

中等专业学校教学用书

化 工 机 械

烏 溪 江 化 工 学 院
吉 林 化 工 专 科 学 校
湖 北 化 工 专 科 学 校
大 連 工 业 专 科 学 校

合 編



中国工业出版社

中等专业学校試用教科書



化 工 机 械

烏溪江化工学院

吉林化工专科学校

湖北化工专科学校

大連工业专科学校

合編

中國工业出版社

本書闡述化学工业中一些典型机器及设备的类型、结构、材料和运转、安装中的注意事项。对某些化工机械的主要部件的强度校驗方法也作了介紹。此外，还介紹了某些国产化工机械的规格和标准。

本書共分十章，其主要内容包括：容器、反应釜、換热及蒸发设备、塔设备、迴轉圓筒设备、过滤机械、离心机械、破碎及筛分机械以及运输和加料机械等。

本書可作为中等专业学校化工机械专业的教科書或教学参考書，亦可供有关工程技术人员参考。

化 工 机 械

烏溪江化工学院
吉林化工专科学校
湖北化工专科学校
大連工业专科学校

合 編

*

中国工业出版社出版（北京佟麟閣路丙10号）

（北京市書刊出版事业許可証出字第110号）

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华書店經售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ · 印张 $29 \frac{1}{2}$ · 字数 397,000

1961年7月北京第一版·1961年7月北京第一次印刷

印数 0,001—4,033 · 定价 (9—4) 1.90 元

統一書号: 15165 · 220 (化工-13)

目 录

序 言	7
第一章 緒論	9
第一节 本課程的任务及內容	9
第二节 对化工机械的基本要求	10
第三节 化工机械的主要結構材料	11
第二章 容 器	19
第一节 概述	19
第二节 受內压的薄壁容器	20
一、壳体的受力分析	20
二、基本計算方程式	21
三、圓柱形壳体的計算	23
四、容器的頂底盖	29
第三节 受外压的薄壁容器	38
一、基本概念	38
二、受外压圓柱形壳体的計算	39
三、加强圈	43
四、受外压的頂盖	46
第四节 容器、设备的附件及器壁开孔的补强	47
一、设备上联接管子用的部件	47
二、手孔、人孔与視孔	48
三、器壁开孔的补强	52
第五节 化工设备的法兰联接	56
一、法兰的結構类型与应用場合	57
二、法兰联接的紧密性	59
三、法兰的联接螺栓	66
四、法兰联接的标准与选择	67
第六节 容器及设备的支架	63
一、臥式设备支架	68
二、直立设备的支架	69
三、风载荷的計算	72
第七节 厚壁容器	76
一、高压容器的結構与制造	76
二、厚壁容器的理論与計算	81
三、高压容器的密封	83
四、高压容器的安全操作	93
第三章 反应釜	94
第一节 反应釜的釜体	95
第二节 传热面	99
第三节 搅拌装置	101
第四节 搅拌器的传动装置	109
第五节 轉軸的密封結構——填料函	113

第四章 换热及蒸发设备	117
第一节 换热与蒸发设备的分类	117
第二节 决定换热器尺寸及结构的基本原则	118
一、尺寸的决定原则	118
二、结构决定的原则	120
第三节 列管式换热器	121
一、管子与管板	121
二、挡板与隔板结构	128
三、温度应力及其补偿结构	132
四、列管式换热器结构的标准化	137
第四节 其他类型的换热器	138
一、喷淋式换热器	138
二、沉浸式换热器	139
三、螺旋式换热器	140
第五节 换热器最适宜工作条件与结构类型的选择	142
第六节 蒸发设备	143
一、决定蒸发器各部分结构的基本原则	144
二、各种类型蒸发器的结构	148
第五章 塔设备	153
第一节 填料塔	153
一、最适宜工作条件的选择	153
二、填料	155
三、液体再分布装置	157
四、填料的捆捆结构	158
五、喷淋装置	159
第二节 鼓泡型塔设备	162
一、塔板布置与最适宜鼓泡条件的选择	162
二、塔板结构	164
第三节 泡沫塔	168
一、泡沫塔强化的机理	168
二、泡沫塔的结构	170
第四节 各类塔的应用条件与比较	171
第六章 过滤机械	173
第一节 概述	173
第二节 间歇作用过滤机	174
一、板框压滤机	174
二、叶滤机	181
第三节 连续作用过滤机	185
一、真空迴轉过滤机	185
二、内滤面真空迴轉过滤机	196
第七章 离心机	201
第一节 概述	201

第二节 离心机生产能力的估算	202
一、离心过滤	202
二、离心沉降	203
第三节 迴轉軸的共振与临界轉速	204
第四节 人工操作离心机	207
一、立式离心机	207
二、三足式离心机	207
三、上悬式离心机	208
第五节 自动离心机	212
一、刮刀卸料离心机	212
二、脉动卸料式离心机	217
三、螺旋运料式离心机	219
第六节 間歇操作人工卸料离心机的功率	220
第七节 轉鼓的結構与强度	222
第八节 高速离心机	224
一、管式高速离心机	224
二、盘式高速离心机	225
第八章 迴轉圓筒設備	227
第一节 概述	227
第二节 物料在圓筒內的停留時間及圓筒工艺尺寸的决定	227
一、固体物料在筒內的运动情况	227
二、物料在筒內的停留時間	230
三、轉筒尺寸的决定	231
第三节 筒体結構	232
一、筒体	232
二、抄板	233
三、衬里	233
第四节 轉筒的支承結構	234
一、滾圈的裝置	234
二、托輪裝置	234
三、挡輪裝置	239
四、支承裝置的計算	240
第五节 傳动裝置及功率消耗	242
一、傳动裝置	242
二、功率的計算	243
第六节 端头結構	245
一、轉筒的加料及卸料裝置	245
二、密封裝置	247
第九章 破碎及篩分机械	251
第一节 概述	251
一、几种粉碎的方法	251
二、粉碎度	251

三、粉碎理論	252
四、破碎機械分類	252
五、破碎機可靠工作的必要條件——排角	252
六、組織粉碎系統的基本原理	254
第二节 顎式破碎機	255
一、顎式破碎機的分類	255
二、顎式破碎機的構造	255
三、顎式破碎機的主要性能	262
四、最大作用力的計算	263
五、顎式破碎機的使用安裝與檢修的注意事項	264
第三节 錐式破碎機	264
一、傾斜懸軸式錐式破碎機	264
二、主軸固定錐形破碎機	266
三、傾斜懸托立軸錐式破碎機	267
四、錐式破碎機的应用範圍及使用、安裝注意事項	268
第四节 滾式破碎機	268
一、雙滾破碎機的結構	270
二、雙滾破碎機的主要性能	270
三、雙滾破碎機的应用範圍及注意事項	271
第五节 球磨機	271
一、球磨機的分類	271
二、球磨機的結構	272
三、球磨機的性能	277
四、球磨機的使用範圍	279
第六节 其它類型的破碎機	281
一、輪碾機	281
二、鼠籠式破碎機	281
三、雷蒙磨	281
四、振動磨	283
第七节 篩分機械	285
一、篩分的流程	285
二、篩分機械的分類	285
三、篩面的構造	285
四、篩分機構造	287
第十章 運輸及加料機械	296
第一节 運輸機械	296
一、連續運輸機械	296
二、間歇運輸機械	321
第二节 加料機械	322
一、圓盤加料機	322
二、槽式加料機	324
三、漏斗加料機	325

序 言

在祖国大跃进的年代里，我国的教育事业取得了辉煌的成就。为进一步巩固教育革命的成果，提高教学质量，满足教学上的需要，在化学工业部的统一领导下组织了全国有关的几个院校的教师选编了这本“化工机械”教材。

本教材的选编，基本上是以1959年化学工业部颁布的“全日制中等专业学校指导性教育计划(草案)”为依据。从中等专业学校的培养目标和学生的实际水平出发，在本教材中以阐述化工机器及设备的类型、结构、运转及选择为主，适当地叙述了机器及设备的强度的计算及其部件的设计。

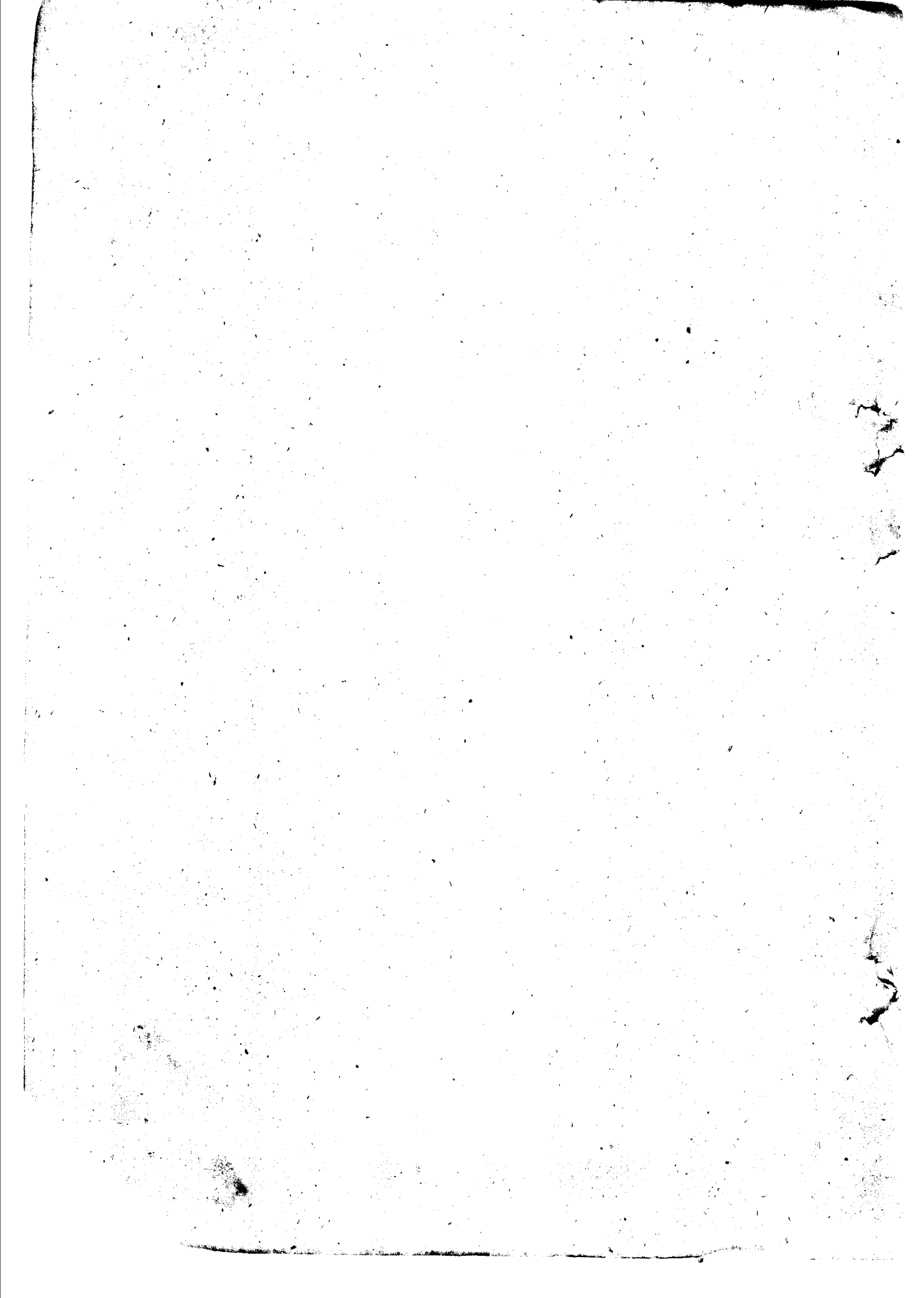
选编过程中党的方针是我们的指导思想。在教材内容上，我们力求反映出我国及世界上化工机械技术的新成就，尽量介绍了我国化工机械的产品规格和标准；在教材组织上，我们力求满足教学使用的要求，尽量做到有系统、有条理以及与其他课程之间的密切联系。

参加选编的学校有乌溪江化工学院、湖北化工专科学校、吉林化工专科学校及大连工业专科学校。

在选编过程中曾参考了A. И. 杜马什涅夫著“化学生产机器及设备”、华东化工学院化工机器及设备教研室编“化学生产机器及设备”上册以及乌溪江化工学院化工机械教研室编“化工机械”初稿等有关书籍。

由于受到编者政治、业务水平限制，时间又很仓促，因此缺点和错误难以避免。诚恳希望选用本教材的师生和广大读者给予批评和指正。

编 者 1961年4月于大连



第一章 緒 論

第一节 本課程的任务及內容

化工机械是用来进行化学工业生产的机器及設備。是化学工业生产力中的一个重要組成部分。

化学工业是一个多行业、多品种，为国民經济各部門，为人民生活各方面服务的工业。因此，它在我国社会主义建設事业中占有重要的地位。与祖国各項建設事业一样，自建国以来，发展速度是异常迅速的。特别是自1958年貫徹了党的鼓足干劲、力爭上游、多快好省地建設社会主义总路綫及一整套两条腿走路的方針以后，化学生产部門也出現了空前未有的大跃进。各主要化工产品的产量，化工企业的基建投資額都以比第一个五年計劃时期更快的速度增长。这些都是党的領導，总路綫、大跃进、人民公社三面紅旗的勝利。

在化学工业的迅速发展中化工机械制造业起着巨大的作用。任何一个化工厂，在其建設的过程中，都要进行設備的設計及制造，并要将各种制成的机械装备安装起来，进行試車，等等几个步驟。在生产的过程中，各种運轉着的机器又都需要很好地維護、保养。同时，經過了連續不断的運轉、使用，总要导致机械本身另件的磨損、腐蝕及損坏。損坏到一定程度就必须进行修理和更換另件。因此，及时地检修这些設備才能使它們經常地处于正常的运行状态。并且在生产、建設及从事检修工作中还應該不断进行各种机器設備的革新，以充分發揮出它們在生产中的效益，強化生产。由此可見，这一系列有关机器、設備的設計、制造、安装、检修及保养等工作与整个化学工厂的建設、生产有多么密切的关系。

为化学工业服务的化工机械制造业近年来也与各行各业一样，取得了很大的成就。今天我們已能独立地設計大型化工企业的許多設備。自己制造了大型的壓縮机、多层高压容器及鑄鋼高压容器、大型空分設備及自动离心机、过滤机等關鍵設備。許多高效能的設備在技术革命及技术革新运动中都被广泛地运用起来。在許多小土(洋)群的化工企业中更發揮了首創精神，从各自的具体条件出发創制了具有独特風格的設備結構。在各种化工防腐材料及結構的理論研究及实践应用方面也获得了巨大的成就。在安装施工方面也已能快速、成套地安装各种技术要求严格的机械装备。現在我們不仅有了大型的化工机械制造厂、化工机械的研究中心，而且有了強大的化工厂机械安装队伍及机修組織。它們都促进了我国化学工业的发展。

化工机械专业就担负了为祖国培养又紅又专的从事化工厂机械設備的管理、維護、检修、安装工作的中等技术干部。因此作为专业課的“化工机械”課程要充分分析化工厂中普遍通用的一些設備与机器的特点、性能及結構。要寻找出在各种不同具体情况下最合理的設備結構形式。在不同的生产工艺条件下如何正确地来选用各种机械装备使其發揮出最大的作用。同时，通过本課程的教学还要运用各有关基础理論知識来进行一些主要另部件的強度計算以决定它們的最适宜尺寸。只有牢固地掌握这些知識，將它們与生产实际結合起来才能更好地完成祖国交給我們的任务。应指出，在完成本課程学习任务中牢固地确立党的絕對領導觀念和辯証唯物的思想方法是有決定意义的。只有坚定不移地貫徹党的方針、

政策，用辯證唯物的观点来分析研究各种問題才可能正确地解决它們。

化工厂的机器及設備种类很多，也很复杂。在不同的生产工艺中又都有它們的特点。而在本課程内却只能講述一些在各类化工厂中所常用的机器及設備。它們是：容器、反应釜、換热及蒸发設備、塔設備、过滤机械、离心机、迴轉圓筒、粉碎及篩分机械、运输及加料机械等。通过对这几类机械装备結構的分析研究，提高了判断的能力，进而可以用举一反三的方法来解决不同具体情况下的各种問題。而各有关为满足不同生产工艺需要的特殊設備則不一一叙述了。

第二节 对化工机械的基本要求

化工机械是为化学工艺过程服务的；它是决定产品的质量、数量以及成本的主要因素之一。

化学工艺过程种类很多，各种过程进行的条件往往是大不相同的。在化工技术中所采用的压力可以从高度真空起到1000大气压以上，而且在将来，可能采用更高的压力；温度的范围也很广——从深度冷冻的 -200°C 到高温的 $+2000\sim 3000^{\circ}\text{C}$ ；被处理物料的腐蝕性、毒性、引火性等从微弱的到很剧烈的都有；被处理物料的浓度和物态也不一样。各种过程的性質和机理也完全不同。因此为了满足各种过程进行的条件以及完成所担負的生产任务，必須正确地选择化工机械的类型和决定其主要尺寸。至于化工机械各部件的具体結構及具体尺寸，除了决定于过程的条件以外，还取决于所用的結構材料、强度与刚度的要求、制造和运转的方便、安全可靠性等一系列的因素。

化工机械所应满足的要求很多，其中最主要的是技术经济指标和結構要求，而这些要求归根結底是以增产节约和保护劳动者为前提的。这些要求深刻地影响着化工机械的結構；化工机械的完善程度也可以从是否满足这些要求来衡量。

一、技术经济指标 主要的技术经济指标是：生产强度，消耗系数，价格，操作費用和产品成本。

1. **生产强度** 生产强度是指机械单位体积或单位重量（或单位面积）在单位時間內所能完成的生产任务。生产强度愈高則表明机械愈完善。

2. **消耗系数** 消耗系数指生产单位重量（或体积）产品所需消耗的原材料及能量，包括原料、燃料、蒸汽、水、压缩空气、电能等。消耗系数愈低愈好，但有时为了增加总产量，也容忍适当地增大消耗系数。机械的效率愈高則消耗系数愈低。

3. **价格** 机械的价格影响到工厂投資的大小。然而不能認為价廉的机械一定是好的。有时机械复杂些，价格較高些，然而生产能力提高很多，寿命较长，就可以考虑采用較貴的机械。

4. **操作費用** 操作費用包括劳动力的支出，维护和检修費用等。操作費用降低，成本亦随之降低。但操作費用不是一个孤立的因素，例如有时采用高度自动化的机械，操作費用下降了，但投資大为增加。

5. **产品成本** 产品成本是正个生产中一切經濟效果的反映。机械是否完善，最終是以产品成本来衡量。

二、結構要求 其中最主要的有：

1. **强度和刚度** 机械所有的另部件都应有足够的强度，以保証生产和工人的安全。但

是不能够为了保证强度而盲目地增加构件的尺寸，这将造成材料大量的浪费。除强度外尚应注意构件受力时能保持原来的形状，即应考虑构件的刚度。

2. **耐久性** 机械的耐久性是指它的使用年限。化工机械的耐久性主要决定于腐蚀程度。

3. **安全** 应该认识到化工厂处理的很多物质是易燃、易爆、有毒或腐蚀性的。化工机械若万一发生事故，往往使国家财富遭到损失，严重的还造成人身事故，所以一切化工机械都必须从结构上绝对保证安全。

4. **工艺性** 机械的另件与部件应有良好的工艺性，如可锻性、可锻性、焊接性能等，既便于制造且能保证质量。在选择结构型式时应尽量采用标准化的另件与部件。

5. **操作、安装、检修的方便性** 在机械结构形式的选择上还应当考虑操作的方便。尽可能机械化与自动化，便于工人管理。同时也要考虑到安装、维护、检修的方便。

由此可见，对机械的各种要求是多样的而又彼此密切关联的。例如要求产品成本低，那就和运转费用有关系，而运转费用又和劳动力、材料消耗有关，那就联系到机械结构的完善性。

另一方面，许多要求之间又有相互矛盾的地方。愈是完善，能使运转简单的机械，往往也是愈复杂和昂贵的。要减少操作工人的数目，就要增加自动化的费用。

要同时满足这许多要求是相当困难的，也是不切合实际的。应当根据生产的需要和客观可能的条件来衡量各种基本要求，从中找出最重要的，并使之满足，只有这样才能定出较完善的结构形式。

第三节 化工机械的主要结构材料

在近代化学工业中，机器及设备所采用的材料种类极多，而且还在日益增多。由于材料规格繁多，性质也各不相同，在各种不同场合下，对材料的要求也不一样，因此，我们必须了解各种材料的性能，并从使用、加工、经济等方面来考虑，选择合适的材料。在选择材料时应考虑以下几个主要因素。

1. **机械性能** 表示材料机械性能的主要参数是：拉伸、压缩和弯曲的强度极限 σ_b ；屈服极限 σ_s ；弹性模数 E ；伸长率 δ ；收缩率 ψ ；冲击韧性 α_k ；材料的布氏硬度 H_b 或洛氏硬度 H_R 。前两者是决定承受载荷的能力和决定设备及另件的强度尺寸。若构件在动载荷作用下工作，则还应考虑到材料的耐久性。在高温下工作的另件及设备还应注意到它的蠕变情况。蠕变是指材料在高温下所出现的“缓慢屈服”现象。弹性模数 E ，伸长率 δ 及冲击韧性 α_k 是衡量材料弹性程度。在选择材料时也需要考虑它，如受压容器的结构材料就应该满足塑性的要求。材料的硬度是表示材料的耐磨性和切削加工的可能性。

2. **抗化学腐蚀的性能** 化工机械所处理的物料大都是有强烈的化学腐蚀性，如硝酸、硫酸等等。因此材料的耐蚀性不强，则必然会加剧设备的损坏，降低它的使用年限。而且在某些情况下由于受蚀的材料被腐蚀后要影响到产品的质量。因此来用作为制造化工机械的结构材料，考虑耐腐蚀性能起着决定性的因素。

3. **物理性能** 材料的物理性是指：重度 γ [公斤/分米³]；导热系数 λ [千卡/米·°C·小时]；比热 C [千卡/公斤·°C]；熔点 t_m [°C]；线膨胀系数 α [1/°C]等等。在不同的场合下，对材料物理性要求也不同。如有的要求重度大的也有希望重度小的，制造热交换器最好是用导热系数大的材料，而保温材料则要求导热系数小的材料。

4. 工艺性 材料的工艺性能也是决定结构材料时所必须考虑的因素。如可焊性，可鑄性，可鍛性以及切削加工性能等。它們对设备的制造、修理和结构形式有很大的影响。

在选择材料时除了要考虑到以上一些因素之外，还要根据我国的材料供应情况出发，节约鋼材，采用非金属材料来代替金属材料。并尽量少用稀少的貴金屬。在选择材料时，必須明确，材料的各种性質和特性是相互联系而又相互矛盾的。沒有一种是絕對完美的，各有优缺点。因此在选择材料时，必須根据具体情况，找出主要的因素，首先满足这些主要的要求，从而达到合理选用材料的目的。

现将化工机械中常用的结构材料作简单的介绍：

一、鑄鉄

鑄鉄在化工机械中应用得极为广泛。由于它有良好的可鑄性，及切削加工性，能鑄造形状复杂的另件，又价格也較便宜。

在鑄鉄中含碳3.0~3.6%，并含有少量的錳、硅、磷及硫。一般鑄造用的生鉄都是灰鑄鉄，它的机械性能見表1-1：

表 1-1 灰鑄鉄的机械性質(ГОСТ 1412-48)

强 度 等 級	鑄 鉄 牌 号	强 度 极 限 公 斤/毫 米 ² (不 小 于)			布 氏 硬 度 H_B
		拉 伸	弯 曲	压 縮	
低强度鑄件	СЧ 00	不 試	不 試	不 試	不 試
	СЧ 12~28	12	28	50	143~229
中强度鑄件	СЧ 15~32	15	32	65	163~229
	СЧ 18~36	18	36	70	170~241
高强度鑄件	СЧ 21~40	21	40	75	170~241
	СЧ 24~44	24	44	85	170~241
	СЧ 28~48	28	48	100	170~241
	СЧ 32~52	32	52	110	197~248
	СЧ 35~56	35	56	120	197~248
	СЧ 38~60	38	60	130	207~262

灰鑄鉄的規格是根据机械性能来划分的。我国目前使用的灰鑄鉄其性能基本上与上述相同，但其牌号以 00、0、1、2、3、4 来表示。

可鍛鑄鉄也是鑄鉄中的一种。这种鑄鉄又分为石墨化的与脫碳的两类。两者的强度相差不远，可鍛鑄鉄并不是真的“可以鍛造”。这个名称不过说是它的塑性比一般的灰鑄鉄好些。这种鑄鉄常用来制造管子的另件及其它机械的配件。

球墨鑄鉄是一种高强度鑄鉄。它有較高的抗拉强度极限，同时也有相当的塑性。所以它是一种很有发展前途的材料。它可以代替鋼材制造許多重要另件。目前我国对球墨鑄鉄的理論及实践使用的研究进展很快，并有許多达到了世界先进水平。这种鑄鉄在化工设备的制造中也必然会获得广泛的应用。

其他还有不少根据不同用途采用的某些合金成分的特种鑄鉄。如硅鉄、鉻鉄等。它們都有較強的抗腐蝕性及耐热性。

二、鋼

鋼由于它具有較好的机械性能、工艺性能故应用范围极为广泛。而且鋼可以通过增加某些合成元素或采用不同的热处理工艺，来改变它的抗化学腐蚀性及其机械性能。在化工机械中应用較广的有普通碳鋼，優質碳鋼及合金鋼。这些鋼的机械性能由表 1-2 所示，在高温下的蠕变极限可在表 1-3 查得。

表 1-3 某些鋼的蠕变极限 (計算用值)

〔蠕变速度 10^{-7} 毫米/毫米·小时〕

中 国 牌 号	苏 联 牌 号	下 列 温 度 (°C) 下 的 蠕 变 极 限 公 斤/毫 米 ²													
		400	425	450	475	500	510	530	540	550	560	575	600	650	
10	10	8.5	6.3	4.4	3.1	2.2									
15	15	9.5	7.0	4.8	3.6	2.5									
20	20	10.0	7.5	5.0	3.6	2.5									
25	25	10.5	8.0	5.3	3.7	2.5									
15Π	15M			10.0	8.0	6.1	5.5	4.1							
20Π	20M			11.0	8.5	6.1	5.5	4.1							
15力Π	15XM			12.0	9.0	6.5	5.8	4.5	4.0	3.5	2.7				
—	12MX			11.0	8.5	6.1	5.5	4.1	3.5						
1力18世	1X18H									6.5		5.0	4.0	2.5	
9力	9T												7	5	
力18世	X18H														
12Π2力	12M2T														
—	12X5MA								4	3.5	3.0	2.2	1.3		
1力13	1X13								538°C				593°C	648°C	704°C
									8.4				3.5	1.5	1.05

化工机械中最常用的碳鋼則要算是尤2、尤3及15、20、25这几种。因为他們不仅有足够的强度，而且也有較好的塑性、可焊性故加工制造較方便。

碳素鋼的鑄件其机械性能与锻压的有些区别。因此其规格性能也不一样。鑄鋼制品的性能随着鑄造工艺的不断發展，檢驗技术的加强提高得非常快。因此有許多重要的另件过去認為只能鍛制的，而現在有可能改为鑄造了。这对实现以鑄代鍛是有重要意义。

表 1-4 最广泛应用的几种鋼的大致应用范围

应 用 范 围	鋼 的 牌 号
1. 搪瓷设备，冲压制品，铆钉，垫片，电焊条	優質碳鋼：08，10
2. 鋼结构，在常温下操作的设备，型钢，有縫管，无缝管	普通碳鋼：尤2(Cr.2)，尤3(Cr.3)
3. 在 $p \leq 50$ 表压、 $t \leq 350^\circ\text{C}$ 下操作的容器	普通碳鋼：尤2(Cr.2)，尤3(Cr.3)
4. 在 $p \leq 64$ 表压、 $t \leq 475^\circ\text{C}$ 下操作的容器与蒸汽鍋爐	優質碳鋼：15，20，25
5. 在 $p > 64$ 表压、 $t > 475^\circ\text{C}$ 下操作的容器与蒸汽鍋爐，高压管路	低合金鋼：15Π(15M)，20Π(20M)，15力Π(15XM)，12MX
6. 制造蒸汽管路鍋爐与热交换器用的管子	優質鋼：10，20
7. 在 $p \leq 30$ 表压、 $t \leq 400^\circ\text{C}$ 下操作的设备的连接件	普通碳鋼：尤3(Cr.3)，尤4(Cr.4)，尤5(Cr.5)
8. 在 $p \leq 30$ 表压、下操作的设备的连接件， t 双头螺栓 $\leq 425^\circ\text{C}$ ， t 螺母 $\leq 450^\circ\text{C}$	優質碳鋼：30，35，40
9. 高压设备的连接件， t 双头螺栓 在 450°C 以上时	優質合金鋼：30XMA，38XM10A等
10. 压热鋼，要求高强度与韧性的锻件，如压机的缸、重要的齒輪、鍛制軸等	優質碳鋼：35，40，45，50
11. 在高于 600°C 温度下操作的设备及部件	高合金耐熱鋼，如1力17(X17)等
12. 在腐蚀性介质中工作的机器设备及其零件	高合金鋼，如1力18世9力(1X18H9T)，力18世12Π2力(X18H12M2T)等

合金鋼是含有合金成份的鋼材，在材料中增加合金成份將大大改善材料的性能，對製造化工機械的結構材料主要是希望獲得不銹鋼及耐熱鋼。合金的成份種類很多，主要有錳、鉬、鈮、鎳、鉻、鎢等。而根據我國的實際情況及當前的生產發展狀況應該更廣泛地使用錳、鉬、鎢這些成份，少用或不用鎳與鉻。合金鋼的耐化學腐蝕性很強。如鉻鋼（力13、力17、力28）含鉻量在13~17%時可耐常溫的濃硝酸腐蝕，含鉻量大於27%時，對沸騰的濃硝酸也沒有問題。力18比力9就是通常稱的不銹鋼，它的抗蝕能力更強。而且工藝性能，機械性能也都很好，在生產中應用較多。

表1-4為最廣泛應用的幾種鋼大致的應用範圍。

三、有色金屬

有色金屬有許多特有的性質，用它們來製造化工機械也是相當多的。在有色金屬中銅及其合金應用較廣。銅的特点是導電、導熱性能好、並且它特別有價值的特点是能在低溫下增高強度，而且還保持較高的衝擊韌性，故銅是製造深度冷凍設備的必不可少的材料。用來製造化工設備的銅要求它強度極限不小於2100〔公斤/厘米²〕，伸長率不小於80%。在不同溫度下的退火銅的機械性能在表1-5所示。

表 1-5 退火銅的機械性能

機 械 性 能	溫 度 °C							
	-180	-120	-80	-40	+20	100	200	300
強度極限〔公斤/厘米 ² 〕	4100	2900	2730	2370	2300	2200	1800	1500
屈服極限〔公斤/厘米 ² 〕	800	750	700	650	600	—	—	—
延伸率δ%	38	45	47	47	49	48	46	32

銅的合金主要有黃銅與青銅。黃銅是銅與鋅的合金，它的機械性能與抗磨性能都比較好。青銅則主要是錫與銅的合金。它也有較好的抗磨能力，因此它們常用來製造軸承及管道閥門的配件。

鋁也是在化工機械中常用的有色金屬之一。它的比重小，只有2.7〔公斤/分米³〕。由於它能形成堅固的氧化保護膜，因此有較強的抗化學腐蝕的能力。在硝酸、有機合成工業中應用也較廣。鋁常經過壓力加工以後製成管材及板材以供生產使用。退火鋁的機械性能在表1-6所示。

表 1-6 退火鋁的機械性能

性 能 \ 溫 度 °C	20	75	135	310	400	510	600
σ_b 〔公斤/厘米 ² 〕	1160	1100	765	260	125	55	35
δ , %	19	24	32	39	42	45	48
ψ , %	79	83	88	97	99	99	100

有色金屬中鉛對稀硫酸及硫酸鹽特別耐腐，因此在硫酸工業中鉛應用很廣。常用純鉛，也稱軟鉛。但軟鉛的強度較差，其強度極限只有1.5〔公斤/毫米²〕，同時由於它的重

度大，因此鉛設備必須用加強筋來加強。也可以搪鉛、衬鉛或將它噴塗在設備的內表面。
錫鉛合金，稱為硬鉛，它的耐腐能力與軟鉛相仿，但強度却增高。

表 1-7 為在 100°C 退火過的鉛的機械性能。

表 1-7 在 100°C 退火過的鉛的機械性能

性 能 \ 溫 度 °C	20	80	150	200	265
拉伸強度極限 (公斤/厘米 ²)	135	80	50	40	20
延伸率 δ , %	31	24	23	20	18
斷面收縮率 ψ , %	100	100	100	100	100

其他的有色金屬有鋅、錫、鎢等等，還有在近代日益發展的鉍和鈦及其他元素，在這里不一一介紹了。

四、非金屬材料

非金屬材料的種類很多，它們都有自己的特點，一般來講都比較容易獲得，因此便於就地取材。特別對化工機械的結構材料考慮抗化學腐蝕性是一個主要問題。在這一方面有許多非金屬材料表現了極其優良的性質。因此化工機械的結構材料是採取金屬、非金屬同時並舉的方針。這樣不僅能給祖國節約大量的金屬，而且可以促進化學工業更迅速地發展。

非金屬材料中天然材料有木材、岩石等。經過加工以後的有陶瓷制品、玻璃、搪瓷、石棉制品、橡膠制品等。近代各種高分子的合成材料也愈來愈廣泛地使用起來。

木材可用來製造貯槽，棚形填料及簡單的化工設備。它的優點是容易獲得，有足夠的強度而且容易加工。但是它的缺點也較多，如吸水性高，各向異性，使用溫度不能高於 120~130°C，導熱系數小。因此應用受到限制。

岩石中象花崗岩，輝綠岩等有很強的耐腐蝕性能。在生產中可以用它們代替不銹鋼，但是它們脆性較高，加工困難。

我國的陶瓷工藝是聞名於世的。它們的原料容易獲得，制作也較方便，耐酸性極好。因此在化工生產中常用來製造一些耐腐蝕的設備及機器。如容器、反應器、塔及熱交換器還有泵及鼓風機等。

陶瓷是脆性材料，抗壓強度較高，但熱穩性較差。它們的主要機械物理性見表 1-8。為了使陶瓷制化工設備的制品，使用更方便，常將它們分成四級見表 1-9 所示。

石棉、橡膠制品也是化工設備中常用的材料，它們可用來製造各種密封、墊片、盤根及其它耐溫、耐蝕、耐磨零件。橡膠還可作為化工設備的衬里的材料。

各種有機合成材料是很有發展前途的。它們有許多其他材料所不能具備的優良性能。如耐高溫、低溫、耐酸、耐鹼、耐磨等性能。

目前我國應用較多的有石棉酚醛塑料、聚氯乙烯等。石棉酚醛塑料的機械物理性能在表 1-10 所示。它的優點是：耐熱性好、可保證在 100°C 左右使用；耐蝕性好，熱穩定性比陶瓷好，可以機械加工、修補。但無彈性，不耐鹼，導熱性差。它可以與其他織物壓制成各種零件。