

ACTIFLO⁺ 微砂加重絮凝斜管高效沉淀技术 ——北京第九水厂的沉淀池改造

冀宇喆¹, 徐 扬², 张素霞³, 刘永康²,
解乃菊³, 吴 勤¹, 邢晋武¹, 丁明亮¹, 陈晓华¹

(1. 威立雅水系统北京代表处, 北京 100027; 2. 北京市自来水集团有限责任公司, 北京 100031;
3. 北京市自来水集团有限责任公司第九水厂, 北京 100085)

摘 要: 针对北京市第九水厂原水低温、低浊及高藻类浓度的水质情况和出水要求, 综合考虑实际工程情况和远期水质状况, 采用法国 OTV 先进的 ACTIFLO⁺ 高效沉淀池工艺对九厂二期 A 处理线沉淀池进行改造, 改造后处理能力由原来的 $25 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 提高到 $34 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 工艺调试期间的运行记录表明, ACTIFLO⁺ 高效沉淀池对难处理的密云水库低浊度, 高藻类的原水有稳定且良好的处理效果。

关键词: ACTIFLO⁺ 高效沉淀池; 微砂; 斜板沉淀

1 ACTIFLO⁺ 工艺

沉淀技术是将可沉淀的悬浮物从水中分离出去的工艺。对每种悬浮物的沉淀都遵循了可计算悬浮物沉降速度的斯托克斯公式。对斜板沉淀池来说, 哈真速度和在沉淀池内的停留时间是计算沉淀池尺寸最常用的参数。但是, 每类斜板沉淀池都有镜向流速(表面负荷)和哈真流速的比率, 因此可以说斜板沉淀池的大小是根据镜向流速计算的。

通过投加混凝和絮凝剂可加速悬浮物的自然沉淀。在搅拌器的机械作用下, 通过投加混凝剂可以打乱水中胶体悬浮物的静电平衡。同样在搅拌器的机械作用下, 通过投加絮凝剂有利于悬浮物的附着并形成较重的絮体, 这样就更优化了沉淀。

在众多的沉淀技术中, ACTIFLO⁺ 沉淀技术结合了: a. 重力絮凝将悬浮物附着在微砂上, 然后在高分子协助剂的作用下聚集成易于沉淀的絮凝物。b. 斜板沉淀技术大大提高了水的循环速度, 因此减少了沉淀池底部的面积。

微砂絮凝和斜板(管)沉淀均以被法国 OTV 公司广泛运用, 这两种技术原理的相互结合大大加快了沉淀速度和减少了絮凝时间。

ACTIFLO⁺ 技术已被运用了数十年并被证明其工艺是行之有效和可靠的, 包括应用在以下这些通常被认为难于处理的特殊情况下: a. 河水由于洪水而会导致突发的浊度和悬浮物浓度的升高, 这种情况会在传统的沉淀工艺和污泥层工艺中引发问题; b. 低温而导致的絮凝困难; c. 原水中有高色度和低浊度而引发的轻微絮化; d. 藻类生长旺盛的原水。

和污泥床工艺不同的是, ACTIFLO⁺ 工艺的性能不会受到温度的快速改变而受到影响; 这点已经在加拿大的两个并列的全规模的实际运行设施(微砂加速沉淀对比污泥层沉淀)中得到证明。

与气浮工艺相比较, ACTIFLO⁺ 工艺具有良好的去除藻类的能力。在英国的某应用实例中, 藻类浓度高达 $25\,000 \text{ 个/mL}$, 去除率根据不同原水为 85% 到 95%。在巴黎的 Neuilly sur Marne 厂中, 藻类的去除率为 $\log 2.0 \sim \log 3.5$ 。去除率高主要是因为:

a. 与带有微砂的浆液混合可以机械破坏(或打断)藻类细胞;

b. 微砂的加速沉淀可以使本可能漂浮的藻类(如一些青绿藻类)沉淀下来。

因为微砂的悬浮作用,ACTIFLO⁺工艺可以产生稳定的沉淀效果甚至在进水的水质变化非常剧烈的情况下亦可。例如,Marne 河水的浊度在洪水期可高达 400 NTU,经过该工艺沉淀后(Neuilly – sur – Marne)的水的浊度 <1 NTU;在马来西亚的 Selangor,当进水浊度在 2 h 内从 500 NTU 变化到 1 500 NTU 时,其沉淀后出水的浊度保持在 2~3 NTU。在相近的情况下,污泥层工艺可能需要数小时去产生反应,因为污泥层工艺的凝聚性能需要一定的时间恢复。

采用 ACTIFLO⁺工艺,只需要 10 min 就可以完成絮凝,只需要少于 20 min 的沉淀就可以获得良好的处理水质。

微砂加速沉淀工艺运行非常灵活,该工艺的开启和关闭相对简单,可以应付处理流量有很大变化的情况。对于处理水质,则可以通过调节微砂的回流率来迎合原水水质的突变(如浊度峰值的产生)。调节微砂的回流率可以通过调节回流泵工作的台数来实现。

2 北京第九水厂改造工程

北京第九水厂处理能力为 $150 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,是北京市最为重要的饮用水水厂之一(见图 1)。

第九水厂的水源来自北京市密云水库。考虑到北京市水源紧缺的问题,第九水厂亦可定期引入河北水源,远期将处理南水北调水源。

密云水库 6 年的重要水质参数见表 1。

表 1 密云水库水质参数

取样日期	1998 年	1999 年	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年
浊度/NTU	1.96	1.38	1.07	1.10	1.72	2.8
水温/℃	7	6	8	11	8	10
嗅和味	土腥味 2 级	土腥味 2 级	土腥味 2 级	土腥味 2 级	土腥味 2 级	土腥味 2 级
色/度	5	6	6	8	7	10
溶解性固体总量 ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	211	205	205	199	215	214
藻类/($10^4 \text{ 个} \cdot \text{L}^{-1}$)	68.2	198.0	167.0	294.2	249.2	401.2
细菌总数/($\text{CFU} \cdot \text{mL}^{-1}$)				11	25	32
总大肠菌群/($\text{CFU} \cdot \text{L}^{-1}$)				0	0	132

由表 1 可以得出:密云水库的原水是低温、低浊且藻类较多,属于处理难度较大的原水。第九水厂二期 A 系列原有的侧向流斜板沉淀池的处理效果并不十分理想,对于浊度的去除率仅为 20%~40%,个别情况下甚至会出现原水通过沉淀池后浊度反而增加的现象。因此,为满足沉淀池出水的要求,第九水厂迫切需要对原有沉淀池加以改造。另外,由于第九水厂采用预处理构筑物与后续滤池合建的方式,因此新的沉淀池可使用空间受到限制,大大增加了改造的困难程度,并且新的工艺必须顾及所有的上游及下游的现有构筑物(例如:进水分配井和煤滤池)。

本次第九水厂的改造工程针对的是二期 A 系列的反应沉淀工序,综合考虑密云水库的原水水质,ACTIFLO⁺沉淀池能够最大限度的满足所有的实际工程情况,例如可使用空间有限、目前到未来的水质变化、严格的出水水质要求、藻类的去除等。使用 ACTIFLO⁺工艺不需要对现有构筑物进行大规模的变动和改造,并留有适当的挖潜发展的可能。



图 1 北京第九水厂

表 2 ACTIFLO⁺出水保证值

进水浊度/NTU	ACTIFLO ⁺ 出水浊度/NTU
0~100	<1
100~500	<2
500~1000	<2
1 000~2000	<3
2 000~3 000	<3
藻类去除率/%	>95

改建完成之后,第九水厂二期 A 系列的处理能力会从现有的 250 000 m³/d 增至 340 000 m³/d,处理能力增加 36%,并保证处理后水质满足表 2 的规定。

第九水厂的改造工程采用 4 组 ACTIFLO⁺沉淀池,其原理见图 2。

每组 ACTIFLO⁺均由下列部分组成:

① 混凝池。混凝过程的动力学过程非常短,铝盐和氯化铁投加到混凝池中因为搅拌的能量从而可以保证一个快速和完全的扩散作用。混合池的容积可以保证在最大流量时的停留时间为 3 min。

② 投加池。粒径大约为 80 ~ 100 μm 的微砂投到池中,微砂持续更新已达到:增加凝聚的几率;保证合适的片状体以增加它们的增长速率和质量。

另外,对于通常由于低温水或泥浆水而导致的絮凝困难,微砂可以显著的增大反应范围而得到良好的处理效果。由于在投加池中水的搅拌是迅速和猛烈的,投加池的尺寸可以保证在最大流量时停留时间为 3 min。

③ 熟化絮凝池。熟化阶段的作用是为了形成大的絮凝体(见图 3)。

絮凝是一个物理机械过程,该过程由于分子间的作用力和物理搅拌作用而增强絮凝体的生长。食品等级阴离子高分子电解质的投加可以通过吸附、电性中和及颗粒之间的架桥作用来促进絮凝体生成。得益于微砂的加速絮凝,在相同的沉淀性能下,其速度梯度相当于 10 倍的传统絮凝工艺。高的絮凝动力效用导致在搅拌时间有限和絮凝体积的有限的情况下颗粒间碰撞机率的增加。柔和的搅动水体防止打断絮体。在该阶段中尽管其搅动强度小于先前的混凝阶段,但也足够能保持絮体的悬浮。熟化池的尺寸能满足在最大流量时其停留时间为 8 min。

④ 沉淀池。沉淀效果的提高是基于微砂加速沉淀和斜板的逆向流系统。每格沉淀池都安装有塑料(食品等级)蜂窝状的斜管模块(见图 4)。

在絮凝后,水进入沉淀池的底部然后从斜板底部向上方流动至渠道,颗粒和絮体沉淀在斜板的片板上由于重力的作用滑下。由于大的镜向速率和斜板的 60° 倾斜可以形成一个连续自刮的过程,所以在斜板上没有絮体的积累。由于很好的水力条件,经验成熟的斜管尺寸及材质的选择,由熟化池产生的矾花质密易沉淀,由于沉淀池内污泥收集区的独特设计,大部分污泥在未进入斜管区时已沉淀下来,污泥不会大量的累积以至堆积在斜管内,会自滑至沉淀池的底部,所以 ACTIFLO⁺沉淀池的斜管不需要如普通斜管沉淀池那样经常的停产冲洗。沉淀后的上清液经由分布在斜板沉淀池顶部的集水槽收集后,进入后续滤池进行进一步处理。北京第九水厂的沉淀区表面负荷为 42.5 m³/(m² · h⁻¹)

⑤ 微砂和污泥的排除以及泥沙分离。微砂加速沉

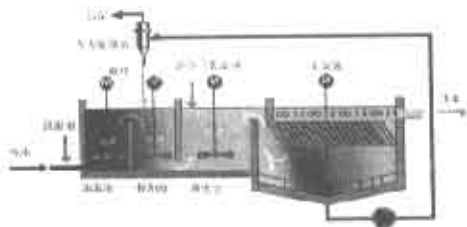


图2 ACTIFLO⁺沉淀池原理图



图3 熟化池中的絮体

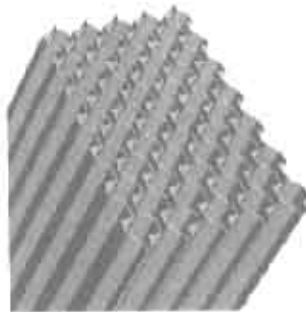


图4 斜板模块

淀的污泥沉淀在斜板沉淀池的底部。一个旋转的带有刮板把沉淀的微砂和污泥混合物刮向中心坑中。污泥循环泵一天 24 h 连续抽取集中在中心坑中的污泥以防止堵塞。

排除的流量的多少依赖于进水水质的情况。循环泵把微砂和污泥输送到水力旋流分离器(见图 5)中。在离心力的作用下,微砂和污泥进行分离:微砂从下层流中得到收集(见图 6),污泥从上层流中溢出然后通过重力流流向污泥浓缩池。水力旋流分离器分离出来的微砂直接投加到投加池中继续参与反应。

微砂的粒度系数和水力旋流分离器的选择性能保证了微砂的分离和循环。通过水力旋流分离器的溢流损失的微砂不超过 3 g/m^3 处理水,这个损失可以每周进行投加补充。

排除的污泥中含有很少量的微砂,按照经验,污泥中含有的微砂不会对污泥的性质和处理产生特别的影响,其污泥可以按照通常的给水厂中产生的污泥来进行处理而不需要特殊的要求。



图 5 水力旋流分离器



图 6 澄清水收集槽

3 ACTIFLO⁺调试运行结果

为了突出 ACTIFLO⁺工艺善于处理低浊水的特性,对于调试运行结果的分析将重点针对密云水库原水和 ACTIFLO⁺沉淀池出水的浊度值进行比较。

第九水厂二期原水浊度与 ACTIFLO⁺沉淀池出水浊度通过分别设置在处理线进水井和 ACTIFLO⁺沉淀池出水渠的三台浊度仪进行测定,浊度仪每秒钟取一次读数,每小时由人工记录一次进出水的浊度。

第九水厂 8 月 11 日调试运行结果如图 7、8 所示。当日调试水量为 $25 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,混凝剂 PAC 的平均投率为 10.5 mg/L ,高分子絮凝剂的平均投率为 0.13 mg/L 。图 7 比较了 8 月 11 日当天的进、出水浊度值,图 8 则进一步显示了 ACTIFLO⁺沉淀池浊度的去除率。如图所示,8 月 11 日当天第九水厂的进水浊度大致分布在 1.6 NTU 到 2.2 NTU 的区间内,经过 ACTIFLO⁺沉淀池预处理后,出水的浊度 $< 0.8 \text{ NTU}$ 且出水水质较为平稳,一天大部分时间内对浊度的去除率 $> 50\%$ 。

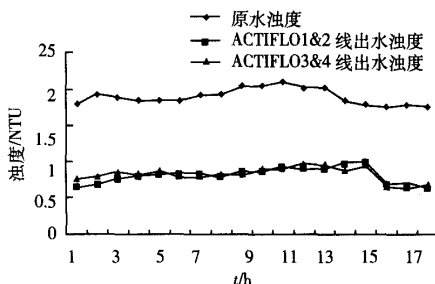


图 7 8 月 11 日进、出水浊度值

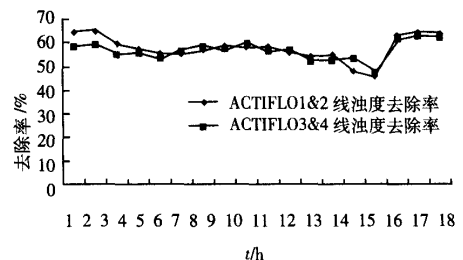


图 8 8 月 11 日 ACTIFLO 沉淀池浊度去除率

图9和图10显示了整个调试运行期间内,ACTIFLO⁺沉淀池对于浊度的去除效果的日平均值。值得注意的是,尽管调试期间处理水量和药剂投加量是变化的且不规则的,ACTIFLO⁺沉淀池对于浊度的去除效果却相对稳定,浊度的去除率为50%~70%,出水浊度在0.5 NTU左右,满足了沉淀池出水浊度的要求。

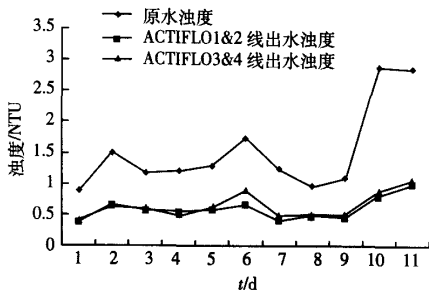


图9 调试期间 ACTIFLO 沉淀池进、出水浊度

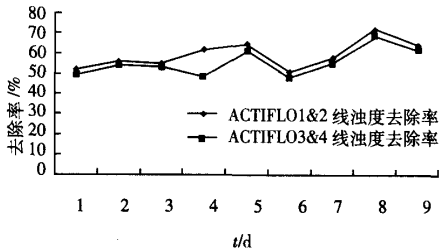


图10 调试期间 ACTIFLO 沉淀池浊度去除率

对于原水与处理后水中藻类的检验采用传统的视野法,所得部分数据如表3所示。

由于今年密云水库入库量大,因此第九水厂原水中的藻类浓度相对较低,从而增加了处理的难度,另外,ACTIFLO⁺沉淀池仍处于调试阶段,有关工艺还可以进行进一步的优化从而提高藻类的去除率,第九水厂也认为,在没有任何附加除藻措施的情况下,藻类的去除率能够达到85%以上,对于沉淀池出水来说,也是相当理想的。

表3 藻类检测结果

进水藻类 /(10 ⁴ 个·L ⁻¹)	处理后水藻类 /(10 ⁴ 个·L ⁻¹)	去除率/%
25.8	2.9	88.8
27.0	2.9	89.3
23.0	3.0	87.0

4 结论

第九水厂的调试运行结果表明,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,对藻类的去除率大于85%。对比传统的饮用水预处理工艺,ACTIFLO⁺沉淀池对于处理低浊度、高藻类的原水有更理想的效果,并且由于 ACTIFLO⁺沉淀池构造紧凑,占地面积小,在空间有限的条件下具有良好的适用性。

《中国给水排水》杂志工程信息中心
征稿启事

亲爱的读者:

《中国给水排水》杂志感谢多年来您的支持与帮助,现我刊正在筹建工程信息库,希望您能帮助我们搜集一些工程信息。只要是您知道的或贵单位正在规划、设计的工程信息均可通过E-mail、传真或邮寄的形式寄至我刊,采用后酌致稿酬。具体要求:工程名称(需将工程的具体到市、县)、工程内容(应包括污水厂、给水厂、输水管网、垃圾处理等环保项目)、工程规模、处理工艺、主要设备、占地面积、服务面积、投资额、设计单位、建设单位、建设周期、目前该工程的进展情况。

地址:天津市和平区新兴路52号都市花园大厦21层《中国给水排水》杂志社

邮编:300070

电话:(022)27835639 27835848 27835592

传真:(022)27835592

E-mail:cnwater@vip.163.com 联系人:王领全 郝薇 郑洁

沉淀池改造

作者: [龚宇喆](#), [徐扬](#), [张素霞](#), [刘永康](#), [解乃菊](#), [吴勤](#), [邢晋武](#), [丁明亮](#), [陈晓华](#)
作者单位: [龚宇喆, 吴勤, 邢晋武, 丁明亮, 陈晓华\(威立雅水系统北京代表处, 北京, 100027\)](#), [徐扬, 刘永康\(北京市自来水集团有限责任公司, 北京, 100031\)](#), [张素霞, 解乃菊\(北京市自来水集团有限责任公司第九水厂, 北京, 100085\)](#)

相似文献(10条)

1. 会议论文 [徐景翼, 翟观章 同向流斜板沉淀池的应用](#) 1994

2. 期刊论文 [张永亮, 刘凡清, 朱臻 新型同向流斜板沉淀池试验研究](#) -工业水处理2005, 25(1)

介绍了新型同向流斜板沉淀池处理工艺, 分析了新型同向流斜板沉淀池对悬浮物的去除情况, 并与传统同向流斜板沉淀池进行比较。中试实验结果表明, 新型同向流斜板沉淀池能很好地解决泥水分离问题, 不存在传统同向流斜板沉淀池清水收集管易被堵塞现象, 而且当表面负荷在 $30 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 时, SS去除率达98%以上, 沉淀效率高于异向流沉淀池, 为同向流斜板沉淀池的工程化应用开辟了广阔的前景。

3. 会议论文 [王宝林 斜管沉淀池积泥原因分析和不同形状斜管沉淀性能比较](#) 1994

4. 期刊论文 [李克非, 孙志民, 白雪原, 于宝忠, 孙志忠, LI Ke-fei, SUN Zhi-min, BAI Xue-yuan, YU Bao-zhong, SUN](#)

[Zhi-zhong 气浮与沉淀填料装置在新型气浮沉淀池中的应用](#) -中国给水排水2009, 25(2)

气浮与沉淀填料装置采用连接杆件将平直薄板(pp板)即斜板连接、组合在一起, 能够进行侧向流斜板沉淀, 也能够进行上向流或下向流斜板沉淀。特别是在浮沉池中能够进行气浮-沉淀固液分离, 确保实现在一个构筑物内很好地切换运行气浮与沉淀两种水处理工艺, 使这两种工艺都能达到最佳的处理效果。吉林省舒兰市吉舒炮台山水厂扩建工程采用气浮与沉淀填料装置, 应用新型气浮-沉淀固液分离工艺新建气浮沉淀池, 实际运行处理效果良好, 出厂水质可以达到要求。

5. 会议论文 [张素霞, 龚宇喆, 徐扬, 刘永康, 解乃菊, 吴勤, 邢晋武, 丁明亮, 陈晓华 ACTIFLO\(R\) 微砂加重絮凝斜管高效沉淀技术-北京第九水厂的沉淀池改造](#) 2008

针对北京市第九水厂原水低温低浊及高藻类浓度的水质情况和出水要求, 综合考虑实际工程情况和远期水质状况, 北京自来水集团决定采用法国OTV先进的ACTIFLO(R) 高效沉淀池工艺对九厂二期A处理线沉淀池进行改造, 改造后处理能力由原来的每天25万吨提高到34万吨, 工艺调试期间的运行记录表明, ACTIFLO(R) 高效沉淀池对难处理的密云水库低浊度, 高藻类的原水有稳定且良好的处理效果。

6. 会议论文 [段文忠, 李远发, 张红武 高浊度水斜板沉淀池混凝沉淀试验研究](#) 1999

该文首次采用正态整体模型进行斜板沉淀池模型设计, 正确考虑了混凝过程相似条件; 提出了既能使进入斜板沉淀的水流平稳, 又能明显减少配水廊道淤积的配水廊道体型; 指出高浊度水斜板沉淀池利用重力排泥时应采用连续排泥方式, 分析了斜板间距、入池含沙量、入池泥沙级配、表面负荷对斜板沉淀池沉速效率的影响, 提出了计算斜板沉淀池沉速效率的经验公式。

7. 期刊论文 [李健, 王锡清, LI Jian, WANG Xi-qing 厌氧水解处理及在印染废水处理中的应用](#) -印染2008, 34(10)

介绍了四种厌氧水解池处理工艺, 包括上流式厌氧污泥床反应器、厌氧滤池反应器、带污泥外回流的厌氧水解反应池和带有内置沉淀池的厌氧水解池处理工艺。前两种厌氧处理工艺受布水均匀性限制, 而带污泥外回流的厌氧水解工艺效率又较低。采用带有内置沉淀池的厌氧处理工艺弥补了它们的缺陷, 适用于大型印染污水处理。

8. 期刊论文 [王秀衡, 孙卫东, 刘俊新, 李玉华 斜板沉淀池在一体化氧化沟中的作用](#) -中国给水排水2001, 17(11)

对一体化氧化沟中斜板沉淀池内部的流态及固液分离效果进行了研究, 探讨了其分离机理和影响因素。试验结果表明: 沉淀池底部设有特殊过渡区具有良好的消能作用, 可使斜板沉淀区的流态快速从紊流转变为层流, 达到最佳沉淀效果。斜板区的分离过程是污泥沉淀与污泥悬浮层的过滤、捕获共同作用的结果, 其效率比一般二沉池高, 水力停留时间 $> 30 \text{ min}$, 出水SS值 $< 38 \text{ mg/L}$ 。

9. 期刊论文 [李志娟, Li Zhijuan 斜板沉淀池在高炉煤气洗涤中的应用研究](#) -环境污染治理技术与设备2005, 6(6)

对斜板沉淀池在新钢公司高炉煤气洗涤中的应用研究进行了报道, 同时与原系统平流沉淀池从工艺参数和经济性等方面进行了比较。运行结果表明, 采用斜板沉淀池节省了投资, 使循环水利用率从55%提高92%, 出水水质得到显著提高, 减少了环境污染。

10. 会议论文 [吴彬, 孙珍虎 双层斜管沉淀机理在斜板沉淀池的应用](#) 2006

本文介绍了转炉炼钢厂除尘水系统斜板沉淀池改造前存在的问题, 改造后的水质运行情况, 包括除尘水水质、及一文、二文喉口结垢堵塞的变化情况, 着重阐述了双层斜管沉淀机理在斜板沉淀池改造后的应用效果。

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Conference_6033961.aspx

下载时间: 2010年4月5日