



普通高等教育「十五」国家级规划教材
新世纪全国高等中医药院校规划教材

配套教学用书

中药制药工程原理与设备

主编 刘落宪

习题集

图书在版编目(CIP)数据

中药制药工程原理与设备习题集/刘落宪主编. —北京:中国中医药出版社, 2004.9

普通高等教育“十五”国家级规划教材配套教学用书

ISBN 7 - 80156 - 494 - 4

I. 中… II. 刘… III. 中成药—制药工业—化学工程—高等学校—习题
IV. TQ461 - 44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 065806 号

中国中医药出版社出版

发行者: 中国中医药出版社

(北京市朝阳区北三环东路 28 号易亨大厦 电话: 64405750 邮编: 100013)

(邮购联系电话: 84042153 64065413)

印刷者: 北京时代华都印刷有限公司

经销者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 850 × 1168 毫米 16 开

字 数: 152 千字

印 张: 6.75

版 次: 2004 年 9 月第 1 版

印 次: 2004 年 9 月第 1 次印刷

册 数: 5000

书 号: ISBN 7 - 80156 - 494 - 4/R·494

定 价: 8.00 元

如有质量问题,请与出版社发行部调换。

HTTP://WWW.CPTCM.COM

普通高等教育“十五”国家级规划教材
新世纪全国高等中医药院校规划教材

配套教学用书

《中药制药工程原理与设备习题集》编委会

主 编 刘落宪 (北京中医药大学)
副主编 杨 崧 (湖南中医学院)
邢黎明 (陕西中医学院)
编 委 (以下按姓氏笔画排序)
王宝华 (北京中医药大学)
刘先进 (安徽中医学院)
杨 洁 (北京中医药大学)
姚淑娟 (北京中医药大学)
徐 晶 (辽宁中医学院)
黄耀洲 (南京中医药大学)
主 审 王韵珊 (中国药科大学)
张塾厚 (北京机械工程学院)

前 言

为了全面贯彻国家的教育方针和科教兴国战略，深化教育教学改革，全面推进素质教育，培养符合新世纪中医药事业发展要求的创新人才，在全国中医药高等教育学会、全国高等中医药教材建设研究会组织编写的“普通高等教育‘十五’国家级规划教材（中医药类）、新世纪全国高等中医药院校规划教材（第一版）”（习称“七版教材”）出版后，我们组织原教材编委会编写了与上述规划教材配套的教学用书——习题集，目的是使学生对已学过的知识，以习题形式进行复习、巩固、强化，也为学生自我测试学习效果、参加考试提供便利。

本套习题集与已出版的46门规划教材配套，所命习题范围与现行全国高等中医药院校本科教学大纲一致，与上述规划教材一致。习题覆盖规划教材的全部知识点，对必须熟悉、掌握的“三基”知识和重点内容以变换题型的方法予以强化。内容编排与相应教材的章、节一致，方便学生同步练习，也便于与教材配套复习。题型与各院校各学科现行考试题型一致，同时注意涵盖国家执业医师资格考试题型。命题要求科学、严谨、规范，注意提高学生分析问题、解决问题的能力，临床课程更重视临床能力的培养。为方便学生全面测试学习效果，每章节后均附有参考答案和答案分析。“答案分析”可使学生不仅“知其然”，而且“知其所以然”，使学生对教材内容加深理解，强化已学知识，进一步提高认知能力。

书末附有模拟试卷，分本科A、B试卷和硕士研究生入学考试模拟试卷，有“普通、较难、难”三个水准，便于学生对自己学习效果的自我测试，同时可提高应考能力。

本套习题集供高等中医药院校本科生、成人教育学生、执业医师资格考试人员及其他学习中医药人员与教材配套学习和应考复习使用。学习者通过对上述教材的学习和本套习题集的习题练习，可全面掌握各学科的知识技能，顺利通过课程考试和执业医师考试，为从事中医药工作打下坚实的基础。

由于考试命题是一项科学性、规范化要求很高的工作，随着教材和教学内容的不断更新与发展，恳请各高等中医药院校师生在使用本套习题集时，不断总结经验，提出宝贵的修改意见，以使本套习题集不断修订提高，更好地适应本科教学和各种考试的需要。

编者
2003年5月

编写说明

《中药制药工程原理与设备习题集》为《中药制药工程原理与设备》配套教学用书,供学生复习及练习使用。本书的章节安排顺序与教材章序基本一致。

本习题集编写了一些选择题,各类型选择题解释如下:

1. A型题 每道选择题都有 A、B、C、D、E 五个备选答案,只允许从中选择一个最佳答案。

2. B型题 A、B、C、D、E 是五个备选答案,随后两道选择题,各题若只与答案 A 有关,则选择答案 A;若只与答案 B 有关,则选择答案 B;余此类推。每个答案可以选择一次或一次以上,或一次也不选。

3. C型题 A、B、C、D 是四个备选答案,随后两道选择题,各题若只与答案 A 有关,则选择答案 A;若只与答案 B 有关,则选择答案 B;若与答案 A 或 B 都有关,则选择答案 C;若与答案 A 或 B 都无关,则选择答案 D。

4. K型题 各选择题后面都提供了(1)、(2)、(3)、(4)四个备选答案,必须按照下列五种不同的组合回答:

(1) + (2) + (3) = A; (1) + (3) = B; (2) + (4) = C; (4) = D; (1) + (2) + (3) + (4) = E。

5. X型题 每道选择题都有 A、B、C、D、E 五个备选答案,其中有 2~5 个正确答案,多选或少选均为答错。

全书由刘落宪统稿。第一章由刘落宪编写,第二章由黄耀洲、刘落宪编写,第三章由刘先进编写,第四章由姚淑娟编写,第五章由刘落宪、廖亮编写,第六章由邢黎明编写,第七章由杨洁、徐晶编写,第八章由王宝华编写,第九章由杨崧编写,模拟试卷由刘落宪摘编。

由于我们水平有限,书中选编的习题难免有欠妥、不当甚至错误之处,敬请广大读者和同仁批评指正。

刘落宪

2004年7月于北京

目 录

第一章 流体流动	(1)	第七章 传热与蒸发	(59)
第二章 液体搅拌	(17)	第八章 蒸馏	(70)
第三章 输送机械	(25)	第九章 干燥	(89)
第四章 粉碎筛分与混合	(34)	模拟试卷(一)	(98)
第五章 固-液萃取	(38)	模拟试卷(二)	(99)
第六章 过滤与沉降	(46)		

第一章 流体流动



习题

一、填空题

1. 流体的宏观运动是考虑大量分子的_____运动及其_____特性, 研究时需要将物质抽象为_____模型。

2. 在连续介质中, 常把较微观粒子结构尺度大得多而较宏观特征尺度(如容器、管道的最小线性尺度)小得多的流体团称为_____。质点具有的物理量是许许多多微观结构性质的_____物理量, 是均匀的。连续介质就是由这些连续分布着的质点组成。

3. 基于流体质点的概念, 质点在它所在的空间就相当于一个空间点, 质点的物理量也就被认为是流体所在空间上_____的连续函数。

4. 流体中某空间点上单位体积的平均质量称为流体的_____。流体的_____不仅与流体的种类有关, 而且与_____和_____有关。

5. 流体的比体积 v 为密度 ρ 的_____。

6. 流体在外力的作用下, 其体积或密度可以改变的性质称为流体的_____。

7. 流体都是可以压缩的, 只是可压缩的程度不同。一般气体的等温压缩率远比液体的等温压缩率_____, 气体的可压缩性_____液体。通常情况下液体可视为_____流体, 其密度取为常数, 而气体则视为_____流体, 仅在少数压力变化很小, 密度基本保持恒定的情况下, 气体才被近似看作_____流体。

8. 流体在温度改变时, 其体积或密度可以改变的性质称为流体的_____。

9. 通常情况下, 气体热膨胀系数比液体热膨胀系数_____得多。

10. 液体表面各部分之间存在相互作用的_____, 使液体表面总是取_____的趋势, 液体表面的这种_____称为_____。

11. 表面张力系数与_____, _____及_____有关。温度_____, 表面张力系数_____。

12. 由于表面张力的存在, 凸起液面内侧的压力值_____外侧的压力值; 凹形液面内侧的压力值_____外侧的压力值。

13. 流体的易流动性表明流体各部分之间很容易发生_____, 而流体中存在切应力是流体处于运动状态的_____的条件。流体受到任何微小的切应力, 就要发生_____的变形, 直到切应力_____为止。

14. 受到切应力的作用发生连续变形的流体称为_____; 反之, 不受切应力作用的流体不发生变形, 称之为_____。

15. 如果流体相对于某一_____静止不动, 则流体在力学上处于_____。

16. 作用于流体上的外力通常可以分为两大类: _____与_____。_____是作用于流体内每一质点上的力; _____是相邻流体或其他物体直接作用于流体表面上的力。

17. 流体单位面积受到的表面力称为_____。它可分解为分别与表面垂直的_____和平行的_____两个分量。

18. 当流体相对于某一坐标系静止不动时, 流体中作用在某一点任意取向的面积微元上压应力的大小, 称为_____, 简称

____。____为标量且总取正值，是位置和时间

的函数。
19. 压力有不同的计量基准，以绝对零压为基准计量的压力称为____，是流体的____。以大气压力为基准，绝对压力与大气压力的差值称为____。____为负值时，其绝对值称为____。

20. 当液面上方的压力一定时，在静止液体任一点压力的大小，与液体本身的____及该点距液面的____有关。在静止的、连续的同一流体内，处于同一水平面上的各点，因其____相同，故其压力亦相等。此压力相等的水平面，称为____。

21. 当液面上方的压力有变化时，液体内部各点压力也要产生____的变化，即压力的____，称为____。

22. 在非惯性坐标系中，静止液体中的压力是____的函数，与惯性坐标系的结果在____上是一致的。

23. 流体在管道内流动时，单位时间内流过管道任一横截面的流体量称为____。

24. 单位时间流体在流动方向上所流过的距离称为____。流体在管道内流动时，管道截面上各点的流速沿管径变化，工程中常用管道截面上的____计算。

25. 流动按其时间变化特性可分为____流动和____流动。

26. 流场内各点的任一流体运动参数均与时间无关的流动称为____。反之若流体运动参数与时间有关则称为____。

27. 流动着的流体，当各层流体的速度不同时，任意两相邻流体层之间互施作用力以阻碍各层流体之间的相对运动，流体的这种现象称为____，相邻流体层之间互施的作用力称为流体的____。所有流体在有相对运动时都要产生____，这是流体的一种固有物理属性，称为流体的____。

28. 流层之间单位面积上的内摩擦力，

称之为____或____。

29. 无论是静止的流体还是运动的流体都具有粘性，但粘性只有在流体____时才会显现出来。

30. 流体的粘度与温度有关。对于液体，温度升高，分子间的间隙____，吸引力____，粘度____；对于气体，温度升高，热运动____，动量交换____，粘度____。

31. 切应力与速度梯度呈线性关系的流体称为____，其表观粘度为____；切应力与速度梯度呈非线性关系的流体称为____，其表观粘度不仅与流体的____和____有关，还与流体所受到的____有关。

32. 非牛顿型流体分为____、____和____三类。

33. 非时变性非牛顿型流体有____流体、____流体和____流体。____流体受切应力愈大流动性愈好。____流体受切应力愈大流动性愈差。____流体在切应力达到屈服应力前无流动发生。

34. 时变性非牛顿型流体有____流体和____流体。____流体的表观粘度和切应力随时间延续变小。____流体的表观粘度和切应力随时间延续变大。

35. 在受力作用时，____流体产生弹性变形并作粘性流动，具有粘性和弹性的双重效应。

36. 牛顿型流体和非牛顿型流体中的____流体、____流体受很小的切应力即可产生较大的变形速率，是不能抵抗切应力的____。

37. 非牛顿型流体有与牛顿型流体不同的流动特性，如：自管中流出时有挤出物____现象；流动时有入口____现象；宾汉塑性流体在管内流动时有一____；粘弹性流体有沿搅拌轴____的倾向等等。

38. 若流体流动时可以假设没有流动阻力, 则流体的阻力损失为零, 这种流体称为_____。

39. 英国科学家 O·雷诺在所作的流体流动实验中流体表现出两种不同的流动型态, 即_____和_____。流动中流线层次分明, 相互平行, 称为_____。流动中流体质点的运动杂乱无章, 其中含有大量无规则的三维旋涡, 称为_____。流动介于层流与湍流之间, 为_____。

40. 流体在直圆管内流动时, 层流与湍流的本质区别是层流无_____流动, 湍流有_____流动。

41. 雷诺数是由_____、_____、_____和_____四个因素综合成的一个无量纲数群。

42. 稳态层流流动时, 速度不随_____, 只随_____; 非稳态层流流动时, 速度随_____, 又随_____。

43. 湍流流动时, 流体质点随_____过程中还有_____。

44. 稳态湍流流动的时均速度是_____; 非稳态湍流流场中的主体流动是随_____的, 时均速度也随_____, 与_____无关。

45. 通常把湍流流动经过某质点速度视为一个_____与一个随时间随机变化的_____叠加的结果。

46. 流体进入直圆管后, 从入口到沿管轴线距入口长度 L_e 内, 沿不同截面的_____随管轴向距离变化, _____长度 L_e 后, 沿不同截面的_____不再随管轴向距离变化, 此时称大于 L_e 处的流动为_____, L_e 称为_____。

47. 不可压缩流体作一维时均稳态湍流流动时, 光滑平壁面附近的湍流分成_____、_____和_____。

48. 流体为层流流动时, 由于流体本身

的粘性作用, 存在着_____, 而流体为湍流流动时, 除了存在_____外, 还存在着由湍流脉动引起的附加切应力, 这种附加切应力称为_____。

49. 牛顿型流体作层流流动时, 若流动视为完全发展的管流, 直圆管内截面上的速度沿半径呈_____分布。

50. 壁面附近湍流区域的速度分布: 粘性底层区的时均速度呈_____分布; 湍流核心区时均速度呈_____分布; 过渡区的速度分布可视为呈_____分布。

51. 光滑圆管内为完全发展的湍流流动时, 从管壁到管中心分为_____, _____和_____, 一般地, 管内湍流中绝大部分区域是_____, _____和_____, 都很薄。

52. 将大雷诺数流动时, 流经物体的流动分为两个区域: 一个是壁面附近的流体层, 称为_____, 层内流体粘性作用极为重要, 即使粘度很小, 摩擦应力仍然很大, 不可忽略; 另一个是边界层以外的区域, 称为_____, 该区内的流动可看成是理想流体的流动。

53. 圆形弯曲管中流体有沿轴向流动的_____和在与轴向流动相垂直的截面上的_____。流体流经弯曲管时, 管中心部位流体的轴向速度_____上、下管壁部位流体的轴向速度, 由此产生_____分布。

54. 弯曲管中次流的存在使轴向速度主峰偏向_____, 截面上速度分布为_____型。次流使管中心的流体微团能很快运动到壁面附近, 增大_____作用。主流速度与次流速度叠加, 使流体质点呈_____运动。工程中除因结构需要, 出于强化传热、传质过程, 常采用弯曲管道。

55. 粘性流体绕流固体弯曲表面、突变截面产生_____与_____, 两者之和称为_____。流体流经管件、阀门、管子进出口

等管道的局部区域时，由于_____和_____的突然改变，都会产生_____。

56. 直圆管内完全发展层流流动的摩擦因数是_____的函数。

57. 直圆管内完全发展湍流流动的摩擦因数除了与_____有关外，还与管内表面的_____有关。根据圆管内完全发展湍流流动的摩擦因数与_____及_____的关系，将圆管分为_____、_____和_____。

58. 非圆形管中流体湍流流动时，流体一方面沿管道轴向作_____流动；另一方面在垂直于主流的截面上作_____流动。_____叠加，使管道截面_____处流体仍有相当大的流速。

59. 在管路计算中，可将管路分为没有分支或汇合的管路和有分支、汇合和并联的管路。对于没有分支或汇合的管路，流体流经各段的_____不变，不可压缩流体流经各段的_____也不变。对于有分支、汇合和并联的管路，总管流量_____各支管流量之_____，各支管分支前或汇合后的_____均相等。

管路系统总能量损失_____管路上全部直管阻力损失与局部阻力损失之_____。

二、简答题

1. 什么是连续介质模型？为什么要将流体作为连续介质进行研究？
2. 什么是流体的可压缩性？液体的可压缩性与气体的可压缩性有何区别？
3. 什么是流体的热膨胀性？
4. 液体自由表面为什么会产生凸出或内凹的现象？
5. 引起流体流动的条件是什么？
6. 简述重力场静止液体中的压力分布情况及其性质。
7. 什么叫定态流动？什么叫非定态流动？
8. 何谓牛顿型流体，何谓非牛顿型流体？

9. 非牛顿型流体分为几类？各有何特点？

10. 简述雷诺数的物理意义。

11. 简述速度边界层的形成。边界层厚度是如何定义的？

12. 简述圆形直管进口段流体流动情况。

13. 简述圆形弯曲管中流体流动情况。

14. 流体流经管件、阀门、管子进出口等管道的局部区域时为什么会产生局部阻力？

15. 什么是水力光滑管、过渡型管、水力粗糙管？

三、计算题

1. 如图 1-1 所示高位冷凝器，若器内真空度为 $7.7 \times 10^4 \text{ Pa}$ ，冷凝水温度为 30°C ，求气压管内液柱的高度。

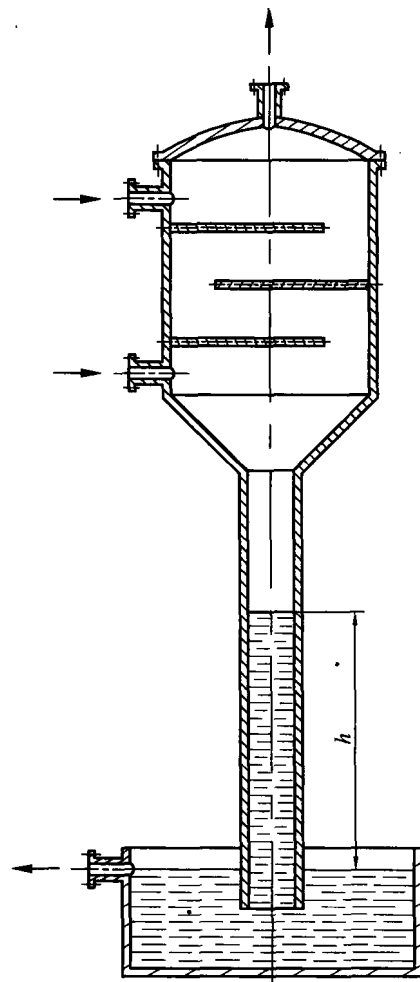


图 1-1

2. 装有液体的敞口罐作水平匀加速运动。在罐内沿运动方向取 A、B 两点，两点之间的距离为 200 mm，液体自由表面高度差为 40 mm，求该罐的加速度大小。

3. 如图 1-2 所示，装有液体的液罐以 0.65m/s^2 的等加速度作水平运动。若液罐内径 0.3m，静止时液面距罐口的距离为 0.08m，试问液罐运动时液体能否流出液罐？

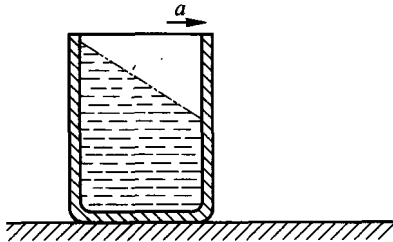


图 1-2

4. 如图 1-3 所示，水从贮水箱经异径管流至大气中。已知水箱内液面恒定，且与管中心线的距离 $h = 2\text{m}$ ，若管段 AB 和 BC 均较短，直径较大，则忽略管路摩擦阻力损失，当管段 AB 的直径是管段 BC 直径的两倍时，求水分别在两管段中的流速。

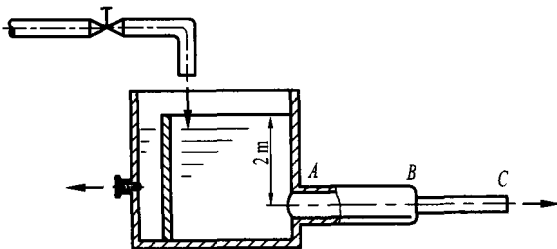


图 1-3

5. 如图 1-4 所示，一高位输送液系统。输液管为 $\phi 76 \times 3\text{mm}$ 无缝钢管，输液量为 $6\text{m}^3/\text{h}$ ，液体经全部管道（不包括排出口）的能量损失 $H_f = \frac{115u_m^2}{g}$ ，试求：

(1) 若高位贮液罐的液面恒定，则其液面必须高出排出口的高度 z 是多少

(2) 若贮液罐内径为 3m，当液面从 5m 下降到 3.5m 时，需用多少时间及输出的液体量？

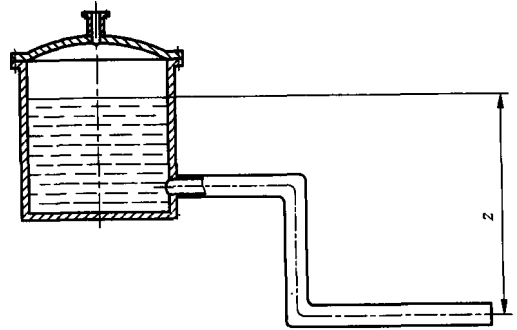


图 1-4

6. 一大容器，其横截面积为 A_1 ，容器下部有一短侧管，侧管端部装有阀门，侧管的横截面积为 A_2 ， $A_1 \gg A_2$ 。初始阀门关闭时，液面距侧管中心线的距离为 h_0 ，若忽略流体粘性的影响和阀门的局部损失，试求打开阀门后到液体排尽所用的时间。

7. 一输送易燃液体的管道，管子为 $\phi 48 \times 4\text{mm}$ 的无缝钢管。液体的密度为 650kg/m^3 ，粘度为 $1.25 \times 10^{-3}\text{Pa}\cdot\text{s}$ ，试求液体在管道中作层流流动时的临界速度。

8. 一输送液体的水平管道，管子采用 $\phi 133 \times 6.5\text{mm}$ 的无缝钢管，管长 60m。液体的密度为 1360kg/m^3 ，粘度为 $0.82\text{Pa}\cdot\text{s}$ ，流量为 $0.035\text{m}^3/\text{s}$ ，若忽略进、出口影响，求进、出口压力差。

9. 用管道输送液体，输液直圆管为 $\phi 76 \times 3\text{mm}$ 新无缝钢管，输液量 $q_v = 25\text{m}^3/\text{h}$ ，所送液体的运动粘度系数 $\nu = 0.6 \times 10^{-6}$

m^2/s , 密度 $\rho = 820\text{kg}/\text{m}^3$ 。试求直圆管每米管长的压力降。

10. 在 20°C 下将浓度 95% 的乙醇从低位贮槽中用泵送至高位贮罐中, 见图 1-5。泵入口管路为 $\phi 70 \times 2.5\text{mm}$ 的新无缝钢管 1m, 泵出口管路由 $\phi 57 \times 3.5\text{mm}$ 的新无缝钢管 29m、一个全开的截止阀和一个 90° 标准弯头组成。管路入口在低位贮槽液面以下 2m, 低位贮槽内液面恒定, 液体表面压力为大气压力, 管路出口在低位贮槽液面以上 25m, 出口表压力为 20kPa, 若流量维持在 $10\text{m}^3/\text{h}$, 求泵需提供的功率。(20°C 浓度为 95% 乙醇的密度 $\rho = 804\text{kg}/\text{m}^3$, $\mu = 1.4 \times 10^{-3}\text{Pa}\cdot\text{s}$)

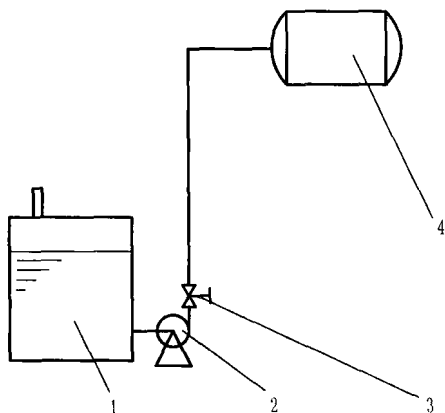


图 1-5 乙醇从低位贮槽中用泵送至高位贮罐示意图

1 - 低位贮槽; 2 - 泵; 3 - 截止阀; 4 - 高位贮槽

11. 某车间一高位贮槽 A 纯水供给系统, 该贮槽承担向两个罐 B、C 供水的任务, 其流程见图 1-6。高位贮槽 A 出口距地面的高度为 z_A , 总管路由 $\phi 45 \times 2.5\text{mm}$ 无缝钢管, 直管长度 $(z_A - 0.5)\text{m}$, 一个截止阀 (可粗略地按全开计算) 和一个 90° 标准弯头组成; 罐 B 支路由 $\phi 30 \times 2.5\text{mm}$ 无缝钢管, 直管长度 2m, 一个标准三通,

一个缩径管接头和一个截止阀 (可粗略地按全开计算) 组成; 罐 C 支路由 $\phi 45 \times 2.5\text{mm}$ 无缝钢管, 直管长度 3m, 一个标准三通, 一个 90° 标准弯头和一个截止阀 (可粗略地按全开计算) 组成。高位纯水贮槽 A 内液面高度距出口 1.5m 并保持恒定, 压力为大气压力; 罐 B 支路出口距地面 4m, 表压力为 20kPa; 罐 C 支路出口距地面 2.5m, 表压力为 30kPa, 罐 B 和 C 分别需要流量为 $1.9\text{m}^3/\text{h}$ 和 $4.8\text{m}^3/\text{h}$, 纯水温度为 20°C , 求高位纯水贮槽 A 中液面距地面的最低高度。

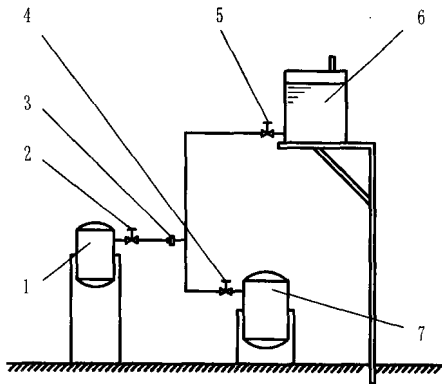


图 1-6

1 - 罐 B; 2、4、5 - 截止阀; 3 - 缩径管接头;
6 - 高位贮槽 A; 7 - 罐 C

参考答案

一、填空题

1. 平均 统计 连续介质
2. 质点 统计平均
3. 空间点及时间
4. 密度 密度 压力 温度
5. 倒数
6. 可压缩性

7. 大 远大于 不可压缩 可压缩 不可压缩

8. 热膨胀性

9. 大

10. 拉力 收缩 拉力 表面张力

11. 物质种类 相邻物质种类 液面温度 愈高 愈小

12. 高于 低于

13. 相对运动 充分且必要 连续 消失

14. 运动流体 平衡状态流体

15. 坐标系 平衡状态

16. 质量力 表面力 质量力 表面力

17. 应力 正应力 切应力

18. 流体静压力 压力 压力

19. 绝对压力 真实压力 表压力 表压力 真空度

20. 密度 深度 深度 等压面

21. 同样大小 可传性 帕斯卡原理

22. 液体深度 形式

23. 流量

24. 流速 平均流速

25. 定态 非定态

26. 定态流动 非定态流动

27. 粘滞现象 内摩擦力 内摩擦力 粘滞性 (粘性)

28. 内摩擦应力 切应力

29. 流动

30. 增大 减小 减小 加剧 加快 增大

31. 牛顿型流体 常数 非牛顿型流体 物理性质 流动情况 切应力

32. 非时变性非牛顿型流体 时变性非牛顿型流体 粘弹性流体

33. 假塑性 胀塑性 宾汉塑性 假塑性 胀塑性 宾汉塑性

34. 触变性 触稠性 触变性 触稠性

35. 粘弹性

36. 假塑性 胀塑性 真实流体

37. 膨胀 虹吸 固体核心 上爬

38. 理想流体

39. 层流 湍流 层流 湍流 过渡过程

40. 径向 径向

41. 管内径 流速 流体密度 动力粘度

42. 时间变化 空间位置变化 时间变化 空间位置变化

43. 主流流动 随机脉动

44. 常量 时间变化 时间变化 随机脉动

45. 时均速度 脉动速度

46. 流体速度分布 大于 流体速度分布 完全发展的管流 进口段长度

47. 近壁粘性底层 过渡区 湍流核心区

48. 粘性切应力 粘性切应力 雷诺应力

49. 抛物线

50. 线性 对数 对数

51. 粘性底层 过渡层 湍流核心区 湍流核心区 粘性底层 过渡层

52. 边界层 外流区 (主流区)

53. 主流 二次流 大于 双旋涡次流

54. 外侧 偏离抛物线 混流 螺旋状

55. 摩擦阻力 压差阻力 局部阻力 流动方向 流道截面 局部阻力

56. 雷诺数

57. 雷诺数 粗糙程度 雷诺数 相对粗糙度 水力光滑管 过渡型管 水力粗糙管

58. 主流 次流 主流与次流 尖角

59. 质量流量 体积流量 等于 和 总压头 等于 和

二、简答题

1. 答: 连续介质模型假设物质连续地无间隙地分布于物质所占有的整个空间, 流体宏观物理量是空间点及时间的连续函数。基于流体质点的概念, 质点在它所在的空间就相当于一个空间点, 质点的物理量也就被认为是流体所在空间上空间点及时间的连续函数。

在分子层面上研究流体，其质量在空间的分布是不连续的，其运动在空间和时间上都是不连续的。对于流体的宏观运动，考虑大量分子的平均运动及其统计特性，研究时需要将物质抽象为连续介质。工程上将描述流体运动的空间尺度精确到 10^{-5}m 数量级，就能够满足一般工程问题的精度要求。在此数量级上统计平均物理量与个别分子的运动无关，可以将流体视为由连续分布的质点构成，作为连续介质进行研究，从而摆脱复杂的分子运动，从宏观的角度研究流体的流动规律。

2. 答：流体的密度 ρ 不仅与流体的种类有关，而且与压力 p 和温度 T 有关，即

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

流体在外力的作用下，其体积或密度可以改变的性质称为流体的可压缩性，用等温压缩率表示。等温压缩率的含义为：在一定温度下，压力增加一个单位时，流体密度的相对增加率，或在一定温度下，压力增加一个单位时，流体体积的相对缩小率。

严格地说，流体都是可以压缩的，只是可压缩的程度不同。一般气体的等温压缩率远比液体的等温压缩率大，气体的可压缩性远大于液体。通常情况下液体视为不可压缩流体，其密度取为常数，而气体则视为可压缩流体，仅在少数压力变化很小，密度基本保持恒定的情况下，气体才被近似看作不可压缩流体。

3. 答：流体的密度 ρ 不仅与流体的种类有关，而且与压力 p 和温度 T 有关，即

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

流体在温度改变时，其体积或密度可以改变的性质称为流体的热膨胀性，用热膨胀系数表示。热膨胀系数的含义为：温度增加一个单位时流体密度的相对减小率。或在一定压力下，温度增加一个单位时流体体积的

相对增加率。通常情况下，气体热膨胀系数比液体热膨胀系数大得多。

4. 答：液体表面各部分之间存在相互作用的拉力，使液体表面总是取收缩的趋势，液体表面的这种拉力称为表面张力。由于表面张力的存在，液体自由表面的内侧与外侧的压力不同。当液面内侧的压力高于外侧的压力时，液体自由表面凸出；当液面内侧的压力低于外侧的压力时，液体自由表面内凹。

5. 答：流体的易流动性表明流体各部分之间很容易发生相对运动，而流体中存在切应力是流体处于运动状态的充分且必要的条件。流体受到任何微小的切应力，就要发生连续的变形——流动，直到切应力消失为止。

6. 答：由重力场中静止液体的压力分布公式

$$p = p_0 + \rho gh$$

可知：

(1) 当液面上方的压力 p_0 一定时，在静止液体内任一点压力的大小，与液体本身的密度及该点距液面的深度有关。因此，在静止的、连续的同一液体中，处于同一水平面上的各点，因其深度相同，故其压力亦相等（此压力相等的水平面，即为等压面）。

(2) 当液面上方的压力 p_0 有变化时，液体内部各点压力必产生同样大小的变化，即压力具有可传递的性质（即压力的可传递性，称为帕斯卡原理）。

7. 答：流动按其时间变化特性可分为定态流动和非定态流动。若流场内各点的任一流体运动参数均与时间无关，则这样的流动称为定态流动；反之若流体运动参数与时间有关，则称为非定态流动。工程中常考察流动系统中各截面上与流体有关的物理量，如流速、压力、密度等，不随时间变化的流动为定态流动，随时间变化的流动为非定态流动。

8. 答：切应力与速度梯度呈线性关系的流体称为牛顿型流体，即符合牛顿粘性定律的流体；切应力与速度梯度呈非线性关系的流体称为非牛顿型流体。对于牛顿型流体表观粘度为常数，对于非牛顿型流体，表观粘度不仅与流体的物理性质和流动情况有关，还与流体所受到的切应力有关。

9. 答：非牛顿型流体分为非时变性非牛顿型流体、时变性非牛顿型流体和粘弹性流体三类。

(1) 非时变性非牛顿型流体包括有假塑性流体、胀塑性流体和宾汉塑性流体。其中：假塑性流体受切应力愈大流动性愈好。胀塑性流体受切应力愈大流动性愈差。宾汉塑性流体在切应力达到屈服应力前无流动发生。

(2) 时变性非牛顿型流体包括有触变性流体和触稠性流体。其中：触变性流体的表观粘度和切应力随时间延续变小。触稠性流体的表观粘度和切应力随时间延续变大。

(3) 粘弹性流体在受力作用时，产生弹性变形并作粘性流动，具有粘性和弹性的双重效应。

(牛顿型流体和) 非牛顿型流体中的假塑性流体、胀塑性流体受很小的切应力即可产生较大的变形速率，是不能抵抗切应力的真实流体。

10. 答：雷诺数的物理意义表示流体流动时的惯性力与粘性力的比值。理由简述如下：

流体流动时的惯性力与粘性力的比值为

$$\frac{\text{惯性力}}{\text{粘性力}} = \frac{ma}{\mu S \frac{du}{dy}}$$

由教材中附录一查出上式右侧每一物理量的量纲式，并将上式写成量纲的形式为

$$\frac{(M)(LT^{-2})}{(L^{-1}MT^{-1})(L^2)\left(\frac{LT^{-1}}{L}\right)}$$

$$= \frac{(L)(LT^{-1})\left(\frac{M}{L^3}\right)}{(L^{-1}MT^{-1})}$$

上式左侧为惯性力比粘性力的量纲形式，右侧为雷诺数的量纲形式。

11. 答：将大雷诺数流动时，流经物体的流动分为两个区域：一个是壁面附近的流体层，称为边界层，层内流体粘性作用极为重要，即使粘度 μ 很小，摩擦应力 τ 仍然很大，不可忽略；另一个是边界层以外的区域，称为外流区或主流区，该区内的流动可看成是理想流体的流动。

由于流体与壁面之间的粘性作用，与壁面直接接触的流体速度为零。受流层间内摩擦力作用，从贴附在壁面上的流体层起，相邻流层间，流体流动的阻滞作用，随着距壁面的距离的增加而减小，受阻滞流体层速度明显减慢的区域为速度边界层或边界层。按普朗特提出的边界层理论，边界层是粘性作用显著的区域，速度梯度不为零，阻滞作用从壁面向流体内部逐渐减弱，流体的速度逐渐接近于初始速度 u_0 。由于流体速度接近于初始速度是一渐变过程，因此边界层与主流区之间无明显的分界线。为了便于分析，人为约定：流体流速从 $u=0$ 到 $u=0.99u_0$ 所对应的流体层厚度为边界层厚度。这一约定对解决实际问题所引起的误差一般可以忽略不计。主流区内，速度梯度约为零，摩擦应力可忽略不计，流速仍可用 u_0 表示，流体视为理想流体。

12. 答：流体在进入直圆管前以均匀的流速流动，进入圆管后在进口段由于流体粘滞于管壁，使管壁附近的流体减速，而流动的连续性使管中心流体加速，从而使流体速度沿流动方向不断变化。由于流体粘性的作用，流体进管之初仅在靠管壁处形成很薄的边界层，随着流体继续向前流动，边界层逐渐增厚，在距管进口一定距离处边界层汇集

在管中心线上, 成为完全发展的管流。在完全发展的管流开始时, 边界层内为层流, 则完全发展的管流为层流; 边界层内为湍流, 则完全发展的管流为湍流。

13. 答: 在圆形弯曲管中, 由于受离心力的作用, 流体除具有沿轴向流动的主流外, 还在与轴向流动的垂直截面上有二次流。流体流动时, 圆形弯曲管截面上的轴向速度不同, 由此产生双旋涡次流分布。截面上速度分布为偏离抛物线型。次流使管中心的流体微团能很快运动到壁面附近, 同时, 主流速度与次流速度叠加, 使流体质点呈螺旋状运动, 增大混流作用。工程中除因结构需要, 出于强化传热、传质过程需要, 常采用弯曲管道。

14. 答: 流体绕弯曲表面流动时, 如果边界层分离, 则分离点下游的流体倒流回分离点, 成为相反的两股流动, 在分离面与壁面之间形成涡流区。涡流区质点强烈碰撞与混合而产生能量损失, 即形状阻力或压差阻力。

粘性流体绕流固体弯曲表面、突变截面产生摩擦阻力与压差阻力, 两者之和称为局部阻力。流体流经管件、阀门、管子进出口等管道的局部区域时, 由于流动方向和流动截面的突然改变, 会发生上述情况, 产生局部阻力。

15. 答: 根据圆管内完全发展湍流流动的摩擦因数 λ 与雷诺数 Re 及相对粗糙度 e/D 的关系, 将圆管分为水力光滑管、过渡型管和水力粗糙管。

当 $e < 5y^*$ 时, 管内表面所有粗糙峰都处在粘性底层内, 此种状态的圆管称为水力光滑管。

当 $5y^* \leq e \leq 70y^*$ 时, 只有部分粗糙峰处在粘性底层内, Re 和 e 对湍流核心区速度的分布都有影响, 此种状态的圆管称为过渡型管。

当 $e > 70y^*$ 时, 所有粗糙峰都高出粘性底层, 暴露在湍流核心区中, 此时只有 e 影响湍流核心区的速度分布状态, 与 Re 无关, 此种状态的圆管称为水力粗糙管。

对于层流和从层流向湍流过渡状态, 分不出水力粗糙管与光滑管。几何上并不光滑的管子, 整个管流的摩擦阻力与光滑管相同, 而与相对粗糙度无关, 表现为水力光滑管状态。

三、计算题

1. 解: 由教材附录三查得水在 30°C 时的密度 $\rho = 995.7 \text{ kg/m}^3$, 气压管内液柱的高度 h 为

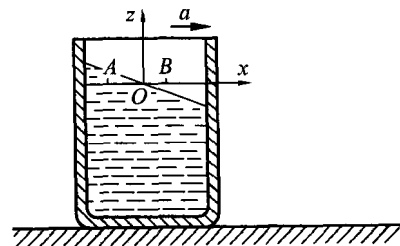
$$h = \frac{p_a - p}{\rho g} = \frac{7.7 \times 10^4}{995.7 \times 9.81} = 7.88 \text{ m}$$

2. 解: 将固定在液罐内的运动坐标系的原点置于静止时自由液面的中点, z 轴垂直向上, x 轴与加速度的方向一致, 见题解图 1-1。由于 $x = 0.2 \text{ m}$, $z = -0.04 \text{ m}$, 则由

$$z = -\frac{a}{g}x$$

得

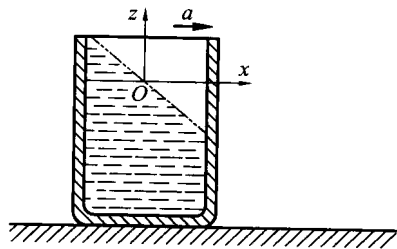
$$\begin{aligned} a &= -\frac{zg}{x} \\ &= -\frac{-0.04 \times 9.81}{0.2} \\ &= 1.96 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$



题解图 1-1

3. 解: 将固定在液罐内的运动坐标系

的原点置于静止时自由液面的中点， z 轴垂直向上， x 轴与加速度的方向一致，见题解图 1-2。已知 $x = -0.3/2 = -0.15\text{m}$ ， $a = 0.65\text{m/s}^2$ ，可求得运动时液面上升高度 z

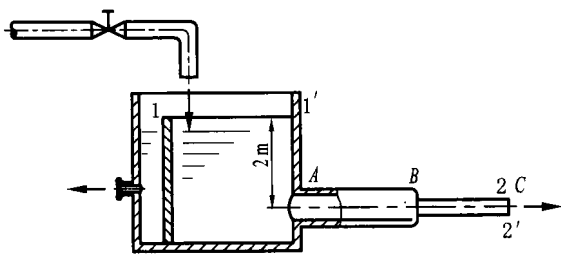


题解图 1-2

$$z = -\frac{a}{g}x = -\frac{0.65}{9.81} \times (-0.15) = 0.01\text{m}$$

由于 $z = 0.01\text{m} < 0.08\text{m}$ ，因此液罐运动时液体不会流出液罐。

4. 解：如题解图 1-3 所示，取贮液罐中液体的自由表面为 1-1' 截面，管段 BC 的出口为 2-2' 截面，并以过截面 2-2' 中心线的水平面为基准面，即 $z_2 = 0$ ，则 $p_{m1} = p_{m2} = 0$ (表压)， $u_{m1} \approx 0$ ， $z_1 = 2\text{m}$ 。在两截面间利用柏努利方程可得



题解图 1-3

$$u_{m2} = \sqrt{2gz_1} = \sqrt{2 \times 9.81 \times 2} = 6.26\text{m/s}$$

由管内定态流动的连续性方程可知，水在管段 BC 中的流速 u_{mBC} 是管段 AB 中流速 u_{mAB} 的 4 倍，而

$$u_{mBC} = u_{m2} = 6.26\text{m/s}$$

得水在管段 AB 中的流速

$$u_{mAB} = \frac{u_{mBC}}{4} = \frac{u_{m2}}{4} = \frac{6.26}{4} = 1.57\text{m/s}$$

5. 解：(1) 如题解图 1-4 所示，取贮液罐中液体的自由表面为 1-1' 截面，排出管内侧为 2-2' 截面，并以过截面中心线的水平面为基准面，即 $z_2 = 0$ ，则

$$p_{m1} = p_{m2} = 0 \text{ (表压)}$$

$$u_{m1} \approx 0$$

$$z_1 = z$$

$$H_e = 0$$

输液管内径 D 为

$$D = 76 - 3 \times 2 = 70 \text{ mm} = 0.07\text{m}$$

$$\begin{aligned} u_{m2} &= \frac{q_v}{A} = \frac{q_v}{\frac{\pi}{4}D^2} \\ &= \frac{6}{3600 \times \frac{\pi}{4} \times 0.07^2} \\ &= 0.433 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_f &= \frac{115u_m^2}{g} = \frac{115u_{m2}^2}{g} \\ &= \frac{115 \times (0.433)^2}{9.81} = 2.198\text{m} \end{aligned}$$

由流体流动过程的机械能守恒方程可得

$$z = \frac{u_{m2}^2}{2g} + H_f = \frac{0.433^2}{2 \times 9.81} + 2.198 = 2.21\text{m}$$

(2) 设贮液罐内径为 D_1 ， D' 为瞬时出液率，则

$$D' = \frac{\pi}{4}D^2 u_m$$

在 dt 时间内出液量 dV 为

$$dV = D' dt$$

又