

# 悬挂链曝气工艺应用于中小城镇污水治理\*

王 涛

(机械科学研究院环境保护技术与装备研究所,北京 100044)

**摘要:**通过对悬挂链曝气工艺特点和应用情况的分析,总结了针对中小城镇污水处理厂的设计与建设经验。结合我国国情,提出悬挂链曝气工艺为中小城镇污水处理厂的建设提供了一个良好的选择。

**关键词:**悬挂链曝气工艺;多级 A/O 工艺;悬挂链曝气装置;一级处理;二级处理;污泥处理

**中图分类号:**X703 **文献标识码:**A **文章编号:**(K)03259(原 1002-1264)(2004)01-0028-03

## Discussion about Suspended Chain Aerating Technology for Wastewater Treatment in Medium and Small Town

WANG Tao

(Institute of Machinery Industry Environmental Protection Research Institute of Machinery Science and Technology, Beijing 100044, China)

**Abstract:** The characteristics and application of suspended chain aerating technology are analyzed. The design and construction experience aiming at medium and small town wastewater treatment plant is discussed. Suspended chain aerating technology is a good choice in constructing medium and small town wastewater treatment plant in China.

**Key words:** suspended chain aerating technology; multistage A/O technology; suspended chain aerator; primary treatment; secondary treatment; sludge treatment

随着国家污染治理政策的调整,以及三峡工程、南水北调等一批特大水利工程的上马,中小城镇污水治理与水污染的矛盾愈显突出。根据规划,2005 年我国城镇污水处理率将达到 45%。由于我国经济发展水平不平衡,土地资源紧张,城镇污水处理厂的建设要求投资、占地省,运行费用低的处理工艺。目前大型污水处理厂采用的处理工艺在应用到中小型污水厂时多体现出经济性指标较低。这也成为严重影响中小城镇污水处理厂建设、污水处理率提高的制约因素。

## 1 悬挂链曝气工艺的技术背景

悬挂链曝气工艺,又称“多级 A/O 工艺”。是在悬挂链曝气装置的研究开发基础之上逐渐形成的低投资、低运行成本的污水处理新工艺。

悬挂链曝气工艺的核心设备——悬挂链曝气装置属于移动微孔曝气器范畴,每组“由输气软管、布气立管、支撑管、橡胶膜、配重等部分组成(见图 1)。组与组之间用软管连接成“链”,通过浮筒的浮力使“链”浮在水面之上。悬挂链两端由阀门控制整条链的启闭,每组曝气装置的微孔曝

气器与布气软管的连接处设有止回瓣膜,防止污水的倒流进入曝气系统。悬挂链的两端与布气干管连接并通过绳索固定在构筑物边上,整条悬挂链通过绳索的拉力和浮筒的浮力悬浮在水面以上,管式微孔曝气器通过配重的作用悬浮在水中,水面以下无任何固定装置。

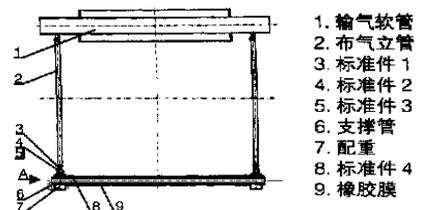


图 1 悬挂链曝气装置结构示意图

悬挂链曝气装置的运行方式:当悬挂链两端的控制阀门打开后,空气通过输气软管、布气软管后,冲开止回瓣膜,输送到微孔曝气器中,通过其将空气气泡扩散到水中,气泡升到水面爆裂,推动浮筒向一个方向运动,当浮筒到达极限位置在悬挂链两端绳索的拉力下停止运动,而曝气器和配重在惯性作用下继续沿原来运动方向运动,气泡会越过浮筒在另一侧爆裂,推动其向与原来运动

\* 基金项目:国家“九五”科技攻关项目(96-909-2-01)  
收稿日期:2003-10-17

方向相反的方向运动,而曝气器在配重重力的作用下达到极限位置后随浮筒运动方向运动。周而复始。整个曝气链在水中处于来回移动的状态,因此称之为“移动曝气”。

悬挂链曝气装置具有两个主要特点:

一是移动微孔曝气方式。装置在水中的运动使池中不存在氧的过饱和和水域和不饱和水域,而且消除了紊流区域,从而气泡在水中的停留时间延长,氧利用率提高。实验结果显示:静流条件、4 m 淹没水深条件下固定式微孔曝气器产生的气泡在水中停留时间 5.8 s,而悬挂链曝气器产生的气泡在水中停留时间大于 9 s;曝气器有效面积与服务面积比值为 6% 的情况下,固定式微孔曝气器氧利用率为 22% ~ 30%,悬挂链曝气器氧利用率大于 35%。

二是所有固定件均在水面以上。固定式微孔曝气器必须通过水面以下的固定件安装固定在构筑物底部,考虑到固定和气蚀等原因,必须采用钢筋砼结构,检修时需将构筑物中的水全部放空,操作起来比较繁琐。悬挂链曝气器所有固定件均在水面以上,又因为移动曝气不会产生紊流造成构筑物局部气蚀,因此悬挂链曝气器适用于土工构筑物,而且出现问题时,只需将曝气器提出水面维修即可,无需放空。

## 2 悬挂链曝气工艺及其特点

悬挂链曝气工艺流程图见图 2。

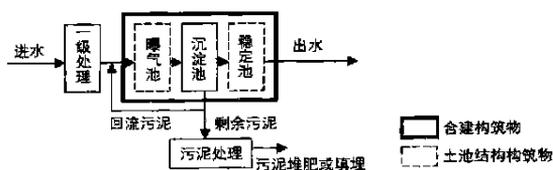


图 2 悬挂链曝气工艺流程图

一级处理系统。根据工程经验,采用雨污分流制排水管网系统且日处理量小于 20000 t 的城镇,一级处理系统可以采用粗格栅 + 提升泵 + 细格栅处理模式,细格栅栅条间距一般选用 1 mm。采用雨污合流制排水管网系统或日处理量大于 20000 t 的城镇一般采用粗格栅 + 提升泵 + 细格栅 + 沉砂池处理模式,沉砂池形式一般为旋流式、钟式等。

二级处理系统。一般由曝气池、沉淀池、稳定池组成。曝气池一般采用  $0.15 \text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$  以下的低污泥负荷,在有特殊除磷脱氮要求的

情况下,前端利用浮动隔墙隔出除磷区,曝气池通过有规律的关闭部分“链”,实现“多级 A/O”运行模式<sup>[1]</sup>,实现脱氮目的。曝气池和稳定池可以采用土池防水的结构形式,防水根据地质条件优劣分别采用黏土夯实、片石防水或 HDPE 防渗层;沉淀池由于刮泥机的运行要求钢筋砼结构形式,为节省占地和投资三池可以合建。此外,在曝气池和沉淀池容积负荷相对较低的情况下,稳定池可以省略。

污泥处理。由于曝气池污泥负荷低,泥龄较长,这使得包括可沉淀污染物在内的所以污染物都经过生物处理。根据负荷状况,活性污泥将在系统中停留 15 d 以上。在这个周期内,活性污泥反复循环处理过程,加上污水的均匀化处理,保证剩余污泥性能的稳定。无须污泥消化系统,直接进入浓缩脱水系统。日处理污水量小于 20 000 t 的城镇,可以采用污泥贮池或污泥干化厂自然干化;日处理污水量大于 20 000 t 的城镇,一般采用浓缩池 + 机械脱水模式,或机械浓缩脱水一体处理模式。

悬挂链曝气工艺具有如下特点:

(1) 工艺流程紧凑。二级处理构筑物可以采用合建形式,而且省掉污泥消化处理工序,在确保处理效果的前提下,对于日处理量不超过 20 000 t 的小型污水处理厂,可以省掉沉砂池,机械脱水等工序。

(2) 运行方式灵活。通过对曝气池的分隔以及曝气链的启闭,可以人为使曝气池形成除磷脱氮的功能,而且可以根据进水情况随时调节。

(3) 投资节省。悬挂链曝气工艺中核心构筑物可以采用合建的土池结构,根据地质条件和使用要求的不同,土池的做法可采用粘土夯实、片石护坡和铺设 HDPE 防渗层。采用 HDPE 防渗层现场焊接铺设后,做打压实验确保质量。防渗效果和使用寿命都高于混凝土,而造价则低于混凝土结构。因此土建费用的大大节省。

(4) 运行费用低。相对于其它的活性污泥工艺,悬挂链移动曝气系统具有节能降耗显著的特点。传统工艺在好氧段停留时间 8 h 的前提下,气水比在 10:1 左右,而悬挂链系统在好氧段停留时间 12 h 的前提下,气水比能达到 6:1,这样就大大地节省了动力能耗,从而大大地节省了运行费用。实现这一点的直接原因有二:一是悬挂链曝气器较其它活性污泥法采用的传统曝气器气泡

小,在水中停留时间长,避免了固定曝气器的区域不饱和和过饱和现象,因此氧利用率高、理论动力效率高;二是由于移动的曝气方式造成水中有益菌团处于非稳态条件下。根据非稳态理论,非稳态条件对生物处理系统的影响应归结到对系统中微生物的影响,包括微生物活性、适应外界环境(不断变化)的能力、具有特殊功能的微生物的形成等方面,而系统的处理效果很大程度上取决于这些因素。一段时间的“饥饿”状态并不会导致微生物活性的降低,反而会刺激微生物产生更多的与基质摄取相关的酶,从而在“饱食”状态下吸收也即从水中去除数量更多、范围更广的污染物。

(5) 维护维修方便。微孔曝气装置效率高于其它曝气装置,但仅几年新建污水处理厂却大量采用机械曝气,主要原因在于维修困难,须停气、放空,甚至雇佣潜水员人工潜水更换,费时、费力且不安全。悬挂链曝气装置所有紧固件均在水面以上,因此维修时关闭曝气链两端阀门,由工作人员划工作艇至破损曝气装置处,直接将曝气管提出水面更换或维修,无须停气或放空构筑物。

(6) 占地节省。污水处理厂还可以利用现有坑塘和自然水系。由于悬挂链系统布气采用软管,而且紧固件均在水面以上,曝气池、沉淀池、稳定池均可自由合建,池形可以根据实际情况设计成不规则形状。场地利用率高,从而总占地面积节省。

### 3 小城镇污水治理应用范例

#### 3.1 招远市政污水处理厂

招远市政污水处理厂位于山东省胶东半岛招远市,1998年开始建设,1999年10月正式运行。设计处理规模2万t/d,污水主要来源包括市政污水和部分工业废水<sup>[2]</sup>。

污水在厂内首先经过粗格栅去除大的飘浮物,然后自流入集水井,污水经泵提升至转鼓式格栅,以分离废水中的杂物与砂砾,处理后的污水进入厌氧区(除磷),由推进器将进水和厌氧污泥混合进行厌氧处理,然后流入曝气段进行好氧处理,处理后污水进入澄清段进行沉淀固液分离,污水依次进入二次曝气段和稳定段进行曝气充氧稳定;污泥分离出来一部分回流到厌氧段,一部分作为剩余污泥进入污泥贮池,自然干化后外运农用。

厌氧/曝气综合池与二曝/稳定池均采用土池

结构加铺HDPE防渗层。

招远市政污水处理厂处理效果见表1。

表1 招远市政污水处理厂处理效果 mg/L

项目	COD <sub>Cr</sub>	BOD <sub>5</sub>	SS	NH <sub>4</sub> -N	TN	TP
进水水质	769	425	384	39	59	14
出水水质	49	23	10	18	24	1.2
去除率(%)	94	95	97	54	59	91

#### 3.2 福清市融元污水处理厂

福清市位于福建省东部,隶属福州市管辖,城区人口约14万人,城区面积13.15 km<sup>2</sup>。融元污水处理厂处理规模为6万m<sup>3</sup>/d,其中生活污水量为3.3万m<sup>3</sup>/d,工业废水量为2.7万m<sup>3</sup>/d,设计进水指标为:COD<sub>Cr</sub>:380 mg/L, BOD<sub>5</sub>:200 mg/L, SS:250 mg/L, pH:6~9, NH<sub>4</sub>-N:35 mg/L, TP:8 mg/L。出水要求达到《污水综合排放标准》(GB 8978-1996)一级标准。

一级处理系统采用粗格栅+提升泵+细格栅+旋流沉砂池;二级处理系统采用厌氧/曝气综合池+二沉池;污泥处理系统采用污泥贮池+浓缩脱水一体机。

构筑物中厌氧/曝气综合池结构形式为碾压土坝砌石结构,池内铺设HDPE防渗层。

该项目正在建设中。

### 4 结论

从悬挂链曝气工艺的特点和应用情况来看,是适合中小城镇污水处理厂采用的,尤其是土池结构降低了工程投资费用,可以在不停水停气的条件下检修曝气器方便了管理与维护,较低的气水比与污泥负荷在确保出水指标的前提下降低了运行费用。在我国大力发展中小城镇污水处理事业,提高生活污水处理率的今天,悬挂链曝气工艺为中小城镇污水处理厂的建设提供了一个良好的选择。

#### 参考文献

- [1] 王涛,楼上游.多级A/O工艺理论的探讨[J].中国机械工程,2001,3:339-342.
- [2] 机械科学研究院,中国通用工程总公司.全国城市污水处理现状调查研究报告(上册)[M].北京:国家经贸委,建设部,2002.148-149.

作者简介:王涛(1974-),男,辽宁省沈阳市人,工程师,天津大学土木系环境工程专业毕业,学士,主要从事水处理工艺方面的研究以及工程设计等方面工作,发表论文19篇,获中国机械工业科技进步3等奖和北京市科学技术3等奖。