

# 工业循环冷却水节水成套技术的应用

张俊玲<sup>1</sup> 李凤来<sup>1</sup> 董洪路<sup>1</sup> 王文新<sup>2</sup> 梁秀文<sup>2</sup>

(1. 天津化工研究设计院, 天津 300131; 2. 天津石化公司乙烯厂, 天津 300271)

**摘要:**结合现场水质和工况条件,通过一系列试验,筛选出高效示踪型缓蚀阻垢剂 TS-223A。配合自控装置和计算机远程控制平台,将 TS-223A 应用于天津石化公司乙烯厂第一循环水场水循环系统,每月黏附速率  $\leq 15 \text{ mg/cm}^2$ ,腐蚀速率  $\leq 0.075 \text{ mm/a}$ ,全年可节约淡水 60 万 t,水循环系统可在浓缩倍率大于 5 的状态下长期稳定运行。

**关键词:**节水;水循环系统;在线监控;示踪型缓蚀阻垢剂

中图分类号:TQ085

文献标识码:A

文章编号:0253-4320(2004)11-0050-02

## Application of industrial circulating water saving technology

ZHANG Jun-ling<sup>1</sup>, LI Feng-lai<sup>1</sup>, DONG Hong-lu<sup>1</sup>, WANG Wen-xin<sup>2</sup>, LIANG Xiu-wen<sup>2</sup>

(1. Tianjin Research and Design Institute of Chemical Industry, Tianjin 300131, China;

2. The Ethylene Plant of Tianjin Petrochemical Corporation, Tianjin 300271, China)

**Abstract:** Combined with the current water quality and process conditions, a high efficient tracing corrosion and scale inhibitor (TS-223A) was developed after a series of experiments. With the assist of online monitoring system, TS-223A was applied in the water circulating system in the ethylene plant of Tianjin Petrochemical Corporation, the adhesion rate was less than  $15 \text{ mg/cm}^2$  a month, corrosion rate was under  $0.075 \text{ mm a year}$ , fresh water was saved by 0.6 million tons a year, and the system could run chronically and stably under the conditions of concentration times of the circulating water upgraded to 5.

**Key words:** water saving; water circulating system; online monitoring; tracing corrosion and scale inhibitor

随着我国国民经济的持续发展,水资源短缺问题日益加剧<sup>[1]</sup>。工业用水约占整个城市用水的 60%,因此提高水尤其是工业用水的重复利用率是一个非常紧迫的问题。在工业用水中,循环冷却水所占比例为 60%~70%<sup>[2]</sup>,提高工业循环冷却水的重复利用率,使有限的水资源得到最大程度的利用,可以在企业增加经济效益的同时为城市节水做出贡献。为此天津化工研究设计院研究开发了工业循环冷却水节水成套技术,该技术主要包括示踪型高性能阻垢分散剂 TS-223A、在线自动检测与控制系统及计算机远程控制平台。该套技术于 2002 年 10 月起在天津石化公司乙烯厂得到应用,运行一年多来,现场应用效果良好,腐蚀速率、沉积速率均远低于相关标准,循环冷却水的浓缩倍数稳定控制在 5 以上,取得了显著的节水效果。

## 1 TS-223A 的研制与应用

### 1.1 试验研究

浓缩倍率是用来判断冷却水循环利用程度的一个重要技术经济指标。浓缩倍率越高,说明水被重复利用的次数越多,节水效益也就越显著,但水中各

有害离子和物质富集的浓度也相应越高,腐蚀结垢等危害也就更趋严重<sup>[3]</sup>,因此需要有高性能的水处理药剂。

天津石化公司乙烯厂年产乙烯 20 万 t,第一循环水场循环水量为  $11\,000 \text{ m}^3/\text{h}$ ,负责乙烯装置的供水。换热器材质以碳钢为主,有少量不锈钢和铜材。循环水冷却系统采用滦河水为补充水源,2002 年以前一直在浓缩倍数为 3 的情况下运行。针对天津乙烯的水质特点,经过旋转挂片试验、静态阻垢试验、动态模拟试验等一系列试验研究,筛选出了高效阻垢缓蚀剂 TS-223A,可实现循环水系统在浓缩倍率大于 5 的状态下长期稳定运行。表 1 是动态试验循环水的部分分析数据,表 2 为动态试验结果。

表 1 动态试验循环水的部分分析数据

	浓缩倍数	
	4	5
pH 值	9.06	9.12
浊度/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	4.60	9.06
总硬度(以 $\text{CaCO}_3$ 计)/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	425.0	582.0
总碱度(以 $\text{CaCO}_3$ 计)/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	695.0	890.6
$\text{Cl}^-$ 质量浓度/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	203.5	242.3

表2 动态试验结果

	浓缩倍数	
	4	5
试验材质及处理状态	20# 碳钢管, 未预膜	20# 碳钢管, 未预膜
试件表面积/cm <sup>2</sup>	122	125
试验时间/h	414	415
腐蚀速率/mm·a <sup>-1</sup>	0.02206	0.01809
每月沉积速率/mg·cm <sup>-2</sup>	9.87	10.55
污垢热阻/m <sup>2</sup> ·K·W <sup>-1</sup>	1.01 × 10 <sup>-4</sup>	1.22 × 10 <sup>-4</sup>

注:试验水质为滦河水。

从表1和表2可以看出,TS-223A具有优异的缓蚀阻垢能力,腐蚀速率、沉积速率均低于天津石化公司标准(碳钢腐蚀速率 $\leq 0.075$  mm/a,沉积速率 $\leq 15$  mg/cm<sup>2</sup>)。

## 1.2 工业应用

在试验评定的基础上,高浓缩倍数循环水处理药剂和自动化控制系统于2002年10月在天津石化公司乙烯厂第一循环水场应用。第一循环水场负责全部乙烯装置的供水,热负荷很高,送回水运行温差基本保持在8~10℃,旁路监测换热器也严格按照天津石化公司的要求控制蒸汽温度为105℃,进出口温差保持在8~10℃。从2003年1月至2003年6月,对现场应用效果进行监测,连续监测结果及现场实际运行中的水质情况分别见表3及表4,其中:1#,2#,3#是3个平行试样。

表3 第一循环水场监测结果

日期	每月黏附速率/mg·cm <sup>-2</sup>			腐蚀速率/mm·a <sup>-1</sup>		
	1#	2#	3#	1#	2#	3#
2003年1月	11.94		11.89	0.052		0.059
2003年2月	9.64	10.21	11.02	0.020	0.032	0.041
2003年3月	9.63	9.82	9.71	0.020	0.023	0.021
2003年4月	7.35	6.04	6.77	0.021	0.017	0.015
2003年5月	7.81	8.31	7.19	0.028	0.036	0.024
2003年6月	6.15	5.94	5.05	0.031	0.023	0.036

表4 第一循环水场水质情况

项目	补水	循环水
pH值	7.6~7.8	8.8~9.2
电导率/ $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	370~400	1900~2100
浊度/mg·L <sup>-1</sup>	1.4~1.6	5.0~7.5
总硬度(以CaCO <sub>3</sub> 计)/mg·L <sup>-1</sup>	170~180	710~900
总碱度(以CaCO <sub>3</sub> 计)/mg·L <sup>-1</sup>	120~140	430~600
Cl <sup>-</sup> 质量浓度/mg·L <sup>-1</sup>	35~45	200~250
浓缩倍数	1.0	5.0~5.5

表3及表4数据表明,循环水系统实现了5倍以上的高浓缩倍数稳定运行,并且沉积速率和腐蚀速率均明显低于天津石化公司的控制指标。

## 1.3 节水效果和经济效益

第一循环水场循环水系统以前一直在低浓缩倍数下运行,平均每月需补充新鲜水约18万t,排掉循环水约9万t。采用TS-223A高浓缩倍数运行后,平均每月需补充新鲜水13万t,排掉循环水3万t,从2002年11月末至2003年5月末的6个月内,共节约新鲜水近30万t,减少排污水近30万t,补充水价格按照4.8元/t、排污水处理费按照0.5元/t计算,6个月内共计节约新鲜水水费145万元、排污水费15万元,综合经济效益达160万元。

## 2 在线远程自动监控装置

高效阻垢缓蚀剂的开发是实现工业冷却水循环系统高浓缩倍数运行的技术基础,而自动化监控技术是实现循环系统高浓缩倍数下长期稳定运行的良好保障。因为冷却水在高浓缩倍数运行的情况下,多种有害离子处于过饱和或不稳定状态,因此必须保证循环水中药剂含量、浓缩倍率等系数能够得到稳定、均匀、精确的控制。天津化工研究设计院研究开发的循环冷却水全自动监控系统自2002年10月投入使用以来运行平稳,很好地保障了天津石化公司第一循环水场循环水系统在高浓缩倍数下的稳定运行,提高了循环水运行管理的自动化水平。图1为计算机收集、归纳处理过的现场部分数据即时曲线图。

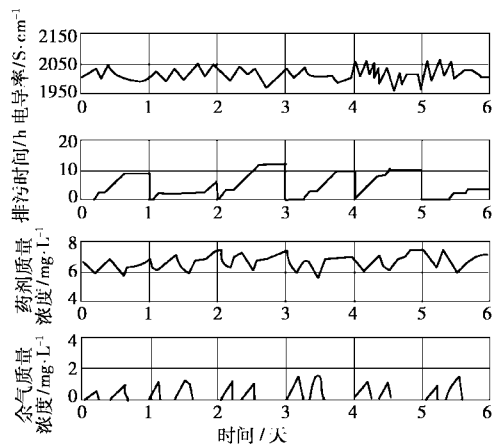


图1 计算机收集、归纳处理过的现场部分数据图

该全自动监控系统包括以下几部分:浓缩倍数在线监控系统、pH值在线监控系统、余氯在线监控

(下转第55页)

中质油循环段和轻柴油分离段等。在不改变其操作参数下,对不同的汽油分馏塔设置急冷流程进行模拟,所得的结果见表6。

表6 汽油分馏塔不同设置计算结果

填料分段情况	四段结构	三段结构 <sup>①</sup>	三段结构 <sup>②</sup>	两段结构 <sup>③</sup>
塔顶温度/℃	95.0	95.0	95.0	95.0
塔底温度/℃	193.0	192.7	188.9	187.4
中质油换热器热负荷/ $10^6 \text{ kJ}\cdot\text{h}^{-1}$	-20.5	-21.5		
急冷油换热器热负荷/ $10^6 \text{ kJ}\cdot\text{h}^{-1}$	-33.5	-33.5	-59.5	-62.6
汽油干点/℃	204.475	204.510	204.526	205.378
柴油干点/℃	262.701	281.858	266.211	303.053

注:①为无柴油分离段;②为无中质油循环段;③为无中质油循环段和柴油分离段。

由表6计算结果可知,柴油分离段的缺省对汽油干点和汽油分馏塔取热影响较小,但柴油干点提高了近20℃,柴油产品质量大大下降;中质油循环段的缺省降低了塔釜温度至188.9℃,塔釜热能品位也大大降低,并且柴油干点有所升高。缺少了柴油分离段和中质油循环段的两段式汽油分馏塔结构,其柴油干点则升高40℃(达303.053℃),其塔釜温度也降低了近6℃,从而加大稀释蒸汽换热器热负荷和塔釜热能的利用。由此可见,采用包含柴油分离段和中质油循环段的四段式结构汽油分馏塔设

(上接第51页)

系统、水处理药剂在线监控及智能化控制系统和计算机远程控制平台。该系统不但能在线检测药剂含量、电导率、pH值、温度、余氯等参数,而且能准确控制水中阻垢缓蚀剂的浓度和浓缩倍率。智能化在线远程监控系统由计算机信息处理、通讯、数据输出等子系列组成,主机设置有信息储存器和多线程控制菜单,系统信息处理机可以通过接口直接与外部专用计算机连接,可实现在远离现场的指挥中心进行异地控制。

### 3 结论

(1)将天津化工研究院开发的高性能水处理药剂应用于天津石化公司乙烯厂的水循环系统,以天津滦河水作为循环水补充水,在浓缩倍数为5的情况下运行,现场监测的每月黏附速率 $\leq 15 \text{ mg}/\text{cm}^2$ ,

置能够大大提高换热能力和分离裂解气中重组分的能力,是较为优化的汽油分馏塔的设计。

### 3 结论

(1)汽油分馏塔是一个以热平衡为主的复杂相平衡过程,其轻烃部分物性可以用SRK、P-R等状态方程和相关的关联式来描述,馏分油部分也可用真实组分来进行描述。

(2)对于有大量急冷水析出的乙烯急冷塔,采用PRO/II的SURE算法是求解这类问题的较好算法。

(3)采用PRO/II软件对乙烯急冷装置进行流程模拟是可行的,可以得出较为准确的结果,并用以指导实际生产。

(4)通过对不同方案计算结果比较表明,柴油分离段可降低裂解柴油干点20℃左右;中质油循环段可提高塔釜温度,能够提供较高品位的热能,从而降低急冷油换热器的热负荷。在保证汽油产品质量的同时,这两段的应用有效地提高了热能利用率和柴油产品质量,是一种优化的汽油分馏塔工艺设置。

### 参考文献

- [1] 张伟.[J].炼油设计,1999,29(2):31-34.
- [2] 崔红霞,王亚军,孙阳.[J].油气田地面工程,1998,17(5):27-28.
- [3] 堵祖荫.[J].乙烯工业,2002,14(4):13-17.
- [4] 朱永乐.[J].石化技术与应用,2001,19(3):164-166. ■

腐蚀速率 $\leq 0.075 \text{ mm}/\text{a}$ 。

(2)配合使用自动控制装置和计算机远程控制平台,实现了现场水处理药剂的在线智能监控和远程控制,为循环水系统在高浓缩倍数下稳定运行提供了安全保障。

(3)应用该水处理成套技术后,加药和排污工序全部实现了自动化,使循环水系统运行更加平稳,浓缩倍数由3提高到5,预计全年可节约淡水60万t,可带来经济效益300多万元,同时也为缓解天津市的用水紧张做出了贡献。

### 参考文献

- [1] 郑书忠.水处理药剂及其应用[M].北京:中国石化出版社,2003. 1-9.
- [2] 严瑞琼.水处理剂应用手册[M].北京:化学工业出版社,2002. 2-15.
- [3] 周本省.工业水处理技术[M].北京:化学工业出版社,1997. ■