

梯形斜板沉淀器的研发与应用

陆 葛 陆 川

(维纳尔(北京)电气系统有限公司,北京 100173)

摘要 20 世纪 70 年代对梯形斜板沉淀器进行了研发,并于 80 年代投入应用。梯形斜板和集水管组构成了盆形断面的沉淀单元,沿着沉淀单元两侧收集下行澄清水,实现浅层沉淀和变量(减速)流沉淀相结合的快速沉淀工艺过程。对梯形斜板沉淀器的基本原理、构造和实际运用情况进行了详细介绍。

关键词 沉淀池 梯形斜板沉淀器 集水管组 沿程取水 变量流沉淀

DOI:10.13789/j.cnki.ww1964.2015.0151

0 前言

梯形斜板沉淀器历经 7 年研发,于 1984 年应用于北京田村净水站技改工程,建成了第一座梯形斜板沉淀池($Q=1.0\text{ m}^3/\text{s}$),并获得 1986 年度中国国家发明三等奖。30 年的生产实践证实,该型式沉淀池构造简单、高效、经济、占地少、运行可靠。

1 课题的提出

同向流(Lamella)沉淀池技术源自国外,其沿袭了平流沉淀池尾端一次取水模式,导致斜板结构和集水系统复杂,留下积泥隐患。

在长 2.0~2.5 m、倾斜 30~40°、间距 35~50 mm 的平面斜板尾端需要收集和导出澄清水,为安装集水装置并预留 20~30 mm 高的滑泥通道,必须接续长 0.5 m 倾斜 60°的滑泥板(见中国建筑工业出版社出版的《给水排水设计手册·城镇给水》第 2 版的图 8-16 同向流集水装置、图 8-18 同向流斜板沉淀池布置)。

污泥上翻现象的主要原因。以保证泥质为核心,建立沉后污泥中残余 PAFC 含量最低,又能兼顾出水浊度的混凝试验方法,对低浊环境下高密度沉淀池的平稳运行具有指导意义。

(2)每增加单位毫克的 PAFC 投加量,与浊度减小的数值之比即为 PAFC 的沉降效率 E 。当 E 值开始降到 0.05 时,既能保证 PAFC 不会出现大量富余,又能保证出水浊度,是适合低浊条件下高密度沉淀池工艺的 PAFC 最佳投加量选择点。

(3)低浊条件下高密度沉淀池管理“三原则”的

水平的集水装置易容留沉泥且难以清洗,一旦平面斜板弯曲变形,滑泥通道更趋狭窄不畅,出现斜板严重积泥和出水水质恶化状况,当时国内建造的 9 座不同规模的同向流沉淀池多数陷入困境。

本课题是针对同向流沉淀池普遍存在的问题于 1977 年立项,在保持高速沉淀效果前提下,通过改变集水模式、取消滑泥板等方法简化斜板组合构造,以使斜板上的沉泥无阻碍地滑入污泥室。即便斜板上有滞泥,也可以通过降低池水位目视检查发现,用水力清除。

2 梯形斜板沉淀器工作原理

梯形斜板沉淀器运用了同向流斜板浅层沉淀和变量(减速)流沉淀相结合的快速沉淀分离模式,理论依据是在理想沉淀池中,沉速为 u_0 颗粒的沉淀效率 E 公式,见式(1)。

$$E=u_0A/Q \quad (1)$$

式中 A ——沉淀面积;

落实,是保证其长期稳定运行的必要手段。

参考文献

- 1 赵建伟,何文杰,黄延林,等.高密度沉淀池污泥上浮原因及对策.中国给水排水,2010,26(8):104~107
- 2 杨开明,张建强,杨小林.混凝沉淀过程中最佳混凝剂投量的研究.工业水处理,2005,25(9):49~51

○ E-mail:jinan_ct@foxmail.com

收稿日期:2014-12-10

修回日期:2015-03-06

Q ——进池流量。

欲提高 E 值可通过 3 种途径：

(1) 加大沉淀面积 A (已由平流沉淀池发展到各类斜板斜管池)。

(2) 增大絮凝物质量, 即提高 u_0 值, 良好的絮凝效果是沉淀池出水水质的重要保障。

(3) 减少进池流量。

在生产中遇到特殊情况时, 为保证水质而降低运行负荷仅是权宜之计, 对于设计沉淀池却无意义。如果在斜板沉淀过程中不断地将澄清水取出 (沿程取水), 使后续流程的流速 (负荷率) 逐渐减低, 形成变量流沉淀过程, 在保持 E 值的前提下缩短斜板长度则是可能的。例如: $u_0 = 0.5 \text{ mm/s}$, 同向流斜板净距 38 mm 、倾角 40° 和液面负荷率 $40 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$, 沉淀单元的平均流速 $u = 20.3 \text{ mm/s}$, 在尾端一次取水的斜板计算长度为 2.3 m 。如果在斜板长度 1.15 m (沉淀单元中心点) 处开始沿程取水, 沉速为 u_0 的颗粒在此处继续下沉, 其行进流速开始下降, 逐渐趋于零。若按平均流速 $u' = 10.2 \text{ mm/s}$ 粗略计算, u_0 颗粒下行 0.62 m 落在斜板下端 1.77 m 处, 比尾端一次取水的落点缩短了 0.53 m , 意味着有更多小于 u_0 的絮粒沉淀下来, 增大了去除率。

3 浅层变量流沉淀实用模式

通过单元模型试验, 在同向流斜板沉淀过程中, 采用沿下行水流流程方向两侧均匀收集澄清水的模式, 实现浅层变量流沉淀工况, 可得出如下试验结论:

(1) 同向流斜板的横断面呈梯形, 其相邻斜板组合成的沉淀单元断面如盆形见图 1, 能实施沿程两侧收集澄清水 (无需滑泥板)。

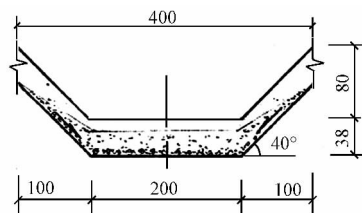


图 1 梯形斜板和沉淀单元

(2) 平面同向流斜板组成的矩形沉淀单元, 不能采用沿程集水方法, 只能在斜板尾端横向一次性集水, 其 60° 的“滑泥板”必不可少。

(3) 异向流斜板斜管很难实施沿程集水。

4 梯形斜板沉淀器的基本构造

为实施同向流斜板沿程集水工艺, 在单元模型试验的基础上, 设计了相应的结构和工艺部件。经过整体模型 (0.5 m^2) 和生产性 (6.0 m^2) 试验, 确立了以横断面呈等腰梯形状的斜板与集水管组两种构件相组合的梯形斜板沉淀器, 基本式样见图 2。

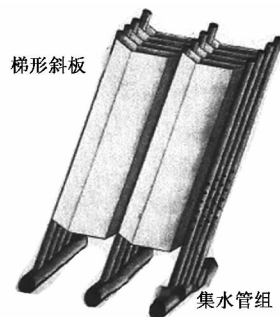


图 2 梯形斜板沉淀器

4.1 梯形斜板及沉淀单元的几何特征

斜板的横断面形状尺寸 (见图 1) 决定了沉淀单元横断面几何形状和尺寸, 能适应泥水分离、收集澄清水和沉泥下滑排除等沉淀工艺要求。

长 2 m 的沉淀单元, 由于没有“滑泥板”或其他构件形成拐角, 是一个无障碍的直通道, 解决了沉淀单元出口被沉泥堵塞的问题。

呈等腰梯形的斜板纵向刚度大不易变形, 能够长期保持平直, 不阻碍沉泥下滑, 排除了斜板上积泥的重要成因。

梯形斜板两腰 (侧板) 与底平面 (底板) 呈 40° 倾角。当斜板倾斜 40° 时, 侧板上的沉渣会连续汇聚于底板, 因为它的下滑轨迹与水平面呈 54.1° 倾角。

梯形斜板的横向刚度较小, 为防止沉渣重力下的横向弯曲变形, 采用镶嵌方法将斜板的横向拉应力传递给集水管组, 弥补了横向刚度小的缺陷。

斜板宽度涉及侧向集水的范围, 以不影响沉淀过程为度。试验后推荐的板宽为 $0.3 \sim 0.4 \text{ m}$, 集水半径不大于 0.2 m 。

按京密运河水质条件, 斜板净距 38 mm 、倾角 40° 和液面负荷率 $40 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$, 计算的斜板长度为 1.76 m , 试验和设计采用 2.0 m , 尚有余量。

建议斜板采用厚度 $1.5 \sim 2.0 \text{ mm}$ 表面光滑的硬质塑料板材制造, 所组成的沉淀单元稳固一致, 使

使用寿命长。

大中型工程,有条件时进行实地试验,确定板长、倾角和负荷率等重要参数,尤其是设计负荷率宜采用下限值,给生产运行保留较大的调节能力,以应对原水水质和供水量变化。

4.2 沉淀单元的水力特征

水力负荷 $40 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$,沉淀单元长 2.0 m ,倾角 40° ,按图 1 形状和尺寸计算的水平面积约 0.025 m^2 ,流量 $1.0 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

由于边界条件因素,沉淀单元盆形断面两个上角区域的流速很低,被澄清水充满,侧向沿程集水点适合设在此处。

沿程集水自沉淀单元下半段开始。上半段是稳流沉淀区,停留时间约 50 s ;下半段是沉淀取水区,沿程取水使过流量逐渐减小至零,停留时间延长到 100 s 。水在沉淀单元里的总停留时间约 2.5 min 。

沉淀单元净面积 139 cm^2 、水力半径 1.4 cm ,按进口流速 2.03 cm/s 计算,雷诺数 $Re=281$, $Re < 500$ 水流呈层流态势,自然水流是稳定的。

4.3 集水管组

集水管组由集水支管和集水干管构成,选择有一定抗弯强度的给水用硬质塑料管材制造。在水平的干管外壁上,并排倾斜地焊接上若干集水支管,即成为一系列集水管组。集水管组是工艺和结构两用构件,主要功能有:

- (1) 支撑斜板。
- (2) 将整个沉淀区分隔成若干形状体积相同、倾斜一致的沉淀单元。
- (3) 集水支管纵向沿程收集沉淀单元的澄清水,形成变量流沉淀工况。
- (4) 利用集水支管和干管之间连结孔的局部水力阻力,均衡各沉淀单元的流量。
- (5) 干管汇集支管的澄清水,导出池外。

4.3.1 集水支管

支管外径 40 mm 、倾斜 40° 、有效长度 2.0 m ,即为斜板的间隔距离、倾角和长度。每根支管担负收集其相邻两侧沉淀单元内 $1/2$ 澄清水量。

支管的下半段开有双排对称的集水孔,孔距 $6 \sim 12 \text{ cm}$ 、孔径 $8 \sim 12 \text{ mm}$,按进孔流速 $0.10 \sim 0.15 \text{ m/s}$ 和每个沉淀单元集水量计算孔面积,尽可能减

少集水孔速度场对沉淀的干扰。

4.3.2 集水干管

干管的有效长度与沉淀池的进深一致,干管的直径按其上支管汇聚的水量和干管出口流速 $1.0 \sim 1.5 \text{ m/s}$ 计算。

考虑到沉淀池池面布水长度内的均匀性和保持集水管组之间滑泥通道的宽度,建议沉淀池进深一般不大于 6.0 m 、干管内径 $\leq 0.20 \text{ m}$ 。如果干管是一端出水且等径,管内流速分布自远端向出口端递增。为使支管的集水量相同,用干管和支管连接孔孔径来调节,可参照穿孔排泥管水力计算方法。集水管组的水头损失控制在 0.25 m 以内。

5 梯形斜板沉淀器的使用方法

在常规的沉淀池内安置梯形斜板沉淀器有多种方案选择,并配以相应的出水墙体构造等。

5.1 斜板在池内的倾斜方向

池面布水水流方向通常和集水干管平行并垂直于斜板。

斜板的倾斜方向相对于池面水流方向为逆流式布置(见图 3),布水流向与斜板倾斜方向的交角为钝角,水流下弯 $140 \sim 150^\circ$ 进入沉淀单元,是同向流沉淀池常用的方法。

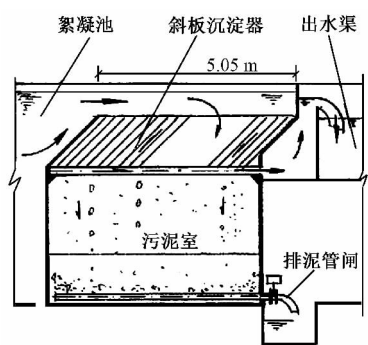


图3 梯形斜板沉淀池示意

5.2 集水干管下置单向出水

干管下置单向出水是基本型式(见图 3)。出水端与池墙固结,另一端封头限位呈自由端支承状,不妨碍集水管组热胀冷缩。

5.3 斜板和集水管组的组合

将集水管组等距等高平行地固定在沉淀池内,沿相应的集水支管之间的接缝处插满斜板,封堵干管出口端与池墙的接缝即可。

靠近两侧池墙的集水支管仅一侧开孔集水,并

偏心焊接在干管上,使支管和干管同时紧贴池壁,减少短路。

如果条件许可,在池外分组组合,将组合体有序吊装入池。

6 1号梯形斜板沉淀池简介

北京田村净水站规模 $Q=2\text{ m}^3/\text{s}$,供生活和工业用水。取京密运河低温低浊水,设计原水浊度 300 NTU,采用混凝沉淀过滤工艺。1976 年建成投产达标后,1 号和 2 号同向流沉淀池(同设计手册图 8-18)因斜板变形损坏积泥,出水水质逐渐变差,有待解决。为此研发了梯形斜板沉淀器,1984 年将 1 号改建成梯形斜板沉淀池。

6.1 改建工程概况

保留原池的流程、主体结构和排泥系统。拆除损坏的斜板组和池面出水槽,增加一道出水斜墙,其下部预留 46 个出水洞。池面积 90.9 m^2 (宽 18 m,进深 5.05 m),斜板倾角 40° ,倾斜方向按原池“逆流式”布置。集水干管中距 0.4 m,安装 46 组集水管组和 3 690 块梯形斜板,形成 3 645 个沉淀单元。

斜板长 2 m,断面尺寸见图 1,采用厚 2 mm 硬质 PVC 板成型。集水支管长 2 m,外径 40 mm,干管有效长度 5.05 m,内径 150 mm,全部采用 PVC-U 给水管。

设计水力负荷 $40\text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$,额定产水 $1.0\text{ m}^3/\text{s}$ 。

1 号池纵剖面示意图 3,竣工后池面外貌见图 4。

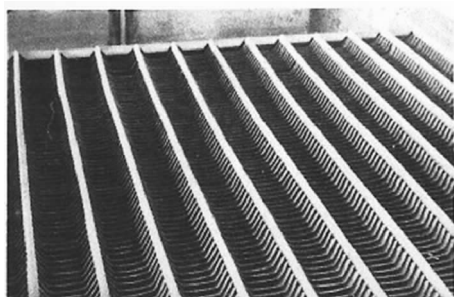


图 4 1 号池竣工后池面外貌

6.2 初期运行

1 号池于 1984 年 4 月改建完成投产,连续观测 3 个月,原水浊度最高 24.5 NTU,三氯化铁投加量 $\leq 5\text{ mg/L}$,水力絮凝池效果良好,沉淀池水力负荷最高 $46.4\text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$,出水浊度 $\leq 3.3\text{ NTU}$,符合原设计要求。

由于运行期短,问题暴露不多,像斜板构造牢固程度和积泥等需长期考验。但注意到一些问题:

(1) 沉淀池水头损失 0.33 m,加大了池面水深(没有调节手段),相应地行进流速低,不仅浊度分布不均,还造成斜板上缘絮粒沉积。

(2) 冲渣管水流小,池面仍有浮渣。

(3) 集水支管采用外径 40 mm 成品,管壁厚 4 mm,成本高。按强度和工艺要求,壁厚 2 mm 即可。

(4) 建议及时排泥,定期放低池水位,检视斜板并清洗,保持正常状态运行。

同时还进行了 1 号新池和 2 号旧池的对比观测。因 2 号池已破损,运行数据不具可比性,仅作参考。

当时的结论:梯形斜板沉淀池和同向流(Lamella)沉淀池都是快速高效的沉淀分离装置,但前者具有斜板构造简单、造价低和不集泥等特点。

6.3 2009 年秋状况

时隔 25 年,作者重访净水站发现,为保障向邻近的自来水厂供水,2008 年 2 号池也改建为梯形斜板沉淀池。

因参观时间短暂,没有看到两池的运行记录。时值低负荷运行,表面观察沉淀池出水清澈;池面飘移浮渣,外观印象和当初相近;透过水面观察斜板构造尚完整,但内部有积泥、塑材老化程度等不详。

7 结语

由于受工期、经费、现况等制约,首座梯形斜板沉淀池尚属“雏形”,留下了改进空间。

为探索梯形斜板沉淀器的适用范围,同期还进行了规模 $10\sim 120\text{ m}^3/\text{h}$ 的长江水净化、煤和石材废水处理回用等试验以及装置小型化工作,都取得阶段性成果。

近些年来,笔者重新审视本发明,从斜板组合的式样、结构、选材、制造、应用到适宜的池型构造等进行优化设计和发展,以使梯形斜板沉淀池更臻完善,达到高质高效、经济实用和美观,符合现代水处理工艺要求。

○ 通讯处:100173 北京经济技术开发区永昌北路 3 号

永昌工业园 7 号厂房 702 单元

E-mail: Lu14057@126.com

收稿日期:2014-07-16

修回日期:2014-12-23