

# 某大型地下式污水厂总体布置及工艺设计

刘世德<sup>1</sup> 李岚<sup>1</sup> 王泽明<sup>1</sup> 刘茜<sup>2</sup>

1 中国市政工程华北设计研究总院有限公司 2 天津市市政工程设计研究总院

DOI:10.12238/jpm.v2i2.3841

**[摘要]** 某大型污水处理厂设计规模30x104m<sup>3</sup>/d,出水执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)中的一级A排放标准。项目主体工艺采用AAO+深床滤池的工艺组合。污水厂规划厂址周边为居民区、医院等环境敏感区,故项目采用半地下式的布置形式。通过合理的工艺设计及平面、竖向布置,达到了良好的运行和景观效果。

**[关键词]** 地下式污水厂; 一级A标准; 景观; 深床滤池

**中图分类号:** TU-026 **文献标识码:** A

## Design of a Underground Wastewater Treatment Plant

Shide Liu<sup>1</sup>, Lan Li<sup>1</sup>, Zeming Wang<sup>1</sup>, Qian Liu<sup>2</sup>

1 North China Municipal Engineering Co., Ltd 2 Tianjin Municipal Engineering Design and Research Institute

**[Abstract]** The design scale of a large wastewater treatment plant in zhejiang province is 30x104m<sup>3</sup>/d, and the effluent is implemented according to the discharge standard of pollutants in urban wastewater treatment plant (GB18918-2002). The main process of the project adopts the combination of AAO+ deep bed filter. The planning site of sewage plant is surrounded by residential areas, hospitals and other environmentally sensitive areas, so the project adopts semi-underground layout. Through reasonable technological design and plane、vertical layout, good operation and landscape effect have been achieved.

**[key words]** underground sewage plant; Class A standard; Landscape; Deep bed filter

## 引言

近年来,地下(半地下)污水处理厂发展迅速,目前国内已建及建成的地下(半地下)污水处理厂总处理规模已经超过1600m<sup>3</sup>/d。地下(半地下)污水处理厂将绝大部分工艺处理单元组团布置并置于地下或半地下,客观上节约了占地并较大程度的克服了邻避效应。但该种布置方式在国内发展时间较短,建设经验不足,在工艺选择、总体布局及主处理单元内部设计布置等方面尚需进一步探讨,本文以国内某大规模半地下污水处理厂为例,综合其工艺方案、设计参数、布置方案以及运行情况和整体效果,为今后地下式污水处理厂的发展和建设提供一定参考。

### 1 项目概述

浙江省某大型污水处理厂设计规模30x104m<sup>3</sup>/d,出水执行《城镇污水处理厂

表1 项目进出水水质及去除率

水质指标	CODcr	BOD5	SS	NH3-N	TN	TP
进水水质 (mg/l)	400	150	160	40	50	5
出水水质 (mg/l)	≤50	≤10	≤10	≤5(8)	≤15	≤0.5
污染物去除效率	≥87.5	≥93.3	≥93.8	≥87.5(80.0)	≥70	≥90.0

污染物排放标准》(GB18918-2002)中的一级A排放标准。项目主体工艺采用AAO+深床滤池的工艺组合。污水厂规划厂址周边为居民区、医院等环境敏感区,故项目采用半地下式的布置形式。现将项目的工艺设计及总体布置方案详述如下。

### 2 水质分析及工艺方案选择

#### 2.1 进出水水质

项目主要污染物进出水数值如上表所示:

#### 2.2 水质分析及方案选择

按照上述进出水水质及国内已运行的污水处理厂情况来看,本次工艺路线

的选择应以COD、SS和TN指标作为重点的考虑因素;对于TN的去除,为减小深度处理对碳源的消耗,尽量提高二级生物处理的脱氮效率,选择高效率的生物脱氮除磷工艺;TP在二级生物处理充分考虑生物除磷的前提下,以化学除磷作为辅助除磷措施和保障措施。同时,考虑本项目采用地下式的布置形式,故工艺的选择应满足项目布置形式的需求。

按照上述要求,本项目采用AAO+深床滤池为主体的工艺。除臭采用以除臭生物滤池为主体的工艺。项目工艺流程如下:

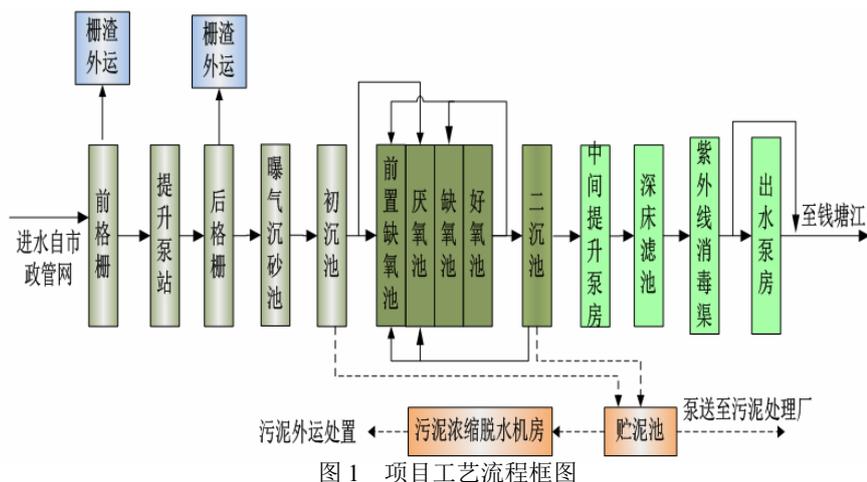


图1 项目工艺流程框图

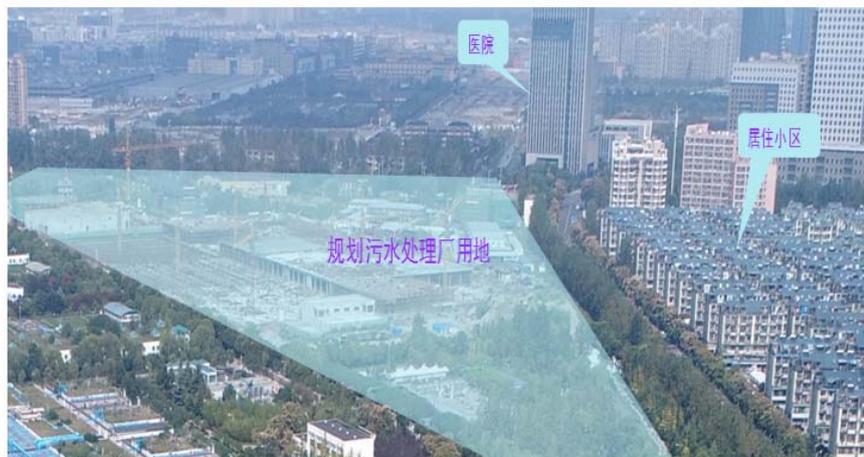


图2 项目规划选址位置及周边情况

### 3 工艺设计

#### 3.1 主要处理单元分组情况

本工程污水处理设计规模为 $30 \times 104 \text{ m}^3/\text{d}$ , 主处理构筑物-初沉池、生物池、二沉池、深床滤池等分为两个处理单元, 每个处理单元 $15 \times 104 \text{ m}^3/\text{d}$ 。其中初沉池的每个处理单元又分为8池, 生物池的每个处理单元分为2池, 二沉池的每个处理单元分为12池。深床滤池每个单元分为10池。每池及每个处理单元之间既能单独运行又能互相联通, 运行过程中可保证灵活的配置。其余构筑物均按照设备的单元选择多组设备, 保证每组设备可以单独运行并充分考虑设备检修及其他意外事故的影响。

#### 3.2 主要处理单元及设计参数

(1) 粗格栅。设置6条渠道, 渠道宽度为2600mm。选用回转式固液分离机, 栅条间隙为10mm。过栅流速为 $0.7 \text{ m/s}$ , 栅前水深为2米。

(2) 细格栅。设置8条渠道, 渠道深度

为2700mm。选用网板式格栅, 穿孔孔径为3mm。设计过孔流速 $\leq 0.84 \text{ m/s}$  (50%堵塞率时)。

(3) 曝气沉砂池。共设置2座, 8格; 单座尺寸:  $L \times B \times H$ 总=36.2m $\times$ 19m $\times$ 4.35m; 停留时间:  $t=7.55 \text{ min}$

考虑地下污水厂的除臭要求, 采用可全封闭的链条式刮砂机。共8台。

(4) 初沉池。采用矩形周进周出沉淀池, 共设置16组, 单池尺寸:  $L \times B \times H$ 总=38.6m $\times$ 7.5m $\times$ 4.8m; 表面负荷:  $q_{\text{max}}=3.6 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$ ; 沉淀时间: 1.1h; 初沉污泥含水率: 97%, BOD去除率: 20%。

(5) 生物池。生物处理段采用多模式运行的AAO工艺, 可根据进出水水质情况灵活调节运行模式, 操作灵活, 可控性强。通过适当调整, 生物池可以分别按照常规AAO工艺、A+AAO工艺、倒置AAO工艺和脱氮AO工艺运行, 保证出水水质和运行的稳定性可靠性。

设计生物池共分为四池, 总有效池

容:  $V_{\text{总}}=195300 \text{ m}^3$ , 有效水深:  $H=7.5 \text{ m}$ , 总泥龄:  $\text{SRT}=15 \text{ d}$ , 污泥负荷:  $\text{LSS}=0.11 \text{ kg BOD}/\text{kg MLSS} \cdot \text{d}$ , 产泥率:  $Y=0.60 \text{ kg SS}/\text{kg BOD}$ , 最大内回流比: 250%, 最大外回流比: 100%, 平均流量下停留时间:  $T=15.60 \text{ hr}$ , 混合液悬浮固体浓度:  $\text{MLSS}=3500 \text{ mg/L}$ , 采用气水比: 4.9。

(6) 二沉池。考虑地下污水厂的总体布置, 二沉池采用矩形周进周出沉淀池。设计共采用24池, 单池尺寸 $L \times B=65 \text{ m} \times 8 \times 6.6 \text{ m}$ , 最大流量表面负荷:  $q=1.30 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ 。

(7) 深床滤池。共分为20格, 单格尺寸:  $L \times B=24.4 \times 4.1 \text{ m}$ , 设计滤速:  $8.12 \text{ m/h}$ , 反冲洗方式: 空气和水反冲洗并伴有表面扫洗, 反冲洗强度: 气洗 $91 \text{ m}^3/\text{h}$ , 水洗 $14.7 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

(8) 紫外线消毒渠。共共1座, 3条渠道, 单条渠道尺寸:  $L \times B \times H=13.9 \text{ m} \times 1.9 \text{ m} \times 2.5 \text{ m}$ , 设计紫外线透射率 $>45\%$ , 所需紫外剂量大于 $20 \text{ mJ}/\text{cm}^2$ 。

(9) 加药间。PAC加药采用液态投加, 投加浓度10%, 设计投加量 $68.4 \text{ mg/L}$ 。乙酸钠采用20%浓度液态投加, 投加量 $81 \text{ mg/L}$  (纯)。

(10) 污泥处理车间。设计干泥量 $G=63076 \text{ kg/d}$ , 采用离心浓缩脱水一体机。共8台, 单台处理量 $Q=70 \text{ m}^3/\text{h}$ 。处理后的污泥达到80%含水率后排统一处置。

### 4 项目总体布置方案

#### 4.1 项目总体布置方案

本项目总体布置方案的选择主要考虑项目的周边环境情况。

按照图2所示: 项目规划厂址与周边居民区仅隔一条马路, 根据市政府相关文件指示, 本项目的建设需充分考虑周边的环境特点, 以“绿色生态、服务周边”为主旨, 力争将项目打造成为一个“环保教育基地”和“休闲娱乐公园”。故本项目采用地下式的布置形式。

##### 4.1.1 地下、半地下式方案的选择

##### 4.2 地下、半地下方案确定

按照地下式污水处理厂的竖向标高与室外地坪的相对关系, 国内地下式污水处理厂一般分为全地下式和半地下式两种。其竖向标高及与地坪标高关系如图3、图4<sup>[1 2]</sup>。

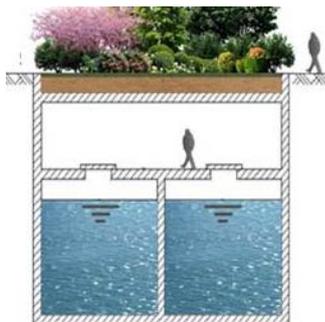


图3 全地下污水厂形式

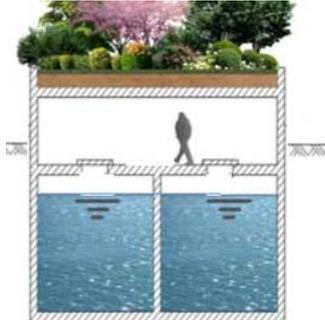


图4 半地下污水厂形式

全地下污水厂建构筑物均埋设于地下,顶部做景观公园,半地下式污水厂操作层部分露出地面,顶部景观公园与厂区地坪之间有一定高差。

考虑半地下式部分露出地面,可实现一定的自然采光、通风,操作层室内环境较好,且有利于设备进出,可实现更好的操作管理。同时,由于其埋设深度较浅,室内外高差较低,故运行安全风险大大降低,消防实施难度也更低,故本项目采用半地下式的布置方式。

4.2.1 工艺单元布置方案

现状国内地下式污水厂均把二级处理工艺布置在地下,其余处理单元采取的布置形式则各不相同。

部分地下式污水厂将预处理单元置于地上以降低运行安全性、也有地下式污水厂将深度处理单元等置于地上以减少投资并降低运行难度,也有地下式污水厂将脱水机房、鼓风机房等置于地上以降低设备安装、检修难度。但将上述单元置于地上也会造成一定负面问题,如预处理单元有一定的噪声和臭气等污染,其余处理单元也会对地上部分的整体效果产生一定的影响。<sup>[3 4]</sup>

地下污水厂工艺单元的布置位置应与项目定位及景观设计紧密结合。根据

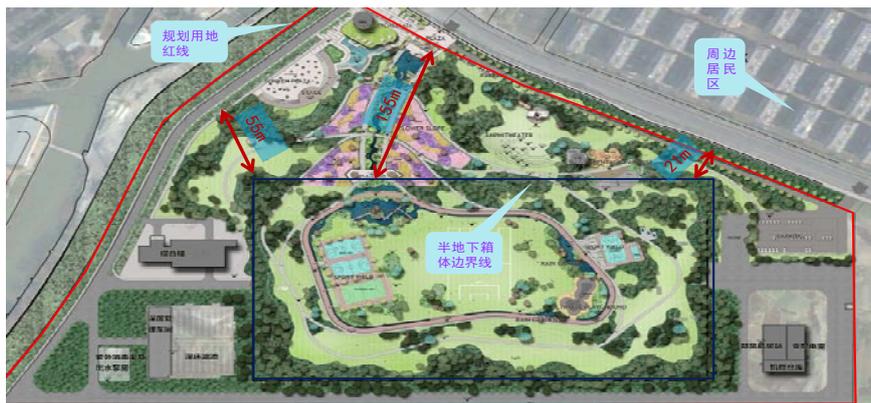


图5 项目总体布置方案图

本项目的具体情况,考虑项目采用半地下式的布置形式,总体水淹风险较小,且项目顶部建设高规格景观公园,故将预处理及污泥处理部分置于地下箱体中。而项目用地相对较大,深度处理单元已无臭气等影响,故综合考虑操作管理,将深度处理单元及鼓风机房等置于地上。其总体布置与图5所示:

4.2.2 半地下式污水厂景观高差处理方案

由于半地下式污水厂景观层高度高于厂区地坪,按照本项目的整体景观目标,需采取对应的措施解决景观高差问题。

按照项目的规划用地条件及工艺设计方案,项目可用地面积为161723平方米。总体布置方案呈不规则的三角形。污水处理主工艺单元(半地下箱体)占地面积64170.06平方米。由以上图四,半地下箱体的边界线与本项目用地红线之间存在一定距离(约21-155m),由于项目用地形状不规则,箱体顶部公园可采取找坡形式克服景观高差的影响,同时可设计为起伏的效果,满足景观的高标准要求。

4.2.3 箱体竖向布置方案

按照上述平面布置方案并综合考虑工艺要求,项目竖向布置示意图如下:

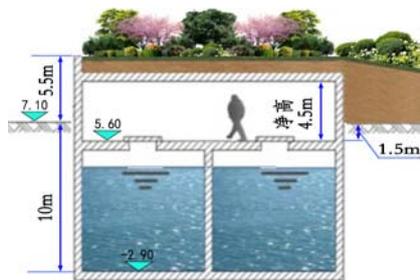


图5 项目竖向布置方案图

项目采取半地下式的布置方案,地下箱体分为两层,将工艺构筑物组团布置并置于负一层中,负一层加盖,其顶部布置为操作层(一层)。操作层顶部覆土形成景观公园。覆土朝向居民区一侧作为景观公园的进口,进口与顶部设计为有起伏的竖向布置,采用缓坡堆土的方式达到较好的效果。远离居民区一侧可实现自然采光通风等,满足工艺运行及消防疏散等要求。

竖向的布置总体考虑工艺需求及造价节省。箱体地下部分埋深约为10米,地上部分约为5.5米。室内部分净高约为4.5米。

4.2.4 箱体内部布置

由上,设计半地下箱体内部主要处理单元包括预处理车间、初沉池、生物池、二沉池、加药间、中间提升泵房、剩余及回流污泥泵房、污泥处理车间以及附属变电站、除臭生物滤池、排风排烟机房等。

箱体的布置充分考虑设备安装、检修及运行管理的需求。在箱体中间布置沿长边方向的车道。所有处理单元按照车道对称布置。污泥处理车间布置在箱体的一角,作为一个独立的区域运行,防止其产生的臭气对箱体内部环境造成影响。

4.2.5 运行情况及整体效果

表2 本项目污水处理厂实际出水水质 (mg/L)

参数	BOD5	COD	SS	TN	氨氮	TP
数值	1.8-6.5	12-35	3-6	4.6-12.4	0.9-2.2	0.16-0.32



图5 项目顶部公园整体效果图

(1) 本项目目前已稳定运行约13个月, 实际进水量约为 $26 \times 104 \text{m}^3/\text{d}$ , 各项指标均能很好地达到设计要求, 其出水水质指标如表2所示:

(2) 项目采用半地下式的布置方式, 上部绿化设计人行步道、球场等服务周边的设施, 目前绿化及运动设施已基本布设完成, 可给周边居民提供一个娱乐休闲、健身运动的良好去处。

### 5 结语

(1) 采用AAO+深床滤池的主体工艺, 工艺流程短、运行灵活, 稳定性强, 对本项目污水处理厂处理运行可起到良好作用。

(2) 设计污水厂主工艺段应采取合适分组, 保证运行调配灵活。

(3) 应用于地下式污水厂的工艺流程应充分考虑地下污水厂的整体布置和除臭、噪音要求。预处理段需选用密封性良好的工艺, 初沉池、二沉池等应选择矩形池型<sup>[5-6]</sup>。

(4) 地下式污水厂对选址位于环境较敏感区域的污水厂提供了良好的解决方法。通过主体单元的地下布置并采取良好的除臭、降噪等措施可保证对周边环境不受影响; 通过合理的景观布置可达到服务周边的良好效果。

(5) 半地下污水厂相对于全地下污水厂对运行单位更加友好且具有更低的消防及水淹风险, 需要更低的投资, 有条件的项目应尽量克服处理车间与设计地坪之间的高差对景观效果的影响, 采取

半地下式的布置方式。

(6) 地下、半地下污水厂的处理单元组团布置会带来一定的运行不便, 景观允许的项目应尽量将深度处理单元及鼓风机房等处理单元单独布置以利于运行管理。

### 【参考文献】

[1] 刘世德, 崔洪升, 尹兴蕾, 等. 全地下污水处理厂消防设计分析及建议[J]. 中国给水排水, 2016, 32(16): 46-49.

[2] 徐晓波, 崔洪升, 刘世德. 地下污水处理厂的安全设计分析及建议[J]. 中国给水排水, 2017, (10): 17-20.

[3] 刘绪为, 李彤, 徐洁, 等. 国内地下式污水处理厂的设计要点[J]. 城市环境与城市生态, 2014, 27(6): 35-38.

[4] 刘绪为, 徐洁, 林蔓, 等. 正定新区全地下污水处理厂工程设计[J]. 中国给水排水, 2017, 33(4): 48-50.

[5] 李涛. 沉砂池的设计及不同池型的选择[J]. 中国给水排水, 2001, (9): 37-42.

[6] 孙欣, 徐斌, 刘龙志. 天津市空港经济区污水处理工程设计[J]. 给水排水, 2018, 44(3): 19-22.

### 作者简介:

刘世德(1984—), 男, 汉族, 山东安丘人, 硕士, 高级工程师, 从事水处理研究和设计工作。