

化工操作工实训丛书

流体输送与过滤操作实训

张裕萍 主编

薛叙明 主审



Chemical Industry Press



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

化工操作工实训丛书

流体输送与过滤操作实训

张裕萍 主编

薛叙明 主审



化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

流体输送与过滤操作实训/张裕萍主编. —北京: 化学工业出版社, 2005. 12

(化工操作工实训丛书)

ISBN 7-5025-8144-8

I. 流… II. 张… III. ①流体输送-化工过程
②过滤-化工过程 IV. ①TQ022.1②TQ028.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 157965 号

化工操作工实训丛书 流体输送与过滤操作实训

张裕萍 主编

薛叙明 主审

责任编辑: 辛 田 李玉晖

文字编辑: 丁建华

责任校对: 李 林

封面设计: 尹琳琳

*

化学工业出版社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010)64982530

(010)64918013

购书传真: (010)64982630

http: //www. cip. com. cn

*

新华书店北京发行所经销

大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷

三河市延风装订厂装订

开本 720mm×1000mm 1/16 印张 11 $\frac{3}{4}$ 字数 223 千字

2006 年 3 月第 1 版 2006 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-8144-8

定 价: 24.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

随着我国社会经济的迅猛发展和职业资格准入制度的不断推进,对从事石油与化工行业的生产操作人员进行职业技能培训与鉴定显得尤为重要。为尽快适应经济与行业发展需求,本着提升石油与化工行业生产操作人员的理论知识水平与实际操作技能的目的,依据《中华人民共和国工人技术等级标准》(以下简称《等级标准》)和《中华人民共和国职业技能鉴定规范(化工行业特有工种考核大纲)》(以下简称《考核大纲》)的要求,化学工业出版社组织编写了这套化工操作工实训丛书。它包括《流体输送与过滤操作实训》、《传热、蒸发与冷冻操作实训》、《传质与分离操作实训》、《化学反应器操作实训》和《化工仿真操作实训》五分册。

本套培训教材的编写遵循了“坚持标准、结合实际,立足现状、着眼发展,突出技能、体现特色,内容精练、深浅适度”的指导思想,以《考核大纲》为准绳,参考《等级标准》,从有利于教师教学和方便工人学习出发,力求做到教材内容能适应当前化工技术的发展及现代化生产工人的技能培训要求。

本套培训教材具有如下基本特点。

(1) 作为工人技能培训用书,本套培训教材以化工单元操作和岗位操作技术为主线,着重介绍岗位操作必须掌握的基本知识、基本理论、操作规范和设备维护等知识;强调实践操作,力求做到理论联系实际,注重理论性与实用性的统一。

(2) 以目前在化学工业中广泛使用的成熟技术及工艺作为重点,同时对近年来在化工企业生产中采用的新标准、新技术、新工艺和新设备也有所涉及,力求体现本行业的技术发展趋势。

(3) 考虑到目前本行业工人的实际情况,由浅入深、由易到难地提出问题、分析问题和解决问题。此外,在每章节后编入适量的习题,以帮助读者巩固所学知识,检验学习效果。

本套培训教材的编写出版得到了常州工程职业技术学院有关领导和老师以及相关化工企业工程技术人员的大力支持,常州工程职业技术学院化学工

程系系主任薛叙明老师对本套培训教材的出版做了大量工作，他组织了本套教材的编写班子并参与提纲的制定与审定，担任了本套培训教材的主审。在此，对上述人员的辛勤劳动表示衷心的感谢。

本套培训教材适用于石油与化工行业的生产操作人员技能培训，也可作为自学教材使用。

本书为《流体输送与过滤操作实训》分册。本书内容是以化工生产中常见单元过程为背景的操作知识。通过对本书内容的学习，对工人理解化工单元操作的过程与设备运转情况分析、工艺评价及改进等都有很大的作用。

本书对于基础知识实行必需够用的原则，在工艺计算中略去了许多繁琐的理论推导，注重工程应用，课程中的例题与习题基本都是与化工生产的实例相近；对于单元操作，注重单元操作过程的理解，加强了各单元操作常见事故的分析与讨论；注重各单元操作影响因素分析，从而找到强化设备操作的途径；对于各单元操作的主要设备，注重设备的构造与操作要领的讲解。本书还安排了主要单元操作的实训，以培养工人及学生的实践动手能力。总之，本书内容丰富且通俗易懂，为化工生产第一线培养技能型的生产、管理人才提供了保证。本书对象为在岗化工操作工人、生产管理人员以及将要从事化工行业的操作工人。

本书由张裕萍主编。本书主要介绍流体输送、沉降及过滤三个单元操作。分四章编写：第一章流体力学基础，第二章化工管路，第三章流体输送，第四章过滤及分离。其中第一章、第二章由张裕萍执笔；第三章、第四章由李雪莲执笔。

江苏武进鸣凰化工厂工程师俞洪林、南京金陵石化公司高级工程师彭作飞等同志对本书的编写给予了建议和帮助，在此表示感谢。

限于编者的水平和经验，书中不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

2005年7月

目 录

第一章 流体力学基础	1
第一节 基本概念	2
一、密度与比容	2
二、压力	4
三、流量与流速	5
四、黏度	6
五、连续流动与稳定流动	7
第二节 静力学基本方程式	7
一、静力学基本方程式的表达形式及意义	7
二、静力学基本方程式的应用	8
第三节 连续性方程式	13
一、连续性方程式的表达形式及讨论	13
二、连续性方程式的应用——管径的选择	14
第四节 伯努利方程式	16
一、伯努利方程式的表达形式及讨论	16
二、伯努利方程式的应用	18
第五节 流体阻力	21
一、流体阻力的产生及影响因素	21
二、流体阻力的估算	22
三、减小流体阻力的途径	28
第六节 流量计	28
一、孔板流量计	28
二、转子流量计	31
复习思考题	32
习题	33
第二章 化工管路	36
第一节 管子与管件	36

一、化工生产中常用的管子类型	36
二、管件与阀门	37
第二节 管路的连接方式	42
一、法兰连接	42
二、螺纹连接	42
三、承插连接	42
四、焊接	42
第三节 管路布置与安装的一般原则	44
一、便于安装、检修、操作和节省基建费用等	44
二、保证操作与人身安全	44
三、尽量降低基建费用和操作费用	46
第四节 管路的使用与防护	46
一、化工管路常见故障及处理方法	46
二、化工管路的防护	47
复习思考题	47
实训一 管路拆装	48

第三章 流体输送

第一节 流体输送机械的分类	49
一、按被输送流体的相态分	49
二、按输送机械的结构与工作原理分	49
三、按工艺操作的目的分	49
第二节 化工泵	50
一、常用化工泵的类型与构造	50
二、化工泵的正常操作及注意事项	79
三、化工泵的常见事故诊断、分析及处理	84
第三节 压缩机、鼓风机与通风机	88
一、往复式压缩机的构造与工作原理	89
二、往复式压缩机的正常操作与保养	96
三、往复式压缩机的常见故障及处理方法	98
四、多级压缩	100
五、鼓风机与通风机	102
第四节 真空泵	109
一、往复式真空泵的构造和操作	109
二、水环式真空泵的构造和操作	112
三、喷射式真空泵的构造和操作	114

复习思考题.....	118
习题.....	119
实训二 离心泵操作.....	121
第四章 过滤及分离	126
第一节 液-固相分离.....	126
一、沉降与沉降设备.....	126
二、过滤和过滤机.....	132
三、离心机.....	142
第二节 气-固相分离.....	146
一、降尘室.....	146
二、旋风分离器.....	147
三、袋滤器.....	148
四、其他气体净制设备.....	149
复习思考题.....	153
习题.....	153
实训三 板框压滤机操作.....	153
实训四 离心机操作.....	154
附录	156
一、计量单位换算.....	156
二、某些气体的重要物理性质.....	159
三、某些液体的重要物理性质.....	160
四、空气的重要物理性质 ($p = 101.3\text{kPa}$).....	161
五、水的重要物理性质.....	162
六、水的饱和蒸汽压 ($-20\sim 100^{\circ}\text{C}$).....	163
七、饱和水蒸气表 (以温度排列).....	164
八、水的黏度 ($0\sim 100^{\circ}\text{C}$).....	165
九、液体黏度共线图和密度.....	166
十、气体黏度共线图.....	168
十一、管子规格.....	170
十二、常用离心泵的规格 (摘录).....	171
十三、4-72-11 型离心式通风机的规格.....	176

第一章 流体力学基础

流体是指具有流动性的物体，包括气体和液体。化工生产中所处理的物料（原料、半成品及成品）大多为流体。这些物料在生产过程中往往需要从一个车间送到另一个车间，从一个设备送到另一个设备。因此流体输送是化工生产中最普遍的单元操作。另外，化工生产中的各项单元操作，无论是物理加工，还是化学反应，绝大部分是在流动的情况下进行的。因此，单元过程进行的优劣、动力消耗及设备投资等都与流体流动状态密切相关。化工生产中的流体流动问题主要有以下几个方面（见图 1-1）。

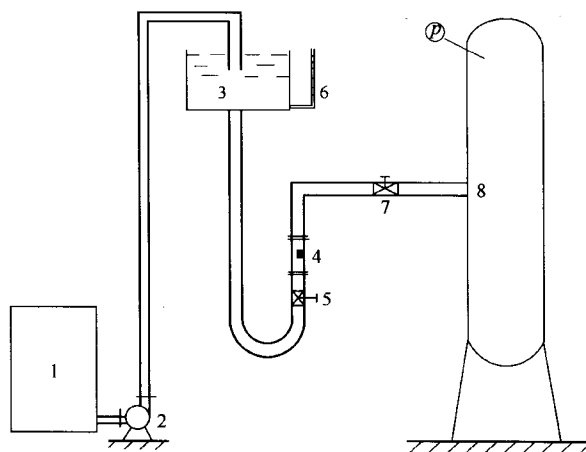


图 1-1 化工生产中的流体流动问题

1—低位槽；2—泵；3—高位槽；4—流量计；5，7—阀门；6—示液管；8—精馏塔

1. 管径的选择与管路布置 通常用管路来输送流体。因此，人们就必须选用管材、管径，并按一定的要求布置管路。

2. 估算流体流动过程中所需的能量 流体在输送过程中，往往要采用输送机械。为此就必须估算出流体在流动过程中所需的能量，以选用合适的输送机械。如图 1-1 中的 2 所示。

3. 液位、流量、压力等的测定 为了了解和控制生产过程，需要测定管路

或设备中的流量、压力等参数。测量这些参数的仪器、仪表大多又是以流体力学为理论基础的。如图 1-1 中的 4、6 所示。

4. 为强化设备操作提供适宜的流体流动条件 如管流速、精馏塔内汽-液两相的流动等。

前面提到化工生产中的传热、传质等单元过程，大多在流体流动的情况下进行。因此，研究流体流动对寻找强化设备操作的途径具有重要意义。

第一节 基本概念

一、密度与比容

(一) 密度与相对密度

1. 密度 单位体积流体所具有的质量，称为流体的密度，用符号 ρ 表示。其表达式为

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

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 。

流体的密度随温度和压力而变化。压力对液体的密度影响很小，可以忽略不计。因此，液体被称为不可压缩流体。而温度对密度的影响不可忽略。

液体的密度可在有关手册上查取。本书附录中给出某些常见液体的密度数值供解题时参考。

2. 相对密度 是指流体的密度与 4°C 水的密度之比。用符号 d 来表示，即

$$d = \frac{\rho}{\rho_4^\text{水}} = \frac{\rho}{1000} \quad (1-2)$$

式中 d ——流体的相对密度；

ρ ——流体的密度， kg/m^3 ；

$\rho_4^\text{水}$ —— 4°C 水的密度， $1000\text{kg}/\text{m}^3$ 。

这样，只要知道流体的相对密度，乘以 1000 就可以得到流体的密度。

(二) 气体的密度

气体具有可压缩性和热膨胀性，其密度随温度和压力的变化很大，所以气体的密度不可能在手册上列出。在工程计算中，在压力不高的情况下，可按理想气体来处理。

由理想气体状态方程： $pV=nRT=\frac{m}{M}RT$ 得

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{pM}{RT} \quad (1-3)$$

式中 p ——气体的压力, kPa;

T ——气体的绝对温度, K;

M ——气体的分子量, kg/kmol;

R ——通用气体常数, 8.314 kJ/(kmol · K)。

或者

$$\rho = \rho_0 \frac{T_0}{T} \times \frac{p}{p_0} \quad (1-4)$$

式中 ρ_0 ——标准状态下气体的密度, $\rho_0 = \frac{M}{22.4} \text{ kg/m}^3$;

T_0 、 p_0 ——标准状态, $T_0 = 273 \text{ K}$, $p_0 = 101.3 \text{ kPa}$ 。

(三) 混合物的密度

1. 混合液体 混合流体的密度根据混合前后总体积不变的原则计算。以 1 kg 混合液体为基准, 则

$$\frac{1}{\rho} = \frac{X_{w1}}{\rho_1} + \frac{X_{w2}}{\rho_2} + \cdots + \frac{X_{wn}}{\rho_n} = \sum \frac{X_{wi}}{\rho_i} \quad (1-5)$$

式中 ρ_i ——混合液中 i 组分的密度, kg/m^3 ;

X_{wi} ——混合液中 i 组分的质量分数。

2. 混合气体 混合气体的密度根据混合前后总质量不变的原则计算, 即用平均分子量计算

$$\rho = \frac{pM_{\text{均}}}{RT} \quad (1-6)$$

$$M_{\text{均}} = M_1 x_1 + M_2 x_2 + \cdots + M_n x_n = \sum M_i x_i \quad (1-7)$$

式中 M_i ——混合气体中 i 组分的分子量, kg/kmol;

x_i ——混合气体中 i 组分的摩尔分数。

(四) 比容

比容: 单位质量流体所具有的体积称为流体的比容 (比体积)。用符号 v 表示。比容也即密度的倒数, 即

$$v = \frac{1}{\rho} \quad (1-8)$$

式中 v ——流体的比容, m^3/kg 。

【例 1-1】 工业酒精的质量含量为 60%, 试求其 293K 时的密度。

解 工业酒精是乙醇和水的混合液。可查得 293K 时

$$\rho_{\text{水}} = 998.2 \text{ kg/m}^3; \quad \rho_{\text{乙醇}} = 789 \text{ kg/m}^3$$

由式 (1-5) 得

$$\frac{1}{\rho} = \frac{0.6}{789} + \frac{0.4}{998.2} = 0.00116 \text{ (m}^3/\text{kg)}$$

$$\rho = 862.1 \text{ kg/m}^3$$

【例 1-2】 已知空气的组成为 21% O_2 和 79% N_2 (均为体积分数), 试求 100kPa 和 300K 时空气的密度。

解 已知: $M_{\text{O}_2} = 32 \text{ kg/kmol}$; $M_{\text{N}_2} = 28 \text{ kg/kmol}$;

$$x_{\text{O}_2} = 0.21; x_{\text{N}_2} = 0.79$$

由式 (1-7) 得

$$M_{\text{均}} = 0.21 \times 32 + 0.79 \times 28 = 28.8 \text{ (kg/kmol)}$$

由式 (1-6) 得

$$\rho = \frac{100 \times 28.8}{8.314 \times 300} = 1.15 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

二、压力

这里所说的压力实际上是指流体的压强, 而化工生产中习惯上称之为压力。

(一) 定义与定义式

压力 (压强): 垂直作用于流体单位面积上的力, 用符号 p 表示, 其表达式为

$$p = \frac{F}{A} \quad (1-9)$$

式中 p ——流体的压力, N/m^2 ;

F ——垂直作用于流体截面上的力, N ;

A ——作用面积, m^2 。

(二) 单位

压力的单位为 N/m^2 , 专用名称为帕斯卡, 简称帕, 用符号 Pa 表示。

在生产现场、技术文件和资料手册中常用的压力单位还有: MPa (兆帕); kPa (千帕); atm (标准大气压); at 或 kgf/cm^2 (工程大气压); mH_2O (米水柱); mmHg (毫米汞柱)。其换算关系为

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

$$1 \text{ atm} = 101.3 \text{ kPa} = 1.033 \text{ at} = 760 \text{ mmHg} = 10.33 \text{ mH}_2\text{O}$$

注意: 用液柱高度表示压力单位时, 液柱名称不能漏掉。

(三) 表压、绝压与真空度

流体的压力可以用仪表来测取。但不管什么样的压力表, 表上反映出的压力都是设备内的实际压力与大气压力之差, 称为表压, 而设备内的实际压力称为绝压, 即

$$\text{表压} = \text{绝压} - \text{大气压}$$

当设备内的实际压力小于大气压时, 表上测出的压力叫真空度, 即

$$\text{真空度} = \text{大气压} - \text{绝压}$$

上述关系可用图 1-2 形象地说明。

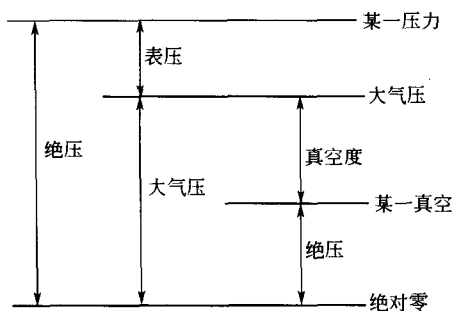


图 1-2 表压、绝压及真空度的关系

应当指出：大气压随地区而不同，也随季节而不同，对于表压和真空度应有注明。如 200kPa（表压）、300mmHg（真空度），若无注明则表示绝压。

【例 1-3】 某设备进、出口测压仪表的读数分别为 3kPa（真空度）和 67kPa（表压），求两处的绝对压强差是多少？

解 已知：进口真空度 $p_{1\text{真}} = 3\text{kPa}$ ；出口表压 $p_{2\text{表}} = 67\text{kPa}$

则 $p_1 = p_{\text{大}} - p_{\text{真}}；p_2 = p_{\text{大}} + p_{\text{表}}$

所以 $p_2 - p_1 = p_{\text{表}} + p_{\text{真}} = 67 + 3 = 70 \text{ (kPa)}$

三、流量与流速

（一）流量

流量有体积流量与质量流量之分。

1. 体积流量 简称为流量，单位时间流过某一截面的流体体积。用符号 V_s 或 V_h 表示，单位为 m^3/s 或 m^3/h 。

2. 质量流量 单位时间流过某一截面的流体质量。用符号 G_s 或 G_h 表示，单位为 kg/s 或 kg/h 。

两者之间的关系为

$$G_s = V_s \rho \quad (1-10)$$

式中 ρ ——流体的密度， kg/m^3 。

（二）流速

流速也分为流速与质量流速

1. 流速 单位时间流体质点^①流过的距离。用符号 u 表示，单位为 m/s 。

流体在流动过程中，在同一截面上各流体质点的流速是不均等的。因此通常说的流速是指某一截面上的平均流速，用体积流量除以流通截面积得到，即

$$u = \frac{V_s}{S} \quad (1-11)$$

① 为便于理解，流体可视为由含有大量分子的微团组成，这些微团的质量很小，其质量集中在一点上，故称其为流体质点。

式中 S ——流体的流通截面积, m^2 。

2. 质量流速 单位时间、单位流通截面积流过的流体质量。用符号 w 表示, 单位为 $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。表达式为

$$w = \frac{G_s}{S} \quad (1-12)$$

流速与质量流速之间的关系为

$$w = u\rho \quad (1-13)$$

四、黏度

黏度是表示流体流动性能的另一物理量, 用符号 μ 表示。实践表明, 有的流体容易流动, 有的难以流动。例如, 油的流动性比水差, 蜂蜜的流动性比油差等。这就是由于它们的黏度不同。流体的黏度越小就越容易流动; 黏度越大就越难流动。

前已述及, 在同一流通截面上各流体质点的流速是不均等的, 科学研究证明, 不同流速的流体之间也存在着阻碍相对运动的摩擦力, 称为内摩擦力, 流体的黏度就是这种内摩擦力的表示与量度。黏度大的流体, 流动时能量消耗大, 即阻力损失大, 反之亦然。

黏度的数值由实验测定, 其单位为 $\text{Pa} \cdot \text{s}$ (SI 制)。流体的黏度值随温度而变化。一般来说, 液体的黏度随温度的升高而减小, 气体的黏度随温度的升高而增大。压力对黏度的影响不大, 除了在极高或极低压力下才考虑其对气体黏度的影响外, 一般情况下不予考虑。

纯组分的黏度值可在手册上查取。本书附录上列出常用气体和液体的黏度列线图, 供解题时查用。

对于混合物的黏度, 在没有实验数据的时候, 可用下列公式近似计算其平均黏度。

对于常压气体混合物

$$\mu_m = \frac{\sum (y_i \mu_i M_i^{1/2})}{\sum (y_i M_i^{1/2})} \quad (1-14)$$

式中 y_i ——气体混合物中 i 组分的摩尔分数 (即体积分数);

μ_i ——与混合气体同温度下 i 组分的黏度, $\text{Pa} \cdot \text{s}$;

M_i ——气体混合物中 i 组分的分子量, kg/kmol 。

对于分子不缔合液体混合物

$$\lg \mu_m = \sum (x_i \lg \mu_i) \quad (1-15)$$

式中 x_i ——混合液中 i 组分的摩尔分数;

μ_i ——与混合液同温度下 i 组分的黏度, $\text{Pa} \cdot \text{s}$ 。

五、连续流动与稳定流动

(一) 连续流动

这里讨论的流体流动是指流体宏观的机械运动，可以取流体质点为最小研究单元。这些流体质点在系统的所取截面上是不间断的，并完全充满整个空间，这种流动称为连续流动。连续流动时，流体的物理性质及各运动参数也作连续分布。

(二) 稳定流动与不稳定流动

稳定流动是指在流体流动过程中，任意一个截面上与流动有关的物理量（如流速 u 、压力 p 等）不随时间而变。如图 1-3 所示的水槽，因上面不断加水，又有溢流装置，使槽内水位维持不变，则放水管任一截面处的流速、压力等都不随时间而变，即属于稳定流动。反之，这些物理量随时间而变的为不稳定流动。如图 1-4 所示的水槽，因上面没水补充，随着槽中的水放出，槽内水位不断降低，所以放水管中水的流速、压力等也逐渐降低，即属于不稳定流动。

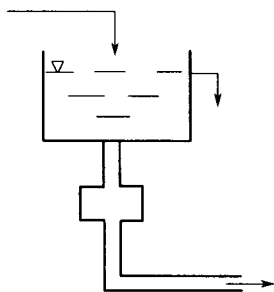


图 1-3 稳定流动

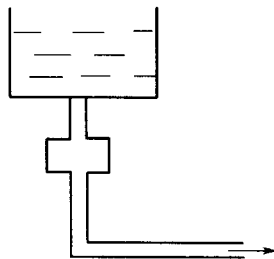


图 1-4 不稳定流动

第二节 静力学基本方程式

一、静力学基本方程式的表达形式及意义

静止的流体在重力和压力作用下达到平衡，处于相对静止状态。重力是不变的，但静止流体内部各点的压力是不同的。静止流体内部压力变化的规律即可用静力学基本方程式来描述。

(一) 静力学基本方程式的表达形式

1. 静止流体内部各点的位能与静压能之和为常数

$$z_1 g + \frac{p_1}{\rho} = z_2 g + \frac{p_2}{\rho} = \text{常数} \quad (1-16a)$$

或

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} = \text{常数} \quad (1-16b)$$

或

$$z_1 \rho g + p_1 = z_2 \rho g + p_2 = \text{常数} \quad (1-16c)$$

2. 流体内部的压力随深度的增加而增加

$$p_2 = p_1 + (z_1 - z_2) \rho g = p_0 + h \rho g \quad (1-16d)$$

式中 z ——流体质点与基准水平面之间的距离, m;

p ——各点的压力, Pa;

ρ ——流体的密度, kg/m^3 ;

g ——重力加速度, m/s^2 ;

p_0 ——液面压力, Pa;

h ——流体的深度, m。

以上几个式子都为静力学基本方程式。

(二) 静力学基本方程式的意义

1. 各项的物理意义

zg : 单位质量流体所具有的位能, J/kg 。

$\frac{p}{\rho}$: 单位质量流体所具有的静压能, J/kg 。

z : 单位重量 (每牛顿) 流体所具有的位能, 称为位压头, m。

$\frac{p}{\rho g}$: 单位重量 (每牛顿) 流体所具有的静压能, 称为静压头, m。

$p + z\rho g$: 称为修正压强。

2. 静止流体内部的压力 p 与深度 h 和密度 ρ 存在函数关系 即流体内部的压力随深度的变化而变化, 流体的密度越大, 这种变化也越大。如图 1-5 所示, 图中流体密度 $\rho_2 > \rho_1$ 。

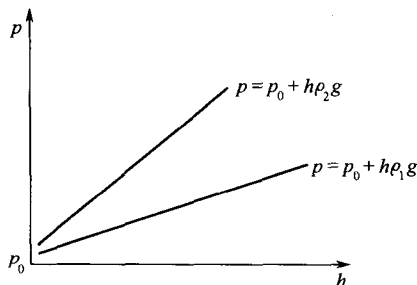


图 1-5 压力与深度及密度的关系

3. 静止流体中存在一个等压面 即在静止的、连通着的、同一种流体的、同一水平面上各点的静压强相等。

二、静力学基本方程式的应用

(一) 压力与压力差的测定

测量压力的仪表有多种, 这里仅介绍以流体静力学为理论基础的测压仪表,

这种测压仪表称为液柱压差计，可用来测量流体的压力或压力差。较典型的有以下两种。

1. U 形管压差计

(1) 构造 U 形管压差计的结构如图 1-6 (a) 所示。带有刻度的 U 形透明玻璃管，内装指示液。指示液与被测流体不互溶，不发生化学反应，密度一般要大于被测流体的密度。常用的指示液有汞、水、四氯化碳等。

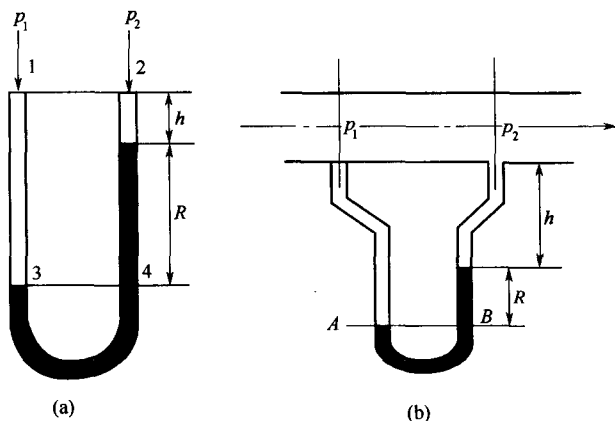


图 1-6 U 形管压差计

(2) 测压原理 将 U 形管压差计的两端连接到测压系统中，如图 1-6 (b) 所示。由于 U 形管两端所受压力不相等 ($p_1 > p_2$)，所以在 U 形管的两侧出现指示液的高度差 R ， R 就称为 U 形管压差计的读数。读数的大小与被测压差有关，即

$$p_1 - p_2 = R(\rho_s - \rho)g \quad (1-17)$$

式中 p_1, p_2 ——被测流体两点的压强，Pa；

ρ_s, ρ ——指示液及被测流体的密度， kg/m^3 ；

R ——U 形管压差计中指示液位差，m；

g ——重力加速度， m/s^2 。

(3) 说明

① U 形管压差计不但可用来测取两点间的压差，也可测取某一处的压力。将 U 形管压差计的一端与被测设备连接，另一端与大气相通，这时压差计上的读数 R 所反映的是被测点的压力与大气压之差，即表压；如 R 读数在被测点一侧，则读数 R 反映的是真空度。

② 若被测流体是气体，则式 (1-17) 中的 ρ 可以忽略。式 (1-17) 改写为

$$p_1 - p_2 = R\rho_s g \quad (1-17a)$$

③ 如指示液密度小于被测流体密度，则在安装时 U 形管应倒置，则式