

高等学校教学用书



无机物工厂机械装备

〔苏〕A.M. 尼古拉耶夫 著

化学工业出版社

TQ110.5

1

高等学校教学用书

无机物工厂机械装备

[苏] A. M. 尼古拉耶夫 著
天津大学化工机械教研室 译

化学工业出版社

本书是苏联专家 A.M. 尼古拉耶夫在天津大学所講授的“无机物工厂机械装备”的講义。全书共分五章：硫酸工厂的装备、合成氨、甲醇的合成、沸騰床过程和沸騰床气化。大部分是結合工艺講述设备的构造和計算等問題。

該书可作为高等学校化工机械专业和无机物工学专业的教学参考书之用，也可供工程技术人员参考。

本书由天津大学化工机械教研室叶永昌、李克永、胡修慈、师明泽、梁明汉、黄浩、张碧江、蔣清德和外校进修教师薛繼良和霍鴻举等同志譯出，最后由叶永昌同志担任全部校对和整理工作。在譯校过程中得到余国琮和金鼎五同志的指导和帮助。

高等学校教学用书

无机物工厂机械装备

天津大学化工机械教研室 譯

化学工业出版社出版 北京安定門外和平北路

北京市书刊出版业营业許可証出字第 092 号

化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行 各地新华书店經售

开本：850×1168毫米1/32 1960年5月第1版

印张：12¹/₃₂

1960年12月第1版第2次印刷

字数：290千字

印数：4,001—7,500

定价：(10)1.90元

书号：15063·0622

目 录

第一章 硫酸工厂的装备

前言	7
硫酸的一般概况	7
硫酸的制造方法	11
硫酸的种类	12
制造硫酸设备所用的材料	14
耐化学腐蚀的无机物材料	17
耐化学腐蚀的有机材料	18
硫酸生产中的注意事项	20
硫酸的贮存和运送	21
二氧化硫气体的制取	23
含硫原料的焙烧温度	24
含硫原料的燃烧速度	25
制取二氧化硫气体的炉子	25
(一) 机械焙烧炉	27
(二) 悬浮状态焙烧硫铁矿的粉状焙烧炉	38
(三) 硫铁矿沸腾床焙烧炉	43
(四) 焙烧硫铁矿用的水平回转炉	46
炉子的物料衡算及热量衡算	47
炉壁中温度的分布	59
炉子基础的计算	67
焙烧气体的除尘	70
(一) 气体的机械除尘法	70
(二) 在旋风分离器中离心力作用下矿尘的沉降	74
(三) 气体的电除尘法	83
(四) 除矿尘用的电除尘器	86
按照动力和工艺的联合流程在高温下对硫铁矿进	
行高度强化的焙烧原理和发展前途	88
接触法制造硫酸	92
用接触法从硫铁矿中制取硫酸的工艺流程	93

气体在塔内的洗涤	96
气体浓度 (即 SO_2 含量) 的调节	101
硫酸厂的接触工段	101
接触系统的流体阻力	103
各种接触设备的构造	104
流态化接触反应器中的二氧化硫气体的氧化过程	120
硫酸酐 SO_3 的吸收	123
用硫酸吸收 SO_3 时最好的操作条件	125

第二章 合成氨

含氮化合物的合成方法	130
氮的制取	132
合成氨车间的工艺流程	136
对氨合成炉的要求	140
氨合成炉内筒的结构	141
氨合成炉结构的描述	141
氨合成炉中气体运动的方向 (气体通路)	142
制造氨合成炉用的材料的选择	143
栅板式合成炉的内筒计算法	145
生产能力为165吨氨/昼夜的栅板式氨合成炉计算举例	148
合成氨装置的物料衡算	157
氨合成炉的换热器计算	164
氨合成炉的电热器及其操作条件	184
电热器的计算	186
合成氨炉零件的机械强度计算	188
四层栅板式氨合成炉的装配程序	196
四层栅板式氨合成炉的拆卸程序	197
经济计算	197
氨合成炉的保安技术	199
氨合成炉的其他结构及其系统的流程	200
合成氨装置中的冷凝塔	217
沸腾床合成氨过程	228
高压设备的密封 (包括计算)	230
(一) 概述	230

(二) 具有平的环状垫圈的密封(螺栓密封)	233
(三) 具有平垫圈及紧密环的密封	233
(四) 具有三角形断面的垫圈及密封环的密封	238
(五) 具有楔形垫圈的密封	239
(六) 锥形密封	241
(七) 密封垫圈的制造	250
(八) 高压设备的无螺栓密封	252

第三章 甲醇的合成

合成甲醇	261
甲醇合成装置的基本参数的选择	263
接触剂类型的选择	265
原料	265
甲醇制造的工艺过程的叙述	266
对接触设备的要求	271
甲醇合成炉构造的叙述	271
换热器结构的叙述	273
电热器结构的叙述	274
甲醇生产的物料衡算	274

第四章 沸腾床过程(即流态化过程)

流态化方法在化学工业中非均相接触过程和 其他过程方面的应用	285
固气相在沸腾床内的搅动	286
石油工业中的固体流态化技术	288
流态化的固体颗粒的特性	290
沸腾床(或流动床)的接触裂化过程	292
从泥质页岩和渥青砂中制取石油	297
固体颗粒层的流态化方法在其他工业部门中的应用	299
多段小颗粒沸腾床的逆流式的接触设备	301
具有固体颗粒循环床的反应器(即所谓流动式反应器) 的改进途径	306
颗粒状固体物料转入流态化(沸腾床)状态时的一般动态情况	313
沸腾床的流体动力学	316

气体-固体系统的流体动力学状况	324
• 沸腾床流体动力学问题	326
流动床内的传热	335
采用流态化方法来进行接触反应的效能	340
放热的接触过程	341
固体流态化的发展史简述	349
固体流态化系统的构成部分	351
(一) 沸腾床	353
(二) 直 管	357
(三) 输送线路	358
(四) 回收被带走的固体颗粒的设备(旋风分离器)	359

第五章 沸腾床气化

小颗粒和粉状燃料的气化	361
气化过程的基本特征	362
煤的矿物杂质部分即灰分的动态和温度条件	364
小颗粒燃料的各种气化方法	365
(一) 流态化的载氧体循环的小颗粒燃料的气化	365
(二) 具有气态载热体的小颗粒燃料的沸腾床气化	367
(三) 燃料作为载热体进行循环的小颗粒燃料的沸腾床气化	368
(四) 粉状固体燃料阶梯式流态化气化	371
(五) 燃料作为载热体进行循环的粉状固体燃料的 沸腾床气化	372
(六) 采用粉状载热体循环的粉状固体燃料的气化	374
(七) 按照鲁尔煤气公司的卢尔基法对粉状固体燃料的气化	375
(八) 粉状固体燃料在美国巴勃焦化工业局, 维尔焦化工业 局和矿冶局系统的煤气发生炉内的气化	377
(九) 加压下的粉状固体燃料的气化(芝加哥煤气工艺 研究所的方法)	377
(十) 加压下对粉状固体燃料的气化(比安什法)	380
(十一) 加压下对粉状固体燃料的气化(杰克萨科法)	381
(十二) 按照美国矿冶局的方法在加压下对 粉状固体燃料的气化	383
(十三) 按照鲁美利法对粉状固体燃料的气化	385

TQ110.5

高等学校教学用书

无机物工厂机械装备

[苏] A.M. 尼古拉耶夫 著

天津大学化工机械教研室 译

化学工业出版社

本书是苏联专家 A.M. 尼古拉耶夫在天津大学所講授的“无机物工厂机械装备”的講义。全书共分五章：硫酸工厂的装备、合成氨、甲醇的合成、沸騰床过程和沸騰床气化。大部分是結合工艺講述设备的构造和計算等問題。

該书可作为高等学校化工机械专业和无机物工科学专业的教学参考书之用，也可供工程技术人员参考。

本书由天津大学化工机械教研室叶永昌、李克永、胡修慈、师明泽、梁明汉、黄浩、张碧江、聶清德和外校进修教师薛繼良和霍鴻举等同志譯出，最后由叶永昌同志担任全部校对和整理工作。在譯校过程中得到余国琮和金鼎五同志的指导 and 帮助。

高等学校教学用书

无机物工厂机械装备

天津大学化工机械教研室 譯

化学工业出版社出版 北京安定門外和平北路

北京市书刊出版业营业許可証出字第 092 号

化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行 各地新华书店經售

开本：850×1168毫米1/32 1960年5月第1版

印张：12¹/₃₂

1960年12月第1版第2次印刷

字数：290 千字

印数：4,001—7,500

定价：(10)1.90元

书号：15063·0622

目 录

第一章 硫酸工厂的装备

前言	7
硫酸的一般概况	7
硫酸的制造方法	11
硫酸的种类	12
制造硫酸设备所用的材料	14
耐化学腐蚀的无机物材料	17
耐化学腐蚀的有机材料	18
硫酸生产中的注意事项	20
硫酸的贮存和运送	21
二氧化硫气体的制取	23
含硫原料的焙烧温度	24
含硫原料的燃烧速度	25
制取二氧化硫气体的炉子	25
(一) 机械焙烧炉	27
(二) 悬浮状态焙烧硫铁矿的粉状焙烧炉	38
(三) 硫铁矿沸腾床焙烧炉	43
(四) 焙烧硫铁矿用的水平回转炉	46
炉子的物料衡算及热量衡算	47
炉壁中温度的分布	59
炉子基础的计算	67
焙烧气体的除尘	70
(一) 气体的机械除尘法	70
(二) 在旋风分离器中离心力作用下矿尘的沉降	74
(三) 气体的电除尘法	83
(四) 除矿尘用的电除尘器	86
按照动力和工艺的联合流程在高温下对硫铁矿进 行高度强化的焙烧原理和发展前途	88
接触法制造硫酸	92
用接触法从硫铁矿中制取硫酸的工艺流程	93

气体在塔内的洗涤	96
气体浓度 (即 SO_2 含量) 的调节	101
硫酸厂的接触工段	101
接触系统的流体阻力	103
各种接触设备的构造	104
流态化接触反应器中的二氧化硫气体的氧化过程	120
硫酸酐 SO_3 的吸收	123
用硫酸吸收 SO_3 时最好的操作条件	125

第二章 合成氨

含氮化合物的合成方法	130
氨的制取	132
合成氨车间的工艺流程	136
对氨合成炉的要求	140
氨合成炉内筒的结构	141
氨合成炉结构的描述	141
氨合成炉中气体运动的方向 (气体通路)	142
制造氨合成炉用的材料的选择	143
栅板式合成炉的内筒计算法	145
生产能力为165吨氨/昼夜的栅板式氨合成炉计算举例	148
合成氨装置的物料衡算	157
氨合成炉的换热器计算	164
氨合成炉的电热器及其操作条件	184
电热器的计算	186
合成氨炉零件的机械强度计算	188
四层栅板式氨合成炉的装配程序	196
四层栅板式氨合成炉的拆卸程序	197
经济计算	197
氨合成炉的保安技术	199
氨合成炉的其他结构及其系统的流程	200
合成氨装置中的冷凝塔	217
沸腾床合成氨过程	228
高压设备的密封 (包括计算)	230
(一) 概述	230

(二) 具有平的环状垫圈的密封(螺栓密封)	233
(三) 具有平垫圈及紧密环的密封	233
(四) 具有三角形断面的垫圈及密封环的密封	238
(五) 具有楔形垫圈的密封	239
(六) 锥形密封	241
(七) 密封垫圈的制造	250
(八) 高压设备的无螺栓密封	252

第三章 甲醇的合成

合成甲醇	261
甲醇合成装置的基本参数的选择	263
接触剂类型的选择	265
原料	265
甲醇制造的工艺过程的叙述	266
对接触设备的要求	271
甲醇合成炉构造的叙述	271
换热器结构的叙述	273
电热器结构的叙述	274
甲醇生产的物料衡算	274

第四章 沸腾床过程(即流态化过程)

流态化方法在化学工业中非均相接触过程和 其他过程方面的应用	285
固气相在沸腾床内的搅动	286
石油工业中的固体流态化技术	288
流态化的固体颗粒的特性	290
沸腾床(或流动床)的接触裂化过程	292
从泥质页岩和漚青砂中制取石油	297
固体颗粒层的流态化方法在其他工业部门中的应用	299
多段小颗粒沸腾床的逆流式的接触设备	301
具有固体颗粒循环床的反应器(即所谓流动式反应器) 的改进途径	306
颗粒状固体物料转入流态化(沸腾床)状态时的一般动态情况	313
沸腾床的流体动力学	316

气体-固体系统的流体动力学状况	324
沸腾床流体动力学问题	326
流动床内的传热	335
采用流态化方法来进行接触反应的效能	340
放热的接触过程	341
固体流态化的发展史简述	349
固体流态化系统的构成部分	351
(一) 沸腾床	353
(二) 直 管	357
(三) 输送线路	358
(四) 回收被带走的固体颗粒的设备(旋风分离器)	359

第五章 沸腾床气化

小颗粒和粉状燃料的气化	361
气化过程的基本特征	362
煤的矿物杂质部分即灰分的动态和温度条件	364
小颗粒燃料的各种气化方法	365
(一) 流态化的载氧体循环的小颗粒燃料的气化	365
(二) 具有气态载热体的小颗粒燃料的沸腾床气化	367
(三) 燃料作为载热体进行循环的小颗粒燃料的沸腾床气化	368
(四) 粉状固体燃料阶梯式流态化气化	371
(五) 燃料作为载热体进行循环的粉状固体燃料的 沸腾床气化	372
(六) 采用粉状载热体循环的粉状固体燃料的气化	374
(七) 按照鲁尔煤气公司的卢尔基法对粉状固体燃料的气化	375
(八) 粉状固体燃料在美国巴勃焦化工业局, 维尔焦化工业 局和矿冶局系统的煤气发生炉内的气化	377
(九) 加压下的粉状固体燃料的气化(芝加哥煤气工艺 研究所的方法)	377
(十) 加压下对粉状固体燃料的气化(比安什法)	380
(十一) 加压下对粉状固体燃料的气化(杰克逊科法)	381
(十二) 按照美国矿冶局的方法在加压下对 粉状固体燃料的气化	383
(十三) 按照鲁美利法对粉状固体燃料的气化	385

第一章 硫酸工厂的装备

前 言

本章的任务是討論制造硫酸用的基本设备的构造和操作，也討論基本设备的计算方法，有时还通过例题来討論。

因为各设备的操作彼此密切相关，所以討論了工艺生产流程。由此可见流程在生产中的地位和意义。工艺学方面的材料这里省略了，因为这门课程主要是供学机械的学生用的，所以工艺学方面的材料不是本课程的目的，何况已有И.И.庫茲敏內赫所著的硫酸工艺学，并且該书已譯成中文。此外，有关工艺学方面的材料将在另外专门课程內介紹給讀者。各设备的构造和操作是通过画有主要的和基本零件的示意图来加以分析。画这些图时也力求画得简单明了。

为了进一步深入学习和分析討論某些設計，必須参考所引用的补充性的专门文献。

本课程是以苏联学者所編的教科书和苏联杂志中的文章作为基础而写成的。

假如在使用本材料时能提出批評性意見和希望，那作者将十分感謝。

硫酸的一般概况

硫酸是一种十分重要的化学产品，在国民經济中具有重大意义。

硫酸可用来制取无机肥料（磷肥和硫酸銨），在基本化学工业、石油和焦炭化学工业中可用以制造各种矿物盐和其他盐类，同时还可用以来合成許多有机物质，并且也用于塑料、人造纖維、染料、电影胶片、发烟和爆炸性物质以及火药生产等。

硫酸在冶金、纺织、皮革等工业中可作为对金属进行酸洗之用。硫酸可以当作脱水剂，也可作为中和之用。最重要的硫酸应用范围列于图 I-1 上。

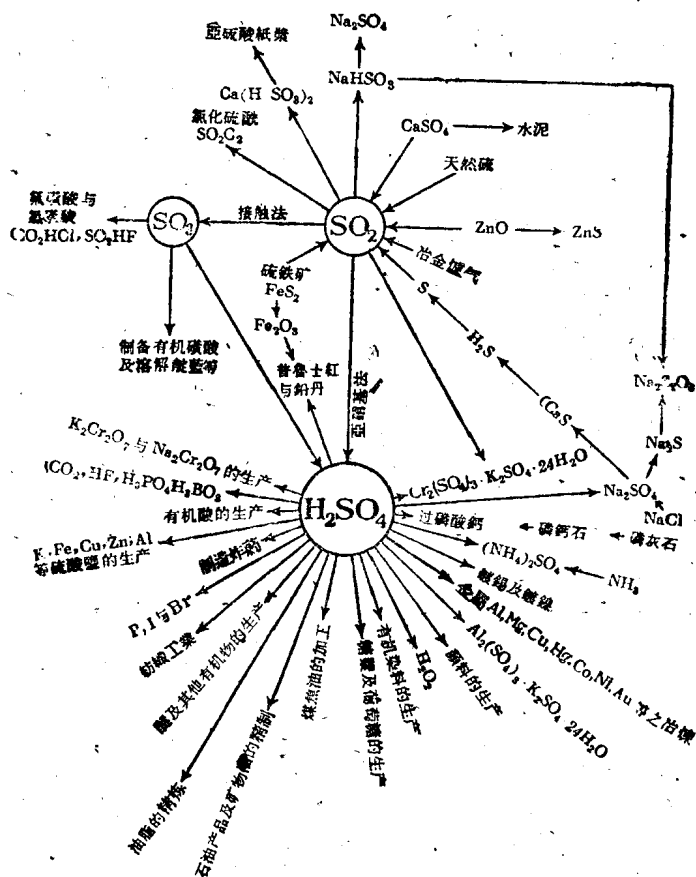


图 I-1 硫酸的应用范围

所出产的硫酸数量与上述工业部门的生产规模是有关系的。

随着技术的发展，硫酸应用范围正在扩大，而它的生产也在不断地发展着。

全世界过去所生产的硫酸量如下：

1900年.....四百二十万吨
 1937年.....一千八百八十万吨
 1953年.....三千万吨

1955年各资本主义国家的硫酸生产量如下：

美国.....一千二百七十九万吨
 日本.....三百二十五万吨
 西德.....二百二十四万吨
 英国.....二百一十万吨
 意大利.....一百九十万吨
 法国.....一百四十六万吨

1952年美国硫酸总需用量中各工业部门需用量

所占的百分数

表 1

使 用 范 围	百 分 数
磷肥和硫酸铵	39
化学工业(除磷肥和硫酸铵以外)	25
石油炼制工业	11
冶金和金属加工	8
染料	9
人造纤维和胶片	5
其他用途	3

硫酸应用很广泛，这决定于硫酸物理化学性质的多样性：

1. 硫酸是一种强酸，当与其他酸的盐类作用时，能从中逐出其他酸。此外，硫酸能溶解金属的氧化物。
2. 浓硫酸作为一种脱水剂，它能干燥气体。浓硫酸能用来浓缩硝酸，在该情况下形成的废酸浓度在一般硝酸厂是70%，然后把它蒸发浓缩到浓度为93%，于是又进入生产的循环系统。
3. 硫酸具有溶解金属氧化物的能力，所以能用来除去即将进行镀锌、镀铬或镀镍等的轧制的钢板及金属制件上的铁锈。这一操作叫作“酸洗”。黑色冶金企业和金属加工厂需用大量不含砷的硫酸来进行金属的酸洗。
4. 在焦炭化学工业中使用硫酸来固定煤气中的氨，并且也用以来洗滌炼焦化学产品——苯、二甲苯、甲苯等，以便从中除去吡

吡碱和其他杂质。

5. 在苯胺染料工业、制药及其他精细有机合成生产中，使用硫酸来磺化有机化合物。

6. 在石油工业中浓硫酸是用来洗涤石油产品——汽油和润滑油等，以除去其中的硫化物。

7. 制取盐酸时也使用硫酸。利用硫酸对食盐的作用可以制得氯化氢，该氯化氢被水吸收而生成盐酸；同时还可制得硫酸钠，这乃是生产硫化钠的原料，也是玻璃工业的原料。

8. 硫酸能用来制取许多硫酸盐类，如硫酸铜、硫酸铁、硫酸锌、硫酸镍、硫酸铝，而且还能用来制造各种白色颜料。

9. 硫酸很广泛地以浓硫酸及硝酸之混合物（叫做混酸）的形式用来对有机物进行硝化。通过这种方法可以制得硝化产品：火棉、硝化甘油、三硝基甲苯等。在硝化有机物的过程中硫酸是脱水剂。因此，硫酸并不是一去不返地被消耗掉了，而只是被稀释而已。这样的稀硫酸的浓度一般为75~80%，其中含有少量硝酸和氮的氧化物。一部分废酸在加入浓硫酸后返回系统中再用。为了将废酸应用于别的地方，首先应该进行脱硝，即脱去其中的氮的氧化物，然后再进行浓缩。

10. 在无机肥料工业中，硫酸的使用是最广泛的。

对于过磷酸石灰的生产，是采用浓度为65~70%的硫酸。在生产浓缩磷肥及混合肥料（重过磷酸钙，沉淀过磷酸钙）时，则要求用浓度不低于92%的浓硫酸。

硫酸和氨相互作用，可以制得宝贵的氮肥——硫酸铵。

在过磷酸钙的生产中，硫酸是用来分解天然磷酸盐（磷灰石和磷钙石）的。在硫酸的作用下，天然磷酸盐中所含的磷酸三钙 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 就变为易被植物所吸收的磷酸二氢钙 $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ 。

11. 水解工业也是硫酸较大的消费部门之一。在水解工业中将木质加工处理成为酒精时，采用硫酸作为接触剂。

12. 近年来，有机合成工业对硫酸的需要剧烈增长，在这个工业的许多生产过程中都需要应用浓硫酸。

硫酸的长距离运输将大大地增高它的价格。因此，硫酸不是出