



高等学校教材

工程材料

■ 闫康平 主编



化学工业出版社
教材出版中心

高等学校教材

工 程 材 料

闫康平 主编

化学工业出版社
教材出版中心
·北 京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

工程材料/闫康平主编. —北京: 化学工业出版社,
2001.7

高等学校教材. 过程装备与控制工程专业核心课程
教材

ISBN 7-5025-3195-5

I. 工… II. 闫… III. 工程材料-高等学校-教材
IV. TB3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 23095 号

高等学校教材

工程材料

闫康平 主编

责任编辑: 程树珍

责任校对: 凌亚男

封面设计: 田彦文

*

化学工业出版社

出版发行

教材出版中心

*(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

· 发行电话 (010) 64918013

· <http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷厂印刷

三河市前程装订厂装订

开本 787×960 毫米 1/16 印张 19 $\frac{3}{4}$ 字数 348 千字

2001 年 7 月第 1 版 2001 年 7 月北京第 1 次印刷

印 数: 1—4000

ISBN 7-5025-3195-5/G·815

定价: 26.00 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

序

按照国际公约的约定,社会经济过程中的全部产品通常分为三类,即硬件产品(hardware)、软件产品(software)和流程性材料产品(processed material)。在新世纪初,世界上各主要发达国家和我国都已把“先进制造技术”列为优先发展的战略性高技术之一。先进制造技术主要是指硬件产品的先进制造技术和流程性材料产品的先进制造技术。所谓“流程性材料”是指以流体(气、液、粉粒体等)形态为主的材料。

过程工业是加工制造流程性材料产品的现代国民经济的支柱产业之一。成套过程装置则是组成过程工业的工作母机群,它通常是由一系列的过程机器和过程设备,按一定的流程方式用管道、阀门等连接起来的一个独立的密闭连续系统,再配以必要的控制仪表和设备,即能平稳连续地把以流体为主的各种流程性材料,让其在装置内部经历必要的物理化学过程,制造出人们需要的新的流程性材料产品。单元过程设备(如塔、换热器、反应器与储罐等)与单元过程机器(如压缩机、泵与分离机等)二者的统称为过程装备。为此,有关涉及流程性材料产品先进制造技术的主要研究发展领域应该包括以下几个方面:①过程原理与技术的创新;②成套装置流程技术的创新;③过程设备与过程机器——过程装备技术的创新;④过程控制技术的创新。于是把过程工业需要实现的最佳技术经济指标:高效、节能、清洁和安全不断推向新的技术水平,确保该产业在国际上的竞争力。

过程装备技术的创新,其关键首先应着重于装备内件技术的创新,而其内件技术的创新又与过程原理和技术的创新以及成套装置工艺流程技术的创新密不可分,它们互为依托,相辅相成。这一切也是流程性产品先进制造技术与一般硬件产品的先进制造技术的重大区别所在。另外,这两类不同的先进制造技术的理论基础也有着重大的区别,前者的理论基础主要是化学、固体力学、流体力学、热力学、机械学、化学工程与工艺学、电工电子学和信息技术科学等,而后者则主要侧重于固体力学、材料与加工学、机械机构学、电工电子学和信息技术科学等。

“过程装备与控制工程”本科专业在新世纪的根本任务是为国民经济培养大批优秀的能够掌握流程性材料产品先进技术的高级专业人才。

四年多来,教学指导委员会以邓小平同志提出的“教育要面向现代化,面向世界,面向未来”的思想为指针,在广泛调研研讨的基础上,分析了国

内外化工类与机械类高等教育的现状、存在的问题和未来的发展，向教育部提出了把原“化工设备与机械”本科专业改造建设为“过程装备与控制工程”本科专业的总体设想和专业发展规划建议书，于1998年3月获得教育部的正式批准，设立了“过程装备与控制工程”本科专业。以此为契机，教学指导委员会制订了“高等教育面向21世纪‘过程装备与控制工程’本科专业建设与人才培养的总体思路”，要求各院校从转变传统教育思想出发，拓宽专业范围，以培养学生的素质、知识与能力为目标，以发展先进制造技术作为本专业改革发展的出发点，重组课程体系，在加强通用基础理论与实践环节教学的同时，强化专业技术基础理论的教学，削减专业课程的分量，淡化专业技术教学，从而较大幅度地减少总的授课时数，以加强学生自学、自由探讨和发展的空间，以有利于逐步树立本科学生勇于思考与创新的精神。

高质量的教材是培养高素质人才的重要基础，因此组织编写面向21世纪的6种迫切需要的核心课程教材，是专业建设的重要内容。同时，还编写了6种选修课程教材。教学指导委员会明确要求教材作者以“教改”精神为指导，力求新教材从认知规律出发，阐明本课程的基本理论与应用及其现代进展，做到新体系、厚基础、重实践、易自学、引思考。新教材的编写实施主编负责制，主编都经过了投标竞聘，专家择优选定的过程，核心课程教材在完成主审程序后，还增设了审定制度。为确保教材编写质量，在开始编写时，主编、教学指导委员会和化学工业出版社三方面签订了正式出版合同，明确了各自的责、权、利。

“过程装备与控制工程”本科专业的建设将是一项长期的任务，以上所列工作只是一个开端。尽管我们在这套教材中，力求在内容和体系上能够体现创新，注重拓宽基础，强调能力培养，但是由于我们目前对教学改革的研究深度和认识水平所限，必然会有许多不妥之处。为此，恳请广大读者予以批评和指正。

全国高等学校化工类及相关专业教学指导委员会
副主任委员兼化工装备教学指导组组长

大连理工大学 博士生导师

丁信伟教授

2001年3月于大连

前 言

《工程材料》由全国高等学校化工类及相关专业教学指导委员会化工装备教学指导组确定为新编写的核心课教材之一。本书的编写大纲经 1999 年 1 月“过程装备与控制工程”专业全国高校会议讨论、修改和全国高等学校化工类及相关专业教学指导委员会化工装备教学指导组审定。因此内容的安排和取舍都围绕本专业的特点；在工程材料的分类和选材上与“过程装备”衔接。参考学时数 50 学时。

现有的“工程材料”教材一般是为机械制造或冷热加工专业编写的，知识内容是以材料性能和机械制造为主线，内容较多，专业知识较深。本教材以过程装备常用材料的性能和选材使用为主线，以过程装备选材为重点安排内容。

考虑到教材的系统性和过程装备用钢的特点，本书没有采用一般“工程材料”的关于黑色金属的分类（结构钢、机械零件用钢、合金工具钢、特殊性能钢、铸铁），而按过程装备设计使用的门类来组织教材内容；以组成过程装备构件的用材为纵线（即压力壳体、耐温构件、耐腐蚀构件、压力管道及专用零部件等），在内容上围绕性能要求和安全使用选材横向展开。结合计算机和信息高速公路的发展，在第 9 章增加了“材料数据库及选材专家系统”内容。有利学生结合专业特点学习提高和方便自学，在过程装备设计或选型时有针对性地、科学地选材。

本书由闫康平主编并编写绪论、第 1、2、3、4、13 章和第 11 章的部分内容；廖景娱编写第 5、6、7 章和第 9 章；黄有发编写第 10、11 章以及第 13 章“玻璃钢”部分；吴旨玉编写第 8 章和第 12 章。

全书由华东理工大学潘家祯教授主审；由全国高等学校教学指导委员会委员、南京化工大学涂善东教授审定；华东理工大学柳曾典教授为第 2 篇内容提供了参考资料和意见；编写工作还得到了四川大学化工机械系、华南理工大学工业装备与控制工程系以及许多同事的支持和帮助；在此一并致谢。

真心希望广大读者对本书的不妥之处给予批评指正。

编者

2001.3

过程装备与控制工程专业核心课程教材编写委员会

组织策划人员（按姓氏笔画排列）：

丁信伟(全国高等学校化工类及相关专业教学指导委员会副主任委员兼化工装备教学指导组组长)

吴剑华(全国高等学校化工类及相关专业教学指导委员会委员)

涂善东(全国高等学校化工类及相关专业教学指导委员会委员)

董其伍(全国高等学校化工类及相关专业教学指导委员会委员)

蔡仁良(全国高等学校化工类及相关专业教学指导委员会委员)

编写人员（按姓氏笔画排列）：

马连湘	王良恩	王淑兰	王毅	叶德潜
刘敏珊	闫康平	毕明树	李云	李建明
李德昌	张早校	吴旨玉	陈文梅	陈志平
肖泽仪	林兴华	卓震	胡涛	郑津洋
姜培正	桑芝富	钱才富	徐思浩	黄卫星
黄有发	董其伍	廖景娱	魏新利	魏进家

主审人员（按姓氏笔画排列）：

丁信伟 施仁 郁永章 蔡天锡 潘永密 潘家桢

审定人员（按姓氏笔画排列）：

丁信伟 吴剑华 涂善东 董其伍 蔡仁良

内 容 提 要

本书以过程装备常用材料的性能和选材使用为主线,共分三篇,内容包括金属学基础、相图、热处理及强化改性、合金化、金属性能与选材、失效与材料关系、黑色及有色金属、材料数据库及专家系统、塑料和橡胶、陶瓷及复合材料等。

第1篇阐述金属材料基础,注重揭示材料微观结构与宏观性能的关系、金属的强化改性与组织结构的关系。第2篇阐明过程装备常用金属材料的性能和选材原则,重点是黑色金属材料性能、失效和选材,并介绍有色金属的性能和选材。着重突出过程装备的压力容器、高低温、管道、回转件、腐蚀磨损和过程装备服役环境下的选材和举例。适应信息高速公路,编写了“材料数据库及选材专家系统”章。第3篇简要阐明非金属材料的特性和选材应用,重点是在过程装备应用的塑料、陶瓷和玻璃钢。同时从高分子合金和复合材料的制备和性能入手,阐述材料改性和材料复合的思路。

本书主要作为过程装备与控制工程专业学生的核心课教材,也可供食品机械、轻工机械和制药机械类的学生选用。同时可供过程装备设计和制造的工程技术人员参考。

目 录

绪论	1
----	---

第 1 篇 金属材料基础

1 金属学基础	5
1.1 金属的晶体结构和缺陷	5
1.1.1 纯金属的晶体结构	5
1.1.2 金属的晶体缺陷	10
1.2 金属的结晶	13
1.2.1 纯金属的结晶过程	13
1.2.2 金属铸锭的组织 and 结构	15
1.2.3 细晶强化与变质处理	16
1.3 金属的塑性变形与再结晶	17
1.3.1 金属塑性变形对金属组织和性能的影响	17
1.3.2 塑性变形金属的加热回复与再结晶	19
1.3.3 金属的热加工	20
1.4 二元合金的相结构和相图	21
1.4.1 合金的相结构	21
1.4.2 二元合金相图的类型和分析	23
习题和思考题	28
2 铁碳合金的结构和相图	29
2.1 Fe-Fe ₃ C 合金相图分析	29
2.1.1 铁碳合金相图中的基本相	29
2.1.2 Fe-Fe ₃ C 合金相图	30
2.2 典型铁碳合金的结晶过程及组织	32
2.2.1 共析钢	32
2.2.2 亚共析钢	33
2.2.3 过共析钢	34
2.3 铁碳合金性能与成分、组织的关系	35
2.3.1 合金性能与相图的关系	35
2.3.2 Fe-Fe ₃ C 合金相图的应用	36

习题和思考题	37
3 钢的热处理和表面改性	38
3.1 钢在热处理时的组织转变	38
3.1.1 钢在加热时的组织转变	39
3.1.2 钢在冷却时的组织转变	41
3.2 钢的热处理工艺对组织和性能的影响	45
3.2.1 钢的退火和正火	45
3.2.2 钢的淬火	46
3.2.3 钢的回火	49
3.3 钢的表面处理强化	50
3.3.1 钢的表面热处理强化	51
3.3.2 钢的化学热处理强化	52
3.3.3 钢的表面处理改性	54
习题和思考题	61
4 钢的合金化对组织和性能的影响	62
4.1 合金元素在钢中的存在形式和作用	62
4.2 合金元素对钢热处理的影响	63
4.2.1 合金元素对 Fe-Fe ₃ C 相图的影响	63
4.2.2 合金元素对加热和冷却转变的影响	64
4.2.3 合金元素对回火转变的影响	64
4.3 合金元素对钢加工性能的影响	65
4.4 钢中杂质对性能的影响	66
4.5 钢的分类简介	66
4.5.1 碳钢的分类与牌号	66
4.5.2 合金钢的分类	67
习题和思考题	68

第 2 篇 过程装备用金属材料

5 金属材料的主要性能	71
5.1 金属材料的力学性能	71
5.1.1 力学性能	71
5.1.2 服役条件对力学性能的影响	81
5.2 金属材料的加工工艺性能	82
5.2.1 焊接性能	83
5.2.2 铸造性能	85

5.2.3	压力加工性能	85
5.2.4	机加工性能	86
5.2.5	热处理性能	86
5.3	金属材料的物理性能与耐腐蚀性能	86
5.3.1	物理性能	86
5.3.2	耐腐蚀性能	87
	习题和思考题	88
6	过程装备失效与材料的关系	89
6.1	金属材料常见失效形式及其判断	89
6.1.1	变形失效	90
6.1.2	断裂失效	91
6.1.3	表面损伤	104
6.2	过程装备及其构件失效的原因和失效分析	108
6.2.1	过程装备及其构件失效的原因	108
6.2.2	失效分析方法简介	110
	习题和思考题	112
7	黑色金属及其选用	113
7.1	压力容器用钢	113
7.1.1	压力容器的工况分析	113
7.1.2	压力容器对材料性能的要求	113
7.1.3	压力容器材料焊接性能的保证	114
7.1.4	压力容器用钢	117
7.2	高温及低温构件用钢	124
7.2.1	高温用钢	124
7.2.2	低温用钢	133
7.3	耐腐蚀构件用钢	139
7.3.1	耐蚀低合金钢	140
7.3.2	耐蚀高合金钢	150
7.3.3	耐蚀、耐磨、耐热铸铁和铸钢	156
7.4	零部件用钢	160
7.4.1	回转件用钢	161
7.4.2	支撑件用钢及铸铁	165
7.5	管道用钢及铸铁	171
7.5.1	压力管道的工况分析及对材料性能的要求	171
7.5.2	管道用钢及铸铁	172

习题和思考题	173
8 有色金属及其选用	175
8.1 钛及钛合金	175
8.1.1 钛和钛合金的基本性能	175
8.1.2 钛及钛合金的耐蚀性	179
8.1.3 钛在过程装备中的选用	180
8.2 铝及铝合金	182
8.2.1 铝和铝合金的性能	182
8.2.2 铝及铝合金的耐腐蚀性能	185
8.2.3 铝及铝合金在过程装备中的选用	186
8.3 铜及铜合金	187
8.3.1 纯铜的性能	187
8.3.2 铜合金的性能	188
8.3.3 铜和铜合金在过程装备中的选用	193
8.4 镍和镍合金	196
8.4.1 纯镍的基本性能	196
8.4.2 镍基合金的基本性能	197
8.4.3 镍及其合金在过程装备中的选用	199
8.5 轴承合金	201
8.5.1 轴承合金的性能要求及组织特征	201
8.5.2 锡基和铅基轴承合金	202
8.5.3 铜基轴承合金	204
8.5.4 铝基轴承合金	207
8.5.5 轴承合金在过程装备上的选用	209
习题和思考题	210
9 选材原则和材料数据库、专家系统简介	212
9.1 过程装备材料选用的一般原则	212
9.1.1 材料选用的一般原则	212
9.1.2 过程装备选材的特点分析	215
9.2 金属材料数据库简介	218
9.2.1 材料数据库的数据与功能	218
9.2.2 国内外材料数据库简介	218
9.2.3 查询材料及性能数据的网址	221
9.3 材料选用的专家系统简介	222
9.3.1 专家系统的建立及功能	222

9.3.2 材料选用专家系统简介	224
习题和思考题,	224

第3篇 过程装备用非金属材料

10 高分子材料基础	226
10.1 高分子材料概述	226
10.1.1 高分子材料的分类和应用	226
10.1.2 新型高分子材料	228
10.2 高分子材料的结构与性能	229
10.2.1 高分子结构与性能的关系	229
10.2.2 高分子材料性能的主要特点	233
10.3 高分子材料的加工及选择	234
10.3.1 高分子材料的加工和成型	234
10.3.2 过程装备对高分子材料的选择原则	240
习题和思考题	243
11 工程常用塑料和橡胶及其选用	244
11.1 常用工程塑料	244
11.1.1 热塑性塑料的性能及选用	244
11.1.2 热固性塑料的性能及选用	249
11.2 橡胶及热塑性弹性体	251
11.2.1 常用橡胶的性能及选用	251
11.2.2 热塑性弹性体 (TPE)	256
11.3 高分子材料的改性和高分子合金	258
11.3.1 高分子材料的改性	258
11.3.2 高分子合金	260
习题和思考题	263
12 陶瓷材料	264
12.1 陶瓷材料的基本特性	264
12.1.1 陶瓷材料的分类	264
12.1.2 陶瓷材料的物质结构与显微结构	264
12.1.3 陶瓷的基本性能	268
12.2 过程装备用陶瓷材料的性能特点及应用	270
12.2.1 化工陶瓷	270
12.2.2 特种陶瓷	271
12.2.3 玻璃	276

习题和思考题·····	278
13 复合材料 ·····	279
13.1 复合增强理论及增强体材料·····	280
13.1.1 复合增强理论简介·····	280
13.1.2 增强体材料·····	281
13.1.3 复合材料的性能特点·····	282
13.2 树脂基复合材料(玻璃钢)·····	284
13.2.1 玻璃钢的组成材料·····	284
13.2.2 玻璃钢的制备方法·····	286
13.2.3 玻璃钢的性能特点和应用·····	288
13.3 金属基复合材料·····	291
13.3.1 金属基复合材料制备方法·····	291
13.3.2 金属基复合材料的特性·····	292
13.4 陶瓷基复合材料·····	294
13.4.1 陶瓷基复合材料制备方法·····	294
13.4.2 陶瓷基复合材料的特性·····	294
习题和思考题·····	297
参考文献 ·····	298

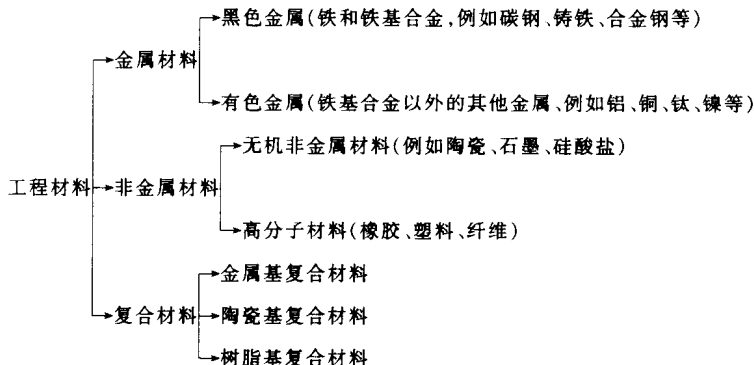
绪 论

材料与工具一样伴随着人类的整个进化过程，是人类生活和从事生产的重要物质基础，也是人类社会文明水平的重要标志之一。人类历史时代被称为石器时代、青铜器时代和铁器时代等，正是历史学家根据人类使用生产工具的材料和性质而划分的。今天，人类已跨入人工合成材料的崭新时代。新材料对高科技和新技术具有非常关键的作用，没有新材料就没有发展高科技的物质基础，掌握新材料是一个国家在科技上处于领先地位的标志之一。面向 21 世纪，新材料有如下发展趋势：继续重视对新型金属材料的研究开发，开发非晶合金材料；发展在分子水平设计高分子材料的技术；继续发掘复合材料和半导体硅材料的潜在价值；大力发展纳米材料、信息材料、智能材料、生物材料和高性能陶瓷材料等。

20 世纪后期，材料作为高技术的四大支柱（能源、材料、生命和信息）之一高速发展，新材料不断涌现，特别是非金属人工合成材料增长更为迅猛；随着金属与非金属材料的相互渗透，新型复合材料的异军突起；各种材料分析技术如衍射、电镜、探针也在快速进步；在此基础上，原有的金属学已经不能反映当今各类材料的生产和使用中的问题，从而形成和发展了探索材料组分、结构和性能之间关系的材料科学。同时，分析测试手段也出现了各种先进的方式和仪器，各种显微分析方法如扫描电镜、电子探针、透射电镜的发展以及数字化、计算机的连接，都有力地促进了对材料的显微结构的分析，从而对材料的发展提供技术指导。

通常所说的材料性能有两个方面的意义，一是材料的使用性能，指材料在服役条件下表现出的性能，如强度、塑性、韧性等力学性能，耐蚀性、耐热性等化学性能以及声、光、电、磁等功能性；二是材料的工艺性能，指材料在加工工程中表现出的性能，如冷热加工、压力加工性能，焊接性能、铸造性能、切削性能等等。工程材料是材料科学的应用部分，主要讨论结构材料的力学性能，阐述结构材料的组织、成分和性能的相互影响规律，解答工程应用问题。

工程材料有不同的分类方法，通常是将工程材料分为金属材料、非金属材料 and 复合材料。



工程材料的研究着重点是在实际工况中要求强度、塑性和韧性等力学性能的结构材料，一般不讨论材料的功能和效应问题（如声、光、电、磁）。“过程装备与控制工程”专业学习本课程的目的是了解材料科学的基本理论，掌握材料的基本性能及其影响因素，为过程装备设计提供合理选材的基本原则和方法。

过程装备的种类很多，服役的工况复杂，如操作压力从真空、常压、中压、高压直到超高压；使用的温度从极低温（ -200°C ）、常温、中温到高温（ 1000°C ）；处理的介质从气体、液体、固体到固-液混合流体，常常还带有腐蚀性、磨损性或者易燃、易爆和剧毒等等。在这样严酷的条件下长时间连续运转，过程装备会有各种各样的问题、出现各种各样的故障，其中许多问题是由于材料原因造成的。

过程装备大多数都使用在连续性生产过程中，整个生产过程有由具有各种不同功能的过程装备分别承担自己的生产任务，单个过程装备组成不同的系列单元，再通过系列单元组成大生产系统的整体，其中一台装备失效，整个生产过程都受到影响。近年发展的石油化工、大化工的生产系统趋向大型化和高温高压，如果装备或构件发生失效，造成的损失更加严重。因此过程装备的选材和设计十分重要。

很多过程装备都在常温、常压下运转，此时，处理的介质常常是液体和固-液、气-固混合流体，因此材料发生的问题大多数集中在腐蚀、磨损和冲刷方面。材料的选择和装备设计除了力学性能的强度、韧性而外，应当注意全面腐蚀速度和局部腐蚀的发生条件。

对于常温、高压条件下的装备，特别是焊接结构的容器，容易发生脆性断裂、疲劳和应力腐蚀破裂。脆性断裂的危害巨大，往往是灾难性的，必须充分重视。脆性断裂与材料韧性、载荷应力、约束状态（壁厚等）以及存在的微裂纹密切相关，而疲劳和应力腐蚀破裂是产生微裂纹的主要原因。

在高温、高压下工作的装备也有许多，除了高压施加给材料的应力作

用, 高温使材料软化、强度降低, 同时高温气体与金属反应造成氧化、硫化或脱碳等高温腐蚀使材料性能劣化, 因此为了保证高温高压下的装备正常运转就必须保持材料的高温强度, 抑制材料在高温下的组织变化和耐受高温气体的腐蚀。然而, 寻求同时满足该条件的材料较为困难, 需要精心的设计和选材。

工业低温一般指冷冻机温度 ($-15 \sim -45^{\circ}\text{C}$), 过程装备的某些工况也可达到 $-100 \sim -150^{\circ}\text{C}$ 的极低温。一般材料在低温工况下, 硬度和强度增加, 韧性降低, 特别是像碳钢那样体心立方晶格的金属常常会丧失韧性, 发生低温脆断现象。塑料制作的装备的低温脆性更为明显, 文献报道许多塑料制造的反应器、贮罐、管道在冬季发生脆性破坏事故。

材料是过程装备安全可靠运行的保障。制作为设备的材料发生变形和破坏, 本身是强度和韧性的问题, 但是过程装备处理的都是工业介质, 强度和韧性往往受腐蚀、磨损、氧化等相互影响。另外, 从应用角度看, 材料的加工性和焊接性也是必须正视的问题。近年来伴随过程装备的大型化和精密化, 操作条件也越发苛刻和严酷, 显然, 材料损伤的因素也就越发复杂。

单机过程装备有很多类型, 例如各种塔、换热器、反应器、贮槽、压缩机、搅拌器、离心机、泵、阀和管道等, 它们有着各自不同的功能与相应特殊的结构, 对材料的要求也就不同。例如压力容器常常因为裂纹扩展发生脆性断裂失效, 特别要求材料具有足够的韧性和强度, 还要求有非常良好的加工和焊接性能; 如换热器, 除了耐压、耐高温、耐腐蚀, 还要求有良好的导热性能; 塔设备与流动介质接触, 要求耐高温、耐腐蚀及耐磨损, 还要求有良好的加工工艺性能; 磷酸料浆泵接触磷酸和硫酸钙, 要求材料非常耐磨, 同时又要有良好的耐蚀性和有足够的破裂强度等。因此过程装备使用的材料种类也很多, 除了金属材料之外, 还大量使用非金属材料以及复合材料等。

综上所述, 生产工艺的多样性和过程装备的功能性, 给过程装备的选材带来了复杂性, 使选材成为装备设计的重要环节之一。合理选材所遵循的使用性能原则、工艺性能原则和经济性能原则, 正是工程材料课程提供的知识和研究的主要内容。