

化工设备

(“化工设备原理及结构”习题与附录)

天津大学化工机械专业委员会
河北化工学院化工机械专业

一九七七年一月

化 工 设 备

(“化工设备原理及结构”习题与附录)

天津大学化工机械专业委员会
河北化工学院化工机械专业
一九七七年一月

编 者 说 明

“教材要彻底改革”。为了能适应开门办学中具体任务多样性的要求，我们在天津大学“化工设备原理及结构”（附录与习题——一九七六年原稿）的基础上又增添了一些图表与参数，汇集成册，作为有关专业学习该课程时的辅助用书和进行技术革新时的参考。

河北化工学院化工机械专业

一九七七年一月

目 录

甲. 习 题

一. 流体力学基础.....	1
二. 液体输送机械——泵.....	7
三. 传热及换热设备.....	9
四. 蒸馏及塔设备.....	12

乙. 附 录

一. 单位换算.....	14
二. 空气的重要物理性质(绝对压强为 760 毫米汞柱).....	19
三. 某些气体的重要物理性质.....	20
四. 某些液体的重要物理性质.....	21
五. 常用固体材料的重度和比热.....	23
六. 水的粘度(0 至100°C).....	24
七. 水的重要物理性质.....	25
八. 水的饱和蒸汽压(-20至100°C).....	26
九. 饱和水蒸汽表(以温度为基准).....	27
十. 饱和水蒸汽表(以压强为基准).....	29
十一. 液体粘度共线图.....	31
十二. 常压下的气体粘度共线图.....	33
十三. 液体比热共线图.....	35
十四. 常压下的气体比热共线图.....	37
十五. 液体汽化潜热共线图.....	38
十六. 某些固体的导热系数.....	40
十七. 某些液体的导热系数.....	41
十八. 某些气体的导热系数.....	41
十九. 管内流体流动摩擦阻力系数曲线图.....	42
二十. 管壁的绝对粗糙度.....	43
二十一. 总传热系数的参考数据.....	43
二十二. 壁面污垢的热阻(污垢系数)[米 ² ·时·°C / 千卡].....	46

二十三. 各种材料黑度与温度关系	47
二十四. 某些水溶液在 1〔绝对大气压〕下沸腾时的温度	48
二十五. 在 $P = 1$ 〔绝对大气压〕下溶液沸点升高与浓度(重量百分数)的关系	49
二十六. 不同物料的临界水分范围	49
二十七. 管子规格(摘录)	50
二十八. 泵的规格	54
二十九. 管壳式热交换器系列基本参数	58
三十. 常用气体平均分子比热图	65
三十一. 常用气体导热系数图	66
三十二. 不同压强下某些气体的重要物理性质	67
三十三. 合成氨混合气体的热容图	75
三十四. 气体对比粘度通用图	79
三十五. 氨的热力性质表	80
三十六. 氨和乙烯的 $S-T$ 图	83
三十七. 液氨的比热图	87
三十八. 液体的导热系数	88
三十九. 氮的 $S-T$ 图	89
四十. 氧的 $S-T$ 图	91
四十一. 空气的 $S-T$ 图	93
四十二. 氧—氮物系的 $T-P-H-x-y$ 图	95
四十三. 一般液体的表面张力图	97
四十四. 某些水溶液的粘度厘泊	99
四十五. 常用水溶液在 20°C 时的导热系数图	100
四十六. 氯化钙溶液在低温时的物理性质	101
四十七. 氯化钙溶液比热图	102
四十八. 常用固体物料的表观重度	102
四十九. 常用材料的主要物理性质	103
五十. 由流量和流速求管径的算图	105
五十一. 管内流体常用流速范围	106
五十二. 换热器内常用流速、不同粘度的液体其最大流速	106
五十三. 管子在花板上的排列法	107
五十四. 离心通风机规格	108
五十五. 相平衡数据	110
五十六. 填料的基本特性数据	115
五十七. 填料层压强降的通用关联图	121
五十八. 栅条填料的传质特性数据	123
五十九. 传质单元数的图解	123
六十. 波纹填料塔的生产使用情况一览表	124
六十一. 波纹板与筛板、浮阀塔板的比较	124

六十二. 不锈钢、白瓷波纹板使用情况比较 125

六十三. 单流型塔板系列参数 126

六十四. 双流型塔板系列参数 127

六十五. 小直径塔板系列参数 128

六十六. 求堰上液流高度 h_{ow} 的列系图..... 129

六十七. 筛板开孔区面积 A_o 130

六十八. 筛孔数的求取 131

六十九. F_1 型浮阀基本参数明细表 131

七十. 初选塔径算图 132

七十一. 液流收缩系数 E 133

七十二. 浮阀型式 133

七十三. 弓形函数表 134

甲. 习 题

第一章 流体力学基础

1—1 将例题(1—4)的通用气体常数 R 的单位换算成 $\left[\frac{\text{公斤/米}^2 \cdot \text{米}^3}{\text{公斤分子} \cdot ^\circ\text{K}}\right]$, 并求算其数值。

1—2 水的流量 V 为 100 $[\text{米}^3/\text{时}]$, 试求单位为 $[\text{呎}^3/\text{秒}]$ 时的数值。

1—3 试求 300°C 和 10 $[\text{大气压}]$ 时, 甲烷 (CH_4) 气体的重度。

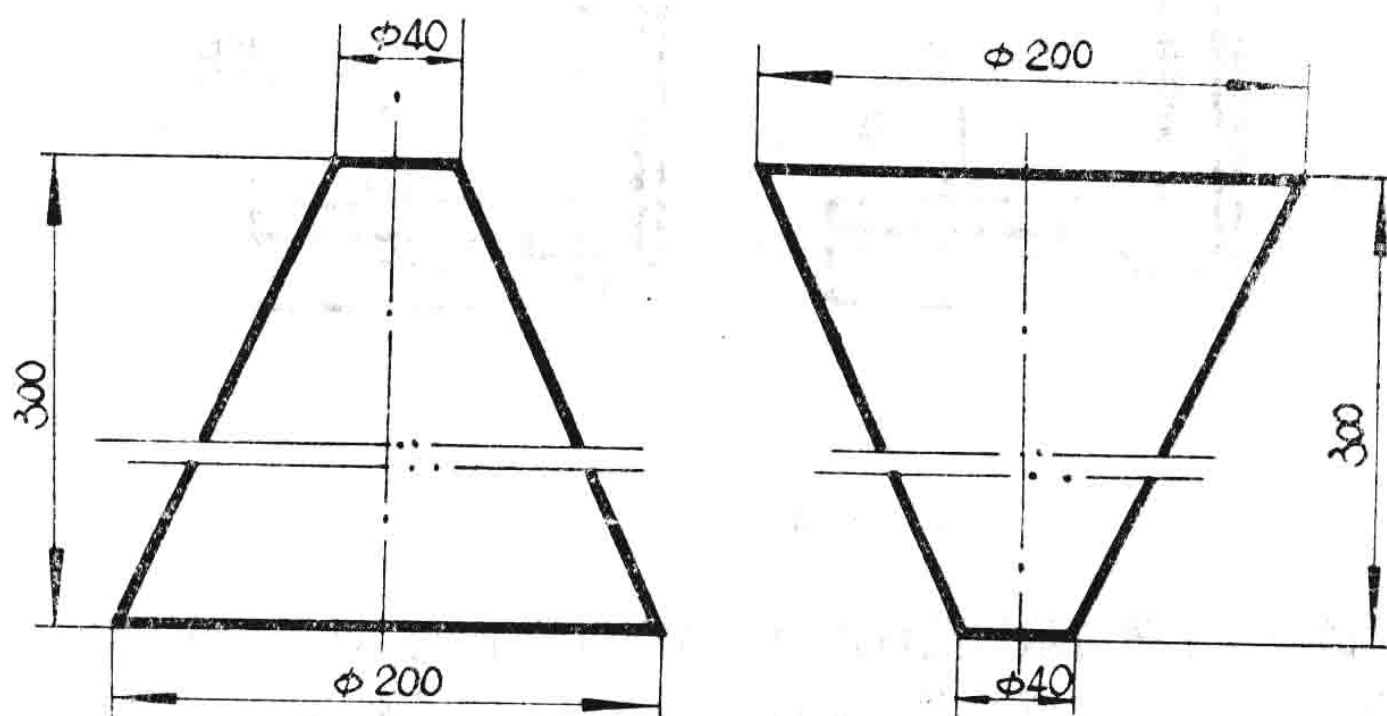
1—4 合成氨工业中, 半水煤气的成分为 H_2 40%、 CO 31.7%、 CO_2 8%、 N_2 19.6%、 CH_4 0.5%、 O_2 0.2%。半水煤气贮柜的压强为 1.05 $[\text{公斤/厘米}^2]$ 、温度为 30°C 。试求该混合气体的重度和密度。

1—5 某设备上真空表的读数为 100 $[\text{毫米汞柱}]$, 试计算该设备内的绝对压强为若干 $[\text{公斤/米}^2]$ 。已知该地区的大气压强为 740 $[\text{毫米汞柱}]$ 。

1—6 合成氨工业中, 合成塔上压强表读数为 320 $[\text{公斤/厘米}^2]$, 试求绝对压强为若干 $[\text{大气压}]$ 。该地区大气压强为 760 $[\text{毫米汞柱}]$ 。

1—7 在第一章例题 (1—8) 附图中, 若作水平面 $a-a'$, 于其上取 C 及 D 两点, 试分析 p_c 是否等于 p_D 。再作水平面 $b-b'$, 在其上取 E 及 F 两点, 再分析 p_E 是否等于 p_F 。

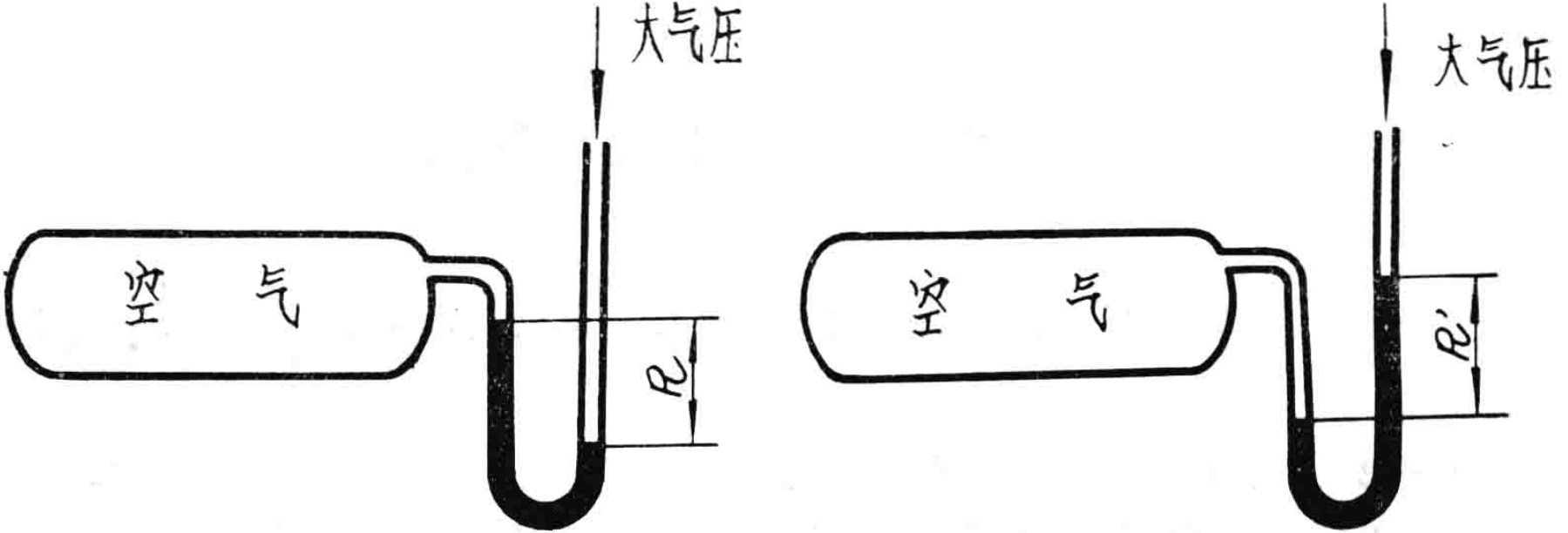
1—8 如下图所示, 有圆锥形和倒圆锥形容器各一个, 其尺寸均标于图中 (均以 $[\text{毫米}]$ 为单位)。两个容器中都充满了水, 求此两容器器底所承受的流体静压强与总压力各为若干, 分别以 $[\text{公斤/米}^2]$ 及 $[\text{公斤}]$ 表示之。



习 题 1—8 附 图

1—9 在第一章例题（1—9）中，若孔盖用直径为14〔毫米〕的螺钉旋紧，螺钉材料的许用应力为600〔公斤/厘米²〕，若仅从强度的角度来考虑，至少需要用多少个螺钉？

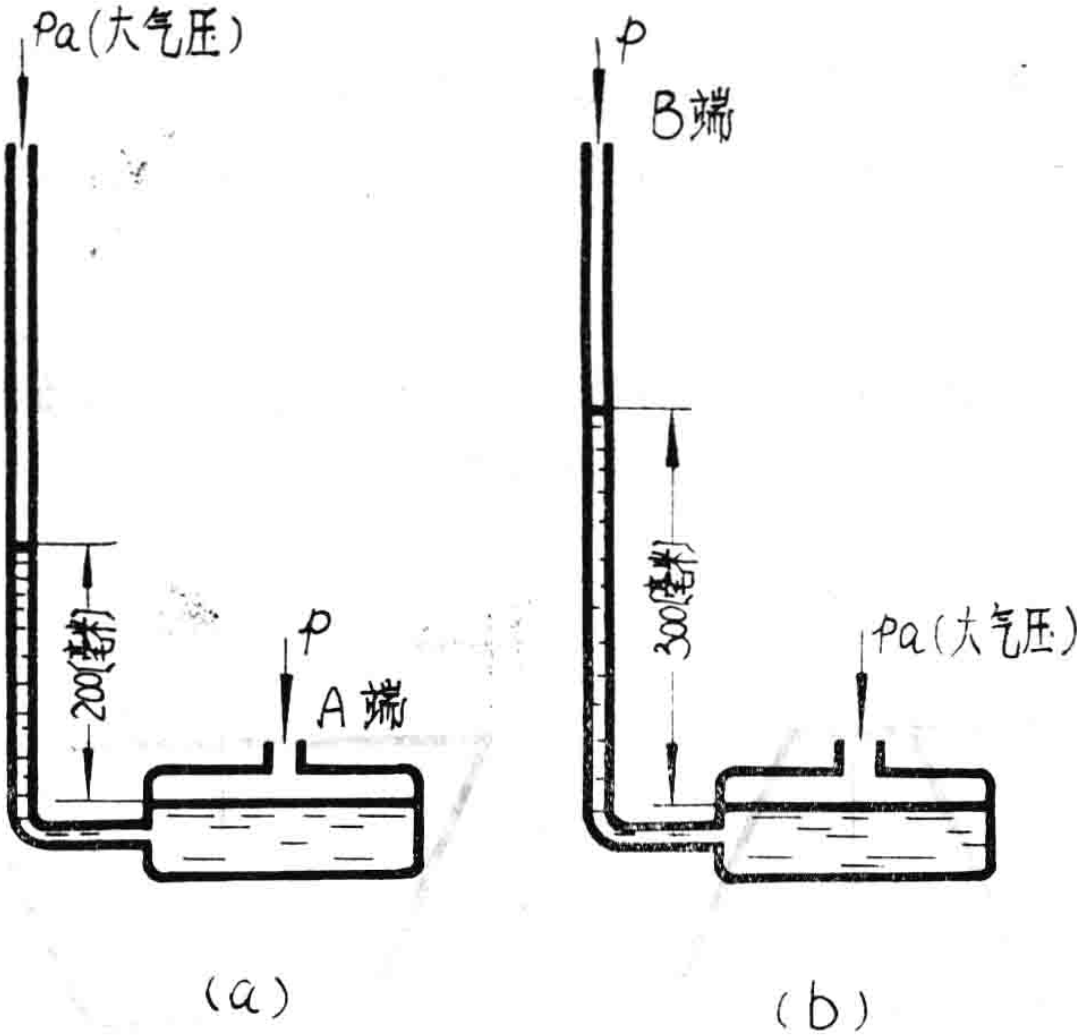
1—10 在本题附图中，用U管压差计测量贮罐中空气的压强，压差计的一端和大气相通。试从图中压差计指示液的高度来说明贮罐中绝对压强有什么不同。两个压差计上的读数表示什么压强。



习 题 1—10 附 图

1—11 在例题第一章（1—11）中为什么要用两个串联的U管压差计？

1—12 单管压差计中，若：（a）以水银为指示液，A端与设备相连，读数 $R = 200$ 〔毫米〕；（b）以水为指示液，B端与设备相连，读数 $R = 300$ 〔毫米〕。试分别计算两设备内的操作压强。



习 题 1—12 附 图

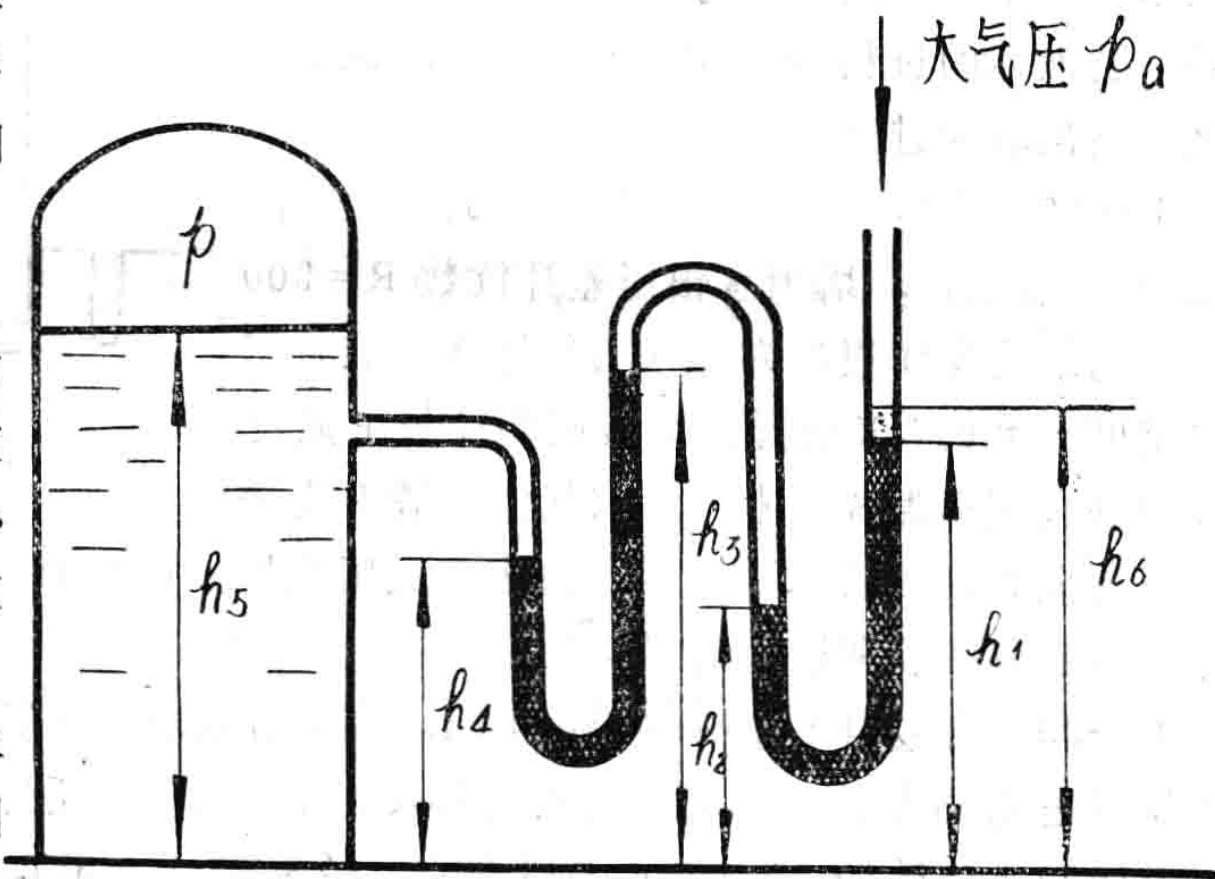
1—13 试计算下图所示的蒸汽锅炉内所产生的压强，以〔公斤/米²〕（表压）表示。U形管中的指示液为水银，两U管之间的连接管内充满了水。U管一端与大气相通，水银蒸汽为有害物质，为了防止水银蒸汽蒸发危害操作人员身体健康，常将水银上灌一段水。

图中所示的尺寸为： $h_1 = 2.3$ 〔米〕、 $h_2 = 1.2$ 〔米〕、 $h_3 = 2.5$ 〔米〕、 $h_4 = 1.4$ 〔米〕、 $h_5 = 3$ 〔米〕、 $h_6 = 2.4$ 〔米〕。

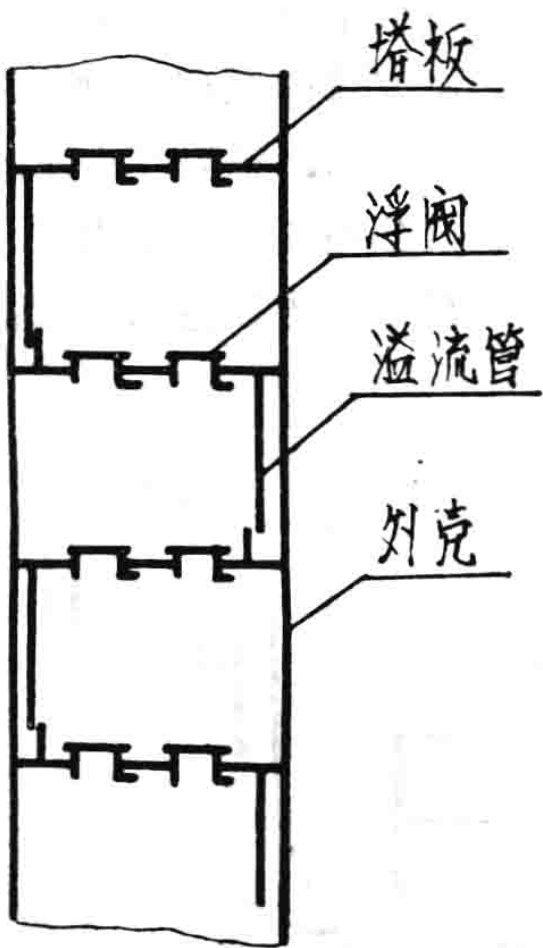
1—14 试用静力学基本方程式解释第一章图（1—5）所示装置测量液面的原理。

1—15 浮阀塔是蒸馏和吸收操作最常用的设备，下图为一段塔身的示意图，圆形外壳内装有若干块带小孔的塔板，每个小孔上又装有可以上、下浮动的阀片，操作时气体通过阀孔逐板上升。某厂采用的 F—1 型浮阀塔外壳内径为 1.6〔米〕、板上开有孔径为 39〔毫米〕的小孔 264 个，气体在塔内流速为 1〔米/秒〕，试求气体通过小孔的流速。气体在上升过程中重度变化不大，可视为常数。

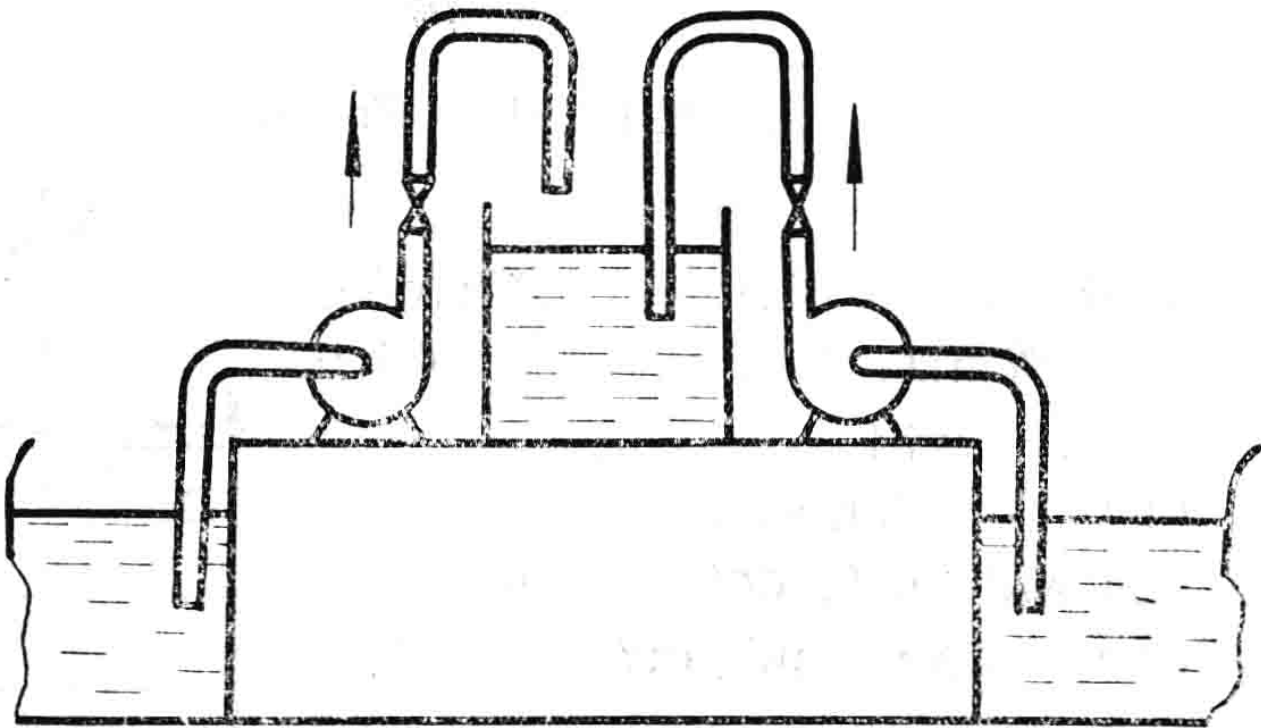
1—16 用泵从河里将水抽到岸上的蓄水池，本题附图中左、右两条管路中哪一条的安装方法较为经济合理？



习 题 1—13 附 图



习 题 1—15 附 图

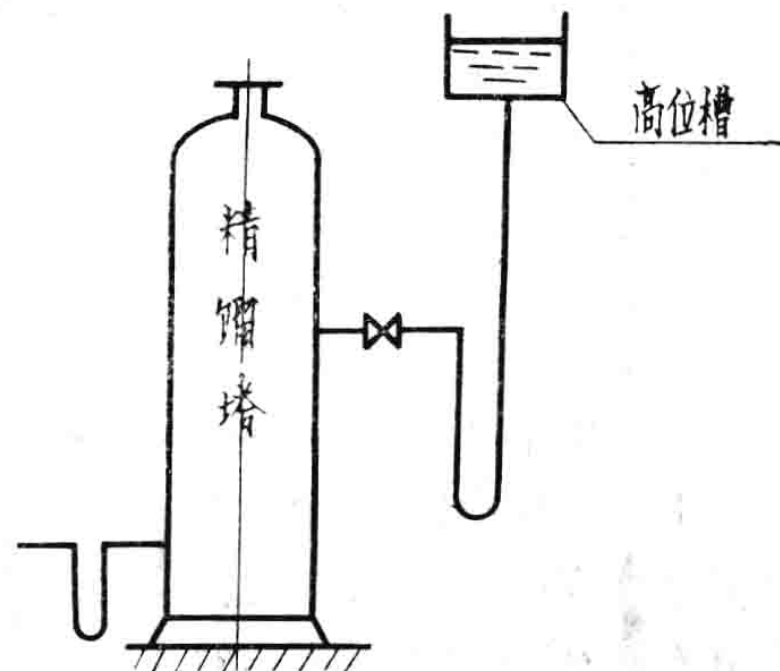


习 题 1—16 附 图

1—17 某离心泵安装在水井内水面以上5.5〔米〕处，吸水量为20〔米³/时〕，吸水管尺寸为 $\phi 108 \times 4$ 〔毫米〕，在吸水管路中总压头损失为2.5〔米〕，包括管路入口损失，试求吸水管顶端与水泵相连之处压差计上的读数。指示液为水银。

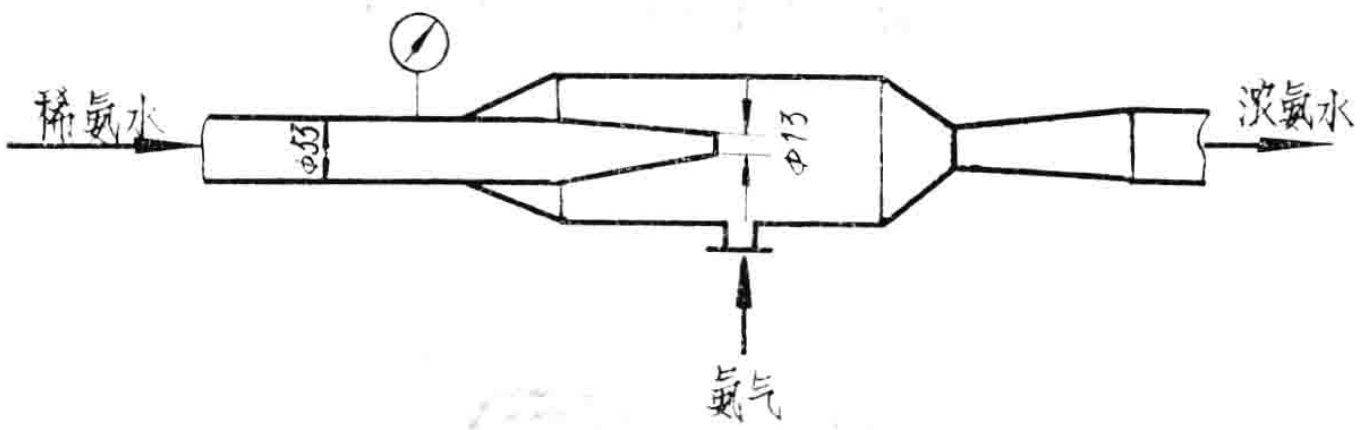
1—18 在本题附图中料液从高位槽送到精馏塔中，高位槽液面维持不变，塔内压强为0.1〔公斤/厘米²〕（表压），管子尺寸为 $\phi 38 \times 2.5$ 〔毫米〕，连接管及其入口处的流体阻力之和为3〔米〕（不包括出口阻力损失），料液比重为0.85。若液体的进料量为5〔米³/时〕，试求高位槽应高出塔的进口若干〔米〕。

1—19 除尘洗涤塔塔底压强为0.5〔公斤/厘米²〕（表压），塔顶水银压差计读数 $R = 300$ 〔毫米〕。塔内操作温度为30℃，气体在标准状态下的重度 $\gamma_0 = 0.76$ 〔公斤/米³〕。压差计与压强表之间的垂直距离为8〔米〕。求气体在塔内流动时的压头损失，以〔米〕表示；再求与此压头损失相当的压强降为 n 〔米水柱〕。注：塔内操作压强取塔顶和塔底的平均值。



习 题 1—19 附 图

1—20 合成氨工业中的碳化工段，在喷射泵中用稀氨水吸收氨气以制浓氨水，其示意图如本题附图所示。稀氨水进入喷射泵的压强为1.5〔公斤/厘米²〕（表压），其重度可取为1000〔公斤/米³〕。氨水入口管的内径为53〔毫米〕，喷嘴内径为13〔毫米〕。若每小时处理10〔吨〕稀氨水，试求喷嘴处的压强。从计算结果用能量转换关系来说明喷射泵能吸进气体的原理。操作为连续的，稀氨水由泵入口到喷嘴处的阻力损失很小，可以忽略不计。

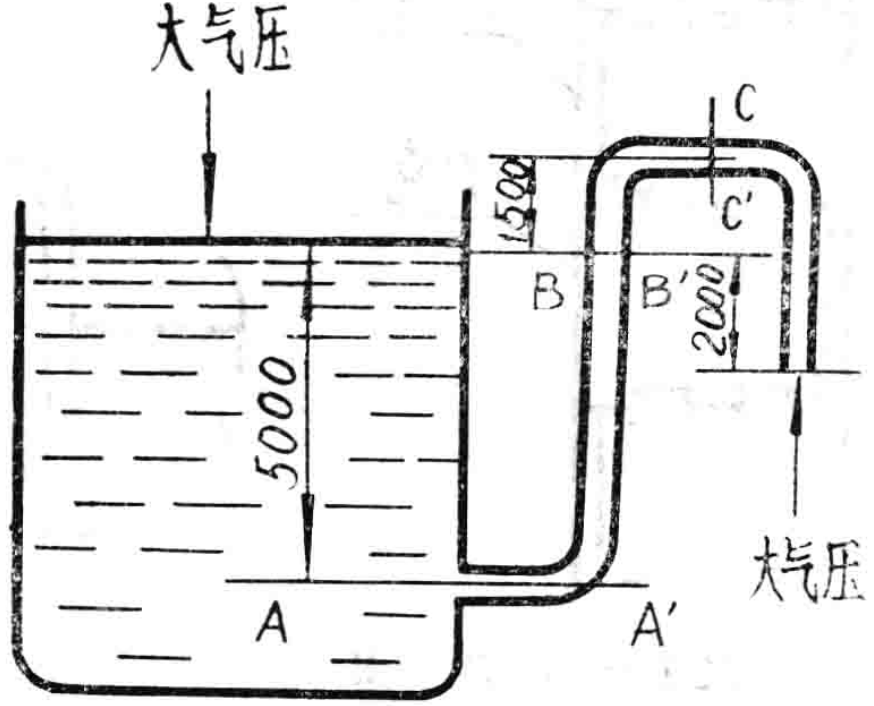


习 题 1—21 附 图

1—21 水在本题附图所示的虹吸管内作稳定流动，管径没有变化，水流经管路的全部压头损失可以忽略不计。试计算：

- (1) 水在管内的流速；
- (2) AA'、BB'、CC' 三处的压强；
- (3) 根据 AA'、BB'、CC' 三处压强的数值，讨论虹吸管的作用原理；
- (4) 如将虹吸管从截面 CC' 处割断，只保留左臂，是否仍能起虹汲作用？

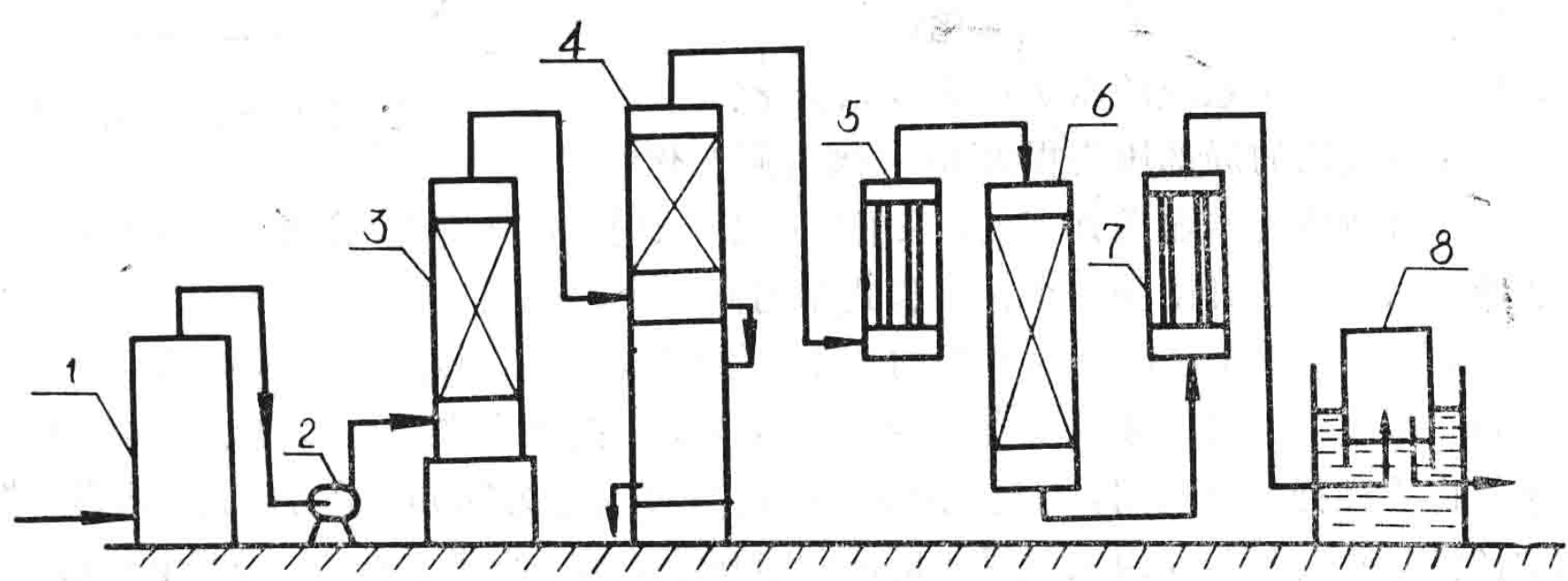
各位置尺寸均注于图中，单位为〔毫米〕。



习 题 1—22 附 图

1—22 合成氨工业中,脱硫和常压变换的流程如本题附图所示。半水煤气从贮罐 1 经鼓风机 2 送到脱硫塔 3 以除去其中 H_2S 气体,然后经饱和塔 4 和热交换器 5 增湿、加热后,送往变换炉 6 中,将半水煤气中的 CO 转换为 CO_2 及 H_2 。从变换炉中出来的气体(称为变换气)经冷却器 7 冷却到常温而送到气柜 8 中贮存。

已知半水煤气贮罐的压强为 215〔毫米水柱〕(表压)、变换气气柜的压强为 200〔毫米水柱〕(表压),要求处理的煤气量为 1800〔米³/时〕(以标准状态计),半水煤气的平均分子量为 17.4〔公斤/公斤分子〕,平均重度为 0.7〔公斤/米³〕。变换气的重度可以认为与半水煤气相同。已估算出全系统因摩擦阻力而导致的压强降为 204〔公斤/米²〕。试求鼓风机的理论功率。



习 题 1—23 附 图

- 1 —— 半水煤气贮罐; 2 —— 鼓风机; 3 —— 脱硫塔;
- 4 —— 热水饱和塔; 5 —— 加热器; 6 —— 变换炉;
- 7 —— 冷却器; 8 —— 变换气气柜。

1—23 某车间的冷却水系统里,水是用泵从凉水池抽送到换热器里,进入热交换器后,变为热水从换热器流出,沿输送管路流到凉水塔塔顶,在塔内喷淋冷却后,下落到凉水池。循环水量为 60〔米³/时〕。输送管路内径为 100〔毫米〕,热水管出口高于地面 10〔米〕,凉水池水面比地面低 1〔米〕。冷却管路(包括换热器和喷头)的压头损失为 13〔米〕(水从喷头喷出时的出口阻力已包括在喷头的压头损失里)。求泵的有效功率。

1—24 在实验室车间里用玻璃管输送 20℃ 的醋酸,管内径为 15〔毫米〕,流量为 10〔公斤/分〕。醋酸密度为 1.05〔克/厘米³〕,粘度为 1.3〔厘米〕。用工程单位和物理单位各算一次 Re 准数数值,并指出醋酸的流动属于哪一种流型。

1—25 在 $\phi 165 \times 4.5$ 〔毫米〕的钢管中输送燃料油,油的温度保持在 93℃,此时,油的重度为 916〔公斤/米³〕,粘度为 80〔厘泊〕,试求燃料油作层流流动时的临界速度。

1—26 在层流情况下,于圆形管道内输送一定量的流体。若管长不变,而管径减至原有的 1/2,问因摩擦阻力而产生的压强降为原有的几倍?

1—27 对一定状况下的流体,在固定的管内流过时,流速越大, Re 准数就越大,摩擦阻力也相应地增加。但从第一章图(1—19)看出,无论在层流或是湍流情况下, Re 准数越大,摩擦系数反而减小,而且湍流时摩擦系数数值一般比层流时小,这个现象的实质是什么?

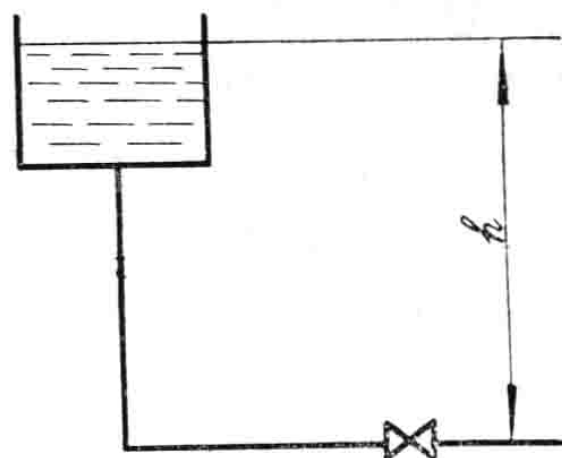
1—28 有一列管换热器,外壳内径 D 为 159 [毫米],其中装有13根外径 d_o 为 25 [毫米] 的列管。每小时有 90000 [公斤] 的水在外壳与列管之间的空间流过,水的平均温度为 20°C , 水的流动方向基本与列管平行, 试求水流动时的雷诺准数。

1—29 用管子从高位槽放水, 要使流量增加一倍, 但槽内水面与管出口的距离不能改变, 试讨论下列各种方案:

- (1) 增加一根直径相同的管子;
- (2) 改为一根直径为原来两倍的管子;
- (3) 改用一根截面为原来两倍的管子。

1—30 在本题附图中的流动系统中装有一个调节阀。高位槽中的水位维持恒定, 如减小阀门开度后, 问:

- (1) 管内流速和流量有什么变化?
- (2) 水流经整个系统的压头损失有无变化?
- (3) 通过阀门的局部压头损失 h_f , 阀有何变化?



习题 1—31 附图

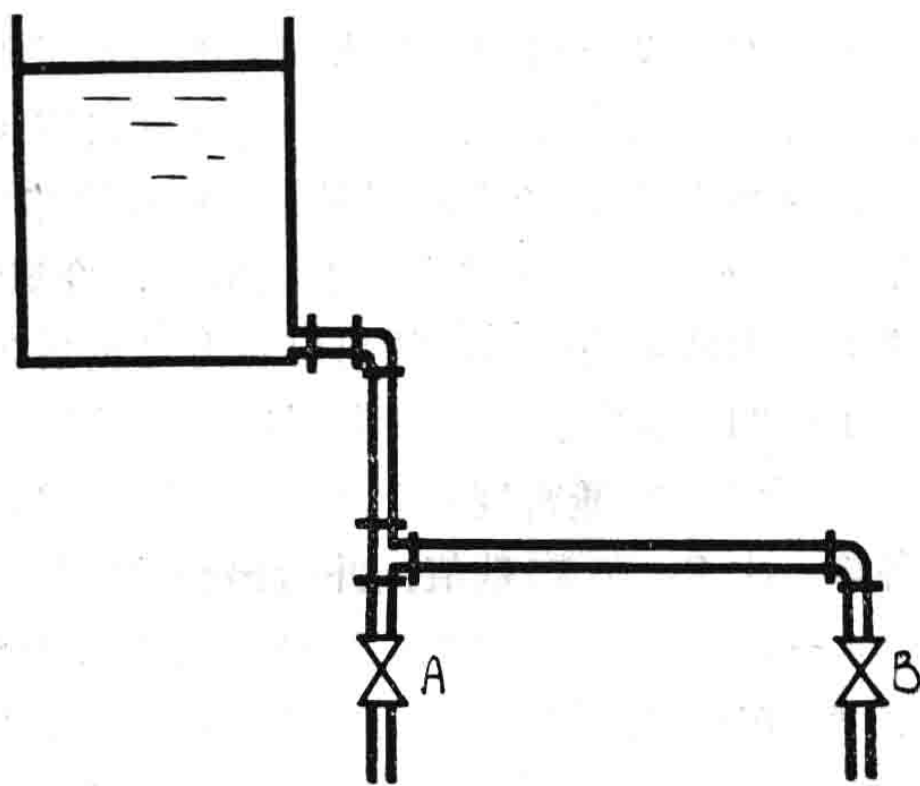
1—31 自河中水输送到高处, 采用普通级 5 [吋] 有缝钢管, 管路全长为 150 [米], 上有标准弯头六个、全开闸阀一个、摇板式单向阀一个。管出口离河面 20 [米]。设管内流速为 2.5 [米/秒], 求每小时流量和泵的功率, 泵的效率为 70%, 水温为 30°C 。

1—32 从设备送出的废气中含有少量可溶物质, 在放空之前令其通过一洗涤塔, 以回收这些物质进行综合利用, 并避免环境污染。气体流量为 3600 [米³/时], 其物理性质与 50°C 的空气基本相同, 在通入鼓风机时测得表压强为 30 [毫米水柱]。输送管内径为 250 [毫米]。总长为 50 [米], 管件、阀门的当量长度已计算在内, 但未包括管路出口及进、出塔阻力。放空口与鼓风机进口的垂直距离为 20 [米], 已估计出气体通过塔内填料层的压强降为 200 [毫米汞柱]。求鼓风机的有效功率。

1—33 从水塔引水至车间, 采用 4 [吋] 有缝钢管, 其长度为 150 [米] (包括管件的当量长度)。设水塔内水面维持恒定, 且高于排水管口 12 [米], 试求水温为 12°C 时此管路的输送量为若干 [米³/时]。

1—34 有一列管换热器, 外壳内径为 800 [毫米], 内有长度为 4000 [毫米] 的 $\phi 38 \times 2.5$ [毫米] 的钢管 211 根。冷油在管内流过而被加热, 流量为 300 [米³/时]。冷油的平均粘度为 8 [厘泊]、比重为 0.8。求油通过管子的压头损失。

1—35 用管子从水池放水, 池内液面维持不变, 水管有两个出口, 如本题附图所示, 各段管的直径相同, 两支管的出口与水面的距离相同。试讨论下列问题:



习题 1—36 附图

- (1) 两阀全开, A、B 两管流量是否相等?
- (2) 若把 B 阀关死, A 管的流量有何改变?
- (3) 两阀全开时, A、B 两管的总流量, 与只有 A 阀全开时的流量相比, 有何不同?

同?是相等还是总流量为 A 管的两倍?

1—36 某厂用 $\phi 57 \times 3.5$ [毫米] 的钢管输送热水, 热水流量变化在 $10-30$ [米³/时] 的范围内。管道上装有一个孔板流量计, 以测热水的流量。流量计上游热水的压强为 0.136 [大气压] (表压), 水温为 70°C 。为了防止热水经过孔板后急剧汽化 (部分热水), 应采用多大尺寸的孔径为宜, 并验算永久压头损失。采用角接取压法的安装方法。

提示: 先查出热水在孔板下游急剧汽化的临界压强。

第二章 液体输送机械—泵

2—1 用重度 $\gamma \approx 1000$ [公斤/米³] 的水测定某台离心泵的性能时, 某次的实验数据为

流量 Q_e	10 [米 ³ /时]
泵出口处压强表读数 p_o	1.7 [公斤/厘米 ²]
泵入口处真空表读数 p_v	100 [毫米汞柱]
转速 n	2900 [转/分]
压强表和真空表之间的垂直距离 ΔZ	0.5 [米]
泵的轴功率 N	1.07 [千瓦]

压出管和吸入管直径相等。

试求该次实验中泵的效率。

2—2 将 20°C 的清水从贮水池送到常压塔顶。已知塔内进水管口高于贮水池液面 13 [米], 管路为 5 [吋] 的普通级有缝钢管, 总长为 200 [米] (包括管件当量长度), 要求送水量不低于 95 [米³/时]。现拟选用 4 B20 型泵, 当转速为 2900 [转/分] 时, 其特性曲线如第二章图 (2—18) 所示, 问此型号水泵在题给的管路上工作是否适当? 泵在题给条件下运转时效率为多少? 提示: 可取摩擦系数为常数。

2—3 某车间排出的冷却水温度为 65°C , 以 40 [米³/时] 的流量注入一贮水池中, 同时用一台水泵连续地将热水输送到一凉水池, 并经喷头喷出, 然后落入池中, 以达到冷却的目的。已知液体在进入喷头之前需要维持 0.5 [公斤/厘米²] (表压) 的压强。喷头位置较贮水池液面高 2 [米], 吸入管路和压出管路的各种压头损失分别为 0.5 [米] 及 1 [米]。试计算以下各项:

- (a) 选择一台合适的离心泵, 并计算泵的轴功率;
- (b) 确定泵的安装位置 (管内动压头可以忽略不计)。

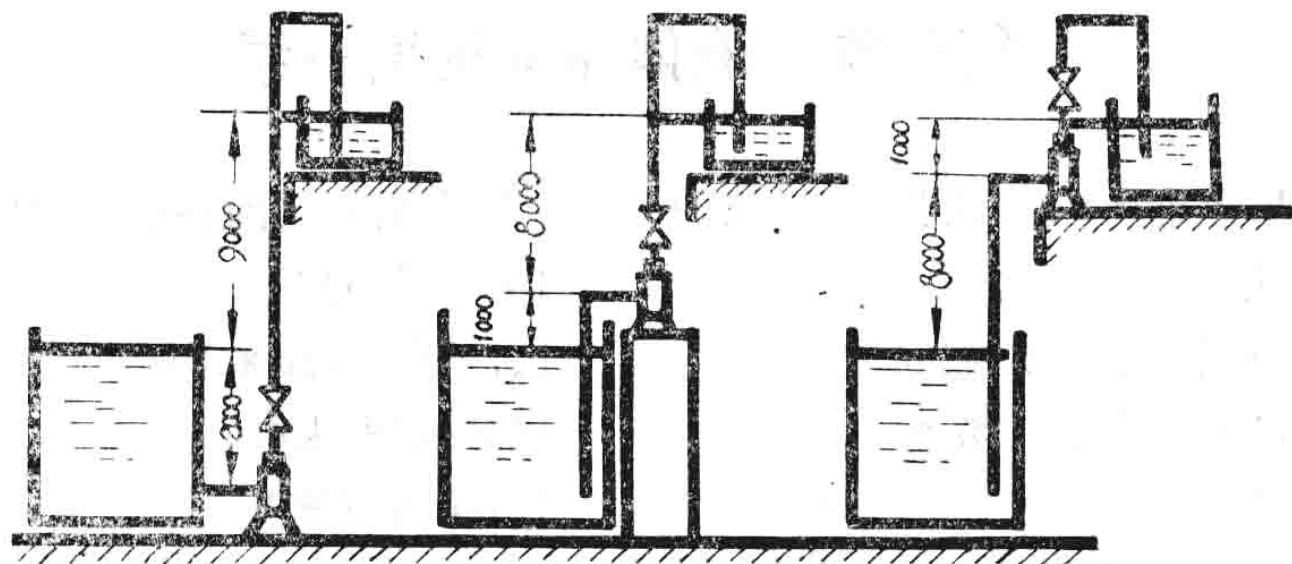
2—4 一常压贮缸, 内盛有粘度不十分大的石油产品, 比重为 0.76 , 饱和蒸汽压 $p_v = 600$ [毫米汞柱]。现将该油品以 15 [米³/时] 的流量送往加工车间。输送管路全为 $\phi 57 \times 2$ [毫米] 的钢管; 油品出管口的压强为 1.5 [公斤/厘米²] (表压); 升举高度为 5 [米]; 吸入管路压头损失为 1 [米]、排出管路为 4 [米]。试选一合适的离心泵, 并确定泵的安装位置。

2—5 原来用以输送水的离心泵, 现改为输送重度为水的 1.2 倍的水溶液, 其它物理性质可视为与水相同。管路状况不变, 泵的前、后两个开口容器液面间的垂直距离不变, 试说明:

- (a) 流量有无变化?
(c) 在泵出口处装了一个压强表, 其读数有无变化?
- (b) 扬程有无变化?
(d) 泵的轴功率有无变化?

2—6 用离心泵输送 60°C 的水, 分别提出下图所示的三种方案 (图中所标数值均以〔毫米〕为单位)。三种方案中的管路总长 (包括管件的当量长度) 可认为相等, 试讨论:

- (a) 三种方案是否都能将 60°C 的水输送到高位槽? 若能送到, 其流量是否相等?
- (b) 三种安装方法所需的轴功率是否相等?



习 题 2—6 附 图

2—7 在下图中要将 D 槽中的盐水, 用泵同时送到 A、B 两高位槽中。D 槽中的水位维持恒定, A、B 两槽中的水位超过规定时, 盐水自溢流管流回 D 槽 (图中没有画出溢流管管路)。要求设计出合适的管径使送往 A 槽的流量为 $80\text{〔米}^3\text{/时〕}$, 送往 B 槽的流量为 $30\text{〔米}^3\text{/时〕}$, 并选用合适的泵。

数据:

- (1) 盐水的重度为 $1150\text{〔公斤/米}^3\text{〕}$, 粘度为 2.5〔厘泊〕 。
- (2) 为了不和车间其它管路相干扰, 特规定管路安排位置, 并指定管路上阀门、管件、流量计等装置情况, 即

总管部分:

直管长度	10.3〔米〕	标准弯头	3 个
全开闸阀	1 个	与全开闸阀阻力相当的流量计	1 个
摇板式单向阀	1 个	活接头 (阻力可以忽略不计)	1 个
标准管头	2 个	从泵出口三通到 B 槽的分支管路:	
活接头 (阻力可以忽略)	1 个	直管长度	70〔米〕

从泵出口三通到 A 槽的分支管路:

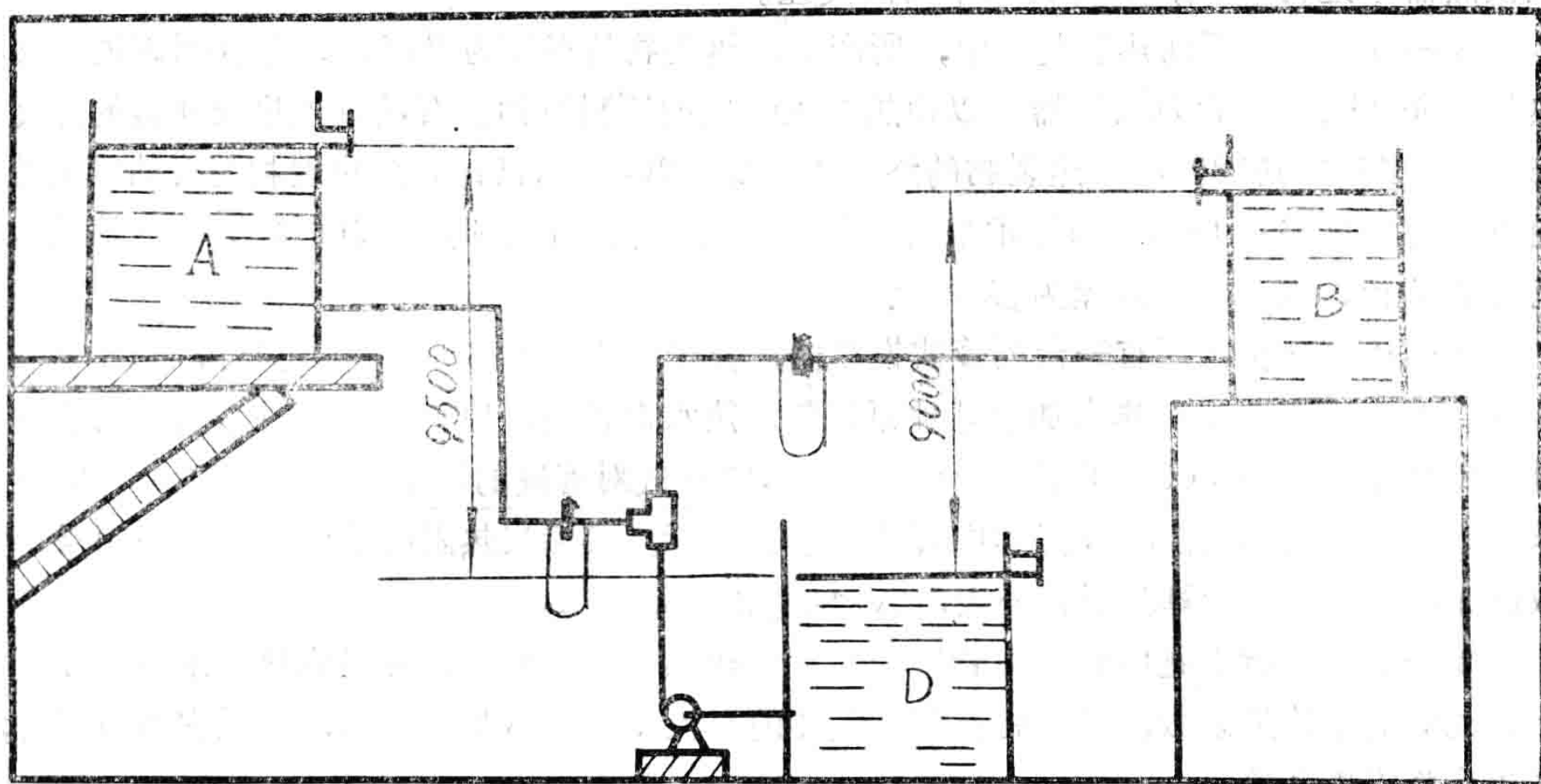
直管长度	150〔米〕	标准弯头	4 个
直入旁出三通	1 个	大圆角弯头	1 个
全开闸阀	1 个	活接头 (阻力可以忽略不计)	1 个

- (3) 各槽相对位置如附图所示, 图中单位为〔毫米〕。

提示:

- (1) 用试差法计算。

(2) 先假设合适的流速, 再选择标准管子。



习 题 2—7 附 图

第三章 传热及换热设备

3—1 平壁炉的炉壁是由内层为120〔毫米〕厚的耐火材料和外层为230〔毫米〕厚的普通建筑材料砌成。两种材料的导热系数均为未知, 已测得炉内壁温度为 800°C , 外侧壁面温度为 113°C 。后来在普通建筑材料外面又包扎一层厚度为50〔毫米〕的石棉以减少热量损失。包扎后测得各层温度分别为: 炉内壁温度为 800°C , 耐火材料与建筑材料交界面的温度为 686°C , 建筑材料与石棉交界面的温度为 405°C , 石棉外侧温度为 77°C 。问包扎石棉后热损失比原来减少百分之几?

3—2 试求第三章例(3—4)中蒸汽管道的内壁温度, 此管的材料为普通碳钢, 且层间接触良好。

3—3 于内管为 $\phi 180 \times 10$ 〔毫米〕的套管换热器中, 每小时将3500〔公斤〕的热水从 100°C 冷却到 60°C , 冷却水进口温度为 30°C 。基于内管外表面的总传热系数为2000〔千卡/米²·时· $^{\circ}\text{C}$ 〕。冷却水在内管中流过。若忽略热损失, 试求:

- (1) 冷却水用量;
- (2) 两流体作并流时的平均温度差;
- (3) 两流体作逆流时的平均温度差;
- (4) 两流体作并流时的管子长度;
- (5) 两流体作逆流时的管子长度;
- (6) 根据上面结果, 试比较并流与逆流时的换热, 并作出结论。

3—4 用冷却水将有机溶剂从 80°C 冷却到 35°C 。由于气候条件和水源的限制, 冷水进口温度为 30°C , 出口温度不能低于 35°C 。试讨论这两种流体换热时的流动方式, 宜

采用并流还是逆流？并计算其平均温度差。若使该流体在壳方为一程、管方为双程的列管式换热器中进行换热，计算此时平均温度差。

3—5 在一石油热裂装置中，所产生的热裂物的温度为 300°C 。为利用该热裂物的热量，拟设计一台热交换器，以预热进入装置的原料石油。石油进入热交换器的温度为 25°C ，拟预热到 180°C ，热裂物的终温不得低于 200°C ，试计算此热裂物与石油间的并、逆流平均温度差 Δt_m ，并与算术平均值作一比较。若将石油预热到 260°C ，问应该采取并流还是逆流，其平均温度差为多少度？

3—6 某化工厂有一台列管式换热器，管子规格为 $\phi 25 \times 2.5$ 〔毫米〕，管子材料为碳钢。在该换热器中用热水加热某种原料气。热水走管内，原料气走管外。热水对管壁的对流传热系数 $\alpha_i = 800$ 〔千卡/米²·时· $^{\circ}\text{C}$ 〕，原料气对管壁的对流传热系数 $\alpha_o = 25$ 〔千卡/米²·时· $^{\circ}\text{C}$ 〕。在操作过程中管壁上会有水垢，其垢层热阻的数值可以参照附录中的数据加以选用。试计算基于管外表面 A_o 的总传热系数 K_o 。

3—7 若将上题中热水对管壁的对流传热系数提高50%，而其它热阻维持不变，试计算此时的总传热系数。又若将管壁对气体的对流传热系数提高50%，而其它热阻不变，再计算总传热系数。

3—8 在一台壳方为1程、管方为4程的列管式换热器中，用1.2〔绝对大气压〕的饱和水蒸汽将原油从 20°C 加热到 40°C 。原油在 $\phi 25 \times 2.5$ 〔毫米〕的钢管内流过，流量为40〔吨/时〕。已知基于管内表面的总传热系数为113〔千卡/米²·时· $^{\circ}\text{C}$ 〕，试计算换热器的传热面积。原油比热为0.45〔千卡/公斤· $^{\circ}\text{C}$ 〕。

3—9 由乙炔和醋酸(纯度 $>98\%$)制醋酸乙烯的工艺过程中，在列管式换热器内，用饱和水蒸汽先将醋酸从 20°C 加热到 100°C 。醋酸在管内流动，每根管内的醋酸流量为400〔公斤/时〕，管子为 $\phi 19 \times 2$ 〔毫米〕的不锈钢管。试求管壁和醋酸之间的对流传热系数。

3—10 丙烯氨氧化法生产丙烯腈的工艺过程中，在常压下将氨从 20°C 预热到 130°C 送入混合器中与空气、水蒸汽、丙烯进行混合。所采用的换热器为列管式，其管径为 $\phi 25 \times 2.5$ 〔毫米〕，氨在管内流动，其重量流速为22000〔公斤/米²·时〕。试求管壁和氨之间的对流传热系数。

3—11 苯胺生产工艺过程中，液态苯胺产品在列管换热器中从 80°C 冷却到 40°C ，然后送入贮罐内贮存。苯胺在管内流动，已知每根管流过的苯胺重量为1300〔公斤/时〕，管子直径为 $\phi 25 \times 2.5$ 〔毫米〕，液态苯胺在壁温下的粘度为2〔厘泊〕。试求苯胺对管壁的对流传热系数。

3—12 用异丙苯氧化法生产苯酚和丙酮。粗丙酮在精馏塔中提纯，从塔顶出来的丙酮蒸汽在卧式列管冷凝器中冷凝。丙酮蒸汽走壳方，其温度为 56.1°C ，丙酮凝液在蒸汽饱和温度下离开换热器。已知换热器的管径为 $\phi 19 \times 2$ 〔毫米〕、总管数为150根、正方形排列、管子垂直列数(平均数)为12、管子外壁温度为 54°C 。试求蒸汽冷凝传热系数。

3—13 每小时在立式热虹吸再沸器中蒸出纯丁烷185〔公斤〕，操作压强为20〔绝对大气压〕，其相应的沸腾温度为 109°C 。再沸器管子材料为表面清洁的不锈钢、管子总数为170根、管径为 $\phi 25 \times 2.5$ 〔毫米〕、管长为3〔米〕。丁烷在管内流动。试求沸腾传热系数。

已知操作条件下纯丁烷的物理常数数值为

液体重度 $\gamma_l = 423$ [公斤/米³]
蒸汽重度 $\gamma_v = 37$ [公斤/米³]
液体粘度 $\mu = 0.083$ [厘泊]
液体比热 $C_p = 0.78$ [千卡/公斤·°C]
液体导热系数 $k = 0.098$ [千卡/米·时·°C]
表面张力 $\sigma = 0.37 \times 10^{-3}$ [公斤/米³]

3—14 用原油将常减压装置中的中段回流液从194°C 冷却到101.8°C。回流液走管内其流量为76.8 [米³/小时]。原油最初温度为53.7°C，经换热后升到122.1°C。

1 [绝对大气压]下回流液的重度、粘度随温度变化情况为

温 度 [°C]	重 度 [公斤/米 ³]	粘 度 [厘泊]
20	807	2.22
30	785	1.86
40	775	1.56
50	770	1.25
60	757	1.02
70	750	0.91
80	745	0.77
90	736	0.68
100	725	0.66
110	720	0.59
120	718	0.57
130	710	0.56
140	705	0.53

1 [绝对大气压]下原油的重度和粘度随温度变化的情况为

温 度 [°C]	重 度 [公斤/米 ³]	粘 度 [厘泊]
20	863	39.3
30	845	29.6
40	829	22.6
50	820	17.5
60	808	12.3
70	803	8.6
80	798	6.34
90	795	5.6
100	794.5	5.4
110	794	4.98
120	793	4.91
130	791	4.9
140	790	4.88