

81.283073
HGK

81.283073
HGK

国外乙烯工业手册

化学工业部科学技术情报研究所

国外乙烯工业手册

化学工业部科学技术情报研究所

序

石油化学工业是一门新兴工业。特别是近三十年以来,一些重大的石油化工技术相继突破,三大合成材料(塑料、合成橡胶、合成纤维)的飞跃进展,有力地推动了石油化学工业迅猛发展。而石油化学工业的兴起,又引起整个化学工业发生巨大的变革。

作为石油化学工业的一个最重要部分——烯烃生产发展很快,是化学工业领域中最活跃的部分。尤其是乙烯生产,它的产量大,用途广,所以最为重要。从乙烯出发可以合成很多产品(参见石油化工产品流向图)。

世界乙烯的产量增长很快。1960年为360万吨,1977年已达2700万吨,1978年将增长300万吨左右,估计1979年还将增长~6.5%。

由于乙烯在石油化学工业中占有特殊的重要地位,所以一般用它的产量来衡量一个国家石油化学工业发展的水平。

近几年来我国从国外引进先进技术较快地发展了乙烯生产。1978年生产能力已超过100万吨(台湾省约占一半)。

为了借鉴国外乙烯工业生产方面的经验教训,我们请化工部化工机械研究院、兰化公司设计院、兰化化工自动化研究所、化工部北京化工研究院、上海科技情报研究所、上海化工专科学校、高桥化工厂、上海石油化学研究所与燕山石化总公司设计院等十一个单位的有关同志编写了这本手册,主要供化学工业部及有关单位领导和管理工作人员参考,对乙烯工业有关的工程技术人员也有一定参考价值。

编审期间受到燕山石化总公司及所属设计院与前进化工厂、化工部北京化工研究院有关同志热情帮助,特此致谢。

由于编写时间与水平的限制,错误或不妥之处欢迎批评指正。

化学工业部科学技术情报研究所

1980. 3.

目 录

石油化工产品流向图、乙烯衍生物流向图、丙烯衍生物流向图...(1)

1. 概况.....(4)

1.1 乙烯及联产品丙烯、丁二烯产量发展.....(4)

参考资料.....(8)

1.2 乙烯生产能力的分布.....(8)

1.2.1 各国各地区乙烯生产能力.....(8)

1.2.2 一些国家乙烯生产基地的布局.....(30)

1.2.3 二类大型乙烯生产基地.....(32)

参考资料.....(33)

1.3 装置规模发展的动向与规模的选择.....(34)

1.3.1 装置规模的发展与各国情况.....(35)

1.3.2 装置规模与技术经济.....(37)

1.3.2.1 装置规模与投资.....(37)

1.3.2.2 装置规模与公用工程消耗.....(38)

1.3.2.3 装置规模与综合利用.....(38)

1.3.2.4 装置规模与生产成本.....(39)

1.3.3 装置规模的选择.....(41)

参考资料.....(44)

1.4 原料路线动向及其影响.....(44)

1.4.1 各国使用原料动向.....(47)

1.4.2 原料对乙烯收率及裂解产品分配的影响.....(53)

1.4.3 原料与技术经济.....(71)

1.4.3.1 原料对装置投资的影响.....(71)

1.4.3.2 原料选择对原料与燃料需要量的影响.....(72)

1.4.3.3 原料与公用工程消耗.....(73)

1.4.3.4 原料与副产品综合利用.....(76)

1.4.3.5 原料与乙烯生产成本.....(79)

1.4.4 适应多种原料的装置.....(80)

1.4.4.1 与较重原料两用的灵活裂解装置.....(81)

1.4.4.2 烃原料与较轻烃原料的灵活裂解装置.....(86)

参考资料.....(86)

2. 乙烯生产技术	(88)
2.1 乙烯裂解技术概说	(88)
2.2 管式炉蒸汽裂解技术	(92)
2.2.1 裂解过程中的化学反应	(92)
2.2.1.1 烃类裂解的一次反应	(92)
2.2.1.2 烃类裂解的二次反应	(94)
2.2.2 影响裂解的工艺因素	(95)
2.2.2.1 裂解温度和停留时间	(95)
2.2.2.2 烃的分压	(97)
2.2.2.3 裂解深度的选择	(99)
2.2.3 管式裂解炉的传热	(100)
2.2.4 急冷技术	(104)
2.2.5 各种典型的裂解急冷工艺	(108)
2.2.6 重质油管式炉裂解技术	(115)
2.2.7 管式炉裂解技术的进展	(120)
参考资料	(125)
2.2.8 抑制管式炉结焦及清焦技术	(126)
2.2.8.1 管式裂解炉的结焦, 抑制措施及结焦模型	(126)
参考资料	(138)
2.2.8.2 管式裂解炉的运转周期及清焦技术	(138)
参考资料	(145)
2.3 其他裂解技术	(147)
2.3.1 砂子炉裂解法	(147)
2.3.2 蓄热炉裂解法	(149)
2.3.3 原油高温水蒸汽裂解法(ACR法)	(152)
2.3.4 重质油焦炭流化床裂解法(K-K法)	(154)
2.3.5 原油部分燃烧裂解制乙烯	(155)
参考资料	(156)
2.4 深冷分离技术	(156)
2.4.1 裂解气压缩和预处理	(158)
2.4.1.1 压缩	(158)
2.4.1.2 脱酸性气体	(158)
2.4.1.3 脱水干燥	(160)
2.4.1.4 脱炔	(160)
2.4.2 制冷	(163)
2.4.2.1 冷冻循环制冷	(163)
2.4.2.2 自身节流膨胀制冷	(166)

2.4.2.3 热泵流程.....	(167)
2.4.3 精馏分离的三种流程.....	(169)
2.4.3.1 顺序分离流程(鲁姆斯法).....	(170)
2.4.3.2 前脱乙烷流程(林德法).....	(171)
2.4.3.3 前脱丙烷流程(三菱油化法).....	(174)
2.4.3.4 三种分离流程的比较.....	(174)
2.4.4 甲烷——氢分离.....	(174)
2.4.4.1 影响乙烯收率的因素.....	(176)
2.4.4.2 提高乙烯收率的措施.....	(176)
2.4.4.3 脱甲烷塔的改进.....	(179)
2.4.5 碳二馏份分离.....	(180)
2.4.5.1 脱乙烷塔.....	(180)
2.4.5.2 乙烯塔.....	(180)
2.4.6 碳三馏份分离.....	(181)
2.4.6.1 脱丙烷塔.....	(181)
2.4.6.2 丙烯塔.....	(181)
2.5 其他分离技术.....	(182)
2.5.1 吸收——精馏.....	(183)
2.5.1.1 吸收剂的选择.....	(183)
2.5.1.2 吸收-蒸出塔.....	(183)
2.5.1.3 流程和操作条件.....	(184)
2.5.2 吸附分离.....	(184)
2.5.3 分子筛分离.....	(186)
2.5.4 络合分离.....	(186)
2.5.5 溶剂吸收分离.....	(189)
2.5.6 半透膜分离.....	(189)
参考资料.....	(189)
2.6 国外主要烯烃生产公司裂解和分离技术比较.....	(189)
参考资料.....	(195)
3. 几套乙烯装置的生产技术与技术经济.....	(196)
3.1 五套乙烯生产装置简述.....	(196)
3.2 美国鲁姆斯公司设计的日本东洋工程公司承包的第一套以轻柴油为原料 的年产 30 万吨乙烯装置 (1973 年).....	(196)
3.2.1 原料、产品及其规格.....	(198)
3.2.2 生产能力、收率、物料平衡及产品分配.....	(200)
3.2.3 装置技术特点、工艺流程、操作条件与主要控制指标.....	(201)
3.2.4 主要设备、结构、型式和材质.....	(211)

3.2.5 仪表与自控.....	(215)
3.2.6 主要原料、助剂及公用工程规格及来源、消耗.....	(220)
3.2.7 综合利用.....	(222)
附：主要设备一览表.....	(223)
3.3 日本三菱油化公司设计并承包的第一套煤柴油为原料的年产 11.5 万吨	
乙烯装置 (1973 年)	(224)
3.3.1 原料、产品及其规格.....	(225)
3.3.2 生产能力、收率、物料平衡和产品分配.....	(227)
3.3.3 装置技术特点、工艺流程及操作条件.....	(228)
3.3.4 主要设备、结构、型式和材质.....	(235)
3.3.4.1 M-TCF 裂解炉.....	(235)
3.3.4.2 M-TLX 急冷 锅 炉.....	(236)
3.3.4.3 在线清焦技术.....	(238)
3.3.4.4 产品贮罐和去向.....	(238)
3.3.5 自控与仪表.....	(240)
3.3.6 原料、化工原料、助剂、催化剂和公用工程消耗定额.....	(241)
3.3.7 综合利用.....	(242)
3.3.8 考核情况.....	(246)
附：主要设备一览表.....	(246)
3.4 斯通、韦勃斯特公司设计的以天然气液体、轻烃和轻柴油为原料的 年 产	
30 万吨乙烯装置 (1978 年)	(247)
3.4.1 原料、产品及其规格.....	(247)
3.4.2 生产能力、收率、物料平衡及产品分配.....	(252)
3.4.3 装置技术特点、工艺流程和设计操作条件.....	(252)
3.4.4 主要设备、结构、型式和材质.....	(259)
3.4.5 仪表和自控.....	(268)
3.4.6 原料及公用工程消耗指标.....	(275)
3.4.7 综合利用.....	(276)
附：斯通、韩勃斯特公司设计的年产 30 万吨乙烯成套设备辅助装置.....	(277)
3.5 美国鲁姆斯公司设计的以轻柴油和减压柴油为原料的年产 30 万吨乙烯装	
置 (1978 年)	(278)
3.5.1 原料、产品及其规格.....	(278)
3.5.2 生产能力、收率、物料平衡及产品分配.....	(281)
3.5.3 装置技术特点、工艺流程及操作条件.....	(282)
3.5.4 主要设备、结构及材质.....	(290)
3.5.5 仪表与自控.....	(293)
3.5.6 原料和公用工程消耗.....	(297)
3.5.7 综合利用.....	(298)

附: 鲁姆斯公司设计的 30 万吨/年乙烯成套设备辅助装置.....	(299)
3.6 美国阿尔科化学公司年产 59 万吨乙烯装置.....	(300)
3.6.1 原料.....	(300)
3.6.2 生产能力、收率、物料平衡及产品分配.....	(301)
3.6.3 装置技术特点、工艺流程及操作条件.....	(303)
3.6.4 主要设备结构、型式及材质.....	(305)
3.6.5 公用工程、环保和控制系统.....	(307)
参考资料.....	(307)
4. 主要设备及材料.....	(309)
4.1 概述.....	(309)
4.1.1 装置大型化与相应设备的发展水平.....	(309)
4.1.2 近代不同规模装置的设备、材料和投资.....	(316)
参考资料.....	(345)
4.2 裂解炉.....	(346)
4.2.1 概述.....	(346)
4.2.2 立式管式炉型式.....	(351)
4.2.2.1 美国鲁姆斯公司短停留时间裂解炉 (SRT 型炉).....	(351)
4.2.2.2 美国斯通-韦勃斯特公司的超选择性裂解炉 (USC 型炉).....	(355)
4.2.2.3 美国西拉斯公司的高深度裂解炉和荷兰国际动力学技术公司的梯度动 力学裂解炉.....	(357)
4.2.2.4 美国福斯特-惠勒公司的多区炉和梯台炉.....	(359)
4.2.2.5 法国石油研究院的梯台式裂解炉 (简称 IFP 裂解炉).....	(362)
4.2.2.6 日本三菱油化公司的倒梯台炉 (M-TCF 型炉).....	(363)
4.2.2.7 美国埃索公司的埃索型裂解炉.....	(365)
4.2.2.8 林德-西拉斯裂解炉 (LSCC 型炉).....	(365)
4.2.2.9 美国凯洛格公司裂解炉.....	(368)
4.2.2.10 日本三井化学工业公司的三井裂解炉.....	(372)
4.2.2.11 其他管式炉技术.....	(373)
4.2.3 燃烧器.....	(374)
4.2.4 炉管材质和耐火材料.....	(381)
4.2.5 管式裂解炉的清焦.....	(390)
4.2.6 管式炉的安全操作.....	(391)
4.2.7 管式炉发展动向.....	(391)
4.2.8 其他裂解技术.....	(392)
4.2.8.1 吴羽高温水蒸汽裂解法.....	(394)
4.2.8.2 砂子炉裂解法.....	(395)
参考资料.....	(399)

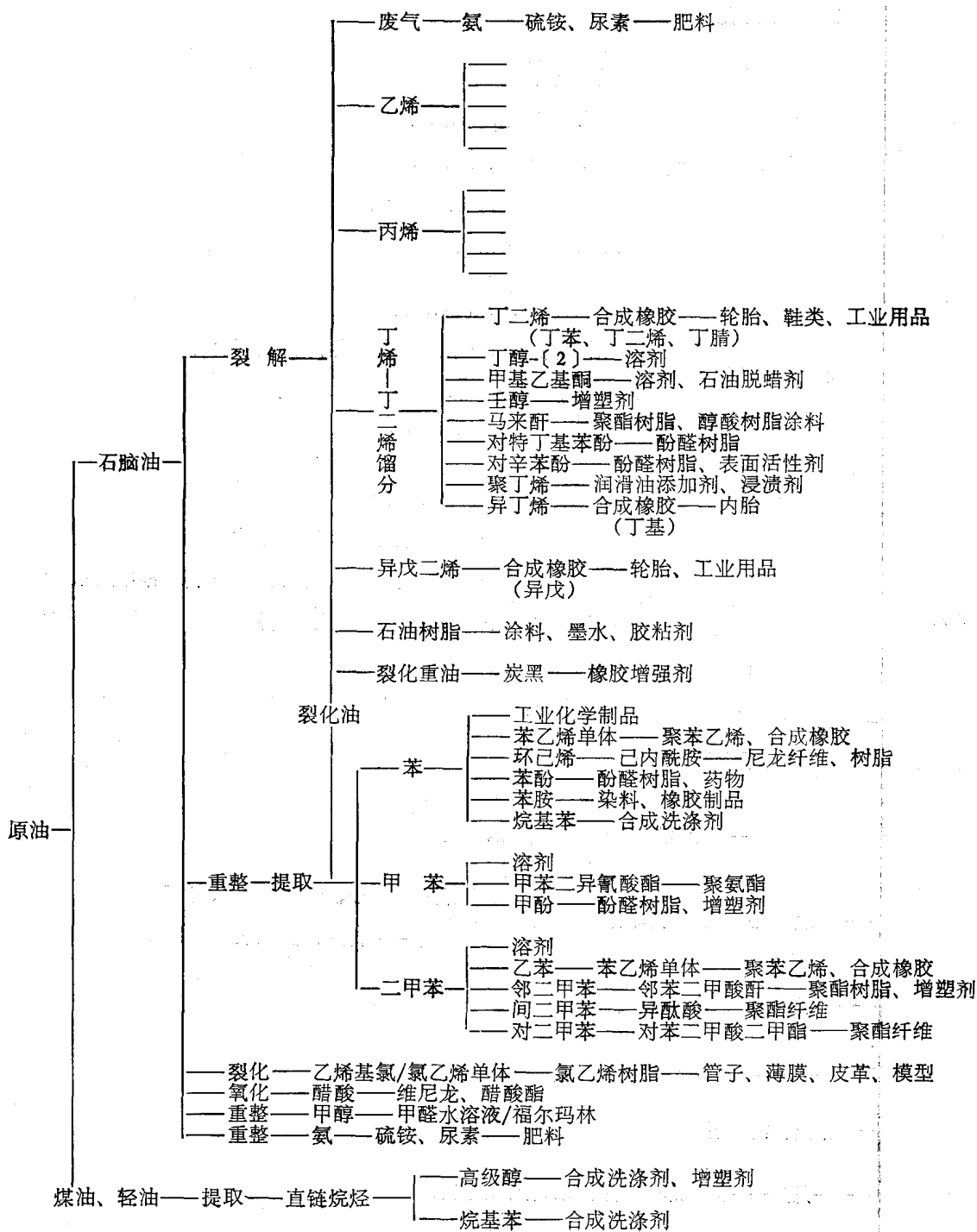
4.3 废热锅炉(急冷锅炉).....	(402)
4.3.1 概述.....	(402)
4.3.2 工艺特征.....	(402)
4.3.3 废热锅炉的结构型式.....	(403)
4.3.3.1 炉型及结构.....	(403)
4.3.3.2 材质.....	(411)
4.3.3.3 清焦方法与使用周期.....	(412)
4.3.4 不同生产能力废热锅炉的参数和技术经济.....	(413)
4.3.5 废热锅炉的最近发展.....	(414)
参考资料.....	(420)
4.4 气体压缩机.....	(421)
4.4.1 概述.....	(421)
4.4.2 离心式压缩机主要零部件的结构型式和材料.....	(427)
4.4.3 各制造厂生产的压缩机系列型号.....	(432)
4.4.4 各制造厂驱动用汽轮机系列型号.....	(435)
4.4.5 安全操作与安全保护装置.....	(440)
4.4.6 发展动向.....	(445)
参考资料.....	(447)
4.5 冷箱.....	(447)
4.5.1 概述.....	(447)
4.5.2 板翅式换热器的结构.....	(450)
4.5.3 冷箱的整体结构.....	(467)
4.5.4 板翅式换热器的材料.....	(477)
4.5.5 板翅式换热器的制造工艺.....	(480)
4.5.6 五家公司制造板翅式换热器情况简介.....	(482)
4.5.7 二套乙烯装置中使用板翅式换热器的情况和参数.....	(485)
4.5.7.1 鲁姆斯公司技术所建第一套以轻柴油为原料的 30 万吨/年装置所用板翅式换热器的情况和参数.....	(485)
4.5.7.2 三菱油化公司技术所建第一套以煤柴油为原料的 11.5 万吨/年装置所用板翅式换热器的情况和参数.....	(496)
参考资料.....	(505)
5. 仪表及自动化.....	(506)
5.1 概述.....	(506)
5.1.1 检测和控制仪表选型原则.....	(507)
5.1.2 计算机控制系统.....	(508)
5.1.3 仪表安装材料.....	(508)
5.1.4 仪表电源和气源.....	(509)

5.1.5 仪表及自动化投资.....	(509)
参考资料.....	(510)
5.2 自动调节系统.....	(510)
5.2.1 自动调节系统.....	(511)
5.2.2 主要设备的自动调节.....	(513)
参考资料.....	(515)
5.3 特殊检测仪表.....	(516)
参考资料.....	(518)
5.4 电子计算机在乙烯工厂中的应用.....	(518)
参考资料.....	(522)
6. 产品加工结构.....	(524)
6.1 概述.....	(524)
6.1.1 研究产品加工结构的重要性.....	(524)
6.1.2 主要乙烯生产国的石油化学工业及乙烯生产的发展.....	(525)
6.2 主要乙烯生产国裂解产品加工结构的变化.....	(528)
6.3 主要乙烯生产国产品加工结构改变的因素.....	(542)
6.4 一些发展中国家产品加工或消费结构.....	(545)
参考资料.....	(552)
7. 节能.....	(553)
7.1 概述.....	(553)
7.2 热区的节能.....	(553)
7.2.1 裂解炉的节能措施.....	(553)
7.2.1.1 重质原料的裂解.....	(553)
7.2.1.2 烧咀.....	(555)
7.2.1.3 炉体密闭性.....	(557)
7.2.1.4 炉壁.....	(557)
7.2.1.5 安装引风机.....	(558)
7.2.2 热区的其他节能措施.....	(559)
7.2.2.1 尽量多回收一些高压蒸汽, 尽量提高蒸汽压力参数.....	(559)
7.2.2.2 急冷油热量的回收利用.....	(561)
7.2.2.3 急冷水热量的回收利用.....	(561)
7.2.2.4 低压蒸汽的利用.....	(562)
7.3 压缩段的节能.....	(562)
7.3.1 压缩机的吸入压力.....	(562)
7.3.2 压缩机的段数.....	(562)
7.3.3 降低段间冷却的压力降.....	(563)

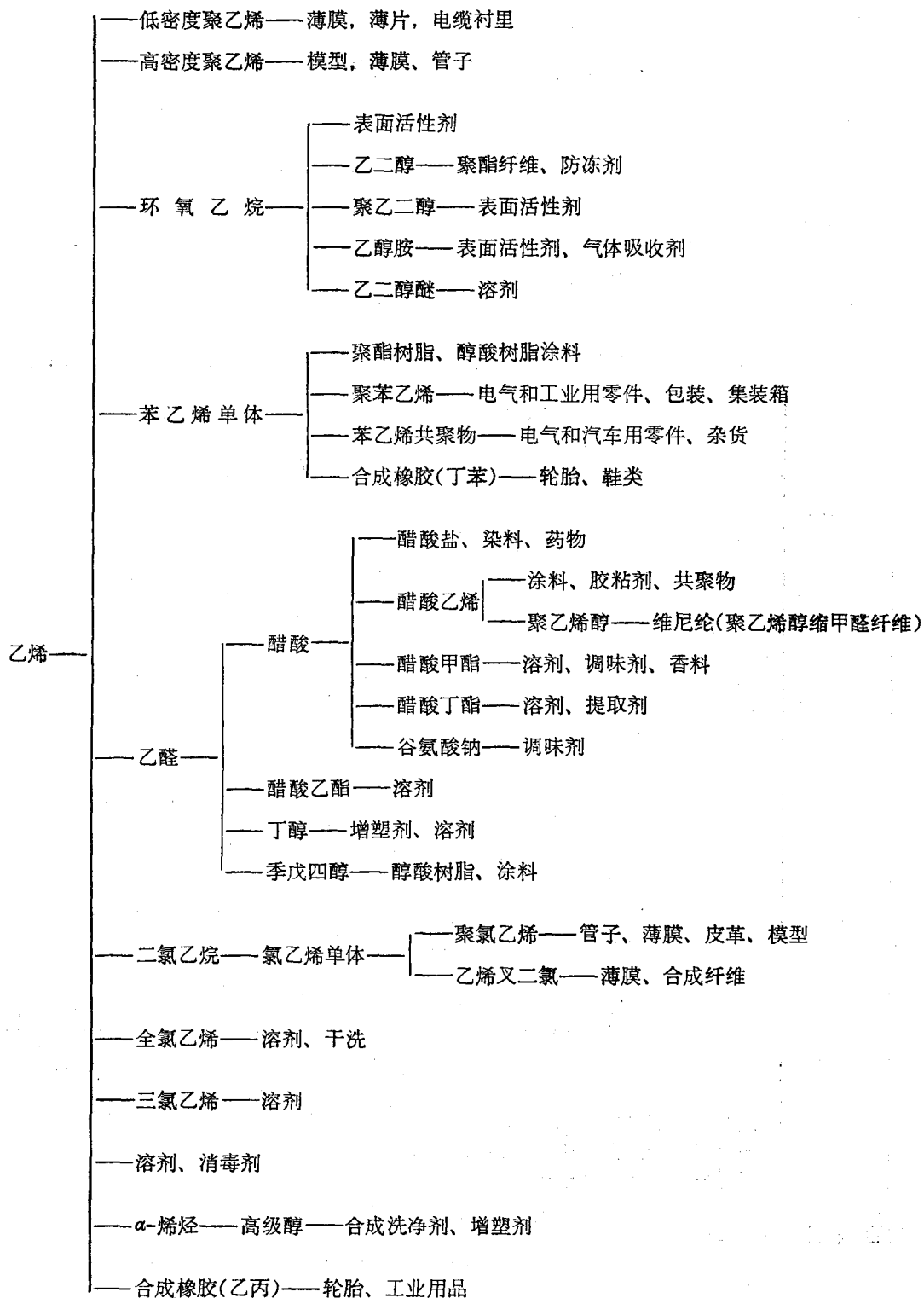
7.3.4 降低四段和五段的循环量.....	(563)
7.4 冷区分离系统的节能.....	(564)
7.4.1 换热器的改进.....	(564)
7.4.1.1 冷箱.....	(564)
7.4.1.2 高通量列管式换热器.....	(564)
7.4.2 制冷系统.....	(566)
7.4.2.1 提高制冷效率.....	(566)
7.4.2.2 混合冷剂制冷循环.....	(567)
7.4.2.3 膨胀机.....	(571)
7.4.2.4 热分离器.....	(572)
7.4.3 精馏单元操作.....	(574)
7.4.3.1 回流比的最佳化.....	(574)
7.4.3.2 应用中间冷凝器和中间再沸器.....	(575)
7.4.3.3 多股进料和侧线出料.....	(576)
7.4.3.4 进料状态.....	(579)
7.4.3.5 热泵系统.....	(581)
7.4.3.6 多效蒸馏.....	(587)
7.4.3.7 采用新型高效塔板.....	(590)
7.4.3.8 低温塔低压操作的趋势.....	(590)
7.4.4 流程选择.....	(591)
7.4.4.1 能量效率的比较.....	(592)
7.4.4.2 工艺流程上的改进.....	(594)
7.5 加强管理.....	(599)
7.5.1 制定节能规划.....	(600)
7.5.2 成立节能机构.....	(600)
7.5.3 加强设备管理.....	(600)
7.5.4 组织节能调查,找出节能目标.....	(601)
7.5.5 开展节能竞赛.....	(601)
7.5.6 提供节能贷款.....	(601)
7.5.7 注意日常节能.....	(601)
7.5.8 培训节能人员.....	(602)
7.5.9 普及节能教育,重视节能宣传.....	(602)
参考资料.....	(602)
8. 原料与产品的贮运.....	(605)
8.1 概述.....	(605)
8.2 管网输送.....	(608)
8.3 地下床层(洞穴)贮存.....	(611)

8.4 贮罐与钢瓶.....	(616)
8.4.1 球罐.....	(616)
8.4.2 圆筒形贮罐.....	(619)
8.4.3 钢瓶.....	(620)
参考资料.....	(621)
9. 防止公害和安全技术.....	(624)
9.1 概述.....	(624)
9.2 防止污染.....	(626)
9.2.1 防止大气污染.....	(626)
9.2.2 防止水质污染.....	(629)
9.2.3 降低噪声.....	(631)
9.2.4 实例.....	(632)
9.3 安全技术.....	(632)
9.3.1 裂解炉.....	(634)
9.3.2 压缩机.....	(635)
9.3.3 灭火技术.....	(636)
9.4 重大事故及分析.....	(637)
参考资料.....	(640)
附录:	(641)
1. 乙烯的重要物化性能数据.....	(641)
2. 丙烯的重要物化性能数据.....	(643)
3. 日本 30 万吨/年乙烯装置实际人数与内部布置.....	(643)
4. 乙烯工厂的生产准备和试运转.....	(644)
5. 常用英文字母缩写代表的名称.....	(649)
6. 参考资料中外文缩写的名称全文.....	(649)
7. 手册中重要的公制与英制单位的折算关系.....	(649)

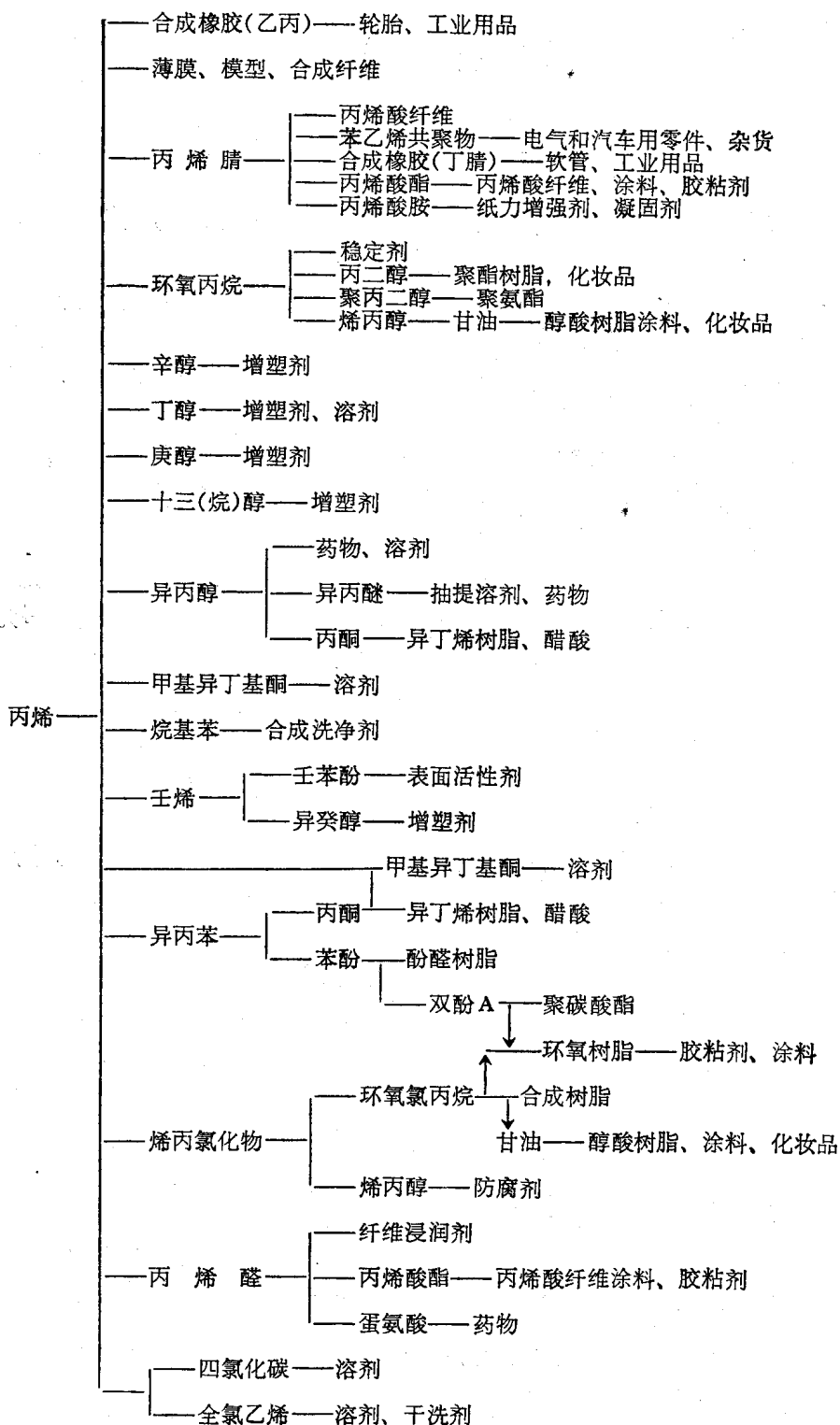
石油化工产品流向图



乙 烯 衍 生 物 流 向 图



丙烯衍生物流向图



1. 概 况

1.1 乙烯及联产品丙烯、丁二烯产量发展

乙烯产量在六十年代迅速增长。1960年世界乙烯产量仅360万吨，而至1970年已达2000万吨，增长了5.5倍以上。预计在1980年将达4010万吨。

由于资本主义世界发生经济危机，1974年乙烯产量下降，1976年开始回升。

1978年世界乙烯产量估计将在3000万吨左右。其中美国生产1247万吨，日本436万吨，西德322.4万吨，这三个国家合计2005.4万吨，约占总产量的65%以上。乙烯生产集中在美国、日本与西欧，但这些国家的增长速度已减缓。

近几年来发展中的国家，加紧发展乙烯工业。例如拉丁美洲的墨西哥与巴西，估计二、三年后除满足其国内需要外还将出口。中东及亚洲(不算日本)发展也快。中东石油生产国1990年乙烯将达200万吨，而南朝鲜计划在1986年达到150万吨。此外，苏联目前产量近250万吨，1970~1980年间每年平均增长25万吨生产能力。这些国家(或地区)在乙烯生产中所占的比率将日趋增长。拉丁美洲、非洲与亚洲在世界乙烯生产的比重将从明年的4%提高到1990年的11%^[12]。

1.1 表1是世界乙烯产量与增长情况

1.1 表2是主要乙烯生产国历年的乙烯产量

1.1 表3几个发展中国家(地区)产量或需求量与生产能力

1.1 表4是主要乙烯生产国七十年代乙烯产量及年平均增长值

由于丙烯与丁二烯是乙烯生产很密切的联产品，但又不是唯一的生产来源，所以将它们的生产量以及来源用表列出。

1.1 表1 世界乙烯产量与增长情况^[1]

年 份	产 量 万 吨	为1960年 %	为 5 年前 %
1960	360	100	250
1965	1,000	278	278
1970	2,000	556	200
1975	2,150	597	108
1976*	2,700	750	135(为1970年)
1980	4,010	1,114	149(为1976年)
1985	5,500	1,528	137
2000	17,000	4,722	

* 因1975年资本主义世界正处于严重的经济危机之中，故亦列入1976年的产量。

1.1 表 2 主要乙烯生产国产量^[2~8]

万吨

年 份	美 国	苏 联	日 本	西 德	英 国	法 国	意大利	比、荷、卢	加拿大
1940	12								
1950	63	6							
1951									
1952									
1953	97								
1954	106								
1955	138	7							
1956	163					1			
1957	179			8		2			
1958	188		1	10	1	3			
1959	225		4	17	4	4			
1960	247	18	8	23	25	8	9		
1961	257		11	27	31	9	14		
1962	285		23	39		13	17		
1963	241		35	44	45	15	20		
1964	392		51	61	51	18	28		
1965	434	75	78	69	54	22	35		
1966	510	80	107	89	58	28	48		
1967	538	91	137	123	65	38	54		
1968	596	88	179	153	70	53	64		
1969	745	93	240	193	89	76	67.1		
1970	820	98	310	202	100	94	90	95	
1971	837	103	354	201	104	102	102	109	
1972	946	117	385	218	112	122	122	175	
1973	1,013	118	417	276	125	165	138	200	
1974	1,085	130—150	418	311	128	174	138	215	
1975	931	137	340	214	96	124	122	179	47.3
1976	1,060	148	380	279	134	169	126	232	56.0
1977	1,119	180	400	282	128	185	138	252	62.5
1978	1,247	200	436	322.4		196			95.0
1980	1,400	300	498	370	203	250	195	325	
1985	1,800	350	670	500		330			

1.1 表 3 几个发展中国家(地区)产量或需求量与生产能力情况(万吨)

国家	西班牙	墨西哥	巴 西	南 朝 鲜	印 度	罗马尼亚	阿 根 廷	匈牙利
1975		21.3	3.0		7.0	34.0**	4.2	12.6
1976	27.0	27.7	3.5				4.3	20.3
1977	34.5 (67.2)	22.9 (26.0)	3.6	31.3* (15.5)			5.1	23.0
1978	43.1	33.6* (35.0)	60.5* (52.1)		20.0 (24.1)	30.0 (36.0)		
1979	72.6 (100.0)	49.4* (69.2)	68.2* (76.0)					
1980	108.5	78.7* (98.2)	65.2* (76.0)			60.0**		25.4
1981				64.8* (50.0)				
1982		(194.2)						
1983					42.7			
1985	170~200							

注: *需求量; 1979年以后为估计量; () 括号内为生产能力; **见参考资料^[14]