

微絮凝—直接过滤中应用阳离子型高分子 絮凝剂处理低浊水的研究

陈永, 孟了, 金同轨

(西安建筑科技大学环境与市政工程学院, 陕西 西安 710055)

摘要:通过大量试验研究了微絮凝—直接过滤工艺中使用阳离子型高分子絮凝剂过滤综合效能。结果表明:使用阳离子型高分子比传统无机混凝剂投药量更低、除浊效果更好、过滤周期更长,并且对阳离子型高分子絮凝剂的过滤性能进行了研究探讨。

关键词:微絮凝—直接过滤;阳离子型高分子;低浊水;无机混凝剂

中图分类号:X70 **文献标识码:**A **文章编号:**1006-7930(2000)02-0151-04

Study on microflocculation, the application of cationic polyelectrolytes in the direct filtration for the treatement of low turbidity waters

CHEN Yong, MENG Liao, JIN Tong-gui

(School of Envir. & Civic Eng., Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China)

Abstract: The application of cationic polyelectrolytes in microflocculation-direct filtration process was studied by many experiments, and the turbidity removal efficiency in the treatment of low turbidity water was tested. Results showed that, cationic polyelectrolytes had several advantages over conventional inorganic coagulant: lower dosage, better turbidity removal efficiency, and longer operation period. Some characteristics of cationic polyelectrolytes in direct filtration were also studied.

Key words: microflocculation-direct; filtration; cationic polyelectrolytes; low turbidity water; inorganic coagulant

传统的除浊混凝方法包括:混凝、沉淀、过滤,但传统工艺对于低浊水溶液处理存在动力学缺陷,并且混凝和沉淀部分需大量资金。微絮凝—直接过滤的提出较好地解决了以上问题^[1]。它是将混凝与过滤两个操作单元有机接合为一体的新型工艺技术,是60年代以来混凝、过滤过程的微观化学理论研究发展的重要实用成果。该工艺采用管道混合器(或微絮凝反应池)、大粒径均质滤料、较大滤床深度并采用强力水气反冲洗,使处理水在投加混凝剂后直接进入滤池而得到净化处理。这既利用了滤料介质作为附加颗粒以提高颗粒碰撞效率,又明显地提高了滤池截污能力和处理效果,可显著的节省投资和运行费用。这尤其对低浊水处理有显著的净化效能,因而得到广泛重视。

由于原水絮凝过程部分在滤床孔隙内完成,因此,选择最佳絮凝剂对直接过滤具有十分重要的影响。其原因主要在于可有效增加滤层絮体沉积速率以及絮体在滤层内的穿透深度,防止过早堵塞而使水头损失增长率减小到最小,因而可显著提高运行周期和产水率。国内外在此工艺中主要采用传统的 $Al_2(SO_4)_3$ 、 $FeCl_3$ 、PAC,其投药量较大,除浊效果不甚理想。试验证明应用高分子聚合物是解决这一问

题的较好方法之一。Hunter 和 Alexander^[2]证明应用阳离子型高分子絮凝剂可以改变石英砂电性,提高过滤效果。Adin 和 Rehman 阐述了卷捕和架桥作用是高分子有效去除低浊水的主要机理^[2]。

笔者通过大量实验,对不同分子量、不同浊度、不同滤速进行试验,进一步证明在直接过滤中使用低分子量阳离子型高分子絮凝剂时,有较好的效果。同时采用大粒径滤料,以便减小水头损失。笔者同时发现针对不同水质采用适当滤速,在较小粒径滤料情况下亦可获得较好效果。

1 材料、设备和方法

试验中所用原水采用自来水加入上海新城精细化工有限公司生产的高岭土试剂配制,浊度分别控制为 5NTU、10NTU、20NTU。阳离子型高分子絮凝剂分别为较低分子量的 HCA 和高分子量的 FO4240、FO4550。(表 1)。

表 1 采用阳离子型高分子絮凝剂概况

品 名	分子量/10 ⁴	阳离子度	生产地
HCA	8	中	太仓化工厂
FO4240	1 200	中	法国 SNF Floerger 公司
FO4550	1 200	强	法国 SNF Floerger 公司

采用的微絮凝—直接过滤试验装置及流程如图 1 所示。模型滤池为两个相同圆柱形透明有机玻璃柱,其外形尺寸为 300 cm×10 cm(H×D)。间隔 10 cm 设压力及取样测定口。选用石英砂滤料,有效粒径为 A 柱 0.83 mm,B 柱 1.43 mm。滤速控制为三档:5 m/h、10 m/h、15m/h。

系统流程:配制好的低浊水经泵送到配水槽中与混凝剂混合,在管道及槽内停留时间约为 4.5 min(滤速为 10 m/h),进入滤柱过滤,对出水进行浊度检测。

试验水头穿透标准设为 130 cm 水柱(12.7 kPa),水质穿透标准为浊度>1NTU。微絮凝—直接过滤效能评价除采用常用的出水水质与原水水质浊度比值 C_e/C_0 和水头损失值 H (当 $C_e/C_0 \geq 0.1$ 或 $H > 12.7$ kPa,即认为微絮凝—直接过滤周期结束)外,还应用过滤效率因子 FN 以评价微絮凝—直接过滤工艺的整体效能, FN 值表达如下

$$FN = H \times C_e / (C_0 \times T \times V)$$

式中: H 为过滤周期中水头损失; C_e 为出水浊度; C_0 为进水浊度; T 为穿透时间; V 为滤速。

根据 FN 定义不难看出: FN 值越大,整体过滤效能越差,反之效能越好。

2 结果与讨论

2.1 阳离子型高分子絮凝剂的除浊能力

根据笔者的大量实验结果及有关理论分析^[3],可大致确定在本实验条件下的最佳投药量范围如下: HCA——0.25~0.5 mg/l, FO4240——0.065~0.075 mg/l, FO4550——0.05~0.065 mg/l 在上述投药条件下的处理效果如下图(图 2)。

而在同等条件下实验无机混凝剂的最佳投药量为:

Al₂(SO₄)₃——8~11 mg/l, FeCl₃——10~12 mg/l, PAC——6~9 mg/l

表 2 为投加不同混凝剂的直接过滤效果比较,可以看出高分子处理的出水具有更低的出水浊度和

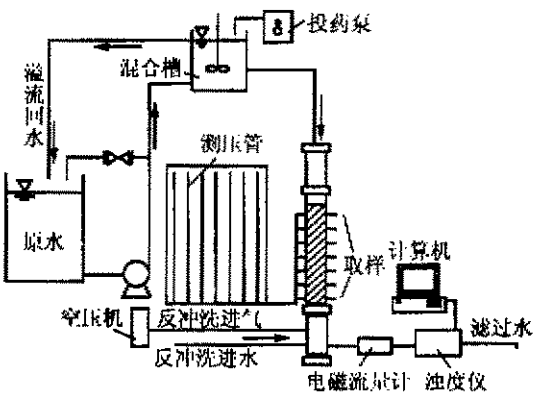


图 1 试验装置系统图

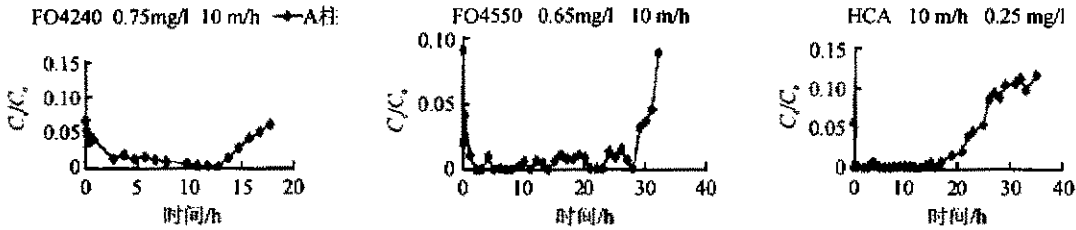


图 2 不同种类高分子处理效果

稳定的水质。

表 2 投加不同药剂后的直接过滤试验结果

絮凝剂	投药量 /mg · l ⁻¹	原水浊度 (NTU)	平均水头损失 /cm	出水浊度 (NTU)	平均滤速 /m · h ⁻¹	运行时间 /h	<i>FN</i>
Al ₂ (SO ₄) ₃	10.3	5	73.2	0.35~1.02	10.2	13.2	0.113
PAC	7.5	5.2	86.3	0.45~1.17	10.1	15.3	0.125
HCA	0.25	10.2	75.1	0~1.15	10.3	35	0.049
FO4240	0.075	9.8	112	0~1.17	10.1	18	0.073
FO4550	0.065	10.1	146.5	0~0.88	10	35.2	0.037

2.2 较大粒径滤料的过滤效果

在应用无机混凝剂过滤时,较大粒径对浊质截留能力很差,用阳离子型高分子聚合物处理水,主要以吸附架桥作用来完成混凝过程^[3],而其正电性又在一定程度上中和了浊质的负电,更有利于形成较大颗粒的絮体,以利于附着在石英砂滤料上,这也正是应用阳离子型高分子絮凝剂能够较好的去除较细小微粒($d>0.5\mu\text{m}$)和一些有机质的原因^[4]。

大量实验表明,由于高分子絮凝剂的混凝特点,故而在较小粒径滤料过滤时,经常在滤料表面形成泥球,进而结成泥饼。絮体不能很好的进入滤层深处,导致大头损失增长过快,出水量减少,图 3 表明了这一点:

试验表明,应用较大粒径滤料可以较好的解决上述问题,絮体可以进入滤料深层,较好的利用了滤料的各层截污能力,也使水头损失增长较为平缓,如图 4。

长期连续运行试验结果还表明:阳离子型高分子絮凝剂(尤其是中、强离子型)在使用过程中能逐渐附着于滤料上,从而部分中和石英砂所带的负电,更有利于吸附絮体。在试验中,大粒径滤料表现尤为明显,表现为滤料成熟期缩短,应用较少的无机混凝剂就可得到较好的出水水质。

2.3 较小分子量的阳离子高分子絮凝剂的处理效果

直接过滤,尤其是双层或多层滤料直接过滤,应用小分子量的阳离子型高分子絮凝剂是十分有效的^[4]。笔者在试

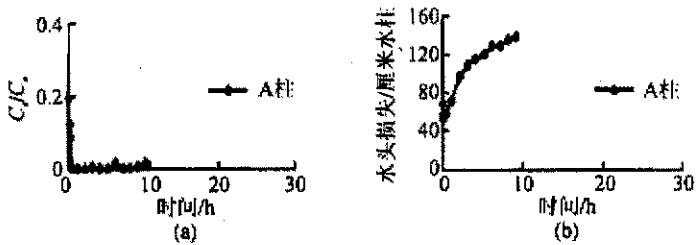


图 3 使用 FO4240 的出水余浊变化曲线(a)和水头损失增长曲线(b)

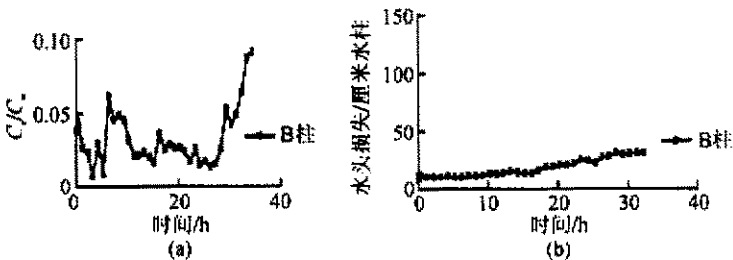


图 4 使用 FO4240 的出水余浊变化曲线(a)和水头损失增长曲线(b)

验中应用单层石英砂滤料,对不同分子量的聚合物进行比较,其结果如图5。从图中不难发现,低分子量聚合物HCA的水头损失较为平缓,而且成熟期明显缩短。但我们同时注意到低分子量聚合物的投药量比高分子聚合物要高得多。说明不同分子量的聚合物的过滤效果不能一概而论,低分子的高聚物在较小粒径的滤料中应用效果较好,而在较大粒径滤料过滤时则易造成较早的穿透,较高分子量的絮凝剂比较适合较大粒径滤料。

比沉积量是过滤中的重要参数之一,它的大小代表了滤层截留浊质的多少。本文的比沉积量根据公式(1),用二分法计算出。其物理意义为单位体积滤料所截留杂质的体积^[5]。

$$\frac{\Delta H_i}{\Delta L_i} = 0.0187 \mu \alpha_i^2 \frac{v(1 - \epsilon_0 + \sigma)^2}{d_{ei} \rho^2 (\epsilon_0 - \sigma)^3} \quad (1)$$

虽然公式的比沉积量是按理想状态算出的并不能完全代表滤层中的实际情况。但由于其简单易行,并能在一定程度上反映滤层中截留浊质的情况。据此方法,我们得出在相同过滤条件下,HCA和FO4240的比沉积量随时间变化曲线(A柱),如图6。

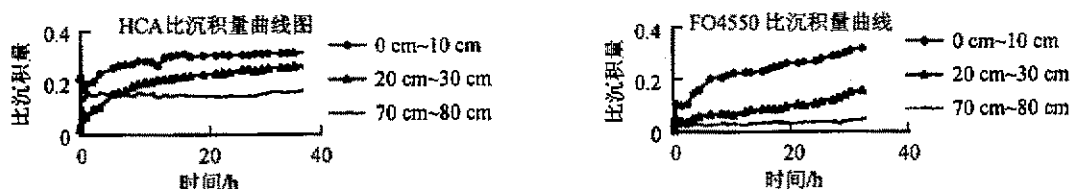


图6 比沉积量曲线

从图6中可以看出,在较小粒径情况下,和FO4240相比,用HCA作为絮凝剂时,浊质能深入到滤层深层,具体表现在其深层滤层(70~80 cm)的 σ 较大。

3 结 语

阳离子型高分子絮凝剂用于给水处理在一些发达国家(如:美国等)的应用已有20多年。在我国,阳离子型高分子絮凝剂应用于给水处理还是一种新的尝试。

笔者通过大量的试验,证实阳离子型高分子絮凝剂在直接过滤过程中有以下特点:①比普通无机絮凝剂具有更好的处理效果;②高分子絮凝剂较适合于大粒径滤料。另外,高分子絮凝剂还具有受pH值影响较小,滤过水残留质更少,能更好地去除细小颗粒(可去除几乎所有大于0.75 μm 的颗粒)等特点。

参考文献:

- [1] COMMITTEE REPORT. Status of direct filtration[J]. AWWA. July, 1979, 71: 405-411.
- [2] AVNER ADIN, MENAHEM REBHUN. High-rate contact flocculation-filtration with cationic polyelectrolytes. Water technology/Quality[J]. AWWA. Eeb. 1974, 66: 109-117.
- [3] YEH H H, GHOSH M M. Selecting polymer for direct filtration[J]. AWWA, April. 1981, 73: 211-218.
- [4] KAVANAUGH R D, et al. Particulate and trace pollutant removal by depth filtration[M]. Prog. Water Technol. 1978, 10(5/6): 197.
- [5] 许保玖等. 给水处理理论与设计[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1992.