第24卷第1期 水资源与水工程学报 Vol.24 No.1
2013年 2月 Journal of Water Resources & Water Engineering Feb.,2013

平流沉淀池升级改造技术与应用

刘建胜[1]，宋桃莉[2]，伊学农[2]
（1.莱芜市自来水公司，山东 莱芜 271100；2.上海理工大学 环境与建筑学院，上海 200093）

摘　要：以莱芜市某水厂升级改造项目为基础，针对原水中藻类超标、水厂超负荷运行、滤池反冲洗周期短以及出水嗅味重等问题，提出了将平流沉淀池升级改造为气浮斜管复合池，并对气浮池和斜管沉淀池的改造设计要点进行了详细叙述。改造后水厂实际运行结果表明：将平流沉淀池升级改造为气浮斜管复合池可在一定程度上解决含藻水及超负荷运行的问题，并为类似实际工程提供技术数据和参考。

关键词：微污染地表水；藻类水；气浮池；斜管沉淀池
中图分类号：TU991　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1672-643X(2013)01-0189-03

Technique and application of upgrading reconstruction for horizontal – flow sedimentation tank

LIU Jiansheng[1]，**SONG Taoli**[2]，**YI Xuenong**[2]
(1. *Laiwu Water Supply Compang*, *Laiwu* 271100, *China*; 2. *School of Environment and Architecture*, *University of Shanghai for Science and Technology*, *Shanghai* 200093, *China*)

Abstract: Based on the project of upgrading reconstruction on waterworks in Lai Wu, the hybrid tank of floatation and tube settling was applied to reconstruct the horizontal – flow sedimentation tank for the problem of algae concentration in source water exceeding standard, overloading running, shortened backwashing interval of filter and increased bad odor of outflow. Some main points related to the design of floatation and tube settler were stated. The operation results after reconstruction show the problem of algae – laden water and over-load running can be solved by the hybrid tank in some degree, which provides technology information for real engineering.

Key words: micro – polluted surface water; algae – laden water; floatation tank; inclined – tube settler

莱芜市某水厂建于1996年，是莱芜市三大水厂之一，其设计水量是2.5万m^3/d，水源取自附近水库，水库周围是农田和村庄。目前，该水厂存在的主要问题主要有：原设计能力不足，水厂超负荷运行，产水量低，供水不能满足城市居民需求；其次，水库周围农田施肥和村庄生活污水的排放，造成水库水受污染，引起藻类大量繁殖，原水中含有大量藻类，厂无法正常运行，滤池堵塞现象严重、工作周期缩短以及出水有嗅味等，因此急需对水厂进行改造。

1　水厂现状分析

目前，该水厂采用的是传统的地表水处理工艺，由进水、反应池、沉淀池、过滤、消毒这几部分构成。对各处理过程进行分析，沉淀池出水浊度偏高，甚至含有残留的藻类，未经去除的藻类随水流进入滤池，造成滤料层堵塞，滤池工作周期缩短，产水量又进一步减少；同时，出水带有很重的嗅味；藻类腐烂释放的藻毒素是一种强烈的肝毒素，危害人类身体健康。针对上述问题，根据原水水质的特点，要想获得较好的处理效果，关键在于提高沉淀池出水水质，降低滤前水中的藻浓度，进而提高整个水厂的出水水质和水量。

水厂原沉淀池采用平流式，其工艺如图1所示。原平流沉淀池共2座，单池尺寸$L \times B \times H = 78\ m \times 4.45\ m \times 3.2\ m$，单池处理处理水量1.25万$m^3/d$，两池并联运行。

沉淀池进水在池子一端的二次配水槽，经沉淀后由后端的指形出水槽汇集至末端的排水渠；排泥采用的是行车式吸泥机；原沉淀池的水力负荷约1.5 $m^3/(m^2 \cdot h)$，产水量较低；此外，在增加混凝剂的基础上，絮体量虽然增大，但对沉淀效果增加并不显著，仍有部分絮体无法沉淀。原因是絮体中掺有藻类，密度减小，不易沉淀。因此，决定将平流沉淀池改造成

收稿日期：2012-10-29；　**修回日期**：2012-11-28
作者简介：刘建胜(1965-)，男，山东莱芜人，工程师，研究方向：水处理技术。
通讯作者：伊学农(1962-)，男，山东高密人，博士，副教授，研究方向：水资源处理与利用，管网优化与管理。

气浮斜管复合池。

2 气浮与斜管沉淀技术

目前主要的除藻技术主要有工程除藻（如气浮、过滤、机械打捞、超声、电场等）、化学除藻（如助凝剂、二氧化氯、高锰酸盐复合剂等）、生物除藻（如酶处理、藻类病原菌、病毒控制等）等[1]。气浮处理含藻水技术在国内已广泛应用。气浮除藻克服了藻类密度小、絮体不易沉淀的困难。此外，兼有向水中充氧曝气的作用，还能去除一定量的溶解性有机物，并且除色、除味效果优于沉淀法，特别适用于受污染的水原水的处理[2]。气浮法除藻效果显著，但此方法也存在一定的不足，例如，耗电量较高；收集的藻渣较难处理；运行费用高；释放器易堵塞；气浮池周围环境差等[3]。

沉淀法有普通沉淀、斜板沉淀和斜管沉淀，其中以斜管沉淀的效率最高，水力负荷最大，上向流斜管沉淀池负荷一般在 5.0 ~ 9.0 $m^3/(m^2 \cdot h)$之间，并具有停留时间短、占地面积小、投资和运行费用低等优点，因此常用于老水厂改造工程。将平流沉淀池的一部分改为斜管，可提高水厂的沉淀池的沉淀效率和产水量。

沉淀池改为气浮和斜管沉淀复合池，将气浮池设置在前半部分，后半部分为斜管沉淀池。温度较低，基本无藻类繁殖的情况下，絮体较重，可通过沉淀法去除，因此可单独运行斜管沉淀池。此时，絮凝池的出水可直接流经气浮池，气浮池停用，但开启刮渣吸泥机，此时的气浮池相当于普通沉淀池，减轻了斜管沉淀池负荷；在温度较高的春、夏季，藻类繁殖旺盛，原水藻浓度高，絮体不易沉淀并带有嗅味，气浮池和斜管沉淀池需同时运行，通过气浮去除不易沉淀的藻类；通过斜管沉淀增加水力负荷，整个池子处理水量得到提升，同时提高了出水水质。

3 平流沉淀池升级与效果分析

将原平流沉淀池改造成气浮斜管复合池，两池并联运行。

3.1 气浮池的设计

气浮池的主要包括溶气系统、溶气释放系统、接触室、排泥等。原沉淀池的排泥方式保留，现对气浮池改造的主要部分叙述如下。

（1）溶气系统。经计算，现将原沉淀池的前 38 m 改成气浮池，气浮池宽为原沉淀池宽。气浮的溶气系统选用的是 GFA 型，共 2 套，主要包括压力溶气罐、回流水泵、空压机、机架等部分。压力溶气罐内选用的是抗腐蚀能力强的瓷质拉西环填料，可承受的溶气压力是 0.4 MPa，空压机最大压力是 0.7 MPa，气量为 0.4 m^3/min。

（2）溶气加压方式。气浮池采用部分回流加压溶气的方式，回流比为 10%，溶气水用量约为 87.5 m^3/h。气浮与斜管两部分是串联在同一池中运行，因此加压溶气水直接采用斜管沉淀池末端出水，而非常规的气浮池出水。溶气水更为澄清，对溶气和减压释放过程更为有利，减少对压力罐和溶气释放器等设备的损害。

（3）溶气释放系统。溶气释放器为 TV－3 型，铜质，共需 32 个，单座 16 个，分两排均匀布置在气浮池前端的接触室内，接触室长 4.45 m，宽 2 m。气浮池为了满足产水量要求，接触室上升流速取 30 mm/s，超出了国家设计规范，这主要是局限于原平流沉淀池的过大的长宽比，停留时间 110 s。

（4）排泥方式。原平流沉淀池采用的是行车式吸泥机吸泥，由于改造后气浮设备有时会根据进水水质停用，用作普通沉淀池，此时也要考虑到排泥的问题。现将原排泥设备改造为刮渣吸泥机，即保留原排泥系统，只在原吸泥机的水面部分增加两刮渣板，用于刮去藻渣。吸泥机运行时，一方面吸泥机将池底的沉淀吸入排泥槽，最后通过排泥槽排走；另一方面，挡板将漂浮于水面的藻渣刮入气浮池前端的排渣槽，最终一并汇入排泥槽。排渣槽设在气浮池的最前端，沿沉淀池宽度方向布置，采用不锈钢材质，长 4.45 m，宽 0.4 m，深 0.5 m，原沉淀池排泥槽留用。改造后的气浮池构造图如图 2 所示。

3.2 斜管沉淀池的设计

沉淀池的后 40m 改为斜管沉淀池，共 2 座，并联运行。为了解决原沉淀池负荷低，产水量少的问题，现将斜管沉淀池的表面负荷增加至 6 $m^3/(m^2 \cdot h)$，总产水量增至 4 万 m^3/d。经计算，斜管沉淀池的长为 32.8 m，宽 4.45 m，深 3.2 m。

（1）配水区。气浮池与斜管中间只设置一道隔墙，处理水由气浮池底部直接进入斜管沉淀池，采用上向流。由于该段沉淀池配水区长度过长，若采用一般的穿孔墙，并不能保证沉淀池配水均匀，因此改用穿孔管配水，沿沉淀池长度方向布置。由水力学分析可知，沿水流方向穿孔管上存在着一定的水头损失，因此不同位置的两个等孔径孔口的流量是不可能相等的[4]。为解决这一问题，现采用变间距的方法，以沿管段减少孔口间距使单位长度上的出水

流量相等[5],造价相对较低,操作简便。现采用变间距的方式,单池穿孔配水管共 52 根,根据孔间距的不同,每根管道均分成 3 段,每段长 11 m,斜向下 45°开孔,孔径 25 mm,最前段孔间距 220 mm,中间段 146 mm,末段 110 mm。

一般来说斜管沉淀池配水区的高度不少于 1.5 m,由于现状沉淀池原有尺寸的限制,深度不够,再加上结构的限制,设计的配水区的高度不足 1 m,但由于采用了穿孔管配水,基本达到配水的均匀性。

(2)排泥区。斜管沉淀池中,排泥量随着表面负荷的增大而增加,因此原先的吸泥机不再满足排泥要求,而改用穿孔排泥,以增加排泥量。原沉淀池池底水平,可直接于池底新建 V 型排泥槽,长度为沉淀池宽 4.45 m,边倾角为 45°,V 型排泥槽中铺设穿孔排泥管。穿孔排泥管管径 100 mm,两侧向下 45°开孔,孔径 20 mm,平均孔眼间距 300 mm。

(3)斜管区。斜管区采用正六边形的蜂窝状斜管,内切圆直径 25 mm,长度 1 m,60°倾角安装,聚丙烯塑料材质,共 256 m^3,斜管底部铺设钢筋网,使用 10#槽钢做支撑。钢筋网采用焊接方式连接,钢筋间距 0.5 m,槽钢间距 2.7 m,通过膨胀螺栓固定在池体上。

(4)集水区。随着沉淀池的负荷增加,出水量也将增加,集水槽汇水方式采用水力负荷更高的三角堰出水,以保证沉淀池出水时布水均匀、快速又不影响沉淀效果,并采用可调式三角堰。可调三角堰具有以下优点:受水面积大,出水负荷更高;耐冲击负荷强;施工难度低,维修方便。三角堰采用了集水槽,集水槽的水汇集后,流入沉淀池末端集水渠。集水槽沿沉淀池长度方向布置,宽度 0.5 m,长 33 m,深 0.7 m 用槽钢支撑。采用 90°三角堰板,固定在集水槽上。当来水量增大或减小时,可通过调节三角堰板的高度来控制出水,避免对后续处理造成冲击。改造后的斜管沉淀池如图 3 所示。

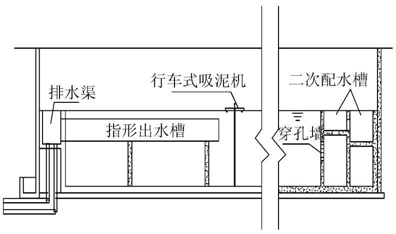

图 1　原平流沉淀池工艺图

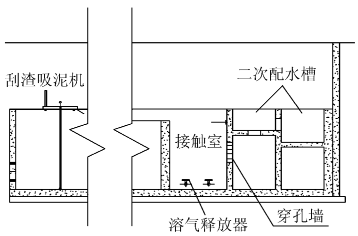

图 2　气浮池构造图

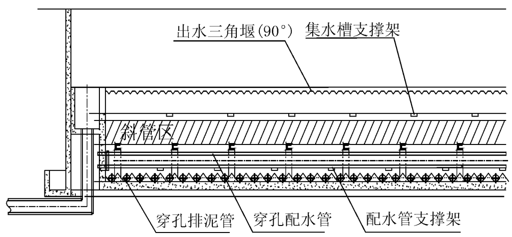

图 3　斜管沉淀池构造图

3.3　改造效果分析

莱芜市该水厂经改造后,运行效果良好,产水量提升至先前的 2 ~ 3 倍,出水水质稳定,出水中色度、浊度、嗅味等均达到国家饮用水标准。同时,滤池工作周期明显增大,斜管沉淀池的排泥量也通畅,排泥周期延长,工人劳动强度降低。

结合运行效果,此技术可归纳出以下优点:改造后水力负荷增大,产水量显著提高,满足了供水水量要求;整个改造是在原有沉淀池的基础上进行的,因此沉淀池的占地面积不发生变化,气浮与斜管两部分仅用一道隔墙隔开,前端为气浮池,后端为斜管沉淀,变成了气浮斜管复合池,改造简单易行;将沉淀池改造成复合池后,滤前水质明显改善,基本不含藻类絮体。滤池堵塞问题得到解决,滤池反冲洗周期延长。即使是藻类繁殖的旺期,水厂出水基本无嗅味,出水中藻类浓度也能低于标准。与常规斜管沉淀池相比,充分利用了气浮的功能,充氧条件下对色度、浊度以及溶解性有机物去除有一定的作用;另外,根据原水水质特点,可灵活组合运行气浮池和斜管沉淀池,操作简便。

4　结　语

平流沉淀池升级改造为气浮斜管复合池,不仅提升了处理规模,同时可以在一定程度上解决含藻类与微污染地表水处理的技术难题,解决了给水中原水藻类超标、滤池工作周期短等问题,也为去除微污染地表水的嗅味做出了一定贡献;本设计采用的技术和设计参数可靠,运行效果较佳,设计简单易行,具有较强的实际应用和推广价值。

参考文献:

[1] 蒋道松, 刘其城. 除藻技术新进展[J]. 常德师范学院学报(自然科学版),2000,12(1):25 - 31.

[2] 关伟平,潘东升. 给水厂斜管沉淀池的改造[J]. 工业用水与废水, 2000,31(1):5 - 6.

[3] 惠 强,赵玉智,景在安. 浅析自来水厂去除藻类污染工艺的比较[J]. 中小企业管理与科技, 2008(11):239 - 239.

[4] 严煦世,范谨初. 给水工程[M]. (第四版). 北京:中国建筑工业出版社, 1999.

[5] 杨海涛,完颜华,王志芳,等. 穿孔配水管异孔径开孔方法的探讨[J]. 环境工程, 2008,26(5):65 - 67 + 74.