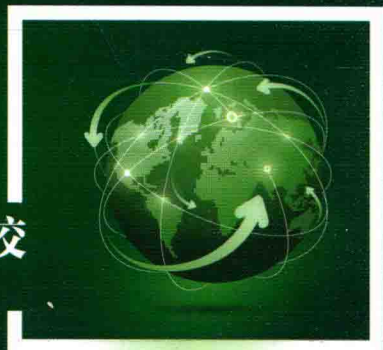


国家中等职业教育改革发展示范学校

重点专业教材建设成果



# 典型煤化工 单元过程及操作

- 郑蒸蒸 主编
- 郑月慧 副主编
- 薛利平 主审

DIANXING  
MEIHUAGONG  
DANYUAN  
GUOCHENG  
JI  
CAOZUO



化学工业出版社

国家中等职业教育改革发展示范学校  
重点专业教材建设成果

# 典型煤化工单元过程及操作

郑蒸蒸 主 编  
郑月慧 副主编  
薛利平 主 审



化学工业出版社

· 北京 ·

本教材共分为六个项目，分别是流体输送、过滤、传热、蒸馏、气体吸收、干燥。各项目又分为多个任务，各任务前先列举了项目描述和学习目标，各任务后附有知识拓展、想一想练一练、任务实施。本着极简够用的原则，以期利于学生对所学内容有更为直观的理解。

本书可作为职业学校煤化工专业学生的教材，也可供相关煤化工生产企业的技术人员参考。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

典型煤化工单元过程及操作/郑蒸蒸主编. —北京: 化学工业出版社, 2015.9

国家中等职业教育改革发展示范学校重点专业教材建设成果  
ISBN 978-7-122-24714-8

I. ①典… II. ①郑… III. ①煤化工-化工单元操作-中等专业学校-教材 IV. ①TQ53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 171227 号

---

责任编辑: 张双进  
责任校对: 王素芹

文字编辑: 李 玥  
装帧设计: 刘丽华

---

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 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市宇新装订厂

710mm×1000mm 1/16 印张 11 $\frac{1}{4}$  字数 249 千字 2015 年 10 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: 29.00 元

版权所有 违者必究

# 国家中等职业教育改革发展示范学校 重点专业教材建设

## 编审委员会

主 任：王黎明

委 员：（按姓氏笔画排序）

王建平	孔令慧	师文辉	朱学伟	任成平	孙建明
李水龙	李 舟	李国宏	张日利	张旭华	陆善平
陈启文	苗林明	郑智宏	秦京菊	秦晋一	原 俊
柴琳洁	梁占禄	董树清	温鹏飞	薛利平	薛新科

特聘专家：（按姓氏笔画排序）

王晓东	王梅梅	李四峰	郎红旗	杨志东	赵建勇
赵海兰	温卫东	韩文斌	薛永兵		

# 前言

根据教育部、人力资源社会保障部、财政部《关于实施国家中等职业教育改革发展示范学校建设计划的意见》，国家中等职业教育改革发展示范校建设的重点任务之一就是创新教育内容，以人才培养对接用人需求、专业对接产业、课程对接岗位。教材对接技能为切入点，深化教学内容改革。为了更好地将化学工艺专业与山西省的煤化工行业企业深度融合，满足山西煤化工经济发展对技能型人才的需求，编写了本教材。

本教材的特点如下。

1. 依据对山西化工行业企业的调研，参照化工总控工职业资格标准，考虑了学生的特点，结合学校的实训条件，与行业企业合作进行开发的基于工作过程的课程。

2. 本着“必需、够用”为度的原则，对原来化工单元操作的教学内容进行整合，删减了较深的理论知识以及复杂公式的推导过程，注重实际应用操作能力的训练。

3. 采用项目任务式的编排设计，以化工单元操作岗位工作过程为主线，通过现场教学，仿真训练、实训操作和一体化教学方式，使学生在完成任务的过程中掌握所需知识、提高技能。另外增加了现代煤化工新技术、新工艺、新设备，以适应现代技术的发展。

本教材的主要内容包括六个项目：流体输送、过滤、传热、蒸馏、气体吸收、干燥。每个项目分为若干个任务，以典型工作任务为载体，将化工单元操作的基本理论、常用设备、工艺流程以及操作技能有效结合。各任务前先列举了项目描述和学习目标，每个任务后编有知识拓展，有利于促进学生个性发展，拓宽学生的知识面；还编有想一想练一练和任务实施，可帮助学生自主学习、及时复习和巩固必须掌握的知识 and 能力要点。

本教材由山西省工贸学校郑蒸蒸主编，郑月慧副主编，薛利平主审。绪论、项目一和项目五由郑蒸蒸编写；项目二、项目三和项目四由郑月慧编写；项目六由山西省化工研究院季成官编写。全书由郑蒸蒸统稿。

本书在编写过程中得到化学工业出版社、山西省工贸学校领导和化学与环境工程科全体教师的大力支持，在此一并表示感谢！

由于编写时间仓促，编者水平有限，书中难免有错误和不足之处，恳请读者提出宝贵意见。

编者

2015年8月

# 目录

绪论 .....	1
<b>项目一 流体输送 .....</b>	<b>4</b>
任务一 认识化工管路 .....	5
活动一 认识管子 .....	5
活动二 认识管件 .....	9
活动三 认识阀门 .....	9
任务二 认识流体输送单元流程 .....	12
任务三 测量流体基本参数 .....	15
活动一 测量流体密度和黏度 .....	15
活动二 测量流体压力和液位 .....	16
活动三 测量流量和流速 .....	21
任务四 实际流体的衡算和能量衡算 .....	26
活动一 物料衡算 .....	26
活动二 能量衡算 .....	27
任务五 测量流体阻力 .....	31
任务六 认识离心泵 .....	35
活动一 认识离心泵的结构和工作原理 .....	35
活动二 认识离心泵的铭牌 .....	39
任务七 操作离心泵 .....	45
活动一 离心泵的调节 .....	45
活动二 离心泵的运行 .....	46
任务八 认识气体输送机械 .....	49
活动一 认识离心式通风机 .....	49
活动二 认识鼓风机 .....	50
活动三 认识压缩机 .....	52
活动四 认识真空泵 .....	54
<b>项目二 过滤 .....</b>	<b>58</b>
任务一 认识过滤设备 .....	59
活动一 学习非均相混合物的分离方法 .....	59

活动二 认识非均相物系分离设备 .....	61
任务二 认识过滤单元工艺流程 .....	68
任务三 过滤操作 .....	70
<b>项目三 传热 .....</b>	<b>73</b>
任务一 认识换热设备 .....	73
任务二 认识传热单元工艺流程 .....	77
任务三 测量传热过程参数 .....	80
活动一 学习传热基本知识 .....	80
活动二 热传导相关计算 .....	83
活动三 对流传热计算 .....	85
活动四 计算平均温差 .....	88
任务四 换热器操作 .....	91
活动一 实训操作 .....	91
活动二 仿真操作 .....	92
<b>项目四 蒸馏 .....</b>	<b>95</b>
任务一 认识精馏设备 .....	96
任务二 认识精馏单元工艺流程 .....	99
任务三 测定精馏过程参数 .....	103
活动一 学习精馏基本知识 .....	103
活动二 计算两组分溶液的气液平衡组成 .....	103
活动三 精馏塔全塔物料衡算 .....	107
活动四 回流比的选择 .....	109
活动五 进料热状况选择 .....	110
活动六 求理论塔板数 .....	112
任务四 精馏操作 .....	115
<b>项目五 气体吸收 .....</b>	<b>119</b>
任务一 认识吸收设备 .....	120
任务二 认识吸收-解吸流程 .....	124
任务三 测定吸收过程中的参数 .....	129
活动一 学习吸收基本知识 .....	129
活动二 计算气液相平衡浓度 .....	130
活动三 计算吸收剂用量 .....	135
任务四 吸收-解吸操作 .....	139

<b>项目六 干燥</b> .....	143
任务一 认识干燥器 .....	144
任务二 认识干燥流程 .....	149
任务三 测定干燥过程参数 .....	151
活动一 测定湿空气的参数 .....	151
活动二 计算物料含水量 .....	153
活动三 物料衡算 .....	155
任务四 干燥操作 .....	158
<b>附录</b> .....	161
附录一 法定单位计量及单位换算 .....	161
附录二 常用数据表 .....	166
附录三 常见气体、液体和固体的重要物理性质 .....	171
附录四 一些气体溶于水的亨利系数 .....	173
附录五 某些二元物系的气液平衡组成 .....	174
附录六 乙醇水溶液的一些性质 .....	176
<b>参考文献</b> .....	178



# 绪 论

## 一、本课程的性质、内容和任务

化学工业又称化学加工工业，是综合运用化学和物理方法将原料加工成化学产品的加工工业。因此化工过程包括两部分，以化学反应为核心的化学过程和物理过程。尽管化学工业的门类繁多，产品和生产方法复杂多样，但是在生产过程中用到的许多物理过程遵循相同的基本原理、所用设备相似、作用相同。这类物理过程称为单元操作。本课程研究的就是单元操作的基本规律、基本计算、典型设备结构和操作。典型单元操作如下。

- ① 动量传递过程：流体的输送、非均相物系的分离。
- ② 热量传递过程：传热、蒸发。
- ③ 质量传递过程：精馏、吸收和干燥。

《典型煤化工单元过程及操作》是化学工程专业核心课程。在化学工艺专业的教学体系中处于承上启下、不可或缺的地位。任务是让学生在项目化教学过程中掌握化工单元操作的基本原理、基本计算、典型设备及生产中操作控制方法，培养学生具有一定的岗位操作实践能力。

## 二、单元操作常用的基本概念

在研究化工单元操作时，常用到以下五个基本概念，即物料衡算、能量衡算、平衡关系、过程速率、经济核算。

### 1. 物料衡算

物料衡算的依据是质量守恒。化工生产过程中，进入过程的物料量必等于从该过程排出的物料量和过程中的积累量。即：

$$\text{输入物质质量} = \text{输出物质质量} + \text{累积物质质量}$$

对于稳定操作过程，没有累积量，则：

$$\text{输入物质质量} = \text{输出物质质量}$$

物料衡算可以按照以下步骤进行。

- ① 根据题意画出流程示意图，用箭头标明物料的流向。
- ② 确定衡算范围和衡算对象。衡算范围可以是一个系统、一段工序或一个设

备；衡算对象是指对哪种物料进行衡算。

③ 确定衡算的基准。

④ 列出物料衡算式。

**【例 0-1】** 每小时有 10t 20% 的乙醇水溶液进入精馏塔，塔顶馏出的产品中含乙醇 95%，塔底排出的废水中含乙醇小于 3%。求每小时可得产品多少吨？

**解：** 图 0-1 中虚线范围为精馏塔物料衡算范围，以每小时为衡算基准，列出衡算式。

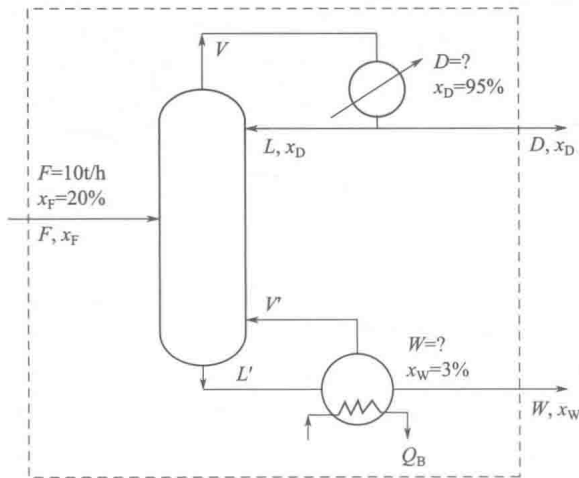


图 0-1 【例 0-1】附图

对乙醇水溶液衡算： $10 = D + W$

对乙醇衡算： $10 \times 20\% = D \times 95\% + W \times 3\%$

解得： $D = 1.85\text{t/h}$ ， $W = 8.15\text{t/h}$

## 2. 能量衡算

能量衡算的依据是能量守恒定律。本教材中所用到的能量主要有机械能和热能。

输入的能量 = 输出的能量 + 能量损失

能量衡算的步骤与物料衡算的步骤基本相同。

## 3. 平衡关系

过程的平衡关系是研究过程进行的方向和所能达到的极限。当过程处于不平衡态时，必将以一定的速率进行。例如传热过程，当两物体温度不同时，即温度不平衡，就会有热量从高温物体向低温物体传递，直到两物体的温度相等为止，此时过程达到平衡，传热结束。

## 4. 过程速率

过程速率是指单位时间内过程的变化率。实验证明：

$$\text{过程速率} = \frac{\text{过程推动力}}{\text{过程阻力}}$$

例如两物体间的传热过程，其过程的推动力就是两物体的温度差。即传递过程

的速率与推动力成正比，与阻力成反比。显然过程的阻力是各种因素对过程速率影响的总的体现。

### 5. 经济核算

为生产定量的某种产品所需要的设备，根据设备的类型和材料的不同，可以有若干设计方案。对同一台设备，所选用的操作参数不同，会影响到设备费与操作费。因此，要从经济核算的角度确定最经济的设计方案。

## 三、单位及单位换算

### 1. 单位

任何物理量的大小都是用数值与计量单位来表示的。因此，物理量的单位与数值应一起纳入运算。物理量的单位分两类：基本单位和导出单位。

1960年10月第11届国际计量会议制定了一种国际上统一的国际单位制，其国际代号为SI。国际单位制中的单位是由基本单位、导出单位和辅助单位组成。

国际单位制中的基本单位见附录一。

### 2. 单位换算

同一物理量若用不同单位度量时，其数值需相应的改变，这种换算称为单位换算。

**【例 0-2】** 已知  $1\text{atm}=1.033\text{kgf}/\text{cm}^2$ ，试将此压强换算为 SI 单位。

解：  $1\text{kgf}=\text{kg}\times 9.81\text{m}/\text{s}^2=9.81\text{N}$

$$1\text{atm}=1.033\times 9.81/(\text{10}^{-2})^2=101325\text{Pa}$$

# 项目一

## 流体输送

### 项目描述

在煤化工产业中（煤制油、煤制烯烃、煤制天然气、煤制乙二醇等）生产处理的原料、中间产品、产品大多数为流体，涉及的过程大部分在流动条件下进行。因此，流体的流动和输送是必不可少的操作过程。煤化工生产中物料的种类很多，被输送流体的性质如密度、黏度、毒性、腐蚀性、易燃性与易爆性等各不相同，而且流体的温度不同，压力从高真空到高压，每小时的输送量不同，所以完成输送流体任务需要认识化工管路、了解流体参数和输送机械。

### 学习目标

1. 了解化工管路的组成。
2. 能识别实训装置的管子、管件和阀门。
3. 理解密度、压力、流量、黏度等基本概念。
4. 能利用工具书查找流体的密度和黏度。
5. 会利用公式计算流体的密度、表压、真空度和绝对压强。
6. 会使用常用的测压仪表、液位计和流量计。
7. 认识离心泵的主要部件和作用，能叙述离心泵的工作原理。
8. 会计算离心泵的相关参数。
9. 能正确进行离心泵开停车操作。
10. 会调节离心泵的流量。
11. 养成规范操作的意识。
12. 具有安全意识。

## 任务一 认识化工管路

化工管路是化工生产中所使用的各种管路形式的总称,是化工生产中不可缺少的部分,见图 1-1。化工管路犹如人体的血管,主要作用是输送各种物料、蒸汽、水以及气体;按照流程连接机器和设备。据统计,化工厂管道安装的费用约占总投资的 15%~20%。只有管路安装合适才能保证各车间及整个工厂正常生产运行。因此,了解化工管路的构成与作用非常重要。

化工管路主要由管子、管件和阀件构成,如图 1-2 所示,也包括一些附属于管路的管架、管卡、管撑等辅件。实际化工生产中所输送的流体千差万别,操作参数各不相同,为完成不同的输送任务,化工管路也各不相同。

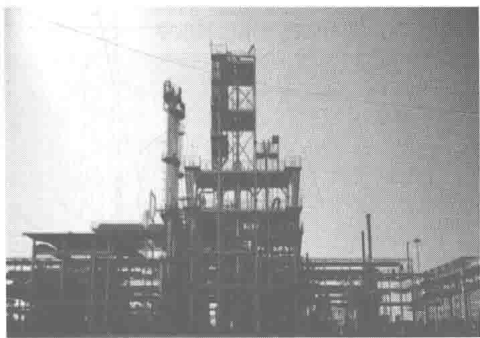


图 1-1 煤化工企业外景

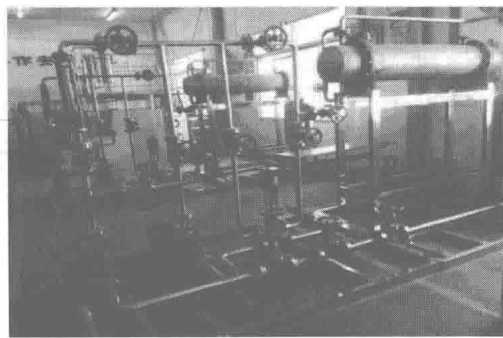


图 1-2 化工管路构成

### 活动一 认识管子

管子是管路的主体,由于生产系统的工艺条件不相同,管子需要满足强度、耐温、耐压、耐腐蚀以及导热等性能。根据工艺条件选择不同材质的管子很重要。管子主要包括以下几种。

金属管	• 主要有铸铁管、钢管和有色金属管。
非金属管	• 主要有陶瓷管、水泥管、玻璃管、塑料管、橡胶管等。
复合管	• 由金属和非金属材料复合而成的管子,最常见的是衬里管。

#### 一、金属管

##### 1. 铸铁管

铸铁管是用铸铁浇铸成型的管子。铸铁管用于给水、排水和煤气输送管线。各种铸铁管如图 1-3 所示。

##### 2. 钢管

按生产方式分,可分类如下。

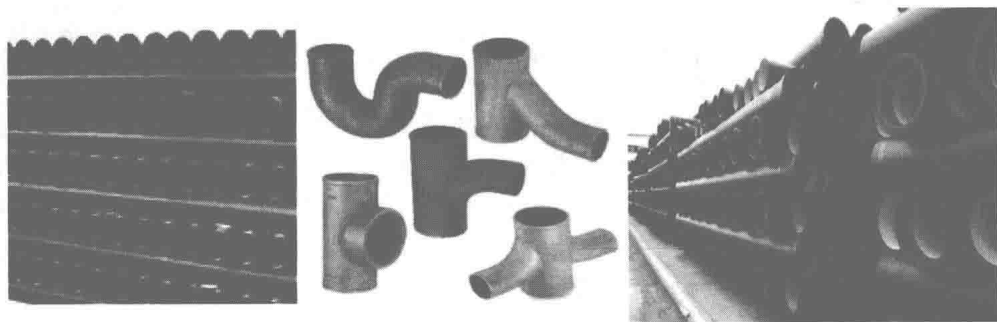


图 1-3 铸铁管

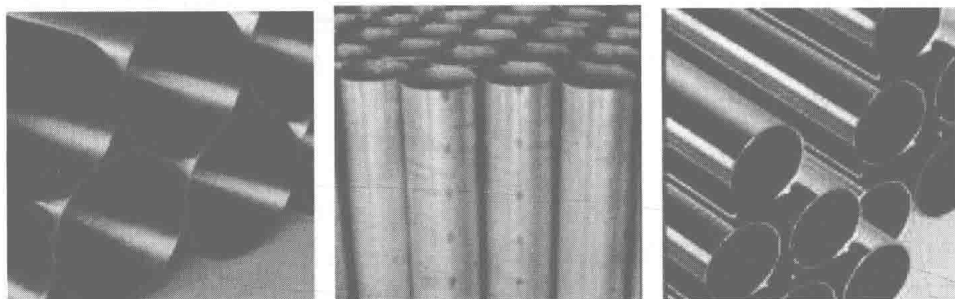
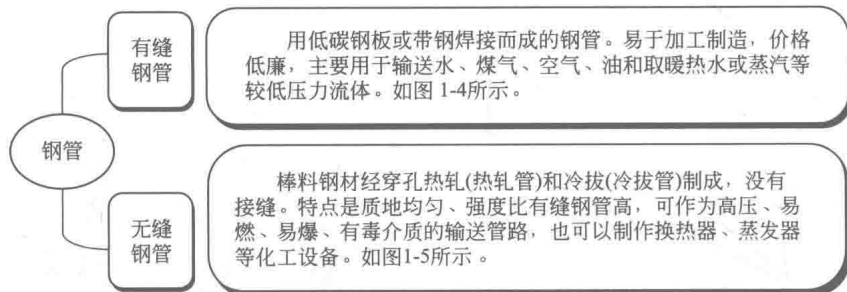
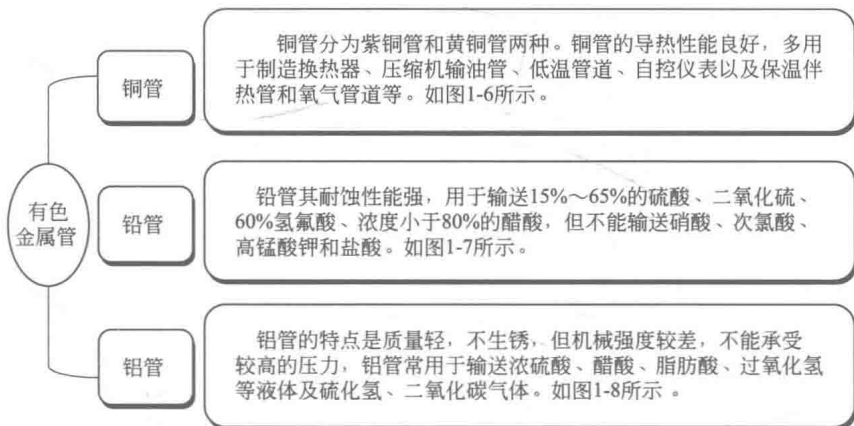


图 1-4 各种有缝钢管



图 1-5 各种无缝钢管

### 3. 有色金属管



紫铜管



黄铜管



图 1-7 铅管

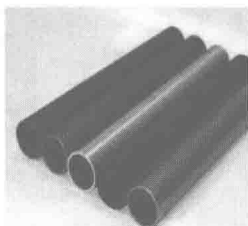


图 1-8 铝管

图 1-6 铜管

## 二、非金属管

由于非金属管具有质轻、价廉、耐蚀的特点，故在化工生产中的使用范围越来越广。常用的非金属管如下。

### 1. 塑料管

常用的塑料管有酚醛塑料管、硬聚氯乙烯塑料管、聚氯乙烯软管、聚乙烯管、聚四氟乙烯管。各种塑料管如图 1-9 所示。

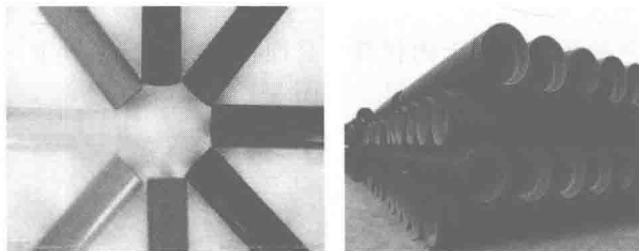


图 1-9 塑料管

### 2. 玻璃管

玻璃管耐蚀性特别强，除氢氟酸外，在高温下对硫酸、硝酸、王水也具有很高的抵抗能力，但是不耐压。各种玻璃管如图 1-10 所示。

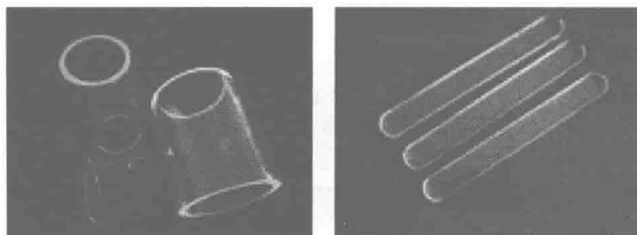


图 1-10 玻璃管

### 3. 陶瓷管

陶瓷管具有很好的耐腐蚀性，但性脆、机械强度低、不耐高压和温度的剧变。可作为输送具有腐蚀性介质的管路。陶瓷管如图 1-11 所示。

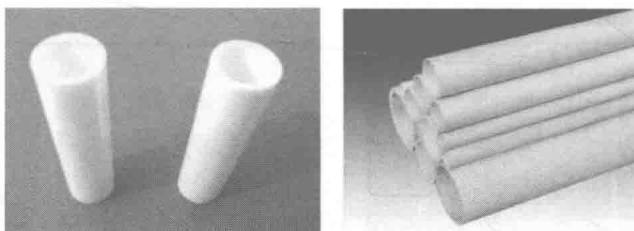


图 1-11 陶瓷管

### 4. 水泥管

水泥管主要用于下水道的污水管。其规格用  $\phi$  内径 $\times$ 壁厚表示，如图 1-12 所示。

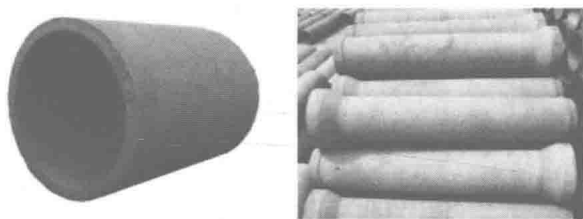


图 1-12 水泥管

## 三、复合管

复合管是由两种及两种以上的材料复合而得到的管子，最常见的是衬里管。常以金属、橡胶、塑料、搪瓷作为衬里。如图 1-13 所示。

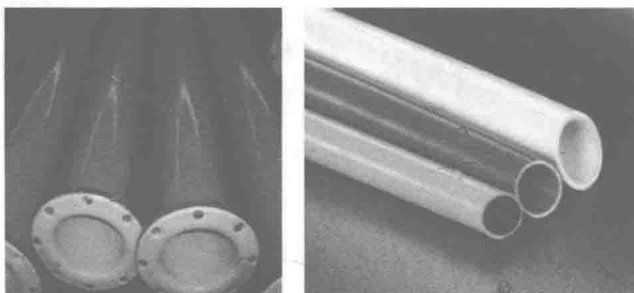


图 1-13 各种复合管



## 活动二 认识管件

管件是将管子连接成管路的零件，主要用来连接管子、改变管路方向和直径、接出支路和密封管路，多用与管子相同的材料制成。各种管件如图 1-14 所示。



图 1-14 各种管件

## 活动三 认识阀门

### 1. 阀门

阀门是流体输送系统中的控制部件，用来调节介质的压力和流量，接通或切断介质的流通，保护管路设备的正常运行。阀门的用途广泛，种类繁多，分类方法也较多。目前国内和国际上通用分类法一般将阀门分为：

