

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2021.02.008

武汉火神山、雷神山医院污水处理工程设计

彭冠平^{1,2}, 黄文海^{1,2}, 刘 军^{1,2}, 陈安明^{1,2}, 陈 俊¹, 张 文^{1,2},
黄 林^{1,2}, 洪 瑛³, 李传志⁴, 朱海军¹

(1. 中建三局绿色产业投资有限公司, 湖北 武汉 430056; 2. 中建三局水务环保设计研究院, 湖北 武汉 430014; 3. 中南建筑设计院股份有限公司, 湖北 武汉 430071; 4. 中信建筑设计研究总院有限公司, 湖北 武汉 430010)

摘 要: 火神山、雷神山医院是为集中收治新型冠状病毒肺炎 (COVID-19) 患者而设立的传染病专科医院, 其污水处理系统设计均采用“预消毒接触池 + 化粪池 + 提升泵站 (含粉碎格栅) + 调节池 + MBBR 生化池 + 混凝沉淀池 + 接触消毒池”处理工艺。MBBR 工艺实现了低温下污水中污染物的高效去除, 两级消毒工艺保障了病毒 100% 消灭, 同时污水站地基下方按垃圾填埋场标准铺设 HDPE 膜, 保障雨水污水全收集并进行消毒后排放, 污泥经消毒脱水后按危险废物集中清运处理, 废气统一收集经除臭消毒后排放, 实现雨污水、污泥、废气的全收集和全处理。当前, 火神山、雷神山医院污水处理系统运行稳定, 相关出水指标均已达到设计要求, 其中 COD 稳定低于 50 mg/L, 氨氮稳定在 2 mg/L 以下, 余氯稳定在 13 mg/L 附近, 污染物去除与消毒效果均十分稳定。

关键词: 火神山医院; 雷神山医院; 污水处理; 新冠病毒

中图分类号: TU992.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2021)02-0042-07

Sewage Treatment Project Design of Wuhan Huoshenshan and Leishenshan Hospitals

PENG Guan-ping^{1,2}, HUANG Wen-hai^{1,2}, LIU Jun^{1,2}, CHEN An-ming^{1,2}, CHEN Jun¹,
ZHANG Wen^{1,2}, HUANG Lin^{1,2}, HONG Ying³, LI Chuan-zhi⁴, ZHU Hai-jun¹

(1. China Construction Third Bureau Green Industry Investment Co. Ltd., Wuhan 430056, China;
2. China Construction Third Bureau Water & Environment Design and Research Institute, Wuhan 430014, China; 3. Central South Architectural Design Institute Co. Ltd., Wuhan 430071, China;
4. CITIC General Institute of Architectural Design and Research Co. Ltd., Wuhan 430010, China)

Abstract: The Huoshenshan hospital and Leishenshan hospital are special infectious diseases hospitals that were designed to focus on the treatment of patients infected by new Coronavirus pneumonia (COVID-19). The design of sewage treatment system was “pre-disinfection contact tank + septic tank + lifting pump station (including crushed grille) + regulating tank + MBBR biochemical tank + coagulation sedimentation tank + contact disinfection tank”. MBBR process could achieve efficient removal of pollutants in sewage at low temperature. Two-stage disinfection process guaranteed 100% virus elimination. At the same time, HDPE membrane was laid under the sewage station according to the landfill standard to ensure the full collection, disinfection and discharge of rainwater and sewage. The

sludge was collected and transported as hazardous waste after disinfection and dehydration. The waste gas was collected, deodorized and disinfected in a unified way, so as to realize the full collection and treatment of rainwater, sewage, sludge and waste gas. At present, the operations of the sewage stations of Huoshenshan and Leishenshan hospitals had kept stable, and the relevant effluent indexes met the design requirements. COD concentration was stable below 50 mg/L, ammonia nitrogen was stable below 2 mg/L, residual chlorine was stable near 13 mg/L. Therefore, the pollutant removal and disinfection effect were stable during the whole operation.

Key words: Huoshenshan hospital; Leishenshan hospital; sewage treatment; SARS-CoV-2

武汉火神山、雷神山医院是在武汉市受新冠肺炎(COVID-19)严重影响,大量患者无法得到有效救治的背景下建设的抗击新冠肺炎的专科应急医院。为解决医院建设运行过程中产生的生产生活废水的污染问题,在医院建设过程中,按照远高于普通传染病医院的标准配套建设了火神山、雷神山污水处理系统。

鉴于新型冠状病毒极强的传染性,医院废水的及时有效处理是防止污染扩散、抑制病毒蔓延的关键。

1 工程概况

火神山、雷神山应急医院,分别位于武汉市蔡甸区武汉职工疗养院和第七届军人运动会运动员村3号停车场内。其中火神山应急医院占地面积 $6.7 \times 10^4 \text{ m}^2$,建筑面积 $3.39 \times 10^4 \text{ m}^2$,设计床位1 000张,日平均污水量约 800 m^3 ,峰值流量约 $67 \text{ m}^3/\text{h}$;雷神山应急医院建设用地面积约 $22 \times 10^4 \text{ m}^2$,建筑面积 $7.99 \times 10^4 \text{ m}^2$,设计床位1 600张,日平均污水量约 $1 200 \text{ m}^3$,峰值流量约 $100 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

两座应急医院的污水处理站均主要采用“两级消毒+MBBR生化池”的处理工艺,污水站地基下方均按垃圾填埋场标准铺设防渗膜,采用“两布一膜”的地面防渗处理措施,污水处理池采用一体化撬装式设备以节省工期,经消毒处理后达标的污水由泵送至市政管网排入城市污水处理厂。

2 设计依据

国家卫健委1月20日的公告显示,新型冠状病毒感染的肺炎已被列入乙类传染病甲类管理,火神山、雷神山应急医院收治该类传染病患者,其院区内产生的污水需按要求进行处理。

本项目在选择污水处理工艺上,除参考《建筑给水排水设计规范》(GB 50015—2003,2009年版)、《医疗机构水污染物排放标准》(GB 18466—2005)、《医院污水处理工程技术规范》(HJ 2029—2013)等标准规范外,还同时参考了北京小汤山医院的部分方案设计思路^[1]。

2.1 设计进水量(以火神山为例)

参考《医院污水处理工程技术规范》(HJ 2029—2013)中的设计水量计算方法,根据火神山应急医院设计床位数 $N=1 000$ 床,日均单位病床污水排放量 $q=500 \text{ L}/(\text{床位} \cdot \text{d})$,考虑日变化系数 $K_d=1.6$,该医院设计污水产生量 $Q=q \cdot N \cdot K_d=800 \text{ m}^3/\text{d}$ 。按照 $40 \text{ m}^3/\text{h}$ 进行设计,同时考虑本系统的安全稳定运行,另外再准备一组同样规模的污水处理装置备用,峰值污水处理能力达 $1 920 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

2.2 设计进水水质

该医院定位为传染病应急医院,参考《医院污水处理工程技术规范》(HJ 2029—2013)设计水质以及同类医院污水经验数据,污水站设计进水水质见表1。

表1 污水站设计进水水质

Tab.1 Design influent quality of sewage treatment station

项目	pH值	COD/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	BOD ₅ / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	SS/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	氨氮/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	动植物油/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	粪大肠菌群数/ ($\text{MPN} \cdot \text{L}^{-1}$)
数值	6~9	350	150	120	30	50	3.0×10^8

2.3 设计出水水质

根据要求,该医院污水经处理后排入市政管网,出水水质参照《医疗机构水污染物排放标准》(GB

18466—2005)中传染病、结核病医疗机构水污染排放限值执行。此外,由于生化系统调试周期较长(至少需要1~2周),与该项目的紧急投入使用时

间要求不匹配。综合考虑,对火神山、雷神山应急医院出水指标进行分阶段考核:在不得检出新冠病毒 SARS-CoV-2 的前提下,在医院污水处理站建成后2周的生化调试期内,参考北京小汤山医院的工艺设计思路,医疗废水通过预处理消毒排放到市政管网,出水要求满足《医疗机构水污染物排放标准》(GB 18466—2005)中的预处理标准,同时调试生化系统。待2周后生化调试期结束,按该标准排入市政管网^[2]。控制指标及对应标准值见表2。

表2 污水站设计出水水质

Tab.2 Design effluent quality of sewage treatment station

项 目	标准值	预处理标准
粪大肠菌群数/(MPN·L ⁻¹)	100	5 000
肠道致病菌	不得检出	—
肠道病菌	不得检出	—
结核杆菌	不得检出	—
pH 值	6~9	6~9
COD	60 mg/L 60 g/(床位·d)	250 mg/L 250 g/(床位·d)
BOD ₅	20 mg/L 20 g/(床位·d)	100 mg/L 100 g/(床位·d)
SS	20 mg/L 20 g/(床位·d)	60 mg/L 60 g/(床位·d)
氨氮/(mg·L ⁻¹)	15	—
动植物油/(mg·L ⁻¹)	5	20
注: 生化调试期结束前,参照预处理标准执行;生化调试期结束后,参照标准值执行。		

2.4 污泥处理要求

在污水处理系统中,化粪池和生化处理工艺产生的污泥属危险废物,按危险废物进行处理处置。污泥清掏前应进行监测,达到《医疗机构水污染物排放标准》(GB 18466—2005),具体检测指标及浓度限值见表3。

表3 污水站污泥控制标准

Tab.3 Standard for sludge control of sewage treatment station

项 目	浓度
粪大肠菌群数/(MPN·g ⁻¹)	≤100
肠道致病菌	不得检出
肠道病菌	不得检出
蛔虫卵死亡率/%	>95

2.5 臭气排放要求

污水处理站排出的废气应进行消毒和除臭除味处理,保证污水处理站周边空气中污染物达到《医疗机构水污染物排放标准》(GB 18466—2005)的要

求,气体污染物种类及其标准值见表4。

表4 污水站周边大气污染物最高允许浓度

Tab.4 Maximum allowable concentration of air pollutants around sewage treatment station

项 目	标准值
氨/(mg·m ⁻³)	1.0
硫化氢/(mg·m ⁻³)	0.03
臭气浓度	10
氯气/(mg·m ⁻³)	0.1
甲烷(指处理站内最高体积分数)/%	1

3 关键工艺比选

火神山、雷神山医院污水处理主要工艺为“两级消毒+生化处理”,因此对消毒工艺和生化处理工艺进行比选。

3.1 消毒工艺比选

进行消毒工艺设计时,尚未有灭活新冠病毒 SARS-CoV-2 措施的相关报道。常用消毒工艺包括紫外线、液氯、二氧化氯和臭氧。由于臭氧无法贮存,需要现场发生和使用,同时臭氧发生器价格昂贵,因此未考虑采用臭氧消毒;紫外线消毒虽具有较好的杀菌效果,但医院污水中有机物含量高、悬浮物较多,会影响紫外线消毒效果,同时紫外线杀菌的造价相当昂贵;参考《医院污水处理工程技术规范》(HJ 2029—2013)和北京 SARS-CoV 病毒灭活措施的相关报道,0.1%次氯酸钠作用1 min,能完全灭活病毒,破坏病毒基因组,使 SARS-CoV、流感病毒、RSV 无法复制;当污水中游离余氯量保持在0.5 mg/L(氯制剂)或2.19 mg/L(二氧化氯)以上时可保证完全灭活污水中的 SARS 冠状病毒^[3]。因此确定液氯、二氧化氯、次氯酸钠等氯制剂可满足火神山医院污水不得检出新冠病毒的排放要求,含氯消毒剂的对比^[4]见表5。

表5 含氯消毒剂的对比

Tab.5 Comparison of chlorine-containing disinfectants

项目	处理效果	优点	缺点
液氯	属于中效消毒剂,杀菌力不如二氧化氯	杀菌效果可靠,使用方便,价格低廉	中等毒性、有消毒副产物生成、存在抗药性
二氧化氯	实际杀菌力是氯制剂的5~10倍	无毒,受温度、pH 的影响较小,使用浓度小,无消毒副产物产生	有机物对该消毒剂有一定影响、杀菌效果受活化剂浓度和活化时间的影响

鉴于本项目的特殊性以及时间的紧迫性,如采用液氯消毒,其生产供应、购买流程和供货物流都存

在困难。经研究决定,在同时满足应急医院污水处理消毒的生物安全和使用安全相关要求下,根据《新型冠状病毒污染的医疗污水应急处理技术方案(试行)》,将消毒方案变更为保留液氯设施,同时启用二氧化氯消毒工艺,次氯酸钠作为备用消毒工艺。

由于液氯属于剧毒危化品,须严格管控,且短时间无法获取,故本项目采用氯酸钠和盐酸生产二氧化氯的工艺。

3.2 生化工艺比选

医院污水二级处理工艺流程一般为“调节池→生物氧化→接触消毒”,污水经化粪池预处理后进入调节池,并在调节池前部设置格栅,在调节池内设提升泵,污水提升进入好氧池进行生物处理后,再进入接触池进行消毒,实现出水水质达标排放^[5]。医院污水生物处理工艺主要有活性污泥法、生物接触氧化法、膜生物反应器、曝气生物滤池等。活性污泥法由于污水停留时间较长、占地面积较大、产生大量的活性污泥,同时曝气量大也会造成新冠病毒对环境的影响;曝气生物滤池虽然出水水质好,但需进行反冲洗,反冲洗水量较大,且运行方式较复杂。因此这两种工艺均不适用。

经分析比较,最终选择 MBBR 工艺(成套设备)作为应急医院污水生化处理工艺,原因如下:

① 废水含固率高,不宜选用以过滤为主(如 MBR)的生化处理工艺。由于地形地势原因,预消毒池及化粪池基坑深超过 10 m,设置普通格栅条件有限,院区污水经收集后先进入一级消毒池,后通过化粪池处理后由一体化泵站提升进入调节池;同时为保障运维人员安全,避免废水暴露在空气中,考虑全封闭处理系统,未设置传统格栅系统,而在一体化提升泵站设置粉碎格栅。粉碎格栅的设置将导致废水含固率偏高,因此不宜选用以过滤为主的生化处理工艺,以免造成堵塞,增加设备维护量。

② 生化调试周期相对较短。施工期间武汉处于冬季,1月—2月平均气温均低于 10℃,生化处理调试是一个耗时相对较长的过程。MBBR 膜泥龄长,一般超过 30 d,有利于硝化菌群的聚集。对于此次疫情,低温、贫营养、高毒性、高氯离子等极端条件下的污水水质情况,能提高优势菌种的筛选效率。

③ MBBR 工艺抗冲击负荷能力强,降低运营风险。火神山医院作为不设置门诊的临时应急医院,污水排水变化系数相对较大,且多为院区病房排

水,污水相关水质指标中可生化性相对较低。在 MBBR 微生物种群中,特别是硝化菌群,有很大一部分以附着态存在。硝化菌群受冲击性影响小,有较强的抗冲击负荷能力,且在受超出设计负荷冲击后,也能快速恢复达到正常的处理效果,大大降低后期运营的风险。

④ MBBR 工艺占地面积小、设备成套供应、施工周期短。MBBR 工艺的微生物载体能提升反应器中的生物量和生物类型以及处理效率,且载体密度接近于水,在进行生物曝气时,可以和反应器中的废水充分混合,达到气、液、固平衡,提高微生物的挂膜速率和面积,工艺设备占地面积减少,设备成套供应也可适当缩短工期。

⑤ MBBR 运维成本相对较低。MBBR 悬浮载体不用设置专用曝气设备,普通曝气就能达到悬浮载体流化标准,伴随悬浮载体填充率的提升,载体对气泡有切割功能,能扩大气液接触范围。悬浮载体能有效增加气泡外逸时长,提升空气的氧传递效率,降低曝气系统的能耗,有效降低后期生化处理系统的运维成本。

4 工艺设计(以火神山为例)

医院污水处理工艺的选择除了要考虑医院规模、医院污水产生量、污染负荷、进出水水质、出水标准等因素外,针对新冠病毒的强致病性和高传染性,还应考虑建设工期、设备材料供应、占地面积、污泥和废气的处理等因素。

武汉火神山应急医院属传染病医院,经综合考虑,污水处理工艺采用预消毒+二级处理+深度处理+消毒处理,经消毒处理后的污水由泵送至市政管网排入城市污水处理厂。工艺流程见图 1。

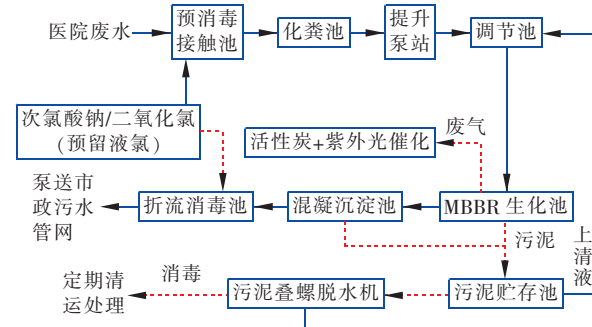


图1 火神山应急医院污水处理工艺流程

Fig. 1 Wastewater treatment process of Huoshenshan emergency hospital

4.1 消毒工艺

充分的灭菌消毒将消耗较多的消毒剂,会给二级处理带来一定影响,为保证出水安全,防止病毒泄漏,火神山医院污水处理设计了预消毒和末端消毒的两级消毒工艺。

4.1.1 预消毒工艺

预消毒工艺段位于污水管网末端,化粪池前。医院污水通过全密封管道输送至预消毒接触池,预消毒池的作用是提前杀灭医院污水中的细菌、病毒等微生物,防止传染性细菌、病毒在后续污水处理过程中继续传播。

根据《医院污水处理工程技术规范》(HJ 2029—2013),传染病医院预消毒参考加氯量(以有效氯计)一般为30~50 mg/L,有效接触消毒时间不低于1.5 h,因此预消毒过程设计投加量为40 mg/L(以有效氯计),配置加氯设备最大投加量可达90 mg/L(以有效氯计),消毒剂投加浓度及接触消毒时间均满足设计要求,根据现场实际情况灵活调整,能充分保障消毒效果。预消毒接触池设计规模为40 m³/h,两组,各组停留时间3 h,最大停留时间可达5 h,采用二氧化氯消毒;设计选用有效容积100 m³的成品接触消毒池2座。

4.1.2 二级消毒工艺

二级消毒是对深度处理的出水进行消毒,折流消毒池根据《新型冠状病毒污染的医疗污水应急处理技术方案(试行)》要求而设置,确保出水余氯>6.5 mg/L(以游离氯计),以保障出水无SARS-CoV-2病毒检出。

折流消毒池按照800 m³/d规模设计,其设计流量为40 m³/h,分2组,各组停留时间2 h,采用11.6 m×3.0 m×3.0 m的成品钢制消毒池2套,参考加氯量(以有效氯计)一般为15~25 mg/L,单位加氯量为25 mg/L(以有效氯计)。

4.1.3 加氯间设计

加氯间设计尺寸为17.05 m×9.25 m,采用钢结构。二氧化氯加氯机5台(污水3台、雨水2台),并配备1套次氯酸钠投加装置作为应急,预留液氯安装空间。

该工艺由供料系统、反应系统、控制系统、动力系统、安全系统等部分组成。全套装置实现自动控制,除必要的调整和配药外可无人值守。加氯间内的加氯设备见图2。



图2 加氯设备

Fig. 2 Chlorination equipment

4.2 化粪池

化粪池主要功能为对医院废水中的悬浮物进行预沉淀,同时能承担部分脱氯作用,以降低后续调节池脱氯运行压力,化粪池出水进入提升泵站提升至调节池。化粪池选用有效容积为100 m³的13#加强型玻璃钢化粪池,共5座。

在火神山、雷神山医院工艺流程的设计中,预消毒池设计在化粪池前端,以避免医疗区病毒通过污水管道传播至生活区造成交叉感染。根据火神山医院布局特点,院区分为高区和低区两大区块。各区污水来自生活污水及医疗废水排水系统,因此进入预消毒池的污水来自高区生活污水、高区医疗废水、低区生活污水、低区医疗废水四根污水管道。若四股污水先进入化粪池,生活污水及医疗废水将会在化粪池前端汇合,在管道未满流的情况下,生活污水与医疗废水的专用排水管道可能出现气体相通的情况,有病毒通过管道内气体传播至生活区造成交叉污染的风险。故将预消毒池置于化粪池前,生活污水与医疗废水经消毒后再进入化粪池,能有效避免交叉污染的风险。

4.3 MBBR生化池

《医院污水处理工程技术规范》(HJ 2029—2013)第6.1.2条规定“传染病医院污水应在预消毒后采用二级处理+消毒工艺或二级处理+深度处理+消毒工艺”。2003年建成的北京小汤山医院,污水直接采用一级消毒处理工艺,并将消毒处理后的污水传输至城市污水处理厂进行处理,可以满足当时卫生防疫要求^[2]。但与小汤山医院不同的是,火神山医院附近并无污水处理厂,污水经院区污水处理站处理后到最终排入蔡甸区石洋污水处理厂,

污水输送全程超过 10 km。因此综合考虑规范要求 and 项目的紧迫性,火神山医院污水处理将二级生化处理纳入工艺设计中,同时制定了对出水水质分阶段考核要求。

本项目中 MBBR 生化池按 $800\text{ m}^3/\text{d}$ 的规模设计,采用钢制成品生化池,共 4 套,其中 1 套尺寸为 $11.6\text{ m}\times 3.0\text{ m}\times 3.2\text{ m}$,另外 3 套尺寸为 $10\text{ m}\times 3.0\text{ m}\times 3.2\text{ m}$,单套处理工艺生化系统停留时间约 5.6 h,同时配套生化填料、鼓风机及曝气系统等。MBBR 挂膜填料见图 3。



图3 MBBR 中已挂膜填料

Fig.3 Film hanging filler in MBBR

4.4 混凝沉淀池

沉淀是深度处理部分最为重要的环节,沉淀效果的好坏直接影响到污水处理的效果,对病毒的进一步去除也起到一定促进作用。高效沉淀池是分离悬浮固体的一种常用工艺,通过加入絮凝剂、助凝剂,使胶体在一定的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。

本项目选择集机械混合、絮凝斜板沉淀于一体的高效沉淀池工艺,该工艺目前已经广泛应用于污水的深度处理过程中。高效沉淀池设计流量为 $60\text{ m}^3/\text{h}$,尺寸为 $5.5\text{ m}\times 4.0\text{ m}$,采用钢制成套设备 2 套,配套絮凝剂制备及投加系统各 1 套。

4.5 污泥处理装置

生化系统产生的污泥经混凝沉淀池固液分离后,经由沉淀池配套的污泥螺杆泵排入污泥浓缩池贮存。污泥池采用产品污泥罐,有效容积约 10 m^3 。同时由计量泵加入次氯酸钠对污泥内可能携带的新冠病毒进行初次灭活,污泥在污泥浓缩池进行重力浓缩后,上清液自流排入调节池,浓缩污泥经污泥螺杆泵排入污泥脱水机房,脱水机房尺寸为 $6.8\text{ m}\times 4.2\text{ m}$,机房内配置叠螺污泥脱水机 1 台,主电机功

率 1.17 kW ,处理量 $12\sim 20\text{ kgDS/h}$;配套污泥泵 1 台,流量 $15\text{ m}^3/\text{h}$,压力 0.2 MPa ;配套 PAC 制备及加药系统 1 套、PAM 制备及加药系统 1 套。叠螺脱水机启动时加入阳离子 PAM 调理后进行污泥脱水,压滤液通过配套的多级离心泵打入污水处理系统调节池。

污泥经消毒后脱水至含水率 80% 以下,由有资质的危废处理单位集中清运处理。污泥处理需达到《医疗机构水污染物排放标准》(GB 18466—2005)中表 3 医疗机构污泥控制标准。化粪池内污泥清掏周期为半年,考虑到是临时应急医院,运行期间化粪池无需清掏。

4.6 废气集中处理

根据火神山污水站废气性质、现场情况并考虑到防疫要求,选择“活性炭+UV 光解”工艺处理医院污水站废气,污水站废气经收集系统收集后依次经活性炭吸附设备及 UV 光解设备处理后通过风机及排放烟囱 15 m 高空排放。

根据通风换气空间、次数及池内供气量核算,统筹考虑确保安全,增加换气次数,火神山污水站废气处理规模为 $10\,000\text{ m}^3/\text{h}$ 。

4.7 地基处理

为防止医院雨污水渗漏至地下水及土壤,造成污染物及病毒的传播,火神山医院整个场地按照垃圾填埋场防渗层标准对地基基底用复合土工防渗膜进行全覆盖,在地上构筑物与地下水、土壤之间形成一道物理隔离层。复合土工防渗膜结构为“两布一膜”,即“两层土工布和一层 HDPE 防渗膜”。具体做法是在平整过的地面上,先铺设 20 cm 厚细砂,依次在细砂上面铺设一层土工布+一层 HDPE 防渗膜+一层土工布,然后再铺设 20 cm 厚细砂作为保护层。采用 600 g/m^2 丙纶长丝土工布、 2.0 mm 双糙面 HDPE 防渗膜。

5 运行效果及防疫管理

5.1 运行效果

污水处理系统投入运行以来,累计总出水量平均值稳定在 $800\text{ m}^3/\text{d}$ 以下。出水水质指标的检测数据见表 6。可见,主要水质指标总余氯量、氨氮、COD、大肠菌群数均达到《医疗机构水污染物排放标准》(GB 18466—2005)中传染病、结核病医疗机构水污染排放限值。火神山、雷神山医院污水厂目前运行稳定,相关出水指标均达到设计要求,其中

COD 稳定低于 50 mg/L, 氨氮稳定在 2 mg/L 以下, 余氯稳定在 13 mg/L 附近。

表6 污水处理系统出水水质

Tab.6 Effluent quality of sewage treatment system

项 目	实际出水	GB 18466—2005 标准限值
pH 值	7.9 ± 0.7	6 ~ 9
总余氯量/(mg · L ⁻¹)	13.0 ± 5.74	6.5 ~ 10
NH ₃ - N/(mg · L ⁻¹)	1.53 ± 0.38	15
COD/(mg · L ⁻¹)	40.66 ± 5.23	60
粪大肠菌群数/(MPN · L ⁻¹)	≤ 100	100

5.2 防疫管理

除了在污水处理站的设计与建设阶段充分考虑防疫安全外,其正常运维也离不开相关管理措施的保障。在防疫管理方面,制定并落实环保设施操作人员防暴露风险管控制度,确保维保人员的人身安全;统筹设备生产厂家、排水系统其他部分运行的衔接,污水消毒及深度处理到位,确保生物安全性;建立好系统应急响应机制,应对前端管网破损、系统设备故障等应急情况。编制完成了《中建三局绿投公司火神山医院污水处理站维保方案》《火神山医院运维技术方案》《火神山污水处理站应急预案》等多项管理制度与运维方案,通过积极宣贯与实施,实现了污水站运维工作人员的零感染,从实践中证明火神山、雷神山医院的污水处理与防疫措施是客观有效的。

6 结语

火神山、雷神山应急医院是在武汉抗击新型冠状病毒肺炎(COVID-19)疫情的特殊时期,在极短时间内设计和建设完成的。尤其是火神山应急医院,自2020年1月23日下午5时接到建设任务开始,相关单位在12 h内便完成方案设计,24 h内完成进场,48 h内组织水务、医药、病毒相关专家完成评审完善方案。虽然受限于时间紧、任务重、场地限制、条件有限等多方面客观因素,但是本污水处理方案整体上符合规范、水质达标、工艺成熟、安全稳定、便于施工、便于安装、便于维修、经济合理。未来将密切跟踪污水厂运营情况并进行相关研究,不断提高传染病医院污水处理工程的设计水平。

参考文献:

- [1] 黄晓家. SARS 定点医院污水处理——小汤山医院二部设计[J]. 中国勘察设计, 2003(7): 50-53.
HUANG Xiaojia. Waste water handling of SARS appointed hospitals [J]. China Investigation & Design, 2003(7): 50-53 (in Chinese).
- [2] 李传志, 张帆, 喻阳光, 等. 火神山新型冠状病毒感染的肺炎传染病医院排水系统安全设计探讨[J/OL]. 给水排水, (2020-02-23) [2020-03-24]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.4972.tu.20200222.1730.004.html>.
LI Chuanzhi, ZHANG Fan, YU Yangguang, et al. Safety design of Huoshenshan novel coronavirus infectious disease hospital drainage system [J/OL]. Water & Wastewater Engineering, (2020-02-23) [2020-03-24]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.4972.tu.20200222.1730.004.html> (in Chinese).
- [3] 张文福, 何俊美, 帖金凤, 等. 冠状病毒的抵抗力与消毒[J]. 中国消毒学杂志, 2020, 37(1): 63-67.
ZHANG Wenfu, HE Junmei, TIE Jinfeng, et al. Coronavirus resistance and disinfection [J]. Chinese Journal of Disinfection, 2020, 37(1): 63-67 (in Chinese).
- [4] 林少云. 几种氯化消毒剂在净水厂中的应用[J]. 城乡建设, 2018(24): 68-70.
LIN Shaoyun. Application of several chlorinated disinfectants in water purification plant [J]. Urban and Rural Development, 2018(24): 68-70 (in Chinese).
- [5] 钟燕嫒. 医院污水处理工艺研究及展望[J]. 资源节约与环保, 2013(6): 25-26.
ZHONG Yanli. Research and prospect of hospital sewage treatment process [J]. Resources Economization & Environment Protection, 2013(6): 25-26 (in Chinese).

作者简介:彭冠平(1982-),男,湖北枝江人,硕士,高级工程师,注册环保工程师,中建三局绿色产业投资有限公司水务环保事业部技术总监,主要研究方向为水环境综合治理、市政污水处理、污水深层排水传输、清淤与淤泥资源化。

E-mail:45050597@qq.com

收稿日期:2020-04-24

修回日期:2020-05-17

(编辑:孔红春)