

# 硫磺制酸企业熔硫蒸汽系统解决方案

武汉双联兴欣机械设备有限公司 承瑛

## 1 概述

硫酸是一种重要的基本化工原料。在我国，硫酸产品有 20%、75%、93% 和 98% 等不同规格。硫酸主要用于磷肥，其消费量占总消耗量的 60% 以上。硫酸还广泛用于冶金、印染、医药等行业。

以硫磺为原料生产硫酸不需净化。大大简化了工艺流程，节省投资，且产品质量高。因此，该工艺被多数制酸企业采用。

熔硫工段是硫磺制酸的准备工序。将固体硫磺经过蒸汽加热溶解，经澄清、过滤制成洁净的制酸原料。

## 2 蒸汽系统现状

熔硫蒸汽由焚硫的余热锅炉产生的高压过热蒸汽直接减温减压或发电后的低压蒸汽供给。熔硫蒸汽压力控制在 0.7Mpa 左右，温度控制在 135℃-145℃ 之间。保温蒸汽压力控制 0.3Mpa 左右。多数企业熔硫工段的加热盘管和夹套伴热管安装了疏水阀阻汽排水，一般采用开式方式回收蒸汽凝结水，加压回送到锅炉房除盐水箱或除氧器。

## 3 存在问题分析

熔硫工段使用的蒸汽产自制酸余热，成本低。多数企业对蒸汽的使用管理粗放。主要表现在蒸汽的分输配、使用和回收利用等方面。

### 3.1 蒸汽输配系统

蒸汽输配系统存在的主要问题是：排水点构造不合理，蒸汽压力控制不精准。

#### 3.1.1 蒸汽输送管道凝结水的排放

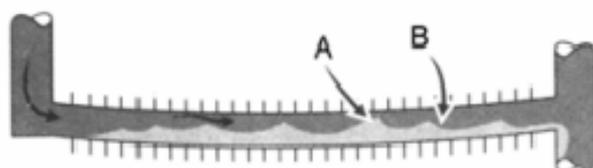
在我国蒸汽输送管道凝结水排放点的构造还是老一套，在一根大管上焊接一根 DN20 或 DN25 管子，用于凝结水的收集排放。这种作法是绝对无用的，只有极少的水才能从小管中排出。

蒸汽在输送过程中，由于热辐射散热而产生冷凝水，由于排水点构造的缺陷不能及时排尽，就有可能产生“水击”。凝结水是引起水击的主要原因之一。以 30m-40m/s 的速度在管道中传输的蒸汽，与管线底部的凝结水相遇会产生“水波”。如果形成足够的水量，高速流动的蒸汽就会推着凝结水一起走，产生一个 危险的水头，并且在与其前面的液体的滚动中越来越大，它可以破坏任何改变汽流方向的管件、阀门、三通、弯头、盲板法兰。除了这种“水击”以外，高速流动的凝

积水冲刷金属表面，也能侵蚀各种管件。

图 1 所示，凝结水能在管道或管线中聚集，并被蒸汽推动产生水波，直到 A 点处，把整个系统堵塞。凝结水在 B 点处产生了一个压差，引起蒸汽压力的变化，推动凝结水头，就像一个冲击水锤。

图 1:



### 3.1.2 蒸汽减压

蒸汽压力由企业需要的最高压力来决定。有时压力由锅炉制造厂决定。当压力低时，锅炉水表面会产生更多的和自由水滴，所以，有更大可能输送湿蒸汽。这时，要求生产蒸汽的压力一定要比工艺车间要求的最大压力更高。常常的做法是在较高压力分配蒸汽和到蒸汽用户后再减压。

这样，可以通过较小管径的蒸汽主管输送品质高的蒸汽，所以投资省。到用户再减压，可对工艺车间提供更精确的压力控制。

我国硫磺制酸企业熔硫工段蒸汽压力的控制多数采用截止阀手动控制。其结果是压力控制不精准，工人劳动强度大，不能满足工艺要求。

## 3.2 蒸汽使用系统

熔硫蒸汽系统存在的问题主要是疏水阀的选型、成组疏水和截止阀疏水。

### 3.2.1 蒸汽疏水阀选型

熔硫使用蒸汽的设备有加热盘管和夹套蒸汽伴热管。加热蒸汽盘管的疏水方式有虹吸疏水和重力疏水两种。

为了保持用汽设备的最高效率，设备中的凝结水必须尽快地排出，也就是说，排出凝结水的温度越高，设备的效率越高。如何使排出的凝结水温度达到饱和温度呢？唯一的办法就是正确地选用疏水阀。

熔硫工段蒸汽盘管有虹吸和重力两种疏水形式。据我公司掌握信息来看，除经过疏水改造的企业外，多数企业不分疏水场合都是采用普通疏水阀。

蒸汽凝结水提升后再排放叫虹吸疏水。凝结在提升过程中会产生闪蒸蒸汽。疏水阀的基本功能是阻汽排水，普通疏水阀不能识别新鲜蒸汽和闪蒸蒸汽。当闪蒸蒸汽进到阀体后，疏水阀就会关闭，有水再次打开，从而疏水阀的开关频率增加，排放时间和排放量都会减少。不仅排水量减少，还加大了磨损，缩短了使用寿命，造成加热效率下降和蒸汽泄漏量的增加。普通疏水阀不能适应虹吸疏水场合。

### 3.2.2 成组疏水与单元疏水

一个用汽单元使用一台疏水阀排水阻汽叫单元疏水，两个用汽单元或多个用汽单元共用一台疏水阀疏水称作为成组疏水。

成组疏水会引起短路，如果一台疏水阀与两个（含两个）以上用汽单元的排水点连接，那么从某个或某些个用汽单元来的凝结水和空气就有可能到达不了该疏水阀（俗称“顶牛”）。任何凝结速率的变化都会引起蒸汽压降的变化。即使是压力表显示不出来的压降，也会使从高压单元来的蒸汽阻塞从低压单元来的空气或凝结水的流动。这样就会使低压单元的输出减少、加热效率降低，难以满足工艺要求。精硫储罐绝大多数企业采用了成组疏水。

### 3.2.3 截止阀替代疏水阀

蒸汽加热设备采用截止阀代替疏水阀排放凝结水，该种疏水方式，不仅增加了操作和管理的难度，而且不能起到“自动阻汽排水”的作用。由此产生的问题是：①、阀门开度太小，加热设备中的凝结水不能及时排出，满足不了加热的要求，还会影响安全生产；②、阀门开度太大，虽然能满足加热要求，但蒸汽消耗量过大，造成蒸汽的浪费；③、频繁地调节阀门，会造成阀门的损坏，增加了维护、检修的工作量和费用；除存在以上问题外还有不利的人为因素。因此这种疏水方式蒸汽浪费是惊人的，请看下面的不同阀尺寸的蒸汽损失表。

表 1 7bar 压力下蒸汽泄漏损失表(设蒸汽价格为 150 元/吨)

阀座孔径 (in)	月损失蒸汽 (kg)	每月成本 (元)	每年总成本 (元)
1/2	378800	56820	681840
7/16	288900	43355	520020
3/8	213200	31980	383760
5/16	147400	22110	265320
1/4	95300	14295	171540
3/16	53000	7950	95400
1/8	23800	3570	42840

### 3.3 蒸汽凝结水回收和余热利用

蒸汽凝结水具有除盐水和热量两种价值。对于凝结水的回收，多数企业采用开式回收方式，少数企业设计了闭式回收系统，极少数企业的蒸汽凝结水直排地沟。

#### 3.3.1 凝结水开式回收机组

凝结水从加热设备用疏水阀排到一个对大气的水箱中，闪蒸蒸汽对大气排放，冷凝水再用水泵加压送到目的地。此回收方式的优点是适应不同蒸汽压力、水量少、排水点多的场合。最大优点是适应能力强，运行稳定；最大的缺点是余热回收不充分，失去了有与同等压力新鲜蒸汽价值的闪蒸蒸汽，对环境污染大。

#### 3.3.2 闭式凝结水回收机组

凝结水从加热设备用疏水阀直接排到凝结水回收机组，加压后送到目的地。闭式回收的优点是最大限度的回收利用了余热。但缺点也突出，即回收机组与加热设备只能一一对应，对疏水阀要求高。我公司所掌握的信息是，多数企业的闭式回收机组只是一个摆设，无法运行。其原因有二：一是使用的疏水阀由于选型设计和产品质量的问题，满足不了闭式回收机组的要求；二是熔硫工段所用蒸汽不是一个品位。不同压力蒸汽的凝结水更不能用同一台回收机组。

### 3.3.3 蒸汽凝结水对大气直排地沟

凝结水对大气直排地沟原因很多。蒸汽凝结水直排地沟，既浪费了水资源，又污染环境。

## 4 解决方案

### 4.1 方案简述

利用新型实用、使用寿命长、性价比高的节能产品和先进的技术解决蒸汽输配、蒸汽使用、凝结水回收等系统中存在的问题。尽可能多的回收利用凝结水及其余热，力争做到蒸汽系统的循环利用和零排放。

### 4.2 疏水改造

疏水和凝结水回收常常被忽视。多数人对这两个环节的浪费认识不足，认识不到疏水是节能环节之一。

#### 蒸汽疏水阀的地位和作用

疏水阀占系统总投资不到 1%，但对生产率、产品质量、生产成本、蒸汽成本，对系统正常运行起到关键作用。如果排水不畅，则加热温度上不去，生产率下降，出次品；如果泄漏率高，则加大生产成本。当锅炉供汽量不足时，必然汽压下降，温度下降，生产率降低，出次品、废品，所以应把它作为蒸汽系统的一个重要环节来对待。

#### 4.2.1 蒸汽输配系统疏水改造

蒸汽输配系统疏水改造主要是排水点的构造和疏水阀两项内容。

##### ①、排水点的构造

国家标准规定，饱和蒸汽管道每隔 80 米、过热蒸汽输送管道每 200 米安装一台启动疏水阀；在设计中形成的任何低点都应设立排水点。

表 2 蒸汽主管和支管上集水井推荐尺寸表

蒸汽管道通径 M(mm)	集水管通径 D(mm)	集水管最小高度 H(mm)	
		监控预热	自动预热
50	50	250	700
80	80	250	700
100	100	250	700
150	100	250	700
200	100	300	700

250	150	375	700
300	150	375	700
350	200	525	700
400	200	600	700
600	250	675	700

排水点的构造是很重要的。在蒸汽主管的排水点安装大口径集水管，改变过去传统的做法。集水推荐尺寸如表 2 所示。

## ②、疏水阀的选用

何种情况下选用何种疏水阀并无定制。但有基本原则可循，使疏水阀满足要求的同时，还要使疏水阀本身工作良好。重点把握以下参数：

①、工作场合；②、工作负荷；③、工作压差。

选用的疏水阀既能在最大压差下满足于工作负荷的要求，也能在最小压差下排放一定负荷量。

### 4.2.2 蒸汽使用的疏水改造

蒸汽间接设备的疏水改造重点疏水阀选型。不同场合要选用不同类型的疏水阀，才能收到事半功倍的效果。

### 4.2.3 改成组为单元疏水

硫磺制酸企业的液硫贮罐的蒸汽盘管每组的长度都不一样，阻力肯定存在差异，采用成组疏水的危害显而易见。只要认识了成组疏水的危害后，改造起来很容易，每一个用汽单元用一台疏水阀阻汽排水就行了。

## 4.3 凝结水回收系统改造

### 4.3.1 回收利用二次蒸汽

熔硫化磺使用 0.6Mpa-8MPa 饱和蒸汽，排出 165℃-175℃饱和温度下的凝结水，其热量占 24.8%-26.75%。蒸汽凝结水存在除盐水和热能两种可利用的价值。回收利用高温凝结水的低压闪蒸蒸汽的方法主要有热泵回收技术和直接闪蒸汽利用技术。

直接闪蒸回收利用二次蒸汽技术，是指将高温凝结水进入闪蒸罐，扩容降压需要的低压蒸汽，将低压蒸汽送到低压蒸汽管网或低压蒸汽加热器，当闪蒸二次蒸汽不足时由减压单元补充。

具体到熔硫工段，就是将快速熔硫盘管的凝结水，闪蒸成 0.3Mpa 二次蒸汽用于保温和伴热，不足时由减压单元补充。

①. 工艺流程如图 2

②. 闪蒸蒸汽量用下式计算

$$G = \frac{SH - SL}{H} \times Q$$

式中：Q——高温凝结水量，kg/h；

SH——高温凝结水显热，kJ/kg；

SL——低温凝结水显热, kJ/kg;

H——二次蒸汽的潜热, kJ/h;

G——二次蒸汽量 (kg/h)。

### ③. 蒸汽减压 (稳压) 单元

上图闪蒸系统中的蒸汽减压, 必须采用 DP 型蒸汽减压阀实现自动控制。DP 型蒸汽减压阀

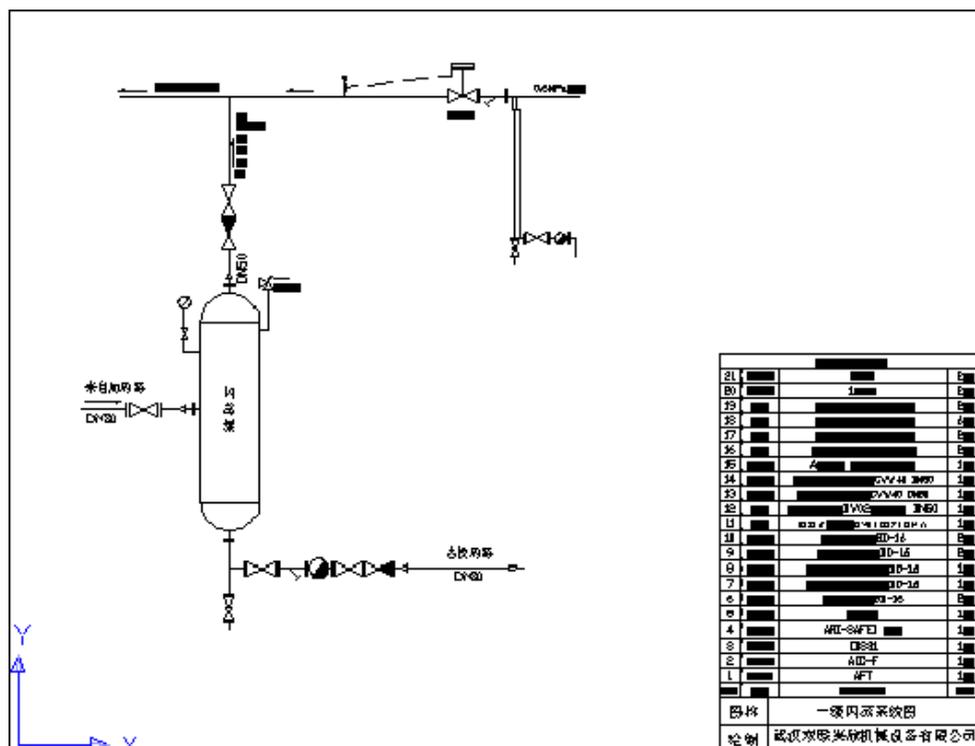


图 2 闪蒸系统示意图

中的主阀, 靠移动隔膜来控制。它由上游的蒸汽压力来操作, 但由下游的蒸汽压力来控制。用汽量的任何变化都会改变下游的蒸汽压力, 它都能被副阀感受到, 所以能保持减压值不变, 实现精准的控制。

### 4.3.2 凝结水回收机组

熔硫蒸汽凝结水系统点多、量少, 不宜进行闭式回收, 开式回收是最有效的方式。

#### ①、换热系统

在完成疏水改造和熔硫蒸汽凝结水闪蒸回收利用二次蒸汽后, 采用开式回收机组时, 0.3Mpa 蒸汽凝结水仍有 186.3KJ/kg 的余热对大气排放。既浪费资源, 又不能实现蒸汽系统的闭路循环。要想实现蒸汽系统的零排放, 尽可能多的回收凝结水, 最好的方法是在回收机组之前增加换热单元, 在凝结水进机组之前将水温降至不排或少排余热的温度。最好选换高效的板式换热器。

#### ②、凝结水回收机组

凝结水回收机目前没有一个固定的标准型号, 还是处在发展完善的阶段, 选用哪种回收机组,

要根据企业的实际情况确定。选用凝结水回收机组基本原则：回收机组应具备耐高温、防汽蚀、能处理水、闪蒸蒸汽和空气的功能，吸入能力强的性能。

③、技术改造完成后蒸汽系统方框图如图 3 所示。

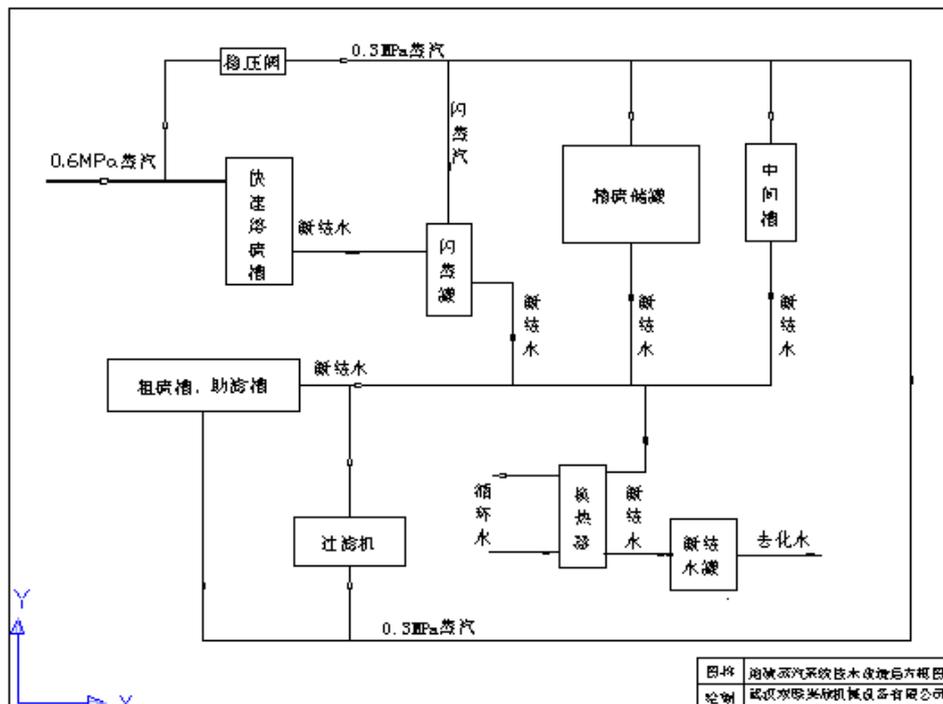


图 3 技术改造完成后蒸汽系统方框图

## 5 合作伙伴与经济效益

自 2009 年以来，我公司先后与新洋丰肥业集团、湖北宜化集团，襄阳泽东化工，湖北中孚化工集团有限公司，西部化工等企业做了节能工作的合作，对企业中所有硫磺制酸熔硫蒸汽系统的凝结水系统进行了改造或在新建项目中就采用了武汉双联兴欣机械设备有限公司的技术。老的硫磺制酸设备经过改造后，用汽单元的热效率有了明显的提高，蒸汽消耗下降，节汽率为 9-20% 以上。投资回收期多数企业不到半年。