

加载絮凝在水处理中的应用进展

郭建东, 王智超

(中国矿业大学 环境与测绘学院, 徐州 221116)

摘要:加载絮凝是一种快速絮凝沉淀工艺,包括微砂加载絮凝和磁加载絮凝。本文叙述了加载絮凝工艺的技术特点与研究进展,加载介质可以成为絮凝体的核心,提高沉淀速度,增强沉淀性能,较常规絮凝可有效的减少沉淀池占地面积和沉淀时间,具有良好的发展前景。

关键词:加载絮凝;微砂加载絮凝;磁加载絮凝

中图分类号:X703

文献标识码:A

文章编号:1006-8759(2011)05-0040-04

APPLICATION OF BALLASTED FLOCCULATION TECHNOLOGY IN WATER TREATMENT

GUO Jian-dong, WANG Zhi-chao

(School of Environment Science and Spatial Informatics, China University
of Mining and Technology, Xuzhou, 221116, China)

Abstract:The ballasted flocculation is a high-effective and rapid sedimentation technology, including Actiflo and CoMag. This paper expatiates on the working principle and development status of the ballasted flocculation technology. As the core of the floc, the ballasted media could improve the sedimentation rate, and enhance the sedimentation properties. Compared with traditional flocculation, the ballasted flocculation technology can reduce the area of sedimentation tanks and settling time, with good prospects for development.

Keywords: Ballasted flocculation; Actiflo; CoMag

加载絮凝就是向废水中投加微砂、磁种或磁性生物物质等不溶性颗粒介质,利用介质的重力沉降性或磁性以及介质的吸附作用,加速絮凝体的形成与沉淀的方法^[1]。加载絮凝工艺是一种快速絮凝沉淀技术,处理效果优于传统的化学絮凝工艺,且沉淀性能好,可有效的减少沉淀池占地面积和沉淀时间^[2]。自20世纪90年代以来,加载絮凝沉淀工艺已形成多种成熟的技术,并成功应用于给水处理和其他污水处理领域。加载絮凝沉淀技术主要有微砂加载絮凝(Actiflo)和磁加载絮凝(Co-Mag)^[3]。

1 微砂加载絮凝

1.1 技术原理与工艺特点

Actiflo微砂加重絮凝高效沉淀工艺是法国Veolia Water集团在20世纪90年代初开发的一项用于给水及污水处理的专利技术,主要用于去除水中的悬浮物、浊度以及颗粒态有机物^[4-6]。

微砂加载絮凝沉淀是通过不断循环的颗粒介质和絮凝剂强化絮体吸附改善水中悬浮物沉降性能的处理工艺^[7-10]。Actiflo工艺的主要特点是在絮凝阶段投加了细砂,其原理是投加混凝剂使悬浮物和胶体脱稳,再投加高分子助凝剂和高密度细砂颗粒载体(直径为60~140 μm),高分子助凝剂的架桥吸附作用及砂粒的网捕作用使脱稳后的悬浮

物和胶体颗粒以载体作为絮体内核,快速生成高密度矾花,从而改善沉降性,加快絮体沉降,减轻进水水质波动的影响,使出水水质更稳定,提高澄清池的处理效率。细砂化学性质稳定,经砂水分离器分离后可重新利用。

Actiflo 高效沉淀工艺已经成功应用了十余年,并拥有大量的工程案例,特别是对于那些处理难度大,出水水质要求高的场合,例如对低温低油

水、进水水质水量变化较大、高盐度、含藻类的原水以及含高色度、重金属的工业废水都具有很好的处理效果,能够在 10 min 内完成絮凝,20 min 左右的沉淀就可以获得良好的处理水水质,对于一些用地紧张的区域则更显其优越性^[2]。

ACTIFLO 池主要包括混凝池、聚合物和细砂注入池、絮体熟化池以及斜管沉淀池^[6],其工艺处理流程如图 1。

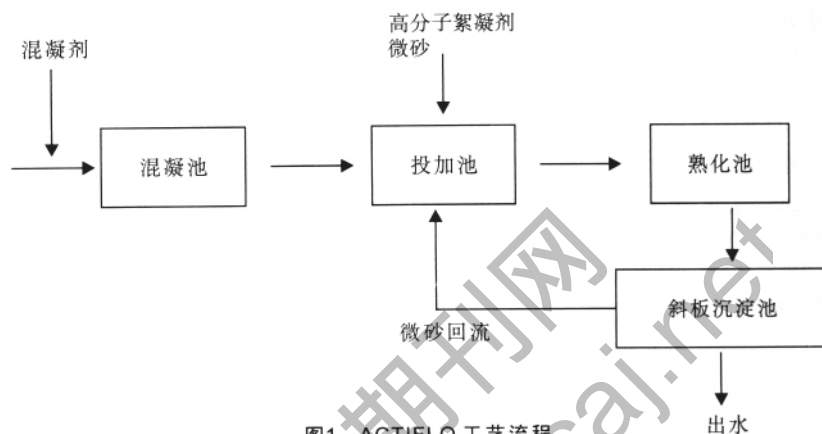


图1 ACTIFLO 工艺流程

Actiflo 工艺流程分为混合、加注、絮体熟化、高速沉淀、污泥回流 5 个阶段。首先原水投加混凝剂后进入混合池,快速搅拌混合后流入加注池;在加注池中投加高分子聚合物助凝剂和细砂载体促进絮体的形成,然后进入絮体熟化池;在慢速搅拌下,细砂絮核不断凝聚生成高密度矾花,最后流入斜管沉淀池,在絮体的重力沉降性和斜管的快速沉淀作用下,絮体颗粒迅速沉降分离。含有细砂的污泥回流至水力砂水旋流分离器,通过离心力使泥砂分离,细砂重新进入絮凝池循环使用^[11]。

1.2 微砂加载絮凝技术研究进展

Actiflo 工艺已在法国、美国、英国、加拿大和马来西亚等国家得到广泛应用。首家采用 Actiflo 工艺的水厂是巴黎的 Annet-sur-Marne 水厂,1992 年扩建部分采用的 Actiflo 工艺。Actiflo 澄清池运行稳定,出水浊度平均浊度为 0.62 NTU^[12]。

墨西哥城采用高效沉淀技术,处理流量高达 74.5 m³/s,200 m/h 的高表面负荷和 60 mg/L 的低铝盐投量下,ACTIFLO 出水寄生虫卵平均值<1 个/L,出水 SS 平均值为 25 mg/L,对 COD、TP 等也有较高的去除效果^[13]。

美国德克萨斯州的沃思堡市对 ACTIFLO 加载絮凝工艺进行了中试研究,结果表明 BOD₅、COD、TSS、TKN、TP 去除率分别达到 36%~62%,

65%~87%,74%~92%,25%~30%,92%~96%^[13]。美国俄亥俄州哥伦布市采用 Actiflo 加载絮凝工艺进行了中试研究。结果表明,Actiflo 工艺对悬浮物的去除率大于 85%,可以有效应对雨水或污水溢流引起的高冲击负荷、水质波动大等问题^[13]。

鉴于 Actiflo 工艺良好的处理效果,以及节约占地面积的特点,国内已有部分水厂采用 Actiflo 加载絮凝工艺的设计改造实例。

陈伟等针对黄浦江原水的水质特点以及扩建场地有限的情况,采用 Actiflo 澄清池设计临江水厂处理规模为 20 万 m³/d 的扩建工程。试运行结果表明制水工艺运行稳定,Actiflo 澄清池控制在 1.0~1.5 NTU,出水水质达到设计标准^[14]。

北京市第九水厂针对密云水库低温低浊及高藻原水,采用 Actiflo 微砂加重絮凝斜管高效沉淀工艺对该厂二期 A 处理线沉淀池进行改造,改造后处理能力由原来的 25 万 t/d 提高到 34 万 t/d。调试运行结果表明,原水经 Actiflo 沉淀池预处理后,浊度降到 0.8 NTU 以下,在不加高锰酸钾强氧化剂和没有前加氯的情况下,对藻类的去除率>85%^[15]。

2 磁加载絮凝

2.1 磁加载絮凝技术原理与工艺特点

磁加载絮凝沉淀的基本原理是通过向悬浮液中加入磁性颗粒,悬浮颗粒与磁性颗粒选择性地粘附,从而提高悬浮物的磁性,形成磁性流体。磁性流体以一定流速通过外加磁场,废水中的悬浮颗粒磁性物质在磁场的作用下被吸附去除。磁性载体可以是颗粒较大的磁性粒子、细颗粒的磁种,也可以是磁矩较大的离子或者磁性药剂等^[16]。

CoMag 工艺是利用外加磁性颗粒的作用强化

絮凝已达到高效沉淀和过滤的目的。通过向水中投加絮凝剂、磁种等,可以强化絮凝效果,增大絮体密度,然后通过高效沉淀和磁过滤将水中的污染物去除。磁过滤器在外加磁场的作用下,磁性介质表面产生高梯度磁场,捕获去除磁性颗粒^[17]。磁种通过磁鼓分离器回收循环使用^[18]。该工艺可减轻后续处理构筑物的负荷,缩短沉淀时间,从而减少沉淀池占地面积,节省基建投资。典型的 CoMag 工艺处理流程如图 2。

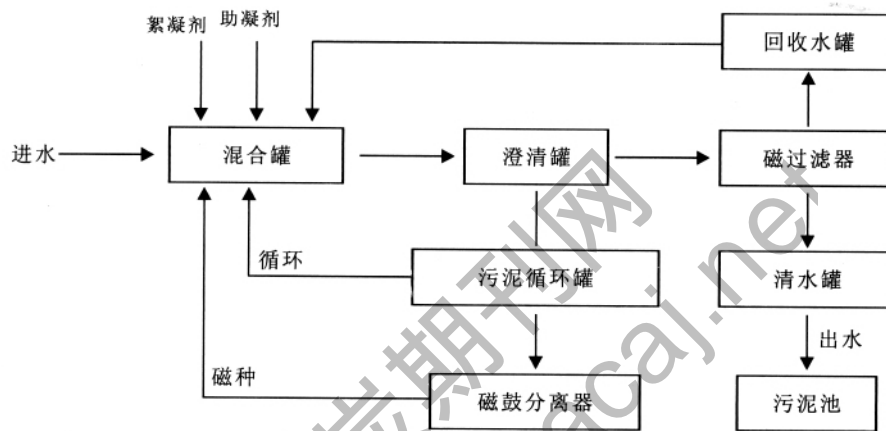


图2 CoMag工艺处理流程

磁加载工艺主要特点表现为:①提高沉淀效率。强磁场使带电荷磁性流体微粒的等电位点被破坏,静电斥力减少而凝聚,同时磁种的投加增加了絮体密度,提高沉淀池效率。②磁力捕获。经过磁化处理,悬浮物电磁偶极性增加,被外加磁场捕获去除。③提高生物处理的效率。经过磁化,可增加溶解氧量,提高微生物的活性^[19]。

2.2 磁加载絮凝技术研究进展

磁加载絮凝技术作为物理处理技术在水处理中获得了许多成功应用,显示出许多优点。与沉降、过滤等常规方法相比较,磁加载絮凝技术具有处理能力大、效率高、能量消耗少、设备简单紧凑等一系列优点,它不但已成功应用于高炉煤气洗涤水、炼钢烟尘净化废水、轧钢废水和烧结废水的净化^[20,21],而且在其它工业废水、城市污水和生活污水的净化方面也有较好的发展前途。

早在20世纪80年代,国外就将磁加载絮凝技术用于水处理领域。Gabrielli等^[22]用磁加载絮凝工艺降低自来水硬度,取得良好效果。Alimi Fathi等^[23]研究了磁分离技术对碳酸钙同向和异向沉淀作用,发现磁流体动力学作用和离子电动力学联

合效应起主导作用。Sakai等^[24]研究了磁分离用于间歇曝气活性污泥工艺同步去除有机物及氨氮,结果表明TKN和COD_{Cr}的同步去除率分别达到89%和92%。Pillai^[25]合成了具有高矫顽力的钴铁氧体颗粒,为高效磁种的开发提供了基本的研究方法。

在国内,磁加载絮凝技术也得到了广泛的应用。朱又春^[26]等采用磁分离法连续处理含油量为194 mg/L的餐饮污水,仅投加混凝剂时出水含油量为20 mg/L,而加入磁粉后可使出水含油量降至7 mg/L。又通过电泳实验证明,在废水中磁粉颗粒带正电,乳化油带负电。对含有乳化油的废水,磁粉具有良好的破乳作用。

陈文松^[27]等用低剂量Fenton氧化-磁种混凝-高梯度磁分离技术处理色度约为800倍、COD为565.0 mg/L的成分复杂的印染废水效果良好,色度、COD的去除率分别达到92.6%和79.5%,符合国家二级排放标准。

赵红花^[28]等,采用磁絮凝法处理城市污水,可使沉淀池的悬浮颗粒在15 min内很快沉降,SS去除率达80%以上。刘吉生^[29]等采用磁化絮凝-高

梯度磁分离方法处理城市污水,对磷和 COD 的去除率分别达到 98.35 %和 70.8 %。

梅光泉^[30]通过对含铜废水的磁絮凝与磁分离技术的处理测试,证明了其处理的可行性与优越性。对于低浓度的含铜废水,直接采用磁絮凝与磁分离技术,出水 Cu^{2+} 可达到 0.4 mg/L 的排放标准;高浓度的含铜废水,经过二级除铜处理也可达到同样优良的出水效果。

廉价磁种的开发是当前研究的热点。郑学海^[31]等利用炼钢厂排放的烟尘和气溶胶凝聚物,用通过静电除尘后形成的“红土”状细粉为磁种原料,处理效果显著。赵爱武^[32]等用粉煤灰的磁性部分(磁珠)作为磁种,采用高梯度磁分离器处理含磷废水,得到了较好的效果。

3 小结

加载絮凝技术是一种高效絮凝沉淀技术,处理方法简单易行、经济有效、能实现快速分离与快速沉降。在占地、能耗、操作、污泥含水率、脱水性能与等方面较传统絮凝技术有明显优势和独特性能。然而,寻求更为廉价的加载介质以及提高加载介质的回收利用率仍是目前加载絮凝技术的研究热点,加载絮凝技术必将在我国水处理领域发挥极大的作用。

参考文献

- [1] United States EPA. Wastewater Technology Fact Sheet (Ballasted Flocculation)[M]. us: US EPA, 2003.
- [2] 李天琪. Actiflo 微砂加重絮凝高效沉淀工艺设计介绍[J]. 给水排水, 2009, 35(4): 11~13.
- [3] 张帅,李军,陈瑜. 加载絮凝沉淀工艺在水处理中的应用[J]. 给水排水, 2009, 35: 274~278.
- [4] 郑兴灿等. 城市污水处理技术决策与典型案例[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2007.
- [5] 陈秀华. ACTIFLO 工艺用于钢铁厂海水淡化预处理[J]. 水工业市场, 2008, 9:58~61.
- [6] 李伟进, 唐孝国, 平文凯. 新型 Actiflo 加砂高速沉淀池及其工程应用[J]. 中国给水排水, 2010, 26(3): 55~57.
- [7] Susan Landon, Collen Donahue, Sam Jeyanayagam, et al. Columbus, Ohio, considers ballasted flocculation to treat its wet weather flows[J]. Water Environ. Technol., 2006, 18(7): 30~35.
- [8] Binot Patrick, Valery Ursel. Method and unit for the treatment of water by ballasted flocculation and gravity separation with variable function modes[P]. US: 2004144730, 2004.
- [9] Streat Philip. Treatment of liquids with ballasted flocculation[P]. US: 6689277, 2001.
- [10] Branden Hudson, Barry Hendley, Lane Chilton, et al. Method

and system for utilizing activated sludge in a ballasted flocculation process to remove BOD and suspended solids [P]. US: 2006213832, 2006.

- [11] 龚卫俊, 郑燕, 吴志超. ACTIFLO 高效沉淀工艺用于污水处理. 中国给水排水, 2005, 21(10): 104~106.
- [12] 法国 Vivendi Water 技术交流资料, 2003.
- [13] United States EPA. Wastewater Technology Fact Sheet (Ballasted Flocculation). US: US EPA, 2003.
- [14] 陈伟等. 临江水厂 ACTIFLO 澄清池、FILTRAFLO 滤池的设计与应用[J]. 中国给水排水, 2007, 23(8): 46~49.
- [15] 张素霞, 徐扬, 刘永康, 等. ACTIFLO 微砂加重絮凝斜管高效沉淀技术[J]. 中国给水排水, 2006, 22(8): 26~31.
- [16] B P A R Van Kleef. IEEE Transaction on Magnetics .1998, 20(5): 1168~1170.
- [17] 沈晓鲤. 磁分离法水处理及其新发展 [J]. 环境科学与技术, 1994, 4: 17~20.
- [18] 熊仁军. 城市污水磁种絮凝-高梯度磁分离净化工艺及其理论机理研究[D]. 武汉理工大学资源与环境工程学院, 2004.
- [19] 付守琪. 外加磁场对矿井水混凝沉淀影响实验研究 [D]. 安徽理工大学, 2007.
- [20] 陈文松, 韦朝海, 韩虹. 磁性絮团形成的最佳参数及机理研究[J]. 四川环境, 2004, 23(1): 1~4.
- [21] 雷国元. 磁种和磁处理技术在废水处理中的应用 [J]. 上海环境科学, 1997, 16(11): 24~27.
- [22] Gabrielli C, Jaouhari R, Maurin G, et al. Magnetic water treatment for scale prevention. Water Research, 2001, 35 (13): 3249~3259.
- [23] Fathia A, Mohamed T, Claude G, et al. Effect of a magnetic water treatment on homogeneous and Heterogeneous precipitation of calcium carbonate. Water Research, 2006, 40:1941~1950.
- [24] Sakai Y, Miama T, Takahashi F. Simultaneous removal of organic and nitrogen compounds in intermittently aerated activated sludge process using magnetic separation. Water Research, 1997, 31(8):2113~2116.
- [25] Pillai V, Shah D O. Synthesis of high-coercivity cobalt ferrite particles using water-in-oil microemulsions. Journal of Magnetism and Magnetic, 1996, 163: 243~248.
- [26] 朱又春, 曾胜. 磁分离法处理餐饮污水的除油机理[J]. 中国给水排水, 2002, 18(7): 20~22.
- [27] 陈文松, 韦朝海. Fenton 氧化-混凝法处理印染废水的研究[J]. 工业水处理, 2004, 24(4): 39~41.
- [28] 赵红花, 王九思. 用磁絮凝法处理城市污水的试验研究[J]. 2002, 21(3): 79~82.
- [29] 刘吉生, 黄自力, 肖松文. 城市污水磁化絮凝-高梯度磁分离除磷研究[J]. 矿冶工程, 2003, 23(5): 24~26.
- [30] 梅光泉. 重金属废水的危害及治理 [J]. 微量元素与健康研究, 2004, 21(4): 54~56.
- [31] 郑学海, 刘东方, 杨彦涛. 廉价磁种及磁絮凝分离装置的开发与应用[J]. 中国给水排水, 2000, 16(8): 33~35.
- [32] 赵爱武. 粉煤灰磁珠在含磷废水处理中的应用 [J]. 煤炭加工与综合利用, 1997, 3: 51~53.