

# 脉冲磁场处理含菌废水的实验研究

吴春笃, 王 倩, 储金宇, 黄勇强, 文士伟

(江苏大学生物与环境工程学院, 江苏 镇江 212013)

**摘要** 利用脉冲磁场杀菌设备对含菌废水进行处理, 以生活污水脉冲磁场杀菌为例, 研究磁场强度、脉冲数、pH 值和污水温度对杀菌效果的影响。结果表明: ①随着磁场强度、脉冲数或 pH 值的增加, 细菌去除率会出现一峰值, 杀菌效果最好; 之后随着磁场强度、脉冲数或 pH 值的进一步增加, 杀菌效果反而变差。在磁场强度分别为 7.6T 和 6.6T 左右时, 细菌总数杀菌率和大肠菌群杀菌率分别出现了峰值; 在脉冲数分别为 10 和 12 时细菌总数和大肠菌群杀菌率出现峰值。②细菌总数去除率和大肠菌群去除率都随污水温度的上升而升高, 污水温度越高, 微生物对磁场的敏感性越强, 杀菌效果越好。③脉冲磁场对生活污水杀菌的主次因素为: 磁场强度 > 脉冲数 > 污水温度 > pH 值。

**关键词** 生活污水处理; 脉冲磁场; 杀菌; 细菌; 大肠杆菌

中图分类号: X703 文献标识码: A 文章编号: 1004-693X(2007)01-0077-03

## Experimental research on the disposal of sewage containing bacterium by pulsed magnetic field

WU Chun-du, WANG Qian, CHU Jin-yu, HUANG Yong-qiang, WEN Shi-wei

(Institute of Biology and Environmental Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

**Abstract** Wastewater containing bacterium was treated by pulsed magnetic field sterilization equipment. Taking domestic sewage for example, the influence of intensity, pulse number of magnetic field, pH and the temperature of the sewage on sterilization effect was studied. The results indicate that: (1) with the increasing of magnetic field intensity, pulse number and pH, the removal efficiency of bacterium reached a maximum value, indicating optimal sterilization effect, but further increase would bring bad result. When the magnetic intensity is 7.6T or 6.6T, and the pulse number was 10 or 12, the removal efficiency of total bacterium and coliform shows maximum values respectively. (2) the removal efficiency of total bacterium and coliform both increased with the rising of the sewage temperature, the higher the temperature of the sewage and the more sensitive the microorganisms to the magnetic field would be, the better the sterilization effect would be; (3) the order of the primary and secondary factors of the pulsed magnetic field sterilization is the intensity of magnetic field > the pulse number > the temperature of the sewage > pH.

**Key words** sewage disposal; pulsed magnetic field; sterilization; bacterium; coliform

电磁场杀菌技术由于装备较为容易实现, 更具经济性, 可广泛应用于制药用水、野外军用水以及各种工业废水和生活污水的后期杀菌净化处理等, 达到预期处理效果而又不会引起二次污染, 处理后可

以用来作为景观用水、农田灌溉用水、街道绿化洒水以及冲厕用水等, 对较好水质如自然水源经深度处理可成为饮用水或生活用水, 因此是一项有巨大潜力的杀菌新技术<sup>[1]</sup>。电磁杀菌可分为电杀菌和磁杀

菌。利用电磁脉冲的生物学效应来杀菌主要是利用非热效应<sup>[2]</sup>。电杀菌主要利用脉冲放电产生的电化学效应、热学和力学效应等杀菌,有高压脉冲电场杀菌、常规电压自发脉冲放电杀菌及静电杀菌等方法<sup>[3]</sup>。磁杀菌主要利用强磁场作用来杀菌。

电磁场的杀菌原理:电磁场与生物系统相互作用,将导致不同生物层次上诸如形态、结构、功能等方面的变化。这种生物学效应又分为热效应与非热效应两种<sup>[4]</sup>。热效应指生物体吸收电磁波的能量后,体温度升高,从而产生的各种生物功能变化。所谓非热效应即在电磁波的作用下,生物体内不产生明显的升温,却可以产生强烈的生物响应,使生物体内发生各种生理、生化和功能的变化,并表现出频率和功率选择,非热效应往往发生在远离平衡态的情况下,生物体对电磁波的响应是非线性的,由外界小能量的诱导可以使生物体放出巨大的能量<sup>[5]</sup>。

本研究主要是利用自行研制的脉冲磁场杀菌设备对生活污水进行处理,并对影响电磁杀菌效果的各个因素诸如磁场强度、脉冲数(作用时间)等物理因素和温度、pH值等进行研究,分析各因素对杀菌效果的影响规律。

## 1 实验设备与材料

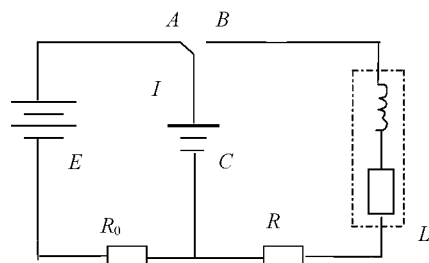
### 1.1 仪器设备

- ① 脉冲磁场杀菌设备(自行研制);
- ② YXQ-5G41.280型手提式压力蒸汽灭菌锅(上海医用核子仪器厂制造);
- ③ SZX-3型微生物接种箱(通州市沪通制药机械厂制造);
- ④ 250B型生化培养箱(通州市沪通制药机械厂制造);
- ⑤ PHS-3C型精密pH值计(上海精密科学仪器有限公司生产);
- ⑥ WC/09-05型超级恒温器(重庆实验设备厂制造);
- ⑦ MP502B型电子秤(上海精科天平厂制造);
- ⑧ 101-2A型电热鼓风干燥箱(江苏南通金余科研仪器设备厂制造);
- ⑨ 超净工作台和显微成像系统
- ⑩ 其他:显微镜、电炉、试管、移液管、培养皿、锥形瓶、酒精灯等。

### 1.2 脉冲磁场杀菌设备的原理

实验采用的是自行研制的脉冲磁场杀菌设备,设备原理如图1所示。这是一个典型的RLC放电电路。当开关接通A时,高压直流电源通过 $R_0$ 限流电阻对电容器C充电,直到电容器两端的电压达到 $V$ ,然后将开关K接通B,则电容C通过线圈L和电阻R放电;由于线圈L和回路中的电阻很小,放电回路中便有强大的电流,线圈L中就会产生很强的磁场。接着,开关K接通A,高压直流电源又向电容器C充电直至接近 $V$ 值。如此循环,便在线圈

中得到了周期性脉冲磁场。被处理的废水即放置在线圈L中。



A,B—开关K的两个触点;C—电容器;  
E—高压直流电源; $R_0$ ,R—电阻;L—磁铁线圈

图1 脉冲磁场装置原理

## 1.3 实验材料

水样取自玉带河,即江苏大学教职工家属楼排放的生活污水。

## 2 实验方法及测试

### 2.1 电磁杀菌设备的操作步骤

- ① 测试原水的初始菌数;
- ② 将原水装入样品瓶中,贴好标签,放在料斗中,然后将料斗放入磁场线圈中;
- ③ 接通电源,将电压调到需要的电压值,进行充电。当储能电容两端的电压达到规定的放电电压时,按下“放电”按钮,完成一个脉冲数的放电杀菌;
- ④ 在对原水施加足够的磁场脉冲数后,立即摇匀菌液,再用平板菌落计数法培养,以测定杀菌效果。做2个平行实验,取其平均值。

### 2.2 实验方法

测试原水的初始菌落数、大肠杆菌数、温度、pH值等,进行实验,实验每次在其他因素一定的情况下改变一个因素,通过对污水杀菌处理前后的各项微生物指标进行测量对照,分析各因素对杀菌效果的影响规律。

a. 培养基:营养琼脂培养基,乳糖蛋白胨培养液,伊红美蓝培养基(EMB培养基),其配方及制备方法参照文献[6]。

b. 微生物的测定:菌落总数的测定,采用平板菌落计数法;大肠菌群的测定,采用多管发酵法<sup>[6]</sup>。

## 3 实验结果分析与讨论

### 3.1 磁场强度对杀菌效果的影响

在脉冲数为10,污水温度为 $16.0^{\circ}\text{C}$ ,pH值为6.2的条件下,不同磁场强度对细菌总数和大肠菌群杀菌率的影响如图2所示。由图2可知,杀菌率随着磁场强度的增加而提高,在磁场强度分别为7.6T和6.6T左右时,细菌总数杀菌率和大肠菌群杀菌率

分别出现了峰值,磁场强度对杀菌效果的影响为 97.3%和 92.7% ,杀菌效果最好 ,若磁场强度再增加 ,杀菌效果反而变差,在 8.8T 出现谷值为 66.7%和 69.1%。出现这一现象的机理还有待进一步研究。

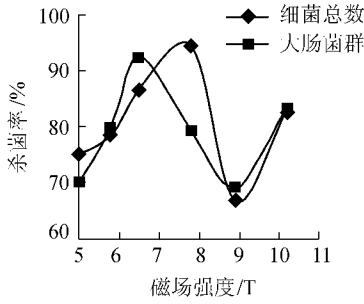


图 2 磁场强度的影响

### 3.2 脉冲数对杀菌效果的影响

在磁场强度为 6.3T ,污水温度为 16.1℃ ,pH 值为 6.4 的条件下 ,脉冲数对细菌总数和大肠菌群杀菌率的影响如图 3 所示。由图 3 可知 ,细菌总数杀菌率在 10 个脉冲时出现峰值 ,为 94.2% ;大肠菌群杀菌率在 12 个脉冲左右时出现峰值 ,为 93.8%。出现这一现象的机理还有待进一步研究。

### 3.3 温度对杀菌效果的影响

在磁场强度为 6.3 T ,脉冲数为 10 ,pH 值为 6.8 的条件下 ,生活污水温度对菌落总数和大肠菌群杀菌率的影响如图 4 所示。由图 4 可知 ,杀菌率都随生活污水温度的上升而升高。当温度从 10℃ 升高到 40℃ ,细菌总数去除率从 83.5% 上升到 97.2% ,大肠杆菌去除率从 81.5% 上升到 94.2%。表明温度与脉冲磁场对微生物的杀灭有协同性 ,温度越高 ,微生物对磁场的敏感性越强 ,死亡率越高。

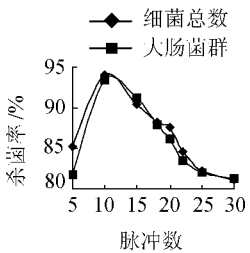


图 3 脉冲数的影响

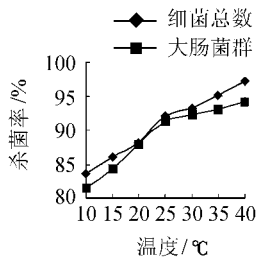


图 4 温度的影响

### 3.4 pH 值对杀菌效果的影响

在磁场强度为 6.3T ,脉冲数为 10 ,污水温度为 23.8℃ 的条件下 ,生活污水 pH 值对细菌总数和大肠菌群杀菌率的影响如图 5 所示。由图 5 可知 ,杀菌率随先随 pH 值的升高而升高 ,在 pH 值大约为 4.8 时 ,细菌总数和大肠菌群杀菌率同时达到最大值 ,分别为 95.5% 和 93.2%。若 pH 值继续升高 ,二者的去除率反而降低。

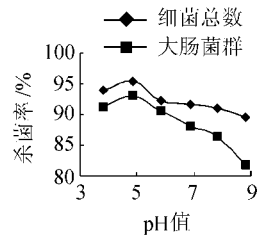


图 5 pH 值的影响

## 4 结论

a. 磁场强度对杀菌效果的影响 :杀菌率随着磁场强度的增加而提高 ,在磁场强度分别为 7.6T 和 6.6T 左右 ,细菌总数杀菌率和大肠菌群杀菌率分别出现了峰值 ,分别为 97.3%和 92.7% ,杀菌效果最好。

b. 脉冲数对杀菌效果的影响 :细菌总数杀菌率在 10 个脉冲时出现峰值 94.2% ,大肠菌群杀菌率在 12 个脉冲左右时出现峰值 93.8%。

c. 温度对杀菌效果的影响 :细菌总数去除率和大肠菌群去除率都随生活污水温度的上升而升高 ,当温度从 10℃ 升高到 40℃ ,细菌总数去除率从 83.5% 上升到 97.2% ,大肠杆菌去除率从 81.5% 上升到 94.2%。

d. pH 值对杀菌效果的影响 :杀菌率随先随 pH 值的升高而升高 ,在 pH 值大约为 4.8 时 ,细菌总数和大肠杆菌杀菌率同时达到最大值 ,分别为 95.5% 和 93.2%。pH 值继续升高 ,其去除率反而降低。

e. 通过改变单一因素而其他因素不变的实验得出 :几个因素中磁场强度对杀菌效果的影响最大 ,其次为脉冲数 ,再次为污水温度和 pH 值。脉冲磁场对生活污水杀菌的次要因素为 :磁场强度 > 脉冲数 > 污水温度 > pH 值。

电磁场杀菌是一项有巨大潜力的杀菌新技术 ,但其设备还有待进一步优化。此外 ,还需进一步探讨研究电磁场的杀菌机理。

### 参考文献 :

- [1]唐伟强,周宇英.基于食品电磁杀菌机理的几种理论学说[J].粮油加工与食品机械,200(10):16-18.
- [2]徐生辉.磁化水生物效应及机理研究进展[J].中国医学物理学杂志,1997,14(2):129-130.
- [3]王祥三,王平.磁化处理污水的生物效应试验[J].环境科学与技术,200(2):33-36.
- [4]刘亚宁.电磁生物效应[M].北京:北京邮电大学出版社,2002:197-202.
- [5]骆新峥,马海乐,高梦祥.脉冲磁场杀菌机理分析[J].食品科技,200(4):11.
- [6]国家环境保护总局.水和废水监测分析方法[M].4版,北京:中国环境科学出版社,2002:695-697.

(收稿日期 2005-09-25 编辑:傅伟群)