

理工科考研辅导系列 化学生物类

化工原理

「名校考研 真题详解」

金圣才 主 编

赠送
圣才学习卡

20元

圣才学习网: www.100exam.com
圣才电子书: www.100exam.com



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

理工科考研辅导系列（化学生物类）

化工原理名校考研真题详解

金圣才 主 编

内 容 提 要

本书分为 8 章, 每章包括三部分内容: 第一部分是重点与难点解析; 第二部分是名校考研真题详解; 第三部分是名校期末考试真题详解。

本书所选题目均为知名院校近年的考研或期末考试真题, 且本书对所有真题均进行了详细解答。通过这些真题及其详解, 读者可以在很大程度上了解和掌握相关院校考研、期末考试的出题特点和解题方法。

圣才考研网 (www.100exam.com) 是本书的支持网站, 圣才学习网 (www.100xuexi.com) 是圣才学习网旗下的考研专业网站, 是提供全国各高校考研考博历年真题 (含答案)、专业课笔记讲义及其他复习资料、网上辅导课程等全套服务的大型考研辅导平台。本书和配套网络课程特别适合备战考研和大学期末考试的读者, 对于参加相关专业同等学力考试、自学考试、资格考试的考生 also 具有很高的参考价值。

图书在版编目 (C I P) 数据

化工原理名校考研真题详解 / 金圣才主编. — 北京:
中国水利水电出版社, 2010. 5
(理工科考研辅导系列. 化学生物类)
ISBN 978-7-5084-7386-4

I. ①化… II. ①金… III. ①化工原理—研究生—入学考试—解题 IV. ①TQ02-44

中国版本图书馆CIP数据核字 (2010) 第059918号

书 名	理工科考研辅导系列 (化学生物类)
作 者	化工原理名校考研真题详解
出 版 发 行	金圣才 主 编 中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京英宇世纪信息技术有限责任公司
印 刷	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	184mm×260mm 16 开本 24.75 印张 618 千字
版 次	2010 年 5 月第 1 版 2010 年 5 月第 1 次印刷
印 数	0001—4000 册
定 价	45.00 元

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

编 委 会

主 编：金圣才

编 委：（按姓氏笔画排序）

孔丽娜	尹守华	王 丹	王仁醒
汤明旺	许明波	吴义东	张 伟
张永翰	张彩云	杨 刚	肖爱林
辛灵轩	辛灵暖	陈 志	陈剑波
段辛云	段辛雷	徐新猛	殷超凡
高 丹	董兵兵	潘丽繁	

前 言

高校考研专业课的历年试题一般没有提供答案,虽然各校所用参考教材各异,但万变不离其宗,很多考题也是大同小异。我们参考相关教材和资料,收集和整理了众多高校历年考研真题和期末考试试题,并进行了详细的解答,以减轻考生寻找试题及整理答案的痛苦,让读者用最少的时间获得最多的重点题、难点题(包括参考答案),这是本书的目的所在。

本书分为8章,每章包括三部分内容:第一部分主要是根据各高校的教学大纲、考试大纲等,对本章的重点和难点进行归纳,并进行简要解析;第二部分主要是精选知名院校近年的考研真题,并进行详细解答;第三部分主要是精选知名院校近年的本科期末考试真题,并进行详细解答。

本书具有如下主要特点:

(1) 难点归纳,简明扼要。每章前面均对本章的重点难点进行了整理。综合众多参考教材,归纳了本章几乎所有的考点,便于读者复习。

(2) 所选题目均为知名院校近年的考研或期末考试真题,这些题目具有很强的有代表性。通过这些真题及其详解,读者可以在很大程度上判断和把握相关院校考研和大学期末考试的出题特点和解题要求等。

(3) 对所有考试真题均进行了详细解答。了解历年真题不是目的,关键是要通过真题解答掌握和理解相关知识点,因此,本书不但精选了真题,同时还对所有的真题均进行了详细解答。

(4) 题量较大,来源广泛。主要选自50余所高校的历年考研真题、名校题库以及从众多教材和相关资料编写而成。可以说本书的试题都经过了精心挑选,博选众书,取长补短。

参与本书编写的人员主要有王丹、张永翰、辛灵轩、陈志、董兵兵、许明波、孔丽娜、张彩云、汤明旺、辛灵暖、吴义东、段辛云、段辛雷等。

作者始终抱着一种严肃、认真的态度来编写本书,力求使内容准确、完整。但由于题量较大,解答详细,错误、遗漏不可避免,诚请读者指正,不妥之处和建议可与编者联系,不甚感激。另外,在本书编写过程中,参考了很多考生的复习资料,不能一一核实其最终出处。如有疑问,请与编辑或作者联系。

圣才学习网(www.100xuexi.com)是一家为全国各类考试和专业课学习提供名师网络辅导班、面授辅导班、在线考试等全方位教育服务的综合性学习型门户网站,包括圣才考研网、中华工程资格考试网、中华经济学习网、中华证券学习网、中华金融学习网等50个子网站。

圣才考研网(www.100exam.com)是圣才学习网旗下的考研专业网站,是一家提供全国各个高校考研考博历年真题(含答案)、名校热门专业课笔记讲义及其他复习资料、网上辅导课程(专业课、经典教材)等全套服务的大型考研平台。

编 者

2009年12月

目 录

前言

第 1 章 流体流动	1
1.1 重点与难点解析	1
1.2 名校考研真题详解	2
1.3 名校期末考试真题详解	31
第 2 章 流体输送机械	35
2.1 重点与难点解析	35
2.2 名校考研真题详解	37
2.3 名校期末考试真题详解	81
第 3 章 非均相物系分离	92
3.1 重点与难点解析	92
3.2 名校考研真题详解	94
3.3 名校期末考试真题详解	114
第 4 章 热量传递	121
4.1 重点与难点解析	121
4.2 名校考研真题详解	124
4.3 名校期末考试真题详解	192
第 5 章 气体吸收	206
5.1 重点与难点解析	206
5.2 名校考研真题详解	208
5.3 名校期末考试真题详解	264
第 6 章 蒸馏	273
6.1 重点与难点解析	273
6.2 名校考研真题详解	275
6.3 名校期末考试真题详解	336
第 7 章 液液萃取	350
7.1 重点与难点解析	350
7.2 名校考研真题详解	352
7.3 名校期末考试真题详解	355
第 8 章 干燥	358
8.1 重点与难点解析	358
8.2 名校考研真题详解	360
8.3 名校期末考试真题详解	386

第 1 章 流体流动

1.1 重点与难点解析

（一）本章重点与难点

1. 流体静力学
2. 流动流体的机械能守恒（伯努利方程）
3. 阻力损失计算

（二）重点与难点解析

1. 流体静力学

流体静力学反映流体相对静止时，在质量力（重力）和静压力作用下处于平衡状态的规律。公式如下：

$$\frac{P_1}{\rho} + z_1 g = \frac{P_2}{\rho} + z_2 g$$

适用条件：重力场中静止的、连续的同一种不可压缩流体（或压力变化不大的可压缩流体，密度可近似地取其平均值）。

由公式可知：

（1）当容器内液面上方的压强一定时，静止流体内部任意一点的压强的大小与液体本身的密度和该点到液面的深度有关，液体密度越大，深度越大，则该点的压强就越大。因此，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都相等。

（2）当液面上方的压强或流体内部任一点的压强改变时，必将引起流体内部其他各点的压强发生同样大小的变化。

2. 流动流体的机械能守恒

流动流体的机械能守恒（伯努利方程）是基于能量守恒定律推导得出的，是研究和解决不可压缩流体流动问题的最基本方程式，表明流动系统能量守恒，但机械能不守恒。其表达式如下：

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{u_1^2}{2g} + H_e = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{u_2^2}{2g} + \sum h_f$$

（1）适用条件。在衡算范围内是不可压缩、连续稳态流体，同时要注意是实际流体还是理想流体，有无外功加入的情况又不同。

（2）截面的选择。截面的正确选择对于顺利进行计算至关重要，选取截面应符合以下要求：

- 1) 两截面间流体必须连续。
- 2) 两截面与流动方向相垂直（平行流处，不要选取阀门、弯头等部位）。

3) 所求的未知量应在截面上或在两截面之间出现。

4) 截面上已知量较多(除所求取的未知量外,都应是已知的或能计算出来,且两截面上的 u 、 p 、 z 与两截面间的 $\sum h_f$ 都应相互对应一致)。

(3) 选取基准水平面。原则上基准水平面可以任意选取,但为了计算方便,常取确定系统的两个截面中的一个作为基准水平面,如衡算系统为水平管道,则基准水平面通过管道的中心线。

若所选计算截面平行于基准面,以两面间的垂直距离为位头 z 值;若所选计算截面不平行于基准面,则以截面中心位置到基准面的距离为 z 值。 z_1 、 z_2 可正可负,但要注意正负。

3. 阻力损失计算

化工管路主要由两部分组成:一种是直管;另一种是弯头、三通、阀门等各种管件。直管造成的机械能损失成为直管阻力损失,管件造成的机械能损失称为局部阻力损失。

(1) 直管阻力损失计算的统一表达式为:

$$h_f = \lambda \frac{l}{d} \frac{u^2}{2}$$

此式无论对于层流或湍流均适用。 λ 是无因次的系数,它是雷诺数的函数或者是雷诺数与相对管壁粗糙度的函数。

(2) 局部阻力损失可用两种近似计算。

1) 近似地认为局部阻力损失服从平方定律,即:

$$h_f = \zeta \frac{u^2}{2}$$

式中: ζ 为局部阻力系数,一般由实验测定。

2) 近似地认为局部阻力损失相当于某个长度的直管,即:

$$h_f = \lambda \frac{l_e}{d} \frac{u^2}{2}$$

式中: l_e 为管件或阀门的当量长度,其单位为 m ,表示流体流过某一管件或阀门的局部阻力,相当于流过一段与其具有相同直径、长度为 l_e 之直管阻力。各种管件阀门的 l_e 值可查有关资料。

1.2 名校考研真题详解

【1-1】(四川大学 2008 年硕士研究生入学考试试题) 填空题。

(1) 某液体在内径为 d 的水平管路中作稳定层流流动其平均流速为 u , 当它以相同的体积流量通过等长的内径为 d' ($d' = d/2$) 的管子时, 则其流速为原来的_____倍, 压降 ΔP 是原来的_____倍。

(2) 一转子流量计, 当通过水流量为 $1\text{m}^3/\text{h}$ 时, 测得该流量计进、出间压强降为 20Pa ; 当流量增加到 $1.5\text{m}^3/\text{h}$ 时, 相应的压强降为_____。

答案: (1) 4 16 (2) 20Pa

解析:

(1) 由流量 $q_v = \frac{\pi}{4} d^2 u$ 可得, 流速 $u = \frac{q_v}{\frac{\pi}{4} d^2}$, 因此有: $\frac{u'}{u} = \left(\frac{d}{d'}\right)^2 = \left(\frac{d}{\frac{1}{2}d}\right)^2 = 4$, 即流速为

原来的 4 倍。

根据哈根—泊肃叶 (Hagen-Poiseuille) 公式 $\Delta P_f = \frac{32\mu l u}{d^2}$ (ΔP_f 为压强降), 则有:

$$\frac{\Delta P'_f}{\Delta P_f} = \frac{\frac{32\mu l u'}{d'^2}}{\frac{32\mu l u}{d^2}} = \left(\frac{d}{d'}\right)^2 \frac{u'}{u} = 4 \times 4 = 16$$

因此, 压降是原来的 16 倍。

(2) 易知 $P_1 - P_2 = \frac{V_f g (\rho_f - \rho)}{A_f}$, 当转子材料及大小一定时, V_f 、 A_f 及 ρ_f 为常数, 待测流体

密度可视为常数, 可见 ΔP 为恒定值, 与流量大小无关。

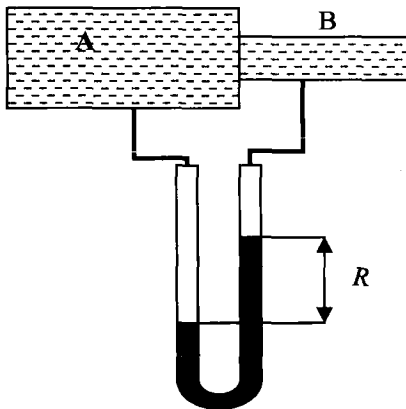
【1-2】(四川大学 2008 年硕士研究生入学考试试题) 选择题。

(1) 因次分析的目的在于 ()。

- A. 得到各变量间的确切定量关系
- B. 用无因次数群代替变量, 使实验与关联简化
- C. 得到无因次数群间定量关系
- D. 无须进行实验, 即可得到关联式

(2) 下图为一异径管段, 从 A 段流向 B 段, 测得 U 型压差计的读数为 $R = R_1$, 从 B 段流向 A 段测得 U 型压差计读数为 $R = R_2$, 若两种情况下的水流量相同, 则 ()。

- A. $R_1 > R_2$
- B. $R_1 = R_2$
- C. $R_1 < R_2$
- D. $R_2 = -R_1$



答案: (1) B (2) C

【1-3】(四川大学 2007 年硕士研究生入学考试试题) 当不可压缩理想流体在水平放置的变径管路中稳定地连续流动时, 在管子直径缩小的地方, 其静压力 ()。

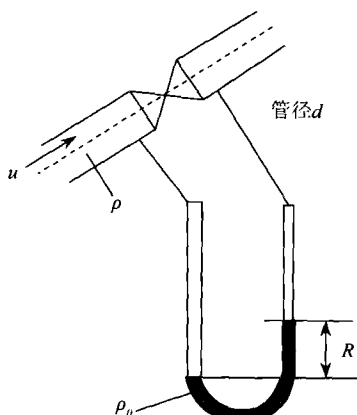
A. 不变 B. 增大 C. 减小 D. 不确定

答案: C

【1-4】(四川大学 2007 年硕士研究生入学考试试题) 填空题。

(1) 牛顿粘性定律的表达式为 _____, 该式的应用条件为 _____ 作 _____ 流动。

(2) 如图所示, 液体在等径斜管中稳定流动, 则阀门的局部阻力系数 ζ 与压差计读数 R 的关系为 _____。



答案: (1) $\tau = -\mu \frac{du}{dy}$ 牛顿型流体 层流 (2) $\zeta = \frac{2(\rho_0 - \rho)gR}{\rho u^2}$

【1-5】(四川大学 2006 年硕士研究生入学考试试题) 选择题。

(1) 水在内径一定的圆管中稳定流动, 若水的质量流量保持恒定, 当水温度下降时, Re 值将 ()。

A. 变大 B. 变小 C. 不变 D. 不确定

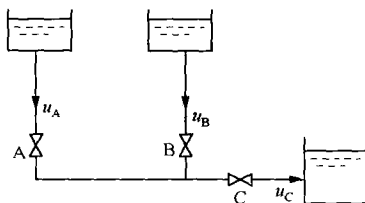
(2) 在流体阻力实验中, 以水作工质所测得的直管摩擦阻力系数与雷诺数的关系不适用于 () 在直管中的流动。

A. 牛顿型流体 B. 非牛顿型流体 C. 酒精 D. 空气

(3) 在图所示的输入水系统中, 阀 A、B 和 C 半开时, 各管路的流速分别为 u_A 、 u_B 和 u_C , 现将 A 阀全开, 则各管路流速的变化应为 ()。

A. u_A 变大, u_B 变大, u_C 变大 B. u_A 变大, u_B 变小, u_C 不变

C. u_A 变大, u_B 变小, u_C 变大 D. u_A 变大, u_B 不变, u_C 变大



答案: (1) B (2) B (3) C

【1-6】(华南理工大学 2009 年硕士研究生入学考试试题) 填空题。

(1) 某设备内真空表的读数为 375mmHg, 其绝压等于_____ mPa (设当地的大气压为 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$)。

(2) 流体在圆管内作层流流动时, 其流体阻力损失与管内流速 u 的_____次方成正比。

(3) 边长为 0.5m 的正方形通风管, 该管道的当量直径为_____。

答案: (1) 0.0513 (2) 一 (3) 0.5m

【1-7】(华南理工大学 2009 年硕士研究生入学考试试题) 选择题。

(1) 当管子由水平放置改为垂直放置时, 其他条件不变, 其能量损失 ()。

A. 增大 B. 减小 C. 不变 D. 不确定

(2) 并联管路的阻力损失等于 ()。

A. 各并联支管损失之和 B. 各并联支管阻力损失的平均值
C. 任一并联支管的阻力损失 D. 不确定

答案: (1) C (2) C

【1-8】(华南理工大学 2007 年硕士研究生入学考试试题) 填空题。

(1) 流体在等径水平直管的流动系统中, 层流区: 压强降与速度_____成正比。极度湍动区: 压强降与速度_____成正比。

(2) U 形管压差计用水作指示液, 测量气体管道的压降, 若指示液读数 $R=20\text{mm}$, 则表示压降为_____ Pa, 为使 R 读数增大, 而 ΔP 值不变, 应更换一种密度比水_____的指示液。

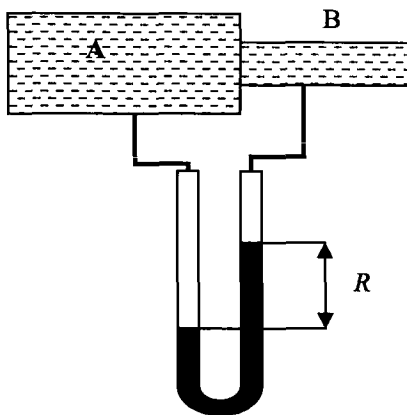
(3) 某转子流量计, 其转子材料为不锈钢, 测量密度为 1.2kg/m^3 的空气时, 最大流量为 $400\text{ m}^3/\text{h}$ 。现用来测量密度为 0.8kg/m^3 氨气时, 其最大流量为_____ m^3/h 。

(1) 一次方 平方 (2) 196 小 (3) 489.90

【1-9】(华南理工大学 2007 年硕士研究生入学考试试题) 选择题。

(1) 如下图所示为一异径管段, 从 A 段流向 B 段, 测得 U 形压差计的读数为 $R=R_1$, 从 B 段流向 A 段测得 U 形压差计读数为 $R=R_2$, 若两种情况下的水流量相同, 则 ()。

A. $R_1 > R_2$ B. $R_1 = R_2$ C. $R_1 < R_2$ D. $R_2 = -R_1$



(2) 孔板流量计的孔流系数 C_o , 当 Re 数增大时, 其值 ()。

A. 总在增大 B. 先减小, 当 Re 数增大到一定值时, C_o 保持为某定值

C. 总是减小 D. 不定

答案: (1) A (2) B

【1-10】(清华大学 2002 年硕士研究生入学考试试题) 层流与湍流的本质区别是 ()。

A. 湍流流速 > 层流流速 B. 流道截面大的为湍流, 截面小的为层流
C. 层流的雷诺数 < 湍流的雷诺数 D. 层流无径向脉动, 而湍流有径向脉动

答案: D

【1-11】(清华大学 2001 年硕士研究生入学考试试题) 填空题。

(1) 将 $5\text{m}^3/\text{h}$ 的 4°C 水送往高位槽, 其质量流量为 _____ kg/s , 应选择 _____ mm 的管径, 此时管内水的平均流速为 _____ m/s 。

(2) 雷诺准数 (Re) 是哪两个力之比, $Re =$ _____; 欧拉准数 (Eu) 是哪两个力之比, $Eu =$ _____。

(3) 油品在 $\phi 120\text{mm} \times 6\text{mm}$ 的管内流动, 在管截面上的速度分布可以表示为 $u = 20y - 200y^2$, 式中 y 为截面上任一点至管内壁的径向距离 (m), u 为该点上的流速 (m/s); 油的粘度为 $0.05\text{Pa}\cdot\text{s}$ 。则管中心的流速为 _____ m/s , 管半径中点处的流速为 _____ m/s , 管壁处的剪应力为 _____ N/m^2 。

答案: (1) 1.39 24~42 3~1 (2) $\frac{\rho du}{\mu} = \frac{\rho u^2}{\mu u/d} = \frac{\text{惯性力}}{\text{粘滞力}} = \frac{\text{压力}}{\text{惯性力}}$

(3) 0.4968 0.3942 1

解析:

(3) 管内径 $d = 120 - 6 \times 2 = 108\text{mm}$ 。

在管中心处 $y = 0.054\text{m}$, 则流速为 $v = 20 \times 0.054 - 200 \times 0.054^2 = 0.4968\text{m/s}$ 。

管半径中心处 $y = 0.027\text{m}$, 则流速为 $v = 20 \times 0.027 - 200 \times 0.027^2 = 0.3942\text{m/s}$ 。

由题意可知 $\frac{du}{dy} = 20 - 400y$, 则管壁处剪切力为:

$$\tau = \mu \left. \frac{du}{dy} \right|_{y=0} = 0.05 \times (20 - 400 \times 0) = 1(\text{N/m}^2)$$

【1-12】(清华大学 2000 年硕士研究生入学考试试题) 填空题。

(1) 水由敞口恒液位的高位槽通过一管道流向压力恒定的反应器, 当管道上的阀门开度减小后, 水流量将 _____ (减少、增大、不变。下同), 阀门的阻力系数将 _____, 管道总阻力损失将 _____。

(2) 某转子流量计, 其转子材料为不锈钢, 当测量密度为 1.2kg/m^3 的空气的流量时, 最大流量为 $400\text{m}^3/\text{h}$ 。现用来测量密度为 0.8kg/m^3 氮气的流量时, 其最大流量为 _____ m^3/h 。

答案: (1) 减小 增大 不变 (2) 490

解析: (2)

对转子流量计, 在同一刻度下有: $\frac{q_{v2}}{q_{v1}} = \sqrt{\frac{\rho_1(\rho_f - \rho_2)}{\rho_2(\rho_f - \rho_1)}} \approx \sqrt{\frac{\rho_1}{\rho_2}} = \sqrt{\frac{1.2}{0.8}} = 1.225$ 。

因此, 其最大流量为 $q_{v2} = 1.225q_{v1} = 490\text{m}^3/\text{h}$ 。

【1-13】(重庆大学 2009 年硕士研究生入学考试试题) 选择题。

(1) 流体在圆管内流动, 若处于层流区, 摩擦系数 λ 与雷诺准数 Re 之间的关系为 ()。

- A. Re 增加, λ 减小 B. Re 增加, λ 增加
C. Re 增加, λ 不变 D. Re 增加, λ 先增加后减小

(2) 牛顿流体在圆管内作层流运动时, 其平均速度 ()。

- A. 等于管中心最大速度 B. 等于管中心最大速度的一半
C. 远小于管中心最大速度 D. 略小于管中心最大速度

答案: (1) A (2) B

【1-14】(重庆大学 2008 年硕士研究生入学考试试题) 流体在圆管内流动, 若已进入完全湍流区 (阻力平方区), 则摩擦系数 λ 与雷诺准数 Re 之间的关系为 ()。

- A. Re 增加, λ 减小 B. Re 增加, λ 增加
C. Re 增加, λ 不变 D. Re 增加, λ 先增加后减小

答案: A

【1-15】(重庆大学 2007 年硕士研究生入学考试试题) 流体在圆直管内呈层流流动时, 其流速在径向的分布呈_____线型, 最大速度位置在_____, 最大速度/平均速度的值为_____。

答案: 抛物 管中心 v

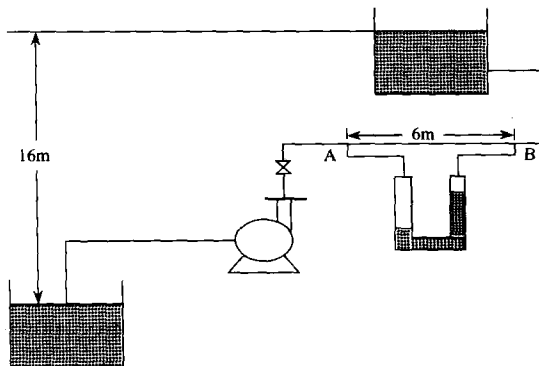
【1-16】(四川大学 2009 年硕士研究生入学考试试题) 如下图所示, 用离心泵将 10°C 的水由储水池输送到高位槽, 两液面维持 16m , 吸入管路与排出管路的管径均为 $\phi 55\text{mm} \times 2.5\text{mm}$, 管子长度 (包括局部阻力当量长度在内) 为 28m , 摩擦系数 $\lambda = 0.025$, AB 段直管段长度为 6m , 其两端所装 U 型压差计读数 $R = 40\text{mm}$ (指示液是汞, $\rho_0 = 13600\text{kg/m}^3$ 。) 试求:

(1) 水在管内的流速及输水量。

(2) 水在管内的流动类型。

(3) 输送泵损坏, 现库存有一台离心泵, 在输水量范围内, 泵的性能曲线方程为 $H = 25 - 7.2 \times 10^4 Q^2$ 。式中 H 为扬程, m 水柱, Q 为流量 (m^3/s), 泵的效率为 60% , 通过计算说明泵能否满足要求, 操作时泵的轴功率为多少?

注: 水的密度近似取为 1000kg/m^3 , 水的粘度为 $130.53 \times 10^{-5} \text{N} \cdot \text{s}/\text{m}^2$ 。



解:

(1) 取 U 型压差计 A 处截面为 A-A', B 处截面为 B-B', 在 A-B 间列伯努利方程得 (以 1-1 面为基准面):

$$z_A + \frac{p_A}{\rho g} + \frac{u_A^2}{2g} = z_B + \frac{p_B}{\rho g} + \frac{u_B^2}{2g} + \sum H_{f,A-B} \quad (1)$$

式①中, $u_A = u_B$, $z_A = z_B$, $\sum H_{f,A-B} = \lambda \frac{\sum (l + l_e)_{AB}}{d_{AB}} \cdot \frac{u^2}{2g}$ 。

根据流体静力学方程可得:

$$\begin{aligned} p_A - p_B &= (p_{\text{汞}} - p_{\text{水}})gR = (13600 - 1000) \times 9.81 \times 0.04 \\ &= 4944.24 \text{ Pa (表压)} \end{aligned}$$

将以上各式代入式①化简得:

$$\frac{p_A - p_B}{\rho g} = \sum H_{f,A-B}$$

即:

$$\frac{4944.24}{1000 \times 9.81} = 0.025 \times \frac{6}{0.05} \times \frac{u^2}{2 \times 9.81}$$

解得: $u = 1.816 \text{ m/s}$

$$\text{输水量 } q_v = \frac{\pi}{4} d^2 u = \frac{3.14}{4} \times 0.05^2 \times 1.816 = 0.0035639 \text{ m}^3/\text{s}。$$

$$(2) \text{ Re} = \frac{du\rho}{\mu} = \frac{0.05 \times 1.816 \times 1000}{130.53 \times 10^{-5}} = 69562.55267 > 4000 \text{ (属湍流)}$$

(3) 设储水池面为 1-1 截面, 高位槽为 2-2 截面, 并以 1-1 截面为基准面; 在 1-2 截面间列机械能恒等式:

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{u_1^2}{2g} + H_L = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{u_2^2}{2g} + \sum H_{f,1-2} \quad (2)$$

式②中, $u_1 = u_2 \approx 0$, $z_1 = 0$, $z_2 = 16$, $p_1 = p_2 = 0$ (表压)

$$\begin{aligned} \sum H_{f,1-2} &= \lambda \frac{\sum (l + l_e)}{d} \cdot \frac{u^2}{2g} = \lambda \frac{\sum (l + l_e)}{d} \cdot \frac{8Q^2}{\pi^2 d^4 g} \\ &= 0.025 \times \frac{28}{0.05} \times \frac{8Q^2}{3.14^2 \times 0.05^4 \times 9.81} \\ &= 185272 Q^2 \end{aligned}$$

将以上各式代入式②化简得: $H_L = 16 + 185272 Q^2$

离心泵工作时, $H = H_L$, 即 $25 - 7.2 \times 10^4 Q^2 = 16 + 185272 Q^2$, 解得:

$$Q = 0.0059146 \text{ m}^3/\text{s} > 0.0035639 \text{ m}^3/\text{s}$$

新工况下泵提供的流量能够达到原来管路所要求值, 故此泵满足要求。

当 $Q = 0.0059146 \text{ m}^3/\text{s}$ 时, 有:

$$H = 25 - 7.2 \times 10^4 \times 0.0059146^2 = 22.481 (\text{m})$$

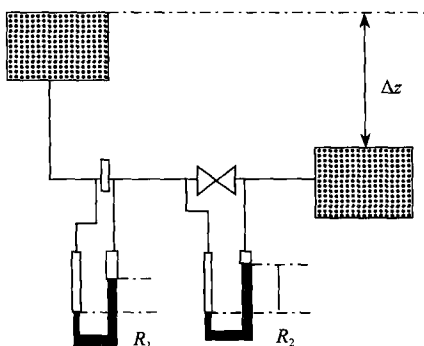
$$\begin{aligned} \text{轴功率 } N &= \frac{Ne}{\eta} = \frac{HQ\rho g}{\eta} = \frac{22.481 \times 0.0059146 \times 1000 \times 9.81 \times 10^{-3}}{0.6} \\ &= 2.174 (\text{kW}) \end{aligned}$$

【1-17】(四川大学 2008 年硕士研究生入学考试试题) 如图所示, 常温水由高位槽经一

$\phi 89\text{mm} \times 3.5\text{mm}$ 的钢管流向低位槽，两槽液位恒定。管路中装有孔板流量计和一个截止阀。已知直管与局部阻力的当量长度（不包括截止阀）总和为 60m 。截止阀在某一开度时其局部阻力系数为 7.5 ，此时读数 $R_1 = 185\text{mmHg}$ 。试求：

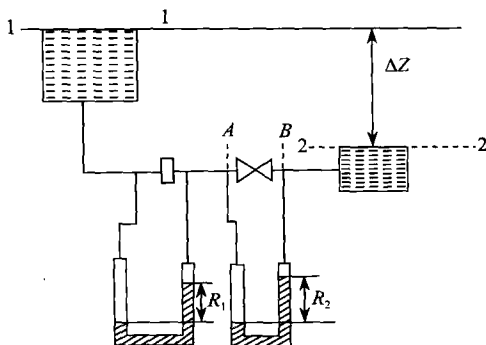
- (1) 此时管路中的流量及两槽液面的位差 Δz 。
- (2) 此时阀门前后的压强差及汞柱压差计的读数 R_2 。
- (3) 若将阀门关小，使流速减为原来的 0.9 倍，则读数 R_1 为多少 mmHg ？截止阀的阻力系数变为多少？

已知孔板流量与压差关系式为 $q_v = 3.32 \times 10^{-3} \left(\frac{\Delta p}{\rho} \right)^{0.5}$ ， ρ 为流体密度， kg/m^3 ； Δp 为孔板两侧压差， Pa ； q_v 为流量， m^3/s 。流体在管内呈湍流流动，管路摩擦系数 $\lambda = 0.026$ 。汞的密度为 13600kg/m^3 。



解：

(1) 选取高位槽所在截面为 1-1，低位槽液面所在截面为 2-2，并以 2-2 面为基准面，如下图所示。



在 1-2 间列机械能衡算式：

$$z_1 + \frac{u_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\rho g} = z_2 + \frac{u_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\rho g} + \sum H_{f,1-2} \quad (1)$$

式中， $u_1 = u_2 = 0$ ， $p_1 = 0$ （表压）， $p_2 = 0$ （表压）

又由题意可知，板孔流量计两侧的压差为：

$$\Delta p = (\rho_0 - \rho)gR = (13600 - 1000) \times 9.81 \times 0.185 = 22867.11(\text{Pa})$$

管内流量 $q_v = 3.32 \times 10^{-3} \left(\frac{\Delta p}{\rho} \right)^{0.5} = 3.32 \times 10^{-3} \times \left(\frac{22867.11}{1000} \right)^{0.5} = 0.015876 \text{ m}^3/\text{s}$ 。因此有：

$$u = \frac{4q_v}{\pi d^2} = \frac{4 \times 0.015876}{3.14 \times 0.082^2} = 3.0(\text{m/s})$$

又因为：

$$\begin{aligned} \sum H_{f,1-2} &= \left[\lambda \frac{\sum(l+l_e)}{d} + \sum \zeta \right] \frac{u^2}{2g} \\ &= \left(0.026 \times \frac{60}{0.082} + 7.5 \right) \times \frac{3^2}{2 \times 9.81} = 12.2(\text{m}) \end{aligned}$$

代入式①，化简得： $\Delta z = \sum H_{f,1-2} = 12.2$

(2) 选取阀门前所在截面为 A-A 面，阀门后所在截面为 B-B 面，在 A-B 间列机械能衡算式：

$$z_A + \frac{p_A}{\rho g} + \frac{u_A^2}{2g} = z_B + \frac{p_B}{\rho g} + \sum H_{f,AB}$$

式中， $u_A = u_B = u$ ， $z_A = z_B$ ， $\sum H_{f,AB} = \zeta \cdot \frac{u^2}{2g}$

代入上式化简得： $\Delta p_{AB} = p_A - p_B = \zeta \cdot \frac{\rho u^2}{2} = 7.5 \times \frac{1000 \times 3^2}{2} = 33750(\text{Pa})$

由流体静力学原理 $\Delta p_{AB} = (\rho_0 - \rho)gR_2$ ，整理可得：

$$R_2 = \frac{\Delta p_{AB}}{(\rho_0 - \rho)g} = \frac{33750}{(13600 - 1000) \times 9.81} = 0.273 \text{ mHg} = 273 \text{ mmHg}$$

(3) 当流速减为原来的 0.9 倍时，则有：

$$\frac{u'}{u} = \frac{q'_v}{q_v} = \sqrt{\frac{\Delta p'}{\Delta p}} = \sqrt{\frac{R'_1}{R_1}} = 0.9$$

因此， $u' = 0.9u = 2.7 \text{ m/s}$

所以， $R'_1 = 0.9^2 R_1 = 0.81 \times 185 = 149.85 \text{ mmHg}$

再由式①得： $\Delta z = \sum H_{f,1-2} = \left(\lambda \frac{\sum(l+l_e)}{d} + \zeta'_{\text{阀}} \right) \frac{u'^2}{2g}$

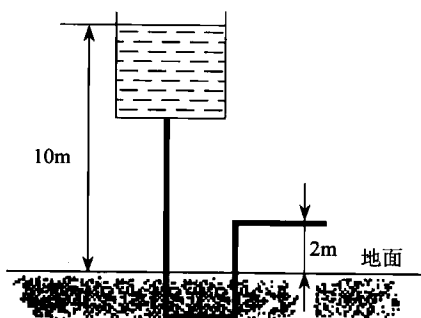
整理得：

$$\zeta'_{\text{阀}} = \frac{2g \cdot \Delta z}{u'^2} - \lambda \frac{\sum(l+l_e)}{d} = \frac{2 \times 12.2 \times 9.81}{2.7^2} - 0.026 \times \frac{60}{0.082} = 13.81$$

【1-18】（华南理工大学 2009 年硕士研究生入学考试试题）有一输水管系统如下图所示，出水口处管子直径为 $\phi 55 \text{ mm} \times 2.5 \text{ mm}$ ，设管路的压头损失为 $16u^2/2$ （ u 指出水管的水流速，未包括出口损失）。

(1) 求水的流量为多少？

(2) 由于工程上的需要，要求水流量增加 20%，此时，应将水箱的水面升高多少？假设管路损失仍可以用 $16u^2/2$ （ u 指出水管的水流速，未包括出口损失）表示。



解:

(1) 设以距地面 2m 高的 z_1 作为水平面, 则由伯努利方程得:

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

由题意可知, $z_1 = 8$, $z_2 = 0$, $w_f = 16 \frac{u^2}{2}$, $u_1 = u_2$, $p_1 = p_2$, $d = 0.05\text{m}$, 因此有:

$$gz_1 = 16 \frac{u^2}{2}$$

整理得: $u = \sqrt{\frac{gz_1}{8}}$ 。

从而可得:

$$V = Au = \frac{1}{4} \pi d^2 u = 22.11 (\text{m}^3/\text{h})$$

(2) 设水面升高 h m。以距地面 2m 高的 z_1 作为水平面, 则由伯努利方程得:

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

由题意可知, $z_1 = 8 + h$, $z_2 = 0$, $w_f = 16u^2/2$, $u_1 = u_2$, $p_1 = p_2$, $d = 0.05\text{m}$, 则有:

$$g(8+h) = 16 \frac{u^2}{2} \quad (1)$$

又可知:

$$V' = 120\%V = 1.2 \times 22.11 = Au = \frac{1}{4} \pi d^2 u \quad (2)$$

联立①、②两式, 解得: $h = 3.52\text{m}$ 。

【1-19】(华南理工大学 2007 年硕士研究生入学考试试题) 在图所示的管路系统中, 有一直径为 $\phi 38\text{mm} \times 2.5\text{mm}$ 、长为 30m 的水平直管段 AB, 在其中间装有孔径为 16.4mm 的标准孔板流量计来测量流量, 孔流系数 C_0 为 0.63, 流体流经孔板的永久压降为 $6 \times 10^4 \text{Pa}$, AB 段摩擦系数 λ 取为 0.022, 试计算:

(1) 流体流经 AB 段的压强差。

(2) 若泵的轴功率为 800W, 效率为 62%, 求 AB 管段所消耗的功率为泵的有效功率的百分率。已知: 操作条件下流体的密度为 870kg/m^3 , U 形管中的指示液为汞, 其密度为 13600kg/m^3 。

(3) 若输送流量提高到原流量的 1.8 倍, 用计算结果说明该泵是否仍能满足要求? (设摩擦阻力系数 λ 不变)。