

苯酚丙酮生产工艺的优化与改进及优化效益分析

刘昕辉（中海壳牌石油化工有限公司，广东 惠州 516086）

摘要：苯酚丙酮是一种广泛应用于化工、医药和化妆品等领域的重要化学品，其生产工艺的改进对于工业生产的可行性和可持续性至关重要。本文旨在研究和探讨苯酚丙酮生产工艺的优化与改进，以提高生产效率、降低能耗、改善产品质量，并减少对环境的负面影响。首先，对异丙苯法生产苯酚丙酮工艺流程进行了一定论述，其次，探讨了精制分离工艺的优化，最后，对优化效益进行了分析，有助于推动苯酚丙酮生产工艺水平的不断提高。

关键词：苯酚丙酮；生产工艺；优化

1 前言

苯酚丙酮，作为一种重要的化工中间体，广泛应用于制药、农药、染料等多个工业领域。其生产工艺的优化和改进一直是化工企业关注的焦点，旨在提高产品质量、降低生产成本、减少环境污染以及提高生产过程的能源效率。

随着化工行业对可持续发展和环保的不断追求，对苯酚丙酮生产工艺的优化与改进研究具有重要的理论和实践价值。

2 异丙苯法生产苯酚丙酮工艺流程概述

2.1 原料进料和分解液制备

在这个阶段，两个主要原料，即苯和粗丙烯，经过一系列处理步骤，准备成为后续反应的起始物质。首先，苯和粗丙烯分别被供给到生产装置中。苯通常从催化精馏塔的上部引入，而粗丙烯则从下部引入。在塔内，这两种原料开始混合，并在适当的条件下进行反应。塔顶馏出物主要包含苯以及少量的丙烯和丙烷，而这些产物进一步被回收用于苯酚丙酮的生产。此外，釜液，其中包含苯、异丙苯、二异丙苯等成分，接下来通过一系列分离和纯化步骤，包括苯回收塔、异丙苯塔和二异丙苯塔，以分别获得高纯度的苯、异丙苯和二异丙苯。这些纯度较高的物质将在后续步骤中继续用于苯酚丙酮的生产，构成了整个工艺流程的基础。

2.2 CHP 的合成和提浓

CHP 是苯酚丙酮合成的关键中间体。合成 CHP 的过程通常涉及将异丙苯氧化，然后通过提浓过程将其浓缩。首先，异丙苯（从前面的步骤中获得）与过氧化氢反应，这通常是在催化条件下进行的。过氧化氢起到氧化异丙苯的作用，将其转化为 CHP。这个反应是苯酚丙酮合成过程中的关键步骤之一。其次，得

到的反应混合物会进入提浓过程。在提浓过程中，通常使用蒸馏或其他分离技术来分离 CHP 和其他组分，如水。这是为了将 CHP 浓缩到所需的浓度，以便在后续步骤中更有效地用于苯酚丙酮的合成。

2.3 分解液的分解反应

分解液是由前面步骤中合成的 CHP（过氧化氢异丙苯）组成的混合物，而分解反应将这一混合物分解成苯酚丙酮和其他产物。首先，分解液会被引入分解反应器中。在分解反应器中，通常使用催化剂来促使 CHP 的分解反应发生。这种催化剂通常是固体酸性催化剂，例如蒙脱土。其次，在催化剂的作用下，CHP 分子内部的过氧化氢基团被分解，产生苯酚丙酮和其他反应产物。这个反应是关键性的，因为它将 CHP 转化为最终所需的苯酚丙酮，这是整个工艺的最终产品。

2.4 丙酮和苯酚的精制

首先，从分解反应器产出的分解液中，包含了丙酮、苯酚以及其他杂质和副产物。这个混合物会首先被引入丙酮的共沸塔。在共沸塔中，通常采用精馏过程，利用丙酮和苯酚之间的共沸性质来实现它们的分离。共沸塔的操作条件，例如温度和压力，会被精确控制，以确保高效分离。在共沸塔中，通过逐级升温，丙酮和苯酚被分离出来，通常在不同的馏分中收集。由于它们的不同沸点，丙酮首先升华，然后苯酚在较高温度下升华，从而实现它们的分离。分离出的丙酮和苯酚会分别进入下一步的处理单元。其次，分离出的丙酮会进入丙酮精制过程，其中可能包括精馏塔、冷凝器和其他处理设备。这些设备用于提纯丙酮，去除任何残留的杂质和副产物，以获得高纯度的丙酮产品。同样，分离出的苯酚也会经过苯酚的精制过程，以去除任何残留的杂质和副产物，获得高纯度的苯酚产品。

3 精制分离工艺的优化

3.1 传统分离方案的问题

3.1.1 共沸现象的存在

因为在丙酮精制和苯酚精制的过程中,水也会存在于塔顶和塔釜中,造成共沸现象,从而增加了分离的复杂性。共沸现象的存在会导致以下几个问题:首先,为了分离丙酮、苯酚和水,需要引入共沸剂,这会增加工艺中所需的设备数量,包括塔和冷凝器,从而增加了工程成本。其次,在尝试提高丙酮和苯酚的纯度时,通常需要牺牲一定数量的产量,因为较高的纯度要求更多的塔数和更多的回流操作,这可能降低生产效率。最后,共沸现象还会增加能耗,因为处理水的额外热量和冷凝需求,以及处理共沸剂所需的能量,会导致整个工艺的能源消耗增加。

3.1.2 产品牺牲和废液产生

为了获得高纯度的丙酮和苯酚,通常需要采取多级分离的方法,其中包括采用多个精馏塔和精馏列,以不断提高产品的纯度。这会导致从塔釜和塔顶分别流出的副产物,其中一部分可能包含目标产品,但不能直接回收和利用。因此,需要采用回流操作来最大限度地回收产品,但这同时会增加工艺的复杂性和能源消耗。

产品牺牲和废液产生问题对于生产过程的经济性和可持续性具有不利影响。首先,产品的损失意味着产量不足,需要更多的原料投入,增加了生产成本。其次,废液的产生需要进行处理和处置,这可能涉及到废物处理设施和环境监管要求,增加了环境管理的复杂性和成本。最后,废液的处理也可能对生态系统和环境造成不良影响,因此需要采取额外的环保措施。

3.1.3 高能耗

首先,传统的分离和精制过程通常需要多级的精馏塔、冷却器、再沸器以及其他加热和冷却设备。这些设备在分离和提纯产品时需要大量的能量输入,以提高温度、蒸发液体和冷却气体。尤其是在处理具有共沸性质的组分时,需要更多的热量来实现有效的分离。这会导致生产过程中的高热能消耗,增加了生产成本。其次,为了应对产品牺牲和废液产生问题,传统方案通常采用回流操作来最大程度地回收产品。然而,这也涉及到再次加热和冷却回流的液体,增加了额外的能源消耗。此外,处理废液和废气也需要能源,如废水处理设施和废气处理装置的运行,进一步提高了生产过程的总体能耗。

3.2 丙酮共沸分离塔的改进

3.2.1 利用异丙苯和苯酚作为带水剂

为了改进传统的苯酚丙酮生产中存在的丙酮共沸分离塔问题,一项重要的改进措施是利用异丙苯和苯酚作为带水剂。在传统分离过程中,丙酮和水形成共沸体系,这导致了塔釜中存在水的问题,同时增加了能源消耗,因为需要将水从塔釜中蒸发出来。通过引入异丙苯和苯酚作为带水剂,可以显著减少这个问题。

在这个改进中,异丙苯和苯酚被引入到丙酮共沸分离塔中,它们的共沸温度远高于丙酮和水的共沸温度。因此,在塔内,异丙苯和苯酚可以充当带水剂,使水完全从塔釜中出去。这种方式不仅减少了能源消耗,还提高了丙酮的纯度,因为塔顶得到的丙酮不再包含大量水分。

3.2.2 直接获得高纯度丙酮

通过改进,可以直接获得高纯度的丙酮,而无需经历多个分离步骤。这一改进方法的关键在于充分利用异丙苯和苯酚作为带水剂,如前所述。在共沸分离塔中,异丙苯和苯酚的共沸温度远高于丙酮和水的共沸温度。因此,在塔内,异丙苯和苯酚可以将水从塔釜中彻底排除,并保持在液相中。这意味着在塔顶获得的丙酮将不再含有大量的水分,而是高纯度的丙酮。

3.3 苯酚、异丙苯、水的共沸塔的优化

3.3.1 利用非均相共沸分离

由于异丙苯和水的共沸温度远高于苯酚和异丙苯、苯酚和水的共沸温度,因此,采用非均相共沸分离是一种更为有效的方法。在非均相共沸分离中,通过引入适量的循环水作为共沸剂,无需外加水,即可将异丙苯和水从塔顶分离出来。这种方法不仅减少了水的消耗,还减少了后续处理步骤中所需的能量和资源。同时,由于异丙苯和水的共沸温度较高,这种方法有助于提高分离效率,获得更高纯度的苯酚和异丙苯产品。

3.3.2 减少能耗和塔数

首先,通过利用非均相共沸分离,减少了能耗。在传统方法中,由于存在均相共沸现象,需要消耗大量热能来分离这些组分,而非均相共沸分离利用了共沸剂的热效应,使分离过程更为高效。这降低了加热和冷却所需的能量,有助于节能减排。其次,减少了塔数,简化了工艺流程。传统方法中,为了解决共沸问题,需要多个分离塔,其中一些用于精制丙酮,一些用于精制苯酚,这增加了系统的复杂性。而通过采用非均相共沸分离,可以将苯酚、异丙苯、水的共沸

分离集成到一个塔中,减少了设备数量,降低了工艺的复杂程度。

4 优化效益分析

4.1 优化后的工艺流程效果

4.1.1 丙酮和苯酚的纯度提高

传统的分离方法中,由于存在共沸现象,丙酮和苯酚之间以及它们与其他组分之间的分离相对困难,因此产品中可能会残留较多的杂质。然而通过采用非均相共沸分离和优化的工艺条件,我们能够更有效地分离丙酮和苯酚,使它们的纯度得到提高。这种提高纯度的效果对于苯酚丙酮的生产非常关键,因为高纯度的产品通常更受市场欢迎,同时也降低了后续加工步骤的复杂性。此外,高纯度的丙酮和苯酚还有助于降低废物生成率,提高了生产过程的效率和可持续性。

4.1.2 能耗降低

在传统的分离工艺中,由于需要应对共沸现象和进行多次精馏操作,能耗相对较高。特别是在对丙酮和苯酚进行精制的过程中,需要大量的热能来完成分馏和再沸腾操作,这导致了较高的能源消耗。然而,通过引入非均相共沸分离和其他优化措施,我们成功减少了这些能源消耗。例如,在丙酮共沸分离塔的改进中,我们通过充分利用异丙苯和苯酚作为带水剂,将水从塔釜中排除,从而降低了加热水的需求。同样,在苯酚、异丙苯、水的共沸塔的优化中,通过利用非均相共沸分离,减少了能源消耗,因为不再需要额外的外部水。这种能耗降低不仅有助于降低生产成本,还有助于减少对能源资源的依赖,从而提高了生产过程的可持续性。

4.1.3 产品产率的改善

在传统工艺中,由于共沸现象的存在和多次精馏操作,会导致一定数量的产品牺牲和废液产生。这是因为为了获得所需的产品纯度,必须进行多次分离和回收,其中一些产物可能被损失或变为废液,从而降低了产品产率。通过采用改进后的工艺流程,尤其是在丙酮共沸分离塔的改进和非均相共沸分离中,我们能够更有效地分离和回收丙酮、苯酚和其他关键组分,减少了产品牺牲的情况。这意味着更多的原料能够被转化为高质量的丙酮和苯酚产品,而不会浪费在废液中。因此,产品的产率得到了显著的改善,这对于提高生产效率和降低生产成本具有重要意义。

4.2 工艺改进的经济性和可行性分析

4.2.1 成本效益评估

首先,改进工艺流程减少了多次精馏和回收操作,

降低了能耗和操作成本。这包括减少了能源消耗、减少了催化剂的使用以及降低了废物处理的成本。此外,产品产率的提高也可以带来更多的销售收入。然而,尽管改进工艺可能需要一定的初始投资用于设备更新和工艺调整,但这些成本通常可以在短期内通过运营效益的提高得到回收。成本效益分析通常会考虑改进后的工艺流程的投资回报周期,以确定改进是否是经济可行的。同时,还需要考虑环保和可持续性因素。改进后的工艺流程通常会减少废物和排放物的产生,降低了环境治理和合规成本,并有助于企业更好地满足环保法规和可持续发展目标。

4.2.2 环境友好性考虑

改进后的工艺流程通常会对环境产生更少的负面影响,这对于符合环保法规、提升企业社会责任形象以及未来可持续性发展都至关重要。首先,改进工艺流程通常可以减少废物的产生和有害物质的排放。这意味着降低了对环境的污染程度,减轻了环境处理和治理的负担。减少有害排放还有助于企业避免潜在的罚款和法律纠纷,提高了企业的声誉。其次,改进后的工艺流程可能更加节能和资源高效,降低了能源的消耗和原材料的浪费。这有助于减少对自然资源的过度开采和消耗,符合可持续发展的原则。

5 结语

综上所述,苯酚丙酮生产工艺的优化与改进研究为工业生产提供了一种更高效、更环保、更经济的解决方案。这一研究的成功实施不仅对化工企业具有重要的实际应用价值,也为工业界和学术界提供了一个范例,未来的研究方向将继续致力于工艺的完善和创新,以进一步提高生产效益、降低成本、减少环境影响,为化工行业的可持续发展贡献更多的力量。

参考文献:

- [1] 郑超伟. 双丙酮醇生产工艺优化与设计 [D]. 杭州: 浙江工业大学, 2018.
- [2] 贺斌莹. 氧分析仪器在苯酚丙酮装置生产中的应用 [J]. 科技展望, 2016, 26(19): 71.
- [3] 于鹏. 丙酮肟醇制甲基丙烯酸甲酯生产优化措施分析 [D]. 上海: 华东理工大学, 2016.
- [4] 郑小娟. 弗托氏葡萄糖酸杆菌转化甘油生产二羟基丙酮的条件优化 [D]. 郑州: 河南大学, 2016.
- [5] 龚铮午, 龚升午. 双丙酮醇的制备 [J]. 湖南化工, 1990(02): 59-60.
- [6] 周新军. 双丙酮醇的催化合成及其应用研究进展 [J]. 乙醛醋酸化工, 2018(1): 10.