



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

中等职业教育化学工艺专业系列教材

化工设备基础

HUAGONG SHEBEI JICHU

刘尚明 主编
沈晨阳 主审

王会祥 胡宜生 副主编



化学工业出版社



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

中等职业教育化学工艺专业系列教材

化工设备基础

刘尚明	主 编
王会祥 胡宜生	副主编
沈晨阳	主 审



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书是根据教育部近期制定的《中等职业学校化学工艺专业教学标准》，由全国石油和化工职业教育教学指导委员会组织编写的全国中等职业学校规划教材。

本书共分八个项目，主要包括化工设备基础知识、反应器、塔设备、换热器、泵、压缩机、其他类型化工设备和化工管路及管钳工基本操作，涵盖了化工生产常用的设备。本书紧密结合企业生产实际、参考国家相关职业标准和规范，重点介绍了化工常用设备的基本结构、作用及工作原理，分析了常用化工设备的常见故障、产生原因，处理措施及常用化工设备的常规维护和保养方法。

本书可作为中等职业学校化学工艺专业或其他相近专业的教材，也可作为相关行业岗位培训及有关人员自学用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

化工设备基础/刘尚明主编. —北京: 化学工业出版社,
2015. 7

“十二五”职业教育国家规划教材

ISBN 978-7-122-23822-1

I. ①化… II. ①刘… III. ①化工设备-高等职业教育-
教材 IV. ①TQ05

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 088083 号

责任编辑: 旷英姿

文字编辑: 向 东

责任校对: 边 涛

装帧设计: 王晓宇

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 三河市延风印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 8 $\frac{3}{4}$ 字数 210 千字 2015 年 9 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 20.00 元

版权所有 违者必究

前 言

化工设备基础
HUAGONG SHEBEI JICHU

本书依据教育部修订的中等职业学校化学工艺专业教学标准组织编写。在新修订的标准中,《化工设备基础》课程是化学工艺专业课程体系中的核心课程,本书编写突出核心课程的地位和作用。在内容选取上严格执行新标准的要求,紧密结合企业生产实际,以学生的职业能力培养为出发点,深浅适度、详略得当。在内容编排上,改变章节式编排、纯文字叙述的形式,采用项目、任务式结构。在内容表达上充分考虑学生学习特点及认知规律,表达方式灵活、多样,使学生乐学、易学。

本书可作为职业院校化工类专业及相关专业的教材,也可以作为企业培训的培训教材和社会人士进行自学的参考资料。

全书共分八个项目,本溪市化学工业学校刘尚明老师任主编,并编写项目一,负责统稿和修改。云南技师学院王会祥、安徽化工学校胡宜生两位老师任副主编,王会祥老师编写项目八,胡宜生老师编写项目四。沈阳市化工学校孙琳老师编写项目三,本溪市化学工业学校宋清丽老师编写项目二,淄博市工业学校刘爱武老师编写项目五,河南化工技师学院王涛玉老师编写项目六,济宁技师学院韩啸老师编写项目七。上海石化工业学校沈晨阳老师任本书主审,辽宁北方煤化工有限公司杜杰工程师任副主审。为方便教学,本书配套有电子课件。

在本书前期的策划及大纲、样章的编写过程中,常州工程职业技术学院陈炳和教授对此书提出宝贵的意见和建议,对保证书的高质量编写提供了有力的支持。本书的编写还得到上海石化工业学校章红老师的编写建议,在资料收集中得到株洲南方阀门有限公司的大力支持,在此一并表示感谢。

由于编写水平有限,编写时间仓促,本书难免出现不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

2014 年 6 月

目 录

化工设备基础
HUAGONG SHEBEI JICHU

项目一 学习化工设备基础知识 1

- 任务一 了解化工设备基础知识 1
- 任务二 学习化工设备材料 5
- 任务三 了解化工设备管理知识 12

项目二 熟悉反应器 15

- 任务一 了解反应器 15
- 任务二 熟悉典型反应设备的部件 17
- 任务三 了解其他反应器 25
- 任务四 识别反应器的常见故障、掌握故障处理及设备维护方法 27

项目三 认识塔设备 32

- 任务一 了解塔设备 32
- 任务二 认识板式塔 34
- 任务三 认识填料塔 38
- 任务四 识别塔设备的常见故障、掌握故障处理及设备维护方法 43

项目四 学习换热器 46

- 任务一 认识换热器 46
- 任务二 学习列管式换热器的结构与类型 48
- 任务三 了解其他类型的换热器 53
- 任务四 识别换热器的常见故障、掌握故障处理及设备维护方法 56

项目五 学习泵 58

任务一	了解泵的基础知识	58
任务二	学习离心泵	61
任务三	了解其他类型的泵	65
任务四	识别泵的常见故障、掌握故障处理及设备维护方法	68

项目六 认识压缩机 72

任务一	了解压缩机	72
任务二	认识往复式压缩机	73
任务三	认识离心式压缩机	81
任务四	识别压缩机的常见故障、掌握故障处理及设备维护方法	85

项目七 了解其他类型化工设备 89

任务一	掌握容器基础知识	89
任务二	了解干燥设备	100
任务三	了解蒸发设备	103
任务四	了解结晶设备	108
任务五	了解离心设备	110
任务六	了解破碎设备	114

项目八 了解化工管路及管钳工基本操作 118

任务一	了解化工管路及组成	118
任务二	了解管钳工基本常识	126

参考文献 131

项目一

学习化工设备基础知识



学习目标

- ① 了解化工生产对化工设备的要求；
- ② 认识本课程涉及的有关规范并会查询；
- ③ 了解化工设备的种类、使用材料类型、特性及应用；
- ④ 了解化工设备管理知识。

任务一

了解化工设备基础知识

在学习本课程时，可以到附近的化工企业参观、实践，或者上网搜寻化工企业的视频、图片。

呈现在眼前的是不是如图 1-1 所示这样的场景呢？



图 1-1 化工企业厂区

正如我们所见，化工企业由大小、各式各样的设备组成，其中大部分是化工设备。

一、化工设备的定义及分类

1. 化工设备的定义

化学工业又称化学加工工业，泛指生产过程中化学方法占主要地位的过程工业。化学工



业是利用化学反应改变物质结构、成分、形态等生产如无机酸、碱、盐、稀有元素、合成纤维、塑料、合成橡胶、染料、涂料、化肥、农药等化学产品。

化学工业生产中所用的机器和设备的总称叫化工设备。化工生产中为了将原料加工成一定规格的成品，往往需要经过原料预处理、化学反应以及反应产物的分离和精制等一系列化工过程，实现这些过程所用的机械，常常都被划归为化工设备。

2. 化工设备的分类

① 化工设备通常可分为两大类，动设备和静设备。

动设备如图 1-2 所示，这些设备的主要作用部件是运动的，所以叫动设备。

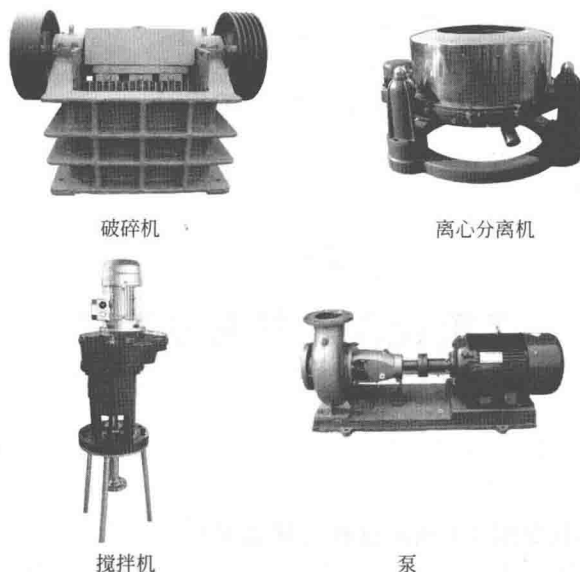


图 1-2 动设备

静设备如图 1-3 所示，这些设备主要作用部件是静止的或者只有很少的运动。



图 1-3 静设备

化工设备除上图显示的之外还有很多设备，但区分的关键是看主要作用部件是运动还是静止。

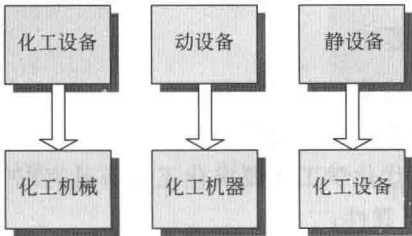


什么是“主要作用部件”呢？

在化工设备中起到核心功用的，占有主要地位的部件，如泵中的叶轮、塔的塔体等。

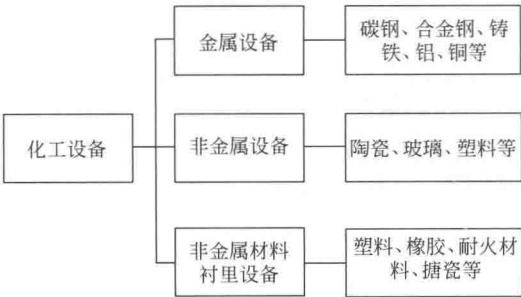
知识拓展：化工设备的另一种叫法

在化工企业，许多设备维修人员又把化工设备称为化工机械，动设备称为化工机器，静设备称为化工设备。



② 按结构特征和用途分容器、塔器、换热器、反应器（包括各种反应釜、固定床或液态化床）和管式炉等。

③ 按结构材料分金属设备、非金属设备和非金属材料衬里设备。



④ 按受力情况分外压设备（包括真空设备）和内压设备，内压设备的分类见图 1-4。

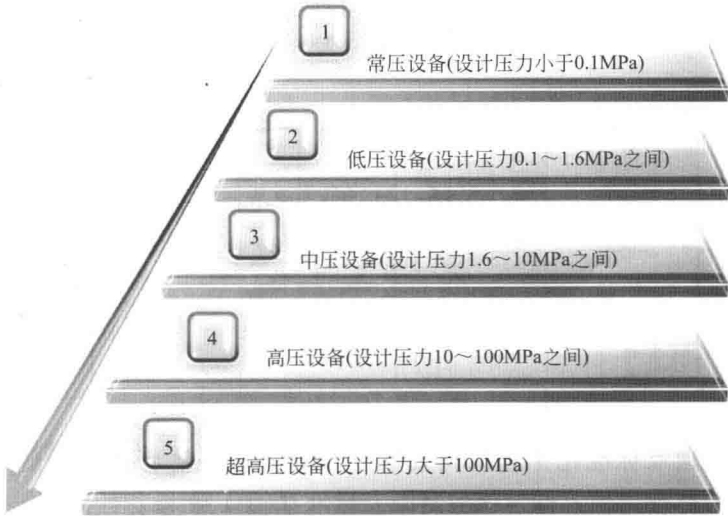


图 1-4 内压设备分类



知识链接：压力锅

压力锅是一种内压力容器，它是1967年法国物理学家德尼·帕潘发明的。压力锅靠独特的高温、高压功能，大大缩短了做饭的时间，节约了能源。请上网查查，压力锅的工作压力是多少？



二、化工生产对设备的要求

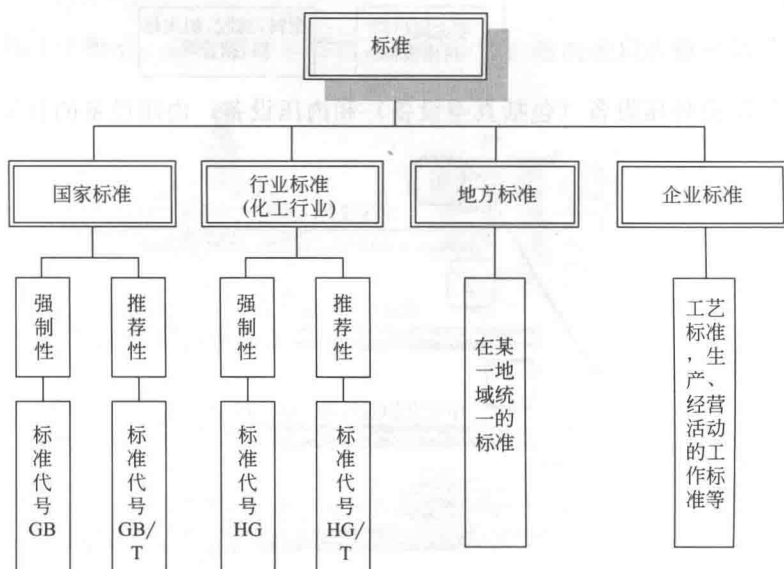
化工产品的质量、产量和成本，在很大程度上取决于化工设备的完善程度，而化工设备本身的特点必须能适应化工过程中经常会遇到的高温、高压、高真空、超低压、易燃、易爆以及强腐蚀性等特殊条件。近代化学工业要求化工设备具有以下特点：

- ① 具有连续运转的安全可靠性；
- ② 满足操作条件要求的力学性能；
- ③ 具有优良的耐腐蚀性能；
- ④ 工作状态下密封性能良好；
- ⑤ 低成本、低能耗，操作维修方便。

三、化工设备规范

标准、规范、规程是在工程领域出现频率最多的三个词汇，其实它们都是标准的一种表现形式，可以统称为标准。

我国标准体制目前分为四级，国家标准、行业标准、地方标准和企业标准。



国家标准指由国家标准化管理机构批准发布对全国经济、技术发展有重大意义，且全国范围内统一的标准。国家标准分强制国家标准（GB）和推荐性国家标准（GB/T），见图 1-5。



图 1-5 国家标准



图 1-6 化工行业标准

行业标准是在全国某个行业范围内统一的标准，化工行业标准是化工行业的统一标准，该标准编号以 HG 开头，见图 1-6。

国家和行业标准编号由标准代号、标准发布顺序号和标准发布年号（发布年份）构成。



编号 GB 150—1998《钢制压力容器》，GB 开头证明是国家颁布标准，该标准顺序号 150，1998 年颁布。

编号 HG 20652—1998《塔器设计技术规范》，HG 开头表示为化工行业标准，标准顺序号 20652，1998 年颁布。

地方和企业标准是由某区域和某企业制定和实行的标准。企业标准由企业自行制定，一种需要上报备案，另一种不需要备案，只要企业好用并得到认可就行。

能力拓展：查阅标准

① 分清是国家、行业还是地方或企业标准。

② 网络查找是一种有效的方法，试试登陆国家标准文献共享服务平台：<http://www.cssn.net.cn/>。

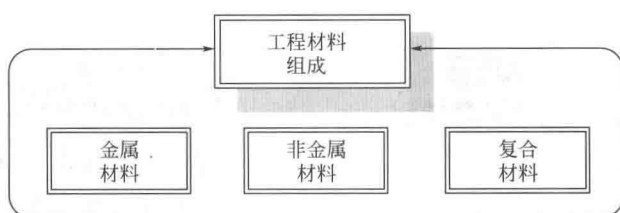
www.cssn.net.cn/。

任务二 学习化工设备材料

生活中的各种日常用品和生产中的各种机器设备，都是由不同材料制成的。

一、工程材料的分类

工程材料是用在化工、机械、能源、建筑等领域的材料。工程材料一般分为金属材料、非金属材料 and 复合材料三大类。



金属材料是工程应用最重要的材料，如图 1-7～图 1-9 所示。



图 1-7 钢铁制件

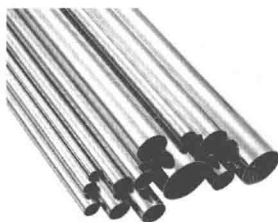


图 1-8 不锈钢管



图 1-9 铜管件

非金属材料 and 复合材料因为具有金属材料所不及的优异性能，所以在近代工业及日常生活中的用途不断扩大。

知识拓展：复合材料的应用

法国空客公司生产的 A350，机身结构的复合材料用量达到 52%，而钢材用量仅仅为 7%，见图 1-10。

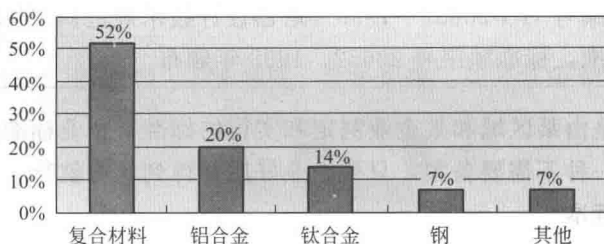


图 1-10 空客飞机机身材料比例

二、金属材料的主要性能

1. 力学性能

材料的力学性能又称机械性能，是材料在外力作用下表现出来的性能。力学性能对金属材料的使用有着非常重要的影响。描述力学性能的指标很多，主要有强度、硬度、塑性、韧性、疲劳强度等。

(1) 材料的强度

强度是金属材料在外力作用下，抵抗产生塑性变形（不可恢复的变形）和断裂的能力，抵抗塑性变形和断裂的能力越强，强度越高。常用的强度指标是抗拉强度和屈服强度。

抗拉强度是材料受拉断裂前的最大应力值，称为强度极限或抗拉强度，用 σ_b 表示。

屈服强度是材料拉伸时，当作用力超过一定值，材料的变形增加加快，材料会产生塑性变形。当作用力继续增加，塑性应变急剧增加，这种现象称为屈服，发生屈服时的应力称为屈服极限，用 σ_s 表示。

(2) 材料的硬度

硬度是金属材料抵抗硬物压入的能力,或者说金属表面抵抗局部塑性变形的能力。硬度不是一个单纯的物理量,它是反映材料强度、塑性和弹性等的综合性指标。硬度越高,材料的耐磨性越好。

实践表明,材料的强度和硬度是相关的,强度越高,塑性变形抗力越高,硬度值也就越高。

知识链接: 最硬的矿物

钻石(金刚石)是目前已知自然界中最硬的物质,绝对硬度是石英的1000倍,刚玉的150倍,在工业上常用作钻头、刀具、精密轴承等。



(3) 材料的塑性

塑性是指金属材料受力后发生变形而不被破坏的能力。塑性好的金属材料在加工时受到的抗力小,变形充分,可以获得优良的加工性能。

同时,塑性好的材料在超负荷工作时,可以产生塑性形变,避免突然断裂破坏。

(4) 材料的冲击韧性

工程中不少零件,如压缩机的曲轴、汽车发动机的连杆等在工作中都要承受冲击载荷,如图1-11、图1-12所示。冲击载荷所引起的变形和应力比静载荷时大得多,因此承受冲击载荷的零件除要求高的强度和一定的硬度外,还必须具有足够的韧性。这种抵抗冲击载荷而不被破坏的能力称为冲击韧性。



图 1-11 压缩机曲轴



图 1-12 汽车发动机连杆

(5) 疲劳强度

许多化工设备零部件在工作过程中受到大小、方向随时间呈周期性变化的载荷作用,而在无数次这种载荷作用下,能承受不被破坏的最大应力就是疲劳强度。

实践表明,损坏的机械零件中,80%的断裂是由金属疲劳造成的。



反复正反向弯曲细铁丝,不需要多大的力,弯曲一定的次数后铁丝折断了,但是单方向弯曲铁丝就不会断,这是什么原因造成的破坏呢?
铁丝发生了疲劳破坏。



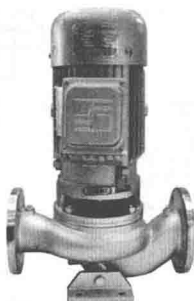
2. 物理性能

金属材料的物理性能有密度、熔点、导热性、热膨胀性、磁性和耐磨性等。

金属材料的物理性能对金属加工有一定的影响，如进行不同种类的钢板焊接时，就要考虑它们热膨胀性要接近，否则因为受热变形不同会使构件损坏。

3. 化学性能

金属材料的化学性能主要是指在常温或高温时，抵抗各种介质侵蚀的能力，如耐酸性、耐碱性、抗氧化性等。



耐腐蚀管道泵

金属材料的化学性能一般包括抗氧化性和抗腐蚀性。抗氧化性是指金属材料在高温时抵抗氧气或其他如水蒸气等介质作用的能力。耐腐蚀性是金属材料抵抗各种介质（大气、酸、碱、盐）侵蚀的能力。

因为化工设备常在高温或腐蚀介质下工作，故在设计时特别注意金属材料的化学性能，并采用化学稳定性良好的材料制造。

4. 工艺性能

工艺性能是金属材料物理、化学性能和力学性能在加工过程中的综合反映，是指是否易于进行冷、热加工的性能。按工艺方法的不同，可分为铸造性、可锻性、焊接性和切削加工性等。

三、金属材料的分类及常用的金属

1. 金属材料的分类

化工设备所用的金属材料一般不用纯金属，主要以合金为主。合金是一种金属与其他金属或非金属熔合在一起的金属材料，合金材料具有比金属材料更好的物理和化学性能，优良的力学性能和工艺性能。最常用的合金是以铁为基础的铁碳合金，俗称钢铁，另外还有以铜、铝为基础的有色金属。

金属材料一般有两种分类方法。

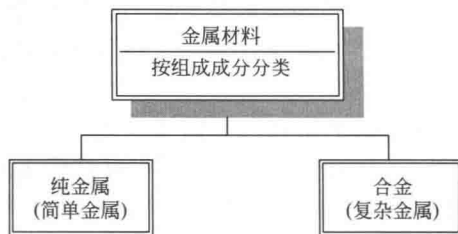
(1) 按使用分类



① 黑色金属 指铁和铁的合金，如铸铁、钢、铁合金等。

② 有色金属 除黑色金属外的所有金属和合金，如铜、铝、锡等及黄铜、青铜、铝合金等。

(2) 按组成成分分类

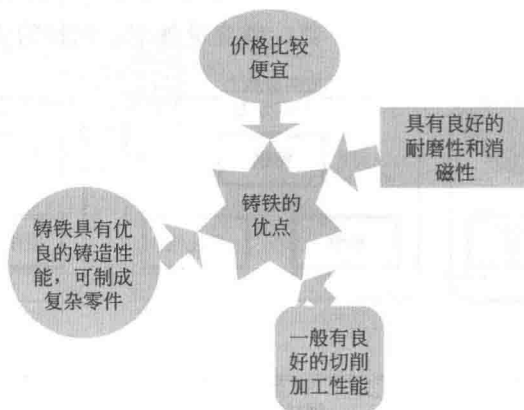


① 纯金属 只有一种金属元素、不含其他杂质的金属,因为纯金属种类有限、价格较高,因此在工业上很少应用。

② 合金 一种主要金属与另外一种或几种物质组成,其种类很多,应用非常广泛。如钢是铁碳合金、黄铜是铜锌合金。

2. 铸铁

含碳量在 $2\%\sim 4.5\%$ 之间的铁碳合金叫做铸铁。碳在铸铁中以游离状态的石墨存在,铸铁的力学性能与石墨的存在形状、大小和分布有关。



(1) 灰铸铁

铸铁中的碳大部分或全部以片状石墨形式存在,使灰铸铁的抗拉强度和塑性不高,但是灰铸铁具有良好的减振和耐磨性,具有好的铸造工艺性以及切削加工性能。

灰铸铁在工业和民用生活中应用得非常广泛,如制造支柱、罩壳、齿轮箱、烧碱大锅、淡盐水泵、纯碱或染料介质中工作的化工零件等。

(2) 可锻铸铁

可锻铸铁中的碳以团絮状石墨的形式存在,对基体的割裂作用较小,因此它的力学性能比灰铸铁好,具有较高的塑性和韧性,故又称为韧性铸铁。可锻铸铁实际并不可锻造,只不过因为具有一定的塑性变形能力,所以叫可锻铸铁。

(3) 球磨铸铁

碳在铸铁基体中以球状石墨形式存在,与灰铸铁相比,强度和塑性都有提高,和钢相比,除塑性、韧性稍低外,其他性能均接近,是一种同时兼有钢和铸铁优点的优良材料,因此得到了广泛应用,见图 1-13、图 1-14。



图 1-13 球磨铸铁井盖

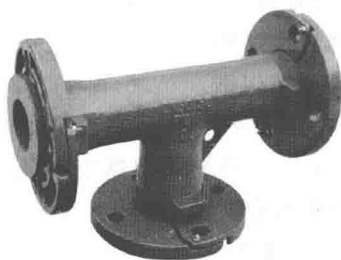


图 1-14 球磨铸铁管件



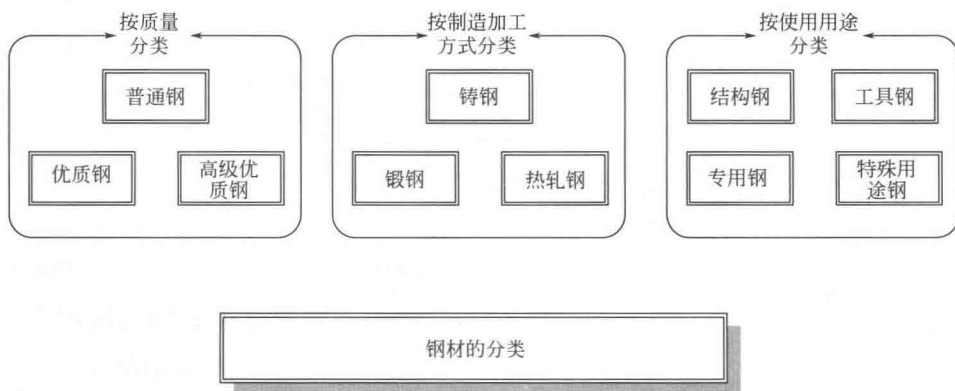
(4) 特殊性能铸铁

具有某些特性的铸铁，根据用途不同，可分为耐磨铸铁、耐热铸铁、耐蚀铸铁等。这些铸铁一般是加入适量的合金元素后形成的，如加入硅形成耐蚀铸铁、加入铬形成耐热铸铁。这类铸铁应用也较为广泛，如化工设备的泵、阀门常用此材料制造。

3. 钢

(1) 钢的分类

钢材在工程建设各个领域中的应用都是极其广泛的，它是生产、生活必不可少的物质。钢是含碳量小于 2.11% 的铁碳合金，除了碳之外，铁碳合金中还含有少量的磷、硫、硅、锰等元素。硫、磷在钢材中是有害的杂质，硫、磷含量越小，钢材的质量越好。



(2) 普通碳素结构钢

普通碳素结构钢又称普通碳素钢，含碳量较低，以小于 0.25% 最为常用，其中大部分用作焊接、铆接的钢结构件，少数用于制作各种机器部件。

① 价格低廉。

② 应用范围非常广泛。

(3) 优质碳素结构钢

优质碳素结构钢是含碳小于 0.8% 的碳素钢，这种钢中所含的硫、磷及非金属夹杂物比碳素结构钢少，力学性能较为优良，多用于重要的零部件，应用非常广泛。

依据含碳量的不同，这种钢分为低碳钢、中碳钢、高碳钢。

4. 合金钢

合金钢是为了改善碳钢的性能，特意在钢中加入一种或几种适量的合金元素，如铬、镍、钛、锰、钼、钒等，根据添加元素的不同，并采取适当的加工工艺，可获得高强度、高韧性、耐磨、耐腐蚀、耐低温、耐高温、无磁性等特殊性能。

化工行业常用低合金结构钢、合金结构钢，而合金结构钢中常用到不锈钢耐酸钢和耐热钢。

① 低合金结构钢，在化工设备上广泛应用，如锅炉、压力容器等。

② 合金结构钢

a. 不锈钢耐酸钢，应用在需要耐大气及较弱介质腐蚀的场合。

b. 耐热钢，抵抗高温蠕变及高温氧化的钢。

5. 有色合金材料

有色合金材料是在一种有色金属中加入一种或几种元素而构成的合金。

(1) 铜合金

常见的铜合金有黄铜、白铜及青铜等。以锌为主要增加元素的铜合金称为黄铜，黄铜在生产及日常生活中应用非常广泛，图 1-15 是黄铜的一种应用。白铜是以镍为主要添加元素的合金，因为力学性能和耐腐蚀性好，色泽美观，广泛用于制造精密机械、化工机械和船舶构件，以及日常生活用品，如图 1-16 所示。青铜是铜、锡、铅的合金，具有硬度大、可塑性强、耐磨、耐腐蚀等优点，通常铸造轴承、齿轮等。



图 1-15 黄铜阀门

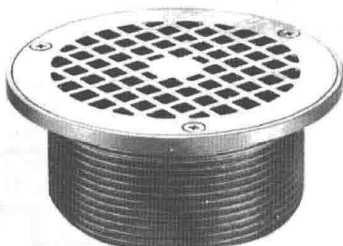


图 1-16 白铜制地漏

知识链接：青铜之王——后母戊鼎

博大精深的中华文明中，青铜文化是中华文明的见证。中国国家博物馆收藏的被誉为“青铜之王”的商代铜鼎——后母戊鼎，重达 832.84kg，是目前已经发现的中国古代最重的单体青铜礼器，也是中国青铜文化的代表。



(2) 铝合金

铝合金密度低、强度高，接近或超过优质钢。铝合金的塑性好，可加工成各种型材，且具有优良的导电性、导热性、耐蚀性。因此，铝合金是工业中应用最广泛的一类有色金属材料，在航空、航天、汽车、机械制造、船舶及化学工业中大量应用。

四、非金属材料

非金属材料可分为无机材料和有机材料两大类。在某些场合，非金属材料可代替金属材料，是化学工业不可缺少的材料。

1. 无机非金属材料

无机非金属材料是以某些元素的氧化物、碳化物等物质组成的材料。化工生产中常用到的有化工陶瓷、化工搪瓷、玻璃等。

- ① 化工陶瓷是耐蚀材料，常用作设备衬里。
- ② 化工搪瓷可抵抗除强碱外的酸、盐、有机溶剂和弱碱。
- ③ 玻璃可以耐除氢氟酸、热磷脂和浓碱之外的一切酸和有机溶剂的腐蚀。

2. 有机非金属材料

在化工生产中常用的有机非金属材料主要有橡胶、玻璃钢、塑料等。

(1) 橡胶

橡胶分为天然橡胶和合成橡胶，因为具有良好的防渗透性和耐腐蚀性，化工生产中常用在