

YOUJI HUAGONG JING (ZHENG) LIU CANZHA
WURAN FANGZHI JISHU SHOUC



有机化工精(蒸)馏残渣污染防治 技术手册

李 敏 王海燕 赵丽娜 杨 昱 等 / 编著

中国环境出版社

环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书

有机化工精（蒸）馏残渣污染防治 技术手册

李 敏 王海燕 赵丽娜 杨 昱 等 / 编著

中国环境出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

有机化工精 (蒸) 馏残渣污染防治技术手册/李敏等编著.

—北京: 中国环境出版社, 2016.6

ISBN 978-7-5111-2810-2

I. ①有… II. ①李… III. ①有机化工—化工
生产—蒸馏—污染防治—技术手册 IV. ①X502-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 098583 号

出 版 人 王新程
责任编辑 丁莞歆
责任校对 尹 芳
封面设计 金 喆

出版发行 中国环境出版社
(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)
010-67175507 (环境科学分社)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京中科印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2016 年 7 月第 1 版
印 次 2016 年 7 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 7
字 数 152 千字
定 价 28.00 元

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载, 违者必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

《环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书》

编委会

顾问：吴晓青

组长：刘志全

成员：禹军 陈胜 刘海波

《有机化工精（蒸）馏残渣污染防治技术手册》

编 委 会

主 编：李 敏

副主编：王海燕 赵丽娜 杨 昱

编 委：李秀金 张毅敏 周献慧 庄相宁

邹德勋 何小松 吴 刚 安 达

李 娟 朱宝宁 张岩男 袁海荣

高月香 黄彩虹 廉新颖 马志飞

总 序

我国作为一个发展中的人口大国，资源环境问题是长期制约经济社会可持续发展的重大问题。党中央、国务院高度重视环境保护工作，提出了建设生态文明、建设资源节约型与环境友好型社会、推进环境保护历史性转变、让江河湖泊休养生息、节能减排是转方式调结构的重要抓手、环境保护是重大民生问题、探索中国环保新道路等一系列新理念新举措。在科学发展观的指导下，环境保护工作成效显著，在经济增长超过预期的情况下，主要污染物减排任务超额完成，环境质量持续改善。

随着当前经济的高速增长，资源环境约束进一步强化，环境保护正处于负重爬坡的艰难阶段。治污减排的压力有增无减，环境质量改善的压力不断加大，防范环境风险的压力持续增加，确保核与辐射安全的压力继续加大，应对全球环境问题的压力急剧加大。要破解发展经济与保护环境的难点，解决影响可持续发展和群众健康的突出环境问题，确保环保工作不断上台阶出亮点，必须充分依靠科技创新和科技进步，构建强大坚实的科技支撑体系。

2006年，我国发布了《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020年）》（以下简称《规划纲要》），提出了建设创新型国家战略，科技事业进入了发展的快车道，环保科技也迎来了蓬勃发展的春天。为适应环境保护历史性转变和创新型国家建设的要求，原国家环境保护总局于2006年召开了第一次全国环保科技大会，出台了《关于增强环境科技创新能力的若干意见》，确立了科技兴环保战略；2012年，环境保护部召开第二次全国环保科技大会，出台了《关于加快完善环保科技标准体系的意见》，全面实施科技兴环保战略，建设满足环境优化经济发展需要、符合我国基本国情和世界环保事业发展趋势的环境科技创新体系、环保标准体系、环境技术管理体系、环保产业培育体系和科技支撑保障体系。几年来，在广大环境科技工作者的努力下，水体污染控制与治理科技重大专项实施顺利，科技投入持续增加，科技创新能力显著增强；现行国家标准达1300余项，环境标准体系建设实现了跨越式发展，完成了100余项环

保技术文件的制修订工作，确立了技术指导、评估和示范为主要内容的管理框架。环境科技为全面完成环保规划的各项任务起到了重要的引领和支撑作用。

为优化中央财政科技投入结构，支持市场机制不能有效配置资源的社会公益研究活动，“十一五”期间国家设立了公益性行业科研专项经费。根据财政部、科技部的总体部署，环保公益性行业科研专项紧密围绕《规划纲要》和《国家环境保护科技发展规划》确定的重点领域和优先主题，立足环境管理中的科技需求，积极开展应急性、培育性、基础性科学研究。“十一五”以来，环境保护部组织实施了公益性行业科研专项项目 439 项，涉及大气、水、生态、土壤、固废、核与辐射等领域，共有包括中央级科研院所、高等院校、地方环保科研单位和企业等几百家单位参与，逐步形成了优势互补、团结协作、良性竞争、共同发展的环保科技“统一战线”。目前，专项取得了重要研究成果，提出了一系列控制污染和改善环境质量技术方案，形成一批环境监测预警和监督管理技术体系，研发出一批与生态环境保护、国际履约、核与辐射安全相关的关键技术，提出了一系列环境标准、指南和技术规范建议，为解决我国环境保护和环境管理中急需的成套技术和政策制定提供了重要的科技支撑。

为广泛共享“十一五”以来环保公益性行业科研专项项目研究成果，及时总结项目组织管理经验，环境保护部科技标准司组织出版环保公益性行业科研专项经费系列丛书。该丛书汇集了一批专项研究的代表性成果，具有较强的学术性和实用性，可以说是环境领域不可多得的资料文献。丛书的组织出版，在科技管理上也是一次很好的尝试，我们希望通过这一尝试，能够进一步活跃环保科技的学术氛围，促进科技成果的转化与应用，为探索中国环保新道路提供有力的科技支撑。

中华人民共和国环境保护部副部长

吴晓青

2011 年 10 月

前 言

有机化工行业是典型的重污染行业，其产品、中间产物和原材料很多都是危险化学品，其精（蒸）馏残渣更是具有污染物种类多、排放量大、成分复杂、环境污染严重等环境问题。目前，我国对工业固体废物的管理整体上滞后于对废气和废水的管理。在固体废物管理方面，国家对危险废物的管理比对一般工业固体废物投入的力度要强，采取的是全过程管理方式，相继出台了危险废物的鉴别和处理处置的相关国家标准；但对危险废物的综合利用方面还存在着管理空缺，尤其是在危险废物综合利用二次污染监管方面更是存在问题。

本手册是在环保公益项目“有机化工精（蒸）馏残渣污染特征与污染风险控制”研究的基础上编写的。通过该课题的研究，项目组成员通过产品和生产工艺，对有精（蒸）馏工业的产品进行了筛选，再按产生量大、毒性大、关注度高这三个要素进一步筛选，确定了 73 种产品，在对其生产过程、产废环节、去向等调研的基础上，估算了有机化工行业精（蒸）馏残渣的产生量，摸清了精（蒸）馏残渣的基本特性和残渣去向，梳理了精（蒸）馏残渣处理处置和综合利用方式，对处理处置和综合利用技术进行了调查并汇总，以减少在精（蒸）馏残渣处理处置过程中产生的二次污染。同时，本手册对精（蒸）馏残渣的环境影响或效应进行了初步分析，提出了风险控制管理有机化工精（蒸）馏残渣的思路和方法。

本手册内容包括：有机化工概况、精（蒸）馏工艺及环境管理依据，有机化工精（蒸）馏残渣的产生及污染特性，有机化工精（蒸）馏残渣污染处理处置，有机化工精（蒸）馏残渣污染风险评价及污染防治措施，旨在为企业、科研单位、教育部门和环境部门提供参考。

著 者

2016 年 3 月

目 录

第 1 章 有机化工概况、精（蒸）馏工艺及环境管理依据.....	1
1.1 我国有机化工概况及发展趋势.....	1
1.1.1 我国有机化工概况.....	1
1.1.2 我国有机化工行业发展的趋势.....	2
1.2 有机化工分类.....	3
1.2.1 基础有机化工.....	3
1.2.2 高分子化工.....	5
1.2.3 精细化工.....	5
1.3 精（蒸）馏生产工艺分类.....	5
1.3.1 蒸馏分类.....	5
1.3.2 精馏分类.....	7
1.4 有机化工精（蒸）馏残渣的产生.....	8
1.5 精（蒸）馏残渣的环境管理依据.....	10
第 2 章 有机化工精（蒸）馏残渣的产生及污染特性.....	12
2.1 有机化工精（蒸）馏残渣的产生.....	12
2.1.1 有机化工精（蒸）馏残渣的产生量.....	12
2.1.2 精（蒸）馏残渣生产工艺.....	13
2.1.3 精（蒸）馏残渣的产生形态.....	21
2.2 典型精（蒸）馏残渣的特性分析及污染特征.....	22
2.2.1 残渣组分复杂.....	22
2.2.2 残渣污染危害大.....	23
2.3 精（蒸）馏残渣的分类.....	23
2.4 精（蒸）馏残渣的鉴别.....	23

第3章 有机化工精（蒸）馏残渣污染处理处置	29
3.1 有机化工精（蒸）馏残渣污染处理处置方式的现状及存在的问题	29
3.1.1 有机化工精（蒸）馏残渣污染处理处置方式的现状	29
3.1.2 有机化工精（蒸）馏残渣污染处理处置存在的问题	30
3.2 有机化工精（蒸）馏残渣污染处理处置方式的特点及要求	33
3.2.1 前处理	34
3.2.2 包装	38
3.2.3 贮存	39
3.2.4 运输	41
3.2.5 综合利用	42
3.2.6 焚烧处置	43
3.2.7 安全填埋处置	49
3.2.8 废水处理	51
3.2.9 管理要求	51
第4章 有机化工精（蒸）馏残渣污染风险评价	52
4.1 风险排查清单法	52
4.1.1 相关引用标准和文件	53
4.1.2 风险排查清单法主要内容	54
4.1.3 风险评估方法	62
4.2 基于人体健康的风险评价	64
4.2.1 危害识别	65
4.2.2 暴露场景建立	65
4.2.3 暴露途径确定	66
4.2.4 风险值计算	67
第5章 有机化工精（蒸）馏残渣污染防治措施	78
5.1 精（蒸）馏残渣产生环节	78
5.2 精（蒸）馏残渣储存环节	78
5.3 精馏残渣的贮存设施环节	78
5.4 精馏残渣的运输环节	78
5.5 精馏残渣的转移	79
5.6 精馏残渣的综合利用环节	79

5.7 精馏残渣的处理处置环节	79
5.8 精馏残渣的环境监测与管理环节	79
5.9 其他	79
附录 I 《危险废物鉴别标准 毒性物质含量鉴别》(GB 5085.6—2007)	
附录 A~F	80
附录 II 有机化工精(蒸)馏残渣分析图谱及组成成分	82
附录 III XRF 测定精(蒸)馏残渣中金属元素	95
附录 IV 化学品风险等级划分	97
参考文献	100

第 1 章

有机化工概况、精（蒸）馏工艺及环境管理依据

1.1 我国有机化工概况及发展趋势

1.1.1 我国有机化工概况

我国有机化工原料行业经过多年的发展，在生产规模、原料路线、工艺技术水平、产品品种和产品质量等方面都取得了较大的进步，特别是近年来，以炼油、乙烯为龙头的石油化学工业持续发展，一批采用先进技术、拥有世界级规模的生产装置陆续建成投产。同时，以煤炭、甲醇为原料的现代煤化工风起云涌，多条工艺路线陆续打通并实现产业化。另外，以轻烃为原料的脱氢制烯烃路线发展迅速，已有多套装置上马。多年来，我国有机化工原料生产的上游原料主要是依靠乙烯和芳烃装置提供。近年来，我国有机化工原料生产开始部分采用煤基/甲醇原料路线和轻烃原料路线，如煤基烯烃/乙二醇以及轻烃裂解脱氢制烯烃技术的开发和引进增加了有机化工原料来源渠道，缓解了我国炼油乙烯和芳烃供应不足的矛盾。此外，生物法乙烯、生物基聚合物等产品的技术开发和生产也取得较大进展，使生产原料多元化，行业发展已从单纯满足供给转向以节能、降耗、减排与环保、提高装置规模和产业集中度、努力提升技术水平为主题的结构调整时期，如 MDI、TDI、丙烯酸及酯、己内酰胺等产品技术都实现了国产化，有力地推动了我国有机化工原料技术水平的发展进步，使我国有机化工原料发展迈上了一个新台阶。2013 年，我国甲醇、乙二醇、PX、PTA、苯乙烯、醋酸、己二酸、苯酐、丙烯腈、异氰酸酯等多种有机化工原料消费量已居世界第一位，丁辛醇、环氧乙烷、环氧丙烷、双酚 A、BDO 等有机化工原料的生产和消费量也居世界前列。我国目前基础化工产业发展还不平衡，存在着供需矛盾并存的局面。由于产能的增加，丁辛醇、苯酚、丙酮、PTA 和己内酰胺国内自给率增幅超过 30%，部分缓解了供求矛盾；供求矛盾仍较为突出的品种主要有乙二醇、丙酮、双酚 A、苯乙烯、高碳醇等，国内产品自给率不足 70%；产能增长过快导致供大于求的产品主要有甲醇、BDO、醋酸、苯酐、顺酐、醋酸乙烯等，装置平均开工率不足 60%。

20 世纪 80 年代以来欧美等国的环境保护法规不断严格，一些中间体生产公司对“三废”排放量大、污染严重且处理费用高、运营成本高的有机中间体逐步减产或停止生产，并向亚洲转移，制造精细化学品所需的中间体对亚洲的依赖程度也越来越高，如国外不少

制造农药、染料和有机颜料等大吨位中间体(硝基甲苯、硝基氯苯和奈系衍生物等)。由于我国的产品质量良好、价格低廉,上述产品已在欧美市场上取得了优势地位,因此我国有机化工行业从20世纪80年代开始快速发展,产业规模化生产逐步加大。目前,我国已经成为全球染料、颜料、传统医药、农药、橡塑助剂、食品饲料添加剂等精细化工领域的生产基地。有多种有机中间体装置规模位居世界第一,主要为萘系有机中间体、氯代芳烃类中间体、芳香胺类、芳香族羧酸类产品。我国是亚洲有机中间体生产国家中最具影响力和竞争力的国家,生产精细化学品用中间体品种约1500个,其中染料中间体品种接近500个、农药中间体160个左右、医药中间体约360个。出口的有机中间体超过220个。

2013年我国石化行业共有规模以上企业1400家,实现主营收入3945.6亿元,同比增长15.4%;利润总额272.7亿元,同比增长10.7%。我国化工装备制造业企业数量已位居全球第一,部分企业部分产品的制造水平甚至达到了国际领先水平,但从全球角度看,尤其从技术装备角度看,并不是制造强国,只能是制造大国。与发达国家相比,我国化工技术装备在研发能力、制造水平和装备质量等方面还存在着很大的差距。我国已建或将建的甲醇装置不少在年产百万吨以上,但至今已建的年产60万t甲醇装置全部为国外技术。聚乙烯、聚丙烯塑料挤压造粒机组在我国已经实现了20万t/a和25万t/a机组的国产化,但是市场需求最旺盛的30万~40万t/a机组仍需要全部进口。

1.1.2 我国有机化工行业发展的趋势

我国化工行业面临比较严峻的外部形势。目前国际上发达国家削弱发展中国家工业品出口竞争力,遏制新兴国家崛起,国际需求放缓,贸易保护主义抬头,中国制造业出口环境趋于恶化。跨国公司利用全球化生产组织优势,控制全球供应链体系,牢牢掌控产业价值链高端环节,对中国等发展中国家试图走出“低端锁定”带来较大制约。与此同时,美国开展“页岩气革命”,能源价格大幅下降,这样大幅降低了美国制造业成本,推动了美国制造业的复兴,加速了美国“重返亚太”的战略转移步伐。

除了国际形势的恶劣,国内化工行业本身存在很大的挑战:产业结构亟待调整和优化,产能减排任务艰巨,资源约束“瓶颈”形势严峻,科技支撑有待加强。我国石化产品结构性矛盾突出,集中表现在传统大宗石化产品的总产能明显超过国内市场需求,装置开工负荷较低,资源浪费严重;石化产品、有机化工产品和高档新产品的比重过低,高端石油和化工产品严重短缺,进口依赖程度很高,部分高科技产品尚处于空白;高消耗、粗加工、低附加值产品比重偏高。此外,化工总产值65%以上由初级加工产品构成:离子膜烧碱占烧碱总产量的69%,高浓度磷肥仅为磷肥总产量的73%,氟树脂中非聚四氟乙烯仅占11%。部分行业产能过剩已成为影响全行业结构调整和经济平稳运行的突出风险。2013年部分数据如下所示:尿素产量装置平均利用率维持在80%左右,年烧碱装置平均利用率在75%左右,纯碱装置平均利用率80%上下,聚氯乙烯装置利用率不足65%,醇更低,不足60%,聚氯乙烯和甲醇价格长期低位徘徊。我国化工产业结构亟待

调整和优化。

2013年12月23日,工信部发布的《石化和化学工业节能减排指导意见》(以下简称《意见》)指出,石化和化学工业能源资源消耗高、污染物排放量大的局面尚未得到根本改变,并随《意见》一同下发了《2013—2017年石化和化学工业重点耗能产品单位综合能耗下降目标》和《2013—2017年石化和化学工业重点研发和推广的节能减排技术》等文件。《意见》提出具体目标:2017年底比2012年二氧化硫减少8%、化学需氧量减少8%、氨氮减少10%、氮氧化物减少10%、废水实现全部处理并稳定达标排放、单位工业增加值用水量降低30%、水的重复利用率提高到93%以上、新增石化和化工固体废物综合利用率达到75%、危险废物无害化处置率达到100%、石化和化学工业万元增加值能源消耗下降18%。

我国石化工业的主要原料石油和一些化学矿资源十分贫乏,大量依赖进口。原油、钾资源、硫资源、天然气、天然橡胶等大宗原料对外依存度较高。目前,已探明的石油储量只占全球储量的1.2%,而消费量占世界的9.7%,已成为全球第二大石油消费国和进口国。预计到2020年对外依存度超过60%。我国化工行业科研投入不足,全行业科研投入占销售收入的比重仅为1%,而发达国家则达到3%~5%,科研成果的工程转化率不到30%,成套工业化技术不多。由此可见,我国化工行业已经进入“转型升级”的关键时期,要抓住机遇,克服困难,才能由高投入,高资源、能源消耗,低产出的“粗放式发展模式”向更加注重质量、效益的绿色发展、循环发展的“科学发展模式”发展。因此,淘汰落后产能,遏制传统产业产能过剩;大力发展精细化工,调整产品结构,产品向中下游延伸,走装置小型化和产品精细化的道路;巩固有机化工原料市场在世界市场的中心地位,增加有机化工原料来源渠道,使我国有机化工原料生产原料多元化程度进一步提升成为我国化工行业最终要达到的产需平衡调控目标,也是该行业的发展方向。

1.2 有机化工分类

有机化工是有机化学工业的简称,又称为有机合成工业,是以石油、天然气、煤等为基础原料,主要生产各种有机原料的工业。根据产品又可分为基础有机化工、高分子化工和精细化工。

1.2.1 基础有机化工

基础有机化工的直接原料包括氢气、一氧化碳、甲烷、乙烯、乙炔、丙烯、碳四以上脂肪烃、苯、甲苯、二甲苯、乙苯等。原油、石油馏分或低碳烷烃的裂解气、炼厂气以及煤气经过分离处理,可以制成用于不同目的的脂肪烃原料;从催化重整的重整汽油、烃类裂解的裂解汽油以及煤干馏的煤焦油中,可以分离出芳烃原料;适当的石油馏分也可直接用作某些产品的原料;由湿性天然气可以分离出甲烷以外的其他低碳

烷烃；从煤气化、天然气、炼厂气、石油馏分和原油的蒸气转化或部分氧化可以制成合成气；由天然气、石脑油裂解均能制得乙炔。此外，还可以从农林副产品获得原料。

基础有机化工产品的品种繁多，可按化学组成分类，这种划分具有一定的灵活性，主要因为很多物质含有两种以上的特定元素或两种以上的基团；也可按其主要特点划入某一类；或者按所用原料分为合成气系产品、甲烷系产品、乙烯系产品、丙烯系产品、C4 以上脂肪烃系产品、乙炔系产品、芳烃系产品，从以上每一类原料出发，都可制得一系列产品。截至 2007 年 10 月，在《化工产品手册（第五版）：有机化工原料》（王延吉主编，化学工业出版社）中列入的基础有机化工产品有 1 069 种，包括 A 类脂肪族化合物，如脂肪族烃类（13 种），脂肪族卤代衍生物（56 种），脂肪族醇、醚及其衍生物（69 种），脂肪族醛、酮及其衍生物（35 种），脂肪族羧酸及其衍生物（149 种），脂肪族含氮化合物（115 种），脂肪族含硫化合物（36 种）；B 类脂环族化合物及其衍生物（45 种）；C 类芳香族化合物，如芳香族烃类（43 种）、类芳香族卤素衍生物（37 种）、酚和芳香醇及其衍生物（34 种）、芳香族醛和酮及其衍生物（29 种）、芳香族羧酸及其衍生物（61 种）、芳香族含氮化合物及其衍生物（158 种）、类芳香族含硫化合物（52 种）；D 类杂环化合物（112 种）；E 类元素有机化合物（19 种）；F 类其他（6 种）。该目录中涉及的基本有机化工原料有合成树脂、合成橡胶、合成纤维单体、有机助剂和溶剂、医药中间体、农药中间体和染料中间体等品种，共包括 6 个大类产品和 18 个小类产品的化合物汇总，详见图 1-1。

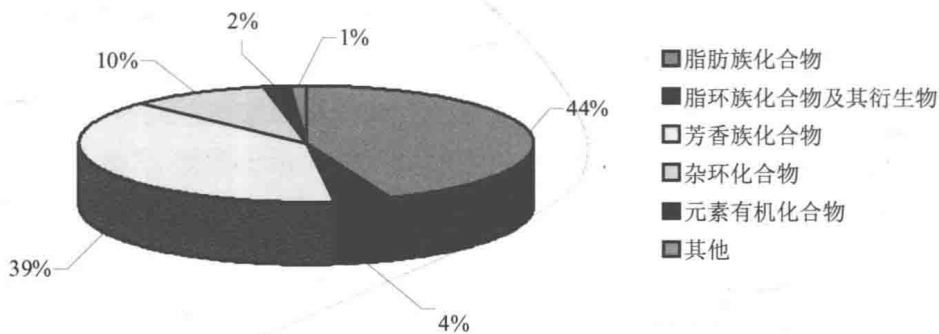


图 1-1 1 069 种有机化工原料的分类

基础有机化工产品的用途可概括为三个主要方面：①生产合成橡胶、合成纤维、塑料和其他高分子化工产品的原料，即聚合反应的单体；②其他有机化学工业，包括精细化工产品的原料；③按产品所具性质用于某些直接消费，如用作溶剂、冷冻剂、防冻剂、载热体、气体吸收剂，以及直接用于医药的麻醉剂、消毒剂等。由上可以看出基本有机化工的重要性，它是发展各种有机化学品生产的基础，是现代工业结构中的主要组成部分。

1.2.2 高分子化工

高分子化工是高分子化合物及以其为基础的复合或共混材料的制备和成品制造工业,包括塑料工业、合成橡胶工业、橡胶工业、化学纤维工业、涂料工业和胶黏剂工业。由于原料来源丰富、制造方便、加工简易、品种多且具有天然产物所没有或较天然产物更为优越的性能,高分子化工已成为发展速度最快的化学工业部门之一。

1.2.3 精细化工

精细化工是指符合小批量、多品种、投资少、见效快这样特征的产品。它的原料可以是无机的,也可以是有机的,或者是高分子的,但产量一般要少一些,利润高一些,属于高附加值的产品,如以基本化学原料制造的洗涤剂、化妆品、农药、医药、肥料、表面活性剂、油田助剂、皮革助剂、生物制品、光信息记录材料、涂料、染料、颜料、油墨、食品添加剂、水处理剂及其类似日用化学产品等。

1.3 精(蒸)馏生产工艺分类

蒸馏是利用液体混合物中各组分挥发性的差异而将组分分离的传质过程,是一种热力学的分离工艺。蒸馏是分离沸点相差较大的混合物的一种重要的操作技术,尤其适用于液体混合物的分离,是工业上应用最广的液体混合物分离操作,广泛用于石油、化工、轻工、食品、冶金等部门。蒸馏依据的条件:首先是液体是混合物,其次是各组分沸点不同。蒸馏适用于只能达到有限程度的提浓而不可能满足高纯度的分离要求,常用于混合物中各组分的挥发度相差较大、对分离要求又不高的场合。通过蒸馏操作,可以直接获得所需要的产品;而吸收和萃取还需要其他组分参与。但蒸馏能耗大,在生产过程中产生大量的气相或液相,在釜底产生蒸馏残渣(液态、半固态、固态)。

精馏是利用沸点不同,在精馏塔内同时进行多次部分气化和部分冷凝,以便对液体混合物进行分离的方法。精馏适用于借助回流技术来实现高纯度的回收,得到高回收率,广泛应用于炼油、化工、轻工等领域,在釜底产生精馏残渣(液态、半固态、固态)。

1.3.1 蒸馏分类

蒸馏是分离和提纯液态化合物常用的方法之一。工业上将液体加热至沸腾,使液体变为蒸气,然后使蒸气冷却再凝结为液体,这两个过程的联合操作称为蒸馏。在有机化工行业生产过程中蒸馏的方式可分为以下几种情形,如表 1-1 所示。

表 1-1 有机化工行业常用的蒸馏方式

分类	蒸馏方式	特点
按蒸馏效益分	简单蒸馏	使混合液逐渐汽化并使蒸气及时冷凝以分段收集的分离操作；只能达到有限程度的提浓而不可能满足高纯度的分离要求，常用于混合物中各组分的挥发度相差较大、对分离要求不高的场合
	平衡蒸馏（闪蒸）	一个连续稳定的过程，原料连续进入加热器中加热至一定温度，经节流阀骤然减压到规定压力，部分料液迅速汽化，汽液两相在分离器中分开，得到易挥发组分浓度较高的顶部产品与易挥发组分浓度甚低的底部产品；生产能力大，不能得到高纯产物，常用于只需粗略分离的物料，在石油炼制及石油裂解分离的过程中常使用
按操作压强分	常压蒸馏	在正常大气压状态下进行蒸馏
	加压蒸馏	压力超过正常大气压
	减压蒸馏	压力低于正常大气压
按混合物中的组分分	双组分蒸馏	两个组分
	多组分蒸馏	三个（含三个）以上组分
按操作方式分	间歇蒸馏	间歇
	连续蒸馏	连续
按塔分	有塔蒸馏	有蒸馏塔
	无塔蒸馏	无蒸馏塔，采用蒸馏机
分馏	多次蒸馏	分馏是利用分馏柱将多次气化—冷凝过程在一次操作中完成的方法
分子蒸馏	高真空度下连续蒸馏	远离沸点下的操作，又具备蒸馏压强低、受热时间短、分离程度高等特点，能大大降低高沸点物料的分离成本，极好地保护热敏性物质的品质

蒸馏原理：以分离双组分混合液为例，将料液加热使它部分汽化，易挥发组分在蒸气中得到增浓，难挥发组分在剩余液中也得到增浓，这在一定程度上实现了两组分的分离。两组分的挥发能力相差越大，则上述的增浓程度也越大。

蒸馏过程：蒸馏沸点差别较大的混合液体时，沸点较低的先蒸出，沸点较高的随后蒸出，不挥发的留在蒸馏器内，这样可达到分离和提纯的目的。但在蒸馏沸点比较接近的混合物时，各种物质的蒸气将同时蒸出，只不过低沸点的多一些，故难以达到分离和提纯的目的，只好借助分馏。分馏是利用分馏柱将多次气化—冷凝过程在一次操作中完成的方法。在 20 世纪后期分子蒸馏设备（图 1-2）能在远离沸点下操作，又具备蒸馏压强低、受热时间短、分离程度高等特点，大大降低高沸点物料的分离成本，极好地保护热敏性物质的品质。该项技术已广泛应用于石油化工、食品香料等领域。