

文章编号: 1005-0523(2010)06-0023-04

# 二氧化氯固体试剂处理工业循环冷却水的研究

鲁秀国, 张 攀, 孟 锋

(华东交通大学 土木建筑学院, 江西 南昌 330013)

**摘要:**采用二氧化氯固体试剂对工业循环冷却水进行了处理研究, 对其影响因素如药剂量、温度、pH、搅拌速度和混合时间进行了杀菌率和浊度去除率研究, 通过正交实验确定了各个影响因素显著性的大小, 得到的结果是 pH > 反应温度 > 混合时间 > 搅拌速度。

**关 键 词:**工业循环冷却水; pH; 反应温度; 搅拌速度; 混合时间

**中图分类号:** X505

**文献标识码:** A

工业循环冷却水在不断循环使用的过程中, 会孳生很多的微生物, 这些微生物对于管道的保养和冷却水的安全都是不利的, 微生物会造成管道的腐蚀, 腐蚀的主要原因是微生物的生长在冷却设备管道上造成差异充气电池的腐蚀<sup>[1]</sup>。所以, 工业循环冷却水中的细菌<sup>[2]</sup>是必须要处理的。

二氧化氯固体试剂<sup>[3]</sup>的主要成分是酸化剂和亚氯酸钠, 在条件适宜的条件下, 具有杀菌和絮凝两种水处理剂的效应。本文主要对自制的二氧化氯固体试剂进行工业循环冷却水<sup>[4]</sup>处理时的条件进行了研究, 并且对这些条件进行相对显著性分析<sup>[5-6]</sup>。

## 1 实验部分

### 1.1 仪器与试剂

仪器: 烧杯、培养皿、培养箱、搅拌器、消毒柜、浊度仪。

试剂: 二氧化氯固体试剂(自制)、蛋白胨、牛肉膏、氯化钠、琼脂。

### 1.2 废水来源与水质

废水来源于实验室模拟工业循环冷却水, 主要检测了其微生物数量及浊度, 其值分别是微生物数量为 3 000 个  $\cdot \text{mL}^{-1}$ , 浊度为 49 度。

### 1.3 实验步骤

取 6 个 1 000 mL 的烧杯, 分别加入 1 000 mL 的模拟工业循环冷却水, 将不同的二氧化氯固体试剂分别加入到 6 个烧杯中, 然后按照不同的搅拌速度、反应温度、混合时间和 pH 值等进行处理实验, 采用微生物数量及浊度作为控制指标。

## 2 实验结果与讨论

### 2.1 不同实验条件对实验效果的影响

#### 2.1.1 二氧化氯固体试剂(以下简称药剂)用量

称取 6 组不同的药剂剂量, 分别为 0.02, 0.04, 0.06, 0.08, 0.10 和 0.12 g。取搅拌速度为  $90 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ , 温度为常温 ( $25^\circ \text{C}$ ), pH 为 5 (一般情况下), 混合时间为 10 min, 药剂量和去除率的关系如图 1。

混凝过程中矾花的大小是随着药剂的不同投加量而变化的, 其以 0.12 g 药剂量为分界, 药剂量大于和小于 0.12 g 时, 矾花都在变小, 而且当药剂剂量较大的时候, 由于酸化剂中个别金属离子具有颜色, 所以

收稿日期: 2010-06-29

基金项目: 江西省科技厅指导性计划项目(2009DG04300)

作者简介: 鲁秀国(1964—), 男, 教授, 博士, 研究方向为水污染控制。

会使处理水具有颜色,而且还会使水的浊度变大,这样不利于处理效果,因此之后的实验都是对于1 000 mL实验用水样,其二氧化氯药剂的投加量为0.12 g。

### 2.1.2 混合时间

分别取5组1 000 mL水样,0.12 g药剂,pH为5,搅拌速度为 $90\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ ,混合时间分别为5,7,9,11,13 min,其结果如图2。

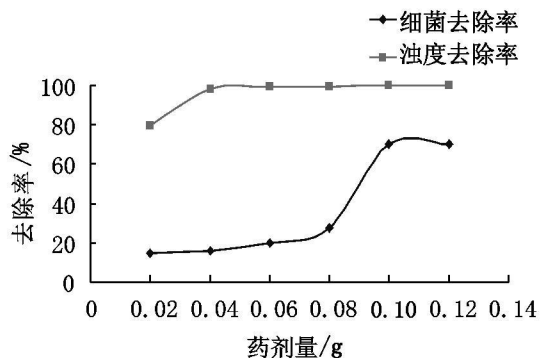


图1 药剂量与去除率的关系

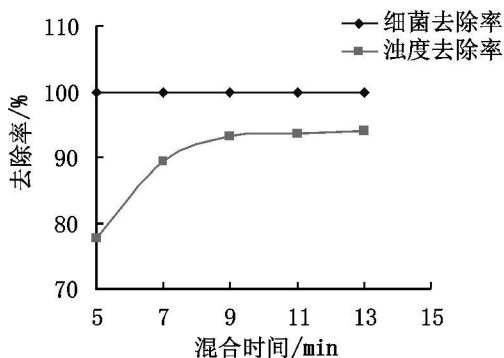


图2 混合时间与去除率的关系

从图2可以看出,当混合时间达到9 min的时候其浊度去除率达到最好,细菌的去除率始终保持100%。并且,当混合时间大于9 min之后浊度的去除率没有明显的波动,所以确定混合时间在9 min左右为最佳。

### 2.1.3 搅拌速度

分别取5组1 000 mL水样,0.12 g药剂,pH为5,混合时间为9 min,搅拌速度分别为60,70,80,90,100  $\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$ ,其结果如图3。

从图3可以看出,搅拌速度对于细菌的去除率基本上是没有影响的,但是对于浊度却影响较大,因为正如前面提到的原因,搅拌速度过快,会使得刚刚形成的絮体被打碎,那么就影响了其沉降的效果,进而使得处理水的浊度变高,影响处理效果。本实验得出的最佳的搅拌速度为 $80\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ 。

### 2.1.4 pH

分别取5组1 000 mL水样,0.12 g药剂,混合时间为9 min,搅拌速度为 $80\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ ,pH分别为3,5,7,9,11,其结果如图4。

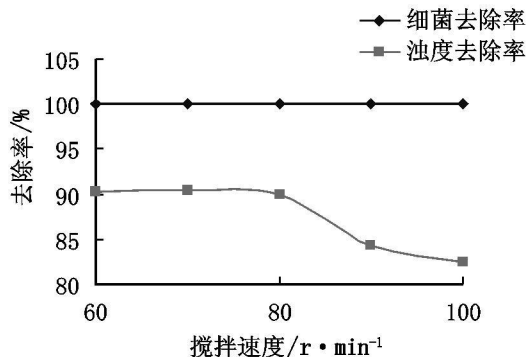


图3 搅拌速度与去除率的关系图

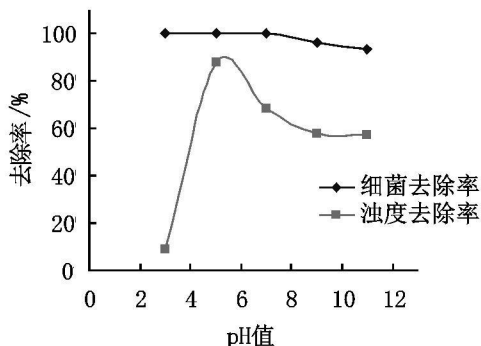


图4 pH与去除率的关系图

絮凝的条件是pH为8~9,所以当pH为3的时候,基本无矾花生成,所以也就没有絮凝效果;矾花的大小是随着pH的增大而增大的,浊度的去除率也是相应地随着pH的增大而增大的。根据二氧化氯的性质,它的杀菌效果受pH值的影响很小,但是由于这个实验是将反应药剂直接投加到待处理水中的,所以这里还要涉及到二氧化氯的产生过程。因为二氧化氯的产生是要在酸性条件下,所以这时pH值的变化

就对整个实验的影响较大。从图中看出浊度随着 pH 的变化, 其变化幅度是很明显的。因为要考虑药剂中的酸化剂加入到待处理水中之后, 是先与含氯化合物反应还是先与氢氧化钠反应, 当碱度过高的时候就会导致酸化剂先与氢氧化钠反应形成氢氧化物沉淀, 这样既影响了浊度的去除, 而且影响了二氧化氯的生成。所以通过实验得出, 最佳反应 pH 值为 5。

2.1.5 反应温度

分别取 5 组 1 000 mL 水样, 0.12 g 药剂, 混合时间为 9 min, 搅拌速度为 80 r·min<sup>-1</sup>, pH 为 5, 温度分别为 25, 30, 35, 40, 45 °C, 其结果如图 5。

当温度为 45 °C 的时候, 矾花大多漂在水面上, 其沉淀效果不好, 所以浊度的去除率也就较小。由图 5 可以看出, 当温度为 40 °C 的时候浊度的去除率是最大的。

2.2 正交实验

综上, 由单因素实验选定的各因素值分别为混合时间为 10, 15, 20, 25 min, 反应温度为 20, 25, 30, 35 °C, pH 值为 4, 6, 8, 10, 搅拌速度为 60, 70, 80, 90 r·min<sup>-1</sup>。

表 1 正交实验表

| 试验号 | 混合时间/min | 反应温度/°C | pH  | 搅拌速度/r·min <sup>-1</sup> | 细菌数/个 |
|-----|----------|---------|-----|--------------------------|-------|
| 1   | 10       | 20      | 4   | 60                       | 9     |
| 2   | 10       | 25      | 6   | 70                       | 0     |
| 3   | 10       | 30      | 8   | 80                       | 3     |
| 4   | 10       | 35      | 10  | 90                       | 6     |
| 5   | 15       | 20      | 6   | 80                       | 200   |
| 6   | 15       | 25      | 4   | 90                       | 10    |
| 7   | 15       | 30      | 10  | 60                       | 70    |
| 8   | 15       | 35      | 8   | 70                       | 7     |
| 9   | 20       | 20      | 8   | 90                       | 19    |
| 10  | 20       | 25      | 10  | 80                       | 70    |
| 11  | 20       | 30      | 4   | 70                       | 7     |
| 12  | 20       | 35      | 6   | 80                       | 600   |
| 13  | 25       | 20      | 10  | 70                       | 300   |
| 14  | 25       | 25      | 8   | 60                       | 0     |
| 15  | 25       | 30      | 6   | 90                       | 26    |
| 16  | 25       | 35      | 4   | 80                       | 4     |
| I   | 5        | 133     | 8   | 170                      |       |
| II  | 73       | 20      | 210 | 79                       |       |
| III | 175      | 28      | 9   | 70                       |       |
| IV  | 85       | 155     | 113 | 17                       |       |

注: I II III IV 分别代表各因素相对应水平的细菌数的代数平均值。

由表 1 可以分析出正交实验的方差分析结果, 如表 2 所示。

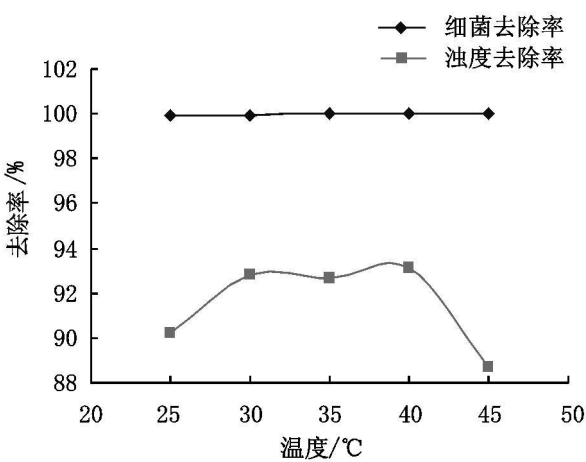


图 5 温度与去除率的关系图

表 2 方差分析表

| 方差来源            | 离差平方和       | 自由度 | 平均离差平方和     | F 值   | 显著值   |
|-----------------|-------------|-----|-------------|-------|-------|
| corrected model | 276 222.250 | 12  | 23 018.521  | 0.600 | 0.773 |
| intercept       | 109 726.563 | 1   | 109 726.563 | 2.862 | 0.189 |
| 混合时间            | 57 196.688  | 3   | 19 065.563  | 0.497 | 0.710 |
| pH              | 110 928.688 | 3   | 36 976.229  | 0.964 | 0.512 |
| 搅拌速度            | 50 121.188  | 3   | 16 707.063  | 0.436 | 0.744 |
| 反应温度            | 57 975.688  | 3   | 19 325.229  | 0.504 | 0.706 |
| 误差              | 115 036.188 | 3   | 38 345.396  |       |       |
| 总和              | 500 985.000 | 16  |             |       |       |
| corrected total | 391 258.438 | 15  |             |       |       |

从表 2 可以看出,选定的 4 个实验条件,其显著值均>0.05,表明影响并不显著,因此,影响该实验的显著因素一定还有其它因素,这也是今后继续研究的一个问题。但是,从几个实验的数据仍然可以得到选定的 4 个实验条件的显著性大小。pH 对于实验杀菌率的影响是相对显著的,其显著性值为 0.512,其次是反应温度,其显著性值为 0.706,然后依次是混合时间和搅拌速度,其显著性值分别为 0.710 和 0.744。所以 4 个实验条件的显著性排序为 pH>反应温度>混合时间>搅拌速度。

3 结论

- (1) 二氧化氯固体制剂在处理实验用工业循环冷却水样的最佳用量为 0.12 g·L<sup>-1</sup>;
- (2) 影响工业循环冷却水处理效果的实验条件的显著性大小为 pH>反应温度>混合时间>搅拌速度;
- (3) 在最佳的实验条件即混合时间为 9 min,温度为 25℃,pH 为 5,搅拌速度为 90 r·min<sup>-1</sup>的条件下,其实验效果最好。

参考文献:

[1] 陆善忠,窦从容.工业循环冷却水中微生物的危害及控制[J].给水排水,2004,30(6):46-48.  
[2] 徐贤英,胡世文,付超,等.二氧化氯消毒剂在饮用水中应用的几个问题的探讨[J].四川化工,2006,9(3):22-25.  
[3] SHI LAISHUN,LIU JINGMING,XIE CHAOREN,et al.Generation of high-purity chlorine dioxide,CN 1347841[P].2002  
[4] 王勤娜,施宝昌,王浩.工业循环冷却水缓蚀阻垢剂的发展状况[J].化工进展,2005,24(5):26-28.  
[5] 数理统计编写组.数理统计[M].西安:西北工业大学出版社,2001:145-180.  
[6] 苏金明.统计软件 SPSS 系列应用实战篇[M].北京:电子工业出版社,2002:247-254.

On Dealing with the Industrial Circulating Cooling Water  
Using Solid Preparation of ClO<sub>2</sub>

Lu Xiuguo,Zhang Pan Meng Feng

(School of Civil Engineering and Architecture, East China Jiaotong University, Nanchan 30013, China)

**Abstract:**The paper studies how to deal with the industrial circulating cooling water using the solid preparation of ClO<sub>2</sub>.Aiming at the influence factors of the quantity of preparation,temperature,pH,the mixing speed and the mixing time,bactericidal rate and turbidity are studied.The orthogonal experiments show that the size of significance of these factors is pH>temperature>mixing time>mixing speed.

**Key words:** industrial circulating cooling water;pH;temperature;mixing time;mixing speed

(责任编辑 刘棉玲)