

中国石油和化学工业联合会团体标准

T/CPCIF XXXX—20XX

工业废水预处理用厌氧氨氧化脱氮系统
通用技术规程

General technical regulations of anaerobic ammonia oxidation biofilm system
for industrial wastewater pretreatment

(征求意见稿)

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

中国石油和化学工业联合会 发布

目 次

前 言.....	II
1 范围.....	3
2 规范性引用文件.....	3
3 术语和定义.....	3
4 总体要求.....	5
5 工艺设计.....	5
6 施工验收.....	7
7 运行维护.....	8
8 主要辅助工程.....	9
9 劳动安全与职业卫生.....	9
附 录 A（规范性附录）厌氧氨氧化生物膜脱氮系统结构示意图.....	错误!未定义书签。
参考文献.....	错误!未定义书签。

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国石油和化学工业联合会提出。

本文件由中国石油和化学工业联合会标准化工作委员会归口。

本文件起草单位：北京交通大学、北京坦思环保科技有限公司、北京工业大学、北京大学、河海大学、哈尔滨工业大学、内蒙古大学、青岛思普润水处理股份有限公司、北控水务研究院、中化环境控股有限公司。

本文件主要起草人：。

1 工业废水预处理用厌氧氨氧化脱氮系统通用技术规程

1 范围

本文件规定了工业废水预处理用厌氧氨氧化脱氮系统的总体要求、工艺设计、施工验收、运行维护、主要辅助工程、劳动安全与职业卫生等技术要求。

本文件适用于各类氮污染物产生量较多的工业废水处理系统，如石化、焦化、气化、冶金、制药等行业，主要以去除总氮为目的的厌氧氨氧化生物脱氮系统。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 12801 生产过程安全卫生要求总则
- GB 18918 城镇污水处理厂污染物排放标准
- GB 50016 建筑设计防火规范
- GB 50014 室外排水设计规范
- GB 50311 综合布线系统工程设计规范
- GB 50053 20kV 及以下变电所设计规范
- GB 51221 城镇污水处理厂工程施工规范
- GBZ 1 工业企业设计卫生标准
- GB/T 50087 工业企业噪声控制设计规范
- GB/T 3797 电控设备第二部分：装有电子器件的电控设备
- GB/T 7493 水质 亚硝酸盐氮的测定 分光光度法
- GB/T 11901 水质 悬浮物的测定 重量法
- GB/T 13195 水质 水温的测定-温度计或颠倒温度计测定法
- HJ 101 氨氮水质自动分析仪技术要求
- HJ 377 化学需氧量（COD_{Cr}）水质在线自动监测仪技术要求及检测方法
- HJ 506 水质 溶解氧的测定 电化学探头法
- HJ 535 水质 氨氮的测定 纳氏试剂分光光度法
- HJ 636 水质 总氮的测定 碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法
- HJ 828 水质 化学需氧量（COD）的测定 重铬酸盐法
- HJ/T 91 地表水和污水监测技术规范
- HJ 1147 水质 pH 值的测定 电极法
- HJ/T 96 pH 水质自动分析仪技术要求
- HJ/T 99 溶解氧水质自动分析仪技术要求
- HJ/T 102 总氮水质自动分析仪技术要求
- HJ/T 251 环境保护产品技术要求 罗茨鼓风机

HJ/T 252 环境保护产品技术要求 中、微孔曝气器
HJ/T 346 水质 硝酸盐氮的测定 紫外分光光度法
HJ/T 353 水污染源在线监测系统（COD_{Cr}、NH₃-N 等）安装技术规范
HJ/T 354 水污染源在线监测系统（COD_{Cr}、NH₃-N 等）验收技术规范
HJ/T 355 水污染源在线监测系统（COD_{Cr}、NH₃-N 等）运行技术规范
HJ/T 356 水污染源在线监测系统（COD_{Cr}、NH₃-N 等）数据有效性判别技术规范
CJJ 60 城镇污水处理厂运行、维护及安全技术规程
《建设项目（工程）竣工验收办法》（国家计委 计建设[1990]215 号）

3 术语与定义

HJ 636-2012和HJ 828-2017界定的术语和定义适用于本文件。

3.1 总氮 total nitrogen (TN)

溶解态氮及悬浮物中氮的总和，包括亚硝酸盐氮、硝酸盐氮、无机铵盐、溶解态氨和大部分有机含氮化合物中的氮。

3.2 化学需氧量 chemical oxygen demand (COD)

在一定的条件下，采用一定的强氧化剂处理水样时，所消耗的氧化剂量。反映了水中受还原性物质污染的程度。该指标也作为有机物相对含量的综合指标之一。

3.3 碳氮比 carbon to nitrogen ratio (C/N)

指有机物中碳的总含量与氮的总含量的比值。

3.4 悬浮物 suspended solids (SS)

指悬浮在水中的固体物质，包括不溶于水中的无机物、有机物及泥砂、黏土、微生物等。

3.5 厌氧氨氧化 anaerobic ammonium oxidation (Anammox)

在厌氧条件下，由厌氧氨氧化菌利用亚硝酸盐/硝酸盐作为电子受体，以二氧化碳或碳酸盐作为碳源，将氨氮转化为氮气的生物反应过程。

3.6 短程硝化 partial nitrification

在有氧的条件下，由氨氧化菌将氨氮氧化为亚硝酸盐氮，实现短程硝化作用的过程。

3.7 自养反硝化 autotrophic denitrification

自养反硝化菌以氢、单质硫、硫化物、铁或铁离子、氨氮等还原性物质为电子供体提供能量，无需外加有机碳源实现硝酸盐氮和亚硝酸盐氮还原为氮气等气体的过程。

3.8 异养反硝化 heterotrophic denitrification

异养反硝化菌利用甲醇、乙酸、乙酸钠、葡萄糖等有机物为能源和电子供体，把硝酸盐氮或亚硝酸盐氮还原为氮气等气体的过程。

3.9 总氮去除容积负荷 TN removal volumetric loading rate

单位时间内每立方米反应器体积对总氮的去除量，kg TN/(m³·d)。

3.10 一体式厌氧氨氧化生物膜反应装备 biofilm equipment for reaction of integrated ANAMMOX

一套以厌氧氨氧化自养脱氮技术为核心并配套其他设备的完整废水处理装备，内置填料以便厌氧氨氧化菌快速挂膜从而发生厌氧氨氧化反应，同时内部含有悬浮活性污泥，且以氨氧化菌为主完成短程硝化过程，从而实现短程硝化及厌氧氨氧化过程控制在同一反应装置内发生。

注：配套设备如电控、各种仪表、管道、水泵、阀门、曝气及药剂投加系统等。

3.11 系统进出水硝酸盐氮浓度变化与进出水氨氮浓度变化的比值 $\Delta[\text{NO}_3^-]/\Delta[\text{NH}_4^+]$

运行指示参数，计算方法： $\Delta[\text{NO}_3^-]/\Delta[\text{NH}_4^+] = ([\text{NO}_3^-]_{\text{出水}} - [\text{NO}_3^-]_{\text{进水}}) / ([\text{NH}_4^+]_{\text{进水}} - [\text{NH}_4^+]_{\text{出水}})$ 。

4 总体要求

4.1 进水要求

4.1.1 总氮浓度要求

该厌氧氨氧化生物膜脱氮系统针对于高氨氮工业废水，即要求进水 TN 浓度 ≥ 200 mg/L，如焦化废水、制药废水、食品废水、冶金废水、电子废水等。

4.1.2 悬浮物 SS 浓度要求

进入厌氧氨氧化生物膜脱氮系统的废水，SS 应控制在 <1000 mg/L，若超过此限制，应如 5.2.3 所述，增加预处理工艺，以满足其进水条件。

4.1.3 pH 值及温度要求

厌氧氨氧化生物膜脱氮系统进水 pH 值宜为 7.0~9.0，不满足时，应设置酸碱调节系统；水温宜为 30~35℃，不满足时，应设置加热或冷却系统。

4.2 其他要求

4.2.1 系统布置及配置要求

4.2.1.1 厌氧氨氧化生物膜脱氮系统的总体布置应根据地形、气象、地质条件、运行和环境安全等因素选择，并符合 GB 50014-2006 中第一章的规定。

4.2.1.2 厌氧氨氧化生物膜系统的形式及各单元的配置根据不同的进水水质和处理要求进行设计选择，无试验资料时，厌氧氨氧化生物膜系统的处理工艺流程参考 5.2 的规定。

4.2.2 系统设计与控制要求

4.2.2.1 厌氧氨氧化生物膜脱氮系统的平面形状可采用矩形或圆形，复合式系统宜采用矩形。

4.2.2.2 厌氧氨氧化生物膜脱氮系统池面积过大时可分格设置，分格数不少于 2 个，按同时工作设计。

4.2.2.3 厌氧氨氧化生物膜脱氮系统的曝气系统应选择微孔膜曝气或其他相似的曝气系统以保证池内泥水混合均匀并维持微氧环境。

4.2.2.4 厌氧氨氧化生物膜脱氮系统中的沉淀系统，可采用斜板/管沉淀或竖流式沉淀池，周边出水或单边出水均可，应设置出水堰板等装置。

4.2.2.5 厌氧氨氧化生物膜脱氮系统应根据工艺运行要求设置检测与控制系统，实现管理自动化。

5 工艺设计

5.1 厌氧氨氧化生物膜脱氮系统组成

5.1.1 厌氧氨氧化池单元

厌氧氨氧化池的内部应包含填料以供厌氧氨氧化菌种附着生长，底部配置曝气系统，侧面包含有配水系统，末端装有出水系统，出水端设置有沉淀池，并有污泥回流系统，整池配套自控系统，结构见附录 A 中的图 A.1。

5.1.2 混合单元

5.1.2.1 混合单元包括催化剂投加单元（厌氧氨氧化）以及碱度投加单元（按 5.3.3 所述按需配置）。

5.1.2.2 各药剂投加单元均分别包括药剂投加池和混合池。

5.1.3 控制单元

5.1.3.1 厌氧氨氧化生物膜脱氮系统控制单元应包括以下子系统：曝气子系统、在线分析及反馈控制子系统、催化剂投加子系统、碱度投加子系统（如需）以及电控子系统。

5.1.3.2 控制单元宜采用智能控制方式实现，整套系统配套自动控制系统。

5.2 厌氧氨氧化生物膜脱氮系统的工艺流程

5.2.1 工艺流程选择原则

以厌氧氨氧化生物膜脱氮系统为核心的工艺流程，应满足设计进水要求与出水排放标准，综合考虑各工艺流程特点及优势，通过技术经济比较后确定。

5.2.2 不同进水条件下的工艺流程

5.2.2.1 当进水水质、水量波动比较大时，前端应设置调节设施，例如均和池、调节池等。

5.2.2.2 当进水 COD 浓度较高且 C/N 值 >5 ，在厌氧氨氧化生物膜脱氮系统前端应增加预处理系统（高负荷曝气池或厌氧池等）以实现 COD 的有效去除或收集，工艺流程如图 1。

5.2.2.3 当进水 SS 浓度 $\geq 1000\text{mg/L}$ ，在厌氧氨氧化生物膜脱氮系统前端应增加前处理系统（气浮池或混凝沉淀池）以实现 SS 的有效去除，工艺流程如图 2。

5.2.2.4 当出水要求 TN 浓度 $\leq 50\text{mg/L}$ 时，在厌氧氨氧化生物膜脱氮系统后端应增加自养反硝化或异养反硝化以去除多余的 NO_3^- 残留，实现出水 TN 达标，工艺流程如图 3。

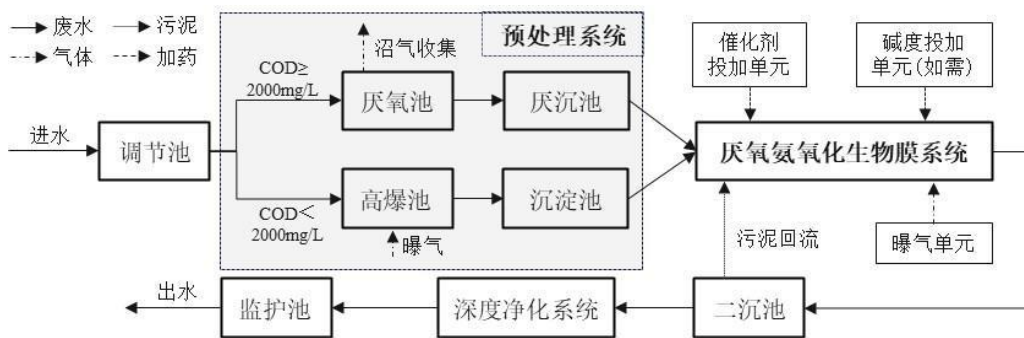


图1 生化预处理-厌氧氨氧化生物膜系统工艺流程图

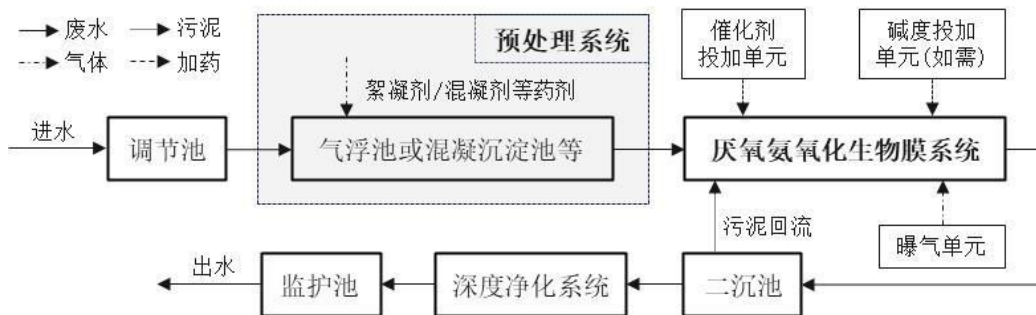


图2 化学预处理-厌氧氨氧化生物膜系统工艺流程图

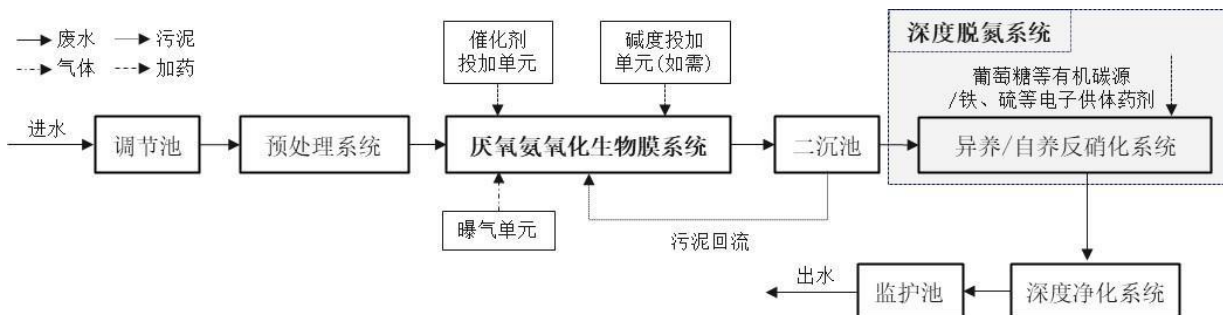


图3 厌氧氨氧化生物膜系统-异养/自养反硝化系统工艺流程图

5.2.2.5 根据进水水质以及出水排放要求的差异性，厌氧氨氧化生物膜系统的前端和后端可增加不同的处理工艺（不局限于上述提到的工艺），通过技术、经济及环境影响等因素综合分析后确定。

5.3 厌氧氨氧化生物膜脱氮系统的设计要求

5.3.1 厌氧氨氧化池单元

5.3.1.1 厌氧氨氧化池的容积按照 TN 去除容积负荷来计算确定，不宜大于 $2 \text{ kg TN}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。

5.3.1.2 厌氧氨氧化池出水中氨氮浓度不宜过低，亚硝酸盐氮浓度不宜超过 50 mg/L ，硝酸盐氮浓度控制应确保 $\Delta[\text{NO}_3^-]/\Delta[\text{NH}_4^+]$ 比值不超过 0.15。

5.3.1.3 厌氧氨氧化池内亚硝酸盐氮的浓度不宜超过 100 mg/L 。

5.3.1.4 厌氧氨氧化池内应控制在微氧环境，溶解氧浓度不宜超过 0.5 mg/L 。

5.3.1.5 厌氧氨氧化池的运行应根据出水中氮污染物的浓度,及时调整进水氮负荷、溶解氧及 pH 值。

5.3.1.6 厌氧氨氧化池内的填料的填充率宜为 30%左右,接种污泥的填装率宜达到 15%。

5.3.1.7 厌氧氨氧化池内的填料填装位置应距离底部超过 0.7m。

5.3.1.8 厌氧氨氧化生物膜脱氮系统的二沉池污泥回流比宜为 100%~300%。

5.3.1.9 厌氧氨氧化生物膜脱氮系统一般不主动排泥,若需排泥,污泥龄宜超过 50 天,且在系统内应设置菌种滞留设备,防止菌种流失。

5.3.2 催化剂投加单元

5.3.2.1 催化剂的主要功能为促进功能菌的生长,缩短工艺启动时间,实现厌氧氨氧化生物膜脱氮系统的快速启动。

5.3.2.2 催化剂可根据反应装置的运行方式选择 24h 连续投加或也可采用间歇投加的方式。

5.3.2.3 催化剂为浓缩后的液体,处理 1m³ 废水较为适宜的投加量为 0.2~0.3L。

5.3.2.4 催化剂宜在系统启动初期投加,若为保持高的功能菌活性,在稳定运行阶段亦可间断使用。

5.3.3 碱度投加单元

5.3.3.1 碱投加单元按需增设。当进水总碱度(以碳酸钙计)不充足,即总碱度与氨氮浓度的比值低于 4,或 pH 值低于 7.0 时,应设置碱投加单元,通过外加碱来维持池内 pH 值高于 7.5。

5.3.3.2 补充碱可以是氢氧化钠、碳酸钠、碳酸氢钠等,投加量根据去除氮的量所需的理论值(3.57g/gN)计算,且池内剩余碱度宜大于 70mg/L,同时参照水中 pH 值不低于 7.5 来最终确定。

5.3.4 仪表与设备单元

5.3.4.1 厌氧氨氧化生物膜脱氮系统的进水系统应设置提升泵、电磁流量计及液位控制器,若进水水温不满足运行条件,还应加装加热系统及配套温度控制系统。

5.3.4.2 厌氧氨氧化反应池中的空气由鼓风机通过膜片式微孔曝气器提供,布气管道应安装空气流量计及控制阀门,鼓风机由变频控制柜操控。

5.3.4.3 加药装置采用计量泵控制,投加药剂为催化剂及碱液(如需),促进微生物生长及调节 pH。

5.3.4.4 在线监测装置主要监测指标为 pH 及溶解氧,为保证反应区的正常运行实时提供监测数据,更好地优化控制反应区功能微生物的生存条件。

5.3.4.5 参与控制与管理的机电设备应设置工作与故障状态的检测装置。

6 施工验收

6.1 施工管理

6.1.1 施工过程必须严格遵守相关的工程施工程序和管理文件的规定，坚决执行国家的强制性标准和技术规范。

6.1.2 施工管理应符合 GB 51221 的要求，严格按照工程设计文件、设备技术文件要求施工，工程变更应取得设计变更文件后再进行，施工过程应做好施工记录。

6.1.3 工程中所使用的设备、材料和器件应确保符合相关的国家和行业标准，且必须具备合格的证明文件。核心设备还应获取供应商提供的产品出厂检验报告、环保产品认证证书等技术文件。

6.1.4 按照产品说明书安装设备，且安装过程需要符合 GB 51221 的相关规定以及设计要求，安装后进行单机调试。工艺管道的安装、电气装置的施工等及均应符合国家现行标准的有关规定。

6.1.5 在施工过程中，必须遵守环保相关规定，确保施工行为符合 GB 51221 的标准要求。

6.2 工程验收

6.2.1 验收应按《建设项目（工程）竣工验收办法》的有关规定进行，验收合格前不得进行试运行。

6.2.2 设备安装工程应在验收前进行单体设备调试和试运行；池体等构筑物建设工程的验收应事先进行注水试验；管道安装工程应在工程验收前先进行压力试验。

6.2.3 整体工程竣工验收前，应进行进清水联动试车和整体调试。联动试车应持续 48h 以上，系统应运转正常，自动化控制系统应符合运行实际控制要求，各项技术指标均应达到设计要求和合同要求。

7 运行维护

7.1 一般规定

7.1.1 厌氧氨氧化生物膜脱氮系统运行管理宜参照 CJJ 60 和相应工程技术规范的有关规定执行。

7.1.2 厌氧氨氧化生物膜脱氮系统运行应按照 5.2、5.3 所述工艺设计要求，根据实际进水水质情况及出水污染物浓度变化及时调整运行方案。

7.1.3 厌氧氨氧化生物膜脱氮系统应设定报警和运行监视装置，包括进水泵、加药泵、回流泵、鼓风机的运行状态和故障信号，运行控制阀门的开光状态和故障信号，鼓风机所配变频器的频率。

7.1.4 运行管理人员必须具备相应的职业教育背景，并通过技术培训合格后才能上岗操作。此外，应制定运行管理和维护保养制度以及岗位操作规程，并严格执行运行和维护记录的制度。

7.1.5 各处理单元和设备按照设计要求进行操作，一旦发现设备运转异常，应立即采取维护修理措施。在必要情况下，应更换受损部件。当设备需要进行现场大修或出厂大修时，应提前制定替代运行预案。

7.2 分析检测

7.2.1 厌氧氨氧化生物膜脱氮系统的运行应进行检测，并配置相关的检测仪表。

7.2.2 厌氧氨氧化生物膜脱氮系统运行检测的项目及频率应符合 CJJ 60 中第 7 章的规定，且综合系统实际运行情况确定。

7.2.3 厌氧氨氧化生物膜脱氮系统检测项目、要求及方法可参考表 1，检测包括但不限于以下项目。

表 1 厌氧氨氧化生物膜脱氮系统检测项目、要求及方法

序号	检测项目	要求	方法
1	进出水 TN	4.1.1、5.2.5及 5.3.1.1	HJ 636-2012 或 HJ/T 102-2003
2	进水 SS	4.1.2 及 5.2.4	GB/T 11901-1989
3	进水 COD	5.2.3 及 7.3.6	HJ 828-2017 或 HJ/T377-2019
4	进出水氨氮	5.3.1.2、7.1.4 及 7.3.6	HJ 535-2009 或 HJ/T 101-2019
5	进出水亚硝酸盐氮	5.3.1.2/3 及 7.3.4	GB/T 7493-1987
6	进出水硝酸盐氮	5.2.5 、5.3.1.2及 7.3.4	HJ/T 346-2007
7	进水碱度	5.1.2、5.3.3.1 及 7.3.5	酸碱指示剂滴定法或电位滴定法 《水和废水检测分析方法》国家环保总局
8	池内溶解氧浓度	5.3.1.4 及 7.3.4/6	HJ 506-2009 或 HJ/T 99-2003
9	进水 pH 值	4.1.3、5.3.3.2 及 7.3.4/6	HJ 1147-2020 或 HJ/T96-2003
10	水温	4.1.3	GB/T 13195-1991

7.3 自动控制

7.3.1 厌氧氨氧化生物膜脱氮系统应设置完整的自动化控制与检测系统，其设计符合 GB/T 3797 中第 6 章的规定。

7.3.2 厌氧氨氧化生物膜脱氮系统宜采用集中监控管理、分散控制的自动控制（PLC）系统。

7.3.3 自动化控制系统应保证系统的运行安全可靠、便于运行、改善劳动条件和提高科学管理水平。

7.3.4 进水流量、溶解氧及 pH 值应根据出水中氨氮、亚硝酸盐氮及硝酸盐氮浓度的反馈及时调整。

7.3.5 催化剂或碱度的投加应根据进水量及进水碱度的浓度进行确定，投加系统应能自动计量投加量。

7.3.6 厌氧氨氧化生物膜脱氮系统适宜设置 COD、氨氮、总氮、溶解氧、pH 值在线测定仪。

8 主要辅助工程

8.1 包含内容

主要辅助工程包括供排水、供配电、防腐、防爆、防雷、抗震、采暖通风、道路绿化等工程，其施工设计均应符合相应的国家及行业标准。

8.2 设备间、鼓风机房、加药间、控制室、化验室

8.2.1 设备间安装提升泵、污泥回流泵等设备时，应遵循 GB 50311 的规定，确保设备安全运行。

- 8.2.2 鼓风机房的设计应符合 GB 50014 的规定，且机房应当采取降噪措施。
- 8.2.3 鼓风机房应配备工作风机和备用风机，且每台风机应设置独立的基础，以满足设备运行的稳定性和连续性。
- 8.2.4 加药间配备各类加药储罐和溶解罐（池），以便向污水系统添加所需的化学药剂。同时还应准备加药记录表，记录加药量、加药时间、加药种类以及加药人签名等信息，以便追踪和管理。
- 8.2.5 配电室的设计应符合 GB50053 的规定，宜包括隔离柜、PT 柜、联络柜、计量柜、进线柜、出线柜等。
- 8.2.6 控制室用于放置远程控制系统的终端，应采取隔尘、降噪措施。
- 8.2.7 化验室应具备监测氨氮、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、总氮、COD、pH、DO、温度等指标的能力，并制定危险化学品使用制度，且应配备专门的药品存放房间，并符合实验室管理规定。

9 劳动安全与职业卫生

9.1 劳动安全

- 9.1.1 安全管理应符合 GB 12801 中的有关规定，工程建设和运行期间，应采取有效措施保护人身安全。应建立定期安全检查制度，及时消除事故隐患，防止事故发生。
- 9.1.2 劳动卫生与安全要求应符合 GBZ 1 规定，防火与消防工程设计应符合 GB 50016 规定。
- 9.1.3 水处理构筑物应按照有关规定设置防护栏杆、防滑梯和救生圈等安全措施。人员进入密闭的水处理构筑物检修时，应先进行至少 1h 的强制通风，经仪器检测符合安全条件时，人员方可进入。
- 9.1.4 供电设备应设置保护措施，机械设备的运转部位应设置防护罩，检修时应断电，不得带电检修。

9.2 职业卫生

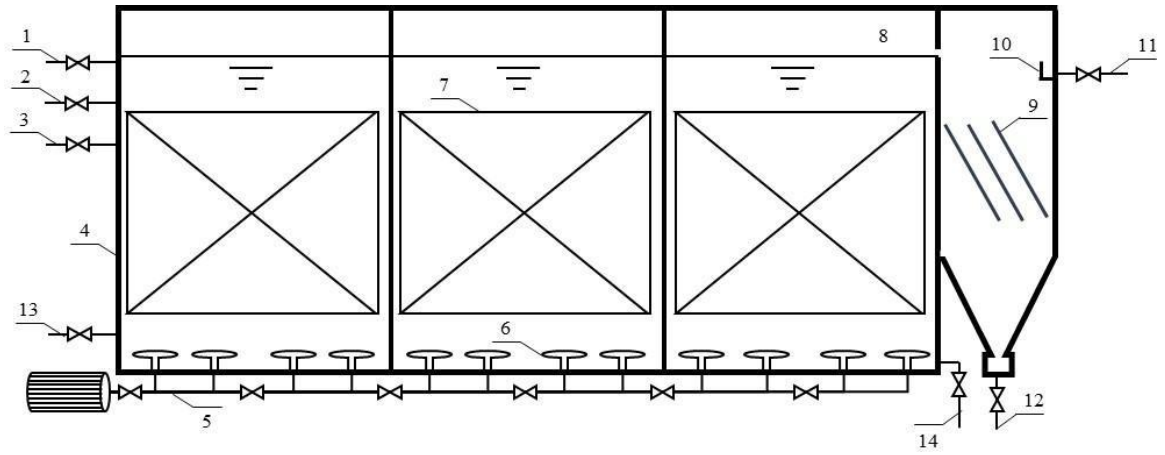
- 9.2.1 室内空气应保持清新，室空气环境应适合操作人员长期在岗工作。
- 9.2.2 应加强作业场所的职业卫生防护，做好隔声、减震和防暑、防毒等预防工作，工作场所的噪声限值应满足 GB/T 50087 规范规定。
- 9.2.3 应对直接接触污水的器具建立清洗和消毒的作业程序。同时，应向操作人员提供必要的劳动保护用品，以及浴室、更衣室等卫生设施。

附录 A

(规范性)

厌氧氨氧化生物膜脱氮系统结构示意图

A.1 厌氧氨氧化生物膜脱氮系统结构示意图 (见图 A.1)



说明:

- | | |
|----------------|-----------------|
| 1 —— 进水管; | 8 —— 超高区; |
| 2 —— 加催化剂管; | 9 —— 斜板/管; |
| 3 —— 加碱管 (如需); | 10 —— 出水堰; |
| 4 —— 厌氧氨氧化池; | 11 —— 出水管; |
| 5 —— 布气管; | 12 —— 污泥回流/排泥管; |
| 6 —— 曝气盘; | 13 —— 污泥回流管; |
| 7 —— 填料; | 14 —— 放空管; |

图 A.1 厌氧氨氧化生物膜脱氮系统结构示意图