

化工炼油设备制造工艺

丑津士 陈维耕 编

化学工业出版社

huagong
lianyou
shebei
zhizao
gongui



化工炼油设备 制造工艺

丑津士 陈维耕 编

化学工业出版社

内 容 简 介

本书根据国内外化工和炼油设备制造业近年来的生产实践,介绍先进的工艺方法、工艺参数和工艺装备。第一章为基本概念;第二至七章为主要零部件的制造工艺,包括筒节的卷圆、对焊、矫圆和封头、法兰、垫片、膨胀节的制造,以及各种衬里和复合方法;第八至十二章为主要设备的制造和组装工艺,包括各种换热器、塔、球罐、高压设备和超限设备;第十三章介绍设备热处理技术。

本书供化工和炼油设备制造部门的工程技术人员及工人阅读,也可供设备设计、安装、使用、维修部门的技术人员和工科院校化工设备及炼厂设备专业师生参改。

化工炼油设备制造工艺

丑津士 陈维耕 编

责任编辑:任文斗

封面设计:许立

•

化学工业出版社 出版发行

(北京和里七区十六号楼)

北京语言学院出版社印刷厂

新华书店北京发行所经销

•

开本 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ 印张 $17 \frac{1}{2}$ 插页1 字数447千字

1988年11月第1版 1988年11月北京第1次印刷

印 数 1—3,300

ISBN 7-5025-0164-9/TQ·126

定 价 6.50 元

前 言

近年来，化学工业、石油化工及炼油工业获得了迅速发展，装置规模成倍增长；所使用的设备明显地趋于大型化，工作参数也越来越高，为了满足化工生产的需要，设备制造行业必须在下述三方面不断提高技术水平：研制和应用性能优越的结构材料；按照最合理的设计思想，采用精确的设计技术；发展生产率高、质量好的制造工艺。这几方面的技术发展虽然具有相对的独立性，但又是互相渗透和互相促进的。特别是现代制造工艺的不断发展和改进不仅对设备的质量和成本起着最主要的作用，而且往往成为前两方面成果能否在设备生产中实际采用并取得预期效益的决定性因素。

为了改进现有工艺和发展新的工艺，国内外都进行了大量的试验研究工作，各种规模的制造厂通过多年实践也积累了丰富的经验。可惜这方面的资料缺乏系统而完整的整理。

本书就备料（画线、卷圆、割孔、组焊）、主要零部件制造和设备组装几个方面系统介绍设备制造工艺，书中叙述了经过生产实践验证的合理工艺方法、先进工艺装备和必要的工艺计算步骤与数据。目的是为从事这方面工作的工程技术人员和大专院校师生提供一般工艺书籍中很少阐述的技术知识。

化工和炼油设备的型式和结构多种多样，使用的材料品种规格十分庞杂，所以零部件加工和设备组装工艺也是多种多样的。现代化工设备行业中采用的制造工艺，几乎包括机械制造行业中已有的各种工艺方法，对它们作包罗万象的全面阐述显然不可能，而且也不必要。因此，本书不拟过多阐述焊接、机械加工、热处理等通用工艺，这类工艺已有不少专门著作加以探讨。但是这些

通用工艺中适应化工设备特点而发展的一些工艺技术，也在本书中作了介绍。非金属设备的制造工艺与金属设备完全不同，本书也不包括这方面的内容。

本书中引用了1975~1983年国内外一些工厂和科研、教学等单位所发表的工艺技术成果，在此谨向原作者表示谢意。

各个制造厂采用和发展的工艺与它的产品结构、生产规模、装备条件及技术条件密切相关，彼此存在差别，而且都在不断改进之中，所以本书介绍的工艺方法并不是唯一可取的，其先进性也是相对的，尚需根据工艺技术的进展不断修改和补充。

本书经锦西化工机械厂高晋铭高级工程师审阅。

由于编者水平所限，错误恐难避免，欢迎读者指正。

编 者

1986年9月

目 录

第一章 概述	(1)
第一节 设备及其零件的分类	(1)
1. 设备按化工过程分类	(1)
2. 设备按使用条件和介质特点分类	(2)
3. 设备按结构特点分类	(4)
4. 设备零件分类	(6)
第二节 技术要求	(14)
第三节 材料	(17)
1. 化工炼油设备对材料性质的要求	(17)
2. 轧制钢材	(20)
3. 有色金属	(24)
4. 铸锻件	(27)
第四节 生产工艺的改进	(28)
1. 设备生产的特点	(28)
2. 提高制造工艺水平的方向	(29)
3. 作业线	(31)
第二章 筒节	(34)
第一节 划线	(34)
1. 计算展开长度	(34)
2. 排板	(36)
3. 划线	(41)
第二节 卷圆	(43)
1. 卷圆理论	(44)
2. 辊式卷板机型式的选择	(54)
3. 剩余直边与预弯	(57)
4. 卷圆工艺	(62)

第三节 矫圆	(80)
1. 卷板机矫圆	(80)
2. 径向膨胀法矫圆	(98)
第四节 小直径筒节的制造	(101)
第三章 封头	(105)
第一节 制造方法的比较	(105)
1. 工艺特点	(105)
2. 使用性能	(106)
第二节 冲压	(112)
1. 板坯尺寸的计算	(112)
2. 冲压温度	(114)
3. 冲压力	(116)
4. 润滑剂和加热保护剂	(116)
5. 模具结构	(120)
6. 定径	(131)
第三节 旋压	(133)
1. 板材	(133)
2. 旋压工艺与旋压机	(135)
3. 工艺参数	(143)
第四节 爆炸成形	(145)
1. 爆炸加工方法的分类	(145)
2. 远置爆炸成形	(146)
第五节 复合钢板封头的制造特点	(149)
1. 冷成型	(149)
2. 热成型	(149)
3. 热处理	(151)
第四章 膨胀节	(152)
第一节 U形膨胀节的制造	(152)
第二节 S形膨胀节的液压成型	(155)
1. 单层膨胀节	(155)
2. 双层膨胀节	(166)
第五章 法兰和垫片	(170)

第一节 法兰的制造	(170)
1. 热模锻制造对焊法兰	(170)
2. 异型钢弯制对焊法兰	(174)
3. 环形轧机轧制对焊法兰	(175)
4. 弯制平焊法兰	(177)
5. 法兰钻孔	(182)
第二节 垫片的制造	(186)
第六章 筒体	(193)
第一节 制造技术要求	(193)
第二节 筒节制造	(194)
1. 筒节卷圆生产线	(194)
2. 纵缝组对	(198)
3. 半筒组焊筒节	(200)
第三节 筒节的翻边与缩口	(203)
第四节 筒体的组焊	(208)
1. 坡口焊前处理和保护	(208)
2. 环缝组对	(213)
3. 筒体焊接专用装置	(217)
4. 焊缝修平	(227)
5. 异种钢的焊接特点	(233)
第五节 接管与人、手孔的制造和组焊	(249)
1. 筒体开孔	(249)
2. 接管组焊	(254)
3. 过渡环的压制	(257)
4. 接管与筒体的焊接	(261)
5. 电渣铸造	(265)
第六节 封头及其它附件的组焊	(266)
第七章 衬里与复合	(269)
第一节 壳体衬里	(270)
1. 不锈钢板衬里	(270)
2. 钛板衬里	(272)
3. 爆炸衬里	(279)

第二节 爆炸复合	(283)
1. 原理	(283)
2. 爆炸复合板的机械性能	(287)
3. 使用范围	(289)
4. 爆炸复合工艺	(290)
第三节 真空扩散复合	(292)
1. 工艺参数	(292)
2. 设备的真空扩散复合衬里	(294)
第四节 衬里管	(296)
第五节 熔化复合管板	(299)
第八章 换热器	(302)
第一节 管板与折流板	(302)
1. 技术要求	(302)
2. 管板画线及下料	(303)
3. 管孔加工	(306)
4. 折流板	(314)
第二节 端盖和管箱	(317)
1. 端盖	(317)
2. 管箱组焊	(318)
3. 外头盖的组焊	(323)
第三节 翅片管与幅条管	(324)
1. 纵向翅片管	(325)
2. 螺旋型轧制翅片管	(325)
3. 组合式横向翅片管	(330)
4. 钢带缠焊螺旋翅片管	(331)
5. 螺旋铝翅片管	(334)
6. 幅条管	(336)
第四节 管束	(339)
1. 切管	(339)
2. 管端表面清理	(340)
3. 组装	(341)
第五节 管和管板的联接	(345)

1. 胀接	(345)
2. 粘胀联接	(360)
3. 橡胶胀管	(361)
4. 焊接	(364)
5. 焊胀联接	(370)
6. 电液脉冲胀接	(371)
7. 爆炸联接	(373)
第六节 列管换热器总装	(377)
1. 技术要求	(377)
2. 浮头换热器总装	(378)
3. 换热器的重叠预装	(379)
第七节 钛管与管板的联接	(382)
1. 全钛管板与钛管的焊接	(382)
2. 钛管与钛钢复合板的联接	(383)
3. 衬钛管板的加工与联接	(385)
第八节 套管式换热器	(387)
第九节 板式换热器	(391)
1. 平板式换热器	(391)
2. 伞板换热器	(393)
第十节 螺旋板换热器	(395)
第九章 塔设备	(399)
第一节 塔盘零件的制造及塔盘组装	(399)
1. 塔盘分类	(399)
2. 浮阀塔盘	(402)
3. 筛板塔盘	(405)
4. 泡罩塔盘	(409)
第二节 塔设备的组装	(417)
1. 工艺步骤	(417)
2. 塔段组装	(418)
3. 塔体画线	(422)
4. 外部附件的组装	(428)
5. 塔盘支承件的组装	(429)

6. 塔盘整体装入法	(432)
7. 塔体各部尺寸公差	(435)
第十章 球罐	(439)
第一节 技术要求	(440)
第二节 分瓣方案	(442)
第三节 球瓣制造	(443)
1. 画线	(444)
2. 模压成型	(449)
3. 卷制成型	(453)
4. 切割坡口	(456)
第十一章 高压设备	(460)
第一节 筒体制造	(462)
1. 单层高压容器	(462)
2. 绕带式高压容器	(465)
3. 绕板式高压容器	(469)
4. 包扎式高压容器	(477)
5. 热套多层高压筒	(484)
第二节 多层封头	(489)
第三节 深环缝的焊接和处理	(493)
1. 热套式高压容器的环缝	(493)
2. 过渡焊接	(494)
第四节 高压螺栓液压拉紧	(501)
第十二章 超限设备	(505)
第一节 技术要求	(505)
第二节 暂时卷紧	(508)
1. 筒节的暂时卷紧	(508)
2. 薄壁球壳的暂时卷紧	(511)
第三节 现场总装	(515)
1. 塔	(515)
2. 贮存容器	(516)
第十三章 设备热处理	(519)
第一节 热处理的目的是和使用范围	(519)

第二节 热处理制度	(522)
第三节 炉内整体热处理	(528)
1. 热处理炉的特点	(528)
2. 支承方式	(529)
第四节 局部热处理	(530)
1. 气体燃烧加热	(531)
2. 红外线加热	(532)
3. 感应加热	(536)
第五节 内燃式整体热处理	(541)
1. 热处理装置	(541)
2. 热处理工艺	(545)

第一章 概 述

化工炼油设备指的是化学工业、炼油工业和石油化工行业中具有相同作用和结构型式各种设备。在国民经济的其它部门如天然气加工、冶金、轻工、核能及国防工业中也有许多这类设备。虽然它们处理的物料和在生产流程中所处的位置各不相同，但由于结构型式的相似，其制造工艺大体上是一样的。

目前合成氨装置生产能力为日产1000~1500吨（年产30~45万吨），有的达到1700吨（年产60万吨）；加工原油装置生产能力为年产600~800万吨，个别高达3200万吨；乙烯装置生产能力达到每年68万吨；美国已制成年产高压聚乙烯75000吨的装置。现在化工炼油装置正在不断增加，其规模也继续不断向前发展。

装置的大型化必然要求单台设备的大型化。例如石油炼制用的加氢脱硫反应器，最大的达到内径4270毫米，长34000毫米，壁厚260毫米。因此设备的设计技术，材料的品种规格与质量，制造工艺和工艺装备都适应这种要求而得到迅速发展。

第一节 设备及其零件的分类

为了从数量庞大、种类繁多、用途各异的设备中归纳出共同的特点，掌握共同的规律，有必要将它们按一定的原则进行科学分类。当然，由于根据的原则不同，分类的结果也不一样。

1. 设备按化工过程分类

进行同类化工过程的设备，在设计和使用上都有相似之处。所以通常都将设备按其中进行的物理化学过程来划分。按这一原则，化工炼油设备可以分为以下几种。

（1）换热设备 在这类设备中，热量通过分隔介质的器壁

进行传导。有板式和列管式换热器、冷凝器、蒸发器；套管式换热器，空气冷却设备；浸入式和喷淋式冷却器、冷凝器；带蒸发空间的预热器和蒸发器等。

(2) 传质设备 这类设备中的物理过程在介质直接接触的情况下进行，并且往往伴随着给热过程及化学反应。这类设备包括精馏塔、蒸馏塔、萃取塔、吸收器、解吸器、合成塔、喷淋塔等。

(3) 反应设备 产品的主要化学变化在其中发生，并且大多数是在加温加压并有催化剂存在的情况下进行的。这类设备包括反应釜、反应器、再生器、反应室等。

(4) 火焰加热设备 如火焰预热器、管式炉、余热利用装置等。

(5) 物料分离和净化设备 集尘器、分离器、过滤器、离心机、气体分离器、沉降器等。

(6) 搅拌设备 带有机械搅拌装置，使用时不断搅动物料以进行传热、溶解、气体吸收、混合、反应等过程的设备。

(7) 贮存物料的容器 球罐、圆柱形贮槽、气柜、计量槽和中间槽等。

以上仅是就设备内的主要物理、化学过程来划分的。由于同一设备中往往有几种过程同时进行，所以分类方法具有相对性。

2. 设备按使用条件和介质特点分类

化工与炼油装置中使用的各种设备的选材和结构 尽管各不相同，但它们都是为了满足使用要求和制造工艺的要求而确定的。

石油精炼装置中，许多设备在 $150\sim 220$ 公斤力/厘米² ①的高压和 $400\sim 470^{\circ}\text{C}$ 的高湿下操作，并且受到硫、氢等介质的腐蚀，大量采用铬钼钢制造及不锈钢衬里。制造时必须考虑防止铬钼钢

① 1公斤力/厘米² = 9.80665×10^4 帕。

回火脆化及不锈钢焊接部位的 σ 相脆化与氢脆的措施。天然气和石油气液化装置的设备几乎都是在低温下运行的，普遍采用细晶粒钢和低温用钢，并且需要按照能保证低温韧性的成型、焊接、热处理工艺进行制造。氨和尿素合成装置的操作压力可达380公斤力/厘米²，温度在200~430°C的范围内，而且尿素合成塔还有氨基甲酸铵的腐蚀，过去用钛衬里，近来因流程的改进，趋于用便宜的超低碳不锈钢做衬里，必须采取有效的工艺措施以确保衬里层的耐蚀性。石油化工装置中，也要使用低温压力容器；聚乙烯生产则要求1000~3000公斤力/厘米²的超高压，它的设备要用整体高强度锻件制造；合成甲醇也是高压过程。此外，石油化工装置中还广泛使用各类复合钢板以适应不同的介质和操作条件，这些材料的加工制作和组装焊接有许多特殊的问题，需要很高的制造工艺水平。

使用条件包括操作压力、操作温度和介质的性质（可燃性、毒性、腐蚀性等）。

操作压力小于1公斤力/厘米²的是常压设备，操作压力等于或大于1公斤力/厘米²的是压力容器。压力容器按压力分为四级，见表1—1。

表1—1 设备压力分级

级 别	压力 P ，公斤力/厘米 ²	级 别	压力 P ，公斤力/厘米 ²
低 压	$1 \leq P < 16$	高 压	$100 \leq P < 1000$
中 压	$16 \leq P < 100$	超高压	$P \geq 1000$

化工炼油设备使用温度的范围很宽。不直接受火焰加热的设备，其工作温度从-196°C到700°C都有；火焰直接加热的设备的温度甚至还要高。规定工作温度等于或低于-20°C的设备属于低温设备，高温设备则无明确的温度界限，一般在+200°C以上操作的设备，因材质的机械性质比常温时有明显变化，在设计及

试压规定上都有特殊要求。

设备内部介质成分与性质直接关系到对设备可靠性的要求，从而对设计(选材、计算及结构设计)、制造工艺、质量检验、使用管理都有影响。根据劳动人事部颁发的《压力容器安全监察规程》的规定，压力容器分为三类。

属于下列情况之一者为一类容器：非易燃或无毒介质的低压容器；易燃或有毒介质的分离容器或换热容器。

属于下列情况之一者为二类容器：中压容器；剧毒介质的低压容器；易燃或有毒介质的低压反应容器或贮运容器；内径小于1米的低压废热锅炉。

属于下列情况之一者为三类容器：高压、超高压容器；剧毒介质且 $p_w \times V \geq 2000$ 升·公斤力/厘米² 的低压容器或剧毒介质的中压容器；易燃或者有毒介质且 $p_w \times V \geq 5000$ 升·公斤力/厘米² 的中压反应容器，或 $p_w \times V \geq 5000$ 升·公斤力/厘米² 的中压贮运容器；中压废热锅炉或内径大于1米的低压废热锅炉。

其中 p_w 为不包括液柱静压力的最高工作压力， V 为容积。

3. 设备按结构特点分类

尽管设备内部化工过程多种多样，使用条件各不相同，但是绝大多数化工炼油设备从结构特点和制造方法上可以归纳为七大类，如表1—2。每一类都具有类似的制造工艺过程，使用同类型的工艺装备，可以组织专业化生产，以便不断更新设计，采用新材料和新工艺，提高经济效益。例如内部分隔设备中的板式换热器和螺旋板式换热器，以及高压容器等，现在都有专业厂进行生产。另外各种型式的列管式换热器在国外早已有专业厂家生产，生产周期短，材料耗量少，因而成本较低。

必须指出，往往有很多设备是由不同种类的数台设备组成的，例如蒸馏塔，塔底和塔顶都有换热设备（一般都是管式）。它们的制造过程并无特殊之处，只不过组装工作量大一点而已。

表1—2 设备按结构特点与制造工艺分类

类 别	典 型 设 备	应 用 范 围
I 容 器 设 备		
中小型容器	受槽、计量槽、贮槽、缓冲罐、干燥箱等	蒸发、吸收、精馏、萃取装置中的容器；溶液、滤液和粉料的容器；产品中 间贮存容器
大型容器	槽车、气柜、贮槽、球罐、沉降器等	贮存和运输液态、气态物料
高压容器	反应釜、反应器气瓶及其它高压下工作的容器	氨、尿素、甲醇合成及乙烯、丙烯聚合装置中的容器、高压空气干燥器等
II 组 合 式 设 备		
塔	洗涤塔、吸收塔、精馏塔、萃取塔、再生塔、吸附器	从焦炉气、天然气、石油气、氯化物等混合气体中提取气体；提纯石油产品、空分产品；生产有机酸、无机酸及其它化工产品；气体吸收、清净等
内部分隔的设备	分离器、旋风分离器、集尘器、除湿器、过滤器、板式换热器、螺旋板式换热器	从气态、液态物料中分离固体颗粒、悬浮液的过滤；从气相中分离雾沫；气液热交换
III 管 式 设 备		
直管换热器	单程或多程的直管换热器、带膨胀节或浮头的列管换热器	液态或气态物料的冷却、加热、冷凝、蒸发
弯管换热器	喷淋或浸没式换热器、套管式换热器、螺旋管换热器、蒸馏塔釜	用水冷却物料；气体深冷分离中的换热设备；吸收塔中的接触装置等

注：未包括非金属设备