

# 给水厂预臭氧接触池设计计算

张晏晏

(上海市市政工程设计研究总院<集团>有限公司, 上海 200092)

**摘要:** 探讨了水厂中预臭氧接触池各系统的设计计算方法,优化了接触池的管道布置方法。重点讨论了臭氧系统水射器增压水系统设计,给出了增压水泵的流量与扬程的计算方法,建议应优先选择沉后水作为增压水系统水源。提出了新建与改建水厂中预臭氧接触池的不同超越方式,分析了不同规模水厂预臭氧接触池更宜采用的叠合设计形式。

**关键词:** 预臭氧接触池; 水射器增压水系统; 构筑物叠合设计

**中图分类号:** TU991 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2017)10-0074-04

## Design and Calculation of Pre-ozonation Contact Tanks in Waterworks

ZHANG Yan-yan

(Shanghai Municipal Engineering Design Institute <Group> Co. Ltd., Shanghai 200092, China)

**Abstract:** Design calculation of pre-ozonation contact tanks in waterworks was discussed. In the design process, the layout of pipes scheme in the contact tanks was optimized. Pressurized water system for efflux installation of ozonation unit was fully introduced. Calculation methods of pressure pump's flow and head were put forward. And furthermore, the effluent of sediment was recommended as the priority of the water source of the pressure water system. In new-built water plant, the surpassing mode of pre-ozonation contact tank which was different from that in reconstruction plant. The appropriate superposition modes of pre-ozonation contact tank based on the water plant capacity were summarized as well.

**Key words:** pre-ozonation contact tank; pressurized water system for efflux installation; design of superposition of structures

预臭氧工艺是现代化给水处理厂的重要组成部分。经研究表明,预臭氧处理工艺可以有效去除水中的藻类<sup>[1]</sup>、臭味物质等<sup>[2]</sup>,并有显著的助凝作用<sup>[3]</sup>,可有效提高饮用水水质,保障人民用水健康。预臭氧工艺特别适用于处理富营养化较为严重的原水,已在许多地区得到广泛运用<sup>[4]</sup>。

预臭氧处理工艺各种形式中,比较常用的是预臭氧接触池。池体体量较小,设计一般不受重视,这与预臭氧接触池的普及度并不相符。然而,预臭氧接触池中系统众多,不仅有一般处理构筑物均有的进出水、溢流、放空、取样系统,还有必须安装的臭氧投加系统、增压水供应系统、尾气破坏系统。而在水厂整体布局中预臭氧的超越、与其他构筑物叠合也

是设计中要考虑的重点。如何做到各系统相互协调,布局优化合理,是预臭氧接触池设计的关键。

### 1 常规管道系统

预臭氧接触池水力流程较高,池体底板高度一般在地坪之上,会有部分进出水管道露出地面。在满足安装距离的前提下,地面部分尽可能贴紧池体,方便管道固定,增加池体美观。

溢流管一般设置在接触池进水管同侧。通常在接触池进水区域上部设有溢流堰,溢流堰在合适处局部落低至底板处,在落低处接通往排放口的溢流管。这种设计布局紧凑,无需设计专门的溢流通道,又使较大管径的生产管位置易靠近,为其他系统管道的布局留出空间。

取样管应设置在预臭氧接触池反应区中,离出水堰前 20 cm 的水面下 50 cm 处。臭氧检测装置应尽可能在臭氧接触池附近,使所取水样可重力流至水质检测仪,无需取样泵,减少自仪、电气设计工作量。

放空管布置应保证接触池内每部分均可放空检修,必要时应在隔墙下方设置过水孔以减少放空管的数量。

预臭氧接触池管道系统较多,且接触池较小,管道设置较一般反应池密集,需统筹考虑各管道的布置。为避免管道之间碰撞,距离较近或有交叉的管道应详细核对各管道的平面尺寸和垂直标高。具有类似功能的管道应尽量布置在接触池同侧,方便接入厂区管道系统。

## 2 臭氧系统

### 2.1 臭氧投加及尾气破坏系统

经预臭氧接触池的原水杂质较多,悬浮颗粒物数量较大。采用气体扩散投加装置,会导致出气口堵塞,因此,预臭氧一般采用水射器投加,并附有配套增压水泵及管道。

而尾气破坏装置一般设置于预臭氧接触池顶。应根据不同的设备防水特性选择是否要搭建设备间。若需搭建,应首先符合建筑物消防要求,设计时还需考虑轴流风机的安装位置及设备的搬运安装空间等。

### 2.2 水射器增压水系统设计计算

水射器配套的增压水系统占地较小,其设计常被轻视。但在实际工程中,增压水系统的设计工况与竣工工况出入往往较大,易造成大量的设计变更,不利于施工进程的把控。

增压泵房应设置在距离预臭氧接触池较近的厂房之中,并尽可能布置在辅助建筑内闲置空间处。增压系统管道设计应遵循一般泵房要求设计,尤其需核实所有阀门配件尺寸,避免施工现场空间不够导致的安装困难。

增压水泵的流量和扬程应根据计算确定。增压水泵扬程可取 20 m (1 m  $\approx$  10 kPa),该值可满足接触池水射器的投加供水压力。

气体中臭氧所占质量比应根据臭氧发生器特性确定,一般为 10%。空气摩尔质量为 29 g/mol,密度约为 1.25 kg/m<sup>3</sup>;臭氧摩尔质量为 48 g/mol,密度约为 2.144 kg/m<sup>3</sup>;则臭氧发生器出口处的混合气体

的密度约为  $(1.25 \times 9 + 2.144 \times 1)/10 = 1.34$  kg/m<sup>3</sup>。若 1 h 需投加 A kg 臭氧,则需要 10A kg 臭氧混合气体,该混合气体体积为  $10A/1.34 = 7.46A$  m<sup>3</sup>。一般水射器所需气水体积比为 1:2 ~ 1:4。则 1 h 所需增压水的体积为 14.92A ~ 29.84A m<sup>3</sup>,则增压水泵的总流量应为 14.92A ~ 29.84A m<sup>3</sup>/h。

### 2.3 水射器增压进水水源

增压水一般采用沉后水,使用沉后水可在满足增压水水质要求前提下,尽量减少后续构筑物的水力负荷。但也有为减少厂区内管道系统数量,采用自用水的做法。两种方式下各构筑物的水力负荷差距如图 1 所示。

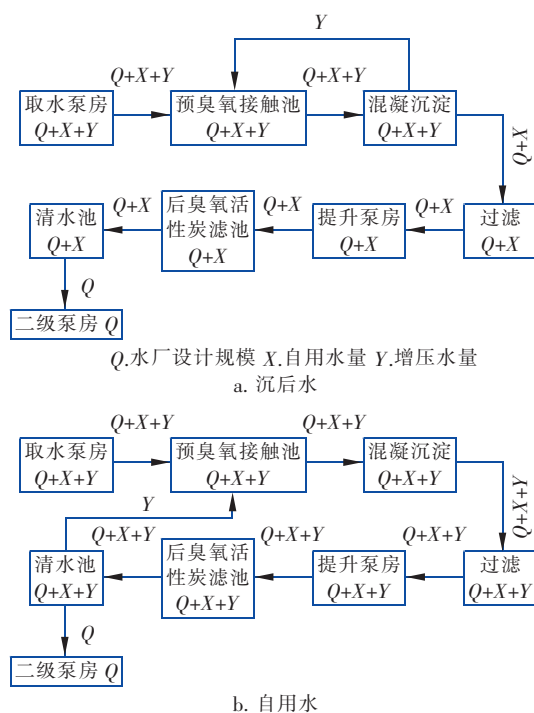


图 1 不同增压系统进水水源各处理构筑物水力负荷

Fig. 1 Hydraulic capacities of structures in different pressurized water systems

由图 1 可知,增压用水来源在工艺流程中越靠后,则有越多处理构筑物水力负荷需增加。一般预臭氧投加量为 1.0 mg/L、生产规模为 Q m<sup>3</sup>/h 的水厂,需  $10^{-3}Q$  kg 臭氧,根据上述计算可知,该水厂预臭氧增压水量至少为  $14.92 \times 10^{-3}Q$  m<sup>3</sup>/h,约为全厂设计规模的 2%,一般净水厂设计计算自用水量全厂规模的 5%。可见,增压水所用水量对构筑物造成的负荷不可忽略不计。因此,为减少处理构筑物的负担,应优先采用沉后水作为预臭氧增压水进水水源。

### 3 超越系统

原水水质随季节变化较大,在水质条件较好的情况下,可以暂停预臭氧投加,从而节能节电。工艺要求使得预臭氧接触池体内水流上下翻腾次数较多。只是取消臭氧投加,而让原水在无需臭氧氧化时依旧经过接触池,会造成不必要的水头损失,增加取水泵房扬程,能源浪费严重。因此,设计预臭氧接触池时,需要在单体或厂平面布置设计中体现超越,达到环保节能的要求。

在新建水厂中,预臭氧接触池同整个处理流程一同修建,建议尽可能在池体内部实现超越功能。在池体内设置专门的超越流道和相应的阀门并不过分增加工艺布置和结构计算难度,还可以减少池外管道和阀门的数量。厂区布置简洁、设备安装简单、施工难度较小。

在需要工艺升级的改造水厂中,预臭氧接触池的超越系统应尽可能使用原有管道。一方面,改造水厂中用地紧张,预臭氧接触池内超越会增加占地;另一方面利用原有的生产管道,对现有管道改造越少则不必要的浪费也就越少。并且无需再次确定超越时工况的水力高程,设计时的计算工作量减少。更重要的是,净水厂管理人员已十分熟悉原有的水厂运行工况,利用管道完成超越的工况即原有常规处理时的工况,工作人员无需再次适应改造后的水厂超越工况的运行管理。

### 4 与其他水处理构筑物叠合设计

预臭氧接触池占地小、功能单一,若单独设置,需在接触池周边留出绿化或道路用地,如此布置增加了用地本就紧张的深度处理工艺净水厂设计难度。所以,预臭氧接触池常与其他水处理构筑物合建,达到精简占地的目的。

#### 4.1 与配水井合建

在处理流程中,预臭氧接触池与配水井同样位于取水泵房与混凝沉淀池之间,都具有体积小、管道布置密集的特点,在具有预处理与深度处理的水厂中,常将两者合二为一<sup>[5]</sup>。

具有配水井功能的预臭氧接触池通常比一般接触池在接触区前多一道隔墙,该隔墙不仅提供了阀门安装位置,还保证接触池中的臭氧无法进入前方进水区域,阀门配置要求降低,设备费用减少。

一般接触池中仅有一道出水堰,属自由堰。堰前后水位差一般大于 50 cm,主要为了水中溶解臭

氧在跌落过程中散出,不进入后续构筑物。而具有配水井功能的接触池比一般接触池多一道配水堰,该堰具有配水功能。堰的长度根据下游絮凝沉淀池的规模按比例确定,跌落高度仅满足自由出水要求即可。在两道水封之间,还有一道水封墙,保证臭氧不进入后续反应池。

具有配水井功能与不具有配水井功能的预臭氧接触池剖面对比如图 2 所示。

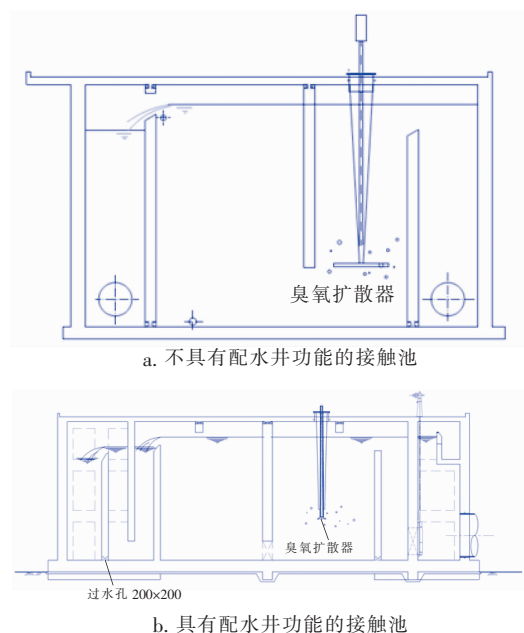


图2 具有配水井功能与不具配水井功能的接触池剖面对比

Fig. 2 Contrast of contact tanks section with and without distribution well

预臭氧接触池与配水井合建后,臭氧可被均匀投加到原水中,再分配至各条生产线。该设计既方便控制不同水质和水量下的臭氧投加量,又能保证不同生产线出水品质相差不大。该合建方式适用于规模较大、具有多组生产线的水厂。

#### 4.2 与絮凝沉淀池合建

当水厂规模较小,仅有一条生产线,厂区内无需设置配水井时,可考虑将预臭氧接触池与沉淀池合建。该组合方式特别适用于絮凝池前带有机混合搅拌装置的沉淀池。

若在絮凝池机械搅拌装置两侧各设一组预臭氧接触池,既能使得水处理流程自然衔接,又比较符合一般沉淀池的分为独立运行两组的设计,更能使絮凝沉淀池前端机械搅拌处的外轮廓更加规则,方便厂区内布局和池体结构设计。具体布置形式如图 3

所示。

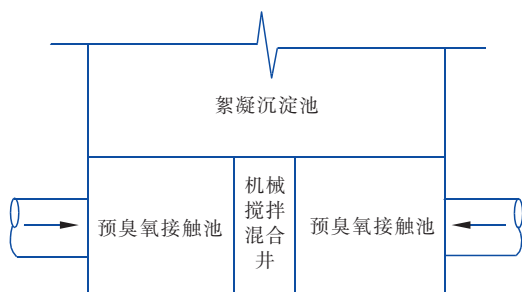


图 3 预臭氧接触池与絮凝池合建布置

Fig. 3 Layout of pre-ozonation contact tank combined with flocculation tank

## 5 结论

① 接触池中具有相近功能的大口径管道应尽量选择密集布置,方便其他辅助系统管道的安装布局。露出地面的管道应尽可能靠近接触池壁,方便安装和美观。应仔细核对各管道平面与标高尺寸。

② 预臭氧投加采用水射器,并附尾气破坏装置,应按要求设计尾气破坏装置设备间。水射器增压水泵房应按要求设计,扬程可取 200 kPa,臭氧投加量若为  $A$  kg,则水泵总流量为  $14.92A \sim 29.84A$   $\text{m}^3/\text{h}$ 。增压水泵进水应优先选择沉后水。

③ 若为新建水厂,预臭氧接触池的超越系统应考虑设置在池体内。若为改建水厂,预臭氧接触池超越系统应尽量用原有常规处理管道。

④ 预臭氧接触池应尽量与其他构筑物合建。规模较大的具有多条生产线的水厂应考虑预臭氧接触池与配水井合建。只有一条生产线的水厂应考虑预臭氧接触池与絮凝沉淀池合建。

## 参考文献:

- [1] 汪小雄,姜成春,朱佳,等. 臭氧灭活水中铜绿微囊藻影响因素研究[J]. 中国环境科学,2012,32(4):653-658.
- [2] 蒋金,安娜,张义,等. 不同臭氧化方式对嗅味物质 IBMP 去除效果研究[J]. 水处理技术,2012,38(3):34-37,44.
- [3] 马军,刘晓飞,张金松,等. 臭氧/高锰酸盐预氧化助凝及影响因素[J]. 中国给水排水,2005,21(8):10-13.
- [4] 殷娣娣,高乃云,高梦鸿,等. 响应面分析法优化太湖原水作为水厂水源的预处理工艺[J]. 四川大学学报:工程科学版,2015,47(1):192-199.
- [5] 上海市政工程设计研究院. 给水排水设计手册(第3册):城镇给水(第2版)[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2001.



作者简介:张晏晏(1989-),女,上海人,硕士,工程师,研究方向为水处理技术。

E-mail: zyy\_121@163.com

收稿日期:2016-12-21

保护河流生态,维护河流的健康生命