

城市污水泵站改为河道生态补给站的实践总结

郑临奥, 吴迪, 张晶晶, 郑志佳, 王光明
(青岛思普润水处理股份有限公司, 山东 青岛 266555)

摘要: 综合考虑污水厂扩容、管网扩建及河道生态补给,采用分散型污水处理理念,将城市污水泵站改造为河道生态补给站,就地处理就近补给河道。生态补给站设计规模为 $6\,000\text{ m}^3/\text{d}$,采用集约化、地理式设计,选用 $\text{A}^2\text{O} + \text{MBBR}$ 、矩形沉淀池、混凝沉淀池、转盘滤池、活性炭过滤等先进工艺,实际出水 COD 、 BOD_5 、 SS 、氨氮、 TN 、 TP 均值分别为 20.5 、 3.95 、 5.7 、 0.46 、 12.1 、 0.16 mg/L ,各指标达到准地表Ⅳ类标准。本项目的实施为城市中心区污水处理设施建设及区域水环境综合治理提供了新思路和设计借鉴。

关键词: 污水泵站; 河道补给; 移动床生物膜反应器; 全地下; 分散处理

中图分类号: TU99 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)20-0082-05

Practice of River Ecological Replenishment Retrofitting from an Urban Sewage Pumping Station

ZHENG Lin-ao, WU Di, ZHANG Jing-jing, ZHENG Zhi-jia, WANG Guang-ming
(Qingdao Spring Water-treatment Co. Ltd., Qingdao 266555, China)

Abstract: Considering the expansion of the wastewater treatment plant, extension of the pipeline network and ecological replenishment of the river, the concept of decentralized sewage treatment was adopted. A river ecological replenishment station (RERS) was established in the middle section of the main pipeline of the city so that its effluent could be used for river replenishing nearby. Based on the concepts of intensiveness and buried design, the process including A^2O and MBBR, rectangular settling tanks, coagulation settlement tank, rotary filter and active carbon filtration was selected, with the design capacity of $6\,000\text{ m}^3/\text{d}$. The average effluent COD , BOD_5 , SS , $\text{NH}_3 - \text{N}$, TN , TP were 20.5 mg/L , 3.95 mg/L , 5.7 mg/L , 0.46 mg/L , 12.1 mg/L , 0.16 mg/L , respectively, which could basically meet level IV of *Environmental Quality Standards for Surface Water* (GB 3838-2002). The implementation of this project provides a new idea and design reference for the construction of urban wastewater treatment facilities and comprehensive treatment of regional water environment.

Key words: sewage pumping station; river replenishment; MBBR; underground; decentralized treatment

污水的分散处理与集中处理是近年的讨论热点。集中处理具有运行费用低、运行管理方便等优势,是多年来一直发展建设的主要方向;但若从城市

水环境综合治理角度着眼,考虑到污水厂出水回用,尤其是中水作为河道的生态补给水时,集中处理往往存在较多问题。污水厂多处于城市的高程低点、

汇水流域干管的末端,临近河道或海边便于外排,若回用则需要建设大量中水管网,管网长度极大,建设及运维费用高^[1]。此外,污水厂已建成多年,随着城市化进程加速,容纳容量已趋于饱和,面临无地扩建的压力。若在城市污水主干管中段设置污水处理设施,就近处理就近补给城市内河,不但节省了末端水厂至河道中上游大量中水管网的建设费用,也减缓了城市大型污水厂扩容的压力,是解决城市污水处理及回用的可能办法。通过介绍城市污水泵站改造为河道生态补给站(RERS),探索城市污水分散处理及生态回用新思路。

1 项目概况

某污水提升泵站主要用于收集周边地区污水并通过连接管提升接入城市污水主干管。该提升泵站西邻城市内河,北邻高校,东邻城市一级主干道,南邻城市二级主干道,处于城市核心地带,占地及周边空地共2 462 m²。泵站设计提升3 m,设计流量为

3 000 m³/d,但近年泵站流量已达到4 000 m³/d,峰值近6 000 m³/d。连接管管径已不能满足要求,面临更换,同时连带下游已饱和污水厂需扩容。此外,邻近的内河作为城市的重要生态景观河,水量不足,需要进行生态补水,以维系河流功能正常,保证水体去黑臭化以后不再反复。综合考虑经济技术因素,确定将该提升泵站改造为河道生态补给站,污水就近处理,处理后水质基本达到地表水Ⅳ类标准,直接用作河道补水,满足截污、治污、补水的综合需求,可最大程度发挥经济、社会和环境效益。

2 工艺设计

2.1 进、出水水质

河道生态补给站设计规模为6 000 m³/d,根据现状原水水质检测报告,同时参照当地同类型污水水质确定进水水质,出水排放标准参照准Ⅳ类水质,主要指标达到《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)Ⅳ类水标准。设计进、出水水质见表1。

表1 设计进、出水水质

Tab. 1 Design influent and effluent quality

mg · L⁻¹

项 目	COD	BOD ₅	SS	NH ₄ ⁺ - N	TN	TP
设计进水	500	350	300	45	60	6
设计出水	30	6	10	1.5	15	0.3
实际进水	393.72 ± 93.54	219.52 ± 47.23	246.33 ± 19.43	44.02 ± 5.37	49.63 ± 5.27	5.08 ± 0.50

2.2 技术路线

2.2.1 总体路线

河道生态补给站设计面临如下难点:

① 占地紧张,建设红线内仅有2 462 m²,考虑绿化与道路等,实际可用占地不足1 700 m²。

② 周边环境敏感,由于处于城市核心地带,且在景观河道旁,充分利用已有泵站构筑物,采用地理式布置,全流程密封除臭;出水补给河道,水质要求极其严格。

③ 处理标准高,主要指标达到准Ⅳ类水平,尤其TN去除率要求达到75%,远期出水TN将进一步提高要求;需选用先进稳定工艺,确保满足技术要求。

工艺设计需根据进出水水质、处理厂规模、工程造价、运行费用以及当地气温、工程地质、周边环境等因素合理选择,做到因地制宜。结合上述难点,设计时采用集约化、地理式的理念,与传统的地上污水厂相比,具有无臭味、噪声小、占地少、美观性好等优点;各处理单元组合设计采用共壁结构,节省占地和

输送管道长度。设计进水 BOD₅/COD = 0.54, BOD₅/TN = 5.83, BOD₅/TP = 58.3,属于碳源相对充足水质,结合地表Ⅳ类水要求,采用生物法实现同步强化脱氮除磷。

2.2.2 生化工艺选择

MBBR 与 MBR 工艺均具有负荷高、占地紧凑等特点,是本项目的可能选项,进一步经济技术比较如下:

① 工艺原理方面。MBBR 与 MBR 的思路均为增大生物量,提高处理负荷;MBR 依靠膜分离实现 HRT 与 SRT 的分离,系统富集较高的污泥浓度,但通过提高污泥浓度提升处理负荷的同时,也加剧了膜污染风险;MBR 生物除磷效果差,几乎全部依赖于化学除磷,原水碳源没有得到最大程度利用;MBBR 通过泥膜复合形式,硝化菌群逐步在投加的悬浮载体上富集,这种泥龄分离的方式能够最大化地发挥活性污泥与生物膜各自优势^[2]。

② 技术经济方面。MBR 工艺可节省二沉池和深度处理,在生化池投药实现全指标的达标,布置

紧凑,但运行能耗、药耗较高,且对预处理要求较高,稍微增大预处理占地;MBBR 工艺需要二沉池及深度处理,工艺流程长,但运行能耗、药耗相对较低,且对预处理无特殊要求;总体上,两种工艺均能在占地要求下实现工艺布置,在运行能耗上 MBBR 更低;MBBR 的吨水投资比 MBR 节约近 20%。

③ 运行维护方面。系统为全封闭加盖,MBR 膜的离线清洗、更换不便,对于管理要求较高^[3];MBBR 对运行管理要求较低,系统寿命 > 15 年,不涉及核心组件更换问题。

最终确定,生化工艺采用 MBBR 工艺,并根据最终出水指标要求,强化 SS、出水色度处理及消毒,同时对产生的污泥进行浓缩处理。

2.2.3 深度处理与污泥处理工艺选择

沉淀后选择转盘滤布滤池,结构简单,水头损失小,反洗水量小,无需单独清水池,具有占地小、施工快、可连续运行等优点^[4]。活性炭过滤,可以去除一般的生化处理和物化处理难以去除的微量污染物质,具有除臭、脱色等功能。深度处理后采取消毒措施以杀灭尾水中含有的细菌、病毒。次氯酸钠消毒价格便宜,杀菌力强,工艺简单,技术成熟,药剂易得,投量准确,有后续消毒作用,不需要庞大的设备,故本工程选用次氯酸钠消毒。

本项目产生的高含水率污泥进行脱水处理后外运,考虑到建造污泥浓缩池占地面积大,对环境影响大,停留时间较长可能导致污泥厌氧释磷,因此选择机械浓缩脱水。离心浓缩机浓缩后的污泥含固量较高,但是电耗大,噪声大;叠螺式浓缩机适应范围广,低转速运行无振动和噪声,使用寿命长,絮凝剂的投加量少,设备密封无臭气外逸^[5],因此采用叠螺式浓缩机进行污泥处理。

2.3 工艺流程与总平面布置

经过工艺比选,最终确定工艺流程如下:生活污水经过管网收集后,通过泵进入污水处理站,首先经过格栅去除大的固体杂质和纤维漂浮物后,进入旋流沉砂池,在此去除无机砂粒及其他密度较大颗粒;出水由泵提升进入初沉池,去除部分悬浮物及有机物,自流进入厌氧区,进行生物除磷,再依次自流进入缺氧 MBBR 区和好氧 MBBR 区,分别进行反硝化脱氮、有机物降解及硝化作用,进行总氮、有机物及氨氮的去除。好氧区出水自流进入二沉池,沉淀出水进入混凝沉淀池及转盘滤池,通过过滤进一步去

除细小悬浮物;最终进入炭罐进行深度处理,去除色度和气味;出水采用浓度为 8% ~ 10% 的成品次氯酸钠溶液消毒后达标排放。河道生态补给站工艺流程如图 1 所示。

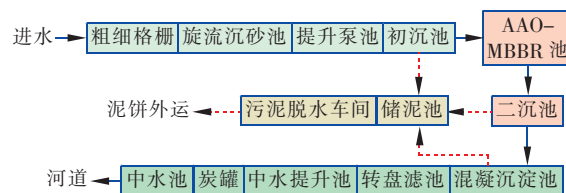


图1 工艺流程

Fig. 1 Flow chart of treatment process

污水站处理构筑物全部埋于地下,地面用于景观绿化。平面设计时,初沉池尺寸通常远小于生物池尺寸,因此二者组合布置中首先确定生物段平面设计,初沉池选择矩形平流沉淀池。本项目占地受限,二沉池需与生物池共建,故放弃传统圆形设计选择矩形沉淀池,矩形平流二沉池表面水力负荷一般设计取值 $< 0.6 \sim 0.8 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,矩形周进周出二沉池表面水力负荷一般设计取值 $1.0 \sim 1.5 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,因此选择矩形周进周出二沉池,分为两组,其长边与生物池一致。预处理单元、生物单元、深度处理单元、污泥处理单元及风机加药间依次排列。预处理单元和污泥处理单元分别靠近污水站东侧及南侧道路,方便栅渣和泥饼外运,总平面布置如图 2 所示。

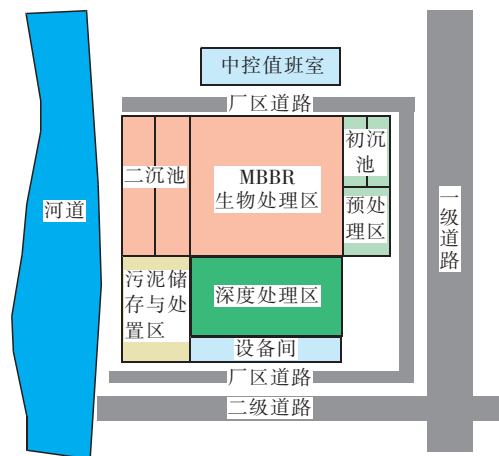


图2 总平面布置

Fig. 2 General arrangement plan of RERS

2.4 除臭、通风设计

整体工艺所产生的不同种类和气量的污染气体,如硫化氢、还原硫化物、氨及 VOC 等需进行收集

处理,收集范围包括格栅渠、提升泵池、初沉池、生物池、二沉池、储泥池、污泥脱水车间,管道均埋地。由于气体对钢制部件腐蚀严重,故所使用的风机和风管钢支架及螺栓等均采用不锈钢或做浸锌处理,除臭风量规模为 $11\,817.6\text{ m}^3/\text{h}$,送至生物滤池处理,气体通过湿润、多孔和充满活性微生物的滤层,利用微生物对气体中的有机物进行吸附、吸收和降解。

当除臭系统检修以及遇突发情况时应开启机械排风系统,排风总功率 14.5 kW 。采用机械送新风,系统由一台新风净化机箱和送新风管道组成。

2.5 主要构筑物及设计参数

2.5.1 格栅渠及旋流沉砂池

选用回转式格栅,粗格栅栅隙 20 mm ,栅宽 800 mm ,栅前水深 1 m ,安装角度 75° 。细格栅栅隙 5 mm ,栅宽 800 mm ,栅前水深 1 m ,安装角度 75° 。旋流沉砂池设备直径 2.2 m ,有效水深 1.1 m ,水力表面负荷为 $70.22\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。

2.5.2 提升泵池及初沉池

提升泵池设计水深 4.25 m ,潜污泵5台,2用(变频)2备(工频)1库备, $Q=125\text{ m}^3/\text{h}$, $H=100\text{ kPa}$ 。初沉池2座,平流式,单座尺寸为 $10.5\text{ m}\times 3.5\text{ m}\times 4.2\text{ m}$,表面水力负荷为 $3.265\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$,配备非金属链条式刮泥机,将初沉池污泥刮入底部集泥斗,再由排泥泵提升至储泥池。

2.5.3 生物池

2座,分为厌氧区、缺氧区、好氧区,有效水深 5 m ,总池容 $2\,688\text{ m}^3$,总停留时间 10.75 h ,其中厌氧 1.26 h 、缺氧 4.45 h 、好氧 5.04 h ,设计污泥浓度为 4 g/L 。

厌氧区设潜水搅拌器2台;缺氧区投加悬浮载体,设置缺氧填料区专用潜水搅拌器6台,单台功率 5.5 kW ,缺氧区进、出水处安装不锈钢拦截筛网以防止填料进入其他区域;好氧区投加悬浮载体,底部安装微孔曝气和穿孔曝气系统,提供溶解氧并保证填料处于流化状态,进、出水安装不锈钢拦截筛网防止填料进入其他区域,考虑到内回流泵对好氧区流态的干扰以及填料对回流泵的影响,在好氧池末端设置内回流脱气井,井内设置硝化液回流泵2台,单台流量为 $312.5\text{ m}^3/\text{h}$,扬程为 8 kPa 。所述悬浮载体,直径为 $(25\pm 0.5)\text{ mm}$ 、高为 $(10\pm 1)\text{ mm}$,挂膜后密度与水接近,可以形成良好的悬浮效果,符合《水处理用高密度聚乙烯悬浮载体填料》(CJ/T

461—2014)标准。

2.5.4 二沉池

设2座周进周出矩形沉淀池,单组规模为 $3\,000\text{ m}^3/\text{d}$,设计尺寸为 $21.40\text{ m}\times 6.90\text{ m}$,配备非金属链条式刮泥机,底部安装静压排泥管,使用套筒阀调节出泥量。

2.5.5 混凝沉淀池

混合区设计尺寸为 $1.2\text{ m}\times 1.3\text{ m}$,有效水深为 3.15 m ,有效容积为 4.9 m^3 ,有效停留时间为 70 s ,混合区设搅拌机一台,功率 3 kW ;絮凝区分2格,每格尺寸为 $2.7\text{ m}\times 3.0\text{ m}$,有效水深 3.5 m ,有效容积 28.35 m^3 ,有效絮凝时间 13.5 min ,设桨叶式慢速搅拌机2台,功率 3 kW ;斜管沉淀池设计尺寸 $7.10\text{ m}\times 3.50\text{ m}$,液面负荷 $5.03\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$,上升流速 1.40 mm/s ;斜管排泥区设计尺寸 $3.10\text{ m}\times 3.70\text{ m}$,潜污泵2套,1用1备, $Q=15\text{ m}^3/\text{h}$, $H=100\text{ kPa}$, $N=1.5\text{ kW}$ 。

2.5.6 滤池及中水提升池

转盘滤池1座,盘片直径 $\varnothing 2\,000\text{ mm}$,共6片,设计尺寸 $8.00\text{ m}\times 7.40\text{ m}$;中水提升区设计尺寸 $4.50\text{ m}\times 3.70\text{ m}$;潜污泵5台,4用(变频)1库备, $Q=62.5\text{ m}^3/\text{h}$, $H=200\text{ kPa}$, $N=7.4\text{ kW}$ 。

2.5.7 炭罐及中水池

活性炭过滤器尺寸为 $\varnothing 2\,820\text{ mm}\times 5\,000\text{ mm}$,流量 $250\text{ m}^3/\text{h}$,设计滤速 10 m/h ,强制滤速 13.33 m/h ,有效过滤面积 25 m^2 ,设置滤罐4台,过滤面积 $6.25\text{ m}^2/\text{台}$;中水池设计尺寸 $14.40\text{ m}\times 3.50\text{ m}$,内设两组潜水泵,分别将中水提升至河道及河道上游,其中潜水泵(提升出水) $Q=125\text{ m}^3/\text{h}$, $H=100\text{ kPa}$, $N=7.5\text{ kW}$,3套,2用(1台变频)1备,潜水泵(上游供水) $Q=45\text{ m}^3/\text{h}$, $H=200\text{ kPa}$, $N=7.5\text{ kW}$,2套,1用1备(1台变频)。

2.5.8 污泥处理单元

污泥脱水间设叠螺脱水机1台,处理量为 150 kgDS/h ,配套三箱式自动泡药机、污泥输送装置一套。

2.5.9 风机及加药间

空气悬浮鼓风机: $Q=28.36\text{ m}^3/\text{min}$, $P=60\text{ kPa}$, $N=45\text{ kW}$;PAC投加系统:固体投加量 185 kg/d ,加药泵1用1备;PAM投加系统:固体投加量 6 kg/d ,加药泵1用1备;碳源投加系统:三水乙酸钠固体投加量 255 kg/d ,加药泵1用1备。次氯酸钠

投加系统:原液(10%)投加量 600 kg/d,溶液配制浓度 1%。

3 运行效果

污水泵站改造施工结束后进入调试期,时值冬季,接种污泥后逐步提升处理水量,调试 30 天后系统进入稳定运行状态,2017 年底达标。出水 COD、BOD₅、SS、氨氮、TN、TP 均值分别为 20.5、3.95、5.7、0.46、12.1、0.16 mg/L,各指标稳定达标。

4 结论

河道生态补给站通过优化平面布局,选用先进的 A²O + MBBR、矩形沉淀池、混凝沉淀池、转盘滤池、活性炭过滤工艺,集约化、地理式设计充分利用有限用地,对周围环境影响小,出水就地回用,实现了经济、社会、生态效益的共赢。运行实践表明,系统处理效果稳定,出水 COD、BOD₅、SS、氨氮、TN、TP 均值分别为 20.5、3.95、5.7、0.46、12.1、0.16 mg/L,出水指标达到准地表Ⅳ类标准。本项目的实施为城市中心区污水处理设施建设及区域水环境综合治理提供了新思路和设计借鉴。

参考文献:

- [1] 徐志嫒,魏红,黄廷林. 污水采用集中或分散处理再生回用的经济比较[J]. 中国给水排水,2007,23(6):79-83.
Xu Zhiqiang, Wei Hong, Huang Tinglin. Economic comparison of centralized and decentralized wastewater reclamation and reuse systems [J]. China Water & Wastewater, 2007, 23(6): 79-83 (in Chinese).
- [2] 王翥田,叶亮,张新彦,等. MBBR 工艺用于无锡芦村污水处理厂的升级改造[J]. 中国给水排水,2010,26(2):71-73.
Wang Zhutian, Ye Liang, Zhang Xinyan, et al. Application of MBBR process to upgrading and reconstruction of WWTP[J]. China Water & Wastewater, 2010, 26(2): 71-73 (in Chinese).
- [3] 杨学贵,肖晓文,孙雁,等. 昆明第四水质净化厂 MBR

工艺 7 年运行实践分析[J]. 中国给水排水,2017,33(14):121-127.

Yang Xuegui, Xiao Xiaowen, Sun Yan, et al. Analysis of MBR of 7 years practical operation in the Fourth Wastewater Purification Plant of Kunming[J]. China Water & Wastewater, 2017, 33(14): 121-127 (in Chinese).

- [4] 龚希博,李翠梅,陈长林,等. 高密度沉淀池/转盘滤池用于污水厂的提标改造[J]. 中国给水排水,2014,30(23):61-64.

Gong Xibo, Li Cuimei, Chen Changlin, et al. Application of Densadeg and rotary filter to upgrading and reconstruction of wastewater treatment plant[J]. China Water & Wastewater, 2014, 30(23): 61-64 (in Chinese).

- [5] 孙喜鹏,江奇志,李强. 叠螺脱水机与离心脱水机在污泥处理中的应用比较[J]. 工业用水与废水,2012,43(6):73-76.

Sun Xipeng, Jiang Qizhi, Li Qiang. Comparison between fold screw dewatering machine and centrifugal dehydrator applied for oily sludge treatment[J]. Industrial Water & Wastewater, 2012, 43(6): 73-76 (in Chinese).



作者简介:郑临奥(1992-),男,山东淄博人,硕士,主要从事水处理工艺设计与调试运行工作。

E-mail: hitwudi@126.com

收稿日期:2018-06-25