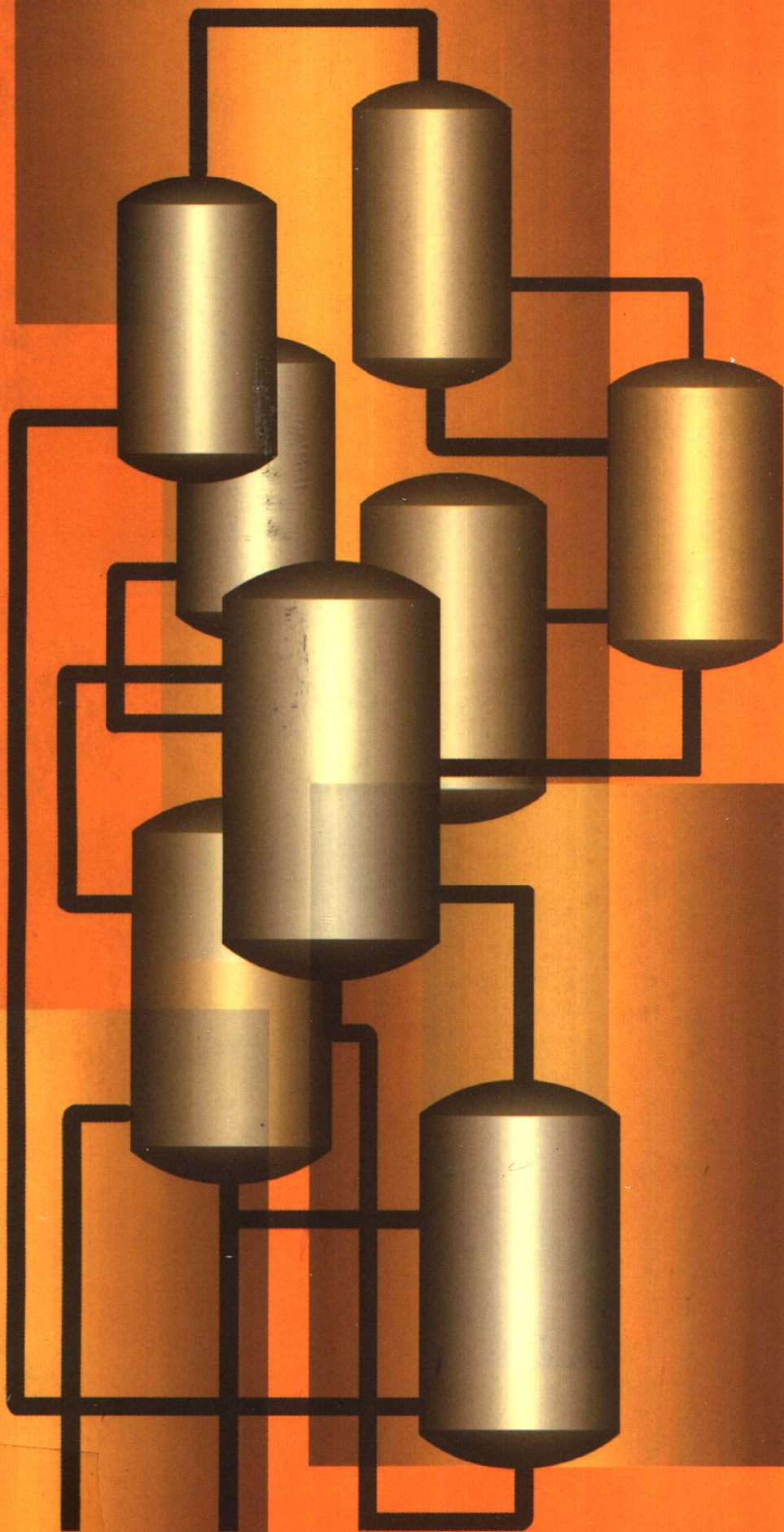


电大职大选用教材

工业化学

● 龚绍英 主编



中国轻工业出版社



工 业 化 学

(电大职大选用教材)

龚绍英 主编

中国轻工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

工业化学/龚绍英主编. --北京: 中国轻工业出版社,
1998.9
ISBN 7-5019-2228-4

I. 工… I. 龚… III. 工业化学 IV.TQ

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 11706 号

责任编辑: 彭倍勤 责任终审: 滕炎福 封面设计: 赵小云
版式设计: 赵益东 责任校对: 郎静瀛 责任监印: 徐肇华

*

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印刷: 北京市卫顺印刷厂

经销: 各地新华书店

版次: 1998 年 9 月第 1 版 1998 年 9 月第 1 次印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 17

字数: 408 千字 印数: 1—3000

书号: ISBN 7-5019-2228-4/TQ·149 定价: 29.00 元

· 如发现图书残缺请直接与我社发行部联系调换 ·

前 言

本书系根据辽宁广播电视大学“工业化学”教学大纲编写。主要供化工、轻工类专业使用。

编写本书的宗旨是：介绍化工生产的基本面貌，对系列产品生产基本原理、性能、应用和发展趋势作全面的阐述，拓宽学生的知识面和增强学生的思考能力。

由于化工产品种类较多、受篇幅所限，仅重点地挑选了部分产品加以介绍。

参加本书编写工作的有：辽宁电大龚绍英（绪论、第7、9、13章）；阜新电大付晓东（第11、12章）；盘锦电大魏翠娥（第1章）；阜新电大付玉龙（第2章）；朝阳向东化工厂电大宋丽凤（第3章）；朝阳电大李凤东（第4章）；辽宁电大冯桂艳（第5章）；辽宁电大赵文静（第6章）；辽阳化纤厂电大姜华淑（第8章）；阜新电大阎兴部（第10章）；辽宁轮胎厂电大孙丽娟（第14章）；鞍钢附企电大张爱东（第15章）。

全书由龚绍英担任主编，统一修改定稿。

本书由沈阳化工学院张振祥教授审阅。

本书编写得到辽宁电大系统各校的支持，辽宁电大的于大均副教授对本书的编写予以协助，谨致谢意。

本书编写过程中，参考了诸多相关书籍和资料，在此对有关作者表示谢意。

限于编者水平，本教材存在不足之处，敬请广大读者给以批评指正。

编者

1998年1月

目 录

绪论	1
第1章 硫酸工业	3
1.1 概述	3
1.2 生产硫酸的原料和原则流程	4
1.3 二氧化硫炉气的制备、净化和干燥	5
1.4 二氧化硫的催化氧化	14
1.5 三氧化硫的吸收	20
1.6 接触法生产硫酸的全流程	21
1.7 硫酸生产中的“三废”治理与硫酸工业的发展趋势	22
复习思考题	24
参考书目	24
第2章 合成氨及氨加工	25
2.1 概述	25
2.2 以焦炭、天然气为原料制取原料气	26
2.3 氨的合成	36
2.4 氨加工	44
复习思考题	46
参考书目	47
第3章 纯碱工业	48
3.1 概述	48
3.2 氨碱法制碱总流程	48
3.3 盐水的精制	49
3.4 石灰石的煅烧与石灰的消化	50
3.5 氨的吸收	52
3.6 碳酸氢钠结晶析出(碳化)	53
3.7 碳酸氢钠的过滤与分解	55
3.8 氨的回收	57
3.9 联合制碱法	58
复习思考题	59
参考书目	59
第4章 氯碱工业	60
4.1 概述	60

4.2 电解法制烧碱·····	61
4.3 合成盐酸·····	67
复习思考题 ·····	69
参考书目 ·····	69
第5章 化肥工业 ·····	70
5.1 概述·····	70
5.2 氮肥·····	71
5.3 磷肥·····	74
5.4 钾肥·····	78
5.5 复混肥料·····	79
复习思考题 ·····	81
参考书目 ·····	81
第6章 玻璃和水泥工业 ·····	82
6.1 概述·····	82
6.2 平板玻璃简介·····	83
6.3 平板玻璃原料·····	85
6.4 平板玻璃熔制·····	87
6.5 平板玻璃的成型·····	91
6.6 硅酸盐水泥的生产·····	94
6.7 水泥的其他品种 ·····	101
6.8 混凝土 ·····	104
复习思考题·····	104
参考书目·····	105
第7章 基本有机化工的原料来源 ·····	106
7.1 天然气的化工利用 ·····	106
7.2 石油原料 ·····	108
7.3 从煤获取基本有机化工原料 ·····	113
7.4 从农副产品获取有机化工原料 ·····	116
7.5 原料路线的选择 ·····	119
复习思考题·····	121
参考书目·····	121
第8章 石油烃类的裂解与分离 ·····	122
8.1 概述 ·····	122
8.2 烃类热裂解过程的化学反应及反应机理 ·····	123
8.3 烃类管式炉裂解生产乙烯 ·····	126
8.4 裂解气的净化与分离 ·····	131
8.5 裂解气深冷分离流程 ·····	137
复习思考题·····	138

参考书目	139
第9章 基本有机化工的主要产品	140
9.1 概述	140
9.2 天然气系统产品	142
9.3 乙烯系统产品	146
9.4 丙烯系统产品	151
9.5 碳四烃系统产品	153
9.6 芳香烃系统产品	157
9.7 乙炔系统主要合成产品	161
复习思考题	161
参考书目	162
第10章 农药	163
10.1 概述	163
10.2 有机磷杀虫剂——敌百虫的生产	164
10.3 杀草丹和除草醚的生产简介	171
10.4 杀菌剂及其生产简介	174
10.5 植物生长调节剂简介	177
复习思考题	178
参考书目	178
第11章 颜料和染料	179
11.1 概述	179
11.2 有机颜料的分类	180
11.3 偶氮颜料	180
11.4 染料	183
11.5 羊毛用染料	184
11.6 纤维素纤维用染料	185
复习思考题	189
参考书目	189
第12章 表面活性剂	190
12.1 概述	190
12.2 各类表面活性剂的主要性能和用途	193
12.3 烷基苯磺酸盐生产工艺简介	198
复习思考题	203
参考书目	204
第13章 塑料	205
13.1 概述	205
13.2 热塑性塑料	209
13.3 热固性塑料	214

13.4 工程塑料.....	219
复习思考题.....	224
参考书目.....	224
第 14 章 合成橡胶	225
14.1 概述.....	225
14.2 合成橡胶.....	226
14.3 其他合成橡胶概述.....	232
复习思考题.....	244
参考书目.....	244
第 15 章 合成纤维	245
15.1 概述.....	245
15.2 聚酯纤维.....	249
15.3 聚酰胺纤维.....	252
15.4 聚丙烯腈纤维.....	255
15.5 聚乙烯醇纤维.....	258
15.6 聚丙烯纤维.....	260
复习思考题.....	262
参考书目.....	263

绪 论

1. 工业化学的内容及任务

工业化学是一门介绍以煤、石油、天然气、矿物、植物、空气和水等资源为原料,经过物理、化学和机械方法处理,加工成生产资料和生活资料的基本原理、生产方法和工艺过程的一门课程。它包括无机化工、有机化工、精细化工、高分子化工中典型产品的生产过程、原料的选择、生产方法的确定、生产基本原理、生产流程设计、操作原理、原料消耗和产品的性能用途等内容。

工业化学是一门技术基础课。在课程内容中广泛地运用了物理学、无机化学、有机化学、物理化学、化工过程及设备以及其他学科的知识,分析和解决化工生产中各种技术问题,以使學生将所学的理论知识具体地运用于实际生产。通过工业化学的学习,要求学生在化工生产的理论与实践方面获得较为完整而清晰的概念。通过工业化学的学习,对化学工业概况有所了解,进一步掌握化学工业同其他各工业部门之间的关系。

2. 我国化学工业的现状

化学工业在我国经济发展中占有重要地位,已成为国民经济的重要基础产业部门。我国是世界上化学工业增长速度最快的国家之一,现已成为门类齐全、有一定实力的化学工业体系。一些重要产品的产量已跃居世界前列,尤其是引进国外先进技术,建立了一批现代化大型石油化工、化肥和其他化工装置,大大缩短了与世界先进水平的距离。

1979年以前,我国化学工业是自力更生重点发展化肥、基础无机化工产品 and 农药。改革开放后,以石油化工为基础的有机化工和三大合成材料的比重逐步上升。化学工业的地区分布结构也显著地改善,乡镇企业得到了飞速发展。但我国是一个人口众多的国家,化工产品人均产量与世界人均值相比差距很大,因此我国化学工业继续发展壮大任务是艰巨的。

3. 化学工业的特点

(1) 必须超前发展

化工产品绝大部分是其他工业的原料。要想使国民经济协调快速发展,必须要求化学工业超前发展,世界超前系数达1.5%,我国前几年超前系数为1.15%。

(2) 由多种行业所构成

按产品性质及加工过程分类,化学工业包括以下化工行业:化肥工业、硫酸工业、制碱工业、无机盐工业、燃料化学工业、基本有机合成工业、塑料工业、合成纤维工业、合成橡胶工业和精细化学品工业。

(3) 化工产品种类多

化工产品的种类与多行业相适应,达500万种之多,其中常用的有4.5万种。

(4) 原料路线和生产方法多种多样

同一种化工产品可用多种原料加工生产。用同一种原料加工一种产品，可有多种生产方法。以合成氨为例，原料来源有煤、石油和天然气，生产方法有高压法、中压法和低压法。

(5) 装置大型化并连续生产

化学工业的生产规模越来越大，为降低成本，获得最大的经济效益，装置也越来越大。大部分企业化工生产为连续生产，设备常年运转，人员实行三班或四班轮换。

(6) 能源消耗大

由于设备规模大又连续生产，煤、石油、天然气这些能源在化工生产中既做原料又做燃料，因此能源消耗很大。

(7) 知识、科学技术和资金密集

化学工业是多行业的企业，需要的知识领域宽。如化工工艺、化工机械、化工设备、电工、仪表、自动控制、土木建筑和企业管理等方面知识，需要先进的科学技术。

(8) 产生易燃易爆和有害物质

(9) 竞争力很强

(10) 三废排放量大

4. 我国化学工业的发展方向

我国化学工业今后发展的重点是：支农产品、石油化工（高分子合成材料在内）和精细化工产品。

我国化学工业今后的主要任务是：保证农业发展的需要，继续稳定发展农用化学产品；以石油化工为重点和基础，大力发展有机原料和中间体、合成材料和精细化工产品的生产；为国民经济支柱产业服务，提供所需化工原料、材料；发展和开拓技术含量高和高附加值的化工产品，不断提高我国化工生产水平。

第1章 硫酸工业

1.1 概述

1.1.1 硫酸工业在国民经济中的重要作用

硫酸是化学工业中的重要产品之一，硫酸被广泛地应用于国民经济各个部门。首先，硫酸大量用于化肥和农药的生产；在有机合成工业中，硫酸用于各种磺化和硝化反应；无机化学工业、电镀工业、石油精制、金属材料的加工等都需大量硫酸；在国防工业中，核材料²³⁵U的提取、炸药的生产也要消耗硫酸；染料、人造纤维、电池、搪瓷、医药、机械加工等许多工业部门都要用到硫酸。因此，硫酸工业在国民经济中有重要的意义。

随着工农业生产的发展，对硫酸的需要量在逐年增长。目前，世界上硫酸产量最高的国家是美国，其次是中国。

1.1.2 我国的硫酸工业

硫酸工业是我国建立较早的一种化学工业。但是在建国以前，硫酸工业大都采用旧的铅室法，生产技术落后，发展十分缓慢。直到1933年，虽然也应用了接触法制酸，但原料硫磺还依赖从国外进口，因此硫酸产量很低。

建国以后，我国的硫酸厂由建国前的数家发展到现在的500多家；硫酸产量，由1949年的4万t发展到1995年的1710万t，跃居世界第二位。表1-1所示数据，为我国硫酸产量增长情况。

表 1-1

我国硫酸产量增长情况

年份	1949	1958	1965	1970	1975	1978	1980	1983	1987	1995
产量/万 t	4	19.0	225.0	291.4	484.7	517.0	764.3	869.5	962	1710

由于生产技术的迅速发展，促进了我国硫酸工业的发展。首先是焙烧工序于1956年开始应用沸腾焙烧炉，代替了结构复杂并需要特殊钢材制造的旧式机械焙烧炉，适应了我国以硫铁矿、硫精砂和尾砂为主要原料的资源情况。这一重大技术革新与前苏联同时实现，而比美国仅晚6年。在净化工艺方面，1958年便开发出沸腾炉焙烧，“文氏管、泡沫塔文氏管”水净化新工艺，继而又演变出多种水洗净化流程。在转化方面，早在1952年，我国就利用国产原料研制成功并生产出了达到国际水平的钒催化剂。1964年我国开始设计“两转两吸”生产新工艺，1966年应用于生产。在冶炼烟气制酸和硫磺制酸技术方面，我国也早已应用于生产。另外，在理论研究方面，关于钒催化剂上二氧化硫氧化反应动力学、钒催化剂结构、硫铁矿焙烧反应动力学等的研究，都取得了可喜的成果，对

硫酸生产的发展，起了一定的推动作用。

1.2 生产硫酸的原料和原则流程

1.2.1 生产硫酸的原料

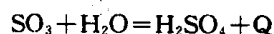
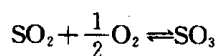
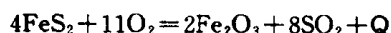
生产硫酸的原料通常是指能够制得二氧化硫的原料。

生产硫酸所用的原料主要有硫磺、硫铁矿、硫酸盐和含硫工业废物。

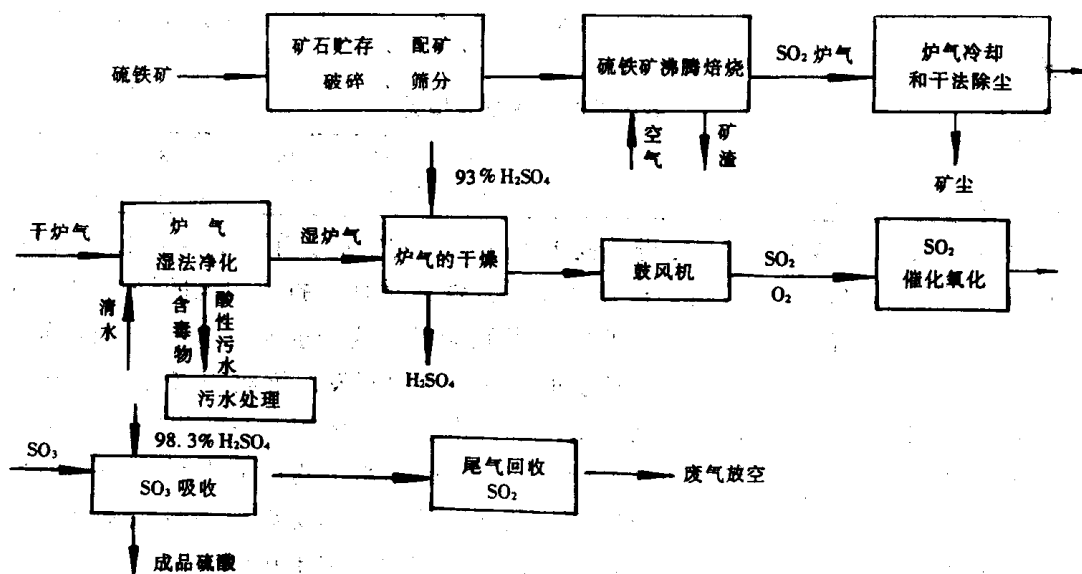
原料不同，制备二氧化硫的化学反应不同，生产工艺流程也不相同。对于一个硫酸厂来说，究竟采用哪种原料，主要取决于这种原料是否能够经济而大量地获得。

1.2.2 硫铁矿原料生产硫酸的原则流程

以硫铁矿为原料时，需经过硫铁矿的焙烧、二氧化硫的催化氧化、三氧化硫的吸收三个主要工序。主要经历以下三个化学反应：

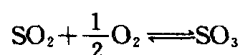
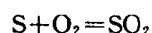


除这三个主要工序之外，由于焙烧炉对入炉矿石有一定要求，因此，在焙烧工序前应设原料工序，负责原料的贮存、破碎、筛分和配料。二氧化硫转化工序对二氧化硫炉气的质量也有一定要求，在转化工序前要设炉气净化工序，以清除炉气中的矿尘、砷、硒、氟、酸雾等有害杂质、以免钒催化剂中毒和设备受腐蚀。而炉气净化方法有湿法和干法之分，湿法净化又有水洗和酸洗等不同的流程。以硫铁矿为原料，水洗净化生产硫酸的原则流程如下所示。



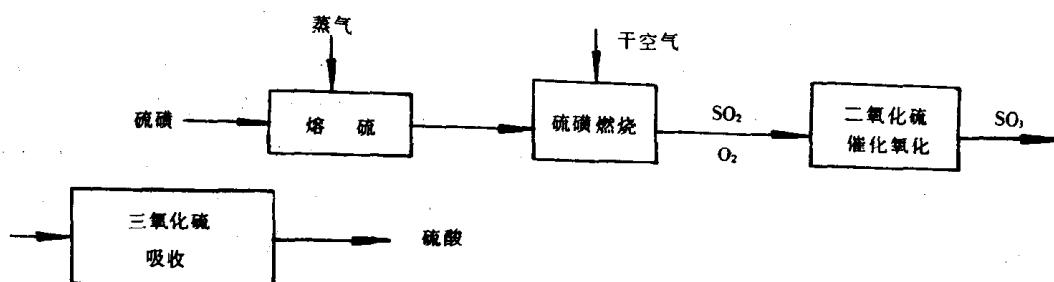
1.2.3 硫磺原料生产硫酸原则流程

以硫磺为原料生产硫酸也经历三个化学反应：



当采用不含砷、硒、氟的天然硫磺为原料时，可制得合格的二氧化硫炉气，转化工序前不需设净化工序，生产流程大为简化。硫磺制酸比硫铁矿制酸生产流程简单，热能便于回收利用，生产成本低，生产过程没有污水、污酸排出，有利于环境保护。因此，在世界上硫磺制酸发展很快。

以硫磺为原料，接触法生产硫酸的原则流程大致如下所示：



1.3 二氧化硫炉气的制备、净化和干燥

二氧化硫炉气的制备是生产硫酸必不可少的首要步骤。目前大多数硫酸厂是焙烧硫铁矿或硫磺燃烧来制取二氧化硫气体；还有部分硫酸厂则是利用有色金属冶炼厂的尾气（含二氧化硫烟气）作为生产硫酸的原料气。

各种含硫原料的主要成分及制备二氧化硫的焙烧反应如表 1-2 所示。

表 1-2 含硫原料的种类（组分）与焙烧反应

原料名称	原料的主要组分与焙烧反应
普通硫铁矿	$4\text{FeS}_2 + 11\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{SO}_2 + 3411\text{kJ}$
磁硫铁矿	$3\text{FeS}_2 + 8\text{O}_2 \longrightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 + 6\text{SO}_2 + 2435\text{kJ}$
闪锌矿	$4\text{Fe}_7\text{S}_8 + 53\text{O}_2 \longrightarrow 14\text{Fe}_2\text{O}_3 + 32\text{SO}_2 + 17572.8\text{kJ}$
辉铜矿	$2\text{ZnS} + 3\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{ZnO} + 2\text{SO}_2 + 942.3\text{kJ}$
硫磺	$\text{Cu}_2\text{S} + 2\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{CuO} + \text{SO}_2 + \text{Q}$
	$\text{S} + \text{O}_2 \longrightarrow \text{SO}_2 + 16.9\text{kJ}$

1.3.1 硫铁矿焙烧的化学反应和操作条件

(1) 硫铁矿的焙烧反应

硫铁矿的焙烧反应过程，可分为两步进行：

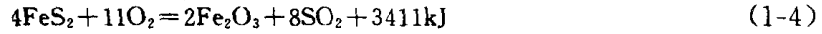
①在大约 900℃ 的高温下，硫铁矿受热分解为硫化亚铁和硫



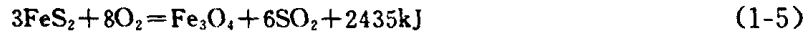
②分解产物中的硫燃烧，生成二氧化硫；硫化亚铁氧化为三氧化二铁和二氧化硫



综合反应式 (1-1)、(1-2)、(1-3)，硫铁矿焙烧过程的总反应方程式为：



在硫铁矿焙烧过程中，除上述反应外，当空气量不足，氧浓度低时，还有生成四氧化三铁 (Fe_3O_4) 的反应：



此外在 Fe_2O_3 的催化作用下，尚能使少量 SO_2 氧化为三氧化硫 (SO_3)；硫铁矿中钙、镁的碳酸盐，分解为二氧化碳和钙、镁氧化物；钙、镁氧化物再与 SO_3 反应生成相应的硫酸盐；砷、硒生成氧化物，在高温下以气态存在于炉气中；氟生成氟化物。

硫铁矿焙烧反应是放热反应，每公斤二硫化铁完全燃烧时，按式 (1-4) 可放出 7109kJ 热量；按反应式 (1-5) 可放出 6778kJ 热量。实际生产中，硫铁矿中硫的烧出率低于 100%，硫的烧出率愈高，反应放热量愈多。硫铁矿焙烧反应所放热量主要消耗在加热炉气和矿渣，以及热损失上。由于反应放热量较多，不仅能维持反应所需要的温度，而且，当矿石中杂质较少、炉气中二氧化硫浓度高时，热量还有过剩，尚需设法（一般在炉膛内安装水箱）移走热量，以保证在正常温度下进行操作。

(2) 硫铁矿焙烧的操作条件

实验得到二硫化铁和硫化亚铁在空气中的焙烧反应速率及二硫化铁在氮气中加热分解的速率，如图 1-1 所示。由曲线可以看出，在硫铁矿焙烧反应的两个步骤中，二硫化铁的分解速率大于硫化亚铁的焙烧速率。

因此，如何提高硫化亚铁焙烧速率便是确定硫铁矿操作条件的关键。影响硫化亚铁焙烧反应速率的因素包括：

①温度 提高温度能加快焙烧反应速率，但温度太高矿料熔融成结块成巴，影响正常操作，在沸腾焙烧炉中一般控制 $850 \sim 950^\circ\text{C}$ 较合适。

②硫铁矿的粒度 由于硫铁矿的焙烧是一个非均相反应，矿粉粒度越小，表面积越大，越有利于反应，焙烧得越快，矿渣中残硫率越低，脱硫率越高。因此，一般矿粉粒度以 4mm 左右为宜。

③氧浓度 在焙烧过程中氧量少则燃烧不完全，炉渣中含有黑色的四氧化三铁。氧浓度大，硫铁矿燃烧速度快，但氧量过高，二氧化硫被稀释。因此，一般要求炉气中应有一定浓度范围的过剩氧气。

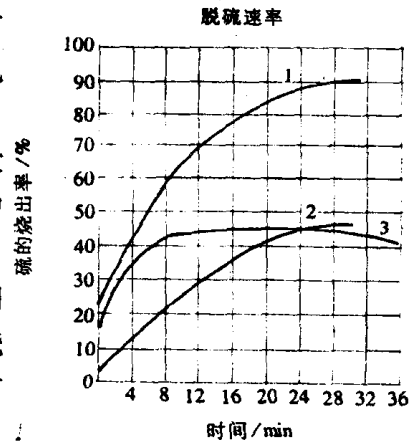


图 1-1 硫铁矿焙烧速率曲线

- 1—二硫化铁在空气中焙烧
- 2—硫化亚铁在空气中焙烧
- 3—二硫化铁在氮气中分解

1.3.2 沸腾焙烧炉

目前,我国绝大部分硫酸厂都采用沸腾焙烧炉。

(1) 沸腾焙烧炉的构造

沸腾炉是利用固体流态化技术,使硫铁矿颗粒悬浮在气流中进行焙烧反应的设备。沸腾炉炉体由钢板卷焊而成,钢壳内衬保温砖和耐火砖。炉体型式有直筒式、扩散式和锥形床式等。焙烧碎块矿的沸腾炉多采用一级扩大式的沸腾炉,其构造如图 1-2 所示。

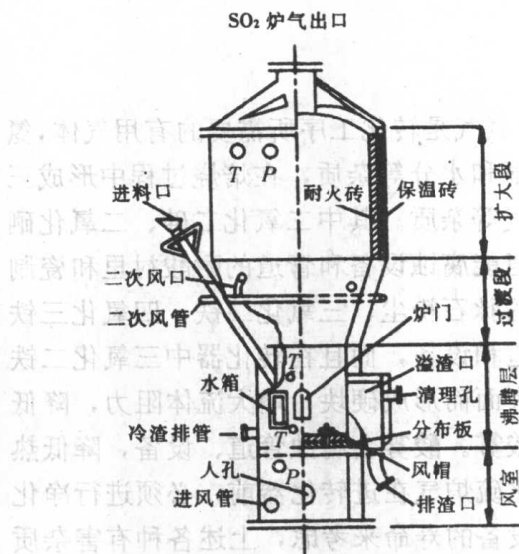


图 1-2 沸腾焙烧炉

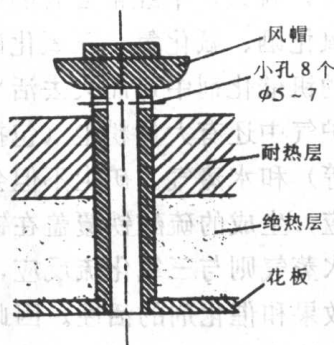


图 1-3 沸腾焙烧炉的风帽

沸腾炉的炉体可以从下而上分成四大部分:

①风室 风室是向炉内鼓入空气的空间,其作用是使空气均匀地通过风帽进入沸腾层。

②分布板 分布板又称花板或花盘,厚钢板上按一定规律均匀分布的圆孔,在孔内插有风帽,风帽上开有侧孔,分布板上衬有耐火材料,如图 1-3 所示。分布板和风帽的作用主要是使进入沸腾层的空气分布均匀,并具有一定的速度,从而保证沸腾炉的稳定操作,并能防止矿料从分布板漏入风室。

③沸腾层 沸腾层是矿石焙烧的主要空间。矿料从加料口进入沸腾层后,被从风室鼓入沸腾层的空气带动,使之剧烈翻腾而呈流态化。通常将矿渣溢流口至炉底的高度称为沸腾层高度,一般为 0.8~1.2m。沸腾层内矿料经过高温焙烧后生成的矿渣,从一侧的溢流口排出炉外,加料和排渣都应连续进行。在沸腾层炉壁上安装有一定面积的冷却水箱,以移走硫铁矿焙烧反应放出的多余热量,保证沸腾层内温度稳定在一定范围。

④沸腾层上部燃烧空间 沸腾层上部燃烧空间即一级扩大式沸腾炉的扩大段。因为扩大段的直径比沸腾层大,气体的流速因而减慢,炉气停留时间增长,使二硫化铁分解出来的单质硫和矿料粉尘中的硫化亚铁在此空间有充分的燃烧时间,以生成二氧化硫,同时可以保证随炉气带出的矿尘达到较高的脱硫率。

(2) 沸腾炉的优点

沸腾炉相对于机械焙烧炉构造简单，投资少；生产强度大，即单位时间内床层单位截面积焙烧量多；有利于热量回收利用，由于沸腾炉内总传热系数很高，故易于回收热量副产蒸气；由于气固接触良好，反应温度高，不需太多过量空气，所以炉气中 SO_2 含量高达 10%~12%；由于矿粉与空气能充分接触，使焙烧反应快，焙烧比较完全，矿渣中含硫量低，有利于矿渣综合利用，减少对环境的污染。因此，沸腾炉出现后，逐渐淘汰了块矿炉与机械炉。但沸腾炉也存在炉气中含尘量多，使净化设备负荷增强，动力消耗大等缺点。

1.3.3 炉气净化的目的和净化原理

(1) 炉气净化的目的

硫铁矿经过焙烧得到的炉气中，除二氧化硫和氧气是转化工序所需要的有用气体，氮气是惰性气体外，硫铁矿中经常含有的砷、硒、氟和水分等杂质，在焙烧过程中形成三氧化二砷、二氧化硒、氟化氢、三氧化硫和水蒸气等杂质。其中三氧化二砷、二氧化硒能使转化工序的钒催化剂中毒而失去活性；氟化氢能腐蚀设备和管道的耐酸衬里和瓷制填料。此外，炉气中还有大量粉尘（包括矿石中的脉石粉尘、三氧化二铁、四氧化三铁和硫酸盐粉尘等）和水蒸气。矿尘不但会阻塞管道和设备，而且在转化器中三氧化二铁和三氧化硫反应，生成的硫酸铁覆盖在钒催化剂表面而形成硬块，增大流体阻力，降低催化剂活性；水蒸气则与三氧化硫反应，生成硫酸雾。酸雾会腐蚀管道、设备，降低热交换器的传热效果和催化剂的活性。因此，二氧化硫炉气在进转化器前，必须进行净化和干燥，以清除掉这些有害杂质。从钒催化剂和设备的寿命来考虑，上述各种有害杂质消除得越干净越好，但要求炉气净化程度越高，相应的净化流程必然越复杂，设备投资和操作费用就会越多。

若以每立方米炉气为基准，其净化指标大致如下：酸雾 0.005g，粉尘 0.05g，砷 0.0035g，氟 0.01g，水分 0.15g。

(2) 炉气净化的原理

炉气净化一般是分离除去炉气中某些有害气体组分及悬浮于气体中的固体颗粒和液滴。对于某些气体组分的分离可用降温冷凝或吸收的方法；对于气体中所含固体粉尘和液滴的分离，是按着从大到小，由易到难的顺序，采用不同的设备进行逐级分离。先用净化效能较低的设备分离掉大颗粒，再用效能较高的设备分离小些的粒子。前级净化是为了减轻后级净化的负担，最后一级净化是关键，它决定净化指标。

炉气的净化流程和设备就是按照这一原则设计的。当炉气中悬浮的粒子较大时，颗粒直径 100 μm 以上，可以靠粒子重力作用自然沉降分离；100 μm 以下颗粒，用旋风分离器分离，利用粒子在旋转气流中的离心力，从气流中分离出来；对于更小的粒子（0.1~0.2 μm ），一种方法是用电滤器（电除尘器 and 电除雾器），利用气流通过高压直流电场使粒子解离带电，沉积到带相反电荷的电极上而与气流分离；另一种方法是用文氏管洗涤器加旋风分离器，使高速气流在绕过障碍物（水滴）时，由于离心力，粒子从气流中被障碍物所捕集，在旋风分离器中再将液滴从气流中分离掉。

1.3.4 炉气净化流程与设备

目前炉气的净化多采用湿法净化，湿法净化分水洗净化和酸洗净化两类。我国以水洗净化流程较普遍，正逐步向酸洗流程过渡。

(1) 水洗净化流程

目前我国水洗流程种类很多，常见的有：

“两文一器一电”水洗流程——它是用两级文丘里管进行降温、除尘、除雾。用间接冷却器代替增湿塔，用电除雾器最终除雾。

“文一泡一电”水洗流程——它是用文丘里管、泡沫塔降温、除尘、增湿，用电除雾器除雾。

“文一泡一文”水洗流程——它是采用第一文丘里管、泡沫洗涤器和第二文丘里管组合而成，被小型厂普遍采用。

此外，还有分别以上述各种流程为基础，根据具体情况安排的水洗净化流程。

水洗净化流程是用大量的冷水喷淋高温炉气，使其温度由 $850\sim 950\text{ }^{\circ}\text{C}$ 迅速冷却至 $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下，炉气中的三氧化二砷、二氧化硒、氟化氢和酸雾等有害杂质进入洗涤水中，矿尘被水洗掉，再将水沫与炉气分离。由于炉气中含饱和水蒸气，经干燥塔利用浓硫酸的吸水性将炉气干燥，除去炉气中水气，达到炉气净化指标的要求。

图 1-4 所示为“文一泡一电”水洗净化流程。

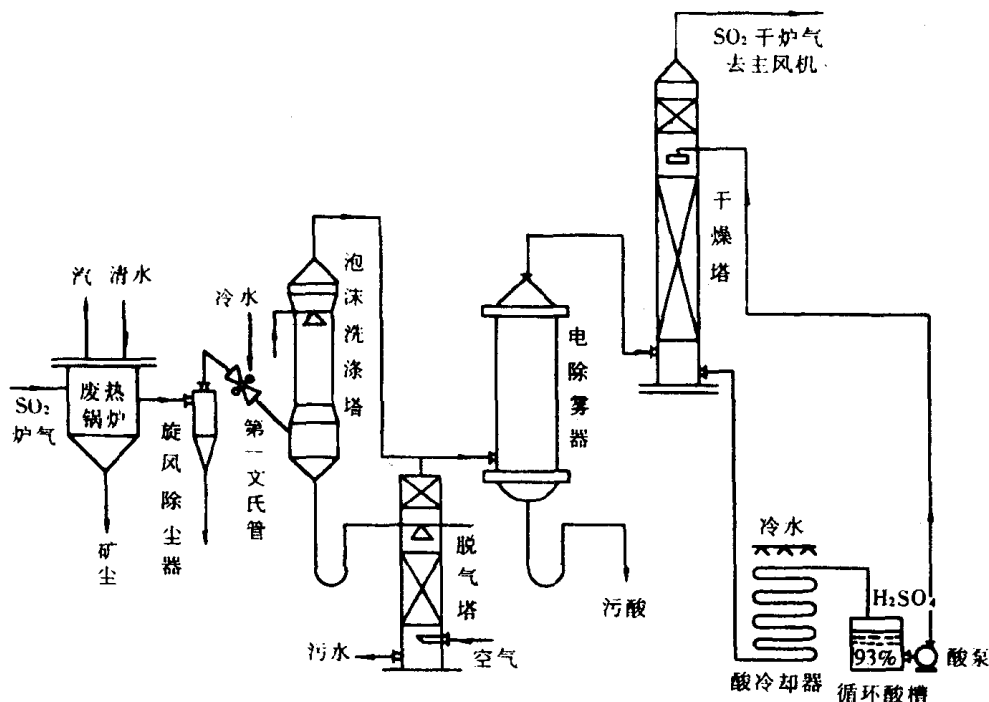


图 1-4 “文一泡一电”水洗净化及干燥流程图

由焙烧炉出来的含有矿尘等多种杂质的 SO_2 炉气，温度达 $850\sim 950\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，经废热锅炉回收热量（产生蒸汽或利用蒸汽发电），炉气温度降至 $450\sim 500\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；同时，炉气中所含大颗粒矿尘在废热锅炉内沉降而被除去。 $450\sim 500\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的炉气进入旋风除尘器内，在筒体内