

考研新版
全国881所研招院校

硕士研究生入学招生考试 考研专业课精品资料

2026 年西北大学
《828 化工原理》考研精品资料

策划：考研辅导资料编写组

真题汇编 明确考点
考研笔记 梳理重点
核心题库 强化训练
模拟试题 查漏补缺

高分学长学姐推荐



【初试】2026 年 西北大学 828 化工原理考研精品资料

说明：本套资料由高分研究生潜心整理编写，高清电子版支持打印，考研推荐资料。

一、西北大学 828 化工原理考研真题汇编

1. 西北大学 828 化工原理 2001-2003、2005-2012、2018 年考研真题，暂无答案。

说明：分析历年考研真题可以把握出题脉络，了解考题难度、风格，侧重点等，为考研复习指明方向。

二、2026 年西北大学 828 化工原理考研资料**2. 《化工原理》考研相关资料****(1) 《化工原理》[笔记+课件+提纲]**

①2026 年西北大学 828 化工原理之《化工原理》考研复习笔记。

说明：本书重点复习笔记，条理清晰，重难点突出，提高复习效率，基础强化阶段必备资料。

②2026 年西北大学 828 化工原理之《化工原理》本科生课件。

说明：参考书配套授课 PPT 课件，条理清晰，内容详尽，非本校课件，版权归属制作教师，本项免费赠送。

③2026 年西北大学 828 化工原理之《化工原理》复习提纲。

说明：该科目复习重难点提纲，提炼出重难点，有的放矢，提高复习针对性。

3. 《化工原理》考研相关资料**(1) 《化工原理》[笔记+提纲]**

①2026 年西北大学 828 化工原理之《化工原理》考研复习笔记。

说明：本书重点复习笔记，条理清晰，重难点突出，提高复习效率，基础强化阶段必备资料。

②2026 年西北大学 828 化工原理之《化工原理》复习提纲。

说明：该科目复习重难点提纲，提炼出重难点，有的放矢，提高复习针对性。

4. 西北大学 828 化工原理考研核心题库(含答案)

①2026 年西北大学 828 化工原理考研核心题库之选择题精编。

②2026 年西北大学 828 化工原理考研核心题库之填空题精编。

③2026 年西北大学 828 化工原理考研核心题库之简答题精编。

④2026 年西北大学 828 化工原理考研核心题库之计算题精编。

说明：本题库涵盖了该考研科目常考题型及重点题型，根据历年考研大纲要求，结合考研真题进行的分类汇编并给出了详细答案，针对性强，是考研复习推荐资料。

5. 西北大学 828 化工原理考研题库[仿真+强化+冲刺]

①2026 年西北大学 828 化工原理考研专业课五套仿真模拟题。

说明：严格按照本科目最新专业课真题题型和难度出题，共五套全仿真模拟试题含答案解析。

②2026 年西北大学 828 化工原理考研强化五套模拟题及详细答案解析。

说明：专业课强化检测使用。共五套强化模拟题，均含有详细答案解析，考研强化复习必备。

③2026 年西北大学 828 化工原理考研冲刺五套模拟题及详细答案解析。

说明：专业课冲刺检测使用。共五套冲刺预测试题，均有详细答案解析，最后冲刺必备资料。

三、电子版资料全国统一零售价

本套考研资料包含以上一、二部分(不含教材)，全国统一零售价：[¥]

四、2026 年研究生入学考试指定/推荐参考书目(资料不包括教材)

西北大学 828 化工原理考研初试参考书

化工原理(上、下册，第三版)，陈敏恒等编，化学工业出版社；

《化工原理》，马晓迅等主编，化学工业出版社。

五、本套考研资料适用学院

化工学院

碳中和学院

六、本专业一对一辅导(资料不包含，需另付费)

提供本专业高分学长一对一辅导及答疑服务，需另付费，具体辅导内容计划、课时、辅导方式、收费标准等详情请咨询机构或商家。

七、本专业报录数据分析报告(资料不包含，需另付费)

提供本专业近年报考录取数据及调剂分析报告，需另付费，报录数据包括：

- ①报录数据-本专业招生计划、院校分数线、录取情况分析 & 详细录取名单；
- ②调剂去向-报考本专业未被录取的考生调剂去向院校及详细名单。

版权声明

编写组依法对本书享有专有著作权，同时我们尊重知识产权，对本电子书部分内容参考和引用的市面上已出版或发行图书及来自互联网等资料的文字、图片、表格数据等资料，均要求注明作者和来源。但由于各种原因，如资料引用时未能联系上作者或者无法确认内容来源等，因而有部分未注明作者或来源，在此对原作者或权利人表示感谢。若使用过程中对本书有任何异议请直接联系我们，我们会在第一时间与您沟通处理。

因编撰此电子书属于首次，加之作者水平和时间所限，书中错漏之处在所难免，恳切希望广大考生读者批评指正。

目录

封面.....	1
目录.....	4
西北大学 828 化工原理历年真题汇编	8
西北大学 828 化工原理 2018 年考研真题（暂无答案）	8
西北大学 828 化工原理 2012 年考研真题（暂无答案）	11
西北大学 828 化工原理 2011 年考研真题（暂无答案）	15
西北大学 828 化工原理 2010 年考研真题（暂无答案）	19
西北大学 828 化工原理 2009 年考研真题（暂无答案）	23
西北大学 828 化工原理 2008 年考研真题（暂无答案）	25
西北大学 828 化工原理 2007 年考研真题（暂无答案）	27
西北大学 828 化工原理 2006 年考研真题（暂无答案）	31
西北大学 828 化工原理 2005 年考研真题（暂无答案）	35
西北大学 828 化工原理 2003 年考研真题（暂无答案）	41
西北大学 828 化工原理 2002 年考研真题（暂无答案）	46
西北大学 828 化工原理 2001 年考研真题（暂无答案）	48
2026 年西北大学 828 化工原理考研核心笔记	51
《化工原理》考研核心笔记	51
第 1 章 流体流动	51
考研提纲及考试要求	51
考研核心笔记	51
第 2 章 流体输送机械	71
考研提纲及考试要求	71
考研核心笔记	71
第 3 章 液体搅拌	80
考研提纲及考试要求	80
考研核心笔记	80
第 4 章 流体通过颗粒层的流动	86
考研提纲及考试要求	86
考研核心笔记	86
第 5 章 颗粒的沉降与流态化	98
考研提纲及考试要求	98
考研核心笔记	98
第 6 章 传热总结	105
考研提纲及考试要求	105
考研核心笔记	105
第 7 章 蒸发	114

考研提纲及考试要求	114
考研核心笔记	114
第 8 章 气体吸收	119
考研提纲及考试要求	119
考研核心笔记	119
第 9 章 液体精馏	131
考研提纲及考试要求	131
考研核心笔记	131
第 10 章 气液传质设备	150
考研提纲及考试要求	150
考研核心笔记	150
第 11 章 液液萃取	156
考研提纲及考试要求	156
考研核心笔记	156
第 12 章 其他传质分离方法	167
考研提纲及考试要求	167
考研核心笔记	167
第 13 章 热、质同时传递的过程	173
考研提纲及考试要求	173
考研核心笔记	173
第 14 章 固体干燥	180
考研提纲及考试要求	180
考研核心笔记	180
《化工原理》考研核心笔记	191
第 1 章 流体流动	191
考研提纲及考试要求	191
考研核心笔记	191
第 2 章 流体输送机械与搅拌	215
考研提纲及考试要求	215
考研核心笔记	215
第 3 章 过滤、沉降与流态化	225
考研提纲及考试要求	225
考研核心笔记	225
第 4 章 传热	241
考研提纲及考试要求	241
考研核心笔记	241
第 5 章 蒸发	249
考研提纲及考试要求	249
考研核心笔记	249

第 6 章 结晶.....	259
考研提纲及考试要求	259
考研核心笔记.....	259
第 7 章 吸收.....	271
考研提纲及考试要求	272
考研核心笔记.....	272
第 8 章 蒸馏.....	285
考研提纲及考试要求	285
考研核心笔记.....	285
第 9 章 气液传质设备	301
考研提纲及考试要求	301
考研核心笔记.....	301
第 10 章 萃取.....	307
考研提纲及考试要求	307
考研核心笔记.....	307
第 11 章 干燥.....	330
考研提纲及考试要求	330
考研核心笔记.....	330
第 12 章 其他分离技术.....	336
考研提纲及考试要求	336
考研核心笔记.....	336
2026 年西北大学 828 化工原理考研辅导课件	339
《化工原理》考研辅导课件	339
2026 年西北大学 828 化工原理考研复习提纲	489
《化工原理》考研复习提纲	489
《化工原理》考研复习提纲	493
2026 年西北大学 828 化工原理考研核心题库	496
《化工原理》考研核心题库之选择题精编	496
《化工原理》考研核心题库之填空题精编	514
《化工原理》考研核心题库之简答题精编	522
《化工原理》考研核心题库之计算题精编	531
2026 年西北大学 828 化工原理考研题库[仿真+强化+冲刺]	584
西北大学 828 化工原理考研仿真五套模拟题	584
2026 年化工原理考研五套仿真模拟题及详细答案解析（一）	584
2026 年化工原理考研五套仿真模拟题及详细答案解析（二）	588
2026 年化工原理考研五套仿真模拟题及详细答案解析（三）	593
2026 年化工原理考研五套仿真模拟题及详细答案解析（四）	598

2026 年化工原理考研五套仿真模拟题及详细答案解析（五）	603
西北大学 828 化工原理考研强化五套模拟题	608
2026 年化工原理考研强化五套模拟题及详细答案解析（一）	608
2026 年化工原理考研强化五套模拟题及详细答案解析（二）	613
2026 年化工原理考研强化五套模拟题及详细答案解析（三）	618
2026 年化工原理考研强化五套模拟题及详细答案解析（四）	624
2026 年化工原理考研强化五套模拟题及详细答案解析（五）	630
西北大学 828 化工原理考研冲刺五套模拟题	636
2026 年化工原理考研冲刺五套模拟题及详细答案解析（一）	636
2026 年化工原理考研冲刺五套模拟题及详细答案解析（二）	642
2026 年化工原理考研冲刺五套模拟题及详细答案解析（三）	647
2026 年化工原理考研冲刺五套模拟题及详细答案解析（四）	652
2026 年化工原理考研冲刺五套模拟题及详细答案解析（五）	656

西北大学 828 化工原理历年真题汇编

西北大学 828 化工原理 2018 年考研真题（暂无答案）

西北大学 2018 年招收攻读硕士学位研究生试题

科目名称： 化工原理

科目代码： 828

共 3 页

答案请答在答题纸上，答在本试题上的答案一律无效

一、填空题（每空 2 分，共 30 分）

- 1、流体在圆形直管中作滞流流动时，则速度分布是_____形曲线。其管中心最大流速为平均流速的_____倍，摩擦系数 λ 与 Re 的关系为_____。
- 2、往复泵的往复次数增加时，流量_____，扬程_____。
- 3、板框压滤机中横穿洗涤法的洗涤速度与最终过滤速度之比为_____；叶滤机置换洗涤法与最终过滤速度之比为_____。
- 4、大容积沸腾传热可分为三个区域：自然对流、_____和_____。
- 5、全回流操作时，精馏塔不进料也不出料，其_____、_____与对角线重合；其任意二块塔板之间，上升蒸汽与下降液体的组成_____。
- 6、不饱和湿空气在恒压下加热，温度由 t_1 升至 t_2 ，其湿度_____，相对湿度_____，湿球温度_____。

二、选择题（每题 2 分，共 20 分）

- 1、流体在圆形直管中流动时，若其已进入阻力平方区，则摩擦系数 λ 与雷诺数 Re 的关系为（ ）。
A. Re 增加， λ 增大；
B. Re 增加， λ 减小；
C. Re 增加， λ 基本上不变；
D. Re 增加， λ 先减小后增大；
- 2、含尘气体，初始温度为 30°C ，需在进入反应器前除去尘粒并升温至 120°C ，在流程布置上宜（ ）。
A. 先除尘后升温；
B. 先升温后除尘；
C. 升温除尘哪个在先均可；
D. 无法判断；
- 3、当精馏塔进料为汽液混合物且汽液摩尔比为 2:3 时，则进料热状况参数 q 值为（ ）。
A. 0.4
B. 0.6
C. 0.67
D. 1.5
- 4、在逆流吸收塔中，当吸收因数 $A < 1$ ，且填料层为无限高时，则气液平衡出现在（ ）。

2026 年西北大学 828 化工原理考研核心笔记

《化工原理》考研核心笔记

第 1 章 流体流动

考研提纲及考试要求

考点：流体流动的考察方法
考点：流体静力学
考点：流体流动中的守恒原理
考点：流体流动的内部结构
考点：阻力损失
考点：管路计算
考点：流速和流量的测量
考点：非牛顿流体的流动

考研核心笔记

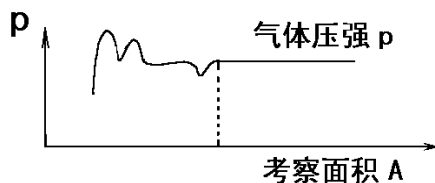
【核心笔记】流体流动的考察方法

1. 连续性假定

固体力学：考察对象--单个固体，离散介质。

流体力学：考察对象--无数质点，连续介质。

例如点压强的考察 p (正压力/面积)



质点——含有大量分子的流体微团，其尺寸远小于设备尺寸、远大于分子平均自由程。

可能性： 1mm^3 常温常压气体含 2.5×10^{15} 个分子，分子平均自由程为 $0.1 \mu\text{m}$ 量级。

连续性假定——流体是由无数质点组成的，彼此间没有间隙，完全充满所占空间的连续介质。

目的：可用微积分来描述流体的各种参数。

2. 考察方法

拉格朗日法——选定流体质点，跟踪观察，描述运动参数。

欧拉法——选定空间位置，考察流体运动参数。

轨线与流线(录像)的区别：

轨线是同一流体质点在不同时刻所占空间位置的连线；

流线是同一瞬时不同流体质点的速度方向连线。

系统与控制体的区别

系统（封闭系统）为众多流体质点的集合，是用拉格朗日法考察流体。控制体（某固定空间）如化工设备，是用欧拉法考察流体。本课程通常用欧拉法。定态流动——流动参数仅随空间变化，而与时间无关。

3. 流体受力

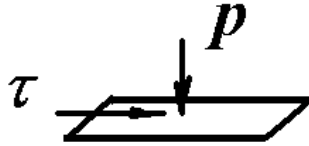
体积力

作用于体积中的各个部位，力的大小与体积（质量）有关。如：重力，惯性力，离心力。

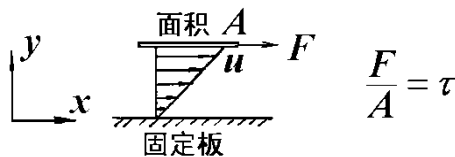
表面力

分解成：垂直于作用面，压力 p ；

平行于作用面，剪切力 τ 。



4. 流体黏性



黏性的物理本质：分子间引力和分子热运动、碰撞。

牛顿黏性定律

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

τ — 剪应力 N/m^2 (Pa)， μ — 粘度 $\text{N} \cdot \text{s/m}^2$ ($\text{Pa} \cdot \text{s}$)

表明

① 流体受剪切力必运动。

② 牛顿型流体与非牛顿型流体的区别。

$\mu = f(\text{温度}, \text{压强})$ ，压强不高，可以忽略。

对液体，温度升高，黏度下降（内聚力为主）

对气体，温度升高，黏度上升（热运动为主）

理想流体：假定 $\mu = 0$

说明：

（1）流体剪应力与法向速度梯度成正比，与正压力无关；（不同于固体表面的摩擦力）

（2）当流体静止时 $du/dy = 0$, $\tau = 0$ ；

（3）相邻流体层的流速，只能是连续变化的，紧靠静止固体壁面处的流体流速为 0。

黏度的单位较早的手册常用泊（达因·秒/厘米²）或厘泊

1 cP（厘泊）= 0.001 Pa·s（水的黏度 1 cP，20 度）

有时也用 $\nu = \mu / \rho$ ，称运动黏度，单位 m^2/s 。

黏度 μ 又称动力黏度。

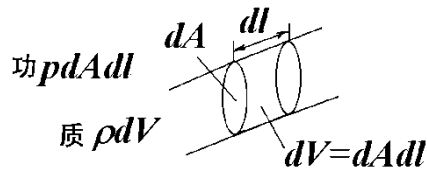
5. 流体流动的机械能

$$\frac{u^2}{2} \text{ 为单位质量流体的动能 } \left(= \frac{m \frac{u^2}{2}}{m} \right)$$

$$gz \text{ 为单位质量流体的位能 } \left(= \frac{mgz}{m} \right)$$

$$\frac{p}{\rho} \quad (= \frac{\rho dA dl}{\rho dV})$$

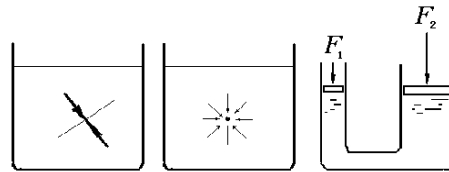
ρ 为单位质量流体的压强能



【核心笔记】 流体静力学

1. 静止流体的压强分布

(1) 静压强的特性



- ①任意界面上只受到大小相等方向相反的压力。
- ②作用于任意点不同方位的静压强数值相等。
- ③压强各向传递。

(2) 取控制体作力衡算

(3) 结合本过程特点解微分方程

重力场得 $X=0, Y=0, Z=-g$

$$\text{因 } \frac{\partial p}{\partial x} = 0, \frac{\partial p}{\partial y} = 0, \text{ 则 } -g - \frac{1}{\rho} \frac{dp}{dz} = 0$$

积分得 $p + \rho g z = \text{常数}$

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

或

等高等压，等压面

$$p_2 = p_a + \rho g(z_1 - z_2) = p_a + \rho g h$$

讨论：

① $p_2 = p_1 + \rho g h$ 适用条件：静止流体，重力场，不可压缩流体

②如上底面取在容器的液面上，其压力为 p_0

下底面取在容器的任意面上，其压力为 p 则 $p = p_0 + \rho g h$

③当 p_1 有变化时， p_2 也发生同样大小的变化。

p 还与 ρ, h 有关

$$\begin{matrix} \rho \uparrow & p \uparrow \\ h \uparrow & p \uparrow \end{matrix}$$

④等压面——在静止的、连续的、同一流体内，处于同一水平面上各点的压强相等。

分析方法（数学分析法）

a. 取控制体 b. 作力衡算 c. 结合本过程的特点，解微分方程

(4) 静力学方程应用条件

①同种流体且不可压缩(气体高差不大时仍可用)②静止(或等速直线流动的横截面---均匀流)③重力场

④单连通

2. 流体的总势能

$$\text{总势能 } \frac{\mathcal{P}}{\rho} = \frac{p}{\rho} + gz \quad (\text{压强能与位能之和})$$

$$\text{虚拟压强 } \mathcal{P} = p + \rho gz$$

3. 压强的表示方法

(1) 单位

$$\text{N/m}^2 = \text{Pa} \quad 10^6 \text{Pa} = 1 \text{MPa}$$

流体柱高度 ($p = \rho gh$)

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

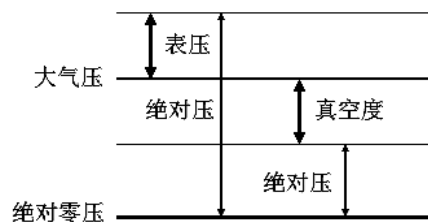
$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{Pa}$$

$$1 \text{ at} = 1 \text{kg(f)/cm}^2 = 9.81 \times 10^4 \text{Pa}$$

(2) 基准

表压 = 绝对压 - 大气压

真空度 = 大气压 - 绝对压



4. 静力学方程的工程应用

(1) 测压

已知: $R=180\text{mm}$, $h=500\text{mm}$

求: $p_A=?$ (绝压), (表压)

解: $p_B = p_a + \rho_{\text{汞}} gR$

$$p_B = p_A + \rho_{\text{水}} gh$$

$$p_A = p_a + \rho_{\text{汞}} gR - \rho_{\text{水}} gh$$

$$= 1.013 \times 10^5 + 13600 \times 9.81 \times 0.18 - 1000 \times 9.81 \times 0.5$$

$$= 1.204 \times 10^5 \text{Pa (绝压)}$$

$$p_A = 1.204 \times 10^5 - 1.013 \times 10^5 = 1.91 \times 10^4 \text{Pa (表压)}$$

(2) 烟囱拔烟

$$p_A = p_2 + \rho_{\text{冷}} gh$$

$$p_B = p_2 + \rho_{\text{热}} gh$$

由于 $\rho_{\text{冷}} > \rho_{\text{热}}$, 则 $p_A > p_B$ 所以拔风

烟囱拔风的必要条件是什么?

(3) 浮力的本质

物体上下所受压强不同

取微元: 压差力 $= (p_2 - p_1) dA = \rho gh dA = \rho g dV_{\text{排}}$

$$V_{\text{排}} = \Sigma dV_{\text{排}}$$

(4) 液封

《化工原理》考研核心笔记

第 1 章 流体流动

考研提纲及考试要求

考点：压力
考点：流体的密度与比体积
考点：静力学基本方程的应用
考点：流量与流速
考点：稳态流动与非稳态流动
考点：连续性方程式
考点：实际流体的机械能衡算式
考点：流体在圆管内的速度分布
考点：直管阻力
考点：管路
考点：测速管（皮托管）
考点：流量计

考研核心笔记

【核心笔记】流体静力学

1. 压力

流体垂直作用于单位面积上的力，称为流体的静压强，习惯上又称为压力。

（1）压力的单位

①SI 制： N/m^2 或 Pa ；

②标准大气压：

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

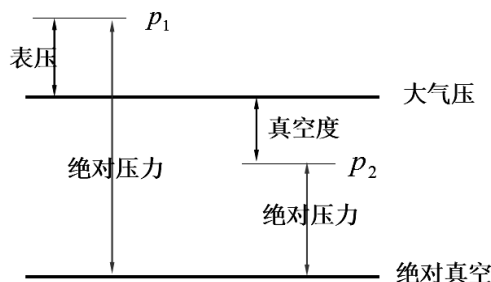
（2）压力的表示方法

①绝对压力：以绝对真空为基准测得的压力。

②表压或真空度：以大气压为基准测得的压力。

表压=绝对压力-大气压力。

真空度=大气压力-绝对压力。



（3）静压力的特性

①流体压力与作用面垂直，并指向该作用面；

②任意界面两侧所受压力，大小相等、方向相反；

③作用于任意点不同方向上的压力在数值上均相同。

2. 流体的密度与比体积

(1) 密度

单位体积流体的质量。

$$\rho = \frac{m}{V}$$

① 单组分密度

$$\rho = f(p, T)$$

a. 液体：密度仅随温度变化（极高压力除外），其变化关系可从手册中查得。

b. 气体当压力不太高、温度不太低时，可按理想气体状态方程计算：

$$\rho = \frac{pM}{RT}$$

注意：手册中查得的气体密度均为一定压力与温度下之值，若条件不同，则需进行换算。

② 混合物的密度

a. 混合气体

各组分在混合前后质量不变，则有

$$\rho_m = \rho_1 \phi_1 + \rho_2 \phi_2 + \cdots + \rho_n \phi_n$$

或

$$\rho_m = \frac{pM_m}{RT}$$

$$M_m = M_1 y_1 + M_2 y_2 + \cdots + M_n y_n$$

b. 混合液体

假设各组分在混合前后体积不变，则有

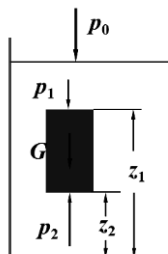
$$\frac{1}{\rho_m} = \frac{w_1}{\rho_1} + \frac{w_2}{\rho_2} + \cdots + \frac{w_n}{\rho_n}$$

(2) 比体积

单位质量流体的体积。

$$v = \frac{V}{m} = \frac{1}{\rho}$$

3. 流体静力学基本方程式



设流体不可压缩， $\rho = \text{Const.}$

重力场中对液柱进行受力分析：

(1) 上端面所受总压力

$P_1 = p_1 A$ ；方向向下。

(2) 下端面所受总压力

$$P_2 = p_2 A; \text{ 方向向上。}$$

(3) 液柱的重力

$$G = \rho g A(z_1 - z_2); \text{ 方向向下}$$

液柱处于静止时, 上述三力的合力为零:

$$p_2 A - p_1 A - \rho g A(z_1 - z_2) = 0$$

$$p_2 = p_1 + \rho g(z_1 - z_2); \text{ 压力形式。}$$

$$\frac{p_1}{\rho} + z_1 g = \frac{p_2}{\rho} + z_2 g; \text{ 能量形式。}$$

讨论:

(1) 适用于重力场中静止、连续的同种不可压缩性流体;

(2) 物理意义:

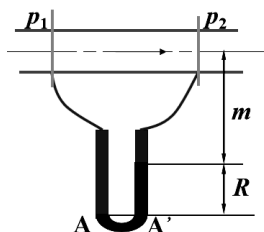
在同一静止流体中, 处在不同位置流体的位能和静压能各不相同, 但二者可以转换, 其总和保持不变。

(3) 在静止的、连续的同种流体内, 处于同一水平面上各点的压力处处相等。压力相等的面称为等压面。

(4) 压力具有传递性: 液面上方压力变化时, 液体内部各点的压力也将发生相应的变化。

4. 静力学基本方程的应用

(1) 压力测量



① U 形管液柱压差计

设指示液的密度为 ρ_0 ,

被测流体的密度为 ρ 。

A 与 A' 面为等压面, 即 $p_A = p_{A'}$

而

$$p_A = p_1 + \rho g(m + R)$$

$$p_{A'} = p_2 + \rho g m + \rho_0 g R$$

讨论:

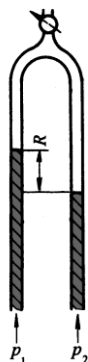
a. U 形管压差计可测系统内两点的压力差, 当将 U 形管一端与被测点连接、另一端与大气相通时, 也可测得流体的表压或真空度;

b. 指示液的选取:

示液与被测流体不互溶，不发生化学反应；其密度要大于被测流体密度。
应根据被测流体的种类及压差的大小选择指示液。

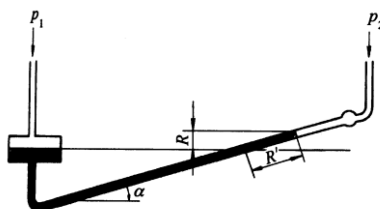
②倒 U 形管压差计

指示剂密度小于被测流体密度，如空气作为指示剂



$$p_1 - p_2 = Rg(\rho - \rho_0) \approx Rg\rho$$

③斜管压差计

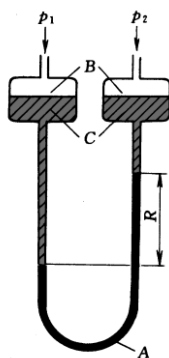


适用于压差较小的情况。

$$R' = \frac{R}{\sin \alpha}$$

α 值越小，读数放大倍数越大。

④微差压差计



a. 密度接近但不互溶的两种指示液 A 和 C ($\rho_A > \rho_C$)

b. 扩大室内径与 U 管内径之比应大于 10。

$$p_1 - p_2 = Rg(\rho_A - \rho_C)$$

(2) 液位测量

$$\Delta t_m = \varphi_{\Delta t} \Delta t_m'$$

式中

$\Delta t_m'$ ——按逆流计算的对数平均温差,

$$\varphi_{\Delta t} \text{——温差校正系数, } \varphi_{\Delta t} = f(P, R), \quad P = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1}; R = \frac{T_1 - T_2}{t_2 - t_1}$$

4. 总传热系数

(1) 外表面为基准的总传热系数计算式为:

$$\frac{1}{K_0} = \frac{d_0}{\alpha_i d_i} + \frac{b d_0}{\lambda d_m} + \frac{1}{\alpha_0} + R_{si} \frac{d_0}{d_i} + R_{s0}$$

(2) 热面积

$$\text{传热面积 } S_0 = \pi d_0 L n$$

式中:

S_0 ——换热器传热的外表面积,

L ——换热器管长,

n ——换热器的管子根数。

【核心笔记】对流传热系数关联式

1. 影响对流传热系数的因数

- (1) 流体物性, 主要是比热容、导热系数、密度和黏度;
- (2) 流体的流动状态;
- (3) 流动的原因是强制对流还是流体自然对流;
- (4) 传热面的形状、位置和大小;
- (5) 传热过程中有无相态变化。

2. 无相变时对流传热系数的关联式

由对流传热过程的因次分析知, 与对流传热有关的准数有:

$$\text{努塞尔特准数 } Nu = \frac{\alpha l}{\lambda}; \quad \text{雷诺准数 } Re = \frac{l u \rho}{\mu};$$

$$\text{普兰特准数 } Pr = \frac{c_p \mu}{\lambda}; \quad \text{格拉斯霍夫准数 } Gr = \frac{\beta g \Delta t l^3 \rho^2}{\mu^2}。$$

对不同的传热情况, 需选用不同的对流传热的关联式, 注意关联式的使用条件: 适用范围、定性温度、特征尺寸。

(1) 流体在管内作强制对流

① 流体在圆管内作强制湍流

a. 低黏度流体 ($\mu < 2\mu_{\text{常温水}}$)

$$Nu = 0.023 Re^{0.8} Pr^n$$

流体被加热时, $n=0.4$; 流体被冷却时, $n=0.3$ 。

应用范围 $Re > 10000, 0.7 < Pr < 120$

$$\text{若 } \frac{L}{d_i} < 60, \alpha = 0.023 \frac{\lambda}{d_i} Re^{0.8} Pr^n \left[1 + \left(\frac{d_i}{L} \right)^{0.7} \right]$$

特征尺寸管内径 d_i 。

定性温度流体进、出口温度的算数平均值。

b. 高黏度流体 ($\mu > 2\mu_{\text{常温水}}$)

$$Nu = 0.023 Re^{0.8} Pr^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14}$$

应用范围 $Re > 10000$, $0.7 < Pr < 16700$, $\frac{L}{d_i} > 60$ 特征尺寸管内径 d_i 。

定性温度除 μ_w 取壁温外, 均取流体进、出口温度的算数平均值。

令 $\varphi_s = \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14}$, 为了避免试差, φ_u 项可取近似值, 液体被加热时取 1.05; 液体被冷却时取 0.95; 气体被加热和冷却时均用 1.0。

② 流体在圆形直管内作强制滞流

$$Nu = 1.86 Re^{1/3} Pr^{1/3} \left(\frac{d_i}{L} \right)^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14}$$

应用范围 $Re < 2300$, $0.6 < Pr < 6700$, $\left(Re Pr \frac{d_i}{L} \right) > 100$ 。

特征尺寸管内径 d_i 。

定性温度除 μ_w 取壁温外, 均取流体进、出口温度的算数平均值。

③ 流体在弯管内作强制对流

$$\alpha' = \alpha \left(1 + 1.77 \frac{d}{R} \right)$$

式中

α' —— 弯管中的对流传热系数;

α —— 直管中的对流传热系数;

d —— 管内径;

R —— 弯管的弯曲半径。

④ 流体在非圆形管中作强制对流

仍可采用圆形直管内强制对流关联式, 管内径改为当量直径:

$$\text{流体力学当量直径 } d_e = \frac{4 \times \text{流通截面积}}{\text{润湿周边}}$$

$$\text{传热当量直径 } d_e = \frac{4 \times \text{流通截面积}}{\text{传热周边}}$$

在传热计算中, 采用流体力学当量直径还是传热当量直径, 由具体的关联式决定。2. 流体在管外作强制对流

列管式换热器壳方流体在管间流动时, 对流传热系数:

当列管式换热器装有圆缺型挡板时 (缺口面积为 25% 的桥题解面积)

$$\alpha = 0.36 \left(\frac{\lambda}{d_e} \right) \left(\frac{d_e u_0 \rho}{\mu} \right)^{0.55} Pr^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14}$$

应用范围 $Re = 2 \times 10^3 \sim 1 \times 10^6$

特征尺寸管内径 d_e 。

定性温度除 μ_w 取壁温外，均取流体进、出口温度的算数平均值。

当量直径的计算

$$d_e = \frac{4(t^2 - \frac{\pi}{4}d_0^2)}{\pi d_0}$$

管子为正方形排列

$$d_e = \frac{4(\frac{\sqrt{3}}{2}t^2 - \frac{\pi}{4}d_0^2)}{\pi d_0}$$

管子为正三角形排列

式中

t ——相邻两管之中心距；

d_0 ——管外径。

雷诺准数中的速度需根据流过管间的最大截面积 A 计算，即

$$A = hD(1 - \frac{d_0}{t})$$

式中

h ——两挡板间的距离；

D ——换热器外壳直径。

3. 流体有相变时对流换热系数

(1) 蒸气在管外膜状冷凝的传热系数

①饱和蒸气在垂直管或垂直板上膜状冷凝

$$\alpha = 1.13 \left(\frac{r \rho^2 g \lambda^3}{\mu L \Delta t} \right)^{1/4}$$

$Re < 1800$

$$\alpha = 0.0077 \left(\frac{\rho^2 g \lambda^3}{\mu^2} \right)^{1/3} Re^{0.4}$$

$Re > 1800$

特征尺寸取垂直管长或板的高度

定性温度蒸气冷凝潜热 r 取饱和温度 t_s 下的值，其余物性取液膜平均温度 $t_m = (t_w + t_s)/2$ 下的值。

②蒸气在水平管外冷凝

【核心笔记】辐射传热

1. 黑体、镜体、透热体和灰体的概念

- (1) 黑体：能全部吸收辐射能的物体，其吸收率 $A = 1$ 。黑体又称为绝对黑体。
- (2) 镜体：又称绝对白体，是指能全部反射辐射能，即反射率 $R = 1$ 的物体。
- (3) 透热体：能透过全部辐射能，即透过全部辐射能，即透过率 $D = 1$ 的物体。
- (4) 灰体：能以相同的吸收率且部分地吸收由零到 ∞ 所有波长范围的辐射能物体。

2. 斯蒂芬—波尔茨曼定律

- (1) 物体的辐射能力指物体在一定温度下，单位时间内所发射的全部波长的总能量 E (W / m^2)。
- (2) 黑体的辐射能力的表达式—斯蒂芬—波尔茨曼定律：

$$E_b = \sigma_0 T^4 = C_0 \left(\frac{T}{100} \right)^4$$

3. 灰体的辐射能力及黑度

- (1) 黑度： ε 灰体的辐射能力 E 与同温度下黑体辐射能力之比。即

$$\varepsilon = \frac{E}{E_b}$$

- (2) 灰体的辐射能力 E 可由下式表达

$$E = \varepsilon E_b = \varepsilon C_0 \left(\frac{T}{100} \right)^4$$

【核心笔记】换热器

1. 各种类型的换热器的结构及特点

- (1) 套管式换热器

套管式换热器是由两种大小不同的标准管连接或焊接而成的同心圆套筒，根据换热要求，可将几段套筒连接起来组成换热器。

- (2) 夹套式换热器

夹套式换热器主要用于反应器的加热或冷却。夹套安装在容器外部，通常用钢或铸铁制成，可以焊在器壁上或者用螺钉固定在反应器的法兰盘或者器盖上。在用蒸气进行加热时，蒸气由上部连接管进入夹壁，冷凝水由下部连接管流出。在进行冷却时，则冷却水由下部进入，而由上部流出。

- (3) 板式换热器

主要由一组长方形的薄金属板平行排列、夹紧组装于支架上而构成。两相邻板片的边缘衬有垫片，压紧后可达到密封的目的，且可用垫片的厚度调节两板间流体通道的大小。每块板的四个角上，各开一个圆孔，其中有两个圆孔和板面上的流道相通，另外两个圆孔则不相通，它们的位置在相邻板上是错开的，以分别形成两流体的通道。冷、热流体交替地在板片两侧流过，通过金属板片进行换热。

- (4) 翅片式换热器

翅片换热器的构造特点是在管子表面上有径向或轴向翅片。管外装置翅片，既可扩大传热面积，又可增加流体的湍动，从而提高换热器的传热效果。

- (5) 板翅式换热器

板翅式换热器的结构型式很多，但其基本结构元件相同，即在两块平行的薄金属板(平隔板)间，夹入波纹状的金属翅片，两边以侧条密封，组成一个单元体。将各单元体进行不同的叠积和适当地排列，再用钎焊给予固定，即可得到常用的逆、并流和错流的板翅式换热器

板翅式换热器的主要优点有：

- ①总传热系数高，传热效果好
- ②结构紧凑、轻巧牢固
- ③适应性强、操作范围广。

板翅式换热器的缺点有：

- a. 设备流道小，易堵塞，压力降大；清洗和检修很困难。
- b. 隔板和翅片由薄铝片制成，故要求介质对铝不发生腐蚀。

2026 年西北大学 828 化工原理考研辅导课件

《化工原理》考研辅导课件

第1章 流体流动

1 概述

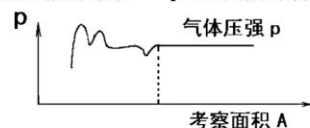
1.1 流体流动的考察方法

1.1.1 连续性假定

固体力学：考察对象——单个固体，离散介质。

流体力学：考察对象——无数质点，连续介质。

例如点压强的考察 p (正压力/面积)



质点——含有大量分子的流体微团，其尺寸远小于设备尺寸、远大于分子平均自由程。

可能性： 1mm^3 常温常压气体含 2.5×10^{15} 个分子，分子平均自由程为 $0.1\ \mu\text{m}$ 量级。

连续性假定——流体是由无数质点组成的，彼此间没有间隙，完全充满所占空间的连续介质。

目的：可用微积分来描述流体的各种参数。

1.1.2 考察方法

拉格朗日法——选定流体质点，跟踪观察，描述运动参数。

欧拉法——选定空间位置，考察流体运动参数。

轨线（录像）与流线（录像）的区别：

轨线是同一流体质点在不同时刻所占空间位置的连线；

流线是同一瞬时不同流体质点的速度方向连线。

系统与控制体的区别

系统（封闭系统）

为众多流体质点的集合，是用拉格朗日法考察流体。

控制体（某固定空间）

如化工设备，是用欧拉法考察流体。

本门课程通常用欧拉法。

定态流动——流动参数仅随空间变化，而与时间无关。

1.1.3 流体受力

体积力

作用于体积中的各个部位，力的大小与体积（质量）有关。如：重力，惯性力，离心力。

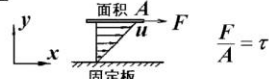
表面力

分解成：垂直于作用面，压力 p ；
平行于作用面，剪切力 τ 。



1.1.4 流体黏性

(录像)



黏性的物理本质：分子间引力和分子热运动、碰撞。

牛顿黏性定律 $\tau = \mu \frac{du}{dy}$

τ —剪应力 N/m^2 (Pa)， μ —粘度 $\text{N}\cdot\text{s/m}^2$ ($\text{Pa}\cdot\text{s}$)

表明①流体受剪应力必运动。

②牛顿型流体与非牛顿型流体的区别。

$\mu = f(\text{温度}, \text{压强})$ ，压强不高，可以忽略。

对液体，温度升高，黏度下降（内聚力为主）

对气体，温度升高，黏度上升（热运动为主）

理想流体：假定 $\mu = 0$

说明：

(1) 流体剪应力与法向速度梯度成正比，与正压力无关；
(不同于固体表面的摩擦力)

(2) 当流体静止时 $du/dy = 0$, $\tau = 0$;

(3) 相邻流体层的流速，只能是连续变化的，紧靠静止固体壁面处的流体流速为 0。

黏度的单位较早的手册常用泊（达因·秒/厘米²）或厘泊

1cP（厘泊）= 0.001 Pa·s（水的黏度 1cP，20度）

有时也用 $\nu = \mu / \rho$ ，称运动黏度，单位 m^2/s 。

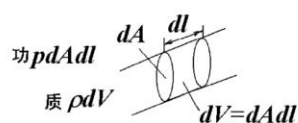
黏度 μ 又称动力黏度。

1.1.5 流体流动的机械能

$\frac{u^2}{2}$ 为单位质量流体的动能 ($= \frac{m}{m} \frac{u^2}{2}$)

gz 为单位质量流体的位能 ($= \frac{mgz}{m}$)

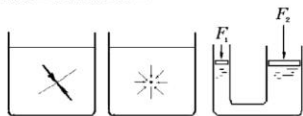
$\frac{p}{\rho}$ 为单位质量流体的压强能 ($= \frac{pdAdl}{\rho dV}$)



1.2 流体静力学

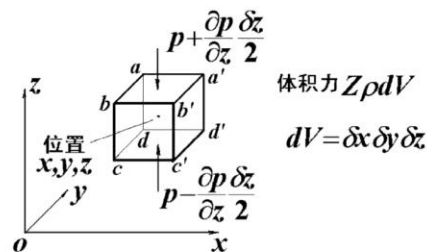
1.2.1 静止流体的压强分布

1.2.1.1 静压强的特性



- ①任意界面上只受到大小相等方向相反的压力。
- ②作用于任意点不同方位的静压强数值相等。
- ③压强各向传递。

1.2.1.2 取控制体作力衡算



$$Z\rho dV - \left[\left(p + \frac{\partial p}{\partial z} \frac{\delta z}{2} \right) - \left(p - \frac{\partial p}{\partial z} \frac{\delta z}{2} \right) \right] \delta x \delta y = 0$$

$$Z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} = 0 \quad \text{同样} \quad X - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} = 0 \quad Y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} = 0$$

1.2.1.3 结合本过程特点解微分方程

重力场得 $X=0, Y=0, Z=-g$

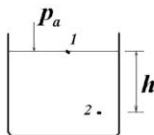
$$\text{因 } \frac{\partial p}{\partial x} = 0, \frac{\partial p}{\partial y} = 0, \text{ 则 } -g - \frac{1}{\rho} \frac{dp}{dz} = 0$$

积分得 $p + \rho g z = \text{常数}$

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

等高等压, 等压面

$$p_2 = p_a + \rho g(z_1 - z_2) = p_a + \rho g h$$



讨论:

$$1) p_2 = p_1 + \rho g h$$

适用条件: 静止流体, 重力场, 不可压缩流体

2) 如上底面取在容器的液面上, 其压力为 p_0 下底面取在容器的任意面上, 其压力为 p

$$\text{则 } p = p_0 + \rho g h$$

3) 当 p_1 有变化时, p_2 也发生同样大小的变化。 p 还与 p, h 有关

$$p \uparrow \quad p \uparrow$$

$$h \uparrow \quad p \uparrow$$

4) 等压面——在静止的、连续的、同一流体中, 处于同一水平面上各点的压强相等。

分析方法 (数学分析法)

①取控制体

②作力衡算

③结合本过程的特点, 解微分方程

1.2.1.4 静力学方程应用条件

①同种流体且不可压缩 (气体高差不大时仍可用)

②静止 (或等速直线流动的横截面——均匀流)

③重力场

④单连通

1.2.2 流体的总势能

$$\text{总势能 } \frac{p}{\rho} = \frac{p}{\rho} + g z \quad (\text{压强能与位能之和})$$

$$\text{虚拟压强 } p = p + \rho g z$$

1.2.3 压强的表示方法

1.2.3.1 单位

$$\text{N/m}^2 = \text{Pa} \quad 10^6 \text{Pa} = 1 \text{MPa}$$

流体柱高度 ($p = \rho g h$)

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

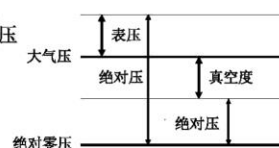
$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{Pa}$$

$$1 \text{ at} = 1 \text{kg(f)/cm}^2 = 9.81 \times 10^4 \text{Pa}$$

1.2.3.2 基准

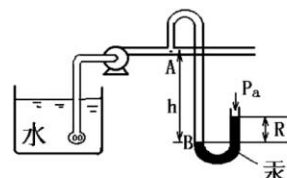
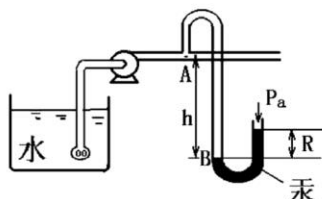
表压 = 绝对压 - 大气压

真空度 = 大气压 - 绝对压



1.2.4 静力学方程的工程应用

1.2.4.1 测压

已知: $R=180\text{mm}, h=500\text{mm}$ 求: $p_A=?$ (绝压), (表压)

$$\text{解: } p_B = p_A + \rho_{\text{汞}} g R$$

$$p_B = p_A + \rho_{\text{水}} g h$$

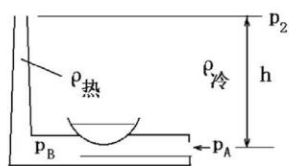
$$p_A = p_a + \rho_{\text{汞}} g R - \rho_{\text{水}} g h$$

$$= 1.013 \times 10^5 + 13600 \times 9.81 \times 0.18 - 1000 \times 9.81 \times 0.5$$

$$= 1.204 \times 10^5 \text{Pa (绝压)}$$

$$p_A = 1.204 \times 10^5 - 1.013 \times 10^5 = 1.91 \times 10^4 \text{Pa (表压)}$$

1.2.4.2 烟囱拔烟

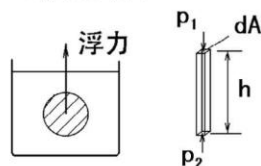


$$p_A = p_2 + \rho_{\text{冷}} g h$$

$$p_B = p_2 + \rho_{\text{热}} g h$$

由于 $\rho_{\text{冷}} > \rho_{\text{热}}$, 则 $p_A > p_B$ 所以拔风
烟囱拔风的必要条件是什么?

1.2.4.3 浮力的本质



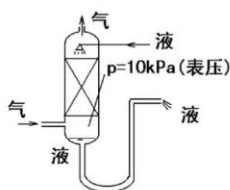
物体上下所受压强不同

取微元:

$$\text{压差力} = (p_2 - p_1) dA = \rho g h dA = \rho g dV_{\text{排}}$$

$$V_{\text{排}} = \Sigma dV_{\text{排}}$$

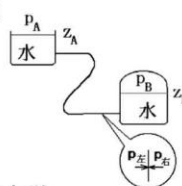
1.2.4.4 液封



设备中压力要保持, 液体要排出, 须用液封。

1.2.4.5 流向判别

接通后流向?



流水的有无——静力学

流水的多少——动力学

判据: 看 z 大小, 还是 p 大小?

同一水平高度比压强

$$p_{\text{左}} = p_A + \rho g z_A = p_0$$

$$p_{\text{右}} = p_B + \rho g z_B = p_0$$

本次讲课习题:

第一章 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8

流线演示:



[返回](#)

流体黏性:



[返回](#)

1.3 流体流动中的守恒原理

1.3.1 质量守恒

1) 流量、流速

流量——质量流量 q_m ,
 kg/s ($\rho \cdot q_v$)

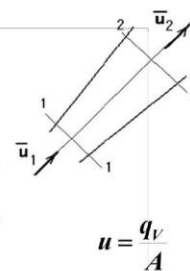
体积流量 q_v ,
 m^3/s

流速——质量流速 G ,
 $\text{kg/m}^2\text{s}$ (q_m/A)

体积流速 u ,
 m/s (q_v/A)

2) 点速度 u

圆管: 粘性, 速度分布
工程处理方法: 平均值



$$u = \frac{q_v}{A}$$

3) 平均速度 $\bar{u}$

平均值的选取应当按其目的采用相应的平均方法
平均流速——按照流量相等的原则，即

$$q_v = \bar{u} \cdot A = \int_A u dA \quad \bar{u} = \frac{q_v}{A}$$

$$\bar{u} = \frac{\int_A u dA}{A} \quad q_m = q_v \rho = \bar{u} A \rho$$

$$G = \frac{q_m}{A} = \bar{u} \rho$$

平均流速只在流量与实际的速度分布是等效的，并不代表其他方面也等效。
如平均动能。

4) 质量守恒方程（连续性方程）

取控制体作物料衡算（欧拉法）

$$\rho_1 u_1 A_1 - \rho_2 u_2 A_2 = \frac{\partial}{\partial t} \int_V \rho dV$$

$$\text{定态流动: } \frac{\partial}{\partial t} \int_V \rho dV = 0$$

$$\rho_1 u_1 A_1 = \rho_2 u_2 A_2 = c$$

即： $q_{m1} = q_{m2} = c$ ——连续性方程式

对不可压缩流体： $\rho = c$, $q_{v1} = q_{v2} = c$

$$u_1 A_1 = u_2 A_2 = c,$$

$$\frac{u_1}{u_2} = \frac{A_2}{A_1}, \text{圆管: } \frac{u_1}{u_2} = \frac{d_2^2}{d_1^2}$$

气体密度计算

$$pV = nRT = \frac{m}{M} RT$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{Mp}{RT}$$

$$\text{标准状态下: } \rho_0 = \frac{M}{22.4}$$

$$\text{换算: } \rho = \rho_0 \frac{p T_0}{p_0 T}$$

$$\text{质量流速 } G = \frac{q_m}{A} \text{ 不随温度压力变化}$$

1.3.2 机械能守恒

1) 沿轨线的机械能守恒

理想流体： $\mu=0$

运动时，只受质量力和压强的作用

不可压缩流体，

$$gz + \frac{p}{\rho} + \frac{u^2}{2} = c$$

或：

$$\frac{p}{\rho} + \frac{u^2}{2} = c$$

--- 理想流体沿轨线的机械能守恒

--- (Bernoulli) 伯努利方程

上述伯努利方程采用拉格朗日考查推导。

定态条件：流线与轨线重合，故伯努利方程

对单根轨线也适用。

理想流体管流的机械能守恒

均匀流段（各流线都是平行的直线并与截面垂）：

同一截面上各点的总势能 ρ/p 相等（图1-12）

理想流体：同一截面上各点的流速 u 相等

所以，伯努利方程对管流也适用

$$gz_1 + \frac{p_1}{\rho} + \frac{u_1^2}{2} = gz_2 + \frac{p_2}{\rho} + \frac{u_2^2}{2}$$

实际流体管流的机械能衡算

与理想流体的差别 $\mu \neq 0$, $u=f(r)$

$$gz_1 + \frac{p_1}{\rho} + \left(\frac{u_1^2}{2}\right) + h_f = gz_2 + \frac{p_2}{\rho} + \left(\frac{u_2^2}{2}\right) + h_f$$

流动时为克服摩擦力要消耗机械能，机械能不守恒；

均匀流段上，截面上各点的动能 $u^2/2$ 不等，工程上用

平均动能代替之。

平均的原则：截面上总动能相等。

动能因子 α

$$\alpha = \frac{1}{\frac{1}{3} A} \int_A u^3 dA$$

在工业上常见的速度分布 $\alpha \approx 1$ ，动能项可用平均流速。

柏努利方程的应用条件：

(1) 重力场，定态流动，不可压缩的

理想流体沿轨线满流。

(2) 无外加机械能或机械能输出。

1.3.2.2 推广到工程上可用形式

沿轨线 $\rightarrow$ 沿流线

定态：流线与轨线重合

u 、 p 等参数与时间无关

沿流线 $\rightarrow$ 沿流管

截面处均匀流

（没有加速度）

截面处流速均匀分布

平均速度 $\rightarrow$ 速度分布

引入 α

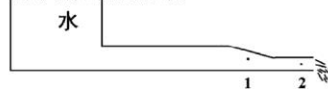
理想流体 $\rightarrow$ 黏性损失

引入 h_f

关于加速度：

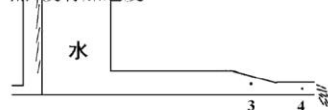
点1有当地加速度、有迁移加速度

点2只有当地加速度



点3有迁移加速度

点4没有加速度



2026 年西北大学 828 化工原理考研复习提纲

《化工原理》考研复习提纲

《化工原理》复习提纲

第 1 章 流体流动

复习内容：流体流动的考察方法
复习内容：流体静力学
复习内容：流体流动中的守恒原理
复习内容：流体流动的内部结构
复习内容：阻力损失
复习内容：管路计算
复习内容：流速和流量的测量
复习内容：非牛顿流体的流动

第 2 章 流体输送机械

复习内容：概述
复习内容：离心泵
复习内容：往复泵
复习内容：其它化工用泵
复习内容：气体输送机械

第 3 章 液体搅拌

复习内容：强化过程的工程措施
复习内容：均相液体的混合机理
复习内容：搅拌器的两个功能
复习内容：搅拌器的类型
复习内容：搅拌功率的分配

第 4 章 流体通过颗粒层的流动

复习内容：颗粒群的特性
复习内容：非均相物系的分离方法
复习内容：非均相物系分离的目的