

电极棒在污水回用反渗透装置上的应用研究

王国栋¹, 傅连营²

(1. 中国石油化工股份有限公司天津分公司, 天津 300270;
2. 上海免置节能科技有限公司, 上海 200333)

摘要: 电极棒利用高压放电技术及电容效应, 可以使水中胶体粒子瞬间提升粒子电位, 增加表面电荷密度, 同时提高水中粒子与粒子间的互斥力, 从而延长反渗透膜装置运行周期, 提高生产效率。在异常运行期, 安装电极棒的反渗透比不安装电极棒的反渗透运行时间延长 1 倍; 在平稳运行期间, 安装电极棒的反渗透比不安装电极棒的反渗透多产 19.65% 的回用水。

关键词: 电极棒 反渗透装置 污水回用

物理水处理设备 Zeta Rod 为高压电容式水处理装置, 它本身为一电极棒。将它安装在水路系统中的管道, 通以高压电, 此时电极棒和管壁形成一个区域性的电容器。利用高压放电技术及电容效应, 可以使水中胶体粒子瞬间提升粒子电位, 增加表面电荷密度, 同时提高水中粒子与粒子间的互斥力, 从而有效防止沉积或结垢的发生。

1 电极棒延长反渗透运行周期机理

Zeta Rod 依据电双层理论和 DLVO 理论设计。将 Zeta Rod 插入管道 (如图 1 所示), 其电极能量由 1 个 90~220 V 交流电转换成 30 000~35 000 V 直流电的供应器供应。通电后, 水中的胶体粒子都被增强了表面电荷, 当加强的表面电荷造成粒子间排斥力大于粒子间吸引力, 粒子就会分开。胶体表面电荷大小的作用情况见图 2。

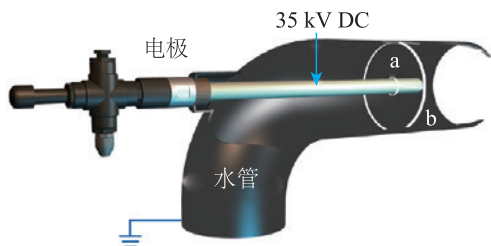


图 1 Zeta Rod 作用示意

Zeta Rod 作用的电容系统, 主要是改变在系统内成为电介质的胶体粒子及其它介电微粒的自然表面电荷, 这个增加表面电荷方法与粒子成

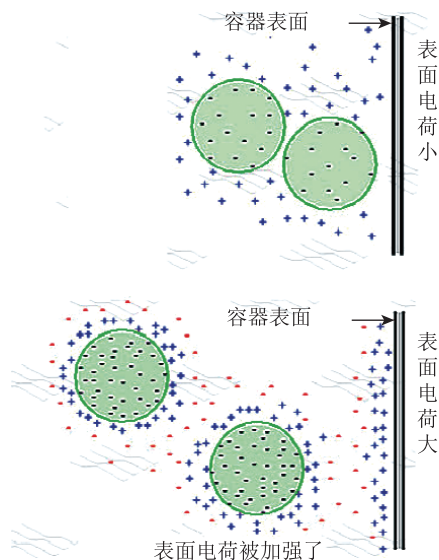


图 2 胶体表面电荷大小的作用情况

分无关。当静电场被 Zeta Rod 建立时, 由于粒子 Zeta 电位增高, 使胶体之间的互斥力增大而分散, 在各种相对位置间都存在着互斥力。当静电场被 Zeta Rod 建立时, 由于分散性作用, 使菌体悬浮在水中, 可预防菌体在管壁中附着和生长。由于 Zeta Rod 可抑制微生物的滋生和生长, 同时能延缓无机物的结垢, 从而延长反渗透膜装置运

收稿日期: 2021-02-10

作者简介: 王国栋, 男, 1997 年毕业于四川联合大学环境工程专业, 学士, 主要从事污水管理工作, 高级工程师。电话: 022-63805370, E-mail: 2000wgd@163.com

行周期, 提高生产效率。

2 试验装置

某企业改扩建污水回用系统共有 2 套原水反渗透装置和 1 套浓水反渗透装置。反渗透装置采用蓝星东丽膜科技(北京)有限公司生产的 TM720D-400 膜元件, 外部包裹高压玻璃钢作为压力容器。原水反渗透装置, 采用一级两段 2:1 排列方式, 每套装置第一段 16 根容器, 第二段 8 根容器, 每根容器内装 6 支膜元件, 每个机组共 24 根压力容器。2 套原水反渗透共有 288 支膜元件。

2 套原水反渗透共用 1 套加药装置。加药装置可根据反渗透装置的进水量调节加药量, 防止膜元件结垢、氧化, 并能在装置进水端冲击性投加非氧化性杀菌剂, 以防止来水中滋生细菌, 对膜造成生物性的污染。

整个反渗透系统拥有 1 套专用的化学清洗系统, 由清洗泵、清洗药罐和保安过滤器组成。在发生污堵后, 脱盐装置的膜元件可通过化学清洗使其恢复原有的性能。

为了对比, 在 1 号原水反渗透进水管线上安装 Zeta Rod, 为试验装置; 2 号原水反渗透进水管线不安装, 为空白装置。1 号原水反渗透进水管线, 为 1 号原水反渗透一段的进水管线。原计划在 1 号原水反渗透一段、二段进水管线均安装 Zeta Rod。由于安装位置限制, 1 号原水反渗透二段的进水管线取消安装。Zeta Rod 安装情况如图 3 所示。



图 3 Zeta Rod 安装情况

3 试验数据分析

3.1 试验前数据

2019 年 1 月 9 日, 2 组新建原水反渗透装置

试车投产。2019 年 2 月份, 1 号原水反渗透平均产水量 $55.06 \text{ m}^3/\text{h}$, 2 号原水反渗透平均产水量 $56.84 \text{ m}^3/\text{h}$, 1 号回收率平均值为 61.93%, 2 号回原水反渗透收率平均值为 62.77%。1 号原水反渗透和 2 号原水反渗透化学清洗周期基本一致, 所处条件也基本一致。

3.2 试验数据分析

3.2.1 异常运行

由于处理的污水含有 PTA, 水中锰、钴含量较高。新的药剂服务商没有相关污水处理经验, 导致反渗透装置产水量严重小于设计水量, 且不能连续运行。Zeta Rod 的延缓污堵效果在此阶段通过清洗频次和累计运行天数进行比对。

2019 年 3 月 12 日, Zeta Rod 通电运行后, 1 号原水反渗透在 15 和 27 日进行化学清洗, 共清洗 2 次。3 月份累计运行 17 d。3 月 12 日—31 日, 2 号原水反渗透在 24 和 30 日进行化学清洗, 共清洗 2 次。3 月 12 日—31 日, 累计运行 8 d。

2019 年 4 月份 1 号原水反渗透在 8 日, 15 日和 24 日进行化学清洗, 共清洗 3 次, 1 号原水反渗透在 4 月份累计运行 24 d。2 号原水反渗透在 7 日、12 日、17 日和 25 日进行化学清洗, 共清洗 4 次。4 月份累计运行 12 d。

2019 年 5 月份 1 号原水反渗透在 3 日、6 日、12 日、19 日和 27 日进行化学清洗, 共清洗 5 次; 5 月份累计运行 20 d。2 号原水反渗透在 4 日, 9 日, 15 日和 25 日进行化学清洗, 共清洗 4 次; 5 月份累计运行 10 d。

从 2019 年 3 月 12 日—5 月 31 日, 1 号原水反渗透累计运行 61 d, 累计化学清洗 10 次; 2 号原水反渗透累计运行 30 d, 累计化学清洗 10 次。在同样清洗频次下, 安装 Zeta Rod 的 1 号原水反渗透比 2 号原水反渗透运行时间延长 1 倍。

5 月 31 日 2 号原水反渗透二段膜元件出现严重结垢, 二段压差达到 0.40 MPa , 且在线清洗无法恢复, 只能进行离线清洗。1 号原水反渗透装置二段膜也有结垢趋势, 6 月份 1 号原水反渗透累计运行 18 d, 化学清洗 4 次, 二段压差最高为 0.33 MPa 。6 月底 1 号原水反渗透也出现了在线清洗无法恢复的现象。

通过分析,造成反渗透严重污堵和结垢的原因因为药剂服务商没有 PTA 污水回用服务经验,采用主要成分为亚硫酸氢钠的还原剂引起的。亚硫酸氢钠与污水中的锰等物质发生一系列化学反应,最终生成黑色沉淀物,造成保安过滤器滤芯及反渗透一段膜元件严重污堵,如图 4 所示。保安过滤器滤芯及反渗透一段膜元件的污堵又造成反渗透处理水量不能满足每支膜元件最低水量要求。处理水量的偏低又导致反渗透二段膜元件出现结垢。因此,在选择药剂服务商时,应将是否有在特殊污水回用领域方面的药剂服务成功业绩作为一项限制条件。



图 4 保安过滤器滤芯和一段膜元件污堵情况

3.2.2 平稳运行

通过对结垢的二段膜进行离线清洗、停加含有亚硫酸氢钠的还原剂、调整阻垢剂投加量等措施,反渗透运行开始平稳。

平稳运行期,安装 Zeta Rod 的 1 号原水反渗透平均产水量为 $47.13 \text{ m}^3/\text{h}$, 2 号原水反渗透平均产水量为 $39.39 \text{ m}^3/\text{h}$, 1 号原水反渗透比 2 号原水反渗透多产 19.65% 的回用水。安装电极棒的反渗透与没安装电极棒的反渗透相比,安装电极棒的反渗透污堵及结垢要轻,反渗透稳定运行性得到提升,产水量也相应提高。

平稳运行一段时间后,反渗透装置再次出现产水量下降的现象。膜元件解剖后发现,整个膜面明显覆盖 1 层棕褐色污染物。经分析污染物主要为无机成分,占比为 81.6%。无机成分经 EDX 分析含有 O (占比为 50.01%)、Si (占比为 19.77%)、Al (占比为 8.73%) 等元素。综合分析结果为膜元件受硅酸盐污堵,导致膜产水量显著下降。

4 结 语

在不改变生产操作条件、水处理药剂类型和剂量以及投加位置情况下,在反渗透进水管线上增加物理水处理设备电极棒。通过电极棒高压静电物理分散作用,能够有效的延缓反渗透膜污堵及结垢趋势。在异常运行期,安装电极棒的反渗透比空白的反渗透运行时间延长 1 倍;在平稳运行期间,安装电极棒的反渗透比空白的反渗透多产 19.65% 的回用水。

(上接第 30 页)

- [4] 贾承造,张永峰,赵霞.中国天然气工业发展前景与挑战[J].天然气工业,2014,34(2):8-18.
- [5] 王坤.基于 PHAST 软件的液化天然气储罐泄漏事故模拟研究[J].中外能源,2016,21(1):87-90.
- [6] 中国石油化工股份有限公司青岛安全工程研究院.化工企业定量风险评估导则: AQ/

T 3046—2013[S].北京:煤炭工业出版社,2014.

- [7] 中国安全生产科学研究院.危险化学品生产装置和储存设施外部安全防护距离确定方法: GB/T 37243—2019[S].北京:中国标准出版社,2019.
- [8] 中国工程建设标准化协会化工分会.爆炸危险环境电力装置设计规范: GB 50058—2014[S].北京:中国计划出版社,2014.

relatively high working pressure. Once leakage occurs and accumulates in the building, it may lead to fire, explosion and other malignant accidents. For this reason, the relevant national and industrial standards have made mandatory provisions. Through the use of reliable combustible gas detection and alarm device, the concentration of combustible gas in the plant can be monitored closely to ensure safety in production. However, due to many factors affecting the layout of combustible gas detectors in the natural gas compressor plant, there are some problems in the setting of detectors in many workshops. Therefore, effective detection cannot be achieved. This paper investigated the installation of combustible gas detectors in dozens of compressor rooms in China, and found that most compressor rooms has defects in the setting of combustible gas detectors. Starting from the analysis of natural gas leakage and diffusion state, this paper puts forward the setting concept of combustible gas detector in natural gas compressor room, hoping to attract the attention of relevant designers and managers.

Key words: natural gas; compressor room; combustible gas; detection and alarm

HAZARD ANALYSIS OF HYDROGEN PEROXIDE PRODUCTION PROCESS AND RESEARCH ON PREVENTION AND CONTROL MEASURES[40]

Li Zhihong (Kunming Training Corps of Fire Rescue Bureau of Emergency Management Department, Kunming, Yunnan 650208)

Abstract: The anthraquinone method has been widely used and developed due to its highest degree of automation, low energy consumption, and easy availability of raw materials. At present, hydrogen peroxide in our country has been produced by anthraquinone method production equipment. Meanwhile, many fire and explosion accidents have occurred due to the high risks of raw materials, products and production processes, resulting in serious consequences. Combining with the typical domestic fire and explosion accidents in hydrogen peroxide production in recent years and based on the basic principles of hydrogen peroxide production by anthraquinone method, this paper focused on analyzing the main hazard characteristics of the production technology, raw materials, products and production process. It put forward the corresponding safety control measures so as to provide some useful references for hydrogen peroxide production enterprises.

Key words: anthraquinone method; hydrogen peroxide; explosion; prevention and control

DESIGN AND DISCUSSION ON THE GROUND WITH ANTICORROSION REQUIREMENTS IN EXPLOSION DANGEROUS AREA OF PETROCHEMICAL INDUSTRY[45]

Yuan Tianjiao, Li Donghua (CNOOC Petrochemical Engineering Co., Ltd., Jinan, Shandong, 250101)

Abstract: The production process of the petrochemical industry is prone to explosion risks, and there are often complex corrosive environments. Therefore, it is necessary to strengthen the explosion-proof and anti-corrosion design of buildings in the petrochemical industry to ensure safety in production. In industrial plants, the ground is the area for people to walk and operate equipment, so friction and contact are the most frequent; the ground is an important component that generates static electricity diversion, and static electricity is the necessary condition for explosions. Therefore, design for building should focus on ground anti-corrosion and explosion protection. This paper analyzed and studied the anti-corrosion and explosion-proof design of the ground in the current petrochemical production buildings, explored the problems in the design work, and discussed the related solutions and treatment measures.

Key words: buildings in petrochemical industry; anti-corrosion; explosion-proof; ground design

ON APPLICATION OF ELECTRODE ROD IN REVERSE OSMOSIS DEVICE FOR WASTE-WATER REUSE[49]

Wang Guodong¹, Fu Lianning² (1.SINOPEC Tianjin Company, Tianjin, 300270; 2. Shanghai Tuzhi Energy Technology Co., Ltd., Shanghai, 200333)

Abstract: By using high-voltage discharge technology and capacitance effect, the electrode rod can make colloidal particles in water increase the particle potential instantly, increase the surface charge density, and improve the mutual repulsion between particles in water. This can prolong the operation cycle of reverse osmosis membrane device and improve the production efficiency. During the abnormal operation period, the operation time of RO with electrode rod is twice longer than that without electrode rod; during the stable operation period, the RO with electrode rod produces 19.65% more reuse water than that without electrode rod.

Key words: electrode rod; reverse osmosis (RO) device; wastewater reuse

INTERLABORATORY VALIDATION OF PURGE AND TRAP/GAS CHROMATOGRAPHY (NPD) FOR WATER QUALITY - DETERMINATION OF ACETONITRILE[52]

Li Zheming (Dalian Ecological Environment Monitoring Center of Liaoning Province, Dalian, Liaoning, 116023)

Abstract: This paper carries out interlaboratory verification of purge and trap/ gas chromatography for water quality – determination of acetonitrile presented in Water quality- Determination of Acetonitrile- Purge and Trap/Gas chromatography (HJ788-2016). The six laboratories participating in the verification obtained such data as the working curve, limit of detection, limit of determination, precision and accuracy according to the verification requirements of HJ168. Finally, all the data was collected for statistics and through calculation, the paper obtained the data covering the relative standard deviation, repeatability limit, reproducibility limit and the final value of recovery rate among the laboratories. Comparing the requirements in the methods, it is confirmed that the interlaboratory verification results meet the method requirements and all the six laboratories can