

文章编号:1007-9432(2003)04-0439-04

FeCl₃ 混凝特性的研究

张元月¹,康静文²,马志毅¹

(1. 太原理工大学 建筑与环境工程学院,山西 太原 030024;

2. 太原理工大学 矿业工程学院,山西 太原 030024)

摘 要:用高岭土作为浊度源,通过一系列实验,对影响其混凝的主要因素 pH 值、碱度、悬浊液浓度及混凝体系的电荷状态作了分析研究。结果表明,pH 值和原水碱度会极大地影响 FeCl₃ 的水解产物,进而影响整个混凝反应,高岭土的浊度对混凝反应产生的影响很小。

关键词:氯化铁;高岭土;混凝;电荷量

中图分类号: TU991.22

文献标识码: A

给水处理混凝过程中 Al 盐是最传统采用的无机絮凝剂。但是近年来,由于在饮用水中 Al 的残留量与老年痴呆症有直接或间接的关系,因而用 Fe 盐取代 Al 盐作为给水处理混凝剂成为目前给水处理技术中的研究热点之一^[1]。

高岭土是天然河水中广泛存在的粘土物质,属于一般负电性不甚强的粘土胶体,是混凝阶段所处理的悬浊物和胶体物质的对象之一。本文用 FeCl₃ 作为混凝剂,高岭土作为浊度源,对影响其混凝的主要因素 pH 值、碱度、悬浊液浓度的影响及混凝体系的电荷状态作了分析研究。

1 试验部分

水体颗粒物在混凝剂作用下,产生一定程度的电中和脱稳是混凝过程的必要前提。而凝聚与絮凝往往发生在颗粒表面电荷零点附近,通过电荷量测定确定颗粒物质的电荷零点,是确定无机混凝剂的最佳投加量和最佳工作条件的重要手段。

1.1 试验方法

1.1.1 混凝试验

混凝试验是在桨板式六联机上进行。操作条件为:在 500 mL 悬浊液中投加混凝剂后,以 60 r/min 的快速搅拌条件下搅拌 5 min,之后慢速搅拌条件(30 r/min)下搅拌 25 min,静置沉降 30 min 后,取上清液测定其 pH 值和剩余浊度。

1.1.2 电荷量测定

采用胶体滴定法。胶体滴定法是利用胶体粒子

间正负离子的定量反应进行分析的方法,在混凝试验中经静置沉降 30 min 后的混凝体系中加入过量的标准阳离子聚合物 MGC(甲基甘醇类多糖),使体系呈正电,再加入适量甲苯胺兰指示剂 TB。TB 在正电荷溶液中呈蓝色,此时吸光度在波长 630 nm 处有最大吸光值。TB 在负电荷溶液中呈红紫色,最大吸光值的波峰急剧变化至 510 nm。一边搅拌一边用 PVSK(聚乙烯醇硫酸钾)进行滴定,滴定终点。根据其吸光度在波长 630 nm 处的急剧变化曲线的中间点作为 PVSK 的滴定量,以 PVSK 相对于 MGC 的消费量来计算电荷量,相对于单位 Fe 盐投加量的电荷。以上试验均使用蒸馏水。试验在室温 25 左右下进行。

1.2 主要试剂及仪器

无机絮凝剂:FeCl₃·6H₂O;

试剂级高岭土:Al₂O₃·2SiO₂·2H₂O;

碱度源:Na₂CO₃;

胶体滴定试剂:0.002 5 mol/L 标准阴离子聚合物(PVSK)、0.005 mol/L 标准阳离子聚合物、TB(甲苯胺兰)。

混凝试验采用桨板式六联搅拌机,浊度测定使用 Water Analyzer 2000 浊度计,pH 值测定使用 HM-5 ES 型 pH 计,电荷量测定岛津 Multispec-1500 型分光光度计。

2 试验结果与讨论

2.1 pH 值对 FeCl₃ 混凝效果的影响

* 收稿日期:2002-10-15

作者简介:张元月(1965-),女,山西太原市人,日本山梨大学大学院博士生,主要从事给水混凝的研究。

对混凝处理过程而言,pH值是极其重要的影响因素之一。不同pH值状态下,无机混凝剂形成不同的金属水解聚合形态。配制0.1 mmol/L的 FeCl_3 溶液1 L,分放到10个烧杯中,使用0.1 mol/L的NaOH和0.02 mol/L的HCl进行调节pH值至2,3,4,...,11后,将试样定量至200 mL,分别进行电荷量测定。图1是调整pH值2~11后, FeCl_3 的胶体电荷量随pH值的变化曲线。从图1可以看出,在pH值大于9.3的碱性范围, FeCl_3 的水解化合物呈负电状态,pH值6.5~9.3之间的范围内,溶液呈微量正电性状态,在酸性状态下(pH值小于6.5时),溶液呈正电状态。 Fe 的最佳有效混凝pH值范围应该在6.5~9.3之间。

碱度保持30 mg/L时,图2的上段表示pH值和剩余浊度百分率之间的关系。相应地下段表示了pH值的变化与电荷量之间的关系。在这里pH值的变化没有经过调整,是随 FeCl_3 的投加量而变化的,在 $\text{pH} > 8.5$ 时,高岭土本身的负电状态没有得到电中和,混凝体系呈负电性,因而凝聚反应没有发生。这个pH值范围 $\text{Fe}(\text{OH})_4^-$ 的水解化合物普遍被认为以 $\text{Fe}(\text{OH})_4^-$ 为主。

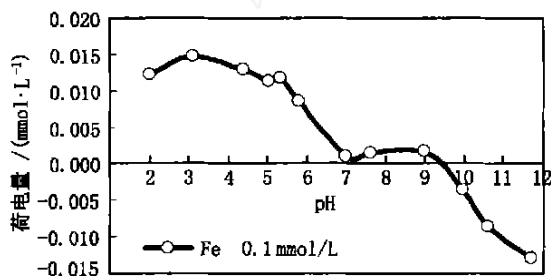


图1 Fe^{3+} 的荷电状态与溶液pH值的关系

在pH值6.5~8.5之间的范围内,混凝体系呈微量的负电状态,剩余浊度百分率达到10%以下,高岭土粘土物质获得了良好的凝聚反应。在此pH值范围内,铁的水解化合物普遍被认为以 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 为主;到 $\text{pH} \leq 6.3$ 时, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 等水解聚合物离解成 Fe^{3+} ,粘土粒子表面吸附了过多正离子,从而使粘土胶体重新稳定,达到再安定状态。酸性范围的铁的水解化合物的存在形态被认为是以 $\text{Fe}_3(\text{OH})_4^{5+}$, $\text{Fe}(\text{OH})_2^{2+}$, $\text{Fe}_3(\text{OH})_2^{+}$ 等状态存在。

图1,图2也说明, Fe 的水解聚合形态及其所带的电荷情况强烈地依赖于pH值,其处理效能也强烈地依赖于体系的pH值及其水解聚合形态的分布状况^[2-7]。

2.2 碱度的影响

由于无机混凝剂的投加后会发生一系列水解反

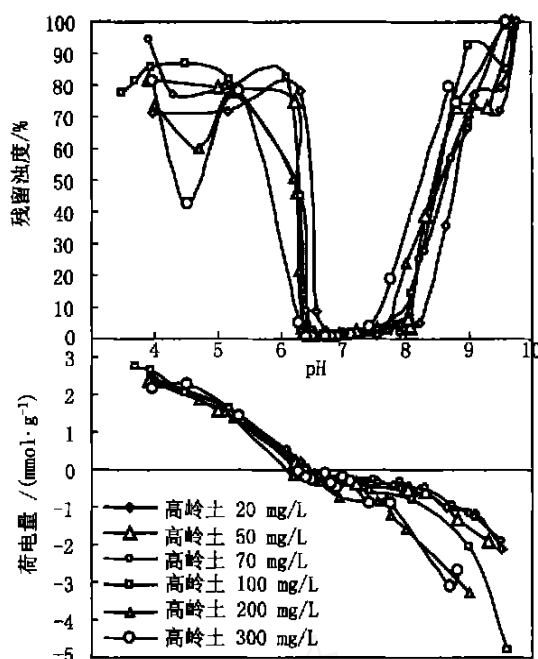


图2 溶液pH值与残留浊度比和电荷量变化的关系

应而引起溶液pH值的降低,水中的碱度有利于抑制溶液pH值的急剧下降,提供缓冲作用。同时使用无机混凝剂时,有必要提供一定碱度以保持pH值在一定范围,以有利于带正电荷的水解聚合物的形成。配制50 mg/L的高岭土悬浊液, Na_2CO_3 的质量浓度变化为30,50,100 mg/L 3个参数,进行混凝搅拌试验和电荷量测定试验,试验结果如图3所示。随碱度的增大,混凝区域向混凝剂投加量增大的方向移动,并且最佳混凝区域范围扩大了。从电荷量测定结果来看,碱度的增大增加了改变粘土表面电荷状态所需要的 Fe 盐的投加量,电荷密度在零附近的区域范围拓宽了。

从试验结果可以看出,原水的碱度和混凝剂投加量的需求呈线性增长的关系。原水的碱度的增大有助于扩大混凝剂安全投加量范围,但是过量的碱度会使混凝剂的消费量增加而产生大量污泥,增加处理费用。因而对于碱度过大的原水,应适当中和后再进行混凝加药处理^[8]。

2.3 悬浊液浓度的影响

碱度保持在30 mg/L时,配制悬浊液质量浓度为20,50,70,100,200,300 mg/L,进行混凝搅拌试验和电荷量测定试验,试验结果如图4~图6所示。从电荷量测定试验结果来看,在任何一个悬浊液浓度下,表面电荷量随铁盐的投加量的增加,由负电荷-等电点,然后逆转为带正电荷的混合体系。

铁盐浓度达到0.06~0.07 mmol/L左右时,pH

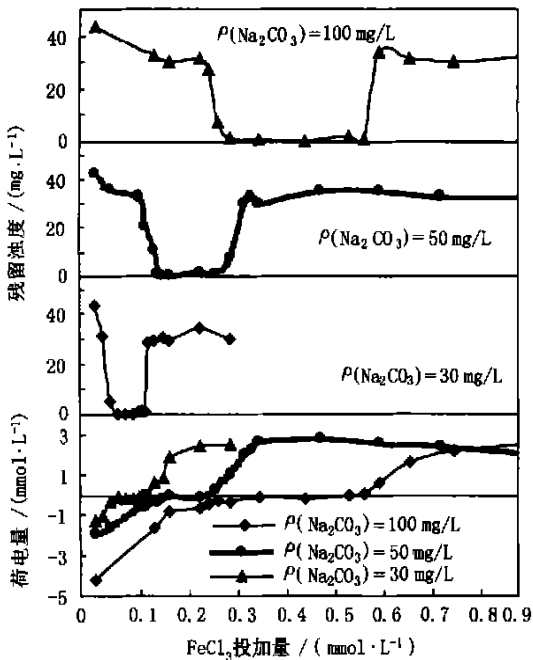


图 3 溶液碱度对 FeCl₃ 混凝投加量区域及荷电状态的影响

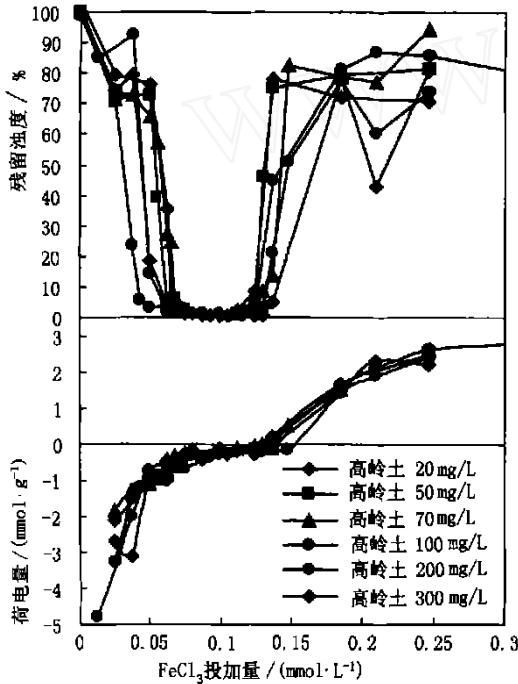


图 4 FeCl₃ 投加量与残留浊度比及荷电量的变化

值为 8.5 左右开始发生凝聚反应。这时,絮凝反应后的混合体系呈现微量负电荷,当铁盐投加量增加到 0.13 mmol/L 时,pH 值下降为 6.3 左右,絮凝效果急剧下降,混凝体系出现再稳定现象。

参考文献:

[1] 中村文雄,竹内章记,张元月,等. Al,Fe 盐混凝剂的混凝及生成粒子的研究[J]. 工业用水,2000(506):23-30.
[2] 冯利,汤鸿霄. Al 盐最佳混凝形态及最佳范围研究[J]. 环境化学,1998,17(2):163.

图 5 和图 6 是由混凝反应试验结果归纳出来的当浊度去除率达 10 %时的混凝有效铁盐投加量和有效 pH 值范围。在该试验条件下,有效铁盐投加量范围为 0.06 ~ 0.13 mmol/L 左右,有效 pH 值范围 6.3 ~ 8.5。

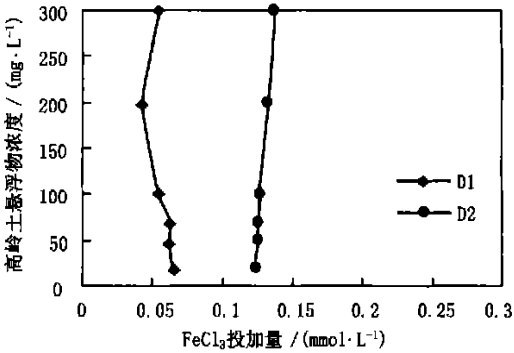


图 5 FeCl₃ 的最佳混凝投加量范围变化趋势

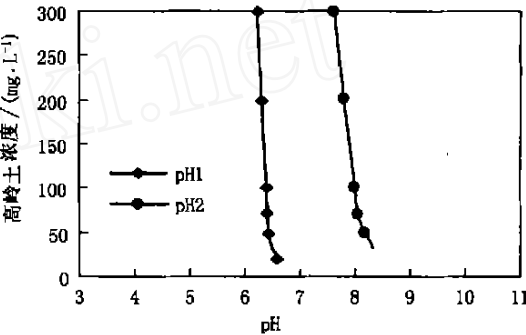


图 6 FeCl₃ 的最佳混凝 pH 范围的变化趋势

3 结论

- 1) 高岭土作为浊度源时,铁盐的水解聚合形态及其所带的电荷情况强烈地依赖于 pH 值。有效混凝 pH 值范围为 6.3 ~ 8.5,这个范围内 Fe 的水解聚合物带微量正电荷。pH 值大于 9.3 时,Fe 的水解聚合物带负电荷;pH 值小于 6.3 时,带正电荷。
- 2) 碱度的变化对 Fe 和高岭土悬浊液的混凝产生极大影响。表现在碱度增大时,混凝区域向 Fe 盐投加量增加的方向移动,同时有效混凝剂投加量范围扩大了。
- 3) 高岭土悬浊液浓度在 20 ~ 300 mg/L 范围内对混凝的影响作用不大。从试验结果来看,高岭土粘土胶体与 Fe 盐的反应以电中和机理为主。

- [3] Litterman R D, Vanderbrook S G. Effect of solution chemistry on coagulation with hydrolyzed Al() [J]. Water Res, 1983, 17:195-204.
- [4] 汤鸿霄. 无机高分子絮凝剂的基础研究[J]. 环境化学, 1990, 9(3):1-5.
- [5] Hek H De. Hydrolysis-precipitation studies of Aluminum() solutions[J]. Jour of Colloid and Interface Science, 1978, 64(1):72-89.
- [6] Gupta V S, Bhattacharjya S K, Dutta B K. Zeta potential control for alum coagulation[J]. Jour AWWA, 1975, 67:21.
- [7] Black A P, James V. Walters: electrophoretic studies of turbidity removal with ferric sulfate[J]. Jour AWWA, 1964, 56:99-110.
- [8] 中村文雄. 混凝剂投加量方式的研究(, ,) [J]. 水道协会杂志, 1974, 480-482:2-13, 26-33, 2-15.

Coagulation behavior Studies of Ferric Chloride

ZHANG Yuan-yue¹, KANG Jing-wen², MA Zhi-yi¹

(1. College of Civil & Environmental Engineering of TUT, Taiyuan 030024 China;

2. College of Mining Engineering of TUT, Taiyuan 030024 China)

Abstract: In this study a series of test and charge measurement were conducted to investigate the coagulation features of FeCl₃ using kaolin as model clay suspensions. The results indicate that pH and alkalinity exert great influence on the coagulation behavior of FeCl₃ by interfering the charge properties of whole colloid solution and forming of iron hydrolysis. Concentration of kaolin suspensions brought little effect on coagulation processing.

Key words: ferric chloride; kaolin; coagulation; charge

(编辑:任万森)

(上接第 438 页)

Research of Designed Indoor Temperature for Household Heat Metering

LIANG Ze-zhi, WANG Feng, WANG Fei

(College of Civil & Environmental Engineering of TUT, Taiyuan 030024 China)

Abstract: Designed indoor temperature of residential building for household heat metering was studied based on thermal comfort formula and PMV/PPD evaluation index. It can be determined that when indoor temperature is 20 and varies in the range of 16 ~ 24, it's feasible for thermal comfort, working efficiency and health standard, thus the key problem of heat load calculation is resolved.

Key words: household heat metering; thermal comfort; PMV and PPD evaluation indices; designed indoor temperature

(编辑:任万森)