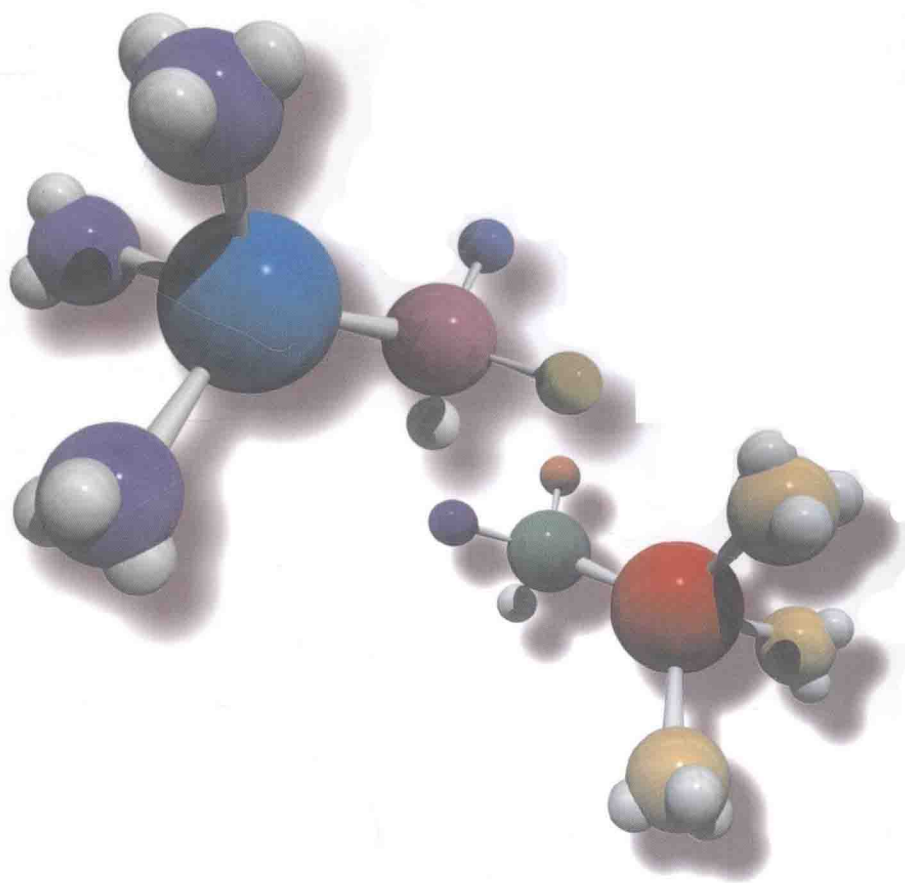


国家级精品资源共享课配套教材
高等职业教育化工技术类专业「十二五」规划教材



Operation Techniques of Typical Chemical Equipment

化工典型设备操作技术

◎ 主编 申 奕 顾 玲
◎ 参编 李 栋 涂郑禹
孙玉春 杨晓瑞

国家级精品资源共享课配套教材

高等职业教育化工技术类专业“十二五”规划教材

化工典型设备操作技术

Operation Techniques of Typical Chemical Equipment

主 编 申 奕 顾 玲

参 编 李 栋 涂郑禹 孙玉春 杨晓瑞



天津大学出版社

TIANJIN UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本书主要内容包括流体输送设备操作技术、非均相物系分离技术、换热器操作技术、精馏塔操作技术、吸收操作技术及萃取操作技术共六个教学项目。每个项目由若干个工作任务组成。通过完成不同的工作任务学习各单元操作的基本理论、基本原理、基本计算方法,典型设备的构造、工作原理以及调控方法等有关工程实践方面的知识,侧重对学生进行工程应用能力的培养。

本书注重理论与实践紧密结合,内容的编排便于组织实施项目化教学。本书可作为高职高专化工类及相关专业(生物工程、石油化工、化工机械、化工仪表自动化、制药、材料、环保、食品等专业)的教材,亦可作为高校及相关企业职工培训用教材。

图书在版编目(CIP)数据

化工典型设备操作技术/申奕,顾玲主编. —天津:天津大学出版社,2013.9

高等职业教育化工技术类专业“十二五”规划教材
国家级精品资源共享课配套教材

ISBN 978-7-5618-4800-5

I. ①化… II. ①申… ②顾… III. ①化工设备—操作—
高等职业教育—教材 IV. ①TQ05

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 216421 号

出版发行 天津大学出版社

出 版 人 杨欢

地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)

电 话 发行部:022-27403647

网 址 publish.tju.edu.cn

印 刷 廊坊市长虹印刷有限公司

经 销 全国各地新华书店

开 本 185mm × 260mm

印 张 19.5

字 数 487 千

版 次 2014 年 1 月第 1 版

印 次 2014 年 1 月第 1 次

定 价 49.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,烦请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

前 言

本书的编写主要是为了适应高等职业教育“工学结合”的教学改革趋势,适应“教学做”一体化教学模式的需要。编者在对精细化工行业典型工作任务进行分析的基础上,分析了化工就业岗位基本能力和技能要求,对原有“化工单元操作”课程内容进行了整合,采用“项目引领,任务驱动”的方式编写了本教材。

全书包括六个项目,每个项目由若干个工作任务组成。通过完成不同的工作任务学习各单元操作的基本理论、基本原理、基本计算方法,典型设备的构造、工作原理以及调控方法等有关工程实践方面的知识,侧重对学生进行工程应用能力的培养。同时,本书在编写过程中充分吸收了“国家级精品课程”以及“国家级精品资源库”建设过程中的成果和经验,将一些最新的成果和内容反映在教材中。

本书由天津渤海职业技术学院申奕教授和顾玲教授主编并统稿,其中:项目一中的任务1、3、5、6、7由李栋编写;项目四中的任务2、3、4和项目一中的任务2由涂郑禹编写;项目三由孙玉春编写;项目二和附录由杨晓瑞编写;其余部分由申奕和顾玲编写。

本书在编写过程中得到了北京东方仿真软件技术有限公司的大力支持与协助,在此表示衷心的感谢。

由于时间仓促、作者的水平和所收集的资料有限,书中难免有不合宜之处,恳请读者批评指正。

编 者

2014年1月

目 录

绪 论	(1)
任务 1 认识化工生产过程与单元操作	(1)
1 化工生产过程	(1)
2 单元操作	(2)
任务 2 化工生产过程中的几个基本概念	(3)
1 物料衡算	(3)
2 能量衡算	(4)
3 平衡关系	(4)
4 过程速率	(4)
任务 3 单位制及单位换算	(5)
1 单位与单位制	(5)
2 单位换算	(6)
【拓展与延伸】	(7)
【知识检测】	(7)
项目一 流体输送设备操作技术	(8)
任务 1 认识流体输送系统	(8)
1 流体输送在化工生产中的应用	(8)
2 流体输送的方式	(8)
3 流体输送方式技能训练	(9)
4 化工管路	(12)
5 化工管路拆装操作训练	(17)
任务 2 流体的基本性质	(18)
1 流体的密度	(18)
2 流体的黏度	(20)
3 流体的压强	(21)
4 流体静力学基本方程及其应用	(22)
任务 3 流体输送过程的工艺计算	(26)
1 流量和流速	(26)
2 稳态流动和非稳态流动	(28)
3 连续性方程	(28)
4 伯努利方程	(29)
任务 4 确定流体流动的阻力	(33)
1 流体流动的类型	(33)
2 流体在圆管内的速度分布	(35)

3 流体管内流动阻力及其计算	(36)
4 流动阻力测定操作训练	(43)
任务5 流量测量装置及其应用	(45)
1 流量计的分类	(45)
2 孔板流量计	(45)
3 文丘里流量计	(46)
4 转子流量计	(46)
任务6 离心泵的结构、工作原理及其开停车操作	(47)
1 离心泵的结构	(47)
2 离心泵的工作原理	(48)
3 离心泵的类型和选用	(49)
4 离心泵的主要性能参数和特性曲线	(52)
5 离心泵的开停车操作训练	(55)
任务7 离心泵的流量调节方式	(57)
1 管路特性曲线	(57)
2 离心泵的工作点	(58)
3 离心泵流量的调节	(58)
4 离心泵的组合操作	(58)
5 离心泵仿真操作训练	(60)
任务8 确定离心泵的安装高度	(61)
1 离心泵的气蚀现象	(61)
2 确定离心泵的安装高度	(61)
任务9 其他类型的泵及其应用	(62)
1 往复泵	(62)
2 齿轮泵的结构、工作原理及其操作	(64)
3 螺杆泵的结构、工作原理及其操作	(65)
4 旋涡泵的结构、工作原理及其操作	(65)
任务10 常见气体输送机械及其应用	(66)
1 通风机	(66)
2 鼓风机	(68)
3 压缩机	(69)
【拓展与延伸】	(70)
【知识检测】	(70)
项目二 非均相物系分离技术	(73)
任务1 非均相物系分离在化工中的应用	(73)
1 非均相物系的特点及定义	(73)
2 非均相物系的分类	(73)
3 非均相物系分离的目的	(73)
4 非均相物系的分离方法	(74)

任务2 沉降操作及其设备	(74)
1 化工生产中的重力沉降	(75)
2 降尘室与沉降槽	(76)
3 离心沉降及其设备	(78)
4 旋风分离器操作技能训练	(82)
任务3 过滤操作及其设备	(83)
1 过滤的基础知识	(83)
2 过滤的方式	(85)
3 认识过滤设备	(86)
4 影响过滤速率的因素	(92)
5 过滤操作技能训练	(93)
【拓展与延伸】	(94)
【知识检测】	(94)
项目三 换热器操作技术	(96)
任务1 换热器的分类及结构形式	(96)
1 换热器的分类	(96)
2 间壁式换热器的结构形式	(98)
任务2 换热器的基础知识	(102)
1 热量传递的基本方式	(102)
2 热传导	(103)
3 对流传热	(107)
4 热辐射	(114)
5 换热器仿真技能训练	(116)
任务3 列管式换热器的计算与选型	(118)
1 传热基本方程	(118)
2 换热器的热负荷	(118)
3 传热平均温度差	(120)
4 总传热系数	(122)
5 传热速率影响因素分析	(128)
6 列管式换热器的选型	(129)
7 换热器操作实训	(135)
【拓展与延伸】	(136)
【知识检测】	(138)
项目四 精馏塔操作技术	(142)
任务1 认识蒸馏操作及其应用	(142)
1 蒸馏在化工生产中的应用	(142)
2 蒸馏操作的分类	(143)
3 简单蒸馏与平衡蒸馏	(143)
任务2 精馏操作的基础知识	(144)

1 蒸馏与精馏	(144)
2 精馏操作工艺流程的描述	(149)
3 板式精馏塔的主要结构及类型	(150)
任务3 精馏过程的工艺计算及其应用	(161)
1 精馏塔全塔物料衡算	(161)
2 精馏塔的操作线方程	(162)
3 理论板数的计算	(165)
4 板式精馏塔的塔高和塔径计算	(168)
5 精馏装置的热量衡算	(170)
6 精馏工艺仿真操作训练	(171)
任务4 精馏操作过程工艺指标的控制与调节	(172)
1 板式精馏塔内的气、液两相存在状态	(172)
2 回流比对精馏生产的影响分析	(175)
3 进料状况对精馏生产的影响分析	(178)
4 影响精馏操作的因素	(183)
5 板式塔的正常操作现象	(184)
6 精馏正常工况维持操作训练	(185)
【拓展与延伸】	(187)
【知识检测】	(189)
项目五 吸收操作技术	(192)
任务1 吸收操作入门知识	(192)
1 吸收操作在化工生产中的应用	(192)
2 吸收操作工艺流程的描述	(193)
3 填料塔的结构	(194)
4 填料塔的性能评价	(198)
任务2 吸收操作的理论知识	(199)
1 吸收过程的相平衡关系	(199)
2 吸收传质机理	(203)
3 气体吸收速率方程	(205)
任务3 吸收塔的操作分析	(208)
1 填料塔内的气、液两相存在状态	(208)
2 吸收操作过程工艺指标的计算	(210)
3 影响吸收操作的因素	(213)
4 吸收塔操作训练	(214)
任务4 确定吸收过程的填料层高度	(216)
1 填料层高度的基本计算式	(216)
2 传质单元高度与传质单元数	(216)
3 传质单元数的求法	(217)
4 吸收-解吸仿真操作训练	(219)

【拓展与延伸】	(221)
【知识检测】	(221)
项目六 萃取操作技术	(223)
任务1 认识液-液萃取技术	(223)
1 萃取基本知识	(223)
2 萃取设备的类型及特点	(228)
3 液-液萃取技术在工业上的应用	(234)
任务2 液-液萃取操作技术	(235)
1 液-液萃取工艺流程	(235)
2 液-液萃取仿真操作训练	(237)
3 萃取剂的选择	(240)
4 萃取塔的开停车操作	(241)
5 萃取塔的正常工况维持	(243)
任务3 新型萃取技术简介	(245)
1 超临界流体萃取	(245)
2 双水相萃取	(247)
【拓展与延伸】	(251)
【知识检测】	(253)
附录	(254)
参考文献	(301)

绪 论

【知识目标】

掌握的内容:物料衡算,单位换算。

熟悉的内容:平衡关系,过程速率,单元操作。

了解的内容:能量衡算,化工生产过程,单位与单位制。

【能力目标】

能够理解单元操作的概念,能够进行不同单位制下物理量方程的单位换算,能够进行物料衡算和能量衡算,能够进行单位换算。

化工典型设备操作技术是化工类及相近专业一门重要的技术基础课,兼有“科学”与“技术”的特点,它是综合运用数学、物理、化学等基础知识,分析和解决化工生产中各种物理过程的工程学科。在化工类专门人才培养中,它承担着工程科学与工程技术的双重教育任务。本课程强调工程观点、定量运算、实验技能及设计能力的培养,强调理论联系实际。

本课程主要研究各单元操作的基本原理,所用的典型设备的结构、工艺尺寸设计和设备选型的共性问题,是一门重要的专业基础课。

学生学完本课程后应初步具备以下能力。

- (1)掌握各单元操作的基本原理,并具有一定的“过程与设备”的选择能力。
- (2)掌握各单元操作的基本计算方法,包括过程的计算和设备的设计计算或选型计算。
- (3)根据生产上的不同要求,能进行典型化工生产设备的操作和调节,在操作发生故障时,能够寻找产生故障的原因并具有一定的排除故障的能力。
- (4)了解强化生产过程的方法及改进设备的途径。

任务1 认识化工生产过程与单元操作

1 化工生产过程

用化工手段将原料加工成产品的生产过程统称为化工生产过程。化工生产过程包括原料预处理过程、反应过程和反应产物后处理过程。反应过程是在各种反应器中进行的,它是化工过程的中心环节。反应过程必须在某种适宜条件下进行,例如,反应物料要有适宜的组成、结构和状态,反应要在一定的温度、压强和反应器内的适宜流动状况下进行等。而进入化工过程的初始料通常都会有各种杂质并处于环境状态下,必须通过原料预处理过程使之满足反应所需要的条件。同样,反应器出口的产物通常都是处于反应温度、压强和一定的相状态下的混合物,必须经过反应产物的后处理过程,从中分离出符合质量要求的、处于某种环境状态下的目的产品,并使排放到环境中去的废料达到环保的规定要求;后处理过程的另一任务是回收未反应完的反应物、催化剂或其他有用的物料重新加以利用。

例如:邻苯二甲酸二辛酯(DOP)的生产。

如图 0.1 所示,由辛醇和苯酐在催化剂作用下发生酯化反应生成酯,经过一系列的前处理和产品的提纯后得到邻苯二甲酸二辛酯。

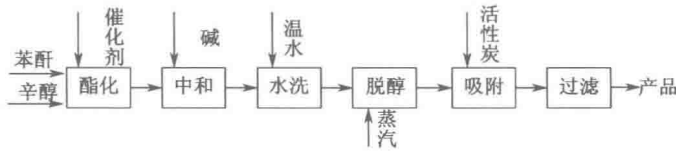


图 0.1 DOP 生产过程

此生产过程除酯化反应过程外,原料和反应产物的提纯、精制等工序均属前、后处理过程。前、后处理工序中所进行的过程多数是纯物理过程,但都是化工生产所不可缺少的。这些分离纯化的操作直接影响着产品的质量。由此可见,前、后处理过程在化工生产中具有重要地位。

2 单元操作

在一个现代化的大型工厂中,反应器的数目并不多,在绝大多数的设备中都是进行着各种前、后处理操作。例如,在图 0.2 所示几种产品的生产过程中,蜡油和石油气的生产就出现了“吸收”这一操作,采用吸收操作来分离气体混合物。吸收操作在各工艺中都遵循相似的规律(亨利定律及相平衡原理),且都是在相似的设备(吸收塔)内完成。又如,在尿素、聚氯乙烯的生产过程中,都采用了干燥操作除去固体中的水分,且均是在干燥器内进行的。再如,在乙醇、乙烯及石油加工等生产过程中,都采用蒸馏操作分离液体混合物,达到提纯产品的目的。化工生产中存在着大量这些类似的操作,它们在不同产品的生产过程中遵循相似的规律且在相似的设备中完成同样目的的操作。根据这些过程的操作原理,可将其归纳为应用较广的数个基本操作过程,如流体输送、搅拌、沉降、过滤、热交换、蒸发、结晶、吸收、蒸馏、萃取、吸附及干燥等,这些基本操作过程称为单元操作。

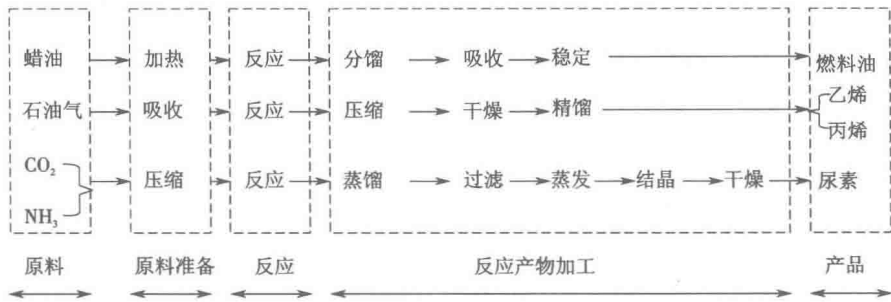


图 0.2 几种化工产品的生产过程

遵循流体动力规律的单元操作,包括流体输送、沉降、过滤、搅拌。

遵循传热基本规律的单元操作,包括传热(加热、冷却、冷凝)、蒸发。

遵循传质基本规律的单元操作,包括蒸馏、吸收、萃取。因为这些操作的最终目的都是将混合物中的组分分开,故又称分离操作。

同时遵循传热、传质基本规律的单元操作,包括空气增湿与减湿、干燥、结晶。

任务2 化工生产过程中的几个基本概念

在研究各类单元操作时,为了搞清过程始末和过程之中各段物料的数量、组成之间的关系以及过程中各股物料带进、带出的能量及与环境交换的能量,必须进行物料衡算和能量衡算。物料衡算及能量衡算也是本课程解决问题时的常用手段之一。

1 物料衡算

根据质量守恒定律,任何一个化工生产过程都遵循以下规律:

$$\sum F = \sum d + A \quad (0.2.1)$$

式中 $\sum F$ ——输入物料质量的总和;

$\sum d$ ——输出物料质量的总和;

A ——积累在过程中的物料质量。

此式是物料衡算的通式,可对总物料或其中某一组分列出物料衡算式,进行求解。

由于物流常常是多组分的混合物,因此可以按进、出衡算系统的各物流的总物料量列出总衡算式,也可以按各物流中的各组分分别列出组分衡算式。此外,物流中各组分的质量分数 w_i 和摩尔分数 x_i 之和均等于1,即有 $\sum w_i = 1$, $\sum x_i = 1$,这称为组成归一性方程。

对于定常态操作过程,系统中物料的积累量为零。即

$$\sum F = \sum d \quad (0.2.2)$$

进行物料衡算的步骤:

- (1)画出流程示意图,物料的流向用箭头表示;
- (2)圈出衡算的范围(或称系统);
- (3)确定衡算对象及衡算基准;
- (4)写出物料衡算方程进行求解。

【例】 两股物流A和B混合得到产品C。每股物流均由两个组分(代号1、2)组成。物流A的质量流量为 $G_A = 6\,160\text{ kg/h}$,其中组分1的质量百分数 $w_{A1} = 80\%$;物流B中组分1的质量百分数 $w_{B1} = 20\%$;要求混合后产品C中组分1的质量百分数 $w_{C1} = 40\%$ 。试求:①需要加入物流B的量 G_B , kg/h;②产品量 G_C , kg/h。

解:①按题意,画出混合过程示意图,标出各物流的箭头、已知量与未知量,用闭合虚线框出衡算系统。

②过程为连续定常,故取1 h为衡算基准。

③列出衡算式:

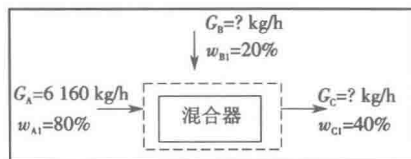
总物料衡算 $G_A + G_B = G_C$,代入已知数据得

$$6\,160 + G_B = G_C \quad (A)$$

组分1的衡算式 $G_A w_{A1} + G_B w_{B1} = G_C w_{C1}$,代入已

知数据得

$$6\,160 \times 0.80 + G_B \times 0.20 = G_C \times 0.40 \quad (B)$$



联解式(A)、(B)得

$$G_B = 12\,320 \text{ kg/h}, G_C = 18\,480 \text{ kg/h}$$

据组成归一性方程,物流组分质量分数之和为1,即 $w_{A1} + w_{A2} = 1, w_{B1} + w_{B2} = 1, w_{C1} + w_{C2} = 1$,因此也可列出组分2的衡算式:

$$G_A(1 - w_{A1}) + G_B(1 - w_{B1}) = G_C(1 - w_{C1})$$

进行物料衡算要注意以下事项。

(1)确定衡算范围(或称系统)。它可以在单一的设备或其中一部分进行,也可以包括几个处理阶段的全流程。

(2)确定衡算对象。对有化学变化的过程,衡算对象可找未发生变化的物质为惰性物质等。

(3)确定衡算基准。对于间歇过程,常以一次(一批)操作为基准;对于连续过程,则以单位时间为基准。

2 能量衡算

根据能量守恒定律,在任何一个化工生产过程中,在过程中的能量不变的情况下,凡向该过程输入的能量必等于该过程输出的能量。许多化工生产中所涉及的能量仅为热能,所以本课程中能量衡算简化为热量衡算:

$$\sum Q_F = \sum Q_D + Q \quad (0.2.3)$$

式中 $\sum Q_F$ ——输入该过程的各物料带入的总热量,J;

$\sum Q_D$ ——输出该过程的各物料带出的总热量,J;

Q ——该过程与环境交换的总热量,当系统向环境散热时为正,称为热损,J。

通过热量衡算,可以了解在生产操作中热量的利用和损失情况,而在生产过程与设备设计时,利用热量衡算可以确定是需要从外界引入热量或向外界输出热量的问题。

3 平衡关系

物系在自然界发生变化时,其变化必趋于一定方向,如果任其发展,结果必达到平衡关系为止。

平衡状态表示的就是各种自然发生的过程可能达到的极限程度,除非影响物系的情况有变化,否则其变化的极限是不会改变的。一般平衡关系为各种定律所表明,如热力学第二定律、拉乌尔定律等。

在化工生产过程中,可以由物系的平衡关系来推知其能否进行以及进行到何种程度。平衡关系也为设备尺寸的设计提供了理论依据。

4 过程速率

任何一个不处于平衡状态的物系,必然发生趋向平衡的过程,但过程以什么速率趋向平衡,不取决于平衡关系,而是受多方面的因素影响的,目前过程速率近似地采用过程推动力除以阻力表示。

$$\text{过程速率} = \frac{\text{过程推动力}}{\text{过程阻力}} \quad (0.2.4)$$

这里的过程推动力,可依据具体过程而有不同的理解,但必要的条件是物系在平衡状态时推动力必须等于零。

至于过程的阻力则较为复杂,要具体情况具体分析。

任务3 单位制及单位换算

1 单位与单位制

表示各物理量的大小除了数字部分外,还要看该物理量的单位。一般,物理量的单位是可任选的,但由于各个物理量之间存在着客观联系,因此不必对每种物理量的单位都单独进行任意选择,而可通过某些物理量的单位来度量另一些物理量。因此,单位就有基本单位和导出单位两种。基本物理量的单位称为基本单位,如长度单位 m,质量单位 kg 等,由基本单位派生出的单位为导出单位,即由基本单位相乘除得到的单位,如速度单位 m/s,加速度单位 m/s^2 等。

基本单位与导出单位的总和称为单位制。过去存在多种单位制,例如工程单位制、绝对单位制等。

多种单位制并存使同一物理量在不同的单位制中具有不同的单位和数值,这就给计算和交流带来了麻烦,并且容易出错。为了改变这一局面,必须统一计量单位制。1960 年 10 月第十一届国际计量大会确定了国际通用的国际单位制,简称 SI 制。SI 制规定了 7 个基本单位(米、千克、秒、开尔文、安培、摩尔和坎德拉),2 个辅助单位(弧度和球面度),其余皆为导出单位。常见的基本单位和常用的导出单位分别见表 0.1 和表 0.2。

表 0.1 常见的基本单位

物理量	单位	国际符号
长度	米	m
质量	千克(公斤)	kg
时间	秒	s
温度	开尔文	K
物质的量	摩尔	mol

表 0.2 常用的导出单位

物理量	单位	国际符号	用 SI 制表示的基本单位
力	牛顿	N	$\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
压强	帕斯卡	Pa	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$
能、功、热量	焦耳	J	$\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$
功率	瓦特	W	$\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-3}$

SI 制具有通用性和一贯性。我国于 1984 年 2 月颁布了法定计量单位(简称法定单位)。

法定单位是以 SI 制为基础,保留少数国内外习惯或通用的非国际单位制单位,它包括:

- ①SI 制的基本单位和辅助单位;
- ②SI 制中具有专门名称的导出单位;
- ③国家选定的非 SI 制单位,例如,时间用 h、d 来表示,旋转速度用 r/min 表示等;
- ④由以上这些单位构成的组合形式的单位;
- ⑤由词头和以上这些单位所构成的十进倍数和分数单位。

2 单位换算

在生产、研究和设计中仍会遇到非法定单位的公式、物理量,因此存在着单位换算的问题,即将物理量由一种单位换算成另一种单位。

在介绍单位换算方法之前,先介绍一下物理量方程与经验公式。

物理量方程是根据物理规律建立的公式,例如牛顿第二定律 $F = ma$ 。物理量方程遵循单位或量纲一致性的原则,即同一物理量方程中绝对不允许采用两种单位制。

经验公式(数字公式)是根据实验数据整理得来的公式,它反映了各有关物理量的数字之间的关系。公式中每个符号不代表完整的物理量,只代表物理量中的数字部分,而这些数字都是与特定的单位相对应的,因此使用经验公式时,各物理量必须采用指定的单位。

正确使用单位,就是要注意这两种公式对单位的不同要求,并在将各物理量代入公式进行运算之前,预先给它们换上适合公式要求的单位。

1) 物理量方程的单位换算

物理量由一种单位换成另一种单位时量本身并没变化,只是在数字上发生改变。在进行单位换算时要乘以两单位间的换算因数。

换算因数除温度外就是彼此相等而各有不同单位的两个物理量之比。

例如:1 m 的长度和 100 cm 的长度是两个相等的物理量,但其所用的单位不同,即

$$1 \text{ m} = 100 \text{ cm}$$

那么 m 和 cm 两种单位间的换算因数为

$$\frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} = 100 \frac{\text{cm}}{\text{m}}$$

化工中常用的单位间的换算因数可从本书附录中查得。

$$\begin{aligned} \text{以压强为例: } 1 \text{ atm} &= 1.033 \text{ kgf/cm}^2 \\ &= 1.0133 \times 10^5 \text{ Pa} \\ &= 10.33 \text{ mH}_2\text{O} \\ &= 760 \text{ mmHg} \\ &= 1.0133 \text{ bar} \end{aligned}$$

2) 经验公式的单位变换

经验公式中各符号都要采用规定单位的数字代入,不能随意变更。当已知数据的单位与公式所规定的单位不同时,应将整个公式加以变化,使其中各符号都采用计算者所希望的单位。由于物理量 = 数字 × 单位,所以数字 = 物理量/单位。若将经验公式中每个符号都写成这个形式,便可利用单位间的换算因数,把原来规定的单位换算成计算者所希望的单位。

【拓展与延伸】

常用的单元操作有流体流动与输送、传热、蒸发、结晶、蒸馏、吸收、萃取、干燥、沉降、过滤、离心分离、静电除尘、湿法除尘等；近年来又出现了一些新的单元操作，如吸附、膜分离、超临界萃取、反应与分离耦合、分子蒸馏等，这些新型的单元操作由于其各自的优点目前正得到越来越广泛的应用。

吸附是指当流体与多孔固体接触时，流体中某一组分或多个组分在固体表面处产生积蓄的现象。其中在固体表面积蓄的组分称为吸附物或吸附质，多孔固体称为吸附剂。把这种利用某些多孔固体有选择性地吸附流体中的一种或几种组分，从而使混合物分离的方法称为吸附操作，它是分离和提纯气体和液体混合物的重要单元操作之一。

膜分离是以选择性透过膜为分离介质，当膜两侧存在一定的推动力时，原料侧组分选择性地透过膜，以达到分离、提纯、浓缩等目的分离过程。膜分离所用的膜可以是固相、液相，也可以是气相，而大规模工业应用中多数为固体膜。

超临界 CO_2 流体萃取 (SFE) 分离过程是利用超临界流体的溶解能力与其密度的关系，即利用压力和温度对超临界流体溶解能力的影响而进行的。在超临界状态下，将超临界流体与待分离的物质接触，使其有选择性地把极性大小、沸点高低和分子量大小不同的成分依次萃取出来。当然，对应各压力范围所得到的萃取物不可能是单一的，但可以控制条件得到最佳比例的混合成分，然后借助减压、升温的方法使超临界流体变成普通气体，被萃取物质则完全或基本析出，从而达到分离、提纯的目的，所以超临界 CO_2 流体萃取分离过程是由萃取和分离过程组合而成的。

【知识检测】

一、单项选择题

1. 在国际单位制中，压力的单位是()。

A. MPa B. Pa C. mmH_2O D. mmHg

2. 热导率(导热系数)的 SI 单位为()。

A. $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ B. $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ C. $\text{J}/(\text{m} \cdot \text{K})$ D. $\text{J}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

二、判断题

1. 一个典型的化工生产过程由原料的预处理、化学反应、产物分离三部分构成。()

2. 连续式生产方式的优点是生产灵活，投资小，投产快。缺点是生产能力小，生产较难控制，因而产品质量得不到保证。()

3. 一个化工生产过程一般包括原料的净化和预处理、化学反应过程、产品的分离与提纯、三废处理及综合利用等。()

4. 能量、功、热在国际单位制中的单位名称是卡。()

项目一 流体输送设备操作技术

【知识目标】

掌握的内容:流体的压强及其表示方式,流体静力学基本方程式,连续性方程,伯努利方程及其应用,流动类型及其判定,流体在管内流动的机械能损失,离心泵的结构、工作原理,离心泵的特性曲线,离心泵的工作点及流量调节,泵的安装等。

熟悉的内容:混合液体密度的计算,化工管路的构成,层流与湍流的比较,流量测量装置的工作原理,往复泵的工作原理和特点,离心通风机的特性参数。

了解的内容:层流内层,其他化工用泵,往复压缩机的工作原理。

【能力目标】

会计算混合液体的密度,能应用相关手册查流体密度,会使用压力计,能进行压力计算,能确定液封高度,会使用液位计,能根据生产任务选择管径,能使用伯努利方程进行流体输送分析,会判断流体的流动类型,能确定管路中的直管阻力,会计算管路中的局部阻力,能分析减小流动阻力的途径和方法,会使用流量测量装置,认识离心泵的类型,会排除气缚现象,能测定离心泵性能参数,能确定离心泵的安装高度,会根据工艺选择离心泵的流量调节方式,能根据工艺选择合适的离心泵,认识正位移式泵,能进行往复泵的流量调节。

任务1 认识流体输送系统

1 流体输送在化工生产中的应用

流体是气体与液体的总称,化工生产中所处理的物料大多为流体。为了满足工艺条件的要求,保证生产的连续进行,常需要把流体从一个设备输送至另一个设备,从一个工序送到另一个工序,此外,化工生产中的传热、传质以及化学反应等大多在流体流动状态下进行,这些过程的速率和流体流动状况密切相关,所以研究流体流动问题也是研究其他化工单元操作的基础。因此,流体流动是最普遍的化工单元操作之一。

2 流体输送的方式

流体输送指的是按照一定目的,把流体从一处送到另一处的操作。为了完成工艺要求的流体输送任务,可从生产实际出发采取不同的输送方式,流体的输送方式有以下四种。

2.1 高位槽进料

高位槽进料是指利用容器、设备之间存在的位差,将处于高位设备的流体输送到低位设备中的操作。在工程上当需要稳定流量时,通常设置高位槽,以避免输送机械带来的波动。如图1.1所示。