硫酸生产工艺及通用机械设备



东华工程科技股份有限公司副总工程师　王　顾

一、前言

硫酸是一种重要的基本化工原料，广泛使用于各工业部门，硫酸的产量常常被用作衡量一个国家工业发展水平的标志。硫酸主要用于生产磷肥。合成纤维、涂料、洗涤剂、制冷剂、饲料添加剂、石油精炼、有色金属冶炼，钢铁、医药和化学工业等，也都离不开硫酸。

随着我国高浓度磷复肥和有色金属工业的发展，我国的硫酸工业也得到了迅速发展。2003年达到创记录的3 371万t，产量超过美国位居世界第一。2006年我国硫酸产量5 044万t，同比增长9.0%，其中硫磺制酸产量2 233万t，同比增长13.1%；冶炼烟气制酸产量1 163万t，同比增长18.6%；硫铁矿制酸产量1 593万t，同比减产1.2%；其他原料制酸产量55万t，同比减少6.9%。截止到2007年9月，全国硫酸累计产量3 957万t，同比增长10.2%。

二、硫酸的工艺和生产方法

1.硫酸的生产方法

目前，工业上硫酸生产方法为接触法硫酸生产工艺，接触法硫酸生产工艺的核心是通过SO_2气体与V_2O_5催化剂接触，使SO_2转化为SO_3。

根据生产原料的不同，硫酸的生产方法有以下几种：硫磺制酸、硫铁矿制酸、冶炼烟气制酸和硫酸盐（磷石膏、硫酸亚铁）制酸等类型。在接触法硫酸工艺生产过程中，有三个基本的化学反应和与之相联系的工序：SO_2气体的制取；SO_2的转化；SO_3的吸收。

（1）SO_2气体的制取

1）生产SO_2气体的最简单方法是燃烧熔融硫磺$S+O_2\rightarrow SO_2+Q$，反应放出的高温位热能用于生产中高压蒸汽。

2）SO_2的第二个来源是焙烧硫化物矿石产生的烟气（硫铁矿制酸或冶炼烟气制酸）$2FeS_2+5O_2+1/3O_2\rightarrow 2/3Fe_3O_4+4SO_2+Q$或$2FeS_2+5O_2+1/2O_2\rightarrow Fe_2O_3+4SO_2+Q$，反应放出的高温位热能同样用于生产中高压蒸汽。

3）磷石膏（石膏）焦炭还原煅烧反应：$2CaSO_4+C\rightarrow 2CaO+2SO_2+CO_2$。

4）硫化氢与空气燃烧反应：$H_2S+O_2+1/2O_2\rightarrow H_2O+SO_2+Q$。

（2）SO_2的转化　$2SO_2+O_2=2SO_3+Q$，该反应是接触法硫酸生产工艺的核心，它是一个可逆放热反应，在V_2O_5催化剂的存在下，高于起燃温度时，反应得以进行。然而，随着反应的进行，气体温度升高，平衡向反应式左移，即阻止生成SO_3。为了提高SO_2转化为SO_3的总转化率，必需使经过部分反应的气体通过数段催化剂床层，并且在气体从上一段床层流向下一段时进行中间冷却。

（3）SO_3的吸收　转化工序生成的SO_3，在填料吸收塔中被循环的浓硫酸（98.5%）吸收，从气体中除去。反应式$SO_3+H_2O\rightarrow H_2SO_4+Q$。

2．硫酸生产工艺流程

（1）硫铁矿制酸　经过原料工段处理过的硫铁矿原料，送入焙烧工序进行硫铁矿的沸腾焙烧，气体经废热锅炉回收热量再经旋风除尘器和电除尘器送入气体净化工序，经净化工序的气体进入干燥塔对气体进行干燥后送入转化工段，进行SO_2的催化氧化，反应生成的SO_3气体送吸收塔吸收产出硫酸，其流程图如图1所示。

（2）硫磺制酸　硫磺制酸以固体硫磺为原料，采

万方数据

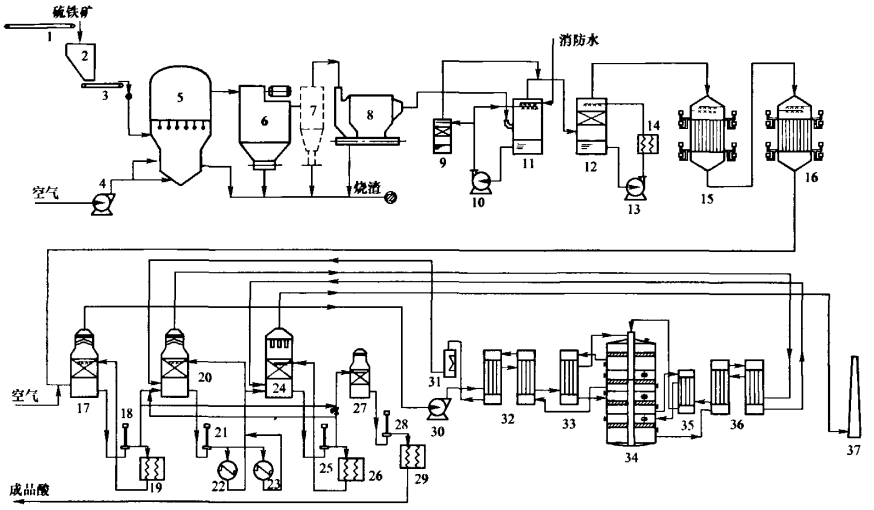


图1 典型硫铁矿制酸工艺流程图

1.硫铁矿分配皮带 2.硫铁矿给料斗 3.硫铁矿给料皮带 4.焙烧空气风机 5.焙烧炉 6.废热锅炉 7.旋风分离器 8.电除尘器 9.SO_2吹出塔 10.洗涤塔泵 11.洗涤塔 12.冷却塔 13.冷却塔泵 14.冷却塔酸冷器 15.Ⅰ级电除尘器 16.Ⅱ级电除尘器 17.干燥塔 18.干燥塔酸循环泵19.干燥塔酸冷器 20.一吸塔 21.一吸塔酸循环泵 22.一吸塔酸冷器 23.DFW加热塔 24.二吸塔 25.二吸塔酸循环泵 26.二吸塔酸冷器 27.成品酸吹出塔 28.成品酸泵 29.成品酸冷却器 30.SO_2主风机 31.省煤器 32.第Ⅲab换热器 33.第Ⅰ换热器 34.转化器 35.第Ⅱ换热器 36.第Ⅳab换热器 37.排气筒

用快速熔硫、液硫过滤、液体硫磺燃烧、余热回收以及“3+1”两转两吸生产工艺（如图2所示）。为尽量利用液体硫磺焚烧产生的高温位热能和二氧化硫转化产生的中温位热能，在焚硫炉后设置中压火管废热锅炉，在转化工序一段触媒层后设置高温过热器，二段设置换热器，三段设置换热器和省煤器，四段设置低温过热器和省煤器。系统产生中压过热蒸汽并入蒸汽管网，可送至发电装置；大型装置空气风机多用蒸汽透平驱动。

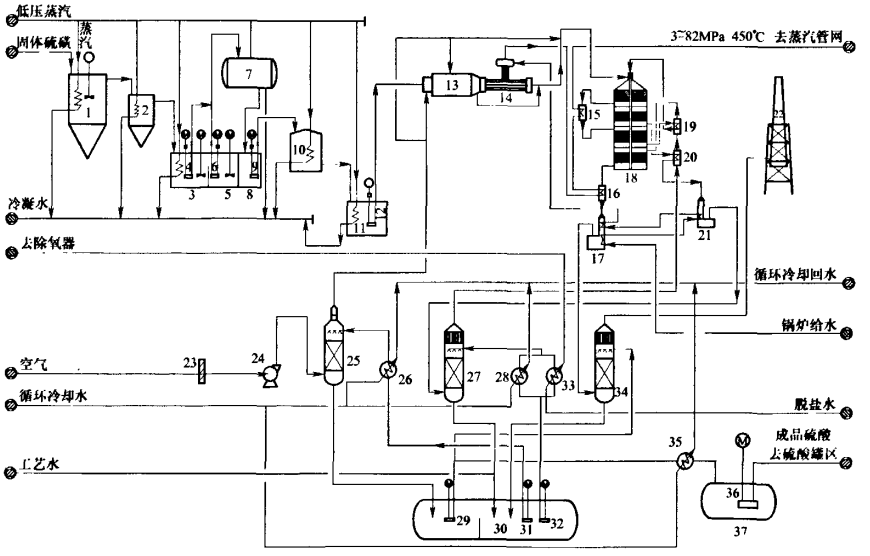


图2 典型硫磺制酸工艺流程图

1.快速熔硫槽 2.沉降槽 3.粗硫槽 4.粗硫泵 5.助滤剂槽 6.助滤剂泵 7.液硫过滤器 8.液硫中间槽 9.液硫中间泵 10.精硫贮罐 11.精硫地下槽 12.精硫泵 13.焚硫炉 14.废热锅炉 15.高温过热器 16.低温过热器 17.省煤器Ⅰ 18.转化器 19.热换热器 20.冷换热器 21.省煤器Ⅱ 22.排气筒 23.空气过滤器 24.空气风机 25.干燥塔 26.干燥塔酸冷器 27.一吸塔 28.一吸塔酸冷器 29.二吸塔酸泵 30.循环酸槽 31.干燥塔酸泵 32.一吸塔酸泵 33.锅炉给水预热器 34.二吸塔 35.成品酸冷却器 36.成品酸泵 37.成品酸地下槽

万方数据

三、硫酸装置的大型化和国产化

国外硫酸装置总的趋势是单系统大型化。目前以硫磺为原料生产硫酸的最大装置是美国孟莫克（MECS）设计的澳大利亚Anaconda公司的4 400t/d；以铜冶炼烟气为原料生产硫酸的最大装置，则首推德国奥托昆普（OUTOKUMPU）设计的澳大利亚Mt.Isa的4 200t/d的装置；以硫铁矿为原料生产硫酸的最大装置则是我国东华工程科技股份有限公司承担详细工程设计的贵州瓮福 1 200t/d两套装置。20世纪80年代后我国硫酸工业技术和装备有了较大进步，引进的国外一些技术和装备，为我国硫酸装置大型化、提高硫酸生产技术水平起到了重要作用。同时，结合我国丰富的硫酸工程设计经验，通过多年的不懈努力，我国硫酸装置从工艺流程和设备选择，已和国际接轨，大型化国产化装置总体技术经济指标和国外先进水平接近，装置投资大大节省。

目前，国内已建成投产的最大的硫铁矿制酸装置单系列能力达40万t/a（为世界之最）；冶炼烟气制酸最大规模为70万t/a；硫磺制酸装置为100万t/a（自行设计的硫磺制酸装置达88万t/a的能力）。据2005年对533家硫酸企业进行统计[1]，产量在50万t以上的企业有23家，其总产量占全国硫酸产量的35.6%；104家硫磺制酸企业中产量在40万t以上有16家，其总产量占全国硫磺制酸产量额55.9%；117家冶炼烟气制酸企业中产量在50万t以上的有5家，其总产量占全国冶炼烟气制酸产量的38.0%；334家硫铁矿制酸企业中大型装置相对较少，产量在20万t以上企业9家，其总产量占全国硫铁矿制酸产量20%；磷石膏制酸仅存山东鲁北1家，产量36万t。2005年各种原料制酸产量居前5位的企业见下表。

生产装置的大型化是单位产品的投资额减少，劳动生产率提高，产品生产成本降低，规模经济效益特别明显。大型硫酸装置的技术应基于以下几方面的要求。

1）硫酸是连续生产，介质腐蚀性强，因而所有技术和设备必须可靠，并且要便于操作和维修，以达到高开车率。

2）所有技术有一定的先进性，必须在成熟可靠的基础上力求先进，原料利用率高，能耗低和污染要小。

3）节约投资，立足于国产化。

4）要满足环保、安全和卫生的要求[2]。

2005年硫酸产量居前5位的企业及其产量

排名	硫磺制酸		硫铁矿制酸		冶炼烟气制酸	
	企业	产量/万t	企业	产量/万t	企业	产量/万t
1	云南三环	134	铜陵化工	57	江西铜业	98
2	苏州精细	100	湖北楚星	47	铜陵有色	96
3	云南富瑞	92	广西鹿寨	43	云南铜业	66
4	鲁西化工	87	湖北黄麦岭	37	金川集团	57
5	贵州宏福	86	湖北祥云	35	葫芦岛有色	52

大型化、国产化符合国家加快新型工业化道路进程，实施国家重大产业技术开发，以提高我国产业技术水平和核心竞争力的政策。国内对硫酸装置大型化的规律仍要不断地探索、总结，有些课题需继续研究、开发，设计理念还要不断提高，大型硫酸采用国产化工艺设计，适当引进目前国内和国外差距较大的触媒等，国产化设计已经达到世界先进水平。

四、硫酸生产中的风机

硫酸装置风机主要有以硫铁矿为原料的焙烧炉炉底风机；冶炼烟气制酸和硫铁矿制酸SO_2鼓风机；硫磺制酸的空气风机等。大型装置中重点需要解决的是SO_2鼓风机和硫磺制酸的空气风机。

1．离心鼓风机

（1）冶炼烟气制酸中的鼓风机[3]　早期使用的烟气制酸工艺流程中的鼓风机主要为D460—11、D700—13等低速直联型离心鼓风机。D460—11离心鼓风机为开式90°直叶片叶轮，其主要设计思想为防止酸泥在叶轮上沉积；D700—13离心鼓风机为闭式后弯型叶轮，比D460—11提高了效率。

到了20世纪七八十年代，S1000—11单级高速离心鼓风机应用于冶炼烟气制酸工艺中，并相继开发出S600—11、S800—11、S1200—11、S1400—11、S1800—11、S2450—11等系列，适用于年产3万～25万t冶炼烟气制酸工艺流程。其机组的基本形式为：S型鼓风机+变速机+液力偶合器+主电动机，采用液力偶合器主要是为满足冶炼烟气制酸工艺流程中烟气不均，为节能而设置的。

S型鼓风机基本结构为：叶

万方数据

轮采用双进气闭式叶轮，其叶形为二元、后弯形叶形，叶轮运转线速度250m/s左右，材质为高强度不锈钢，主轴为35GrMo，叶轮与主轴的装配为过盈装配，转子设计为刚性轴转子，其工作转速低于一阶临界转速；机壳为水平中分式，除S2450—11外（其为型材焊接机壳），均为铸造机壳，气体密封形式为：叶轮口圈密封为梳齿式密封，轴端密封为梳齿式密封加充气密封；变速箱体为铸造箱体，齿轮为圆弧齿形齿轮，支撑轴承均为椭圆瓦轴承，采用强制润滑方式润滑，高位油箱用于事故停车；仪表除可配置一、二次仪表外，还可在鼓风机主轴上加设非接触式轴振动探头。

（2）硫磺制酸中的鼓风机　20世纪90年代后，硫磺制酸的发展要求风机从烟气制酸离心鼓风机的防腐、频繁调速运行向高效率、大流量和高压比发展，硫磺制酸生产能力从20万t/a发展到60万～80万t/a。20万t/a采用S2600—11，40万t/a采用S3500—11，60万t/a采用S4600—11，80万t/a采用S5500—1*。

S3500—11及S4600—11采用了闭式、双进气和三元叶轮，轴系设计为柔性轴，工作转速在其一阶临界转速之上，其主拖动机为汽轮机，同时在鼓风机进口处也设置了调节装置，使得其流量调节范围更加宽广，机壳采用型材焊接结构。气体密封形式为：叶轮口圈密封为梳齿式密封，轴端密封为梳齿式密封加充气密封；机组配有进口调节装置；支撑轴承均为椭圆瓦轴承，采用强制润滑方式润滑，高位油箱用于事故停车。

80万t/a硫磺制酸选用S5500—1*离心鼓风机，其本体为双吸入单级双支撑结构。利用联轴器将鼓风机与汽轮机联接成整体传动。鼓风机的进口、出口均为矩形，位于定子两侧，方向均为水平，便于安装与检修。鼓风机备有高位油箱供鼓风机突然停电时轴承润滑用。鼓风机叶轮采用高效三元双吸叶轮，效率高，节能。S5500—1*离心鼓风机转子采用意大利新比隆公司的技术进行设计、制作，技术先进，安全系数高和运转更加稳定。主要材料叶轮：FV520BS，主轴：40NrCrMo7，风机壳体：碳钢型材、轴承拉别令密封：ZL104、轴承箱体：HT250，轴承体：25钢，鼓风机底座：Q235—A。

2．轴流风机

硫磺制酸的轴流风机是陕西鼓风机（集团）有限公司的特色。典型业绩有云南富瑞一期80万t/a硫酸AV80轴流鼓风机组（设于干燥塔后）和贵州西洋肥业60万t/a硫酸AV71轴流鼓风机组（设于干燥塔后）。

AV80轴流鼓风机组设于塔后，有效利用系统产生的能力，是一种能量回收机组。在机组设计中着重解决以下问题[4]：

1）主风机组正常运行是负荷范围是70%～105%，开车时蒸汽产量不足，对机组控制系统来说，要求根据工艺及风机的起动要求做逻辑控制。在风机起动后逐步增大负荷（通过手操器增大静叶角度）直至满负荷运行。

2）主风机组位于工艺系统中间，开机即意味着生产，不允许有放空、喘振现象，除非在系统故障的情况下。因此要求风机最小负荷设计计算必须准确。风机采用全静叶可调轴流鼓风机，有宽广的工作范围和高的计算精度，适应其流程要求。

3）鉴于塔后风机位置，为避免风机出口阻力损失大，出口不设止回阀。如果喘振发生时防喘振阀全开会造成整个生产停止，因此在防喘振设置上尽量考虑防喘振与快开线之间预留较大的余量，方便用户处理故障的时间。由于焚硫炉温度达1 100℃，如果发生喘振或逆流，对风机的损害将很严重，故配置了一台电动放空阀，同时也配备了两位式紧急放空阀，一方面可防止风机喘振，另一方面可避免介质逆流。

4）等压力/等流量调节，根据硫磺制酸工艺要求，在焚硫炉炉料恒定的前提下，要求风机运行工况点固定；若炉料发生变化，风机自动改变工况点（阻力大时，压力增大，流量变小；阻力变小时，压力减小，流量增大）满足工艺要求。若有条件，在炉料发生变化时，最好实现等压力操作。

AV71机组设于干燥塔前，开车前由外供蒸汽驱动机组。塔前风机避免了干燥塔出口气可能的酸雾腐蚀，系统设置比较简单。主要考虑：①尽量降低出口管网或止回阀阻力损失。②机械及仪表设备对环境的抗腐蚀能力。③风机的逆流现象。即使逆流，酸雾和热气体也不会进入风机，逆流保护的方式简单。④风机的喘振保护是必须的，其控制方式与塔后风机原理相同。

五、硫酸生产中的泵

1．高温浓硫酸泵

高温浓硫酸泵适应大型硫酸的发展。泵的插入深度（泵底座至叶轮出口中心线距离）由传统工艺的1 500mm增加至2 100mm以上，循环酸温由传统工艺的

万方数据

≤80℃提高至100～132℃，如果热回收技术（HRS）在硫酸生产中的推广，循环酸温度将达200～220℃而导致腐蚀速率升高，对泵的可靠性设计提出了更高的要求，增加了泵设计的难度。昆明嘉和、大连长城在大型浓硫酸泵工业化应用做了很多工作。

（1）嘉和JHB高温浓硫酸泵 JHB系列中高温浓硫酸液下泵采用全扬程泵设计。泵体采用双涡壳结构，叶轮开轴向力平衡孔等措施，使泵的综合性能达到较高水平。轴承采用瑞典SKF大负荷成对安装轴承，充分考虑了轴承与轴及轴承箱的配合间隙，从而达到控制泵运转平稳和增加使用寿命的目的。联轴器采用膜片联轴器，此种联轴器最大转矩可达20万N·m，具有较好的补偿两轴相对位移的性能，径向载荷能力大，拆装较为方便。

大型JHB系列中高温浓硫酸液下泵的关键零部件上采用自主开发的JSB系列合金材料。JSB—1新型合金球墨铸铁用于制造泵轴和叶轮螺母；JSB—2新型合金球墨铸铁用于制造中间接管、泵体、泵盖、弯管、出液管和吸入管。以上两种材质在高温硫酸中的腐蚀率＜0.1～0.3mm/a。JSB—11合金用于制造泵的叶轮、轴套、衬套和密封环，该材料以奥氏体为基体，其中含钼和硅，进行了微合金化。作为叶轮、密封环具有较强的抗磨蚀和耐冲刷性能，在小于140℃的浓硫酸环境中静态腐蚀率＜0.025mm/a。

JHB1200—30型泵应用于金川集团硫酸厂铜冶炼烟气治理技术装置中的一吸、二吸、干燥塔；JHB1500—24型泵应用于金川集团富氧顶吹镍熔炼系统制酸装置中的干燥塔、二吸塔；JHB1200—40型泵应用于浙江嘉化的30万t/a硫磺制酸装置干吸塔；JHB1250—28型泵应用于云天化国际化工三环分公司的60万t/a硫磺装置中的一吸塔；JHB1300—30型泵应用于云天化国际化工富瑞分公司的80万t/a硫磺制酸装置中的一吸、二吸、干燥塔；JHB1400—30型泵应用于云南曲靖有色基地锌系统制酸装置中的吸收塔；JHB1400—22型泵应用于江西铜业集团贵溪冶炼厂硫酸一系统66万t/a铜冶炼烟气装置的干吸塔。

JHB1600—25型泵是目前国内最大的中高温浓硫酸液下泵，2007年3月20日已成功应用于铜陵金昌冶炼厂30万t/a铜冶炼烟气制酸吸收塔装置。泵性能按Q=1 600m^3/h、H=28m 、n=980r/min设计，泵配套电动机功率为280kW。

（2）长城LSB高温浓硫酸泵 LSB型高温浓硫酸液下泵设计于20世纪90年代，研制采用了耐腐蚀新材料SNW和LSB两个合金系列。现有17个品种、60个规格，流量为10～2 200m^3/h，扬程15～50m，可以满足1万～80万t硫酸生产的需要。

用于大型装置的大型浓硫酸液下泵，工作温度高，在SNW和LSB两种合金系列的基础上，改进和研制了新的材料，以提高操作的对稳定性。设计时采用先进的水力模型，并用微机进行性能分析，确保泵在最佳工况点工作，防止气蚀、减少振动以及运行平稳。如LSB1200—28型硫酸泵，替代了德国进口的GVSN300—315型液下泵。

2.液体硫磺泵

硫磺制酸装置中，液体硫磺泵主要是过滤泵和炉前泵。过滤泵用于完成液态粗硫至过滤机的输送，炉前泵将过滤后的精硫送至焚硫炉的磺仓。近年来，硫磺大量从国外进口，渠道众多，在运输、储存过程中导致硫磺混入较多杂质。导致国内液硫过滤泵在实际运行中，泵的液下滑动轴承（轴套、衬套）出现磨损、卡死或叶轮流道堵塞等现象，造成过滤泵停车频繁（检修周期在1～2周），严重影响正常生产，使设备运行成本大大增加。

针对这一特殊工况要求，研制开发了JHXL型泵，是专门用于输送液态粗硫（含固量3%），带保温夹套的悬臂式高温硫磺液下泵。叶轮采用半开式或星形设计、配用4极电动机，吸入口无需设置吸入滤网，液下无滑动轴承，介质通过能力强（可通过固体颗粒直径为ϕ18～ϕ30mm），泵及泵轴为刚性设计，运行平稳可靠，操作维护方便。

该泵为刚性结构设计，即在液上部分有两组滚子轴承，轴承采用两列角接触轴承和一列圆柱滚子轴承，分别主要承受泵工作时的轴向力和径向力，轴承采用脂润滑。由于轴承远离液态硫磺，没有杂质颗粒对轴承的磨损问题；叶轮采用半开式或星形设计，其通过能力增强，避免了叶轮流道堵塞造成泵性能下降，或质量偏心造成不平衡引起泵振动的现象；出液管设有保温夹套，确保了出液管内介质的流动通畅；接管设有保温夹套，接管内的硫磺易保持熔融状态，避免了泵轴被硫磺抱死的现象。

3.稀硫酸泵

稀酸泵主要应用于硫铁矿制酸及冶炼烟气制酸

万方数据

工程中，需要使用泵的场合有：动力波酸循环泵（～15%H_2SO_4、含矿尘、～67℃）、冷却塔酸循环泵（～2%H_2SO_4、含矿尘、～60℃）、污水污酸泵（5%～15%H_2SO_4、最大含矿尘20%、常温～55℃）等。

目前我国超高分子量聚乙烯（UHMWPE）工程塑料泵国产化达到较高的水平。UHMWPE分子量为300万～500万，具有优越的耐腐性和耐磨性，抗冲击抗结晶，且无毒无味。耐腐性能方面除了高温浓硫酸、浓硝酸以外，其他所有低于100℃的无机酸、碱和盐等，尤其对F、Cl等离子具有很好的耐磨性能，据测试耐磨性是不锈钢的7～10倍，尼龙的5～6倍，黄铜的27～30倍，抗老化、抗结晶性能与聚氯乙烯相当，同时该材料能承受各种冲击。宜兴市工程塑料设备厂生产的工程塑料泵使用于云南云峰公司、湖北黄麦岭磷化工集团、湖北宜化楚星公司、江铜、云铜、韶冶及驰宏锌锗等大型硫铁矿和烟气制酸装置，效果良好。

六、其他通用机械设备

1. 硫铁矿制酸电除尘器

电除尘器为卧式、单室和三电场，每个电场中有许多与气体流动方向平行的板式收尘电极。收尘电极之间，悬吊等距分布的放电电极。电除尘器进口处装设气流分布板，使气流均匀分布到整个截面。由于电场的作用，尘粒被充电并在收尘电极分离；粘附于收尘电极和放电电极的尘粒由电动振打装置周期性振打排至电除尘器底部的灰斗内，通过星形阀和灰尘输送机连续排出。40万t/a硫铁矿制酸电除尘外形尺寸为25.4m×10.2m×11.6m，通道面积96m^2，总有效面积7 680m^2，极板为400mm等间距布置。

2. 换热器

气体换热器是用来将温度较高的SO_3气体和温度较低的SO_2气体进行换热以维持转化系统的热量平衡、促进转化与吸收的关键设备，工作特点是压力低、温度高。换热器壳程介质为SO_2气体，管程介质为SO_3、SO_2气体。

目前多选用碟环式带孔折流板换热器，在换热管正三角形中间布置小孔，以增加轴向气流量，同时在折流板中心部分开设一定直径的泄流孔；部分气体将由管隙处及泄流孔短路而过，这必然使气体通过壳程的压降明显下降。由于泄流的影响，增加了气体的湍动程度，同时改变了原蝶环形板造成的死区，从而有利于传热系数的提高[6]。

华南理工大学邓先和等开发了空心环管壳式换热器，它是采用双面强化传热管与空气环网板间支撑而成，这种换热器传热性能好，流体阻力低。

3. 阳极保护酸冷器

阳极保护硫酸冷却器是一种利用电化学保护原理研制的具有极高耐蚀性能的冷却器，具有耐腐性能好（腐蚀率仅为0.01～0.03mm/a）、可在高温条件下操作（～120℃）、流体阻力小（～0.1MPa）等优点，完全取代了传统铸铁排管冷却器。阳极保护是通过外加直流电源的方法，阴极通过密封及绝缘处理后插入硫酸中与阳极形成电流回路，当此系统通以直流电时，使所有接触酸的不锈钢部分的电位升高，此电位升高到一定范围时，就在不锈钢表面形成一层致密的钝化膜，使接触酸的不锈钢腐蚀率大大下降。目前国内硫酸装置几乎都使用国产的阳极保护酸冷器，仅天华化工设计研究院就为国内外300多个用户提供了1 000余台设备，设计、制造最大面积的酸冷器达1 630m^2。

4. 热管省煤器

以径向热管为传热元件组合而成的径向热管省煤器是我国自主开发研制的一种新型的换热设备（专利号ZL002 19436.8），在国内硫酸的热能综合利用中得到广泛的应用，具有以下优点[7]。

1）径向热管换热器内的热管管内是布有吸液芯的，流体回流是靠毛细泵力实现的，因此热管的工作位置和流体的流动不受任何限制，可以全方位工作，硫磺制酸中烟气是垂直方向流动，如使用轴向热管就较难布置。

2）径向热管换热器与重力热管换热器相比，在处理量相同的情况下，其占据空间较小，一般体积可缩小30%～40%，重量可减轻15%～20%。

3）径向热管能更有效地控制壁面温度，由于其热侧的面积远远大于冷侧的面积，所以能更好的提高壁面温度，硫磺制酸的气体中SO_2、SO_3含量较高，一般要求壁温应大于140～160℃，径向热管很容易达到这些要求。

4）径向热管具有很高的等温性能，不凝性气体对其影响极小，其传热性能相对较好，工作稳定可靠。

5）可以大大提高系统运行的可靠性，老式的省煤

万方数据

器一旦发生泄漏，设备将会很快腐蚀。而径向热管省煤器即使外管腐蚀，水和工艺气也不会串流。

6）径向热管省煤器水是在管内流动，因此具有很好的承压能力，且水路的焊接点均在省煤器外侧，维修方便。

七、需要继续努力的工作

国内硫酸工业技术水平近10多年来取得了非常大的突破，但部分关键设备和材料较国外水平有一定的差距。

（1）稀酸板式换热器 国内同类产品的性能、稳定性较差，可靠性较差。

（2）SO_2鼓风机 大型硫铁矿制酸和烟气制酸装置上国产SO_2鼓风机，其性能指标、稳定性和国外先进公司有一定差距，常常需引进风机才能保证稳定操作。

（3）吸收塔除雾器 在除雾机理和除雾器研究上，我国和国外先进技术有一定的差距，大型装置引进孟莫克的ES型和CS—ⅡP除雾器或Koch-Glitsch 公司除雾器。使用国内和BEGG，Cousland公司合作生产的纤维床除雾器，效果良好，如三环公司60万t/a、硫磺制酸等装置尾气酸雾指标实测最高值：24mg/m^3、最低值：12mg/m^3、平均值：19mg/m^3。

（4）浓酸泵 国内高温浓硫酸泵虽有长足的进步。但对于～1 400m^3/h或更大流量的大泵，使用温度～120℃、泵的插入深度要求＞2 000mm，国产泵使用稳定性和寿命上有待提高。HRS的泵要求硫酸浓度99%以上，温度～220℃，国内应研制配套产品。德国费亚泰克（FRIATEC）GVRN泵，采用分离式的支撑管和出液管结构，出液管可倾斜布置（此点特别值得国内厂家借鉴），以满足原有管道的紧张空间连接安排，方便电动机吊装，典型参数指标，流量3 000m^3/h，扬程50m，最大液下深度3 400mm，最大温度240℃。如条件允许建议一吸泵引进路易斯泵。

（5）钒催化剂 二氧化硫的催化氧化是接触法硫酸的核心。由于我国的钒催化剂工业研究没有和反应工程的研究结合，使得我国长期停留在对转化器设计参数的选择都是按经验选取，不可避免造成对转化器的设计不是最优的，为了保证转化率只有通过增加催化剂量来弥补。通常和国外如孟莫克、托普索等公司合作，只要提出基本的转化参数，各段转化率分配、操作参数和催化剂装填量由国外公司提供。然而国内催化剂虽生产厂家众多，但有自主开发能力的厂家不多，生产厂（或联合有关高等院校、科研院所）应逐步建有钒催化剂宏观动力学评价装置，能模拟硫酸生产条件，寻求最佳的催化剂使用效果[8]。

（6）热能回收系统的利用和开发 现代硫磺制酸设计理念是，主产品是发电，副产品才是硫酸。余热回收占越来越重要的地位。美国孟莫克（MECS）、德国奥托昆普（OUTOKUMPU）等分别进行了探索，并提出了自己的流程，其中以孟莫克的HRS（heat recovery system）最为著名。该技术的核心是大大提高中间吸收塔的酸温和取消传统的酸冷器代之以废热锅炉，可产生0.3～1.0MPa的低压蒸汽，每吨酸产蒸汽量0.4～0.6t，从而使硫酸装置的余热回收率从50%～70%提高到90%以上。苏州精细化工100万t硫酸装置引进HRS开了国内的先河。

随着能源短缺和价格暴涨，以及耐高温、高浓度硫酸介质的特殊不锈钢材料的开发研制成功和应用，从经济和技术两方面都促进了国内低温余热利用的发展，国内开发低温回收系统已有所突破。

参考文献

[1]齐焉.2005年全国硫酸生产情况[J].硫酸工业，2006（2）.

[2]魏而宏.我国硫铁矿制酸和硫磺制酸大型装置的技术与设备[J].硫磷设计与粉体工程，2000（2）.

[3]强宏，等.硫酸工业的离心鼓风机[A].全国磷肥、硫酸技术装备大型化、国产化总结交流会资料汇编[C].云南：中国磷肥工业协会、中国硫酸工业协会，2005.

[4]韩卫，等.硫磺制酸工艺流程及风机的应用[A].全国磷肥、硫酸技术装备大型化、国产化总结交流会资料汇编[C].云南：中国磷肥工业协会、中国硫酸工业协会，2005.

[5]夏毓芳.焚硫炉设计的改进[J].硫酸工业，2002（2）.

[6]汤桂华.硫酸[M].北京：化学工业出版社，1999.

[7]牟楷，王虹.径向热管在大型硫酸工业中的开发和应用[A].全国化工硫酸和磷肥设计技术中心第十一次年会论文集[C].威海：全国化工硫酸和磷肥设计技术中心，2006.

[8]王颖.大型硫酸装置国产化工艺和设备[J].硫酸工业，2005（6）.GM

万方数据

硫酸生产工艺及通用机械设备

作者：王颖， Wang Ying
作者单位：东华工程科技股份有限公司
刊名：通用机械
英文刊名：GENERAL MACHINERY
年，卷(期)：2008，(4)
被引用次数：0次

参考文献(8条)

1. 齐焉 2005年全国硫酸生产情况[期刊论文]-硫酸工业 2006(02)

2. 魏而宏 我国硫铁矿制酸和硫磺制酸大型装置的技术与设备[期刊论文]-硫磷设计与粉体工程 2000(02)

3. 强宏 硫酸工业的离心鼓风机 2005

4. 韩卫 硫磺制酸工艺流程及风机的应用 2005

5. 夏毓芳 焚硫炉设计的改进[期刊论文]-硫酸工业 2002(02)

6. 汤桂华 硫酸 1999

7. 牟楷. 王虹 径向热管在大型硫酸工业中的开发和应用 2006

8. 王颖 大型硫酸装置国产化工艺和设备[期刊论文]-硫酸工业 2005(06)

本文链接：http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_tyjx200804002.aspx
授权使用：黄石理工学院(hslg)，授权号：1948817f-facc-4e5b-a784-9e92009d98ed
下载时间：2011年2月22日