

工业水处理技术

(第四册)

陆婉珍 主编 李本高 李永存 副主编



中国石化出版社

工业水处理技术

(第四册)

陆婉珍 主编

李本高 李永存 副主编

中国石化出版社

内 容 提 要

本书为《工业水处理技术》丛书第四册,集中介绍工业水处理技术有关内容。主要包括水处理剂及其工业应用、水处理用材料、循环水处理技术、化学水处理技术、污水处理与水回用技术、水处理装置与设备、分析测试与监测、管理经验、及相关标准等。本书可供从事水处理工作的技术、管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工业水处理技术. 第四册/陆婉珍主编. —北京:
中国石化出版社, 2000
ISBN 7-80164-020-9

I. 工… II. 陆… III. 工业用水-水处理 IV. TU991.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 76053 号

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271859

<http://press.sinopec.com.cn>

中国石化出版社照排中心排版

海丰印刷厂印刷

*

787×1092 毫米 16 开本 12.5 印张 318 千字 印 1—1500

2000 年 12 月第 1 版 2000 年 12 月第 1 次印刷

定价: 35.00 元

内部发行

《工业水处理技术》编辑委员会

名誉主任：景振华

主任委员：童剑浩

副主任委员：汪 申 李本高

主 编：陆婉珍

副 主 编：李本高 李永存

编 委：(以姓氏笔画为序)

于宝成	王继华	王照力	王万金	左洪波
朱 勇	祁鲁梁	吕碧超	吴林华	吴俊良
吴运祥	汤焕金	陆婉珍	汪 申	何承厚
何天健	宋德朱	邹 敏	李本高	李永存
李水钦	李捍东	杨丽坤	杨松楠	周长毅
郑元煜	郑 塘	庞如振	张金锐	张 健
张水清	张皓明	张康寿	张庆河	莫照权
胡 明	赵聚良	赵寿文	赵昌兴	贾炳贵
顾培臣	顾卫东	高庆丰	徐永生	唐向东
郭亚新	黄克根	黄由国	童剑浩	简小工
蔡培鸿				

目 录

专论与综述

- 影响循环水处理剂阻垢分散效果的主要因素 李本高等 (1)
实现城市污水资源化 王振宇等 (7)

水处理剂及其应用

- 氧化性杀菌剂 S-7207 在炼油厂循环水系统的应用 徐 军等 (11)
适合高 pH 循环水系统的含锌复合配方的试验及应用 杜 勤 (14)
新型复合水稳剂配方 CS-207 的研究与应用 何世梅 (18)
清洗预膜剂 BC-604 的评定实验及其应用 宋振国等 (24)
新型清洗预膜剂 BC-604 的试验筛选及应用 李秀清等 (29)

循环水处理技术

- 大化肥循环冷却水漏氨的危害及治理 魏存发等 (33)
铜离子含量对循环水系统点蚀现象的影响 王 红等 (38)
提高循环水浓缩倍数的一点体会 刘绍俊 (41)
获取真实的浓缩倍数 科学指导生产 郭 鑫 (43)
高温高浓缩倍数下水质的稳定处理 高 鑫等 (46)
依靠科学管理 降低循环水运行成本 杨春风等 (49)

化学水处理技术

- 大化肥脱盐水装置设计运行与改造 庾春梅 (52)

污水处理与回用技术

- 吐哈油田采油污水处理技术 丁永寿 (61)
循环冷却水零排污技术的研究与应用 杨校领等 (67)
臭氧在炼油污水回用中的应用 滕云龙等 (78)
在活性污泥法中提高氨氮降解效果的探讨 潘洪南 (82)

给水与饮用水处理技术

- 北方低温低浊期饮用水 COD 控制方法的研究 陈晓峰等 (86)
反渗透除盐技术的应用 龚毅忠 (91)
电渗析器结垢原因的探讨 陈长顺 (94)
全自动恒压供水及其应用 孙早年 (97)

水处理材料

- 活性炭在水处理中的应用 李永存等 (102)
高吸油性树脂的合成与应用 汪多仁 (111)
直角折波冷却塔填料的应用 何洪智等 (115)
一种新型的石化废水处理填料 陈长顺等 (118)

水处理设备

- 瑞高加氯机在洞氮化肥厂的应用情况 张海东 (122)

分析控制与监测

- 应用 CMJ-1 冲击脉冲计对水泵滚动轴承进行状态监测 张志丹 (125)
- 循环水液位水力自动控制 宋晓辉等 (128)
- 利用 CG-1C 型测汞仪测定饮用水中超痕量汞的研究 张志丹等 (132)
- 浅谈环境监测在污染物总量控制中的作用 刘 芳 (135)

管理经验

- 加强科学管理 提高循环水处理水平 邹泽进等 (138)
- 重视科研和管理 提高循环冷却水处理水平 张皓明等 (142)

标 准

- 中国石油化工集团公司水处理剂标准 (146)
- 丙烯酸/2-甲基-2'-丙烯酰胺基丙烷磺酸类聚合物
- 中国石油化工总公司水处理药剂采购验收标准 (154)
- 中国石油化工总公司离子交换树脂采购验收标准 (160)
- 有关生产厂家及产品简介 (166)
- 编后记 (194)

专论与综述

影响循环水处理剂阻垢分散效果的主要因素

李本高 余正齐

(中国石油化工集团公司水处理中心)

1 概 述

随着循环水处理技术的快速发展,不同类型的水处理剂和配方不断出现,使不同水质的处理效果不断提高,对确保工业生产装置的安全、高效、长周期运行起到积极作用。同时,由于市场竞争加剧,对水处理技术的要求也在不断提高。一方面要求水处理效果好,能够满足不同工况对水处理的要求;另一方面要求水处理技术和水处理剂能够适应不同水质在高浓缩倍数下运行,做到最大限度地节约用水、减少污水排放、减少水处理剂的用量。为了最大限度地发挥水处理剂的作用,了解和研究水处理剂的适用条件和作用机理尤为重要。不少从事水处理技术研究应用的工程和技术人员对聚磷酸盐、有机磷酸盐和羧酸类聚合物等阻垢分散剂作过较为深入的研究^[1~4],对这些阻垢分散剂的正确使用和新型阻垢分散剂的开发起到了促进作用。但是,对阻垢剂和复合缓蚀阻垢剂在使用中对阻碳酸钙和磷酸钙的阻垢分散性能影响因素尚缺少系统的研究,认识也不很深刻,表现出同一种药剂在不同的循环水系统处理效果相差甚远,同一种药剂在同一个循环水系统不同的时期处理效果相差甚远,最终不能取得好的效果。因此,为解释水处理剂在实际使用中的一些异常现象,正确掌握水处理剂的使用条件,有必要对目前常规使用的几种典型的水处理剂的影响因素作较为系统的研究。

本文通过 NMR 仪对国内外在中国使用的 9 种典型的水处理剂的主要成分进行分析,由主要成分确定药剂类型;用静态阻垢试验方法研究药剂浓度、浊度、铁离子、钙硬和碱度以及杀菌剂等因素对这些药剂阻垢分散性能的影响,发现上述 5 个主要影响因素对不同类型药剂的阻垢分散性能影响是大不相同的。

2 试验方法

2.1 水质与药剂

水质:北京自来水(钙硬 100mg/L,碱度 135mg/L)。

药剂:试验中所使用的水处理剂全部取自循环水现场。

2.2 试验方法

分析方法:试验用水处理剂的主要成分分析采用瑞士 Buruk 公司生产的 300M 核磁共振

仪(NMR)。

阻垢方法：阻碳酸钙垢按照中石化《冷却水分析和试验方法》中的 401 法。

阻磷酸钙垢按照中石化《冷却水分析和试验方法》中的 402 法。

3 结果与讨论

从现场取到 35 个国内外水处理剂样品，经过对这些样品的主要成分分析，可以归结为 9 种类型。它们的主要成分和阻垢分散性能如下：

3.1 主要成分和分类

对这 35 个样品首先进行理化指标分析，根据理化性质进行初步分类，再用核磁共振和离子色谱对主要成分和结构进行鉴定，归类结果如表 1 所示。第 1 类至第 3 类为共聚物型阻垢分散剂，第 4 类至第 9 类均为复合型缓蚀阻垢剂；进一步比较可以看出，第 4 类至第 6 类主要成分是单元高分子聚合物，第 7 类至第 9 类均含多元高分子共聚物，除聚合物不同外，其他组分也不完全相同，具有代表性。

表 1 归类样品的主要成分

药剂类型	主 要 成 分
1	丙烯酸/多环芳烃磺酸盐
2	丙烯酸/烯丙基羟丙磺酸醚
3	丙烯酸/甲基丙烯酸羟丙酯
4	聚丙烯酸/HEDP/ Zn^{2+}
5	聚丙烯酸/PBTC/ Zn^{2+}
6	聚丙烯酸/聚氧乙烯醚磷酸酯/ Zn^{2+}
7	丙烯酸和马来酸酐共聚物/PBTC/ Zn^{2+}
8	丙烯酸和 AMPS 共聚物/HEDP/PBTC/ Zn^{2+}
9	丙烯酸和羟丙磺酸醚共聚物/HEDP/ PO_4^{3-} / Zn^{2+}

3.2 药剂浓度对阻垢分散效果的影响

药剂浓度是影响药剂效果的主要因素之一，任何一种药剂只是在一定浓度下才表现出好的效果，缓蚀阻垢剂的阻垢分散效果也是如此。表 2 是药剂在各自推荐药剂浓度范围的阻垢分散效果。结果显示：9 种不同类型药剂在 3 个浓度条件下对碳酸钙均有阻垢效果。在相同浓度下，复合剂的阻垢率大于单剂的阻垢率，主要是复合剂中的其他组分和聚合物之间存在协同作用。在一般条件下，HEDP 与聚合物存在明显的协同效果。对聚合物单剂，含羟磺酸基团的阻垢效果优于其他类型的效果，主要是因聚合物中的磺酸基团是强极性基团，有较强的分散作用；但对阻磷酸钙的情况与阻碳酸钙明显不同，1、4 和 7 三类几乎没有阻磷酸钙的作用，其他六类在低浓度下阻垢效果很差，随浓度升高，阻垢效果明显增加，如第 2、3、8 和 9 四类。这种现象说明阻磷酸钙的作用机理与阻碳酸钙的作用机理是不相同的。王京等^[5]认为：阻垢剂对阻碳酸钙垢主要靠增溶和致畸，使碳酸钙不易形成晶体和晶体增大。但对阻磷酸钙不同，由于磷酸钙溶度积极小，极易形成晶体，阻垢剂对磷酸钙的增溶作用微不足道，只有那些能够分散已经形成的晶体阻垢分散剂，才能显示阻止磷酸钙形成水垢的作

用, 因此, 对磷酸钙起作用主要靠药剂的分散能力。在一般条件下, 含羟基、磺酸基的聚合物有较好的分散作用, 因而表现出较好的阻磷酸钙的效果。

表 2 不同类型药剂在不同浓度下的阻垢率^①(%)

阻垢率 药剂类型	30 (10)mg/L		50 (20)mg/L		70 (30)mg/L	
	碳酸钙	磷酸钙	碳酸钙	磷酸钙	碳酸钙	磷酸钙
1	16.2	0.0	16.8	1.2	32.6	6.0
2	51.3	6.5	55.1	90.7	69.4	93.8
3	19.8	7.7	39.0	100.0	41.2	97.9
4	76.4	2.1	78.2	4.4	79.9	7.2
5	82.3	4.9	85.7	9.1	87.6	29.6
6	83.1	39.3	85.9	38.6	86.0	39.3
7	83.6	3.4	83.7	3.3	87.1	4.5
8	87.6	27.4	93.3	93.2	94.0	95.8
9	77.8	49.7	83.0	63.8	83.5	91.1

① 括号中的浓度指第 1、2 和 3 类药剂浓度。

3.3 浊度对药剂阻垢分散效果的影响

在循环水运行中, 浊度有时很高。使循环水浊度升高的原因多种多样, 但主要有原水处理效果不好, 补充水浊度高, 导致循环水的浊度高; 有些是因物料泄漏到循环水中, 微生物失控, 生物粘泥大量繁殖导致循环水浊度升高。表 3 是浊度对 9 类药剂阻碳酸钙垢和阻磷酸钙垢效果影响的结果。表 3 结果显示, 浊度对第 3、4 和 7 三类药剂的阻碳酸钙垢效果基本无影响, 对第 5、6、8 和 9 四类药剂阻碳酸钙垢效果有负面影响, 且随浊度增加, 这些药剂阻碳酸钙垢效果下降; 但对第 1 和 2 两类药剂阻碳酸钙垢效果有增效作用, 随浊度升高阻碳酸钙垢效果有所增加。比较这些差异可以看出, 单剂的阻碳酸钙垢效果受浊度的影响较小, 多数复合剂阻碳酸钙垢效果受浊度的影响较大; 浊度对阻磷酸钙垢效果的影响大于阻碳酸钙垢效果, 如第 2、3、8 和 9 四类药剂, 阻磷酸钙垢效果随浊度的增加而大幅度下降, 在使用时应控制循环水的浊度在 10mg/L 以内。这个现象也说明药剂的阻碳酸钙主要是增溶和致畸作用, 阻磷酸钙垢主要是分散作用。

表 3 不同浊度下药剂的阻垢分散效果(%)

浊度 药剂类型	0mg/L		10mg/L		30mg/L		50mg/L	
	碳酸钙	磷酸钙	碳酸钙	磷酸钙	碳酸钙	磷酸钙	碳酸钙	磷酸钙
1	16.8	1.2	17.8	0.0	22.9	0.0	39.1	0.0
2	55.1	90.7	58.1	86.8	57.7	64.4	66.3	52.7
3	39.0	100.0	33.3	90.4	33.5	76.1	33.6	66.5
4	78.2	4.4	76.2	4.7	76.0	9.0	75.9	6.7
5	85.7	9.1	82.4	9.0	72.4	8.0	69.9	9.1
6	85.9	38.6	80.3	38.0	76.9	31.0	74.8	29.3
7	83.7	3.3	83.1	0.0	82.3	0.0	81.5	0.0
8	93.3	93.2	85.9	90.0	81.7	87.1	77.6	78.3
9	83.0	63.8	79.4	63.0	72.0	57.3	68.6	57.0

3.4 铁离子对不同类型药剂阻垢分散效果的影响

循环水中常常因金属腐蚀使铁离子浓度增加,特别是使用强腐蚀性水质的循环水系统和有物料泄漏系统,铁离子浓度有时高达 5mg/L。铁离子对不同类型药剂的阻垢分散效果如表 4 所示。表 4 结果表明:铁离子除对第 4 和 9 两类药剂阻碳酸钙垢效果的影响很小外,对其他七类药剂阻碳酸钙垢的影响巨大,且随铁离子浓度增加,阻碳酸钙垢效果大幅度下降;铁离子对所有的九类药剂的阻磷酸钙垢均有巨大影响,随铁离子浓度增加,阻磷酸钙垢的效果大幅度下降。这些结果说明循环水中铁离子对阻垢分散作用是一种十分有害的离子,在使用中,应尽可能控制铁离子浓度小于 1mg/L。

表 4 铁离子对药剂的阻垢分散效果的影响(%)

铁离子 药剂类型	0mg/L		1mg/L		3mg/L		5mg/L	
	碳酸钙	磷酸钙	碳酸钙	磷酸钙	碳酸钙	磷酸钙	碳酸钙	磷酸钙
1	16.8	1.2	16.3	0.0	2.4	0.0	3.0	0.0
2	55.1	90.7	31.5	0.0	21.0	0.0	8.3	0.0
3	39.0	100.0	34.8	93.2	25.6	92.6	24.1	4.0
4	78.2	4.4	78.0	4.7	78.7	5.9	75.6	6.1
5	85.7	9.1	76.4	5.9	69.3	4.0	67.8	5.0
6	85.9	38.6	76.3	38.0	44.6	32.5	37.7	23.1
7	83.7	3.3	71.6	3.6	67.0	4.1	65.3	0.0
8	93.3	93.2	91.8	87.7	89.5	87.4	87.6	66.8
9	83.0	63.8	77.0	63.0	68.7	59.9	51.7	49.8

3.5 钙硬和碱度对不同类型药剂阻垢分散的影响

人们在水处理实践中发现,水中钙硬和碱度对阻垢分散剂的效果影响巨大。表 5 是钙硬和碱度对不同类型药剂的阻垢分散效果影响结果。表 5 结果很清楚显示,水中钙硬和碱度对不同类型药剂的阻碳酸钙垢效果影响很大,随钙硬和碱度的增加,阻垢率下降,但影响程度是不相同的。如对前四类药剂阻碳酸钙垢效果的影响较小,说明这四类药剂可以在较高钙硬和碱度的水中使用。对后四类药剂的阻碳酸钙垢效果影响巨大,说明这四类药剂不宜在高硬度和碱度水中使用。

与阻碳酸钙相比,水中钙硬和碱度对药剂阻磷酸钙垢效果的影响更大。如除对第 8 和 9 两类药剂阻磷酸钙垢效果影响相对较小外,对其他七类药剂,当钙硬和碱度增加 1 倍,这些药剂对磷酸钙垢几乎完全失去阻垢作用。

表 5 钙硬和碱度对不同类型药剂阻垢分散效果的影响^①(%)

水质 药剂类型	A 水		B 水		C 水		D 水	
	碳酸钙	磷酸钙	碳酸钙	磷酸钙	碳酸钙	磷酸钙	碳酸钙	磷酸钙
1	100.0	0.0	18.4	0.0	14.2	0.0	16.8	/
2	100.0	49.6	95.2	7.9	67.7	0.0	55.1	/
3	98.0	89.2	66.0	40.9	36.3	0.0	39.0	/
4	93.7	83.3	91.7	16.5	89.2	3.3	78.2	/
5	98.8	96.5	97.3	32.2	93.8	0.0	85.7	/
6	98.0	79.5	95.2	51.5	91.4	33.4	85.9	/

续表

水质 药剂类型	A 水		B 水		C 水		D 水	
	碳酸钙	磷酸钙	碳酸钙	磷酸钙	碳酸钙	磷酸钙	碳酸钙	磷酸钙
7	98.7	0.0	87.5	0.0	80.9	0.0	83.7	/
8	97.7	100.0	97.2	90.5	90.1	84.4	93.3	/
9	97.5	100.0	97.9	84.2	90.4	70.9	83.0	/

① A 水硬度和碱度分别为 100mg/L 和 135mg/L; B 水硬度和碱度分别为 150mg/L 和 203mg/L;

C 水硬度和碱度分别为 200mg/L 和 270mg/L; D 水硬度和碱度分别为 250mg/L 和 250mg/L。

3.6 杀菌剂对不同类型药剂的缓蚀效果的影响

在循环水处理中,不但要投加缓蚀阻垢剂控制腐蚀和结垢,而且要投加杀菌剂控制微生物的生长和繁殖。杀菌剂对缓蚀阻垢剂阻碳酸钙和阻磷酸钙的影响如表 6 所示。杀菌剂 1 对第 3、5 和 9 三类药剂的阻碳酸钙有明显的负面影响,对其他六类药剂影响很小;对第 2 和 3 两类药剂的阻磷酸钙有明显的负面影响,但对其他七类药剂有增效作用,随杀菌剂 1 的加入,阻磷酸钙效果增加。

杀菌剂 2 对第 2、4、5、8 和 9 五类药剂阻碳酸钙有负面作用,对其他四类药剂的阻碳酸钙均有增效作用;对第 1 类药剂阻磷酸钙有增效作用,但对其他八类均有巨大的负面作用,随杀菌剂 2 的加入,药剂的阻垢分散作用明显下降。

杀菌剂 3 除对第 6 类药剂阻碳酸钙作用无影响外,对其他八类药剂阻碳酸钙作用均有不同程度的影响;对药剂阻磷酸钙作用的影响与阻碳酸钙不同,除对第 1、2 类药剂阻磷酸钙作用稍有负面影响外,对其他七类药剂的阻磷酸钙均有大幅度的增效作用。

杀菌剂 4 除对第 1 和 9 两类药剂阻碳酸钙有明显的负面作用外,对其他七类药剂的阻碳酸钙影响较小;除对第 3 和 9 两类药剂阻磷酸钙有负面作用外,对其他七类均有较大的增效作用。从这些现象可以看出,不同类型的杀菌剂对不同类型的药剂效果影响是不相同的,但总体上看,杀菌剂对阻磷酸钙的影响大于阻碳酸钙。

表 6 杀菌剂对药剂阻垢分散效果的影响^①(%)

效果 类 型	不加杀菌剂		杀菌剂 1		杀菌剂 2		杀菌剂 3		杀菌剂 4	
	碳酸钙	磷酸钙	碳酸钙	磷酸钙	碳酸钙	磷酸钙	碳酸钙	磷酸钙	碳酸钙	磷酸钙
1	16.8	1.2	15.9	2.8	16.9	1.9	9.9	2.7	13.5	2.5
2	55.1	90.7	54.5	69.8	34.4	0.7	46.8	83.9	55.6	89.6
3	39.0	100.0	34.9	93.6	44.1	0.9	36.6	98.0	37.1	96.0
4	78.2	4.4	75.4	39.5	71.6	3.2	64.7	53.3	80.8	42.9
5	85.7	9.1	77.0	25.9	83.8	4.6	80.3	42.9	81.3	24.7
6	85.9	38.6	90.5	39.5	89.3	3.2	89.9	52.9	82.3	56.5
7	83.7	3.3	83.9	5.6	86.3	2.5	65.9	4.3	82.0	4.6
8	93.3	93.2	90.1	100.0	88.8	2.5	74.1	100.0	95.2	98.8
9	83.0	63.8	60.2	73.4	78.3	4.1	76.6	79.2	69.7	55.2

① 杀菌剂 1 主要成分是异噻唑啉酮;杀菌剂 2 的主要成分是聚季铵盐;杀菌剂 3 的主要成分是次氯酸盐;杀菌剂 4 的主要成分是二硫氰基甲烷。

4 结 论

药剂自身浓度是显著影响阻垢分散效果的因素之一。对阻碳酸钙的影响与阻磷酸钙不同,对阻磷酸钙存在最低浓度,只有药剂的浓度超过这个最低浓度,药剂才有阻磷酸钙的作用。在作用机理上,阻碳酸钙的作用主要增溶和晶体致畸,阻磷酸钙的作用主要是分散。

浊度对药剂阻垢分散效果均有不同程度的影响,但对阻磷酸钙的影响更大,随浊度增加,阻磷酸钙的效果大幅度下降。

铁离子对药剂阻垢分散作用影响明显,无论是对阻碳酸钙还是阻磷酸钙,都是随铁离子浓度的增加,阻垢分散效果下降。

钙硬和碱度对药剂阻碳酸钙和阻磷酸钙作用影响巨大,随钙硬和碱度的增加,阻垢分散效果下降。

杀菌剂对不同药剂的阻垢分散效果有不同的影响,氧化型杀菌剂对多数药剂的阻磷酸钙有增效作用,非氧化型杀菌剂对不同类型药剂的影响视药剂类型而定,有增效作用,也有对抗作用。

参 考 文 献

- [1] Frank N Kemmer. The NALCO Water Handbook(second edition). New York: R R Donnelley & Sons Company, 1988
- [2] Betz. Betz Dearborn Handbook of Industrial Water Conditioning(ninth edition). Betz Dearborn Inc, 1997
- [3] 张振玦. 水处理药剂手册. 北京: 中国石化出版社, 1991
- [4] J S Gill. Materials Performance, 1998, 11: 41 - 45
- [5] 王京. 常用阻垢剂结构分析及其阻钙垢机理研究. 石油化工科学研究院博士学位论文, 1998

实现城市污水资源化

王振宇 李本高

(石油化工科学研究院)

世界人口的迅猛增加和工业的高速发展,导致水资源短缺日益加剧。20世纪世界人口增加了近3倍,淡水消耗量增加了约6倍,其中工业用水增加了26倍。而世界淡水资源总量基本不变,使20世纪末的人均占有水量仅是世纪初的1/18。据报道,目前世界上约有1/3的人口面临供水紧张的威胁;另一方面水污染问题日趋严重,全世界每年排放工业废水约4260亿 m^3 ,造成可供人类使用的淡水资源总量的1/3受到污染,使本来就很紧张的淡水资源更是雪上加霜。据有关资料显示,1995年全世界有20%的人口缺乏安全饮用水。另据世界卫生组织统计,每年至少有1500万人死于水污染引起的疾病。

1 我国水资源短缺和水污染形势严峻

我国水资源不丰富,是世界13个贫水国之一。年均降水量只有630mm,低于全球陆地面积年均降水量(880mm),年均水资源总量为2.81万亿 m^3 ,居世界第六位,但按1998年12.48亿人口计算,人均占有水量仅为2251 m^3 ,是世界人均水平的四分之一,居世界149个国家的第110位。按国际上的通行标准,人均占有水资源2000 m^3 为严重缺水,人均占有水资源1000 m^3 为最低标准,由此可见我国属于水资源短缺的国家。

据统计,我国城市每年缺水60亿 m^3 ,在全国666座建制市中,有近400座城市缺水,日缺水量达1000万 m^3 以上。缺水导致水费上涨,如威海市城市居民现按每人每月2 m^3 水配额供应,超过配额部分按40元/ m^3 收费。据美国经济学家莱斯特·布朗预测,2020年我国将缺水300多亿 m^3 。到2030年中国工业用水将从每年520亿 m^3 增加到2690亿 m^3 ,届时水资源的短缺将更加严重。

一方面水资源严重短缺,另一方面水资源污染日益严重。1995年全国废水排放量达365.2亿 m^3 ,占世界污水排放总量的8.6%,造成全国700余条大中河流中的近1/2遭受污染,其中70余条河水因污染严重而失去使用价值。《中国环境状况公报》报道,目前78%的城市河段不适宜作饮用水源,50%的城市地下水已受到污染。可以说污染到了触目惊心,非治理不可的程度。

2 北京市水问题更为严重

北京市是全国严重缺水的城市之一。北京属于暖湿带半干旱半湿润气候,受季风影响,四季分明,雨季主要集中在七八月份,这两个月的降水量就占全年降水量的63%。地质部门根据多年的观测资料,对北京市平原地区地下水资源情况进行综合评价,提出在目前的开

采技术条件下,北京水资源多年平均可开采量为 24.5 亿 m^3 左右,可用地表水资源量为 $10 \sim 17 \text{ 亿 m}^3$,人均占有水资源量为 300 m^3 左右,仅是全国人均水资源量的八分之一,是世界的三十分之一,比世界上水资源人均占有量最少的以色列还少四分之一。

一方面水资源严重不足,另一方面随着经济的发展,北京市用水量却大幅度攀升。1995 年的城市生活用水和人均日用水分别比 1949 年增加了 76 倍和 21 倍,工业用水增长了 18 倍。根据 2000 年北京市城市总体规划,2000 年城市生活需水量为 6.9 亿 m^3 ,缺水达 0.64 亿 m^3 。预计到 2010 年城市生活需水量将达 8.48 亿 m^3 ,即使在城市工业及农业全面节水的基础上,预测 2010 年丰水年将缺水 7.91 亿 m^3 ,枯水年缺水达 12.6 亿 m^3 。

3 缓解水资源短缺的途径

要缓解水资源短缺,必须从两个方面入手。一是节约用水,特别是提高工业用水的利用率;二是寻找新的可利用水资源,最为可行的途径是实现城市污水回用。

在城市用水中,工业用水占 80%。而工业用水浪费问题严重,表现之一是输水方式落后,水损失率高。据 1996 年供水年鉴统计,工业输水过程中水损失率高达 20%,1997 年工业用水在输送途中损失了 2000 多万 m^3 ,而日本在 1992 年的输水损失率仅 10%;再就是工业耗水量大,国内加工吨油的水消耗量是国外的近 5 倍,钢铁是国外的 4~5 倍,啤酒是国外的 2~6 倍,发电是国外的 2 倍,造纸是国外的 2~2.5 倍;另外工业水的重复利用率低,一般只有 30%,德国高达 64%,日本为 60%。上面三个环节造成工业水的浪费极大。

对于工业用水,节水的余地很大,如果将石化企业炼油装置的吨油水耗从目前的 2.37 m^3 降低到镇海炼油化工股份公司的 1.0 m^3 水平,吨油排污水量由目前的 1.84 m^3 降低到镇海炼油化工股份公司的 0.52 m^3 ,石化系统炼油行业每年可以节约 1.768 亿 m^3 新鲜水,同时减少相应数量的污水排放,所节约的新鲜水可以满足 3.54 亿 t 新增加工原油用水,同时可为企业节约水费、污水处理费和排污费约 8 亿元。

城市污水回用指的是,生活和工业污水经过处理后,作为工业、农业或市政用水的水源。城市污水中含有污染物质的水量仅占整个污水量的 0.1%,其余绝大部分是可用清水,而且城市污水就近可得,水量稳定,易于收集,污水处理技术也比较成熟,将城市污水经常规处理后回用于工业是完全可行的。目前,我国城市污水的回用率还很低,但是西方发达国家已经有了许多成功的实例。美国自 50 年代起,即开始着手这方面的工作。据报道,美国 357 个城市实现了污水回用,其中回用于农业占 55.3%,回用于工业占 40.5%;日本早在 1962 年就开始污水回用的实践,70 年代东京、名古屋和大阪等城市就已将城市污水处理后回用于工业;前苏联莫斯科东南区设有专用的工业水系统,有 36 家工厂使用处理后的城市污水,每日污水回用量达 55 万 m^3 ;南非联邦不但工业使用再生水,而且在约翰内斯堡市,每日自来水的 85% 加入的是城市再生水,开创了使用污水回用到饮用水的先例。

4 城市污水回用的经济效益

城市污水回用与开发其他水源相比在经济上的优势有:(1)比远距离引水便宜,其基建投资只相当于从 30 km 外引水。我国水资源分布不均衡,对于西北部贫水的城市,如果从东南部水资源丰富的地区引水,引水距离至少为几百千米,甚至达到几千千米,工程是十分浩

大的。(2)比海水淡化经济。城市污水所含杂质少于0.1%,而且可用深度处理方法加以去除,而海水则含有3.5%的溶解盐和大量有机物,其杂质含量为污水二级处理出水的35倍以上。(3)不仅节约了宝贵的水资源,而且节约了排污费用。目前,大部分城市污水都是直接排入江河湖泊,不仅污染环境,而且国家要收取相应的排污费(新鲜水费为1.12元/m³,排污水费为0.15元/m³),这对于城市的发展来说也是不小的负担。以一个年产2万t合成氨厂为例,使用处理后的污水作为循环冷却水及其他工艺用水,每年可节水300万m³,减少排污费24万元,直接经济效益100万元。再以南方某炼油厂为例,采用处理后污水作循环冷却水,可节约新鲜水32万m³/a,减少排污32万m³/a,两项节约费用40.6万元/a,除去投资费用每年可获经济效益20.6万元/a。

5 城市污水回用潜力巨大

国外在城市污水回用方面发展很快,2000年美国污水回用率高达72%,1995年日本污水回用率为77.2%,其中石油和化学工业1996年的回用率分别为89.5%和83%。据统计,我国工业废水、生产污水和生活污水年总排放量为400亿m³,但年污水处理量只有81.61亿m³,只能达到20%,全国市政系统污水处理率仅为8.69%。北京东郊的高碑店污水处理厂是北京最大的污水处理厂,日处理污水能力为10万m³,但北京目前日排放污水量为300万m³,处理量仅占污水总量的3%。城市污水的回用率就更低。对于石化系统而言,到目前为止还没有实现城市污水回用于循环冷却水系统,仍然采用大量的水库水、地下水等新鲜水作补充水水源。

6 城市污水回用前景宽广

(1) 农业灌溉 城市污水可回用于农业灌溉用水,但需要防止污水对土壤的破坏,以及残留污染物在作物中累积。1985年我国颁布了污水灌溉国家标准(GB5084-851)。我国目前有城市污水处理厂百余座,75%以上的污水厂采用二级处理,经过二级处理的城市污水水质基本达到甚至超过农业灌溉水质标准。

(2) 城市河湖、市政、杂用、景观及绿化用水 城市污水经过深度处理后,可用作建筑施工用水、浇洒冲洗街道马路、冲刷厕所、洗车、绿化景观等。

(3) 工业用水 目前,城市用水的80%是工业用水,而工业循环冷却水占到工业用水的60%以上,是用水大户,而且涉及电力、化工、冶金等许多行业。工业循环冷却水对水质的要求较低,处理过的城市污水较容易满足工业循环冷却水补充水质的要求。将城市污水经传统二级处理后回用于工业循环冷却水是目前最为经济可行的方案。

7 污水回用于冷却水系统可行性

城市污水处理后,根据不同的水质情况,有的可以直接回用于工业循环冷却水系统,有的需要进一步处理后再回用,回用中存在问题表现在以下几个方面:

(1) 微生物问题

由于回用污水中的COD和氨、氮含量较高,导致微生物繁殖大幅度增加,产生生物粘

泥,因此必须加大杀菌力度。传统的方法是投加氧化性杀菌剂或直接投加氯气。氧化型杀菌剂的杀菌效果好,一般能解决微生物繁殖问题,具体应用中可根据水质情况决定投加量和投加频率。

(2) 腐蚀问题 回用污水的 TDS 浓度通常比新鲜水高 2~5 倍,电导率、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 都高, pH 较低,腐蚀程度大,所以要选择合适的水质稳定剂来控制回用水对设备的腐蚀。有研究表明,对于 $\text{TDS} < 4000\text{mg/L}$ 、 $\text{Cl}^- < 1500\text{mg/L}$ 、 $\text{SO}_4^{2-} < 2200\text{mg/L}$ 、 $\text{COD}_{\text{cr}} < 50\text{mg/L}$ 的回用污水,用常规磷系药剂可以解决腐蚀问题。

(3) 悬浮物问题 二级处理后污水浓度较小,悬浮物主要是一些从生化曝气池带出的活性污泥。悬浮物的去除方法有两个:一是选择适当的滤料,经过过滤,可以滤除大部分悬浮物,二是加入化学剂,两种方法的结合可以去除大部分悬浮物。

在探索污水回用于循环水系统的工作中,我国也取得了较好的成绩。如大连污水回用示范工程,济南炼油厂污水回用项目,华能北京热电厂污水回用等。

8 结 束 语

城市污水回用是目前解决北京水资源短缺的有效措施,不仅可以节约大量的新鲜水,而且可以降低排污水对环境的污染,可谓经济效益、社会效益双丰收。相信只要全体市民都树立起节水意识,减少污水排放,提高污水回用率,就一定能缓解北京水资源短缺的问题,使城市污水这一危害环境的杀手,变成造福人民的宝贵资源。我们期待的一个天更蓝、水更清的美好家园一定会实现。

参 考 文 献

- [1] 张玉森.北京节能,1998(3):25~27
- [2] 任志峰.净水技术,1998(3):29~34
- [3] 马志毅.给水排水,1997(12):61~63
- [4] 张文星,李本高.环境工程,1998(6):11~13

水处理剂及其应用

氧化性杀菌剂 S-7207 在 炼油厂循环水系统的应用

徐军 潘洪南 黄立 吴朝汉

(湛江东兴企业有限公司)

1 前 言

湛江地处亚热带气候区,年平均气温 23.1℃,年平均湿度 82%以上,热季长达 6~7 个月,平均气温 28.8℃,十分有利于微生物生长,给循环水系统有效控制微生物生长和繁殖带来困难。

湛江东兴企业有限公司炼油厂地处湛江地区,循环水系统始建于 1989 年,1992 年开工运行。系统循环水量 5000m³/h,保有水量 3500m³,采用地表新鲜水为补充水,主要水质如表 1 所示,它属于低硬度碱度强腐蚀性水质。1995 年采用中国石化水处理技术中心开发的 RP-93 缓蚀阻垢剂进行处理,多年来均取得了良好的效果,为直接处理低硬度碱度的强腐蚀性水质积累了经验。但杀菌灭藻剂一直采用其他厂家的产品,1996 年主要采用氧化性杀菌剂,3 天投加 1 次;1997 年主要采用非氧化性杀菌剂“1227”,5 天投加 1 次;1998 年和 1999 年主要采用二氧化氯,每天投加 1 次。虽然做了大量的工作,杀菌效果总不太理想,仍有粘泥、藻类滋生现象。为了有效控制粘泥、藻类滋生现象,进一步提高水处理效果,2000 年 4 月开始现场试用氧化性杀菌剂 S-7207,2 个月的现场试验取得了较好的杀菌灭藻效果,不但有效地控制住微生物生长和繁殖,使循环水中细菌总数 $\leq 1 \times 10^5$ 个/mL,而且改善了循环水质,使 RP-93 的处理效果进一步提高。监测试片的平均腐蚀速率从 2000 年 1~3 月的 0.0056mm/a 降低到 0.0029mm/a,监测试管的平均腐蚀速率从 2000 年 1~3 月的 0.047mm/a 降低到 0.030mm/a,粘附速率从 5.56mg/(cm²·mon)降低到 4.2mg/(cm²·mon)。

表 1 补充水主要水质

项 目	数 值	项 目	数 值
钙硬(以 CaCO ₃ 计)/mg·L ⁻¹	14.0	硫酸根离子/mg·L ⁻¹	15.0
总硬(以 CaCO ₃ 计)/mg·L ⁻¹	20.0	铁离子/mg·L ⁻¹	0.44
总碱(以 CaCO ₃ 计)/mg·L ⁻¹	40.0	平均细菌个数/(个/mL)	100~150
pH	6.7	稳定指数(SI)	9.8
氯离子/mg·L ⁻¹	9.0		