排灌机械工程学报
Journal of Drainage and Irrigation Machinery Engineering
2020 年 8 月 Aug. 2020 | 第 38 卷 第 8 期 Vol.38 No.8

专栏主编寄语

◇ 王军锋

新年伊始,一场突如其来的新型冠状病毒肺炎疫情突然爆发,迅速蔓延全国并席卷全球.在党中央统一领导和正确部署下,全国各界齐心协力抗击疫情,疫情防控工作取得了卓有成效的阶段性进展,但全球抗疫形势依然非常严峻.针对公众和业界对污水与水环境系统中新型冠状病毒可能存在粪-口和气溶胶传播途径的疑虑,学报与江苏大学能源与动力工程学院共同组织推出“新冠肺炎与水处理”专栏,特邀行业有关专家进行研讨,以期抛砖引玉,助力公众了解相关情况,为水处理相关专业人员提供参考和借鉴.

新型冠状病毒肺炎医疗污水应急处理技术

颜学升[1*],廖燕[2],路怀亭[3],郭少辉[2]
(1. 江苏大学能源研究院,江苏 镇江 212013; 2. 浙江水美环保工程有限公司,浙江 杭州 310010; 3. 浙江源态环保科技服务有限公司,浙江 富阳 311400)


颜学升

摘要:针对新型冠状病毒肺炎(COVID-19)医疗污水的水质特点,结合武汉雷神山医院污水处理系统应用实例,以灭杀新型冠状病毒(2019-nCoV)为重点,采用“预消毒+MBBR 生物膜法+混凝沉淀+折流消毒”的二级处理工艺对新型冠状病毒肺炎医疗污水进行处理.污水处理设施严格按照《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466—2005)和《医院污水处理工程技术规范》(HJ 2029—2013)进行设计,出水水质达到排放标准,处理效果稳定、病毒灭活率高,出水水质良好.池体为全密闭式,同时采用 PLC 控制,运行期间安全可靠;所有处理单元均为一体化集成设备,建设速度快,即建即用,同时可灵活拆除,方便进行异地重建或规模化的扩容改造,适用于各种应急工程建设及建设工期短的项目.

关键词:新型冠状病毒肺炎;医疗污水;应急处理;消毒;雷神山医院
中图分类号:TU823;S277.9 **文献标志码**:A **文章编号**:1674-8530(2020)08-0861-04
Doi:10.3969/j.issn.1674-8530.20.0140

颜学升,廖燕,路怀亭,等. 新型冠状病毒肺炎医疗污水应急处理技术[J]. 排灌机械工程学报,2020,38(8):861-864.

YAN Xuesheng, LIAO Yan, LU Huaiting, et al. Integrated emergency treatment technology of medical wastewater for COVID-19[J]. Journal of drainage and irrigation machinery engineering(JDIME), 2020, 38(8):861-864.(in Chinese)

Integrated emergency treatment technology of medical wastewater for COVID-19

YAN Xuesheng[1*], *LIAO Yan*[2], *LU Huaiting*[3], *GUO Shaohui*[2]
(1. Institute for Energy Research, Jiangsu University, Zhenjiang, Jiangsu 212013, China; 2. Zhejiang Super Max Environmental Engineering Co. Ltd., Hangzhou, Zhejiang 310010, China; 3. Zhejiang Yotan Environmental Protection Technology Service Co. Ltd., Fuyang, Zhejiang 311400, China)

Abstract: In view of the water quality characteristics of corona virus disease 2019 (COVID-19) medi-

收稿日期:2020-05-20; **修回日期**:2020-06-20; **网络出版时间**:2020-07-31
网络出版地址:https://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1814.TH.20200729.1725.026.html
第一作者简介:颜学升(1976—),男,湖北大悟人,副教授,博士(通信作者,yanxuesheng@xingyuan.com),主要从事水及大气环境治理研究.
第二作者简介:廖燕(1986—),女,浙江衢州人,工程师(liaodayan88@163.com),主要从事水污染及水环境治理研究.

cal wastewater, taking sewage treatment systems of Leishenshan hospital in Wuhan for example, the extermination of COVID-19 was focused on. Secondary treatment process "Pre-disinfection + MBBR biological membrane + coagulation sedimentation + baffle disinfection" was adopted for treating COVID-19 medical wastewater. Wastewater treatment facilities were designed in strict accordance with "Water Pollution Discharge Standard of Medical Institution" (GB18466—2005) and "Technical Specifications of Hospital Waste water Treatment Engineering" (HJ2029—2013). The effluent water quality meets "Water Pollution Discharge Standard of Medical Institution" (GB18466—2005). The treatment effect was stable, the virus inactivation rate was high, and the effluent water quality was good. This technology has the following advantages: the fully airtight main part controlled by PLC is safe and reliable. All processing units are integrated equipments with the advantages of fast construction speed, ready-to-use construction, and flexible demolition. It is convenient for remote reconstruction or large-scale capacity expansion transformation and suitable for all kinds of emergency engineering construction and construction of projects with short period of time.

Key words: COVID-19; medical wastewater; emergency treatment; disinfection; Leishenshan hospital

传染病医院废水是传染性疾病专科医院或综合性医院排放的医疗、生活废水,含有大量传染性病毒、细菌等病原微生物,具有空间污染、急性传染和潜伏性传染等特征,必须经过有效处理才能排入下游污水处理厂[1].目前传染病医院废水处理工艺有一级强化处理(混凝沉淀—过滤—气浮)和二级强化处理(调节池—生物氧化—接触消毒).一级处理对医疗废水的有机污染物去除能力有限,且运行费用高;二级强化处理的主体为生物处理,辅助物化处理,具有废水处理效果好、运费费用低的优点[2].目前主流的生物处理工艺有传统完全混合活性污泥工艺、SBR(sequencing batch reactor)工艺、CASS(cyclic activated sludge system)工艺、MBR(membrane bio-reactor)工艺以及MBBR(moving bed biofilm reactor)工艺等[3-5],其中MBBR工艺具有很高的有机物、氨氮去除率,且工程投资和运行费用相对较低,自控程度高.2020年,突如其来的新型冠状病毒肺炎(COVID-19)疫情席卷全球,针对新型冠状病毒肺炎医疗污水处理研究成果极少.文中针对新型冠状病毒肺炎(COVID-19)医疗污水的水质特点[6],结合武汉雷神山医院污水处理系统应用实例,以灭杀新型冠状病毒(2019-nCoV)为重点,拟采用"预消毒+MBBR生物膜法+混凝沉淀+折流消毒"的二级处理工艺对新型冠状病毒肺炎医疗污水进行处理[7],污水处理设施严格按照《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466—2005)[8]和《医院污水处理工程技术规范》(HJ2029—2013)[9]进行设计,以解决新型冠状病毒肺炎医疗污水处理工程建设周期短、处理要求高的问题.

1 污水水质

雷神山医院位于武汉市江夏区强军路,救治对象为各医院发热门诊和住院确诊的新型冠状病毒肺炎患者,全院共设床位1 600张,分为2个重症医学科病区、3个亚重症病区及27个普通病区.医疗污水排放量1 200 m^3/d,按24 h计,排放量为50 m^3/h.

该院污水主要为病房及ICU区域排水与清洁走廊、办公区域排水,污水中含有大量细菌、病毒以及少量有机物及悬浮物,污水水质监测指标值具体如表1所示,表中ρ(COD),ρ(BOD),ρ(SS),ρ(NH_3-N),ρ(AVF)分别为化学需氧量、生化需氧量、悬浮物、氨氮、动植物油质量浓度,n_{fc}为粪大肠杆菌群数.

表1 污水水质监测指标值

Tab.1 Monitoring index values of wastewater quality

序号	项目	数值
1	pH值	6~9
2	ρ(COD)/(mg·L^{-1})	≤350
3	ρ(BOD)/(mg·L^{-1})	≤150
4	ρ(SS)/(mg·L^{-1})	≤120
5	ρ(NH_3-N)/(mg·L^{-1})	≤30
6	ρ(AVF)/(mg·L^{-1})	≤50
7	n_{fc}/(个·L^{-1})	3.0×10^8

2 污水处理工艺

收集的污水进入预消毒池,对病毒及细菌进行灭活;消毒后的污水进入化粪池,沉淀杂质,并使大分子有机物水解.经过预处理后的污水进入调节池调节水质水量,使后续生化处理处于最优条件.调节

池出水进入 MBBR 池，通过向反应器中投加一定数量的悬浮载体，使微生物附着生长于悬浮填料表面，形成一定厚度的微生物膜层.填料在鼓风曝气的扰动下在反应池中随水流浮动，带动附着生长的生物菌群与水体中的污染物和氧气充分接触，污染物通过吸附和扩散作用进入生物膜内，被微生物降解.MBBR 出水进入混凝沉淀池，通过投加 PAC 和 PAM，进一步去除污水中固体悬浮物.沉淀池出水进入折流消毒池，采用液氯 2 次消毒后排入市政管网，工艺流程如图 1 所示.

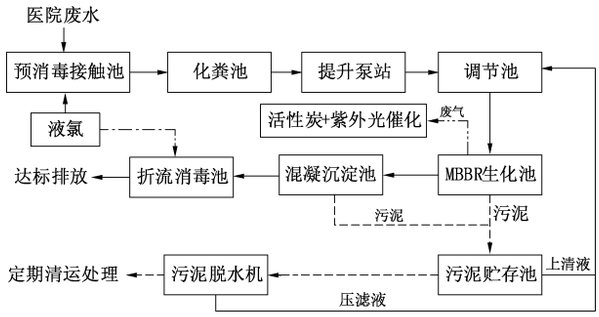


图 1　工艺流程图
Fig.1　Process flow diagram

2.1　预消毒接触池

预消毒接触池采用成品玻璃钢储罐，单套尺寸为 11.6 m×3.0 m×3.2 m，共计 2 套，同时配备液氯投加系统 2 套（1 用 1 备）.采用液氯消毒，液氯投加量为 40 mg/L，水力停留时间为 3.0 h.根据《医院污水处理工程技术规范》（HJ2029—2013），传染病医院污水消毒接触时间要求不小于 1.5 h.鉴于预消毒接触池的进水有机物质量浓度高、悬浮物较多，且目前缺少新型冠状病毒耐受含氯消毒剂的投加量及接触时间方面的试验数据，文中将接触消毒时间延长至 3.0 h，保证病毒及细菌的完全灭活.

2.2　化粪池

化粪池采用成品加强型三格式玻璃钢化粪池，单套有效容积为 100 m^3，共计 8 套.水力停留时间为 16.0 h，通过沉淀作用截留有机固体污染物，并使大分子有机物水解，同时去除部分含氮污染物.

2.3　调节池

调节池采用成品钢制池体，单套尺寸为 10.0 m×3.0 m×3.0 m，共计 3 套.内设潜水搅拌机，防止污水中悬浮物沉淀累积，水力停留时间为 4.8 h[10].必要时在调节池投加还原剂等化学调节剂，使得后续生化池不受前端高峰流量或质量浓度变化的影响.

2.4　MBBR 生化池

MBBR 生化池采用成品钢制池体，如图 2 所示.单套尺寸为 11.6 m×3.0 m×3.2 m，共计 6 套.MBBR 池水力停留时间为 7.5 h.

MBBR 工艺，即载体流动床生物膜工艺，是一种生物膜法与活性污泥相结合的高效污水处理工艺，通过向反应器中投加一定数量的悬浮载体，使微生物附着生长于悬浮填料表面，形成一定厚度的微生物膜层.反应池内生物浓度是悬浮生长活性污泥工艺的 2~4 倍.MBBR 工艺具有容积负荷率高、脱氮能力强、运行稳定、出水水质优良等特点.载体上的高浓度的生物菌群可获得很强的 COD 降解能力，一般对 COD 的去除效率可达到 80%以上；生物膜的污泥龄长，非常适宜于硝化菌的生长，硝化菌质量浓度高，因此硝化脱氮能力显著，TN，NH_3-N 去除效果佳[6].



图 2　MBBR 生化池现场实景图
Fig.2　Equipment of MBBR

2.5　混凝沉淀池

混凝沉淀池采用集机械混合、絮凝斜板沉淀于一体的高效沉淀池工艺，成品钢制池体，单套尺寸为 5.5 m×3.2 m×3.0 m，共计 2 套.水力停留时间为 2.0 h.高效沉淀池是分离悬浮固体的一种常用工艺，高效沉淀通过加入絮凝剂、助凝剂，使胶体在一定的外力扰动下相互碰撞、聚集，形成较大絮状颗粒，从而使污染物被吸附去除.

2.6　折流消毒池

折流消毒池采用一体化箱式纵向折流反应池，单套尺寸为 12.0 m×3.0 m×3.0 m，共计 4 套，其中消毒池总容积 100 m^3，液氯药箱容积为 1 m^3.每套池子分 3 格，第 1 格每隔 1 m 设置纵向垂直扩散板，第 2 格每隔 2 m 设置垂直折流板，第 3 格不设.折流消毒池能使污水与消毒剂充分接触，提升出水消毒效果.

本单元采用液氯消毒，加氯量为 25 mg/L（有效氯），水力停留时间为 2.5 h，纳管污水含氯量不小于 8 mg/L，保证排放污水病毒及细菌灭活.

3　结果与分析

经过 7 d 24 h 不间断轮流奋战，武汉雷神山医

院医疗污水处理站于2020年2月26日调试完成，进入正常的运营阶段.截至2020年4月7日医院关闭，武汉雷神山医院医疗污水处理站已运行超1个月.对医院污水处理设施的运行效果进行连续监测，主要出水水质指标监测结果如图3所示.

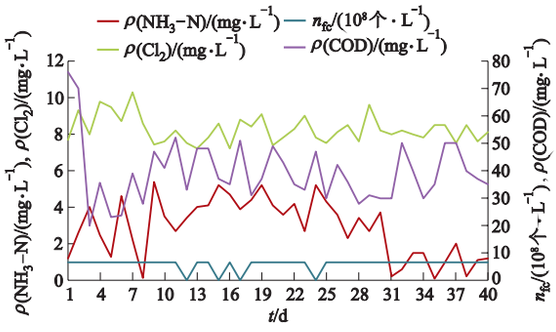


图3 污水站出水水质监测结果

Fig.3 Effluent quality of wastewater treatment station

上述监测结果显示，正式运营开始前2 d，除COD指标未达到表1《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466—2005)中60 mg/L的要求外，其余指标均满足标准的要求；运行2 d后，本应急处理工程出水水质达到并优于标准要求，且处理效果稳定.

4 结 论

1）武汉雷神山医院新型冠状病毒肺炎医疗污水应急工程采用“预消毒+MBBR生物膜法+混凝沉淀+折流消毒”的二级处理工艺，出水水质达到《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466—2005)，处理效果稳定、出水水质良好.

2）文中所有池体为全密闭式，同时采用PLC控制，实现了污水站自动水位报警、自动加药、根据在线监测数据实时调整运行参数等功能，运行期间安全可靠.

3）文中所有处理单元均为一体化集成设备，建设速度快，即建即用，同时可灵活拆除，方便进行异地重建或规模化的扩容改造，适用于各种应急工程建设及建设工期短的项目.

参考文献(References)

[1] 周彬宇，操家顺，谢坤.膜生物反应器处理传染病医院污水研究[J].环境科技，2016，29(1)：10-14.
ZHOU Binyu, CAO Jiashun, XIE Kun. Study on treatment of infectious diseases hospital wastewater by membrane bioreactor[J]. Environmental science and technology, 2016, 29(1): 10-14. (in Chinese)

[2] 陈小英，马晓，徐明，等.宁波市三级医院污水处理现状调查[J].国际流行病学传染病学杂志，2018，45(4)：262-264.
CHEN Xiaoying, MA Xiao, XU Ming, et al. Investigation on tertiary hospital sewage treatment in Ningbo[J]. International journal of epidemiology and infectious disease, 2018, 45(4): 262-264. (in Chinese)

[3] MEZA L C, PIOTROWSKI P, FARNAN J, et al. Detection and removal of biologically active organic micropollutants from hospital wastewater[J]. Science of the total environment, 2020, 700: 134469. (in Chinese)

[4] 付凯，付永佳，李慧姣，等.新型冠状病毒肺炎的研究进展[J].江苏大学学报(医学版)，2020，30(2)：101-108.
FU Kai, FU Yongjia, LI Huijiao, et al. The research progress of COVID-19[J]. Journal of Jiangsu University (medical science), 2020, 30(2): 101-108. (in Chinese)

[5] 王晶.利用移动床生物膜组合工艺处理医院污水[D].天津：天津科技大学，2014.

[6] 李传志，张帆，喻阳光，等.火神山医院排水系统安全设计探讨[J].给水排水，2020，46(3)：10-15.
LI Chuanzhi, ZHANG Fan, YU Yangguang, et al. Discussion on safety design of Huoshenshan hospital drainage system[J]. Water & wastewater engineering, 2020, 46(3): 10-15. (in Chinese)

[7] 黄天寅，刘峰，王传琦，等. SBR工艺处理合成氨废水的中试研究[J]. 排灌机械工程学报，2014，32(6)：517-522.
HUANG Tianyin, LIU Feng, WANG Chuanqi, et al. Pilot scale SBR process for removal of synthetic ammonium wastewater[J]. Journal of drainage and irrigation machinery engineering, 2014, 32(6): 517-522. (in Chinese)

[8] 北京市环境保护科学研究院，中国疾病预防控制中心.医疗机构水污染物排放标准：GB18466—2005[S]. 北京：中国环境科学出版社，2005.

[9] 北京市环境保护科学研究院.医院污水处理工程技术规范：HJ2029—2013[S]. 北京：中国环境科学出版社，2013.

[10] 王晶，曹井国，张德强，等. 医院综合污水处理工程设计与运行[J].中国给水排水，2013，29(24)：74-77.
WANG Jin, CAO Jingguo, ZHANG Deqiang, et al. Design and operation of hospital comprehensive wastewater treatment engineering[J]. China water & wastewater, 2013, 29(24): 74-77. (in Chinese)

(责任编辑 徐云峰)