

SHIYOUHUAGONG ZHIYEJINENG PEIXUN JIAOCAI

石油化工职业技能培训教材



溶剂脱沥青装置操作工

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

溶剂脱沥青装置操作工

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

内 容 提 要

《溶剂脱沥青装置操作工》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》中, 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 and 操作技能的要求。主要包括概述、工艺原理及影响因素、主要设备、装置的开停工及正常操作、事故分析及处理、环保及节能、装置防腐、主要工艺计算八个部分。本书是溶剂脱沥青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

溶剂脱沥青装置操作工 / 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 978-7-80229-525-4

I. 溶… II. ①中…②中… III. 溶剂-脱沥青-化工设备-操作-技术培训-教材 IV. TE624.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 031120 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

北京科信印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

*

787 × 1092 毫米 16 开本 7.75 印张 186 千字

2008 年 12 月第 1 版 2008 年 12 月第 1 次印刷

定价: 20.00 元

《石油化工职业技能培训教材》

开发工作领导小组

组 长：周 原

副组长：王天普

成 员：（按姓氏笔画顺序）

于洪涛	王子康	王玉霖	王妙云	王者顺	王 彪
付 建	向守源	孙伟君	何敏君	余小余	冷胜军
吴 耘	张 凯	张继田	李 刚	杨继钢	邹建华
陆伟群	周赢冠	苟连杰	赵日峰	唐成建	钱衡格
蒋 凡					

编审专家组

（按姓氏笔画顺序）

王 强	史瑞生	孙宝慈	李兆斌	李志英	岑奇顺
杨 徐	郑世桂	姜殿虹	唐 杰	黎宗坚	

编审委员会

主 任：王者顺

副主任：向守源 周志明

成 员：（按姓氏笔画顺序）

王力健	王凤维	叶方军	任 伟	刘文玉	刘忠华
刘保书	刘瑞善	朱长根	朱家成	江毅平	许 坚
余立辉	吴 云	张云燕	张月娥	张全胜	肖铁岩
陆正伟	罗锡庆	倪春志	贾铁成	高 原	崔 昶
曹宗祥	职丽枫	黄义贤	彭干明	谢 东	谢学民
韩 伟	雷建忠	谭忠阁	潘 慧	穆晓秋	

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。

《溶剂脱沥青装置操作工》为第三层次教材,教材编写采用系统性强的传统

教材模式，不分级别，在编写顺序上遵循由浅到深、先理论知识后技能知识的编写原则。教材编写内容以国家标准为依据，遵循统一性、通用性、先进性、规范性原则；覆盖题库鉴定知识点，体现工人对教材实用性和可操作性的要求。教材内容突出重点和难点，兼顾先进工艺和先进技术的介绍。突出的重点内容既是工人应掌握知识的重点也是考核的重点；难点内容虽然有的不是考核的重点，但是对这部分知识的理解程度将会对其他知识的学习产生重要的影响；先进工艺和先进技术的介绍虽然不是考核内容，目的是为开阔工人眼界，使工人对本行业的先进知识和发展方向有所了解。教材的每一个章节体现出知识和技能对工人的要求，突出技能。遵循理论知识为技能服务(理论够用即可)，技能知识体现现代企业对工人技能的要求，通过学习，使工人不仅知道怎么干，还要明白为什么那样干。主要内容包括概述、工艺原理及影响因素、主要设备、装置的开停工及正常操作、事故分析及处理、环保及节能、装置防腐、主要工艺计算八个部分。

《溶剂脱沥青装置操作工》教材由广州石化负责组织编写，主编陈远飞(广州石化)，参加编写的人员有张炯(高桥石化)、彭昱峰(广州石化)、危建波(广州石化)、雷秋晓(广州石化)、罗兆方(广州石化)；本教材已经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组织的职业技能培训教材审定委员会审定通过，主审李志英、姜殿虹，参加审定的人员有刘跃委、胡宝其、王辉、郑岩，审定工作得到了茂名石化、高桥石化的大力支持；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 溶剂脱沥青工艺发展过程及在炼油厂中的地位与作用	(1)
1.2 溶剂脱沥青装置的构成	(1)
1.3 典型工艺简介	(1)
1.3.1 国内溶剂脱沥青装置的典型工艺简介	(1)
1.3.2 我国溶剂脱沥青的主要技术进展	(3)
1.3.3 国外溶剂脱沥青工艺简介	(4)
1.3.4 溶剂脱沥青产品的应用	(5)

第2章 工艺原理及影响因素

2.1 工艺原理	(6)
2.1.1 溶剂脱沥青概念	(6)
2.1.2 溶剂脱沥青基本原理	(6)
2.1.3 超临界萃取原理	(7)
2.1.4 溶剂回收原理	(8)
2.2 影响因素	(9)
2.2.1 原料性质的影响	(9)
2.2.2 溶剂的影响	(10)
2.2.3 温度的影响	(11)
2.2.4 压力的影响	(11)
2.2.5 界面的影响	(12)

第3章 主要设备

3.1 萃取塔	(13)
3.1.1 填料萃取塔	(13)
3.1.2 转盘萃取塔	(13)
3.1.3 喷淋萃取塔	(14)
3.1.4 脉动筛板塔	(15)
3.1.5 振动筛板塔	(16)
3.1.6 筛板萃取塔	(16)
3.2 静态混合器	(17)
3.3 溶剂增压泵	(17)
3.4 脱沥青油增压泵	(18)
3.4.1 进口增压泵的特点	(18)
3.4.2 磁力传动增压泵	(18)

3.5 溶剂压缩机	(19)
3.5.1 立式压缩机	(19)
3.5.2 卧式压缩机	(19)
3.5.3 对称平衡型压缩机	(19)
3.5.4 对置式压缩机	(20)
3.5.5 角度式压缩机	(20)
3.6 沉降器	(20)

第4章 装置的开停工

4.1 装置的正常开工	(21)
4.1.1 设备及管线试压	(21)
4.1.2 收溶剂建立溶剂循环	(21)
4.1.3 建立产品系统柴油循环	(22)
4.1.4 投料及调整操作	(22)
4.2 新建装置的开工	(22)
4.2.1 竣工检查验收	(22)
4.2.2 设备的单机试运	(23)
4.2.3 设备管线吹扫及流程贯通	(25)
4.2.4 水冲洗	(26)
4.2.5 水联运及仪表调试	(26)
4.3 装置正常停工	(26)
4.3.1 切断进料退油	(26)
4.3.2 溶剂循环、柴油冲洗循环	(26)
4.3.3 退溶剂停炉	(27)
4.3.4 全面吹扫	(27)
4.3.5 加盲板系统隔离	(27)

第5章 正常操作

5.1 塔器的操作	(28)
5.1.1 萃取塔的操作	(28)
5.1.2 (超)临界塔的操作	(30)
5.1.3 蒸发塔操作	(31)
5.1.4 汽提塔的操作	(32)
5.2 容器的操作	(32)
5.2.1 原料缓冲罐的操作	(32)
5.2.2 溶剂罐的操作	(33)
5.2.3 低压溶剂分液罐的操作	(33)
5.2.4 凝结水罐的操作	(34)
5.2.5 燃料气罐的操作	(34)
5.2.6 燃料油罐的操作	(34)

5.2.7 安全阀放空罐(事故罐)操作	(35)
5.3 加热炉的操作	(35)
5.3.1 加热炉基本原理	(35)
5.3.2 加热炉的主要工艺参数	(36)
5.3.3 加热炉出口温度的控制方案	(37)
5.3.4 加热炉的操作及调节	(37)
5.4 机泵的操作	(38)
5.4.1 离心泵操作法	(39)
5.4.2 蒸汽往复泵操作法	(41)
5.4.3 往复式计量泵操作	(42)
5.4.4 螺杆泵的操作	(43)
5.4.5 压缩机的操作	(44)
5.5 冷换设备的操作	(46)
5.5.1 换热器	(46)
5.5.2 空冷器的操作	(47)
5.6 系统的控制与调节	(47)
5.6.1 自动调节系统	(47)
5.6.2 工艺联锁	(48)
5.6.3 压力的调节与控制	(48)
5.7 产品质量调节	(50)
5.7.1 脱沥青油质量的调节	(50)
5.7.2 沥青质量的调节	(51)
5.8 辅助系统	(51)
5.8.1 温水系统	(51)
5.8.2 柴油系统	(52)
5.8.3 公用工程系统	(52)

第6章 事故分析及处理

6.1 事故处理的基本原则	(54)
6.2 紧急停工	(54)
6.3 常见事故处理	(54)
6.3.1 工艺操作事故处理	(54)
6.3.2 设备事故处理	(55)
6.3.3 动力事故处理	(57)
6.4 案例剖析	(59)

第7章 环保及节能

7.1 环保	(62)
7.1.1 装置污染源、泄漏源分析	(62)

7.2 节能、降耗	(63)
7.2.1 装置能耗分析	(63)
7.2.2 节能降耗措施	(64)

第8章 装置防腐

8.1 装置腐蚀成因分析	(66)
8.1.1 工业腐蚀的常见的类型	(66)
8.1.2 原料产品中的硫存在形态及分布	(67)
8.2 装置防腐措施	(70)

第9章 溶剂脱沥青的工艺计算

9.1 单位换算	(72)
9.2 管路工艺计算	(73)
9.3 机泵工艺计算	(74)
9.4 换热器工艺计算	(77)
9.5 加热炉工艺计算	(78)
9.6 容器工艺计算	(80)
9.7 塔器工艺计算	(80)
9.8 质量平衡、能量平衡	(82)
9.9 其他计算	(84)
9.10 常用的换算关系	(85)

第1章 概 述

1.1 溶剂脱沥青工艺发展过程及在炼油厂中的地位与作用

溶剂脱沥青工艺的应用开始于20世纪30年代,在炼油行业的润滑油生产中,低黏度的润滑油可以从减压蒸馏过程中切割适当黏度的馏分制取,而高黏度的润滑油主要存在于减压渣油中,但由于减压渣油集中了原油中绝大部分的胶质、沥青质及金属化合物,这部分杂质又不能用蒸馏的方法除去;脱蜡时,由于油料黏度大,结晶过滤困难;溶剂精制时,胶质、沥青质会使萃取相和萃余相不能很好分层,从而无法得到残炭低、颜色好的高黏度的重质润滑油料。丙烷脱沥青工艺的出现,有效地解决了这方面的问题,丙烷脱沥青生产出的重质润滑油原料经过脱蜡、精制后其黏度指数高。70年代以后,由于石油资源、市场供应和环境保护的关系,全球重油过剩,对石油产品结构提出轻质化要求,特别需要以低硫燃料油取代高硫渣油燃料。于是,以减压渣油为原料,丁烷(或戊烷)脱沥青工艺生产裂化原料或加氢脱硫原料日益受到重视。减压渣油在溶剂脱沥青后得到的脱沥青油,其碳氢比降低,硫、氮含量减少,脱金属率提高,残炭明显降低;组成中烷烃多,多环化合物少,是比焦化油更好的催化裂化原料。目前,国外已经将溶剂脱沥青列为燃料型炼油厂处理渣油加工的重要装置。

总体来说,溶剂脱沥青装置在炼油厂中对于中间原料(润滑油料或催化料)的生产、产品结构调整,轻质油收率提高、重油平衡,均起着举足轻重的作用。

1.2 溶剂脱沥青装置的构成

溶剂脱沥青装置一般分为萃取和回收两个部分,其中,萃取部分决定产品的收率及质量,它包括萃取塔、沉降塔、静态混合器及相关的冷换设备、原料泵、溶剂(增压)泵等设备、工艺管线和控制系统;回收部分决定生产过程的消耗指标及加工费用,它包括临界回收塔、蒸发塔、汽提塔及增压泵、压缩机、产品泵、加热炉、冷换设备、工艺管线和相关控制系统。此外还有水、电、汽、风等公用系统和辅助流程。

1.3 典型工艺简介

1.3.1 国内溶剂脱沥青装置的典型工艺简介

1958年我国第一套丙烷脱沥青装置在兰州炼油厂建成投产,该类装置主要生产润滑油原料。1987年第一套用 C_4 作溶剂的装置在吉林化学工业公司炼油厂建成投产,该装置主要生产催化裂化原料。随后,混合溶剂在溶剂脱沥青装置逐步得到应用。目前,国内共有溶剂脱沥青装置30套左右,主要分布在中石油、中石化两大集团,总加工能力约800万吨/年,其中,茂名、大连、锦西、荆门、上海高桥、兰炼(一)、大庆、独山子等以丙烷为溶剂;

广州、镇海、洛阳、金山、九江、兰炼(二)、吉林等以丁烷为溶剂；另外，燕山、济南经过改造后以丙烷+丁烷为溶剂进行生产。

目前，国内溶剂脱沥青装置基本可以分为以下两类：

1.3.1.1 丙烷溶剂脱沥青工艺

丙烷溶剂脱沥青工艺(见图 1-1)

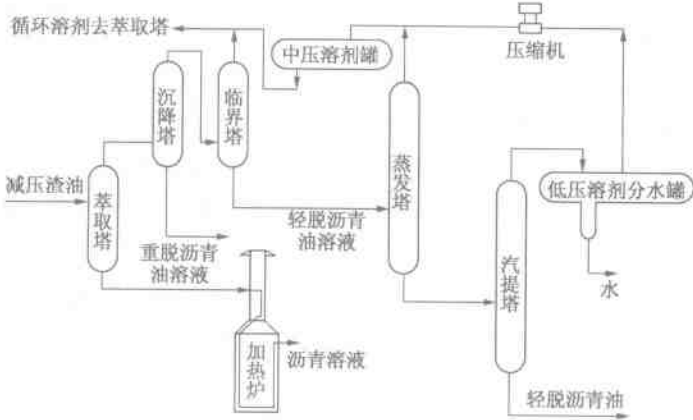


图 1-1 丙烷溶剂脱沥青工艺流程示意图

原料(减压渣油)与溶剂混合后进入萃取塔，在塔内由于相对密度的差异，萃取相(即脱沥青油溶液)逐渐上升至塔顶，萃余相(即脱油沥青溶液)逐渐沉降至塔底。

萃取塔顶脱沥青油溶液经换热后进入沉降塔，在沉降塔内，轻、重脱沥青油溶液同样依据相对密度的差异分离，轻脱沥青油溶液从沉降塔顶经加热后进入临界回收塔。

临界回收塔顶的临界溶剂经换热、冷却后与溶剂罐来经溶剂泵输送的新鲜溶剂汇合进入萃取塔；临界塔底的轻脱沥青油溶液通过轻脱沥青油溶液蒸发塔、汽提塔后出装置。

从沉降塔底出来的重脱沥青油溶液经加热后，通过重脱沥青油溶液蒸发塔、汽提塔后出装置。

从萃取塔底出来的沥青溶液进入加热炉加热后通过沥青溶液蒸发塔、汽提塔后出装置。

沥青蒸发塔顶出来的溶剂将其引进轻、重脱沥青油蒸发塔进行换热，从轻、重脱沥青油蒸发塔顶出来的中压溶剂经空冷器、溶剂后冷却器冷凝冷却后，返回中压溶剂罐循环使用。

轻、重脱沥青油汽提塔、沥青汽提塔顶出来的溶剂气体，经冷却并在溶剂分水罐内分水后进入压缩机压缩，返回溶剂罐循环使用。

目前，国内的丙烷脱沥青装置主要有以下两种类型：

1. 低-高压萃取-临界回收操作工艺

增压泵用于输送轻脱沥青油溶液，升压后进入临界塔，且萃取塔操作压力低于临界回收塔操作压力的工艺，称为低-高压萃取-临界回收操作工艺。这种工艺的优越性是萃取塔可以在较低的压力下操作，从而降低了萃取塔的造价及降低原料泵、溶剂(增压)泵的扬程及电耗；其次，增压泵增压的不是溶剂液体，而是含有大量的脱沥青油的溶剂-脱沥青油溶液，这种溶液的摩擦系数比溶剂液体小得多，从而使增压泵及其机械密封的使用寿命大大延长。此工艺尤其适用于老装置的改造。目前国内采用这种工艺的有济南炼油厂丙烷装置。

2. 高-低压萃取-临界回收操作工艺

增压泵用于临界溶剂升压后进入萃取塔，且萃取塔操作压力高于临界塔操作压力的工艺称为高-低压萃取-临界回收操作工艺。20 世纪 70 年代以后，溶剂脱沥青装置采用了临界回收工艺。首先采用的就是这种高-低压萃取-临界回收工艺。此工艺的特点是，在高于临界压力的条件下进行萃取操作，然后降温升温至临界状态进行溶剂回收，回收的溶剂经冷却降温后返回溶剂罐。后来有些装置引进了增压泵，将临界溶剂增压后直接进萃取塔，以降低动力消耗。目前国内的大部分炼油厂采用的是这种流程，比如：燕山、锦西、大连、大庆、荆门、茂名、兰炼（一）、独山子等。其中有些老装置由于萃取塔原设计压力低或有某种缺陷，操作压力不易高于临界压力，使临界塔被迫降压而采用所谓的“亚临界”操作，如：燕山、锦西等。

1.3.1.2 丁烷溶剂脱沥青工艺

丁烷溶剂脱沥青工艺流程示意图如图 1-2 所示。

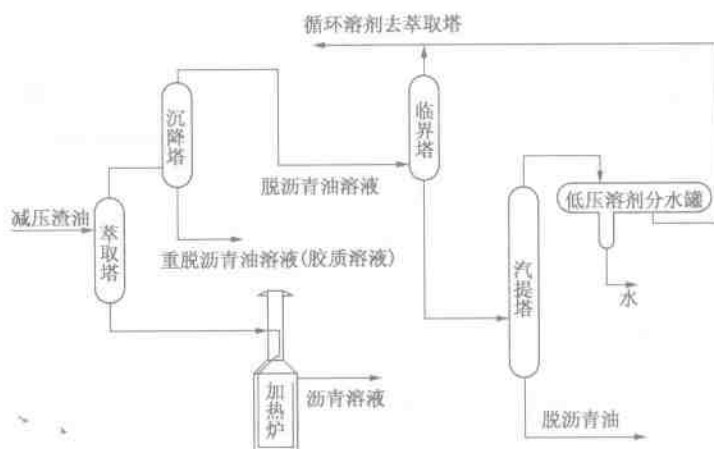


图 1-2 丁烷溶剂脱沥青工艺流程示意图

丁烷溶剂脱沥青工艺与丙烷低-高压萃取-临界回收操作工艺相似，不同之处在于丁烷（或戊烷）回收一般采用超临界条件。其优点在于超临界回收溶剂的比例大，约占临界塔溶剂总量的 80%~90% 左右，直接返回萃取塔（器），形成闭路循环，温位高，便于换热回收利用。设计中采用加热炉代替蒸汽加热器，溶剂蒸发、洗涤、汽提三塔合一，此部分溶剂经冷却后直接返回溶剂罐，无须压缩机，装置设备少，脱沥青油收率高。其缺点是超临界系统设备压力高、投资大，不能生产润滑油原料，操作温度和压力确定较困难。

1.3.2 我国溶剂脱沥青的主要技术进展

经过多年的发展，我国的溶剂脱沥青技术有了较大的飞跃，取得了可喜的成绩，逐步缩短了与国际先进水平的差距，主要表现在以下几个方面：

1. 重溶剂的应用

我国最初建立的溶剂脱沥青装置采用的主要溶剂是丙烷。20 世纪 70 年代，我国科技工作者对异丙醇，80 年代以来又对正丁烷、混合丁烷、戊烷、凝析油戊烷馏分正戊醇、异戊醇、丁醇和异丙醇等溶剂进行了较为深入的研究，使该技术适用于多种不同的工艺。丙烷溶剂脱沥青工艺可以得到残炭较低、颜色较浅的脱沥青油，因而不宜使催化裂化催化剂失活，

有利于催化裂化装置的操作；另一方面，也为润滑油生产提供了优质原料。由于丁烷溶剂溶解度较大，临界温度较高，脱沥青过程可以在较高的温度下进行，有利于降低渣油的黏度，提高溶剂与渣油间的传质速率，因而脱沥青油收率较高。

2. 沉降法两段脱沥青工艺的应用

目前，国内的大部分溶剂脱沥青装置采用较先进的沉降法两段脱沥青流程。沉降法两段脱沥青的优点是在不增加溶剂比的情况下，首先利用溶剂所具有的最大溶解能力，将渣油中的油分尽可能萃取出来，然后在沉降段把脱沥青油溶液的温度升高，降低溶剂的溶解度，使胶质和芳烃部分沉降出来，在保证脱沥青油收率较高的情况下，提供不同质量的产品。

3. 组合工艺的应用

溶剂脱沥青与其他加工工艺组合可以充分发挥各自的优势，提高炼油厂的经济效益。目前技术上比较成熟的组合工艺主要有催化裂化-溶剂脱沥青组合工艺和渣油热转化-溶剂脱沥青-催化裂化组合工艺等。

4. 关键设备有了新的突破

早期的丙烷脱沥青装置萃取塔多数采用转盘塔，该塔缺点是涡流返混严重，转速难以调节，萃取效率低。目前，国内绝大多数丙烷脱沥青装置的萃取塔采用效率更高的填料塔。

1.3.3 国外溶剂脱沥青工艺简介

1.3.3.1 ROSE 工艺

ROSE 工艺的主要特点是利用超临界流体的性质实现沥青质的分离和溶剂回收，以代替常规的蒸发回收。该工艺在萃取段完成液-液萃取以脱除沥青质，在溶剂回收段夹带着脱沥青油的溶剂经过等压升温至超临界状态，脱沥青油溶解度降低与溶剂相分离，之后不含油的溶剂经过换热降温循环使用。根据脱沥青体系和操作条件的变化，大致有 85%~93% 的萃取溶剂可以不经过蒸发，而在不发生相变的情况下将溶剂冷却到合适的温度后便能循环使用。ROSE 工艺过程在节能方面有显著效果，这是因为溶剂在超临界条件下回收可不穿过两相区，所以不消耗潜热。由于取代常规的蒸发回收溶剂，因此提高溶剂萃取的效率和灵活性。

1.3.3.2 DEMEX 工艺

DEMEX 工艺与 ROSE 工艺都是以 C_4 、 C_5 为溶剂，采用静态混合器及沉降塔进行恒温萃取，沉降分离，塔内不设塔盘，结构简单。不同之处是：① DEMEX 工艺萃取塔下半部通入副溶剂，以尽可能地把原料中的轻组分抽提出来，而 ROSE 工艺则无副溶剂入塔。② DEMEX 工艺沉降塔底胶质一部分回萃取塔，另一部分作为产品，或全部作为胶质产品，而 ROSE 工艺则全部把胶质作为产品或与脱沥青油混在一起作为产品，此时脱沥青油品质稍差，但收率高。③ ROSE 工艺增压泵位于混合器之前，所以 ROSE 工艺萃取-沉降-超临界回收塔均处于同一压力之下，萃取塔压力也处于较高压力。而 DEMEX 工艺增压泵位于沉降塔之后，这样只有超临界溶剂回收塔处于较高压力，萃取-沉降部分压力较低。总之，ROSE 工艺是对溶剂增压，温度低，流量小，增压泵操作费用较低，但由于萃取塔压力高于超临界回收压力，因而设备投资较大；DEMEX 工艺对溶剂和脱沥青油的混合物增压，温度高，流量大，萃取塔压力低于超临界回收压力，因而设备投资较少。

1.3.3.3 LEDA 工艺

LEDA 工艺是一种低耗能技术，其主要特点是采用转盘萃取塔和双效蒸发溶剂回收流

程。通过改变转盘转速和调整操作,提高溶剂的选择性和产品收率,比常规蒸发法可显著降低能耗。该工艺使用的溶剂是不同混合比例的 $C_3 \sim C_7$ 轻烃(包括石脑油)。

1.3.3.4 SOLVAHL 工艺

SOLVAHL 工艺是法国石油研究院(IFP)的专利技术。其主要特点是:采用超临界技术回收溶剂;使用两台串联的萃取塔,萃取塔在有温度梯度和低线速条件下操作;脱沥青油的纯度高、溶剂温度低。

1.3.4 溶剂脱沥青产品的应用

1.3.4.1 脱沥青油的应用

1. 润滑油原料

用减压渣油为原料生产润滑油,以丙烷或丙-丁烷的溶剂脱沥青应用的最普遍。

2. 催化裂化原料

渣油溶剂脱沥青后所得的脱沥青油,由于脱除大部分沥青和金属等,是很好的催化裂化原料。

3. 加氢裂化原料

采用脱沥青油加氢,由于预先脱出原料中容易使催化剂中毒的重金属和沥青质,使加氢裂化能在缓和的条件下操作。

1.3.4.2 脱油沥青的应用

1. 调制沥青产品

脱油沥青中所含的硫化物及金属化合物,对用以制取公路建设及建筑防水材料的沥青产品质量无不良影响,而且这些产品的价格也比通常的燃料重油高,因此重溶剂脱油沥青如能用来调制道路及建筑沥青产品,是溶剂脱油沥青最理想的出路。

2. 生产燃料油

目前由溶剂脱油沥青制取燃料油的方法大致可分为:

- (1) 用 30% ~ 50% 的轻油稀释使其成为便于输送及燃烧的液体燃料油。
- (2) 用 10% ~ 20% 的轻油稀释使其软化点低于 100℃,然后用水乳化制成乳化燃料油。
- (3) 直接粉碎用作固体燃料或制成沥青水浆。

3. 沥青作气化原料

沥青经过部分氧化生产合成气为炼油厂提供氢气并为燃气轮机发电,产生蒸汽生产燃料气的气电一体化技术(IGCC)被广泛认为具有良好的发展前景。

4. 作焦化装置原料

脱油沥青经过延迟焦化装置,进一步吃干榨净,提高经济效益。

第2章 工艺原理及影响因素

2.1 工艺原理

2.1.1 溶剂脱沥青概念

选用一种低沸点的烷烃(如丙烷、丁烷或戊烷等)作溶剂,在一定条件下将原料(渣油)中分子量较小的脱沥青油组分和分子量较大的胶质、沥青分离的工艺过程。

2.1.2 溶剂脱沥青基本原理

一般来说,溶剂脱沥青过程中的物料分离是根据密度差原理和溶解度原理进行的。

密度差原理:在混合溶液中,由于密度小的组分会向上移动,密度大的组分会向下移动,从而实现物料分离的目的。

溶解度原理:通常来说,普通物质在有机溶剂中的溶解度存在一定的变化规律,在低温时溶解度小,温度升高,溶解度增大,直至两者完全互溶。但是,对于低沸点烷烃而言(如丙烷脱沥青),当温度升至某一定值后,其溶解度的变化是随着温度的升高而降低,到达临界温度时,溶解度趋向于零,脱沥青油将全部析出。

图2-1 丙烷-渣油体系中溶解度与温度间的关系图。从0℃以下到稍高于20℃的范围内,丙烷分离出的不溶解物质随温度的升高而减少,即溶解度随温度的升高而增大。温度稍高于20℃直至40℃,丙烷和渣油都互相溶为一相。温度稍高于40℃时,沥青、胶质和高溶点的石蜡、地蜡开始分离出来。随着温度的升高,不溶物增加,当温度升至溶剂的临界温度97℃时,丙烷失去溶解性,与脱沥青油完全分离。由此可见丙烷脱沥青过程就是在这两个两相区的范围内进行的。溶解度的变化规律与第一两相区完全相反。即随着温度的升高,溶解度降低,温度越高,丙烷对渣油中的烃类溶解度越弱。

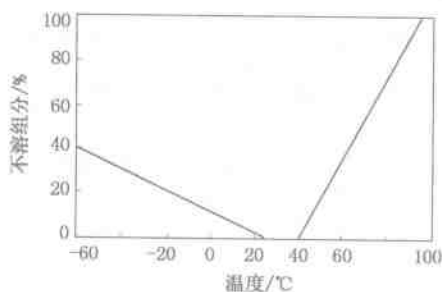


图2-1 丙烷-渣油体系中溶解度与温度间的关系图

丙烷:渣油=2:1(体积比)

在第二个两相区的温度范围内,丙烷-油-胶质和沥青质的溶解关系较为复杂,与温度密切相关,如果用溶剂的密度来表示,则丙烷对渣油的溶解度与其密度呈现线性关系。随着丙烷密度减少,其溶解性能降低。

丙烷对渣油中各组分的溶解度顺序为：烷烃 > 环烷烃 > 高分子多环芳烃 > 胶质。也可以说相对分子质量(以下简称分子量)小的易溶，分子量大的不易溶或不溶。

常用几种低分子烃类的主要理化性质见表 2-1。

表 2-1 几种低分子烷烃的主要理化性质

项 目	乙 烷	丙 烷	丙 烯	正丁烷	正丁烯	正戊烷
分子式	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₃ H ₆	nC ₄ H ₁₀	C ₄ H ₈	C ₅ H ₁₂
分子量	30.1	44.09	42.68	58.12	56.10	72.15
相对密度	气态(0℃)	1.08	1.55	1.48	2.085	2.01
	液态 d_4^{20}	0.3399	0.501	0.5139	0.578	0.5951
沸 点	-88.6	-42.01	-47.7	-0.50	-6.30	36
临界参数	温度/℃	32.27	96.8	91.9	152	146.4
	压力/MPa	4.82	4.20	4.54	3.76	3.94
	密度/(kg/m ³)	204	226	232	225	234
爆炸极限/%	3.22~12.45	2.4~9.5	2~11.1	1.9~8.5	1.6~9.3	1.4~7.8

2.1.3 超临界萃取原理

超临界萃取是指操作条件高于溶剂的临界温度临界压力下进行的萃取过程。

超临界态是物质的一种特殊相态，处于超临界状态下的物质，具有介于气体和液体之间的独特性质。超临界流体是指处于临界温度与临界压力以上的流体。临界压力是指临界温度下的平衡压力，二者称为临界点。纯物质的临界点是平衡气液相的密度相等的点，即物质呈气液平衡的最高温度和最高压力。

2.1.3.1 超临界流体的性质

1. 传递性

超临界流体具有与气体及液体不同的传递性质，超临界流体兼有气液两相的双重特性：既具有与液体接近的密度，使其具有与液体相当的溶解能力；又具有与气体接近的黏度和扩散系数，使其具有良好的传质传热性能。

2. 溶解性

超临界流体的溶解能力与其密度有很大关系，密度增加，溶解能力增强；密度减小，溶解能力降低，甚至丧失对溶质的溶解能力。超临界流体具有很大的压缩性，在临界点附近，温度或压力的微小变化可引起其密度发生几个数量级的变化。因此，在操作区域改变温度或压力会明显地影响体系的密度，从而改变其溶解能力。

3. 选择性

在超临界状态下，将超临界流体与待分离的物质接触，控制体系的温度和压力，选择性地萃取其中某一组分，然后通过降压或升温的办法降低超临界流体的密度，使萃取物得到分离。

总之，密度、黏度和扩散系数是超临界流体最重要的三种性质。通常超临界流体萃取的操作是在接近溶剂的临界条件(即对比温度 T_r 大于 0.1 小于 1.2)，研究证明在接近临界温度的流体有很大的压缩性，在对比压力 P_r 为 0.7~2 的范围内适当增加压力，流体的密度可迅速增大到接近普通液体的密度。一种流体的密度大小在很大程度上决定这种流体的溶剂性质，密度大的溶剂其溶解性好，当偏离临界温度越远，使超临界流体达到类似液体密度的压力越高。