中等专业学校試用教科书

化工过程及設备

上　册

上海市化学工业学校等编

中国工业出版社

上 册 目 录

绪论……5

第一篇 流体力学过程

第一章 流体力学基础……11
第一节 概述……11
第二节 流体的主要物理性质……12
1-1 重度……12
1-2 密度……12
1-3 比重……12
1-4 粘度……13
1-5 流体的压缩性……15
第三节 流体静力学……15
1-6 压强与流体静压强……15
1-7 流体静力学的基本方程式……16
1-8 流体静力学基本方程式的应用……17
第四节 流体动力学……21
1-9 流速与流量……21
1-10 流体稳定流动时的物料平衡——连续性方程式……22
1-11 流体稳定流动时的能量平衡——柏努利方程式……24
1-12 粘性流体的流动型态和雷诺准数……28
第五节 流体的阻力……31
1-13 流体阻力及其计算……31
第六节 流量测定……37
1-14 流体流速及流量的测定……37
第二章 管路与管件……45
第一节 管路的计算以及材料的选用……45
2-1 管径的计算和选择……45
2-2 管路的特性曲线……46
2-3 管路的种类以及材料的选用……47
第二节 管件及附件的类型和应用……48
2-4 管件……48
2-5 阀件……49
第三节 管路的联接……52
2-6 联接方式的分类……52
2-7 各种联接方式的结构……52
第四节 管路的热补偿……54
第五节 管路……55
2-8 管路布置的基本原则……55
2-9 管路支架和管架……55
第三章 液体输送机械……57
第一节 概述……57
第二节 泵的基本工作参数……57
3-1 泵的压头……57
3-2 泵的吸入高度和压出高度……59
3-3 泵的输液能力……61
3-4 泵的功率和效率……61
第三节 往复泵……62
3-5 往复泵的分类、构造及作用原理……62
3-6 往复泵的流量和特性曲线……64
3-7 往复泵的主要部件结构……65
3-8 往复泵的开动与调节……65
第四节 离心泵……66
3-9 离心泵的分类作用原理与构造……66
3-10 液体在泵内的运动……68
3-11 离心泵的特性曲线……69
3-12 离心泵的比转数……70
3-13 离心泵的操作……71
3-14 离心泵的并、串联工作……72
3-15 离心泵的开动、调节与安装……72
3-16 离心泵与往复泵的比较……74
3-17 漩涡泵……74
第五节 旋转泵……75
3-18 旋转泵……75
3-19 旋转泵的性能及调节……76
第六节 其他类型泵……76
3-20 利用流体作用的泵……76
3-21 各种泵的比较与选择……80
第四章 气体的压缩与输送……82
第一节 概述……82
4-1 气体的压缩过程……82
4-2 气体压缩及输送设备的分类……82
第二节 往复压缩机……83
4-3 往复压缩机的操作原理……83
4-4 往复压缩机的生产能力与功……84
4-5 多级压缩……86
第三节 往复压缩机的构造……86
4-6 往复压缩机的分类……86
4-7 单级压缩机……87
4-8 双级与多级压缩机……88
4-9 往复压缩机的操作、维护和检修……89
第四节 旋转压缩机……90
4-10 操作原理……90
4-11 旋转压缩机的分类和构造……91
第五节 涡轮鼓风机与涡轮压缩机……92

C 05117

4-12 操作原理……92
4-13 罗茨鼓风机与罗茨压缩机的构造……93
第六节 气体喷射泵……94
4-14 操作原理与分类……94
4-15 蒸汽喷射泵的构造……95
第七节 送风机……95
4-16 离心式送风机……96
4-17 轴流式送风机……99
第八节 真空泵……99
4-18 真空泵……99
第九节 压缩机的比较和选择……100
第五章 气相非均一系的分离……103
第一节 概述……103
5-1 分离的目的和意义……103
5-2 颗粒大小的测定与其分离效率……103
5-3 分离方法的分类……104
第二节 过滤净制……104
5-4 过滤净制的操作原理……104
5-5 过滤净制的设备……105
第三节 沉降分离……106
5-6 重力沉降……106
第四节 离心沉降……111
5-7 离心沉降的原理……111
5-8 旋风分离器的构造和操作原理……111
第五节 湿法净制……114
5-9 湿法净制原理……114
5-10 湿法净制设备……115
5-11 文丘里除尘器的机理及技术操作条件……116
第六节 静电法除尘及电气净制……117
5-12 静电法……117
5-13 电气净制……118
第七节 分离设备的选择与比较……119
第六章 液相非均一系的分离……121
第一节 液相非均一系的分类及其分离方法……121
6-1 液相非均一系的分类及其性质……121
6-2 液相非均一系的分离方法……121
第二节 沉降……122
6-3 沉降原理……122
6-4 沉降器的构造……123
6-5 沉降器的计算……124
第三节 过滤……126
6-6 过滤操作的基本概念……126
6-7 过滤介质及助滤剂……129
6-8 过滤机的构造与操作……130
6-9 过滤的计算……136
第四节 离心分离……138
6-10 基本概念……138
6-11 影响离心分离的因素……139
6-12 离心机的构造……140
6-13 水力旋风分离器……144
6-14 离心机的比较和发展……144
第七章 搅拌……146
第一节 机械搅拌……146
7-1 机械搅拌器的分类……146
7-2 各种机械搅拌器……147
7-3 机械搅拌器的功率计算……149
第二节 气流搅拌……153
7-4 气流搅拌……153
第三节 搅拌功率……154
7-5 搅拌操作的影响因素……154
7-6 混合效率……155

第二篇 热过程

第八章 传热学基础……157
第一节 概述……157
第二节 传热基本方程式……158
8-1 传热基本方程式……158
8-2 传热量的计算……159
第三节 传导方程式与热传方程式……161
8-3 传导方程式与导热系数……161
8-4 热传方程式与热传系数……163
第四节 通过固壁的传热……173
8-5 通过平壁的传热……173
8-6 通过圆筒壁的传热……176
第五节 温度差的计算……177
8-7 恒温传热时温度差的计算……177
8-8 变温传热时温度差的计算……178
第六节 热辐射……183
8-9 辐射的基本概念……183
8-10 辐射定律……184
8-11 固体物间的辐射热交换……185
第七节 热绝缘与热损失……187
8-12 损失于周围介质中的热量……187
8-13 热绝缘与耐热材料……187
第八节 间歇变温过程……188
第九章 加热、冷却与冷凝……191
第一节 概述……191
9-1 换热器的分类……191
第二节 热源和加热方法……192
9-2 直接热源加热……192
9-3 间接热源加热……193

9-4 加热剂与加热方法的选择……198
第三节 冷却和冷冻……200
9-5 冷却和冷冻……200
第四节 間壁式换热器……201
9-6 間壁式换热器……201
第五节 传热强化途径及其发展方向……215
9-7 传热强化途径及其发展方向……215
第六节 温度的测量……217
9-8 膨胀温度計……217
9-9 压强温度計……219
9-10 热电偶温度計……220
9-11 电阻温度計……222
9-12 光学温度計……223
9-13 輻射温度計……224

附 录

1. 英制单位换算到公制单位……226
2. 单位换算……227
3. 固体物料的重度和单位体积的重量……228
4. 某些液体在 0～20°C 时的比重……228
5. 水在不同温度时的粘度……229
6. 某些水溶液的粘度……230
7. 液体的粘度……231
8. 气体及蒸气的粘度……232
9. 某些气体的主要物理性质……233
10. 承插式鑄鉄管规格……234
11. 水煤气管的规格……234
12. 无縫鋼管……235
13. 某些固体在 0～100°C 时的平均比热……236
14. 某些液体在 0～100°C 时的平均比热……236
15. 气体在 P＝1 絕对大气压时的分子比热……236
16. 某些液体的汽化潜热……237
17. 某些物质的导热系数……238
18. 各种不同液体的导热系数……239
19. 水在不同温度时的物理参数……239
20. 饱和水蒸汽的性质（1）……240
21. 饱和水蒸汽的性质（2）……241
22. 水在不同温度时的体积膨胀系数……242
23. 液体在 20°C 时体积膨胀系数……242

中等专业学校試用教科书

化工过程及設备

上　册

上海市化学工业学校等編

中国科学院
图书馆藏书

中国工业出版社

此为试读，需要完整PDF请访问：www.erton

中等专业学校試用教科书

化工过程及設备

下　册

上海市化学工业学校等編

中国工业出版社

中国科学院
图书馆藏

本书系根据各校自编教材及有关书籍选编而成，做为中等专业学校的试用教材。参加选编工作的有：上海市化工学校，昌溪江化工学院，扬州化工学校、合肥化工学校、无锡化工学校以及沈阳农学院等六个学校。

本书分上下册出版。上册除绪论外包括：流体力学基础，管路及管件，液体输送，气体的压缩和输送，气相非均一系的分离，液相非均一系的分离，搅拌，传热学基础，加热、冷却及其设备等九章。下册包括：蒸发，结晶，冷冻，传质原理基础，传质设备及其计算，吸收，吸附，液体的蒸馏，萃取，干燥，固体流态化，固体的粉碎与筛析，固体的输送与加料等共13章。

本书适用于三年制的化工中等专业学校，亦可供其它与化工接近的专业做参考。

化工过程及設备

上　册

上海市化学工业学校等編

*

中国工业出版社出版（北京修門内路丙10号）

（北京市书刊出版事业許可証出字第110号）

北京印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店经售

*

开本787×1092 1/16·印张15 1/4·字数347,000

1961年7月北京第一版　·1961年8月北京第一次印刷

印数0001—12,033·定价(9—4)1.45元

統一书号：15165·968(化工-67)

此为试读，需要完整PDF请访问：www.erton

物理量的单位制度

在计算过程和设备时，常需利用参与生产过程有关物质的各种物理性质，如密度、粘度、导热系数等，及用以表明这些物质状态的参变数，如温度、压强、速度等。所有这些物理量均可通过三四个独立的基本量来表示，其大小则可用各种单位来度量。在物理中的基本量为长度 L、质量 M、时间 τ 和温度 T，在工程中的基本量为长度 L、重量或力 F、时间 τ 和温度 T。各种物理性质都可用上述基本量来表示。

用以表示各个物理量大小的单位，有各种不同的度量衡制度，目前以公制应用最为广泛，因其为国际单位制且为十进位制，远较英制为优越。公制中又有绝对单位制和工程单位制。在绝对单位制中，长度、质量和时间为基本量，并分别以厘米、克和秒为各个基本量的基本单位，其中克为质量单位。在工程单位制中，长度、重量或力和时间为基本量，并分别以米、公斤和秒为各个基本量的基本单位，而公斤为重量或力的单位。

本书所采用的是米-公斤-秒工程单位制。为区别力与质量起见，当以公斤作为质量的单位时，则用公斤(质)表示。在运用计算时，应特别注意，并不得将不同的单位混合使用。

下面将厘米-克-秒绝对单位制和米-公斤-秒工程单位制两种不同制度中某些物理量的单位加以讨论，并将其结果列于表(见 10 页)中，以供参考应用。

(1)速度　在绝对单位制中的单位是厘米/秒，在工程单位制中的单位是米/秒。

(2)加速度　在绝对单位制中的单位是厘米/秒^2，在工程单位制中的单位是米/秒^2。

(3)质量　在绝对单位制中为一基本量。在工程单位制中，质量则应当自力学基本定律（质量$=\frac{力}{加速度}$）中求得，其单位应为公斤·秒^2/9.81 米。

(4)力(或重量)　力在工程单位中为一基本量。在绝对单位制中，则根据同一力学基本定律(力＝质量×加速度)而求得，其单位应为$\frac{克\cdot 厘米}{秒^2}$，等于 1 $\frac{克\cdot 厘米}{秒^2}$的力的单位称为达因。

(5)功　功等于力和距离的乘积。其单位在绝对单位制中为$\frac{克\cdot 厘米^2}{秒^2}$，等于 1 $\frac{克\cdot 厘米^2}{秒^2}$的功的单位称为尔格。在工程单位制中功的单位是公斤·米。

(6)功率　功率是单位时间内所消耗或获得之功，所以它在绝对单位制中的单位为$\frac{克\cdot 厘米^2}{秒^3}$，在工程单位制中则为$\frac{公斤\cdot 米}{秒}$。

(7)压强　压强是单位面积上所受之力，所以它在绝对单位制中的单位为$\frac{克}{厘米\cdot 秒^2}$，它在工程单位制中的单位为公斤/米^2。

(8)密度　某种物质的密度是该物质在单位体积内的质量，所以它在绝对单位制中的单位为克/厘米^3。其在工程单位制中的单位则为$\frac{公斤\cdot 秒^2}{米^4}$。

除上述物理量外，其他经常涉及的物理量的单位，则在以后有关章节中论及。

两种不同制度中某些物理量的單位表

物理量	單位	
	厘米-克-秒制	米-公斤-秒制
長度	厘米	米
質量	克	公斤·秒²/9.81米
时間	秒	秒
速度	厘米/秒	米/秒
加速度	厘米/秒²	米/秒²
力（或重量）	克·厘米/秒²或达因	公斤
功	克·厘米²/秒²或尔格	公斤·米
功率	克·厘米²/秒³或尔格/秒	公斤·米/秒
压强	克/厘米·秒²	公斤/米²
密度	克/厘米³	公斤·秒²/米⁴

在上述两种制度的单位间存在着一定的比值关系，借助这些比值关系，就可以把物理量的单位由一个制度換成另一个制度。

复　习　題

1. 說明物料平衡、能量平衡及过程的平衡关系的意义及其应用。
2. 什么叫做过程的推动力、阻力和反应速率？试討論說明。

练　习　題

运用一鼓风机輸送焦炉煤气 50000 米³/小时（标准状况下），鼓风机前煤气溫度为 25°C、压强为 730 毫米水柱；鼓风机后煤气溫度为 40°C、压强为 920 毫米水柱，求鼓风机前后操作状态下的煤气体积为多少米³/小时？

第一篇　流体力学过程

第一章　流体力学基础

第一节　概　　述

流体是指具有流动性的物体，它包括气体和液体。化工生产过程绝大多数是在液相或气相中进行，且多数是连续的大量生产。今以化学肥料之一硫酸铵的生产为例，其整个生产是以氨气与硫酸为原料，在一定的温度下，氨气与硫酸反应而生成硫酸铵，如图 1-1 所示。

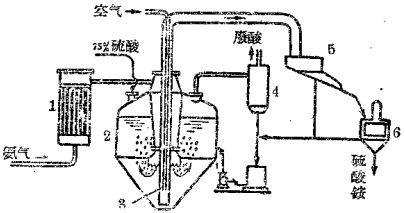

图 1-1　化学肥料——硫酸铵生产流程

1—氨热器；2—氨和器；3—升液器；4—分离器；5—沉降槽；6—离心机

由图 1-1 可知，在硫酸铵的生产过程中，从原料到半成品（其成品为固体结晶）都是流体，生产过程全在流体流动的状态下完成。其他如石油工业、固体燃料加工工业以及有机合成等工业中也都有类似的情况，部生产所处理的物料多半是流体或呈流体状态。由此可见，不管是大型工厂还是小型工厂，是洋法生产还是土法生产，处理流体的操作都是其生产过程中所必不可少的。

在化学工厂中为了完成将流体原料或成品沿管路由一工序送往下一工序，由这个设备（如热交换器、塔器、反应器等）送往其他设备的输送任务，必须确定流体输送设备的大小及所需功率。具体说来，就是需要解决管路设计、流体沿程的能量损失以及输送机械的选择等问题。为了保证各生产设备中过程能良好的进行，还必须选择最适宜的流体流动条件，以利于小设备大生产低消耗。此外，为了控制生产还必须在输送系统中和各种设备上随时对压强、流量等参数进行一系列的测定。

所有上述问题均与研究流体（气体及液体）宏观运动和平衡规律的流体力学有关。所以，我们先从流体力学的学习入手，为的是能比较深刻的掌握流体平衡与运动的基本规律后，从而解决上述问题以及化工生产中与此有关的其他实际问题。

第二节 流体的主要物理性质

1-1 重 度

每单位体积流体的重量，称为重度，以符号 γ 表示。重度 γ 与流体的重量 G 和流体的体积 V 之间的关系，如下式所示：

$$\gamma=\frac{G}{V}\text{公斤/米}^3 \tag{1-1}$$

1-2 密 度

每单位体积流体的质量，称为密度，以符号 ρ 表示。密度 ρ 与流体的质量 m 和流体的体积 V 间的关系为：

$$\rho=\frac{m}{V}\text{公斤}\cdot\text{秒}^2/\text{米}^4 \tag{1-2}$$

式中 m——流体的质量，等于流体的重量 G 被重力加速度 g 去除，即：

$$m=\frac{G}{g}\frac{\text{公斤}\cdot\text{秒}^2}{\text{米}} \tag{1-3}$$

重度和密度的物理意义应严格地加以区分。比较上述两式，可见：

$$\rho=\frac{m}{V}=\frac{G}{gV}=\frac{\gamma}{g}$$

即

$$\gamma=g\rho \tag{1-4}$$

工程上常用重量表示所处理物料的数量，故重度 γ 为工程上所广泛采用。

单一组份的物质，其重度为其本身所具有的重要物理性质之一，可用实验或理论计算确定。

实际上，在化学工业生产过程中所遇到的流体多为混合物，对于气体混合物，可按下式求出其重度：

$$\gamma_{平均}=\gamma_1a_1+\gamma_2a_2+\gamma_3a_3+\cdots\cdots+\gamma_na_n \tag{1-5}$$

式中 γ_1，γ_2，γ_3，……γ_n——气体混合物中每一组份的重度；

a_1，a_2，a_3，……a_n——气体混合物中每一组份的容积百分率。

气体的重度和密度随温度和压强的改变而变，在实际运算中，可以应用气体方程式。

对于液体混合物的重度，假定在混合时，各组份的体积不变。

若液体混合物各组份的重量百分率均为已知，则其平均重度可用下式计算：

$$\frac{1}{\gamma_{平均}}=\frac{n_1}{\gamma_1}+\frac{n_2}{\gamma_2}+\cdots\cdots+\frac{n_n}{\gamma_n} \tag{1-6}$$

式中 n_1，n_2，……n_n——液体混合物中各组份的重量百分率。

1-3 比 重

某物质的重度与纯水在温度为 4 °C 时的重度相比的比值即称为该物质的比重，以符号

S 表示。比重是沒有单位的，它在数值上等于同一物体在用工程单位制表示时的重度的1/1000。例如水的比重为1，則其重度为1000公斤/米³。

〔例題1-1〕 当溫度为0°C和压强为760毫米汞柱时，烟气的重度为1.3公斤/米³。烟气在离开工作炉的溫度为800°C，求此烟气的密度为多大(以工程单位表示)？

〔解〕 溫度为800°C时，烟气的重度为：

$$\gamma=\gamma_0\frac{T_0}{T}=1.30\times\frac{273}{273+800}=0.331\text{ 公斤/米}^3$$

則其密度应为：

$$\rho=\frac{\gamma}{g}=\frac{0.331}{9.81}=0.0338\text{ 公斤·秒}^2\text{/米}^4$$

〔例題1-2〕 已知炼焦煤气的组成为(皆为体积%)：CO_2——1.8%，C_2H_4——2%，O_2——0.7%，CO——6.5%，CH_4——24%，H_2——58%，N_2——7%。试求在20毫米汞柱(表压)及25°C时，炼焦煤气的重度为多大？

〔解〕 从气体方程式，可算出在标准状况下：

$$\gamma CO_2=1.976\text{ 公斤/米}^3,\ \gamma C_2H_4=1.261\text{ 公斤/米}^3$$

$$\gamma O_2=1.429\text{ 公斤/米}^3,\ \gamma CO=1.250\text{ 公斤/米}^3$$

$$\gamma CH_4=0.717\text{ 公斤/米}^3,\ \gamma H_2=0.0898\text{ 公斤/米}^3$$

$$\gamma N_2=1.2507\text{ 公斤/米}^3$$

按式(1-5)可以求得在标准状况下，炼焦煤气的重度为：

$$\gamma=1.976\times1.8\%+1.261\times2\%+1.429\times0.7\%+1.250\times6.5\%$$
$$+0.717\times24\%+0.0898\times58\%+1.2507\times7\%=0.483\text{ 公斤/米}^3$$

則在所給条件下的重度为：

$$\gamma=0.483\times\frac{273}{273+25}\times\frac{760+20}{760}=0.458\text{ 公斤/米}^3$$

1-4 粘　　度

当流体分子間作相对运动时有摩擦阻力存在，粘度就是表示流体內摩擦的性质。流体的这个性质在流体动力学中是具有特别重大意义的。一般所謂理想液体与实际液体的最大区别即在于此。在理想液体中，是假定分子間作相对运动时沒有摩擦阻力存在的，理想液体的其他假定(如不可压缩性)与实际液体是很相符合的。

为了说明粘度，我们在流体中任取两层流体(见图1-2)。此两层的面积皆为F，相距Δn。在其上层作用一个J力使上层具有w的速度运动，由于分子間摩擦力的作用，必然影响下层，而使下液层亦发生运动，不过该层的速度比上层小，设为$w-\Delta w$，即相差为Δw。在两液层间各层的速度是由上到下从w逐层減小到$w-\Delta w$。从图1-2中显然可以看出，作用力J即用来克服两层之间的摩擦力。

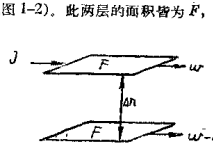

图1-2　流体粘度說明图

根据牛頓定律，摩擦力J与两流体层的相对速度Δw成正比，与两层的面积F成正比，与两层的距离Δn成反比，并引入比例系数μ，則得：

$$J=\mu F\frac{\Delta w}{\Delta n}\tag{1-7}$$

此为试读，需要完整PDF请访问：www.erton