

中华人民共和国国家环境保护标准

HJ 2009-2011

生物接触氧化法污水处理工程技术规范

Technical specifications for wastewater treatment by biological contact
oxidation process

本电子版为发布稿。请以中国环境科学出版社出版的正式标准文本为准。

2011-10-24 发布

2012-01-01 实施

环 境 保 护 部 发布

目 次

前 言.....	II
1 适用范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	2
4 总体要求.....	3
5 设计水量和设计水质.....	4
6 工艺设计.....	6
7 主要设备和材料.....	13
8 检测与控制.....	14
9 主要辅助工程.....	15
10 施工与验收.....	15
11 运行与维护.....	18
附录A（规范性附录）生物膜填料.....	20
附录B（资料性附录）生物接触氧化池生物量的测定.....	27
附录C（资料性附录）填料生物膜厚度及生物活性的测定 微电极法.....	29

前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》和《中华人民共和国水污染防治法》，规范生物接触氧化法污水处理工程的建设与运行管理，防治环境污染，保护环境和人体健康，制定本标准。

本标准规定了采用接触氧化法及其组合工艺的污水处理工程的工艺设计、主要工艺设备和材料、检测和过程控制、施工与验收、运行与维护等技术要求。

本标准首次发布。

本标准由环境保护部科技标准司组织制订。

本标准主要起草单位：中国环境保护产业协会（水污染治理委员会）、天津市环境保护科学研究院、南开大学环境科学与工程学院、北京桑德环保集团有限公司、北京建工金源环保发展有限公司、清华大学环境学院、杭州天宇环保工程实业有限公司。

本标准由环境保护部2011年10月24日批准。

本标准自2012年01月01日起实施。

本标准由环境保护部解释。

生物接触氧化法污水处理工程技术规范

1 适用范围

本标准规定了采用生物接触氧化法（以下简称接触氧化法）及其组合工艺的污水处理工程的工艺设计、主要工艺设备和材料、检测和过程控制、施工与验收、运行与维护等技术要求。

本标准适用于采用接触氧化法及其组合工艺的生活污水或工业废水处理工程，可作为环境影响评价、工程设计、施工、环境保护验收及设施运行与管理的技术依据。

2 规范性引用文件

本标准内容引用了下列文件中的条款。凡是不注日期的引用文件，其有效版本适用于本标准。

GB 3096	声环境质量标准
GB 12348	工业企业厂界环境噪声排放标准
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 50014	室外排水设计规范
GB 50015	建筑给排水设计规范
GB 50016	建筑设计防火规范
GB 50040	动力机器基础设计规范
GB 50053	10kV 及以下变电所设计规范
GB 50187	工业企业总平面设计规范
GB 50204	混凝土结构工程施工质量验收规范
GB 50222	建筑内部装修设计防火规范
GB 50231	机械设备安装工程施工及验收通用规范
GB 50268	给水排水管道工程施工及验收规范
GB 50334	城市污水处理厂工程质量验收规范
GBJ 87	工业企业噪声控制设计规范
GBJ 141	给水排水构筑物施工及验收规范
GBZ 1	工业企业设计卫生标准
GBZ 2	工作场所有害因素职业接触限值
CJ 3025	城市污水处理厂污水污泥排放标准
CJJ 60	城市污水处理厂运行、维护及其安全技术规程
HJ/T15	环境保护产品技术要求 超声波明渠污水流量计
HJ/T91	地表水和污水监测技术规范
HJ/T96	PH水质自动分析仪技术要求

HJ/T 101	氨氮水质自动分析仪技术要求
HJ/T 103	总磷水质自动分析仪技术要求
HJ/T 242	环境保护产品技术要求 污泥脱水用带式压榨过滤机
HJ/T 245	环境保护产品技术要求 悬挂式填料
HJ/T 246	环境保护产品技术要求 悬浮填料
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 263	环境保护产品技术要求 射流曝气器
HJ/T 278	环境保护产品技术要求 单级高速曝气离心鼓风机
HJ/T 279	环境保护产品技术要求 推流式潜水搅拌机
HJ/T 283	环境保护产品技术要求 厢式压滤机和板框压滤机
HJ/T 335	环境保护产品技术要求 污泥浓缩带式脱水一体机
HJ/T 353	水污染源在线监测系统安装技术规范（试行）
HJ/T 354	水污染源在线监测系统验收技术规范（试行）
HJ/T 355	水污染源在线监测系统运行与考核技术规范（试行）
HJ/T 377	环境保护产品技术要求 化学需氧量（COD _{Cr} ）水质在线自动监测仪

《建设项目竣工环境保护验收管理办法》（国家环保局，2001 年）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1 生物接触氧化法 Biological contact oxidation process

指一种好氧生物膜污水处理方法，该系统由浸没于污水中的填料、填料表面的生物膜、曝气系统和池体构成。在有氧条件下，污水与固着在填料表面的生物膜充分接触，通过生物降解作用去除污水中的有机物、营养盐等，使污水得到净化。

3.2 接触氧化池 Biological contact oxidation tank

指用于安装填料并完成废水生物处理过程的池体。

3.3 填料 Bio-media /carrier

指安装在接触氧化池内为微生物提供栖息和生长的场所，同时能固定微生物的固体介质或载体。

3.4 生物膜 Biofilm

指附着生长在填料表面上的具有污水净化功能的膜状微生物聚集体。

3.5 曝气系统 Aeration system

指为好氧接触氧化池输送压缩空气，或向污水充氧的系统，由空气压缩机、管道、阀门、释放器等组成。

3.6 曝气区 Aeration area

指接触氧化池底部可用于布置曝气装置的区域。

3.7 填料层 bio-media layer

指接触氧化池中布置填料的区域。填料布置方式和数量与池高、填料类型及进水水质有关。

3.8 稳水层 Stable layer

指接触氧化池填料层上部起稳定出水作用的水层。

3.9 填料容积负荷 Bio-media /carrier volumetric loading rate

指每立方米填料每天处理污染物的量，包括五日生化需氧量容积负荷、硝化容积负荷，反硝化容积负荷等。

3.10 气水比 Ratio of air to water

指单位时间通入气体量与单位时间进水量体积比值，通常是经验值。

3.11 填充比 Bio-media /carrier filling ratio

指接触氧化池内填料体积与池体有效容积的比值，通常是经验值。

3.12 预处理 Pretreatment

指进水水质不能满足生物接触氧化工艺生化要求时，根据调整水质的需要，在生物接触氧化池前设置的处理工艺，如水解酸化、气浮、均质、混凝沉淀、厌氧等工艺。

3.13 前处理 Front process

指在生物接触氧化反应池前设置的常规处理措施，如格栅、沉砂、初沉等。

4 总体要求

4.1 接触氧化法工艺宜用于以下污水处理工程：

- a) 可采用生物法进行处理的工业废水；
- b) 生活小区、公用建筑等生活污水；
- c) 城镇污水。

4.2 接触氧化法污水处理厂（站）应执行以下规定：

- a) 污水处理厂（站）址选择和总体布置应符合 GB50014 的有关规定。总图设计应符合 GB50187 的有关规定。
- b) 污水处理厂（站）的防洪标准不应低于城镇防洪标准，且有良好的排水条件。
- c) 污水处理厂（站）建筑物的防火设计应符合 GB50016 和 GB50222 的规定。
- d) 污水处理厂（站）建设、运行过程中产生的废气、废水、废渣及其它污染物的治理与排放，应执行国家环境保护法规和有关标准的规定。
- e) 污水处理厂（站）的噪声和振动控制设计应符合 GBJ87 和 GB50040 的规定，机房内、外的噪声应分别符合 GBZ2 和 GB3096 的规定，厂界噪声应符合 GB12348 的规定。
- f) 污水处理厂（站）的设计、建设、运行过程中应重视职业卫生和劳动安全，符合 GBZ1、GBZ2 和 GB12801 的规定。污水处理工程建成运行的同时，安全和卫生防护设施应同时建成运行。

4.3 城镇污水处理厂应按照 GB18918 的有关规定安装在线监测系统,其他污水处理工程应按照国家或当地的环境保护管理要求安装在线监测系统。在线监测系统的安装、验收和运行应符合 HJ/T353、HJ/T354 和 HJ/T355 的有关规定。

5 设计水量和设计水质

5.1 设计水量

5.1.1 城镇污水设计流量

5.1.1.1 城镇旱流污水设计流量应按公式（1）计算。

$$Q_{dr} = Q_d + Q_m \dots\dots\dots (1)$$

式中:

Q_{dr} —— 旱流污水设计流量, L/s;

Q_d —— 设计综合生活污水量, L/s;

Q_m —— 设计工业废水量, L/s。

5.1.1.2 城镇合流污水设计流量应按公式（2）计算:

$$Q = Q_{dr} + Q_s \dots\dots\dots (2)$$

式中:

Q —— 污水设计流量, L/s;

Q_{dr} —— 旱流污水设计流量, L/s;

Q_s —— 雨水设计流量, L/s。

5.1.1.3 综合生活污水设计流量为服务人口与相对应的综合生活污水定额之积。综合生活污水定额应根据当地的用水定额,结合建筑内部给排水设施水平和排水系统普及程度等因素确定。可按当地相关用水定额的 80%~90%设计。

5.1.1.4 综合生活污水量总变化系数应根据当地综合生活污水实际变化量的测定资料确定,没有测定资料时,可按 GB50014 中有关规定取值。见表 1。

表 1 综合生活污水量总变化系数

平均日流量 (L/s)	5	15	40	70	100	200	500	≥1000
总变化系数	2.3	2.0	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3

5.1.1.5 排入市政管网的工业废水设计流量应根据城镇市政排水系统覆盖范围内工业污染源废水排放统计调查资料确定。

5.1.1.6 雨水设计流量参照 GB50014 的有关规定。

5.1.1.7 在地下水位较高的地区,应考虑入渗地下水量,入渗地下水量宜根据实际测定资料确定。

5.1.1.8 不同构筑物的设计流量

- a) 提升泵站、格栅井、沉砂池宜按合流污水设计流量计算。
- b) 初次沉淀池宜按旱流污水流量设计，并用合流污水设计流量校核，校核的沉淀时间不宜小于 30min。
- c) 接触氧化池宜按旱流日平均污水流量设计，接触氧化池前后的水泵、管道等输水设施应按旱流最高日最高时污水流量设计。

5.1.2 工业废水设计流量

- 5.1.2.1 工业废水设计流量应按工厂或工业园区总排放口实际测定的废水流量设计。测定方法应符合 HJ/T91 的规定。
- 5.1.2.2 工业废水流量变化应根据工艺特点进行实测。
- 5.1.2.3 不能取得实际测定数据时可参照国家现行工业用水量的有关规定折算确定。或根据类似工厂排水数据类比确定。
- 5.1.2.4 在有工业废水与生活污水合并处理时，工厂内或工业园区内的生活污水量、沐浴污水量的确定，应符合 GB50015 的有关规定。
- 5.1.2.5 工业园区集中式污水处理厂设计流量，可参照城镇污水设计流量的确定方法。

5.2 设计水质

5.2.1 城镇污水的设计水质应根据实际测定的调查资料确定，其测定方法和数据处理方法应符合 HJ/T91 的规定。无调查资料时，按下列标准折算设计：

- a) 生活污水的五日生化需氧量按每人每天 25g~50g 计算；
- b) 生活污水的悬浮固体量按每人每天 40g~65g 计算；
- c) 生活污水的总氮量按每人每天 5g~11g 计算；
- d) 生活污水的总磷量按每人每天 0.7g~1.4g 计算。

5.2.2 工业废水的设计水质，应根据工业废水的实际测定数据确定，其测定方法和数据处理方法应符合 HJ/T91 的规定。无实际测定数据时，参照类似工厂的排放资料类比确定。

5.2.3 接触氧化池的进水应符合下列条件：

- a) 水温宜为 12℃~37℃、pH 宜为 6.0~9.0、营养组合比（BOD₅:氨氮:磷）宜为 100:5:1，当氮磷比例小于营养组合比时，应适当补充氮、磷；
- b) 去除氨氮时，进水总碱度（以 CaCO₃ 计）/氨氮（NH₃-N）的比值不宜小于 7.14，不满足时应补充碱度；
- c) 脱总氮时，进水的易降解碳源 BOD₅/总氮值不宜小于 4.0，不满足时应补充碳源。

5.3 污染物去除率

接触氧化法污水处理工艺的污染物去除率设计值可按表 2 确定。

表 2 接触氧化法污水处理工艺的污染物去除率设计值

污水类别	污染物去除率 (%)				
	悬浮物 (SS)	生化需氧量 (BOD ₅)	化学耗氧量 (COD _{Cr})	氨氮	总氮
城镇污水	70~90	80~95	80~90	60~90	50~80
工业废水	70~90	70~95	60~90	50~80	40~80

6 工艺设计

6.1 一般规定

6.1.1 系统出水直接排放时，应符合国家或地方排放标准。排入下一级处理单元时，应符合下一级处理单元的进水要求。

6.1.2 进水水质、水量变化大的污水处理厂（站），宜设置水质和水量的调节设施。

6.1.3 接触氧化污水处理构筑物宜采取双系列并联设计。

6.1.4 接触氧化法污水处理工艺可选用不同种类的填料，包括：悬挂式填料、悬浮式填料和固定式填料等。

6.1.5 接触氧化法污水处理工艺应优先选用高效填料。应依据污水处理要求确定接触氧化池需要的总生物量和填料附着生物量，并考虑附着生物膜厚度和生物膜活性等对污水处理效果的影响。

6.2 前处理、后处理和预处理

6.2.1 前处理

6.2.1.1 城镇污水处理工程和合并处理生活污水的工业废水处理工程应设置格栅渠。格栅渠的设计应符合 GB50014 的规定。

6.2.1.2 城镇污水集中处理工程和工业园区集中式废水处理工程应设置沉砂池。沉砂池的设计应符合 GB50014 的规定。

6.2.1.3 进水悬浮物浓度高于五日生化需氧量设计值 1.5 倍时，城镇污水处理工程应设置初次沉淀池。一般情况下工业废水处理工程可不设初次沉淀池。初沉池的设计应符合 GB50014 的规定。

6.2.2 后处理

6.2.2.1 城镇污水处理过程和工业废水处理工程应根据处理出水要求设置后处理，普通的后处理单元工艺包括：终沉池、杀菌消毒池及污泥浓缩、脱水工艺。

6.2.2.2 处理出水达不到排放要求或回用要求时，应增加相应的后处理工艺，可供选择的处理工艺包括：混凝/沉淀或气浮、过滤、膜分离、高级氧化、生物强化处理等。

6.2.3 预处理

6.2.3.1 进水的化学需氧量浓度超过 2000mg/L 时，应增加厌氧法预处理工艺。

6.2.3.2 进水的 BOD₅/COD 小于 0.3 时，宜增加水解酸化法厌氧处理工艺，以改善废水的可生化性。

6.2.3.3 处理含油量大于 50mg/l 的污水时，应增设隔油池、气浮等预处理工艺。

6.2.3.4 进水 pH 值超出 6.0~9.0 之间时，应增设酸碱中和的预处理工艺。

6.2.3.5 进水水温宜控制不低于 12℃，或不高于 37℃。水温超出控制范围时，应考虑设置加热系

统或设置冷却装置。

6.2.3.6 进水水温较高时，水力停留时间的设计宜取低值；进水水温较低时，水力停留时间的设计宜取高值。

6.2.3.7 悬浮物浓度超过 500mg/L 的工业废水，宜根据水质情况设置初次沉淀池，或采取混凝/沉淀或气浮等预处理工艺。

6.2.3.8 进水含钙量大于或等于 100mg/L 时，宜采取预处理工艺防止填料结垢。

6.3 接触氧化工艺流程

6.3.1 基本工艺流程

接触氧化法的基本工艺流程由接触氧化池和沉淀池两部分组成，可根据进水水质和处理效果选用一级接触氧化池或多级接触氧化池（如图 1、图 2）。

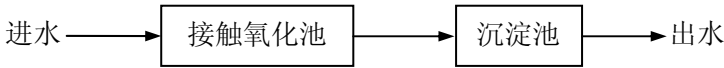


图 1 一级接触氧化工艺流程图

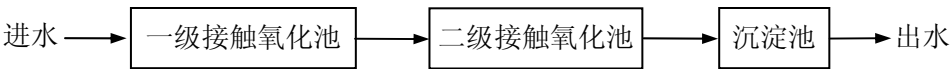


图 2 二级接触氧化工艺流程图

6.3.2 组合工艺流程

6.3.2.1 接触氧化工艺可单独应用，也可与其他污水处理工艺组合应用。单独使用时可用做碳氧化和硝化，脱氮时应在接触氧化池前设置缺氧池，除磷时应组合化学除磷工艺。

6.3.2.2 以“缺氧接触氧化+好氧接触氧化”为主体工艺的组合流程适宜普通生活污水的除碳和脱氮处理（见图 3）。

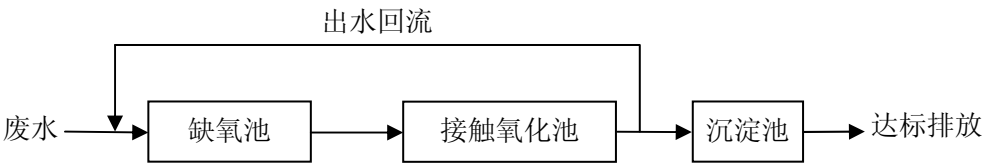


图 3 除碳脱氮组合工艺流程

6.3.2.3 以水解酸化+接触氧化为主体工艺的组合流程，适宜处理难降解有机废水（见图 4）。

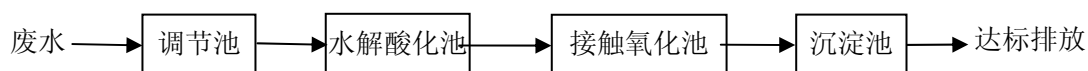


图4 难降解有机废水接触氧化法处理组合工艺流程

6.3.2.4 以厌氧+接触氧化为主体工艺的组合流程，适宜处理高浓度有机废水（见图5）。

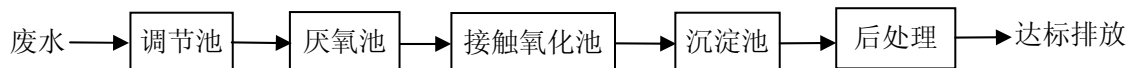


图5 高浓度有机废水接触氧化法处理组合工艺流程

6.4 接触氧化工艺设计

6.4.1 池容设计

6.4.1.1 接触氧化池有效容积可按下式计算：

$$V = \frac{Q \times (S_o - S_e)}{M_c \times \eta \times 1000} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

V ——接触氧化池的设计容积， m^3 ；

Q ——接触氧化池的设计流量， m^3/d ；

S_o ——接触氧化池进水五日生化需氧量， mg/L ；

S_e ——接触氧化池出水五日生化需氧量， mg/L ；

M_c ——接触氧化池填料去除有机污染物的五日生化需氧量容积负荷， $kgBOD_5/(m^3\text{填料} \cdot d)$ ；

η ——填料的填充比， $\%$ 。

6.4.1.2 脱氮反应的接触氧化池有效容积的计算：

(1) 硝化好氧池有效容积可按下式计算：

$$V = \frac{Q \times (N_{IKN} - N_{EKN})}{M_N \times \eta \times 1000} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

V ——接触氧化池的容积， m^3 ；

N_{IKN} ——接触氧化池进水凯氏氮， mg/L ；

N_{EKN} ——接触氧化池出水凯氏氮， mg/L ；

M_N ——接触氧化池的硝化容积负荷， $kgTKN/(m^3\text{填料} \cdot d)$ ；

η ——填料的填充比， $\%$ ；

Q ——设计流量， m^3/d 。

(2) 反硝化缺氧池有效容积可按下式计算：

$$V_{DN} = \frac{Q \times (N_{IN} - N_{EN})}{M_{DNL} \times \eta \times 1000} \dots\dots\dots (5)$$

式中:

V_{DN} ——缺氧池的设计容积, m^3 ;

Q ——设计流量, m^3/d ;

N_{IN} ——反硝化池进水的硝态氮, mg/L ;

N_{EN} ——反硝化池出水的硝态氮, mg/L ;

M_{DNL} ——缺氧池的反硝化容积负荷, $kgNO_x-N/(m^3 \cdot d)$;

η ——填料的填充比, %。

6.4.1.3 同时去除碳源污染物和氨氮时,接触氧化池设计池容应分别计算去除碳源污染物的容积负荷和硝化容积负荷。接触氧化池的设计池容应取其高值;或将两种计算值之和作为接触氧化池的设计池容。

6.4.1.4 采用水力停留时间对计算得出的池容进行校核计算,计算公式如下所示:

$$V = \frac{Q \times HRT}{24} \dots\dots\dots (6)$$

式中:

V ——设计池容, m^3 ;

Q ——设计流量, m^3/d ;

HRT ——水力停留时间, h ;

6.4.2 工艺参数

6.4.2.1 去除碳源污染物

城镇污水处理工程和水质类似城镇污水的工业废水处理工程宜按表中所列的设计参数取值。但水质相差较大时,应通过试验或参照类似工程确定设计参数。

表3 去除碳源污染物主要工艺设计参数(设计水温 $20^{\circ}C$)

项目	符号	单位	参数值
五日生化需氧量填料容积负荷	M_c	$kgBOD_5/m^3 \text{ 填料} \cdot d$	0.5~3.0
悬挂式填料填充率	η	%	50~80
悬浮式填料填充率	η	%	20~50
污泥产率	Y	$kgVSS/kgBOD_5$	0.2~0.7
水力停留时间*	HRT	h	2~6
*此参数仅适用于生活污水和城镇污水。			

6.4.2.2 除碳与脱氮

同时除碳脱氮时，应设置缺氧池和接触氧化池，主要工艺设计参数宜按下表取值。

表 4 脱氮处理时主要工艺设计参数（设计水温 10℃）

项目	符号	单位	参数值
五日生化需氧量填料容积负荷	M_c	$\text{kgBOD}_5/\text{m}^3\text{填料} \cdot \text{d}$	0.4~2.0
硝化填料容积负荷	M_N	$\text{kgTKN}/\text{m}^3\text{填料} \cdot \text{d}$	0.5~1.0
好氧池悬挂填料填充率	η	%	50~80
好氧池悬浮填料填充率	η	%	20~50
缺氧池悬挂填料填充率	η	%	50~80
缺氧池悬浮填料填充率	η	%	20~50
水力停留时间*	HRT	h	4~16
	HRT_{DN}		缺氧段 0.5~3.0
污泥产率	Y	$\text{kgVSS}/\text{kgBOD}_5$	0.2~0.6
出水回流比	R	%	100~300
*此参数仅适用于生活污水和城镇污水。			

6.4.2.3 多级接触氧化工艺的第一级生物接触氧化池的水力停留时间应占总水力停留时间的 55%~60%。

6.4.3 池体设计

6.4.3.1 接触氧化法池的长宽比宜取 2:1~1:1，有效水深宜取 3m~6m，超高不宜小于0.5m。

6.4.3.2 接触氧化池采用悬挂式填料时，应由下至上布置曝气区、填料层、稳水层和超高。其中，曝气区高宜采用1.0m~1.5m，填料层高宜取 2.5m~3.5m，稳水层高宜取 0.4m~0.5m。

6.4.3.3 接触氧化池进水应防止短流，进水端宜设导流槽，其宽度不宜小于0.8m。导流槽与接触氧化池之间应用导流墙分隔。导流墙下缘至填料底面的距离宜为0.3m~0.5m，至池底的距离不宜小于0.4m。

6.4.3.4 竖流式接触氧化池宜采用堰式出水，过堰负荷宜为 $2.0\text{L}/(\text{s} \cdot \text{m}) \sim 3.0\text{L}/(\text{s} \cdot \text{m})$ 。

6.4.3.5 接触氧化池底部应设置排泥和放空装置。

6.5 曝气系统

6.5.1 污水需氧量应依据填料参数进行计算。没有相关参数时宜按下列公式计算：

$$O_2 = 0.001a Q (S_o - S_e) - c\Delta X_v + b [0.001Q (N_k - N_{ke}) - 0.12\Delta X_v] - 0.62 b [0.001Q (N_t - N_{ke} - N_{oe}) - 0.12\Delta X_v] \dots\dots\dots (7)$$

式中：

O_2 ——设计需氧量， kgO_2/d ；

Q ——曝气池进水量， m^3/d ；

S_o ——进水的五日生化需氧量的浓度， mg/L ；

S_e ——出水中五日生化需氧量的浓度， mg/L ；

ΔX_v ——排出系统的微生物量, kg/d;
 N_k ——进水的总凯氏氮浓度, mg/L;
 N_{ke} ——出水的总凯氏氮浓度, mg/L;
 N_t ——进水的总氮浓度, mg/L;
 N_{oe} ——出水的硝态氮浓度, mg/L;
 $0.12\Delta X_v$ ——排出系统的微生物量中氮含量, kg/d;
 a ——碳的氧当量, 当含碳物质以五日生化需氧量计时, 取1.47;
 b ——常数, 氧化每公斤氨氮所需氧量, kgO₂/kgN, 取4.57;
 c ——常数, 细菌细胞的氧当量, 取1.42。

6.5.2 标准状态下污水需氧量按下式计算:

$$O_s = K_o \times O_2 \quad \text{..... (8)}$$

其中:

$$K_o = \frac{C_s}{\alpha(\beta C_{sm} - C_o) \times 1.024^{(T-20)}} \quad \text{..... (9)}$$

$$C_{sm} = C_{sw} \left(\frac{O_t}{42} + \frac{10 \times P_b}{2.068} \right) \quad \text{..... (10)}$$

$$O_t = \frac{21(1 - E_A)}{79 + 21(1 - E_A)} \times 100 \quad \text{..... (11)}$$

式中:

O_s ——标准状态下污水需氧量, kgO₂/d;
 K_o ——需氧量修正系数, 采用鼓风曝气装置时按公式(8)、(9)、(10)计算;
 α ——混合液中 K_{La} 值与清水中 K_{La} 值之比, 一般取0.8~0.85;
 β ——混合液的饱和溶解氧值与清水中的饱和溶解氧值之比, 一般取0.9~0.97;
 C_s ——标准条件下清水中饱和溶解氧浓度, mg/L, 取9.17;
 C_{sw} ——实际温度和压力条件下, 清水表面处饱和溶解氧, mg/L;
 C_o ——混合液剩余溶解氧, mg/L, 一般取2;
 T ——混合液温度, °C, 一般取5~30;
 C_{sm} ——实际温度和压力条件下, 按曝气装置在水下深度处至池面的清水平均溶解氧, mg/L;
 O_t ——曝气池逸出气体中氧气所占体积比, %;
 P_b ——曝气装置所处绝对压力, MPa;
 E_A ——曝气设备氧的利用率, %。

6.5.3 采用鼓风曝气装置时, 应按下式将标准状态下污水需氧量, 换算为标准状态下的供气量:

$$G_s = \frac{O_s}{0.28E_A} \dots\dots\dots (12)$$

式中：
 G_s ——标准状态下的供气量， m^3/h ；
0.28——标准状态下的每 m^3 空气中含氧量， kgO_2/m^3 ；
 E_A ——曝气设备氧的利用率，%。

- 6.5.4 供气量的校核
- 6.5.4.1 宜用气水比对计算的供气量进行校核。
- 6.5.4.2 对于生活污水、城镇污水或水质与之类似的工业废水，最小气水比不宜小于 2：1～3：1，最大气水比不宜超过 15：1～20：1。
- 6.5.4.3 工业废水的气水比参数宜通过试验或参照相似工程确定。

6.6 加药系统

- 6.6.1 一般规定
- 6.6.1.1 加药设备应不少于 2 套，应采用精密计量泵投加。
- 6.6.1.2 化学药剂储存容量应为理论加药量的 4 d ～7 d 的总投加量。
- 6.6.2 外加碳源
- 6.6.2.1 接触氧化池进水的 BOD_5/TKN 小于 4 时，应在缺氧池（区）中投加碳源。
- 6.6.2.2 投加碳源量宜按下式计算：

$$BOD_5 = 2.86 \times \Delta N \times Q \dots\dots\dots (13)$$

式中：
 BOD_5 —— 投加的碳源对应的 BOD_5 量， mg/L ；
 ΔN —— 硝态氮的脱除量， mg/L ；
 Q —— 设计污水流量， m^3/d 。

- 6.6.3 化学除磷
- 6.6.3.1 污水生物除磷不能达到要求时，宜采用化学除磷。药剂种类、投加量和投加点宜通过试验或参照类似工程确定。
- 6.6.3.2 化学除磷的药剂宜采用铝盐、铁盐或石灰。采用铝盐或铁盐时，宜按照铁或铝与污水总磷的摩尔比为 1.5～3：1 进行投加。
- 6.6.3.3 接触铝盐和铁盐等腐蚀性物质的设备和管道应采取防腐措施。
- 6.7 污泥系统
- 6.7.1 沉淀池表面负荷宜按常规活性污泥法二沉池设计值的 70%～80%取值。
- 6.7.2 污泥量设计应同时考虑剩余活性污泥和化学除磷污泥。
- 6.7.3 去除有机物产生的污泥量宜按去除每公斤 BOD_5 产生 0.2 $kgVSS$ ～0.4 $kgVSS$ 计算。

- 6.7.4 化学除磷的污泥量应按化学反应计量。
- 6.7.5 接触氧化池不宜单独设置污泥消化系统。
- 6.7.6 剩余污泥应计量，宜采用湿污泥计量法或干污泥计量法。
- 6.7.7 污泥脱水设备宜优先选用板框压滤机，或离心脱水机和带式脱水机等，选用的设备应分别符合 HJ/T242、HJ/T283、HJ/T335 的规定。
- 6.7.8 污泥脱水系统设计时宜考虑污泥最终处置场所的环境要求。
- 6.7.9 污泥处理处置应符合 GB50014 的规定，经处理后的污泥应符合 CJ3025 的规定。

7 主要设备和材料

7.1 填料

- 7.1.1 悬（浮）挂式填料和悬浮式填料应符合 HJ/T245 和 HJ/T246 的规定。
- 7.1.2 填料的技术性能及技术参数应符合附录 A 的规定。
- 7.1.3 填料的技术参数包括：填料附着生物量、附着生物膜厚度和生物膜活性。
- 7.1.4 接触氧化池应根据进水水质和处理程度确定总生物量，依据填料附着生物量确定填料品种，依据池型、流态和施工安装条件等选择填料类别。
- 7.1.5 填料材质应对微生物无毒害、易挂膜，并具有质量轻、强度高、材质抗老化、比表面积大和不宜结垢等性能。

7.2 曝气设备

- 7.2.1 悬挂式填料宜采用鼓风式穿孔曝气管、中孔曝气器，悬浮填料宜采用穿孔曝气管、中孔曝气器、射流曝气器、螺旋曝气器。
- 7.2.2 中型污水处理厂宜选择离心鼓风机，小型污水处理厂和工业废水处理站可选择罗茨鼓风机。
- 7.2.3 鼓风曝气宜采用主管和支管相结合的曝气管路系统，池底主管宜采用环形、一字型、十字型、王字型等，根据曝气系统的大小，支管宜采用一点、两点或多点进气入主管。一字型、十字型、王字型等主管端口应封闭。
- 7.2.4 采用穿孔管曝气时，每根穿孔管的水平长度不宜大于5m；水平误差每根不宜大于±2mm，全池不宜大于±3mm，且应有调节气量和方便维修的设施。
- 7.2.5 曝气设备和鼓风机的选择以及鼓风机房的设计应参照GB50014的有关规定。
- 7.2.6 单级高速曝气离心鼓风机应符合HJ/T278的规定。
- 7.2.7 罗茨鼓风机应符合HJ/T251的规定。
- 7.2.8 中孔曝气器应符合HJ/T252的规定。
- 7.2.9 射流曝气器应符合HJ/T263的规定。

7.3 混合搅拌设备

- 7.3.1 在缺氧池设置悬挂式填料，宜采用水力搅拌、低氧空气搅拌等方式；搅拌强度应满足生物膜的正常新陈代谢。

7.3.2 在缺氧池设置悬浮填料，宜采用安装角度可调的机械搅拌器，混合搅拌功率宜为 $2\text{W}/\text{m}^3 \sim 4\text{W}/\text{m}^3$ ，搅拌机外部应设置保护装置。

7.3.3 机械搅拌器布置的间距、位置，应根据试验确定或由供货厂方提供。

7.3.4 应根据反应池的池形选配搅拌器，搅拌器应符合 HJ/T279 的规定。

8 检测与过程控制

8.1 一般规定

8.1.1 接触氧化法污水处理工程应进行检测和控制，并配置相应的检测仪表和控制系统。

8.1.2 检测和控制内容应根据工程规模、工艺流程、运行管理要求确定。

8.1.3 自动化仪表和控制系统应保证接触氧化法污水处理系统的安全和可靠并方便运行管理。

8.1.4 计算机控制管理系统宜兼顾现有、新建和规划要求。

8.1.5 参与控制和管理的机电设备应设置工作和事故状态的检测装置。

8.2 过程检测

8.2.1 预处理

8.2.1.1 预处理单元宜设在线酸碱度计、水位计、水位差计，规模较大的污水处理厂（站）宜设在线化学需氧量检测仪、悬浮物检测仪和流量计。

8.2.1.2 进水 pH 值应控制在 6~9 之间。

8.2.1.3 化学需氧量、悬浮物、流量等检测数据宜参与后续工艺控制。

8.2.2 接触氧化池

8.2.2.1 接触氧化池宜设溶解氧检测仪，缺氧区内宜设置氧化还原电位计和 pH 仪。

8.2.2.2 缺氧区的溶解氧浓度应控制在 $0.2\text{mg}/\text{L} \sim 0.5\text{mg}/\text{L}$ ，好氧区的溶解氧浓度宜控制在 $2.0\text{mg}/\text{L} \sim 3.5\text{mg}/\text{L}$ 。

8.2.2.3 应对接触氧化池中的填料进行性能检测，检测项目包括：总生物量、填料附着生物量、悬浮生物量，以及填料附着生物膜厚度和生物膜活性等。

8.2.2.4 生物量、生物膜活性和附着生物膜厚度的测定方法应分别符合附录 B 和附录 C 的规定。

8.3 计算机控制管理系统

8.3.1 计算机控制管理系统应具有数据采集、处理、控制、管理和安全保护功能。

8.3.2 计算机控制系统的设计应符合下列要求：

- a) 宜对控制系统的监测层、控制层和管理层做出合理配置；
- b) 应根据工程具体情况，经技术经济比较后选择网络结构和通信速率；
- c) 应从运行稳定、易于开发、操作界面方便等多方面综合考虑操作系统和开发工具；
- d) 厂级中控室应就近设置电源箱，供电电源应为双回路，直流电源设备应安全可靠；
- e) 厂、站级控制室面积应视其使用功能设定，并应考虑今后的发展；
- f) 防雷和接地保护应符合国家现行标准的要求。

8.4 自动监测

8.4.1 应按照环境管理要求安装在线连续监测系统并符合 HJ/T353、HJ/T354 和 HJ/T355 的规定。

8.4.2 所用监测仪器应符合 HJ/T15、HJ/T96、HJ/T377、HJ/T101、HJ/T103 的规定。

9 主要辅助工程

9.1 供电系统

9.1.1 工艺装置的用电负荷应为二级负荷。

9.1.2 工艺装置的高、低压用电电压等级应与其供电的电网电压等级相一致。

9.1.3 工艺中央控制室的仪表电源应配备在线式不间断供电电源设备。

9.1.4 工艺装置的接地系统宜采用三相五线制系统。

9.2 低压配电

变电所及低压配电室的变配电设备布置，应符合 GB50053 的有关规定。

9.3 二次线

9.3.1 工艺装置区的电气设备宜在中央控制室集中监控与管理，并纳入自动控制系统。

9.3.2 电气系统的控制水平应与工艺水平相一致，宜纳入计算机控制系统，也宜采用强电控制。

10 施工与验收

10.1 一般规定

10.1.1 工程设计、施工单位应具有国家相应的工程设计、施工资质。

10.1.2 应按工程设计图纸、技术文件、设备图纸等组织工程施工，工程的变更应取得设计单位的设计变更文件后再实施。

10.1.3 施工前，应进行施工组织设计或编制施工方案，明确施工质量负责人和施工安全负责人，经批准后方可实施。

10.1.4 施工过程中，应作好材料设备、隐蔽工程和分项工程等中间环节的质量验收；隐蔽工程应经过中间验收合格后，方可进行下一道工序施工。

10.1.5 管道工程的施工和验收应符合 GB50268 的规定；混凝土结构工程的施工和验收应符合 GB50204 的规定；构筑物的施工和验收应符合 GBJ141 的规定。

10.1.6 施工使用的材料、半成品、部件应符合国家现行标准和设计要求，并取得供货商的合格证书，严禁使用不合格产品。设备安装应符合 GB50231 的规定。

10.1.7 工程竣工验收后，建设单位应将有关设计、施工和验收的文件立卷归档。

10.2 施工

10.2.1 土建施工

10.2.1.1 反应池宜采用钢筋砼结构，应按设计图及有关设计文件进行施工，土建施工应重点控制池体的抗浮处理、地基处理、池体抗渗处理，满足设备安装对土建施工的要求。

10.2.1.2 在进行结构设计时应充分考虑池体的抗浮稳定及局部抗浮的要求，施工过程中应计算池

体的抗浮稳定性及各施工阶段的池体自重与水的浮力之比，检查池体能否满足抗浮要求。

10.2.1.3 需要在软弱地基上施工，且构筑物荷载不大时，应采取适当的措施对地基进行处理，当靠近地基下有软弱下卧层时，要考虑其沉降的影响，必要时可采用桩基。

10.2.1.4 施工过程中应加强建筑材料和施工工艺的控制，杜绝出现裂缝和渗漏。出现渗漏处，应会同设计等有关方面确定处理方案，彻底解决问题。

10.2.1.5 在进行土建施工前应认真阅读设计图纸和设备安装对土建的要求，了解预留预埋件的准确位置和做法，对有高程要求的设备基础要严格控制及设备要求的误差范围内。

10.2.1.6 模板、钢筋、砼分项工程应严格执行 GB50204 规定，并符合以下要求：

- a) 模板架设应有足够强度、刚度和稳定性，表面平整无缝隙，尺寸正确；
- b) 钢筋规格、数量准确，绑扎牢固应满足搭接长度要求，无锈蚀；
- c) 砼配合比、施工缝预留、伸缩缝设置、设备基础预留孔及预埋螺栓位置均应符合规范和设计要求，冬季施工应注意防冻。

10.2.1.7 处理构筑物应根据当地气温和环境条件，采取防冻措施。

10.2.2 设备安装

10.2.2.1 设备基础应按照设计要求和图纸规定浇筑，砼标号、基面位置高程应符合说明书和技术文件规定。

10.2.2.2 混凝土基础应平整坚实，并有隔振的措施。

10.2.2.3 预埋件水平度及平整度应符合 GB50231 规定。

10.2.2.4 地脚螺栓应按照原机出厂说明书的要求预埋，位置应准确，安装应稳固。

10.2.2.5 安装好的机械应严格符合外形尺寸的公称允许偏差，不允许超差。

10.2.2.6 各种机电设备安装后试车应满足下列要求：

- a) 启动时应按照标注箭头方向旋转，启动运转应平稳，运转中无振动和异常声响；
- b) 运转啮合与差动机构运转应按产品说明书的规定同步运行，没有阻塞、碰撞现象；
- c) 运转中各部件应保持动态所应有的间隙，无抖动晃摆现象；
- d) 试运转用手动或自动操作，设备全程完整动作 5 次以上，整体设备应运行灵活，并保持紧张状态；
- e) 各限位开关运转中动作及时，安全可靠；
- f) 电机运转中温升在正常值内；
- g) 各部轴承注加规定润滑油，应不漏、不发热，温升小于 60℃。

10.2.2.7 水质在线监测系统的安装应符合 HJ/T353 的规定。

10.2.3 填料安装

10.2.3.1 悬挂式填料安装

- a) 悬挂式填料的组装需两端固定，一般宜采用横拉梅花式和直拉均匀式。
- b) 接触氧化池宜设置两层悬挂支架，将填料两端固定在支架上，底层支架应高于曝气头 200mm

以上。支架宜采用不锈钢管、角钢、槽钢及绷紧绳等材料。

10.2.3.2 浮挂式填料的安装

- a) 浮挂式填料仅需底端固定，宜直接固定在池底预埋钩或膨胀螺栓吊钩上。
- b) 在接触氧化池设置分层固定框架，将浮挂式填料底端固定在框架上。
- c) 老池改造可采用重坠或砣坠固定浮挂式填料的底端。
- d) 填料层应高于曝气头 200mm 以上。填料支架宜采用不锈钢管、角钢、槽钢等材料。

10.2.3.3 悬浮填料的安装

- a) 宜在池底设置格网，格网应高于曝气头 200mm 以上。
- b) 在接触氧化池的进出口设置格网，格网的网孔应小于填料的外形尺寸。
- c) 单池尺寸较大时，宜用格网将接触氧化池分为若干个单元，在每个单元内投加填料。
- d) 单池长宽比过大时，可以设置气提装置将出口端的填料回流到进口端。

10.3 验收

10.3.1 工程验收

10.3.1.1 生物接触氧化法污水处理工程竣工验收应执行《建设项目（工程）竣工验收办法》。

10.3.1.2 生物接触氧化法污水处理工程竣工验收具体要求宜参照GB50334执行。

10.3.1.3 泵站和风机房等都应按设计的最多开启台数作 48h 运转试验，水泵和污泥泵的流量和机组功率应作测定，有条件的应测定其特性曲线。

10.3.1.4 进口设备应结合国内标准、国际标准和其它相关标准按最高要求进行验收。

10.3.1.5 仪表、化验设备应有计量部门的确认。

10.3.1.6 变电站高压配电系统应由供电局组织电检、验收。

10.3.2 环境保护验收

10.3.2.1 污水处理厂（站）竣工环境保护验收应按照《建设项目竣工环境保护验收管理办法》的规定进行。

10.3.2.2 水质在线监测系统的验收应符合 HJ/T354 的规定。

10.3.2.3 污水处理厂（站）验收前应进行试运行，测定设施的技术数据和经济指标数据，填写试运行记录作为竣工环境保护验收资料之一，内容包括：

- a) 各组建筑物都应按设计负荷，全流程通过所有构筑物，以考验各构筑物高程布置有否问题；
- b) 测试并计算各构筑物的设计参数；
- c) 测定沉砂池的沉砂量、含水率及灰分；
- d) 测定沉淀池的污泥量、含水率及灰分；
- e) 测定剩余污泥量、含水率及灰分；
- f) 测定格栅垃圾量及其含水率、灰分；
- g) 统计全厂进出水量、用电量和各分项用电量；
- h) 水质化验；

i) 计算全厂技术经济指标：五日生化需氧量（BOD₅）去除总量、五日生化需氧量（BOD₅）去除单位能耗（度电/kgBOD₅）、污水处理成本(元/kgBOD₅)。

10.3.2.4 除《建设项目竣工环境保护验收管理办法》规定的验收材料以外，申请单位还应提供工程质量验收报告和性能试验报告。

11 运行与维护

11.1 基本要求

11.1.1 污水处理厂（站）的运行、维护及安全管理参照 CJJ60 执行。

11.1.2 污水处理厂（站）的运行管理应配备专业人员和设备。

11.1.3 污水处理厂（站）在运行前应制定设备台账、运行记录、定期巡视、交接班、安全检查等管理制度，以及各岗位的工艺系统图、操作和维护规程等技术文件。

11.1.4 操作人员应熟悉本厂（站）处理工艺技术指标和设施、设备的运行要求；经过技术培训和生产实践，并考试合格后方可上岗。

11.1.5 各岗位的工艺系统图、操作和维护规程等应示于明显部位，运行人员应按规程进行系统操作，并定期检查设备，检查构筑物、设备、电器和仪表的运行情况。

11.1.6 工艺设施和主要设备应编入台账，定期对各类设备、电气、自控仪表及建（构）筑物进行检修维护，确保设施稳定可靠运行。

11.1.7 运行人员应遵守岗位职责，坚持做好交接班和巡视，并做好相关记录。

11.1.8 应定期检测进出水水质，并定期对检测仪器、仪表进行校验。

11.1.9 污水处理工程运行中应严格执行经常性的和定期的安全检查，及时消除事故隐患，防止事故发生。

11.2 水质检验与监测

11.2.1 污水处理厂（站）应设水质检验室，配备化验人员和仪器。

11.2.2 水质检验室内部应建立健全水质分析质量保证体系。

11.2.3 化验人员应经培训后持证上岗，并应定期进行考核和抽检。

11.2.4 采用接触氧化工艺的城镇污水处理厂（站）污水正常运行检验的项目与周期，应符合 CJJ60 的规定，其他采用接触氧化工艺的污水处理工程的检验项目与周期参照 CJJ60 执行。

11.2.5 污水在线监测系统的运行维护应符合 HJ/T355 的规定。

11.3 工艺运行控制

11.3.1 运行人员应根据系统实际进水水质、所需氧量和供氧设备的性能，确定曝气设备运行的数量。并应定期检测各区（池）的溶解氧浓度，当浓度值超过规定的范围时，应及时调节曝气量。

11.3.2 当采用穿孔管、中孔曝气等鼓风曝气系统时，可通过鼓风机调节曝气量。

11.3.3 污水处理系统宜根据实际运行的进水水量和水质，调节系统的出水回流比和污泥回流比。

11.3.4 污水处理系统应定时定量排放剩余污泥。

- 11.3.5 带有前置缺氧区的污水处理系统出水氨氮不能达到排放标准时,可选择以下方式进行调节:
- a) 减少剩余污泥排放量,提高好氧污泥龄;
 - b) 提高好氧段溶解氧水平;
 - c) 可以适当延长曝气时间。
- 11.3.6 带有前置缺氧区的污水处理系统出水总氮不能达到排放标准时,应通过以下方式进行调节:
- a) 出水硝态氮应根据出水氨氮和总氮数据及排放标准确定;
 - b) 增大接触氧化池出水回流比;
 - c) 投加甲醇或食品酿造厂等排放的高浓度有机废水,维持污水的碳氮比,满足反硝化细菌对碳源的需要。

11.4 维护

- 11.4.1 应将生化系统的维护保养作为全厂(站)维护的重点。
- 11.4.2 操作人员应严格执行设备操作规程,定时巡视设备运转是否正常,包括温升、响声、振动、电压、电流等,发现问题应尽快检查排除。
- 11.4.3 应保持设备各运转部位和可调堰门良好的润滑状态,及时添加润滑油、除锈;发现漏油、渗油情况,应及时解决。
- 11.4.4 鼓风曝气系统曝气开始时应排放管路中的存水,并经常检查自动排水阀的可靠性。
- 11.4.5 应及时检查曝气器堵塞和损坏情况,保持曝气系统状态良好。
- 11.4.6 定期检查及更换不合格的零部件和易损件,必要时更换叶轮、导流罩、提升机构。

附录 A
(规范性附录)
生物膜填料

A.1 悬挂式填料

A.1.1 悬挂式填料包括软性、半软性、弹性及组合填料。

A.1.1.1 软性填料易结团，且易发生断丝、中心绳断裂等情况，其寿命一般为 1 年~2 年。软性纤维填料，外形如图 1 所示，规格如表 1 所示。

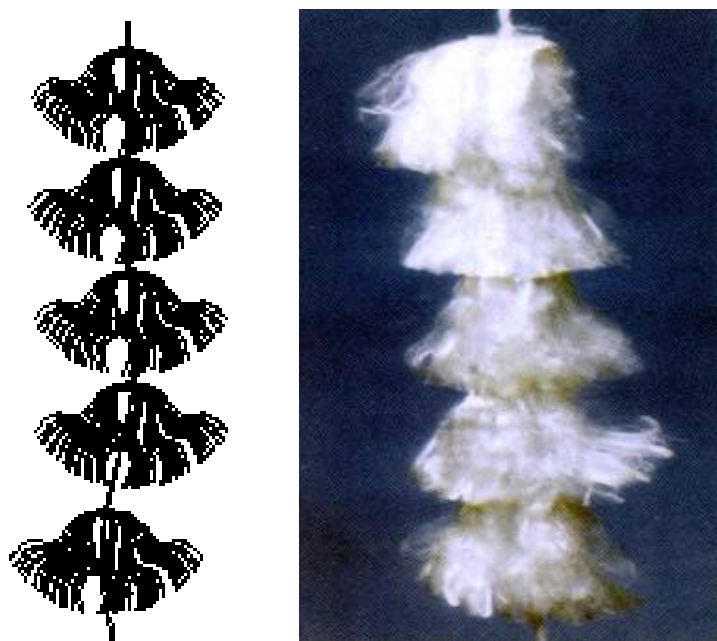


图 1 软性填料外形图

表 1 软性纤维填料规格

纤维束长度 (mm)	纤维束数量 (根/束)	束间距离 (mm)	比表面积 (m ² /m ³)	成品重量 (kg/m ³)	挂模重量 (kg/m ³)	孔隙率 (%)	材质
600	9259	300	9891	10-12	200	>99	圆片：低压聚乙烯 /聚丙烯 纤维束材质：合成 纤维
800	3906	400	5563	6-7	110	>99	
1000	2000	500	3561	4-5	72	>99	
1200	1157	600	2472	2.5-3	60	>99	
1400	729	700	1987	2-2.5	39	>99	
1600	488	800	1390	1.5-2	28	>99	

A.1.1.2 半软性填料具有较强的气泡切割性能和再行布水布气的能力、挂膜脱膜效果较好、不堵塞，使用寿命较软性填料长，但其理论比表面积较小且造价偏高。外形如图 2 所示，规格如表 2 所示。

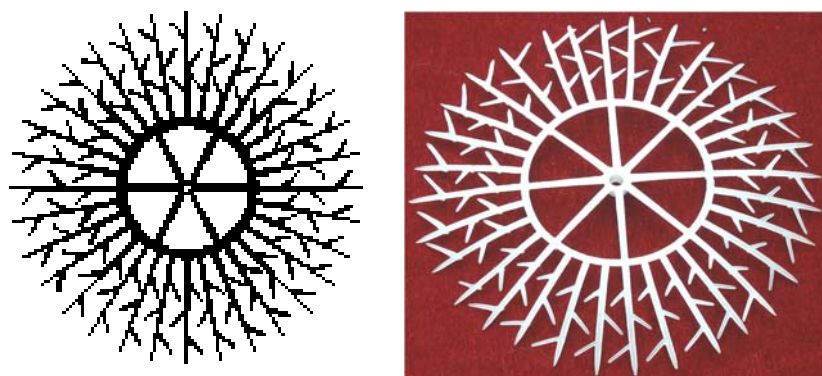


图 2 半软性填料外形图

表 2 半软性填料规格参数

规格（直径×片距） （mm×mm）	悬挂密度 （串/m ² ）	比表面积 （m ² /m ³ ）	成品重量 （kg/m ³ ）	挂模重量 （kg/m ³ ）	孔隙率 （%）	材质
Φ200×40	25	30	2.5	120	96	低压聚乙烯 或聚丙烯
Φ200×60	25	21	2.3	100	97	
Φ200×80	25	12	2.0	80	98	

A.1.1.3 弹性填料比半软性填料更富刚柔并兼，其第 1 代结构呈瓶刷状（见下图 3）；其第 2 代呈片状，且剖面呈 X 形燕尾状，弹性丝随中心扣周边放射（见下图 4），该填料具有更大的空隙率、更高的气泡切割能力；可提高氧利用率，是一种节能型的弹性立体填料。规格如表 3、4。

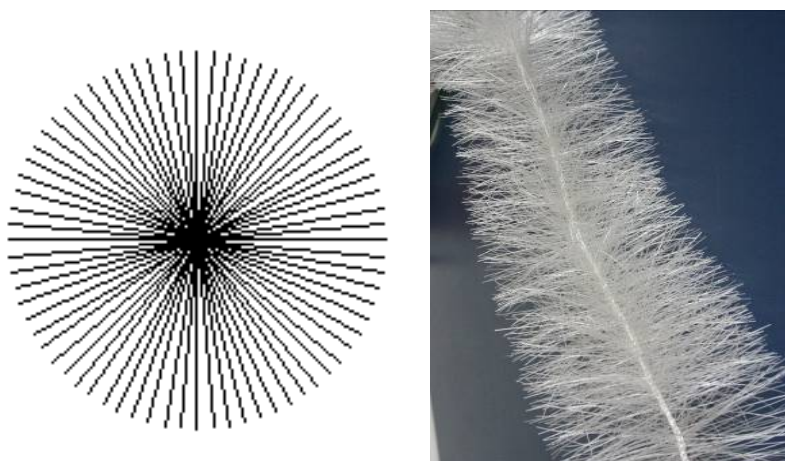
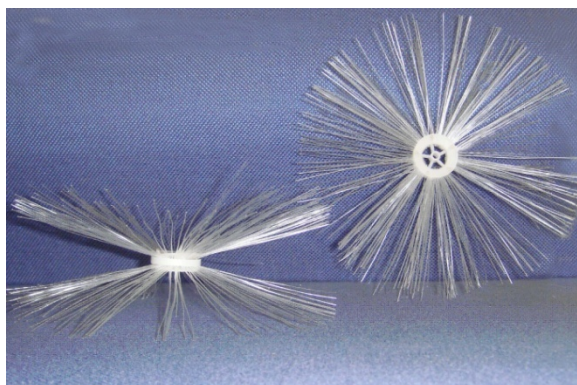
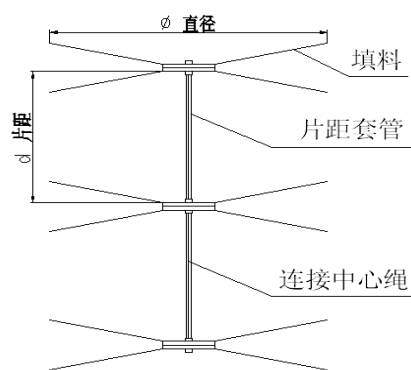


图 3 瓶刷状弹性立体填料外形图

表 3 瓶刷状弹性立体填料规格参数

规格（直径×片距） （mm×mm）	细丝 直径 （mm）	细丝 数量 （根/cm）	悬挂 密度 （串/m ² ）	比表 面积 （m ² /m ³ ）	成品 重量 （kg/m ³ ）	挂模 重量 （kg/m ³ ）	孔隙率 （%）	材质
Φ200×A	0.5	22	25	20	2.9	≥120	98	低压聚乙 烯/ 聚丙烯
Φ200×B	0.5	20	25	18	2.7	≥100	98	
Φ200×C	0.5	18	25	16	2.5	≥80	98	



示意图

实物图

图 4 X 形燕尾状弹性立体填料外形图

表 4 X 形燕尾状弹性立体填料规格参数

规格（直径×片距） （mm×mm）	细丝 直径 （mm）	细丝 数量 （根/片）	悬挂 密度 （串/m ² ）	比表 面积 （m ² /m ³ ）	成品 重量 （kg/m ³ ）	挂模 重量 （kg/m ³ ）	孔隙率 （%）	材质
φ 150×60	0.5	200	25	20	2.9	60	98	低压聚乙烯/ 聚丙烯
φ 200×80	0.5	200	25	16	2.5	55	98	

A.1.1.4 组合填料是鉴于软性、半软性存在的上述缺点并吸取软性填料比表面积大、易挂膜和半软性填料不结团、气泡切割性能好而设计的新型填料，其污水处理能力优于软性、半软性填料。填料的外形如图 5 所示，规格如表 5 所示。

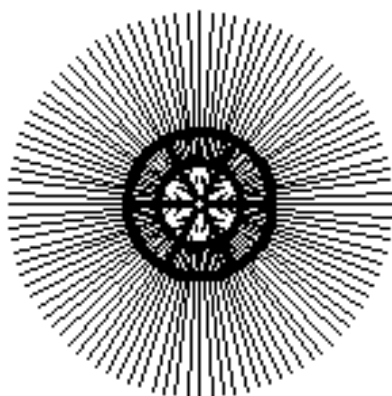


图 5 组合填料外形图

表 5 纤维束组合填料规格参数

规格（直径× 片距） （mm×mm）	纤维束 长度 （cm）	纤维束 数量 （束/片）	悬挂 密度 （串/m ² ）	比表 面积 （m ² /m ³ ）	成品 重量 （kg/m ³ ）	挂模 重量 （kg/m ³ ）	孔隙 率 （%）	材质
Φ 200×40	9	8	25	2479	10.3	120	96	圆片：低压聚 乙烯/聚丙烯。 纤维束材质： 合成纤维
Φ 200×60	9	8	25	2359	6.8	100	97	
Φ 200×80	9	8	25	2239	5.5	80	98	

A. 2 浮挂式填料

浮挂式填料又称自由摆动填料，其结构是填料的顶部装有浮体，中间为悬挂式填料，池底装预埋钩或用膨胀螺栓方式固定，随水流和曝气的推动可以自由摆动。适宜应用于大型污水处理工程，特别是拟选用悬浮填料又怕堆积的水处理工程；更适用于大型水域的河流、湖泊等不宜钢支架悬挂又不宜悬浮散装的典型工程。外型如图 6，规格参数如表 6 所示。

表 6 浮挂填料规格参数

规格（直径×片距） （mm×mm）	细丝 数量 （根/束）	悬挂 密度 （组/m ² ）	比表 面积 （m ² /m ³ ）	成品 重量 （kg/m ³ ）	挂模 重量 （kg/m ³ ）	孔隙率 （%）	材质
Φ 200×60	20/5	2.78	17	≥7	≥45	98	PE/PP
Φ 200×80	20/5	2.78	13.5	≥6.5	≥35	98	
Φ 150×60	20/5	2.78	23.6	≥7.5	≥32	98	
Φ 150×80	20/5	2.78	28.4	≥7.5	≥30	98	

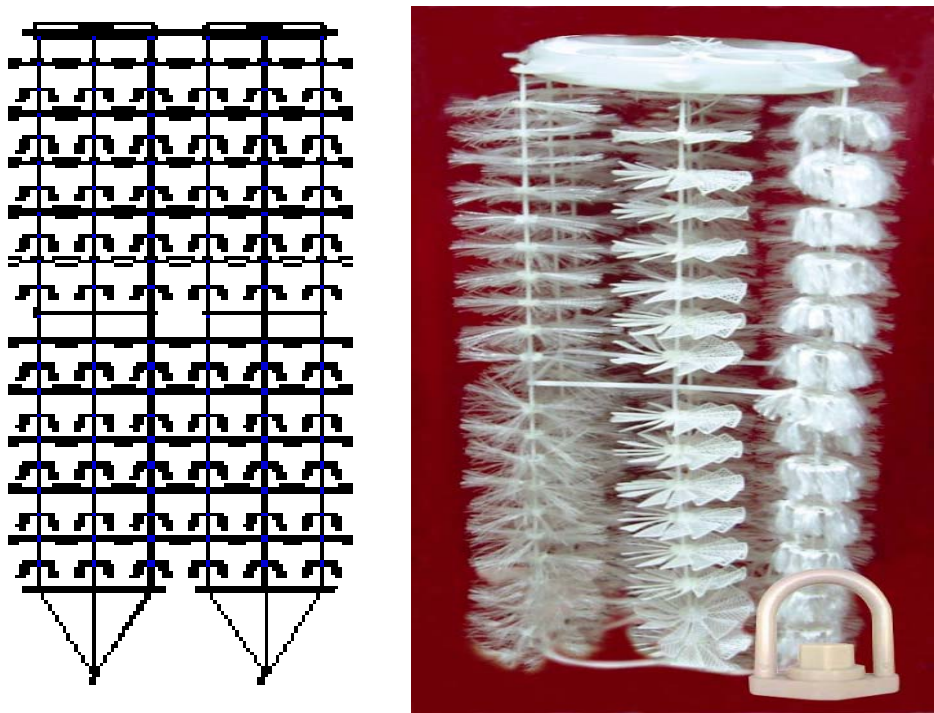


图 6 浮挂填料外型图

A. 3 悬浮填料

悬浮填料有球形、圆柱形、方粒形等等，大小不一、比重不一、空隙也不一，具有不同水质、不同容器结构、装不同形状填料的灵活性、优化性。填料特性具有充氧性能好，挂膜快，挂膜量多，生物膜更新性能好；使用寿命长，更换简单等优点，已越来越被广泛应用。外形如图 7，8，9，10 所示，规格参数如表 7 所示。

表 7 悬浮填料规格参数

名称	形状	尺寸 (直径×高/ 直径/长×宽 ×高 (mm))	堆积 数量 (个/m ³)	比表 面积 (m ² /m ³)	孔隙 率 (%)	堆积密度 (kg/m ³)	填料 重量 (g/只)	挂膜 重量 (g/只)	材质
柱状 悬浮 填料	竖片柱状	Φ50×50	8000	236	97	136	15.95	17	PP
		Φ100×100	1000	178	96	104	103.36	104	PP
	颗粒柱状	Φ25×10	150000	500	95	93	1.22	1.30	PP/PE
		Φ10×10	350000	500	95	113	0.49	0.52	PP/PE
球形 悬浮 填料	多面空 心球形	Φ25	85000	460	95	145	1.76	1.7	PP
		Φ50	11500	236	96	105	10.43	9.13	PP
		Φ76	7800	110	97	92.5	13.85	11.86	PP
聚氨酯 生物填料	方粒形	20×20×30	83300	2395	90	23	1.8	0.28	聚氨酯
		50×50×30	20000	2395	90	23	7.4	1.15	
		50×50×40	15000	2395	90	23	9.8	1.53	
		50×50×50	12000	2395	90	23	12.3	1.92	
组合 悬浮 填料	扁丝条类	Φ100	1000	215	93	55	55	55	PP
	动态球型类	Φ150	296	61	95	34	75	115	PP
	弹性丝类	Φ150	296	30	98	28	60	95	PP
	多面空心类	Φ150	296	61	96	42	140	141	PP



竖片柱状



颗粒柱状

图 7 柱状悬浮填料



图 8 球形悬浮填料—多面空心球形



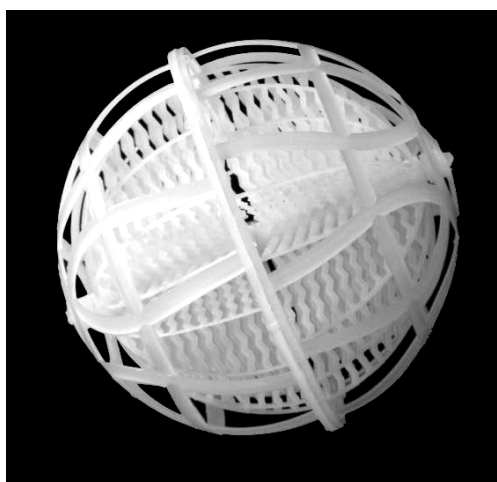
图9 聚氨酯生物填料



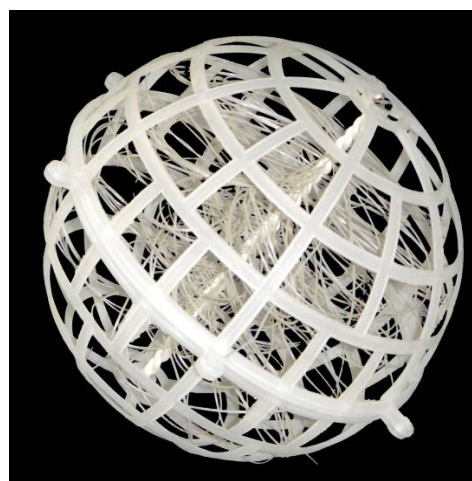
动态球形类



扁丝球形类



多面空心球类



多面弹性丝类

10 组合悬浮填料

填料安装方法示意图：

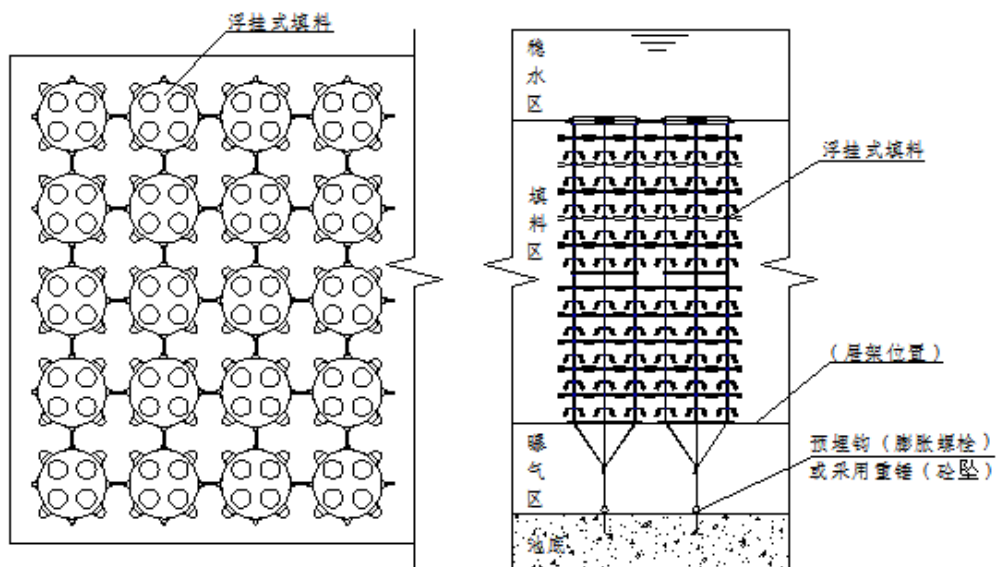


图 11 组合填料安装示意图

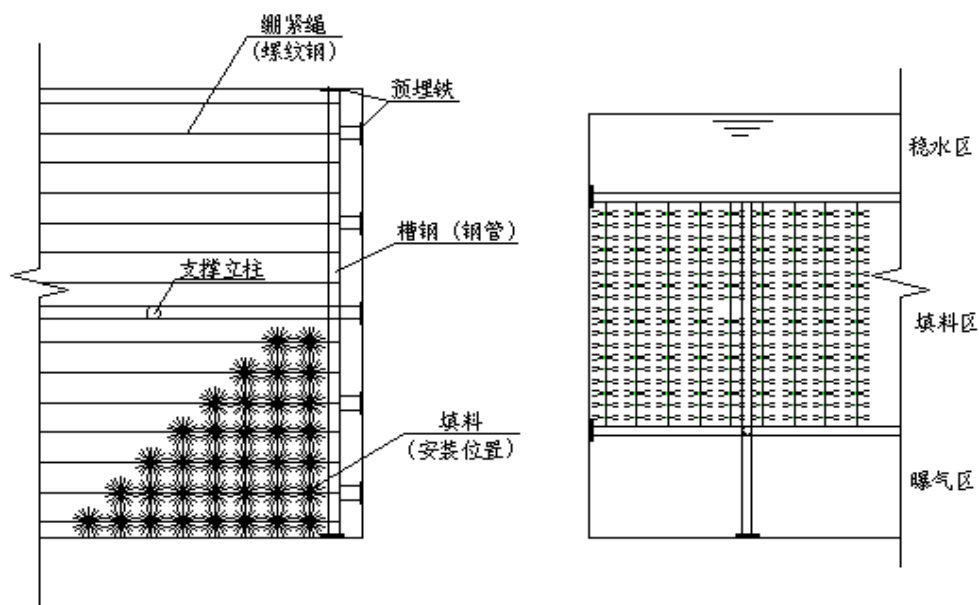


图 12 悬挂支架安装示意图

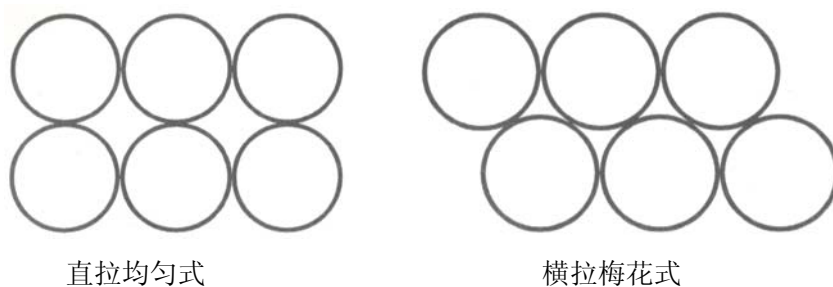


图 13 悬挂填料的组装方式

附录 B

(资料性附录)

生物接触氧化池生物量的测定

B.1 总生物量的定义

生物接触氧化池中的总生物量 A 由固定生物量 B 和悬浮生物量 C 两部分组成。其中固定生物量是生长在生物填料上的微生物量。悬浮生物量是在生物接触氧化池混合液中呈悬浮状态的微生物量，包括了脱落的生物膜和少量的污泥絮体。正常情况下固定生物量 B 应远大于悬浮生物量 C。

$$\text{总生物量 } A = \text{固定生物量 } B + \text{悬浮生物量 } C \cdots \cdots \cdots (1)$$

B.2 悬浮生物量的测定

悬浮生物浓度 D 的测定可采用活性污泥法的混合液悬浮固体 (MLSS) 浓度的测定方法。测定步骤如下：

- 1 将称量瓶和滤纸在 105℃ 的烘箱中烘干衡重，用天平称量，并记录重量为 W1；
- 2 取一定体积 v 的生物接触氧化池混合液，用烘干衡重的滤纸过滤；
- 3 过滤完成后将带污泥的滤纸置于称量瓶中，并放在 105℃ 的烘箱中烘干衡重，用天平称量，并记录重量为 W2；

$$\text{悬浮生物浓度 } D = (W2 - W1) / v \quad (\text{单位: g/m}^3) \cdots \cdots \cdots (2)$$

$$\text{悬浮生物量 } C = (1 - \eta) \times [D \times V (\text{池容积})] / 1000 \quad (\text{单位: kg}) \cdots \cdots \cdots (3)$$

上式中的 η 是生物填料的填充率。 (单位: %)

B.3. 平均固定生物量的测定

生物接触氧化池中不同位置生物填料上固定生物量的分布具有不均匀性，应对池中具有一定代表性的点位进行采样，测出平均的固定生物量。测定步骤如下：

- 1 确定生物接触氧化池中具有一定代表性的点位 (n 处)，如图 1 所示。
- 2 在每一取样点取等量 G 的长有生物膜的填料 (悬浮填料可取相同个数，悬挂式填料可取相同长度)。
- 3 不同深度填料上生长的生物量具有一定差异，宜依据不同深度进行填料的采样。

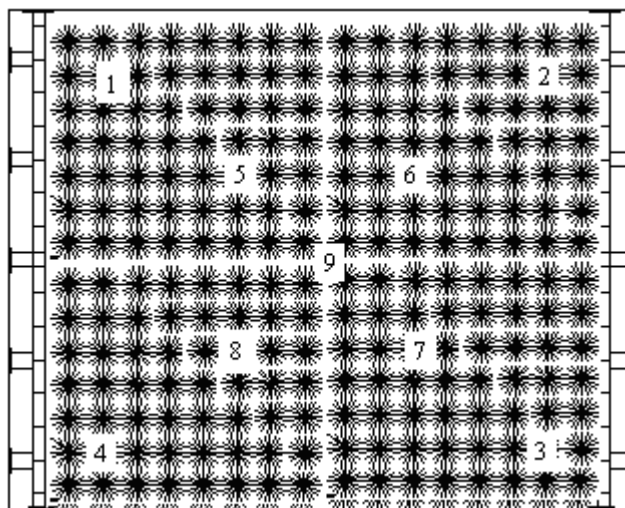


图 1 生物填料采样点位的布设 (n=9)

4 将适合放置填料的蒸发皿在 105° C 的烘箱中烘干衡重，备用。

5 将采集的带有生物膜的填料置于蒸发皿中在 105° C 的烘箱中烘干衡重，并用天平称量，得重量 W3。

6 将等量的同类新填料置于蒸发皿中在 105° C 的烘箱中烘干衡重，并用天平称量，得重量 W4。

单位填料生物量 W5

$$W5 = [(W3 - W4)_1 + (W3 - W4)_2 + \dots + (W3 - W4)_{n-1} + (W3 - W4)_n] / (G \times n)$$

(单位: g 生物/个填料, g 生物/cm 填料) (4)

式中的下角标 1, 2, ..., n-1, n 表示不同的采样点。

平均固定生物量 W6

平均固定生物量是生物接触氧化池的固定生物总量:

$$W6 = [W5 \times N \text{ (或 } L)] / 1000 \quad (\text{单位: kg}) \dots\dots\dots (5)$$

式中 N 为生物接触氧化池中悬浮填料的总数 (个), L 为生物接触氧化池中悬挂式填料的总长度 (cm)。

说明:

1. 上述方法适用纤维填料以外的各种生物填料。对于纤维填料由于生物膜厚度过大难于烘干，需要按以下步骤操作。

2. 将采集的纤维填料样品至于乙醇溶液中，轻轻搓洗将生物膜洗脱下来。洗脱后的生物膜乙醇混合液按方法 2 测定生物量。

3. 洗脱后的纤维填料按方法 3 测定生物量。

4. 两个测定的生物量结果相加得到纤维填料的平均固定生物量。

附录 C

（资料性附录）

填料生物膜厚度及生物活性的测定 微电极法

C.1 原理

在显微镜的观察下，利用微动平台精确控制微电极在生物膜中的插入情况，由微动平台的移动距离获得生物膜的厚度；利用微动平台精确定位微电极在生物膜中的位置，由氧（ O_2 ）、 NH_4^+ 、 NO_3^- 微电极的测量信号，在工作曲线上查得相应的浓度，从而获得生物膜内特征参数的浓度分布情况，根据生物膜内部传质和反应原理，计算生物膜耗氧、硝化和反硝化等活性。

C.2 试剂和材料

C.2.1 总体要求

所用试剂不低于分析纯。

所用水应符合 GB/T 6682 中规定的三级水要求。

C.2.2 铵盐标定母液

称取 1.337g 已在（105–110）℃干燥 2h 的优级纯氯化铵（ NH_4Cl ）溶于水，移入 250ml 容量瓶中，稀释至标线，混匀，加入 2ml 三氯甲烷作保存剂，混匀，至少可稳定 6 个月。

C.2.3 硝酸盐标定母液

称取 2.527g 已在（105–110）℃干燥 2h 的优级纯硝酸钾（ KNO_3 ）溶于水，移入 250ml 容量瓶中，稀释至标线，加 2ml 三氯甲烷作保存剂，混匀，至少可稳定 6 个月。

C.3 仪器装置

C.3.1 天平

分析天平，精度为 $\pm 0.0001g$ 。

C.3.2 显微镜

体式显微镜，放大倍数 $>10\times$ 。

C.3.3 微动平台：精度 $10\mu m$ 。

C.3.4 微电极：尖端直径 $<50\mu m$ 。

C.3.5 玻璃毛坏柱：尖端直径 $<20\mu m$ 。

C.3.5 皮安计：分辨率 $0.05pA$ 。

C.3.6 电压计：输入阻抗 $>10^{12}$ 欧姆，分辨率 $0.1mV$ 。

C.3.7 氧微电极标定装置

包括①两个都配有减压阀的高压气瓶，一个为高压空气瓶，一个为高压氮气瓶；②两台气体流量计；③一个简单的气体混合罐；④曝气头；⑤氧电极标定室；⑥橡胶管等联接材料。

C.3.8 玻璃器具：250ml 容量瓶；10ml 移液管；100mm 表面皿。

C.4 试验步骤

C.4.1 生物膜厚度的测定

C.4.1.1 从填料上剪取一小块生物膜（面积约 $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ ），放置在表面皿中。

C.4.1.2 取一根玻璃毛坏柱，固定在微动平台上，在体式显微镜观察下，将玻璃毛坏柱尖端放置在生物膜/水交界面。

C.4.1.3 记录此时微动平台的起始位置 X_1 。

C.4.1.4 在微动平台控制下，将玻璃毛坏柱逐渐插入生物膜中，直到玻璃毛坏柱略微弯曲。

C.4.1.5 记录此时微动平台的终止位置 X_2 。

C.4.1.6 生物膜厚度 $L = X_2 - X_1$ 。

C.4.1.7 重复上述测定步骤，取得多个生物膜厚度测定值并得到平均值，即为生物接触氧化池的平均生物膜厚度。

C.4.2 生物膜活性的测定

C.4.2.1 按照微电极供应商提供的方法正确使用微电极，其中氧微电极信号采用皮安计测量； NH_4^+ 、 NO_3^- 、 NO_2^- 的微电极信号采用高阻抗电压计测量。

C.4.2.2 微电极工作曲线的绘制

C.4.2.2.1 氧微电极

在氧微电极标定室中加入纯水，分别通入氧分压为 25%，12.5%，0% 的气体，记录各个氧分压条件下的微电极输出信号。

根据测量温度和氧分压值，查找对应的饱和溶解氧浓度，绘制氧浓度与微电极输出信号的工作曲线。

C.4.2.2.2 NH_4^+ 、 NO_3^- 微电极

a. 移取 10ml 铵盐标定母液放入 250ml 容量瓶中，用水稀释至标线，摇匀；移取 10ml 上述溶液放入 250ml 容量瓶中，用水稀释至标线，摇匀；如此依次稀释，配置浓度分别为 1×10^{-2} ， 1×10^{-3} ， 1×10^{-4} ， $1 \times 10^{-5} \text{M}$ 的铵盐标定溶液。

根据不同铵盐标定溶液对应的微电极测量值，绘制工作曲线。

b. 移取 10ml 硝酸盐标定母液放入 250ml 容量瓶中，用水稀释至标线，摇匀；移取 10ml 上述溶液放入 250ml 容量瓶中，用水稀释至标线，摇匀；如此依次稀释，配置浓度分别为 1×10^{-2} ， 1×10^{-3} ， 1×10^{-4} ， $1 \times 10^{-5} \text{M}$ 的硝酸盐标定溶液。

根据不同硝酸盐标定溶液对应的微电极测量值，绘制工作曲线。

C.4.2.2.3 微电极每次使用前需要重新绘制工作曲线。

C.4.2.3 生物膜内特征参数的浓度分布测定

C.4.2.3.1 从填料上剪取一小块生物膜（面积约 $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ ），放置在表面皿中。

C.4.2.3.2 取一根微电极，固定在微动平台上，在体式显微镜观察下，将微电极尖端靠近生物膜表面。

C.4.2.3.3 在微动平台控制下，按照一定的步长将微电极逐渐插入生物膜中，记录插入距离与响应

信号的关系。

C.4.2.3.4 查找工作曲线，获得生物膜不同深度上的特征参数浓度分布情况。

C.4.2.4 生物膜耗氧、硝化和反硝化活性的推导

C.4.2.4.1 生物膜耗氧活性的计算公式如下：

$$R_o = D_{e,o} \cdot d^2 C_o / dz^2 \dots\dots\dots (1)$$

式中：

R_o ——生物膜耗氧活性，

$D_{e,o}$ ——氧有效扩散系数， cm^2/s ；

C_o ——氧浓度， mg/L ；

Z — 生物膜插入深度， μm 。

C.4.2.4.2 生物膜硝化活性的计算公式如下：

$$R_{NH} = D_{e,NH} \cdot d^2 C_{NH} / dz^2 \dots\dots\dots (2)$$

式中：

R_{NH} ——生物膜硝化活性，

$D_{e,NH}$ ——铵盐有效扩散系数， cm^2/s ；

C_{NH} ——铵盐浓度， mg/L ；

z ——生物膜插入深度， μm 。

C.4.2.4.3 生物膜反硝化活性的计算公式如下：

$$R_{NO} = D_{e,NO} \cdot d^2 C_{NO} / dz^2 - R_{NH} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

R_{NO} ——生物膜反硝化活性，

$D_{e,NO}$ ——硝酸盐有效扩散系数， cm^2/s ；

C_{NO} ——硝酸盐浓度， mg/L ；

z ——生物膜插入深度， μm 。

C.5 测定生物膜活性应从生物接触氧化池中不同位置的多个生物填料上取得有代表性的样品，并重复上述测定步骤，对测得的生物膜活性值取平均值，用以代表生物接触氧化池的平均生物膜活性。