

城市污水处理厂除砂系统设计选型的探讨

陈璐¹, 陈凡阵², 王文¹, 孙伟², 马千里², 尹立峰¹, 马喆¹

(1.天津市环境保护科学研究院, 天津 300191; 2.天津环科水务开发有限公司, 天津 300191)

摘要: 除砂系统是城市污水处理厂必不可少的预处理设施之一, 它的正常运行对于保证城市污水处理厂后续处理设施的稳定运行起着至关重要的作用。根据设计经验和实际运行中遇到的问题, 对除砂系统进行全面系统的论述, 提出除砂系统正确设计选型的建议。

关键词: 城市污水处理厂; 除砂系统; 沉砂池; 排砂设备; 砂水分离器

中图分类号: X505 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-2455(2008)01-0072-03

沉砂池是城市污水处理厂必不可少的预处理设施, 通常设置在格栅后以去除进水中的砂粒和大块颗粒物(其相对密度约为 2.65 g/cm^3 , 粒径大于 0.2 mm), 从而避免对后续机械设备的磨损, 并减少砂粒等在管渠和处理构筑物内的沉积, 避免重力排泥困难, 防止对生物处理系统和污泥处理系统运行的干扰, 保证后续处理构筑物及设备的正常运行^[1]。除砂系统通常包括沉砂池和提砂、砂水分离等排砂设备。

1 沉砂池

目前国内外普遍采用的沉砂池包括以下几种: 平流式沉砂池、曝气沉砂池、旋流沉砂池(钟式和比式)、多尔沉砂池等, 竖流式沉砂池则很少在城市污水处理厂中使用。

平流式沉砂池具有截留无机颗粒效果较好、工作稳定、构造简单、排砂方便等优点, 但最大缺点是在截留的沉砂中夹杂有约 15% 的有机物^[2], 使沉砂的后续处理难度增加, 同时对被少量有机物包覆的砂粒截留效果不好^[3]。

曝气沉砂池通过曝气产生的上升流速作用, 水流以螺旋状的流态行进, 起到洗砂作用, 提高了除砂效率和有机物分离效率, 一般经过曝气沉砂池沉淀后的沉砂中有机物的质量分数低于 10%, 称为清洁沉砂^[2]。由于水量不断变化, 实际运行中曝气量不可能随时调节, 存在过量曝气问题。另外, 运行时泡沫较多, 夏季对空气污染较大。

旋流沉砂池分钟式沉砂池和比式沉砂池两种。钟式沉砂池利用机械力控制水流流态和流速, 加速

砂粒沉淀并使有机物被水流带走; 比式沉砂池采用涡流原理, 利用水力涡流使砂粒和有机物分开, 达到除砂目的。排砂可通过压缩空气气提或用砂泵从砂斗抽出两种方式^[4]。

多尔沉砂池(方形平流沉砂池)上部为方形, 底部为圆形, 其沉砂机理与平流式沉砂池类似, 国内使用者较少, 有关资料介绍也相对较少^[5]。

2 排砂设备

排砂设备用于沉砂池, 去除池底截留下来的密度大于水的砂、石等无机颗粒。随着处理工艺的发展, 除砂设备的型式构造多种多样, 其集砂方式有两种: 即刮砂型和吸砂型。刮砂型是将沉积在池底的砂粒刮集至池心(边)坑(沟)内, 再清洗提升, 砂水分离后输送至池外盛砂容器内, 待外运处置。吸砂型则用砂泵将池底层的砂水混合液抽至池外, 经砂水分离后的砂粒输送至盛砂容器内待外运处置。为了进一步提高除砂效果, 有的沉砂池还增设了一些如旋流器、旋流叶轮等专用装置^[6]。

排砂设备按排砂方式又分为重力排砂和机械排砂两类: 重力排砂方式一般见于平流式沉砂池, 通过在砂斗上加排砂管和双向密封无凹槽刀闸阀进行排砂, 配套使用贮砂池进行砂水分离。机械排砂方式有泵吸式排砂机、链板除砂机、抓斗除砂机、多尔沉砂池除砂机和螺旋砂水分离器等。泵吸式排砂机、链板除砂机一般用于平流式沉砂池和曝气沉砂池, 多尔沉砂池除砂机用于多尔沉砂池, 螺旋砂水

收稿日期: 2007-04-24; 修回日期: 2007-09-22

分离器可以与多种沉砂池配合使用。大、中型污水处理厂多采用机械排砂方式。

3 沉砂池的设计选型

在进行沉砂池设计时首先要考虑采用何种池型的沉砂池, 达到尽可能多地分离出砂粒同时使砂粒上附着的有机物得到有效的去除。一般进水中的砂粒粒径大小差别较大, 从 0.6 ~5 mm 以上不等, 不同池型的沉砂池对不同粒径砂粒的去除效率也不同, 因此进行沉砂池设计应考虑砂粒级配的问题, 但这一点在实际设计中并不太可能实现。实际工程中, 通常以对粒径大于 0.2 mm 砂粒的去除效率作为衡量沉砂池除砂系统效率的指标。

由于传统的平流式沉砂池受流量波动影响较大, 在进入 20 世纪 80 年代以后, 越来越多地被曝气沉砂池代替; 90 年代以后随着国外设备的引进, 旋流沉砂池越来越多地在城市污水处理厂中得到应用; 目前国内应用较多的池型仍是曝气沉砂池和旋流沉砂池, 在选择是否需要预曝气时, 应考虑下面两个方面的问题:

对于污水处理厂进水水质偏低的情况, 生化系统的有机负荷可能达不到设计能力, 甚至存在碳源不足的问题。

对于考虑除磷脱氮工艺的污水处理厂来说, 除了需要保证足够的碳源外, 还需要保持厌氧或缺氧环境。

另外, 2005 年 10 月国家环保总局发出《关于严格执行〈城市污水处理厂污染物排放标准〉的通知》, 要求北方缺水地区城镇污水处理厂的出水水质执行《标准》(GB 18918-2002) 中一级 A 标准, 这就使得脱氮除磷工艺应用越来越多, 因此作为预处理设施之一的沉砂池采用旋流池型更为合理。旋流沉砂池具有占地省、除砂效率高、操作环境好、设备运转可靠等特点。旋流沉砂池主要有钟式和比式两类, 目前采用钟式沉砂池的污水处理厂较多, 这与国内污水处理厂多为欧洲政府贷款项目有关, 此类贷款通常限定设备的采购国别。而采用源自美国的比式沉砂池的国内污水处理厂也有一些。

在设计旋流沉砂池时应注意以下几个要点:

设计流量按分期建设考虑; 当污水为自流进入时, 应按每期最大流量计算, 当污水为提升进入时, 应按每期工作水泵的最大组合流量计算; 在合流制处理系统中应按降雨时的设计流量计算。

沉砂池个数一般不少于 2 个, 并按并联系列设计, 当污水流量较少时, 可考虑一格工作、一格备用。

进水渠道直线距离至少为 4.6 m, 最好为进水渠道宽度的 7 倍以上; 出水渠道流速不大于 0.8 m/s, 出水渠宽为进水渠宽的 2 倍, 且需有一定的直线段长, 长度大于渠宽为好。

在高峰流量时流速不大于 1.22 m/s, 为了防止砂粒在渠道内沉淀而不进入池内, 最小流速应大于 0.15 m/s, 理想流速为 0.6 ~0.9 m/s。

运转的流量为最大流量的 40% ~80%, 设计时考虑流量变化; 设计流量最大时的停留时间为 20 ~30 s, 水力表面负荷为 110 ~270 m³/(m²·h), 平均水力表面负荷为 175 m³/(m²·h)。

沉砂池后需有控制流量的堰或巴氏计量槽以保证沉砂池内水位。

排砂方式采用压缩空气提升或采用砂泵抽排, 实践证明砂泵抽排方式砂泵的磨损较为严重, 而气提排砂系统可靠、耐用, 因此, 建议采用气提排砂。

要求粒径大于 0.2 mm 的砂粒的去除率达到 85%, 且砂粒含水率应低于 60%^[7]。

运行旋流沉砂池时, 搅拌桨的转速一般小型池为 10 ~15 r/min, 中型池以上为 10 ~12 r/min。旋流沉砂池的进水流速有一定范围要求, 说明旋流沉砂池对于水量变化有一定的适用范围, 当污水处理厂建成初期水量达不到设计规模时, 其流速必须大于 0.15 m/s, 以防止砂粒沉积于渠道内而不进入旋流沉砂池内。另外, 旋流沉砂池对其前面设置的细格栅的运行效果要求较高, 目的在于防止池内搅拌桨损坏以及气提或砂泵排砂装置堵塞。

4 排砂设备的选型

目前, 配合旋流沉砂池池型较为常用的排砂设备为无轴螺旋砂水分离器。其工作原理是砂水混合液从砂水分离器一端顶部输入, 混合液中较大的砂粒等沉积于 U 型槽底部, 在无轴螺旋的推动下, 砂粒沿倾斜的 U 型槽被提升上来经排砂口排出, 与砂分离后的水从溢流口排出至排水沟。

砂水分离器的选型应根据每日沉砂量确定, 而沉砂量取决于排水系统的特性、排水区域的性质、污水的情况、工业废水的类型、地区的沙土性质等因素。因此, 城市污水每日沉砂量可根据实际调查

资料计算, 如无资料时可按每 m^3 污水沉砂 0.03 L 计算, 含水率为 60%, 容重为 $1\,500\text{ kg/m}^3$; 合流制污水的沉砂量应根据实际情况确定^[1]。

选择砂水分离器设备时, 注意设备制造细节上的问题, 例如: U 型槽上部是否垂直、无轴螺旋的同轴度及圆轴度是否良好, 螺距及螺旋倾角是否恰当, 安装角度是否在合适的范围内等。

5 建议

沉砂池处理效果的好坏需要长期积累才能显现出来, 它给城市污水处理厂运行带来的影响是隐性和长期的, 而工程技术人员对沉砂池的设计往往也不够重视, 有时甚至就是简单的套用而已。由于我国幅员辽阔、各地区差异较大, 因此简单套用的做法极不可取, 在此提出一些建议供参考。

在选择沉砂池池型及设计参数时, 应综合考虑城市排水管网的特点和污水处理厂内生化系统的具体情况。

根据建设部第 218 号公告附件《建设部推广应用和限制禁止使用技术》中的要求, 平流式沉砂池自 2005 年 1 月 1 日起限制使用, 其不得用于规模 $10\,000\text{ m}^3/\text{d}$ 而且环境要求较高的新建城镇污水处理厂。

旋流沉砂池具有较多优点, 但采用时必须注意: 如旋流沉砂池前设置细格栅, 则细格栅的栅隙要尽可能的小, 一般不超过 3 mm , 以防止细小

杂物带入堵塞搅拌桨叶片和提砂装置; 旋流沉砂池设计流速必须在要求的范围内, 并且具有良好的水力条件。

选择砂水分离器时应注意设备制造细节上的问题, 订购该产品时应实地考察设备厂家已有工程实例运行的情况。

建议国内运行中的污水处理厂注重平时积累运行资料, 促进除砂系统技术的发展, 同时为将来新建和改、扩建污水处理厂积累经验。

参考文献:

- [1] GB 50014-2006, 室外排水设计规范[S].
- [2] 建设部科学技术司. 废水处理与资源化新工艺[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2006.
- [3] 张自杰. 排水工程下册(第四版)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000.
- [4] 周律. 中小城市污水处理投资决策与工艺技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002.
- [5] 李涛. 沉砂池的设计及不同池型的选择[J]. 中国给水排水, 2001, 17(9): 37-42.
- [6] 聂梅生. 水工业工程设计手册水工业工程设备[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000.
- [7] 聂梅生. 水工业工程设计手册废水处理及再用[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002.

作者简介: 陈璐(1975-), 女, 天津人, 工程师, 主研工业废水治理和城市污水处理厂的设计与运行, 发表论文 3 篇, (电话) 022-23051641(电子信箱) captain_66@163.com.