

81.18
172
C.2

化学工业知识丛书

化 工 机 械

卢 焰 謝丰毅 編

中国工业出版社

根据化学工业部高揚部长的指示，为适应化学工业的迅速发展，并給从事化学工业各級领导干部和一般工作人员提供必要的化工生产技术知識，特組織有关单位（或个人）編写这套“化学工业知識丛书”。

在这套丛中，除編写綜合介紹化学工业的“化学工业概論”外，还按化工各重点行业或某些重要品种組織編写若干专业分册的基本知識书，计划在1964—1965年陸續編輯出版。

本书是丛书中的一册，介紹化学工业通用的典型机器和设备。包括流体輸送机械、固体輸送机械、固体粉碎机械、换热器、蒸发器、結晶器、干燥设备、冷冻及深度冷冻设备、除尘除雾设备、沉降及过滤设备、塔设备、反应器、貯槽、高压容器、化工机械材料各章。

每章叙述主要类型的机器设备的作用原理、結構、用途以及优缺点比較等。

本书主要供化学工业部門的领导干部和一般工作人员参考，也可供化工厂操作工、化工技工学校、中等专业学校师生参考。

本书編写工作曾获得化工部化工机械研究所领导的支持，并承陆煥章同志、楊光华同志、沈复同志审閱。

化学工业知識丛书
化 工 机 械
卢 焰 謝丰毅 編

*

化学工业部图书編輯室編輯（北京安定門外和平北路四号楼）

中国工业出版社出版（北京佟麟閣路10号）

北京市书刊出版业营业許可証出字第110号

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

*

开本 $787 \times 1092\frac{1}{32}$ ·印张 $9\frac{1}{4}$ ·字数162,000

1964年10月北京第一版·1964年10月北京第一次印刷

印数0001—9,200·定价(科四)0.95元

*

統一书号：15165·3492（化工-314）

序

目前化学工业部門有些工作人員和领导干部由于缺乏必要的化工生产技术知識，而感到工作困难。“化学工业知識丛书”就是为帮助这些同志取得化工专业基本知識而編写的。

化学工业部图书編輯室着手編輯这部丛书已經有一年多的時間了。編輯室的同志們在拟制編輯方案、邀請专家編写和联系出版方面，做了不少的工作。中国工业出版社在印刷出版工作中給了很大的支持。丛书作者在工作余暇，为搜集参考資料和执笔写作，付出了辛勤的劳动。这样，才使丛书有可能按計劃陸續出版。在这里，我謹以編写本丛书的倡議人和本丛书最早讀者的身份向各位作者和参与編輯出版工作的同志們表示热誠的感謝。

我学习化工生产技术常識，“如渴思飲”，但是过去沒有找到适当的书籍，化学工业部門許多同志当与我有同感。本丛书內容的繁簡和深浅对有些同志也許算是适当的；但是有些同志可能还看不懂。我希望目前还看不懂这部丛书的同志，先下功夫，从化学常識学起，并且参加生产实践，爭取短期內在別人的帮助下能看懂其中的两三冊。对参加化工生产較久，又注意学习的同志來說，讀讀

本丛书的“化学工业概論”和与自己业务相近的几个专册，无疑也会增加一些知識。因此，我希望化学工业部門沒有化工技术知識或者知識还不丰富的同志們，把本丛书中的两三册或者三五册当做必讀的书籍。

本丛书編审工作稍嫌仓促，內容不妥之处，在所难免，切望丛书讀者和有机会翻閱本丛书的专家同志們批評指正。

高 揚 一九六四年二月廿一日

目 录

序	
緒 論	1

第一篇 輸送及粉碎机械

第一章 流体輸送机械	15
第1节 概說	15
液体輸送机械	16
第2节 往复泵	16
第3节 离心泵	22
第4节 其它类型泵	29
第5节 各种泵的比較	32
气体輸送机械	33
第6节 送风机	34
第7节 鼓风机	37
第8节 压缩机	39
第9节 真空泵	68
管 路	70
第10节 管子及管件	71
第11节 閥門	76
第二章 固体輸送机械	80
第1节 概說	80
第2节 带式运输机	81
第3节 斗式提升机	84
第4节 螺旋运输机	85
第三章 固体粉碎机械	88
第1节 概說	88

第2节	顎式破碎机	91
第3节	圓錐破碎机	94
第4节	滾筒破碎机	97
第5节	錘式破碎机	100
第6节	球磨机	102

第二篇 传热設備

第四章	换热器	106
第1节	概說	106
第2节	沉浸式蛇管换热器	108
第3节	噴淋式换热器	110
第4节	套管式换热器	111
第5节	列管式换热器	113
第6节	螺旋式换热器	119
第7节	平板式换热器	119
第8节	蓄热式换热器	123
第9节	冷却塔	125
第五章	蒸发及結晶設備	127
蒸发		127
第1节	中央循环管式蒸发器	128
第2节	悬筐式蒸发器	129
第3节	外加热式蒸发器	131
第4节	强制循环蒸发器	132
第5节	多效蒸发装置	133
結晶		135
第6节	蒸发結晶器	136
第7节	塔式結晶器	136
第8节	連續式敞口攪拌結晶器	138
第9节	奥斯陆結晶器	138

第六章 干燥設備	140
第1节 概說	140
第2节 廂式干燥器	140
第3节 迴轉圓筒干燥器	142
第4节 噴霧干燥器	143
第七章 冷冻及深度冷冻設備	145
第1节 概說	145
第2节 氨冷冻設備	147
第3节 蒸汽噴射冷冻設備	149
第4节 深度冷冻設備	152

第三篇 分离設備

第八章 除尘除霧設備	159
第1节 概說	159
第2节 除尘室	160
第3节 旋风分离器	161
第4节 袋式过滤器	162
第5节 泡沫除尘器	164
第6节 机械洗滌器	165
第7节 文丘里洗滌器	167
第8节 电除尘除霧器	168
第九章 沉降及过滤設備	171
第1节 概說	171
沉 降	172
第2节 重力沉降器	172
第3节 旋液分离器	174
过 滤	176
第4节 板框式压滤机	178
第5节 叶滤机	182

第 6 节	轉筒真空过滤器	185
第 7 节	离心机	189
第十章	塔设备	195
第 1 节	概說	195
第 2 节	填料塔	209
第 3 节	泡罩塔	218
第 4 节	篩板塔	228
第 5 节	各种塔的比較	231

第四篇 化学反应設備

第十一章	攪拌式反应鍋	236
第十二章	固定层反应設備	243
第十三章	沸騰层反应設備	253
第 1 节	单层沸騰层反应設備	255
第 2 节	多层沸騰层反应設備	260
第十四章	管式炉	262
第十五章	滾筒式反应設備	264

第五篇 容 器

第十六章	貯槽	267
第 1 节	料斗	267
第 2 节	液体貯槽	268
第 3 节	气柜	272
第十七章	高压容器	273

第六篇 化工机械材料

第十八章	黑色金属材料	281
第十九章	有色金属材料	283
第二十章	非金属材料	285

緒 論

当你进入一座大型化工厂的时候，定会为一种雄伟的气势所感染：有那么多高耸巨大的设备，又有那么多密如蛛网的管道。原料不断地通过一个又一个密闭的设备，一条又一条的管道；操作工人从各种仪表观察和检查设备中的温度、压力、流量来了解生产中的变化，不时地打开或关闭设备和管道上的阀门。就这样，这座工厂生产出来了有用的化工产品。

你定然想知道，化工厂的产品是怎样生产出来的？那些密闭的设备和管道里面是什么样的结构，起什么作用？在不同的化工厂之间，生产过程应用的机器设备有没有共同性？

众所周知，化学工业是一个多行业多品种的国民经济部门。它的每个行业以至每种产品的生产，各有特点，以此相互区别。另一方面，它们又通过共同的方面相互联系起来。

例如，硫酸、合成氨、硝酸铵、尿素这四种产品的生产工艺过程，可以分别简单地表示如下：

硫酸生产

焙烧(反应) — 气体净化(除尘、洗涤) — 转化(反应) — 吸收
合成氨生产

造气(反应)—变换(反应)—压缩—气体净化—
—压缩—合成(反应)

硝酸铵

中和(反应)—蒸发—结晶

尿素

压缩—合成(反应)—蒸馏—过滤—蒸发—
结晶—干燥

由上图可以看出：1)每个行业和产品的生产过程分别由一系列基本的工序，即所谓单元操作所组成；2)不同行业之间有共同性的单元操作。例如硫酸生产中二氧化硫气体须净化(除尘、用水吸收杂质)，在合成氨生产中原料气亦须净化(除尘、用砷碱液吸收硫化氢，用水吸收二氧化碳，用铜氨液吸收一氧化碳)。硝酸铵生产中，中和后获得的产物须进行蒸发并结晶，以便制成固体产品；为同样目的，尿素生产中亦有蒸发和结晶工序。再如，合成氨生产中原料气(氮与氢)在反应前须压缩，而尿素生产中反应原料(氨、二氧化碳)在送去合成之前也须压缩。

实际上不同产品的生产中，为实现类似目的而采用的操作，例如硝酸铵溶液的蒸发与尿素溶液的蒸发等，具有共同的基本原理，整个化学工业尽管包括许多的行业，但是实现生产的基本方法——具有共同原理的单元操作，却只有一二十种。把这些或那些单元操作按特定的具体要求加以串联组合，便构成某一特定行业或特定产品的生产工

艺流程。

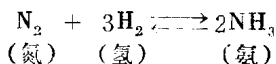
由于操作原理的共同性，在设备结构方面也有许多共同的特点。因此，化学工业所采用的机器设备，可以分析整理成为数不多的几类通用的典型设备（这将在以下叙述）。这类机器设备统称为化工机械或化工设备。本书的目的就是在共同性的基础上介绍这些通用的典型化工机械。各个行业中具体产品的生产工艺流程和特殊设备，本书不拟叙述，读者可以参阅介绍专业生产的专业书籍。

化学反应——化工厂生产的基础

在开始介绍化工厂的机器及设备以前，先简单地叙述一下化工生产的基础——化学反应。

一种或数种物质（譬如化工生产中的原料）通过一定的处理，可以变成另一种或数种新的物质（化工产品），这种变化称为化学反应。在化学中，反应基本上分为四种类型：

1. 化合——由两种或两种以上的物质变成另一种新的物质。例如，氮气与氢气在高压高温的情况下借助于触媒^①的作用，可化合成一种新的物质——氨。这个反应在化学上用方程式表示如下：



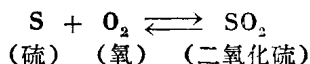
这种用符号和数字表示物质之间的化学反应的式子，叫化学反应式。在这里，它说明一个氮分子加上三个氢分

① 又称为催化剂，是一种用来影响化学反应速度（通常用来增加化学反应速度）的物质，一般本身不参加反应。

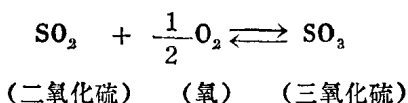
子合成为两个氨分子。

这是合成氨工业生产的基础。

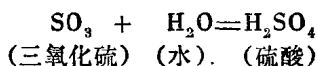
又如，硫磺在空气中燃烧生成二氧化硫气。



二氧化硫在触媒的作用下可以进一步氧化生成三氧化硫。

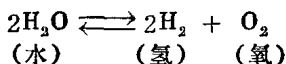


而三氧化硫与水作用就生成了硫酸（实际生产上用硫酸吸收三氧化硫而不用水）。



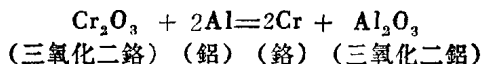
以上三个反应都属于化合作用，是硫酸工业生产的基础。

2. 分解——由一种物质分解成两种或两种以上的新物质。例如水借电流的作用分解成氢气和氧气：



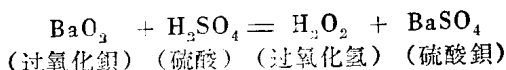
这个反应是合成氨原料——氢的生产方法之一。

3. 置换——由一种元素把化合物中的另一个元素取代出来生成两种新的物质。例如将铝粉与氧化铬混合加热，可以把铬取代出来：



这个反应（用铝置换铬），是工业上炼铬的方法。

4. 复分解——两种化合物中的原子相互交换生成两种新物质。例如过氧化钡与硫酸作用可以得到过氧化氢（双氧水）：



这是制造过氧化氢的方法之一，硫酸钡则可以作为颜料。

以上举出了化合、分解、置换、复分解反应的一些例子，这些都是工业上重要的化学反应。但是这些化学反应要成为工业生产，就要一系列实现化学反应的设备，和有关的辅助过程所用的设备。本书中就介绍这些化工机器和设备。

从实验室到化学工厂

我們大家都知道，一个新的化学反应过程的工业化一般是从实验室开始的。化学实验室的基本工具主要是各种各样的玻璃仪器，例如烧瓶、烧杯、试管、量筒、酒精灯等。在化学实验室进行研究的目的，一般是为了探索化学反应进行的可能性，以及进一步找出反应的最佳操作条件。试验规模不必很大，设备的结构型式在这个阶段一般并不重要。在实验室研究阶段，副产物、废料以及热能、动能的回收和利用等，一般不作考虑。因此，对工业化以后的消耗定额、生产成本等也无从作可靠的估计。

实验室研究成功的化学反应过程，一般须通过所谓中间试验阶段逐步地实现工业化。中间试验的目的主要就在于验证和修正实验室的数据，同时，补充提供实验室或文

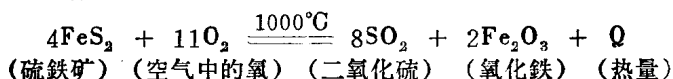
献资料中所没有的、而为建厂所需要的具体工程数据，例如设备的操作效率，传热的效率以及流体在设备管道中流过时所受到的阻力，等等。此外，还可以通过中间试验检验设备的结构和材料对具体生产条件的合用性，研究反应中生成的副产物的处理，进一步提高反应的产率，等等。

因此，中间试验是使实验室的成就在比较可靠和准确的基础上，扩大为工业生产的保证，以避免可能发生的损失。中间试验所用的流程和设备，原则上与工业生产相同，但尺寸较小，并且可以适当简化。

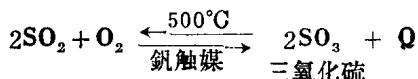
下面以硫酸生产为例来说明，实验室制取过程与工业生产过程的差别。

生产硫酸时的基本化学反应：

1. 焙烧：



2. 转化：



3. 吸收：

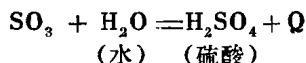


图0—1是在实验室内制取硫酸时所采用的装置。

从图可以看出，在实验室中制取硫酸时，所用的仪器装置非常简单，几只特种形状的玻璃试管、一台煤气灯即可。空气在压力下进入U形管，与其中被煤气灯烧热的硫

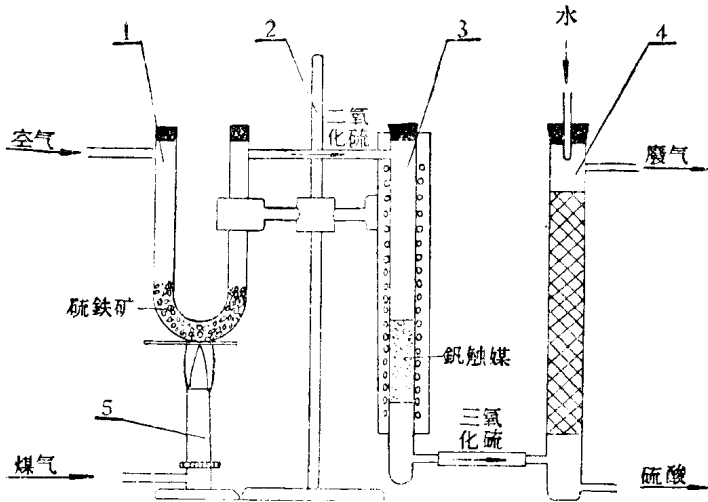


图 0—1 硫酸实验室制取装置

铁矿发生氧化作用而生成二氧化硫气体，然后再进入下一试管，在这根试管内部装有钒触媒，外部用电阻丝加热保证温度在 $450-500^{\circ}\text{C}$ 。在触媒的促进下，二氧化硫进一步氧化成三氧化硫。最后，三氧化硫气体通过一个作为吸收器（内填有小磁环）的试管，用水吸收生成硫酸。这是制取硫酸最简单的流程和设备，只能用于实验目的，研究制造硫酸的最基本的化学原理和物理化学原理。

图0—2所示是硫酸的工业生产流程。

从图 0—2 可见，硫酸工业生产的工艺流程要复杂得多，不仅设备尺寸增大，同时工序和设备也增多，设备的结构也变得更复杂。所增加的设备不外下列三个方面：

1. 须设置输送设备。例如输送固体硫铁矿的矿车①

和斗式提升机②；輸送二氧化硫、三氧化硫气体的鼓风机⑳；輸送液体硫酸的酸泵⑱、㉔、㉖等。

2. 須对原料及中間产物或产物进行一系列的加工。例如在硫酸生产中就先要把原料制备成适于起反应的状态。出焙烧炉后的二氧化硫气体挟带有矿尘和有害的气体杂质，对以下工序及设备有害，所以装置了旋风分离器⑤、洗滌塔⑦、⑩及电除尘除雾器⑬，以除去这些有害杂质。

又如二氧化硫的轉化反应应当在 420°C 以上进行，所以在进入轉化器之前須在加热设备⑭、㉑中把二氧化硫加热到所需的温度。

在有些生产中，对反应后制得的产物也須进行一系列加工。例如肥料生产要将产品进行蒸发、結晶、过滤、干燥等操作，以便制得合乎规格的固体产品。

3. 回收热量(能量)。众所周知，化学工业生产成本与动力消耗有很大关系。在硫酸生产中，我們利用轉化后高温热气体的热量来加热进入轉化器的冷气体(通过换热器㉒)，而不必从外面引进热量，从而节省燃料或蒸汽消耗。

当硫铁矿用沸腾焙烧炉焙烧时，炉气温度高达 $750-800^{\circ}\text{C}$ ，在現代化流程中設置废热鍋炉，一方面用以把炉气温度降低，符合以下工序的要求，另一方面可以得到高压蒸汽，用以发电、采暖，从而降低了整个生产的动力消耗。

由上述可知，工业規模的生产不仅要設置保証实现化学反应的设备(例如硫酸生产中的焙烧炉③、轉化器㉑、吸收塔㉔、㉖)，而且还應該有一系列的輔助设备。設置这些輔助设备的目的是为了：1)把物料制备成适于反应的

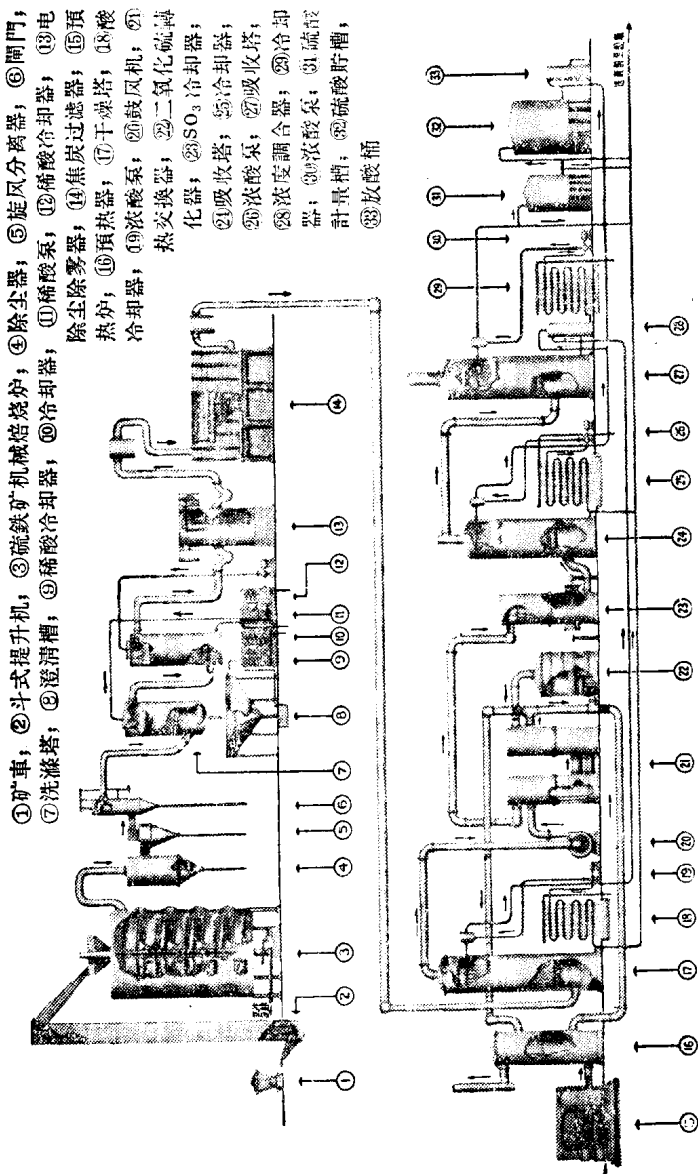


图 0—2 硫酸工业生产设备流程