



中国石油天然气集团公司统编培训教材

工程建设业务分册

炼化装置施工技术

《炼化装置施工技术》编委会 编



石油工业出版社

中国石油天然气集团公司统编培训教材

工程建设业务分册

炼化装置施工技术

《炼化装置施工技术》编委会 编

石油工业出版社

内 容 提 要

本教材是中国石油工程建设专业培训系列教材之一，主要介绍常见典型炼化装置工艺流程和炼化工程建设特点及施工技术管理工作，并根据炼化装置工程实际，按专业分类别介绍了各专业主要施工工艺和技术管理要点。使学员了解炼化装置施工及技术管理基本特点，并指导实际操作。

本书可作为炼化工程建设施工企业中、高级技术人员及技术管理人员的培训教材，也可作为炼化工程建设领域其他专业管理人员了解施工技术的重要参考书。

图书在版编目（CIP）数据

炼化装置施工技术 / 《炼化装置施工技术》编委会编.
北京：石油工业出版社，2013.8
（中国石油天然气集团公司统编培训教材）
ISBN 978-7-5021-9630-1

I . 炼…

II . 炼…

III . 石油炼制 - 化工设备 - 设备安装 - 技术培训 - 教材

IV . TE682

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2013）第 131532 号

出版发行：石油工业出版社

（北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011）

网 址：www.petropub.com.cn

编辑部：（010）64523735 发行部：（010）64523620

经 销：全国新华书店

印 刷：北京中石油彩色印刷有限责任公司

2013 年 8 月第 1 版 2013 年 8 月第 1 次印刷

787×960 毫米 开本：1/16 印张：47.75

字数：825 千字

定价：160.00 元

（如出现印装质量问题，我社发行部负责调换）

版权所有，翻印必究

《中国石油天然气集团公司统编培训教材》 编 审 委 员 会

主任委员：李万余

副主任委员：金 华 白泽生

委 员：王志刚 连建家 胡宝顺 马晓峰

卢丽平 杨大新 吴苏江 杨 果

方朝亮 王同良 刘江宁 卢 宏

周国芳 雷 平 马新华 戴 鑑

上官建新 陈健峰 秦文贵 杨时榜

何 京 张 镇

秘 书：张玉文 王子云

《炼化装置施工技术》编委会

主 编：卫建良

副主编：李清君 蒋明道 姜 平

编 委：王香梅 曹净淑 李 睿 李利娟 温建超

钟 耿 杨建红 徐志刚 华金德 覃兴强

吕 亮 孟 雁 陈建华 刘亚丽 赵志明

序



企业发展靠人才，人才发展靠培训。当前，集团公司正处在加快转变增长方式，调整产业结构，全面建设综合性国际能源公司的关键时期。做好“发展”、“转变”、“和谐”三件大事，更深更广参与全球竞争，实现全面协调可持续，特别是海外油气作业产量“半壁江山”的目标，人才是根本。培训工作作为影响集团公司人才发展水平和实力的重要因素，肩负着艰巨而繁重的战略任务和历史使命，面临着前所未有的发展机遇。健全和完善员工培训教材体系，是加强培训基础建设，推进培训战略性和国际化转型升级的重要举措，是提升公司人力资源开发整体能力的一项重要基础工作。

集团公司始终高度重视培训教材开发等人力资源开发基础建设工作，明确提出要“由专家制定大纲、按大纲选编教材、按教材开展培训”的目标和要求。2009年以来，由人事部牵头，各部门和专业分公司参与，在分析优化公司现有部分专业培训教材、职业资格培训教材和培训课件的基础上，经反复研究论证，形成了比较系统、科学的教材编审目录、方案和编写计划，全面启动了《中国石油天然气集团公司统编培训教材》（以下简称“统编培训教材”）的开发和编审工作。“统编培训教材”以国内外知名专家学者、集团公司两级专家、现场管理技术骨干等力量为主体，充分发挥地区公司、研究院所、培训机构的作用，瞄准世界前沿及集团公司技术发展的最新进展，突出现场应用和实际操作，精心组织编写，由集团公司“统编培训教材”编审委员会审定，集团公司统一出版和发行。

根据集团公司员工队伍专业构成及业务布局，“统编培训教材”按“综合管理类、专业技术类、操作技能类、国际业务类”四类组织编写。综合管理类侧重中高级综合管理岗位员工的培训，具有石油石化管理特色的教材，以自编方式为主，行业适用或社会通用教材，可从社会选购，作为指定培训教材；专业技术类侧重中高级专业技术岗位员工的培训，是教材编审的主体，

按照《专业培训教材开发目录及编审规划》逐套编审，循序推进，计划编审300余门；操作技能类以国家制定的操作工种技能鉴定培训教材为基础，侧重主体专业（主要工种）骨干岗位的培训；国际业务类侧重海外项目中外员工的培训。

“统编培训教材”具有以下特点：

一是前瞻性。教材充分吸收各业务领域当前及今后一个时期世界前沿理论、先进技术和领先标准，以及集团公司技术发展的最新进展，并将其转化为员工培训的知识和技能要求，具有较强的前瞻性。

二是系统性。教材由“统编培训教材”编审委员会统一编制开发规划，统一确定专业目录，统一组织编写与审定，避免内容交叉重叠，具有较强的系统性、规范性和科学性。

三是实用性。教材内容侧重现场应用和实际操作，既有应用理论，又有实际案例和操作规程要求，具有较高的实用价值。

四是权威性。由集团公司总部组织各个领域的技术和管理权威，集中编写教材，体现了教材的权威性。

五是专业性。不仅教材的组织按照业务领域，根据专业目录进行开发，且教材的内容更加注重专业特色，强调各业务领域自身发展的特色技术、特色经验和做法，也是对公司各业务领域知识和经验的一次集中梳理，符合知识管理的要求和方向。

经过多方共同努力，集团公司首批39门“统编培训教材”已按计划编审出版，与各企事业单位和广大员工见面了，将成为首批集团公司统一组织开发和编审的中高级管理、技术、技能骨干人员培训的基本教材。首批“统编培训教材”的出版发行，对于完善建立起与综合性国际能源公司形象和任务相适应的系列培训教材，推进集团公司培训的标准化、国际化建设，具有划时代意义。希望各企事业单位和广大石油员工用好、用活本套教材，为持续推进人才培训工程，激发员工创新活力和创造智慧，加快建设综合性国际能源公司发挥更大作用。

《中国石油天然气集团公司统编培训教材》

编审委员会

2011年4月18日

前 言



本教材编写的目的是通过培训,使炼化工程建设施工企业技术管理岗位专业人员熟悉和掌握炼化装置工程建设和施工技术管理特征以及工程建设施工各专业的相关知识,提高炼化工程施工技术管理的实务操作能力,达到熟练地和有效地对具体炼化工程建设施工技术进行规范化管理的目的。

本培训教材共有 11 章。第一章介绍常见典型炼化装置工艺炼化工程建设特点及发展趋势、炼化装置施工技术要求,使学员熟悉和掌握炼化工程建设特点和施工技术管理特点。第二章介绍炼化装置施工技术管理程序和基本制度等内容,使学员熟悉和掌握炼化装置施工技术管理程序和基本制度。第三至第十一章分专业介绍炼化工程施工各专业施工工艺和技术管理要求,使学员熟悉和掌握各专业技术管理的具体内容。相关大型设备吊装技术内容见本系列教材《大型吊装技术》分册。

本教材第一章由王香梅[中国石油工程建设公司(以下简称 CPECC)一建公司]完成,第二章由曹净淑(CPECC 一建公司)完成,第三章由李睿(CPECC 一建公司)完成,第四章由李利娟(CPECC 一建公司)完成,第五章由蒋明道[中国寰球工程公司(以下简称 HQCEC)六建公司]完成,第六章由姜平、钟耿(HQCEC 六建公司)完成,第七章由杨建红、徐志刚(CPECC 一建公司)完成,第八章由华金德(CPECC 一建公司)完成,第九章由覃兴强、吕亮(HQCEC 六建公司)完成,第十章由孟雁(CPECC 一建公司)完成,第十一章由陈建华、刘亚丽(CPECC 一建公司)、温建超(HQCEC 六建公司)完成,赵志明(CPECC 一建公司)负责全书的协调组织工作,卫建良、李清君、蒋明道、姜平负责全书的审核和修改工作。

本书可作为炼化工程建设施工企业中、高级技术人员及技术管理人员培训教材,也可作为炼化工程建设领域其他专业管理人员了解施工技术的重要参考书。

由于水平有限,难免有错误和不足之处,恳请读者批评指正。

《炼化装置施工技术》编委会

2013 年 5 月

目 录

第一章 概论	1
第一节 常见典型炼化装置简介	1
第二节 炼化工程建设特点及发展趋势	87
第三节 炼化工程施工技术特点	90
参考文献	91
第二章 炼化装置施工技术管理	92
第一节 施工技术准备	92
第二节 施工现场技术管理	108
第三节 施工现场技术责任制	110
第四节 施工现场技术管理制度	112
参考文献	126
第三章 土建工程	127
第一节 炼化装置常见建 / 构筑物结构形式与特点	127
第二节 测量工程	128
第三节 土方工程与基坑工程	136
第四节 地基处理与桩基工程	141
第五节 模板工程	163
第六节 钢筋工程	170
第七节 混凝土工程	180
第八节 砌体工程	188
第九节 建筑地面工程	194
第十节 屋面工程	197
第十一节 钢结构工程	199

参考文献	220
第四章 静设备安装	221
第一节 立式圆筒形钢制储罐制作安装主要施工工艺	221
第二节 球形储罐主要施工工艺	242
第三节 铝料仓的施工工艺	257
第四节 金属焊接湿式气柜的施工工艺	266
第五节 压力容器现场组焊与安装	275
第六节 现场组焊压力容器的热处理	293
参考文献	302
第五章 工业炉的安装	303
第一节 箱式炉的安装	303
第二节 圆筒形加热炉的安装	330
第三节 工业锅炉的安装	333
参考文献	358
第六章 动设备安装	359
第一节 动设备安装通用工艺	359
第二节 泵和风机的安装	377
第三节 活塞式压缩机的安装	382
第四节 离心式压缩机的安装	391
第五节 回转圆筒设备的安装	399
第六节 大型挤压造粒机安装	406
第七节 输送设备安装	420
第八节 起重机械的安装	422
参考文献	431
第七章 装置区管线的施工	432
第一节 工艺管道基础知识	432
第二节 给水排水及采暖管道安装	444
第三节 中、低压管道的施工	461
第四节 高压管道的施工	478

第五节	管道焊接·····	485
第六节	管道系统预试运及试运·····	497
第七节	管道工厂化预制·····	512
参考文献	·····	525
第八章	无损检测·····	527
第一节	概述·····	527
第二节	典型无损检测工艺·····	529
第三节	特殊无损检测工艺·····	572
第四节	无损检测新技术应用·····	576
第五节	射线检测的安全防护·····	591
参考文献	·····	592
第九章	电气工程·····	593
第一节	炼化装置电气设备安装的特点·····	593
第二节	六氟化硫组合电器的安装·····	593
第三节	盘柜的安装·····	598
第四节	变压器的安装·····	603
第五节	直流电源、交流不间断电源的安装·····	605
第六节	电缆线路施工·····	606
第七节	电动机检查与接线·····	611
第八节	照明系统的安装·····	614
第九节	防雷与接地系统的安装·····	616
参考文献	·····	618
第十章	自控仪表工程安装·····	620
第一节	自控仪表工程施工程序·····	620
第二节	施工准备·····	622
第三节	仪表的校验与调整·····	624
第四节	仪表设备安装·····	634
第五节	仪表线路的安装·····	644
第六节	测量管道的安装·····	650
第七节	仪表气源管道和信号管道安装·····	656

第八节	仪表伴热系统的安装·····	658
第九节	系统调试·····	660
第十节	一般故障处理·····	671
参考文献	·····	681
第十一章	防腐绝热及特殊设备衬里工程施工·····	682
第一节	防腐蚀工程·····	682
第二节	绝热工程·····	701
第三节	特殊设备衬里·····	713
参考文献	·····	744
附 录	·····	745

第一章 概 论

炼化装置是石油炼制装置和石油化工装置两个体系的简称。石油炼制和石油化工是石油加工按照其加工和用途的不同分成的两大分支，二者相互依存、相互联系，是一个庞大而复杂的工业部门，它们相互结合和渗透。

第一节 常见典型炼化装置简介

炼化装置种类繁多，典型的炼化装置有常减压蒸馏装置、催化裂化装置、催化重整装置、催化加氢装置、延迟焦化装置、乙烯裂解装置、天然气制甲醇装置、天然气制氨装置及聚烯烃装置等。下面从工艺流程及关键设备两方面对典型炼化装置做简单介绍。

一、常减压蒸馏装置

1. 概述

常减压蒸馏是炼油厂加工原油的第一道工序，即原油的一次加工。在炼油厂加工总流程中有重要作用，通过蒸馏的方法将原油分割成为不同沸点范围的组分，以适应产品和下游工艺装置对原料的要求。

2. 工艺流程

常减压蒸馏的工艺过程主要包括“一脱三注”（包括原油电脱盐、分馏塔顶注氨、注水、注缓蚀剂等工艺过程）、常压蒸馏和减压蒸馏。典型的原油常减压蒸馏工艺流程如图 1-1-1 所示。

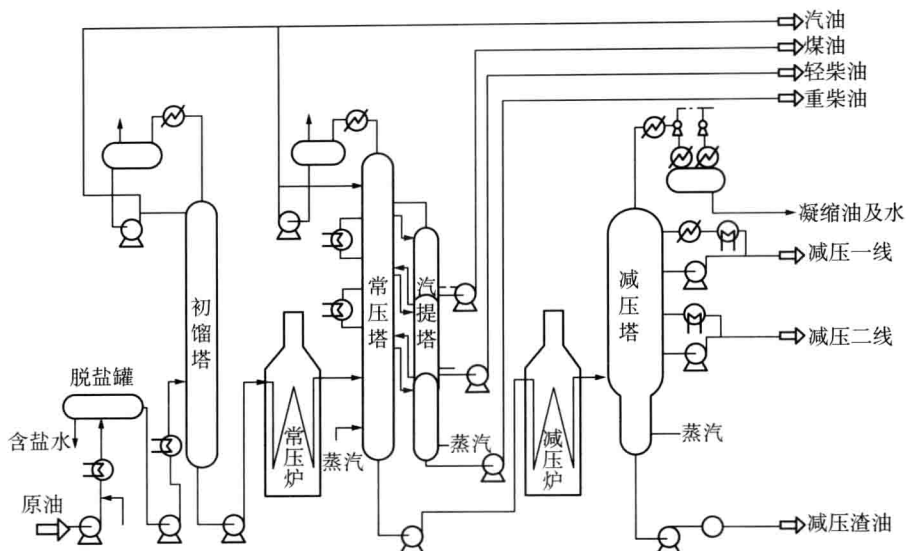


图 1-1-1 典型的原油常减压蒸馏工艺流程

3. 主要设备

常减压蒸馏装置的关键设备包括分馏塔和加热炉等。

1) 分馏塔

分馏塔是常减压蒸馏装置工艺过程的核心，有初馏塔、常压塔、减压塔等，它的基本作用是提供气液两相充分接触的机会，使传热和传质两种传递过程能够迅速有效地进行，并能使接触后的气液两相及时分离。原油在分馏塔中通过传热、传质实现分馏作用，可将原油分离成不同馏分的产品。

(1) 分馏塔的分类。

根据塔内气液接触部件的结构形式，塔可以分为板式塔和填料塔。板式塔内沿塔高装有若干层塔板，液体靠重力作用由顶部逐板流向底部，并在各塔板上形成流动的液层；气体靠压力由塔底向上依次穿过各塔板上的液层流向塔顶。气液两相在塔内各板上逐级接触，进行传热和传质，使两相的组成沿塔高呈阶梯式变化。填料塔内装有各种形式的填料，液相通过液相分布器均匀喷淋在填料层上方，靠重力作用沿填料表面流下，气相靠压力向上穿过填料间隙。气液两相在填料润湿的表面上接触进行传热和传质，其两相组成沿塔高连续变化。

①板式塔。

板式塔内部装有一层层相隔一定距离的塔板。各板之间有专供液相通过

的降液管，在每层塔板上液体与气体互相接触后又分开，气体继续上升到上一层塔板，液体通过降液管流到下一层塔板上。

板式塔根据塔板结构形式，又分为筛板塔、浮阀塔等。筛板塔是在塔板上开有许多均匀分布的筛孔，筛孔在塔板上呈三角形排列，其直径一般为 $3 \sim 8\text{mm}$ 。浮阀塔板是在塔板上开有若干大孔（标准孔径 39mm ），每孔装有一个可以上下浮动的阀片。目前最常用的阀片形式是 F_1 型，其结构形式如图 1-1-2 所示。

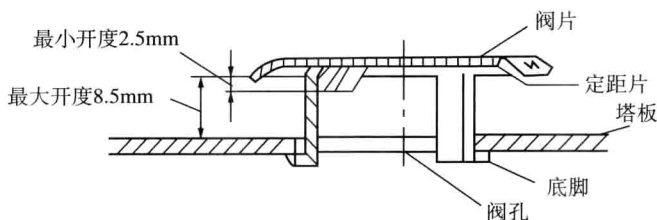


图 1-1-2 F_1 浮阀结构示意图

随着对精馏技术的深入研究，在浮阀塔板的基础上，近年国内研制开发了一些新型塔板，并已在工业上广泛使用，取得了非常好的效果。

a. 顺排条阀塔板： L_1 条形浮阀的结构如图 1-1-3 所示。条阀在塔板上采用的排列形式有并排排列及错位排列两种，如图 1-1-4 所示。一般情况下采用错位排列。

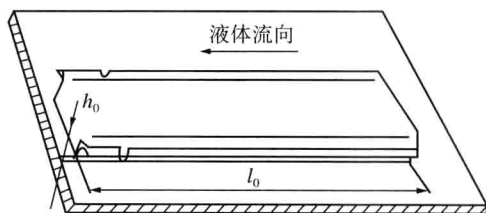


图 1-1-3 L_1 条形浮阀结构示意图

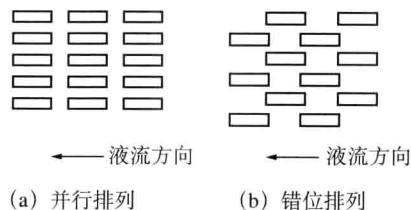


图 1-1-4 L_1 条阀排列示意图

b. 导向浮阀塔板：导向浮阀也为条形阀结构，只不过在阀片上开有一个或两个导向孔，具有一个导向孔的阀布置在塔板中间，具有两个导向孔的阀布置在两侧弓形区，结构如图 1-1-5 所示。

c. 梯形浮阀塔板：梯形浮阀是将条形阀孔及阀片改为梯形阀孔及阀片。因其具有导流能力，能分布液体，更适合于高液体负荷及大直径塔器。梯形浮阀也可以与条形浮阀组合使用，此时塔板中间区安装条形浮阀，两侧弓形区布置梯形浮阀。

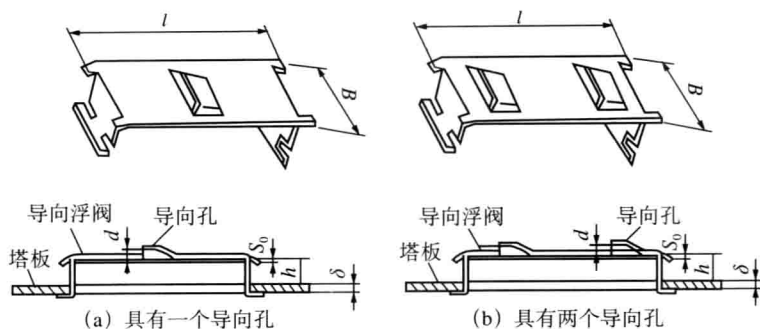


图 1-1-5 导向浮阀结构图

d. 微分浮阀塔板：矩形微分浮阀是在条形浮阀的阀盖上开有数个小阀孔，通过改变小阀孔的方向和数量，加上对浮阀的适宜布置，以消除塔板上的液体滞流区，达到改善塔板性能的目的，其结构如图 1-1-6 所示。此外，尚开发了圆形微分浮阀，其结构类似 F_1 型浮阀，阀盖上开有数个小阀孔，其结构如图 1-1-7 所示。

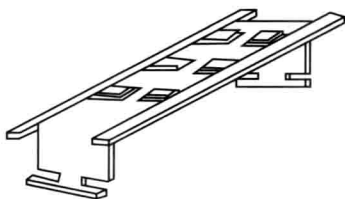


图 1-1-6 矩形微分浮阀结构图



图 1-1-7 圆形微分浮阀结构

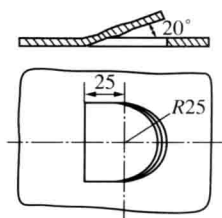


图 1-1-8 舌形塔盘

e. 舌形塔盘：舌形塔盘如图 1-1-8 所示。舌形塔盘顾名思义是在塔盘上有许多的舌片，钢板冲压出半开的舌孔，舌孔翘起来的舌片与塔盘形成 20° 角。舌孔排列采用三角形。

② 填料塔。

填料塔也是一种重要的气液传质设备，在塔内充装一定高度的填料，填料下方有支撑板，上方有液体分布器。液体经分布器分散后沿填料表面自上而下流动，气体穿过填料间隙自下而上流动，气液两相在填料表面互相接触进行传质。填料塔结构简单。通常，填料塔主要用于小直径塔和要求压力降较小的场合。

填料是填料塔的核心，根据其填装特点的不同分为乱堆填料和规

整填料。乱堆填料是采用颗粒填料乱堆于塔中。常用颗粒填料有拉西环 (Rasching Ring)、鲍尔环 (Pall Ring) 和矩鞍环填料 (Intalox Saddle)。在塔内整齐堆砌的规整填料具有大通量、低压降、高效率的优点。

a. 拉西环填料：常用的拉西环填料为外径与高度相等的空心圆环，如图 1-1-9 所示。

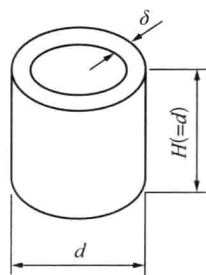


图 1-1-9 拉西环



图 1-1-10 鲍尔环

c. 矩鞍环填料：矩鞍形填料是一种敞开型填料，其形状如图 1-1-11 所示。由于这种填料的形状特点，矩鞍环填料在塔内不会相互重叠。



图 1-1-11 矩鞍环填料

d. 规整填料：规整填料由许多层平行波纹板垂直排列组装而成，波纹与水平方向成 45° 倾角，相邻两网片的波纹倾斜方向相反，波纹片之间形成一系列相互交叉的三角形流道，相邻的上下两盘规整填料，波纹板片成 90° 交叉安放。

(2) 分馏塔的一般结构。

分馏塔是进行蒸馏分离的最主要设备，它由下列构件组成。

①塔体：用钢板卷制而成的垂直圆柱体，塔体钢板厚度和材质根据不同压力、直径和工艺条件而确定。

②塔体封头：用钢板压制焊接而成。一般做成椭圆形或半球形，和塔体焊接成一体。

③塔底支座：是支撑塔体并和基础连接起来的部件，由座圈、地基圈、