

# 我国硫酸工业的节能减排

张超林

(南化集团研究院, 江苏南京 210048)

**摘要:**根据目前我国硫酸工业的“三废”和能源消耗情况,探讨硫酸工业实现节能减排的主要措施:优化系统,降低系统压力降;采用高效风机、酸泵;提高废热的回收利用;提高二氧化硫转化率,减少尾气二氧化硫排放量;回收利用低浓度冶炼烟气;回收利用酸性废水中的砷。硫酸工业实现节能减排需要解决好国家政策扶持、政府鼓励,企业社会责任与经济效益以及理性选择工艺、设备及其参数等问题。

**关键词:**节能;减排;措施;硫酸工业

中图分类号:TQ111.1

文献标识码:C

文章编号:0253-4320(2008)01-0012-06

## Energy saving and pollutants discharges reducing in sulphuric acid industry

ZHANG Chao-lin

(Research Institute of Nanjing Chemical Industry Group, Nanjing 210048, China)

**Abstract:** Based on the situation of “three-waste” and energy consumption in the sulphuric acid industry in China, the major measures of saving energy and reducing pollutants discharges are discussed, such as decreasing pressure drop through optimization of plant, adopting high-efficient acid pump and blower, to increase recovery and utilization of waste heat, decreasing SO<sub>2</sub> discharge of off-gas to increase SO<sub>2</sub> conversion, recovery and utilization of low-concentration SO<sub>2</sub> smelter off-gas arsenic in acid waste water. To carry out energy saving and pollutants discharges reducing, the sulphuric acid industry needs to get support and encouragement from governments of all levels, properly deal with relations between social responsibility and economic benefits and rationally select technology, equipment and parameters.

**Key words:** saving energy; reducing pollutants discharges; measure; sulphuric acid industry

日前,由国家环保总局、国家发展和改革委员会组织编写的《硫酸行业清洁生产评价指标体系(试行)》已通过审批并开始施行。该指标体系对硫酸企业资源利用、产品质量、“三废”治理、环境保护、安全生产等方面进行了全面评定,对我国硫酸工业节能减排有很强的指导性。硫酸工业是我国基础工业,节能减排是其实现可持续发展的保证。近年来,随着我国硫酸工业大型化的迅猛发展,生产技术和装备水平有了很大提高,在节能减排方面也取得了长足的进步。根据目前我国硫酸工业的“三废”和能源消耗情况,笔者旨在探讨硫酸工业如何进一步实现节能减排。

## 1 我国硫酸工业的“三废”和能源消耗情况

### 1.1 “三废”情况

我国硫酸生产主要采用硫磺、硫铁矿和冶炼烟气为原料。硫磺制酸由于原料清洁、工艺流程简单,仅有少量 SO<sub>2</sub> 废气排放;硫铁矿和冶炼烟气制酸受

原料特性的限制,生产过程中会产生“三废”。

#### 1.1.1 二氧化硫尾气

《大气污染物综合排放国家标准》(GB 16297—1996)限定二氧化硫最高允许排放质量浓度为 960 mg/m<sup>3</sup>。受二氧化硫平衡转化率的限制,无论是以硫磺还是硫铁矿和冶炼烟气为原料,尾气中必定含有一定量的二氧化硫。硫磺制酸工艺过程比较简单,操作条件与设计条件较为吻合,进转化工序的二氧化硫浓度和氧硫比较为稳定,采用两转两吸工艺制酸尾气较容易达标排放。由于硫铁矿制酸净化工序流程复杂,需要较高的技术装备水平、操作及管理水平,加之一些中小型硫铁矿制酸企业矿源不稳定,进转化工序的二氧化硫浓度和氧硫比与设计值有一定的偏差,采用两转两吸工艺尾气也较难达标排放。此外,我国还有一些中小型硫铁矿制酸企业由于硫铁矿品位较低,只能采用一转一吸工艺制酸,尾气较难达标排放。冶炼烟气制酸本身是有色冶炼的环保工程,为了确保有色冶炼系统的稳定运行,有色冶炼

烟气制酸工艺和设备较为先进和可靠,大型有色冶炼烟气制酸装置尾气较容易达标排放。为满足更加严格的环保要求,一些新建的冶炼烟气制酸装置开始采用含铈催化剂,以提高二氧化硫转化率;同时,一些采用两转两吸的装置开始增设尾气吸收装置,进一步降低尾气二氧化硫含量,尾气 SO<sub>2</sub> 质量浓度甚至低于 300 mg/m<sup>3</sup>。但一些有色金属冶炼副产的二氧化硫烟气,由于浓度低、气量波动大,不能采用常规制酸工艺,超标排放。

### 1.1.2 酸性废水

以硫铁矿和冶炼烟气为原料进行硫酸生产时,炉气含有大量固态及气态有害杂质,必须采用干法和湿法捕集设备来进行净化处理。湿法净化过程会产生一定量的酸性废水,需要外排。目前,绝大部分硫铁矿和冶炼烟气制酸企业采用了稀酸循环洗涤净化工艺,从而大大减少了新鲜水用量,同时也降低了废水排放量;但依然存在一些中小型硫酸装置采用直排水洗净化工艺,生产 1 t 硫酸产生 10~15 t 酸性废水。酸性废水中除了含有硫酸、亚硫酸、矿尘外,还含有砷、氟、铅、锌、铜、汞、镉等有害杂质,容易造成环境污染,因此必须处理达标后才能排放。在酸性废水处理方面,我国硫酸工作者已做了大量工作,酸性废水可直接送至附近磷肥装置用作配酸;也可采用石灰法、石灰-铁盐法和硫化法等工艺处理酸

性废水,处理后的废水达标外排。

### 1.1.3 废渣

硫铁矿制酸的主要固体废弃物有硫铁矿烧渣和中和渣(主要为石膏),冶炼烟气制酸固体废弃物主要有铜滤饼、铅滤饼、砷滤饼和中和渣等。硫铁矿烧渣颗粒细小且带酸性,在堆存运输过程中易形成粉尘外泄,影响工厂卫生条件和周围环境。目前,硫铁矿制酸生产中完善了矿渣的运输机械,推广使用了增湿输送的干法排渣工艺,主要有刮板输送机—冷却滚筒(增湿)—带式输送机流程和冷却滚筒加冷却滚筒(增湿)—带式输送机流程,减少了粉尘外泄,使得现场环境总体得到较大改观。硫铁矿烧渣主要用作水泥添加剂,部分含硫较高硫铁矿制酸的烧渣用作炼铁原料。冶炼烟气制酸生产中的铜滤饼、铅滤饼、砷滤饼一般经铸渣后送选矿厂回收其中有价金属和砷,大型冶炼烟气制酸企业有价金属和砷回收率较高,基本没有二次污染问题。目前国内仅有少数硫酸企业将中和渣制成建筑材料,大部分企业都采用堆存处理,存在二次污染的问题。

## 1.2 能量消耗及废热回收

### 1.2.1 能量消耗

硫酸生产存在一定的消耗,如电(原料破碎及输送设备如鼓风机、泵消耗)、蒸汽(固体硫磺熔融消耗)和各种辅助燃料等。据中国硫酸工业协会统计,

(上接第 11 页)

污水深度处理回用,节水潜力可以达到 14%~30%。这与英国的 Linnhoff March 公司宣称的结果一致:根据他们做过的 30 多例项目的经验,用这种方法,对炼油厂可有 10%~30% 的节水潜力,对于精细化工厂节水潜力可能高达 60%<sup>[8]</sup>。

## 5 结语

在水已成为国家战略资源的今天,作为耗水量大的石油和化工行业将节水减排提上紧迫的议事日程责无旁贷。而节水工作进展到现阶段,单纯依靠管理经验已经不能满足需要,必须用过程系统工程的方法,考虑整个企业水网络系统的全面优化。

根据我们的经验,在炼油化工企业采用这种过程系统工程方法制订节水减排的优化方案,至少可以节水 10%~30%,有些企业可能更多。所以,这种先进的方法值得在所有过程工业行业(包括化工、冶金、制药、电力、造纸、饮料、核工业等)中大力提倡

和推广应用。

## 参考文献

- [1] 杨友麒. 节水减排是化工炼油企业的头等大事[J]. 中国化工信息, 2006, 38A: A4-A5.
- [2] 杨友麒. 从管理节水走向系统节水[J]. 现代化工, 2005, 25(12): 6-10.
- [3] El-Halwage M M, Manousiouthakis V. Synthesis of mass: Exchange networks[J]. AICHE Jour, 1989, 35(8): 1233-1244.
- [4] Wang Y, Smith R. Waste Water minimization[J]. Chem Eng Science, 1994, 49(7): 981-1006.
- [5] El-Halwagi. Pollution prevention through process integration: Systematic design tools[M]. San Diego: Academic Press, 1997.
- [6] Mann J G, Liu Y A. Industrial water reuse and wastewater minimization [M]. 姚平径, 杨友麒, 等译. 北京: 中国石化出版社, 2001.
- [7] Bagajewicz M. A review of recent design procedures for water networks in refineries and process plants[J]. Computers & Chem, Engng, 2000, 24: 2093-2113.
- [8] Spear M. Site Integration Move Beyond Pinch[J]. Process Engineering, 2000(11): 24-25. ■

2006 年我国硫酸装置生产单位产品的主要消耗见表 1<sup>[1]</sup>。

表 1 2006 年我国硫酸装置生产单位产品的主要消耗

	硫磺制酸	硫铁矿制酸	冶炼烟气制酸
电耗/kWh	72 <sup>①</sup>	117	120
工艺水消耗量/m <sup>3</sup>	<2	<2	<3
低压蒸汽消耗量/t	0.14~0.18		

注:①国内部分采用汽轮机驱动空气鼓风机的硫磺制酸装置电耗仅为 20 kWh/t 左右。

3 种主要制酸原料中,硫磺制酸能耗最低,硫铁矿和冶炼烟气制酸相当,大型装置由于技术装备水平较高,能耗普遍低于小型装置。近年来,硫磺制酸生产单位产品的耗电量总体呈下降趋势,主要是由于节能措施得当,如大型装置推广了汽轮机驱动空气鼓风机、干吸塔低位配置等技术,使得产品能耗有所降低。而硫铁矿和冶炼烟气制酸虽然采取了不少节能措施,但由于采用了动力波洗涤器、高效气体换热设备等高效设备,高效设备的压力降一般较高,相应增加了能耗,生产单位产品的耗电量总体仍呈上升趋势。

### 1.2.2 废热回收

硫酸生产是一个放热过程,反应热主要来源有 4 个部分:含硫原料的燃烧、二氧化硫的氧化、气体干燥和三氧化硫的吸收。其中燃烧反应的放热量随原料的不同而大小不等,其他三部分反应热则相同<sup>[2]</sup>。根据载热介质温位高低,将焙烧或燃烧过程产生的 1 000℃ 左右的热烟气及沸腾层中 850℃ 床层的热能称为高温废热;转化过程 500~600℃ 的转化气的热能称为中温废热;干吸过程 100℃ 左右循环酸的热能称为低温废热。就数量而言,高温废热占总热量的大部分,低温废热占总热量的 20%~30%。通常,设置火管或水管废热锅炉回收高温废热生产蒸汽,蒸汽用于发电或直接应用;设置过热器、省煤器等设备回收中温废热,将中压饱和蒸汽转变为过热蒸汽和加热锅炉给水,提高了蒸汽的品质和产率。

目前,国内硫磺制酸高、中温位热能普遍得到回收;硫铁矿和冶炼烟气制酸高温位热能也得到了回收利用,而受工艺条件的限制,中温位热能主要用于预热进转化工序的二氧化硫炉气以实现转化操作的自热平衡,只有少数企业在进转化器炉气  $\varphi(\text{SO}_2) \geq 8.5\%$  的条件下,回收了中温位的热能;低温位热能回收的较少。目前,我国硫酸生产每吨硫酸副产蒸

汽量平均为 0.935 t,废热回收率仅为 60%~70%,冶炼烟气制酸企业则更低<sup>[3]</sup>;而采用美国孟莫克公司技术(带 HRS)产汽率可达 1.65 t/t,废热回收率超过 90%<sup>[4]</sup>。

## 2 节能减排的主要措施

### 2.1 节能的主要措施

硫酸工业的节能主要包括 3 个方面,降低系统的能耗,即优化系统,降低系统压力降;提高动设备的效率,即采用高效风机、酸泵;提高废热的回收利用率。

#### 2.1.1 优化系统,降低系统压力降

硫酸工业节能涉及方方面面,降低硫酸系统的压力降是节能的主要手段。通过“流程模拟”、“计算流体力学”、“压降优化”等先进的设计手段<sup>[5]</sup>,理性选择有关参数优化系统,在装置稳定、高效运行的前提下注重装置的节能。优化系统的关键是处理好投资费用与能耗的平衡,工艺技术参数定得越高、设备尺寸越小,投资费用降低得就越多,但能耗也增加得越多,硫酸的生产成本会随之增加;反之,为了降低能耗而选择较低的工艺参数,所需的设备尺寸庞大、投资费用高也是不适宜的。

在设备方面,推广应用一些阻力小、能耗低的设备,如净化工序用电除尘器取代旋风除尘器、旋风除尘器增设减阻杆、板式酸冷却器取代间冷器、选用新型填料塔等;转化工序采用高活性催化剂,从而减少装填量、减薄床层厚度,催化剂的形状从柱状改为环状、大环状和菊形等,有效降低了催化剂床层的压力降,采用了低阻高效气体换热器降低了管程和壳程的压力降;干吸塔采用新型填料,降低填料高度。

#### 2.1.2 选用高效风机、酸泵

在硫磺制酸系统中,除熔硫蒸汽消耗外,风机、酸泵电耗是主要的能耗,其中风机的能耗占全部能耗的 60%~70%。在硫铁矿制酸系统中,除原料破碎、电滤器电耗外,风机、酸泵的电耗也是主要的能耗,其中风机的能耗占全部能耗的 35%~45%。因此,选用高效风机、酸泵是硫酸生产节能降耗的重要措施。风机、酸泵的效率是其固有的特性。在输送介质流量、阻力相同的情况下,风机、酸泵的效率越高,则能耗越低。如德国 KK&K 鼓风机的叶轮采用全开、自洁、三维背弯式设计,使叶轮更加符合流体力学规律,大大提高了风机的效率。据称,在相同风量、风压的条件下,德国 KK&K 鼓风机与国产鼓风机相比,至少节电 20% 以上。此外,鼓风机设置导向

叶轮的气体调节装置等节能设备和配件;根据工况变化用变极调速、变频调速、串级调速和电磁调速等方法随时调节电机转速,从而降低风机、酸泵的能耗。

### 2.1.3 提高废热回收利用率

对于硫磺制酸,除散热外,理论上反应热及其输送空气的风机压缩热均可回收利用。目前,硫磺制酸高、中温废热基本上都得到了回收利用,只有个别厂对低温废热进行回收利用。在低温废热回收条件许可的情况下,应重视低温废热的回收利用,从而提高整个制酸系统的废热回收率。在低温废热回收条件不许可的情况下,应采取措施,一方面应尽可能将低温位废热转化为高、中温废热,另一方面,要尽可能减少转化工序的中温废热向低温位废热转移。同时,硫磺制酸可采用空气鼓风机干燥塔后布置流程,从而既可回收利用风机压缩机械能转化的热能,相应中压蒸汽回收率提高3%~4%(生产每吨硫酸副产蒸汽产量可增加0.03 t),又可减少冷却水的消耗<sup>[6]</sup>。

对于硫铁矿制酸,沸腾层的热量几乎100%可以被回收,而高温炉气的热量在废热锅炉中只能回收55%~65%,其余几乎全部在后续的净化工序中损失掉,因此,在满足与锅炉连接的电除尘器等设备操作条件的情况下,废热锅炉出口炉气温度越低,高温废热回收率越高。此外,还可采取以下措施提高高温废热回收量:①尽量减少灰渣热损失,有些企业已回收了高温硫铁矿渣的显热(如云南红磷化工有限公司)和电除尘器至净化工序炉气的显热(如浙江巨化公司),云南红磷化工有限公司100 kt/a硫铁矿制酸装置在沸腾炉溢渣室内设置烧渣冷却器回收烧渣废热加热锅炉给水,使废热锅炉多产中压蒸汽0.81 t/h<sup>[7]</sup>;②减少炉气水分热损失,不少企业使用0.4~0.6 MPa 低压蒸汽干燥湿原料,使原料水分质量分数降至7%~9%,提高了废热锅炉产汽量;③减少惰性气体热损失,一是降低废热锅炉出口气体温度,二是尽量提高炉气二氧化硫浓度。受工艺条件的限制,硫铁矿制酸中温位热能主要用于预热进转化工序的二氧化硫炉气达到转化操作温度,可回收的中温废热量较少。在工艺条件许可的前提下,提高进转化器炉气二氧化硫浓度,从而可增加中温位废热回收量,借鉴在硫磺制酸广泛应用的热管省煤器回收多余中温废热<sup>[8]</sup>。在低温废热方面,硫铁矿制酸和硫磺制酸产生的低温废热量是一样的,在条件许可的情况下应加以回收。

废热回收的目的是利用,回收废热副产的蒸汽可用于发电也可直接利用,如采用汽轮机驱动鼓风机已取得了一定成效。采用汽轮机驱动鼓风机可减少热能-电能-机械能转换过程中的能量损失,从而减少了硫酸装置用电负荷;同时汽轮机驱动可方便地调节鼓风机转速,适应鼓风机的负荷大小,具有节能作用。目前,已有云南富瑞化工有限公司、贵州开磷集团、威顿公司、云南三环化工有限公司、石家庄化纤有限公司、天津硫酸厂等硫磺制酸企业采用了汽轮机驱动空气鼓风机工艺,荆门石化则采用了汽轮机驱动SO<sub>2</sub>鼓风机工艺。

## 2.2 减排的主要措施

### 2.2.1 提高二氧化硫转化率,减少尾气二氧化硫排放量

优化转化温度制度、采用高活性催化剂提高二氧化硫转化率,这不但有效地利用了硫资源,而且从源头减少二氧化硫的排放,如采用丹麦托普索(Topsøe)公司VK69催化剂可将现有两转两吸硫酸装置的二氧化硫排放减少50%以上。

《大气污染物排放国家标准》中规定新建装置的二氧化硫排放质量浓度不得超过960 mg/m<sup>3</sup>,而国外许多地区的二氧化硫最高允许排放质量浓度在300 mg/m<sup>3</sup>左右,某些特殊地区只有100 mg/m<sup>3</sup>甚至更低。最近一些国外公司在环保性能上更具前瞻意识,已明确提出将能够满足将来(不仅是现在)更严格的环保标准作为设计目标。除了提高催化剂性能以从源头上减少二氧化硫的排放外,还可根据装置的尾气排放要求在两转两吸(或一转一吸)工艺后增设尾气吸收装置,以提高装置的运行可靠性。为此,我国应积极开展除氨法、氨酸法以外的其他先进的超低二氧化硫尾气吸收技术的研究和应用,以从工艺上保证气相污染物的达标排放。

### 2.2.2 回收利用低浓度冶炼烟气

回收利用低浓度冶炼烟气是硫酸工业实现节能减排的重要措施,采用常规制酸工艺不能实现自热平衡。对于二氧化硫质量分数为2.5%~3.5%的低浓度烟气,可采用丹麦托普索公司WSA湿式硫酸工艺和我国自主开发的非稳态转化工艺直接制酸,这2种工艺在我国均有采用。非稳态转化工艺是一种较好的低浓度冶炼烟气处理工艺,解决了低浓度烟气转化的自热平衡问题,目前我国有9套采用此工艺的制酸装置在运行中,存在的主要问题是催化剂损耗大、转化率仅为80%~90%,尾气不能直接达标排放,还需设置尾气处理装置<sup>[9]</sup>,我国应开展非稳

态转化专用催化剂的研制,降低催化剂损耗、提高转化率,从而加快非稳态工艺的推广应用。此外,我国还有二氧化硫低于 2.5%、甚至 1.5% 的冶炼烟气,对于这部分烟气有的采用石灰-石膏抛弃法,有的甚至直接排放,这不但污染环境,而且造成硫资源的浪费。从环保和硫资源利用的角度,应对这些低浓度二氧化硫烟气进行二氧化硫的富集,得到高浓度二氧化硫气体或纯二氧化硫气体,处理后的气体可直接排放<sup>[10]</sup>。假如企业有蒸汽来源,可采用加拿大 Cansolv 公司的再生胺回收工艺,该工艺处理烟气二氧化硫浓度可达 0.08% ~ 11.00%,该工艺以脱硫率达 99% 以上以有机胺为吸收剂,用蒸汽解吸富含二氧化硫的吸收剂,再生后的吸收剂可循环使用,解吸出来的纯二氧化硫可用于制造液体二氧化硫或硫酸<sup>[11]</sup>。

### 2.2.3 酸性废水中砷的回收利用

硫铁矿、冶炼烟气制酸过程中,净化工序排放的酸性废水量主要根据废水中的砷或氟含量来确定。界区内有磷肥生产的企业,常将该酸性废水用于磷肥生产,从而实现酸性废水所谓的“零排放”。其实是将有害杂质(尤其是砷)转移到化肥中,从而进入土壤,这依然会产生污染。界区内没有磷肥生产的企业,尤其是冶炼烟气生产企业,通常视砷和氟为酸性废水中主要有害杂质,采用石灰中和-铁盐沉淀法除砷和氟。砷和氟化合物以滤渣的形式从酸性废水中分离、堆存。砷和氟化合物滤渣的堆存也会对环境产生污染。

从资源利用来讲,没有有害的物质,只有放错地方的资源。目前,已有冶炼烟气制酸企业采用硫化钠法将硫酸生产净化工序酸性废水中的砷以硫化砷形式固定,硫化砷用于生产三氧化二砷,从而实现砷的回收利用。只有这样才能真正地减少污染,回收资源。

## 3 实现节能减排需要解决的问题

### 3.1 国家政策扶持,政府鼓励

硫酸工业实现节能减排离不开国家政策的扶持和相关法律法规的保障,切实加强节能减排法规建设,国家制定的各项政策、法规要体现对节能减排的鼓励,如在“硫酸行业清洁生产评价指标体系”的指导下,对硫酸企业实行退税政策,而不是征收排污费政策。

在税收方面,国家应加快制定和完善鼓励节能减排的税收政策,允许将免征增值税的循环经济产品所耗原料的进项税额作为非循环经济产品的销项税额。

在能源政策方面,国家应尽快建立、健全有效的节能和废热利用激励机制,国家应协调电力部门平等对待发电厂电价和硫酸装置废热发电电价,对硫酸企业来说,目前发电上网价格仅 0.2 元/kWh 左右,而用电价格却是 0.5 元/kWh 左右,节能不节钱,损伤了硫酸企业节能的积极性。

在环保方面,国家应加快排污权有偿获取和交易制度的实施,建立生态环境补偿机制,使硫酸企业由被动治污向主动治污转变。

在金融政策方面,应逐步建立政府引导、企业为主和社会参与的节能减排投入机制,政府要加大财政投入,鼓励和引导金融机构加大对节能减排项目的信贷支持,按照“谁污染、谁治理、谁投资、谁受益”的原则促进节能减排的实施。

在法律法规方面,国家需加快《能源法》、《循环经济法》、《节约用电管理办法》等的制订,加快《节约能源法》、《中国节能技术政策大纲》的修订,早日以法律而不是政令保证循环经济的实施。

### 3.2 企业社会责任与经济效益

在节能减排方面,企业应该更有社会责任感,甚至需要牺牲一定的经济效益。对于硫酸工业,硫酸生产本身是一个放热过程,国外视硫磺制酸系统为能源工厂,这种观念在国内也逐渐得到认同,江浙地区出现了需求电能、蒸汽而新建的大型硫磺制酸装置,硫酸只是副产品。目前,硫酸生产的高、中温废热基本上得到了回收利用,而占总热量近 25% 的低温废热大部分企业没有回收利用。究其原因,目前国内低温废热回收技术还没有推广应用,引进国外技术费用较高;再者,对于无其他耗电产品生产或无蒸汽出路的企业,回收低温废热没有很好的用途,发电上网经济效益不显著。能源是不可再生的社会资源,硫酸生产过程的废热也是如此。硫酸生产过程的“三废”处理难度不大,且处理工艺成熟。但目前硫酸生产时有“三废”超标排放,尤其是酸性废水的超标排放。我国是水资源严重缺乏的国家,减少污染与节约用水同样重要。硫酸生产企业应该增加社会责任感,正确权衡社会效益和经济效益关系,合理回收使用低温废热和减少酸性污水的污染。

### 3.3 理性选择工艺、设备及其参数

#### 3.3.1 合理选择系统裕度

为了适应生产波动,保证系统稳定、安全运行,化工生产系统设计常选取一定的裕度,硫酸系统也是如此。裕度过小达不到适应生产波动,保证系统稳定、安全运行的目的;裕度过大不但增加投资,而

且增加系统的运行费用。对于硫酸工业而言,系统裕度过大,则风机、循环酸泵的运行偏离最高效率运行区域,效率降低,能耗增加。因此,合理选择硫酸系统裕度,正确选择风机、循环酸泵是十分重要的。只有保证风机、循环酸泵在最高效率运行区域运行,才能既满足硫酸生产要求,又有利于节能降耗。目前,一般情况下主鼓风机风量的裕度控制在5%~10%、升压裕度控制在7.0~8.0 kPa是适宜的<sup>[1]</sup>。

### 3.3.2 正确处理高气速与先进性的关系

目前,硫酸工业普遍采用高压力降、高气速的强化设计,如转化器气速从0.30 m/s左右提高到现在的0.40~0.45 m/s,干吸塔气速从0.5~0.8 m/s提高到现在的1.2~1.8 m/s,美国孟莫克公司设计的几套装置干吸塔气速更是高达2.2~2.4 m/s。高气速必然带来高的压力降,从而导致产品能耗增加。硫酸系统节能降耗的主要手段是降低系统的压力降,实质在于设备选型和参数的选定。高气速可使塔、管道的尺寸变小,节省投资,但系统压力降与气速的平方成正比,相应压力降较高,能耗增加,此外气速高气体夹带酸沫也相对较多,从而增加了干吸塔除沫器的负荷。所以不可认为高气速是系统先进性的表现之一,而片面地追求高气速。操作气速应通过投资费用与能耗的平衡来确定,一般情况下应在投资贷款偿还期内所节约或增加的能量价值,应相当于设备尺寸增加或较少所需的投资费用<sup>[1]</sup>。

### 3.3.3 回收废热副产蒸汽压力参数的选择

硫酸生产回收废热副产蒸汽常用于发电,蒸汽参数常为3.83 MPa、450℃。能量不仅有大小之分,还有质量高低之别。提高蒸汽的压力等级,可增强蒸汽的做功能力,即增加发电量。如孟莫克(MECS)公司设计硫酸装置废热回收系统选用的蒸汽参数为6.2 MPa、482℃,相对于选用4.0 MPa、400℃蒸汽参

数,回收废热量相同的情况下可增加发电量7.5%。硫酸工业可借鉴电力行业和国外硫酸工业的成功经验,适当提高废热回收副产蒸汽的压力等级,从而提高废热的有效利用率。

## 4 结语

在环境污染日益严峻、能源日趋紧张的今天,硫酸企业必须加强节能减排,淘汰高污染、高能耗的技术和设备,把国家节能减排目标与本行业、本企业的实际结合起来,制定切实可行的节能和减排计划,并采取有力措施加以实施,以实现企业经济效益和环境社会效益的双赢。

## 参考文献

- [1] 沙业汪. 硫酸工艺社设备选择中的节能问题[J]. 硫酸工业, 2006(5): 5-11.
- [2] 汤桂华. 硫酸[M]. 北京: 化学工业出版社, 1999: 376.
- [3] 郭智生, 黄卫华. 有色冶炼烟气制酸技术的现状及发展趋势[J]. 硫酸工业, 2007(2): 15.
- [4] 丁华, Patrick M Ritschel. HRS在硫磺制酸中的应用[J]. 硫酸工业, 2007(3): 19-23.
- [5] Guenkel A A, Cooper G, Orlando J. 技术流体力学: 改进硫酸装置性能的工具[J]. 硫酸工业, 2006(4): 1-4.
- [6] 俞向东. 硫磺制酸废热回收及利用[J]. 硫酸工业, 2000(3): 43-47.
- [7] 雷云生. 100 kt/a 硫酸装置排渣废热的利用[J]. 硫酸工业, 2002(6): 41.
- [8] 中明(湛江)化机工程有限公司. 热管省煤器在硫酸转化系统中的应用[J]. 硫酸工业, 2006(1): 45-47.
- [9] 纪罗军, 王海帆, 陈忠和. 低浓度烟气非稳态转化制酸工艺的应用[J]. 硫酸工业, 2006(6): 5-10.
- [10] 杨毅, 岑祖望. 可资源化活性焦烟气脱硫技术简介[J]. 硫酸工业, 2007(1): 46-49.
- [11] 刘瑜, 康世富. 可再生胺法脱硫技术的应用[J]. 硫酸工业, 2007(1): 39-45. ■

## 艾默生高准公司(Micro Motion) ELITE 科里奥利仪表 增强了在苛刻应用环境中的使用性能

艾默生过程管理公司日前宣布该公司已扩大了其高准 ELITE® 科里奥利仪表的产品范围, 针对最大型号的 ELITE 仪表推出了 2 个新选项: 镍合金 C-22 结构选项和高压选项。高准 ELITE 科里奥利仪表具有比以往更为强大的操作能力, 能在更为广泛的过程和应用环境中体现其卓越的测量性能。

高准 ELITE 科里奥利仪表的 CMF400 型适用于口径为 100~150 mm、最大流量为 545 500 kg/h 的应用场合。对于乙烯、天然气、炼油以及石化行业的应用而言, 在高压条件下进行精确而可靠的测量至关重要, 而高压 CMF400P 型仪表目前的压力额定值为 20.5 MPa, 因而这种高准 ELITE 科里奥利仪表成为以上行业的理想测量仪表。

具有新镍合金 C-22 结构的 CMF400H 型仪表可适用于过程介质苛刻且与不锈钢不相容的应用场合, 因而这种新

型大口径高准 ELITE 科里奥利仪表是酸性原油处理、油井产品及某些腐蚀性炼油应用的理想选择。完整系列的高准 ELITE 仪表可提供最高的科氏力测量精度。高准 ELITE 仪表采用了新一代 MVD 技术, 在 20:1 的量程比范围内具有 ±0.05% 的质量和体积流量精度, 而密度测量精度则高达 ±0.0002 g/mL, 相对其他科里奥利仪表和替代技术来说是一个重大改进。

对于精确测量至关重要的应用, 例如反应器加料、加注添加剂以及高价值产品的贸易交接, 新型高准 ELITE 是实现最精确和一致性测量的明智选择。此外, 由于高准 ELITE 科里奥利仪表增加了大口径仪表的结构材料及压力选项, 可提供原先在苛刻、恶劣的应用中无法实现的卓越性能。(罗淑慧)