

化工原理
考研
权威指导

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材《化工原理》（陈敏恒等，第四版）配套用书

化工原理学习指导与习题精解

	黄 婕	主 编
刘玉兰	熊丹柳	副主编
	陈敏恒	主 审



化学工业出版社

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材《化工原理》(第四版)配套用书
化工原理考研权威指导

化工原理学习指导与习题精解

黄 婕 主 编
刘玉兰 熊丹柳 副主编
陈敏恒 主 审



化学工业出版社

· 北 京 ·

《化工原理学习指导与习题精解》是“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材《化工原理》(陈敏恒等编,第四版)的配套用书,所涉及的内容为常用的单元操作。

《化工原理学习指导与习题精解》通过定性分析和习题解析,将化工原理课程中的重要概念和工程观点融会其中,习题讲解从基本分析至综合练习,循序渐进,帮助读者全面理解化工原理的内容。同时精选了部分《化工原理》教材中的难点习题进行了分析。

《化工原理学习指导与习题精解》可作为高等院校化工类相关专业学生学习化工原理的参考书,以及考研复习指导书,同时可供高等院校化工原理授课教师参考。



图书在版编目(CIP)数据

化工原理学习指导与习题精解/陈敏恒主编. —北京:
化学工业出版社, 2015.9

ISBN 978-7-122-24437-6

I. ①化… II. ①黄… III. ①化工原理-高等学校-教

学参考资料 IV. ①TQ02

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 140690 号

责任编辑: 杜进祥
责任校对: 边涛

文字编辑: 孙凤英
装帧设计: 刘剑宁

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)

印刷: 北京市振南印刷有限责任公司

装订: 三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张17¼ 字数433千字 2015年10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: 39.00 元

版权所有 违者必究

前 言

《化工原理学习指导与习题精解》是陈敏恒等编的《化工原理》(第四版)教材的配套学习用书。《化工原理》(第四版)教材力求在编写上加强学生应用能力的培养,适当增强实际工程应用知识,培养学生综合素质。《化工原理学习指导与习题精解》通过概念分析、具体应用,将学生的能力培养贯穿其中。

化工原理是高等院校化工类及相关专业的主干课程,是化学工程与化工工艺的重要基础,由于课堂学时有限,授课中化工原理的一些综合性、工程型的概念难以展开。《化工原理学习指导与习题精解》是为学习化工原理课程的读者编写的习题参考书,旨在更全面、深入地帮助读者理解、掌握基本概念和原理,提高分析和解决综合问题的能力。全书共8章,包括流体流动、流体输送机械、过滤、颗粒的沉降和流态化、传热、吸收、精馏、干燥和模拟试卷,与《化工原理》(第四版)重点章节相呼应。为了便于读者学习和提高解题能力,抓住化工原理的重点和难点,第1~8章均由知识要点、重点概念、典型例题解析、提高型例题精解及自测练习5部分构成,既帮助读者理解和系统梳理化工原理的基本概念,又通过习题阐述化工原理在工程中的应用。附录为模拟试卷,不仅有《化工原理》(上、下册)的模拟练习,还附有考研模拟试题。本书也可作为“化工原理”研究生入学考试的辅导用书。

本书由华东理工大学化工原理教研组编写,第1章、第2章、第4章由黄婕编写,第3章、第5章和第8章由刘玉兰编写,第6章和第7章由熊丹柳编写,附录由黄婕、熊丹柳和刘玉兰共同编写。本书由陈敏恒教授审阅。在本书编写过程中得到了齐鸣斋教授的悉心指导和教研组老师的大力帮助,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2015年4月于华东理工大学

目 录

第 1 章 流体流动	1
1.1 知识要点	2
1.1.1 连续性假定及其意义	2
1.1.2 质点	2
1.1.3 拉格朗日法	2
1.1.4 欧拉法	2
1.1.5 定态流动	2
1.1.6 轨线与流线	2
1.1.7 系统与控制体	2
1.1.8 黏性的物理本质	2
1.1.9 理想流体与实际流体的区别	2
1.1.10 牛顿黏性定律	3
1.1.11 总势能和虚拟压强	3
1.1.12 静止流体受力平衡的研究方法	3
1.1.13 静力学方程	3
1.1.14 压差计	3
1.1.15 质量守恒方程	4
1.1.16 伯努利方程	4
1.1.17 伯努利方程的物理意义和几何意义	5
1.1.18 平均流速	5
1.1.19 动能校正因子	5
1.1.20 定态性与稳定性	5
1.1.21 流体流动阻力产生的原因及影响因素	5
1.1.22 雷诺数	5
1.1.23 层流和湍流的速度分布	5
1.1.24 层流和湍流的本质区别	6
1.1.25 边界层	6
1.1.26 边界层分离现象	6
1.1.27 边界层分离的条件	7
1.1.28 量纲分析实验研究方法的主要步骤	7
1.1.29 机械能衡算	7
1.1.30 摩擦系数 λ 、 Re 和 ϵ/d 的关系	7
1.1.31 阻力损失	7
1.1.32 直管阻力计算	7
1.1.33 局部阻力计算	8
1.1.34 突然扩大和突然缩小	8
1.1.35 管路中的总阻力计算	8

1.1.36	当量直径	8
1.1.37	阻力对管路影响的分析	9
1.1.38	管路计算	9
1.1.39	毕托管	10
1.1.40	孔板流量计	11
1.1.41	转子流量计	11
1.1.42	非牛顿流体特性	12
1.2	重点概念	12
1.2.1	概念解析	12
1.2.2	简答题	13
1.3	典型例题解析	21
1.4	提高型例题精解	34
1.5	自测练习	44
1.5.1	自测练习一	44
1.5.2	自测练习二	47
	本章符号说明	49
第2章	流体输送机械	51
2.1	知识要点	52
2.1.1	管路特性方程	52
2.1.2	管路特性曲线的影响因素	52
2.1.3	离心泵的主要参数	53
2.1.4	离心泵主要构件	53
2.1.5	离心泵理论压头的影响因素	53
2.1.6	离心泵采用后弯叶片原因	53
2.1.7	气缚现象	53
2.1.8	泵的有效功率和效率	54
2.1.9	离心泵特性曲线	54
2.1.10	离心泵特性曲线的影响因素	54
2.1.11	离心泵的工作点	55
2.1.12	离心泵的调节手段	55
2.1.13	离心泵的串并联	55
2.1.14	汽蚀现象	56
2.1.15	离心泵安装高度和必需汽蚀余量 $(NPSH)_r$	56
2.1.16	离心泵的选型	57
2.1.17	正位移特性	57
2.1.18	往复泵的调节手段	57
2.1.19	各种化工用泵比较	57
2.1.20	气体输送特点	58
2.1.21	通风机的全压、动风压	58
2.1.22	真空泵的主要性能参数	58
2.2	重点概念	58
2.2.1	概念解析	58
2.2.2	简答题	60
2.3	典型例题解析	65

2.4 提高型例题精解	74
2.5 自测练习	81
2.5.1 自测练习一	81
2.5.2 自测练习二	83
本章符号说明	86
第3章 过滤	87
3.1 知识要点	88
3.1.1 球形颗粒的特性	88
3.1.2 非球形颗粒的特性	88
3.1.3 颗粒群的平均直径	88
3.1.4 固定床的特性	88
3.1.5 数学模型法	88
3.1.6 固定床的压降	89
3.1.7 物料衡算	89
3.1.8 过滤速率基本方程	89
3.1.9 恒速过滤方程	89
3.1.10 恒压过滤方程	90
3.1.11 先变压后恒压方程	90
3.1.12 板框压滤机	90
3.1.13 叶滤机的洗涤	90
3.1.14 板框压滤机的洗涤	90
3.1.15 真空回转过滤机	91
3.1.16 生产能力	91
3.2 重点概念	91
3.2.1 概念解析	91
3.2.2 简答题	92
3.3 典型例题解析	94
3.4 提高型例题精解	99
3.5 自测练习	102
3.5.1 自测练习一	102
3.5.2 自测练习二	103
本章符号说明	105
第4章 颗粒的沉降和流态化	107
4.1 知识要点	108
4.1.1 曳力	108
4.1.2 曳力系数 ζ	108
4.1.3 颗粒沉降速度 u_t	108
4.1.4 斯托克斯定律	108
4.1.5 牛顿区	108
4.1.6 重力降尘室	109
4.1.7 重力降尘室生产能力	109
4.1.8 离心分离因数	109
4.1.9 旋风分离器主要评价指标	110
4.1.10 分割直径 d_{pc}	110

4.1.11	流化床的特点	110
4.1.12	实际流化床两种流化现象	110
4.1.13	起始流化速度和带出速度	110
4.1.14	流化床压降	110
4.1.15	气力输送特点	110
4.2	重点概念	111
4.2.1	概念解析	111
4.2.2	简答题	112
4.3	典型例题计算	114
4.4	提高型例题精解	118
4.5	自测练习	120
4.5.1	自测练习一	120
4.5.2	自测练习二	121
	本章符号说明	122
第5章	传热	124
5.1	知识要点	125
5.1.1	冷、热流体的三种接触方式	125
5.1.2	传热的三种基本方式	125
5.1.3	热流量 Q 和热流密度 q	125
5.1.4	傅里叶定律	125
5.1.5	多层壁定态一维导热	125
5.1.6	对流传热	126
5.1.7	牛顿冷却定律	126
5.1.8	给热系数 α 的计算	126
5.1.9	自然对流	126
5.1.10	圆管内强制湍流	127
5.1.11	大容积饱和沸腾	127
5.1.12	蒸汽冷凝给热	127
5.1.13	对流给热过程 α 的比较	128
5.1.14	热辐射	128
5.1.15	两物体间的辐射传热	129
5.1.16	对数平均推动力	129
5.1.17	传热过程	130
5.1.18	总传质系数 K	130
5.1.19	壁温与热阻的关系	131
5.1.20	非定态传热过程	131
5.1.21	间壁式换热器的类型	131
5.1.22	管壳式换热器中流体通道选择	131
5.2	重点概念	132
5.2.1	概念解析	132
5.2.2	简答题	132
5.3	典型例题解析	139
5.4	提高型例题精解	148
5.5	自测练习	154

5.5.1 自测练习一	154
5.5.2 自测练习二	156
本章符号说明	158
第6章 气体吸收	160
6.1 知识要点	161
6.1.1 气体吸收的目的和原理	161
6.1.2 实施吸收操作必须解决的问题	161
6.1.3 吸收过程的主要操作费用及经济性	161
6.1.4 解吸方法	161
6.1.5 选择吸收溶剂的主要依据	161
6.1.6 气、液两相接触方式	161
6.1.7 亨利定律及相平衡	161
6.1.8 相平衡常数及影响因素	162
6.1.9 吸收过程的极限	162
6.1.10 过程的推动力	162
6.1.11 气液相际传质过程	162
6.1.12 单相传质机理	162
6.1.13 费克定律	162
6.1.14 分子扩散速率方程	162
6.1.15 等分子反向扩散	163
6.1.16 单向扩散	163
6.1.17 漂流因子	163
6.1.18 扩散系数	163
6.1.19 对流传质与对流传质速率	164
6.1.20 流传质系数及无量纲特征数关联式	164
6.1.21 对流传质理论	164
6.1.22 对流传质速率方程式与总传质系数	164
6.1.23 传质阻力控制	165
6.1.24 低浓度气体吸收特点	165
6.1.25 物料衡算与操作线方程式	165
6.1.26 吸收过程基本方程式	165
6.1.27 传质单元高度	166
6.1.28 传质单元数	166
6.1.29 塔高	166
6.1.30 对数平均推动力	166
6.1.31 传质单元数求法	167
6.1.32 吸收塔的液气比与最小液气比	167
6.1.33 解吸塔的最小气液比	167
6.1.34 返混	167
6.1.35 吸收剂三要素及对吸收结果的影响	168
6.1.36 吸收塔的操作和调节的技术极限	168
6.1.37 吸收剂用量调节的限度	168
6.1.38 化学吸收与物理吸收	168
6.1.39 增强因子 β	168

6.1.40 容积过程与表面过程	168
6.2 重点概念	168
6.2.1 概念解析	168
6.2.2 简答题	171
6.3 典型例题解析	174
6.4 提高型例题精解	183
6.5 自测练习	192
6.5.1 自测练习一	192
6.5.2 自测练习二	193
本章符号说明	194
第7章 液体精馏	196
7.1 知识要点	197
7.1.1 蒸馏的目的及基本依据	197
7.1.2 蒸馏的主要操作费用	197
7.1.3 双组分气液相平衡自由度	197
7.1.4 理想物系的定义	197
7.1.5 泡点	197
7.1.6 露点	197
7.1.7 挥发度	197
7.1.8 相对挥发度	197
7.1.9 总压对相对挥发度的影响	197
7.1.10 相平衡常数与相平衡方程	198
7.1.11 平衡蒸馏和简单蒸馏的比较	198
7.1.12 精馏原理与连续精馏	198
7.1.13 实现精馏的必要条件	198
7.1.14 理论板	198
7.1.15 采出率	198
7.1.16 轻组分回收率和重组分回收率	198
7.1.17 默弗里板效率	198
7.1.18 恒摩尔流假定及其成立的主要条件	199
7.1.19 回流比 R	199
7.1.20 加料热状态参数 q 值的含义及取值范围	199
7.1.21 物料衡算	199
7.1.22 q 线方程	199
7.1.23 塔内气液流率	199
7.1.24 精馏塔热负荷	200
7.1.25 操作线方程	200
7.1.26 全回流	200
7.1.27 最少理论板数与芬斯克方程	200
7.1.28 最优加料板位置	200
7.1.29 最小回流比	200
7.1.30 最适宜回流比	200
7.1.31 恒浓区	201
7.1.32 理论板数的计算方法	201

7.1.33 冷液回流	201
7.1.34 塔顶、塔底极限浓度所受限制	201
7.1.35 灵敏板	201
7.1.36 间歇精馏的特点	201
7.1.37 特殊精馏	201
7.1.38 恒沸精馏	201
7.1.39 萃取精馏	201
7.1.40 关键组分	201
7.2 重点概念	201
7.2.1 概念解析	201
7.2.2 简答题	203
7.3 典型例题解析	208
7.4 提高型例题精解	217
7.5 自测练习	222
7.5.1 自测练习一	222
7.5.2 自测练习二	224
本章符号说明	225
第8章 干燥	227
8.1 知识要点	228
8.1.1 去湿方法	228
8.1.2 对流干燥过程特点	228
8.1.3 湿空气状态的描述	228
8.1.4 固体中所含水分	229
8.1.5 湿物料含水量的表示	229
8.1.6 平衡含水量 X^* 和自由含水量 X	229
8.1.7 干燥速率曲线	229
8.1.8 临界自由含水量	230
8.1.9 间歇干燥过程	230
8.1.10 连续干燥过程	230
8.1.11 提高热效率的措施	231
8.1.12 理想干燥过程	232
8.1.13 干燥器评价指标 (基本要求)	232
8.1.14 常用干燥器类型	232
8.2 重点概念	232
8.2.1 概念解析	232
8.2.2 简答题	233
8.3 典型例题解析	235
8.4 提高型例题精解	239
8.5 自测练习	242
8.5.1 自测练习一	242
8.5.2 自测练习二	244
本章符号说明	245
附录 模拟试卷	247
化工原理上册模拟试卷一	248

化工原理上册模拟试卷二	249
化工原理下册模拟试卷一	252
化工原理下册模拟试卷二	253
化工原理考研模拟试卷一	255
化工原理考研模拟试卷二	257
参考答案	259

第 1 章

流体流动

1.1 知识要点

1.1.1 连续性假定及其意义

假定流体是由大量质点组成、彼此间没有间隙、完全充满所占空间的连续介质。根据连续性假定，流体的物理性质及运动参数作连续分布，从而可以运用连续函数的数学工具加以描述。

1.1.2 质点

质点是含有大量分子的流体微团，其尺寸远小于设备尺寸，但比分子自由程要大得多。

1.1.3 拉格朗日法

拉格朗日法是选定一个流体质点，对其跟踪观察，描述其运动参数（如位移、速度等）与时间的关系。拉格朗日法描述的是同一质点在不同时刻的状态。

1.1.4 欧拉法

欧拉法是考察空间各点位置流体质点的运动情况（如速度）随时间的变化，压强、密度的分布随时间的变化。欧拉法描述的是空间各点的状态及其与时间的关系。

1.1.5 定态流动

运动空间各点的状态不随时间而变化，则该流动称为定态流动。

1.1.6 轨线与流线

轨线是某一流体质点的运动轨迹，描述的是同一质点在不同时间的位置，是采用拉格朗日法考察流体运动所得的结果；流线为同一瞬间不同质点的速度方向的连线，流线上各点的切线表示同一时刻各点的速度方向，是采用欧拉法考察流体运动的结果。

流线不能相交，因为同一流体质点不能有两个速度方向。

1.1.7 系统与控制体

封闭系统是包含众多流体质点的集合，系统与外界可以存在力的作用与能量的交换，但没有质量交换，系统是采用拉格朗日法考察流体的；控制体是划定一固定的空间体积来考察流体的，流体可以自由进出控制体，控制体与外界也可以有能量的交换，控制体是采用欧拉法考察流体的。

1.1.8 黏性的物理本质

黏性的物理本质是分子微观运动（即分子间的引力和分子间的碰撞）的一种宏观表现。

1.1.9 理想流体与实际流体的区别

黏性等于零（ $\mu=0$ ）的流体称为理想流体，黏性不为零（ $\mu\neq 0$ ）的流体称为实际流体。理想流体和实际流体的速度分布见图 1-1 和图 1-2。

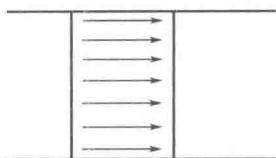


图 1-1 理想流体在管内的速度分布

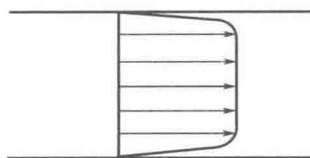


图 1-2 实际流体在管内的速度分布

1.1.10 牛顿黏性定律

$$\tau = \mu \frac{du}{dy}$$

牛顿黏性定律指出, 剪应力 τ 与法向速度梯度 $\frac{du}{dy}$ 成正比, 与法向压力无关。服从牛顿黏性定律的流体, 称为牛顿型流体。气体与多数液体均属此类流体。牛顿黏性定律表明, 流体受到剪切力必运动。对于不服从牛顿黏性定律的流体称为非牛顿型流体。

黏度 μ 单位为 $\text{Pa} \cdot \text{s}$, $1 \text{ Pa} \cdot \text{s} = 10\text{P}$ (泊) $= 1000\text{cP}$ (厘泊)。理想流体黏度为零。常温下水的黏度为 1cP 。

黏度与物性和温度有关, 液体黏度随温度上升而减小, 气体黏度随温度上升而增加。

运动黏度 $\nu = \frac{\mu}{\rho}$, ν 的单位为 m^2/s 。

1.1.11 总势能和虚拟压强

位能与压强能之和为总势能, 以符号 $\frac{\mathcal{P}}{\rho}$ 表示。

$$\frac{\mathcal{P}}{\rho} = gz + \frac{p}{\rho}$$

式中, $\mathcal{P}$ 为虚拟压强, 其表达式为 $\mathcal{P} = \rho gz + p$, 单位与压强相同。同种静止流体各点的虚拟压强处处相等。由于 $\mathcal{P}$ 的大小与密度 ρ 有关, 在使用虚拟压强时, 必须注意所指定的流体种类。

1.1.12 静止流体受力平衡的研究方法

静止流体受力平衡的研究方法归纳起来有三点: ①选取控制体; ②做力的衡算; ③结合本过程的特点, 解微分方程。

1.1.13 静力学方程

$$\frac{p_1}{\rho} + z_1 g = \frac{p_2}{\rho} + z_2 g$$

静力学方程应用条件: ①同种流体且不可压缩 (气体压强变化不大时仍可用); ②流体静止 (或等速直线流动的横截面——均匀流); ③重力场; ④单连通。

压强单位: $1\text{atm} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa} = 760\text{mmHg} = 10.33\text{mH}_2\text{O}$ 。

压强基准: 表压 = 绝对压 - 大气压, 真空度 = 大气压 - 绝对压。

压强数值用表压或真空度表示时, 应分别注明, 如 200kPa (表压)、 700mmHg (真空度); 若未注明, 便视为绝对压力。记录真空度或表压时, 应注明当地大气压; 若未注明, 可认为大气压强为 1atm 。压力表读数就是表压, 真空表读数就是真空度。

1.1.14 压差计

(1) U形压差计

如图 1-3 所示, $(p_1 + \rho g z_1) - (p_2 + \rho g z_2) = Rg (\rho_i - \rho)$

$\mathcal{P} = \rho g z + p$, 所以 $\mathcal{P}_1 - \mathcal{P}_2 = Rg (\rho_i - \rho)$

上式表明, 当压差计两端的流体相同时, U形压差计的读数 R 实际上并不是真正的压差, 而是两点虚拟压强之差 $\Delta\mathcal{P}$ 。只有被测管道水平放置时, $\mathcal{P}_1 - \mathcal{P}_2 = p_1 - p_2$, U形压差计才能直接测得两点的压差。

对于一般情况, 压差由 $p_1 - p_2 = Rg(\rho_i - \rho) - \rho g(z_1 - z_2)$ 计算得到。当被测压差较小时, 选择密度 ρ_i 指示液, 减小 $(\rho_i - \rho)$, 使读数 R 在适宜的范围内。

(2) 倒置 U 形管压差计 当指示剂密度 ρ_i 小于被测液体密度 ρ 时, 可用倒置 U 形管压差计测量流体的压差。

$$\mathcal{P}_1 - \mathcal{P}_2 = Rg(\rho - \rho_i)$$

(3) 微差压差计 当被测压差较小, 读数 R 也比较小, 可用微差压差计, 如图 1-4 所示。微差压差计内装两种密度相近且不互溶的指示剂 ρ_a 、 ρ_b , 目的在于放大读数 R 。其两点压差可用 $p_1 - p_2 = (\rho_b - \rho_a) Rg$ 表示。

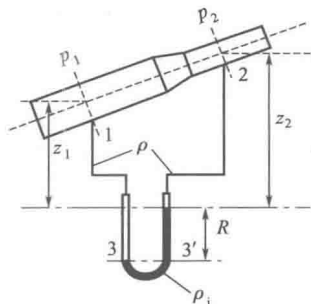


图 1-3 U 形压差计

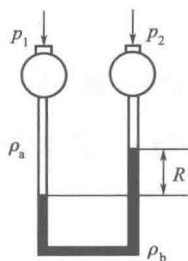


图 1-4 微差压差计

1.1.15 质量守恒方程

质量守恒方程也称连续性方程, 其表达式为

$$q_{m1} = q_{m2}, \quad \rho_1 u_1 A_1 = \rho_2 u_2 A_2$$

不可压缩流体在圆管内流动时, 则

$$u_1 A_1 = u_2 A_2, \quad u_1 d_1^2 = u_2 d_2^2$$

不可压缩流体在等径圆管内流动, 则 $u_1 = u_2$, 表明: 不可压缩流体在均匀直管内作定态流动时, 平均速度沿流程保持定值, 并不因内摩擦而减速。

1.1.16 伯努利方程

$$\frac{p_1}{\rho} + z_1 g + \frac{u_1^2}{2} = \frac{p_2}{\rho} + z_2 g + \frac{u_2^2}{2}, \quad \text{单位 J/kg.}$$

伯努利方程的应用条件: ①重力场, 定态流动, 不可压缩的理想流体沿流线满流流动; ②无外加机械能或机械能输出。

伯努利方程取截面应注意几点: ①所选取的考察面在均匀流段 (如图 1-5 所示)、垂直于流向, 且只有一个未知数; ②位能基准面选取管中心或容器液面 ($z=0$); ③大容器液面处 $u^2/2$ 可以忽略。非均匀流段见图 1-6。

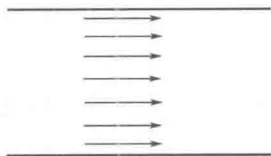


图 1-5 均匀流段

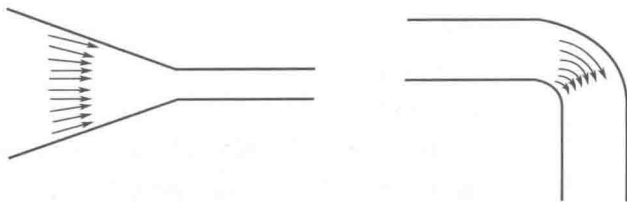


图 1-6 非均匀流段

伯努利方程的其他表达式:

$$\frac{p_1}{\rho g} + z_1 + \frac{u_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\rho g} + z_2 + \frac{u_2^2}{2g}, \text{ 单位 m, 即每牛顿流体所具有的能量 (J).}$$

$\frac{p}{\rho g}$ 、 z 和 $\frac{u^2}{2g}$ 分别称为压头、位头和速度头。

1.1.17 伯努利方程的物理意义和几何意义

伯努利方程的物理意义: 位能、压强能、动能, 在流体流动中可相互转换, 但其和保持不变。

伯努利方程的几何意义: 位头、压头、速度头总高为常数。

1.1.18 平均流速

平均流速以符号 $\bar{u}$ 表示, $\bar{u} = \frac{\int_A u dA}{A}$, 通常是按流量相等的原则来确定平均流速的。水

及一般液体的常用平均流速为 1~3m/s, 低压气体常用平均流速为 8~15m/s, 压强较高的气体常用平均流速为 15~25m/s。

1.1.19 动能校正因子

平均动能应当是速度平方的平均值, 它不等于平均速度的平方值。但在工程计算中希望使用平均速度来计算平均动能, 故引入一动能校正系数 α , $\alpha = \frac{1}{\bar{u}^3 A} \int_A u^3 dA$, α 与速度分布形状有关。层流流动时的动能校正系数 α 为 2, 湍流时的动能校正系数 α 接近 1。工程计算时, α 值可近似地取为 1。

1.1.20 定态性与稳定性

定态性指的是有关运动参数随时间的变化情况, 而稳定性则是系统对外界瞬间扰动的反应。一个系统如受到一个瞬时的扰动, 使其偏离原有的平衡状态, 而在扰动消失后, 该系统能自动恢复原有平衡状态的称该平衡状态是稳定的。反之, 则称该平衡状态是不稳定的。

1.1.21 流体流动阻力产生的原因及影响因素

流体具有黏性, 流动时存在内部摩擦力是流动阻力产生的根本原因, 固定的管壁或其他形状的固体壁面是流动阻力产生的条件。影响流动阻力大小的因素有: 流体本身的物理性质、流体的流动状况、壁面的形状等。

1.1.22 雷诺数

定义雷诺数 $Re = \frac{d u \rho}{\mu} = \frac{d G}{\mu} = \frac{d u}{\nu}$ 。其中, $G = u \rho$, 称为质量流速。 Re 是无量纲数, 表示惯性力和黏性力之比。

Re 可作为流型的判据。当 $Re < 2000$ 时, 为层流流动; 当 $2000 < Re < 4000$ 时, 称为过渡区, 有时出现层流, 有时出现湍流, 依赖于环境。当 $Re > 4000$ 时, 为湍流流动。

Re 将流动划分为三个区: 层流区、过渡区、湍流区, 但是只有两种流型: 层流和湍流。

1.1.23 层流和湍流的速度分布

在圆管内流动, 层流和湍流的速度分布如图 1-7 和图 1-8 所示。层流时圆管截面上的速度呈抛物线分布, 管中心流速最大, 平均流速 $\bar{u} = 0.5 u_{\max}$; 湍流时靠管中心速度分布比层流时均匀得多, 其平均速度约为最大流速的 0.8 倍, 即 $\bar{u} \approx 0.8 u_{\max}$ 。由于层流内层很薄,