

## 微涡流混凝沉淀技术处理低温低浊水的应用

田力 汪学杰 孙立滨

(丹东北方环保工程有限公司, 辽宁丹东 118002)

**摘要:** 本文根据微涡流混凝原理, 分析微涡流混凝反应器如何提高混凝反应, 从而提高沉淀效率。并结合丹东化纤股份有限公司利用微涡流混凝反应器技术, 对改造原机械加速搅拌澄清池改造的成功经验, 说明微涡流混凝反应器在澄清池应用是可行性的。

**关键词:** 混凝沉淀 低温低浊 微涡流混凝反应器

### 前言

丹东化纤股份有限公司位于我国东北辽宁省丹东市, 是生产人造纤维和化学纤维大型上市公司。每天生产用水量达7~8万吨, 所用水源为鸭绿江。在春秋和夏季, 由于经常下雨, 鸭绿江水泥砂含量较多, 浊度高; 在冬季有三个月冰冻期, 作为水源的地表水, 在这一时期呈现出低温低浊特性, 水温 $0^{\circ}\text{C} \sim 5^{\circ}\text{C}$ , 浊度一般 $10\text{NTU} \sim 30\text{NTU}$ , 有时浊度降至 $10\text{NTU}$ 以下。另外, 丹东化纤股份有限公司水源取水井位于丹东市城区鸭绿江下游, 江水水质受到城市排水污染。因此, 该水源来水必须进行混凝沉淀处理预处理, 才能保证丹东化纤股份有限公司后续水处理系统正常运行。

在春秋和夏季, 鸭绿江水泥砂多时, 混凝沉淀效果较好。而在冬季, 鸭绿江水为低温低浊, 水中胶体颗粒电位升高, 胶体间静电斥力增大, 稳定性增强; 水的粘滞性增加, 颗粒运动的阻力变大, 碰撞困难; 由于温度低, 水的粘度大, 影响分子和颗粒的布朗运动, 水中胶体颗粒的粒径分布趋于均匀, 均小于春秋和夏季的粒径; 冬季, 地表水体中无机胶体颗粒含量减少, 有机胶体颗粒含量相对增加, 矾花絮体中有机成份较多, 因而矾花的密度较春秋和夏季小。由于上述原因, 丹东化纤股份有限公司水处理系统机械搅拌澄清池浊度去除率降低, 后处理单元和使用场所出现严重混凝滞后反应, 造成离子交换设备和化纤生产系统用水设备堵塞, 极大影响制水系统运行可靠性和化纤产品的质量。

针对我公司机械搅拌澄清池这一状况, 目前通常一般方法有向机械搅拌澄清池投加粘土、增加污泥回流量、采取浮沉工艺及微絮凝过滤等一些技术和措

施。以往投加粘土及污泥回流的目的是增加颗粒碰撞次数, 微小的颗粒有一定去除效果, 但效果不理想。如采用浮沉池, 利用气浮技术将一些微小絮体裹挟去除以达到净化目的, 该工艺效果较好, 但浮沉池占地面积及设备较常规工艺增加很多, 实现起来很困难。为此, 如何更有效提高机械搅拌澄清池出水水质, 成为我公司当时难以逾越技术障碍。后来我公司与华中交通大学合作, 采用微涡流凝聚和立体接触絮凝技术, 对丹东化纤股份有限公司动力厂和电厂机械搅拌澄清池进行改造, 改造后的出水量是原处理能力的1.5~2倍, 出水水质达到设计要求。

### 1、微涡流混凝机理<sup>[1]</sup>

凝聚和絮凝是混凝工艺的两个基本过程, 前者指水中胶体脱稳后在水力作用下相互碰撞形成絮体的过程, 后者指水流中已经形成的絮体吸附脱稳胶体而成长的过程。微涡流混凝工艺能显著地提高凝聚和絮凝的效率。

#### 1.1、微涡流凝聚

凝聚的效率取决于水中胶体脱稳的程度和碰撞的机率, 涡流反应器形成的微涡旋流动能有效地促进水中微粒的扩散与碰撞。一方面, 混凝剂水解形成胶体在微涡流作用下快速扩散并与水中胶体充分碰撞, 使水中胶体快速脱稳; 另一方面, 水中脱稳胶体在微涡流作用下更多碰撞机会, 因而具有更高的凝聚效率。

微涡流之所以能有效地促进水中微粒的扩散与碰撞, 其原因有两个方面。其一, 涡流形成流层之间较大的流速差, 造成了流层中携带微粒的相对运动, 从而增加了微粒的碰撞机率; 其二, 涡流的旋转作用形成离心惯性力, 造成微粒的沿旋涡径向运动, 从而增加了微粒的碰撞机率。此两方面的作用都随涡流的尺

寸减小而增大，微涡流是有利于凝聚的水力条件。

### 1.2、立体接触絮凝

当混凝反应区放置了大量的涡流反应器后，由于反应器内流速相对较小，在上向水流区的涡流反应器内部形成絮体悬浮区，悬浮絮体对水流中的脱稳胶体产生絮凝作用，其与传统接触絮凝澄清池相比具有更高效率。其一，传统澄清池内的悬浮絮体只有一层，而新工艺上向流区每个涡流反应器内都有悬浮絮体，总体积大，形成立体接触絮凝；其二，涡流反应器内絮体成长质量更高，成长过大的絮体在微涡流的作用下会破碎成较小絮体从而保持絮凝能力（絮体过大会使总表面积减小，吸附能力下降），密度度较低的絮体在微涡流的作用下会破碎并重新絮凝成密度度较高的絮体，有利于沉淀分离。

### 2、微涡流混凝工艺的核心技术——涡流反应器<sup>[1]</sup>

微涡流混凝工艺的核心是涡流反应器（见图1涡流反应器混凝作用示意图），其构造如下：

- (1)空心球形结构，直径根据工艺需要确定；
  - (2)表面开有小孔，孔径和开孔率根据工艺需要确定；
  - (3)采用ABS塑料材料，容重略大于水，壁厚由结构强度设计确定（壁厚4—6mm，见图1）。
- 涡流反应器的构造特点决定它具有以下特性：
- (1)无方向性，直接投入水中涡流反应区（见图2）使用，相互堆积不堵塞壁孔，不需要固定安装；
  - (2)工厂化批量注塑生产，改造工程施工工期短，便于推广应用；
  - (3)水流过孔流速、流向变化，加之内外壁面的摩擦阻力，使水流产生微涡旋流动；
  - (4)材料强度好，无毒性，耐腐蚀，抗老化，使用寿命数十年；
  - (5)在上向水流中会浮动和旋转，不会漂浮水面，也不易被漂浮物堵塞。

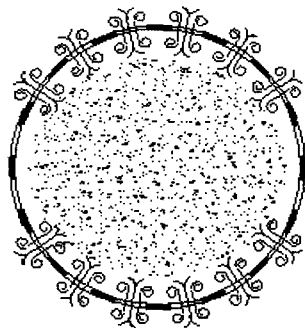


图1 涡流反应器混凝作用示意图

### 3、涡流混凝沉淀在丹东化纤公司应用

在2000至2002年间，我公司与华中交通大学合作，对丹东化纤股份有限公司动力厂和电厂机械搅拌澄清池进行改造，出水水量和水质达到设计要求，混凝滞后反应大大降低，保证公司能正常生产用水需要。

#### 3.1、原机械搅拌澄清池工艺过程与结构

来水（电厂加温25℃）进入澄清池入口前加混凝剂，经环形三角配水槽进入第一反应室，在此混凝剂和来水及第一反应室内回流泥充分反应，再经搅拌器叶轮提升至第二反应室进行进一步混凝与絮凝反应，然后经斜管分离后，泥渣沉积，回流到第一反应室，作为接触结晶的核心，老化的泥渣进入泥渣区，通过排泥系统定期排出；分离出的清水由澄清池上部环形集水槽汇流后送出。

动力厂机械搅拌澄清池结构参数。池径 $\phi 12.4\text{m}$ ，高 $H=8\text{m}$ 。设计水量 $320\text{m}^3/\text{h}$ ，实际水量 $250\text{m}^3/\text{h}$ 。搅拌机直径 $\phi 2\text{m}$ ，高 $0.85\text{m}$ ，功率 $3\text{kW}$ 。

电厂机械搅拌澄清池结构参数。池径 $\phi 9.8\text{m}$ ，高 $H=8\text{m}$ 。设计水量 $200\text{m}^3/\text{h}$ ，实际水量 $160\text{m}^3/\text{h}$ 。搅拌机直径 $\phi 2\text{m}$ ，高 $0.85\text{m}$ ，功率 $3\text{kW}$ 。

#### 3.2、改造后工艺过程与结构

来水（电厂加温25℃）进入澄清池入口前加混凝剂，经进水管进入第一涡流反应区，在此混凝剂和来水及涡流反应器内存留的泥渣充分反应，再进入第二涡流反应区进一步混凝与絮凝反应，然后进入沉降区，与沉降区悬浮泥渣进行进一步絮凝反应，老化的泥渣进入泥渣区，通过排泥系统定期排出。水进入斜管区，水中大部分絮凝体通过斜管分离，进入沉降区，水上升进入清水区，最后清水由澄清池上部环形集水槽汇流后送出。

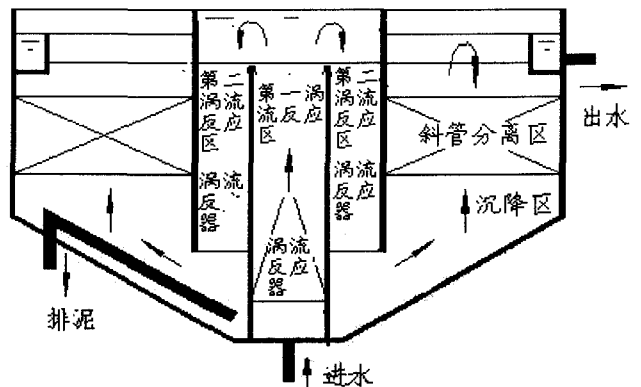


图2 改造微涡流反应池示意图



动力厂1#机械搅拌澄清池改造后前后出水水质表

表1

来水水质			改造前澄清池出水水质				改造后澄清池出水水质			
时间	水温℃	浊度mg/l	水量m <sup>3</sup> /h	加药量(PAC)mg/l	浊度mg/l	去除率%	水量m <sup>3</sup> /h	加药量(PAC)mg/l	浊度mg/l	去除率%
2000.12-2001.2	3.5-5	10.6	250	18	7.8	26.4				
2001.12-2002.2	3.5-5	15.1					620	13	4.1	72.8

电厂1#机械搅拌澄清池改造后前后出水水质表

表2

来水水质			改造前澄清池出水水质				改造后澄清池出水水质			
时间	水温℃	浊度mg/l	水量m <sup>3</sup> /h	加药量硫酸铝mg/l	浊度mg/l	去除率%	水量m <sup>3</sup> /h	加药量硫酸铝mg/l	浊度mg/l	去除率%
2000.12-2001.2	25-30	10.6	160	24	7.1	33.0				
2001.12-2002.2	25-30	15.1					300	16	3.3	78.1

3.3、改造内容

对原工艺进行了改造：在进水管段设静态混合器；将原第一、二反应室和导流室及驱动搅拌器拆除，换成微涡流混凝反应器；拆除沉淀池中大管径斜管φ50mm，换成以逆向流小间距斜管φ25mm；将斗式排泥换成环形排泥管排泥。

3.4、改造效果

3.4.1、出水水量和水质

3.4.2、技术特点

对丹东化纤公司采用微涡流混凝改造，彻底解决在低温状态下混凝剂与水中胶体在短时间内难以充分反应、形成絮凝体小、在沉降区无法沉淀的难题。该技术是混凝沉淀巨大技术进步。该项技术有以下优点：

(1) 经济效益显著处理水量大。由于反应时间短，沉淀池上升流速高（由原来0.8~1.1mm/s提高到1.6~2.2mm/s），大大节省了反应沉淀池面积，

从而节省基建投资达30%以上；

(2) 处理水质好，沉后水浊度可稳定在5NTU以下；

(3) 启动方便，抗冲击负荷强，运行操作简单；

(4) 日常运行费用低。由于采用了微涡混凝技术，节省投药量30%左右（见表1、2）。而且无动力消耗，节省大量电能。同时由于出水水质好，节约了后续过滤设备反冲洗水量，延长了滤料的更换周期

4、结论

丹东化纤股份有限公司采用微涡流混凝工艺对动力厂和电厂机械搅拌澄清池改造取得良好效果，该改造具有投资省、占地少，处理效率高、水质好，工期短、见效快，制水成本低、适应广泛等特点，不仅对低温低浊、汛期高浊水处理效果好，同时对其它特殊原水也具有较好的处理效果。

作者通联：0415-6181999

（上接第54页）

长周期和慢性有毒物质作出及时、有效的判断。

对生物预警技术在水质监测中的实际应用，我们有下列建议：

(1) 对生物预警箱配备适当的生物在线检测仪，通过在线仪表更具体、更细微、更连续地监视生物个体的生理或行为参数数据，建立生物信号检测、警报系统，当参数检测值高于或低于预设值后发出警报信息。

(2) 生物预警技术的监测结果要通过多种途径证实，至少要周期性地开展传统毒理学试验，以积累进一步的基础资料。

(3) 在水厂的实际应用中，可分别在反应池前和滤池后（只考虑后加氯工艺）建立生物预警池，前者用于检测原水的化学污染情况，后者用于检测人为污染，比如投毒等。

作者通联：013977309630