

# 钒制品生产线废水蒸发器技术研究

马峰

(攀钢集团工程技术有限公司修建分公司 四川 攀枝花 617000)

**摘要:** 废水蒸发器是钒制品生产线上的重要设备,对于废水处理非常重要。本文结合对蒸发器结构和能力等方面的检修经验,就钒制品生产线废水蒸发器的改造进行了分析。

**关键词:** 废水蒸发器;钒制品生产线;废水处理

## 0 引言

在钒制品生产线中,废水工序主要是处理各工序排放的废水,目前因废水工序不能及时的处理废水,加上近几年环保方面要求极高,导致该工序的生产能力严重制约着整个钒制品生产线的生产能力蒸发浓缩系统中蒸发器为该系统的核心设备,从1效蒸发器到4效蒸发器共计4台。该系统为连续性生产,其中任何一效蒸发器出现故障会导致整个蒸发浓缩系统无法处理废水检修周期基本为30天,每次检修的工期一般在5天,还需要24小时倒班作业,工期非常紧张、设备检修条件较差、临边及高空作业较多危险系数高,极大的浪费了人力和物力,严重制约着生产。

针对上述问题,通过近几年来对蒸发器结构和能力等方面的检修经验结合该设备运行特点,制定出一套合理、有效的检修方案。

## 1 蒸发器的故障及原因分析

### 1.1 蒸发器内部列管防堵塞难

废水蒸发器每条线从1效蒸发器到4效蒸发器共计4台,其结构为 $\phi 1600 \times 13000$ ,重约45t,蒸发器内部为 $\phi 38 \times 11000$ 和 $\phi 57 \times 11000$ 的耐热列管,600根到1000根不等,主要是在蒸发浓缩系统的负压的情况下,通过蒸汽的高温蒸发掉废水(主要成分为硫酸钠)里面的水分,提高硫酸钠的浓度。在蒸发器的运行中常发生内部列管被硫酸钠堵塞的现象,导致蒸发器不能正常运行,需要停机立即抢修。

### 1.2 蒸发器密封长寿化难

蒸发器的密封主要是靠上、上盖子进行密封使蒸发器内部的负压不泄露,密封盖的内侧加工有凹槽,便于放置密封胶条,其功能是对蒸发器的内部结构的不同区域进行密封,但是在蒸发器的运行过程中,常发生蒸发器内侧密封失效的现象发生,使蒸发器的内部不同区域的功能失效,导致蒸发器内废水压力不够流量极少,需要停机立即抢修。

## 2 改造方案

蒸发器作用是对废水中的水进行蒸发后收集起来便于循环利用,蒸发后的物质主要为浓度很高的硫酸钠。工艺的流程为废水在离心泵的作用下,从1效蒸发器开始流向4效蒸发器结束,越往后废水中的硫酸钠浓度越高,造成蒸发器堵塞的可能性也越大,其中1效和2效蒸发器极少堵塞,主要是在3效和4效蒸发器堵塞。要想改变现状,一是对泵

进行改型,采用功率更大的泵,同时电缆和软启动等附属设备需要替换,这样成本过高,同时影响生产时间过长。因此对蒸发器的内部结构进行重新分区,达到满足现在生产能力的要求,成为了最优方案。通过分析,发现蒸发器内部列管被隔板分割为两大部分,其中底部有一个直径约200mm,高度500mm的进水管,也将蒸发器分割为两部分,顶部直径约200mm,高度500mm的出水管。

液体是通过泵进入进水管后,输送到顶部然后通过重力的作用自由流下,回到底部从出水口流出,完成一个循环。在这个流动的过程中,影响蒸发器的正常运行的主要有泵的扬程、流速、蒸发器的蒸发量、管箱过流面积,废水硫酸钠的浓度等,通过堵塞的现象观察发现,主要堵塞的管道在B区出水管内部,原因是通过重力作用流动的速度不够,所以导致废水中的硫酸钠逐步粘接到管道的内壁上,并且越来越多,最后导致完全堵死,这也是为什么浓度越高的蒸发器堵塞的越发严重,运行周期越短的原因。

因此,要改变现状,必须改变蒸发器内废水的流动方式,可以考虑采用大流量、高流速的泵给废水提供动力,使其难以粘接到蒸发器的内壁上。按照目前三效使用的泵型号XHO300-400,电机功率220kW,扬程24m,流量1550m<sup>3</sup>/h,流速1.99m/s~4.32m/s,该泵具备大流量、高流速、扬程低的特性,因此决定根据泵的流速和流量等来对蒸发器进行重新分区。

根据流速可以推算出蒸发器的管箱过流面积,算出管箱过流面积就可以对蒸发器内部列管进行合理的分区。按照流速公式计算,流速: $V_{小} = Q/S$ ,  $S_{小} = Q/V_{小}$ ,其中 $Q=1550$ ,  $V=1.99$  m/s;因此蒸发器内最大管箱过流面积 $S_{大} = 1550/1.99/3600 = 0.2163$  m<sup>2</sup>,同理蒸发器内最小管箱过流面积 $S_{小} = 1550/4.32/3600 = 0.09966$  m<sup>2</sup>,因此重新分区的最大管箱过流面积 $S_{大1} > S_{大}$ ,同理重新分区的最小管箱过流面积 $S_{小1} > S_{小}$ ,即可满足泵的流速低于现有泵的值,能满足泵的需要。

电机功率(电机功率系数按0.75计算): $N = \rho QH \div 102 \div \eta_1 \times \eta_2$ ,其中因三效蒸发器浓度较高,密度 $\rho$ 按1.4计算,扬程 $H$ 按24m计算,流量 $Q=1550$  m<sup>3</sup>, $N=1.4 \times 1550 \times 24 \times 1000/102/3600/0.75 \times 1.1=208$  kW,目前电机220kW,满足要求。

根据以上数据,现将蒸发器底部列管进行如下分区(如图1和图2所示):

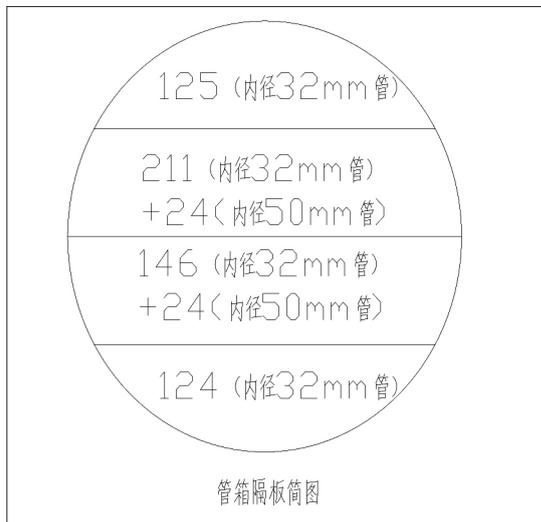


图1 蒸发器底部分区示意图  
(图中数字表示换热管的数量和管道的内径)

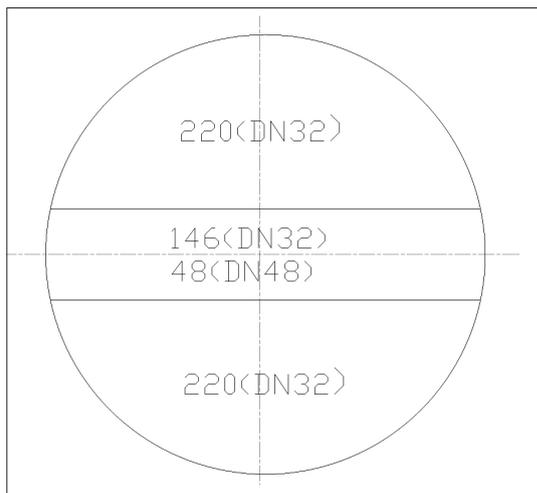


图2 蒸发器顶部分区示意图  
(图中数字表示换热管的数量和管道的内径)

重新分区后的管箱过流面积:

$$S_{大} = n_1 \times \pi r_1^2 + n_2 \times \pi r_2^2$$

$$= 211 \times 3.1416 \times 0.016^2 + 24 \times 3.1416 \times 0.025^2 = 0.2168 \text{ m}^2$$

$$S_{小} = n \times \pi r^2 = 124 \times 3.1416 \times 0.016^2 = 0.09972 \text{ m}^2$$

由计算可得重新分区的最大管箱过流面积  $S_{大1} > S_{大}$ ,  
重新分区的最小管箱过流面积  $S_{小1} > S_{小}$ 。

$$V_{小} = Q / S_{小} = 1550 / 0.2168 / 3600 = 1.9859 \text{ m/s};$$

$$V_{大} = Q / S_{大} = 1550 / 0.09972 / 3600 = 4.3176 \text{ m/s};$$

该分区方案的流速,均能满足泵的需要,说明该方案可行,能够有足够的扬程和流速,通过该方案的实施能避免蒸发器内部列管的堵塞,降低蒸发器内部列管堵塞的故障频次,达到解决防堵塞的目的。

根据生产工艺和设备工况的特点进行分析,决定从蒸发器的密封结构方面进行研究,提出对设备结构的优化方案,力争将检修周期约为4次/年,降低为1次/年,从而

达到降低蒸发器密封泄露故障频次的目的。蒸发器上下密封盖主要作用是对蒸发器起到密封作用,还便于对蒸发器的内部检修使用,其结构为 $\phi$ 1700,厚度为50mm的不锈钢材质,通过螺栓与蒸发器本体进行连接。在密封盖的内侧加工有规则的内槽,长1200mm~1600mm不等,宽30mm,深度15mm,其目的是放置密封胶条,用于对蒸发器分区后的密封作用,但在实际的运行过程中,该密封胶条常被破坏,导致蒸发器内部的废水窜液,无法达到液体在蒸发器内部循环的目的,使液体堆积在蒸发器列管内,造成堵塞的情况发生。经过分析,发现导致密封胶条失效的主要原因有两点:一是隔板经过长时间的使用,存在变形无法保证其无一条直线,因此安装的密封胶条不能保证完全被隔板压实;二是盖板上凹槽经过长时间使用腐蚀变形较大,凹槽周边虽然经过多次补焊,但是仍然不能满足使用,反而造成了隔板与凹槽的不配套,为避免此类故障发生,需重新设计一种密封装置,使密封胶条无法被损坏,从而降低蒸发器密封失效的故障频次,达到了蒸发器密封长寿化的目的。

结合密封失效的原因,设计一种针对蒸发器的新型密封装置,盖装置是在密封盖的表明焊接安装一个凸槽作为密封腔,其大小根据隔板的大小而定,因隔板是一个长1600mm,厚20mm的不锈钢板,因此凸槽设计为一个长1600mm,宽40mm,高度20mm结构,内外侧满焊并打磨。

### 3 实施后效果

通过重新设计分区后,采用厚度20mm,高度1000mm,宽度1200mm~1600mm的不锈钢板焊接在列管表面进行分区,在蒸发器底部焊接3块隔板,将底部列管划分为4个区,顶部焊接2块隔板,将列管为3个区。

将设计的蒸发器新型密封装置,采用厚度为12mm的不锈钢切割成长1200mm~1600mm,高度20mm的数个长条,并将焊接面抛光打磨后,焊接在上下密封盖上,同时采用DN50mm不锈钢管道焊接在蒸发器的隔板之间,起支撑固定的作用。效果对比如表所示。

表 钒制品生产线废水蒸发器技术研究目标对比表

| 序号 | 检修难点        | 改进前频次<br>(年度) | 改进后频次<br>(年度) |
|----|-------------|---------------|---------------|
| 1  | 蒸发器内部列管防堵塞难 | 12次           | 3次/年          |
| 2  | 蒸发器密封长寿化难   | 4次            | 1次/年          |

### 4 结语

综上所述,在经过改造之后蒸发器故障发生次数有了明显的改善,同时还提高了稳定性,值得对改造方法进行推广。

### 参考文献:

- [1] 石岚.对含盐废水蒸发器影响管束结垢腐蚀因素的研究[J].化工设计通讯,2017,43(08):137+188.
- [2] 赵海宝.双效蒸发器的节能改造[J].化工管理,2016(8):231.

作者简介:马峰(1985-),男,回族,四川绵阳人,本科,机械工程师,研究方向:机械工程。