

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyh.2022.02.043

天津海河口南岸地区污水处理工程臭氧发生器的选择

袁晓宇¹, 田 征², 赵佳睿³

(1.天津市市政工程设计研究总院有限公司第五设计研究院,天津市 300051;2.北京北排水务设计研究院有限公司,北京市 100124;
3.哈尔滨工业大学环境学院,黑龙江 哈尔滨 150090)

摘要:将臭氧应用于污水处理具有反应迅速、流程简单、无二次污染等诸多优点,因而受到了人们的重视,并得到了更加广泛的应用。天津市滨海新区海河口南岸地区污水处理工程设计规模为30 000 t/d,污水处理过程中需投加臭氧作为消毒和高级氧化的措施。污水处理过程中的臭氧一般由臭氧发生器制取。臭氧发生器主要有板式和管式两种类型。该项目设计过程中,对三种不同的臭氧发生器进行了分析,并针对该项目的实际情况对其进行了比选。

关键词:板式臭氧发生器;管式臭氧发生器;臭氧发生器;放电室;放电管;放电单元

中图分类号: TU992.3

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)02-0150-03

1 项目背景

该项目位于天津市滨海新区,为海河口南岸污水处理工程,污水总处理规模为30 000 t/d,分两期建设,每期处理规模为15 000 t/d,其处理过程中需投加臭氧作为消毒和高级氧化措施。根据该项目的处理规模、使用情况和臭氧发生器的标准型号,近期可配置两台臭氧发生器,一用一备,远期再增加一台同型号臭氧发生器,每台臭氧发生器的臭氧投加量为15 kg/h。在对该项目进行设计的过程中,分别对板式臭氧发生器、常规管式臭氧发生器和改进管式臭氧发生器的工艺方案进行了对比,并最终选择了第三种。

2 臭氧制取工艺

污水处理过程中所需的臭氧由臭氧发生器制取。臭氧发生器由氧气源、臭氧发生室、冷却水系统、电气控制系统,以及电源、臭氧投加系统、尾气收集破坏系统等组成。其中,关键部位是臭氧发生室^[1]。根据臭氧发生室对臭氧的制取方法不同,臭氧发生器可分为板式和管式两种^[2]。

空气经压缩机压缩后,先经主管道的过滤器去除尘埃粒子、水雾和油雾,再由冷冻式干燥机进行浅度除水,再经除油过滤,然后进入吸附式干燥机进行深度干燥,使气源露点达到要求,最后除尘过滤后成为合格的原料气源^[3]。

收稿日期: 2021-04-14

作者简介: 袁晓宇(1984—),男,硕士,高级工程师,主要从事给排水及环境工程设计工作。

合格的原料气源经减压稳压后进入臭氧发生室。在臭氧发生室内部,氧气通过高压放电变成臭氧,产品气体经温度、压力、流量监测调节后由臭氧出气口产出。臭氧发生室上设有臭氧取气口,先通过配备的臭氧浓度检测仪在线监控臭氧发生器的出气浓度,再通过控制系统计算出臭氧产量。

臭氧发生器冷却水设计封闭循环冷却水系统,通过换热器换热,每台臭氧发生器配置一台循环水泵,为臭氧发生器提供冷却水。臭氧发生器冷却水出水有温度变送器、流量开关,当冷却水温度超过设定值或者流量低于设定值时报警。臭氧发生器设置检修时、发生器出现故障时,可单独进行吹洗而不影响系统正常运行。

3 板式臭氧发生器的特点

板式臭氧发生器的核心部件是短流程放电室。模块化集成的核心内容由一组放电室和一套独立对应电源的模块组成。每个模块的臭氧产量在1.0~1.5 kg。该模块不受空间限制,可随意组合。模块集成化系统在对臭氧气体有不同需量时,通过自动改变模块工作数量进行变量生产,从而对臭氧产出和稳定浓度实现精确控制。模块化集成方案的独立供电设计,不会在部分放电单元出现故障时导致系统停机。即使在某个放电单元模块出现故障时,也不会使整个臭氧发生器瘫痪。放电室内部全部采用特殊的陶瓷釉化处理工艺,不会被臭氧氧化腐蚀。其结构图详见图1。

臭氧发生器的放电室采用非压力容器设计,所有放电单元不需要放置于压力容器中,不会有爆炸现象



图1 板式臭氧发生器放电室结构图

产生,安全性高,便于调节臭氧量。放电间隙小于0.2 mm,有助于气体散热和提高微放电密度,从而提高臭氧产率和浓度。在产生高浓度臭氧的同时,发生器的电耗仍处于较低水平,在不增加电耗的情况下,显著减少氧气量,降低运行成本。发生器的放电室是板式结构,容易实现模具化生产、高精度加工、面与面间紧密结合的小体积结构,便于维修保养。各个部件都可独立互换,且性能不受影响,为模块化集成提供了可靠的保证,同时节省了占地面积。

4 管式臭氧发生器的特点

管式臭氧发生器的核心部件是臭氧放电管。放电管安装在不锈钢管内。不锈钢管安装在发生器罐体中,发生器罐体配有气源入口和分布室,以及臭氧出口和收集室。高压分配安装在气源入口分布室,为臭氧发生单元提供电能。发生器罐体通过两端已焊接的密封的不锈钢管隔离,作为冷却水腔,部分不能生产臭氧的能量转化为热能释放时必须通过冷却水腔流过的足够流量的冷却水带走。其结构图详见图2。



图2 管式臭氧发生器发生室结构图

臭氧放电管采用耐臭氧的316L不锈钢材料、PTFE(聚四氟乙烯)制造,提高了系统的长期运行可靠性。大型臭氧发生室为水平安装,便于检查和维修。放电管采用自动设备生产线,按照统一工艺、质量标准生产制造,互换性强。平时维护时只需将管体抽出,将放电管表面清洗干净,并随机配备放电管专用抽取工具,更换、维护方便。臭氧放电管臭氧产量大,臭氧浓度高,能最大程度地发挥电源系统和冷却

系统的功能。尾气分解系统安全、低温运行、压降较低,尾气出气浓度不高于 0.1×10^{-6} ,可以直接排放至大气。同时,臭氧发生器可以使用空气作为气源,减少液氧的使用量,但增加耗电量,且臭氧浓度低,会增大曝气量。

5 臭氧发生器的比选

5.1 板式臭氧发生器与管式臭氧发生器对比

板式臭氧发生器与管式臭氧发生器的技术参数对比详见表1。

表1 板式和管式臭氧发生器对比

比较项目	板式臭氧发生器	管式臭氧发生器
气源	氧气浓度大于93%	空气
进气量/($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)	240	600
供气压力/bar	2	2
臭氧最高出气浓度/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	210	160
运行压力/bar	1	0.95
耗电量/($\text{kW} \cdot \text{h}/\text{kgO}_3$)	6.5~7.5	16
冷却水/($\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$)	90	60
占地面积	小	大

通过对两种不同的臭氧发生器进行技术参数对比,可以发现,管式臭氧发生器的优势在于可以使用空气作为气源,无须使用液氧,可降低液氧成本,且允许进气量大,冷却水消耗量较少。管式臭氧发生器作为一种传统的工艺,技术经验积累更充足、更加可靠,但同时具有耗电量大、占地面积大等缺点。板式臭氧发生器具有耗电小、占地面积小的优点,但是冷却水用量大,允许进气量小,且需要使用液氧作为气源,增加了液氧购买、运输和储存的成本。板式臭氧发生器作为一种新兴工艺,运行技术经验尚显不足,因此,本工程最终选择管式臭氧发生器作为臭氧制取设备。

5.2 改进管式臭氧发生器与常规管式臭氧发生器对比

改进管式臭氧发生器与常规管式臭氧发生器的优势对比主要是在放电管方面,主要对比内容详见表2。前者每一个放电单元均安装了独立的保险丝。保险丝不仅保护放电单元,而且可使损坏的放电单元与系统其他部分隔离。这样可以保证即使有部分放电单元损坏,其他放电单元也可以不间断地继续运行。

此外,改进管式臭氧发生器独特的放电管设计还具有以下优势:

(1)更高的耐久性、强度和效率,以及耐冲击负荷。

表2 传统和改进管式臭氧发生器放电管对比

比较项目	传统管式臭氧发生器放电管	改进管式臭氧发生器放电管
材料	硼玻璃	陶瓷
厚度	<1~2 mm	<0.5 mm
支撑结构	无	不锈钢管
机械强度	低	高
抗热应力	低	高
高压电极	网或镀层	不锈钢管

(2) 简便的设计将放电管分成几段,使之具有更好的对气源的适应性。

(3) 工作电压更低,约为 3 000~4 000 V,使之具备更大的电气安全性。

(4) 由于放电效率提高,容器的尺寸可减少,除节约占地之外,还可减少相应的工作量和外围设备。

(5) 每根放电管具有单独的保险,在突发情况下也可持续地工作。这最大限度地保证了系统的稳定运行,减少了停机时间。

(6) 与传统管式臭氧发生器玻璃材质的放电管比较,可显著降低能耗。

(7) 当气源为纯氧时,臭氧浓度可达 14 wt%;当气源为空气时,臭氧浓度可达 5 wt%。

(8) 减少冷却水温度对产生臭氧的影响,在冷却

水温较高时能耗优势明显。

通过对传统管式臭氧发生器和改进管式臭氧发生器二者的进一步比较,本工程最终选择改进管式臭氧发生器。

6 结 语

臭氧作为氧化剂,其氧化能力比加氯高 50%,因此在多数污水处理项目中作为消毒剂选择的优选方案。本工程选择的改进管式臭氧发生器,制取工艺不论采用氧气还是空气作为原料气^[4],其制取的高臭氧产量和高臭氧浓度均可以得到保证。这为后续水处理消毒工艺的实施提供了稳定的物料基础。而臭氧车间内部各工艺管线连接和安装的科学性的设计则是该工艺可以良性运转、进一步优化臭氧制取设备功能的前提和保障。

参考文献:

- [1] GB 50013—2018, 室外给水设计标准[S].
- [2] 上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司. 给水排水设计手册——第3册 城镇给水[M].3版.北京:中国建筑工业出版社,2017.
- [3] 张自杰,林荣忱,金儒霖. 排水工程(下册)[M].5版.北京:中国建筑工业出版社,2015.
- [4] 北京市市政工程设计研究总院有限公司. 给水排水设计手册——第5册 城镇排水[M].3版.北京:中国建筑工业出版社,2017.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话: 021-55008850 联系邮箱: cdq@smedi.com