

上海市普通高校“九五”重点教材

化工原理

苏友福 编



上海科学技术文献出版社

化 工 原 理

上海市教育委员会 组编

苏友福 编

上海科学技术文献出版社

责任编辑：项暑烽

封面设计：徐 利

化 工 原 理

上海市教育委员会 组编

苏友福 编

*

上海科学技术文献出版社出版发行

(上海市武康路2号 邮政编码 200031)

全国新华书店经销

常熟人民印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 印张 18 字数 449 000

1998年7月第1版 1998年7月第1次印刷

印数：1—3 500

ISBN 7-5439-1247-3/T·523

定 价：27.00 元

《科技新书目》466-513

内 容 提 要

本书是遵照上海市教委关于上海普通高校“九五”重点教材建设的要求,为适用于高等专科层次教学而编写的《化工原理》教材。

书中介绍了化工生产中应用最普遍的多个化工单元操作,全书包括绪论、流体流动和流体输送机械、过滤与沉降、传热、蒸发、吸收、精馏和干燥等章。按从事生产第一线工作的工程技术需求,从感性到理性,由浅入深,简明阐述各单元操作的基本原理、设备选用与设计、过程计算及操作调节。为学以致用和便于理解,教材中每一讲述进程都配有理论联系实际的事例或例题。每章编有适量习题,书后附有常用的物性参数图表和部分设备规格资料摘录。

本书可作为化工、轻工、纺织等专业的大专教材,也可作高等职业教育的化工原理课程教材和供相应的中等专科学校教学参考用书。

序 言

《化工原理》是化工类和轻工、纺织等许多专业学生必修的一门基础技术课程。我国不少高校已编写出版了各具特色的优秀的《化工原理》教材,但大多教材是为本科教学而编写,篇幅都较大,其深广度和教学侧重点与专科的要求不尽相同。多年来,常是专科也使用本科教材,从中摘选教学内容,这既不便于教也不利于学,许多从事高等专科教学的教师都深有同感,专科化工教学要有专科特色的《化工原理》教材。

本书是遵照上海市教委关于上海普通高校“九五”重点教材建设的要求,为适用于高等专科层次教学而编的《化工原理》教材。依据专科是培养在生产第一线工作的应用型人才的目标需要,并为适应教学课时(80~90),本教材在立足清晰阐明基本概念和基础理论的基础上,力求内容简明扼要,学以致用。本教材介绍化工生产中最普遍应用的多种化工单元操作,从生产现场实况出发,以提出问题—分析问题—解决问题的认知顺序,结合实用事例和例题,由感性到理性组织教材,强调工程观念,注重实践问题分析。对某些尚欠成熟实用的理论,暂不予详论或仅指出其由来及趋向,以确保教材之侧重点,亦激发学生继续探索求知的兴趣。本书也可作为高等职业教育的化工原理课程教材和作为同类中等专科学校的教学参考用书。

本书积集了上海化工高等专科学校化工原理教研室的多年教学经验,在编写过程中,得到徐荣根和教研室全体老师的大力支持和帮助,华东理工大学瞿谷仁教授在百忙中抽空为本书审稿,华东理工大学方图南教授、上海化工高等专科学校周荣才副教授和陈树晖高级工程师,分别对本书的内容选取与编排处理提出了许多中肯的宝贵意见和建议,在此一并表示感谢。由于编者学识水平所限,经验不足,本书中不妥之处,欢迎批评指正。

编 者

1997年12月

目 录

绪论	1
一、课程内容和任务	1
二、课程中常用的基本概念	1
三、单位与单位换算	2
四、因次和经验公式变换	3
习题	5
第一章 流体流动和流体输送机械	6
第一节 管径选择和管路布置	6
一、流体的主要物理量	6
二、管径选择	8
三、流体在管道中定常连续流动的物料衡算	10
四、常用管子规格、管件和阀门	10
五、管路布置和安装	11
第二节 流体流动过程的机械能衡算	12
一、流动系统的机械能衡算式	12
二、压差、液位测定和液封	14
三、流体管道流动机械能损失的测定	17
四、满足输送要求的位差或压差确定	18
五、应由输送机械提供的能量	19
六、流量测量	20
第三节 流体管内流动的机械能损失	22
一、流体流动形态及其判断	23
二、滞流的摩擦阻力	25
三、用因次分析法建立机械能损失的算式	25
四、局部阻力	28
五、管路系统中的总机械能损失	29
六、阻力对管内流体流动的影响	32
第四节 管路计算	33
一、简单管路计算示例	34
二、复杂管路计算示例	35
第五节 离心泵	37
一、离心泵的工作原理	37

二、离心泵的性能	38
三、离心泵的工作点与流量调节	40
四、离心泵类型和选用	42
五、离心泵的吸上高度	43
六、离心泵的安装与使用	46
第六节 化工中常用的其他类型泵	46
一、往复泵	46
二、旋转泵	47
三、旋涡泵	48
第七节 化工中常用的气体输送机械	49
一、离心式通风机	49
二、离心鼓风机和离心压缩机	52
三、旋转式鼓风机和旋转式压缩机	53
四、往复压缩机	53
五、真空泵	55
习题	56
第二章 过滤与沉降	62
第一节 化工中的过滤操作和常用设备	62
一、板框压滤机	62
二、叶滤机	64
三、转筒真空过滤机	64
四、离心过滤机	65
第二节 过滤过程的工艺计算	66
一、过滤的速度方程	66
二、过滤过程的物料衡算	67
三、恒压过滤时间与滤液的关系	68
四、过滤常数的测定	68
五、洗涤过程的计算	70
六、过滤机生产能力	70
第三节 重力沉降	73
一、重力沉降速度	73
二、降尘室	75
第四节 旋风分离器	76
一、旋风分离器的性能	76
二、旋风分离器的选用	78
习题	80
第三章 传热	82
第一节 化工中的传热和常用换热器	82
一、夹套换热器	82

二、蛇管换热器	82
三、喷淋式换热器	83
四、套管换热器	83
五、列管式换热器	83
六、平板式换热器	85
七、螺旋板式换热器	85
八、翅片管换热器	86
九、板翅式换热器	86
第二节 载热体和间壁式换热器的热量衡算	87
一、化工中常用载热体	87
二、换热器热负荷计算	89
三、间壁换热器的传热速率	90
第三节 热传导	90
一、导热基本方程式	90
二、导热系数	91
三、平壁的定态导热	91
四、圆筒壁的定态导热	93
第四节 对流传热	95
一、对流传热方程式	95
二、影响对流传热(给热)系数的主要因素	96
三、传热过程中常用到的准数	96
四、流体管内强制对流的传热系数关联式	97
五、流体管外强制对流时的传热系数关联式	98
六、蒸汽冷凝时的对流传热系数	101
七、液体沸腾时的传热系数	102
第五节 间壁式换热器的传热计算	103
一、传热平均温度差 Δt_m 的计算	103
二、总传热系数	108
三、传热面积的计算与操作核算	111
四、传热单元数法	114
五、非定态传热计算示例	116
六、列管式换热器的选用	118
第六节 辐射传热	121
一、物体对热辐射的性能表现	121
二、物体的辐射能力	122
三、物体间的辐射传热	123
四、辐射和对流的联合传热	124
五、保温层材料的选择	125
习题	127

第四章 蒸发	129
第一节 蒸发设备	129
一、循环式蒸发器	130
二、单程型蒸发器	131
第二节 蒸发过程溶液沸点的确定	133
一、因溶质存在溶液蒸汽压下降而引起的沸点升高	133
二、因液柱压头引起的溶液沸点升高	135
三、因流动阻力产生压降引起的沸点升高	135
第三节 单效蒸发的计算	136
一、物料衡算	136
二、热量衡算	136
三、蒸发器传热面积的计算	138
四、蒸发操作的调节	139
第四节 多效蒸发及提高加热蒸汽利用率的其他措施	141
一、多效蒸发的流程	141
二、多效蒸发与单效蒸发的比较	142
三、多效蒸发的效数限制	143
四、引出额外蒸汽为它用热源	144
五、热泵蒸发	144
六、冷凝水自蒸发的应用	145
习题.....	145
第五章 吸收	147
第一节 化工中的吸收操作	147
一、吸收在化工中的应用	147
二、吸收操作流程	147
三、吸收剂选择原则	148
四、吸收操作需要解决的基本问题	149
第二节 气液相平衡	149
一、气体在液体中的溶解度	149
二、亨利定律	149
第三节 吸收过程速率	151
一、吸收速率方程	151
二、双膜理论	152
三、总吸收系数与膜系数关系	153
第四节 吸收塔计算	154
一、吸收塔物料衡算	154
二、吸收剂用量的确定	156
三、填料层高度的基本计算式	158
四、传质单元高度概念	158

五、传质单元数的解析计算	159
六、传质单元数的其他求解法	162
七、吸收的操作型计算示例	163
八、解吸塔的计算	164
九、理论塔板数的计算	166
第五节 填料塔	166
一、填料塔的结构与操作	166
二、填料特性	166
三、常用填料	167
四、气、液两相逆流通过填料层的流动状况	169
五、填料塔直径的计算	171
六、填料塔的主要附件	173
习题	175
第六章 精馏	177
第一节 概述	177
一、蒸馏分离的依据	177
二、蒸馏方式	177
三、精馏操作的工程问题	178
第二节 双组分溶液的汽液平衡	179
一、理想物系的泡点方程和露点方程	179
二、相平衡的温度组成图($t-x(y)$ 图)	180
三、相平衡的汽液组成关系图($y-x$ 图)	181
四、相对挥发度与相平衡组成关系表达式	182
第三节 精馏操作过程	183
一、精馏原理	183
二、理论板概念与恒摩尔流假设	185
三、精馏与提馏两塔段的汽液流量关系	186
第四节 双组分物系连续精馏的计算	186
一、全塔物料衡算	186
二、确定理论塔板数的途径	187
三、精馏段任意两相邻板间汽、液的组成关系	188
四、提馏段任意相邻两板间汽、液的组成关系	188
五、理论塔板数的逐板算法	189
六、精馏段与提馏段两操作线交点的轨迹方程	191
七、理论板数的图解法(McCabe-Thiele 法)	191
八、直接蒸汽加热的精馏塔理论板数计算	193
九、塔板效率与实际塔板数	194
十、填料层的理论板当量高度	195
十一、冷凝器和再沸器	196

第五节 精馏操作条件参数选择	196
一、精馏操作压强的确定	196
二、进料状态的影响	196
三、操作回流比的选择	198
四、理论塔板数的简捷计算	200
五、精馏的操作型计算	201
六、连续精馏的操作	202
七、间歇精馏的操作	202
第六节 板式塔	203
一、塔板结构与气液接触状态	203
二、应避免的操作现象与操作负荷性能图	203
三、塔径的确定	205
四、塔高的确定	206
五、塔板类型简介	207
习题	209
第七章 干燥	212
第一节 化工中的干燥操作	212
一、厢式干燥器	212
二、气流干燥器	212
三、沸腾床干燥器	213
四、喷雾干燥器	214
五、转筒干燥器	214
第二节 湿空气性质和湿度图	215
一、湿空气性质	215
二、湿空气的湿焓图($H-I$ 图)	218
三、 $H-I$ 图的应用	220
第三节 固体干燥的平衡关系	221
一、物料含水量的表示方法	221
二、平衡水分与干燥平衡曲线	222
三、结合水分与非结合水分	222
四、平衡曲线的应用	223
第四节 干燥过程的物料衡算和热量衡算	224
一、干燥过程的物料衡算	224
二、干燥过程的热量衡算	225
三、干燥过程的热效率 η	226
四、干燥介质条件的影响与确定	229
第五节 干燥速度与干燥时间	230
一、干燥曲线	230
二、干燥速度曲线	230

三、干燥过程分析	231
四、恒速阶段干燥时间计算	232
五、降速阶段干燥时间计算	232
习题	233
附录	235
一、某些气体的重要物理性质	235
二、某些液体的重要物理性质	236
三、某些固体材料的重要物理性质	238
四、干空气的物理性质(101.3kPa)	239
五、水的物理性质	240
六、饱和水蒸气表(按温度排列)	240
七、饱和水蒸气表(按压力排列)	242
八、某些液体的导热系数	243
九、几种常用液体的导热系数与温度的关系图	245
十、某些气体和蒸汽的导热系数	245
十一、液体粘度共线图	247
十二、气体粘度共线图(常压下用)	249
十三、液体比热共线图	251
十四、气体比热共线图(常压下用)	253
十五、液体汽化潜热共线图	255
十六、液体的表面张力	257
十七、某些有机液体的相对密度(液体密度与 4℃ 水的密度之比)	260
十八、无机盐溶液在 101.33kPa 压强下的沸点	263
十九、管子规格(摘录)	264
二十、IB 型离心泵性能表	265
二十一、IB 型泵系列型谱图	269
二十二、Y 型离心油泵性能表	270
二十三、F 型耐腐蚀泵性能表	271
二十四、4-72-11 型离心通风机规格(摘录)	271
二十五、列管式换热器系列标准(摘录)	272

绪 论

一、课程内容和任务

化工产品的种类繁多,每种产品都有其特定的生产过程。但在所有化工生产过程中,除了产品特有的化学反应过程外,总还包含着一系列的物理加工过程。这些物理加工过程,或是用于原料预处理以建立化学反应的适应条件;或是用于反应产物的分离提纯以获得合格产品。根据操作原理,将从化工生产过程中归纳出来的一些通用性的物理加工过程,称为化工单元操作,如流体输送、沉降、过滤、热交换、蒸发、气体吸收、液体蒸馏、固体干燥等过程,都是化工生产中常见的化工单元操作。化工单元操作好比是拼音文字的字母,几十个字母可以组成无数的文字。为数不多的化工单元操作和一些化学反应过程相结合,则构成了品种繁多的化工生产过程。

随着科技发展,不断有新的化工单元操作出现,此外,化工单元操作还广泛应用于轻工、纺织、食品加工、冶金等行业中。

化工原理就是一门以阐述化工单元操作为内容的技术基础课程。本课程主要任务是介绍主要单元操作的基本原理、典型设备的结构和操作特性、过程计算、设备的选用和工艺尺寸的确定。培养学生分析和解决工程实际问题的能力,一旦参与生产实践,能及早掌握维护操作正常运行和合理调节的技能,有从事一般工艺设计和设备选用的基本能力。培养学生工程观念,具有从技术可行性与经济合理性综合分析问题的初步能力。

化工原理课程是整个化学工程学科系统中的一个基础组成部分,所以,也有称化工原理为“基础化学工程”。为与其内容更直接联系,有时就命名为“化工单元操作”或“化工过程及设备”。

二、课程中常用的基本概念

讨论化工单元操作时,通常应用物料衡算、能量衡算、过程平衡、过程速率和经济核算等5个基本概念,作为基本手段贯穿于全课程。现仅就其含义和作用作简要说明,便于了解研究化工单元操作的思路进程。

1) 物料衡算 它是质量守恒定律在化工中的具体应用。以物料衡算式反映一个过程中各物料之间量的关系,工艺设计时,运用物料衡算由过程已知量求出未知量,为过程流程和设备设计提供了必不可少的基础数据。对已有过程,物料衡算可揭示生产用料、设备操作的实际情况和完善程度,物料衡算成为寻找问题和提出对策的基本方法。

2) 能量衡算 它是能量守恒和转化定律在化工中的具体应用。能量有多种形式,化工中依据不同场合的工程实际需要作不同形式的能量衡算,最常用的是机械能衡算和热量衡算。由于物料作为能量的载体,所以能量衡算是在物料衡量的基础上进行的。在过程

和设备设计或选用时,能量衡算可以确定过程的能量需要,又为设备设计或选用提供依据。在生产操作中,能量衡算可以检验能耗程度,并帮助选择操作条件和制定合理利用能量的方案。

3) 过程平衡 过程平衡就是过程进行所能达到的极限。必须了解过程的平衡关系,才能判断过程进行的方向和确定过程限度。有的过程平衡关系很容易确定,例如热交换过程的平衡关系就是两物体的温度相等。但许多单元操作的平衡关系难以立即确定,例如:空气中的氨溶解到水中能达到什么浓度,固体能否干燥到所需程度,等等,都是化工热力学研究的问题。相平衡关系常是一些单元操作章节中首先讨论的内容。

4) 过程速率 过程速率是指过程进行的快慢。过程所处状态与平衡状态之间的距离愈大,过程进行就愈快。所以,化工中常以这种差距作为进程的推动力,而将过程中其他各种因素对速率影响的总体现,作为过程的阻力,则将过程速率表示为:

$$\text{过程速率} = \frac{\text{过程推动力}}{\text{过程阻力}}$$

根据过程机理建立各自化工单元操作的具体过程速率方程式。设计时,运用速率方程确定满足生产能力所需的设备尺寸。速率方程还可用来分析设备的生产能力。

5) 经济核算 对一个化工生产任务可以有多个设计方案,每确定一台设备,都因操作参数选取不同而影响到设备费用和操作费用。因此,要用经济核算确定最经济的设计方案。

三、单位与单位换算

本课程采用以国际单位制(SI)为基础的法定单位制,但由于有些仪器、设备的延续使用,或从旧有书刊手册中有可能接触到其他单位制,所以,仍有必要对一些单位制作简略说明,以利于掌握单位换算方法。

1. SI制(国际单位制)

SI制中选择7个物理量为基本量,并相应地确定了7个基本单位,列示于表1。还有两个辅助单位:平面角的单位弧度(rad)和立体角的单位球面度(sr)。

表1 SI制的基本单位

量的名称	长度	质量	时间	热力学温度	物质的量	电流	发光强度
单位名称	米	千克(公斤)	秒	开尔文	摩尔	安培	坎德拉
单位符号	m	kg	s	K	mol	A	cd

SI制对一些导出单位给予专有名称,表2列出一些化工中常用的导出单位名称。

表2 一些具有专门名称的导出单位

量的名称	频率	力、重量	压强、应力	能、功、热	功率	温度
导出单位	s ⁻¹	kg·m/s ²	N/m ²	N·m	J/s	*
单位名称	赫兹	牛顿	帕斯卡	焦尔	瓦特	摄氏度
单位符号	Hz	N	Pa	J	W	℃

* 温度: (℃=K-273)、温度差 1Δ℃=1ΔK。

SI 制中还引用一些词头来表示原单位的倍数,化工中较常用的有 M(兆)、k(千)、c(厘)、m(毫)、 μ (微)分别表示 10^6 、 10^3 、 10^{-2} 、 10^{-3} 、 10^{-6} 等,如 $100 \times 10^3 \text{Pa} = 100 \text{kPa} = 0.1 \text{MPa}$ 。

2. 工程单位制和英单位制

重力工程单位制不以质量为基本量,而是选用重力为基本量,将 SI 制的 1kg 质量在 9.80665m/s^2 标准重力加速度作用下所受到的重力,定为 1kgf (公斤力)。重力工程制与 SI 制联系的相应关系为:

$$1 \text{kgf} = 1 \text{kg} \times 9.80665 \text{m/s}^2 = 9.81 \text{N}$$

英单位制,简称英制,就是单位制中物理量所采用的是英国人习惯使用的单位。英制中长度单位为英尺,质量单位为磅等。英制中也有英工程制,用磅力作为重力单位。英制与 SI 制和一般工程制的基本相应关系为:

$$1 \text{ft}(\text{英尺}) = 12 \text{in}(\text{英寸}) = 0.3048 \text{m}$$

$$2.205 \text{lb}(\text{磅}) \approx 1 \text{kg}$$

$$2.205 \text{lbf}(\text{磅力}) \approx 1 \text{kgf}$$

工程制和英单位制中都有热量专用单位,它们与焦尔的相应关系为:

$$1 \text{kcal}(\text{千卡}) = 1000 \text{cal}(\text{卡}) = 3.968 \text{B. t. u}(\text{英热单位}) = 4187 \text{J}$$

$$\text{英制温度用 } F(\text{华氏度}), C = (F - 32) \times \frac{5}{9}; \text{温度差 } 1 \Delta C = \frac{9}{5} \Delta F$$

3. 物理量单位换算

工程制和英制是化工中仍较可能遇到的,一般来说,熟悉上述一些基本的相应关系,能够对化工中通常所涉及到的各物理量进行单位换算,将其换算为 SI 制单位。

将一物理量在新单位制中的表达值与在原单位制中的表达值相比,其比值称为该物理量从原单位换算为新单位的换算因数。

当得知换算因数之后,根据换算因数的定义,则可反过来,按照“原单位物理量 $\times$ 换算因数 = 新单位物理量”的规则进行物理量的单位换算。

化工中就是利用几个基本单位的相应关系求取换算因数,进而用于复杂的导出单位的换算。

例 0-1 求英制压强单位 1lbf/in^2 (磅力/英寸²)为多少 Pa?

解 $\text{Pa} = \text{N/m}^2$

依据 $1 \text{kgf} = 2.205 \text{lbf} = 9.81 \text{N}$,将 lbf 换算为 N 的换算因数应为: $\left(\frac{9.81 \text{N}}{2.205 \text{lbf}} \right)$ 。

依据 $1 \text{ft} = 12 \text{in} = 0.3048 \text{m}$,将 in 换算为 m 的换算因数应为: $\left(\frac{0.3048 \text{m}}{12 \text{in}} \right)$

$$\text{所以 } 1 \text{lbf/in}^2 = 1 \frac{\text{lbf} \times \left(\frac{9.81 \text{N}}{2.205 \text{lbf}} \right)}{\left[\text{in} \times \left(\frac{0.3048 \text{m}}{12 \text{in}} \right) \right]^2} = 6896 \text{N/m}^2 = 6896 \text{Pa}$$

四、因次和经验公式变换

1. 因次(亦称量纲)

若用 M, L, T 和 θ 等符号依次代表质量、长度、时间和温度等基本量,则将符号连同它的指数称为所表示物理量的因次。有了基本量的因次,依据物理概念或物理定律,即便可得

其他各物理量因次,如加速度因次为 $[LT^{-2}]$,重力因次为 $[MLT^{-2}]$,能量因次为 $[ML^2T^{-2}]$ 等等。由推导得出的复杂因次,也称为复合因式、因次式或量纲式。

因次式反映物理量与基本量的关系,选用同样基本量的单位制中,物理量不因具体单位而变化。因次分析可帮助简化实验(将在以后课程中讨论),还可利用因次判断方程性质。

2. 经验公式变换

化工学科中的公式大都是因次恒等的方程式,即方程式等号两边的因次是相同的。由物理推导而得的方程式和借助因次分析法建立的关联式(课程中将应用到)都属于此类。只要方程中物理量采用同一单位制中的单位,这类公式不因单位制不同而变化。

化工中还会应用到另一类由经验或实验数据归纳整理所得的经验公式。物理量是以“物理量=数值 $\times$ 单位”来表达的,而经验公式只是表示在各自指定单位下各物理量数值部分的关系。公式等号两边的因次不同,公式形式随所指定单位变换而变换,引用时务必注意。现以下面示例说明。

例 0-2 现有一公式

$$h = 0.48 \left(\frac{V}{l} \right)^{2/3}$$

式中: h ——堰上液面高度,in;

V ——通过堰的流量,gal/min(加仑/分);

l ——堰的长度,in。

(* $1\text{m}^3 = 264.2\text{gal}$ (美国加仑))

试问,(1)如果堰上液面高度单位用 m,堰的长度单位用 m,流量单位用 m^3/s ,公式是否要变化?(2)若应变化,请写出变换后的公式。

解 (1)判断公式性质

以 L 和 T 分别表示长度和时间的因次,即公式等号左边的因次为 L ,等号右边的因次为 $[L^2T^{-1}]^{2/3}$ 。两边因次不同,此公式为经验公式,所以,改换单位后公式要变换。

(2)变换公式形式

用 h' 表示单位为 m 的液面高度的数值, V' 表示单位为 m^3/s 的流量的数值, l' 表示单位为 m 的堰长的数值,则根据同一物理量两个表达法的关系:

(a)液面高度 $= h \times \text{in} = h' \times \text{m}$

因 $12\text{in} = 0.3048\text{m}$,即单位换算

$$h \times \text{in} = h' \times \text{m} \times \left(\frac{12\text{in}}{0.3048\text{m}} \right) = h' \times 39.37\text{in}$$

即

$$h = 39.37h' \quad (a)$$

(b)流量 $= V \times \text{gal}/\text{min} = V' \times \text{m}^3/\text{s}$

因 $1\text{m}^3 = 264.2\text{gal}$, $1\text{min} = 60\text{s}$

$$V \times \text{gal}/\text{min} = V' \times \frac{\text{m}^3 \times \left(\frac{264.2\text{gal}}{1\text{m}^3} \right)}{\text{s} \times \left(\frac{1\text{min}}{60\text{s}} \right)} = V' \times 15852\text{gal}/\text{min}$$

即

$$V = 15852V' \quad (b)$$

(c)堰的长度 $= l \times \text{in} = l' \times \text{m}$

因 $12\text{in}=0.3048\text{m}$

$$l \times \text{in} = l' \times \text{m} \times \left(\frac{12\text{in}}{0.3048\text{m}} \right) = l' \times 39.37\text{in}$$

即

$$l = 39.37l'$$

(c)

将(a)、(b)、(c)三式代入原经验公式

$$39.37h' = 0.48 \left(\frac{15852V'}{39.37h'} \right)^{2/3}$$

得出变换指定单位之后的新的经验公式

$$h' = 0.665 \left(\frac{V'}{l'} \right)^{2/3}$$

习 题

0.1 试从基本单位间的相应关系开始,作下列物理量单位换算:

比热(热容) $1\text{B. t. u}/(\text{lb} \cdot ^\circ\text{F}) = \underline{\hspace{2cm}} \text{kcal}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$

$1\text{kcal}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}) = \underline{\hspace{2cm}} \text{J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$

压强 $1\text{kgf}/\text{cm}^2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{Pa}$

能量 $1\text{kW} \cdot \text{h} = \underline{\hspace{2cm}} \text{J}$

导热系数 $1\text{kcal}/(\text{m} \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}) = \underline{\hspace{2cm}} \text{W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$

$1\text{B. t. u}/(\text{m} \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{F}) = \underline{\hspace{2cm}} \text{W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$

0.2 甲烷饱和蒸汽压与温度关系符合下面经验公式:

$$\lg P = 6.421 - \frac{252}{t + 261}$$

式中: P ——饱和蒸汽压, mmHg; ($760\text{mmHg} = 101.33\text{kPa}$)

t ——温度, $^\circ\text{C}$ 。

今需将蒸汽压单位改用 Pa, 温度单位改用 K, 试对该式加以变换。

0.3 筛孔塔板上清液高度可用下式计算:

$$h_c = 0.24 + 0.725h_w - 0.29u \sqrt{\rho} + 0.01 \frac{q}{l}$$

式中: h_c ——清液高度, in;

h_w ——堰高, in;

u ——气流速度, ft/s;

ρ ——气体密度, lb/ft³;

q ——液体流量, gal/min; l ——堰长, in。

试将该式变换为采用 SI 制单位表示的形式。

(* 美加仑: $264.2\text{gal} = 1\text{m}^3$)