

高 · 职 · 高 · 专 · 规 · 划 · 教 · 材

化工 单元操作与控制

HUAGONG
DANYUAN CAOZUO
YU KONGZHI

杨成德 ● 主编

顾 准 ● 副主编

周国民 ● 主审



化学工业出版社

高 · 职 · 高 · 专 · 规 · 划 · 教 · 材

化工 单元操作与控制

杨成德 ◎ 主编

顾 准 ◎ 副主编

周国民 ◎ 主审



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书立足于高等职业教育的课程项目化改革,以典型工作过程为依据,以职业活动为导向,打破“学科”界限,走“课程融合”之路,是为培养化工总控工职业资格要求的高等技术应用型人才的需要而编写的。本书有效整合了化工原理、化工单元操作实训、化工制图等多门课程的部分资源,将化工总控工考核内容融合于课程项目教学之中,工学结合,依托现有的实训装置,实现多学科的融合;主要内容包括化工职业活动中涉及的基本知识、工艺计算和操作技能。本书主要研究化工单元操作过程的操控技术,并融入适量的安全技术,是化工原理在项目化实施过程中的教学总结。

本书可作为高等职业教育化工技术类或轻工、制药、生物、印染、材料等专业的教材和相关企业高技能人才的培训教材,也可供从事化工生产和管理的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

化工单元操作与控制/杨成德主编. —北京:化学工业出版社, 2010.9

高职高专规划教材

ISBN 978-7-122-09187-1

I. 化… II. 杨… III. 化工单元操作 IV. TQ02

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 140201 号

责任编辑:提岩 窦臻

装帧设计:关飞

责任校对:王素芹

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:北京市兴顺印刷厂

787mm×1092mm 1/16 印张15 字数386千字 2010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:29.00 元

版权所有 违者必究

前 言

本书立足于高等职业教育的课程项目化改革,以典型工作过程为依据,以职业活动为导向,打破“学科”界限,走“课程融合”之路,为培养化工总控工职业资格要求的高等技术应用型人才而编写的。本书内容以国家职业资格标准为基础,贯穿职业能力的培养,突出高职教育特色,采用项目教学法,体现工学结合的教学思路,落实了“双证融通”的行业要求。

通过剖析化工行业的职业资格标准和大范围下企业调研,明确了企业对员工的知识、能力、素质结构的要求。在编写过程中,力求把理论与实训统一起来,实现技能训练与理论学习的有机结合。课程内容通过项目化整体设计和实施设计,在具有职业活动特色的项目情境中贯穿学习内容,任务驱动教学活动,有效整合了化工原理、化工单元操作仿真实训、化工单元操作实训、化工过程及设备课程设计、化工安全技术、化工制图等课程的部分资源,形成了“能力为本、任务训练、学生主体、职业活动导向、项目载体、课程一体化设计”的项目化教学体系和形成性考核的教学模式,将化工总控工考核内容融合于课程项目教学之中,努力实现工学结合。按认识规律梳理知识点和技能点,打破理论与实践的界限,充分体现理实一体化;项目实施通过认识设备、测定参数、实际操作、仿真训练、综合提高等多个层次,分层次组织教学内容,每一层次均由工作任务构成,依托典型的单元操作实训装置,实现多门课程的融合。

在项目编写中设有“能力目标”、“知识目标”、“情境设计”及“练习题”,使学员明确学习内容、学习方式及应达到的课程实训标准;任务编写中有“思考题”和“课后任务”,便于学生自主学习和教师选用。体现以学生自主学习为核心,任务驱动教学活动,“学中做,做中学”,践行教育教学新理念,达到提高教学效率的目的。

本书可作为高等职业教育的有机化工、精细化工、石油化工、无机化工、高分子化工或轻工、制药、生物、印染、材料等专业的教材和相关企业高技能人才的培训教材,也可供从事化工生产和管理的工程技术人员参考。

本书共分七个实训项目。项目二的任务一、任务二和项目三由咸阳职业技术学院张娟、马艳和蒋绪编写;项目二的任务四由健雄职业技术学院程炜编写;项目二的任务五由健雄职业技术学院潘亚妮编写;项目四由健雄职业技术学院陈雪峰、刘尚莲编写;项目七由江苏省盐城技师学院颜廷良编写;健雄职业技术学院顾准担任副主编并编写了项目五;健雄职业技术学院杨成德担任主编,编写了项目一、项目六和其余部分并统稿。全书由太仓市安全生产监督局高级工程师周国民主审。此外,中国石油兰州润滑油研究开发中心的高级工程师杨克对本书的编写也给予了帮助,提出了一些宝贵意见和建议。

本书在编写过程中还参考了许多图书、期刊中的相关内容,在此诚恳地感谢为化工教育事业打下坚实基础的专家们和支持本书成稿的各位领导和朋友。

由于编者水平有限,书中不妥及疏漏之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编者

2010年7月

目 录

绪 论

一、化工生产过程	1
二、化工单元操作	1
三、本门课程的性质、内容、任务及实施	2

项目一 输送系统的操作与控制

任务一 认识管路和离心泵	3
一、认识管路	3
二、认识离心泵	9
任务二 测量输送系统中流体参数	14
一、测量流体性质	14
二、测量流体流动参数	16
三、测定离心泵运行参数	28
任务三 输送系统的操作	32
一、绘制输送装置流程简图	32
二、操作输送实训装置	33
三、编制操作规程	39
任务四 流体输送系统的仿真实训	39
一、复杂液位控制单元	39
二、离心泵单元	41
任务五 设计输送系统	43
一、管径核算	43
二、管路布置和阻力核算	43
三、离心泵选型	45
练习题	46

项目二 换热系统的操作与控制

任务一 认识换热器	49
一、辨识换热设备	50
二、拆装管壳式换热器	53
三、绘制列管换热器剖视简图	54
任务二 测量换热过程中的参数	54
一、测量温度	54
二、测定热量	60
三、测定热导率	62
四、测定对流传热系数	67
五、测定换热器总传热系数	74
任务三 传热系统的操作	76

一、绘制传热装置管道仪表流程简图	77
二、操作传热实训装置	78
三、编制基础操作规程	81
任务四 换热系统的仿真实训	81
一、开车操作	82
二、停车操作	82
三、事故处理操作	82
任务五 换热器设计与选型	83
一、换热器设计	83
二、换热器选型	90
练习题	90

项目三 过滤设备的操作与控制

任务一 认识过滤装置	92
一、辨识过滤设备	92
二、绘制过滤装置流程图（辅助物料管道、公用物料管道仪表）	93
任务二 测定过滤参数	94
任务三 过滤设备的操作	97
一、操作过滤实训装置	97
二、编制过滤机基础操作规程	99
任务四 过滤系统综合实训	100
一、核算板框压滤机生产能力	100
二、核算转筒真空过滤机生产能力	100
练习题	101

项目四 干燥设备的操作与控制

任务一 认识干燥装置	102
一、辨识干燥设备	102
二、绘制干燥装置物料流程图	104
任务二 测定干燥过程中的参数	105
一、测定湿球温度、湿度、相对湿度	106
二、测绘干燥速率曲线	112
任务三 干燥设备的操作	115
一、操作干燥实训装置	115
二、编制安全技术规程	119
任务四 干燥系统综合实训	120
一、核算干燥器的干燥参数	120
二、核算干燥器热效率	121
练习题	122

项目五 精馏系统的操作与控制

任务一 认识精馏塔	124
一、辨识精馏设备和塔板	125
二、绘制精馏装置物料流程图	129
任务二 测量混合液浓度	130

一、测定混合液浓度	130
二、测绘乙醇-水溶液 t - x - y 相图和 y - x 相图	133
任务三 精馏系统的操作	138
一、操作精馏实训装置	138
二、编制工艺技术操作规程	150
任务四 精馏塔仿真系统实训	150
一、冷态开车操作	151
二、正常操作	151
三、停车操作	151
四、事故处理操作	152
五、塔板负荷性能图	152
任务五 核算精馏实训装置	153
一、核算精馏系统能耗	153
二、核算精馏塔全塔效率	154
练习题	156

项目六 吸收系统的操作与控制

任务一 认识吸收塔和填料	158
一、辨识吸收设备和填料	158
二、绘制吸收解吸装置方案流程图	163
任务二 测定吸收过程中的参数	165
一、在线测定混合气浓度	165
二、测绘气体溶解度曲线	167
三、测定填料塔吸收率	170
四、测定最小吸收剂用量	172
五、测定体积传质总系数	175
任务三 吸收系统的操作	179
一、操作吸收解吸实训装置	179
二、编制操作指南	181
任务四 吸收解吸仿真系统实训	182
一、开车操作	183
二、正常操作	183
三、停车操作	184
四、事故处理操作	184
任务五 核算吸收解吸实训装置	184
一、核算吸收解吸装置的经济指标	184
二、核算填料层高度	185
练习题	186

项目七 萃取系统的操作与控制

任务一 认识萃取塔	189
一、辨识萃取设备	191
二、绘制萃取装置流程框图	192
任务二 测绘三元物系溶解度曲线	193
一、测绘液液分层溶解度曲线	194

二、测绘三元物系的联结线	195
任务三 萃取系统的操作	197
一、操作萃取实训装置	197
二、编制事故处理预案	200
任务四 核算萃取实训装置	200
练习题	203

附录

一、某些气体的重要物理性质	204
二、某些液体的重要物理性质	205
三、空气的重要物理性质 ($p=101.3\text{kPa}$)	206
四、水的重要物理性质	206
五、水的黏度 ($0\sim 100^{\circ}\text{C}$)	207
六、饱和水蒸气表 (以温度排列)	208
七、饱和水蒸气表 (以压力排列)	209
八、液体在常压下黏度共线图及密度	211
九、气体在常压下黏度共线图	212
十、气体的比热容 ($p=101.3\text{kPa}$)	213
十一、液体的比热容	214
十二、液体汽化潜热共线图	215
十三、某些气体的热导率	216
十四、某些液体的热导率	216
十五、某些固体材料的热导率	217
十六、无机盐水溶液在 101.3kPa 下的沸点	217
十七、管子规格	218
十八、常用离心泵的规格 (摘录)	220
十九、管壳式热交换器系列标准	224
二十、若干气体溶于水时的亨利系数	227
二十一、某些二元物系的气液平衡组成	228

参考文献

一、化工生产过程

化学工业是指利用化学反应改变物质结构、成分、形态而生产化学品的制造业。化工生产从原料开始到制成目的产物，要经过一系列物理的和化学的加工处理步骤，这一系列加工处理步骤，总称为化工过程。

化工生产过程一般可概括为三个主要步骤。①原料预处理。为了使原料符合进行化学反应所要求的状态和规格，根据具体情况，不同的原料需要经过净化、提浓、混合、乳化或粉碎（对固体原料）等多种不同的预处理。②化学反应。这是生产的关键步骤。经过预处理的原料，在一定的温度、压力等条件下进行反应，以达到所要求的反应转化率和收率。反应类型是多样的，可以是氧化、还原、复分解、磺化、异构化、聚合、裂解等。通过化学反应，获得目的产物或其混合物。③产品精制。将由化学反应得到的混合物进行分离，除去副产物或杂质，以获得符合组成规格的产品。以上每一步都需在特定的设备中，在一定的操作条件下完成所要求的化学的和物理的变化。

化工单元过程是指各化工生产过程中以化学为主的处理方法，概括为具有共同化学反应特点的基本过程。如氧化过程、加氢过程等。

化工单元操作是指各化工生产过程中以物理为主的处理方法，概括为具有共同物理变化特点的基本过程。如精馏操作、吸收操作等。

化学工业产品种类繁多，如燃料油、乙烯、合成橡胶、合成纤维、化肥、酸、碱、农药、医药和化妆品等，每种产品的生产过程都有各自的工艺特点，加工过程形态各异。化学工业的产品则涉及国民经济的各个部门，其产品与技术推动了世界经济的发展和人类社会的进步，提高了人民的生活质量与健康水平。化工生产的主要特点是原料来源丰富，生产路线多，技术含量高，经常涉及有毒、有害、易燃、易爆等物料，需要高温、高压、低温、低压等条件，因此，化学工业也带来了生态、环境及社会安全等问题，但是人类的文明离不开化学工业的发展。在 21 世纪，化工生产必须不断采用新的工艺、新的技术，提高对原料的利用率，消除或减少对环境的污染，实现可持续发展。

二、化工单元操作

一个化工产品的生产过程中包括物理过程和化学反应过程，除化学反应过程外，前、后处理过程是化工生产所不可缺少的。在化工实践中发现，尽管化工产品千差万别，生产工艺多种多样，但生产这些产品所包含的物理过程并不是很多，而是很相似的。例如，不论输送哪种物料，一般都是输送流体；为了得到高压需要压缩操作；为了得到一定的温度往往需要加热和冷却；合成氨、硝酸和硫酸的生产过程中，都是采用吸收操作分离气体混合物；尿素、聚氯乙烯的生产过程中，都采用干燥操作以除去固体中的水分；乙醇、乙烯及石油加工

等生产过程中，都采用蒸馏操作分离液体混合物，达到提纯产品的目的。人们把这些包含在不同化工产品生产过程中，发生同样的物理变化、遵循共同的规律、使用相似的设备、具有相同作用的基本物理操作，称为单元操作。

单元操作可归纳为以下几类。

- ① 动量传递过程的操作：如流体的输送、搅拌、沉降、过滤等。
- ② 传热过程的操作：如热交换、蒸发和冷凝等。
- ③ 传质过程的操作：如蒸馏、吸收、萃取、干燥、膜分离、结晶等。
- ④ 其他过程的操作：如混合、冷冻、粉体输送和粉碎等。

根据以上分析，不难看出，化工生产过程是若干个单元操作与若干个化学反应过程的组合，但在不同的化工产品生产中，单元操作有其独特的条件与要求。

本书通过项目化整体设计，理论与实训结合，设计出输送系统的操作与控制、换热装置的操作与控制、过滤装置的操作与控制、干燥装置的操作与控制、精馏系统的操作与控制、吸收系统的操作与控制、萃取系统的操作与控制等项目进行理论学习和技能训练。

本书研究化工单元操作过程的操控技术，并融入适量的安全技术。

三、本门课程的性质、内容、任务及实施

化工单元操作与控制是一门技术性、工程性和应用性都很强的专业基础课程，是培养从事化工职业岗位群生产操作的高素质劳动者的必修课程，也是化工生产技术管理高级技术人员必须具备的专业素养要求，能有效改善生产一线员工的知识结构、素质结构与能力结构，始终贯穿工程技术与化工安全意识的教育理念。它以化工单元生产过程为对象，研究化工单元操作规律在化工生产中的应用，使学生熟练掌握化工操控中的基本理论和基本技能，学会用工程观点分析、解决实际生产中的问题，树立良好的安全意识和职业素养，为学习后续课程及将来从事化工生产、技术、管理和服务工作而做准备，为提高职业能力奠定基础。

本课程的内容包括化工单元操作过程及设备的基本知识、工艺计算和操作训练。通过学习与操作训练，结合国家职业资格标准及生产岗位需求，熟练化工岗位的实际单元操作技能，能够编制技术文件，具有一定的计算、选型能力，用工程观点观察、分析和解决常见的操控问题，树立安全规范操作意识、质量成本意识。

本课程实施中采用项目化教学理念，进行情境设计，甲方（教师）为某企业技术负责人；乙方（学员）组建自命名化工有限责任公司技术服务部或生产部。制作胸卡，进入角色。双方正式签订合同，就项目的某一任务达成协议。按照技术服务部或车间组织构成，学员分为若干班组（项目组），选出组长，由组长协调组员进行项目化的工作和学习，完成生产任务，技能比赛，汇报演讲，按照企业绩效考核方式进行过程考核，也可模拟企业组织架构，设置人力资源部、技术部、研发部等机构进行统一安排，进入职业角色，培养职业精神，锻炼职业技能。

课程依托的操作实训装置是国内职业院校常用的单元操作实训装置，测量实训可选用价格低廉的仪器设备，发掘实训装置的潜力是课程不断完善的基础。

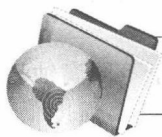
课程实施要设计详尽的教师活动和学员活动，这两项活动的设计是课程实施的基础，也是典型工作过程的育人流程，教师要依托现有的实训设施，本着“学中做、做中学”的教育理念，让学员在技能训练中领悟知识的力量，在方案的设计中感受运算的意义，在任务的完成过程中成就自我；课程的实施同样要遵循教育教学规律和认知的基本规律，由浅入深，由易到难，结合自己的特点，有效推进课程实施。

项目一 输送系统的操作与控制

能力目标：能够熟练操作典型输送设备，运用化工总控工的相关技能，包括拆装管路和维护离心泵，测定基本参数，绘制管路和输送系统流程图，编制基础操作规程，熟练进行动力输送、压力输送、真空抽吸等操作，完成输送任务。

知识目标：理解流体流动和输送的基本概念和基本理论，掌握输送系统的计算方法，包括理解基本概念如密度、黏度、压力、静压能、流量、流速、阻力、雷诺数、泵的扬程、工作点、安装高度等，掌握和应用静力学方程、连续性方程、伯努利方程解决工程问题，了解装置运行自动控制的基本理论，了解安装高度的计算方法和化工装置核算的思路。

情境设计：某公司动力车间工业用水输送系统的认识、拆装、测量、操控与设计。按照车间组织构成，分为若干班组（项目组），选出组长，由组长协调组员进行项目化的工作和学习，完成任务，技能比赛，汇报演讲，模拟企业绩效考核方式进行过程考核。



任务一 认识管路和离心泵

一、认识管路

化工管路主要由管子、管件和阀门构成，也包括一些附属于管路的管架、管卡、管撑等辅件。

为了便于加工制造，工业生产中对化工管路进行标准化，制定了化工管路主要构件（管子、管件、阀门、法兰、垫片等）的结构、尺寸、连接、压力等标准。其中压力标准、直径标准是选择管子和管路附件的依据。压力标准指公称压力（ PN ），即管子、管件、阀门在一定的温度范围内的最大允许工作压力，一般分为低、中、高十二个等级。直径标准是对管路直径所作的标准，一般称为公称直径或通称直径（ DN ），既不是管内径（接近于内径），也不是管外径。（俗语“几分、几寸”是英制单位，1英寸=25.4mm，1英寸=8英分。几分、几寸与公称直径之间的对应关系如下：1寸= $DN25$ ，1分= $1/8$ 寸= $DN6$ ，2分= $1/4$ 寸= $DN8$ ，3分= $3/8$ 寸= $DN10$ ，4分= $1/2$ 寸= $DN15$ ，6分= $3/4$ 寸= $DN20$ 。依此类推。）

（一）辨识管件、管子与阀门

1. 管件

管件是用来连接管子，改变管路方向或直径，接出支路和封闭管路的管路附件的总称。管件按作用分类，包括：弯头（45/90/180），用以改变方向；堵头、盲板、管帽等，用以堵截管路；三通、四通等，用以连接支路；异径管（大小头）等，用以改变管径；管箍、螺纹

短节、法兰等，用以延长管路，如图 1-1 所示。按材料分类，包括水、煤气管件（钢），铸铁管件，塑料管件，耐酸陶瓷管件等。



图 1-1 管件图

2. 管子

按照管材不同，管子分为金属管、非金属管和复合管。化工中最常用的是钢管（含碳），包括焊接钢管和无缝钢管。焊接钢管俗称“水煤气管”，价格较低；不耐腐蚀、高压（1~1.6MPa）、高温（0~140℃）；常用于输送水、煤气、压缩空气、取暖蒸汽等无腐蚀性的低压流体。它根据是否镀锌，分为镀锌管和黑管，管子规格用公称直径表示。无缝钢管可耐高温、高压；价格较高、不耐腐蚀；多用于较高压力、较高温度的无腐蚀性的流体；管子的规格通常是用“ ϕ 外径 $\times$ 壁厚”来表示，如 $\phi 38\text{mm} \times 2.5\text{mm}$ 表示此管子的外径是 38mm，壁厚是 2.5mm。

合金钢管具有耐高温、耐强腐蚀的特性，但价格高；不同的合金材料应用于不同腐蚀性的流体。如 Cr₅Mo 耐高温硫、高温氢、硫化氢和有机酸腐蚀。铸铁管的价格低、强度低、壁厚，常用于地下污水管和低压给水管。

黄铜管的重量轻、导热性好、价格高，适用于温度 $\leq 250^\circ\text{C}$ 的热交换器用管或真空管路。铝和铝合金管可耐浓酸（除盐酸等含 Cl⁻ 化合物），耐低温，不耐高温（ $\leq 200^\circ\text{C}$ ），常用于输送浓硝酸、浓硫酸、醋酸等或用于深冷设备。

陶瓷或玻璃管的耐腐蚀性好，性脆、强度低、不耐压。陶瓷管多用于排除腐蚀性污水，玻璃管用于实训装置或特殊介质输送。

塑料管如聚氯乙烯管、聚乙烯管等具有质轻、抗腐蚀性好、易加工的优点；不耐热、寒，不耐压；一般输送常压、常温下的酸、碱液或避免污染的去离子水或蒸馏水等。橡胶管的耐腐蚀性高、使用灵活（有弹性、可任意弯曲），易老化，一般用于临时性管道。

3. 阀门

阀门是用来开启、关闭和调节流量及控制安全的机械装置。按阀体形式分为闸阀、截止阀、球阀、旋塞、隔膜阀、蝶阀等；按动作来源分为手动、气动和电动调节阀；还有一类自动作用阀，包括减压阀、安全阀、止回阀、疏水阀等，如图 1-2 所示。

闸阀的主要部件为一闸板，通过闸板的升降以启闭管路，这种阀门全开时流体阻力小，全闭时较严密。多用于大直径管路上作启闭阀，在小直径管路中也有用作调节阀的。不宜用于含有固体颗粒或物料易于沉积的流体，以免引起密封面的磨损和影响闸板的闭合；适用于大直径管路启闭、小直径管路调节，不适于含有固体颗粒或物料易沉积的流体。

截止阀的启闭件为阀瓣，由阀杆带动，沿阀座轴线做升降运动，流体自下而上通过阀座，流体阻力较大，但密闭性与调节性能较好；用于蒸汽、水、空气和真空管路，也可用于

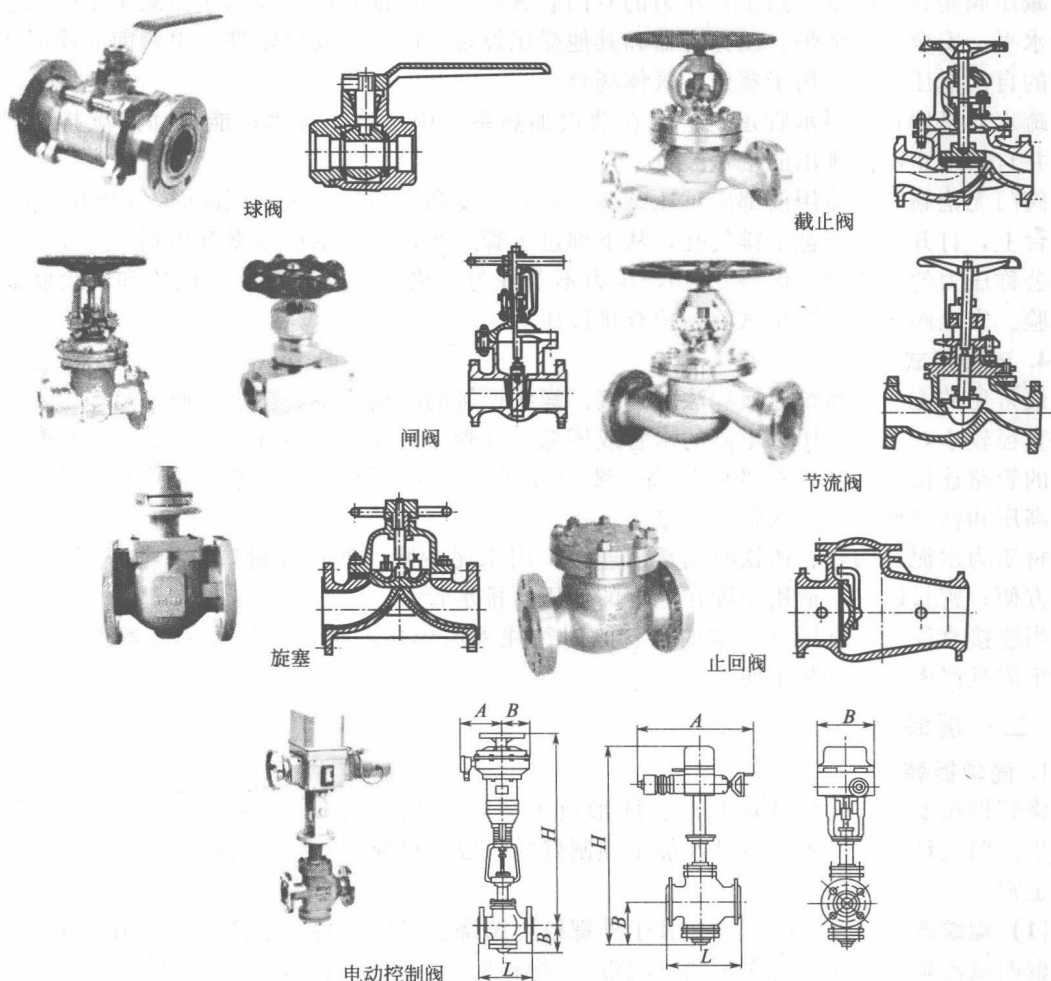


图 1-2 各种阀门图例

各种物料管路中，但不宜用于黏度大且含有易沉淀颗粒的介质。由于大量应用于蒸汽管路，所以有“气阀”之称。

球阀的阀芯呈球状，中间为一与管内径相近的连通孔，绕垂直于通路的轴线转动，结构简单，启闭迅速，操作方便，体积小，流体阻力小，缺点是高温时启闭困难，易磨损。适用于低温高压及黏度大的介质，但不宜用于调节流量。

隔膜阀的结构简单，便于维修，流体阻力小；不耐高温、高压，适用于 200°C 以下，10MPa 压力以下的与橡胶不反应各类流体（包括含固体颗粒的流体）。

蝶阀的启闭件为蝶板，绕固定轴转动；结构简单，体积小，操作简便、迅速，安装空间小。近十几年来，蝶阀制造技术发展迅速，其密封性及安全可靠性能均已达到较高水平，因此，广泛应用于给水、油品及燃气管路。蝶阀可调节流量，已部分取代了截止阀、闸阀、球阀。

止回阀是一种根据阀前、后的压力差自动启闭的阀门，其作用是使介质只做一定方向的流动，它分为升降式和旋启式两种，安装时应注意介质的流向与安装方向。止回阀一般适用于清洁介质，常用在泵的进口管路和蒸汽管路的给水管路上。止回阀的作用是使流体只做一个方向的流动，自动工作。

减压阀是自动降低管路工作压力的专门装置，可将阀前管路较高的压力减少至阀后管路所需水平。安全阀是锅炉、压力容器和其他受压设备上的重要安全附件，由阀前介质静压力驱动的自动泄压装置，用于蒸汽、气体场合。

疏水器是用在冷凝水管道上，或在蒸汽加热系统中阻汽、排水；能自动间歇排除冷凝液，并自动阻止蒸汽排出的机械装置。

阀门无论新旧，使用前都应试压试漏，检查强度和密封性。试压试漏时，把阀门固定在试验台上，打开上部压盘上排气孔，从下部进水管进水，充满水后缓慢升压到规定压力，一般是公称压力的 1.5 倍，保持 5min，压力不下降为合格。分为开启状态试验和关闭状态两侧试验。安全阀还需做泄压试验，检查排放压力。

4. 连接方式

最常见的方法是螺纹连接和法兰连接。螺纹连接的结构简单、拆装方便；易渗漏；主要用于直径较小，温度、压力不高的水管或压缩空气管路的连接，不宜用于易燃、易爆、有毒介质的管路连接。法兰连接的强度高、装拆方便、密封可靠；成本高；适用于大管径、高温、高压和密封性要求高的管路连接。

材质为水泥、陶瓷、铸铁时用承插连接，用水泥砂浆、沥青等封口。特点是结构简单、拆装方便；密封性差；适用于埋在地下的低压给排水管。

当连接直径大、有压及真空的长管路时往往采用焊接连接，其特点是成本低、方式简单、牢固且严密，但拆装不便。

(二) 拆装管路

1. 简单拆装

将管件按要求连接为具有 L 形、H 形及十字形特征的管路，并具备输送功能。管道连接是指按照设计图的要求，将已经加工预制好的管段连接成一个完整的系统，以保证其输送功能正常。

(1) 螺纹连接 连接时，先在管子外螺纹上缠绕适当的填料，水管一般采用油麻丝和铅油或聚四氟乙烯带（简称生料带或生胶带）。操作时，一般从管螺纹第二扣开始沿螺纹方向进行缠绕，缠好后表面沿螺纹方向均匀涂抹一层铅油（生胶带可不涂抹铅油），然后用手拧上管件，再用管钳将其拧紧。缠绕填料时要适当，不得把铅油、油麻丝或生胶带从管端下垂挤入管腔，以免堵塞管路。螺纹连接的管道安装均采用图 1-3 所示的管钳扭紧，管钳或链钳根据扭紧管子的管径来选用。

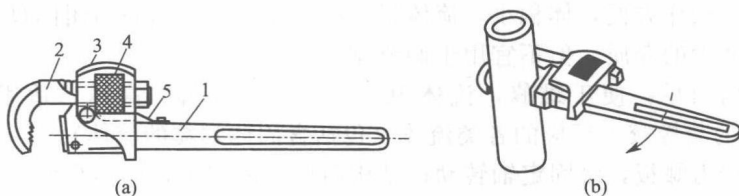


图 1-3 管钳使用示意图

1—手柄；2—活动钳口；3—外套；4—螺母；5—弹簧片

管螺纹连接时，填料的种类根据介质的不同可按表 1-1 选用。

管螺纹加工中，不论是手工或是机械加工，加工后的管螺纹都应端正、清楚、完整、光滑，断丝和缺丝总长不得超过全螺纹长度的 10%；螺纹连接时，应在管端外面敷上填料，用手拧入 2~3 扣，再用管钳一次装紧，不得倒回，装紧后应留有螺尾。管道连接后，应把

表 1-1 管螺纹连接填料表

管道名称	铅油麻丝	铅油	聚四氟乙烯生料带	一氧化铅甘油调和剂
热水管道	✓		✓	
蒸汽管道			✓	
煤气管道		✓		✓
压缩空气管道	✓	✓	✓	✓
乙炔管道			✓	✓
氮管道				✓

挤到螺纹外面的填料清除掉，填料不得挤入管腔，以免阻塞管路；各种填料在螺纹里只能使用一次，若螺纹拆卸，重新装紧时，应更换新填料。螺纹连接应选用合适的管钳，不得在管钳的手柄上加套管增长手柄夹拧紧管子。

(2) 法兰连接 法兰连接就是将固定在两个管口（或附件）上的一对法兰盘，中间加入垫圈，然后用螺栓拉紧密封，使管口（或附件）连接起来。常用的法兰盘有铸铁和钢制两类。法兰盘与管子连接有螺纹、焊接和翻边松套三种。在管道安装中，一般以平焊钢法兰为多用，铸铁螺纹法兰和对焊法兰则较少用，而翻边松套法兰常用于输送腐蚀性介质的管道，工作压力在 0.6MPa 以内。

平焊钢法兰连接使用的法兰盘通常是用 Q235-A 和 20 号钢等加工的，与管子的连接是用手工电焊进行焊接。焊接时先将管子垫起来，用水平尺找平，将法兰盘按规定套在管子上，用角尺或线锤找平，对正后进行点焊。平焊法兰的内外两面必须与管子焊接。

法兰连接时，无论使用哪种方法，都必须在法兰盘与法兰盘之间垫适应输送介质的垫圈，以达到密封的目的。法兰垫圈应符合要求，不允许使用斜垫圈或双层垫圈。垫圈要加工成带把的形状，以便于安装和拆卸。图 1-4 为法兰盘的安装及检验。

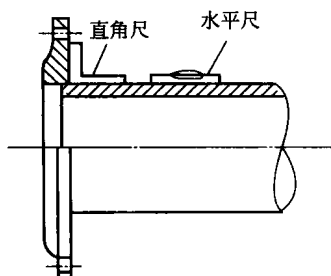


图 1-4 法兰盘安装及检验

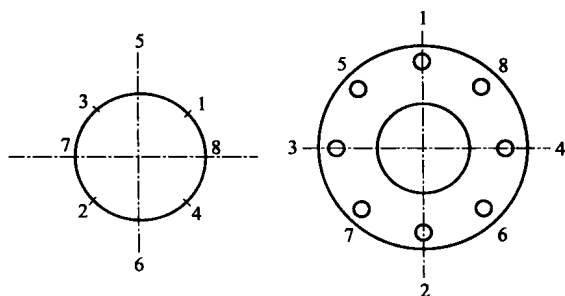


图 1-5 紧固法兰螺栓次序

连接法兰时，要注意两片法兰的螺栓孔对准，连接法兰的螺栓应用同一种规格，全部螺母应位于法兰的一侧。紧固螺栓时应按照图 1-5 所示的次序对称进行，大口径法兰最好两人在对称位置同时进行。

2. 复杂拆装

将管件按要求连接为并联管路或分支管路，并具备输送功能。管道连接是指按照设计图的要求，带压连接或法兰连接，将已经加工预制好的管段连接成一个完整的系统，以保证其使用功能正常。

拆装前要了解管路的安装要求，对所有预制件均须按图纸和规范检验合格；对管道法兰的密封面和密封垫片进行外观检查，不得有影响密封性能的缺陷存在；法兰垫片安装前应进行退火处理；法兰连接应保持平行，其偏差不大于法兰外径的 1.5‰，且不大于 2mm，不得用强力紧螺栓的方法消除歪斜；法兰连接应保持同轴，其螺栓孔中心偏差一般不超过孔径的

5%，并保证螺栓自由穿入；法兰连接应使用同一规格螺栓，安装方向一致，紧固螺栓应对称均匀，紧固后外露长度符合国家标准的要求；当采用软垫片时，周边应整齐，垫片尺寸应与法兰密封面相符；螺栓紧固后应与法兰紧贴，不得有缝隙，需加垫圈时，每个螺栓不应超过一个，不得用大规格的螺母或厚的铁片来调节螺栓的外露长度，更不能用短的管节作垫圈使用，以保证螺栓连接的稳定性和坚固性。

高温或低温管道的螺栓，在试运行前，一般应按下述规定进行热紧或冷紧。热紧或冷紧应保持工作温度 24h 后进行。紧固管道螺栓时，管道最大内压应根据设计压力确定，当设计压力小于 6MPa 时，热紧最大内压力为 0.3MPa；设计压力大于 6MPa 时，热紧最大内压力为 0.5MPa，冷紧一般应泄压后进行。紧固要适度，并有安全措施，保证操作人员和相关人员的安全。管道热、冷紧温度见表 1-2。

表 1-2 管道热、冷紧温度表

管道工作温度/℃		< -70	-20 ~ -70	250 ~ 350	> 350
热、冷紧温度/℃	一次	-70	工作温度	工作温度	350
	二次	工作温度	—	—	工作温度

管子对口时应检查平直度，在距接口中心 200mm 处测量，允许偏差 1mm/m，但全长允许偏差不超过 10mm。管子对口后应垫置牢固，避免焊接或热处理过程中产生变形。

拆装时首先要准备好工具和材料，理解所要拆装的管路图。准备如管钳、扳手、闸阀、截止阀、弯头、三通、四通、管子等的规格数量清单。按照工具准备、绘制拆装草图、标记管件阀门、拆装顺序、注意事项、安全措施、归类登记、步骤确认签字、拆装记录等做出详细的方案。

管道安装完毕，经热处理和无损检验合格后，应按设计规定对管道系统进行强度、严密性等试验，以检查管道系统及各连接部位的工程质量。强度试验的目的是检查管道的力学性能，严密性试验的目的是检查管道的连接质量。管路过长可分段试压，压力试验常采用水压试验，水温一般不低于 5℃。当管路操作温度不大于 200℃ 时，真空管路试验压力为 0.2MPa，高中低压水压试验压力为工作压力的 1.25 倍，中低压地下管路的试验压力不能小于 0.4MPa。试验步骤如下：必须排净系统内的空气，先升压至试验压力的 50%，再缓慢升高，以每分钟 0.1MPa 为宜，待达到试验压力后，稳压 10~20min，再降至工作压力，停压 30min，以不降压、无泄漏、无变形为合格。压力试验完毕，不得在管道上进行修补。试压过程中如遇泄漏，不得带压修理。缺陷消除后，应重新试验。

管路拆除要按流程的反方向自上而下进行；拆除后，将各管子、阀门、管件等部件及工具等归放于指定位置；最后检查现场，如有遗忘的部件及工具归放指定位置；清扫管路拆装现场。

（三）绘制管路图

管路图又称管道施工流程图，内容包括图形、标注和标题栏。绘制图形包括设备示意图、带管件的管道流程线，标注包括设备位号名称、管道编号规格、表示流向的箭头，要有规范的标题栏。

绘制设备时，依据流程从左至右用细实线按大致比例画出带有管口的设备轮廓图形，在图样上方或下方标注设备位号和名称，要求排列整齐且尽可能正对设备。管道用粗实线按照流程顺序绘出工艺管道流程线；用中粗线绘出辅助管道流程线，每根管道都要进行标注。管件用细实线按规定符号绘出。

思考题

1. 拆装管路的要求和顺序是什么?
2. 安装后, 如何试压?

课后任务

1. 简述已经认识的管件、阀门。
2. 由草图绘制标注规范的管路图。
3. 撰写拆装后的心得体会。

二、认识离心泵

(一) 辨识输送设备

1. 离心泵

(1) 类型 按输送液体性质和使用条件, 离心泵可分为以下几种类型。

① 清水泵。适用于输送各种工业用水以及物理、化学性质类似于水的其他液体。其中以 IS 型泵最为先进, 该类型泵是我国按国际标准 (ISO) 设计、研制的第一个新产品。它具有结构可靠、震动小、噪声小等显著特点。其结构如图 1-6 所示, 它只有一个叶轮, 从泵的一侧吸液, 叶轮装在伸出轴承外的轴端处, 如同伸出的手臂一样, 故称为单级单吸悬臂式离心水泵。

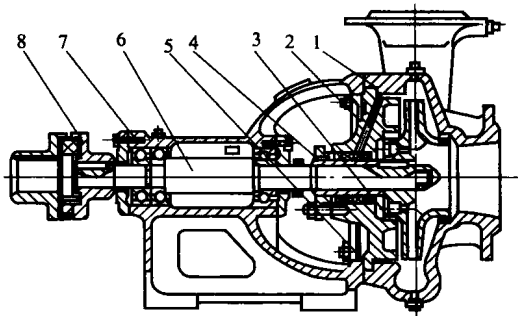


图 1-6 IS 型泵结构示意图

1—泵壳；2—叶轮；3—密封环；4—护轴套；5—后盖；
6—泵轴；7—托架；8—联轴器部件

IS 型泵的型号以字母加数字所组成的代号表示。例如 IS50-32-200 型泵, IS 表示单级单吸离心泵; 50 代表吸入口径, mm; 32 代表排出口径, mm; 200 为叶轮的直径, mm。

② 耐腐蚀泵。当输送酸、碱等腐蚀性液体时应采用耐腐蚀泵, 此类型泵的主要特点是与液体接触的部件用耐腐蚀材料制成。我国生产的耐腐蚀泵系列代号为 F, 后面的字母表示材料代号。

耐腐蚀泵的型号表示方法以 25FB-16A 型泵为例: 25 代表吸入口的直径, mm; F 代表耐腐蚀泵; B 代表所用材料为 1Cr18Ni9 的不锈钢; 16 代表泵在最高效率时的扬程, m; A 为叶轮切割序号, 表示该泵装配的是比标准直径小一号的叶轮。

③ 油泵。输送石油产品等低沸点料液的泵称为油泵。这类物料的特点是易燃、易爆, 因此, 对油泵的基本要求是密封完善。当输送 200℃ 以上的油品时, 还要求对轴封装置和轴承等进行良好的冷却, 故这些部件常装有冷却水夹套。

国产油泵的系列代号为 Y, 有单吸和双吸、单级和多级 (2~6 级) 油泵。油泵表示方法以 50Y60A 为例: 其中 50 表示泵的吸入口直径, mm; Y 表示离心式油泵; 60 表示公称扬程, m, 即在最高效率时扬程的整数值; A 为叶轮切割序号, 表示该泵装配的是比标准直径小一号的叶轮。

④ 液下泵。通常安装在液体贮槽内, 可用于输送化工过程中各种腐蚀性液体。它的泵体通常置于贮槽液面以下, 实际上是一种将泵轴伸长并竖直安置的离心泵。由于泵体浸在液体之内, 因此对轴封的要求不高, 适用于输送化工生产中比较贵重、具有腐蚀的料液, 既节省了空间, 又改善了操作环境, 缺点是泵的效率不高。