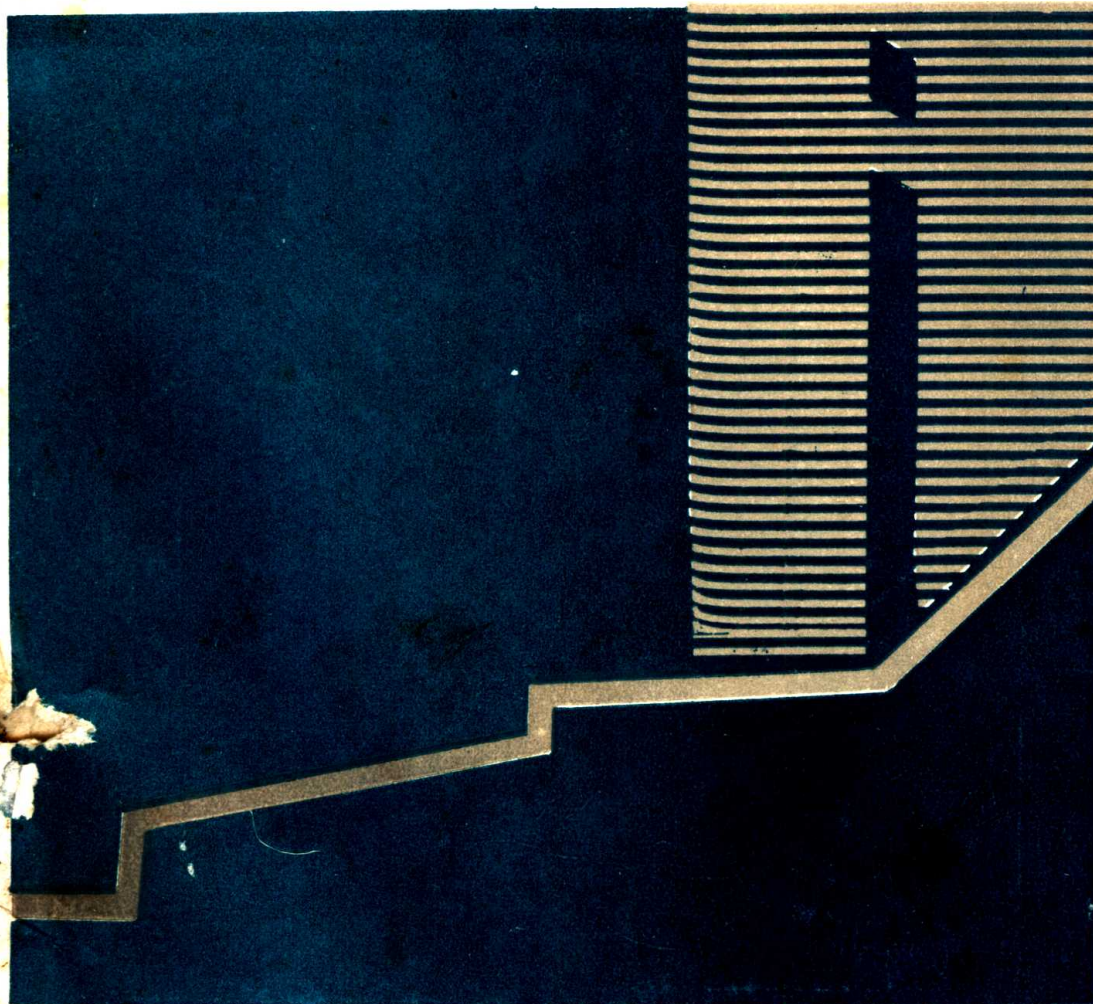


石油化工设备 与制造概论

● 主编 刘积文 副主编 任书恒

● 哈尔滨船舶工程学院出版社



石油化工设备与制造概论

主 编 刘积文
副主编 任书恒
主 审 邵祖光 袁宗虞

哈尔滨船舶工程学院出版社

主 编 刘积文

副主编 任书恒

主编组成员 (按姓氏笔画排列)

刘积文 任书恒 陈国珍 李苏予

李培昌 郭镇明

编写组成员 (按姓氏笔画排列)

刘以宏 刘积文 任书恒 陈万申

陈登丰 吴宗烈 李宏富 杨金莲

杜道基 张志良 林金榜 胡华燃

费时敏 钦秀贤 谢朝泉 解怀仁

熊志立

主 审 邵祖光 袁宗虞

石油化工设备与制造概论

主编 刘积文 副主编 任书恒

哈尔滨船舶工程学院出版社出版

新华书店首都发行所发行

黑龙江省绥棱印刷厂印刷

*

开本787×1092 1/16 印张24.25 插页3 字数550千字

1989年7月第1版 1989年7月第1次印刷

印数: 1—6000册

ISBN 7-81007-062-2/TQ·2

定价: 6.80元

学习中国船舶工业总公司及所属各厂的先进经验，特别是对引进国外先进技术和管理方法方面所作的卓有成效的消化吸收、创新工作。借重和发挥我国船舶工业的技术和装备优势，加强合作，加快石化工业的装备国产化步伐，为国争光，为民造福。

陈锦华
一九八八年元月

努力学习 培养人
才 为石化设备
国产化服务 为
振兴石化当好
后勤

沈 皓 玲

一九九一年元月

發揮造船工業的優勢為加
速發展石油化工工業提供優
良的設備。

范慕韓

一九八八年三月一日

前 言

奉献在您面前的这本书，是中国石化总公司和中国船舶工业总公司合作的成果。

在中国石化总公司陈锦华总经理和中国船舶工业总公司胡传治总经理的支持下，两个总公司已经建立了长期、稳定的合作关系，中国船舶工业总公司将成为石化设备国产化的一支力量。

石化工业是国民经济的一个新兴领域，有着广阔的发展情景。石化设备长期在高温、高压和腐蚀、易燃、易爆的环境条件下工作，其制造要求十分严格，要确保安全可靠。为适应石化工业发展的需要，中国石化总公司从国外进口部分石化装置和单元设备，发挥了应有的作用。然而，若加速石化工业的发展，必须改变石化设备依赖进口的局面。因此，动员国内力量，在引进、消化、吸收的基础上，实现石化设备国产化的任务已成为当务之急。

多年来，特别是近几年，中国船舶工业总公司所属研究所、工厂承担了反应器、塔器、热交换器、储罐等制造任务，船舶工业为石化工业服务已经有了良好的开端。船舶工业实行多种经营，开发石化设备，为石化设备国产化贡献力量是一项长期的任务。为了使船舶工业等有关制造部门较系统地了解、学习主要石化装置、单元设备的概况、技术要求和材料、制造工艺特点，掌握开发石化设备的基本知识，推动石化设备国产化工作的深入开展，特组织编写《石油化工设备与制造概论》一书。

该书力求通俗、实用、图文并茂，在叙述中列举实例，以求举一反三。该书包括石油化工设备和石油化工设备制造两个部分，共十章。石油化工设备篇较系统地介绍了主要单元设备的原理、用途、结构、要求，以及炼油、石油化工等典型装置和自动化、仪器、仪表等有关情况。在石油化工设备制造篇，重点叙述了石化压力容器设备用材的特点、要求、常用材料的牌号和性能，以及制造装备、工艺、检验、标准、规范等。

该书的编写得到了两个总公司和中国石油设备协会领导的关心和指导，石化总公司陈锦华总经理、船舶工业总公司胡传治总经理、中国石油设备协会范慕韩理事长为本书题了词。该书在编写中，还得到了石化总公司规划院、兰州石油机械研究所和石油化工设备研究会的支持和帮助。石化总公司规划院邵祖光院长、袁宗虞副总工程师亲自审定本书。石化总公司规划院刘积文同志、兰州石油机械研究所任书恒同志担任本书主编和副主编，石化总公司规划院、兰州石油机械研究所等单位的许多同志参加了本书的编写工作，他们都是在百忙之中完成编书任务的。哈尔滨船舶工程学院对本书的编写、出版工

作给予了积极的支持。在此仅向为本书付出辛勤劳动的同志们表示诚挚的谢意。

该书从酝酿到编写完成仅用了半年多的时间，由于成书匆促，书中缺点、错误在所难免，敬请读者指正。

中国船舶工业总公司技术部

1988年1月5日

编 者 的 话

随着我国石油化工工业的迅速发展，对炼油和石油化工设备的需求日益增加，在开放、搞活、“军民结合”以及加快国产化进程的方针下，我国船舶工业和其它工业部门正在以其具有的某些技术和设备制造能力的优势进入这一领域，在承担炼油和石化设备生产制造和技术开发方面将发挥更大的积极作用。为此，这些部门从事有关生产技术和技术管理的人员迫切要求尽快熟悉炼油和石油化工的基本生产流程以及各种主要设备的作用、特点、选材和制造工艺。编写本书的目的就在于从总体上对炼油和石化工业的主要生产流程和主要设备给予全面、概略的介绍，以便使有关人员和部门能有一个全面的总的概念。至于有关各装置和单元设备深入的和更具体的技术，可在此基础上参阅有关专业书籍和资料。

本书能在较短的时间内编辑出版，是同参加编写同志的努力和有关部门的领导、专家及同志们的关怀、支持分不开的。严致和、胡里林、卢炜等同志也为本书的编写提供了部分资料，我们在此一并表示衷心感谢！

由于时间仓促和水平有限，书中定有不少缺点和错误，殷切希望读者给予斧正。

编 者

1988年2月

目 录

第一篇 石油化工设备

第一章 概论	1
第一节 石油加工及装置.....	1
第二节 石油化工设备的特点.....	5
第三节 石油化工工艺和设备的发展.....	8
第二章 主要单元设备	12
第一节 反应器.....	12
第二节 塔器.....	20
第三节 换热器.....	30
第四节 废热锅炉.....	56
第五节 储罐.....	65
第六节 泵.....	73
第七节 压缩机.....	88
第八节 特殊阀门.....	93
第三章 典型炼油装置	100
第一节 常减压蒸馏装置.....	100
第二节 流化催化裂化装置.....	104
第三节 催化重整装置.....	111
第四节 加氢精制装置.....	121
第五节 加氢裂化装置.....	125
第六节 润滑油装置.....	133
第四章 典型石油化工装置	141
第一节 乙烯裂解装置.....	141
第二节 聚丙烯装置.....	147
第三节 丙烯腈装置.....	157
第四节 环氧乙烷装置.....	159
第五节 苯乙烯装置.....	162
第六节 丁苯橡胶.....	164
第五章 合成氨与尿素装置	169
第一节 合成氨装置.....	169
第二节 尿素装置.....	182

第六章 石油化工厂自动化与仪器仪表	190
第一节 测量与分析仪	190
第二节 典型装置控制系统	197
第三节 计算机在石化工业中的应用	212
第四节 石化工程项目中自动化仪表选用和投资分析	215

第二篇 石油化工设备制造

第七章 压力容器	219
第一节 压力容器的基本概念	219
第二节 压力容器的主要工艺参数	220
第三节 压力容器的分类	222
第四节 压力容器的基本结构	225
第五节 压力容器在石油化工中的应用及发展概况	229
第八章 石油化工设备用材料	233
第一节 石油化工设备用材料的特点及要求	233
第二节 石油化工机械及设备常用材料	237
第三节 几种石油化工设备的用钢情况	244
第九章 石油化工设备制造工艺	254
第一节 石油化工设备制造技术的发展	254
第二节 准备工序	256
第三节 成形工艺	260
第四节 容器的组装	267
第五节 压力容器的焊接	270
第六节 热处理	287
第七节 压力容器的无损探伤	296
第八节 压力容器的酸化、钝化和抛光处理	308
第九节 典型产品制造工艺实例	311
第十章 石油化工设备标准和质量保证体系	328
第一节 石油化工设备事故	328
第二节 安全监察法规和设计制造标准	333
第三节 质量保证体系	346
附录	352
附录1 主要炼油装置一览表	352
附录2 石油化工产品流向表	357
附录3 乙烯衍生物流向表	358
附录4 丙烯衍生物流向表	359
附录5 国产部分常用钢材化学成分及机械性能表	插页
附录6 国外部分常用钢材化学成分及机械性能表	360

附录7	常用计量单位换算表.....	367
附录8	我国压力容器常用标准.....	370
附录9	我国石化电工常用标准.....	372

第一篇 石油化工设备

第一章 概 论

石油是重要的能源和石油化工产品的原料，在国民经济中占有十分重要的地位。石油经过加工后，可生产出各种燃料油(汽油、煤油、柴油、锅炉和船用燃料等)、润滑油。同时，通过石油加工，还可以得到各种合成纤维、合成塑料、合成橡胶、化肥、农药、医药、染料、炸药以及有机化工原料等重要产品。

石油主要由各种不同形式的碳氢化合物组成。石油中所含的碳氢化合物十分复杂。不同地区，有时甚至在同一地区不同的油井，所产的原油性质也不尽相同。例如，有富含蜡原油、高凝原油、轻质原油、重质原油等。此外，石油中还含有少量的硫、氧、氮等化合物以及砷、钠、钾、钒、镍、铁等金属。这些成分会严重影响产品的加工和质量，也需通过加工适当地加以脱除。

由于原油的组成、性质、所含的有害元素和要求加工的产品不同，原油的加工工艺也各不相同。

石油化工设备是实现各种加工工艺的基础，必须能适应不同的原油性质以及加工工艺的要求。因此，对于不同的设备，往往会提出例如抗硫腐蚀、抗氢腐蚀、抗冲蚀、耐高压、耐高温、抗蠕变等不同的要求。这就构成了石油化工设备的一些特点，也成为确定设备材料、结构、制造工艺等方面的基本因素。因此，在研究石油化工设备时，需要从石油化工的基本工艺要求和特点出发。

第一节 石油加工及装置

一、炼油工艺及装置

通常把原油加工成各种石油产品的方法叫做炼油工艺。实现炼油工艺所采用的装置叫作炼油工艺装置。炼油工艺装置分为一次加工、二次加工(或深度加工)、三次加工以及辅助生产装置。

一次加工是采用物理蒸馏方法加工原油，获得的产品叫直馏产品，如直馏汽油、直馏柴油等，所用的装置有常压蒸馏或常减压蒸馏装置。这类工艺是在常压或负压($\sim 20\text{mmHg}$)、温度在 $270\sim 410^{\circ}\text{C}$ 范围内进行。

二次加工是利用一次加工出来的产品或中间馏份再进行加工。二次加工一般是化学-物理过程，其目的在于提高轻油收率，提高产品质量，增加油品品种以及提高炼油厂

的经济效益。二次加工装置有催化裂化、催化重整、加氢精制、加氢裂化、延迟焦化及润滑油加工装置等。此类工艺的特点是温度、压力一般都较一次加工为高，并且大部分需加入催化剂。

三次加工是制取基本有机化工原料的加工工艺。如利用二次加工的苯制取己内酰胺，二甲苯制取聚酯，液化气制取顺丁橡胶、聚丙烯等。

此外，还有催化剂、添加剂的制备、制氧、压缩空气、污水处理等辅助装置。

主要的炼油装置有30多种，见附录1。

二、石油化工工艺和装置

用石油（石脑油、轻柴油、重整油等）和石油气（炼厂气、油田气、天然气）作原料生产石油化工产品的方法叫作石油化工工艺。

石油化工生产及装置种类繁多，详见附录2~4。但基本上可分为五类，即：

- （一）基本有机原料，如乙烯、醋酸、乙二醇、环氧乙烷等。
- （二）合成纤维，如腈纶、涤纶、锦纶、丙纶、维纶等。
- （三）合成塑料，如聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯等。
- （四）合成橡胶，如顺丁橡胶、丁苯橡胶、丁腈橡胶、乙丙橡胶、氯丁橡胶等。
- （五）精细化工，如染料、医药、油漆等。

石油化工产品及装置不仅种类繁多，而且对于同一种产品、同类装置，由于工艺方法不同，设备结构形式、数量、材料都有所差别。

三、合成氨工艺和装置

合成氨已成为石油化工的一大分支。六十年代以前，主要用煤作原料，但随烃类蒸汽催化转化法制氢工艺技术的发展，使用石油、天然气为原料生产合成氨的发展速度较快。1975年，以油、气为原料的合成氨厂在世界上已占90%，其中以天然气为原料的约占70%，以石脑油为原料的约占15~20%，以重油为原料的约占5~10%，而以煤为原料的仅有5%。预计今后以重油为原料的比例会有所增加。

合成氨具有多种用途。首先是用于农业作化肥，在化肥中主要有碳酸铵和尿素。同时合成氨又是制造硝酸、炸药以及各种胺和磺胺等医药和化纤的重要原料。

合成氨加工法属于化学-物理过程，在转化、合成过程中，都处于催化、高温、氢气存在的条件下，因此，装置中的能量利用、氢气的回收等应给予充分的考虑。

四、工厂类型

（一）炼油厂类型

根据主要产品的不同，炼油厂的生产流程大体分为三种，即：燃料型、燃料-润滑油型、燃料-化工型。各类炼油厂的具体装置组成也因原油性质、产品数量和质量的要求而有所不同。以下为此三类炼油厂的典型流程。

1. 燃料型 由于燃料油产品需要量较大，因此，燃料油型的炼油厂较多。图1-1-1为燃料型炼油厂的典型生产流程示意图。

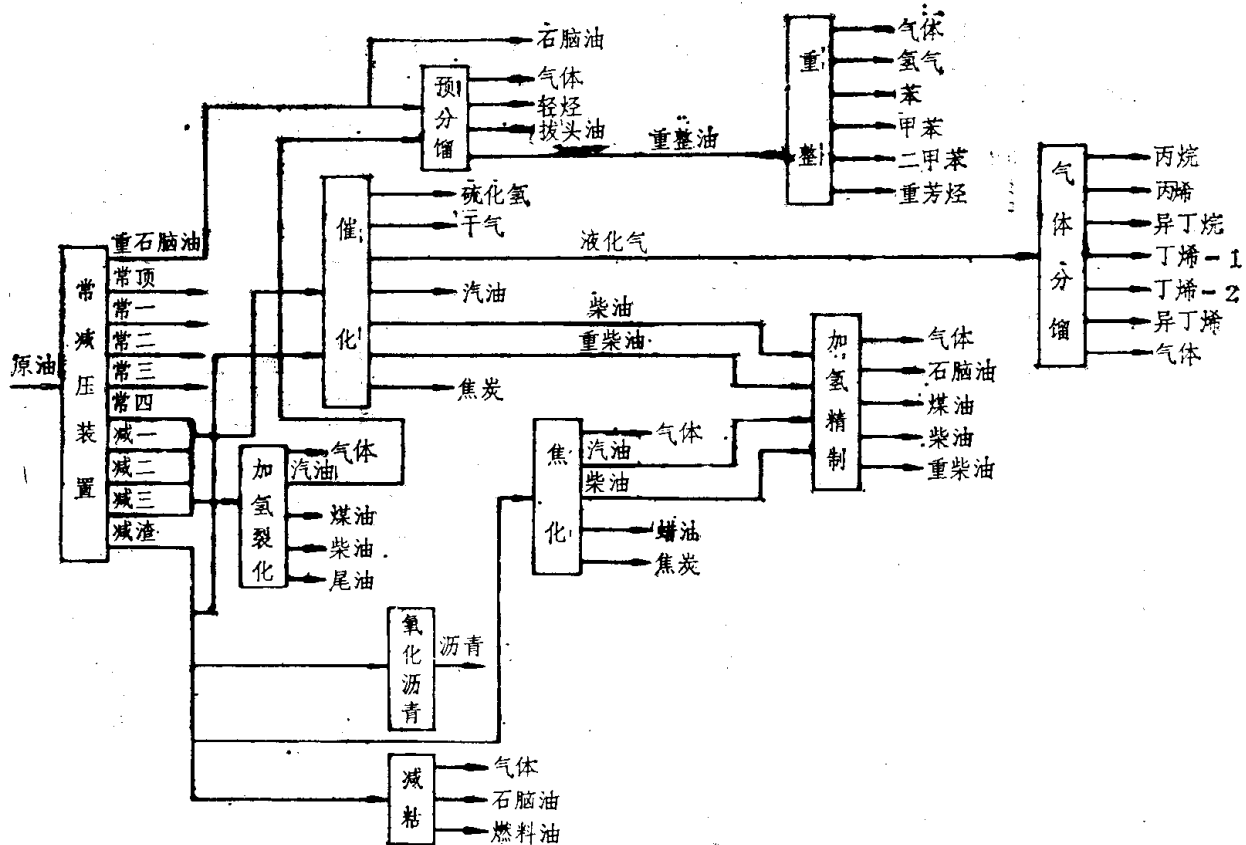


图1-1-1 燃料油型炼油厂流程示意图

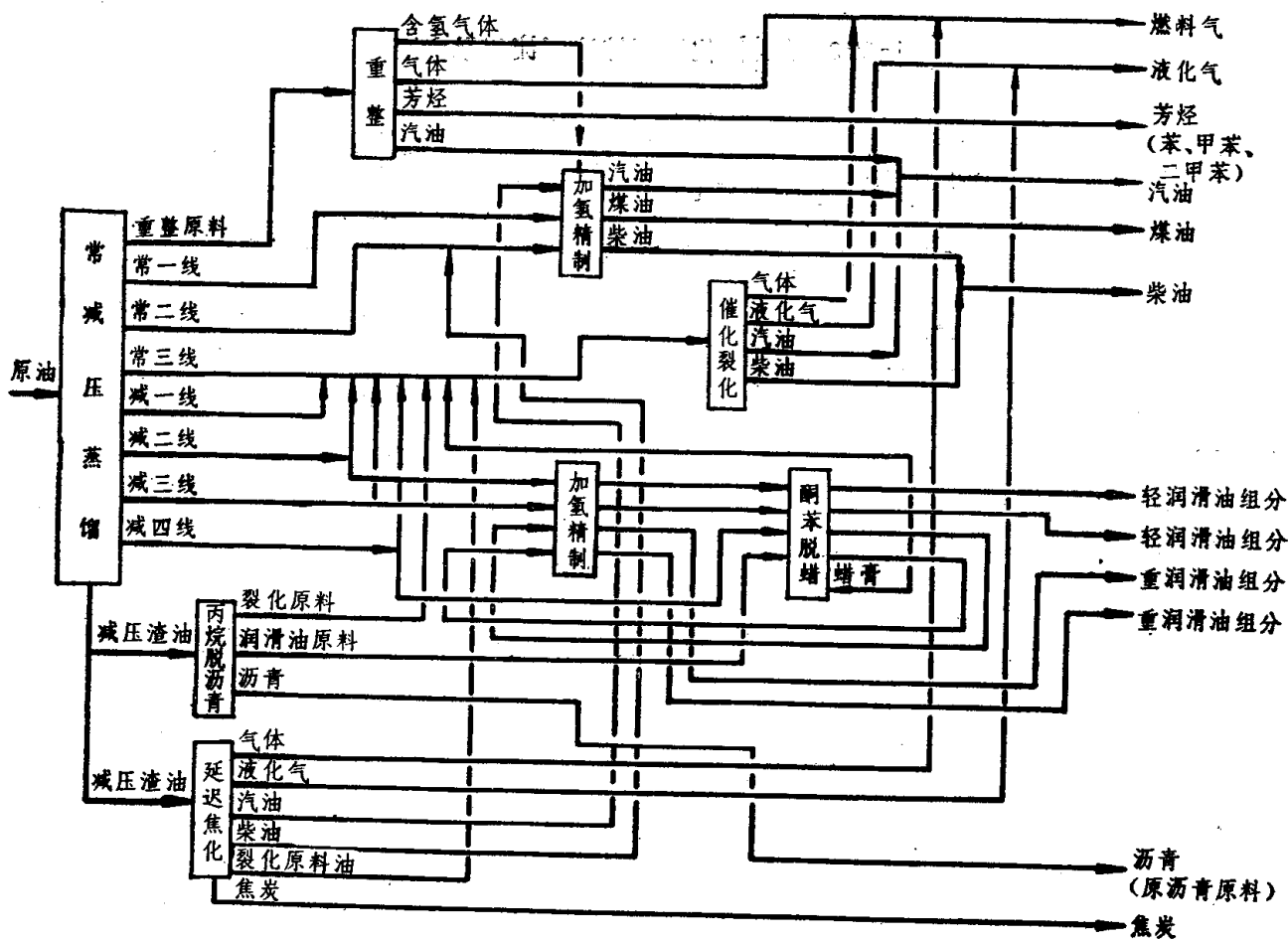


图1-1-2 燃料-润滑油型炼油厂流程示意图

1. **Introduction**
 2. **Methodology**
 3. **Results and Discussion**
 4. **Conclusion**

1. **Introduction**
 2. **Methodology**
 3. **Results and Discussion**
 4. **Conclusion**

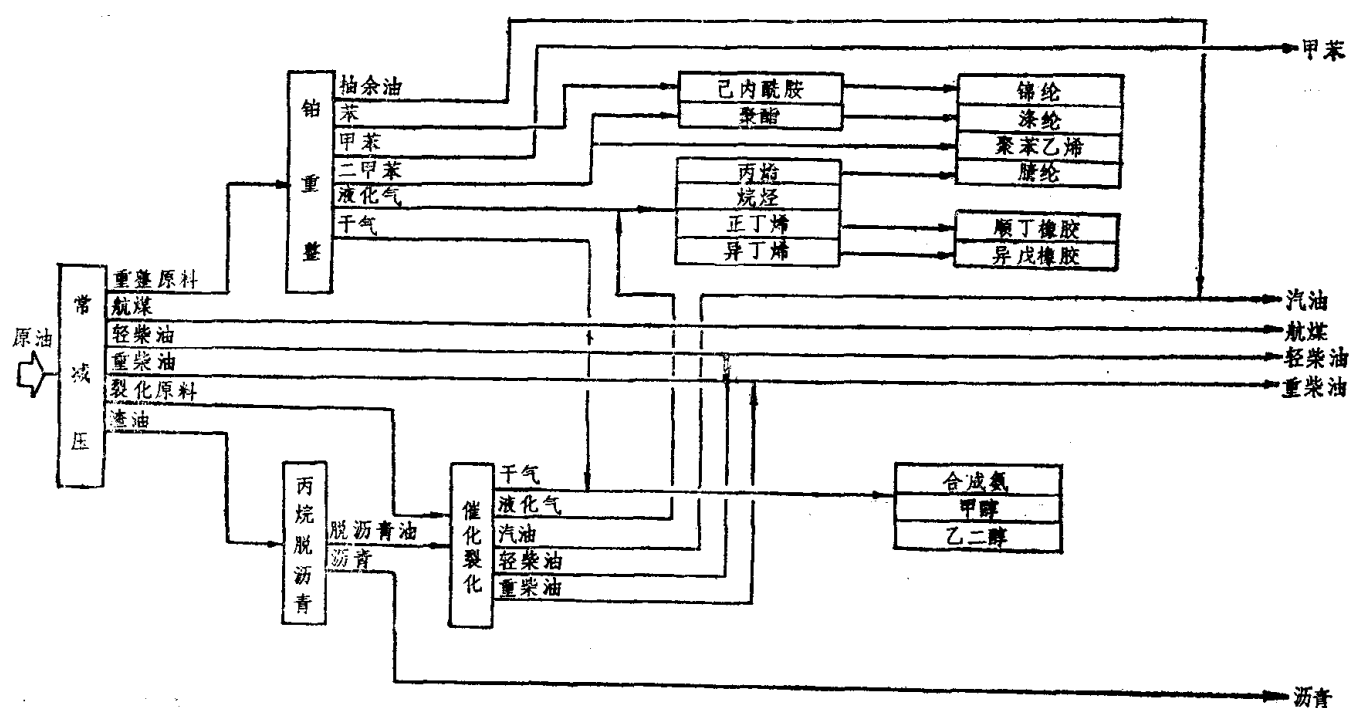
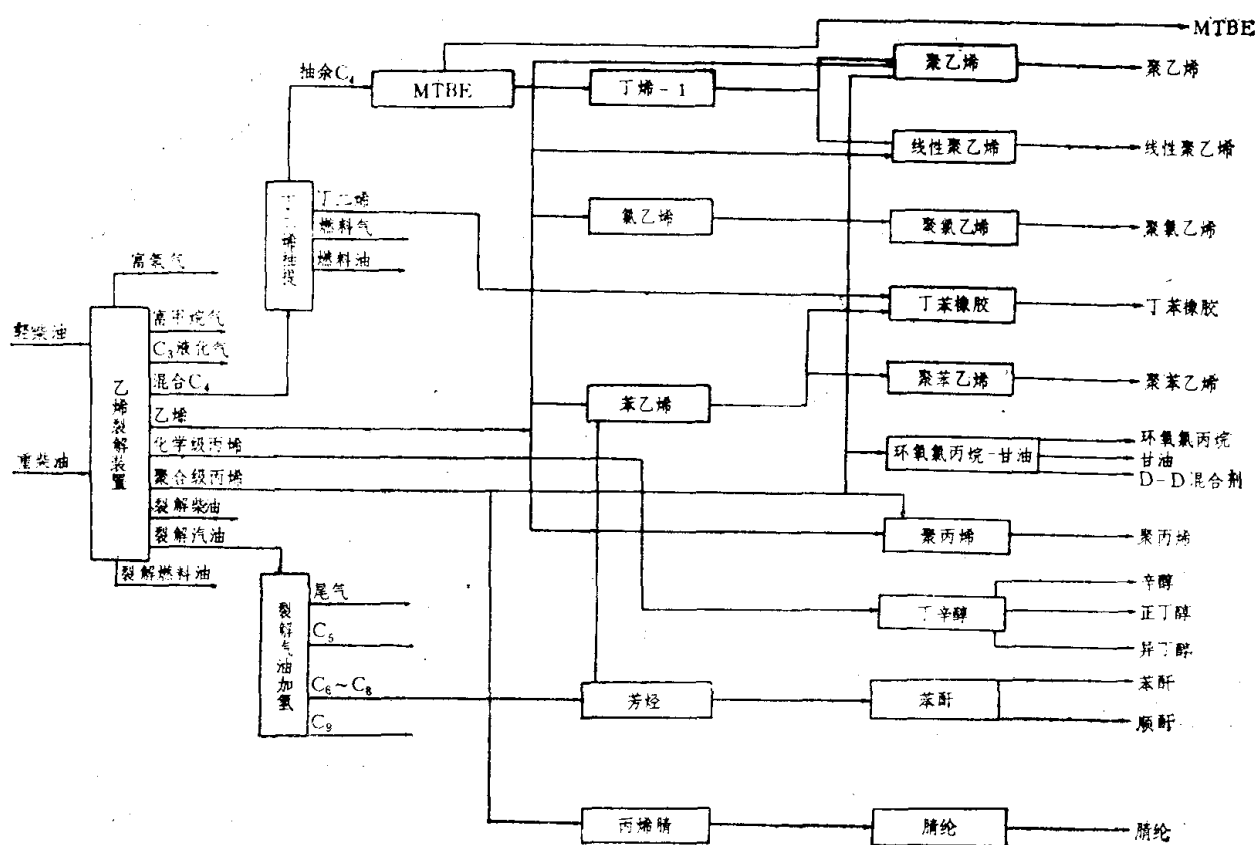


图1-1-3 燃料-化工型炼油厂流程示意图



11-1-4 乙稀厂流程示意图

(二) 石油化工厂

为了生产不同的石油化工产品，各石油化工厂的具体装置组成是不相同的。图1-1-4为乙烯厂的一种流程。

(三) 合成氨与尿素厂

合成氨的生产方法随原料不同（天然气、石脑油、重油、渣油）、专利厂家不同而各有所异，但所包含的工序大致有空分、气化、碳黑回收、一氧化碳变换、酸性气体脱除、氨洗、氨合成等。其流程如图1-1-5。

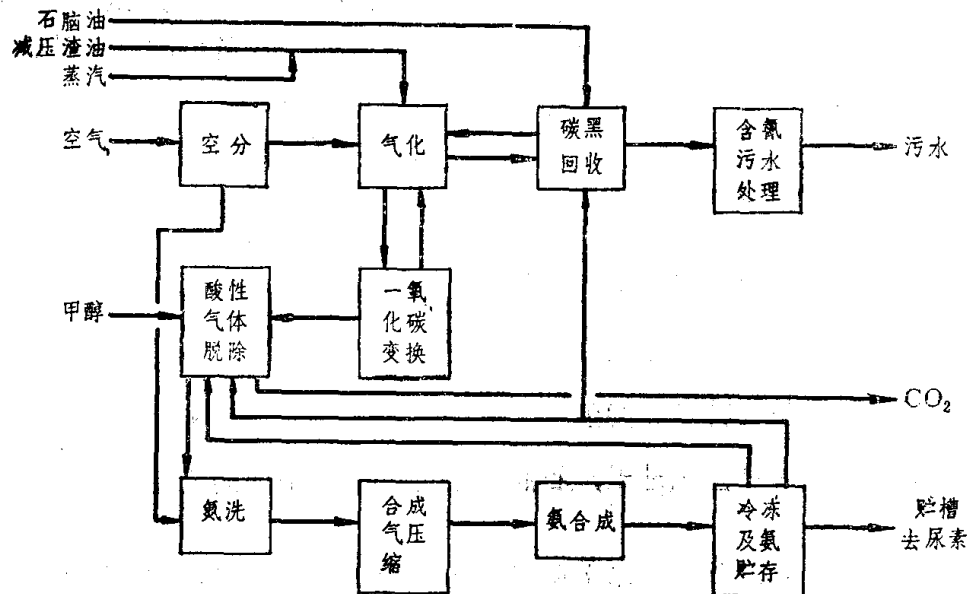


图1-1-5 合成氨厂流程示意图

尿素的生产方法很多，一般有氨和二氧化碳压缩、脱氢、合成、循环、尿素溶液储存和蒸发、造粒等工序。其流程如图1-1-6所示。

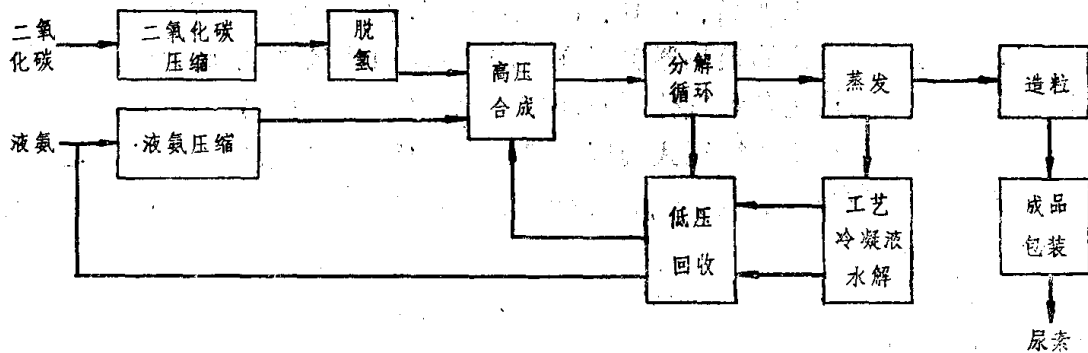


图1-1-6 尿素装置流程示意图

第二节 石油化工设备的特点

炼油和石油化工装置的类型很多，但就其总体而论，由于工艺和生产方面有一些共同特点和要求，决定了石油化工设备的一些共同特点。