

CECS

T/CECS XXX-XXXX

中国工程建设标准化协会标准

臭氧催化氧化污水处理 技术规程

专家意见更名为：污水臭氧催化氧化深度处理技术规程

（函审征求意见稿）

2021.11.23

中国计划出版社

前言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2020 年第二批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字〔2020〕23 号）的要求，规程编制组经深入调查研究，认真总结实践经验，参考有关国内外先进技术，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共 8 章和 7 个附录，主要技术内容包括：总则、术语和符号、基本规定、工艺设计、检测和控制、施工与安装、调试和验收、运行管理等。

请注意本规程的某些内容可能直接或间接涉及专利，本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会城市给水排水专业委员会归口管理，由中国市政工程华北设计研究总院有限公司负责具体技术内容的解释。本规程在执行过程中，如有需要补充或修改之处，请将有关资料和建议寄送解释单位（地址：天津市南开区卫津南路西侧奥体道星城 33 号楼；邮编：300381），以供修订时参考。

主编单位：中国市政工程华北设计研究总院有限公司

天津万峰环保科技有限公司

参编单位：青岛国林环保科技股份有限公司

安徽华骐环保科技股份有限公司

青岛思普润水处理股份有限公司

哈尔滨市多相水处理技术有限公司

河南省城乡规划设计研究总院股份有限公司

上海中耀环保实业有限公司

无锡市政设计研究院有限公司

赛莱默（中国）有限公司

北京恒动环境技术有限公司

河北建设集团安装工程股份有限公司

金山环保集团有限公司

江苏大洋环保工程有限公司

主要起草人：刘彦华 战树岩 王承宝 郑 杰 刘德民 艾恒雨 陈永信 赵宁华 耿 霞 雷 振
陈 雷 邵增会 张志和 吴祥昌 王 阳 刘佩春 王欣明 郑 俊 王存峰 颜 妮
孙成才 贾志宇 张万里 徐凌祥 范姝兴 陈 月 陈 炜 刘富强 郭庆英 李 阳
马艳芳 程晓玲 孙士东 徐扬纲

主要审查人：

目 次

1 总则.....	1
2 术语和符号	2
3 基本规定	4
4 工艺设计	5
4.1 一般规定	5
4.2 臭氧催化氧化单元.....	5
4.3 臭氧发生装置单元.....	8
5 检测和控制	12
5.1 一般规定	12
5.2 检测	12
5.3 控制	12
6 施工与安装	14
6.1 一般规定	14
6.2 施工准备	14
6.3 非均相催化氧化接触池.....	15
6.4 设备及管道的安装	15
7 调试和验收	18
7.1 一般规定	18
7.2 臭氧催化氧化单元.....	18
7.3 臭氧发生装置单元	19
8 运行管理	21
8.1 一般规定	21
8.2 臭氧催化氧化单元.....	21
8.3 臭氧发生装置单元.....	22
附录 A 污水臭氧催化氧化深度处理系统各单元过程控制示意图	23
附录 B 设备安装、调试工作记录表	26
本规程用词说明	29
引用标准名录	30
附：条文说明	1

Contents

1 General Rules	1
2 Terms and symbols	2
2.1 terms	2
2.2 symbols.....	2
3 Primitive Provision	4
4 Process Design.....	5
4.1 General Provisions.....	5
4.2 Catalytic Ozonation Unit	5
4.3 Ozone Generation Unit	8
5 Detection and Control.....	12
5.1General Provisions.....	12
5.2 DETECTION	12
5.3 CONTROL	12
6 Construction and Installation	14
6.1 General Provisions.....	14
6.2 Construction Preparation	14
6.3 Heterogeneous catalytic Oxidation Contact Cell.....	15
6.4 Equipment Installation.....	15
7 Commissioning and acceptance.....	18
7.1 General Provisions.....	18
7.2 Catalytic Ozonation Unit	18
7.3 Ozone Generation Unit	19
8 Operational Guidance	21
8.1 General Provisions.....	21
8.2 Catalytic Ozonation Unit	21
8.3 Ozone Generation Unit	22
Appendix A Catalytic Ozonation Wastewater Treatment System Process Control Diagram.....	23
Appendix B Equipment Installation and Commissioning Record	26
Explanation of key words used in the regulation.....	29
List of Reference Santandards	30
Appendix: Provisions	1

1 总则

- 1.0.1** 为规范污水臭氧催化氧化深度处理工程的建设，做到安全可靠、经济合理、技术先进，制定本规程。
- 1.0.2** 本规程适用于采用污水臭氧催化氧化处理技术的新建、扩建和改建的城镇及工业园区综合污水处理厂工程的设计、施工与安装、调试和验收、运行维护。
- 1.0.3** 污水臭氧催化氧化深度处理技术除应符合本规程的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 臭氧催化氧化 catalytic ozonization

臭氧在催化剂的作用下形成羟基自由基，通过产生羟基自由基对污水中污染物进行氧化降解的过程。

2.1.2 均相催化 homogeneous catalysis

催化剂和反应物处于同一相界的催化反应。

2.1.3 均相催化剂 homogeneous catalyst

指能起均相催化作用的催化剂。

2.1.4 非均相催化 heterogeneous catalysis

催化剂和反应物处于不同相界的催化反应。

2.1.5 非均相催化剂 heterogeneous catalyst

指能起非均相催化作用的催化剂。

2.1.6 O/C 比 O/C ratio

臭氧（O₃）投加量和化学需氧量（COD_{Cr}）去除量的比值。

2.1.7 脱脂 degreasing

除去物体表面的油脂等有机物的过程。

2.1.8 高效臭氧溶气装置 high efficient dissolved ozone equipment

一种利用电磁切变场提高臭氧在污水中溶气效率的臭氧溶气装置

2.1.9 PSA—变压吸附 Pressure Swing Adsorption

一种气体分离技术，以空气为原材料，利用固体吸附剂对氮和氧的选择性吸附的性能把空气中的氮和氧分离出来。

2.1.10 VPSA—真空变压吸附 Vacuum Pressure Swing Adsorption

一种气体分离技术，利用抽真空的办法降低被吸附组分的分压，使吸附的组分在负压下解吸出来。

2.2 符 号

2.2.1 臭氧需求量、污水流量

D —— 臭氧需求量，单位为千克每小时（kg/h）；

Q —— 臭氧催化氧化接触池污水最大小时流量，单位为立方米每小时（m³/h）。

2.2.2 COD_{Cr} 浓度

C_o —— 臭氧催化氧化池单元设计进水 COD_{Cr} 浓度，单位为毫克每升（mg/L）；

C_e —— 臭氧催化氧化池单元设计出水 COD_{Cr} 浓度，单位为毫克每升（mg/L）。

2.2.3 设计参数

K —— O/C 比，无量纲；

η —— 臭氧投加系统溶气效率，无量纲；

T —— 臭氧催化氧化池单元反应时间，单位为小时（h）。

2.2.4 几何特征

V —— 臭氧催化氧化接触池反应区有效容积，单位为立方米（ m^3 ）。

3 基本规定

3.0.1 污水臭氧催化氧化深度处理系统（图 3.0.1）应由臭氧催化氧化单元和臭氧发生装置单元以及检测控制单元构成。各类形式臭氧催化氧化单元以及臭氧发生装置单元的过程控制宜符合本规程附录 A 的规定。

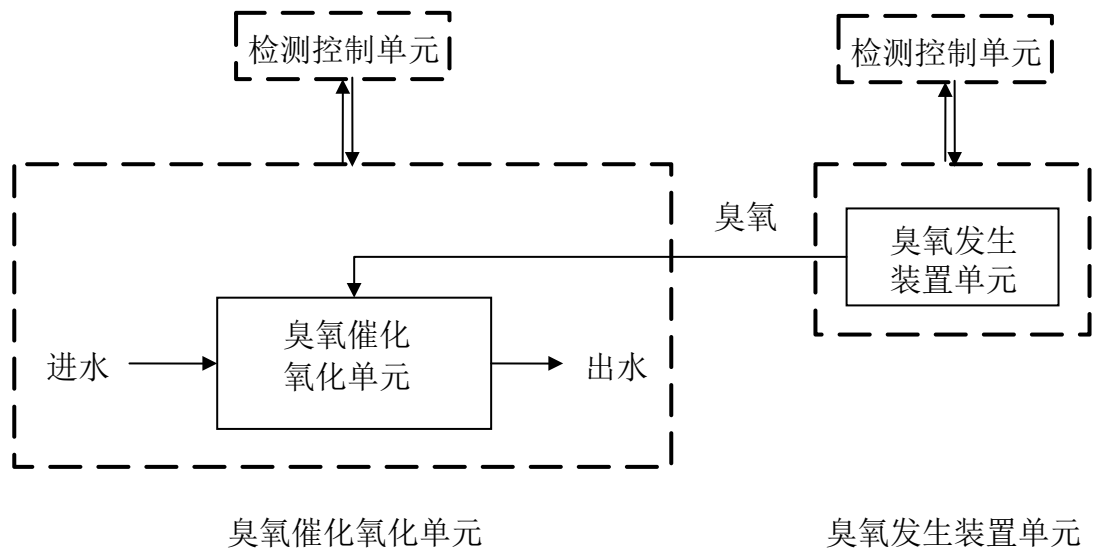


图 3.0.1 污水臭氧催化氧化深度处理系统示意图

3.0.2 臭氧发生装置单元的气源宜采用氧气源。

3.0.3 臭氧发生装置单元的氧气源，应根据气源成本、臭氧的发生量、场地条件以及臭氧发生的综合单位成本等因素选择液氧、空气 PSA 或 VPSA 制氧或能满足气源要求的其他富氧源。

3.0.4 检测控制单元应由检测仪表和控制单元构成。

4 工艺设计

4.1 一般规定

4.1.1 污水臭氧催化氧化处理系统工艺参数、催化类型的选用宜根据小试、中试试验或参考类似工程案例确定。

4.1.2 污水臭氧催化氧化处理系统的进水悬浮物浓度（SS）应小于 10mg/L。

4.1.3 当污水中臭氧催化氧化抑制剂浓度较高时，宜采取相关措施保证臭氧催化氧化污水处理系统的处理效果。

4.1.4 臭氧催化氧化接触池不宜后接反硝化生物滤池。

4.1.5 臭氧投加方式可选用射流投加或曝气盘投加。

4.1.6 O/C 比取值范围宜为 0.8~2，具体比值宜根据现场小试、中试试验或参考类似工程案例确定。

4.1.7 当水温超过 33℃时，应考虑臭氧半衰期对反应时间的影响。

4.1.8 臭氧催化氧化污水处理系统应设置臭氧尾气消除装置或其他保证尾气达标的措施。

4.2 臭氧催化氧化单元

I 一般规定

4.2.1 臭氧催化氧化单元采用射流投加时，应由臭氧催化氧化接触池、高效臭氧溶气装置、射流泵、二次混合装置、均相催化极板装置/非均相催化装置和配套设备等组成；采用曝气盘投加时，应由臭氧催化氧化接触池、曝气盘、均相催化极板装置/非均相催化装置和配套设备等组成。

4.2.2 臭氧催化氧化接触池的催化方式宜根据进水水质及处理要求，采用均相催化、非均相催化或两者串联催化方式。

4.2.3 采用均相催化方式的臭氧催化氧化接触池为均相催化氧化接触池，采用非均相催化方式的臭氧催化氧化接触池为非均相催化氧化接触池。

II 均相催化氧化接触池

4.2.4 均相催化氧化接触池的设计应符合下列规定：

- 1 均相催化氧化接触池宜采用下进水方式；
- 2 均相催化氧化接触池内应设置均相催化极板装置、导流板和二次混合装置等设施；
- 3 均相催化极板材质宜采用过渡金属合金，更换周期宜大于 1 年；
- 4 进水流经均相催化极板装置和导流板，流入后续处理单元；
- 5 均相催化氧化接触池设置的导流隔板间净距宜大于 0.8m；

6 均相催化氧化接触池的设计水深宜为 6m~9m, 池内水面与池内顶宜保持 0.5m~0.7m 距离;

7 均相催化极板装置宜配套设置更换极板用的起重设备。

III 非均相催化氧化接触池

4.2.5 非均相催化氧化接触池可单独使用, 如与均相催化氧化接触池串联组合使用时, 应设置在均相催化氧化接触池的后端。

4.2.6 非均相催化氧化接触池的工艺设计应符合下列规定:

1 非均相催化氧化接触池从上至下应由非均相催化剂、承托层和布水布气以及二次混合装置等设施组成;

2 进水应采用竖向流形式; 单级接触反应时间不宜小于 30min, 若采用两级及以上, 每一级接触反应时间不宜小于 30min;

3 非均相催化剂填充厚度不应小于 0.3m;

4 非均相催化剂材质宜采用以三氧化二铝基为基材的过渡金属及其氧化物, 使用寿命不宜小于 10 年;

5 非均相催化剂的鹅卵石承托层宜采用分层级配, 承托层厚度不宜小于 0.3m;

6 池内应设有防止催化剂流失措施;

7 采用滤板滤头布水布气形式时, 滤板距离池底应大于 1.5m;

8 布水布气装置防腐材质的选用, 应根据水中臭氧浓度、氯化物、含盐量、以及单价成本等因素综合确定;

9 设多级接触反应池时, 应考虑布水布气装置、催化剂填充厚度对水头损失的影响;

10 非均相催化氧化接触池的设计水深宜为 6m~9m, 池内水面与池内顶宜保持 0.8m~1.0m 距离。

4.2.7 反冲洗设施设置宜采用气洗, 气冲强度宜采用 $12 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}) \sim 16 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。

IV 射流投加臭氧

4.2.8 射流投加装置主要由高效臭氧溶气装置、射流泵和二次混合装置组成。

4.2.9 高效臭氧溶气装置设计应符合下列规定:

1 高效臭氧溶气装置的溶气效率不应小于 90%, 并应设置防倒流设施;

2 臭氧应采用多点投加, 一般设置三段, 第一段投加量不宜小于 40%, 第二段和三段宜为等比例分配。

4.2.10 射流泵宜采用变频调速控制。

4.2.11 高效臭氧溶气装置、射流泵和二次混合装置过流部件的材质应为 SS316L 等耐臭氧材质。

4.2.12 臭氧需求量宜按下列公式计算:

$$D = \frac{Q \times (C_o - C_e) \times K}{\eta \times 1000}$$

式中：D —— 臭氧需求量，单位为千克每小时（kg/h）；

Q —— 臭氧催化氧化单元设计最大小时流量，单位为立方米每小时（m³/h）；

C₀ —— 臭氧催化氧化单元设计进水 COD_{Cr} 浓度，单位为毫克每升（mg/L）；

C_e —— 臭氧催化氧化单元设计出水 COD_{Cr} 浓度，单位为毫克每升（mg/L）；

K —— O/C 比，无量纲；

η —— 臭氧投加系统溶气效率，无量纲。

V 曝气盘投加臭氧

4.2.13 曝气盘投加臭氧装置主要由臭氧曝气分配器、曝气盘组成。

4.2.14 曝气盘投加臭氧装置的设计应符合下列规定：

- 1 曝气盘的数量应根据臭氧气体流量、曝气盘出气量、服务面积综合确定，溶气效率不应低于 50%；
- 2 曝气盘的布置应能保证布气量变化过程中的布气均匀，应采用多点投加，其中第一段布气区的布气量不宜小于总布气量的 40%；
- 3 曝气盘的水下安装深度宜为 4 m ~ 6 m；
- 4 臭氧布气主干管气速宜为 5m/s ~ 15 m/s，支管宜为 4m/s ~ 5m/s；
- 5 臭氧管路最低处应合理设置冷凝水排放口；
- 6 可根据在线清洗的需要，在立管上安装清洗接口。

4.2.15 曝气盘投加装置及其固定件的材质应根据臭氧投加浓度选择耐臭氧材质。

4.2.16 臭氧需求量宜按 4.2.12 公式计算。

VI 含臭氧污水管道

4.2.17 含臭氧污水输送管道材质宜选用 SS316L、PE 或双相不锈钢等耐臭氧腐蚀的材质。

4.2.18 含臭氧污水输送管道配套阀门材质的选择应符合下列规定：

- 1 密封材质宜选用三元乙丙、聚四氟乙烯等耐臭氧腐蚀的产品；
- 2 过流部件材质宜选用 SS316L、三元乙丙、聚四氟乙烯等耐臭氧腐蚀的材质。

4.2.19 含臭氧污水输送管道配套伸缩器、补偿器、柔性接头材质的选择应符合下列规定：

- 1 伸缩器、补偿器材质宜选用 SS316L；
- 2 柔性接头材质宜选用三元乙丙等耐臭氧腐蚀的材质。

VII 池体形式和防腐

4.2.20 臭氧催化氧化接触池的结构设计应符合下列规定：

- 1 臭氧催化氧化接触池应不少于 2 组，每组可分为 1 级、2 级及以上；
- 2 每级应由二段及以上接触反应池串联而成；

3 臭氧催化氧化接触池应全密闭，且应设置检修人孔；

4 池内隔墙顶部应设置通气孔，底部应设置流水孔；

5 臭氧催化氧化接触池的池顶应设置自动双向压力平衡阀；

6 臭氧催化氧化接触池末端宜设置脱气池，当后续工艺无生化处理工艺时，脱气池停留时间宜为 10min；
当后续工艺有生化处理工艺时，脱气池停留时间不宜小于 20min。

4.2.21 臭氧催化氧化接触池反应区容积宜按下列公式计算：

$$V = Q \times T$$

式中：V —— 臭氧催化氧化接触池反应区有效容积，单位为立方米（m³）；

Q —— 臭氧催化氧化单元设计最大小时流量，单位为立方米每小时（m³/h）；

T —— 臭氧催化氧化单元反应时间，单位为小时（h）。

4.2.22 臭氧催化氧化接触池池体防腐应符合下列规定：

1 涂料防腐

1) 臭氧催化氧化接触池内壁不应涂覆易被臭氧氧化的涂料。

2 混凝土自防腐

1) 臭氧催化氧化接触池内壁混凝土保护层不宜小于 50mm；

2) 臭氧催化氧化接触池池体内外裂缝不宜大于 0.15mm；

3) 催化氧化接触池池体结构混凝土材料的耐久性基本要求（水胶比，最大氯离子含量，最大碱含量）

均按强腐蚀环境等级选取，宜添加抗裂防水剂；

4) 检修人孔的材质应耐腐蚀，并具有良好的密封性。

3 钢制池体防腐

1) 钢制池体材质：当氯离子浓度≤1000mg/L 时，宜采用 SS316L；当氯离子浓度>1000mg/L 时，宜采用搪瓷罐体。

4.3 臭氧发生装置单元

I 一般规定

4.3.1 臭氧发生装置单元主要由气源装置、臭氧发生器、冷却水循环装置、臭氧气体输送管道和臭氧尾气消除装置等构成。

4.3.2 严禁臭氧发生装置单元的相关装置和设备设置于地下。

4.3.3 气源装置宜采用液氧储罐或制氧机。

4.3.4 臭氧发生器间室内应设置高位新鲜空气进口和低位空气排至室外高处的通风系统；每小时换气频率应

为 8 次-12 次。

4.3.5 臭氧发生器间入口处的室外应设置防护护具、抢救设施和工具箱，并应设置室内照明和通风设备的室外开关。

4.3.6 臭氧发生装置单元的设计除应按本规程执行外，尚应按现行国家标准《室外给水设计标准》GB 50013、《建筑设计防火规范》GB50016、《氧气站设计规范》GB50030 和《水处理用臭氧发生器技术要求》GB/T37894 的相关规定执行。

II 气源装置

4.3.7 以液氧作为氧气源时，液氧站的设计应符合下列规定：

1 液氧站由液氧储罐、汽化器、热交换器（根据需要选用）、减压装置、过滤器等组成；

2 液氧站的设计应临近臭氧发生器间；

3 液氧储存罐的容量应根据当地运输条件、槽车的容量、污水处理厂（站）的运行状况等因素确定；且不宜小于最大日需氧量的 3d 用量；

4 汽化器一般选用空温式汽化器，并按一用一备设计，北方或类似气候地区宜按铭牌汽化量规格的 1/4 左右设计使用，南方或类似气候地区宜按铭牌汽化量规格的 1/3 左右设计使用；

5 大型液氧源臭氧系统宜设计氮气添加装置，液氧经汽化减压后加入约 0.5%~3%氮气或干燥空气，并宜设有用于吹扫的空气源装置；

6 液氧站应建设在室外；

7 液氧储罐周围 5m 范围内不应有可燃物（如稻草、木材、刨花、纸等）；在运行过程中，不可将液氧储罐周围 5 米范围的砾石改造成沥青混凝土；

8 液氧站与其他建筑物的防火距离应按现行国家标准《建筑设计防火规范》GB50016 和《氧气站设计规范》GB50030 的相关规定执行。

4.3.8 空气 PSA/VPSA 制氧装置应符合下列规定：

1 空气 PSA 制氧装置一般包括空气压缩机、储气缓冲罐、除水除油过滤器、空气干燥机、PSA 制氧机、除尘过滤器等设备；

2 空气 VPSA 制氧装置一般包括鼓风机、真空泵、吸附器、储气缓冲罐、仪表空气系统、仪表控制系统、电气控制系统、切换系统、氧气压缩机等设备；

3 空气 PSA/VPSA 制氧装置应连续生产，且氧气浓度不小于 90%；

4 空气 PSA/VPSA 制氧装置应符合现行标准《变压吸附制氧、制氮设备》JB/T 6427 的规定。

III 臭氧发生器

4.3.9 臭氧发生器的规格选型、运行数量及备用套数选择，应根据处理污水的臭氧需求量、场地条件及经济

情况等综合确定。

4.3.10 臭氧发生器主要性能应符合下列规定：

- 1 宜选用介质阻挡放电方式的臭氧发生器；
- 2 氧气源臭氧气体浓度不应小于 148 mg/L，压力范围宜为 0.095MPa~0.098MPa，臭氧出气气体温度不应高于 35℃；
- 3 臭氧产量应能在 25%~100%范围进行调节和控制；
- 4 臭氧发生器在额定功率下连续运行满 1 年时，额定技术指标下降率不应大于 5%，臭氧发生单元击穿率不应超过 0.5%；
- 5 臭氧发生器主体器件寿命应大于 15 年；
- 6 臭氧发生器的其他技术要求应符合《水处理用臭氧发生器技术要求》GB/T 37894 的规定。

4.3.11 臭氧发生器应配套设置冷却装置和温度、压力等就地检测仪表。

4.3.12 大型臭氧发生器宜采用冷水机、冷却水泵、热交换器及压力平衡水箱等全部或部分组成的纯水闭式循环冷却系统。

4.3.13 臭氧发生器工作条件应符合下列规定：

- 1 环境温度不应高于 45℃,相对湿度不应高于 85%；
- 2 外冷却水进水温度不应高于 35℃；
- 3 氧气源型产生 1 kg/h 臭氧时的冷却水流量不宜大于 2 m³/h。

IV 臭氧气体输送管道

4.3.14 臭氧气体输送主干管道上应设置防倒流装置。

4.3.15 臭氧气体输送管道的材质宜选用 SS316L，且应进行脱脂处理。

4.3.16 室外露天设置的臭氧气体管道应设有隔热措施。

4.3.17 臭氧气体输送管道配套阀门材质的选择应符合下列规定：

- 1 密封材料宜选用 SS316L、四氟乙烯等耐臭氧腐蚀的材质；
- 2 过流部件材料宜选用耐臭氧腐蚀的材质；
- 3 配套阀门应进行脱脂处理。

V 臭氧尾气消除装置

4.3.18 臭氧尾气消除装置应包括尾气输送管、尾气浓度监测仪、尾气除湿器、抽气风机、剩余臭氧消除器等，以及排放气体臭氧浓度监测仪及报警设备等。

4.3.19 臭氧尾气消除装置可设置在臭氧催化氧化接触池池顶或设备间；设置在池顶时应设有防雨、防冻措施。

4.3.20 臭氧尾气消除装置可采用电加热分解消除、催化剂接触分解消除等方式。

4.3.21 臭氧尾气消除装置应设置备用。

4.3.22 臭氧尾气消除装置的最大设计气量应与臭氧发生装置的最大设计气量一致。

5 检测和控制

5.1 一般规定

5.1.1 各类机电设备的运行状况宜就地在操作屏上显示，并应操作便捷、清晰明了、参数齐全、可读性强。

5.1.2 建(构)筑物以及各检测仪表、电气控制设备应共用接地，无电气、控制系统的建(构)筑物的接地电阻不应大于 4Ω ，有电气控制系统的建(构)筑物的接地电阻不应大于 1Ω 。

5.1.3 臭氧催化氧化单元宜设置独立的配电间和控制室，安置臭氧配套的电气控制系统。

5.2 检测

5.2.1 水质检测应按现行国家和行业标准的规定执行。

5.2.2 防倒流设施内应设置仪表，监测罐体内倒流工况并可实现报警。

5.2.3 高效臭氧溶气装置应设置可在线采集臭氧气体流量数据仪表。

5.2.4 臭氧发生装置单元的检测、监测仪器仪表应包括各类臭氧浓度检测仪、流量检测仪、压力及温度检测仪、露点仪、臭氧气体流量计等；臭氧发生器间的检测、监测仪器仪表应包括臭氧泄漏报警仪、氧气泄漏报警仪等。

5.2.5 臭氧发生器电源装置应有相应的主要电气参数检测仪表。

5.2.6 臭氧发生间应设置独立的氧气泄漏报警仪、臭氧泄漏报警仪等环境监测报警装置，环境监测报警装置要与臭氧发生装置和排风装置联动报警保护。

5.3 控制

5.3.1 机电设备宜实现就地控制和集中远程控制，其远程控制、全自动等操作方式都可对运行参数进行设定、修改、调节，并对故障实现智能识别和报警。

5.3.2 臭氧催化氧化污水处理系统单元示意图详见附录 A：射流投加臭氧催化氧化接触池单元示意图(均相)（图 A.0.1）、射流投加臭氧催化氧化接触池单元示意图(非均相)（图 A.0.2）、射流投加臭氧催化氧化接触池单元示意图(均相+非均相)（图 A.0.3）曝气投加臭氧催化氧化接触池单元示意图（图 A.0.4）、液氧源臭氧发生器装置单元控制示意图（图 A.0.5）、PSA 制氧源臭氧发生器装置单元示意图（图 A.0.6）和 VPSA 制氧源臭氧发生器装置单元示意图（图 A.0.7）。

5.3.3 控制系统应能实时显示机电设备的工作状态和既设仪表的检测数据，并根据控制和报警要求制定人机对话界面，并可通过相关通讯协议与上位系统连接及历史数据应定期自动保存。

5.3.4 采用 PLC 控制时，各种在线仪器仪表应有与 PLC 联机的模拟量、数字量或通讯功能接口。

5.3.5 臭氧催化氧化单元控制的设置应符合下列规定：

- 1** 采集或控制的参数宜包括臭氧气体流量、压力等；
- 2** 变频调速控制的射流泵，应设计单机逻辑 PLC 或 DCS 与自控系统 PLC 或 DCS 组网连接；
- 3** 臭氧催化氧化池因故障等原因停止运行时，应自动停止臭氧发生装置单元等相关单元和设备运行。

5.3.6 臭氧发生间应设置臭氧泄漏低、高检测极限的检测仪和报警设施。

6 施工与安装

6.1 一般规定

6.1.1 臭氧催化氧化污水处理系统的施工与安装除应符合本规程外，尚应按现行国家标准《给水排水构筑物工程施工及验收规范》GB 50141、《机械设备安装工程施工及验收通用规范》GB 50231，《电气装置安装工程低压电器施工及验收规范》GB 50254 的规定执行。

6.1.2 臭氧催化氧化污水处理系统的施工与安装内容包括各设备的就位、固定，设备之间的管线及线缆连接。

6.1.3 设备就位时应按照平面布置图位置摆放、找平找正，横向纵向水平度应不大于 2.5mm/m ~5 mm/m。

6.1.4 安装设备的地面应坚固、平整，并应同时考虑安装后地面需要铺设瓷砖等的应对调整方案。

6.1.5 设备包装在就位安装时应暂时保留。除底座、设备接口处包装外，其余部分包装应到安装结束、开始调试前拆除。

6.1.6 安装结束后，应对所完成的安装内容及质量按设计要求进行检查：

- 1 将设备安装检查内容和结果记录可参照“附录 B 表.0.1”的检查表”填写；
- 1 确认所有设备、仪器仪表、阀门、管道、线缆等的就位和连接状况；
- 2 确认各设备内部及连接管道的清洁状况；
- 3 供电开关、配电设备的安装与电试验应符合设计文件及当地供电部门的要求。

6.2 施工准备

I 作业条件

6.2.1 施工中所需的材料及机具均已进入现场。

6.2.2 现场供电已由建设方接出并符合焊接用电要求。

6.2.3 施工现场已清扫干净，操作平台已搭好。

II 前期准备

6.2.4 机械、设备就位前按下列程序操作：

- 1 基础表面应进行修整；
- 2 需要二次灌浆的基础表面应铲出麻面，麻点数宜为 3 个/ m²~5 个/ m²，其深度不宜小于 10mm，且表面不应有油污或疏松层；
- 3 放置垫铁处的基础表面应铲平，其水平度允许偏差宜为 2 mm/m。

6.2.5 现场的施工机具应采用“三项五线制”防止漏电伤人，操作人员应有绝缘保护设施。

6.2.6 应准备的材料及主要机具如下：

- 1 材料：电焊条、棕绳、钢丝绳、道木、脚手竿、卡环、苫布、垫铁等；

2 主要机具：电焊机、导链、磁力线坠、焊帽子、水准仪、气焊工具、电焊工具、小锤、焊条烘干箱、焊条保温桶、钢丝刷、钢尺、直尺、划线规、角向磨光机、千斤顶、吊车等。

6.3 非均相催化氧化接触池

6.3.1 非均相催化氧化接触池的施工与安装应符合下列规定：

- 1 滤板安装后，整个池内滤板表面的水平误差不得大于 $\pm 3\text{mm}$ ；
- 2 滤头安装前，应对滤板预埋套管内进行清理，且不得损坏套管内螺纹；
- 3 非均相催化氧化接触池的单格池内所有布水布气滤头滤帽或滤柄顶表面应在同一水平高程，其误差允许范围应为 $\pm 5\text{mm}$ ；
- 4 滤头安装后应进行布水、布气均匀性及气密性的检查；
- 5 卵石填装时应按设计级配自下而上、从大到小分层填装，并应避免损坏滤头；
- 6 卵石填装后应进行第二次布水布气均匀性检查合格后才能填装催化剂，料面应均匀平整；
- 7 微孔曝气盘安装前，应将干管和支管管道吹扫干净。

6.3.2 非均相催化氧化接触池的施工与安装除应符合上述规定外，尚应按《曝气生物滤池工程技术规程》（CECS265）相关要求执行。

6.4 设备及管道的安装

I 静止设备（含机泵）

6.4.1 射流泵、机泵等静止设备的施工与安装除应符合本规程外，尚应按《风机、压缩机、泵安装工程施工及验收规范》GB50275 的有关规定执行。

6.4.2 臭氧发生器及其相关设备的施工与安装除应符合本规程外，尚应按《水处理用臭氧发生器技术要求》GB/T 37894 的有关规定执行。

6.4.3 静止设备（含机泵）的安装宜按下列程序施工：

设备出库验收→划出安装基线和定位线、膨胀螺栓中心线→地脚螺栓孔灌浆→设备最终找正→二次灌浆→附件、内件安装→内部清理→刷油、保温→最终检查。

6.4.4 垫铁安装应按下列要求施工：

- 1 垫铁材质应为不锈钢 SS304；
- 2 垫铁应平整、无氧化皮、毛刺和卷边，配对斜垫铁间应接触密实；
- 3 垫铁的位置及高度，块数均应符合有关规定和要求；
- 4 垫铁应布置在负荷集中的部位；地脚螺栓的两侧、垫板的四角、加强筋等处；

- 5 垫铁直接放在基础上，与基础接触应均匀，其接触面积不应小于 50%；
- 6 平垫铁顶面水平度允许偏差宜为 2mm/m，配对斜垫铁的搭接长度不应小于全长的 3/4；
- 7 垫铁组伸入设备底座底面的长度应超过设备地脚螺栓的中心；
- 8 设备调平后，垫铁端面应露出设备底面外缘：平垫铁宜露出 10mm～30mm；斜垫铁宜露出 10mm～50mm；
- 9 每一垫铁组应放置整齐平稳，接触良好；
- 10 设备调平后，每组垫铁均应压紧，并应用手锤逐组轻击听音检查。

6.4.5 对高速运转的设备，当采用 0.05 mm 塞尺检查垫铁之间及垫铁与底座面之间的间隙时，在垫铁同一断面处以两侧塞入的长度总和不得超过垫铁长度或宽度的 1/3,检查合格后将垫铁两侧层间点焊固定。

6.4.6 静止设备的吊装应按下列要求施工：

- 1 设备吊装就位前，应再次检查设备上的油污、泥土等脏物是否清除干净，同时按设计图纸仔细核对设备管口方位、地脚螺栓孔和基础预埋地脚螺栓的位置和尺寸；
- 2 吊装时设备的接管或附属结构不得由于绳索的压力或拉力而受到损伤，就位后注意保证设备的稳定性。

6.4.7 设备找正、找平时应按下列要求施工：

- 1 设备找正、找平时，调整和测量的基准一般规定为：基础上的标高线、中心线；
- 2 立式设备的铅垂度以两端部测点为基准；卧式设备的水平度一般以设备的中心线为基准；
- 3 找正、找平应在同一平面内互成直角的两个或两个以上的方向进行；
- 4 设备找正、找平时，应根据要求进行垫铁调整，不应用紧固或放松地脚螺栓及局部压力等方法进行调整。

6.4.8 采用预埋件安装时，应按下列要求施工：

- 1 机座底板与池顶缝隙应二次灌浆；
- 2 地脚螺栓灌浆处应事先清理干净，灌浆时应捣密实；
- 3 灌注的混凝土达到规定强度的 75%或以上后，方可拧紧地脚螺栓。

II PE 管道

6.4.9 PE 管施工与安装除应符合本规程外，尚应按《给排水管道工程施工及验收规范》GB50268 的规定执行。

6.4.10 PE 管道采用热熔连接时应按下列要求施工：

- 1 材料准备：将管道或管件置于平坦位置，放于对接机上，留足 10mm～20mm 的切削量；

- 2 夹紧：根据所焊制的管材、管件选择合适的卡瓦夹具，夹紧管材，为切削做准备；
 - 3 切削：切削所焊管段、管件端面杂质和氧化层，保证两对接面平整、光洁、无杂质；
 - 4 对中：两焊管段端面要完全对中，错边越小越好，错边不能超过壁厚的 10 %；
 - 5 加热：对接温度宜为 210℃～230℃，加热板加热时间冬夏有别，以两端面熔融长度为 1mm-2mm 为佳；
 - 6 切换：将加热板挪开，迅速让两热熔端面相粘并加压，为保证熔融对接质量，切换周期越短越好；
 - 7 熔融对接：熔融对接是焊接的关键，对接过程应始终处于熔融压力下，卷边宽度宜为 2 mm -4mm；
 - 8 冷却：保持对接压力不变，让接口缓慢冷却，冷却时间长短以手摸卷边生硬，感觉不到热为准。
- 6.4.11** 热熔连接完成即冷却后松开卡瓦，移开对接机，重新准备下一个接口进行对接。

III 不锈钢管道和阀门

6.4.12 不锈钢管道的焊接宜按下列要求施工：

- 1 不锈钢管段切割需用管刀或角磨机等无油机具进行冷切割，严禁用等离子切割机进行切割，以防破坏材料的内部结构；
- 2 所有的焊缝宜采用手工氩弧焊打底，电弧焊盖面，氩气纯度不低于 99.99%；
- 3 坡口角度应偏大一些，钝边厚度宜为 1mm；
- 4 定位焊后的间隙应控制在 2mm-3mm 为宜，衬底焊接时应从小间隙处开始；
- 5 焊接外观检查，不得有咬边现象。经检查合格的不锈钢焊缝及热影响区，应用酸洗钝化膏进行酸洗钝化。

6.4.13 不锈钢管道的焊接除应符合本规程外，尚应按《现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范》GB50236 的规定执行。

6.4.14 应采用惰性气体对臭氧管道进行吹扫。

6.4.15 不锈钢管道和阀门的脱脂宜按下列要求施工：

- 1 不锈钢管道和阀门脱脂后在洁净的场地通风处自然风干；
- 2 清洗后的物件用紫光灯进行脱脂质量检查，符合标准后，用干净的塑料布将敞口处包封，设备清洗后将全部管道用塑料布包封。以备及时安装。

6.4.16 臭氧催化氧化污水处理系统相关管道和阀门等的脱脂处理除应符合本规程外，尚应按《脱脂工程施工及验收规范》HG20202 和《机械设备安装工程施工及验收通用规范》GB50231 的规定执行。

7 调试和验收

7.1 一般规定

7.1.1 臭氧催化氧化污水处理系统的调试和验收,应按现行国家标准《给水排水构筑物工程施工及验收规范》GB 50141、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 和《城镇污水处理厂工程质量验收规范》GB 50334 的相关规定执行。

7.1.2 设备安装工程质量验收前的准备工作,应符合现行国家标准《城镇污水处理厂工程质量验收规范》GB 50334 的有关规定。

7.1.3 调试前应对相关人员进行安全和技术培训、交底。

7.1.4 调试前应制定调试方案和应急预案,并检查水、气、电等运行条件。

7.1.5 预先准备调试用的工具、材料、辅料及可能要更换的零部件,并确保安全防护装置齐全可靠。

7.1.6 应按调试大纲要求先辅机后主机,先部件后整机,先空载后带载,先单机后联动等方式及顺序进行。

7.1.7 调试前应对各个单元的连接管道、阀门、装置等物体位置进行确认和清理打扫。

7.1.8 对仪器仪表与控制装置的调试时,单机与总控在本地及远程数据显示传输与操控功能应正确通畅,系统应按设计流程及程序运行及调节,并能根据现场的实际情况进行设置调整。

7.1.9 应按验收大纲要求对设备、资料、安装、调试等各过程进行验收,并将设备验收内容和结果记录可参照“附录 B”的验收表填写;

7.1.10 设备、仪器与备件清单,各类图纸、说明书、合格证、检测报告、系统操作与维护的运行规程(手册),培训教材、操作规程等资料均应验收、存档。

7.1.11 仪器仪表与控制装置验收应检查各仪表合格证、校验记录等,并验证单机与总控系统的显示及通讯功能和操作调节功能、设置功能。有与上位机通讯要求的应进行验证。

7.1.12 臭氧催化氧化污水处理系统应连续稳定运行 7d 后方可进行验收。

7.1.13 进入臭氧接触池等密闭空间作业,应符合国家相关密闭空间作业要求。

7.2 臭氧催化氧化单元

7.2.1 臭氧催化氧化池应经闭水试验合格后方可进行调试。

7.2.2 调试前应先检查全部设备,调试和运行过程中电机最高温度不应大于 85℃。

7.2.3 调试应按单机调试、系统清水调试、系统联动调试的顺序进行。

7.2.4 单机调试应先确认单机的运转方向、电路、通信等并做好记录。

7.2.5 清水调试期间,设备应连续运转 72h,并应确认所有管路、阀门无泄漏。

7.2.6 联动调试前应对进水水质进行分析、化验和试验，确定臭氧投加量。

7.2.7 调试过程中应对进、出水各项指标以及各工况参数进行检测、记录、统计、分析。

7.2.8 各单元联动调试时，应按设计要求检查设备和自控系统性能，并应根据进水时变化流量及污水进水和出水有机污染物浓度，合理调整臭氧发生器和臭氧投加装置的相关运行参数。

7.2.9 调试完成后应根据水量和水质对各设备使用参数进行合理匹配，并应编制调试报告，制定操作规程。

7.2.10 使用方或第三方检测机构应依据进水水量和进出水水质要求，检验悬浮物(SS)和化学需氧量(COD_{Cr})等主要技术指标，检验合格后应提供相关验收报告。

7.3 臭氧发生装置单元

7.3.1 各装置应先进行模拟调试，确保管路连接密封可靠。

7.3.2 液氧储罐、气化器、减压装置、补氮装置、供气管道的阀门等应按设计要求调整供气压力、流量。

7.3.3 气源装置的空气压缩机、罗茨风机等各设备应能正常启停。

7.3.4 检测供气压力、露点、氧含量（富氧源时）等应符合设计要求。

7.3.5 温度、压力、流量等仪表应正常工作；气路安全保护装置动作应准确可靠。

7.3.6 臭氧尾气消除装置设备及仪器仪表工作正常，加热、保护参数符合设计要求。

7.3.7 臭氧发生器间的调试应按下列顺序进行：

- 1 检查臭氧发生装置、电源装置、控制装置等，确保电、气、水各部分连接无误；
- 2 按操作顺序开启臭氧发生装置单元与对应的水处理系统；
- 3 进行通气、通冷却水、控制装置通电试验，确保操作及调节功能应符合设计要求；
- 4 气源装置、冷却装置、臭氧尾气消除装置经调试后进入正常工作，且所产臭氧气体能被破坏的状态下，通电调试验证各项技术性能参数均应符合设计要求。

7.3.8 臭氧发生装置单元调试期间应按设计文件调节臭氧参数，检查、记录臭氧系统各部分参数值，各参数均应达到性能指标要求。

7.3.9 调试完毕后应连续试运行 48h，一旦因故停机应重新计算试运行时间。

7.3.10 臭氧发生器技术性能指标应按设计指标要求进行验收，或应按现行国家标准《水处理用臭氧发生器技术要求》GB/T 37894 的规定进行验收。

7.3.11 气源装置提供的原料气成分、温度、压力、流量、露点等应符合臭氧发生器的需求。

7.3.12 臭氧尾气消除装置性能验收应在最大水量负荷、最大臭氧投加量时进行。

7.3.13 安装及连锁装置验收应确认如下装置动作及功能可靠：

- 1 自动双向压力平衡阀正、负压动作可靠；

2 臭氧发生器间的臭氧泄露、氧气泄露监测仪报警及连锁动作可靠。

8 运行管理

8.1 一般规定

8.1.1 运营方应制定管理制度、岗位操作规程、安全操作规程、设施和设备维护保养手册及应急预案，并应符合现行行业标准《城镇污水处理厂运行、维护及安全技术规程》CJJ 60 的有关规定。

8.1.2 操作人员应掌握处理工艺和设备的运行、维护要求及技术指标。

8.1.3 臭氧催化氧化污水处理系统维护应符合下列规定：

- 1 维护、维修记录应包括电气、仪表、机械设备累计运行记录和维护、维修与保养记录；
- 2 操作人员应每日进行巡视检查；
- 3 应保持设备表面清洁；
- 4 应按设备的维修保养手册保养维护；
- 5 设备出现故障后应及时排除，更换易损部件，并应做维护和交接班记录；
- 6 应检查库存备品备件情况，并及时订货、补充；
- 7 应对各类仪器、仪表进行检查和校验。

8.2 臭氧催化氧化单元

8.2.1 在满足现场运行相关的水、电、臭氧等条件下，臭氧催化氧化单元启动应按下列顺序进行：

- 1 射流泵；
- 2 均相催化反应装置；
- 3 高效臭氧溶气装置；
- 4 气源及臭氧发生装置。

8.2.2 臭氧催化氧化污水处理系统运行应符合下列规定：

- 1 应定时巡视各设备的工况条件，并做好设备维修保养记录；
- 2 臭氧气源应按工艺运行要求进行补充；
- 3 当进水水质发生变化时，可调整臭氧投加量。

8.2.3 臭氧催化氧化污水处理系统停运应按下列顺序进行：

- 1 臭氧发生装置；
- 2 高效臭氧溶气装置；
- 3 均相催化反应装置；
- 4 射流泵。

8.3 臭氧发生装置单元

8.3.1 应按设备操作手册或规程等进行臭氧发生装置单元日常运行操作。

8.3.2 臭氧发生装置单元大修维护应根据设备情况、气源类型、实际运行时间并结合现场的大修维护计划合理安排，气源质量差时维护周期要缩短。

8.3.3 臭氧发生装置单元应提供安装调试及检修维护、操作运行所需的备品备件、易损件。

8.3.4 设备维护时，应确认电源已经切断，并在供电开关处悬挂“禁止合闸”类警示标识。

8.3.5 在打开臭氧发生器之前，应对臭氧发生室进行吹扫，清除残留臭氧等气体，并应保证氧气安全排放。

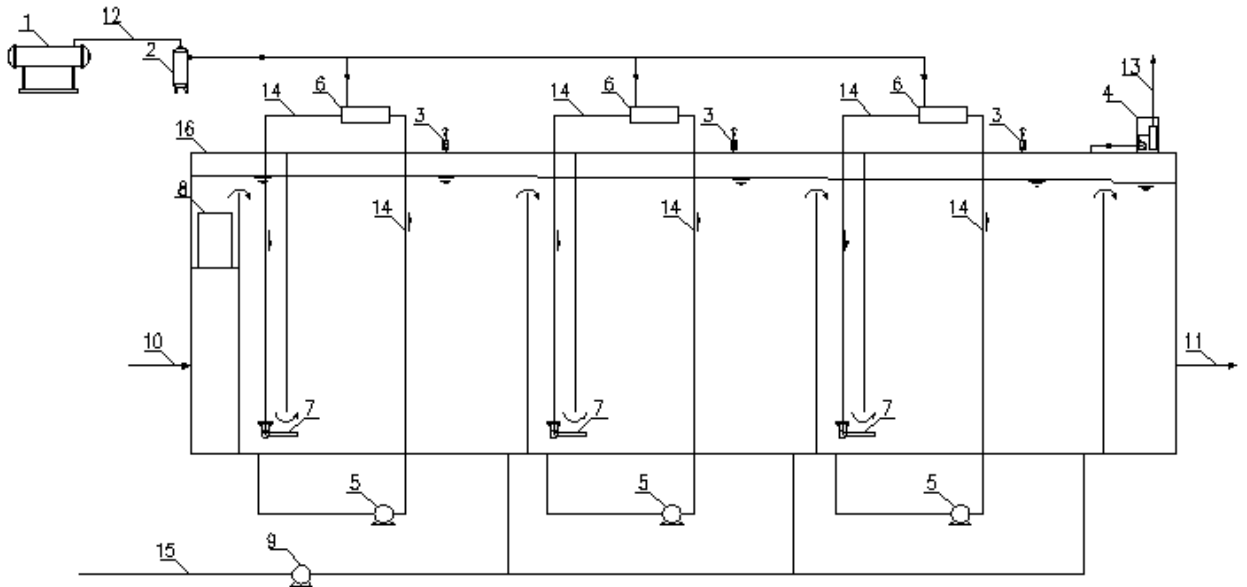
8.3.6 检查维护臭氧发生器时，如需解除放电管（板）、电感、电容等储能器件时，应先进行放电，防止可能的电击危险。

8.3.7 臭氧发生器的维护中应检查和更换失效或损坏的放电管，检查损坏比例是否在预计的范围以内。如果放电管损坏比例超出范围，应检查原因并及时检查。

8.3.8 臭氧尾气消除装置的运行及维护中应检查或更换失效的催化剂，检查、判断催化剂是否可有效工作到下一个维护周期，检查加热器、风机的工作状态。

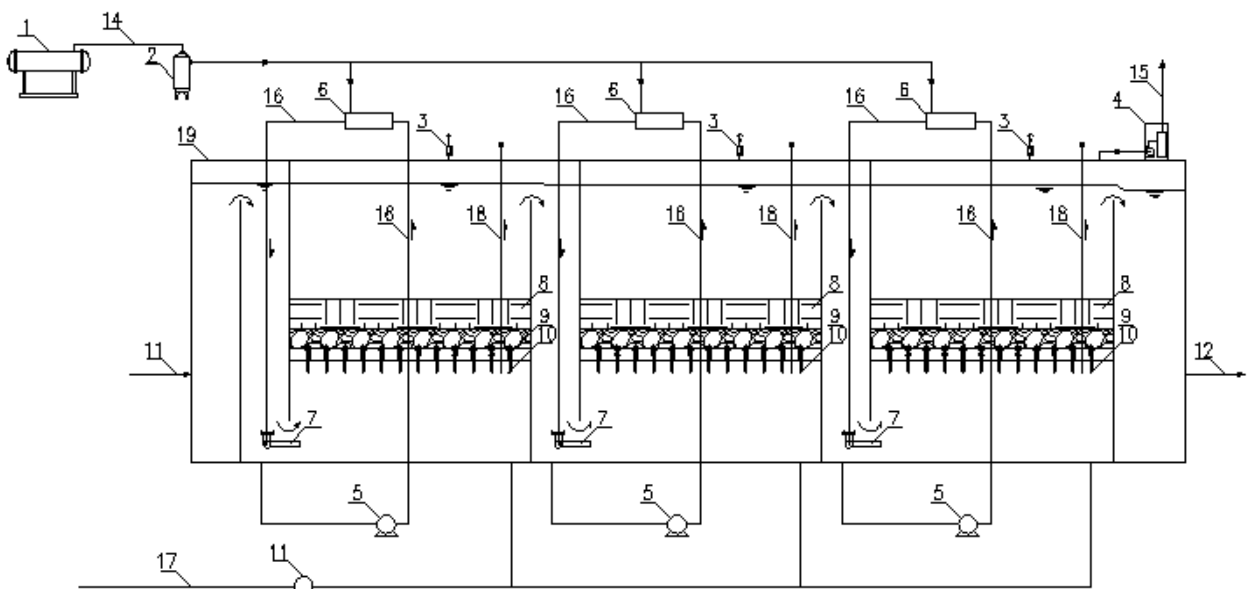
附录 A 污水臭氧催化氧化深度处理系统各单元过程控制示意图

1) 催化氧化单元过程控制示意图 A.0.1、A.0.2、A.0.3、A.0.4。



1—臭氧发生装置单元； 2—防倒流罐； 3—自动双向压力平衡阀； 4—臭氧尾气消除装置； 5—射流泵； 6—高效臭氧溶气装置； 7—二次混合设备； 8—均相催化反应器； 9—放空泵； 10—进水管路； 11—出水管路； 12—臭氧管路； 13—臭氧尾气排出管路； 14—射流管路； 15—放空管路； 16—臭氧催化氧化池

图 A.0.1 射流投加臭氧催化氧化单元过程控制示意图（均相）



1—臭氧发生装置单元； 2—防倒流罐； 3—自动双向压力平衡阀； 4—臭氧尾气消除装置； 5—射流泵； 6—高效臭氧溶气装置； 7—二次混合设备； 8—非均相催化剂； 9—鹅卵石； 10—布水布气装置； 11—放空泵； 12—进水管路； 13—出水管路； 14—臭氧管路； 15—臭氧尾气排出管路； 16—射流管路； 17—放空管路； 18—反冲洗管路； 19—臭氧催化氧化池；

图 A.0.2 射流投加臭氧催化氧化单元过程控制示意图（非均相）

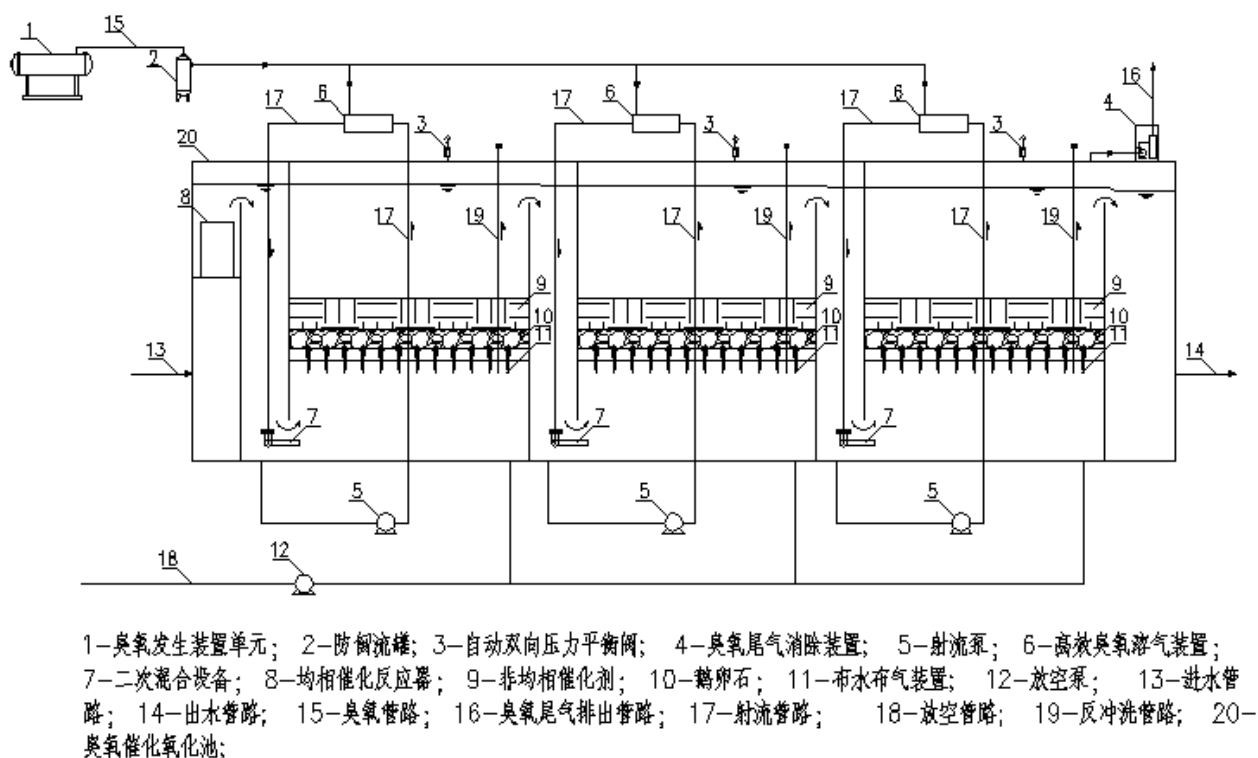


图 A.0.3 射流投加臭氧催化氧化单元过程控制示意图（均相+非均相）

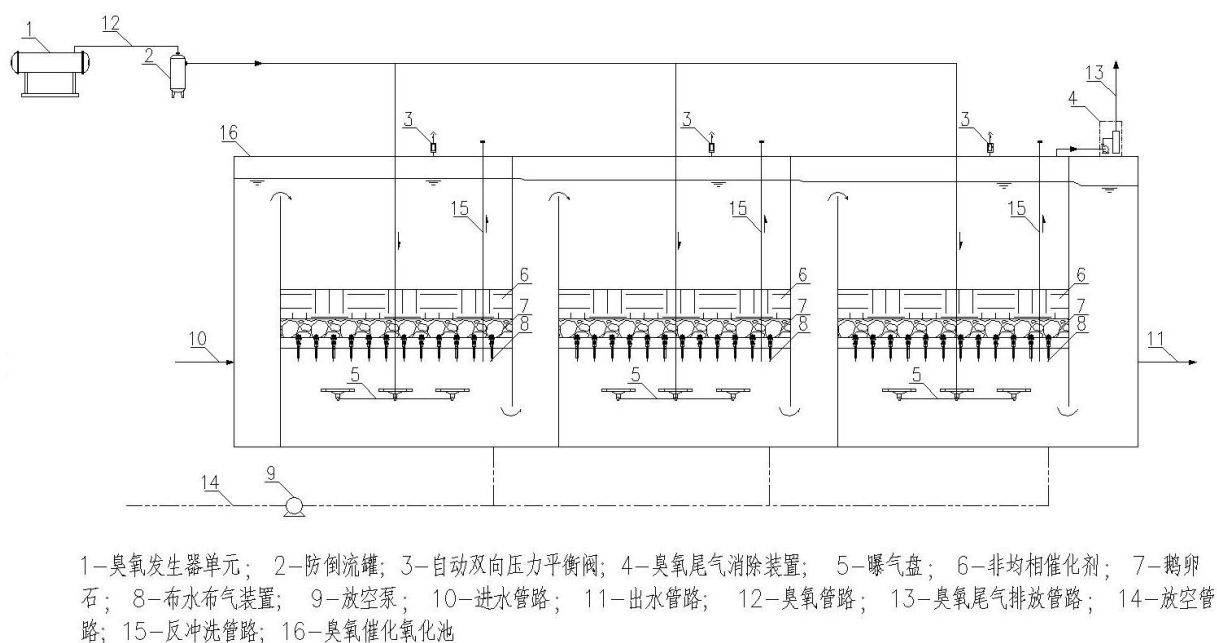
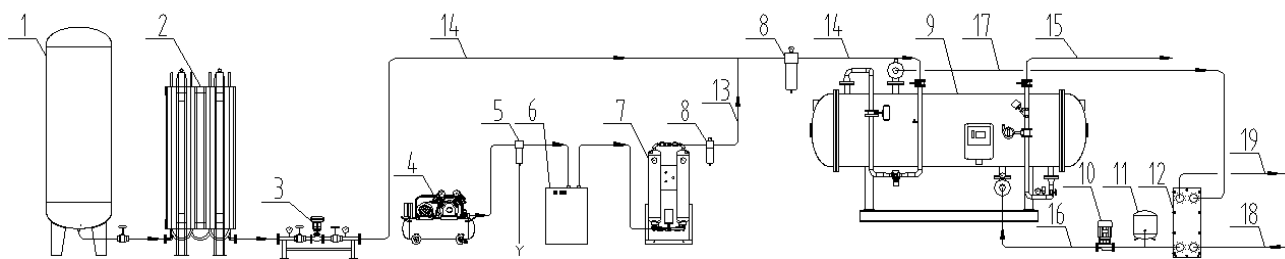


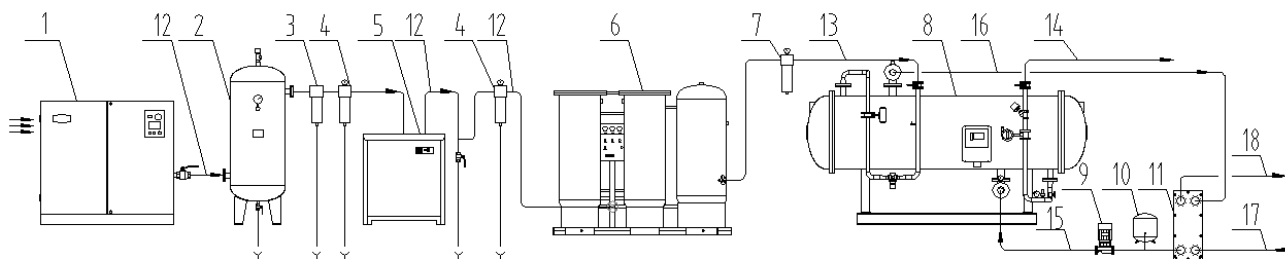
图 A.0.4 曝气投加臭氧催化氧化单元过程控制示意图

2) 臭氧发生器装置单元过程控制示意图 A.0.5、A.0.6、A.0.7。



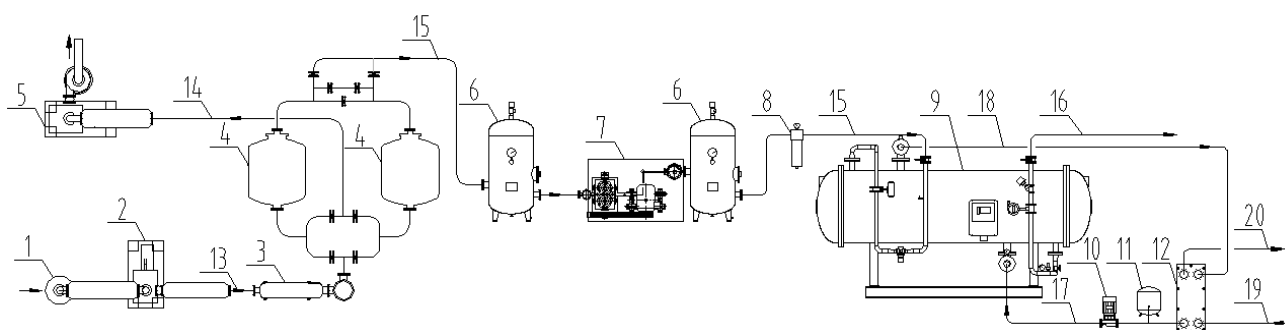
1-液氧储罐；2-汽化器；3-减压阀组；4-空气压缩机；5-除水过滤器；6-冷干机；7-吸干机；8-除尘过滤器；9-臭氧发生器；
10-冷却水泵；11-膨胀罐；12-板式换热器；13-空气管路；14-氧气管路；15-臭氧管路；16-内循环进水管路；17-内循环回水管路；
18-外循环进水管路；19-外循环回水管路。

图 A.0.5 液氧源臭氧发生器装置单元过程控制示意图



1-空气压缩机；2-储气罐；3-水分离器；4-除水过滤器；5-冷干机；6-制氧机；7-除尘过滤器；8-臭氧发生器；9-冷却水泵；
10-膨胀罐；11-板式换热器；12-压缩空气管路；13-氧气管路；14-臭氧管路；15-内循环进水管路；16-内循环回水管路；
17-外循环进水管路；18-外循环回水管路。

图 A.0.6 PSA 制氧源臭氧发生器装置单元过程控制示意图



1-预处理器；2-罗茨鼓风机；3-冷却器；4-吸附塔；5-真空泵；6-缓冲罐；7-氧压缩机；8-除尘过滤器；9-臭氧发生器；
10-冷却水泵；11-膨胀罐；12-板式换热器；13-空气管路；14-氮气管路；15-氧气管路；16-臭氧管路；17-内循环进水管路；
18-内循环回水管路；19-外循环进水管路；20-外循环回水管路。

图 A.0.7VPSA 制氧源臭氧发生器装置单元过程控制示意图

附录 B 设备安装、调试工作记录表

表 B.0.1 设备安装检查记录表

设备安装检查记录表

编号：

工程名称		工程地址				
施工单位						
安装部位		检查日期				
设备名称		规格型号				
设备位号		执行标准				
主要检查项目	设计要求或允许偏差（mm）	实测偏差（mm）				
说明：						
综合结论： 合格 不合格						
监理（建设）单位	施工单位					
	项目技术负责人	施工员		质量员		

注：本表一式三份，由施工单位质量员填写，建设单位、监理单位、施工单位保存。

表 B.0.2 设备安装工程单机调试记录表

设备安装工程单机调试记录表

工程名称：

设备部位 图号		设备 名称		型号、规 格、台数	
施工单位		设备 所 在系 统		额定数 据	
试验单位		负责 人		试车时 间	年 月 日 时 分 起
					年 月 日 时 分 止
序号	试验项目	试验记录			试验结论
1	调试				
2	机器各部位部件的 紧固情况				
3	驱动电动的电压， 电流及温升				
4	人机界面触控精准测试				
建设单位		监理单位		施工单位	
(签字)		(签字)		(签字)	
(盖章)		(盖章)		(盖章)	

注：其他单位根据不同设备单机试运转验收需要，可为设备生产、设计、运营等有关单位。

表 B.0.3 污水处理厂联合调试记录表

污水处理厂联合调试记录表

工程名称											
试验单位			负责人		试车时间	年 月 日 时 分	起				
						年 月 日 时 分	止				
1	试运转内容										
2	试运转过程										
3	试运转结果										
4	评定意见										
建设单位		监理单位		设计单位		运营单位		施工单位		其他单位	
(签字)		(签字)		(签字)		(签字)		(签字)		(签字)	
(盖章)		(盖章)		(盖章)		(盖章)		(盖章)		(盖章)	

注：其他单位可为设备生产、安装等有关单位。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面同采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《室外给水设计标准》GB 50013
- 《建筑设计防火规范》GB50016
- 《氧气站设计规范》GB50030
- 《给水排水构筑物工程施工及验收规范》GB 50141
- 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204
- 《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205
- 《机械设备安装工程施工及验收通用规范》GB 50231
- 《现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范》GB50236
- 《电气装置安装工程低压电器施工及验收规范》GB 50254
- 《给排水管道工程施工及验收规范》GB50268
- 《风机、压缩机、泵安装工程施工及验收规范》GB50275
- 《城镇污水处理厂工程质量验收规范》GB 50334
- 《水处理用臭氧发生器技术要求》GB/T37894
- 《城镇污水处理厂运行、维护及安全技术规程》CJJ 60
- 《脱脂工程施工及验收规范》HG20202
- 《变压吸附制氧、制氮设备》JB /T 6427
- 《曝气生物滤池工程技术规程》CECS265

中国工程建设标准化协会标准

臭氧催化氧化污水处理

技术规程

专家意见更名为：污水臭氧催化氧化深度处理技术规程

条文说明

目 次

1 总则	3
2 术语和符号	4
3 基本规定	5
4 工艺设计	6
4.1 一般规定	6
4.2 臭氧催化氧化单元	6
4.3 臭氧发生装置单元	8
5 检测和控制	11
5.2 检测	11
5.3 控制	11
6 施工与安装	12
6.3 非均相催化氧化接触池	12

1 总则

1.0.1 本条阐述了制定本规程的目的。本规程的颁布施行，使污水臭氧催化氧化深度处理工艺应用于污水处理工程项目时有章可循。

1.0.2 本条规定了本规程的适用范围。本规程综合了各编制单位十多年来在北京、天津、浙江、山东、河北、吉林等地区数百个采用污水臭氧催化氧化处理工艺成功运用于新建、改建和提标改造的污水处理厂以及污水的深度处理和工业废水深度处理的实践经验编制而成。当重点去除污染物为 COD_{Cr} 时，出水水质可以达到 COD_{Cr}≤20-30mg/L。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 臭氧催化氧化又称谓臭氧催化高级氧化，是基于臭氧（ O_3 ）的氧化技术，将臭氧的强氧化性和催化剂的吸附、催化特性结合起来，能有效地解决有机物降解不完全的问题。

2.1.4 非均相催化又称谓多相催化。

2.1.8 高效臭氧溶气装置通过电磁切变场的作用，改变了污水中水分子、有机污染物分子、离子氛的团簇结构，改变了污水的物理、化学、分子力学等性能，增强了臭氧（ O_3 ）的溶解能力、提高了臭氧催化氧化的处理效率从而达到或超越了国家对城镇污水处理厂污染物的排放标准。

2.1.9 PSA 制氧系统主要由空压机、压缩空气净化装置、PSA 制氮装置、氮气检测装置等组成。

2.1.10 VPSA 制氧系统主要由鼓风机、真空泵、切换阀、吸附器和氧气平衡罐组成。

3 基本规定

3.0.1 污水臭氧催化氧化处理工艺的主要特点是：臭氧发生装置单元产生的臭氧气体由管道输送到臭氧催化氧化单元，然后通过射流或曝气盘方式投加将臭氧溶解到污水中，含臭氧污水在均相催化剂/非均相催化剂/均相和非均相催化剂的作用下产生羟基自由基($\cdot\text{OH}$)，将污水中的有机物，在臭氧催化氧化池内完成氧化反应过程。

3.0.2 根据传质公式，传质过程中的动力 ΔC 说明水中臭氧浓度与臭氧气体中臭氧浓度差别越大，传质速度越大，所以臭氧气体的浓度越高，越有利于臭氧溶解到水中。因此，臭氧发生装置单元的气源采用氧气源，可以使产生的臭氧气体浓度 $\geq 148\text{mg/L}$ 。

3.0.3 就制取臭氧的电耗而言，制氧机供氧气的较高，液氧供氧气的较低。就设备投资和日常管理而言，气源装置需由用户自行投资和管理，而液氧气源装置通常可由用户向大型供气商租赁并委托其负责日常管理。但液氧源设备的租赁、委托管理费一级氧气的采购费也很高，且设备布置收到消防要求的限制。因此，采用何种供气气源和气源装置应综合上述因素，做技术经济比较后确定。据调查，一般情况下，液氧气源适合于中等规模的臭氧发生器量，制氧机气源适合于较大规模的臭氧发生量。

4 工艺设计

4.1 一般规定

4.1.1 由于臭氧氧化工艺设施的设备投资和日常运行成本较高，O/C 比、催化类型、反应时间的确定合理与否将直接影响工程的投资和生产运行成本。各污水处理厂的进水水质以及处理排放要求各不相同，所需臭氧催化氧化池接触时间、O/C 比、催化类型也各异，因此事先宜通过小试或中试试验或参照相似条件下的成功工程案例运行经验来确定设计方案。

4.1.2 为防止过高的悬浮物消耗臭氧，根据工程经验提出了本条规定。

4.1.4 臭氧在水中的溶解度大约是氧的 13 倍，臭氧催化氧化池出水中溶解氧非常高，根据多个污水厂臭氧催化氧化接触池运行反馈情况，出水溶解氧普遍在 10mg/L 以上。若将反硝化滤池设在臭氧催化氧化接触池后端，在高溶解氧的环境下，反硝化滤池无法形成缺氧环境(反硝化工艺要求进水溶解氧不宜超过 2mg/L)，会抑制硝酸盐通过反硝化途径转化为气态氮，而采取相关措施将臭氧氧化接触池出水残留的溶解氧脱除，势必增加额外处理成本。

4.1.6 由于 O/C 比关系到投资和运行费用，具体比值建议通过小试或中试试验或参考类似工程案确定。如果设计投加方式和试验中的投加方式不一致，在确定设计臭氧投加量时应考虑不同投加方式的溶气效率偏差。经调查国内污水厂运行经验，考虑溶气效率后市政污水 O/C 比值为：0.8~1.5，工业污水为：0.8~2.0，仅供设计参考。

4.1.7 根据实际设计经验和相关研究报告，水温对水中臭氧的半衰期影响非常显著，臭氧在高温水中加速分解，半衰期缩短。根据试验及工程经验，提出了本条规定。

4.1.8 本条为现行国家标准《室外给水设计标准》GB 50013 中 9.10.4 条强制性条文，必须严格执行。从臭氧催化氧化池排气管排入环境空气中的气体仍含有一定的残余臭氧，这些气体被称为臭氧尾气。由于空气中残存一定浓度的臭氧对人的机体有害。人在含臭氧百万分之一的空气中长期停留，会引起易怒、感觉疲劳和头痛等不良症状。而在更高的浓度下，除这些症状外，还会增加恶心、鼻子出血和眼黏膜发炎。经常受臭氧的毒害会导致严重的疾病。因此出于对人体健康安全的考虑，提出了本条强制性规定。通常情况下，经尾气消除装置处理后，要求排入环境空气中的气体所含臭氧的浓度满足现行国家标准《环境空气质量标准》GB3095 的有关规定。

4.2 臭氧催化氧化单元

4.2.6 本条是关于非均相催化氧化接触池设计时应符合的规定。

4 为了保证非均相催化剂的长期功效，减少催化剂的更换费用。

6 根据长期的工程实践经验,在反冲洗时,为避免催化剂流失,工程中可以通过控制适宜的冲洗强度、控制催化剂的比重和填充厚度或在出水口采用格网拦截等措施,均可起到较好的防止跑料效果。

7 因在正常运行过程中,滤板滤头下方区域的缓冲配水区,有可能沉积细小泥沙,同时污水中的短纤维物质在长时间运行后可能堵塞部分滤头。工业污水若含盐量较高,也有可能导致曝气盘、滤头结垢,所以检修人员应定期进入缓冲配水区进行检修和清理。为保证检修方便、清理方便,结合国内众多工程运行实际,提出了缓冲配水区应有高度的规定。

8 布水布气装置在正常运行中既起到均匀布水的作用,在反冲洗时又起到均匀布气的作用。工程项目中,臭氧催化氧化池的布水布气装置常用滤板滤头。滤头可采用 ABS、PP、不锈钢滤头,通常根据水中臭氧浓度、氯化物、含盐量、以及单价成本等因素综合确定。

9 随着运行时间积累,催化剂层会出现不同程度的堵塞,设计时需考虑内部结构设计对工艺高程的影响,因此宜留有富裕的水头损失而避免淤水。水头损失应根据理论计算和实际现场经验值结合确定。

4.2.7 非均相催化氧化接触池内结构与曝气生物滤池工艺类似,反冲洗系统可按现行国家标准《室外排水设计规范(2016 年版)》GB50014 中 6.9 节关于曝气生物滤池的规定执行。

IV 射流投加臭氧

4.2.11 由于高效臭氧溶气装置、射流泵和二次混合装置的过流部分与臭氧或者含臭氧的污水直接接触,在材质选择上应统筹考虑水中臭氧浓度、氯化物、含盐量等因素综合确定。

V 曝气盘投加臭氧

4.2.14 本条是关于曝气盘投加臭氧装置设计时应符合的规定。

1 为确保反应效果,首先对溶气效率的最低要求提出了规定。

2 每个曝气盘在一定的布气量变化范围内可保持其有效作用范围不变。考虑到总臭氧投加量和各段投加量变化时,曝气盘的布气量也将相应变化,因此曝气盘的布置应经过对各种可能的布气设计工况分析来确定,以保证最大布气量到最小布气量变化过程中的布气均匀。由于第一段接触室需要与臭氧反应的物质含量最多,因此提出了在第一段接触室的布气量不小于总气量的 40%的规定。

3 曝气盘的水下安装深度与溶气效率存在相应关系。安装深度过浅,溶解于水中的臭氧气体很快逸出;安装深度较深时,受水压影响曝气盘出气阻力增大,出气量降低从而影响使用效率。根据对国内外有关应用实例的调查,曝气盘的水下安装深度一般为 4m~6m。

5 在曝气盘投加臭氧装置的运行工况中,由于经常停机反洗,不可避免存在污水从曝气盘逆流进入管路的情况,为不影响气体均匀分配,因此提出了本条规定。

6 在工业废水含盐量较高的情况下，曝气盘可能会产生结垢，影响使用效果，因此提出了本条规定。

4.2.15 经调研，市场上曝气盘投加臭氧装置较多采用钛合金、刚玉、SS316L 材质，当进水含盐量较高时，结垢影响使用寿命也是不可忽视的问题，丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物(ABS)、聚丙烯(PP)、乙丙橡胶(EPDM)、聚乙烯(PE)材质在低臭氧浓度下具有防腐蚀的优势，因此提出了本条规定。

VII 池体结构形式和防腐

4.2.20 本条是关于臭氧催化氧化接触池池体结构设计时应符合的规定。

1 在运行过程中，臭氧催化氧化池有时需要停池清洗或检修。为不致造成水厂停产，因此提出了本条规定。

3 为了防止臭氧催化氧化池中少量未溶于水的臭氧逸出后进入环境空气而造成危害，臭氧催化氧化池应采取全封闭的构造。

4 在与池顶相连的导流隔板顶部设置连通孔是为了让集聚在池顶上部的尾气从排放管顺利排出。

6 臭氧稳定性极差，在常温下易自行分解为氧气，质量浓度约为 1% 的臭氧，在常温常压的空气中分解的半衰期为 16 h 左右。臭氧在水中的分解速度比在空气中快得多，水中臭氧浓度为 3 mg/L 时，其半衰期仅 5min~30min。臭氧在水中分解的半衰期与温度、pH 有关。随着温度的升高，分解速度加快，pH 值越高，分解也越快。为避免残留臭氧从水中逸出危害工作人员的健康，规定后续工艺无生化处理工艺时，脱气池停留时间宜为 10min。当后续工艺有生化处理工艺时，水中残留的臭氧因有持续杀毒灭菌作用，影响后续生化工艺微生物生长，因此本条对不同运行状况下脱气池停留时间提出了规定。

4.3 臭氧发生装置单元

I 一般规定

4.3.2 设置臭氧发生装置单元相关装置和设备的车间耐火等级及火灾危险性属于“乙”类生产车间，按现行国家标准《建筑设计防火规范》GB50016 中 3.3.4 “甲、乙类生产场所（仓库）不应设置在地下或半地下”的强制性条文执行提出本规定。

4.3.3 污水臭氧催化氧化处理工艺需要较高浓度的臭氧，空气源不能满足处理工艺要求。而伴随氧气源的臭氧器具有体积小、投资少、能耗低的优势，不仅提高了臭氧投加效率，也降低了臭氧输送管道以及臭氧反应接触池的投资成本。

4.3.4 本条是《室外给水设计标准》GB50013 中 9.10.19（1）强制性条文，必须严格执行。

4.3.5 本条是《室外给水设计标准》GB50013 中 9.10.19（3）强制性条文，必须严格执行。

II 气源装置

4.3.7 本条是关于以液氧作为氧气源的液氧站设计时应符合的规定。

4 根据《室外给水设计标准》GB50013 规定，空温式汽化器的规格选型，综合考虑厂家选型参数及运行经验，并留有必要的安全裕量以应对可能出现的恶劣气候条件。

5 对于大型液氧源臭氧系统，如需要避免出现放电中毒甚至零臭氧现象，降低臭氧产生能耗，提高氧气转化为臭氧的转化效率，可配置氮气添加装置。配置的氮气添加装置还可考虑兼做仪表风气源和吹扫气源。

6 按现行国家标准《室外给水设计标准》GB50013 中的 9.10.12 条规定执行。

III 臭氧发生器

4.3.10 本条是关于选用的臭氧发生器主要性能应符合的规定：

1 电解式的臭氧发生器规格小，无法做大并电耗高；紫外式的臭氧发生器浓度极低并电耗更高；因此，一般工业用选用介质阻挡放电方式型的臭氧发生器。

2 臭氧浓度 148 mg/L 是综合了设备性能价格比、氧气利用率、综合经济运行费用；这个压力满足工艺规程的工艺运行、且规避了压力容器管理；臭氧极不稳定，高温时易分解成氧气。

3 臭氧发生器产量调节范围是为了适应水质水量的变化，及时调整运行参数，以保障处理效果。

4 臭氧发生器的可靠性及其他技术要求，按《水处理用臭氧发生器技术要求》GB/T37894 的相关规定执行。

4.3.12 因臭氧发生器的管壳换热器结构、壳程冷却不易清洗，且多数项目现场冷却水水质无法满足《水处理用臭氧发生器技术要求》GB/T 37894 的规定，存有结垢和腐蚀的危害，因此选用纯水闭式循环冷却系统。各项目现场条件不同，具体系统构成应因地制宜，选配合适的设备。

IV 臭氧气体输送管道

4.3.14 为防止臭氧接触反应池中的水，在工况或操作异常时，倒灌入臭氧发生器而损坏臭氧发生器。

4.3.15 采用 SS316L 不锈钢管材主要从耐晶间腐蚀考虑，管道的主要介质还是氧气，因此提出本规定。

4.3.16 输送臭氧气体的管道均采用不锈钢管，夏季高温季节阳光直射导致管道温度较高时，为防止管道中的臭氧分解速度加快提出本规定。

V 臭氧尾气消除装置

4.3.18 应根据工况条件选择能够使臭氧尾气排放达到排放标准要求的相关臭氧尾气消除装置的全部或部分配套设备；经处理尾气排放后的臭氧浓度应经监测，判断尾气是否能达到排放标准、尾气消除装置工作状态是否正常。

4.3.21 一旦臭氧尾气消除装置故障停运会导致整套臭氧氧化设施的停运，因此提出本规定。

4.3.22 按现行国家标准《室外给水设计标准》GB50013 中 9.10.31 条文规定执行，并可保持接触池微负压，防止正常工作时双向透气阀放出含有较高浓度臭氧的气体。

5 检测和控制

5.2 检 测

5.2.6 臭氧和氧气泄露报警仪探测和报警装置通常设置在臭氧发生器室内，用以监测臭氧发生器室内环境空气中可能泄露出的臭氧和氧气浓度，并对泄露状况做出指示和报警，并根据泄露量关闭臭氧发生器；同时与臭氧发生器室设置的排风装置联动，降低环境中的臭氧和氧气浓度，将空气质量控制在安全值范围内。

5.3 控制

5.3.6 本条是《室外给水设计标准》GB50013 中 9.10.19（2）强制性条文，必须严格执行。臭氧泄露低、高检测极限分别对应《环境空气质量标准》GB3095 允许的臭氧浓度限值一级和二级。当室内环境空气臭氧含量达到一级时，应有报警提醒并自动开启排风装置；当室内环境空气臭氧含量达到二级时，应进行报警并自动关闭臭氧发生装置。

6 施工与安装

6.3 非均相催化氧化接触池

6.3.1 本条是关于非均相催化氧化接触池的施工与安装时应符合的规定。

1 滤板安装在滤梁上方，滤板安装前还应对滤梁进行检查，整池滤梁顶面水平度误差应小于 $\pm 5\text{mm}$ 、直线度误差 $\pm 10\text{mm}$ 、平行度误差 $\pm 5\text{mm}$ 、宽度误差 $\pm 5\text{mm}$ 、垂直度误差 $\pm 5\text{mm}$ 。

4 滤头安装完成后，应向滤池内注水，水面应超过滤头高度 50mm ，然后从滤池进水管正常进水，进水时间 $2\text{min}\sim 3\text{min}$ ，观察从滤头释放而形成的水花是否均匀。