

# 拦截沉淀技术在水厂沉淀工艺改造中的应用

刘智晓 王海山 孙大军 武斌 陈刚

**提要** 微絮凝拦截沉淀是一项新型的水处理工艺与技术。综述了拦截沉淀基本原理,介绍了拦截沉淀技术在水厂传统沉淀工艺改造中的应用。实践证明,拦截沉淀池相对传统沉淀工艺在除浊率和降低混凝剂单耗方面具有优越性,同时指出了这种新技术在生产推广中急需解决的关键问题。

**关键词** 拦截沉淀技术 原理 工艺改造 运行 问题

## 1 拦截沉淀机理

微絮凝拦截沉淀是一项新型的水处理工艺与技术,与传统沉淀原理不同的是,絮凝体在沉淀池的截留去除主要依靠拦截体对絮体颗粒的碰撞吸附、接触凝聚、聚集沉淀的多过程协同作用。拦截沉淀池正是基于该原理设计而成的高效沉淀工艺。在拦截沉淀池中,沿水流方向设置了一定长度与间距用一种特殊材料制成的拦截体,具有一定水平流速与流速的絮凝体颗粒由于拦截体阻碍作用,其运动轨迹可能会发生两种变化:被拦截体截留,形成接触吸附;由于拦截体对水流产生的强烈紊动作用使颗粒脱离原来水流流线,运动方向与速度发生变化,相邻流层中的絮体颗粒产生速度梯度而易结合凝聚。这种作用的实质是再絮凝作用,在拦截体初期运行时,其对絮凝体的截留吸附主要是通过三种方式实现的:一是重力沉降;二是颗粒外围水体尺度不等的涡旋造成絮体颗粒在三维空间的无规则运动而引起与拦截体的碰撞吸附;三是絮体颗粒与拦截体的直接碰撞形成接触吸附。随着拦截过程的进行,拦截区絮体颗粒浓度逐步增大,拦截区逐渐形成接触凝聚区。在接触凝聚区内颗粒流速将滞后于沉淀池水平流速,这种滞后效应为微絮体再絮凝作用创造了良好的水利条件,同时利于拦截体碰撞沉淀、接触凝聚作用的发挥。

絮体颗粒与拦截体的碰撞沉淀过程是在沉淀池拦截区三维空间内进行的。这种作用具有多向性和短距离特点,加之拦截体独特的水力特性和作用机理,所以拦截体对沉降性能差的微絮凝体颗粒具有良好的截留功能,这是拦截沉淀池比传统沉淀池具有高效除浊效果的主要原因。

## 2 工程应用

### 2.1 将平流式沉淀池改造成拦截沉淀池

#### 2.1.1 工程概况

吉林市自来水公司一水厂有3个沉淀处理系统:平流式沉淀池、浮沉池和脉冲澄清池。随着城市用水量的不断增加,供需矛盾日渐突出,工艺经常超负荷运行,技改迫在眉睫。针对平流式沉淀池的结构及运行特点,决定将其改造为拦截沉淀池,改造工程于1996年6月25日完工投入运行。工程设计如下:

平流式沉淀池原设计处理能力为 $2\text{万 m}^3/\text{d}$ ,改造后要达到处理能力 $5\text{万 m}^3/\text{d}$ ,则拦截沉淀网处理水量为 $3\text{万 m}^3/\text{d}$ ,要求拦截沉淀池出水浊度不大于 $10\text{NTU}$ 。

拦截体拦截水力负荷 $q$ :即单位拦截体长度在单位时间内处理到规定的标准所能承受的水量。 $q$ 取值通常在 $0.75\sim 1\text{m}^3/(\text{d}\cdot\text{m})$ 之间,设计取值 $q=0.75\text{m}^3/(\text{d}\cdot\text{m})$ 。

则需要拦截体总长度 $L=30\,000/0.75=40\,000\text{m}$ ;设计每根拦截体长度为 $2.5\text{m}$ ,则总根数为 $40\,000/2.5=16\,000$ 根。

拦截体的布置密度对拦截沉淀池除浊效能有重要影响,应优化确定。考虑到工程改造,拦截区的具体布设形式应根据原构筑物实际设计结构来综合确定。我们认为,在保证有效长度及面积情况下,拦截区适当分区为好,中间设置整流区,同时便于维护检修。考虑上述原则,拦截体平面布置如图1。

按上述布置方式,拦截体布置根数为 $85\text{根}/\text{m}^2$ ,则布置拦截体所用沉淀池总面积为:

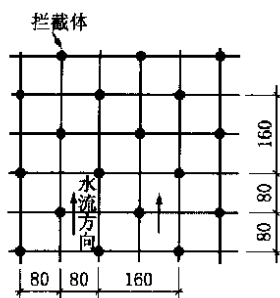


图1 拦截体平面布置

$$= N/n = 16\,000/85 = 189\text{m}^2$$

池宽  $B = 5.5 \times 2 = 11\text{m}$ , 布置长度  $L = 189/11 = 17.1\text{m}$ , 考虑有效利用系数等因素, 设计取  $18\text{m}$ 。

考虑安装、检修及水力条件, 将拦截区分为两区, 前区长  $10\text{m}$ , 后区长  $8\text{m}$ , 中间设置  $2.5\text{m}$  整流区。拦截体在平流式沉淀池内布置结构如图2。

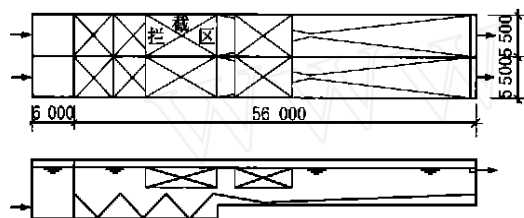


图2 拦截体在平流式沉淀池内布置

### 2.1.2 拦截体安装

由于室外平流式沉淀池为封盖式结构, 这给工程改造、拦截体安装带来不便。我们采取在沉淀池侧壁用膨胀螺栓固定角钢再绑扎安装拦截体, 安装如图3。

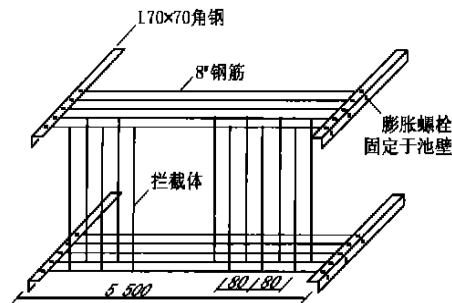


图3 拦截体安装示意

### 2.1.3 运行状况

改造工程竣工投产后, 运行状态理想, 多种水质指标都获得较高的去除率, 并取得良好的经济效益。实测拦截沉淀池平均过流水头损失  $50\text{mm}$ , 1996年

表1 运行数据

处理水量	2 500m <sup>3</sup> /h	水平流速	15mm/s	水温	18
停留时间	52min	混凝剂	聚合铝 PAC	投加量	28mg/L
原水浊度	52NTU	pH	6.6	测定时间	19960813

取样时间 / 时	南侧浊度					北侧浊度				
	拦截体前 / NTU	拦截体后 / NTU	拦截区除浊率 / %	池出水 / NTU	总除浊率 / %	拦截体前 / NTU	拦截体后 / NTU	拦截区除浊率 / %	池出水 / NTU	总除浊率 / %
0	28	17	39.2	5	90.3	27.5	4	85.5	3.5	93.3
2	26.5	18	32.1	6	88.5	32	8	75.0	6	88.5
4	34	3.5	89.7	3.2	93.8	29	4	86.2	2	96.1
6	37	2.5	93.2	2.3	95.6	28	2	92.9	1.8	96.5
8	35	1	97.1	1	98.1	42	2.5	94.1	1	98.1
10	33	4	87.9	2	96.1	38	3	92.1	1.8	96.5
12	7 *	8	14.2	6	88.5	29	5	82.8	2.5	95.2
14	36	7	80.5	5.5	89.4	21.5	10.5	51.2	7	86.5
16	28.5	3	89.5	3	94.2	12.5	4.5	62.5	4.5	91.3
18	33	8	75.8	2.5	95.2	32.5	3.5	89.2	2	96.2
20	9	2.1	77.8	2	96.2	16.5	2	87.9	2	96.2
22	21	2.2	89.5	2	96.2	40	2	95.0	2	96.2

注: (1) \*可能误测。

(2) 拦截区除浊率 = (拦截区前浊度 - 拦截区后浊度) / 拦截区前浊度;  
拦截沉淀池总除浊率 = (沉淀池入口浊度 - 沉淀池出口浊度) / 沉淀池入口浊度 (絮凝池对浊度的去除率忽略未记)。

8月13日运行数据如表1。

从表1中看出, 与传统沉淀工艺相比, 拦截沉淀池系统在获得良好出水质量的前提下, 还能大幅度降低混凝剂耗量, 提高经济效益。经计算, 拦截沉淀池当月降耗 (以当时聚合铝到厂价  $1\,300\text{元/t}$  计, 可节省资金  $5.2\text{万元}$ ); 从工程造价分析, 工程总费用  $6.5\text{万元}$ 。若改造成侧向流斜板沉淀池, 工程造价为  $15.54\text{万元}$ , 拦截沉淀池造价仅为侧向流斜板沉淀池造价的  $42\%$ 。

### 2.2 对斜板沉淀池进行挖潜改造

主要方法是在斜板沉淀池前稳流区域加装拦截沉淀网, 发挥拦截体对絮凝体高效的拦截性能, 提高斜板沉淀池耐水量、水质冲击负荷能力, 提高单位时间沉淀池处理水量, 达到挖潜目的。我们对四水厂两座侧向流斜板沉淀池进行了改造, 在其中一池前  $2.8\text{m}$  稳流区加装拦截沉淀网, 两池平行运行, 对比观察拦截效果。测定工作从1995年12月7日到12月14日止, 主要考查“拦截区 + 斜板区”组合形式的

除浊效能及对低温低浊水的处理效果。上述试验共进行 8d,每个池共测定 78 次。加装拦截沉淀网沉淀池的沉后出水 10NTU 以下计 60 次,合格率为 77%;未加装拦截沉淀网沉淀池 10NTU 以下仅 3 次,合格率几乎为零。

实践表明,拦截沉淀网在侧向流斜板沉淀池中对絮凝体的高效截留起到十分重要的作用。改造后的侧向流斜板沉淀池对低温低浊水具有较好的处理效果,加装拦截体后浊度去除率可提高 15%~22%。因此在侧向流斜板沉淀池前稳流区加装拦截沉淀网可明显改善沉后水质状况,在获得相同出水浊度情况下,可以提高单位时间处理水量。

### 2.3 运行管理

通过生产观察发现,在拦截沉淀池投产初期,拦截体吸附量少,后半区域拦截体拦截量更少。这一段时期,拦截沉淀池相对其它沉淀池型具有较强的耐冲击负荷能力。然而,随着运行时间的延长,后半区域挂接量加大后,拦截沉淀池耐冲击负荷能力减弱。主要原因是:拦截体颗粒挂接量已渐趋于饱和;随着水平流速的增加,水流对拦截体的剪切力增大,拦截体所受表面剥蚀作用增强,已挂接的微絮体颗粒被剥离,沉速小的来不及沉降就被出水水流携出沉淀池,导致出水质量变坏。解决上述问题主要方法可采取:在拦截沉淀池后部区域设置一定宽度的小间距侧向流斜板组架,组成斜板沉淀区,以提高该区域的沉淀效率,发挥斜板沉淀池功能特性,会大大缓解上述现象,使拦截沉淀池的耐冲击负荷能力得到保证。科学合理排泥,这对拦截体恢复挂接容量极为重要。

### 3 存在问题

作为一种新净水技术,有些问题尚需进一步研究解决,现在急需解决的是拦截体材质问题:实践表明,拦截体的材质特性是影响拦截沉淀池拦截性能及造价的根本原因,甚至会影响到该工艺在生产实践中进一步推广。理想的拦截体应具有较强的抗腐蚀性;足够的比表面积供絮凝体颗粒附着;拦截体纤维要具备足够的强度及韧性。现在通用的拦截体为一种植物纤维经加工制成的绳状物,直径通常为 3~4mm。然而这种拦截体材料最显著的不足是耐腐蚀性较差,使用周期短。分析其主要原因是:投加混

凝剂后,絮凝水呈弱酸性,拦截体纤维受到日积月累浸泡遭腐蚀;由于清水池调节能力所限,拦截沉淀池高、低水位运行,这样给拦截体夜间暴露在空气中的部分细菌孳生创造了条件。基于上述原因,拦截沉淀池仅运行一年余拦截体就受到较为严重的腐蚀。所以,拦截体材质问题已经成为影响该技术进一步推广的制约因素。优良的拦截体材料仍有待于继续研究与探寻。

### 4 结论

生产实践证明,拦截沉淀池是一种新型的高效沉淀工艺,同时具有投资少,出水好等特点,其独特的拦截性能在一定程度上弥补混凝工艺的不足,并能承受较强流量及浊度冲击;拦截体对低温低浊水质具有良好的处理效能。在获得良好沉后水质前提下,混凝剂单耗较传统工艺降低 30%~40%,显著降低制水成本。基于此,拦截沉淀技术适合于对传统沉淀工艺进行改造,对构筑物处理能力进行深度挖潜。拦截沉淀池是适合我国国情的新型的水处理工艺,有理由相信,随着拦截沉淀理论逐步完善,新材料的不断发现与利用,拦截沉淀技术在水处理领域将会得到更加广泛的应用。

#### 参考文献

- 1 吕春生,曲久辉,等.微絮凝拦截沉淀处理低温低浊水.中国给水排水,2000,16(1)
- 2 魏文章,张健,孙成彦,等.拦截沉淀池及生产运行报告,1996.

11

作者通讯处:132021 吉林市龙潭区清原街 6<sup>#</sup>

吉林市自来水公司二水厂

电话:(0432) 3039069

王海山 130021 长春市朝阳区 27<sup>#</sup>

吉林建筑工程学院

电话:(0431) 5935012

修回日期:2000-7-3

\*本期责任编辑:谢 雁\*

## CONTENTS

**Design of Water Supply System in Qiongsan City, Hainan Province** ..... *Li Shuyuan et al* ( 1 )

**Abstract :** Surface water is taken and carried by long distance conduit to the waterworks in Qiongsan City, Hainan Province. This water supply system has been operated fairly for two years. The design of this project is presented in this paper.

**Application of Biological Aerated Filter in Wastewater Treatment** ..... *Qi Bingqiang et al* ( 4 )

**Abstract :** On the basis of performance of a pilot plant and data from foreign country, this paper describes a new wastewater treatment process, the biological aerated filter (BAF) from its principle, feature, main forms and process parameters, and advantage and disadvantage, etc. Finally the ideal packing media for BAF is introduced comprehensively.

**Treatment of Urban Refuse Landfill Leachate** ..... *Zhang Xiangdan et al* ( 9 )

**Abstract :** Refuse landfill leachate is a high-concentrated organic wastewater in which complex components are contained. If leachate was discharged into environment without any treatment, surroundings will be polluted severely. So it is necessary to treat the leachate. In this paper, the present status of refuse landfill leachate treatment is discussed and some processes of leachate treatment are introduced on the basis of domestic and oversea practices. Finally the treatment processes are compared and some advises are recommended.

**Pilot Plant Research on Treatment of Leach Liquid of Urban Refuse Landfill Leachate** ..... *Chen Shi et al* (15)

**Abstract :** A pilot plant study was conducted to treat the leach liquid of Xiaping Solid Waste Landfill Yard in Shenzhen city, Guangdong Province. The research results approved the effectiveness of the ammonia stripping-anaerobic biofilter-aerobic SBR process; the treated liquid is quite good to meet the requirements of class 3 of the national wastewater discharge standard. The removal ratios of 95 %, 99 %, 99.5 % and 97 % have been obtained for  $\text{COD}_{\text{Cr}}$ ,  $\text{BOD}_5$ ,  $\text{NH}_3 - \text{N}$  and TN respectively.

**Design of Dual Water Supply System in Daqing Oil Field** ..... *Ma Wentie et al* (19)

**Abstract :** The process design of advanced purification of drinking water and the distribution network of dual water supply system in Daqing oil field are presented in this paper, some design parameters are provided as well.

**The Application of Interception Sedimentation for Waterworks Reformation** ..... *Liu Zhixiao et al* (22)

**Abstract :** Micro-flocculation interception sedimentation is one of the new water treatment processes. The basic principles of this process and its application to reform the traditional sedimentation tank in a waterworks are described in this paper. The engineering practice shows that interception sedimentation is superior to turbidity removal and reducing coagulant single-consumption. Also some key urgent issues in promotion of this process are pointed.

**Bio-Contact Oxidation Pretreatment and Conventional Process for Polluted Raw Water** ..... *Zhang Dong et al* (25)

**Abstract :** The combination of Biological Contact Oxidation Pretreatment (BCOP) and conventional water treatment process to purify polluted raw water has been conducted for over a year in the Big Lujia Bridge Water Plant in Shanghai. The obtained results show that  $\text{NH}_3 - \text{N}$  removal efficiency of BCOP is affected greatly by water temperature; the  $\text{NH}_3 - \text{N}$  removal ratio of BCOP is around 60 % and 40 % at higher water temperature ( $> 10^\circ\text{C}$ ) and the lower water temperature ( $5 \sim 10^\circ\text{C}$ ) respectively; the  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  removal ratio of BCOP is 2.22 % ~ 10.99 %. The removal ratios of  $\text{NH}_3 - \text{N}$ ,  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ ,  $\text{NO}_2 - \text{N}$ , Fe and Mn for combination process are 76.73 % ~ 93.43 % ( $> 10^\circ\text{C}$ ) or 47.38 % ~ 65.31 % ( $5 \sim 10^\circ\text{C}$ ), 24.11 % ~ 42.66 %, 97.93 %, 96.59 % and 67.03 % respectively. Higher turbidity (from 50 to 300 NTU) of raw water has no significant effect on removal efficiency of  $\text{NH}_3 - \text{N}$ .

**Sludge Reduction Technologies** ..... *Wang Lin et al* (28)

**Abstract :** The new technologies and processes developed and researched recently worldwide were introduced in this paper, such as: Grazing/Bacterial Perdition technology, it can reduce over 60 % of excess sludge production, even zero