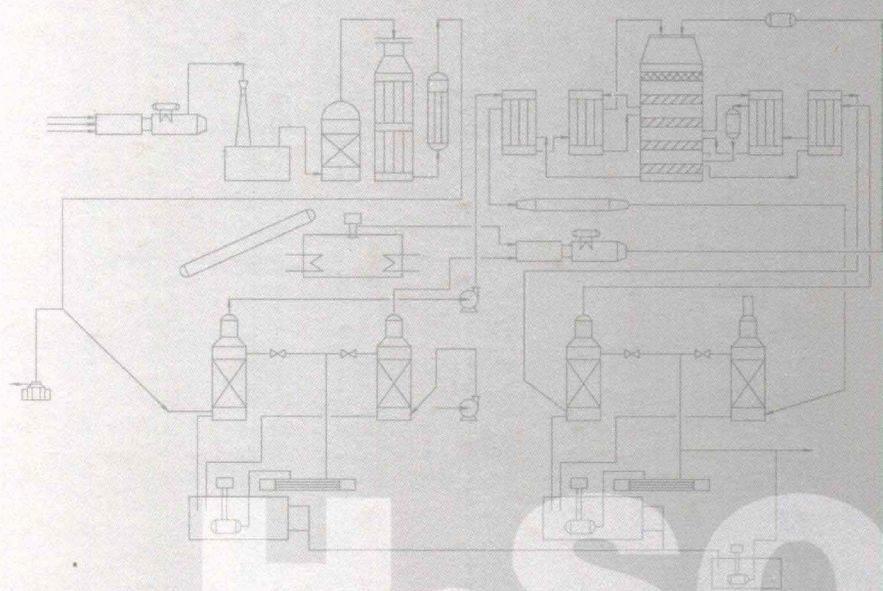


LIUSUAN

SHENGCHAN CAOZUO WENDA

硫酸 生产操作问答

叶树滋 主编



H_2SO_4



化学工业出版社

硫酸

生产操作问答

叶树滋 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书列出了硫酸生产过程中常见的一些问题，并给出了简洁的回答，适合从事硫酸生产的一线操作工参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

硫酸生产操作问答/叶树滋主编. —北京: 化学工业出版社, 2013.5

ISBN 978-7-122-16686-9

I. ①硫… II. ①叶… III. ①硫酸生产-问题解答
IV. ①TQ111.16-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 048872 号

责任编辑: 靳星瑞

责任校对: 徐贞珍

文字编辑: 林媛

装帧设计: 关飞

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)

印刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装订: 三河市万龙印装有限公司

710mm×1000mm 1/16 印张 14 字数 218 千字 2013 年 8 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: 68.00 元

版权所有 违者必究

前 言

由本人主编的《硫酸生产工艺》于 2012 年 1 月由化学工业出版社出版，出版后受到硫酸行业及相关人员的关注，也取得了一些好评，尔后出版社转告某些硫酸生产单位及有关同志的意见，希望本人再编写一本以操作工为对象的硫酸书籍，主要内容是讲述各种硫酸生产方法的技术特点与操作要点，使操作工遇到硫酸生产技术问题时基本能做到像查字典一样在书中就可找到相关的答案。因此，本人编写了《硫酸生产操作问答》一书，尽量使其主要内容及表达方法都与《硫酸生产工艺》不重复。由于在《硫酸生产工艺》中对稀硫酸的浓缩技术已有较详细的阐述，故本书对这方面的问题就不作解答，以免重复。但因谈到硫酸生产操作问题时必然会牵涉一些基础理论知识和我国相关部门的法规，故本书也对这些知识和有关规定作扼要简述。读者如发现本书内容有不足之处，敬请批评指正！此外，本书的全文及插图皆由郭华锋工程师录入及制图，谨此致谢！

叶树滋

国务院政府特殊津贴专家

教授级高级工程师

2012 年 10 月

目 录

第一章 用硫铁矿生产硫酸方面的问题 /1

一、硫铁矿焙烧方面的问题	2
1. 硫铁矿是如何用来生产硫酸的?	2
2. 对硫铁矿制酸装置的生产基本要求是什么?	2
3. 硫铁矿沸腾炉的常见事故及其处理方法如何?	2
4. 焙烧低品位硫铁矿时应采取哪些措施?	3
5. 沸腾炉温度应如何测定?	5
6. 沸腾炉为何会出现“冷灰”? 应如何处理?	5
7. 硫铁矿的烧渣有何用途?	6
8. 硫铁矿沸腾炉能掺烧硫酸亚铁吗?	6
9. 焙烧低品位硫铁矿时应采取哪些措施来解决沸腾炉的热 平衡问题?	8
10. 焙烧粉矿或尾砂的沸腾炉与焙烧块矿的沸腾炉在炉型及 结构上有何不同?	9
11. 在硫酸产量经常波动的情况下, 沸腾炉的操作条件应 如何变化才能适应?	9
12. 块矿沸腾炉的主要设计数据为何?	10
13. 上述的块矿沸腾炉的主要生产操作数据为何?	10
14. 沸腾炉的“前室”起什么作用? 为何我国现在的沸腾炉 都无“前室”?	11
15. 沸腾炉加料口为什么会突然冒烟? 应如何处理?	12
16. 如何能使沸腾炉达到正常稳定的操作?	12
17. 沸腾炉开车时如何升温?	12
18. 风帽孔速与沸腾炉操作有何关系?	13

19. 矿渣的颜色与沸腾炉操作有何关系?	14
20. 什么是硫铁矿的磁性焙烧? 它有什么特点?	14
21. 沸腾炉出口炉气中应控制 SO_2 的最高浓度是多少?	14
22. 沸腾炉内的温度应如何测量?	15
23. 沸腾炉的焙烧面积与入炉矿的粒度和含硫量有何关系? 当它们不相适应时应采取何种措施?	15
24. 要采取哪些措施才能增加沸腾炉的生产能力?	15
25. 沸腾炉壳的衬里应如何设计? 对旧沸腾炉的外壳腐蚀后 应如何修补?	16
二、炉气净化方面的问题	17
1. 炉气净化的目的是什么?	17
2. 炉气湿式净化的流程应如何选定?	17
3. 在稀酸洗净化流程以前是否应设置电除尘器?	20
4. 电除雾器在炉气净化流程中起什么作用? 近年来电除雾器 技术有何新进展?	21
5. 电除雾器在施工与使用过程中应注意哪些问题?	21
三、二氧化硫转化为三氧化硫方面的问题	23
1. 影响二氧化硫转化率的主要原因有哪些?	23
2. 我国有关管理部门对钒催化剂的维护保养有什么 规定?	25
3. 转化器和换热器的底部外侧为什么要焊上型钢条梁后再放置 在土建基础上?	26
4. 转化器与换热器的保温要求与设备的大小有何关系?	26
5. 转化用的钒催化剂应如何使用和更新?	27
四、二氧化硫干燥和三氧化硫吸收方面的问题	27
1. 二氧化硫干燥和三氧化硫吸收是两个工艺条件不同而且在 流程上不相联的工序, 为什么在硫酸书籍中却将它们相提 并论?	27
2. 目前已建和将来新建的硫酸装置应采取哪些措施才能达到 国家规定的要求?	29
五、大型硫铁矿制酸装置在制酸流程和设备设计方面有什么 问题要考虑?	30

六、硫铁矿制酸装置的主要设备及全套装置的试车程序应如何安排及其主要内容如何？	30
1. 对各工段设备单体试车的要求	30
2. 对硫酸装置化工试车的要求	32
七、为什么新建的硫铁矿制酸装置投产时的尾气中会有白烟？	34
1. 吸收塔尾气中 SO_3 的含量对尾气中白烟的影响	35
2. 炉气的干燥指标不合格时对尾气冒烟情况的影响	35
3. 新投产的硫酸装置吸收塔尾气冒烟的原因	36
参考文献	38

第二章 用硫黄生产硫酸方面的问题 /39

1. 用硫黄和用硫铁矿生产硫酸在技术方面有什么不同？新建硫酸装置应选取何种技术路线才合理？	40
2. 我国的天然硫黄资源不足，用硫黄生产硫酸装置有无发展前途？	40
3. 我国对用作硫酸生产原料的工业硫黄质量有何规定？	41
4. 美国布罗德公司的硫黄制酸技术有何特点？	41
5. 20 世纪 90 年代时日本伊藤忠商业株式会社与上海吴泾化工总厂合资建设的硫黄制酸装置有何技术特点？	45
6. 近些年我国大型硫黄制酸装置的发展情况如何？	46
7. 近些年我国硫黄制酸技术有无对外输出的实例？	50
8. 在我国有关主管部门对硫酸工业污染物排放标准公布后对大型硫黄制酸装置设计方案应如何选定？	51
9. 对于大型硫黄制酸装置中空气鼓风机是应设置在干燥塔前还是在干燥塔后？	55
10. 近些年我国自含硫原料中回收硫黄的技术进展如何？	57
11. 硫铁矿制酸装置能改用硫黄为原料生产硫酸吗？	59
12. 硫黄制酸装置对采用硫黄的质量有何要求？	61
13. 硫黄能和废硫酸混合后作为生产硫酸的原料吗？	66
参考文献	72

第三章 用冶炼烟气生产硫酸方面的问题 /73

1. 用冶炼烟气生产硫酸与用硫铁矿或硫黄生产硫酸在生产要求方面有何区别?	74
2. 我国最早引进的大型冶炼烟气制酸装置有何技术特点?	74
3. 我国最早自行设计的大型冶炼烟气制酸装置有何技术特点?	86
4. 我国在 20 世纪 90 年代以引进技术方式建设的铜冶炼烟制酸装置有何技术特点?	88
5. 最近时期冶炼烟气制酸装置有何技术进步?	96
6. 现今世界上最大的冶炼烟气制酸装置有何设计特点?	103
7. 非连续性冶炼排放的烟气能用于生产硫酸吗?	108
8. 对无法维持转化热平衡的低浓度 SO_2 冶炼烟气, 有什么方法用它来生产硫酸?	112
9. 什么是预转化工艺? 它对冶炼烟气制酸技术有何作用? ...	119
10. 我国的大型冶炼烟气制酸装置中有采用预转化工艺的实例吗?	126
参考文献	130

第四章 用石膏与磷石膏及脱硫石膏生产硫酸方面的问题 /133

1. 天然石膏与磷石膏及脱硫石膏如何能用来生产硫酸?	134
2. 用天然石膏生产硫酸的技术有何特点?	134
3. 用硬石膏生产硫酸的技术有何特点?	138
4. 用磷石膏生产硫酸的技术有何特点?	143
5. 用脱硫石膏生产硫酸的技术有何特点?	148
参考文献	154

第五章 用硫化氢气体或脱硫废液生产硫酸方面的问题 /155

1. 为什么用硫化氢气体生产硫酸的方法被称为“湿接触法”?	
-------------------------------	--

它的生产原理及方法如何?	156
2. 如何利用由焦化厂煤气脱硫装置中排出的硫化氢气体来 生产硫酸?	159
3. 用硫化氢气体能生产出浓硫酸吗?	163
4. 什么是硫化氢制酸的干法工艺? 它的生产原理及方法 如何?	166
5. 采用湿法工艺和干法工艺的硫化氢制酸装置在经济和技术 方面各有何优点和缺点? 我国如有企业拟新建硫化氢制酸 装置时对其生产技术路线应如何选定?	170
6. 什么是丹麦托普索公司 WSA-DC 的高浓度高转化率 WSA 工艺?	177
参考文献	180

第六章 蓄电池硫酸生产方面的问题 /181

1. 蓄电池硫酸有何国家标准?	182
2. 如何用过氧化氢氧化法生产蓄电池硫酸?	182
3. 如何用过滤法生产蓄电池硫酸?	185
参考文献	187

第七章 硫酸生产中的安全问题 /189

1. 国家安全生产监督管理总局曾于 2010 年 9 月 6 日发布并 规定于 2011 年 5 月 1 日实施的《硫酸生产企业安全生产 标准化实施指南》(中华人民共和国安全生产行业标准 AQ 3037—2010) 中对硫酸生产中的安全问题有何重要 规定?	190
2. 硫酸生产企业应如何进行安全评价?	191
3. 我国硫酸生产技术管理部门对硫酸装置的施工及生产的 安全技术有何规定?	194
4. 硫酸生产操作中有哪些安全问题及解决措施?	196
5. 我国对硫酸的运输有何规定?	197

6. 对硫酸的近距离运输有何简便及安全措施?	197
7. 在贮存硫酸时如何能保证安全?	197
参考文献	198

第八章 硫酸生产的环保问题 /199

1. 环境保护部及国家质量监督检验检疫总局曾于 2010 年 12 月 30 日发布并规定于 2011 年 3 月 1 日实施的 GB 26132—2010 《硫酸工业污染物排放标准》，其主要内容为何?	200
2. 按国家标准规定硫酸生产装置排放的尾气中应脱除何种污染物后才能排空?	206
3. 在硫酸生产尾气脱硫装置中如何应用超重力技术?	209
4. 硫酸生产的环保与厂址选择有何关系?	213
参考文献	213

第一章

用硫铁矿生产硫酸 方面的问题

一、硫铁矿焙烧方面的问题

1. 硫铁矿是如何用来生产硫酸的？

答：普通硫铁矿又称为“黄铁矿”，它是硫和铁的化合物，分子式为 FeS_2 ，通常称为二硫化铁。硫铁矿被加热燃烧的过程在工业上称为“焙烧”，也就是二硫化铁的燃烧过程。在 20 世纪 50 年代以前硫铁矿是用多层机械炉进行其焙烧过程，其缺点是：设备大，投资多而且燃烧不完全，使烧渣含硫高，也影响它的利用价值。据了解，在 50 年代初德国巴斯夫公司与美国道尔公司各建成将颗粒状或粉状硫铁矿物料在“沸腾”状态（半悬浮状态）下进行焙烧的设备——沸腾炉，以后在硫酸装置中代替了用多层焙烧的机械炉。此后我国的南京化学工业公司氮肥厂亦于 1956 年在国内首先建成这种沸腾炉而在全国推广应用^[1]。

2. 对硫铁矿制酸装置的生产基本要求是什么？

答：硫铁矿制酸装置的生产基本要求习惯上可简化为由五个字组成的一句话——“一通二不漏”，所谓“一通”就是按生产规定的固体和气体与液体流程都畅通无阻，二不漏就是全系统不漏固体和气体也不漏液体，达到环境整洁的要求。同样，对用其他原料生产硫酸的装置也应达到这样的要求。

3. 硫铁矿沸腾炉的常见事故及其处理方法如何？

答：沸腾炉在生产中如果操作不当就可能发生各种安全事故，现举例如下。

(1) 沸腾炉的爆炸事故

① 化学性爆炸 沸腾炉的化学性爆炸是气体在一定条件下由于物质之间的化学反应而引起的爆炸，一般情况下化学性爆炸要同时具备以下三个条件才会发生。

a. 具有易燃易爆物质。如沸腾炉在用柴油点火升温或焙烧含碳硫铁矿时都会产生易燃易爆物质，如柴油蒸气、一氧化碳及硫化氢等。

b. 易燃易爆物质与空气混合物达到一定的浓度范围时，再遇到火花就会引起爆炸，该浓度范围就称为“爆炸极限”。沸腾炉在喷油升温时或生产中临时有故障短期停炉时，由于炉内气体不流动，就有条件使气体中

一氧化碳之类的易爆气体达到爆炸极限而引发爆炸。例如，20 世纪 80 年代时某小厂沸腾炉采用喷油升温，开工时将沸腾层的人孔门打开，并将人孔的砌砖拆除了一半后将油枪搁在砖上，喷油一段时间后因临时事故熄火，处理好后再鼓风入炉使底层物料沸腾时一点火就引发了爆炸，产生的气体将搁油枪的砖块炸出炉外，打伤了三人。

② 物理性爆炸 20 世纪 80 年代时硫铁矿制酸装置的规模一般都不大，不少沸腾炉的沸腾层都采用水箱冷却，水箱不耐压且其焊缝易漏水，如果漏水后不及时停止操作处理或处理不当时就会发生事故，例如，当时有一小厂漏水处理后再开炉时，漏入炉内的水遇热已蒸发为水蒸气，当它与高温炉气接触时，使该水蒸气体积瞬间剧烈膨胀而产生爆炸，将一部分赤热炉料自加热口喷出，造成伤人事故。由于现今硫铁矿制酸装置规模都较大，且大部分都附设废热锅炉用于发电，因而对沸腾炉的操作管理也较严格，此时在与其配套的沸腾炉点火升温时，炉气可选择在废热锅炉出口气管上部接一有阀门的短管放空，因废热锅炉属于高压容器，对它的操作管理比较严格，故开工时炉气在该处放空比较安全。

(2) 炉顶挂料的处理

沸腾炉如果原料矿中含有低熔点金属再加上操作不当时会产生炉顶挂料的现象，严重时需临时停炉进行打疤，此时必须注意安全。如某厂由于沸腾炉结疤，打开炉门清理一会未解决问题，这时炉温已稍降低，就有工人打开炉门，用薄钢板铺在炉内矿渣上，人人炉内打疤，不料此时因炉体受震动，致使附着在炉顶一块高温熔融的挂料掉在打疤者身上，造成人身事故。所以在这种情况时应绝对禁止工人入炉内操作，实在有必要需人人炉内处理，也必须搭架铺好防护钢板，确保安全后人才能入炉内作业。

4. 焙烧低品位硫铁矿时应采取哪些措施？

答：近年来由于我国硫酸产量迅速增长，使得硫铁矿有点供不应求的现象，因而有些低品位硫铁矿也被产地附近的硫酸装置采用，由于低品位矿的含硫量低，燃烧时发热量少，为了保证矿能在炉内燃烧完全并使出炉气体保持一定的温度，可采用如下一些措施。

(1) 降低入炉矿的含水量

由于入炉矿燃烧时其燃烧热会使入炉矿的水分蒸发一部分，所以减少

入炉矿中的水分是提高炉温的一种措施。要做到这一点，必须在矿的采掘、运输和贮存过程中尽量避免低品位硫铁矿被雨淋湿，亦即原料矿入厂后应即存入矿仓，如果必须露天堆放时，雨季应用防雨布将矿遮盖防雨。有条件时可在矿入炉前进行日晒或用设备干燥以降低其含水量。对于规模稍大且原料仓库设有吊车的厂，则可利用吊车经常将原料翻堆以促进其中的水分蒸发。

(2) 提高沸腾炉的焙烧强度

沸腾炉的焙烧强度的单位以 $t/(m^2 \cdot d)$ 表示，当炉的焙烧强度提高时则该炉在单位面积及单位时间内的燃硫量亦增加，同时其发热量亦相应提高，所以这样做在一定条件下可以抵偿一部分入炉矿含硫量低的影响。

(3) 减少或取消炉内冷却元件

因沸腾层内都需设置冷却元件（废热锅炉部件或冷却水箱）以移去硫铁矿的燃烧热，当焙烧低品位矿而需要提高炉内温度时，也可用减少炉内的冷却元件面积的方法以减少外移热，保持焙烧反应的热平衡。

(4) 采用热风进炉

当采用以上措施仍不能解决沸腾炉的热平衡问题时，还有一个措施就是将空气预热后再通入炉内燃烧以增加炉的热量。最方便的预热入炉空气的方法就是将出沸腾炉的炉气冷却器外面加一夹套，将炉前鼓风机出来的空气先通入夹套和炉气热交换后再通入炉底的风室。以前有一套小硫酸装置的沸腾炉焙烧附近的含硫量低至 10%~15% 的硫铁矿，开始时无法维持炉的热平衡，以后想出一办法是将出沸腾炉的炉气冷却器直管外面加一夹套，将炉前鼓风机出来的空气先通入夹套和炉气换热后再进入炉底的风室，这样就可以将空气由常温加热至 220℃ 以上入沸腾炉，在烧低品位矿的条件下仍能维持沸腾层温度在 750℃，此时炉顶温度在 800~850℃ 左右。

(5) 沸腾炉外壳保温

据估计，一般情况下沸腾炉的自然散热量约占沸腾炉燃烧硫铁矿发热量的 5%~10%，取决于炉的外表面积及硫铁矿的燃烧热，如果采用上述的一些措施仍不能解决沸腾炉的自热平衡时，还有一种办法是将沸腾外壳进行保温以减少炉体的散热量，特别是对产量较小的硫酸装置，当它建设

在北方的寒冷地带时更应这样做。

5. 沸腾炉温度应如何测定？

答：硫酸生产规模不超过 240t/d 的沸腾炉，一般可按风帽分布板以上的位罝安装三个热电偶，即在距风帽约 10cm 处装一根，用于测定沸腾层底部温度；在沸腾层高度（由风帽面至烧渣溢流口的底边距离）约一半处装一根，用于测定沸腾层中部温度（实际代表整个沸腾层温度）；靠近炉气出口处装一根，用于测定出口炉气温度。当沸腾炉操作正常时，沸腾层底部温度与中部温度基本相同。如硫酸生产规模较大的沸腾炉，则其测温点可相应增加。

6. 沸腾炉为何会出现“冷灰”？应如何处理？

沸腾炉在正常操作中其沸腾层的温度是较均匀的，亦即炉内的底层温度与中、上层相近。但如果在操作中发现炉内的底层温度逐渐下降而且愈降愈低时，这说明这时炉底部沸腾状况不好而产生所谓“冷灰”，这时操作人员就应对此现象查找原因进行处理，一般条件下可能是以下几种情况下出现“冷灰”：

- ① 原料矿粒度比例改变，使入炉的粗粒矿比例增加；
- ② 原料矿破碎后的振动筛网破损而漏出部分粗粒矿连续加入沸腾炉；
- ③ 入炉原料矿突然含硫高，操作工为了稳定炉温而减少投料量，但却未相应减少入炉空气量（鼓风量）致使沸腾炉层内的物料量减少，同时亦使得被炉气带走的细粒量增加，因而导致炉内物料的平均粒度变粗，影响它的正常沸腾。

如在生产中出现上述情况时首先应采取不停炉处理的措施，其方法如下。

① 减小入炉矿的粒度：换小孔的振动筛以减小入炉矿的粒度，如一时找不到这样的筛网，可临时将两层筛网重叠使用以达到相似效果。

② 临时排放冷灰：如沸腾层靠底部设有冷灰排放孔的，可从打开排灰孔的阀门临时从该孔排放大粒的冷灰，排放时先试排一次约 1min，试验后如有效果，则可再排，但排放时间一般不应超过 5min，以免降低炉内必需的固定层厚度，影响沸腾炉的操作稳定性。

③ 暂时停止炉排渣约 10min 并观察其效果。这种做法的目的是临时提高沸腾层高度，亦即增大炉内物料的热容量，以提高炉的操作稳定性。

④ 将炉的原连续排渣临时改为间断排渣，目的是提高炉内沸腾层厚度以增加其操作稳定性。例如，某小厂有一次在操作中发现沸腾炉底层温度下降，同时炉底风压也由原 $900\text{mmH}_2\text{O}$ ^① 降至 $750\text{mmH}_2\text{O}$ ，此时就将该炉临时停止排渣，采取这一措施后炉的风压也逐步提高，提高一会儿后又开始排一次渣，使其风压升高 $20\sim 30\text{mmH}_2\text{O}$ 后就“停排”，这样经过反复处理共达 7h 后，炉底风压提升至 $900\text{mmH}_2\text{O}$ ，底层温度也升至 890°C 以上，达到与面层相同温度，恢复正常作业。

7. 硫铁矿的烧渣有何用途？

答：硫铁矿的主要成分是二硫化铁 (FeS_2)，矿在沸腾炉焙烧时除生成二氧化硫 (SO_2) 用于生成硫酸外，从沸腾炉排出的高温矿渣通称为“烧渣”，其中的主要成分为三氧化二铁 (Fe_2O_3)，可作为炼铁的原料。但是能否将它直接使用，主要取决于烧渣中的铁含量，一般地说如果入炉硫铁矿 $w(\text{S})$ 超过 45%，则其焙烧后的烧渣 $w(\text{Fe})$ 应当超过 60%，可直接作为炼铁原料，但这一数值也与沸腾炉的结构（影响矿粒的停留时间）与焙烧温度有关。如果入沸腾炉的硫铁矿含硫较低而硫酸装置的规模又较小时，则其烧渣只能用作水泥添加剂或氧化铁红原料等用途，烧渣的利用非但影响硫酸的生产成本，有时也影响厂区的占地面积，所以这一问题在硫酸装置的厂址选择时就应考虑好。

8. 硫铁矿沸腾炉能掺烧硫酸亚铁吗？

答：在用硫酸法生产钛白粉的工艺中每吨钛白粉约副产 3t 七水硫酸亚铁，这种硫酸亚铁用途不广，但它含有硫，因而可按一定比例掺入硫铁矿中进行焙烧来生产硫酸，现简介如下。

(1) 掺烧后原料矿含硫为 30% 左右

据报道^[2]，湖南永利化工公司硫酸厂采用 $w(\text{S})$ 45%（干基）左右及 $w(\text{H}_2\text{O})$ 7% 左右的原料硫铁矿在入炉前先掺入烧渣，使入炉矿维持 $w(\text{S})$ 30%（干基）左右、 $w(\text{H}_2\text{O})$ 6% 以下。再加入掺烧的七水硫酸亚铁，其中 $w(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})$ 约 80%、游离水约 15%、其他杂质约 5%。此时因硫酸亚铁含水较高，为了沸腾炉的热平衡必须先将 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

① $1\text{mmH}_2\text{O}=9.80665\text{Pa}$ 。

进行干燥脱水处理,按理论 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 脱水转变为 $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 所需的最低温度为 68°C ,实际操作中将温度控制在 95°C 左右以保证反应完全。该厂试验了原矿与三种掺烧不同配料比的硫酸亚铁的混合粉进行试烧的数据列于表 1-1^[2]。

表 1-1 硫铁矿不掺烧与掺烧三种不同配料比的硫酸亚铁试烧数据比较

项目	原料		操作参数					矿渣 $w(\text{Fe})$ /%
	$w(\text{S})$ /%	$w(\text{H}_2\text{O})$ /%	炉膛温度 / $^\circ\text{C}$	炉底压力 /kPa	风量 /(m^3/h)	出口炉气 $\varphi(\text{SO}_2)$ /%	出口炉气 $\varphi(\text{SO}_3)$ /%	
原矿	29.7	<6	887	12.5	23000	13.4	0.08	58.80
原矿掺烧 5% 的硫酸亚铁	30.7	<6	873	12.3	22800	12.5	0.23	60.27
原矿掺烧 10% 的硫酸亚铁		<6	832	11.2	22913	12.0	0.47	61.83
原矿掺烧 15% 的硫酸亚铁		<6	821	11.9	22821	11.7	0.89	63.40

如表 1-1 所示,在试烧过程中当原矿掺烧硫酸亚铁的质量分数达 15% 时,出口炉气中的 $\varphi(\text{SO}_3)$ 明显增加,致使净化工序的洗涤酸 $w(\text{H}_2\text{SO}_4)$ 升至 10% 左右,超过设计值 5% 的指标约一倍,显然不符合当时生产要求,因此最终确定按原矿掺烧 10% 硫酸亚铁的方案操作。

显然,对于原烧硫铁矿的沸腾炉在掺烧硫酸亚铁后会使得操作复杂化,必须经过一段时间的摸索才能掌握这种条件下的沸腾炉操作。

(2) 掺烧后原料矿含硫为 45% 左右

据报道^[3],湖南株洲化工集团公司(上述企业今名)技术人员于 2010 年在两套 100kt/a 硫铁矿制酸装置中进行掺烧 10%~15% 一水硫酸亚铁的试生产,得出在不同掺烧条件下经济效益情况比较的数据,如表 1-2 所示。

表 1-2 不同掺烧条件下经济效益比较

项目	$w(\text{S})$ 44% 硫铁矿		$w(\text{S})$ 46.6% 硫铁矿	
	单独焙烧	掺烧硫酸亚铁	单独焙烧	掺烧硫酸亚铁
硫铁矿消耗/(kt/a)	156.2	132.4	147.6	126.0
一水硫酸亚铁消耗/(kt/a)		56.6		54.0
$w(\text{烧渣})$ /%	53.0	56.3	57.6	60.0
烧渣产量/(kt/a)	112.5	122.5	104.8	115.4
硫铁矿成本/(万元/a)	6248	5296	6642	5670
一水硫酸亚铁成本/(万元/a)		2830		2700
烧渣产值/(万元/a)	2250	4288	4192	8078

注: $w(\text{S})$ 44% 硫铁矿价格按 400 元/t、 $w(\text{S})$ 46.6% 硫铁矿价格按 450 元/t 计算。