

炼油装置技术手册丛书

润滑油基础油 生产装置 技术手册

主 编 侯晓明

副主编 张国生 王玉章

中国石化出版社

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

炼油装置技术手册丛书

润滑油基础油 生产装置技术手册

主 编 侯晓明

副主编 张国生 王玉章

中国石化出版社

内 容 提 要

本书主要介绍了润滑油基础油生产所涉及装置的工艺原理、原料与产品性质、工艺过程及单元操作、主要设备与操作、正常操作与异常操作、装置开停工、仪表与自动控制、典型事故案例分析,以及腐蚀与防护、安全环保与节能、工艺与设备计算、技术标定与案例等内容。

本书按照基础油生产过程,共分 11 章,内容广泛,论述翔实,所涉及知识有助于从事润滑油生产管理及操作人员详细了解基础油每个生产过程,同时亦可供科研院所、学校等相关人员参阅。

图书在版编目(CIP)数据

润滑油基础油生产装置技术手册 / 侯晓明主编.
—北京:中国石化出版社,2014.11
ISBN 978-7-5114-3109-7

I. ①润… II. ①侯… III. ①润滑油基础油-生产
设备-技术手册 IV. ①TE626.9-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 265820 号

未经本社书面授权,本书任何部分不得被复制、抄袭,或者以任何形式或任何方式传播。版权所有,侵权必究。



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

北京科信印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 35.75 印张 894 千字
2014 年 11 月第 1 版 2014 年 11 月第 1 次印刷
定价:188.00 元

《炼油装置技术手册丛书》

编 委 会

主 任 刘根元

委 员 凌逸群 俞仁明 王 强 罗 强

常振勇 王治卿 张 涌 赵日峰

余夕志 江正洪 宋云昌 谈文芳

周志明 王子康

《润滑油基础油生产装置技术手册》

编 委 会

主 编 侯晓明

副 主 编 张国生 王玉章

编写人员 中国石化上海高桥分公司：

侯晓明 曹文磊 刘 学 潘草原 张和平

刘海龙 刘 英 宁苏明 张文华 张 宇

张 伟 项跃文 吴文广 陶小奇 王 辉

黄金昂 徐亚明 曹 磊

中国石化茂名分公司：

梁文雄 刘跃委 任风允 严 鹏

中国石化经济技术研究院：

张国生 由爱农

中国石化石油化工科学研究院：

王玉章

中国石化工程建设有限公司：

尹 文 徐 松 张 平

中国石化荆门分公司：

王 钟

前 言

润滑油是一种高技术含量的炼油产品，其附加价值高，经济效益显著，受到各行各业的重视。润滑油占全部润滑材料的 85% 以上，种类牌号繁多，多以用途进行分类，如车用润滑油、工业润滑油及工艺润滑油等；也可以用更细的使用关系进行分类，如内燃机油、齿轮油、液压油、全损耗用油、电器用油等。在过去几十年的发展中，我国润滑油产品品种已经发展到 19 大类 400 多个牌号，基本满足国民经济发展的需要。

顺应世界低碳经济要求，节能、环保、低排放、无污染、长寿命将成为润滑油发展的趋势与方向。润滑油产品正在从高黏度的单级油发展为低黏度的多级油；从单一要求的专用油发展为无特殊要求的通用油。与其配套的基础油和添加剂生产也取得长足进步，质量和级别不断提升。为此，所需基础油也从矿物Ⅰ类油向加氢的Ⅱ类油、Ⅲ类油甚至于合成油发展。随着基础油质量的提升，其生产工艺也得到了不同程度地发展，本书主要是介绍矿物基础油的生产。

目前，世界上的矿物基础油生产工艺主要包括常规基础油生产工艺与非常规基础油生产工艺两类。常规基础油生产工艺主要存在两种技术路线：一种是以低硫石蜡基原油为代表性油种，采用溶剂精制、溶剂脱蜡、补充精制装置(补充工艺有白土精制和低压加氢精制)组合的，生产 APIⅠ类基础油，俗称“老三套”工艺；另一种是以加工中东含硫中间基原油为代表性油种，采用加氢精制、溶剂脱蜡、补充精制装置组合的生产 APIⅠ类基础油工艺。非常规基础油生产工艺也主要存在两种技术路线：全加氢工艺以及加氢改质与溶剂脱蜡结合的组合工艺，其中，全加氢工艺生产 APIⅡ类、Ⅲ类基础油。此两类基础油生产工艺所包括的生产装置主要有：减压蒸馏装置、丙烷脱沥青装置、溶剂精制装置、溶剂脱蜡装置、白土精制装置、润滑油加氢装置。

本书编写历时 3 年，由中国石化系统内部润滑油业界知名的设计师、专家、教授和工程技术人员共同编写，以科学性和实用性为原则，多次讨论，数易其稿。本书主要介绍了基础油各生产装置的工艺原理、原材料与产品性质、工艺过程及单元操作、主要设备与操作、正常操作与异常操作、装置开停工、仪表

与自动控制、典型事故案例分析，以及腐蚀与防护、安全环保与节能、工艺与设备计算、技术标定与案例等内容。本书有助于从事润滑油基础油生产管理及操作的人员详细了解基础油的每个生产过程，同时亦可供科研院所、学校等相关人员参阅。

本书共分 11 章，第一章由中国石化经济技术研究院编写，第二、五、六、七章由中国石化上海高桥分公司编写，第三、四章由中国石化茂名分公司编写，第八、九、十、十一章由上海高桥分公司与茂名分公司共同编写。在编著过程中，中国石化工程建设公司蒋荣兴、范传宏、徐松、尹文、张平，中国石化上海高桥分公司潘草原，中国石化茂名分公司李志英，中国石化燕山分公司付成刚、李宏茂，中国石化济南分公司徐祇宏、宗军，中国石化荆门分公司王钟等对本书的编写与修改给予了大力支持与指导。

本书编写的组织与协调工作，由中国石化高桥分公司的侯晓明同志负责，并对全书各章进行了最后的修改和统稿审定。中国石化经济技术研究院张国生、中国石化石油化工科学研究院王玉章作为副主编全程参与了全书的编写及审定。

中国石化出版社张国艳对本书的编写与出版给予了通力协作和配合。

润滑油基础油生产是一个非常复杂的过程，所涉及的装置与工艺流程较多，由于大多数编者水平有限且经验不足，本书内容中肯定会有不少谬误、不妥或疏漏之处，恳请读者不吝指出，以便今后予以订正。

编 者

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 概述	(1)
第二节 基础油的特点	(2)
一、矿物基础油	(2)
二、合成基础油	(3)
三、生物基础油	(4)
第三节 基础油应用与分类方法	(4)
一、理想的润滑油组分	(4)
二、基础油的要求	(6)
三、基础油的分类	(7)
第四节 基础油生产工艺	(10)
一、各种工艺技术特点与发展	(11)
二、基础油生产工艺框图	(17)
第五节 主要基础油生产装置	(19)
一、基础油生产	(19)
二、主要生产装置	(20)
第六节 基础油发展趋势	(22)
一、影响基础油需求变化的主要因素	(22)
二、基础油发展趋势	(23)
第二章 减压蒸馏装置	(24)
第一节 概述	(24)
一、减压蒸馏作用	(24)
二、减压蒸馏现状与发展	(24)
第二节 工艺原理	(28)
一、减压蒸馏工艺原理	(28)
二、润滑油型与燃料油型减压蒸馏区别	(29)
三、润滑油减压蒸馏工艺特点	(29)
第三节 原料与产品性质	(30)
一、原油	(30)

二、常压渣油	(31)
三、原料性质	(32)
第四节 工艺过程及单元操作	(35)
第五节 主要设备与操作	(35)
一、减压塔及操作	(35)
二、抽真空设备及操作	(37)
三、汽提塔及操作	(37)
四、加热炉及操作	(38)
第六节 正常操作与异常操作	(39)
一、正常操作	(39)
二、异常操作	(40)
第七节 装置开停工	(43)
一、装置开工	(43)
二、装置停工	(58)
第八节 仪表与自动控制	(63)
一、自动控制水平	(63)
二、自动控制方案	(63)
三、主要联锁方案	(68)
第九节 典型事故案例分析	(68)
一、操作不当减压塔内发生爆炸事故	(68)
二、油品窜入蒸汽线、灭火时发生事故	(69)
三、减压塔出口管线未加盲板检修发生爆炸事故	(69)
四、烧焦不当炉管被烧弯事故	(70)
五、加热炉转油线穿孔漏油发生着火事故	(71)
六、操作不当减压炉发生闪爆事故	(71)
七、减压塔填料硫化亚铁发生自燃事故	(72)
八、法兰受冷收缩, 泄漏引发火警	(73)
九、减底泵端面密封漏油	(73)
十、换热器漏油着火	(74)
第三章 丙烷脱沥青装置	(75)
第一节 概述	(75)
第二节 工艺原理	(75)
一、萃取过程原理	(75)
二、溶剂回收原理	(76)
第三节 原料与产品性质	(77)
一、原料性质	(77)

二、产品性质	(77)
第四节 工艺过程及单元操作	(78)
第五节 主要设备与操作	(79)
一、萃取塔	(79)
二、静态混合器	(81)
三、沉降器	(81)
四、加热炉	(81)
五、机泵的操作	(83)
六、冷换设备的操作	(90)
第六节 正常操作与异常操作	(92)
一、正常操作	(92)
二、异常操作	(98)
第七节 装置开停工	(101)
一、装置的正常开工	(101)
二、新建装置的开工	(102)
三、装置正常停工	(106)
第八节 仪表与自动控制	(107)
一、装置对仪表自控的要求	(107)
二、主要自动控制方案	(107)
第九节 典型事故案例分析	(109)
一、某厂丙烷装置丙烷泄漏事故	(109)
二、某厂丙烷装置加热炉回火伤人事故	(109)
三、某厂丙烷脱沥青装置沥青堵系统火炬线事故	(110)
四、某厂丙烷脱沥青装置操作工窒息事故	(110)
五、某厂丙烷脱沥青装置 FeS 自燃事故	(111)
第四章 溶剂精制装置	(112)
第一节 概述	(112)
一、溶剂精制的作用	(112)
二、溶剂精制装置的发展及现状	(112)
三、溶剂精制工艺的发展趋势	(113)
第二节 工艺原理	(114)
一、溶剂精制工艺介绍	(114)
二、溶剂精制的原理	(117)
第三节 原料与产品性质	(117)
一、溶剂精制原料性质及要求	(117)
二、溶剂精制产品性质和要求	(118)

三、溶剂性质	(120)
第四节 工艺过程及单元操作	(123)
一、脱气系统	(123)
二、抽提系统	(124)
三、溶剂回收系统	(129)
四、抽真空系统	(134)
第五节 主要设备与操作	(134)
一、塔设备	(134)
二、抽真空设备	(142)
三、容器	(143)
四、动设备使用与维护	(145)
第六节 正常操作与异常操作	(147)
一、正常操作	(147)
二、异常操作	(164)
第七节 装置开停工	(177)
一、开工操作	(177)
二、停工操作	(184)
第八节 仪表与自动控制	(186)
一、自动控制水平	(186)
二、主要自动控制方案	(186)
第九节 典型事故案例分析	(190)
一、生产与操作事故	(190)
二、设备事故	(195)
第五章 溶剂脱蜡脱油装置	(198)
第一节 概述	(198)
一、溶剂脱蜡脱油装置的作用	(198)
二、润滑油脱蜡的方法及溶剂脱蜡的技术特点	(198)
三、溶剂脱蜡脱油工艺的发展趋势	(199)
第二节 工艺原理	(200)
一、溶剂脱蜡脱油原理	(200)
二、溶剂脱蜡脱油工艺过程	(201)
第三节 原料与产品性质	(201)
一、原料种类与性质	(201)
二、产品性质	(202)
三、溶剂性质	(203)
四、制冷剂(液氨)性质	(205)

第四节 工艺过程及单元操作	(206)
一、脱蜡结晶系统	(206)
二、脱油系统	(213)
三、真空过滤系统	(214)
四、冷冻系统	(220)
五、回收系统	(226)
第五节 主要设备与操作	(236)
一、真空转鼓过滤机	(236)
二、酮苯真空泵	(240)
三、加热炉	(242)
四、表面蒸发空冷器	(245)
五、润滑油油雾发生器	(246)
六、螺杆式氨压缩机	(248)
七、酮苯套管结晶器	(249)
第六节 正常操作与异常操作	(252)
一、正常操作	(252)
二、异常操作	(260)
第七节 装置开停工	(268)
一、开工操作	(268)
二、停工操作	(272)
第八节 仪表与自动控制	(275)
第九节 典型事故案例分析	(278)
一、生产与操作事故	(278)
二、设备事故	(281)
三、避免事故的有关规定	(283)
四、装置环保注意事项	(284)
第六章 白土精制装置	(286)
第一节 概述	(286)
一、白土精制的作用	(286)
二、白土精制装置的发展及现状	(286)
三、白土精制工艺的发展趋势	(287)
第二节 工艺原理	(288)
一、白土精制原理	(288)
二、国内白土精制工艺	(288)
第三节 原料与产品性质	(288)
一、原料种类及性质	(288)

二、产品种类及性质	(289)
第四节 工艺过程及单元操作	(290)
一、进料及加热系统	(290)
二、进料混合物汽提	(300)
三、板框过滤系统	(300)
四、废白土渣的卸渣操作	(302)
第五节 主要设备与操作	(303)
一、蒸发塔	(303)
二、加热炉	(304)
三、水环式真空泵	(308)
四、板框过滤机	(309)
第六节 正常操作与异常操作	(313)
一、正常操作	(313)
二、异常操作	(320)
三、一般事故及故障处理	(325)
第七节 装置开停工	(332)
一、开工操作	(332)
二、停工操作	(339)
第八节 仪表与自动控制	(344)
一、自动控制水平	(344)
二、主要自动控制方案	(344)
第九节 典型事故案例分析	(345)
一、生产与操作事故	(345)
二、设备事故	(349)
第七章 润滑油加氢装置	(351)
第一节 概述	(351)
一、润滑油加氢技术简述	(351)
二、润滑油全加氢装置构成及技术特点	(351)
三、替代溶剂精制的加氢精制装置构成及技术特点	(352)
四、替代白土补充精制的加氢补充精制装置构成及技术特点	(353)
五、润滑油加氢处理与老三套的组合工艺构成及技术特点	(354)
第二节 工艺原理	(355)
一、异构脱蜡型的全加氢工艺原理	(355)
二、前加氢精制的工艺原理	(356)
三、加氢补充精制的工艺原理	(357)
四、加氢处理的工艺原理	(357)

第三节 原料与产品性质	(357)
一、原料及辅料	(357)
二、催化剂	(359)
三、产品	(360)
第四节 工艺过程及单元操作	(361)
一、装置工艺流程	(361)
二、加氢裂化反应系统	(363)
三、加氢裂化分馏系统	(369)
四、异构脱蜡/加氢后精制反应系统	(372)
五、异构脱蜡/加氢后精制分馏系统	(377)
第五节 主要设备与操作	(381)
一、主要设备介绍	(381)
二、单体设备的操作	(387)
第六节 正常操作与异常操作	(396)
一、加氢裂化系统的正常操作	(396)
二、异构脱蜡/加氢后精制系统的正常操作	(409)
三、原料切换与产品质量调节	(411)
第七节 装置开停工	(416)
一、开工操作	(416)
二、停工操作	(442)
第八节 仪表与自动控制	(449)
一、装置对仪表自控的要求	(449)
二、自动控制水平	(449)
三、自动控制方案	(450)
四、联锁保护系统	(452)
第九节 典型事故及案例分析	(453)
一、装置紧急事故处理原则	(453)
二、工艺事故处理	(453)
第八章 腐蚀与防护	(464)
第一节 概述	(464)
第二节 工业腐蚀的常见类型	(464)
一、全面腐蚀	(464)
二、局部腐蚀	(464)
第三节 硫腐蚀与环烷酸腐蚀	(466)
一、硫腐蚀	(466)
二、环烷酸腐蚀	(471)

第四节 糠酸腐蚀	(473)
一、糠酸对溶剂精制装置的腐蚀	(473)
二、糠酸对(酮苯)装置的腐蚀	(475)
第五节 氢的腐蚀	(476)
一、腐蚀形式	(476)
二、润滑油加氢装置设备主要部位腐蚀	(480)
第九章 安全环保与节能	(483)
第一节 概述	(483)
第二节 安全	(484)
一、常见安全事件	(484)
二、装置的主要危险物	(485)
三、安全措施	(486)
四、硫化氢注意事项	(487)
五、氨的操作注意事项	(489)
第三节 环保	(489)
一、废水污染源及主要污染物	(489)
二、废气污染源及主要污染物	(490)
三、废渣污染源及主要污染物	(492)
四、主要噪声源及其声压级	(492)
五、污染的预防措施	(493)
第四节 节能	(499)
一、炼厂用能	(499)
二、能耗计算	(500)
三、节能技术	(501)
第十章 工艺与设备计算	(507)
第一节 概述	(507)
第二节 工艺计算	(508)
一、物流计算	(508)
二、简单物料计算	(512)
三、能耗计算	(514)
四、溶剂回收计算	(516)
五、安全气系统计算	(517)
六、润滑油加氢装置反应条件计算	(519)
第三节 动设备计算	(522)
一、泵计算	(522)
二、压缩机计算	(527)

三、过滤机计算	(528)
第四节 静设备计算	(529)
一、加热炉计算	(529)
二、换热器计算	(535)
三、蒸发塔计算	(542)
四、抽提塔的比负荷计算	(543)
第十一章 技术标定与案例	(545)
第一节 概述	(545)
第二节 技术标定	(545)
一、技术标定的意义	(545)
二、标定的时间要求	(545)
三、标定方案的编制	(545)
四、标定报告的编写	(546)
第三节 技术标定案例	(546)
一、润滑油加氢装置的标定报告	(546)
二、白土精制装置的标定	(552)
参考文献	(556)

第一章 绪论

第一节 概 述

润滑油是用于各种类型机械、设备与车辆上以减少摩擦、保护机械及加工件的液体润滑剂，主要起润滑、冷却、防锈、清洁、密封和缓冲等作用。当然，也有一些不起润滑作用的油品如电器绝缘油、切削油等，因为它们与润滑油馏分相近、制造方法相同，也归结为润滑油产品系列。

各种成品润滑油一般都是基础油和添加剂调合产物，即基础油是润滑油的主要成分，决定着润滑油的基本性质，添加剂（化学反应物）则可弥补和改善基础油性能方面的不足，赋予某些新的性能，也是润滑油的重要组成部分。

本章重点描述基础油特点、分类、应用、生产工艺和发展趋势，并为其他各章生产装置的介绍做好技术引导。

润滑油质量、品种、规格的开发总是伴随着用油设备、机具与车辆的技术进步而发展的。现有的用油装备都对润滑油性能提出节能、环保和经济性等要求。新的用油设备、机具与车辆都朝着缩小体积、减轻质量、增大功率、提高效率、增加可靠性和环境友好的方向发展，它们对车辆用油、工业用油和工艺用油等提出了更苛刻的要求。未来的润滑油，将面临多方面的严峻挑战。

润滑油是一种高技术含量的炼油产品，附加价值高，经济效益显著，受到各行各业的重视。润滑油占全部润滑材料的 85% 以上，种类牌号繁多，多以用途进行分类，如车用润滑油、工业润滑油和工艺润滑油等。也可以用更细的使用关系进行分类，如内燃机油、齿轮油、液压油、全损耗用油、电器用油等。在过去几十年的发展中，我国润滑油产品品种已经发展到 19 大类 400 多个牌号，基本满足了国民经济发展的需要。

顺应世界低碳经济要求，节能、环保、低排放、无污染、长寿命将成为润滑油发展的趋势与方向。润滑油产品正在从高黏度的单级油发展为低黏度的多级油；从单一要求的专用油发展为无特殊要求的通用油。与其配套的基础油和添加剂生产也取得长足进步，质量和级别不断提升。为此，所需基础油也从矿物Ⅰ类油向加氢的Ⅱ类油、Ⅲ类油以及合成油发展。

根据统计资料分析，自 2007 年以来，世界各地Ⅱ类、Ⅲ类基础油生产装置陆续投产，全球Ⅱ类、Ⅲ类基础油的产量在不断提高，Ⅰ类油的产量所占比例在不断下降，Ⅱ类、Ⅲ类基础油所占比例不断提高（见图 1-1）。