

中 等 职 业 教 育 教 材

化工生产基础

天津翔宇科技贸易学校 王奇 主编

43



化学工业出版社
教材出版中心

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

化工生产基础/王奇主编. —北京: 化学工业出版社,
2001.1

中等职业教育教材
ISBN 7-5025-2519-X

I. 化… II. 王… III. 化工工程-中等教育: 职业
教育-教材 IV. TQ02

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 49181 号

中等职业教育教材

化工生产基础

天津翔宇科技贸易学校 王 奇 主编

责任编辑: 何曙霓

责任校对: 凌亚男

封面设计: 田彦文

*

化学工业出版社
教材出版中心 出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010)64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷厂印刷

三河市延风装订厂装订

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 19½ 字数 477 千字

2001 年 1 月第 1 版 2004 年 7 月北京第 4 次印刷

ISBN 7-5025-2519-X/G·686

定 价: 28.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

本书是依据全国化工技工学校教学指导委员会 1996 年制订的第二轮教材——《化工生产基础》教学大纲编写的。《化工生产基础》是化工工艺专业和其他相关专业的技术基础课。

结合当前教育改革，本书和第一轮教材相比作了较大改变，具有以下几个特点。第一，全面、清晰地阐述化工生产基本规律，使学生掌握较充实的化工生产基本知识，做到基础宽，适应广。第二，根据主要的化工操作，精选教学内容，培养学生运用理论知识指导生产操作、分析解决实际问题的能力。第三，实行理论讲授和操作训练相互融汇的同步教学模式。第四，尽量引用新技术、新工艺，全面使用法定计量单位。

本书是全国中等职业教育的统编教材。书中涉及到配套的教学录像片将由天津市翔宇科技贸易学校在近期内制成，可供各校选用。在标题前加有 * 的部分，系选学内容，各校可根据本地区的实际需要决定是否讲授。本书也可供相关的职业学校或职工培训参考选用。

本书的第一、三、九、十、十一章由天津市翔宇科技贸易学校（原化学公司技工学校）王奇编写，第二、六章由陕西省石油化工高级技工学校赵育祥编写，第四、五、七、八章由天津市翔宇科技贸易学校宋亚莉编写。全书由王奇主编，广西柳州化工技工学校李社全主审。参审人员有：吉林化工技工学校陈性永、福州第二化工集团公司技工学校朱玉祥、四川省化工技工学校温春华、南京化工集团公司技工学校林瑜、铜陵化工集团公司技工学校赵克荣。在编写过程中，得到了许多单位和同志的热情支持，天津、柳州的一些工程技术人员帮助审稿，提供资料，提出了很好的建议；王骏同志协助提供了大量与生产有关的资料，在此一并表示衷心感谢。

由于水平有限，书中不妥之处，敬请广大教师、读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 化工生产概论	1
第一节 化学工业与化工生产过程	1
第二节 化工生产过程的基本组成规律	3
一、单元操作和单元反应	3
二、化工生产过程的三个基本步骤	5
三、化工生产过程中的两种转换——物质转换与能量转换	6
【技能训练1-1】 分析化工生产过程的基本组成	8
第三节 化工生产过程的有关基本概念	10
一、相和相变	10
二、过程的平衡关系和过程速率	12
三、物料计算和能量计算	13
四、化工生产中的常用指标	15
第四节 化工生产常用的量和单位	16
一、量和单位	16
二、法定计量单位	17
三、化工生产常用的法定计量单位	17
四、法定计量单位的使用规则	19
五、常用单位的换算	19
习 题	21
第二章 流体的输送	23
第一节 流体力学	23
一、流体的主要物理量	23
二、流体静力学	25
【技能训练2-1】 压强计和液位计使用练习	28
三、流体动力学	28
【技能训练2-2】 流量计使用练习	29
第二节 液体输送机械	34
一、离心泵及其操作训练	34
【技能训练2-3】 离心泵结构的认识	39
【技能训练2-4】 离心泵安装训练	40
【技能训练2-5】 离心泵操作训练	41
【技能训练2-6】 离心泵特性曲线的测定	44
二、其他类型泵	46
【技能训练2-7】 旋涡泵操作训练	48
第三节 气体的压缩和输送机械	49

一、往复式压缩机及操作	50
【技能训练2-8】 往复式压缩机操作训练	57
二、离心式压缩机	64
【技能训练2-9】 离心式压缩机操作训练	68
三、其他类型的气体输送机械	70
习 题	71
第三章 非均相物系分离	73
第一节 有关基本概念	73
一、均相物系和非均相物系	73
二、非均相物系的分离	73
第二节 液—固分离	74
一、沉降法液—固分离	74
二、过滤法液—固分离	76
【技能训练3-1】 板框压滤机的操作	81
【技能训练3-2】 转鼓真空过滤机的操作	82
三、离心分离法	83
【技能训练3-3】 离心机的操作	85
四、液—固分离设备的比较	88
第三节 气—固分离	89
一、沉降法气—固分离	89
二、过滤法气—固分离	90
三、湿法（洗涤除尘法）	90
四、静电除尘法	92
五、气—固分离设备的比较	92
习 题	93
第四章 传热	96
第一节 传热基本原理	96
一、有关的基本概念	96
二、传热的三种基本方式	98
三、工业上的换热方法	104
第二节 间壁式换热器的原理及操作	105
一、间壁式换热器传热原理	105
二、传热过程的热量衡算	107
三、传热速率方程式的计算与应用	110
【技能训练4-1】 列管换热器传热系数的测定	117
四、换热器的操作技能训练	119
【技能训练4-2】 列管换热器结构的认识	119
【技能训练4-3】 列管换热器操作训练	122
第三节 换热设备及其维护方法	123
一、换热器的种类和性能	123

二、换热器的维护与检修	126
※第四节 加热方法与冷却方法	127
一、加热	127
二、冷却	127
第五节 设备与管路的保温	128
一、保温的意义和目的	128
二、保温的内容和技术要求	128
三、保温的施工操作和日常维护	129
【技能训练4-4】 保温的认识与维护	130
※冷冻简介	131
习 题	131
第五章 蒸发	135
第一节 单效蒸发	136
一、单效蒸发的基本原理和流程	136
二、单效蒸发的计算	136
第二节 多效蒸发	140
一、多效蒸发原理	140
二、多效蒸发流程	141
三、提高蒸发器生产强度的途径	142
【技能训练5-1】 多效蒸发的操作	142
第三节 蒸发设备	144
一、蒸发器的基本结构	144
二、蒸发器的种类和性能	144
三、蒸发装置中的辅助设备	149
※闪蒸简介	150
习 题	150
第六章 吸收	152
第一节 吸收的基本原理	152
一、汽-液相平衡关系	152
二、吸收过程的机理	154
三、吸收速率方程式	155
四、吸收过程的计算	157
五、影响吸收操作的因素	159
六、解吸	160
第二节 吸收设备	160
一、填料塔	160
二、其他类型吸收设备	163
第三节 吸收操作技能训练	164
一、填料塔吸收操作技能训练装置	164
二、填料塔吸收操作技能训练	165

【技能训练6-1】 填料吸收塔的操作	165
【技能训练6-2】 填料吸收塔几项特性的测定	169
习 题	174
第七章 蒸馏	175
第一节 蒸馏的基本概念与分类	175
一、基本概念	175
二、蒸馏在化工生产中的应用	175
三、蒸馏操作的分类	176
第二节 蒸馏基本原理和简单蒸馏	176
一、溶液的汽-液平衡关系	176
二、 T - x (y) 图和 y - x 图	178
三、非理想溶液的汽-液相平衡	181
四、简单蒸馏的原理及流程	182
第三节 精馏原理与流程	184
一、精馏原理	184
二、精馏流程	186
三、精馏过程的基本计算	187
第四节 精馏设备	190
一、常用板式塔的结构	191
二、几种典型板式塔	192
【技能训练7-1】 精馏塔种类与结构的认识	193
第五节 精馏的操作	195
一、精馏的基本要求和操作方法	195
二、精馏操作技能训练	197
【技能训练7-2】 精馏塔的操作	197
第六节 特殊蒸馏	201
一、水蒸气蒸馏	202
二、共沸蒸馏	202
三、萃取蒸馏	203
※液-液萃取简介	204
习 题	204
第八章 结晶	208
第一节 结晶的基本原理	208
一、溶解度与溶液的过饱和度	208
二、结晶过程	212
第二节 结晶方法和设备	213
一、结晶方法	213
二、结晶设备	214
第三节 结晶的操作	218
一、结晶操作的基本要求和方法	218

二、结晶操作训练·····	218
【技能训练8-1】 结晶器的操作 ·····	218
※液体搅拌简介·····	220
习 题·····	221
第九章 固体物料的处理·····	223
第一节 固体物料的干燥·····	223
一、固体物料干燥概述·····	223
二、干燥过程的原理·····	224
三、干燥设备·····	230
※固体流态化简介·····	233
四、干燥的操作·····	234
【技能训练9-1】 气流干燥器的认识与操作 ·····	234
第二节 固体物料的粉碎·····	236
一、粉碎基本概念·····	236
二、粉碎方法·····	237
三、粉碎设备·····	237
第三节 固体物料的筛分·····	239
一、基本概念·····	239
二、常用筛分设备·····	240
第四节 固体物料的输送·····	241
一、带式输送机·····	242
二、斗式输送机·····	242
三、螺旋输送机·····	242
四、气力输送机械·····	243
【技能训练9-2】 粉碎、筛分和固体输送设备的认识 ·····	243
习 题·····	244
第十章 单元反应简介·····	246
第一节 单元反应的类型·····	246
一、按相态划分的基本反应类型·····	246
二、按反应器型式分类·····	251
三、反应类型的认识 and 比较·····	252
【技能训练10-1】 反应类型及常用反应器的认识 ·····	253
第二节 几种典型单元反应·····	254
一、在槽式反应器内进行的液—固相反应——磷矿酸解·····	254
二、在塔式反应器内进行的气—液相反应——乙醛氧化·····	256
三、在固定床反应器内进行的气—固相催化反应——二氧化硫氧化·····	260
四、在管式反应器内进行的气相反应——烃类裂解·····	262
第三节 单元反应的操作·····	263
一、反应操作的基本要求和 method·····	263
二、单元反应操作技能训练·····	264

【技能训练10-2】 乙醛氧化反应的操作	264
习 题	266
第十一章 化工生产过程的整体控制	269
第一节 生产过程启动的整体控制	269
一、工程验收	270
二、投运准备	270
三、系统开车	272
第二节 生产正常运行的整体控制	272
一、生产正常运行整体控制的要求和方法	272
二、用计算机进行生产运行整体控制	273
第三节 生产装置停车与检修的整体控制	275
一、生产装置的停车	275
二、生产装置的检修	276
第四节 生产过程整体控制技能训练	277
【技能训练11-1】 化工生产过程的启动和运行	277
习 题	278
附录	280
一、水的物理性质	280
二、液体的粘度和在 293K 时的密度	281
三、气体在常压下的粘度	282
四、常用泵的规格	283
五、比热容列线图	287
六、液体汽化潜热列线图	289
七、饱和水蒸气表（按压力排列）	290
八、饱和水蒸气表（按温度排列）	292
九、管板式换热器系列标准摘录（摘自 JB/T 4714、4715—92）	293
十、无机溶液在大气压下的沸点	294
十一、某些双组分混合物在 101.3kPa（绝压）下的汽液平衡数据	295
十二、国内生产的部分离心机技术参数	296
主要参考资料	297

第一章 化工生产概论

化工生产基础课的任务是学习化工生产的基础知识和基本操作技能，为学习专业课打好基础。化工生产知识的范围较广，本书着重讨论化工生产过程的基本知识，包括主要单元操作、单元反应和化工生产过程控制的基本知识，以适应从事生产操作的需要。本章概括地介绍化工生产过程的有关基本概念和基本规律，为学习以后各章做好准备。

第一节 化学工业与化工生产过程

“化工”，是“化学工业”、“化学工艺”以及“化学工程”的简称。本书所说的“化工”，主要指化学工业。

以天然物质或其他物质为原料，通过化学方法和物理方法，使其结构、形态发生变化，生成新的物质，制成生产资料和生活资料的工业，称为化学工业。例如，合成氨工业，以煤或石油、天然气等物质为原料，经过化学方法和多种物理方法加工处理后制成氨，不仅使物质形态发生了变化，而且物质结构也发生了变化，生成了新的物质，因此，它是化学工业。棉纺织工业则不是化学工业，因为棉花纺成纱、织成布，物质形态虽发生了很大变化，但结构并未改变，没有新的物质生成。

化学工业是国民经济的重要部门，它不仅和人民生活息息相关，而且对国家的现代化建设以及人类的生存和发展，起着重要的作用。农业现代化需要化学工业提供化肥、农药和其他农用化学品；国防现代化需要化学工业为先进军事技术装备提供各种新型材料；科学技术现代化需要化学工业提供许多尖端材料，像微电子技术所需的高纯试剂、信息技术所需的显示和记录材料等都是化学工业提供的。当前，人类面临的一个突出问题是存在着资源、能源、环境等危机，解决这些问题的根本途径也有赖于化学工业。核能的利用为解决能源危机开辟了广阔的前景。核能工业与化学工业的关系非常密切，不仅核能工业的许多重要材料要靠化学工业提供；而且提取核燃料、核材料的过程就是一种化学分离过程。总之，化学工业已经并将继续为国家的现代化建设和人类的生存发展做出重大贡献。

化学工业的这些作用要通过化工生产过程来实现。化工生产过程主要指从原材料进入化工生产装置、经过物理方法和化学方法的加工到制成合格产品的过程^①，也称化工工艺过程。化工生产过程对化工企业创造物质财富起着决定性作用，是构成化工企业的主体。

化学工业的性质决定了化工生产过程具有下述四个特点。

1. 生产过程连续性和间接性

化工生产是通过一定的工艺流程来实现的，属于流程型生产。工艺流程指的是以反应设备为骨干，由系列单元设备通过管路串联组成的系统装置。

图 1-1 所示的是硫黄制硫酸的工艺流程。这个工艺流程是以焚硫炉、转化器和吸收塔等

^① 严格地说，化工生产过程是从原料进入生产领域到产出合格产品的全过程，除上文中讲的化工工艺过程外，还包括运输、储存、商品的补充加工、包装等，而工艺过程是基本生产过程。为便于学习，本书所述化工生产过程即指化工基本生产过程。

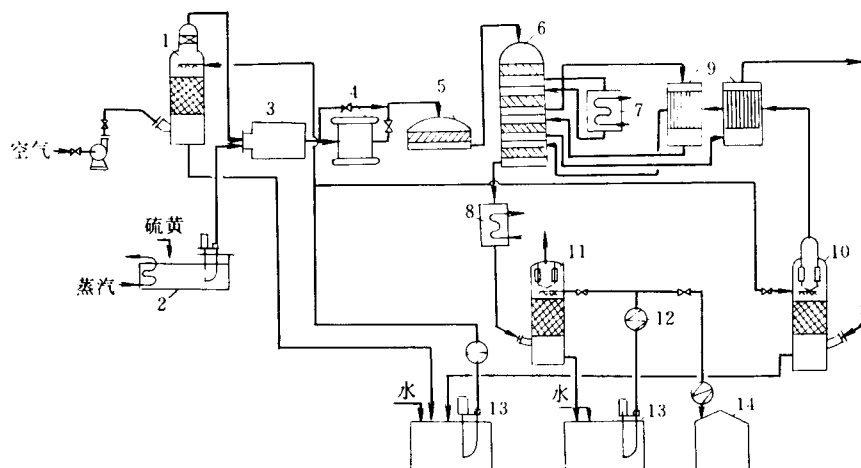


图 1-1 硫黄制硫酸工艺流程示意图

1—干燥塔；2—熔硫槽；3—焚硫炉；4—废热锅炉；5—过滤器；6—转化器；7—过热器；8—SO₃ 冷却器；
9—热交换器；10—中间吸收塔；11—最终吸收塔；12—酸冷却器；13—循环槽；14—成品酸贮罐

三个反应设备为骨干，将一系列单元设备通过管路组合串联构成的一套系统装置。硫黄、空气和水只有按着这个流程运行，才能制成硫酸。这样的生产被视为典型的流程型生产。

流程型生产一般具有连续性和间接性。连续性体现在两个方面：第一，空间的连续性，生产流程是一条连锁式的生产线，各个工序紧密衔接，首尾串通，无论哪个工序失调，都会导致整个生产线不能正常运转；第二，时间的连续性，生产长期运转，昼夜不停，各个班次紧密衔接，无论哪班出故障，都会影响整个生产过程的正常运行。间接性则体现在操作者一般不和物料直接接触，生产过程在密闭的设备内进行，对物料的运行变化看不见，摸不着，操作人员要借助管道颜色识别物料，靠检测仪表、分析化验，了解生产情况，用仪表或计算机控制生产运行。

2. 生产技术的复杂性和严密性

复杂性 化工的工艺流程多数比较复杂，而且发展趋势是复杂程度越来越高。当今的基础化学工业正朝着大型化和高度自动化发展；而应用化学工业正朝着精细化、专用化、高性能和深加工发展。

严密性 由于化学反应对其应具备的条件要求非常严格，每种产品都有一套严密的工艺规程，必须严格执行，否则不仅制造不出合格产品，还会造成事故。

3. 原料、产品和工艺的多样性

目前我国生产的化工产品约有 4 万多种，全世界约有 5 万种以上，这个数字还在迅速增加。化工生产可以用不同原料制造同一产品，也可用同一原料制造不同产品。化工产品一般都有两种以上的生产工艺。即使用同样原料制造同一种产品，也常有几种不同的工艺流程。

4. 安全生产的极端重要性

有些化学反应或物理变化要在高温、高压、真空、深冷等条件下进行，有许多物料具有易燃、易爆、有毒等性质，这些特点决定了化工生产中的安全极其重要。学习化工生产知识，要特别注意学习掌握安全生产的知识和技能。

化工生产过程的运行要依靠良好的操作。化工操作是指在一定的工序、岗位对化工生产装置和生产过程进行操纵控制的工作。对于化工这种靠设备作业的流程型生产，良好的操作

具有特殊重要性。因为流程、设备必须时时处于严密控制之下，完全按工艺规程运行，才能制造出人们需要的产品。大量实践说明，先进的工艺、设备只有通过良好的操作才能转化为生产能力。在设备问题解决之后，操作水平的高低对实现优质、高产、低耗起关键作用。很多工业发达国家对化工操作人员的素质都极为重视。我国对化工操作人员的素质要求已做出明确规定。《化工工人技术等级标准》等文件指出：化工主体操作人员从事以观察判断、调节控制为主要内容的操作，这是以脑力劳动为主的操作，这种操作，作业情况复杂，工作责任较大，对安全要求高，要求操作人员具有坚实的基础知识和较强的分析判断能力。

第二节 化工生产过程的基本组成规律

化工生产过程种类繁多，很难完全掌握。但各种生产过程都有着共同的基本组成规律，掌握了这种规律，就可以了解化工生产过程的概貌。其基本组成规律主要有：

第一、化工生产过程是由若干单元操作和单元反应等基本加工过程构成的，它们如同化工生产过程的“构件”；

第二、化工生产过程是由原料的预处理、化学反应和反应产物加工这三个基本步骤构成的；

第三、化工生产过程贯穿着两种转换，即物质转换和能量转换。

一、单元操作和单元反应

进一步分析图 1-1 并对照图 1-2，可以看出，硫黄制酸生产过程是由一系列基本加工过程构成的。其中：焚硫、转化、吸收是进行化学反应的基本加工过程；熔硫、气体输送、气体干燥、过滤、换热则是用物理方法处理物料的基本加工过程。

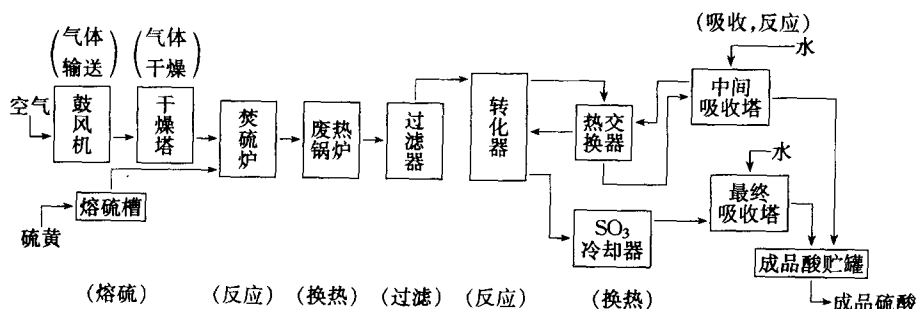


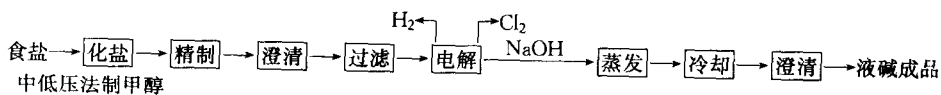
图 1-2 硫黄制硫酸框式流程示意图

再如，烧碱、甲醇、尿素等产品的生产过程（见图 1-3）也是由若干基本加工过程组成的。这些生产过程虽生产着不同的产品，但都有许多相同或相似的基本加工过程。如硫酸和尿素的生产过程都有“吸收”，其所用设备都是吸收塔，原理和作用是一样的。烧碱和尿素的生产过程都有“蒸发”，所用设备都是蒸发器。尿素和甲醇的生产过程都有“压缩”，所用设备都是压缩机。

以上这些相同或相似的基本加工过程就是单元操作或单元反应。在化工生产过程中，具有共同特点，遵循共同的物理学或化学规律，所用设备相似，作用相同的基本加工过程称为单元操作或单元反应，其中具有物理变化特点的基本加工过程称为单元操作（也叫物理过程）；具有化学变化特点的基本加工过程称为单元反应（也叫单元过程或化学过程）。

单元操作和单元反应为数并不多，加起来不过几十种，但它们能组合成各种各样的化工生产过程，就像26个英文字母能组合成无数的词句和文章一样。常用的单元操作有18种，

隔膜电解法制烧碱



合成气

B₂CO₂

CO

全循环法制尿素

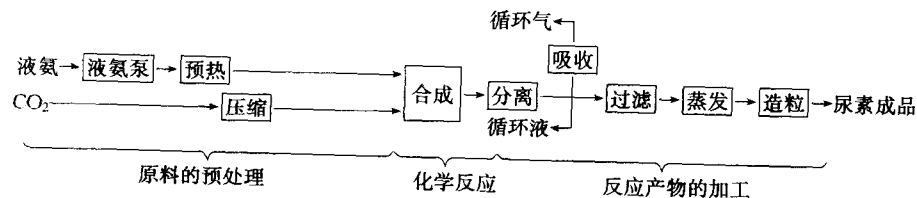


图 1-3 烧碱、甲醇、尿素三种工艺框式流程图

如表 1-1 所示，按其性质、原理可分为五种类型。

表 1-1 常用单元操作 (18 种) 一览表

类 别	名 称		作 用	设备举例
流体流动过程	流体输送	液体输送	把液体物料从一处输送到另一处	泵
		气体输送	把气体物料从一处输送到另一处	风机
		气体压缩	提高气体压力，克服输送阻力	压缩机
	非均相物系分离	沉降	用沉降的方法把悬浮颗粒从液体或气体中分离出来	沉降槽
		过滤	用多孔物质阻挡固体颗粒，使之从气体或液体中分离出来	过滤机
		离心分离	在离心力作用下，分离悬浮液或乳浊液	离心机
传热过程	固体流态化	用流体使大量固体颗粒悬浮而具有流体特点	流化床反应器	
	传热	使物料升温、降温或改变相态	换热器	
	蒸发	用气化的方法，使非挥发性物质的稀溶液浓缩成较浓的溶液	蒸发器	
	结晶 ^①	使溶质成为晶体，从溶液中析出	结晶器	
传质过程	蒸馏	通过汽化和冷凝将液体混合物分离	精馏塔	
	吸收	用液体吸收剂将气体混合物分离	吸收塔	
	萃取	用液体萃取剂将液体混合物分离	萃取塔	
	干燥 ^①	一般指用加热气化的方法除去固体物料所含水分	干燥器	
热力过程	冷冻	将物料温度降到比常温低的操作	冷冻循环装置	
机械过程	粉碎	在机械外力作用下，使固体颗粒变小	粉碎机	
	筛分	将固体颗粒分为大小不同的部分	网形筛	
	固体输送	把固体物料从一处输送到另一处	皮带运输机	

① 结晶过程也有传热，干燥过程也有传质，这两类单元操作

① 结晶过程也有传热，干燥过程也有传质。这两种单元操作也可归类于“热质传递过程”。

(1) 流体流动过程的单元操作 遵循流体动力学规律进行的操作过程，如液体输送、气体输送、气体压缩、过滤、沉降等。

(2) 热量传递过程的单元操作 遵循热量传递规律进行的操作过程，也叫传热过程，如传热、蒸发等。

(3) 质量传递过程的单元操作 物质从一个相转移到另一个相的操作过程，也叫传质过程，如蒸馏、吸收、萃取等。

(4) 热力过程的单元操作 遵循热力学原理进行的单元操作，如冷冻等。

(5) 机械过程的单元操作 靠机械加工或机械输送进行的单元操作，如粉碎、固体输送等。

本书将逐一介绍相关的 18 种常用单元操作。在深入讨论前,要先有个大致了解,以做到能通过查表识别单元操作的名称和类型。

【例题 1-1】 查表指出隔膜电解法制烧碱工艺流程中两个原料处理岗位(例题 1-1 图)各是什么单元操作,属于哪种类型?

第一个岗位,从上一岗位送来含有大量悬浮物的盐水混合液,在这里利用悬浮物重于盐水的特点,靠重力作用使悬浮物沉降,与清液分层。然后将杂质排出,将盐水澄清液,送往下一个岗位。

第二个岗位,从上一岗位送来的澄清液,仍含有一些微小的悬浮物。本岗位用砂滤器将这些微小的悬浮物分离出来,成为更纯净的精盐水,送往下一工序。

解 第一岗位的作用是靠重力使悬浮物沉降,把悬浮物从液体中分离出来。查表 1-1,为沉降单元操作,属于流体流动过程。

第二岗位的作用是用多孔物(砂滤器)把微小颗粒阻挡并分离出来。查表 1-1,为过滤单元操作,属于流体流动过程。

二、化工生产过程的三个基本步骤

从图 1-3 可以看出,烧碱、甲醇、尿素等三种工艺流程都是由原料预处理、化学反应(主反应)、反应产物加工三个基本步骤组成的。化工生产过程一般都包括这三个基本步骤。

(1) 原料预处理 将原料进行一系列的处理,达到化学反应所要求的状态。

(2) 化学反应 使反应物在反应器内发生化学变化,生成新的物质。

(3) 反应产物加工 将反应产物进行一系列加工,制成符合质量要求的成品,同时将未反应的原料、副产物和暂不需要的“废料”回收处理。

这三个步骤又都是由若干个单元操作和单元反应构成的。原料预处理和反应产物加工主要是由单元操作构成,有时也有一些化学反应;化学反应步骤主要是由单元反应构成,有时伴随有物理过程,如有的反应器附有搅拌。

三个基本步骤是化工生产过程的主干。了解一个生产过程,首先应分析它的三个基本步骤,抓住主干,然后进一步分析各基本步骤中的单元操作或单元反应,这样就能清晰地了解整个生产过程。

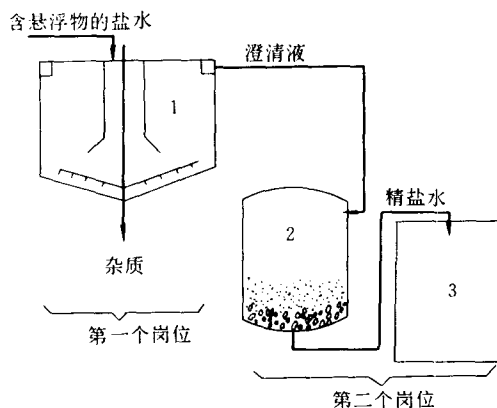
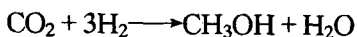
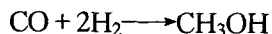
【例题 1-2】 辨别中低压法制甲醇工艺过程的三个基本步骤。

要求 先看中低压法制甲醇工艺流程示意(例题 1-2 图)、框式流程示意图(图 1-3)和下面的流程简介,然后做两个练习题:

(1) 在流程图下方标注三个基本步骤;

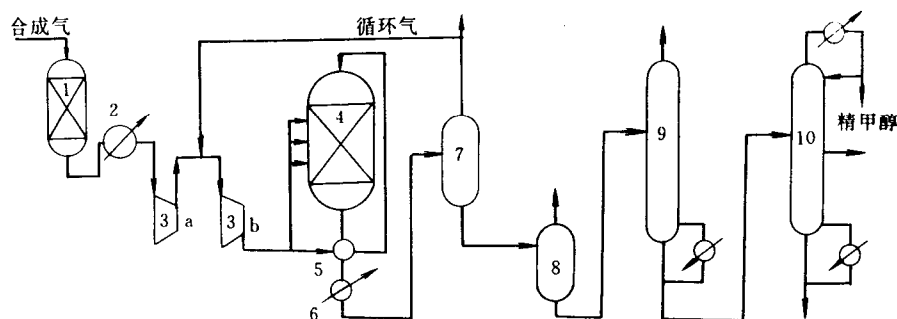
(2) 填写三个基本步骤简表(表 1-2)。

流程简介 中低压法制甲醇通过 CO 和 CO₂ 加氢制得,反应式为:



例题 1-1 图

1—沉降器; 2—砂滤器; 3—精盐水贮槽



例题 1-2 图 中低压法制甲醇工艺流程示意

1—脱硫器；2—水冷器；3—压缩机；4—合成塔；5—换热器；6—水冷器；
7—分离器；8—闪蒸罐；9—脱醚塔；10—主精馏塔

原料为按一定比例配制的 CO 、 CO_2 与 H_2 的混合物，称为合成气。从流程示意图知，管道送来的配备好的合成气进入脱硫器 1 脱硫净化，再经冷却器 2 冷却后，送入压缩机 3a 初步压缩，然后与返回的循环气混合送入压缩机 3b 进一步压缩达到反应要求的压力。压缩后的合成气送入换热器 5 与从合成塔出来的气体换热，换热后温度达到反应要求的温度 ($513 \sim 543\text{K}$)，成为符合反应条件的合成气。

从换热器出来的合成气进入合成塔 4，在一定温度、压力和催化剂的作用下， H_2 与 CO 、 CO_2 发生反应生成甲醇，同时生成副产品，从合成塔出来的反应气是甲醇、副产品和未反应原料气的混合物。反应气经换热器 5 初步降温后进入冷却器 6，得到液态粗甲醇，然后进入分离器 7 将气体分离出去，未反应的气体（循环气）返回压缩机，液态粗甲醇进入闪蒸罐 8，脱除部分溶解气体后进入脱醚塔 9，从塔顶脱除二甲醚等轻组分杂质，塔底出来的液体送入主精馏塔 10 进行精馏，由塔顶得到纯度为 99.85% 的合格精甲醇。

解 分析流程图和流程简介，此工艺流程的三个基本步骤划分如下。

(1) 原料预处理步骤为原料合成气→净化→冷却→压缩→换热，制成符合反应条件的合成气。

(2) 化学反应步骤为合成，在合成塔内进行加氢反应，生成甲醇，也生成副产品。

(3) 反应产物加工步骤为从合成塔出来的混合气→换热→冷却→分离→闪蒸→脱醚→精馏，制成合格的精甲醇。

在图上标注及填表，由学生完成。

表 1-2 中低压法制甲醇工艺流程的三个基本步骤简表

序号	步 骤	包括的单元操作和单元反应	达 到 目 的
1			
2			
3			

三、化工生产过程中的两种转换——物质转换与能量转换

所有化工生产过程都是物料转换与能量转换相伴进行的过程，这是化工生产的一个重要

规律。这个规律是由化学工业的性质所决定的。化学工业要使物质的结构、成分、形态发生变化，生成新的物质，这些变化就是物质转换。而各种物质转换，不论是物理变化还是化学变化，都伴随着能量转换。

单元操作进行的物理过程都和能量转换紧密联系，如液体输送要消耗电能，粉碎要消耗大量机械能，蒸馏、蒸发要消耗大量热能。单元反应进行的化学过程也都伴随着能量转换，有的化学反应要输入能量，有的化学反应要输出能量。如电解反应要输入大量电能，生产 1t 100% 烧碱要耗电 2580kWh。硫黄制硫酸则要放出能量，每燃烧 1mol 硫黄要放出 297kJ 的热量，燃烧 1t 硫黄放出的热量可生产压力为 3MPa 的蒸气 3.4t。因此有的硫黄制硫酸工艺过程安装了余热发电装置，以使反应放出的热量得到有效利用。

在生产中，要运用“两种转换”的规律来指导化工操作，以较少的物料消耗和能量消耗生产出优质的产品。那么，怎样用“两种转换”的规律指导化工操作呢？要抓住“了解”与“控制”两个环节，从以下三方面入手。

1. 了解物料运行的状况

物料运行通常有下列三种表现形式。

(1) 物料的输入和输出 输入的有原料和辅助材料；输出的有产品、中间产品、副产品和“废料”。

(2) 物料的变化 物料在装置中发生化学变化和物理变化。

(3) 物料的循环 有些反应过程，反应物不可能完全转化成产物，因此，要将那些没有转化的反应物循环使用。

2. 了解能量运行的情况

能量的运行也包括输入、转换和输出三种表现形式。能量的输入一般包括随物料带进的能量和外加能量，而外加能量则表现为向生产装置供给水、电、汽、气、冷等五种动力资源。

(1) 水 指用于动力的水，如加热与冷却用的水。

(2) 电 包括用电力驱动生产设备，将电能转换为机械能；用电直接参与化学反应过程，如电解。

(3) 汽 指水蒸气。

(4) 气 指用于动力的压缩空气和仪表用气。

(5) 冷 指低温操作所需的冷量。

这五种动力资源一般由工厂公用工程部门负责供给，即深井、电站、锅炉、空压站、制冷站等。操作人员要经常了解以上各种运行状况，并且要通过物料计算和能量计算来掌握其数量，以便根据实际状况有效地操作。

3. 控制物料、能量的运行

严格控制工艺指标，经常对各项工艺指标进行综合分析，以判断物料运行状况和能耗情况；尤其要严格控制反应物转化为生成物的转换程度，根据转换程度的工艺参数，准确地判断是否达到了反应终点，以决定能否将物料转入下一工序。

综上所述，化工生产基本组成规律可以概括如下。

●文字表述 化工生产过程的表现形式是由若干单元操作和单元反应串联组成的一套工艺流程，通过三个步骤，进行两种转换，将化工原料制成化工产品。

●图示 用图 1-4 可以清晰地说明化工生产过程的概貌。

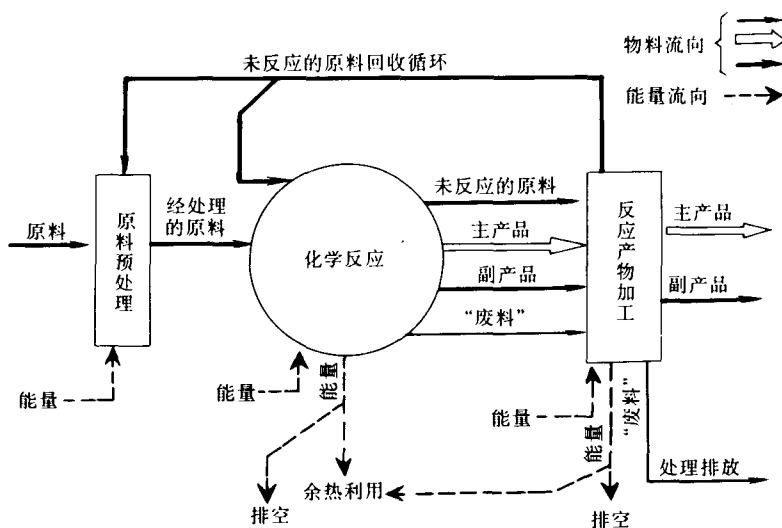


图 1-4 化工生产过程概貌示意图

●分析运用 运用化工生产基本组成规律分析实际生产过程的概貌，对今后工作具有重要的实际意义。当接触到一个新的生产过程时，先了解其概貌，就能迅速熟悉整个生产过程，并能在生产操作时深刻理解局部和全局的关系，提高操作的效率。

【技能训练1-1】 分析化工生产过程的基本组成

本次训练包括两部分：第一部分，观看录像片中单元操作简介，然后进行辨别单元操作的练习；第二部分，观看录像片中烧碱生产过程简介，然后进行分析化工生产过程基本组成的练习。

有条件的学校可到一个工艺较典型的化工生产车间参观，然后进行分析化工生产过程基本组成的练习。

●训练设备器材

(1) 教学录像片《化工生产过程的基本组成》。

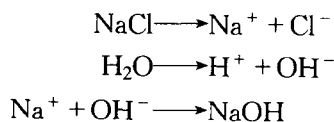
(2) 隔膜电解法制烧碱工艺流程挂图。

●相关技术知识

隔膜电解法制烧碱生产过程简介。

隔膜电解法制烧碱的原料是食盐，主产品为烧碱（NaOH），副产品为氯气（Cl₂）和氢气（H₂）。生产基本原理是：将直流电通入隔膜电解槽的食盐水溶液，发生离子迁移和放电现象，使食盐分解为 NaOH、H₂ 和 Cl₂。

主要反应式为：



●本工艺流程的三个基本步骤

(1) 原料预处理步骤是盐水精制。它的任务是将工业食盐中含有的钙、铁、硫酸根等离子和机械杂质除去，制成符合电解反应条件的精盐水。主要单元操作有：化盐，将食盐溶解