



高职高专“十一五”规划教材

流体输送 与传热技术

王壮坤 主编 周 波 主审



化学工业出版社



高职高专“十一五”规划教材

流体输送 与传热技术

王壮坤 主编 周波 主审

江苏工业学院图书馆
藏书章



化学工业出版社

· 北京 ·

本书采用“项目教学”方法,按模块化编写,以化工单元操作技术为主线,培养学生从事化工生产的职业能力,坚持国家职业标准与生产岗位需求相结合,建立了真实职业环境和虚拟职业环境相结合的实训教学体系。内容包括:绪论、流体流动及应用技术、流体输送设备及操作技术、传热操作技术。通过工程实例,采用“工学结合”教学模式,用工作任务引领专业知识,以项目为单位分解原来的知识体系,使知识点分布合理,使学生在项目的逐个完成过程中来掌握知识。重点介绍流体输送及传热技术的应用、生产原理、设备结构、操作方法及设备使用维护,每个模块内容包括教学目标、工作任务、理论知识、实践操作、知识拓展及学习评价几部分。以学生自主学习为核心,注重启发引导,开阔学生视野,提高应用能力。

本书可作为高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新技术人才的培训教材,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

流体输送与传热技术/王壮坤主编. —北京:化学工业出版社, 2009.9
高职高专“十一五”规划教材
ISBN 978-7-122-06357-1

I. 流… II. 王… III. ①流体输送-化工过程-高等学校:技术学院-教材②传热-化工过程-高等学校:技术学院-教材 IV. TQ02

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 125769 号

责任编辑: 窦臻 提岩
责任校对: 李林

装帧设计: 张辉

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: 化学工业出版社印刷厂
787mm×1092mm 1/16 印张 16 $\frac{3}{4}$ 字数 414 千字 2009 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: 30.00 元

版权所有 违者必究

前 言

《流体输送与传热技术》是根据高等职业教育以服务为宗旨、以就业为导向、走“工学结合”之路，培养生产、建设、管理、服务一线的高等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，突出高职教育特色，采用项目教学法，体现工学结合教学模式，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，明确流体输送及换热技术的教学内容，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。教材内容不是以经验、解释或理论研究为主，而是以实现生产化工产品的过程为目的。采用项目教学的方式进行知识的传授，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。

教材选择工程实例来具体实施工作任务的教学，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，强调工程操作和训练。通过项目引出工作任务，把流体输送及换热技术的基础知识、基本原理、设备结构、操作、控制方法分解到各个工作任务中。

本书从体例上力求灵活与多样化，便于学生自主学习。每个项目都设有“教学目标”、“工作任务”、“理论知识”、“实践操作”、“知识拓展”及“学习评价”，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，模块后附有“自测练习”，体现以学生自主学习为核心，注重启发引导，以利于开阔学生视野、提高应用能力。

本书可作为高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，也可供从事化工生产和管理的工程技术人员参考。

本书共分三个模块，由王壮坤主编并统稿。其中模块一的项目一至项目五、模块三由王壮坤编写；模块一的项目六、项目七由卢中民编写；模块二、附录由尤景红编写；锦州石化公司高级工程师杜宏建对本书的编写给予了帮助，提出了一些宝贵意见和建议。全书由周波教授主审。

限于编者的水平和经验，书中不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者
2009 年 6 月

目 录

绪 论

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

模块一 流体流动及应用技术

项目1 流体输送系统的认识	4
教学目标	4
工作任务	5
理论知识	5
一、流体输送案例	5
二、流体输送系统的构成	7
实践操作	14
三、流体输送实训	14
知识拓展	17
四、化工管路的分类	17
五、阀门的型号及标识	18
学习评价	21
项目2 流体的压力及液位测量	22
教学目标	22
工作任务	22
理论知识	23
一、流体的密度	23
二、流体的压强	25
三、静力学方程	26
四、压力测量	27
五、液位测量	31
实践操作	32
六、液位控制仿真训练	32
七、反应釜液位控制	35
知识拓展	36
八、流体静力学界面控制装置	36
学习评价	36
项目3 流体输送的工艺计算	38
教学目标	38
工作任务	38

理论知识	38
一、流量和流速	38
二、稳定流动和不稳定流动	39
三、连续性方程	40
四、柏努利方程	40
技能训练	42
五、流体输送的工艺计算	42
六、柏努利方程实验	46
知识拓展	47
七、复杂管路的计算原则	47
学习评价	48
项目4 流动阻力的计算	48
教学目标	48
工作任务	49
理论知识	49
一、流体的黏度	49
二、流体的流动型态	50
三、流体在圆管内的速度分布	52
四、流体阻力产生的原因及分类	53
五、流动阻力计算	53
实践操作	59
六、雷诺实验	59
七、流动阻力实验	60
八、阀门故障及排除	62
知识拓展	62
九、减小流动阻力的措施	62
学习评价	63
项目5 流体的流量测量	63
教学目标	63
工作任务	64
理论知识	64
一、流量计的分类	64
二、孔板流量计	64
三、文氏流量计	66
四、转子流量计	66
实践操作	68
五、常用的流量计及使用	68
六、孔板流量计的校验	68
七、文丘里流量计标定	69
知识拓展	70
八、流量控制	70

学习评价	70
项目 6 管子的连接和阀门的安装及使用	71
教学目标	71
工作任务	71
理论知识	71
一、管子的连接	71
二、阀门的选用、安装、使用与维护	73
实践操作	74
三、管子的连接及阀门的安装	74
知识拓展	76
四、安全阀安全使用常识	76
学习评价	79
项目 7 管路的安装和布置	79
教学目标	79
工作任务	79
理论知识	80
一、管路的布置与安装	80
二、管道的试压	81
三、管道的吹扫和清洗	85
实践操作	87
四、管路拆装	87
五、管路的维护	89
知识拓展	90
六、管路的热补偿、保温、涂色、防腐及防静电措施	90
学习评价	92
自测练习	92

模块二 流体输送机械及操作技术

项目 1 离心泵的结构、性能及操作	96
教学目标	96
工作任务	97
理论知识	97
一、离心泵的结构	97
二、离心泵的工作原理	99
三、离心泵的主要性能参数	100
四、离心泵的特性曲线	101
五、影响离心泵性能的主要因素	101
实践操作	102
六、认识离心泵的结构	102
七、离心泵开停车操作	103
八、离心泵性能参数的测定	104
知识拓展	105

九、离心泵的类型	105
学习评价	108
项目2 离心泵的流量调节及串、并联操作	109
教学目标	109
工作任务	109
理论知识	109
一、管路特性曲线	109
二、离心泵的工作点	110
三、离心泵流量的调节	110
四、离心泵的串联	111
五、离心泵的并联	111
实践操作	112
六、仿真操作——离心泵的流量调节	112
知识拓展	114
七、离心泵组合方式的选择	114
学习评价	114
项目3 离心泵的安装及选用	115
教学目标	115
工作任务	115
理论知识	115
一、离心泵的汽蚀现象	115
二、离心泵的安装高度确定	116
三、离心泵的选用	116
实践操作	117
四、离心泵的安装高度及选用计算	117
五、离心泵汽蚀、气缚现象的故障处理	118
知识拓展	118
六、离心泵的安装要点	118
学习评价	119
项目4 离心泵的操作维护及事故处理	119
教学目标	119
工作任务	119
理论知识	120
一、离心泵的日常维护	120
二、离心泵的故障处理	120
实践操作	121
三、离心泵的仿真操作	121
知识拓展	122
四、变频调速器带动的离心泵操作	122
学习评价	123
项目5 往复泵、齿轮泵及旋涡泵的操作	123

教学目标	123
工作任务	123
理论知识	124
一、往复泵	124
二、齿轮泵	127
三、旋涡泵	127
实践操作	128
四、旋涡泵性能曲线测定	128
知识拓展	128
五、计量泵	128
六、螺杆泵	129
学习评价	130
项目6 往复式压缩机、离心压缩机的操作	131
教学目标	131
工作任务	131
理论知识	131
一、往复式压缩机	131
二、离心式压缩机	135
实践操作	139
三、离心式压缩机的仿真操作	139
知识拓展	141
四、离心式压缩机控制方案	141
学习评价	142
项目7 通风机、鼓风机、真空泵的操作	143
教学目标	143
工作任务	143
理论知识	143
一、轴流式通风机	143
二、离心式通风机	144
三、离心鼓风机	145
四、罗茨鼓风机	145
五、真空泵	146
实践操作	148
六、离心式风机的操作	148
七、罗茨鼓风机的操作	149
八、真空泵的使用与维护	151
知识拓展	152
九、离心式通风机的选用	152
学习评价	152
自测练习	152

模块三 传热操作技术

项目1 传热系统的认识	155
-------------------	-----

教学目标	155
工作任务	156
理论知识	156
一、传热系统的构成	156
二、工业换热方法及案例	156
三、传热的基本方式	158
四、稳定传热与不稳定传热	159
实践操作	159
五、传热仿真操作	159
知识拓展	162
六、换热器分类	162
学习评价	163
项目2 换热器结构的认识	163
教学目标	163
工作任务	163
理论知识	163
一、管式换热器	164
二、板式换热器	169
三、换热器的性能比较	170
实践操作	172
四、认识换热器的结构	172
知识拓展	173
五、热管式换热器	173
学习评价	174
项目3 加热剂与冷却剂的选择及用量的确定	174
教学目标	174
工作任务	174
理论知识	175
一、常用的加热剂与冷却剂	175
二、换热器热量衡算	176
技能训练	179
三、加热剂（冷却剂）的选择与用量确定训练	179
知识拓展	179
四、化工生产中的节能途径	179
学习评价	180
项目4 换热面积的确定	181
教学目标	181
工作任务	181
理论知识	182
一、传热基本方程	182
二、换热器传热平均温度差计算	183

三、热传导	188
四、对流传热	190
五、换热器传热系数确定	194
技能训练	196
六、换热器传热系数测定	196
知识拓展	200
七、强化传热的途径	200
学习评价	203
项目 5 列管式换热器的选型	203
教学目标	203
工作任务	204
理论知识	204
一、列管式换热器的系列标准	204
二、列管式换热器的选型考虑的问题	205
三、列管式换热器的选型一般步骤	207
技能训练	208
四、换热器选型实例	208
知识拓展	211
五、换热技术的发展	211
学习评价	212
项目 6 换热器的操作维护及故障处理	212
教学目标	212
工作任务	212
理论知识	212
一、换热器的操作	212
二、换热器的清洗	214
三、换热器的常见故障及处理	215
实践操作	217
四、换热器的故障处理的仿真操作	217
五、换热器的正常操作及故障处理	217
知识拓展	219
六、换热器控制	219
学习评价	220
项目 7 化工生产中的保温	221
教学目标	221
工作任务	221
理论知识	221
一、设备和管道的热损失与保温	221
二、保温层计算	222
实践操作	224
三、设计换热器或管道的保温方案	224

知识拓展	224
四、保温材料的发展	224
学习评价	226
自测练习	226
全书主要符号说明	
附 录	
一、法定计量单位及单位换算	231
二、物化数据	233
三、管子和设备型号规格	246
参考文献	

绪论



学习要求

- ◆ 了解化工生产过程；
- ◆ 了解化工单元操作的分类、特点及在化工生产中的作用；
- ◆ 了解本课程的性质、内容及任务。

一、化工生产过程

化学工业是指以工业规模对原料进行加工，经过化学和物理方法处理，制成生产资料和生活资料的工业。化工生产过程是指化学工业的一个个具体的生产过程，也就是一个产品的加工过程。一种产品从原料到成品的生产过程中，往往需要几个、十几个甚至几十个加工过程。其中除了化学反应过程外，还有大量的物理加工过程。

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。下面以乙烯和尿素的生产为例，分析化工生产过程，如图 0-1 所示。

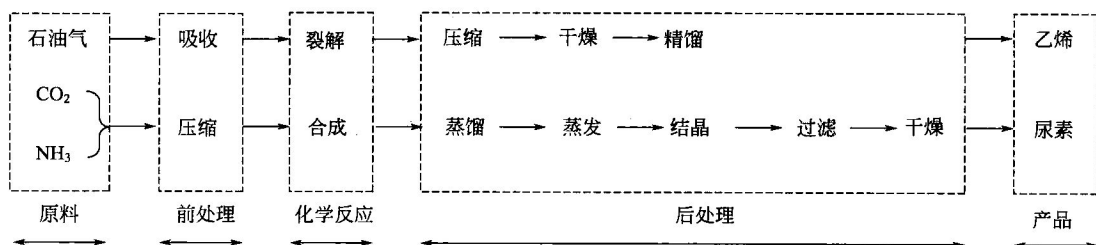


图 0-1 乙烯和尿素的生产过程

由图 0-1 可以看出，化工生产中，化学反应是化工生产的核心，离开反应就不能生产化工产品，原料在化学反应器中进行化学反应过程，如石油气的裂解、尿素生产中的合成等。

为了实现化工生产，在进行化学反应之前，须先对生产原料进行一系列的处理。为使化学反应过程得以经济有效地进行，反应器内必须保持某些适宜的或是较佳的条件，如适当的温度、压强及物料的组成等。原料必须经过一系列的预处理或称为原料的制备以达到必要的纯度、温度和压强，我们把反应之前对原料进行的一系列处理叫作前处理（预处理）。例如，石油气的吸收是为了除掉其中的含硅杂质，以防碱化物腐蚀反应设备（反应器）。

在反应物发生化学反应之后，还要对反应产物做进一步的处理，反应产物需要经过分离、精制等各种处理过程，以获得符合质量标准的最终产品。如乙烯、丙烯生产中的压缩、干燥和精馏，尿素生产中的蒸馏、蒸发、结晶、过滤、干燥等。我们把这些在反应之后进行的一系列处理叫作后处理或产品分离和加工。它的作用在于把化工产品精制成符合用户要求的规格，在必要的情况下，未反应完的原料还必须循环利用。这些前处理和后处理过程主要是物理操作，因此，化工生产过程是若干个物理过程与若干个化学反应过程的组合。

一般来说，化工生产过程大体上可分为前处理、化学反应和后处理三部分。

化工生产的原始原料为煤、石油、天然气、化学矿、空气和水等天然资源及农林业副产品等。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。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。因此对化工生产来说，研究物理变化规律与研究化学变化规律同样重要。经过长期的实践和研究，人们发现，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。

根据它们的操作原理，可以归纳为应用较广的若干个基本单元操作过程。单元操作可归纳为五类：

- 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、干燥、膜分离、萃取、结晶等；
- ④ 热力过程的操作，如冷冻等；
- ⑤ 机械过程的操作，如固体输送和粉碎等。

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。显然，研究单元操作对于化工生产技术的发展是十分重要的。本书研究流体输送技术与传热技术。

三、本门课程的性质、内容和任务

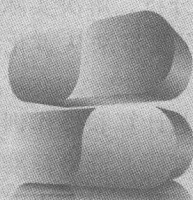
流体输送与传热技术是一门技术性、工程性和应用性都很强的专业基础课程，是构造从事化工职业岗位群生产操作的高素质劳动者和化工生产及技术管理的高级技术人才知识结



构、素质结构与能力结构的必修课，是培养学生工程技术观念与化工实践技能的重要课程。它以化工生产过程为对象，主要研究化工单元操作规律在化工生产中的应用，使学生熟练掌握常见的流体输送及传热技术的基本知识及基本技能，学会用工程观点分析、解决实际生产中的问题，树立良好的职业意识和职业道德观念，为学生学习后续课程及将来从事化工生产、技术、管理和服务工作做准备，为提高职业能力打下基础。

本课程的内容包括流体输送及传热操作过程及设备的基本知识、工艺计算和操作训练。

本课程的任务是学习相关单元操作过程及设备的基本知识，结合国家职业资格标准及生产岗位需求，掌握化工单元岗位的实际操作技能，并掌握一定的运算、选型能力，用工程观点观察、分析和解决常见操作问题，树立安全生产意识、质量意识和环境保护意识。



模块一 流体流动及应用技术

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、强化设备的操作及产品的成本有巨大的影响。

研究流体流动及应用技术主要解决以下问题。

(1) **流体的输送** 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。

(2) **压力、液位和流量的测量** 对设备和管道内的压力、液位及流量等参数进行测量，以便控制生产过程，合理选用和安装测量仪表。

(3) **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。研究流体流动的规律对寻找设备的强化途径具有重要意义。



项目1 流体输送系统的认识

☆ 教学目标 ☆



能力目标

1. 认识各类流体输送阀门、管件的结构、工作原理及规格；
2. 认识流体输送机械的用途、分类；
3. 认识仪表及调节控制装置；
4. 能识读流体输送系统的工艺流程图；
5. 能进行液体输送的操作。





知识目标

1. 了解流体流动在化工生产中的应用；
2. 了解化工管路的分类、构成及标准；
3. 了解各种材质管子的特点、规格及选用；
4. 掌握各种管件的作用、类型；
5. 掌握各种阀门的作用、结构、特点，了解其型号及标识；
6. 掌握流体输送系统的构成及液体的输送方式；
7. 了解流体输送机械的用途、分类。

工作任务

工作任务	实施方法及教学环境	相关知识
认识各种流体输送方式	案例教学、现场教学 流体输送实训装置	液体输送方式
认识流体输送系统	现场教学 各种管件、阀门实物 化工单元操作实训装置	化工管路基本知识 流体输送机械作用、分类 仪表及调节控制装置 并联、分支管路流体输送系统
液体输送的操作	实际操作 流体输送实训装置	工业液体输送的方式 管件、阀门基本知识 流体输送系统的工艺流程图 仪表及调节控制装置

理论知识

一、流体输送案例

1. 液体输送

化工生产中，在满足工艺要求的前提下，考虑经济性，液体输送可以从生产实际出发，采取不同的输送方式。

(1) **输送机械送料** 输送机械送料是借助液体输送机械（泵）对液体做功，实现液体输送。如图 1-1 所示，在甲醇回收装置中，使用进料泵将原料液送入预热器加热，然后进入脱甲醇塔中回收甲醇。由于泵的类型多，扬程和流量适应范围广、易于调节，因此该方法是最常见的液体输送方法。

(2) **高位槽送料** 高位槽送料是利用化工生产中各容器、设备之间的位差，实现液体从高位设备向低位设备输送的操作。在工艺要求特别稳定的场合，常常设置高位槽，以避免输送机械带来的波动。如图 1-1 所示，脱甲醇塔的回流就是靠高位槽的塔顶冷凝器来维持的。高位槽送料时，高位槽的高度由输送任务所要求的流量确定。

(3) **压缩空气送料** 压缩空气送料是向贮槽中通入压缩空气，在压力作用下，将贮槽中液体输送至指定设备的操作，图 1-2 所示为用压缩空气输送硫酸至高位槽装置图。此法只能