中等职业学校示范校建设成果教材

ZHONGDENG ZHIYE XUEXIAO SHIFANXIAO JIANSHE CHENGGUO JIAOCAI

化工流体输送单元操作与控制

HUAGONG LIUTI SHUSONG DANYUAN CAOZUO YU KONGZHI

殷利明 万美春◎主　编

段成义 廖权昌◎副主编

陈仲祥◎主　审

机械工业出版社

CHINA MACHINE PRESS

中等职业学校示范校建设成果教材

化工流体输送单元操作与控制

主　编　殷利明　万美春
副主编　段成义（企业）　廖权昌
主　审　陈仲祥

机 械 工 业 出 版 社

本书根据“行动导向”教学法，按任务驱动方式进行编写。

本书主要内容包括：认识流体输送管路，使用检测仪表测量工艺参数，流体输送机械的操作与维护，流体输送原理、计算与安全。全书通过工程实例，采用“工学结合”的教学模式，用工作任务引领专业知识，每个任务内容包括任务目标（知识目标与技能目标）、任务描述、知识学习、任务实施、知识拓展、任务评价几部分。以学生实训操作为主，注重启发引导，开阔学生视野，提高应用能力。

本书可作为中等职业教育石油化工、应用化工、有机化工、无机化工、高分子化工、轻化工、制药、生物等专业的教材和相关企业高技能人才的培训用书，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

化工流体输送单元操作与控制/殷利明，万美春主编. —北京：机械工业出版社，2014.6

中等职业学校示范校建设成果教材

ISBN 978-7-111-46694-9

Ⅰ.①化… Ⅱ.①殷…②万… Ⅲ.①化工过程-流体流动-中等专业学校-教材 Ⅳ.①TQ021.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2014）第 096544 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

策划编辑：齐志刚 责任编辑：齐志刚 程足芬 责任校对：肖 琳

封面设计：马精明 责任印制：

北京瑞德印刷有限公司印刷（三河市胜利装订厂装订）

2014 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 12.5 印张 · 303 千字

0001—1000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-46694-9

定价：27.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务 网络服务

社服务中心：（010）88361066 教材网：http://www.cmpedu.com

销售一部：（010）68326294 机工官网：http://www.cmpbook.com

销售二部：（010）88379649 机工官博：http://weibo.com/cmp1952

读者购书热线：（010）88379203 **封面无防伪标均为盗版**

前　言

本书是根据职业教育以服务为宗旨、以就业为导向，走“工学结合”“校企融合”之路，培养生产、建设、服务一线的技术应用型人才的需要而编写的。本书内容以国家职业资格标准为统领，与职业培训相互渗透、相互贯通，突出职业教育特色，采用“行动导向”教学法，体现工学结合的教学模式，能较好地满足实际教学需要。

本书针对职业资格标准对知识、能力、素质结构的要求，明确化工流体输送单元操作与控制的教学内容，把理论与实践有机结合起来，实现技术实践知识与技术理论知识的统一。本书内容以实际化工生产操作的真实场景为实训对象来进行技能的提高与知识的学习。采用任务来驱动教学的方式进行知识与技能的传授，打破知识的学科体系，按照“工作任务完成”的需要来组织教学内容，通过完成工作任务的过程来学习相关知识，实现理论与实践一体化，全面实现在校学习与企业实践的无缝对接。

本书选择工程实例，通过仿真训练、现场教学、实际操作等手段，使学生体验整个工作过程，强调实际工程操作和训练。通过调研提炼出典型工作任务，把化工流体输送单元操作与控制的基础知识、基本原理、设备结构、操作、控制方法分解到各个工作任务中。

本书力求灵活与多样化，便于学生自主学习。每个任务都设有任务目标、任务描述、知识学习（或技能操作）、任务实施、任务评价，部分任务还有知识拓展，使学生明确学习目的、内容、重点、学习方式及应达到的要求和能力，以实训操作为主，注重启发和引导，以利于学生开阔视野、提高应用能力。

本书共分四个学习情境，由殷利明、万美春任主编，段成义（重庆映天辉氯碱化工有限公司高级工程师）、廖权昌任副主编，邱国声、胡志林、白昌建、邹晶参加编写。全书由陈仲祥主审。

限于编者的水平和经验，书中一定存在不妥之处，敬请读者批评指正。

编　者

目　　录

前言

学习情境一　认识流体输送管路 …… 1

任务一　认识流体输送系统的工艺流程 …… 2

任务二　认识管子并会使用 …… 9

任务三　认识管件并会使用 …… 18

任务四　认识阀门并会使用、维护 …… 20

任务五　管路连接 …… 45

技能训练　管路拆装 …… 48

学习情境二　使用检测仪表测量工艺参数 …… 53

任务一　流量的测量 …… 56

任务二　压力的测量 …… 62

任务三　液位的测量 …… 66

任务四　温度的测量 …… 71

学习情境三　流体输送机械的操作与维护 …… 78

任务一　认识离心泵的结构与工作原理 …… 79

任务二　离心泵的开停车操作 …… 86

任务三　离心泵的操作与维护 …… 89

任务四　离心式压缩机的操作与维护 …… 104

技能训练一　离心泵的性能测定 …… 127

技能训练二　离心泵串并联 …… 129

技能训练三　离心泵的拆装 …… 133

技能训练四　离心泵的联锁投运 …… 137

学习情境四　流体输送原理、计算与安全 …… 140

任务一　查找与估算流体的密度与黏度 …… 141

任务二　流量与压力的表示方法 …… 145

任务三　安全液封装置的应用 …… 148

任务四　流体流动型态的判断 …… 154

任务五　管路直径的选择 …… 158

任务六　流体流动阻力的估算 …… 162

任务七　离心泵的性能参数与特性曲线的应用 …… 169

任务八　简单管路的计算 …… 173

主要符号说明 …… 177

附录 …… 179
附录 A　法定计量单位及单位换算 …… 179
附录 B　物化数据 …… 181
附录 C　设备型号规格 …… 189
参考文献 …… 194

流体包括液体和气体，其特征是具有流动性。液体的体积随压力和温度的变化很小，所以一般将液体称为不可压缩流体；气体具有明显的热膨胀和可压缩性，称为可压缩流体。

化工生产中所处理的物料大多为流体，由于工艺的要求，常常需要把液体从一个设备输送至另一个设备，从一个车间输送至另一个车间；此外，化工生产中的传热、传质以及化学反应大多数是在流动流体中进行的，与流体的流动形态密切相关。因此流体流动及应用技术在化工生产中占有非常重要的地位，是化工过程中最为普遍的单元操作之一，对于保证生产的进行、强化设备的操作及控制产品的成本有巨大的影响。

化工流体输送单元操作与控制这个学习领域主要解决以下问题：

（1）认识流体输送管路　主要认识流体输送管路的基本组成及其使用，并能对阀门进行正确的操作与维护。

（2）使用检测仪表测量工艺参数　主要认识流量、压力、液位、温度四大工艺参数的测量仪器与使用。

（3）流体输送机械的操作与维护　主要掌握离心泵及往复式压缩机的操作控制与设备的维护。

（4）流体输送原理、计算与安全　这部分内容属于本领域的知识拓展内容，在流体输送过程中，需要选择适宜的流速，以确定输送管路的直径；需要估算流动阻力，以确定高位槽的位置、流体的输送压力及输送机械所需功率等；需要选择适宜的管材、管件及阀门，合理地布置和设计管路；为强化设备提供适宜的操作条件，流体的流动形态直接影响流体的流动和输送，并对传热、传质和化学反应等有着显著的影响。因此，了解流体流动规律对于寻找设备的强化途径具有重要的意义。

学习情境一　认识流体输送管路

教学目标

能力目标

1. 掌握管道的维护方法。
2. 掌握管件的安装与维护方法。
3. 掌握常用阀门的安装、使用与维护方法。
4. 能够拆装管路。

知识目标

1. 掌握各种材质管子的特点、规格及选用方法。
2. 了解各种管件的作用、类型。
3. 了解各种阀门的作用、结构、特点，了解其型号及标识。
4. 了解化工管路的分类、构成及标准。
5. 学会连接管路。
6. 掌握管路的维护保养方法。

工作任务

工作任务见表1-1。

表1-1　工作任务

项　　目	实施方法与教学环境	相关知识
认识流体输送系统的工艺流程	现场教学 各种管件、阀门实物 化工单元操作实训装置 多媒体视频资料	管路的基本组成 流体输送的作用 各种化工管路构件的图形符号
认识管子及其使用	现场教学与考核 化工单元操作实训装置中的各种管子实物 多媒体视频资料	管子的材质 管子的尺寸表示方法 管子的选择方法 管子的使用方法及维护
认识管件及其使用	现场教学与实际操作 化工单元操作实训装置中的各种管件 多媒体视频资料	管件的分类 各种管件的用途 常用管件的安装与使用 管件的维护保养
认识阀门及其使用、维护	现场教学与实际操作考核 化工单元操作实训装置中的各种阀门 多媒体视频资料	阀门的常见分类 各种阀门的用途及其适用场合 常用阀门的安装、使用及维修 阀门的维护保养
认识管路的连接	理论教学与现场教学 化工单元操作实训装置 多媒体视频资料	管子与管子的连接 管子与各种管件、阀门的连接 管子与设备接口的连接 管路连接的方法
管路拆装	实际操作 化工单元操作实训装置——机泵拆装实训装置	重型管子台虎钳的使用 轻型管子铰扳的使用 扳手、管钳的使用 管路的拆装方法

任务一　认识流体输送系统的工艺流程

任务目标

知识目标

1. 了解管路的基本构成。

2. 了解各种管子、管件、阀门、输送机械与设备之间的联系，认清各构件的图形符号。

技能目标

1. 能够识读工艺流程图。

2. 能够绘制流体输送操作的工艺流程图。

任务描述

本任务通过化工管路流程图，来了解流体流动是如何进行的，从而奠定对流体流动过程的基本认识，为今后流体流动操作打下基础，也为后续学习领域打下基础。

知识学习

1. 化工管路的构成

化工管路由管子、管件、阀门、输送机构和检测仪表构成，如图 1-1 所示。

2. 化工管路的作用

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重要组成部分。在化工生产中，将化工设备与机器连接在一起，从而保证流体从一个设备输送到另一个设备，或者从一个车间送到另一个车间。在生产过程中，只有管路畅通，阀门调节得当，才能保证各车间及整个工厂生产的正常运行。因此，了解化工管路的构成与作用非常重要。

3. 化工管路流程举例

化工管路流程图举例如图 1-2 ~ 图 1-5 所示，要求学生理清设备与管线的连接，能够识别与绘制管线流程图。

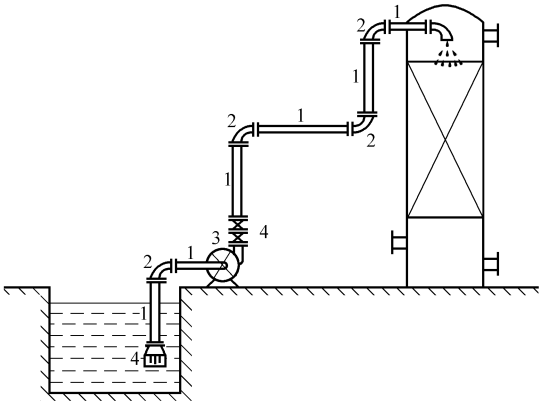


图 1-1　化工管路构成示意图

1—管子　2—管件（如弯头）

3—输送机械（离心泵）　4—阀门



图 1-2　化工企业管线图

任务实施

1）用多媒体观看流体输送在工业生产中的应用视频资料。

2）老师在化工单元实训室现场介绍常见的化工管路流程并要求学生完成管线流程图的绘制。

3）用“拼图教学法”让学生进行交流讨论，相互学习，学会管路流程的识别方法。

4）学生上台讲解流体流动的流程图，真正完成管路流程的认识。

5）老师对学生讲解情况作点评。

6）学生之间相互讲解流体流动流程图，不能解决部分单独咨询老师。

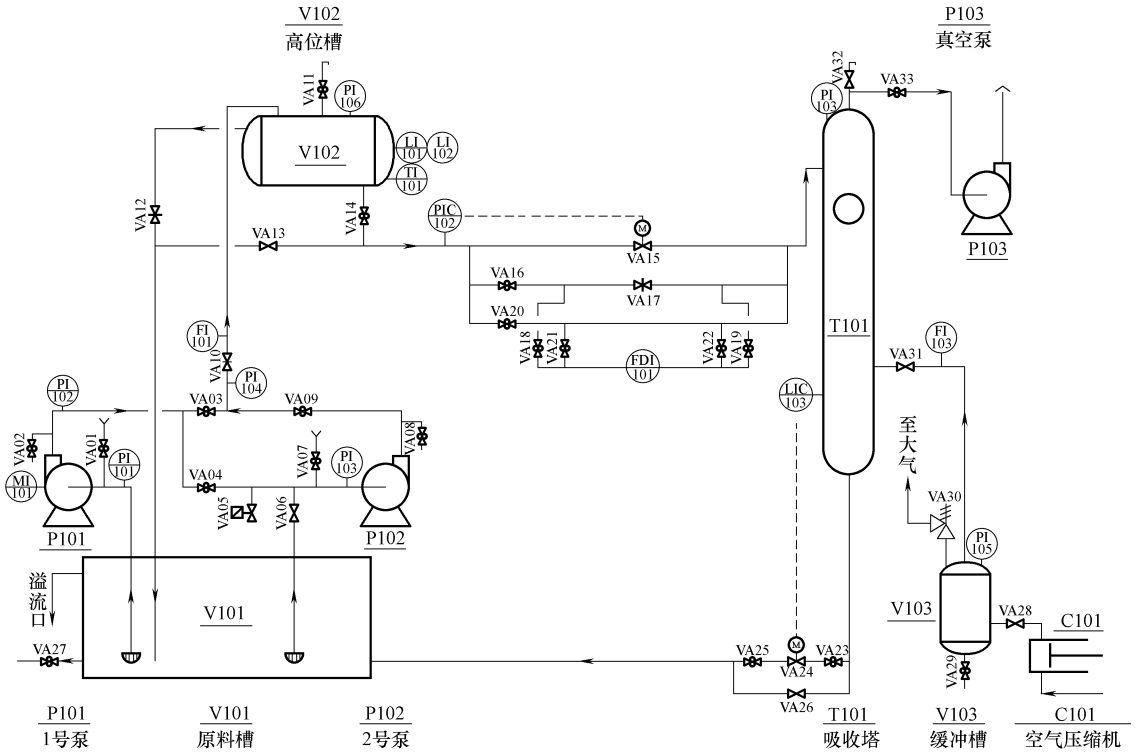


图 1-3　流体输送单元操作与控制实训流程图

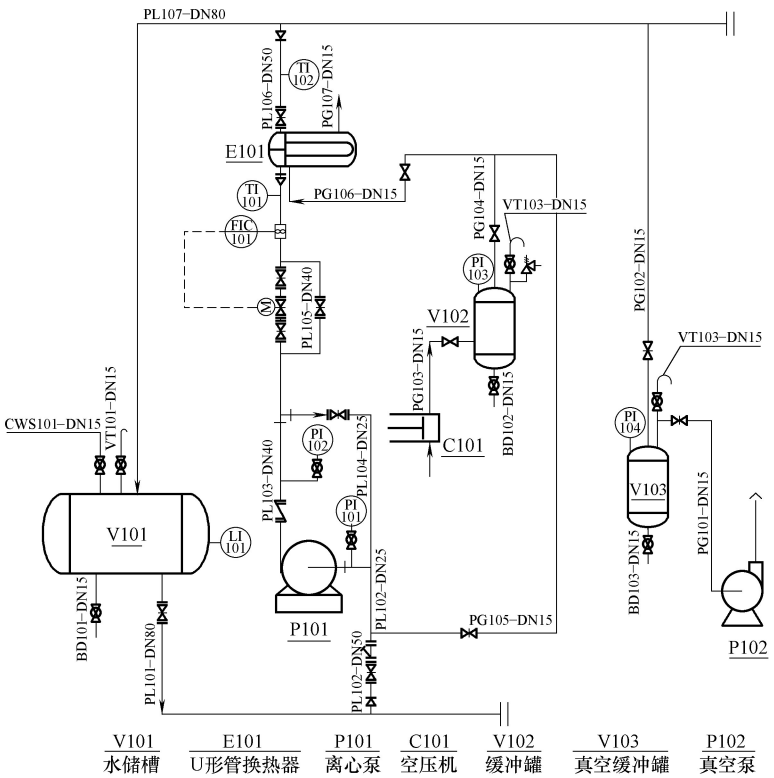


图 1-4　管路拆装实训流程图



图 1-5　流体输送实训操作流程图

知识拓展

一、化工管路的标准化

为了便于大量生产、安装、维护和检修，使管路制品具有互换性，有利于管路的设计，化工管路实行了标准化。

化工管路的标准化中规定了管子、管件及阀门的公称直径、连接尺寸、结构尺寸以及压力的标准。其中直径标准与压力标准是其他标准的依据，由此可以确定所选管子和所有管路附件的种类和规格等，为化工管路的设计、安装、维修提供了方便。使用时可以查阅化工手册等有关资料。

1. 公称压力

公称压力是管路的压力标准，用符号 PN 表示，单位为 MPa。如 PN4.0 表示公称压力为 4MPa。通常公称压力大于或等于实际工作的最大压力。除了公称压力，管路的压力标准还有试验压力和工作压力。

试验压力是为了水压强度试验或严密性试验而规定的压力，用 P_S 表示。例如 P_S150 表示试验压力为 15.0MPa。通常，试验压力 $P_S = 1.5PN$，特殊情况可以根据经验公式计算。工作压力是为了保证管路正常工作而根据被输送介质的工作温度所规定的最大压力，为了强调相应的温度，常在 P 的右下角标注介质最高工作温度（℃）除以 10 后所得的整数。例如 P_{45} 1.8atm（1atm = 101.325kPa）表示在 450℃下，工作压力是 1.8atm。显然工作压力随着介质工作温度的提高而降低。

一般来说，管路工作温度为 4 ~ 120℃，公称压力是指最高允许工作压力，但当温度高于 120℃时，允许工作压力将低于公称压力。常用管子、管件的公称压力见表 1-2。

表 1-2　常用管子、管件的公称压力（GB/T 1048—2005）

DIN 系列		ANSI 系列	
PN2.5	PN25	PN20	PN150
PN6	PN40	PN50	PN260
PN10	PN63	PN110	PN420
PN16	PN100		

2. 公称直径

公称直径是管路的直径标准，用符号 DN 表示，如 DN300 表示管子或辅件的公称直径为 300mm。通常公称直径既不是管子的内径，也不是管子的外径，而是与管子的内径相接近的整数。同一公称直径的管子，外径相同，但是内径则因壁厚不同而异。我国的公称直径在 1～4000mm 之间分为 51 个等级，其中 15mm、20mm、25mm、32mm、40mm、50mm、65mm、80mm、100mm、125mm、150mm、200mm、250mm、300mm、350mm、400mm、500mm、600mm、800mm、1000mm 共 20 种规格是管道工程中最常用的，参见表 1-3。

表 1-3　管子与管路附件公称直径标准系列表（GB/T 1047—2005）

DN6	DN65	DN400	DN1200	DN2800
DN8	DN80	DN450	DN1400	DN3000
DN10	DN100	DN500	DN1500	DN3200
DN15	DN125	DN600	DN1600	DN3400
DN20	DN150	DN700	DN1800	DN3600
DN25	DN200	DN800	DN2000	DN3800
DN32	DN250	DN900	DN2200	DN4000
DN40	DN300	DN1000	DN2400	
DN50	DN350	DN1100	DN2600	

注：表中为优先选用的 DN 数值。

公称直径有公制和英制两种表示方法。公制的表示方法如上所述，单位用 mm 表示，英制是以英寸（in）为单位，其换算关系为：1in≈25.4mm。对于螺纹联接的管子，习惯上用英制管螺纹尺寸表示，见表 1-4。

表 1-4　公称尺寸相当的管螺纹尺寸

螺纹尺寸/mm	螺纹尺寸/in	螺纹尺寸/mm	螺纹尺寸/in	螺纹尺寸/mm	螺纹尺寸/in	螺纹尺寸/mm	螺纹尺寸/in	螺纹尺寸/mm	螺纹尺寸/in
8	1/4	20	3/4	40	3/2	80	3	150	6
10	3/8	25	1	50	2	100	4	200	8
15	1/2	30	5/4	65	5/2	125	5	250	10

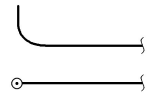
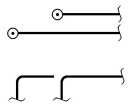
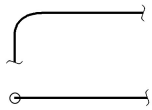
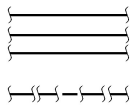
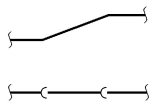
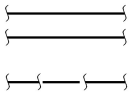
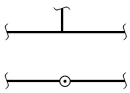
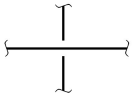
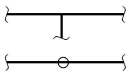
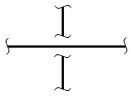
二、常用化工管路图示符号

1. 常用管线图示符号（见表 1-5）

表 1-5　常用管线图示符号

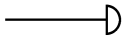
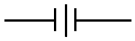
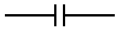
名称	图示符号	说明	名称	图示符号	说明
主要管线		b=1	保温管线		
埋地管线		b=1	蒸汽伴热管		
辅助管线		1/2b	电伴热管		
仪表管线		1/3b	介质流向		

（续）

名称	图示符号	说明	名称	图示符号	说明
管线转折		上弯管	管线重叠		弯叠管
		下弯管			三叠管
		斜弯管			两叠管
管线相交		上交管	管线交叉		后、下断开管
		下交管			前、上断开管

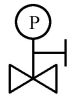
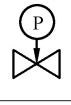
2. 常用管件图示符号（见表 1-6）

表 1-6　常用管件图示符号

名称	图示符号	说明	名称	图示符号	说明
90°弯头			管帽		
三通			螺塞		
异径接头		异径同心	活接头		
金属软管			法兰		

3. 常用阀门图示符号（见表 1-7）

表 1-7　常用阀门图示符号

名称	图示符号	说明	名称	图示符号	说明
截止阀		常温用	疏水阀		
球阀		常温用	带手轮气动调节阀		基本形式
闸阀		常温用	气开式气动调节阀		膜头充气时打开

（续）

名称	图示符号	说明	名称	图示符号	说明
蝶阀		常温用	气闭式气动调节阀		膜头充气时关闭
止回阀		流向由空白三角形至非空白三角形	气动蝶阀		基本形式
角阀		常温用	电动调节阀		指带磁放大器执行机构的电动调节阀
减压阀		小三角形为高压端	电动阀		以普通单相或在三相电动头(马达)驱动
节流阀		即针型阀	电动闸阀		以普通单相或在三相电动头(马达)驱动
三通阀		常温用	电动蝶阀		以普通单相或在三相电动头(马达)驱动
安全阀		弹簧式安全阀	电磁阀		

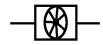
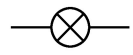
4. 常用阀门与管路连接方式图形符号（见表 1-8）

表 1-8　常用阀门与管路连接方式图形符号

名称	图示符号	名称	图示符号
螺纹联接		卡套连接	
法兰连接		环压连接	
焊接连接			

5. 常用检测、计量仪表图形符号（见表 1-9）

表 1-9　常用检测、计量仪表图形符号

名称	图示符号	名称	图示符号
压力表		差压流量计	
U 形压力计		涡轮流量计	
液位计		转子流量计	
温度计		质量流量计	

任务评价

任务评价见表1-10。

表1-10　任务评价

姓名：　　学号：　　组别：　　班级：

任务名称	任务一　认识流体输送系统的工艺流程			
上课时间	年　月　日 第　周　第　节	上课地点		
考核方式	1. 采用“拼图教学法”分组讨论后，再一对二循环讲解 2. 分组为单位绘制基本工艺流程图并展示，以学生互评为主，老师评价为辅			
考核标准	以流体输送装置为对象，按分数比例计分，学生评价与老师评价结合			
工作任务	考核内容	考核要点	分数比例	得分
认识流体输送系统	现场考核	认识简单管路及并联、分支管路	15	
		识读流体输送系统的工艺流程图	20	
		指出各阀门的类型，能识读其型号及标识	30	
		指出各管件的类型，能识读其规格	15	
		认识压力、温度、液位、流量仪表及调节控制装置	20	
考核结果				

任务二　认识管子并会使用

任务目标

知识目标

1. 了解管子的分类。
2. 了解管子的选择、使用和维护知识。

技能目标

1. 能认识不同材料的管子。
2. 会正确选择、使用和维护管子。

任务描述

本任务通过对化工管子按材质分类的认识，来了解管子的选择、使用和维护；主要以金属为主来进行介绍。

知识学习

一、化工管路的分类

1. 按管路的用途分类

化工管路按用途可分为工艺管路和辅助管路，见表1-11。

表 1-11　管路按用途分类

类型	用　途	实　例
工艺管路	生产的主要管路	原料管路、半成品及产品管路
辅助管路	辅助生产的管路	燃料系统、蒸汽及冷凝水系统、冷却水系统、排风系统、供风系统等

2. 按管路中介质压力的高低分类

化工管路按介质压力的高低可分为超高压管、高压管、中压管、低压管及真空管，见表 1-12。

表 1-12　管路按介质压力分类

类型	设计压力/MPa	类型	设计压力/MPa
超高压管	$p \geqslant 100$	低压管	$0 \leqslant p < 1.6$
高压管	$10 \leqslant p < 100$	真空管	$p < 0$
中压管	$1.6 \leqslant p < 10$		

3. 按输送介质的温度分类

化工管路按输送介质的温度可分为低温管、常温管、中温管及高温管，见表 1-13。

表 1-13　管路按介质温度分类

类型	工作温度 t/℃	类型	工作温度 t/℃
低温管	$t \leqslant -40$	中温管	$120 < t \leqslant 450$
常温管	$-40 < t \leqslant 120$	高温管	$t > 450$

4. 按输送介质的种类分类

化工管路按输送介质的种类可分为水管、蒸汽管、气体管、油管以及输送酸、碱、盐等腐蚀性介质的管路。

5. 按管路的材质分类

化工管路按材质可分为金属管、非金属管和复合管。

6. 按照石油化工管路分类

炼油、石油化工管路输送的介质一般都是易燃、可燃性介质，有些物料属于剧毒介质，这类管道一旦发生泄漏或损坏后果十分严重。按照《石油化工有毒、可燃介质钢质管道施工及验收规范》（SH 3501—2011），根据输送介质的温度、闪点、爆炸下限、毒性及管道的设计压力，将石油化工管路分为 A、B、C 三级，见表 1-14。

表 1-14　石油化工管路分类

类　型	适 用 范 围
A 级管路	①输送剧毒介质 ②设计压力 $p \geqslant 10$MPa，输送易燃、可燃介质
B 级管路	①输送闪点低于 28℃的易燃介质 ②输送爆炸下限低于 10% 的介质 ③操作温度高于或等于介质自燃点的 C 级管路
C 级管路	①输送闪点为 28 ~ 60℃的易燃、可燃介质 ②输送爆炸下限高于或等于 10% 的介质