

PAM 在给水厂排泥水处理中的调质作用及机理探讨

邓慧萍 梁 超 许建华

(同济大学污染控制及资源化研究国家重点实验室, 上海 200092)

摘要 通过对上海两座分别以黄浦江和长江为水源的给水厂排泥水进行的烧杯搅拌、沉降和比阻试验, 考察了有机高分子絮凝剂聚丙烯酰胺(PAM)在给水厂排泥水处理中的调质效果, 并探讨了 PAM 的调质作用机理。

关键词 给水厂 排泥水 PAM 污泥调质 污泥脱水机理

给水厂排泥水主要由沉淀池排泥水和滤池反冲洗废水构成, 其处理系统的工艺流程通常见图 1。

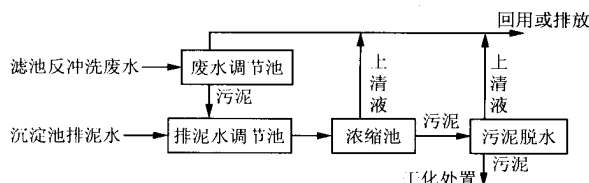


图 1 给水厂排泥水处理工艺流程

在图 1 的处理系统中, 经过浓缩池处理后的污泥, 如直接进行脱水处理, 其脱水效果很差; 若在进入脱水装置前, 加入适量的有机高分子絮凝剂聚丙烯酰胺(PAM), 则污泥的脱水性能将有明显的改善。聚丙烯酰胺的预处理效果取决于它的类型, 泥水系统的 pH, 污泥的性质和浓度, 搅拌条件和投加量等。本文在试验基础上, 探讨了 PAM 改善污泥脱水的作用机理。

1 PAM 在给水厂排泥水处理中的调质作用

有机高分子絮凝剂用于污泥处理非常普遍, 但有机高分子絮凝剂有多种, 其中应用最广泛的是聚丙烯酰胺。根据絮凝剂所带电荷, 可分阳离子型、阴离子型和非离子型三大类。

我们曾对上海两座分别以黄浦江和长江为水源的给水厂排泥水用 PAM 进行了实验室的调质试验, 主要采用烧杯搅拌、比阻和沉降试验对排泥水进行了 PAM 选型和最佳投药量的研究。有关最佳 PAM 种类和最佳投药量的确定已在其他论文中阐述^[3,4], 本文主要介绍 PAM 对这两座给水厂排泥水的调质作用效果。

A 厂是以黄浦江上游水为原水, 其沉淀池排泥水中的污泥粒径分布主要在 10~60 μm。而 B 厂以经陈行水库调蓄的长江水为原水, 其沉淀池排泥水的污泥粒径分布主要在 0.2~7 μm。A 厂排泥水颗粒沉降性能优于 B 厂。

1.1 烧杯搅拌试验结果

在排泥水中投加不同种类、不同剂量的 PAM, 经快速搅拌、慢速搅拌、静置沉降, 观察各烧杯中的污泥絮体状态、沉降速度, 测定上清液浊度和沉降污泥的含固率。表 1 表示 A 厂(以黄浦江为水源)的排泥水在 PAM 最佳投药量时的调质效果。

表 1 A 厂排泥水投加 PAM 的烧杯搅拌试验结果

PAM 品牌	类型	分子量	最佳投加率 (相对于干污泥量计)/ %	最佳投加率时			
				絮体 状态	沉降 速度	上清液 浊度/ NTU	污泥含 固率/ %
AN910PW	阴离子型	1 200 万	0.1	粗大	快	25	20.1
FA920PW	非离子型	850 万	0.1	粗大	快	41	17.9
C-97-301	阳离子型	130 万	0.2	较粗大	快	很清	18.9

从 A 厂的搅拌试验结果可知, 向排泥水中加 PAM 后, 排泥水的固液分离效果和速度明显改善; PAM 分子量越高, 絮凝效果越好; 阳离子型 PAM 的分子量低, 要形成粗大密实絮凝体, 所需投加率较大, 比阴离子和非离子型 PAM 高出近 1 倍。

1.2 沉降试验结果

沉降试验是观察测定各种品牌的 PAM 按不同投加率投入排泥水后, 污泥的沉降速度和污泥达到压密点所需时间, 以大致确定各种 PAM 使污泥达到最佳沉降性能时的投加量, 比较各种 PAM 提高污泥沉降性能的优劣。表 2、表 3 分别是 A、B 两厂

表 2 A 厂排泥水在各种 PAM 不同投加率下的压密时间

PAM 品牌	压 密 时 间/ min					
	0.2 ‰	0.4 ‰	0.7 ‰	1.0 ‰	1.5 ‰	2.0 ‰
AN910PWG	50	30	10	10	30	30
AN910SH	> 60	30	10	10	20	20
FA920PWG	50	40	25	15	15	15
AH912SH	50	50	15	10	10	10

注:水温 29 左右,排泥水含固率 4.7 %。

表 3 B 厂排泥水在各种 PAM 不同投加率下的压密时间

PAM 品牌	压 密 时 间/ min					
	0.3 ‰	0.6 ‰	0.8 ‰	1.0 ‰	1.2 ‰	1.5 ‰
AN910PWG	20	10	10	10	10	
AN934PWG	5	5	5	5	5	
FA920PWG	30	15	10	10	5	5
FO4190PWG	80	20	15	15	15	
AH912PWG	20	10	10	10	5	5

注:室温 28 ,水温 27 左右,排泥水含固率 3.58 %。

排泥水投加 PAM 的沉降试验结果。

由沉降试验结果可以看出,投加各种 PAM 后,污泥的沉降速度明显加快,压密时间可达 10 min 左右。但当投加率达到一定值时,再增大投加量,压密时间并无明显的缩短。一般来说沉降速度越快,污泥达到压密时间时的沉降面越高,污泥压得不如沉降速度慢的密实。

1.3 排泥水投加 PAM 后的污泥比阻

表 4 和表 5 分别是 A,B 两厂排泥水不加 PAM 与投加不同 PAM 时的比阻。

表 4 A 厂排泥水不加 PAM 和投加不同 PAM 的比阻比较

PAM 品牌	不加 PAM 时的比阻 / 10^{10} cm/ g	最佳投加率 / ‰	最佳投加率时的比阻 / 10^{10} cm/ g	试验条件	
				温度 /	排泥水含固率/ %
AN910PWG	22.4	0.2	2.89	14	3.4
FA920PWG	(16.5 ,含固率 3.4 %)	0.4	2.12	29	3.4
AH912SH		0.3	2.04	15	3.4

由上述试验结果可以看出,各种 PAM 在投加量很少的情况下,都能使污泥比阻降低近一个数量级,使污泥的脱水性能大大改善。但是,污泥的比阻并不总是随着投加量的增大而进一步降低,当投加量达到一定值后,进一步增大投加量会出现相反的效果。表 4 和表 5 中的最佳投加率是通过大量试验得到的,在这一投加率时,比阻最小。

表 5 B 厂排泥水不加 PAM 和投加不同 PAM 时的比阻比较

PAM 品牌	不加 PAM 时的比阻 / 10^{10} cm/ g	最佳投加率 / ‰	最佳投加率时的比阻 / 10^{10} cm/ g	试验条件	
				温度 /	排泥水含固率/ %
AN910PWG	10.7 (25.2 ,含固率 3.59 %)	1.2	2.33	29	3.59
AN934PWG		0.3	2.75	29	3.59
FA920PWG		1.0	2.94	28	3.59
FO4190PWG		1.0	2.64	28	3.59
AH912PWG		0.3	3.52	28	3.59

由比阻试验的结果可见,A 厂的排泥水在较小的 PAM 投加率下,使污泥比阻降低得更多,即 PAM 对 A 厂排泥水的改善效果优于 B 厂。

1.4 试验结果小结

从烧杯搅拌、沉降和比阻试验结果可以看出:

(1) 无论是 A 厂还是 B 厂的排泥水,投加 PAM 后,都可以显著改善污泥的脱水性能。

(2) 由于 A,B 两厂水源不同,所产生的排泥水的性质不同,PAM 改善排泥水脱水性能的效果也不完全相同,说明 PAM 的调质效果与排泥水的性质有关;A 厂排泥水的沉降性能优于 B 厂,PAM 对 A 厂排泥水的调质作用也优于 B 厂。

(3) 总体来说,在相同条件下,阴离子型 PAM 的调质效果优于非离子型和阳离子型,要达到相同的效果,阳离子型的投加率要高于阴离子型和非离子型,但阳离子型 PAM 能使上清液的浊度更低。

2 PAM 改善污泥脱水性能的作用机理分析

2.1 污泥中水分的存在形式及脱水过程

为了探讨 PAM 对污泥的调质作用机理,首先要明确污泥中水分的存在形式。

文献对污泥中水分分类的方法有多种。Vesilind^[1]于 1994 年提出,污泥中的水分分为自由水、间隙水、表面水和化学结合水。其中,自由水最容易分离;间隙水存在于污泥颗粒的间隙中,只有通过破坏污泥颗粒的结构或压缩污泥,才能将其挤出,很多脱水机械都能分离出污泥中的间隙水和自由水;表面水和化学结合水很难或无法用机械方法分离。文献[2]将污泥中的水分存在形式分成三种:存在于污泥颗粒间隙中的水为游离水、间隙水,约占污泥水分的 70 %;存在于颗粒间毛细管中的称为毛细水,约占 20 %;存在于污泥颗粒内部(包括细胞内)的水和粘附表面的附着水,约占 10 %。一般上述的

游离水、间隙水,可通过重力沉降和自然脱水等重力浓缩脱水方法去除,而毛细结合水如不施以更大的离心力和压力,是去除不了的。另外,固体物质内部的保留水与SS的结合较强,用一般的机械操作也难以去除。污泥颗粒表面极性基团对于水分子的强烈吸附,使粒子周围包裹一层厚厚的水化膜,使大量的游离水、间隙水形成水化膜,因而难以去除。从上述分析可见,污泥中的水分绝大部分属自由水,可以很容易地通过简单的浓缩或机械脱水而与污泥中的固体成份分离。而毛细水、粘结水、吸附水和内部水等束缚水通常只占污泥中总水分的很少一部分,但它对污泥脱水来说却很重要,因为部分的束缚水用机械脱水方法是很难将其与固体成份分离,因而束缚水分的多少将直接影响脱水泥饼的含固率。

2.2 机理探讨

给水厂排泥水经重力浓缩后,泥水的含固率一般要求控制在4%左右,要进一步降低含水率,就要使这些水对固体颗粒的附着力减弱,使颗粒脱稳以便脱水。此外,要使浓缩过程的上清液中固体颗粒尽可能地少(高污泥颗粒回收率),从而提高上清液的出水水质。影响污泥的浓缩和脱水性能的是颗粒的大小,表面电荷水合的程度以及颗粒间的相互作用。污泥调质的主要任务就是增大污泥颗粒尺寸。

污泥中大多数颗粒是相互排斥而不是相互吸引的,因为水合和带电性造成了稳定的分散状态。污泥调质就是要克服水合作用和电性排斥的作用。

目前有三种作用机理可以解释PAM的调质作用:去水化作用。将亲水胶体转变为憎水胶体,这是污泥调质的关键。胶体与高分子两组分之间发生活性反应或形成络合物,产生不溶性产物,从而实现絮凝。电中和作用。胶体粒子悬浮液之所以能稳定存在,很大程度上就是由于粒子的带电性,电荷之间的排斥阻力阻止它们互相接近,若在悬浮物中加入与胶体带相反电荷的聚电解质,则可降低粒子的 ξ 电位,使粒子相互吸引形成絮团。架桥作用。传统观念认为有机高分子絮凝剂作用主要是吸附架桥。这三种作用机理哪一种起主要作用,取决于PAM的类型和污泥的性质。

吸附架桥作用包括两种情形:第一,指高分子絮凝剂把许多较小胶体吸附起来,形成更大的颗粒,吸

附架桥作用特别指非离子型及阴离子型高分子絮凝剂所起的吸附作用,因与胶体异电号的阳离子型高分子絮凝剂的吸附作用很容易理解,并可由吸附中和作用来说明。至于非离子型及与胶体同电号的阴离子型高分子絮凝剂的吸附则有两种作用:一种是靠高分子上的某些部位所产生的氢键吸附作用,高分子絮凝剂混凝过程中氢键产生的具体规律仍需进一步研究;另一种则由于高分子上的某些基团能与胶体表面产生特殊的反应,这些特殊反应是如何发生的,其反应机理也需进一步研究。第二,在两个大的同号胶体中间,由于有一个较小的异号胶体而连在一起。这种架桥作用可以解释异号胶体互凝现象。

有机高分子絮凝剂对污泥的调质作用,是通过上述三种作用机理调整固体粒子群性状及其排列状态,使之适合于各种不同的浓缩脱水条件,因为污泥的脱水速度明显受到固体粒子群的性状及其排列状态的影响。

3 结语

着重考察了PAM对给水厂排泥水的调质效果并对其作用机理进行了探讨。从实验室的试验可以看到PAM能显著地改善污泥脱水的性能,用传统的高分子絮凝剂的絮凝作用机理也可以解释PAM对污泥的调质作用机理,但还需进一步对投加PAM前后污泥的性能进行测试和研究,才能对PAM的调质作用机理给予更深刻的解释。我们曾对给水厂排泥水投加PAM前后的 ξ 电位进行测试^[3],以明确投加PAM对污泥性质的影响,但没有取得有规律的数据,至于投加PAM进行污泥调质的絮凝形态学的研究目前还没有涉及。

参考文献

- 1 Vesilind P A. The role of water in sludge dewatering. Water Environment Research, 1994, 66(1):4
- 2 高廷耀主编. 水污染控制工程(下册). 北京:高等教育出版社, 1990
- 3 叶辉. 自来水厂排泥水处理技术及其生产性应用研究: [学位论文]. 上海: 同济大学, 2000
- 4 陈静, 许建华. 聚丙烯酰胺的实验室筛选研究. 自来水厂排泥水处理工程生产性研究(分报告三). 同济大学, 1998

电话:(021)65982691

E-mail: ndffwel@guomai.sh.cn

修回日期:2004-3-26