

# 量子技术在循环水高浓缩倍数运行中的应用研究

金德浩

(中石化股份天津分公司,天津 300271)

[摘要] 高浓缩倍数运行是循环水系统的发展趋势,阻垢控制已成为高浓缩倍数运行的关键点和难点,通过采用量子技术产品——量子管通环,以循环水为载体进行量子管通环存储的超微振动波的传输,提高循环水的活性,增加钙容忍能力,促进碳酸钙晶体的晶格畸变,进而提升循环水系统的阻垢效果,为循环水处理提供了一条新的技术思路和途径。

[关键词] 量子管通环;超微振动波;浓缩倍数;串联运行

[中图分类号] TQ085+.1 [文献标识码] A [文章编号] 1005-829X(2010)03-0068-04

## Application of quantum technology to the circulating cooling water running with high concentration cycle

Jin Dehao

(Tianjin Branch of China Petrochemical Co., Ltd., Tianjin 300271, China)

**Abstract:** Running with high concentration cycle is the development trend of circulating water systems, and scale inhibition control has been the sticking and difficult points of running with high concentration cycle. The transmission of ultra-oscillation wave stored in the quantum ring has been carried through by taking circulating water as carrier, so as to improve the activity of circulating water, enhance the calcium acceptant capacity, and expedite the crystal lattice aberration of calcium carbonate crystal. The scale inhibition efficiency of the circulating water system is thus increased. This provides a new technical concept and approach for circulating water treatment.

**Key words:** quantum ring; ultra-oscillation wave; concentration cycle; running in series

量子管通环是近年来引入国内的一项新技术产品,该技术产品主要是借助于以量子物理学理论为基础的生物技术,针对水中的钙、镁、铁等特征物质开发出能够改变其物理特征的超精微振动波,以水为载体进行振动波能量的传输,使超精微振动波在整个工业水管网系统中发挥阻垢除锈、杀菌灭藻等作用。

中石化股份天津分公司化工部共有 2 套循环水系统——动力站循环水系统(循环量 3 万 t/h)和水汽车间循环水系统(0.05 万 t/h),为持续推进节水减排并解决小循环水系统低负荷运行工况下的补锌缓蚀控制难题,实施了大小循环水系统串联利用工艺,即以大循环水系统的排水作为小循环水系统的补充水,项目实施后取得了较好的节水和水质控制效果。但随着动力站大循环水系统的浓缩倍数逐步提高至 4.5 以上,循环水系统各项水质指标已处于现有水处理方案的上限,对采用其排水作补水

的水汽车间小循环水系统的稳定运行,尤其是阻垢控制造成了较大压力。由于水汽循环水系统不具备加酸、水质自动化控制等设施,因此,如何在不加酸的前提下提高水汽循环水系统的阻垢控制效果,确保系统在高浓缩倍数下稳定运行,成为我们面对的一项新课题。为此,结合公司科研项目,进行了量子管通环提高循环水高浓缩倍数运行工况下的阻垢控制效果可行性研究。利用量子流体处理技术解决循环水高浓缩倍数运行造成的污垢沉积难题,尝试利用微观物理学技术提高循环水的浓缩倍数而无需再额外加酸,最终在确保水质运行质量的基础上实现节水减排。

### 1 水汽车间循环水系统及串联利用方案

水汽循环水系统平均循环水量 500 t/h,保有水量 500 m<sup>3</sup>,供水温差 6℃,换热器材质为碳钢。在使用动力站循环水排污水之前,由于其装置负荷低,系统

容积大、冬季防冻排凝、补充冷凝液等原因造成浓缩倍数较低,再加上使用的是以膦酸为主的全有机配方,要求在碱性条件下运行,因此其循环水水质具有腐蚀倾向<sup>[1]</sup>,装置换热器出现了不同程度的腐蚀现象,为此在原有配方下采用补锌缓蚀运行方案。而由于采用人工投加补锌剂方式,且循环水水质在运行中又不断地变化,所以投加量不容易控制,结果多次出现磷酸锌析出,使循环水变成白色的现象。虽然制订了一些提高浓缩倍数的措施,但效果不明显,腐蚀现象还是存在。为解决腐蚀问题并进一步推进节水减排,实施了串联运行方案,即动力站循环水高浓缩排放水部分作水汽循环水补水,使水汽车间循环水浓缩倍数一下上升很多,腐蚀倾向大幅度减小,装置的腐蚀现象明显地改善,但随之出现的是水质的结垢倾向加强,钙硬+碱度有时超过1 200 mg/L,系统沉积速率有超标情况,如2007年7月、8月的沉积速率达到了16.2 mcm和21 mcm,都超过了控制指标<15 mcm的要求。通过对垢样进行分析,主要成分是碳酸钙垢,这主要是由于实施串联运行方案,循环水系统的运行水质已接近传统水处理方案的上限,只有进一步提高钙硬+碱度的容忍度,才能保证循环水系统高浓缩倍数运行工况下的水质安全,进而实现节水减排。

## 2 污垢的危害

污垢沉积除了大家熟知的影响水冷器的换热效果外,最大的危害就是垢下腐蚀。在沉积物下面形成的缝隙区的溶液中,氧要得到补充是非常困难的,而缝隙外的金属表面上的溶液氧的供应很充分,因而缝隙外是富氧区——阴极,而缝隙内则是贫氧区——阳极。缝隙区形成的氧浓差电池造成腐蚀部位在缝隙之内,或在沉积物下面。缝隙腐蚀的产生要有两个条件:一个是有危害性阴离子,如氯离子,二是要有滞留缝隙。而动力站来的排污水中的氯离子质量浓度最高可达到450 mg/L,如果产生垢下腐蚀,无论是不锈钢,还是碳钢设备,都将造成腐蚀损坏,而在这种高碱度、硬度、高氯条件下,采用化学法水处理受到了明显的局限。

## 3 采用量子管通环进行循环水阻垢控制的可行性分析

量子管通环在阻垢、缓蚀上有化学法所无法比拟的优点,只要水能够达到的地方都能够进行处理,特别是化学法无法很好处理的一些高温设备和水流死角。而量子管通环的阻垢、缓蚀性能好坏只与它

定制的振动波有关系,水质本身对处理效果的影响并不大,所以,对水汽车间高碱度、高硬度循环水的阻垢<sup>[2]</sup>、缓蚀处理可以尝试使用量子管通环。

量子管通环由特种合成材料(硅和铝等)组成,是一种在亚原子级能够稳定储存和记忆及释放量子信息(超精微振动波)的高科技产品。

德国IAB公司利用LPL激光振动技术将超精微振动波刻录到量子管通环中,在量子管通环安装于管道上的瞬间,超精微振动波即被持续恒量地释放出来,透过管壁传入水中。水接纳这种振动波并将其按水流方向传播开,其速度远远高于水本身的流速,就连管路中很少流动的死角也被载上这种振动波,在振动波的作用下,水的活性得到极大加强,大的水分子团变成小的分子团,甚至单个的水分子,溶解和包含垢的能力增强,对已形成的锈/垢进行分化瓦解。

同时,超精微振动波作用于水中的钙、铁、镁等相关物质,使其物理特征发生改变。比如碳酸钙晶体的微观结构从针晶状(比表面积大,容易吸附成团形成致密的硬垢)变为圆球状(比表面积小,晶体之间不容易吸附),在有水流的情况下被带走,在静态的水中呈软絮状沉淀于容器底部,而不易板结成硬垢。新安装的管道不会结硬垢、生锈或长菌藻,旧管道中的原有锈蚀、老垢等也逐步溶解消除,并最终在管道内壁形成保护性氧化层,管道内壁不再出现腐蚀。通过以上对量子管通环作用原理的分析,其功能特性比较适合处理水汽车间高碱度、高硬度循环水。

## 4 量子管通环在水汽循环水系统的应用方案

### 4.1 量子管通环的选择与安装

根据循环水流量、出口管径大小、水质特性定制DN 500 mm、有效控制流量800 m<sup>3</sup>/h的量子管通环,安装在循环水出口总管线上,同时距离水泵电机及有电磁辐射的设备至少1.5 m以上。

### 4.2 浓缩倍数的控制

试验期前浓缩倍数设定保持在5左右,为了防止浓缩倍数上升太高,车间用2种方法保证稳定的浓缩倍数:(1)通过用动力站来的循环水排污水与富裕凝液或新鲜水勾兑作水汽车间循环水的补充水保持稳定的浓缩倍数;(2)全部使用动力站排污水作补水,同时加大排污量。

### 4.3 效果评定方法

#### 4.3.1 监测换热器法评价量子管通环阻垢效果

污垢沉积速率表示水冷器换热面上污垢的增长

速度。由于水冷器在运行期间无法测定,所以常用监测换热器测定污垢沉积速度,以单位时间单位面积上污垢附着的质量来表示。由该法测得的污垢沉积速率,能够从一个角度定量地评定系统的传热效果<sup>[1]</sup>。

### 4.3.2 腐蚀挂片(试管)失重法测定腐蚀率

试管、试片清洗处理后测出试管的失重,根据试片(管)的表面积、实验时间、材质比重等计算出年腐蚀深度,即腐蚀速率<sup>[1]</sup>。

### 4.3.3 钙离子浓度法评价结垢情况

通过测定补充水和循环冷却水钙离子的浓度,并根据循环水运行浓缩倍数,考察循环水中钙离子的浓度是否按浓缩倍数成比例地增加来判断循环水系统中的结垢情况。如果循环水中的钙离子浓度没有按浓缩倍数计算的那样增加,而是小于该计算值,则此时冷却水系统中可能会产生结垢或钙盐沉积;反之,则冷却水系统中不会产生结垢或钙盐沉积<sup>[1]</sup>。

## 5 数据对比分析

### 5.1 沉积速率对比

对使用量子管通环前的 2007 年 9 月和 2008 年 4 月以及使用后的 2009 年 4 月—7 月期间系统的沉积速率进行了对比,见表 1。

表 1 沉积速率对比

使用前		使用后	
浓缩倍数	沉积速率/mcm	浓缩倍数	沉积速率/mcm
4.70	16.2	5.00	6.38
5.00	20.8	5.40	8.58
4.70	16.5	5.10	14.8
		4.75	4.67

注:选取的是 2007 年 9 月和 2008 年 4 月沉积速率超标时的浓缩倍数。

试验期间对比以往超标的沉积速率和浓缩倍数,2009 年 4 月—7 月使用量子管通环后在相同甚至更高的浓缩倍数下,沉积速率没有超标,符合 ≤ 15 mcm 的规定,且都低于以往沉积速率数据。

### 5.2 钙容忍能力同步比较

对没有经过量子管通环处理的动力站循环水与经过量子管通环处理的水汽车间的沉积速率进行对比见图 1、图 2。

从图 1 可以看出:未加环的动力站循环水钙离子浓度随着浓缩倍数的增加而降低,说明碳酸钙等结晶析出而附着在换热设备上,而不是以碳酸钙结晶颗粒或者游离钙离子形式存在,浓缩倍数约 4.74 时是钙离子浓度下降拐点,浓缩倍数达到 5.20 时,钙离子浓度比浓缩倍数 4.74 时降低很多,即药剂的容忍钙离子能力在 140 mg/L 以内(以钙离子

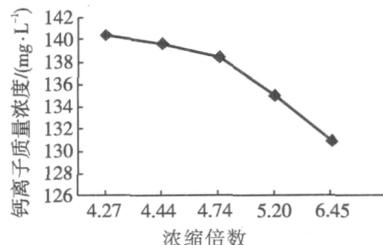


图 1 动力站循环水浓缩倍数与钙离子浓度关系

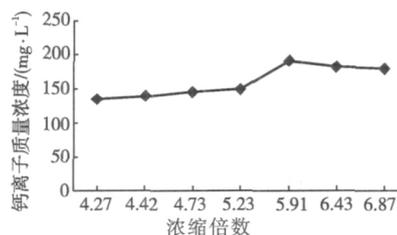


图 2 水汽循环水浓缩倍数与钙离子浓度关系

计),浓缩倍数约在 4.5~4.7 左右,如果再提升就会出现结垢。

而图 2 中加环的水汽车间循环水(小芳烃循环水)最高容忍钙离子到 190.92 mg/L(相应浓缩倍数 5.91),之后以此为拐点随着浓缩倍数的提高而逐步下降,因此,经过量子管通环处理之后的循环水在不改变现有配方的情况下钙离子容忍度提高 36%,浓缩倍数可安全提高 25%(浓缩倍数由 4.7 提高到 6.0)。

## 6 结论

(1)采用量子管通环处理循环系统后,沉积速率、腐蚀速率达到循环水水质控制标准,阻垢能力在原有基础上提高 36%,浓缩倍数可提高至 6.0。

(2)循环水监测视镜无明显沉积,视镜透亮,且现场水冷器进出水压差稳定。

(3)节约新鲜水量 50%。2009 年 4 月—6 月平均新鲜水单耗(以单位循环水量计)8.8 t/kt;2008 年 4 月—6 月平均新鲜水单耗 15.11 t/kt。

## 7 存在的问题及建议

(1)量子管通环安装位置的选择要合适、正确、不宜留有缝隙。根据量子管通环的作用原理,在管道上安装时要注意标记、不宜与管道留有空隙。由于量子管通环是以超精微振动波的形式透过管壁传入水中,因此,量子管通环安装时要紧贴设备管壁,不得留有缝隙,如尺寸存在偏差,留有缝隙,需要在缝隙处垫加材料以确保效果。另外还要防止其他电磁场干扰。对于安装位置附近存在大型电器设备的,要尽量保持距离在 1~2 m 以上,或进行电磁场强度测量,以确定是否适合安装,防止强电、磁场干扰,影响

处理效果。量子管通环不能浸泡在污水中,否则会与水污泥作用产生电化学腐蚀,腐蚀电流会消弱、干扰量子管通环的作用效果。

(2)要保证系统有流体通过且有足够的流量。对于老系统而言,量子管通环的处理效果是以清除旧有污垢为前提,才能更好地发挥其缓蚀、阻垢、杀菌功效,如果系统没有足够流量能,就无法将松动和即将脱落的沉积物冲走,也就无法有效地在金属管道原表面形成稳定、牢固的保护膜。同样管道系统内壁沉积的生物黏泥等污垢是菌藻滋生的温床,不把这些污垢清除干净将无法彻底杀灭系统内水体细菌。

(3)对于污垢沉积严重的循环水系统,在使用量子管通环前最好进行系统清洗。如果在污垢沉积很严重的循环水系统管道上加环处理,经过一段时间后剥落的污垢硬块有可能阻塞换热器列管,影响处理效果。因此,在运行一段时间后需加大系统流量冲掉阻塞物。利用旁滤设施可有效地逐步滤掉脱落物。

(4)要选择适宜的效果检测评定方法。评定腐蚀效果常根据金属试片的腐蚀速率,评定阻垢效果是沉积速率,杀菌效果是单位体积菌类数量的多少,以上评定方法虽然直接、真实,但耗时长、出数少、不容易观察趋势,而使用间接的试验方法虽取数容易、数据多,但受外界影响大,如对于金属腐蚀评定效果

可通过检测 TDS、电导、腐蚀产物离子浓度等,因为这些数值容易取得,可以出很多基础运行数据,可通过数据变化的趋势来判断缓蚀效果。

对于阻垢效果的评定可利用循环水中的钙离子最高容忍浓度来表示,这是由于循环水中钙离子浓度数据比较好取,同时也由于当向循环水投加杀菌、剥离剂,尤其是大量使用杀菌、剥离剂时会明显地降低沉积速率,所以单纯靠沉积速率并不能真实地反映量子管通环的阻垢效果,而水中钙离子浓度随着浓缩倍数的增高而不断增高,在高到一定程度则出现突然下降,即可以用对钙离子的容忍能力来评定阻垢效果,在一定浓缩倍数下,钙离子浓度越高说明阻垢效果越好。

#### [参考文献]

- [1] 周本省. 工业水处理技术[M]. 2版. 北京. 化学工业出版社, 2005:206-247.
- [2] 苏建国. 量子管通环阻垢技术在胜利油田的应用[J]. 全面腐蚀控制, 2009, 23(5):32.

[作者简介] 金德浩(1963—), 1984年毕业于大庆石油学院石油加工专业, 硕士, 高级工程师, 生产部部长。电话:022-63804640, E-mail: jindehao@tpcc.com.cn。

[收稿日期] 2009-10-20(修改稿)

(上接第 27 页)

来源丰富、价格低廉。试验中废水实际耗铁量约 160 g/m<sup>3</sup>、铝屑 50 g/m<sup>3</sup>。按每吨铁屑 1 200 元、铝屑 6 000 元计算, 铁屑耗费约 0.20 元/m<sup>3</sup>, 铝屑约 0.3 元/m<sup>3</sup>, 电消耗约 0.3 元/m<sup>3</sup>。在生产性运行中处理费用约为 0.8 元/m<sup>3</sup>。

#### 4 结论

(1)内电解的最佳工艺参数:废水进柱反应时间为 60 min, 柱中 V(铁):V(铝):V(碳)=1:1:2, 超声波降解 35 min, 曝气时间 5 min。

(2)内电解-超声波组合工艺对活性染料废水的处理效果明显高于传统铁屑法, 对 COD<sub>Cr</sub> 和色度去除率分别高 21.7%和 10.3%。

(3)采用内电解-超声波组合工艺处理活性染色废水, 运行费用低, 具有“以废治废、节能减排”的良好社会效益。

#### [参考文献]

- [1] 邹海燕, 奚旦立. 生物铁-SMBR 法处理印染废水[J]. 印染, 2005, 31(23):9-12.
- [2] 张桂兰. 染料污水在开放式旋转光催化反应器中的降解[J]. 纺织学报, 2005, 6(3): 109-112.
- [3] Solpan D, Guven O. Decoloration and degradation of some textile dyes by gamma irradiation[J]. Radiation Physics and Chemistry, 2002, 65(4):549-558.
- [4] 黄群贤, 刘红梅, 高太忠, 等. 钢渣过滤工艺处理印染废水实验研究[J]. 环境工程学报, 2007, 1(2):46-49.
- [5] 张亚静, 应金英, 陈晓锋. 铁碳内电解法处理印染废水[J]. 环境污染与防治, 2000, 22(5):33-36.
- [6] Thompson L H, Doraiswamy L K. Sonochemistry science and engineering[J]. Ind. Eng. Chem. Res., 1999, 38(4): 1215-1249.

[作者简介] 朱驯(1972—), 2007年毕业于南京理工大学应用化学专业, 硕士, 副教授。电话:15851085609, E-mail: zhuxun246@126.com。

[收稿日期] 2009-10-28(修改稿)