

深圳市某污水处理厂提标扩容工程节地工艺设计方案

沙超, 张瀚中

[上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

摘要:深圳某污水处理厂提标扩容工程将设计规模由6万 m^3/d 扩容至16万 m^3/d ,设计出水水质由《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)中的一级B标准提升至《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)中的准IV类水标准。本工程实际用地面积仅为4.2 hm^2 ,通过原有构筑物拆除,新建了一套设计规模16万 m^3/d 的污水处理设施,提标扩容工程采用多段AO生物反应池+双层二沉池+磁混凝沉淀池+紫外消毒的工艺流程。本工程总投资为52165万元,单位经营成本1.03元/ m^3 。本工程主体工程于2019年建成通水,水质能够稳定达到准IV类水标准。

关键词:污水处理厂;提标扩容;节地工艺;多段AO;双层二沉池

中图分类号: X703

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)07-0162-04

0 引言

深圳市某污水处理厂一期、二期工程先后于2004年和2012年建成运行。一期建设规模6万 m^3/d ,二期建设规模20万 m^3/d 。近些年,一期、二期工程长期处于满负荷运行状态,且有污水溢流的问题。根据污水量预测,污水处理厂需扩容至40万 m^3/d 。由于厂外预留扩建用地存在征地困难问题,因此考虑厂内实现14万 m^3/d 的扩容改造工程,一期工程拆除现有6万 m^3/d 的污水、污泥处理设施,建设一套16万 m^3/d 的污水处理设施;二期工程由20万 m^3/d 扩容改造至24万 m^3/d 。项目提标扩容施工期间,污水调配至下游的调蓄池和一级处理设施应急处理,同时加快项目推进速度,尽早投入运行,充分发挥项目工程效益。提标扩容工程出水主要水质指标达到《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)中的IV类水标准(整体为准IV类标准)。本文重点讨论一期提标扩容工程的设计方案。

1 污水厂现状和提标扩容要求

1.1 现状概况

如图1所示,污水处理厂总占地面积约15.41 hm^2 ,规划处理总规模为40万 m^3/d 。已建成一期工程6万 m^3/d 处理规模,占地面积约5.47 hm^2 。其中,生

产区面积约4.2 hm^2 ,主要构(建)筑物包括进水泵房、沉砂池、计量槽、CAST反应池、鼓风机房、接触池、加氯间、除磷加药间、贮泥池、脱水机房,出水排放标准按《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)中的一级B标准执行。现状二期工程设计规模20万 m^3/d ,主要构(建)筑物包括粗格栅及进水泵房、细格栅及曝气沉砂池、多模式AO生反池、福流式二沉池、紫外线消毒渠、污泥离心脱水机房等。二期提标扩容工程根据现状设施复核,二级处理系统按照24万 m^3/d 运行,深度处理新增反硝化生物滤池+磁混凝沉淀池组合工艺。此外,现状厂区内另单独建成一套独立于一期和二期工程的处理规模500 t/d (含水率80%计)的污泥板框脱水设施,用于厂内及其他污水厂污泥的深度脱水。

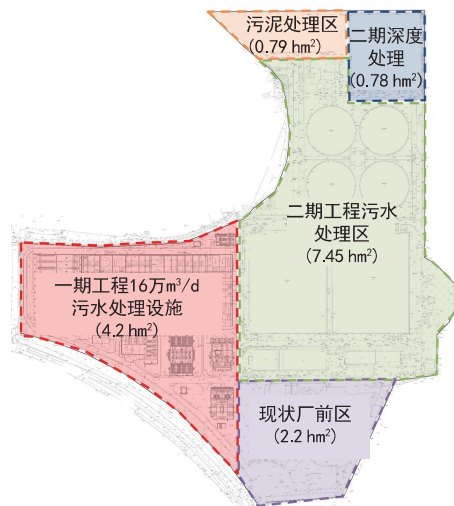


图1 污水处理厂用地情况

收稿日期: 2020-12-21

作者简介: 沙超(1989—),男,硕士,工程师,从事排水设计工作。

1.2 一期提标扩容要求

本次提标扩容需将一期提标扩容建设规模 16 万 m^3/d , 与二期提标扩容建成后总处理规模 40 万 m^3/d 。出水指标 COD_{Cr} 、 BOD_5 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TP 执行《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002) 中的Ⅳ类水标准,粪大肠菌群数执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 中的一级 A 标准,TN 按不大于 10 mg/L ,SS 按不大于 8 mg/L 执行。一期提标扩容系统产生的剩余污泥利用厂区内现状的二期离心脱水设施和单独的板框脱水设施,污泥板框脱水后外运处置。根据对工程规模、工程目标、污水处理厂用地情况分析、工程方案选择原则,以及现状处理工艺的评估,在方案设计中除提标扩容要求,还需特别关注以下几点^[1]:

(1)充分考虑目前用地情况,尽量采用有节地特点的工艺或建设形式,以满足扩容需求。

(2)考虑周边居民区、绿地、河道等环境特点,工程建设充分考虑景观布局,打造优美的厂区环境。

2 提标扩容重点、难点和应对措施

2.1 重点、难点分析

(1)全厂提标及扩建用地紧张

现状一期工程生产设施用地约 4.2 hm^2 , 本次提标需要建设一套 16 万 m^3/d 的污水处理设施,用地指标为 0.26 $\text{hm}^2/(\text{万 m}^3/\text{d})$ 。提标扩容完成后,项目总规模 40 万 m^3/d ,用地指标为 0.38 $\text{hm}^2/(\text{万 m}^3/\text{d})$ 。根据《城市排水工程规划规范》(GB 50318—2017),规划用地指标一般为 0.92 $\text{hm}^2/(\text{万 m}^3/\text{d})$ 。因此,本项目用地非常紧张,一期提标扩容必须采用特别节地的工艺组合。

(2)出水标准高

本次工程出水水质主要水质指标要求达到《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)中的准Ⅳ类标准,同时要求出水水质长期稳定、可靠。因此,选择合理最佳的、有针对性的生物处理工艺和深度处理工艺是工程设计的关键点。

(3)建设型式要求高

项目周边有居民区、市政道路、河道和高尔夫球场,周边环境敏感。按照市政府提出的“去工业化”“花园型”厂站的理念,要求建设满足“公众休闲”“科普教育”“工业旅游”等要素的现代化污水处理厂,水厂定位较高,难度较大。

2.2 设计方案的应对策略

(1)工艺选择

针对本工程工程用地特别紧张、出水水质要求高、环境要求高等特点,此次设计方案优选出“预处理+多段 AO 生物反应池+双层二沉池+深度处理工艺”和“预处理+A²/O+MBR 膜处理工艺”两组工艺路线进行综合比较。考虑到多段 AO 管理、运行成本等均优于 MBR 工艺,确定采用多段 AO 工艺作为本次的主体工艺。

一期提标扩容工程各处理环节采用的主要工艺方案如下:

a. 预处理:粗格栅及进水泵房、细格栅及曝气沉砂池。

b. 二级处理:多段 AO 生物反应池+双层二沉池工艺。

c. 深度处理及消毒工艺:磁混凝沉淀池+紫外线消毒+辅助加氯消毒工艺技术。

d. 为了节省用地,方案将生物反应池和二沉池合建为一体化构筑物。工艺流程如图 2 所示。



图2 一期提标扩容工艺流程图

(2)建设型式

为契合当前深圳市建设现代化花园型厂站的需求,考虑深圳市城市用地紧张现状,本次提标扩容工程考虑在合建的生物反应池和二沉池构筑物顶部增加上盖屋面,屋面覆土作为屋顶公园,架设天桥与厂外连接。项目建成后,屋顶花园对公众开放,打造市政设施用地纵向综合利用的典范。厂区总平面图布置中考虑完善的参观通道,景观设计中“科普教育”“工业旅游”等内容精心设计,体现污水厂的特色。

3 工程方案设计

3.1 设计规模和水质

本设计规模为 16 万 m^3/d , 总变化系数 $K_z=1.3$, 设计进出水水质见表 1。

表1 设计进出水水质 单位: mg/L

指标	COD_{Cr}	BOD_5	SS	TN	$\text{NH}_3\text{-N}$	TP
进水	350	150	350	45	35	8
出水	≤ 30	≤ 6	≤ 8	≤ 10	≤ 1.5	≤ 0.3

3.2 主要单体工艺设计

(1)预处理

新建粗格栅及进水泵房、细格栅及曝气沉砂池各 1 座,设计规模 16 万 m^3/d 。其中,细格栅采用 3 mm 孔

径的网板细格栅,曝气沉砂池高峰停留时间 8.4 min。

(2)多段 AO 生物反应池

本工程采用无内回流多段 AO 工艺,确保 COD_{Cr}、BOD₅、NH₃-N、TN 等指标达到本次出水的要求。本工程新建多段 AO 生物反应池 1 座,设计规模为 16 万 m³/d,分 2 池,每池可单独运行。本项目多段 AO 本身对总氮处理效果较好,根据计算结果,本次生物反应池不设置内回流设施,主要设计参数见表 2。

表 2 多段 AO 生物反应池设计参数

设计参数	参数值
MLSS/(g·L ⁻¹)	3.5
厌氧池停留时间 /h	0.5
缺氧池 1 停留时间 /min	2
好氧池 1 停留时间 /min	4
缺氧池 2 停留时间 /min	2
好氧池 2 停留时间 /min	4
缺氧池 3 停留时间 /min	2
好氧池 3 停留时间 /min	3
有效水深 /m	8.5
污泥负荷	0.062 kg BOD ₅ /kg MLSS·d
系统设计泥龄 /d	16.2
气水比	5 : 1
外回流比 /%	100

(3)双层二沉池

本工程用地特别紧张,常规的福流式二沉池、平流沉淀池、周进周出矩形二沉池均无法满足本项目表面水力负荷的要求。因此,本项目考虑采用双层矩形二沉池沉淀工艺。本次新建双层二沉池共 10 格,按照有效面积折算,高峰表面负荷为 1.4 m³/(m²·h),在规范允许的负荷范围内。

(4)磁混凝沉淀池

为进一步去除 SS 和 TP,本项目深度处理采用节地的磁混凝沉淀工艺。磁混凝澄清池集合多种沉淀技术特点,沉淀效率高,出水水质稳定、优异,占地面积小,抗冲击能力强。磁混凝沉淀池 1 座 4 组,集合混凝池、磁粉投加池、絮凝池和沉淀池,沉淀区域峰值表面负荷为 19.1 m³/(m²·h),平均表面负荷为 14.7 m³/(m²·h)。

3.3 竖向综合开发和景观设计

本项目对生物反应池和二沉池一体化构筑物 1.68 万 m² 的操作层实施加盖,操作层四周敞开,厂区场坪设计标高 35.50 m,顶盖公园覆土后标高 46.50 m,厂外现状人行天桥处对应地坪标高 37.20 m。本次方案考虑直接由厂外架设约 40 m 长人行天桥

经厂内通至顶盖公园,厂外天桥与现状跨路人行天桥顺接,顶盖公园建设市民水处理文化宣传区,将本项目打造成定点水文化教育展示基地,向市民展示污水处理过程,提升节约用水、爱护生态环境的资源保护意识,使其成为宣传城市水文化知识的重要载体和窗口。

同时,本工程绿化设计以改善净水厂生态环境与提高净水厂对外形象为出发点,以美化环境为主要手段,将净水厂设计成一个集文化、生态、景观、休闲为一体的绿化空间,打造绿树成阴、鸟语花香、环境优美的园林式厂区环境。针对场地狭小、布置紧凑的特点,本项目沿建(构)筑物四周狭长空地设置绿带,沿主要的参观通道设置长条形宣传栅栏,宣传污水收集、处理过程,本工程工艺特色等;在建筑的立面和裸露管道设主题涂鸦,起到协调遮挡作用;在粗格栅及进水泵房相对面积较大的绿地设置雨水花园和生态步道,打造特色海绵科普空间。

3.4 投资和成本

工程投资概算为 52 165 万元。其中,工程费用 45 358 万元,单位处理成本 1.49 元 /m³,单位经营成本 1.03 元 /m³。

3.5 实际运行效果

本次提标扩容改造工程于 2019 年主体通水达标运行以来,各项出水指标均能稳定达到准Ⅳ类水标准要求。2019 年 11 月至 2020 年 7 月,污水处理厂实际进出水水质和污染物去除率见表 3。

表 3 提标扩容后进出水水质及平均污染物去除率 单位:mg/L

指标	COD _{Cr}	BOD ₅	SS	TN	NH ₃ -N	TP
进水	208.1	97.0	200.5	33.6	24.9	3.8
出水	10.7	3.5	4.4	7.4	0.23	0.18
去除率	94.9	96.4	97.8	77.9	99.1	95.12

4 设计探讨

本项目在 4.2 hm² 用地条件下,采用节地工艺实现 16 万 m³/d 规模的污水处理设施的设计和建设任务,出水水质标准执行准Ⅳ类标准,并在污水厂的竖向综合开发方面也有所探索。本项目的建设案例为类似情况污水厂提标扩容工程提供了工程借鉴,设计和运维中的一些心得体会供同类项目讨论。

4.1 工艺选取方面

多段 AO 生物反应池作为强化脱氮的相对新型工艺,近年来用于大型污水厂的案例越来越多,其处理效果得到充分的验证,总氮的去除通过二级处理

实现是相对经济合理的方案^[2]。本项目根据计算,多段 AO 未设置内回流设施,节省了一定的土建和设备投资。同时,外回流采用多点回流,可根据实际运行需要灵活调节每一段的污泥浓度,目前项目整体运行良好,出水总氮达标可靠。二沉池受用地限制,采用了双层二沉池工艺。该工艺目前国内大型污水处理厂的应用案例不多,实际运行效果尚可,但是耐水力和固体冲击能力相对一般,下层刮泥设备的检修维护等方面较麻烦。此外,矩形二沉池多格水池配水均匀方面需妥善考虑。如果设置进水自由堰,则增大系统的水头损失,并引起跌水曝气,建议设置进水可调节淹没堰,根据实际情况灵活调控。

4.2 污水厂土地纵向综合利用方面

深圳市作为“大湾区”中心城市、改革开放先行示范区,建设用地不足是其面临的较大挑战。因此深圳市市政设施特别强调节地和土地的综合开发。本项目在 6 万 m^3/d 污水厂用地上实现提标扩容,已经充分地节省了用地。同时,充分响应政府的号召,探索了土地纵向利用的可行性。本方案将生物反应池和二沉池的上部空间开发为屋顶公园绿化,与相关部门配合,打造公共开放的休闲娱乐空间,可供部分项目参照。此外,目前的竖向综合开发形式尚较为

单一,基本是考虑作为市政公园等进行利用。随着半地下或全地下污水厂的建设案例逐渐增多,亟须各地政府整合资源,制定政策、规划和标准等,实现用地的最大化综合利用,为城市发展贡献宝贵的土地资源。

5 结 语

(1)本工程采用多段 AO 工艺、双层二沉池、磁混凝沉淀池等较先进的节地工艺对污水厂进行提标扩容,可以保持出水有效且稳定达标。

(2)本工程在用地紧张的情况下,结合节地工艺和部分一体化建设形式,在有限的空间内实现了16万 m³/d 污水处理设施的建设内容,工程占地仅4.2 hm²,充分发挥了土地价值。

(3)本工程通过土地纵向综合利用和景观设计优化,一改污水厂在城市环境中孤立存在的特点,将宝贵的土地资源综合利用、污水厂的环境品质提升与周边的居住环境进行有效互补。

参考文献:

- [1] 张辰.城镇污水处理厂升级改造工程要点[J].给水排水,2008,34(5):1-2.
- [2] 陈秀成.嘉兴联合污水处理厂提标改造工程设计及经验总结 [J].中国给水排水,2020,36(4):47-52.

(上接第 137 页)

和滨水景观,是密集城市中稀有的城市开敞空间,青浦段位于苏州河郊区段内,作为重要的生态和公共活动廊道,需要以更高的标准、更广的视野和更大的格局推动规划建设。苏州河郊区段河道的治理工作,应当结合《苏州河沿岸地区建设规划》(2018-2035)中关于生态廊道的定位,因地制宜、精准施策。

参考文献:

- [1] 上海市规划和自然资源局. 苏州河沿岸地区建设规划(2018-2035)

年)[R].上海:上海市住建委,2019.

- [2] 石正宝. 苏州河底泥疏浚和防汛墙加固改造技术创新[J]. 水利规划与设计, 2019(3): 90-94.
- [3] 兰士刚, 董学刚, 石永超, 等. 苏州河四期堤防达标改造工程的创新技术应用分析[J]. 城市道桥与防洪, 2020, 12(12): 116-117.
- [4] 赵敏华, 龔屹巍. 上海苏州河治理 20 年回顾及成效[J]. 河湖治理, 2018, 28(12): 38-41.
- [5] 田爱平. 苏州河贯通工程堤防安全管理的思考[J]. 中国市政工程, 2020(6): 42-45.