

化工工人技术理论培训教材



物料输送

化学工业部人事教育司 组织编写
化学工业部教育培训中心



化学工业出版社

化工工人技术理论培训教材

物 料 输 送

化学工业部人事教育司 组织编写
化学工业部教育培训中心

化 学 工 业 出 版 社

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

物料输送/化学工业部人事教育司, 化学工业部教育培训中心组织编写. —北京: 化学工业出版社, 1997. 12

化工工人技术理论培训教材

ISBN 7-5025-1900-9

I. 物… II. ①化… ②化… III. 化工设备-物料输送系统-技术培训-教材 IV. TQ051.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 20842 号

化工工人技术理论培训教材

物 料 输 送

化学工业部人事教育司 组织编写
化学工业部教育培训中心

责任编辑: 高 钰

责任校对: 李 丽 顾淑云

封面设计: 于 兵

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

新华书店北京发行所经销

北京市燕山联营印刷厂印刷

北京市燕山联营印刷厂装订

*

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 5½ 字数 153 千字

1997 年 12 月第 1 版 1997 年 12 月北京第 1 次印刷

印 数: 1—6000

ISBN 7-5025-1900-9/G · 506

定 价: 10.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换

前 言

为了适应化工系统工人技术等级培训的需要,提高工人的技术理论水平和实际操作技能,我们依据《中华人民共和国工人技术等级标准》和《化工系统工人技术理论培训教学计划和教学大纲》的要求,组织有关人员编写了这套培训教材。

在教材编审过程中,遵循了“坚持标准,结合实际,立足现状,着眼发展,体现特点,突出技能,结构合理,内容精炼,深浅适度”的指导思想,以“等级标准”为依据,以“计划和大纲”为蓝图,从有利于教师教学和方便工人自学出发,力求教材内容能适应化工生产技术和现代化生产工人培训的要求。

按照“中华人民共和国工人技术等级标准”规定的化工行业 168 个生产工种的有关内容,在编制教学计划和划定大纲时,在充分理解等级标准的基础上,吸取了国外职业教育的成功经验,对不同工种、不同等级工人围绕技能所要求掌握的技术理论知识进行分析和分解,作为理论教学的基本单位,称之为“单元”。在计划和大纲中,168 个工种按五个专业大类(及公共课)将不同等级的全部理论教学内容分解为 301 个教学单元。为了方便各单位开展培训教学活动,把教学计划中一些联系较为密切的“单元”合在一起,分成 112 册出版。合订后的全套教材包括以下六部分。

无机化工类单元教材共 25 册:《流体力学基础》、《管路的布置与计算》、《物料输送》、《气相非均一系分离》、《液相非均一系分离》、《物料混合》、《固体流态化与应用》、《加热与冷却》、《蒸发》、《结晶》、《浸取与干燥》、《制冷》、《焙烧与工业炉》、《粉碎与筛分》、《电渗析》、《吸附分离》、《离子交换》、《常见的无机化学反应》、《电解及其设备》、《物料衡算与热量衡算》、《合成氨造气》、《合成氨变换》、《合成氨净化》、《合成氨压缩》和《氨的合成》。

有机化工类单元教材共 7 册：《吸收》、《蒸馏》、《萃取》、《有机化学反应（一）》、《有机化学反应（二）》、《有机化学反应（三）》和《化学反应器》。

化工检修类单元教材共 43 册：《电镀》、《腐蚀与防护》、《机械传动及零件》、《液压传动与气动》、《金属材料热处理知识》、《机械制造工艺基础》、《化工检修常用机具》、《工程力学基础》、《测量与误差》、《公差与配合》、《化工机器与设备安装》、《化工压力容器》、《展开与放样》、《化工管路安装与维修》、《钳工操作技术》、《装配和修理》、《钢材矫正与成型》、《电工材料及工具》、《焊工操作技术》、《焊接工艺》、《阀门》、《化工用泵》、《风机》、《压缩机》、《化工分析仪表（一）》、《化工分析仪表（二）》、《化工测量仪表》、《电动单元组合仪表》、《化工自动化》、《集散系统》、《仪表维修工识图与制图》、《仪表常见故障分析与处理》、《过程分析仪表》、《化工检修钳工工艺学》、《化工检修铆工工艺学》、《化工检修管工工艺学》、《化工检修焊工工艺学》、《化工防腐橡胶衬里》、《化工防腐金属喷涂》、《化工防腐金属铅焊》、《化工防腐砖板衬里》、《化工防腐塑料》以及《化工防腐玻璃钢》。

化工分析类单元教材 6 册：《化学分析的一般知识及基本操作》、《化学分析》、《电化学分析》、《仪器分析》、《化验室基本知识》和《有机定量分析》。

橡胶加工类单元教材共 11 册：《橡胶、配合剂与胶料配方知识》、《再生胶制作机理、工艺及质量检验》、《橡胶加工基本工艺》、《轮胎制造工艺方法》、《力车胎制造工艺方法》、《胶管制造工艺方法》、《胶带制造工艺方法》、《橡胶工业制品制造工艺方法》、《胶鞋制造工艺方法》、《胶乳制品制造工艺方法》和《炭黑制造工艺方法》。

另外还有公共课及管理课类单元教材共 20 册：《电工常识》、《电工基础》、《电子学一般常识》、《电子技术基础》、《机械识图》、《机械制图》、《化工管路识图》、《工艺流程与装备布置图》、《工厂照明与动力线路》、《电气识图与控制》、《电机基础及维修》、《工厂电气设备》、《工厂电气技术》、《安全与防护》、《三废处理与环境保护》、《化工计量常识》、《计算机应用基础知识》、《化工应用文书写》、《标准化基础知

识》和《化工生产管理知识》。

按照“单元”体系组织编写工人培训教材，尚是一种尝试，由于我们经验不足和教材编审时间的限制，部分教材在体系的合理性、内容的先进性、知识的连贯性和深广度的准确性等方面还不尽如人意，为此建议：

一、各单位在组织教学过程中，应按不同等级的培训对象，根据相应的教学计划和教学大纲的具体要求，以“单元”为单位安排教学。

二、工人技术理论的教学应与操作技能的培训结合起来。技术理论的教学活动除应联系本单位生产实际外，还应联系培训对象的文化基础、工作经历等实际情况，制订相应的教学方案，确定相应的教学内容，以提高教学的针对性和教学效率。

三、在教学过程中发现教材中存在的问题，可及时与我们联系，也可与教材的编者或出版单位联系，使教材中的问题得到及时更正，以利教学。

本套教材的组织编写，得到全国化工职工教育战线各方面同志的积极支持和帮助，在此谨向他们表示感谢。

化学工业部人事教育司
化学工业部教育培训中心

1996年3月

内 容 提 要

本书为化工工人技术理论培训教材。本书分别介绍了用于流体（气体、液体）和固体输送的设备，如各种泵、压缩机、鼓风机、通风机、电动机和透平机、各种输送机、提升机及气力输送装置的结构、原理与操作，并对一些设备的运行维护及常见故障的排除作了介绍。

本书可供从事化工生产的工人阅读和学习。

目 录

流体输送设备 (无 003)	1
第一章 绪论	2
第一节 流体的概念	2
第二节 流体的主要物理量	2
第三节 流体流动的基本概念	4
第二章 液体输送设备	7
第一节 离心泵	7
第二节 往复泵	29
第三节 其它类型泵	33
第三章 气体压缩与输送设备	42
第一节 往复式压缩机	42
第二节 离心式压缩机和鼓风机	51
第三节 通风机	65
第四节 真空泵	70
第四章 电动机和透平机	76
第一节 电动机的特性和常用计算公式	76
第二节 同步电动机	84
第三节 直流电动机	86
第四节 交流异步电动机	92
第五节 电动机的控制	100
第六节 电动机的选择	117
第七节 透平机	120
固体物料输送机械 (无 004)	128
第一章 概述	129
第二章 固体物料输送设备及输送能力的计算	134
第一节 胶带输送机	134
第二节 螺旋输送机	140

第三节	埋刮板输送机	144
第四节	斗式提升机	148
第五节	气力输送装置	152
第三章	固体物料输送设备的运行维护及常见故障的排除	157

流 体 输 送 设 备

(无 003)

上海天原（集团）有限公司 项阳 编

第一章 绪 论

第一节 流体的概念

流体是指具有流动性的物体，包括气体和液体。气体是可以压缩的；液体则由于压缩性很小，工程上近似地认为是不可压缩的。

化工生产中所处理的原料和产品大多数是流体，流体的流动和输送是化工生产中必不可少的一个单元操作。按照生产工艺要求，在制造产品时往往把它们依次输送到各设备内进行化学反应或物理变化，制造的产品又常常需要输送到贮罐内贮存，这一过程进行得好坏、动力消耗、设备投资等与流体的流动状况密切相关，并涉及化工产品的成本与经济效益，所以与化工生产关系十分密切，是各个化工过程的基础。因此，要掌握化工生产就一定要了解流体的一些主要物理性质及流体流动的基础知识。

第二节 流体的主要物理量

1. 密度

密度是指单位体积流体所具有的质量。表达式如下：

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1-1)$$

式中 ρ ——流体的密度， kg/m^3 ；

m ——流体的质量， kg ；

V ——流体的体积， m^3 。

工程单位制中重度 (γ) 的数值与国际单位制 (SI) 中密度的数值相同。

流体的密度随着温度和压力的变化而变化。但液体的密度受压力的影响很小，可以忽略不计；温度的变化对它有一定影响。因此，在

选用液体密度时，要注意液体的温度。

在一定温度下流体的密度与 4℃ 时水的密度之比称为相对密度，用下式表达：

$$d'_4 = \rho / \rho_{\text{水}} \quad (1-2)$$

式中 d'_4 ——相对密度；

ρ ——流体在温度 t 时的密度， kg/m^3 ；

$\rho_{\text{水}}$ ——水在 4℃ 时的密度， kg/m^3 。

相对密度又习惯称为比重。工业上液体密度测定最简单的方法是用比重计。

对于气体，其密度随温度和压力的变化较大。在工程计算中，对一般温度和压力下的气体，可按理想气体来处理。即由理想气体状态方程式来表达：

$$\begin{aligned} \therefore pV &= nRT = (m/M) RT \\ \therefore \rho &= \frac{m}{V} = \frac{pM}{RT} \end{aligned} \quad (1-3)$$

式中 ρ ——气体密度， kg/m^3 ；

p ——气体的压力， kPa ；

T ——气体的温度， K ；

M ——气体的分子量， kg/kmol ；

R ——通用气体常数 $[8.314 \text{ kJ}/(\text{kmol} \cdot \text{K})]$ ；

m ——流体的质量， kg 。

密度的倒数即单位质量流体所具有的体积称为比容，用符号 v 表示，单位 m^3/kg 。

2. 压力

流体垂直作用于单位流体面积上的力称为流体的压力强度（或流体静压力），简称为压力或压强。用 p 表示，即

$$p = \frac{F}{A} \quad (1-4)$$

式中 F ——表示垂直作用的力， N ；

A ——表示作用面积， m^2 。

在 SI 制中，压力的单位是 N/m^2 ，称为帕（斯卡），符号为 Pa 。为

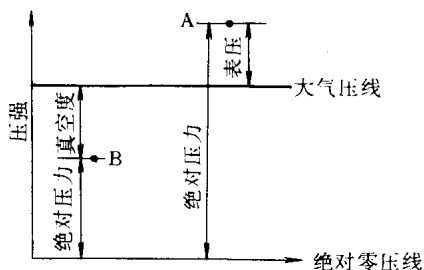
了方便，还使用 MPa（兆帕）、kPa（千帕）、mPa（毫帕）表示。其换算关系如下：

$$1\text{MPa}=10^3\text{kPa}=10^6\text{Pa}=10^9\text{mPa}$$

此外，非法定单位中还采用 atm（标准大气压）、mmHg（毫米汞柱）、mH₂O（米水柱）或 kgf/cm² 等，换算关系如下：

$$1\text{atm}=101.3\text{kPa}=1.033\text{kgf/cm}^2=760\text{mmHg}=10.33\text{mH}_2\text{O}$$

流体的压力除了上述以不同单位表示外，还可以用不同的压力基础来表示。以绝对零压作起点计算的压力称为绝对压力。当被测流体的



的绝压大于外界大气压力时（即压力表上读数），称为表压力，其关系为：绝对压力 = 大气压 + 表压。当被测流体的绝对压力低于外界大气压力时，称为负压，或称为真空度，其关系为：真空度（负压） = 大气压 - 绝对压力。上述关系以

图 1-1 绝对压力、表压和真空度的关系 图 1-1 表示。

第三节 流体流动的基本概念

1. 流量

沿管道输送流体是经常性的操作，因此，流体在管内的流动规律性研究非常重要，也非常普遍。

单位时间内流过管路任一截面的流体量称为流量。流量有两种表示方法：

（1）体积流量 单位时间内流过管路任一截面的流体体积称为体积流量，简称流量。即

$$q_v = V/t \quad (1-5)$$

式中 q_v ——体积流量，m³/s、m³/h；

V —— t 时间内通过某截面的流体的总体积，m³；

t ——时间，s、h。

气体的体积随温度和压力而变化，故气体的体积流量应注明温度和压力。

(2) 质量流量 单位时间内流经管路任一截面的流体的质量称为质量流量。即

$$q_m = m/t \quad (1-6)$$

式中 q_m ——质量流量，kg/s、kg/h；

m ——流体质量，kg；

t ——时间，s、h。

体积流量和质量流量的关系如下：

$$q_m = q_v \rho \quad (1-7)$$

2. 流速

单位时间内流体在流动方向上流过的距离称为流速。流速有平均流速和质量流速之分。但对于气体，因体积流量随温度和压力而变化，流速也随其变化，故以质量流量较为方便。

3. 稳定流动和不稳定流动

流体在流动时任何一截面处的流速和压力等与流动有关的物理量都不随时间的变化而变化，这种流动称为稳定流动。如果有关物理量随时间而变化，则称为不稳定流动。

例如图 1-2 所示的水槽，因为上面不断加水，又有溢流装置，使槽内水位维持不变，所以放水管任一截面处的流速、压力均不随时间而变化，此即属稳定流动。而图 1-3 所示的水槽，因上面没有补充水，随着槽中水被放出，槽中水位不断降低，所以放水管中的流速、压力也逐渐降低，此即属不稳定流动。

4. 流体的流动与能量的关系

流体能够流动主要是靠能量转换，“水往低处流”，就是因为水的一部分位能转化成动能的缘故。水从低处流向高处，是因为泵等设备对水做的机械功转化成水的位能。位能是由于流体在重力作用下因质量中心高于某一基准面而具有的能量。单位流体的位能又称为位压头，单位为 m。流体以一定流速流动而具有的能量称为动能。单位重量流

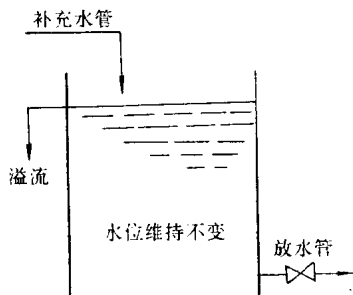


图 1-2 稳定流动

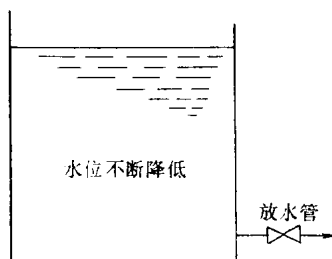


图 1-3 不稳定流动

体的动能又称为动压头，单位为 m 。流动着的流体内部任何一点都有一定的静压力存在，静压力推动流体所做的功称为静压能。

5. 流体的阻力

流体在流动过程中消耗一部分能量以克服阻力。流体的流动状态、管壁的粗糙程度、导管长度、导管直径大小等对流体也产生阻力。例如河道中央的水流最急；管道中心的流速最快，愈近管壁速度愈慢，就是这个道理。化工生产中的流体阻力通常以压头损失大小 h 来表示，有时也以相当的压力降 $\Delta p = \rho gh$ 来表示。

思考题

1. 什么是流体？
2. 流体的输送对化工生产有什么重要性？
3. 流体有哪些主要物理量？如何表达？
4. 影响流体密度有些什么因素？
5. 绝对压力、表压和真空度有什么关系？
6. 流量有哪些表示方法？
7. 稳定流动和不稳定流动有什么不同？
8. 什么是动压头？什么是静压能？
9. 流体的阻力大小与哪些因素有关？

第二章 液体输送设备

在化工生产中，被输送的液体是多种多样的，液体的输送是化工生产过程中经常性的操作。要使液体从一个单元往另一个单元流动，需要有一定的机械能加给液体。因此，液体输送设备就是外加能量给液体的机械，通常称为泵。要正确选用、维持和操作泵，除了明确输送任务、掌握输送液体的性质之外，还必须掌握各类泵的工作原理、结构性能 and 操作方法。

泵可按工作原理分为：

- (1) 离心泵 依靠旋转叶轮的离心惯性力进行工作。
- (2) 往复泵 依靠作往复运动的活塞进行工作。
- (3) 其它类型泵 依靠旋转的转子或依靠另一流体等进行工作。

第一节 离 心 泵

一、离心泵的工作原理

图 2-1 所示为一台安装在管路上的离心泵。主要部件有叶轮与泵壳等。具有若干弯曲叶片的叶轮安装在泵壳内，并紧固于泵轴上，泵壳中央的吸入口与吸入管相连，侧旁的排出口与排出管相连。

离心泵一般用电动机带动。在启动前须向壳内灌满被输送的液体，启动电机后泵轴带动叶轮一起旋转，充满叶片之间的液体也随着旋转，在离心惯性力的作用下液体从叶轮中心被抛向外缘的过程中便获得了能量，使叶轮外缘液体的静压能和动能都增加，流速可达 $15\sim 25\text{m/s}$ 。液体离开叶轮进入泵壳后，由于泵壳中流道逐渐加宽，液体的流速逐渐降低，又将一部分动能转变为静压能，使泵出口处液体的压力进一步提高，于是液体以较高压力从泵的排出口进入排出管路，输送至所需场所。

当泵内液体从叶轮中心被抛向外缘时，在中心处形成了低压区，由

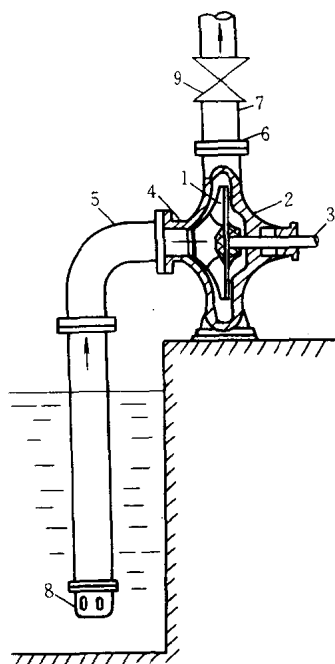


图 2-1 离心泵装置简图

- 1—叶轮；2—泵壳；3—泵轴；
4—吸入口；5—吸入管；
6—排出口；7—排出管；
8—底阀；9—调节阀

于贮槽液面上方的压力大于泵吸入口处的压力，在压力差的作用下液体便经吸入管路连续地被吸入泵内，以补充被排出液体的位置。只要叶轮不断转动，液体便不断被吸入和排出。由此可见，离心泵之所以能输送液体，主要是依靠高速旋转的叶轮，液体在离心惯性力的作用下获得了能量以提高其压力。

离心泵启动时，如果泵壳与吸入管路内没有充满液体，则泵壳内存在空气，由于空气的密度远小于液体的密度，产生的离心惯性力小，因而叶轮中心处所形成的低压不足以将贮槽内的液体吸入泵内，此时虽启动离心泵也不能输送液体。这种现象称为“气缚”，说明离心泵无自吸能力，所以启动前必须向壳体内灌满液体。若离心泵的吸入口位于吸液贮槽液面的上方，在吸入管路的进口处应装底阀，以防启动前灌入的液体从泵内漏失。

底阀下部还装有滤网，可以阻拦液体中的固体物质被吸入而引起管道或泵壳的堵塞。靠近泵出口处的排出管路上装有调节阀，以供开车、停车及调节流量时使用。

二、离心泵的主要零部件与结构

要了解离心泵的结构，先得熟悉离心泵的主要零部件及其作用。

(一) 离心泵的主要零部件

1. 转子

离心泵转子由转动的叶轮、转轴、轴套和轴承等零件组成。因随轴转动，故称转子。