

SediMag™ 磁絮凝沉淀用于污水处理提标改造和深度除磷

霍槐槐

(青岛洛克环保科技有限公司, 山东 青岛 266071)

摘要: SediMag™磁絮凝沉淀技术可以有效去除水体中的总磷、悬浮物以及重金属等污染物,具有超高的沉降速度、极低的占地面积以及优良的出水效果等优点,在污水处理提标改造和深度除磷等工程上得到了广泛应用。介绍了 SediMag™磁絮凝沉淀技术的工艺流程和特点,并介绍了其在污水处理上的应用情况和前景。

关键词: SediMag™磁絮凝沉淀技术; 除磷; 表面负荷; 占地面积

中图分类号: X703 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2017)08-0053-04

Applications of SediMag™ Magnetic Sedimentation Technology in Upgrading Reconstruction and Phosphorus Removal of Wastewater Treatment

HUO Huai-huai

(Qingdao Low-carbon Environmental Technology Co. Ltd., Qingdao 266071, China)

Abstract: SediMag™ magnetic sedimentation technology can remove total phosphorus, suspended solids and heavy metals from water effectively. With high settling velocity, small floor area and good quality of effluent, SediMag™ magnetic sedimentation technology has achieved successful applications in upgrading reconstruction and phosphorus removal in wastewater treatment. This paper introduced the treatment process of SediMag™ magnetic sedimentation technology and its characteristics, followed by the description of its applications and prospects.

Key words: SediMag™ magnetic sedimentation technology; phosphorus removal; surface loading; floor area

大量含磷生活污水、工业废水排入江河湖泊中,增加了水体营养物质的负荷,从而引起水体中藻类与水生植物异常繁殖,即水体的富营养化^[1]。据统计,我国因氮磷污染而富营养化的湖泊占统计湖泊的50%以上。为控制水体污染,国家相继颁布实施的《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)和《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)以及其他行业标准都规定了非常严格的磷酸盐排放标准,因此城市污水处理厂必须考虑除磷处理。

污水处理技术主要有生物除磷技术和化学除磷技术,生物除磷主要是通过聚磷菌的作用而将水体中的总磷排除系统,但由于本身水体的脱氮需求,二者的泥龄以及所需的工艺条件又无法得到同时满

足,虽然A²O等工艺在一定程度上优化了同步脱氮除磷,但现有污水处理厂出水磷浓度还是很难达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级A的排放需求。常规化学除磷工艺是通过投加除磷剂形成金属磷酸盐沉淀从而达到去除磷酸根的目的。在国外,化学除磷应用比较广泛,例如,美国五大湖地区对磷的排放要求非常严格,这一地区的污水厂一般采用以化学为主或生物为主化学为辅的除磷措施;在丹麦,则是生物除磷辅以化学除磷;在瑞典则以化学除磷为主,几乎没有污水处理厂采用生物除磷工艺^[2]。但是常规化学除磷工艺形成金属磷酸盐絮体松散,絮体沉淀慢,存在占地大、污泥量大、费用高等问题,使得其在实际应用中也有

在各方面的问题。

SediMag™磁絮凝沉淀技术作为物化除磷的一种,在除磷方面表现尤佳,具有沉降速度性、占地面积小与出水效果优良等特点,并且有效地节省了药剂投加量,减少了运行费用,使其在市政污水与工业废水处理方面得到广泛应用。介绍了 SediMag™磁絮凝沉淀技术的特点,并且收集了其在污水处理厂提标改造和废水深度除磷上的相关实际应用与测试效果,并分析了其应用上的现况与未来的发展趋势。

1 SediMag™磁絮凝沉淀技术

SediMag™磁絮凝沉淀技术是在传统絮凝沉淀工艺的基础上,增加了磁粉的投加,并且通过增加磁粉加载反应池使磁粉和絮体进行高效混合共沉,而磁粉则通过高剪切器以及磁分离器等设备进行回收循环使用,其工艺流程见图1。

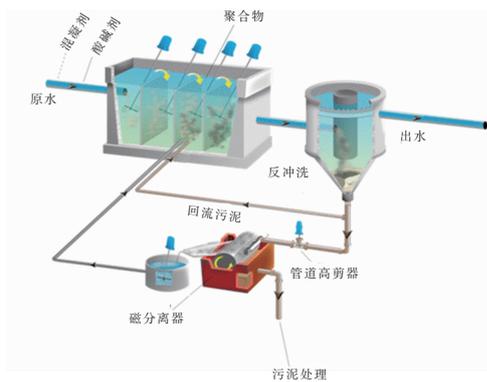


图1 SediMag™磁絮凝沉淀技术工艺流程

Fig. 1 Flow chart of SediMag™ magnetic sedimentation technology process

SediMag™磁絮凝沉淀技术主要分为磁絮凝反应系统、高效澄清系统、药剂投加系统以及磁粉回收系统等。其中整个磁絮凝反应系统停留时间为6 min,高效澄清系统有效停留时间为10 min,系统从进水到出水不超过20 min。其中高效澄清系统表面负荷取值高达 $20 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 以上,而常规化学除磷系统沉淀池表面负荷一般取值在 $0.5 \sim 1 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 之间,使得高效澄清系统占地面积缩小20倍以上。

SediMag™磁絮凝沉淀技术的主要优点有:①沉淀速度快,絮体静置沉降速度 $\geq 40 \text{ m/h}$ 。②表面负荷高[高达 $20 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 以上],占地面积小(沉淀池占地面积缩小20倍以上)。③有效优化药剂投加量,减少药剂投加量最高达15%。④污泥浓度

高,由于污泥在磁粉作用下压缩,污泥浓度最高可达到3%以上。⑤出水效果好,悬浮物和总磷可有效控制在一级A标准以内。

SediMag™磁絮凝沉淀技术之所以能够实现以上能力的提升,主要是由于该工艺在系统反应过程中投加了磁粉,磁粉主要起到以下作用:① SediMag™磁絮凝沉淀技术在常规混凝沉淀中投加了磁粉,而磁粉的密度为 $4.5 \sim 5.0 \text{ g/cm}^3$,磁粉能够与混凝絮体结合,从而大大增加了混凝絮体的密度,加快了混凝絮体的沉淀速度,磁粉随混凝絮体沉淀于高效沉淀池底部。②磁粉表面经过处理后具有物理吸附和电荷吸附作用,可以进一步去除水体中的污染物质。③磁粉的表面是 Fe_3O_4 ,无序排列(Fe_3O_4 分子有序排列即形成磁铁),磁粉本身无磁性,但可以导磁,或者能够被磁铁吸引。④磁粉的作用不仅仅是重力帮助的物理作用,同时也由于微观下磁粉表面的微磁场作用,可能对有机磷去除的化学反应有催化作用。

磁粉与絮体在显微镜下的结合情况见图2。



图2 显微镜下磁粉和絮体的结合情况

Fig. 2 The ballasts' flocculation under microscope

SediMag™磁絮凝沉淀技术尤其针对除磷工艺可以大大优化药剂投加量,传统絮凝沉淀工艺由于絮体轻不易沉降,所以不进行化学污泥回流。SediMag™磁絮凝沉淀技术在系统中增设污泥回流系统,其污泥回流后,仍然可以在澄清池中高速沉降,不会受到影响。而污泥回流主要起到的作用有以下两方面:①增强絮凝效果,沉淀后的污泥仍然具有一定的絮凝效果,可以有效减少絮凝剂的投加量。②污泥中的成分可以继续降解废水中的 PO_4^{3-} ,如投加PAC后, Al^{3+} 不会完全和 PO_4^{3-} 发生反应生成 AlPO_4 ,而是有一部分与水体中的碱度发生反应生成了 $\text{Al}(\text{OH})_3$,而 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 回到系统前端与 PO_4^{3-} 仍可发生反应,生成 AlPO_4 和 OH^- ,从而大大节省药

剂投加量。

2 SediMag™ 磁絮凝沉淀技术的应用实践

SediMag™ 磁絮凝沉淀技术应用范围很广, 非常适合于去除水体中的 TP、SS、重金属, 以及石油类物质。特别适合于污水处理厂提标改造、工业废水深度脱磷、重金属废水处理、石油采出水回注及黑臭河道治理等。

① 污水处理厂提标改造

现行污水处理厂多以生化处理系统为主, 物化处理一般只作为深度处理或者一级强化处理进行。SediMag™ 磁絮凝沉淀技术用于市政污水处理厂提标改造, 不仅可以有效控制出水 TP, 还可以大大降低出水 SS 指标, 其在市政污水厂提标改造中可有效控制 $TP \leq 0.5 \text{ mg/L}$ 、 $SS \leq 10 \text{ mg/L}$ 。

青岛即墨市污水处理厂主要负责处理当地的市政污水, 但由于周边印染企业繁多, 而印染企业排放的废水大都直接送至该污水处理厂, 导致污水厂运行负荷长期饱受压力, 出水指标一直未能正常达到排放要求。由于现场用地极其有限, 在厂区东南角仅有可用占地不到 $1\,500 \text{ m}^2$, 选用常规深度处理无法满足现有场地限制以及出水要求。该污水处理厂经过了小试、中试等, 最终选择了占地小、出水效果极佳的 SediMag™ 磁絮凝沉淀技术作为深度提标改造的工艺, 中试数据见表 1, 施工图见图 3。

表 1 即墨市污水处理厂中试数据

Tab. 1 Pilot effluent quality of Jimo WWTP

$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

| 项 目 | SS | TP |
|-----|---------|-------------|
| 进水 | 16 ~ 43 | 0.8 ~ 1.6 |
| 出水 | 1 ~ 17 | 0.02 ~ 0.55 |



图 3 即墨市污水厂 SediMag™ 磁絮凝沉淀系统施工现场

Fig. 3 Construction site of SediMag™ in Jimo wastewater treatment plant

该工程设计进水量为 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 占地为

$1\,350 \text{ m}^2$, 设计有效水力停留时间为 20 min, 沉淀池表面负荷为 $20 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$, 整体运行费用预计为 $0.09 \text{ 元}/\text{m}^3$ 。

② 工业废水深度除磷

工业企业很多由于生产工艺会产生高浓度的含磷废水, 以至于其采用生化处理工艺在控制好 COD 排放要求后, TP 仍然无法达标。相反, 物化处理在磷的去除方面有着很好的优势, 但传统絮凝沉淀技术其絮体一般较为松散, 沉降性差, 工程占地面积大, 且出水效果也较不稳定。采用 SediMag™ 磁絮凝沉淀技术是在除磷工艺上的技术突破, 不仅改善了常规物化除磷的弊端, 而且通过该技术的特有除磷方式, 达到了对总磷的进一步深度去除。

南京帝斯曼东方化工有限公司己内酰胺生产废水中含有大量的 PO_4^{3-} , 其前期采用的结晶除磷 + 生物 LUCAS 工艺处理后, 出水 TP 浓度仍无法达标, 出水达到 $25 \sim 30 \text{ mg/L}$ 。

该公司经过了大量的工艺筛选, 通过小试、中试等一系列前期技术调查试验, 最终 SediMag™ 磁絮凝沉淀技术凭借出水效果最佳、占地面积最小、系统运行最稳定等优点, 被选为其深度脱磷工艺。该系统工程现场见图 4。



图 4 南京帝斯曼东方化工有限公司 SediMag™ 磁絮凝沉淀系统工程现场

Fig. 4 Construction site of SediMag™ magnetic sedimentation system in DSM Nanjing Chemical Co. Ltd.

该系统采用 2 级 $6\,000 \text{ m}^3/\text{d}$ 的 SediMag™ 磁絮凝沉淀技术, 即 2 套 $6\,000 \text{ m}^3/\text{d}$ 的 SediMag™ 磁絮凝沉淀系统串联, 来保证系统出水能够稳定达到排放标准 ($TP < 0.5 \text{ mg/L}$)。该系统每组 $6\,000 \text{ m}^3/\text{d}$ 的 SediMag™ 磁絮凝沉淀系统主系统占地 45 m^2 , 设计停留时间为 20 min, 表面负荷设计为 $15 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。该工程于 2011 年投入使用, 至今稳定运行, 在

进水 TP 为 8.7 ~ 58 mg/L 的情况下,出水 TP 为 0.05 ~ 0.5 mg/L。

秦皇岛骊骅淀粉股份有限公司是农业产业化国家重点龙头企业、中国淀粉糖行业前 20 强企业、中国食品行业百强企业。其淀粉深加工生产工艺产水含有高浓度的 COD 和 PO_4^{3-} , 该企业采用 EGSB + A^2O 可以有效降解 COD 和氨氮,但是其出水 TP 高达 20 ~ 40 mg/L,无法达到排放标准。

该公司经过多项技术调研,为保障该公司废水能够稳定达到当地的排放要求,选择了 SediMag™ 磁絮凝沉淀技术(见图 5),有效解决了出水 TP 不达标的问题。该系统设计处理水量为 12 000 m^3/d ,占地仅为 105 m^2 ,整体运行费用为 0.35 元/ m^3 。该系统在进水 TP 为 26 ~ 39 mg/L 的情况下,出水 TP 为 0.09 ~ 4.67 mg/L。



图 5 秦皇岛骊骅淀粉股份有限公司废水处理 SediMag™ 磁絮凝沉淀深度除磷工程现场

Fig. 5 Construction site of SediMag™ magnetic sedimentation system in Qinhuangdao Lihua Starch Co. Ltd.

3 应用现状及前景

SediMag™ 磁絮凝沉淀技术沉降速度快,占地面积小,磁粉高效且可回收使用,并有效降低药剂量,更重要的是其在除磷和去除 SS 方面有着无法比拟的优势。在同等占地面积下,其处理效率能提高 10 ~ 20 倍,节省药剂量可以达到 5% ~ 15%,出水效果也远远优于常规技术。

SediMag™ 磁絮凝沉淀技术可以通过集成做成模块化或移动式处理装置,满足了个别污水处理项目需要快速组装和移动的需求。同时,也可以在原有污水处理基础上进行改造,方便并可充分利用原有设施,节省大量资金投入。

SediMag™ 磁絮凝沉淀技术现已大量应用在污水处理厂提标改造、废水深度除磷、重金属废水治理、黑臭河道治理以及油田回注水处理等方面。尤其是在污水处理厂提标改造以及废水深度除磷方面的工程实践效果极佳,运行稳定,出水效果优良,解决了提标改造的各项需求。相信随着污水处理要求的不断严格,必将推动 SediMag™ 磁絮凝沉淀技术在市场上的应用。

参考文献:

- [1] 安海燕,康宏,徐涛,等. 城市污水 Al 盐化学除磷的试验研究[J]. 新疆环境保护,2012,34(2):16-20.
- [2] 吕亚云. 污水化学除磷处理技术[J]. 河南化工,2010,27(8):45-45.



作者简介:霍槐槐(1985 -),男,山东聊城人,大学本科,青岛洛克环保科技有限公司总经理,具有丰富的磁絮凝沉淀技术的设计、工程实施、项目运营以及企业管理经验。

E-mail: huohuaihui@126.com

收稿日期:2016-07-12