声　明

本电子书由中国轻工业出版社出版，相关权利归中国轻工业出版社所有。读者、著作权人和（或）依法可以行使著作权的权利人如有疑问，请与中国轻工业出版社联系：

地址：北京市东长安街 6 号

邮编：100740

电话：85119838

Email: xnxltm@yahoo.com.cn

中国轻工业出版社

需要全本请访问 www.ertongbook.com

高等学校轻工专业试用教材

轻化工与食品设备

徐尧润　王有伦　主编

中国轻工业出版社

内 容 提 要

本教材共六章，分别介绍换热设备、塔设备、干燥设备、反应设备的结构特点、工作原理、设计计算和选型原则以及轻化工与食品设备材料选择、腐蚀机理及防护技术等内容。

本书为高等轻工院校化工机械与设备专业和食品机械专业教材，亦可供有关专业工程技术人员参考。

尊敬的读者

欢迎您购买中国轻工业出版社出版的图书。希望此书能够对您的工作和生活有所帮助。恳切欢迎您阅读此书后，对该书做出评价，特别是就书中存在的问题（如选题、内容、编辑、校对、装帧设计、印刷装订、出版格式等）提出宝贵的意见。我们将非常感激。对提高质量有重要贡献者，本社将酌情奖励。

来信请寄　北京市东长安街6号（邮编　100740）

中国轻工业出版社出版部

前　言

为反映轻化工业和食品工业的特点，根据轻工业部（90）轻教司字第183号文件《全国高等院校轻工类专业“八五”教材选题、出版规划》和高等工业院校轻工类化工机械与设备（含食品机械）教材委员会1989年天津会议决定，编写了本书，供高等工业院校轻工类化工机械与设备专业和食品机械专业使用，亦可供兄弟院校有关专业参考。

食品工业，以及包括发酵工业、造纸工业、油脂化学工业、盐业化学工业和日用化学工业在内的轻化工业，有许多不同于一般化学工业的特点，如原料多为农副产品，加工时食品安全卫生等方面的特殊要求等，因而在本书内容处理上力图反映轻工业特点，如换热设备中加强了板式换热器，增添了杀菌设备；反应设备中加强了生化反应器；安排了干燥设备内容；设备的腐蚀与防护章加强了食品物料的一些要求等。

本书编写过程中，参考了天津、北京、齐齐哈尔三轻工业学院合编的《化工设备》教材（1988）、无锡轻工业学院的自编教材以及成都科技大学轻工学院、福州大学和四川轻化工学院的讲义。

本书由徐尧润主编、王有伦副主编，参加编写的人员有徐尧润（第一章、第三章和附录）、王有伦（第四章和第五章）、邓文仰（第六章）和刘振义（第二章），由轻工业部杭州轻工机械设计研究所陈杰主审。

由于编者水平有限，不周之处在所难免，请读者指正。

编　者

目　录

第一章　绪　论 …… 1
第一节　概述 …… 1
第二节　轻化工与食品设备的特点 …… 1
第三节　轻化工与食品设备的基本要求 …… 2
一、技术经济指标要求 …… 2
二、安全与可靠性等要求 …… 3
第四节　轻化工与食品设备常用材料 …… 4
一、对材料的一般要求 …… 4
二、轻化工与食品设备常用金属材料 …… 10
三、轻化工与食品设备常用非金属材料 …… 12
参考文献 …… 13
第二章　换热设备 …… 14
第一节　概述 …… 14
第二节　列管式换热器的结构设计 …… 15
一、列管式换热器的结构型式 …… 15
二、管子和管板 …… 19
三、管子在管板上的排列及其与管板的连接 …… 20
四、管束的分程与管箱 …… 26
五、管板与壳体、管箱的连接 …… 31
六、折流板、支持板、拦液板、纵向隔板及旁路挡板与假管 …… 33
七、膨胀节 …… 38
八、流体进出口装置及其他 …… 39
第三节　列管式换热器的强度计算 …… 42
一、管板的计算 …… 43
二、U 形膨胀节的计算 …… 60
第四节　螺旋板式换热器 …… 76
一、概述 …… 76
二、螺旋板式换热器的结构 …… 77
三、螺旋板式换热器的设计计算 …… 84
第五节　板式换热器 …… 93
一、概述 …… 93
二、板式换热器的结构 …… 94

需要全本请访问 www.ertongbook.com

三、板式换热器的流程组合及其计算 …… 103
四、板式换热器的设计计算 …… 106
第六节 其他形式换热器 …… 108
一、板翅式换热器 …… 108
二、板壳式换热器 …… 109
三、换热器技术进展 …… 110
第七节 蒸发器结构特点 …… 115
一、概述 …… 115
二、加热室 …… 117
三、蒸发室 …… 123
四、分离器 …… 125
第八节 杀菌设备 …… 127
一、概述 …… 127
二、间歇式杀菌设备 …… 127
三、连续式杀菌设备 …… 136
四、软罐头连续杀菌设备 …… 148
五、液体食品的超高温灭菌设备 …… 151
六、其他杀菌设备 …… 154
参考文献 …… 156
第三章 塔设备 …… 157
第一节 概述 …… 157
第二节 板式塔结构设计 …… 158
一、总体结构 …… 158
二、整块式塔板结构 …… 158
三、分块式塔板结构 …… 164
四、裙座、接管、除沫器及其他 …… 170
五、塔设备主要技术条件 …… 177
第三节 填料塔结构 …… 178
一、总体结构 …… 178
二、液体喷淋装置 …… 179
三、液体再分配装置 …… 182
四、支承装置 …… 183
五、接管 …… 185
第四节 塔设备强度计算 …… 186
一、塔设备受载分析 …… 186
二、塔设备的载荷计算 …… 187
三、塔体强度计算 …… 198
四、裙座强度计算 …… 201
参考文献 …… 215
第四章 干燥设备 …… 216
第一节 概述 …… 216

一、干燥操作的概况 …… 216
二、干燥装置的特性 …… 216
三、干燥器的分类及选型 …… 217
四、轻化工与食品工业常用的干燥器及应用 …… 218
第二节 喷雾干燥设备 …… 218
一、喷雾干燥的原理与特点 …… 218
二、喷雾干燥器的形式 …… 219
三、雾化器 …… 224
四、喷雾干燥器的组成及其设计 …… 246
第三节 其他干燥设备 …… 258
一、厢式和带式干燥器 …… 258
二、流化床干燥器 …… 261
三、微波干燥器 …… 267
四、红外线干燥器 …… 274
五、升华干燥器 …… 278
六、滚筒干燥器 …… 280
参考文献 …… 307
第五章 反应设备 …… 308
第一节 概述 …… 308
一、反应设备的应用及其特性 …… 308
二、有关化学反应的基本概念 …… 308
三、反应设备设计的几个问题 …… 309
四、反应设备的类型 …… 310
第二节 搅拌反应设备 …… 311
一、概述 …… 311
二、搅拌反应设备罐体设计 …… 313
三、搅拌装置 …… 325
四、搅拌轴及传动装置 …… 348
五、搅拌轴的密封装置 …… 360
第三节 其他反应设备 …… 374
一、管式反应设备 …… 374
二、塔式反应设备 …… 378
三、膜式反应设备 …… 380
参考文献 …… 388
第六章 轻化工与食品设备的腐蚀和防护 …… 389
第一节 概述 …… 389
一、腐蚀的分类 …… 389
二、评定金属腐蚀的方法 …… 390
三、金属材料的耐腐蚀性能等级 …… 391
第二节 腐蚀的基本理论 …… 392
一、化学腐蚀 …… 392

二、电化学腐蚀 …… 394
三、金属的钝化 …… 404
第三节 常用金属与合金的耐腐蚀性能及其影响因素 …… 405
一、铁碳合金 …… 405
二、不锈钢 …… 408
三、有色金属及其合金 …… 413
第四节 常用非金属材料的特点与耐腐蚀性能 …… 416
一、非金属材料的特性 …… 416
二、无机非金属材料 …… 417
三、有机非金属材料 …… 418
第五节 轻化工与食品设备的防护 …… 420
一、选用耐腐蚀材料 …… 420
二、合理设计设备结构 …… 426
三、处理介质保护法 …… 428
四、保护层保护法 …… 428
五、电化学保护法 …… 429
参考文献 …… 430
附录 …… 432
一、国家法定计量单位 …… 432
二、常用计量单位及其换算 …… 433
三、钢材许用应力 …… 438

第一章 绪 论

第一节 概 述

轻化工业与食品工业是以农副产品为主的自然产物为原料，经过化学处理和物理处理，生产成以生活资料为主的产品的工业，如造纸工业、食品工业、发酵工业、油化工业、制糖工业和盐业化学工业等。它与农业、化学工业、机械电子工业、能源工业、交通运输及国防工业有着密切的关系，在国民经济中占有相当重要的地位。

轻化工业与食品工业的发展，除与原材料开拓、加工工艺开发相关外，生产技术装备的研究与开发是一个很关键的因素。它是实现轻化工工艺与食品工艺的手段与保证。轻化工与食品生产技术装备包括各种容器、轻化工机器、食品机械和轻化工与食品设备等部分，它们之间相互联系又相对独立。轻化工与食品设备课程内容包括轻化工业与食品工业中常见的主要设备，如换热设备、塔设备、干燥设备、反应设备以及轻化工与食品设备的腐蚀与防护。

本课程是高等院校轻工类化工机械专业与食品机械专业的主干课之一，它要求学生运用基础课、技术基础课的基本理论，进行设备工艺计算、结构设计、强度计算及校核，最终设计并绘出设备施工图纸。

本课程与多门基础课、技术基础课有关。轻化工与食品设备的工艺计算都是建立在化工原理与食品工程原理的基础上，而轻化工与食品设备在结构上都可分解为筒体、端盖、法兰、开孔、接管、支座等元件，而这些内容在容器设计中都进行了讨论，所以本课程与化工原理及食品工程原理、容器设计有密切的关系。此外，还与机械制图、金属材料与工艺学、材料力学、机械零件、机械制造工艺学等课程也有密切关系。在教学环节上，除课堂教学为主外，还要配合实验、设计、参观以及工厂实习，尤其是工厂实习很重要，这可充实工程实际知识。

第二节 轻化工与食品设备的特点

轻化工与食品设备，与其他机械设备相比，有许多特点，归纳起来，大致有以下几点：

(1) 由于轻化工业与食品工业的原料，除农产品外，还有畜产品、水产品、矿产品及其他土特产品，加工对象种类繁多，性质复杂，因而设备结构型式多样，类别繁杂，甚

至还带有各行业特色。

（2）轻化工与食品设备结构型式多样，因而定型设备少，非定型设备多，随之，设备生产类型多种多样，在我国目前的生产量和水平较低的情况下，大部分生产工厂的技术装备还是以小批量生产为主，少数大中型企业已引进和开发较先进的技术装备，实现了生产的连续化和自动化。

（3）由于轻化工业，尤其是食品工业的原料多为农副产品，作为生活资料的产品往往与收获季节有关，因而设备的使用带有季节性，例如，番茄酱生产设备每年使用期大约一个月左右，这就希望设备能尽量一机多用，具有一定的灵活性，且便于搬移等。

（4）食品设备加工处理的物料为食品，对卫生要求十分重要，与食品接触的零部件选用的材料应无毒、无臭（异味），与被处理物料接触无化学反应，耐腐蚀，表面粗糙度要有一定的要求。在食品设备结构上，传动部分最好与工作部分分开；密封要可靠，润滑油不得污染食品；要使之易于清洗、装拆、检查和维修。此外，污水、废气的排放指标应符合国家劳保与环保部门的有关规定；设备噪声不得超过允许值等。

（5）由于轻化工与食品设备接触水较多，除选用材料能防腐蚀外，电机、自控等电器设备要根据使用环境和条件，选用适宜型式，以保证设备工作安全可靠。

第三节　轻化工与食品设备的基本要求

轻化工与食品设备首先应满足生产工艺的要求，具有一定的型式和构造，以在指定生产条件下最终生产出合乎要求的产品。在满足生产工艺的前提下，轻化工与食品设备需满足一定的技术经济指标以及安全与可靠性等要求。

一、技术经济指标要求

通常，技术经济指标有五项：单位生产能力、消耗系数、设备价格、管理费用和产品总成本。

1. 单位生产能力

单位生产能力，是指设备在单位时间内，其单位容积（或单位面积、单位质量）所能完成的生产任务。例如乳液蒸发器的单位生产能力是指每小时每平方米蒸发面积（加热面积）所能蒸发的水分［$kg/(m^2 \cdot h)$］。它反映了设备的效率，是一个强度因素，一般希望设备的单位生产能力高，同时也希望设备的单位生产能力能在一定范围内调节，以适应轻化工与食品生产线的不同需要。

2. 消耗系数

消耗系数，是指设备生产单位产品所消耗的原材料与能源，包括原料、燃料、蒸汽、水及电能等。消耗系数不仅与所采用的工艺路线有关，而且与设备的结构设计性能有关。另外，有时某一项消耗系数会影响另一项消耗系数，这时得综合权衡，以求得在最佳工况条件下的消耗系数。

3. 设备价格

设备价格，一般情况下，结构简单、生产过程靠人工调节控制、单位生产能力低、间

歇批量生产方式的设备价格较低；相反，结构复杂、单位生产能力高、生产连续化自动化程度高、设备运行的工况条件要求高（如高温高压、工作介质腐蚀性强）、需采用特殊结构和材质的设备价格较高。所以，设备价格取决于生产工艺要求和对生产过程的自动化要求，以及工厂的投资额等因素。

设备价格还与消耗系数有关，例如同样蒸发量下，多效蒸发器的价格高于单效蒸发器，但多效蒸发器的能量消耗系数低于单效蒸发器，所以设备投资与操作费用需作权衡。

设备价格还需与设备使用寿命联系起来考虑，因为与使用寿命有关的设备折旧费计入产品成本，所以一般情况下希望使用寿命长些，但也应考虑设备的技术更新年限。有时老设备使用寿命未到，也要加以更新，这样在技术经济上更加合理。

4.管理费用

管理费用，包括劳动工资、维护和检修费用等，在产品成本中占相当比例。管理费用与设备型式、自动化程度等因素有关，而自动化程度不仅涉及自控装置的投资及使用维护保养，而且还涉及操作人员的素质，所以需要全面考虑。

5.产品成本

产品总成本是生产中一切经济效果的综合反映，是各生产工序成本总和。一般来说，在保证产品质量及各有关技术性能指标下，力求产品总成本最低。

二、安全与可靠性等要求

1.安全性

安全性，即要求轻化工与食品设备的各零部件具有足够的强度、刚度、耐久性与密封性。强度不够，就不能保证生产的安全。刚度不够，就不能保证设备的稳定性，这对于经常在真空下操作的设备尤为重要。耐久性是根据设备使用寿命来定的，通常轻化工与食品设备的使用寿命为10～15年，由此来确定腐蚀裕度，但有时还得考虑设备的疲劳、蠕变及断裂。密封性保证正压设备维持所需的工作压力，不致外漏易燃、易爆及有毒介质；保证真空设备能维持正常操作的真空度要求。

2.卫生要求

食品设备的卫生要求，主要有以下几方面：

（1）与食品物料接触的设备结构，没有滞留液体的凹陷与死角，能与外界隔绝，以防止杂质混入。润滑油与磨屑不致污染食品，能实现安全卫生操作。

（2）易于清洗，这包括设备材料不易粘附食品且耐腐蚀，表面平整光滑，采用易于流干的斜底，根据需要与可能，采用就地清洗装置（CIP）等。

（3）易于装拆，对于需要经常拆卸的部分，要求不用特殊工具即能方便、迅速地拆卸，尽可能采用易拆结构。

（4）易于检查，这包括检查设备的安装情况与设备正常操作时的情况。

3.工艺性与标准化

加工制造容易，即应具有良好的加工制造工艺性，应尽量采用系列尺寸，尽量采用标准设计和标准零部件，以缩短加工周期，降低设备成本，易损件具有通用性。

4.便于安装

需要全本请访问 www.ertongbook.com

轻化工与食品设备大多属于轻型设备，而食品厂由于原料的季节性及食品市场的多变，对设备往往要求具有多种功能的适应性能，因而要求安装灵活机动。现在不少设备不用地脚螺栓，直接安置于车间地面，如巴氏杀菌器（板式换热器）即直接放置于地面。也有的设备，采用现场安装，安装与土建工作交叉进行，喷雾干燥塔的塔身安装常是如此。

5.操作、维修与运输方便

设备设计应考虑操作与维修方便，设备的操作台布置、人孔大小、视孔与灯孔的处理等都应考虑操作与维修方便。此外应考虑运输方便，不少设备的外形尺寸较大，就应考虑交通工具的尺寸及铁路、公路的有关规定。

第四节　轻化工与食品设备常用材料

轻化工与食品设备广泛使用着各种金属材料与非金属材料，由于生产工艺条件的复杂性，不同情况下对材料的要求是不同的。因而必须了解和掌握材料的各种基本性能，以便从使用、加工、经济等各方面作全面考虑和合理选择。

一、对材料的一般要求

1.机械性能

（1）机械强度　这是材料抵抗外力作用，避免引起破坏的能力，是设计中决定许用应力数值的依据，常用的有强度极限 σ_b 与屈服极限 σ_s，高温时还应考虑蠕变极限 σ_n 与持久极限 σ_D。屈服极限与强度极限之比即屈强比反映了材料承受外载能力的裕度，不同材料具有不同的屈强比，即使同一材料，其屈强比也随材料热处理情况及工作温度不同而各不相同。

（2）塑性　指材料破坏前塑性变形的能力，反映材料塑性的指标有延伸率 δ 和断面收缩率 Ψ。承受冲击载荷或冷加工成型的材料应有较好的塑性，不然冲击部位或变形部位会断裂或开裂。承压设备应选用塑性较好的材料制造，以便于加工，并使工作安全。

（3）硬度　它是反映弹性、强度与塑性的综合性能指标。一般说，硬度较高的材料，其耐磨性亦较好，强度亦较高，而塑性与切削性能较差。

（4）冲击韧性　它是材料抵抗冲击载荷而不致破坏的能力，用 α_k 表示。α_k 低的材料称脆性材料，破坏时无明显变形，而 α_k 高的韧性材料破坏前有明显的变形。制造轻化工与食品设备的材料，需要有一定的冲击韧性。

（5）断裂韧性　这是材料对裂纹扩展的抵抗能力，对于中低强度的压力设备用钢和低温用钢，目前较普遍采用临界裂纹张开位移（COD）值 δ_c 来评定。构件的 δ 值超过 δ_c，则认为裂纹将会扩展。

必须指出，以上的机械性能是相互联系的，选材时应综合考虑。常用钢材的机械性能见表1-1、表1-2和表1-3。

表 1-1　　钢板机械性能值表

钢号	板厚 (mm)	在下列温度[℃]下的 $\sigma^t_{0.2}$(σ^t_s)(×10MPa)									在下列温度[℃]下的 σ^t_b(×10MPa)									在下列温度[℃]的 σ^t_D (×10MPa)						δ_5 (%)	α_k 9.8J/cm³	δ_c (mm)
		20	100	150	200	250	300	350	400	450	20	100	150	200	250	300	350	400	450	400	425	450	475	500	520			
碳素钢钢板																												
20g	6～16	25	23	22	21	19.5	18	16.5	15.5	14.5	41	38	38	38	38	38	38	35	28	17.3	13	9.3	6.2			25		0.114～
	17～25	24	22	21	20	19	17.5	16	15	14	41	38	38	38	38	38	38	35	28	17.3	13	9.3	6.2					0.147
	26～60	23	21	20	19	18	17	15.5	14.5	13.5	41	38	38	38	38	38	38	35	28	17.3	13	9.3	6.2					
19gc	6	25	23	22	21	19.5	18	16.5	15.5	14.5	44	44	41	41	41	41	41	38	31	17.3	13	9.3	6.2			26	6.0	
低合金钢钢板																												
16Mn	≤16	35	32	30.5	28.5	26.5	24.5	23	21.5	20.5	52	48	48	48	48	48	48	48	42	19.1	14.3	10.1	6.5			21		
	17～25	33	30	28.5	27	25	23	21.5	20.5	19.5	50	46.5	46.5	46.5	46.5	46.5	46.5	46.5	41	19.1	14.3	10.1	6.5			19		
	26～36	31	28.5	27	25.5	24	22	20.5	19.5	13.5	48	45	45	45	45	45	45	45	40	19.1	14.3	10.1	6.5			19		
	38～50	29	27	25.5	24	22.5	21	19.5	18.5	17.5	48	45	45	45	45	45	45	45	40	19.1	14.3	10.1	6.5			19		
16MnR	6～16	35	32	30.5	28.5	26.5	24.5	23	21.5	20.5	52	48	48	48	48	48	48	48	42	19.1	14.3	10.1	6.5			21	7	0.170～
	17～26	33	30	28.5	27	25	23	21.5	20.5	19.5	50	46.5	46.5	46.5	46.5	46.5	46.5	46.5	41	19.1	14.3	10.1	6.5			21	6.5	0.187
	27～36	31	28.5	27	25.5	24	22	20.5	19.5	18.5	50	46.5	46.5	46.5	46.5	46.5	46.5	46.5	41	19.1	14.3	10.1	6.5			21	6.0	
	38～60	29	27	25.5	24	22.5	21	19.5	18.5	17.5	48	45	45	45	45	45	45	45	40	19.1	14.3	10.1	6.5			21	6.0	
16Mngc	6	36	33	31.5	29.5	27.5	25.5	24	22.5	21.5	52	48	48	48	48	48	48	48	42	19.1	14.3	10.1	6.5			21	7	
15MnVR	6～16	40	36.5	34.5	32.5	30.5	28.5	26.5	24.5	23	54	49	49	49	49	49	49	48	42		21.3	15	9.8	5.7				0.076～
	17～26	38	35	33	31	29	27	25	23.5	22.5	52	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5	46.5	41		21.3	15	9.8	5.7				0.09
	27～36	36	33.5	31.5	29.5	28	26	24	22.5	21.5	52	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5	46.5	41		21.3	15	9.8	5.7				
	38～60	34	32	30	28	26.5	24.5	23	21.5	20.5	50	46	46	46	46	46	46	45	40		21.3	15	9.8	5.7				
15MnVgc	6	42	38	36	34	32	30	28	26	24.5	56	51	51	51	51	51	51	50	44		21.3	15	9.8	5.7				

续表

钢号	板厚 (mm)	在下列温度[℃]下的 $\sigma^t_{0.2}(\sigma^t_s)$(×10MPa)											在下列温度[℃]下的 σ^t_b(×10MPa)										在下列温度[℃]下的 σ^t_D(×10MPa)					δ_5 (%)	α_k $\frac{9.8J}{cm^2}$	δ_c (mm)
		20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	450	470	500	520	540			
18MnMoNbR	16～38	52	48.5	47	45.5	44.5	43.5	42	40	38	35	—	65	60	59	58	58	58	58	56	52	47								
	40～95	50	46.5	45	43.5	42.5	41.5	40	38	36	33	—	65	60	59	58	58	58	58	56	52	47								
	100～115	45	41.5	40	38.5	37.5	36.5	35	33.5	32	30	—	60	56	55	54	54	54	54	52	48	44								0.101～
14MnMoVg	30～60	50	46.5	45	43.5	42.5	41.5	40	38	36	33	—	65	60	59	58	58	58	58	56	52	47	27	18	12	8		16	7	0.130
	65～115	45	41.5	40	38.5	37.5	36.5	35	33.5	32	30	—	60	56	55	54	54	54	54	52	48	44	27	18	12	8				
12CrMo	≤60	26	23.5	22	21	20	19	18	17	16	14	—	42	39	39	39	39	39	39	38	36	32			13.5	9.2	6.0			
15CrMo	≤60	28	25.5	24	23	22	21	20	19	18	16	—	45	42	42	42	42	42	42	41	39	35			14	10.2	7.6			
12Cr2MoAl	≥60	30	27	25.5	24.5	24	23.5	23	22	21	19.5	—	48	44	44	44	44	44	44	43	41	38			14.5	11.2	8.6			
	65～100	28	25.5	24	23	22.5	22	21.5	20.5	19.5	18	—	48	44	44	44	44	44	44	43	41	38			14.5	11.2	8.6			

钢号	板厚 (mm)	在下列温度[℃]下的 $\sigma^t_{0.2}(\sigma^t_s)$ (×10MPa)										
		20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550
高合金钢钢板												
0Cr13	≤25	21	19.2	18.6	18.3	18.1	17.8	17.3	16.5	15.2	13.6	11.4
0Cr18Ni9	≤25	20	16.5	15	14	13	12	11.5	11	10.5	10	9.5
0Cr18Ni9Ti	≤25	21	17.3	15.8	14.5	13.6	12.9	12.4	12.1	11.9	11.7	11.5
0Cr17Ni13Mo2Ti	≤25	21	17.8	16.3	15	14.1	13.4	12.9	12.5	12 2	12	11.8
0Cr17Ni13Mo3Ti	≤29	21	17.8	16.3	15	14.1	13.4	12.9	12.5	12.2	12	11.8
00Cr19Ni10	≤55	18	14.5	13.3	12.3	11.5	10.9	10.6	10.3	10		
00Cr17Ni14Mo2	≤25	20	17	15.6	14.5	13.6	12.9	12.4	12	11.6		
00Cr17Ni14Mo3	≤25	20	17	15.6	14.5	13.6	12.9	12.4	12	11.6		
Cr23Ni18	≤25	21	18.7	17.7	16.7	15.9	15.1	14.4	13.8	13.3	12.8	12.4

注：δ_c 值主要取自机械部通用机械研究所、上海材料所及浙江大学化机教研组近年来测试的数据，由三点弯曲试件标准试样测得。

表1-2　　普通碳素结构钢机械性能

牌号	等级	拉伸试验													冲击试验	
		屈服点 σ_s (MPa) 钢材厚度(直径) (mm)						抗拉强度 σ_b (MPa)	伸长率 δ_5 (%) 钢材厚度(直径) (mm)						温度 (℃)	V型(纵向冲击功) (J)
		≤16	>16～40	>40～60	>60～100	>100～150	>150		≤16	>16～40	>40～60	>60～100	>100～150	>150		
		不小于							不小于							不小于
Q195	—	(195)	(185)	—	—	—	—	315～390	33	32	—	—	—	—	—	—
Q215	A	215	205	195	185	175	165	335～410	31	30	29	28	27	26	—	—
	B														20	27
Q235	A	235	225	215	205	195	185	375～460	26	25	24	23	22	21	—	—
	B														20	27
	C														0	
	D														−20	
Q255	A	255	245	235	225	215	205	410～510	24	23	22	21	20	19	—	—
	B														20	27
Q275	—	275	265	255	245	235	225	490～610	20	19	18	17	16	15	—	—

表1-3　　压力容器用碳素钢机械性能

牌号	交货状态	钢板厚度 (mm)	抗拉强度 σ_b (MPa)	屈服点 σ_s (MPa)	伸长率 δ_5 (%)	V型常温冲击功 A_{kV} (J) 横向试样	冷弯试验 $b=2a$ 180°
				不小于			
20R	热轧或正火	6～16	400～530	245	26	27	$d=2a$
		17～25		235	25		
		26～36		225	24		
		38～60		215	23		
		>60～100	390～520	195	22		$d=2.5a$

2. 耐腐蚀性能

轻化工与食品生产中所处理的物料常常对结构材料具有腐蚀性，有时甚至物料本身就是酸碱，如洗涤剂生产中就是这样。另外，有些物料本身不具腐蚀性，但在微生物生长繁殖时会产生带腐蚀性的代谢物。在设计设备时，材料的耐腐蚀性对选择结构材料常起决定性作用。一般说，材料的腐蚀速度在1.0 mm/a 以下时，认为可用于轻化工与食品设备，当从手册中查得金属材料在某种介质和一定操作条件下的腐蚀速度后，即可按设备设计的使用年限计算出其腐蚀余量。

3. 物理性能

根据不同的使用要求，设备设计时对材料要求不同的物理性能，如换热设备的传热面材料要求有较高的导热系数。材料的主要物理性能指标为：密度 ρ (kg/m^3)、导热系数 λ [W/ (m·K)]、比热容 C [kJ/ (kg·K)]、熔点 t_m (K)，线膨胀系数 α (1/K) 等。

几种常用金属材料的物理性能见表1-4，几种钢材的弹性模量值与平均线膨胀系数值分别列于表1-5，表1-6。

表 1-4　　几种常用金属材料的物理性能

金属材料	密度 ρ (kg/m^3)	熔点 t_m (℃)	比热 C [kJ/(kg·K)]	导热系数 λ [W/(m·K)]	线膨胀系数 α (1/K)	电阻率 ρ ($\Omega \cdot mm^2/m$)	弹性模量 E (MPa)	泊桑比 μ
灰铸铁	7000～7400	1250～1280	0.544	25.6～26.8	11.0×10^{-6}	0.6	$(1.13\sim1.57)\times10^5$	0.23～0.27
碳钢	7850	1400～1500	0.461	46.5～58.2	11.2×10^{-6}	0.11～0.13	2.1×10^5	0.24～0.28
低合金钢	7850	1400～1500	0.461	46.5～58.2	11.2×10^{-6}	0.11～0.13	2.1×10^5	0.24～0.28
奥氏体不锈钢	7900	1400	0.502	13.0～18.6	17.3×10^{-6}	0.73	2.06×10^5	0.25～0.3
铜	8900	1083	0.389	388.4	16.5×10^{-6}	0.017	1.08×10^5	0.31～0.34
铝	2700	657	0.913	218.6	24×10^{-6}	0.026	0.59×10^5	0.32～0.36
钛	4500	1680	0.528	16.3	8.3×10^{-6}	0.42	1.08×10^5	0.38
铅	11350	327	0.13	34.9	29.2×10^{-6}	0.22	0.157×10^5	0.42
镍	8800	1458	0.461	58.15	13.7×10^{-6}	0.092	1.67×10^5	0.33
黄铜	8400～8700	885～1015	—	83.7～126	$17\sim21\times10^{-6}$	0.054～0.14	$(0.88\sim0.98)\times10^5$	0.32～0.42
青铜	8650～9000	970～1022	—	50.2～93.8	$17.1\sim19.1\times10^{-6}$	0.087～0.09	$(1.03\sim1.13)\times10^5$	0.32～0.35

表 1-5　　钢材弹性模量

材料	在下列温度（℃）下的弹性模量　($\times 10^3$MPa)																		
	−196	−150	−100	−20	20	100	150	200	250	300	350	400	450	475	500	550	600	650	700
碳素钢(C≤0.30%)	—	—	—	194	192	191	189	186	183	179	173	165	150	133	—	—	—	—	—
碳素钢(C>0.30%)、碳锰钢	—	—	—	208	206	203	200	196	190	186	179	170	158	151	—	—	—	—	—
碳钼钢、低铬钼钢(至 Cr3Mo)	—	—	—	208	206	203	200	198	194	190	186	180	174	170	165	153	138	—	—
中铬钼钢(Cr5Mo～Cr9Mo)	—	—	—	191	189	187	185	182	180	176	173	169	165	163	161	156	150	—	—
奥氏体钢(至 Cr25Ni20)	210	207	205	199	195	191	187	184	181	177	173	169	164	162	160	155	151	147	143
高铬钢(Cr13～Cr17)	—	—	—	203	201	198	195	191	187	181	175	165	156	153	—	—	—	—	—

表 1-6　　钢材平均线膨胀系数

材料	在下列温度(℃)与20℃之间的平均线膨胀系数 α,10^{-6}mm/(mm·℃)																		
	−196	−150	−100	−50	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700
碳素钢、碳锰钢、碳钼钢、低铬钼钢	—	—	9.89	10.39	10.76	11.12	11.53	11.88	12.25	12.56	12.90	13.24	13.58	13.93	14.22	14.42	14.62	—	—
中铬钼钢(Cr5Mo～Cr9Mo)	—	—	—	9.77	10.16	10.52	10.91	11.15	11.39	11.66	11.90	12.15	12.38	12.63	12.86	13.05	13.18	—	—
奥氏体钢(至 Cr19Ni14)	14.67	15.08	15.45	15.97	16.28	16.54	16.84	17.06	17.25	17.42	17.61	17.79	17.99	18.19	18.34	18.58	18.71	18.87	18.97
高铬钢(Cr13～Cr17)	—	—	—	8.95	9.29	9.59	9.94	10.20	10.45	10.67	10.96	11.19	11.41	11.61	11.81	11.97	12.11	—	—
Cr25Ni20	—	—	—	—	—	—	15.84	15.98	16.05	16.06	16.07	16.11	16.13	16.17	16.33	16.56	16.66	16.91	17.14

需要全本请访问 www.ertongbook.com