



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

HUAGONG
DANYUAN
GUOCHENG
JI SHEBEI
DE XUANZE
YU CAOZUO

化工单元过程及设备的 选择与操作

上

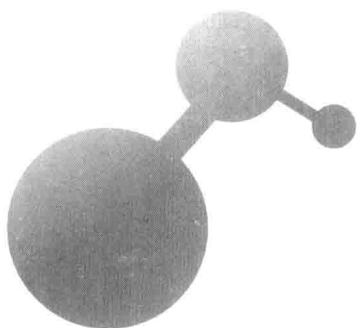
○ 徐忠娟 主编 ○ 张 睿 王宇飞 副主编



化学工业出版社



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定



HUAGONG
DANYUAN
GUOCHENG
JI SHEBEI
DE XUANZE
YU CAOZUO

化工单元过程及设备的 选择与操作

上

○ 徐忠娟 主编 ○ 张 睿 王宇飞 副主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本教材是基于工作过程系统化的理念,按项目导向、任务驱动的原则编写。全书分上、下两册,共设置了八个学习情境,每个学习情境均以来自企业的真实工程任务为载体,重点介绍化工常用单元操作过程或反应过程的工作原理、设备结构及相关的操作与维护技术。

上册内容包括:绪论、流体输送过程及设备、非均相物系分离过程及设备、传热过程及设备、萃取过程及设备。全书内容循序渐进、深入浅出,每个情境均适度配置有思考题、例题及课后实践与练习题。

本书可作为高等职业院校应用化工技术、石油化工生产技术和精细化工生产技术等化工及相关专业的以培养化工生产岗位基本操作技能为目标的课程教材,也可供化工、医药、食品、环保等部门相关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

化工单元过程及设备的选择与操作(上、下册)/徐忠娟
主编. —北京:化学工业出版社,2015.3
“十二五”职业教育国家规划教材
ISBN 978-7-122-22595-5

I. ①化… II. ①徐… III. ①化工单元操作-高等职业
教育-教材②化工设备-高等职业教育-教材 IV.
①TQ02 ②TQ05

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第300619号

责任编辑: 窦 臻 刘心怡
责任校对: 吴 静

装帧设计: 刘剑宁

出版发行: 化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)
印 装: 三河市廷风印装有限公司
787mm×1092mm 1/16 印张21 $\frac{1}{2}$ 字数536千字 2015年7月北京第1版第1次印刷

购书咨询: 010-64518888(传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 75.00元(全二册)

版权所有 违者必究

前 言

“化工单元过程及设备的选择与操作”是应用化工技术、石油化工生产技术、精细化学品生产技术等化工类专业的一门重要的专业核心课程。通过本课程学习，学生可运用各单元过程的基本理论来分析和解决化工生产中的一些简单的工程问题，凭借所掌握的基本操作技能，胜任有关装置的操作与管理工作。

本教材是在应用化工技术专业、石油化工生产技术专业、精细化学品生产技术专业三个专业教学改革的基础上，以基于工作过程系统化的理念编写的。经全国职业教育教材审定委员会审定，确定为“十二五”职业教育国家规划教材。教材编写遵循学生的认知规律，力求紧密结合生产实际。在吸取同类教材优点的基础上，本教材编写过程中进行了以下尝试。

(1) 校企合作，选择学习载体，以项目导向、任务驱动的思路编写

深入学生就业企业，学校合作企业，收集可用于教学的工程任务或工作案例，在企业专家的帮助下，筛选典型工程任务作为学习载体，设计了八个学习情境。每个学习情境都是以一到二个真实的工程任务为载体，按照学生的认知规律和完成实际工程任务的程序，把项目分解成一个个具体的工作任务，引导学生在完成具体工作任务的过程中，学习化工生产中的单元操作过程与单元反应过程的原理、设备和操作方面的知识及技能。

(2) 注重对学生进行工程观念及分析与解决问题的能力培养

各学习情境均采用实际生产中工程任务引入，同时辅之以典型生产案例帮助分析，努力培养学生的工程观念。例题的选取和有关问题的分析案例皆来自于生产实际，许多直接源自于参编院校的合作企业、实习基地。学生通过对企业案例的分析过程，掌握有关原理、概念、公式等在实际生产中的应用，做到学以致用。

(3) 注重对学生自主学习的能力的培养

每个情境的教学内容都是围绕解决问题的需要而展开，引导学生有目的地自主探究知识。整个内容是按理实一体化的理念编写的，部分内容是让学生先观察、动手做，然后再探究解释原理现象等；适时设置一些需要学生查找资料或实地调查才能解决的习题，以提高自主学习的意识，培养学生解决实际问题的能力。

(4) 注重实践操作知识学习和操作技能培训

根据高职教育的“以就业为导向，以能力为本位”的办学指导思想，结合化工专业职业技能鉴定的要求，注重实践操作知识学习和操作技能培训。

(5) 图文结合，直观主动

为便于学生的理解，教材中插有丰富的设备外观图和设备内部结构示意图，同时增强了直观性和趣味性。

全书由扬州工业职业技术学院徐忠娟、河南中州大学王宇飞、扬州职业大学张睿三位老师统稿。扬州石化有限责任公司姚日远总工程师，江苏扬农化工集团有限公司唐巧虹高级工程师担任本教材的主审。本书绪论、学习情境一、附录部分由徐忠娟编写，学习情境二由封娜编写，学习情境三由谢伟、王宇飞编写，学习情境四由王雪源、王宇飞编写，学习情境五

由周寅飞、张睿编写，学习情境六由杜彬、诺昌武编写，学习情境七由张睿、张伟编写，学习情境八由王卫霞编写。

在此对中石化扬子石化、江苏油田、江苏扬农化工集团有限公司等单位的有关工程技术专家提供的珍贵技术资料，对本书中的参考文献作者，对教育部十二五规划教材评审专家提出的修改意见，特表感谢。

本教材是基于工作过程系统化的理念初步尝试，因编者水平有限，不当之处在所难免，请大家多多指正，不胜感谢！

编者
2015年1月

目 录

绪论	1
一、化工生产过程实例	1
二、本课程（学习领域）的性质和主要内容	3
三、本课程的学习要求和学习方法	3
实践与练习	4
学习情境一 流体输送过程及设备的选择与操作	5
教学目标	5
引言	5
工程项目 某石化企业原油输送方案的制订和输送过程的实施	6
项目任务分析	6
任务一 流体输送任务和输送方案的认识	6
一、化工常见的流体输送任务	6
二、工业常用流体输送方案的认识	7
三、完成流体输送任务需解决的问题及要求	9
实践与练习 1	9
任务二 流体输送管路的设计与安装	10
一、流体输送管路基本构件的认识	10
二、流体输送管路基本构件的选用原则	11
任务解决 1	13
三、流体输送管路的管子、管件、阀门规格的确定	20
任务解决 2	25
四、化工管路的工程安装	26
实践与练习 2	29
任务三 流体输送方案的分析、选择与评价	32
一、交流与探讨	32
二、流体输送过程的理论基础	33
三、常见流体输送问题的分析与处理——柏努利方程的应用	41
任务解决 3	43
四、流动系统中的能量损失确定	47
任务解决 4	60
实践与练习 3	62
任务四 流体流动参数的测量	67
一、压力测量	68
二、液位测量与控制	73
三、流量测量	76

任务解决 5	84
实践与练习 4	85
任务五 液体输送机械的选择、安装及操作	87
一、输送机械类型的选择	87
任务解决 6	88
二、离心泵的选择、安装与操作	88
任务解决 7	101
任务解决 8	106
三、其他类型泵的特点与应用	111
四、各类泵的性能特点比较	118
实践与练习 5	119
任务六 气体输送机械的识用与操作	124
一、气体输送机械的分类	124
二、离心式气体输送机械	124
三、旋转式气体输送机械	128
四、往复式气体压缩机械	130
五、真空泵	133
实践与练习 6	134
任务七 流体输送操作技能训练	137
一、实训装置基本要求	137
二、液体输送操作技能训练要求	137
三、操作考核要求	138
实践与练习 7	139
本情境符号意义	140
学习情境二 非均相物系分离方案及设备的选择与操作	142
教学目标	142
引言	142
工程项目一 某硫酸厂 SO ₂ 炉气除尘方案的制订	143
工程项目二 制定从洗煤厂洗煤废水中回收煤泥的方案	143
项目任务分析	143
任务一 气固分离方法及设备的认识与选择	143
一、机械式除尘设备	143
二、过滤式除尘器	157
三、静电除尘器	159
四、洗涤式除尘器	159
任务解决 1	161
五、气固分离方案和设备的选择	161
任务解决 2	163
六、气固分离设备的操作与维护	164
实践与练习 1	165
任务二 液固分离方法及设备的认识与选择	167
一、沉降分离	167
二、过滤分离	170
三、液固分离方案和设备的选择原则	179

四、液固分离设备类型的选择步骤	180
五、过滤设备的选型	182
任务解决 3	183
实践与练习 2	183
任务三 过滤操作技能训练	185
一、过滤实训装置基本要求	185
二、过滤操作技能训练要求	185
三、过滤操作技能训练方案要求	186
实践与练习 3	186
本情境符号说明	186
学习情境三 传热过程及设备的选择与操作	188
教学目标	188
引言	188
工程项目 制订某精馏塔原料的预热方案	189
项目任务分析	189
任务一 传热案例与传热方式的认识	189
一、观察与思考	189
二、传热的基本方式	191
实践与练习 1	196
任务二 换热方案的确定	198
一、传热方式的认识	198
任务解决 1	200
二、换热介质的确定	200
任务解决 2	201
三、加热介质的用量的确定	202
任务解决 3	204
实践与练习 2	204
任务三 换热设备的确定	205
一、换热器类型的认识与选择	205
任务解决 4	213
二、换热器内流体通道与流速的选择	213
任务解决 5	214
三、间壁式换热器型号的确定	214
任务解决 6	222
四、强化换热设备传热过程的途径	224
实践与练习 3	225
任务四 换热设备的保温与隔热	231
一、保温材料的确定	231
二、保温层厚度的确定	237
任务解决 7	242
三、保温材料的安装注意事项	242
实践与练习 4	243
任务五 换热装置的操作技能训练	245
一、工业列管换热器的基本操作要点	245

二、工业换热器的常见故障及预防措施, 换热器的日常维护	245
三、换热器操作技能培训方案	247
实践与练习 5	248
任务六 蒸发过程中传热的应用分析	250
一、蒸发过程的认识	250
二、蒸发装置中的传热设备(蒸发器)	252
三、蒸发装置的辅助设备	256
实践与练习 6	257
本情境符号说明	259
学习情境四 萃取过程及设备的选择与操作	261
教学目标	261
引言	261
工程项目 制定从蒽醌氧化液中分离出双氧水的方案	261
项目任务分析	263
任务一 萃取工作过程的认识	263
一、液-液萃取的基本工作过程	263
二、液-液萃取方案的认识	264
实践与练习 1	266
任务二 萃取剂的选择与萃取操作方式的确定	266
一、萃取剂的选择	267
任务解决 1	273
二、萃取操作方式与萃取剂用量的确定	274
任务解决 2	287
实践与练习 2	288
任务三 萃取设备的确定	291
一、萃取设备的认识	292
二、萃取设备的确定	298
任务解决 3	299
实践与练习 3	300
任务四 萃取操作技能训练	301
一、影响萃取操作效果的因素	301
二、萃取操作技能训练要求	302
三、萃取操作技能训练方案	302
实践与练习 4	303
任务五 其他萃取技术的认识	304
一、超临界流体萃取技术	304
二、回流萃取技术	308
实践与练习 5	308
本情境符号说明	308
附录	310
参考文献	335

绪论

化学工业（简称化工）是以天然资源或其他行业产品为原料，对其进行化学处理并辅以必要的物理处理，以制成更有价值的产品的工业，是生产过程中化学方法占主要地位的制造业，是通过化学工艺将原料转化为成品的工业。化学工业与轻工、重工、能源、农业、交通、国防及人民生活健康有着密切的关系，在国民经济建设中具有十分重要的地位与作用，是国民经济的支柱产业。化学工业的产品统称为化工产品。化工产品种类多、数量大、用途广，那么，化工产品是如何生产出来的呢？

一、化工生产过程实例

化工产品种类繁多，生产过程十分复杂，每一种产品的生产过程均不相同。

【实例 1】 聚氯乙烯生产过程

图 0-1 是工业上以乙炔和氯化氢为原料生产聚氯乙烯的流程框图。以乙炔和氯化氢为原料生产聚氯乙烯树脂颗粒的过程分为两步：第一步是以乙炔和氯化氢为原料进行加成反应以制取氯乙烯单体；第二步是在 81kPa 的压力下、55℃ 左右的温度下将单体进行聚合以获得聚氯乙烯树脂颗粒。在制备氯乙烯单体进行加成反应前，必须将乙炔和氯化氢中所含各种有害物质除去，以免加成反应所用催化剂中毒失效。加成反应生成物中除氯乙烯单体外，还含有未反应的氯化氢和其他副产物，其中未反应的氯化氢会对后续聚合设备与管道造成严重腐蚀，因此在聚合前必须首先除去。工业上通常是将加成反应后的气体压缩、冷凝以除去氯化氢，并除去其他杂质，从而达到聚合反应所需的纯度和聚集状态。最后聚合所得的树脂颗粒和水的悬浮液须经脱水、干燥后才能作为产品包装出售。

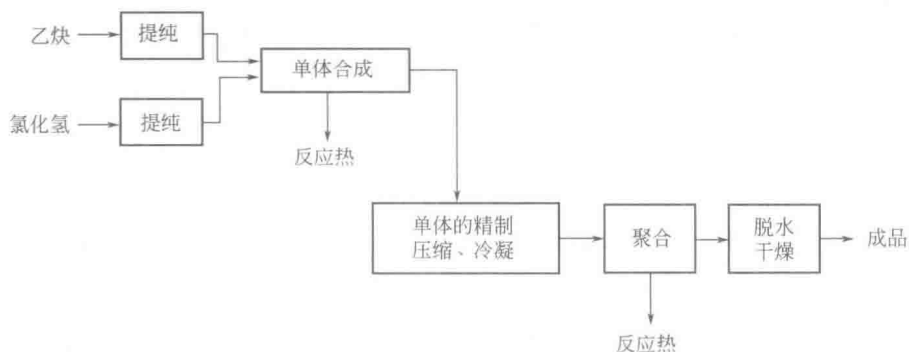


图 0-1 聚氯乙烯的生产过程

在聚氯乙烯树脂生产过程中除单体合成、聚合属化学反应过程即单元反应过程外，原料和反应后产物的提纯、精制等前、后处理过程，多数为纯物理过程，但这些纯物理过程是化工生产所不可缺少的单元操作过程，它们在不同程度上影响产品的成本。

【实例 2】阿司匹林（乙酰水杨酸）的生产过程

阿司匹林是由水杨酸与醋酐进行乙酰化反应而制得的，其生产流程如图 0-2 所示。

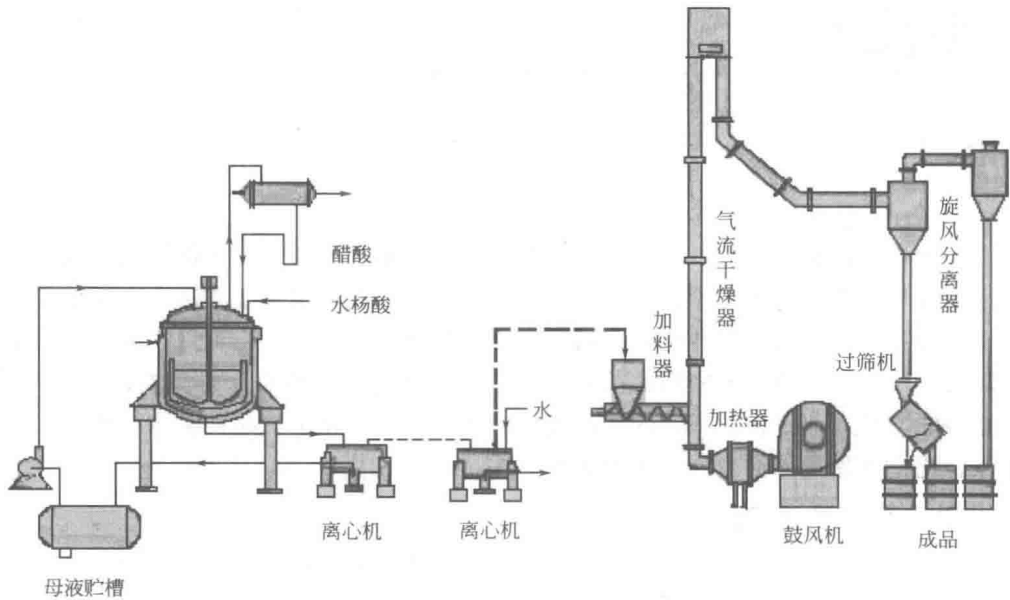


图 0-2 阿司匹林(乙酰水杨酸)的生产过程

阿司匹林的生产过程为：先用泵将贮罐中的醋酸母液打入酰化反应釜，然后加入醋酸酐，再在搅拌下加入水杨酸。加热至 74°C ，保温 5h 进行酰化反应。反应结束后，冷却结晶，在离心机中过滤晶体，滤液送回母液罐。晶体在离心机中用水洗涤数次后，由螺旋加料器送至气流干燥器中干燥，干燥产品用旋风分离器回收，最后过筛得阿司匹林粉末。从旋风分离器出来的空气经袋滤器进一步回收阿司匹林粉尘后排入大气。

在阿司匹林的生产过程中，除酰化釜内的酰化反应为化学反应过程外，其他设备中进行的过程，如母液输送、离心机内脱水、洗涤、过滤、空气加热、气流干燥、及旋风分离除尘等均为物理操作过程。

由这两个实例可见，任何一种化工产品的生产过程，其实都是由若干物理加工过程（即单元操作过程）和化学反应过程（即单元反应过程）组合而成。图 0-3 为化工产品生产的基本过程示意图。

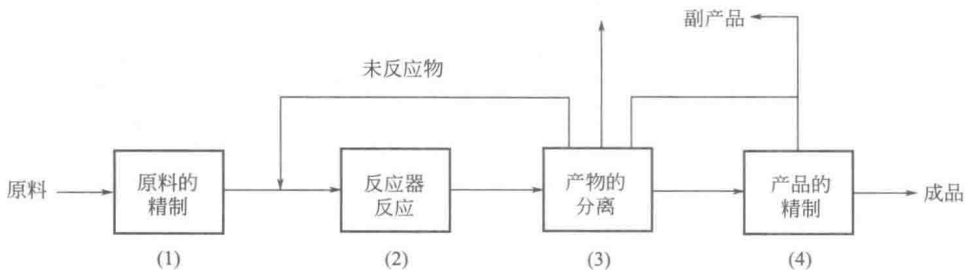


图 0-3 化工产品生产的基本过程

图 0-3 表明：①化工产品的生产过程是由原料的预处理过程、反应过程和产物的后处理

过程三个基本环节构成的；②产品的生产过程中除反应器内有化学反应外，其余步骤多数属于物理操作；③不同产品的生产过程尽管不同，但都是由反应过程和为数不多的物理操作过程组成。

虽然化工产品的生产过程是以化学反应为核心，物理操作的作用仅是为化学反应准备必要的条件以及将粗产品提纯，但这些物理操作步骤在整个化工生产过程中的地位不可忽视，他们对生产过程的经济效益影响很大。

根据化工生产中使用的物理操作过程的原理、人们将其归纳为数个基本的操作过程，如流体的流动及输送、非均相物系的分离、传热、蒸发、结晶、蒸馏、吸收、干燥、萃取等，我们将这些化工常用的基本的操作称为单元操作。

单元操作是指在各种化工产品的生产过程中普遍采用的、遵循共同的物理学或物理化学定律、所用设备相似、具有相同作用的那些基本操作。

化工产品种类繁多，生产工艺各异，但无论何种产品的生产过程，都是由若干种单元操作过程和单元化学反应过程按不同的工艺要求、以不同的方式组合而成的。

二、本课程（学习领域）的性质和主要内容

应用化工、石油化工和精细化工等高职专业的主要培养目标是：培养面向化工企业生产一线，从事化工生产操作、工艺运行、技术管理及化工新产品开发研究等工作，具有良好职业道德、技能过硬、身心健康、素质全面的高端技能型人才。其专业学习内容为：学习如何利用天然原料或半成品通过适当的化学和物理的手段生产相应的化工产品；如何根据生产任务，依据化学工程的原理，寻求技术上先进、经济上合理、操作运行安全的生产方法，确定合适的工艺流程、最佳操作条件和适宜的设备构型。通过对化工专业毕业生的就业岗位调研，主要岗位工作任务分析，归纳后得出化工专业学生的主要学习领域为：化学物料的识用与分析、化工产品合成方案的分析与选择、化工单元过程及设备的选择与操作、化工产品的生产运行与操控等。

本“化工单元过程及设备的选择与操作”课程是所有学习领域中最为核心的一个学习领域，是专业技术核心课程，主要培养学生有关单元过程原理的应用能力和生产装置设备的基本操作技能。

本课程我们设置了八个典型的学习情境，分别是：流体输送过程及设备的选择与操作、非均相物系分离方案及设备的选择与操作、传热过程及设备的选择与操作、萃取过程及设备的选择与操作、蒸馏过程及设备的选择与操作、吸收过程及设备的选择与操作、干燥过程及设备的选择与操作、反应过程及其设备的选择与操作。

每一个学习情境的内容都是以工程项目为载体，按照完成工作任务的需要介绍相应理论与实践知识，包括显性知识与习惯经验知识，以解决实际问题的方式引导学生动手动脑，力求把教学过程变为学生自主性、能动性、创新性的学习过程。

三、本课程的学习要求与学习方法

1. 本课程的学习要求

① 理解各学习情境中的主要单元过程的基本原理、熟悉单元过程设备的构造、性能和操作原理，并具备设备选型的能力。

② 掌握单元过程及设备的基本计算方法，理解基本计算公式的物理意义、应用方法和适用范围；具有查阅和使用常用工程计算图表、手册、资料的能力；能对典型单元过程设备

进行工艺尺寸的确定。

③ 根据生产上的不同要求，能进行操作和调节，在操作发生故障时，能够分析出故障发生的原因并具有一定的排除故障的能力。

④ 具有选择适宜操作条件、探索强化单元过程途径和提高设备效能的初步能力，具有初步的分析和解决工程问题的能力和技术经济分析能力。

总之就是要求学习者掌握化工生产中各单元过程的基本原理，掌握过程设备的结构和操作方面的知识；能进行各单元过程方案的选择和过程设备的选用及部分设备的简单设计，特别是能正确并且熟练操作各单元过程装置；最终具备爱岗敬业、团结协作的职业精神和职业素养。

2. 本课程的学习方法

要完成本学习领域的任务必须做到以下几点。

① 端正态度、主动学习 要充分认识到本学习领域的知识与技能对今后工作的重要性。学习任务要明确、学习态度要端正。教师广泛使用交互式、研讨式、问题式及导学探究式的教学方法，注重启迪学生的创新思维，激励学生的创新行动。学生应在老师的引导下，积极思考、自主探究，经常研讨、主动完成学习任务。

② 注意基础知识的复习 平时要注重复习与本课程相关的基础课程的知识。如数学，高中物理与电工学，无机及有机化合物的性质、反应原理与特点，识图与绘图等方面的知识。

③ 学习过程注重调查、理论与实践相结合，注重从工程的角度分析问题和解决问题 在本课程的学习过程中，课后要多查阅资料，要多联系工厂生产实际。注重从工程的角度分析问题和解决问题，即对每一个工程任务的完成要力求做到：理论上的正确，技术上的可行，操作上的安全，经济上的合理，逐步培养自己的工程观念。

④ 要分清主次，抓住重点 本课程的应用性较强，应侧重于掌握有关公式、定律的应用，而不要拘泥于公式与定理的来源与推导过程。

总之：本课程是一门理论与实践性都很强的综合性技术核心课程，学习本课程一定要理论联系实际，从工程的角度掌握各化工单元过程及其设备的工作原理和操作与选用技能。

实践与练习

一、简答题

1. 什么是单元操作？

2. 《化工单元过程及设备的选择与操作》的学习内容与要求是什么？

二、课外调查

上网或到有关企业去调查你比较感兴趣的某一化工产品的生产过程，说明整个生产由哪几部分构成？你能理解的是什么？不能理解的有哪些？

学习情境一

流体输送过程及设备的选择与操作

教学目标

知识目标:

1. 了解流体输送过程在化工企业中的应用,明确流体输送过程在工业生产中的重要性。
2. 掌握工程上常见的流体输送方案及其应用场合。
3. 了解流体输送管路中的管件与阀件的类型、作用及应用场合,掌握管子规格的确定方法、管路系统的安装原则。
4. 理解描述流体流动规律的连续性方程与柏努利方程的物理意义,掌握应用连续性方程与柏努利方程解题的要点。
5. 理解流体流动阻力的影响因素,了解流动阻力的估算方法,熟悉降低管道流体阻力的方法与措施。
6. 掌握离心泵的结构、工作原理、性能参数,熟悉选型步骤与要点,掌握安装及操作注意事项。
7. 了解其他类型流体输送设备的结构、工作原理、性能参数、应用场合及操作要点。

能力目标:

1. 能根据输送任务确定合适的管子、管件规格,完成管路的安装和调试。
2. 能针对液体输送任务拟定合理的输送方案,并进一步利用柏努利方程确定方案中的工作参数。
3. 对已有的输送案例能进行正确分析与评价,提出优化改进的建议。
4. 能根据输送任务选择合适的流体输送设备并做到正确安装。
5. 能熟练操作离心泵、旋涡泵等液体输送设备,完整规范地做好运行记录;能对操作效果进行正确分析,会根据实际生产的要求在适当范围内对参数进行控制与调节。
6. 会操作往复式、离心式等气体输送设备,会操作水喷射式、水环式真空泵,并能对操作中的不正常现象进行分析和处理。

引 言

化工生产过程所处理的物料,包括原料、中间体和产品,绝大多数是流体(气体和液体),或者是以流体为主的非均相混合物。按照化工生产工艺要求,物料通常需要从—个地方输送到另一个地方,从上一道工序转移到下一工序,从—个设备送往另一个设备,逐步完成各种物理变化和化学变化,才能得到所需要的化工产品。因此,要完成化工生产过程,必须要解决流体输送问题。另一方面,化工生产中的传热、传质及化学反应过程多数是在流体流动状况下进行的,其中流体的流动状况对这些过程的操作费用和设备费用有着很大的影

响,关系到产品的生产成本和经济效益。因此,流体输送问题是化工生产必须解决的基本问题;而合理选择流体输送过程的方案,正确使用流体输送过程的设备是化工生产技术人员和操作技术人员必须具备的基本能力。下面我们基于某石化企业的一个原油输送工程任务完成过程来学习流体输送的有关知识。

工程项目

某石化企业原油输送方案的制订和输送过程的实施

某石油化工企业每小时要将 35t 原油,由原油库区的常压原油贮罐送到炼油蒸馏装置前的电脱盐工段,已知原油贮罐中的最低油位距地面 2.5m,最高油位距地面 14.3m,电脱盐工段的电脱盐罐内油位(液相,满液位)正常距地面最高点 3.5m,电脱盐罐内油面上方的压力为 0.6MPa。油库在电脱盐工段的正西北 150m 处,油库与电脱盐工段之间隔一条厂区主干道。初步估计从油库到电脱盐罐之间的管道总长度在 300m 左右,其间至少需要 20 次拐弯。请设计一套输送方案并完成此输送任务。

图 1-1 是原油贮罐与电脱盐罐之间空间方位图。

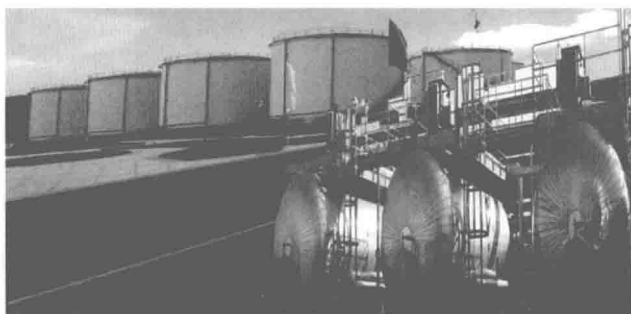


图 1-1 原油贮罐与电脱盐罐之间空间方位图

项目任务分析

将原油从贮罐送到电脱盐工段的电脱盐罐是一个典型的液体输送任务,要完成此输送任务,首先我们必须了解工程上常用的液体输送方案有哪些,在各种方案中要解决的共性和个性问题又有哪些,这个任务应该选用何种输送方案。

任务一 流体输送任务和输送方案的认识

一、化工常见的流体输送任务

化工生产中要完成的流体输送任务主要有三大类:第一类是将流体从低位送到高位;第二类是将流体送往不同的压力设备;第三类是将流体送往不同的位置,最常见的还是这几类输送问题的综合。

观察与思考

【案例 1-1】 酚醛树脂生产工艺中的流体输送问题

图 1-2 是酚醛树脂生产装置的工艺流程图,图 1-3 是工艺过程框图。该生产工艺的核心是原料苯酚和甲醛在碱的存在下于反应釜内进行缩聚反应。常压操作,反应温度控制在 85~92℃ 之间。操作过程中要严格控制原料的投料比。苯酚和甲醛的总投料比为 1:1.78。为了控制聚

合速率和树脂的聚合度，原料甲醛是分批加入反应釜中的，开始投料时投料比为苯酚：甲醛=1：1.34。

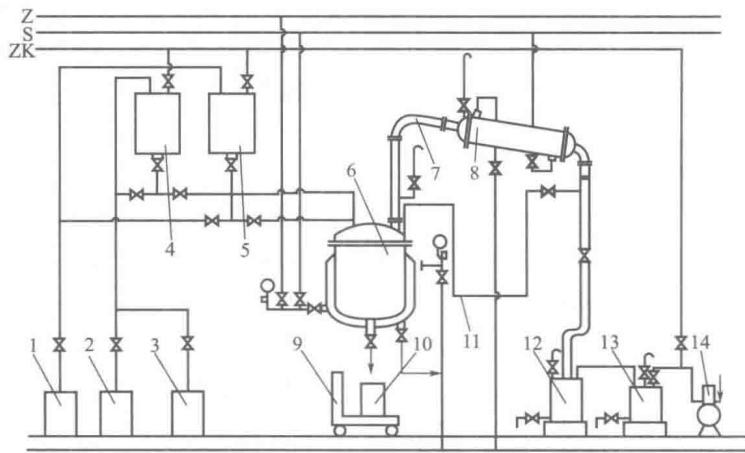


图 1-2 酚醛树脂生产装置工艺流程图

1—熔酚罐；2—甲醛罐；3—碱液罐；4、5—高位计量罐；6—反应釜；7—导气管；8—冷凝器；
9—磅秤；10—树脂桶；11—U型回流管；12、13—贮水罐；14—真空泵；
Z—蒸汽管；S—水管；ZK—真空管

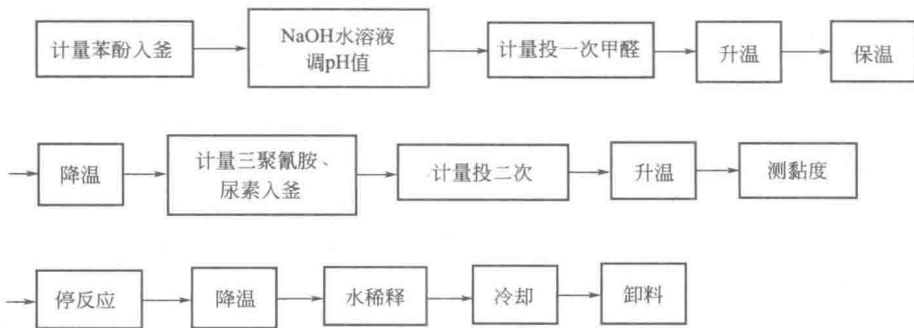


图 1-3 酚醛树脂生产工艺过程框图

思考题

案例 1-1 的图 1-2 中 1—熔酚罐；2—甲醛罐；3—碱液罐中的原料是怎样送入反应釜的？这是哪一类流体输送问题？如果只有管道连接，不采取其他措施能实现输送任务吗？

二、工业常用流体输送方案的认识

为了完成各种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案。目前工业常用的流体输送方案有以下四种。

1. 真空抽料

真空抽料就是通过真空系统造成的负压来实现将流体从一个常压设备送到另一个负压设备的目的。

在案例 1-1（图 1-2）中，常压的熔酚罐 1、甲醛罐 2、碱液罐 3 中的原料是可用真空抽吸的方法送入高位计量罐 4 或 5 中的。具体工作过程是：利用抽真空系统，使高位计量罐 4

或5中的压力低于大气压，再利用常压贮罐液面和与高位计量罐液面之间的压差推动流体从低位流向高位。

真空抽料是化工生产中常用的一种流体输送方法，结构简单、操作方便、没有运动部件，但需要抽真空系统、流量调节不方便且不能输送易挥发性的液体。在连续真空抽料时，下游设备的真空度必须满足输送任务的流量要求，还要符合工艺生产对压力的要求。

这里要解决的问题：

- ① 什么是真空度？下游设备的真空度为多大才能既完成输送任务又满足工艺要求？
- ② 下游设备的真空度是如何建立的？建立真空系统需要哪些设备？

2. 高位计量罐送料（位差输送）

高位计量罐送料就是利用容器、设备之间存在的位差，将高位设备的流体直接用管道送到低位设备。当工程上需要稳定流量时，常常是先将液体加到高位计量罐（精细化工生产中用得较多的是高位计量罐）再由高位计量罐向反应釜等设备加料。

在酚醛树脂生产的工艺流程图 1-2 中，反应釜 6 的加料就是利用高位计量罐 4、5 来维持的。

这里要解决的问题：

高位计量罐与反应釜之间的垂直位差为多大时才能保证所需的稳定流量？

3. 流体输送机械送料

流体输送机械送料是化工厂中最常见的流体输送方式，它是借助流体输送机械对流体做功，实现流体输送的目的。在案例 1-1 中，常压的熔酚罐 1、甲醛罐 2、碱液罐 3 中的原料也可用输送机械送料的方法送入高位计量罐 4 或 5 中。

【案例 1-2】 图 1-4 是某厂合成气净化车间脱硫工序流程图。来自气柜的含有硫化氢的半水煤气是依靠鼓风机送入脱硫塔底部，气体在塔内依靠压差自下而上流动，脱除硫化氢后的气体则由顶部排出送至下一工序。地面上的常压循环槽中吸收剂栲胶溶液（贫液）是借助离心泵输送到脱硫塔顶部，吸收剂栲胶溶液在塔内自上而下流动，与气体逆流接触。这里的离心泵是典型的液体输送机械，鼓风机则是典型的气体输送机械，统称流体输送机械。

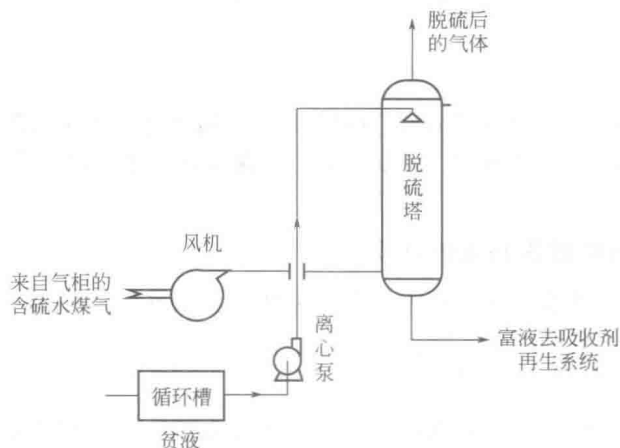


图 1-4 流体输送机械送料示意图

在案例 1-2 中流体输送机械的类型很多，每一种类型的输送机械又有不同的型号。那么