

北京市垡头污水处理厂改扩建工程设计技术方案

邱明海

(上海市市政工程设计研究总院 <集团> 有限公司, 上海 200092)

摘要: 根据《北京市加快污水处理和再生水利用设施建设三年行动方案(2016—2019)》要求,垡头污水处理厂改扩建工程属于北京市中心城区批准立项建设的 11 项污水处理项目之一。该污水处理厂现状规模为 $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 采用 CASS 工艺, 占地为 1.3 hm^2 。改扩建工程要求在不新征、不停水情况下, 处理规模扩建至 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 出水水质由目前的《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 一级 B 标准提高到北京市《城镇污水处理厂水污染物排放标准》(DB 11/890—2012) B 级标准。这些要求为技术方案设计带来非常大的挑战, 因此工程设计技术方案中应贯彻优化工艺、立体布局、分阶段实施的原则。通过论证, 形成了采用 MBR 工艺及构(建)筑物之间层叠或镶嵌布局并分三个阶段实施的方案, 以满足增大处理水量、提高出水水质、节省用地、运行中不停水的目标。

关键词: 污水处理厂; 立体布局; 分阶段实施

中图分类号: TU992.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2018)20-0013-04

Reconstruction and Expansion Design Technical Plan of Beijing Fatou Wastewater Treatment Plant

QIU Ming-hai

(Shanghai Municipal Engineering Design Institute <Group> Co. Ltd., Shanghai 200092, China)

Abstract: According to the requirements of the “Three-year Action Plan for Accelerating the Construction of Wastewater Treatment and Reclaimed Water Utilization Facilities in Beijing (2016 – 2019)”, the expansion project of Fatou Wastewater Treatment Plant (FWTP) has been approved for the construction, which belongs to one of the 11 wastewater treatment projects of the central city of Beijing. The current treatment capacity of the FWTP is $20\,000 \text{ m}^3/\text{d}$, and the CASS process is adopted with area coverage of 1.3 hm^2 . The reconstruction and expansion project is required to reach the treatment capacity of $100\,000 \text{ m}^3/\text{d}$ without new land acquisition or no water stoppage. The effluent water quality will be improved from the current first level B criteria of *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB 18918 – 2002) to Beijing local standard grade B of *Discharge Standard of Water Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plants* (DB 11/890 – 2012). These requirements bring great challenges to the design of technical plan. Therefore, the principles of optimizing process, three-dimensional layout and phased implementation should be implemented in the project design technical solution. Through the demonstration, a scheme was formed, which adopted the MBR process to construct the stacking or superimposing layout between structures (buildings), and was implemented them in three stages to meet the requirements of increasing the quantity of treated water, improving the effluent quality, saving land, and not stopping the water during operation.

Key words: wastewater treatment plant; three-dimension layout; phased implementation

1 工程概况

堡头污水处理厂位于京津高速公路第二通道与通惠排干相交处的西北角,设计规模为 $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级 B 标准^[1],目前运行正常。现状污水厂占地约 1.3 hm^2 ,平面布置分南北二个区域,北侧为 CASS 反应池和厂前区,南侧为预处理区和污泥脱水区。工艺流程为厂外污水经粗格栅、进水泵房提升后进入细格栅、旋流沉砂池,再到

CASS 生物反应池,经加氯消毒后排出。污泥经带式浓缩脱水一体机后至含水率 80% 后外运处置。

随着城市规模的扩大及经济的发展,服务范围内污水量增长较快。根据服务流域内水量监测数据及周边地块发展趋势,要求近期堡头污水处理厂在用地面积不变、不停水运行条件下,处理水量达到 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ (为目前设计规模的 5 倍),出水执行更严格的北京市《城镇污水处理厂水污染物排放标准》(DB 11/890—2012)B 级标准(主要水质指标见表 1)。

表 1 设计进、出水水质

Tab. 1 Design influent and effluent quality

项 目	COD/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	BOD ₅ / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	SS/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	TN/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	NH ₃ - N/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	TP/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	色度/倍
进水水质	450	200	220	60	35	6	
现状出水水质	60	20	20	20	8 (15)	1.5	30
改扩建后出水水质	≤30	≤6	≤5	≤15	≤1.5 (2.5)	≤0.3	≤15

注: 12 月 1 日—3 月 31 日执行括号内的排放值。

这些要求给技术方案设计带来巨大挑战,因此在设计中需要贯彻以下三方面的原则:①采用强化高效节地型处理工艺;②紧凑的空间立体布局;③应分阶段实施。

2 强化高效节地型处理工艺比选

该工程进水 TN 和 TP 较高,必须采用具有生物脱氮除磷功能的污水处理工艺。但是出水水质要达到北京地标 B 级排放标准,在二级生物处理的基础

上,还要增加深度处理工艺。常见二级生物脱氮除磷工艺有 A²/O、氧化沟、SBR、BAF、HYBAS 和 MBR 工艺等,每种工艺各有特点,在国内外均有很多工程案例,但在基建投资、运行成本、占地、运行管理等方面存在一定的差异(见表 2)。具体到工程项目,污水处理工艺的选择还应充分考虑技术的可行性、经济的合理性,以及处理重点的针对性、对污水水质水量的适应性、用地和运行的稳定性等多种因素。

表 2 各处理工艺系列特点比较

Tab. 2 Comparison of characteristics for various treatment process

项 目	A ² /O 工艺	氧化沟工艺	SBR 工艺	BAF 工艺	HYBAS 工艺	MBR 工艺
氮处理效果	好	较好	较好	最好	好	好
磷处理效果	好	好	好	一般	好	一般
运行可靠性	好	好	好	好	好	好
工艺可控性	好	一般	一般	较好	较好	较好
抗冲击负荷能力	较好	最好	好	较好	好	好
操作管理	方便	方便	复杂	最复杂	较好	复杂
设备数量	一般	较少	较少	较多	较多	较多
构筑物占地	较小	较大	较小	小	较小	最小
基建投资	一般	较大	一般	一般	一般	最小
运行费用	一般	较高	较高	一般	较高	最高
对自控要求	一般	较低	高	高	一般	高
工程实例	最多	多	较多	一般	一般	少
规模适用性	大、中、小型	中、小型	中、小型	大、中、小型	大、中、小型	中、小型
综合评价	好	较好	较好	较好	好	好

其中 MBR 工艺通过使用中空纤维膜过滤替代二沉池,通过膜的高效分离作用,在减少占地面积的

情况下,大大提高了固液分离性能,使活性污泥不随出水流失,在生化池中形成高污泥浓度。生化池中

活性污泥浓度的增大和污泥中优势菌的出现,提高了生化反应速率,增强了生化池抗冲击负荷的能力,而且大大减少了所需的曝气池容积。池容积的缩小又相应大比例降低了生化系统的土建投资费用和占地面积。膜表面孔径为 $0.1 \sim 0.4 \mu\text{m}$,能够高效地进行固液分离,膜出水悬浮物和浊度接近于零。与传统工艺相比省去了二沉池后的过滤工艺,进一步减少了占地面积。同时 MBR 工艺能大大减少剩余污泥的产量,基本解决了传统生物法存在的剩余污泥产量大、占地面积大、运行效率低等突出问题。

因此本工程结合进水水质浓度高、出水水质要求高且用地紧张的特点,选择处理效果好、占地面积小的 $A^2/O + \text{MBR}$ 组合工艺,并将其分为 1 个 $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 和 2 个 $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的流程系列。

为满足河道景观水体水质要求(出水余氯 $\geq 0.05 \text{ mg/L}$),同时兼顾色度和粪大肠杆菌数指标满足排放要求,拟采用“ NaClO 消毒 + 辅助臭氧脱色”工艺作为本工程的深度处理消毒方案。

根据以上讨论,改扩建后的工艺流程见图 1。

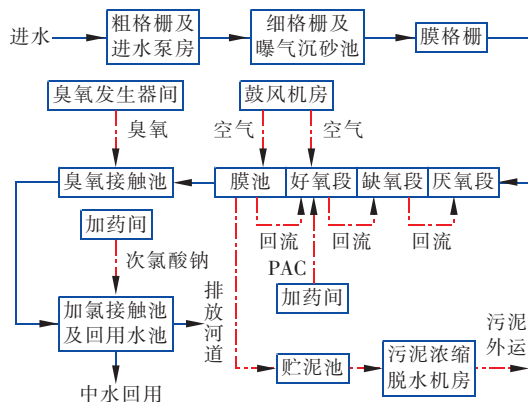


图1 改扩建后污水处理工艺流程

Fig. 1 Schematic diagram of wastewater treatment process for reconstruction and expansion project

3 空间立体布局

根据《城市污水处理工程项目建设标准》, $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的污水处理厂属于 II 类污水处理工程,含深度处理时用地指标为 $0.6 \sim 0.8 \text{ m}^2/(\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1})$ 。据此测算,本工程合理用地面积应为 8 hm^2 ,而本工程建设用地仅为 1.3 hm^2 ,用地极为紧张,根据改扩建工程不增加建设用地的要求,建(构)筑物拟采用地下及地上叠加布置形式,反应池位于地下层,部分建(构)筑物布置于池体上方。主要构筑物采用一体化形式布置。其中 $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 流程系列中,预

处理构筑物细格栅及曝气沉砂池镶嵌在 MBR 生物反应池上(见图 2);膜池嵌套于生物反应池上(见图 3)。2 个 $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 系列中,膜池镶嵌在生物反应池上。综合办公楼、配电间、臭氧发生器间层叠布置在 2 个 $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的 MBR 反应池上;臭氧接触池布置在脱水机房下部。

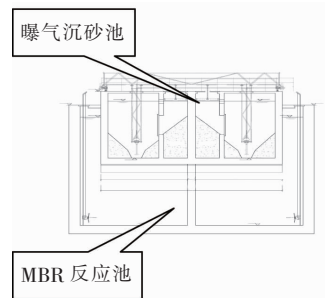


图2 曝气沉砂池镶嵌在 MBR 反应池中

Fig. 2 Aerated grit chamber fitted in MBR aeration tank

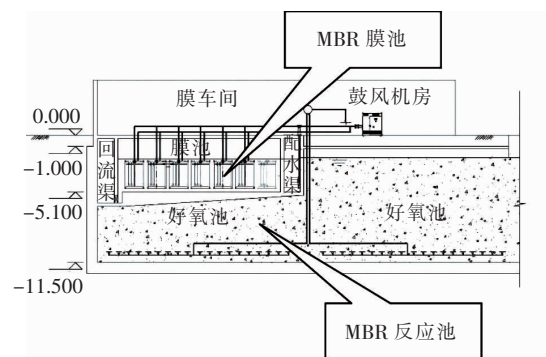


图3 膜池镶嵌在 MBR 反应池中

Fig. 3 Membrane filtration tank fitted in MBR aeration tank

4 分阶段实施方案

本工程要求改扩建工程建设过程中不停产,且运行期间的出水水质不低于现状标准。临时设施可以占用污水厂厂外周边用地,实施过程中系统转换允许有短时间停产。这就需要设计时妥善安排好分步建设时序,将临时处理设施与厂内设施合理衔接,在分步拆建过程中保证设施的正常运转。根据现场实际情况,工程建设拟分三个阶段。

一阶段先实施 $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 全流程构筑物,保证现状进厂污水达标排放;现状污水厂南侧的粗格栅、进水泵房、细格栅及沉砂池和污泥脱水设施在扩建时需拆迁,故在厂区东南侧围墙外临时借地 (888 m^2 的农田),首先建成临时一体化提升泵房及临时脱水措施,然后实施 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 预处理设施和 $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$

d 的 MBR 生化处理设施,建设期间原 CASS 生物反应池正常运行(平面布置如图 4 所示)。

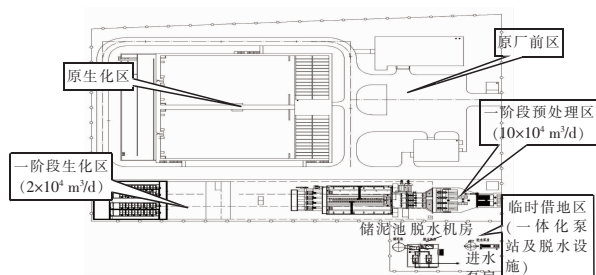


图4 堡头污水处理厂一阶段平面布置

Fig.4 Plane layout of Fatou WWTP at stage I

二阶段将拆除北部的 CASS 反应池和厂前区,建设 2 个扩建规模为 $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的全流程构筑物。在一阶段全流程构筑物全部正常运行后,现状进厂污水经 MBR 工艺处理后可达标排放,再拆除原 CASS 反应池和厂前区办公楼,实施 2 个 $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 扩建构筑物,如图 5 所示。

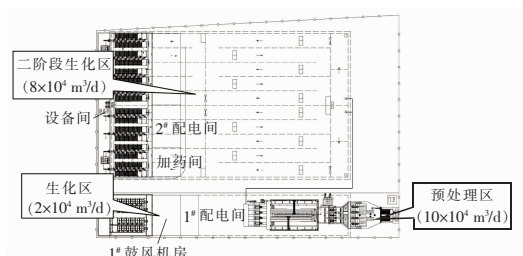


图5 堡头污水处理厂二阶段平面布置

Fig.5 Plane layout of Fatou WWTP at stage II

三阶段在池体上建设厂前区办公楼、全厂区脱水设施及消毒设施等。三阶段在厂区的东北角实施污泥处理及消毒系统,最终实施池顶上部的办公楼、配电间和厂前区。完工后厂区的总平面布置见图 6。

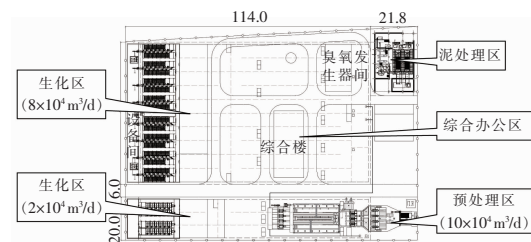


图6 堡头污水处理厂总平面布置

Fig.6 General layout of Fatou WWTP

5 结语

为使污水处理厂改扩建工程中达到不新征地、不停水,且提高处理水量、满足水质标准的要求,需要贯彻优化工艺、立体布局、分阶段实施的原则,通过论证,形成了采用 MBR 工艺,构(建)筑物之间层叠或镶嵌布局并分三个阶段实施的方案。此外为了体现环保、节能、绿色的理念,本工程反应池采用地埋式,顶部覆土 1.5 m,除层叠布置构筑物外,屋顶、地面道路、停车场、步道需融入海绵城市设计理念,如屋顶绿化、透水道路、生态停车场、下沉式绿地、生态雨水沟等,使雨水利用率达到 60%。

由于场地小,构(建)筑物之间镶嵌或层叠,为方便运行,需要精心计算和设计,精心组织施工和运行管理。若反应池位于地下,反应池中的回流泵、搅拌机、曝气器的观察孔、操作孔、检修孔及放空井布置既要考虑方便操作,又不能与地面构(建)筑物冲突,平面布置要求的精度较高。

参考文献:

- [1] GB 18918—2002, 城镇污水处理厂污染物排放标准[S]. 北京:中国环境科学出版社,2002.
GB 18918 - 2002, Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant[S]. Beijing:China Environmental Science Press,2002(in Chinese).



作者简介:邱明海(1970—),男,河北邯郸人,大学本科,高级工程师,上海市政院第四设计院副院长,从事污水处理设计工作。

E-mail:qiuminghai@smedi.com

收稿日期:2018-07-26