



高职高专“十一五”规划教材

江苏省教育厅立项建设精品教材

化工单元过程及操作

吴 红 主编
周立雪 主审



化学工业出版社

高职高专“十一五”规划教材
江苏省教育厅立项建设精品教材

化工单元过程及操作

吴红 主编
周立雪 主审



化学工业出版社

·北京·

本书为江苏省教育厅立项建设的精品教材，力求吸取同类教材的优点。

本书主要内容包括化工单元操作的基本概念、原理、工艺计算和操作技术。其特色是以工作任务为主线，按照认知规律和工作程序把单元操作的原理、设备、工艺计算、操作分析融合起来，重点介绍了流体流动与输送、传热、蒸馏、蒸发、吸收、干燥等单元操作。此外，还对吸附、萃取、混合、膜分离技术、超临界流体萃取等单元操作在化工生产中的应用进行了简单介绍。

本书可作为高职高专化工类及相关专业教材，也可供化工企业技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

化工单元过程及操作/吴红主编. —北京: 化学工业出版社, 2008.6

高职高专“十一五”规划教材. 江苏省教育厅立项建设精品教材

ISBN 978-7-122-02855-6

I. 化… II. 吴… III. 化工单元操作-高等学校: 技术学院 IV. TQ02

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 081583 号

责任编辑: 窦臻 旷英姿

文字编辑: 刘志茹

责任校对: 徐贞珍

装帧设计: 周遥

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: 三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 22½ 字数 609 千字 2008 年 8 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: 36.00 元

版权所有 违者必究

前 言

化工单元过程及操作是化工类及相关专业一门重要的专业基础课,旨在通过对该门课程的学习,使学生能够运用单元操作的原理、分析方法处理工程实际问题,进行装置操作。

本教材为江苏省教育厅立项建设的精品教材,力求在吸取同类教材优点的基础上编出一本符合高等职业教育特点、遵循学生的认知规律、趣味性强,并与生产实际结合密切的教材,为此,本教材进行了以下尝试。

1. 案例贯穿于各单元操作的始终。为便于学生的理解,各单元操作一般采用日常生活中能够接触到的实际例子引入,辅之以典型生产案例。本教材以工作任务为主线,按照认知规律和工作程序把单元操作的原理、设备、有关计算、操作分析融合起来,更加符合培养生产一线技术应用型人才的需要。

2. 努力培养学生的工程观点。除典型案例来自于生产实际外,例题的选取和有关问题的分析皆来自于生产实际,使学生通过这些例题了解有关原理、概念、公式的实际应用,做到学以致用。此外,各章之后也增加了一些需要学生查找资料或实地调查才能解决的习题,以培养学生解决实际问题的能力。

3. 图文结合,直观生动。教材中插有丰富的实物和设备内部、外观图,增强直观生动性和趣味性,引领学生自主学习。

4. 加强专业英文词汇的学习。各章重要的专业词汇第一次出现时均有对应的英文翻译,使学生在学单元操作知识的同时,也学习了相应的英文词汇。

本教材由吴红主编,参加编写人员有吴红(第三、四、六章)、徐忠娟(第一章)、田华(第二章)、刘郁(第五、七章)、张旭光(第八章),全书由吴红统稿。教材的编写得到有关企业的专家李毅、王家俊提供的部分案例支持,主审周立雪教授对教材的编写给予了大力支持与指导,冷士良、潘文群、张传梅、蒋丽芬、汤立新、简华对教材进行了初审并提出了很多宝贵的建议,在此向他们表示深深的谢意。

本教材是化工原理教材建设的有益尝试,因编者水平有限,不当之处在所难免,敬希指正。

编者

2008年5月

目 录

第一章 流体输送	1
第一节 概述	1
第二节 流体输送管路基本组成及其安装	3
一、化工管路基本构件的选择	3
二、化工管路的标准	11
三、管路直径的确定	13
四、化工管路的工程安装	16
第三节 流体输送方式的选择	19
一、生产案例	19
二、稳定流动与不稳定流动	19
三、流体稳定流动时流速的变化规律—— 连续性方程	20
四、流体稳定流动时能量的变化规律—— 柏努利方程	21
五、常见流体输送问题的分析与处理——	
柏努利方程的应用	27
第四节 流体流动参数的测量	47
一、压力测量	47
二、液位测量	50
三、流量测量	51
第五节 流体输送机械的选择、安装及 操作	57
一、液体输送机械	57
二、气体输送机械	82
本章注意点	93
本章主要符号说明	93
思考题	94
习题	95
第二章 传热	99
第一节 概述	99
一、传热案例	99
二、传热概述	100
第二节 工业中的换热设备	101
一、换热器的分类	101
二、间壁式换热器的结构型式	102
第三节 工业保温	107
一、保温材料的确定	107
二、保温层厚度的确定	109
第四节 工业换热	111
一、生产任务的确定	111
二、载热体的确定	114
三、换热面积的确定	115
第五节 换热器的操作与选用	121
一、换热器的操作	121
二、换热器的选用	124
本章注意点	129
本章主要符号说明	130
思考题	130
习题	130
第三章 蒸馏	132
第一节 概述	132
一、蒸馏案例	133
二、蒸馏概述	134
第二节 蒸馏设备	134
一、精馏流程	134
二、精馏设备	137
三、其他蒸馏方式	140
第三节 精馏过程分析	142
一、进入精馏塔原料量和精馏塔塔径的 确定	143
二、再沸器内加热蒸汽消耗量的确定	148
三、塔板数的确定	150
四、进料热状态的影响及适宜加料位置的 确定	152
五、回流比的影响及适宜回流比的 确定	155
六、进料组成和流量的影响	157
七、操作温度和操作压力的影响	157
第四节 精馏塔的操作	158
一、精馏塔的开、停车	158

二、精馏塔的运行调节	159	本章主要符号说明	163
三、精馏操作中不正常现象及处理 方法	161	思考题	163
本章注意点	162	习题	163
第四章 吸收		四、塔径的确定	166
第一节 概述	166	五、填料层高度的确定	189
一、吸收案例	166	第四节 吸收塔的操作	191
二、吸收概述	169	一、填料吸收塔的开、停车	191
第二节 吸收设备	170	二、吸收操作的调节	192
一、吸收流程	170	三、吸收操作不正常现象及处理方法	193
二、吸收设备	171	本章注意点	193
三、其他吸收方式	177	本章主要符号说明	193
第三节 吸收过程分析	178	思考题	194
一、吸收过程的限度	178	习题	195
二、吸收剂用量的确定	181		
三、吸收速率	185		
第五章 非均相物系的分离		二、非均相物系分离方法的选择	224
第一节 概述	197	第五节 转筒真空过滤机的操作	225
一、非均相物系分离案例	197	一、开、停车	225
二、常见非均相物系的分离方法	200	二、正常操作	226
第二节 沉降	200	三、转鼓真空过滤机操作常见异常现象与 处理	226
一、重力沉降设备及计算	200	四、转鼓真空过滤机的使用与维护	226
二、离心沉降设备及计算	207	本章注意点	226
第三节 过滤	215	本章主要符号说明	227
一、过滤设备	215	思考题	227
二、过滤的基本知识	219	习题	227
第四节 气体的其他净制方法与非均相物系 分离方法的选择	222		
一、气体的其他分离方法与设备	222		
第六章 固体干燥		第四节 干燥过程分析	243
第一节 概述	228	一、空气消耗量的确定	243
一、固体物料的去湿方法	228	二、干燥速率	245
二、干燥案例	229	第五节 干燥操作	247
三、干燥方法	230	一、干燥操作条件分析	247
第二节 干燥设备	231	二、常用干燥设备的使用与维护	249
一、干燥流程	231	本章注意点	251
二、干燥设备	231	本章主要符号说明	251
第三节 湿空气的性质及湿物料中水分的 性质	235	思考题	252
一、湿空气的性质	236	习题	252
二、湿物料中水分的性质	240		
第七章 蒸发			
第一节 概述	253	第二节 蒸发设备	255

一、蒸发特点	255	三、蒸发器的经济分析	268
二、蒸发操作的分类	255	四、提高蒸发器生产能力的措施	272
三、蒸发流程	256	第四节 蒸发操作	273
四、常用的蒸发设备及适用的范围	257	一、开、停车	273
五、蒸发器的性能比较	262	二、工艺条件对蒸发操作的影响	275
六、蒸发器的改进与研究	262	三、蒸发操作异常现象及处理	275
七、蒸发器的辅助设备	262	本章注意点	276
第三节 蒸发计算	263	本章主要符号说明	276
一、单效蒸发的计算	263	思考题	277
二、蒸发器的生产强度	268	习题	277
第八章 其他单元操作简介	278		
第一节 吸附	278	四、膜分离设备的类型	302
一、应用案例	278	五、超滤、反渗透的工艺流程	305
二、吸附分离的基本原理	278	第四节 混合、乳化	306
三、吸附剂	280	一、混合	306
四、吸附分离工艺	282	二、乳化	312
第二节 液-液萃取	290	第五节 破碎、筛分	318
一、应用案例	290	一、破碎	318
二、液-液萃取的基本原理	290	二、筛分	321
三、萃取剂的选择	293	第六节 超临界流体萃取简介	323
四、液-液萃取设备	294	一、超临界流体的性质	324
五、萃取塔的操作	297	二、超临界流体萃取过程的特点	325
第三节 膜分离技术	299	三、超临界流体萃取的工艺流程	325
一、应用案例	299	本章主要符号说明	326
二、膜分离技术概述	299	思考题	327
三、分离用膜	302		
附录	328		
一、单位换算系数	328	十二、某些有机液体的相对密度（液体	
二、常用化学元素的相对原子质量	328	密度与4℃水的密度之比）	335
三、饱和水的物理性质	329	十三、有机液体的表面张力共线图	337
四、饱和水蒸气表（按温度排列）	330	十四、液体黏度共线图	339
五、饱和水蒸气表（按压力排列）	331	十五、液体的比热容	341
六、干空气的热物理性质（ $p=1.01325 \times$		十六、蒸发潜热（汽化热）	343
10^5 Pa ）	332	十七、气体黏度共线图（常压下用）	345
七、液体饱和蒸汽压 p° 的 Antoine（安托因）		十八、101.3kPa 压力下气体的比热容	347
常数	332	十九、某些液体的热导率	348
八、水在不同温度下的黏度	333	二十、管子规格	349
九、固体材料的热导率	333	二十一、IS 型单级单吸离心泵规格	
十、某些液体的热导率	334	（摘录）	349
十一、某些无机物水溶液的表面张力		二十二、某些二元物系在 101.3kPa（绝压）	
（dyn/cm）	334	下的汽液平衡组成	352
参考文献	354		

第一章 流体输送

学习目标

1. 了解：流体流动规律和流体输送操作在化工生产中的重要性；实际生产中常见流体输送方式及其应用的场合；计量泵、螺杆泵、鼓风机、真空泵等输送机械的工作原理、特性及应用范围。

2. 理解：连续性方程、柏努利方程、静力学基本方程的物理意义；流体阻力产生的原因和确定方法，流体的流动类型及判断依据，流体流动中边界层的概念，管内流体速度的分布规律；各种流量计工作原理、基本结构、性能和流量计算方法及选用原则；往复泵的结构、工作原理、性能参数、特性曲线、操作要点及应用，离心通风机的工作原理，性能参数及使用注意事项。

3. 掌握：管路布置的原则、管道直径的确定方法；连续性方程、柏努利方程、静力学基本方程式及其应用；流体输送方式选择的原则及其有关的计算；离心泵的结构、工作原理、性能参数及其影响因素、安装高度的计算方法、安装和操作要点、选型步骤；往复式压缩机的工作原理、基本计算及使用操作要点。

第一节 概述

化工生产过程所处理的物料，包括原料、中间体和产品，绝大多数是流体（气体和液体），或者是包括流体在内的非均相混合物。按照化工生产工艺要求，物料通常要从一个地方输送到另一个地方，从上一道工序转移到下一道工序，从一个设备送往另一个设备，逐步完成各种物理变化和化学变化，才能得到所需要的化工产品。因此，要完成化工生产过程，必须要解决流体输送（transportation of fluid）问题。另一方面，化工生产中的传热、传质及化学反应过程多数是在流体流动状况下进行的，流体的流动状况对这些过程的操作费用和设备费用有着很大的影响，关系到化工产品的生产成本和经济效益。因此，流体流动规律是本课程的重要基础，流体输送问题是化工生产必须解决的基本问题。

化工生产中要解决的流体输送问题主要有三大类：一是将流体从低位送到高位；二是将流体从低压设备送往高压设备；三是从一个地方送到很远的另一个地方，最常见的还是这几类输送问题的综合。为了完成工艺要求的流体输送任务，可从生产实际出发采取不同的输送方式。流体的输送方式有以下四种。

1. 高位槽送料（位差输送）

高位槽（header tank）送料就是利用容器、设备之间存在的位差，将高位设备的流体直接用管道连接送到低位设备。在工程上当需要稳定流量时，常常是先将流体加到高位槽（精细化工生产中用得较多的是高位计量槽），再由高位槽向反应釜等设备加料。例如：图 1-1 是酚醛树脂生产的工艺流程图，图中，反应釜 6 的加料就是利用高位原料计量罐 4、5 来维持的。这里要解决的问题是：高位槽与反应釜的之间的垂直位差为多大时才能保证所需的稳

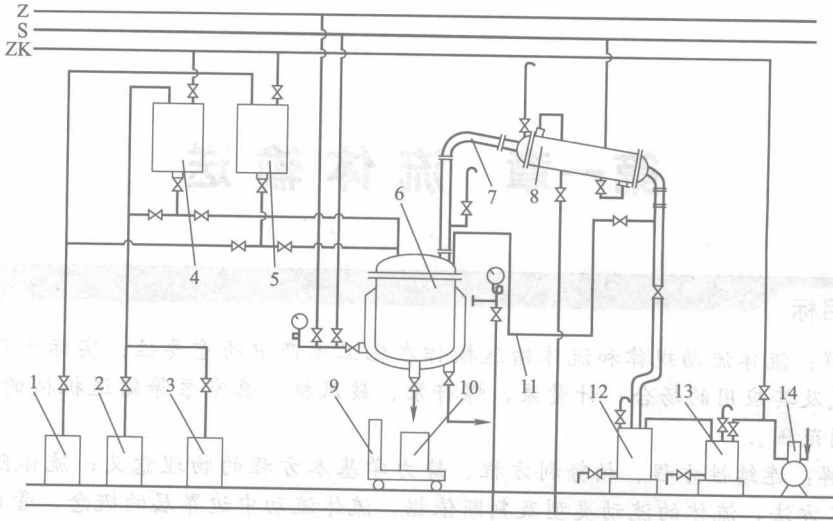


图 1-1 酚醛树脂生产的工艺流程图

- 1—熔酚罐；2—甲醛罐；3—碱液罐；4,5—高位计量罐；6—反应釜；7—导气管；8—冷凝器；9—磅秤；
10—树脂桶；11—U形回流管；12,13—贮水罐；14—真空泵；Z—蒸汽管；S—水管；ZK—真空管

定流量？

2. 真空抽料

真空抽料就是通过真空系统造成的负压来实现将流体从一个常压设备送到另一个负压设备的操作目的，如图 1-1 中，熔酚罐 1、甲醛罐 2、碱液罐 3 中的原料就是用真空抽吸的方法送入高位槽 4 和 5 中的。

真空抽料是精细化工生产中常用的一种流体输送方法，结构简单，操作方便，没有运动部件，但需要真空系统，流量调节不方便且不能输送易挥发性的液体。在连续真空抽料时，下游设备的真空度必须满足输送任务的流量要求，还要符合工艺生产对压力的要求。这里要解决的问题是：下游设备的真空度为多大才能既完成输送任务又满足工艺要求？下游设备的真空度是如何建立的？建立真空系统又需要哪些设备？

3. 压缩空气送料

在生产车间，对有些腐蚀性强的液体作近距离输送时，往往采用压缩空气或惰性气体来压料。如图 1-2 所示，要将低位酸贮槽中的硫酸送到高位的目标设备。通常是在压力容器酸贮槽液面上方，通入压缩空气（或氮气），在压力的作用下，将酸输送至目标设备。

压缩空气送料结构简单，无运动部件，不但可以间歇输送腐蚀性液体，利用压缩氮气还可输送易燃易爆的流体。缺点是，流量小、不易调节且只能间歇输送流体。这种送料方式要解决的首要问题是空气的压力多大才能满足输送任务对升扬高度的要求？压缩空气又是如何获得的？

4. 流体输送机械送料

流体输送机械送料是化工厂中最常见的流体输送方式，它是借助流体输送机械对流体做功，实现流体输送的目的。图 1-3 所示是某厂合成气净化车间脱硫工序中的吸收剂栲胶溶液输送示意图，地面上的常压循环槽中吸收剂栲胶溶液（贫液）是借助离心泵输送到高位脱硫塔顶的。这里的离心泵是典型的液体输送机械。

流体输送机械的类型很多，每一种类型的输送机械又有不同的型号。实际生产中我们到底选用哪种类型、哪种型号的输送机械来完成输送任务？如何选择？这也是工程技术人员要解决的问题。

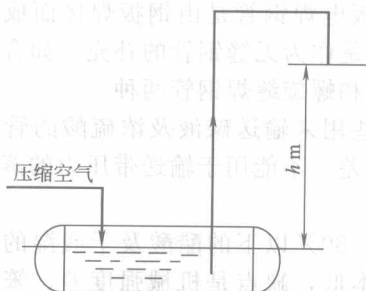


图 1-2 压缩空气送料示意图

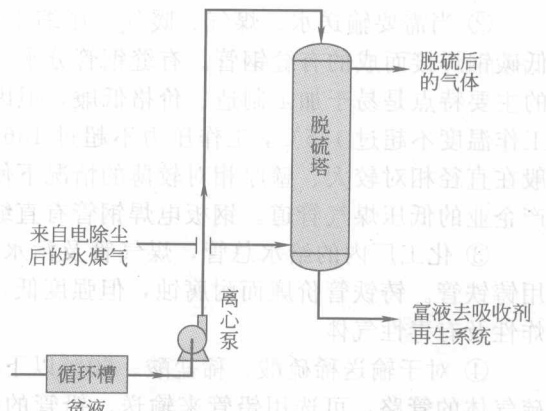


图 1-3 流体输送机械送料示意图

显然要利用上述四种方法很好地完成有关流体输送任务，操作人员必须掌握作为流体输送系统基本构成的管路的有关知识，掌握流体流动的基本规律，掌握流体输送时有关参数的测量和控制方法，掌握各种类型输送机械的基本原理、特点和操作要点。

第二节 流体输送管路基本组成及其安装

在前面图 1-1 酚醛树脂生产工艺流程图中，除了熔酚罐、甲醛罐、碱液罐、贮水罐、高位计量罐等各种容器、冷凝器、反应釜和真空泵外，还有导气管、蒸汽管、水管、真空管和 U 形回流管等各种管道，它们有的是用来沟通生产中的各种设备，如贮槽、高位槽、换热器和反应器；有的是用来输送加热蒸汽和冷却水、压缩气体、废气或连接真空系统等的，此外，在管道中还有用来控制物料流向和流量大小的各种阀门。

在化工厂中只有管路畅通，阀门调节适当，才能保证整个化工厂、各个车间及各个工段的正常生产。因此，管路在化工生产中起着极其重要的作用。

一、化工管路基本构件的选择

化工管路通常是由管子、管件、阀门与设备几部分连接而成的。一个合理的满足工艺要求的管路系统首先必须保证管子、管件和阀门的选择正确。

1. 管子的选择

化工厂中所用的管子种类繁多，若依制作材料可分为金属材料和非金属材料两大类。管子的选择主要是从耐压和耐腐蚀性两个方面考虑，有时还要结合耐高温的要求。

(1) 化工厂内输送有压流体时，一般选用金属材料制作的管子，而对于低压或接近于常压的流体输送则可选用普通级的薄壁金属管或非金属材料制作的管子。

对于金属材料制作的管子，根据金属材料的不同又可分为：钢管、铸铁管和有色金属管。

① 当需要输送有毒、易燃易爆、强腐蚀性流体或用于制作高温换热器、蒸发器、裂解炉等化工设备内部的管子时，可选用无缝钢管。无缝钢管是由普通碳钢、优质碳钢、合金钢、不锈钢等材料制作的，是用棒料钢材经穿孔热轧（热轧管）和冷拔（冷拔管）制成的，管子没有接缝，其特点是质地均匀、强度高、壁厚、规格齐全，能用于各种温度和压力下流体的输送。

② 当需要输送水、煤气、暖气、压缩空气、低压蒸汽以及无腐蚀性的流体时可选用由低碳钢焊接而成的有缝钢管。有缝钢管分水、煤气钢管和钢板电焊钢管二类。水、煤气钢管的主要特点是易于加工制造、价格低廉，但因为有焊缝而不宜用于压力较高的流体输送，其工作温度不超过 175°C ，工作压力不超过 1569kPa 。钢板电焊钢管是由钢板焊接而成的，一般在直径相对较大、壁厚相对较薄的情况下使用，通常是作为无缝钢管的补充，如合成氨生产企业的低压煤气管道。钢板电焊钢管有直缝电焊钢管和螺旋缝焊钢管两种。

③ 化工厂内的给水总管，煤气管及污水管等，某些用来输送碱液及浓硫酸的管道可使用铸铁管。铸铁管价廉而耐腐蚀，但强度低，紧密性也差，不能用于输送带压力的蒸汽、爆炸性及有毒性气体。

④ 对于输送稀硫酸、稀盐酸、60%以下的氢氟酸、80%以下的醋酸及干或湿的二氧化硫气体的管路，可选用铅管来输送。铅管的优点是成本低，缺点是机械强度差、笨重且性软，其工作温度不能高于 140°C 。不可用于浓盐酸、硝酸、次氯酸、高锰酸盐类等介质的输送。

⑤ 对于浓硝酸、浓硫酸、甲酸、醋酸、硫化氢及二氧化碳等酸性介质的输送管路，可以选择铝管。铝制造的管子，由于其导热能力强，质量轻，有较好的耐酸性，也可用于制作换热器的列管；小直径铝管可代替铜管传送有压流体。注意：铝管不能耐碱，不可用于输送盐酸、碱液及其他含氯离子的化合物；当温度超过 160°C 时，不宜在较高压力下使用，最高使用温度为 200°C 。

⑥ 化工厂内的油压系统、润滑系统、仪表的取压管线、深冷装置管路通常选用铜管或黄铜管。因为铜伸展性好，易弯曲成型，此外由于铜的导热性好，适用于制造换热器的管子。

(2) 对于压力低于 196kPa 和温度低于 150°C 腐蚀性流体的输送，还可选用陶瓷管。但是应该注意其性脆，机械强度低，不耐压且不耐温度剧变，不能用于氢氟酸的输送。

(3) 对于临时性管路连接及一些管路的挠性连接，可选用橡胶管。橡胶管按结构分为纯胶小口径管、橡胶帆布挠性管和橡胶螺旋钢丝挠性管等；按用途分为抽吸管、压力管和蒸汽管。其特点是耐酸碱，但不耐硝酸、有机酸和石油产品。

(4) 对于低温低压的某些管道也可以选用塑料管。塑料管的材料有酚醛树脂、聚氯乙烯、聚甲基丙烯酸甲酯、增强塑料（玻璃钢）、聚乙烯及聚四氟乙烯等。塑料管的共同优点是抗蚀好、质轻、加工容易，其中热塑性塑料可任意弯曲或延伸以制成各种形状；缺点是耐热性差，强度低和不耐压。不同质地的塑料管又有各自的优点，其中有些专项性能优于金属管，具体选用时可根据用途，参阅有关资料合理选择。

2. 管件的选择

将管子连接成管路时，需要依靠各种构件，使管路能够连接、拐弯和分叉，这些构件如短管、弯头、三通、异径管等，通常称为管路附件，简称管件。各种管件的名称如图 1-4 所示。

(1) 当改变管路方向时，可选用图 1-4 中的 90° 肘管或弯头、长颈肘管、 45° 肘管或弯头、回弯头。

(2) 当需要连接管路支管时，可选用图 1-4 中双曲肘管、偏面四通管、四通管、三通管、Y 形管。

(3) 当需要将直径不同的管道连接在一起时，可选用图 1-4 中的缩小连接管、内外牙管、Y 形管。

(4) 当管路不用需要堵塞时，可使用图 1-4 中的管帽和管塞或丝堵。

(5) 当需要连接直径相同的两管时，可使用图 1-4 中的束节或内牙管及外牙管。

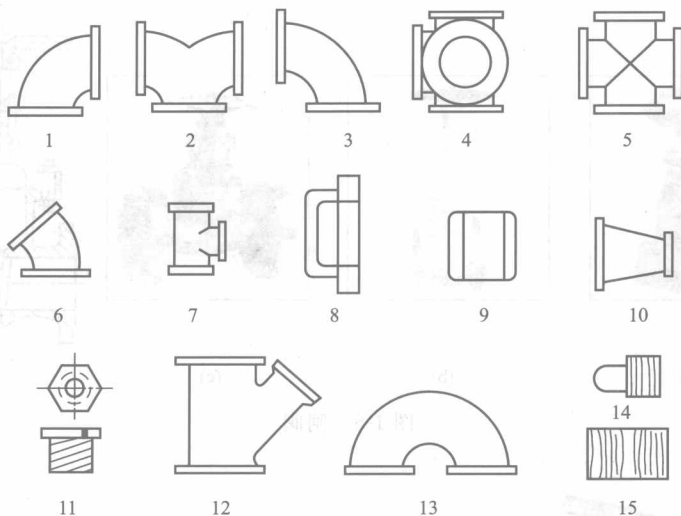


图 1-4 管件

1—90°肘管或弯头；2—双曲肘管；3—长颈肘管；4—偏面四通管；5—四通管；
6—45°肘管或弯头；7—三通管；8—管帽；9—束节或内牙管；10—缩小连接管；
11—内外牙管；12—Y形管；13—回弯头；14—管塞或丝堵；15—外牙管

除上述各种管件外，还有其他多种样式，详细内容可查有关手册。

3. 阀门的选择

阀门 (valve) 是在管路中用作流量调节、切断或切换管路以及对管路起安全、控制作用的部件。根据阀门在管路中的作用不同，可分为切断阀、调节阀、节流阀、止回阀、安全阀等。又可根据阀门的结构形式不同而分为闸阀、截止阀、旋塞 (常称考克)、球阀、蝶阀、隔膜阀、衬里阀等。此外，根据制作阀门材料的不同，又有不锈钢阀、铸铁阀、塑料阀、陶瓷阀等。各种阀门的选用和规格可从有关手册和样本中查到。下面仅对化工厂中最常见情况下的阀门选用作介绍。

(1) 在输送管路中，用于截断或接通介质流体时可选用截断阀类，包括闸阀、截止阀、球阀、旋塞、蝶阀、隔膜阀等。

① 对于大型管路的开关可选用闸阀。闸阀 (gate valve) 有时也叫闸板阀，其结构原理可用图 1-5 表示。它是利用阀体内闸门的升降以开关管路的。根据密封元件的闸门形式，常常把闸阀分成几种不同的类型，如：楔式闸阀、平行式闸阀、平行双闸板闸阀、楔式双闸板闸等。最常用的形式是楔式闸阀和平行式闸阀。图 1-5 中所示为几种常用的楔形闸阀。其中 (a) 为利用螺纹与管道连接的闸阀，(b)、(c) 为利用短颈和长颈法兰与管道连接的闸阀；(d) 为 (b) 的剖面图，(d) 中闸门位置表示管道完全关闭情况。转动手轮时，闸门上升而使流体流过。闸阀形体较大，造价较高，但当全开时，流体阻力小，只能用作清洁流体的大型输送管路的开关，不能用于有悬浮物液体管路上及控制流量的大小。

② 对于小型管路的开关可选用旋塞或球阀。

a. 旋塞 (faucet) 旋塞也叫考克 (cock)，其结构原理如图 1-6 所示。它是利用阀体内插入的一个中央穿孔的锥形旋塞来启闭管路或调节流量，旋塞的开关常用手柄而不用手轮。图 1-6 (a) 表示全关的位置，旋转 90° 后就是全开的位置，其优点为结构简单，开关迅速，流体阻力小，可用于有悬浮物的液体，但不适用于调节流量，亦不宜用于压力较高、温度较高的管路和蒸汽管路中。

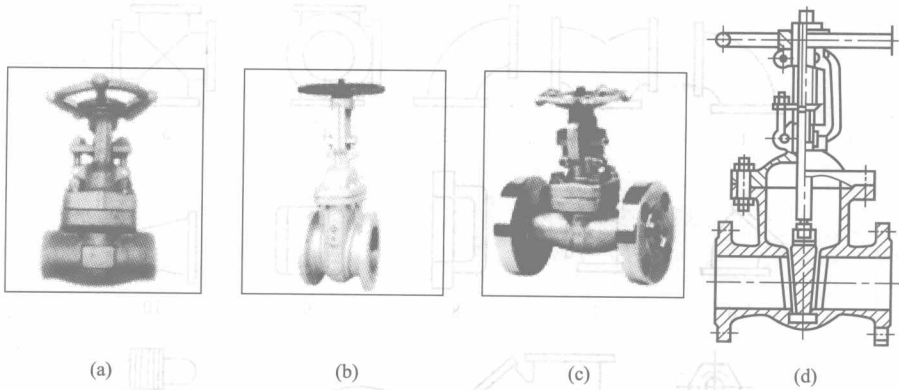


图 1-5 闸阀



(a) 美标法兰卡套式旋塞

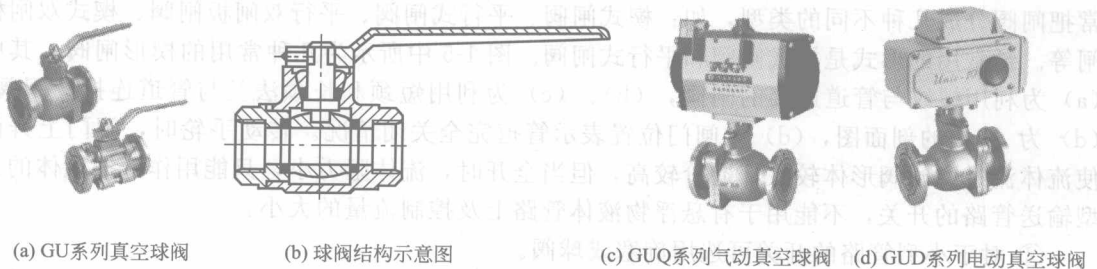
(b) 二通法兰式旋塞

(c) 旋塞剖面

图 1-6 旋塞

b. 球阀 (ball valve) 球阀是球心阀的简称, 如图 1-7 所示。它是利用一个中间开孔的球体作阀芯, 依靠球体的旋转来控制阀门的开关。它和旋塞相仿, 但比旋塞的密封面小, 只需要旋转 90° 的操作和很小的转动力矩就能关闭严密。阀体内腔为介质提供了阻力很小、直通的流道。球阀的主要特点是本身结构紧凑, 易于操作和维修, 适用于水、溶剂、酸和天然气等一般工作介质, 而且还适用于工作条件恶劣的介质, 如氧气、过氧化氢、甲烷和乙烯等。球阀阀体可以是整体的, 也可以是组合式的。

图 1-7 中 (a) 为手动带法兰的球阀实物图, (b) 为螺纹连接球阀的剖视图, (c)、(d) 均为自动控制的球阀的实物图, 其中 (c) 为气动控制的球阀, (d) 为电动控制的球阀。



(a) GU系列真空球阀

(b) 球阀结构示意图

(c) GUQ系列气动真空球阀

(d) GUD系列电动真空球阀

图 1-7 球阀

(2) 在输送管路中, 需要对介质的流量、压力大小进行调节时可选用调节阀 (throttling valve)。在生产过程中, 为了使介质的压力、流量等参数符合工艺流程的要求, 需要安装调节机构对上述参数进行调节。调节机构的主要核心是各种调节阀。调节阀的工作原理是

靠改变阀门阀瓣与阀座间的流通面积，达到调节上述参数的目的。

调节阀主要有截止阀、节流阀、减压阀等。

① 截止阀 (break valve) 截止阀的结构原理可用图 1-8 表示。截止阀的阀杆轴线与阀座密封面垂直，它是利用圆形阀盘在阀杆的升降时，改变其与阀座间的距离，以开关管路和调节流量。图中阀盘位置表示全关的情况。截止阀一旦处于开启状态，它的阀座和阀瓣密封面之间就不再接触，因而它的密封面机械磨损较小，由于大部分截止阀的阀座和阀瓣比较容易修理，或更换密封元件时无需把整个阀门从管线上拆下来，这对于阀门和管线焊接成一体的场合是很适用的。截止阀调节流量比较严密可靠，但对流体的阻力比闸阀要大得多，不适用于有悬浮物的流体管路。截止阀一般用于大型管路的流量调节，安装时要注意流体的流动方向应该是从下向上通过阀座（俗称低进高出）。图 1-8 中，(a) 为利用螺纹与管道连接的截止阀，(b) 为利用法兰与管道连接的截止阀；(c) 为 (b) 的剖面图。当然截止阀也可用作管路介质的切断或接通阀。

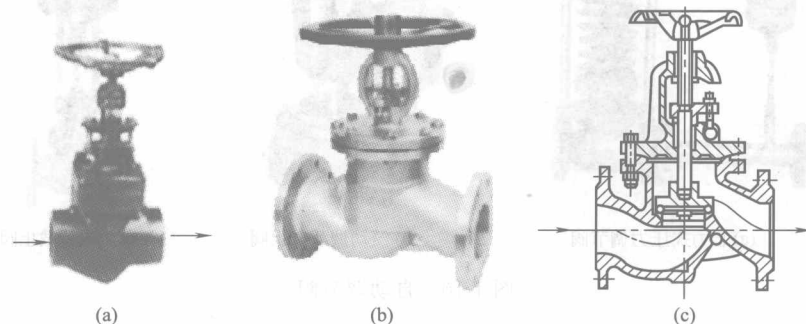


图 1-8 截止阀

② 节流阀 节流阀属于截止阀的一种，如图 1-9 所示，其中 (b) 为 (a) 的剖面图。它的结构和截止阀相似，所不同的是阀座口径小，同时用一个圆锥或流线型的阀头代替图 1-8 中的圆形阀盘，可以较好地控制、调节流体的流量，或进行节流调压等。该阀制作精度要求较高，密封性能好。主要用于仪表、控制以及取样等管路中，不宜用于黏度大和含固体颗粒介质的管路中。节流阀和截止阀一样，安装时也要注意流体的流动方向应该是低进高出通过阀座。

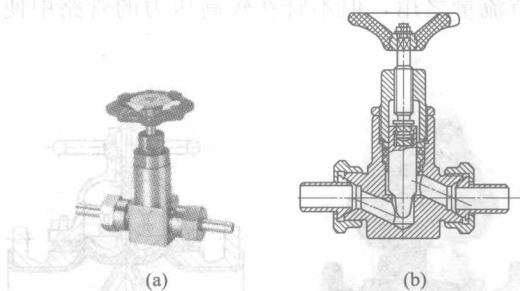


图 1-9 节流阀

③ 减压阀 广泛应用于气体、液体及蒸汽介质减压稳压或泄压稳压的自动控制。图 1-10 (a) 为工厂常用的 ZZY 型自力式压力调节阀。

根据调节阀中改变阀门阀瓣与阀座间的流通面积的原理不同，我们可将调节阀分为手动

调节阀和自动调节阀两类。

图 1-8 中的截止阀、图 1-9 中的节流阀均是手动调节阀。

图 1-10 是自动调节阀，又称自动控制阀。自动控制阀可分为自驱式控制阀和他驱式控制阀两类。

一类是依靠介质本身动力驱动的称为自驱式控制阀，如减压阀、稳压阀 [如图 1-10 (a)] 及后面介绍的安全阀，这种调节阀无需外加能源，利用被调介质自身能量为动力源引入执行机构控制阀芯位置，改变两端的压差和流量，使阀前（或阀后）压力稳定，具有动作灵敏，密封性好，压力设定点波动力小等优点。

另一类是依靠外来动力驱动的（如电力、压缩空气和液动力）称为他驱式控制阀，如气动调节阀 [图 1-10 (b)]、电动调节阀 [图 1-10 (c)] 和液动调节阀等。

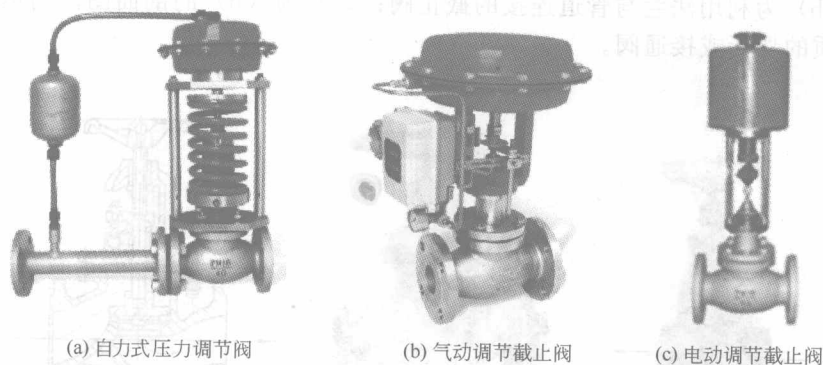


图 1-10 自动调节阀

(3) 对于腐蚀性流体输送管路系统的启闭与流量调节可选用隔膜阀 (diaphragm valve)。常见的隔膜阀有胶膜阀，如图 1-11 所示。这种阀门的启闭密封是一块特制的橡胶膜片，一个弹性的膜片夹置在阀体与阀盖之间，并用螺栓连接在压缩件上，压缩件是由阀杆操作而上下移动的，当压缩件上升时，膜片就高举，而造成通路；当压缩件下降时，膜片就压在阀体堰上（假使为堰式阀）或压在轮廓的底部（假使为直通式），达到密封。在管线中，此阀的操作机构，不暴露在被输送流体中，故不具污染性，也不需要填料，阀杆填料部也不可能泄漏。因此，特别适用于输送有腐蚀性、有黏性的流体，例如泥浆、食品、药品、纤维性黏合液等。此外这种阀门结构简单，密封可靠，便于检修，流体阻力小。因此，一般在输送酸性介质的管路中作开关及调节流量之用，但不宜在较高压力的管路中使用。

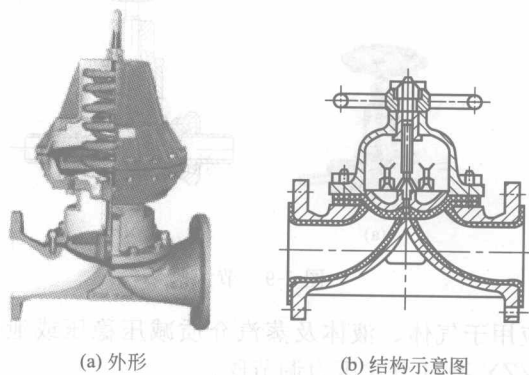


图 1-11 隔膜阀

(4) 对于介质超压时的安全保护作用, 可选用安全阀。安全阀 (safety valve) 是用来防止管路中的压力超过规定指标的装置。当工作压力超过规定值时, 阀门可自动开启, 以排除多余的流体达到泄压目的, 当压力复原后, 又自动关闭, 用以保证化工生产的安全。安全阀可分为弹簧式和重锤式两种类型。弹簧式安全阀如图 1-12, 主要依靠弹簧的作用力达到密封。当管内压力超过弹簧的弹力时, 阀门被介质顶开, 管内流体排出, 使压力降低。一旦管内压力降到与弹簧压力平衡时, 阀门则重新关闭。而重锤杠杆式安全阀如图 1-13, 主要靠杠杆上重锤的作用力来达到密封, 其作用过程同于弹簧式安全阀, 不再赘述。

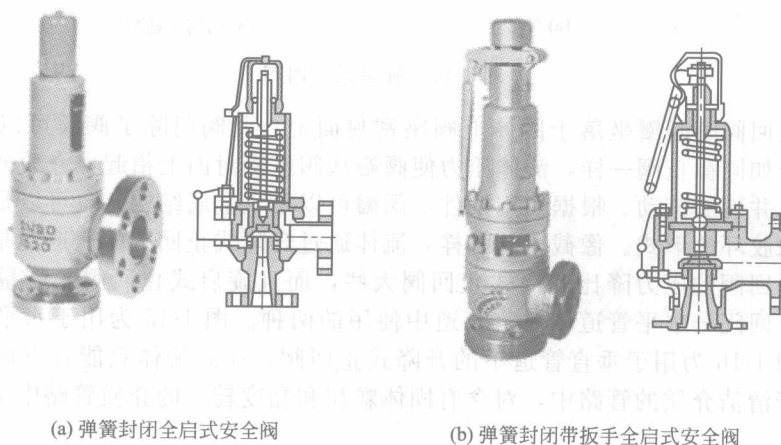


图 1-12 弹簧式安全阀

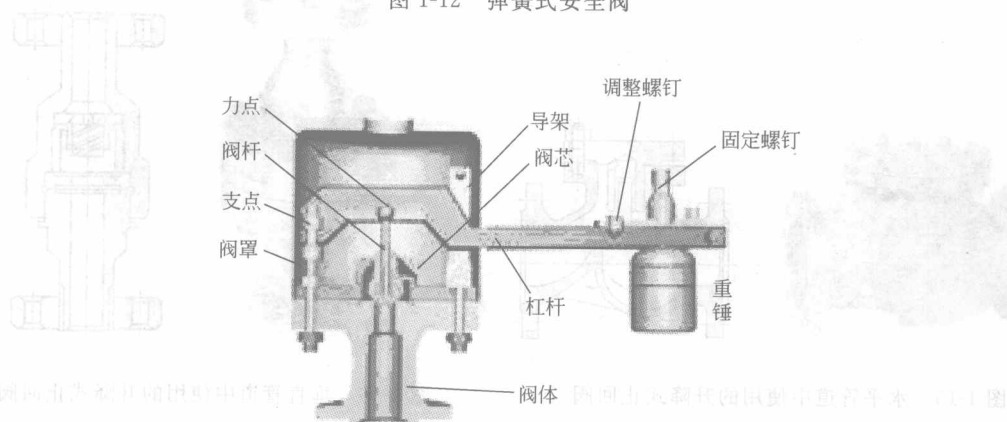


图 1-13 重锤杠杆式安全阀

(5) 当管路系统中必须阻止介质倒流时, 应设置止回阀。止回阀 (check valve) 又称单向阀, 其作用是只允许介质向一个方向流动, 而且阻止反方向流动。通常这种阀门是自动工作的, 在一个方向流动的流体压力作用下, 阀瓣打开; 流体反方向流动时, 由流体压力和阀瓣的自重合阀瓣作用于阀座, 从而切断流动。止回阀按结构不同, 分为旋启式和升降式两类。旋启式止回阀有一个铰链机构, 还有一个像门一样的阀瓣自由地靠在倾斜的阀座表面上 (如图 1-14 所示)。为了确保阀瓣每次都能到达阀座面的合适位置, 阀瓣设计铰链机构, 以便阀瓣具有足够有旋启空间, 并使阀瓣真正地、全面地与阀座接触。阀瓣可以全部用金属制成, 也可以在金属上镶嵌皮革、橡胶, 或者采用合成覆盖面, 这取决于使用性能的要求。旋启式止回阀在完全打开的状况下, 流体流动几乎不受阻碍, 因此通过阀门的压力降相对较小, 旋启式止回阀一般安装在水平管道上。

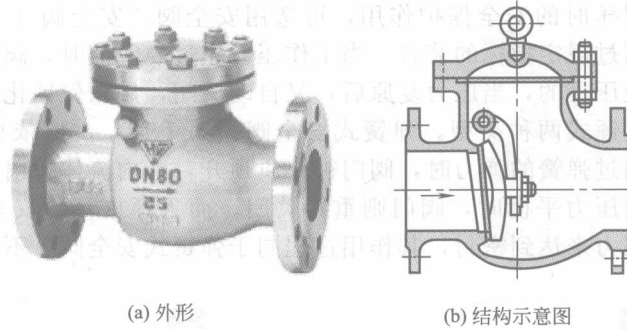


图 1-14 旋启式止回阀

升降式止回阀的阀瓣坐落于阀体上阀座密封面上。此阀门除了阀瓣可以自由地升降之外，其余部分如同截止阀一样，流体压力使阀瓣从阀座密封面上抬起，介质回流导致阀瓣回落到阀座上，并切断流动。根据使用条件，阀瓣可以是全金属结构，也可以是在阀瓣架上镶嵌橡胶垫或橡胶环的形式。像截止阀一样，流体通过升降式止回阀的通道也是狭窄的，因此通过升降式止回阀的压力降比旋启式止回阀大些，而且旋启式止回阀的流量受到的限制很少。升降式止回阀分水平管道和垂直管道中使用的两种。图 1-15 为用于水平管道中的升降式止回阀，图 1-16 为用于垂直管道中的升降式止回阀，注意流体只能自下而上流动。止回阀一般适用于清洁介质的管路中，对含有固体颗粒和黏度较大的介质管路中不宜采用。

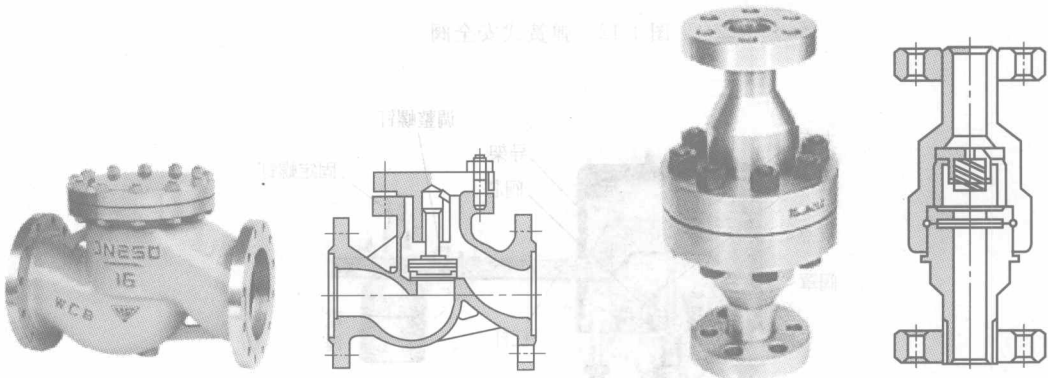


图 1-15 水平管道中使用的升降式止回阀

图 1-16 垂直管道中使用的升降式止回阀

(6) 用于分离、分配混合介质时，可选用分流阀，如疏水阀。疏水阀 (drain valve) 又称冷凝水排除阀，俗名疏水器。用于蒸汽管路中专门排放冷凝水，而阻止蒸汽泄漏。疏水阀的种类很多，目前广泛使用的是浮球式和热动力式两类。

自由浮球式蒸汽疏水阀 [见图 1-17 (a)] 是目前国内最先进的蒸汽疏水阀之一，其结构简单，内部只有一个精细研磨的不锈钢空心浮球，既是浮子又是启闭件，无易损零件，使用寿命很长。装置刚启动时，管道内出现空气和低温冷凝水，手动排空气阀能迅速排除不凝结气体，疏水阀开始进入工作状态，低温冷凝水流进疏水阀，凝结水的液位上升，浮球上升，阀门开启。装置很快提升温度，管道内温度上升至饱和温度之前，自动排空气阀已经关闭；装置进入正常运行状况，凝结水减少，液位下降，浮球随液位升降调节阀孔流量；当凝结水停止进入时，浮球随介质流向逼近阀座，关闭阀门。自由浮球式蒸汽疏水阀的阀座位于液位以下，形成水封，无蒸汽泄漏。