

化学工程中化工生产工艺

张瑞娟 张佳佳

龙星化工股份有限公司 河北 邢台 054100

摘要: 化学工程作为一门核心学科,其化工生产工艺对现代工业发展起着举足轻重的作用。本文聚焦化学工程中煤焦油方向的化工生产工艺。阐述了煤焦油蒸馏、加氢、精制等主要工艺,分析了不同工艺特点及对比情况。指出当前煤焦油加工工艺存在分离效率低、环境污染、能源消耗大以及催化剂性能不足等问题,并针对性地提出开发新型分离技术、加强环保治理、优化能源利用和研发高性能催化剂等改进措施,旨在推动煤焦油化工生产工艺的优化与可持续发展。

关键词: 化学工程; 化工生产; 工艺

引言: 在化学工程领域,化工生产工艺至关重要。煤焦油作为煤炭干馏的重要产物,其加工工艺对于资源高效利用和化工产业发展意义重大。通过对煤焦油进行蒸馏、加氢、精制等工艺处理,可获取多种高价值产品。然而,现有的煤焦油加工工艺在实际运行中暴露出一系列问题。深入研究这些工艺及存在的问题,并提出有效改进措施,对提升煤焦油加工水平和化工行业整体发展具有重要的现实意义。

1 化工生产工艺概述

煤焦油作为煤炭干馏的关键产物,蕴含着极为丰富的有机化合物,其化工生产工艺多样且意义重大。蒸馏是煤焦油加工的初始关键步骤。基于各成分沸点的不同,借助常压或减压蒸馏技术,能够把煤焦油精确分离为轻油、酚油、萘油、洗油、蒽油以及沥青等多种馏分。例如,轻油沸点较低,最先被分离出来。精制环节则是针对不同馏分实施专门处理。就拿酚油来说,利用酸碱反应,酚类物质会与其他杂质发生反应从而实现分离,进而提取出酚类。萘油提取萘时,主要依靠结晶、重结晶的方法,使萘从混合物中逐步提纯。加氢处理同样不可或缺。在特定催化剂的作用下,煤焦油馏分与氢气充分反应,能够显著降低硫、氮等杂质的含量,极大地改善油品质量,为生产清洁燃料或化工原料奠定基础。而煤焦油沥青用途广泛,在电极生产中是关键原料,能提升电极性能;在筑路领域,可增强路面的稳定性与耐久性。这些工艺相辅相成,把原本看似无用的煤焦油转化为高价值产品,达成了资源的高效利用与深度开发^[1]。

2 煤焦油加工主要工艺

2.1 煤焦油蒸馏工艺

2.1.1 工艺原理

煤焦油蒸馏的基本原理是利用煤焦油中各组分沸点的

差异,通过加热使其汽化,然后根据不同温度下各组分的汽化程度不同,进行分馏分离,从而将煤焦油分割成不同沸点范围的馏分,如轻油馏分、酚油馏分、萘油馏分、洗油馏分、蒽油馏分和软沥青等。在蒸馏过程中,由于煤焦油中存在大量的多元共沸体系,使得分离难度增大,需要精确控制蒸馏温度、压力等操作条件,以实现各馏分的有效分离。

2.1.2 工艺流程

煤焦油(以下简称焦油)经焦油预热器(仅开工时用)和1号软沥青换热器加热到130-135℃进入预脱水塔,在塔内闪蒸出大部分水分和少量轻油。预脱水塔底的焦油自流入脱水塔,蒸汽同轻油气从塔顶逸出,经轻油冷凝冷却器、轻油分离器得到氨水和轻油馏分。脱水塔顶部送入轻油回流,脱水塔底无水焦油经重沸器循环加热,供给脱水塔所需热量,一部分无水焦流经2号软沥青换热器和管式炉加热到335℃进入主塔。上塔顶逸出的酚油馏分蒸气,经酚油冷凝器和冷却器得酚油馏分,一部分作回流送入主塔顶部。从塔的侧线分别切取萘油馏分、洗油馏分和蒽油馏分。在蒸汽发生器内,利用洗油馏分和蒽油馏分的热量产生0.3MPa蒸汽,供装置加热用,各馏分经冷却后送出。

2.1.3 工艺特点

煤焦油减压连续蒸馏可降低所含组分的沸点,避免或减少高沸点物质的分解和结焦现象,提高各组分的相对挥发度,使常压蒸馏时不易分离的沸点相近的物质较好地分离,并能降低耗热量。例如,德国、意大利、日本、比利时和澳大利亚等国广为采用的奥托式和卡尔·斯蒂尔式煤焦油连续蒸馏工艺均属此法,年处理10万吨无水焦油的煤焦油蒸馏适于采用此流程。该工艺自动化程度较高,生产效率高,产品质量稳定,但设备投资

较大，对操作控制要求严格。

2.2 煤焦油加氢工艺

2.2.1 工艺原理

煤焦油加氢工艺是在一定的温度、压力和催化剂存在的条件下，使煤焦油中的各类有机化合物与氢气发生反应。通过加氢反应，煤焦油中的硫、氮、氧等杂原子与氢结合生成 H_2S 、 NH_3 和 H_2O 等气体而脱除，同时不饱和和烃发生加氢饱和反应，大分子烃类发生加氢裂化反应生成小分子烃类，从而将煤焦油转化为优质的轻质燃料油和化工原料，提高产品的质量和附加值。

2.2.2 工艺流程

煤焦油先通过预处理设备进行加氢脱硫、脱氮和脱氧等初步处理，去除其中的部分杂质和有害物质。然后进入反应系统，在反应系统中，加氢精制和裂化反应相继进行。反应所需的氢气经过压缩、净化等处理后进入反应系统。反应后的产物进入分离设备，通过精馏、萃取等分离手段，将产品如柴油、石脑油等分离出来。

2.2.3 工艺特点

煤焦油加氢工艺能够有效提高煤焦油的利用率，生产出符合环保标准的清洁燃料和高附加值的化工产品，如通过加氢精制和改制，可产出石脑油和轻柴油等。该工艺还能减少煤焦油中的杂质含量，降低对环境的污染。然而，煤焦油加氢工艺也存在一些挑战，如氢消耗大、反应空速小和催化剂易结焦等问题。针对这些问题，技术专家们聚焦于加工沥青质较低的轻质煤焦油，以优化过程。

2.3 煤焦油精制工艺

2.3.1 工艺原理

煤焦油精制工艺是对煤焦油蒸馏或加氢后的馏分进行进一步的提纯和精制，以获得高纯度的单一化合物或特定组成的产品。其原理主要基于各化合物在物理性质（如沸点、溶解度、吸附性等）和化学性质上的差异，采用蒸馏、萃取、结晶、吸附等多种分离技术，将目标化合物从复杂的混合物中分离出来，并去除其中的杂质，提高产品质量。

2.3.2 工艺流程

以萘的精制为例，从煤焦油蒸馏得到的萘油馏分，首先通过精馏进一步分离出粗萘，粗萘中仍含有一些杂质，如硫茛、甲基萘等。然后采用溶剂萃取的方法，利用特定的溶剂对粗萘进行萃取，使杂质溶解在溶剂中，而萘则相对富集在萃取相。经过多次萃取和反萃取后，得到初步提纯的萘。再通过结晶的方法，利用萘在不同温度下溶解度的差异，进行冷却结晶或熔融结晶，进一步去除杂质，得到高纯度的精萘。

2.3.3 工艺特点

煤焦油精制工艺能够生产出高附加值的精细化工产品，满足医药、电子、材料等高端领域对原料纯度的严格要求。例如，精萘可用于生产染料中间体、农药等；提纯后的酚类化合物可用于制造高性能的酚醛树脂。但该工艺通常流程复杂，设备投资大，生产过程中需要消耗大量的溶剂和能源，对操作和管理的要求也较高^[2]。

2.4 不同工艺对比分析

工艺	优点	缺点	适用情况
蒸馏工艺	能分离出多种馏分，为后续加工提供原料；技术成熟，设备相对简单，投资成本相对较低	分离精度有限，难以得到高纯度的单一产品；部分高沸点物质易分解和结焦	适用于对产品纯度要求不是特别高，大规模生产基础馏分产品的情况
加氢工艺	可有效提高产品质量，生产清洁燃料和高附加值化工原料；降低杂质含量，减少环境污染	氢消耗大，成本较高；反应条件苛刻，对设备要求高；催化剂易结焦，需频繁更换或再生	适用于对产品质量要求高，追求生产清洁燃料和高附加值化工产品，且有充足氢气来源的企业
精制工艺	能生产高纯度的精细化工产品，满足高端领域需求	流程复杂，设备投资大，能耗高，生产成本低	适用于有技术和资金实力，专注于生产高附加值精细化工产品，面向高端市场的企业

3 煤焦油加工工艺存在的问题及改进措施

3.1 存在的问题

3.1.1 分离效率低

煤焦油作为一种成分极为复杂的混合物，内部存在大量多元共沸体系。在传统的蒸馏过程中，由于共沸体系的干扰，各组份间的沸点差异变得模糊，导致难以通过常规的温度控制精准分离沸点相近的物质。例如，在煤焦油蒸馏时，萘、菲等物质的沸点较为接近，在蒸馏

塔内分离时容易相互夹带，使得得到的馏分纯度不高。萃取技术同样面临困境，由于煤焦油中众多化合物的化学性质相似，萃取剂难以实现高选择性萃取，导致目标产物收率较低。

3.1.2 环境污染问题

在煤焦油加工的一系列流程中，会产生大量的废气、废水和废渣，给环境带来极大压力。废气方面，在高温加工环节，煤焦油中的有机物不完全燃烧，产生苯

并茈这类强致癌物质，同时含硫、含氮化合物转化为二氧化硫、氮氧化物等，这些物质排放到大气中，不仅会形成酸雨，还会加剧雾霾等空气污染问题。废水中高浓度的酚、氰、氨氮等毒性物质，若未经有效处理直接排放，会严重污染地表水和地下水，破坏水体生态平衡，影响周边动植物的生存。

3.1.3 能源消耗大

煤焦油加工工艺中，蒸馏需要持续供给大量热能以实现各馏分的汽化分离，加氢工艺更是在高温高压条件下进行，对能源的需求巨大。以常见的连续蒸馏装置为例，为维持塔内稳定的温度梯度，需要不断消耗大量的蒸汽或燃料油。加氢过程中，氢气的制取、压缩以及反应设备的运行都依赖大量电能。随着全球能源市场价格的波动上涨，能源成本在煤焦油加工总成本中的占比不断攀升，压缩了企业的利润空间。

3.1.4 催化剂性能有待提高

在煤焦油加氢工艺里，催化剂是实现加氢反应、提升产品质量的核心要素。然而，当前所使用的催化剂存在诸多弊端。在实际生产过程中，由于煤焦油中杂质较多，催化剂容易吸附杂质导致活性中心被覆盖，进而活性下降迅速。同时，反应过程中的结焦现象也较为严重，焦炭在催化剂表面和孔道内沉积，阻碍反应物与催化剂的接触，缩短了催化剂的使用寿命。

3.2 改进措施

3.2.1 开发新型分离技术

为攻克煤焦油分离效率低的难题，新型分离技术的研发迫在眉睫。膜分离技术基于膜对不同物质的选择性透过原理，在压力差、浓度差等驱动力下，实现煤焦油中各组分的分离。例如，采用有机高分子膜或无机陶瓷膜，可对煤焦油中的酚类、芳烃等进行高效分离。其优势在于操作简便、能耗低、分离精度高，能有效避免传统分离技术中因共沸体系导致的分离难题。超临界流体萃取技术利用超临界流体在临界点附近对溶质溶解度的特殊变化，将其作为萃取剂。当超临界流体与煤焦油接触时，可选择性地溶解目标组分，然后通过改变温度、压力等条件，使萃取物与超临界流体分离。

3.2.2 加强环保治理

在废气处理方面，可采用先进的吸附、燃烧等技术。如利用活性炭吸附废气中的苯并茈等有害物质，然后通过热脱附等方式回收活性炭并对吸附的污染物进行集中处理；对于二氧化硫、氮氧化物，可采用脱硫、脱硝技术，如选择性催化还原（SCR）、湿式石灰石-石膏法等，将其转化为无害物质后排放。废水处理则可采

用多级处理工艺，先通过隔油、气浮等物理方法去除废水中的油类和悬浮物，再利用生物处理技术，如活性污泥法、生物膜法等，降解废水中的酚、氰、氨氮等有机物，最后通过高级氧化等深度处理技术，进一步去除残留的污染物，确保废水达标排放。

3.2.3 优化能源利用

从工艺流程优化角度，可通过合理调整蒸馏塔的塔板数、回流比等参数，提高蒸馏效率，降低热能消耗。在加氢工艺中，优化反应条件，如选择合适的反应温度、压力，提高氢气利用率，减少能源浪费。余热回收也是关键举措，可安装热交换器，将煤焦油加工过程中产生的高温废气、废水的热量进行回收，用于预热原料或产生蒸汽，供其他工序使用。同时，积极探索利用太阳能、风能等可再生能源，为煤焦油加工企业部分提供电力，降低对传统化石能源的消耗，实现节能减排，降低生产成本，提高企业的可持续发展能力。

3.2.4 研发高性能催化剂

研发新型催化剂载体是提升催化剂性能的重要方向。在活性组分选择上，研究开发新型的活性金属或金属氧化物，如添加稀土元素等助剂，改善催化剂的电子结构，增强其抗结焦性能和加氢活性。此外，通过优化催化剂的制备工艺，如采用纳米制备技术，精确控制催化剂的粒径和孔结构，使其更好地适应煤焦油加氢反应的复杂环境。还可以建立催化剂的在线监测和维护系统，实时监测催化剂的活性、结焦情况等，及时调整反应条件，延长催化剂的使用寿命，降低生产成本^[1]。

结束语

综上所述，煤焦油化工生产工艺通过蒸馏、精制、加氢处理等一系列流程，充分挖掘了煤焦油的潜在价值，在资源回收利用与化工产品生产领域发挥着关键作用。然而，目前工艺仍存在一些不足，亟待解决。未来，随着技术的不断创新与突破，新型分离技术、高性能催化剂的研发，以及环保与能源利用的持续优化，煤焦油化工生产工艺必将朝着更高效、更环保、更节能的方向大步迈进，为化学工程领域创造更多价值，推动行业可持续发展。

参考文献

- [1]葛美珍. 化学工程中的化工生产工艺分析[J]. 化工设计通讯, 2023, 46(01): 59+65.
- [2]朱家谊. 化学工程中的化工生产工艺分析[J]. 家庭生活指南, 2023(01): 83-84
- [3]郭凤尧. 化学工程中化工生产工艺分析[J]. 南方农机, 2022, 49(01): 98-99.