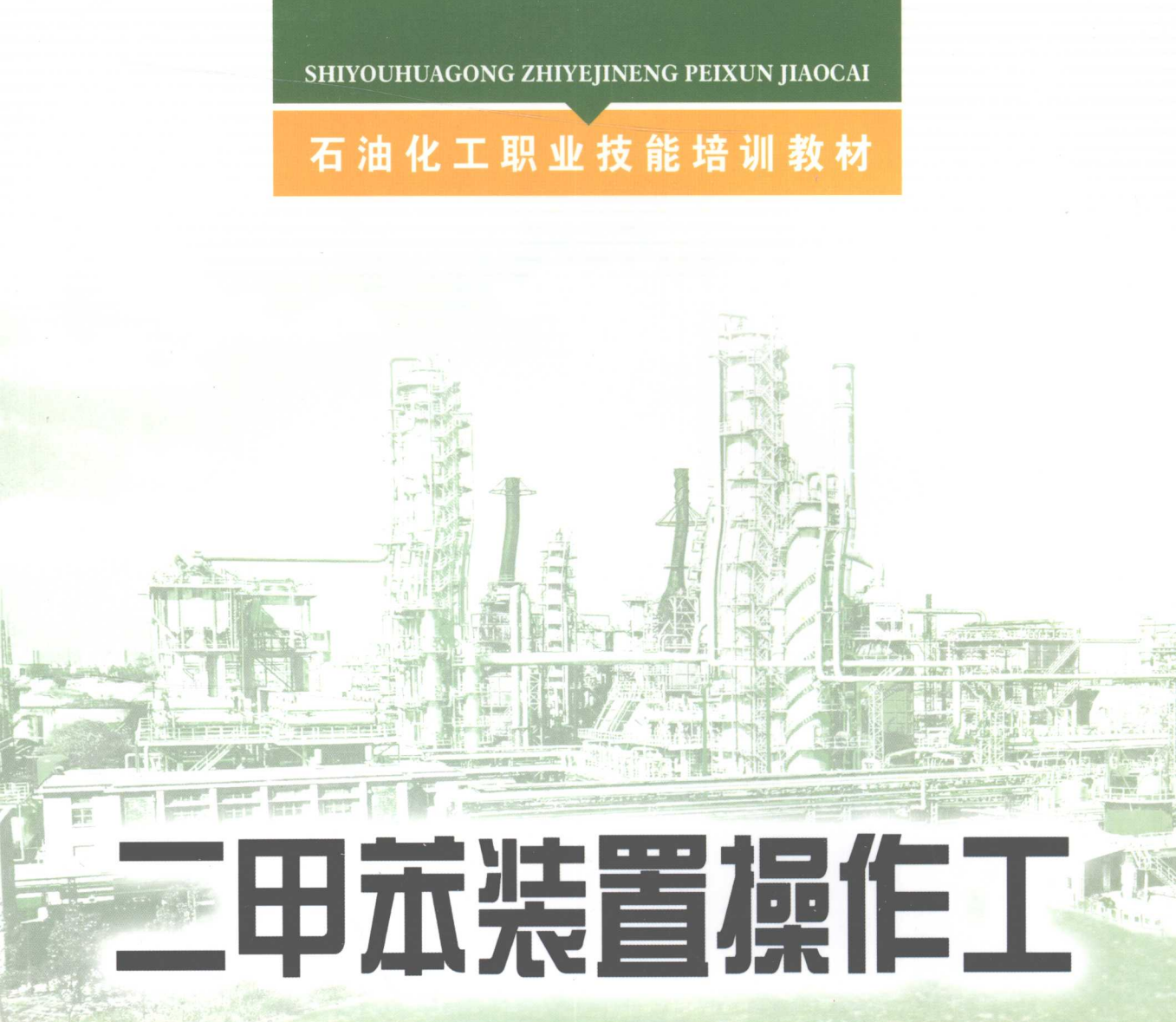


SHIYOUHUAGONG ZHIYEJINENG PEIXUN JIAOCAI

石油化工职业技能培训教材



二甲苯装置操作工

中国石油化工集团公司人事部 编
中国石油天然气集团公司人事服务中心

中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

石油化工职业技能培训教材

二甲苯装置操作工

中国石油化工集团公司人事部 编
中国石油天然气集团公司人事服务中心

江苏工业学院图书馆
藏书章

中国石化出版社

内 容 提 要

《二甲苯装置操作工》为《石油化工职业技能培训教材》系列之一,涵盖石油化工生产人员《国家职业标准》对该工种初级工、中级工、高级工、技师、高级技师五个级别的专业理论知识和操作技能的要求。主要包括:二甲苯装置概述、工艺原理、主要设备单机操作、装置控制与联锁报警、装置开停工、装置调优、事故判断与处理、节能降耗与环保等。

本书是二甲苯装置操作人员进行职业技能培训的必备教材,也是专业技术人员必备的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

二甲苯装置操作工/中国石油化工集团公司人事部,
中国石油天然气集团公司人事服务中心编. —北京:中国
石化出版社,2008
石油化工职业技能培训教材
ISBN 978 - 7 - 80229 - 725 - 8

I. 二… II. ①中…②中… III. 二甲苯 - 化工设备 - 操作 - 技术培训 - 教材 IV. TQ522. 62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 140078 号

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com.cn

金圣才文化发展(北京)有限公司排版

北京宏伟双华印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 13.5 印张 330 千字

2008 年 9 月第 1 版 2008 年 9 月第 1 次印刷

定价:28.00 元

前言

为了进一步加强石油化工行业技能人才队伍建设,满足职业技能培训和鉴定的需要,中国石油化工集团公司人事部、中国石油天然气集团公司人事服务中心联合组织编写了《石油化工职业技能培训教材》。本套教材的编写依照劳动和社会保障部制定的石油化工生产人员《国家职业标准》及中国石油化工集团公司人事部编制的《石油化工职业技能培训考核大纲》,坚持以职业活动为导向,以职业技能为核心,以“实用、管用、够用”为编写原则,结合石油化工行业生产实际,以适应技术进步、技术创新、新工艺、新设备、新材料、新方法等要求,突出实用性、先进性、通用性,力求为石油化工行业生产人员职业技能培训提供一套高质量的教材。

根据国家职业分类和石油化工行业各工种的特点,本套教材采用共性知识集中编写,各工种特有知识单独分册编写的模式。全套教材共分为三个层次,涵盖石油化工生产人员《国家职业标准》各职业(工种)对初级、中级、高级、技师和高级技师各级别的要求。

第一层次《石油化工通用知识》为石油化工行业通用基础知识,涵盖石油化工生产人员《国家职业标准》对各职业(工种)共性知识的要求。主要包括:职业道德,相关法律法规知识,安全生产与环境保护,生产管理,质量管理,生产记录、公文和技术文件,制图与识图,计算机基础,职业培训与职业技能鉴定等方面的基本知识。

第二层次为专业基础知识,分为《炼油基础知识》和《化工化纤基础知识》两册。其中《炼油基础知识》涵盖燃料油生产工、润滑油(脂)生产工等职业(工种)的专业基础及相关知识,《化工化纤基础知识》涵盖脂肪烃生产工、烃类衍生物生产工等职业(工种)的专业基础及相关知识。

第三层次为各工种专业理论知识和操作技能,涵盖石油化工生产人员《国家职业标准》对各工种操作技能和相关知识的要求,包括工艺原理、工艺操作、设备使用与维护、事故判断与处理等内容。

《二甲苯装置操作工》为第三层次教材,系统论述了该工种初级工、中级工、

高级工、技师、高级技师五个级别的专业理论知识和操作技能的要求。主要内容包括：二甲苯装置概述、工艺原理、主要设备单机操作、装置控制与联锁报警、装置开停工、装置调优、事故判断与处理、节能降耗与环保等。

《二甲苯装置操作工》教材由扬子石化公司负责组织编写，主编任红锋(扬子石化)，参加编写的人员有侯克升(扬子石化)、薛玉松(扬子石化)、杨纪(镇海炼化)、章斌(扬子石化)、宋洪波(辽化)；本教材已经中国石油化工集团公司人事部、中国石天然气集团公司人事服务中心组织的职业技能培训教材审定委员会审定通过，主审徐国斌、党钢，参加审定的人员有张赛军、朱兵、徐向荣、朱建育、孔翔、郭继辉、盛隆威、赵涛、马志军，审定工作得到了镇海炼化、辽化、天津石化、洛阳石化的大力支持；中国石化出版社对教材的编写和出版工作给予了通力协作和配合，在此一并表示感谢。

由于石油化工职业技能培训教材涵盖的职业(工种)较多，同工种不同企业的生产装置之间也存在着差别，编写难度较大，加之编写时间紧迫，不足之处在所难免，敬请各使用单位及个人对教材提出宝贵意见和建议，以便教材修订时补充更正。

目 录

第1章 概 述

1.1 C ₈ 芳烃产品的分类、用途及市场需求	(1)
1.2 C ₈ 芳烃的来源和主要生产方法	(1)
1.2.1 催化重整	(1)
1.2.2 乙烯裂解单元的副产物	(2)
1.2.3 芳烃歧化和烷基转移	(2)
1.2.4 重芳烃的轻质化	(2)
1.3 二甲苯产品的主要分离方法	(2)
1.3.1 对二甲苯的分离	(2)
1.3.2 邻二甲苯的分离	(3)
1.4 二甲苯装置原料及产品物性	(4)
1.4.1 原料的来源和组成	(4)
1.4.2 主要二甲苯产品的规格和物化性质	(5)
1.5 主要三剂	(6)
1.5.1 异构化催化剂	(6)
1.5.2 二甲苯吸附剂	(7)
1.5.3 解吸剂	(9)
1.5.4 白土	(10)
1.6 二甲苯生产技术的发展 and 展望	(11)
1.6.1 对二甲苯分离技术的发展	(11)
1.6.2 二甲苯异构化工艺技术的发展	(11)
1.6.3 国内二甲苯生产技术的发展	(11)

第2章 生产工艺

2.1 二甲苯生产工艺简介	(13)
2.2 二甲苯精馏工艺	(13)
2.2.1 二甲苯精馏单元进料要求	(13)
2.2.2 二甲苯精馏单元产品规格	(14)
2.2.3 二甲苯精馏单元工艺流程	(15)
2.3 二甲苯吸附分离工艺	(17)
2.3.1 吸附分离进料要求	(18)
2.3.2 吸附分离原理	(18)
2.3.3 PAREX 工艺技术	(21)
2.3.4 Eluxyl 工艺技术	(30)

2.3.5 吸附分离工艺流程	(35)
2.4 二甲苯异构化工艺	(38)
2.4.1 二甲苯异构化反应进料要求	(38)
2.4.2 二甲苯异构化反应	(39)
2.4.3 二甲苯异构化反应系统	(46)
2.4.4 二甲苯异构化分离系统	(47)
2.4.5 白土处理	(50)

第3章 主要设备

3.1 吸附塔	(51)
3.1.1 吸附塔、床层及封头结构	(51)
3.1.2 吸附塔附件	(52)
3.2 旋转阀	(54)
3.2.1 旋转阀结构	(55)
3.2.2 旋转阀的驱动机构	(56)
3.2.3 油压系统	(56)
3.3 二甲苯异构化反应器	(57)
3.4 循环氢压缩机	(58)
3.4.1 压缩机	(59)
3.4.2 汽轮机	(63)
3.4.3 凝汽器	(67)
3.4.4 抽气器	(67)
3.4.5 凝结水泵	(67)
3.4.6 供油装置	(68)
3.4.7 润滑油高位油箱	(68)
3.4.8 仪控系统	(69)
3.5 管式加热炉	(70)
3.5.1 管式加热炉的种类	(70)
3.5.2 管式加热炉的结构	(70)
3.5.3 管式加热炉的主要技术指标	(71)
3.5.4 管式加热炉烟气余热回收单元	(72)
3.6 精馏塔	(73)
3.6.1 精馏塔介绍	(73)
3.6.2 塔板	(73)
3.6.3 溢流堰和降液管	(75)
3.6.4 塔顶回流罐	(75)
3.7 特殊换热器	(75)
3.7.1 高通量管换热器	(75)
3.7.2 板式换热器	(76)
3.7.3 热管换热器	(76)

3.8 异构化白土处理塔	(77)
--------------------	--------

第4章 单机操作

4.1 加热炉	(78)
4.1.1 加热炉开车	(78)
4.1.2 烘炉	(80)
4.1.3 烟气余热回收装置	(81)
4.2 换热器	(82)
4.2.1 一般换热器	(82)
4.2.2 板式换热器	(82)
4.2.3 蒸汽发生器	(83)
4.3 精馏塔	(85)
4.3.1 精馏塔开车	(85)
4.3.2 精馏塔正常停车	(85)
4.3.3 精馏塔操作中的异常现象及处理	(86)
4.4 吸附塔循环泵、旋转阀-油压系统的操作	(87)
4.4.1 吸附塔循环泵开车	(87)
4.4.2 正常运行中循环泵的切换	(87)
4.4.3 旋转阀-油压系统的操作	(88)
4.5 循环氢压缩机	(88)
4.5.1 循环氢压缩机的单机试车	(89)
4.5.2 正常开车步骤	(92)
4.5.3 停车步骤	(94)
4.5.4 透平-压缩机组日常维护	(96)
4.5.5 汽轮机运行期间的故障分析及排除	(96)
4.5.6 机组紧急情况处理	(97)
4.6 蒸汽透平(三K透平)	(98)
4.6.1 三K透平启动	(98)
4.6.2 三K透平停运	(99)

第5章 装置控制与联锁报警系统

5.1 吸附塔系统控制与联锁	(100)
5.1.1 PAREX 工艺吸附塔控制系统	(100)
5.1.2 Eluxyl 程序控制系统(SCS)	(103)
5.2 异构化反应系统的控制	(110)
5.2.1 反应温度的控制	(110)
5.2.2 蒸汽发生器液位的三冲量回路控制	(110)
5.2.3 循环氢气系统的控制	(111)
5.3 精馏系统控制	(113)
5.3.1 组分及温度的控制	(113)

5.3.2	塔顶压力及冷凝冷却器的控制	(114)
5.3.3	塔底再沸器的控制	(116)
5.3.4	精馏塔控制示例	(119)
5.4	先进控制系统	(122)

第6章 二甲苯装置的开停工

6.1	初次开车准备工作	(124)
6.1.1	系统冲洗吹扫	(124)
6.1.2	系统气密、氮气置换	(125)
6.1.3	系统油运	(127)
6.1.4	异构化反应催化剂的装填	(132)
6.1.5	吸附剂装填	(136)
6.1.6	白土装填	(139)
6.1.7	系统的真空泄漏试验	(141)
6.1.8	异构化反应系统的催化剂脱水干燥与还原	(143)
6.2	初次开车程序	(146)
6.2.1	装置开车应具备的条件	(146)
6.2.2	精馏单元开车	(146)
6.2.3	吸附单元开车	(148)
6.2.4	异构化单元开车	(155)
6.3	正常开车程序	(156)
6.3.1	开车前的检查和确认	(156)
6.3.2	吸附分离装置开车	(157)
6.3.3	异构化装置开车	(157)
6.3.4	精馏单元开车	(158)
6.3.5	开车安全注意事项	(158)
6.4	停车程序	(159)
6.4.1	停车前准备工作	(159)
6.4.2	异构化装置停车	(159)
6.4.3	吸附分离装置停车	(160)
6.4.4	精馏装置停车	(162)
6.4.5	装置停车安全注意事项	(163)
6.4.6	局部停车	(163)
6.5	系统的退料、置换与蒸煮	(164)
6.5.1	吸附分离单元退料与吹扫置换	(164)
6.5.2	异构化单元退料与蒸煮置换	(167)
6.5.3	精馏单元退料与蒸煮置换	(168)
6.5.4	其他系统退料与蒸煮置换	(169)
6.6	三剂的处理	(170)
6.6.1	异构化催化剂的中毒与再生	(170)

6.6.2 吸附剂中毒	(173)
6.6.3 解吸剂污染控制及处理	(174)

第7章 装置调整及优化

7.1 装置调整负荷操作	(175)
7.1.1 精馏塔操作	(175)
7.1.2 装置提高负荷操作	(177)
7.1.3 装置降低负荷操作	(178)
7.2 正常操作调整及质量调节	(179)
7.2.1 反应系统的操作调整	(179)
7.2.2 吸附系统的操作调整	(180)
7.2.3 精馏系统局部波动的调整	(181)

第8章 事故处理

8.1 事故处理的一般原则	(182)
8.1.1 保护人员安全的原则	(182)
8.1.2 保护吸附剂、催化剂的原则	(182)
8.1.3 保护重要设备的原则	(183)
8.1.4 其他原则	(183)
8.2 局部设备故障的处理	(183)
8.2.1 旋转阀故障	(183)
8.2.2 压缩机故障	(184)
8.2.3 加热炉故障	(184)
8.2.4 烟气余热回收系统运行故障	(185)
8.2.5 换热器及空冷器故障	(185)
8.2.6 机泵故障(循环泵、解吸剂泵、锅炉给水泵等)	(186)
8.2.7 其他设备故障	(187)
8.3 原料及公用工程系统故障的处理	(188)
8.3.1 循环冷却水中断	(188)
8.3.2 锅炉水中断	(188)
8.3.3 电力中断	(189)
8.3.4 蒸汽中断	(190)
8.3.5 补充氢气中断	(191)
8.3.6 仪表风中断	(191)
8.3.7 燃料气中断	(192)
8.3.8 燃料油中断	(192)
8.3.9 DCS 故障	(192)
8.4 其他情况的处理(事故案例)	(193)
8.4.1 一般操作事故	(193)
8.4.2 局部物料泄漏的处理	(194)

第9章 节能、降耗及环保

9.1 装置的节能	(196)
9.1.1 利用蒸汽发生器副产蒸汽	(196)
9.1.2 热集合流程的采用	(197)
9.1.3 加热炉烟气余热回收	(197)
9.1.4 空冷器变频调节	(198)
9.1.5 新型换热器的应用	(198)
9.1.6 先进控制	(198)
9.1.7 提高加热炉的热效率	(199)
9.2 装置的节水	(199)
9.2.1 水量平衡测试	(199)
9.2.2 节水措施	(199)
9.3 降低物耗	(200)
9.3.1 减少解吸剂损失	(200)
9.3.2 提高异构化反应转化率	(200)
9.3.3 提高PX单程收率	(201)
9.3.4 污油回收	(201)
9.4 环保	(201)
9.4.1 装置污染源	(201)
9.4.2 废弃物处理	(201)
9.4.3 清洁生产	(202)
参考文献	(203)

第 1 章 概述

1.1 C₈ 芳烃产品的分类、用途及市场需求

C₈芳烃产品可分为混二甲苯、对二甲苯、邻二甲苯、间二甲苯和乙苯五种。其中,混二甲苯是各种二甲苯同分异构体的混合物,主要用作油漆、涂料溶剂,因环保要求,近年来用量已逐年减少;少量用于汽油添加剂及染料、农药等行业。对二甲苯(PX)主要用于生产对苯二甲酸(PTA),而 PTA 则是聚酯的主要原料,在农药、塑料等化工生产领域也有着广泛的应用。邻二甲苯(OX)主要用于生产苯酚和增塑剂;间二甲苯(MX)是生产间苯二甲酸(PIA)的原料;乙苯(EB)主要用于生产苯乙烯单体。

我国聚酯产能的高速扩充带动 PTA 产业加快投资兴建步伐,特别是民营和外资的进入,使我国 PTA 产能扩张十分迅速,暴露出我国聚酯主要原料之一的对二甲苯(PX)远远不能满足市场需要的问题。2006 年底我国的 PX 生产能力达到 368 万吨/年。预计到 2010 年,我国 PTA 的需求量将为 1990 万吨,其中国内 PTA 生产能力将达到 1400 万吨,我国每年需要的 PX 产品将达到 950 万吨,按照目前我国 PX 的建设计划和意向,预计到 2010 年,我国 PX 的产能将达到 975 万吨/年,已基本可以满足下游 PTA 的需求。

到 2010 年,中国将成为世界上生产对二甲苯最多的国家,而中国石化集团则将成为世界上最大的对二甲苯生产商。

据预测,在 2010~2015 年间,若意向中的 PX 项目都开工建设的话,PX 产能可达到 1290 万吨/年,也已基本可以满足下游 PTA 的需求。邻二甲苯一般用于生产苯酚,目前国内生产不能满足要求,2003 年进口量达 24 万吨。

对二甲苯和邻二甲苯是最主要的二甲苯产品,需要量约占工业上所需 C₈芳烃的 95%(质量分数^①),目前都进入了大规模工业化生产,未来将获得高速发展。

本教材只介绍对二甲苯和邻二甲苯的生产。

1.2 C₈ 芳烃的来源和主要生产方法

1.2.1 催化重整

催化重整是从石油生产芳烃和高辛烷值汽油组分的主要过程。以加氢石脑油、直馏石脑油等为原料,在一定的温度、压力、临氢和催化剂的作用下,烃分子重新排列,使环烷烃和烷烃转化为芳烃和异构烷烃的过程。通过催化重整,可以产生部分 C₈芳烃产品,及一定量可转化为二甲苯的甲苯和 C₉芳烃产品。

全世界的苯、甲苯、二甲苯(简称 BTX)有大约 70% 来自炼油厂的催化重整装置,催化重整在芳烃生产中具有十分重要的地位和作用。

^①若无特殊说明,% , 10⁻⁶ , 10⁻⁹ , 均为质量分数。

催化重整单元有固定床半再生式和移动床催化剂连续再生式两种，其中，移动床连续重整工艺以具有较高的重整生成油收率、芳烃产率及氢气产率，原料油适应性强，生产规模及灵活性大等特点，成为主流工艺。

1.2.2 乙烯裂解单元的副产物

乙烯生产单元中，有许多采用轻石脑油为裂解原料，该种生产方法会副产较大量的加氢裂解汽油(HSCN)。这种加氢裂解汽油中富含苯、甲苯和二甲苯。一般采用抽提工艺提取其中的苯和甲苯产品，混合二甲苯则送入二甲苯生产单元作为原料。

1.2.3 芳烃歧化和烷基转移

重整混合芳烃中约含有 50% 的甲苯和 C₉ 芳烃，为了充分利用这一资源，增产需求量大的二甲苯和苯，需要采用芳烃歧化和烷基转移技术。

一般采用美国 UOP 公司开发的“TATORAY”工艺专利技术。将来自芳烃抽提单元的甲苯和来自二甲苯精馏单元的 C₉ 芳烃通过歧化和烷基转移反应，得到苯、二甲苯及重芳烃。分离出的二甲苯去吸附分离单元，分离出没有反应的甲苯和 C₉ 芳烃及少量 C₁₀ 芳烃返回到反应部分继续作为反应进料，转化为苯和二甲苯，部分重芳烃送出界外。

甲苯择形歧化主要反应是甲苯转化为苯和二甲苯，属于甲苯歧化范畴，采用纯甲苯为原料生成高含量对二甲苯的 C₈A。国内首套甲苯择形歧化装置已在扬子石化公司工业化应用。

1.2.4 重芳烃的轻质化

重芳烃一般是指来自重整、歧化、异构化单元副产和加氢汽油中的 C₉ ~ C₁₆ 的单、双环烷基芳烃。重芳烃轻质化技术是将重芳烃生成苯、甲苯和二甲苯等轻质芳烃，同时简化 C₉ 以上芳烃的组分数，分离出价值较高的单体三甲苯和四甲苯。

早在 20 世纪 70 年代重芳烃的轻质化就为人们关注，主要是采用热法和催化剂脱烷基法制取轻芳烃，但由于反应温度高、压力高、空速低、氢耗大，该技术的工业化受到限制。近来，随着技术的逐步成熟，ABB Lummus Crest 公司开发的 Detol 工艺已经实现了工业化应用；上海石化院、北京石科院在重芳烃轻质化技术研究方面也取得了一定的进展。

1.3 二甲苯产品的主要分离方法

1.3.1 对二甲苯的分离

石油馏分经加氢裂化、重整等工序后，可获得 C₈ 芳烃，但是由于 C₈ 芳烃各异构体之间的沸点很接近，采用精馏技术很难分开它们。C₈ 芳烃各异构体之间的分离特性数据见表 1-1。

表 1-1 C₈A 四种异构体的物性情况

项目	单位	OX	MX	PX	EB
20℃ 密度	kg/m ³	874.5	864.1	861.6	866.9
冰点	℃	-25.173	-47.872	13.263	-94.975
沸点	℃	144.41	139.104	138.355	136.86

由表 1-1 可以看出，OX 沸点最高，比其他同分异构体高约 5℃，与其他 C₈ 芳烃分离时，需理论塔盘 100 ~ 150 块，回流比为 8 ~ 10。邻二甲苯产品生产目前仍是采用精馏的方

法。而 EB、MX 和 PX 之间的沸点差很小，难以用一般的精馏方法把它们分开。

目前分离混合二甲苯四种同分异构体的工业方法有深冷结晶法、络合分离法、吸附分离法，其次还有共晶、磺化等方法，其中吸附分离法为主流生产方法。

1.3.1.1 冷冻结晶法

冷冻结晶是利用对二甲苯冰点高于其他 C₈芳烃的特点(表 1-1)，经过深冷结晶、过滤等工艺过程将对二甲苯分离出来。比较著名的有雪夫隆法、阿莫科法、克虏伯法、丸善法、阿科法等。该工艺存在对二甲苯单程回收率低(约 65%)、纯度低(仅有 99%)、物流循环量大、公用工程消耗大、操作和维修费用高等不利因素，影响了工艺的发展和广泛应用，上世纪 70 年代我国辽化曾引进了一套该种工艺生产装置。

1.3.1.2 吸附分离法

(1) PAREX 工艺

60 年代末，UOP 开发的 Parex 选择吸附分离工艺是采用特定的分子筛吸附剂选择吸附对二甲苯，再采用专门的解吸剂把被吸附的对二甲苯解吸下来，达到分离的目的，采用旋转阀实现吸附床层的模拟移动，保证了单元连续操作。经过不断改进，目前广泛使用的 ADS-27 吸附剂可使对二甲苯回收率高达 97%，纯度可达 99.9%。UOP 最新的 ADS-37 吸附剂在保证收率和纯度的同时，其吸附容量进一步增加，解吸剂循环量进一步减少。此外，该工艺具有物流循环量小，公用工程消耗低，操作维修费用少，工程投资也可比深冷结晶工艺减少 20% 以上等技术和经济上的明显优势。

截止至 2007 年，UOP 已转让了 91 套吸附分离装置。近年来 Parex 吸附分离技术不只用于分离得到高纯度的 PX，还用于分离得到高纯度的 MX，形成了一整套家族技术。

(2) Eluxyl 工艺

法国石油研究院(IFP)1986~1996 年研究开发的吸附分离工艺称 Eluxyl 工艺，其主要工艺原理相同，区别是采用 SPX3000 分子筛作为吸附剂，吸附分离的模拟移动由 144 只控制阀(或称开关阀)实现，并采用特殊结构的吸附塔内件。

Eluxyl 工艺装置由 Raman 光谱仪在线监控，光谱仪所显示浓度分布曲线能及时并直观地检测到吸附塔操作中物料浓度分布和变化趋势。经该工艺生产的对二甲苯纯度可达 99.8% 以上，回收率也高达 96%。1997 年 12 月 500kt/a 的对二甲苯生产单元在韩国 Ssang Yong 公司投产，是当时世界上单套生产能力最大的对二甲苯生产单元。

1.3.1.3 络合分离法

络合分离工艺由日本瓦斯公司开发，它利用 HF-BF₃易于与 MX 络合的性质来分离二甲苯异构体的方法。由于种种原因，该种工艺的应用规模远小于吸附法和结晶法。

1.3.2 邻二甲苯的分离

由表 1-1 可以看出，邻二甲苯与其他二甲苯异构体的沸点差在 5℃ 以上，可以采用精馏的分离方法分离出邻二甲苯。随着设备制造及施工技术的提高，精馏塔也逐渐朝着处理量大、塔板数多，分离能力强的方向发展。早期的二甲苯精馏塔及邻二甲苯塔有 100 块塔板，可得到纯度在 95% 以上的邻二甲苯产品；近期采用的二甲苯精馏塔朝着两个方向发展：一是高塔板数，塔板数达 160 左右；另一个是采用高效塔板，辅之以在线分析仪等先进设备，均可生产纯度为 98% 以上的邻二甲苯产品。

1.4 二甲苯装置原料及产品物性

1.4.1 原料的来源和组成

本装置进料分别来自重整单元、歧化单元及外购 C₈A 芳烃料。

1.4.1.1 重整单元来料

来自铂重整单元脱庚烷塔的塔底产品，经白土塔处理去掉烯烃和羰基后，进入二甲苯精馏单元。

来料大致组成见表 1-2(以某芳烃单元为例)。

1.4.1.2 歧化单元来料

来自歧化单元甲苯塔的塔底产品，与重整单元混合后，进入二甲苯塔。

来料大致组成见表 1-2(以某芳烃单元为例)。

表 1-2 二甲苯精馏单元进料组成

组分	重整来料/%	歧化来料/%
T	0.05	0
C ₈ 环烷	0.13	0
EB	8.74	2.00
PX	9.33	16.87
MX	19.75	36.94
OX	12.19	15.66
C ₉ A	34.80	28.53
C ₁₀ A	15.01	28.53
合计	100.00	100.00

1.4.1.3 外购 C₈ 芳烃

原料组成主要为邻、间、对二甲苯和乙苯的混合物，相对密度 0.860 ~ 0.870，无色透明液体，易挥发，有芳香气味，沸程 137 ~ 143℃，能与无水乙醇、醚、氯仿混合，几乎不溶于水。有一定毒性，易燃烧。外购 C₈ 芳烃的进料一般直接进入异构化脱庚烷塔，经白土处理后进入二甲苯精馏单元。

进料规格要求见表 1-3。

表 1-3 外供混合二甲苯进料规格要求

项目	质量指标	项目	质量指标
外观	透明液体，无不溶水及机械杂质	总氮含量/10 ⁻⁶	≤1
铂-钴色号：号	≤20	蒸发残余物/(mg/100mL)	≤5
密度(20℃)/(kg/m ³)	862 ~ 872	铜片腐蚀	不腐蚀
馏程(760mmHg)/℃		铅/10 ⁻⁹	≤10
初馏点/℃	≥137	砷/10 ⁻⁹	≤1
终馏点/℃	≤143	铜/10 ⁻⁹	≤5
总馏程范围/℃	≤7	氯/10 ⁻⁶	≤5
酸洗比色	≤6	溴指数/(mgBr/100g)	≤50
总硫含量/10 ⁻⁶	≤1		

1.4.2 主要二甲苯产品的规格和物化性质

1.4.2.1 主要二甲苯产品的物化性质

(1) 对二甲苯又名 1,4-二甲苯, 为无色透明液体, 低温时呈无色片状或菱形结晶, 有芳香气味。分子式: C_8H_{10} , 相对分子质量: 106.17。相对密度 0.86104, 熔点 $13 \sim 14^{\circ}C$, 沸点 $137.5 \sim 138.5^{\circ}C$, 折光率 1.49575。能与醇、醚及其他有机溶剂混合, 不溶于水, 易燃, 有毒性。

(2) 邻二甲苯, 又名 1,2-二甲苯, 为无色透明液体, 有芳香气味。分子式: C_8H_{10} 。相对分子质量: 106.17。相对密度 0.8801, 熔点 $-25^{\circ}C$, 沸点 $144^{\circ}C$, 折光率 1.5058 ($20^{\circ}C$)。能与醇、醚混合, 不溶于水, 易燃, 有毒性。

(3) 间二甲苯, 是一种无色、透明液体, 有芳香气味。分子式: C_8H_{10} , 相对分子质量 106.17。沸点 $139^{\circ}C$, 相对密度 0.8642, 闪点 $23^{\circ}C$ 。本品不溶于水, 有一定毒性, 易燃, 其蒸汽与空气形成爆炸性混合物, 爆炸极限 $1.1\% \sim 7.6\%$ 。

1.4.2.2 常用 C_8 芳烃产品的产品规格

对二甲苯和邻二甲苯产品一般均采用中华人民共和国石油化工行业标准, 具体见表 1-4 和表 1-5。

表 1-4 石油对二甲苯 SH 1486-1998 标准

项 目	指 标	
	优等品	一等品
外观	清澈透明 无沉淀物	
纯度/%	≥ 99.5	≥ 99.2
非芳烃含量/%	≤ 0.10	≤ 0.20
甲苯含量/%	≤ 0.10	—
乙苯含量/%	≤ 0.30	—
间二甲苯含量/%	≤ 0.30	—
邻二甲苯含量/%	≤ 0.10	—
颜色(铂-钴色号)	≤ 10	≤ 20
酸洗比色	酸层颜色应不深于重铬酸钾含量为 0.10g/L, 标准比色液的颜色	酸层颜色应不深于重铬酸钾含量为 0.25g/L, 标准比色液的颜色
溴指数/(mgBr/100g)	≤ 20	≤ 20
总硫含量/%	≤ 0.0002	≤ 0.0005
馏程(在 101.3kPa 下, 包括 $138^{\circ}C$)/ $^{\circ}C$	≤ 1.0	≤ 2.0

表 1-5 石油邻二甲苯 SH/T 1613.1-95 标准

项 目	指 标	
	优等品	一等品
外观	清晰, 无沉淀物	
纯度/%	≥ 98	≥ 95
非芳烃 + C_9 芳烃含量/%	≤ 1.0	≤ 1.5
颜色(铂-钴色号)	≤ 10	≤ 20
酸洗比色	酸层颜色应不深于重铬酸钾含量为 0.15g/L, 标准比色液的颜色	

1.5 主要三剂

二甲苯单元使用的三剂主要有：二甲苯异构化催化剂、用于选择性吸附分离的吸附剂和解吸剂、用于除去不饱和烃的白土等。

1.5.1 异构化催化剂

1.5.1.1 异构化催化剂分类

迄今为止，世界上已有近百套二甲苯异构化单元投入工业生产，其工艺大同小异，催化剂也各有特点。

二甲苯异构化催化剂就其组成与反应性能，大致可归类为 $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$ 无定型催化剂、贵金属双功能催化剂和分子筛型催化剂三大类。

(1) $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$ 无定型催化剂

$\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$ 无定型催化剂是最早使用的异构化催化剂，无加氢脱氢功能，转化乙苯的能力低，转化乙苯要通过歧化、脱烷基等反应，生成重芳烃和苯，且要保证乙苯在循环料液中不产生积累。此催化剂采用固定床反应器，不临氢，液时空速一般在 $0.5 \sim 1.0 \text{ h}^{-1}$ ，副反应主要是歧化。当产物中的对二甲苯接近平衡浓度时，二甲苯和乙苯的损失分别达到 $5\% \sim 10\%$ 和 $10\% \sim 15\%$ 。

$\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$ 无定型催化剂积炭较快， $3 \sim 30$ 天就需再生，因此一般采用 $2 \sim 3$ 台反应器切换使用。该类催化剂耐温性好，虽再生频繁，但寿命仍较长。采用此种催化剂的工艺有日本丸善和英国 ICI 公司等。

(2) 贵金属双功能催化剂

此类催化剂有 $\text{Pt} - \text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$ 型， $\text{Pt} - \text{Al}_2\text{O}_3$ - 卤素型和 $\text{Pt} - \text{Al}_2\text{O}_3$ 丝光沸石等类型。这类催化剂既能提供酸性功能又具有加氢功能，酸性组元提供异构化活性中心，加氢组元提供加氢活性中心。故该催化剂不仅能使二甲苯异构化，同时能将乙苯转化为二甲苯，有利于提高目的产物对二甲苯、邻二甲苯或间二甲苯收率。由于双功能催化剂能有效地将乙苯转化为二甲苯，最大限度地提供目的产物，对于二甲苯资源短缺的工厂，不失为一种有效增产对、邻二甲苯的好方法。目前，二甲苯异构化单元中使用的催化剂多为双功能催化剂。

此类催化剂中具有代表性的有 Isomar 系列、SKI 系列及 OPARIS 系列等，其中，Isomar 系列催化剂为 UOP 公司开发，SKI 系列催化剂为中国石科院开发研制，OPARIS 系列催化剂为美国标准公司和法国 IFP 合作开发。

根据乙苯转化途径的不同，贵金属双功能催化剂又可分为两类：

- 1) 乙苯转化为二甲苯型异构化催化剂；
- 2) 乙苯脱烷基转化为苯型异构化催化剂。

目前，我国二甲苯异构化单元中广泛采用的 SKI300、SKI400 催化剂即属于乙苯转化为二甲苯型；而 SKI100 型则为乙苯脱烷基型催化剂。

Oparris 催化剂在国内已有应用，该催化剂使用分子筛载体和贵金属铂，铂含量为 $0.27 \sim 0.33 \text{ wt}\%$ 。其专有的分子筛提供异构化活性，铂提供乙苯转化为二甲苯所需的加氢脱氢功能，同时提高稳定性，抗结焦。运行数据表明，该催化剂具有较高的 PX 选择性。

1.5.1.2 国产异构化催化剂的性能介绍

在二甲苯装置中，异构化单元的作用是把从吸附单元送来的贫 PX 抽余液，经 C_8 芳烃异