

下册

压力容器与化工设备 实用手册

曲文海 等编

化学工业出版社

压力容器与化工设备实用手册

下 册

曲文海 等编

化 学 工 业 出 版 社

· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

压力容器与化工设备实用手册. 下册 / 曲文海等编.
北京: 化学工业出版社, 2000
ISBN 7-5025-2709-5

I. 压… II. 曲… III. ① 压力容器-手册 ② 化工设备-手册 IV. ① TH49-62 ② TQ05-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 50696 号

压力容器与化工设备实用手册

下 册

曲文海 等编

责任编辑: 谢丰毅

责任校对: 蒋 宇

封面设计: 郑小红

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

化学工业出版社印刷厂印刷

三河市前程装订厂装订

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 31½ 字数 728 千字

2000 年 3 月第 1 版 2000 年 3 月北京第 1 次印刷

印 数: 1—4000

ISBN 7-5025-2709-5/TH·61

定 价: 62.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

压力容器与化工设备实用手册(下册)

编写人员 (以姓氏笔划为序)

叶日新 高级工程师

曲文海 教授级高级工程师

聂清德 教授

费 伟 高级工程师

谭 薇 副教授

出 版 说 明

当今化工设备设计工作者所需的化工设备结构设计的实用性手册类书籍比较少，而且已有的手册和书籍所列标准和取材多较为陈旧。为适应化学工业、石油化学工业蓬勃发展和广大化工设备设计工作者的需要，我们组织编写了《压力容器与化工设备实用手册》。

本书分上、下两册出版，上册为压力容器，主要包括：压力容器主要受压元件及标准件的结构、尺寸和技术条件；压力容器常用的焊接材料与焊接结构。下册主要为塔设备和搅拌器，包括：塔设备和搅拌器零部件的结构设计和机械计算，以及有关的化学工程基础知识；化工设备常用零部件的外购标准件。

容器及化工设备包括甚广，本手册仅选其中常用的，且新资料较多的部分编入。对那些国内标准内容很详细的设备如“换热器”等读者可另行查阅其它书籍，本《手册》则未编入。

本《手册》在编纂过程中作了大量归纳整理与收集工作，如第1篇的压力容器不是简单地把标准引入，而是将同类型的内容归纳整理于一处，便于查阅并节省了较多篇幅；又如第2、3篇收集了一定量的国外新资料，整理后编入，这些对设计者均是极为有用，且不易找到的资料。

本《手册》适用于化工、石油化学工业的设备设计工作者和制造工作者，以及其它化工类工业部门的设备设计和制造者。也可供有关高等院校师生参考。

编 者 的 话

本书《压力容器与化工设备实用手册》下册内容包括塔设备（第2篇）；搅拌器（第3篇）；外购标准件（第4篇）。

下册内容的特点为取材新颖，所列化工设备零部件和材料均为最新国家标准和行业标准；采用了当今国内外先进、成熟的塔设备和搅拌器的结构设计、机械计算方法和常用工程数据，如搅拌器功率计算方法采用英国水力机械研究协会混合过程研究分会（FMP）的最新计算方法及欧美国家惯用的诺谟图搅拌功率捷算法。板式塔盘及其支撑件的几何尺寸计算采用函数表及公式相结合的方法。另外内容完整齐全，涉及到塔设备和搅拌器的结构、零部件和机械计算基本全部收入，如塔设备的振动计算与防振措施和双支点塔设备（即框架中裙座式塔设备）的强度计算。

本手册第2篇第1章、第4章由费伟编写；第2篇第2章由叶日新编写；第2篇第3章由聂清德和谭薇编写；第2篇第5章、第6章和第3篇、第4篇由曲文海编写。本册由曲文海统一整理。

由于编著者水平所限和编撰时间短暂，难免会有不妥和谬误之处，请读者批评指正。

编者

2000年1月

内 容 提 要

《压力容器与化工设备实用手册》分上、下两册出版。本册为下册，包括第2篇、第3篇、第4篇。主要内容：塔设备和搅拌器零部件的结构设计和机械计算，以及有关的化学工程基础知识；化工设备常用零部件的外购标准件。

本手册的作者均是多年从事化工设备设计和教学、经验丰富的专家教授，他们在编纂过程中作了大量归纳整理与收集新资料的工作，内容翔实完整，对化工设备设计和制造人员是难得的资料。

本书可供化工、石油化工及其它有关工业部门的设备设计和制造人员查阅，也可供有关高等院校师生参考使用。

《压力容器与化工设备实用手册》总目录

上册

第1篇 压力容器与材料	1
第1章 金属材料	1
第2章 压力容器壳体与封头	170
第3章 压力容器标准件	463
第4章 焊接材料和焊接结构	683

下册

第2篇 塔设备	1
第1章 概述	1
第2章 塔设备的机械计算	4
第3章 塔设备的振动与防振	44
第4章 塔设备通用零部件	55
第5章 板式塔塔盘	91
第6章 填料塔	152
第3篇 搅拌设备	213
第1章 搅拌器类型	213
第2章 搅拌功率计算	241
第3章 搅拌器强度计算	262
第4章 搅拌轴机械计算	280
第5章 搅拌机的传动装置	301
第6章 搅拌容器的传热结构及强度计算	379
第4篇 外购标准件	407
第1章 液面计	407
第2章 视镜	452
第3章 放料阀	455
第4章 丝网除沫器	471

压力容器及化工设备实用手册

下 册

目 录

第 2 篇 塔 设 备

第 1 章 概述	1
1.1 塔设备在化工生产中的作用	1
1.2 塔设备的分类及结构简介	1
1.3 板式塔和填料塔的构成	1
1.4 塔设备的机械设计	1
1.4.1 进行塔的机械设计所需的设计条件	1
1.4.2 塔设备的机械设计	3
第 2 章 塔设备的机械计算	4
2.1 塔体及裙座的强度计算	4
2.1.1 适用范围	4
2.1.2 引用标准	4
2.1.3 设计计算条件	4
2.1.4 强度及稳定性计算	6
2.2 框架中裙座式塔设备的强度计算.....	23
2.2.1 单塔-独立框架系统	24
2.2.2 多塔-组合框架系统	25
2.3 计算例题.....	26
第 3 章 塔设备的振动与防振	44
3.1 卡门涡街与塔的振动.....	44
3.1.1 旋涡脱落频率.....	44
3.1.2 临界风速.....	45
3.2 升力的计算.....	45
3.3 塔顶的最大振幅.....	45
3.4 共振载荷的计算.....	46
3.5 塔设备需要做振动分析的条件.....	47
3.6 塔体共振时应力的计算.....	47
3.7 疲劳寿命的校核.....	48
3.8 防振措施.....	49

3.9 排塔的振动与固有频率的计算.....	50
3.10 计算例题	50
第4章 塔设备通用零部件	55
4.1 塔体.....	56
4.2 塔设备的支承.....	56
4.2.1 裙座的形式及选择.....	57
4.2.2 裙座与塔壳体的连接.....	57
4.2.3 裙座顶部到底封头切线的距离.....	57
4.2.4 地脚螺栓座.....	58
4.2.5 排气管和排气孔.....	61
4.2.6 塔底接管引出孔.....	62
4.2.7 裙座检查孔.....	63
4.2.8 静电接地板.....	63
4.2.9 地脚螺栓模板.....	64
4.3 塔顶吊柱 (HG 5-1373—80)	65
4.3.1 吊柱的选用.....	65
4.3.2 吊柱的方位、回转半径及安装高度的确定.....	67
4.4 吊耳 (HG/T 21574—94)	67
4.4.1 顶部板式吊耳.....	67
4.4.2 侧壁板式吊耳.....	69
4.4.3 轴式吊耳.....	71
4.4.4 吊耳的材料和制造技术要求.....	74
4.4.5 吊耳选用说明.....	75
4.5 塔釜液体出口防涡流挡板.....	75
4.6 塔釜隔板.....	77
4.6.1 隔板厚度.....	77
4.6.2 隔板上人孔.....	77
4.6.3 分块式隔板.....	77
4.7 塔内和裙座内爬梯.....	77
4.8 管口挡板.....	81
4.8.1 物料进口挡板.....	81
4.8.2 液位计接口挡板.....	81
4.9 塔的保温和保冷支撑件.....	82
4.9.1 保温支撑件.....	82
4.9.2 保冷支撑件.....	85
4.9.3 裙座的防火支撑件.....	85
4.10 塔内接管的支撑结构	86
4.10.1 固定在塔壁上的接管支撑结构	86
4.10.2 固定在降液板上的接管支撑结构	87
4.10.3 固定在塔板上的接管支撑结构	88

4.11 塔的制造公差	88
第5章 板式塔塔盘	91
5.1 板式塔塔盘分类	91
5.2 板式塔塔盘结构及材料	91
5.2.1 塔盘结构	91
5.2.2 塔盘及其附件材料	92
5.2.3 塔盘板及其附件的最小厚度	92
5.2.4 塔盘液流程数	92
5.2.5 塔盘间距	92
5.2.6 塔盘弓形降液管几何参数函数表	94
5.3 F1型浮阀 (JB 1118—81)	99
5.4 圆泡罩 (帽) (JB 1212—73)	101
5.4.1 圆泡罩 (帽) 的型式、尺寸和材料	101
5.4.2 圆泡罩 (帽) 的尺寸公差	102
5.4.3 圆泡罩 (帽) 的标志示例	103
5.5 整块式塔盘	103
5.5.1 整块式塔盘组装结构	103
5.5.2 整块式塔盘结构件	107
5.6 分块式塔盘	113
5.6.1 分块式塔盘组装结构	113
5.6.2 塔盘板	117
5.6.3 降液板及其支撑件	122
5.6.4 受液盘及其支撑件	128
5.6.5 塔盘溢流堰	132
5.6.6 液封盘	140
5.6.7 塔盘连接紧固件 (标准件)	141
5.7 塔盘板及其支撑梁的强度、挠度计算	144
5.7.1 强度和挠度计算公式	144
5.7.2 强度和挠度计算载荷	145
5.7.3 塔盘板、支撑梁的允许挠度	145
5.8 塔盘技术条件 (JB 1205—80)	146
5.8.1 用途	146
5.8.2 技术要求	146
5.8.3 验收与包装	148
5.8.4 安装与试验	149
5.9 塔盘支撑件的尺寸公差 (供参考)	149
5.10 塔盘及其附件的尺寸公差 (供参考)	151
第6章 填料塔	152
6.1 简介	152
6.2 结构概述	152

6.3 塔填料	153
6.3.1 塔填料的几何特性参数	153
6.3.2 塔填料的流体力学性能	155
6.3.3 塔填料的化学工程参数	156
6.3.4 塔填料产品	157
6.4 填料支承件	179
6.4.1 塔填料支承件的设计准则和推荐的结构形式	179
6.4.2 梁型气体喷射式填料支承板 (HG/T 21512—95)	179
6.4.3 栅板	193
6.4.4 格栅-网纹孔金属板组合支承板	196
6.4.5 规整填料支承板-格栅板	197
6.5 填料床层压板和限制器	198
6.5.1 填料床层压板	199
6.5.2 填料床层限制器	199
6.6 液体分布器	200
6.6.1 液体分布器种类	200
6.6.2 莲蓬头式液体分布器	200
6.6.3 多孔单直管式液体分布器	202
6.6.4 多孔型直列排管式液体分布器	202
6.6.5 盘式升气管堰型液体分布器	203
6.6.6 带升气管盘式筛孔液体分布器	205
6.6.7 槽式液体分布器	207
6.6.8 液体分布器输(布)液能力计算	207
6.7 液体再分布器	209
6.7.1 作用和用途	209
6.7.2 再分布器类型和结构	210

第3篇 搅拌设备

第1章 搅拌器类型	213
1.1 概述	213
1.2 机械搅拌器的形式和选型	213
1.2.1 机械搅拌器的形式	213
1.2.2 各种形式搅拌器的液体流动状态和特性	213
1.2.3 常用搅拌器的形式、主要尺寸和特性参数	215
1.2.4 搅拌器在搅拌容器中的位置尺寸关系	220
1.2.5 搅拌器的选型	221
1.3 常用标准搅拌器	222
1.3.1 桨式搅拌器 (HG 5-220—65)	222
1.3.2 涡轮式搅拌器 (HG 5-221—65)	224
1.3.3 推进式搅拌器 (HG 5-222—65)	226

1.3.4	钢制框式搅拌器 (HG 5-757—78)	227
1.3.5	常用标准搅拌器技术条件	232
1.4	搅拌器附件	235
1.4.1	挡板	235
1.4.2	导流筒	236
1.5	紧凑型潜水搅拌器	236
1.5.1	概况	236
1.5.2	结构特点	237
第2章	搅拌功率计算	241
2.1	符号命名	241
2.2	搅拌功率	241
2.2.1	桨式搅拌器的搅拌功率准数	242
2.2.2	圆盘涡轮搅拌器的搅拌功率准数	243
2.2.3	直叶开启式涡轮搅拌器的搅拌功率准数	246
2.2.4	斜叶开启式涡轮搅拌器的搅拌功率准数	249
2.2.5	推进式搅拌器的搅拌功率准数	252
2.2.6	多层搅拌器的搅拌功率	253
2.2.7	锚式和框式搅拌器的搅拌功率准数	254
2.2.8	几种专业搅拌器的搅拌功率准数	256
2.3	最小搅拌轴功率 (供参考)	259
2.4	搅拌器的搅拌功率捷算法 (诺谟图法)	259
2.5	搅拌器的搅拌功率计算例题	260
第3章	搅拌器强度计算	262
3.1	符号命名	262
3.2	搅拌器设计功率	264
3.2.1	电动机的计算功率和额定功率	264
3.2.2	每层搅拌器的设计功率	264
3.2.3	搅拌器每个桨叶强度计算用的设计功率	265
3.3	搅拌器桨叶材料的许用应力	265
3.3.1	弯曲许用应力	265
3.3.2	扭转许用应力	265
3.4	锚式搅拌器强度计算	265
3.5	框式搅拌器强度计算	267
3.6	门框式搅拌器强度计算	269
3.7	桨式搅拌器强度计算	270
3.7.1	直叶双桨式搅拌器强度计算	270
3.7.2	斜叶双桨式搅拌器强度计算	271
3.8	开启涡轮式搅拌器强度计算	272
3.8.1	直叶开启涡轮式搅拌器	272
3.8.2	斜叶开启涡轮式搅拌器	273

3.8.3 弯叶开启涡轮式搅拌器	273
3.9 圆盘涡轮式搅拌器强度计算	274
3.10 三叶后掠式搅拌器强度计算	276
3.11 推进式搅拌器强度计算	277
3.11.1 推进式搅拌器的结构	277
3.11.2 推进式搅拌器的强度计算	278
3.12 对搅拌器设计的其它要求	279
第4章 搅拌轴机械计算	280
4.1 符号命名	280
4.2 搅拌轴机械计算的基本条件	282
4.3 按柔性轴设计的搅拌轴机械计算的附加条件	283
4.4 搅拌轴的典型受力图	283
4.5 搅拌轴机械计算	283
4.5.1 按扭转变形计算搅拌轴的轴径	283
4.5.2 根据临界转速核算搅拌轴轴径	284
4.5.3 按强度计算搅拌轴的轴径 d_2	288
4.5.4 搅拌轴径向位移计算及按其在轴封处的允许径向位移验算轴径	293
4.5.5 搅拌轴支点类型的确定	297
4.5.6 搅拌轴轴径的最后确定	297
4.5.7 搅拌轴常用金属材料	297
4.6 搅拌器与搅拌轴的连接	297
4.6.1 连接形式	298
4.6.2 连接强度计算	298
第5章 搅拌机的传动装置	301
5.1 搅拌机传动装置的组成	301
5.1.1 组成搅拌机传动装置的零部件	301
5.1.2 搅拌轴的支点数量和使用条件	301
5.2 搅拌机传动装置的标准零部件	303
5.2.1 凸缘法兰 (HG 21564—95)	303
5.2.2 安装底盖 (HG 21565—95)	306
5.2.3 机架	310
5.2.4 传动轴 (HG 21568—95)	321
5.2.5 联轴器	324
5.2.6 填料密封箱 (轴封)	334
5.2.7 机械密封 (HG 21571—95)	349
5.2.8 机械密封循环保护系统 (HG 21572—95)	355
5.3 搅拌机传动装置系统组合、选用及技术要求 (HG 21563—95)	360
5.3.1 标准内容与适用范围	360
5.3.2 搅拌机传动装置标准零部件的系统组合	360
5.3.3 机架、安装底盖、凸缘法兰 (焊于搅拌容器上) 和传动轴的装配机架、	

安装底盖、凸缘法兰和传动轴的装配	363
5.3.4 机架、安装底盖和传动轴轴径的组合	364
5.3.5 机架与传动轴密封件的组配	365
5.3.6 机架的选用原则	365
5.3.7 搅拌机机架与减速机的连接	365
5.3.8 传动轴轴径与减速机输出轴轴径的组配	365
5.3.9 传动轴的结构和使用特点	365
5.3.10 搅拌机轴封的选用原则	366
5.3.11 搅拌机传动装置在不同温度下的最高工作压力	366
5.3.12 搅拌机传动装置的技术要求	366
5.3.13 搅拌机传动装置标准件订货条件表	368
5.4 搅拌轴底轴承和中间轴承	369
5.4.1 底轴承	369
5.4.2 中间轴承	370
计算例题	371
一、搅拌机综合计算例题	371
二、搅拌轴机械计算例题	376
第 6 章 搅拌容器的传热结构及强度计算	379
6.1 搅拌容器的传热夹套	379
6.1.1 符号命名	379
6.1.2 设计准则	381
6.1.3 整体夹套 (U 形和圆筒形) 容器	382
6.1.4 蜂窝夹套 (折边锥体式或短管支撑式) 容器	391
6.1.5 半圆 (弓形) 管夹套容器	394
6.1.6 型钢夹套容器	397
6.1.7 外盘管容器	399
6.1.8 内盘管搅拌容器	401
6.2 带夹套搅拌容器支座的设置原则	403
6.2.1 整体夹套 (U 形和圆筒形夹套) 容器	403
6.2.2 蜂窝夹套、半圆 (弓形) 管夹套、型钢夹套容器	403
6.2.3 夹套与支座在容器壳体上的焊接	403
6.3 搅拌机对搅拌容器附加载荷的强度、稳定计算	403
6.3.1 符号命名	403
6.3.2 搅拌容器筒体上的轴向压缩力 Q 及筒体的压缩稳定校核	404

第 4 篇 外购标准件

第 1 章 液面计	407
1.1 玻璃板液面计标准系列及技术要求 (HG 21588—95)	407
1.2 透光式玻璃板液面计 (PN2.5) (HG 21589.1—95)	411
1.3 透光式玻璃板液面计 (PN6.3) (HG 21589.2—95)	414

1.4	反射式玻璃板液面计 (PN4.0) (HG 21590—95)	417
1.5	视镜式玻璃板液面计 (常压) (HG 21591.1—95)	422
1.6	视镜式玻璃板液面计 (PN0.6) (HG 21591.2—95)	425
1.7	玻璃板液面计的玻璃板强度计算	427
1.8	玻璃管液面计 (PN1.6) (HG 21592—95)	427
1.9	钢与玻璃烧结液位计 (HG 21606—95)	431
1.10	防霜液面计 (HG/T 21550—93)	434
1.11	磁性液位计 (HG/T 21584—95)	439
1.12	碳钢玻璃浮子液面计 (ZBG 91002—86)	443
1.13	碳钢衬 F-46 玻璃浮子液面计 (ZBG 91003—86)	446
1.14	湖北楚冠实业股份有限公司液位计简介	447
第 2 章	视镜	452
2.1	钢与玻璃烧结视镜 (HG 21605—95)	452
第 3 章	放料阀	455
3.1	手动上展式铸铁放料阀 (HG 5-2—81)、手动上展式铸钢放料阀 (HG 5-6—81)、手动上展式铸不锈钢放料阀 (HG 5-10—81)	455
3.2	手动下展式铸铁放料阀 (HG 5-3—81)、手动下展式铸钢放料阀 (HG 5-7—81)、手动下展式铸不锈钢放料阀 (HG 5-11—81)	457
3.3	气动上展式铸铁放料阀 (HG 5-1423—81)、气动上展式铸钢放料阀 (HG 5-1424—81)、气动上展式铸不锈钢放料阀 (HG 5-1425—81)	458
3.4	手动柱塞式铸铁放料阀 (HG/T 21551.1—95)	460
3.5	手动柱塞式铸钢放料阀 (HG/T 21551.2—95)	462
3.6	手动柱塞式铸不锈钢放料阀 (HG/T 21551.3—95)	463
3.7	电动柱塞式铸钢放料阀 (HG/T 21551.4—95)	465
3.8	电动柱塞式铸不锈钢放料阀 (HG/T 21551.5—95)	468
第 4 章	丝网除沫器 (HG/T 21618—1998)	471
4.1	适用范围	471
4.2	结构	471
4.3	形式	471
4.4	结构尺寸、构件重量	472
4.5	技术要求	478
4.6	丝网除沫器的选用	479
4.7	标记和标记示例	479
4.8	包装、储存、维护	480
4.9	丝网除沫器的工艺计算	480

第2篇 塔 设 备

第1章 概 述

1.1 塔设备在化工生产中的作用

塔设备是化工及石油化工生产中最重要单元设备之一。化工生产过程概括地讲是由能量传递、质量传递、热量传递和反应等过程所组成的。塔设备则是通过其内部的结构使气(汽)液两相或液液之间充分接触,进行质量传递和热量传递。通过塔设备完成的单元操作有:精馏、吸收、解吸、萃取、洗涤、冷却及气体增湿等。

1.2 塔设备的分类及结构简介

塔设备可以从不同的角度进行分类,例如:可以按操作压力分类、单元操作分类,也可按其内件结构分成板式塔和填料塔等。本篇将按内件结构分别叙述板式塔和填料塔的设计。

板式塔中设有有一定数量的塔盘,气体从塔的下部进入塔体,液体从塔的顶部(上部)进入塔体;上升的气体与下降的液体在每层塔盘上进行传质。

常用的板式塔盘有:筛板塔盘,浮阀塔盘,泡罩塔盘。

填料塔内装有一定高度的填料层,如所需填料层高度较高时,可将填料层分为几段。液体沿填料表面呈膜状向下流动,气体自下而上穿过填料层与膜状液体接触,进行质量传递。

塔填料分为两类:散堆填料和规整填料。散堆填料的材质主要有金属、塑料和陶瓷;规整填料的材质主要为金属薄板或丝网,以及塑料丝网。

1.3 板式塔和填料塔的构成

板式塔由塔体和塔内件(塔盘等)构成,见图2-1-1。填料塔由塔体、填料层和液体分布装置等构成,见图2-1-2。

1.4 塔设备的机械设计

塔设备的设计包括塔的工艺设计和塔的机械设计两部分。塔的工艺设计一般由化工工艺工程师进行,塔的机械设计由设备工程师进行。设备工程师是在工艺工程师的工艺设计基础上进行塔的机械设计。

1.4.1 进行塔的机械设计所需的设计条件

1.4.1.1 塔体

- (1) 塔径和塔高;
- (2) 设计温度(或操作温度);
- (3) 设计压力(或操作压力);
- (4) 腐蚀裕度;