在 0.012~0.025MPa 之间。

b. 回收塔釜温度

回收塔釜温度控制在 83~88℃ 之间，温度过低，则塔釜中环氧丙烷含量偏高，塔釜排残就将带走较多的 PO，因而会降低环氧丙烷的收率；温度过高则可能导致液泛。

c. 回流比

不管是成品塔还是回收塔，回流比都是控制产品质量的关键因素之一。正常情况下选取回流比为 2~3.5。

d. 精馏、回收塔顶冷凝器冷量

第一冷凝器的气相出口温度和冷凝液的温度，对精馏的操作及产品的收率都有较大的影响。供冷量不足则顶温难以控制，且会造成跑料。因此，冷冻盐水温度必须达到一定小的温度 ($\leq 0^{\circ}\text{C}$) 和压力 ($\geq 0.45\text{MPa}$)，才能满足冷凝器对供冷量的需求。

四、成果特点

(一)、工艺创新特色

本设备具有反应时间短、效率高和无污染的优点，节约成本，符合绿色化学理念，和常规精馏塔相比收率有所提高。且通过对目标产物进行理化分析，得到较好的产品物理化学性质，稳定性良好。

(二)、工艺创新结论

1、奠定理论基础

本设计研究成果能够为已有的模型或理论添砖加瓦，使已有的理论更加完善。本工艺具有时

间短、效率高和无污染的优点，符合绿色化学理念，和常规反应相比收率有所提高。且通过对目标产物进行理化分析，得到较好的产品物理化学性质，稳定性良好。

2、产生经济效益

应用创新的知识和新技术、新工艺，采用新的生产方式和经营管理模式，提高产品质量，开发生产新的产品，提高新的服务，占据市场并实现市场价值。技术创新为企业创新活动的核心内容，它为组织的实施和过程管理提供必要的支撑和保障。

五、收获与体会

(一)、设计收获与体会

本人的毕业设计是在我的导师的亲切关怀和悉心指导下完成的。他是根据我们的实习单位来给我们选的题。他对我们的毕业设计严格要求，认真指导，给我们指明方向并提出宝贵意见。在此真诚的感谢老师对我的帮助。还有我的同学们，在做毕业设计时我们一起找资料一起讨论，正因为我们相互合作我才能我才能克服一个一个的困难和疑惑，将毕业设计顺利完成。

(二)、设计总结

1、存在问题

- (1) 消极等待；
- (2) 过分依赖指导；
- (3) 工作分心毕业设计。

2、原因分析

毕业设计是毕业生从学校到社会在踏上就业岗位之前，对所学基础课程，专业课程知识和各种综合能力培养的全面回顾、复习、运用和检验，对于弥补教学过程中的某些薄弱环节，培养创新能力、技术应用能力和严谨求实的工作作风有着重要的意

参考文献

1. 天津大学化工原理教研室，姚玉英主编，《化工原理》上、下册，天津科学技术出版社，2004 年。
2. 天津大学物理教研室，《物理化学》第四版。
3. 岳阳巴陵石化年产 6000 吨环氧丙烷装置的生产工艺。
4. 《物理化学手册》，上海科学技术出版社出版。
5. 黄璐、王保国编，《化工设计》，化学工业出版社，2001 年。
6. 李卫民、胡建生等编 CAXA《电子图版教程》，机械电子出版社。
7. J. A. Deam 主编，《兰氏化学手册》，世界图书出版社出版，1999 年。
8. 贺匡国主编，《化工容器及设备简明设计手册》第二版，化学工业出版社出版，2002 年 1 月。
9. 倪进芳主编，《化工过程设计》，化学工业出版社出版，2004 年。