

化工设备设计手册

2

金属设备



上海人民出版社

化工设备设计手册

2

金属设备

《化工设备设计手册》编写组

上海人民出版社

内 容 提 要

本手册共分《材料与零部件》、《金属设备》、《非金属防腐蚀设备》、《高压设备》、《常用技术条件》五个分册。

本册着重介绍了钢制容器设计以及钢制设备中换热器和板式塔的选材、选型、结构设计、强度计算和有关规格系列。对于铝设备、铸铁设备、高硅铁设备的结构设计和强度计算,衬不锈钢设备、复合钢板设备、衬铅、搪铅设备、衬铝设备的结构设计和制造方法以及化工钢构架的设计也分篇或分章予以介绍。本书可供从事化工设备设计、制造、使用部门的工人、技术人员以及高等院校有关专业的师生参考。

化工设备设计手册

— 2 —

金属设备

《化工设备设计手册》编写组

上海人民出版社出版

(上海绍兴路5号)

新华书店上海发行所发行 安徽省合肥印刷厂印刷

开本 850×1168 1/32 印张 32.25 插页 4 字数 1,177,000

1975年3月第1版 1975年3月第1次印刷

印数 1—20,000

统一书号: 15171·125 定价: 3.85元

前 言

为了贯彻伟大领袖毛主席提出的“备战、备荒、为人民”的战略方针，迎接石油化工迅速发展的新形势，适应设计工作方面的需要，上海化学工业设计院在有关单位的支持下，组织全国几十个工厂、学校、设计和科研单位，共同编写了一套《化工设备设计手册》，供从事化工设备设计、制造、使用部门的工人和技术人员参考。

这套手册的编制，立足于国内，从化工设备设计工作的实际需要出发，按照简明、实用的原则，力求内容比较全面，以常用的技术内容为主，不常用的也推荐有代表性的内容。同时对技术革新的新产品、新设备、新结构、新材料等内容也适当予以介绍。

手册编写组由工人、领导干部和技术人员“三结合”形式组成。在编写过程中，曾到许多厂矿、设计、科研等单位进行调查研究，收集资料，听取意见，反复讨论，共同定稿。

这套手册共分五册：第一册为材料与零部件、第二册为金属设备、第三册为非金属防腐蚀设备、第四册为高压设备、第五册为常用技术条件。

本册系南京化工设计院、吉林化工机械厂、山西省化工设计院、上海化工设计院等单位组成的编写组根据原化工部化工设备设计专业中心站组织全国有关单位编写的“钢制容器设计规定”及“化工设备设计手册”金属设备部分补充修订编成的。

由于我们学习马克思主义、列宁主义、毛泽东思想不够，目前化工生产和化工技术发展很快，我们了解的情况又很有限，本手册的内容一定有很多不足之处，热忱希望广大读者提出宝贵意见，以便今后改正。

在本手册的编写过程中，得到了很多单位的指导和帮助。我们在此表示谢意。

《化工设备设计手册》编写组

1973年7月

毛主席语录

领导我们事业的核心力量是中国共产党。

指导我们思想的理论基础是马克思列宁主义。

《中华人民共和国第一届全国人民代表大会
第一次会议开幕词》

备战、备荒、为人民。

转摘自《中国共产党第八届中央委员会第十
一次全体会议公报》

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

转摘自《周恩来总理在第三届全国人民代表
大会第一次会议上的政府工作报告》

目 录

第一篇 钢制容器设计

第一章 总论	1
一、范围	1
二、载荷	1
三、设计压力	1
四、设计温度	2
五、壁厚附加量	3
六、容器的最小壁厚	3
七、许用应力	4
八、焊缝系数	5
九、开孔削弱系数	5
十、材料选择及技术要求	6
第二章 内压圆筒和球壳设计	32
第三章 外压圆筒和球壳设计	34
一、外压圆筒和球壳设计	34
二、加强圈设计	42
第四章 封头设计	44
一、平盖设计	44
二、凸形封头设计	46
三、锥形封头设计	50
第五章 拉撑结构设计	53
第六章 开孔加强设计	54
第七章 法兰设计	60
一、圆形法兰	60
二、非圆形法兰	79
第八章 卧式容器设计	82

第九章 低温容器设计	94
一、概述	94
二、材料	95
三、计算	97
四、结构	97
第十章 制造和检验	97
一、制造	97
二、检验	98
附录 球形容器参数	102

第二篇 换 热 器

第一章 概述	107
一、换热器的类型及其选择	107
二、发展趋势	112
第二章 固定式换热器的规格和系列	113
一、结构和型式	113
二、基本参数	117
三、安装尺寸	119
四、标准图号和设备型号	131
第三章 立式热虹吸式重沸器的规格和系列	154
一、结构	154
二、基本参数	155
三、安装尺寸	156
四、标准图号和设备型号	161
第四章 浮头式换热器的规格和系列	168
一、结构和型式	168
二、系列表	181
三、安装尺寸	184
四、标准图号	188
第五章 空气冷却器的规格和系列	200
一、结构和型式	200

二、规格和系列	201
三、订货须知	234
第六章 螺旋板换热器的规格和系列	235
一、结构	235
二、型式	237
三、规格和系列	239
第七章 伞板换热器的规格和系列	240
一、结构和型式	240
二、规格和系列	243
第八章 其他高效换热器的规格	258
一、板式换热器	258
二、板翅式换热器	261
三、板壳式换热器	263
第九章 列管式换热器的结构设计	265
一、概述	265
二、管板	266
三、折流板、支承板、拦液板及旁路挡板	289
四、管子与管板的连接	295
五、壳体与管板的连接	298
六、膨胀节	302
七、螺纹管	309
八、拉杆和定距管	309

第三篇 板式塔

第一章 概述	311
第二章 塔的强度和稳定计算	312
一、塔体和裙座的计算	312
二、塔壁厚度系列表	339
三、裙座结构型式及其系列表	464
第三章 塔盘设计要点	475
一、塔盘类型	475

二、塔盘间距	475
三、液流程数	476
四、降液管及溢流堰	477
五、受液盘及入口堰	485
六、塔盘机械设计的一般要求	485
七、浮阀及其排列	486
八、筛孔及其排列	489
第四章 整块式塔盘	490
一、塔盘结构型式	490
二、密封装置	494
三、降液管及溢流堰	496
四、定距管支承结构	498
五、重迭式支承结构	500
六、塔盘支座	503
七、塔盘吊耳	504
八、塔节长度	504
第五章 分块式塔盘	505
一、单流塔盘	505
二、双流塔盘	510
三、塔盘板的型式	517
四、塔盘紧固件	523
第六章 塔附件	531
一、接管	531
二、吊柱	535
三、保温圈	538
四、塔箍	539
第七章 丝网除沫器	545
一、概述	545
二、丝网规格	545
三、除沫器	545
附录一 浮阀塔盘标准系列 (JB × × × × - × ×)	549
一、标准系列选用表	549

二、整块式塔盘	564
三、单流分块式塔盘	571
四、双流分块式塔盘	594
附录二 F1 型浮阀型式、基本参数及尺寸 (JB1118-68)	633
附录三 圆形泡罩塔盘	636
一、化工设备专业标准圆形泡罩塔盘(草案)第三种类型	638
二、圆罩帽 (JB 1212-73)	670
附录四 填料塔结构设计	672
一、概述	672
二、喷淋装置	673
三、液体再分配装置	688
四、栅板	691
五、管口	699
附录五 塔设备的主要类型	700

第四篇 不锈钢衬里与不锈钢复合钢设备

第一章 不锈钢衬里设备	703
一、概述	703
二、衬里结构	704
三、衬里方法	707
第二章 不锈钢复合钢设备	714
一、概述	714
二、设计特点	715
三、焊接结构	715
第三章 设备制造	720
一、材料表面保护	720
二、材料检验	720
三、板材处理	721
四、成型	721
五、焊接	722
六、表面处理	725

七、检验	726
附录一 焊缝表面的着色探伤	727
附录二 钝化膜的检验	728

第五篇 铝 设 备

第一章 总论	729
一、概述	729
二、范围	730
三、载荷、设计压力和设计温度	730
四、容器的壁厚	730
五、许用应力	731
六、焊缝系数	733
七、开孔削弱系数	733
第二章 铝制容器的强度计算	733
一、内压圆筒、球壳和封头计算	733
二、外压圆筒、球壳、加强圈及封头的计算	733
三、开孔加强计算	741
四、法兰计算	742
五、常压容器壁厚的选择	744
第三章 结构	744
一、一般结构	745
二、容器	752
三、反应器	755
四、换热器	757
五、塔器	762
第四章 制造和检验	767
一、制造技术	767
二、铝的焊接	768
三、技术要求和检验	774
第五章 衬铝	777
一、衬铝层的固定	777
二、衬铝设备的检查	779

三、衬铅结构	779
附录一 铝及铝合金的腐蚀与防护	780
附录二 国内外铝及铝合金牌号对照表	783
附录三 铝制法兰及管件	784

第六篇 其他金属设备

第一章 铸铁设备	789
一、概述	789
二、铸铁的成分、性能及材料选用	789
三、强度计算	790
四、结构设计	790
五、技术要求	797
附录一 化工机械厂铸铁容器定型产品举例	797
附录二 铸件的非加工壁厚和筋厚偏差(JZ67-62)	801
附录三 化工设备铸铁容器类型及主要尺寸(国外标准)	802
第二章 高硅铁设备	817
一、概述	817
二、成分、性能及材料选用	817
三、结构特点	824
四、技术要求	834
附录 高硅铁管件标准	834
第三章 衬铅、搪铅设备	844
一、概述	844
二、焊接	845
三、衬铅	847
四、搪铅	851
五、铅管道	853
六、检验	855

第七篇 化工钢构架设计

第一章 概论	857
一、材料的基本应力	857

二、常用材料特性	860
三、载荷	884
第二章 梁的计算	888
一、常用结构静力计算	888
二、梁的承载能力计算	901
三、受冲击载荷的梁的计算	904
四、铺板计算	906
五、型钢及铺板的承载能力选用表	906
六、单轨吊车梁选用表	915
第三章 柱及桁架计算	917
一、柱的计算长度和细长比的规定	917
二、柱的计算	920
三、桁架的计算	929
四、受压构件的截面特性和选用表	931
第四章 柱脚板、壁架、耳架及联结计算	938
一、柱脚板计算	938
二、壁架计算	943
三、耳架及筒体局部应力加强板计算	944
四、联结计算	948
第五章 钢架联结构造	952
一、概述	952
二、梁与梁的联结构造	954
三、梁与柱的联结构造	957
四、柱脚的联接构造	959
第六章 操作平台和设备支架	962
一、操作平台	962
二、设备支架	968
第七章 塔架	980
一、塔体平台	980
二、梁式塔平台	988
三、架式塔架	989

第八章 钢栈桥和钢梯	993
一、钢栈桥	993
二、钢梯	996
附录一 钢架的防腐	1006
附录二 计算例题	1007

第一篇

钢制容器设计

第一章 总 论

一、范 围

本章内有关受压容器的强度计算适用于筒体或球壳壁厚小于或等于 $1/10$ 内径的受压容器,即适用于 $K \leq 1.2$ 的受压容器($K = \frac{D_w}{D_n}$, D_w —筒体或球壳外径; D_n —筒体或球壳内径)。

如果容器承受频繁的压力波动和温度波动,就需要考虑疲劳的影响。

二、载 荷

设计容器时必须考虑以下载荷:

1. 设计内压或设计外压;
2. 在正常操作条件下液体介质的最大静压力;
3. 容器及其中物料、内件、填料的重量,或容器及水压试验时水的重量;
4. 风载荷,与其他载荷的复合。

必要时也需考虑以下应力或载荷的影响:

1. 由于支座、耳架、支脚、内件或连接管道所引起的局部应力;
2. 冲击载荷,包括水锤、容器物料的冲击;
3. 由于操作压力不对称于容器的中性轴所引起的弯曲力矩;
4. 由于温差所引起的应力,包括材料膨胀系数不同的影响;
5. 在运输或吊装时产生的力;
6. 压力和温度的波动。

三、设计压力

最大工作压力系指容器在工艺操作过程中顶部可能达到的最大表压力。

设计压力系指容器设计时用以确定壳壁计算厚度及其零部件尺寸的压力。

若容器工作时液体物料的静压力不超过介质最大工作压力 5%，则在设计压力中不计入液体静压力；如超过 5% 时，则在设计压力中须附加液体静压力。

设计压力通常取略大于上述最大工作压力，以避免安全泄放装置不必要的泄放。

使用安全阀时，取最大工作压力的 1.05~1.10 倍作为设计压力。

当只使用爆破膜作为安全装置时，由于膜的工作应力很高，为了避免由于蠕变和疲劳而引起过早的破坏泄放，根据具体经验取最大工作压力的 1.15~1.30 倍作为设计压力。

当操作压力由于化学反应或聚合反应等原因突然上升时，按其升压速度的快慢，取最大工作压力的 1.15~1.30 倍作为设计压力（此时必须装有爆破膜，该安全泄放装置的附加量已一起包括在内）。

对于装液化气体用的容器，选取与最高工作温度相应的气体压力为最大工作压力。此种容器如无自动温度调节装置，则假定设置在地面上的容器的最高工作温度可达 40°C，设置在地下的容器的最高工作温度可达 30°C。并选用相应温度的气体压力为最大工作压力。

四、设计温度

设计温度系指容器在工艺操作过程中，在相应的设计压力下壳壁或零部件金属预计可能达到的最高温度或最低温度（指 0°C 以下）。

如无法预计壳壁温度时，分别情况按下述方法确定设计温度：

1. 对于不被加热或冷却的壳壁，在壳壁外敷设保温层或保冷层时，可取装入介质的最高温度或最低温度（指 0°C 以下）；

2. 对于用蒸汽、热水或其他液体介质加热或冷冻的壳壁，可取加热介质的最高温度或冷冻介质的最低温度（指 0°C 以下）；

3. 对于用燃料废气加热或电加热（包括电阻丝加热或利用壳壁的电阻直接加热）的壳壁，可取以下数值：

(1) 裸露在大气中的器壁：取容器内介质的最高温度再加 20°C，且不低于 250°C。

(2) 直接受影响的器壁：取容器内介质的最高温度再加 50°C，且不低于 250°C。

当载热体温度超过 600°C 时，取容器内介质的最高温度再加 100°C，且不低于 250°C。

五、壁厚附加量

1. 壁厚附加量应按下式确定:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 \quad (1-1-1)$$

式中: C ——壁厚附加量(毫米);

C_1 ——钢板负偏差附加量,在一般情况下均取0.5(毫米);

C_2 ——腐蚀裕度(毫米);

C_3 ——封头因冲压时拉伸的减薄量(毫米)。

在介质对容器材料的腐蚀速度大于0.05毫米/年时(包括大气腐蚀),腐蚀裕度 C_2 由设计者根据腐蚀速度与设计寿命决定。

在介质对容器材料的腐蚀速度 ≤ 0.05 毫米/年时(包括大气腐蚀),单面腐蚀(一侧有防腐涂层,另一侧无保护层)时 C_2 取1毫米,双面腐蚀(两侧均无防腐涂层,或两侧虽有防腐涂层但不能有效抵抗较严重的腐蚀性车间大气)时 C_2 取2毫米。

若介质对容器材料会产生应力腐蚀时,应在容器制造过程中或制成后进行热处理以消除残余应力。

若介质对容器材料会产生碱性脆化时,容器除须选择适宜的钢号和结构外,尚应适当增加壁厚以降低应力。

在一般情况下 C_3 取计算厚度的10%,并不大于4毫米。

对于须要热加工手工敲打的封头,设计人员还应当根据具体加工情况考虑增加由于氧化及拉伸所减薄的厚度,并在图上注明。

对于圆筒体等不经冲压的元件,取 $C_3=0$ 。

2. 对于内部衬砖板的容器,必须适当增加壁厚,以保证必要的刚度和补偿由于砖板砌体所附加的应力。

3. 若物料对容器壁产生磨损时,必须适当增加壁厚,以补偿在容器使用寿命内被物料磨损的厚度,或附加可更换的耐磨衬板。

六、容器的最小壁厚

1. 对于一般内压容器,材料为碳钢和低合金钢时,容器的壁厚不得小于3毫米;材料为不锈钢时,不得小于2毫米。

对于一般外压容器,材料为碳钢和低合金钢时,容器的壁厚不得小于4毫米;材料为不锈钢时,不得小于3毫米。

以上所取值已包括 C_1 和大气腐蚀在内。当腐蚀速度大于0.05毫米/年时,设计者应根据容器的设计寿命另加腐蚀裕度 C_2 。

2. 加筋容器的最小壁厚不受限制,由设计人员根据实际经验自行决定。