

# 高出水标准下北京门头沟地下式再生水厂的设计

刘议安, 冯凌溪, 王平, 冯凯

(北京市市政工程设计研究总院有限公司, 北京 100082)

**摘要:** 结合北京门头沟区第二再生水厂工程,探讨了在出水水质标准高、用地受限制、环境要求高等约束条件下再生水厂的设计。该再生水厂采用  $A^2O - AO/MBR +$  臭氧催化氧化工艺,为地下集约式布置,将主要处理构筑物置于地下一、二层,地面为生态活水景观公园,项目运行后,出水水质稳定达到北京市地方标准《城镇污水处理厂水污染物排放标准》(DB 11/890—2012)中的 A 标准,社会、环境效益明显。

**关键词:** 再生水处理厂; 地下式;  $A^2O - AO/MBR$ ; 臭氧催化氧化

**中图分类号:** TU992.3 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)02-0073-04

## Design of Beijing Mentougou Underground Reclaimed Water Plant with High Effluent Quality Requirement

LIU Yi-an, FENG Ling-xi, WANG Ping, FENG Kai

(Beijing General Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Beijing 100082, China)

**Abstract:** Based on the Mentougou Underground Second Reclaimed Water Plant in Beijing, the design of reclaimed water plant with high requirements of effluent quality, limited land and environmental permission was discussed. The combined process of  $A^2O - AO/MBR +$  catalytic ozonation was applied with underground group layout. The main structures located on basement 1 and 2, while the ecological water landscape was built on the ground. After the project runs, the effluent quality meets the A criteria specified in the Beijing Discharge Standard of Water Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plants (DB 11/890-2012). Social and environmental benefits are obvious.

**Key words:** reclaimed water plant; underground;  $A^2O - AO/MBR$ ; catalytic ozonation

### 1 项目概况

门头沟区第二再生水厂东侧为永定河(Ⅱ、Ⅲ类水质水体),对排放水质要求较高;北侧为某生活小区,环境敏感度高;南侧、西侧分别为莲石路、西苑路;厂区周边土地已开发利用,能利用的土地资源紧缺;因此需将该厂建成一个出水水质好、环境友好型、节约占地的地下式再生水厂。项目占地为  $5.7 \text{ hm}^2$  (地下占地为  $2.56 \text{ hm}^2$ ),设计规模为  $8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。厂区按竖向分为地面层(生态活水景观公园)及负一层(检修操作层)、负二层(水处理构筑物层),再生水厂鸟瞰图见图1。



图1 门头沟第二再生水厂鸟瞰

Fig. 1 Aerial view of Mentougou Second Reclaimed Water Plant

2 设计进、出水水质及工艺流程

再生水厂设计进、出水水质如表 1 所示。其中设计出水水质执行北京市地方标准《城镇污水处理厂水污染物排放标准》(DB 11/890—2012) 中的 A 标准。

表 1 设计进、出水水质

Tab. 1 Design influent and effluent quality

mg · L <sup>-1</sup>						
项目	BOD <sub>5</sub>	COD	SS	TN	NH <sub>3</sub> - N	TP
进水	350	600	240	70	45	8
出水	4	20	5	10	1.0	0.2

由于进水水质浓度高,且出水要求严格,故采用 MBR + 臭氧催化氧化工艺,污泥处理采用离心浓缩脱水,除臭采用生物除臭处理。具体工艺流程如图 2 所示。各单元工艺设计见表 2。

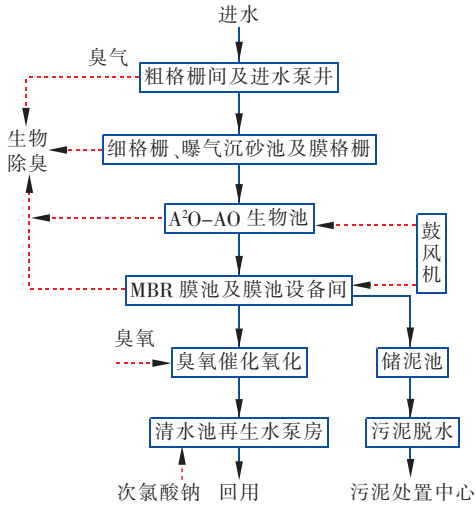


图 2 再生水厂工艺流程

Fig. 2 Flow chart of reclaimed water plant

表 2 各处理单元设计参数

Tab. 2 Design parameters of each unit

项 目		尺寸/ (m × m × m)	数量	工艺设计参数
预处理单元	粗格栅	13.1 × 5.9 × 9.5	1 座	抓爪式格栅除污机 1 套, 格栅间隙 40 mm; 回转式格栅除污机 3 台, 格栅间隙 10 mm; 单渠宽 1.5 m
	进水泵房	15.7 × 11.2 × 12	1 座	潜污泵 4 台, 流量为 1 500 m <sup>3</sup> /h, 扬程为 70 kPa
	细格栅	10.7 × 8.9 × 3	1 座	孔径为 4 mm 的网板式格栅 3 台, 单渠宽 1.3 m
	曝气沉砂池	31.5 × 4.5 × 5.45	1 座	曝气沉砂池最大停留时间为 8.4 min
	膜格栅	11.7 × 8.8 × 3.5	1 座	孔径为 1 mm 的网板式格栅 4 台, 单渠宽 1.5 m
二级处理单元	生物池	78.1 × 60.5 × 8	2 座	由厌氧、第一缺氧、第一好氧、第二缺氧、第二好氧池组成, 水力停留时间为 18 h。污泥负荷为 0.098 kgBOD <sub>5</sub> /(kgMLSS · d), 缺氧池至厌氧池回流比 100%, 好氧池至缺氧池回流比 300%
	MBR 膜池	17.6 × 4.9 × 4.7	16 格	共 48 个膜箱, 膜通量为 18.3 L/(m <sup>2</sup> · h)
深度处理单元	臭氧催化氧化池	单格 7.2 × 7.2 × 6.95	12 格	接触时间 30 min, 设计滤速为 5.4 m/h, 采用气、水联合冲洗, 气冲洗强度为 15 L/(m <sup>2</sup> · s), 水冲洗强度为 12 L/(m <sup>2</sup> · s)。反冲洗泵 2 台, 单台流量为 1 120 m <sup>3</sup> /h, 扬程为 150 kPa; 罗茨鼓风机 3 台, 单台风量 225 m <sup>3</sup> /min, P = 45 kPa
再生水回用单元	清水池	29.5 × 23.1 × 7.1	2 座	调蓄时间为 2.58 h
	再生水泵房	39.4 × 13.8 × 7.8	1 座	配水泵 4 台, 单台流量为 1 445 m <sup>3</sup> /h, 扬程为 450 kPa; 自用水水泵 3 台, 单台流量为 200 m <sup>3</sup> /h, 扬程为 690 kPa
污泥处理单元	储泥池	7.2 × 7.2 × 3.6	2 格	潜水搅拌机 2 台
	脱水机房		1 座	浓缩离心脱水机 3 台, 单台能力为 80 m <sup>3</sup> /h, 固体负荷为 600 kgDS/h
	污泥转运间		1 座	泥料仓 2 个, 单格 V = 80 m <sup>3</sup>
生物除臭单元	置于地下一层生物池盖板上			预处理系统设置 1 套除臭设备, 处理能力为 2.7 × 10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> /h; 生物池系统设置 4 套除臭设备, 单套处理能力为 1.8 × 10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> /h; MBR 膜池系统设置 2 套除臭设备, 单套处理能力 1.5 × 10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> /h; 污泥脱水系统设置 1 套除臭设备, 处理能力 3 × 10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> /h

3 运行调试预处理效果

再生水厂自 2017 年 6 月投入运行, 各项指标均稳定达到设计要求, 近 3 个月进、出水水质见表 3。

可见, 虽然进水水质波动较大, 但出水水质均能达到北京市地方标准《城镇污水处理厂水污染物排放标准》(DB 11/890—2012) 的 A 标准。

表 3 2017 年 6 月—9 月进、出水水质  
Tab. 3 Influent and effluent quality from Jun. to Sep. 2017  
mg · L<sup>-1</sup>

项 目		平均值	最大值	最小值
BOD <sub>5</sub>	进水	195.6	311.3	116.4
	出水	2.6	3.2	1.9
COD	进水	304.8	551	216
	出水	15.8	18.5	13
氨氮	进水	46.7	51.2	43
	出水	0.19	0.34	0.11
TN	进水	49.8	56.5	46.4
	出水	8.4	9.5	7.1
TP	进水	5.8	7.5	5.4
	出水	0.15	0.17	0.11

注: 出水为 MBR 出水, 未经臭氧催化氧化池处理。

4 设计特点

4.1 A<sup>2</sup>O - AO/MBR 工艺

由于对出水水质要求较高,特别是对 TN 要求严格,为使出水 TN ≤ 10 mg/L,在 A<sup>2</sup>O 工艺后增设 AO 段,形成 A<sup>2</sup>O - AO/MBR 工艺(见图 3)。

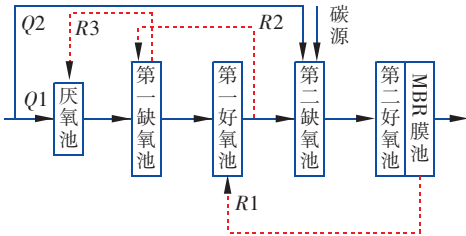


图 3 A<sup>2</sup>O - AO/MBR 工艺流程

Fig. 3 Flow chart of A<sup>2</sup>O - AO/MBR process

该工艺设三处回流,一是 MBR 膜池回流到第一好氧池,用于维持生化段的生物量<sup>[1]</sup>,也充分利用 MBR 膜池的溶解氧;二是第一好氧池回流第一缺氧池,用于硝化液回流脱氮;三是第一缺氧池回流到厌氧池,为污泥释磷提供最佳条件。同时采用二点进水,可根据进水水质的变化调整运行方式,从而加强了工艺运行的灵活性。大部分进水进入厌氧区,在此同第一缺氧池回流污泥充分混合,用以完全去除回流污泥中硝酸盐氮,并为嗜磷菌提供充分碳源,以确保嗜磷菌充分释磷,同时为反硝化反应提供充足碳源,以达到强化生物脱氮除磷目的;少部分进水进入第二缺氧区,充分利用原水中的碳源,减少外加碳源的投加量。

由表 3 的运行数据可以看出该套处理系统具有

较高的去除效率,且对水质变化适应力强并具有较高的耐冲击负荷能力。

4.2 臭氧催化氧化工艺

为达到出水 COD ≤ 20 mg/L 标准,在 MBR 膜池后增设臭氧催化氧化池。

4.3 全地下集约化设计及功能分区的优化

总体布局采用集约化设计,为节省占地,采取如下措施:①竖向分为地面层、负一层、负二层,充分利用立体空间;②各处理构筑物设计为矩形,减少了构筑物间相互连接的空间;③采用 MBR 膜池代替传统二沉池,节省占地;④增加有效水深,节省用地。

再生水厂功能分区明确:将防火等级要求较高的甲醇投加车间、臭氧制备车间以及总变电室、综合楼设置于地面层,其余设置于地下层。

负一层为操作检修层,层高为 6 ~ 7 m,长为 200 m,宽为 128 m,分为四个区,一区包含预处理单元、污泥脱水单元等;二区包含生物处理间单元、生物除臭单元;三区包含 MBR 膜池及设备单元等;四区包含深度处理单元、再生水回用单元等。四个分区中间为车行道,在车道东、西两侧设两个出入口,每个区域均与中间的车道顺接。

负二层主要为污水处理构筑物及管廊,占地面积约为 18 000 m<sup>2</sup>,处理构筑物主要有生物池、MBR 膜池。处理构筑物之间为管廊,管廊高为 5.3 m,池体间的连接管道、通风管道、电缆都铺设在管廊中。

4.4 环境保护设计的优化

为彻底解决污水厂气味、噪声等对厂区周边环境的影响,地面层进行活水景观绿化公园的建设;对地下层的构筑物及设备所产生的臭气进行生物除臭处理。

具体措施:①将预处理、生物池、MBR 膜池、脱水系统等构筑物及设备进行密闭处理,以减少异味散发;②鉴于全过程不可能做到绝对全封闭,对密闭构筑物空间和设备进行臭气抽吸,使之处于微负压状态;③对收集的臭气进行集中生物除臭处理,处理达标后的气体经一座景观排气装置排出。除臭设备集中设置于负一层生物池混凝土盖板上。

地面层绿化的设计按现代园林景观考虑。合理利用各分区高差,做到高低结合、点面结合,与建筑物、广场、道路协调搭配。同时根据构筑物和道路的几何形状,考虑防尘、防晒及隔音的不同防护要求,

(下转第 90 页)