

典型的高效混凝与沉淀工艺

吕 尤¹, 李 星¹, 俞 岚², 杨艳玲¹

(1.北京工业大学建筑工程学院, 北京 100124; 2.宜兴市建邦环境投资有限责任公司, 江苏宜兴 214200)

摘 要 由于我国饮用水水质标准的提高, 典型高效混凝沉淀工艺近年来被广泛应用于水处理领域。该文着重对利用该工艺研发出来的、具有典型特点的三种国外典型沉淀池的工艺流程及技术特点进行了说明, 并针对已有给水处理工艺需要进行提标改造的现状, 提出了将典型高效混凝沉淀工艺应用到已有常规工艺升级改造的初步方案, 为今后我国常规水处理工艺的升级改造, 达到新版饮用水国标提供了技术和工艺方面的支持。

关键词 高效混凝沉淀 Densadeg 高密度沉淀池 Turbo-LME 高速沉淀池 Actiflo 高效澄清池

中图分类号 :TU991.2 **文献标识码** :A **文章编号** :1009-0177(2012)01-0038-04

Typical Technological Processes and Facilities of High Efficient Coagulation and Sedimentation

Lü You¹, Li Xing¹, Yu Lan², Yang Yanling¹

(1.College of Civil Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China;

2.Yixing Jianbang Environmental Investment Co., Ltd., Yixing 214200, China)

Abstract According to the fact that the drinking water quality standards in China is improving, a typical efficient coagulation sedimentation process used widely recent years. Descriptions of three typical efficient coagulation sedimentation tanks based on the process were presented in the paper. According to the improving and reconstructing of existing drinking water treatment process in China need, preliminary program about the application of this process in improving the existing regular process in our country were proposed to provide technical support in this regard to achieve the new standards of drinking water.

Keywords efficient coagulation-sedimentation densadeg high-density sedimentation tank Turbo-LME high-speed sedimentation tank Actiflo high-efficient sedimentation tank

随着我国经济的快速发展,我国饮用水水源水也遭受着日益严重的破坏,水体水质恶化,而随着人们生活水平的提高,人们对饮用水水质要求也越来越高。我国于2006年颁布了新的《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006),对水厂出水水质要求更加严格,增加了水处理的难度和复杂性。面对如此严峻的水处理现状,现有的常规饮用水净化工艺很难满足高标准的水质要求,但我国现阶段仍有超过90%的饮用水处理工艺采用的是常规水处理工艺。因此,如何升级改造或改善常规处理工艺的效能是我国水处理领域如今亟待解决的技术难题。

常规的饮用水处理工艺包括:混凝、沉淀、过滤、消毒。混凝过程是给水处理工艺中最关键的部分,其处理效果的好坏直接影响后续单元的处理效果,所以混凝过程一直是业内研究和应用的焦点之一。改善和强化混凝过程是提高饮用水处理效果的

最重要的途径之一。在这方面,国内外已经开展了多种技术的研究和应用,其中在原水中投加泥液、污泥、微砂等物质,提高原水混凝过程所需的载体数量,是提高混凝速度、改善絮凝体凝结程度、提升低温低浊水体处理效果、提高污染物去除率的有效方法^[1-4]。在多年前研究人员和水厂就已经在低温低浊的原水中投加泥液,以增加胶体颗粒与混凝剂的反应速度,提高混凝效果。近年来国外在这方面取得了比较大的进展,研发和应用了多种介质添加方式的强化混凝工艺,具有代表性的主要是法国得利满公司的 Densadeg 高密度沉淀池、德国帕萨旺-洛蒂格公司的 Turbo-LME 高速沉淀池、法国威立雅公司的 Actiflo 高效澄清池^[5]等。上述工艺在国外已经应用多年,近年来在国内的多个水处理领域也逐步得到应用。由于我国的水源水质多样,污染程度较重,国内尚没有建立相关的行业设计规范、标准等,该工艺在实际应用过程中还不能得以大规模推广。针对我国的水质情况和处理工艺现状,有必要对这些典型高效混凝沉淀工艺的工程设计特点和适用

[收稿日期] 2011-09-25

[作者简介] 吕尤(1986-)男,硕士研究生,研究方向为给水处理。联系电话:15801263977 E-mail:lvyou860823@126.com。

性进行对比和分析。

1 典型高效混凝沉淀工艺的原理及特点

典型高效混凝沉淀工艺主要是向原水中定量地投加可以改善混凝效果的颗粒介质(例如沉淀池沉淀污泥或微小砂粒等),增加原水中的悬浮物浓度,增大反应速率,缩短反应时间,同时利用污泥(微砂)作为絮凝核心,形成密实的、具有良好沉降性能的絮凝体,以提高对水中浊度的去除效果;二是利用机械搅拌替代水力搅拌,使得混合、反应阶段的混合强度和水利条件可以根据实际情况进行调控,以维持最佳混凝条件;三是采用斜管(斜板)沉淀工艺提高沉淀效率。此技术与常规工艺相比,具有更短的反应沉淀时间、更大的水力负荷、更好的除浊效果、更高的污泥浓度,可以大幅度地节约占地面积,同时显著地提高了对原水水质的适应性和抗冲击负荷能力,还可以有效应对突发污染。目前,利用该工艺研发出来的沉淀池型有多种形式,其中 Densadeg 高密度沉淀池、Turbo-LME 高速沉淀池、Actiflo 高效澄清池在国际水处理领域具有应用时间长、涉及范围广、工程实例多等特点,故上述池型在典型高效混凝沉淀工艺的应用池型中具有很强的代表性。因此,本文将以上述三种国外典型沉淀池为例,说明典型高效混凝沉淀工艺的工艺流程及技术特点。

1.1 Densadeg 高密度沉淀池的工艺流程及技术特点

Densadeg 高密度沉淀池在混凝段增设了导流筒,精简了池体结构,其主要由混合池、反应池、预沉池及沉淀-浓缩池组成。Densadeg 工艺流程如图 1 所示。

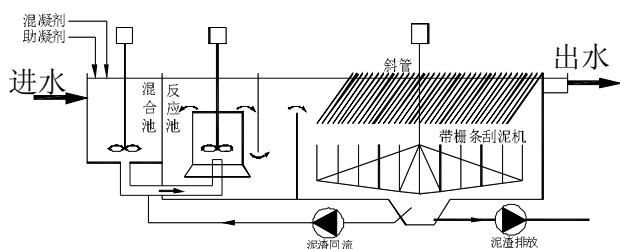


图 1 Densadeg 高密度沉淀池水处理工艺流程图

Fig.1 Drinking Water Treatment Process Flow Chart of Densadeg High-Density Sedimentation Tank

原水先进入混合池,在混合池中投加混凝剂和助凝剂进行充分混合后进入反应池。反应池利用导流筒将该池分成两个部分。导流筒内部设置轴流叶轮提升形成较强的水体流速,使加药后的原水充分

反应,并与回流污泥充分混合接触,以增加反应速度,缩短反应时间;导流筒外部则形成推流式反应过程。内外的水体流速有一定差异,为絮凝体形成和成长提供了良好的水利条件,强化了混凝条件,确保形成的絮凝体增大、密实,增强了其分离性能。充分反应的原水进入到沉淀池后,通过斜管原水中的絮体得以有效分离。沉淀池的部分污泥通过刮泥机收集到污泥斗,再利用污泥循环泵输送到反应区,参加混凝过程。

该工艺的特点是采用沉淀池的浓缩污泥作为回流介质。将沉淀浓缩后的污泥回流到进水端的方法,对水中颗粒物粒径单一、分布稳定难于处理的低浊水体的混凝处理尤为有效。利用回流污泥,丰富了水中颗粒物的级配,并利用自身的吸附性能,帮助胶体颗粒脱稳,提高混凝效果,增加矾花密实程度。Densadeg 高密度沉淀池的上升流速可达 $20\sim 40\text{ m/h}^{[6]}$,混凝过程水力停留时间缩短为 $9\sim 15\text{ min}$,浓缩污泥浓度高达 $20\text{ g/L}^{[7]}$ 。同时,回流污泥由该工艺自身运行产生,无需额外投加,不但提高了处理效率,还降低了投药量、减少了运行成本。正因如此,Densadeg 高密度沉淀池适用于占地面积紧张、工程造价费用低以及对现有水厂进行优化改建等水处理领域。由于我国各地区的水体水质不尽相同,该工艺在实际运行中还存在污泥成分及污泥浓度不易掌控,回流比需要调试设定等不足之处。

1.2 Turbo-LME 高速沉淀池的工艺流程及技术特点

Turbo-LME 高速沉淀池由前部的反应区、中部的熟化区、后部的沉淀区和浓缩区以及外部的加药区和循环污泥区组成。Turbo-LME 工艺流程如图 2 所示。

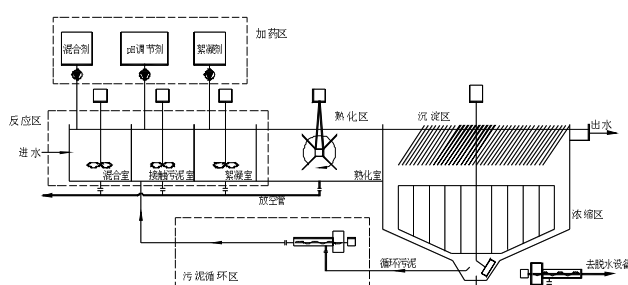


图 2 Turbo-LME 高速沉淀池水处理工艺流程图

Fig.2 Drinking Water Treatment Process Flow Chart of Turbo-LME High-Speed Sedimentation Tank

原水进入反应区,向反应区中的不同室体投加混凝剂、pH 调节剂和接触污泥、絮凝剂,并通过三个反应室内搅拌器搅拌使原水与投加物质混合、反应。

充分反应的原水进入熟化区,熟化区卧式搅拌器的低速运行及较大的池体设计,为矾花的长大提供了稳定的流态,并起到保护矾花的作用,为后续的沉淀过程提供了有利的水力条件。沉淀区安装了斜板沉淀装置,在水流向上流动的过程中,絮体将被沉淀装置截留,最终沉淀到浓缩区。经过斜板装置的水流通过溢流堰板进入到集水槽之后排出池体。来自沉淀区的污泥,在浓缩区中通过刮泥机汇集并浓缩之后进入到污泥斗。污泥斗中的循环污泥通过污泥循环泵回流到反应区,起到强化混凝,提高抗冲击能力的作用。外排污泥通过污泥泵从浓缩池底部输送至脱水间进行脱水处理。

该工艺通过对混凝、沉淀、浓缩等方面的优化,改善了斜板沉淀池的运行环境,增强了设备的抗冲击能力,极大地提高了工艺的处理效率。该工艺的特点:一是通过污泥系统将回流污泥投加到混凝段,回流污泥作为新的絮凝中心,不但提高了絮凝效果,还减少了混凝剂投加量,从而降低了运行成本,而且由该工艺处理过程中产生的回流污泥对原水水质有良好的适应性,即使进水水质、水量发生变化,该工艺也能保证一定的出水水质;二是利用池体空间的分隔将混凝段进行功能分区,利用不同转速的机械搅拌器提供混凝阶段不同时期所需的速度梯度,从而强化了混凝反应。并且可以对不同的进水水质、水量做出快速反应,以满足后续的处理要求。上述特点特别是对低浊水或者高浊水这种投加药剂在水中不易扩散,混凝过程难以反应充分,以及进水量、水质经常发生变化的处理类型尤为有效。Turbo-LME 高速沉淀池混凝过程的水力停留时间为 12~15 min,浓缩污泥含固率可高达 6%~25%^[6]。该池型可应用于自来水、工业废水、雨水、水体软化等水处理领域。由于该工艺搅拌设备较多,机械设备成本在总成本费用中所占比重较大。

1.3 Actiflo 高效澄清池的工艺流程及技术特点

Actiflo 高效澄清池由混凝池、投加池、熟化池、斜管(板)沉淀池以及微砂循环和污泥排放系统组成。Actiflo 工艺流程如图 3 所示。

原水先进入到混合池,在搅拌器的高速搅拌下与混凝剂快速混合后进入到投加池。在投加池中加入高分子絮凝剂和直径在 100~150 μm 的细石英砂^[9],为胶体颗粒提供有效的絮凝中心。在熟化池中通过搅拌器的慢速搅拌,使絮凝过程形成的矾花进一步变得密实,提高混凝效果,为后续斜管(板)沉淀池沉淀絮体提供良好基础。充分混凝后的原水进

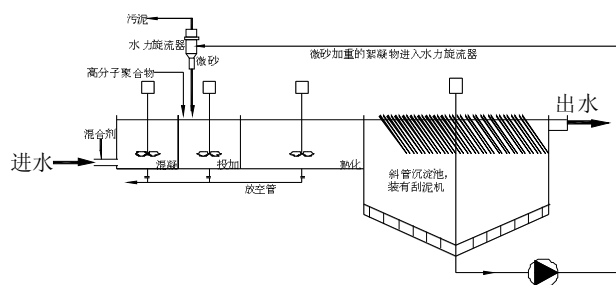


图 3 Actiflo 高效澄清池水处理工艺流程图

Fig.3 Drinking Water Treatment Process Flow Chart of Actiflo High-Efficient Sedimentation Tank

入到沉淀区,利用斜管(板)高效的沉淀功能使固液得以分离,澄清水通过集水槽排除池外,含有微砂的污泥沉淀于池底,通过刮泥机浓缩于沉淀池底部中央区域。其中部分污泥通过微砂循环泵回流到水力旋流器,分离出来微砂继续投加到投加池,以此达到连续强化絮凝的作用。

该工艺的特点是向原水中投加微砂。微砂在水中不但利用其较大的比表面积起到凝结中心,强化絮凝的作用,而且微砂还增加了絮体的密度,加快了絮体的沉淀速度。Actiflo 高效澄清池的上升流速可以高达 80~120 m/h^[10],池体的混凝停留时间为 15 min 左右^[11],污泥回流率一般控制在处理水量的 3%~6%左右,回流污泥通过水力旋流器分离出来的微砂约占回流量的 10%~20%左右。该池体适用于海水淡化、污水处理、优质安全供水保障系统的前处理等水处理领域^[12],但该工艺在实际运行生产中会有砂体流失,所以在运行过程中要定期进行补砂^[13],同时,由于微砂的引入使得回流微砂的管道也要做耐磨、防堵的处理^[14],这在一定程度上增加了运行成本及管理难度,对于技术和管理相对薄弱的水厂应慎重考虑。

1.4 常规处理工艺的升级改造

通过分析发现,典型高效混凝沉淀工艺具有处理效率高、沉淀速度快、占地面积小、适应性强和抗冲击负荷能力高等特点,特别适用于我国现阶段水处理领域中低温低浊、水质短时间波动幅度大、遭受突发污染可能性高的水体以及旧水厂提标改造等;并且从上述三种池体的工程实例的应用领域可以看出,该工艺可以应用于饮用水、生活污水、工业废水和雨水等多种水处理领域^[15-18],因此,该典型水处理工艺具有广泛的适用性和较广的应用空间。

我国目前拥有的自来水厂中大多数水厂的出水水质无法满足新版《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006),如果对水厂进行重新建设,则要浪费

大量的人力物力,所以利用现有的常规水处理工艺进行升级改造,特别适合我国的国情,是给水厂的水质尽快达到《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)的重要途径。

在现有常规水处理工艺中,可以利用隔板或者导流墙将常规反应池改造成混合池、反应池、熟化池,并增设必要的机械搅拌设备,也可以在反应池中增设导流筒。在常规的沉淀池中增加斜管(斜板),改善沉淀分离性能。作为典型高效混凝沉淀工艺的核心部分的污泥回流,可以通过在沉淀池外部增设污泥循环系统(污泥循环泵),将污泥斗中的沉淀浓缩污泥直接投加到常规水处理工艺的混合设备中,强化混凝效果;对于没有大污泥斗的沉淀池排泥,可以先将其输送到浓缩池或其他外部浓缩设备,然后再回流到混合池中。

对现有常规工艺的升级改造可以根据处理工艺流程的实际情况分步、分阶段开展:首先进行部分污泥的回流,同时调节混凝剂的投加方式及投加量,以有效改善混凝效果,然后再逐步改造和增加其它设施。这样很适合一些经济条件较差的水厂在短期内显著提升处理效果,并且从一定程度上弥补由于我国不同地区的发展和差异造成的技术、经济不均衡的现象。

从现有的工程实例可以看出,利用典型高效混凝沉淀工艺建设的水处理构筑物与其他水处理构筑物之间具有良好的衔接性。例如采用“高密度沉淀池+V型滤池”处理工艺,处理污水厂二级出水,不但工艺运行稳定,而且出水水质完全满足回用水的设计标准^[19],还有将高密池与 BIOFOR 联合使用,不但显著的节约了占地面积,而且出水水质好、适应性强^[20]。因此,将该工艺运用于水厂的改造,只要选取适宜的设计方案,并不会对后续的水处理工艺产生负面影响,相反可以有效地提高出水水质,节约建设成本。

2 结语

我国《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)即将在 2012 年全面实施,但是我国的大多数给水厂仍在采用常规处理工艺,如何在短期内有效改善水处理效果,是亟待解决的技术和工程难题。以最小的投资、最快的速度对现有工艺进行分步升级改造是一个有效的途径,其中强化常规工艺的混凝沉淀效果是最佳方式之一。本文介绍的典型高效混凝沉淀工艺可以在不改变现有常规工艺主体构筑物

的基础上,实现混凝沉淀效果的显著改善,具有处理效率高、出水水质好、适应性及抗冲击负荷能力强、操作灵活、工程占地面积小、管理方便等优点,很适合我国原水水质复杂、技术力量薄弱、资金短缺的特点,是短期内快速提高水质,满足新版国标的有效途径。

参考文献

- [1] 罗九鹏,孙力平,陈旭,等.低温低浊水处理技术[J].水工业市场, 2010 (9):73-76.
- [2] 刘继平.污泥回流法处理低温低浊水的试验研究[J].给水排水, 1995 (1):12-15.
- [3] 胡万里.混凝·混凝剂·混凝设备[M].北京:化学工业出版社, 2001:117.
- [4] 王绍祥,陈蓓蓓,倪国文,等.长江青草河水源和黄浦江水源混合原水的混凝沉淀处理工艺[J].净水技术,2010,29(6):24-27,79.
- [5] 罗启达,周克明,陈伟,等.ACTIFLO——一种新型高效水处理澄清工艺[J].净水技术,2005,24(4):38-41.
- [6] 谢钦.高密度澄清池工艺简介[J].给水排水, 2006 (32(增刊)):38-39.
- [7] 蒋玖璐,李东升,陈树勤.高密度澄清池设计[J].给水排水, 2002 (28(9)):27-29.
- [8] Günter von Hagel, Norbert Berienbach, Gerhard Werner. PROCESS AND APPARATUS FOR THE CHEMICAL-MECHANICAL TREATMENT AND PURIFICATION OF GROUND WATERS, SURFACE WATERS AND EFFLUENTS[J]. US Patent, 1983,(06):54.
- [9] 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(6)):55-57.
- [10] 龚卫俊,郑燕,吴志超.ACTIFLO®高效沉淀工艺用于污水处理[J].中国给水排水, 2005 (21(10)):104-106.
- [11] 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.
- [12] 周云,王海亮.上海世博园优质安全供水[J].净水技术, 2010 (29(3)):1-2.
- [13] 韩德宏,张金松.国外水务技术与管理[M].北京:中国建筑工业出版社, 2009,27.
- [14] 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.
- [15] 戴婕,周云,孙坚伟,等.上海世博园(浦东区)优质安全供水技术研究[J].给水排水, 2009 (35(5)):9-11.
- [16] 由小卉,平文凯,陈晓华.ACTIFLO®高效沉淀工艺在 CSO 处理中的应用[J].中国给水排水, 2010 (26(20)):49-58.
- [17] 周军,李钟珮,王晏,等.高效澄清池(DENSADEG)用于老水厂工艺改造[J].中国给水排水, 2008 (24(18)):40-46.
- [18] 蒋玖璐,李东升,陈树勤.高密度澄清池设计[J].给水排水, 2002 (28(9)):27-29.
- [19] 张志军.高密度沉淀池/V型滤池工艺再生水厂的设计与运行[J].四川林勘设计, 2010 (3):79-82.
- [20] 吴建磊.污水处理新工艺—DENSADEG+BIOFOR[J].中国给水排水, 2003 (19(1)):103-104.