

# 蒸发结晶技术处理高盐废水常见问题及解决措施

毕朝刚 郑 帅

中国五环工程有限公司 湖北武汉 430223

**摘要:** 本文介绍了化工及环保工程领域中常见蒸发结晶系统的工艺流程。通过应用现场反馈调试中的常见问题, 主要包括系统中发生频率较高的动设备故障、跑料、换热器结垢结焦、电仪元件自动控制失效、管路堵塞等问题, 进行相关现象阐述、总结其影响因素及发生原因, 进行分析并提出有效的解决或改进措施。总结蒸发结晶系统在工程应用中的共性问题, 希望能够对同类项目调试起到一定的指导作用, 从而促进改善化工及环保行业相关装置的运行状态。

**关键词:** 蒸发; 结晶; 高盐废水; TDS; 氯化钠; 硫酸钠

## Common problems and solutions in the treatment of high salt wastewater by evaporation crystallization technology

Chaogang Bi, Shuai Zheng

China Wuhuan Engineering Co., Ltd. Wuhan, Hubei 430223

**Abstract:** This paper introduces the process flow of evaporative crystallization systems in the field of chemical engineering and environmental protection engineering. Through the application of the common problems in the field feedback commissioning, mainly including the problems with high frequency in the system, such as rotating equipment failure, material running, heat exchanger scaling and coking, automatic control failure of electrical instrument components, pipeline blockage, etc., this paper expounds the relevant phenomena, summarizes the influencing factors and causes, analyzes and puts forward effective solutions or improvement measures. This paper summarizes the common problems of evaporation and crystallization systems in engineering applications and hopes to play a certain guiding role in the debugging of similar projects, so as to promote the improvement of the operation status of related devices in the chemical industry and environmental protection industry.

**Keywords:** evaporation, crystallization, high-salt wastewater, TDS, sodium chloride, sodium sulfate

### 引言:

近年来, 随着水资源的日益短缺, 废水的回收利用日益受到重视。高含盐量废水是指含有至少3.5%溶解性总固体(英文缩写为:TDS)的废水, 该废水除总TDS含量较高外还含有较多的有机物, 其主要来自各个行业的水的深度处理过程, 这种废水通常含有的物质种类较多, 其中主要包含盐、硬度结垢离子、有机物、悬浮物杂质这四类物质。含盐废水的产生途径众多, 水量也逐年增加, 尤其是矿井废水以及煤制油、煤制气的化工生产加工过程, 不仅产生量大, 而且具有高污染特点<sup>[1]</sup>。该类废水的特点是: 不能简单地采用生化处理, 且物化处理过程复杂, 处理费用高, 是行业普遍认为的高难处理废水<sup>[2]</sup>。

蒸发和结晶是现代化工的常见单元操作。对于经深度处理过产生的高含盐废水, 可采用利用不同盐类在不同

温度下溶解度不同性质, 通过蒸发结晶析出硫酸钠、氯化钠等盐类, 实现溶解性盐类与水的彻底分离。蒸发结晶技术具有高效提取盐分和回收水资源特点<sup>[3]</sup>。蒸发结晶技术的核心是蒸发, 目前国内外常用的蒸发技术主要有多效蒸发、热力蒸汽再压缩蒸发、机械式蒸汽再压缩(MVR)蒸发以及降膜式机械蒸汽再压缩循环蒸发等<sup>[4]</sup>。本文基于实际工程应用, 分析总结了蒸发结晶技术处理高含盐废水的过程中存在的常见问题, 并提出了相应的应对措施。

### 1 蒸发结晶装置

蒸发结晶装置包括蒸发系统和结晶系统。蒸发系统主要包括蒸发器进水热交换器、脱气器、蒸汽压缩机、蒸发器以及除雾器等; 结晶系统主要包括结晶器、强制循环热交换器、水力分离器以及离心脱水机、结晶冷凝器等; 通过蒸发系统提高系统中盐含量, 同时蒸发部分

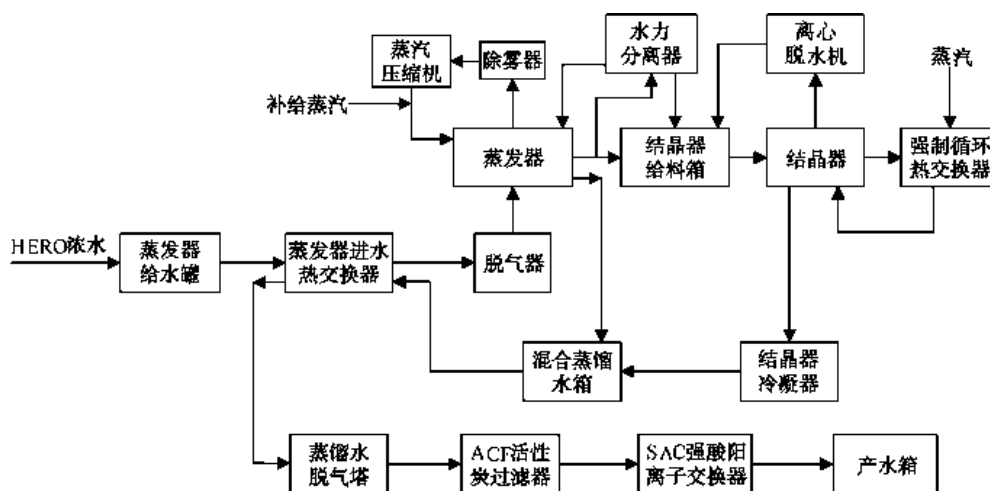


图1 蒸发结晶系统方块流程图

水分达到减量化的目的, 然后送至结晶系统, 通过再蒸发作用, 达到析出结晶盐的目标。常规流程图见图1。

我国西北某项目采用类似流程, 废水回收率可达到96%。其中, 蒸发单元将TDS由58000mg/L浓缩至175000mg/L; 结晶单元将TDS由175000mg/L浓缩至390000mg/L, 产品水供工厂循环利用, 杂盐逐步析出, 通过离心脱水机将结晶杂盐的含水率控制在25%以下暂存, 达到废水近零排放。设计中80%盐分为硫酸钠, 10%为氯化钠, 10%为其他杂质; 实际运行中90%为硫酸钠, 4%为氯化钠, 6%为杂质; 结晶盐含水率实测值为10%~15%, 符合含水率小于25%的要求。

## 2 蒸发结晶系统调试时常见问题及解决措施

### 2.1 泵跳闸现象

泵在工艺系统中起到物料传输的作用, 如果泵停止工作, 整个系统将无法运行, 在调试过程中, 多见泵跳闸情况, 其发生原因包括:

- (1) 负载过大, 包括物料粘度过大及固液比超标, 导致电机抱死;
- (2) 泵腔有异物, 卡死叶轮等;
- (3) 电机接错两相电源。

解决措施:

- (1) 电机选型无误的情况下, 调高电流保护上限来解决跳闸现象;
- (2) 当泵运行时倾听泵内是否有异响, 可判断泵腔是否有异物;
- (3) 开机前需认真核对产品规格型号, 功率及电压电流等参数, 避免接线与要求不符的现象。

### 2.2 跑料现象

在调试过程中, 物料会出现在冷凝水中, 造成料液流失及污染冷凝水的情况, 其发生原因包括: 结晶器中

液位过高, 气液两相分离空间小, 料液被带走; 物料在蒸发过程中雾沫夹带严重, 除沫器达不到工作效果, 造成料液被带走; 系统真空度过高, 超出设计范围, 造成跑料现象。

解决措施:

- (1) 设计之初, 充分考虑气液分离空间, 且严格控制进料量, 通过液位控制, 避免液位过高现象的发生;
- (2) 严格控制物料浓度, 对雾沫夹带严重的工况, 应设计消泡装置或消泡剂加量;
- (3) 在结晶器分离室设置压力变送器, 通过联控, 稳定真空度。

### 2.3 换热器结垢现象

系统中预热器、蒸发器及冷凝器均起热量传递的作用, 根据传热原理, 垢层越厚, 传热效率越低, 进而缩短换热器的运行周期, 而在系统调试过程中, 结垢的主要原因包括:

- (1) 物料介质中的离子结合成难溶性沉淀, 随着温度升高, 沉淀结垢现象严重;
- (2) 如换热器本体表面存在一定污垢, 与料液中结垢性离子, 会更易结垢。

解决措施:

- (1) 尽可能降低物料中结垢性离子的含量;
- (2) 设备应定期进行清洗, 通过在线化学清洗或离线化学清洗, 来保证换热器表面光滑, 无污垢。

### 2.4 换热器结焦现象

换热器通过换热壁将冷热料分隔, 如破坏换热表面, 增加焦层, 则会使换热器传热失效。在系统调试操作过程中, 结焦的发生原因包括:

- (1) 断料或进料量小于出料与二次蒸汽量之和而未停蒸汽, 则会使物料液位下降, 进而使得料液挂壁, 造

成设备壁面干烧而结焦;

(2) 蒸汽压力过高, 或操作条件突然变化, 可能使传热表面严重结焦。

解决措施:

(1) 严格按操作手册进行开停车, 且进料管路设置流量计, 进行系统监控, 避免断料或少料而使设备干烧至结焦;

(2) 蒸汽管路需设置蒸汽调节阀及稳压阀, 控制蒸汽量不宜过高, 如超量严重, 需尽快切断进气阀门, 且增大冷料量进行余热吸收。

### 2.5 电仪元件自动控制失效

现阶段工程应用的蒸发结晶系统均已实现自动控制, 其中调节阀、液位传感器、温度变送器及压力变送器在联动控制中起到决定性作用, 如失效将会对系统产生小到控制失调, 大到系统损坏的影响, 其失效原因包括:

(1) 调节阀定位器发生故障, 无法实现远程调节;

(2) 液位计失效, 则无法确定实时液位, 造成原因可能是液位计本体线路错误, 也可能是物料起沫造成虚假液位;

(3) 温变、压变失效, 无法实时反馈系统温度计压力, 可能温度探杆接触壁面, 压变探孔被堵, 造成其失效。

解决措施:

(1) 调节阀一经损坏应及时返厂维修, 且在出厂前做好检测检验, 合格后, 发往现场, 如不能及时解决, 可以选用备用方案, 进行本地操作, 但需经验丰富的操作人员进行操作;

(2) 不同类型液位计应严格按照安装说明进行安装, 液位探杆过长需考虑料液流动冲击, 是否会造成测量失效, 如因物料起沫造成虚假液位, 应及时配比消泡剂或设置消泡装置;

(3) 温变及压变应先排除接线问题, 如无误, 则查看其探头是否被包裹或损坏, 系统中应设置本地仪表, 可与传感器进行比对矫正。

### 2.6 管路堵塞现象

在系统结晶过程中, 传输晶浆的管路因阀门设置及温控等因素会造成管路不同程度的堵塞, 其堵塞原因主要包括:

(1) 部分结晶物料会随着温度的降低而迅速在管内壁结晶, 造成管路堵塞;

(2) 阀门在管路系统中起到切断的作用, 当阀门闭合时, 物料将会截止, 当阀门全开下则物料流通, 部分阀门在全开状态下亦会留有机械死角, 造成晶粒堆集,

长时间工作状态下, 会造成管路堵塞。

解决措施:

(1) 为了防止管路传输过程中温度变化大, 可设计保温措施或加伴热装置, 保证物料不在管路中结晶而造成管路堵塞;

(2) 阀门一般以结构简单、流通面积大为选用标准, 如球阀, 尽量避免选用截止阀或蝶阀, 且在管路设置中尽量设置阀门一用一备, 方便管路堵塞严重时拆卸管路。

### 3 其他建议

(1) 做好设备、电仪元件、阀门等的进场检验和日常检修维护, 加强对操作工人的岗前培训, 减少机械本体故障和操作错误。

(2) 为避免换热器的结垢, 应严格控制进料结垢性离子浓度小于5mg/L, 二氧化硅浓度小于400mg/L。

(3) COD浓度过高容易引起蒸发结晶装置产生较多的泡沫<sup>[5]</sup>, 需控制进入蒸发系统的有机物浓度(COD)小于1000mg/L, 并根据系统泡沫情况投加消泡剂处理。

(4) 为保证蒸汽压缩机的正常运行, 需保证压缩机出口蒸汽为饱和蒸汽。

(5) 若强制循环热交换器压力升高, 可采取降低结晶系统TDS含量、降低系统沸点上升(BPE)以及清理减温器等方式进行处理。

(6) 有些项目存在离心脱水机脱盐效果欠佳现象, 这与设备本身、结晶系统总悬浮固体含量(TSS)、结晶系统杂质含量以及COD/TDS均有关系。

### 4 结语

蒸发结晶系统是由多个小单元有机组合在一起的, 在调试过程中总会遇到不同的问题, 上述问题均为常见影响因素, 且为多个现场发现的共性问题, 有效地解决和避免调试中的不安定因素或错误操作, 将会使得系统运行周期更长、设备使用寿命更久、得到的产品质量更高。

参考文献:

[1]刘梅华.高含盐量浓废水处理的探讨[J].化工安全与环境, 2007, 886(24): 22-23.

[2]李玲密, 宋宝华, 王中原, 等.高含盐工业废水蒸发结晶探讨[J].环境工程, 2014, 32(s1): 202-205.

[3]郭宏新, 李东, 刘丰, 等.高含盐废水零排放结晶盐资源回收的方法及系统: 中国, 201510609684. X[P].2017-12-22.

[4]崔凤霞, 李荣, 陈玮娜.高含盐废水零排放蒸发结晶技术进展[J].环境影响评价, 2017, 39(2): 18-22.

[5]樊兆世.煤化工废水零排放主要指标控制和结晶盐资源化工艺选择[J].煤炭加工与综合利用, 2016(10): 5-7.